

分解され小型軽量となる物品及び倒壊するが飛来物とならない物品等について

設計飛来物の選定フローにおいて、「分解し小型軽量となる物品」及び「倒壊するが飛来物とはならない物品」は設計飛来物として選定しないこととしている。これは、過去の主な竜巻の被害概要の調査結果から、分解され小型軽量となる物品及び倒壊するが飛来物とならない物品について検討を行った結果より確認をしている。

以下に平成 2 年以降の主な竜巻による被害概要を調査した文献から検討を行った結果を示す。「分解し小型軽量となる物品」、「倒壊するが飛来物とはならない物品」は柏崎刈羽原子力発電所における調査結果を念頭に被害状況を示す。

(1) 分解し小型軽量となる物品（確認対象：屋外屋根、シャッター、ガラス窓、仮設足場）

竜巻の被害概要調査結果において分解し小型軽量となる物品として、柏崎刈羽原子力発電所に設置の類似品として屋外屋根、シャッター、ガラス窓、仮設足場を確認した。屋外屋根、シャッター、ガラス窓、仮設足場の被害状況は以下のとおり。

a. 屋外屋根の被害状況

図 1～5 に屋外屋根の被害状況を示す。これらより、屋外屋根については、F0～F3 の被害状況において形を保ったままではなく、分解された状態で飛来していることが分かる。また、厚みが薄く、受風面積が大きいため風の影響を受けやすいことから形状が変形（柔飛来物）しており、剛飛来物に比べ、貫通等の影響が小さくはなるが、外部事象防護対象施設への影響が考えられる屋根については、飛散防止対策を実施する。



牛舎の屋根東方向，柱・トタン板は西方向に飛散している

図 1 平成 16 年 6 月 27 日佐賀県にて発生した F2 竜巻による野外屋根の被害状況⁽¹⁾



カーボード屋根の飛散及び骨組の損傷



カーボード屋根の破損



屋外トイレ屋根の損傷

図2 平成18年9月17日宮崎県延岡市で発生したF2竜巻による屋外屋根の被害状況⁽²⁾



折板の損傷



カーボードの被害

図3 平成21年10月8日茨城県土浦市で発生したF1竜巻による屋外屋根の被害状況⁽³⁾

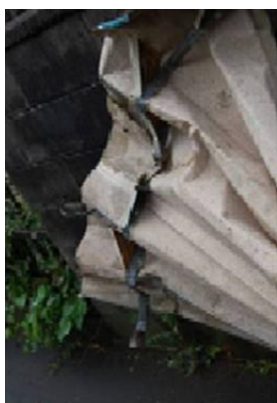


周囲の田に散乱した屋根ふき材

図4 平成24年2月1日島根県出雲市にて発生したF0竜巻による屋外屋根の被害状況⁽⁴⁾



飛散した鋼板製屋根材



飛散した折板屋根の状況



電線等に引っ掛かった飛来物（鋼板製屋根材）

図5 平成24年5月6日茨城県つくば市で発生したF3竜巻による屋外屋根の被害状況⁽⁵⁾

b. シャッター

図 6～10 にシャッターの被害状況を示す。これらより、シャッターについては、F1～F3, EF5 の竜巻において形状は変形しているが、固定部が外れていないことが確認できる。



図 6 平成 20 年 5 月 25 日米国アイオワ州にて発生した EF5 竜巻によるシャッター被害状況⁽⁶⁾



シャッターの破損

図 7 平成 21 年 10 月 8 日茨城県土浦市にて発生した F1 竜巻によるシャッターの被害状況⁽³⁾



シャッターの外れ

図 8 平成 21 年 7 月 27 日群馬県館林市で発生した F1 (F2) 竜巻によるシャッターの被害状況⁽⁷⁾



消防団施設のシャッターの被害状況

図9 平成24年5月6日茨城県つくば市にて発生したF3竜巻によるシャッターの被害状況⁽⁵⁾



シャッターの被害

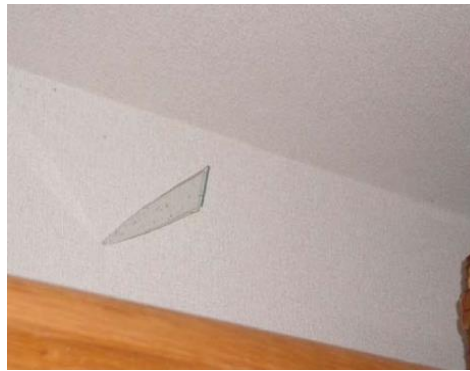
図10 平成25年9月2日埼玉県発生したF2竜巻によるシャッターの被害状況⁽⁸⁾

c. ガラス窓

図 11～16 にはガラス窓の被害状況を示す。これらより、ガラス窓については、F0～F3, EF5 の竜巻において損壊し、分解されていることが確認できる。分解された状態では、小型軽量となっており、設計飛来物である鋼製材若しくは砂利等に包含されることが考えられる。



エントランスの窓ガラスの破損



破損した窓ガラス片の屋内壁面への突き刺さり

図 11 平成 18 年 9 月 17 日宮崎県延岡市で発生した F2 竜巻によるガラス窓の被害状況⁽²⁾



バスの窓ガラス破損

図 12 平成 20 年 5 月 25 日米国アイオワ州で発生した EF5 竜巻によるガラス窓の被害状況⁽⁶⁾



窓ガラスの損壊



窓ガラスの飛来物衝突痕

図 13 平成 21 年 7 月 27 日群馬県館林市での F1 (F2) 竜巻によるガラス窓の被害状況⁽⁷⁾



エントランスのガラス破損



倉庫の窓ガラスと屋根の被害状況



窓ガラスの破損

図 14 平成 21 年 10 月 8 日茨城県土浦市にて発生した F1 竜巻によるガラス窓の被害状況⁽³⁾



体育館窓ガラスの破損



(a) 教室

(b) 廊下

(c) 屋外に面した窓ガラス

本館 4 階の廊下と教室内のガラス破片の散乱状況

図 15 平成 24 年 2 月 1 日島根県出雲市にて発生した F0 竜巻によるガラス窓の被害状況⁽⁴⁾



店舗の窓ガラスの被害状況



ガラスへの飛来物の衝突痕

図 16 平成 24 年 5 月 6 日茨城県つくば市で発生した F3 竜巻によるガラス窓の被害状況⁽⁵⁾

d. 仮設足場

図 17 には仮設足場の被害状況を示す。これらより、仮設足場については、F2 の竜巻において倒壊していることが確認できる。仮設足場材が飛散した場合を想定し、設計飛来物に選定する。ただし、飛散防止対策を講じた場合を除く。



仮設足場の倒壊

図 17 平成 18 年 9 月 17 日宮崎県延岡市で発生した F2 竜巻による仮設足場の被害状況⁽⁹⁾

(2) 柏崎刈羽原子力発電所の屋外屋根，シャッター，ガラス窓，仮設足場の状況

柏崎刈羽原子力発電所における屋外屋根の状況を図 18，シャッターの状況を図 19，ガラス窓の状況を図 20，仮設足場の状況を図 21 に示す。柏崎刈羽原子力発電所におけるこれらの物品の構造については，上記の被害にあった物品の構造と大きく変わらないことから，竜巻通過時には，同様の被害状況になると考えられる。

そのため，上記の被害状況からこれらの物品については，飛散をしていないシャッターを除き，二次飛来物となる可能性がある。仮設足場材については，飛散を想定し，設計飛来物に選定する。ただし，飛散防止対策を講じた場合を除く。また，ガラス窓については設計飛来物に包含されるが，屋外屋根については設計飛来物に包含されないことから，飛散防止対策を実施する。

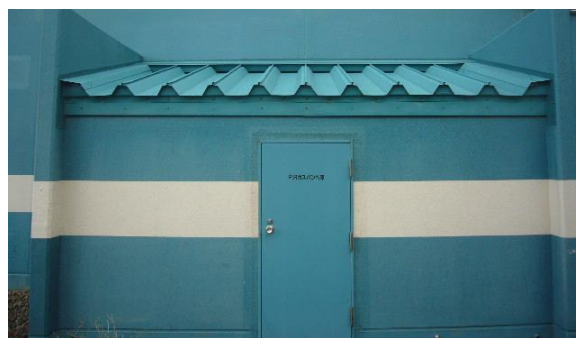


図 18 柏崎刈羽原子力発電所における屋外屋根の状況



図 19 柏崎刈羽原子力発電所におけるシャッターの状況



図 20 柏崎刈羽原子力発電所におけるガラス窓の状況



図 21 柏崎刈羽原子力発電所における仮設足場の状況

(3) 倒壊するが飛来物とならない物品（確認対象：樹木，フェンス）

竜巻の被害概要調査結果において倒壊するが飛来物とならない物品で，柏崎刈羽原子力発電所に存在する類似品として樹木，フェンスを確認した。樹木，フェンスの被害状況は以下のとおり。

a. 樹木

図 22～28 には樹木の被害状況を示す。これらより，樹木については，F1～F3 及び EF5 の被害状況において幹の折損，根の引き抜き等が見られるが折れた場合，引き抜かれた場合どちらにおいてもその場で倒壊しているのみであることが確認できる。これは竜巻の風荷重により，樹木が損壊を受けたあと，竜巻がすでに通り過ぎているためであると考えられ，樹木が折損，引き抜かれた後，更に竜巻により巻き上げられ，飛来物となることは考え難い。



倒木（南から見る）

倒れなかった樹木も点在している。



倒木（北西から見る）

図 22 平成 14 年 7 月 10 日群馬県境町で発生した F2 竜巻による樹木被害状況⁽¹⁰⁾



樹木の転倒



樹木の転倒（緑ヶ丘）

図 23 平成 18 年 9 月 17 日宮崎県延岡市で発生した F2 竜巻による樹木被害状況⁽²⁾



樹木の折損

図 24 平成 20 年 5 月 25 日米国アイオワ州にて発生した EF5 竜巻による樹木被害状況⁽⁶⁾



倒木（火打谷地区）

図 25 平成 21 年 7 月 19 日岡山県美作市にて発生した F2 竜巻による樹木被害状況⁽¹¹⁾



倒木の被害

図 26 平成 21 年 10 月 8 日茨城県土浦市にて発生した F1 竜巻による樹木被害状況⁽³⁾



倒木の折損



倒木の折損と鳥居の被害



樹木の倒木



倒木による社の倒壊

図 27 平成 24 年 5 月 6 日茨城県つくば市にて発生した F3 竜巻による樹木被害状況⁽⁵⁾



樹木の倒壊



樹木の倒壊による小屋組の被害



樹木の被害



樹木の被害



樹木の被害



樹木の被害

図 28 平成 25 年 9 月 2 日埼玉県発生した F2 竜巻による樹木被害状況⁽⁸⁾

b. フェンス

図 29～31 にはフェンスの被害状況を示す。これらよりフェンスについては、F1～F3 の被害状況において傾き、倒壊等が見られるが樹木と同様にその場で倒壊しているのみであり、倒壊した後、竜巻はすでに通り過ぎていていると考えられ、竜巻により巻き上げられ、飛来物となることは考え難い。



フェンスの著しい変形



フェンスの変形

図 29 平成 21 年 7 月 27 日群馬県館林市で発生した F1 (F2) 竜巻によるフェンスの被害状況⁽⁷⁾



フェンスの被害状況

図 30 平成 24 年 5 月 6 日茨城県つくば市にて発生した F3 竜巻によるフェンスの被害状況⁽⁵⁾



フェンスの倒壊



屋上フェンスの被害



フェンスの倒壊



支柱部の破断



フェンスの被害（工事中の建築物）



フェンスの被害

図 31 平成 25 年 9 月 2 日埼玉県発生した F2 竜巻によるフェンスの被害状況⁽⁸⁾

(4) 柏崎刈羽原子力発電所の樹木, フェンスの状況

a. 樹木

柏崎刈羽原子力発電所における樹木の状況を図 32 に示す。上記にて示した被害にあった樹木と大きく変わらないことから、竜巻通過時には、同様の被害状況になり、幹の折損、根の引き抜きによりその場で倒壊すると考えられる。



図 32 柏崎刈羽原子力発電所における樹木の状況

b. フェンス

柏崎刈羽原子力発電所におけるフェンスの状況を図 33 に示す。上記にて示した被害にあったフェンスの構造と大きく変わらないことから、竜巻通過時には、同様の被害状況になり変形若しくは倒壊すると考えられる。



図 33 柏崎刈羽原子力発電所におけるフェンスの状況

以上より、樹木及びフェンスは、竜巻により倒壊するが、飛来しないことから、設計飛来物として選定しない。

参考文献

- (1) 「佐賀市・鳥栖市竜巻現地被害調査報告」(平成16年7月13日)
- (2) 「2006年台風13号被害調査報告ー延岡市の竜巻被害と飯塚市文化施設の屋根被害ー」
(平成18年10月10日)
- (3) 「平成21年10月8日茨城県土浦市竜巻被害調査報告」(平成21年10月13日)
- (4) 「平成24年2月1日島根県出雲市で発生した突風被害調査報告」(平成24年2月14日)
- (5) 「平成24年(2012年)5月6日に茨城県つくば市で発生した建築物等の竜巻被害調査報告(ISSN1346-7328 国総研資料第703号 ISSN0286-4630 建築研究資料第141号平成25年1月)
- (6) 「米国アイオワ州におけるトルネード被害調査報告」(平成20年6月9日)
- (7) 「平成21年7月27日群馬県館林市竜巻被害調査報告(平成21年8月17日 一部修正)
- (8) 「平成25年9月2日に発生した竜巻による埼玉県越谷市、北葛飾郡松伏町及び千葉県野田市での建築物等被害(速報)」(国土交通省国土技術政策総合研究所 独立行政法人建築研究所 平成25年9月10日 一部修正)
- (9) 「2006年台風13号に伴って発生した竜巻による延岡市の建物被害」
- (10) 「群馬県境町で発生した突風による建築物等の被害について」(平成14年7月26日独立行政法人建築研究所)
- (11) 「平成21年7月19日岡山県美作市竜巻被害調査報告」(平成21年8月4日)

飛来物初期高さ（高台高さ）の設定

飛来物候補の飛散評価を実施する際に、飛来物の初期高さ（高台高さ）を設定する必要がある。飛来物の初期高さは、プラントウォークダウンにて確認した飛来物の設置場所と評価対象施設との高低差を踏まえ設定した。ただし、仮設物のように設置場所の特定が困難な物品については、評価対象施設に到達する可能性のある初期高さのうち、最大の高さを飛来物の初期高さとして設定した。図1に設定した各飛来物の初期高さを示す。

なお、図1で記載した飛来物のうち、評価対象施設に到達する可能性があり、設計飛来物による影響に包絡されない飛来物（図1の灰色）については、外部事象防護対象施設との離隔をとる又は固縛等を実施する。（図1の黒字は、設計飛来物若しくは設計飛来物の影響に包絡される飛来物のため、固縛等は実施しない）

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません



図1 各代表飛来物の設置場所を踏まえた初期高さ

竜巻時に発生するひょうの影響について

竜巻時はひょうを伴うこともあるため、ひょうに関する文献を参考にひょうの影響について検討を行った。

ひょうはあられが大きく成長したもので、直径 5mm 以上の氷の粒子である。ひょうの大きさは、通常は直径が 5～50mm である^{※1}。このことから、直径 50mm のひょうを対象に影響評価を行う。なお、ひょうの大きさの変化に対する影響度を確認するため、比較対象として、参考文献^{※2}に記載の雹で最大である 10cm のひょうにて評価を実施したとしても設計飛来物に包含されることも確認した。

空気中を落下する物体は空気抵抗を受けるので、時間を経れば空気抵抗と重力が釣り合い等速運動となり、一定の速度（終端速度）となる。空気中を落下するひょうもこの終端速度で落下する。ひょうの粒径ごとの終端速度を表 1 に示す。

表 1 ひょうの粒径ごとの終端速度^{※2}

粒径 (cm)	終端速度 (m/s)
1	9
2	16
5	33
10	59

ここで、ひょうの影響を評価するため、運動エネルギー、貫通のしやすさを評価した結果を設計飛来物（鋼製材）と比較し表 2 に示す。ひょうの影響は設計飛来物（鋼製材）に包含できると言える。

表 2 粒径 5cm 及び 10cm ひょうの影響評価

		粒径 5cm ひょう	粒径 10cm ひょう	設計飛来物（鋼製材）
運動エネルギー		0.04kJ	0.91 kJ	3 kJ
貫通限界厚さ (鉛直)	コンクリート Fc=330kgf/cm ²	0.8cm	2.7cm	4cm
	鋼板	0.2mm	0.7mm	2mm

※1 : 白木正規, 百万人の天気教室, 成山堂書局

※2 : 小倉義光, 一般気象学, 東京大学出版会

3.4 竜巻随件事象の抽出について

過去の竜巻被害を参考に竜巻の随件事象を検討し、柏崎刈羽原子力発電所のプラント配置から考慮する必要がある事象として、火災、溢水及び外部電源喪失事象を抽出した。

(1) 過去の竜巻被害について

過去の竜巻被害について、1990年以降の主な竜巻による被害概要を調査した文献から検討を行った。竜巻の被害の状況写真から日本国内での竜巻被害では、風圧力及び飛来物の衝突により発生している建築物、電柱、電線等の損傷がみられ、竜巻の随件事象としては、電柱や電線の損傷による停電事象が発生している。(図 3.4.1, 3.4.2)



(建物の被害)



(ガラスへの飛来物衝突痕)



(電柱の折損、傾斜)

図 3.4.1 2012年茨城県常総市で発生したF3竜巻による被害状況⁽¹⁾



(電柱の折損, 傾斜)



(建築物への飛来物の衝突痕)



(電柱, 道路標識の折損)

図 3.4.2 2006年に北海道佐呂間町にて発生したF3竜巻による被害状況⁽²⁾⁽³⁾

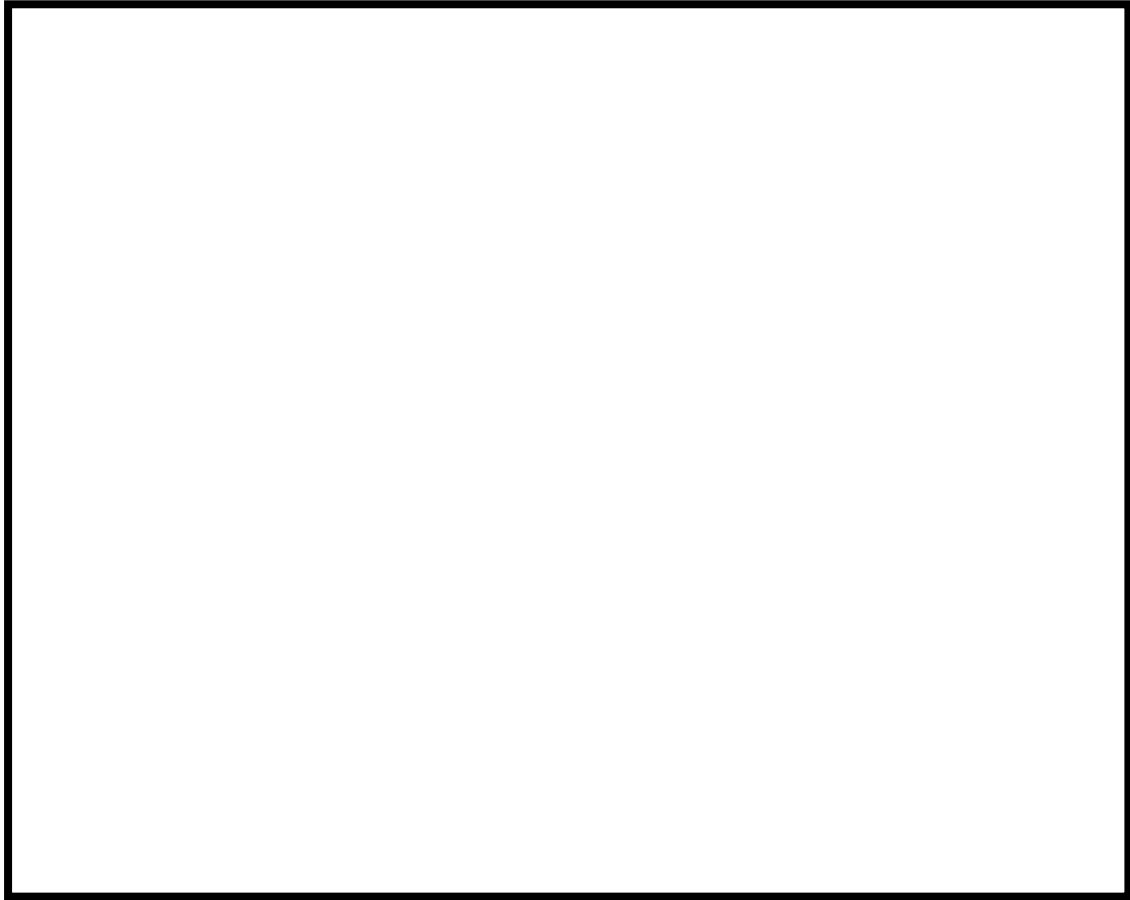
(2) 柏崎刈羽原子力発電所のプラント配置を参考にした竜巻随件事象について

(1)の過去の竜巻による被害状況から、柏崎刈羽原子力発電所においては送電線等が竜巻による被害を受けることにより、外部電源喪失事象の発生が考えられる。

さらに、柏崎刈羽原子力発電所のプラント配置から、屋外に軽油タンク、水タンクが配備されていることから、飛来物の衝突により火災事象及び溢水事象が発生する可能性がある。(図 3.4.3)

以上から、竜巻随件事象として火災、溢水、外部電源喪失事象を抽出する。

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません



軽油タンク等	①	5号炉軽油タンク	軽油タンク等	⑪	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器
	②	5号炉所内変圧器		⑫	第一ガスタービン発電機用燃料タンク
	③	5号炉励磁変圧器		⑬	No.3 純粋タンク, No.4 純粋タンク
	④	5号炉主変圧器		⑭	No.3 ろ過水タンク, No.4 ろ過水タンク
	⑤	5号炉起動変圧器		⑮	タンクローリ・可搬型代替注水ポンプ(消防車)
	⑥	6号炉所内変圧器		⑯	5号炉 NSD 収集タンク
	⑦	6号炉主変圧器	水タンク等	⑰	6号及び7号炉 NSD 収集タンク
	⑧	6号炉起動変圧器			
	⑨	7号炉所内変圧器			
	⑩	7号炉主変圧器			

図 3.4.3 柏崎刈羽原子力発電所のプラント配置図

参考文献

- (1) 「平成 24 年(2012 年)5 月 6 日に茨城県つくば市で発生した建築物等の竜巻被害状況調査報告」(ISSN1346-7328 国総研資料 第 703 号 ISSN 0286-4630 建築研究資料 第 141 号 平成 25 年 1 月)
- (2) 2006 年佐呂間町竜巻被害調査報告(2006 年 11 月 21 日)
- (3) 佐呂間竜巻災害の記録—若佐地区—

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉

竜巻影響評価における
フジタモデルの適用について

目次

別添 2-2

1. はじめに
2. 各風速場モデルの概要
 - 2.1. フジタモデル
 - 2.2. ランキン渦モデル
 - 2.3. 非定常乱流渦モデル (LES による数値解析)
3. 各風速場モデルの比較
4. 米国におけるフジタモデルの取扱い
 - 4.1. フジタモデルの利用実績
 - 4.2. NRC ガイドでの取扱い
5. 飛来物評価における不確定性の考慮
 - 5.1. 物体の浮上・飛来モデルにおける不確定性の考慮
 - 5.2. 竜巻が物体に与える速度に関する不確定性の考慮
 - 5.3. 飛来物評価法のまとめ
6. 実際の飛散状況に対する検証
 - 6.1. フジタスケールとの比較
 - 6.2. 米国 Grand Gulf 原子力発電所への竜巻来襲事例
 - 6.3. 佐呂間竜巻での車両飛散事例
7. 飛散以外の挙動に対する考慮
8. まとめ
9. 参考文献

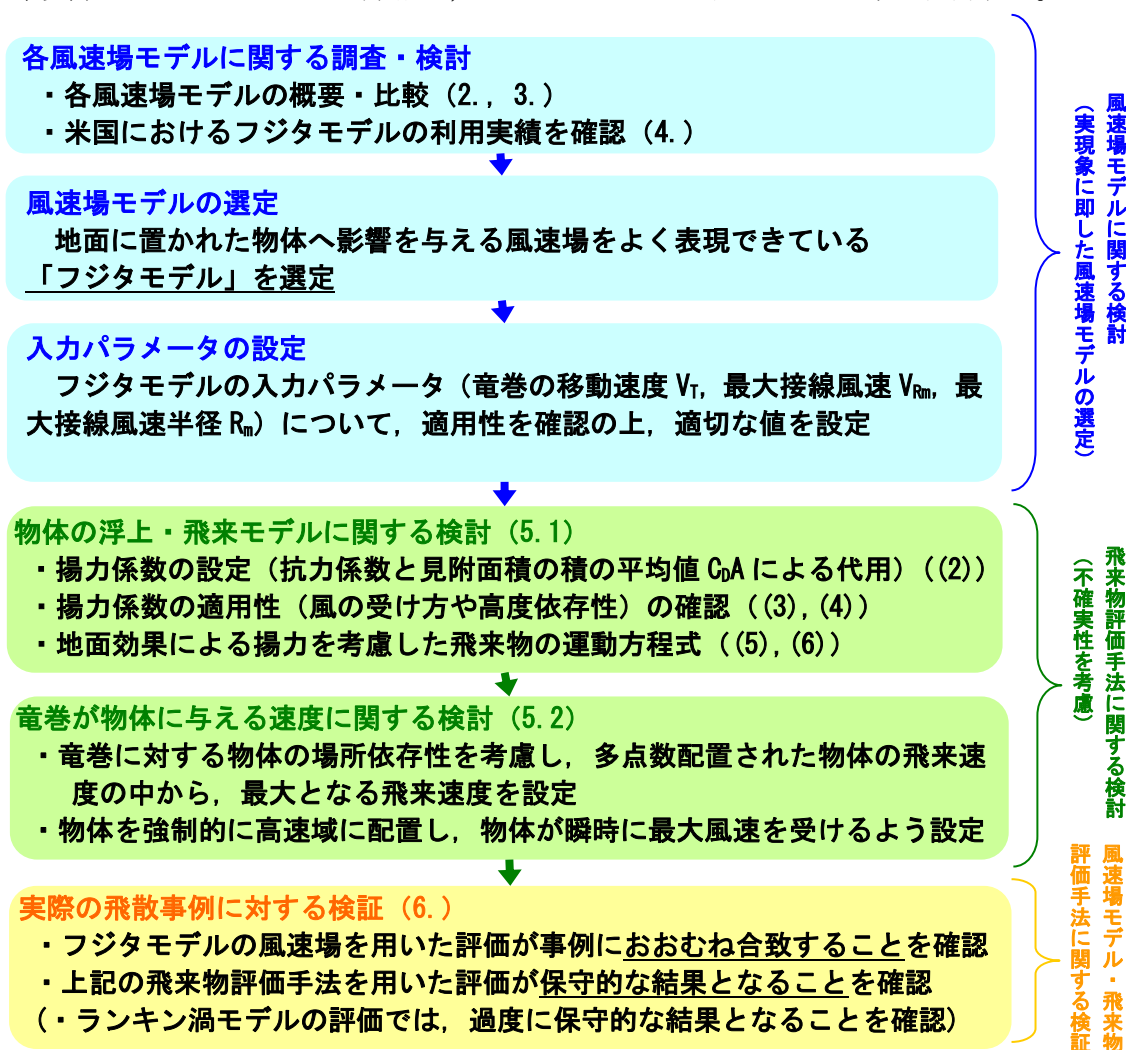
別紙 1 「フジタモデル」及び「ランキン渦モデル」並びに「それぞれの風速場モデルを用いた際の飛来物評価手法」の比較

1. はじめに

「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」⁽¹⁾（以下「ガイド」という。）に従い竜巻影響評価を行う上で、設計飛来物の飛来速度を設定するための風速場モデルを選定する必要がある。これまでの竜巻飛来物評価において用いられている風速場モデルとして、米国 NRC の基準類に記載されている「ランキン渦モデル⁽²⁾⁽³⁾」、原子力安全基盤機構の調査研究報告書に記載されている「LES(Large-eddy simulation)」の数値解析⁽⁴⁾があるが、当社の竜巻影響評価においては、地面に置かれた物体への影響をよく表現できている風速場モデルにより、評価対象施設の影響評価・防護対策を実施するため、風速場モデルとしてフジタの竜巻工学モデル DBT-77(DBT: Design Basis Tornado)⁽⁵⁾を選定する。

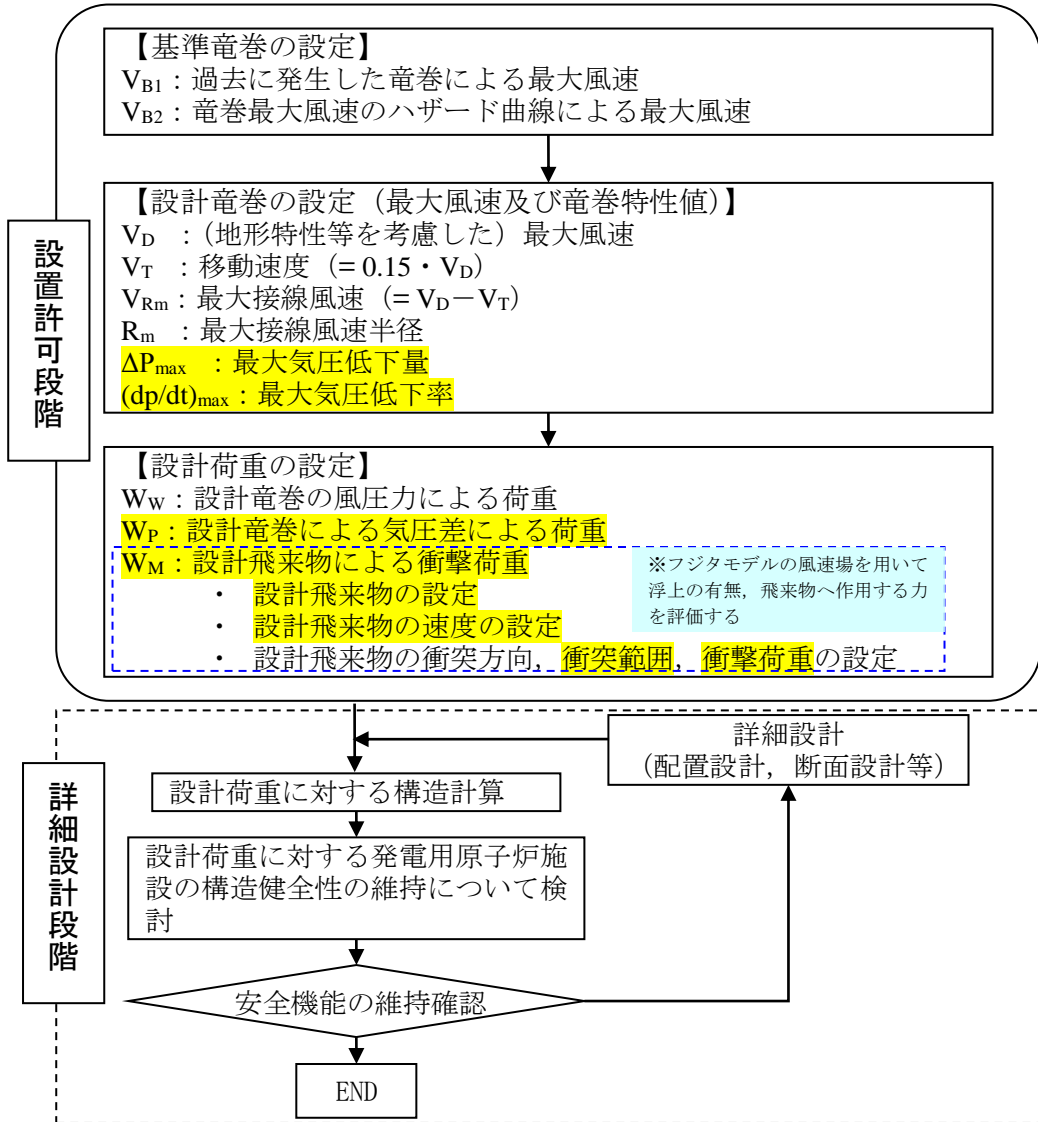
第 1 図に風速場モデルの選定及び飛来物評価方法に関する検討フローを示す。また、第 2 図に竜巻影響評価フローとフジタモデルの関連箇所を示す。

次節以降にてフジタモデルの詳細や、フジタモデルを適用した理由等を説明する。



第 1 図 風速場モデルの選定及び飛来物評価方法に関する検討フロー
(括弧内の数字は、本資料の節番号)

フジタモデル関連箇所



第2図 竜巻影響評価フローとフジタモデルの関連箇所

2. 各風速場モデルの概要

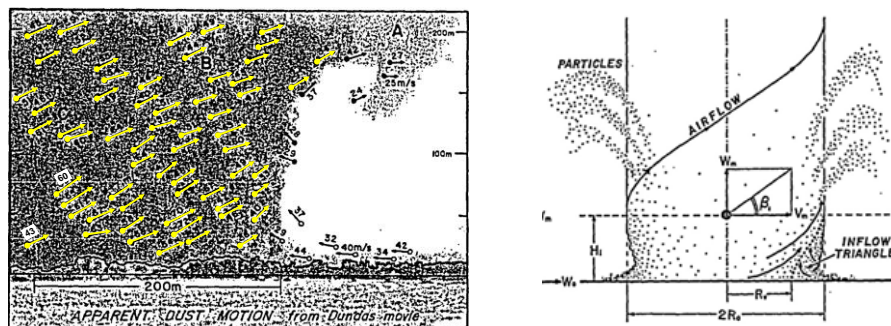
2.1 フジタモデル

フジタモデルは、米国 NRC の実際の竜巻風速場をモデル化したいという要望により、藤田博士が 1978 年に竜巻観測記録をもとに考案した工学モデルである。モデル作成に当たっては、1974 年 8 月に米国カンザス州 Ash Valley 等で発生した竜巻（第 3 図）の記録ビデオ画像の写真図化分析を行い、竜巻の地上痕跡調査、被災状況調査結果と照合することで風速ベクトルを作成し、そのベクトル図をもとに作成した流線モデルから、竜巻風速場を代数式で表現している（第 4 図）。

フジタモデルの特徴は、地表面付近における竜巻中心に向かう強い水平方向流れ、及び外部コアにおける上昇流といった、実際の竜巻風速場を良く表現している点にある。



第 3 図 Ash Valley 竜巻 (1974. 8. 30) のビデオ画像



第 4 図 分析によって作成した風速ベクトル (左)、ベクトル図より作成したフジタモデル流線 (右) ((5)に一部加筆)

フジタモデルの風速場は第 5 図に示すように半径方向に 3 つの領域（内部コア，外部コア，最外領域）で構成され，内部コアと外部コアの接線（周）方向風速 V_θ は半径に比例し，その外側の最外領域では周方向風速は半径に反比例するモデルとなっている。内部コアには上昇風速 V_z や半径方向風速 V_r は存在しないが，外部コアには存在する。高さ方向には地面から高さ H_i までを流入層としてモデル化しており，竜巻中心方向に向かう半径方向風速 V_r があり，この空気の流れ込みが外部コア内での上昇流となる。流入層より上部では外向きの半径方向風速が存在し，各風速成分は高さとともに減衰する流れとなっている。フジタモデルは，流体の連続式を満たす形で定式化されており，力学的に根拠のある風速場となっている。

フジタモデル DBT-77 における接線風速等の関係式については、Fujita Work Book⁽⁵⁾の Chapter6 に下記のとおり記載されている。(Chapter6 では、単一渦型のモデルであるフジタモデル DBT-77 を引用しているが、多重渦型のモデルであるフジタモデル DBT-78 は引用されていない。)

無次元座標 $r = R/R_m, \quad z = Z/H_i$

接線風速 $V_\theta = F_r(r)F_h(z)V_m$

$$F_r(r) = \begin{cases} r & (r < 1) \\ 1/r & (r \geq 1) \end{cases} \quad F_h(z) = \begin{cases} z^{k_0} & (z < 1) \\ \exp(-k(z-1)) & (z \geq 1) \end{cases}$$

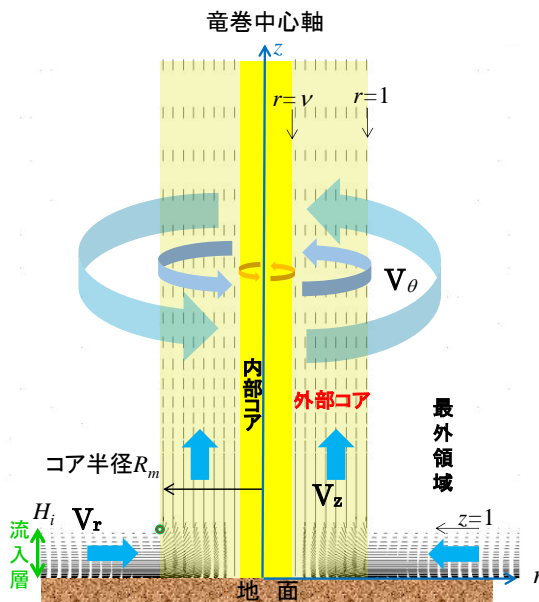
$$V_r = \begin{cases} 0 & (r \leq \nu) \\ \frac{V_\theta \tan \alpha_0}{1 - \nu^2} \left(1 - \frac{\nu^2}{r^2}\right) & (\nu < r < 1) \\ V_\theta \tan \alpha_0 & (r \geq 1) \end{cases}$$

$$\tan \alpha_0 = \begin{cases} -A(1 - z^{1.5}) & (z < 1) \\ B\{1 - \exp(-k(z-1))\} & (z \geq 1) \end{cases}$$

上昇風速

$$V_z = \begin{cases} \frac{3}{28} \frac{\eta V_m}{1 - \nu^2} A(16z^{7/6} - 7z^{8/3}) & (z < 1) \\ \frac{\eta V_m B \exp(-k(z-1))}{k(1 - \nu^2)} \{2 - \exp(-k(z-1))\} & (z \geq 1) \end{cases}$$

k_0, k, ν, η, A, B は定数



第5図 フジタモデルの概要

連続の式：
$$c \equiv \frac{1}{R_m r} \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} + \frac{1}{R_m r} \frac{\partial (r V_r)}{\partial r} + \frac{1}{H_i} \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0$$

フジタモデルでは $c = 0$ となり連続の式を満たす。

V_θ	接線(周)方向風速
V_r	半径方向風速(中心方向が正)
V_z	上昇風速
V_m	最大接線風速
R_m	外部コア半径

内部コアの半径 R_ν と外部コアの半径 R_m の比 $\nu = R_\nu/R_m$ については、Fujita⁽⁵⁾が以下の経験式を提案しているので、これを用いる。

$$\nu = 0.9 - 0.7 \exp(-0.005 R_m) \tag{1}$$

また、流入層は、地面との摩擦により低下した遠心力と圧力分布のバランスが崩れ、流体が竜巻中心方向の低圧部に引き込まれることにより形成されることから、摩擦の影響が及ぶ範囲のみで形成される。Fujita⁽⁵⁾は、流入層高さ H_i を竜巻中心の低圧部の大きさ(外部コア半径) R_m に比例するものとして、以下の経験式を提案しており、これを用いる。

$$H_i = \eta R_m \tag{2}$$

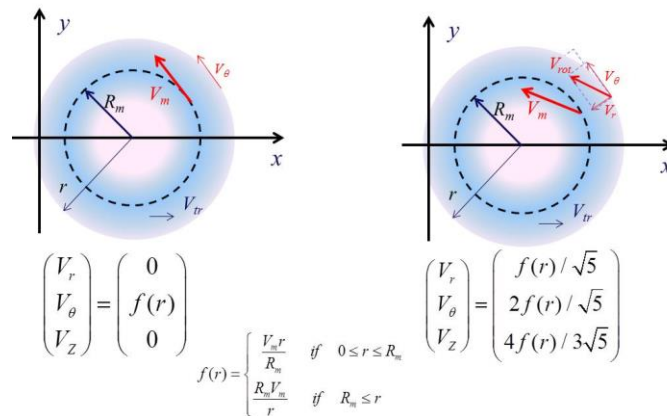
ここで、 η は 1 以下の正の値であり、Fujita Work Book⁽⁵⁾の (6.4) 式より $\eta = 0.55(1 - \nu^2)$ で定義される。

上記式において、外部コア半径 $R_m = 30(\text{m})$ の場合、 $\eta = 0.501(H_i = 15(\text{m}))$ となり、原子力安全基盤機構の調査研究報告書⁽⁴⁾の図 2.2.3.10 における流入層高さ と竜巻半径の比 ($\eta = 0.4$ 程度) や、Kosiba⁽⁶⁾により示されている流入層高さ ($H_i = 10 \sim 14(\text{m})$ 以下) とおおよそ同じである。

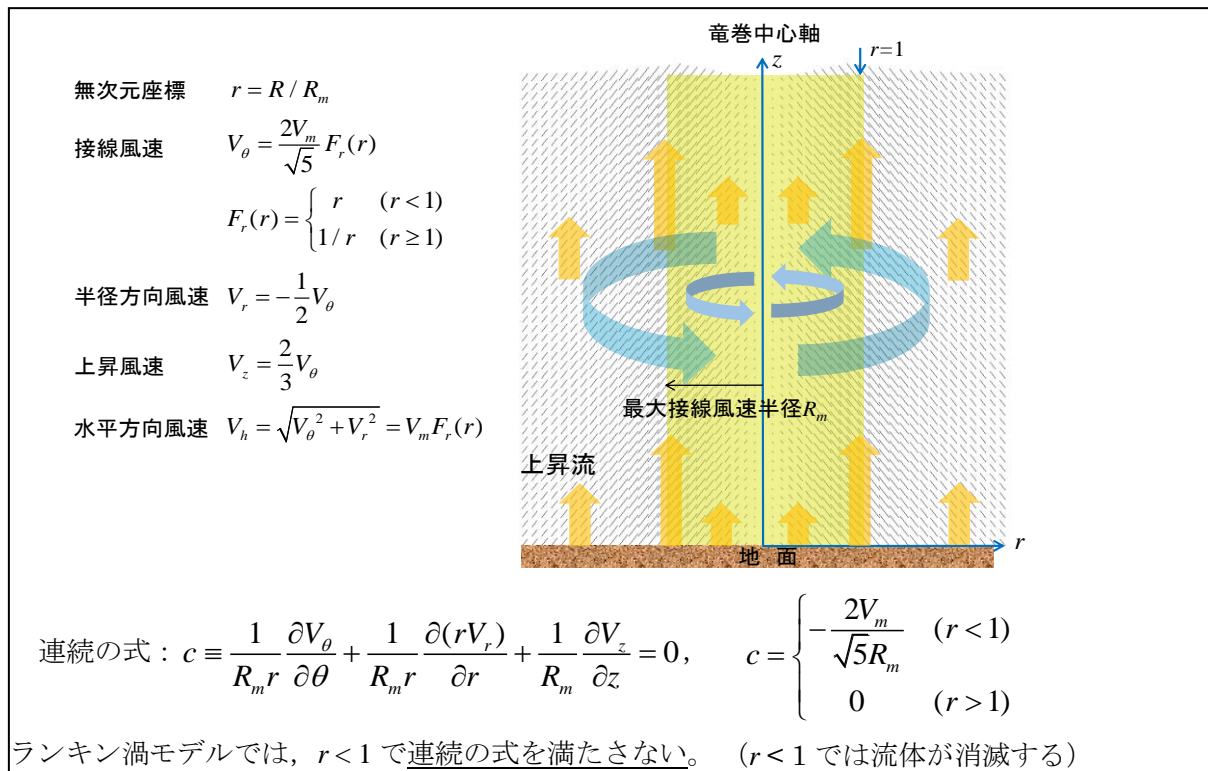
なお、その他の定数についても、Fujita⁽⁵⁾の提案している値として、 $k_0 = 1/6, k = 0.03, A = 0.75, B = 0.217$ を用いる。

2.2 ランキン渦モデル

ランキン渦モデルは、米国 NRC ガイドでも採用されており、設計竜巻の特性値を設定する際に用いられている。しかし、米国で開発された飛来物速度評価用のランキン渦モデル⁽³⁾は、竜巻中心に向かう半径方向風速 V_r と上昇風速 V_z を特別に付加している(第6図)。そのため、流れの連続の式(質量保存式)を満たしておらず、第7図に示すように地面から吹き出しが生じるような流れとなっており、地上からの物体の浮上・飛散を現実的に模擬することができない。ランキン渦モデルを用いて飛散評価を行う場合、地上の物体であっても空中浮遊状態を仮定して評価することになる。



第6図 設計竜巻圧力用のランキン渦モデル(左)と飛来物速度評価用のランキン渦モデル(右)



第7図 飛来物速度評価用のランキン渦モデルの概要

2.3 非定常乱流渦モデル (LES による数値解析)

LES は、非定常な乱流場を数値的に計算する手法として、ガイドにおける飛来物の最大速度の設定例にも活用されている。第 8 図に LES による渦の発生状況を示す。

古典的な Smagorinsky モデルに基づく LES の基礎方程式 (運動量保存式及び質量保存式) は、流体が非圧縮性であると仮定する場合、以下のようになる。

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_1 \frac{\partial U_i}{\partial x_1} + U_2 \frac{\partial U_i}{\partial x_2} + U_3 \frac{\partial U_i}{\partial x_3} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + (\nu + \nu_s) \left(\frac{\partial^2 U_i}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_3^2} \right) - f_i \quad (i=1,2,3) \quad (3)$$

$$\frac{\partial U_1}{\partial x_1} + \frac{\partial U_2}{\partial x_2} + \frac{\partial U_3}{\partial x_3} = 0 \quad (4)$$

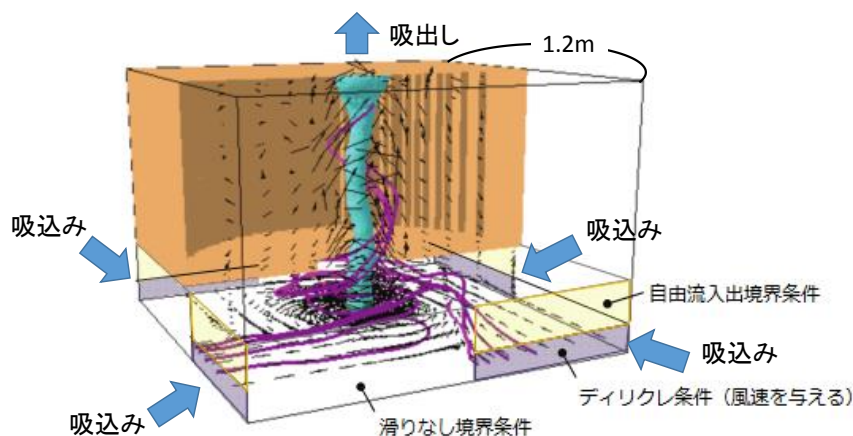
ここで、 U_i 及び P は、 i 方向の流速ベクトル及び圧力を表し、 ν は動粘性係数を、 f_i は i 方向の外力加速度を表す。また、 x_i は i 方向の座標を表す。

一方、Smagorinsky モデルの渦粘性係数 ν_s は以下のように定義される。

$$\nu_s = (C_s h)^2 \sqrt{\sum_{i,j=1}^3 2S_{ij}^2} \quad (5)$$

ここで、 h は解像スケール (メッシュ幅相当)、 C_s は Smagorinsky 定数を表し、ひずみ速度テンソル S_{ij} は $S_{ij}=0.5(\partial U_i/\partial x_j + \partial U_j/\partial x_i)$ で定義される。

以上のとおり、LES は風速の時間的な変動 (乱流) を考慮できる点が特長となっている。



第 8 図 LES 計算領域内での竜巻状の渦の発生状況 ((4) に一部加筆)

以上が一般的な LES の説明となる。LES の手法自体は、広く活用されているものであるが、実スケールでの精緻な評価を行うためには、必要なメッシュ解像度の確保に膨大な計算機資源が必要となる。

また、ガイドで例示されている LES による数値解析については、条件設定等に関して下記のような問題点がある。

ガイドで例示されている LES による解析では、境界条件（側面からの流入風速の分布等）や解析領域の形状（流入箇所を局所的に配置等）を調整して人為的な乱れを与え、竜巻状の渦を生成している。渦の生成に当たって、以下のような条件を仮定していることから、実スケールでの評価を実施するには課題があるものと考えられる。

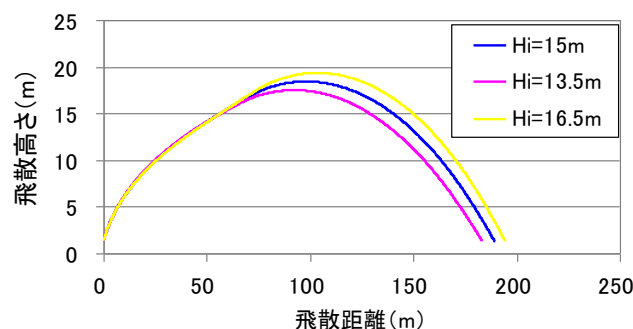
- ・人為的な流入境界条件（流入風速分布や流入箇所の局所的配置等）を設定していることから、流入境界条件の影響を受ける地表面付近の実際の竜巻風速場の再現はできていないものと考えられる。
- ・小規模な計算領域によるシミュレーションであり、実スケールへの適用（飛来物評価）の際には単純に速度を規格化して飛来物評価に適用している。
⇒風速の規格化の際には、時間平均の最大風速を 100m/s（風速+移動速度）に設定している。Maruyama⁽⁷⁾によれば、瞬間的な周方向風速は 1.7 倍程度まで大きくなる場合があり、移動速度と合わせると最大 160m/s 程度まで達するため、飛来物評価の際に非常に保守的な結果が算出されることが考えられる。
⇒流速が早い場合には粘性の影響は小さくなる傾向となるが、その影響については考慮していないことから、特に地表面付近については実際の風速場の再現はできていないものと考えられる。

（参考：フジタモデルを適用した場合の飛来物の飛跡）

第9図にフジタモデルを適用した場合におけるコンテナの飛散解析（長さ 6m×幅 2.4m×高さ 2.6m, 2300kg, $C_D A/m=0.0105$, 最大風速 100m/s）における飛跡を示す。

また、フジタモデルの流入層高さ H_i は、外部コア半径 $R_m=30$ (m) の場合、 $H_i=15$ (m) であり、2.1 に記載のとおり他の文献⁽⁴⁾⁽⁶⁾ともおおむね整合しているが、ここでは、その不確実性を考慮し、流入層高さ H_i を±10%変化させた場合の飛跡も示す。

$H_i=15$ (m) の際のコンテナの最大飛散距離 189.4 (m) に対し、流入層高さ H_i を±10%変化させた場合の最大飛散距離は 183.4 (m) (-3.2%)、194.7 (m) (+2.8%) となり、流入層高さ H_i に対する最大飛散距離の感度は小さいことが分かる。



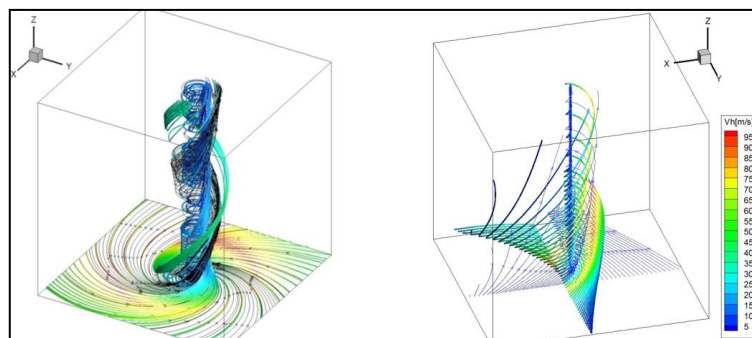
第9図 流入層高さを変化させた場合のコンテナの飛跡（最大風速 100m/s）

3. 各風速場モデルの比較

各風速場モデルの特徴の比較を第1表に示す。また、フジタモデルとランキン渦モデルの風速場構造の比較を第10図に示す。フジタモデルの風速場構造の流線は、地面付近を含め、より実際の竜巻風速場に即した形で表現されており、地上からの物体の浮上・飛散解析が可能となっていることがフジタモデルの大きなメリットとなっている。それに対し、ランキン渦モデルは上空での水平方向風速の観点からは比較的よく表現できると言えるものの、地上付近では実現象と乖離しており、地上からの飛散挙動は解析するには適切でない。ガイドで例示されているLESで生成した風速場も、2.3の通り人為的な境界条件を設定していることや、小規模領域での計算結果を定数倍して実スケールサイズの値に変換している⁽⁴⁾⁽⁷⁾ことから、地上付近での風速場が実現象と乖離していると考えられるため、地上からの飛散挙動を解析するには適切でない。また、他のモデルと比較して、フジタモデルは特に問題となるような点もないことから、竜巻影響評価に用いる風速場モデルとしてフジタモデルを選定することは妥当であると考えられる。

第1表 各風速場モデルの特徴の比較

風速場モデル	使用実績	特長	問題点
フジタモデル	<ul style="list-style-type: none"> 竜巻飛来物設計速度、飛散高さに関する米国DOE重要施設の設計基準作成に利用されている【対象施設の例】Pantex Plant(テキサス州)、Oak Ridge(X-10, K-25, Y-12)(テネシー州)、Savannah River Site(サウスカロライナ州) 	<ul style="list-style-type: none"> 実観測に基づいて考案されたモデルであり、実際に近い風速場構造を表現している 比較的簡易な代数式により風速場を表現できる 流体の連続式を満たす定式化 <p>地上に設置した状態から飛来物の挙動を解析できる</p>	<ul style="list-style-type: none"> 特になし <p>(ランキン渦モデルと比較すると、解析プログラムが複雑になるが、計算機能力の向上、および評価ツールの高度化により問題とならない)</p>
ランキン渦モデル	<ul style="list-style-type: none"> 米国NRC Regulatory Guide 1.76で採用されている ガイド(設計竜巻の特性値の設定)で例示されている 	<ul style="list-style-type: none"> 簡易な式で上空での水平方向の風速場を表現できる 	<ul style="list-style-type: none"> 風速場に高度依存性がなく、上昇流が全領域に存在する(地面からも吹き出しがある)ため、実現象から乖離 流体の連続式を満たしていない <p>地上からの飛散挙動を解析するには適切でない</p>
非定常乱流渦モデル(LES)	<ul style="list-style-type: none"> ガイドにおいて、飛来物および最大速度の設定例に使用されている 	<ul style="list-style-type: none"> 風速の時間的な変動、乱れをある程度模擬できる 	<p>ガイドに例示されているLESで生成した風速場で飛散解析を行う場合、以下の問題がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> 小規模領域での計算結果を、実スケールサイズに規格化するため、粘性の影響が実現象と乖離(特に地表面付近) 人為的な境界条件を設定しており、地面や境界近傍で実現象と乖離 実スケールに規格化した場合の平均風速が100m/sとなるため、飛来物評価が非常に保守的な場合がある(瞬間的な最大値は160m/s程度) <p>地上からの飛散挙動を解析するには適切でない</p> <ul style="list-style-type: none"> 実スケールでの解析は、膨大な計算機資源が必要になるため、現実的ではない



第10図 フジタモデル(左)とランキン渦モデル(右)の風速場構造の比較
6条-別添2(竜巻)-2-8

4. 米国におけるフジタモデルの取扱い

4.1 フジタモデルの利用実績

米国エネルギー省 (DOE : Department of Energy) が管理するエネルギー関連施設等に適用する基準⁽⁸⁾において、竜巻飛来物速度、飛散高さの設定にフジタモデルを用いた計算結果が使用されている⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾ (文献(8)の D.4 節 : Windborne missile criteria specified herein are based on windstorm damage documentation and computer simulation of missiles observed in the field. . . . Computer simulation of tornado missiles is accomplished using a methodology developed at Texas Tech University.)。

この基準では、施設に要求される性能ごとにカテゴリ 0 から 4 まで分類し、カテゴリ 0~2 は一般的な建築物、カテゴリ 3, 4 は核物質や危険物質を取り扱う施設に適用される。カテゴリ 3, 4 に該当する施設として、Pantex Plant, Oak Ridge (X-10, K-25, Y-12), Savannah River Site が挙げられている。

フジタモデルの技術的な妥当性の検証については、米国 DOE 管轄のローレンス・リバモア国立研究所報告書⁽¹¹⁾にてまとめられている。この報告書では、フジタモデル DBT-77 を他の風速場モデルと比較検討しており、流体力学の連続の式を満足する (Fluid mechanics equations of continuity are satisfied) こと、モデル流況は、竜巻の映像分析で得られる流れの空間分布と整合する (Flow patterns are consistent with the spatial distribution of flow observed in photogrammetric analysis of tornado movies) こと等を利点として挙げている。

また、実際の事例に対するフジタモデルの検証としては、1978 年 12 月 3 日に米国ルイジアナ州 Bossier 市で発生した F4 竜巻による鋼製材の飛来について、フジタモデル DBT-77 で再現した事例⁽⁹⁾ がローレンス・リバモア国立研究所報告書⁽¹¹⁾及び米国気象学会論文集⁽¹²⁾に掲載されている。

なお、米国 LES (Louisiana Energy Services) の濃縮施設 (NEF : National Enrichment Facility) では、上記の DOE 施設の基準に基づき竜巻飛来物 (鋼鉄パイプや木材の板等) を設定しており、米国 NRC は当該施設に対する安全評価報告書 (NUREG-1827)⁽¹³⁾の中で竜巻飛来物に対する LES の竜巻設計を是認している。

(Based on the review of the information concerning tornados and tornado-generated missiles, NRC concludes: (i) the information is accurate and is from reliable sources; and (ii) the design bases tornado-generated missiles are acceptable because they were determined based on an appropriate DOE standard. The use of a DOE standard is an acceptable approach to NRC staff.)

4.2 NRC ガイドでの取扱い

2.1でも述べたとおり、フジタモデルは実際の竜巻風速場をモデル化したいという米国NRCの要請を受けて考案されたものであるが、米国NRC Regulatory Guide 1.76⁽²⁾では、フジタモデルについて“The NRC staff chose the Rankine combined vortex model for its simplicity, as compared to the model developed by T. Fujita (Ref. 7).”と述べられており、単に数式の簡易さを理由にランキン渦モデルが選定されている。また、NRCスタッフ自身で水平方向の飛来物速度（Simiuらの運動方程式⁽³⁾）を計算するプログラムを開発している（The NRC staff developed a computer program to calculate the maximum horizontal missile speeds by solving these equations.）ことが明記されている。

したがって、米国NRCガイドでランキン渦モデルが採用されているのは、フジタモデルより簡易であるという理由が主であり、竜巻風速場としての優劣を指摘されたものではない。

（参考）米国におけるランキン渦モデル以外の風速場モデルの利用実績

米国NRCでは、竜巻防護対策の追加を検討しているプラントに対し、確率論的竜巻飛来物評価手法TORMISの利用を承認している。

TORMISは、米国のEPRIで開発され、原子力発電所の構造物・機器への竜巻飛来物の衝突・損傷確率を予測する計算コードであり、同コードでは、ランキン渦モデル以外の風速場モデル（統合風速場モデル）が利用されていることから、米国NRCにおいても、ランキン渦モデル以外の風速場モデルが認められていないわけではない。

5. 飛来物評価における不確定性の考慮

前節まででは、フジタモデルの風速場を適用することの妥当性について述べてきた。フジタモデルの風速場を適用することで、より現実的な竜巻影響評価を行うことが可能と考えられるが、一方で、実際の竜巻による物体の飛散挙動の不確定性についても考慮する必要がある。

本節では、フジタモデルの特長である地上からの飛散挙動に関する不確定性や、竜巻が物体と衝突する際の竜巻風速に関する不確定性等について、飛来物評価の中でどのように考慮しているかを説明する。

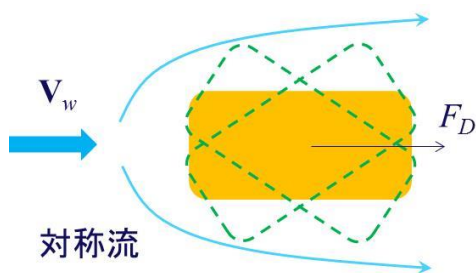
5.1 物体の浮上・飛来モデルにおける不確定性の考慮

本評価における物体の浮上・飛来モデルの考え方と、その中で保守性の観点から評価上考慮している点について説明する。

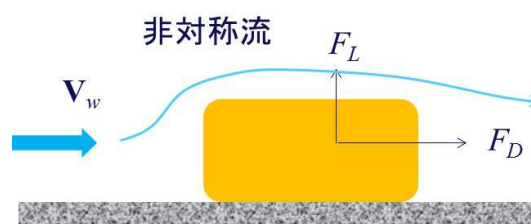
(1) 物体の揚力の計算式

物体が空中にある場合、物体に作用する力は、ガイドの飛来物運動モデル⁽³⁾⁽⁴⁾と同様に、飛来物は第 11-1 図のようにランダムに回転しているものとし、平均的な抗力(流れの速度方向に平行な力) F_D と重力のみが作用する飛行モデルを採用している。

一方、物体が地面に置かれている場合や地面に近い場合は、地面効果による揚力(次頁参照)を考慮している⁽¹⁴⁾。具体的には、物体の形状が流れ方向の軸に関して対称であっても、第 11-2 図に示すように地面の存在により流れが非対称になり、物体上部の圧力が低くなることで物体を浮上させる駆動力が生じることから、これを揚力 F_L として考慮する。



第 11-1 図 空中で飛来物へ作用する力



第 11-2 図 地面付近で飛来物へ作用する力

このような揚力 F_L は地面での揚力係数 C_L 、地上での物体の見附面積(風向方向から見た投影面積) a を用いて、以下のように表される⁽¹⁵⁾。

$$F_L = \frac{1}{2} \rho C_L a |\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M|_{x,y}^2 \quad (6)$$

ただし、 ρ は空気密度、 \mathbf{V}_M は飛来物の速度ベクトル、 \mathbf{V}_w は風速ベクトル、 $|*|_{x,y}$ は*の x,y 成分(水平成分)の大きさを表す。

(参考) 地上の物体における地面効果による揚力について

物体や地面は完全な滑面ではなく、凹凸を有しているため、完全接触と非接触の領域に区別される。物体の地面への投影面積を A とし、物体と地面の完全接触面積を s とした場合、無風時 (第 12 図の左) は物体が流体に接する全表面で圧力は一定 (p_0) とみなせるため、鉛直方向 (上向き) に作用する揚力 F_{L0} は、以下で与えられる。

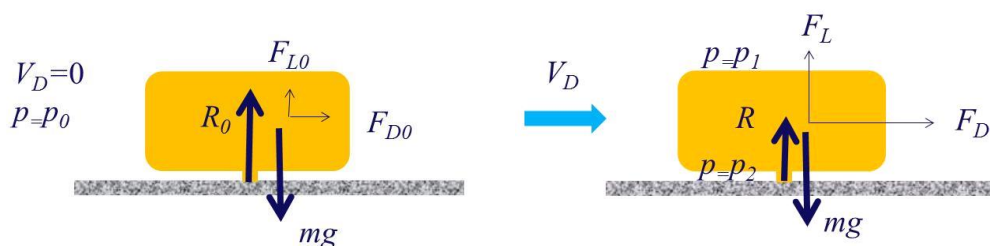
$$F_{L0} = -p_0A + p_0(A-s) = -p_0s \quad (7)$$

吸盤のように完全に地面に密着している場合は $s=A$ となるため、大気圧 p_0 に投影面積 A を乗じた力が下向きに作用し、物体と地面の間に僅かに空隙が生じる場合には、大気圧 p_0 に完全接触面積 s を乗じた力が下向きに作用することになるため、いずれの場合においても揚力は発生しないことが分かる。

一方、竜巻通過時 (第 12 図の右) の物体に圧力差に伴う流体力が作用 (簡単のため上面での圧力 p_1 、下面での圧力 p_2 と仮定) する場合、鉛直方向の流体力 F_L は、以下で与えられる (圧力分布がある任意形状の物体についても圧力の表面積分を用いれば同様に計算は可能)。

$$F_L = -p_1A + p_2(A-s) \quad (8)$$

吸盤のように完全に地面に密着している場合は $s=A$ となるため、上面の圧力 p_1 に投影面積 A を乗じた力が下向きに作用するが、物体と地面の間に僅かに空隙が生じる場合には、地面と物体の接触状態によっては上向きの力が発生することがある。実際には、地面と物体の接触状態を確認することは難しいことから、本評価においては、保守的に地上における物体に揚力が作用することとしている。



第 12 図 部分的に地面に接する物体に作用する力 (左: 無風時, 右: 強風時,
 R_0, R : 無風時, 強風時における垂直抗力)

(2)揚力係数の設定

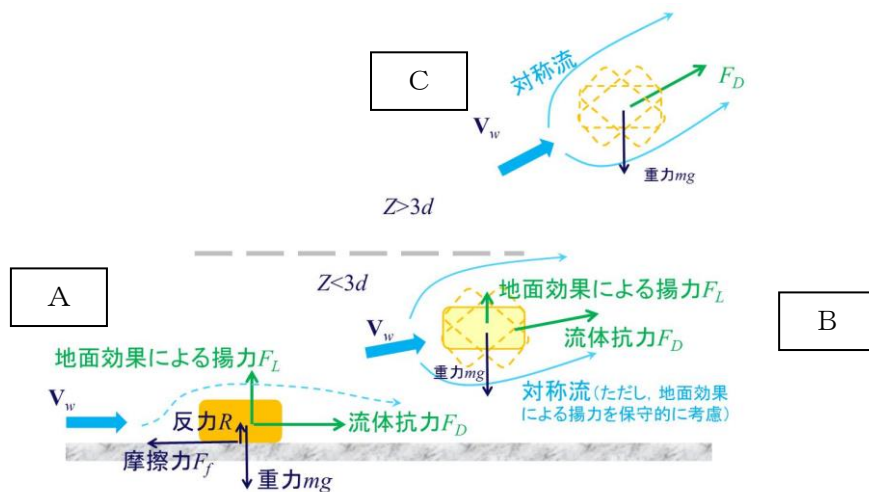
(6)式の C_{La} は風洞実験から求められる値であるが、実験条件（風を受ける方向等）により様々な値を取り得るため、それを包含するような係数を設定することが望ましい。本評価では、条件によらず保守性を確保できるよう、 C_{La} に代わり以下で定義される抗力係数と見附面積の積の平均値 $C_D A$ を用いることとする。

$$C_D A = \frac{1}{3} (C_{Dx} A_x + C_{Dy} A_y + C_{Dz} A_z) \quad (9)$$

ここで、 C_{Dx} は空中での x 軸方向流れに対する抗力係数、 A_x は x 軸方向流れに対する見附面積であり、その他も同様である。

飛来物の運動モデルを第 13 図に示す。上記(9)式の考え方は、第 13 図に当てはめ整理すると以下のとおり。

- ・物体がある程度浮き上がった後の状態（第 13 図の状態 B）であれば、物体はランダム回転し、物体各面に均等に風を受けるものと考えられること。
- ・物体が地面に置かれた状態（第 13 図の状態 A）から、実際に浮き上がる際には、物体の上面や下面での圧力が均一ではなく、傾きながら浮き上がるようなことも考えられるが、このような挙動を理論的に評価することは難しい。そのため、これに準ずる方法として、評価に用いる係数は、地面から浮かせた状態で実測された C_{La} のうち、物体が地面に置かれた状態（第 13 図の状態 A）にできる限り近い場合の値よりも大きな係数を用いることで、保守性は確保できると考えられること。
- ・物体が地面に置かれた状態（第 13 図の状態 A）と物体がある程度浮き上がった状態（第 13 図の状態 B）での評価にて、共通の係数を用いることは、地上からの物体浮上・飛散評価における実用性の観点からも望ましいこと。



第 13 図 飛来物の運動モデルの模式図

(A : 地面上, B : $Z < 3d$ の高度範囲, C : $Z > 3d$ の高度範囲, ただし, $Z = z - d/2$, d : 物体高さ)

物体の飛散解析におけるモデル化の基本的な考え方は、地面における揚力係数 C_L と見附面積 a の積 $C_L a$ をより大きな値で置き換えて、浮上現象を保守的に評価できるようにすることであり、この保守的な代用値として飛行定数 $C_D A/m$ と同類の $C_D A$ の利用が適切であることを以下で説明する。

物体が風速 U を受ける場合の揚力係数 C_L は、一般にその定義により揚力 F_L と以下の関係にある。

$$F_L = \frac{1}{2} \rho U^2 C_L a \quad (10)$$

これを変形すると、 $C_L a = 2F_L / \rho U^2$ となり、風速、風向及び物体の向きが一定であれば、揚力 F_L 及び速度圧 $q = \frac{1}{2} \rho U^2$ は見附面積 a の取り方には無関係の物理量であるので、 $C_L a$ も見附面積 a の取り方（風向投影面積や揚力方向投影面積）に依存しないことが分かる。一方、同じ風速 U が同じ物体に作用する場合であっても、地面に置かれた物体の向きと風向の関係によって積 $C_L a$ は変化する。（例えば、円柱の長手方向と風向が平行な場合の揚力は小さいが、直角の場合には最大となる）

そこで、典型的な塊状物体・柱状物体・板状物体が地面に置かれた場合の $C_L a$ の最大値（又は、それに近い値）の実測結果と物体の幾何学形状のみで決定される $C_D A$ の値を比較する。（第2表）

第2表より、 $C_D A > C_L a$ の関係が成立しており、 $C_L a$ の代用として $C_D A$ の利用が適切であることが確認できる。なお、 $C_D A$ は各方向の抗力係数と見附面積の積の平均値であり、例えば、一辺 d の立方体では $C_D A = 2d^2$ 、一辺 d の平板では $C_D A = 0.66d^2$ となる。両者には約3倍の違いがあるが、いずれの場合も実際の $C_L a$ 値よりも大きな値であり、揚力の評価モデルとして $C_L a$ 値の代わりに $C_D A$ を用いることで保守性は確保できる。

また、以上の揚力のモデル化の説明は浮上時（第13図の状態A）に対するものであるが、この揚力が物体高さの3倍までの飛散高度の範囲で連続的に低減するように作用するようにモデル化しており、第13図の状態A、B、Cの全領域で揚力の連続性が確保されている。

第2表 主な物体の C_{DA} と地面に置かれた物体の C_{La} (実測値) の大小関係(1/2)

形状	物体	仕様	C_{DA}^{*1}	C_{La} (実測値)	C_{La} (実測値) に係る試験条件等
塊状	自動車	実物の Dodge Dart (長さ 16.7ft. , 幅 5.8ft. , 高さ 4.3 ft.)	129ft. ²	48.7ft. ²	<ul style="list-style-type: none"> 風洞試験⁽¹⁶⁾ (風速 22~31m/s, $Re=2.8 \times 10^6 \sim 4.0 \times 10^6$) C_{La} が最大となる流入角での値を C_{La} (実測値) として記載
		1/6 縮尺模型 (セダン:長さ 4.85m, 幅 1.79m, 高さ 1.42m, 質 量 1633kg)	12.07m ²	7.76m ²	<ul style="list-style-type: none"> 風洞試験⁽²²⁾ (風速 0~150m/s, $Re=0 \sim 3.0 \times 10^6$) 4つのタイヤに作用する地面からの反力のうち, 少なくとも一つがゼロとなった時点の風速 U から C_{La} 値を計算 ($C_{La}=2mg/\rho U^2$) C_{La} が最大となる流入角での値を C_{La} (実測値) として記載
		1/6 縮尺模型 (ミニバン:長さ 5.12m, 幅 1.94m, 高さ 1.69m, 質量 2086kg)	14.58m ²	7.89m ²	
	立方体	一辺の長さ D	$2D^2$	$0.2D^2$ 程度	<ul style="list-style-type: none"> 水路試験⁽¹⁷⁾ ($Re=8.0 \times 10^3 \sim 2.8 \times 10^4$) 流入方向と立方体面の一面が垂直になる配置における値を C_{La} (実測値) として記載
柱状	円柱	長さ λ , 直径 D	$0.47D\lambda$	$0.2D\lambda$	<ul style="list-style-type: none"> 風洞試験⁽¹⁶⁾ ($Re=1.3 \times 10^6$) 流入方向と円柱の軸直角方向が垂直になる配置 (円柱の軸方向は地面と平行) における値を C_{La} (実測値) として記載
				$0.05D\lambda \sim 0.23D\lambda$	<ul style="list-style-type: none"> 風洞試験 ($Re=3.5 \times 10^4 \sim 1.2 \times 10^5$) 流入方向と円柱の軸直角方向が垂直になる配置 (円柱の軸方向は地面と平行) における値を C_{La} (実測値) として記載 (電力中央研究所風洞実験)
	角柱	長さ λ , 断面が一辺 D の正方形	$0.8D\lambda$ ($1.3D\lambda$) ^{*2}	$0.5D\lambda \sim 0.7D\lambda$ 程度	<ul style="list-style-type: none"> 水路試験⁽¹⁷⁾ ($Re=8.0 \times 10^3 \sim 2.8 \times 10^4$) 流入方向と角柱の軸方向が垂直となる配置 (角柱の軸方向は地面と平行) における値を C_{La} (実測値) として記載
		長さ λ , 高さ D , 幅 B の長方形断面	$0.4(D+B)\lambda$	負値(地面との隙間が $0.167D$ 以上の場合)	<ul style="list-style-type: none"> 風洞試験 ($Re=3.8 \times 10^4$) 流入方向と角柱の軸方向が垂直になる配置(角柱の軸方向は地面と平行) 長方形断面 (アスペクト比 4:3) の角柱は地面から $0.167D$ 以上離れると揚力は負となる (電力中央研究所風洞実験)

第2表 主な物体の C_{DA} と地面に置かれた物体の C_{La} (実測値) の大小関係 (2/2)

形状	物体	仕様	C_{DA}^{*1}	C_{La} (実測値)	C_{La} (実測値) に係る試験条件等
平板	薄い平板	長さ λ , 幅 B , 厚さ D ($B=200\text{mm}$, $D=5\text{mm}$, $\lambda=1000\text{mm}$ の場合)	0.66 $B\lambda$	0に近い値 (地面から 0.25 B 離れた位 置で $C_{La}=0.04B\lambda$)	<ul style="list-style-type: none"> 風洞試験⁽¹⁸⁾ (幅 B に基づく $Re=2.0 \times 10^5$) 流入方向と平板の長さ方向が垂直になる配置 (平板は地面と平行) における値を C_{La} (実測値) として記載
	薄い翼	長さ λ , 幅 B , 厚さ D ($B=100\text{mm}$, $D=15\text{mm}$, $\lambda=300\text{mm}$) (参考文献 (20) では B の代わりに c で表記)		0.2 $B\lambda$ 程度	<ul style="list-style-type: none"> 風洞試験⁽²¹⁾ (幅 B (参考文献(20) では c) に基づく $Re=2.2 \times 10^5$) 流入方向と翼の長さ方向が垂直になる配置 (翼面は地面と平行)
	平板状 ブロック	長さ λ , 幅 B , 厚さ D	0.66 $B\lambda$ 0.66($B\lambda+D(B+\lambda)$) ^{*2}	0.1 $B\lambda$ 程度	<ul style="list-style-type: none"> 水路試験⁽¹⁹⁾ ($Re=5.0 \times 10^4$ 程度) 流入方向と平板状ブロックの長さ方向が垂直になる配置 (平板状ブロックは地面と平行) における値を C_{La} (実測値) として記載

※1: 柱状及び平板では微少項を無視して記載

※2: 塊状とみなせる場合

(3) 設定した揚力係数の適用性の確認

地面における揚力係数 C_L と見附面積 a の積 C_{La} が、飛行定数 C_{DA}/m と同類の C_{DA} で代用できることについて、第 2 表における C_{La} (実測値) が竜巻における飛来物の飛散解析に適用可能であることについて、レイノルズ数の観点から確認を行う。

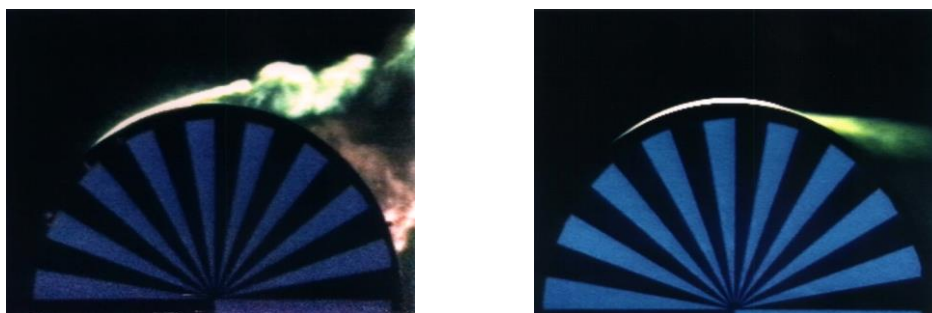
第 2 表の各文献中の実験でのレイノルズ数 Re は同表の備考欄に示すとおり、 10^4 から 10^6 のオーダーにある。

ここで、実物の自動車 (Dodge Dart : 長さ 16.7 ft. , 幅 5.8 ft., 高さ 4.3 ft.) では風速を 30 mph (13m/s) から 120 mph (54m/s) まで変化させてレイノルズ数の影響を調べた結果、風速は各空力係数に対して顕著な影響がないことが確認されている⁽¹⁶⁾。これは、剥離点が物体角部等に固定されてレイノルズ数にほとんど依存しないためであり、このような特性を有する立方体等についてもレイノルズ数依存性はないものと考えられる。

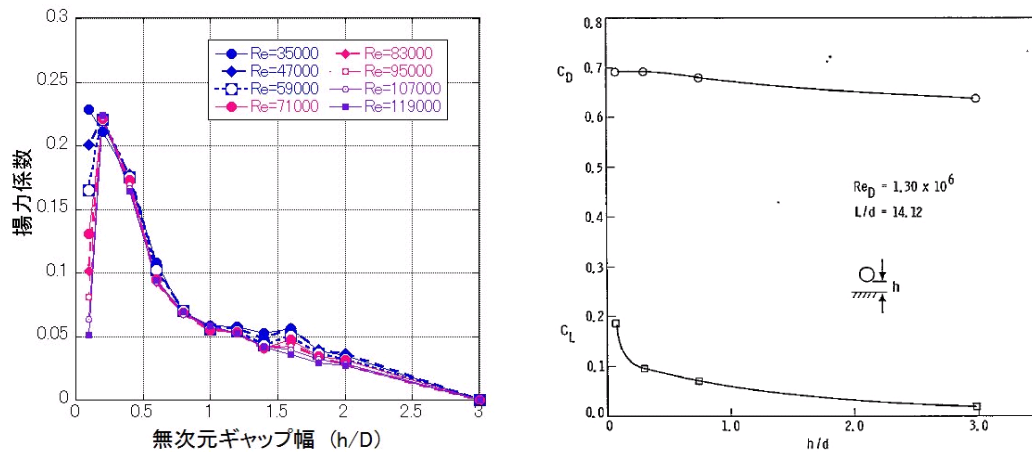
一方、円柱周りの流れのように剥離点が曲面上にある場合については、第 14 図に示すようにレイノルズ数 Re が変化すると、剥離点が移動し、抗力係数等が変化することが知られている。第 2 表の EPRI の円柱の風洞試験結果⁽¹⁶⁾は $Re=1.3 \times 10^6$ の高レイノルズ数条件で得られたものであり、竜巻中の円柱状の飛来物のレイノルズ数範囲に入るものと考えられる (例えば、相対風速 92m/s の直径 0.1m のパイプのレイノルズ数は $Re=6.0 \times 10^5$ 程度)。また、電力中央研究所我孫子地区内の吹出式開放型風洞 (吹出口寸法 : 高さ 2.5m × 幅 1.6m, 風速 : 3.0~16.5m/s) においても、壁 (地面) 近くに設置した円柱 (直径 100mm × 模型長 1000mm) を対象として、 $Re=3.0 \times 10^4$ から 1.0×10^5 程度までの揚力係数の測定試験が行われている。

EPRI の風洞試験と電力中央研究所の風洞試験には、レイノルズ数条件に大きな違いがあるが、第 15 図に示すとおり風洞試験で得られた円柱揚力係数に顕著な相違は認められない。

以上より、地面における各物体の揚力係数 C_L と見附面積 a の積 C_{La} はレイノルズ数にほとんど依存せず、第 2 表に示す風洞試験結果に基づくモデル化は妥当であると考えられる。



第 14 図 可視化した円柱周りの流れ (左 : $Re \approx 4.0 \times 10^4$, 右 : $Re \approx 2.0 \times 10^5$)



第 15 図 (左) 電力中央研究所の風洞試験 ($Re=3.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^5$) と (右) EPRI の風洞試験⁽¹⁶⁾ ($Re=1.3 \times 10^6$) で得られた円柱揚力係数

(4) 揚力の高さ依存性

この地面効果による揚力は高さとともに減衰するので、既往の風洞実験の結果⁽¹⁶⁾⁽²³⁾を考慮して、物体高さ d の物体にかかる揚力は、物体底面が地面から $3d$ の高度であるとき消滅すると仮定する。

具体的には、地面から z の距離 (高度) にある物体に作用する揚力加速度 L を以下の関数形でモデル化する。(Z: 物体底面の高度 ($=z-d/2$))

$$L = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m} |\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M|_{x,y}^2 f(Z/d) \quad (11)$$

ただし、 $f(Z/d)$ は、EPRI の風洞実験結果⁽¹⁶⁾⁽²³⁾を参考に、以下の反比例式とする。

$$f(Z/d) = \begin{cases} \{1 - (Z/3d)\} / \{1 + (Z/d)\} & (0 \leq Z \leq 3d) \\ 0 & (3d < Z) \end{cases} \quad (12)$$

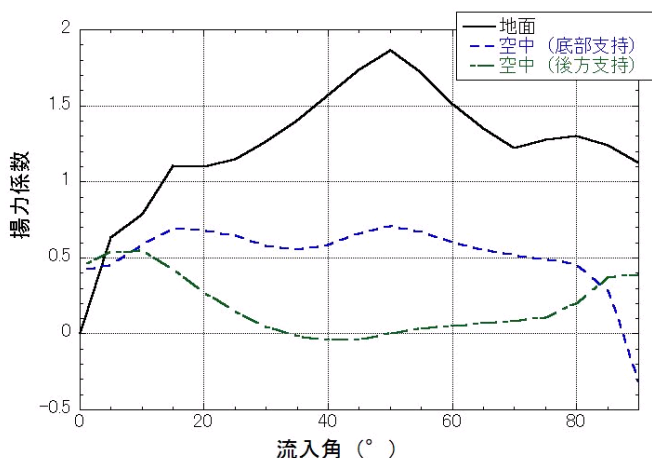
また、以下において、塊状物体 (自動車)、柱状物体 (角柱、円柱)、板状物体 (平板) の風洞試験結果を踏まえ、物体高さ d の物体にかかる揚力は、物体底面が地面から $3d$ の高度で消滅するとした仮定が適切であることを確認する。

① 塊状物体 (自動車) の揚力の高さ依存性

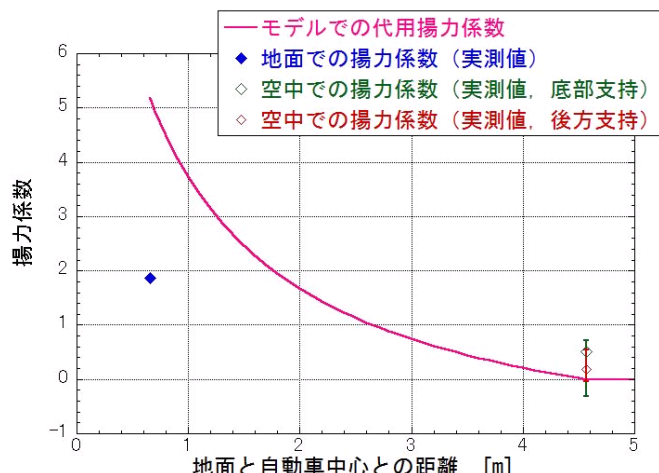
自動車の揚力係数は、EPRI の風洞試験⁽¹⁶⁾にて、地面及び風洞中央 ($h/d \approx 3.5$) に設置した場合にて計測されており、第 16-1 図に示すように流入角 (0° は正面、 90° は側面に風を受ける角度) に依存した揚力係数が得られている。

また、第 16-2 図にて、EPRI の風洞試験によって得られた揚力係数と本モデルにて代用した揚力係数の関係を示す。EPRI の風洞試験では空中での自動車の姿勢は地面設置と同じ姿勢に保たれているため、空中においても揚力係数がゼロとはならないが、実際

に飛来する自動車の姿勢はランダムに変化することから、平均的な揚力係数は本モデルでの代用した揚力係数に近いものと考えられる。



第 16-1 図 地面及び風洞中央に設置した自動車の揚力係数の流入角依存性

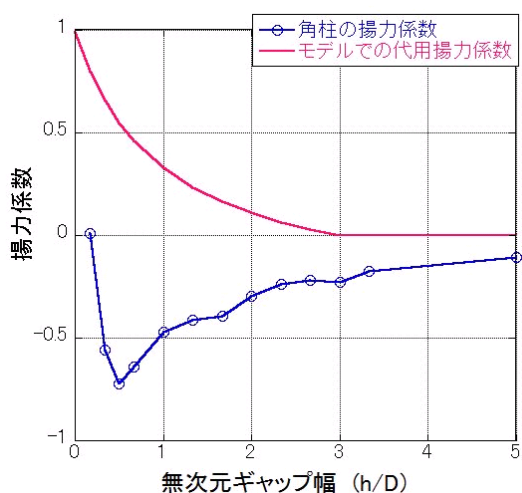


第 16-2 図 自動車の風洞試験による揚力係数と本モデルで代用した揚力係数の関係

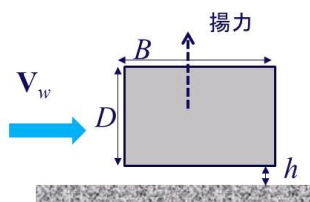
②柱状物体（角柱・円柱）の揚力の高さ依存性

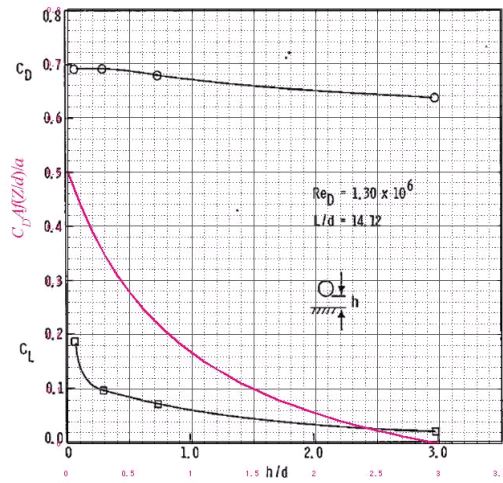
角柱の揚力係数は、電力中央研究所我孫子地区内の吹出式開放型風洞（吹出口寸法：高さ 2.5m×幅 1.6m，風速：3.0～16.5m/s）にて測定しており、第 17 図にその結果を示す。角柱の場合、地面から 0.167D 以上離れると揚力は負となるので、正の揚力を与える本モデルで代用した揚力式（第 17 図の赤線）は保守的な結果となっていることが分かる。

円柱の揚力係数は、EPRI の風洞試験⁽¹⁶⁾にて測定しており、第 18 図に示すように本モデルで代用した揚力係数（第 18 図の赤線）は実際の円柱に働く揚力の最大揚力係数よりも大きな値となっているため、保守的な結果となっていることが分かる。



第 17 図 角柱の風洞試験による揚力係数と本モデルで代用した揚力係数の関係
(幅 B=80mm×高さ D=60mm×模型長 1000mm)





第 18 図 円柱の風洞試験による揚力係数と本モデルで代用した揚力係数の関係

③板状物体（平板）の揚力の高さ依存性

平板の揚力係数は、平面的な形状を有する翼（迎角 0° ）の試験結果⁽²¹⁾に基づき考察すると、本モデルで代用した揚力係数（第 19 図の赤線）は実際の翼に働く地面効果による揚力係数よりもおおむね大きな値となっている。また、この翼は奥行方向が長い形状で流れに直交するような配置となっており、実際の平板に比べて揚力が作用しやすいことを考慮すると、実際の平板の揚力係数は更に小さいものと考えられる。

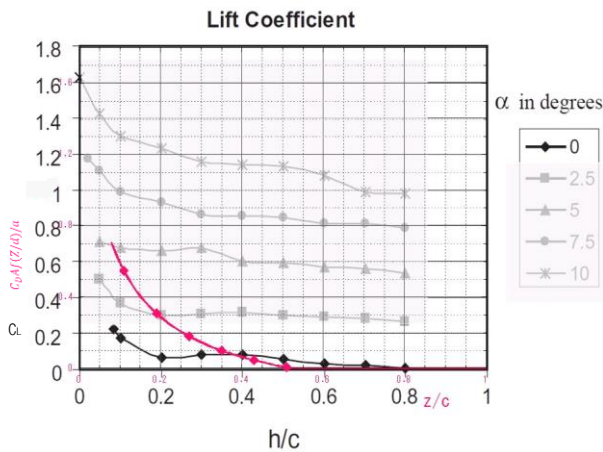


Fig. 8. Coefficient of lift at varying ground clearances for different angles of attack.

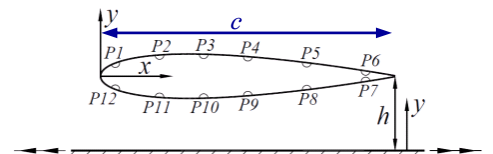


Fig. 2. Locations of pressure tappings.

第 19 図 翼の風洞試験による揚力係数と本モデルで代用した揚力係数の関係

(5) 飛来物の運動方程式

上記(1)～(4)を踏まえ、重力加速度 g 、上向きの単位ベクトル \mathbf{k} を用いて、飛行物体の運動方程式は以下のように記述される。

$$\frac{d\mathbf{V}_M}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} |\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M| (\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M) - (g - L)\mathbf{k} \quad (13)$$

飛来物の位置 $\mathbf{X}_M(t)$ と速度 $\mathbf{V}_M(t)$ の時刻歴の計算には陽解法(一定加速度法)を用いる。具体的には、時刻 $t = \tau$ における飛来物の位置 $\mathbf{X}_M(\tau)$ と速度 $\mathbf{V}_M(\tau)$ を既知として、時刻 $t = \tau + \Delta\tau$ における飛来物の速度と位置を以下の式で求める。ただし、 $\mathbf{A}(\tau)$ は上記運動方程式の右辺に対応する時刻 $t = \tau$ における加速度ベクトルである。

$$\mathbf{V}_M(\tau + \Delta\tau) = \mathbf{V}_M(\tau) + \mathbf{A}(\tau)\Delta\tau \quad (14)$$

$$\mathbf{X}_M(\tau + \Delta\tau) = \mathbf{X}_M(\tau) + \mathbf{V}_M(\tau)\Delta\tau + \frac{\mathbf{A}(\tau)\Delta\tau^2}{2} \quad (15)$$

$\mathbf{A}(\tau)$ の計算には、時刻 $t = \tau$ における風速場も必要であるが、初期に原点に位置する竜巻の中心が x 軸上を移動速度 V_f で移動することを仮定しており、任意の時刻での風速場を陽的に求められるため、飛来物速度・位置を算出することができる。

(6) 飛来物の運動方程式 ((13)式) に関する考察

地上面の物体(第13図の状態A)が浮上するには、地面からの反力が消滅 ($R < 0$, つまり $mg < F_L$) する条件で浮上し、浮上後は、(13)式を成分表示した以下の飛来物の運動方程式に従って飛散する。

$$\frac{dV_{M,x}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{(V_{w,x} - V_{M,x})^2 + (V_{w,y} - V_{M,y})^2 + (V_{w,z} - V_{M,z})^2} (V_{w,x} - V_{M,x}) \quad (16)$$

$$\frac{dV_{M,y}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{(V_{w,x} - V_{M,x})^2 + (V_{w,y} - V_{M,y})^2 + (V_{w,z} - V_{M,z})^2} (V_{w,y} - V_{M,y}) \quad (17)$$

$$\frac{dV_{M,z}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{(V_{w,x} - V_{M,x})^2 + (V_{w,y} - V_{M,y})^2 + (V_{w,z} - V_{M,z})^2} (V_{w,z} - V_{M,z}) - g + L \quad (18)$$

ここで、飛来物速度 $\mathbf{V}_M = (V_{M,x}, V_{M,y}, V_{M,z})$ 、竜巻風速 $\mathbf{V}_w = (V_{w,x}, V_{w,y}, V_{w,z})$ であり、右辺第1項が流体抗力 F_D の加速度を表しており、(18)式の右辺第3項が地面効果による揚力 F_L の加速度を表している。上記の式で、物体が静止している状態(上記の式(16)～(18)で飛来物速度 \mathbf{V}_M を 0) を仮定すると、以下の式となる。

$$\frac{dV_{M,x}}{dt} = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{V_{w,x}^2 + V_{w,y}^2 + V_{w,z}^2} \times V_{w,x} \quad (16')$$

$$\frac{dV_{M,y}}{dt} = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{V_{w,x}^2 + V_{w,y}^2 + V_{w,z}^2} \times V_{w,y} \quad (17')$$

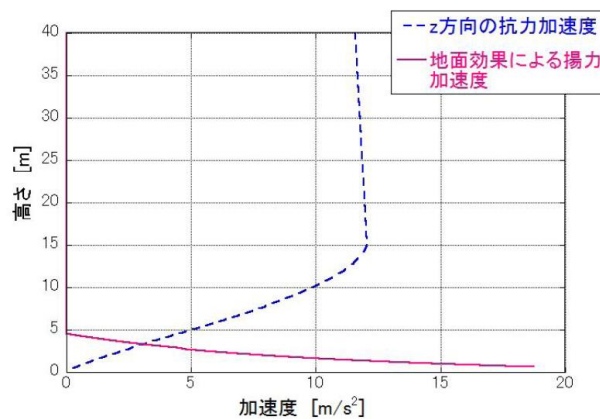
$$\frac{dV_{M,z}}{dt} = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{V_{w,x}^2 + V_{w,y}^2 + V_{w,z}^2} \times V_{w,z} - g + L \quad (18')$$

フジタモデルでは、物体が地面上にある場合（第 13 図の状態 A）では上昇速度はゼロに近く、地面で静止している飛来物が受ける上昇速度はほぼゼロであるため、式(18')の右辺第 1 項は右辺第 2, 第 3 項に比べてはるかに小さな量となり、以下のとおり物理的に合理的な関係式が成立する。

$$\frac{dV_{M,z}}{dt} \approx -g + L \quad (19)$$

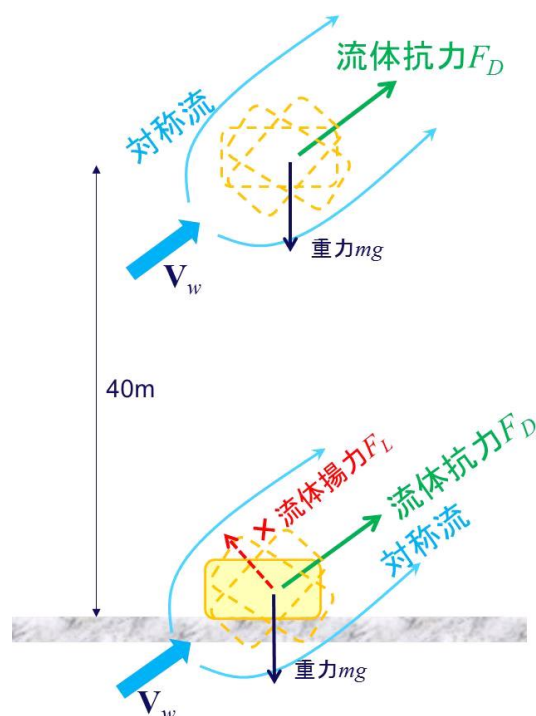
例として、竜巻コア半径 30m, 設計竜巻の最大風速 92m/s の竜巻が原点に位置し x 方向に 14m/s で移動する場合、点(0, -30m)における式(18')の右辺第 1 項の値 (z 方向抗力 (流体抗力) による加速度) と第 3 項の値 (地面効果による揚力加速度) を第 20 図に示す。

第 20 図より、地面上 (z=0) においては、z 方向抗力による加速度は十分小さく、地面効果による揚力加速度の影響が大きいことが分かる。



第 20 図 地面近傍の飛来物に作用する z 方向の加速度
(飛来物の特性 : $0.5\rho C_D A/m=0.004 \text{ [m}^{-1}\text{]}$, $d=1.31\text{[m]}$)

なお、高さ方向の依存性が考慮されていないランキン渦の場合は、上昇風速が水平風速の約 60%にも達するため、地面から非現実的な風の噴出が発生する。地面効果は地面の存在によって水平な風が物体付近で湾曲・剥離することによって生じるものであるが、ランキン渦の風速場では地面の有無によって物体周りの流況が大きく変化せず、地面効果は物理的に発現しにくいいため、ランキン渦モデルを用いた解析においては鉛直方向による揚力 L を付加していない（第 21 図）。

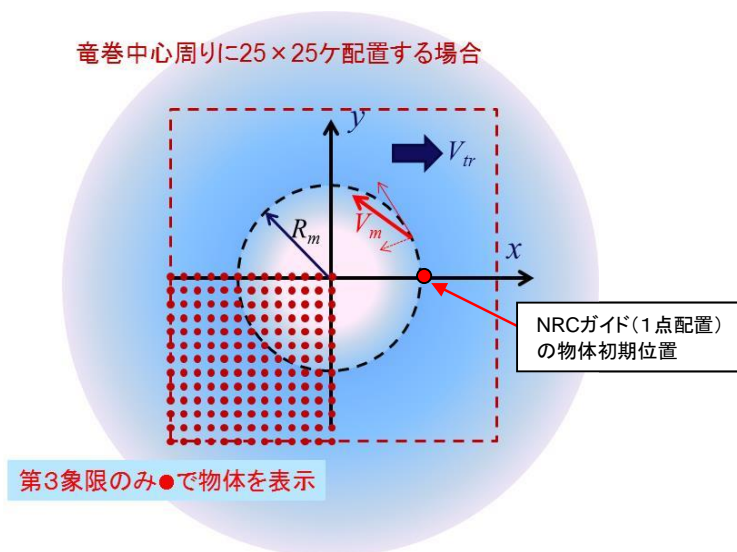


第 21 図 ランキン渦の場合の飛来物の運動モデルの模式図

5.2 竜巻が物体に与える速度に関する不確定性の考慮

竜巻によって飛散する物体の飛来速度や飛散距離は、同じ竜巻内であっても物体の受ける風速（物体がある位置の竜巻風速）によって大きく変動する。その影響度合いを確認するため、米国 NRC ガイド⁽²⁾に記載されている方法（物体の 1 点配置）と、物体を多点数配置した場合の飛来速度の違いを比較する。配置の違いについて、第 22 図に示す。

1 点配置の場合は、特定位置（竜巻進行方向の竜巻半径の位置 $(x,y) = (R_m, 0)$ ）に物体 1 個を設置する。また多点数配置の場合は、竜巻半径の 4 倍の正方形の領域に 51×51 個の物体を配置する。その上で飛散させた物体のうち、最も速度が大きくなったものをその物体の飛来速度とする。

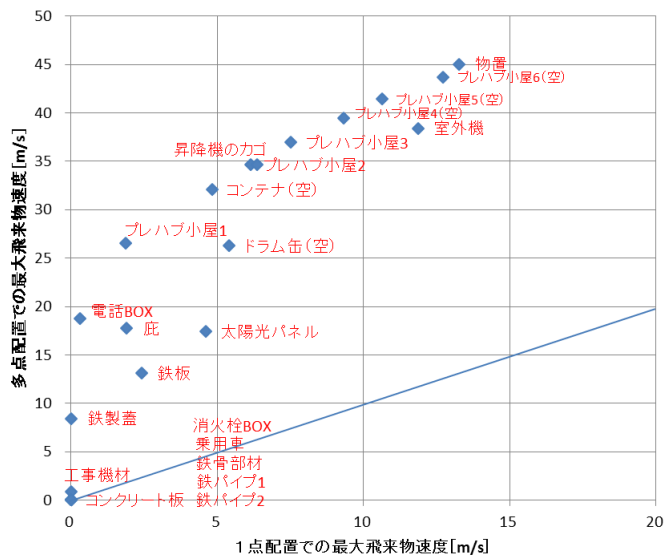


第 22 図 飛来物評価における竜巻と物体の位置関係

評価条件として、竜巻の最大風速を 92m/s とし、フジタモデルの風速場を用いて地上から飛散させるものとする。また、ガイドの記載より竜巻の移動速度 V_t を 14m/s、竜巻コア半径 R_m を 30m とする。飛散させる物体のパラメータとして、原子力安全基盤機構の調査研究報告書⁽⁴⁾に掲載されている物体の飛行定数 (5.1 の $C_D A$ を質量で割った値： $C_D A/m(\text{m}^2/\text{kg})$) を用いる。第 23 図に比較結果を示す。

米国 NRC で用いられている 1 点配置の手法と比較し、多点数配置の手法では、飛行定数の大きい物体の多くが 1 点配置に比べて大きな飛来速度となる。多点数配置することで、その竜巻風速場における最大風速 (最大接線風速と半径方向風速のベクトル和が竜巻移動方向と重なる点) を受ける物体が出てくるため、このような結果となったと考えられる。

したがって、物体を多点数配置することは、竜巻から受ける風速に関する不確定性を考慮できるものと考えられるため、本検討における方法として適用することとする。

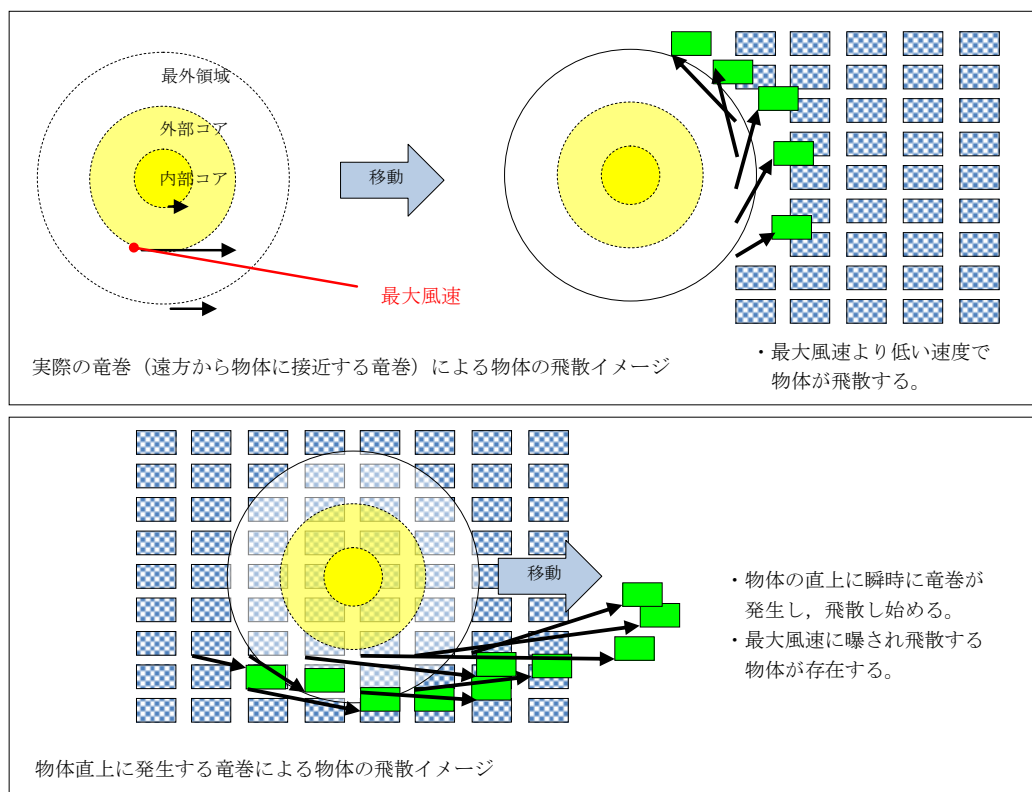


物体名	長さ(m)	幅(m)	高さ(m)	飛行定数 $C_p A / (m^2 / kg)$
フォークリフト	3.60	1.10	2.10	0.0026
トラック	5.00	1.90	1.30	0.0026
消火栓BOX	0.50	0.50	1.10	0.0036
乗用車	3.10	1.60	1.30	0.0052
工事機材	2.44	0.65	1.20	0.0058
プレハブ小屋1	5.00	5.00	3.00	0.0083
コンテナ(空)	2.40	6.00	2.60	0.0105
昇降機のカゴ	1.20	1.20	2.80	0.0113
プレハブ小屋2	1.85	1.85	2.60	0.0119
プレハブ小屋3	4.60	2.30	3.30	0.012
プレハブ小屋4(空)	5.00	5.00	3.00	0.0153
電話BOX	0.30	0.30	0.40	0.0169
プレハブ小屋5(空)	1.85	1.85	2.60	0.0189
プレハブ小屋6(空)	4.60	2.30	3.30	0.0222
物置	1.80	0.90	1.50	0.0315
室外機	0.30	0.25	0.80	0.0343
コンクリート板	1.50	1.00	0.15	0.0021
庇	11.00	2.10	0.20	0.0242
鉄製蓋	0.70	0.50	0.03	0.0364
鉄板	2.00	0.25	0.04	0.0486
太陽光パネル	1.20	1.00	0.05	0.0582
鉄骨部材	4.20	0.30	0.20	0.0089
鉄パイプ1	2.00	0.05	0.05	0.0057
鉄パイプ2	1.00	0.05	0.05	0.0059
ドラム缶(空)	0.90	0.60	0.60	0.0203

第 23 図 1 点配置時と多点配置時の最大飛来物速度の比較 (左) と
物体のパラメータ (右)

前頁の第 22 図に示す物体の多点多点配置 (竜巻半径の 4 倍の正方形の領域に 51×51 個の物体を配置) を初期状態として適用したが、この手法は、物体の直上に竜巻を発生させており、竜巻発生地点の不確定性についても考慮した設定となる。

第 24 図に遠方から物体に接近する竜巻と、物体直上に発生する竜巻による飛散の比較イメージ図を示す。実際の竜巻に遭遇する状況 (海上で竜巻が発生して上陸する場合等) を考慮すると、竜巻は遠方から物体に近づくため、最大風速より低い風速に曝され、飛散することになる。しかし、物体の直上に竜巻を発生させる設定とすることで、実際の竜巻による飛散と比較して、より厳しい結果を与えることになる。



第 24 図 物体に接近する竜巻と物体直上に発生する竜巻の比較イメージ図

この物体を多点多数配置する方法と、竜巻を直上に発生させる方法を組み合わせることにより、必ずその竜巻による最大風速に曝される物体が発生するため、竜巻が物体に与える速度の不確定性を考慮することができると考えられる。

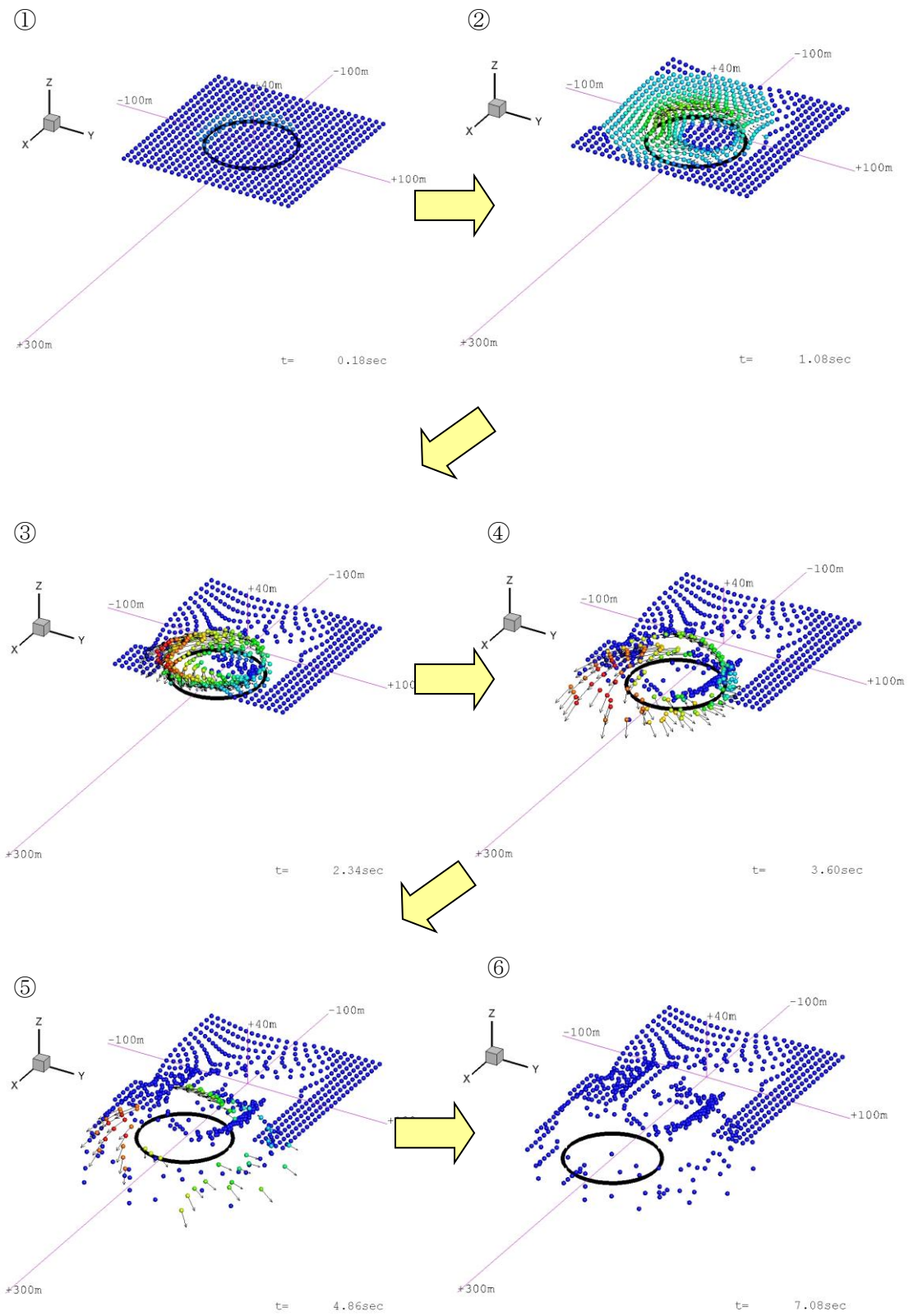
5.3 飛来物評価法のまとめ

飛来物の浮上・飛散モデルにおいて、実際の実験結果よりも浮上しやすい係数を設定することで、浮上に関する不確定性を考慮できるような設定とする。

また、物体を多点多数配置し、その物体直上で竜巻が発生するという設定を組み合わせることにより、竜巻風速場内で物体が受ける風速の不確定性を考慮し、その竜巻において最大となる飛来速度が評価できるような設定とする。

以上により、フジタモデルを用いて飛来物の飛散速度評価を行う場合でも、竜巻による物体飛散の不確定性を考慮した評価結果が得られるものと考えられる。

なお、参考として第 25 図に本検討の条件設定による、物体の飛散イメージを示す。同じ物体でも、受ける風速によって大きく飛散状況が変わる様子が分かる。



第25図 竜巻による物体の飛散イメージ

6. 実際の飛散状況に対する検証

前節までは、フジタモデルの風速場を用いる優位性や、飛来物評価を行う上で考慮している事項等についての説明である。

本節では、フジタモデルの風速場や、前節の飛来物評価法を適用した場合、実際の事例等に比べて妥当な結果となるかどうかの検証を行う。

6.1 フジタスケールとの比較

フジタスケールは、竜巻等の突風により発生した建築物や車両等の被害状況から、当時の竜巻風速を推定するために考案された指標である。このフジタスケールで示されている自動車の被災状況を第3表に示す。

ここで、各スケールに対応する最大風速(69m/s, 92m/s, 116m/s)を用いて、フジタモデルによる自動車飛散解析を行う。その結果を第4表に示す。

フジタモデルによる自動車飛散解析の結果は、各スケールに対応する自動車の被災状況とおおむね合致していると考えられる。なお、ランキン渦モデルを用いた場合は、F2相当の風速(69m/s)で評価しても大きく飛散することになり、フジタスケールの定義の観点からは過度に保守的な結果となる。

第3表 フジタスケールで示されている自動車の飛散状況

フジタスケール	風速 [m/s]	自動車の被災状況
F2	50-69	cars blown off highway (自動車が道路からそれる)
F3	70-92	cars lifted off the ground (自動車が地面から浮上する)
F4	93-116	cars thrown some distances or rolled considerable distances (自動車がある距離を飛ばされる, 又は, かなりの距離を転がる)

第4表 フジタモデルによる自動車の飛散解析結果

(自動車の特性:長さ 5.1m×幅 1.77m×高さ 1.31m, 質量 1814.4kg, $C_D/m=0.0066 \text{ m}^2/\text{kg}$)

フジタスケールとの対応	最大水平風速 [m/s]	竜巻接線速度 [m/s]	竜巻移動速度 [m/s]	計算結果		
				速度 [m/s]	距離 [m]	高さ [m]
F2	69	59	10	8.9	4.4	0.1
F3	92	79	13	30	35	1.8
F4	116	99	17	51	95	4.3

6.2 米国 Grand Gulf 原子力発電所への竜巻来襲事例

1978年4月17日に米国のミシシッピ州にて建設中の Grand Gulf 原子力発電所に F3 の竜巻が来襲した⁽²⁴⁾。主な被害として、建設中の冷却塔内部に設置されていたコンクリート流し込み用のクレーンが倒壊し、冷却塔の一部が破損したことが挙げられる。また、竜巻によりトレーラーが台から剥がれ移動したことや、直径8～10インチの木が折れた事例等も確認されており、第26図は、竜巻による飛来物の飛散状況が定量的に分かる事例として、資材置き場のパイプの飛散状況を示したものである。なお、通過時の竜巻規模はF2であったと考えられている。このパイプはコンクリート・石綿製で、長さは8フィート、直径(内径)は8インチであった。このパイプの飛散状況に対して、フジタモデルあるいはランキン渦モデルを風速場として用いた飛来解析を行った。その計算条件は過去の記録に基づき第5表のとおりとする。



"Courtesy of HathiTrust" <http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015037472209#view=1up;seq=65> ⁽¹⁹⁾

第26図 Grand Gulf 原子力発電所資材置き場におけるパイプの散乱状況

被害状況	<ul style="list-style-type: none">パイプを収納した木箱(一部は二段重ね)は浮上せず転倒し、パイプが周辺7m～9mに散乱。 <p>(Pieces of pipe were scattered over the area, but none traveled more than 25-30 ft. The pipe joints are 8 in. dia x 8 ft long.⁽²⁴⁾)</p>
------	---

第5表 Grand Gulf 原子力発電所の竜巻によるパイプ飛散の再現をする上での計算条件

竜巻条件	設計竜巻風速	67m/s
	最大接線風速	53.6m/s
	移動速度	13.4m/s
	コア半径	45.7m
飛来物条件	直径（外径）	9 inch (0.2286m)
	物体高さ	0.229m
	密度	1700kg/m ³
	飛行定数 $C_D A/m$	0.0080 m ² /kg
初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数 51×51 個，竜巻半径の 4 倍を一辺とする正方形内 ($x, y = [-2R_m, +2R_m]$) に等間隔配置 設置高さ 1 m (パイプが収納されていた木箱が 2 段重ねで配置されていた状況を想定。) 	

計算結果を第6表に示す。フジタモデルを風速場とした場合は、パイプがほとんど飛散せず、木箱が倒れた影響で散らばったと思われる状況とおおむね合致している。

なお、参考としてランキン渦モデルで評価した場合、飛散距離や最大水平速度に大きな違いがあり、実際の報告と比較して過度に保守的な評価結果となる。

第6表 Grand Gulf 原子力発電所のパイプの飛散計算結果

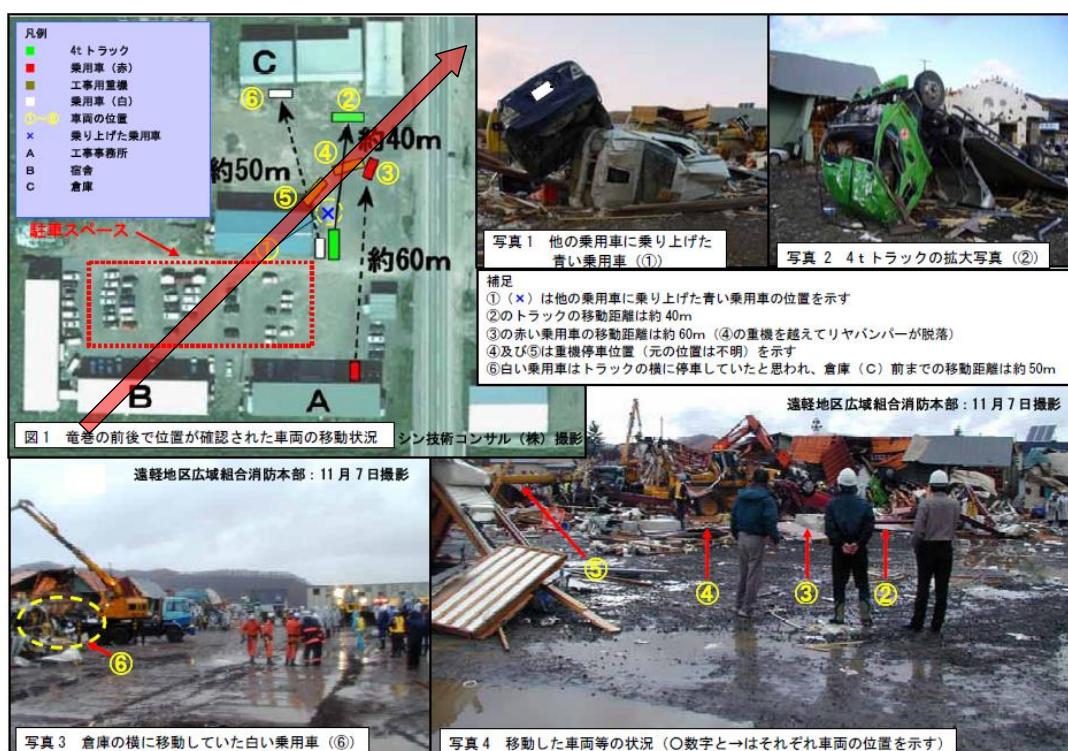
風速場モデル	初期物体高さ	計算結果		
		飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度
フジタモデル	1 m	1.2 m	0.0 m	4.9 m/s
ランキン渦モデル	1 m ^{※1}	42.6 m	0.34 m	30.7 m/s
ランキン渦モデル	40 m	227 m	0.34 m	40.9 m/s


※1：ランキン渦モデルでは地上付近の風速場を模擬できていないが、フジタモデルの計算結果（飛散距離）と比較をするため、フジタモデルと同条件とする。

※2：初期物体高さからの飛散高さ。

6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例

2006年11月7日に北海道網走支庁佐呂間町に発生した竜巻（以下「佐呂間竜巻」という。）により、4tトラックが約40m移動したことが報告されている⁽²⁵⁾。被災状況を第27図に示す。この事例では被災時に4tトラックに乗員2名が乗車しており、4tトラックの初期位置と移動位置が分かっている（第27図左上画像の②）。また、4tトラックの他に2台の自動車（第27図左上画像の③と⑥）について、初期位置と被災後の移動位置が分かっている。このように竜巻被災前後で車両等の位置が明確になっている事例は極めてまれである。なお、竜巻飛来物の再現計算は、竜巻が頻発する米国でもほとんど実施されていない。この理由としては、来襲した実際の竜巻特性を精度よく計測・推測することが困難であることや自動車等の移動前後の位置が不明確な場合が多いことが挙げられる。



第27図 佐呂間竜巻（2006.11.7）による被災状況（工事事務所敷地内の車両被災）⁽²⁵⁾
 （文献(25)で示されている竜巻被害の方向を  で加筆）

ここでは、フジタモデルを風速場として用いた車両（4tトラック、乗用車）の飛散評価を行い、実際の被害状況と比べて妥当な結果となるかどうかの確認を行う。方法としては、下記の2通りとする。

- 竜巻特性や飛来物（4tトラック、乗用車）の状況を現実的に設定した場合の再現解析
- 柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法による検証

(a) 竜巻特性や飛来物の状況を現実的に設定した場合の再現解析

(i) 4tトラックの飛散解析

再現解析の条件として、入手可能なデータ⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾に基づき、合理的と考えられる竜巻特性条件と飛来物（4tトラック）の条件を第7表のように設定する。初期配置の条件として、配置個数は1個とし、竜巻が遠方から近づく状況設定としている。また、風速60m/s以下では浮上しない設定となっている。その上で、竜巻との距離を合理的な範囲で変化させ、佐呂間竜巻の再現性を確認する。

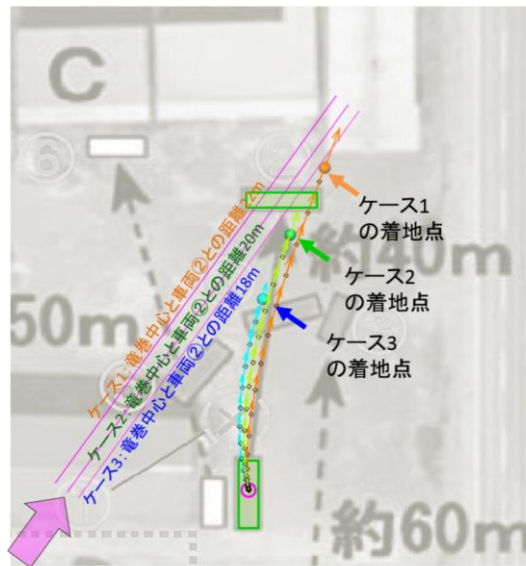
車両と竜巻中心との距離を18m、20m、22mとした場合の解析結果を第8表及び第28図に示す。車両の軌跡は竜巻中心との相対位置関係に敏感であるが、各ケースとも飛散方向が実際の移動方向とおおむね合致しており、特に車両と竜巻中心との距離を20mとしたケース2では飛散距離もほぼ正確に再現されている。このように、フジタモデルを風速場とした飛散解析で、飛来物が地上に設置された状況からの飛散挙動が再現できることが確認できる。

第7表 佐呂間竜巻の4tトラックの計算条件

竜巻条件	設計竜巻風速	92m/s	
	最大接線風速	70m/s	
	移動速度	22m/s	
	コア半径	20m	
飛来物条件	車種不明のため、三菱ふそう PA-FK71D の仕様を採用	車両長さ	8.1m
		車両幅	2.24m
		車両高さ	2.5m
		車両質量	4000kg
	飛行定数 $C_D A/m$	0.0056 m ² /kg	
初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数1個 竜巻は遠方から物体に近づくが、風速60m/s以下では浮上しない 設置高さ0m 		

第8表 佐呂間竜巻での4tトラックの飛散計算結果

解析ケース	車両と竜巻中心との距離	計算結果(フジタモデル)		
		飛散距離	飛散高さ	最大水平速度
1	22m	45.4 m	2.8m	25.8 m/s
2	20m	35.5 m	2.3m	22.2 m/s
3	18m	25.9 m	1.7m	18.8 m/s



第 28 図 フジタモデルによるトラック飛散の再現解析結果

(ii) 乗用車の飛散解析

白い乗用車（第 27 図の⑥）の被災事例を対象として、物体を 1 点初期配置した条件で最大水平速度等を計算する。

白い乗用車の計算条件について、第 9 表に示す。

第 9 表 佐呂間竜巻の白い乗用車の計算条件

竜巻条件	第 7 表と同様		
飛来物条件	白い乗用車 〔トヨタカローラを仮定〕	車両長さ	4.40m
		車両幅	1.70m
		車両高さ	1.50m
	飛行定数 $C_D A/m$	0.0097 m ² /kg	
初期配置	・物体個数 1 個 ・竜巻は遠方から物体に近づくが、風速 60m/s 以下では浮上しない ・設置高さ 0 m		

白い乗用車と竜巻中心との距離を、18m、20m、22m とした場合の解析結果を第 10 表及び第 29 図に示す。飛散距離についてはケース 1 でおおむね合致している。

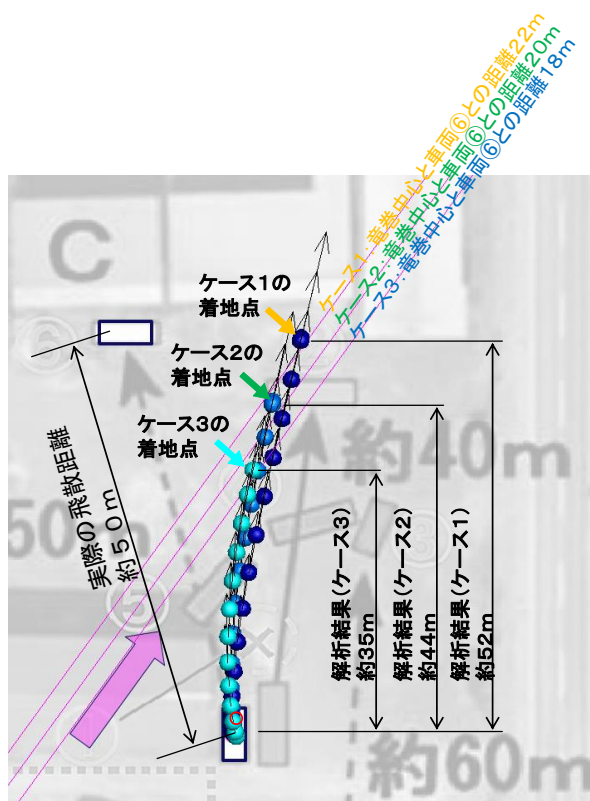
飛散方向については、飛び出し方向はおおむね合致しているものの、最終的な着地点には多少のずれが生じている。これは乗用車(白)が建物に近接して駐車していたため、この建物の倒壊の影響を受けて飛散方向のずれが生じたものと推定される。

なお、赤い乗用車（第 27 図の③）について評価した場合は、竜巻中心との距離が大きいため飛散しない解析結果となる。ただし、実際には、赤い乗用車は全壊・飛散した

プレハブ建物（軽量鉄骨造2階建て、第27図のA）の直ぐ下流側に駐車しており、その瓦礫の影響を受けて一緒に移動したものと考えられる。

第10表 佐呂間竜巻での白い乗用車の飛散計算結果

解析 ケース	白い乗用車と竜巻 中心との距離	計算結果(フジタモデル)		
		飛散距離	飛散高さ	最大水平速度
1	22m	51.9 m	3.6m	28.9 m/s
2	20m	43.5 m	3.4m	24.7 m/s
3	18m	34.7 m	2.9m	21.1 m/s



第29図 フジタモデルによる白い乗用車飛散の再現解析結果

(b) 柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法による検証⁽²⁷⁾

ここでは、柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法の竜巻条件・物体初期配置条件で前述の佐呂間竜巻における 4tトラック及び白い乗用車の被災事例を評価し、佐呂間竜巻での実際の被災状況（移動距離等）との結果を比較する。

(i) 4tトラックの飛散解析

計算条件について第 11 表に示す。竜巻条件としては、設計竜巻の最大風速を 92 m/s とし、その他の特性量については、ガイドに例示されている方法に従い、移動速度 V_i を 14 m/s（最大風速の 15%）、竜巻コア半径 R_m を 30 m とする。

第 11 表 柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法の計算条件

竜巻条件	設計竜巻風速	92m/s
	最大接線風速	78m/s
	移動速度	14m/s
	コア半径	30m
飛来物条件	第 7 表と同様	
初期配置	・物体個数 51×51 個、竜巻半径の 4 倍を一辺とする正方形内 ($x, y = [-2R_m, +2R_m]$) に等間隔配置 ・設置高さ 0m	

第 12 表に実際の被災状況と、柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法の結果の比較を示す。また、第 30 図に被災後の 4tトラックの状況を示す。

フジタモデルによる飛散評価結果として、4tトラックの最大飛来物速度は 36 m/s、最大飛散高さは 3.6 m、最大飛散距離は 63.4 m となる。

実際の 4tトラック飛散距離は約 40m であり、フジタモデルによる飛散距離の評価結果はこれを上回る。また、飛散高さや最大水平速度については、直接の比較はできないものの、4tトラックの乗員 2 名が存命であったこと、被災後の 4tトラックがほぼ元の外形をとどめていること等から、柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法で飛散解析をした場合でも、実際の被災状況と比較して妥当な結果となるものと考えられる。

なお、参考として同様の検証をランキン渦モデルでも実施しており、ランキン渦モデルによる評価では、最大飛散高さ、最大飛散距離ともに実際の被災状況と比較して非常に保守性が大きい結果となっていることが分かる。

第 12 表 実際の被災状況と「柏崎刈羽原子力発電所の飛来物評価法」
との結果の比較 (4t トラックの場合)

風速場モデル	飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度
フジタモデル (地上)	63.4m	3.6m	36.0m/s (毎時 130 km)
ランキン渦モデル (地上 ^{※1})	193.7m	11.7m	43.9m/s
ランキン渦モデル (40m)	254.9m	11.7m	43.9m/s
実際の被災状況	約 40 m	4t トラックの運転席に 乗車していた乗員 2 名 が幸いにも存命で救出 され、搬送先の病院で聞 き取り調査に応じてお り ⁽²⁵⁾ 、被災した 4t ト ラックが地面からは 3.6m 以上の高所から落 下したとは考えにくい。	被災後もほぼ元の外 形をとどめているこ とが示されており ⁽²⁴⁾ 、実際の飛来物速 度は本解析で得られ た最大飛来物速度 (約 130 km/h) を遙 かに下回るものと推 察できる。

※1：ランキン渦モデルでは地上付近の風速場を模擬できていないが、フジタモデルの計算結果（飛散距離）と比較をするため、フジタモデルと同条件とする。

※2：初期物体高さからの飛散高さ。



第 30 図 竜巻による被災後の 4t トラックの様子^{(25) (26)}

(ii) 乗用車（白）の飛散解析

4t トラックの場合と同様に、柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価条件で白い乗用車の飛散解析を行った場合の結果を第 13 表に示す。

白い乗用車の場合も、フジタモデルによる評価が実際の被災状況を包含する結果となっている。

第13表 実際の被災状況と「柏崎刈羽原子力発電所の飛来物評価法」
との結果の比較（白い乗用車の場合）

風速場モデル	飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度
フジタモデル (地上)	82.3m	4.2m	44.1m/s
ランキン渦モデル (地上 ^{※1})	269.6m	39.4m	49.6m/s
ランキン渦モデル (40m)	305.8m	39.4m	49.6m/s
実際の被災状況	約50m	—	—

※1：ランキン渦モデルでは地上付近の風速場を模擬できていないが、フジタモデルの計算結果（飛散距離）と比較をするため、フジタモデルと同条件とする。

※2：初期物体高さからの飛散高さ。

7. 飛散以外の挙動に対する考慮

前節までで、飛来物の竜巻による挙動のうち、飛散に関する評価手法について説明をした。実際の竜巻による飛来物の挙動としては、飛散だけではなく、横滑りや転がりによる挙動が発生することも考えられるため、本節では、これらの飛来物の挙動について、下記の2点に分けて考察する。

- (a) 飛散する物体における横滑りや転がりの影響
- (b) 飛散しない物体における横滑りや転がりの影響

(a) 飛散する物体における横滑りや転がりの影響

「5.2 竜巻が物体に与える速度に関する不確定性の考慮」に記載のとおり、本検討においては、竜巻を直上に発生させる方法を採用していることから、実際には横滑りや転がりを伴い移動する物体も強制的に高速域に配置され、浮上をして飛散することになる。この場合、空中では地面の摩擦力を受けないため、実際に比べて大きな水平速度が得られることになる。

また、浮上後に地面に衝突する場合は、運動エネルギーの大部分は物体や地面の変形・破損等で消費されることから、落下後の横滑りや転がりによる移動距離は実際には小さいものと考えられる。

「6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例」における飛散した4tトラックや乗用車は、実際には飛散だけではなく、横滑りや転がりを伴ったものと考えられるが、飛散解析より得られた飛散距離や最大水平速度は、実際の被災状況よりも保守的な評価となっていることから、飛散過程における不確実性を裕度として包含している。

(b) 飛散しない物体における横滑りや転がりの影響

飛散しない物体においても、竜巻による風荷重が静止摩擦力より大きい場合には、横滑りをする。また、横滑りをしない場合でも、風荷重によるモーメントが自重のモーメントよりも大きい場合には転がることになる。このように、竜巻により横滑りや転がる場合には、地面での摩擦力の影響を受けながら移動することから、移動距離や水平速度は十分に小さいものと考えられる。

また、物体と外部事象防護対象施設の間に、障害物となるフェンス等がある場合には、横滑りや転がった物体が外部事象防護対象施設に到達することは阻止される。

以上より、飛散しない物体が横滑りや転がりにより、障害物の影響を受けず、外部事象防護対象施設と衝突することが想定される場合については、横滑りや転がった物体の影響が設計飛来物の影響に包含されることを確認し、包含されない場合には固縛等の措置を実施する。固縛等の措置に当たっては、フジタモデルの風速場より求まる風荷重に、地面での摩擦力を適切に考慮した上で、設計用荷重を設定する。

8. まとめ

フジタモデルは、米国 NRC による要望で実際の竜巻観測記録をもとに考案された風速場モデルであり、米国 DOE の重要施設に対する設計基準の作成の際にも用いられている。フジタモデルは、他のモデルではできなかった地上からの物体の浮上を現実的に評価することができる点が大きなメリットである。

これは、「6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例」の「(a) 竜巻特性や飛来物の状況を現実的に設定した場合の再現解析」において、フジタモデルを風速場とした飛散解析結果が実際の飛散状況とおおむね合致していることから、確認することができる。

また、フジタモデルにより算出される風速 (V_w) は、飛来物の飛散評価のインプットとして用いるものであり、設計竜巻の最大風速の算出に当たっては保守性を確保した上で、「5. 飛来物評価における不確定性の考慮」のとおり、竜巻を多数の物体の直上に瞬時に発生させて物体が最大風速を受けるような初期条件を用いる等の評価手法により、不確実性も含めて飛来物速度等を保守的に評価できるようにしている。

これにより、「6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例」の「(b) 柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法による検証」では、本評価手法を用いることでフジタモデルにおいても実際の飛散状況に対して、保守性を有した妥当な結果となることを確認している。

地上からの浮上・飛散評価を行うことのメリットは、発電所敷地内に数多く存在する物の中から、竜巻による飛来物化の影響度合いを、浮上の有無の観点を含め、より正確に把握できることである。竜巻飛来物の影響（浮上の有無、飛散高さ、飛散距離、最大速度等）を正確に捉えることにより、飛来物の発生防止対策や評価対象施設の防護対策の範囲や強度について、適切な保守性を確保した上で実効性の高い竜巻防護対策を実施することが可能となると考えられる。

評価全体として一定の保守性を確保しつつ、適切な竜巻対策によりプラント全体の安全性を向上させるため、当社の竜巻影響評価については、フジタモデルを適用することとする。

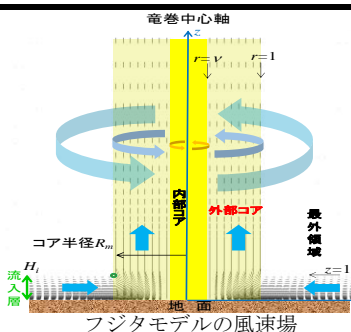
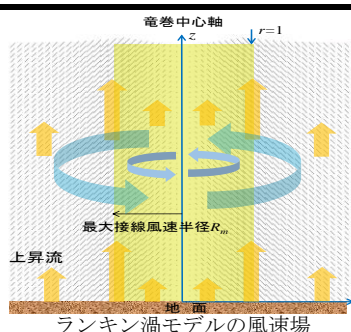
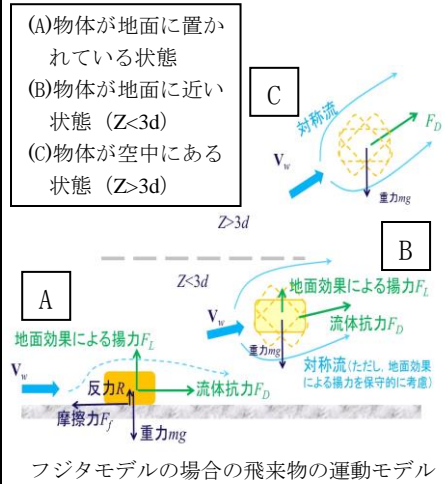
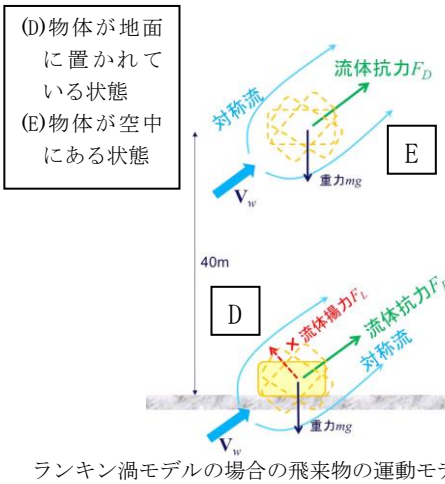
9. 参考文献

- (1) 原子力規制委員会, 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド, 平成 25 年 6 月制定, 平成 26 年 9 月一部改正
- (2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, Regulatory Guide 1.76: Design-Basis Tornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plants, Revision 1, March 2007.
- (3) Simiu, E. and Cordes, M., Tornado-Borne Missile Speeds, NBSIR 76-1050, 1976.
- (4) 東京工芸大学, 平成 21~22 年度原子力安全基盤調査研究(平成 22 年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究, 独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究成果報告書, 2011.
- (5) Fujita, T. T., Workbook of tornadoes and high winds for engineering applications, U. Chicago, 1978.
- (6) Karen A. Kosiba and Joshua Wurman, 2013: The Three-Dimensional Structure and Evolution of a Tornado Boundary Layer. Wea. Forecasting, 28, 1552-1561.
- (7) Maruyama, T., Simulation of flying debris using a numerically generated tornado-like vortex. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol.99(4), pp.249-256, 2011.
- (8) U.S. Department of Energy, Natural Phenomena Hazards Design and Evaluation Criteria for Department of Energy Facilities, DOE-STD-1020-2002, 2002.
(<http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0302/ML030220224.pdf>)
- (9) Malaeb, D. A., Simulation of tornado-generated missiles. M.S. thesis, Texas Tech University, 1980
- (10) P.-H. Luan, Estimates of Missile Speeds in Tornadoes, M.S. thesis, Texas Tech University, 1987.
- (11) J. R. McDonald, Rationale for Wind-Borne Missile Criteria for DOE facilities, UCRL-CR-135687, Lawrence Livermore National Laboratory, 1999.
(<https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/236459.pdf>)
- (12) McDonald, J. R., T. Theodore Fujita: His contribution to tornado knowledge through damage documentation and the Fujita scale. Bull. Amer. Meteor. Soc., 82, pp.63-72, 2001
- (13) NUREG-1827 Safety Evaluation Report for the National Enrichment Facility in Lea County, New Mexico(Docket No. 70-3103)

- (14) 江口讓, 杉本聡一郎, 服部康男, 平口博丸, 竜巻による物体の浮上・飛来解析コード TONBOS の開発, 電力中央研究所 研究報告 N14002 , 2014.
- (15) 日本鋼構造協会, 構造物の耐風工学, p82
- (16) EPRI, Wind field and trajectory models for tornado-propelled objects, report NP-748 , 1978.
- (17) 林建二郎・大井邦昭・前田稔・斉藤良, 開水路中に水没設置された立方体および棧粗度の流体力, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol. 67, No. 4, I_1141-I_1146, 2011.
- (18) 松宮央登, 中岡宏一, 西原 崇, 木村吉郎: 太陽光発電パネルに作用する空気力の地面効果に関する風洞実験, 構造工学論文集, Vol. 60A, pp. 446-454, 2014.
- (19) 山本晃一, 林建二郎, 関根正人, 藤田光一, 田村正秀, 西村晋, 浜口憲一郎, 護岸ブロックの抗力・揚力係数、および相当粗度の計測方法について, 水工学論文集, 第 44 巻, pp1053~1058, 2000.
- (20) 江口 讓, 西原 崇, 水流動試験による電線の風荷重低減化のメカニズム解明, 電力中央研究所 研究報告 U96050, 1997.
- (21) M. R. Ahmed, S. D. Sharma, An investigation on the aerodynamics of a symmetrical airfoil in ground effect, Experimental Thermal and Fluid Science, 29, pp. 633-647, 2005.
- (22) Schmidlin, T., Hammer, B., King, P., Ono, Y., Miller, L. S. and Thumann, G., Unsafe at any (wind) speed? -Testing the stability of motor vehicles in severe winds-, Vol. 83, No. 12, pp. 1821-1830, 2002.
- (23) Lei, C., Cheng, L. and Kavanagh, K., Re-examination of the effect of a plane boundary on force and vortex shedding of a circular cylinder, J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 80, pp. 263-286, 1999.
- (24) Fujita, T. T., and J. R. McDonald, Tornado damage at the Grand Gulf, Mississippi nuclear power plant site: Aerial and ground surveys, U.S. Nuclear Regulatory Commission NUREG/CR-0383, 1978.
- (25) 札幌管区气象台: 平成 18 年 11 月 7 日から 9 日に北海道 (佐呂間町他) で発生した竜巻等の突風. 災害時気象調査報告, 災害時自然現象報告書, 2006 年第 1 号, 2006.
(<http://www.jma-net.go.jp/sapporo/tenki/yohou/saigai/saroma/saroma.html> にて閲覧可能。)
- (26) 奥田泰雄, 喜々津仁密, 村上知徳, 2006 年佐呂間町竜巻 被害調査報告. 建築研究所災害調査, 46, 2006.
(<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/other.html>)

- (27) 江口讓, 杉本聡一郎, 服部康男, 平口博丸, 原子力発電所での竜巻飛来物速度の合理的評価法 (Fujita の竜巻モデルを用いた数値解析コードの妥当性確認), 日本機械学会論文集, vol. 81, No. 823, 2015.

「フジタモデル」及び「ランキン渦モデル」並びに「それぞれの風速場モデルを用いた際の飛来物評価手法」の比較

		フジタモデル (及び同モデルを用いた際の飛来物評価手法)		ランキン渦モデル (及び同モデルを用いた際の飛来物評価手法)			
風速場モデル	各風速場モデルの概要	 <ul style="list-style-type: none"> ・Fujita により実観測に基づき考案された竜巻風速場モデルであり、<u>実際に近い風速場構造を有する</u> ・半径方向に (内部コア, 外部コア, 最外領域) の 3 つの領域で構成され、外部コアに上昇風速を有する ・<u>接線風速や上昇風速に高さ依存性がある</u> ・米国 DOE 重要施設の基準において、竜巻飛来物速度、飛散高さの設定に使用 		 <ul style="list-style-type: none"> ・簡易な式で上空での水平方向の風速場を表現 ・上昇流は全領域に存在 ・<u>接線風速や上昇風速に高さ依存性がなく、地面から吹き出しが生じる流れとなっている</u> (飛散評価を行う場合、地上からの物体の浮上・飛散挙動を表現できないため、地上の物体であっても空中浮遊状態を仮定して評価することになる) ・米国 NRC Regulatory Guide 1.76 にて採用 			
	メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・地面に置かれた物体へ影響を与える風速場をよく表現できており、地上からの物体の浮上・飛散解析が可能 →<u>地上における構造物に対する力や挙動を表現するのに適しているモデルであり、防護対策や固縛対策の範囲や強度について、実効性の高い対策とすることが可能。</u> 		<ul style="list-style-type: none"> ・簡易な式で上空での水平方向の風速場を表現可能 			
	デメリット	<p>特になし。 (ランキン渦モデルに比べ、解析プログラムが複雑になるが、近年の計算機能力の向上や評価ツールの高度化により問題とならない)</p>		<ul style="list-style-type: none"> ・風速場に高度依存性がなく、上昇流が全領域に存在する (地面からも吹き出しがある) ため、実現象から乖離しており、地上からの物体の浮上・飛散挙動を表現できない →<u>地上における構造物に対し、過度に保守的な防護対策や固縛対策が必要となる。</u> (例えば、可搬型重大事故等対処設備の車両を固縛することで、機動性が損なわれる) 			
	主なパラメータ (設計竜巻の最大風速 92m/s の場合)	竜巻の移動速度 V_T	14 (m/s)	<p>ガイドの値や式が風速場モデルによらないことを確認の上、各値や式をフジタモデルへ適用</p> <p>フジタモデルの圧力分布は複雑であるため、有限要素法の数値解析により算出 (フジタモデルは、地面との摩擦の影響を受けず回転するランキン渦に比べ、地面との摩擦の影響により回転が弱まり中心付近が低圧になりにくいモデルである。そのため、ランキン渦より最大気圧低下量が小さくなる)</p> <p>Fujita により提案された経験式より算出 (流入層高さは他の文献に示されている値とおおむね同じであることを確認) ※: その他の定数についても、Fujita により提案された値を使用</p>	竜巻の移動速度 V_T	14 (m/s)	ガイドの値や式より算出
		最大接線風速 V_{Rm}	78 (m/s)		最大接線風速 V_{Rm}	78 (m/s)	
		最大接線風速半径 R_m	30 (m)		最大接線風速半径 R_m	30 (m)	
		最大気圧低下量 ΔP_{max}	64 (hPa)		最大気圧低下量 ΔP_{max}	75 (hPa)	
最大気圧低下率 $(dp/dt)_{max}$		42 (hPa/s)	最大気圧低下率 $(dp/dt)_{max}$		35 (hPa/s)		
内部コア半径と外部コア半径の比 ν		0.3	流入層高さ H_i		15 (m)		
飛来物評価手法	物体の浮上・飛来モデル	<p>《物体の浮上・飛来モデル》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地面の存在により物体上面と下面の流れが非対象となることで生じる地面効果による揚力 (左図 A/B) と流れの速度方向に平行な抗力 (左図 A~C、ただし地面付近では抗力の影響は小さい) を考慮し、地面に置かれた状態からの飛来高さや飛来物速度等を評価 <p>《揚力係数》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地面から浮き上がる際の物体挙動を理論的に評価することは困難であるため、翼のような極端な形状を除き保守的となるよう、風洞実験の結果を踏まえ、代用の揚力係数を設定 (物体の風の受け方や高度を変化させた場合でも、代用揚力係数が実測値より保守的になっていることを確認) <p>フジタモデルの場合の飛来物の運動モデル</p> 		<p>《物体の浮上・飛来モデル》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・物体に働く流れの速度方向に平均的な抗力 (左図 D/E) と自重の関係から、物体が飛来するかどうかを判定し、飛来する場合には、風速場を表現できている空中浮遊状態からの飛来高さや飛来速度等を評価 <p>《抗力係数》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・物体がランダム回転し、物体の各面に均等に力を受けるものとして、<u>抗力係数は 3 方向の平均値を設定</u> <p>ランキン渦モデルの場合の飛来物の運動モデル</p> 			
	竜巻が物体に与える速度に関する設定	<ul style="list-style-type: none"> ・竜巻に対する物体の場所依存性を考慮し、<u>風速場における物体の中から、最大の飛来物速度や飛来距離を設定</u> ・実際に竜巻が遠方から近づく場合には、低い風速に曝され飛来することになるが、物体を強制的に高速域に配置し、物体が瞬時に最大風速を受けるよう設定 		同左			

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉

火山影響評価について

第6条：外部からの衝撃による損傷の防止

目次

別添 3-1

1. 基本方針
 - 1.1 概要
 - 1.2 火山影響評価の流れ
2. 立地評価
 - 2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出
 - 2.2 運用期間における火山活動に関する個別評価
3. 影響評価
 - 3.1 火山事象の影響評価
 - 3.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針
 - 3.3 安全施設のうち評価対象施設の抽出
 - 3.4 降下火砕物による影響の選定
 - 3.5 設計荷重の設定
 - 3.6 降下火砕物に対する設計
 - 3.7 降下火砕物の除去等の対策
4. まとめ

補足資料

1. 評価ガイドとの整合性について
2. 降下火砕物の特徴及び影響モードと、影響モードから選定された影響因子に対し影響を受ける評価対象施設の組み合わせについて
3. 降下火砕物による摩耗について
4. 降下火砕物の化学的影響（腐食）について
5. 積雪と降下火砕物との重畳の考え方について
6. 降下火砕物による送電鉄塔への影響について
7. 降下火砕物による非常用ディーゼル発電機の吸気に係るバグフィルタの影響評価
8. アイスランド火山を用いる基本的考え方とセントヘレンズ火山による影響評価
9. 降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル機関空気冷却器への影響
10. 降下火砕物の侵入による潤滑油への影響
11. 降下火砕物のその他設備への影響について
12. 降下火砕物の金属腐食研究

13. 安全保護系盤への降下火砕物の影響
14. 6号及び7号炉の建屋及び屋外タンクの降灰除去について
15. アクセスルートにおける降下火砕物除去時間の評価について
16. 降下火砕物降灰時のバグフィルタ取替えについての手順
17. 観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間
18. 重大事故等対処設備への考慮
19. 軽油タンクからの燃料移送について
20. 水質汚染に対する補給水等への影響について

1. 基本方針

1.1 概要

原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）」第六条において、外部からの衝撃による損傷防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地周辺の自然環境をもとに想定される自然現象の一つとして、火山の影響を挙げている。

火山の影響により発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計であることを評価するため、火山影響評価を行い、発電用原子炉施設へ影響を与えないことを評価する。

1.2 火山影響評価の流れ

火山影響評価は、図1.1に従い、立地評価と影響評価の2段階で行う。

立地評価では、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行い、抽出された火山の火山活動に関する個別評価を行う。具体的には設計対応不可能な火山事象が柏崎刈羽原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性の評価を行う。

設計対応不可能な火山事象が影響を及ぼす可能性が十分低いと評価された場合は、原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象の抽出とその影響評価を行う。

影響評価では、個々の火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について評価を行う。影響評価の詳細フローは図1.2に示す。

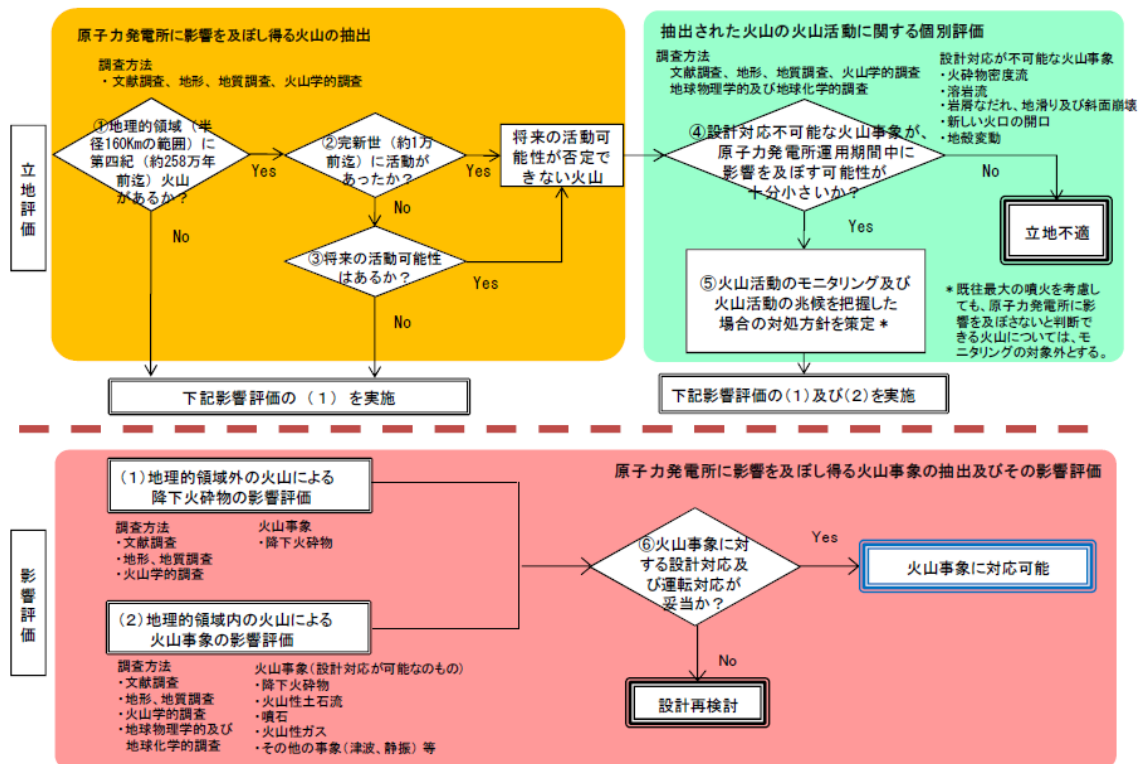


図 1.1 火山影響評価の基本フロー「原子力発電所の火山影響評価ガイド」から抜粋

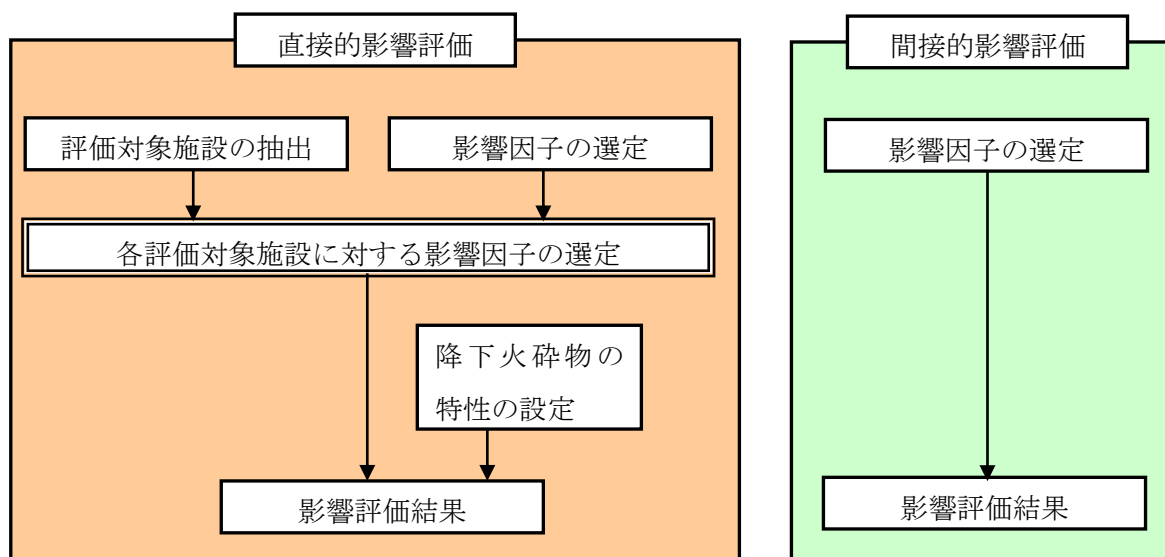


図 1.2 影響評価のフロー

2. 立地評価

2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

地理的領域内に分布する第四紀火山（82 火山）について、完新世における活動の有無を確認し、将来の活動可能性のある火山、若しくは将来の活動可能性が否定できない火山を抽出した。

その結果、黒岩山、苗場山、妙高山、志賀高原火山群、新潟焼山、新潟金山、黒姫山、燧ヶ岳、志賀、沼沢、飯縄山、草津白根山、日光白根山、子持山、四阿山、白馬大池、榛名山、男体・女峰火山群、赤城山、烏帽子火山群、鼻曲山、浅間山、高原山、那須岳、立山、磐梯山、上廊下、吾妻山、鷲羽・雲ノ平、北八ヶ岳、安達太良山、環諏訪湖及び笹森山の 33 火山を将来の活動可能性のある火山又は将来の活動可能性を否定できない火山として評価した。

2.2 運用期間における火山活動に関する個別評価

将来の活動可能性のある火山又は将来の活動可能性を否定できない火山として評価した 33 火山を対象として、文献調査に基づき、運用期間における火山活動に関する設計対応不可能事象（火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口、地殻変動）の個別評価を行った。

火砕物密度流による堆積物が敷地周辺では確認されておらず、敷地まで十分に離隔距離があることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。

溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊については、それぞれの火山と敷地との位置関係より、敷地まで十分な離隔距離があることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。

新しい火口の開口については、敷地周辺で深部低周波地震の活動がないこと、地温勾配

が小さく、また地殻熱流量が小さいことから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。

地殻変動については、敷地周辺が過去の火山活動に伴う火口及びその近傍に位置しないことから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。

以上の検討結果より、発電所の運用期間に設計対応不可能な火山事象が、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。また、これらの火山活動は、既往最大規模の噴火を考慮しても、発電所に影響を及ぼさないと評価し、火山モニタリングは不要と判断した。

3. 影響評価

3.1 火山事象の影響評価

将来の活動可能性が否定できない火山について、柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉の運用期間中の噴火規模を考慮し、それが噴火した場合、原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物（火山灰）（以下「降下火砕物」という。）のみが柏崎刈羽原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象であるという結果となった。

地質調査において、発電所敷地周辺で確認されている降下火砕物堆積層について、給源が特定できる降下火砕物については、各火山の活動性を評価し、同規模の噴火が発生する可能性は十分に低いと評価した。また、給源不明の降下火砕物（阿相島テフラ等）は、敷地内で最大 35cm を確認しているが、水系等の影響を受けて堆積したと推定され、当時の堆積環境は現在と異なると考えられる。

一方、発電所運用期間中に、このような規模の降下火砕物が敷地周辺に生じる蓋然性を確認するため、文献、既往解析結果の知見及び降下火砕物シミュレーションを用い検討した結果、降下火砕物の層厚を約 23.1cm と評価した。以上のことから、発電所運用期間中に敷地内で想定する降下火砕物の最大層厚は、評価結果の約 23.1cm に対し、敷地内で給源不明なテフラの最大層厚 35cm が確認されていることを踏まえ、保守的に 35cm と設定する。そのほか得られた降下火砕物の特性を表 1.1 に示す。なお、鉛直荷重については、湿潤状態の降下火砕物に、プラント寿命期間を考慮して年超過確率 10^{-2} 規模の積雪を踏まえ設定する。

表 1.1 降下火砕物特性の設定結果

項目	設定	備考
層厚	35cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用
密度 ^{※1}	湿潤密度：1.5g/cm ³	
荷重 ^{※2}	8,542N/m ²	
粒径	8.0mm 以下	水循環系の閉塞並びに換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）評価に使用

※1：密度は、構造物への静的負荷の評価に用いる値であり、乾燥状態の密度は、湿潤状態の密度に包含される。

※2：湿潤状態の降下火砕物の荷重 (35cm×1500kg/m³×9.80665m/s²) + 積雪荷重 (115.4cm^{※3}×29.4N/(m²・cm) ^{※4}) = 8,542N/m² (小数点以下を切り上げ)

※3：積雪量 = 1日あたりの積雪量の年超過確率 10⁻²/年の値 (84.3cm)

+ 日最深積雪量の平均値 (31.1cm) = 115.4cm

※4：新潟県建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重 (積雪 1cm 当たり 29.4N/m²)

3.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針

将来の活動可能性が否定できない火山について、柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉の運用期間中の噴火規模を考慮し、それが噴火した場合、原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物のみが柏崎刈羽原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象であるという結果となった。

降下火砕物に対し、防護すべき評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。以下に、火山事象に対する防護の基本方針を示す。

- (1) 降下火砕物による直接的な影響（荷重，閉塞，摩耗，腐食等）に対して，安全機能を損なわない設計とする。
- (2) 発電所内の構築物，系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が可能な設計とする。
- (3) 降下火砕物による間接的な影響として考慮する，広範囲にわたる送電網の損傷による 7 日間の外部電源の喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限に対し，発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却，並びに使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機により継続できる設計とすることにより，安全機能を損なわない設計とする。

3.3 安全施設のうち評価対象施設の抽出

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第五号）」第六条において，外部からの衝撃による損傷の防止として，「安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」とされている。

設置許可基準規則第六条における安全施設とは，「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス 1，2 及び 3 に該当する構築物，系統及び機器（以下「安全重要度分類のクラス 1，2 及び 3 に属する構築物，系統及び機器」という。）を指していることから，降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を，安全重要度分類のクラス 1，2 及び 3 に属する構築物，系統及び機器とする。

また，以下の点を踏まえ，降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設のうち，外部事象防護対象施設は，外部事象に対し必要な構築物，系統及び機器（発電用原子炉を停止するため，また，停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能，又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機器，並びに，使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能，又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機

器としてクラス 1, 2, 及び安全評価上その機能に期待するクラス 3 に属する構築物, 系統及び機器)に加え, それらを内包する建屋とする。

- ・ 降下火砕物襲来時の設備損傷状況を踏まえ, 必要に応じプラント停止の措置をとること
- ・ プラント停止後は, その状態を維持することが重要であること

その上で, 外部事象防護対象施設のうち, 屋内設備は内包する建屋により防護する設計とし, 評価対象施設を, 屋外設備, 建屋及び屋外との接続がある設備 (屋外に開口している設備又は外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備) に分類し, 抽出する。

なお, 上記以外の安全施設については, 降下火砕物に対して機能を維持すること, 若しくは, 降下火砕物による損傷を考慮して, 代替設備により必要な機能を確保すること, 安全上支障のない期間での除灰, 修復等の対応, 又は, それらを適切に組み合わせることで, その安全機能を損なわない設計とする。

以上を踏まえた, 評価フローを図 1.3 に示す。評価フローに基づき抽出した評価対象施設を表 1.2 及び表 1.3 に示すとともに, 評価対象施設の設置場所を図 1.4 に示す。

また, 設置許可基準規則第四十三条の要求を踏まえ, 設計基準事象によって, 設計基準対象施設の安全機能と重大事故等対処設備の機能が同時に損なわれることがないことを確認するとともに, 重大事故等対処設備の機能が喪失した場合においても, 外殻となる建屋による防護に期待できる代替手段等により必要な機能を維持できることを確認する。(補足資料-18)

なお, 降下火砕物に対する重大事故等対処設備の設計方針は, 設置許可基準規則第四十三条 (重大事故等対処設備) にて考慮する。

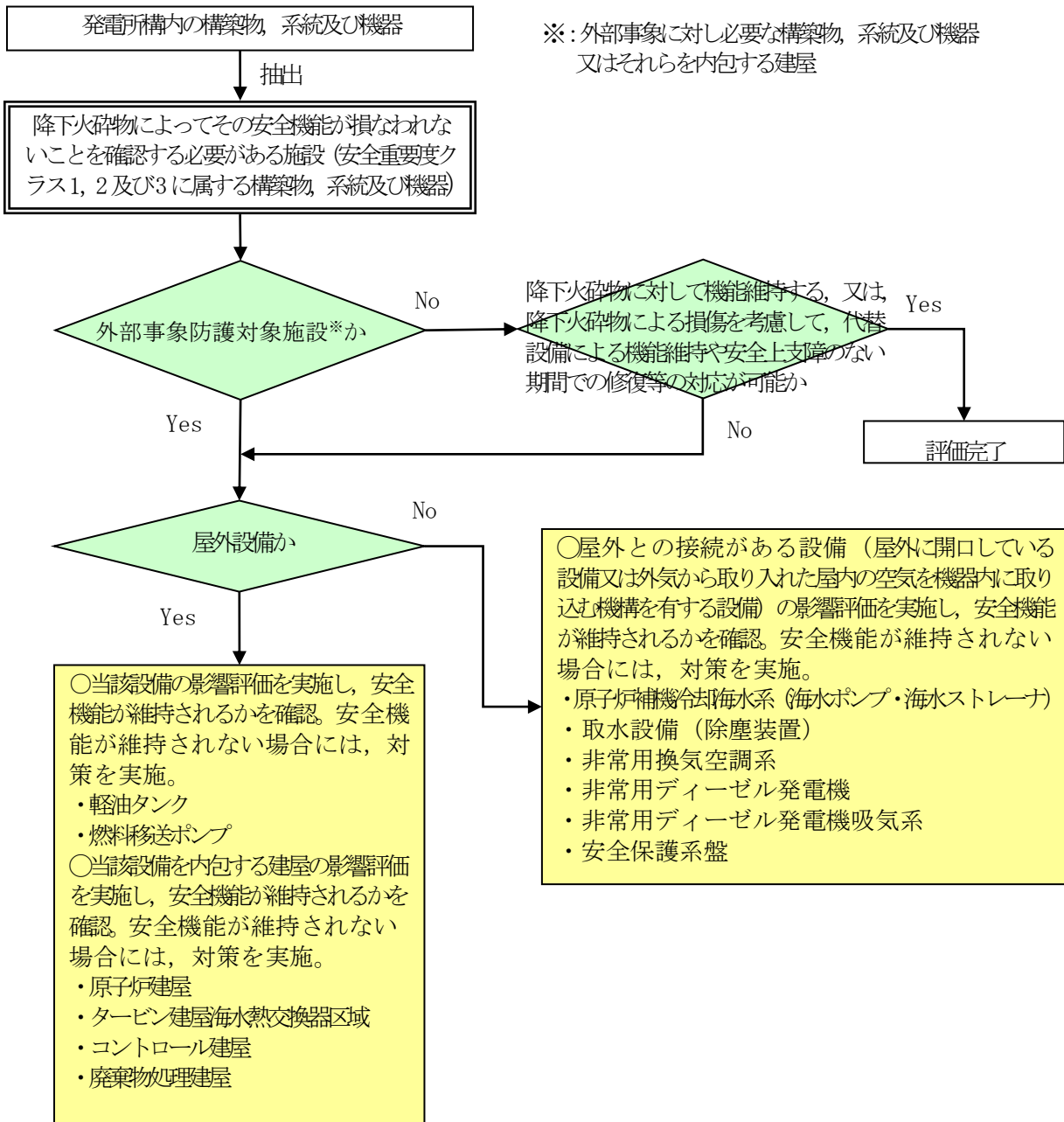


図 1.3 降下火砕物に対する安全施設の評価フロー

表 1.2 評価対象施設

分類	評価対象施設
屋外設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 軽油タンク (クラス 1) ・ 燃料移送ポンプ (クラス 1)
建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉建屋 ・ タービン建屋海水熱交換器区域 ・ コントロール建屋 ・ 廃棄物処理建屋
屋外との接続がある設備 (屋外に開口している設備又は外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉補機冷却海水系 (クラス 1) (海水ポンプ・海水ストレーナ) ・ 取水設備 (除塵装置) (クラス 3) ・ 非常用換気空調系 (クラス 1) (中央制御室換気空調系) ・ 非常用換気空調系 (クラス 2) (非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系 (非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む), コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系, 海水熱交換器区域換気空調系) ・ 非常用ディーゼル発電機 (クラス 1) ・ 非常用ディーゼル発電機吸気系 (クラス 1) ・ 安全保護系盤 (クラス 1)

表 1.3 評価対象施設の抽出 (1/4)

分類	安全機能の重要度分類		設備設置箇所 ^{※2}	降下火砕物に対して機能維持する、又は、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応可能	屋外設備	屋外との接続がある設備	評価対象施設
	機能	構築物、系統又は機器 ^{※1}					
PS-1	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系	R/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
	過剰反応度の印加防止機能	制御棒カップリング・制御棒駆動機構	R/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
	炉心形状の維持機能	炉心支持構造物、燃料集合体	R/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
MS-1	原子炉の緊急停止機能	原子炉停止系の制御棒による系 (制御棒、制御棒駆動系)	R/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
	未臨界維持機能	原子炉停止系 (制御棒による系、ほう酸水注入系)	R/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
	原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	逃がし安全弁 (安全弁としての開機能)	R/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
	原子炉停止後の除熱機能	残留熱を除去する系統 (残留熱除去系 (原子炉停止時冷却モード)、原子炉隔離時冷却系、高圧炉心注水系、逃がし安全弁 (手動逃がし機能)、自動減圧系 (手動逃がし機能)、サブレーションプール)	R/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
		復水補給水系 (復水貯蔵槽)	Rw/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	廃棄物処理建屋
	炉心冷却機能	非常用炉心冷却系 (残留熱除去系 (低圧注水モード)、原子炉隔離時冷却系、高圧炉心注水系、自動減圧系 (逃がし安全弁)、サブレーションプール)	R/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
		復水補給水系 (復水貯蔵槽)	Rw/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	廃棄物処理建屋
	放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮蔽及び放出低減機能	原子炉格納容器、原子炉格納容器隔離弁及び原子炉格納容器バウンダリ配管、主蒸気流量制限器、残留熱除去系 (格納容器スプレイ冷却モード)	R/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
		原子炉建屋原子炉区域 (ブローアウトパネル付き)	屋外 (建屋)	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	○	－	原子炉建屋
		非常用ガス処理系、可燃性ガス濃度制御系	R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	－	－	－
		主排気筒 (非常用ガス処理系排気管の支持機能)	屋外	○ (降下火砕物による影響なし (非常用ガス処理系配管については、内部に侵入しにくい設計のため影響なし))	－	－	－
		遮蔽設備 (原子炉遮蔽壁、一次遮蔽壁)	R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	－	－	－
遮蔽設備 (二次遮蔽壁)	屋外 (建屋)	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	○	－	原子炉建屋		
工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	安全保護系	R/B C/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	○	原子炉建屋 コントロール建屋 安全保護系盤	
安全上特に重要な関連機能	非常用交流電源系 (発電機から非常用負荷までの配電設備及び電路)	R/B・C/B・ T/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋 コントロール建屋 タービン建屋海水熱交換器区域	
	非常用ディーゼル発電機 (屋内設備)	R/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	○	原子炉建屋 非常用ディーゼル発電機 非常用ディーゼル発電機吸気系	
	軽油タンク	屋外	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	○	－	軽油タンク	
	非常用ディーゼル発電機燃料移送系	屋外	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	○	－	燃料移送ポンプ	
	中央制御室及び遮蔽・中央制御室換気空調系	C/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	○	コントロール建屋 非常用換気空調系	
	原子炉補機冷却水系・原子炉補機冷却海水系	R/B・T/B・ C/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	○	原子炉建屋 タービン建屋海水熱交換器区域 コントロール建屋 原子炉補機冷却海水系 取水設備 (除塵装置)	
	非常用直流電源系・計測制御用電源設備	R/B・C/B	－ (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋 コントロール建屋	

○：各外部事象に対し安全機能を維持できる
又は各外部事象による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能

※1：間接関連系は、当該系の機能遂行に直接必要ない構築物、系統及び機器であるため、記載を省略した (評価対象施設に関する物のみ記載)
※2：重大事故等対処設備 (SA 設備)、原子炉建屋 (R/B)、タービン建屋 (T/B)、コントロール建屋 (C/B)、廃棄物処理建屋 (Rw/B)

○：YES ×：No -：該当せずもしくは評価完了

表 1.3 評価対象施設の抽出 (2/4)

分類	安全機能の重要度分類		設備設置箇所※2	降下火砕物に対して機能維持する、又は、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応可能	屋外設備	屋外との接続がある設備	評価対象施設
	機能	構築物、系統又は機器※1					
PS-2	原子炉冷却材を内蔵する機能 (ただし、原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されていないものは除く。)	原子炉冷却材浄化系 (原子炉冷却材圧力バウンダリから外れる部分)、主蒸気系	R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
		原子炉隔離時冷却系タービン蒸気供給ライン	R/B	- (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
	原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	使用済燃料プール (使用済燃料貯蔵ラックを含む)、新燃料貯蔵庫 (臨界を防止する機能)	R/B	- (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
		気体廃棄物処理系 (活性炭希ガスホールドアップ装置)	T/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
	燃料を安全に取り扱う機能	燃料交換機、原子炉建屋クレーン、原子炉ウエル	R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
	安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	逃がし安全弁 (吹き止まり機能に関連する部分)	R/B	- (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
MS-2	安全上特に重要な関連機能の間接関連系	非常用所内電源系空調	R/B・C/B・T/B	- (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	○	原子炉建屋 コントロール建屋 タービン建屋海水熱交換器区域 非常用換気空調系
	使用済燃料プール水の補給機能	残留熱除去系 (使用済燃料プール水の補給)、サブレーションプール	R/B	- (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
	放射性物質放出の防止機能	燃料プール冷却浄化系の燃料プール入口逆止弁	R/B	- (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋
		原子炉建屋原子炉区域 (ブローアウトパネル付き)	屋外 (建屋)	- (外部事象防護対象施設のため対象外)	○	-	原子炉建屋
		気体廃棄物処理系 (OG系) 隔離弁	T/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
		主排気筒 (非常用ガス処理系排気管の支持機能以外の部分)	屋外	○ (除灰により対応)	○	-	-
		非常用ガス処理系	R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
	事故時のプラント状態の把握機能	事故時監視計器の一部 (格納容器エリアモニター等)	C/B	- (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	コントロール建屋
	制御室外からの安全停止機能	制御室外原子炉停止装置 (安全停止に関連するもの)	R/B	- (外部事象防護対象施設のため対象外)	×	×	原子炉建屋

○ : 各外部事象に対し安全機能を維持できる
又は各外部事象による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能

※1 : 間接関連系は、当該系の機能遂行に直接必要ない構築物、系統及び機器であるため、記載を省略した (評価対象施設に関する物のみ記載)
※2 : 重大事故等対処設備 (SA 設備)、原子炉建屋 (R/B)、タービン建屋 (T/B)、コントロール建屋 (C/B)、廃棄物処理建屋 (Rw/B)

○ : YES × : No - : 該当せずもしくは評価完了

表 1.3 評価対象施設の抽出 (3/4)

分類	安全機能の重要度分類		設備設置箇所※2	降下火砕物に対して機能維持する。又は、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応可能	屋外設備	屋外との接続がある設備	評価対象施設	
	機能	構築物，系統又は機器※1						
PS-3	原子炉冷却材保持機能 (PS-1, PS-2 以外のもの)	原子炉冷却材圧力バウンダリから除外される計装等の小口径配管、弁	R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	
	原子炉冷却材の循環機能	冷却材再循環系	R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	
	放射性物質の貯蔵機能	圧力抑制室ブル水排水系 (圧力制御室サージタンク)		屋外	○ (運用停止中のため影響なし)	-	-	-
		復水貯蔵槽、液体廃棄物処理系、固体廃棄物処理系		Rw/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
		固体廃棄物貯蔵庫		屋外 (建屋)	○ (補修を実施 (放射性物質の拡散防止について適切な処置を実施))	-	-	-
		固体廃棄物処理建屋		屋外 (建屋)	○ (補修を実施 (放射性物質の拡散防止について適切な処置を実施))	-	-	-
		焼却炉建屋		屋外 (建屋)	○ (補修を実施 (放射性物質の拡散防止について適切な処置を実施))	-	-	-
		新燃料貯蔵庫、新燃料貯蔵ラック		R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
		使用済燃料輸送容器保管建屋		屋外 (建屋)	○ (補修を実施 (放射性物質の拡散防止について適切な処置を実施))	-	-	-
	電源供給機能 (非常用を除く)	タービン、発電機及び励磁装置、復水系 (復水器を含む)、給水系、循環水系		T/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
		送電線		屋外	○ (代替設備 (非常用ディーゼル発電機) により機能維持可能)	-	-	-
		変圧器、開閉所		屋外	○ (代替設備 (非常用ディーゼル発電機) により機能維持可能)	-	-	-
	プラント計測・制御機能 (安全保護機能を除く)	原子炉制御系 (制御棒価値ミニマイザ含む)、原子炉核計装系の一部、原子炉プラントプロセス計装の一部		C/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
	プラント運転補助機能	所内ボイラ設備		補助ボイラ建屋	○ (補修を実施)	-	-	-
		所内蒸気系及び戻り系		R/B・T/B ・Rw/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
		計装用圧縮空気系		R/B・T/B ・C/B	○ (建屋内は、外気取入口にバグフィルタが設置されている換気空調系によって、空調管理されているため、屋内の空気取り込みによる影響なし)	-	-	-
		原子炉補機冷却水系 (MS-1) 関連以外 (配管/弁)		R/B・T/B ・Rw/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
		タービン補機冷却水系・タービン補機冷却海水系		T/B	○ (補修を実施)	-	-	-
		復水補給水系 (復水貯蔵槽)		Rw/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
	核分裂生成物の原子炉冷却材中の放散防止機能	燃料被覆管		R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
原子炉冷却材の浄化機能	原子炉冷却材浄化系		R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	
	復水浄化系		T/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	

○：各外部事象に対し安全機能を維持できる
又は各外部事象による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能

※1：間接関係系は、当該系の機能遂行に直接必要ない構築物、系統及び機器であるため、記載を省略した (評価対象施設に関する物のみ記載)
※2：重大事故等対処設備 (SA 設備)、原子炉建屋 (R/B)、タービン建屋 (T/B)、コントロール建屋 (C/B)、廃棄物処理建屋 (Rw/B)

○：YES ×：No -：該当せずもしくは評価完了

表 1.3 評価対象施設の抽出 (4/4)

分類	安全機能の重要度分類		設備設置箇所 ^{※3}	降下火砕物に対して機能維持する、又は、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応可能	屋外設備	屋外との接続がある設備	評価対象施設		
	機能	構築物、系統又は機器 ^{※1}							
MS-3	原子炉圧力上昇の緩和機能	逃がし安全弁 (逃がし弁機能)	R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-		
		タービン・バイパス弁	T/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-		
	出力上昇の抑制機能	冷却材再循環流量制御系 (再循環ポンプトリップ機能)、制御棒引抜監視装置	R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-		
	原子炉冷却材の補給機能	制御棒駆動水圧系、原子炉隔離時冷却系	R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-		
	原子炉冷却材の再循環流量低下の緩和機能	冷却材再循環ポンプ MG セット	Rw/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-		
	緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	5号炉原子炉建屋内緊急時対策所		R/B (5号炉)	○ (設計荷重に対して影響ないことを確認)	-	-	-	
		試料採取系		R/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	
		通信連絡設備	所外通信 ^{※2}	有線系	各建屋 (地下設備含む)	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
					送電鉄塔	○ (代替設備 (衛星系) の除灰により機能維持可能)	-	-	-
			所内通信 ^{※2}	有線系	各建屋 (地下設備含む)	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-
					屋外設備	○ (補修の実施により対応)	-	-	-
		放射能監視設備	モニタリングポスト	屋外	○ (代替設備 (可搬型モニタリング設備) により機能維持可能)	-	-	-	
			放射能観測車	可搬型 SA 設備 保管場所	○ (除灰により対応)	-	-	-	
		事故時監視計器の一部		R/B, T/B, C/B, Rw/B	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	
				気象観測装置	○ (代替設備 (可搬型気象観測装置) により機能維持可能)	-	-	-	
		津波監視カメラ		7号炉 R/B 主排気筒	○ (設計荷重に対して影響ないことを確認)	-	-	-	
		消火系		給水建屋	○ (補修の実施により対応)	-	-	-	
				ろ過水タンク (屋外配管含む)	○ (補修の実施により対応)	-	-	-	
				泡消火設備	○ (補修の実施により対応)	-	-	-	
	安全避難通路、非常用照明		各建屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-		

○ : 各外部事象に対し安全機能を維持できる
又は各外部事象による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能

※1 : 間接関連系は、当該系の機能遂行に直接必要ない構築物、系統及び機器であるため、記載を省略した (評価対象施設に関する物のみ記載)
 ※2 : 所外通信 (有線系、衛星系)、所内通信 (有線系、衛星系、無線系) のうち、優先的に使用する有線系の評価結果を代表で記載した
 ※3 : 重大事故等対処設備 (SA 設備)、原子炉建屋 (R/B)、タービン建屋 (T/B)、コントロール建屋 (C/B)、廃棄物処理建屋 (Rw/B)

○ : YES × : No - : 該当せずもしくは評価完了

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

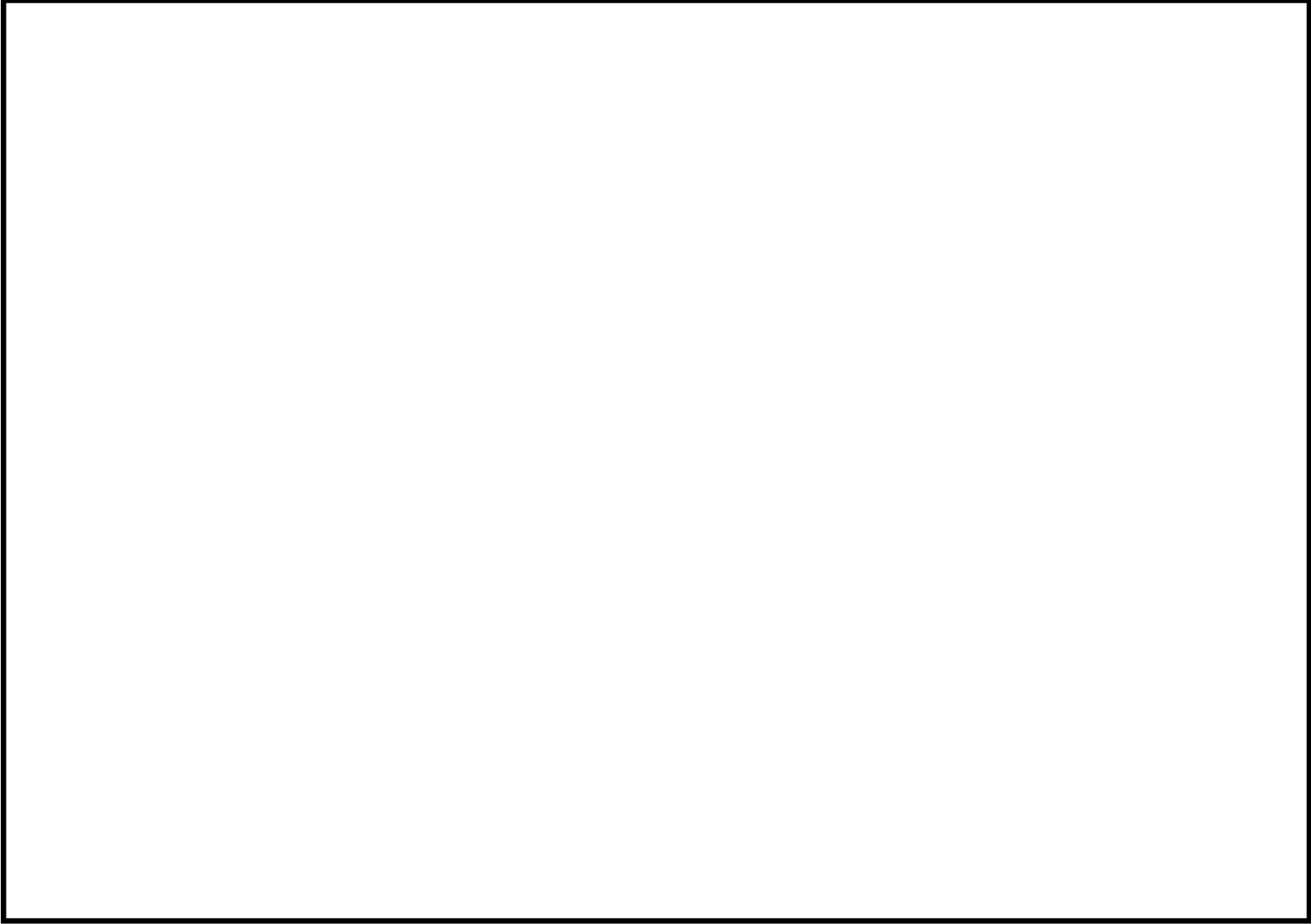
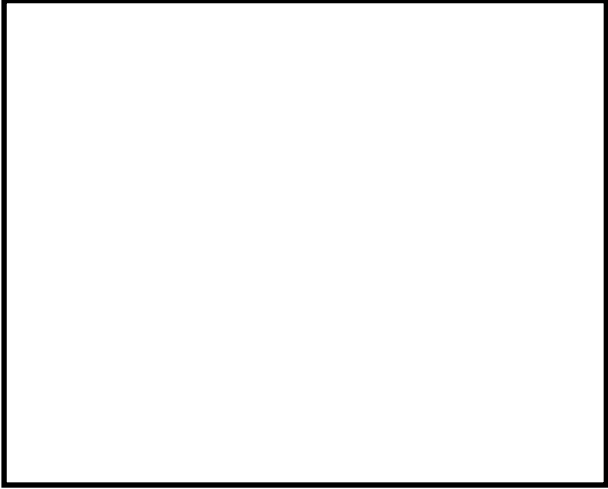


図 1.4 評価対象施設の設置場所 (1/6)

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

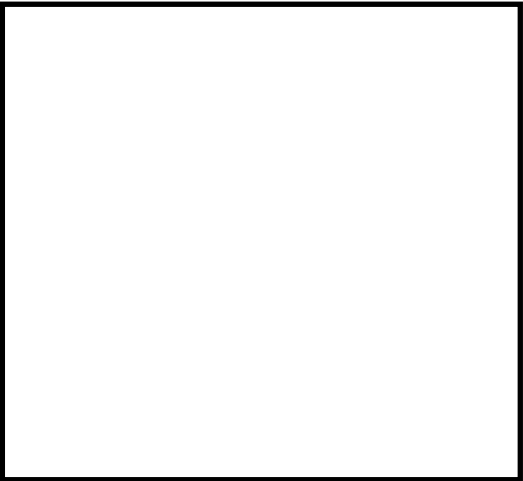
7号炉原子炉建屋地上3階



7号炉原子炉建屋地上4階



7号炉原子炉建屋地下1階



7号炉原子炉建屋地上3階（中間階）

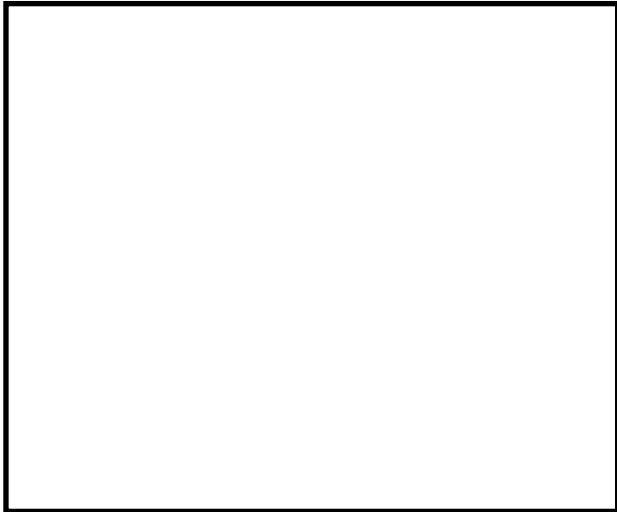


図 1.4 評価対象施設の設置場所 (2/6)

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

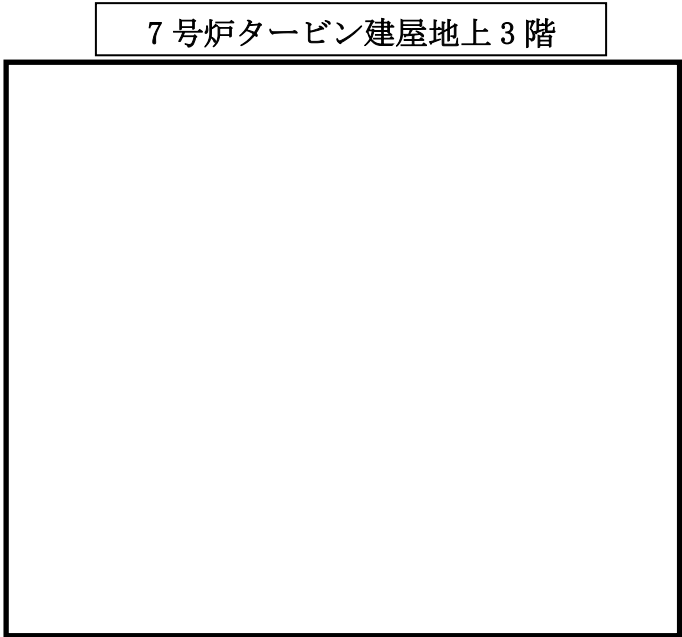
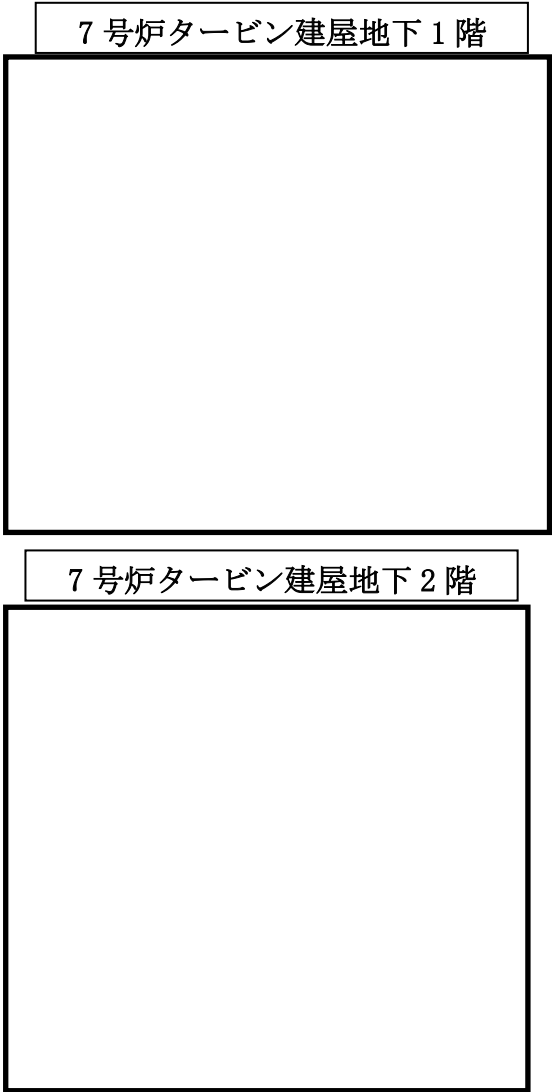


図 1.4 評価対象施設の設置場所 (3/6)

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

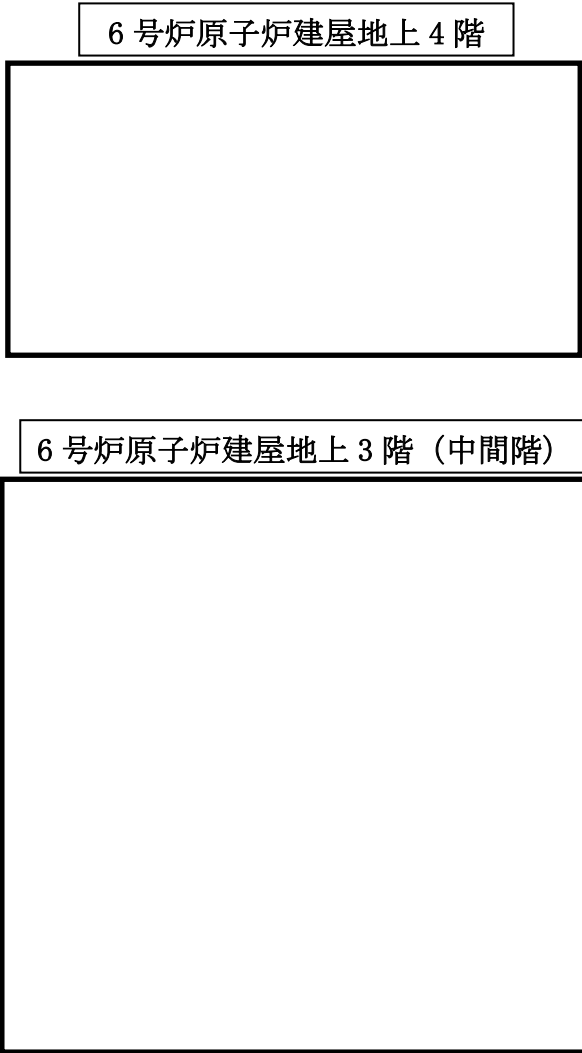
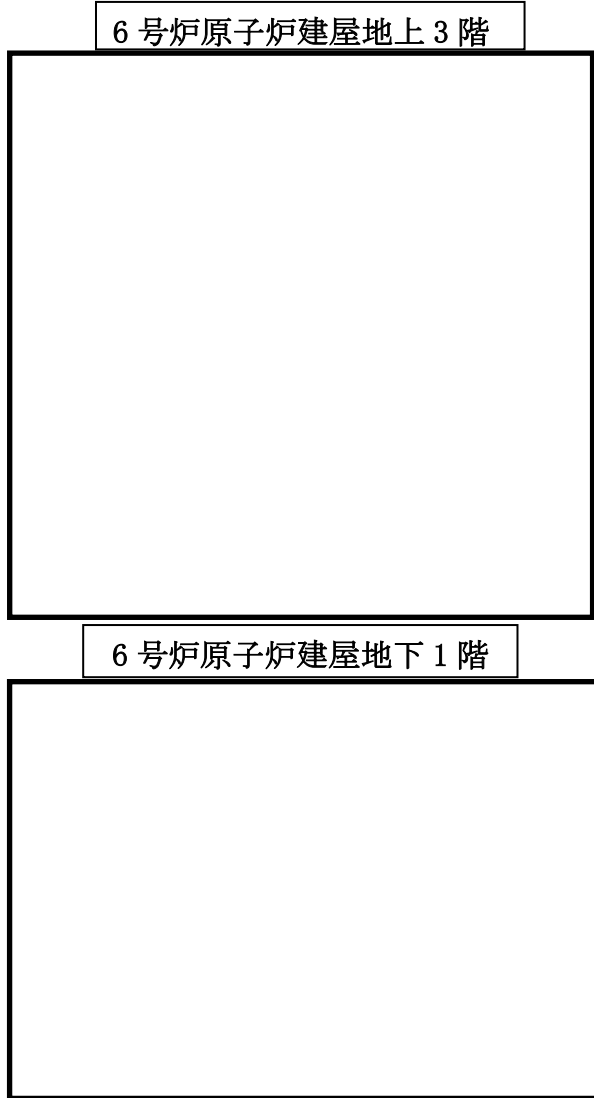


図 1.4 評価対象施設の設置場所 (4/6)

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

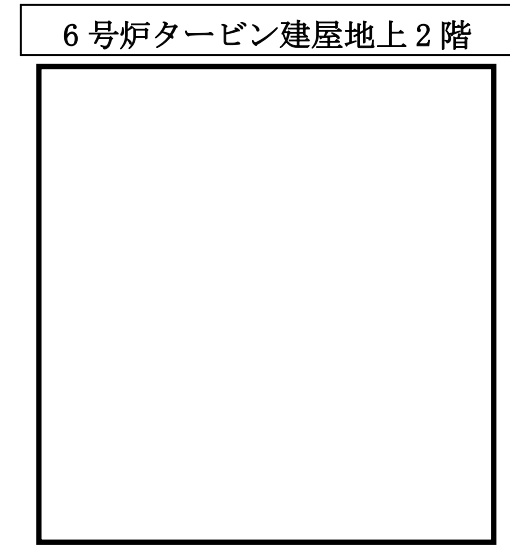
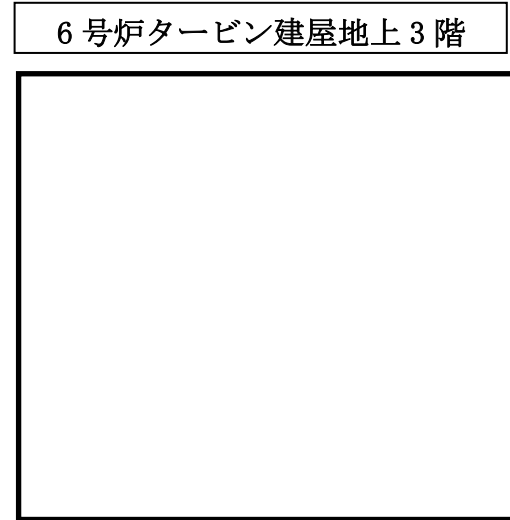
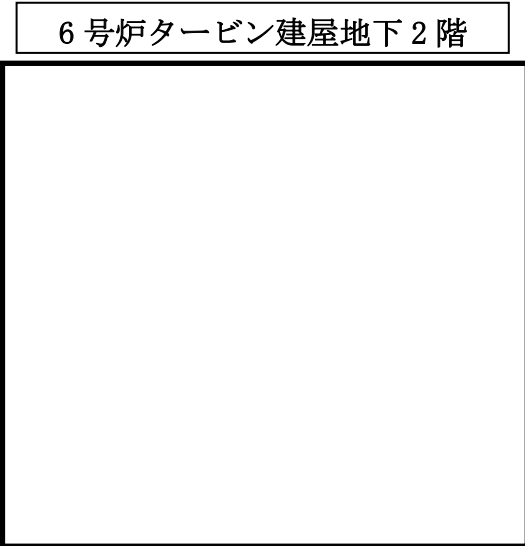
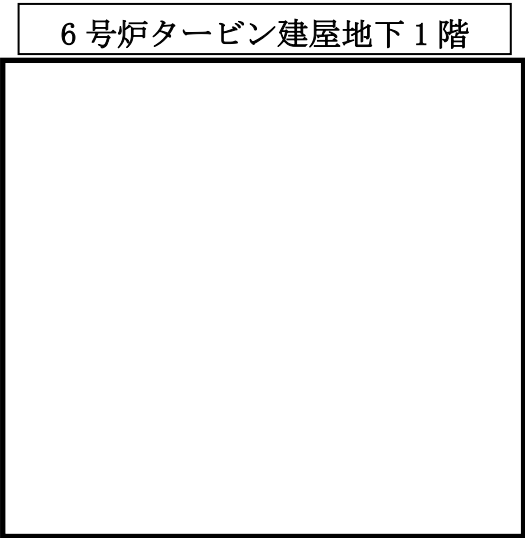
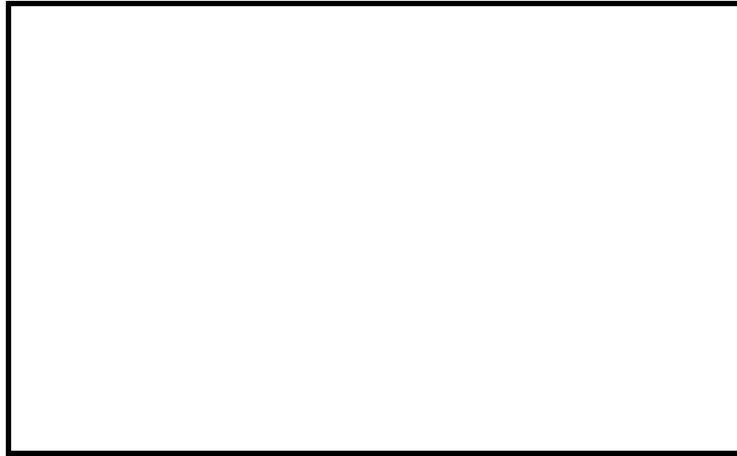


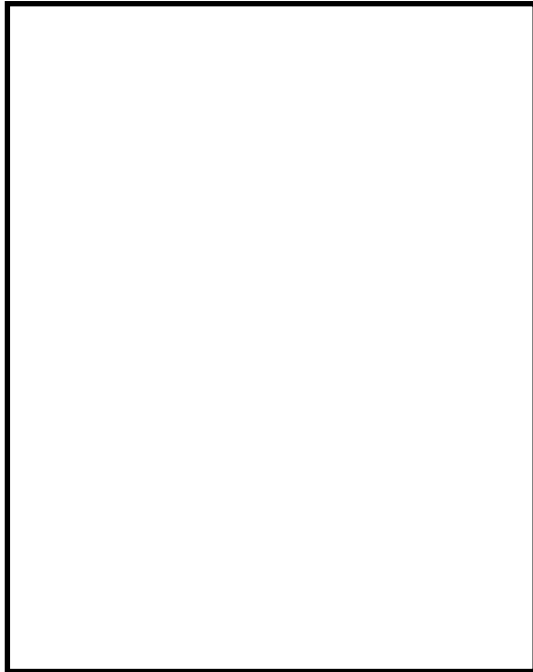
図 1.4 評価対象施設の設置場所 (5/6)

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

6, 7号炉コントロール建屋屋上



6, 7号炉コントロール建屋地下1階



6, 7号炉コントロール建屋地上2階

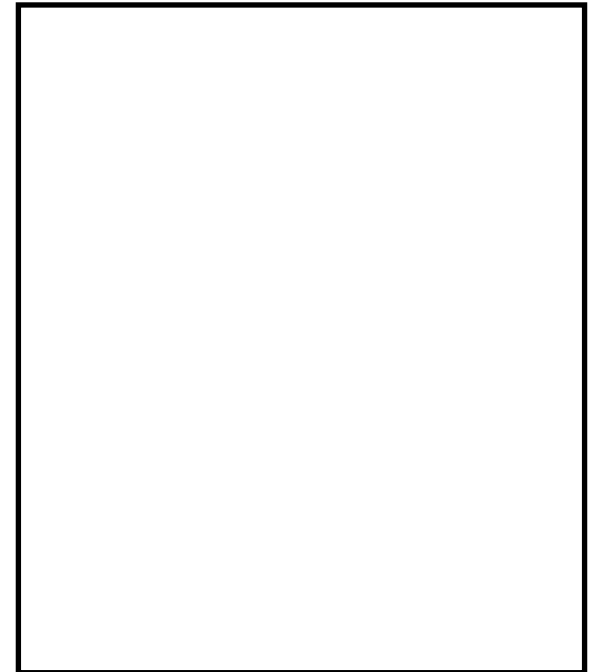


図 1.4 評価対象施設の設置場所 (6/6)

3.4 降下火砕物による影響の選定

降下火砕物の特徴及び評価対象施設の構造や設置状況等を考慮して、降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）とそれ以外の影響（以下「間接的影響」という。）として選定する。

3.4.1 降下火砕物の特徴

各種文献の調査結果より、降下火砕物は以下の特徴を有する。

- (1) 火山ガラス片、鉱物結晶片から成る。ただし、火山ガラス片は砂よりもろく硬度は低く、主要な鉱物結晶片の硬度は砂同等またはそれ以下である。
- (2) 硫酸等を含む腐食性のガス（以下「腐食性ガス」という。）が付着している。ただし、金属腐食研究の結果より、直ちに金属腐食を生じさせることはない。
- (3) 水に濡れると導電性を生じる。
- (4) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する。
- (5) 降下火砕物粒子の融点は約 1,000℃ であり、一般的な砂に比べ低い。

（補足資料-2）

3.4.2 直接的影響

降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重、閉塞、摩耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を抽出し、評価対象施設の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定する。なお、柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉で想定される降下火砕物の条件を考慮し、表 1.4 に示す項目について評価を実施する。

(1) 直接的影響の要因の選定と評価手法

(a) 荷重

「荷重」について考慮すべき影響因子は、屋外設備及び建屋の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」、並びに屋外設備及び建屋に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。粒子の衝突による影響については、「別添 2-1 竜巻影響評価について」に包絡される。

なお、建屋の評価は、建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物及び積雪の除去を適切に行うことから、短期許容応力度を許容限界とする。

また、建屋を除く評価対象施設においては、許容応力を「日本工業規格」、 「日本機械学会の基準・指針類」及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）」に準拠する。

(b) 閉塞

「閉塞」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路の狭隘部等を閉塞させる「水循環系の閉塞」、並びに降下火砕物を含む空気が機器の狭隘部や換気系の流路を閉塞させる「換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞）」である。

(c) 摩耗

「摩耗」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路に接触することにより配管等を摩耗させる「水循環系の内部における摩耗」、並びに降下火砕物を含む空気が動的機器の摺動部に侵入し摩耗させる「換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（摩耗）」である。

(d) 腐食

「腐食」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物に付着した腐食性ガスにより建屋及び屋外施設の外面を腐食させる「構築物への化学的影響（腐食）」、換気系、電気系及び計測制御系において降下火砕物を含む空気の流路等を腐食させる「換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）」、並びに海水に溶出した腐食性成分により海水管等を腐食させる「水循環系の化学的影響（腐食）」である。

(e) 大気汚染

「大気汚染」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央制御室内に侵入することによる居住性の劣化、並びに降下火砕物の除去、屋外設備の点検等、屋外における作業環境を劣化させる「発電所周辺の大気汚染」である。

(f) 水質汚染

「水質汚染」については、外部から供給される水源である、市水道水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが、柏崎刈羽原子力発電所では給水処理設備により水処理した給水を使用しており、また水質管理を行っていることから、安全施設の安全機能に影響しない。

(補足資料-20)

(g) 絶縁低下

「絶縁低下」について考慮すべき影響因子は、湿った降下火砕物が電気系及び計測制御系絶縁部に導電性を生じさせることによる盤の「絶縁低下」である。

表 1.4 降下火砕物が設備に影響を与える可能性のある因子

影響を与える可能性のある因子	評価方法	詳細検討すべきもの
構造物への静的負荷	屋外の構築物において降下火砕物堆積荷重による影響を評価する。なお、荷重条件は水を含んだ場合の負荷が大きくなるため、降雨条件及び積雪の重畳を考慮する。	○
構造物への化学的影響（腐食）	屋外設備は外装の塗装等によって影響がないことを評価する。	○
粒子の衝突	降下火砕物は微小な粒子であり、「竜巻影響評価について」で設定している設計飛来物に包絡することを確認していることから、詳細検討は不要。	—
水循環系の閉塞	海水中に漂う降下火砕物の狭隘部等における閉塞の影響を評価する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
水循環系の内部における摩耗	海水中に漂う降下火砕物の設備内部の摩耗の影響を評価する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	—
水循環系の化学的影響（腐食）	耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、腐食による影響がないことを評価する。	○
換気系，電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお，必要に応じて，換気空調系の給気を供給している範囲への影響についても考慮する。	○
換気系，電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお，必要に応じて，換気空調系の給気を供給している範囲への影響についても考慮する。	○
発電所周辺の大気汚染	運転員が常時滞在する中央制御室における居住性を評価する。	○
水質汚染	水質汚染によって，市水道が汚染する可能性があるが，給水処理設備により水処理した給水を使用しており，また水質管理を行っていることから，プラントの安全機能に影響はない。	—
絶縁低下	送電網より引き込む開閉所や変圧器周りに碍子洗浄装置等があり，降下火砕物が確認された場合，洗浄することが可能である。また，絶縁低下により，外部電源喪失に至った場合，非常用ディーゼル発電機により電源の供給を実施する。屋内の施設であっても，屋内の空気を取り込む機構を有する計測制御盤については，影響がないことを評価する。	○

3.4.3 間接的影響

降下火砕物によって柏崎刈羽原子力発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、開閉所の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」、並びに降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」である。

3.4.4 評価対象施設に対する影響因子の想定

評価すべき直接的影響の要因については、その内容によりすべての評価対象施設に対して評価する必要がない項目もあることから、各評価対象施設と評価すべき直接的影響の要因について整理し、評価対象施設の特性を踏まえて必要な評価項目を表 1.5 のとおり選定した。

3.5 設計荷重の設定

設計荷重は、以下のとおり設定する。

(1) 評価対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重

評価対象施設に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。

(2) 設計基準事故時荷重

外部事象防護対象施設は、降下火砕物によって安全機能を損なわない設計とするため、設計基準事故とは独立事象である。

また、評価対象施設のうち設計基準事故時荷重が生じる屋外設備としては、軽油タンク及び燃料移送ポンプが考えられるが、設計基準事故時においても、通常運転時の系統内圧力及び温度と変わらないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、設計基準事故時荷重と降下火砕物との組み合わせは考慮しない。

(3) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組み合わせ

降下火砕物と組み合わせを考慮すべき火山以外の自然現象は、荷重の影響において地震及び積雪であり、降下火砕物の荷重と適切に組み合わせる。

(補足資料-5)

3.6 降下火砕物に対する設計

3.6.1 直接的影響に対する設計

直接的影響については、評価対象施設の構造や設置状況等（形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等）を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各評価対象施設が安全機能を損なわない以下の設計とする。（表 1.6）

a. 軽油タンク（燃料移送ポンプ含む）

「構造物への静的負荷」について、当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。

「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、外装の塗装等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

「閉塞」及び「摩耗」については、軽油タンクのベント管を下向きに取り付ける、また、燃料移送ポンプは、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

b. 外部事象防護対象施設を内包する建屋

原子炉建屋、タービン建屋海水熱交換器区域、コントロール建屋及び廃棄物処理建屋は、「構造物への静的負荷」について、当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。なお、建屋の評価は、建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に行うことから、降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重とし、建築基準法による短期許容応力度を許容限界とする。

「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、外装の塗装等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

c. 原子炉補機冷却海水ポンプ

「閉塞」については、降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないが、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とするともに、ポンプ軸受部が閉塞しない設計とする。

「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

d. 原子炉補機冷却海水系ストレーナ

「閉塞」については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける又は差圧の確認が可能な設計とする。

「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

e. 取水設備（除塵装置）

「閉塞」については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とする。

「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

f. 非常用換気空調系

非常用換気空調系（非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む）、中央制御室換気空調系、コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系、海水熱交換器区域換気空調系）は、「閉塞」及び「摩耗」について、外気取入口に、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、非常用換気空調系のバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上を捕獲する性能）を設置することで、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。さらに降下火砕物がバグフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、金属材料を用いることによって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影

響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

「大気汚染」については、中央制御室換気空調系の外気取入ダンパの閉止及び再循環運転を可能とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止すること、さらに外気取入遮断時において室内の居住性を確保できる設計とする。

g. 非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電機吸気系含む）

「閉塞」については、非常用ディーゼル発電機の吸気口の上流側の外気取入口には、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、非常用換気空調系のバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上を捕獲する性能）を設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、また、降下火砕物がバグフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

なお、バグフィルタを通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、かつ構造上の対応として、吸気口の上流側の外気取入口には、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、非常用換気空調系のバグフィルタを設置することで、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とし、仮に当該設備の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐摩耗性のある材料を使用することで、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食を生じないが、金属材料を用いることによって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常の保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

h. 安全保護系盤

当該機器の設置場所は非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む）及び中央制御室換気空調系により、空調管理されており、外気取入口にはバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上を捕獲する性能）を設置することで、降下火砕物による「絶縁低下」により安全機能を損なわない設計とする。

3.6.2 間接的影響に対する設計方針

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉の非常用所内交流電源設備は、非常用ディーゼル発電機（3台/号炉）とそれぞれに必要な耐震Sクラスの燃料ディタンク（3

基；18kL以上）を有している。さらに、軽油タンク（2基；550kL以上）を有している。

これらにより、7日間の外部電源喪失に対して、また、原子力発電所外での影響（長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶）を考慮した場合においても、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却、並びに使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が継続できる設計とする。

（補足資料-19）

表 1.5 降下火砕物が影響を与える評価対象施設と影響因子の組み合わせ

影響因子 評価対象施設	構造物への 静的負荷	構造物への 化学的影響 (腐食)	水循環系の 閉塞・摩耗	水循環系の 化学的影響 (腐食)	換気系、電気系及び 計測制御系の機械的 影響 (閉塞・摩耗)	換気系、電気系及び 計測制御系の化学的 影響 (腐食)	発電所周辺 の大気汚染	絶縁低下
軽油タンク (燃料移送 ポンプ含む)	●	●	-(③)	-(③)	●	● (燃料移送ポンプ)	-(③)	-(③)
原子炉建屋, タービン 建屋海水熱交換器区 域, コントロール建 屋, 廃棄物処理建屋	●	●	-(③)	-(③)	-(③)	-(③)	-(③)	-(③)
原子炉補機冷却海水 ポンプ	-(①)	-(①)	● (ポンプ)	● (ポンプ)	-(①) (モータ)	-(①) (モータ)	-(③)	-(③)
原子炉補機冷却海水 系ストレーナ	-(①)	-(①)	●	●	-(③)	-(③)	-(③)	-(③)
取水設備 (除塵装置)	-(③)	-(②)	●	●	-(③)	-(③)	-(③)	-(③)
非常用換気空調系	-(①)	-(②)	-(③)	-(③)	●	●	●	-(③)
非常用ディーゼル発 電機 (非常用ディーゼ ル発電機吸気系含む)	-(①)	-(①)	-(③)	-(③)	●	●	-(③)	-(③)
安全保護系盤	-(①)	-(①)	-(③)	-(③)	-(③)	-(③)	-(③)	●

凡例 ● : 詳細な評価が必要な設備
 - : 評価対象外 () 内数値は理由

【評価除外理由】

- ① : 静的荷重等の影響を受け難い構造 (屋内設備の場合含む) ③ : 影響因子と直接関連しない
 ② : 腐食があっても、機能に有意な影響を受け難い

表 1.6 降下火砕物による直接的影響の評価結果

評価対象施設	確認結果	個別評価
軽油タンク（燃料移送ポンプ含む）	<ul style="list-style-type: none"> 考慮する堆積荷重は $8,542\text{N/m}^2$ であり、軽油タンクの許容堆積荷重は約 $13,000\text{N/m}^2$（暫定値）以上であるため、安全性への影響はない。 軽油タンクには、外装塗装が施されており、降下火砕物による短期での腐食により機能を喪失することはない。 軽油タンクのベント管の開口部は、雪害対策として、タンク屋根外側、地上から約 10m の高さに下向きに設置されていることから、想定される降下火砕物堆積量に対し、開口部閉塞及び摩耗には至らない。 燃料移送ポンプ及び電動機は、その構造上から、降下火砕物が内部に侵入することはない。 また、降下火砕物堆積荷重に対しては、別途防護対策を実施するなかで堆積荷重を考慮した設計とする。	5
原子炉建屋、タービン建屋 海水熱交換器区域、コントロール建屋、廃棄物処理建屋	<ul style="list-style-type: none"> 考慮する堆積荷重は $8,542\text{N/m}^2$ であり、建屋の許容堆積荷重はそれ以上の設計とするため、安全性への影響はない。 外壁塗装が施されており、降下火砕物による短期での腐食により機能を喪失することはない。 	1
原子炉補機冷却海水ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ポンプの狭隘部は降下火砕物の粒径より大きく、降下火砕物による閉塞には至らない。軸受部は異物逃がし溝を設け、降下火砕物による閉塞には至らない設計とする。また、降下火砕物は、破碎し易く摩耗による影響は小さい。 耐食性のある材料を使用していることから、降下火砕物による短期での腐食により機能を喪失することはない。 	2
原子炉補機冷却海水系 ストレーナ	<ul style="list-style-type: none"> 降下火砕物の粒径は、海水ストレーナのフィルタ穴径より僅かに小さいものの、差圧管理されており、自動洗浄されることから閉塞することはない。なお、海水ストレーナのフィルタを通過した降下火砕物は、下流の設備（原子炉補機冷却水系熱交換器）に対して閉塞等の影響を与えることはない。また、降下火砕物は、破碎し易く摩耗による影響は小さい。 海水ストレーナ及び下流の機器内面に防汚塗装等が施されており、降下火砕物による短期での腐食により機能を喪失することはない。 	3
取水設備（除塵装置）	<ul style="list-style-type: none"> 降下火砕物の粒径は十分小さく、取水口を閉塞することはない。 取水設備（除塵装置）は塗装等の対応を実施しており、降下火砕物による短期での腐食により機能を喪失することはない。 	7
非常用換気空調系	<ul style="list-style-type: none"> 非常用換気空調系の外気取入口にはルーバ及びバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して 80%以上を捕獲する性能）が設置されていることから、給気を供給する設備に対して、降下火砕物が与える影響は小さい。また、バグフィルタは、必要に応じて取替え又は清掃することにより除灰ができる。 中央制御室換気空調系については、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転することにより、中央制御室の居住環境が維持されることを確認する。 	6
非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電機吸気系含む）	<ul style="list-style-type: none"> 外気取入口は、降下火砕物が侵入しにくい構造であり、また、バグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して 80%以上を捕獲する性能）により降下火砕物が捕集されること、及び侵入した場合でも降下火砕物の硬度が低く破碎しやすいことから、機能に影響を及ぼすことはない。また、バグフィルタは、必要に応じて取替え又は清掃することにより除灰ができる。 	4
安全保護系盤	<ul style="list-style-type: none"> 安全保護系盤が設置されている部屋は、非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む）及び中央制御室換気空調系にて空調管理されており、本換気空調系の外気取入口にはバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して 80%以上を捕獲する性能）が設置されていることから、降下火砕物に対する高い防護を有している。また、侵入する降下火砕物は微細なものに限られ、またその可能性は低く、その付着等により短絡等を発生させる可能性はないことから、安全機能が損なわれることはない。 	8

3.7 降下火砕物の除去等の対策

3.7.1 降下火砕物に対応するための運用管理

降下火砕物に備え、手順を整備し、図 1.5 のフローのとおり段階的に対応することとしている。その体制については、地震、津波、火山噴火等の自然災害に対し、保安規定に基づく保安管理体制として整備し、その中で体制の移行基準、活動内容についても明確にする。

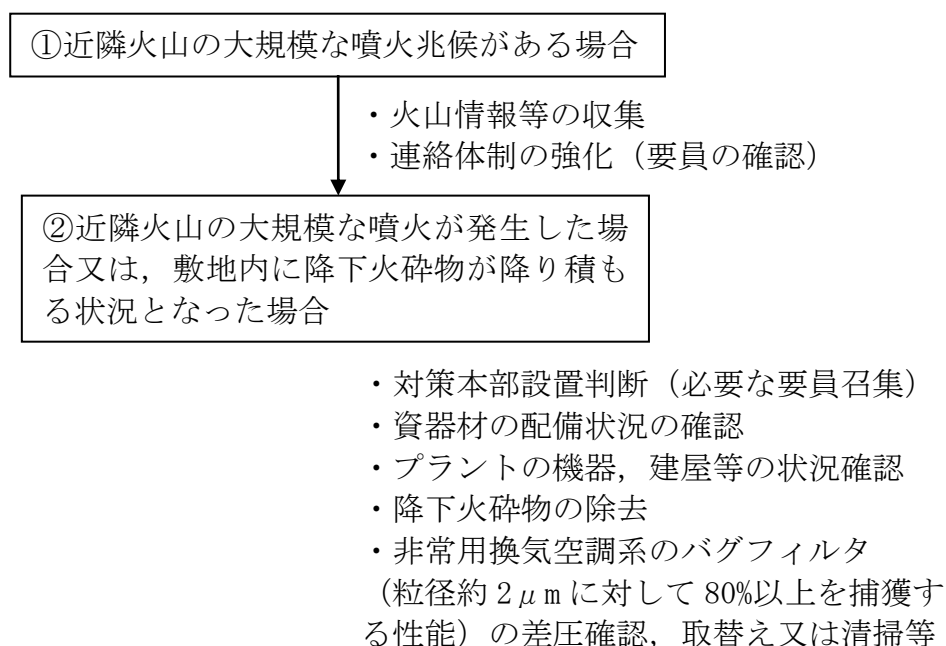


図 1.5 降下火砕物に対応するための運用管理フロー

①近隣火山の大規模な噴火兆候がある場合

担当箇所は、火山情報（火山の位置、規模、風向、降灰予測等）を把握し、連絡体制を強化する。

②近隣火山の大規模な噴火が発生した場合又は、降下火砕物が降り積もる状況となった場合

担当箇所は、近隣火山において大規模な噴火が確認された場合、又は、発電所敷地で降灰が確認された場合に、関係箇所と協議の上、対策本部の設置判断をする。

換気空調系の取替え用バグフィルタの配備状況を確認するとともに、アクセスルート・屋外廻りの機器・屋外タンク・建屋等の降下火砕物の除去のため、発電所内に保管しているホイールローダ・スコップ・マスク等の資機材の配備状況の確認を行う。

プラントの機器、建屋等の現在の状態（屋外への開口部が開放されていないか）を確認する。

敷地内に降下火砕物が到達した場合には、降灰状況を把握する。

プラント及び屋外廻りの監視を強化し、アクセスルート・屋外廻りの

機器・屋外タンク・建屋等の降下火砕物の除去を行うとともに、非常用換気空調系のバグフィルタ差圧を確認し、バグフィルタの取替え又は清掃等を行う。

降下火砕物により安全機能を有する設備が損傷等により機能が確保できなくなった場合、必要に応じプラントを停止する。

3.7.2 手順

火山に対する防護については、降下火砕物に対する影響評価を行い、安全施設が安全機能を損なわないよう手順を定める。

降灰が確認された場合には、建屋や屋外の設備等に長期間降下火砕物の荷重をかけ続けられないこと、また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために、評価対象施設に堆積した降下火砕物の除灰を適切に実施する。

降灰が確認された場合には、状況に応じて外気取入ダンパの閉止、換気空調系の停止又は再循環運転により、建屋内への降下火砕物の侵入を防止する手順を定める。

降灰が確認された場合には、非常用換気空調系の外気取入口のバグフィルタについて、バグフィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて取替え又は清掃等を実施する。

4. まとめ

降下火砕物による直接的影響及び間接的影響のすべての項目について評価した結果、降下火砕物による直接的及び間接的影響はなく、発電用原子炉施設の安全機能を損なうことはない。

降下火砕物の飛来のおそれがある場合は、火山噴火対策を行うための体制を構築し、プラント及び屋外廻りの監視の強化、降下火砕物の除去等を実施する。

建屋に係る影響評価

降下火砕物による原子炉建屋等への影響について以下のとおり評価した。

(1) 評価項目

① 構造物への静的負荷

降下火砕物の堆積荷重（降雨の影響含む）により原子炉建屋，タービン建屋海水熱交換器区域，コントロール建屋，廃棄物処理建屋の健全性に影響がないことを評価する。なお，堆積荷重は，積雪との重畳を考慮する。

② 構造物への化学的影響（腐食）

降下火砕物の構造物への付着や堆積による化学的腐食により構造物への影響がないことを評価する。

(2) 評価条件

① 降下火砕物条件

- ・堆積量：35cm
- ・密度：1.5g/cm³

② 積雪条件

- ・積雪量：115.4cm

積雪量＝1日あたりの積雪量の年超過確率 10^{-2} /年の値（84.3cm）
 ＋最深積雪量の平均値（31.1cm）＝115.4cm

- ・単位荷重：29.4N/m²（新潟県建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重）

(3) 評価結果

① 構造物への静的負荷

設計堆積荷重は以下のとおり。

飽和状態の降下火砕物の荷重（35cm×1500kg/m³×9.80665m/s²）
 ＋積雪荷重（115.4cm×29.4N/（m²・cm））＝8,542N/m²

表 1-1 に，建屋ごとに裕度が最も小さい部位の評価結果を示す。

評価の結果，全ての建屋において，許容堆積荷重は堆積荷重を十分に上回っていることから，対象建屋の安全性への影響はない。

表 1-1 建屋の堆積荷重概略評価結果

号炉	評価対象施設	対象設備エリア	許容堆積荷重 ^{※1} (N/m ²)	降下火砕物 堆積荷重 (N/m ²)	評価結果
6	原子炉建屋	使用済燃料プール上部	12,000	8,542	○
	コントロール建屋	中央制御室上部（全体） 7号炉共通	21,000		○
	タービン建屋海水熱交換器区域	海水熱交換器区域上部	10,000		○
7	原子炉建屋	使用済燃料プール上部	12,000		○
	コントロール建屋	中央制御室上部（全体） 6号炉共通	21,000		○
	タービン建屋海水熱交換器区域	海水熱交換器区域上部	11,000		○
	廃棄物処理建屋	復水貯蔵槽位置上部 (6号炉と共通)	9,000 ^{※2}		○

※1：許容堆積荷重は、以下の方法で算出した。

- ① 建屋の屋根部を構成する構造部材の断面性能を元に、各構造部材で発生する応力が短期許容応力度となるような屋根部の鉛直荷重（以下「耐荷重」という）を計算する。（耐荷重算定の詳細フローを図 1-1 に示す）
- ② 屋根部に作用する荷重としては堆積物による荷重以外に、常時作用する荷重（固定荷重、機器荷重及び配管荷重等）があるため、①で計算した耐荷重から常時作用する荷重の差し引いた値を許容堆積荷重として設定する（有効数字2桁で切り下げ）。

※2：廃棄物処理建屋については、屋上のルーフブロックを撤去することとしており、許容堆積荷重の暫定値として記載。

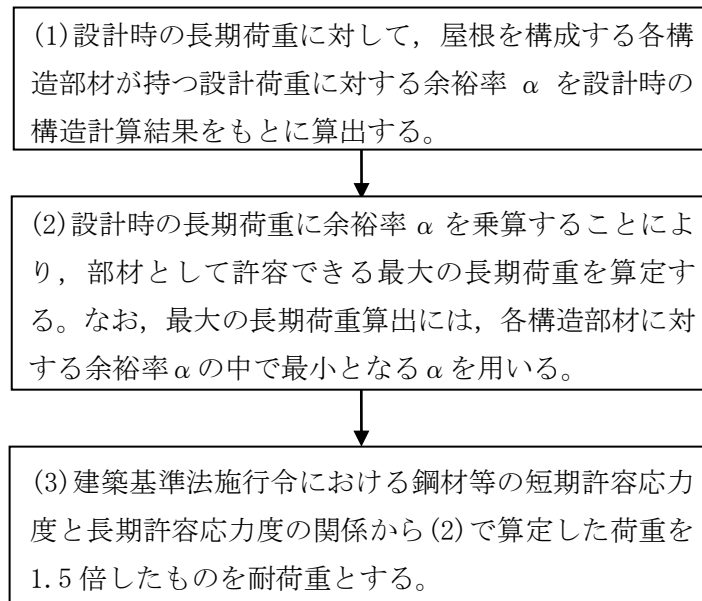


図 1-1 耐荷重算定フロー

②構造物への化学的影響（腐食）

原子炉建屋，タービン建屋海水熱交換器区域，コントロール建屋及び廃棄物処理建屋については，外壁塗装を施していることから，降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

（補足資料-4）

原子炉補機冷却海水ポンプに係る影響評価

降下火砕物による原子炉補機冷却海水ポンプに係る影響評価について以下のとおり評価した。

(1) 評価項目

① 水循環系の閉塞

降下火砕物が混入した海水を海水ポンプにより取水した場合に、流水部、軸受部等が閉塞し、機器の機能に影響がないことを評価する。

② 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物が混入した海水を海水ポンプにより取水した場合に、摩耗による機器の機能に影響がないことを評価する。

③ 水循環系の化学的影響（腐食）

降下火砕物が混入した海水を海水ポンプにより取水した場合に、内部構造物の化学的影響（腐食）により機器の機能に影響がないことを評価する。

(2) 評価条件

① 降下火砕物条件

- ・ 粒径：8.0mm 以下

(3) 評価結果

① 水循環系の閉塞

- ・ 流水部の閉塞

原子炉補機冷却海水ポンプ流水部の狹隘部は図 2-1 に示すように数十 mm であり、想定する降下火砕物の粒径は 8.0mm 以下であるため、閉塞には至らない。

- ・ 軸受部の閉塞

原子炉補機冷却海水ポンプの軸受の隙間は、約 1mm～4mm 程度の許容値以下で管理されている。一部の降下火砕物は軸受の隙間より、軸受内部に入り混む可能性があるが、図 2-1 に示すように異物逃がし溝（約 5mm 程度）を設け、軸受部の閉塞には至らない設計とする。

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

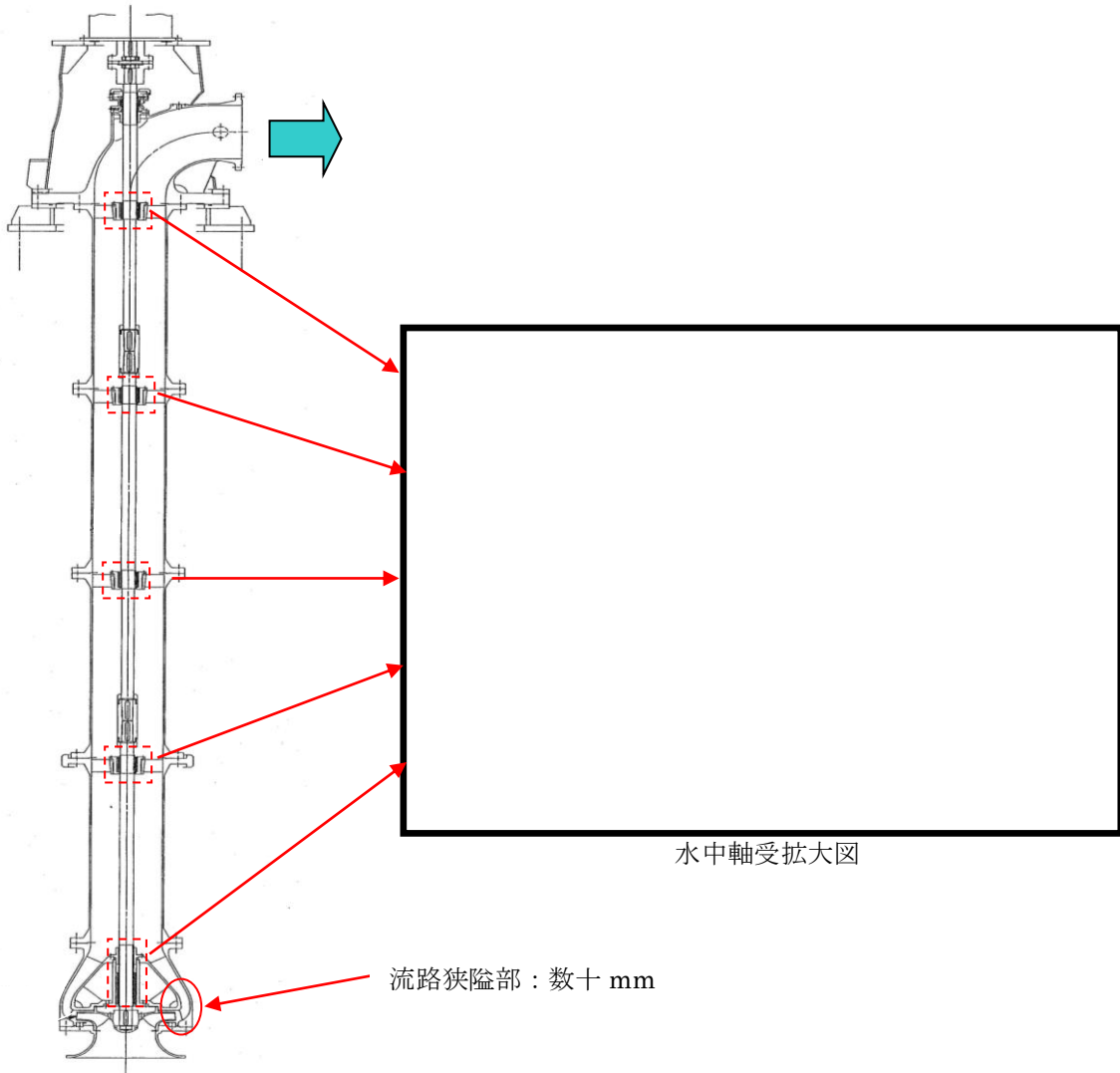


図 2-1 原子炉補機冷却海水ポンプ

② 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物は破碎し易く、硬度が低いことから降下火砕物による摩耗が、設備に与える影響は小さく、また、日常の保守管理等により補修が可能。

(補足資料-3)

③ 水循環系の化学的影響 (腐食)

原子炉補機冷却海水ポンプは、ステンレス製であり、また、塗装等の対応を実施していることから、降下火砕物による短期での腐食により原子炉補機冷却海水ポンプの機能に影響を及ぼすことはない。

(補足資料-4)

原子炉補機冷却海水系ストレーナに係る影響評価

降下火砕物による原子炉補機冷却海水系ストレーナに係る影響評価について以下のとおり評価した。

(1) 評価項目

① 水循環系の閉塞

降下火砕物によって原子炉補機冷却海水系ストレーナの閉塞により、機器の機能に影響がないことを評価する。

② 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物によって原子炉補機冷却海水系ストレーナの摩耗により、機器の機能に影響がないことを評価する。

③ 水循環系の化学的影響（腐食）

降下火砕物によって原子炉補機冷却海水系ストレーナの内部構造物の化学的影響（腐食）により機器の機能に影響がないことを評価する。

(2) 評価結果

① 水循環系の閉塞

号炉ごとの原子炉補機冷却海水系ストレーナのフィルタ穴径を示す。

	6号炉	7号炉
フィルタ穴径	8mm	7mm

想定する降下火砕物の粒径は、最大で8mmであるが、7mm以上の粒径割合は、およそ4%程度であり、また、取水口からポンプ取水箇所までの距離が数十mあるため、原子炉補機冷却海水系ストレーナは閉塞する可能性は低い。また、粘性を生じさせる粘土鉱物等は含まれていないことから原子炉補機冷却海水系ストレーナが閉塞することはなく、原子炉補機冷却海水系ストレーナの機能に影響を及ぼすことはない。なお、フィルタが閉塞することがないように差圧管理されており、一定の差圧（6号及び7号炉：17.65kPa）で自動洗浄される。

原子炉補機冷却海水系ストレーナのフィルタを通過した降下火砕物の粒子は、下流設備の原子炉補機冷却水系熱交換器の伝熱管の穴径（6号炉：23.0mm，7号炉：16.6mm）に対して、想定する降下火砕物の粒径は十分小さく伝熱管等の閉塞により、下流設備に影響を及ぼすことはない。

原子炉補機冷却海水ポンプの定格流量は1台あたり、約1,800m³/hと大きく、冷却器管内で流れが一様になり、降下火砕物がストレーナ内で堆積し、閉塞する可能性は低い。

②水循環系の内部における摩耗

降下火砕物は破碎し易く、硬度が低いことから降下火砕物による摩耗が、設備に与える影響は小さく、また、日常の保守管理等により補修が可能。

(補足資料-3)

③水循環系の化学的影響（腐食）

原子炉補機冷却海水系ストレーナは、ライニングが施工されていることから、短期での腐食により原子炉補機冷却海水系ストレーナの機能に影響を及ぼすことはない。

また、原子炉補機冷却海水系ストレーナの下流設備の原子炉補機冷却水系熱交換器（伝熱管）には、耐食性に優れた材料（アルミニウム黄銅管）を用いていること、及び連続通水状態であり著しい腐食環境にならないことから、短期での腐食により下流設備に影響を及ぼすことはない。

非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電機吸気系含む）に係る影響評価

降下火砕物による非常用ディーゼル発電機に係る影響について以下のとおり評価した。

(1) 評価項目

① 換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）

降下火砕物の非常用ディーゼル発電機（機関）への侵入等により、機器の機能に影響がないことを評価する。

② 換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）

降下火砕物の非常用ディーゼル発電機（機関）への侵入等により、化学的影響（内部腐食）によって、機能に影響がないことを評価する。

(2) 評価条件

- ・粒径：8.0mm 以下

(3) 評価結果

① 換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）

非常用ディーゼル発電機吸気系は、非常用ディーゼル発電機非常用送風機室の機関給気口より上流側に、非常用換気空調系のバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上を捕獲する性能）が設置されており、降下火砕物の侵入を防止している。

粒径が $2\mu\text{m}$ 程度のものについては、図 4-1 に示すように過給機、空気冷却器（空気側）に侵入する可能性はあるが、機器の間隙は十分大きく閉塞に至らない。

また、機関シリンダ内に降下火砕物が混入した場合、シリンダライナー／ピストリング間隔と同程度のものは、当該間隙内に侵入し、摩耗発生が懸念されるが、主要な降下火砕物は、砂と比較しても破碎しやすく^{※1}、硬度が低く^{※2}、これまでの点検において有意な摩耗は確認されていないことから、降下火砕物の摩耗による影響の可能性は低い。長期的な影響についても、シリンダライナー及びピストンの間隙内に侵入した降下火砕物は、シリンダとピストン双方の往復運動が繰り返されるごとに、更に細かい粒子に破碎され、破碎された粒子はシリンダライナーとピストンリング間隙に付着している潤滑油により機関外へ除去される。また、潤滑油系には機関付フィルタが設置されているが、メッシュ寸法が（ $30\mu\text{m}$ ）と取り込んだ降下火砕物によって閉塞することはなく長期的な影響も少ないと考えられる。加えて、非常用換気空調系のバグフィルタを通過した降下火砕物の潤滑油への混入を想定し、潤滑油に降下火砕物を混入させた状態における潤滑油の成分分析を実施した結果、潤滑油の性状に影響がないことを確認した。

(補足資料-3, 9, 10, 12)

また、シリンダから排出される排気ガスの温度は、約 500℃であることから、融点が約 1,000℃である降下火砕物の溶融による影響はない。

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

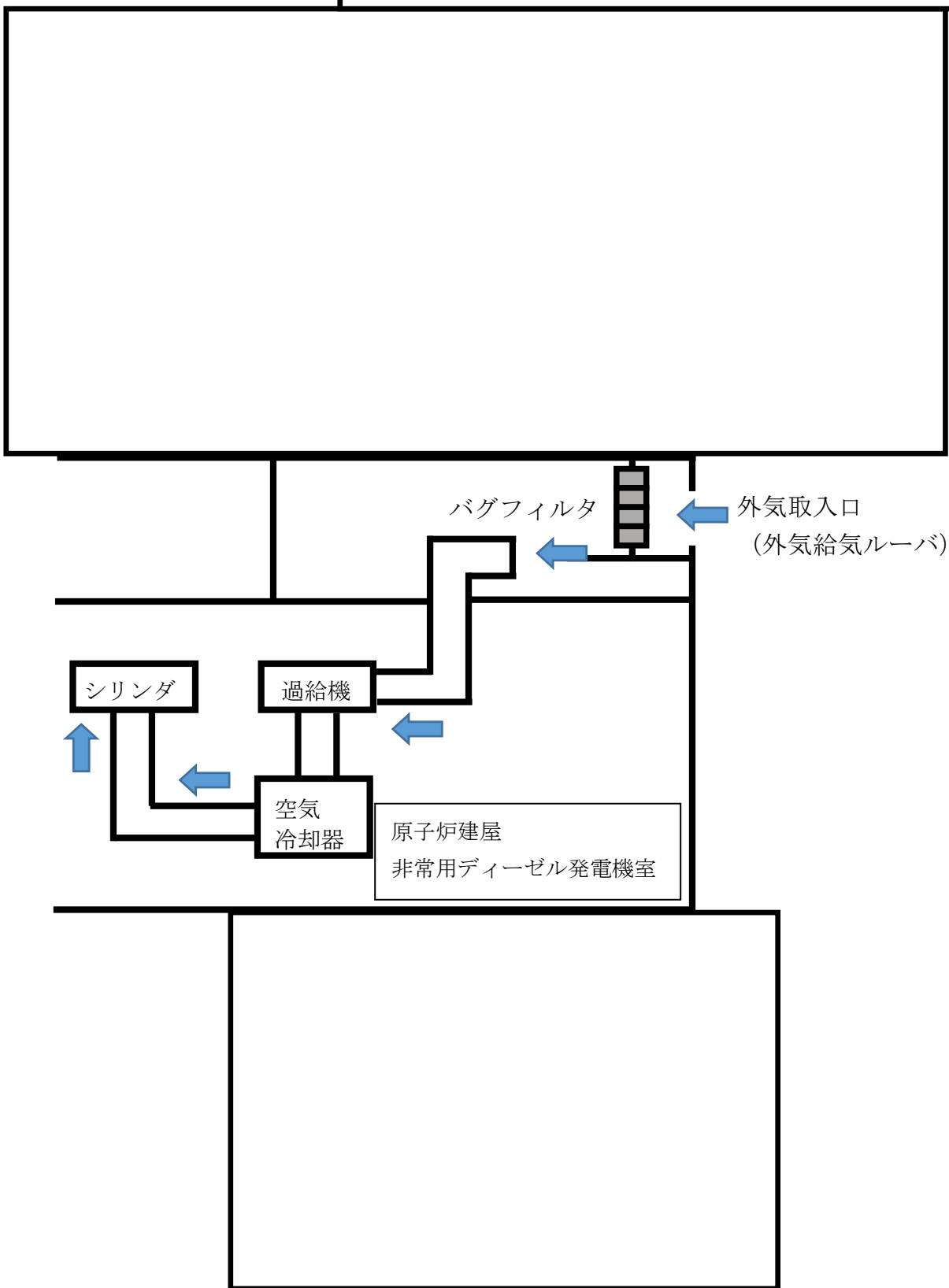


図 4-1 非常用ディーゼル発電機吸気系系統構造図

※1：武若耕司（2004）：シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状，コンクリート工学，Vol. 42，No. 3，P38-47

※2：恒松修二ほか（1976）：シラスを主原料とする結晶化ガラス，窯業協会誌，84[6]，P32-40

② 換気系，電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）

金属腐食研究の結果より，降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないことから，金属材料を用いることで，短期での腐食により非常用ディーゼル発電機の機能に影響を与えにくい。なお，降灰後の長期的な腐食の影響については，日常の保守管理等により，状況に応じて補修が可能な設計とする。

（補足資料-12）

軽油タンク（燃料移送ポンプ含む）に係る影響評価

降下火砕物による軽油タンク（燃料移送ポンプ含む）への影響について以下のとおり評価した。

(1) 評価項目

① 構造物への静的負荷

軽油タンクについては、降下火砕物の堆積による堆積荷重に対して健全性に影響がないことを評価する。

燃料移送ポンプについては、鋼板のカバーで覆われており、直接堆積しない構造であるが、別途、堆積荷重を考慮した防護対策を実施する。

② 構造物への化学的影響（腐食）

軽油タンク及び燃料移送ポンプが、降下火砕物の付着や堆積による化学的腐食により、機能への影響がないことを評価する。

③ 換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）

軽油タンクのベント管が、降下火砕物の閉塞及び摩耗による影響がないことを評価する。

燃料移送ポンプについては、軸受等への侵入による影響がないことを評価する。

④ 換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）

燃料移送ポンプモータへの侵入による、化学的影響（内部腐食）によって、機能に影響がないことを評価する。

(2) 評価条件

- ・ 堆積荷重：8,542N/m²
- ・ 粒径：8.0mm 以下

(3) 評価結果

① 構造物への静的負荷

表 5-1 に軽油タンクごとに裕度が最も小さい部位の評価結果を示す。

評価の結果、全ての軽油タンクにおいて、許容堆積荷重は堆積荷重を上回っていることから、降下火砕物の荷重により、各軽油タンクの機能が喪失しないことを確認した。なお、燃料移送ポンプについては、当該ポンプ上部に防護板を設置することで、静的荷重によって機能喪失しない設計とする。

表 5-1 軽油タンクの堆積荷重評価結果（値は暫定値）

号炉	評価対象構造物	評価対象部位	設計耐荷重 (N/m ²)	降下火砕物 堆積荷重 (N/m ²)	評価結果
6	軽油タンク A, B	ラフタボルト部	約 13,000	8,542	○
7	軽油タンク A, B	ラフタボルト部	約 13,000		○

② 構造物への化学的影響（腐食）

軽油タンクの化学的影響については、外装塗装が施されており、降下火砕物による短期での腐食により機能を喪失することはない。（補足資料-4）

また、燃料移送ポンプの化学的影響については、当該ポンプ上部に防護板を設置することで、降下火砕物が燃料移送ポンプと直接接触する可能性は低いことから、降下火砕物による短期での腐食により機能を喪失することはない。

③換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）

（軽油タンク）

軽油タンクのベント管は、図 5-1 に示すように雪害対策として、ベント管開口部が下向きに取り付けられている。また、開口部はタンク屋根外側としており、地上から約 10m の高さがあることから、想定される降下火砕物堆積量に対し、開口部閉塞及び摩耗による影響はない。

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。



図 5-1 軽油タンク外形図

(燃料移送ポンプ)

ポンプ本体への異物混入経路としては、軸貫通部があるが、当該部はオイルリング等を用いて潤滑剤や内部流体の漏えいのないよう適切に管理されていることから、降下火砕物がポンプ本体へ侵入することはなく閉塞や摩耗による影響はない。燃料移送ポンプの外形写真を図 5-2 に、概略構造図を図 5-3 に示す。

動力源となる電動機については「全閉外扇屋外型」であり、ケーシングの放熱フィン等に堆積した降下火砕物若しくは浮遊中の降下火砕物が冷却ファン側から吸入された場合でも電動機内部に降下火砕物が侵入することはない。

④換気系，電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）

上記のように、ポンプ本体及び電動機内部に降下火砕物が侵入することはないため影響はない。



図 5-2 燃料移送ポンプ外形写真

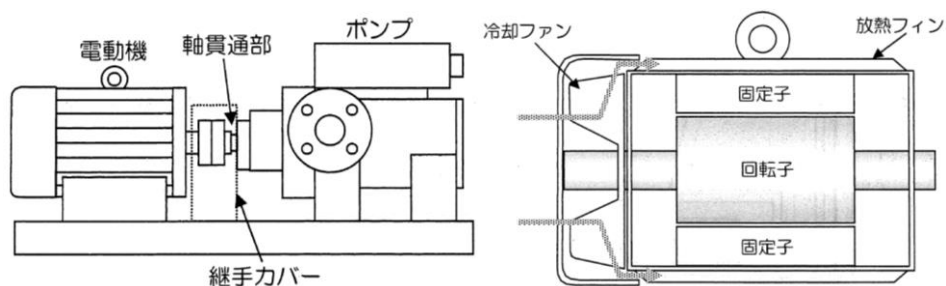


図 5-3 燃料移送ポンプ概略構造図

非常用換気空調系（外気取入口）に係る影響評価

降下火砕物による非常用換気空調系（非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む）、中央制御室換気空調系、コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系、海水熱交換器区域換気空調系）（外気取入口）への影響について以下のとおり評価した。

(1) 評価項目

① 換気系，電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）

降下火砕物の換気空調系（外気取入口）に対する，機器の機能に影響がないことを評価する。

② 換気系，電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）

非常用換気空調系（外気取入口）に対する，化学的影響（内部腐食）によって，機能に影響がないことを評価する。

③ 発電所周辺の大気汚染

降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が換気空等設備を経て運転員が駐在している中央制御室の居住性に影響がないことを評価する。

(2) 評価条件

① 降下火砕物条件

- ・ 粒径：8.0mm 以下

(3) 評価結果

① 換気系，電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）

各評価対象施設の外気取入口には，ルーバが取り付けられており，下方から吸い込む構造となっていることから，上方より降下してくる火砕物に対し，取り込み難い構造となっている。また，外気取入口にはバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上を捕獲する性能）が設置されており，想定する降下火砕物は十分除去されるため，給気を供給する系統及び機器に対して降下火砕物が与える影響は少ない。

なお，バグフィルタには差圧計が設置されており，必要に応じて取替え又は清掃することが可能である。非常用換気空調系の外気取入口イメージ図を図 6-1 に，非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む）の外気取入口を図 6-2 に示す。

（補足資料-7，16）

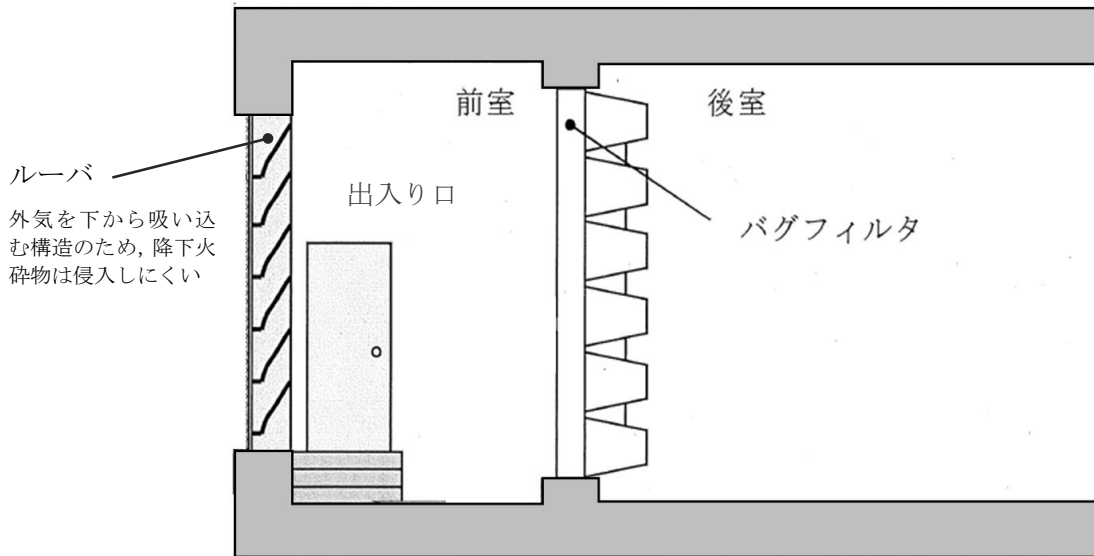


図 6-1 換気空調系の外気取入口イメージ図



図 6-2 非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系(非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む)の外気取入口

② 換気系，電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）

金属腐食研究の結果より，降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないことから，金属材料を用いることで，短期での腐食により非常用換気空調系（外気取入口）の機能に影響を与えにくい。なお，降灰後の長期的な腐食の影響については，日常の保守管理等により，状況に応じて補修が可能な設計とする。

（補足資料-12）

③ 発電所周辺の大気汚染

運転員が常駐している中央制御室は、中央制御室換気空調系によって空調管理されており、他の換気空調系と同様、外気取入口には、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造となっていることから、上方より降下してくる火砕物に対し、取り込み難い構造となっている。また、外気取入口にはバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上を捕獲する性能）が設置されており、想定する降下火砕物は十分除去されるため、降下火砕物が与える影響は少ない。中央制御室換気空調系の外気取入口の写真を図6-3に示す。

なお、大気汚染による人に対する居住性の観点から、運転員が常駐する中央制御室については、中央制御室排風機の停止及び外気取入ダンパの閉止を行い再循環運転することにより、中央制御室の居住環境を維持できる。以下に、外気取入ダンパを閉止した状態の酸素濃度及び二酸化炭素濃度について評価した結果を示す。



図6-3 中央制御室換気空調系の外気取入口

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

○酸素濃度

「空気調和・衛生工学便覧 空調設備編」に基づき、酸素濃度について評価した。

【評価条件】

- ・在室人数 18名
- ・中央制御室バウンダリ内体積 m³
- ・空気流入はないものとする。
- ・初期酸素濃度 20.95%（「空気調和・衛生工学便覧」成人呼吸気の酸素量）
- ・酸素消費量 0.066m³/h・人（「空気調和・衛生工学便覧」の歩行（中等作業相当）でのO₂消費量）
- ・許容酸素濃度 18%以上（労働安全衛生規則）

【評価結果】

表 6-1 中央制御室再循環運転における酸素濃度の時間変化

時間	12 時間	24 時間	36 時間	428 時間
酸素濃度	20.8%	20.7%	20.7%	18.0%

○二酸化炭素濃度

「空気調和・衛生工学便覧 空調設備編」に基づき、二酸化炭素濃度について評価した。

【評価条件】

- ・在室人数 18名
- ・中央制御室バウンダリ内体積 m³
- ・空気流入はないものとする。
- ・初期二酸化炭素濃度 0.030%（原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC4622-2009））
- ・二酸化炭素排出量 0.046m³/h・人（「空気調和・衛生工学便覧」の中等作業でのCO₂排出量）
- ・許容二酸化炭素濃度 0.5%以下（労働安全衛生規則）

【評価結果】

表 6-2 中央制御室再循環運転における二酸化炭素濃度の時間変化

時間	12 時間	24 時間	36 時間	97 時間
二酸化炭素濃度	0.09 %	0.15%	0.21%	0.50%

以上の結果から、97 時間外気取入を遮断したままでも、中央制御室内に滞在する運転員の操作環境に影響を与えない。なお、噴火継続時間に関する最近の観測記録（補足資料-17）と比較し、十分な裕度が確保できている。

取水設備（除塵装置）に係る影響評価

(1) 評価項目

① 水循環系の閉塞

降下火砕物が混入した海水を取水することにより、取水設備が閉塞しないことを評価する。

② 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物が混入した海水を取水することに伴う、取水設備の摩耗により、機器の機能に影響がないことを評価する。

③ 水循環系の化学的影響（腐食）

降下火砕物が混入した海水を取水することによる構造物内部の腐食により機器の機能に影響がないことを評価する。

(2) 評価条件

- ・ 粒径：8.0mm 以下

(3) 評価結果

① 水循環系の閉塞

取水設備（トラベリングスクリーンメッシュ幅 9mm）への降下火砕物を想定しても、想定する降下火砕物の粒径はメッシュ幅より小さく、また、粘性を生じさせる粘土鉱物等は含まれていないことから、除塵装置が閉塞することはない。

② 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物は破碎し易く、硬度が低いことから降下火砕物による摩耗が、設備に影響を与える影響は小さい。

(補足資料-3)

③ 水循環系の化学的影響（腐食）

海水系の化学的影響については、取水設備は塗装等の対応を実施していることから、降下火砕物による短期での腐食により取水設備の機能に影響を及ぼすことはない。

(補足資料-4)

安全保護系盤に係わる影響評価

降下火砕物による安全保護系盤への影響について以下のとおり評価する。

(1) 評価項目

① 絶縁低下

降下火砕物が盤内に侵入する可能性及び侵入した場合の影響について評価する。

(2) 評価条件

- ・ 粒径：8.0mm 以下

(3) 評価結果

安全保護系盤については、その発熱量に応じて盤内に換気ファンを設置している場合があるため、換気に伴い、降下火砕物が盤内に侵入する可能性がある。

当該盤が設置されているエリアは、非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む）及び中央制御室換気空調系にて空調管理されており、外気取入口に設置されているバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上を捕獲する性能）を介した換気空気を吸入している。したがって、降下火砕物が大量に盤内に侵入する可能性は低く、その付着により短絡を発生させる可能性はないため、安全保護系盤の安全機能が損なわれることはない。

(補足資料-13)

1. 評価ガイドとの整合性について

原子力発電所の火山影響評価ガイドと降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価の整合性について、以下の表 1-1 に示す。

表 1-1 原子力発電所の火山影響評価ガイドと降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価の整合性（1/6）

原子力発電所の火山影響評価ガイド	降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価
<p>1. 総則</p> <p>本評価ガイドは、原子力発電所への火山影響を適切に評価するため、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出、抽出された火山の火山活動に関する個別評価、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出及びその影響評価のための方法と確認事項をとりまとめたものである。</p> <p>1. 1 一般</p> <p>原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第6条において、外部からの衝撃による損傷の防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地周辺の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして、火山の影響を挙げている。</p> <p>火山の影響評価としては、最近では使用済燃料中間貯蔵施設の安全審査において評価実績があり、2009年に日本電気協会が「原子力発電所火山影響評価技術指針」（JEAG4625-2009）を制定し、2012年にIAEAがSafety Standards “Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations”（No. SSG-21）を策定した。近年、火山学は基本的記述科学から、以前は不可能であった火山システムの観察と複雑な火山プロセスの数値モデルの使用に依存する定量的科学へと発展しており、これらの知見を基に、原子力発電所への火山影響を適切に評価する一例を示すため、本評価ガイドを作成した。</p> <p>本評価ガイドは、新規基準が求める火山の影響により原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることの評価方法の一例である。また、本評価ガイドは、火山影響評価の妥当性を審査官が判断する際に、参考とするものである。</p> <p>原子力発電所の運用期間中に火山活動が想定され、それによる設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価できない場合には、原子力発電所の立地は不適と考えられる。</p> <p>1. 2 適用範囲</p> <p>本評価ガイドは、実用発電用原子炉及びその附属施設に適用する。</p> <p>1. 3 関連法規等</p> <p>本評価ガイドは、以下を参考としている。</p> <p>(1) 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第5号）</p> <p>(2) 使用済燃料中間貯蔵施設の安全審査における「自然環境」の考え方について（平成20年10月27日原子力安全委員会了承）</p> <p>(3) 日本電気協会「原子力発電所火山影響評価技術指針」（JEAG4625-2009）</p> <p>(4) IAEA Safety Standards “Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations”（No. SSG-21, 2012）</p>	<p>1. 基本方針</p> <p>1.1 概要</p> <p>原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）」第6条において、外部からの衝撃による損傷防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地周辺の自然環境をもとに想定される自然現象の一つとして、火山の影響を挙げている。</p> <p>火山の影響により発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計であることを評価するため、火山影響評価を行い、発電用原子炉施設へ影響を与えないことを評価する。</p>

表 1-1 原子力発電所の火山影響評価ガイドと降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価の整合性（2/6）

原子力発電所の火山影響評価ガイド	降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価
<p>2. 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の流れ</p> <p>火山影響評価は、図 1 に従い、立地評価と影響評価の 2 段階で行う。</p> <p>立地評価では、まず原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行い、影響を及ぼし得る火山が抽出された場合には、抽出された火山の火山活動に関する個別評価を行う。即ち、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性の評価を行う。（解説-1）</p> <p>影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された場合は、火山活動のモニタリングと火山活動の兆候把握時の対応を適切に行うことを条件として、個々の火山事象に対する影響評価を行う。一方、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価されない場合は、原子力発電所の立地は不適と考えられる。</p> <p>影響評価では、個々の火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について評価を行う。</p> <p>解説-1. IAEA SSG-21 では、火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、新しい火道の開通及び地殻変動を設計対応が不可能な火山事象としており、本評価ガイドでも、これを適用する。</p> <p style="text-align: center;">図 1 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー</p>	<p>1.2 火山影響評価の流れ （ガイドどおり）</p>

表 1-1 原子力発電所の火山影響評価ガイドと降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価の整合性（3/6）

原子力発電所の火山影響評価ガイド	降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価
<p>【立地評価】（項目名のみ記載）</p> <p>3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出</p> <p>3. 1 文献調査</p> <p>3. 2 地形・地質調査及び火山学的調査</p> <p>3. 3 将来の火山活動可能性</p> <p>4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価</p> <p>4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価</p> <p>4. 2 地球物理学的及び地球化学的調査</p> <p>5. 火山活動のモニタリング</p> <p>5. 1 監視対象火山</p> <p>5. 2 監視項目</p> <p>5. 3 定期的評価</p> <p>5. 4 火山活動の兆候を把握した場合の対処</p>	<p>2. 立地評価</p> <p>2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 地理的領域内に分布する第四紀火山（82火山）について、完新世における活動の有無を確認し、将来の活動可能性のある火山、若しくは将来の活動可能性が否定できない火山を抽出した。 その結果、黒岩山、苗場山、妙高山、志賀高原火山群、新潟焼山、新潟金山、黒姫山、燧ヶ岳、志賀、沼沢、飯縄山、草津白根山、日光白根山、子持山、四阿山、白馬大池、榛名山、男体・女峰火山群、赤城山、烏帽子火山群、鼻曲山、浅間山、高原山、那須岳、立山、磐梯山、上廊下、吾妻山、鷲羽・雲ノ平、北八ヶ岳、安達太良山、環諏訪湖及び笹森山の33火山を将来の活動可能性のある火山又は将来の活動可能性を否定できない火山として評価した。</p> <p>2.2 運用期間における火山活動に関する個別評価 将来の活動可能性のある火山又は将来の活動可能性を否定できない火山として評価した33火山を対象として、文献調査に基づき、運用期間における火山活動に関する設計対応不可能事象（火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口、地殻変動）の個別評価を行った。 火砕物密度流による堆積物が敷地周辺では確認されておらず、敷地まで十分に離隔距離があることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。 溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊については、それぞれの火山と敷地との位置関係より、敷地まで十分な離隔距離があることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。 新しい火口の開口については、敷地周辺で深部低周波地震の活動がないこと、地温勾配が小さく、また地殻熱流量が小さいことから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。 地殻変動については、敷地周辺が過去の火山活動に伴う火口及びその近傍に位置しないことから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。 以上の検討結果より、発電所の運用期間に設計対応不可能な火山事象が、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。また、これらの火山活動は、既往最大規模の噴火を考慮しても、発電所に影響を及ぼさないと評価し、火山モニタリングは不要と判断した。</p>

表 1-1 原子力発電所の火山影響評価ガイドと降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価の整合性（4/6）

原子力発電所の火山影響評価ガイド	降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価																																																							
<p>6. 原子力発電所への火山事象の影響評価</p> <p>原子力発電所の運用期間中において設計対応不可能な火山事象によって原子力発電所の安全性に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された火山について、それが噴火した場合、原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象を表1に従い抽出し、その影響評価を行う。</p> <p>ただし、降下火砕物に関しては、火山抽出の結果にかかわらず、原子力発電所の敷地及びその周辺調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火砕物が降下するものとする。なお、敷地及び敷地周辺で確認された降下火砕物で、噴出源が同定でき、その噴出源が将来噴火する可能性が否定できる場合は考慮対象から除外する。</p> <p>また、降下火砕物は浸食等で厚さが低く見積もられるケースがあるので、文献等も参考にして、第四紀火山の噴火による降下火砕物の堆積量を評価すること。（解説-14）</p> <p>抽出された火山事象に対して、4章及び5章の調査結果等を踏まえて、原子力発電所への影響評価を行うための、各事象の特性と規模を設定する。（解説-15）</p> <p>以下に、各火山事象の影響評価の方法を示す。</p> <table border="1" data-bbox="315 735 909 1050"> <caption>表1 原子力発電所に影響を及ぼす可能性のある火山事象及び位置関係※1</caption> <thead> <tr> <th>火山事象</th> <th>潜在的に影響を及ぼす特性</th> <th>原子力発電所との位置関係</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. 降下火砕物</td> <td>静的な物理的負荷、灰中及び水中の研磨性及び腐食性粒子</td> <td>注2</td> </tr> <tr> <td>2. 火砕物噴出度：火砕流、サージ及びプラスト</td> <td>動的な物理的負荷、大気の流れ、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス</td> <td>160km</td> </tr> <tr> <td>3. 溶岩流</td> <td>動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度</td> <td>50km</td> </tr> <tr> <td>4. 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊</td> <td>動的な物理的負荷、大気の流れ、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水</td> <td>50km</td> </tr> <tr> <td>5. 火山性土石流、火山泥流及び洪水</td> <td>動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子</td> <td>120km</td> </tr> <tr> <td>6. 火山から発生する飛来物（噴石）</td> <td>粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子</td> <td>10km</td> </tr> <tr> <td>7. 火山ガス</td> <td>毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した洞、水の汚染</td> <td>160km</td> </tr> <tr> <td>8. 新しい火口の開口</td> <td>動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震</td> <td>注3</td> </tr> <tr> <td>9. 津波及び静波</td> <td>水の乱流</td> <td>注4</td> </tr> <tr> <td>10. 大気現象</td> <td>動的な圧力、落雷、ダウンバースト風</td> <td>注4</td> </tr> <tr> <td>11. 地殻変動</td> <td>地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り</td> <td>注4</td> </tr> <tr> <td>12. 火山性地震とこれに関連する事象</td> <td>継続的振動、多重衝撃</td> <td>注4</td> </tr> <tr> <td>13. 熱水及び地下水の異常</td> <td>熱水、腐食性の水、水の汚染、圧縮又は膨張、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変質、水圧の急変</td> <td>注4</td> </tr> </tbody> </table> <p>（※参考資料：IAEA SSG-21 及び JEAG4625）</p> <p>※1：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。</p> <p>※2：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。</p> <p>※3：新火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新火口の開口の可能性を検討する。</p> <p>※4：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。</p> <p>解説-14. 文献等には日本第四紀学会の「日本第四紀地図」を含む。</p> <p>解説-15. 原子力発電所との位置関係について</p> <p>表1に記載の距離は、原子力発電所火山影響評価技術指針（JEAG4625）から引用した。JEAG4625では、調査対象火山事象と原子力発電所との距離は、わが国における第四紀火山の火山噴出物の既往最大到達距離を参考に設定している。また、噴出中心又は発生源の位置が不明な場合には、第四紀火山の火山噴出物等の既往最大到達距離と噴出物の分布を参考にその位置を想定する。</p> <p>例えば、噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があると考えられる。</p>	火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係	1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、灰中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注2	2. 火砕物噴出度：火砕流、サージ及びプラスト	動的な物理的負荷、大気の流れ、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km	3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km	4. 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の流れ、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km	5. 火山性土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km	6. 火山から発生する飛来物（噴石）	粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子	10km	7. 火山ガス	毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した洞、水の汚染	160km	8. 新しい火口の開口	動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震	注3	9. 津波及び静波	水の乱流	注4	10. 大気現象	動的な圧力、落雷、ダウンバースト風	注4	11. 地殻変動	地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り	注4	12. 火山性地震とこれに関連する事象	継続的振動、多重衝撃	注4	13. 熱水及び地下水の異常	熱水、腐食性の水、水の汚染、圧縮又は膨張、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変質、水圧の急変	注4	<p>3. 影響評価</p> <p>3.1 火山事象の影響評価</p> <p>将来の活動可能性が否定できない火山について、柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉の運用期間中の噴火規模を考慮し、それが噴火した場合、原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物（火山灰）（以下「降下火砕物」という。）のみが柏崎刈羽原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象であるという結果となった。</p> <p>地質調査において、発電所敷地周辺で確認されている降下火砕物堆積層について、給源が特定できる降下火砕物については、各火山の活動性を評価し、同規模の噴火が発生する可能性は十分に低いと評価した。また、給源不明の降下火砕物（阿相島テフラ等）は、敷地内で最大35cmを確認しているが、水系等の影響を受けて堆積したと推定され、当時の堆積環境は現在と異なると考えられる。</p> <p>一方、発電所運用期間中に、このような規模の降下火砕物が敷地周辺に生じる蓋然性を確認するため、文献、既往解析結果の知見及び降下火砕物シミュレーションを用い検討した結果、降下火砕物の層厚を約23.1cmと評価した。以上のことから、発電所運用期間中に敷地内で想定する降下火砕物の最大層厚は、評価結果の約23.1cmに対し、敷地内で給源不明なテフラの最大層厚35cmが確認されていることを踏まえ、保守的に35cmと設定する。そのほか得られた降下火砕物の特性を表1.1に示す。なお、鉛直荷重については、湿潤状態の降下火砕物に、プラント寿命期間を考慮して年超過確率10^{-2}規模の積雪を踏まえ設定する。</p> <table border="1" data-bbox="1176 938 2040 1209"> <caption>表1.1 降下火砕物特性の設定結果</caption> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>設定</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>層厚</td> <td>35cm</td> <td rowspan="2">鉛直荷重に対する健全性評価に使用</td> </tr> <tr> <td>密度※1</td> <td>湿潤密度：1.5g/cm³</td> </tr> <tr> <td>荷重※2</td> <td>8,542N/m²</td> <td rowspan="2">水循環系の閉塞並びに換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）評価に使用</td> </tr> <tr> <td>粒径</td> <td>8.0mm 以下</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：密度は、構造物への静的負荷の評価に用いる値であり、乾燥状態の密度は、湿潤状態の密度に包含される。</p> <p>※2：湿潤状態の降下火砕物の荷重（35cm×1,500kg/m³×9.80665m/s²）+積雪荷重（115.4cm×29.4N/（m²・cm）※4）=8,542N/m²（小数点以下を切り上げ）</p> <p>※3：積雪量=1日あたりの積雪量の年超過確率10^{-2}/年の値（84.3cm）+日最深積雪量の平均値（31.1cm）=115.4cm</p> <p>※4：新潟県建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重（積雪1cm 当たり 29.4N/m²）</p>	項目	設定	備考	層厚	35cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用	密度※1	湿潤密度：1.5g/cm ³	荷重※2	8,542N/m ²	水循環系の閉塞並びに換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）評価に使用	粒径	8.0mm 以下
火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係																																																						
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、灰中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注2																																																						
2. 火砕物噴出度：火砕流、サージ及びプラスト	動的な物理的負荷、大気の流れ、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km																																																						
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km																																																						
4. 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の流れ、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km																																																						
5. 火山性土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km																																																						
6. 火山から発生する飛来物（噴石）	粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子	10km																																																						
7. 火山ガス	毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した洞、水の汚染	160km																																																						
8. 新しい火口の開口	動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震	注3																																																						
9. 津波及び静波	水の乱流	注4																																																						
10. 大気現象	動的な圧力、落雷、ダウンバースト風	注4																																																						
11. 地殻変動	地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り	注4																																																						
12. 火山性地震とこれに関連する事象	継続的振動、多重衝撃	注4																																																						
13. 熱水及び地下水の異常	熱水、腐食性の水、水の汚染、圧縮又は膨張、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変質、水圧の急変	注4																																																						
項目	設定	備考																																																						
層厚	35cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用																																																						
密度※1	湿潤密度：1.5g/cm ³																																																							
荷重※2	8,542N/m ²	水循環系の閉塞並びに換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）評価に使用																																																						
粒径	8.0mm 以下																																																							

表 1-1 原子力発電所の火山影響評価ガイドと降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価の整合性（5/6）

原子力発電所の火山影響評価ガイド	降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価
<p>6. 1 降下火砕物</p> <p>(1) 降下火砕物の影響</p> <p>(a) 直接的影響</p> <p>降下火砕物は、最も広範囲に及ぶ火山事象で、ごくわずかな火山灰の堆積でも、原子力発電所の通常運転を妨げる可能性がある。降下火砕物により、原子力発電所の構造物への静的負荷、粒子の衝突、水循環系の閉塞及びその内部における磨耗、換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的及び化学的影響、並びに原子力発電所周辺の大気汚染等の影響が挙げられる。</p> <p>降雨・降雪などの自然現象は、火山灰等堆積物の静的負荷を著しく増大させる可能性がある。火山灰粒子には、化学的腐食や給水の汚染を引き起こす成分（塩素イオン、フッ素イオン、硫化物イオン等）が含まれている。</p> <p>(b) 間接的影響</p> <p>前述のように、降下火砕物は広範囲に及ぶことから、原子力発電所周辺の社会インフラに影響を及ぼす。この中には、広範囲な送電網の損傷による長期の外部電源喪失や原子力発電所へのアクセス制限事象が発生しうることも考慮する必要がある。</p> <p>(2) 降下火砕物による原子力発電所への影響評価</p> <p>降下火砕物の影響評価では、降下火砕物の堆積物量、堆積速度、堆積期間及び火山灰等の特性などの設定、並びに降雨等の同時期に想定される気象条件が火山灰等特性に及ぼす影響を考慮し、それらの原子炉施設又はその附属設備への影響を評価し、必要な場合には対策がとられ、求められている安全機能が担保されることを評価する。（解説-16、17、18）</p>	<p>3.4 降下火砕物による影響の選定</p> <p>3.4.2 直接的影響</p> <p>降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重、閉塞、摩耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を抽出し、評価対象施設の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定する。なお、柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉で想定される降下火砕物の条件を考慮し、表1.4に示す項目について評価を実施する。</p> <p>3.4.3 間接的影響</p> <p>降下火砕物によって柏崎刈羽原子力発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、開閉所の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」、並びに降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」である。</p> <p>3.3 安全施設のうち評価対象施設の抽出（前略）</p> <p>設置許可基準規則第六条における安全施設とは、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1、2及び3に該当する構築物、系統及び機器（以下「安全重要度分類のクラス1、2及び3に属する構築物、系統及び機器」という。）を指していることから、降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、2及び3に属する構築物、系統及び機器とする。</p> <p>また、以下の点を踏まえ、降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設のうち、外部事象防護対象施設は、外部事象に対し必要な構築物、系統及び機器（発電用原子炉を停止するため、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能、又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器、並びに、使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能、又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器としてクラス1、2、及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器）に加え、それらを内包する建屋とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物襲来時の設備損傷状況を踏まえ、必要に応じプラント停止の措置をとること ・プラント停止後は、その状態を維持することが重要であること <p>その上で、外部事象防護対象施設のうち、屋内設備は内包する建屋により防護する設計とし、評価対象施設を、屋外設備、建屋及び屋外との接続がある設備（屋外に開口している設備又は外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備）に分類し、抽出する。</p> <p>また、上記以外の安全施設については、降下火砕物に対して機能を維持すること、若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での除灰、修復等の対応、又は、それらを適切に組み合わせることで、その安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>以上を踏まえた、評価フローを図1.3に示す。評価フローに基づき抽出した評価対象施設を表1.2及び表1.3に示すとともに、評価対象施設の設置場所を図1.4に示す。</p>

表 1-1 原子力発電所の火山影響評価ガイドと降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価の整合性（6/6）

原子力発電所の火山影響評価ガイド	降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価
<p>(3) 確認事項</p> <p>(a) 直接的影響の確認事項</p> <p>① 降下火砕物堆積荷重に対して、安全機能を有する構築物、系統及び機器の健全性が維持されること。</p> <p>② 降下火砕物により、取水設備、原子炉補機冷却海水系統、格納容器ベント設備等の安全上重要な設備が閉塞等によりその機能を喪失しないこと。</p> <p>③ 外気取入口からの火山灰の侵入により、換気空調系のフィルタの目詰まり、非常用ディーゼル発電機の損傷等による系統・機器の機能喪失がなく、加えて中央制御室における居住環境を維持すること。</p> <p>④ 必要に応じて、原子力発電所内の構築物、系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が取れること。</p> <p>(b) 間接的影響の確認事項</p> <p>原子力発電所外での影響（長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶）を考慮し、燃料油等の備蓄又は外部からの支援等により、原子炉及び使用済燃料プールの安全性を損なわないように対応が取れること。</p> <p>解説-16. 原子力発電所内及びその周辺敷地において降下火砕物の堆積が観測されない場合は、次の方法により堆積物量を設定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 類似する火山の降下火砕物堆積物の情報を基に求める。 ✓ 対象となる火山の噴火量、噴煙柱高、全体粒度分布、及びその領域における風速分布の変動を高度及び関連パラメータの関数として、原子力発電所における降下火砕物の数値シミュレーションを行うことより求める。数値シミュレーションに際しては、過去の噴火履歴等の関連パラメータ、並びに類似の火山降下火砕物堆積物等の情報を参考とすることができる。 <p>解説-17. 堆積速度、堆積期間については、類似火山の事象やシミュレーション等に基づいて、原子力発電所への間接的な影響も含めて評価する。</p> <p>解説-18. 火山灰の特性としては粒度分布、化学的特性等がある。</p> <p>（「6. 2火砕物密度流」以降省略）</p>	<p>3.6 降下火砕物に対する設計</p> <p>3.6.1 直接的影響に対する設計</p> <p>直接的影響については、評価対象施設の構造や設置状況等（形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等）を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各評価対象施設が安全機能を損なわない以下の設計とする。（表 1.6）</p> <p>3.7 降下火砕物の除去等の対策</p> <p>3.7.1 降下火砕物に対応するための運用管理</p> <p>降下火砕物に備え、手順を整備し、図 1.5 のフローのとおり段階的に対応することとしている。その体制については、地震、津波、火山噴火等の自然災害に対し、保安規定に基づく保安管理体制として整備し、その中で体制の移行基準、活動内容についても明確にする。</p> <p>3.6.2 間接的影響に対する設計方針</p> <p>柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉の非常用所内交流電源設備は、非常用ディーゼル発電機（3 台/号炉）とそれぞれに必要な耐震 S クラスの燃料ディタンク（3 基；18kL 以上）を有している。さらに、軽油タンク（2 基；550kL 以上）を有している。</p> <p>これらにより、7 日間の外部電源喪失に対して、また、原子力発電所外での影響（長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶）を考慮した場合においても、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却、並びに使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が継続できる設計とする。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

2. 降下火砕物の特徴及び影響モードと、影響モードから選定された影響因子に対し
影響を受ける評価対象施設の組み合わせについて

降下火砕物の特徴から抽出される影響モード、影響モードから選定される影響因子、及び影響因子から影響を受ける評価対象施設の組み合わせについて「表 1.5 降下火砕物が影響を与える評価対象施設と影響因子の組み合わせ」にて、評価すべき組み合わせを検討した結果、図 2-1 に示す結果となった。なお、選定された影響因子は、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に示されたものと同じ項目となった。

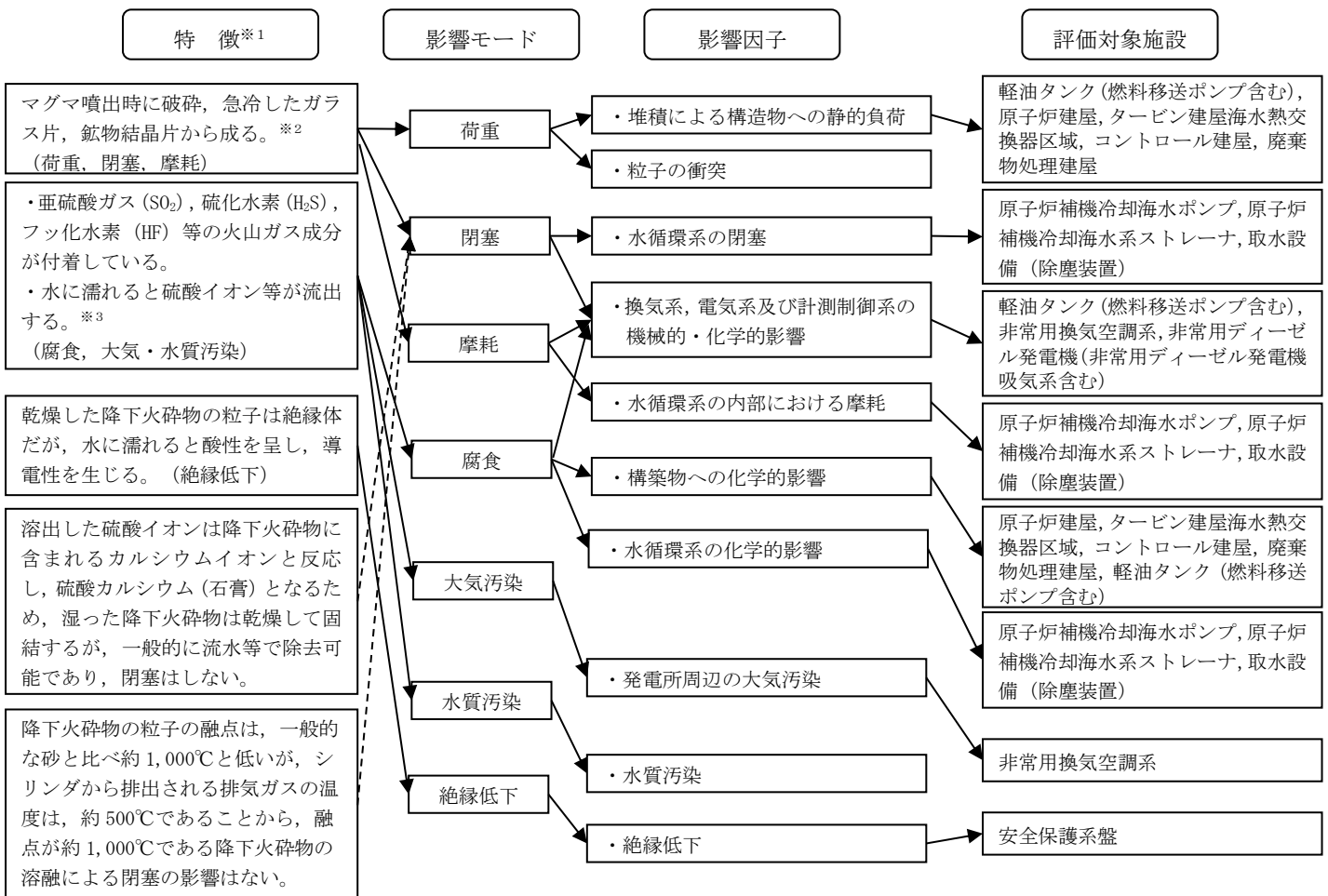


図 2-1 降下火砕物の特徴と影響因子

※1：(参考文献) (内閣府) 広域的な火山防災対策に係る検討会(第3回)(資料2)

※2：粘性を生じさせる粘土鉱物等は含まれていない。

※3：[降下火砕物による金属腐食の研究報告の例]

4種類の金属材料(Znメッキ, Al, SS41, Cu)に対して、桜島降下火砕物による金属腐食の程度は、実際の自然条件より厳しい条件においても表面厚さに対して十数~数十μmのオーダーの腐食。

<試験条件・・・温度, 湿度, 保持時間 [①(40℃, 95%, 4h) ~②(20℃, 80%, 2h) ×18サイクル]>

(参考文献) 出雲茂人, 末吉秀一ほか(1990年): 火山環境における金属材料の腐食

⇒設計時の腐食代(数mmオーダー)を考慮すると、構造健全性に影響を与えることはないと考えられる。

降水による降下火砕物の固結の影響について

降下火砕物は、湿ったのち乾燥することで固結する特徴をもっており^{※1}、影響モードとして閉塞が考えられるが、一般的に流水等で除去可能である。

降下火砕物が固結した場合の評価対象施設に対する影響モードとしては、水循環系の閉塞並びに換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞）が考えられるが、水循環系においては、大量の海水が通水しているため、固結による影響はない。換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞）としては、非常用換気空調系のバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上を捕獲する性能）の閉塞が考えられるが、非常用換気空調系の外気取入口にはルーバが設置されており、下向から吸い込む構造となっていることから、平時に比べ雨が降っている場合の降下火砕物の侵入は減少すると考えられる。なお、侵入した降下火砕物は、非常用換気空調系のバグフィルタによって除去されるが、湿った降下火砕物がバグフィルタに付着し固結した場合においても、バグフィルタの取替えが可能なことから、固結による影響はない。

一方、評価対象施設に対して間接的な影響を与え得る事象としては、降下火砕物による排水路の閉塞時の降水事象が考えられる。ただし、評価対象施設に有意な影響を及ぼし得る大雨に対しては、排水路の閉塞に伴う建屋周辺における滞留水が発生した場合においても、排水路とは別に排水用フラップゲートが設置されており、この滞留水は排水用フラップゲートを通じて速やかに排水されること、また、原子炉建屋等に対しては、溢水対策として建屋貫通部の止水処置等の実施、屋外設備である燃料移送ポンプについては、設置区画に防護板等を設置する設計とすることから、評価対象施設への影響はない。

※1：（参考文献）（内閣府）広域的な火山防災対策に係る検討会（第3回）（資料2）

3. 降下火砕物による摩耗について

水循環系において最も摩耗の影響を受けやすい箇所はライニングが施されていない各冷却器の伝熱管と考えられるが、発電所の運用期間中において海水取水中に含まれる砂等の摩耗によるトラブルは発生していないこと、及び主要な降下火砕物は、砂等と比べて硬度が低くもろいことから、降下火砕物による摩耗が設備に影響を与える可能性はないと評価している。

1 降下火砕物と砂の破碎しやすいさの違いについて

降下火砕物と砂の破碎しやすいさの違いについては、「武若耕司（2004）：シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状，コンクリート工学，vol. 42，No. 3，P38-47.」による調査報告があり，図3-1に示すとおり，「シラスは川砂などに比べて極めて脆弱な材料である」とされており，シラスと同様，火山ガラスを主成分とする降下火砕物は，砂と比較して破碎しやすいと考えられる。

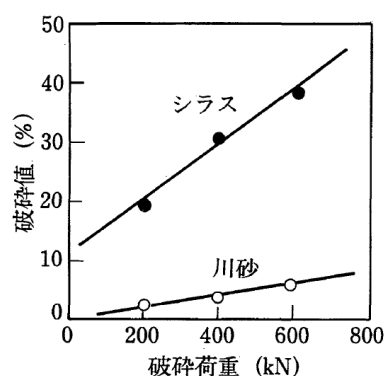


図 3-1 シラスの破碎試験結果

2 降下火砕物と砂及び設備材料の硬度の比較について

鉱物の硬度は搔傷硬度で表されており，ここではモース硬度による比較を行う。以下のとおり，主要な降下火砕物の硬度は砂より低いため，設備への影響は軽微と考える。

- ・ 降下火砕物の主成分は，火山ガラスであり，「恒松修二・井上耕三・松田応作（1976）：シラスを主原料とする結晶化ガラス，窯業協会誌84[6]，P32-40.」によると，火山ガラスのモース硬度は5と記載されている。
- ・ 砂の主成分は，石英であり，石英のモース硬度は7とされている。

また，発電所運用期間中において海水取水中に含まれる砂等による摩耗によるトラブルは経験していないことから，設備材料は砂に対して耐性を有すると考える。また，東北地方太平洋沖地震に伴う津波による海水中の砂に対しても，海水ポンプの運転が継続してい

る実績があることから、摩耗による設備への影響は軽微と考える。

4. 降下火砕物の化学的影響（腐食）について

降下火砕物による「構造物への化学的影響（腐食）」等については、評価対象施設が塗装されていることで直ちに機能に影響を及ぼすことはないとは評価している。その詳細について以下に示す。

原子力発電所には、炭素鋼、低合金鋼及びステンレス鋼の機器、配管、制御盤、ダクト等の外表面に対する塗装基準が定められており、耐放射線性、耐水性、除染性、耐熱性、耐油性等を考慮した塗料に係る基準が規定されている。

屋外設備については、海塩粒子等の腐食性有害物質が付着しやすく、最も厳しい腐食環境にさらされるため、アクリルゴム系、アクリルシリコン樹脂系、長油性フタル酸樹脂系等の塗料が複数層で塗布されており、水に濡れると硫酸イオン等が流出する等の特徴を持つ降下火砕物が堆積したとしても、直ちに金属表面等の腐食が進むことはない。

また、海水ポンプ、海水管等の海水に直接接触する部分については、エポキシ樹脂系、シリコン樹脂系等の耐食性塗料（樹脂ライニング含む）が施されている。

よって、降下火砕物が外表面に堆積及び混入した海水を取水したとしても、直ちに金属表面の腐食が進むことはない。

なお、定期的に外観の点検を行い、塗装の状態についても確認を行っている。6号及び7号炉における塗装の例を表4-1に示す。

表4-1 柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉における塗装の例

	下塗り	中塗り	上塗り
原子炉建屋 タービン建屋 コントロール建屋 廃棄物処理建屋	アクリルゴム系	アクリルシリコン樹脂系	アクリルシリコン樹脂系
軽油タンク	鉛・クロムフリーさび止めペイント	長油性フタル酸樹脂系	長油性フタル酸樹脂系 アルキド樹脂系
原子炉補機冷却海水ポンプ	エポキシ樹脂系	シリコン樹脂系	シリコン樹脂系
除塵装置	変性エポキシ樹脂	エポキシ樹脂系	ポリウレタン樹脂系 エポキシ樹脂系 シリコン樹脂系 変性エポキシ樹脂系

5. 積雪と降下火砕物との重畳の考え方について

設備影響評価における降下火砕物の条件としては、想定される降下火砕物の層厚を35cmとして、設定を行った。また、設計基準における積雪の条件は、規格・基準類として、建築基準法及び同施行令第86条第3項に基づく新潟県建築基準法施行細則で定められている積雪量、観測記録として、柏崎市に設置されている気象庁地域気象観測システム（アメダス）に記録されている日降雪量の最大値、及び観測記録をもとに算出した年超過確率結果を参照し、設計基準積雪深を167cmと設定している。

一方、火山（降下火砕物）と積雪は相関性が低い事象の組み合わせであるため、重畳を考慮する際は、Turkstra 規則を適用する。Turkstra 規則の考え方は、建築基準法や、土木学会「性能設計における土木構造物に対する作用の指針」、国土交通省「土木・建築にかかる設計の基本」、ANSI(米国国家規格協会)等で採用されている。Turkstra 規則は、主たる作用（主事象）の最大値と、従たる作用（副事象）の任意時点の値（平均値）の和として作用の組み合わせを考慮する。単純性・保守性のために、主事象は設計基準で想定している規模、副事象はプラント寿命期間中に発生し得る程度の規模（年超過確率 10^{-2} ）を想定する。この想定は、副事象として想定すべき任意時点の値（平均値）より厳しい値を想定することとなるため、保守性があると考えられる。

以上の考えをもとに、設計基準で想定している規模の降下火砕物（35cm）に重畳させる積雪量は、1日あたりの積雪量の年超過確率 10^{-2} /年の値（84.3cm）に日最深積雪量の平均値（31.1cm）を合算した115.4cmとした。

なお、主事象を積雪、副事象を降下火砕物とした場合は、設計基準として想定している積雪量167cmに降下火砕物 3.5cm^* の荷重を重畳させることを想定するが、前者の荷重に包含される。（年超過確率に基づき想定する積雪量は、別紙1に基づき算出。）

また、降下火砕物又は積雪堆積状態における地震発生時の影響評価については、別紙2に記載する。

※降下火砕物については、確率論的評価を実施していないことから、副事象として想定する噴火規模は、設計基準規模として設定している噴火規模（VEI5）から1段階噴火規模を下げたVEI4相当として設定した。

柏崎市における積雪の観測記録

年超過確率の推定に使用するデータについては、柏崎刈羽原子力発電所の最寄りの気象官署又はアメダスとする（表 5-1）。

表 5-1 柏崎市における毎年の積雪観測記録
(気象庁ホームページより)

年	雪(寒候年・cm)		
	降雪の合計	日降雪の最大	最深積雪
1981	594 *	67 *	122 *
1982	224 *	32 *	34 *
1983	516	61	107 *
1984	951	51	171
1985	733	72	139
1986	966	64	162
1987	347	44	50
1988	446	37	75
1989	135	24	25
1990	227	49	59
1991	396	37	73 *
1992	84 *	29 *	26 *
1993	140	23	24
1994	315	43	62
1995	425	27	59
1996	523	39	78
1997	274	26	29
1998	272	37	42
1999	274	31	42
2000	350	40	63
2001	441	32	67
2002	170	41	36
2003	294	34	54
2004	240	36	43
2005	434	43	68
2006	461	40	53
2007	53	23	22
2008	250	24	34
2009	138	20	19
2010	427	66	105
2011	278	29	67
2012	514	35	111

値*：資料不足値

統計値を求める対象となる資料が許容する資料数を満たさない場合。
統計処理では、上記の観測記録を使用して評価を実施。

日最深積雪量の平均値の算出

日最深積雪量の平均値は、柏崎市のアメダスの観測記録から積雪が確認された日数 (N) と、その日の最深積雪量 (S_{Ni}) から算出する。

$$(\text{日最深積雪量の平均値}) = \frac{1}{N} \sum_i S_{Ni}$$

上式は、積雪が確認された場合の平均的な積雪量を与える式となる。

柏崎市のアメダスの記録から、日最深積雪量の平均値を計算すると以下のとおりとなる。

観測期間：1980年11月～2013年3月

積雪が確認された日数 (N)：1,925日

最深積雪量の合計：59,766 cm

$$\text{日最深積雪量の平均値} = \frac{59,766}{1,925} = 31.1 \text{ [cm]}$$

年超過確率の推定方法

1. 評価方法

年超過確率の推定は、気象庁の「異常気象リスクマップ」の確率推定方法を採用して評価を実施する^[1]。

評価フローを図 5-1 示す。

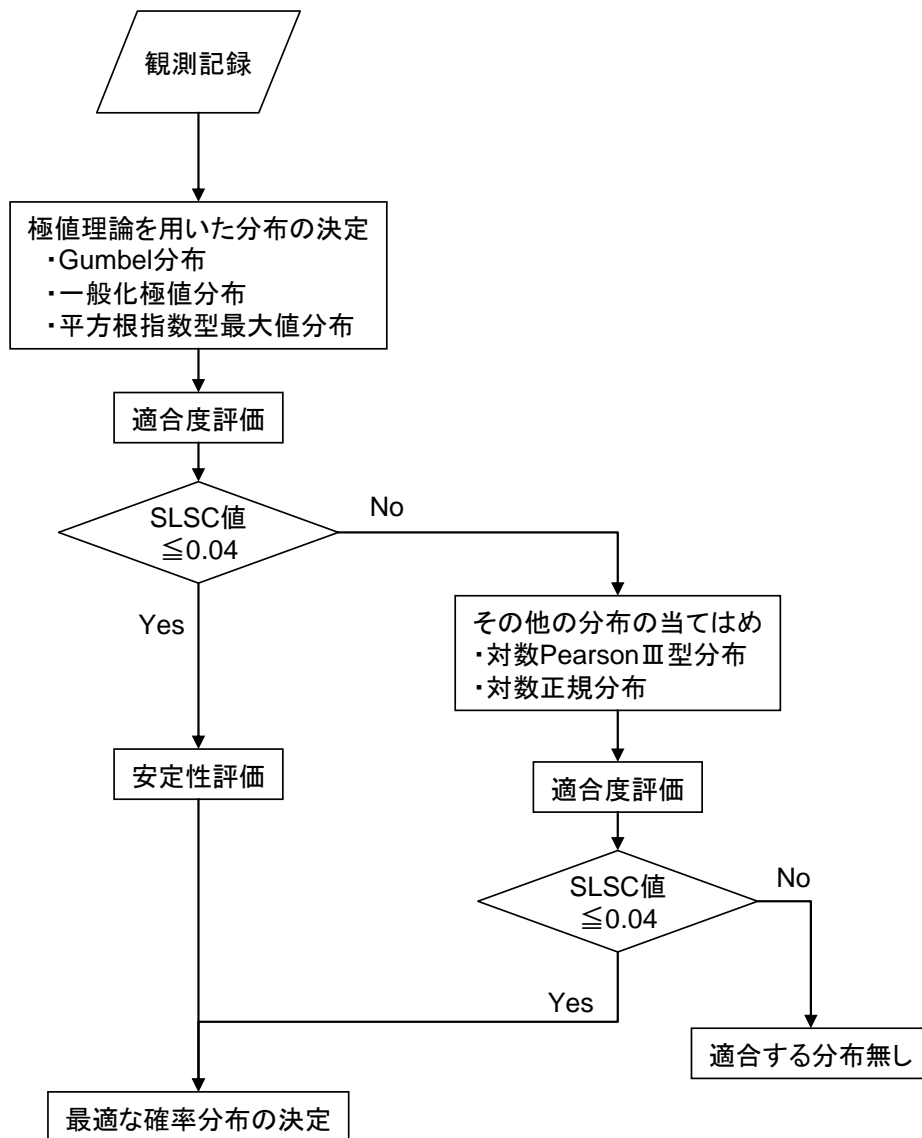


図 5-1 年超過確率評価フロー

(1) 確率分布の算出

観測記録から確率分布の分布特性を表す母数を推定し、確率分布形状を特定する。ここでは、極値理論からの分布（Gumbel 分布、平方根指数型最大値分布、一般化極値分布）や従来から使用されている分布（対数 PearsonⅢ型分布、対数正規分布）の中から最適な確率分布を決定する。

確率分布モデルの母数推定については、以下に示す L 積率法（L Moments）や最尤法等の手法を用いる。^[2]

L 積率法

第 1 次の L 積率 λ_1 、第 2 次の L 積率 λ_2 、第 3 次の L 積率 λ_3 はそれぞれ以下のように定義される。

$$\lambda_1 = b_0$$

$$\lambda_2 = 2b_1 - b_0$$

$$\lambda_3 = 6b_2 - 6b_1 + b_0$$

ここで、

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j$$

$$b_1 = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{j=1}^N (j-1)x_j$$

$$b_2 = \frac{1}{N(N-1)(N-2)} \sum_{j=1}^N (j-1)(j-2)x_j$$

N : 標本数

x_j : N 個の標本を昇順に並び替えたときの小さい方から j 番目の値

最尤法

以下に示す対数尤度関数 L が最大となる a, b を算出

$$L(a, b) = \sum_{j=1}^N \ln f(x_j)$$

$f(x)$: 確率密度関数

また、例として極値理論からの分布（Gumbel 分布、平方根指数型最大値分布、一般化極値分布）の母数推定方法、及び非超過確率 p に対応する値の算出方法を表 5-2 に示す。

表 5-2 極値分布の母数推定法について

分布	母数推定法	母数	クオンタイル (非超過確率 p に対応する値)
Gumbel 分布	L 積率法 (2 母数)	$a = \frac{\lambda_2}{\ln 2}$ $c = \lambda_1 - 0.5772157a$	$x_p = c - a \cdot \ln[-\ln(p)]$
一般化 極値分布 (GEV 分布)	L 積率法 (3 母数)	$k = 7.859d + 2.9554 * d^2$ ここで $d = \frac{2\lambda_2}{\lambda_3 + 3\lambda_2} - \frac{\ln 2}{\ln 3}$ $a = \frac{k\lambda_2}{(1 - 2^{-k}) \cdot \Gamma(1 + k)}$ $c = \lambda_1 - \frac{a}{k} \cdot [1 - \Gamma(1 + k)]$	$x_p = c + \frac{a}{k} \cdot \{1 - [-\ln(p)]^k\}$
平方根指数型 最大値分布	最尤法 (2 母数)	$L(a, b) = \sum_{j=1}^N \ln f(x_j)$ $= N \ln a + N \ln b - N \ln 2 - \sum_{j=1}^N \sqrt{bx_j}$ $- a[\sum_{j=1}^N \exp(-\sqrt{bx_j}) + \sum_{j=1}^N \sqrt{bx_j} \exp(-\sqrt{bx_j})]$	$x_p = \frac{t_p^2}{b}$ ここで $\ln(1 + t_p) - t_p = \ln\left[-\frac{1}{a} \ln(p)\right]$

(2) 適合度評価

算出した分布がどの程度、観測記録と適合しているかを確認し分布の適合度を評価する。

本評価では、分布の適合度を SLSC (Standard Least Squares Criterion) と呼ばれる指標で評価する。

SLSC は、観測値をプロットポジション公式で並べた場合と、確率分布から推定した場合との確率の差を指標化した値である。(図 5-2)

SLSC が小さいほど、適合度が高く、経験的な分布とよくフィットする。本評価では SLSC が 0.04 以下で適合していると判断する。

プロットポジション公式とは、経験的に求められた公式であり、観測値の個数、大きさの順に並べたときの順位と再現期間との関係を数式化したものである。同公式では、いくつかの式が提案されているが、本評価においては多くの分布系によく適合する以下の式を採用する。

$$T(i) = \frac{N + 0.2}{i - 0.4}$$

ここで、 N はデータの個数であり、大きい方から i 番目のデータの再現期間* (一日当たりの降雪量の確率年) $T(i)$ とする。

※：ある現象（例えば 1 日 80cm が降雪すること）が 1 回起こり得る「50 年」「100 年」という期間^[1]

このとき、SLSC 値は、データ値と関数値（それぞれ標準化した値）を 2 乗平均した以下の式で表される。^[2]

$$SLSC = \frac{\sqrt{\xi^2}}{|s_{0.99} - s_{0.01}|}$$

ここで、

$$\xi^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (s_i - r_i)^2$$

$s_{0.99}$, $s_{0.01}$: それぞれ非超過確率 0.99 と 0.01 に対する当該確率分布の標準変量

s_i : 順序統計量データ x_i を推定母数で変換した標準変量

r_i : プロットングポジションに対応した理論クオンタイルを推定母数で変換した標準変量

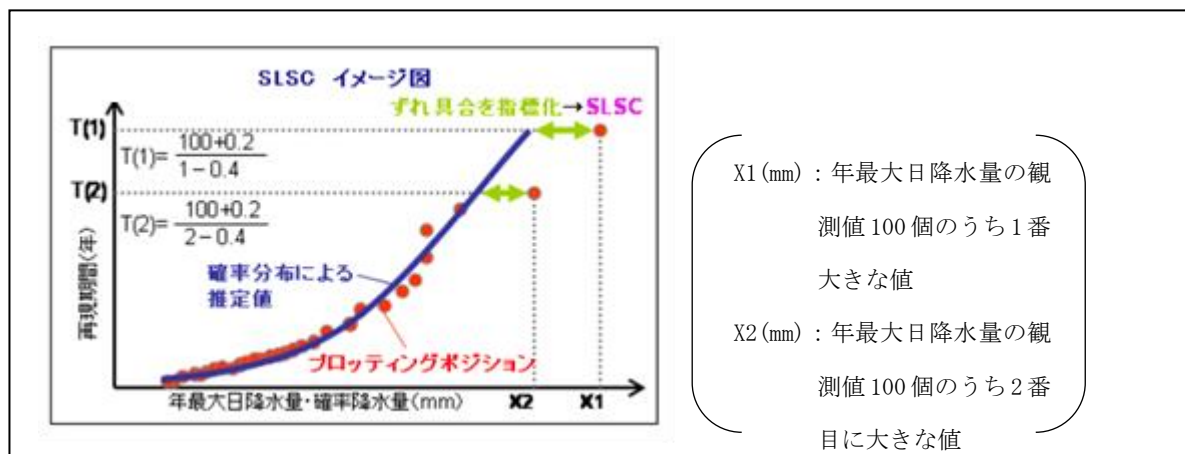


図 5-2 SLSC のイメージ図 (確率降水量の場合) ^[1]

(3) 安定性評価

(2) で分布の適合度を評価し、SLSC が 0.04 以下を満足した場合には、次に分布の安定性を評価する。現在得られている観測値をランダムに抜き取った場合に、結果が大きく変化しないことを評価する。本評価では安定性評価には Jack knife 法を用いる。

[1] 気象庁 HP (http://www.data.kishou.go.jp/climate/riskmap/cal_qt.html)

[2] 星清, 1995 : 水文統計解析, 開発土木研究所月報 No. 540

2. 評価結果

表 5-3 一日あたりの積雪量に対する年超過確率

	Gumbel 分布	平方根指数型 最大値分布	一般化 極値分布
SLSC	0.038	0.067	0.038

確率年	積雪量		
10	58.0	68.0	57.9
100	84.3	117.6	88.8
10000	135.9	249.8	165.2

確率年	Jack knife 推定誤差		
10	4.8	2.8	4.8
100	8.4	3.5	10.2
10000	15.9	5.0	43.7

積雪・降下火砕物堆積状態での地震発生時の影響評価について

1. 評価内容

自然現象の重畳評価において抽出された組み合わせ「雪・降下火砕物が堆積している状態での地震発生」についての評価を実施した。自然現象の重畳評価においては主事象（設計基準規模）×副事象（年超過確率 10^{-2} 規模）を想定することを基本としていることから、表 5-4 に示す 8 パターンを考慮した。

これらの組み合わせのうち、荷重の大きさ等の観点で代表性のある、主事象：地震，副事象：積雪の組み合わせ，及び主事象：降下火砕物，副事象：地震（ベース負荷：積雪）の 2 とおりの評価を実施するものとする。代表性の判断の際の基準については表 5-5 に示す。

表 5-4 重畳評価ケース^{※1}

No.	主事象 (設計基準規模)	副事象 (10^{-2} 規模)	ベース負荷 (平均規模)	備考
1	地震(Ss 等)	積雪(115.4cm)	—	—
2	地震(Ss 等)	降下火砕物(3.5cm) ^{※2}	積雪(31.1cm)	No.1 に包絡
3	風(40.1m/s)	降下火砕物(3.5cm) ^{※2}	積雪(31.1cm)	No.1 に包絡
4	風(40.1m/s)	積雪(115.4cm)	—	No.1 に包絡
5	降下火砕物(35.0cm)	地震(10^{-2} 相当地震動)	積雪(31.1cm)	—
6	積雪(167.0cm)	地震(10^{-2} 相当地震動)	—	No.5 に包絡
7	降下火砕物(35.0cm)	風(27.9m/s)	積雪(31.1cm)	No.5 に包絡
8	積雪(167.0cm)	風(27.9m/s)	—	No.5 に包絡

※1：除雪等に期待できる施設は堆積荷重について除雪等の能力を考慮した値とする。

※2：降下火砕物については、確率論的評価を実施していないことから、副事象として考慮する場合は、設計基準規模として設定している噴火規模（VEI5）から 1 段階噴火規模を下げた VEI4 相当を考慮する。

表 5-5 水平荷重・堆積荷重の比較

a. 水平荷重

		せん断力 (kN) (K6 原子炉建屋 躯体 38.2(m) - 49.7(m))	判定
比較 a-1	設計用地震力	43.35×10^3	地震 > 風
	風 (40.1m/s)	2.65×10^3	
比較 a-2	地震 (10^{-2} 相当地震動)	9.7×10^3	地震 > 風
	風 (27.9m/s)	1.29×10^3	

b. 堆積荷重

		堆積荷重 (N/m ²)	判定
比較 b-1	積雪(115.4cm)	3,393	積雪(115.4cm) > 降下火砕物(3.5cm) + 積雪 (31.1cm)
	降下火砕物(3.5cm) + 積雪(31.1cm)	1,429	
比較 b-2	積雪(167.0cm)	4,910	積雪(167.0cm) < 降下火砕物(35.0cm) + 積雪 (31.1cm)
	降下火砕物(35.0cm) + 積雪(31.1cm)	6,063	

2. 評価対象施設について

評価対象施設の抽出フローを図 5-3 に示す。地震の防護対象が耐震重要度分類 S, B, C クラス, 積雪の防護対象が安全重要度クラス 1, 2 及び 3 であることから, 地震と積雪・降下火砕物の重畳については, その両方に含まれる設備を評価対象とする。

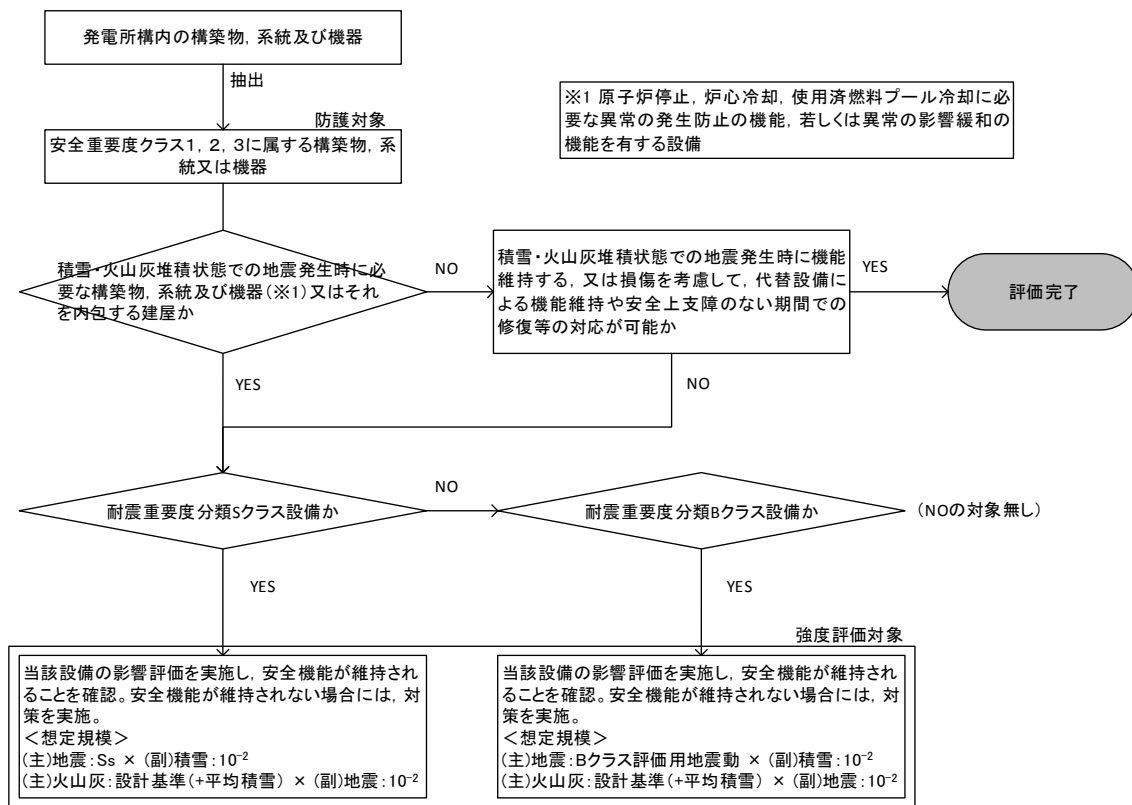


図 5-3 評価対象施設の考え方

3. 安全施設の健全性評価結果

抽出された各評価対象施設の直上付近の屋根等の健全性について確認した結果を表 5-6 に示す。本影響評価は、事象単独や積雪・降下火砕物の重畳に比べ厳しい条件であることから、屋根等強度評価に用いる堆積荷重は、除雪等により除去される堆積物を除いた荷重を用いる。

表 5-6 主な評価対象施設

建屋等	評価部位	評価対象施設	判定
原子炉建屋	原子炉建屋屋根全体	使用済燃料プール等	○
コントロール建屋	コントロール建屋屋根全体	中央制御室等	○
タービン建屋	海水熱交換器区域直上の屋根部分	非常用所内電源系，非常用所内電源系換気空調系，原子炉補機冷却水系・原子炉補機冷却海水系	○
屋外	軽油タンク天板及び非常用ディーゼル発電機燃料移送系防護天板	軽油タンク及び非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ	○

4. 重畳評価の保守性について

上記の副事象の規模の考え方（年超過確率 10^{-2} 規模）については、Turkstra 規則における想定（平均的な値）よりもかなり保守的な設定としている。

年超過確率については、1年で特定の規模以上の事象が発生する確率となっていることから、例えば年超過確率 10^{-2} /年の規模（言い換えると100年に1回以上発生する確率が約63%の規模）は、平均的な規模（年に数回の規模）や年最大値の平均（おおよそ1年に1回の規模）よりも、一般的に大きくなると言える。

例として、本資料で対象としている地震と積雪の重畳について、同じく Turkstra 規則を参照している建築基準法における評価と比較したものを表 5-7 に示す。

表 5-7 組み合わせる積雪荷重について（建築基準法との比較）

	積雪の想定する規模	堆積積雪深
建築基準法 （建築物荷重指 針・同解説 （2004））	地震との組み合わせを考慮する場合（短期荷重）， <u>平均的な積雪荷重</u> を想定し，建築基準法施行令第 86 条に規定する積雪荷重によって生ずる力の 0.35 倍※	柏崎市 $130\text{cm} \times 0.35$ =45.5cm 刈羽村 $170\text{cm} \times 0.35$ =59.5cm
今回の重畳評価 に採用する考 え方	再現期間 100 年における最大値を想定	1 日当たり積雪量の年超過確率 10^{-2} の規模の値 84.3cm + 日最深積雪量の 平均値 31.1cm = 115.4cm

※：建築基準法では上記のとおり，簡易式（短期積雪荷重の 0.35 倍）により算出しているが，そこでの想定規模の考え方に基づいて，経験データから冬季の平均的な積雪量を算出した場合，31.1cm となる。

6. 降下火砕物による送電鉄塔への影響について

送電鉄塔に使用されている碍子は、降下火砕物が堆積しにくい構造となっており、静的荷重の影響は受けにくく機能への影響を及ぼすことはない。

火山活動により大量の降下火砕物による影響が想定される場合には、開閉所の洗浄装置等で碍子の洗浄を実施する等、事故の未然防止に努める。

7. 降下火砕物による非常用ディーゼル発電機の吸気に係るバグフィルタの影響評価

非常用ディーゼル発電機の吸気は非常用換気空調系のバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して 80%以上を捕獲する性能）を介した換気空気を吸入しているため、降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル発電機への影響は小さいと考えられる。なお、バグフィルタの手前には、外気取入口に下向き羽根のついたルーバが設置されており、降下火砕物により容易に閉塞しないと考えられるが、万一閉塞した場合の影響について、以下のとおり評価する。

1. 閉塞までに要する時間について

以下の想定における非常用ディーゼル発電機の吸気バグフィルタの閉塞までの時間を試算した。降下火砕物の大気中濃度には、比較的噴火規模が大きく、地表レベルでの観測データがあるアイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で発生した火山噴火の際のヘイマランド地区の濃度値 ($3,241\mu\text{g}/\text{m}^3$) を用いるが、米国セントヘレンズ火山噴火の際の濃度値 ($33,400\mu\text{g}/\text{m}^3$) を用いた場合についても試算した。（補足資料-8 参照）

また、非常用ディーゼル発電機吸気バグフィルタの灰捕集容量については、粉塵保持容量を用いた場合と、降下火砕物によるバグフィルタへの影響を直接確認した試験結果（試験内容等は 4. 参照）に基づく保持容量を用いた場合のそれぞれで試算した。

(1) アイスランドの火山噴火データを用いた試算

表 7-1 より、吸気バグフィルタの閉塞時間を試算した結果、約 619 時間となった。

表 7-1 吸気バグフィルタ閉塞までの時間

	粉塵保持容量 ^{※1}	降下火砕物による 試験結果に 基づく保持容量
① 非常用ディーゼル発電機吸気バグフィルタ 灰捕集容量 (g/枚)	800	8,540
② フィルタ 1 枚当たりの定格風量 (m^3/h)	4,250	
③ 降下火砕物の大気中濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^{※2}	3,241	
④ 閉塞までの時間 (h) =①/②/③	58	619

※1: 定格風量で最終圧力損失に達した時点においてバグフィルタが保持している粉塵量の設計値。（試験用粉体は換気用エアフィルタユニットの性能試験方法（JIS B 9908）で用いられ

る，JIS Z 8901 の試験粉体 1 の 15 種を使用)

※2：アイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で発生(H22年4月)した火山噴火地点から約40km離れたヘイマランド地区における大気中の降下火砕物濃度値(24時間観測ピーク値)を参照した。

(2)セントヘレンズの火山噴火データを用いた試算

表7-2より，吸気バグフィルタの閉塞時間を試算した結果，約60時間となった。

表7-2 吸気バグフィルタ閉塞までの時間

	粉塵保持容量	降下火砕物による試験結果に基づく保持容量
① 非常用ディーゼル発電機吸気バグフィルタ灰捕集容量 (g/枚)	800	8,540
② フィルタ1枚当たりの定格風量 (m ³ /h)	4,250	
③ 降下火砕物の大気中濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ※	33,400	
④ 閉塞までの時間 (h) =①/②/③	5.6	60

※：米国セントヘレンズ火山で発生(1980年5月)した火山噴火地点から約135km離れた場所における大気中の降下火砕物濃度値(1日平均値)を参照した。

2. バグフィルタの取替え又は清掃に必要な時間及び成立性について

非常用ディーゼル発電機のバグフィルタは，1系統当たり6号炉で39枚，7号炉で46枚，設置されており，バグフィルタの取替え又は清掃には複雑な作業が必要なく，1プラント1系統当たりバグフィルタの取替え又は清掃に要する時間は，要員4名で4時間程度を見込んでいる。一方，吸気バグフィルタが閉塞するまでの時間は，1.(2)のとおり約60時間程度であることから，バグフィルタが閉塞するまでに取替え又は清掃することが可能である。非常用ディーゼル発電機のバグフィルタの写真を図7-1に示す。



図7-1 非常用ディーゼル発電機のバグフィルタ(写真左側)

3. その他

非常用ディーゼル発電機は6号及び7号炉それぞれに3系統設置されており、バグフィルタが詰まった場合においても、バグフィルタの取替え又は清掃を行うことが可能である。

4. 降下火砕物によるバグフィルタ閉塞試験の概要

評価対象火山の一つである妙高山より採取した降下火砕物について、想定する濃度等より保守的な条件にて、6号及び7号炉の非常用ディーゼル発電機に使用しているものと同様のバグフィルタへの影響について、図7-2に示すモックアップ試験により確認した。

バグフィルタは、袋が膨らむことにより、袋全体で風を通過させる（面積を稼ぐ）構造であるが、過度な荷重がかかると下方に引き伸ばされ、バック（袋）が膨らまなくなり、通過面積が減少し差圧が上昇することや、荷重により破損することが想定される。そのため、降下火砕物による「バグフィルタの詰まり試験」及び「バグフィルタの耐荷重試験」について実施した。



図7-2 バグフィルタの耐荷重試験の様子

(1) バグフィルタの詰まり試験

① 試験条件及び試験方法

a) 降下火砕物

・濃度

想定される降下火砕物の大気中濃度は、1.のとおりアイスランドの火山噴火データ（ $3,241 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）であるが、本試験においては保守的に降下火砕物の濃度を約□と約□とした。

なお、本試験における降下火砕物の濃度は、米国セントヘレンズの火山噴

火データ ($33,400 \mu\text{g}/\text{m}^3$) も包含する。

・粒径

モックアップ装置にて噴霧する降下火砕物の粒径分布は、表 7-3 のとおり、想定する粒径分布に対し、より保守的となるような粒径分布の試料を作成した。具体的には、バグフィルタをより閉塞させやすくする観点から、試料の粒径分布を想定する粒径分布より全体的に小さくした。

表 7-3 モックアップ装置にて噴霧する降下火砕物の粒径

--

※：「富士火山 1707 年火砕物の降下に及ぼした風の影響，火山，第 2 集 第 29 巻 第 1 号」における富士山の降下火砕物の粒径分布図より算出

b) モックアップ装置

・装置の構成

図 7-3 に示すとおり、粉塵発生装置により噴霧させた試料を試験体（バグフィルタ）に吸着させ、バグフィルタ前後の差圧及び捕集重量を測定した。

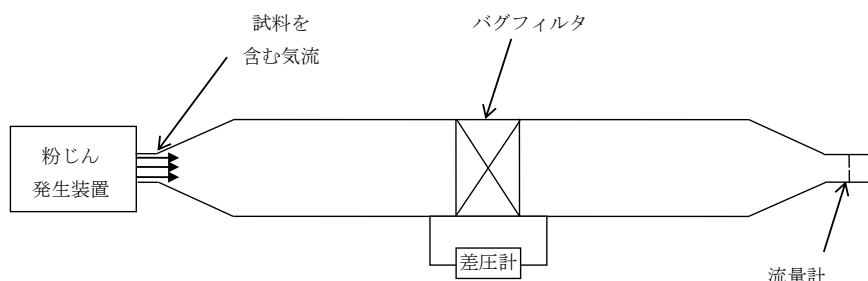


図 7-3 モックアップ装置の構成

・風量

1 枚当たりのバグフィルタの定格風量 ($4250\text{m}^3/\text{h}$) に対し、バグフィルタに

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

より試料が吸着しやすくなるよう、粉塵発生装置から発せられる風量は とした。

②判定基準

バグフィルタ差圧の判定基準は、設計値（系統要求値）の とした。

③試験結果

バグフィルタの差圧と捕集重量の関係を図 7-4 に示す。

図 7-4 より、バグフィルタの差圧は、捕集重量に比例し増加していることが分かり、本試験における最大の捕集重量（8,540g）においてもバグフィルタの差圧は 202Pa であるため、判定基準 を満足していることを確認した。

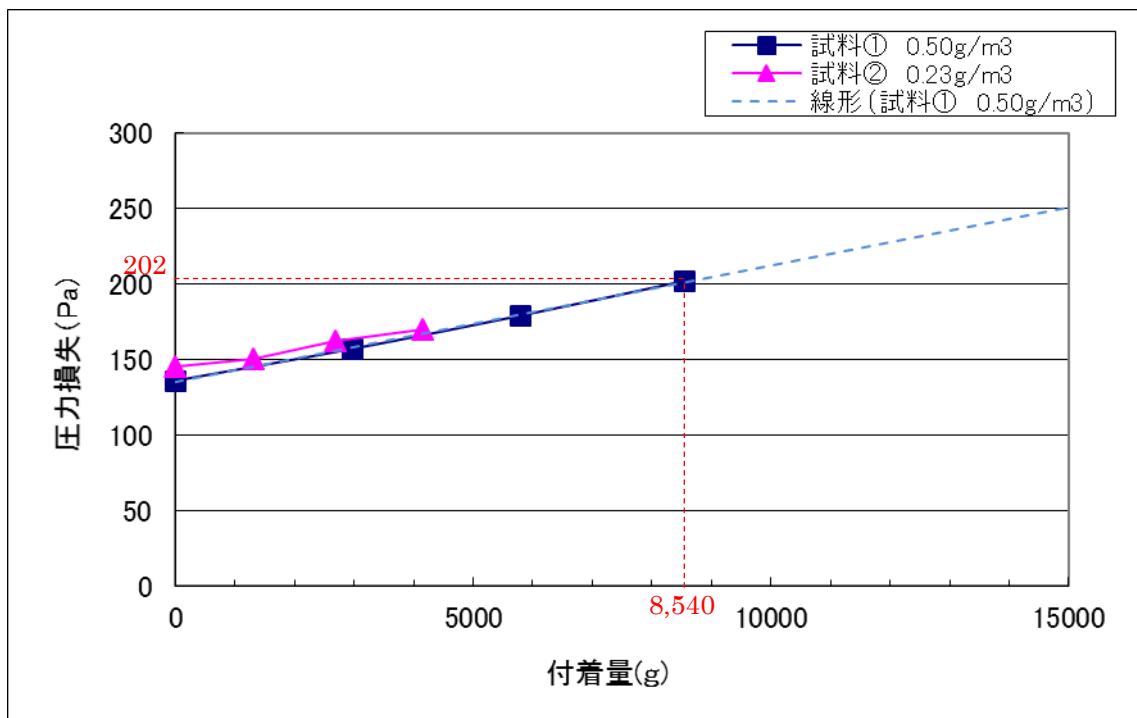


図 7-4 バグフィルタの詰まり試験結果

(2) バグフィルタの耐荷重試験

① 試験条件及び試験方法

本試験においては、バグフィルタの袋に試料が溜まった際の荷重の影響を確認することが目的であり、試料の粒径や性状に結果が依存するような試験ではないことから、試料には砂を用い実施した。

バグフィルタの袋の底部に試料を入れて荷重を模擬した場合（試料①）とバグフィルタの袋全体に均等に試料を入れて荷重を模擬した場合（試料②）のそれぞれにおいて、試料の重量を変化させた場合におけるバグフィルタ前後の差圧を測定した。

② 判定基準

バグフィルタ差圧の判定基準は、設計値（系統要求値）の とした。

③ 試験結果

バグフィルタの差圧と試料重量の関係を図 7-5、バグフィルタの外観を図 7-6 に示す。

図 7-5 より、バグフィルタの袋の底部に試料を入れて荷重を模擬した場合（試料①）では、試料重量 10,000g 迄は、バグフィルタの差圧が判定基準 を満足し、12,000g にてバグフィルタの差圧が 250Pa となり、判定基準を上回る結果となった。

また、バグフィルタの袋全体に均等に試料を入れて荷重を模擬した場合（試料②）においても、試料重量 20,000g において、バグフィルタの差圧が 270Pa となり、判定基準を上回る結果となった。

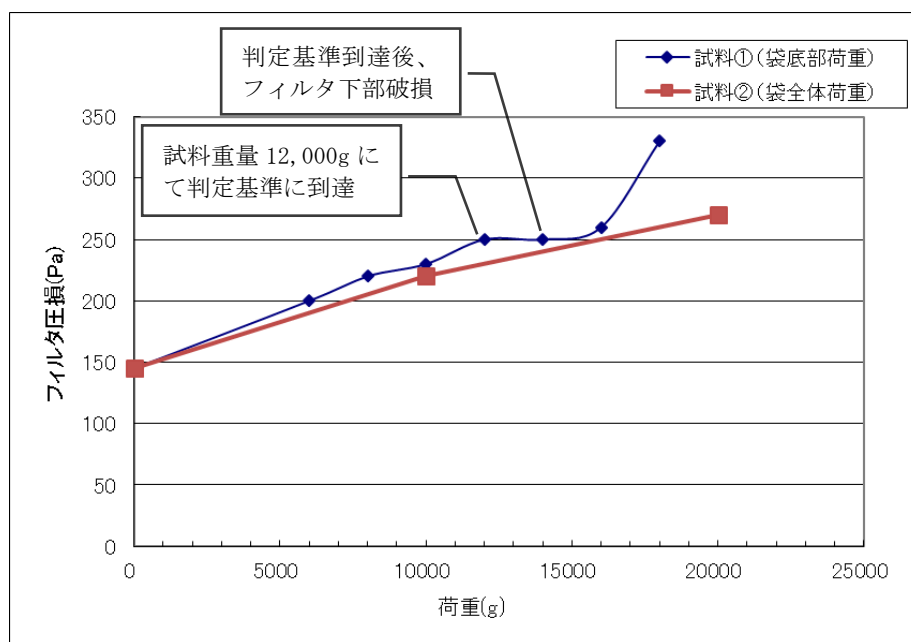
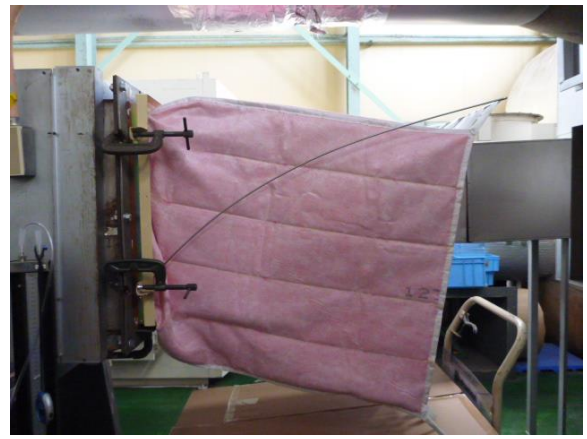


図 7-5 バグフィルタの耐荷重試験結果



初期状態 (0g 荷重)



6,000g 荷重



12,000g 荷重



18,000g 荷重

図 7-6 耐荷重試験におけるバグフィルタの外観

(3)まとめ

「(1)バグフィルタの詰まり試験」及び「(2)バグフィルタの耐荷重試験」の結果をまとめると、以下のとおり。

- (1)の試験では、最大捕集容量 (8,540g) でも、バグフィルタの差圧は 202Pa であり、判定基準 を満足した。
- (2)の試験では、試料重量 10,000g 迄は、バグフィルタの差圧が判定基準を満足し、試料重量 12,000g にて、バグフィルタの差圧が 250Pa となり、判定基準を上回った。

以上より、バグフィルタの閉塞時間評価に用いる灰捕集容量には、より厳しい値である 8,540g を用いることとする。

8. アイスランド火山を用いる基本的考え方とセントヘレンズ火山による影響評価

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉において、バグフィルタ閉塞の評価対象となる施設は、非常用ディーゼル発電機の吸気や非常用換気空調系のバグフィルタ（外気取入口）が該当するが、バグフィルタ手前には、外気取入口に下向き羽根のついたルーバが設置されており、降下火砕物が内部に侵入しにくい構造となっている。また、換気空調系については降灰が確認された場合には必要に応じ外気取入口のダンパを閉止する運用としており、バグフィルタへの降下火砕物の付着を抑制できる設計となっている。

この前提のもと、降下火砕物によるバグフィルタ閉塞に対する評価に当たっては、参考としてアイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で発生（H22 年 4 月）した火山噴火地点から約 40km 離れたヘイマランド地区において観測された大気中の降下火砕物濃度のピーク値、 $3,241 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を用いている。

これは、

- ①比較的規模が大きい噴火であること（VEI4 以上）
- ②発電用原子炉施設が設置されている地表レベルで観測された降下火砕物の大気中濃度がデータとして存在すること

という条件に照らして、学会誌等の関係図書を確認したところ、上記のアイスランド南部のエイヤヒャトラ氷河で発生した大規模噴火における噴火口より約 40km 程度離れた地域での地表における大気中濃度を参照したものである。

また、噴火口からの観測地点の距離が 135km であるセントヘレンズ火山噴火の観測データ（観測濃度 $33,400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）について、当該濃度による影響評価を以下のとおり行った。

補足資料-7 のとおり、非常用ディーゼル発電機の吸気に用いているバグフィルタの閉塞時間は 60 時間であり、他の非常用換気空調系においても同様のバグフィルタを用いていることから、閉塞時間は同程度である。

バグフィルタ交換に要する時間は最も時間を要する非常用ディーゼル発電機の吸気に用いているバグフィルタでも、4 時間程度で交換が可能である。他の非常用換気空調系のバグフィルタについても、より短時間で取り替えることが可能であり、セントヘレンズ火山の濃度を用いて評価を行った場合でも影響が生じることはない。

なお、非常用ディーゼル発電機吸気系や非常用換気空調系は、外気取入口に下向き羽根のついたルーバから吸気することにより降下火砕物を吸い込みにくい構造としているが、上記試算では、こうした点を考慮せず、しかも大気中を降下・浮遊する火砕物の粒子が粒径にかかわらず、大気中濃度のまますべて吸い込まれてバグフィルタに捕集されることを前提とした計算となっているため、実際にはバグフィルタが閉塞するまでの時間にはさらに余裕があると考えられること、さらに、非常用換気空調系のバグフィルタに関しては、バグフィルタを通過する降下火砕物は細かな微細粒子ではあるが、降下火砕物が建屋内へ侵入することを抑制するため、降灰が確認された時点で必要に応じ空調停止やダンパ閉止の運用により影響防止を図ることとしており、機能に影響を及ぼすことはないとする。

また、上記以外の大気中の降下火砕物濃度に関する知見として、電力中央研究所及び国立研究開発法人産業技術総合研究所にて以下のとおり報告がされている。本報告書で報告されている降下火砕物濃度に対して以下のとおり見解を示す。

電力中央研究所が公開した「数値シミュレーションによる降下火山灰の輸送・堆積特性評価法の開発（その2）－気象条件の選定法およびその関東地方での堆積量・気中濃度に対する影響評価－」（H28.4）の研究は、降下火砕物の性状に対して、影響が大きい風速・風向分布の特徴に注視した気象条件の設定法の検討、降下火砕物の性状への噴火・気象条件の影響を把握することを目的として実施したものである。

本論文で使用している「FALL3D」による数値シミュレーション手法については、今後更なる研究・開発を進め、将来的に発電所敷地での大気中の降下火砕物濃度を求める計算手法の確立を目指しているが、シミュレーションで用いられている噴煙柱モデルでは、噴出量が過大との報告がなされ、また、バグの存在が認識されており、現在のところ研究・開発段階と評価する。

上記に加え、本論文で公表した富士宝永噴火の数値シミュレーション結果に記載されている大気中濃度（ 10^{-1} – 10^0 g/m³）については、実測データとの検証を踏まえた計算結果ではなく、種々の仮定を前提に実施した研究結果であり、現段階では原子力発電所の安全評価において降下火砕物の大気中濃度として用いることはできない。

国立研究開発法人産業技術総合研究所が公開した「吸気フィルタの火山灰目詰試験」（H28.4）の研究は、供試バグフィルタに降下火砕物を供給してバグフィルタの性能変化を確認する目的として実施したものである。試験は、日本工業規格JIS B

9908「換気用エアフィルタユニット・換気用電気集じん器の性能試験方法」に準拠した方法で実施され、試験で供給した降下火砕物濃度は、当該JIS規格の試験条件である粉じん濃度の70mg/m³及びその10倍、100倍の濃度となっているが、試験条件の一例として示されている値であり、原子力発電所の安全評価に用いるものではないと考える。

なお、降下火砕物の影響については、安全機能を損なわない設計であることを確認しているが、発電用原子炉施設へ影響を及ぼす可能性があるような知見に対しては、適切に対応することで更なる安全性向上に向けた取り組みを着実に進めていくこととする。

9. 降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル発電機空気冷却器への影響

非常用ディーゼル発電機空気冷却器への降下火砕物による冷却機能への影響について以下に示す。

非常用ディーゼル発電機吸気系の構造は図 9-1 に示すとおりであり、外気取入口から給気された大気中の降下火砕物がバグフィルタや過給機を経て一部空気冷却器に侵入し、空気冷却器を通過する際に、仮に冷却器内が結露していた場合、伝熱管に降下火砕物が付着し冷却機能へ影響を及ぼす可能性があるが、空気冷却器出口温度は、吸入空気の温度（外気温度）より常に高い状態で運転されるため冷却器は結露することはない、降下火砕物の付着による冷却機能への影響はない。

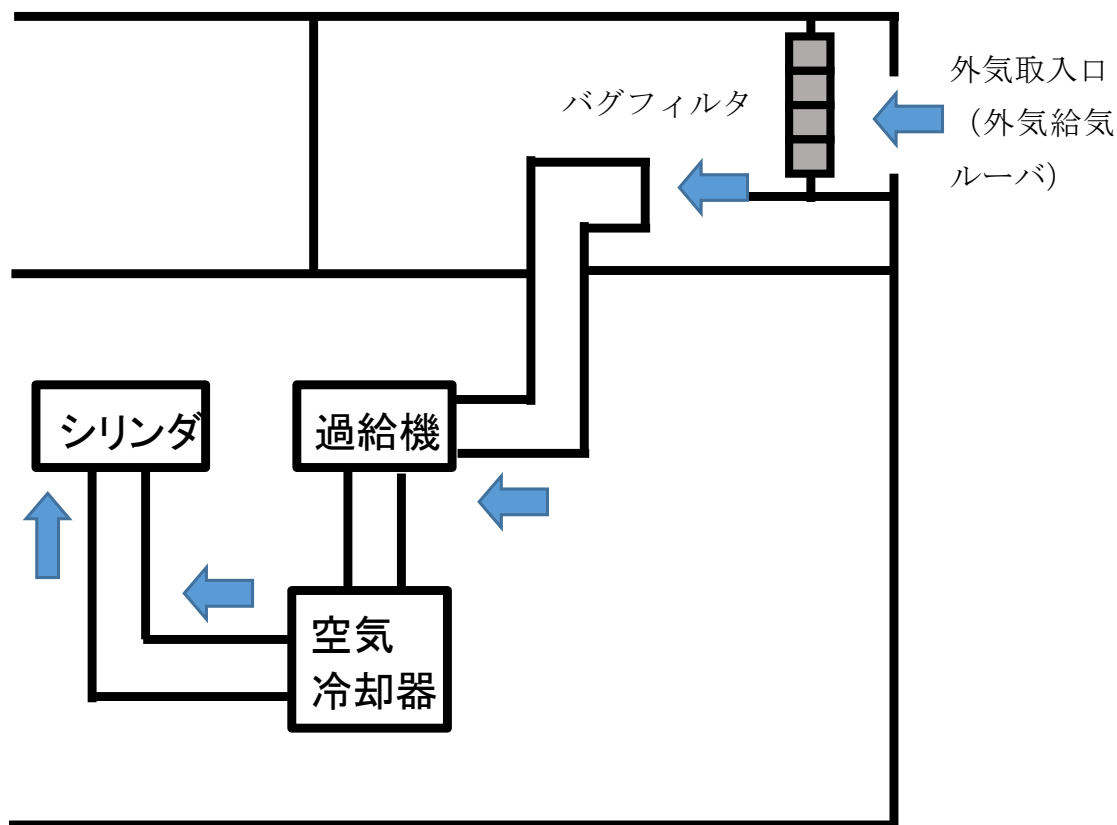


図 9-1 非常用ディーゼル発電機吸気系概略系統図

10. 降下火砕物の侵入による潤滑油への影響

非常用ディーゼル発電機吸気口上流に設置されているバグフィルタ通過後の降下火砕物の潤滑油への混入を想定し、潤滑油に降下火砕物を混入させた状態での潤滑油の成分分析を実施した結果を以下に示す。

1. 試験概要

評価対象火山の一つである妙高山より採取した降下火砕物を、6号及び7号炉の非常用ディーゼル発電機に使用しているものと同様の潤滑油（マリン T104）に混入・攪拌させ（図 10-1）、非常用ディーゼル発電機に期待される運転期間である7日間保管した後、粘性等の成分分析を実施した。

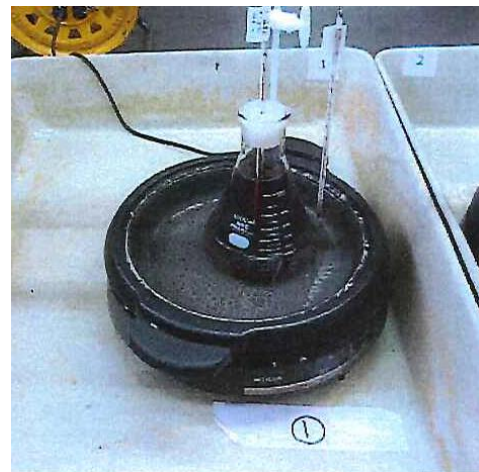
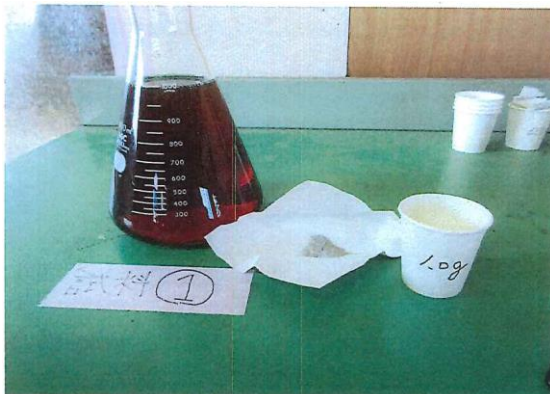


図 10-1 試料作成の様子

2. 試験条件

(1) 降下火砕物

a) 濃度

想定される潤滑油中の降下火砕物の濃度は、表 10-1 より [] となるが、本試験においては保守的に降下火砕物の濃度を [] とした。

また、潤滑油中の降下火砕物の濃度依存性を確認するため、参考に [] の降下火砕物濃度の試料も作成した。

表 10-1 では、降下火砕物の大気中濃度に、アイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で発生した火山噴火の際のヘイマランド地区の濃度値 ($3,241 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

を用いているが、仮に降下火砕物の大気中濃度値に米国セントヘレンズ火山噴火の際の濃度値（33,400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を用いた場合でも、上記の保守性に包含される。

表 10-1 想定される潤滑油中の降下火砕物の濃度

①非常用ディーゼル発電機の吸気風量 (m^3/h)	
②非常用ディーゼル発電機の運転継続日数 (日)	7
③非常用換気空調系のバグフィルタの除去効率 (%)	80
④非常用換気空調系のバグフィルタを通過する降下火砕物の粒径割合 (%) ^{※1}	
⑤降下火砕物の大気中濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3,241
⑥非常用ディーゼル発電機潤滑油系の潤滑油量 (ℓ)	
⑦潤滑油中の降下火砕物濃度 (mg/l)	
$= \text{①} \times \text{②} \times 24 \times (1 - \text{③}) \times \text{④} \times \frac{\text{⑤}}{1000} \div \text{⑥}$	

※1：柏崎刈羽原子力発電所を想定している粒径分布（富士山「宝永噴火」（宮地（1984）^{※2}），樽前火山（鈴木ほか（1973）^{※3}）から $2\mu\text{m}$ 以下の降下火砕物の割合を と算出

※2：富士火山 1707 年火砕物の降下に及ぼした風の影響，火山，第 2 集 第 29 巻 第 1 号，PP. 17-30

※3：樽前降下軽石堆積物 Ta-b 層の粒度組成，火山，第 2 集 第 18 巻 第 2 号，PP. 47-63

b) 粒径

混入させる降下火砕物の粒径は、非常用換気空調系のバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対し 80%以上を捕獲する性能）を通過した際に想定される $2\mu\text{m}$ 程度とする。

なお、 $2\mu\text{m}$ 程度は、潤滑油に有意な影響を与えうる非常用ディーゼル発電機の機関付フィルタのメッシュ寸法（ $30\mu\text{m}$ ）と比べても十分小さいため、本試験において降下火砕物の粒径分布は設定しない。

(2) 潤滑油

a) 温度

潤滑油の温度は、非常用ディーゼル発電機の運転時における潤滑油の最高温度である とする。

非常用ディーゼル発電機の運転時における潤滑油の状況を考慮し、降下火砕物を潤滑油に混入させた後の保管期間（7日間）中は、潤滑油の温度を上記温度に保つとともに、定期的に攪拌を実施した。

3. 試験項目及び判定基準等

降下火砕物が混入した際の潤滑油の粘性への影響を確認する観点から、表 10-2 の試験項目について分析を実施した。

補足資料-2 より、降下火砕物の影響としては、その粒子による機械的影響（閉塞等）や、水に濡れると酸性を呈すことによる化学的影響（腐食等）が想定される。そのため、表 10-2 の試験項目は、降下火砕物（不純物）が混入した場合における動粘度や各不溶分、降下火砕物（酸性の可能性がある物質）が混入した場合における塩基価を確認することとした。

また、表 10-2 の試験項目については、非常用ディーゼル発電機の分解点検の際にも確認している項目であり、判定基準については同点検時の基準と同様とした。なお、各試験項目における分析方法については、JIS 規格等に定まるそれぞれの方法にて実施した。

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

表 10-2 試験項目及び判定基準等

試験項目	選定理由	判定基準	試験方法
引火点 PM	本項目は潤滑油の粘性に直接影響する項目ではないが、石油製品全般の安全管理面で最も重視される項目の一つであることから選定した。		(JIS K2265) 引火点試験器を用いて、試料の引火点を求める。
動粘度 (40℃)	潤滑油の油膜厚さが適正に保持できるかを示す項目であるため選定した。動粘度が高いと油温度の異常な上昇、始動不良等の原因となり、動粘度が低すぎると油膜強度不足による異常摩耗が発生する。		(JIS K2283) 粘度計を用いて、試料の動粘度を求める。
水分 (蒸留法)	水分は発錆の原因となるとともに、潤滑油の酸化を促進させ、油膜切れによる潤滑不良を起こすことから選定した。		(JIS K2275) 蒸留フラスコ中の試料に、水に不溶な溶剤を加えて、加熱しながら還流させ、検水管の捕集水量から試料中の水分を求める。
塩基価 (過塩素酸法)	塩基価は潤滑油中に混入する酸性物質を中和するために添加されている塩基成分の残存量を示す値であり、潤滑油の劣化状況を把握できることから選定した。		(JIS K2501) 試料を溶剤に溶かし、ガラス電極と比較電極を用いて、電位差滴定する。電位計の読みと、これに対応する液の滴定量との関係を作図し求める。
ペンタン不溶分 (A法)	潤滑油の不溶分が増加すると粘度の上昇、潤滑油システムの清浄性の悪化、フィルタ目詰まり等を起こすことから選定した。		(ASTM D893) 試料に溶剤を加えて均一に溶解した後、遠心分離処理し上澄み液を除去し不溶分を分離する。この操作を数回繰り返す、不溶分を乾燥させ重量を計測する。
トルエン不溶分 (A法)			

4. 試験結果

以下の表 10-3のとおり、各試験項目における判定基準を満足していることから、潤滑油の各性状に影響がないことを確認した。

なお、降下火砕物が潤滑油に混入した際の影響の度合いは、降下火砕物の給源や非常用ディーゼル発電機の運転状態（非常用ディーゼル発電機が運転している状態においては、潤滑油系に運転圧が加わる）によって異なる可能性があるが、系統内において常にその運転圧が加わることがないこと、また、想定される潤滑油中の降下火砕物の濃度より保守的な条件（約 300 倍）で実施した本試験においても潤滑油の性状に有意な変化がなかったことから、想定される降下火砕物の濃度に対して、非常用ディーゼル発電機の機能に影響はないと判断した。

表 10-3 潤滑油の成分分析結果

試験項目	代表性状	判定基準	試験結果 (降下火砕物濃度：)	判定	参考 (降下火砕物濃度：)
引火点[°C]	262 [※]	212 以上		○	
動粘度[mm ² /s]	146	230 以下		○	
水分[%]	-	0.5 以下		○	
塩基価[mg KOH/g]	13	6 以上		○	
ペンタン不溶分 [%]	-	5 以下		○	
トルエン不溶分 [%]	-	1 以下		○	

※：製品の製造過程におけるばらつきを含んだ代表値であり、引火点の試験結果が低い値となっているのは、このばらつきによるものだと考えられる。また、代表性状を確認するため新油に対して実施される試験方法「C.O.C 法」に比べ、今回実施した試験方法「P.M 法（分解点検等の際に実施される試験方法）」では、引火点の測定値が 10～20°C 程度低く示される。

なお、試験結果と参考の比較より、降下火砕物濃度が より低い の場合でも、引火点には大きな違いは見られなかったことから、降下火砕物の混入による引火点への影響はなかったものと考えられる。

11. 降下火砕物のその他設備への影響について

1. 評価対象施設

降下火砕物の影響を受ける可能性のある、その他設備について評価を実施する。

- (1) 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所
- (2) 主排気筒（非常用ガス処理系）

2. 評価結果

(1) 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所

5号炉原子炉建屋内緊急時対策所の評価として、5号炉原子炉建屋に対する、荷重評価を行ない、降下火砕物による静的負荷により機能を喪失することはないことを確認した。

降下火砕物堆積荷重：8,542N/m² < 許容堆積荷重：33,000 N/m²

また、大気汚染に対する居住性の観点から、外気取入遮断時の5号炉原子炉建屋内緊急時対策所の居住環境について「空気調和・衛生工学便覧 空調設備編」に基づき、酸素濃度及び二酸化炭素濃度について評価した。

○酸素濃度

【評価条件】

- ・ 在室人数 181名
- ・ 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所バウンダリ内体積 m³
- ・ 空気流入はないものとする。
- ・ 初期酸素濃度 20.95%（「空気調和・衛生工学便覧」成人呼吸気の酸素量）
- ・ 酸素消費量 0.066m³/h・人（「空気調和・衛生工学便覧」の歩行（中等作業相当）でのO₂消費量）
- ・ 許容酸素濃度 18%以上（労働安全衛生規則）

【評価結果】

表 11-1 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所における酸素濃度の時間変化

時間	0 時間	17 時間	18 時間
酸素濃度	20.95%	18.0%	17.8%

○二酸化炭素濃度

【評価条件】

- ・ 在室人数 181 名
- ・ 5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所バウンダリ内体積 m³
- ・ 空気流入はないものとする。
- ・ 初期二酸化炭素濃度 0.030%（原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC4622-2009））
- ・ 二酸化炭素排出量 0.046m³/h・人（「空気調和・衛生工学便覧」の中等作業での CO₂ 排出量）
- ・ 許容二酸化炭素濃度 0.5%以下（労働安全衛生規則）

【評価結果】

表 11-2 5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所における二酸化炭素濃度の時間変化

時間	0 時間	3 時間	4 時間
二酸化炭素濃度	0.03 %	0.40%	0.52%

以上の結果から、5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所において、外気取入を遮断した場合においても、3 時間以上の居住性が確保される結果となった。なお、本評価は保守的に外気取入を遮断して評価をしているが、間欠して建屋内の空気や外気を取入れることで 5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所の居住環境がより長時間維持される。

(2) 主排気筒（非常用ガス処理系）

主排気筒内に降下火砕物が侵入することにより、非常用ガス処理系配管が閉塞しないことを評価する。

○評価結果

主排気筒内に設置されている非常用ガス処理系の配管内には、降下火砕物が侵入する可能性があるが、配管頂部は閉止されている。また、当該系統からの空気は、配管頂部付近にある配管側面に設けられた開口より放出する構造となっており、降下火砕物は配管内に侵入しづらく、閉塞する可能性は低いと考えられる。主排気筒及び主排気筒内非常用ガス処理系配管外形図を図 11-1 に示す。

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

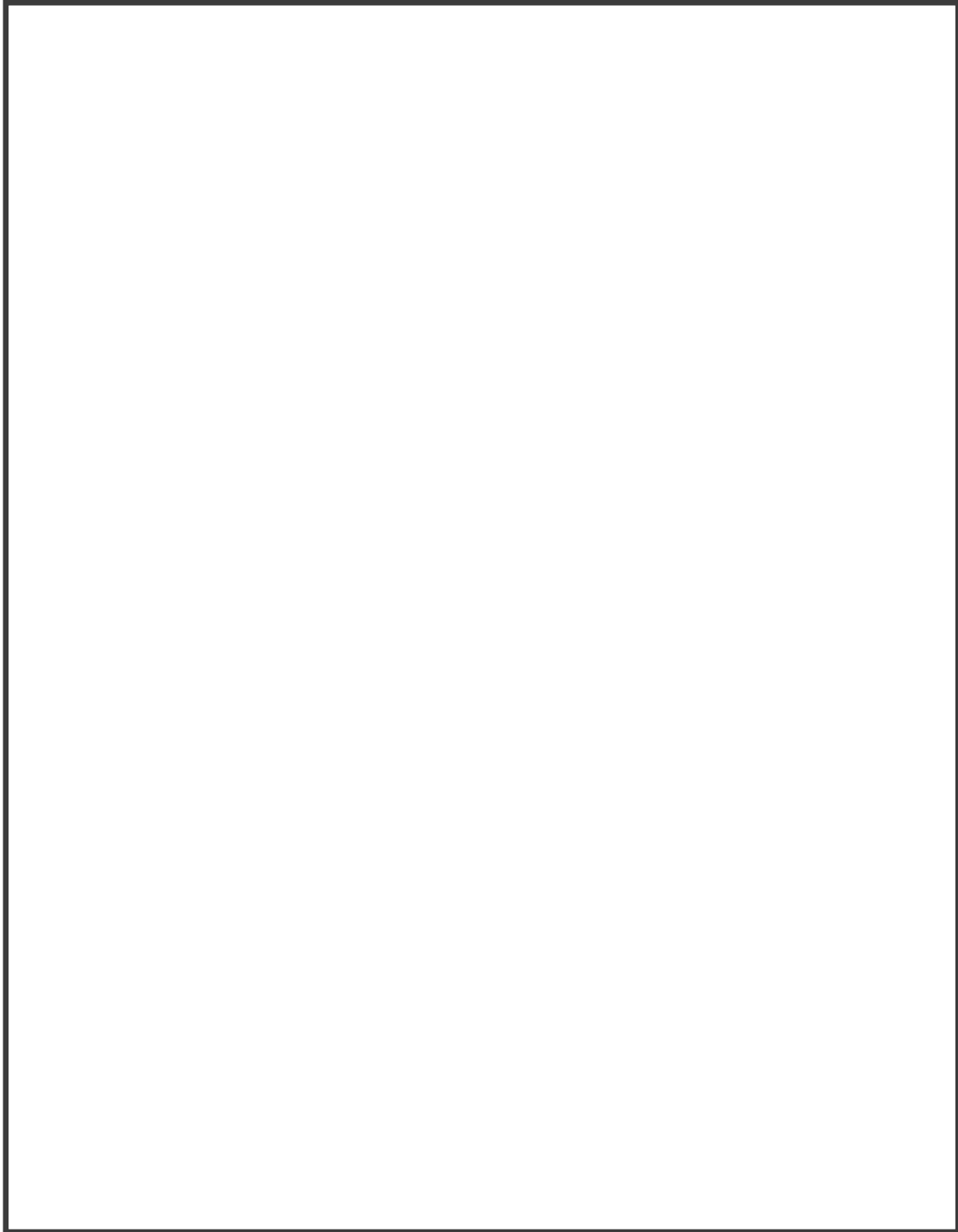


図 11-1 主排気筒及び主排気筒内非常用ガス処理系配管外形図

【参考】酸素消費量及び二酸化炭素排出量

○「空気調和・衛生工学便覧」成人呼吸量（酸素消費量換算に使用）

作業	呼吸数（回/min）	呼吸量（L/min）
仰が（臥）	14	5
静座	16	8
歩行	24	24
走行（150m/min）	40	64
走行（300m/min）	45	100

$$\text{酸素消費量}^* = 24(\text{L/min}) \times (0.2095 - 0.1640) = 1.092(\text{L/min}) \div 0.066(\text{m}^3/\text{h})$$

※空気調和・衛生工学便覧における酸素消費量換算式

○「空気調和・衛生工学便覧」労働強度別CO₂吐出し量

作業程度	エネルギー代謝率 RMR	作業例 （産業衛生学会雑誌より）	CO ₂ 吐出し量 （m ³ /h）
安静時	0	—	0.013
極軽作業	0～1	電話応対（座位）0.4，記帳0.5，計器監視（座位）0.5，ひずみとり（ハンマーで軽く，98回/分）0.9，自動車運転1.0	0.022
軽作業	1～2	旋盤（ベアリング，0.83分/個）1.1，監視作業（立位）1.2，平地歩行（ゆっくり，45m/分）1.5	0.030
中等作業	2～4	歩行（普通，71m/min）2.1，丸のこ2.5，自転車（平地，170m/分）3.4，歩行（速足，95m/分）3.5	0.046
重作業	4～7	びょう打ち（1.3本/分）4.2，階段歩行（昇り，45m/分）6.5	0.074

12. 降下火砕物の金属腐食研究

桜島降下火砕物による金属腐食研究結果を柏崎刈羽原子力発電所における降下火砕物による金属腐食の影響評価に適用する考え方について以下に示す。

1. 適用の考え方

降下火砕物による金属腐食については、主として火山ガス（SO₂）が付着した降下火砕物の影響によるものである。

降下火砕物による腐食影響において引用した研究文献「火山環境における金属材料の腐食」では、桜島の降下火砕物を用いて、実際の火山環境に近い状態を模擬するため、高濃度の亜硫酸ガス（SO₂）雰囲気を保った状態で金属腐食試験を行ったものであり、降下火砕物の腐食成分濃度を高濃度で模擬した腐食試験結果であることから、柏崎刈羽原子力発電所で考慮する火山についても本研究結果が十分適用可能である。

2. 研究文献「火山環境における金属材料の腐食」の概要

(1) 試験概要

「火山環境における金属材料の腐食（出雲茂人，末吉秀一ほか），防食技術 Vol. 39, pp. 247-253, 1990」によると、降下火砕物を水で洗浄し、可溶性の成分を除去した後、金属試験片に堆積させ、高濃度の SO₂ ガス雰囲気（150～200ppm）で、加熱（温度 40℃，湿度 95%を 4 時間），冷却（温度 20℃，湿度 80%を 2 時間）を最大 18 回繰り返すことにより、結露，蒸発を繰り返し金属試験片の腐食を観察している。

(2) 試験結果

図 12-1 に示すとおり、降下火砕物の堆積量が多い場合は、降下火砕物の堆積なし又は堆積量が少ない場合と比較して、金属試験片の腐食が促進されるが、腐食量は表面厚さにして十数～数十 μm 程度との結果が得られ、降下火砕物層では結露しやすいこと、並びに保水効果が大きいことにより腐食が促進されると結論づけられている。

(3) 試験結果からの考察

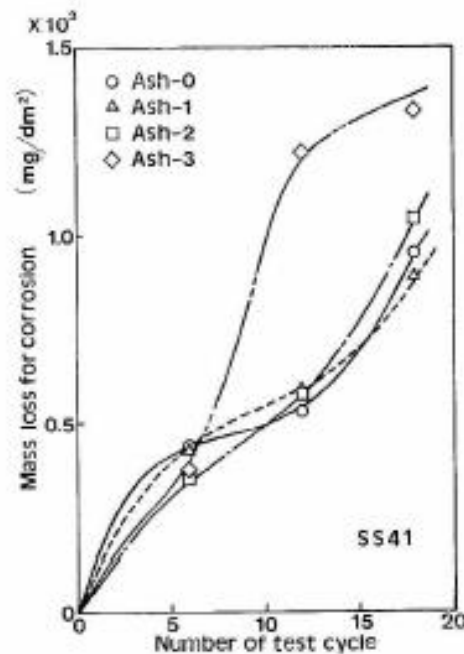
降下火砕物による腐食については、主として火山ガスが付着した降下火砕物の影響によるものであり、本研究においては、金属試験片の表面に降下火砕物を置き、実際の火山環境を模擬して高濃度の SO₂ 雰囲気中で暴露し、腐食

実験を行っているものである。

腐食の要因となる火山ガスを高濃度の雰囲気を常に保った状態で行っている試験であり、自然環境に存在する降下火砕物よりも高い腐食条件*で金属腐食量を求めており、柏崎刈羽原子力発電所で考慮する降下火砕物についても十分適用可能である。

【※参考】

- ・ 三宅島火山の噴火口付近の観測記録：20～30ppm
（「三宅島火山ガスに関する検討会報告書」より）
- ・ 桜島火山上空の噴煙中火山ガスの観測記録：17～68ppm（「京大防災研究所年報」より）



Ash-0：降下火砕物のない状態

Ash-1：表面が見える程度に積もった状態

Ash-2：表面が見えなくなる程度に積もった状態

Ash-3：約 0.8mm の厚さに積もった状態

図 12-1 SS41 の腐食による腐食変化

13. 安全保護系盤への降下火砕物の影響

降下火砕物の建屋内侵入については、非常用換気空調系（外気取入口）からの侵入が考えられるが、バグフィルタは、粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上の捕獲する性能を有していることから、系統内へ侵入する降下火砕物の影響は小さいと考えられるものの、ここでは降下火砕物の粒子が一部侵入した場合を想定し、その影響を確認する。

安全保護系盤については、非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む）及び中央制御室換気空調系にて管理されており、外気取入口にバグフィルタが設置されており、降下火砕物の侵入を防止することができる。

しかしながら、安全保護系盤についてはその発生熱量に応じて盤内に換気ファンを設置している盤があり、強制的に盤内に室内空気を取り込むことから、仮に、降下火砕物が侵入することを考慮し、以下のとおり検討した。

1. 侵入する降下火砕物の粒径

非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む）及び中央制御室換気空調系の外気取入口にはバグフィルタ（主として粒径が $2\mu\text{m}$ より大きい粒子を除去）が設置されている。

このため、仮に室内に侵入したとしても、降下火砕物の粒径は、おおむね $2\mu\text{m}$ 以下の細かな粒子であると推定される。

2. 計測制御系の盤に対する降下火砕物の影響

計測制御系の盤等において、数 μm 程度の線間距離となるのは、集積回路（IC等）の内部であり、これら部品はモールド（樹脂）で保護されているため、降下火砕物が侵入することはない。また、端子台等の充電部が露出している箇所については、端子間の距離は 10^{-1}mm 程度あることから、降下火砕物が付着しても、直ちに短絡等を発生させることはない。したがって、万が一、細かな粒子の降下火砕物が盤内に侵入した場合においても、降下火砕物の付着等により短絡等を発生させる可能性はない。

14. 6号及び7号炉の建屋及び屋外タンクの降灰除去について

降下火砕物の除灰に要する概算時間について、土木工事の人力作業^{*}を参考に試算した結果を表14-1に示す。

表14-1 除灰に要する概算時間

項目		評価諸元
①堆積面積(m ²)	原子炉建屋	6200
	タービン建屋 (海水熱交換器区域含む)	15600
	廃棄物処理建屋	2300
	コントロール建屋	2400
	軽油タンク	400
	5号炉原子炉建屋内 緊急時対策所	4000
	合計	30900
②堆積厚さ(m)		0.35
③堆積量=①×②(m ³)		約11000
④1m ³ 当たりの作業人工 [*] (人日)		0.39

1. 作業量(上記のとおり)

$$0.39 \text{ 人日/m}^3 \times 11000 \text{ m}^3 = \text{約 } 4300 \text{ 人日}$$

2. 作業日数(試算例)

(1) 作業人数：300人(6人/組×50組)

(2) 所要日数：約15日

※：「国土交通省土木工事積算基準(H25)」における人力掘削での人工を保守的に採用

15. アクセスルートにおける降下火砕物除去時間の評価について

降下火砕物が敷地内に 35cm（設計基準）堆積することを想定した場合においても、安全施設の安全機能を確保するために、アクセスルートにおける降下火砕物の除去は不要である。しかしながら、参考として、降下火砕物が敷地内に 35cm 堆積した場合のアクセスルートにおける降下火砕物除去時間を評価した。大湊側高台保管場所からの降灰除去ルート及び仮復旧時間を図 15-1 に、荒浜側高台保管場所からの降灰除去ルート及び仮復旧時間を図 15-2 に示す。

1. ホイールローダ仕様

- 最大けん引力 : 14.17t
- バケット全幅 : 2,700mm
- 走行速度(1速) : 前進・後進 0~8km/h

2. 降灰除去速度の算出

<降灰条件>

- 厚さ : 35cm
- 単位体積重量 : 1.5t/m³

<除去方法>

アクセスルート上に降り積もった降下火砕物を、ホイールローダで道路脇へ押し出し除去する。

一回の押し出し可能量を 11.3t とし、11.3t の降下火砕物を集積し、道路脇へ押し出す作業

1 サイクルとして繰り返す。

1 回の集積で進める距離 X

$$= 11.3t \div (\text{降下火砕物厚さ } 0.35\text{m} \times \text{幅 } 2.7\text{m} \times 1.5\text{t/m}^3)$$

$$= 7.97\text{m} \approx 7.9\text{m}$$

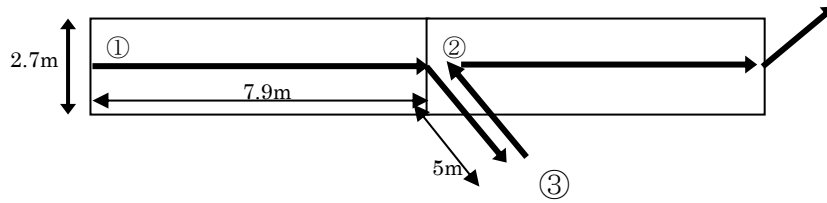
1 サイクル当りの作業時間は、1 速の走行速度(0~8km/h)の平均 4km/h で作業すると仮定して

$$A : \text{押し出し (①} \rightarrow \text{②} \rightarrow \text{③)} : (7.9\text{m} + 5\text{m}) \div 4\text{km/h} = 11.6 \text{ 秒} \approx 12 \text{ 秒}$$

$$B : \text{ギア切り替え} : 3 \text{ 秒}$$

$$C : \text{後進} : (\text{③} \rightarrow \text{②}) : 5\text{m} \div 4\text{km/h} = 4.5 \text{ 秒} \approx 5 \text{ 秒}$$

$$1 \text{ サイクル当りの作業時間 (A+B+C) = 12 \text{ 秒} + 3 \text{ 秒} + 5 \text{ 秒} = 20 \text{ 秒}$$



<降灰除去速度>

1 サイクル当りの除去延長 ÷ 1 サイクル当りの除去時間

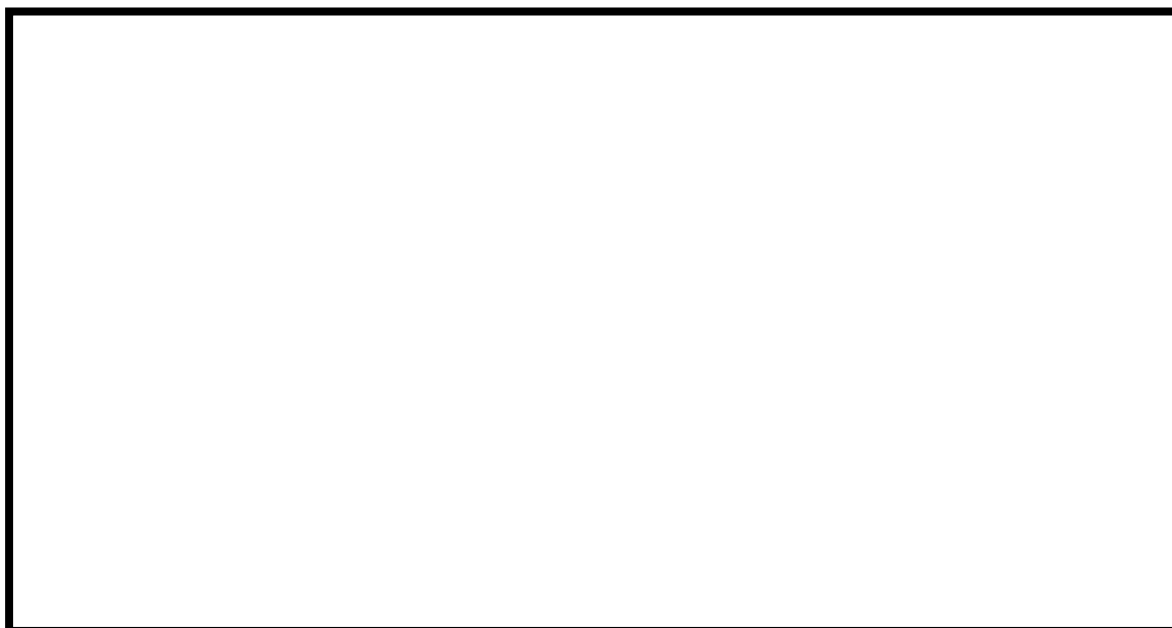
$$= 7.9\text{m} \div 20 \text{ 秒} = 0.395\text{m/秒} = 1.422\text{km/h} \approx 1.4\text{km/h}$$

3. まとめ

○降下火砕物の除灰速度について、1.4km/h とする。

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

①大湊側高台保管場所からのルート



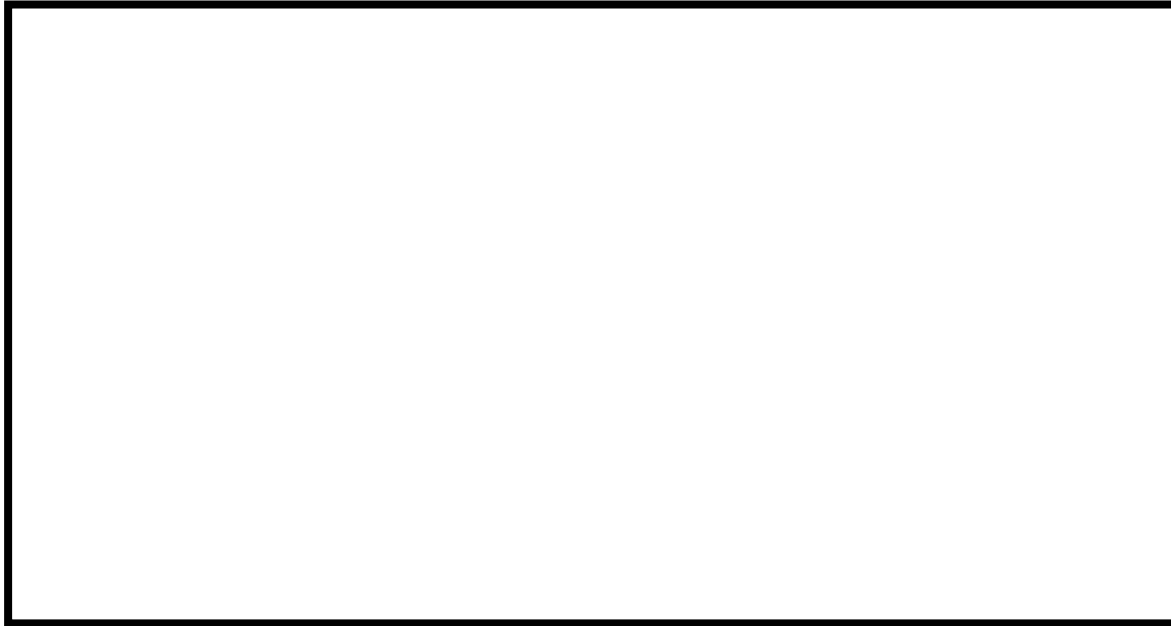
区間	距離 (m)	時間評価項目	速度 (km/h)	所要時間 (分)	累積 (分)
第二企業センター※→①	約 770	徒歩移動	4	12	12
①→②	約 590	降灰除去	1.4	26	38
②→③	約 240	ホイールローダ移動	15	1	39
③→④	約 780	降灰除去	1.4	34	73
④→⑤	約 80	ホイールローダ移動	15	1	74
⑤→⑥	約 130	降灰除去	1.4	6	80
⑥→⑦	約 260	ホイールローダ移動	15	2	82
⑦→⑧	約 130	降灰除去	1.4	6	88
⑧→⑨	約 230	ホイールローダ移動	15	1	89
⑨→⑩	約 500	降灰除去	1.4	22	111

※初動対応要員が滞在する「第二企業センター又はその近傍に設置する執務場所又は宿泊場所」については、第二企業センターを起点として評価する。

図 15-1 大湊側高台保管場所からの降灰除去ルート及び仮復旧時間

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

②荒浜側高台保管場所からのルート



区間	距離 (m)	時間評価項目	速度 (km/h)	所要時間 (分)	累積 (分)
第二企業センター※→①	約 420	徒歩移動	4	7	7
①→②	約 750	降灰除去	1.4	33	40
②→③	約 130	ホイールローダ移動	15	1	41
③→④	約 890	降灰除去	1.4	39	80
④→⑤	約 80	ホイールローダ移動	15	1	81
⑤→⑥	約 130	降灰除去	1.4	6	87
⑥→⑦	約 260	ホイールローダ移動	15	2	89
⑦→⑧	約 130	降灰除去	1.4	6	95
⑧→⑨	約 230	ホイールローダ移動	15	1	96
⑨→⑩	約 500	降灰除去	1.4	22	118

※初動対応要員が滞在する「第二企業センター又はその近傍に設置する執務場所又は宿泊場所」については、第二企業センターを起点として評価する。

図 15-2 荒浜側高台保管場所からの降灰除去ルート及び仮復旧時間

16. 降下火砕物降灰時のバグフィルタ取替えについての手順

非常用換気空調系の外気取入口のバグフィルタの取替え作業を行う際は、以下の手順を実施することとしている。バグフィルタの取替えイメージについて図 16-1 に示す。

- ・バグフィルタの取替え作業はルーバ内にて行うため、降灰の影響を受けにくいと考えられるが、防護具（マスク、めがね）装備する。
- ・開口部に対して養生を行う。
- ・設備影響を勘案し、必要に応じ対象となる系統の運転を停止し、系統を隔離してから取替え作業を行う。
- ・取替え作業前に、空調機内への取り込み低減のため、周囲の降下火砕物を清掃する。
- ・取替え後、バグフィルタ差圧にて差圧が低下することを確認する。
- ・作業終了後、降下火砕物の再浮遊の影響を低減させるため、作業エリアの降下火砕物は清掃する。

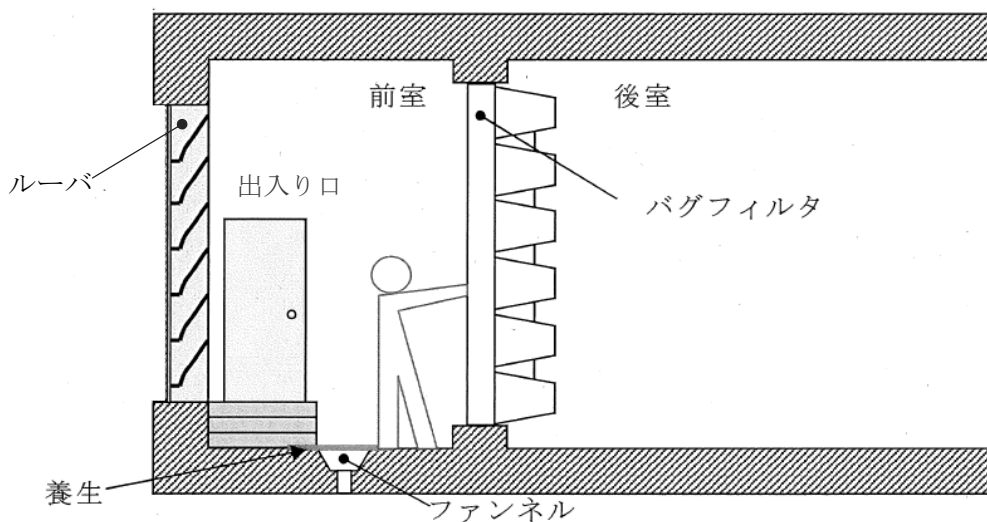


図 16-1 バグフィルタの取替えイメージ

17. 観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間

図 17-1 に示すとおり，富士山（宝永噴火 1707 年）の噴出継続時間は，断続的に約 16 日間継続している。

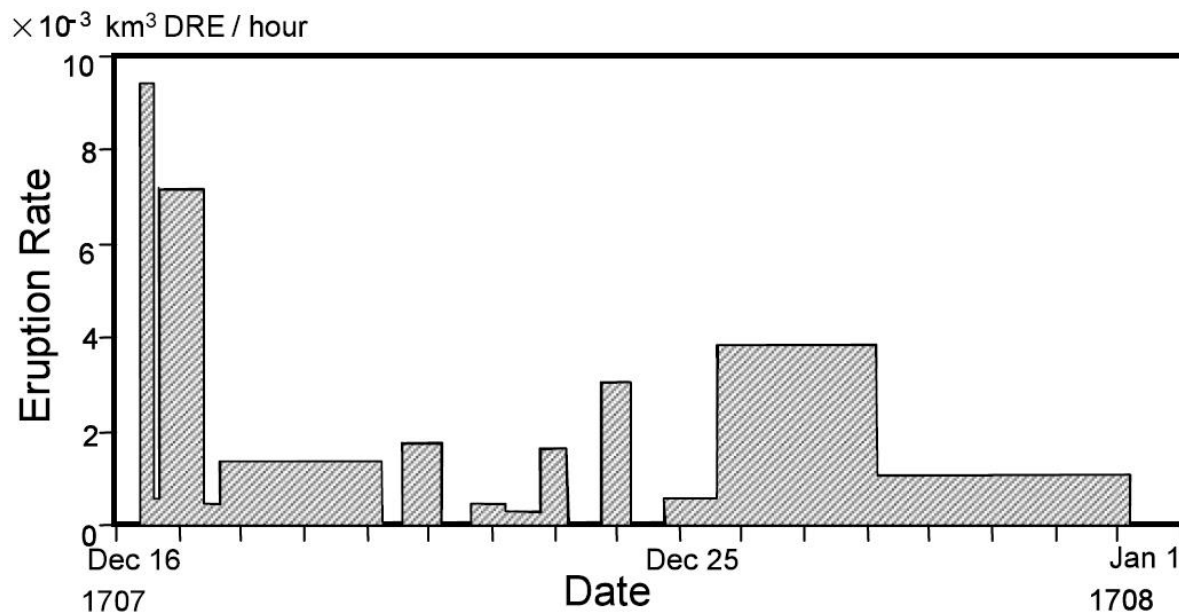


図 17-1 富士山（宝永噴火 1707 年）の噴出率の推移（宮地・小山（2007））

表 17-1 に示すとおり，火山観測データが存在する最近の観測記録では，噴火の継続時間は殆どが数時間程度であり，長いものでも 36 時間程度である。

表 17-1 観測された諸噴火最盛期における噴出率と継続時間

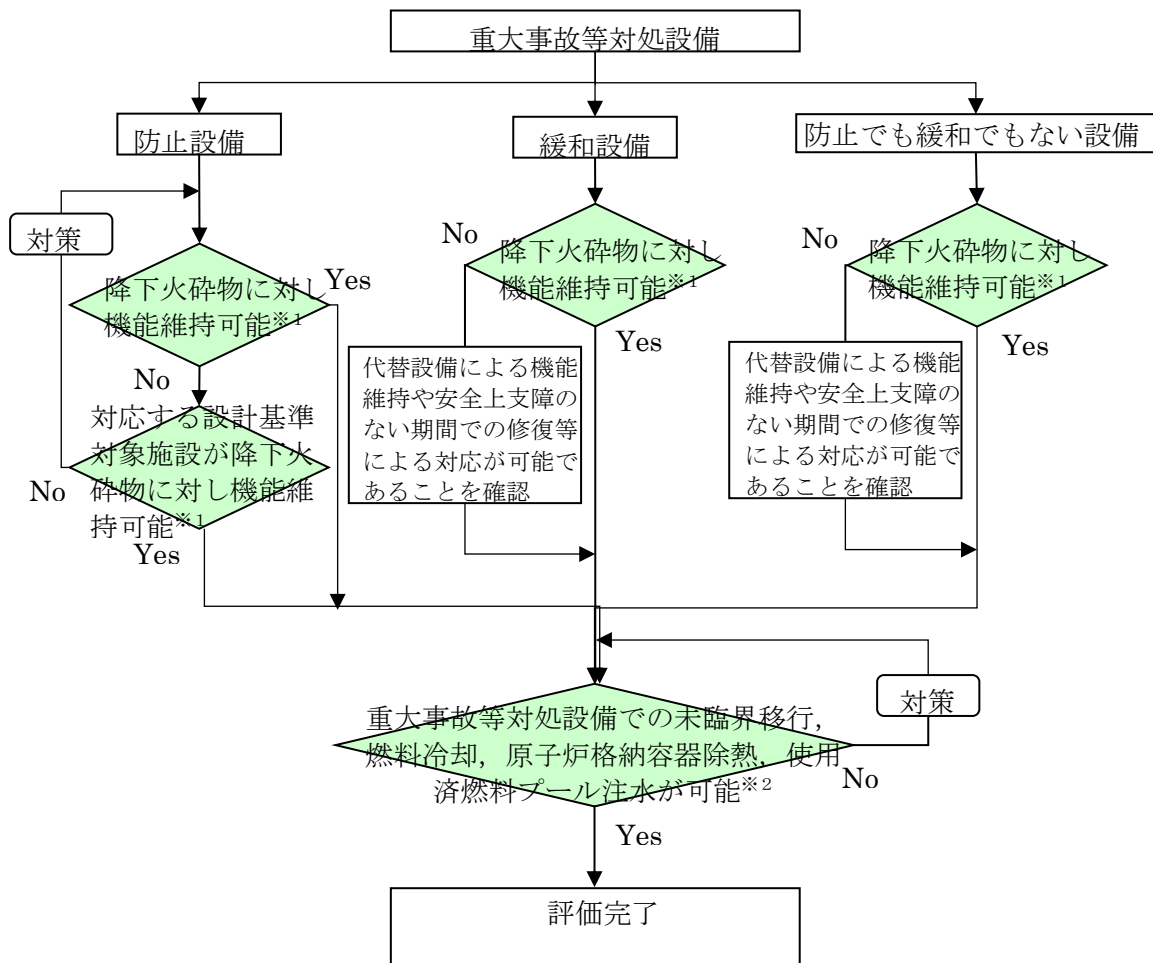
噴火年 (地域名)	噴煙柱高度 (km)	噴出率 (m ³ /s)	継続時間 (h)
Pinatubo 1991 (フィリピン)	35	250,000	9
Bezmianny 1956 (カムチャツカ)	36	230,000	0.5
Santa Maria 1902 (グアテマラ)	34	17,000-38,000	24-36
Hekla 1947 (アイスランド)	24	17,000	0.5
Soufriere 1979 (西インド諸島)	16	6,200	9
Mt. St. Helens 1980 (アメリカ合衆国)	18	12,600	0.23
伊豆大島 1986 (伊豆)	16	1,000	3
Soufriere 1902 (西インド諸島)	14.5-16	11,000-15,000	2.5-3.5
Hekla 1970 (アイスランド)	14	3,333	2
駒ヶ岳 1929 (北海道)	13.9	15,870	7
有珠山 1977-I (#)	12	3,375	2
Fuego 1971 (グアテマラ)	10	640	10
桜島 1914 (九州)	7-8	4,012	36
三宅島 1983A-E (伊豆)	6	570	1.5
Heimaey 1973 (アイスランド)	2-3	50	8.45
Ngauruhoe 1974 (ニュージーランド)	1.5-3.7	10	14

18. 重大事故等対処設備への考慮

第四十三条の要求を踏まえ、設計基準事象によって、設計基準対象施設の安全機能と重大事故等対処設備の機能が同時に損なわれないことを確認するとともに、重大事故等対処設備の機能が喪失した場合においても、外殻となる建屋による防護に期待できる代替手段等により必要な機能を維持できることを確認する。

重大事故等対処設備の機能維持は、以下の方針に従い評価を実施する。評価フローを図 18-1、影響評価結果については表 18-1 に示す。

- (1) 重大事故防止設備は、外部事象によって設計基準対象施設の安全機能と同時にその機能が損なわれるおそれのないこと
- (2) 重大事故等対処設備であって、重大事故防止設備でない設備は、代替設備若しくは安全上支障のない期間内での復旧により機能維持可能であること
- (3) 外部事象が発生した場合においても、重大事故等対処設備によりプラント安全性に関する主要な機能（未臨界移行機能、燃料冷却機能、原子炉格納容器除熱機能、使用済燃料プール注水機能）が維持できること（各外部事象により重大事故等対処設備と設計基準対象施設の機能が同時に損なわれることはないが、安全上支障のない期間内での復旧により機能維持可能であることを確認する）



※1：屋内設備については、当該設備を内包する建屋（原子炉建屋、タービン建屋、コントロール建屋、廃棄物処理建屋、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所）の影響評価を実施し、安全機能が維持されることを確認。

※2：降下火砕物により重大事故等対処設備と設計基準対象施設が同時に損なわれることはないが、安全上支障のない期間内での復旧により機能維持可能であることを確認。

図 18-1 降下火砕物に対する重大事故等対処設備の評価フロー

表 18-1 重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (1/5)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	保管・設置箇所 [※]	火山		
				評価	防護方法	
第37条 (重大事故等の拡大の防止等)	—	—	—	—	—	
第38条 (重大事故等対処施設の地盤)	—	—	—	—	—	
第39条 (地震による損傷の防止)	—	—	—	—	—	
第40条 (津波による損傷の防止)	—	—	—	—	—	
第41条 (火災による損傷の防止)	—	—	—	—	—	
第42条 (特定重大事故等対処施設)	特定重大事故等対処施設	→申請範囲外		—	—	
第43条 (重大事故等対処設備)	ホイールローダ	防止でも緩和でもない設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)	
第44条 (緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備)	ATWS緩和設備 (代替制御棒挿入機能)	防止設備	R/B	○	建屋内	
	制御棒、制御棒駆動機構 (水圧駆動)、制御棒駆動系水圧制御ユニット	防止設備	R/B	○	建屋内	
	ATWS緩和設備 (代替冷却材再循環ポンプ・トリップ機能)	防止設備	R/B	○	建屋内	
	ほう酸水注入系	防止設備・緩和設備	R/B	○	建屋内	
	自動減圧系の起動阻止スイッチ	→46条に記載		—	—	
第45条 (原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備)	高圧代替注水系	防止設備・緩和設備	R/B	○	建屋内	
	原子炉隔離時冷却系	(設計基準対象施設)	R/B	○	建屋内	
	高圧炉心注水系	(設計基準対象施設)	R/B	○	建屋内	
	復水貯蔵槽、サブプレッション・チェンバ	→56条に記載		—	—	
	ほう酸水注入系	→44条に記載		—	—	
第46条 (原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備)	逃がし安全弁 (逃がし弁機能用及び自動減圧機能用アキュムレータ含む)	防止設備	R/B	○	建屋内	
	代替自動減圧機能	防止設備	R/B, C/B	○	建屋内	
	自動減圧系の起動阻止スイッチ	防止設備	C/B	○	建屋内	
	可搬型直流電源設備	→57条に記載		—	—	
	AM用切替装置 (SRV)	防止設備	C/B	○	建屋内	
	逃がし安全弁用可搬型蓄電池	防止設備	R/B	○	建屋内	
	高圧窒素ガスポンプ (供給系配管含む)	防止設備	R/B	○	建屋内	
	高圧炉心注水系注入隔離弁	(設計基準対象施設)	R/B	○	建屋内	
原子炉建屋ブローアウトパネル	防止設備	屋外R/B廻り	○	影響なし		
第47条 (原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備)	低圧代替注水系 (常設) [復水移送ポンプ]	防止設備・緩和設備	Rw/B	○	建屋内	
	復水貯蔵槽	→56条に記載		—	—	
	低圧代替注水系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-2級)]	防止設備・緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)	
	防火水槽、淡水貯水池	→56条に記載		—	—	
	低圧代替注水系 (可搬型) (常設箇所) [接続口、配管等]	防止設備・緩和設備	屋外R/B廻り	○	影響なし	
	低圧注水	残留熱除去系ポンプ	(設計基準対象施設)	R/B	○	建屋内
		残留熱除去系配管、弁等	(設計基準対象施設)	R/B	○	建屋内
		サブプレッション・チェンバ	→56条に記載		—	—
	原子炉補機冷却	原子炉補機冷却系ポンプ	(設計基準対象施設)	R/B	○	建屋内
		原子炉補機冷却系配管、弁等	(設計基準対象施設)	R/B	○	建屋内
	原子炉補機冷却系	→48条に記載		—	—	
	非常用取水設備 [海水貯留堰、取水路等]	→その他の設備に記載		—	—	

○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる
 又は各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準対象施設が各外部事象に対し安全機能を維持できる(防止設備)
 又は各外部事象による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能(緩和設備、防止でも緩和でもない設備)
 —: 他の項目にて整理

※ 重大事故等対処設備 (SA設備), 原子炉建屋 (R/B), コントロール建屋 (C/B), 廃棄物処理建屋 (Rw/B)

表 18-1 重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (2/5)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	保管・設置箇所 [※]	火山		
				評価	防護方法	
第48条 (最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備)	代替原子炉補機冷却系 (可搬型) [熱交換器ユニット, 大容量送水車 (熱交換器ユニット用) 等]	防止設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)	
	代替原子炉補機冷却系 (常設箇所) [接続口, 配管等]	防止設備	屋外T/B廻り	○	影響なし	
	耐圧強化ベント系 (R/W及CD/W) [ポンプ, 配管, 弁等]	防止設備・緩和設備	R/B	○	建屋内	
	格納容器圧力逃がし装置 [フィルタベント]	→50条に記載 (うち, 防止設備)		—	—	
	低圧代替注水系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-2級)]	→56条に記載		—	—	
	防火水槽, 淡水貯水池	→56条に記載		—	—	
	残留熱除去系 (原子炉停止時冷却モード)	→47条に記載		—	—	
	残留熱除去系 (格納容器スプレイ冷却モード, サプレッション・チェンバ・プール水冷却モード)	→49条に記載		—	—	
第49条 (原子炉格納容器内の冷却等のための設備)	代替格納容器スプレイ冷却系 (常設) [復水移送ポンプ]	防止設備・緩和設備	Rw/B	○	建屋内	
	復水貯蔵槽	→56条に記載		—	—	
	代替格納容器スプレイ冷却系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-2級)]	防止設備・緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)	
	防火水槽, 淡水貯水池	→56条に記載		—	—	
	代替格納容器スプレイ冷却系 (常設箇所) [接続口, 配管等]	防止設備・緩和設備	屋外R/B廻り	○	影響なし	
	残留熱除去系 (格納容器スプレイ冷却モード, サプレッション・チェンバ・プール水冷却モード)	(設計基準対象施設)	R/B	○	建屋内	
	サプレッション・チェンバ	→56条に記載		—	—	
	原子炉補機冷却系	→48条に記載		—	—	
第50条 (原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備)	格納容器圧力逃がし装置	フィルタ装置, よう素フィルタ, フィルタベント遮蔽壁, 配管等	防止設備・緩和設備	R/B・屋外	○	設計荷重に対して影響ないことを確認
		ラプチャーディスク	緩和設備	屋外	○	影響なし (降下火砕物が侵入し難い構造)
		ドレン移送ポンプ, ドレンタンク	防止設備・緩和設備	屋内・屋外	○	設計荷重に対して影響ないことを確認
		遠隔手動弁操作設備・遠隔空気駆動弁操作作用ポンプ	防止設備・緩和設備	R/B	○	建屋内
		スクラバ水調制御設備	防止設備・緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
		可搬型素供給装置	→52条に記載		—	—
		ホース, 接続口	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし (適切に除灰する。)
		低圧代替注水系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-2級)]	→56条に記載		—	—
	防火水槽, 淡水貯水池	→56条に記載		—	—	
	代替循環冷却	復水移送ポンプ	緩和設備	Rw/B	○	建屋内
		残留熱除去系 (熱交換器等)	緩和設備	R/B	○	建屋内
		代替原子炉補機冷却系 (可搬型) [熱交換器ユニット, 大容量送水車 (熱交換器ユニット用) 等]	緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
		代替循環冷却系 (常設箇所) [配管, 弁等]	緩和設備	R/B, T/B, Rw/B, C/B	○	建屋内
		サプレッション・チェンバ	→56条に記載		—	—
非常用取水設備 [海水貯留庫, 取水路等]		→その他の設備に記載		—	—	
第51条 (原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備)	格納容器下部注水系 (常設) [復水移送ポンプ]	緩和設備	Rw/B	○	建屋内	
	コリウムシールド	緩和設備	R/B	○	建屋内	
	復水貯蔵槽	→56条に記載 (うち, 緩和設備)		—	—	
	格納容器下部注水系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-2級)]	緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)	
	防火水槽, 淡水貯水池	→56条に記載		—	—	
	格納容器下部注水系 (常設) (常設箇所) [配管, 弁等]	緩和設備	R/B	○	建屋内	
	格納容器下部注水系 (可搬型) (常設箇所) [接続口, 配管等]	緩和設備	屋外R/B廻り	○	影響なし	
	ほう酸水注入系	→44条に記載		—	—	
	高圧代替注水系	→45条に記載		—	—	
	低圧代替注水系 (常設), (可搬型)	→47条に記載		—	—	

○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる
 △: 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 対応する設計基準対象施設が各外部事象に対し安全機能を維持できる (防止設備)
 ×: 各外部事象による損傷を考慮して, 代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)
 —: 他の項目にて整理

※ 重大事故等対処設備 (SA設備), タービン建屋 (T/B), 原子炉建屋 (R/B), 廃棄物処理建屋 (Rw/B), コントロール建屋 (C/B)

表 18-1 重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (3/5)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	保管・設置箇所 ^{※2}	火山	
				評価	防護方法
第52条 (水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備)	不活性ガス系	(設計基準対象施設)	R/B	○	建屋内
	格納容器圧力逃がし装置			—	—
	格納容器圧力逃がし装置 [フィルタ装置出口放射線モニタ, フィルタ装置水素濃度計]			—	—
	格納容器圧力逃がし装置 [ホース, 接続口]			—	—
	低圧代替注水系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-2級)]			—	—
	防火水槽, 淡水貯水池			—	—
	可搬型窒素供給装置	緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
	サブプレッション・チェンバ	緩和設備	R/B	○	建屋内
	耐圧強化ベント系 (W/W)			—	—
	耐圧強化ベント系 [耐圧強化ベント系放射線モニタ, フィルタ装置水素濃度計]			—	—
第53条 (水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備)	水の濃度及び酸素濃度の監視 [格納容器内水素濃度 (SA), 格納容器内水素濃度, 格納容器内酸素濃度]	緩和設備	R/B	○	建屋内
	静的触媒式水素再結合器, 静的触媒式水素再結合器動作監視装置	緩和設備	R/B	○	建屋内
	原子炉建屋水素濃度 ^{※1}	緩和設備	R/B	○	建屋内
第54条 (使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備)	原子炉建屋原子炉区域			—	—
	燃料プール代替注水系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-1級), 可搬型代替注水ポンプ (A-2級)]	防止設備・緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
	燃料プール代替注水系 (可搬型) (常設箇所) [接続口, 配管等]	防止設備・緩和設備	屋外R/B廻り	○	影響なし
	燃料プール代替注水系 (常設箇所) [常設スプレィヘッド, 配管, 弁等]	防止設備・緩和設備	R/B	○	建屋内
	可搬型スプレィヘッド	防止設備・緩和設備	R/B	○	建屋内
	防火水槽, 淡水貯水池			—	—
	原子炉建屋放水設備 [大容量送水車 (原子炉建屋放水設備用), 放水砲]			—	—
	使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA・SA広域)	防止設備・緩和設備	R/B	○	建屋内
	使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (高レンジ・低レンジ)	防止設備・緩和設備	R/B	○	建屋内
	使用済燃料貯蔵プール監視カメラ (使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置を含む)	防止設備・緩和設備	R/B	○	建屋内
	燃料プール冷却浄化系	防止設備	R/B	○	建屋内
	代替原子炉補機冷却系 (可搬型) [熱交換器ユニット, 大容量送水車 (熱交換器ユニット用) 等]	防止設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
	代替原子炉補機冷却系 (常設箇所) [接続口, 配管等]			—	—
非常用取水設備 [海水貯留堰, 取水路等]			—	—	
第55条 (工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備)	原子炉建屋放水設備 [大容量送水車 (原子炉建屋放水設備用), 放水砲等]	緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
	海洋拡散抑制設備 [放射性物質吸着材]	緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
	海洋拡散抑制設備 [汚濁防止膜]	緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
	海洋拡散抑制設備 [小型船舶 (汚濁防止膜設置用)]	緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
第56条 (重大事故等の取束に必要な水の供給設備)	航空機燃料火災への消火 (泡原液搬送車, 泡原液混合装置)	緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
	復水貯蔵槽	防止設備・緩和設備	Rw/B	○	建屋内
	サブプレッション・チェンバ	緩和設備	R/B	○	建屋内
	ほう酸水注入系貯蔵タンク			—	—
	防火水槽	— (代替淡水源)	屋外(地下埋設)	○	影響なし(地下)
	淡水貯水池	— (代替淡水源)	屋外	○	影響なし
	大容量送水車 (海水取水用)	防止設備・緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
可搬型代替注水ポンプ (A-2級)	防止設備・緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)	
非常用取水設備 [海水貯留堰, 取水路等]			—	—	

○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる
 又は各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準対象施設が各外部事象に対し安全機能を維持できる(防止設備)
 又は各外部事象による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能(緩和設備、防止でも緩和でもない設備)
 一:他の項目にて整理

※1 計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載

※2 重大事故等対処設備 (SA設備), 原子炉建屋 (R/B), 廃棄物処理建屋 (Rw/B)

表 18-1 重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (4/5)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	保管・設置箇所*	火山	
				評価	防護方法
第57条 (電源設備)	常設代替交流電源設備 [第一ガスタービン発電機一式]	防止設備・緩和設備	屋外T/B廻り	○	影響なし (適切に除灰する。)
	常設代替交流電源設備 [タンクローリー (16kL)]	防止設備・緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
	可搬型代替交流電源設備 [電源車]	防止設備・緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
	可搬型代替交流電源設備 (常設箇所) [電源車接続箇所]	防止設備・緩和設備	屋外R/B廻り	○	影響なし
	号炉間電力融通ケーブル (常設)	防止設備・緩和設備	C/B	○	建屋内
	号炉間電力融通ケーブル (可搬型)	防止設備・緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
	所内蓄電式直流電源設備 [AM用直流125V蓄電池・充電器, 直流125V蓄電池・充電器A, A-2, B]	防止設備・緩和設備	R/B C/B	○	建屋内
	常設代替直流電源設備 [AM用直流125V蓄電池, 充電器]	防止設備・緩和設備	R/B	○	建屋内
	可搬型代替直流電源設備 [電源車]	防止設備・緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)
	代替所内電源設備 [緊急用断路器]	防止設備・緩和設備	屋外T/B廻り	○	影響なし (適切に除灰する。)
	代替所内電源設備 [緊急用電源切替箱断路器, 緊急用電源切替箱接続装置, AM用動力変圧器, MCC等]	防止設備・緩和設備	R/B, C/B	○	建屋内
	代替所内電源設備 [非常用高圧母線C・D系]	防止設備・緩和設備	R/B	○	建屋内
	非常用交流電源設備 [非常用ディーゼル発電機, 燃料ディタンク]	(設計基準対象施設)	R/B	○	建屋内
	非常用交流電源設備 [燃料移送ポンプ, 配管等]	(設計基準対象施設)	屋外	○	影響なし (適切に除灰する。)
	非常用直流電源設備 [直流125V蓄電池・充電器C, D等]	(設計基準対象施設)	C/B	○	建屋内
	燃料補給設備 [軽油タンク]	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし (適切に除灰する。)
燃料補給設備 [タンクローリー (4kL) 等]	防止設備・緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)	
第58条 (計装設備)	重大事故等発生時の計装 (SA時計装一式) [原子炉圧力容器の温度・圧力・水位] [原子炉圧力容器・原子炉格納容器への注水量] [原子炉格納容器内の温度・圧力・水位・水素濃度・酸素濃度・放射線量率] [未臨界の維持又は監視] [最終ヒートシンクの確保 (代替循環冷却系・格納容器圧力逃がし装置・耐圧強化ベント系・残留熱除去系)] [格納容器バイパス監視] [水源の確保] [原子炉建屋内の水素濃度] [使用済燃料プールの監視] [発電所内の通信連絡] [可搬型計測器]	防止設備・緩和設備 (設計基準対象施設)	C/B R/B Rw/B R/B (5号炉)	○	建屋内
	重大事故等発生時の計装 [最終ヒートシンクによる冷却状態の確認 (格納容器圧力逃がし装置)]	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし (適切に除灰する。)
第59条 (原子炉制御室)	中央制御室及び遮蔽	防止設備・緩和設備	C/B	○	建屋内
	中央制御室可搬型陽圧化空調機	防止設備・緩和設備	C/B	○	建屋内
	中央制御室待避室及び遮蔽	緩和設備	C/B	○	建屋内
	中央制御室待避室陽圧化装置 (空気ポンプ)	緩和設備	C/B, Rw/B	○	建屋内
	無線連絡設備 (常設), 衛星電話設備 (常設)	→62条に記載	-	-	-
	データ表示装置 (待避室), 差圧計, 酸素濃度・二酸化炭素濃度計	防止でも緩和でもない設備	C/B	○	建屋内
	可搬型蓄電池内蔵型照明	防止でも緩和でもない設備	C/B	○	建屋内
非常用ガス処理系 (排風機, フィルタ装置等)	緩和設備	R/B	○	建屋内	

○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる
又は各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準対象施設が各外部事象に対し安全機能を維持できる (防止設備)
又は各外部事象による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)
-: 他の項目にて整理

* 重大事故等対処設備 (SA設備), タービン建屋 (T/B), 原子炉建屋 (R/B), 廃棄物処理建屋 (Rw/B), コントロール建屋 (C/B)

表 18-1 重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (5/5)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	保管・設置箇所*	火山		
				評価	防護方法	
第60条 (監視測定設備)	可搬型モニタリングポスト	防止でも緩和でもない設備	可搬型SA設備保管場所 R/B (5号炉)	○	影響なし (適切に除灰する。)	
	放射線サーベイ機器 [可搬型ガスト・よう素サンブラ、GM汚染サーベイメータ、NaIシンチレーションサーベイメータ、電離箱サーベイメータ、ZnSシンチレーションサーベイメータ]	防止でも緩和でもない設備	R/B (5号炉)	○	建屋内	
	可搬型気象観測装置	防止でも緩和でもない設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)	
	小型船舶 (海上モニタリング用)	防止でも緩和でもない設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)	
	モニタリング・ポスト用発電機	防止でも緩和でもない設備	屋外	○	影響なし (適切に除灰する。)	
第61条 (緊急時対策)	5号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 及び遮音室並びに遮音室	防止設備・緩和設備	R/B (5号炉) 屋外	○	建屋内	
	5号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 可搬型臨圧化空調機、可搬型外気取入送風機	防止設備・緩和設備	R/B (5号炉)	○	建屋内	
	5号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 臨圧化装置 (空気がボンベ)	緩和設備	R/B (5号炉)	○	建屋内	
	5号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 二酸化炭素吸収装置	防止設備・緩和設備	R/B (5号炉)	○	建屋内	
	5号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 可搬型エリアモニタ	緩和設備	R/B (5号炉)	○	建屋内	
	酸素濃度計、二酸化炭素濃度計、遮圧計 (対策本部)	防止でも緩和でもない設備	R/B (5号炉)	○	建屋内	
	5号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (待機場所) 遮音室及び室内遮音	防止設備・緩和設備	R/B (5号炉) 屋外	○	建屋内	
	5号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (待機場所) 可搬型臨圧化空調機	防止設備・緩和設備	R/B (5号炉)	○	建屋内	
	5号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (待機場所) 臨圧化装置 (空気がボンベ)	緩和設備	R/B (5号炉)	○	建屋内	
	5号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (待機場所) 可搬型エリアモニタ	緩和設備	R/B (5号炉)	○	建屋内	
	可搬型モニタリングポスト		→60条に記載	—	—	
	酸素濃度計、二酸化炭素濃度計、遮圧計 (待機場所)	防止でも緩和でもない設備	R/B (5号炉)	○	建屋内	
	安全パラメータ表示システム (SPDS)		→62条に記載	—	—	
	5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備	防止設備・緩和設備	可搬型SA設備保管場所	○	影響なし (適切に除灰する。)	
	通信連絡設備		→62条に記載	—	—	
	5号炉屋外緊急連絡用インターフォン		→62条に記載	—	—	
軽油タンク、タンクローリ (4t)		→57条に記載	—	—		
第62条 (通信連絡を行うために必要な設備)	携帯型音声呼出電話設備	防止設備・緩和設備	C/B、R/B (5号炉)	○	建屋内	
	無線連絡設備 (常設) (可搬型)	防止設備・緩和設備	C/B、 R/B(5号炉) (屋外設備含む)	○	建屋内 (屋外設備については代替設備 (有線系)) にて機能維持可能	
	安全パラメータ表示システム (SPDS)	緩和設備	C/B、 R/B (5号炉) (屋外設備含む)	○	建屋内 (屋外設備については代替設備 (有線系)) にて機能維持可能	
	5号炉屋外緊急連絡用インターフォン	防止設備・緩和設備	R/B (5号炉) (屋外設備含む)	○	影響なし (屋外設備についても、灰が積もりにくい形状であるとともに、適切に除灰するなどの対応により機能維持可能)	
	所内外通信	衛星電話設備 (常設) (可搬型)	防止設備・緩和設備	C/B、 R/B(5号炉) (屋外設備含む)	○	影響なし (屋外設備についても、灰が積もりにくい形状であるとともに、適切に除灰するなどの対応により機能維持可能)
	所外通信	統合原子炉防災ネットワークを用いた通信連絡設備、データ伝送設備	防止でも緩和でもない設備	R/B(5号炉) (屋外設備含む)	○	影響なし (屋外設備についても、灰が積もりにくい形状であるとともに、適切に除灰するなどの対応により機能維持可能)
その他の設備	重大事故等時に対処するための道路、注水先又は注入先 [原子炉圧力容器、原子炉格納容器、使用済燃料プール、原子炉建屋原子炉区域]	防止設備・緩和設備	R/B	○	建屋内	
	非常用取水設備 [海水貯留罐、取水路等]	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし	

○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる
又は各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準対象施設が各外部事象に対し安全機能を維持できる (防止設備)
又は各外部事象による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能 (緩和設備、防止でも緩和でもない設備)
—: 他の項目にて整理

*: 重大事故等対処設備 (SA設備)、原子炉建屋 (R/B)、コントロール建屋 (C/B)

19. 軽油タンクからの燃料移送について

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉の 7 日間の外部電源の喪失に対して、非常用ディーゼル発電機の燃料として、軽油タンク及び燃料デイタンクを有しており、燃料移送ポンプにより、軽油タンクから燃料デイタンクへ燃料移送される系統構成となっている。系統構成については図 19-1 に示す。

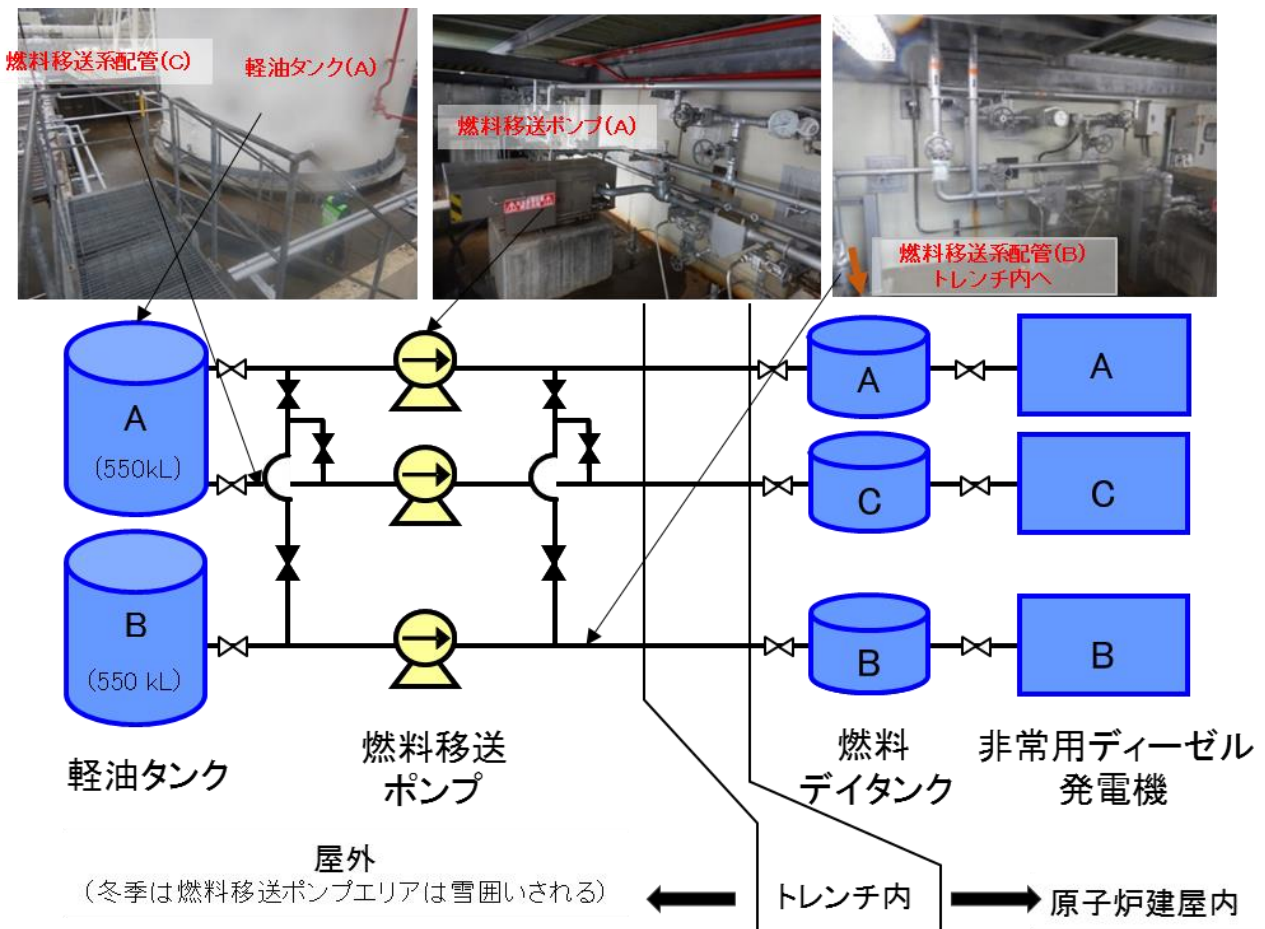


図 19-1 非常用ディーゼル発電機 燃料供給系統の構成

軽油タンク及び燃料移送ポンプは屋外設備であるが、降下火砕物の静的荷重等に対してその機能に影響がない設計とすることとしている（個別評価-5）。また、非常用ディーゼル発電機燃料移送系の配管は、軽油タンクの取り出し口から非常用ディーゼル発電機燃料移送系配管トレンチまでは屋外に設置されているが、その形状は管状であり、その口径は 65A 以下と降下火砕物が堆積しにくい形

状であることから，降下火砕物によって機能喪失することはない。以上のことから，7日間の外部電源喪失に対して，非常用ディーゼル発電機へ燃料供給が可能であり，発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却，並びに使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が継続できる。

20. 水質汚染に対する補給水等への影響について

(1) 外部から供給される水源の概略系統及び供給先

水質汚染については，降下火砕物が柏崎市水道水に混入することで，補給水等の汚染が考えられる。

図 20-1 に示すとおり，市水道水は，ろ過水タンク及び純水装置を経由し純水タンクに供給される。ろ過水タンクに貯留された水は消火系及び雑用水系に供給されるが，外部事象防護対象施設は含まれていない。一方，純水タンクに貯留された純水は，純水装置（給水処理設備）による水処理及び水質管理が行われていること，また，供給する設備には，復水貯蔵槽及び原子炉補機冷却水サージタンク等への補給並びにホウ酸水注入系の封水等があるが，いずれも，点検時の水張りや系統内でリークが生じた際に補給等が必要になるもので，降下火砕物襲来時に補給が必要ではなく，水質汚染はプラントの安全機能に影響を及ぼさない。

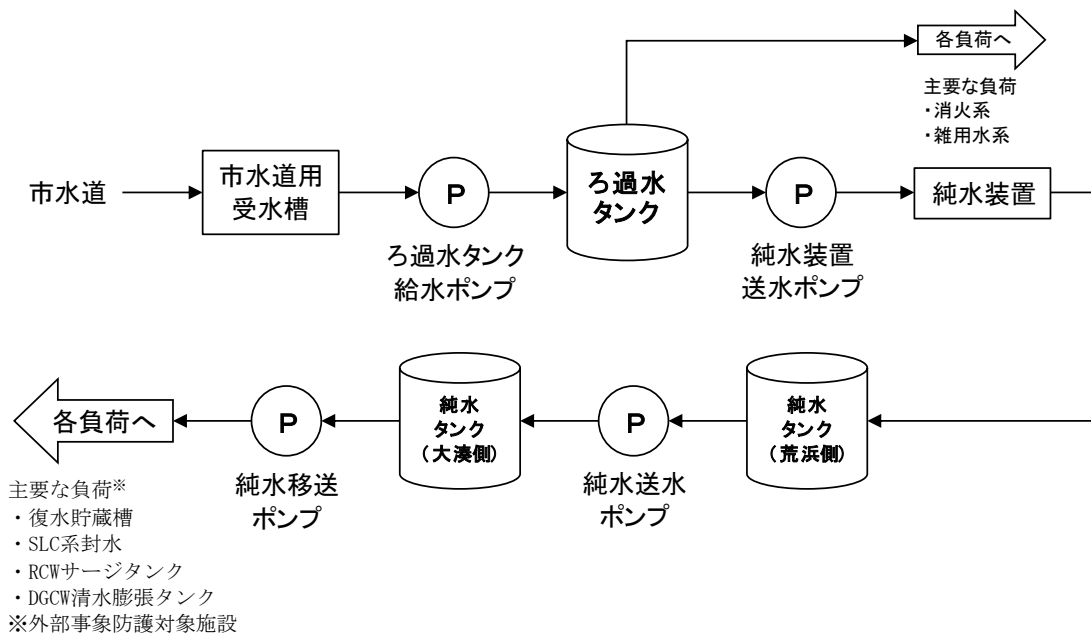


図 20-1 外部から供給される水源の概略系統図

別 添 4-1

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉

外部火災影響評価について

第6条：外部からの衝撃による損傷の防止
(外部火災)

目次

1. 基本方針
 - 1.1 基本事項
 - 1.2 想定する外部火災
 - 1.3 防護対象施設
2. 火災の影響評価
 - 2.1 森林火災
 - 2.2 近隣の産業施設の火災・爆発
 - 2.3 航空機墜落による火災
 - 2.4 二次的影響の評価

添付資料

1. 外部火災影響評価対象の考え方について
2. 森林火災による影響評価について
3. 石油コンビナート等の火災・爆発について
4. 燃料輸送車両の火災・爆発について
5. 漂流船舶の火災・爆発について
6. 敷地内における危険物タンクの火災について
7. 柏崎刈羽原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災について
8. ばい煙及び有毒ガスの影響評価について

<概要>

1. において、想定する外部火災及び評価内容を整理するとともに、外部火災からの防護対象施設を整理する。
2. において、想定する外部火災の影響評価結果について説明する。

1. 基本方針

1.1 基本事項

原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「設置許可基準規則」という。）」第6条において、外部からの衝撃による損傷の防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）又は人為事象（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならないとされている。

このため、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド（以下「評価ガイド」という。）」に基づき、外部火災影響評価を行い、外部火災により、発電用原子炉施設へ影響を与えないこと及び柏崎刈羽原子力発電所敷地外で発生する火災の二次的影響に対する適切な防護対策が施されていることを評価する。

1.2 想定する外部火災

設置許可基準規則第6条において、敷地及び敷地周辺から想定される自然現象又は人為事象として森林火災、近隣の産業施設の火災・爆発、飛来物（航空機落下）を挙げている。

このことから、想定する外部火災は以下のとおりとする。

- (1) 森林火災
- (2) 近隣の産業施設の火災・爆発
- (3) 航空機墜落による火災

また、具体的な評価内容等については、以下のとおりである。

第1.2-1表 外部火災評価内容

火災種別	考慮すべき火災	評価内容	評価項目	
森林火災	発電所敷地外10km圏内に発火点を設定した柏崎刈羽原子力発電所に迫る森林火災	・森林火災シミュレーション解析コード（FARSITE）を用いた森林火災評価 ・森林火災評価に基づく防護対象施設の熱影響評価	・防火帯幅評価 ・熱影響評価 ・危険距離評価	二次的 影響 （ばい 煙、有毒 ガス）評 価
近隣の産業施設の火災・爆発	発電所敷地外10km圏内の石油コンビナート等の火災・爆発	・発電所敷地外の石油コンビナート等の火災・爆発を想定した危険距離及び危険限界距離評価	・危険距離評価 ・危険限界距離評価	
	発電所敷地内の危険物貯蔵施設等の火災	・発電所敷地内の危険物貯蔵設備火災による熱影響評価	・熱影響評価	
航空機墜落による火災	発電所敷地内への航空機落下時の火災	・落下を想定する航空機に相当する火災を想定した防護対象施設の熱影響評価	・熱影響評価	

1.3 防護対象施設（添付資料-1）

設置許可基準規則第6条における安全施設とは、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器（以下「安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器」という。）とする。

外部火災によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設のうち、外部事象防護対象施設は、外部事象に対し必要な構築物、系統及び機器（発電用原子炉を停止するため、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能、又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器、並びに、使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能、又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器としてクラス1、クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器）に加え、それらを内包する建屋とする。

安全施設に対して、外部火災の影響を受けた場合、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な設計上の要求機能を喪失し、安全性の確保が困難となるおそれがあることから、安全機能を有する設備について外部火災に対し安全機能を損なわない設計とする。

また、設計基準事象に対して耐性を確保する必要があるのは設計基準対象施設であり、重大事故等対処施設ではないが、設計基準を超える事象が発生した場合に使用する重大事故等対処施設が、その前段の設計基準事象の自然現象によって機能喪失することは回避するべきであることから、原則防火帯の内側に配置し外部火災の熱影響を回避する。

防護上の観点又は機密に係わる事項を含むため、公開できません

6条-別添4(外火)-1-6

第 1.3-1 図 発電所構内全体図

2. 火災の影響評価

2.1 森林火災（添付資料-2）

2.1.1 評価内容

発電所敷地外で発生する森林火災が、柏崎刈羽原子力発電所へ迫った場合でも発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを以下の項目により評価する。

- (1) 火災の到達時間の評価
- (2) 防火帯幅の評価
- (3) 熱影響の評価
- (4) 危険距離の評価

2.1.2 評価要領

森林火災の解析に当たっては、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」において推奨されている森林火災シミュレーション解析コードFARSITEを使用し、以下の設定により解析する。

- ・土地利用データは、現地状況をできるだけ模擬するため、国土数値情報（国土交通省）の100mメッシュの土地利用データを用いた。
- ・植生データは、森林の現状を把握するため、樹種や生育状況に関する情報を有する自然環境保全基礎調査 植生調査データの空間データを入手し、その情報を元に植生調査を実施した。その結果から、保守的な可燃物パラメータを設定し、土地利用データにおける森林領域を、樹種・林齢によりさらに細分化する。
- ・地形データは、基盤地図情報（国土地理院）の10mメッシュの標高データを使用する。
- ・気象データは、森林火災の発生件数が多い3～5月の過去10年間のデータを調査し、森林火災の延焼を拡大させる観点から、最小湿度、最高気温及び最大風速を設定する。
- ・風向は最大風速記録時を卓越風向として、南南東及び南東側に発火点を設定する。
- ・発火点は以下の3地点を設定する。

（ケース1）

発電所近隣からの発火の方が防火帯周辺に火災が到達するまでの時間が短くなることから、防火帯までの距離が短くなる南南東方向の国道352号線沿いに発火点を選定する。（防火帯から約0.6km）

（ケース2）

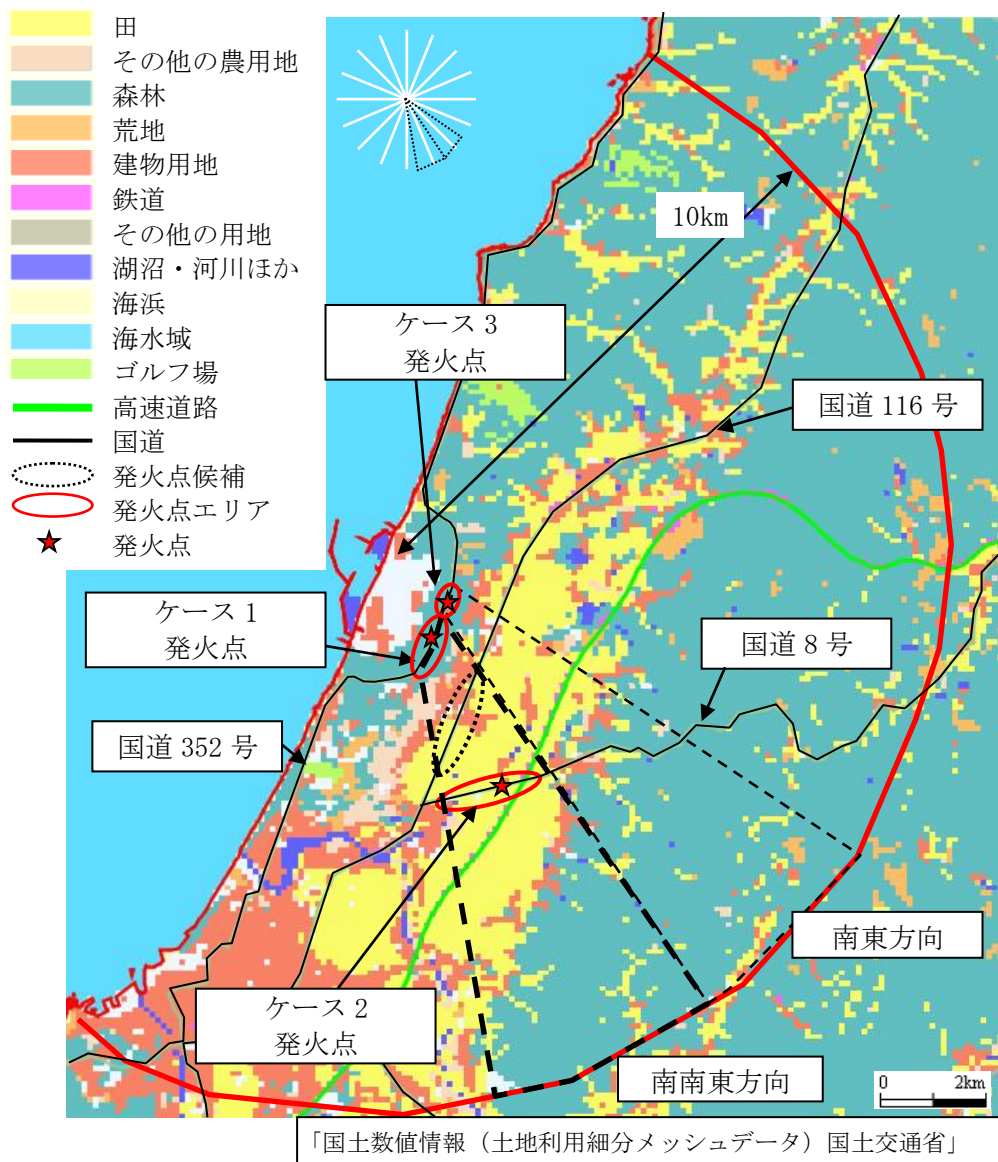
発電所遠方からの発火の方が火災の規模が大きくなる（火災前線が広がり、発電所構内を同時期に取り囲むような火災となる）ことから、火入れ・

たき火等による火災も考慮し、家屋・田畑がある南南東方向で発電所遠方の国道8号線沿いに発火点を選定する。（防火帯から約3.4km）

（ケース3）

卓越風向として南東方向からの風も一部存在すること、及び防火帯までの距離が南南東方向より短くなることから、参考のため防火帯までの距離が短くなる南東方向の国道352号線沿いに発火点を選定する。（防火帯から約0.4km）

- ・評価対象範囲は、西側が海岸という発電所周辺の地形を考慮し、柏崎刈羽原子力発電所から東12km、西9km、南12km、北15kmとする。



第2.1.2-1図 発火点位置

2.1.3 評価結果

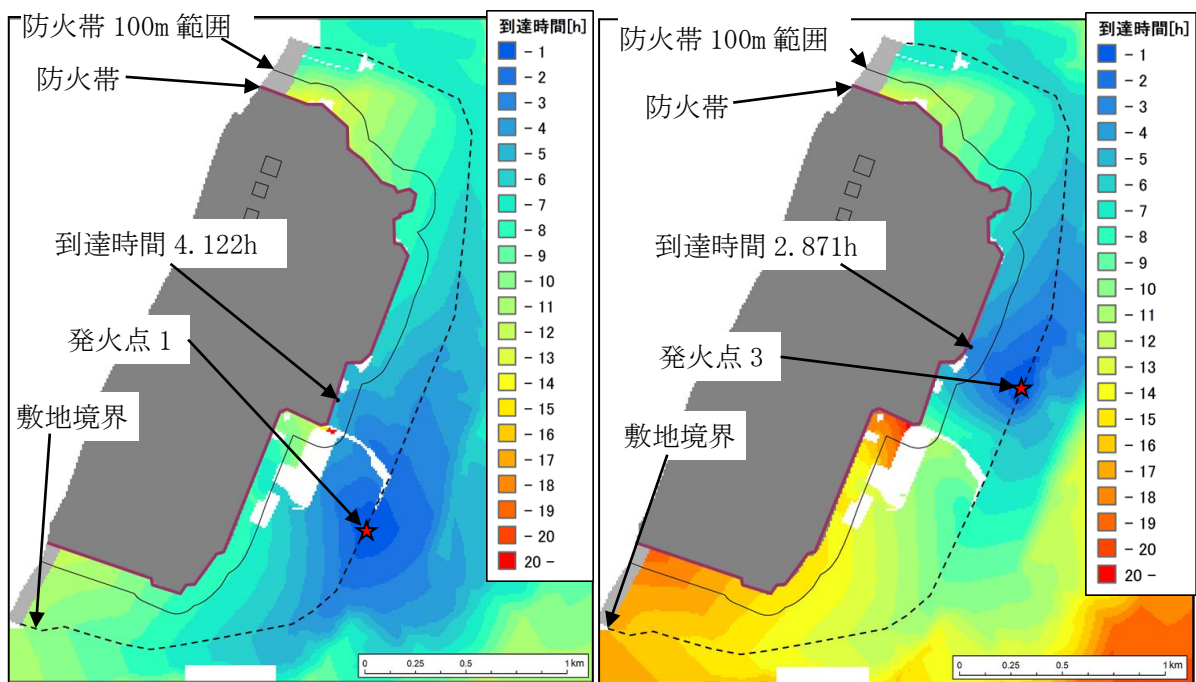
2.1.3.1 火炎の到達時間の評価

(1) 火炎到達時間

想定される森林火災による防火帯境界までの火炎到達時間は、到達時間が短いケース3で約3時間程度であることを確認する。

第2.1.3.1-1表 火炎到達時間

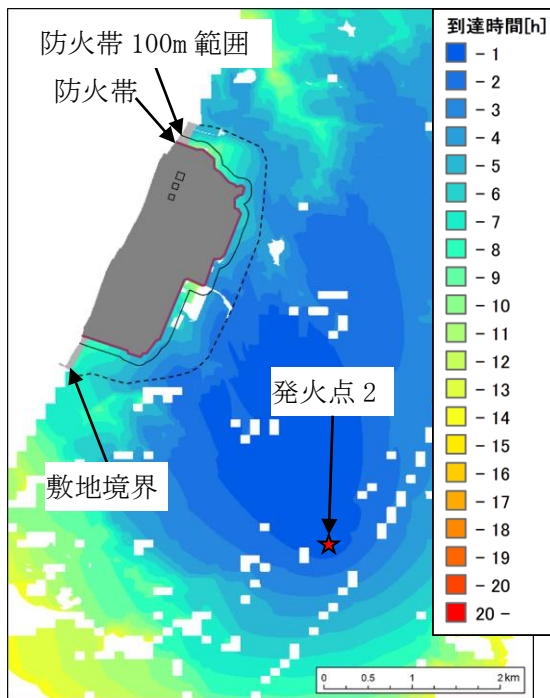
評価項目	ケース 1	ケース 2	ケース 3
火炎の到達時間[hour]	4.122	3.566	2.871



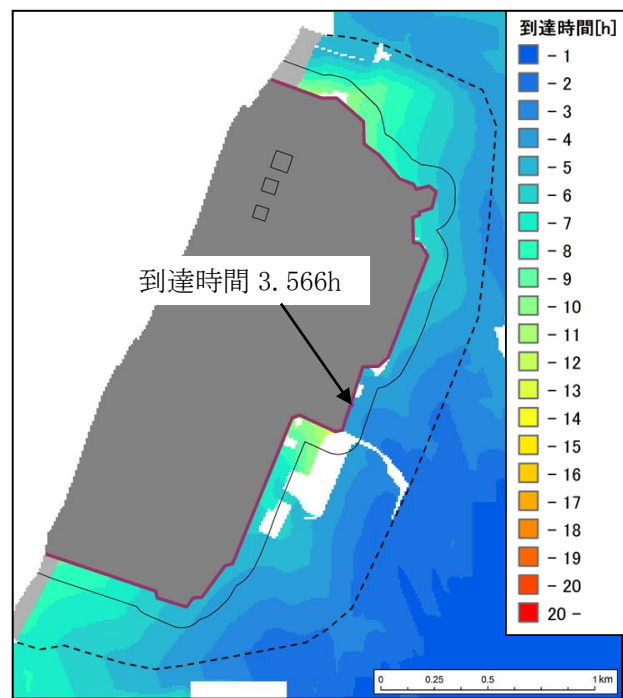
(ケース 1)

(ケース 3)

第 2.1.3.1-1(a) 図 火炎到達時刻分布



(ケース 2)



(ケース 2) 拡大図

第 2. 1. 3. 1-1 (b) 図 火炎到達時刻分布

(2) 予防散水活動及び体制

柏崎刈羽原子力発電所の自衛消防隊の初期消火班員（10人以上）が24時間常駐しており，早期に予防散水体制を確立することができることから，防火帯付近での予防散水は可能である。

また，自衛消防隊による予防散水は，外部電源の喪失時においても，屋外消火栓のほかに状況に応じて，防火水槽，海水を活動用水とした消防車による予防散水が可能である。

なお，防火帯の外側に設置されているモニタリングポスト及び気象観測装置（クラス3）については，可搬型モニタリングポスト及び可搬型気象観測装置による代替測定を実施する。

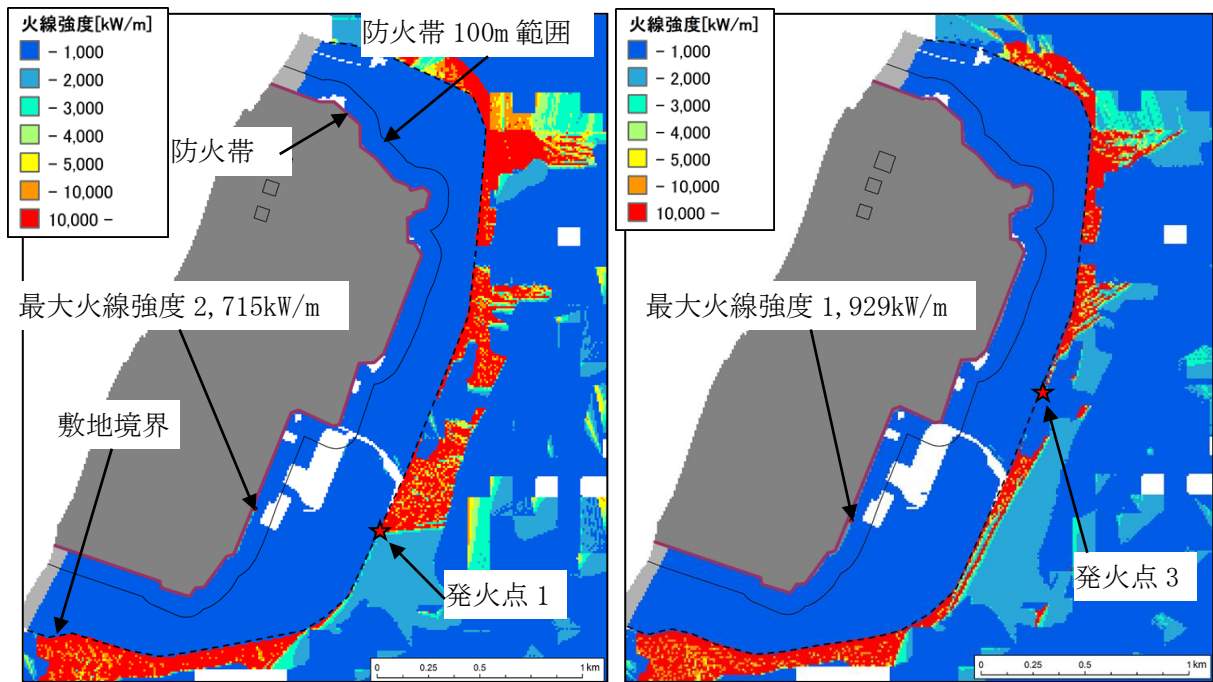
2. 1. 3. 2 防火帯幅の評価

(1) 最大火線強度

想定される森林火災による防火帯周辺100m範囲での最大火線強度は，火線強度が大きいケース2で約3,000kW/m程度である。

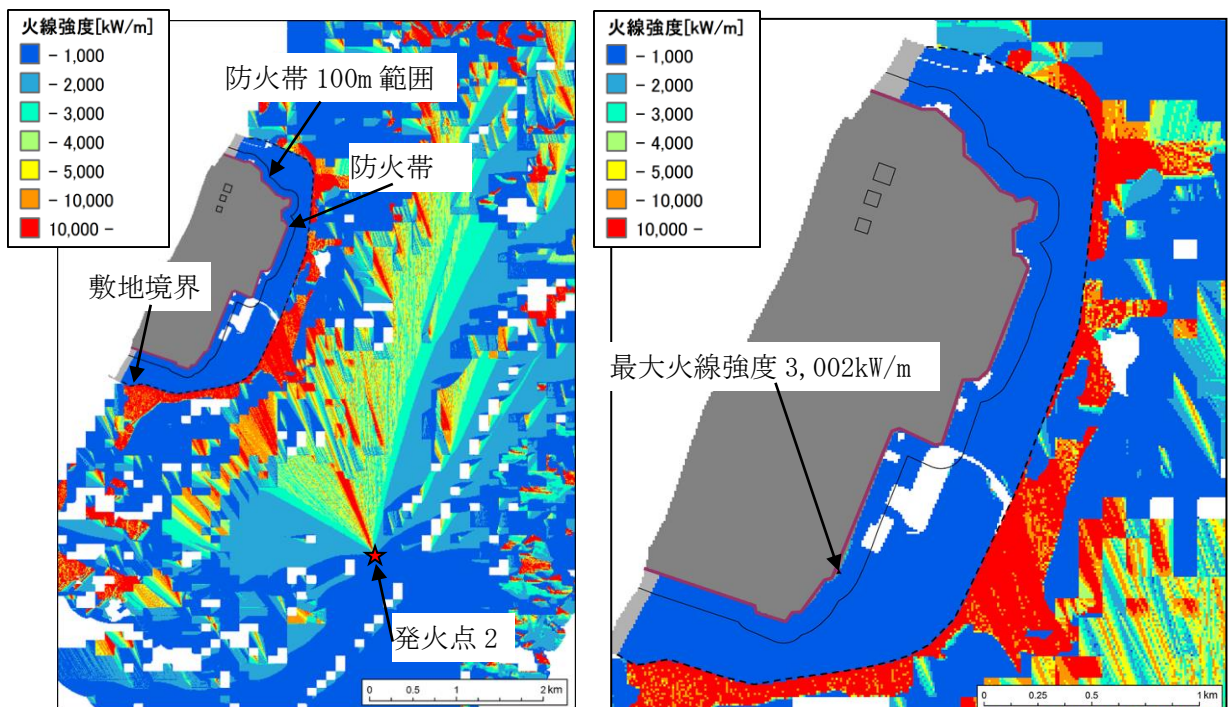
第2. 1. 3. 2-1表 最大火線強度

評価項目	ケース 1	ケース 2	ケース 3
最大火線強度[kW/m]	2715	3002	1929



(ケース 1)

(ケース 3)



(ケース 2)

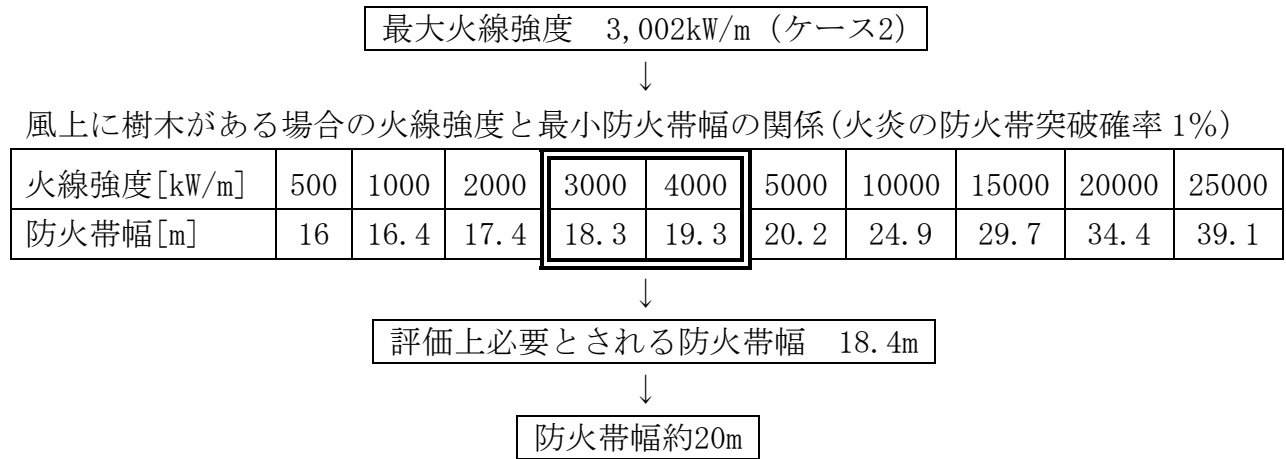
(ケース 2) 拡大図

第 2.1.3.2-1 図 火線強度分布

(2) 防火帯幅

外部火災影響評価ガイドに基づき、防火帯周辺の最大火線強度 (3,002kW/m) から「Alexander and Fogartyの手法 (風上に樹木がある場合)」を用いて、必要な

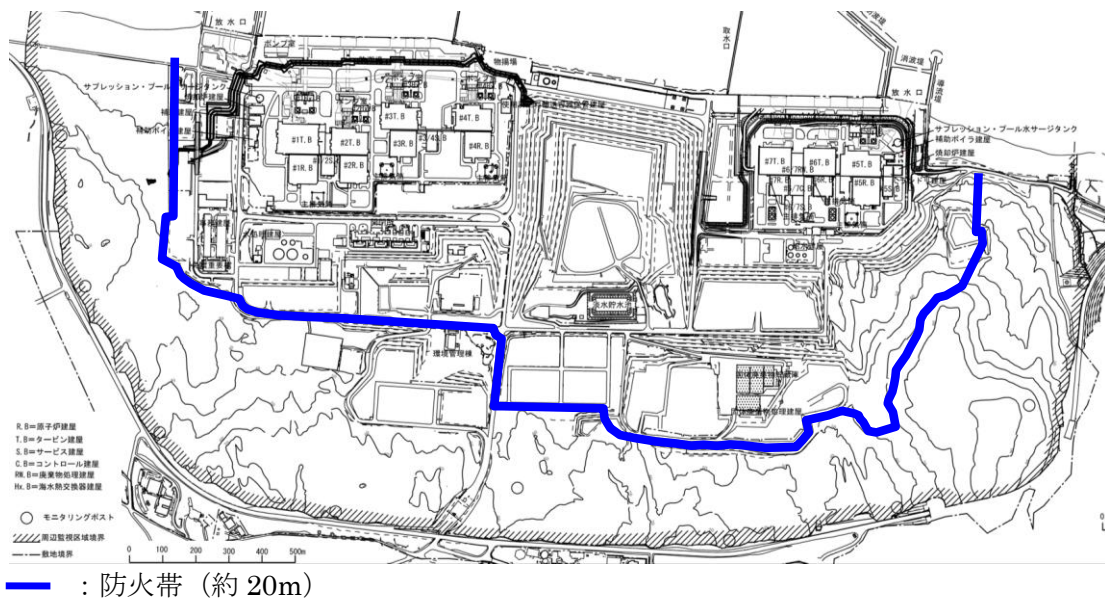
防火帯幅を算出した結果、森林部と防護対象施設間に必要な防火帯幅は18.4mとなった。これに対して、森林火災の延焼を防止するために、森林伐採を実施し、約20mの防火帯幅を確保し、延焼による防護対象施設への影響がないことを確認した。



第 2. 1. 3. 2-2 図 防火帯幅の設定

(3) 防火帯設定の考え方

- 森林火災評価結果に基づき、森林火災による防護対象施設への延焼防止対策として、防火帯（幅約20m）を設定する。
- 防火帯は、防護対象施設及び重大事故等対処設備を原則防護するように設定する。（第2.1.3.2-3図）
- 防火帯は、柏崎刈羽原子力発電所設備及び駐車場の配置状況を考慮し、干渉しないように設定する。
- 防火帯の設定に当たっては、草木を伐採する等、可燃物を排除する。その後、除草剤の散布やモルタル吹付け等を行い、草木の育成を抑制し、可燃物がない状態を維持する。



第2.1.3.2-3図 防火帯位置

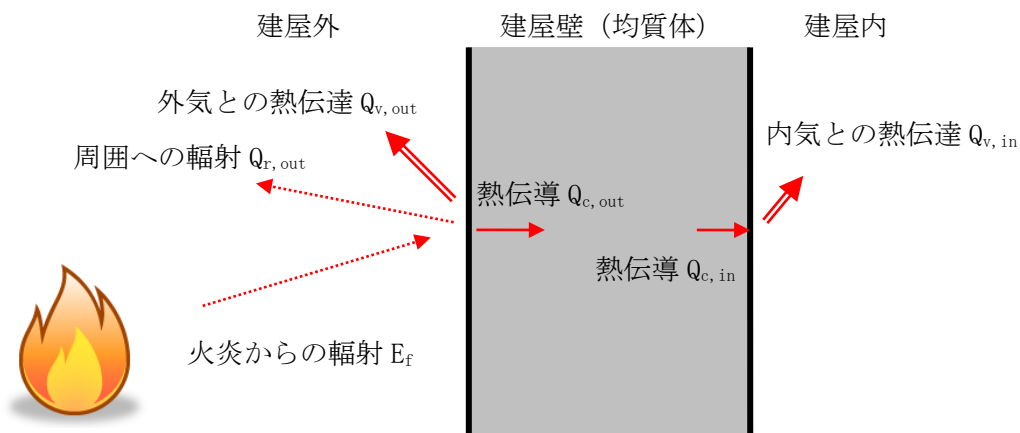
2.1.3.3 発電用原子炉施設の熱影響評価

(1) 発電用原子炉施設外壁

森林火災シミュレーション解析コード (FARSITE) の出力から得られた火炎長や到達時間等より、発電用原子炉施設外壁のコンクリート表面温度を評価する。熱影響評価の結果、原子炉建屋外壁のコンクリート表面温度は、最大でも約55℃であり、許容温度200℃ (火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度) 以下であることを確認した。

第2.1.3.3-1表 発電用原子炉施設外壁のコンクリート表面温度

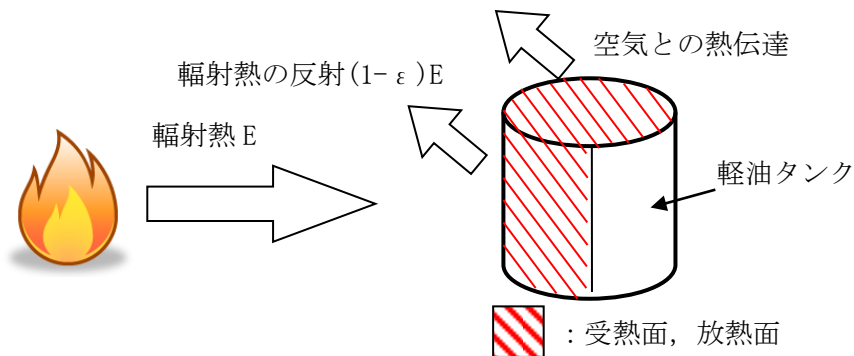
号炉	ケース1		ケース2		ケース3	
	6号炉	7号炉	6号炉	7号炉	6号炉	7号炉
温度[℃]	53	53	55	55	53	52
許容温度[℃]	200					



第2.1.3.3-1図 発電用原子炉施設外壁の熱影響評価（概念図）

(2) 軽油タンク

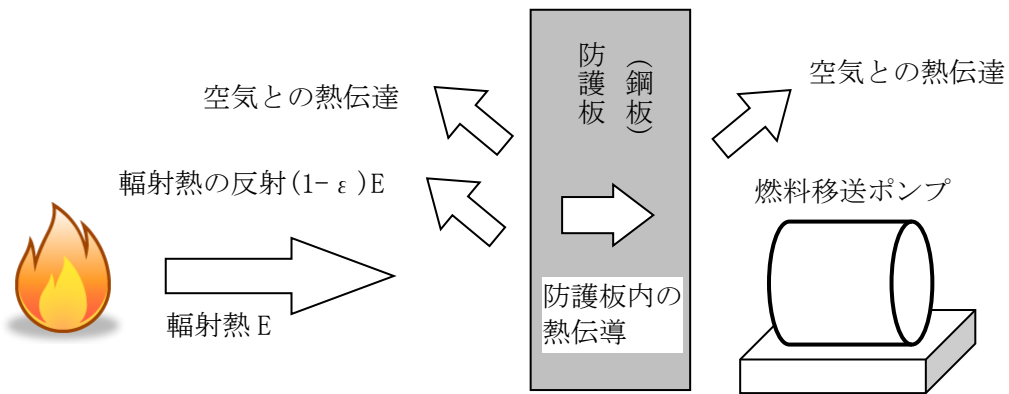
森林火災シミュレーション解析コード (FARSITE) の出力から得られた火炎長や到達時間等より、コンクリートの熱影響評価の結果最も温度上昇の大きいケース2について軽油タンクの温度を評価する。熱影響評価の結果、軽油タンク及び軽油の温度は、最大でも約39℃であり、許容温度225℃（軽油の発火点温度）以下であることを確認した。



第2.1.3.3-2図 軽油タンクの熱影響評価（概念図）

(3) 燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））

森林火災シミュレーション解析コード (FARSITE) の出力から得られた火炎長や到達時間等より、コンクリートの熱影響評価の結果最も温度上昇の大きいケース2について燃料移送ポンプの温度を評価する。熱影響評価の結果、防護板（鋼板）の温度は、最大でも約62℃（燃料移送ポンプの許容温度である端子ボックスパッキンの耐熱温度100℃以下）であることから、防護板（鋼板）の内側に設置されている燃料移送ポンプに対して熱影響はない。

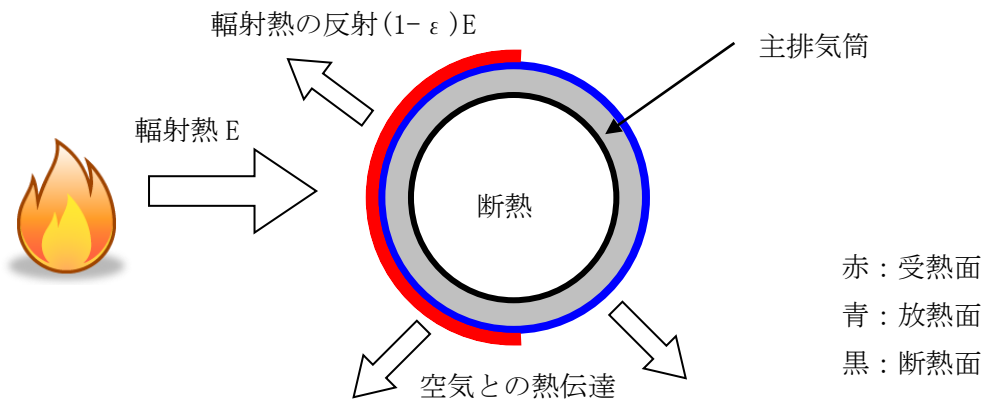


第2.1.3.3-3図 燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の熱影響評価（概念図）

(4) 主排気筒

森林火災シミュレーション解析コード（FARSITE）の出力から得られた火炎長や到達時間等より，コンクリートの熱影響評価の結果最も温度上昇の大きいケース2について主排気筒の温度を評価する。熱影響評価の結果，主排気筒の温度は，最大でも約64℃であり，許容温度325℃（「建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター」鋼材の制限温度）以下であることを確認した。

なお，主排気筒は，筒身と支持構造物で構成されており，材料の物性値が同一（軟鋼）であることから，防火帯外縁との距離が近い支持構造物の熱影響評価を実施することで筒身の熱影響評価は包絡される。



第2.1.3.3-4図 主排気筒の熱影響評価（概念図）

2.1.3.4 危険距離の評価

(1) 発電用原子炉施設外壁

想定される森林火災に対して、建屋外壁のコンクリート表面温度が許容温度200℃を超えない危険距離を算出して評価する。

危険距離評価の結果、発電用原子炉施設外壁における危険距離が一番厳しいケース2の場合でも約21mであり、防火帯外縁から発電用原子炉施設外壁までの離隔距離（約439m）が危険距離以上であることを確認した。

第2.1.3.4-1表 危険距離の評価結果

	ケース1	ケース2	ケース3
危険距離[m]	19	21	14
離隔距離[m]	439		

(2) 軽油タンク

想定される森林火災に対して、軽油タンクの温度が許容温度225℃を超えない危険距離を算出して評価する。

危険距離評価の結果、軽油タンクにおける危険距離が一番厳しいケース2の場合でも約1mであり、防火帯外縁から軽油タンクまでの離隔距離（約390m）が危険距離以上であることを確認した。

(3) 燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））

想定される森林火災に対して、燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の温度が許容温度100℃を超えない危険距離を算出して評価する。

危険距離評価の結果、燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））における危険距離が一番厳しいケース2の場合でも約90mであり、防火帯外縁から燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））までの離隔距離（約539m）が危険距離以上であることを確認した。

(4) 主排気筒

想定される森林火災に対して、主排気筒の温度が許容温度325℃を超えない危険距離を算出して評価する。

危険距離評価の結果、主排気筒における危険距離が一番厳しいケース2の場合でも約30mであり、防火帯外縁から主排気筒までの離隔距離（約494m）が危険距離以上であることを確認した。

2.2 近隣の産業施設の火災・爆発（添付資料-3, 4, 5, 6）

2.2.1 評価内容

発電所敷地外10km内に設置されている石油コンビナート、危険物施設、燃料輸送車両及び漂流船舶の火災やガス爆発が柏崎刈羽原子力発電所に隣接する地域で起こったとしても発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価する。

また、発電所敷地内における危険物タンクの火災が、発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価する。

2.2.2 評価結果

2.2.2.1 石油コンビナート等の影響評価

石油コンビナート等災害防止法で規制される新潟県内の特別防災区域は「直江津地区」「新潟西港地区」「新潟東港地区」の三カ所存在するが、これらは、それぞれ柏崎刈羽原子力発電所から約39km、約72km及び約84kmであり、いずれも柏崎刈羽原子力発電所から10km以遠である（第2.2.2.1-1図）。また、コンビナート等保安規則で規制される特定製造事業所が評価対象範囲に存在しないことを新潟県防災局に確認した。以上より、評価対象範囲内に石油コンビナート等は存在せず、発電用原子炉施設に影響を及ぼすことはない。

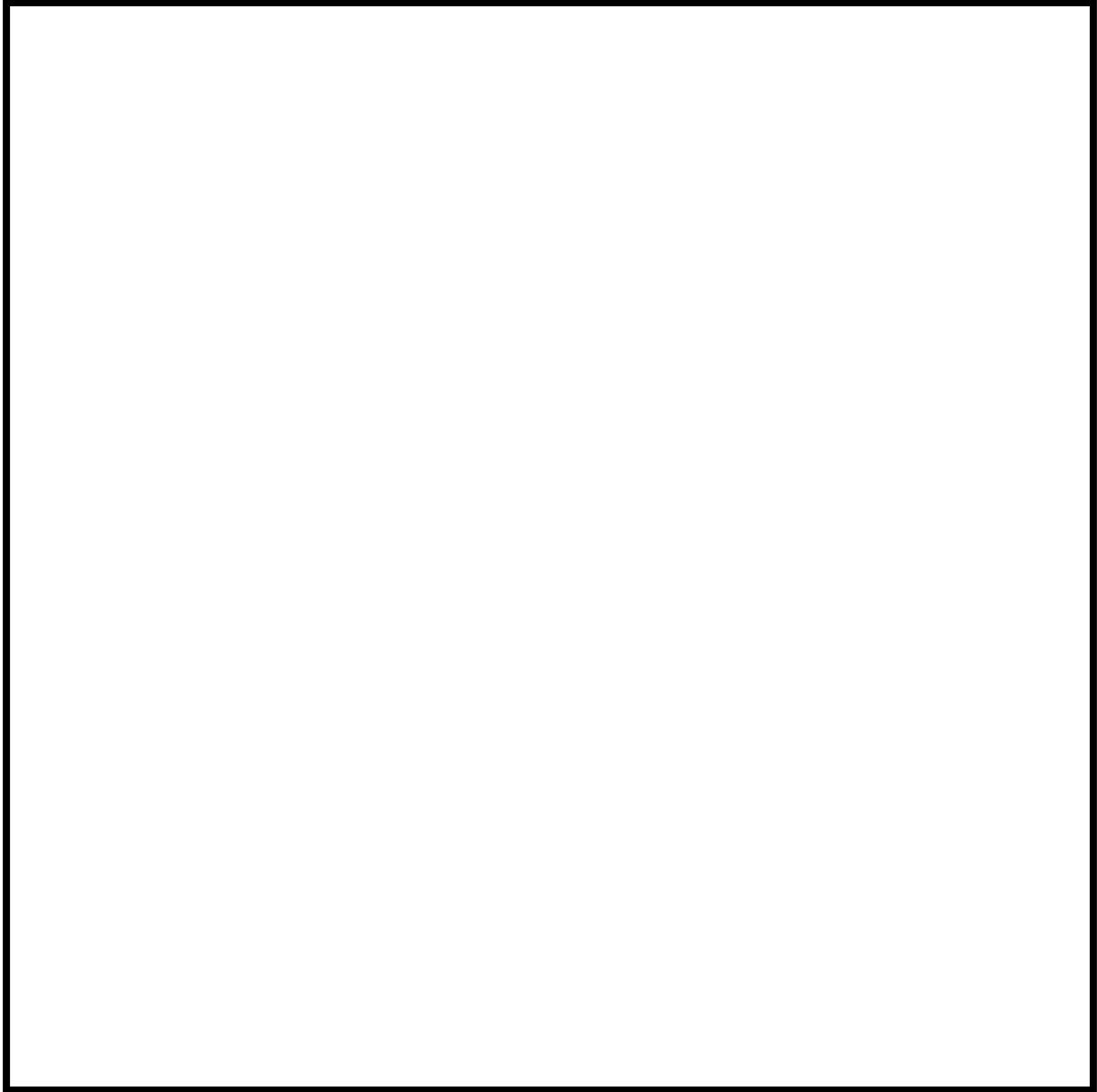


第 2.2.2.1-1 図 新潟県内の石油コンビナート等特別防災区域の位置と柏崎刈羽原子力発電所までの距離

2.2.2.2 敷地外危険物施設等の影響評価

(1) 敷地外危険物施設の影響評価

発電所敷地外の半径10kmの消防法及び高圧ガス保安法に基づき設置している施設を抽出し、最短距離の危険物施設（危険物貯蔵施設、高圧ガス貯蔵施設、ガスパイプライン）に最大貯蔵量が有ったと仮定し、影響評価を実施する。



第 2.2.2.2-1 図 柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内に位置する危険物施設



a. 火災の影響評価

発電所敷地外で燃料保有量が最も多い施設において評価を行ったところ、評価上必要とされる危険距離に対し、最短距離の危険物貯蔵施設から発電用原子炉施設までの離隔距離が危険距離以上であることを確認した。

第2.2.2.2-1表 危険物貯蔵施設における危険距離の評価結果

事業所名	種類	貯蔵量	危険距離	離隔距離
	原油		建屋：約56m 軽油タンク：約20m	約2.3km
	メチルアルコール		燃料移送ポンプ：約134m 主排気筒：約39m	

b. ガス爆発の影響評価

発電所敷地外で高圧ガス貯蔵量が最も多い施設において評価を行ったところ、評価上必要とされる危険限界距離に対し、最短距離の高圧ガス貯蔵施設から発電用原子炉施設までの離隔距離が危険限界距離以上であることを確認した。

第2.2.2.2-2表 高圧ガス貯蔵施設における危険限界距離の評価結果

事業所名	種類	貯蔵量	危険限界距離	離隔距離
	プロパン			約5km

c. 二次的影響（飛来物）の影響評価

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（平成25年3月 消防庁特殊災害室）に基づき、高圧ガス貯蔵施設における飛来物飛散距離を確認する。

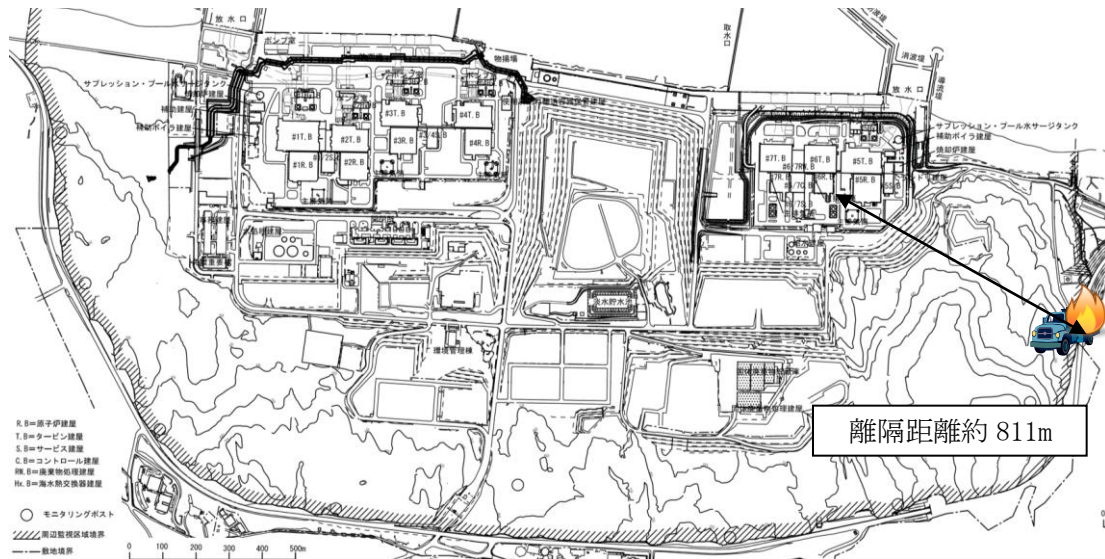
発電所敷地外で高圧ガス貯蔵量が最も多い施設において最も大きな貯蔵タンクの破損による飛散範囲の評価を行ったところ、最短距離の高圧ガス貯蔵施設から発電用原子炉施設までの離隔距離が飛来物飛散距離以上であることを確認した。

第2.2.2.2-3表 高圧ガス貯蔵施設における飛散距離の評価結果

事業所名	種類	貯蔵量	飛散距離	離隔距離
	プロパン			

(2) 燃料輸送車両の影響評価

発電所敷地外10km圏内の施設において液化石油ガス輸送車両が許可申請されていることから、最大規模の液化石油ガス輸送車両が発電所敷地周辺道路で火災・爆発を起こした場合を想定する。燃料積載量は液化石油ガス輸送車両の中で最大クラスのもの(16t)とする。火災・爆発の発生場所は、発電所敷地外の道路において、発電用原子炉施設に最も近い場所を想定する。



第 2.2.2.2-2 図 燃料輸送車両の離隔距離

a. 火災の影響評価

最大規模の燃料輸送車両において評価を行ったところ、評価上必要とされる危険距離に対し、発電所敷地境界から発電用原子炉施設までの離隔距離が危険距離以上である。

第2.2.2.2-4表 燃料輸送車両における危険距離の評価結果

種類	貯蔵量	危険距離	離隔距離
プロパン	16t	建屋：約13m 軽油タンク：約4m 燃料移送ポンプ：約26m 主排気筒：約12m	約811m

b. ガス爆発の影響評価

最大規模の燃料輸送車両において評価を行ったところ、評価上必要とされる危険限界距離に対し、発電所敷地境界から発電用原子炉施設までの離隔距離が危険限界距離以上あることを確認する。

第2.2.2.2-5表 燃料輸送車両における危険限界距離の評価結果

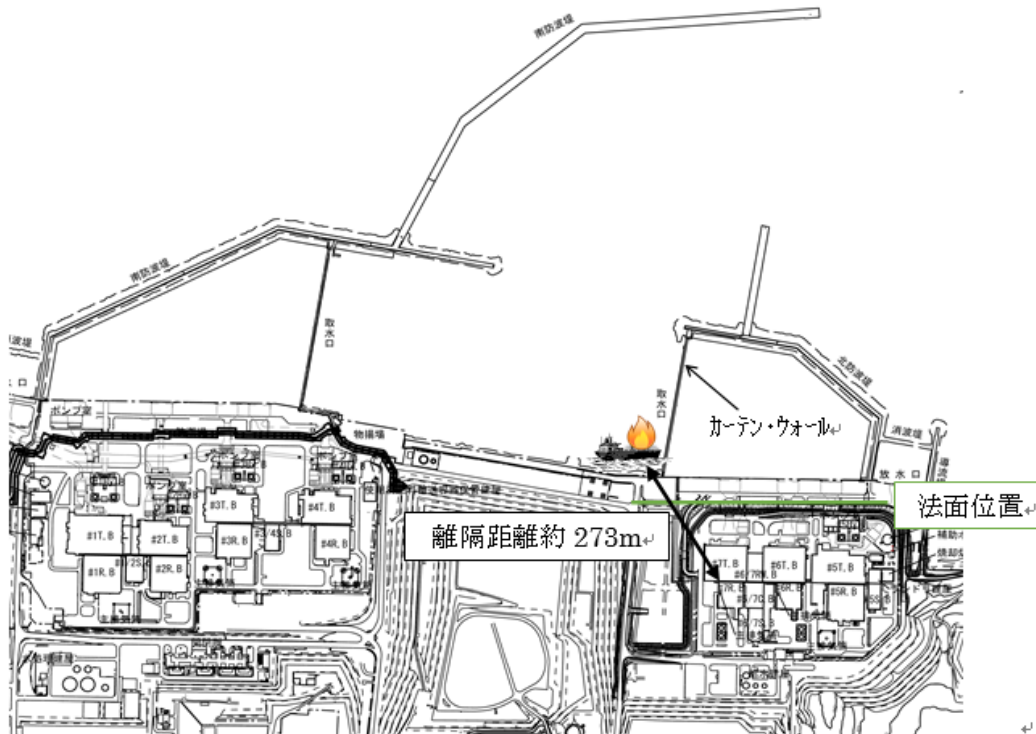
種類	貯蔵量	危険限界距離	離隔距離
プロパン	16t	約88m	約811m

c. 二次的影響（飛来物）の影響評価

燃料輸送車両からの飛来物を想定した上での評価を実施したところ、離隔距離（約811m）が最大飛散距離（約550m）を上回る結果となった。したがって、発電所周辺道路で燃料輸送車両が事故等により爆発し、なおかつその飛来物が発電用原子炉施設に衝突することはなく、影響はない。

(3) 漂流船舶の影響評価

漂流船舶は新潟県内で輸送実績が多く、発電所前面の海域に航路がある液化石油ガス輸送船舶のうち、港湾内に入港可能な大きさで実際に存在する最大の船舶（積載量1021t）を想定する。発電所港湾内において港湾内に進入できる最大規模の船舶が火災・爆発をした場合を想定し影響評価を実施する。火災・爆発の発生場所は、発電所港湾内において、発電用原子炉施設に最も近い場所を想定する。



第2.2.2.2-3図 漂流船舶の離隔距離

a. 火災の影響評価

港湾内に進入できる最大規模の漂流船舶において評価を行ったところ、評価上必要とされる危険距離に対し、港湾から発電用原子炉施設までの離隔距離が危険距離以上であることを確認した。

第2.2.2.2-6表 漂流船舶における危険距離の評価結果

種類	貯蔵量	危険距離	離隔距離
プロパン	1021t	建屋：約66m 軽油タンク：約17m 燃料移送ポンプ：約148m 主排気筒：約53m	約273m

b. ガス爆発の影響評価

港湾内に進入できる最大規模の漂流船舶において評価を行ったところ、評価上必要とされる危険限界距離に対し、港湾から発電用原子炉施設までの離隔距離が危険限界距離以上であることを確認する。

第2.2.2.2-7表 漂流船舶における危険限界距離の評価結果

種類	貯蔵量	危険限界距離	離隔距離
プロパン	1021t	約176m	約273m

c. 二次的影響（飛来物）の影響評価

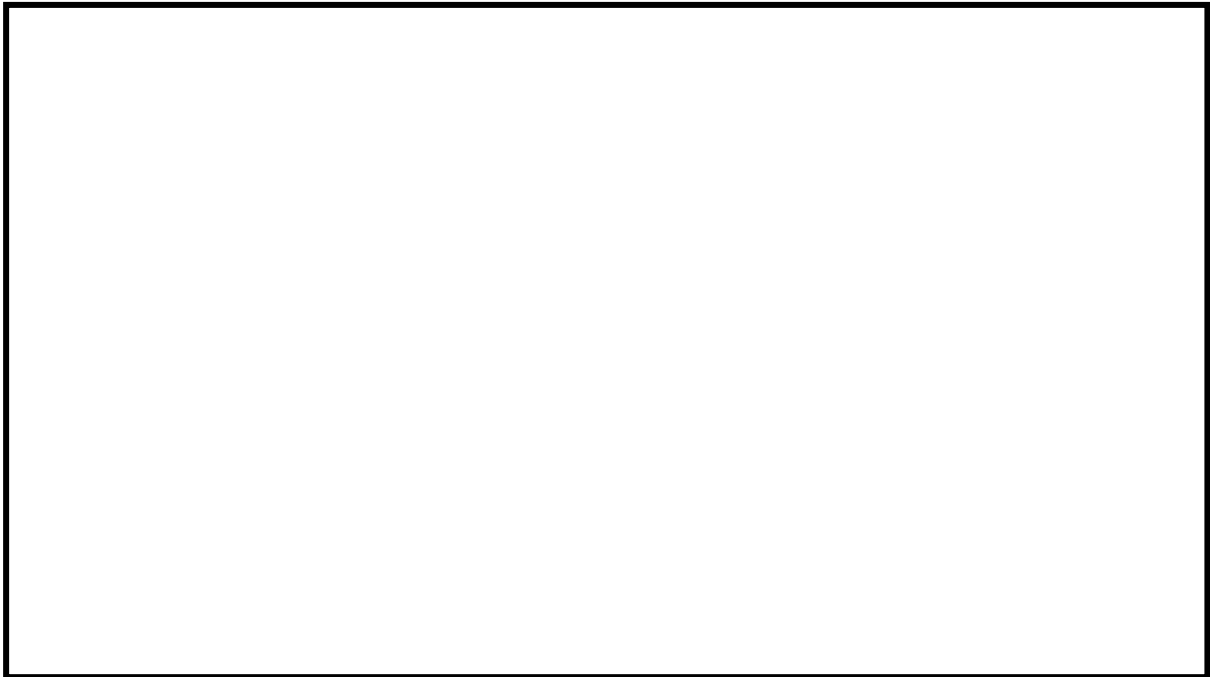
「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（平成25年3月 消防庁特殊災害室）に基づき、港湾内に進入できる最大規模の漂流船舶における飛来物飛散距離を確認したところ、離隔距離（約273m）が最大飛散距離（約1,855m）以下であるが、発電所遠方で漂流した船舶が飛散距離である1,855m以内に流れ着いた後に爆発し、なおかつその飛来物が発電用原子炉施設に衝突する可能性は非常に低いことから、想定した漂流船舶の飛来物の柏崎刈羽原子力発電所への影響はない。

2.2.2.3 敷地内危険物タンク等の影響評価

(1) 軽油タンクの火災影響評価

発電所敷地内に位置している屋外の危険物タンクの火災を想定し、建屋外壁の熱影響評価等を実施する。

熱影響評価を実施する危険物施設は、各号炉の軽油タンクとする。なお、敷地内の危険物施設のうち、直接輻射熱を受けない建屋内に設置している設備及び地下貯蔵タンク等については評価対象外とする。



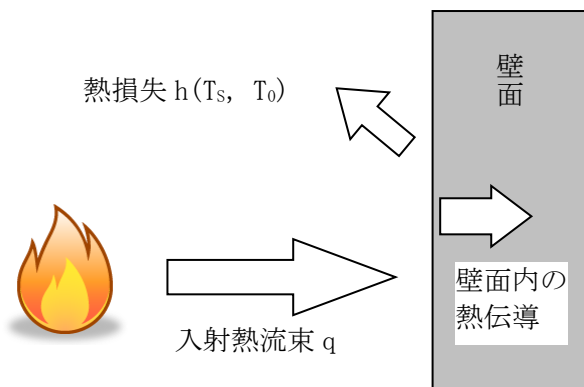
第2.2.2.3-1図 危険物タンク等配置図（危険物タンク及び危険物保存庫）

a. 建屋外壁の熱影響評価

各号炉の軽油タンクについて、火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で原子炉建屋外壁が昇温されるものとして、コンクリートの表面の温度上昇を評価した結果、建屋外壁の表面の温度は約119℃となり、許容温度200℃（火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度）を下回ることを確認した。

第2.2.2.3-1表 原子炉建屋外壁の温度評価結果

想定火災	燃料量	建屋までの距離	評価結果 (建屋外壁表面温度)
軽油タンク	565kl	46m	119℃

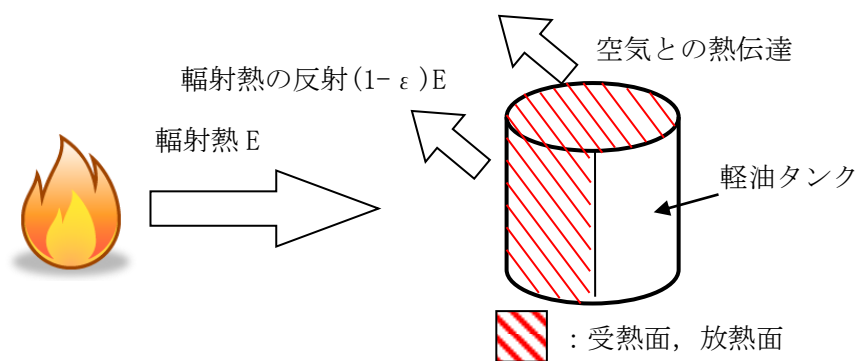


第2.2.2.3-2図 建屋温度評価体系図

b. 屋外の評価対象施設への熱影響評価

(a) 軽油タンク

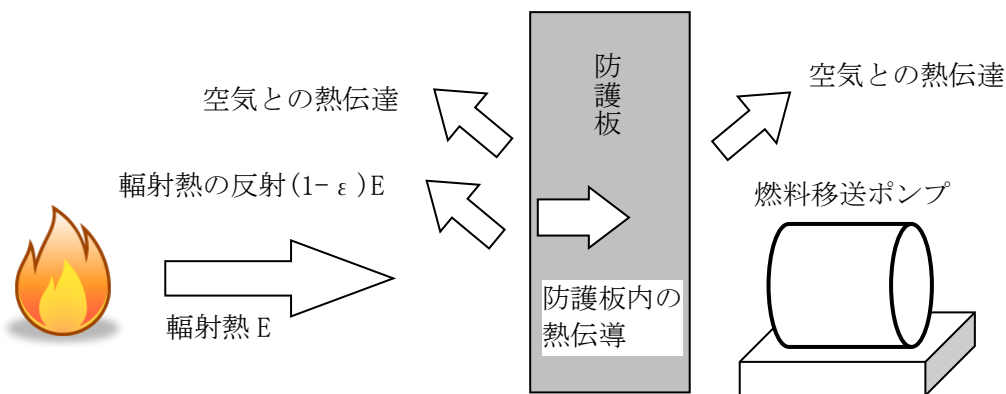
隣接軽油タンクについて温度上昇を評価した結果、軽油の温度は約178℃となり、軽油の発火点225℃を下回ることを確認した。



第2.2.2.3-3図 軽油タンク温度評価体系図

(b) 燃料移送ポンプ

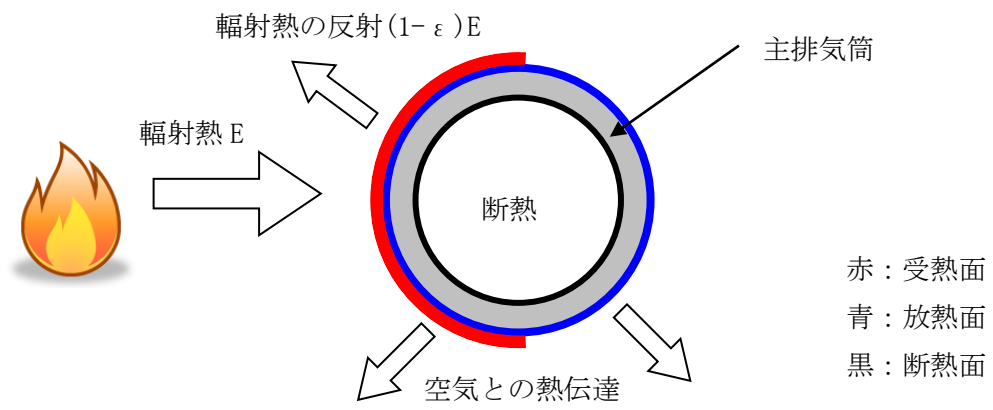
燃料移送ポンプ（エリア）について温度上昇を評価した結果、燃料移送ポンプ（エリア）の温度は約41℃となり、燃料移送ポンプ端子ボックスパッキンの耐熱温度100℃を下回ることを確認した。



第2.2.2.3-4図 燃料移送ポンプ温度評価体系図

(c) 主排気筒

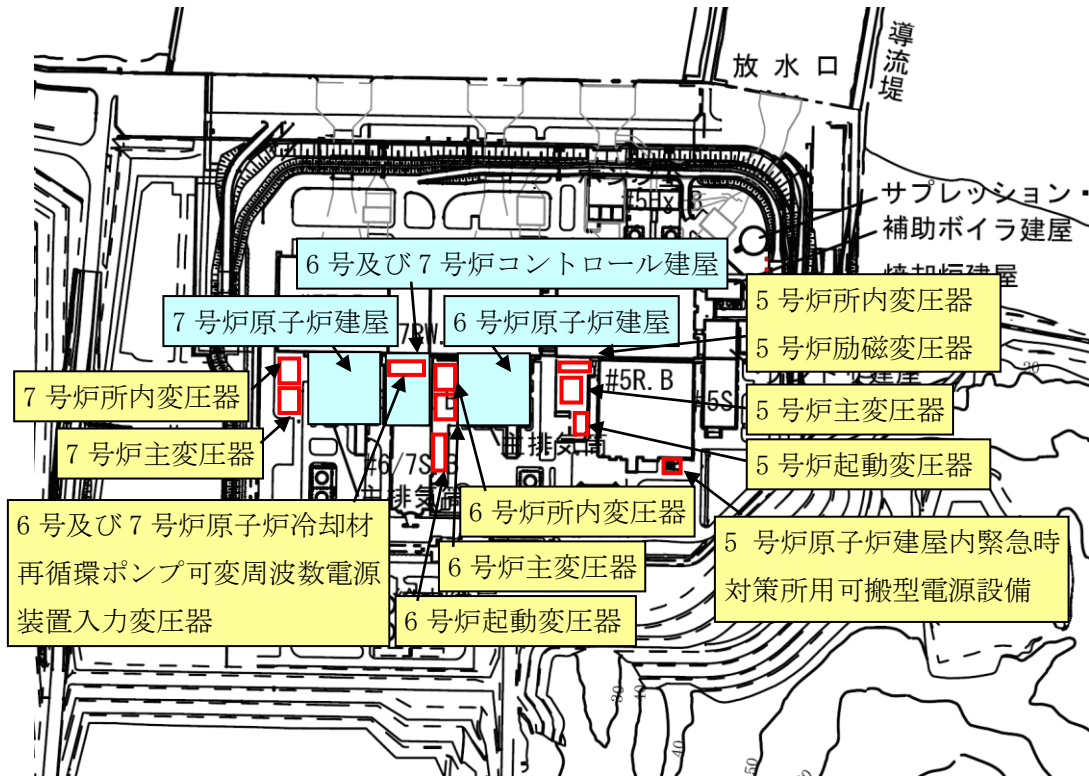
主排気筒について温度上昇を評価した結果、主排気筒の温度は約83℃となり、主排気筒鋼材の許容温度325℃を下回ることを確認した。



第2.2.2.3-5図 主排気筒温度評価体系図

(2) 変圧器の火災影響評価

発電所敷地内の変圧器の火災を想定し、建屋外壁の熱影響評価等を実施する。熱影響評価を実施する変圧器は、各号炉の主変圧器とする。



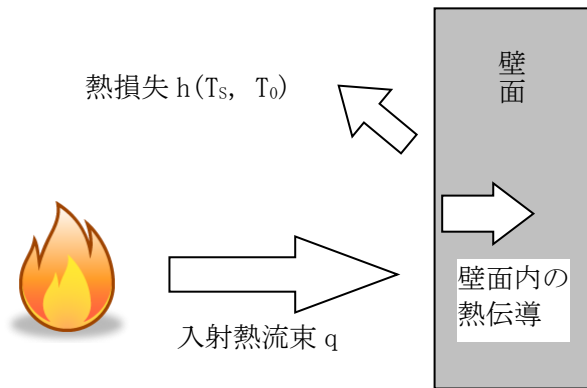
第2.2.2.3-6図 変圧器の位置

a. 建屋外壁の熱影響評価

各号炉の主変圧器について、火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度でコントロール建屋外壁が昇温されるものとして、コンクリートの表面の温度上昇を評価した結果、建屋外壁の表面の温度は約184℃となり、許容温度200℃（火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度）を下回ることを確認した。

第2.2.2.3-2表 コントロール建屋外壁の温度評価結果

想定火災	燃料量	建屋までの距離	評価結果 (建屋外壁表面温度)
主変圧器	200k1	13m	184℃

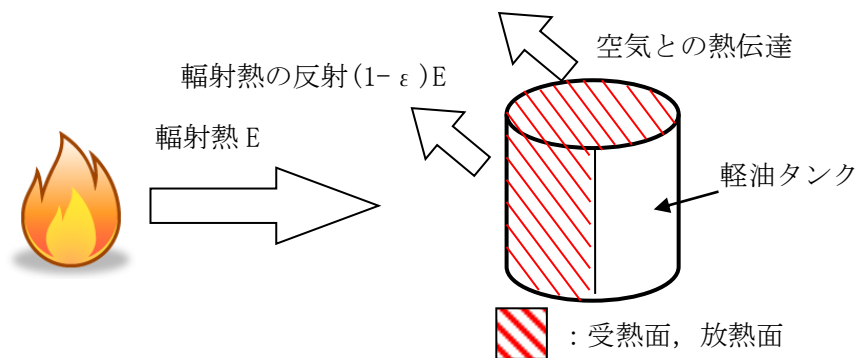


第2.2.2.3-7図 建屋温度評価体系図

b. 屋外の評価対象施設への熱影響評価

(a) 軽油タンク

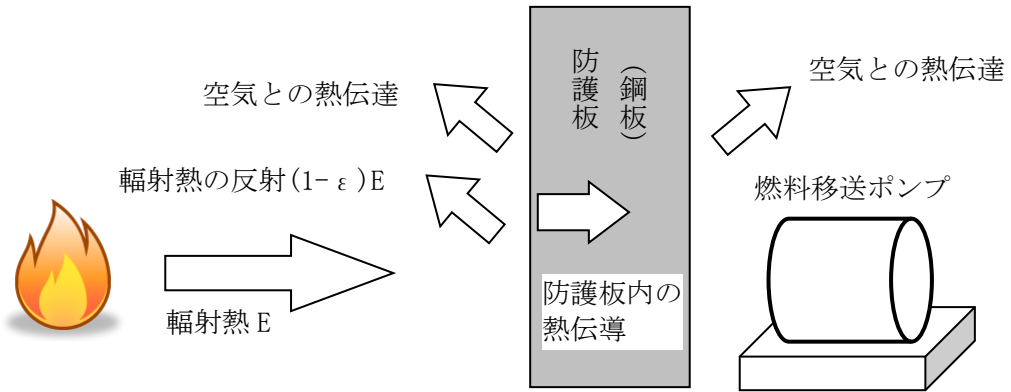
軽油タンクについて温度上昇を評価した結果，軽油の温度は約42℃となり，軽油の発火点225℃を下回ることを確認した。



第2.2.2.3-8図 軽油タンク温度評価体系図

(b) 燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））

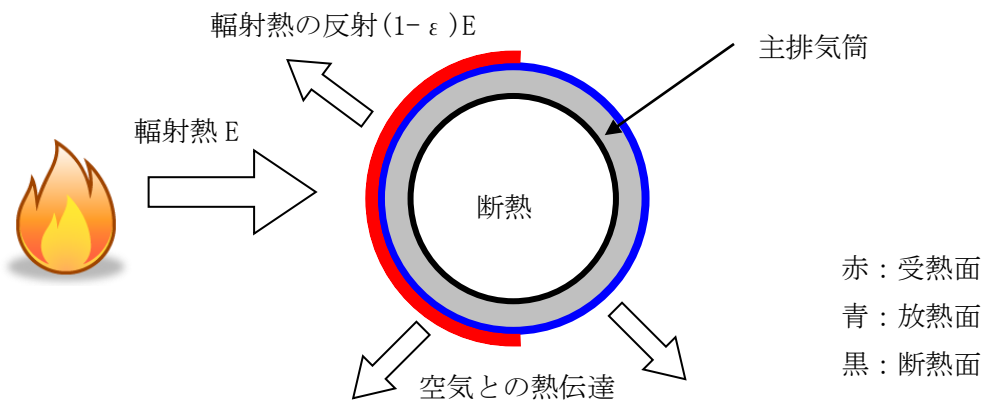
燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））について温度上昇を評価した結果，燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の温度は約71℃となり，燃料移送ポンプ端子ボックスパッキンの耐熱温度100℃以下であることから，防護板（鋼板）の内側に設置されている燃料移送ポンプに対して熱影響はない。



第2.2.2.3-9図 燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））温度評価体系図

(c) 主排気筒

主排気筒について温度上昇を評価した結果，主排気筒の温度は約132℃となり，主排気筒鋼材の許容温度325℃を下回ることを確認した。

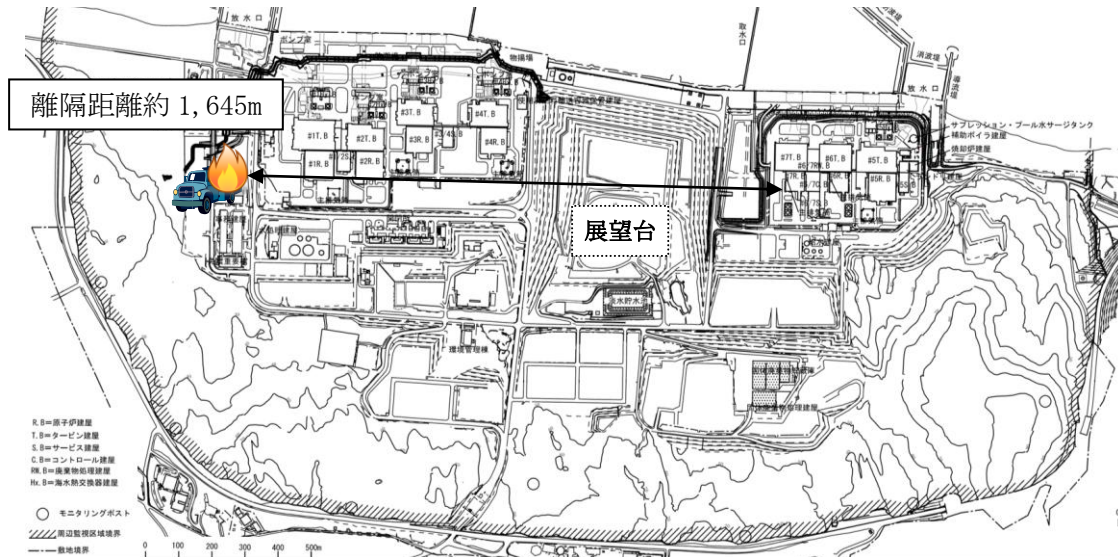


第2.2.2.3-10図 主排気筒温度評価体系図

(3) 水素トレーラーの火災影響評価

1号炉へ水素を供給する水素トレーラーは、1号炉の運転中以外であれば、発電所敷地内に配備されることはないが、発電所敷地内の水素トレーラーの火災を想定し、発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価する。

水素トレーラーの火災では、展望台等により、6号及び7号炉の発電用原子炉施設は輻射熱を受けないことから爆発による影響評価のみとする。



第2.2.2.3-11図 水素トレーラーの離隔距離

ガス爆発による影響を評価した結果、評価上必要とされる危険限界距離に対し、水素トレーラーから発電用原子炉施設までの離隔距離が危険限界距離以上あることを確認した。

第2.2.2.3-3表 水素トレーラーにおける危険限界距離の評価結果

種類	積載量	危険限界距離	離隔距離
水素	13,987m ³	約85m	約1,645m

2.3 航空機墜落による火災(添付資料-7)

2.3.1 評価内容

発電所敷地への航空機の墜落で発生する火災に対して、より一層の安全性向上の観点から、その火災が柏崎刈羽原子力発電所の敷地内で起こったとしても発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを確認する。

2.3.2 評価結果

2.3.2.1 評価方法

航空機墜落確率評価では、評価手法及び対象航空機の大きさの違いを考慮して落下確率を求めている。対象航空機の燃料積載量に火災の影響は大きく依存することから、大型航空機と小型航空機に分類し、また、民間航空機と自衛隊航空機又は米軍航空機（以下「軍用航空機」という。）に分類し以下のカテゴリごとに火災影響を評価する。

- ・大型民間航空機
- ・小型民間航空機
- ・大型軍用航空機
- ・小型軍用航空機

航空機の落下確率が 10^{-7} [回/炉・年]に相当する面積より、航空機落下確率評価で標的面積として考慮している発電用原子炉施設からの離隔距離(落下地点)を求め、そこで発生する火災による発電用原子炉施設の表面温度を評価し、許容温度を超えないことを確認する。

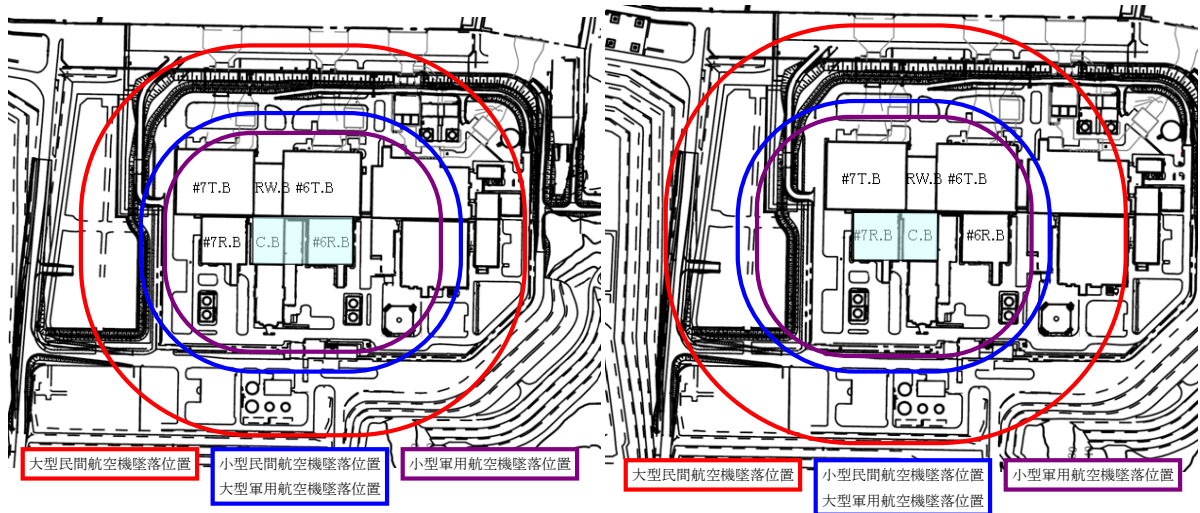
2.3.2.2 離隔距離の算出

防護対象となる発電用原子炉施設（原子炉建屋及びコントロール建屋）を考慮し、落下確率 10^{-7} [回/炉・年]に相当する面積より、カテゴリごとの離隔距離を算出する。

第2.3.2.2-1表 航空機カテゴリ別の離隔距離

カテゴリ	対象航空機	離隔距離[m]	輻射発散度[W/m ²]	輻射強度[W/m ²]
大型民間航空機	B747-400	218	50.0×10^3	351.4
小型民間航空機	Do228-200	134	50.0×10^3	—※
大型軍用航空機	KC-767	133	58.0×10^3	500.9
小型軍用航空機	AH-1S	109	58.0×10^3	34.7

※：小型民間航空機は大型軍用航空機と比べ輻射発散度が小さく、燃料タンク面積も小さく、離隔距離も離れていることから大型軍用航空機の評価に包絡される。

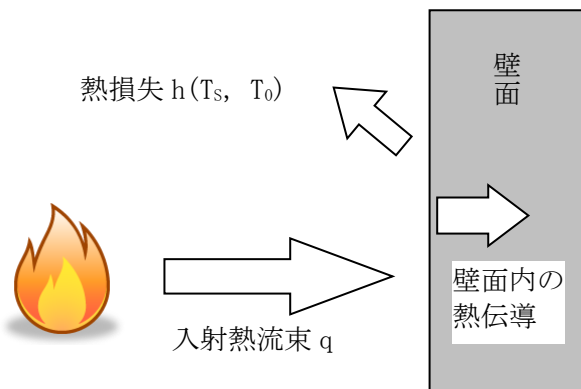


第2.3.2.2-1図 各航空機の落下位置（左：6号炉，右：7号炉）

2.3.2.3 火災影響評価結果

(1) 建屋外壁面温度評価

航空機落下により柏崎刈羽原子力発電所の敷地内で火災が発生した場合を想定したとしても、発電用原子炉施設外壁の温度が許容温度 200°C （火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度）を超えないことを確認した。



第2.3.2.3-1図 建屋温度評価体系図

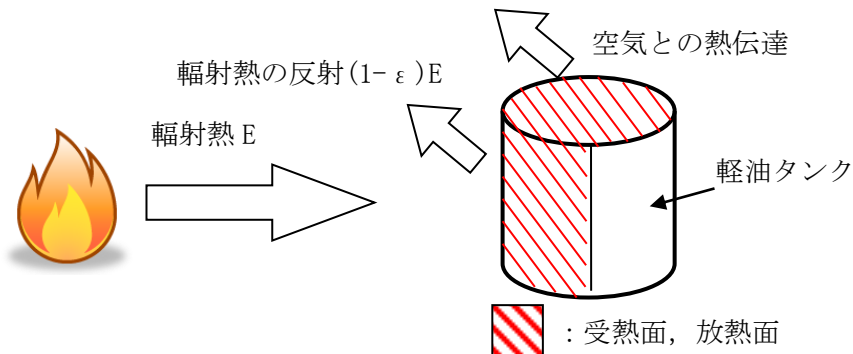
第2.3.2.3-1表 航空機墜落による火災時の原子炉建屋外壁温度評価結果

カテゴリ	燃料タンク 投影面積 $[\text{m}^2]$	輻射強度 $[\text{W}/\text{m}^2]$	燃料継続時 間 $[\text{h}]$	評価温度 $[\text{C}^{\circ}]$	許容温度 $[\text{C}^{\circ}]$
大型民間航空機	605	351.4	1.49	56	200
小型民間航空機	大型軍用航空機の評価に包絡される				
大型軍用航空機	280	500.9	2.14	60	200
小型軍用航空機	12	34.7	0.34	51	200

(2) 屋外の評価対象施設への熱影響評価

(a) 軽油タンク

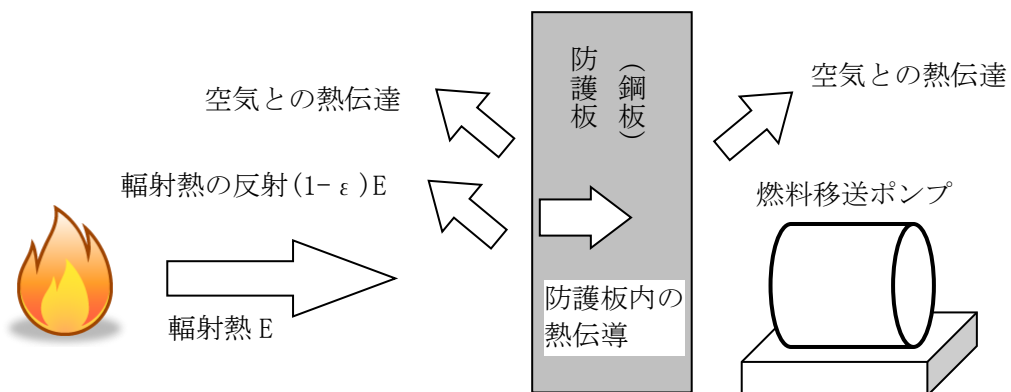
軽油タンクについて温度上昇を評価した結果、外壁面の温度評価で最も厳しい大型軍用航空機の場合において、軽油の発火点 225°C に至る輻射強度($107\text{kW}/\text{m}^2$)より航空機燃料の輻射発散度($58\text{kW}/\text{m}^2$)が低いことから軽油が発火しないことを確認した。



第 2.3.2.3-2 図 軽油タンク温度評価体系図

(b) 燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））

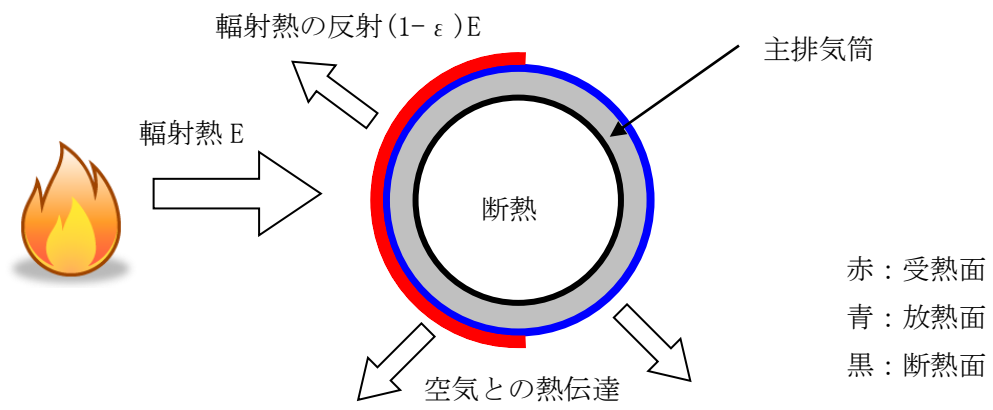
燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））について温度上昇を評価した結果、燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の温度は約 87°C となり、燃料移送ポンプ端子ボックスパッキンの耐熱温度 100°C 以下であることから、防護板（鋼板）の内側に設置されている燃料移送ポンプに対して熱影響はない。



第 2.3.2.3-3 図 燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））温度評価体系図

(c) 主排気筒

主排気筒について温度上昇を評価した結果、主排気筒の温度は約 62°C となり、主排気筒鋼材の許容温度 325°C を下回ることを確認した。



第 2.3.2.3-4 図 主排気筒温度評価体系図

(3) 航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳について

a. 重畳する危険物タンクの選定

(2)に記載のとおり、航空機落下位置より内側にある軽油タンクが発火することはないため、航空機墜落による火災との重畳火災を考慮する危険物タンクは、航空機落下位置より外側の危険物タンクとする。

6号炉では、航空機落下確率が 10^{-7} [回/炉・年]以上となる範囲にある危険物タンクは5号炉の軽油タンクとなる（第2.3.2.3-5図）。7号炉では、航空機落下確率が 10^{-7} [回/炉・年]以上となる範囲にある危険物タンクは5号及び6号炉の軽油タンクとなる（第2.3.2.3-6図）。

(a) 6号炉の影響評価対象

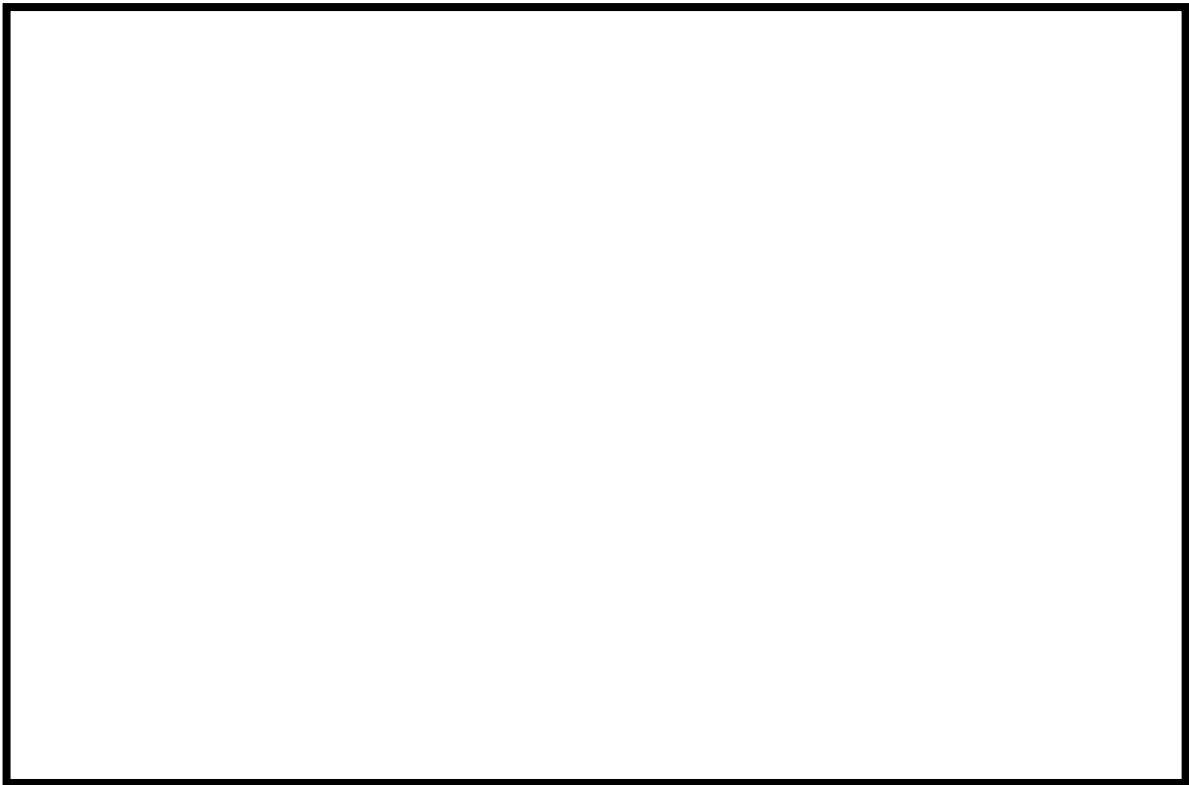
6号炉に対する影響評価を考えると、5号炉軽油タンクは海側に設置されており、小型軍用航空機、小型民間航空機及び大型軍用航空機が5号炉軽油タンク位置に落下したとしても、6号炉の原子炉建屋及びコントロール建屋への輻射熱はタービン建屋により遮蔽されるため影響はない。ただし、6号炉タービン建屋1階の非常用電気品室は、5号炉軽油タンクの熱影響を受ける位置にあることから、燃料積載量・燃料タンク投影面積が大きい大型軍用航空機(KC-767)が5号炉軽油タンク周辺に落下し、5号炉軽油タンク2台火災と航空機墜落による火災が重畳した場合の熱影響評価を実施する。なお、航空機落下位置は、航空機墜落による火災の影響が最も厳しくなるよう落下確率が 10^{-7} [回/炉・年]となる位置とする。

(b) 7号炉の影響評価対象

7号炉に対する影響評価を考えると、5号炉軽油タンクは海側に設置されており、大型民間航空機が5号炉軽油タンクに落下したとしても、7号炉の原子炉建屋、コントロール建屋及びタービン建屋1階の非常用電気品室は6号炉タービン建屋により輻射熱が遮られることから影響はない。6号炉軽油タンクは山側に設置されていることから、小型軍用航空機(AH-1S)が6号炉軽油タンク周辺に落下し、6号炉軽油タンク2台火災と航空機墜落による火災が重畳した場合の熱影響評価を実施する。なお、航空機落下位置は、航空機墜落火災の影響が最も厳しくなるよう落下確率が 10^{-7} [回/炉・年]となる位置とする。



第 2.3.2.3-5 図 航空機落下位置と危険物タンク火災の重畳を考慮する位置(6号炉)



第 2.3.2.3-6 図 航空機落下位置と危険物タンク火災の重畳を考慮する位置(7号炉)

b. 熱影響評価結果

6号炉タービン建屋1階の非常用電気品室及び7号炉コントロール建屋の熱影響評価を実施する。航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳が発生した場合を想定したとしても、発電用原子炉施設外壁の温度が許容温度200℃（火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度）を超えないことを確認した。

第2.3.2.3-2表 航空機墜落火災時のタービン建屋外壁温度評価結果

6号炉タービン建屋 1F 非常用電気品室評価	
項目	危険物タンクと大型軍用航空機（KC-767）の重畳
コンクリート表面温度[℃]	102
許容温度[℃]	200

第2.3.2.3-3表 航空機墜落火災時のコントロール建屋外壁温度評価結果

7号炉コントロール建屋評価	
項目	危険物タンクと小型軍用航空機（AH-1S）の重畳
コンクリート表面温度[℃]	78
許容温度[℃]	200

2.4 二次的影響の評価(添付資料-8)

2.4.1 評価内容

森林火災、近隣の産業施設の火災・爆発及び航空機墜落による火災において発生するばい煙等に対して、影響が想定される機器、施設について評価を実施する。

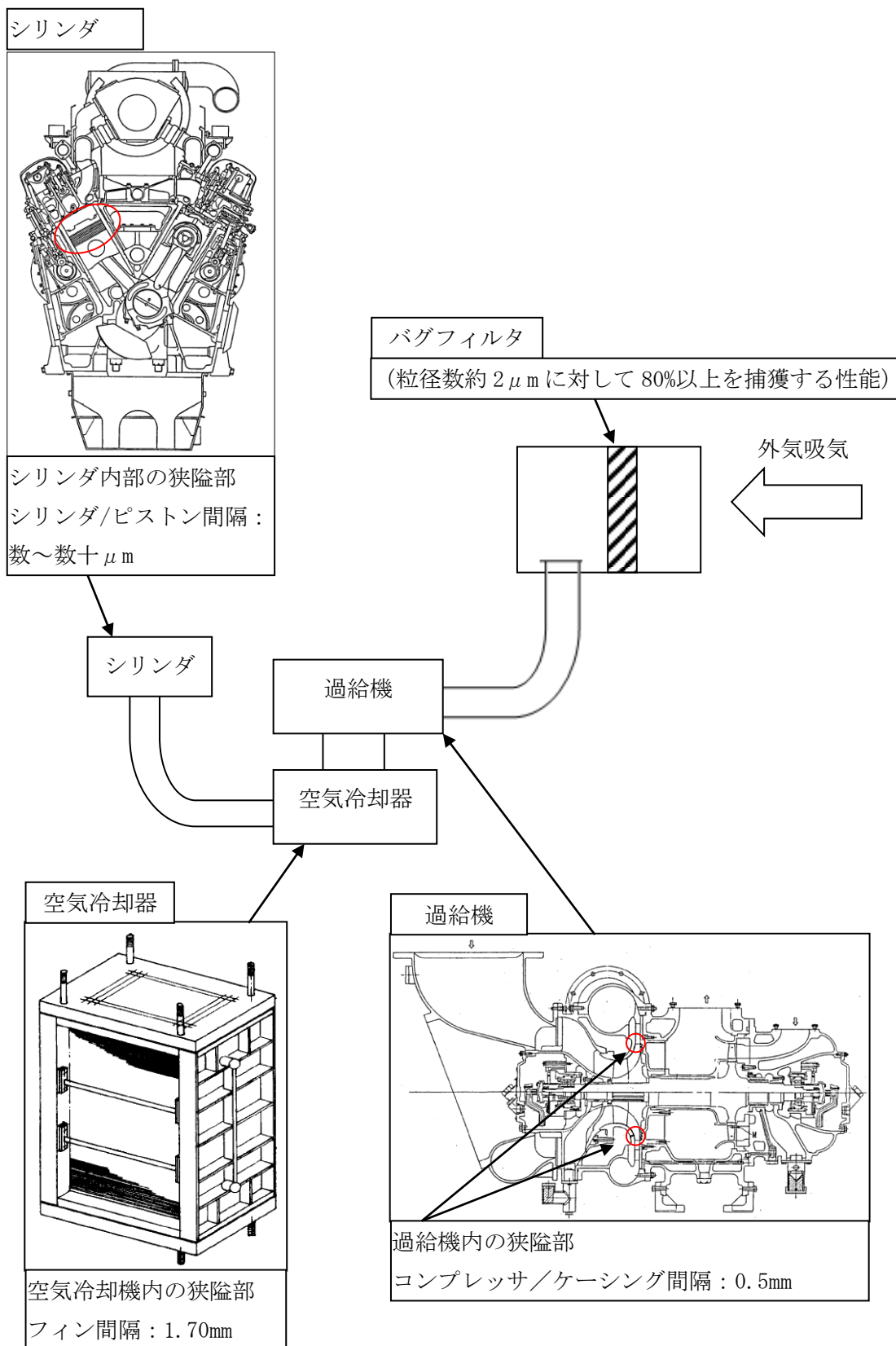
2.4.2 評価結果

ばい煙等による評価対象施設に対する影響及び居住性に影響を及ぼさないことを以下のとおり確認する。

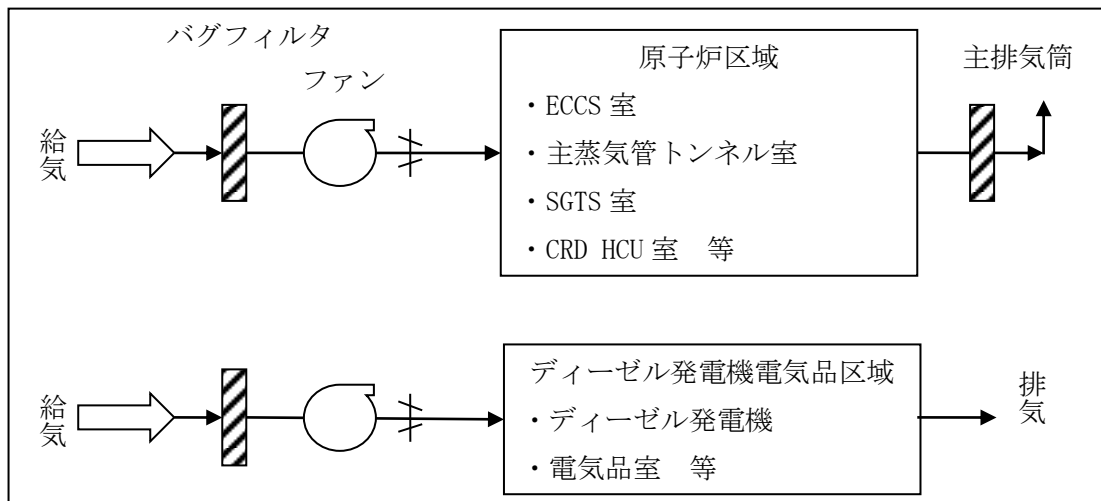
第2.4.2-1表 評価対象施設に対する影響評価結果

分類	対象設備	評価結果
機器への影響	外気を直接設備内に取り込む機器	<ul style="list-style-type: none"> ・当該設備の運転時において、ばい煙を機関内に吸い込むおそれがあるが、シリンダまでの通気経路の間隔よりばい煙の粒径が小さいため、通気経路が閉塞することはない。 (第2.4.2-1図) ・通常運転においても燃料油（軽油）の燃焼に伴うばい煙が発生していることから、機関に損傷を与えることや運転機能を阻害することはない。
	外気を取り込む空調系統	<ul style="list-style-type: none"> ・外気取り入れ運転を行っている換気空調系は、外気取入口にはバグフィルタ（粒径約2μmに対して80%以上を捕獲する性能）を設置しているため、一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止又は換気空調系停止や循環運転により、建屋内へのばい煙の侵入を阻止することが可能である。 (第2.4.2-2(a)(b)(c)図)
	屋外設置機器	<ul style="list-style-type: none"> ・電動機本体は、ばい煙が侵入しない密閉構造であり機能への影響はない。 (第2.4.2-3図)
	屋外部に開口部を有する設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ばい煙が配管等の内部に侵入した場合においても、その動作時には侵入したばい煙は吹き出されることから、その機能に影響はない。 (第2.4.2-4図)
居住性への影響	中央制御室	<ul style="list-style-type: none"> ・外気取入ダンパを閉止し閉回路循環運転により、酸素濃度及び炭酸ガス濃度を考慮しても長時間室内へのばい煙等の侵入を阻止することが可能である。 (第2.4.2-5(a)(b)図，第2.4.2-2表) ・外気取入口での有毒ガス濃度が判定基準(IDLH[*])以下であることから、中央制御室の居住性に影響はない。

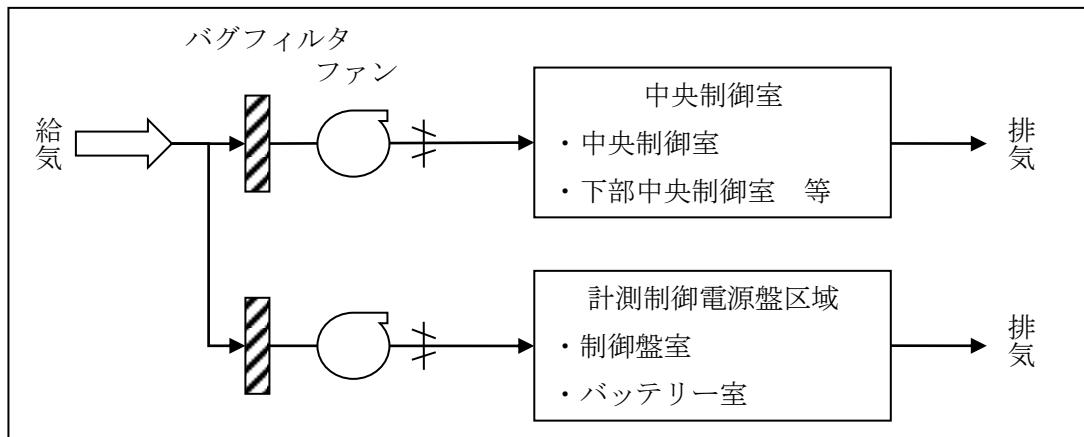
※：30分暴露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値



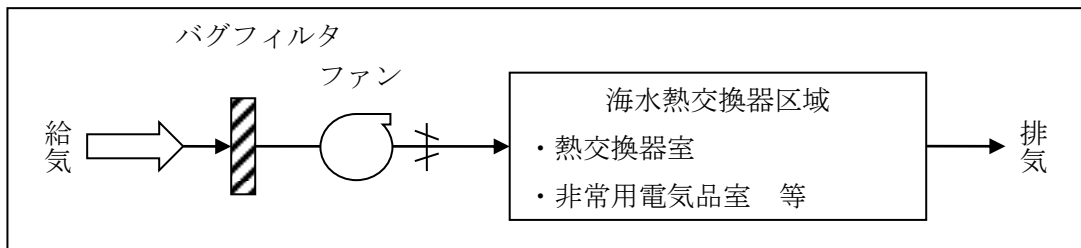
第 2.4.2-1 図 非常用ディーゼル発電機関



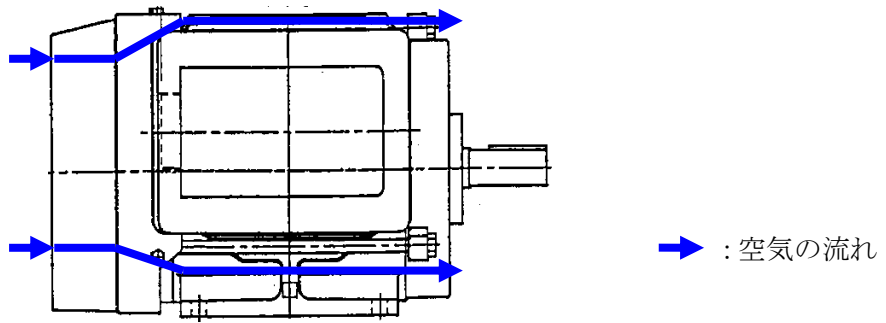
第 2.4.2-2(a) 図 原子炉建屋換気空調系



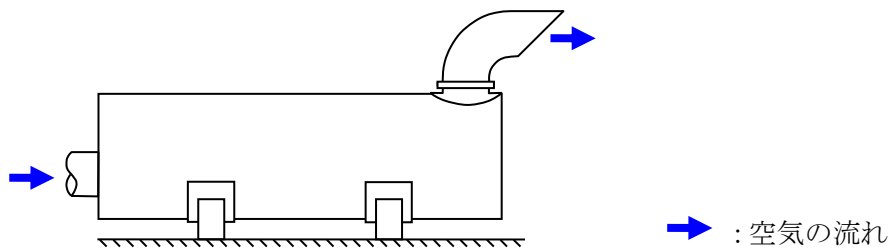
第 2.4.2-2(b) 図 コントロール建屋換気空調系



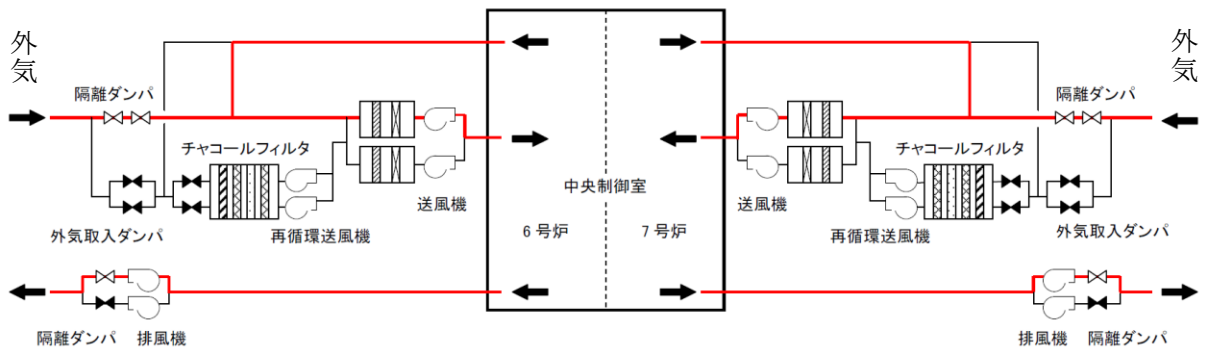
第 2.4.2-2(c) 図 タービン建屋換気空調系



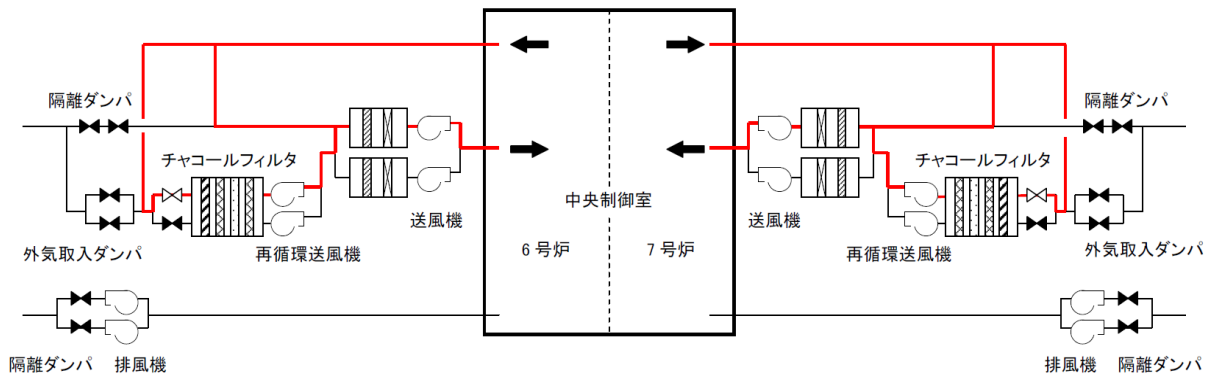
第 2.4.2-3 図 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ電動機外形図



第 2.4.2-4 図 非常用ディーゼル発電機排気口外形図



第 2.4.2-5(a) 図 通常モードの状態 (中央制御室)



第 2.4.2-5(b) 図 非常時モードの状態 (中央制御室)

第 2.4.2-2 表 外気遮断時の中央制御室の酸素・二酸化炭素濃度

時間	6 時間	12 時間	24 時間	許容濃度
二酸化炭素濃度 [%]	0.07	0.11	0.18	0.5
酸素濃度 [%]	20.8	20.8	20.7	18

以上

外部火災影響評価対象の考え方について

1. 外部火災影響評価対象の考え方

原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「設置許可基準規則」という。）」第6条及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第7条において、外部からの衝撃による損傷の防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）又は人為事象（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならないとされている。

このため、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド（以下「評価ガイド」という。）」に基づき、外部火災影響評価を行い、外部火災により、発電用原子炉施設へ影響を与えないこと及び二次的影響に対する適切な防護対策が施されていることを評価する。

外部火災の影響を受けた場合、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な設計上の要求事項を喪失し、安全性の確保が困難となるおそれがあることから、防護対象は「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」において安全機能を有するクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。今回、防護対象とした構築物、系統及び機器については、外部火災発生時には、原則防火帯の内側で防護し、対象施設周辺の消火活動等により影響を及ぼさないよう防護する。

(1) 外部事象防護対象施設

外部火災によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設のうち、外部事象防護対象施設は、外部事象に対し必要な構築物、系統及び機器（発電用原子炉を停止するため、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能、又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器、並びに、使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能、又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器としてクラス1、クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器）に加え、それらを内包する建屋とする。

その上で、消火活動等の防護手段を期待しない条件のもと、火元からの離隔で防護するため、想定される外部火災に対して熱影響評価、ばい煙等による影響評価を実施する。（第4-2表）

(2) その他の安全施設

その他の安全施設は、原則防火帯により防護し、建屋内の設備は建屋による防護、屋外設備は代替手段等で安全機能に影響がないことを確認する。屋外に設置してあり代替手段がない設備（主排気筒）については、個別に熱影響評価を実施

する。(第 4-3 表)

なお、防火帯による防護ができない設備は、送電線、通信線、モニタリングポスト及び気象観測装置となるが、これらが機能喪失した場合であっても、防火帯の内側で防護する非常用ディーゼル発電機、無線連絡設備、可搬型モニタリングポスト及び可搬型気象観測装置により安全機能は維持される。

(3) 重大事故等対処設備

設計基準事象に対して耐性を確保する必要があるのは設計基準対象施設であり、重大事故等対処施設ではないが、設計基準を超える事象が発生した場合に使用する重大事故等対処施設が、その前段の設計基準事象の自然現象によって機能喪失することは回避するべきであることから、原則防火帯の内側に配置し外部火災の熱影響を回避する。(第 4-4 表)

防火帯による防護ができない設備として、モニタリングポスト、気象観測装置があるが、これらが機能喪失した場合であっても、防火帯の内側で防護する可搬型モニタリングポスト、可搬型気象観測装置により安全機能は維持される。

なお、外部火災に対する重大事故等対処設備の設計方針は、設置許可基準規則第 43 条(重大事故等対処設備)にて考慮する。

2. 影響評価内容

(1) 熱影響評価について

外部事象防護対象施設のうち、外部火災の影響を受ける評価対象施設については、評価ガイドに基づき、建屋の外側(コンクリート、鋼、扉、貫通部で形成される障壁)の熱影響に対する耐性評価を実施する。選定フロー(第 3-1 図)に基づき抽出する施設のうち、屋内設置の外部事象防護対象施設については、内包する建屋により防護するとし、評価対象施設として抽出された建屋側面のコンクリート壁の温度評価を実施し、建屋内の外部事象防護対象施設に影響を及ぼさないことを確認する。また、屋外の評価対象施設については、各機器について熱影響評価を実施する。(第 3-1 表)

(2) 二次的影響評価

外部火災の二次的影響を受ける評価対象施設については、ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響評価として、非常用ディーゼル発電機等について影響評価を実施する。

選定フロー(第 3-2 図)に基づき、ばい煙等による影響評価の評価対象施設を抽出し、評価を実施する。

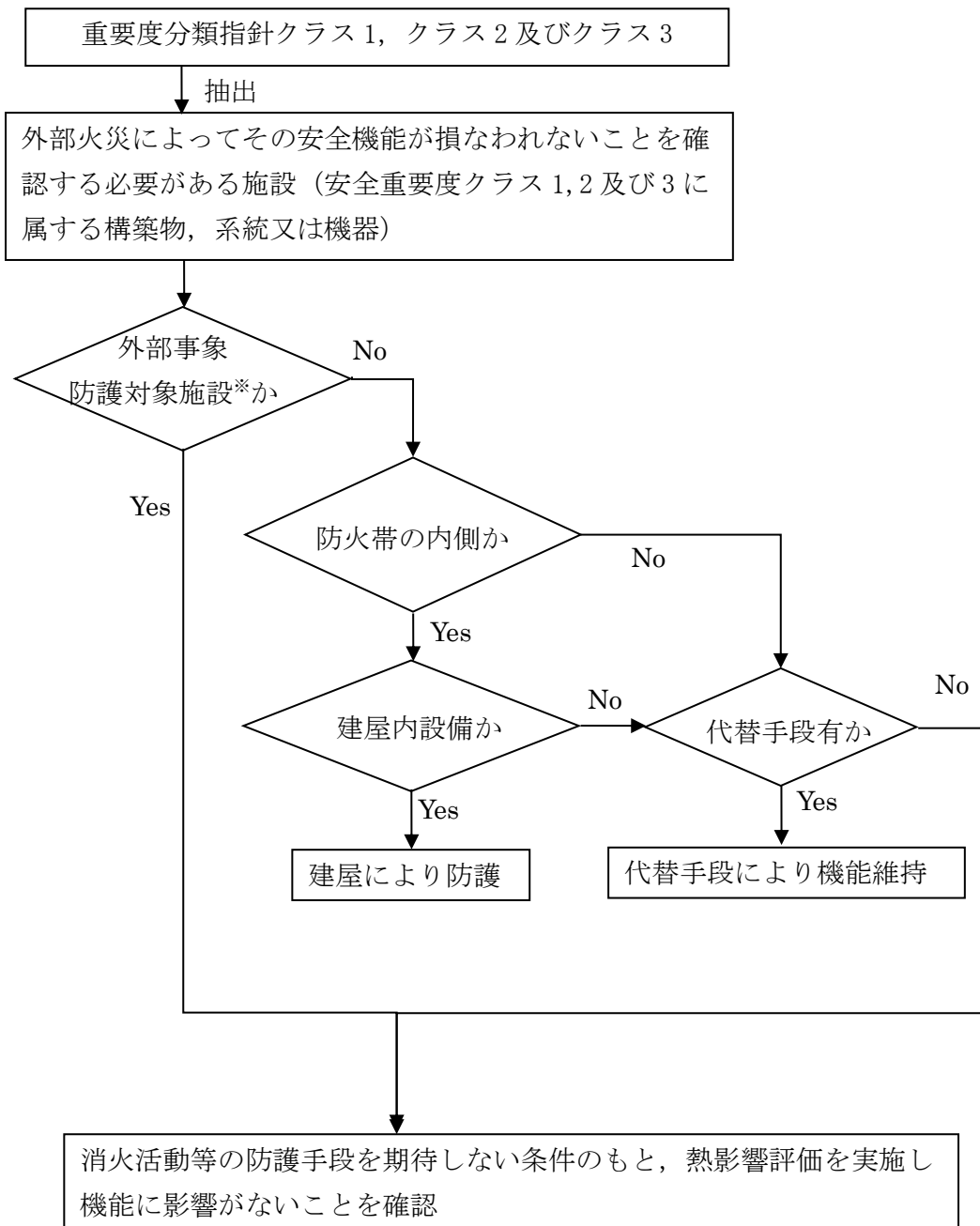
- a. 屋外設備で外気を内部に取り込む設備(対象なし)
- b. 屋外設備で開口部のある設備

- ・ 非常用ディーゼル発電機排気口
- c. 屋内設備で外気を直接取り込む設備
 - ・ 換気空調系（原子炉建屋，ディーゼル発電機電気品区域，中央制御室，コントロール建屋計測制御電源盤区域，海水熱交換器区域）
 - ・ 非常用ディーゼル発電機

また，外部火災発生時のばい煙等による居住性評価の観点から，中央制御室の影響評価を実施し，煙や埃に対して脆弱な設備として安全保護系について影響評価を実施する。

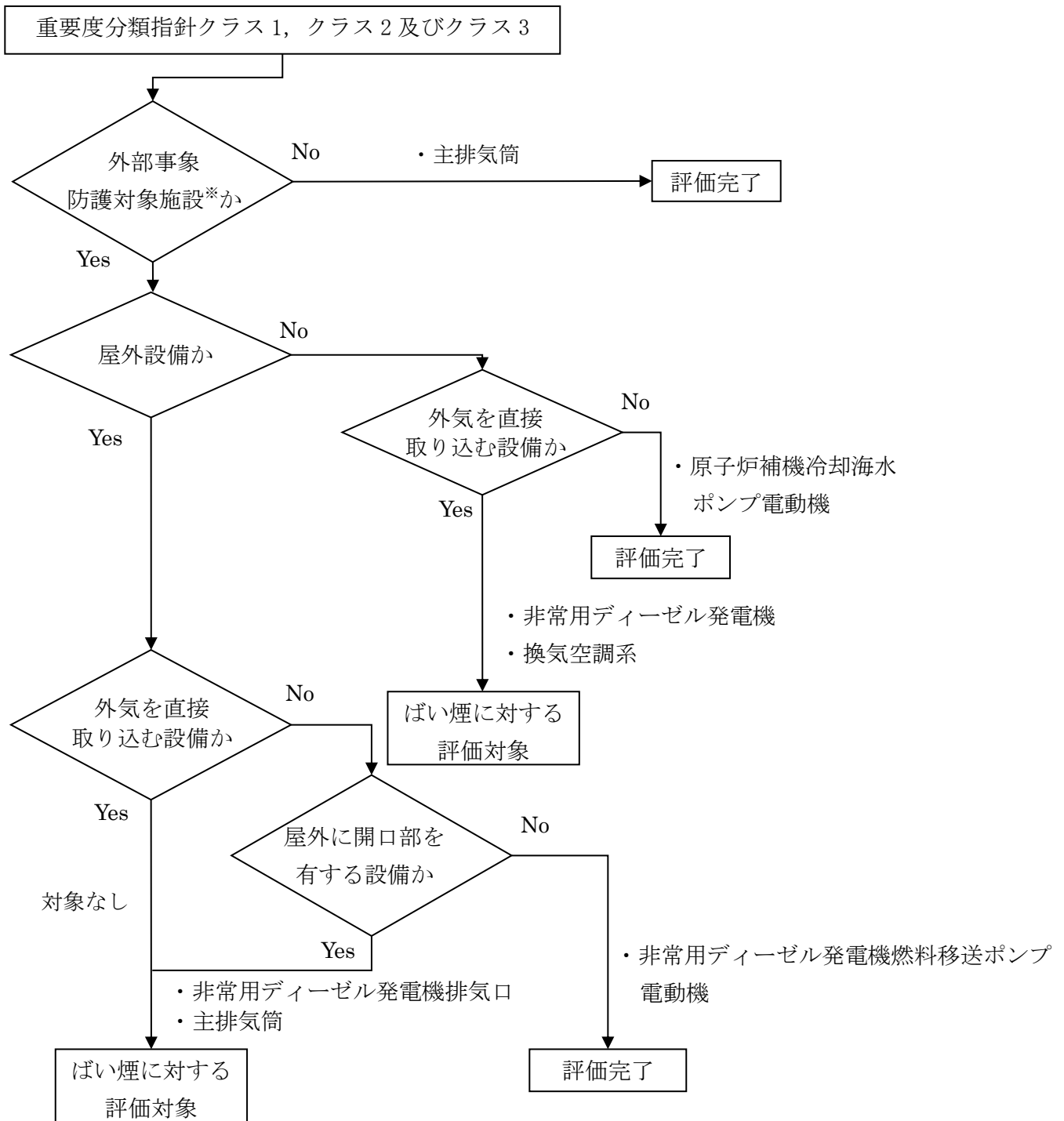
3. 重大事故等対処設備に対する考慮

第3-6図の外部火災に対する重大事故等対処設備への評価フローに基づき，外部火災に対し，必要な安全機能を維持できることを確認する。



※：外部事象に対し必要な構築物，系統及び機器又はそれを内包する建屋

第 3-1 図 熱影響評価を実施する施設の選定フロー図



※：外部事象に対し必要な構築物，系統及び機器又はそれを内包する建屋

第 3-2 図 ばい煙に対する影響評価を実施する施設の選定フロー図

第 3-1 表 防護対象及び防護方法

防護対象		防護方法	評価対象施設等 ^{※1}
外部事象防護対象施設	外部事象に対し必要な構築物、系統及び機器を内包する建屋	防火帯の内側に設置消火活動による防護手段を期待しない条件のもと、火元からの離隔距離で防護（熱影響評価を実施）	原子炉建屋 コントロール建屋 タービン建屋 ^{※2} 廃棄物処理建屋 ^{※3}
	外部事象に対し必要な構築物、系統及び機器に属する屋外施設		軽油タンク 燃料移送ポンプ
その他の安全施設		防火帯の内側に原則設置 屋内設備は、建屋による防護。 屋外設備は、代替手段等で安全機能に影響がないことを確認。	主排気筒 ^{※4} 固体廃棄物処理建屋 開閉所 モニタリングポストほか
重大事故等対処設備			電源車、消防車 格納容器圧力逃がし装置ほか

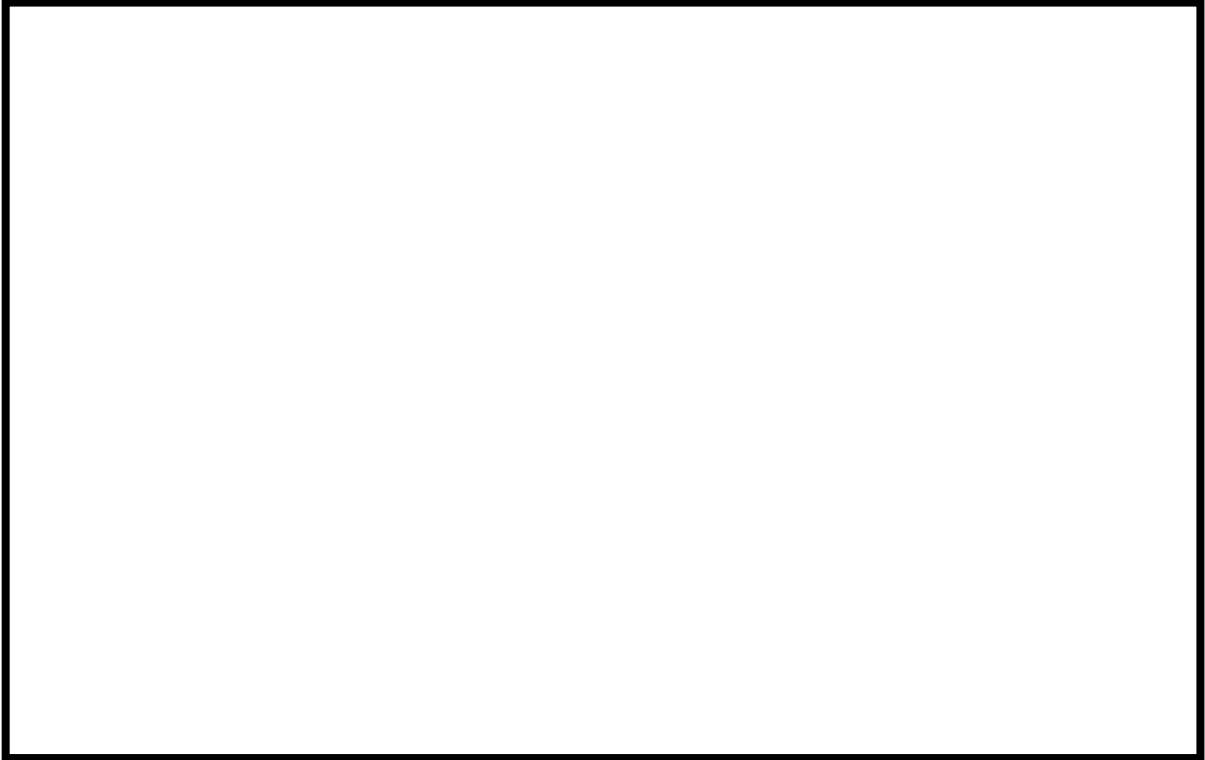
※1：破線内は評価対象施設である。

※2：タービン建屋には原子炉補機冷却水系，原子炉補機冷却海水系及び非常用電源の一部がある。原子炉補機冷却水系，原子炉補機冷却海水系は，地下階に位置することから熱影響はない。非常用電源の一部は1階に位置することから，個別に熱影響評価を実施する（第 3-3 図）。ただし，タービン建屋は海側に設置していることから，直接輻射熱が届く火災は，構内危険物タンク火災及び航空機墜落による火災となることから，それらについて熱影響評価を実施する。

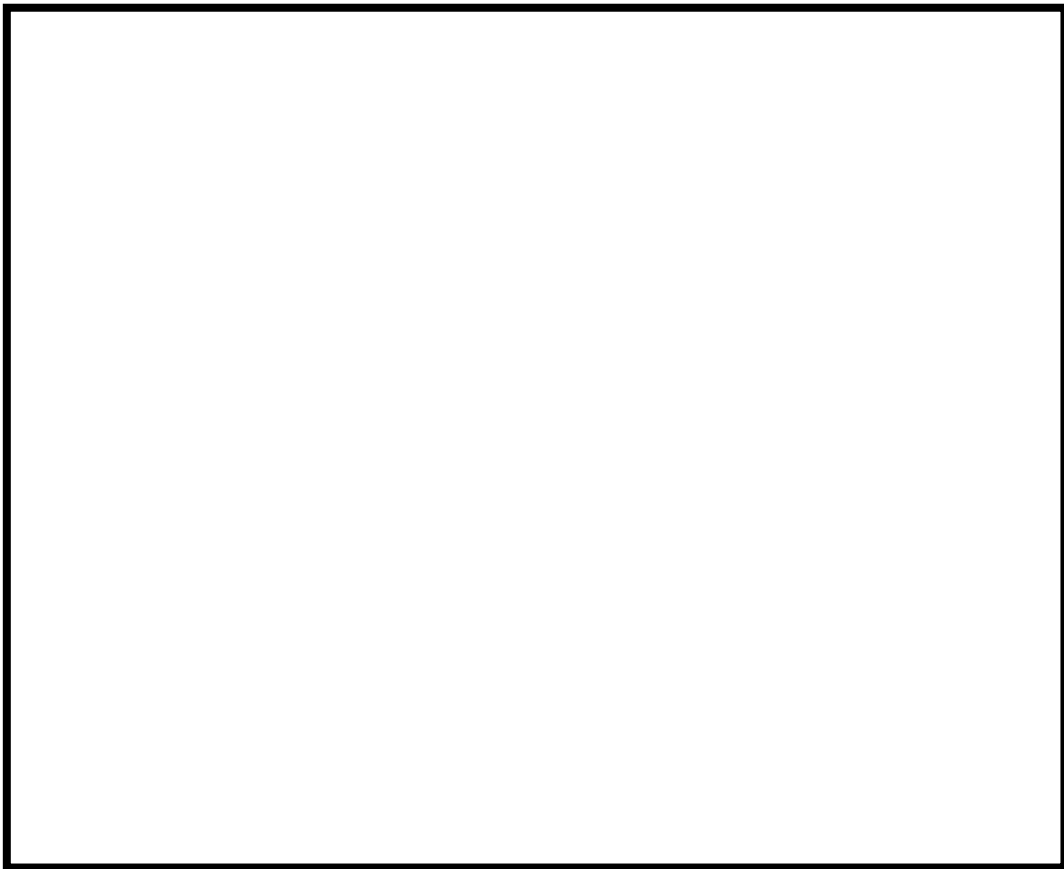
※3：廃棄物処理建屋には復水貯蔵槽がある。復水貯蔵槽の配置は第 3-4 図に示すとおり，復水貯蔵槽は地下階から1階にかけて設置されているが，屋外から2枚以上の壁を隔てた位置に設置されていることから，復水貯蔵槽への外部火災の影響はないが，直接輻射熱が届く航空機墜落による火災について熱影響評価を実施する。

※4：主排気筒は，防火帯の内側にあるが，屋外設置で代替手段がないことから，個別に熱影響評価を実施する。

防護上の観点又は機密に係わる事項を含むため、公開できません



第 3-3 図 6 号及び 7 号炉の建屋配置

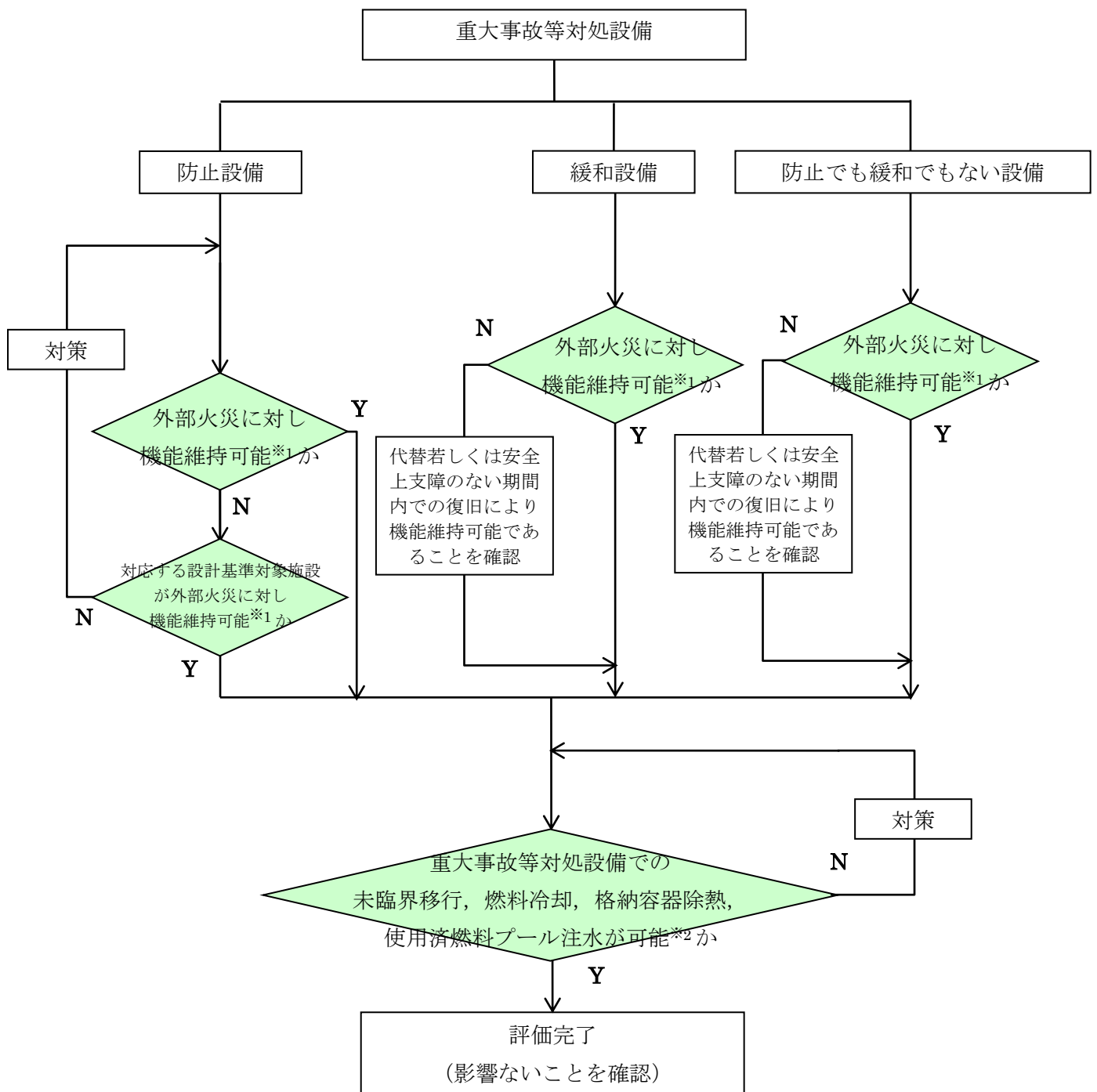


第 3-4 図 廃棄物処理建屋復水貯蔵槽の位置

防護上の観点又は機密に係わる事項を含むため、公開できません

6条-別添4(外火)-1-添付1-9

第3-5図 発電所構内全体



※1：ばい煙を取り込まない、若しくは取り込んでも機能維持可能なことを確認している。

※2：外部火災により重大事故等対処設備と設計基準対象施設が同時に損なわれることはないが、安全上支障のない期間内での復旧により機能維持可能であることを確認。

第3-6図 外部火災に対する重大事故等対処施設への評価フロー

4. 設備を防護する建屋の離隔距離

外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備を内包する各建屋について、防火帯外縁からの離隔距離を下表に示す。

この離隔距離は想定される森林火災において、評価上必要とされる危険距離（約21m）以上あることから、外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備に対して、森林火災が熱影響をおよぼすことはないとは評価できる（添付資料-2 3. 危険距離及び温度評価 参照）。

なお、防火帯に最も近く森林火災時の外壁面の温度上昇が大きい固体廃棄物処理建屋（壁厚：0.4m）については内気の温度評価を実施する。

第4-1表 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離

設備を防護する建屋	離隔距離※
6号炉 原子炉建屋	約 439m
7号炉 原子炉建屋	約 540m
6号炉 タービン建屋	約 434m
7号炉 タービン建屋	約 568m
コントロール建屋	約 504m
廃棄物処理建屋	約 532m
補助ボイラ建屋	約 264m
水処理建屋	約 195m
給水建屋	約 401m
固体廃棄物貯蔵庫	約 147m
固体廃棄物処理建屋	約 105m
5号炉 原子炉建屋	約 297m
使用済燃料輸送容器保管建屋	約 650m
焼却炉建屋	約 234m

※：防火帯外縁から建屋までの最短距離

第 4-2 表 外部事象防護対象施設 (1/3)

分類	機能	構築物, 系統又は機器※1	場所※2	影響評価
PS-1	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系	R/B	熱影響評価
	過剰反応度の印加防止機能	制御棒カップリング・制御棒駆動機構	R/B	熱影響評価
	炉心形状の維持機能	炉心支持構造物, 燃料集合体	R/B	熱影響評価
MS-1	原子炉の緊急停止機能	原子炉停止系の制御棒による系 (制御棒, 制御棒駆動系)	R/B	熱影響評価
	未臨界維持機能	原子炉停止系 (制御棒による系, ほう酸水注入系)	R/B	熱影響評価
	原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	逃がし安全弁 (安全弁としての開機能)	R/B	熱影響評価
	原子炉停止後の除熱機能	残留熱を除去する系統 (残留熱除去系 (原子炉停止時冷却モード), 原子炉隔離時冷却系, 高圧炉心注水系, 逃がし安全弁 (手動逃がし機能), 自動減圧系 (手動逃がし機能)), サプレッションプール	R/B	熱影響評価
		復水補給水系 (復水貯蔵槽)	Rw/B	熱影響評価
	炉心冷却機能	非常用炉心冷却系 (残留熱除去系 (低圧注水モード), 原子炉隔離時冷却系, 高圧炉心注水系, 自動減圧系 (逃がし安全弁)), サプレッションプール	R/B	熱影響評価
		復水補給水系 (復水貯蔵槽)	Rw/B	熱影響評価
	放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮蔽及び放出低減機能	原子炉格納容器, 原子炉格納容器隔離弁及び原子炉格納容器バウンダリ配管, 主蒸気流量制限器, 残留熱除去系 (格納容器スプレイ冷却モード)	R/B	熱影響評価
		原子炉建屋原子炉区域 (ブローアウトパネル付き)	屋外 (建屋)	熱影響評価

※1: 間接関連系は, 当該系の機能遂行に直接必要ない構築物, 系統及び機器であるため, 記載を省略した。(評価対象施設に関する物のみ記載)

※2: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-2 表 外部事象防護対象施設 (2/3)

分類	機能	構築物, 系統又は機器※1	場所※2	影響評価
MS-1	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	安全保護系	R/B, C/B	熱影響評価
	安全上特に重要な関連機能	非常用交流電源系 (発電機から非常用負荷までの配電設備及び電炉)	R/B C/B, T/B	熱影響評価
		非常用ディーゼル発電機 (屋内設備)	R/B	熱影響評価
		非常用ディーゼル発電機 (屋外設備: 消音器)	屋外	ばい煙・有毒ガスによる影響評価
		軽油タンク	屋外	熱影響評価
		非常用ディーゼル発電機燃料移送系	屋外	熱影響評価
		中央制御室及び遮蔽・中央制御室換気空調系	C/B	熱影響評価 ばい煙・有毒ガスによる影響評価
		原子炉補機冷却水系・原子炉補機冷却海水系	R/B T/B, C/B	熱影響評価
非常用直流電源系・計測制御用電源設備	R/B, C/B	熱影響評価		
PS-2	原子炉冷却材を内蔵する機能 (ただし, 原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されていないものは除く。)	原子炉冷却材浄化系 (原子炉冷却材圧力バウンダリから外れる部分), 主蒸気系	R/B	熱影響評価
		原子炉隔離時冷却系タービン蒸気供給ライン	R/B	熱影響評価
	安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	逃がし安全弁 (吹き止まり機能に関連する部分)	R/B	熱影響評価

※1: 間接関連系は, 当該系の機能遂行に直接必要ない構築物, 系統及び機器であるため, 記載を省略した。(評価対象施設に関する物のみ記載)

※2: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, R/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-2 表 外部事象防護対象施設 (3/3)

分類	機能	構築物, 系統又は機器※1	場所※2	影響評価
MS-2	安全上特に重要な関連機能の間接関連系	非常用所内電源系空調	R/B C/B, T/B	熱影響評価
	使用済燃料プール水の補給機能	残留熱除去系 (使用済燃料プール水の補給), サプレッションプール	R/B	熱影響評価
	放射性物質放出の防止機能	燃料プール冷却浄化系の燃料プール入口逆止弁	R/B	熱影響評価
		原子炉建屋原子炉区域 (ブローアウトパネル付き)	屋外 (建屋)	熱影響評価
	事故時のプラント状態の把握機能	事故時監視計器の一部 (格納容器エリアモニタ等)	C/B	熱影響評価
	制御室外からの安全停止機能	制御室外原子炉停止装置 (安全停止に関連するもの)	R/B	熱影響評価

※1: 間接関連系は, 当該系の機能遂行に直接必要ない構築物, 系統及び機器であるため, 記載を省略した。(評価対象施設に関する物のみ記載)

※2: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, R/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-3 表 その他の安全施設 (1/5)

分類	機能	構築物, 系統又は機能※1	場所※4	防護
MS-1	放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮蔽及び放出低減機能	非常用ガス処理系, 可燃性ガス濃度制御系	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		主排気筒 (非常用ガス処理系排気管の支持機能)	屋外	防火帯による防護 熱影響評価※3
		遮蔽設備 (原子炉遮蔽壁, 一時遮蔽壁)	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		遮蔽設備 (二次遮蔽壁)	屋外 (建屋)	防火帯による防護 熱影響評価※3
PS-2	原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって, 放射性物質を貯蔵する機能	使用済燃料プール (使用済燃料貯蔵ラックを含む), 新燃料貯蔵庫 (臨界を防止する機能)	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		気体廃棄物処理系 (活性炭式希ガスホールドアップ装置)	T/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	燃料を安全に取り扱う機能	燃料交換機, 原子炉建屋クレーン, 原子炉ウェル	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
MS-2	放射性物質放出の防止機能	放射性気体廃棄物処理系 (OG 系) 隔離弁	T/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		主排気筒 (非常用ガス処理系排気管の支持機能以外の部分)	屋外	防火帯による防護 熱影響評価※3
		非常用ガス処理系	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2

※1: 間接関連系は, 当該系の機能遂行に直接必要ない構築物, 系統及び機器であるため, 記載を省略した。(評価対象施設に関する物のみ記載)

※2: 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3: 代替手段が無く建屋による防護も期待できないため熱影響評価を実施

※4: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-3 表 その他の安全施設 (2/5)

分類	機能	構築物, 系統又は機能※1	場所※3	防護
PS-3	原子炉冷却材保持機能 (PS-1, PS-2 以外のもの)	原子炉冷却材圧力バウンダリから除外される計装等の小口径配管, 弁	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	原子炉冷却材の循環機能	冷却材再循環系	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	放射性物質の貯蔵機能	圧力制御室プール水排水系 (圧力制御室プール水サージタンク)	屋外	防火帯による防護 遮蔽壁による防護
		復水貯蔵槽, 液体廃棄物処理系, 固体廃棄物処理系	Rw/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		固体廃棄物貯蔵庫	屋外 (建屋)	防火帯による防護
		固体廃棄物処理建屋	屋外 (建屋)	建屋による防護※2
		焼却炉建屋	屋外 (建屋)	防火帯による防護 建屋による防護※2
		新燃料貯蔵庫, 新燃料貯蔵ラック	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	使用済燃料輸送容器保管建屋	屋外 (建屋)	防火帯による防護 建屋による防護※2	
	電源供給機能 (非常用を除く)	タービン, 発電機及び励磁装置, 復水系 (復水器を含む), 給水系, 循環水系	T/B	防火帯による防護 建屋による防護※2 安全機能は MS-1 の「安全上特に重要な関連機能」で機能維持可能
		送電線	屋外	防火帯による防護はできないが, 安全機能は MS-1 の「安全上特に重要な関連機能」で機能維持可能
		変圧器, 開閉所	屋外	防火帯による防護 安全機能は MS-1 の「安全上特に重要な関連機能」で機能維持可能

※1: 間接関連系は, 当該系の機能遂行に直接必要ない構築物, 系統及び機器であるため, 記載を省略した。(評価対象施設に関する物のみ記載)

※2: 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-3 表 その他の安全施設 (3/5)

分類	機能	構築物, 系統又は機能※1	場所※3	防護
PS-3	プラント計測・制御機能(安全保護機能を除く)	原子炉制御系(制御棒価値ミニマイザ含む), 原子炉核計装の一部, 原子炉プラントプロセス計装	C/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	プラント運転補助機能	所内ボイラ設備	補助ボイラ建屋	防火帯による防護 建屋による防護※2
		所内蒸気系及び戻り系	R/B T/B, Rw/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		計装用圧縮空気系	R/B T/B, C/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		原子炉補機冷却水系(MS-1)関連以外(配管/弁)	R/B T/B, Rw/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		タービン補機冷却水系・タービン補機冷却海水系	T/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		復水補給水系(復水貯蔵槽)	Rw/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	核分裂生成物の原子炉冷却材中の放散防止機能	燃料被覆管	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	原子炉冷却材の浄化機能	原子炉冷却材浄化系	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
復水浄化系		T/B	防火帯による防護 建屋による防護※2	

※1: 間接関連系は, 当該系の機能遂行に直接必要ない構築物, 系統及び機器であるため, 記載を省略した。(評価対象施設に関する物のみ記載)

※2: 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-3 表 その他の安全施設 (4/5)

分類	機能	構築物, 系統又は機能※1	場所※3	防護
MS-3	原子炉圧力上昇の緩和機能	逃がし安全弁 (逃がし弁機能)	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		タービンバイパス弁	T/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	出力上昇の抑制機能	冷却材再循環系流量制御系 (ポンプトリップ機能), 制御棒引抜監視装置	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	原子炉冷却材の補給機能	制御棒駆動水圧系, 原子炉隔離時冷却系	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	原子炉冷却材の再循環流量低下の緩和機能	冷却材再循環ポンプ MG セット	Rw/B	防火帯による防護 建屋による防護※2

※1: 間接関連系は, 当該系の機能遂行に直接必要ない構築物, 系統及び機器であるため, 記載を省略した。(評価対象施設に関する物のみ記載)

※2: 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-3 表 その他の安全施設 (5/5)

分類	機能	構築物, 系統又は機器※1	場所※3	防護		
MS-3	緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	5号炉原子炉建屋内緊急時対策所	R/B (5号炉)	防火帯による防護 建屋による防護※2 代替緊急時対策所により機能維持		
		試料採取系		R/B	防火帯による防護, 建屋による防護※2	
		通信連絡設備	所外通信	有線系	各建屋 (地下設備含む)	防火帯により防護できないが, 分散配置された代替設備により機能維持
					送電鉄塔	
		所内通信	有線系	各建屋 (地下設備含む)	防火帯による防護, 建屋による防護※2 屋外設備は防火帯による防護とともに代替設備及び復旧 (PHS 基地局) により機能維持	
				屋外設備		
		放射線監視設備	モニタリングポスト		屋外	防火帯による防護はできないが, 可搬型モニタリングポストで機能維持可能
			放射能観測車	可搬型 SA 設備保管場所 (可搬型重大事故等対処設備保管場所)		防火帯による防護 熱影響評価
		事故時監視計器の一部		R/B, T/B, C/B, Rw/B		防火帯による防護 建屋による防護※2
				気象観測装置		防火帯による防護はできないが, 可搬型気象観測装置で機能維持可能
		津波監視カメラ		7号炉 R/B 主排気塔		—
消火系		給水建屋 水処理建屋		防火帯による防護 建屋による防護※2		
		ろ過水タンク (屋外配管含む)		防火帯による防護 防火水槽により機能維持可能		
		泡消火設備		防火帯による防護 消防車により機能維持可能		
安全避難通路, 非常用照明		各建屋内		防火帯による防護, 建屋による防護※2		

※1: 間接関連系は, 当該系の機能遂行に直接必要ない構築物, 系統及び機器であるため, 記載を省略した。(評価対象施設に関する物のみ記載)

※2: 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (1/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 3	影響評価及び防護
第 37 条 (重大事故等の拡大の防止等)	—	—	—	—
第 38 条 (重大事故等対処施設の地盤)	—	—	—	—
第 39 条 (地震による損傷の防止)	—	—	—	—
第 40 条 (津波による損傷の防止)	—	—	—	—
第 41 条 (火災による損傷の防止)	—	—	—	—
第 42 条 (特定重大事故等対処施設)	特定重大事故等対処施設	→申請範囲外		—
第 43 条 (重大事故等対処設備)	ホイールローダ	防止でも緩和でもない設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
第 44 条 (緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備)	ATWS 緩和設備 (代替制御棒挿入機能)	防止設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	制御棒, 制御棒駆動機構 (水圧駆動), 制御棒駆動系水圧制御ユニット	防止設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	ATWS 緩和設備 (代替冷却材再循環ポンプ・トリップ機能)	防止設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	ほう酸水注入系	防止設備・緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	自動減圧系の起動阻止スイッチ	→46 条に記載		—
第 45 条 (原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備)	高圧代替注水系	防止設備・緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	原子炉隔離時冷却系	(設計基準対象施設)	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	高圧炉心注水系	(設計基準対象施設)	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	復水貯蔵槽, サプレッション・チェンバ	→56 条に記載		—
	ほう酸水注入系	→44 条に記載		—

※1：可搬型 SA 設備保管場所：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2：各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3：R/B：原子炉建屋，C/B：コントロール建屋，Rw/B：廃棄物処理建屋，T/B：タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (2/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※2	影響評価及び防護
第 46 条 (原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備)	逃がし安全弁 (逃がし弁機能用及び自動減圧機能用アキュムレータ含む)	防止設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	代替自動減圧機能	防止設備	R/B, C/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	自動減圧系の起動阻止スイッチ	防止設備	C/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	可搬型直流電源設備	→57 条に記載		—
	AM 用切替装置 (SRV)	防止設備	C/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	逃がし安全弁用可搬型蓄電池	防止設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	高圧窒素ガスポンペ (供給系配管含む)	防止設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	高圧炉心注水系注入隔離弁	(設計基準対象施設)	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
原子炉建屋ブローアウトパネル	防止設備	屋外 R/B 廻り	防火帯による防護	

※1：各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※2：R/B：原子炉建屋，C/B：コントロール建屋，Rw/B：廃棄物処理建屋，T/B：タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (3/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 3	影響評価及び防護	
第 47 条 (原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備)	低圧代替注水系 (常設) [復水移送ポンプ]	防止設備・緩和設備	Rw/B	防火帯による防護 建屋による防護※2	
	復水貯蔵槽	→56 条に記載		—	
	低圧代替注水系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-2 級)]	防止設備・緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価	
	防火水槽, 淡水貯水池	→56 条に記載		—	
	低圧代替注水系 (可搬型) (常設箇所) [接続口, 配管等]	防止設備・緩和設備	屋外 R/B 廻り	防火帯による防護 熱影響評価	
	低圧注水	残留熱除去系ポンプ	(設計基準対象施設)	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		残留熱除去系配管, 弁等	(設計基準対象施設)	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		サプレッション・チェンバ	→56 条に記載		—
	原子炉補機冷却	原子炉補機冷却系ポンプ	(設計基準対象施設)	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		原子炉補機冷却系配管, 弁等	(設計基準対象施設)	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	原子炉補機冷却系	→48 条に記載		—	
非常用取水設備 [海水貯留堰, 取水路]	→その他の設備に記載		—		

※1: 可搬型 SA 設備保管場所: 可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2: 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (4/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 3	影響評価及び防護
第 48 条 (最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備)	代替原子炉補機冷却系 (可搬型) [熱交換器ユニット, 大容量送水車 (熱交換器ユニット用) 等]	防止設備	可搬型 SA 設備 保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	代替原子炉補機冷却系 (常設箇所) [接続口, 配管等]	防止設備	屋外 T/B 廻り	防火帯による防護 熱影響評価
	耐圧強化ベント系 (W/W 及び D/W) [ポンベ, 配管, 弁等]	防止設備・緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	格納容器圧力逃がし装置 [フィルタベント]	→50 条に記載 (うち, 防止設備)		—
	低圧代替注水系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-2 級)]	→56 条に記載		—
	防火水槽, 淡水貯水池	→56 条に記載		—
	残留熱除去系 (原子炉停止時冷却モード)	→47 条に記載		—
	残留熱除去系 (格納容器スプレイ冷却モード, サプレッション・チェンバ・プール水冷却モード)	→49 条に記載		—
	原子炉補機冷却系	(設計基準対象施設)	R/B, T/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	非常用取水設備 [海水貯留堰, 取水路等]	→その他の設備に記載		—

※1 : 可搬型 SA 設備保管場所 : 可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2 : 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3 : R/B : 原子炉建屋, C/B : コントロール建屋, Rw/B : 廃棄物処理建屋, T/B : タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (5/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 3	影響評価及び防護
第 49 条 (原子炉格納容器内の冷却等のための設備)	代替格納容器スプレイ冷却系 (常設) [復水移送ポンプ]	防止設備・緩和設備	Rw/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	復水貯蔵槽	→56 条に記載		—
	代替格納容器スプレイ冷却系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-2 級)]	防止設備・緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	防火水槽, 淡水貯水池	→56 条に記載		—
	代替格納容器スプレイ冷却系 (常設箇所) [接続口, 配管等]	防止設備・緩和設備	屋外 R/B 廻り	防火帯による防護 熱影響評価
	残留熱除去系 (格納容器スプレイ冷却モード, サプレッション・チェンバ・プール水冷却モード)	(設計基準対象施設)	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	サプレッション・チェンバ	→56 条に記載		—
	原子炉補機冷却系	→48 条に記載		—
	非常用取水設備 [海水貯留堰, 取水路]	→その他の設備に記載		—

※1: 可搬型 SA 設備保管場所: 可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2: 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (6/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 3	影響評価及び防護	
第 50 条 (原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備)	格納容器 圧力逃がし装置	フィルタ装置, よう素フィルタ, フィルタベント遮蔽壁, 配管等	防止設備・緩和設備	R/B・屋外	防火帯による防護 熱影響評価
		ラプチャーディスク	緩和設備	屋外	防火帯による防護 熱影響評価
		ドレン移送ポンプ, ドレンタンク	防止設備・緩和設備	屋内・屋外	防火帯による防護 熱影響評価
		遠隔手動弁操作設備・遠隔空気駆動弁作用ボンベ	防止設備・緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		スクラバ水 pH 制御設備	防止設備・緩和設備	可搬型 SA 設備 保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
		可搬型窒素供給装置	→52 条に記載		—
		ホース, 接続口	防止設備・緩和設備	屋外	防火帯による防護 熱影響評価
		低圧代替注水系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-2 級)]	→56 条に記載		—
		防火水槽, 淡水貯水池	→56 条に記載		—

※1: 可搬型 SA 設備保管場所: 可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2: 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (7/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 3	影響評価及び防護	
第 50 条 (原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備)	代替循環冷却	復水移送ポンプ	緩和設備	Rw/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		残留熱除去系 (熱交換器等)	緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		代替原子炉補機冷却系 (可搬型) [熱交換器ユニット, 大容量送水車 (熱交換器ユニット用) 等]	緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
		代替循環冷却系 (常設箇所) [配管, 弁等]	緩和設備	R/B, T/B, Rw/B, C/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
		サプレッション・チェンバ	→56 条に記載		—
		非常用取水設備 [海水貯留堰, 取水路等]	→その他の設備に記載		—

※1：可搬型 SA 設備保管場所：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2：各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3：R/B：原子炉建屋，C/B：コントロール建屋，Rw/B：廃棄物処理建屋，T/B：タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (8/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 3	影響評価及び防護
第 51 条 (原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備)	格納容器下部注水系 (常設) [復水移送ポンプ]	緩和設備	Rw/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	コリウムシールド	緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	復水貯蔵槽	→56 条に記載 (うち, 緩和設備)		—
	格納容器下部注水系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-2 級)]	緩和設備	可搬型 SA 設備 保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	防火水槽, 淡水貯水池	→56 条に記載		—
	格納容器下部注水系 (常設箇所) [配管, 弁等]	緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	格納容器下部注水系 (可搬型) (常設箇所) [接続口, 配管等]	緩和設備	屋外 R/B 廻り	防火帯による防護 熱影響評価
	ほう酸水注入系	→44 条に記載		—
	高圧代替注水系, ほう酸注入系	→45 条に記載		—
低圧代替注水系 (常設), (可搬型)	→47 条に記載		—	

※1: 可搬型 SA 設備保管場所: 可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2: 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (9/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 3	影響評価及び防護
第 52 条 (水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備)	不活性ガス系	(設計基準対象施設)	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	格納容器圧力逃がし装置	→50 条に記載		—
	格納容器圧力逃がし装置[フィルタ装置出口放射線モニタ, フィルタ装置水素濃度系]	→58 条に記載		—
	納容器圧力逃がし装置[ホース, 接続口]	→50 条に記載		—
	低圧代替注水系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-2 級)]	→56 条に記載		—
	防火水槽, 淡水貯水池	→56 条に記載		—
	可搬型窒素供給装置	緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	サプレッション・チェンバ	緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	耐圧強化ベント系 (W/W)	→48 条に記載		—
	耐圧強化ベント系 [耐圧強化ベント系放射線モニタ, フィルタ装置水素濃度計]	→58 条に記載		—
水素濃度及び酸素濃度の監視 [格納容器内水素濃度 (SA), 格納容器内水素濃度, 格納容器内酸素濃度]	緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2	

※1：可搬型 SA 設備保管場所：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2：各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3：R/B：原子炉建屋，C/B：コントロール建屋，Rw/B：廃棄物処理建屋，T/B：タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (10/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※2	影響評価及び防護
第 53 条(水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備)	静的触媒式水素再結合器, 静的触媒式水素再結合器動作監視装置	緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	原子炉建屋水素濃度計	緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	原子炉建屋原子炉区域	→その他の設備に記載		—

※1：各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※2：R/B：原子炉建屋，C/B：コントロール建屋，Rw/B：廃棄物処理建屋，T/B：タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (11/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 3	影響評価及び防護
第 54 条 (使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備)	燃料プール代替注水系 (可搬型) [可搬型代替注水ポンプ (A-1), 可搬型代替注水ポンプ (A-2 級)]	防止設備・緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	燃料プール代替注水系 (可搬型) (常設箇所) [接続口, 配管等]	防止設備・緩和設備	屋外 R/B 廻り	防火帯による防護 熱影響評価
	燃料プール代替注水系 (常設箇所) [常設スプレイヘッド, 配管, 弁等]	防止設備・緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	可搬型スプレイヘッド	防止設備・緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	防火水槽, 淡水貯水池	→56 条に記載		—
	原子炉建屋放水設備 [大容量送水車 (原子炉建屋放水設備用), 放水砲]	→55 条に記載		—
	使用済燃料貯蔵プールの水位・温度 (SA・SA 広域)	防止設備・緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (高レンジ・低レンジ)	防止設備・緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	使用済燃料貯蔵プール監視カメラ (使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置を含む)	防止設備・緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	燃料プール冷却浄化系	防止設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	代替原子炉補機冷却系 (可搬型) [熱交換器ユニット, 大容量送水車 (熱交換器ユニット用) 等]	防止設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	代替原子炉補機冷却系 (常設箇所) [接続口, 配管等]	→48 条に記載		—
非常用取水設備 [海水貯留堰, 取水路等]	→その他の設備に記載		—	

※1: 可搬型 SA 設備保管場所: 可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2: 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (12/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 2	影響評価及び防護
第 55 条 (工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備)	原子炉建屋放水設備 [大容量送水車 (原子炉建屋放水設備用), 放水砲等]	緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	海洋拡散抑制設備 [放射性物質吸着材]	緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	海洋拡散抑制設備 [汚濁防止膜]	緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	海洋拡散抑制設備 [小型船舶 (汚濁防止膜設置用)]	緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	航空機燃料火災への泡消火 [泡原液搬送車, 泡原液混合装置]	緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価

※1 : 可搬型 SA 設備保管場所 : 可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2 : R/B : 原子炉建屋, C/B : コントロール建屋, Rw/B : 廃棄物処理建屋, T/B : タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (13/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 3	影響評価及び防護
第 56 条 (重大事故等の収束に必要な水の供給設備)	復水貯蔵槽	防止設備・緩和設備	Rw/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	サプレッション・チェンバ	緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	ほう酸水注入系貯蔵タンク	→44 条に記載		—
	防火水槽	— (代替淡水 源)	屋外(地下埋設)	—
	淡水貯水池	— (代替淡水 源)	屋外	—
	大容量送水車 (海水取水用)	防止設備・緩和 設備	可搬型 SA 設備 保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	可搬型代替注水ポンプ (A-2 級)	防止設備・緩和 設備	可搬型 SA 設備 保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	非常用取水設備 [海水貯留堰, 取水路等]	→その他の設備に記載		—

※1：可搬型 SA 設備保管場所：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2：各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3：R/B：原子炉建屋，C/B：コントロール建屋，Rw/B：廃棄物処理建屋，T/B：タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (14/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 3	影響評価及び防護
第 57 条 (電源設備)	常設代替交流電源設備 [第一ガスタービン発電機一式]	防止設備・緩和設備	屋外 T/B 廻り	防火帯による防護 熱影響評価
	常設代替交流電源設備 [ダンクローリ (16kL)]	防止設備・緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	可搬型代替交流電源設備 [電源車]	防止設備・緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	可搬型代替交流電源設備 (常設箇所) [電源車接続箇所]	防止設備・緩和設備	屋外 R/B 廻り	防火帯による防護 熱影響評価
	号炉間電力融通ケーブル (常設)	防止設備・緩和設備	C/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	号炉間電力融通ケーブル (可搬型)	防止設備・緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	所内蓄電式直流電源設備 [AM 用直流 125V 蓄電池・充電器, 直流 125V 蓄電池・充電器 A, A-2, B]	防止設備・緩和設備	R/B C/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	常設代替直流電源設備 [AM 用直流 125V 蓄電池, 充電器]	防止設備・緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	可搬型代替直流電源設備 [電源車]	防止設備・緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	代替所内電源設備 [緊急用断路器]	防止設備・緩和設備	屋外 T/B 廻り	防火帯による防護 熱影響評価

※1：可搬型 SA 設備保管場所：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2：各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3：R/B：原子炉建屋，C/B：コントロール建屋，Rw/B：廃棄物処理建屋，T/B：タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (15/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 3	影響評価及び防護
第 57 条 (電源設備)	代替所内電源設備 [緊急用電源切替箱断路器, 緊急用電源切替箱接続装置, AM 用動力変圧器, MCC 等]	防止設備・緩和設備	R/B, C/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	代替所内電源設備 [非常用高圧母線 C・D 系]	防止設備・緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	非常用交流電源設備 [非常用ディーゼル発電機, 燃料ディタンク]	(設計基準対象施設)	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	非常用交流電源設備 [燃料移送ポンプ, 配管等]	(設計基準対象施設)	屋外	防火帯による防護 熱影響評価
	非常用直流電源設備 [直流 125V 蓄電池・充電器 B, C, D 等]	(設計基準対象施設)	C/B	防火帯による防護 建屋による防護※2
	燃料補給設備 [軽油タンク]	防止設備・緩和設備	屋外	防火帯による防護 熱影響評価
	燃料補給設備 [タンクローリ (4kL) 等]	防止設備・緩和設備	可搬型 SA 設備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価

※1：可搬型 SA 設備保管場所：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2：各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3：R/B：原子炉建屋，C/B：コントロール建屋，Rw/B：廃棄物処理建屋，T/B：タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (16/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※2	影響評価及び防護
第 58 条 (計装設備)	重大事故等時の計装 (SA 時計装一式) [原子炉圧力容器の温度・圧力・水位] [原子炉圧力容器・原子炉格納容器への注水量] [原子炉格納容器内の温度・圧力・水位・水素濃度・酸素濃度・放射線量率] [未臨界の維持又は監視] [最終ヒートシンクの確保 (代替循環冷却系・格納容器圧力逃がし装置・耐圧強化ベント系・残留熱除去系)] [格納容器バイパス監視] [水源の確保] [原子炉建屋内水素濃度] [使用済燃料プールの監視] [発電所内の通信連絡] [可搬型計測器]	防止設備・緩和設備・防止でも緩和でもない設備・(設計基準対象施設)	C/B R/B Rw/B R/B (5号炉)	防火帯による防護 建屋による防護※1
	重大事故等発生時の計装[最終ヒートシンクによる冷却状態の確認 (格納容器圧力逃がし装置)]	防止設備・緩和設備	屋外	防火帯による防護 熱影響評価
第 59 条 (原子炉制御室)	中央制御室及び遮蔽	防止設備・緩和設備	C/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	中央制御室可搬型陽圧化空調機	防止設備・緩和設備	C/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	中央制御室待避室及び遮蔽	緩和設備	C/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	中央制御室待避室陽圧化装置 (空気ポンプ)	緩和設備	C/B, Rw/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	無線連絡設備 (常設), 衛星電話設備 (常設)	→62 条に記載		—
	データ表示装置 (待避室), 差圧計, 酸素濃度・二酸化炭素濃度計	防止でも緩和でもない設備	C/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	可搬型蓄電池内蔵型照明	防止でも緩和でもない設備	C/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	非常用ガス処理系 (排風機, フィルタ装置等)	緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※1

※1: 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※2: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (17/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※1, 3	影響評価及び防護
第 60 条 (監視 測定設備)	可搬型モニタリングポスト	防止でも緩和でもない 設備	可搬型 SA 設 備保管場所 R/B (5 号 炉)	防火帯による防護 熱影響評価
	放射線サーベイ機器 [可搬型ダスト・よう素サン プラ, GM 汚染サーベイメータ, NaI シンチレーシ ョンサーベイメータ, 電離箱サーベイメータ, ZnS シンチレーションサーベイメータ]	防止でも緩和でもない 設備	R/B (5 号 炉)	防火帯による防護 建屋による防護※2
	可搬型気象観測装置	防止でも緩和でもない 設備	可搬型 SA 設 備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	小型船舶 (海上モニタリング用)	防止でも緩和でもない 設備	可搬型 SA 設 備保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	モニタリング・ポスト用発電機	防止でも緩和でもない 設備	屋外	防火帯による防護はできない が, 可搬型モニタリング・ポ ストにより機能維持可能

※1: 可搬型 SA 設備保管場所: 可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2: 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※3: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (18/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※2	影響評価及び防護
第 61 条 (緊急時対策所)	5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 及び遮蔽並びに高気密室	防止設備・緩和設備	R/B (5 号炉) 屋外	防火帯による防護 建屋による防護※1 熱影響評価
	5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 可搬型陽圧化空調機, 可搬型外気取入送風機	防止設備・緩和設備	R/B (5 号炉)	防火帯による防護 建屋による防護※1
	5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 陽圧化装置 (空気ポンペ)	緩和設備	R/B (5 号炉)	防火帯による防護 建屋による防護※1
	5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 二酸化炭素吸収装置	防止設備・緩和設備	R/B (5 号炉)	防火帯による防護 建屋による防護※1
	5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 可搬型エリアモニタ	緩和設備	R/B (5 号炉)	防火帯による防護 建屋による防護※1
	酸素濃度計, 二酸化炭素濃度計, 差圧計 (対策本部)	防止でも緩和でもない設備	R/B (5 号炉)	防火帯による防護 建屋による防護※1
	5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (待機場所), 遮蔽及び室内遮蔽	防止設備・緩和設備	R/B (5 号炉) 屋外	防火帯による防護 建屋による防護※1 熱影響評価
	5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (待機場所) 可搬型陽圧化空調機	防止設備・緩和設備	R/B (5 号炉)	防火帯による防護 建屋による防護※1
	5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (待機場所) 陽圧化装置 (空気ポンペ)	緩和設備	R/B (5 号炉)	防火帯による防護 建屋による防護※1
	5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所 (待機場所) 可搬型エリアモニタ	緩和設備	R/B (5 号炉)	防火帯による防護 建屋による防護※1

※1 : 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※2 : R/B : 原子炉建屋, C/B : コントロール建屋, Rw/B : 廃棄物処理建屋, T/B : タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (19/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※2	影響評価及び防護
第 61 条 (緊急時対策所)	可搬型モニタリングポスト	→60 条に記載		—
	酸素濃度計, 二酸化炭素濃度計, 差圧計 (待機場所)	防止でも緩和でもない設備	R/B (5 号炉)	防火帯による防護 建屋による防護※1
	5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬電源設備	防止設備・緩和設備	屋外	防火帯による防護 熱影響評価
	安全パラメータ表示システム (SPDS)	→62 条に記載		—
	5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備	防止設備・緩和設備	可搬型 SA 設備 保管場所	防火帯による防護 熱影響評価
	通信連絡設備	→62 条に記載		—
	5 号炉屋外緊急連絡用インターフォン	→62 条に記載		—
	軽油タンク, タンクローリ (4kL)	→57 条に記載		—

※1: 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※2: R/B: 原子炉建屋, C/B: コントロール建屋, Rw/B: 廃棄物処理建屋, T/B: タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (20/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	場所※2	影響評価及び防護
第 62 条 (通信 連絡を行うため に必要な設備)	所内 通信	携帯型音声呼出電話設備	防止設備・ 緩和設備	C/B, R/B (5 号炉)	防火帯による防護 建屋による防護※1
		無線連絡設備 (常設) (可搬型)	防止設備・ 緩和設備	C/B, R/B(5 号炉) (屋外設備含む)	防火帯による防護 建屋による防護※1 建屋内設備は影響なし。屋外設備は分散配置された代替設備 (有線系, 衛星系) により機能維持可能
		安全パラメータ表示システム (SPDS)	緩和設備	C/B, R/B (5 号炉) (屋外設備含む)	建屋内 (屋外設備については代替設備 (有線系) にて機能維持可能)
		5 号炉屋外緊急連絡用インターフォン	防止設備・ 緩和設備	R/B (5 号炉) (屋外設備含む)	防火帯による防護 建屋による防護※1 熱影響評価
	所内 外通信	衛星電話設備 (常設) (可搬型), 無線連絡設備 (所内通信)	防止設備・ 緩和設備	C/B, R/B(5 号炉) (屋外設備含む)	防火帯による防護 建屋による防護※1 建屋内設備は影響なし。屋外設備は分散配置された代替設備 (有線系, 無線系, 衛星系) により機能維持可能
		有線連絡設備	防止でも緩和でもない 設備	C/B, R/B(5 号炉), (屋内設備含む)	防火帯による防護 建屋による防護※1
	所外 通信	統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備, データ伝送設備	防止でも緩和でもない 設備	R/B(5 号炉) (屋外設備含む)	防火帯による防護 建屋による防護※1 建屋内設備は影響なし。屋外設備は分散配置された代替設備 (有線系, 衛星系) により機能維持可能

※1 : 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※2 : R/B : 原子炉建屋, C/B : コントロール建屋, Rw/B : 廃棄物処理建屋, T/B : タービン建屋

第 4-4 表 重大事故等対処設備 (21/21)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	場所※2	影響評価及び防護
その他の設備	重大事故等時に対処するための流路, 注水先又は注入先 [原子炉圧力容器, 原子炉格納容器, 使用済燃料プール, 原子炉建屋原子炉区域]	防止設備・緩和設備	R/B	防火帯による防護 建屋による防護※1
	非常用取水設備 [海水貯留堰, 取水路等]	防止設備・緩和設備	屋外	防火帯による防護 熱影響評価

※1 : 各建屋の防火帯外縁からの離隔距離を第 4-1 表に記載

※2 : R/B : 原子炉建屋, C/B : コントロール建屋, Rw/B : 廃棄物処理建屋, T/B : タービン建屋

森林火災による影響評価について

1. はじめに

本評価は、発電所敷地外で発生する火災に対して安全性向上の観点から、森林火災が柏崎刈羽原子力発電所へ迫った場合でも発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価するものである。2章にて火炎の到達時間及び防火帯幅の評価、3章にて危険距離及び温度評価を実施する。

2. 火炎の到達時間及び防火帯幅の評価

2.1 森林火災の想定

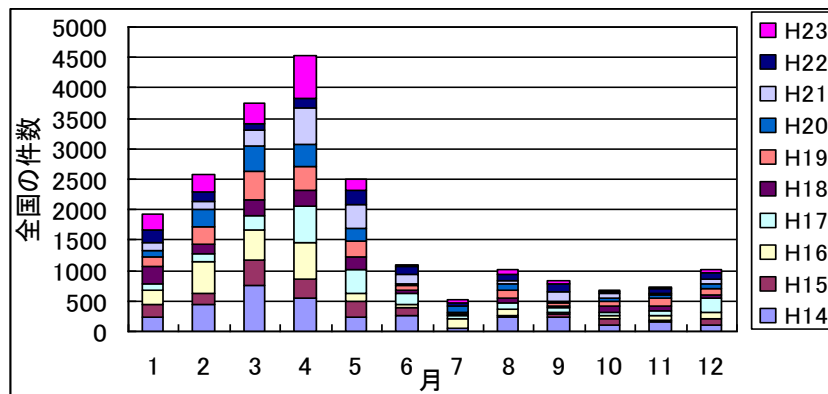
森林火災の想定は以下のとおりである。

- ・ 植生データは、森林の現状を把握するため、樹種や生育状況に関する情報を有する自然環境保全基礎調査 植生調査データの空間データを入手し、その情報を元に植生調査を実施した。その結果から、保守的な可燃物パラメータを設定し、土地利用データにおける森林領域を、樹種・林齢によりさらに細分化した。
- ・ 気象条件は過去10年間(2003～2012年)を調査し、森林火災の発生件数の多い3～5月の最小湿度、最高気温、及び最大風速の組み合わせとする(第2.1-1図)。
- ・ 風向は最大風速観測時の風向及び卓越方向とし、柏崎刈羽原子力発電所の風上に発火点を設定する。気象条件を第2.1-1表に示す。
- ・ 柏崎刈羽原子力発電所からの直線距離10kmの間で設定する。
- ・ 発火源は最初に人為的行為を考え、道路沿いを発火点とする。発火点位置を第2.1-4図、第2.1-5図に示す。
- ・ 放水等による消火活動は期待しない。

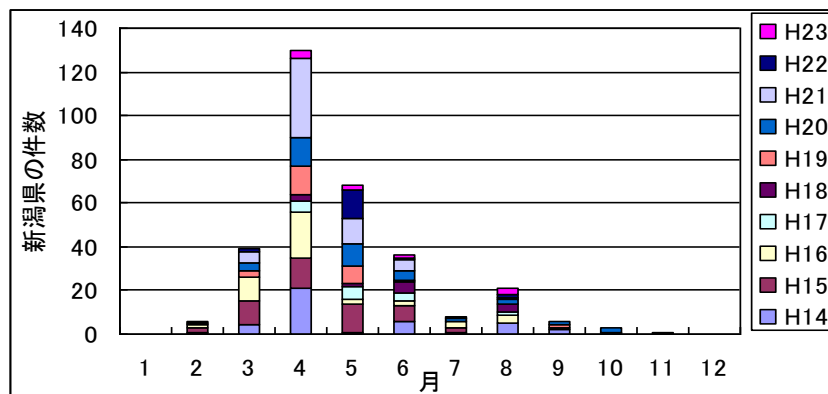
第2.1-1表 気象条件

	風向 [16方位]	3～5月 最大風速[m/s]	3～5月 最高気温[℃]	3～5月 最小湿度[%]
ケース1	南南東	16.0	31.9	12
ケース2	南南東	16.0	31.9	12
ケース3	南東	16.0	31.9	12

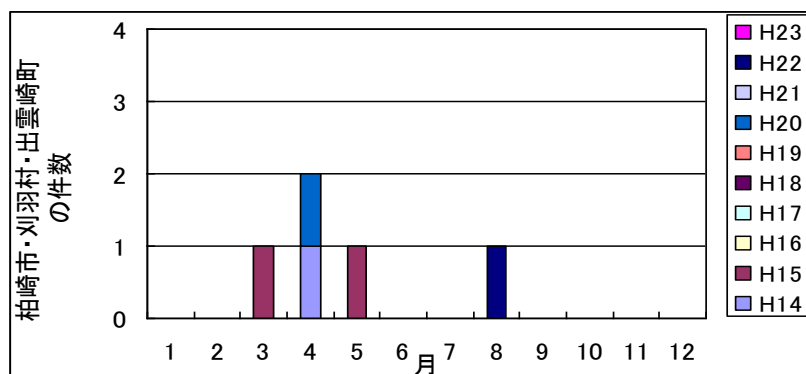
過去10年間の全国、新潟県及び柏崎市・刈羽村・出雲崎町における森林火災発生件数の調査を行い、3～5月にかけて森林火災の発生件数が多いことを確認した。



全国の森林火災発生件数 (平成14～23年)



新潟県の森林火災発生件数 (平成14～23年)



柏崎市・刈羽村・出雲崎町の森林火災発生件数 (平成14～23年)

<出典>

全 国：平成15～24年度版 消防白書（消防庁）より作成

新潟県：平成15～24年度版 消防防災年報（新潟県）より作成

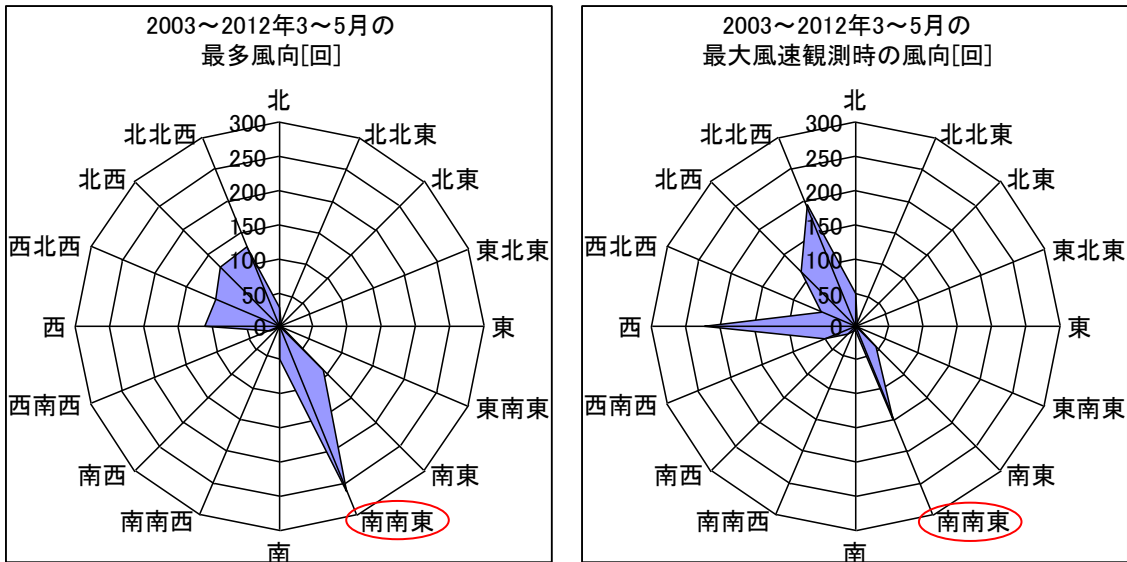
柏崎市：平成15～24年度版 消防年報（柏崎市）より作成

第2.1-1 図 森林火災の多い月の調査

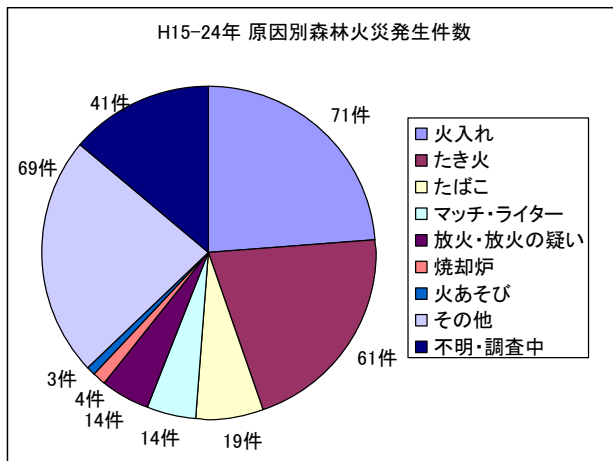
(1) 発火点の設定方針

- ・ 柏崎刈羽原子力発電所からの直線距離 10km の間に設定する。
- ・ 陸側方向（柏崎刈羽原子力発電所の西側が海）の発電所風上を選定する。
- ・ 風向は、最大風速記録時の風向と卓越風向の風である南南東を選定する（第 2.1-2 図）。
- ・ 人為的行為を考え、交通量が多く火災の発生頻度が高いと想定される国道沿いを選定する。

なお、平成 15～24 年度の新潟県の林野火災の主な発生原因は、第 2.1-3 図に示すとおり、件数の多い順で火入れ 71 件、たき火 61 件、たばこ 19 件となっている。いずれの発生原因も、民家、田畑周辺あるいは道路沿いで発生する人為的行為となっている。



第 2.1-2 図 最多風向及び最大風速観測時の風向



新潟県報道資料「全火災の総合出火原因別・主な経過別損失状況及び月別出火件数」より作成

第 2.1-3 図 新潟県の森林火災の出火原因割合（H15～24 年）

(2) 立地条件を考慮した発火点の設定

(ケース 1)

発電所近隣からの発火の方が防火帯周辺に火災が到達するまでの時間が短くなることから、発電所敷地境界周辺の国道 352 号線沿いの発火を想定する。防火帯までの距離が短くなる南南東方向の国道 352 号線沿いに発火点を選定する。(防火帯から約 0.6km)

(ケース 2)

発電所遠方からの発火の方が火災の規模が大きくなる(火災前線が広がり、発電所構内を同時期に取り囲むような火災となる)ことから、国道 8 号線沿いの発火を想定する。火入れ・たき火等による火災も考慮し、家屋・田畑がある南南東方向の国道 8 号線沿いに発火点を選定する。(防火帯から約 3.4km)

(ケース 3)

卓越風向として南東方向からの風も一部存在すること、及び防火帯までの距離が南南東方向より短くなることから、参考のため防火帯までの距離が短くなる南東方向の国道 352 号線沿いに発火点を選定する。(防火帯から約 0.4km)

なお、国道 116 号線からの発火については、火災が到達する時間はケース 1 及びケース 3 の方が短くなり、火災の規模はケース 2 の方が大きくなることから、評価は包絡される。

(3) 森林火災評価における発火点の妥当性

(ケース 1, 3)

ケース 1, 3 の発火点周辺は、マツ 40 年生以上(評価では 10 年生のデータを入力)の植生が広がっており柏崎刈羽原子力発電所に向けて下り勾配である。敷地周辺道路沿いで発火地点をずらした場合においても植生及び傾斜に差がないことから評価結果に違いが出ることはない。

(ケース 2)

ケース 2 の発火点周辺は、水田が広がっており平坦な地形である。国道沿いで発火地点をずらした場合においても、植生及び傾斜に差がないことから評価結果に違いは出ることはない。柏崎刈羽原子力発電所に向けて上り勾配であり、上り勾配の方が火災の規模が大きくなることから保守的な設定である。

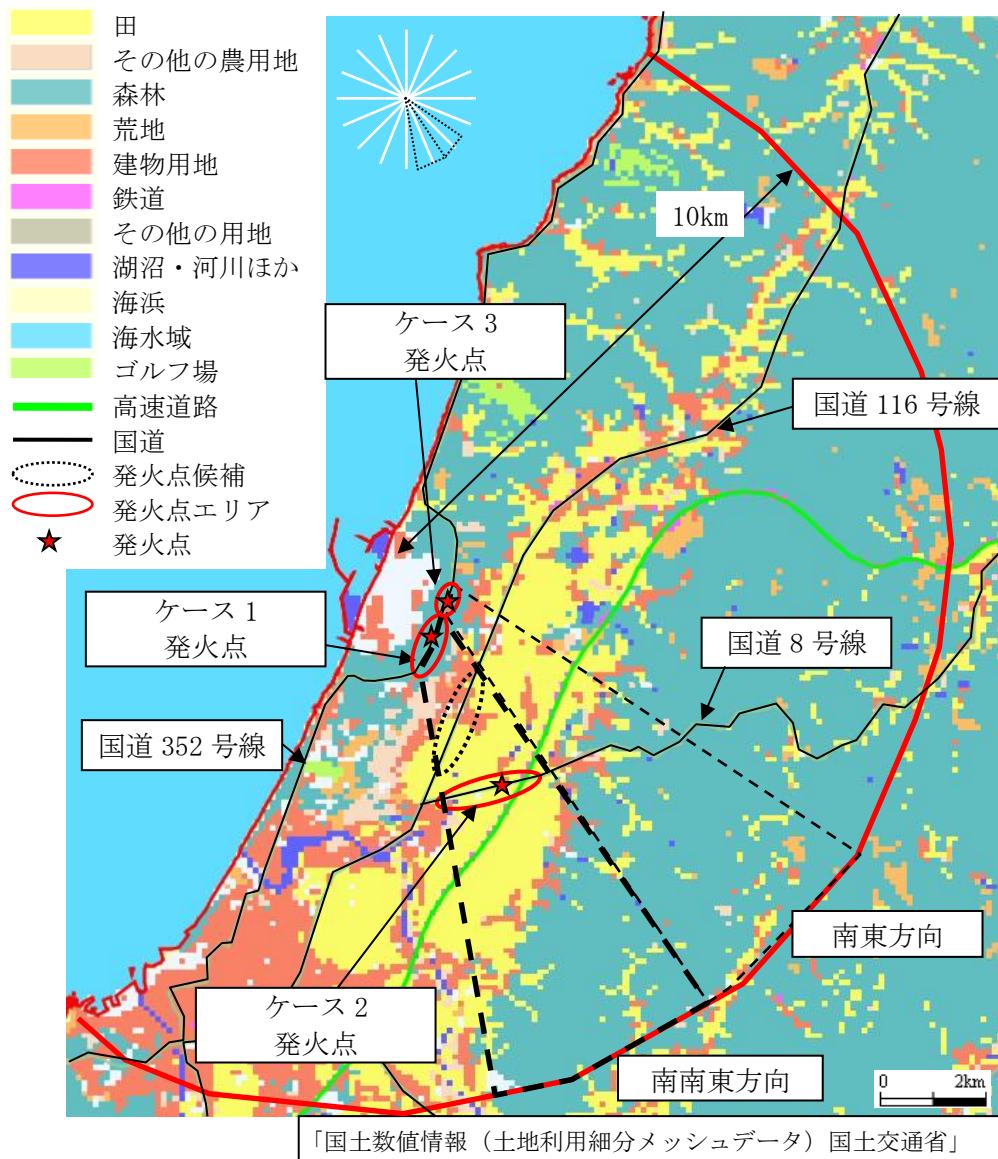
また、南東方向遠方については、以下の理由から評価対象外とした。

ケース 2 において火災の規模が大きくなる場合を考慮し、南南東方向遠方からの発火を想定している。南南東方向遠方と南東方向遠方の植生を比較すると、発

火点から発電所構内に向けて“田→市街地→森林→発電所構内”と同様な植生である。また、卓越風向の出現割合は南南東方向の3割程度と少ない。発電所構内を同時期に取り囲むという観点から考えると、最も風向の出現頻度の多い南南東方向を実施することで代表される。

(4) 発火時刻の設定

日照による草地及び樹木の乾燥に伴い、火線強度が増大することから、これらを考慮して火線強度が最大となる発火時刻を設定する。



第 2.1-4 図 想定発火点位置



第 2.1-5 図 発火点位置詳細

出典：国土地理院ホームページ

2.2 森林火災による影響の有無の評価

(1) 評価手法の概要

本評価は、柏崎刈羽原子力発電所に対する森林火災の影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標と観点を以下に示す。

第 2.2-1 表 評価指標と観点

評価指標	評価の観点
延焼速度[km/h]	<ul style="list-style-type: none"> 火災発生後, どの程度の時間で柏崎刈羽原子力発電所に到達するのか 柏崎刈羽原子力発電所に到達し得る火災の規模はどの程度か 必要となる消火活動の能力や防火帯の規模はどの程度か
火線強度[kW/m]	
反応強度[kW/m ²]	
火炎長[m]	
火炎輻射発散度[kW/m ²]	
火炎輻射強度[kW/m ²]	
火炎到達幅[m]	

(2) 評価対象範囲

評価対象範囲は発電所近傍の発火想定地点を 10km 以内とし, 評価対象範囲は西側が海岸という発電所周辺の地形を考慮し柏崎刈羽原子力発電所から南に 12km, 北に 15km, 東に 12km, 西に 9km とする。

(3) 必要データ

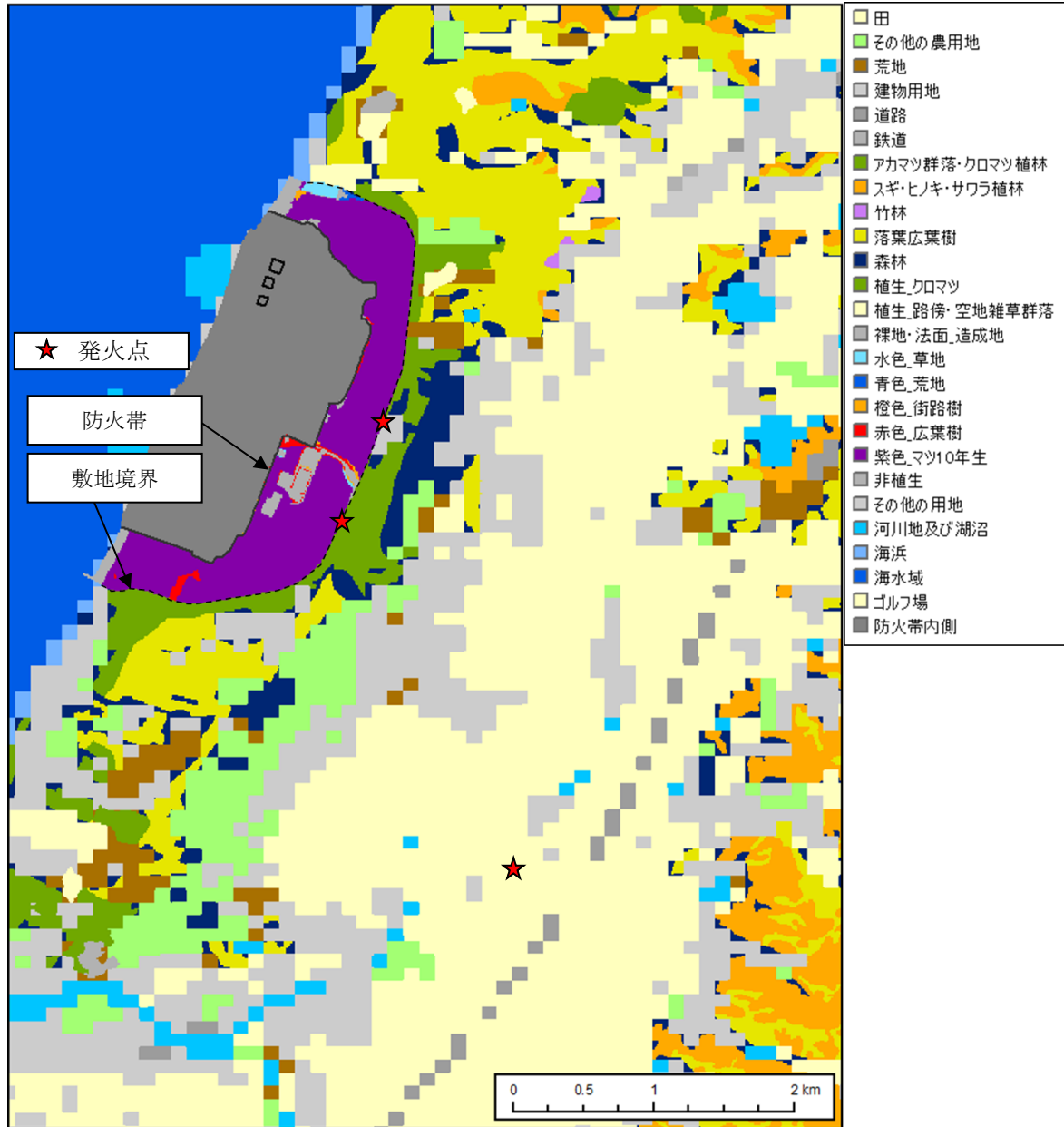
a. 入力条件

評価に必要なデータ以下のとおり設定し, 本評価を行った。

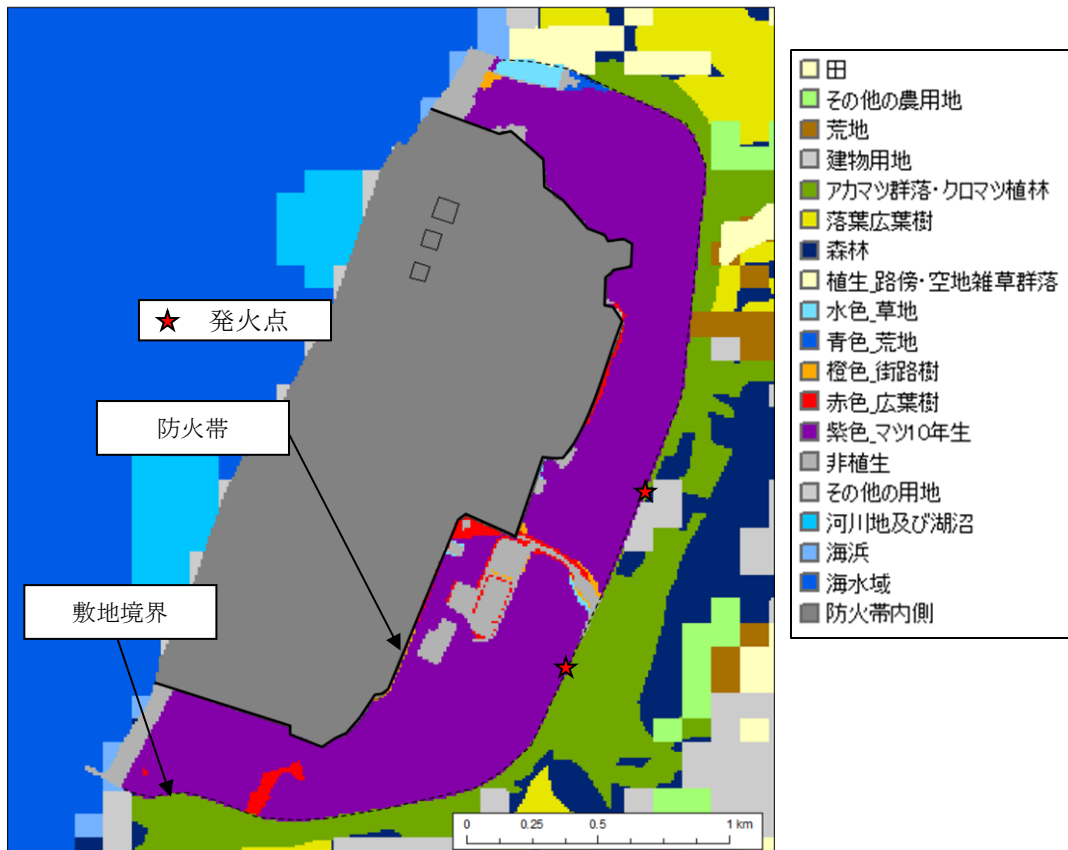
第 2.2-2 表 入力条件





データ種類	内容
土地利用データ	<p>現地状況をできるだけ模擬するため, 公開情報の中でも高い空間解像度である 100m メッシュの土地利用データを用いる。 (第 2.2-1 図, 第 2.2-2 図) (国土交通省 国土数値情報 土地利用細分メッシュ H21 年度)</p>
植生データ	<p>現地状況をできるだけ模擬するため, 樹種に関する情報を有する環境省 自然環境保全基礎調査 植生調査データ(H18 年度)を用いる。また, 現地調査を実施し発電所構外及び構内の植生を反映する。(第 2.2-1 図, 第 2.2-2 図)</p>
地形データ	<p>現地の状況をできるだけ模擬するため, 公開情報の中でも高い空間解像度である 10m メッシュの標高データを用いる。傾斜度, 傾斜方向については標高データから計算する。(第 2.2-3 図) (国土地理院基盤地図情報 数値標高モデル 10m メッシュ H20 年度)</p>

<p>気象データ</p>	<p>現地にて起こり得る最悪の条件とするため、森林火災の発生件数が多い3～5月の過去10年間(2003～2012年)の最大風速, 最高気温, 最小湿度の条件を採用する。(第2.2-3表)</p>
--------------	---

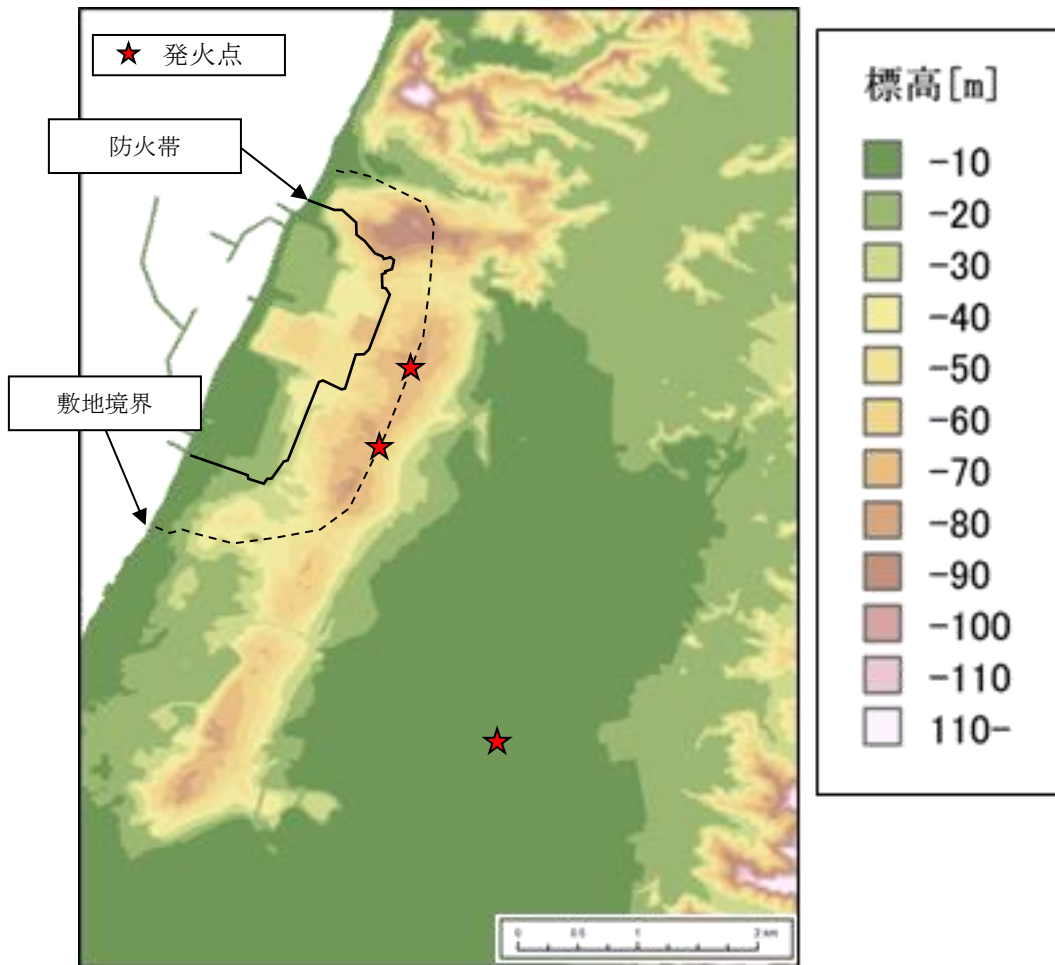


第2.2-1図 土地利用・植生データ (広域)



植生サンプル			
<p>落葉広葉樹</p> <p>広葉樹が群生しているエリアについては、「落葉広葉樹」とする。</p> 	<p>マツ</p> <p>林床に下草が存在することを考慮し保守的に一律10年生の可燃物データとする。</p> 	<p>中低木</p> <p>林床可燃物の多い「Dormant brush, hardwood slash」とする。</p> 	<p>荒地</p> <p>雑草の繁殖を考慮し「Brush」とする。</p> 

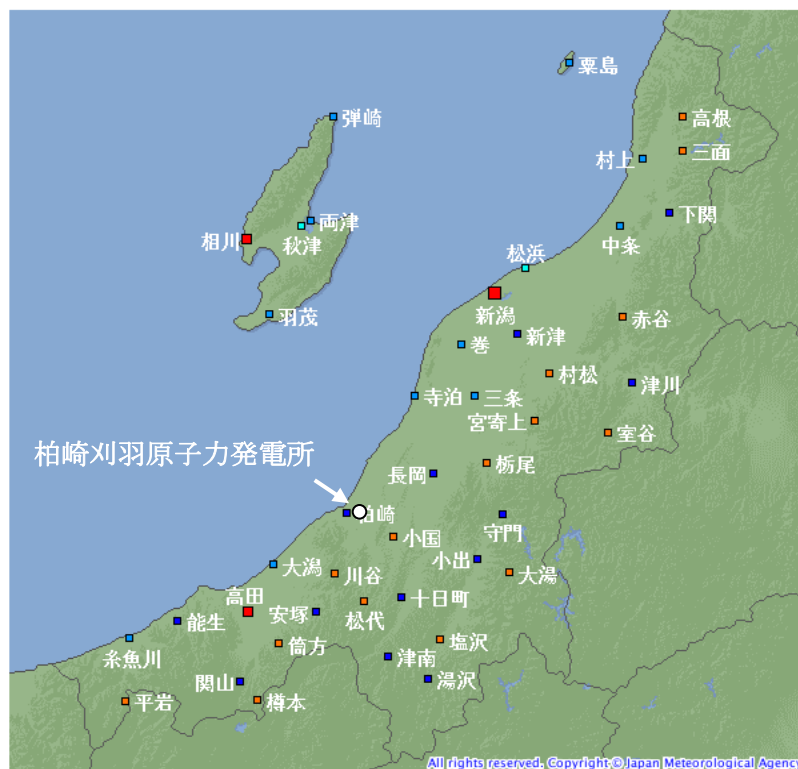
第 2.2-2 図 土地利用・植生データ（発電所周辺）



第 2.2-3 図 標高データ

b. 気象条件の設定

気象データは気象庁が公開している気象統計情報を用い、森林火災発生件数の多い3～5月の過去10年間の気象データを調査し、卓越風向、最大風速、最高気温、最小湿度の条件を選定した(第2.2-3表)。この調査結果に基づきFARSITEの入力値は第2.2-4表のとおり設定した。風向、風速及び気温は柏崎刈羽原子力発電所付近の柏崎市の地域気象観測システム(アメダス)(以下「地域気象観測所」という。)の値とした。湿度を観測している観測所は「新潟」「高田」「相川」とあるが、「高田」は柏崎刈羽原子力発電所とは山越の位置で内陸に位置し、「相川」は離島であることから、最も柏崎刈羽原子力発電所の気象に近いと考えられる「新潟地方気象台」の値を用いた。新潟県における気象統計情報の観測所位置を第2.2-4図に示す。



シンボル	観測所の種類	観測要素
■	気象台	気温・降水量・風向風速・日照時間・積雪深・湿度・気圧
■	測候所・特別地域気象観測所	気温・降水量・風向風速・日照時間・積雪深・湿度・気圧
■	地域気象観測所(アメダス)	降水量
■	地域気象観測所(アメダス)	気温・降水量・風向風速
■	地域気象観測所(アメダス)	気温・降水量・風向風速・日照時間
■	地域気象観測所(アメダス)	気温・降水量・風向風速・日照時間・積雪深

第2.2-4図 新潟県内の気象観測所位置

<出典>

気象庁HP：http://www.jma.go.jp/jp/amedas_h/map39.html

第 2.2-3 表 2003～2012 年の 3～5 月の気象データ

年	月	卓越風向 (柏崎) [16 方位]	最大風速 (柏崎) [m/s]	最大風速観 測時の風向 (柏崎) [16 方位]	最高気温 (柏崎) [℃]	最小湿度 (新潟) [%]
2003	3	北西	8.0	西南西	17.4	21
	4	南南東	11.0	西南西	26.4	18
	5	北北西	8.0	南東	30.6	16
2004	3	南南東	11.0	西南西	23.9	14
	4	西	11.0	西	26.1	15
	5	北西	8.0	西	28.1	22
2005	3	南南東	9.0	北西	16.4	25
	4	南南東	9.0	南西	28.8	17
	5	北北西	7.0	西	29.6	14
2006	3	南南東	10.0	西	19.4	19
	4	南南東	16.0	南南東	22.3	12
	5	南南東	8.0	南東	31.9	20
2007	3	西北西	9.0	西	22.1	30
	4	南南東	10.0	西	22.0	14
	5	西	10.0	西	25.4	15
2008	3	南南東	8.0	西	16.7	26
	4	南東	8.7	西南西	24.1	19
	5	南東	8.6	南南東	28.1	18
2009	3	北西	11.5	南南西	23.6	16
	4	南南東	11.0	西	25.6	13
	5	南南東	10.5	西	29.3	18
2010	3	南南東	13.6	南南西	23.2	24
	4	南南東	13.5	南南東	19.7	20
	5	南南東	13.5	南南東	27.3	21
2011	3	南南東	10.4	西南西	18.1	22
	4	南南東	8.4	西	22.4	17
	5	南南東	11.2	西南西	27.8	19
2012	3	南南東	10.0	西南西	21.3	31
	4	南南東	15.2	西	25.8	31
	5	南南東	9.7	西南西	27.8	23

青で塗りつぶした箇所が、卓越風向，最大風速，最高気温，最小湿度

c. FARSITE 入出力データ

FARSITE については、保守的な評価となるよう以下の観点から入力値及び入力条件を設定する。

第 2.2-4 表 FARSITE 入力データ

大区分	小区分	入力値	入力値の根拠
気象データ	風速 [km/h]	58	火災の延焼・規模の拡大を図るため、森林火災発生件数が多い月（3～5月）の発電所周辺の最大風速を入力
	風向 [deg]	158 (南南東) 135 (南東)	出火地点 1, 2: 気象観測データに基づき 3～5 月の最大風速記録時の風向及び最多風向 出火地点 3: 気象観測データに基づき 3～5 月の最大風速記録時の風向及び最多風向のうち、南南東の次に多い風向
	気温 [°C]	32	樹木の燃焼性を高めるため、森林火災発生件数が多い月（3～5月）の発電所周辺の最高気温を入力
	湿度 [%]	12	樹木の燃焼性を高めるため、森林火災発生件数の多い月（3～5月）の発電所周辺の最小湿度を入力
植生データ	場所	—	植生調査データ、現地調査等で特定した樹種ごとの植生場所を入力
	樹種	12 区分	植生調査データ、現地調査等で特定した樹種を入力 1: Short grass, 3: Tall grass, 4: Chaparral, 5: Brush, 6: Dormant brush・hardwood slash, 10: Timber, 13: Heavy logging slash, 14: スギ 林齢 10 年生未満, 19: マツ 林齢 10 年生未満, 20: マツ 林齢 10 年生, 24: 落葉広葉樹, 99: 非植生 ※
	林齢	2 区分	植生調査データに基づき、スギ・ヒノキ、アカマツ・クロマツについて、10 年生未満、10 年生の 2 区分を設定
	樹冠率	区分 3	日照や風速への影響を考慮し、針葉樹、落葉広葉樹について、保守的な樹冠率区分（3: 一般的な森林）を入力
土地利用データ	建物、道路、湖沼等	—	発電所周辺の建物用地、交通用地、湖沼、河川等を再現（国土交通省データ）
地形データ	標高、地形	—	発電所周辺の土地の標高、地形（傾斜角度、傾斜方向）を再現（国土地理院データ）

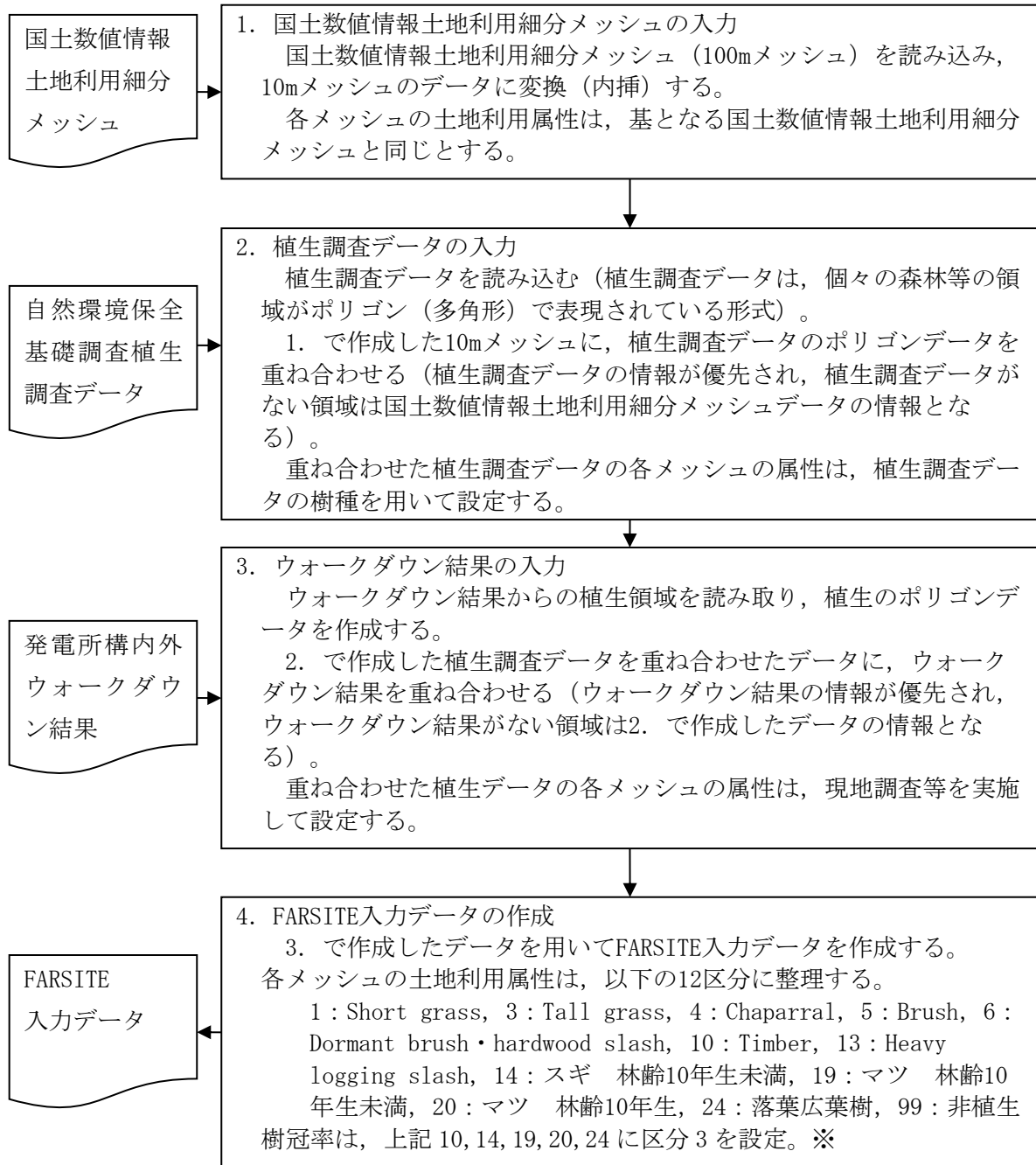
時刻 データ	発火時刻	—	日照による草地及び樹木の乾燥に伴い、延焼速度・火線強度が増大することから、これを考慮して火線強度が最大となる発火時刻を設定
-----------	------	---	---

※：1～99の数字は、FARSITEの植生番号に対応。

No. 1～13, 99は、FARSITE内蔵値（FARSITEが保有する可燃物データ）。

No. 14～24は、福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価（独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)平成24年6月）。

第 2.2-5 表 FARSITE 入力条件の整理 (植生)



※ : 1~99 の数字は、FARSITE の植生番号に対応。

No. 1~13, 99 は、FARSITE 内蔵値 (FARSITE が保有する可燃物データ)。

No. 14~24 は、福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価 (独立行政法人原子力安全基盤機構 (JNES) 平成 24 年 6 月)。

第 2.2-6 表 各種土地利用情報と FARSITE 入力データとの関係 (1/3)

	土地利用	FARSITE 入力データ		備考
		区分*1	種類	
国土数値情報 土地利用 細分 メッシュ	田	3	Tall grass	森林火災発生件数の多い 3~5 月の田の可燃物量は少ないと考えられるが、保守的に「Tall grass」とする。 JNES-RC-Report*2 と同等な設定
	ゴルフ場	3	Tall grass	ゴルフ場は管理されており可燃物量は少ないと考えられるが、保守的に「Tall grass」とする。 JNES-RC-Report*2 と同等な設定
	その他農用地	4	chaparral	その他農用地となっている箇所は草地のほかに果樹園等を含むため、延焼速度が速く、火線強度も高くなる「chaparral 低木の茂み」とする。 JNES-RC-Report*2 より保守的な設定
	森林	10	Timber	延焼速度、火炎長が大きく、火災の勢いが強くなる植生条件である FARSITE の「Timber リターと低木」とする。 JNES-RC-Report*2 より保守的な設定
	荒地	5	Brush	草の繁茂を考慮し、FARSITE の「Brush 茂み」とする。 JNES-RC-Report*2 と同等な設定
	建物用地	5	Brush	植生が連続しておらず、コンクリート等の非植生も多く含まれ延焼しにくいと考えられるが、住宅地沿いの街路樹等を考慮し、FARSITE の「Brush 茂み」とし計算上延焼することとする。 JNES-RC-Report*2 より保守的な設定
	道路	99	非植生	樹木等がないと考えられるため、「非植生(延焼しない)」とする。 JNES-RC-Report*2 と同等な設定方法。
	鉄道			
その他の用地				
河川地及び湖沼				
海浜				
海水域				

*1：可燃物データの出典：

No. 1~13, 99 FARSITE 内蔵値 (FARSITE が保有する可燃物データ)

No. 14~24 JNES-RC-Report*2 の FARSITE 植生データ

*2：福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価 独立行政法人原子力安全基盤機構 (JNES) 平成 24 年 6 月

第 2.2-6 表 各種土地利用情報と FARSITE 入力データとの関係 (2/3)

	土地利用	FARSITE 入力データ		備考
		区分	種類	
自然環境保全基礎調査植生調査データ	アカマツ群落	19	マツ 林齢 10 年生未満	発電所構外のマツの林齢が不明であるため、可燃物データは保守的に「マツ林齢 10 年生未満」とする。
	クロマツ群落			
	スギ・ヒノキ・サワラ植林	14	スギ 林齢 10 年生未満	発電所構外のスギの林齢が不明であるため、可燃物データは保守的に「スギ林齢 10 年生未満」とする。
	竹林	4	chaparral	FARSITE デフォルト植生の中で最も可燃物量、可燃物深さが大きく火線強度等が高くなり保守的な値として「Chaparral」とする。
	オニグルミ群落	24	落葉広葉樹	広葉樹の樹種をひとつにまとめ、「落葉広葉樹」とする。
	コナラ群落			
	ブナ-ミズナラ群落			
	—			
	タニウツギ群落			
	オニグルミ群落			
	ヤナギ低木群落			
	ヤナギ高木群落			
	ハンノキ群落			
	イヌシデ-アカシデ群落			
	エゾイタヤ-シナノキ群団			
	カシワ群団			
チシマザサブナ群団				
コナラ群落				
スダジイ群落				
タブノキ群落				

第 2.2-6 表 各種土地利用情報と FARSITE 入力データとの関係 (3/3)

	土地利用	FARSITE 入力データ		備考
		区分	種類	
構内植生調査結果	草地	1	Short grass	管理された植生に対して草の繁殖を考慮し FARSITE デフォルト値の「Short grass」とする。
	荒地	5	Brush	草の繁茂を考慮し, FARSITE の「Brush 茂みとする。」
	街路樹 (中低木)	6	Dormant brush, hardwood slash	草の繁茂を考慮し, FARSITE の「Brush 茂み」よりも林床可燃物の多い「Dormant brush, hardwood slash」とする。
	広葉樹	24	落葉広葉樹	現地調査の結果, 広葉樹が主な植生のエリアは, 「落葉広葉樹」とする。
	構内のマツ林 (10 年生以上)	20	マツ 林齢 10 年生	現地植生調査の結果, 20 年生以上のマツでも林床に下草・中低木が存在する箇所があることから, 保守的に「マツ 林齢 10 年生」とする。

FARSITE からの出力データ及びその出力データを用いて算出したデータを以下に示す。

第 2.2-7 表 算出結果

大項目	小項目	出力値の内容
FARSITE 出力	火炎長 [m]	火炎の高さ [円筒火炎モデルの形態係数の算出]
	延焼速度 [m/s]	火災の延焼する速さ
	単位面積当たり 熱量[kJ/m ²]	単位面積当たりの放出熱量
	火線強度 [kW/m]	火炎最前線での単位幅当たりの発熱速度であり、 火炎輻射発散度の根拠となる火災規模 [防火帯幅の算出]
	反応強度 [kW/m ²]	単位面積当たりの発熱速度であり、火炎輻射強度 の根拠となる火災規模
	到着時刻 [h]	出火から火炎の前線が当該地点に到達するまでの 時間 [火災継続時間の算出]
上記出力 値より算 定したデ ータ	火炎輻射発散度 [kW/m ²]	火炎からの輻射強度 [円筒火炎表面の単位面積当たりの発熱速度に火炎 の輻射熱割合を乗じて算出]
	火炎輻射強度 [kW/m ²]	火炎からの輻射強度 [反応強度に火炎の輻射熱割合を乗じて算出]
	燃焼継続時間 [h]	温度評価に使用するFARSITE上メッシュにおける火 炎の燃焼継続時間 [円筒火炎モデルを用いた温度上昇の算出]
	火炎到達幅 [m]	発電所敷地境界の火線最前線の長さ [円筒火炎モデル数の算出]
	燃焼半径 [m]	燃焼半径を火炎長に基づき算出 [円筒火炎モデルの形態係数の算出]

d. 自然環境保全基礎調査 植生調査データと森林簿との関係

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」の附属書A「森林火災の原子力発電所への影響評価について」において、植生データの整備に当たって、「森林簿の情報を用いて、土地利用データにおける森林領域を、樹種・林齢によりさらに細分化する」とされている。柏崎刈羽原子力発電所では、個人情報保護の観点から森林簿の入手が困難であったため、環境省自然環境保全基礎調査植生調査データ及び現地調査の結果を用い、森林簿を用いたものと同等の植生データを作成し、評価を実施した。第2.2-8表に、各資料の記載内容の比較と、FARSITE入力データの設定方針を示す。

樹種について、森林簿と同等の情報が利用可能な自然環境保全基礎調査植生データ及び現地調査結果に基づき設定し、自然環境保全基礎調査植生データに記載がない林齢は、水分量が多い生きた木質の可燃物量がより少なく燃焼しやすい、若く保守的な値に設定していることから、森林簿を用いた場合と同等かより保守的な森林火災影響評価結果が得られる。

第2.2-8表 植生データ作成に用いる資料の比較と設定方針

FARSITE 入力データ	森林簿 (ガイド 記載)	自然環境 保全調査	現地調査 (構内)	FARSITE 入力データ設定方針
場所	○	○	○	植生調査データ, 現地調査等で特定した樹種ごとの植生場所を入力
樹種	○	○	○	植生調査データ, 現地調査等で特定した樹種を入力
林齢	○	× (保守的に設定)	○	スギ・ヒノキ, アカマツ・クロマツについて, 10年生未満, 10年生の2区分を用いる 発電所構外については, 林齢の特定が困難であることから, 保守的に10年生未満を入力 発電所構内については, 現地調査の結果を踏まえ入力
樹冠率	×	× (保守的に設定)	× (保守的に設定)	樹冠率については, 植生調査からの特定が困難であることから, 日照や風速への影響を考慮し, 針葉樹, 落葉広葉樹について, 保守的な樹冠率区分 (3: 一般的な森林) を入力

○ : 情報あり, × : 情報なし

e. 植生調査の詳細について

植生調査は、発電所構内林及び防火帯周辺についてウォークダウンをし、樹種、林齢、低木及び下草の有無を確認した。

(a) 調査内容

発電所構内の森林全域の植生及び防火帯予定地に沿って森林側の植生を調査し記録した。(第2.2-5図, 第2.2-6図)

(b) 調査者の力量

発電所構内の植生について詳しく、かつ1級造園施工管理技士の国家資格を有する者が調査を実施した。

(c) 調査期間

2014年4月23日～5月30日(約40人日)

2016年11月9日～11月30日(約20人日)

(d) 調査結果

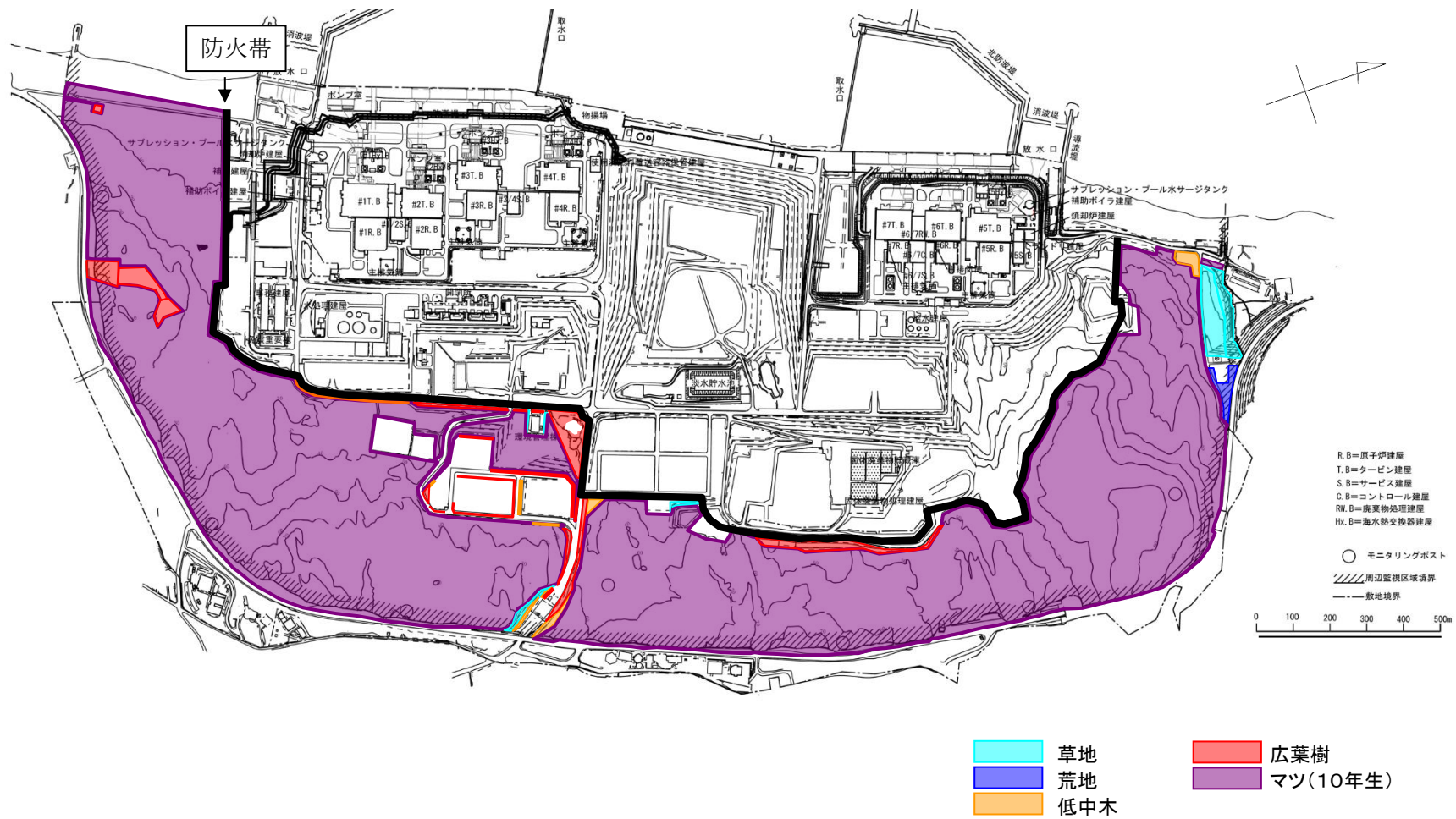
現地調査は、発電所構内林及び防火帯周辺で実施した。

第2.2-9表 代表的な調査ポイント及び植生調査結果

ポイント	植生調査結果			FARSITE 入力値	
	樹種	林齢	下草	樹種・林齢	下草
①-a	マツ	25年生以上	約50cm	マツ10年生	約183cm
②-a	スダジイ	25年生以上	約30cm	落葉広葉樹	約183cm
③-a	マツ	40年生以上	約50cm	マツ10年生	約183cm
⑬-a	雑草	-	約50cm	Brush	約61cm
⑯-a	マツ	40年生以上	なし	マツ10年生	約183cm
⑰-a	シャリンバイ, シロダモ等	30年生以上	約30cm	Dormant Brush, Hard Wood slash	約76cm

防護上の観点又は機密に係わる事項を含むため、公開できません

第2.2-5 図 植生調査エリア



第 2.2-6 図 発電所構内植生図

<p><荒地> 砂利が敷かれているところがあるが雑草の繁茂や蔦等が這う可能性を考慮し、全面を「Brush」とする。</p>	<p>⑬-a 雑草</p> 
<p><中低木> 草の繁茂を考慮し、FARSITEの「Brush 茂み」よりも林床可燃物の多い「Dormant brush, hardwood slash」とする。</p>	<p>⑰-a シャリンバイ等</p> 
<p><落葉広葉樹> 構内で一部広葉樹が群生しているエリアについては、「落葉広葉樹」とする。なお、広葉樹の下草の状況は林齢によってほとんど変わらないことを考慮し、落葉広葉樹の可燃物データは、林床には草や低木が存在する状況を想定している。</p> 	<p>②-a スダジイ 25年生以上</p> 

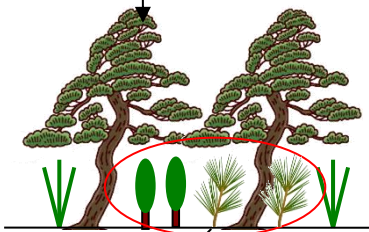
第 2.2-7 図 発電所構内の植生 (1/3)

<マツ 10 年生>

発電所構内のマツは 40 年生以上のものが多いが、林床に下草が存在することを考慮し、20 年生以上のマツが存在していたとしても下草が存在する場合は、保守的に一律 10 年生の可燃物データとする。

なお、マツ 10 年生の可燃物データは、林床に草や低木が存在する状況を想定している。

10年生以上のマツ



10年生未満のマツや低木も含む

①-a マツ 25 年生以上



③-a マツ 40 年生以上



⑩-a マツ 40 年生以上



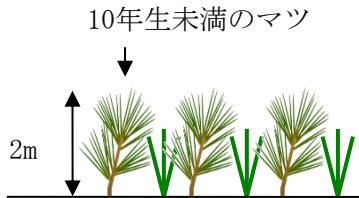
第 2.2-7 図 発電所構内の植生 (2/3)

(参考)

<マツ 10 年生未満>

10 年生未満のマツの樹高は 2m 程度である。一面にこれらのマツのみが存在するエリアはマツ 10 年生未満とする。

→発電所構内では、右図のように 40 年生以上のマツの林床に自生する 10 年生未満のマツは存在するが、一面が 10 年生未満のマツのみという植生は存在しない

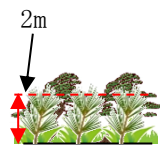

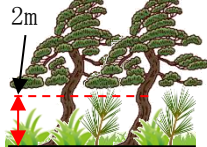
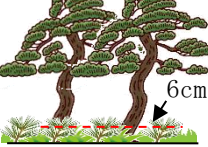
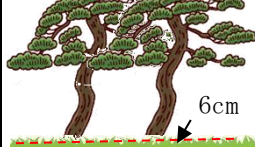


第 2. 2-7 図 発電所構内の植生 (3/3)

f. FARSITE の入力条件（林齢の設定）

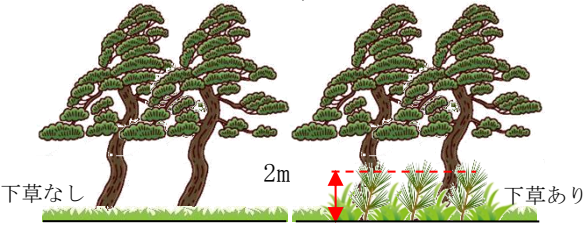
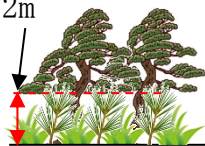
福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価（独立行政法人原子力安全基盤機構（JNES）平成 24 年 6 月）では、マツを 10 年生未満から 40 年生以上の 5 つに分類した追加植生データを作成している。10 年生未満、10～20 年生及び 20～30 年生のマツについては、FARSITE のデフォルト植生の中で最大の可燃物深さである 2m 程度の下草・低木がある状況としている。また、林床可燃物量（下草・低木の量）は 10 年生未満及び 10～20 年生のマツについては、FARSITE の低層植生の中で最も可燃物量の多い状況としている。なお、生きた木質の fuel 量は、林齢が大きくなるにつれて大きい値を使用している。

第 2.2-10 表 林齢の設定

10 年生未満	10～20 年生	20～30 年生	30～40 年生	40 年生以上
				
下草・低木の状況				
2m 程度の下草や低木がある状態を想定。 （FARSITE のデフォルト植生で最大の可燃物深さを想定）。低木には実生松（10 年生未満の松）も含まれる。			下草がない状態を想定（6cm 程度）	
林床可燃物量				
多		中		少
生きた木質の fuel 量				
少	→	中	→	多

発電所構内のマツは、40 年生以上のマツ林の中に 2m 程度の下草や低木があるエリアと下草がないエリアが存在する。これらの植生は、可燃物深さが大きい 20 年生のマツでモデル化しても保守的であると考えるが、さらに厳しい条件となるよう 10 年生のマツで設定する。

第 2.2-11 表 マツの林齢の設定

発電所構内の植生	FARSITE の入力データ
<p style="text-align: center;">40 年生</p>  <p style="text-align: center;">2m</p>	<p style="text-align: center;">10 年生</p>  <p style="text-align: center;">2m</p>
<p>林床可燃物深さ：0～2m（実生松含む） 林床可燃物量：少～多 生きた木質の fuel 量：多</p>	<p>林床可燃物深さ：2m（実生松含む） 林床可燃物量：多 生きた木質の fuel 量：少</p>

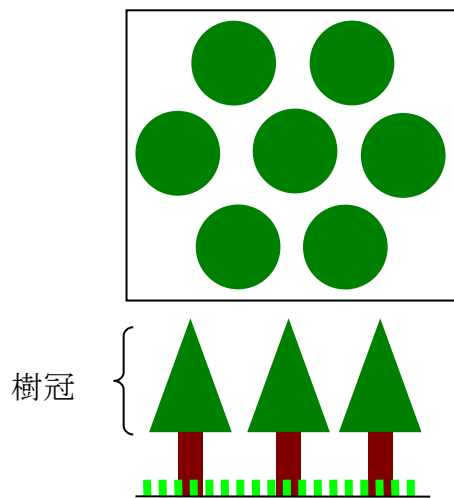
g. 樹冠率の設定

樹冠率は、上空から森林を見た場合の平面上の樹冠が占める割合をいう。

FARSITE では、実際の森林状況による自然現象を可能な限り反映するため、樹冠率の割合が高くなると、風速の低減、地面草地への日照が低減（水分蒸発量が減ることによって燃えにくくなる）する。

具体的には FARSITE において樹冠率を 4 つに区分し、4 つのいずれかを設定するようになっている。今回の評価では、植生調査データにより森林と定義できる区分 3、4 から選択することとし、保守的に区分 3 を設定する。

樹冠率：平面上の樹冠の割合



FARSITE 区分	樹冠率[%]	備考
1	～ 20	
2	21 ～ 50	非森林を含む領域
3	51 ～ 80	一般的な森林
4	81 ～ 100	原生林を含む森林

	区分 3 の場合	区分 4 の場合
風速低減効果	風速が弱まりにくい	風速が弱まる
日射低減効果	地面下草が燃えやすい	地面下草が燃えにくい

第 2.2-8 図 樹冠率の設定

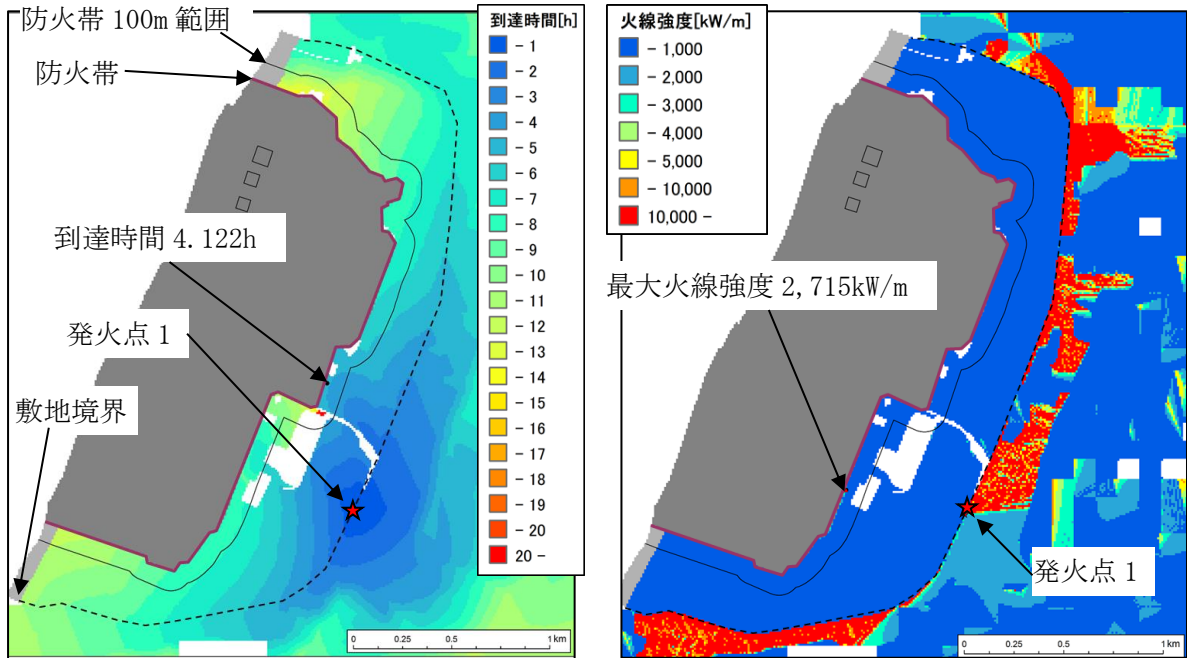
h. FARSITE への入力値まとめ

第 2.2-12 表 FARSITE への入力値

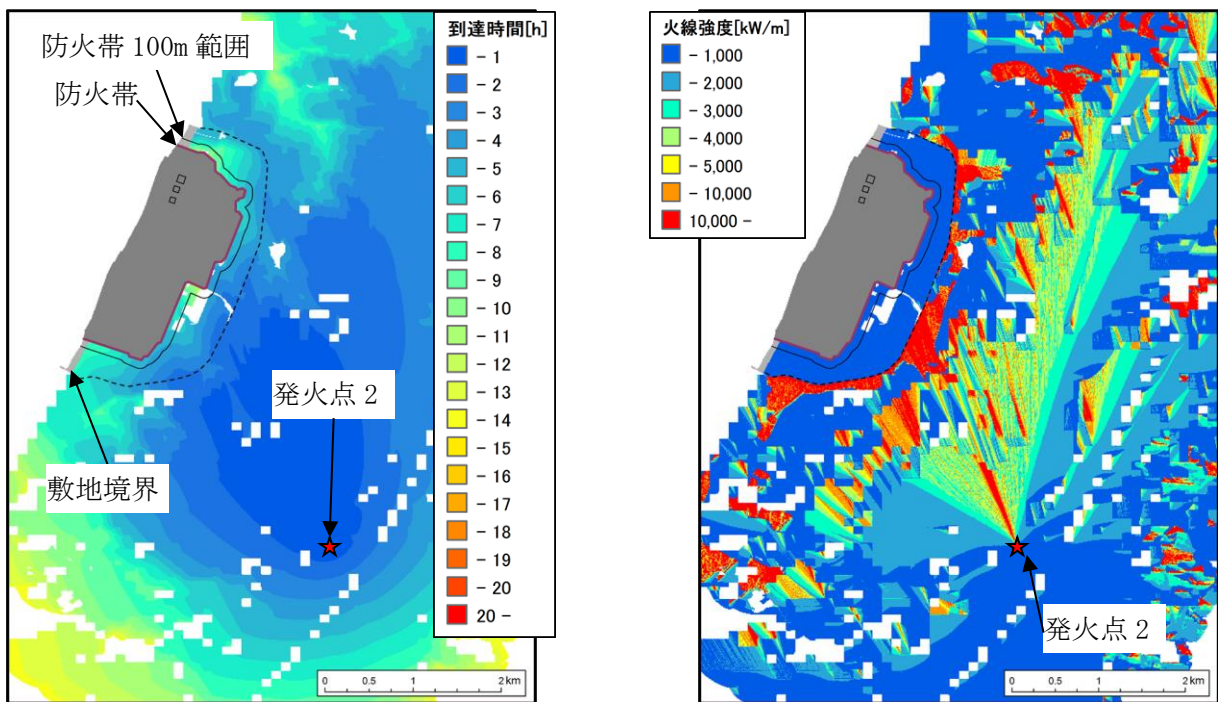
大区分	小区分	入力値	備考
気象	気温	32℃	気温が高い方が可燃物の水分量が少なく燃えやすくなることから、森林火災が多い 3～5 月における過去 10 年間の最高気温を設定（ガイドどおり） 解析期間中最高気温が継続するように設定
	湿度	12%	湿度が低い方が可燃物の水分量が少なく燃えやすくなることから、森林火災が多い 3～5 月における過去 10 年間の最小湿度を設定（ガイドどおり） 解析期間中最小湿度が継続するように設定
	風速	16m/s	風が強い方が延焼速度・火線強度が大きくなることから、森林火災が多い 3～5 月における過去 10 年間の最大風速を設定（ガイドどおり） 解析期間中最大風速が継続するように設定
	雲量	0%	日射が多い方が可燃物の水分量が少なくなるため、日射量が多くなるように、雲量 0% に設定
	降水量	0mm	降水がない方が可燃物の水分量が少なくなるため、降水量は 0mm に設定
地形	高低差	数値標高モデル	現地状況を模擬するため、基盤地図情報 数値標高モデルの 10m メッシュデータを用いる。
	緯度	37 度	日射量が多い方が可燃物量の水分量が少なく燃えやすくなることから、日射量が多くなるように、柏崎刈羽原子力発電所の緯度（37 度 25 分）より赤道側に設定
植生	樹木高さ	15m	データを正確に調査することは困難であるため、デフォルト値を一律に適用
	枝下高さ	4m	
	かさ密度	0.2kg/m ³	
	樹冠率	区分 3	森林と定義される区分 3, 4 のうち、風速が弱まりにくく、日射の影響を受けやすくなる区分 3 を設定
	fuel 初期水分量	コンディショニング機能	水分量は気温・湿度・日射等により変化する。発火時刻より 30 日前から現地の状況をシミュレートして初期水分量が平衡に達した状態から発火させる。

(4) FARSITE の解析結果

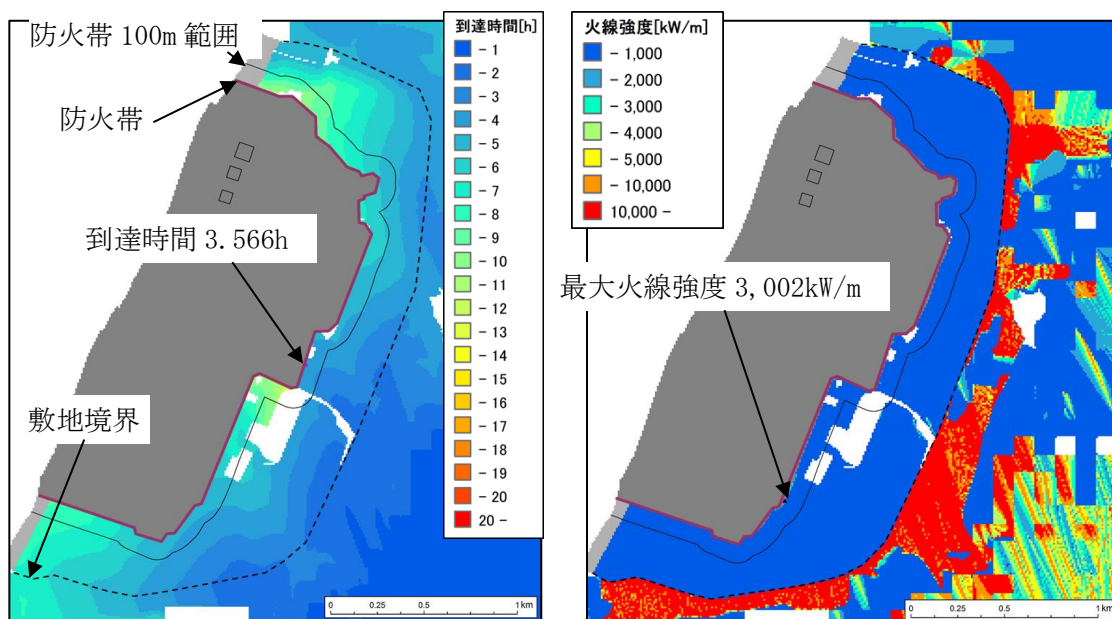
各ケースの FARSITE による解析結果図を以下に示す。



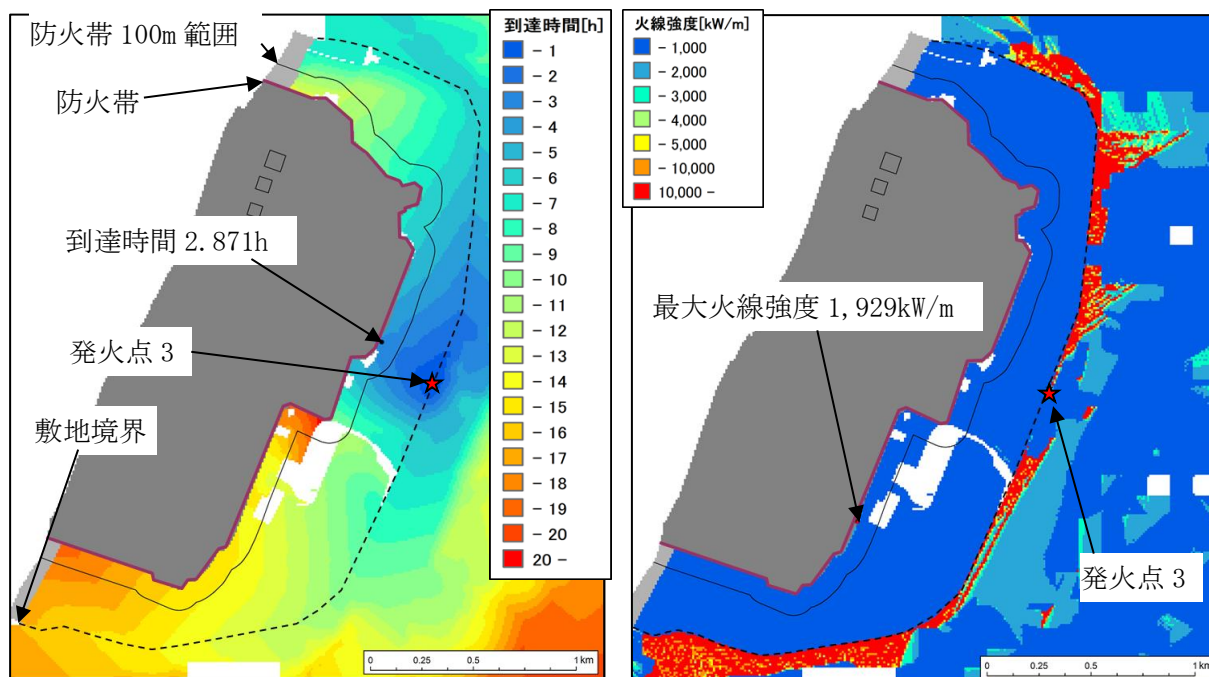
第 2.2-9 図 ケース 1 解析結果（左：火炎到達時間分布，右：火線強度分布）



第 2.2-10 図 ケース 2 解析結果（左：火炎到達時間分布，右：火線強度分布）



第 2.2-11 図 ケース 2 解析結果 敷地周辺拡大 (左：火炎到達時間分布，右：火線強度分布)



第 2.2-12 図 ケース 3 解析結果 (左：火炎到達時間分布，右：火線強度分布)

(5) 延焼速度及び火線強度の算出結果

ホイヘンスの原理に基づく火炎の拡大モデルを用いて延焼速度や火線強度を算出した。防火帯外縁より 100m の範囲における延焼速度及び火線強度の算出結果を第 2.2-13 表に示す。

(6) 火炎の到達時間の算出結果

延焼速度より、発火点から柏崎刈羽原子力発電所までの到達時間を算出した。また、火炎の到達時間をもとに柏崎刈羽原子力発電所の自衛消防隊が対応可能であるか否かを評価する。延焼速度及び到達時間の算出結果を第 2.2-13 表に示す。

第 2.2-13 表 火炎の到達時間及び防火帯幅評価に伴う評価項目

評価項目	ケース 1	ケース 2	ケース 3
延焼速度[m/s]	0.35	0.37	0.25
最大火線強度[kW/m]	2715	3002	1929
火炎の到達時間[hour]	4.122	3.566	2.871

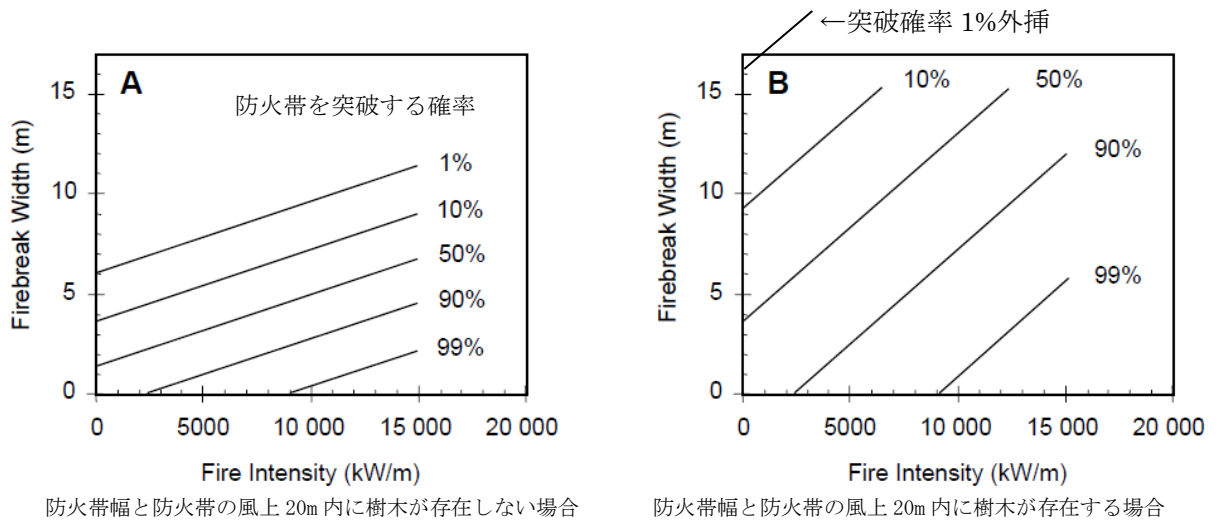
(7) 防火帯幅の算出

火線強度より、柏崎刈羽原子力発電所に必要な最小防火帯幅を算出した。ここでは「Alexander and Fogarty の手法（風上に樹木がある場合）」（第 2.2-13 図 右図）を用い、火炎の防火帯突破確率 1% の値を柏崎刈羽原子力発電所に最低限必要な防火帯幅とした。防火帯外縁より 100m の範囲における最大火線強度は第 2.2-13 表のとおりとなり、最も火線強度が高かったケース 2 の結果から防火帯幅を決定する。最小防火帯幅の算出結果を第 2.2-14 図に示す。

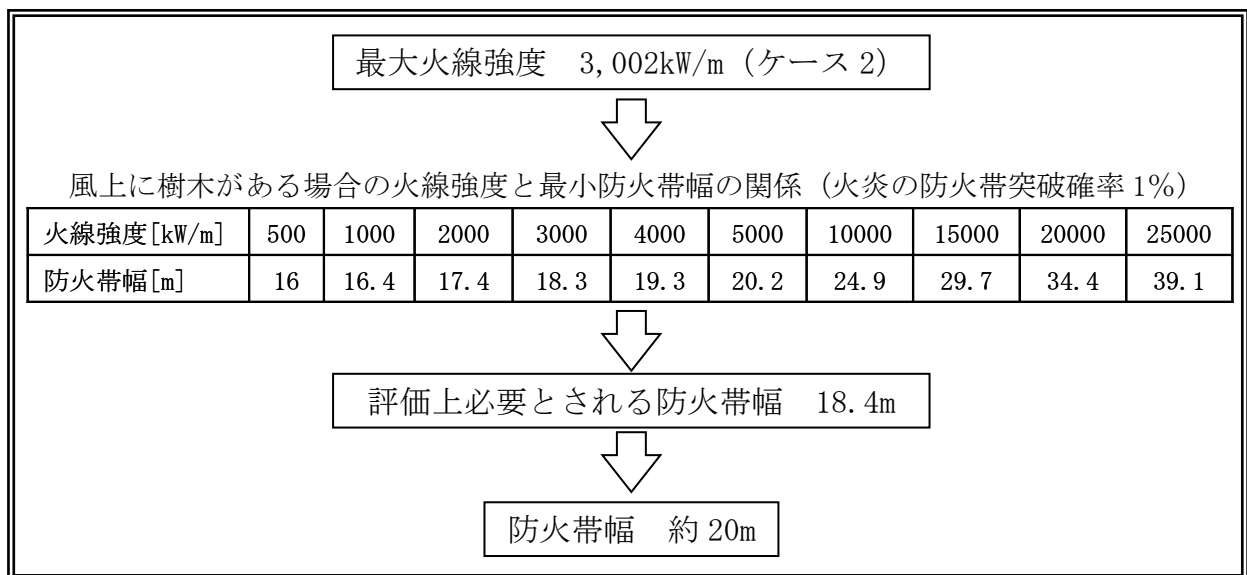
なお、評価では、気温は最高気温で一定、湿度は最小湿度で一定としており、時刻変化による火線強度の増減に寄与するのは日射量となる。そこで、FARSITE 解析における最大火線強度と日照時間の影響を以下のとおり確認した。日照の影響は、地形の傾斜方向と太陽の角度が関係しており、火線強度が高くなるのは、10 時～14 時の間と考えられる。第 2.2-14 表に示すとおり、最大火線強度到達時刻が 10 時から 14 時の時間に収まっており、火線強度が最大となったケース 2 の火線強度は 3,002kW/m であることから、この結果をもとに防火帯幅を設定する。

第 2.2-14 表 最大火線強度の日照時間影響の考察

ケース 1	発火日時	3:30	4:30	5:30
	到達日時	11:30	12:09	12:58
	最大火線強度 [kW/m]	2501	2715	2235
ケース 2	発火日時	6:00	7:20	8:40
	到達日時	10:59	11:45	12:49
	最大火線強度 [kW/m]	2888	3002	2923
ケース 3	発火日時	20:00	21:00	22:05
	到達日時	10:40	10:51	11:53
	最大火線強度 [kW/m]	1829	1929	1818



第 2.2-13 図 火線強度に対する防火帯の相関図



第 2.2-14 図 防火帯幅の設定

(8) 危険物施設の火災が森林等に延焼した場合の柏崎刈羽原子力発電所への影響について

ケース 2 発火点は、柏崎刈羽原子力発電所への熱影響を大きくするため、柏崎刈羽原子力発電所から遠方（火災前線に広がり、発電所構内を同時期に取り囲むような火災となる）、並びに、柏崎刈羽原子力発電所の風上（南南東方向：最大風速観測時の風向及び卓越風向）に設定している。

危険物施設の火災を想定した場合、柏崎刈羽原子力発電所への熱影響が最大となっているケース 2 の発火点以遠の風上（南南東方向）に危険物施設はなく、柏崎刈羽原子力発電所への熱影響が大きくなるような火災にはならないと考えられる。

(9) 3～5月の気象条件に8月を加えた解析結果について

森林火災の想定における気象条件は、過去10年間（2003～2012年）を調査し、森林火災の発生件数の多い3～5月の卓越風向、最大風速、最高気温、及び最小湿度の組み合わせとしている。3～5月を除く月としては、新潟県、柏崎市・刈羽村・出雲崎町における8月の森林火災発生件数が比較的多いが、3～5月に8月を加えた気象条件を採用すると、発電所立地地域として起こりえないような高気温・低湿度の気象条件となるため、ベースケースの解析条件としていない。

以下に、3～5月に8月を加えた気象条件を考慮した場合の感度解析の結果を示す。

なお、発火点は最大火線強度が大きくなると考えられるケース 2 の発火点とし、これを代表ケースとして評価を実施した。

a. 気象条件の設定

3～5月の気象条件に8月を加えた気象条件を第2.2-15表（上段）に示す。

第2.2-15表 3～5月に8月を加えた気象条件と3～5月の気象条件との比較

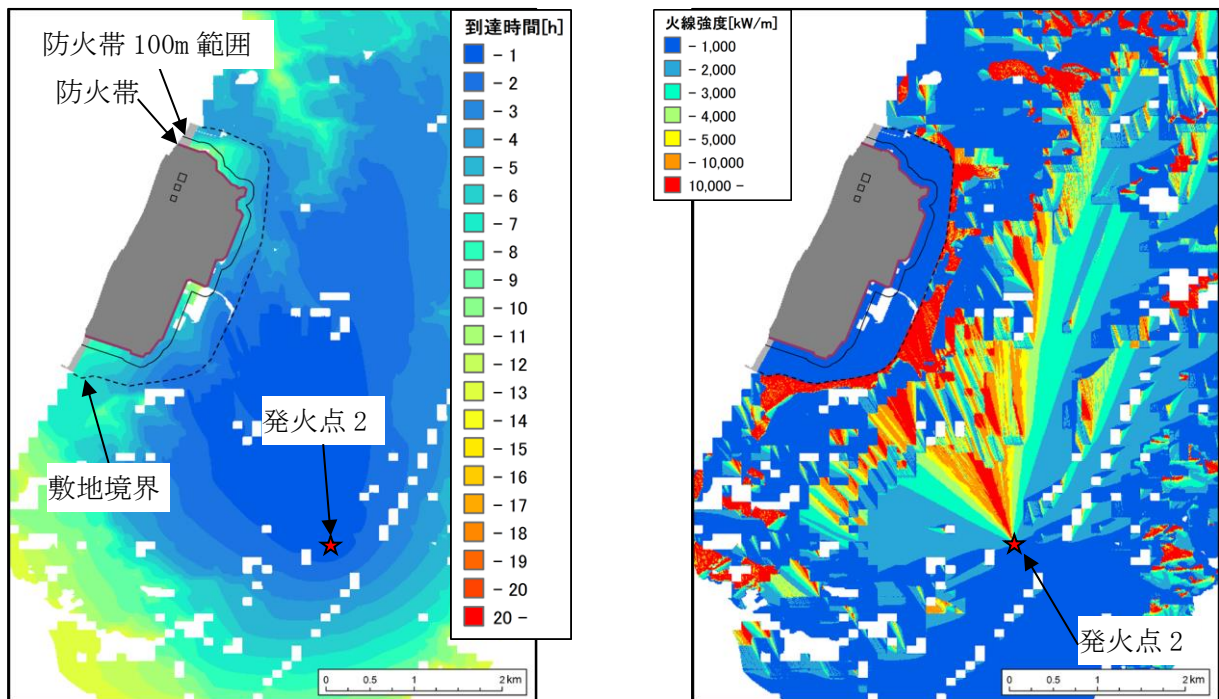
	風向 [16方位]	最大風速 [m/s]	最高気温 [°C]	最小湿度[%]
3～5月 +8月	南南東	16.0	37.5	12
3～5月 (ケース2)	南南東	16.0	31.9	12

b. 必要データ

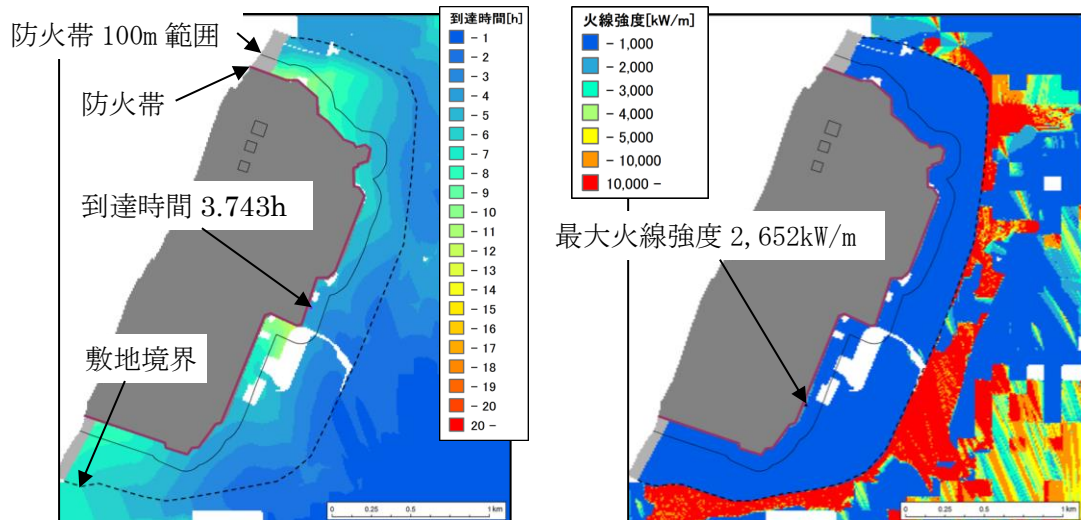
気象条件以外の植生データ等の FARSITE 入力データは、ケース 2 と同等とする。

c. 解析結果

FARSITE による解析結果を第 2.2-15 図, 第 2.2-16 図に示す。



第 2.2-15 図 解析結果 (左：火炎到達時間分布, 右：火線強度分布)



第 2.2-16 図 解析結果 敷地周辺拡大 (左：火炎到達時間分布, 右：火線強度分布)

d. 火線強度及び火炎の到達時間の算出結果

火線強度及び火炎の到達時間の算出結果を第 2.2-16 表に示す。

第 2.2-16 表 火線強度及び火炎の到達時間

評価項目	3～5月+8月	3～5月
最大火線強度[kW/m]	2652	3002 ^{※1}
火炎の到達時間[hour]	3.743	2.871 ^{※2}

※1：ケース2の火線強度（最大値）

※2：ケース3の火炎の到達時間（最小値）

e. 評価結果

8月の気象条件を加えたケースは、3～5月の気象条件に対して、最大火線強度が350kW/m程度小さくなっていることから、発電用原子炉施設への熱影響はケース2の評価に包絡される。

最大火線強度が低下した主な原因として、FARSITEに入力する最小湿度は相対湿度であることが挙げられる。つまり、FARSITEにて相対湿度を一定としても、気温の上昇による飽和水蒸気圧の増加によって、絶対湿度（水分量）が上昇することから、結果として、気温上昇の効果（可燃物の水分量が減少し火線強度が上昇する効果）よりも、絶対湿度の増加の効果（可燃物の水分量が増加し火線強度が低下する効果）が大きくなり、最大火線強度が若干低下したと考えられる。

また、火炎の到達時間はケース3以上となっており、自衛消防隊の対応に影響をおよぼすことはないと評価する。

(10) 8月の気象条件を適用した森林火災について

a. 森林火災の想定

森林火災の想定では、過去10年間（2003～2012年）の気象条件を調査し、森林火災の発生件数の多い3～5月の卓越風向、最大風速、最高気温、及び最小湿度の組み合わせとしているが、新潟県、柏崎市、刈羽村、出雲崎町における森林火災の発生件数は、3～5月を除き、8月にも発生していることから、以下、8月の気象条件を適用した森林火災について検討した。

(a) 気象条件

8月における過去10年間の気象条件を調査した結果を第2.2-17表（上段）に示す。

第 2.2-17 表 8月の気象条件と3～5月の気象条件との比較

	風向[16方位]	最大風速[m/s]	最高気温[°C]	最小湿度[%]
8月	南南東	11.0	37.5	31
3～5月	南南東	16.0	31.9	12

(b) 考察

8月の気象条件は、3～5月の気象条件と比較して、①及び②の効果により火線強度が低下することから、3～5月の気象条件を適用した場合の評価に包絡される。

- ① 3～5月に8月の気象条件を加えた解析では、気温の上昇によって絶対湿度が増加し、火線強度が低下する結果となっている。
- ② 8月の気象条件は、下記のとおり、3～5月の気象条件と比較して火線強度を低下させる気象条件となっている。
 - ・ 最大風速の低下による延焼速度、火線強度の低下（延焼速度と火線強度は比例関係にある）。
 - ・ 最小湿度（相対湿度）の上昇により可燃物の水分量が増加し火線強度が低下。

参考として、8月の気象条件が3～5月の気象条件を適用した解析結果に包絡されることを感度解析にて確認している。その結果を参考資料2-3に示す。

2.3 森林火災時の対応の評価結果

森林火災影響評価においては、以下に示す到達時間及び防火帯幅の条件を満足していること、森林火災時の可搬型モニタリングポスト及び可搬型気象観測装置の対応が可能であることを確認した。

2.3.1 火災の到達時間の評価結果

2.3.1.1 到達時間

FARSITEの解析により、森林火災を想定した場合、火災が防火帯に到達する時間は、発電所敷地境界付近からの出火（ケース3）を想定しても3時間程度である。

防火帯により森林火災が発電用原子炉施設へ影響を及ぼすことはないが、森林火災の状況に応じて防火帯付近へ予防散水を行う。また、外部からの情報により森林火災を認識し、発電所敷地境界へ到達するまでに時間的な余裕がある場合には、発電所構内への延焼を抑制するために敷地境界近傍への予防散水を行う。

2.3.1.2 予防散水に関わる評価

敷地境界域から防火帯までの火災到達時間が3時間程度であるのに対して、防火帯付近への予防散水は、敷地境界域での火災発見から約90分で開始可能である。

<火災の発見>

発電所敷地境界域については、警備員が定期的にパトロールを行っていること、敷地境界監視用カメラにより 24 時間常時監視（監視場所は防火帯より内側の監視施設）を行っていることにより、同境界域での火災や火災原因となり得る異常を発見することが可能である。

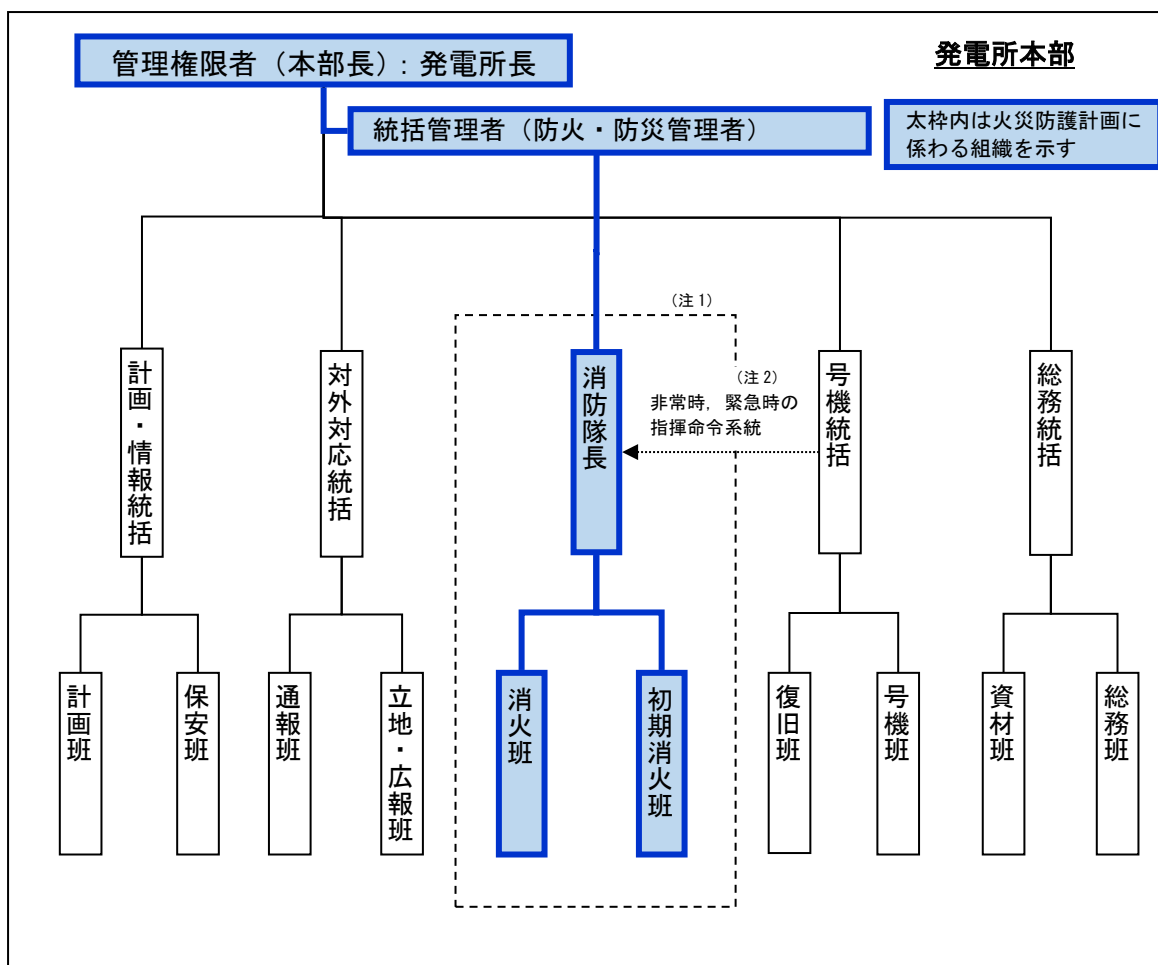
<予防散水>

柏崎刈羽原子力発電所の自衛消防隊は、発電所敷地内に 24 時間常駐していることから、敷地内に待機している消防車による予防散水が可能である。

(1) 予防散水の実施体制

柏崎刈羽原子力発電所においては、発電所構内の火災に対し、消防活動を行うために自衛消防隊を組織している。自衛消防隊の組織体制を第 2.3.1.2-1 図及び第 2.3.1.2-1 表に示す。

予防散水は、この自衛消防隊により対応する。



注1：自衛消防隊の編成を第2.3.1.2-1表に示す。

注2：自衛消防隊は非常時対策（一般災害）、緊急時対策（原子力災害）においては号機統括の指揮下で活動する。
緊急時対策本部立上後の自衛消防体制については、消防法に基づき作成する消防計画にも定める。

第2.3.1.2-1図 自衛消防組織体制

第 2.3.1.2-1 表 自衛消防隊編成（現場指揮本部）

構成	所属等		役割
消防隊長 (1)	平日昼間：①防災安全GM ②防災安全担当 ③運転管理担当 平日夜間，休祭日：自衛消防隊専属の宿直者		①現場指揮本部の責任者 ②消火活動全体の指揮 ③当直長への消火活動の情報提供・プラント情報の共有 ④公設消防窓口（プラント状況・消火活動の情報提供）
初期消火班 (15) (16) ^{※1}	当直長(1) ^{※2}	1号炉[1] 2号炉[1] 3号炉[1] 4号炉[1] 5号炉[1] 6,7号炉[1]	計6名 ①公設消防への通報（発電関連設備） ②運転員（初期消火要員）への初期消火指示 ③プラントの情報提供，消防活動の情報共有 （当直長は現場での消火活動のメンバーには属さない）
	運転員(3) ^{※2}	1号炉[3] 2号炉[2] ^{※3} 3号炉[2] ^{※3} 4号炉[2] ^{※3} 5号炉[2] ^{※4} 6,7号炉[3](4) ^{※5}	計14名 ①屋内・屋外での消火活動（発電関連設備） ②消火戦略の検討・指揮（現場支援担当又は当直主任） ③火災発生場所での消火活動の指揮（現場支援担当又は当直主任） ④火災発生現場（建屋内）への公設消防誘導・説明
	正門警備員(2) ^{※6}		①屋内・屋外での消火活動（その他区域） ②火災発生現場（構内全域）への公設消防誘導
	放射線測定要員・放射線測定当番(2)		線量測定
	消防車隊	防護・副防護本部警備員(1) 委託員(6)	指揮者から消防車隊への指示伝達係 ①屋内・屋外での消火活動
消火班 (30)	副班長：専任(2)，兼任可(1) 班員：専任(16)，兼務可(11) (専任) 消火専任の要員 (兼務) 機能班との兼務可		【参集状況に応じ，現場にて副班長が役割分担を指名】 ●消火係 ①消火活動（消火器・屋外消火栓等の使用） ●現場整理・資機材搬送係 ①現場交通整理（公設消防車両の誘導） ②火災現場保存（関係者以外の立入規制含む） ③消火活動資機材の運搬（現場指揮本部機材含む） ●情報係 ①発電所本部への情報連絡 ②火災現場での情報収集・記録 ●救護係 ①負傷者の救護 ②総務班医療係到着までの介護

() 内は人数

※1：1～5号炉は各号炉15名で構成。6号及び7号炉は通常15名，6号及び7号炉同時火災では16名で構成。

※2：発電関連設備での火災発生時が対象。[]内は各号炉の初期消火要員。

※3：単独火災発生時は1号炉の初期消火要員1名を補充。

※4：単独火災発生時は6号及び7号炉の初期消火要員1名を補充。

※5：6号及び7号炉のいずれか一方の号炉の火災では3名で活動。6号及び7号炉同時火災では運転員1名を補充し4名で活動。

※6：初期消火班警備員(2)は，発電所周辺警備を行うために正門警備所（防火帯外側）に常駐しているが，森林火災発生時には，公設消防を火災現場に誘導する。なお，火災の影響がおよぶ場合には安全な場所へ待避する。

用語の定義

・発電関連設備

周辺防護区域内において，原子力発電所の運転等に直接関係する建物（原子炉建屋等），防護区域外であっては水処理建屋，154kV変電所，66kV開閉所，給水建屋等の運転員の巡視区域の建物等をいう。

・その他区域

発電関連設備以外で，発電所敷地内にある当社所有の建物（事務本館，防震重要棟，防護本部，副防護本部，サービスホール，技能訓練棟，原子炉係修訓練棟，予備品倉庫（大湊），発電倉庫（大湊）等），高台保管場所，森林，伐採木仮置き場等をいう。

(2) 予防散水計画

防火帯により森林火災が発電用原子炉施設へ影響を及ぼすことはないが、森林火災の状況に応じて防火帯付近へ予防散水を行う。また、外部からの情報により森林火災を認識し、発電所敷地境界へ到達するまでに時間的な余裕がある場合には、発電所構内への延焼を抑制するために敷地境界近傍への予防散水を行う。

万一、防火帯の内側に飛び火した場合は、自衛消防隊の活動を予防散水から防火帯内火災の初期消火活動に切り替え、消火栓及び消防車を使用し、継続して消防隊長の指揮のもと初期消火活動・延焼防止活動を行う。なお、予防散水については、火災防護計画に定める。

a. 予防散水に期待する効果

防火帯は、防火帯突破確率 1%となる防火帯幅 18.4m に対し、約 20m の防火帯を設定している。

予防散水は、防火帯付近を濡らすことで火の粉の発生や飛び移りの抑制を図り、防火帯の機能をより強化するために実施する。

b. 防火帯付近への予防散水計画

- ・活動用水は、構内屋外消火栓^{*}を使用する。
- ・使用資機材は消防車 2 台。対応要員数は 10 名。
- ・防火帯付近散水エリアと消火栓位置を第 2.3.1.2-2 図に示す。また、各散水エリアに使用する消火栓を第 2.3.1.2-2 表に示す。

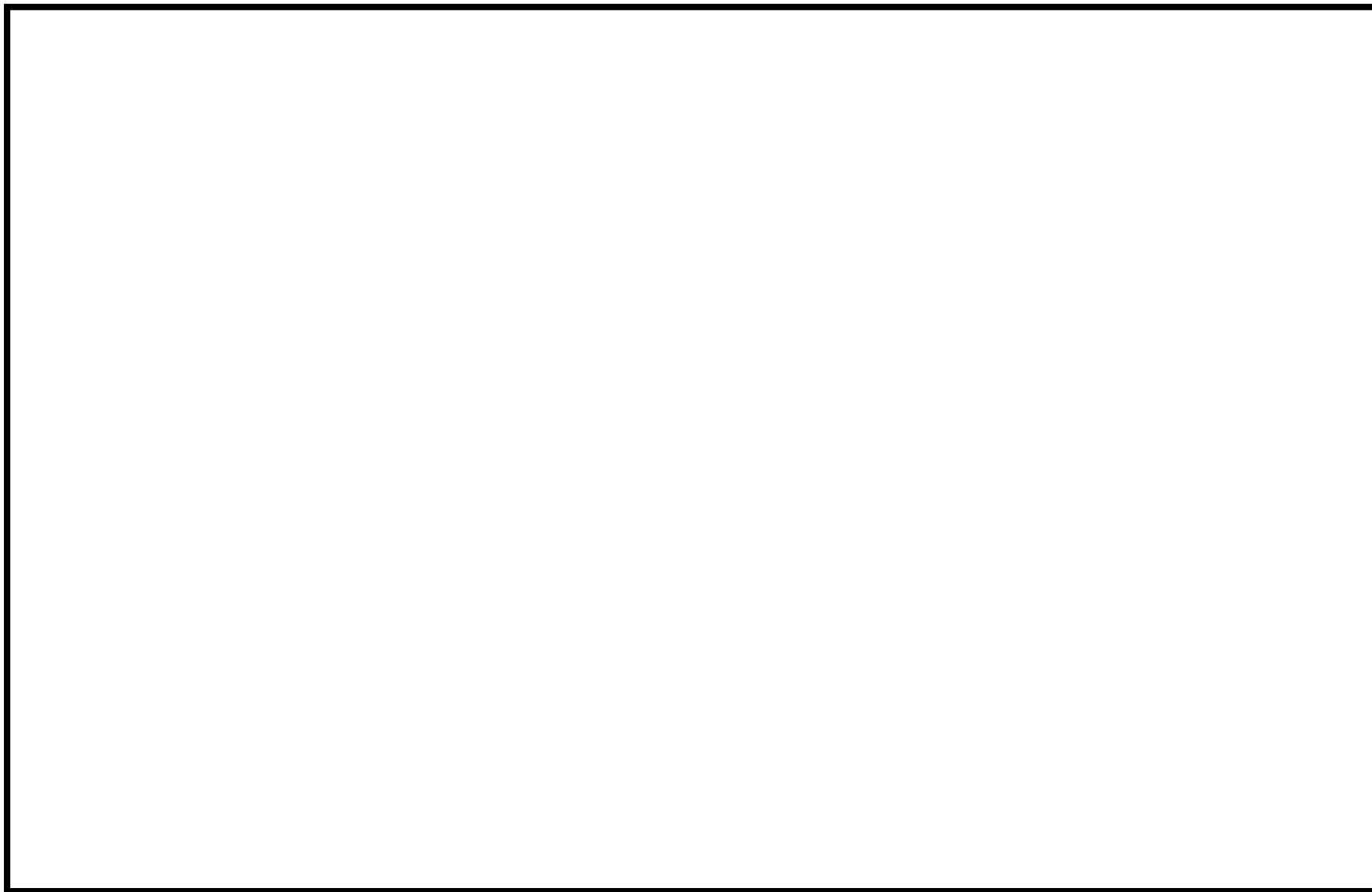
※：構内屋外消火栓の確保を優先とするが、状況に応じて防火水槽、海水を活動用水として使用する。

第 2.3.1.2-2 表 防火帯付近散水エリアと使用水源

散水 エリア	使用消火栓 (上段：主，下段：補助)	ホース展開距離 (水平距離)	高低差 (消火栓～散水箇所)
A	5号炉屋外消火栓 FH0-8	～860m	56.2m (12.3～68.5)
	5号炉屋外消火栓 FH0-10		
B	発電所構内屋外消火栓⑪	～1,440m	33.0m (44.3～77.3)
	発電所構内屋外消火栓⑥		
C	発電所構内屋外消火栓⑨	～340m	5.4m (39.5～44.9)
	発電所構内屋外消火栓⑤		
D	発電所構内屋外消火栓③，⑤	～290m	3.3m (30.4～33.7)
	発電所構内屋外消火栓②，⑥		
E	発電所構内屋外消火栓②	～400m	9.0m (13.1～22.1)
	発電所構内屋外消火栓①，③，④		
F	発電所構内屋外消火栓②	～720m	-3.9m (13.1.～9.2)
	1号炉屋外消火栓 FH0-9， 発電所構内屋外消火栓③		
G	1号炉屋外消火栓 FH0-9	～720m	4.0m (5.2～9.2)
	発電所構内屋外消火栓②		

防護上の観点または機密に係わる事項を含む為、公開できません

6条-別添4(外火)-1-添付2-45



第2.3.1.2-2 図 防火帯付近散水エリアと消火栓位置

c. 対応手順と所要時間

対応手順と所要時間を第 2.3.1.2-3 表に示す。また、「(d) 訓練実績 (1) 森林火災を想定した予防散水訓練実績 (防火帯付近)」において、検証した所要時間 (実績) を下段に示す。

第 2.3.1.2-3 表 防火帯付近への予防散水手順と所要時間

手順	内容	所要時間										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
火災発生	(敷地境界まで発見が遅れることを想定)	森林火災発生 ▽										
火災発見 ～散水指示	警備員が発見し、消防隊長へ連絡	火災発見 想定 ▽ (5)										
	消防隊長は、風向き等から火災進行方向を評価し、散水場所を消防車隊へ指示	想定 □ (10)										
出動準備	出動準備～現場到着	想定 □ (15)										
		実績 ※ ■ (12)										
放水準備	水利確保, ホース施設	想定 □ (40)										
		実績 ※ ■ (30)										
	送水	想定 □ (20)										
		実績 ※ ■ (16)										
放水開始	放水開始	想定 所要時間 約 90 分 → ▽ 放水開始										

散水エリア B における散水実績

d. 発電所敷地境界への予防散水計画

発電所周辺の 5 方向を代表ポイントとし、発電所敷地境界への予防散水計画を定めた。発電所敷地境界への予防散水計画を第 2.3.1.2-4 表に示す。

- 代表ポイントは、森林火災影響評価において卓越方向と評価した南南東とホース展開に最も時間を要すると考えられる刈羽トンネル方向※を含めることとし、この 2 方向の中間方向となる 3 方向を加え、発電所外周をほぼ等間隔に分割できる 5 ポイントとした。

※:刈羽トンネルポイントは、消火栓からのホース展開距離が最も長く(1500m)、放水位置の高低差も最も大きい(46.4m)ことから、予防散水の実施条件が最も厳しい。

- ・活動用水は構内屋外消火栓とし、代表ポイントまでホースを展開する。ホース展開距離、消火栓から散水ポイントまでの高低差を考慮し、中継用の消防車を配置する。敷地境界への予防散水を第2.3.1.2-4図に示す。

第2.3.1.2-4表 敷地境界への予防散水計画

火災ポイント	①北側ポイント	②刈羽トンネルポイント	③正門ポイント	④南南東ポイント	⑤南側ポイント
消火栓位置	大湊側軽油タンク消火栓	第2企業センター北側消火栓	第2企業センター南側消火栓	青山南通りグランド付近消火栓	青山通り事務本館付近消火栓
ホース展開距離(水平距離)	1,230m	1,500m	525m	900m	675m
高低差(消火栓～散水箇所)	16.5m (12.1～28.6)	46.4m (44.3～90.7)	14.5m (44.3～58.8)	21.8m (30.7～52.5)	24.3m (13.2～37.5)
消防車台数	2台	3台	2台	2台	2台
対応人数(含む指揮者)	指揮者:1名 ホース展開:4名 散水筒先:2名 燃料補給:2名 ホース監視:2名 合計 11名	指揮者:1名 ホース展開:6名 散水筒先:2名 燃料補給:2名 ホース監視:2名 合計 13名	指揮者:1名 ホース展開:4名 散水筒先:2名 燃料補給:2名 ホース監視:2名 合計 11名	指揮者:1名 ホース展開:4名 散水筒先:2名 燃料補給:2名 ホース監視:2名 合計 11名	指揮者:1名 ホース展開:4名 散水筒先:2名 燃料補給:2名 ホース監視:2名 合計 11名
予想準備時間	1.5時間	2.0時間	1.0時間	1.5時間	1.5時間

e. 予防散水時のアクセスルート

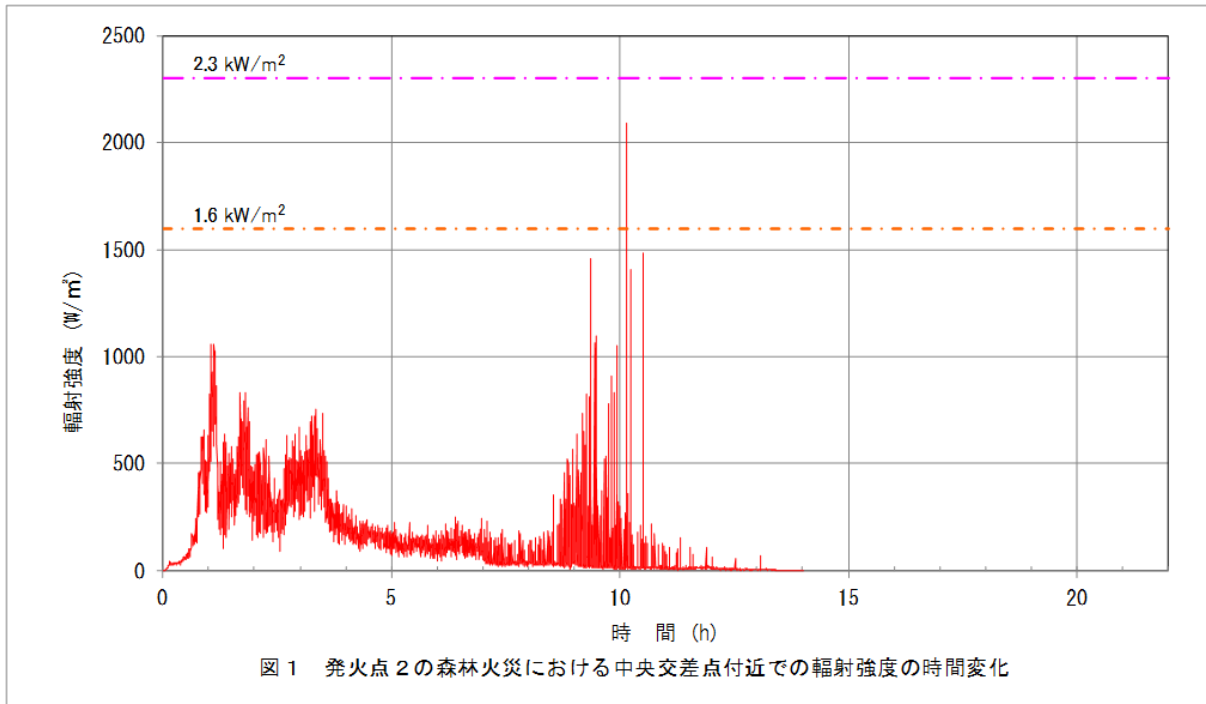
森林火災が発生し発電所構内へ延焼するおそれがある場合には、構内道路の一部を防火帯として機能させる。その際には、防火帯内の車両通行を規制し、防火帯内から車両がない状態を確立する。(予防散水活動を行う消防車両を除く)

なお、中央交差点ではアクセスルートが防火帯に近接していることから、「3.3 建屋外壁の温度評価」と同様の方法にて、最大火線強度が最も高い評価となった森林火災(ケース2)における輻射強度を算出したところ、当該箇所における森林火災時の輻射強度は最大でも $2.1\text{kW}/\text{m}^2$ 程度*であり、車両等の通行に影響を及ぼすことはないことを確認している。(第2.3.1.2-3図)

よって、車両通行を規制した場合においても、各防護対象設備へのアクセスルートの確保が可能である。(第2.3.1.2-4図)

なお、中央交差点近傍における森林火災の燃焼継続時間(約14時間)のうち、中央交差点において、人が長時間さらされても苦痛を感じない放射熱強度(輻射強度)である $1.6\text{kW}/\text{m}^2$ を超えている時間は数十秒程度である。

※：石油コンビナートの防災アセスメント指針では，人が長時間さらされても苦痛を感じない放射熱（輻射）強度を 1.6kW/m^2 ，1 分間以内で痛みを感じる強度を 2.3kW/m^2 している。



第 2.3.1.2-3 図 中央交差点における輻射強度の時間

防護上の観点または機密に係わる事項を含む為、公開できません

6条-別添4(外火)-1-添付2-49

第2.3.1.2-4 図 敷地境界への予防散水

f. 予防散水の検証結果

(a) 森林火災を想定した予防散水（防火帯付近）

実施日：平成 29 年 1 月 23 日（月） 13 時 20 分～16 時 40 分

想定火災到達地点：散水エリア B

訓練内容：ホース展開，消防車連結，散水を行う

評価：

- ・消防車 2 台連結による散水を実施し，散水可能であった。
- ・出動から散水開始までの所要時間は約 60 分であった。
- ・防火帯散水エリアのうち，予防散水の実施条件が厳しいエリア B で散水が可能であることから，全ての防火帯散水エリアに対し，所定の時間内で散水が可能であると評価する。



写真 1 ホース展開状況



写真 2 ホース展開状況（散水エリア付近）



写真 3 散水エリア B における散水状況

第 2.3.1.2-5 図 予防散水の状況（防火帯付近）

(b) 森林火災を想定した予防散水（敷地周辺）

実施日：平成 25 年 10 月 31 日（木） 9 時 30 分～13 時 30 分

想定火災到達地点：刈羽トンネルポイント

訓練内容：ホース展開，消防車連結，散水を行う

評価：

- ・ 消防車 3 台連結により実施し，散水可能であった。
 - ・ 準備開始から散水開始までの所用時間は約 2 時間であった。
- ※：所要時間は，消火栓やホースの接続位置，操作手順及び送水圧力等を確認しながらの時間
- ・ 予防散水の実施条件が厳しい刈羽トンネルポイントで散水可能であることから，発電所敷地境界全域に対して散水が可能であると評価する。



写真 4 消火栓接続



写真 5 送水状況



写真 6 刈羽トンネルポイントにおける散水状況



写真 7 参考：ホース延長器（20m×4本）

第 2.3.1.2-6 図 予防散水の状況（敷地周辺）

(c) 自衛消防隊の力量維持のための訓練

自衛消防隊は、消火対応の力量を維持するために、訓練を計画的に実施する。自衛消防隊に係る訓練を第 2.3.1.2-5 表に示す。

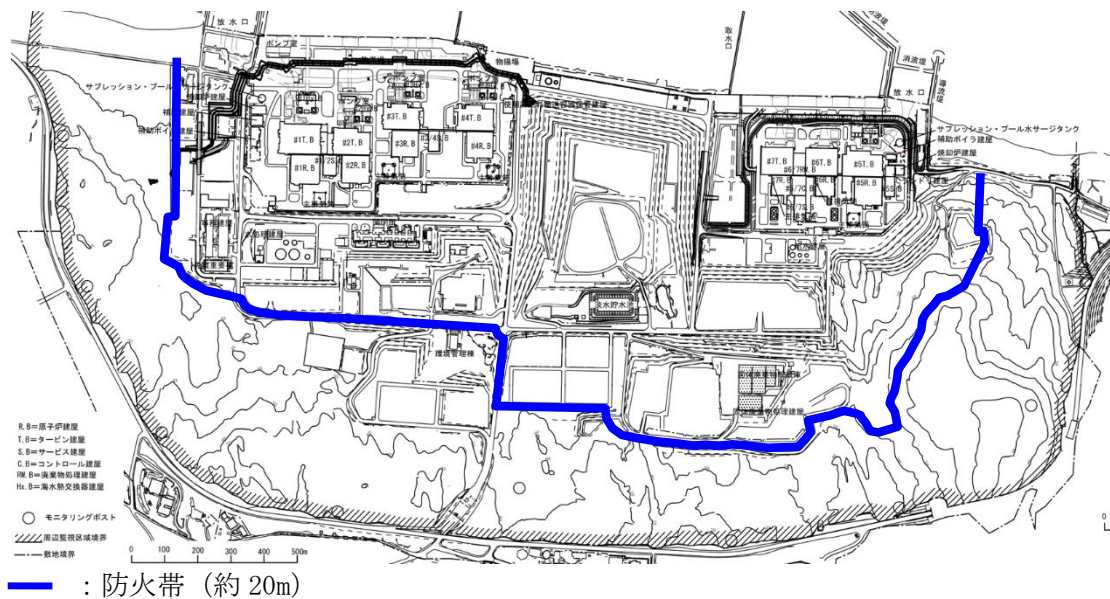
第 2.3.1.2-5 表 自衛消防隊に係る訓練

項目	対象者	訓練内容	備考
消火訓練・消防資機材取扱訓練	初期消火班（委託員）	・消防車操作，ホース展開，放水に係わる技能訓練，及び防火服・耐火服・空気呼吸器の取扱訓練	1 回／班／月を目標に実施
海上災害防止センター消防訓練	初期消火班，消火班	・外部施設による実消防訓練	
総合消防訓練	自衛消防隊	・管理区域内火災を想定した消防署との合同訓練	消防法上は 1 回／年実施
初期対応訓練（通報連絡訓練）	初期消火班（運転員，警備員）	・火災発見，通報，現場確認，消火活動の実動訓練（初期消火班連係訓練と連動して実施）	当直全班必修項目
初期消火班連係訓練	初期消火班（運転員，警備員），初期消火班消防車隊（委託員）	・火災発見から消防車隊出動，消火活動までの当直と消防車隊の連係訓練	当直全班必修項目
火災対応訓練（運転員）	初期消火班（運転員）	・消防用設備取扱訓練（固定式消火設備，排煙設備の取扱訓練含む），消防車操作訓練，消防署員誘導，人災対応等に関する初動対応教育 ・建屋内外の火災（中央制御室内火災，原子炉格納容器内火災を含む）の教育・演習	当直全班必修項目
自衛消防隊（消火班）訓練・教育	消火班	・消火設備使用訓練（消防署による指導会含む），消防用資機材取扱教育訓練（現場指揮本部設営含む）	

2.3.2 防火帯幅の評価結果

第 2.2-13 表の評価結果から，評価上必要とされる防火帯幅約 18.4m に対し，約 20m 幅の防火帯を設置する（第 2.3.2-1 図）。

- ・森林火災の延焼を防止するために，防火帯を設置する。
- ・防火帯は，安全施設及び重大事故等対処設備を原則防護するように設定する（防火帯の外側となる設備は，送電線，通信線，気象観測装置及び放射能監視設備）。
- ・防火帯は，発電所設備及び駐車場の配置状況を考慮し，干渉しないように設定する。
- ・防火帯の設定に当たっては，草木を伐採する等，可燃物を排除する。その後，除草剤の散布やモルタル吹付け等を行い，草木の育成を抑制し，可燃物がない状態を維持する。また，防火帯の管理（定期的な点検等）の方法を火災防護計画に定める。（別紙 2-1）



第 2.3.2-1 図 防火帯設置位置

2.3.3 外部火災時のモニタリングポスト及び気象観測装置の対応について

外部火災が発生した場合においても、発電用原子炉を安全に停止するための設備に影響がないように防火帯を設置し、安全上重要な設備はその内側に配置し、外部火災による影響がないことを確認している。

モニタリングポストについては、柏崎刈羽原子力発電所の周辺監視区域付近における空間線量率の監視を行うために発電所敷地境界付近（防火帯の外側）に9箇所設置している。また、気象観測装置については、風向、風速等を測定、記録するため構内林内（防火帯の外側）に設置している。

測定器は屋外に設置されており、外部火災による影響を確実に防止できるものとは考えないが、可能な限り影響の軽減を図ることから、外部からの情報により森林火災を認識し、発電所敷地境界へ到達するまでに時間的な余裕がある場合には、敷地境界近傍への予防散水を行う。

なお、森林火災の進展によりモニタリングポスト及び気象観測装置の機能が喪失した場合は、防火帯の内側に保管している可搬型モニタリングポスト（バッテリー駆動可能：9台）及び可搬型気象観測装置（バッテリー駆動可能：1台）により代替測定を実施する（第2.3.3-1図、第2.3.3-2図）。

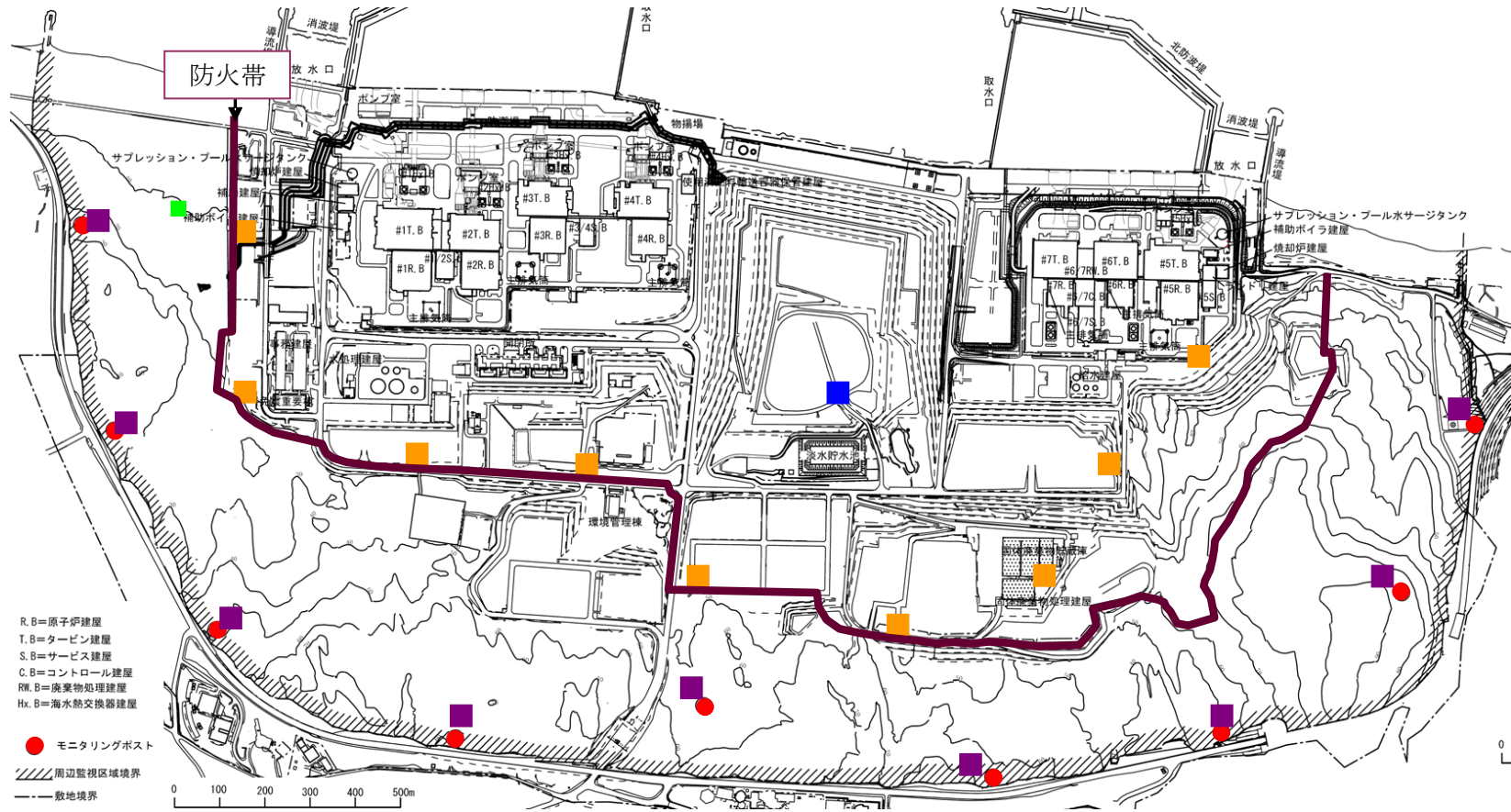
可搬型モニタリングポストがモニタリングポスト周辺に設置できる場合は、その周辺に設置し、森林火災の延焼によりモニタリングポスト周辺に設置できない場合は、発電所構内の同一方向に設置する。可搬型モニタリングポスト等を配置場所まで運搬・設置し、監視・測定を開始するまでの所要時間は、1台当たり約30分を想定（9台設置する場合は、約4時間30分を想定）。

可搬型気象観測装置が気象観測装置周辺に設置できる場合は、その周辺に設置し、森林火災の延焼により気象観測装置周辺に設置できない場合は、周囲に

障害物や照明がないエリアに設置する。



第 2.3.3-1 図 可搬型モニタリングポスト（左），可搬型気象観測装置（右）



R. B=原子炉建屋
 T. B=タービン建屋
 S. B=サービス建屋
 C. B=コントロール建屋
 RW. B=廃棄物処理建屋
 Hx. B=海水熱交換器建屋

● : モニタリングポスト
 〓 : 周辺監視区域境界
 - - - : 敷地境界

- : モニタリングポスト
 - : 可搬型モニタリングポスト (モニタリングポスト周辺に設置)
 - : 可搬型モニタリングポスト (モニタリングポスト周辺にアクセスできない場合の設置例)
 - : 気象観測装置
 - : 可搬型気象観測装置 (設置例)
- ※現場の状況により配置位置の変更あり

第 2.3.3-2 図 可搬型モニタリングポスト設置位置

3. 危険距離及び温度評価

3.1 森林火災の想定

前述の 2.1 森林火災の想定と同じ。

3.2 森林火災による影響の有無の評価

(1) 評価手法の概要

本評価は、輻射強度という指標を用いて、発電用原子炉施設に対する森林火災の影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

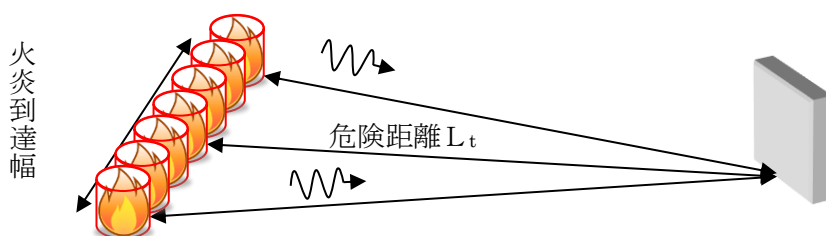
第 3.2-1 表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m ²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
火炎到達幅[m]	柏崎刈羽原子力発電所に到達する火炎の横幅
形態係数[-]	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	森林火災の火炎長より算出する値
危険距離[m]	火災による輻射熱により許容限界温度になる距離

上記の評価指標は、受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。

森林火災の火炎形態については、土地の利用状況（森林、農地、居住地等の分布）、地形（標高、傾斜角度等）、気象条件（風向・風速、気温、湿度等）に大きく依存することから、これらをすべて反映した火炎モデル仮定することは難しい。したがって、森林火災の火炎は円筒火災をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。なお、危険距離の評価では、発電用原子炉施設への火炎到達幅の分だけ円筒火災モデルが横一列に並ぶものとする（第 3.2-1 図）。

各円筒火炎モデルからの輻射熱



第 3.2-1 図 円筒火炎モデルの並べ方

(2) 評価対象範囲

評価対象範囲は柏崎刈羽原子力発電所に迫る森林火災とした。

(3) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 3.2-2 表 森林火災影響評価に必要なデータ

評価項目	ケース 1	ケース 2	ケース 3
火炎輻射発散度[kW/m ²]	94.8	100	78.8
火炎輻射強度[kW/m ²]	205	211	222
火線強度[kW/m]	2715	3002	1929
反応強度[kW/m ²]	544	560	591
火炎長[m]	2.94	3.08	2.51
火炎到達幅[m]	3730		
燃焼継続時間[min] ^{※1}	52	51	57
危険輻射強度[kW/m ²]	15.441	15.477	15.275

※1：防火帯周辺の森林（奥行き 100m）が燃える平均時間

(4) 燃焼半径の算出

次の式から燃焼半径を算出する。算出結果を第 3.2-4 表に示す。

$$R = \frac{H}{3}$$

R:燃焼半径[m], H:火炎長[m]

(5) 円筒火炎モデル数の算出

次の式から円筒火炎モデル数を算出する。算出結果を第 3.2-4 表に示す。

$$F = \frac{W}{2R}$$

F：円筒火炎モデル数 [-], W：火炎到達幅 [m], R：燃焼半径[m]

(6) 火炎輻射発散度の算出

火災で発生する発熱量から輻射熱に寄与する割合（輻射熱割合）を考慮し、その輻射熱は円筒火炎の側面及び上面から放射されると仮定し、円筒火炎の火炎輻射発散度 R_f [kW/m²] を求める。発熱量が保存されるため、以下の式で表現できる。

（円筒火炎 1 個の側面積＋上部面積[m²]）×円筒火炎個数×火炎輻射発散度 [kW/m²] = 火線強度[kW/m]×火炎到達幅[m]×輻射熱割合[-]

$$(2\pi RH + \pi R^2) \times F \times R_f = I_B \times W \times \chi$$

また、上記(4)(5)の式より、以下の式が求まる。火線強度は 2.2 森林火災による影響の有無の評価で算出された値を用いた。算出結果を第 3.2-4 表に示す。

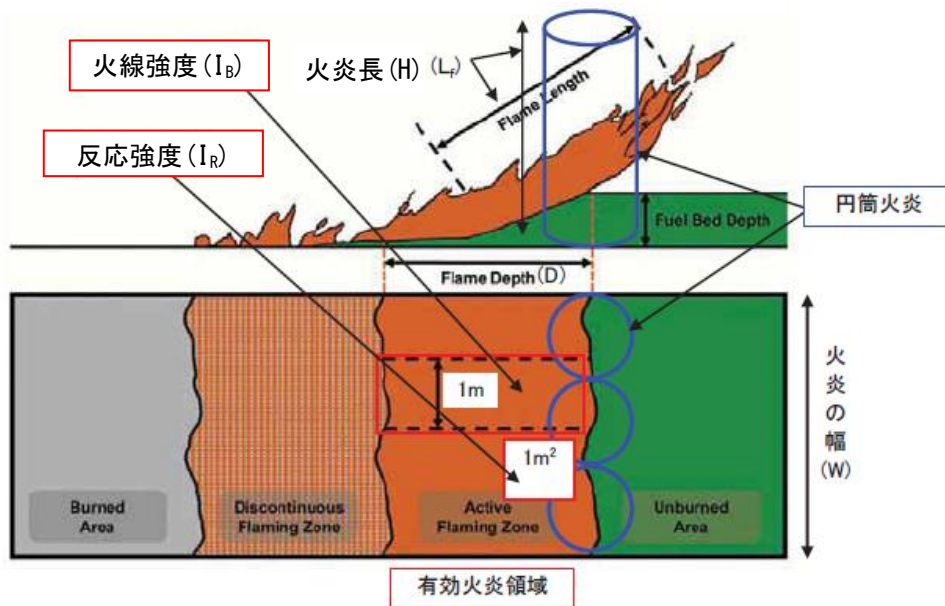
$$Rf = \frac{6\chi I_B}{7\pi H}$$

Rf : 火炎輻射発散度 [kW/m²], I_B : 火線強度 [kW/m], H : 火炎長 [m]

<火炎輻射発散度の算出方法>

火線強度 (I_B) [kW/m]は, 第 3.2-2 図に示すような火炎構造 (幅 W[m], 奥行き D[m], 火炎長 H[m]) において「火炎最前線での単位幅あたりの発熱速度」と定義でき, 反応強度 (I_R) [kW/m²]とは次の関係にある。

$$I_B = I_R \times D \tag{1}$$



(出典 : Andrews, P.L., et. al. (2011): How to Generate and Interpret Fire Characteristics Charts for Surface and Crown Fire Behavior. USDA Forest Service General Technical Report RMRS-GTR-253.)

第 3.2-2 図 火線強度及び円筒火炎モデルの考え方

火炎輻射発散度を計算するための円筒火炎モデルでは, 第 3.2-2 図の有効火炎領域を, 火炎の幅 (W) に沿って円筒火炎 (半径 R[m], 高さ H[m]) を F 個一列に並べて模擬する。ここで, 有効火炎領域の発熱量のうち輻射熱割合 χ [-] を考慮し, 円筒火炎の側面及び上面からの輻射熱として放射されるとして, 発熱量が保存されるよう火炎輻射発散度を求める。円筒火炎での火炎輻射発散度を Rf [kW/m²] とすると, 有効火炎領域の発熱量は保存されることから, 以下の式で表現できる。

総発熱量 (側面, 上面からの輻射) [kW]

= 火線強度 [kW/m] × 火炎到達幅 [m] × 輻射熱割合 [-] より

$$(2\pi RH + \pi R^2) \times F \times Rf = I_B \times W \times \chi \quad (= I_R \times D \times W \times \chi) \tag{2}$$

また, 評価ガイドより, 円筒火炎モデルは

$$R = H / 3 \tag{3}$$

$$F = W / 2R \tag{4}$$

と定義されるので、(3)、(4)式を(2)式に代入することにより、次式が得られる。

$$Rf = \frac{6\chi I_B}{7\pi H} \quad (5)$$

発電所敷地近傍には草地、針葉樹、落葉広葉樹がある。そのため、輻射熱割合は、草地：0.35（米国国立標準技術研究所（NIST）の使用値）、針葉樹：0.377 並びに落葉広葉樹：0.371（米国防火技術者協会（SFPE）が発行しているハンドブック（THE SFPE HANDBOOK of Fire Protection Engineering FOURTH EDITION）より算出）のうち保守的に最も大きい値である 0.377 を採用した。

なお、反応強度は炎から輻射として放出される熱エネルギー（火炎輻射強度）と火炎・煙として対流放熱される熱エネルギー（火炎対流発散度）の和により求められることから、針葉樹の輻射熱割合（0.377）は、針葉樹代表種の火炎輻射強度：4.9[kJ/g]と反応強度：13.0[kJ/g]の比（反応強度に対する火炎輻射強度の割合）から算出した。

針葉樹代表種の発熱量

$$\begin{array}{l} \text{火炎輻射強度：} 4.9 \text{ [kJ/g]} + \text{火炎対流発散度：} 8.1 \text{ [kJ/g]} = \text{反応強度 } 13.0 \text{ [kJ/g]} \\ (\Delta H_{\text{rad}}) \qquad \qquad \qquad (\Delta H_{\text{con}}) \qquad \qquad \qquad (\Delta H_{\text{ch}}) \end{array}$$

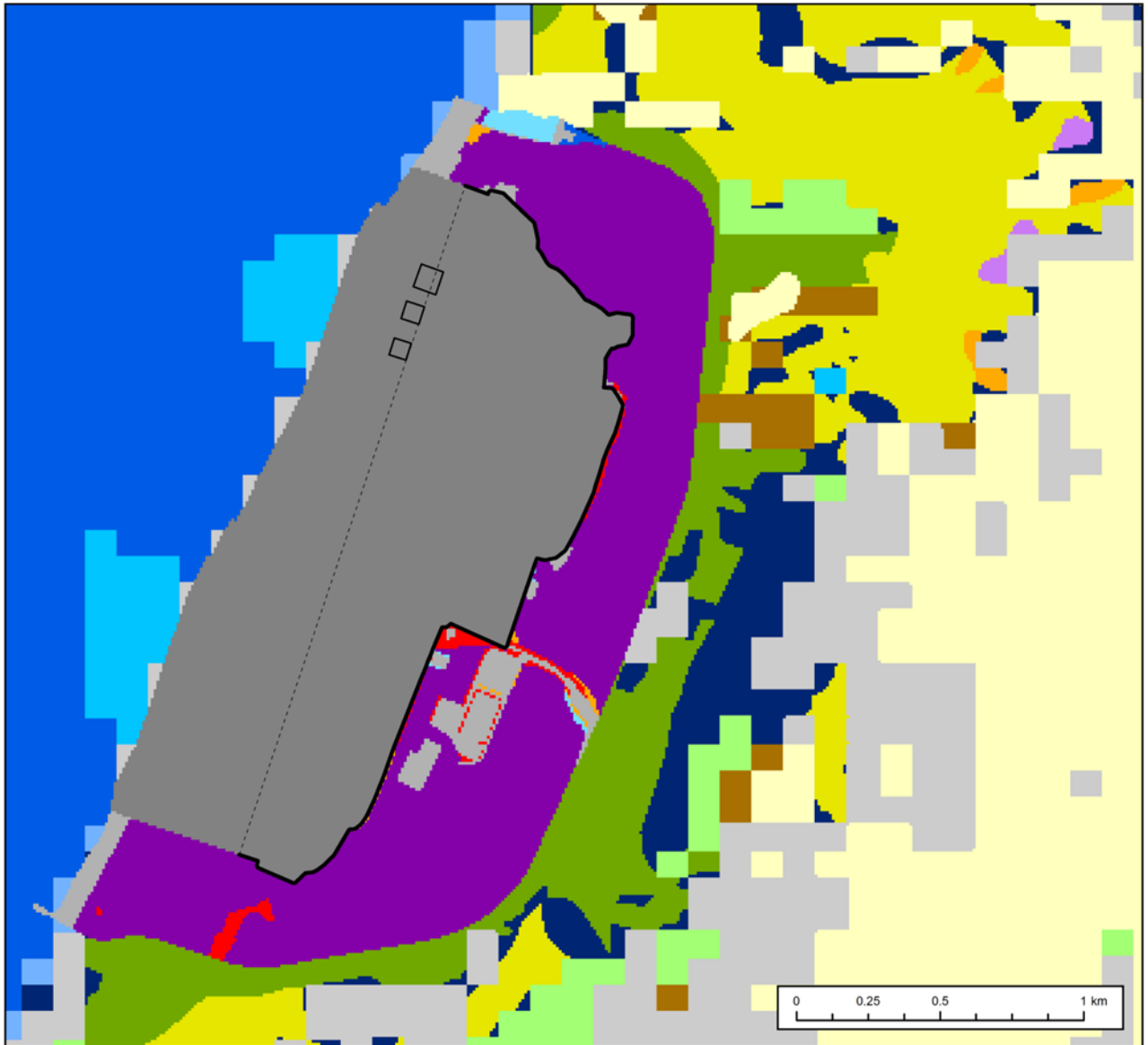
輻射熱割合

$$\frac{\Delta H_{\text{rad}}}{\Delta H_{\text{ch}}} = \frac{4.9 \text{ [kJ/g]}}{13.0 \text{ [kJ/g]}} = 0.377$$

また、火炎輻射強度については、輻射熱割合が火炎輻射強度と反応強度の比であることから、これに反応強度を乗じることにより算出する。

(7) 火炎到達幅の算出

火炎到達幅を第 3. 2-3 図の黒線で示す。6 号及び 7 号炉東面から見える林縁（防火帯森林側）の長さを火炎到達幅とする。



第 3. 2-3 図 火炎到達幅

(8) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、林縁周辺 100m の森林が燃える時間とし、FARSITE 計算結果から次の計算式により算出する。

燃焼継続時間[h] = 林縁の奥行き ÷ 延焼速度

林縁奥行：100[m]

延焼速度：林縁から 100m 以内の延焼速度の平均値

(9) 危険輻射強度の算出

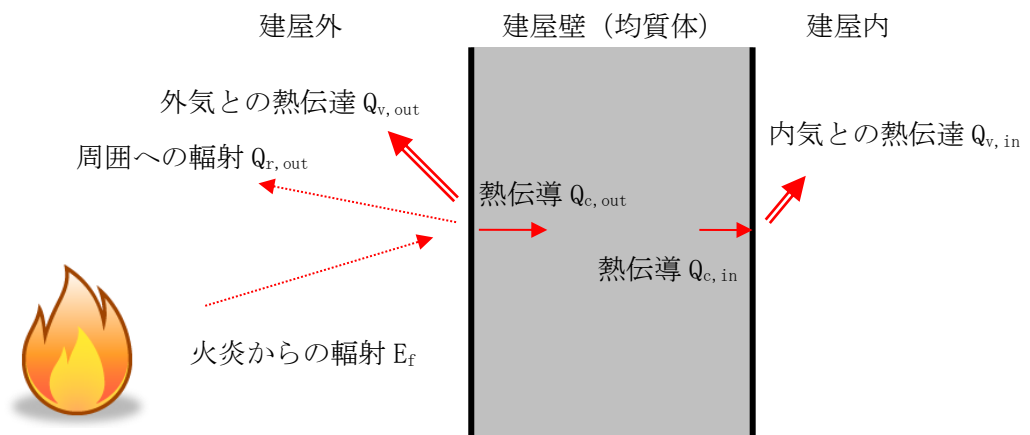
火災の燃焼継続時間の間一定の輻射熱が外壁面に入熱した場合を仮定し、外壁面での対流熱伝達と輻射放熱を考慮し、以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて、コンクリートの表面温度が許容限界温度 200℃に達する輻射強度を危険輻射強度として求める（第 3.2-4 図、第 3.2-5(a) (b) (c) 図）。

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$$

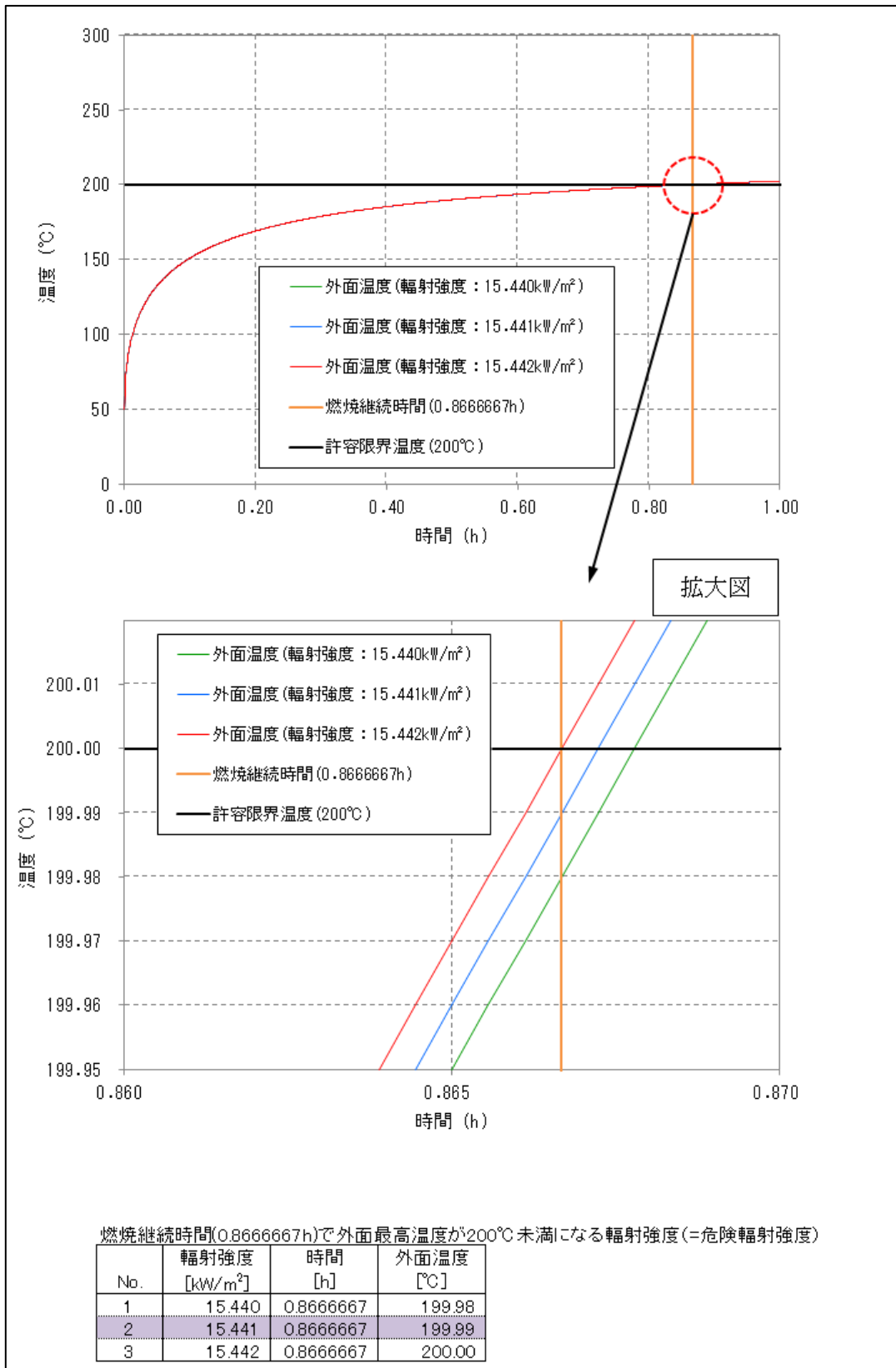
T：温度，t：時刻，x：建物壁内における外面からの距離， α ：熱拡散率
以下に使用したパラメータを示す。

第 3.2-3 表 輻射強度算出時の入力パラメータ

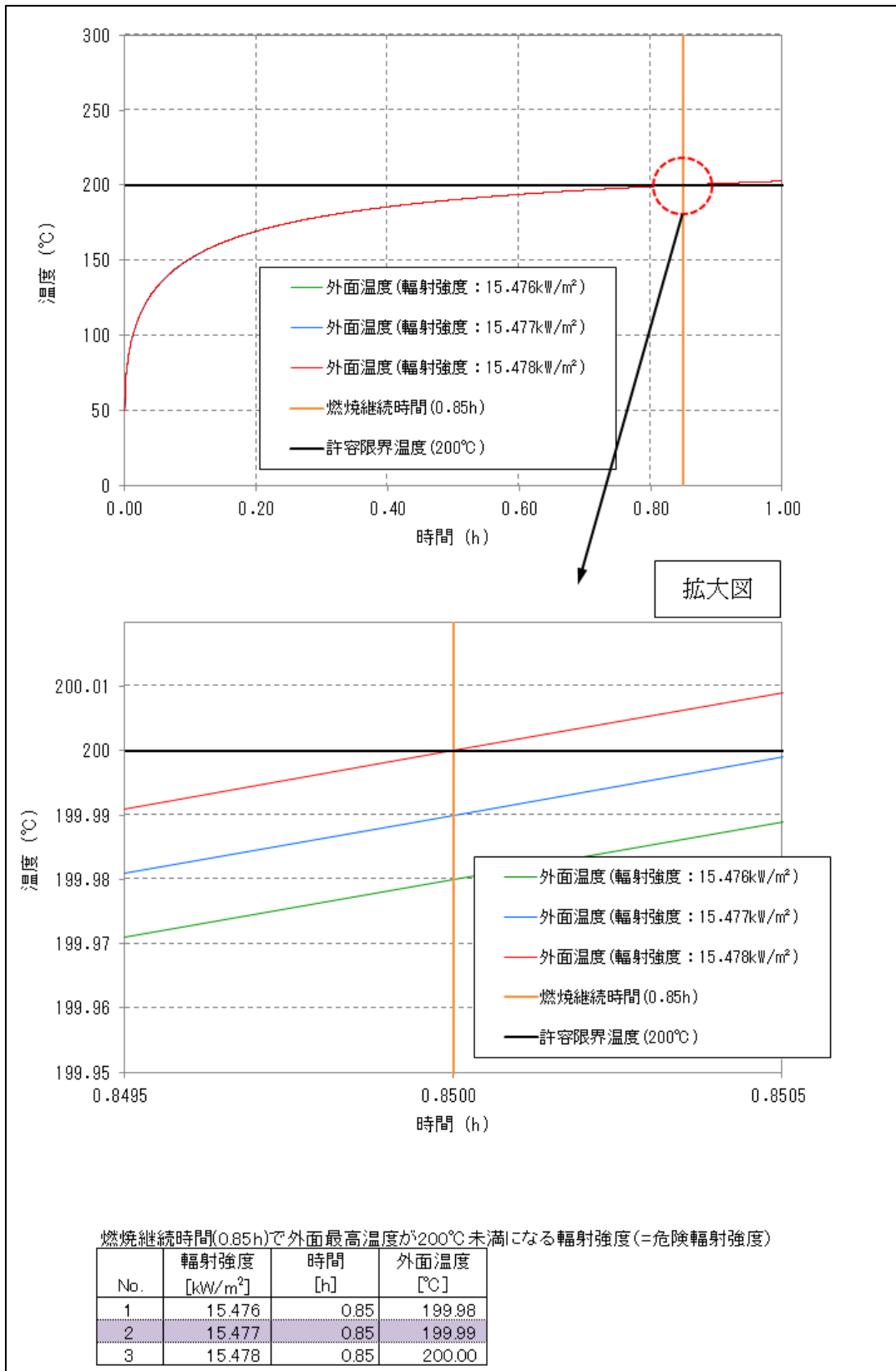
項目	パラメータ	備考
外気温度	50 °C	日射の影響を考慮し設定
内気温度	45 °C	非常用ディーゼル発電機室最高温度
外面熱伝達率	62.595 W/m ² K	Jurges の式より（風速 16m/s）
内面熱伝達率	3.4883 W/m ² K	建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書より
熱拡散率	8.42 × 10 ⁻⁷ m ² /s	建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書より
壁面の厚さ	1.5 m	建屋外壁厚さの最大値



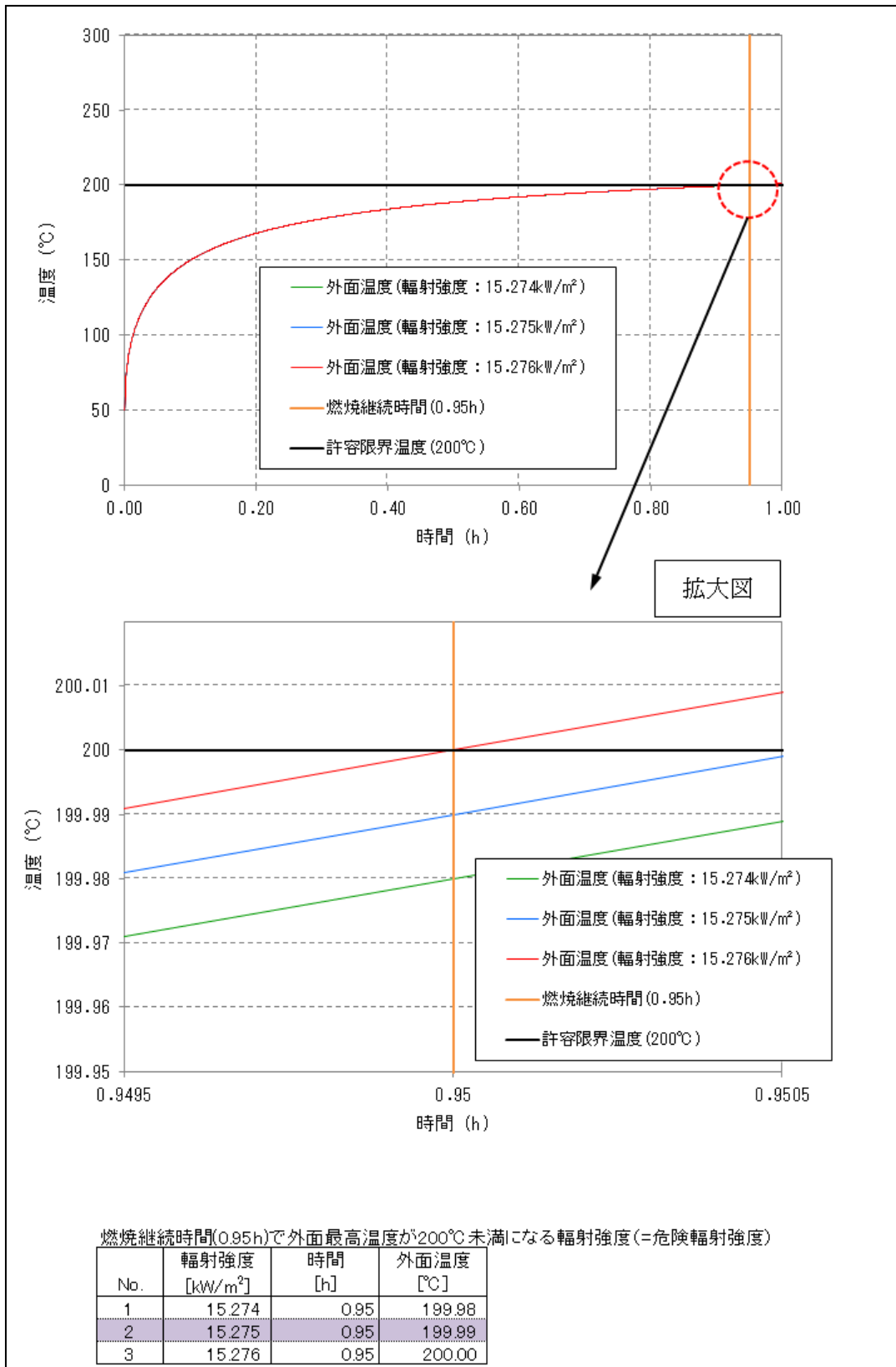
第 3.2-4 図 建屋温度評価体系図



第 3.2-5(a)図 危険輻射強度の算出 (ケース 1)



第 3.2-5 (b) 図 危険輻射強度の算出 (ケース 2)



第 3.2-5(c)図 危険輻射強度の算出 (ケース 3)

(10) 形態係数の算出

次の式から各円筒火炎モデルの形態係数を算出した。算出結果を第 3.2-4 表に示す。

$$\phi_i = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

$$\text{ただし, } m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L_i}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$$

ϕ_i : 各円筒火炎モデルの形態係数, L_i : 離隔距離[m], H : 火炎長[m],
 R : 燃焼半径[m]

したがって、各円筒火炎モデルの形態係数を合計した値が、発電用原子炉施設に及ぼす影響について考慮すべき形態係数 ϕ_t となる。

$$\phi_t = (\phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \dots)$$

ϕ_t : 各円筒火炎モデルの形態係数を合計した値

なお、1, 2, 3, ..., F の円筒火炎モデル数の合計は F 個となる。

(11) 危険距離の算出

輻射熱に対する発電用原子炉施設の危険輻射強度を調査し、輻射強度がその危険輻射強度以下になるように発電用原子炉施設は危険距離を確保するものとする。火炎輻射発散度の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は、火炎輻射発散度に形態係数をかけた値になる。次の式から形態係数 ϕ を求める。

$$E = Rf \cdot \phi$$

E : 輻射強度 [kW/m²], Rf : 火炎輻射発散度 [kW/m²], ϕ : 形態係数[-]

$\phi > \phi_t$ となる最大の距離として危険距離を算出する。算出結果を第 3.2-4 表に示す。

(12) 危険距離の評価結果

想定される森林火災において、評価上必要とされる危険距離（約 21m）に対し、柏崎刈羽原子力発電所に設置される防火帯の外縁（火炎側）から発電用原子炉施設との間の離隔距離（約 439m）が危険距離以上あることを確認した。

第 3.2-4 表 危険距離の評価に伴う評価項目

評価項目	ケース 1	ケース 2	ケース 3
燃焼半径[m]	0.98	1.02	0.83
火炎円筒モデル数[-]	1900	1815	2224
火炎輻射発散度[kW/m ²]	94.8	100	78.8
火炎輻射強度[kW/m ²]	205	211	222
形態係数[-]	0.162	0.154	0.194
燃焼継続時間[min]	52	51	57
危険輻射強度[kW/m ²]	15.441	15.477	15.275
危険距離[m]	19	21	14

3.3 建屋外壁の温度評価

本評価で用いる許容限界温度は、一般的にコンクリートの強度にほとんど影響がないとされている 200℃とする。

火災の進展により原子炉建屋外壁面が受ける輻射熱は、FARSITE による森林火災解析結果から、1 メッシュ (10m×10m) ごとに火炎長、単位面積当り発熱量及び火炎到達時間が出力されるので、メッシュごとに円筒火炎モデルを並べ (円筒火炎の直径が 1m であれば、1 メッシュに 10 個の円筒火炎を考慮)、各メッシュに火炎が到達してから燃え尽きるまでの間輻射に寄与するとして受熱点の輻射強度を積算する。受熱点への輻射強度計算方法の概念を第 3.3-1 図に示す。

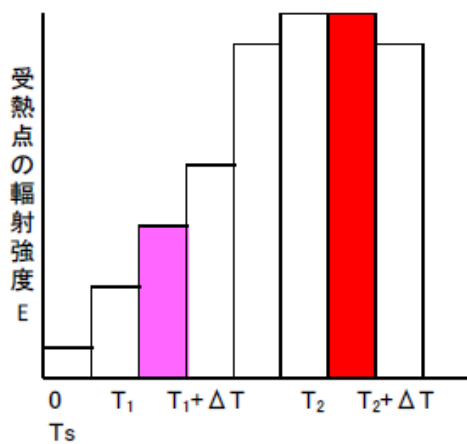
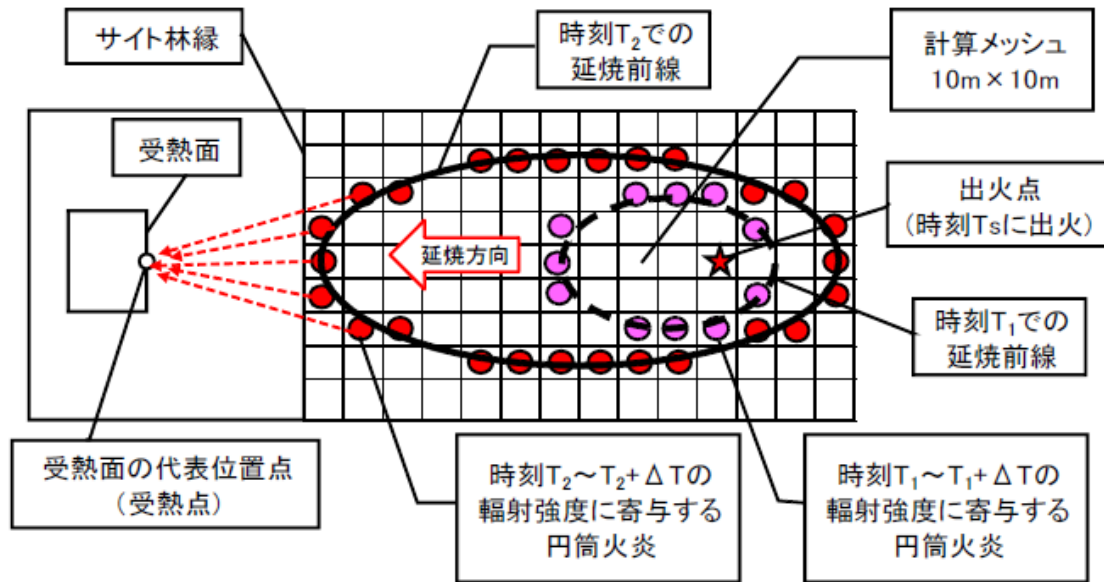
外壁面の温度は、外壁面での対流熱伝達と輻射放熱を考慮し以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて評価を実施する (第 3.3-2 図)。原子炉建屋外壁表面の温度は約 55℃となり、森林火災の熱影響に対して許容温度以下であることを確認した (第 3.3-2 表, 第 3.3-3(a) (b) (c) 図)。

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$$

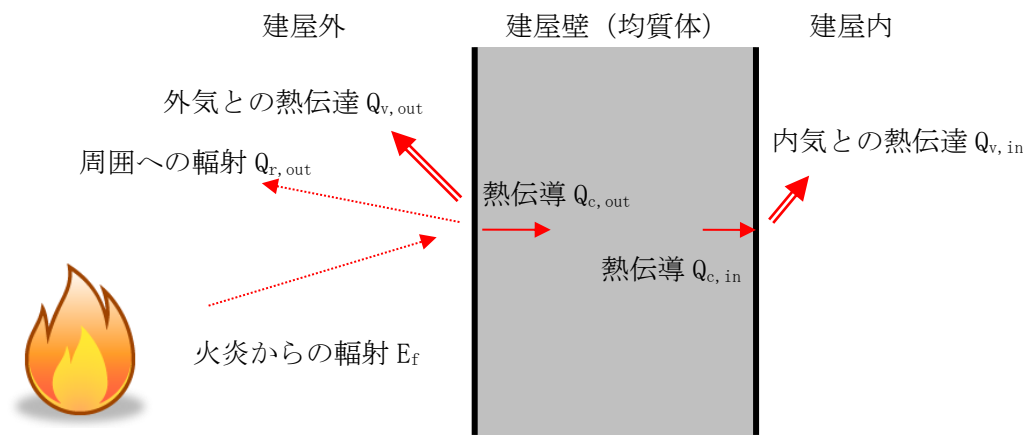
T : 温度, t : 時刻, x : 建物壁内における外面からの距離, α : 熱拡散率
以下に使用したパラメータを示す。

第 3.3-1 表 建屋外壁温度算出時の入力パラメータ

項目	パラメータ	備考
外気温度	50 °C	日射の影響を考慮し設定
内気温度	45 °C	非常用ディーゼル発電機室最高温度
外面熱伝達率	62.595 W/m ² K	Jurges の式より (風速 16m/s)
内面熱伝達率	3.4883 W/m ² K	建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書より
熱拡散率	8.42×10^{-7} m ² /s	建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書より
壁面の厚さ	1.5 m	建屋外壁厚さの最大値



第 3.3-1 図 受熱点の輻射強度の計算モデル概念図

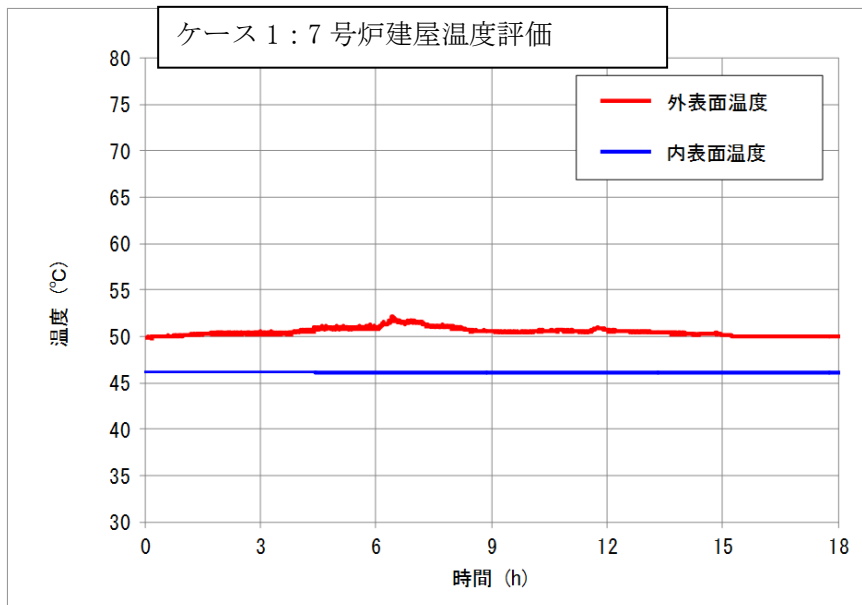
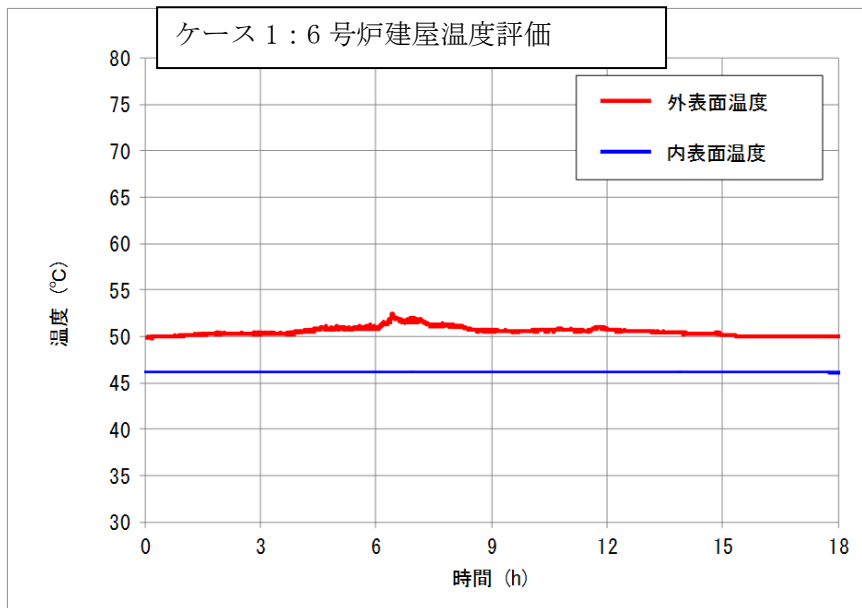


第 3.3-2 図 外壁面温度評価概念図

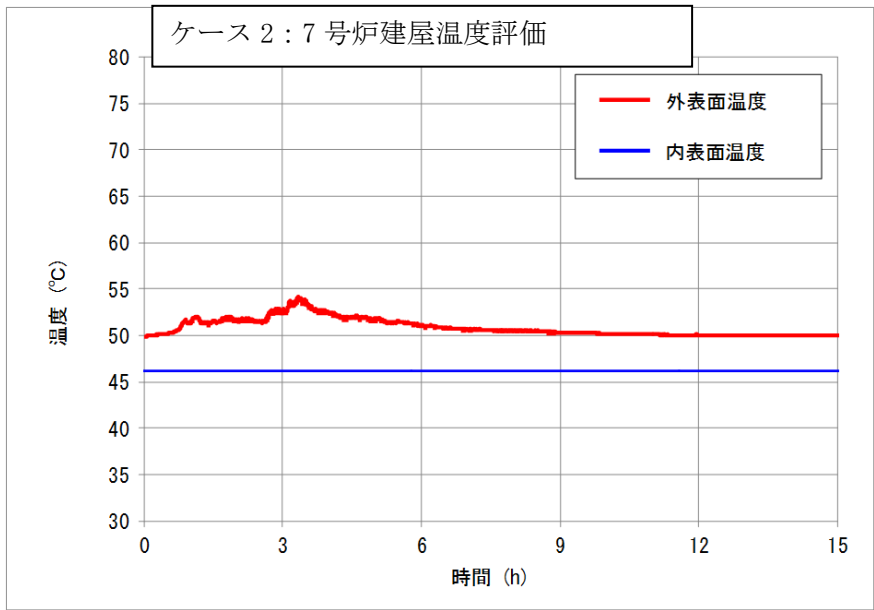
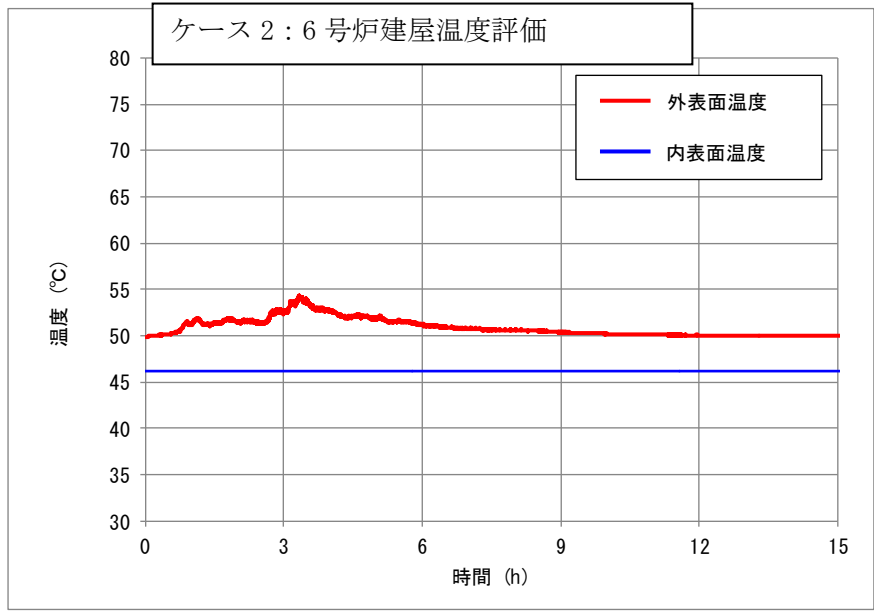
第 3.3-2 表 輻射強度と壁面温度の評価項目

評価項目	ケース 1		ケース 2		ケース 3	
	6 号炉	7 号炉	6 号炉	7 号炉	6 号炉	7 号炉
最大輻射強度[W/m ²]	369	325	626	593	371	303
最大外壁面温度[°C]	53	53	55	55	53	52
最大内壁面温度[°C]	47	47	47	47	47	47

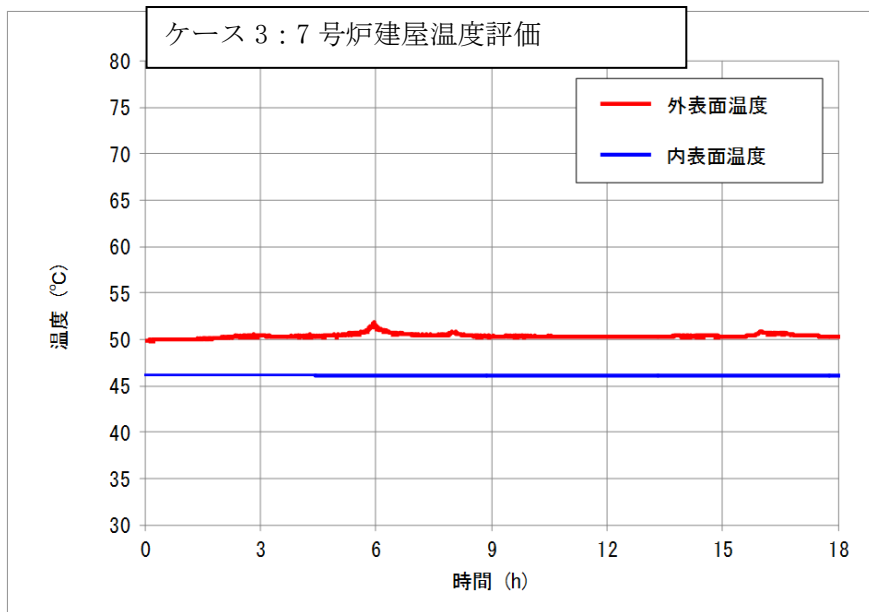
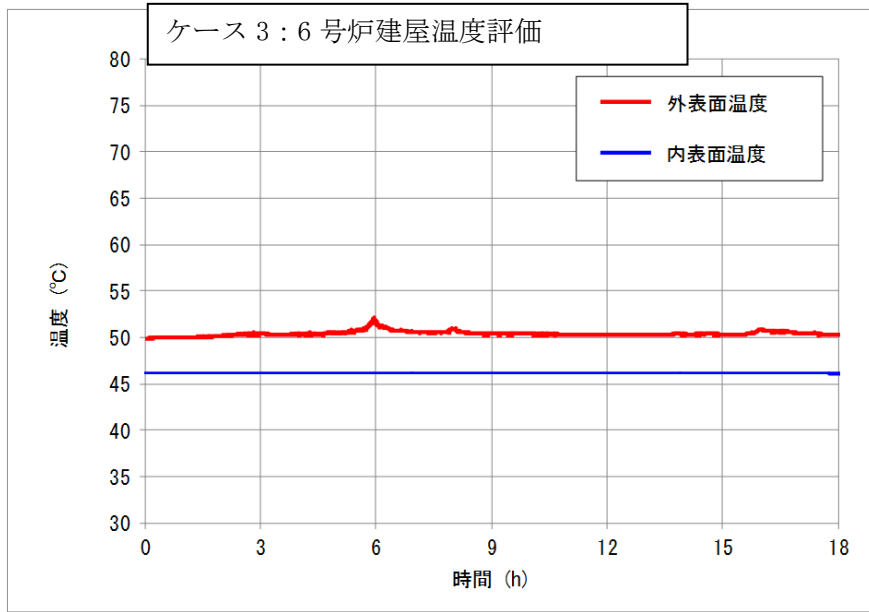
※外壁面の初期温度は 50°C，内壁面の初期温度は 46.2°C とする。



第 3.3-3(a) 図 原子炉建屋外壁面内壁面における温度上昇 (ケース 1)



第 3.3-3(b) 図 原子炉建屋外壁面内壁面における温度上昇 (ケース 2)



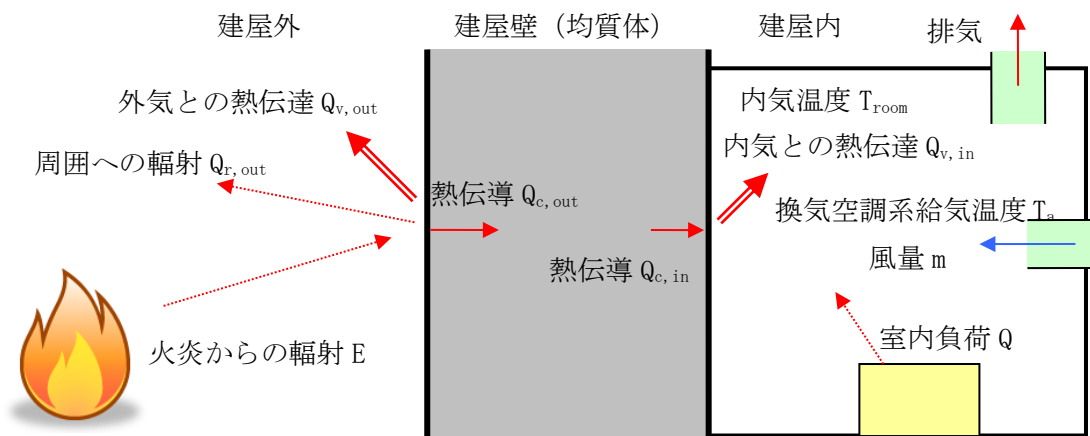
第 3.3-3(c) 図 原子炉建屋外壁面内壁面における温度上昇 (ケース 3)

3.4 内気温度評価

森林火災において燃焼が継続している間、一定の輻射強度で発電用原子炉施設が昇温されるものとして、内壁の温度上昇を求め建屋内部に設置されている機器等への影響について評価する。

なお、対象は防火帯に近接している固体廃棄物処理建屋とし、森林火災における最も厳しいケース 2 の条件で評価する。固体廃棄物処理建屋について温度評価を行う。

以下に概念図を示す。



第 3.4-1 図 伝熱の概念図

評価に必要なパラメータを以下に示す。

第 3.4-1 表 内気温度算出時の入力パラメータ

項目	パラメータ	備考
外気温度[°C]	50 °C	日射の影響を考慮し設定
外壁面熱伝達率[W/m ² K]	62.595	Jurges の式より (風速 16m/s)
内壁面熱伝達率[W/m ² K]	3.4883	コンクリートの内壁面熱伝達率
壁の熱伝導率[W/mK]	1.6279	コンクリートの熱伝導率
熱拡散率[m ² /s]	8.42×10 ⁻⁷	コンクリートの熱拡散率
壁厚[m]	0.4	固体廃棄物処理建屋

以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて、外壁及び内壁面温度を求める。

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$$

T : 温度, t : 時刻, x : 建物壁内における外壁面からの距離, α : 熱拡散率

外壁及び内壁面温度上昇に伴う熱負荷は次式で計算される。

$$Q_{v,in} = h_{in} A (T_{in} - T_{room})$$

h_{in} : 内壁面熱伝達率, A : 内壁の表面積, T_{in} : 内壁面温度, T_{room} : 内気温度

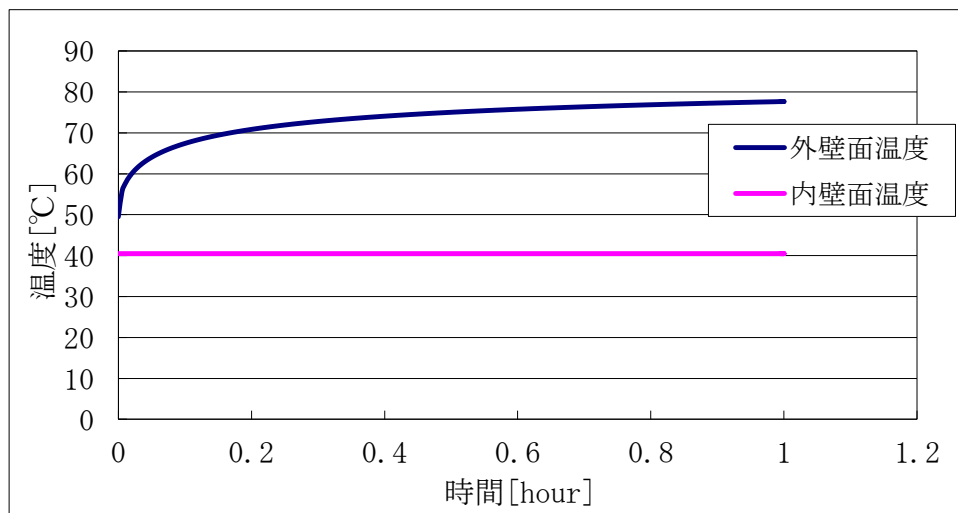
内気温度は、森林火災による内壁面温度上昇に伴う熱負荷と室内の熱負荷及び換気空調系による除熱を考慮し、次式で求める。

$$T_{room} = \frac{Q + Q_{v,in}}{m \rho C} + T_a$$

Q : 室内負荷, m : 風量, ρ : 空気密度, C : 空気比熱, T_a : 換気空調系給気温度

(1) 固体廃棄物処理建屋

森林火災における固体廃棄物処理建屋の評価結果を以下に示す。



第 3.4-2 図 外壁及び内壁面温度 (固体廃棄物処理建屋)

第 3.4-2 表 森林火災影響評価結果 (固体廃棄物処理建屋)

固体廃棄物処理建屋評価	
項目	森林火災 (ケース 2)
輻射強度 [W/m ²]	2840 ^{*1}
燃焼継続時間 [min] ^{*2}	51 (3060[s])
外壁面温度 [°C]	79
内壁面温度 [°C]	39
内気温度 [°C]	31
許容温度 [°C]	40 ^{*3}

※1: 離隔距離を 105m, その他の数値はケース 2 と同様とし, 3.2(10) 及び(11)の式より輻射強度を算出

※2: 防火帯周辺の森林(奥行き 100m) が燃える平均時間

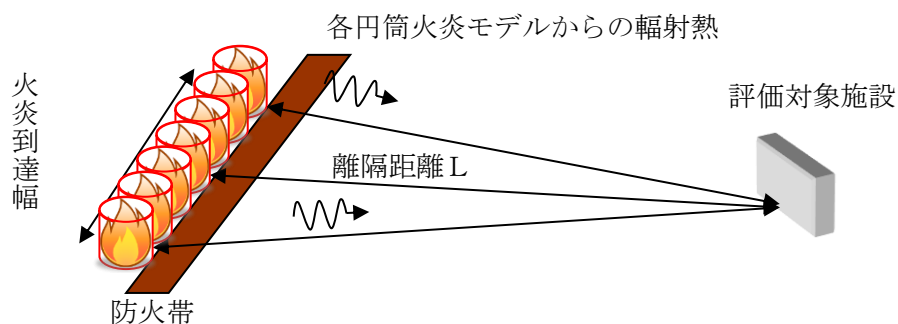
※3: 固体廃棄物処理建屋内の電気設備(固型化処理装置制御盤等)の最高使用温度

評価の結果, 内気温度は 31℃(最大値)まで上昇するが, 室内の電気設備(固型化処理装置制御盤等)の最高使用温度 40℃を下回ることを確認した。

3.5 屋外施設の影響評価

(1) 評価手法の概要

森林火災の火炎は円筒火炎をモデルとし, 火炎の高さは燃焼半径の 3 倍とする。また, 火炎到達幅の分だけ円筒火炎モデルが横一列に並ぶものとする(第 3.5-1 図)。



第 3.5-1 図 円筒火炎モデルの並べ方

(2) 必要データ

評価に必要なデータは以下のとおり。

火炎輻射発散度が最も大きい森林火災(ケース 2)のデータを用いて評価する。

第 3.5-1 表 屋外施設影響評価時の入力データ

項目	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板)) ※1	主排気筒
火炎輻射発散度 [kW/m ²]	100		
火炎輻射強度 [kW/m ²]	211		
火炎長 [m]	3.08		
火炎到達幅 [m]	3730		
燃焼継続時間 [min]	51		
離隔距離 [m]	390	539	494
初期温度 [°C]	38※2	38※3 (55※2)	50※2
許容 (限界) 温度 [°C]	225※4	100※5	325※6
受熱面輻射強度 [W/m ²]	680	470	520

※1：燃料移送ポンプの温度評価体系は、「別紙 2-4 2.2 軽油タンク火災以外の外部火災時」を参照。

※2：柏崎市の過去最高気温（気象庁）に日射の影響を考慮

※3：燃料移送ポンプは防護板の裏面に設置されており日射の影響を受けないため、柏崎市の過去最高気温（気象庁）とする。

※4：軽油の発火点（理科年表）

※5：端子ボックスパッキンの耐熱温度（JIS K6380）

燃料移送ポンプの周囲に設置されている防護板（鋼板）の外表面温度をもって、燃料移送ポンプに熱影響が及ばないことを確認する。この場合、当該ポンプの許容限界温度（100°C）を踏まえ、防護板外表面の許容温度を 100°C とする（防護板（鋼板）の外表面温度が 100°C 以下であれば、燃料移送ポンプ（エリア）の温度は 100°C を超えない）。

※6：鋼材の制限温度（建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター）

(3) 温度評価

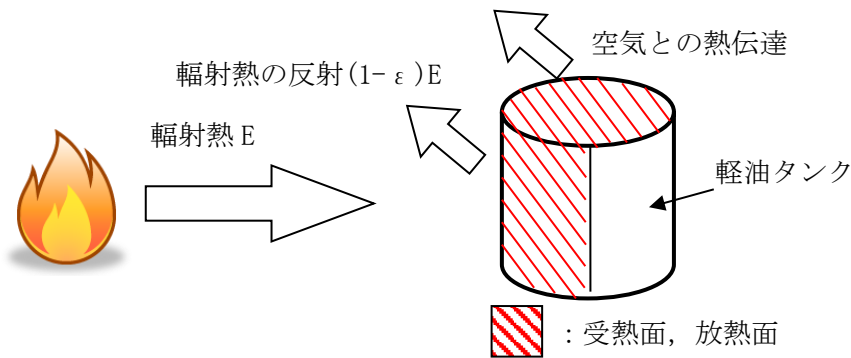
a. 軽油タンクの温度評価

一定の輻射強度で軽油及び軽油タンクが昇温されるものとして、下記の式より、軽油の温度上昇を求め、軽油の温度が許容温度以下であるか評価を実施した。評価体系を第 3.5-2 図に、評価結果を第 3.5-2 表に示す。

$$T = \frac{\varepsilon E S_1 + h S_2 T_{air}}{h S_2} - \left(\frac{\varepsilon E S_1 + h S_2 T_{air}}{h S_2} - T_0 \right) e^{\left(\frac{-h S_2}{C} \right) t}$$

T_0 ：初期温度 [38°C]， E ：輻射強度 [W/m²]， ε ：軽油タンク表面の放射率 (0.9) ※1， h ：軽油タンク表面熱伝達率 [17W/m²K] ※2， $S_1=S_2$ ：軽油タンク受熱・放熱面積 [m²]， C ：軽油タンク及び軽油の熱容量 [8.72×10⁸J/K]， t ：燃焼継続時間 [s]， T_{air} ：外気温度 [°C]

※1:伝熱工学資料, ※2: 空気調和・衛生工学便覧



第 3.5-2 図 軽油タンクの熱影響評価 (概念図)

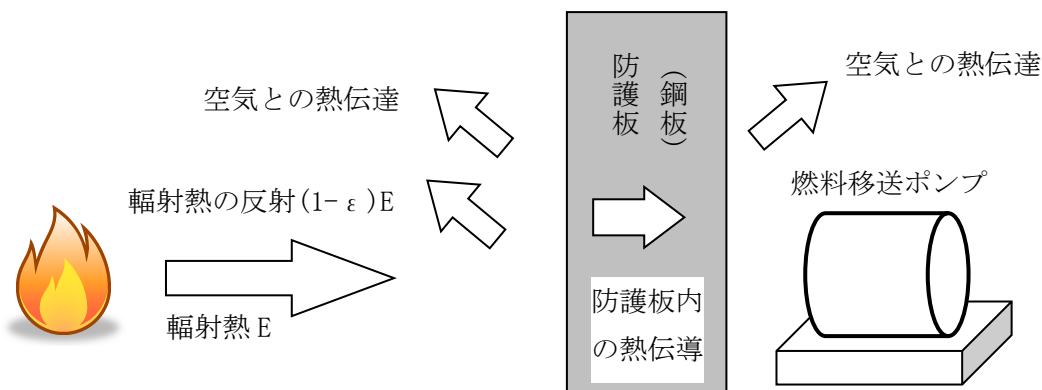
b. 燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板)) の温度評価

一定の輻射強度で燃料移送ポンプの周囲に設置されている防護板 (鋼板) が昇温されるものとして, 下記の式より, 防護板 (鋼板) の最大温度を求め, 防護板 (鋼板) の温度が許容温度以下であるか評価を実施した。評価体系を第 3.5-3 図に, 評価結果を第 3.5-2 表に示す。

$$T = \frac{\varepsilon E_2^S + hST_{air}}{hS} - \left(\frac{\varepsilon E_2^S + hST_{air}}{hS} - T_0 \right) e^{\left(\frac{-hS}{C} \right) t}$$

T_0 : 初期温度 [55°C], E : 輻射強度 [W/m²], ε : 防護板 (鋼板) 外面の放射率 (0.9) ※¹, h : 防護板 (鋼板) 表面熱伝達率 [17W/m²K] ※², S : 防護板 (鋼板) 放熱面積 [32.4m²] ($S/2$: 受熱面積は外面のみ), C : 防護板 (鋼板) の熱容量 [2.41 × 10⁶J/K], t : 燃焼継続時間 [s], T_{air} : 外気温度 [55°C]

※1:伝熱工学資料, ※2: 空気調和・衛生工学便覧



第 3.5-3 図 燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板)) の熱影響評価 (概念図)

c. 主排気筒の温度評価

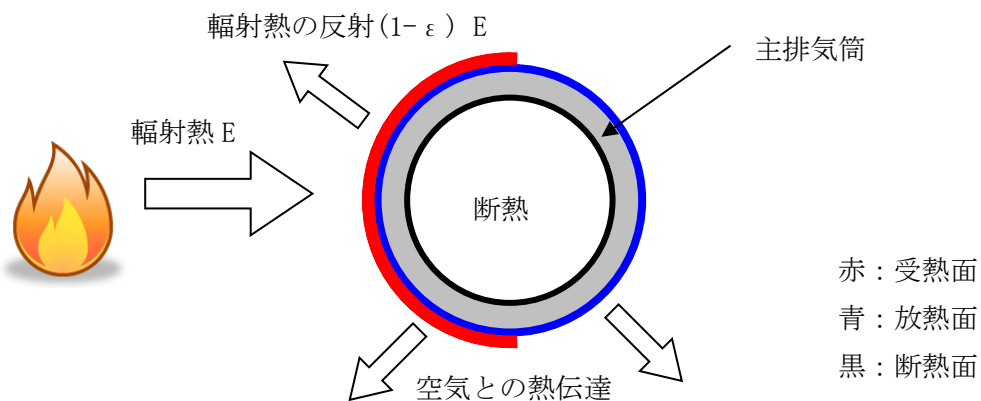
一定の輻射強度で主排気筒が昇温されるものとして, 下記の式より, 主排気

筒の最大温度を求め、主排気筒の温度が許容温度以下であるか評価を実施した。評価体系を第 3.5-4 図に、評価結果を第 3.5-2 表に示す。

$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$$

T_0 : 初期温度[50°C], E : 輻射強度[W/m²], ε : 主排気筒表面の放射率(0.9)^{※1}, h : 主排気筒表面熱伝達率[17W/m²K]^{※2}

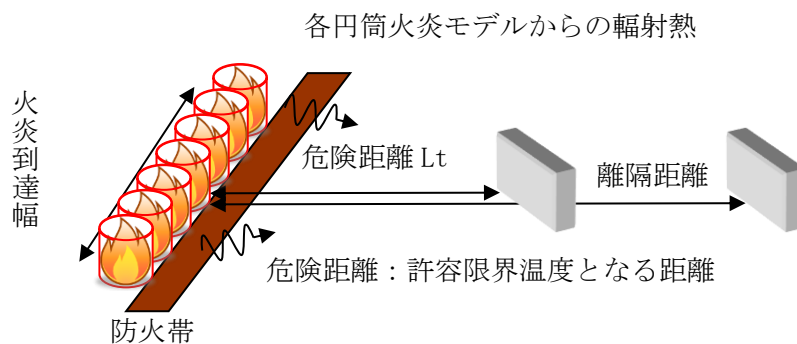
※1 : 伝熱工学資料, ※2 : 空気調和・衛生工学便覧



第 3.5-4 図 主排気筒の熱影響評価 (概念図)

(4) 危険距離評価

評価対象設備の許容限界温度となる離隔距離を危険距離とし、危険距離を算出する。危険距離の考え方について第 3.5-5 図に示す。



第 3.5-5 図 危険距離の考え方

a. 危険輻射強度の算出

(a) 軽油タンクの危険輻射強度の算出

一定の輻射強度で軽油及び軽油タンクが昇温されるものとして、下記の式より、許容限界温度となる輻射強度を危険輻射強度とする。算出結果を第 3.5-2 表に示す。

$$E_{max} = \frac{ThS_2 - hS_2T_{air} \left(1 - e^{\left(-\frac{hS_2}{C}\right)t}\right) - hS_2T_0 e^{\left(-\frac{hS_2}{C}\right)t}}{\varepsilon S_1 \left(1 - e^{\left(-\frac{hS_2}{C}\right)t}\right)}$$

T_0 : 初期温度 [38°C], T : 許容限界温度 [°C], ε : 軽油タンク表面の放射率 (0.9) ※1, h : 軽油タンク表面熱伝達率 [17W/m²K] ※2, $S_1=S_2$: 軽油タンク受熱・放熱面積 [m²], C : 軽油タンク及び軽油の熱容量 [8.72×10⁸J/K], t : 燃焼継続時間 [s], T_{air} : 外気温度 [°C]

※1 : 伝熱工学資料, ※2 : 空気調和・衛生工学便覧

(b) 燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の危険輻射強度の算出

一定の輻射強度で燃料移送ポンプの周囲に設置されている防護板（鋼板）が昇温されるものとして、下記の式より、許容温度となる輻射強度を危険輻射強度とする。算出結果を第 3.5-2 表に示す。

$$E_{max} = \frac{2}{\varepsilon S} \left(\frac{hS(T - T_{air})}{1 - e^{\left(-\frac{hS}{C}\right)t}} \right)$$

ε : 防護板（鋼板）外面の放射率 (0.9) ※1, S : 防護板（鋼板）受熱面積 [16.2m²], h : 防護板（鋼板）表面熱伝達率 [17W/m²K] ※2, C : 防護板（鋼板）の熱容量 [2.41×10⁶J/K], t : 燃焼継続時間 [s], T : 許容温度 [100°C], T_{air} : 外気温度（初期温度） [55°C]

※1 : 伝熱工学資料, ※2 : 空気調和・衛生工学便覧

(c) 主排気筒の危険輻射強度の算出

一定の輻射強度で主排気筒が昇温されるものとして、下記の式より、許容限界温度となる輻射強度を危険輻射強度とする。算出結果を第 3.5-2 表に示す。

$$E_{max} = \frac{2h(T - T_0)}{\varepsilon}$$

T_0 : 初期温度 [50°C], T : 許容限界温度 [°C], ε : 主排気筒表面の放射率 (0.9) ※1, h : 主排気筒表面熱伝達率 [17W/m²K] ※2

※1 : 伝熱工学資料, ※2 : 空気調和・衛生工学便覧

b. 形態係数の算出

次の式から各円筒火炎モデルの形態係数を算出する。算出結果を第 3.5-2 表に示す。

$$\phi_i = \frac{1}{\pi m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

$$\text{ただし, } m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L_i}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$$

ϕ_i : 各円筒火炎モデルの形態係数, L_i : 離隔距離[m], H : 火炎長[m], R : 燃焼半径[m]

したがって, 各円筒火炎モデルの形態係数を合計した値が, 発電用原子炉施設に及ぼす影響について考慮すべき形態係数 ϕ_t となる。

$$\phi_t = (\phi_1 + \phi_2 + \phi_3 \cdot \dots + \phi_F)$$

ϕ_t : 各円筒火炎モデルの形態係数を合計した値

なお, 1, 2, 3, ..., F の円筒火炎モデル数の合計は F 個となる。

c. 危険距離の算出

輻射熱に対する発電用原子炉施設の危険輻射強度を調査し, 輻射強度がその危険輻射強度以下になるように発電用原子炉施設は危険距離を確保するものとする。火炎輻射発散度の炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度は, 火炎輻射発散度に形態係数をかけた値になる。次の式から形態係数 ϕ を求める。

$$E = Rf \cdot \phi$$

E : 輻射強度 [kW/m²], Rf : 火炎輻射発散度 [kW/m²], ϕ : 形態係数[-]

$\phi > \phi_t$ となるように危険距離を算出する。算出結果を第 3.5-2 表に示す。

$$\phi_t = \frac{1}{\pi m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{(n-1)}}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\}$$

$$\text{ただし, } m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L_t}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$$

ϕ_t : 各火炎モデルの形態係数を合計した値, L_t : 危険距離[m], H : 火炎長[m], R : 燃焼半径[m]

第 3.5-2 表 温度評価及び危険距離評価結果

	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板(鋼板))	主排気筒
最高温度[°C]	39	62	64
危険輻射強度[kW/m ²]	266.30	3.37	10.38
形態係数[-]	2.6876454	0.0337244	0.1037108
危険距離[m]	1	90	30
離隔距離[m]	390	539	494

3.6 まとめ

以上より、森林火災が発生した場合を想定したとしても、許容限界温度を超えないこと及び危険距離以上の離隔距離が確保されていることから、発電用原子炉施設に熱影響をおよぼすことはないと評価する。

防火帯の管理方針について

1. はじめに

森林火災評価結果に基づき，森林火災による外部火災防護施設への延焼防止対策として，発電所構内道路及び地形状況等を考慮し，約 20m 幅の防火帯を設定する。

防火帯内に他の法令要求等により可燃物を含む機器等を設置する場合は必要最小限の機器等とし，防火帯の延焼防止効果を損なわない設計とする必要があるため，防火帯の管理方法について以下に示す。

2. 防火帯の管理方針

防火帯の設定に当たっては，草木を伐採する等，可燃物を排除し，除草剤の散布やモルタル吹付け等を行う。また，防火帯は表示板等で明確に区分するとともに，構内道路の一部を防火帯として使用している箇所については，駐車禁止の措置等により，常時可燃物のない状態を維持する。

防火帯内には延焼防止効果に影響を与えるような可燃物を含む機器は，原則設置しない方針であるが，防火帯の位置設定においては発電所敷地内道路配置及び地形形状等を考慮して設定したことから，防火帯内の一部には他の法令要求等による少量の可燃物を含む機器等が存在する。このため，防火帯内に設置された機器等の延焼防止効果への影響の有無を評価し，必要な対策を講ずる設計とする。

第 1 表に防火帯に設置される機器等の管理方針について示す。

第 1 表 防火帯内に設置される機器等の評価及び管理方針

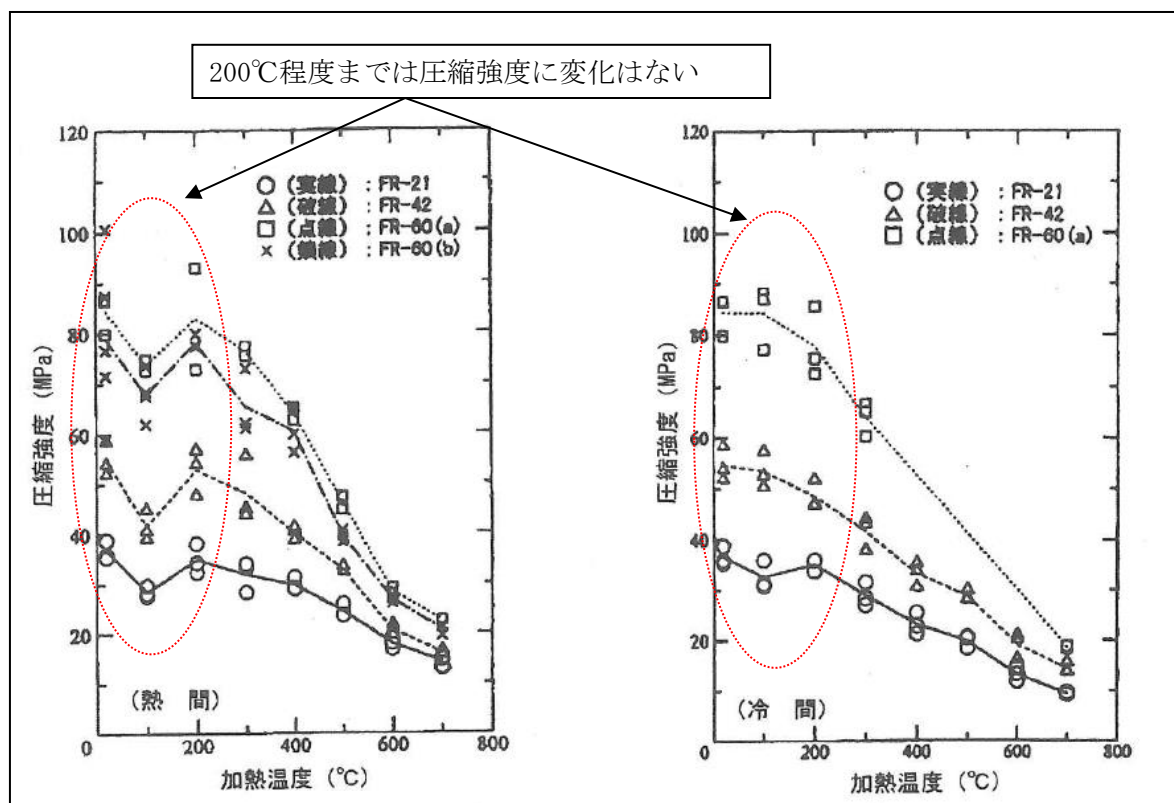
分類		機器例	評価及び管理方針
不燃性の機器		<ul style="list-style-type: none"> ・送電線 ・ガードパイプ ・マンホール（鋼製） 	火災により燃焼しない。防火帯延焼防止効果に影響を与えないことから，機器に対して対策は不要。
可燃物を含む機器	局所的な設置機器	<ul style="list-style-type: none"> ・標識 ・カーブミラー 	局所的な火災となる。防火帯延焼防止効果に影響を与えないことから，機器に対して対策は不要。
	防火帯を横断して設置	なし	—

コンクリートの許容限界温度 200°C の設定根拠について

コンクリートの圧縮強度は、200°C程度までは常温とほとんど変わらないかむしろ増加する。しかし、その後は徐々に低下し、500°Cで常温強度の2/3に低下する。火災後（冷却後）の残存強度を確保する場合には450°Cが限界となる。^{*1}

また、他の文献^{*2}では、コンクリートの強度を著しく低下させる温度の境界を300°Cとし、コンクリート表面の受熱温度が300°C以下で許容ひび割れ幅以上のひび割れが認められない場合の構造体は健全であり、仕上げのみの補修でよいとしている。第1図にコンクリートの強度と温度の関係、第1表、第2表に火災によるコンクリートの被害等級及びその補修・補強方法について示す。

よって本評価では、保守的に圧縮強度に変化がないとされる200°Cを許容限界温度とし、評価を実施する。



第1図 コンクリートの強度と温度の関係^{*2}

*1： 建築火災のメカニズムと火災安全設計，原田和典

*2： 建物の火害診断及び補修・補強方法，日本建築学会

第1表 火害等級と状況^{*1}

火害等級	状況
I級	無被害の状態で、たとえば、 ①被害全くなし、 ②仕上げ材料等が残っている。
II級	仕上げ部分に被害がある状態で、例えば、 ①躯体にすす、油煙等の付着、 ②コンクリート表面の受熱温度が300℃以下、 ③床・梁のはく落わずか。
III級	鉄筋位置へ到達しない被害で、例えば、 ①コンクリートの変色はピンク色 ②微細なひびわれ、 ③コンクリート表面の受熱面温度が300℃以上、 ④柱の爆裂わずか。
IV級	主筋との付着に支障がある被害で、例えば、 ①表面に数mm幅のひびわれ、 ②鉄筋一部露出。
V級	主筋の座屈などの実質的被害がある状態で、例えば、 ①構造部材としての損傷大 ②爆裂広範囲、 ③鉄筋露出大、 ④たわみが目立つ、 ⑤健全時計算値に対する固有振動数測定値が0.75未満、 ⑥載荷試験において、試験荷重時最大変形に対する残留変形の割合がA法で15%、B法で10%を超える。

第2表 鉄筋コンクリート構造物の火害等級と補修・補強の基本^{*}

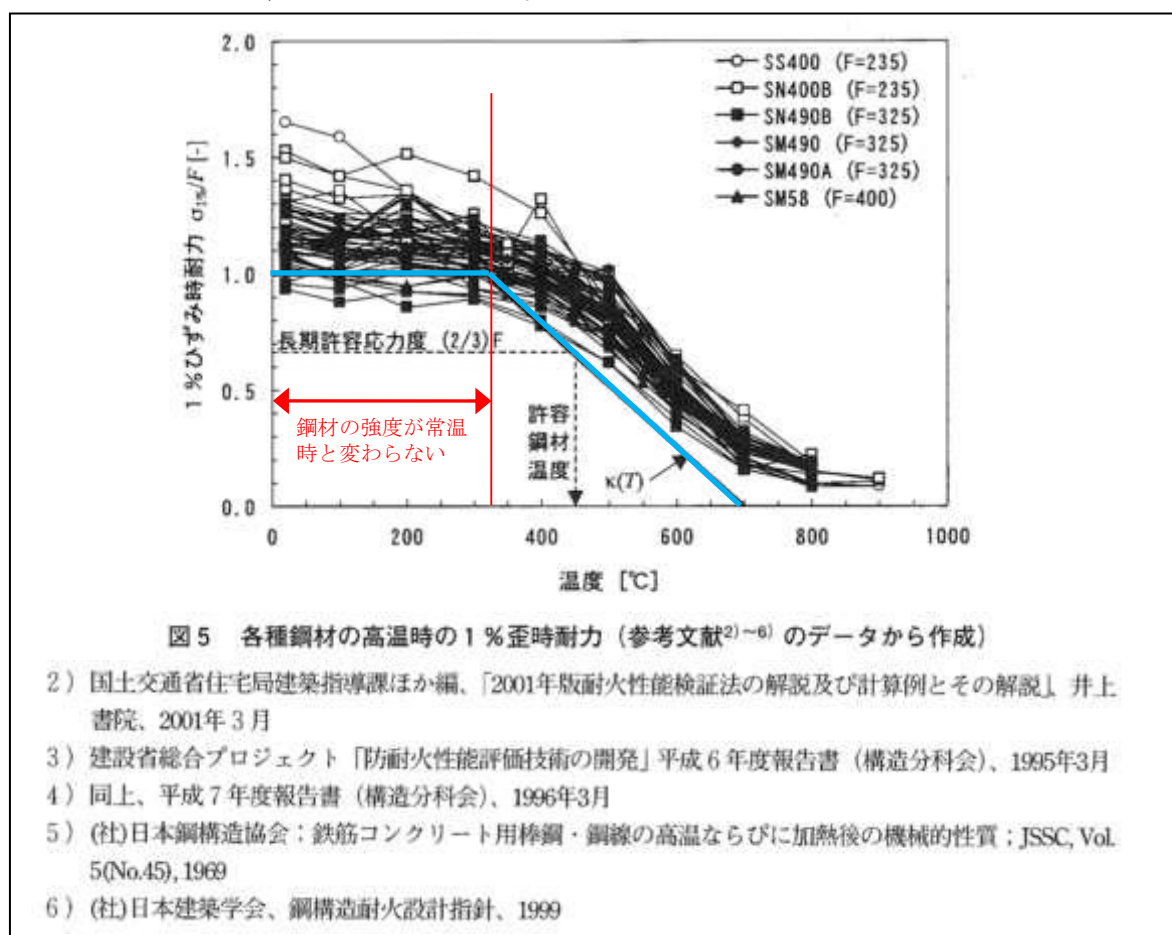
火害等級	状況	補修・補強の基本
I級	無被害の状態	—
II級	仕上げ部材に被害がある状態	仕上げのみの補修
III級	鉄筋位置へ到達しない被害	強度、耐久性が低下している場合は、かぶりコンクリートをはつり落とし、現場打コンクリートまたはモルタルで被覆するなどの処置をとる。
IV級	主筋との付着に支障がある被害	部材体力が低下しているため、かぶりコンクリートをはつり落とし、主筋を完全に露出させ、現場打コンクリートで被覆する。場合により補修も行う。
V級	主筋の座屈などの実質的な被害がある状態	補強、取替え、増設

*：建物の火害診断及び補修・補強方法，日本建築学会

主排気筒の許容限界温度 325°C の設定根拠について

一般的に、鋼材は温度上昇に伴い強度が低下するが、その高温強度に対する公的規格は存在していない。一方、発電用原子力設備規格 設計・建設規格（一般社団法人 日本機械学会）では、鋼材の制限温度を 350°C としていること、また、文献^{※1}では、鋼材の温度上昇に伴う強度低下率 $\kappa(T)$ が示されており、一般的な鋼材において温度が 325°C 以下であれば、その強度が常温時と変わらない ($\kappa(T)=1$) ^{※2} としている（第 1 図）。

よって本評価では、保守的に鋼材の強度が常温時と変わらないとされる 325°C を許容限界温度とし、評価を実施する。



第 1 図 鋼材の温度上昇に伴う強度低下率^{※1}（一部加筆）

※1：建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター

※2：各温度における鋼材の 1%ひずみ時耐力の測定値を常温の基準強度（F）で割ったものが強度低下率 $\kappa(T)$ であり，鋼材の強度が常温時と変わらない場合は， $\kappa(T)=1$ となる。

各施設等の温度評価体系

1. 軽油タンクの温度評価体系

- 火災時の輻射熱が軽油タンクに入射し、軽油及びタンク構造物の温度上昇に寄与すると想定する。
- 空気との熱伝達による放熱を考慮する。
- 軽油タンクの受熱時の面積 S_1 及び放熱時の面積 S_2 は、タンク屋根面積＋タンク側面面積／2 とする。

$$S_1 = S_2 = \pi \frac{D_0}{4} + \frac{\pi}{2} D_0 H \quad [\text{m}^2]$$

- 熱容量 C は、軽油の熱容量＋タンク構造物の熱容量とする。

$$C = \rho_p V c_p + \rho_s \left\{ \pi \frac{D_o^2 - D_i^2}{4} H + \pi \frac{D_o^2}{4} (e_1 + e_2) \right\} c_s \quad [\text{J/K}]$$

- タンクの温度上昇，輻射による入熱及びタンク表面からの放熱の関係は以下の式で表される。

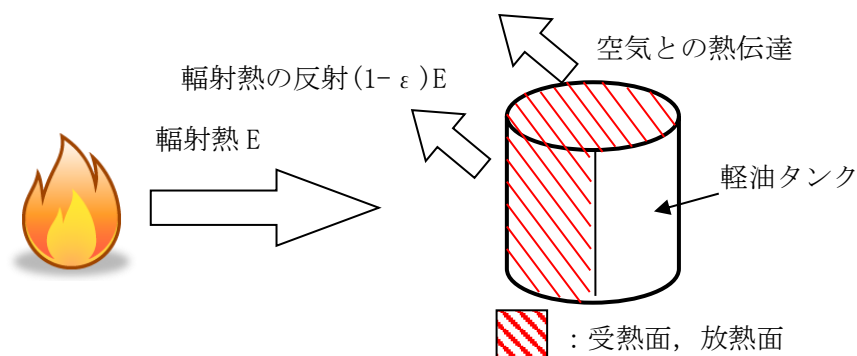
$$C \frac{dT}{dt} = \varepsilon E S_1 - h(T - T_{air}) S_2 \quad [\text{W}]$$

T_{air} : 外気温度 [°C]

温度 T は以下の式となる。

$$T = \frac{\varepsilon E S_1 + h S_2 T_{air}}{h S_2} - \left(\frac{\varepsilon E S_1 + h S_2 T_{air}}{h S_2} - T_0 \right) e^{\left(\frac{-h S_2}{C} \right) t} \quad [^\circ\text{C}]$$

- 使用するパラメータを第 1 表に示す



第 1 図 軽油タンク温度評価体系図

第1表 評価に使用するパラメータ

パラメータ	数値	単位	備考
T_0 : 初期温度	38	°C	柏崎市の最高気温
ε : 放射率	0.9	[-]	伝熱工学資料
ρ_p : 軽油密度	918	[kg/m ³]	NUREG-1805
c_p : 軽油比熱	1700	[J/kg・K]	石油便覧
V : 軽油体積	528	[m ³]	保安規定による最低保有油量
ρ_s : タンク構造材密度	7860	[kg/m ³]	伝熱工学資料
c_s : タンク構造材比熱	473	[J/kg・K]	伝熱工学資料
D_i : タンク内径	9.8	[m]	基本設計計算書
D_0 : タンク外形	9.872	[m]	設計図書
e_1 : タンク屋根厚	0.022	[m]	設計図書
e_2 : タンク底板厚	0.009	[m]	基本設計計算書
H : タンク高さ	9.5	[m]	基本設計計算書
h : 熱伝達率	17	[W/m ² K]	空気調和衛生工学便覧
C : 熱容量	8.72×10^8	[J/K]	計算

2. 燃料移送ポンプの温度評価体系

燃料移送ポンプは、その周囲に設置する防護板によって、外部火災からの輻射による熱影響を受けないよう防護する。

防護板は、燃料移送ポンプの近傍で発生する軽油タンク火災を想定し、火炎の方向に面した箇所は、竜巻防護用の鋼板に耐火材・断熱材を設置することにより、その輻射による熱影響を受けないようにする。なお、それ以外の面については、他の外部火災による熱影響が軽微であることから、耐火材・断熱材を設置しない竜巻防護用の鋼板のみの仕様とする。

防護板の仕様としては、以下のとおり。

① 防護板（断熱）

燃料移送ポンプに隣接している軽油タンク火災を想定。燃料移送ポンプが輻射による熱影響を受けないようにするため、火炎に面した箇所に設置する耐火材・断熱材・鋼板（竜巻防護用）を有する防護板。

② 防護板（鋼板）

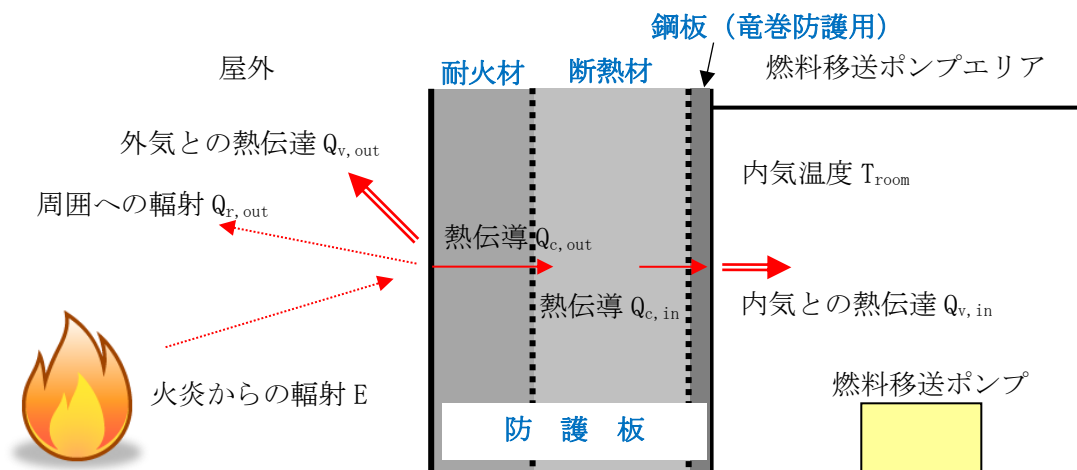
熱影響が軽微な面に設置する防護板。耐火材・断熱材は設置せず、竜巻防護用の鋼板のみの仕様。

防護板の仕様を踏まえた燃料移送ポンプの温度評価体系は、以下のとおり。

2.1 軽油タンク火災時

- 火災時の一定の輻射熱が燃料移送ポンプの周囲に設置されている防護板（断熱）外面に入射し、一定時間維持されたと想定する。

以下に概念図を示す。



第2図 防護板（断熱）における伝熱の概念図

- 以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて、防護板（断熱）の内

面並びに燃料移送ポンプエリア温度を求める。

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$$

T : 温度, t : 時刻, x : 防護板 (断熱) 外面からの距離, α : 熱拡散率

- 防護板 (断熱) の外面及び内面温度上昇に伴う熱負荷は次式で計算される。

$$Q_{v,in} = h_{in} A (T_{in} - T_{room})$$

h_{in} : 防護板 (断熱) 内面熱伝達率, A : 防護板 (断熱) 内面の表面積, T_{in} : 防護板 (断熱) 内面温度, T_{room} : 燃料移送ポンプエリア温度

- 燃料移送ポンプエリア温度は, 火災による防護板 (断熱) 内面温度上昇に伴う熱負荷がポンプエリア内に蓄熱されることを考慮し, 次式で求める。

$$\Delta T_{room} = \frac{Q_{v,in}}{\rho CV}$$

ρ : 空気密度, C : 空気比熱, V : ポンプエリア体積

2.2 軽油タンク火災以外の外部火災時

- 軽油タンク火災以外の外部火災時は, 保守的に輻射熱が防護板 (鋼板) に入射し, 防護板 (鋼板) の温度上昇に寄与すると想定する。
- 空気との熱伝達による放熱を考慮する。
- 防護板 (鋼板) の外面にて受熱 (面積 S/2), 放熱は外面及び内面 (面積 S) とし, 受熱は, 面積が最大となるよう側面の 2 面とした。
- 熱容量 C は, 防護板 (鋼板) の熱容量とする。

$$C = \rho c V \quad [\text{J/K}]$$

- 防護板 (鋼板) の温度上昇, 輻射による入熱及び防護板 (鋼板) からの放熱の関係は以下の式で表される。

$$C \frac{dT}{dt} = \varepsilon E \frac{S}{2} - h(T - T_{air})S \quad [\text{W}]$$

T_{air} : 外気温度 [°C]

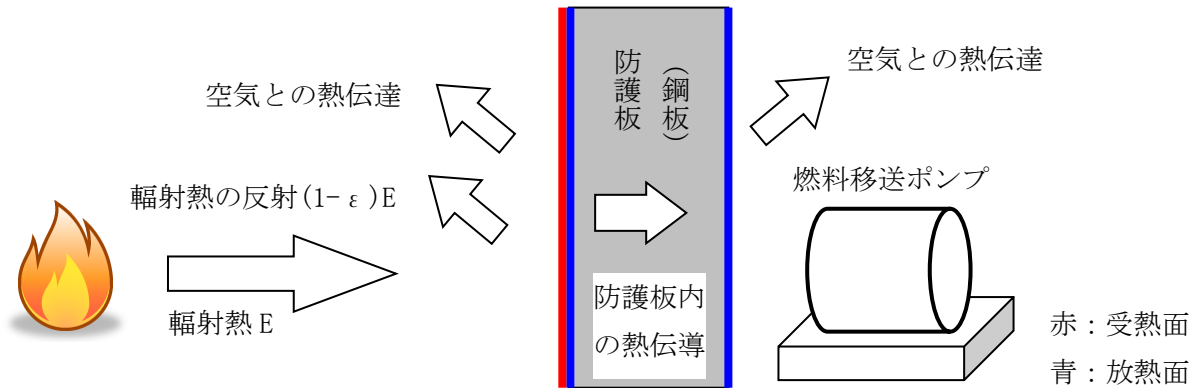
温度 T は以下の式となる。

$$T = \frac{\varepsilon E \frac{S}{2} + hST_{air}}{hS} - \left(\frac{\varepsilon E \frac{S}{2} + hST_{air}}{hS} - T_o \right) e^{\left(-\frac{hS}{C}\right)t} \quad [^\circ\text{C}]$$

<記号>

T_0 : 初期温度[°C], E : 輻射強度[W/m²], ϵ : 防護板(鋼板)外面の放射率[-]^{※1},
 h : 防護板(鋼板)表面熱伝達率[W/m²K]^{※2}, S : 防護板(鋼板)放熱面積[m²] ($S/2$:
受熱面積は外面のみ), C : 防護板(鋼板)の熱容量[J/K], ρ : 密度[kg/m³]^{※1}, c :
比熱[kJ/kgK]^{※1}, v : 体積[m³], t : 燃焼継続時間[s], T_{air} : 外気温度[°C]

※1:伝熱工学資料, ※2:空気調和・衛生工学便覧



第3図 防護板(鋼板)温度評価体系図

3. 主排気筒の温度評価体系

- 火災時の輻射熱が主排気筒に入射し、主排気筒の温度上昇に寄与すると想定する。
- 主排気筒外表面からの放熱を考慮し以下の式を解く。

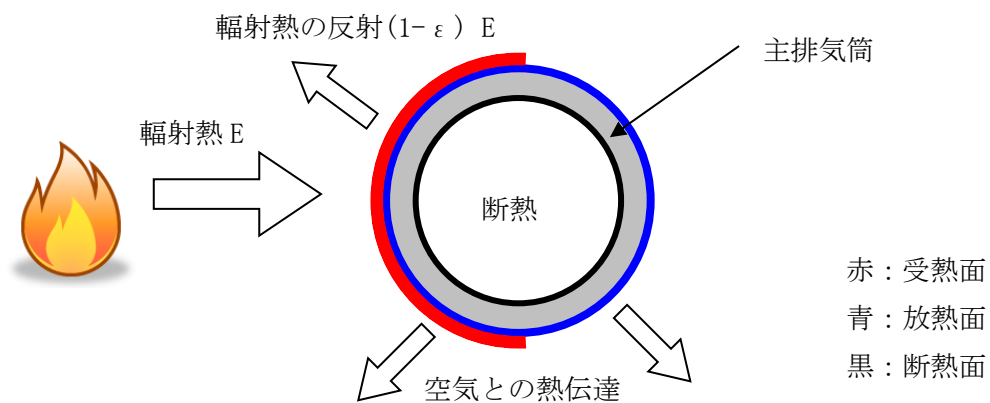
$$\rho CV \frac{dT}{dt} = \varepsilon E \frac{S}{2} - h(T - T_0)S$$

$t \rightarrow \infty$ の場合で最大温度となり、その温度は以下の式となる。

$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$$

ρ : 主排気筒部材密度 [kg/m^3], C : 主排気筒部材比熱 [$\text{J}/\text{kg}/\text{K}$], S : 主排気筒単位長さあたりの外周面積 [m^2], V : 主排気筒単位長さあたりの体積 [m^3], T : 最高温度 [$^{\circ}\text{C}$], T_0 : 初期温度 [$^{\circ}\text{C}$] (柏崎市の最高気温)^{※1}, E : 輻射強度 [W/m^2], h : 熱伝達係数 [$\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$] (出典: 空気調和・衛生工学便覧), ε : 放射率 [-] (出典: 伝熱工学資料)

※1: 別紙 2-5 参照

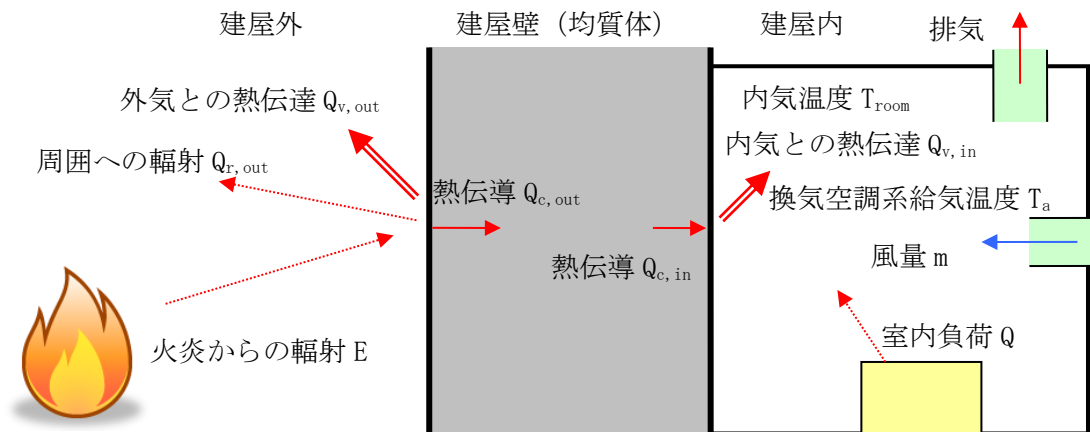


第 4 図 主排気筒温度評価体系図

4. 建屋内気温度の温度評価体系

- 火災時の一定の輻射熱が建屋外壁面に入射し、一定時間維持されたと想定する。

以下に概念図を示す。



第5図 伝熱の概念図

- 以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて、外壁及び内壁面温度を求める。

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$$

T : 温度, t : 時刻, x : 建物壁内における外壁面からの距離,
 α : 熱拡散率

- 外壁及び内壁面温度上昇に伴う熱負荷は次式で計算される。

$$Q_{v, in} = h_{in} A (T_{in} - T_{room})$$

h_{in} : 内壁面熱伝達率, A : 内壁の表面積, T_{in} : 内壁面温度, T_{room} : 内気温度

- 内気温度は、火災による内壁面温度上昇に伴う熱負荷と室内の熱負荷及び換気空調系による除熱を考慮し、次式で求める。

$$T_{room} = \frac{Q + Q_{v, in}}{m \rho C} + T_a$$

Q : 室内負荷, m : 風量, ρ : 空気密度, C : 空気比熱, T_a : 換気空調系給気温度

5. 一定の輻射熱を受ける壁面（コンクリート）の温度評価体系

十分に厚い固体の表面が放射熱で加熱される場合の温度分布は、以下の一次元の熱伝導方程式により表すことができる。

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right)$$

これを表面（ $x = 0$ ）における境界条件

$$\varepsilon q = h\{T(0,t) - T_0\} - k \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0}$$

の下で入射熱流束が時間的に一定であれば、次式が得られる。

$$T_s(t) = T_0 + \frac{\varepsilon q}{h} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{h^2 t}{k\rho c}\right) \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{h^2 t}{k\rho c}}\right) \right\}$$

ただし、 $\operatorname{erfc}(z)$ は余誤差関数であり、 $T_s(t) = T(0,t)$ とおいた。
また、 $\varepsilon q / h (T_s - T_0) < 10$ の範囲では、以下のとおり近似できる。

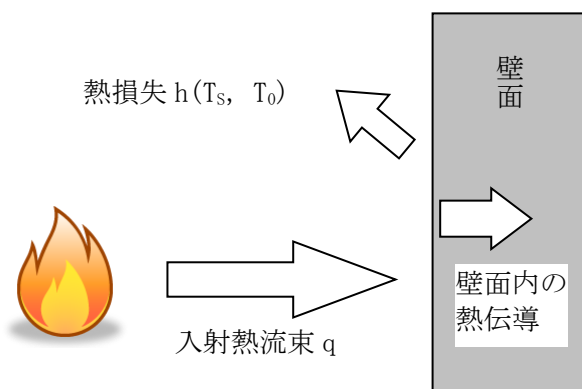
$$\frac{\varepsilon q}{h(T_s - T_0)} = \frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1$$

$$T_s = T_0 + \frac{1}{\left(\frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1\right)} \frac{h}{\varepsilon q}$$

<記号>

c : 比熱[kJ/kgK], T_0 : 初期温度[K], $\operatorname{erfc}(z)$: 余誤差関数, T_s : 表面温度[K],
 h : 熱伝達率[kW/m²K], ε : 表面の放射率, k : 熱伝導率[kW/mK], ρ : 密度[kg/m³],
 q : 入射熱流束[kW/m²], t : 燃焼継続時間[s]

出典：原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター



第6図 建屋温度評価体系図

初期温度の考え方

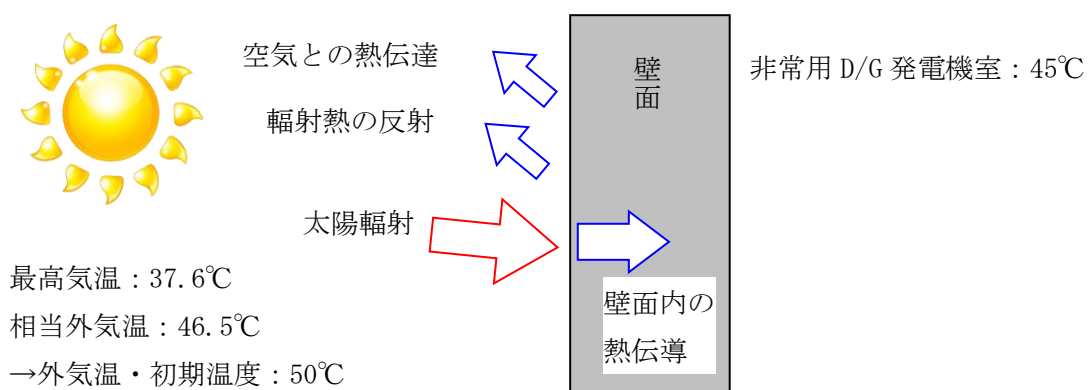
1. 外壁（コンクリート）面の初期温度

空気調和・衛生工学便覧をもとに，日射の影響を考慮した相当外気温を求め，その値を切り上げた値を外気温及び評価対象施設の初期温度として設定した。なお，受熱面は各壁面の方向（東西南北）とした。

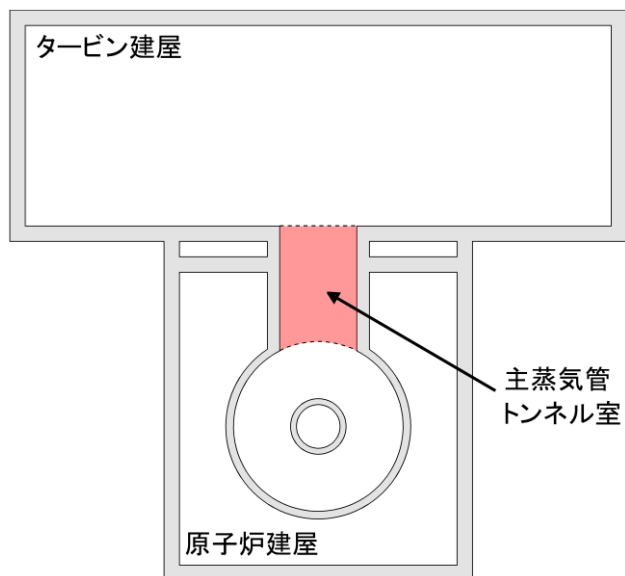
柏崎市の最高気温 37.6℃に対して，外壁面の相当外気温の最大値は 46.5℃となる。46.5℃を切り上げ，50℃を外気温及び初期温度として設定する。

なお，原子炉建屋内で最も室温が高いのは，主蒸気管トンネル室（設計温度：55℃）であり，外壁面の初期温度 50℃より高いものの，その外壁は原子炉建屋とタービン建屋の間に位置しており，外部火災による輻射の影響を受けない。

次いで室温が高いのは，非常用 D/G 発電機室（設計室温：45℃）となるが，外壁面の初期温度 50℃未満であることから，初期温度の設定は妥当なものとする。



第 1 図 原子炉建屋外壁面温度評価体系図



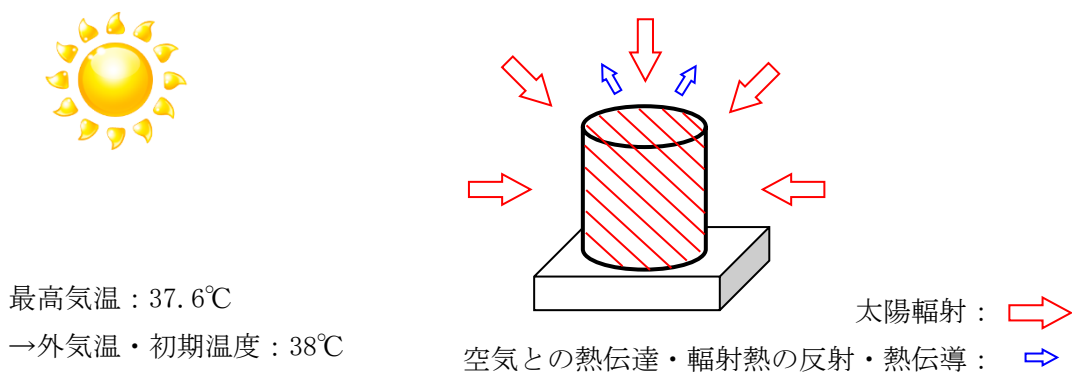
第2図 主蒸気管トンネル室の位置

2. 軽油タンクの初期温度

太陽輻射熱は、日の出から日中の日射の最大値約 1kW/m^2 まで増加するので、平均的には 0.5kW/m^2 の日射が最大値をとるまでの7時間（6～13時）継続して軽油タンクを加熱すると仮定する。最大値以降は日射量の減少に伴う放熱により軽油温度は減少に向かうと考える。受熱面はタンクの側面及び上面とする。

日中の軽油タンクの最高温度は、最低気温の最高値 27°C から、日射及び外気からの入熱による温度上昇分 6.7°C を加味し、 33.7°C と算定される。

一方、柏崎市の最高気温の最高値は、 37.6°C であり、日射及び外気からの入熱を考慮し算出した温度を大きく超えないことから、外気温の最高値 37.6°C を切り上げ、 38°C を外気温及び初期温度として設定する。

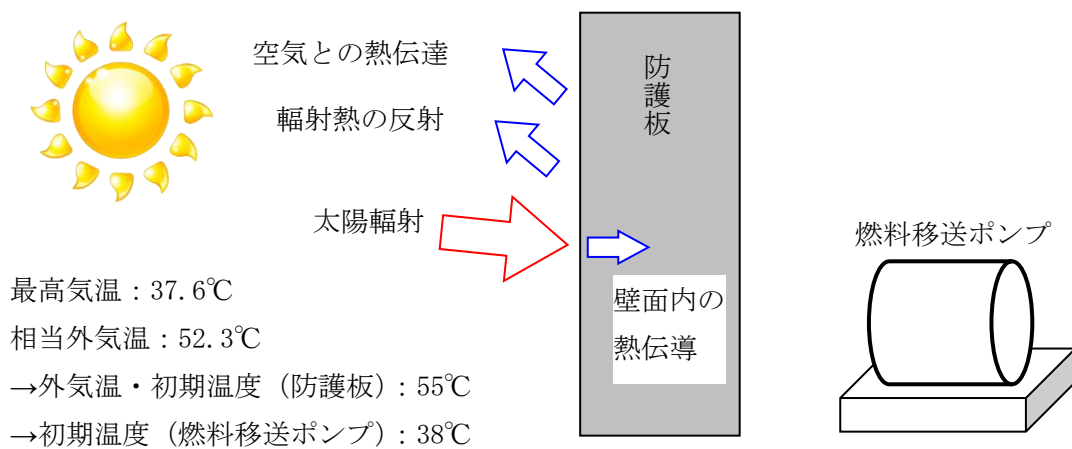


第3図 軽油タンク温度評価体系図

3. 燃料移送ポンプ（防護板）の初期温度

空気調和・衛生工学便覧をもとに、日射の影響を考慮した相当外気温を求め、その値を切り上げた値を外気温及び評価対象の初期温度として設定した。なお、受熱面はポンプ周囲に設置している防護板とする。

柏崎市の最高気温 37.6℃に対して、燃料移送ポンプの周囲に設置している防護板外表面の相当外気温の最大値は 52.3℃となる。52.3℃を切り上げ、55℃を外気温の初期温度として設定する。また、燃料移送ポンプについては、周囲に防護板が設置されており、日射の影響を受けないことから、柏崎市の最高気温の最高値 37.6℃を切り上げ、38℃を初期温度として設定する。

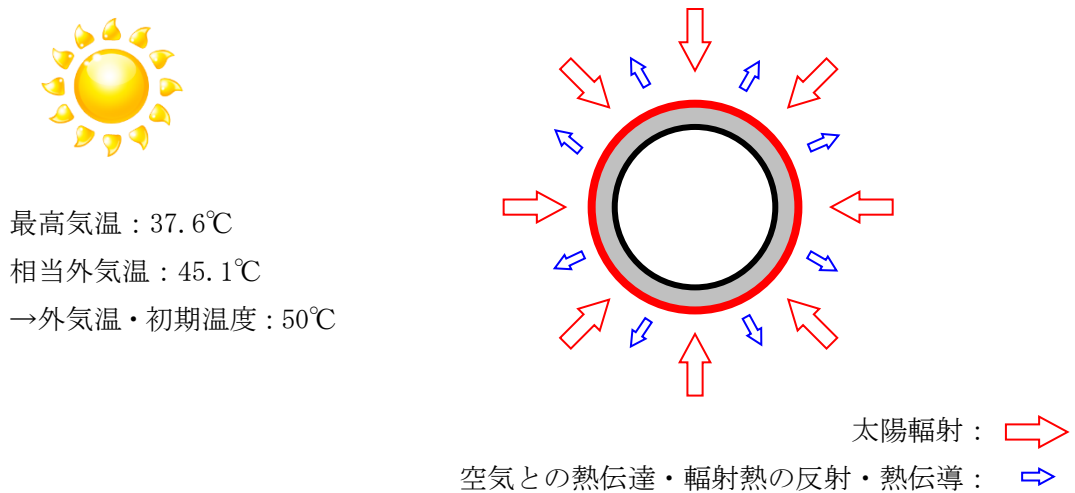


第4図 燃料移送ポンプ温度評価体系図

4. 主排気筒の初期温度

空気調和・衛生工学便覧をもとに，日射の影響を考慮した相当外気温を求め，その値を切り上げた値を外気温及び評価対象の初期温度として設定した。なお，受熱面は主排気筒の側面とした。

柏崎市の最高気温 37.6℃に対して，主排気筒外表面の相当外気温の最大値は45.1℃となる。45.1℃を切り上げ，50℃を初期温度として設定する。



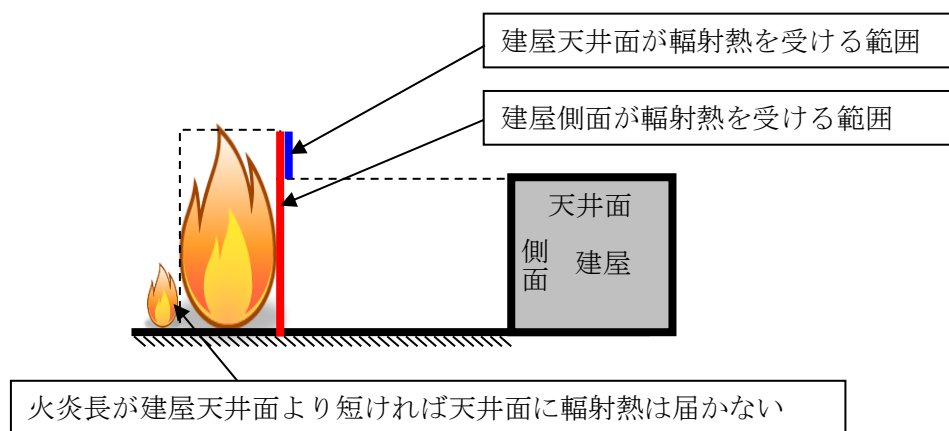
第5図 主排気筒温度評価体系図

建屋天井面への熱影響評価

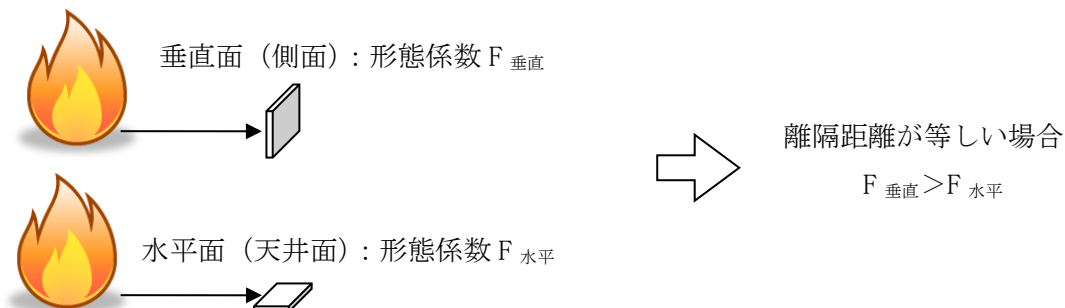
建屋側面への熱影響を実施したが、天井面についての熱影響を検討する。

- ・ 火炎長が建屋天井面より短い場合は天井面に輻射熱は届かないことから熱影響はない。(第1図)
- ・ 火炎長が建屋天井面より長くなる場合は輻射熱が天井面に届くが、その輻射熱は側面の輻射熱より小さい。(第1図)
- ・ 火炎からの離隔距離が等しい場合、垂直面(側面)と水平面(天井面)の形態係数は、垂直面の方が大きいことから、天井面の熱影響は側面に比べて小さい。(第2図)
- ・ コンクリートの厚さは側面より天井面の方が薄いことから、天井面の方が建屋内側の熱伝達による放熱の効果が大きくなるため熱影響は小さい。

以上より、側面の熱影響を実施することで天井面の熱影響は包絡されることを確認した。



第1図 天井面への輻射熱の影響



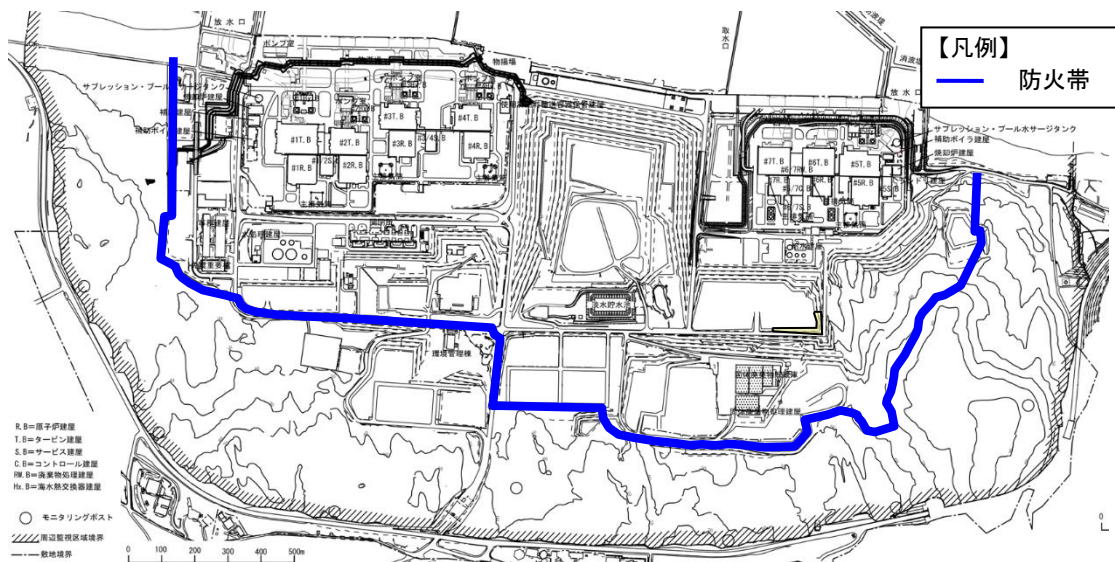
第2図 垂直面と水平面の形態係数の大きさ

斜面に設定している防火帯の地盤安定性の観点からの考え方について

1. 防火帯の概要

防火帯は、第 1 図に示すとおり発電所設備の配置状況等を考慮し、干渉しないように設定している。

設定に当たっては、草木を伐採する等、可燃物を排除し、その後、除草剤を散布した上で、モルタル吹付け等を行い、草木の育成を抑制し、可燃物がない状態を維持する。



第 1 図 防火帯位置

2. 地震時の斜面崩壊による防火帯への影響評価

(1) 評価方針について

地震が起因となり、発電所敷地外にて森林火災が発生することは否定できないことから、安全上の配慮として、仮に地震と森林火災が重畳した場合を想定し、地震時の斜面崩壊による防火帯への影響評価を行う。

(2) 森林火災が防火帯を突破する可能性について

森林火災(単独事象)の影響評価では、下記に示す保守的な前提条件としている。

- ① 気象条件(湿度, 気温, 風速)は, 過去10年間における森林火災発生件数の多い3~5月のうち, 最も厳しい条件の組み合わせとしている。
- ② 植生は, 現地調査等で特定した樹種ごとに, より厳しい評価となるような林齢及び下草を設定している。
- ③ 日照時間の影響を考慮し, 防火帯近傍における火線強度が最大となるように森林火災の発火時刻を設定している。

自然現象の重畳を検討する場合, 主事象(地震)に対して, 副事象(森林火災)の規模を小さくすることは一般的に用いられている手法である。森林火災については, 定量的な規模を示すことは困難であるが, 同様に, 主事象である地震と重畳する森林火災の規模が単独事象の森林火災より小さくなると考えられ, 防火帯内に多くの可燃物(草木等)が流入しなければ, 防火帯の延焼防止機能が直ちに喪失することはない。

(3) 地震と森林火災重畳時の重大事故等への対応について

第2図に防火帯とアクセスルートを示す。

防火帯については, アクセスルートの周辺斜面の崩壊と同様の考え方^{*}に基づき(第3図), 斜面崩壊に伴い防火帯に可燃物が流入し, 延焼防止機能に影響がある場合は, 機能の低下を想定する。

防火帯の機能が低下した場合, 防火帯の内側への森林火災の延焼が想定されるものの, 発電所敷地内には道路(幅10m程度)や非植生のエリアが多くあることから, 更なる延焼の可能性は低いと考えられる(「別紙2-8 防火帯内植生による火災について」参照)。

斜面崩壊の影響を受けるアクセスルートの範囲を第4図に, 地震時におけるアクセスルートを第5-1図, 第5-2図に示す。

地震時に使用するアクセスルートのうち, 中央交差点及び荒浜側高台保管場所付近については, 地震時の斜面崩壊の影響を受けないことから, 防火帯の機能は維持され, 当該箇所のアクセスルートは通行可能であり重大事故等に対処できる。

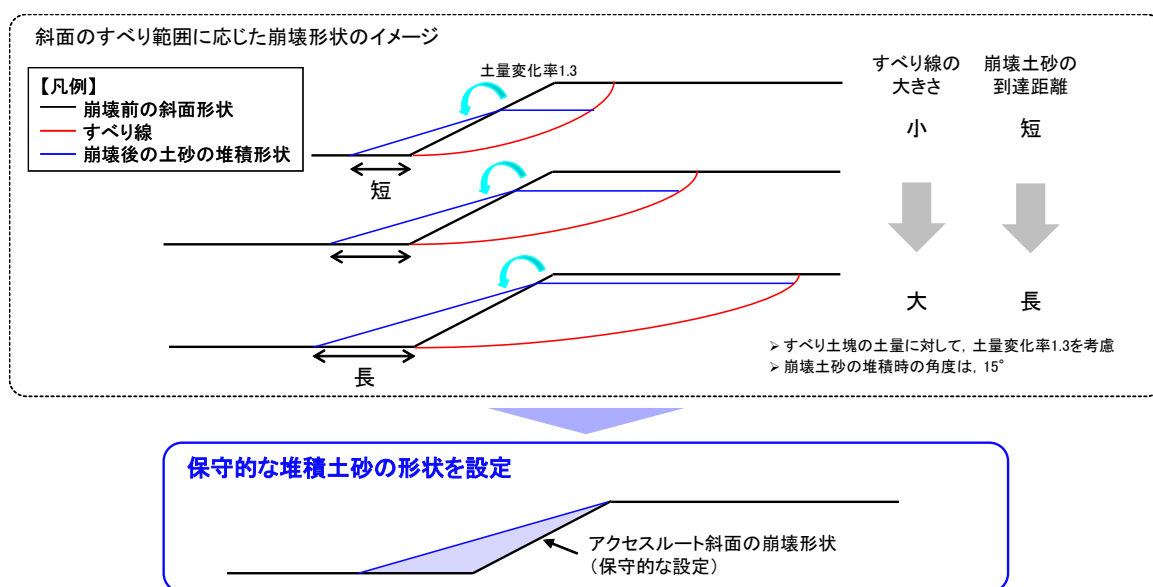
^{*}アクセスルートの周辺斜面の崩壊と同様の考え方は, 「技術的能力 添付資料1.0.2 可搬型重大事故等 対処設備保管場所及びアクセスルートについて」と同様とする。

また、地震時に使用するアクセスルートのうち、中央交差点及び荒浜側高台保管場所付近を除く範囲については、森林火災が発生し、防火帯機能が低下する範囲から延焼してきたとしても、防火帯の内側への更なる延焼の可能性は低いことから、当該箇所のアクセスルートは通行可能（仮復旧の実施を含む）であり重大事故等に対処できる。

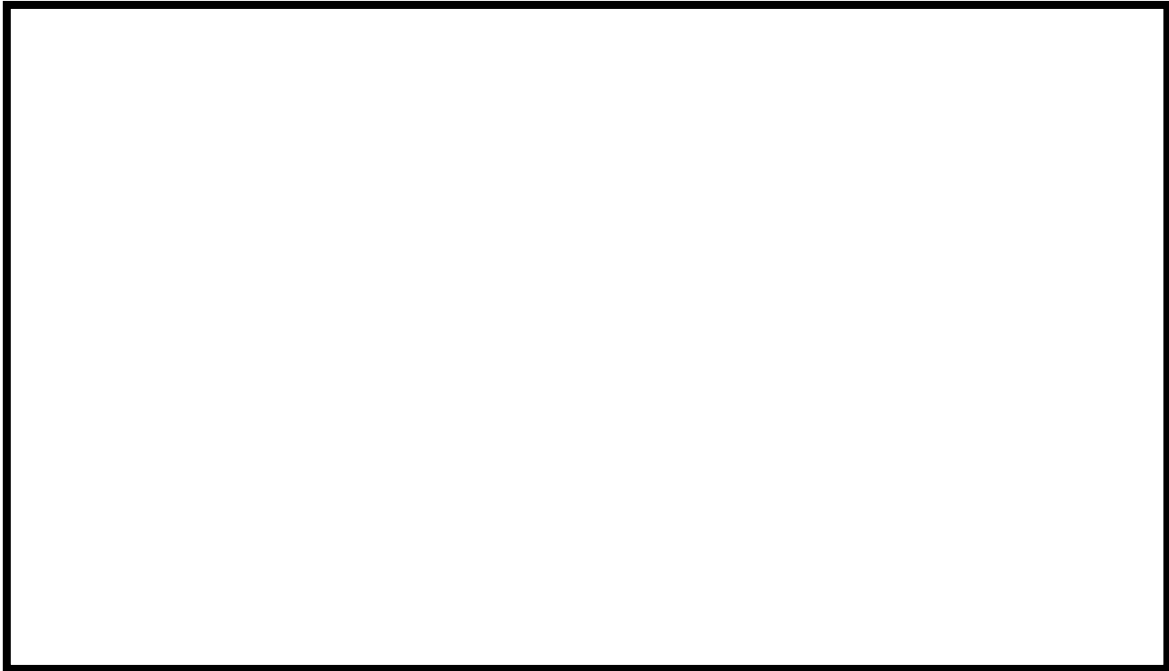
さらに、現場の状況に応じた自衛消防隊による予防散水により、防火帯内への森林火災の延焼リスク低減も可能である。



第2図 防火帯とアクセスルート



第3図 斜面崩壊時の堆積土砂の形状

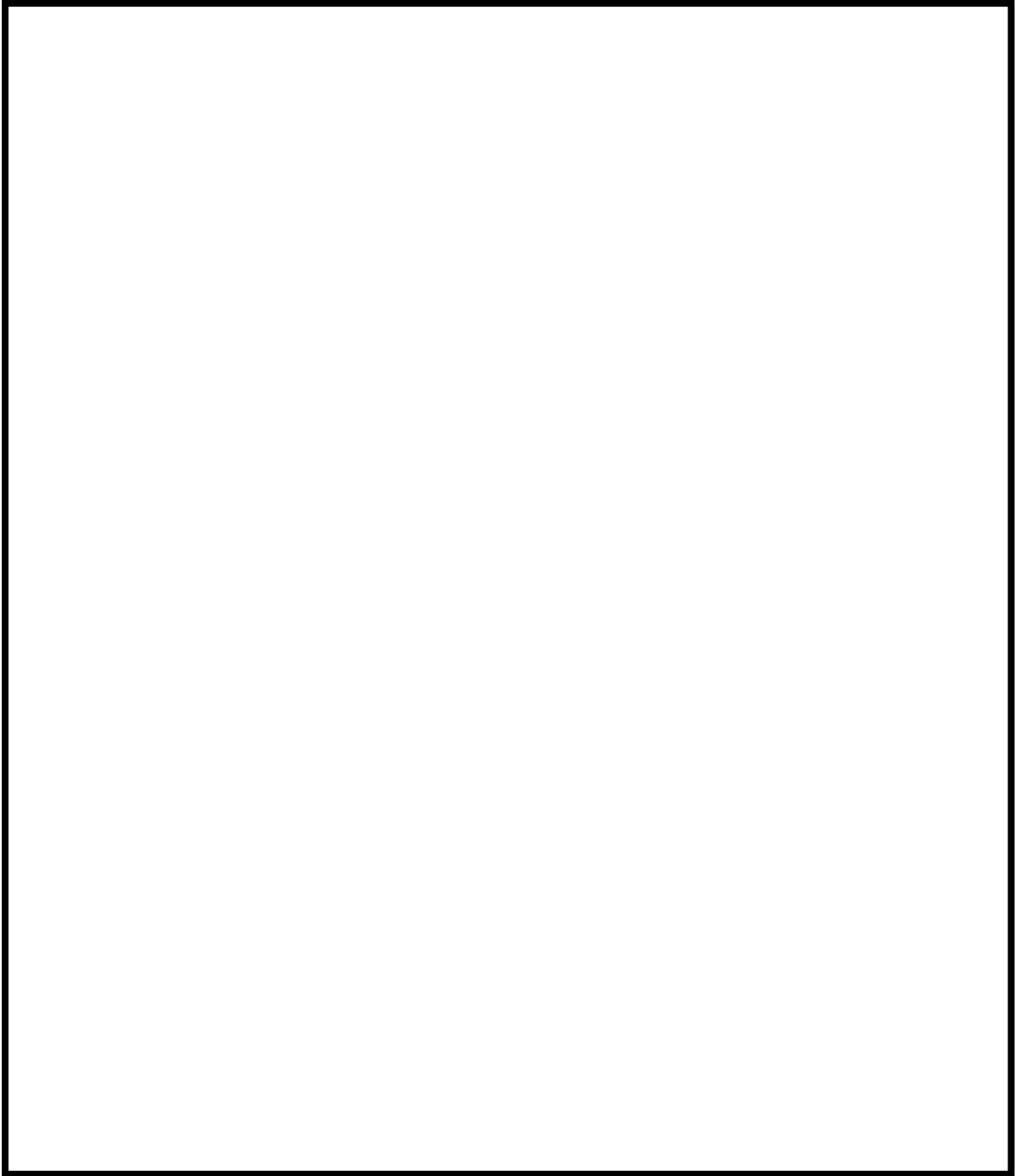


第4図 斜面崩壊の影響を受けるアクセスルート範囲



第5-1図 地震時におけるアクセスルートの選定結果

防護上の観点又は機密に係わる事項を含むため、公開できません



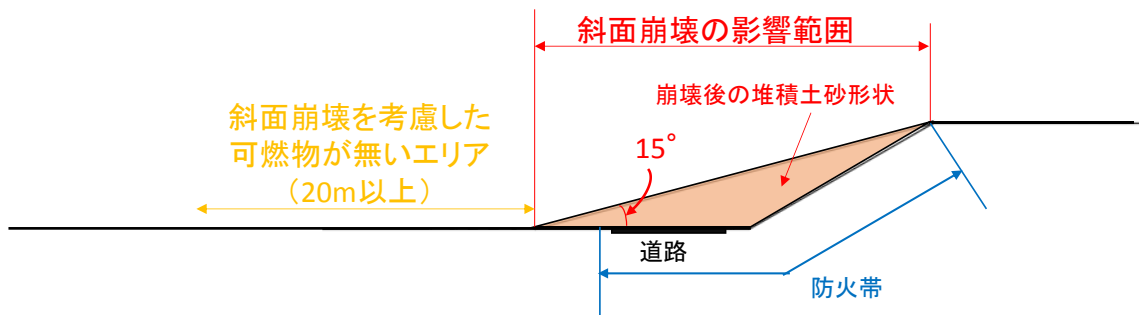
第 5-2 図 地震時におけるアクセスルートを選定結果

(4) 斜面崩壊に対する対策について

(3)に示すような斜面の崩壊によって防火帯の延焼防止機能低下が想定される場合は、安全上の配慮として当該箇所の延焼防止機能の低下を緩和するために、崩壊後の堆積土砂の影響範囲[※]を考慮した可燃物がないエリアを設定する。

第6図及び第7図に、対策を行う範囲の例を示す。

※崩壊後の堆積土砂による影響範囲は、「技術的能力 添付資料 1.0.2 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて」と同様とする。



第6図 防火帯の延焼防止機能の低下緩和対策イメージ



第7図 可燃物がないエリア

防火帯内植生による火災について

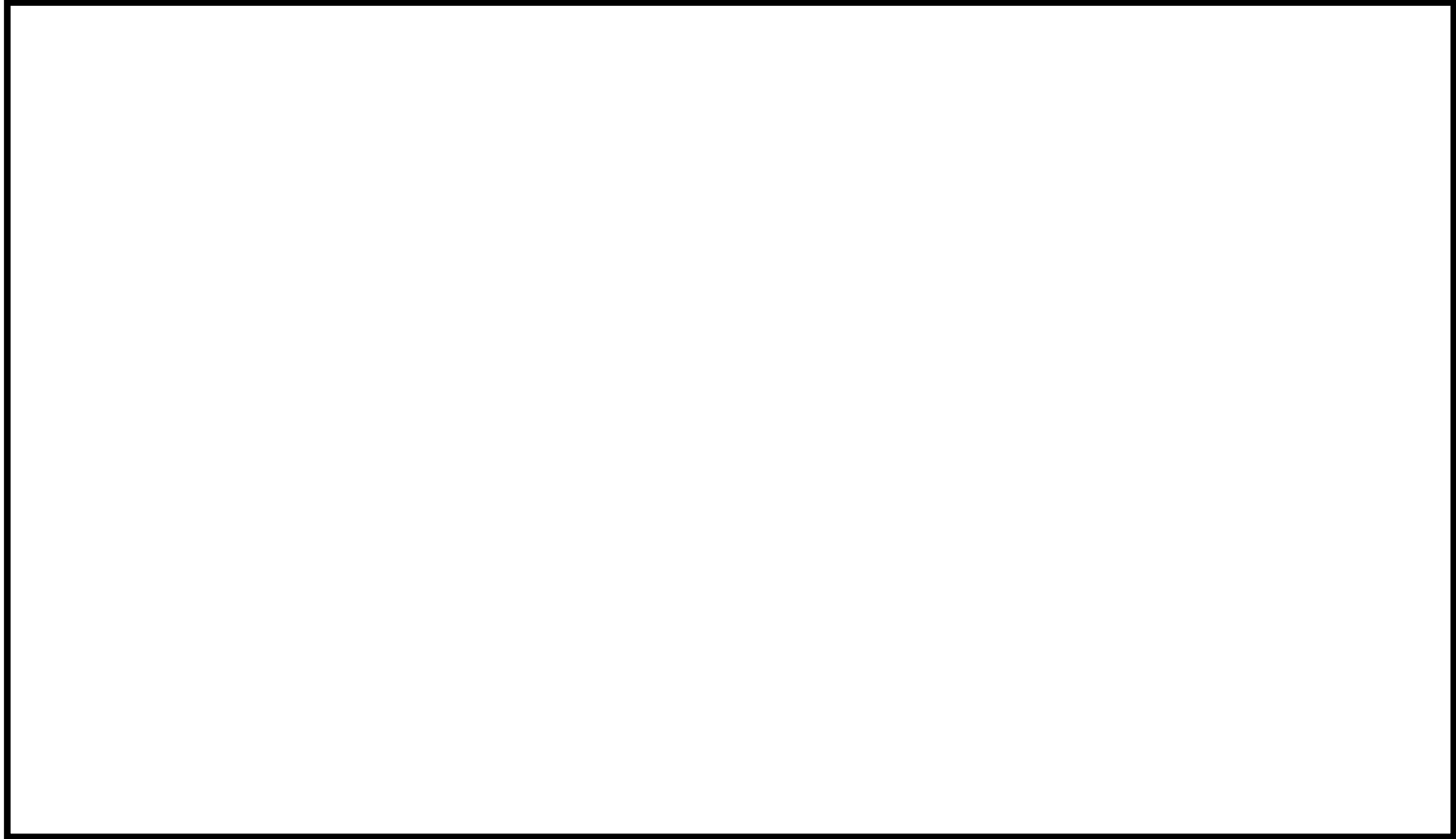
第 1 図に防火帯内の植生（平成 27 年 1 月現在）を示す。

発電用原子炉施設の周囲の植生は一部が低中木や広葉樹であるものの大半が芝地である。また、重大事故等対処設備の周囲は広葉樹や 10 年生以上のマツで火線強度が低くなる植生であることから、防火帯内の植生による発電用原子炉施設及び重大事故等対処設備に対しての影響はない。

なお、重大事故等対処設備からの出火を想定した場合、炎感知器やサーモカメラにて火災の早期検知が可能であること、周囲の広葉樹等に延焼した場合を想定したとしても、柏崎刈羽原子力発電所の防火帯内には道路（幅 10m 程度）や非植生のエリアが多くあることから、更なる延焼の可能性は低い。

防護上の観点又は機密に係わる事項を含むため、公開できません

6 条-別添 4 (外火)-1-添付 2-106



第1図 発電所防火帯内植生図

被ばく評価で使用している気象条件との違いについて

被ばく評価で使用している気象条件との違いについて以下に示す。

なお、被ばく評価は、柏崎刈羽原子力発電所からの放射性物質の拡散状況を把握するために発電所構内の気象観測所のデータを用いている。一方、森林火災は発電所構外からの火災の進展を評価するため、発電所周辺の気象を代表するように発電所構外の気象観測所のデータを用いている。

第1表 被ばく評価で使用している気象条件との違い

	森林火災	被ばく評価
データ取得場所	柏崎気象観測所 新潟気象台	発電所構内気象観測装置
データ取得期間	過去10年（2003～2012年）	1985年10月から1年間（KK7）
風速	3～5月の最大風速 風速が大きい方が延焼しやすく 保守的	大気安定度の算出に使用 風速が小さい方が拡散しやすくなる
風向	3～5月の卓越風向（16方位）	16方位の風向出現回数を考慮して評価
気温	3～5月の最高気温 気温が高い方が可燃物の水分量が少なくなり保守的	評価には使用しない
湿度	3～5月の最小湿度 湿度が低い方が可燃物の水分量が少なくなるため保守的	評価には使用しない
日射量	最大日射量（雲なし）とする 日射量が多い方が可燃物の水分量が少なくなるため保守的	大気安定度の算出に使用 日射量が大きい方が拡散しやすくなる
降雨量	降水量なしとする 降水がない方が可燃物の水分量が少なくなるため保守的	評価には使用しない

マツ 10 年生と設定することの妥当性について

マツ 10 年生未満とマツ 10 年生では、可燃物データのうち生きた木質の fuel 量のみ異なり他のパラメータは同じである。

10 年生未満のマツが 1 本でも存在していれば 10 年生未満のマツを選択するのではなく、10 年生未満のマツが一様に広がり、生きた木質の fuel 量が少ない状態であれば 10 年生未満とする。10 年以上のマツが存在している中に 10 年生未満のマツが存在するようなエリアであれば、10 年生未満よりも生きた木質の fuel 量は多く延焼を抑制する効果があることから 10 年生未満のデータではなく 10 年生のデータを用いることは適当である。また、発電所構内の森林簿から生きた木質の fuel 量を算出すると^{*2}、約 80ton/ha であり、マツ 10 年生の生きた木質の fuel 量より大きいことから、10 年生のデータを入れることは妥当である。

第 1 表 マツ及び落葉広葉樹の可燃物データ

パラメータ	下草の有無	1 時間以内に乾燥する木質の fuel 量 ^{*1}	10 時間以内に乾燥する木質の fuel 量 ^{*1}	4 日以内に乾燥する木質の fuel 量 ^{*1}	生きた草の fuel 量 ^{*1}	生きた木質の fuel 量 ^{*1}	1 時間以内に乾燥する木質の表面積 / 体積	生きた草の表面積 / 体積	生きた木質の表面積 / 体積	林床可燃物の深さ	1 時間以内に乾燥する木質で延焼が止まる水分量	枯死可燃物の熱容量	生体可燃物の熱容量
単位	-	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha	1/cm	1/cm	1/cm	cm	%	J/kg	J/kg
マツ 10 年生未満	有	6.75	4.48	11.23	0	<u>15.71</u>	70.44	59	48	182.9	31	19958	19958
マツ 10 年生	有	6.75	4.48	11.23	0	<u>44.24</u>	70.44	59	48	182.9	31	19958	19958
マツ 20 年生	有	4.48	2.24	1.12	0	75.03	70.44	59	48	182.9	31	19958	19958
マツ 30 年生	無	4.48	2.24	1.12	0	102.56	70.44	59	48	6.1	31	19958	19958
マツ 40 年生	無	1.66	0	0	0	130.20	70.44	59	48	6.1	31	19958	19958
落葉広葉樹	有	6.75	4.48	11.23	0	62.66	149.48	59	48	182.9	25	18524	18524

福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価 独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES) 平成24年6月より抜粋

※1: fuel 量とは、単位面積当たりの可燃物（燃料）の量[ton/ha]

※2: 森林簿に記載の区画ごとの面積 S [ha], 材積 V [m^3] 及び, マツの気乾比重 520 [kg/m^3] ※3 から, 生きた木質の fuel 量[ton/ha] を算出した。 生きた木質の fuel 量 $= 520 \times V \div S \times 1000$

※3: 一般財団法人日本木材総合情報センターより

気乾比重: 大気中に放置された木材が大気の温度条件と湿度条件に対応し, 含有水分が平衡に達した状態での比重

8月の気象条件及び3～5月の気象条件を適用した解析結果の比較について

1. 森林火災の想定

森林火災の想定における気象条件は、過去10年間（2003～2012年）を調査し、森林火災の発生件数の多い3～5月の卓越風向、最大風速、最高気温、及び最小湿度の組み合わせとしているが、新潟県、柏崎市・刈羽村・出雲崎町における森林火災発生件数は、3～5月を除き、8月にも発生している。このため、8月の気象条件を適用した森林火災について、現在のプラント状況と植生等が異なっている箇所はあるが、過去に感度解析を実施している。

発火点は最大火線強度が大きくなると考えられるケース2の発火点とし、これを代表ケースとした解析結果の比較である。

(1) 気象条件の設定

8月における過去10年間の気象条件を調査した結果を第1表（上段）に示す。

第1表 8月の気象条件を適用した気象条件と3～5月の気象条件との比較

	風向[16方位]	最大風速[m/s]	最高気温[°C]	最小湿度[%]
8月	南南東	11.0	37.5	31
3～5月 (ケース2)	南南東	16.0	31.9	12

(2) 必要データ

気象条件以外の植生データ等のFARSITE入力データは、ケース2と同等とする。

(3) 火線強度および火炎の到達時間の算出結果

火線強度および火炎の到達時間の算出結果を第2表に示す。

第2表 火線強度および火炎の到達時間

評価項目	8月	3～5月
最大火線強度[kW/m]	1362	2948 ^{※1}
火炎の到達時間[hour]	6.094	2.952 ^{※2}

※1：ケース2の火線強度（最大値）

※2：ケース3の火炎の到達時間（最小値）

2. 評価結果

過去に実施した解析であるが、8月の気象条件を適用したケースでは、これまでと同様に、気象条件における気温の上昇に対して、風速の低下や湿度の上昇による影響が大きく最大火線強度が低下する傾向を示しており、発電用原子炉施設への熱影響はケース2の評価に包絡される結果となっている。なお、最大火線強度の低下に対して、風速と湿度のうち、どちらの影響が大きいかについては確認できていない。

また、同様の影響によって延焼速度が遅く、火炎の到達時間はケース3に対して2倍以上となっており、自衛消防隊の対応に影響をおよぼすことはないと評価する。

石油コンビナート等の火災・爆発について

1. はじめに

本評価は、発電所敷地外で発生する石油コンビナート等の火災やガス爆発に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災やガス爆発が柏崎刈羽原子力発電所に隣接する地域で起こったとしても発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価するものである。

2. 石油コンビナート等の火災・爆発影響評価

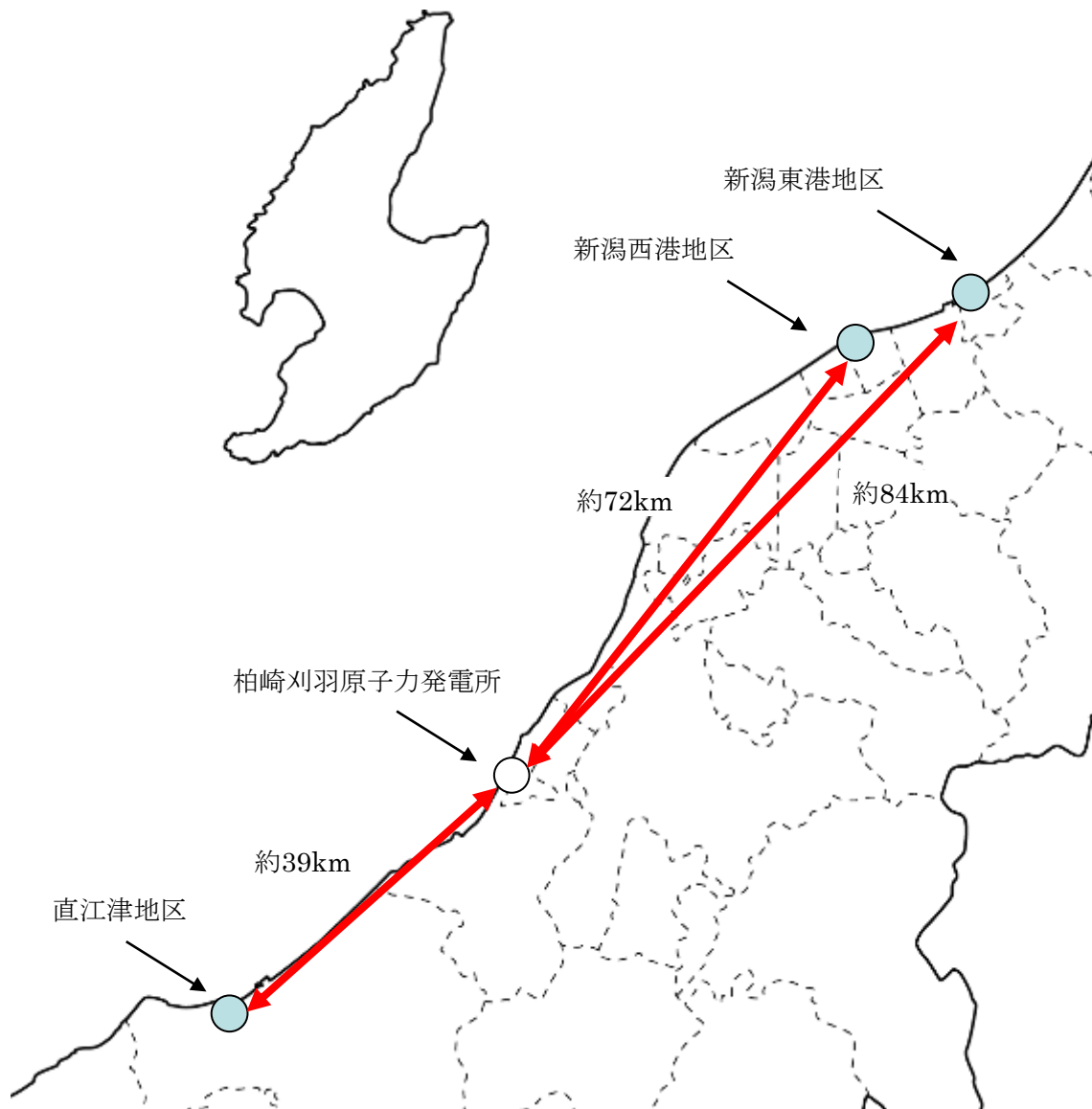
発電用原子炉施設の周りには周辺監視区域があり、敷地境界との間には少なくとも約 811m の離隔距離が確保されている。仮に火災・爆発が発生した場合に影響が大きいと考えられるものとして、爆発物や化学物質を大量に扱う石油コンビナート等について評価を実施する。

(1) 評価対象範囲

評価対象は、発電所敷地外の半径 10km 圏内に存在する石油コンビナート等とする。なお、石油コンビナート等とは、石油コンビナート等災害防止法で規制される特別防災区域内の特定事業所及びコンビナート等保安規則で規制される特定製造事業所とする。

(2) 評価結果

石油コンビナート等災害防止法で規制される新潟県内の特別防災区域は「直江津地区」「新潟西港地区」「新潟東港地区」の三カ所存在するが、これらは、それぞれ柏崎刈羽原子力発電所から約 39km、約 72km 及び約 84km であり、いずれも柏崎刈羽原子力発電所から 10km 以遠である（第 2-1 図）。また、コンビナート等保安規則で規制される特定製造事業所が評価対象範囲に存在しないことを新潟県防災局に確認した。以上より、評価対象範囲内に石油コンビナート等は存在せず、発電用原子炉施設に影響を及ぼすことはない。



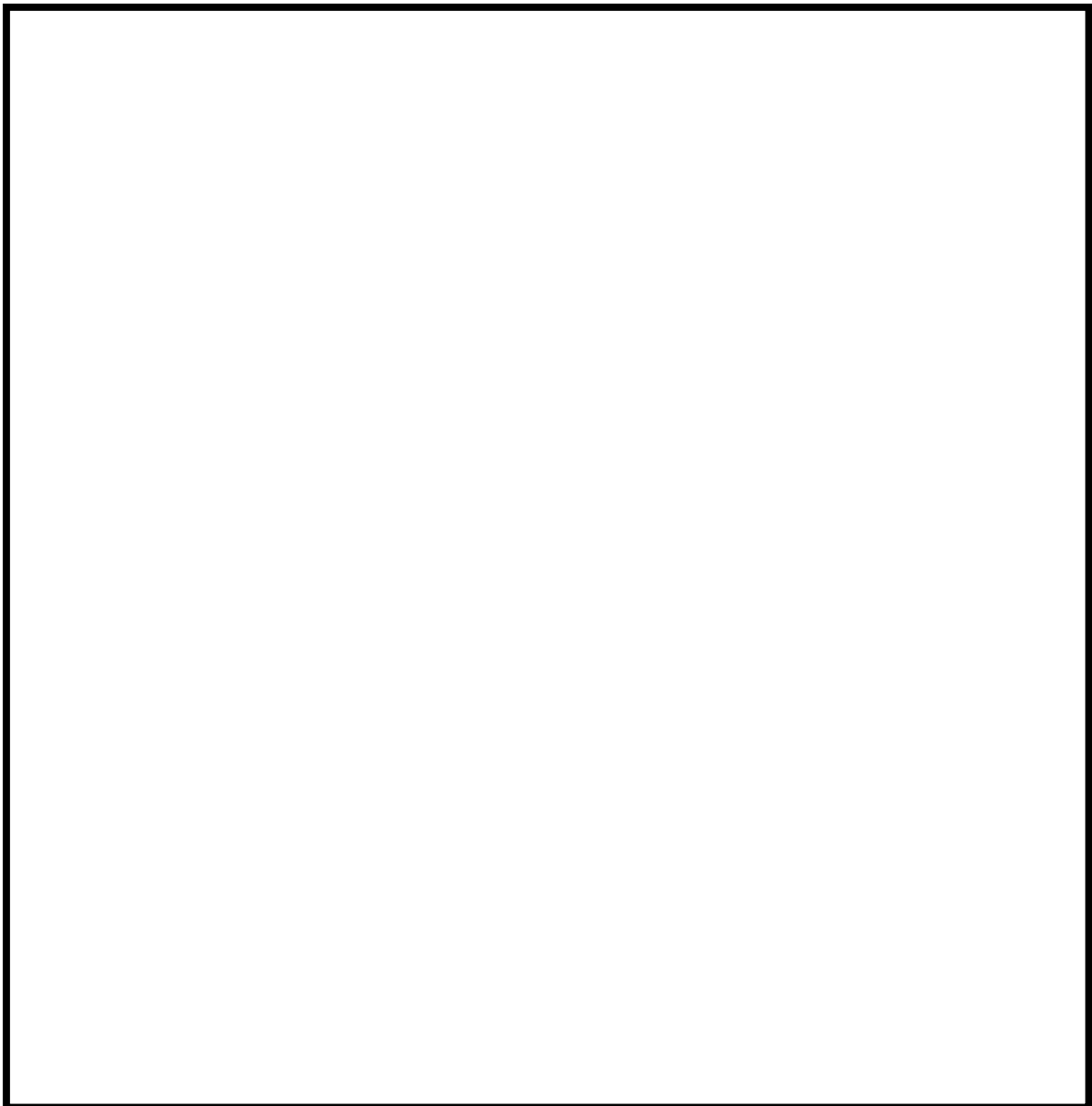
注) 図の位置は、おおよその場所を表している

第 2-1 図 新潟県内の石油コンビナート等特別防災区域の位置
と柏崎刈羽原子力発電所までの距離

3. 石油コンビナート等以外の火災・爆発影響評価

柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内に位置する危険物施設（危険物貯蔵施設，高圧ガス貯蔵施設，ガスパイプライン）を抽出し，柏崎刈羽原子力発電所から最も近い施設及び柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内の施設における最大数量をそれぞれ抽出する。なお，危険物貯蔵施設については柏崎市消防本部並びに長岡市消防本部，高圧ガス貯蔵施設については新潟県防災局，ガスパイプラインについては天然ガス鉱業会に確認した。

柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内の危険物施設を第 3-1 図及び第 3-1～3 表に示す。



第 3-1 図 柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内に位置する危険物施設

第 3-1 表 柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内に位置する危険物施設【危険物貯蔵施設】(1/3)

--

第 3-1 表 柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内に位置する危険物施設【危険物貯蔵施設】(2/3)

--

第 3-1 表 柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内に位置する危険物施設【危険物貯蔵施設】(3/3)

--

※1：柏崎刈羽原子力発電所から最短の危険物貯蔵施設までの距離である

※2：柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内に位置する最大貯蔵量の危険物貯蔵施設である

第 3-2 表 柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内に位置する危険物施設【高圧ガス貯蔵施設】(1/2)

--

第 3-2 表 柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内に位置する危険物施設【高圧ガス貯蔵施設】(2/2)

--

※1：柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内に位置する最大貯蔵量の高圧ガス貯蔵施設である

※2：柏崎刈羽原子力発電所から最短の高圧ガス貯蔵施設までの距離である

第 3-3 表 柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内に位置する危険物施設【ガスパイプライン】

--

※1：柏崎刈羽原子力発電所から最短のガスパイプライン（バルブ施設）までの距離である

3.1 危険物貯蔵施設

柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内（敷地内を除く）における危険物貯蔵施設の最大貯蔵量は、 であり、柏崎刈羽原子力発電所から最短の危険物貯蔵施設までの距離は約 2.3km である（第 3.1-1 図）。

仮に最短距離の危険物貯蔵施設に最大貯蔵量 が有ったと仮定し、熱影響評価を実施したところ、危険距離は約 56m であり、柏崎刈羽原子力発電所との距離約 2.3km よりも小さいことを確認した。

よって、発電所敷地外の危険物貯蔵施設において火災が発生した場合においても柏崎刈羽原子力発電所への影響はない。

第 3.1-1 表 10km 圏内における最大の危険物貯蔵施設の貯蔵量

種類	貯蔵量[kl]
原油	<input type="text"/>
メチルアルコール	<input type="text"/>
合計	<input type="text"/>



第 3.1-1 図 最大貯蔵量の危険物貯蔵施設と最短距離の危険物貯蔵施設

(1) 評価条件

以下に示すとおり、輻射発散度は原油の方が大きいことから、原油の輻射発散度を用いる。また、燃焼継続時間は原油とメタノールが同じ防油堤の中に設置さ

れていることから、原油とメタノールの燃焼継続時間を加算した値を用いて評価を実施する。

第 3.1-2 表 原油とメタノールの評価条件

燃料の種類	原油	メタノール
燃料量[k1]		
防油堤面積[m ²]		
輻射発散度[W/m ²] ¹⁾	41×10 ³	9.8×10 ³
質量低下速度[kg/m ² ・s] ²⁾	0.022～0.045	0.017
燃料密度[kg/m ³] ²⁾	830～880	796
燃焼速度[m/s] ³⁾	2.5～5.4×10 ⁻⁵	2.135×10 ⁻⁵

- 1) 評価ガイド付属書 B より
- 2) NUREG-1805 より
- 3) 燃焼速度＝質量低下速度÷燃料密度

(2) 燃焼半径の算出

燃焼面積は、防油堤面積に等しいものとする。したがって、燃焼半径 R[m]の防油堤面積を円筒の底面と仮定し算出する。

$$R = (S / \pi)^{0.5}$$

S : 防油堤面積 (火炎円筒の底面積) =

R =

(3) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t : 燃焼継続時間[s], V : 燃料量[m³], R : 燃焼半径[m], v : 燃焼速度[m/s]

M : 質量低下速度[kg/m²・s], ρ : 密度[kg/m³], m : 質量[kg]

ここで、V_{原油} = , v_{原油} = 2.5×10⁻⁵[m/s], V_{メタノール} = , v_{メタノール} = 2.135×10⁻⁵[m/s]として、燃焼継続時間を求めると、

$$t = \frac{V_{原油} + V_{メタノール}}{\pi R^2 \times v} = 35740 [s] \\ = 9.92 [h]$$

(4) 危険輻射強度の算出

a. 外壁面の危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で発電用原子炉施設外壁が昇温されるものとして、下記の一次元非定常熱伝導方程式

の解の式より、コンクリートの表面温度が 200℃となる危険輻射強度を求める。

$$T_s = T_0 + \frac{1}{\left(\frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1 \right)} \frac{h}{\varepsilon E}$$

出典：原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター
 T_0 ：初期温度[50℃]， E ：輻射強度[W/m²]， ε ：コンクリート表面の放射率(0.95)
 ※， h ：コンクリート表面熱伝達率[34.9W/m²K]※， k ：コンクリート熱伝導率
 [1.6W/mK] ※， ρ ：コンクリート密度[2200kg/m³] ※， c ：コンクリート比熱
 [879J/kgK] ※， t ：燃焼継続時間[s]

※：建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書

$$E=6762[\text{W/m}^2]$$

b. 軽油タンクの危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で軽油タンクが昇温されるものとして，下記の式より軽油の温度が 225℃となる危険輻射強度を求める。

$$T = \frac{\varepsilon E S_1 + h S_2 T_{air}}{h S_2} - \left(\frac{\varepsilon E S_1 + h S_2 T_{air}}{h S_2} - T_0 \right) e^{\left(\frac{-h S_2}{C} \right) t}$$

T_0 ：初期温度[38℃]， E ：輻射強度[W/m²]， ε ：軽油タンク表面の放射率(0.9)
 ※¹， h ：軽油タンク表面熱伝達率[17W/m²K]※²， $S_1=S_2$ ：軽油タンク受熱・放熱面積[m²]， C ：軽油タンク及び軽油の熱容量[8.72×10⁸J/K]， t ：燃焼継続時間[s]，
 T_{air} ：外気温度[℃]

※¹：伝熱工学資料，※²：空気調和・衛生工学便覧

$$E=24460[\text{W/m}^2]$$

c. 燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で燃料移送ポンプの周囲に設置されている防護板（鋼板）が昇温されるものとして，下記の式より燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の温度が 100℃となる危険輻射強度を求める。

$$E_{max} = \frac{2}{\varepsilon S} \left(\frac{h S (T - T_{air})}{1 - e^{\left(\frac{-h S}{C} \right) t}} \right)$$

ϵ : 防護板 (鋼板) 外面の放射率 (0.9) ^{※1}, S: 防護板 (鋼板) 受熱面積 [32.4m²],
h : 防護板 (鋼板) 表面熱伝達率 [17W/m²K] ^{※2}, C: 防護板 (鋼板) の熱容量 [2.41
× 10⁶ [J/K], t : 燃焼継続時間 [s], T : 許容温度 [100℃], T_{air} : 外気温度 (初期
温度) [55℃]

※1: 伝熱工学資料, ※2 : 空気調和・衛生工学便覧

$$E=1700[\text{W}/\text{m}^2]$$

d. 主排気筒の危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間, 一定の輻射強度で主排気筒が昇温されるものとして, 下記の式より主排気筒の温度が 325℃となる危険輻射強度を求める。

$$T = T_0 + \frac{\epsilon E}{2h}$$

T₀ : 初期温度 [50℃], E: 輻射強度 [W/m²], ϵ : 主排気筒表面の放射率 (0.9) ^{※1},
h : 主排気筒表面熱伝達率 [17W/m²K] ^{※2}

※1 : 伝熱工学資料, ※2 : 空気調和・衛生工学便覧

$$E=10388[\text{W}/\text{m}^2]$$

(5) 形態係数の算出

火災から任意の位置にある点 (受熱点) の輻射強度は, 輻射発散度に形態係数をかけた値となる。危険輻射強度となる形態係数を算出する。

$$E_{\max} = R_f \times \phi$$

E_{max} : 危険輻射強度, R_f : 輻射発散度, ϕ : 形態係数

第 3.1-3 表 形態係数の算出結果

	建屋	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板))	主排気筒
危険輻射強度 [W/m ²]	6762	24460	1700	10388
輻射発散度 [W/m ²]	41 × 10 ³			
形態係数	0.1649447	0.5965911	0.0414750	0.2533875

(6) 危険距離の算出

火災から任意の位置にある点 (受熱点) の形態係数は以下の式から求まる。次の式から危険距離を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし、 $m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$

ϕ : 形態係数, L : 危険距離 [m], H : 火炎高さ [m], R : 燃焼半径 [m]

第 3.1-4 表 危険距離の算出結果

	建屋	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板))	主排気筒
形態係数	0.1649447	0.5965911	0.0414750	0.2533875
燃焼半径 [m]	[]			
危険距離 [m]	約 56m	約 20m	約 134m	約 39m

(7) 火災による熱影響の有無の評価

最大貯蔵量の危険物貯蔵施設における危険距離は最大でも約 134m であり、離隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。よって、発電所敷地外の危険物貯蔵施設において火災が発生した場合においても柏崎刈羽原子力発電所への影響はない。

3.2 高圧ガス貯蔵施設

柏崎刈羽原子力発電所から 10km 圏内 (敷地内を除く) における高圧ガス貯蔵施設の最大貯蔵量は、[] であり、柏崎刈羽原子力発電所から最短の高圧ガス貯蔵施設までの距離は約 5km であった (第 3.2-1 図)。

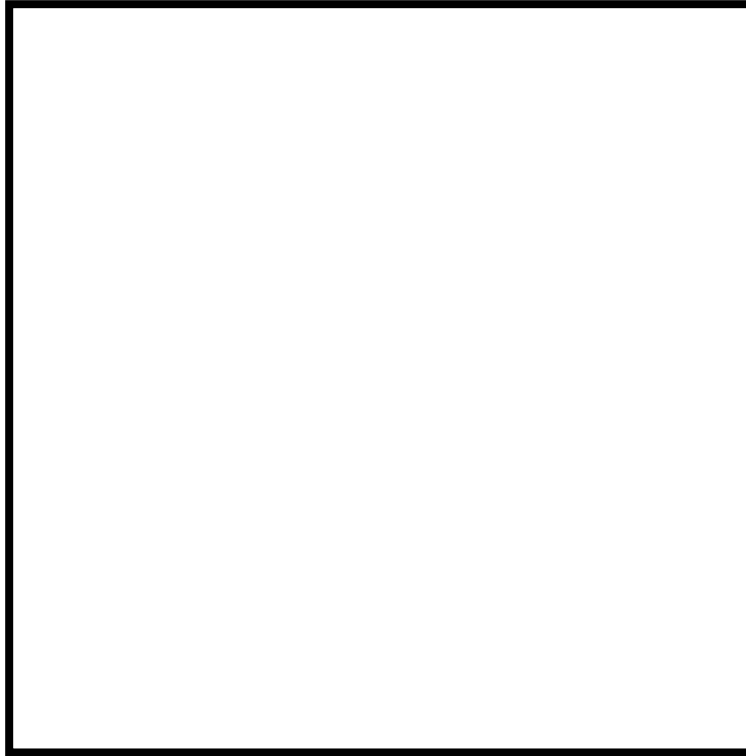
仮に最短距離の高圧ガス貯蔵施設に最大貯蔵量 [] が有ったと仮定し、熱影響評価を実施し危険距離は約 30m、爆風圧による影響評価を実施し危険限界距離は [] となり、柏崎刈羽原子力発電所との距離約 5km よりも小さいことを確認した。また、飛来物の影響について評価を実施し、飛来物の最大飛散距離は約 [] となり、柏崎刈羽原子力発電所との距離約 5km よりも小さいことを確認した。

よって、発電所敷地外の石油類貯蔵施設において火災・爆発が発生した場合においても柏崎刈羽原子力発電所への影響はない。



第 3.2-1 表 10km 圏内における最大の高圧ガスの貯蔵量

種類	貯蔵量[t]
液化石油ガス	



第 3.2-1 図 最大貯蔵量の高圧ガス貯蔵施設と最短距離の高圧ガス貯蔵施設

3.2.1 熱影響評価

(1) 熱影響評価の評価条件

評価に必要なデータを以下に示す。

第 3.2.1-1 表 プロパンの評価条件

評価条件	
燃料の種類	プロパン
燃料量[t]	
防油堤面積[m ²]	
輻射発散度[W/m ²] ¹⁾	74×10 ³
質量低下速度[kg/m ² ・s] ²⁾	0.099

1) 評価ガイド付属書 B より

2) NUREG-1805 より

(2) 燃焼半径の算出

燃焼面積は、防油堤面積に等しいものとする。したがって、燃焼半径 R[m]の防油堤面積を円筒の底面と仮定し算出する。

$$R = (S / \pi)^{0.5}$$

S : 防油堤面積 (火炎円筒の底面積) =

R =

(3) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}, \quad v = \frac{M}{\rho} \quad \text{より}, \quad t = \frac{m}{\pi R^2 \times M}$$

t : 燃焼継続時間[s], V : 燃料量[m³], R : 燃焼半径[m], v : 燃焼速度[m/s]

M : 質量低下速度[kg/m²・s], ρ : 密度[kg/m³], m : 質量[kg]

ここで, , M=0.099[kg/m²・s]として、燃焼継続時間を求めると、

$$t = = 2419[s] = 0.671[h]$$

(4) 危険輻射強度の算出

a. 外壁面の危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で発電用原子炉施設外壁が昇温されるものとして、下記の一次元非定常熱伝導方程式の解の式より、コンクリートの表面温度が 200℃となる危険輻射強度を求める。

$$T_s = T_0 + \frac{1}{\left(\frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1 \right)} \frac{h}{\varepsilon E}$$

出典：原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター

T₀: 初期温度[50℃], E: 輻射強度[W/m²], ε : コンクリート表面の放射率(0.95)

※, h : コンクリート表面熱伝達率[34.9W/m²K]※, k : コンクリート熱伝導率

[1.6W/mK] ※, ρ : コンクリート密度[2200kg/m³] ※, c : コンクリート比熱

[879J/kgK] ※, t : 燃焼継続時間[s]

※ : 建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書

$$E = 10333 [W/m^2]$$

b. 軽油タンクの危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で軽油タンクが昇温されるものとして、下記の式より軽油の温度が 225℃となる危険輻射強度を求める。

$$T = \frac{\varepsilon ES_1 + hS_2 T_{air}}{hS_2} - \left(\frac{\varepsilon ES_1 + hS_2 T_{air}}{hS_2} - T_0 \right) e^{\left(-\frac{hS_2}{C} \right) t}$$

T_0 : 初期温度[38℃], E : 輻射強度[W/m²], ε : 軽油タンク表面の放射率 (0.9)
※¹, h : 軽油タンク表面熱伝達率[17W/m²K]※², $S_1=S_2$: 軽油タンク受熱・放熱面積[m²], C : 軽油タンク及び軽油の熱容量[8.72×10⁸J/K], t : 燃焼継続時間[s],
 T_{air} : 外気温度[℃]

※¹ : 伝熱工学資料, ※² : 空気調和・衛生工学便覧

$$E = 336369 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

c. 燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で燃料移送ポンプの周囲に設置されている防護板（鋼板）が昇温されるものとして、下記の式より燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の温度が 100℃となる危険輻射強度を求める。

$$E_{max} = \frac{2}{\varepsilon S} \left(\frac{hS(T - T_{air})}{1 - e^{\left(-\frac{hS}{C} \right) t}} \right)$$

ε : 防護板（鋼板）外面の放射率 (0.9) ※¹, S : 防護板（鋼板）受熱面積[32.4m²],
 h : 防護板（鋼板）表面熱伝達率[17W/m²K]※², C : 防護板（鋼板）の熱容量[2.41×10⁶J/K], t : 燃焼継続時間[s], T : 許容温度[100℃], T_{air} : 外気温度（初期温度）[55℃]

※¹ : 伝熱工学資料, ※² : 空気調和・衛生工学便覧

$$E = 4001 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

d. 主排気筒の危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で主排気筒が昇温されるものとして、下記の式より主排気筒の温度が 325℃となる危険輻射強度を求める。

$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$$

T_0 : 初期温度[50℃], E : 輻射強度[W/m²], ε : 主排気筒表面の放射率 (0.9)

※¹, h : 主排気筒表面熱伝達率[17W/m²K]※²

※¹:伝熱工学資料, ※²: 空気調和・衛生工学便覧

$$E=10388 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

(5) 形態係数の算出

火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は、輻射発散度に形態係数をかけた値となる。危険輻射強度となる形態係数を算出する。

$$E_{\max}=R_f \times \phi$$

E_{\max} : 危険輻射強度, R_f : 輻射発散度, ϕ : 形態係数

第 3.2.1-2 表 形態係数の算出結果

	建屋	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板))	主排気筒
危険輻射強度[W/m ²]	10333	336369	4001	10388
輻射発散度[W/m ²]	74 × 10 ³			
形態係数	0.1396392	4.5455275	0.0540748	0.1403903

(6) 危険距離の算出

火炎から任意の位置にある点（受熱点）の形態係数は以下の式から求まる。次の式から危険距離を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし, $m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$

ϕ : 形態係数, L : 危険距離[m], H : 火炎高さ[m], R : 燃焼半径[m]

第 3.2.1-3 表 危険距離の算出結果

	建屋	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板))	主排気筒
形態係数	0.1396392	4.5455275	0.0540748	0.1403903
燃焼半径[m]				
危険距離[m]	約 30m	約 10m	約 54m	約 30m

(7) 火災による熱影響の有無の評価

最大貯蔵量の高圧ガス貯蔵施設における危険距離は最大でも約 54m であり、離

隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。よって、発電所敷地外の高圧ガス貯蔵施設において火災が発生した場合においても柏崎刈羽原子力発電所へ影響はない。

3.2.2 爆風圧の影響評価

評価ガイドの付属書 B に基づき爆風圧の評価を行ったところ、評価上必要とされる危険限界距離（爆風圧が 0.01MPa 以下となる距離）に対し、柏崎刈羽原子力発電所までの離隔距離が危険限界距離以上あることを確認する。

第 3.2.2-1 表 高圧ガス爆発の評価条件

評価条件	
貯蔵ガス	液化石油ガス
貯蔵ガス K 値	888×1000（プロパン）
貯蔵量	
処理設備の W 値	
爆発形態	高圧ガスの漏えい後、引火によりガス爆発が発生

危険限界距離の算出方法

評価ガイドに基づき、危険限界距離を以下の式から算出する。

$$X = 0.04\lambda \cdot \sqrt[3]{K \times W}$$

X：危険限界距離[m]，λ：換算距離 14.4[m・kg^{-1/3}]，K：石油類の定数，W：設備定数

となり、危険限界距離 X は [] となる。

よって、柏崎刈羽原子力発電所との離隔距離は 5km あることから、爆風圧による柏崎刈羽原子力発電所への影響はない。

3.2.3 飛来物の影響評価

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（平成 25 年 3 月 消防庁特殊災害室）※に基づき、飛来物の最大飛散距離の評価を行ったところ、評価上必要とされる距離に対し、柏崎刈羽原子力発電所までの離隔距離が評価上必要となる距離以上あることを確認する。

※：石油コンビナート等特別防災区域を有する都道府県が防災計画を作成するに当たって、災害の想定をできるだけ客観的かつ現実的に行うための評価手法を示した指針

第 3.2.3-1 表 飛来物の評価条件

評価条件	
貯蔵ガス	液化石油ガス
貯蔵量	
爆発形態	高压ガスの漏えい後，引火によりガス爆発が発生し，飛来物が発生

飛来物の最大飛散距離の算出方法

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」に基づき，容器の破損による破片の飛散範囲を以下の式にて算出する。

$$L = 465M^{0.10}$$

L：破片の最大飛散範囲[m]，M：破裂時の貯蔵物質質量[kg]

□

となり，飛来物の最大飛散距離 L は □ となる。

よって，柏崎刈羽原子力発電所との離隔距離は 5km あることから，飛来物による柏崎刈羽原子力発電所への影響はない。

以下に石油コンビナートの防災アセスメント指針の抜粋を示す。

(6) 飛散物

容器の破裂による破片の飛散範囲は，破裂エネルギーのほか，破片の数、重量や形状、射出角度や初速度により異なってくる。文献 11) には飛散物に関するいくつかの推定式が示されているが，防災アセスメントのような事前評価において，これらの飛散条件を考慮して評価を行うことは事実上困難といえる。ただし，LPG 容器の BLEVE に伴う破片の飛散範囲に関しては，次のような簡易式が示されている 11)。

$$\begin{aligned} L &= 90 M^{0.333} \text{ (容積 } 5\text{m}^3 \text{ 未満の容器)} \\ &= 465 M^{0.10} \text{ (容積 } 5\text{m}^3 \text{ 以上の容器)} \end{aligned} \quad \text{(式 31)}$$

ただし、

L：破片の最大飛散範囲(m)

M：破裂時の貯蔵物質質量(kg)

この式を東日本大震災の LPG 爆発火災 (M=300,000kg) に適用すると次のようになる。

$$L = 465 \times 300000^{0.10} = 1640\text{m}$$

この事故では，タンク破片が最大約 1,300m、板金が最大約 6,200m まで飛散している。板金は厚さ 0.5mm の薄板であり，揚力によって遠方まで達したものと考えられる。一方，タンク本体の破片や付属重量物が飛散した場合には，落下・衝突による被害が懸念されるが，この事故によるタンク破片の飛散距離最大約 1,300m と照らし合わせると，式 31 により大まかな推定は可能と考えられる。なお，プラントの異常反応に伴う容器破裂に関しては式 31 は適用できないため，過去の事故事例などをもとに推定することになる。

燃料輸送車両の火災・爆発について

1. はじめに

本評価は、発電所敷地外で発生する燃料輸送車両の火災やガス爆発に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災やガス爆発が柏崎刈羽原子力発電所に隣接する地域で起こったとしても発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価するものである。

2. 燃料輸送車両の火災影響評価

(1) 燃料輸送車両の火災の想定条件

- ・ 発電所敷地外 10km 以内の施設において液化石油ガス輸送車両が許可申請されていることから、最大規模の液化石油ガス輸送車両が発電所敷地周辺道路で火災・爆発を起こした場合を想定する。
- ・ 燃料積載量は液化石油ガス輸送車両の中で最大クラスのもの（16t[※]）とする。
- ・ 燃料輸送車両は燃料を満載した状態を想定する。
- ・ 輸送燃料は液化石油ガス（プロパン）とする。
- ・ 発電所敷地境界の道路での燃料輸送車両の全面火災を想定する。
- ・ 気象条件は無風状態とする。
- ・ 火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の 3 倍とする。

※：LP ガスタンクローリ製造会社、LP ガスプラント協会への聞き取り及び JX 日鉱日石エネルギー 石油便覧より。なお、家庭業務用では容器（主として 10～50kg 容器）で、中・大規模工場ではバルク容器（1～1,000 kg 型）やタンクローリ（主として 8～11t 積み）のものが使われている。

(2) 評価手法の概要

本評価は、柏崎刈羽原子力発電所に対する燃料輸送車両の火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

第 2-1 表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m ²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数[-]	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	燃料輸送車両の投影面積より求めた燃焼半径
危険距離[m]	火災による輻射熱により許容限界温度になる距離

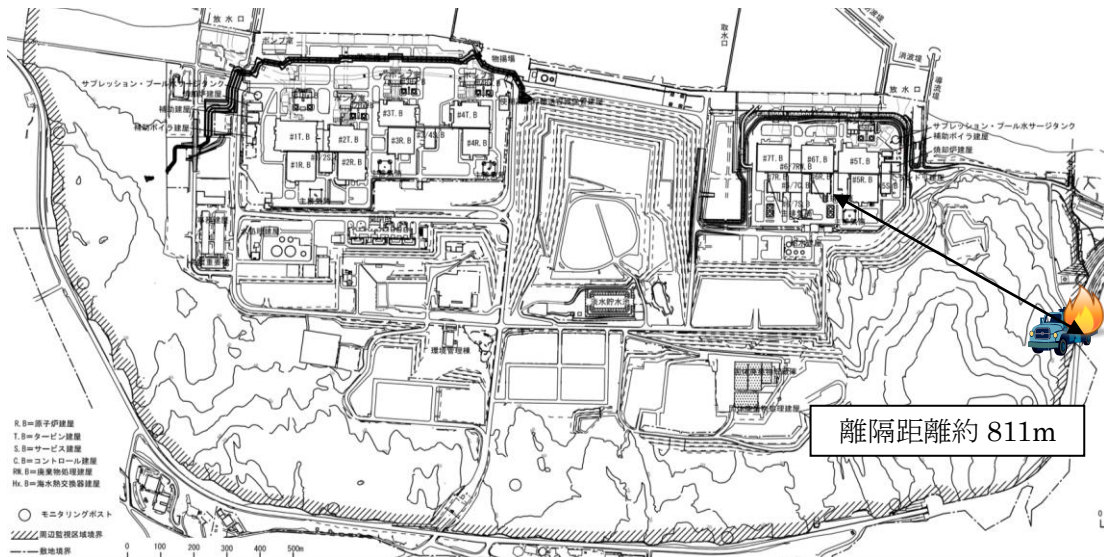
上記の評価指標は、受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。油の液面火災では、火炎面積の半径が 3m を超えると空気供給不足により大

量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価では保守的な判断を行うために、火災規模による輻射発散度の低減がないものとする。

輻射熱に対する設備の危険輻射強度を調査し、輻射強度がその設備の危険輻射強度以下になるように発電用原子炉施設は危険距離（離隔距離）を確保するものとする。

(3) 評価対象範囲

評価対象範囲は、発電所敷地境界の道路で出火する最大規模の燃料輸送車両とする（第2-1図）。なお、発電所構内には、1kl未満の軽油を貯蔵したタンクローリが存在するが、6号及び7号炉に設置している軽油タンクが565klであり、発電用原子炉施設からの距離がタンクローリ配置位置より軽油タンクの方が近いことから軽油タンクの火災影響評価に包絡される。



第2-1図 燃料輸送車両の離隔距離

(4) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第2-2表 プロパンの評価条件

燃料の種類	プロパン
燃料量[ton]	16
輻射発散度[W/m ²] ¹⁾	74×10 ³
質量低下速度[kg/m ² ・s] ²⁾	0.099
燃料輸送車両投影面積[m ²] ³⁾	16.5×2.5

1) 評価ガイド付属書Bより

2) NUREG-1805より

3) 車両長 16.5[m] : 車両制限令 第三条

車両幅 2.5[m] : 道路運送車両の保安基準 第二条

(5) 燃焼半径の算出

燃料輸送車両の火災においては様々な燃焼範囲の形態が想定されるが、円筒火炎を生ずるものとする。ここでの燃焼面積は、燃料輸送車両の投影面積に等しいものとする。したがって、燃焼半径 R [m]は燃料輸送車両の投影面積を円筒の底面と仮定し算出する。

$$R = (S / \pi)^{0.5}$$

S : 燃料輸送車両の投影面積 (火炎円筒の底面積) = 41.25 [m²]

$$R = (41.25 / \pi)^{0.5} = 3.62 \text{ [m]}$$

(6) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}, \quad v = \frac{M}{\rho} \quad \text{より}, \quad t = \frac{m}{\pi R^2 \times M}$$

t : 燃焼継続時間[s], V : 燃料量[m³], R : 燃焼半径[m], v : 燃焼速度[m/s]

M : 質量低下速度[kg/m²・s], ρ : 密度[kg/m³], m : 質量[kg]

ここで、 $m = \rho V = 16000$ [kg], $M = 0.099$ [kg/m²・s]として、燃焼継続時間を求めると、

$$t = 16000 / (41.25 \times 0.099) = 3918 \text{ [s]} = 1.08 \text{ [h]}$$

(7) 危険輻射強度の算出

a. 外壁面の危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で発電用原子炉施設外壁が昇温されるものとして、下記の次元非定常熱伝導方程式の解の式より、コンクリートの表面の温度上昇が 200°Cとなる危険輻射強度を求める。

$$T_s = T_0 + \frac{1}{\left(\frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1 \right) \frac{h}{\varepsilon E}}$$

出典 : 原田和典, 建築火災のメカニズムと火災安全設計, 日本建築センター
 T_s : 外表面温度 [200°C], T_0 : 初期温度 [50°C], E : 輻射強度 [W/m²], ε : コンクリート表面の放射率 (0.95) ※, h : コンクリート表面熱伝達率 [34.9W/m²K] ※, k : コンクリート熱伝導率 [1.6W/mK] ※, ρ : コンクリート密度 [2200kg/m³] ※, c : コンクリート比熱 [879J/kgK] ※, t : 燃焼継続時間 [s]

※ : 建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書

$$E=9295[\text{W}/\text{m}^2]$$

b. 軽油タンクの危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で軽油タンクが昇温されるものとして、下記の式より軽油の温度が 225℃となる危険輻射強度を求める。

$$T = \frac{\varepsilon ES_1 + hS_2 T_{air}}{hS_2} - \left(\frac{\varepsilon ES_1 + hS_2 T_{air}}{hS_2} - T_0 \right) e^{\left(-\frac{hS_2}{C} \right) t}$$

T_0 : 初期温度[38℃], E : 輻射強度[W/m²], ε : 軽油タンク表面の放射率 (0.9)
 ※1, h : 軽油タンク表面熱伝達率[17W/m²K]※2, $S=S_2$: 軽油タンク受熱・放熱面積[m²], C : 軽油タンク及び軽油の熱容量[8.72×10⁸J/K], t : 燃焼継続時間[s], T_{air} : 外気温度[℃]

※1 : 伝熱工学資料, ※2 : 空気調和・衛生工学便覧

$$E=208372[\text{W}/\text{m}^2]$$

c. 燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で燃料移送ポンプの周囲に設置されている防護板（鋼板）が昇温されるものとして、下記の式より燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の温度が 100℃となる危険輻射強度を求める。

$$E_{max} = \frac{2}{\varepsilon S} \left(\frac{hS(T - T_{air})}{1 - e^{\left(-\frac{hS}{C} \right) t}} \right)$$

ε : 防護板（鋼板）外面の放射率 (0.9) ※1, S : 防護板（鋼板）受熱面積[16.2m²],
 h : 防護板（鋼板）表面熱伝達率[17W/m²K]※2, C : 防護板（鋼板）の熱容量[2.41×10⁶J/K], t : 燃焼継続時間[s], T : 許容温度[100℃], T_{air} : 外気温度（初期温度）[55℃]

※1:伝熱工学資料, ※2 : 空気調和・衛生工学便覧

$$E=2873[\text{W}/\text{m}^2]$$

d. 主排気筒の危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で主排気筒が昇温されるものとして、下記の式より主排気筒の温度が 325℃となる危険輻射強度を求める。

$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$$

T_0 : 初期温度[50°C], E : 輻射強度[W/m²], ε : 主排気筒表面の放射率 (0.9)

※¹, h : 主排気筒表面熱伝達率[17W/m²K]※²

※1 : 伝熱工学資料, ※2 : 空気調和・衛生工学便覧

$$E = 10388 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

(8) 形態係数の算出

火炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度は、輻射発散度に形態係数をかけた値となる。危険輻射強度となる形態係数を算出する。

$$E_{\max} = R_f \times \phi$$

E_{\max} : 危険輻射強度, R_f : 輻射発散度, ϕ : 形態係数

第 2-3 表 形態係数の算出結果

	建屋	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板(鋼板))	主排気筒
危険輻射強度[W/m ²]	9295	208372	2873	10388
輻射発散度[W/m ²]	74×10^3			
形態係数	0.1256088	2.8158438	0.0388239	0.1403903

(9) 危険距離の算出

次の式から危険距離を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\frac{(n-1)}{(n+1)} \right] \right\}$$

ただし, $m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$

ϕ : 形態係数, L : 危険距離[m], H : 火炎高さ[m], R : 燃焼半径[m]

第 2-4 表 危険距離の算出結果

	建屋	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板))	主排気筒
形態係数	0.1256088	2.8158438	0.0388239	0.1403903
燃焼半径 [m]	3.62			
危険距離 [m]	約 13m	約 4m	約 26m	約 12m

(10) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から、燃料輸送車両において火災が発生した場合を想定したとしても、離隔距離(約 811m)が危険距離(最大約 26m)以上であることから、発電用原子炉施設に熱影響をおよぼすことはないと評価する。

3. 燃料輸送車両の爆発影響評価

(1) 燃料輸送車両の火災の想定条件

- ・ 発電所敷地外 10km 以内の施設において液化石油ガス輸送車両が許可申請されていることから、最大規模の液化石油ガス輸送車両が発電所敷地周辺道路で火災・爆発を起こした場合を想定する。
- ・ 燃料積載量は液化石油ガス輸送車両の中で最大クラスのもの (16t) とする。
- ・ 燃料輸送車両は燃料を満載した状態を想定する。
- ・ 輸送燃料は液化石油ガス (プロパン) とする。
- ・ 発電所敷地境界の道路での高圧ガス漏えい、引火による燃料輸送車両の爆発を想定する。
- ・ 気象条件は無風状態とする。

(2) 評価手法の概要

本評価は、柏崎刈羽原子力発電所に対する燃料輸送車両のガス爆発による影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

第 3-1 表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
危険限界距離 [m]	ガス爆発の爆風圧が 10kPa 以下になる距離

(3) 評価対象範囲

評価対象範囲は、発電所敷地境界の道路で出火する燃料輸送車両とする。

(4) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 3-2 表 高圧ガス爆発の評価条件

データ種類	内容
石油の K 値	コンビナート等保安規則第 5 条別表第二に掲げる数値 K=888000 (プロパンの最大値)
貯蔵設備又は処理設備の W 値	コンビナート等保安規則第 5 条貯蔵設備又は処理設備の区分に応じて次に掲げる数値 貯蔵設備：液化ガスの貯蔵設備にあつては貯蔵能力 (単位:トン) の数値の平方根の数値 (貯蔵能力が一トン未満のものにあつては, 貯蔵能力 (単位:トン) の数値), 圧縮ガスの貯蔵設備にあつては貯蔵能力 (単位:立方メートル) を当該ガスの常用の温度及び圧力におけるガスの質量 (単位:トン) に換算して得られた数値の平方根の数値 (換算して得られた数値が一未満のものにあつては, 当該換算して得られた数値) 処理設備：処理設備内にあるガスの質量 (単位:トン) の数値 W=16 ^{1/2} =4
離隔距離 [m]	発電所敷地境界の道路から発電用原子炉施設までの距離 約 811 [m]

(5) W 値の算出

最大規模の燃料輸送車両の積載量を貯蔵能力とし, W 値を算出する。

積載量 (貯蔵能力) = 16 [t]

$$W = 16^{1/2} = 4$$

(6) 危険限界距離の算出

次の式から危険限界距離を算出する。ここで算出した危険限界距離が燃料輸送車両と発電用原子炉施設の間に必要な離隔距離となる。

$$X = 0.04\lambda \cdot \sqrt[3]{K \times W}$$

X : 危険限界距離 [m], λ : 換算距離 14.4 [m·kg^{-1/3}], K : 石油類の定数, W : 設備定数

K=888000, W=4 とし, 危険限界距離を求める。

$$X = \text{約 } 88 \text{ [m]}$$

(7) 爆発による影響評価結果

以上の結果から, 燃料輸送車両において爆発が発生した場合を想定したとしても, 離隔距離 (約 811m) が危険限界距離 (約 88m) 以上であることから, 発電用原

子炉施設に爆風圧による影響はないと評価する。

4. 燃料輸送車両の飛来物の影響評価

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」(平成25年3月 消防庁特殊災害室)※に基づき、飛来物の最大飛散距離の評価を行ったところ、最大飛散距離に対し柏崎刈羽原子力発電所までの離隔距離が評価上必要となる距離以下であった。

このため、飛来物を想定した上での詳細な評価を実施したところ、飛来物は発電用原子炉施設に衝突することはない。

※：石油コンビナート等特別防災区域を有する都道府県が防災計画を作成するに当たって、災害の想定をできるだけ客観的かつ現実的に行うための評価手法を示した指針

第4-1表 飛来物の評価条件

評価条件	
貯蔵ガス	液化石油ガス
貯蔵量	16t
爆発形態	高压ガスの漏えい後、引火によりガス爆発が発生し、飛来物が発生

(1) 飛来物の最大飛散距離の算出方法

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」に基づき、容器の破損による破片の飛散範囲を以下の式にて算出する。

$$L = 465M^{0.10}$$

L：破片の最大飛散範囲[m]，M：破裂時の貯蔵物質量[kg]

$$L = 465 \times (16,000)^{0.10} = 1,224.23$$

となり、飛来物の最大飛散距離Lは約1,225mとなる。

(2) 飛来物の最大飛散距離の詳細な評価

上記「石油コンビナート防災アセスメント指針」に基づく飛散範囲の推定式によると、飛来物が発電用原子炉施設に到達するおそれがあることから、燃料輸送車両（第4-1図参照）から発生すると考えられる飛来物を想定した上での評価を行った。飛来物の想定にあたり、BLEVE現象^{*1}を引き起こす可能性がある液化石油ガス輸送車両のうち積載量が国内最大クラスものの構造図をもとに、飛来物化することが想定される爆風の影響を直接受ける可能性がある部位を選定したところ、タンク本体・はしご・バンパー部が抽出された。台車部等タンク下部に位置する部品は、爆発力の方向をふまえると、発電用原子炉施設に到達せず、また横転した場合を考えると、下部の部品の飛散方向は発電所周辺道路の地形の高まりや森林の樹木に干渉し発電用原子炉施設に到達しないことから影響はない。トレ

ーラーについては、鋼板で構成されており、その大きさからタンク本体の評価に包絡される。

抽出した飛来物に対して、第 4-2 表のとおり液化石油ガス輸送車両の構造図、車両制限令に定められる限界値、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」に例示の飛来物から、包絡的な飛来物を設定する。

はしご及び、バンパーの長さはともに 2.5m 程度である。棒状の物体は長さが大きくなると飛距離が大きくなる傾向にあることから、保守的な評価として鋼製パイプ及び鋼製材については車両制限令に定められる車両長さの最大限度の 16.5m での評価を実施する。

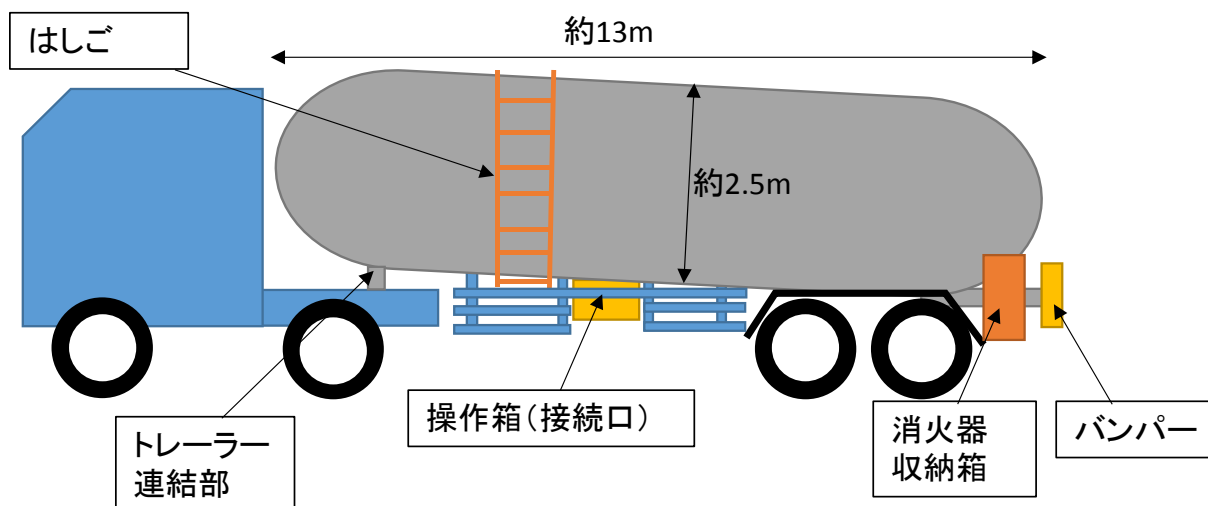
また、タンク板の破片としては鏡板部分の破損を想定し 2.5m×2.5m 程度が最大と考えられるが、平板は幅、長さが大きくなるほど、飛距離が大きくなる傾向にあることから、保守的な評価としてタンクの半分が破片となる想定をする。幅は車両制限令に定められる車両の幅の最大限度の 2.5m、長さを車両制限令に定められる車両長さの最大限度の 16.5m の平板について評価を実施する。厚さについては、構造図から 0.01m とする。

竜巻飛来物の飛行解析モデル (Simiu and Cordes, 1976) (東京工芸大, 2011) (江口ら, 2014 及び 2015) と同じモデルを使用し、空中では物体はランダムに回転すると仮定し、外力としては重力及び平均抗力 (各方向に平均化した抗力係数と投影面積の積に比例して定義されるもの) を受けるものとする。

「BLEVE 時の破片最大速度は 150-200m/s」(Handbook of Hazardous Materials Spills Technology の 22.4.4 節) であることから、初期条件として地上にあるタンクローリ破片の初期速度を 200m/s とする。また、感度解析の結果より、もっとも遠くまで到達する放出角を鋼製パイプ及び鋼製材は 31°、鋼板は 30° とする。

想定飛来物の諸元及び、飛散距離の計算結果を第 4-2 表に示す。離隔距離 811m は、最大飛散距離である鋼製パイプの 550m を上回ることから、飛来物が発電用原子炉施設に到達することはない。

※1: BLEVE 現象 (沸騰液膨張蒸気爆発): 液化ガスを貯蔵するタンク火災等で、タンクが破損した場合に急激に液化ガスが気化することに伴う爆発現象。



第 4-1 図 燃料輸送車両概要図

第 4-2 表 想定飛来物の諸元・飛散距離

飛来物の種類	鋼製パイプ (はしご)	鋼製材 (バンパー)	鋼板 (タンク本体)
サイズ (m)	長さ×直径 16.5 ^{*1} ×0.05 ^{*2}	長さ×幅×奥行 16.5 ^{*1} ×0.3 ^{*3} ×0.2 ^{*3}	長さ×幅×厚さ 16.5 ^{*1} ×2.5 ^{*1} ×0.01 ^{*4}
質量 (kg)	69.3 ^{*2}	530.4 ^{*3}	3238.1
飛散距離 (m)	550	505	404
離隔距離(m)	811		

※1：車両制限令に定められる車両の幅 2.5m，長さ 16.5m（高速自動車国道を通行するセミトレーラ連結車）の最大限度。

※2：鋼製パイプの直径及び質量については、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を参考に設定した。直径 0.05m は，構造図上のはしごの直径約 0.04m を包絡する。

※3：鋼製材の幅，奥行及び質量は，「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を参考に設定した。構造図上のバンパー部の幅約 0.3m，奥行約 0.2m と同程度である。

※4：積載 16t 液化石油ガスタンクローリの構造図よりタンク板厚 10mm

(参考文献)

- 1) Simiu, E. and Cordes, M., NBSIR 76-1050 Tornado-Borne Missile Speeds (1976).
- 2) 東京工芸大学，平成 21～22 年度原子力安全基盤調査研究(平成 22 年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究，独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究 成果報告書 (2011).
- 3) 江口譲，杉本聡一郎，服部康男，平口博丸，竜巻による物体の浮上・飛来解析コード TONBOS の開発，電力中央研究所 研究報告 N14002 (2014).
- 4) 江口譲，杉本聡一郎，服部康男，平口博丸，原子力発電所での竜巻飛来物速度の合理的評価法 (Fujita の竜巻モデルを用いた数値解析コードの妥当性確認)，日本機械学会論文集， Vol.81, No.823, [DOI: 10.1299/transjsme.14-00478] (2015).
- 5) J. Casal, J. Arnaldos, H. Montiel, E. Planas-Cuchi, and J. A. Vázquez, Modeling and Understanding BLEVEs, in Handbook of Hazardous Materials Spills Technology (ed.:M. Fingas), chapter 22 (2002)

(3) 飛来物影響評価結果

燃料輸送車両からの飛来物を想定した上での評価を実施したところ，離隔距離（約 811m）が最大飛散距離（約 550m）を上回る結果となった。したがって，発電所周辺道路で燃料輸送車両が事故等により爆発し，なおかつその飛来物が発電用原子炉施設に衝突することはなく，影響はない。

燃料物性値について

燃料輸送車両の火災影響評価では、爆発による影響が大きいことを考慮し、最大クラスの液化石油ガス輸送車両が火災・爆発を起こした場合を想定している。液化石油ガスはガソリンに対して、輻射発散度が大きく輻射強度も大きくなるため保守的であるが、質量低下速度が速く燃焼時間が短い。このため、燃料積載量が大きいガソリンを搭載したタンクローリと比較し、想定の妥当性について評価する。

評価に必要なデータを以下に示す。

第1表 プロパンとガソリンの評価条件

燃料の種類	プロパン	ガソリン
燃料量[ton]	16	23.4 (30[ton])
輻射発散度[W/m ²] ¹⁾	74×10 ³	58×10 ³
質量低下速度[kg/m ² ・s] ²⁾	0.099	0.055
燃料輸送車両投影面積[m ²]	41.25 ³⁾	41.25 ³⁾

1) 評価ガイド付属書 B より

2) NUREG-1805 より

3) 車両長 16.5[m] : 車両制限令 第三条

車両幅 2.5[m] : 道路運送車両の保安基準 第二条

火災による熱影響（危険距離）は 2. (5) から (9) と同様に算出する。

第2表 危険距離の算出結果

	プロパン	ガソリン
危険距離[m] [※]	約 32m	約 28m

※：最大値（燃料移送ポンプの場合）を記載

以上の結果から、プロパンとガソリンの燃料物性値の相違による評価結果への影響はない。なお、離隔距離（約 811m）が危険距離以上であることから、発電用原子炉施設に熱影響をおよぼすことはないと評価できる。

燃料輸送車両の飛来物による影響評価について

1. はじめに

柏崎刈羽原子力発電所では、燃料輸送車両の爆発時の飛来物の影響について、離隔距離が十分であることから影響はないとしている。一方、「石油コンビナート防災アセスメント指針」に基づく評価によると、離隔距離(811m)が、最大飛散距離(1,225m)以下であることから、参考として、頻度及び影響度の観点からリスクについて評価する。

2. 燃料輸送車両の飛来物による影響がないことについて

(1) 発電所周辺道路の交通状況

発電所周辺道路としては国道 352 号線があるが、発電所付近は工業地域を走行する道路ではなく、より高規格で直線的な線形の道路である国道 116 号線に加え、国道 8 号線や高速自動車国道が並走しているため、新潟市（新潟東港地区・新潟西港地区）－（刈羽村・柏崎市）－上越市（直江津地区）等のコンビナート間の通過交通に積極的に使用される道路ではない。また、発電所周辺 10km 以内において液化石油ガスの許可申請を実施している 15 事業所に聞き取りを実施したところ、回答を得られた 12 事業所のうち、定常的に敷地付近の主要な道路である国道 352 号線の発電所付近を通過するタンクローリを取扱い、受け入れするのは 1 事業所のみであり、繁忙期においても週 1 回程度の低頻度である。

(2) 爆発時の発電用原子炉施設への影響

燃料輸送車両は、高圧ガス保安法等の規制のもと製造・維持・管理されており、信頼性が確保されているが、万が一燃料輸送車両の爆発により飛来物が発生したとしても、周辺道路からの離隔距離は 811m 以上であり、BLEVE 現象^{*1}により容器が破損した場合の最大飛散範囲 1,225m に及ばないものの一定の離隔距離が確保されており影響は緩和される。発電用原子炉施設に衝突するものは多くても数個程度、また重量も小さいものであると考えられ、建屋が一定の頑健性を持っていることを踏まえると、同時に複数の設備に影響を与えることは考え難い。したがって、広範な影響を及ぼす可能性のある地震、津波を初めとする自然現象・人為事象に比べ、影響が小さいと言える。

また、次項に述べるような確率論的な考察によっても、リスクが小さいと言える。

以上のように、発電所周辺においては燃料輸送車両の交通が少ないことに加え、最大飛距離には及ばないものの一定の離隔があること、また事象が生じた際の影響が小さく一部設備にとどまることから、燃料輸送車両の爆発に伴う飛来物によ

る発電用原子炉施設への影響はないと判断できる。

※1：BLEVE 現象（沸騰液膨張蒸気爆発）：液化ガスを貯蔵するタンク火災等で、タンクが破損した場合に急激に液化ガスが気化することに伴う爆発現象。

3. 燃料輸送車両の飛来物による影響の確率論的考察について

前項で述べたとおり、燃料輸送車両が爆発した際の影響は小さく無視できると考えられるが、本項では、過去の事故発生頻度を用いて燃料輸送車両の爆発飛来物が発電用原子炉施設へ損傷を与える可能性がある確率を算出しても極めて低い値となることを確認する。

(1) 評価条件

- ・評価対象は原子炉建屋・コントロール建屋・廃棄物処理建屋・海水熱交換器区域・軽油タンクとする。
- ・敷地付近の主要道路である国道 352 号線を通行する燃料輸送車両の火災を想定する。
- ・積載物としては、BLEVE 現象を引き起こす、液化石油ガスを想定する。
- ・燃料積載量は、液化石油ガス輸送車両の中で最大クラスの 16t を想定する。

(2) 評価方法

評価に使用する各パラメータについて第 1 表に示す。

a. 新潟県内での燃料輸送車両の爆発事故発生頻度

発電用原子炉施設に影響を及ぼすような爆発を想定する車両として、BLEVE 現象を引き起こすおそれがある、可燃性の高圧ガスを積載した車を考える。新潟県内では平成 16 年から平成 26 年までの 10 年間で 3 件の、可燃性の高圧ガスを積載したタンクローリに関する事故が発生している。これらは、いずれも漏えい等に留まり爆発事故には至っていないが、保守的な値として新潟県内において燃料輸送車両の爆発事故が発生する頻度を次のように求める。

$$3 / 10 = 0.3[\text{件/年}]$$

b. 周辺道路での燃料輸送車両の爆発事故発生頻度

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」に基づく、容器の破損による破片の飛散範囲 L は以下のとおり約 1.3km である。

$$L = 465 \times (16,000)^{0.10} = 1,224.23 [\text{m}]$$

したがって、爆発事故が発生した際に、飛来物が発電用原子炉施設に影響を与え得る道路延長は第 1 図のとおり、約 2.3km である。

周辺道路での燃料輸送車両の爆発事故発生頻度は、県内の燃料輸送車両の事故が、すべて新潟県内の高速自動車国道（実延長 379.5km）あるいは一般国道

(実延長 1781.9km) で発生したと仮定し算出する。高速自動車国道及び一般国道の実延長は $379.5 + 1781.9 = 2161.4$ km から 2000km, 周辺道路の長さは約 2.3km から 3km とそれぞれ保守的に設定する。

周辺道路での燃料輸送車両の爆発事故発生頻度は次のようになる。

$$0.3 \times 3 / 2000 = 4.5 \times 10^{-4} \text{ [件/年]}$$

c. 飛来物の発電用原子炉施設衝突確率

燃料輸送車両の爆発時に飛来物が発電用原子炉施設に到達する確率は、燃料輸送車両を中心とする半径が最大飛距離 1,225m の円内に飛来物が等しい確率で落下すると仮定し算出する。評価対象施設の合計面積は、 11843.5m^2 であるから飛来物の発電用原子炉施設衝突確率は $11843.5 / (\pi \times 1225^2) = 2.51 \times 10^{-3}$ となる。

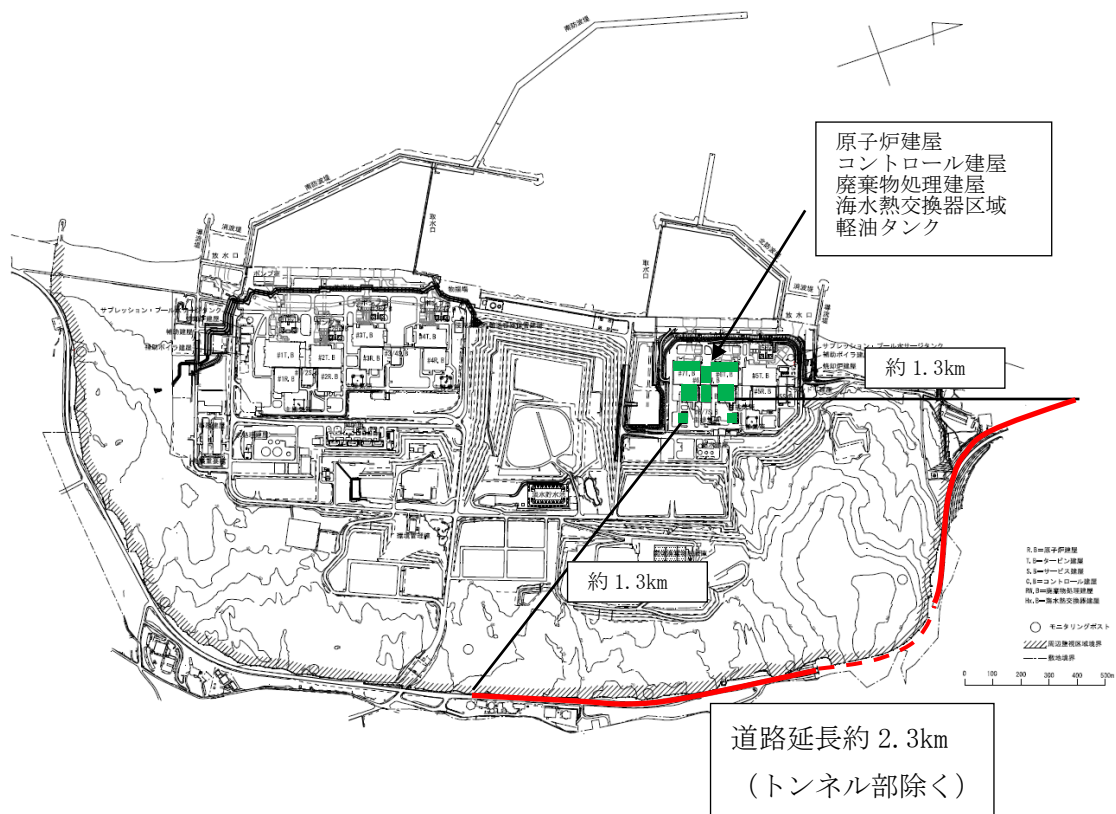
(3) 評価結果

以上を踏まえると、燃料輸送車両による爆発により発電用原子炉設備に影響を与える確率は、

$$4.5 \times 10^{-4} \times 2.5 \times 10^{-3} = 1.1 \times 10^{-6} \text{ 程度と算出される。}$$

(4) 結論

燃料輸送車両が爆発しその飛来物が、発電用原子炉施設に落下する確率は 1.1×10^{-6} と極めて小さく、稀にしかおこらない。また建屋による防護にも期待できることから影響は無視できる。



第 1 図 敷地内概要図

第1表 各種入力条件

	パラメータ	備考
燃料輸送車両爆発頻度	0.3 [/年]	平成16年～平成26年の10年間に新潟県内での高圧ガス積載車両の爆発事故発生回数3回より設定 出典：平成26年度高圧ガス事故事例データベース（経済産業省・高圧ガス保安協会）
到達距離	1225 [m]	「石油コンビナートの防災アセスメント指針」掲載の式より設定
原子炉建屋へ影響を与え得る範囲の道路延長	3 [km]	飛来物が発電用原子炉施設に到達する可能性がある道路延長約2.3kmより保守的に設定（第1図）
新潟県内 国道総延長	2000 [km]	一般国道：1781.9km 高速自動車国道：379.5km （道路統計年報2014） 合計2161.4kmより保守的に設定
標的面積	11843.5 [m ²]	原子炉建屋・コントロール建屋・廃棄物処理建屋・海水熱交換器区域・軽油タンクの合計面積

漂流船舶の火災・爆発について

1. はじめに

本評価は、発電所敷地外で発生する漂流船舶の火災やガス爆発に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災やガス爆発が柏崎刈羽原子力発電所に隣接する地域で起こったとしても外部事象防護対象施設を内包する発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価するものである。

2. 漂流船舶の火災・爆発の影響評価について

本評価は漂流船舶の火災に対する防護の有効性を確認することが目的であるため、敷地周辺において現実的に想定される船舶に比べ、火災影響が厳しくなる保守的な船舶の規模として、入港可能な最大の船舶が敷地へ到達することを仮定した評価を実施する。

(1) 想定条件

- ・漂流船舶は新潟県内で輸送実績が多く、発電所前面の海域に航路がある液化石油ガス輸送船舶を想定する。
- ・漂流船舶は港湾内に入港可能な大きさで実際に存在する最大の船舶（積載量 1021t）を想定する。
- ・漂流船舶は燃料を満載した状態を想定する。
- ・港湾内での漂流船舶の全面火災を想定する。
- ・気象条件は無風状態とする。
- ・火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の 3 倍とする。

(2) 評価手法の概要

本評価は、柏崎刈羽原子力発電所に対する漂流船舶の火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

第 2-1 表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m ²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数[-]	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	船舶の投影面積より求めた燃焼半径
危険距離[m]	火災による輻射熱により許容限界温度になる距離

上記の評価指標は、受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。油の液面火災では、火炎面積の半径が 3m を超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価では保守的な判断を行うために、火災規模による輻射発散度の低減がないものとする。

輻射熱に対する設備の危険輻射強度を調査し、輻射強度がその設備の危険輻射

強度以下になるように発電用原子炉施設は危険距離（離隔距離）を確保するものとする。

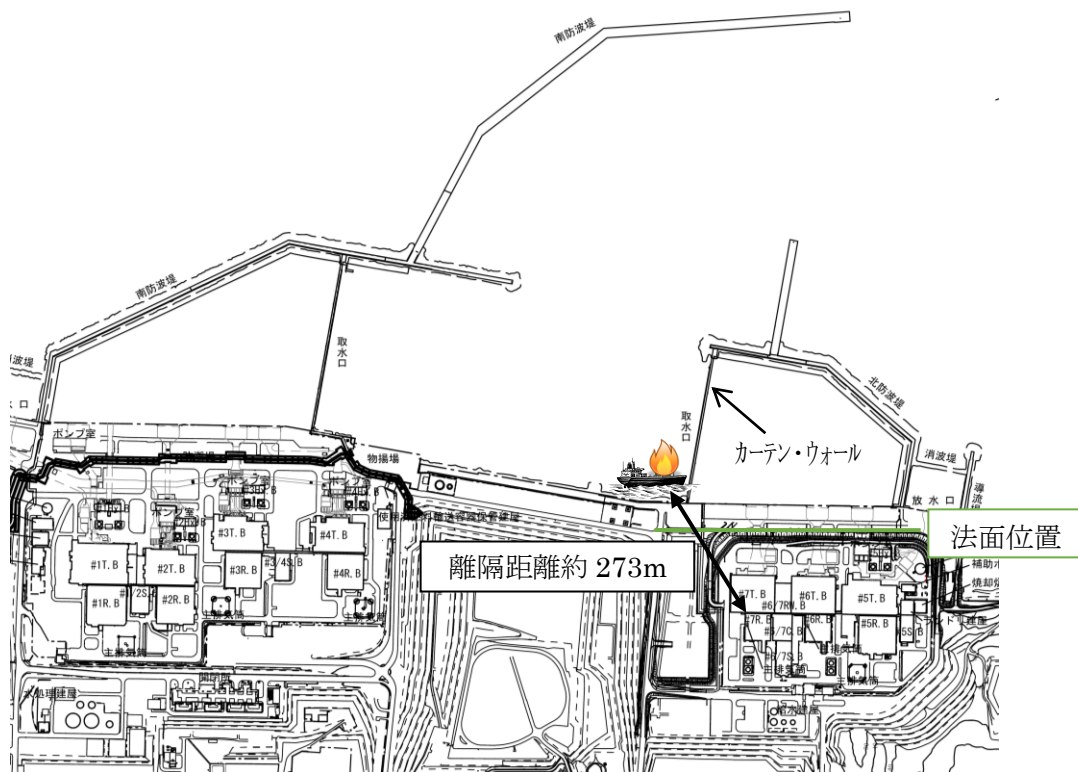
(3) 評価対象範囲

評価対象範囲は、発電所港湾内で出火する漂流船舶とする。なお、以前は船舶にて構内の重油タンクへの重油の補給を行っていたが、現在は重油タンクの運用を廃止しており、発電所構内に入港する危険物輸送船舶は存在しないことから、発電所前面の海域で航行中の船舶が漂流し、港湾内に進入し、出火した場合を想定する。

仮に、津波による船舶の漂流を想定したとしても、カーテン・ウォールの高さ（T.M.S.L+3.2m）、基準津波による最大水位の高さ（T.M.S.L+7.2m）、想定している船舶の喫水（5.7m）の関係*から、船舶がカーテン・ウォールを乗り越えて発電用原子炉施設に接近することはない（第2-1図）。

※：水面はカーテン・ウォールより4.0m高い位置となるが、船舶の水面から船底の最深部までの垂直深さが5.7mであり、水面がさらに上昇しなければ乗り越えることはない。なお、カーテン・ウォールが地震・津波により損傷した場合、敷地内の海側で低いエリア（T.M.S.L+3.0m）及び基準津波の検討における大湊側遡上域の最大水位（7.5m）より上陸可能な船舶の喫水は4.5m以下である。

取水口エリア近傍の法面高さが約12m（T.M.S.L+12.0m）となっており、これ以上、発電用原子炉施設に接近することはない。よって、この位置における発電用原子炉施設との離隔距離（約178m）が積載量最大の船舶にて評価した危険距離（最大約148m）以上であることに加え、喫水4.5m程度の船舶の積載量（960ton程度）が最大積載量（1021ton）未満であることから、想定している船舶の評価に包絡される。



第 2-1 図 漂流船舶の離隔距離

(4) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 2-2 表 プロパンの評価条件

燃料の種類	プロパン
燃料量[ton] ³⁾	1021
輻射発散度[W/m ²] ¹⁾	74×10 ³
質量低下速度[kg/m ² ・s] ²⁾	0.099
漂流船舶投影面積[m ²] ³⁾	67.77×13 [m ²]

1) 評価ガイド付属書 B より

2) NUREG-1805 より

3) 内航船舶明細の LPG 船舶の中で容積が最大の船舶の値

(5) 燃焼半径の算出

漂流船舶の火災においては様々な燃焼範囲の形態が想定されるが、円筒火炎を生ずるものとする。ここでの燃焼面積は、漂流船舶の投影面積に等しいものとする。したがって、燃焼半径 R[m]は漂流船舶の投影面積を円筒の底面と仮定し算出する。

$$R = (S / \pi)^{0.5}$$

S : 漂流船舶の投影面積 (火炎円筒の底面積) = 881 [m²]

R = (881 / π)^{0.5} = 16.74 [m]

(6) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}, \quad v = \frac{M}{\rho} \quad \text{より}, \quad t = \frac{V \times \rho}{\pi R^2 \times M}$$

t : 燃焼継続時間[s], V : 燃料量[m³], R : 燃焼半径[m], v : 燃焼速度[m/s]

M : 質量低下速度[kg/m²・s], ρ : 密度[kg/m³], m : 質量[kg]

ここで、m = ρV = 1,021,000[kg], M = 0.099[kg/m²・s]として、燃焼継続時間を求めると、

$$t = 1,021,000 / (881 \times 0.099) = 11,706[s] = 3.25[h]$$

(7) 危険輻射強度の算出

a. 外壁面の危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で発電用原子炉施設外壁が昇温されるものとして、下記の次元非定常熱伝導方程式の解の式より、コンクリートの表面の温度上昇が 200℃となる危険輻射強度を求める。

$$T_s = T_0 + \frac{1}{\left(\frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1 \right)} \frac{h}{\varepsilon E}$$

出典：原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター

T_s : 外表面温度[200℃], T₀ : 初期温度[50℃], E : 輻射強度[W/m²], ε : コンクリート表面の放射率 (0.95) ※, h : コンクリート表面熱伝達率[34.9W/m²K]※,

k : コンクリート熱伝導率[1.6W/mK] ※, ρ : コンクリート密度[2200kg/m³] ※,

c : コンクリート比熱[879J/kgK] ※, t : 燃焼継続時間[s]

※ : 建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書

※ : 建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書

$$E = 7701 [W/m^2]$$

b. 軽油タンクの危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で軽油タンクが昇温されるものとして、下記の式より軽油の温度が 225℃となる危険輻射強度を求める。

$$T = \frac{\varepsilon E S_1 + h S_2 T_{air}}{h S_2} - \left(\frac{\varepsilon E S_1 + h S_2 T_{air}}{h S_2} - T_0 \right) e^{\left(\frac{-h S_2}{C} \right) t}$$

T_0 : 初期温度 [38°C], E : 輻射強度 [W/m²], ε : 軽油タンク表面の放射率 (0.9)
 ※¹, h : 軽油タンク表面熱伝達率 [17W/m²K] ※², $S_1 = S_2$: 軽油タンク受熱・放熱面積 [m²], C : 軽油タンク及び軽油の熱容量 [8.72 × 10⁸J/K], t : 燃焼継続時間 [s], T_{air} : 外気温度 [°C]

※¹ : 伝熱工学資料, ※² : 空気調和・衛生工学便覧

$$E = 70930 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

c. 燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で燃料移送ポンプの周囲に設置されている防護板（鋼板）が昇温されるものとして、下記の式より燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の温度が 100°C となる危険輻射強度を求める。

$$E_{max} = \frac{2}{\varepsilon S} \left(\frac{h S (T - T_{air})}{1 - e^{\left(\frac{-h S}{C} \right) t}} \right)$$

ε : 防護板（鋼板）外面の放射率 (0.9) ※¹, S : 防護板（鋼板）受熱面積 [16.2m²],
 h : 防護板（鋼板）表面熱伝達率 [17W/m²K] ※², C : 防護板（鋼板）の熱容量 [2.41 × 10⁶J/K], t : 燃焼継続時間 [s], T : 許容温度 [100°C], T_{air} : 外気温度（初期温度） [55°C]

※¹ : 伝熱工学資料, ※² : 空気調和・衛生工学便覧

$$E = 1825 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

d. 主排気筒の危険輻射強度

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で主排気筒が昇温されるものとして、下記の式より主排気筒の温度が 325°C となる危険輻射強度を求める。

$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$$

T_0 : 初期温度 [50°C], E : 輻射強度 [W/m²], ε : 主排気筒表面の放射率 (0.9)
 ※¹, h : 主排気筒表面熱伝達率 [17W/m²K] ※²

※¹ : 伝熱工学資料, ※² : 空気調和・衛生工学便覧

$$E = 10388 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

(8) 形態係数の算出

火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は、輻射発散度に形態係数をかけた値となる。危険輻射強度となる形態係数を算出する。

$$E_{\max} = R_f \times \phi$$

E_{\max} : 危険輻射強度, R_f : 輻射発散度, ϕ : 形態係数

第 2-3 表 形態係数の算出結果

	建屋	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板))	主排気筒
危険輻射強度 [W/m ²]	7.70	70.9	1.82	10.3
輻射発散度 [W/m ²]	74 × 10 ³			
形態係数	0.1040675	0.9585140	0.0246699	0.1403903

(9) 危険距離の算出

次の式から危険距離を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし, $m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$

ϕ : 形態係数, L : 危険距離 [m], H : 火炎高さ [m], R : 燃焼半径 [m]

第 2-4 表 危険距離の算出結果

	建屋	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板))	主排気筒
形態係数	0.1040675	0.9585140	0.0246699	0.1403903
燃焼半径 [m]	16.7			
危険距離 [m]	約 66m	約 17m	約 148m	約 53m

(10) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から、漂流船舶において火災が発生した場合を想定したとしても、離隔距離（約 273m）が危険距離（最大約 148m）以上であることから、外部事象防護対象施設を内包する発電用原子炉施設に熱影響をおよぼすことはないと評価できる。なお、発電所港湾内に入港する船舶火災の影響評価については、発電所港湾内に入港する危険物輸送船舶がないことを踏まえると、入港船舶の燃料積載量は運航

に必要な程度であり、その熱影響は漂流船舶における火災影響評価において想定した液化石油ガス輸送船舶のものより小さく、漂流船舶の火災影響評価に包絡される。

3. 漂流船舶の爆発の想定

(1) 想定条件

- ・漂流船舶は新潟県内で輸送実績が多く、柏崎刈羽原子力発電所前面の海域に航路がある液化石油ガス輸送船舶を想定する。
- ・漂流船舶は港湾内に入港可能な大きさで実際に存在する最大の船舶（積載量 1021t）を想定する。
- ・漂流船舶は燃料を満載した状態を想定する。
- ・港湾内での高圧ガス漏えい、引火による漂流船舶の爆発を想定する。
- ・気象条件は無風状態とする。

(2) 評価手法の概要

本評価は、柏崎刈羽原子力発電所に対する漂流船舶のガス爆発による影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

第 3-1 表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
危険限界距離[m]	ガス爆発の爆風圧が 10kPa 以下になる距離

(3) 評価対象範囲

評価対象範囲は、発電所港湾内で出火する漂流船舶とする。なお、以前は船舶にて構内の重油タンクへの重油の補給を行っていたが、現在は重油タンクの運用を廃止しており、発電所構内に入港する危険物輸送船舶は存在しないことから、発電所前面の海域で航行中の船舶が漂流し、港湾内に進入し、出火した場合を想定する。

(4) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 3-2 表 高圧ガス爆発の評価条件

データ種類	内容
石油の K 値	コンビナート等保安規則第 5 条別表第二に掲げる数値 K=888000 (プロパンの最大値)
貯蔵設備又は処理設備の W 値	コンビナート等保安規則第 5 条貯蔵設備又は処理設備の区分に応じて次に掲げる数値 貯蔵設備：液化ガスの貯蔵設備にあつては貯蔵能力 (単位:トン) の数値の平方根の数値 (貯蔵能力が一トン未満のものにあつては、貯蔵能力 (単位:トン) の数値)、圧縮ガスの貯蔵設備にあつては貯蔵能力 (単位:立方メートル) を当該ガスの常用の温度及び圧力におけるガスの質量 (単位:トン) に換算して得られた数値の平方根の数値 (換算して得られた数値が一未満のものにあつては、当該換算して得られた数値) 処理設備：処理設備内にあるガスの質量 (単位:トン) の数値 W=1021 ^{1/2} =31.95
離隔距離 [m]	発電所港湾岸壁から発電用原子炉施設までの距離 約 273 [m]

(5) W 値の算出

港湾内に入港し得る最大船舶の積載量を貯蔵能力とし、W 値を算出する。

積載量 (貯蔵能力) = 1021 [t]

$$W = 1021^{1/2} = 31.95$$

(6) 危険限界距離の算出

次の式から危険限界距離を算出する。ここで算出した危険限界距離が漂流船舶と発電用原子炉施設の間に必要な離隔距離となる。

$$X = 0.04\lambda \cdot \sqrt[3]{K \times W}$$

X：危険限界距離 [m]，λ：換算距離 14.4 [m・kg^{-1/3}]，K：石油類の定数，W：設備定数

K=888000，W=31.95 とし、危険限界距離を求める。

$$X = \text{約 } 176 \text{ [m]}$$

(7) 爆発による影響評価結果

以上の結果から、漂流船舶において爆発が発生した場合を想定したとしても、離隔距離 (約 273m) が危険限界距離 (約 176m) 以上であることから、発電用原子炉施設に影響をおよぼすことはない。

4. 漂流船舶の飛来物の影響評価

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」(平成25年3月 消防庁特殊災害室)※に基づき、飛来物の最大飛散距離の評価を行ったところ、離隔距離が最大飛散距離以下であった。

※：石油コンビナート等特別防災区域を有する都道府県が防災計画を作成するに当たって、災害の想定をできるだけ客観的かつ現実的に行うための評価手法を示した指針

第4-1表 飛来物の評価条件

評価条件	
貯蔵ガス	液化石油ガス
貯蔵量	1021t
爆発形態	高压ガスの漏えい後、引火によりガス爆発が発生し、飛来物が発生

(1) 飛来物の最大飛散距離の算出方法

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」に基づき、容器の破損による破片の飛散範囲を以下の式にて算出する。

$$L = 465M^{0.10}$$

L：破片の最大飛散範囲[m]，M：破裂時の貯蔵物質量[kg]

$$L = 465 \times (1,021,000)^{0.10} = 1,855.04$$

となり、飛来物の最大飛散距離Lは約1,855mとなる。

(2) 飛来物影響評価結果

飛来物による影響については、離隔距離（約273m）が最大飛散距離（約1,855m）以下であるが、発電所遠方で漂流した船舶が飛散距離である1,855m以内に流れ着いた後に爆発し、なおかつその飛来物が発電用原子炉施設に衝突する可能性は非常に低いことから、想定した漂流船舶の飛来物の柏崎刈羽原子力発電所への影響はない。

また、柏崎刈羽原子力発電所付近には石油コンビナートが無く、発電所付近の航路を調査した結果、最も距離の近い航路でも30kmの離隔距離があることを確認した（第4-1図）。よって、漂流した船舶が発電所周辺まで流れてくる可能性は低く、それに加えて飛来物が発電用原子炉施設に衝突する可能性は非常に低い。

なお、(1)で用いた「石油コンビナートの防災アセスメント指針」の計算式は、大規模な爆発を伴うLPG容器のBLEVE現象を取り扱うものであるが、発電所港湾内に入港するLPG輸送船舶等の危険物輸送船舶はなく、発電所港湾内に入港する船舶火災に伴う著しい飛来物の発生は想定されない。



第 4-1 図 発電所周辺の主要航路

漂流船舶の選定について

船舶には外航船（国外航路を航行する船舶）及び内航船（国内航路を航行する船舶）がある。これらの船舶が漂流してきた場合を想定しても外航船の喫水（水面から船底の最深部までの垂直深さ）は11m程度であり，発電所港湾内まで進入することができない。よって，発電所港湾内まで進入可能な内航船が，漂流し港湾内に進入し火災・爆発した場合を想定する。

発電所港湾内に進入可能な内航船にも様々な種類の燃料を積載する船舶が存在するが，火災・爆発を想定することから液化ガス輸送船舶を対象とし，その中でも船舶数が多く¹⁾，発電所前面の海域に航路が存在する²⁾液化石油ガス輸送船舶を対象とした。液化石油ガスは，家庭業務用，一般工業用，発電用等があるが，最も使用量の多い家庭業務用のプロパンガス^{3,4,5)}とした。発電所港湾内に進入可能な内航船の積載燃料別隻数割合を第1図に示す。

船舶の規模は，100t以上の内航船をすべて収録した内航船舶明細書に記載の液化石油ガス船舶の中で，最大の容積のものとし，評価に使用する入力値を以下に示す。

容積 V : 2010.28[m³]⁶⁾

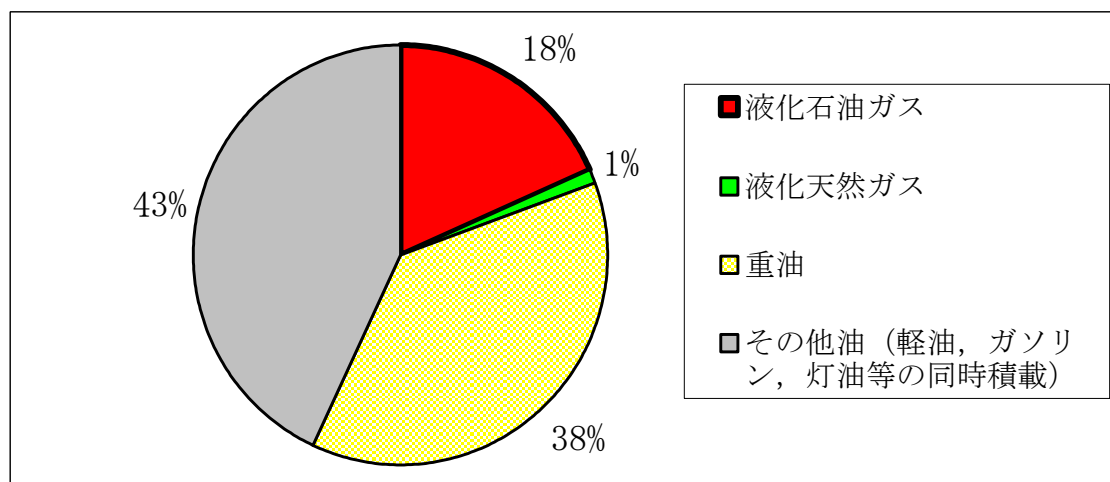
全長 L : 67.77[m]⁶⁾

全幅 H : 13[m]⁶⁾

密度 ρ : 0.5076[t/m³]⁷⁾

投影面積 $S=L \times H$: 881[m²]

積載量 $M = \rho \times V$: 1021[t]



第1図 柏崎刈羽原子力発電所に進入可能な内航船の積載燃料別隻数割合

1)平成13年度 危険物の海上輸送時の事故対応策の研究報告書（その1），H14.3，

社団法人 日本海難防止協会

- 2) 平成 23 年度 新潟港統計年報, H24. 12, 新潟県新潟地域振興局新潟港湾事務局
- 3) 日本 L P ガス協会 統計資料 LP ガス需給の推移
- 4) 液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律施行規則第十二条
- 5) 経済産業省 LP ガスの規格
http://www.lpgpro.go.jp/guest/learning/basic/01_03.html
- 6) 内航船舶明細書の LPG 船舶の中で容積が最大の船舶の値
- 7) 日本 LP ガス協会 物性一覧

漂流船舶（火災）の二次的影響について

発電所港湾内で漂流船舶が出火し重油が流出したとしても、港湾内の取水口にはカーテンウォールが設置されており、深層取水していることから発電用原子炉施設（海水系ポンプ）への影響はない。

また、柏崎刈羽原子力発電所から主要航路までの距離は約 30km である。過去に発生したタンカーからの大規模油流出事故より推定すると、24 時間程度^{※1}で油がサイトに到達する可能性があるが、海上保安庁より漂流船舶に関する連絡を受けた場合、オイルフェンスの設置に要する時間は 11 時間程度^{※2}であることから、油の到達時間内にオイルフェンスを設置することができる。

よって、港湾内への油の流入を妨げることが可能であると評価する。

※1：平成 9 年 1 月 2 日、島根県隠岐島の北北東約 110km の海上において、ロシア国籍タンカー「ナホトカ号」の重油流出事故が発生。流出量としては当時過去 2 番目となる重油約 6240kl（推定）が流出。流出した重油は、2 日間で 60 数 km 程度広がった。

※2：作業員の参集に 3 時間程度、オイルフェンスは作業開始から 7～8 時間程度で設置が可能。設置手順としては、オイルフェンス等の資機材を保管エリアから港湾まで移動（その間に作業船が柏崎港より移動）、オイルフェンスを接続後、作業船によりオイルフェンスを展張する。なお、オイルフェンスを設置するための資機材はコンテナに収納し、防火帯内側の資材倉庫エリアにて保管している。

敷地内における危険物タンクの火災について

1. はじめに

本評価は、発電所敷地内の危険物タンクの火災に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災が起こったとしても発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価するものである。

2. 構内危険物タンクの火災影響評価

(1) 構内危険物タンクの火災の想定

- ・ 構内危険物タンクは発電用原子炉施設周辺に設置されており、発電用原子炉施設までの距離が近く貯蔵量の多い各号炉の軽油タンクとする。なお、各号炉の軽油タンクは2基隣接して設置しているが、耐震Sクラス設備であり地震随件事象としても2基同時火災の想定はしにくいこと、隣接軽油タンク火災時にもう一方の軽油タンクの温度は発火点まで上昇しないため2基同時出火することはないことから、発電用原子炉施設に近い軽油タンク1基の火災を想定する。
- ・ 構内危険物タンクは危険物を満載した状態を想定する。
- ・ 構内危険物タンクの損傷等による防油堤内での全面火災を想定する。
- ・ 泡消火設備の消火機能には期待しない。
- ・ 気象条件は無風状態とする。
- ・ 火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。

(2) 評価手法の概要

本評価は、柏崎刈羽原子力発電所に対する構内危険物タンクの火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

第2-1表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m ²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数[-]	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	防油堤規模より求めた燃焼半径
燃焼継続時間[s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離[m]	危険物タンクから発電用原子炉施設までの直線距離
熱許容限界値[-]	建屋の外壁，天井スラブが想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値

上記の評価指標は、受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。油の液面火災では、火炎面積の半径が3mを超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価では保守的な判断を行うため

に、火災規模による輻射発散度の低減がないものとする。

輻射熱に対する設備の温度上昇を評価し、温度上昇がその設備の熱許容限界値以下になるように発電用原子炉施設は離隔距離を確保するものとする。

(3) 評価対象範囲

評価ガイドに基づき、発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジン等の危険物タンク火災の影響評価を実施する。消防法又は柏崎市火災予防条例に基づく届出対象施設（第2-2(a)(b)(c)表）より、評価対象とする危険物タンク等を抽出する（第2-1図のフロー図）。発電所敷地内の発火源となる施設のうち、建屋内に設置している設備及び地下貯蔵タンクは外部への火災が発生する可能性が低いことから除外し、危険物を貯蔵し屋外に設置しているタンク等を想定発火源とする。発電所敷地内における危険物施設等の位置を第2-2図に示す。

【抜粋】外部火災影響評価ガイド

4.1 考慮すべき発電所敷地外の火災

(2) 近隣の産業施設の火災・爆発

近隣の産業施設で発生した火災・爆発により、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。なお、発電所敷地外の10km以内を発火点とし、森林等に延焼することによって発電所に迫る場合は(1)の森林火災として評価する。(ただし、発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジンなどの危険物タンク火災については、(3)の航空機墜落と同様に原子炉施設への熱影響評価等を行う。)

発電所構内には、危険物施設のほかにタンクローリ（990L×2台、4kL×4台、16kL×1台）を配備している。990Lタンクローリのうち1台には指定数量以下の軽油を貯蔵し、訓練後の電源車や消防車等への燃料補給に使用するが、それ以外のタンクローリは通常時「空」の状態で運用している。通常時「空」の状態であるタンクローリは発火の可能性はないことから評価対象から除外する。同様に、発電所構内には重油タンクがあるが、現在は当該タンクの重油を抜き危険物貯蔵所として廃止届出をしており、重油タンク内の重油は「空」であることから、評価対象から除外する。

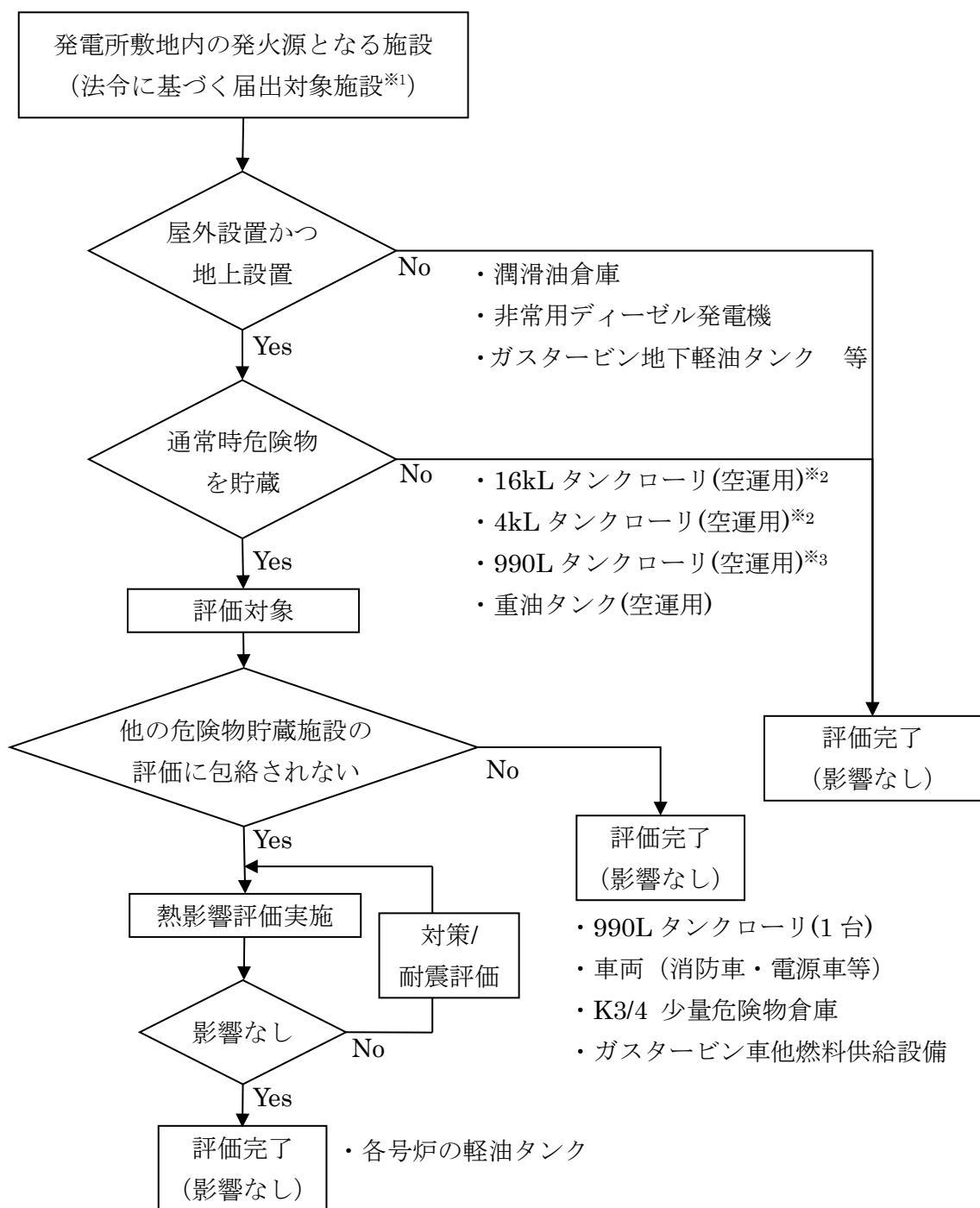
以上より、評価対象は、各号炉の軽油タンク、危険物を貯蔵する車両（タンクローリ）、指定数量以下の危険物を貯蔵する倉庫（K3/4少量危険物倉庫）及びガスタービン車他燃料供給設備（一般取扱所）となる。

ここで、指定数量以下の危険物を貯蔵する車両等（タンクローリ）は、貯蔵量が少なく周辺監視区域外に設置・保管されており、評価対象とした軽油タンク火災の評価に包絡されるため熱影響評価は実施しない。

同様に、指定数量以下の危険物を貯蔵する倉庫（K3/4少量危険物倉庫）は、評価対象とした軽油タンクと発電用原子炉施設の距離に比べ離れた位置に配置して

おり、貯蔵量が少ないため熱影響評価は実施しない。

ガスタービン車他燃料供給設備（一般取扱所）は各号炉の軽油タンクより離れた位置に配置しており貯蔵量も少なく、軽油タンク火災評価に包絡されることから熱影響評価は実施しない。また、他号炉の軽油タンク（6号炉評価時の7号炉軽油タンク）は、自号炉の軽油タンクより距離が離れており自号炉の軽油タンク火災評価に包絡されることから熱影響評価は実施しない。



※1：消防法又は柏崎市火災予防条例に基づく届出対象施設となる危険物タンク等

※2：危険物の規制に関する政令第7条第1項に基づく「危険物貯蔵所変更許可申請書」を柏崎市長に提出している。

※3：柏崎市火災予防条例第46条第1項に基づく「少量危険物貯蔵届出書」に加え、タンクローリの運用方法を定めた文書を柏崎市消防長に提出している。

第2-1 図 敷地内危険物施設のうち評価対象抽出フロー

第2-2(a)表 危険物製造所等許可施設一覧

号炉	施設名	製造所の別	危険物			数量	詳細評価要否
			類	品名			
1号炉	軽油タンク(A)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	344kL	○(※1)
1号炉	軽油タンク(B)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	344kL	○(※1)
1号炉	非常用ディーゼル発電機(A)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	20kL	×(屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	6.5kL	×(屋内設置)
1号炉	非常用ディーゼル発電機(B)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	20kL	×(屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	6.5kL	×(屋内設置)
1号炉	非常用ディーゼル発電機(HPCS)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	14kL	×(屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	6.5kL	×(屋内設置)
1号炉	MGセット室	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	12kL	×(屋内設置)
1号炉	タービン設備	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	106kL	×(屋内設置)
			4	第4石油類	リン酸エステル	3kL	×(屋内設置)
1号炉	油ドレン貯蔵タンク	屋内タンク貯蔵所	4	第3石油類	廃油	10.763kL	×(屋内設置)
共用	潤滑油倉庫	屋内貯蔵所	4	第4石油類	潤滑油	100kL	×(屋内設置)
共用	焼却炉建屋廃油タンク	屋内タンク貯蔵所	4	第3石油類	潤滑油	7.2kL	×(屋内設置)
2号炉	タービン設備	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	106kL	×(屋内設置)
			4	第4石油類	リン酸エステル	3.8kL	×(屋内設置)
2号炉	非常用ディーゼル発電機(A)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	20kL	×(屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	6.6kL	×(屋内設置)
2号炉	非常用ディーゼル発電機(B)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	20kL	×(屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	6.6kL	×(屋内設置)
2号炉	MGセット室(A)(B)	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	12kL	×(屋内設置)
2号炉	非常用ディーゼル発電機(HPCS)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	14kL	×(屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	3.9kL	×(屋内設置)
2号炉	軽油タンク(A)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	344kL	○(※1)
2号炉	軽油タンク(B)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	344kL	○(※1)
3号炉	非常用ディーゼル発電機(A)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	20kL	×(屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	6.6kL	×(屋内設置)
3号炉	非常用ディーゼル発電機(B)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	20kL	×(屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	6.6kL	×(屋内設置)
3号炉	非常用ディーゼル発電機(HPCS)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	14kL	×(屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	3.9kL	×(屋内設置)

第 2-2 (b) 表 危険物製造所等許可施設一覧

号炉	施設名	製造所の別	危険物		数量	詳細評価要否	
			類	品名			
3号炉	タービン設備	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	106kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	難燃性作動油	3.8kL	× (屋内設置)
3号炉	軽油タンク (A)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	344kL	○ (※1)
3号炉	軽油タンク (B)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	344kL	○ (※1)
4号炉	非常用ディーゼル発電機 (A)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	20kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	6.6kL	× (屋内設置)
4号炉	非常用ディーゼル発電機 (B)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	20kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	6.6kL	× (屋内設置)
4号炉	非常用ディーゼル発電機 (HPCS)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	14kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	3.9kL	× (屋内設置)
4号炉	タービン設備	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	106kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	難燃性作動油	4kL	× (屋内設置)
4号炉	軽油タンク (A)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	344kL	○ (※1)
4号炉	軽油タンク (B)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	344kL	○ (※1)
5号炉	タービン設備	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	106kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	リン酸エステル	3kL	× (屋内設置)
5号炉	非常用ディーゼル発電機 (A)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	20kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	6.6kL	× (屋内設置)
5号炉	非常用ディーゼル発電機 (B)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	20kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	6.6kL	× (屋内設置)
5号炉	MGセット室 (A)	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	10.5kL	× (屋内設置)
5号炉	MGセット室 (B)	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	10.5kL	× (屋内設置)
5号炉	軽油タンク (A)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	344kL	○ (※1)
5号炉	軽油タンク (B)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	344kL	○ (※1)
5号炉	非常用ディーゼル発電機 (HPCS)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	14kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	3.9kL	× (屋内設置)
6号炉	タービン設備	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	98kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	難燃性作動油	4kL	× (屋内設置)
6号炉	非常用ディーゼル発電機 (A)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	18kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	3.9kL	× (屋内設置)
6号炉	非常用ディーゼル発電機 (B)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	18kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	3.9kL	× (屋内設置)

第2-2(c)表 危険物製造所等許可施設一覧

号炉	施設名	製造所の別	危険物			数量	詳細評価要否
			類	品名			
6号炉	非常用ディーゼル発電機 (C)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	18kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	3.9kL	× (屋内設置)
6号炉	軽油タンク (A)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	565kL	○ (※1)
6号炉	軽油タンク (B)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	565kL	○ (※1)
7号炉	タービン設備	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	98kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	難燃性作動油	3.8kL	× (屋内設置)
7号炉	非常用ディーゼル発電機 (A)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	18kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	3.9kL	× (屋内設置)
7号炉	非常用ディーゼル発電機 (B)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	18kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	3.9kL	× (屋内設置)
7号炉	非常用ディーゼル発電機 (C)	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	18kL	× (屋内設置)
			4	第4石油類	潤滑油	3.9kL	× (屋内設置)
7号炉	軽油タンク (A)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	565kL	○ (※1)
7号炉	軽油タンク (B)	屋外タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	565kL	○ (※1)
共用	第一ガスタービン発電機用燃料タンク	地下タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	107.8kL	× (地下式)
		一般取扱所	4	第2石油類	軽油	71.84kL	○ (※2)
共用	ガスタービン車他燃料供給設備	地下タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	144kL	× (地下式)
共用	ガスタービン車他燃料供給設備	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	35.52kL	× (※2)
共用	ガスタービン車他燃料供給設備	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	18kL	× (※2)
共用	No.1 重油タンク	屋外タンク貯蔵所	4	第3石油類	重油	3000kL	× (※3)
共用	No.2 重油タンク	屋外タンク貯蔵所	4	第3石油類	重油	320kL	× (※3)

※1：自号炉の軽油タンク火災による熱影響評価を実施する。

※2：軽油タンク火災による熱影響評価に包絡される。

※3：廃止届出済みであり、現在は重油を抜きタンク内に重油は存在しない。

第2-3表 指定数量以下の危険物

号炉	施設名	製造所の別	危険物			数量	詳細評価要否
			類	品名			
共用	タンクローリ	移動タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	990L	×(※1)
共用	タンクローリ	移動タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	990L	×(常時空)
共用	タンクローリ	移動タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	4kL	×(常時空)
共用	タンクローリ	移動タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	4kL	×(常時空)
共用	タンクローリ	移動タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	4kL	×(常時空)
共用	タンクローリ	移動タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	4kL	×(常時空)
共用	タンクローリ	移動タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	16kL	×(常時空)
共用	K3/4少量危険物倉庫	—	4	第1石油類	—	100L	×(※1)
			4	第2石油類	—	450L	×(※1)
			4	アルコール類	—	15L	×(※1)

※1：軽油タンク火災による熱影響評価に包絡される。

防護上の観点又は機密に係わる事項を含むため、公開できません

6条-別添4(外火)-1-添付6-10

第2-2 図 危険物タンク及び危険物保存庫の位置（発電所全体）

(4) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 2-4 表 軽油タンク火災影響評価に必要なデータ

データ種類	内容
輻射発散度[W/m ²]	燃焼する可燃物によって決まる定数 42.0×10 ³ [W/m ²] (軽油)
防油堤面積[m ²]	防油堤の面積 17×17=289[m ²]
離隔距離[m]	建屋に近い軽油タンク防油堤の中心から建屋までの距離 46[m] 隣接軽油タンクまでの距離 12[m] 燃料移送ポンプの防護板(断熱)に近い軽油タンク防油堤の中心から防護板(断熱)までの距離 11[m] 主排気筒に近い軽油タンク防油堤の中心から主排気筒までの距離 77[m]

(5) 燃焼半径の算出

防油堤には貯槽その他不燃障害物が存在し、火災面積はその面積分だけ小さくなるが、防油堤全面火災のような大規模な火災の場合は、多少の障害物も無視できる。したがって、本評価では、防油堤面積と等しい円筒火炎を生ずるものと想定し、次の式から燃焼半径 R[m] を算出する。

$$R = (S / \pi)^{0.5}$$

$$S : \text{防油堤面積 (火炎円筒の底面積)} = 289 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$R = (289 / \pi)^{0.5} = 9.59 \text{ [m]}$$

(6) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出する。

$$\phi = \frac{1}{m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{(n-1)}}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\}$$

$$\text{ただし, } m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$$

φ : 形態係数, L : 離隔距離, H : 火炎高さ, R : 燃焼半径

第 2-5 表 形態係数の算出結果

評価対象	建屋	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板 (断熱))	主排気筒
燃焼半径 [m]	9.59			
離隔距離 [m]	46	12	11	77
形態係数 [-]	0.0727229	0.3863990	0.7760717	0.0295969

(7) 輻射強度の算出

火災の火炎から任意の位置にある点 (受熱点) の輻射強度は、輻射発散度に形態係数をかけた値となる。次式から輻射強度を算出する。

$$E = R_f \times \phi$$

E : 輻射強度, R_f : 輻射発散度, φ : 形態係数

第 2-6 表 輻射強度の算出結果

評価対象	建屋	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板 (断熱))	主排気筒
輻射発散度 [W/m ²]	42.0 × 10 ³			
形態係数 [-]	0.0727229	0.3863990	0.7760717	0.0295969
輻射強度 [W/m ²]	3.05 × 10 ³	16.2 × 10 ³	32.5 × 10 ³	1.2 × 10 ³

(8) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}, \quad v = \frac{M}{\rho} \quad \text{より,} \quad t = \frac{V \times \rho}{\pi R^2 \times M}$$

t : 燃焼継続時間 [s], V : 燃料量 [m³], R : 燃焼半径 [m], v : 燃焼速度 [m/s]

M : 質量低下速度 [kg/m²・s], ρ : 密度 [kg/m³]

ここで, V=565 [m³], M=0.044 [kg/m²・s], ρ=918 [kg/m³] とし、燃焼継続時間を求めると、

$$v = 0.044 / 918 = 4.793 \times 10^{-5} \text{ [m/s]}$$

$$t = 565 / (289 \times 4.793 \times 10^{-5}) = 40788 \text{ [s]} = 11.3 \text{ [h]}$$

(出典) 質量低下速度, 密度 : NUREG-1805

(9) 評価結果

a. 建屋外壁の温度評価

(a) 許容限界値 (許容限界温度)

本評価で用いる許容限界値 (許容限界温度) については、一般的にコンク

リートの強度に影響がないとされる 200°Cとする。

(b) 耐火性能の評価結果

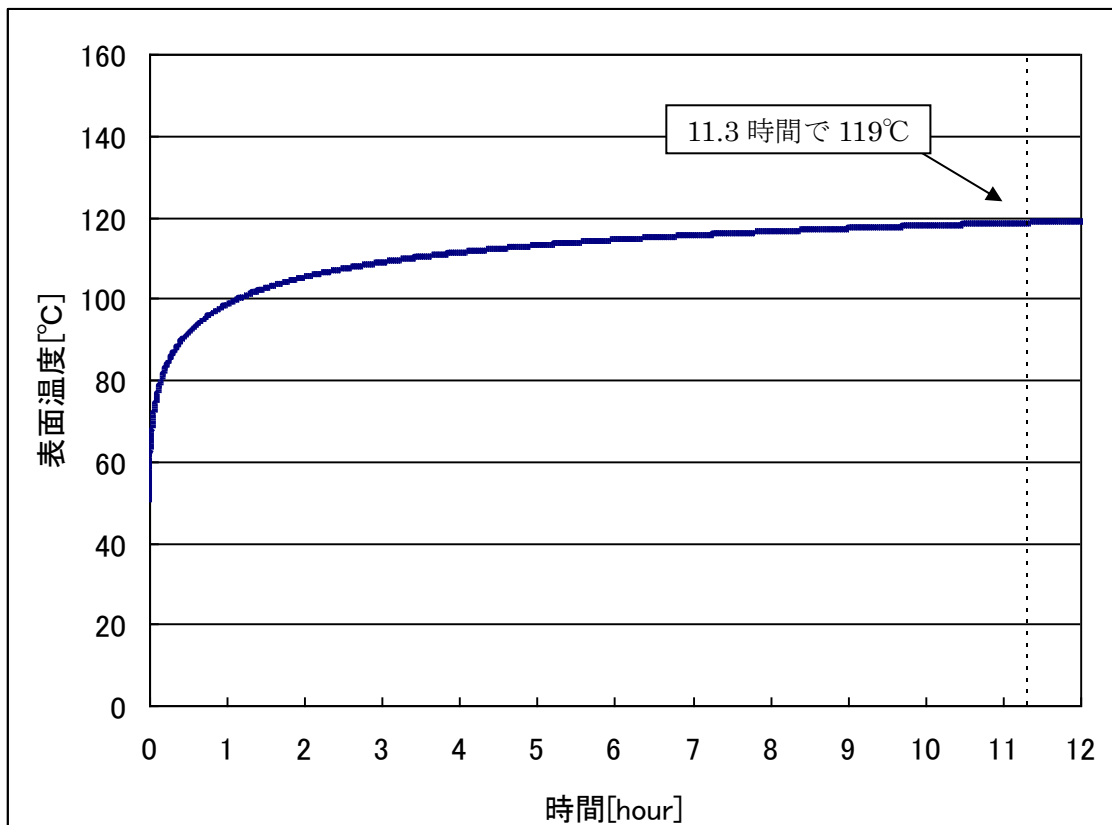
火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で発電用原子炉施設外壁が昇温されるものとして、下記の一次元非定常熱伝導方程式の解の式より、コンクリートの表面の温度上昇を求め、コンクリートの表面温度が許容温度以下であるか評価を実施した。その結果、発電用原子炉施設外壁の表面温度は約 119°Cとなり、許容温度を下回ることを確認した（第 2-3 図）。

$$T_s = T_0 + \frac{1}{\left(\frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1 \right) \frac{h}{\varepsilon E}}$$

出典：原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター

T_0 ：初期温度[50°C]， E ：輻射強度[W/m²]， ε ：コンクリート表面の放射率(0.95)※， h ：コンクリート表面熱伝達率[34.9W/m²K]※， k ：コンクリート熱伝導率[1.6W/mK]※， ρ ：コンクリート密度[2200kg/m³]※， c ：コンクリート比熱[879J/kgK]※， t ：燃焼継続時間[s]

※：建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書



第 2-3 図 外壁面の温度推移

b. 軽油タンクの温度評価

(a) 許容限界値（許容限界温度）

本評価で用いる許容限界値（許容限界温度）については、軽油の発火点 225°Cとする。

(b) 耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で軽油及び軽油タンクが昇温されるものとして、下記の式より、軽油の温度上昇を求め、軽油の温度が許容温度以下であるか評価を実施した。その結果、軽油の温度は約 178°Cとなり、許容温度を下回ることを確認した。

$$T = \frac{\varepsilon ES_1 + hS_2 T_{air}}{hS_2} - \left(\frac{\varepsilon ES_1 + hS_2 T_{air}}{hS_2} - T_0 \right) e^{\left(-\frac{hS_2}{C} \right) t}$$

T_0 : 初期温度 [38°C], E : 輻射強度 [W/m²], ε : 軽油タンク表面の放射率 (0.9) ※¹, h : 軽油タンク表面熱伝達率 [17W/m²K] ※², $S_1=S_2$: 軽油タンク受熱・放熱面積 [m²], C : 軽油タンク及び軽油の熱容量 [8.72×10⁸J/K], t : 燃焼継続時間 [s], T_{air} : 外気温度 [°C]

※¹ : 伝熱工学資料, ※² : 空気調和・衛生工学便覧

c. 燃料移送ポンプの温度評価

燃料移送ポンプは、軽油タンクの近傍に設置されており、当該タンクにて火災が発生した場合、その輻射による熱影響を受ける。このため、燃料移送ポンプを熱影響から防護するための防護板（断熱）をその周囲に設置する。第 2-4 図に防護板（断熱）設置範囲の例を示す。

以下、防護板（断熱）の設置を考慮した場合の熱影響評価を実施する。

(a) 許容限界値（許容限界温度）

本評価で用いる許容限界値（許容限界温度）については、端子ボックスパッキンの耐熱温度 100°Cとする。

パッキンの耐熱温度は、JIS 規格に基づく耐熱性を決定するための試験温度であり、この温度以下であれば、発火することなく、パッキンとしての性能が維持できることから、燃料移送ポンプの機能に影響はない。

(b) 評価条件

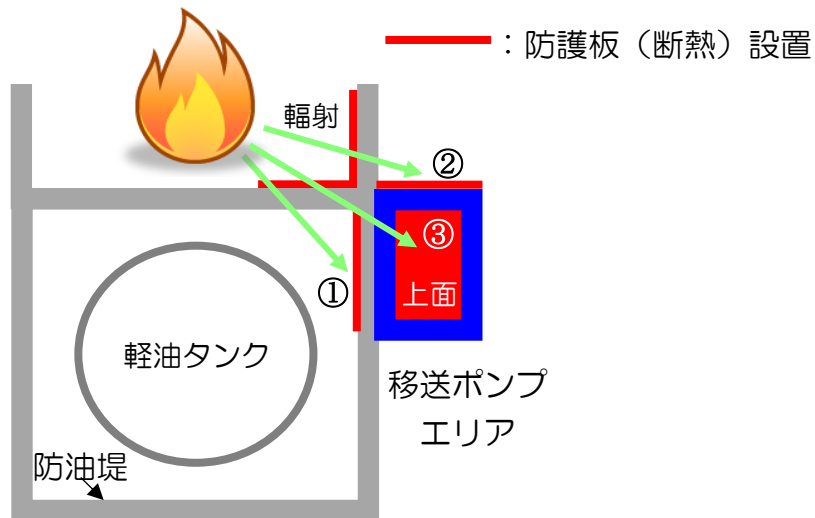
(4) 必要データから (8) 燃焼継続時間に、以下の条件を加えて評価する。

- ・ 第 2-4 図における①及び②の位置に設置する防護板（断熱）は、防油堤により全ての面に輻射は当たらないが、全面に輻射が当たる上面（③）の防護板（断熱）も含め、保守的に、火災から最短距離にて算出した最も厳し

い条件の輻射が①～③の全ての面に当たるものとする。

なお、①～③の防護板（断熱）に対する熱影響が支配的であることから、これらについては評価上考慮するが、それ以外の面については、燃料移送ポンプエリアに接する面が小さく、コンクリート製の防油堤もあることから評価上考慮しない。

- 輻射が当たる面は、防護板（断熱）のみとして評価した防護板（断熱）と燃料移送ポンプ間に防油堤が設置されている箇所①については、防油堤による伝熱の低減は考慮しない。
- 輻射を受けない面は、保守的に断熱とする。

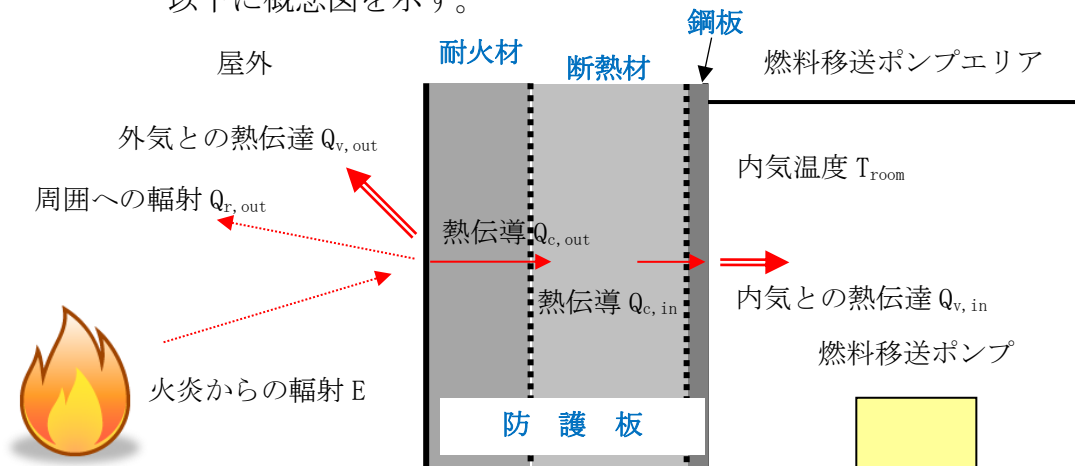


第 2-4 図 防護板（断熱）の設置概要と設置範囲の例

(c) 耐火性能の評価

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で燃料移送ポンプエリアに設置している防護板（断熱）が昇温されるものとして、下記により、燃料移送ポンプ周囲の最大温度（燃料移送ポンプの最大温度）を求め、許容限界温度以下であるか評価を実施する。

以下に概念図を示す。



第 2-5 図 伝熱の概念図

評価に必要なパラメータを以下に示す。

第 2-7 表 燃料移送ポンプエリア温度算出時の入力パラメータ

項目	パラメータ	備考		
外気温度[°C]	55 °C	日射の影響を考慮した相当外気温 (切り上げ)		
ポンプエリア初期温度[°C]	38 °C	柏崎市の最高気温 (37.6°C) を切り上げた温度 (防護板 (断熱) の裏面であり, 日射の影響はない)		
防護板	耐火材	厚さ [mm]	100	メーカー仕様
		熱伝導率 [W/mK]		
		密度 [kg/m³]		
		比熱 [J/(kg·K)]		
		最高使用温度 [°C]		
		材質		
	断熱材	厚さ [mm]	150	メーカー仕様
		熱伝導率 [W/mK]		
		密度 [kg/m³]		
		比熱 [J/(kg·K)]		
		最高使用温度 [°C]		
		材質		
	鋼板	厚さ [mm]	20	
		熱伝導率 [W/mK]	51.6	軟鋼 300K の値*
		密度 [kg/m³]	7860	軟鋼 300K の値*
比熱 [J/(kg·K)]		473	軟鋼 300K の値*	

※：日本機械学会，“伝熱工学資料 改訂第5版，” 2009年5月20日

以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて，防護板 (断熱) の内面並びに燃料移送ポンプエリア温度を求める。

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$$

T：温度，t：時刻，x：防護板 (断熱) からの距離，α：熱拡散率

防護板 (断熱) 及び防護板 (断熱) 内面温度上昇に伴う熱負荷は次式で計

算される。

$$Q_{v,in} = h_{in} A (T_{in} - T_{room})$$

h_{in} : 防護板 (断熱) 内面熱伝達率, A : 防護板 (断熱) 内面の表面積, T_{in} : 防護板 (断熱) 内面温度,

T_{room} : 燃料移送ポンプエリア温度

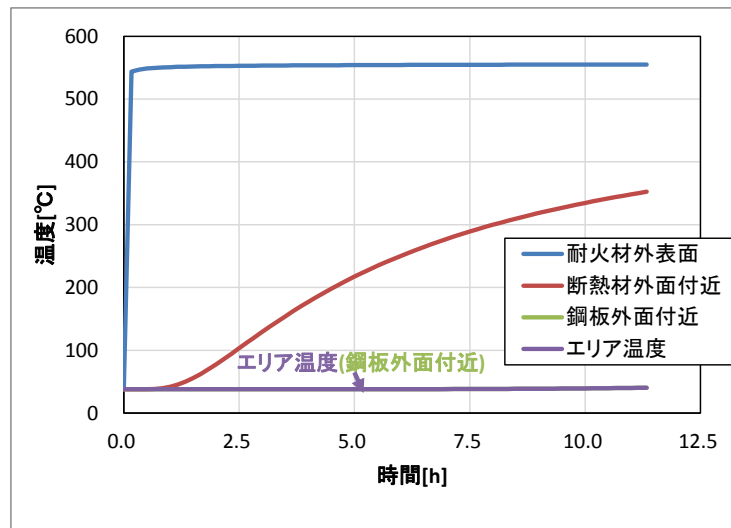
燃料移送ポンプエリア温度は, 軽油タンク火災による防護板 (断熱) 内面温度上昇に伴う熱負荷がエリア内に蓄熱されることを考慮し, 次式で求める。

$$\Delta T_{room} = \frac{Q_{v,in}}{\rho CV}$$

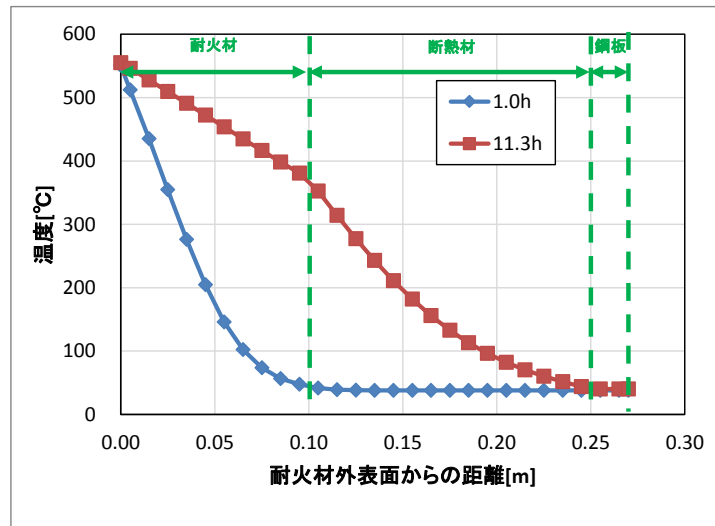
ρ : 空気密度, C : 空気比熱, V : ポンプエリア体積

(d) 耐火性能の評価結果

軽油タンク火災における燃料移送ポンプの評価結果を以下に示す。



第 2-6 図 防護板 (断熱) 各部温度並びに燃料移送ポンプエリア温度



第 2-7 図 防護板（断熱）内部の温度分布

第 2-8 表 燃料移送ポンプ影響評価結果

項目	軽油タンク火災
輻射強度[W/m ²]	32.5×10 ³
燃焼継続時間[h]	11.3
防護板(断熱)外面温度[°C]	555
防護板(断熱)内面温度[°C]	41
ポンプエリア温度[°C]	41
許容温度[°C]	100 ^{※1}

※1：燃料移送ポンプ端子ボックススパッキンの耐熱温度

評価の結果、ポンプエリア（燃料移送ポンプ）の温度は約 41°C となり、許容温度を下回ることを確認した。

d. 主排気筒の温度評価

(a) 許容限界値（許容限界温度）

本評価で用いる許容限界値（許容限界温度）については、主排気筒鋼材の許容温度 325°C とする。

(b) 耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で主排気筒が昇温されるものとして、下記の式より主排気筒の最大温度を求め、許容温度以下であるか評価を実施した。その結果、主排気筒の温度は約 83°C となり、許容温度を下回ることを確認した。

$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$$

T_0 : 初期温度[50°C], E : 輻射強度[W/m²], ε : 主排気筒表面の放射率(0.9)
 ※¹, h : 主排気筒表面熱伝達率[17W/m²K]※²

※¹: 伝熱工学資料, ※²: 空気調和・衛生工学便覧

e. タービン建屋非常用電気品室の温度評価

6号及び7号炉の軽油タンクは山側にあり、タービン建屋は海側にあることから、直接輻射熱が届くことはない。5号炉の軽油タンクは海側にあり輻射熱を受けることから熱影響評価を実施する(第2-8図)。5号炉軽油タンク火災時の6号炉タービン建屋の熱影響評価を実施するにあたり使用するパラメータを以下に示す。また、(9)で熱影響評価を実施している6号炉軽油タンク火災時の6号炉原子炉建屋での熱影響評価に使用したパラメータを並べて示す。それぞれを比較すると、6号炉軽油タンク火災の方が防油堤面積が大きく、離隔距離が短く、燃焼継続時間が長いことから、5号炉軽油タンク火災時の6号炉タービン建屋熱影響評価は6号炉原子炉建屋での熱影響評価に包絡される。よって、5号炉軽油タンク火災時には、6号炉タービン建屋への熱影響はない。なお、5号炉軽油タンクから7号炉のタービン建屋までの距離は、6号炉までの距離より離れていることから同様に熱影響はない。

第2-9表 各建屋に対する軽油タンク火災の影響

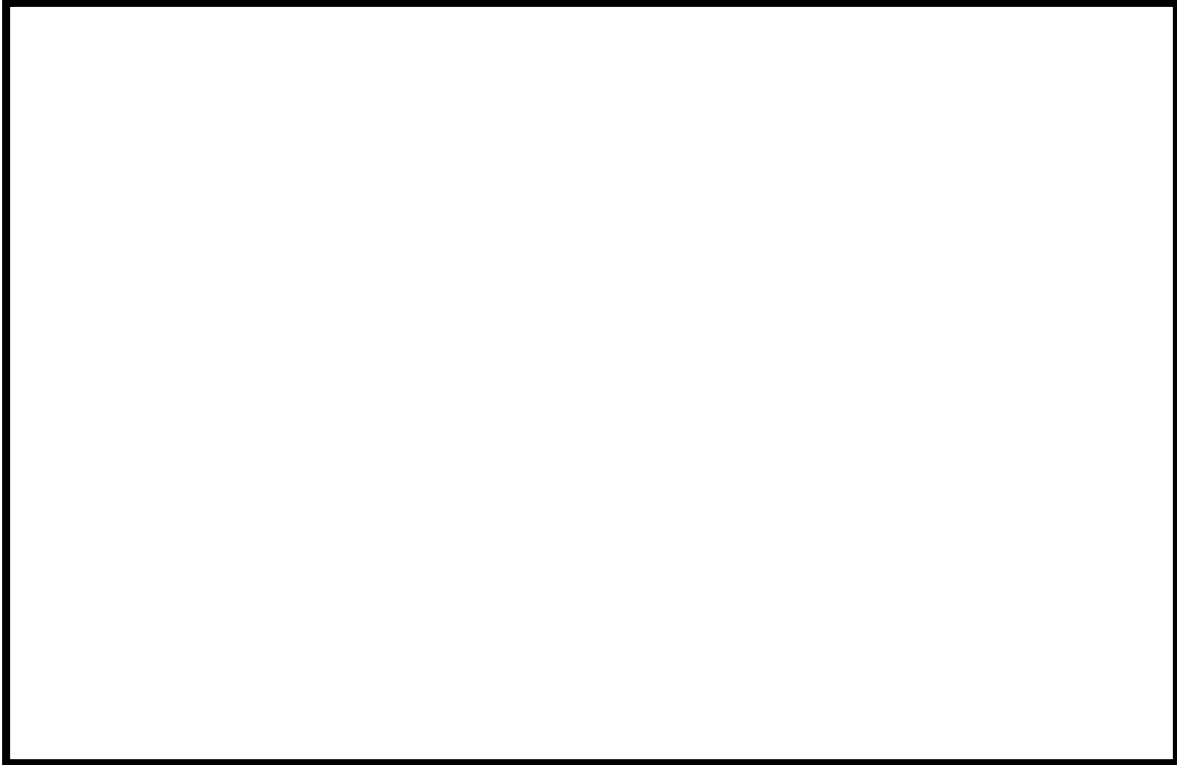
	5号炉軽油タンク火災 タービン建屋への影響	6号炉軽油タンク火災 原子炉建屋への影響
防油堤面積[m ²]	185	289
離隔距離[m]	91	46
燃料貯蔵量[kl]	344	565
質量低下速度[kg/m ² ・s] ¹⁾	0.044	
密度[kg/m ³] ¹⁾	918	
燃焼速度[m/s] ²⁾	4.79×10 ⁻⁵	
燃焼継続時間[hour]	10.7	11.3

1) NUREG-1805 より

2) 評価ガイドより、以下の式から算出

$$t = \frac{V}{S \times v}, \quad v = \frac{M}{\rho}$$

t : 燃焼継続時間[s], V : 燃料量[m³], S : 防油堤面積[m²], v : 燃焼速度[m/s]
 M : 質量低下速度[kg/m²・s], ρ : 密度[kg/m³]



第 2-8 図 非常用電気品室と危険物タンクまでの距離

(10) 火災による熱影響の有無の評価

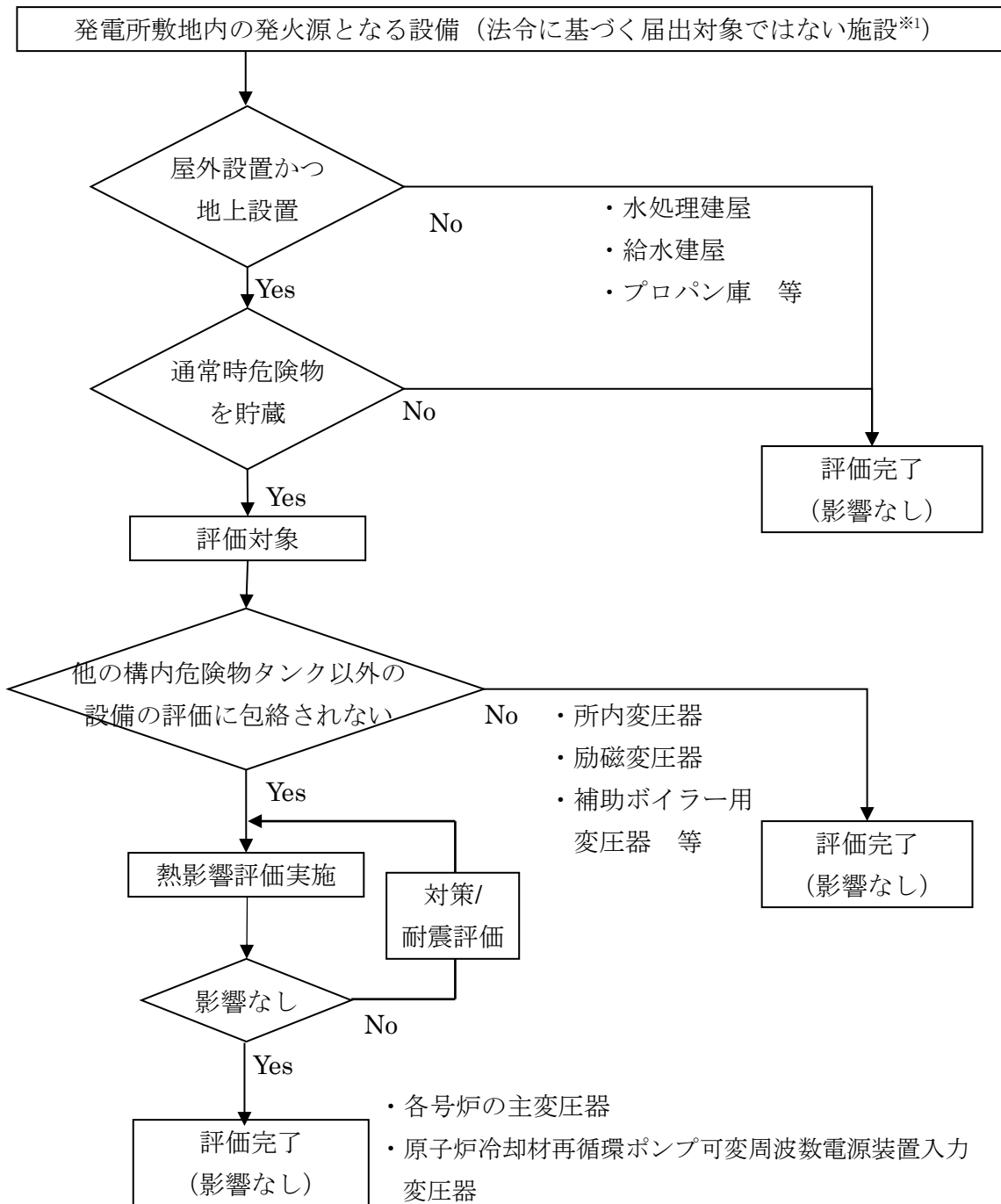
以上の結果から、軽油タンクにおいて火災が発生した場合を想定したとしても、許容限界温度を超えないことから、発電用原子炉施設に熱影響をおよぼすことはないと評価する。

3. 構内危険物タンク以外の設備の火災影響評価

評価対象範囲

消防法又は柏崎市火災予防条例に基づく届出対象施設ではない施設について、火災影響評価を実施する。評価対象とする設備を危険物タンクと同様に第 3-1 図のフローに基づき抽出する(第 3-1 表)。危険物を貯蔵し屋外に設置している設備を想定発火源(主変圧器、水素ガストレーラー)とする。

なお、薬品を取り扱う設備は輻射熱を受けない屋内設置であること、外部への火災が発生する可能性が低いことから、評価対象から除外する(第 3-2 表)。



※1：消防法又は柏崎市火災予防条例に基づく届出対象施設ではない変圧器等

第 3-1 図 構内危険物タンク以外の設備のうち評価対象抽出フロー

第3-1(a)表 その他の危険物

号炉	設備名	危険物の種類	数量	詳細評価要否
1号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	193.00kL	○ (※1)
2号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	198.00kL	○ (※1)
3号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	193.00kL	○ (※1)
4号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	190.00kL	○ (※1)
5号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	190.00kL	○ (※1)
6号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	200.00kL	○ (※1)
7号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	214.00kL	○ (※1)
1号炉	所内変圧器 1A, 1B	1種2号 鉱油	18.40kL	× (※2)
2号炉	所内変圧器 2A, 2B	1種2号 鉱油	17.20kL	× (※2)
3号炉	所内変圧器 3A	1種2号 鉱油	17.20kL	× (※2)
3号炉	所内変圧器 3B	1種2号 鉱油	17.30kL	× (※2)
4号炉	所内変圧器 4A, 4B	1種2号 鉱油	18.10kL	× (※2)
5号炉	所内変圧器 5A, 5B	1種2号 鉱油	18.10kL	× (※2)
6号炉	所内変圧器 6A	1種2号 鉱油	20.50kL	× (※2)
6号炉	所内変圧器 6B	1種2号 鉱油	21.00kL	× (※2)
7号炉	所内変圧器 7A, 7B	1種2号 鉱油	19.20kL	× (※2)
共用	NO. 1 高起動変圧器	1種2号 鉱油	78.30kL	× (※2)
共用	NO. 2 高起動変圧器	1種2号 鉱油	70.00kL	× (※2)
共用	NO. 3 高起動変圧器	1種2号 鉱油	70.00kL	× (※2)
1号炉	低起動変圧器 1SA, 1SB	1種2号 鉱油	25.90kL	× (※2)
3号炉	低起動変圧器 3SA, 3SB	1種2号 鉱油	25.20kL	× (※2)
5号炉	低起動変圧器 5SA, 5SB	1種2号 鉱油	17.05kL	× (※2)
6号炉	低起動変圧器 6SA, 6SB	1種2号 鉱油	24.60kL	× (※2)
1号炉	励磁変圧器	1種2号 鉱油	13.20kL	× (※2)
2号炉	励磁変圧器	1種2号 鉱油	13.50kL	× (※2)
3号炉	励磁変圧器	1種2号 鉱油	13.50kL	× (※2)
4号炉	励磁変圧器	1種2号 鉱油	9.50kL	× (※2)
5号炉	励磁変圧器	1種2号 鉱油	9.50kL	× (※2)
共用	NO. 1 工事用変圧器	1種2号 鉱油	8.585kL	× (※2)
共用	NO. 2 工事用変圧器	1種2号 鉱油	11.50kL	× (※2)
共用	補助ボイラー用変圧器 3A	1種2号 鉱油	31.80kL	× (※2)
共用	補助ボイラー用変圧器 4A	1種2号 鉱油	9.10kL	× (※2)
共用	補助ボイラー用変圧器 4B	1種2号 鉱油	9.10kL	× (※2)
共用	補助ボイラー用変圧器 4C	1種2号 鉱油	9.10kL	× (※2)
共用	高圧ボンベ倉庫 (NO. 1~3)	水素ガス (ボンベ) 濃度: 99.9%	2,520m ³	× (屋内設置)
1号炉	屋外ボンベ室 (K1)	水素ガス (ボンベ) 濃度: 99.99%	196m ³	× (屋内設置)
1号炉	屋外 (K1) (水素ガストレーラー)	水素ガス (ボンベ) 濃度: 99.99%	13,987m ³	○

第 3-1 (b) 表 その他の危険物

号炉	設備名	危険物の種類	数量	詳細評価要否
2号炉	屋外ボンベ室 (K2)	水素ガス (ボンベ) 濃度: 99.99%	196m ³	× (屋内設置)
3号炉	屋外ボンベ室 (K3)	水素ガス (ボンベ) 濃度: 99.99%	196m ³	× (屋内設置)
4号炉	屋外ボンベ室 (K4)	水素ガス (ボンベ) 濃度: 99.99%	196m ³	× (屋内設置)
5号炉	屋外ボンベ室 (K5)	水素ガス (ボンベ) 濃度: 99.99%	196m ³	× (屋内設置)
6号炉	屋外ボンベ室 (K6)	水素ガス (ボンベ) 濃度: 99.99%	210m ³	× (屋内設置)
7号炉	屋外ボンベ室 (K7)	水素ガス (ボンベ) 濃度: 99.99%	210m ³	× (屋内設置)
共用	予備変圧器	1種2号 鉱油	33.50kL	× (※2)
共用	補助ボイラー用変圧器 5 A	1種2号 鉱油	30.80kL	× (※2)
共用	補助ボイラー用変圧器 5 B	1種2号 鉱油	30.80kL	× (※2)
3号炉	PLR-INV (A) 入力変圧器	1種2号 鉱油	8.20kL	○ (※1)
3号炉	PLR-INV (B) 入力変圧器	1種2号 鉱油	8.20kL	○ (※1)
4号炉	PLR-INV (A) 入力変圧器	1種2号 鉱油	9.70kL	○ (※1)
4号炉	PLR-INV (B) 入力変圧器	1種2号 鉱油	9.70kL	○ (※1)
6号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (A-1) 入力変圧器	1種2号 鉱油	3.61kL	○ (※1)
6号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (A-2) 入力変圧器	1種2号 鉱油	13.70kL	○ (※1)
6号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-1) 入力変圧器	1種2号 鉱油	3.61kL	○ (※1)
6号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器	1種2号 鉱油	13.70kL	○ (※1)
7号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (A-1) 入力変圧器	1種2号 鉱油	3.70kL	○ (※1)
7号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (A-2) 入力変圧器	1種2号 鉱油	9.50kL	○ (※1)
7号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-1) 入力変圧器	1種2号 鉱油	3.70kL	○ (※1)
7号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器	1種2号 鉱油	9.50kL	○ (※1)
共用	水処理建屋	第2石油類 軽油	330L	× (屋内設置)
共用	給水建屋	第2石油類 軽油	400L	× (屋内設置)
1号炉	荒浜側焼却建屋プロパン庫	L P ガス	4000kg	× (屋内設置)
5号炉	大湊側焼却建屋プロパン庫	L P ガス	4000kg	× (屋内設置)

※1: 自号炉の変圧器火災による熱影響評価を実施する。

※2: 自号炉の主変圧器火災による熱影響評価に包絡される。

※3: 燃料タンクは「空」であることから、評価対象から除外する。

第 3-2 表 薬品類

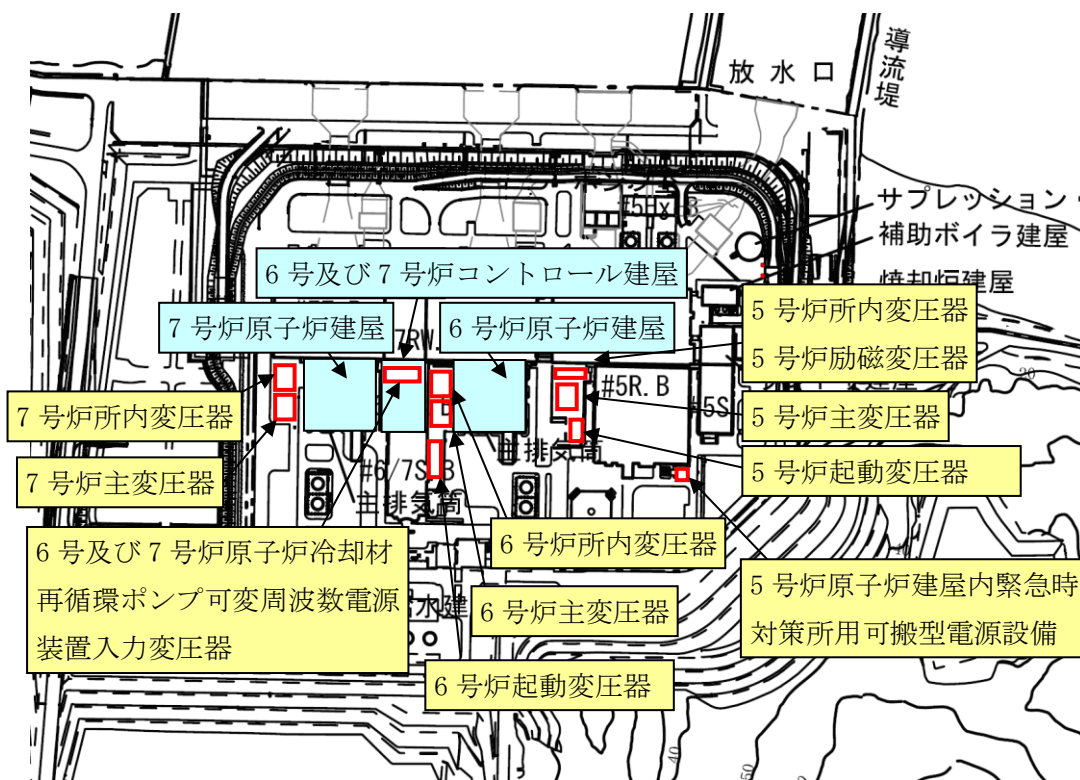
号炉	設備名	薬品の種類	数量	備考
1号炉	CWP建屋 (K1)	過酸化水素 濃度：35.0%	600L	× (屋内設置)
2号炉	CWP建屋 (K2)	過酸化水素 濃度：35.0%	600L	× (屋内設置)
共用	大湊側 補助ボイラー	希硫酸 濃度：35%	250L	× (屋内設置)
共用	大湊側 補助ボイラー	水加ヒドラジン 濃度：60%	20L	× (屋内設置)
共用	大湊側 補助ボイラー	水加ヒドラジン 濃度：1%	700L	× (屋内設置)
共用	水処理建屋	塩酸 濃度：35%	5.9m ³	× (屋内設置)
共用	水処理建屋	苛性ソーダ 濃度：25%	5m ³	× (屋内設置)
共用	水処理建屋	重亜硫酸ソーダ 濃度：35%	240L	× (屋内設置)

3.1 変圧器の火災影響評価について

発電所敷地内の変圧器の火災に対して、より一層の安全性向上の観点から、その火災が起こったとしても発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価するものである。

3.1.1 評価対象変圧器

評価対象は、5～7号炉周辺の屋外（建屋屋上を含む）に設置してある変圧器を対象とする。各変圧器の設置場所を第3.1.1-1図、保有油量を第3.1.1-1表に示す。



第3.1.1-1図 変圧器の位置

第3.1.1-1表 変圧器保有油量

設備名	品名	保有油量
5号炉主変圧器	1種2号鉱油	190.00kL
6号炉主変圧器	1種2号鉱油	200.00kL
7号炉主変圧器	1種2号鉱油	214.00kL
低起動変圧器 5SA, 5SB	1種2号鉱油	17.05kL
低起動変圧器 6SA, 6SB	1種2号鉱油	24.60kL
所内変圧器 5A, 5B	1種2号鉱油	18.10kL

所内変圧器 6A	1種2号鉱油	20.50kL
所内変圧器 6B	1種2号鉱油	21.00kL
所内変圧器 7A, 7B	1種2号鉱油	19.20kL
5号炉励磁変圧器	1種2号鉱油	9.50kL
6号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(A-1), (B-1)入力変圧器	1種2号鉱油	3.61kL
6号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(A-2), (B-2)入力変圧器	1種2号鉱油	13.70kL
7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(A-1), (B-1)入力変圧器	1種2号鉱油	3.70kL
7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(A-2), (B-2)入力変圧器	1種2号鉱油	9.50kL

3.1.2 発電用原子炉施設（外壁面）及び屋外施設の影響評価

(1) 変圧器の火災の想定

- ・ 発電用原子炉施設周辺に設置されており、発電用原子炉施設までの距離が近く、内包している絶縁油の多い主変圧器を対象とする。なお、主変圧器の周辺に所内変圧器等も設置しているが、防火壁を設置していることから、隣接変圧器への延焼は考慮しない。
- ・ 変圧器の損傷等による変圧器の全面火災を想定する。
- ・ 変圧器防災設備（防火水幕装置）の消火機能等には期待しない。
- ・ 気象条件は無風状態とする。
- ・ 火災は円筒火災をモデルとし、火災の高さは燃焼半径の3倍とする。

(2) 評価手法の概要

本評価は、柏崎刈羽原子力発電所に対する変圧器の火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

第3.1.2-1表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m ²] [※]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数[-]	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	変圧器規模より求めた燃焼半径
燃焼継続時間[s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離[m]	変圧器から発電用原子炉施設までの直線距離
熱許容限界値[-]	建屋の外壁、軽油タンク、主排気筒が想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値

上記の評価指標は、受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。
 ※：油の液面火災では、火炎面積の半径が 3m を超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価では保守的な判断を行うために、火災規模による輻射発散度の低減がないものとする。

(3) 評価対象範囲

5～7号炉周辺の屋外には、主変圧器、所内変圧器、起動変圧器、励磁変圧器が存在するが、貯蔵量の多い主変圧器を評価対象とする。

(4) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 3.1.2-2 表 変圧器火災影響評価に必要なデータ

データ種類	内容
輻射発散度[W/m ²]	燃焼する可燃物によって決まる定数 23.0×10 ³ [W/m ²] (重油) ※ ¹
主変圧器の投影面積[m ²] ^{※²}	6号炉：14.5×10.3 (150[m ²]) 7号炉：14.6×10.6 (155[m ²])
離隔距離[m] ^{※³}	建屋に近い主変圧器の中心から建屋までの距離 13[m] ^{※⁴} 軽油タンクに近い主変圧器の中心から軽油タンクまでの距離 67[m] ^{※⁵} 燃料移送ポンプに近い主変圧器の中心から燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板) までの距離 62[m] ^{※⁵} 主排気筒に近い主変圧器の中心から主排気筒までの距離 23[m] ^{※⁵}

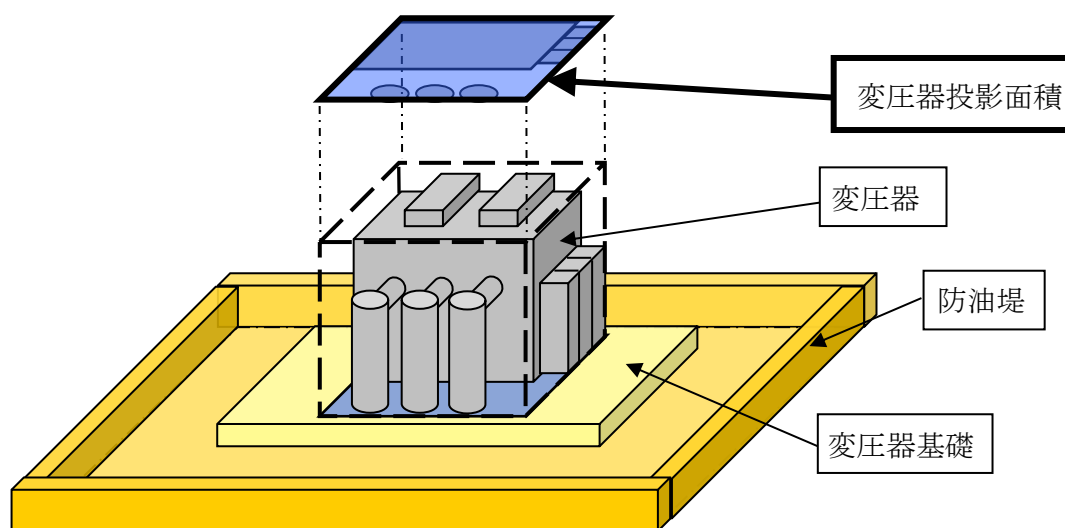
※¹：変圧器用の絶縁油はその元素成分に関する規格がないため、絶縁油の輻射発散度は物性の近い重油の値を使用する。

※²：第 3.1.2-1 図に変圧器の投影面積を示す。

※³：6号及び7号炉の主変圧器は油量がほぼ同等であることから、発電用原子炉施設との距離がより近い主変圧器にて熱影響の評価をする。

※⁴：6号及び7号炉コントロール建屋と6号炉主変圧器との距離

※⁵：7号炉軽油タンク、7号炉燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板))、7号炉主排気筒と7号炉主変圧器との距離



第 3. 1. 2-1 図 変圧器の投影面積

(5) 燃焼半径の算出

変圧器周りの防油堤には玉砂利が敷き詰められていること、及び漏えいした油を回収する防災地下タンクを設置していることから防油堤の全面火災が生じることは考えにくい。よって、変圧器本体の全面火災により円筒火炎を生じることとし、燃焼面積は変圧器の投影面積に等しいものとする。したがって、燃焼半径は変圧器の投影面積を円筒の底面と仮定し算出する。6号炉主変圧器について示す。

() 内は 7 号炉。

$$R = (S / \pi)^{0.5}$$

S : 投影面積 (火炎円筒の底面積) = 150 [m²] (155[m²])

$$R = (150 / \pi)^{0.5} = 6.91 \text{ [m]} \quad (7.03 \text{ [m]})$$

(6) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{(n-1)}}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし、 $m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$

ϕ : 形態係数, L : 離隔距離, H : 火炎高さ, R : 燃焼半径

第 3.1.2-3 表 形態係数の算出結果

評価対象	建屋	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板))	主排気筒
燃焼半径 [m]	6.91	7.03	7.03	7.03
離隔距離 [m]	13	67	62	23
形態係数 [-]	0.2619634	0.0213565	0.0248130	0.1341728

(7) 輻射強度の算出

火災の火炎から任意の位置にある点 (受熱点) の輻射強度は、輻射発散度に形態係数をかけた値となる。次式から輻射強度を算出する。

$$E = R_f \times \phi$$

E : 輻射強度, R_f : 輻射発散度, φ : 形態係数

第 3.1.2-4 表 輻射強度の算出結果

評価対象	建屋	軽油タンク	燃料移送ポンプ (防護板 (鋼板))	主排気筒
輻射発散度 [W/m ²]	23.0 × 10 ³			
形態係数 [-]	0.2619634	0.0213565	0.0248130	0.1341728
火炎面積の 直径 [m]	13.8	14.0	14.0	14.0
輻射強度 [W/m ²]	6.02 × 10 ³	0.49 × 10 ³	0.57 × 10 ³	3.08 × 10 ³

(8) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。6 号炉主変圧器について示す。() 内は 7 号炉。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}, \quad v = \frac{M}{\rho}$$

t : 燃焼継続時間 [s], V : 燃料量 [m³], R : 燃焼半径 [m], v : 燃焼速度 [m/s]

M : 質量低下速度 [kg/m²・s], ρ : 密度 [kg/m³]

ここで, V=200 [m³] (214 [m³]), M=0.035 [kg/m²・s], ρ=960 [kg/m³] とし、燃焼継続時間を求めると、

$$v = 0.035 / 960 = 3.645 \times 10^{-5} \text{ [m/s]}$$

$$t = 200 / (150 \times 3.645 \times 10^{-5}) = 36553 \text{ [s]} = 10.1 \text{ [h]} \text{ (10.4 [h])}$$

(出典) 質量低下速度, 密度 : NUREG-1805

(9) 評価結果

a. 建屋外壁の温度評価

(a) 許容限界値（許容限界温度）

本評価で用いる許容限界値（許容限界温度）については、一般的にコンクリートの強度に影響がないとされる 200℃とする。

(b) 耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で発電用原子炉施設外壁が昇温されるものとして、下記の一次元非定常熱伝導方程式の解の式より、コンクリートの表面の温度上昇を求め、コンクリートの表面温度が許容温度以下であるか評価を実施した。その結果、発電用原子炉施設外壁の表面温度は約 184℃となり、許容温度を下回ることを確認した。

$$T_s = T_0 + \frac{1}{\left(\frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1 \right) \frac{h}{\varepsilon E}}$$

出典：原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター

T_0 ：初期温度[50℃]， E ：輻射強度[W/m²]， ε ：コンクリート表面の放射率(0.95)※， h ：コンクリート表面熱伝達率[34.9W/m²K]※， k ：コンクリート熱伝導率[1.6W/mK]※， ρ ：コンクリート密度[2200kg/m³]※， c ：コンクリート比熱[879J/kgK]※， t ：燃焼継続時間[s]

※：建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書

b. 軽油タンクの温度評価

(a) 許容限界値（許容限界温度）

本評価で用いる許容限界値（許容限界温度）については、軽油の発火点 225℃とする。

(b) 耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で軽油及び軽油タンクが昇温されるものとして、下記の式より、軽油の温度上昇を求め、軽油の温度が許容温度以下であるか評価を実施した。その結果、軽油の温度は約 42℃となり、許容温度を下回ることを確認した。

$$T = \frac{\varepsilon E S_1 + h S_2 T_{air}}{h S_2} - \left(\frac{\varepsilon E S_1 + h S_2 T_{air}}{h S_2} - T_0 \right) e^{\left(\frac{-h S_2}{C} \right) t}$$

T_0 ：初期温度[38℃]， E ：輻射強度[W/m²]， ε ：軽油タンク表面の放射率(0.9)※¹， h ：軽油タンク表面熱伝達率[17W/m²K]※²， $S_1=S_2$ ：軽油タンク受熱・放熱面積[m²]， C ：軽油タンク及び軽油の熱容量[8.72×10⁸J/K]， t ：

燃焼継続時間[s], T_{air} : 外気温度[°C]

※1: 伝熱工学資料, ※2: 空気調和・衛生工学便覧

c. 燃料移送ポンプの温度評価

(a) 許容限界値 (許容限界温度)

燃料移送ポンプの許容限界値 (許容限界温度) が端子ボックスパッキンの耐熱温度100°Cであることを踏まえ, 燃料移送ポンプの周囲に設置されている防護板 (鋼板) の許容温度を当該ポンプの許容限界温度と同様の100°Cとする。

(b) 耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間, 一定の輻射強度で燃料移送ポンプの防護板 (鋼板) が昇温されるものとして, 下記の一次元非定常熱伝導方程式の解の式より防護板 (鋼板) の最大温度を求め, 防護板 (鋼板) の温度が許容温度以下であるか評価を実施した。その結果, 燃料移送ポンプの温度は71°Cとなり, 許容温度を下回ることを確認した。

$$T = \frac{\varepsilon E \frac{S}{2} + h S T_{air}}{h S} - \left(\frac{\varepsilon E \frac{S}{2} + h S T_{air}}{h S} - T_o \right) e^{\left(\frac{-h S}{C} \right) t}$$

T_o : 初期温度[55°C], E : 輻射強度[W/m²], ε : 防護板 (鋼板) 外面の放射率(0.9)※¹, h : 防護板 (鋼板) 表面熱伝達率[17W/m²K]※², S : 防護板 (鋼板) 放熱面積[32.4m²] ($S/2$: 受熱面積は外面のみ), C : 防護板 (鋼板) の熱容量[2.41×10⁶J/K], t : 燃焼継続時間[s], T_{air} : 外気温度[55°C]

※1: 伝熱工学資料, ※2: 空気調和・衛生工学便覧

d. 主排気筒の温度評価

(a) 許容限界値 (許容限界温度)

本評価で用いる許容限界値 (許容限界温度) については, 主排気筒鋼材の許容温度325°Cとする。

(b) 耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間, 一定の輻射強度で主排気筒が昇温されるものとして, 下記の式より主排気筒の最大温度を求め, 許容温度以下であるか評価を実施した。その結果, 主排気筒の温度は約132°Cとなり, 許容温度を下回ることを確認した。

$$T = T_o + \frac{\varepsilon E}{2h}$$

T_o : 初期温度[50°C], E : 輻射強度[W/m²], ε : 主排気筒表面の放射率(0.9)

※¹, h : 主排気筒表面熱伝達率[17W/m²K]※²

※1: 伝熱工学資料, ※2: 空気調和・衛生工学便覧

(10) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から、変圧器において火災が発生した場合を想定したとしても、許容限界温度を超えないことから、発電用原子炉施設に熱影響をおよぼすことはないと評価する。

3.1.3 発電用原子炉施設（屋上）の影響評価

コントロール建屋の屋上に設置している原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器に対しては、(1)～(3)のような設計上の配慮がなされている。

(1) 火災の発生防止

変圧器は基準地震動に対して絶縁油が漏えいしない設計としていることから、地震の際に漏えい・火災発生のおそれはない（別紙 6-1 参照）。中越沖地震以前の主変圧器等の設置状況とは異なり、変圧器・ブッシング等がコントロール建屋屋上に設置されており、同一の躯体上にあることから相対変位を生じることはなく、地盤沈下に伴うブッシング部の破損による漏えいや火災発生はない。また中越沖地震後の点検においても異常は確認されていない。定期的な点検や絶縁油分析を行い、信頼性を確保している。なお、更なる安全性向上の観点から、万が一絶縁油が漏えいした場合であっても、他号炉側の原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器へ絶縁油が流出することを防止するため防油堰を設ける。（第 3.1.3-1 図）

(2) 火災の感知、消火

変圧器のエリアは中央制御室より ITV による状況の確認が可能である。また、油火災に対応した大容量消火器を設置している。なお、更なる安全向上の観点から、感知器の設置を行い、早期の検知、消火が可能な設計とする。

「危険物の規制に関する規則」（昭和 34 年総理府令第 55 号）では、「危険物は、指定数量の十倍を一所要単位とすること」と定めており、変圧器絶縁油（第 4 類第 3 石油類非水溶性）の指定数量が 2,000ℓであることをふまえると所要単位は 3.1 単位となる。変圧器近傍には油火災用 B-20（20 単位）の能力を持った消火器を各号炉 1 台備え付けており所要能力を満たしている。

なお、同様の考え方から、JEAG 5002「変電所等における防火対策指針」では、「消火器具の所要能力単位は、全主要変圧器内に貯蔵された絶縁油量を 20,000ℓで除した値以上」と定めており、当該エリアでは同じく 3.1 単位が必要な能力値となる。

(3) 火災の影響軽減

コントロール建屋の屋上面や、周辺建屋はその外壁の厚さにより、変圧器火災

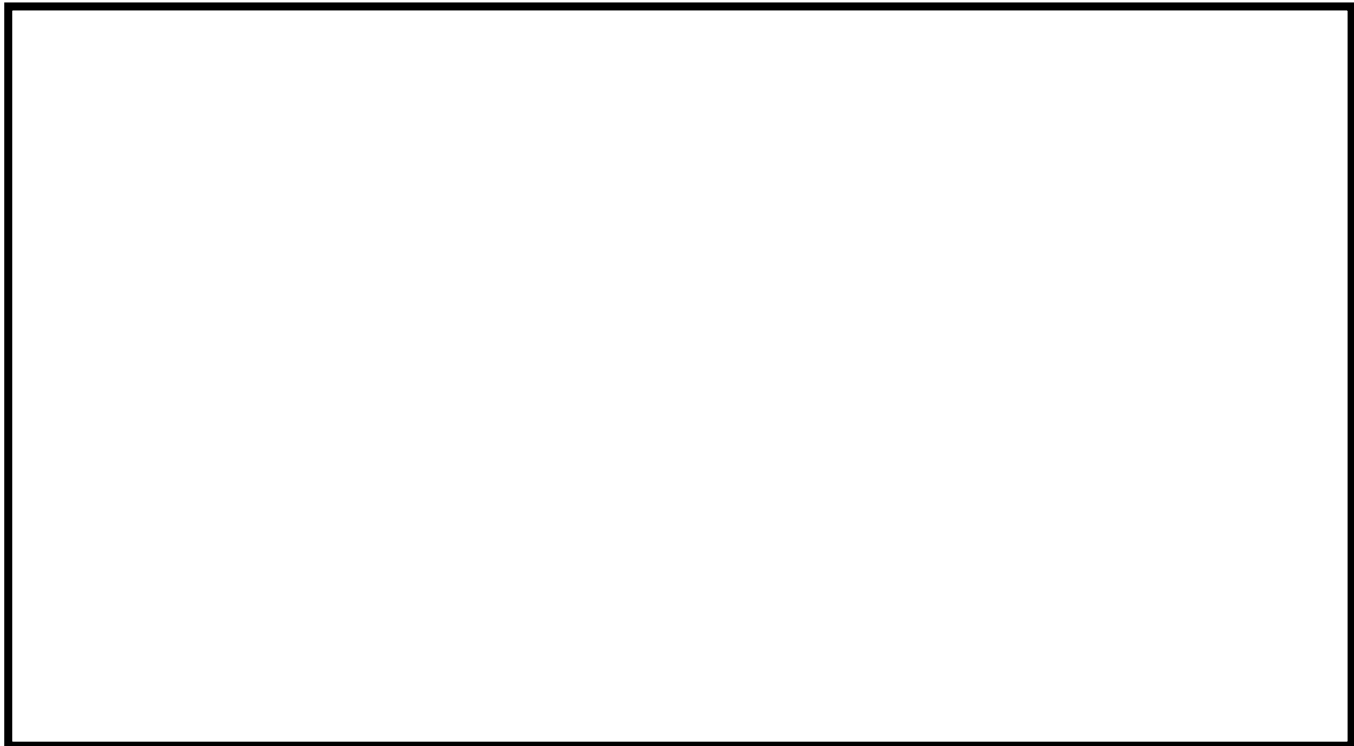
の影響を受けない設計としている。(3.1.3.2 変圧器の火災による発電用原子炉施設(屋上)への影響 参照)

以上のように、原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器に対しては、火災防護上の対策がなされていることから、安全施設への影響はないと考えられるが、以下では万が一火災が生じた場合の影響評価を実施する。

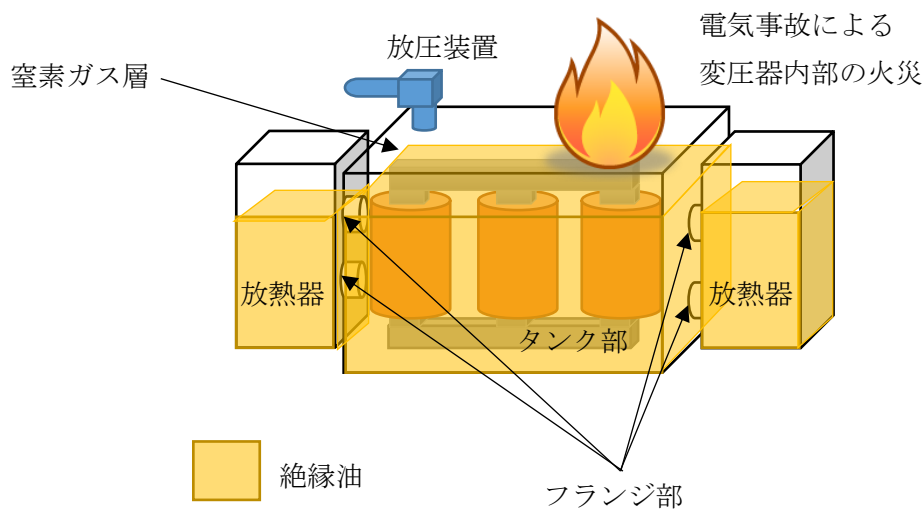
単なる漏えいでは周囲に火源がないことから、火災には至らない。したがって、火災としては、地絡、短絡等電気事故に伴うものが考えられるが、事故時には保護継電器が作動し事故電流を遮断し、仮に過熱により内圧が上昇した場合でも変圧器上部に設置した放圧装置により放圧する構造であるため、タンクは損傷には至らず、変圧器上部での火災となる。放圧する場合でも変圧器内は窒素ガスが封入されており変圧器上部には窒素ガスの層があることと、受け容器へ導かれることから油が吹き出すことはない。燃焼する位置は、酸素供給の観点から放圧装置等が設置されている上部が考えられ、この場合、タンクの貫通部である放熱器フランジについては、液位が高い間には絶縁油の液相部に浸っており火炎にさらされないことから、著しい漏えいは生じない。(第3.1.3-2 図)

以上を踏まえ、変圧器は設計基準地震動に対して漏えいしない設計としており、複数台の同時火災は想定されないため、変圧器1台の投影面積での火災を想定し評価する。

防護上の観点又は機密に係わる事項を含むため、公開できません



第3.1.3-1 図 変圧器・防油堰配置



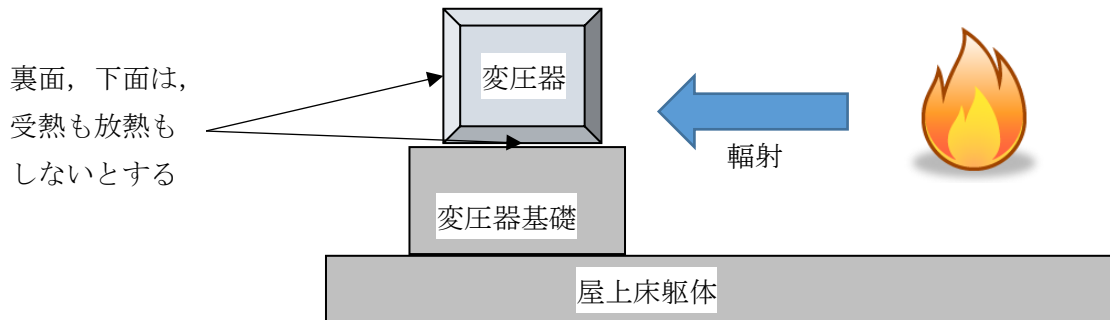
第 3. 1. 3-2 図 変圧器火災の概要図

3. 1. 3. 1 変圧器の火災における延焼の危険性

原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器において、火災が起こったとしても周囲の変圧器に影響を及ぼさないことを評価するものである。

(1) 変圧器の火災の想定条件

- ・ 周囲への熱影響を考慮し、保有油量が最大である 6 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器の全面火災を想定する。
- ・ 配置上、油量が最大である 6 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器と向かい合い、油量が少なく最も接近している 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (A-1) 入力変圧器が輻射熱を受ける状態を想定する。受熱面は下面と裏面を除く全ての面とし、表面以外の面は発熱源に最も近い表面と同等の輻射熱を受けるものとする。また、輻射熱を受けない面は保守的に断熱とし、大気への放熱は輻射を受ける面 (下面と裏面を除く全ての面) からのみなされるものとする。(第 3. 1. 3. 1-1 図)
- ・ 発熱側・受熱側とも絶縁油を満載した状態を想定する。
- ・ 変圧器の近傍に配備している大型消火器による消火には期待しない。
- ・ 気象条件は無風状態とする。
- ・ 火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の 3 倍とする。



第 3.1.3.1-1 図 変圧器輻射影響範囲の概要図

(2) 評価対象範囲

評価対象範囲は，コントロール建屋の屋上に設置している全ての変圧器及び発電機とする。発熱側は油量が最も多く燃焼時間が長い 6 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器，受熱側は油量が少なく最も接近している 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (A-1) 入力変圧器とすることにより，他の変圧器等は本評価に包絡される。

(3) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 3.1.3.1-1 表 変圧器火災影響評価に必要なデータ

データの種類	内容
輻射発散度 [W/m ²]	燃焼する可燃物によって決まる定数 23.0 × 10 ³ [W/m ²] ※1 (重油) ※2
6 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器の投影面積 [m ²]	5.15 × 4.64 = 23.9 [m ²]
離隔距離 [m]	変圧器間の最短距離 4.1 [m]

※1：評価ガイド付属書 B より

※2：変圧器用の絶縁油はその元素成分に関する規格がないため，輻射発散度は物性の近い重油の値を使用する。

(4) 燃焼半径の算出

6 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器本体の全面火災により円筒火炎を生じることとし，燃焼面積は変圧器の投影面積に等しい

ものとする。したがって、燃焼半径は変圧器の投影面積を円筒の底面と仮定し算出する。

$$R = (S / \pi)^{0.5}$$

$$S : \text{投影面積 (火炎円筒の底面積)} = 23.9 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$R = (23.9 / \pi)^{0.5} = 2.75 \text{ [m]}$$

(5) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}, \quad v = \frac{M}{\rho}$$

t : 燃焼継続時間[s], V : 燃料量[m³], R : 燃焼半径[m], v : 燃焼速度[m/s]

M : 質量低下速度[kg/m²・s], ρ : 密度[kg/m³], m : 質量[kg]

ここで、V=13.7[m³], M=0.035[kg/m²・s], ρ=960[kg/m³]として、燃焼継続時間を求めると、

$$v = 0.035 / 960 = 3.645 \times 10^{-5} \text{ [m/s]}$$

$$t = 13.7 / (23.9 \times 3.645 \times 10^{-5}) = 15708 \text{ [s]} = 4.36 \text{ [h]}$$

(6) 危険輻射強度の算出

6号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(B-2)入力変圧器の火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(A-1)入力変圧器が昇温されるものとする。輻射による入熱量と対流熱伝達による放熱量の差が変圧器の温度上昇に寄与することを表した下記の式から、重油の温度Tが200℃^{*1}となる危険輻射強度を求める。

$$C \frac{dT}{dt} = \varepsilon E S_1 - h(T - T_{air}) S_2$$

T₀ : 変圧器初期温度[55℃], T_{air} : 外気温度 38[℃], E : 輻射強度[W/m²], ε : 7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(A-1)入力変圧器表面の放射率(0.9)^{**2}, h : 7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(A-1)入力変圧器表面熱伝達率[17W/m²K]^{**3}, S₁(=S₂) : 7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(A-1)入力変圧器受熱面積[m²], C : 7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(A-1)入力変圧器及び重油の熱容量[6.64 × 10⁶J/K]^{*1}, t : 燃焼継続時間[s]

※1: 変圧器用の絶縁油はその元素成分に関する規格がないため、物性値は重油の値を使用。絶縁油の品質記録に記載されている発火温度の最低値とする。

※2: 伝熱工学資料(変圧器の金属筐体は塗装仕上げされていることから、表面

の塗装に類似の塗装として「塗料（エナメル・白）」の値を用いる。非金属の放射率は金属より大きいため、非金属である塗料の値で評価することは保守的である。）

※3：空気調和・衛生工学便覧（外表面の熱伝達率は、受熱面の形状や周囲の環境条件を受け変化するが、一般的な値として垂直外壁面（変圧器の側面部に相当）、屋根面（変圧器の上面部に相当）の夏季、冬季の値が示されている。評価上放熱が少ない方が保守的であることから、これらのうち最も小さい値である 15kcal/m²h°CをSI単位に換算した 17W/m²Kを用いる。）

結果として、危険放射強度は以下になる。

$$E=7947[\text{W/m}^2]$$

(7) 形態係数の算出

火炎から任意の位置にある点（受熱点）の放射強度は、放射発散度に形態係数をかけた値となる。危険放射強度となる形態係数を算出する。

$$E_{\text{max}}=R_f \times \phi$$

E_{max} ：危険放射強度， R_f ：放射発散度， ϕ ：形態係数

第 3.1.3.1-2 表 形態係数の算出結果

7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (A-1)入力変圧器	
危険放射強度[W/m ²]	7.94 × 10 ³
放射発散度[W/m ²]	23 × 10 ³
形態係数	0.3455400

(8) 危険距離の算出

次の式から危険距離を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{(n-1)}}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\}$$

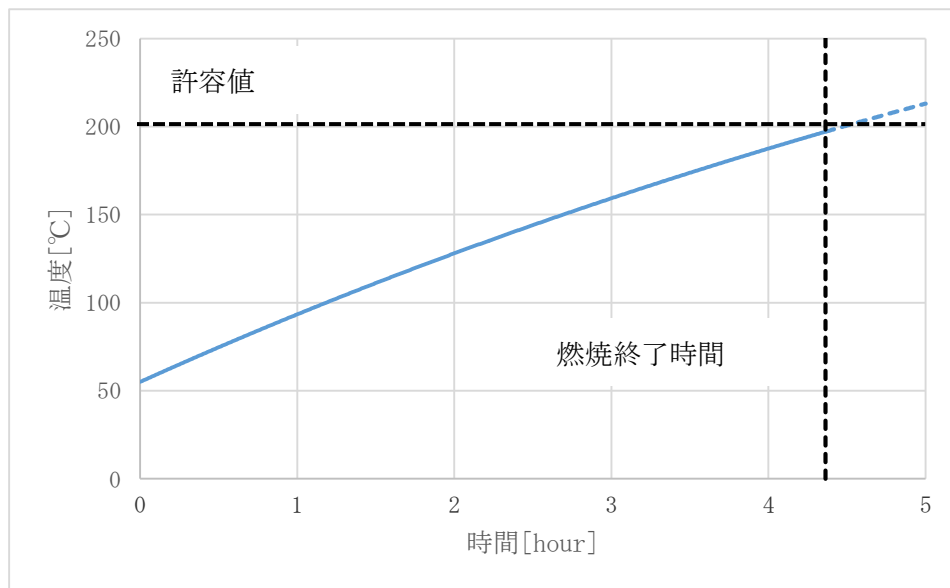
ただし、 $m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$

ϕ ：形態係数， L ：危険距離[m]， H ：火炎高さ[m]， R ：燃焼半径[m]

第 3.1.3.1-3 表 危険距離の算出結果

	7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (A-1)入力変圧器
形態係数	0.3455400
燃焼半径[m]	2.75
危険距離[m]	約 4.0

また、燃焼終了時点までの変圧器温度の推移を下図に示す。



第 3.1.3.1-2 図 変圧器絶縁油温度の推移

(9) 火災による熱影響の有無の評価

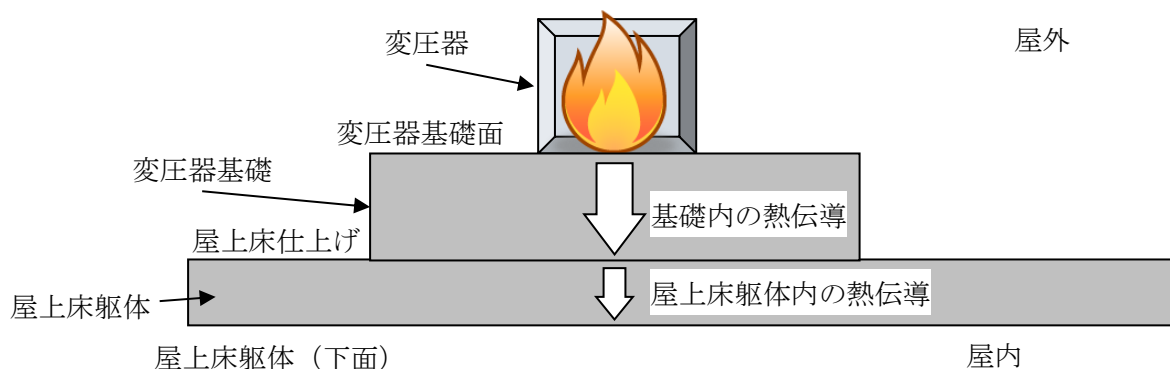
以上の結果から、6号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(B-2)入力変圧器において火災が発生した場合を想定したとしても、離隔距離(4.1m)が危険距離(約 4.0m)以上であることから、向かい合う他の変圧器等に影響を及ぼすことはないと評価できる。

3.1.3.2 変圧器の火災による発電用原子炉施設（屋上）への影響

(1) 変圧器の基礎への熱影響

火災が発生した時間から絶縁油が燃え尽きるまでの間、一定の火炎の熱で変圧器の基礎が昇温されるものとして、基礎への熱影響について評価する。

以下に概念図を示す。



第 3.1.3.2-1 図 変圧器基礎への熱影響

評価に必要なパラメータを示す。

第 3.1.3.2-1 表 変圧器火災影響評価に必要なパラメータ

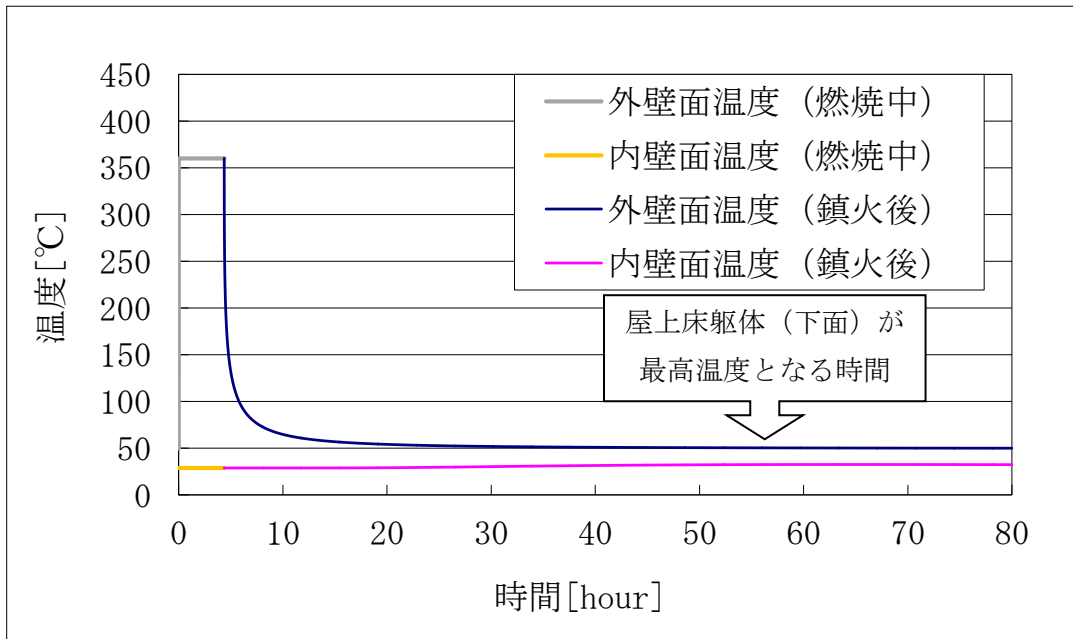
項目	パラメータ	備考
外気温度[°C]	50	日射の影響を考慮し設定
基礎面熱伝達率[W/m ² K]	34.883	コンクリートの基礎面熱伝達率
屋上床躯体（下面） 熱伝達率[W/m ² K]	3.4883	コンクリートの屋上床躯体（下面）熱伝達率
基礎・躯体の熱伝導率 [W/mK]	1.6279	コンクリートの熱伝導率
基礎・躯体の熱拡散率[m ² /s]	8.42 × 10 ⁻⁷	コンクリートの熱拡散率
基礎+躯体厚さ[m]	1.19	基礎（0.69m），躯体（0.50m）

以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて、基礎面から屋上床躯体（下面）までの温度を求める。

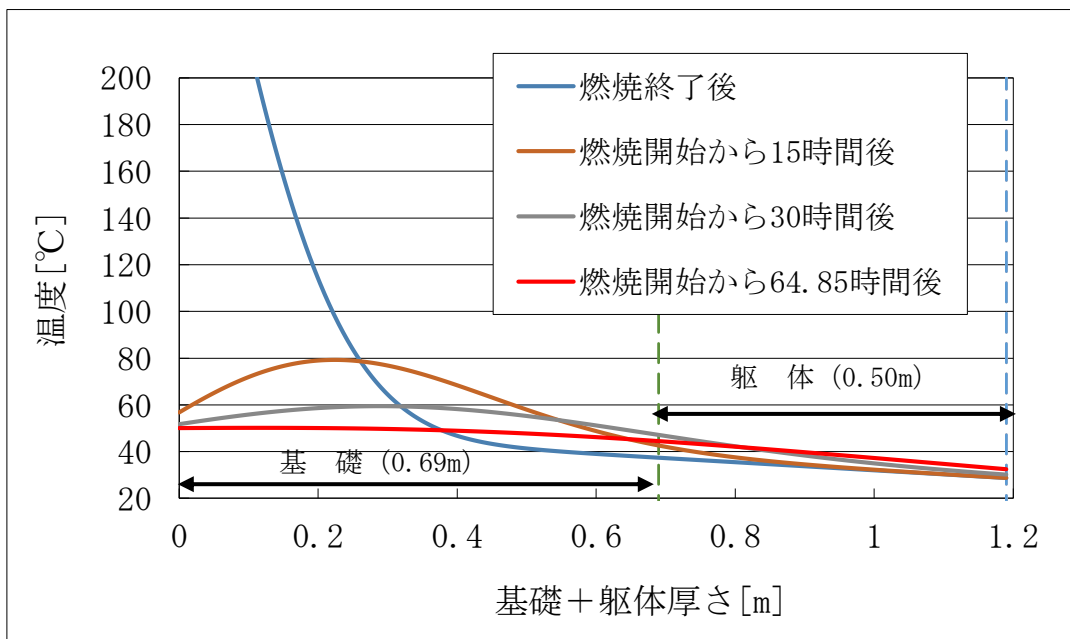
$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$$

T：温度， t ：時刻， x ：基礎面からの距離， α：熱拡散率

以下に評価結果を示す。



第 3. 1. 3. 2-2 図 基礎面・屋上床躯体（下面）の温度



第 3. 1. 3. 2-3 図 基礎・躯体内部の温度変化

第 3.1.3.2-2 表 変圧器基礎面の温度評価結果

6 号炉 (変圧器基礎面)	
項目	6 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(B-2)入力変圧器
火炎温度[°C]	360 ^{※1}
燃焼継続時間[hour]	4.36
基礎面温度[°C]	360 ^{※2} (51) ^{※3}
屋上床躯体(下面)温度[°C]	29 ^{※2} (33) ^{※3}
基礎・躯体境界温度[°C]	38 ^{※2} (45) ^{※3}
許容温度[°C]	200 ^{※4}

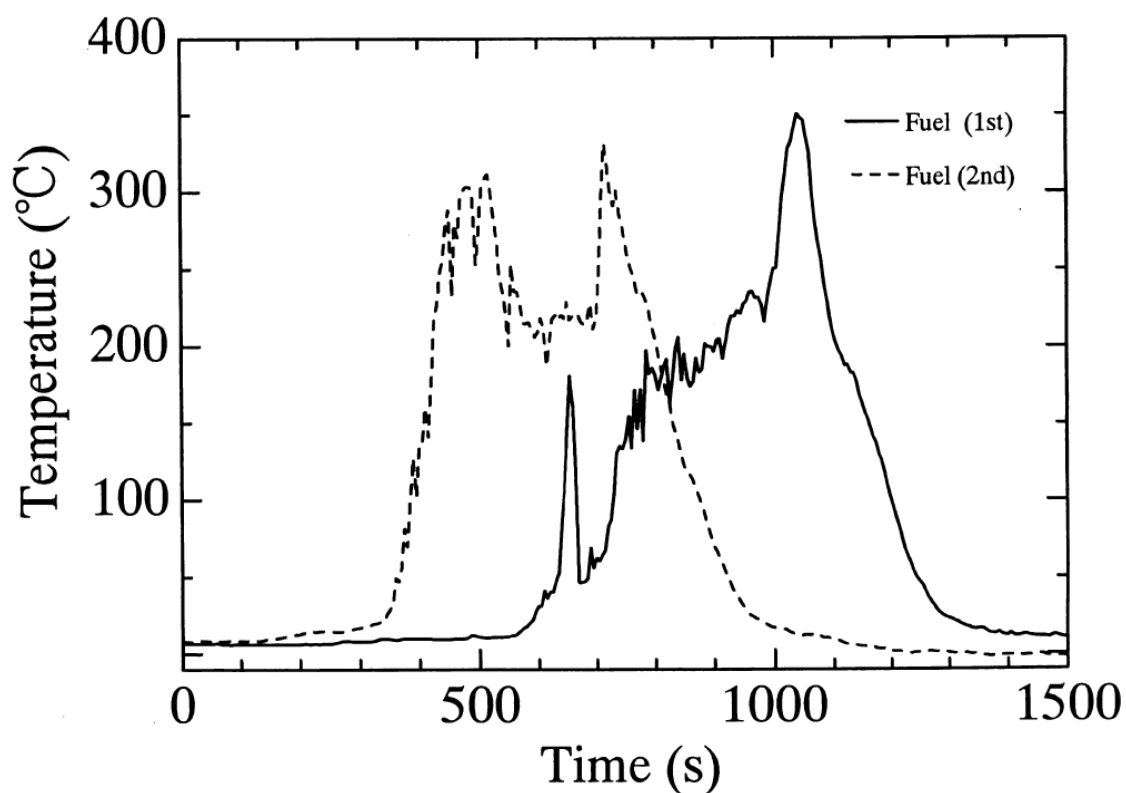
※1：絶縁油の沸点（出典：機械工学便覧）

※2：燃焼終了直後の温度

※3：屋上床躯体(下面)が最高温度に到達した時の温度(燃焼開始から約 64.8 時間後)

※4：コンクリートの許容限界温度

絶縁油の液面火災において、絶縁油(炎の直下の部分)の温度は沸点近傍で安定すると考えられることから、本評価では加熱温度として絶縁油の沸点を用いる。大規模石油タンクの燃焼に関する研究報告書(平成 11 年、自治省消防庁消防研究所)には、直径 10m のタンクの原油を燃焼させる実験を行った際の原油の温度が掲載されている(第 3.1.3.2-4 図)。これによると、最高温度は 350°C 程度である。

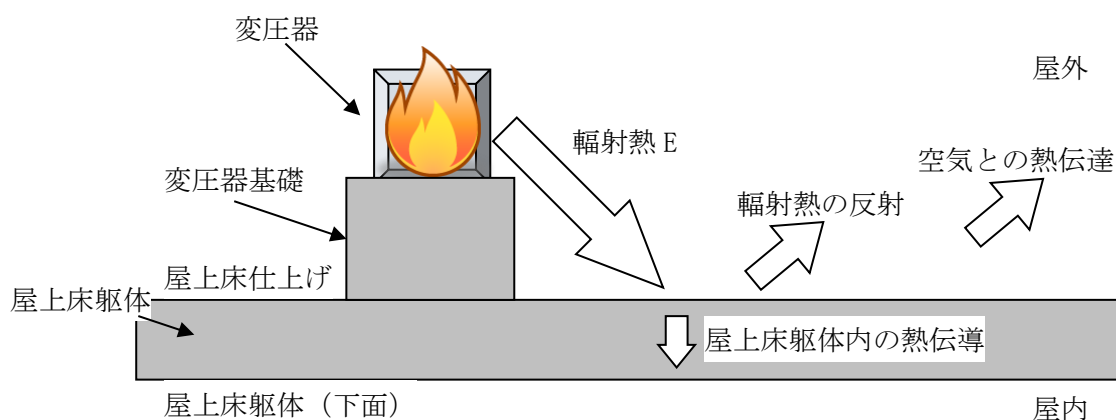


第 3.1.3.2-4 図 原油の温度変化（直径 10m のタンク）

評価の結果，基礎の表面（変圧器の設置面）より約 0.12m までコンクリートの許容限界温度を超えているが，屋上床躯体（下面）については許容限界温度を超えないことを確認した。

(2) コントロール建屋の屋上への熱影響

火災が発生した時間から絶縁油が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度でコントロール建屋の屋上面が昇温されるものとして，屋上への熱影響について評価する。



第 3. 1. 3. 2-5 図 建屋屋上への熱影響

評価に必要なパラメータを示す。

第 3. 1. 3. 2-3 表 変圧器火災影響評価に必要なパラメータ

項目	パラメータ	備考
外気温度[°C]	50	日射の影響を考慮し設定
屋上面熱伝達率[W/m ² K]	34. 883	コンクリートの屋上面熱伝達率
屋上床躯体（下面）熱伝達率[W/m ² K]	3. 4883	コンクリートの屋上床躯体（下面）熱伝達率
躯体の熱伝導率[W/mK]	1. 6279	コンクリートの熱伝導率
躯体の熱拡散率[m ² /s]	8. 42×10 ⁻⁷	コンクリートの熱拡散率
躯体厚さ[m]	0. 50	-

以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて、屋上床仕上げから屋上床躯体（下面）までの温度を求める。

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$$

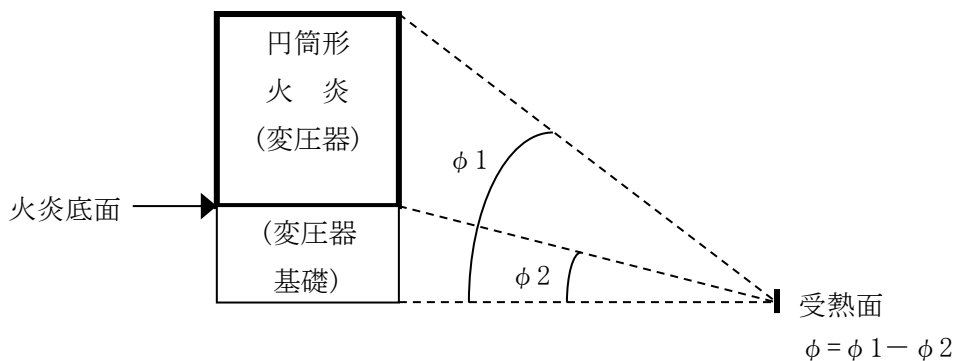
T : 温度, t : 時刻, x : 基礎面からの距離, α : 熱拡散率

なお、第 3. 1. 3. 2-6 図のように、受熱面が火炎底面と異なる高さにあることから、「石油コンビナートの防災アセスメント指針」より、下記の考え方にに基づき形態係数を算出し輻射強度を求める。

$$\phi = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

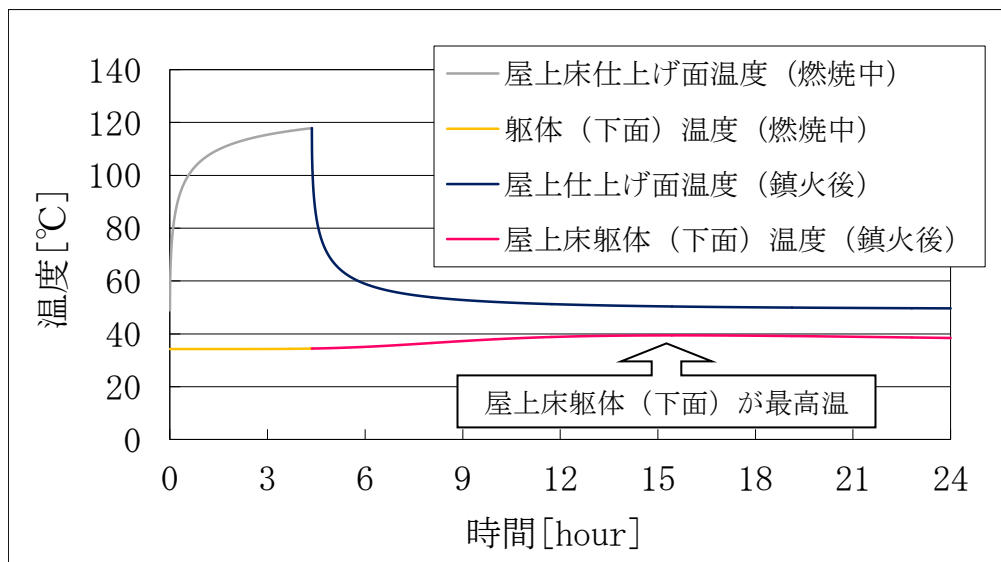
ただし, $m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$

ϕ : 形態係数, L : 危険距離[m], H : 火炎高さ[m], R : 燃焼半径[m]

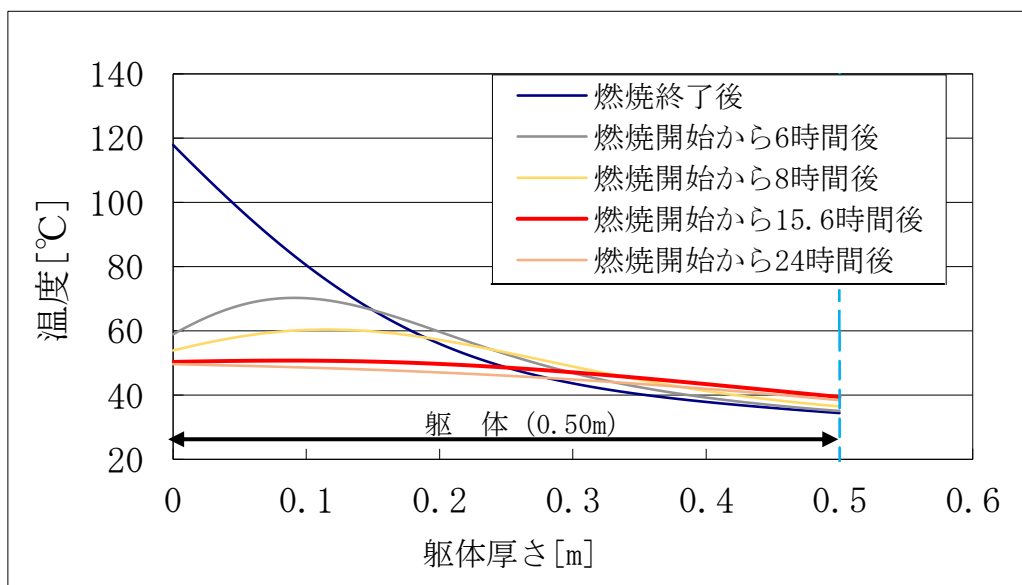


第 3. 1. 3. 2-6 図 受熱面の高さによる形態係数

以下に評価結果を示す。



第 3. 1. 3. 2-7 図 基礎面・屋上床躯体 (下面) の温度



第 3.1.3.2-8 図 躯体内部の温度変化

第 3.1.3.2-4 表 屋上床仕上げ面の温度評価結果

6 号炉 (屋上床仕上げ面)	
項目	6 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置 (B-2) 入力変圧器
輻射強度 [W/m ²]	3.91 × 10 ³
燃焼継続時間 [hour]	4.36
屋上床仕上げ面温度 [°C]	118 ^{*1} (51) ^{*2}
屋上床躯体 (下面) 温度 [°C]	35 ^{*1} (40) ^{*2}
許容温度 [°C]	200 ^{*3}

※1：燃焼終了直後の温度

※2：屋上床躯体 (下面) が最高温度に到達した時の温度 (燃焼開始から約 15.6 時間後)

※3：コンクリートの許容限界温度

評価の結果、屋上床躯体 (下面) の温度は燃焼開始から約 15.6 時間後に最高温度に到達しているが、コンクリートの許容限界温度を超えないことを確認した。

ただし、屋上床躯体 (下面) の温度上昇が確認されたことから、変圧器の下部に位置する中央制御室換気空調機室について、内気の温度評価を実施する。なお、変圧器基礎面からの入熱による内気の温度上昇については、その面積が小さく内気への影響は限定的であることから、屋上床仕上げからの入熱による内気の温度評価に包絡される。

(3) 屋上設置機器への影響

コントロール建屋屋上階に設置する無線連絡設備及び衛星電話設備のアンテナについては、原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器に対して3. のとおり火災に対する各種対策が取られていることから熱影響を受けるおそれはない。また、万が一変圧器火災が発生し熱影響を受けた場合であっても、送受信器、電力保安通信用電話設備の有線系回線が使用可能であることから、必要な通信連絡の機能は維持される。

3.1.3.3 変圧器の下部に位置している中央制御室換気空調機室への影響

屋上床仕上げ面からの入熱による影響

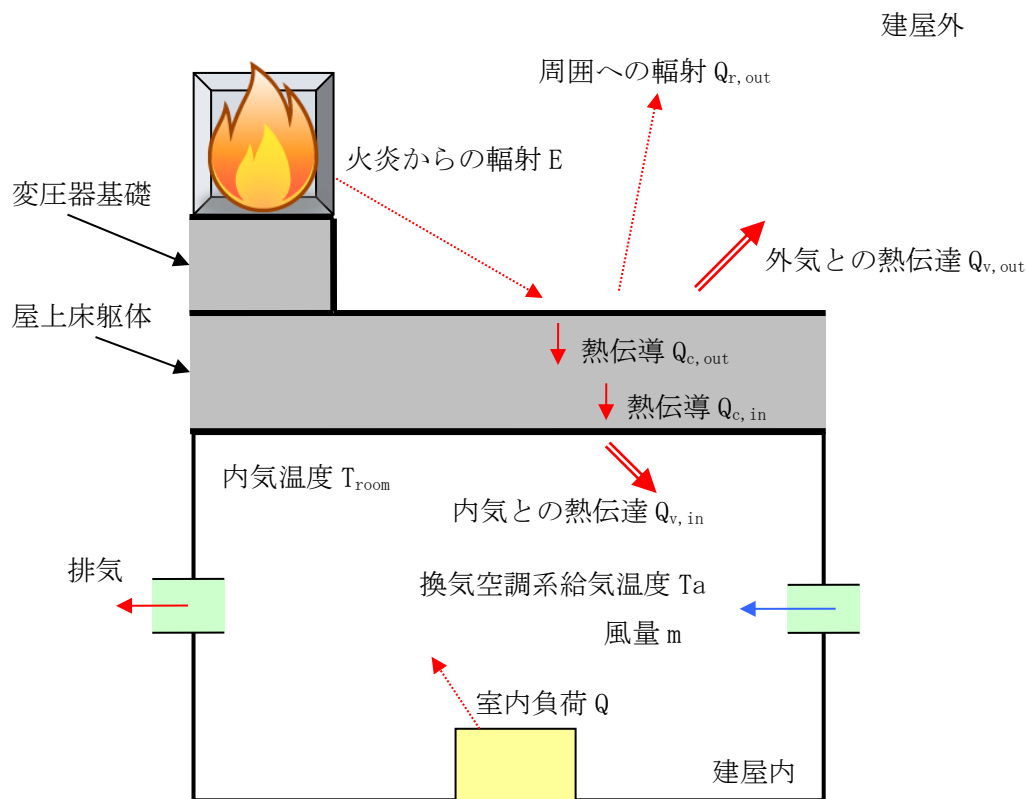
変圧器の下部に位置している中央制御室換気空調機室内の機器等への影響について評価する。

第3.1.3.3-1図に概念図を示す。

外壁及び内壁面温度上昇に伴う熱負荷 ($Q_{v, in}$) は次式で計算される。

$$Q_{v, in} = h_{in} A (T_{in} - T_{room})$$

h_{in} : 内壁面熱伝達率, A : 内壁の表面積, T_{in} : 内壁面温度, T_{room} : 内気温度



第3.1.3.3-1図 伝熱の概念図

以下に評価結果を示す。

第 3.1.3.3-1 表 建屋内気温度の評価結果

6号炉中央制御室換気空調機室評価（建屋内気温度）	
項目	6号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置(B-2)入力変圧器（屋上面）
内気温度[°C]	38 ^{※1}
許容温度[°C]	40 ^{※2}

※1：燃焼終了後も含めた最高温度

※2：中央制御室換気空調機室の最高使用温度

評価の結果、燃焼終了後の温度上昇を踏まえたとしても、内気温度は最高で約 38°C となり、室内設備の最高使用温度 40°C を下回ることを確認した。

3.1.4 まとめ

以上の結果から、コントロール建屋の屋上に設置している変圧器の火災を想定した場合、変圧器の基礎面は許容限界温度を超えるものの、屋上床躯体については許容限界温度を下回ることから、建屋の強度に対する熱影響はないと評価する。

また、変圧器の下部に位置している中央制御室換気空調機室の内気温度は最高でも約 38°C であり、室内にある設備の最高使用温度を下回ることから、熱影響はないと評価する。

第 3.2-1 表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
危険限界距離[m]	ガス爆発の爆風圧が 10kPa 以下になる距離

(3) 評価対象範囲

評価対象範囲は発電所構内で出火する水素トレーラーとする。

(4) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 3.2-2 表 水素爆発の評価条件

データ種類	内容
水素の K 値	コンビナート等保安規則第 5 条別表第二に掲げる数値 K=2860000
貯蔵設備又は処理設備の W 値	コンビナート等保安規則第 5 条貯蔵設備又は処理設備の区分に応じて次に掲げる数値 貯蔵設備：液化ガスの貯蔵設備にあつては貯蔵能力（単位：トン）の数値の平方根の数値（貯蔵能力が一トン未満のものにあつては、貯蔵能力（単位：トン）の数値）、圧縮ガスの貯蔵設備にあつては貯蔵能力（単位：立方メートル）を当該ガスの常用の温度及び圧力におけるガスの質量（単位：トン）に換算して得られた数値の平方根の数値（換算して得られた数値が一未満のものにあつては、当該換算して得られた数値） 処理設備：処理設備内にあるガスの質量（単位：トン）の数値 W=1.25 ^{1/2} =1.12
離隔距離[m]	水素ガストレーラーから発電用原子炉施設までの距離 約 1,645[m]

(5) W 値の算出

水素トレーラーの最大積載量を貯蔵能力とし、W 値を算出する。

積載量（貯蔵能力）=13987[m³]=1.25[t]

W=1.25^{1/2}=1.12

(6) 危険限界距離の算出

次の式から危険限界距離を算出する。ここで算出した危険限界距離が水素トレーラーと発電用原子炉施設の間に必要な離隔距離となる。

$$X = 0.04\lambda \cdot \sqrt[3]{K \times W}$$

X : 危険限界距離[m], λ : 換算距離 $14.4[m \cdot kg^{-1/3}]$, K : 水素の定数, W : 設備定数

K=2860000, W=1.12 として, 危険限界距離を求める。

X=約 85[m]

(7) 爆発による影響評価結果

以上の結果から, 水素トレーラーにおいて爆発が発生した場合を想定したとしても, 離隔距離(約 1645m)が危険限界距離(約 85m)以上であることから, 外部事象防護対象施設を内包する発電用原子炉施設に爆風圧による影響はないと判断する。

4. 構内危険物タンク等における延焼の危険性について

4.1 軽油タンクの火災

軽油タンク近傍で危険物を保管している設備はなく, 現場作業に伴い「屋外の危険物保管」や「火気の使用」をする場合は, 社内文書に基づき危険物や火気を管理した状態で取り扱っている。また, 防火の観点から定期的なパトロール等にて現場の状況を確認している。

以上により, 軽油タンクの火災を想定したとしても周囲の可燃物への引火の可能性は低いと評価する。

4.2 車両(可搬型重大事故等対処設備)等の火災

4.2.1 車両(可搬型重大事故等対処設備)等の延焼

可搬型重大事故等対処設備保管場所等(以下「保管所等」という。)において, 車両(可搬型重大事故等対処設備)の火災が起こったとしても周囲の車両に影響を及ぼさないことを評価するものである。

なお, 保管所等の一部は防火帯に近接しているが, 当該箇所における森林火災時の放射熱強度は火線強度が最大となったケース 2 において最大でも $1.7kW/m^2$ **程度であり, 車両が延焼するような輻射強度ではないことを確認している。

なお, 保管所近傍における森林火災の燃焼継続時間(約 14 時間)のうち, 保管所において, 人が長時間さらされても苦痛を感じない放射熱(輻射)強度である $1.6kW/m^2$ を超えている時間は数十秒程度である。

※:石油コンビナート等防災アセスメント指針では, 人が長時間さらされても苦痛を感じない放射熱強度を $1.6 kW/m^2$ としている。

(1) 車両(可搬型重大事故等対処設備)等の火災の想定条件

- ・ 周囲への熱影響を考慮し, 燃料積載量の大きい第一ガスタービン発電機

車（GTG 用燃料タンク）の火災を想定する。

- 燃焼する第一ガスタービン発電機車（GTG 用燃料タンク）からの輻射熱を受けやすくするため、第一ガスタービン発電機車の走行用燃料タンクが向かい合う状態を想定する。第一ガスタービン発電機車の走行用燃料タンクの受熱面は裏面を除く全ての面とし、表面以外の面は発熱源に最も近い表面と同等の輻射熱を受けるものとする。
- 発熱側となる第一ガスタービン発電機車は燃料を満載し、受熱側となる第一ガスタービン発電機車は燃料量を 1/2 とする（受熱側の熱容量を小さくすることにより、燃料の温度が上昇しやすい状態とする）。
- 車両に積載している燃料は軽油とする。
- タンクローリと異なり大容量の燃料タンクではないことから、第一ガスタービン発電機車の GTG 用燃料タンクの全面火災を想定する。
- 第一ガスタービン発電機車は、2 基（同容量）の GTG 用燃料タンクが近接した状態で配置されていることから、タンクの同時火災を想定する。
- 気象条件は無風状態とする。
- 火災は円筒火災をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の 3 倍とする。

(2) 評価対象範囲

評価対象範囲は、輻射熱の影響を考慮し燃料タンクが露出している車両（第一ガスタービン発電機車、電源車）とする。発熱側は燃料積載量の最も大きい第一ガスタービン発電機車（GTG 用燃料タンク）、受熱側は熱容量の最も小さい第一ガスタービン発電機車（走行用燃料タンク）とすることにより、他の車両は本評価に包絡される。なお、消防車等は、燃料タンクが露出しておらず、輻射熱の影響を受けないことから評価対象外とする。

(3) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 4.2.1-1 表 ガスタービン発電機車火災影響評価に必要なデータ

データの種類	内容
輻射発散度[W/m ²] ¹⁾	燃焼する可燃物によって決まる定数 42×10 ³ [W/m ²]（軽油）
燃料タンクの投影面積[m ²]	第一ガスタービン発電機車(GTG 用燃料タンク 2 基分) 0.84×0.6×2=1.0[m ²]
離隔距離[m]	第一ガスタービン発電機車間の最短距離 5[m]

1) 評価ガイド付属書 B より

(4) 燃焼半径の算出

第一ガスタービン発電機車の火災においては様々な燃焼範囲の形態が想定されるが、円筒火炎を生ずるものとする。ここでの燃焼面積は、GTG用燃料タンク（2基）の投影面積に等しいものとする。したがって、燃焼半径 R[m]はGTG用燃料タンクの投影面積を円筒の底面と仮定し算出する。

$$R = (S / \pi)^{0.5}$$

$$S : \text{発電用燃料タンクの投影面積（火炎円筒の底面積）} = 1.0 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$R = (1.0 / \pi)^{0.5} = 0.56 \text{ [m]}$$

(5) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}, \quad v = \frac{M}{\rho}$$

t : 燃焼継続時間[s], V : 燃料量[m³], R : 燃焼半径[m], v : 燃焼速度[m/s]

M : 質量低下速度[kg/m²・s], ρ : 密度[kg/m³], m : 質量[kg]

ここで、V=0.4[m³], M=0.044[kg/m²・s], ρ=918[kg/m³]として、燃焼継続時間を求めると、

$$v = 0.044 / 918 = 4.793 \times 10^{-5} \text{ [m/s]}$$

$$t = 0.4 / (1.0 \times 4.793 \times 10^{-5}) = 8279 \text{ [s]} = 2.29 \text{ [h]}$$

(6) 危険輻射強度の算出

第一ガスタービン発電機車（GTG用燃料タンク）の火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で第一ガスタービン発電機車（走行用燃料タンク）が昇温されるものとして、下記の式より燃料である軽油の温度 T が 225℃となる危険輻射強度を求める。

$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E S t}{C + h S t}$$

T₀ : 初期温度[38℃], E : 輻射強度[W/m²], ε : 走行用燃料タンク表面の放射率(0.96)^{※1}, h : 走行用燃料タンク表面熱伝達率[17W/m²K]^{※2}, S : 走行用燃料タンク受熱面積[m²], C : 走行用燃料タンク及び軽油の熱容量[8.92×10⁴J/K], t : 燃焼継続時間[s]

※1 : 伝熱工学資料, ※2 : 空気調和・衛生工学便覧

$$E = 4948 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

(7) 形態係数の算出

火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は、輻射発散度に形態係数をかけた値となる。危険輻射強度となる形態係数を算出する。

$$E_{\max} = R_f \times \phi$$

E_{\max} : 危険輻射強度, R_f : 輻射発散度, ϕ : 形態係数

第 4.2.1-2 表 形態係数の算出結果

第一ガスタービン発電機車（走行用燃料タンク）	
危険輻射強度 [W/m ²]	4.94 × 10 ³
輻射発散度 [W/m ²]	42 × 10 ³
形態係数	0.1178306

(8) 危険距離の算出

次の式から危険距離を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi m} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{(n-1)}}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし, $m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$

ϕ : 形態係数, L : 危険距離 [m], H : 火炎高さ [m], R : 燃焼半径 [m]

第 4.2.1-3 表 危険距離の算出結果

第一ガスタービン発電機車（走行用燃料タンク）	
形態係数	0.1178306
燃焼半径 [m]	0.56
危険距離 [m]	1.8

(9) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から、第一ガスタービン発電機車の GTG 用燃料タンクにおいて火災が発生した場合を想定したとしても、離隔距離(5m)が危険距離(1.8m)以上であることから、向かい合う他の第一ガスタービン発電機車に影響をおよぼすことはないと評価できる。

また、他の車両についても離隔距離が 2m 以上あることから、周囲の車両（可搬型重大事故等対処設備）に影響をおよぼすことはないと評価できる。

4.2.2 第一ガスタービン発電機の火災

(1) 火災延焼の影響

第一ガスタービン発電機の発電機車の GTG 用燃料タンクにおいて火災が発生し

た場合を想定したとしても、「4.2.1」と同様に危険距離（1.8m）以上の離隔距離（5m）を確保することから、隣接するガスタービン発電機への影響はない。

(2) アクセスルートへの影響

第一ガスタービン発電機車はアクセスルートに近接しているが、隣接道路への離隔距離は5m以上確保する。第一ガスタービン発電機車のGTG用燃料タンクの火災を想定した場合、離隔距離5mでの輻射強度は 1.1kW/m^2 **程度であり、車両等の通行に影響を及ぼすことはない。評価条件及び結果について、次表に示す。

第4.2.2-1表 アクセスルートへの火災影響評価結果

	第一ガスタービン発電機車近傍アクセスルート
燃焼半径[m]	0.56
離隔距離[m]	5
形態係数	0.0247444
輻射発散度 $[\text{W/m}^2]$	42×10^3
輻射強度 $[\text{W/m}^2]$	1.04×10^3

※：石油コンビナートの防災アセスメント指針では、人が長時間さらされても苦痛を感じない放射熱（輻射）強度を 1.6kW/m^2 としている。

(3) 7号炉主変圧器火災の影響

第一ガスタービン発電機車から離隔距離約72mの場所に7号炉主変圧器を設置していることから、「3.1 変圧器の火災影響評価について」における7号炉主変圧器の評価と同様に、第一ガスタービン発電機車近傍の輻射強度評価を実施したところ、 0.5kW/m^2 **程度であり、操作への影響はない。評価条件及び結果について、次表に示す。

第4.2.2-2表 7号炉主変圧器への火災影響評価結果

	第一ガスタービン発電機車
燃焼半径[m]	7.03
離隔距離[m]	72
形態係数	0.0185608
輻射発散度 $[\text{W/m}^2]$	23×10^3
輻射強度 $[\text{W/m}^2]$	0.43×10^3

※：石油コンビナートの防災アセスメント指針では、人が長時間さらされても苦痛を感じない放射熱（輻射）強度を 1.6kW/m^2 としている。

5. 発電用原子炉施設の外壁に設置されている機器の火災影響評価

発電用原子炉施設の外壁に設置されている機器（防護扉等）については、外部火災の熱影響を受けやすいことから、これらの機器について、火災影響評価を実施する。

5.1 評価対象範囲

評価対象は、発電用原子炉施設の外壁に設置されている機器のうち、外部火災の熱影響を受ける以下の機器とする。

- ・ 防護扉
- ・ ルーバ（換気空調系の給・排気口）
- ・ 配管貫通部
- ・ ブローアウトパネル

なお、複数設置されているこれらの機器のうち、最も熱影響を受ける位置にあるもの（発熱源に近く、機器本体だけでなく建屋内部へ熱影響が及ぶ可能性のあるもの）を評価することによって、その他の機器は本評価に包絡される。

発熱源は、火災時の輻射強度が大きい軽油タンク、変圧器、航空機とするが、建屋内への熱影響が確認された場合は内気温度についても評価する。

5.2 防護扉の火災影響評価について

5.2.1 防護扉の温度評価

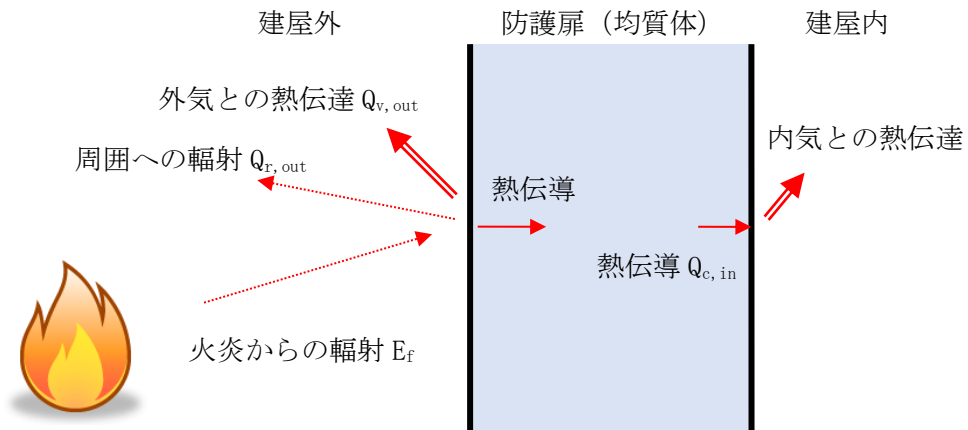
(1) 評価対象

防護扉のうち、軽油タンクに最も近く、輻射強度が最も大きくなる 6 号炉非常用ディーゼル発電機 (C) 室の防護扉を評価対象とする。

(2) 想定条件

- ・ 軽油タンクの火災については、添付資料-6「2. 構内危険物タンクの火災影響評価」と同様の想定とする。
- ・ 防護扉は、保守的に、扉外面の最も熱影響を受けやすい金属を防護扉の構造材（均質体）とする。
- ・ 火災が発生した時間から、燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度を受けるものとする。

以下に、概念図を示す。



第 5.2.1-1 図 伝熱の概念図

(3) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 5.2.1-1 表 軽油タンク火災影響評価に必要なデータ

項目	パラメータ	備考
扉材質		-
外気温度[°C]	50	太陽輻射を考慮
内気温度[°C]	33.3	夏期換算値
外面熱伝達率[W/(m ² ・K)]	第 5.2.1-2 図参照	自然対流熱伝達率 (Bayley の式)
内面熱伝達率[W/(m ² ・K)]	第 5.2.1-2 図参照	自然対流熱伝達率 (Bayley の式)
扉の熱伝導率[W/(m・K)]		
扉の厚さ[m]		-
外面放射率(吸収率)[-]	0.9	伝熱工学資料
内面放射率[-]	0	輻射放熱はゼロとする。
扉の熱拡散率[m ² /s]		
シュテファン・ボルツマン定数[W/(m ² ・K)]	5.67×10 ⁻⁸	伝熱工学資料

Bayley の式

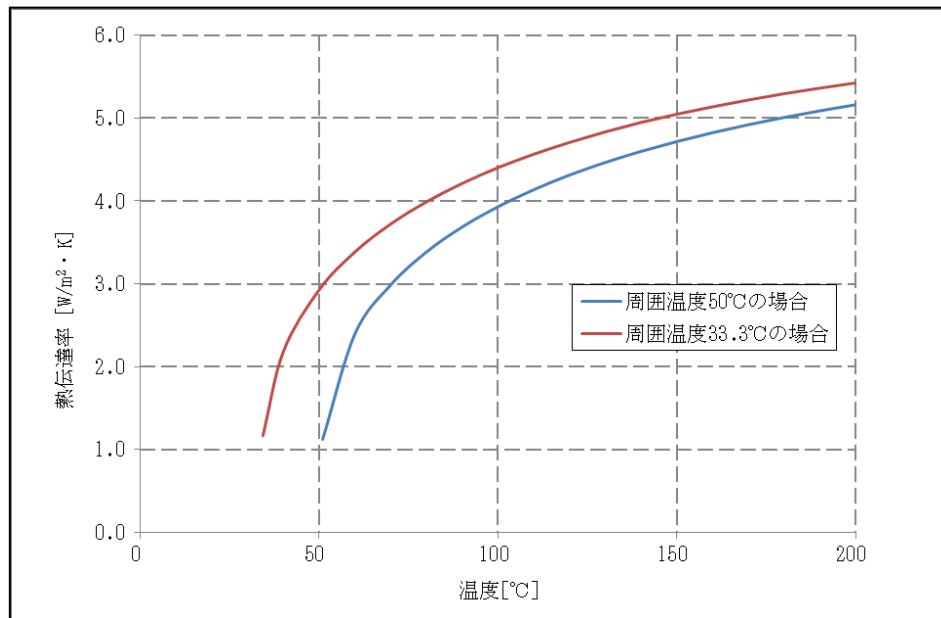
$$Nu \equiv h \cdot x / \lambda = 0.10 Ra^{1/3}$$

$$(2 \times 10^9 \leq Ra \equiv g \cdot \beta(T - T_{out}) \cdot x^3 / \nu^2 \cdot Pr \leq 10^{12})$$

より、自然対流熱伝達率 h は次式から求められる。

$$h = 0.10 \lambda (g \cdot \beta(T - T_{out}) \cdot Pr / \nu^2)^{1/3}$$

λ : 空気の境膜平均温度 (扉面温度 T と周囲流体温度 T_{out} の平均値) での熱伝導率 $[W/(m \cdot K)]$, g : 重力加速度 $[m/s^2]$, β : 空気の境膜平均温度での熱膨張率 $[1/K]$, Pr : 空気の境膜平均温度でのプラントル数 $[-]$, ν : 空気の境膜平均温度での動粘性率 $[m^2/s]$



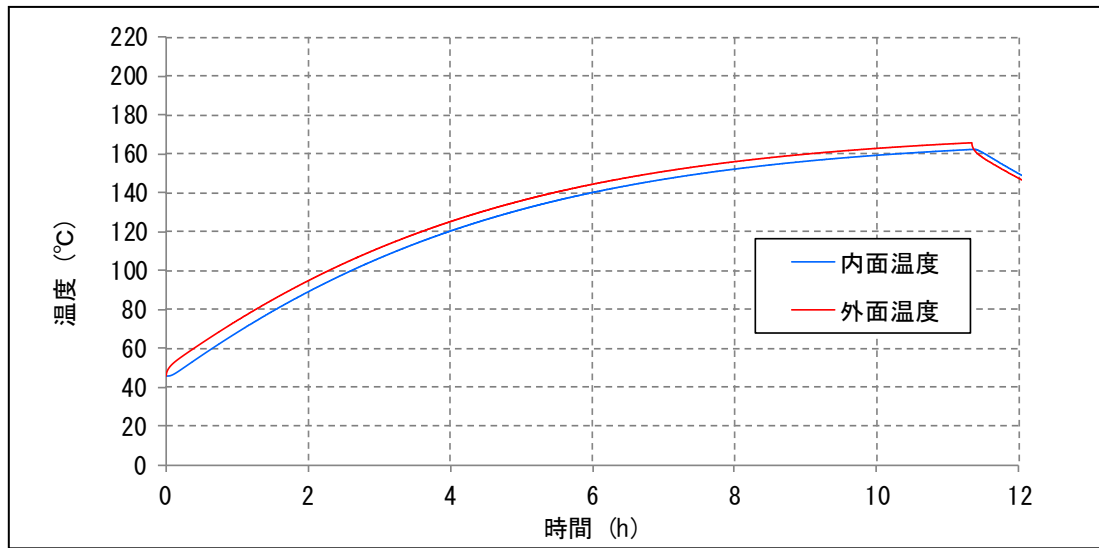
第 5.2.1-2 図 自然対流熱伝達 (Bayley の式)

(4) 防護扉の内外面温度と膨張量の算出

以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて、防護扉外面及び内面温度を求める。

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$$

T : 温度, t : 時刻, x : 防護扉における外面からの距離, α : 熱拡散率



第 5.2.1-3 図 防護扉の外面及び内面温度

(5) 熱影響の有無の評価

評価の結果、軽油タンク火災による防護扉の最高温度は、扉外面 165.5°C、扉内面 161.9°Cとなった。

なお、建屋内の防火扉は、耐火試験を実施しており、IS0834 規格に従い、最終的に 1000°Cを超える加熱に対して、3 時間の耐火性能^{*}があることを確認している。これに対し、防護扉は建屋内の防火扉よりも頑健性があり、同等以上の耐火性能を有していることから熱影響はないと評価する。

※：非加熱面での 10 秒を超えて継続する火災の噴出、発炎及び隙間を生じないこと。

5.2.2 6号炉非常用ディーゼル発電機 (C) 室の内気温度評価<待機時>

防護扉の内面温度上昇を確認したため、6号炉非常用ディーゼル発電機 (C) 室(以下「評価対象室」という。)の内気温度を算出し、室内に設置している機器等への影響について評価する。なお、非常用ディーゼル発電機は待機状態とする。

(1) 評価条件

- ・火災が発生した時間から、燃料が燃え尽きるまでの間、扉内面温度 161.9°C一定としたときの放熱量を評価対象室への入熱とする。
- ・より現実的な評価として、評価対象室に隣接する壁、床、天井への放熱を考慮する。
- ・隣接室については、隣接する壁、床、天井への放熱を考慮しないものとする。
- ・隣接室の内気温度評価は、評価対象室の放熱面積と隣接室の室内負荷が

(2) 建屋内の温度評価

内気温度は、火災による防護扉内面温度上昇に伴う熱負荷と室内の熱負荷及び周囲壁と空調による除熱を考慮し、次式で求める。

$$T'_R = T_R + \frac{Q_1 + Q_D - Q_v - Q_{HR}}{C_a} \cdot t$$

T_R : 初期内気温度, Q_1 : 室内負荷, Q_D : 防護扉内面温度上昇に伴う熱負荷 (内気との熱伝達), Q_v : 空調による除熱量, Q_{HR} : 隣接室への放熱量, C_a : 室内空気の熱容量, t : 時刻

隣接室の内気温度については、隣接室への放熱量と室内の熱負荷及び換気空調系による除熱を考慮し、次式より求める。

$$T_n = \frac{Q_2 + Q_{HR}}{m\rho C} + T_a$$

Q_2 : 室内負荷, m : 風量, ρ : 空気密度, C : 空気比熱, T_a : 換気空調系給気温度

以下に評価結果を示す。

第 5.2.2-1 表 建屋内の温度評価結果 (待機時)

	6号炉非常用ディーゼル発電機(C)室 (評価対象室)	6号炉非常用ディーゼル発電機(C)制御盤室 (隣接室)
内気温度[°C]	37	33 ^{※1}
許容温度[°C]	45 ^{※2}	40 ^{※3}

※1: 評価対象室より室内負荷が小さく、初期内気温度は 28.5[°C]

※2: 室内の電気設備 (非常用ディーゼル発電機) の最高使用温度

※3: 室内の電気設備 (制御盤) の最高使用温度

評価の結果、6号炉非常用ディーゼル発電機 (C) 室は 37°C、隣接室 (非常用ディーゼル発電機制御盤室) の室温は 33°C となり、それぞれ、許容温度を下回ることを確認した。

(3) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から、軽油タンク火災による防護扉の加熱を想定したとしても、建屋内の 6号炉非常用ディーゼル発電機 (C) 室、及びその隣接室の内気温度が、ともに許容温度を超えないことから、発電用原子炉施設の建屋内への熱影響はない。

なお、防護扉のほかに外壁からの入熱もあるが、短期的には防護扉からの入熱が支配的であるため、この間の内気温度から室内への熱影響を評価できる (壁厚が厚い場合、外壁からの入熱は一時的に壁内に蓄えられ、一定時間経過後から長時間に亘って建屋内に放熱されるが、単位時間当たりの放熱量は小さく換気空調

系での除熱が可能)。

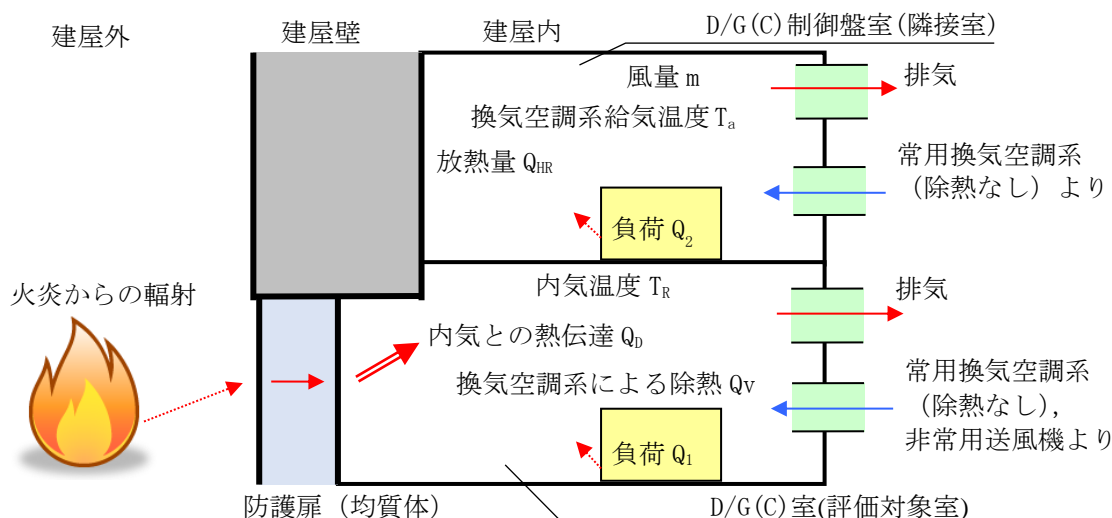
5.2.3 6号炉非常用ディーゼル発電機 (C) 室の内気温度評価<運転時>

6号炉非常用ディーゼル発電機 (C) へ燃料を供給している軽油タンクの火災を想定しているため、ここでは、建屋内に設置されているディタンクからの燃料供給により、非常用ディーゼル発電機を運転している状態とし、その時の内気温度を算出、室内に設置している機器等への影響について評価する。

(1) 評価条件

- ・火災が発生した時間から、燃料が燃え尽きるまでの間、扉内面温度161.9℃一定としたときの放熱量を評価対象室への入熱とする。
- ・評価対象室から隣接室への熱影響を評価するため、評価対象室から壁、床、天井への放熱を考慮する。
- ・隣接室については、隣接する壁、床、天井への放熱を考慮しないものとする。
- ・隣接室の内気温度評価は、評価対象室の放熱面積と隣接室の室内負荷が最も大きい、評価対象室上階の非常用ディーゼル発電機(C)制御盤室を対象とすることで、他の隣接室内機器等への評価は包絡される。
- ・非常用ディーゼル発電機は、110%出力一定で運転しているものとする。
- ・隣接室内の負荷(電気品等)は非常用ディーゼル発電機の運転時のものとする。
- ・非常時を想定し、非常用送風機は運転状態とするが、常用換気空調系による給気の除熱には期待しないものとする(常用換気空調系の電源は非常用電源にも接続されており、送風機は非常時も運転可能)。

なお、伝熱の概念並びに建屋内の温度評価手法は、5.2.2.6号炉非常用ディーゼル発電機 (C) 室の内気温度評価<待機時>と同様である。以下に、伝熱の概念図を示す。



第 5.2.3-1 図 伝熱の概念図（非常用ディーゼル発電機：運転時）

以下に評価結果を示す。

第 5.2.3-1 表 建屋内の温度評価結果（運転時）

	6号炉非常用ディーゼル 発電機(C)室 (評価対象室)	6号炉非常用ディーゼル 発電機(C)制御盤室 (隣接室)
内気温度[°C]	44.6	39.7 ^{※1}
許容温度[°C]	45 ^{※2}	40 ^{※3}

※1：常用換気空調系による給気の除熱がなく、非常用ディーゼル発電機の運転に伴い室内負荷も増加していることから、初期内気温度は 38.1[°C]となる。

※2：室内の電気設備（非常用ディーゼル発電機）の最高使用温度

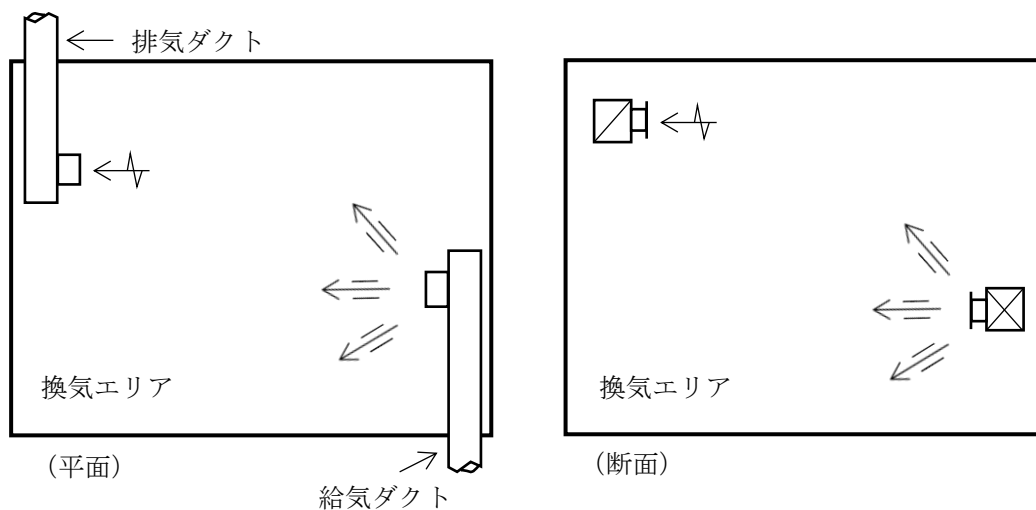
※3：室内の電気設備（制御盤）の最高使用温度

(2) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から、軽油タンク火災による防護扉の加熱を想定したとしても、建屋内の6号炉非常用ディーゼル発電機(C)室、及びその隣接室の内気温度が、ともに許容温度を超えないことから、発電用原子炉施設の建屋内への熱影響はない。

なお、内気温度については、(1)評価条件に加え、各部の温度に設計値を用いる等、保守的な評価を行っていることから、実際の温度上昇はさらに低く抑えられると評価する。

また、建屋内の給排気ダクトは、換気・冷却に有効な位置に設置し、シュートパスやホットスポットを生じないレイアウトとしていることから、室内の温度分布が不均一となることはない。以下に、給排気ダクトの配置例を示す。



第 5.2.3-2 図 給排気ダクトの配置例

5.3 ルーバの火災影響評価について

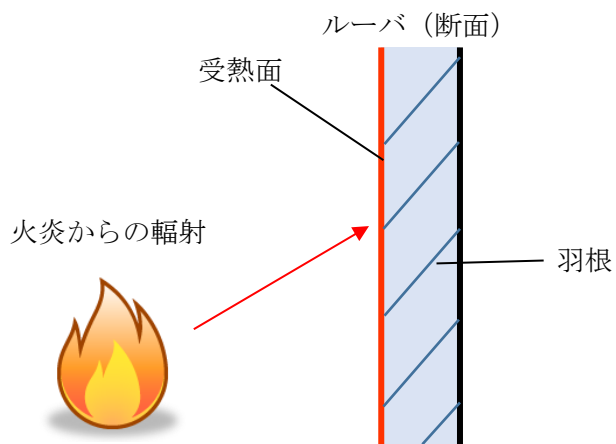
(1) 評価対象

ルーバのうち、6号炉主変圧器に最も近く、輻射強度が最も大きくなる6号炉非常用ディーゼル発電機(B)の排気ルーバを対象とする。

(2) 想定条件

- ・変圧器の火災については、添付資料-6「3.1 変圧器の火災影響評価について」と同様の想定とする。
- ・火災が発生してから燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度でルーバが昇温されるものとする。

以下に、ルーバへの受熱面を示す。



第 5.3-1 図 ルーバの受熱面

(3) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 5.3-1 表 変圧器火災影響評価に必要なデータ

離隔距離[m]	16
燃焼半径[m]	6.91
形態係数[-]	0.2051198
輻射強度[W/m ²]	4.71×10 ³
燃焼継続時間[h]	10.1

(4) ルーバ温度と膨張量

変圧器の火災影響評価 (1) から (7) と同様の算出方法により輻射強度を求めた結果、ルーバが受ける輻射強度は 4.71kW/m² となり、この輻射強度にて一定でルーバが昇温されるものとして、下記の式より対象ルーバの温度及び膨張量を算出する。

なお、ルーバの材質は、アルミニウム合金 (JIS:A6063) である。

$$h_{se} = h_r + h_{cv}$$

出典: JIS 9501 2006 保温保冷工事施工標準

h_{se} : ルーバの熱伝達率, h_r : ルーバ表面の輻射熱伝達率, h_{cv} : ルーバ表面の対流熱伝達率

$$q = h_{se}(T - T_0) \text{より}$$

$$T = \frac{q}{h_{se}} + T_0$$

出典: 伝熱工学資料

T: ルーバ温度, T_0 : 周囲温度, q: 入熱量(輻射強度)

$$l = L + \alpha(T - T_0)$$

出典: 伝熱工学資料

l: ルーバ膨張量, L: ルーバ長さ(長辺方向), α : 熱膨張率

ここで, $h_{se}=15.6$ [W/m²K], $h_r=9.48$ [W/m²K], $T_0=50$ [°C], $L=1500$ [mm], $\alpha=2.8 \times 10^{-6}$ [1/K] とする。

以下に評価結果を示す。

第 5.3-2 表 ルーバの熱影響評価結果

ルーバ温度[°C]	168
ルーバ膨張量[mm]	5.4

(5) 火災による熱影響の有無の評価

ルーバ温度は 168°C となり，ルーバ長辺方向の熱膨張量はルーバ長さ 1500mm に対して，5.4mm となったことから，ルーバの形状が大きく変形することはない。

また，ルーバの変形の有無にかかわらず，安全上支障のない期間に点検を行い，ルーバの使用に問題があると判断される場合には，交換等の措置が可能である。

なお，ルーバ内側には熱影響を受ける機器等がなく，変圧器火災時は，熱気流を考慮し，給気温度を監視しつつ，状況に応じて換気空調系の停止措置等を講じることから，建屋内への熱影響はない。

5.4 配管貫通部の火災影響評価について

発電用原子炉施設の脆弱箇所の一つである配管貫通部について，火災影響評価を実施する。

(1) 評価対象

配管貫通部のうち，6号炉主変圧器に最も近く，輻射強度が最も大きくなる6号炉原子炉建屋南側外壁の外部注水接続配管を対象とする。

(2) 想定条件

主変圧器の火災については，添付資料-6「3.1 変圧器の火災影響評価について」と同様の想定とする。

(3) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 5.4-1 表 変圧器火災影響評価に必要なデータ

離隔距離[m]	36.1
燃焼半径[m]	6.91
形態係数[-]	0.06460353
輻射強度[W/m ²]	1.48×10 ³
燃焼継続時間[h]	10.15

(4) 火災による熱影響の有無の評価

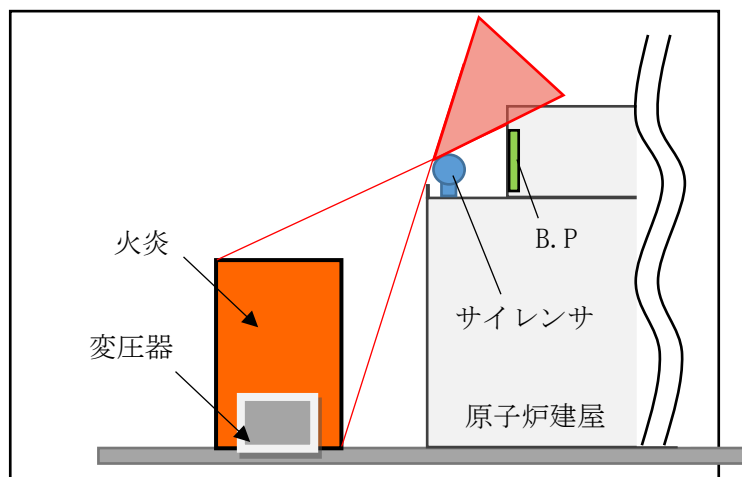
変圧器の火災影響評価 (1) から (7) と同様の算出方法により輻射強度を求めた結果、配管貫通部(屋外配管)に対して受ける輻射強度は 1.48kW/m^2 となり、人が長時間さらされても苦痛を感じない輻射強度である 1.6kW/m^2 を下回ることから、配管貫通部 (屋内配管と内気含む) への熱影響はない。

5.5 ブローアウトパネルの火災影響評価について

6号及び7号炉のブローアウトパネル(以下「B.P」という。)は、それぞれ原子炉建屋北側に3箇所、南側に1箇所設置されているが、北側B.Pについては、発熱源との配置より輻射熱が届くことはなく、南側B.Pについても、B.P前に設置している、非常用ディーゼル発電機のサイレンサ(排気口)により、輻射熱が届くことはない(第5.5-1図)。

なお、サイレンサは最高使用温度が500度以上であり、主変圧器からサイレンサまでの距離とほぼ等しい位置にある主排気筒の温度評価(132°C)と同程度と考えられることから、熱影響はない。

また、航空機落下による火災を想定したとしても、サイレンサによって輻射が遮られる。仮に、輻射を受けたとしても 0.5kW/m^2 程度であり、輻射強度は人が長時間さらされても苦痛を感じないとされる 1.6kW/m^2 を下回っており、サイレンサへの熱影響はない。



第5.5-1図 6号炉B.Pと主変圧器火炎との位置関係

6号及び7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器
の耐震性評価結果

1. 評価範囲

6号及び7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器は油入変圧器であり、本体部のタンクと放熱器内に絶縁油が内包されており、地震によりタンク若しくは放熱器が損傷した場合、絶縁油が漏えいする可能性が高い。

タンク若しくは放熱器が損傷するケースとしては以下の2ケースが考えられる。

(ケース1)

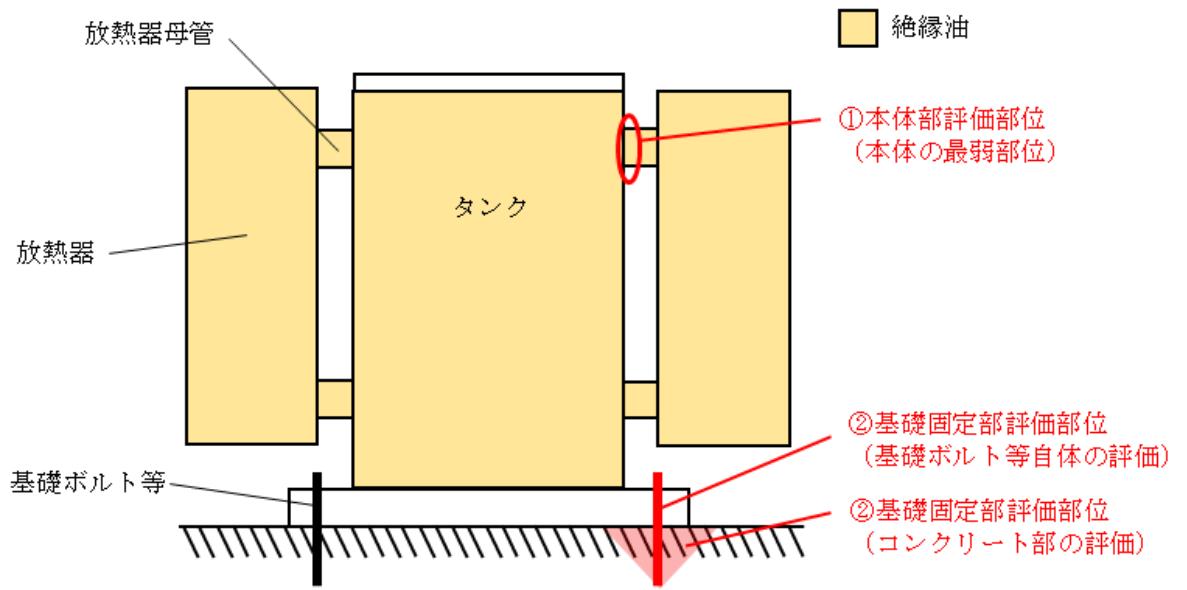
タンク若しくは放熱器自体が地震により損傷する。

(ケース2)

変圧器本体と基礎を固定している基礎ボルト等の基礎固定部が地震により破断し、変圧器が滑動、転倒することでタンク若しくは放熱器が損傷する。

ケース1については、過去の油入変圧器の地震や輸送の損傷実績の中で、タンクや放熱器自体の損傷実績はないものの、タンクと放熱器をつなぐ配管（以下「放熱器母管」という）根元部について輸送時にクラックが入った実績があることから、本体部の最弱部位として放熱器母管根元部を選定し、基準地震動 S_s を入力とした耐震性評価を実施する。（評価部位は第1図の①の部位）

ケース2については、「変電所等における電気設備の耐震設計指針（JEAG5003-2010）」（以下「JEAG5003」という。）において、「変圧器本体を基礎に固定する基礎ボルトが破断し本体が滑動しないよう、基礎ボルトの強度を十分に確保し得る施工上の注意が必要である」と示されており、地震力の大きさによっては基礎ボルト等の基礎固定部が破断する可能性があることから、基礎固定部について基準地震動 S_s を入力とした耐震性評価を実施する。（評価部位は第1図の②の部位）



第 1 図 変圧器評価の概念図

2. 評価内容

(1) 変圧器本体部の耐震性評価方法（ケース 1）

6号及び7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器の放熱器母管の根元部については、基準地震動 S_s を入力として、放熱器母管の根元に発生する曲げ応力が許容応力以下であることを確認する。

(2) 変圧器基礎固定部の耐震性評価方法（ケース 2）

6号及び7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器の基礎固定部について、基準地震動 S_s を入力とした以下の耐震性評価を実施する。

a. 基礎固定部が損傷しないことの確認（※1）（※2）

基礎固定部に発生する引張応力とせん断応力が許容応力以下であることを確認する。

b. 基礎固定部が基礎から引き抜けないことの確認（※1）

基礎固定部に発生する引張とせん断の組み合わせ荷重が以下に示すコンクリート部の引張荷重及びせん断荷重の組合せに対する許容値以下となることを確認する。

$$\left(\frac{p}{pa}\right)^2 + \left(\frac{q}{qa}\right)^2 \leq 1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

p : 基礎ボルト 1 本当たりの引張荷重

pa : 基礎ボルト 1 本当たりのコンクリート部の許容引張荷重

q : 基礎ボルト 1 本当たりのせん断荷重

qa : 基礎ボルト 1 本当たりのコンクリート部の許容せん断荷重

※1 : 「原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）」に準拠

※2 : 「変電所等における電気設備の耐震設計指針（JEAG5003-2010）」に準拠

3. 評価結果

(1) 変圧器本体部の耐震性評価結果（ケース 1）

6 号及び 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器本体部の耐震性評価の結果は第 1 表のとおりであり、全ての変圧器について発生応力が許容応力以下であることを確認した。

第 1 表 6 号及び 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器本体部の耐震性評価結果

号炉	設備名	評価部位	評価項目	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度 (※)
6 号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-1), (B-1)	放熱器母管根元部	曲げ	134	279	2.08
	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-2), (B-2)	放熱器母管根元部	曲げ	148	279	1.88
7 号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-1), (B-1)	放熱器母管根元部	曲げ	119	279	2.34
	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-2), (B-2)	放熱器母管根元部	曲げ	40	279	6.97

※：裕度は評価部位の発生応力とその部位の許容応力の比率であり、1 以上を裕度ありとする。

(2) 変圧器基礎固定部の耐震性評価結果（ケース 2）

6 号及び 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器基礎固定部の耐震性評価の結果は第 2 表、第 3 表のとおりであり、全ての変圧器について発生応力が許容応力以下であることを確認した。

第2表 6号及び7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器
基礎固定部の耐震性評価結果

号炉	設備名	評価部位	評価項目	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度 (※)
6号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-1), (B-1)	基礎固定部 (基礎ボルト)	引張	127	202	1.59
			せん断	57	160	2.80
	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-2), (B-2)	基礎固定部 (基礎ボルト)	引張	126	191	1.51
			せん断	64	160	2.50
7号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-1), (B-1)	基礎固定部 (溶接)	引張とせん断の組合せ	154	160	1.03
	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-2), (B-2)	基礎固定部 (溶接)	引張とせん断の組合せ	83	160	1.92

※：裕度は評価部位の発生応力とその部位の許容応力の比率であり、1以上を裕度ありとする。

第3表 6号及び7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器
基礎コンクリート部の耐震性評価結果

号炉	設備名	評価部位	評価項目	発生応力 (※2)	許容応力 (※2)	裕度 (※1)
6号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-1), (B-1)	基礎コンクリート部	引張とせん断の組合せ	0.116	1	8.62
	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-2), (B-2)	基礎コンクリート部	引張とせん断の組合せ	0.242	1	4.13
7号炉	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-1), (B-1)	基礎コンクリート部	引張とせん断の組合せ	0.263	1	3.80
	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-2), (B-2)	基礎コンクリート部	引張とせん断の組合せ	0.133	1	7.51

※1：裕度は評価部位の発生応力とその部位の許容応力の比率であり、1以上を裕度ありとする。

※2：(1)式の左辺を発生値、右辺を許容値とする。

4. 結論

6号及び7号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器においては、各評価部位について発生応力が許容応力以下であることが確認されたことから、基準地震動 S_s での地震時においても変圧器は損傷すること無く、変圧器内の絶縁油は漏えいしないことが確認された。

以上

変圧器の防火対策について

1. 変圧器の防火対策

- ・ 変圧器には、内部圧力の上昇、又は電気回路の異常を検知すると、瞬時に電源を自動的に切る保護機能が備わっている。
- ・ 金属筐体に覆われており火災が発生する可能性は低い。
- ・ 万一油が漏えいした場合においても、地下の防災地下タンクに溜まる構造となっている（第1図）。

2. 中越沖地震による3号炉所内変圧器火災の事象

- ・ 二次側接続母線部ダクトの基礎が沈下し、変圧器との相対変位が発生。
- ・ ブッシング部破損による漏油と、地絡・短絡によるアークの発生により火災発生。
- ・ 屋外消火設備の損傷により消火活動に支障をきたしたが、当該変圧器横に設置されている防火壁により、隣接する所内変圧器 3A や他設備に延焼することはなかった。

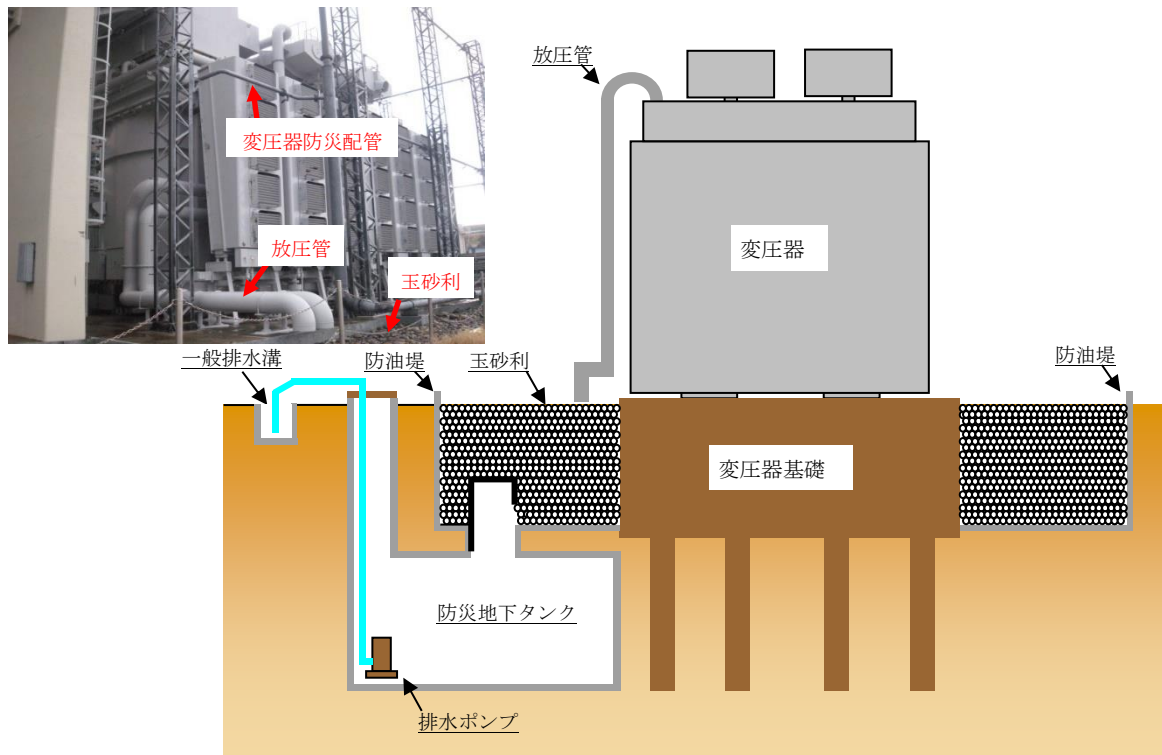
3. 中越沖地震による3号炉所内変圧器火災の対策

(1) 下記の基礎構造変更により、変圧器と二次側接続母線部ダクトの基礎で沈下量の差が発生することを防止（第2図、第3図）

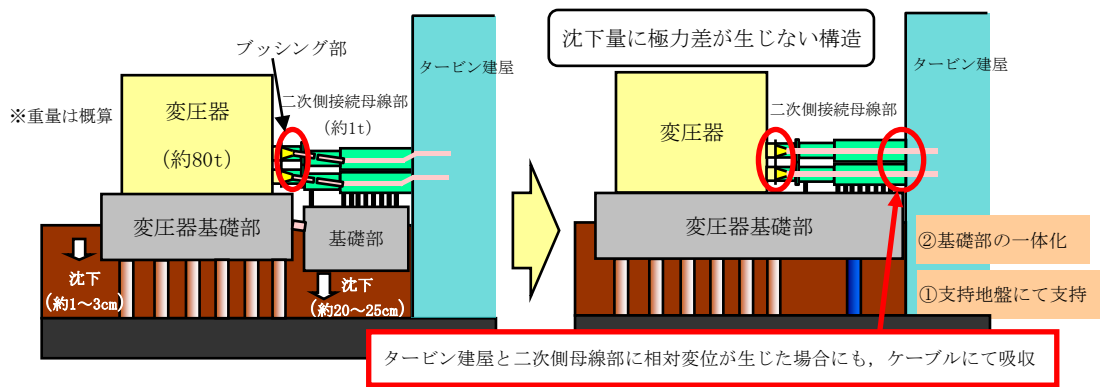
- a. 二次側接続母線部ダクトの基礎をタービン建屋と同じ支持地盤にて支持
- b. 変圧器と二次側接続母線部ダクトの基礎部を一体化、又は、二次側接続母線部ダクトの基礎構造を杭基礎構造へ変更

なお、6号炉は、建設時より一体化された基礎を人工岩盤にて直接支持する構造となっている。

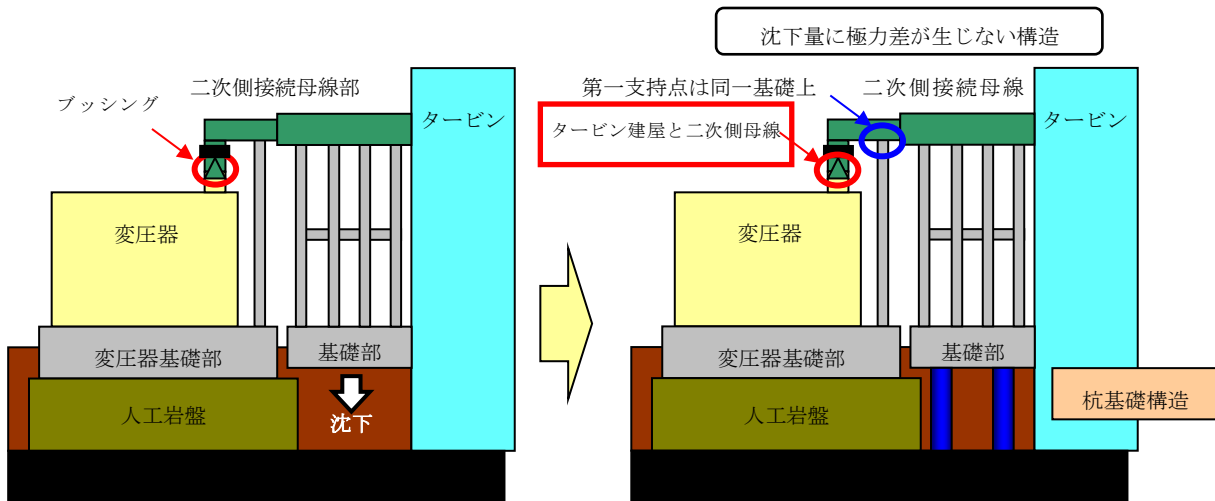
(2) 屋外埋設消火配管の地上化（第4図）



第1図 変圧器地下構造（防油堤及び防災地下タンク）



第2図 変圧器火災の対策 (3号炉所内変圧器)



第3図 変圧器火災の対策 (7号炉所内変圧器)



埋設消火配管の損傷



消火配管の地上化

第4図 消火配管の地上化

柏崎刈羽原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災について

1. はじめに

本評価は、発電所敷地への航空機墜落による火災に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災が起こったとしても発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価するものである。

2. 航空機墜落による火災の影響評価

航空機落下確率評価では、評価手法及び対象航空機の大きさの違いを考慮して落下確率を求めている。火災の影響は対象航空機の燃料積載量に大きく依存することから、別紙7-1に示すとおり、大型航空機と小型航空機に分類し、また、民間航空機と自衛隊航空機又は米軍航空機（以下「軍用航空機」とする）に分類し以下のカテゴリごとに火災影響評価を実施する。

第2-1表 航空機の分類

落下事故カテゴリ		分類
(1) 計器飛行方式民間航空機	1) 飛行場での離着陸時	—注1
	2) 航空路を巡航中	(1) 大型民間航空機
(2) 有視界飛行方式民間航空機		
(3) 自衛隊機又は米軍機	1) 訓練空域外を飛行中	(3) 大型軍用航空機
	2) 基地－訓練空域間往復時	(4) 小型軍用航空機
		—注2

注1：柏崎刈羽原子力発電所は、新潟空港からの最大離着陸地点以遠に位置するため対象外（別紙7-3）

注2：柏崎刈羽原子力発電所は基地－訓練空域間の往復の想定範囲内に入らないため対象外

(1) 航空機墜落による火災の想定

- ・ 航空機は、柏崎刈羽原子力発電所における航空機落下評価の対象航空機のうち燃料積載量が最大の機種とする。
- ・ 航空機は燃料を満載した状態を想定する。
- ・ 航空機の落下は発電所敷地内であって落下確率が 10^{-7} [回/炉・年] 以上になる範囲のうち発電用原子炉施設への影響が最も厳しくなる地点で起こることを想定する。
- ・ 航空機の落下によって燃料に着火し火災が起こることを想定する。
- ・ 気象条件は無風状態とする。
- ・ 火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。

第 2-2 表 燃料積載量が最大の機種

分類	航空機	選定理由
大型民間航空機 (固定翼, 回転翼)	B747-400	民間の大型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定
小型民間航空機 (固定翼, 回転翼)	Do228-200	民間の小型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定
大型軍用航空機 (固定翼, 回転翼)	KC-767 (空中給油機)	主要自衛隊航空機 (別紙 7-2) の大型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定
小型軍用航空機 (固定翼, 回転翼)	AH-1S (対戦車機)	主要自衛隊航空機 (別紙 7-2) の小型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定

(2) 評価手法の概要

本評価は、柏崎刈羽原子力発電所に対する航空機墜落による火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

第 2-3 表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度 [W/m ²]	火災の炎から任意の位置にある点 (受熱点) の輻射強度
形態係数 [-]	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径 [m]	航空機燃料タンクの投影面積より求めた燃焼半径
燃焼継続時間 [s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離 [m]	発電用原子炉施設を中心にして落下確率が 10^{-7} [回/炉・年] 以上になる地点とその地点から発電用原子炉施設までの直線距離
熱許容限界値 [-]	建屋の外壁, 天井スラブが想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値

上記の評価指標は、受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。油の液面火災では、火炎面積の半径が3mを超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価では保守的な判断を行うために、火災規模による輻射発散度の低減がないものとする。

輻射熱に対する建物の危険輻射強度を調査し、輻射強度がその建物の危険輻射強度以下になるように発電用原子炉施設は危険距離 (離隔距離) を確保するものとする。

(3) 評価対象範囲

評価対象範囲は、発電所敷地内であって落下確率が 10^{-7} [回/炉・年] 以上になる範囲のうち発電用原子炉施設への影響が最も厳しくなる区域とすることから、柏崎刈羽原子力発電所における航空機落下確率評価の対象航空機を、大型民間航空機、小型民間航空機、大型軍用航空機、小型軍用航空機に分類し、それぞれの機種別の落下確率の合計が 10^{-7} [回/炉・年] となる標的面積を算出し、その結果から発電用原子炉施設からの離隔距離を以下のとおり算出する。

(4) 標的面積の算出

a. 大型民間航空機及び小型民間航空機の標的面積の算出

(a) 計器飛行方式民間航空機の航空路を巡航中の落下事故

$$P_c = f_c \cdot N_c \cdot A / W$$

P_c : 対象施設への巡航中の航空機落下確率[回/年]

N_c : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数[飛行回/年]

A : 発電用原子炉施設の標的面積[km^2]

W : 航空路幅[km]

$f_c = G_c / H_c$: 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率[回/飛行回・km]

G_c : 巡航中事故件数[回]

H_c : 延べ飛行距離[飛行回・km]

第 2-4 表 標的面積の算出結果

発電所名称 及び号炉 パラメータ	柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉			
対象航空路 ^{注1}	航空路 (V31)	広域航法経路 (Y31)	広域航法経路 (Y305)	転移経路 (NAEBA TRANSITION)
N_c ^{注2}	14600	3650	182.5	4015
A ^{注3}	0.01	0.01	0.01	0.01
W ^{注4}	14	18.52	18.52	14
f_c ^{注5}	0.5/9,439,243,077 = 5.29×10^{-11}			
P_c	5.52×10^{-10}	1.04×10^{-10}	5.21×10^{-12}	1.51×10^{-10}
P_c (合計)	8.13×10^{-10}			

注1：柏崎刈羽原子力発電所周辺の航空図（AIPエンルートチャート）による。（別紙7-4）

注2：国土交通省航空局への問合せ結果（ピークデイの値）を365倍した値。ただし、平成24年のピークデイにおける飛行回数が0回の場合は、保守的に0.5回とみなし、年間182.5回とする。（別紙7-5）

注3：原子炉建屋，コントロール建屋等の水平面積の合計値は0.01km²以下であるので標的面積は0.01km²とする。（別紙7-6）

注4：「航空路の指定に関する告示」及び「航空路等設定基準」による。

注5：巡航中事故件数は，平成3年～平成22年の間で0件のため，保守的に0.5件とする。延べ飛行距離は，平成4年～平成23年の「航空輸送統計年報，第1表 総括表，1. 輸送実績」における運航キロメートルの国内の値を合計した値。（別紙7-7）

(b) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = (f_v/S_v) \cdot A \cdot \alpha$$

P_v ：対象施設への航空機落下確率[回/年]

f_v ：単位年当たりの落下事故率[回/年]

S_v ：全国土面積[km²]

A ：発電用原子炉施設の標的面積[km²]

α ：対象航空機の種類による係数

第2-5表 落下確率の算出結果

パラメータ	大型固定翼機	大型回転翼機	小型固定翼機	小型回転翼機
f_v 注	0.5/20=0.025	2/20=0.10	35/20=1.75	30/20=1.50
S_v 注	372,000			
α 注	1.0	1.0	0.1	0.1
A	0.01	0.01	0.01	0.01
P_v	6.72×10^{-10}	2.68×10^{-9}	4.70×10^{-9}	4.03×10^{-9}
P_v (合計)	1.20×10^{-8}			

注：「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」（平成24年9月 独立行政法人 原子力安全基盤機構）による。

以上より，

大型民間航空機の落下確率（ P_c （計器飛行方式）+ P_v （大型固定翼機）+ P_v （大型回転翼機））が 10^{-7} [回/炉・年]となる標的面積 A_1 [km²]を計算すると以下のとおりとなる。

$$A_1 = 10^{-7} \div (8.13 \times 10^{-10} + 6.72 \times 10^{-10} + 2.68 \times 10^{-9}) \times 0.01 = 0.239 [\text{km}^2]$$

小型民間航空機の落下確率（ P_v （小型固定翼機）+ P_v （小型回転翼機））

が 10^{-7} [回/炉・年]となる標的面積 $A2$ [km^2]を計算すると以下のとおりとなる。

$$A2 = 10^{-7} \div (4.70 \times 10^{-9} + 4.03 \times 10^{-9}) \times 0.01 = 0.114 [\text{km}^2]$$

b. 大型軍用航空機及び小型軍用航空機の標的面積の算出

柏崎刈羽原子力発電所の上空には訓練空域がないため、軍用航空機の落下確率 P_{so} を求める式は、以下のとおりとなる。

$$P_{so} = (f_{so} / S_o) \cdot A$$

P_{so} : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率[回/年]

f_{so} : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率[回/年]

S_o : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積[km^2]

A : 発電用原子炉施設の標的面積[km^2]

第2-6表 落下確率の算出結果

パラメータ	大型自衛隊機	大型米軍機	小型自衛隊機	小型米軍機
f_{so} 注	2/20=0.1	4/20=0.2	6/20=0.3	1/20=0.05
S_o 注	295,000	372,000	295,000	372,000
A	0.01	0.01	0.01	0.01
P_{so}	3.38×10^{-9}	5.38×10^{-9}	1.01×10^{-8}	1.34×10^{-9}
P_{so} (合計)	2.02×10^{-8}			

注：「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」（平成24年9月 独立行政法人 原子力安全基盤機構）による。

以上より、

大型軍用航空機の落下確率(P_{so} (大型自衛隊機)+ P_{so} (大型米軍機))が 10^{-7} [回/炉・年]となる標的面積 $A3$ [km^2]を計算すると以下のとおりとなる。

$$A3 = 10^{-7} \div (3.38 \times 10^{-9} + 5.38 \times 10^{-9}) \times 0.01 = 0.114 [\text{km}^2]$$

小型軍用航空機の落下確率(P_{so} (小型自衛隊機)+ P_{so} (小型米軍機))が 10^{-7} [回/炉・年]となる標的面積 $A4$ [km^2]を計算すると以下のとおりとなる。

$$A4 = 10^{-7} \div (1.01 \times 10^{-8} + 1.34 \times 10^{-9}) \times 0.01 = 0.086 [\text{km}^2]$$

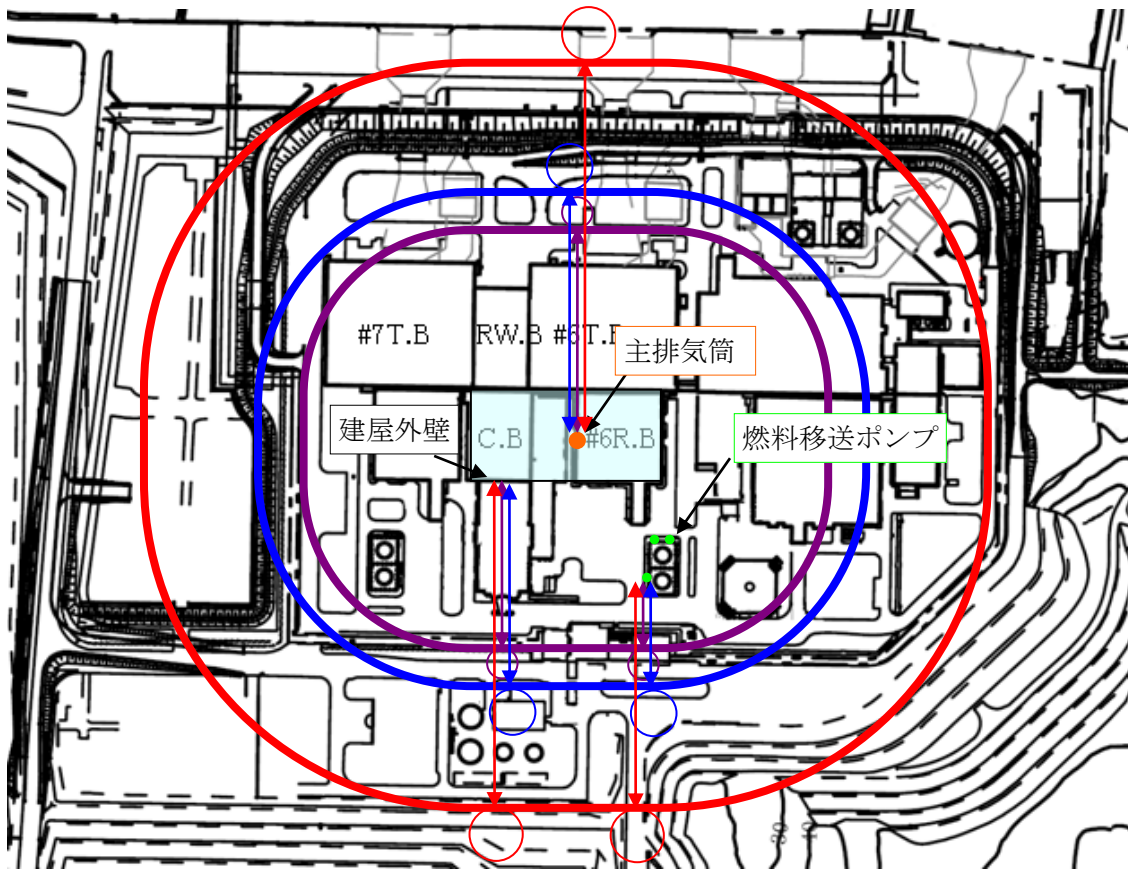
(5) 発電用原子炉施設からの離隔距離の算出

(4)で求めた面積が、評価対象となる発電用原子炉施設(原子炉建屋及びコントロール建屋)外壁面から等距離の離隔をとった場合の標的面積と等しくなる距離を離隔距離 L [m]とし、離隔距離 L を算出した結果を以下に示す。また、各航空機の離隔距離を第2-1図、第2-2図に示す。

第2-7表 発電用原子炉施設からの離隔距離の算出結果

項目		大型 民間航空機	小型 民間航空機	大型 軍用航空機	小型 軍用航空機
対象航空機		B747-400	Do228-200	KC-767	AH-1S
6号炉	外壁面	218	134	133	109
7号炉	までの離隔距離[m]	225	140	140	116
6号炉	燃料移送ポンプ (防護板(鋼板))	158	74	73	49
7号炉	までの離隔距離[m]	166	82	81	57
6号炉	主排気筒	239	155	155	131
7号炉	までの離隔距離[m]	226	141	141	117

※：軽油タンクの熱影響評価は、航空機墜落による火災と軽油タンク火災の重畳火災も考慮し、航空機落下位置より内側にある軽油タンクの発火の有無について評価を実施する。評価結果は(12)に示す。



○：航空機落下位置（円筒火炎モデル）

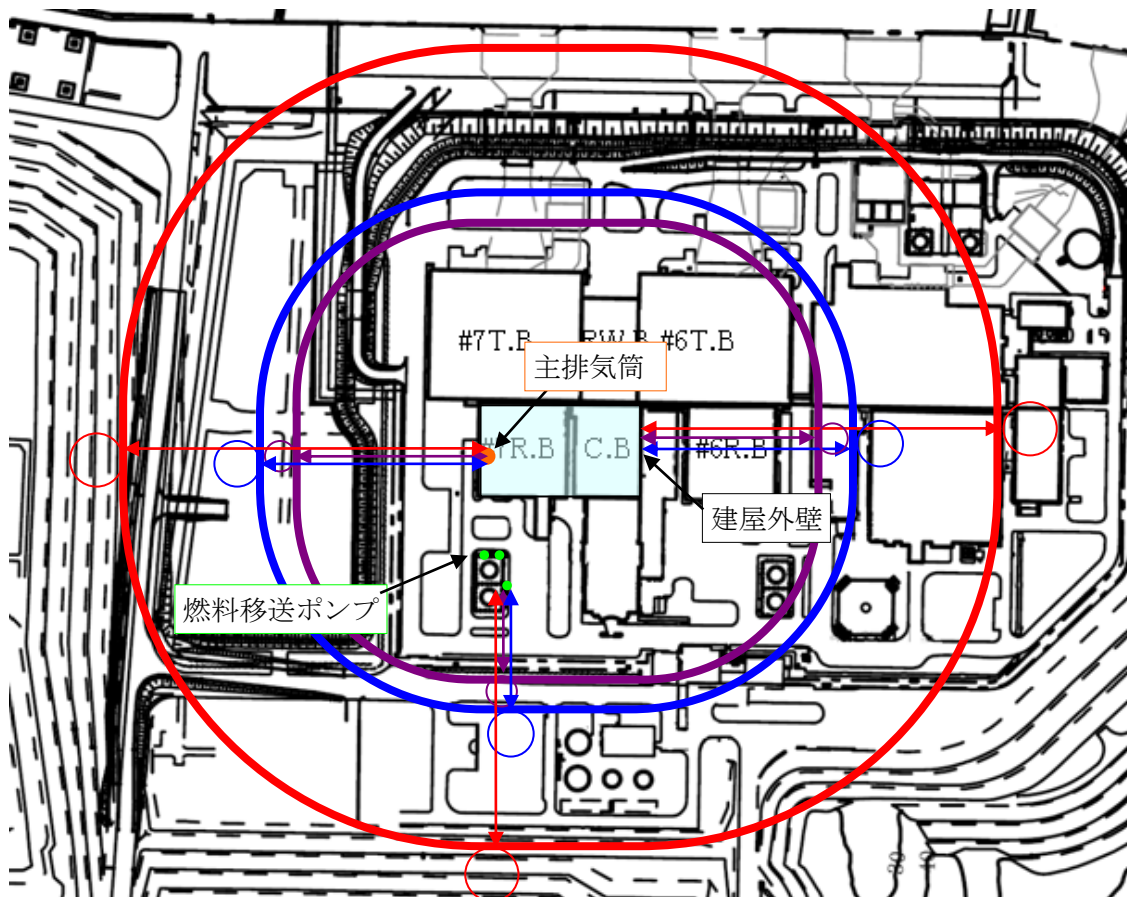
大型民間航空機落下位置

小型民間航空機落下位置

小型軍用航空機落下位置

大型軍用航空機落下位置

第2-1図 各航空機の落下位置（6号炉）



○：航空機落下位置（円筒火炎モデル）

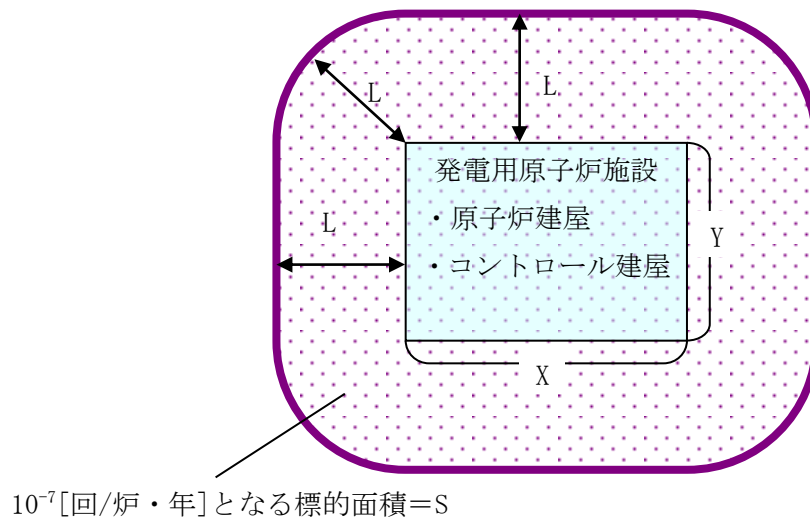
大型民間航空機落下位置

小型民間航空機落下位置
大型軍用航空機落下位置

小型軍用航空機落下位置

第2-2図 各航空機の落下位置（7号炉）

10^{-7} [回/炉・年]となる標的面積の考え方は、以下のとおり。



第2-3図 標的面積の考え方

発電用原子炉施設（原子炉建屋及びコントロール建屋）外壁面から等距離の離隔をとり、 10^{-7} [回/炉・年]となる標的面積を S とした場合、以下の式が成り立つ。

$$S = XY + 2LX + 2LY + \pi L^2 / 4 \times 4$$

$$\pi L^2 + 2(X+Y)L + XY - S = 0$$

二次方程式の解の公式より、以下の式となる。

$$L = \frac{-(X+Y) + \sqrt{(X+Y)^2 - \pi(XY - S)}}{\pi}$$

(6) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。なお、温度評価においては、離隔距離が短い方が評価が厳しくなることから、6号炉の外壁面、6号炉燃料移送ポンプ、7号炉主排気筒の温度評価を実施する。また、第2-8表に示すとおり、小型民間航空機は大型軍用航空機と比べ輻射発散度が小さく、燃料タンク面積も小さく、離隔距離も離れていることから大型軍用航空機の評価に包絡される。

第2-8表 航空機火災影響評価に必要なデータ

項目	大型 民間航空機	小型 民間航空機	大型 軍用航空機	小型 軍用航空機
想定する航空機	B747-400	Do228-200	KC-767	AH-1S
燃料の種類	Jet A-1	Jet A-1	JP-4	JP-4
燃料量[m ³]	216.84	2.38	145.03	0.98
輻射発散度[W/m ²]	50×10 ³	50×10 ³	58×10 ³	58×10 ³
燃焼速度[m/s]	6.66×10 ⁻⁵	6.66×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵
燃料タンク面積[m ²]	605	26	280	12
6号炉外壁面までの 離隔距離[m]	218	134	133	109
6号炉燃料移送ポンプ までの離隔距離[m]	158	74	73	49
7号炉主排気筒 までの離隔距離[m]	226	141	141	117

※出典については、参考資料7-1参照

(7) 燃焼半径の算出

航空機墜落による火災は、その状況によって、様々な燃焼範囲の形態が想定されるが、円筒火炎モデルとして評価を実施するため、燃焼半径は対象とした航空機燃料タンクの投影面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出する。

$$R = (S / \pi)^{0.5}$$

R：燃焼半径[m]，S：燃料タンク投影面積（火炎円筒の底面積）

第2-9表 燃焼半径の算出結果

項目	大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
想定する航空機	B747-400	KC-767	AH-1S
燃料タンク面積[m ²]	605	280	12
燃焼半径[m]	13.8	9.45	1.95

(8) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし、

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$$

ϕ : 形態係数, L : 離隔距離[m], H : 火炎高さ[m], R : 燃焼半径[m]

第 2-10 表 形態係数の算出結果

項目		大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
燃焼半径 [m]		13.8	9.45	1.95
6 号炉外壁 面	離隔距離 [m]	218	133	109
	形態係数	0.0070295	0.0086371	0.0005997
6 号炉燃料 移送ポンプ (防護板 (鋼板))	離隔距離 [m]	158	73	49
	形態係数	0.0127068	0.0249018	0.0027727
7 号炉主排 気筒	離隔距離 [m]	226	141	117
	形態係数	0.0065677	0.0077434	0.0005214

(9) 輻射強度の算出

火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は、輻射発散度に形態係数をかけた値となる。次式から輻射強度を算出する。

$$E = R_f \times \phi$$

E : 輻射強度, R_f : 輻射発散度, ϕ : 形態係数

第 2-11 表 輻射強度の算出結果

項目		大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
輻射発散度 [W/m ²]		50 × 10 ³	58 × 10 ³	58 × 10 ³
6 号炉外壁 面	形態係数	0.0070295	0.0086371	0.0005997
	輻射強度 [W/m ²]	351.4	500.9	34.7
6 号炉燃料 移送ポンプ (防護板 (鋼板))	形態係数	0.0127068	0.0249018	0.0027727
	輻射強度 [W/m ²]	635.3	1444.3	160.8
7 号炉主排 気筒	形態係数	0.0065677	0.0077434	0.0005214
	輻射強度 [W/m ²]	328.3	449.1	30.2

(10) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}, \quad v = \frac{M}{\rho} \quad \text{より,} \quad t = \frac{V \times \rho}{\pi R^2 \times M}$$

t : 燃焼継続時間[s], V : 燃料積載量[m³], R : 燃焼半径[m], v : 燃焼速度[m/s]
M : 質量低下速度[kg/m²・s], ρ : 密度[kg/m³]

第 2-12 表 燃焼継続時間の算出結果

項目	大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
燃料量[m ³]	216.84	145.03	0.98
燃料面積[m ²]	605	280	12
質量低下速度[kg/m ² ・s]	0.054	0.051	0.051
燃料密度[kg/m ³]	810	760	760
燃焼速度[m/s]	6.66 × 10 ⁻⁵	6.71 × 10 ⁻⁵	6.71 × 10 ⁻⁵
燃焼継続時間[hour]	1.49	2.14	0.34

※出典については、参考資料 7-1 参照

(11) 評価結果

a. 建屋外壁の耐火性能評価

(a) 許容限界値 (許容限界温度)

本評価で用いる許容限界値 (許容限界温度) については、一般的にコンクリートの強度に影響がないとされる 200℃* とする。

※原田和典, 建築火災のメカニズムと火災安全設計, 財団法人 日本建築センター

(b) 耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で発電用原子炉施設外壁が昇温されるものとして、下記の一次元非定常熱伝導方程式の解の式より、コンクリートの表面の温度上昇を求め、コンクリートの表面温度が許容限界温度以下であるか評価を実施する。

$$T_s = T_0 + \frac{1}{\left(\frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1 \right)} \frac{h}{\varepsilon E}$$

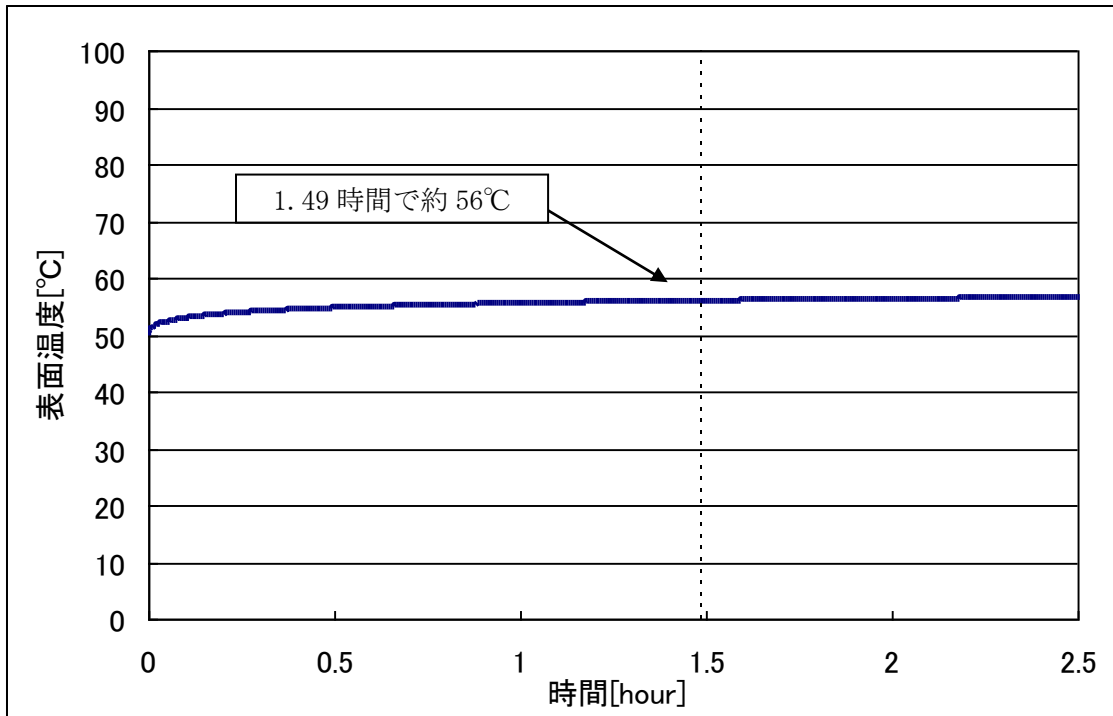
出典：原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター

T_0 ：初期温度[50℃]， E ：輻射強度[W/m²]， ε ：コンクリート表面の放射率(0.95)※， h ：コンクリート表面熱伝達率[34.9W/m²K]※， k ：コンクリート熱伝導率[1.6W/mK]※， ρ ：コンクリート密度[2200kg/m³]※， c ：コンクリート比熱[879J/kgK]※， t ：燃焼継続時間[s]

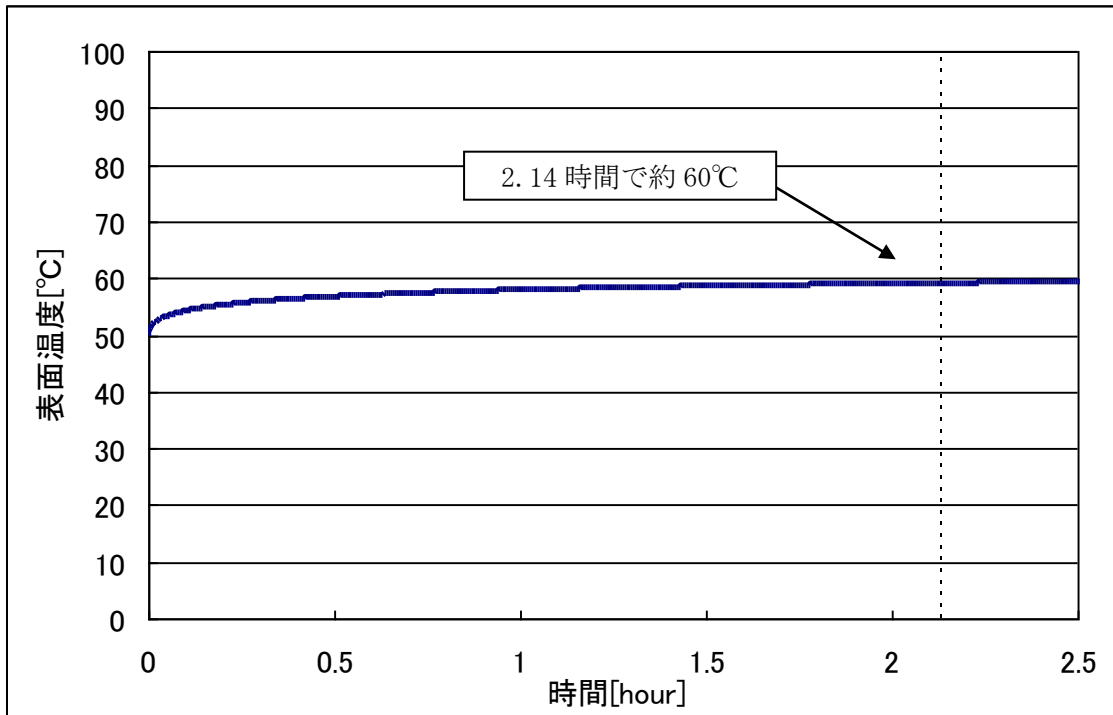
※：建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書

第 2-13 表 外壁面の温度評価結果

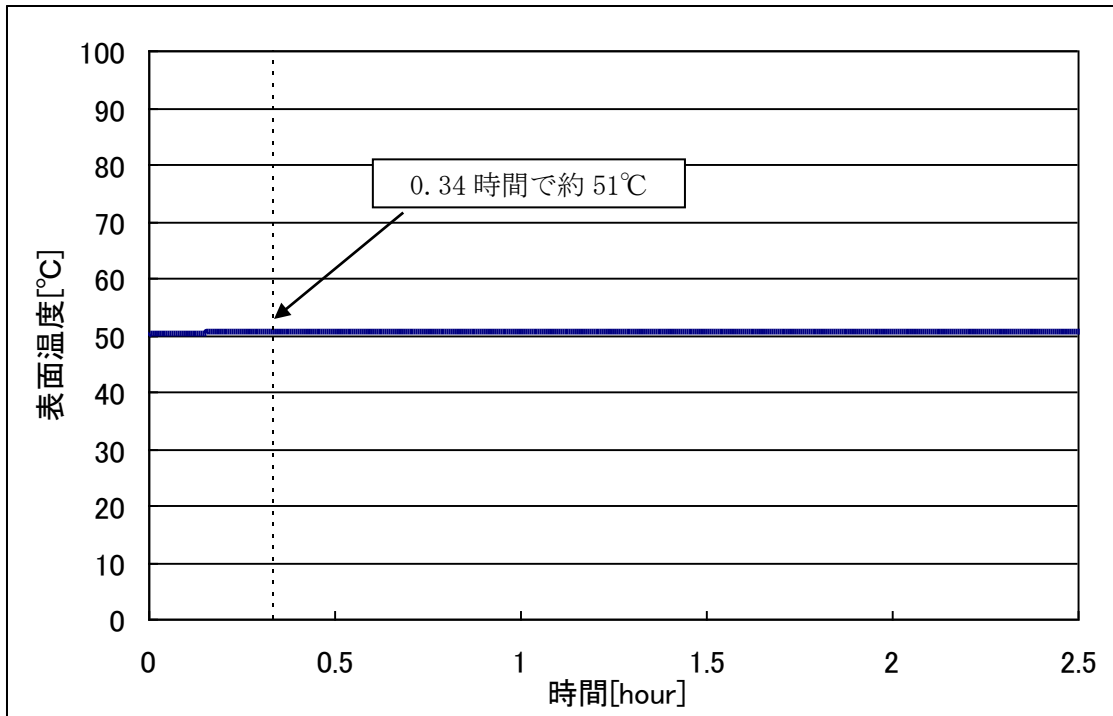
6号炉外壁面			
項目	大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
輻射強度[W/m ²]	351.4	500.9	34.7
燃焼継続時間[hour]	1.49	2.14	0.34
表面温度[℃]	56	60	51



第 2-4 図 外壁面温度推移 (大型民間航空機)



第 2-5 図 外壁面温度推移 (大型軍用航空機)



第 2-6 図 外壁面温度推移 (小型軍用航空機)

b. 燃料移送ポンプの温度評価

(a) 許容限界値（許容限界温度）

燃料移送ポンプの許容限界値（許容限界温度）が端子ボックスパッキンの耐熱温度100℃であることを踏まえ、燃料移送ポンプの周囲に設置されている防護板（鋼板）の許容温度を当該ポンプの許容限界温度と同様の100℃とする。

(b) 耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で燃料移送ポンプの防護板（鋼板）が昇温されるものとして、下記の一次元非定常熱伝導方程式の解の式より防護板（鋼板）の最大温度を求め、防護板（鋼板）の温度が許容温度以下であるか評価を実施する。

$$T = \frac{\epsilon ES_1 + hS_2 T_{air}}{hS_2} - \left(\frac{\epsilon ES_1 + hS_2 T_{air}}{hS_2} - T_0 \right) e^{\left(\frac{-hS_2}{c} \right) t}$$

T_0 ：初期温度[55℃]， E ：輻射強度[W/m²]， ϵ ：防護板（鋼板）外面の放射率（0.9）^{※1}， h ：防護板（鋼板）表面熱伝達率[17W/m²K]^{※2}， S ：防護板（鋼板）放熱面積[32.4m²]（ $S/2$ ：受熱面積は外面のみ）， C ：防護板（鋼板）の熱容量[2.41×10⁶J/K]， t ：燃焼継続時間[s]， T_{air} ：外気温度[55℃]

※1：伝熱工学資料，※2：空気調和・衛生工学便覧

防護板（鋼板）の温度は最高でも87℃（燃料移送ポンプの許容限界温度以下）であることから、防護板（鋼板）の内側に設置されている燃料移送ポンプに対して熱影響はない。

第2-14表 燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の温度評価結果

6号炉燃料移送ポンプ			
項目	大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
輻射強度[W/m ²]	635.3	1444.3	160.8
燃焼継続時間[hour]	1.49	2.14	0.34
防護板（鋼板）温度[℃]	67	87	56

c. 主排気筒の温度評価

(a) 許容限界値（許容限界温度）

本評価で用いる許容限界値（許容限界温度）は、鋼材の許容限界温度325℃とする。

(b) 耐火性能の評価結果

一定の輻射強度で主排気筒が昇温されるものとして、下記の式より、主排気筒の最大温度を求め、主排気筒の温度が許容温度以下であることを確認する。

$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$$

T_0 : 初期温度[50°C], E : 輻射強度[W/m²], ε : 主排気筒表面の放射率(0.9)
 ※¹, h : 主排気筒表面熱伝達率[17W/m²K]※²

※¹: 伝熱工学資料, ※²: 空気調和・衛生工学便覧

第 2-15 表 主排気筒の温度評価結果

7号炉主排気筒			
項目	大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
輻射強度[W/m ²]	328.3	449.1	30.2
表面温度[°C]	59	62	51

d. 軽油タンクの温度評価

航空機落下位置より原子炉建屋側にある軽油タンクが航空機墜落による火災によって、発火するかどうか評価する。航空機墜落による火災時に軽油タンク内の軽油が発火点となる輻射強度[W/m²]を算出し、その輻射強度が航空機燃料の輻射発散度(最大58×10³W/m²)より大きいことから、輻射熱により軽油が発火しないことを確認する。

(a) 軽油タンクの危険輻射強度の算出

一定の輻射強度で軽油及び軽油タンクが昇温されるものとして、下記の式より、許容限界温度となる輻射強度を危険輻射強度とする。

$$E_{max} = \frac{ThS_2 - hS_2T_{air}(1 - e^{(-\frac{hS_2}{c})t}) - hS_2T_0e^{(-\frac{hS_2}{c})t}}{\varepsilon S_1(1 - e^{(-\frac{hS_2}{c})t})}$$

T_0 : 初期温度[38°C], T : 許容限界温度[225°C]※¹, ε : 軽油タンク表面の放射率(0.9)※², h : 軽油タンク表面熱伝達率[17W/m²K]※³, $S_1=S_2$: 軽油タンク受熱・放熱面積[m²], C : 軽油タンク及び軽油の熱容量[8.72×10⁸J/K]※⁴, t : 燃焼継続時間[s]※⁵, T_{air} : 外気温度[°C]

※¹: 軽油の発火点, ※²: 伝熱工学資料, ※³: 空気調和・衛生工学便覧

※⁴: 軽油保有量を保安規定で定められる最低量として算出

※⁵: 評価対象航空機の中で最も燃焼継続時間の長い大型軍用航空機の2.14時間

(b) 評価結果

以上より、燃焼継続時間2.14時間で軽油の発火点225℃となる輻射強度は、107kW/m²となる。ここで、航空機燃料の輻射発散度が58kW/m²であり、軽油タンク受熱面での輻射強度は輻射発散度(58kW/m²)に形態係数(0~1の間の値)をかけた値であることから、軽油タンク受熱面の輻射強度は58kW/m²以下である。よって、軽油タンク受熱面での輻射強度が軽油の発火点以上となる危険輻射強度より小さいことから、輻射熱により軽油が発火することはない。

e. タービン建屋非常用電気品室の温度評価

航空機墜落による火災では、タービン建屋周辺においても発生する可能性があることから、航空機墜落による火災の熱影響を検討する。タービン建屋非常用電気品室への熱影響は、航空機墜落による単独火災よりも危険物タンク火災との重畳を考慮する場合は厳しくなるため、航空機墜落による火災単独での評価は(12)で示す航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳に包絡されるため熱影響はない。

f. 廃棄物処理建屋の温度評価

航空機墜落による火災では、廃棄物処理建屋周辺においても発生する可能性があることから、航空機墜落による火災の熱影響を検討する。廃棄物処理建屋には復水貯蔵槽があるが、建屋外壁から2枚以上隔てたエリアにあるため直接熱影響はないと考えられるが、廃棄物処理建屋外壁の温度評価を実施することで廃棄物処理建屋の耐性を評価する。

評価に使用する条件は以下のとおり。

第2-16表 廃棄物処理建屋火災影響評価に必要なデータ

項目	大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
輻射発散度[W/m ²]	50×10 ³	58×10 ³	58×10 ³
燃焼半径[m]	13.8	9.45	1.95
離隔距離[m]	143	58	34
燃焼継続時間[hour]	1.49	2.14	0.34

以上より形態係数及び輻射強度を求め、下記の一次元非定常熱伝導方程式の解の式より、コンクリートの表面の温度上昇を求め、コンクリートの表面温度が許容限界温度以下であることを確認する。

$$T_s = T_0 + \frac{1}{\left(\frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1 \right) \frac{h}{\varepsilon E}}$$

出典：原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター
 T_0 ：初期温度[50℃]， E ：輻射強度[W/m²]， ε ：コンクリート表面の放射率(0.95)
 ※， h ：コンクリート表面熱伝達率[34.9W/m²K]※， k ：コンクリート熱伝導率
 [1.6W/mK] ※， ρ ：コンクリート密度[2200kg/m³] ※， c ：コンクリート比熱
 [879J/kgK] ※， t ：燃焼継続時間[s]

※：建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書

第2-17表 廃棄物処理建屋外壁の温度評価結果

項目	大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
形態係数	0.0152953	0.0370673	0.0057874
輻射強度[W/m ²]	764.7	2149.9	335.6
表面温度[℃]	64	90	54

(12) 航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳

a. 重畳する危険物タンクの選定

航空機墜落による火災が発生した場合に重畳を考慮する危険物タンクを検討する。航空機落下確率が10⁻⁷[回/炉・年]となる航空機落下位置とその周辺の危険物施設位置を第2-7図及び第2-8図に示す。発電用原子炉施設周辺には多量の油を保有する軽油タンクがあることから、まず、航空機落下位置より原子炉建屋側にある軽油タンクが航空機墜落による火災によって発火するかどうか評価する。(11)の「d. 軽油タンクの温度評価」に示すとおり、航空機墜落による火災時に軽油タンク内の軽油が発火点となる輻射強度[W/m²]を算出し、その輻射強度が航空機燃料の輻射発散度(最大58×10³W/m²)より大きいことから、輻射熱により軽油が発火しないことを確認した。また、航空機落下位置より内側にある軽油タンクが航空機墜落による火災によって発火することはないことから、航空機墜落による火災との重畳火災を考慮する危険物タンクは、航空機落下位置より外側の軽油タンクとする。

6号炉では、航空機落下確率が10⁻⁷[回/炉・年]以上となる範囲にある危険物タンクは5号炉の軽油タンクとなる。7号炉では、航空機落下確率が10⁻⁷[回/炉・年]以上となる範囲にある危険物タンクは5号炉及び6号炉の軽油タンクとなる。

6号炉に対する影響評価を考えると、5号炉軽油タンクは海側に設置されており、小型軍用航空機、小型民間航空機及び大型軍用航空機が5号炉軽油タンク位置に航空機が落下したとしても、6号炉の原子炉建屋及びコントロール建屋への輻射熱はタービン建屋により遮蔽されるため影響はない。ただし、6号炉タービ

ン建屋 1 階の非常用電気品室は、5号炉軽油タンクの熱影響を受ける位置にあることから、燃料積載量・燃料タンク投影面積が大きい大型軍用航空機(KC-767)が5号炉軽油タンク周辺に落下し、5号炉軽油タンク2台火災と航空機墜落による火災が重畳した場合の熱影響評価を実施する。なお、航空機落下位置は、航空機墜落による火災の影響が最も厳しくなるよう落下確率が 10^{-7} [回/炉・年]となる位置とする。

7号炉に対する影響評価を考えると、5号炉軽油タンクは海側に設置されており、大型民間航空機が5号炉軽油タンクに落下したとしても、7号炉の原子炉建屋、コントロール建屋及びタービン建屋 1 階の非常用電気品室は6号炉タービン建屋により輻射熱が遮られることから影響はない。6号炉軽油タンクは山側に設置されていることから、小型軍用航空機(AH-1S)が6号炉軽油タンク周辺に落下し、6号炉軽油タンク2台火災と航空機墜落による火災が重畳した場合の熱影響評価を実施する。なお、航空機落下位置は、航空機墜落による火災の影響が最も厳しくなるよう落下確率が 10^{-7} [回/炉・年]となる位置とする。



第 2-7 図 航空機落下位置と危険物タンク火災の重畳を考慮する位置 (6 号炉)



第 2-8 図 航空機落下位置と危険物タンク火災の重畳を考慮する位置 (7 号炉)

- b. 6号炉に対する影響評価 (5号炉軽油タンク火災との重畳)
 - (a) 6号炉タービン建屋非常用電気品室の外壁面温度評価
評価に必要なデータは以下のとおり。

第 2-18 表 軽油タンク火災影響評価に必要なデータ

6 号炉タービン建屋 1F 非常用電気品室評価			
項目	5 号炉南側 軽油タンク	5 号炉北側 軽油タンク	大型軍用航空機 (KC-767)
燃料の種類	軽油	軽油	JP-4
燃料量[m ³]	344	344	145.03
輻射発散度[W/m ²]	42×10 ³	42×10 ³	58×10 ³
燃焼速度[m/s]	4.79×10 ⁻⁵	4.79×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵
燃焼面積[m ²]	185	193	281
燃焼半径[m]	7.68	7.85	9.45
タービン建屋までの距離[m]	91	120	67
燃焼継続時間[hour]	10.74	10.30	2.14

次の式から形態係数を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{(n-1)}}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし、 $m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$

ϕ : 形態係数, L : 離隔距離[m], H : 火炎高さ[m], R : 燃焼半径[m]

第 2-19 表 形態係数の算出結果

6 号炉タービン建屋 1F 非常用電気品室評価			
項目	5 号炉南側 軽油タンク	5 号炉北側 軽油タンク	大型軍用航空機 (KC-767)
タービン建屋までの距離[m]	91	120	67
燃焼半径[m]	7.68	7.85	9.45
形態係数	0.0138238	0.0083052	0.0292795

火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は、輻射発散度に形態係数をかけた値となる。次式から輻射強度を算出する。

$$E = R_f \times \phi$$

E : 輻射強度, R_f : 輻射発散度, ϕ : 形態係数

第 2-20 表 輻射強度の算出結果

6 号炉タービン建屋 1F 非常用電気品室評価			
項目	5 号炉南側 軽油タンク	5 号炉北側 軽油タンク	大型軍用航空機 (KC-767)
輻射発散度[W/m ²]	42 × 10 ³	42 × 10 ³	58 × 10 ³
形態係数	0.0138238	0.0083052	0.0292795
輻射強度[W/m ²]	580.6	348.8	1698.2

ここで重畳を考慮した場合、航空機墜落による火災と同時に軽油タンクが延焼する場合は輻射強度が大きくなり、航空機が落下後時間において軽油タンクが発火する場合は燃焼継続時間が大きくなることから、それらを包絡するように、評価を実施する（第2-9図）。

航空機と軽油タンクが同時に延焼する場合の輻射強度Eは、以下のとおり。

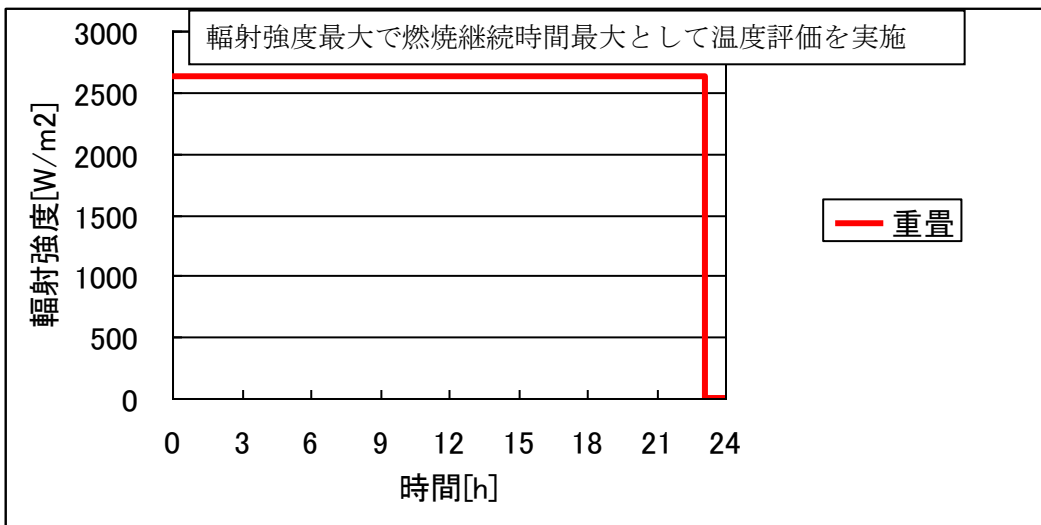
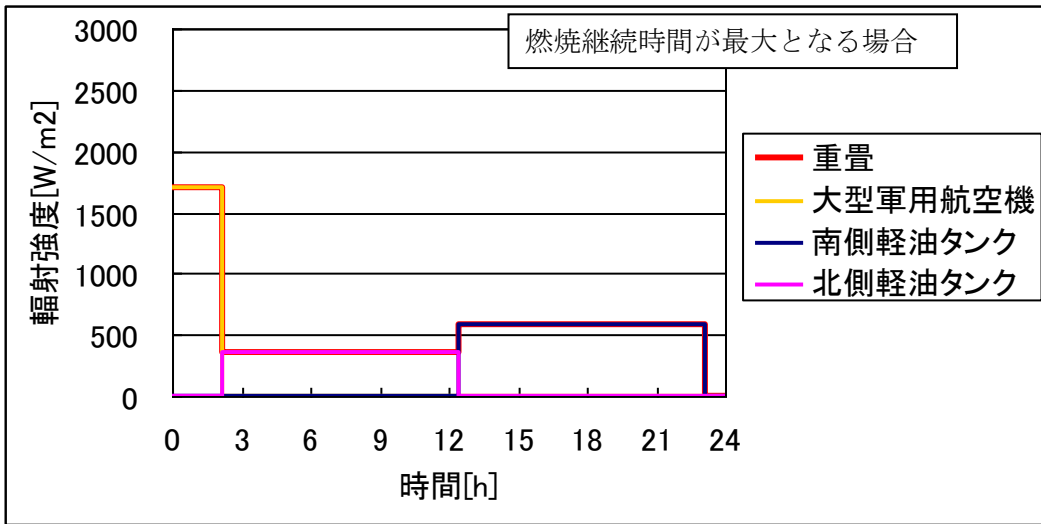
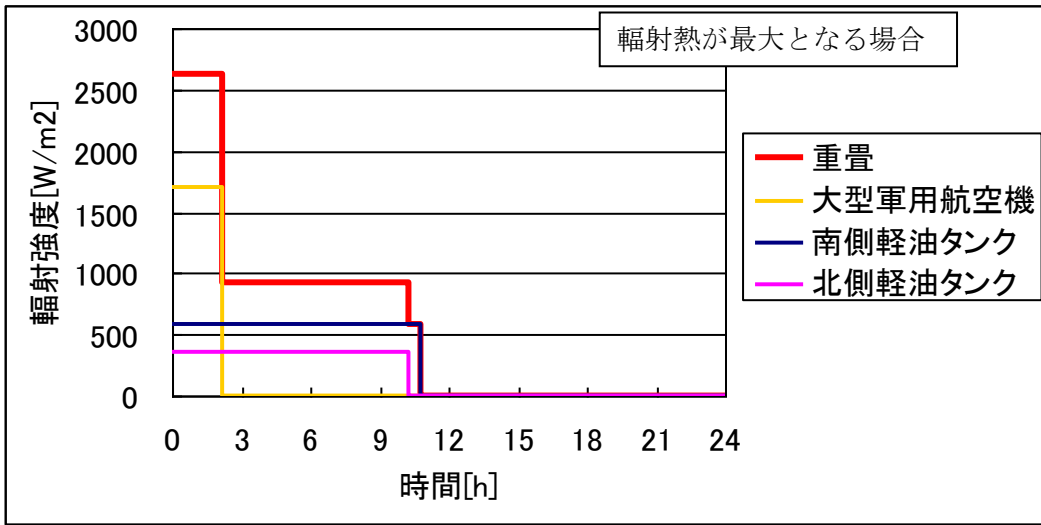
$$E = (580.6 \text{ (5号炉南側軽油タンク)} + 348.8 \text{ (5号炉北側軽油タンク)} + 1698.2 \text{ (大型軍用航空機)})$$

$$E = 2627.6 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

航空機が落下後時間において軽油タンクが発火する場合の最大の燃焼継続時間 t は、以下のとおり。

$$t = 10.74 \text{ (5号炉南側軽油タンク)} + 10.30 \text{ (5号炉北側軽油タンク)} \\ + 2.14 \text{ (大型軍用航空機)}$$

$$t = 23.18 \text{ [時間]}$$



第 2-9 図 重畳を考慮した場合の輻射強度及び燃焼継続時間の関係

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で発電用原子炉施設外壁が昇温されるものとして、下記の次元非定常熱伝導方程式より、コンクリートの表面の温度上昇を求め、コンクリートの表面温度が許容限界温度以下であるか評価を実施する。

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$$

T : 温度, t : 時刻, x : 建物壁内における外壁面からの距離, α : 熱拡散率

第 2-21 表 建屋外壁面の温度評価結果

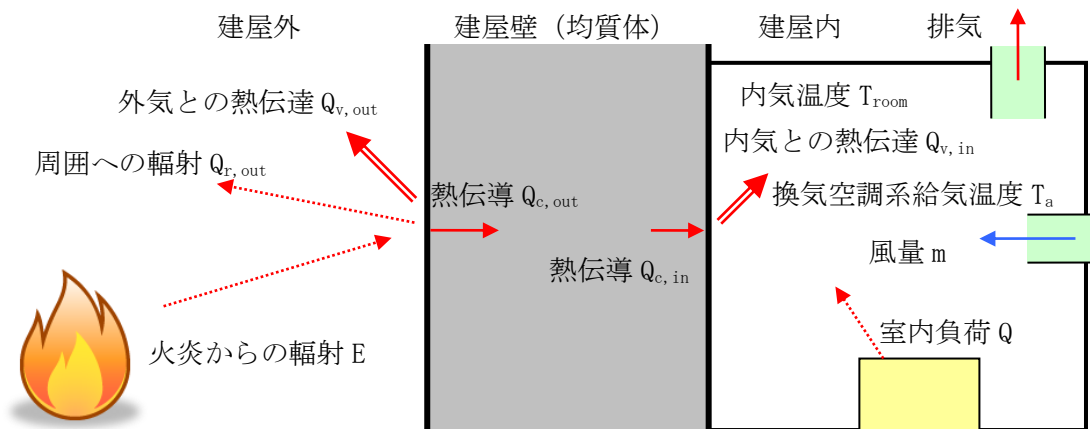
6号炉タービン建屋 1F 非常用電気品室評価 (建屋外壁面温度)	
項目	危険物タンクと航空機の重畳
輻射強度[W/m ²]	2627.6 (=580.6+348.8+1698.2)
燃焼継続時間[hour]	23.18 (=10.74+10.30+2.14)
表面温度[°C]	102

評価の結果、表面温度は102°Cとなり、許容限界温度を下回ることから、熱影響はない。

(b) 6号炉タービン建屋非常用電気品室の内気温度評価

火災が発生した時間から、燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で発電用原子炉施設が昇温されるものとして、内壁の温度上昇に伴う内気温度の上昇から、非常用電気品室内に設置している機器等への影響について評価する。

以下に概念図を示す。



第 2-10 図 伝熱の概念図

評価に必要なパラメータを示す。

第 2-22 表 航空機火災影響評価に必要なパラメータ

項目	パラメータ	備考
外気温度[°C]	50 °C	日射の影響を考慮し設定
外壁面熱伝達率[W/m ² K]	34.883	コンクリートの外壁面熱伝達率
内壁面熱伝達率[W/m ² K]	3.4883	コンクリートの内壁面熱伝達率
壁の熱伝導率[W/mK]	1.6279	コンクリートの熱伝導率
熱拡散率[m ² /s]	8.42×10 ⁻⁷	コンクリートの熱拡散率
壁厚[m]	0.6	-

以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて、外壁及び内壁面温度を求める。

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$$

T : 温度, t : 時刻, x : 建物壁内における外壁面からの距離, α : 熱拡散率

外壁及び内壁面温度上昇に伴う熱負荷は次式で計算される。

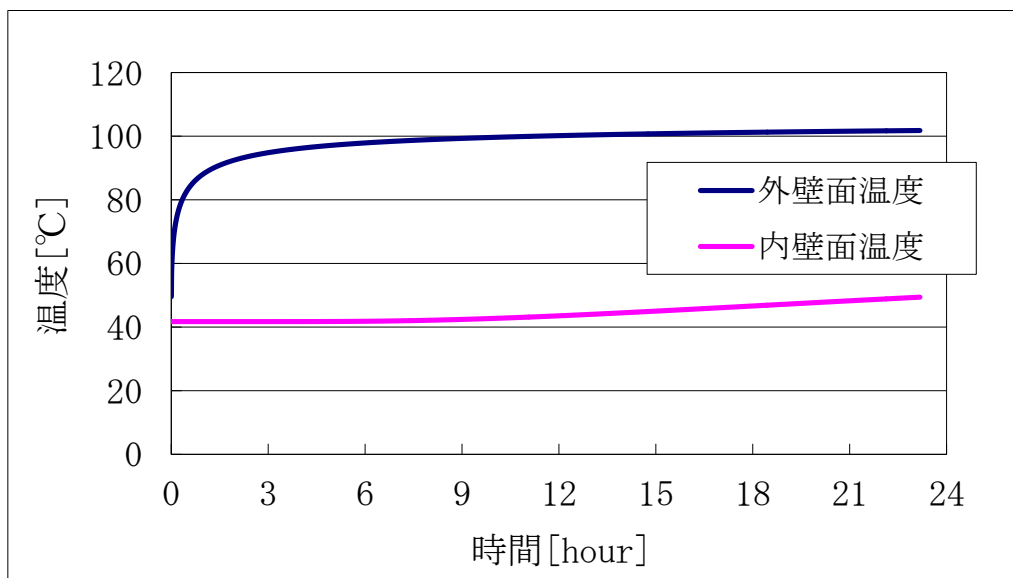
$$Q_{v,in} = h_{in} A (T_{in} - T_{room})$$

h_{in} : 内壁面熱伝達率, A : 内壁の表面積, T_{in} : 内壁面温度, T_{room} : 内気温度
内気温度は、火災による内壁面温度上昇に伴う熱負荷と室内の熱負荷及び換気空調系による除熱を考慮し、次式で求める。

$$T_{room} = \frac{Q + Q_{v,in}}{m \rho C} + T_a$$

Q : 室内負荷, m : 風量, ρ : 空気密度
C : 空気比熱, T_a : 換気空調系給気温度

以下に評価結果を示す。



第 2-11 図 外壁及び内壁面温度（発火～鎮火時）

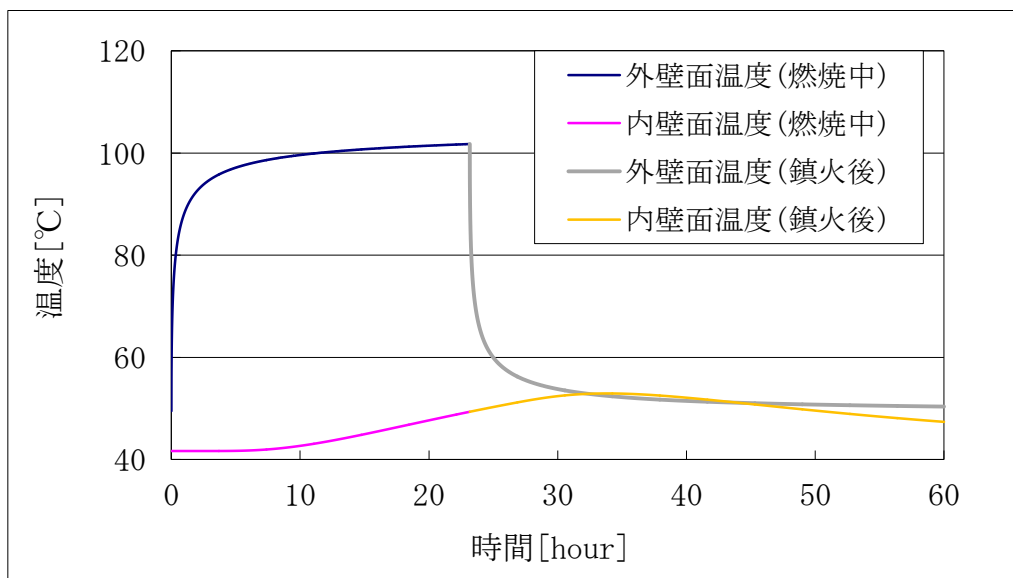
第 2-23 表 非常用電気品室の温度評価結果

6号炉タービン建屋非常用電気品室評価（鎮火時）	
項目	危険物タンクと航空機の重畳
輻射強度[W/m ²]	2627.6 (=580.6+348.8+1698.2)
燃焼継続時間[hour]	23.18 (=10.74+10.30+2.14)
外壁面温度[°C]	102
内壁面温度[°C]	50
内気温度[°C]	38
許容温度[°C]	40*

※：室内の電気設備（パワーセンター、モータコントロールセンター）の最高使用温度

6号炉タービン建屋非常用電気品室は、後述の7号炉コントロール建屋に対して、輻射強度、燃焼継続時間等の評価条件が厳しいことから、鎮火後の内気温度についても評価を実施する。

以下に評価結果を示す。



第 2-12 図 外壁及び内壁面温度（発火～鎮火後）

第 2-24 表 非常用電気品室の温度評価結果

6 号炉タービン建屋非常用電気品室評価（鎮火後）	
項目	危険物タンクと航空機の重畳
時間	鎮火から 33.8 時間後
外壁面温度[°C]	53
内壁面温度[°C]	53
内気温度[°C]	38
許容温度[°C]	40*

※：室内の電気設備（パワーセンター，モータコントロールセンター）の最高使用温度

評価の結果，内気温度は鎮火から33.8時間後に38℃（最大値）まで上昇するが，室内の電気設備（パワーセンター，モータコントロールセンター）の最高使用温度40℃を下回ることを確認した。

c. 7号炉に対する影響評価（6号炉軽油タンク火災との重畳）

(a) 7号炉コントロール建屋の外壁面温度評価

評価に必要なデータは以下のとおり。

第2-25表 軽油タンク火災影響評価に必要なデータ

7号炉コントロール建屋評価			
項目	6号炉西側 軽油タンク	6号炉東側 軽油タンク	小型軍用航空 機(AH-1S)
燃料の種類	軽油	軽油	JP-4
燃料量[m ³]	565	565	0.98
輻射発散度[W/m ²]	42×10 ³	42×10 ³	58×10 ³
燃焼速度[m/s]	4.79×10 ⁻⁵	4.79×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵
燃焼面積[m ²]	289	289	12
燃焼半径[m]	9.59	9.59	1.95
コントロール建屋までの距離[m]	100	109	116
燃焼継続時間[hour]	11.33	11.33	0.34

次の式から形態係数を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{(n-1)}}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし、 $m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$

ϕ : 形態係数, L : 離隔距離[m], H : 火炎高さ[m], R : 燃焼半径[m]

第2-26表 形態係数の算出結果

7号炉コントロール建屋評価			
項目	6号炉西側 軽油タンク	6号炉東側 軽油タンク	小型軍用航空 機(AH-1S)
コントロール建屋までの距離[m]	100	109	116
燃焼半径[m]	9.59	9.59	1.95
形態係数	0.0179039	0.0149786	0.0005303

火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は、輻射発散度に形態係数をかけた値となる。次式から輻射強度を算出する。

$$E = R_f \times \phi$$

E : 輻射強度, R_f : 輻射発散度, ϕ : 形態係数

第 2-27 表 輻射強度の算出結果

7号炉コントロール建屋評価			
項目	6号炉西側 軽油タンク	6号炉東側 軽油タンク	小型軍用航空 機(AH-1S)
輻射発散度[W/m ²]	42×10 ³	42×10 ³	58×10 ³
形態係数	0.0179039	0.0149786	0.0005303
輻射強度[W/m ²]	751.9	629.1	30.7

ここで重畳を考慮した場合、航空機墜落による火災と同時に軽油タンクが延焼する場合は輻射強度が大きくなり、航空機が落下後時間において軽油タンクが発火する場合は燃焼継続時間が大きくなることから、それらを包絡するように、評価を実施する（第2-13図）。

航空機と軽油タンクが同時に延焼する場合の輻射強度Eは、以下のとおり。

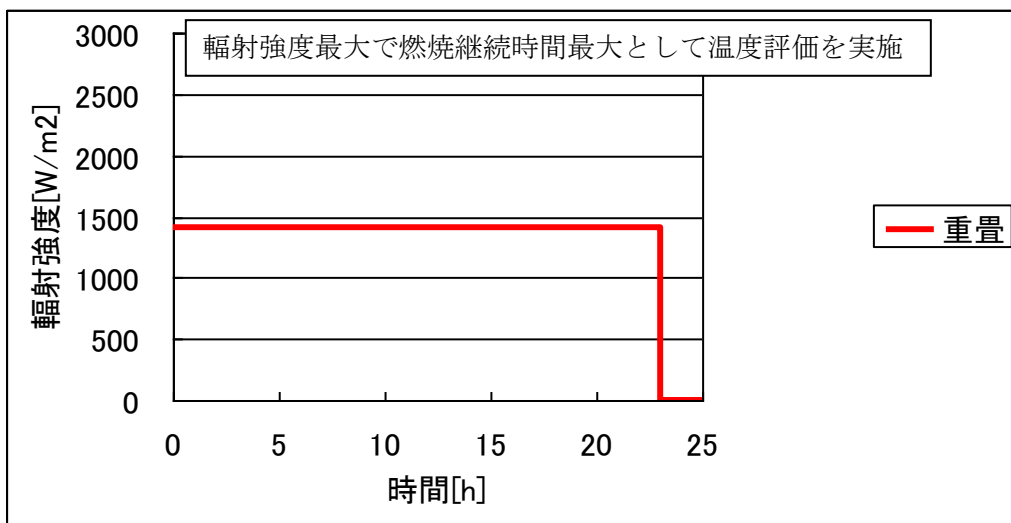
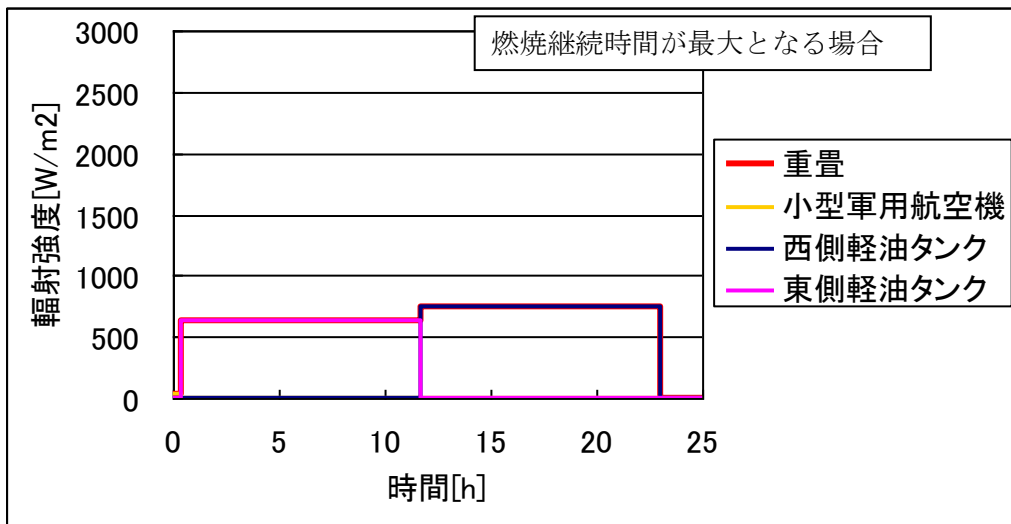
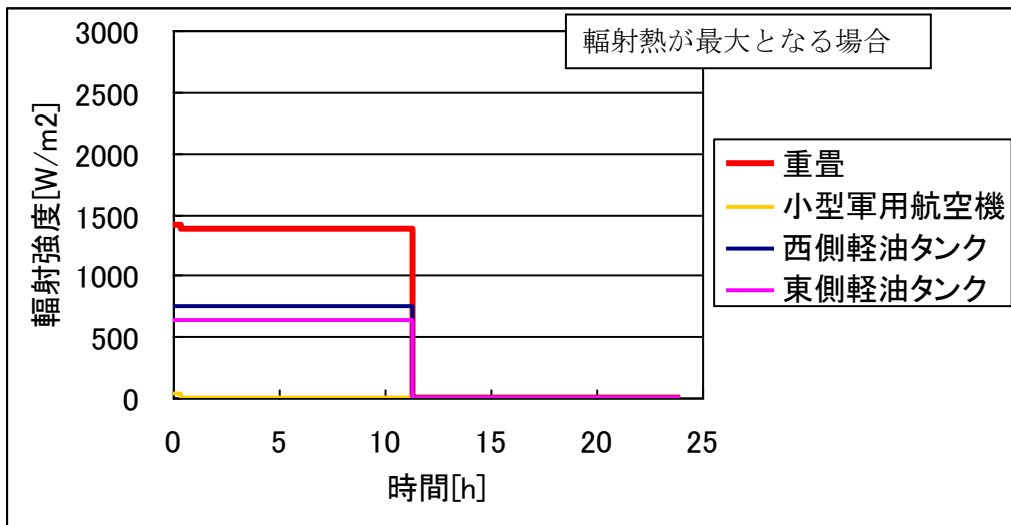
$$E = (752.0 \text{ (6号炉西側軽油タンク)}) + 629.1 \text{ (6号炉東側軽油タンク)} + 30.8 \text{ (小型軍用航空機)}$$

$$E = 1411.9 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

航空機が落下後時間において軽油タンクが発火する場合の最大の燃焼継続時間tは、以下のとおり。

$$t = 11.33 \text{ (6号炉西側軽油タンク)} + 11.33 \text{ (6号炉東側軽油タンク)} + 0.34 \text{ (小型軍用航空機)}$$

$$t = 23.00 \text{ [時間]}$$



第2-13図 重畳を考慮した場合の輻射強度及び燃焼継続時間の関係

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で発電用原子炉施設外壁が昇温されるものとして、下記の一次元非定常熱伝導方程式より、コンクリートの表面の温度上昇を求め、コンクリートの表面温度が許容限界温度以下であるか評価を実施する。

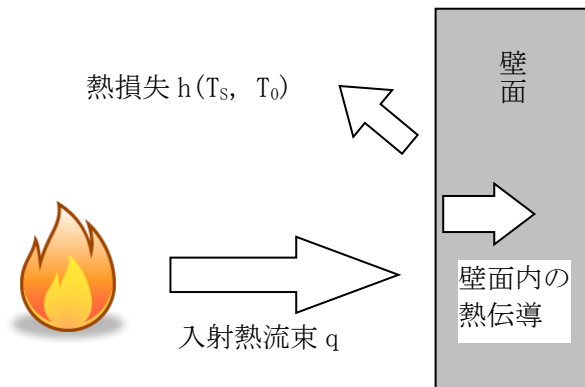
$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$$

T : 温度, t : 時刻, x : 建物壁内における外壁面からの距離, α : 熱拡散率

第 2-28 表 建屋外壁面の温度評価結果

7号炉コントロール建屋評価（建屋外壁面温度）	
項目	危険物タンクと航空機の重畳
輻射強度[W/m ²]	1411.9（=752.0+629.1+30.8）
燃焼継続時間[hour]	23.00（=11.33+11.33+0.34）
表面温度[°C]	78

評価の結果、表面温度は78°Cとなり、許容限界温度を下回ることから、熱影響はない。

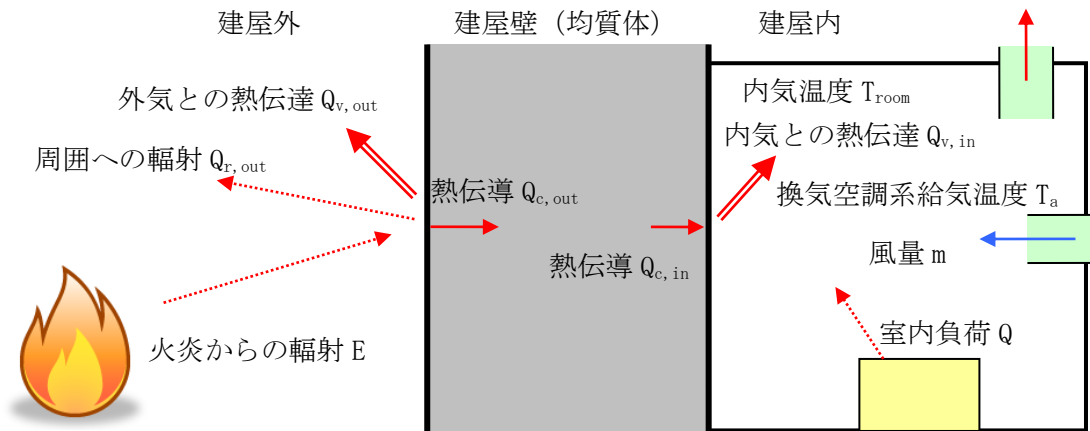


第 2-14 図 建屋温度評価体系図

(b) 7号炉コントロール建屋の内気温度評価

火災が発生した時間から、燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で発電用原子炉施設が昇温されるものとして、内壁の温度上昇を求め、コントロール建屋に設置している機器等への影響について評価する。評価対象エリアは、壁厚が最も薄いエリアを選定する。

以下に概念図を示す。



第 2-15 図 伝熱の概念図

評価に必要なパラメータを示す。

第 2-29 表 航空機火災影響評価に必要なパラメータ

項目	パラメータ	備考
外気温度 [°C]	50	日射の影響を考慮し設定
外壁面熱伝達率 [W/m ² K]	34.883	コンクリートの外壁面熱伝達率
内壁面熱伝達率 [W/m ² K]	3.4883	コンクリートの内壁面熱伝達率
壁の熱伝導率 [W/mK]	1.6279	コンクリートの熱伝導率
熱拡散率 [m ² /s]	8.42 × 10 ⁻⁷	コンクリートの熱拡散率
壁厚 [m]	0.5	-

以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて、外壁及び内壁面温度を求める。

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$$

T : 温度, t : 時刻, x : 建物壁内における外壁面からの距離, α : 熱拡散率

外壁及び内壁面温度上昇に伴う熱負荷は次式で計算される。

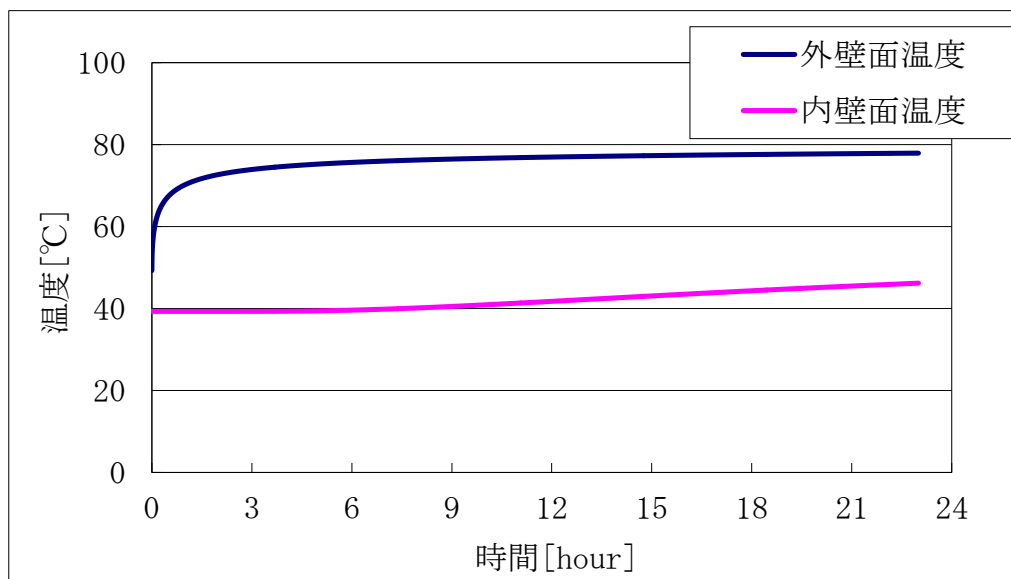
$$Q_{v, in} = h_{in} A (T_{in} - T_{room})$$

h_{in} : 内壁面熱伝達率, A : 内壁の表面積, T_{in} : 内壁面温度, T_{room} : 内気温度
内気温度は、火災による内壁面温度上昇に伴う熱負荷と室内の熱負荷及び換気空調系による除熱を考慮し、次式で求める。

$$T_{room} = \frac{Q + Q_{v.in}}{m \rho C} + T_a$$

Q : 室内負荷, m : 風量, ρ : 空気密度, C : 空気比熱, Ta : 換気空調系給気温度

以下に評価結果を示す。



第 2-16 図 外壁及び内壁面温度

第 2-30 表 建屋内気温度の評価結果

7号炉コントロール建屋評価 (建屋内気温度)	
項目	危険物タンクと航空機の重畳
輻射強度[W/m ²]	1411.9 (=752.0+629.1+30.8)
燃焼継続時間[hour]	23.00 (=11.33+11.33+0.34)
外壁面温度[°C]	78
内壁面温度[°C]	47
内気温度[°C]	40
許容温度[°C]	60*

※ : 室内の電気設備 (ケーブル) の最高使用温度

出典 : 日本電線工業会規格 JCS 0168-1:2004 ケーブルの常時許容温度

評価の結果, 内気温度は40°Cとなり, ケーブル常時許容温度60°Cを下回ることを確認した。

d. まとめ

6号炉の評価では外壁面は102℃、7号炉の評価では外壁面は78℃であり、許容限界温度を下回ることから、熱影響はないと評価する。また、6号炉の評価では内気温度は38℃、7号炉の評価では内気温度は40℃であり、室内の電気設備の許容温度を下回ることから、熱影響はないと評価する。

(13) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から、航空機墜落による火災が発生した場合を想定したとしても、外壁面の温度が許容限界温度、内気温度が許容温度を超えないことから、発電用原子炉施設に熱影響をおよぼすことはないと評価する。

第 1 表 評価対象航空機の種類

		民間航空機		自衛隊機、在日米軍機
		計器飛行方式	有視界飛行方式	
固定翼 (ジェット旅客機等)	大型機	定期便：評価対象 (例) 大型旅客機 (B747、 B777 等)	定期便：該当なし	評価対象 自衛隊機 (F-4EJ 改、 F-15 等) 在日米軍機 (F-16、 F/A-18 等)
		不定期便：評価対象外 (注 1)	不定期便：評価対象 (例) 海上保安庁のパトロール 機 (ヒューコック 90 型等) 民間の社有機 (三菱式 MU-300 型等) 等	
	小型機	定期便：評価対象外(注 2)	定期便：評価対象外(注 2)	評価対象 自衛隊機 (T-1 等)
		不定期便：評価対象(注 3)	不定期便：評価対象 (例) 本土-離島間コミュータ (DHC-6、BN-2 等) 軽飛行機 (セスナ 172 等)	
回転翼 (ヘリコプター)	大型機	定期便：評価対象外(注 2)	定期便：評価対象外(注 2)	評価対象 自衛隊機 (MH-53 等) 在日米軍機 (CH-53 等)
		不定期便：評価対象(注 3)	不定期便：評価対象 (例) 資材輸送 (ハール 214B、 AS332 等) 等	
	小型機	定期便：評価対象外(注 2)	定期便：評価対象外(注 2)	評価対象 自衛隊機 (OH-6 等) 在日米軍機 (UH-1 等)
		不定期便：評価対象(注 3)	不定期便：評価対象 (例) 離島間コミュータ (SA365 等) 資材輸送、緊急医療、報 道用等 (アエロスハール AS350、川崎 BK117)	

(注1) 計器飛行方式で飛行する大型固定翼機の不定期便は、定期便と比べて運航回数が極めて少ないことから、評価対象外とする。

(注2) 小型固定翼機及び回転翼機の定期便については、定期航空運送事業者の登録機数の割合から、運航頻度が大型機の定期便の数%であると判断できることから評価対象外とする。

(注3) 小型固定翼機及び回転翼機では、リクエストベースで計器飛行方式による飛行が可能となっているが、原則としては、有視界飛行方式による飛行形態を取っていることから、本基準では、全て有視界飛行方式として評価することとする。

※：実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）より抜粋

- 大型民間航空機（固定翼，回転翼）
- 小型民間航空機（固定翼，回転翼）
- 大型軍用航空機（固定翼，回転翼）
- 小型軍用航空機（固定翼，回転翼）

第 1 表 主要自衛隊航空機の仕様

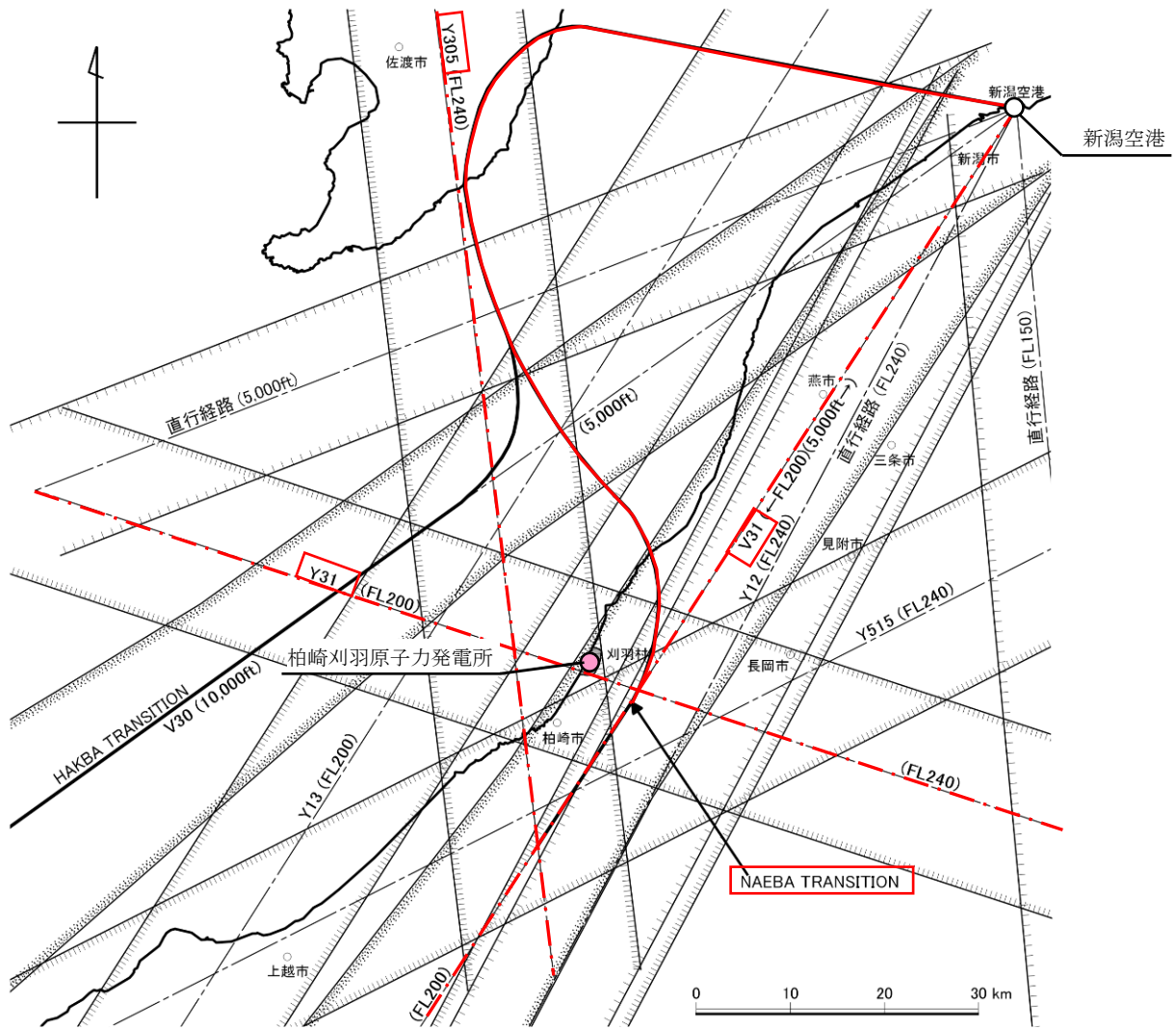
所属	形式	機種	保有数 [機]	全長 [m]	全幅 [m]	燃料積載量 [l]
陸上自衛隊	小型固定翼	LR-1	2	10	12	920
	大型固定翼	LR-2	7	14	18	2040
	小型回転翼	AH-1S	70	14	3	980
	小型回転翼	OH-6D	84	7	2	242
	小型回転翼	OH-1	38	12	3	953
	小型回転翼	UH-1H/J	141	12/13 ^{※1}	3	833
	大型回転翼	CH-47J/JA	56	16	4/5 ^{※2}	3899
	大型回転翼	UH-60JA	34	16	3	3255
	大型回転翼	AH-64D	10	18	6	1421
海上自衛隊	大型固定翼	P-3C	75	36	30	34820
	大型固定翼	P-1	4	38	35	- ^{※3}
	大型回転翼	SH-60J	46	15	3	1361
	大型回転翼	SH-60K	39	16	3	1361
	大型回転翼	MH-53E	6	22	6	12113
	大型回転翼	MCH-101	5	23	19	5250
航空自衛隊	大型固定翼	F-15J/DJ	201	19	13	14647
	大型固定翼	F-4EJ	62	19	12	12260
	大型固定翼	F-2A/B	92	16	11	11053
	大型固定翼	RF-4E/EJ	13	19	12	12579
	大型固定翼	C-1	25	29	31	15709
	大型固定翼	C-130H	15	30	40	26344
	大型固定翼	KC-767	4	49	48	145033 ^{※1}
	大型固定翼	KC-130H	1	30	40	26344
	大型固定翼	E-2C	13	18	25	7002
	大型固定翼	E-767	4	49	48	- ^{※3}
	大型回転翼	CH-47J	15	16	4	3899

平成 25 年版防衛白書より作成。燃料積載量は日本航空機全集 2013(鳳文書林), 世界航空機年鑑 2012-2013(酣燈社)より。なお, 灰色で網かけした航空機は小型航空機。

※1: 大型航空機の燃料が最大のものになる。

※2: UH-1H, UH-1J の全長がそれぞれ 12, 13m, CH-47J, CH-47JA の全幅がそれぞれ 4, 5m を意味する。

※3: P-1(哨戒), E-767(早期警戒管制)の燃料積載量は不明だが, 機体サイズ及び用途を考えると, KC-767(空中給油)より燃料補給機は少ないと推定する。



- 凡例 -
- 航空路
 - RNAV経路
 - 直行経路
 - 航空路等の中心線
 - 転移経路
 - 民間飛行場
 - ()内 最低飛行高度

第 1 図 柏崎刈羽原子力発電所周辺の航空図

(出典：AIP-JAPAN，国土交通省航空局，平成 25 年 3 月)

柏崎刈羽原子力発電所

第 1 表 飛行回数

(飛行回数)

東京航空交通管制部 ピークデイ ^{注1}	航空路 (V31)	広域航法経路 (Y31)	広域航法経路 (Y305)	転移経路 (NAEBA TRANSITION)
H24 年上半期 (H24. 6. 8) 交通量	40	10	0	11
H24 年下半期 (H24. 9. 19) 交通量	37	9	0	10
評価に用いる数値	$40 \times 365 \text{ 日} =$ 14600 便/年間	$10 \times 365 \text{ 日} =$ 3650 便/年間	$0.5 \times 365 \text{ 日} =$ 182.5 便/年間 ^{注2}	$11 \times 365 \text{ 日} =$ 4015 便/年間

注 1：国土交通省航空局に問い合わせ入手したデータ。ここでピークデイとは、東京航空交通管制部が全体として取り扱った交通量が半年間で最も多かった日のことであり、当該経路における交通量が半年間で最も多かった日とは必ずしも一致しない。

注 2：実際の便数は 0 であるが、保守的に 0.5 とする。

第 1 表 標的面積

単位：km²

発電所	号炉	原子炉建屋 ^{注1}	コントロール建屋 (中央制御室) ^{注2}	合計 ^{注3}	標的面積
柏崎刈羽 原子力発電所	6	0.003538	0.002378	0.005916	0.01
	7	0.003538	0.002378	0.005916	0.01

工事計画認可申請書記載の建屋寸法から面積を算出した。

注 1：ディーゼル発電機室は原子炉建屋に含む。

注 2：中央制御室は 6 号及び 7 号炉合計。

注 3：海水熱交換器区域は地下に設置のため除外。

延べ飛行距離について

延べ飛行距離は、平成 4 年～平成 23 年の「航空輸送統計年報、第 1 表 総括表、1. 輸送実績」における運航キロメートルの国内便のみの合計値とする。

なお、国際便については、日本国内での運行距離ではないため考慮していない。また、日本に乗り入れている外国機は運行距離の実績の公開記録がないため考慮していない。

ただし、国際便及び外国機が日本国内で墜落した場合は事故件数としてカウントし、事故率が保守的となるようにしている。

第 1 表 運航距離

	日本国機の運行距離 (飛行回・k m)
平成 4 年	307, 445, 013
平成 5 年	326, 899, 203
平成 6 年	343, 785, 576
平成 7 年	380, 948, 123
平成 8 年	397, 146, 610
平成 9 年	420, 920, 228
平成 10 年	449, 784, 623
平成 11 年	459, 973, 069
平成 12 年	480, 718, 878
平成 13 年	489, 803, 107
平成 14 年	498, 685, 881
平成 15 年	519, 701, 117
平成 16 年	517, 485, 172
平成 17 年	527, 370, 038
平成 18 年	555, 543, 154
平成 19 年	559, 797, 874
平成 20 年	554, 681, 669
平成 21 年	544, 824, 157
平成 22 年	548, 585, 258
平成 23 年	555, 144, 327
合 計	9, 439, 243, 077

航空機落下確率の評価を最新データに更新した場合の影響について

1. はじめに

発電所敷地内への航空機墜落による火災影響については、設置許可申請当時（平成25年9月）の最新データとして、「平成23年度 航空機墜落事故に関するデータの整備（平成24年9月 独立行政法人 原子力安全基盤機構）」に基づく航空機の落下確率より、発電用原子炉施設からの離隔距離を算出し、熱影響評価を行っている。

しかしながら、安全審査が長期化し、その間に、「航空機落下事故に関するデータ（平成28年6月 NRA技術報告）」がとりまとめられたことを受け、その影響について確認することとする。

2. 航空機事故等のデータ更新による影響

「航空機落下事故に関するデータ（平成28年6月 NRA技術報告）」では、平成5年1月～平成24年12月までの航空機事故データ、運行実績データ及び訓練空域面積データとして更新されているが、各航空機の落下事故率は、同等若しくは低下している。このため、航空機の落下位置から発電用原子炉施設までの離隔距離は同等若しくは長くなり、火災による影響も軽減される傾向となっている。

以下、更新されたデータに基づき、「航空機の落下位置から発電用原子炉施設までの離隔距離」並びに「航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳による影響」について評価する。

3. 航空機墜落による火災影響評価

「添付資料-7 柏崎刈羽原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災について」における航空機墜落による火災影響評価のうち、(1)航空機墜落による火災の想定～(3)評価対象範囲の考え方は同様であるため、(4)以降について、評価する。

(1) 標的面積の算出

a. 大型民間航空機及び小型民間航空機の標的面積の算出

(a) 計器飛行方式民間航空機の航空路を巡航中の落下事故

$$P_c = f_c \cdot N_c \cdot A / W$$

P_c : 対象施設への巡航中の航空機落下確率[回/年]

N_c : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数[飛行回/年]

A : 発電用原子炉施設の標的面積[km²]

W : 航空路幅[km]

$f_c = G_c / H_c$: 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率[回/飛行回・km]

G_c : 巡航中事故件数[回]

Hc : 延べ飛行距離[飛行回・km]

第3-1表 標的面積の算出結果

発電所名称 及び号炉 パラメータ	柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉			
対象航空路 ^{注1}	航空路 (V31)	広域航法経路 (Y31)	広域航法経路 (Y305)	転移経路 (NAEBA TRANSITION)
Nc ^{注2}	14600	3650	182.5	4015
A ^{注3}	0.01	0.01	0.01	0.01
W ^{注4}	14	18.52	18.52	14
Fc ^{注5}	0.5/9,740,013,768=5.13×10 ⁻¹¹			
Pc	5.35×10 ⁻¹⁰	1.01×10 ⁻¹⁰	5.05×10 ⁻¹⁰	1.47×10 ⁻¹²
Pc(合計)	7.88×10 ⁻¹⁰			

注1：柏崎刈羽原子力発電所周辺の航空図（AIPエンルートチャート）による。（別紙7-4）

注2：国土交通省航空局への問合せ結果（ピークデイの値）を365倍した値。ただし、平成24年のピークデイにおける飛行回数が0回の場合は、保守的に0.5回とみなし、年間182.5回とする。（別紙7-5）

注3：原子炉建屋，コントロール建屋等の水平面積の合計値は0.01km²以下であるので標的面積は0.01km²とする。（別紙7-6）

注4：「航空路の指定に関する告示」及び「航空路等設定基準」による。

注5：巡航中事故件数は，平成5年～平成24年の間で0件のため，保守的に0.5件とする。延べ飛行距離は，平成5年～平成24年の「航空輸送統計年報，第1表 総括表，1. 輸送実績」における運航キロメートルの国内の値を合計した値。（別紙7-9）

(b) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = (f_v/S_v) \cdot A \cdot \alpha$$

P_v : 対象施設への航空機落下確率[回/年]

f_v : 単位年当たりの落下事故率[回/年]

S_v : 全国土面積[km²]

A : 発電用原子炉施設の標的面積[km²]

α : 対象航空機の種類による係数

第3-2表 落下確率の算出結果

パラメータ	大型固定翼機	大型回転翼機	小型固定翼機	小型回転翼機
f_v 注	0.5/20=0.025	1/20=0.05	35/20=1.75	24/20=1.20
S_v 注	372,000			
α 注	1.0	1.0	0.1	0.1
A	0.01	0.01	0.01	0.01
P_v	6.72×10^{-10}	1.34×10^{-9}	4.70×10^{-9}	3.22×10^{-9}
P_v (合計)	9.94×10^{-9}			

注：「NTEC-2016-2002 NRA技術報告 航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）による。

以上より、

大型民間航空機の落下確率（ P_c （計器飛行方式）+ P_v （大型固定翼機）+ P_v （大型回転翼機））が 10^{-7} [回/炉・年]となる標的面積 A_1 [km^2]を計算すると以下のとおりとなる。

$$A_1 = 10^{-7} \div (7.88 \times 10^{-10} + 6.72 \times 10^{-10} + 1.34 \times 10^{-9}) \times 0.01 = 0.357 [\text{km}^2]$$

小型民間航空機の落下確率（ P_v （小型固定翼機）+ P_v （小型回転翼機））が 10^{-7} [回/炉・年]となる標的面積 A_2 [km^2]を計算すると以下のとおりとなる。

$$A_2 = 10^{-7} \div (4.70 \times 10^{-9} + 3.22 \times 10^{-9}) \times 0.01 = 0.126 [\text{km}^2]$$

b. 大型軍用航空機及び小型軍用航空機の標的面積の算出

柏崎刈羽原子力発電所の上空には訓練空域がないため、軍用航空機の落下確率 P_{so} を求める式は、以下のとおりとなる。

$$P_{so} = (f_{so} / S_o) \cdot A$$

P_{so} ：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率[回/年]

f_{so} ：単位年当たりの訓練空域外落下事故率[回/年]

S_o ：全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積[km^2]

A：発電用原子炉施設の標的面積[km^2]

第 3-3 表 落下確率の算出結果

パラメータ	大型自衛隊機	大型米軍機	小型自衛隊機	小型米軍機
f _{so} 注	1/20=0.05	4/20=0.2	6/20=0.3	1/20=0.05
S _o 注	295,000	371,500	295,000	371,500
A	0.01	0.01	0.01	0.01
P _{so}	1.69×10 ⁻⁹	5.38×10 ⁻⁹	1.01×10 ⁻⁸	1.34×10 ⁻⁹
P _{so} (合計)	1.85×10 ⁻⁸			

注：「NTEC-2016-2002 NRA技術報告 航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）による。

以上より、

大型軍用航空機の落下確率 (P_{so}(大型自衛隊機)+P_{so}(大型米軍機)) が10⁻⁷[回/炉・年]となる標的面積A3[km²] を計算すると以下のとおりとなる。

$$A3 = 10^{-7} \div (1.69 \times 10^{-9} + 5.38 \times 10^{-9}) \times 0.01 = 0.141 [\text{km}^2]$$

小型軍用航空機の落下確率 (P_{so}(小型自衛隊機)+P_{so}(小型米軍機)) が10⁻⁷[回/炉・年]となる標的面積A4[km²] を計算すると以下のとおりとなる。

$$A4 = 10^{-7} \div (1.01 \times 10^{-8} + 1.34 \times 10^{-9}) \times 0.01 = 0.086 [\text{km}^2]$$

(2) 発電用原子炉施設からの離隔距離の算出

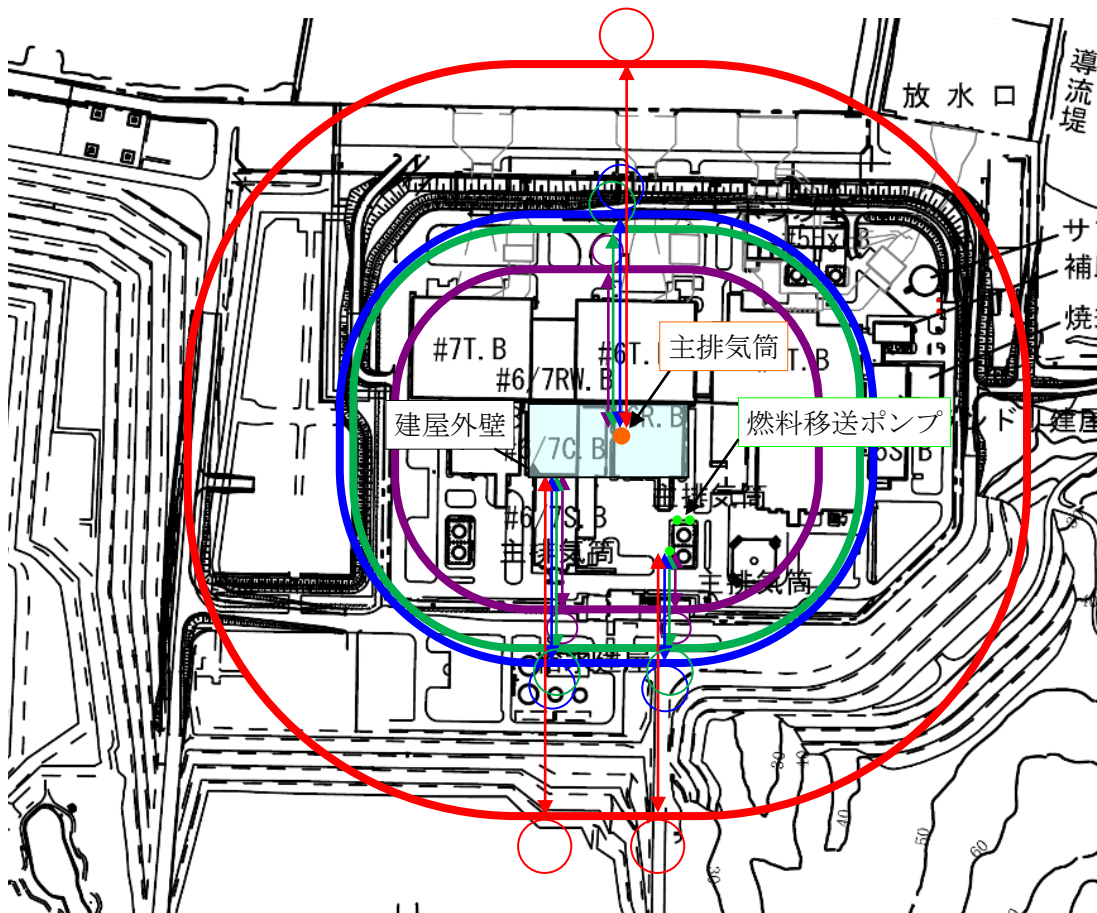
(1)で求めた面積が、評価対象となる発電用原子炉施設（原子炉建屋及びコントロール建屋）外壁面から等距離の離隔をとった場合の標的面積と等しくなる距離を離隔距離L[m]とし、離隔距離Lを算出した結果を以下に示す。また、各航空機の離隔距離を第3-1図、第3-2図に示す。

10⁻⁷[回/炉・年]となる標的面積の考え方は、添付資料-7「2. 航空機墜落による火災の影響評価 (5) 発電用原子炉施設からの離隔距離の算出」と同様。

第 3-4 表 発電用原子炉施設からの離隔距離の算出結果

項目		大型 民間航空機	小型 民間航空機	大型 軍用航空機	小型 軍用航空機
対象航空機		B747-400	Do228-200	KC-767	AH-1S
6号炉	外壁面 までの離隔距離[m]	278	143	155	109
7号炉		286	150	161	116
6号炉	燃料移送ポンプ までの離隔距離[m]	218	83	95	49
7号炉		227	91	103	57
6号炉	主排気筒 までの離隔距離[m]	300	164	176	131
7号炉		286	151	162	117

※：軽油タンクの熱影響評価は、航空機墜落による軽油タンク火災の重畳火災も考慮する。評価結果は(3)に示す。



○：航空機落下位置（円筒火炎モデル）

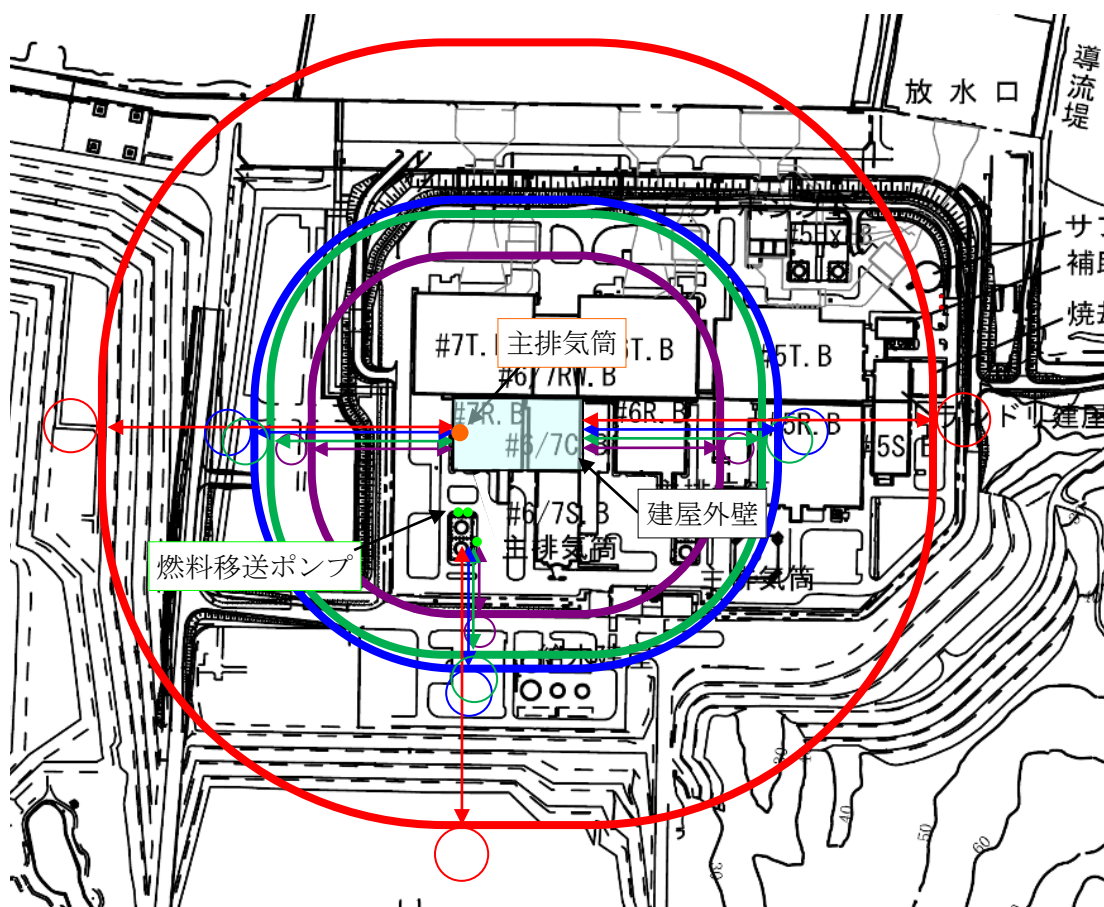
大型民間航空機落下位置

大型軍用航空機落下位置

小型民間航空機落下位置

小型軍用航空機落下位置

第3-1図 各航空機の落下位置（6号炉）



○：航空機落下位置（円筒火炎モデル）

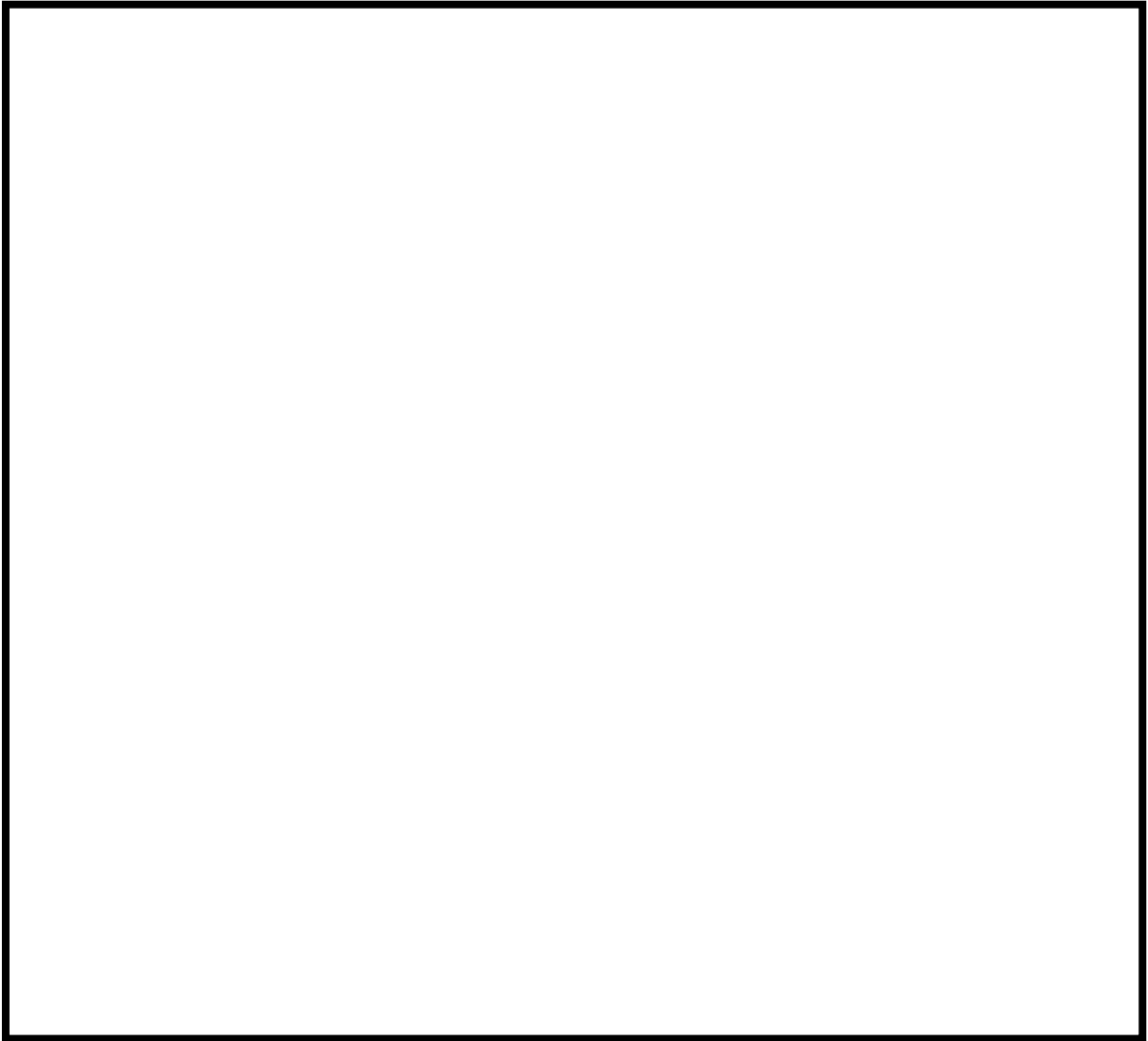
大型民間航空機落下位置	大型軍用航空機落下位置
小型民間航空機落下位置	小型軍用航空機落下位置

第3-2図 各航空機の落下位置（7号炉）

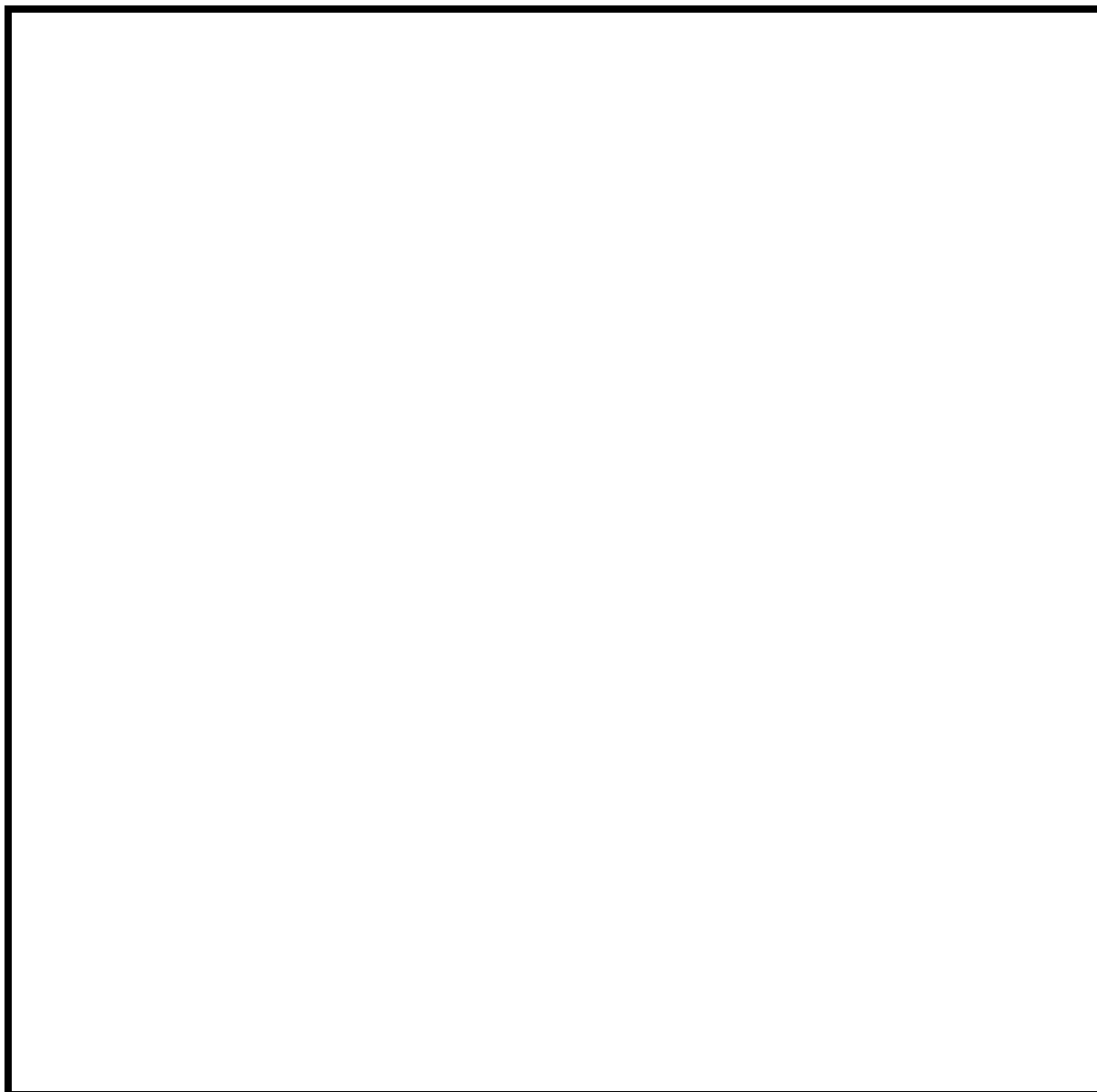
以上の結果より、各航空機の落下位置から算出した発電用原子炉施設との離隔距離は、「添付資料-7 柏崎刈羽原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災について」と同等若しくは、それ以上であることから、発電用原子炉施設への熱影響は既評価と同等若しくは包絡されるものと評価する。

(3) 航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳

航空機火災が発生した場合に重畳を考慮する危険物タンクを検討する。航空機落下が 10^{-7} [回/炉・年]となる航空機落下位置とその周辺の危険物施設位置を第3-3図及び第3-4図に示す。



第3-3図 航空機落下位置と危険物タンク火災の重畳を考慮する位置 (6号炉)



第3-4図 航空機落下位置と危険物タンク火災の重畳を考慮する位置（7号炉）

第3-3図及び第3-4図より、各航空機の落下位置から算出した発電用原子炉施設との離隔距離は、「添付資料-7 柏崎刈羽原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災について」と比較し、同等若しくは、数十メートル程度長くなっていること、最も厳しいケースとして、6号炉では、5号炉軽油タンク2台火災と大型軍用航空機（KC-767）火災が重畳すること、7号炉では、6号炉軽油タンク2台火災と小型軍用航空機（AH-1S）火災が重畳することには変わりはないことから、発電用原子炉施設への熱影響は既評価と同等若しくは包絡されるものと評価する。

4. 航空機墜落による火災の熱影響評価

以上により、「航空機落下事故に関するデータ（平成28年6月 NRA技術報告）」

のデータを反映した評価は、「添付資料-7 柏崎刈羽原子力発電所の敷地内への航空機落下による火災について」における熱影響評価と同等若しくは包絡される結果となることを確認した。

延べ飛行距離について

延べ飛行距離は、平成 5 年～平成 24 年の「航空輸送統計年報、第 1 表 総括表、1. 輸送実績」における運航キロメートルの国内便のみの合計値とする。

なお、国際便については、日本国内での運行距離ではないため考慮していない。また、日本に乗り入れている外国機は運行距離の実績の公開記録がないため考慮していない。

ただし、国際便及び外国機が日本国内で墜落した場合は事故件数としてカウントし、事故率が保守的となるようにしている。

第 1 表 運航距離

	日本国機の運行距離 (飛行回・km)
平成 5 年	326, 899, 203
平成 6 年	343, 785, 576
平成 7 年	380, 948, 123
平成 8 年	397, 146, 610
平成 9 年	420, 920, 228
平成 10 年	449, 784, 623
平成 11 年	459, 973, 069
平成 12 年	480, 718, 878
平成 13 年	489, 803, 107
平成 14 年	498, 685, 881
平成 15 年	519, 701, 117
平成 16 年	517, 485, 172
平成 17 年	527, 370, 038
平成 18 年	555, 543, 154
平成 19 年	559, 797, 874
平成 20 年	554, 681, 669
平成 21 年	544, 824, 157
平成 22 年	548, 585, 258
平成 23 年	555, 144, 327
平成 24 年	608, 215, 704
合 計	9, 740, 013, 768

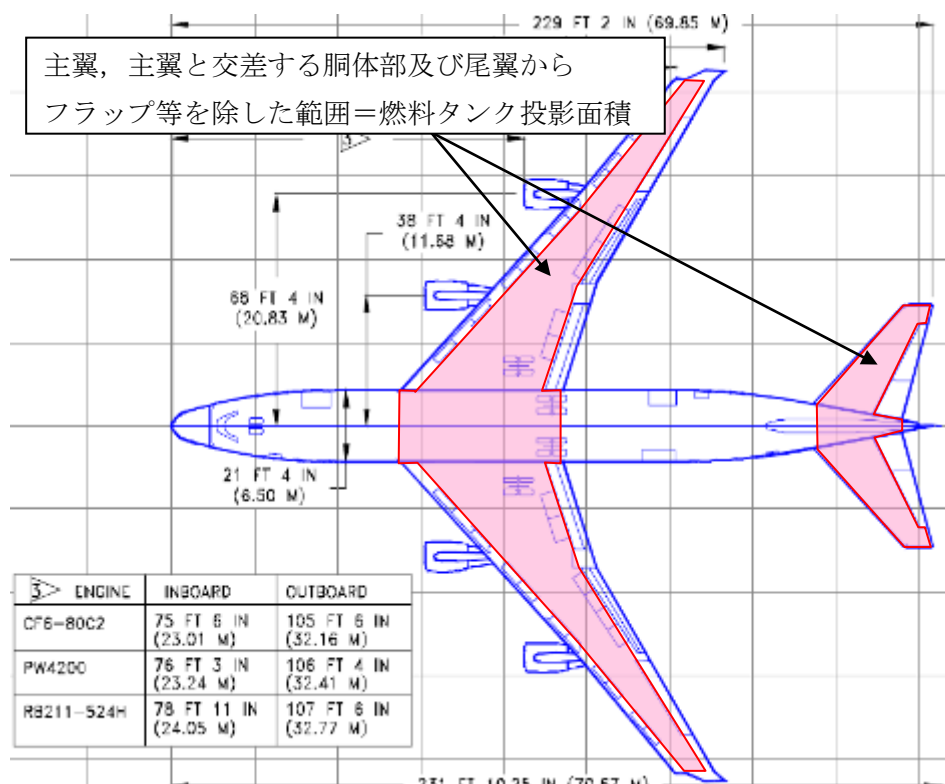
航空機墜落による火災の影響評価に用いたデータについて

1. 航空機の仕様について

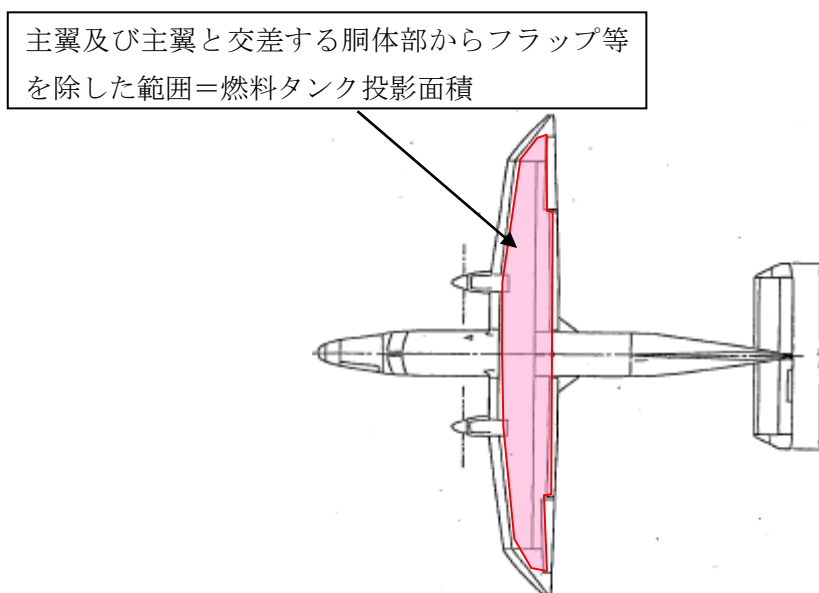
第 1-1 表 航空機の仕様

項目	大型 民間航空機	小型 民間航空機	大型 軍用航空機	小型 軍用航空機
想定する航空機	B747-400	Do228-200	KC-767	AH-1S
燃料の種類	Jet A-1	Jet A-1	JP-4	JP-4
燃料量[m ³]	216.84 ¹⁾	2.38 ²⁾	145.03 ³⁾	0.98 ²⁾
燃料タンク面積[m ²]	605 ⁴⁾	26 ⁵⁾	280 ⁶⁾	12 ⁷⁾

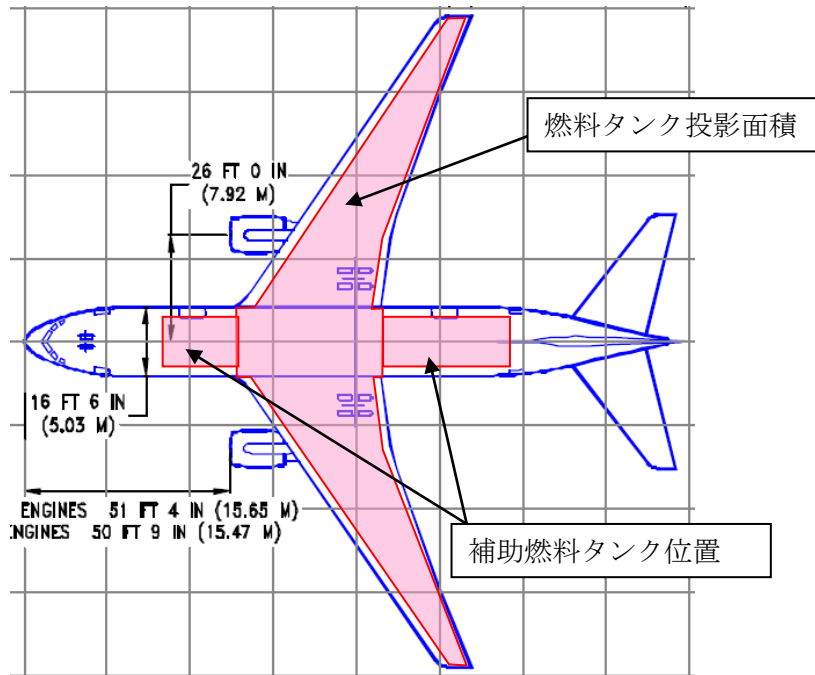
- 1) ボーイング社ホームページ“Technical Characteristics Boeing 747-400”に記載の値
- 2) 日本航空機全集 2013, (鳳文書林出版販売(株)発行)記載値
- 3) 世界航空機年鑑 2012-2013 に記載の燃料重量及び燃料密度(NUREG-1806)から算出した値
- 4) ボーイング社ホームページ資料「747-400 Airplane Characteristics for Airport Planning」の機体図面より, 主翼, 主翼と交差する胴体部及び尾翼の面積からフラップ等の面積を除いた面積が燃料タンク面積と同等と想定し算出した値(第 1-1(a)図)。
- 5) 日本航空機全集 2013 に記載の図面から, 主翼及び主翼と交差する胴体部の面積からフラップ等の面積を除いた面積が燃料タンク面積と同等と想定し算出した値(第 1-1(b)図)
- 6) ボーイング社ホームページ資料「767 Airplane Characteristics for Airport Planning」の機体図面より, KC-767 のベースとなっている航空機 B767-200ER の主翼, 主翼と交差する胴体部及び補助燃料タンクが搭載される床下貨物室の面積からフラップ等の面積を除いた面積を燃料タンク面積として算出した値(第 1-1(c)図)
- 7) 日本航空機全集 2013 に記載の図面から, 機体の投影面積を燃料タンク投影面積と同等と想定し算出した値(第 1-1(d)図)



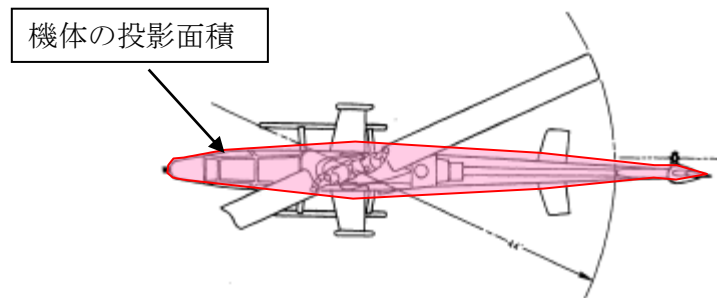
第 1-1(a) 図 燃料タンク 投影面積 (B747-400)
(出典 : 747-400 Airplane Characteristics for Airport Planning)



第 1-1(b) 図 燃料タンク 投影面積 (Do228-200)
(出典 : 日本航空機全集 2013)



第 1-1(c) 図 燃料タンク 投影面積(KC-767)
(出典 : 767 Airplane Characteristics for Airport Planning)



第 1-1(d) 図 燃料タンク 投影面積(AH-1S)
(出典 : 日本航空機全集 2013)

2. 燃料物性値について

ジェット燃料は、JIS 規格では 1 号の灯油型（低析出点）、2 号灯油型及び 3 号広範囲沸点型（ガソリン型）の 3 種類があり、ASTM 規格の Jet A-1, Jet A, Jet B に相当する。また、MIL 規格では、JP-4(ガソリン型)、JP-5（灯油型）や JP-8（灯油型）があり、日本の民間航空機では安全性の高い 1 号（灯油型）が使用されており^{※1}、軍用航空機では JP-4 が使われている^{※2}。よって、民間航空機の燃料の種類は Jet A-1（灯油型）、軍用航空機は JP-4 とする。

火災影響評価において使用する燃料物性値のうち、輻射発散度及び質量低下速度については、Jet A-1 燃料に関する明確な知見がない。このため、Jet A-1 は灯油型であることから、輻射発散度は灯油の値を採用する。

また、Jet A-1 の質量低下速度、密度については、NUREG-1805 において、JP-4、JP-5 の質量低下速度、密度が与えられていることから、同じ灯油型である JP-5 の値を採用する。なお、JP-5 の方が JP-4 より燃焼速度が遅く、燃焼継続時間が長くなるので保守的である。

軍用航空機の燃料（JP-4）は、ガソリン系の燃料であることから、輻射発散度はガソリン・ナフサの値を採用し、質量低下速度、密度は、NUREG-1805 の JP-4 の値を採用する。

※1：公益社団法人 石油学会 HP

※2：石油便覧 JX 日鉱日石エネルギーHP

第 2-1 表 評価対象航空機の燃料物性値

項目	大型 民間航空機	小型 民間航空機	大型 軍用航空機	小型 軍用航空機
想定する航空機	B747-400	Do228-200	KC-767	AH-1S
燃料の種類	Jet A-1	Jet A-1	JP-4	JP-4
輻射発散度[W/m ²]	50×10 ^{3 1)}	50×10 ^{3 1)}	58×10 ^{3 2)}	58×10 ^{3 2)}
質量低下速度[kg/m ² ・s]	0.054 ³⁾	0.054 ³⁾	0.051 ⁴⁾	0.051 ⁴⁾
燃料密度[kg/m ³]	810 ³⁾	810 ³⁾	760 ⁴⁾	760 ⁴⁾
燃焼速度[m/s]	6.66×10 ⁻⁵	6.66×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵

1) 評価ガイド 附属書 B における灯油の値

2) 評価ガイド 附属書 B におけるガソリン・ナフサの値

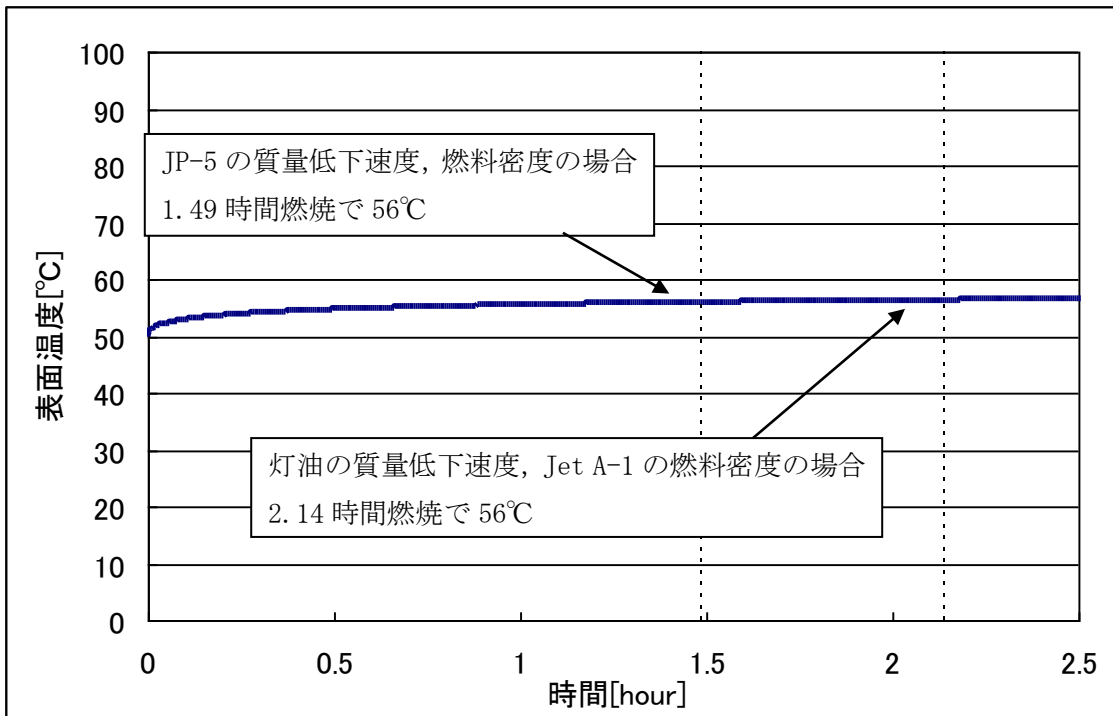
3) NUREG-1805, Fire Dynamics Tools (FDTs): Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program に記載の JP-5(灯油型)の値

4) NUREG-1805, Fire Dynamics Tools (FDTs): Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program 5 に記載の JP-4(ガソリン型)の値
NUREG-1805 より抜粋。

第 2-2 表 軍用航空機の燃料物性値

種類	質量低下速度 [kg/m ² ·s]	密度 [kg/m ³]	燃焼速度 [m/s]
JP-4 (ガソリン型)	0.051	760	6.71×10^{-5}
JP-5 (灯油型)	0.054	810	6.66×10^{-5}

また、質量低下速度を灯油の値(0.039kg/m²·s)とし、密度を JetA-1 の値の最大値(840kg/m³)とした場合、燃焼速度は、 4.642×10^{-5} [m/s]となり、燃焼継続時間は2.14時間となり、JP-5 の値を採用した場合の1.49時間に比べ約0.65時間長くなるが、2.14時間であった場合でも外壁面の温度は約56℃であり、JP-5 で評価した場合と相違ない。



第 2-1 図 航空機火災影響評価の外壁面の温度推移

ばい煙及び有毒ガスの影響評価について

1. はじめに

外部火災により発生するばい煙及び有毒ガスについては、火災による上昇気流により上空に運ばれ、発電所近傍に滞留することはない。そのため、ばい煙及び有毒ガスが、換気空調系の外気取入口から建屋内に進入する可能性は低いと考える。万一、高濃度のばい煙及び有毒ガスが建屋内に進入することを想定し、以下のとおり評価を行った。

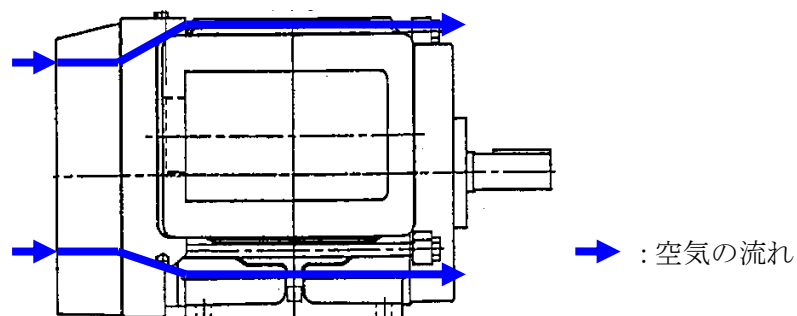
2. 評価対象

ばい煙の影響が想定される施設として、設備内にばい煙を含んだ外気を取り込む可能性のある機器、煙や埃に対して脆弱な設備、建屋外部に開口部を有する設備について影響評価を実施する。また、建屋内にばい煙及び有毒ガスを含んだ外気が取り込まれた場合の居住性の観点から評価を実施する。評価対象は以下のとおり。

第 2-1 表 評価対象

分類	影響評価設備
換気空調系で給気されるエリアの設置機器	非常用ディーゼル発電機 安全保護系
建屋外部に開口部を有する設備	非常用ディーゼル発電機排気口
居住性への影響	中央制御室 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所

なお、原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は、タービン建屋内に配置しており、直接ばい煙を取り込むことはなく影響はない。また、非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ電動機は、屋外に設置しているが、電動機内部に直接外気を取り込まない全閉外扇構造の冷却方式であり、外気を直接電動機内部に取り込まない構造であることから影響はない(第 2-1 図)。



第 2-1 図 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ電動機外形図

3. 評価結果

3.1 換気空調系で給気されるエリアの設置機器

外気を取り入れている空調系統として、原子炉建屋、ディーゼル発電機電気品区域、中央制御室、コントロール建屋計測制御電源盤区域、海水熱交換器区域の換気空調系がある（第 3.2-1(a)(b)(c) 図）。

これらの換気空調系の外気取入経路には、バグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して 80%以上を捕獲する性能）を設置しているため、ばい煙が外気取入口に到達した場合であっても、一定以上の粒径のばい煙はバグフィルタにより進入を阻止できる。

上記系統のうち、外気取入ダンパを設置し再循環運転が可能である中央制御室換気空調系については、ばい煙の進入が想定される場合には、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転を行うことにより、ばい煙の進入を阻止できる。それ以外の換気空調系については、空調ファンを停止することでばい煙の進入を阻止できる。

<非常用ディーゼル発電機>

非常用ディーゼル発電設備は、換気空調系で給気されるエリアに設置していることから、空調ファンを停止することでばい煙の進入を阻止できる。

バグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して 80%以上を捕獲する性能）の入口と出口間の差圧を検知できる差圧感知計を監視し、差圧が上昇しバグフィルタが目詰まりした場合はバグフィルタの交換が可能である。

なお、非常用ディーゼル機関は吸気系統から外気を取り入れているため、機関内にばい煙が流入し、機関燃焼を阻止することが考えられるが、ディーゼル機関への外気取入経路にはバグフィルタを設置していることから、一定以上の粒径のばい煙粒子が捕獲され、バグフィルタにより捕集されなかったばい煙粒子が機関内へ送気される。バグフィルタでは、粒径が数 μm 程度の粒子が捕集され、それ以下のばい煙が機関内に送気されるが、シリンダまでの通気流路（過給機、空気冷却器等）の隙間より小さいことから閉塞に至ることはない（第 3.2-2 図）。また、通常運転においても燃料油（軽油）の燃焼に伴うばい煙が発生していることから、機関に損傷を与えることや運転機能を阻害することはない。

<安全保護系>

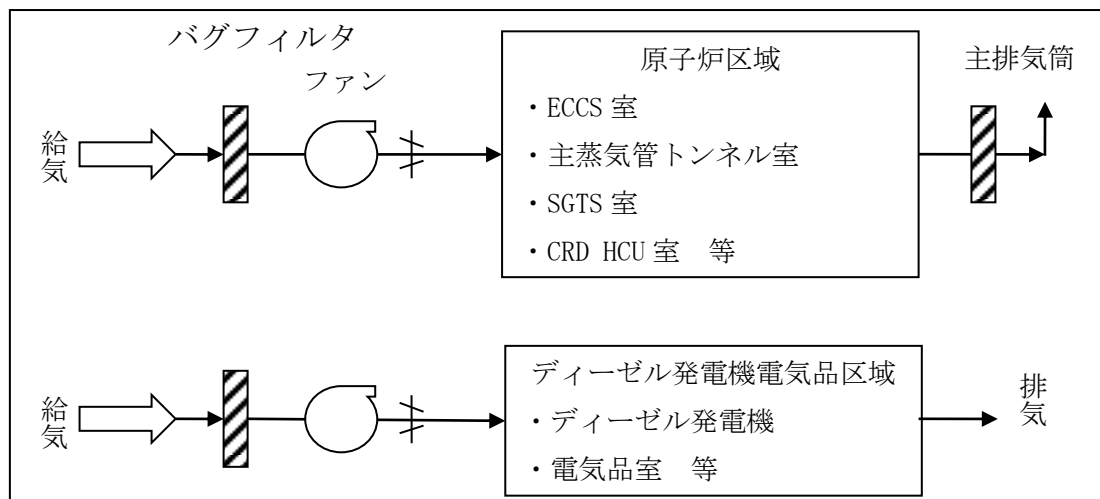
安全保護系設備は、現場盤が非常用電気品室、安全保護系盤が中央制御室に設置してある。非常用電気品室への外気取入経路にはバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して 80%以上を捕獲する性能）を設置していることから、一定以上の粒径のばい煙については進入を阻止することが可能である。バグフィルタにより捕集しきれなかったばい煙が非常用電気品室に進入した場合においても、空調ファンを停止することでばい煙の進入を阻止することが可能である。また、中央制御室へ

の外気取入経路にはバグフィルタを設置していることから、一定以上の粒径のばい煙については進入を阻止することが可能である。バグフィルタにより捕集しきれなかったばい煙が中央制御室内に進入する可能性がある場合、及び中央制御室内においてばい煙が流入したことを煙や異臭で確認した場合等は、当直長の指示により、非常時モードへ切り替えることにより、隔離が可能であり安全保護系設備に影響はない（第 3.2-3 図、第 3.2-4(a) (b) 図）。

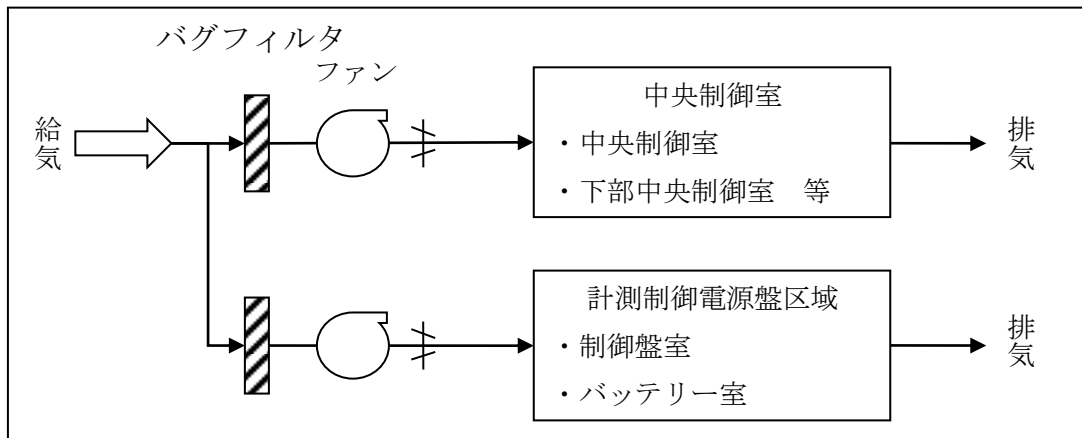
なお、中央制御室に侵入する可能性のあるばい煙の粒径は、おおむね $2\mu\text{m}$ 以下の細かな粒子であると推定されるが、計測制御系の盤等において、数 μm 程度の線間距離となるのは、集積回路（IC 等）の内部であり、これらの部品はモールド（樹脂）で保護されているため、ばい煙が侵入することはない。また、端子台等の充電部が露出している箇所については、端子間の距離は数 mm あることから、ばい煙が付着しても、直ちに短絡等を発生させることはない。したがって、万が一、細かな粒子のばい煙が盤内に侵入した場合においても、ばい煙の付着等により短絡等を発生させる可能性はない。

3.2 建屋外部に開口部を有する設備

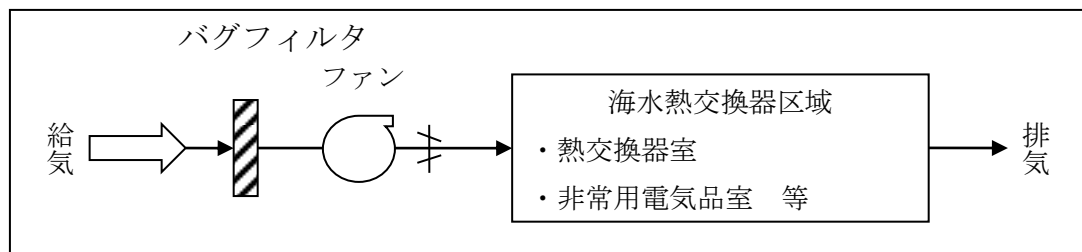
屋外部に開口部を有する設備として、非常用ディーゼル発電機の排気口があるが、仮にばい煙が配管等の内部に侵入した場合においても、その動作時には侵入したばい煙は吹き出されることから、その機能に影響を及ぼすことはない。（第 3.2-5 図）なお、主排気筒も同様にばい煙が配管等の内部に侵入した場合においても、その動作時には侵入したばい煙は吹き出されることから、その機能に影響を及ぼすことはない。



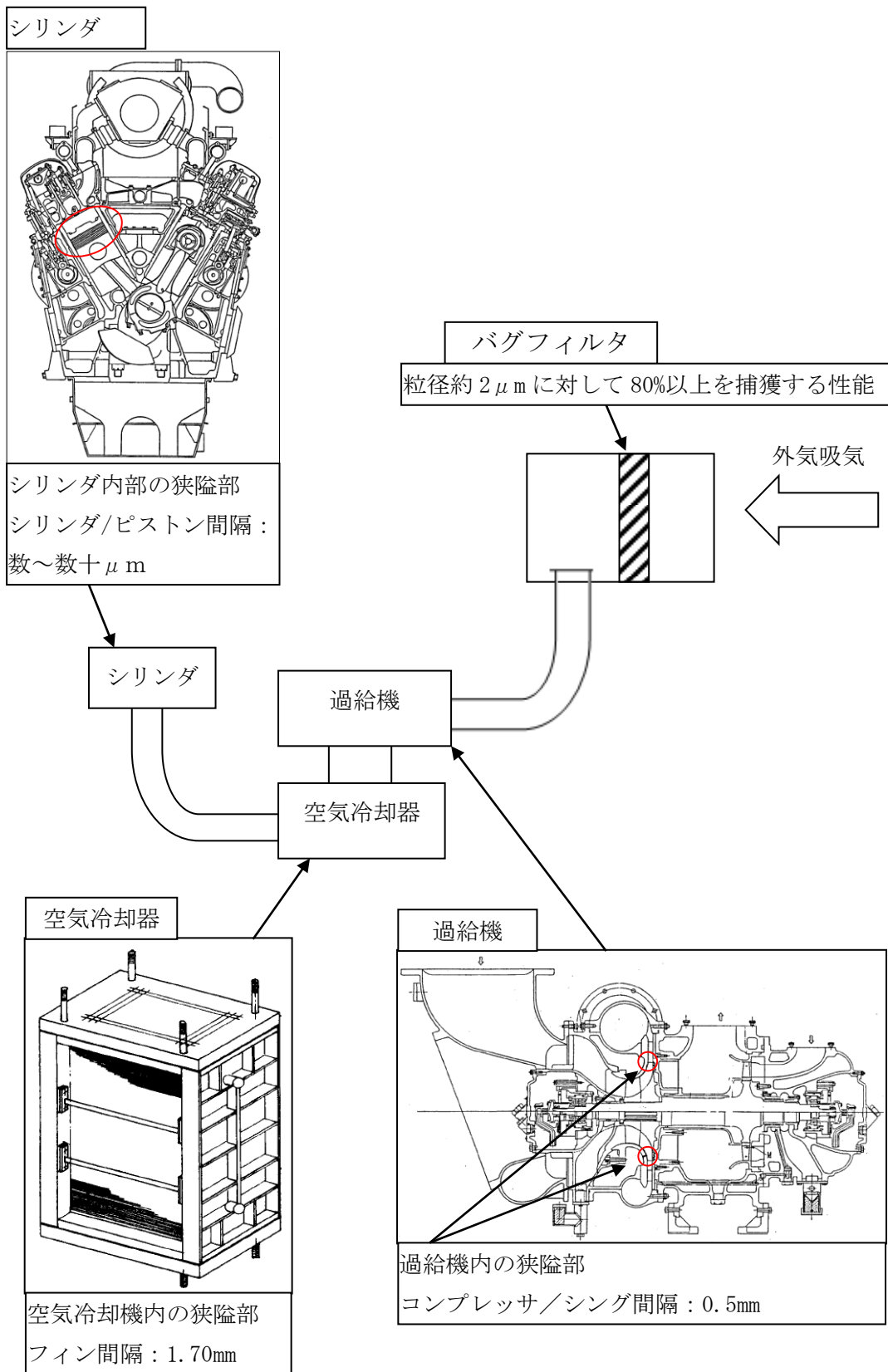
第 3.2-1(a) 図 原子炉建屋換気空調系



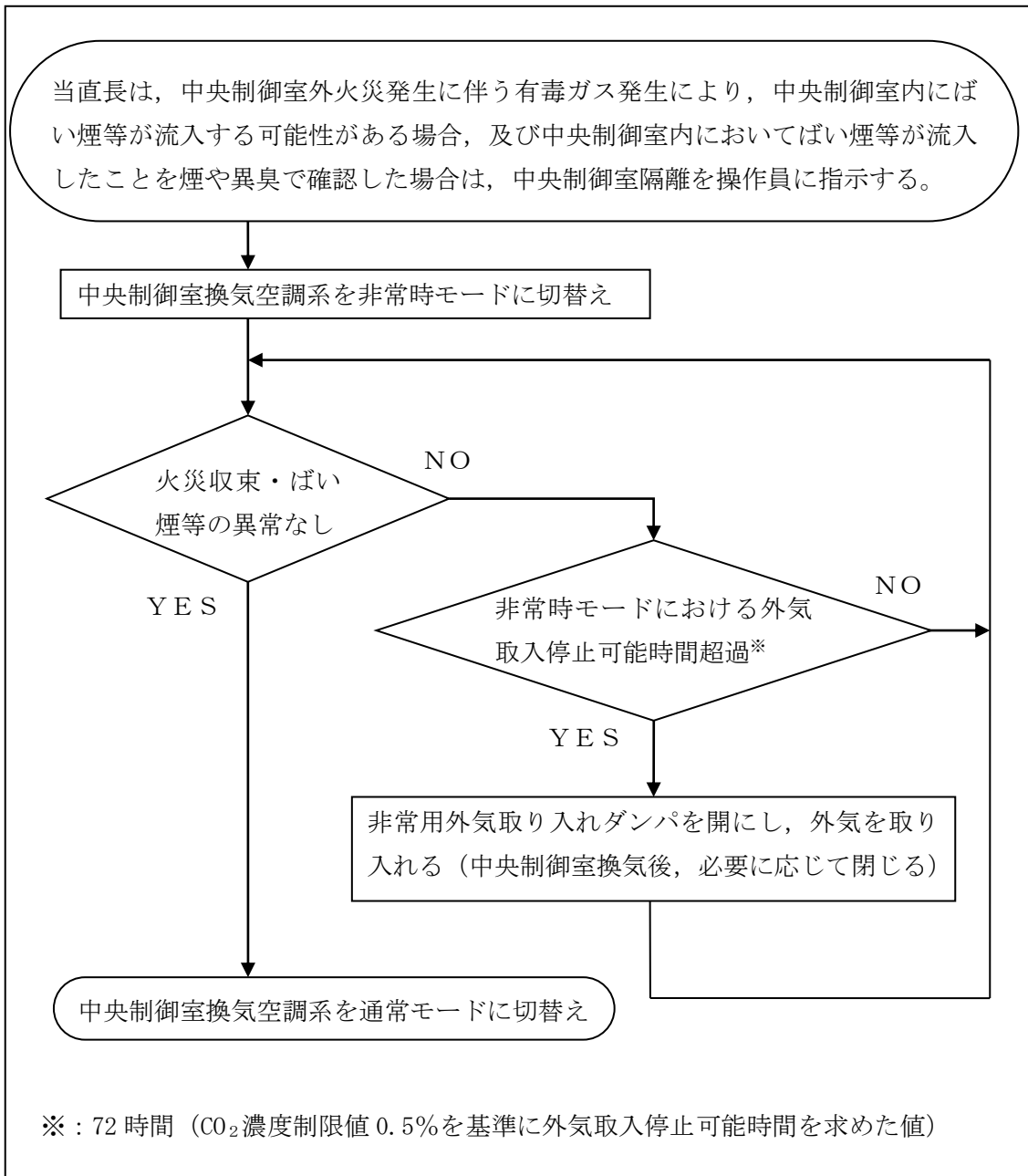
第 3.2-1(b) 図 コントロール建屋換気空調系



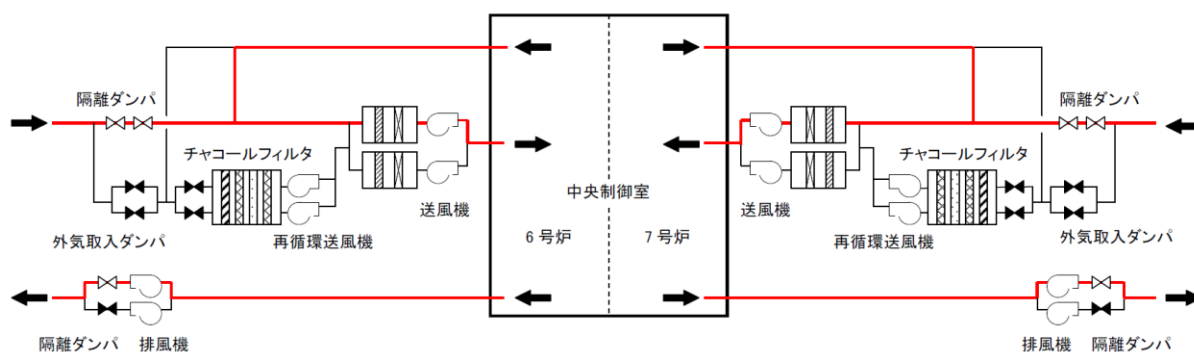
第 3.2-1(c) 図 タービン建屋換気空調系



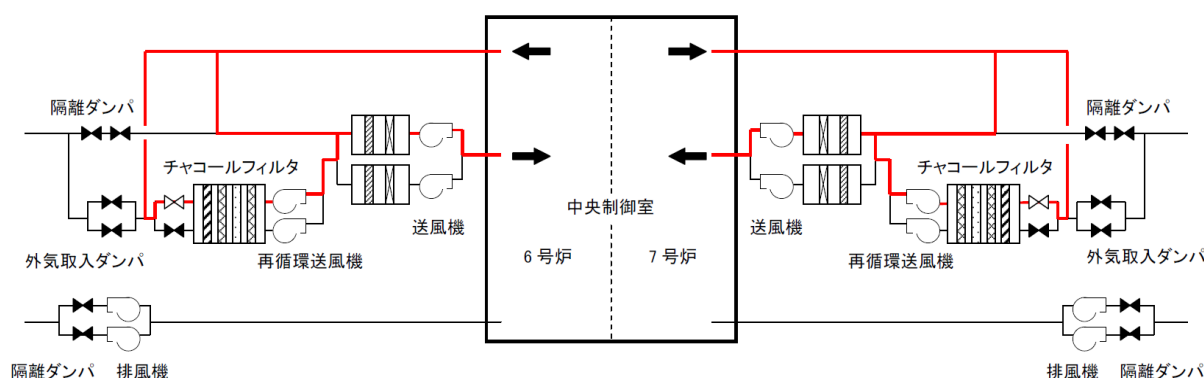
第 3.2-2 図 ディーゼル機関吸気系統概略図



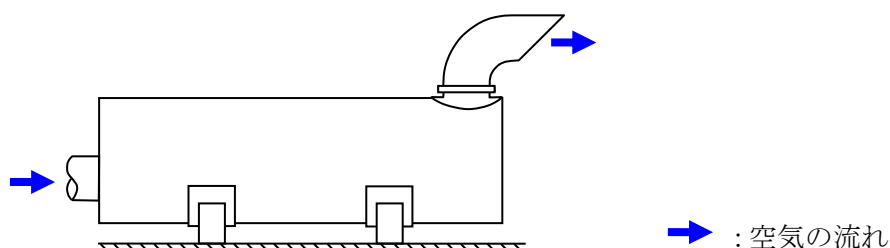
第 3.2-3 図 中央制御室外火災発生に伴う中央制御室隔離手順概要フロー



第 3.2-4(a) 図 通常モードの状態（中央制御室）



第 3.2-4(b) 図 非常時モードの状態（中央制御室）



第 3.2-5 図 非常用ディーゼル発電機排気口外形図

3.3 居住性への影響

中央制御室換気空調系は、外気を遮断し、再循環させる非常時モードに切り替えることができる。外気との遮断が長期にわたり室内の空気が悪くなった場合は、外気取入モードに切り換え、外気を取り入れることができる。また、外気からの空気取り込みを一時的に停止した場合に、活動に支障のない酸素濃度の範囲にあることを正確に把握するため、酸素濃度計を配備する。

外気取入遮断時の中央制御室内に滞在する運転員の操作環境の悪化防止のため、酸素濃度及び炭酸ガス濃度について評価を行い、中央制御室の居住性に影響がないことを確認する。

また、発電所敷地内で多量の油を内蔵する施設及び中央制御室外気取入口までの距離が近い設備（軽油タンク、主変圧器、原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器）からの火災、及び航空機墜落による火災を想定し、中央制御室内に進入する有毒物質（CO, CO₂, SO₂, NO₂）の最大濃度を判断基準（IDLH[※]）と比較することで、有毒ガスに対する評価を実施し、中央制御室の居住性に影響がないことを確認する。

※：30分暴露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値であり、脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている

3.3.1 中央制御室内の二酸化炭素、酸素濃度の評価

外部火災時の6号及び7号炉中央制御室の居住性の評価として、外気取入遮断時の中央制御室内に滞在する運転員の作業環境の劣化防止のため、二酸化炭素濃度及び酸素濃度について評価を行う。なお、中央制御室内には、燃焼による二酸化炭素の排出や酸素を消費する機器はなく、非常用ディーゼル発電機の火災時に消火設備より二酸化炭素が放出されたとしても、中央制御室換気空調系との系統分離及び給・排気口の位置的分散が図られており、中央制御室内に二酸化炭素が取り込まれることはないことから、在室人員の呼吸のみを想定し評価を行う。

(1) 二酸化炭素濃度評価

以下のとおり二酸化炭素濃度について評価する。

a. 評価条件

- ・ 在室人員 20人^{※1}
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積 14640[m³]^{※2}
- ・ 外気流入はないものとして評価する。
- ・ 初期二酸化炭素濃度 0.03[%]
（「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC4622-2009）」）
- ・ 許容二酸化炭素濃度 0.5[%]
（事務所衛生基準規則（昭和47年労働省令第43号、最終改正平成16年3月30日厚生労働省令第70号））
- ・ 呼吸による排出する二酸化炭素濃度 0.046[m³/h/人]
（「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC4622-2009）」）
- ・ 評価期間は、各火災の燃焼継続時間を考慮し24時間^{※3}とする。

※1：6号及び7号炉の運転員（18人）に余裕を持って20人とする。

※2：保守的に6号炉中央制御室（熱負荷集計表記載値：7320[m³]）を2倍した値とする。

※3：外部火災影響評価にて長期間の影響をもたらす、航空機墜落による火災と軽油タンク火災の重畳を考慮すると、約23.2時間が火災の継続時間となることから、24時間で評価を実施する。

b. 評価結果

- ・ 外気遮断期間 t [hour] での二酸化炭素濃度 C [%]

$$C = (M \times N \times t) / V \times 100 + C_0$$

M：呼吸による排出する二酸化炭素濃度 0.046[m³/h/人]

N：在室人員 20[人]

V：中央制御室バウンダリ内体積 14640[m³]

C₀：初期炭酸ガス濃度 0.03[%]

上記評価条件から求めた二酸化炭素濃度は、以下のとおりであり、30時間程度外気取入れを遮断したままでも、運転員の作業環境に影響を与えない。

第3.3.1-1表 二酸化炭素濃度の時間変化

時間	6時間	12時間	24時間
二酸化炭素濃度[%]	0.07	0.11	0.19

(2) 酸素濃度評価

以下のとおり酸素濃度について評価する。

a. 評価条件

- ・ 在室人員 20人
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積 14640[m³]
- ・ 外気流入はないものとして評価する。
- ・ 初期酸素濃度 20.95%
（「空気調和・衛生工学便覧」の成人の呼吸気・肺胞気の組成の値を使用）
- ・ 酸素消費量 1.25ℓ/min/人
（「空気調和・衛生工学便覧」の作業強度分類の中くらいの作業強度に対する酸素消費量の中央値を使用）
- ・ 許容酸素濃度 18%以上
（酸素欠乏症等防止規則（昭和47年労働省令第42号、最終改正平成15年12月19日厚生労働省令第175号））
- ・ 評価期間は、各火災の燃焼継続時間を考慮し24時間とする。

b. 評価結果

- 中央制御室の初期酸素量 $3067.08[m^3] = 14640[m^3] \times 20.95[\%]$
- 24 時間後の酸素濃度 $20.7[\%]$
 $= (3067.08[m^3] - 1.25[l/min/人] \times 10^{-3}[m^3/l] \times 20[人] \times 60[min/h] \times 24[h]) / 14640[m^3] \times 100$

上記評価条件から求めた酸素濃度は、以下のとおりであり、24 時間程度外気取入れを遮断したままでも、運転員の作業環境に影響を与えない。

第 3.3.1-2 表 酸素濃度の時間変化

時間	6 時間	12 時間	24 時間
酸素濃度 [%]	20.8	20.8	20.7

3.3.2 中央制御室に対する有毒ガス影響評価

(1) 評価の概要

発電所敷地内で多量の油を内蔵する施設及び中央制御室外気取入口までの距離が近い設備からの火災、及び航空機落下位置での火災を想定し、中央制御室内に侵入する有毒ガスの最大濃度を判断基準と比較することで、有毒ガスに対する中央制御室居住性の影響評価を実施する。

本評価では、石油コンビナートの防災アセスメント指針での判断基準と同様に、米国国立労働安全衛生研究所が定める IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) を採用する。この IDLH は、30 分暴露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値であり、脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている。

(2) 評価対象物質及び固定設備

発電所敷地内で多量の油を内蔵する施設及び中央制御室外気取入口までの距離が近い設備として軽油タンク及び変圧器等を評価対象とし、第 3.3.2-1 表に評価対象施設及び評価対象設備から外気取入口までの距離及び火災燃焼面積を示す。また、火災によって発生する物質のうち、IDLH 対象物質である一酸化炭素(CO)、二酸化炭素(CO₂) 及び二酸化硫黄(SO₂)、二酸化窒素(NO₂)を評価対象物質とする。軽油タンク、変圧器、航空機落下位置及び外気取入口の位置関係を第 3.3.2-1 図に示す。

第 3.3.2-1 表 評価対象施設と外気取入口までの距離及び火災面積

火災発生場所	離隔距離 x [m]	排煙上昇高度 \angle h [m]	火災面積 A [m ²]
軽油タンク	80	18.3	289
主変圧器	30	18.3	150
原子炉冷却材再循環 ポンプ可変周波数電 源装置入力変圧器	11	5.1	9
大型民間航空機	218	18.3	605
小型民間航空機	134	18.3	27
大型軍用航空機	133	18.3	280
小型軍用航空機	109	18.3	12
航空機墜落による火 災と重畳火災の可能 性がある 6 号炉軽油タ ンク	111	18.3	583

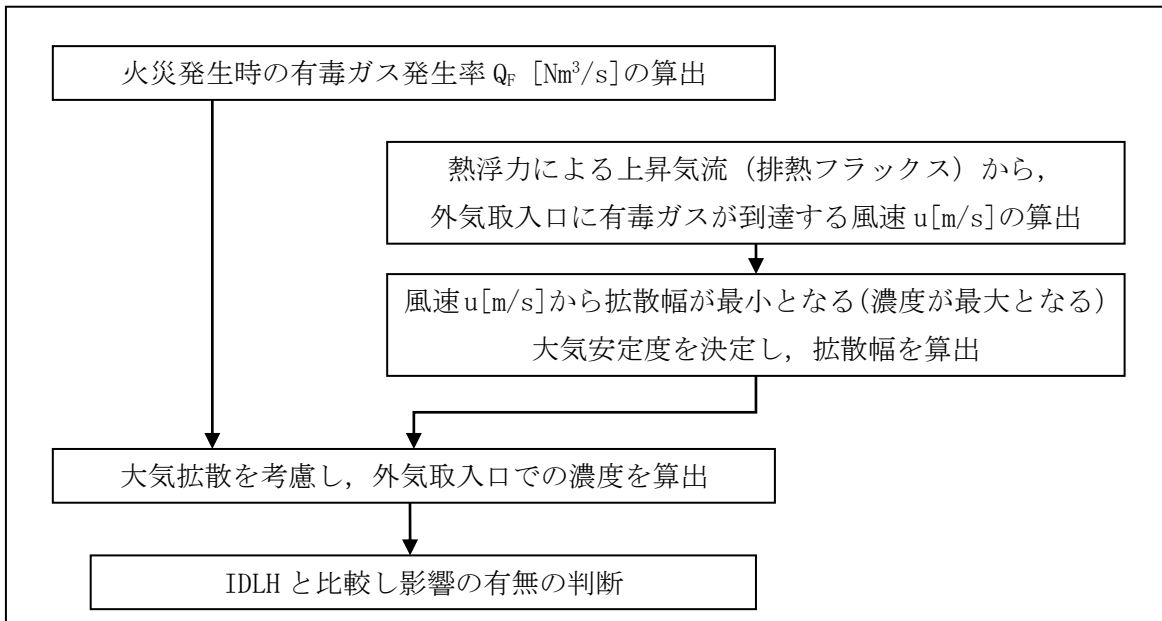


第 3.3.2-1 図 軽油タンク、航空機落下、変圧器及び外気取入口の位置関係

(3) 評価方法

火災時の有毒ガスの発生率、外気取入口に有毒ガスが到達する風速及び大気拡

散を考慮し、中央制御室外気取入口における有毒ガスの最大濃度を評価し、判断基準である IDLH と比較する。第 3.3.2-2 図に有毒ガス影響評価フローを示す。



第 3.3.2-2 図 有毒ガス影響評価フロー

a. 火災時の有毒ガスの発生率

火災時に発生する有毒ガス発生率は、燃料の元素組成に基づき、燃料 1kg 当たりの各有毒ガスの発生率に燃料消費速度を乗じて算出する。評価対象ガスの発生率 Q_F [Nm³/s] は、次式を用いて計算する。計算結果を第 3.3.2-4 表にまとめる。

$$Q_F = Q_F' \times M$$

ここで、

Q_F' : 燃料 1 kg 当たりのガスの発生率 [Nm³/kg]

M : 燃料消費速度 [kg/s]

ただし、 $M = \rho \times A \times V$

V : 液面降下速度 [m/s]

A : 火災面積 [m²]

ρ : 燃料密度 [kg/m³]

第 3.3.2-2 表 有毒ガス発生率

火災発生場所	Q_F'			
	CO	CO ₂	SO ₂	NO ₂
軽油タンク・変圧器	2.6×10^{-2} ※1	1.5×10^0 ※1	1.1×10^{-3} ※1	5.3×10^{-4} ※1
航空機	6.1×10^{-1} ※2	1.8×10^0 ※3	4.2×10^{-4} ※2	2.8×10^{-3} ※2

※1 : Smoke Plume Trajectory from In Situ Burning of Crude Oil in Alaska より、

燃料 1kg 当たりのガス発生率を標準状態体積に換算

※2 : Air Quality Procedures For Civilian Airports & Air Force Bases より,
燃料 1kg 当たりのガス発生率を標準状態体積に換算

※3 : 環境省, 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアルより,
燃料 1kg 当たりのガス発生率を標準状態体積に換算

第 3.3.2-3 表 燃料消費速度算出時の入力値

火災発生場所	液面降下速度 [m/s]	燃料密度 [kg/m ³]
軽油タンク・変圧器	5.5×10^{-5} ※1	875 ※2
民間航空機	6.66×10^{-5} ※3	810 ※3
軍用航空機	6.71×10^{-5} ※3	760 ※3

※1 : 石油コンビナートの防災アセスメント指針 消防庁特殊災害室 平成 13 年 3 月

※2 : 揮発油等の品質の確保等に関する法律 (昭和五十一年十一月二十五日法律第八十八号) 「第二条第八項」

※3 : NUREG-1805 より

燃料 1kg 当たりのガスの発生率は, 各文献に掲載されている単位重量当たりのガス発生率を単位換算することにより求めている。ただし, 単位重量当たりのガス発生率は幅をもった値ではないため, 保守性の観点からガス発生率が最大となる燃料を選定している。

変圧器の場合, 絶縁油は重油及び軽油同様に鉱物油を原料として精製されていることから, より高いガス発生率となる軽油の数値を用いている。また, 航空機の場合, 燃料は JP-8 を選定し, 燃料 1kg 当たりのガス発生率が最大となるようにしている。

第 3.3.2-4 表 評価対象ガスの発生率の計算結果

火災発生場所	評価対象ガスの発生率 Q_F [Nm ³ /s]			
	CO	CO ₂	SO ₂	NO ₂
軽油タンク	3.6×10^{-1}	2.2×10^1	1.6×10^{-2}	7.5×10^{-3}
主変圧器	1.9×10^{-1}	1.1×10^1	8.3×10^{-3}	3.8×10^{-3}
原子炉冷却材再循環 ポンプ可変周波数電 源装置入力変圧器	1.1×10^{-2}	6.8×10^{-1}	5.0×10^{-4}	2.3×10^{-4}
大型民間航空機	2.0×10^1	6.0×10^1	1.3×10^{-2}	9.1×10^{-2}
小型民間航空機	8.9×10^{-1}	2.6×10^0	6.2×10^{-4}	4.0×10^{-3}
大型軍用航空機	8.8×10^0	2.6×10^1	6.1×10^{-3}	4.0×10^{-2}
小型軍用航空機	3.7×10^{-1}	1.1×10^0	2.6×10^{-4}	1.7×10^{-3}
航空機墜落による火 災と重畳火災の可能 性がある 6 号炉軽油 タンク	7.4×10^{-1}	4.4×10^1	3.2×10^{-2}	1.5×10^{-2}

b. 外気取入口に有毒ガスが到達する風速

火災によって発生する有毒ガスは燃焼によって高温となり熱浮力によって上昇する。したがって、以下の Briggs 式（排煙上昇過程式）を用いて、有毒ガス発生源と外気取入口との距離と高度差から、外気取入口に有毒ガスが到達する風速 u [m/s] を求める。風速と熱浮力の関係を第 3.3.2-2 図に示し、風速の計算結果を第 3.3.2-6 表にまとめる。

$$u = 1.6F^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta h^{-1} \cdot x^{\frac{2}{3}}$$

ここで、

Δh : 排煙上昇高度 [m] = 火災発生源と外気取入口の高度差

F : 排熱フラックス [m⁴/s³] = $0.037 \cdot Q_H$

Q_H : 排出熱量 [kcal/s]

ただし、 $Q_H = q / (\rho / 1000) \times M$

q : 発熱量 [kcal/l] ※

M : 燃料消費速度 [kg/s]

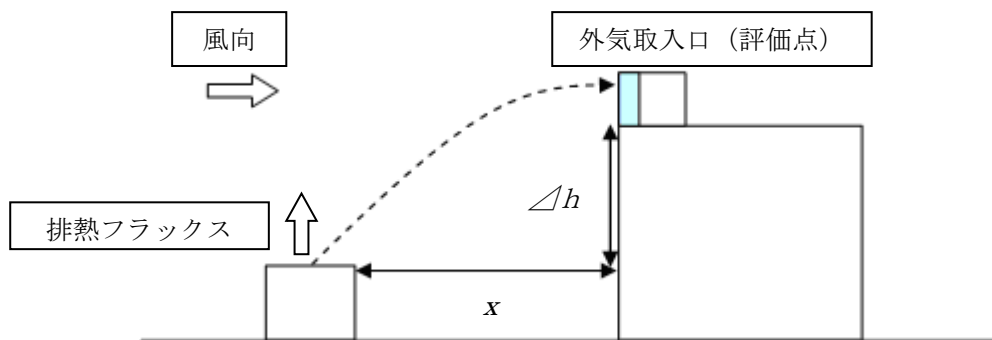
ρ : 燃料密度 [kg/m³]

x : 離隔距離 [m]

※ : 2005 年度以降適用する標準発熱量の検討結果と改定値について（経済産業省資源エネルギー庁 平成 19 年 5 月）

第 3.3.2-5 表 燃料の発熱量

火災発生場所	q 発熱量[kcal/l]
軽油タンク及び変圧器	9004 kcal/l (37.7 MJ/l)
航空機	8765 kcal/l (36.7 MJ/l)



第 3.3.2-2 図 風速と熱浮力の関係 (イメージ)

なお, Briggs の排煙上昇過程式の適用条件*は, 以下のとおり。

$$x \leq x^*$$

$$x^* = 2.16F^{2/5} \cdot \Delta h^{3/5}$$

ここで,

x : 離隔距離[m]

x* : 浮力の効果が薄れて大気乱流による拡散効果が支配的になり始める距離 [m]

F : 排熱フラックス[m⁴/s³]

Δh : 排煙上昇高度[m] (Δh < 305m)

火災源ごとに x* を求め, 上記条件を満たしていることを確認しており, Briggs の排煙上昇過程式を用いて排煙高さが外気取入口高さと同じになる風速を求めることは妥当である。

※ : G. A. Briggs, “Plume Rise”, U. S. Atomic Energy Commission, 1969

第 3.3.2-6 表 風速の計算結果

火災発生場所	風速 u[m/s]
軽油タンク	28.2
主変圧器	12.0
原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器	8.4
大型民間航空機	77.5
小型民間航空機	19.3
大型軍用航空機	43.4
小型軍用航空機	12.8
航空機墜落による火災と重畳火災の可能性のある6号炉軽油タンク	44.3

c. 火災によって発生する有毒ガスの大気拡散

外気取入口に到達する有毒ガスの濃度は、大気拡散を考慮しガウスプルームモデルの拡散式を用いて評価する。

火災地点から放出された有毒ガスは、中央制御室の外気取入口の方向に向かう風によって、風下直線方向に拡散していくものとし、先に求めた評価対象ガスの発生率及び外気取入口に有毒ガスが到達する風速と、以下に示すガウスプルームモデルの拡散式を用いて、外気取入口の空気中に含まれる有毒ガスの濃度を計算する。なお、外気取入口での空気中の濃度は、下記数式の放出点の高さ H と評価点の高さ Z において H=Z=0, Y=0 として中心軸上最大濃度を計算する。計算結果を第 3.3.2-9 表にまとめる。

$$\chi(X, Y, Z) = \frac{Q_F}{2\pi u \sigma_Y \sigma_Z} \exp\left(-\frac{Y^2}{2\sigma_Y^2}\right) \left\{ \exp\left[-\frac{(Z-H)^2}{2\sigma_Z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(Z+H)^2}{2\sigma_Z^2}\right] \right\}$$

ここで、

$\chi(X, Y, Z)$: 評価点 (X, Y, Z) の有毒ガスの濃度 [g/m³]

u : 外気取入口に有毒ガスが到達するとした場合の風速 [m/s]

σ_Y : 水平方向の拡散幅 [m]

σ_Z : 鉛直方向の拡散幅 [m]

Q_F : 火災によって発生する有毒ガスの発生率 [Nm³/s]

H : 放出源の有効高さ [m]

$$\sigma_y = 0.67775 \theta_{0.1} \cdot (5 - \log x) \cdot x, \quad \sigma_z = \sigma_1 \cdot x^{a_1 + a_2 \log x + a_3 (\log x)^2}$$

ただし、x の単位は km とし、x が 0.2km 以遠の場合、 $\theta_{0.1}$ 、 σ_1 、 a_1 、 a_2 、 a_3 は以下のとおり。

第 3.3.2-7 表 大気安定度と入力値（離隔距離が 0.2km 以遠）

大気安定度	$\theta_{0.1}$	σ_1	a_1	a_2	a_3
A	50	768.1	3.9077	3.898	1.7330
B	40	122.0	1.4132	0.49523	0.12772
C	30	58.1	0.8916	-0.001649	0.0
D	20	31.7	0.7626	-0.095108	0.0
E	15	22.2	0.7117	-0.12697	0.0
F	10	13.8	0.6582	-0.1227	0.0

x が 0.2km 未満の場合は、 $\theta_{0.1}$ 、 σ_1 、 a_1 は以下のとおり。ただし、 a_2 、 a_3 は 0 とする。

第 3.3.2-8 表 大気安定度と入力値（離隔距離が 0.2km 未満）

大気安定度	$\theta_{0.1}$	σ_1	a_1
A	50	165	1.07
B	40	83.7	0.894
C	30	58	0.891
D	20	33	0.854
E	15	24.4	0.854
F	10	15.5	0.822

大気安定度は、発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針に記載のとおり、風速の範囲と日射や夜間の放熱の大小によって A-G に区分されるものであり、大気安定度 A が最も拡散しやすく G が最も拡散しにくい。本評価では、外気取入口に有毒ガスが到達するとした場合の風速 u [m/s] の中で、拡散幅が最小となる（濃度が最大となる）より拡散しにくい大気安定度を選択する。風速と大気安定度の関係は以下のとおりであり、本評価では第 3.3.2-10 表に示すとおり風速は 6[m/s] 以上であることから大気安定は C 又は D となり、より拡散しにくい大気安定度 D で評価を行う。

第 3.3.2-9 表 拡散幅の計算結果

火災発生場所	大気安定度	水平方向の 拡散幅 σ_y [m]	鉛直方向の 拡散幅 σ_z [m]
軽油タンク	D	6.6	3.8
主変圧器	D	2.7	1.6
原子炉冷却材再循環ポン プ可変周波数電源装置入 力変圧器	D	1.0	0.7
大型民間航空機	D	17.7	9.5
小型民間航空機	D	10.8	6.0
大型軍用航空機	D	11.2	6.2
小型軍用航空機	D	8.9	5.0
航空機墜落による火災と 重畳火災の可能性がある 6号炉軽油タンク	D	8.9	5.0

第 3.3.2-10 表 風速, 日射量及び放射収支量による大気安定度

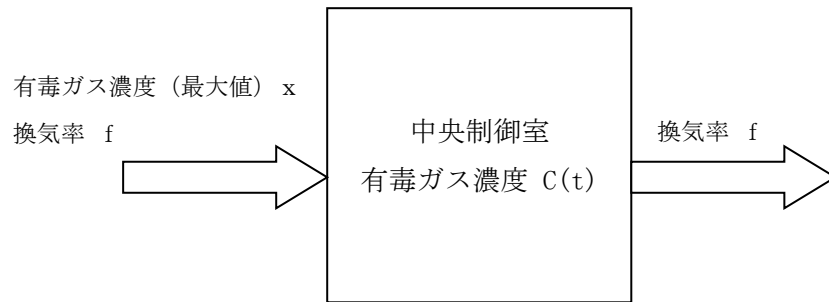
風速 (U) m/s	日射量 (T) kw/m^2				放射収支量 (Q) kw/m^2		
	$T \geq 0.60$	$0.60 > T \geq 0.30$	$0.30 > T \geq 0.15$	$0.15 > T$	$Q \geq -0.020$	$-0.020 > Q \geq -0.040$	$-0.040 > Q$
$U < 2$	A	A-B	B	D	D	G	G
$2 \leq U < 3$	A-B	B	C	D	D	E	F
$3 \leq U < 4$	B	B-C	C	D	D	D	E
$4 \leq U < 6$	C	C-D	D	D	D	D	D
$6 \leq U$	C	D	D	D	D	D	D

(4) 評価結果

中央制御室外気取入口における有毒ガスの濃度を第 3.3.2-11 表にまとめる。なお、航空機墜落による火災と軽油タンク火災の重畳については、重畳の可能性のある 6 号炉軽油タンクと小型軍用航空機の濃度を足し合わせるにより求めた。第 3.3.2-11 表より、中央制御室外気取入口における有毒ガスの濃度は、主変圧器にて火災が発生した場合の CO_2 及び NO_2 を除き、IDLH 以下であることを確認した。

主変圧器の火災では、 CO_2 濃度及び NO_2 濃度が IDLH を超えているが、ここでは、中央制御室外気取入口における有毒ガスの最大濃度を IDLH と比較することにより評価しており、実際には、中央制御室内における有毒ガスの濃度は瞬時に上昇せず、その濃度が徐々に増加する。そこで、中央制御室の居住性に対する影響について、「原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法（内規）平成

21年8月12日「原子力安全・保安院」【解説7.2】に記載されている中央制御室内の雰囲気中に浮遊する放射性物質の時間変化の考え方を参考に、以下の式を用いて、中央制御室内の有毒ガス濃度がIDLHの濃度に達する経過時間を評価する。



第3.3.2-3図 中央制御室内の有毒ガス濃度変化（概念図）

$$\frac{dc(t)}{dt} = -fc(t) + fx$$

$$c(0) = 0$$

$$c(t) = (1 - \exp(-ft))x$$

$$t = -\frac{\ln\left(1 - \frac{c(t)}{x}\right)}{f}$$

ここで、

$c(t)$: 中央制御室における有毒ガス濃度	[ppm]
f : 中央制御室の換気率	[1/s]
x : 中央制御室外気取入口における有毒ガス濃度の最大値	[ppm]
t : 経過時間	[s]

従って、中央制御室における有毒ガス濃度がIDLHに達する経過時間は以下の式となる。

$$T_{IDLH} = -\frac{\ln\left(1 - \frac{C_{IDLH}}{x}\right)}{f}$$

ここで、

T_{IDLH} : IDLHに達する経過時間	[s]
---------------------------	-----

C_{IDLH} : IDLH

[ppm]

上式にて、中央制御室外気取入口の有毒ガスを最大濃度(CO₂濃度:65,049[ppm], NO₂濃度:23[ppm])で一定とし、中央制御室内の換気率を考慮した有毒ガス濃度を算出したところ、IDLHに達するまでの経過時間は、CO₂が約114分、NO₂が約244分であった。

これに対し、中央制御室に有毒ガスが進入してくる場合には、中央制御室の外気取り入れを遮断し、再循環させる非常時モードで運転することが可能であり、火災発生後15分程度*で中央制御室への外気取り入れを停止し、非常時モードへ切り替えることが可能である。

また、火災(有毒ガス)の発生は、火災報知器(軽油タンク・主変圧器等)、振動や衝撃音(航空機落下)、敷地境界監視用カメラ(森林火災)等により覚知できることに加え、中央制御室外の火災発生に伴い、煙や異臭を確認した場合の当直長判断による中央制御室隔離手順が操作手順書に定められており、これらの覚知・判断に時間を要するものではなく、迅速に対応することが可能である。

以上より、外部火災により有毒ガスが発生した場合において、中央制御室の居住性が損なわれることはないと評価する。

※:切替えに要する一連の時間を実測したところ15分程度であった。

火報発生→現場確認→火災発生(ばい煙等の流入)を確認→非常時モードへ切替え操作

第3.3.2-11表 中央制御室外気取入口における有毒ガス濃度

火災発生場所	CO 濃度 [ppm] (IDLH : 1,200)	CO ₂ 濃度 [ppm] (IDLH : 40,000)	SO ₂ 濃度 [ppm] (IDLH : 100)	NO ₂ 濃度 [ppm] (IDLH : 20)
軽油タンク	166	9,852	7.3	3.4
主変圧器	1092	65,049	48	23
原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器	598	35,636	26.2	12.2
大型民間航空機	490	1472	0.4	2.3
小型民間航空機	225	674	0.2	1.1
大型軍用航空機	915	2749	0.7	4.2
小型軍用航空機	206	620	0.2	1.0
航空機と軽油タンクの重畳	325	7,674	5.4	3.4

3.3.3 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所に対する有毒ガス影響評価

5号炉原子炉建屋内緊急時対策所は、森林火災に伴い発生する有毒ガスに対しては、防火帯林縁からの離隔（約297m）を確保することにより影響を受けない設計とする。また近隣の産業施設の火災に伴い発生する有毒ガスに対しては、外気取入口（5号炉原子炉建屋3階北側に設置）への伝播経路が5号炉原子炉建屋等の構造物により遮られることにより、外気取入口に到達しないことから、影響を受けない設計とする。

熱気流による影響評価について

軽油タンク火災や航空機墜落による火災が発生した場合、熱気流による発電用原子炉施設への影響が懸念されるため、その影響について評価するものである。

1. 熱気流の発生源

発電用原子炉施設から離れた位置における火災では、熱気流は上昇・拡散することから発電用原子炉施設に影響をおよぼすことはない。このため、発電用原子炉施設近傍で発生する軽油タンク火災及び航空機墜落による火災を熱気流の発生源として想定する。

2. 評価対象

非常用ディーゼル発電機は、外部電源喪失が発生した場合において安全機能を有する設備に電源を供給する設備であり、外気を内部に取り込む設備でもあることから評価対象とする。なお、非常用ディーゼル発電機の給気口は原子炉建屋の3階に設置されている。

3. 評価結果

発電用原子炉施設近傍での火災を想定した場合、非常用ディーゼル発電機の給気口（6号炉B系，7号炉B系）から熱気流が直接取り込まれる可能性は否定できないが、熱気流の影響範囲は気象条件（風向，風速等）に大きく依存する（第1図～第3図）。

このため、これらの不確かさはあるものの、火災発生時は非常用ディーゼル発電機の給気温度を監視しつつ、熱気流の取り込みが懸念される場合は、当該設備を起動しない（起動している場合は停止する）ことにより熱気流の影響を回避する。

なお、非常用ディーゼル発電機の給気口は原子炉建屋の3階に集中して設置されていること、及び位置的分散が図られていることから、同時に全ての設備が直接熱気流の影響を受けることは想定しづらく、影響を受けない方角に位置する非常用ディーゼル発電機は運転が可能である。また、消火が確認された時点で、停止していた非常用ディーゼル発電機の運転再開も可能となる。

以上より、熱気流の影響は限定的であり、発電用原子炉施設に影響をおよぼすことはないと評価する。



第1図 6号炉 熱気流を取り込む可能性のある給気口位置（軽油タンク火災）



第2図 6号炉 熱気流を取り込む可能性のある給気口位置（航空機火災）

防護上の観点又は機密に係わる事項を含むため、公開できません



第3図 7号炉 熱気流を取り込む可能性のある給気口位置（航空機火災）

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

運用, 手順能力説明資料

外部からの衝撃による損傷の防止

(その他自然現象)

(第6条 外部からの衝撃による損傷の防止 (その他自然現象))

- ① 安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項においても同じ）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。
- ② 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。
- ③ 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

添付六、八への反映事項 (設計に関する箇所)



設計基準に係る運用対策等

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止 (その他自然現象)	知見の収集等 (規格・基準類, 観測記録, 年超過確率評価)	運用・手順	・設計基準の設定, 自然現象影響評価を行う。
		体制	・担当Gによる設計基準の設定, 自然現象影響評価
		保守・点検	—
		教育・訓練	・設計基準の設定, 影響評価に関する教育
	降雪発生時の除雪作業	運用・手順	・降雪が確認された場合には, 降雪量の監視をするとともに, 必要に応じ, 除雪要員の召集, 要員への指示を行う。建屋や屋外の設備等に長期間積雪の荷重をかけ続けられないため, 除雪を実施する。
		体制	・担当部署は, 気象予測で豪雪が予想され, 発電所全体での支援の必要がある等の場合, 関係箇所と協議のうえ対策本部を発足し, 対応箇所が, 降雪量の監視, 要員の召集・指示, 除雪作業等を実施する
		保守・点検	—
		教育・訓練	・運用・手順に関する教育

別 添 3-2

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

運用，手順能力説明資料

外部からの衝撃による損傷の防止

(火山)

(第6条 火山)

- ①安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。
- ②重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

・安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

添付六、八への反映事項
(設計に関する事項)
工・保

・完新世に活動を行った 16 火山
・完新世に活動を行っていないが将来の活動可能性が否定できない 17 火山

柏崎刈羽原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

柏崎刈羽原子力発電所の運用期間中における火山活動に関する個別評価

影響を及ぼし得る火山事象

降下火砕物
層厚：35cm
粒径：8.0mm 以下
密度：1.5g/cm³

安全施設（クラス 1, 2 及び 3 に属する構築物, 系統及び機器）

その他の設備

外部事象防護対象施設

評価対象施設

外部事象防護対象施設
・屋外設備
・建屋
・屋外との接続がある設備（屋外に開口している設備又は外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備）

影響を及ぼす可能性がない火山事象

- ・火砕物密度流
- ・溶岩流
- ・岩屑なだれほか
- ・新しい火口の開口
- ・地殻変動
- ・火山性土石流等
- ・飛来物（噴石）
- ・火山ガス
- ・その他の火山事象

代替設備により必要な機能が確保されること、又は安全上支障が生じない期間に除灰あるいは修復等の対応が可能とし、安全機能を損なわない。

降下火砕物による影響の選定
・直接的影響
・間接的影響

直接的影響



降下火砕物の除灰（建屋等）

・バグフィルタ取替え又は清掃等
・外気取入ダンパの閉止
・換気空調系の停止

降下火砕物の除灰（建屋等）

中央制御室の再循環運転

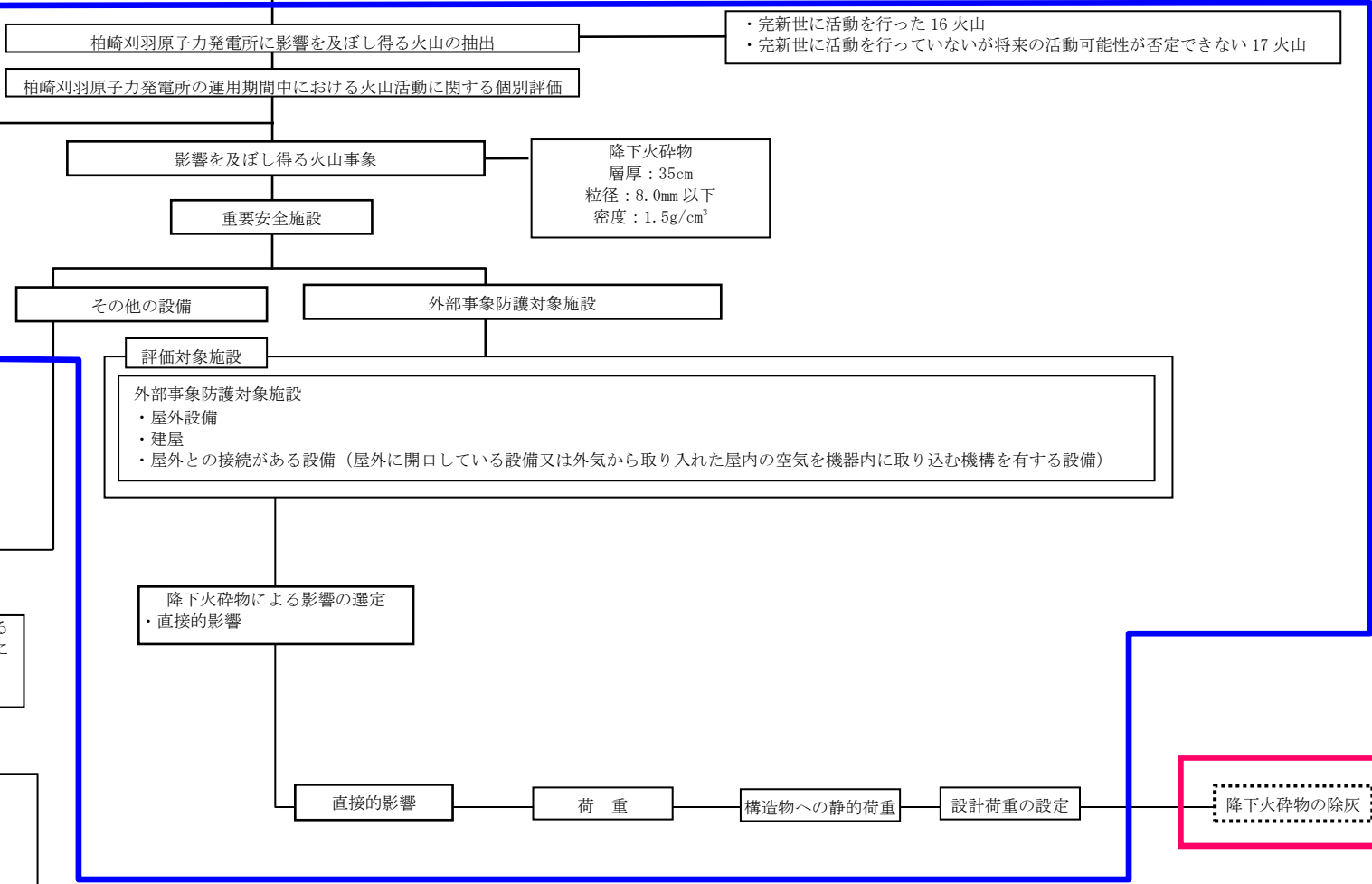
添付六、八への反映事項
(手順等に関する事項)
工・保

【後段規制との対応】
工：工認（基本設計方針、添付書類）
保：保安規定（運用手順に係る事項、下位文書含む）

【添付六、八への反映事項】
: 添付六、八に反映

・重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

添付六、八への反映事項
(設計に関する事項)
工・保



・完新世に活動を行った 16 火山
・完新世に活動を行っていないが将来の活動可能性が否定できない 17 火山

降下火砕物
層厚：35cm
粒径：8.0mm 以下
密度：1.5g/cm³

影響を及ぼす可能性がない火山事象

- ・火砕物密度流
- ・溶岩流
- ・岩層なだれほか
- ・新しい火口の開口
- ・地殻変動
- ・火山性土石流等
- ・飛来物（噴石）
- ・火山ガス
- ・その他の火山事象

代替設備により必要な機能が確保されること、又は安全上支障が生じない期間に除灰あるいは修復等の対応が可能とし、安全機能を損なわない。

【後段規制との対応】
工：工認（基本設計方針、添付書類）
保：保安規定（運用手順に係る事項、下位文書含む）

【添付六、八への反映事項】
[] : 添付六、八に反映

降下火砕物の除灰

添付六、八への反映事項
(手順等に関する事項)
工・保

技術的能力に係る運用対策（設計基準）

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止	降下火砕物の除去作業及び除灰後における降下火砕物による静的荷重や腐食等の影響に対する保守管理	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> ・降灰が確認された場合には、建屋や屋外の設備等に長期間降下火砕物の荷重をかけ続けられないこと、また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために堆積した降下火砕物の除灰を実施する。 ・降下火砕物による影響が見られた場合、必要に応じ補修を行う。
		体制	(担当箇所による保守・点検の体制) (降灰時の体制)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・日常点検 ・定期点検 ・降灰時及び降灰後の巡視点検
		教育・訓練	運用・手順，保守・点検に関する教育
	外気取入ダンパの閉止，換気空調系の停止，再循環運転	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> ・降灰が確認された場合には、外気取入口に設置しているバグフィルタ，状況に応じて外気取入ダンパの閉止，換気空調系の停止又は再循環運転により，建屋内への降下火砕物の侵入を防止する。
		体制	(降灰時の体制)
		保守・点検	—
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・運用・手順，体制，保守点検に関する教育

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止	バグフィルタ取替え又は清掃作業等	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> ・降灰が確認された場合には、非常用換気空調系の外気取入口のバグフィルタについて、バグフィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて取替え又は清掃を実施する。 ・非常用ディーゼル発電機運転時は、バグフィルタの巡視点検を行い、必要に応じ取替え又は清掃を行う。
		体制	(降灰時の体制)
		保守・点検	・降灰時の巡視点検
		教育・訓練	・外部事象防護対象施設を外部事象から防護する建屋等の保守・点検に関する教育

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

運用，手順能力説明資料

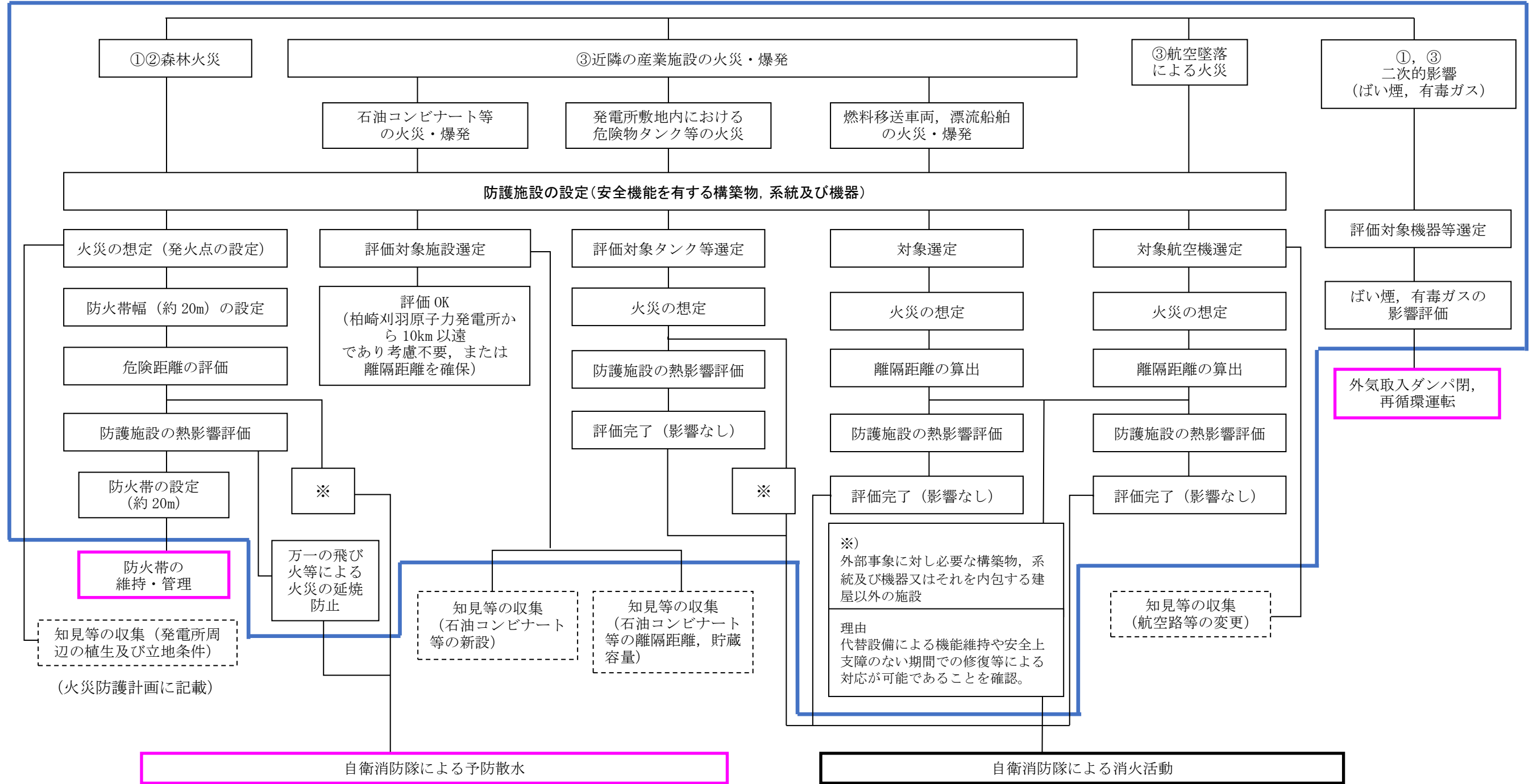
外部からの衝撃による損傷の防止

(外部火災)

(第6条 外部火災)

- ① 安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項においても同じ）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。
- ② 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。
- ③ 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

添付八への反映事項（設計に関する箇所）



添付八への反映事項（手順等に関する箇所）

設計基準に係る運用対策等

*：自衛消防隊の編成については、添付資料-2「第2.3.1.2-1表」に記載

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止 (外部火災)	防火帯の維持・管理	運用・手順	・防火帯のパトロール，可燃物の排除
		体制	・担当Gによる防火帯の維持・管理
		保守・点検	・防火帯の維持・管理
		教育・訓練	・火災防護に関する教育（防火帯の目的，点検・維持）
	知見の収集 (発電所周辺の植生及び立地条件)	運用・手順	・外部火災影響評価ガイドに伴い，外部火災影響評価を行う。
		体制	・担当Gによる外部火災影響評価
		保守・点検	—
		教育・訓練	・火災防護に関する教育
	知見の収集 (石油コンビナート等の新設，離隔距離，貯蔵容量)	運用・手順	・外部火災影響評価ガイドに伴い，外部火災影響評価を行う。
		体制	・担当Gによる外部火災影響評価
		保守・点検	—
		教育・訓練	・火災防護に関する教育
	知見の収集 (航空路等の変更)	運用・手順	・外部火災影響評価ガイドに伴い，外部火災影響評価を行う。
		体制	・担当Gによる外部火災影響評価
		保守・点検	—
		教育・訓練	・火災防護に関する教育
	自衛消防隊による予防散水	運用・手順	・警備員は，火災発生を確認した場合は消防隊長へ連絡する。 ・消防隊長は，風向き等から火災進行方向を評価し，散水場所を消防隊に指示する。 ・消防車隊は屋外消火栓から水源をとり，ホースを展開し消防車により予防散水を行う。
		体制	・自衛消防隊*

設計基準に係る運用対策等

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止 (外部火災)	自衛消防隊による予防散水	保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> 消防車の点検 消火設備（消火栓等）の点検 消防用資機材（防火服，空気呼吸器等）の点検 故障時の補修
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> 消火対応の力量を維持するための教育，訓練 初期消火班による消火訓練，資機材取扱訓練 海上災害防止センター消火訓練 等
	外気取入ダンパ閉，再循環運転	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 外気取入ダンパ閉，再循環運転の手順
		体制	<ul style="list-style-type: none"> 運転員による運転操作
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> 換気空調系の点検
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> 操作手順の教育（運転員による外部火災発生時の外気取入ダンパ閉，再循環運転） 補修に関する教育・訓練（換気空調系）

別 添 4-3

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉

森林火災評価に係る植生確認プロセスについて

1. 基準要求

【第6条】 設置許可基準第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）にて、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないことを要求されている。また、外部火災影響評価について詳細に規定している「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（以下「評価ガイド」という。）において、発電所敷地外で発生する火災が発電用原子炉施設へ影響を与えないことについて評価することを要求されている。

当該基準要求を満足するに当たっては、評価ガイドの「付属書A 森林火災の原子力発電所への影響評価について」において、FARSITE (Fire Area Simulator) という森林火災シミュレーション解析コードの利用を推奨しており、想定火災の火線強度に対する発電用原子炉施設の防火帯幅を評価する。

2. 現場確認項目及び内容

上記基準要求を満足するためには、FARSITE を用いた評価に必要なデータのうち、植生データについて「現地状況をできるだけ模擬するため、樹種や生育状況に関する情報を有する森林簿の空間データを現地の地方自治体より入手する。森林簿の情報を用いて、土地利用データにおける森林領域を、樹種・林齢によりさらに細分化する。」と評価ガイドに記載されており、以下のとおり、国土数値情報土地利用細分メッシュ及び自然環境保全基礎植生調査データ、現場調査による確認を実施している。

2. 1 植生データの整備

(1) 植生データの入手及び整備

植生データについては、国土交通省の国土数値情報である柏崎刈羽原子力発電所周辺の土地利用細分メッシュ（H21年度）を用い土地利用データを作成し、土地利用データの森林領域を細分化するための森林簿の入手が困難であったため、環境省の自然環境保全基礎調査 植生調査データ（H18年度）を使用して、森林領域等の植生データを細分化・整備した。

(2) 現場調査

FARSITE の入力にあたり、森林の樹種やその分布状況の詳細な現状把握が必要であるため、発電所構内及び防火帯周辺の植生については、現場調査（写真撮影）を実施した。

現場調査に当たっては、発電所構内の森林管理の単位となっている22エリアに分け、1級造園施工管理士の国家資格を有する者がウォークダウンをすることにより、植生を調査し、樹種、林齢、低木及び下草の有無を確認した。ウォークダウンの際に写真を撮影し、それをもとに植生を確認するとともに、調査位置についても記録した。

(3) 植生データの作成

(1), (2)を踏まえ補正し, FARSITE にて利用できるよう地理的な位置情報を扱う地理情報システム (GIS) に植生情報を入力してデータを作成した。

(4) 植生データの妥当性の確認

発電所構内のウォークダウンに当社社員も同行し, 植生の妥当性を確認した。

3. 記録の取扱い

現場調査結果及び FARSITE に入力した植生データを記録として保管する。

4. 今後の対応

発電所周辺の植生の変更がある場合は, その変更が森林火災評価へ与える影響に応じて再評価の必要性を検討する。

第8条：火災による損傷の防止

<目次>

1. 基本事項
 - 1.1. 要求事項の整理
2. 追加要求事項に対する適合性
 - 2.1. 火災区域及び火災区画の設定
 - 2.2. 火災防護計画を策定するための方針
 - 2.2.1. 火災発生防止に係る設計方針
 - 2.2.1.1. 火災発生防止対策
 - 2.2.1.2. 不燃性材料又は難燃性材料の使用
 - 2.2.1.3. 自然現象による火災の発生防止
 - 2.2.2. 火災の感知及び消火に係る設計方針
 - 2.2.2.1. 火災感知設備
 - 2.2.2.2. 消火設備
 - 2.2.2.3. 自然現象の考慮
 - 2.2.2.4. 消火設備の破損，誤作動又は誤操作
 - 2.2.3. 火災の影響軽減のための対策
 - 2.2.3.1. 安全機能を有する構築物，系統及び機器の重要度に応じた火災の影響軽減のための対策
 - 2.2.3.2. 火災影響評価
 - 2.3. 個別の火災区域又は火災区画における対策の設計方針
3. 別添
 - 3.1. 火災による損傷の防止
(別添資料－1) 柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 火災防護について
 - 3.2. 運用，手順説明資料
(別添資料－2) 火災による損傷の防止
 - 3.3. 現場確認プロセス
(別添資料－3) 柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 火災防護に係る
等価時間算出プロセスについて

1. 基本事項

1.1. 要求事項の整理

火災による損傷の防止について，設置許可基準規則第 8 条及び技術基準規則第 11 条において，追加要求事項を明確化する（表 1）。

表1 設置許可基準規則第8条及び技術基準規則第11条 要求事項

設置許可基準規則第8条 (火災による損傷の防止)	技術基準規則第11条 (火災による損傷の防止)	備考
<p><u>設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう、火災の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備（以下「火災感知設備」という。）及び消火を行う設備（以下「消火設備」といい、安全施設に属するものに限る。）並びに火災の影響を軽減する機能を有するものでなければならぬ。</u></p>	<p><u>設計基準対象施設が火災によりその安全性が損なわれないよう、次に掲げる措置を講じなければならない。</u></p> <p>一火災の発生を防止するため、次の措置を講ずること。</p> <p>イ発火性又は引火性の物質を内包する系統の漏えい防止その他の措置を講ずること。</p> <p>ロ安全施設（設置許可基準規則第二条第二項第八号に規定する安全施設をいう。以下同じ。）には、不燃性材料又は難燃性材料を使用すること。ただし、次に掲げる場合は、この限りでは無い。</p> <p>（1）安全施設に使用する材料が、不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するもの（以下「代替材料」という。）である場合</p> <p>（2）安全施設の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合であって、安全施設における火災に起因して他の安全施設において火災が発生することを防止するための措置が講じられている場合</p> <p>ハ避雷設備その他の自然現象による火災発生を防止するための設備を施設すること。</p> <p>ニ水素の供給設備その他の水素が内部に存在する可能性がある設備にあっては、水素の燃焼が起きた場合においても発電用原子炉施設の安全性を損なわないよう施設すること。</p> <p>ホ放射線分解により発生し、蓄積した水素の急速な燃焼によって、発電用原子炉施設の安全性を損なうおそれがある場合には、水素の蓄積を防止する措置を講ずること。</p>	<p>追加要求事項</p>

設置許可基準規則第 8 条 (火災による損傷の防止)	技術基準規則第 11 条 (火災による損傷の防止)	備考
	二火災の感知及び消火のため、次に掲げるところにより、早期に火災発生を感知する設備（以下「火災感知設備」という。）を施設すること。 イ火災と同時に発生すると想定される自然現象により、その機能が損なわれることがないこと。	
<u>2 消火設備（安全施設に属するものに限る。）は、破損、誤作動及び誤操作が起きた場合においても発電用原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものでなければならない。</u>	<u>ロ消火設備にあつては、その損壊、誤作動又は誤操作が起きた場合においても発電用原子炉施設の安全性が損なわれることがないこと。</u>	追加要求事項
—	三火災の影響を軽減するため、耐火性能を有する壁の設置その他の延焼を防止するための措置その他の発電用原子炉施設の火災により発電用原子炉を停止する機能が損なわれることがないようにするための措置を講ずること。	変更なし (ただし、防火壁及びその他の措置を明確化)

2. 追加要求事項に対する適合性

設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性を損なうことのないよう、火災防護対策を講じる設計とする。火災防護対策を講じる設計を行うに当たり、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域及び火災区画に、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域に設定する。設定する火災区域及び火災区画に対して、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる設計とする。

火災防護対策を講じる設計とするための基本事項を、以下の「2.1.(1) 火災区域及び火災区画の設定」から「2.1.(6) 火災防護計画」に示す。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.)】

2.1. 火災区域及び火災区画の設定

(1) 火災区域及び火災区画の設定

原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋、コントロール建屋、圧力抑制室プール水サージタンク設置区域、固体廃棄物貯蔵庫、焼却炉建屋及び使用済燃料輸送容器保管建屋の建屋内の火災区域は、耐火壁によって囲まれ、他の区域と分離されている建屋内の区域を、「(2) 安全機能を有する構築物、系統及び機器」において選定する機器等の配置も考慮して設定する。

火災の影響軽減の対策が必要な、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として、3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である 123mm より厚い 140mm 以上の壁厚を有するコンクリート壁並びに 3時間耐火に設計上必要なコンクリート厚である 219mm より厚い床、天井又は火災耐久試験により 3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁（強化石膏ボード、貫通部シール、防火扉、防火ダンパ、天井デッキスラブ）により隣接する他の火災区域と分離するよう設定する。

屋外の火災区域は、他の区域と分離して火災防護対策を実施するために、「(2) 安全機能を有する構築物、系統及び機器」において選定する機器等を設置する区域を、火災区域として設定する。

また、火災区画は、建屋内及び屋外で設定した火災区域を系統分離、機器の配置状況に応じて分割して設定する。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.), 資料 3】

(2) 安全機能を有する構築物，系統及び機器

発電用原子炉施設は，火災によりその安全性が損なわれることがないように，適切に火災防護対策を講じる設計とする。火災防護対策を講じる対象として重要度分類のクラス 1，クラス 2 及び安全評価上その機能を期待するクラス 3 に属する構築物，系統及び機器を設定する。

その上で，上記構築物，系統及び機器の中から原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するための構築物，系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を抽出し，火災の発生防止，火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

その他の設計基準対象施設は，消防法，建築基準法，日本電気協会電気技術規程・指針に基づき設備に応じた火災防護対策を講じる設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.)】

(3) 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器

設計基準対象施設のうち，「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に基づき，発電用原子炉施設において火災が発生した場合に，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な以下の機能を確保するための構築物，系統及び機器を「原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器」として選定する。

- ① 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能
- ② 過剰反応度の印加防止機能
- ③ 炉心形状の維持機能
- ④ 原子炉の緊急停止機能
- ⑤ 未臨界維持機能
- ⑥ 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能
- ⑦ 原子炉停止後の除熱機能
- ⑧ 炉心冷却機能
- ⑨ 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能
- ⑩ 安全上特に重要な関連機能
- ⑪ 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能
- ⑫ 事故時のプラント状態の把握機能
- ⑬ 制御室外からの安全停止機能

【別添資料 1-資料 1 (2.1.)，資料 2，資料 3】

(4) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器

設計基準対象施設のうち、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に基づき，発電用原子炉施設において火災が発生した場合に，放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を確保するために必要な以下の構築物，系統及び機器を，「放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器」として選定する。ただし，「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」における緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能のうち，気体廃棄物処理設備エリア排気モニタについては，設計基準事故時の監視機能であることから，その重要度を踏まえ，「放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器」として選定する。

- ① 放射性物質の閉じ込め機能，放射線の遮蔽及び放出低減機能
- ② 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって，放射性物質を貯蔵する機能
- ③ 使用済燃料プール水の補給機能
- ④ 放射性物質放出の防止機能
- ⑤ 放射性物質の貯蔵機能

【別添資料 1-資料 1 (2. 1.)】

(5) 火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル

(2)から(4)にて抽出された設備を発電用原子炉施設において火災が発生した場合に，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な機能，及び放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を確保するために必要な火災防護対象設備を，火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルとして選定する。選定した火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについては，各設備の重要度並びに環境条件に応じて火災防護対策を講じる設計とする。

(6) 火災防護計画

発電用原子炉施設全体を対象とした火災防護対策を実施するため，火災防護計画を策定する。火災防護計画には，計画を遂行するための体制，責任の所在，責任者の権限，体制の運営管理，必要な要員の確保及び教育訓練，火災から防護すべき安全機能を有する構築物，系統及び機器，火災発生防止のための活動，火災防護設備の保守点検及び火災情報の共有，火災防護を適切に実施するための対策並びに火災発生時の対応といった火災防護対策を実施するために必要な手順等について定めるとともに，発電用原子炉施設の安

全機能を有する構築物，系統及び機器については，火災の発生防止，火災の早期感知及び消火並びに火災の影響軽減の 3 つの深層防護の概念に基づき，必要な火災防護対策を行うことについて定める。重大事故等対処施設については，火災の発生防止，並びに火災の早期感知及び消火を行うことについて定める。その他の発電用原子炉施設については，消防法，建築基準法，日本電気協会電気技術規程・指針に基づき設備に応じた火災防護対策を行うことについて定める。

外部火災については，安全施設を外部火災から防護するための運用等について定める。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.)】

2.2. 火災防護計画を策定するための方針

2.2.1. 火災発生防止に係る設計方針

2.2.1.1. 火災発生防止対策

発電用原子炉施設の火災の発生防止については，発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域又は火災区画に対する火災の発生防止対策を講じるほか，可燃性の蒸気又は可燃性の微粉に対する対策，発火源への対策，水素ガスに対する換気及び漏えい検出対策，放射線分解等により発生する水素ガスの蓄積防止対策，並びに電気系統の過電流による過熱及び焼損の防止対策等を講じる設計とする。

具体的な設計を「2.2.1.1. (1) 発火性又は引火性物質」から「2.2.1.1. (6) 過電流による過熱防止対策」に示す。

安全機能を有する機器等に使用するケーブルも含めた不燃性材料又は難燃性材料の使用についての具体的な設計について「2.2.1.2. 不燃性材料又は難燃性材料の使用」に，落雷，地震等の自然現象による火災発生防止の具体的な設計について「2.2.1.3. 自然現象への対策」に示す。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.)】

(1) 発火性又は引火性物質

発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域又は火災区画には，以下の火災の発生防止対策を講じる設計とする。

ここでいう発火性又は引火性物質としては，消防法で定められている危険物のうち「潤滑油」及び「燃料油」，並びに高圧ガス保安法で高圧ガスとして定められている水素ガス，窒素ガス，液化炭酸ガス及び空調用冷媒等のうち，可燃性である「水素ガス」を対象とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.1.)】

a. 漏えいの防止，拡大防止

火災区域に対する漏えいの防止対策，拡大防止対策の設計について以下を考慮した設計とする。

(a) 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備は，溶接構造，シール構造の採用による漏えい防止対策を講じるとともに，堰を設置し，漏えいした潤滑油又は燃料油が拡大することを防止する設計とする。

(b) 発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する機器は，溶接構造等による水素ガスの漏えいを防止する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.1.)】

b. 配置上の考慮

火災区域に対する配置について，以下を考慮した設計とする。

(a) 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備の火災により，発電用原子炉施設の安全機能を損なわないよう，発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備と発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物，系統及び機器は，壁等の設置及び離隔による配置上の考慮を行う設計とする。

(b) 発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備の火災により，発電用原子炉施設の安全機能を損なわないよう，発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備と発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物，系統及び機器は，壁等の設置による配置上の考慮を行う設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.1.)】

c. 換気

火災区域に対する換気について，以下の設計とする。

(a) 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備を設置する火災区域を有する建屋等は，火災の発生を防止するために，原子炉区域・タービン区域送風機及び排風機等の空調機器による機械換気を行う設計とする。また，屋外開放の火災区域（非常用ディーゼル

発電機軽油タンク区域，燃料移送系ポンプ区域及び非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチ）については，自然換気を行う設計とする。

(b) 発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備

発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備である蓄電池，気体廃棄物処理設備，発電機水素ガス供給設備及び水素ガスポンベを設置する火災区域又は火災区画は，火災の発生を防止するために，以下に示すとおり，火災防護対象設備を設置する火災区域又は火災区画については非常用電源から給電される送風機及び排風機，それ以外の火災区域又は火災区画については非常用電源又は常用電源から給電される送風機及び排風機による機械換気を行う設計とする。

i. 蓄電池

蓄電池を設置する火災区域又は火災区画は，機械換気を行うこと
によって，水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。
安全機能を有する蓄電池を設置する火災区域又は火災区画の換気設備は，非常用電源から給電される送風機及び排風機による機械換気を行う設計とする。それ以外の蓄電池を設置する火災区域又は火災区画の換気設備は，非常用電源又は常用電源から給電される送風機及び排風機による機械換気を行う設計とし，全交流電源喪失時に送風機及び排風機が停止した場合は，送風機及び排風機が復帰するまで蓄電池を充電しない運用とする。

ii. 気体廃棄物処理設備

気体廃棄物処理設備は，空気抽出器より抽出された水素ガスと酸素ガスの混合状態が燃焼限界濃度とならないよう，排ガス再結合物によって設備内の水素濃度が燃焼限界濃度である 4vol%以下となるよう設計する。加えて，気体廃棄物処理設備を設置する火災区域又は火災区画は，常用電源から給電される原子炉区域・タービン区域送風機及び排風機による機械換気を行うこと
によって，水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

iii. 発電機水素ガス供給設備

発電機水素ガス供給設備を設置する火災区域又は火災区画は，常用電源から給電される原子炉区域・タービン区域送風機及び排風機による機械換気を行うこと
によって，水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

iv. 水素ガスポンベ

格納容器内雰囲気モニタ校正用水素ガスポンベを設置する火災区域又は火災区画は，常用電源から給電される原子炉区域・タ

ービン区域送風機及び排風機による機械換気を行うことによつて、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備を設置する火災区域又は火災区画は、水素濃度が燃焼限界濃度以下の雰囲気となるよう送風機及び排風機で換気されるが、送風機及び排風機は多重化して設置する設計とするため、動的機器の単一故障を想定しても換気は可能である。

【別添資料 1-資料 1 (2. 1. 1. 1.)】

d. 防爆

火災区域に対する防爆について、以下の設計とする。

(a) 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備は、「2. 2. 1. 1. (1)a. 漏えいの防止, 拡大防止」で示したように、溶接構造, シール構造の採用による潤滑油又は燃料油の漏えい防止対策を講じる設計とするとともに、万一、漏えいした場合を考慮し堰を設置することで、漏えいした潤滑油又は燃料油が拡大することを防止する設計とする。

なお、潤滑油又は燃料油が設備の外部へ漏えいしても、引火点は発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備を設置する室内温度よりも十分高く、機器運転時の温度よりも高いため、可燃性の蒸気となることはない。

また、燃料油である軽油を内包する設備を設置する火災区域又は火災区画については、軽油が設備の外部へ漏えいし、万一、可燃性の蒸気が発生した場合であっても、非常用電源より供給する耐震 S クラスの換気設備で換気していることから、可燃性の蒸気が滞留するおそれはない。

(b) 発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備は、「2. 2. 1. 1. (1)c. 換気」で示すように、機械換気により水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計とするとともに、以下に示す溶接構造等により水素ガスの漏えいを防止する設計とする。

・ 気体廃棄物処理設備

気体廃棄物処理設備の配管等は雰囲気への水素ガスの漏えいを考慮した溶接構造とし、弁グランド部から雰囲気への水素ガス漏えいの可能性のある弁は、雰囲気への水素ガスの漏えいを考慮しベロー

ズ弁等を用いる設計とする。

- ・発電機水素ガス供給設備

発電機水素ガス供給設備の配管等は雰囲気への水素ガスの漏えいを考慮した溶接構造を基本とし、弁グランド部から雰囲気への水素ガス漏えいの可能性のある弁は、雰囲気への水素ガスの漏えいを考慮しベローズ弁等を用いる設計とする。

- ・水素ガスポンペ

「2.2.1.1.(1)e. 貯蔵」に示す格納容器内雰囲気モニタ校正用水素ガスポンペは、ポンペ使用時に作業員がポンペ元弁を開操作し、通常時は元弁を閉とする運用とする。

以上の設計により、「電気設備に関する技術基準を定める省令」第六十九条及び「工場電気設備防爆指針」で要求される爆発性雰囲気とはならないため、当該の設備を設ける火災区域又は火災区画に設置する電気・計装品を防爆型とせず、防爆を目的とした電気設備の接地も必要としない設計とする。

なお、電気設備の必要な箇所には、「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令」第十条、第十一条に基づく接地を施す設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.1.)】

- e. 貯蔵

火災区域に設置される発火性又は引火性物質を内包する貯蔵機器については、以下の設計とする。

貯蔵機器とは供給設備へ補給するために設置する機器のことであり、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域内の、発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油の貯蔵機器としては、非常用ディーゼル発電機燃料ディタンク及び軽油タンクがある。

非常用ディーゼル発電機燃料ディタンクについては、各非常用ディーゼル発電機燃料ディタンクに対応した非常用ディーゼル発電機を8時間連続運転するために必要な量を貯蔵することを考慮した設計とする。軽油タンクについては、1基あたり非常用ディーゼル発電機2台を7日間連続運転するために必要な量を貯蔵することを考慮した設計とする。

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域内の、発火性又は引火性物質である水素ガスの貯蔵機器としては、格納容器内雰囲気モニタ校正用水素ガスポンペがあり、これらのポンペは、運転上必要な量

を考慮し貯蔵する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.1.)】

(2) 可燃性の蒸気及び微粉の対策

火災区域に対する可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の対策については、以下の設計とする。

発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備は、「2.2.1.1.(1)d. 防爆」に示すとおり、可燃性の蒸気が発生するおそれはない。

また、火災区域において有機溶剤を使用する場合は必要量以上持ち込まない運用とするとともに、可燃性の蒸気が滞留するおそれがある場合は、使用する作業場所において、換気、通風、拡散の措置を行うとともに、建屋の送風機及び排風機による機械換気により滞留を防止する設計とする。

さらに、火災区域には、「工場電気設備防爆指針」に記載される「可燃性粉じん（石炭のように空気中の酸素と発熱反応を起こし爆発する粉じん）」や「爆発性粉じん（金属粉じんのよう空気中の酸素が少ない雰囲気又は二酸化炭素中でも着火し、浮遊状態では激しい爆発を生じる粉じん）」のような「可燃性の微粉を発生する設備」を設置しない設計とする。

以上の設計により、火災区域には可燃性の蒸気又は微粉を高所に排出するための設備を設置する必要はなく、電気・計装品を防爆型とする必要はない。

また、火災区域には金属粉や布による研磨機のように静電気が溜まるおそれがある設備を設置しない設計とする。なお、火災区域内で電気設備が必要な箇所には、「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令」第十条、第十一条に基づく接地を施しており、静電気が溜まるおそれはない。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.1.)】

(3) 発火源への対策

発電用原子炉施設には、設備を金属製の筐体内に収納する等の対策を行い、設備外部に出た火花が発火源となる設備を設置しない設計とする。

また、発電用原子炉施設には高温となる設備があるが、高温部分を保温材で覆うことにより、可燃性物質との接触防止や潤滑油等可燃物の過熱防止を行う設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.1.)】

(4) 水素ガス対策

火災区域に対する水素ガス対策については、以下の設計とする。

発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備を設置する火災区域又は火災区画は、「2.2.1.1.(1)a. 漏えいの防止，拡大防止」に示すように、発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備を溶接構造等とすることにより雰囲気への水素ガスの漏えいを防止するとともに、「2.2.1.1.(1)c. 換気」に示すように、機械換気を行うことにより水素濃度が燃焼限界濃度以下となるよう設計する。

蓄電池を設置する火災区域又は火災区画は、充電時において蓄電池から水素ガスが発生するおそれがあることから、当該区域又は区画に可燃物を持ち込まないこととする。また、蓄電池室の上部に水素濃度検出器を設置し、水素ガスの燃焼限界濃度である 4vol%の 1/4 以下の濃度にて中央制御室に警報を発する設計とする。

また、以下の設備については水素濃度検出器とは別の方法にて水素ガスの漏えいを管理している。

気体廃棄物処理設備は、設備内の水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように設計するが、設備内の水素濃度については水素濃度計により中央制御室で常時監視ができる設計とし、水素濃度が上昇した場合には中央制御室に警報を発する設計とする。

発電機水素ガス供給設備は、水素ガス消費量を管理するとともに、発電機内の水素純度、水素ガス圧力を中央制御室で常時監視ができる設計としており、発電機内の水素純度や水素ガス圧力が低下した場合には中央制御室に警報を発する設計とする。

格納容器内雰囲気モニタ校正用水素ガスボンベを設置する火災区域又は火災区画については、通常時は元弁を閉とする運用とし、「2.2.1.1.(1)c. 換気」に示す機械換気により水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計することから、水素濃度検出器は設置しない設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.1.)】

(5) 放射線分解等により発生する水素ガスの蓄積防止対策

放射線分解により水素ガスが発生する火災区域又は火災区画における、水素ガスの蓄積防止対策としては、社団法人火力原子力発電技術協会「BWR配管における混合ガス（水素・酸素）蓄積防止に関するガイドライン（平成 17 年 10 月）」等に基づき、原子炉の安全性を損なうおそれがある場合には水素ガスの蓄積を防止する設計とする。蓄積防止対策の対象箇所については、ガイドラインに基づき選定したものである。

蓄電池により発生する水素ガスの蓄積防止対策としては、蓄電池を設置

する火災区域又は火災区画は、「2.2.1.1.(4) 水素ガス対策」に示すように、機械換気を行うことによって水素濃度が燃焼限界濃度以下となるよう設計する。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.1.)】

(6) 過電流による過熱防止対策

発電用原子炉施設内の電気系統の過電流による過熱の防止対策は、以下の設計とする。

電気系統は、送電線への落雷等外部からの影響や、地絡、短絡等に起因する過電流による過熱や焼損を防止するために、保護継電器、遮断器により故障回路を早期に遮断する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.1.)】

2.2.1.2. 不燃性材料又は難燃性材料の使用

安全機能を有する構築物、系統及び機器に対しては、不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とし、不燃性材料又は難燃性材料が使用できない場合は以下のいずれかの設計とする。

- ・ 不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するものを使用する設計とする。
- ・ 構築物、系統及び機器の機能を確保するために必要な不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するものの使用が技術上困難な場合であって、当該構築物、系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.2.)】

(1) 主要な構造材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物、系統及び機器のうち、機器、配管、ダクト、トレイ、電線管、盤の筐体及びこれらの支持構造物の主要な構造材は、火災の発生防止及び当該設備の強度確保等を考慮し、ステンレス鋼、低合金鋼、炭素鋼等の金属材料、又はコンクリート等の不燃性材料を使用する設計とする。

また、ケーブルトレイ内のケーブルの固縛材は難燃性のものを使用する設計とする。内部溢水対策で使用している止水剤、止水パッキンについては、難燃性のものを使用する設計とする。

ただし、配管のパッキン類は、その機能を確保するために必要な不燃性

材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するものの使用が技術上困難であるが、金属で覆われた狭隘部に設置し直接火炎にさらされることはなく、これにより他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生するおそれはないことから不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する設計とする。また、金属に覆われたポンプ及び弁等の駆動部の潤滑油並びに金属に覆われた機器躯体内部に設置される電気配線は、発火した場合でも、他の安全機能を有する構築物、系統及び機器に延焼しないことから、不燃性材料又は難燃性材料でない材料を使用する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2. 1. 1. 2.)】

(2) 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包

安全機能を有する構築物、系統及び機器のうち、屋内の変圧器及び遮断器は可燃性物質である絶縁油を内包していないものを使用する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2. 1. 1. 2.)】

(3) 難燃ケーブルの使用

安全機能を有する構築物、系統及び機器に使用するケーブルには、実証試験により自己消火性 (UL 垂直燃焼試験) 及び延焼性 (IEEE383 (光ファイバケーブルの場合は IEEE1202) 垂直トレイ燃焼試験) を確認した難燃ケーブルを使用する設計とする。

ただし、一部のケーブルについては製造中止のため自己消火性を確認する UL 垂直燃焼試験を実施できない。このケーブルについては、UL 垂直燃焼試験と同様の試験である ICEA 垂直燃焼試験の結果と、同じ材質のシースを持つケーブルで実施した UL 垂直燃焼試験結果より、自己消火性を確認する設計とする。

また、核計装ケーブルは、微弱電流又は微弱パルスを扱う必要があり、耐ノイズ性を確保するために高い絶縁抵抗を有する同軸ケーブルを使用する設計とする。放射線モニタケーブルについても、放射線検出のためには微弱電流又は微弱パルスを扱う必要があり、核計装ケーブルと同様に耐ノイズ性を確保するため、絶縁体に誘電率の低い架橋ポリエチレンを使用することで高い絶縁抵抗を有する同軸ケーブルを使用する設計とする。

これらのケーブルは、自己消火性を確認する UL 垂直燃焼試験は満足するが、延焼性を確認する IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の要求を満足することが困難である。

このため、核計装ケーブル及び放射線モニタケーブルは、火災を想定し

た場合にも延焼が発生しないよう、原子炉格納容器外については専用電線管に収納するとともに、電線管の両端は、電線管外部からの酸素供給防止を目的とし、耐火性を有するシール材を処置する設計とする。

耐火性を有するシール材を処置した電線管内は、外気から容易に酸素の供給がない閉塞した状態であるため、核計装ケーブル及び放射線モニタケーブルに火災が発生してもケーブルの燃焼に必要な酸素が不足し、燃焼の維持ができなくなるので、すぐに自己消火し、ケーブルは延焼しない。このため、専用電線管で収納し、耐火性を有するシール材により酸素の供給防止を講じた核計装ケーブル及び放射線モニタケーブルは、IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の判定基準を満足するケーブルと同等以上の延焼防止性能を有する。

一方、原子炉格納容器内の原子炉圧力容器下部における核計装ケーブルは、周囲環境が極めて狭隘であり電線管に敷設すると曲げ半径を確保できないこと、機器点検時にケーブルを解線して機器を取り外す必要があることから、一部ケーブルを露出する設計とする。しかしながら、以下のとおり対策することによって、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機能に影響が及ぶおそれはない。

- ・原子炉格納容器内は、通常運転中については窒素ガスを封入しており火災発生のおそれがないこと。
- ・原子炉の起動中において、原子炉格納容器内点検前に核計装ケーブルから火災が発生し火災感知設備が作動した場合は、速やかな消火活動が可能であること。また、原子炉格納容器内点検終了後から窒素ガス封入までの期間は制御棒全挿入状態とし、その期間は短期間であること。
- ・原子炉の冷温停止中及び起動中において、万一、核計装ケーブルから火災が発生した場合を考慮しても、火災が延焼しないように、核計装ケーブルの露出部分の長さは、ケーブルの曲げ半径の確保及び機器点検時の解線作業に影響のない範囲で極力短くし、周囲への火災の延焼を防止する設計とするとともに、当該ケーブルの周囲には自己消火性及び延焼性が実証された難燃ケーブルを敷設する設計とすること。
- ・原子炉格納容器下部に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備である、原子炉冷却材再循環ポンプ及び電動駆動制御棒駆動機構の点検時に使用する点検装置は、通常時は電源を切る運用とし、点検装置の使用時には監視員を配置して万一、火災が発生しても速やかに消火を行うこと。
- ・原子炉格納容器下部に設置する常用系及び非常用系のケーブル、作業用分電盤、中継端子箱、サンプポンプ等は、金属製の筐体に収納すること

で、火災の発生を防止する設計とすること。

- ・低温停止中及び起動中において火災が発生した場合には異なる種類の火災感知設備で感知し、速やかな消火活動が可能であること。
- ・万一、起動中に核計装ケーブルから火災が発生した場合でも、核計装ケーブルはチャンネルごとに位置的分散を図って設置しており他のチャンネルのケーブルが同時に延焼する可能性が低く、未臨界監視機能を確保できること。
- ・万一、起動中に核計装ケーブルから火災が発生し火災感知器が作動した場合は、原子炉起動操作を中止し停止操作を行うこと。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.2.)】

(4) 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用

安全機能を有する構築物、系統及び機器のうち、換気空調設備のフィルタは、チャコールフィルタを除き「JIS L 1091 (繊維製品の燃焼性試験方法)」又は「JACA No. 11A (空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針 (公益社団法人 日本空気清浄協会))」を満足する難燃性材料を使用する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.2.)】

(5) 保温材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する保温材は、ロックウール、ガラス繊維、ケイ酸カルシウム、パーライト、金属等、平成 12 年建設省告示第 1400 号に定められたもの、又は建築基準法で不燃性材料として認められたものを使用する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.1.2.)】

(6) 建屋内装材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する建屋内装材は、ケイ酸カルシウム等、建築基準法で不燃性材料として認められたものを使用する設計とする。また、中央制御室の床のカーペットは、消防法施行規則第四条の三に基づき、第三者機関において防災物品の試験を実施し、防災性能を有することを確認した材料を使用する設計とする。

一方、管理区域の床には耐放射線性及び除染性を確保すること、非管理区域の一部の床には防塵性を確保すること、原子炉格納容器内の床、壁には耐放射線性、除染性及び耐腐食性を確保することを目的として、コーティング剤を塗布する設計とする。このコーティング剤は、旧建設省告示第 1231 号第 2 試験、米国 ASTM 規格 E84、建築基準法施行令第一条の六又は

消防法施行令第四条の三に基づく難燃性が確認された塗料であること，不燃性材料であるコンクリート表面に塗布すること，加熱源を除去した場合はその燃焼部が広がらないこと，原子炉格納容器内を含む建屋内に設置する安全機能を有する構築物，系統及び機器には不燃性材料又は難燃性材料を使用し周辺には可燃物がないことから，当該コーティング剤が発火した場合においても他の構築物，系統又は機器において火災を生じさせるおそれは小さい。また，原子炉格納容器内に設置する原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器は不燃性又は難燃性の材料を使用し周辺には可燃物がない。

このため，耐放射線性，除染性，防塵性及び耐腐食性を確保するためにコンクリート表面及び原子炉格納容器内の床，壁に塗布するコーティング剤には，旧建設省告示第1231号第2試験，米国ASTM規格E84，建築基準法施行令第一条の六又は消防法施行令第四条の三に基づく難燃性が確認された塗料を使用する設計とする。

【別添資料1-資料1(2.1.1.2.)】

2.2.1.3. 自然現象による火災の発生防止

柏崎刈羽原子力発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき自然現象としては，網羅的に抽出するために，発電所敷地及びその周辺での発生実績の有無に関わらず，国内外の基準や文献等に基づき事象を収集した。これらの事象のうち，発電所及びその周辺での発生可能性，安全施設への影響度，事象進展速度や事象進展に対する時間的余裕の観点から，発電用原子炉施設に影響を与えるおそれがある事象として，地震，津波，風（台風），竜巻，低温（凍結），降水，積雪，落雷，地滑り，火山の影響及び生物学的事象を抽出した。

これらの自然現象のうち，津波，竜巻（風（台風）含む）及び地滑りについては，それぞれの現象に対して，発電用原子炉施設の安全機能が損なわれないように防護することで火災の発生を防止する設計とする。

生物学的事象のうちネズミ等の小動物に対しては，侵入防止対策により影響を受けない設計とする。

低温（凍結），降水，積雪及び生物学的事象のうちクラゲ等の海生生物の影響については，火災が発生する自然現象ではなく，火山の影響についても，火山から発電用原子炉施設に到達するまでに火山灰等が冷却されることを考慮すると，火災が発生する自然現象ではない。

したがって，落雷，地震について，これらの現象によって火災が発生しないように，以下のとおり火災防護対策を講じる設計とする。

【別添資料1-資料1(2.1.1.3.)】

(1) 落雷による火災の発生防止

発電用原子炉施設内の構築物、系統及び機器は、落雷による火災発生を防止するため、地盤面から高さ 20m を超える建築物には建築基準法に基づき「JIS A 4201 建築物等の避雷設備（避雷針）」に準拠した避雷設備（避雷針、接地網、棟上導体）の設置を行う設計とする。なお、これらの避雷設備は、基準地震動に対して機能維持可能な建屋又は主排気筒に設置する設計とする。

送電線については、架空地線を設置する設計とするとともに、「2.2.1.1.(6) 過電流による過熱防止対策」に示すとおり、故障回路を早期に遮断する設計とする。

【避雷設備設置箇所】

- ・原子炉建屋（棟上導体）
- ・タービン建屋（棟上導体）
- ・廃棄物処理建屋（棟上導体）
- ・主排気筒

【別添資料 1-資料 1（2.1.1.2.）】

(2) 地震による火災の発生防止

安全機能を有する構築物、系統及び機器は、耐震クラスに応じて十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第四条」に示す要求を満足するよう、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」に従い耐震設計を行う設計とする。

【別添資料 1-資料 1（2.1.1.2.）】

2.2.2. 火災の感知及び消火に係る設計方針

火災の感知及び消火については、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対して、早期の火災感知及び消火を行うための火災感知設備及び消火設備を設置する設計とする。具体的な設計を「2.2.2.1 火災感知設備」から「2.2.2.4 消火設備の破損、誤動作又は誤操作」に示す。

このうち、火災感知設備及び消火設備が、地震等の自然現象に対して、火災感知及び消火の機能、性能が維持され、かつ、安全機能を有する構築物、系統及び機器の耐震クラスに応じて、機能を維持できる設計とすることを「2.2.2.3. 自然現象の考慮」に示す。また、消火設備は、破損、誤動作又は誤操作が起きた場合においても、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための機能を損なわない設計とすることを「2.2.2.4 消火設備の破

損、誤動作又は誤操作」に示す。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.2.)】

2.2.2.1. 火災感知設備

火災感知設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に感知できるよう設置する設計とする。

火災感知器と受信機を含む火災受信機盤等で構成される火災感知設備は、以下を踏まえた設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.2.1.)】

(1) 火災感知器の環境条件等の考慮

火災感知設備の火災感知器は、火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や、炎が生じる前に発煙すること等、予想される火災の性質を考慮して火災感知器を設置する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.2.1.)】

(2) 固有の信号を発する異なる火災感知器の設置

火災感知設備の火災感知器は、「2.2.2.1.(1) 火災感知器の環境条件等の考慮」の環境条件等を考慮し、火災感知器を設置する火災区域又は火災区画の安全機能を有する構築物、系統及び機器の種類に応じ、火災を早期に感知できるよう、固有の信号を発するアナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器、又は非アナログ式の炎感知器から異なる種類の感知器を組み合わせる設計とする。炎感知器は非アナログ式であるが、炎が発する赤外線又は紫外線を感知するため、炎が生じた時点で感知することができ、火災の早期感知に優位性がある。ここで、アナログ式とは「平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、火災現象（急激な温度や煙の濃度の上昇）を把握することができる」ものと定義し、非アナログ式とは「平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視することはできないが、火災現象（急激な温度や煙の濃度の上昇等）を把握することができる」ものと定義する。

以下に、上記に示す火災感知器の組み合わせのうち特徴的な火災区域又は火災区画を示す。

a. 原子炉建屋オペレーティングフロア

原子炉建屋オペレーティングフロアは天井が高く大空間となっているため、火災による熱が周囲に拡散することから、熱感知器による感知は困難である。

このため、アナログ式の光電分離型煙感知器と非アナログ式の炎感知器をそれぞれの監視範囲に火災の検知に影響を及ぼす死角がないように設置する設計とする。

b. 原子炉格納容器

原子炉格納容器内には、アナログ式の煙感知器及び熱感知器を設置する設計とする。

運転中の原子炉格納容器は、閉鎖した状態で長期間高温かつ高線量環境となることから、アナログ式の火災感知器が故障する可能性がある。このため、通常運転中、窒素ガス封入により不活性化し火災が発生する可能性がない期間については、原子炉格納容器内に設置する火災感知器は、起動時の窒素ガス封入後に作動信号を除外する運用とし、プラント停止後に速やかに取り替える設計とする。

c. 非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチ

非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチは、ハッチからの雨水の浸入によって高湿度環境になりやすく、一般的な煙感知器による火災感知に適さない。このため、防湿対策を施したアナログ式の煙吸引式検出設備、及び湿気の影響を受けにくいアナログ式の光ファイバケーブル式熱感知器を設置する設計とする。

一方、以下に示す火災区域又は火災区画は、環境条件等を考慮し、上記とは異なる火災感知器を組み合わせる設計とする。

d. 非常用ディーゼル発電機燃料移送系ポンプ区域

屋外開放の区域である非常用ディーゼル発電機燃料移送系ポンプ区域は、区域全体の火災を感知する必要があるが火災による煙が周囲に拡散し煙感知器による火災感知は困難であること、及び降水等の浸入により火災感知器の故障が想定されることから、アナログ式の屋外仕様の熱感知カメラ、及び非アナログ式の屋外仕様の炎感知器をそれぞれの監視範囲に火災の検知に影響を及ぼす死角がないように設置する設計とする。

e. 非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域

屋外開放の区域である非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域は、火災による煙は周囲に拡散し、煙感知器による火災感知は困難である。加えて、軽油タンク内部は燃料の気化による引火性又は発火性の雰囲気

気を形成している。このため、非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域は、非アナログ式の屋外仕様の炎感知器を監視範囲に火災の検知に影響を及ぼす死角がないように設置することに加え、タンク内部の空間部に非アナログ式の防爆型の熱感知器を設置する設計とする。

f. 主蒸気管トンネル室

放射線量が高い場所（主蒸気管トンネル室）は、アナログ式の火災感知器を設置する場合、放射線の影響により火災感知器の故障が想定される。このため、放射線の影響を受けないよう検出器部位を当該区画外に配置するアナログ式の煙吸引式検出設備を設置する設計とする。加えて、放射線の影響を考慮した非アナログ式の熱感知器を設置する設計とする。

g. 蓄電池室

水素ガス等による引火性又は発火性の雰囲気形成のおそれのある場所（蓄電池室）は、万一の水素濃度の上昇を考慮し、火災を早期に感知できるよう、非アナログ式の防爆型で、かつ固有の信号を発する異なる種類の防爆型の煙感知器及び熱感知器を設置する設計とする。

また、これらの非アナログ式の火災感知器は、以下の環境条件等を考慮することにより誤作動を防止する設計とする。

- ・煙感知器は蒸気等が充満する場所に設置しない。
- ・熱感知器は作動温度が周囲温度より高い温度で作動するものを選定する。
- ・炎感知器は平常時より炎の波長の有無を連続監視し、火災現象（急激な環境変化）を把握でき、感知原理に「赤外線 3 波長式」（物質の燃焼時に発生する特有な放射エネルギーの波長帯を 3 つ検知した場合にのみ発報する）を採用するものを選定する。さらに、屋内に設置する場合は外光が当たらず、高温物体が近傍にない箇所に設置することとし、屋外に設置する場合は、屋外仕様を採用するとともに、太陽光の影響に対しては視野角への影響を考慮した遮光板を設置することで誤作動を防止する設計とする。

また、以下に示す火災区域又は火災区画は、火災の影響を受けるおそれ考えにくいことから、火災感知器を設置しない、若しくは消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設置する設計とする。

h. 格納容器機器搬出入用ハッチ室

格納容器機器搬出入用ハッチ室は、発火源となるようなものが設置されておらず、可燃物管理により可燃物を持ち込まない運用とするうえ、通常コンクリートハッチにて閉鎖されていることから、火災の影響を受けない。また、ハッチ開放時は通路の火災感知器にて感知が可能である。

したがって、格納容器機器搬出入用ハッチ室には火災感知器を設置しない設計とする。

i. 給気処理装置室、冷却器コイル室及び排気ルーバ室

給気処理装置室、冷却器コイル室及び排気ルーバ室は、発火源となるようなものが設置されておらず、可燃物管理により可燃物を持ち込まない運用とするうえ、コンクリートの壁で囲われていることから、火災の影響を受けない。

したがって、給気処理装置室、冷却器コイル室及び排気ルーバ室には火災感知器を設置しない設計とする。

j. 排気管室

排気管室は、排気を屋外に通すための部屋であり、発火源となるようなものが設置されておらず、可燃物管理により可燃物を持ち込まない運用とするうえ、コンクリートの壁で囲われていることから、火災の影響を受けない。

したがって、排気管室には火災感知器を設置しない設計とする。

k. フィルタ室

フィルタ室に設置されているフィルタは難燃性であり、発火源となるようなものが設置されておらず、可燃物管理により可燃物を持ち込まない運用とするうえ、コンクリートの壁で囲われていることから、火災の影響を受けない。

したがって、フィルタ室には火災感知器を設置しない設計とする。

l. 使用済燃料プール、復水貯蔵槽、使用済樹脂槽

使用済燃料プール、復水貯蔵槽、使用済樹脂槽については内部が水で満たされており、火災が発生するおそれはない。

したがって、使用済燃料プール、復水貯蔵槽、使用済樹脂槽には火災感知器を設置しない設計とする。

- m. 不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された火災防護対象機器のみを設けた火災区域又は火災区画

火災防護対象機器のうち、不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された配管、容器、タンク、手動弁、コンクリート構築物については流路、バウンダリとしての機能が火災により影響を受けることは考えにくいいため、消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設ける設計とする。

- n. フェイルセーフ設計の火災防護対象機器のみが設置された火災区域又は火災区画

フェイルセーフ設計の設備については火災により動作機能を喪失した場合であっても、安全機能が影響を受けることは考えにくいいため、消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設ける設計とする。

- o. 気体廃棄物処理設備エリア排気モニタ検出器設置区画

放射線モニタ検出器は隣接した検出器間をそれぞれ異なる火災区画に設置する設計とする。これにより火災発生時に同時に監視機能を喪失することは考えにくく、重要度クラス3の設備として火災に対して代替性を有することから、消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設ける設計とする。

なお、上記の監視を行う事故時放射線モニタ監視盤を設置する中央制御室については火災発生時の影響を考慮し、固有の信号を発するアナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器、又は非アナログ式の炎感知器から異なる種類の感知器を組み合わせる設計とする。

【別添資料1-資料1(2.1.2.1.)】

(3) 火災受信機盤

火災感知設備の火災受信機盤は中央制御室に設置し、火災感知設備の作動状況を常時監視できる設計とする。また、受信機盤は、構成されるアナログ式の受信機により、以下のとおり、火災発生場所を特定できる設計とする。

- ・アナログ式の火災感知器が接続可能であり、作動した火災感知器を1つずつ特定できる設計とする。
- ・水素ガスの漏えいの可能性が否定できない蓄電池室及び可燃性ガスの発生が想定される軽油タンク内に設置する非アナログ式の防爆型の火災感知器及び主蒸気管トンネル室内の非アナログ式熱感知器が接続可能であり、作動した火災感知器を1つずつ特定できる設計とする。

- ・屋外の非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域，燃料移送ポンプ区域を監視する非アナログ式の炎感知器，アナログ式の熱感知カメラが接続可能であり，感知区域を1つずつ特定できる設計とする。なお，屋外区域熱感知カメラ火災受信機盤においては，火災発生場所はカメラ機能による映像監視（熱サーモグラフィ）により特定が可能な設計とする。
- ・原子炉建屋オペレーティングフロアを監視する非アナログ式の炎感知器が接続可能であり，作動した火災感知器を1つずつ特定できる設計とする。
- ・非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチを監視するアナログ式の光ファイバケーブル式熱感知器が接続可能であり，感知区域を1つずつ特定できる設計とする。アナログ式の光ファイバケーブル式熱感知器は，中央制御室に設置した受信機においてセンサ用光ファイバケーブルの長手方向に対し約2m間隔で火源の特定が可能である。

また，火災感知器は以下のとおり点検を行うことができるものを使用する設計とする。

- ・自動試験機能又は遠隔試験機能を有する火災感知器は，機能に異常がないことを確認するため，定期的に自動試験又は遠隔試験を実施できるものを使用する。
- ・自動試験機能又は遠隔試験機能を持たない火災感知器は，機能に異常がないことを確認するため，消防法施行規則に基づき，煙等の火災を模擬した試験を定期的に実施できるものを使用する。

【別添資料1-資料1（2.1.2.1.）】

(4) 火災感知設備の電源確保

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備は，外部電源喪失時においても火災の感知が可能となるよう蓄電池を設け，電源を確保する設計とする。

また，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備に供給する電源は，非常用ディーゼル発電機が接続されている非常用電源より供給する設計とする。

【別添資料1-資料1（2.1.2.1.）】

2.2.2.2. 消火設備

消火設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に消火できるよう設置する設計とする。

消火設備は以下を踏まえた設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.2.1.)】

- (1) 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備
- 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備は、当該構築物、系統及び機器の設置場所が、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるかを考慮して設計する。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.2.1.)】

- a. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画の選定

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画は、「b. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定」に示した火災区域又は火災区画を除き、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるものとして選定する。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.2.1.)】

- b. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画において、消火活動が困難とならないところを以下に示す。

- (a) 屋外の火災区域（非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域及び燃料移送系ポンプ区域）

非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域及び燃料移送系ポンプ区域については屋外開放の火災区域であり、火災が発生しても煙は充満しない。よって煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域として選定する。

(b) 可燃物の設置状況等により火災が発生しても煙が充満しない火災区域又は火災区画

以下に示す火災区域又は火災区画は、可燃物を少なくすることで煙の発生を抑える設計とし、煙の充満及び放射線の影響により消火困難とはならない箇所として選定する。各火災区域又は火災区画とも不要な可燃物を持ち込まないよう持込み可燃物管理を実施するとともに、点検に係る資機材等の可燃物を一時的に仮置きする場合は、不燃性のシートによる養生を実施し火災発生時の延焼を防止する設計とする。なお、可燃物の状況については、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機能を有する構築物、系統及び機器以外の構築物、系統及び機器も含めて確認する。

i. 計装ラック室，地震計室（6号炉），感震器室（7号炉）及び制御棒駆動系マスターコントロール室

室内に設置している機器は、計装ラック，地震観測装置，空気作動弁，計器等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており，ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

ii. サプレッションプール浄化系ポンプ室，ペネ室（7号炉）及び原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器漏えい試験用ラック室（6号炉）

室内に設置している機器は、計装ラック，ポンプ，空気作動弁等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており，可燃物としては軸受に潤滑油グリスを使用している。軸受は、不燃性材料である金属で覆われており，設備外部で燃え広がることはない。その他に可燃物は設置しておらず，ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

iii. 原子炉冷却系浄化系逆洗水移送ポンプ・配管室（6号炉），プリコートタンク室（6号炉）

室内に設置している機器は、ポンプ，タンク，空気作動弁等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており，可燃物としては軸受に潤滑油グリスを使用している。軸受は、不燃性材料である金属で覆われており，設備外部で燃え広がることはない。その他に可燃物は設置しておらず，ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

iv. 弁室，配管室

室内に設置している機器は、電動弁、電磁弁、空気作動弁、計器等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

v. 移動式炉心内計装系駆動装置室，バルブアッセンブリ室

室内に設置している機器は、駆動装置、バルブアッセンブリ（ボール弁）等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、可燃物としては駆動部に潤滑油グリスを使用している。駆動部は、不燃性材料である金属で覆われており、設備外部で燃え広がることはない。その他に可燃物は設置しておらず、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

vi. 除染パン室（6号炉）

室内に設置している機器は、除染シンク等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、可燃物としては除染シンクに一部ゴムを使用しているが、不燃性材料である金属で覆われており、設備外部で燃え広がることはない。その他に可燃物は設置しておらず、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

vii. 主蒸気管トンネル室

室内に設置している機器は、主蒸気外側隔離弁（空気作動弁）、電動弁等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、可燃物としては駆動部に潤滑油を使用している。駆動部は、不燃性材料である金属で覆われており、設備外部で燃え広がることはない。その他に可燃物は設置しておらず、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

viii. 非常用ディーゼル発電機非常用送風機室及び電気品区域送風機室

室内に設置している機器は、送風機、電動機、空気作動弁等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、可燃物としては軸受に潤滑油グリスを使用している。軸受は、不燃性材料である金属で覆われており、設備外部で燃え広がることはない。その他に可燃物は設置しておらず、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

ix. 燃料プール冷却浄化系ポンプ室，保持ポンプ室（6号炉），熱交換器室，弁室

室内に設置している機器は、ポンプ、熱交換器、電動弁、計器等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、可燃物としては軸受に潤滑油グリスを使用している。軸受は、不燃性材料である金属で覆われており、設備外部で燃え広がることはない。その他に可燃物は設置しておらず、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

x. 格納容器所員用エアロック室（6号炉）

室内に設置している機器は、エアロック、電動弁、空気作動弁等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

x i. 主蒸気隔離弁・逃がし安全弁ラッピング室（6号炉）

室内に設置している機器は、空気作動弁、逃がし安全弁（予備品）等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

x ii. 格納容器雰囲気モニタ室、ダストモニタ室（6号炉）、漏えい検出系モニタ室（6号炉）、サプレッションチェンバ室及び非常用ガス処理系モニタ室（6号及び7号炉）

室内に設置している機器は、空調機、サンプリングラック、放射線モニタ、ダストサンプラ、電磁弁、サンプルポンプ、計装ラック、計器等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、可燃物としては軸受に潤滑油グリスを使用している。軸受は、不燃性材料である金属で覆われており、設備外部で燃え広がることはない。その他に可燃物は設置しておらず、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

x iii. 非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチ

室内に設置している機器は、配管等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

x iv. 非常用送風機室及びコントロール建屋計測制御電源盤区域送風機室（7号炉）

室内に設置している機器は、送風機、電動機、空気作動弁等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、可燃物としては軸受に潤滑油グリスを使用している。軸受は、不燃性材料である金属で覆われており、設備外部で燃え広

がることはない。その他に可燃物は設置しておらず、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

x v. 原子炉冷却材浄化系／燃料プール冷却材浄化系ろ過脱塩器ハッチ室（7号炉）

室内に設置している機器は、クレーン、ボックス等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

x vi. 管理区域連絡通路（7号炉）

室内に設置している機器は、空調ダクト、操作盤等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、可燃物としては操作盤があるが少量かつ近傍に可燃物がなく、不燃性材料である金属で覆われており燃え広がることはない。その他に可燃物は設置しておらず、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

x vii. 計装用圧縮空気系／高圧窒素ガス供給系ペネ室（7号炉）

室内に設置している機器は、配管、空気作動弁等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

x viii. 南北連絡通路（7号炉）、原子炉建屋4階クリーン通路（7号炉）

室内に設置している機器は、ボックス、ボンベ、配管等である。これらは、不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設する設計とする。

x ix. 階段室

室内に設置している機器は、ボックス、ボンベ等である。これらは不燃性材料又は難燃性材料で構成されており、ケーブルは電線管、金属製の可とう電線管及び密閉型ダクトで敷設する設計とする。

(c) 中央制御室

中央制御室は、常駐する運転員によって火災感知器による早期の火災感知及び消火活動が可能であり、火災が拡大する前に消火可能であること、万一火災によって煙が発生した場合でも建築基準法に準拠した容量の排煙設備によって排煙が可能な設計とすることから、消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画とし

て選定する。

なお、中央制御室床下フリーアクセスフロアは、速やかな火災発生場所の特定が困難であると考えられることから、固有の信号を発する異なる種類の火災感知設備（煙感知器と熱感知器）、及び中央制御室からの手動操作により早期の起動が可能な固定式ガス消火設備（消火剤はハロン 1301）を設置する設計とする。

(d) 原子炉格納容器

原子炉格納容器内において万一火災が発生した場合でも、原子炉格納容器の空間体積（約 7,300m³）に対してパージ用排風機の容量が 22,000m³/h であり、排煙が可能な設計とすることから、消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画として選定する。

【別添資料 1-資料 1（2.1.2.1.）】

c. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画に設置する消火設備

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画は、自動又は中央制御室からの手動操作による固定式消火設備である全域ガス消火設備を設置し消火を行う設計とする。なお、これらの固定式消火設備に使用するガスは、ハロゲン化物消火剤とする。

全域ガス消火設備の自動起動用の煙感知器と熱感知器は、当該火災区域又は火災区画に設置した「固有の信号を発する異なる種類の感知器」とする。

ただし、以下については、上記と異なる消火設備を設置し消火を行う設計とする

(a) 非常用ディーゼル発電機室及び非常用ディーゼル発電機燃料デ
ィタンク室

非常用ディーゼル発電機室及び非常用ディーゼル発電機燃料デ
ィタンク室は、人が常駐する場所ではないことから、ハロゲン化
物消火剤を使用する全域ガス消火設備は設置せず、全域自動放
出方式の二酸化炭素消火設備を設置する設計とする。また、自動
起動について、万一室内に作業員等がいた場合の人身安全を考慮
し、煙感知器及び熱感知器の両方の動作をもって消火する設計と
する。

【別添資料 1-資料 1（2.1.2.1.）】

(b) 原子炉建屋通路部及びオペレーティングフロア

原子炉建屋通路部及びオペレーティングフロアは、ほとんどの階層で周回できる通路となっており、その床面積は最大で約1,000 m²（原子炉建屋地下2階周回通路）と大きい。さらに、各階層間には開口部（機器ハッチ）が存在するが、これらは内部溢水対策として通常より開口状態となっている。

原子炉建屋通路部及びオペレーティングフロアは、このようなレイアウトであることに加え、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる可能性が否定できないことから、煙の充満を発生させるおそれのある可燃物（ケーブル、電源盤・制御盤、潤滑油内包設備）に対しては自動又は中央制御室からの手動操作による固定式消火設備である局所ガス消火設備を設置し消火を行う設計とし、これら以外の可燃物については量が少ないことから消火器で消火を行う設計とする。

なお、これらの固定式消火設備に使用するガスは、ハロゲン化物消火剤とする。

(c) 不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された火災防護対象機器のみを設置する火災区域又は火災区画

火災防護対象機器のうち、不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された配管、容器、タンク、手動弁、コンクリート構築物については流路、バウンダリとしての機能が火災により影響を受けることは考えにくいため、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

(d) フェイルセーフ設計の火災防護対象機器のみを設置する火災区域又は火災区画

フェイルセーフ設計の設備については火災により動作機能を喪失した場合であっても、安全機能が影響を受けることは考えにくいため、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

【別添資料1-資料1（2.1.2.1.）】

- d. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画に設置する消火設備
- (a) 非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域及び燃料移送系ポンプ

区域

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域及び燃料移送系ポンプ区域については、消火器又は移動式消火設備で消火を行う設計とする。

(b) 可燃物が少ない火災区域又は火災区画

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画のうち、中央制御室以外で可燃物が少ない火災区域又は火災区画については、消火器で消火を行う設計とする。

(c) 中央制御室

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない中央制御室には、全域ガス消火設備及び局所ガス消火設備は設置せず、消火器で消火を行う設計とする。中央制御室制御盤内の火災については、電気機器への影響がない二酸化炭素消火器で消火を行う。中央制御室床下フリーアクセスフロアについては、中央制御室からの手動操作により早期の起動が可能な固定式ガス消火設備（消火剤はハロン 1301）を設置する設計とする。

(d) 原子炉格納容器

原子炉格納容器内において万一火災が発生した場合でも、原子炉格納容器の空間体積（約 7,300m³）に対してパージ用排風機の容量が 22,000m³/h であることから、煙が充満しないため、消火活動が可能である。

よって、原子炉格納容器内の消火については、消火器を用いて行う設計とする。また、消火栓を用いても対応できる設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.2.1.)】

(2) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備は、当該火災区域又は火災区画が、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画であるかを考慮して設計する。

a. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画の選定

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画については，火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるものとして選定する。

【別添資料 1-資料 1 (2. 1. 2. 1.)】

b. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画であって，煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画を以下に示す。

(a) 復水貯蔵槽

復水貯蔵槽は，側面と底面が金属とコンクリートに覆われており，槽内は水で満たされていることから，火災の発生並びに煙の充満のおそれはない。

(b) 使用済燃料プール

使用済燃料プールは，側面と底面が金属とコンクリートに覆われており，プール内は水で満たされていることから，火災の発生並びに煙の充満のおそれはない。

(c) 使用済樹脂槽

使用済樹脂槽は，金属とコンクリートに覆われており，槽内は水で満たされていることから，火災の発生並びに煙の充満のおそれはない。

【別添資料 1-資料 1 (2. 1. 2. 1.)】

c. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画に設置する消火設備

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画のうち，火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画は，自動又は中央制御室からの手動操作による固定式消火設備である全域ガス消火設備を設置し消火を行う設計とする。なお，この固定式消火設備に使用するガスは，消防法施行規則を踏まえハロゲン化物消火剤とする。ただし，以下については，上記と異なる消火設備を設置し消火を行う設計とする。

(a) 気体廃棄物処理設備設置区画（気体廃棄物処理設備エリア排気モニタ検出器を含む）

気体廃棄物処理系は、不燃性材料である金属により構成されており、フェイル・クローズ設計の隔離弁を設ける設計とすることにより、火災による安全機能への影響は考えにくい。また、放射線モニタ検出器は隣接した検出器間をそれぞれ異なる火災区画に設置する設計とし、火災発生時に同時に監視機能が喪失することを防止する。加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより区画内の火災荷重を低く管理する。よって、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

(b) 液体廃棄物処理設備設置区画

液体廃棄物処理系は不燃性材料である金属により構成されており、フェイル・クローズ設計の隔離弁を設ける設計とすることにより、火災による安全機能への影響は考えにくい。加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより区画内の火災荷重を低く管理する。よって、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

(c) 圧力抑制室プール水排水設備設置区画

圧力抑制室プール水排水系は不燃性材料である金属により構成されており、通常時閉状態の隔離弁を多重化して設ける設計とすることにより、火災による安全機能への影響は考えにくい。加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより区画内の火災荷重を低く管理する。よって、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

(d) 新燃料貯蔵庫

新燃料貯蔵庫は、金属とコンクリートに覆われており火災による安全機能への影響は考えにくい。加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより庫内の火災荷重を低く管理する。よって、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

(e) 固体廃棄物貯蔵庫

固体廃棄物貯蔵庫は、コンクリートで構築された建屋内に設置されており、固体廃棄物は金属製のドラム缶に収められていることから火災による安全機能への影響は考えにくい。加えて、消火活動の妨げとならないよう庫内の可燃物管理を行うことにより火災荷重を低く管理する。よって、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

(f) 焼却炉建屋

焼却炉建屋は、コンクリートで構築された建屋であり、火災に

よる安全機能への影響は考えにくい。加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより建屋内の火災荷重を低く管理する。よって、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

(g) 使用済燃料輸送容器保管建屋

使用済燃料輸送容器保管建屋は、コンクリートで構築された建屋であり、火災による安全機能への影響は考えにくい。加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより建屋内の火災荷重を低く管理する。よって、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.2.1.)】

d. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画に設置する消火設備

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画のうち、煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画については内部に水を内包し、火災の発生が考えにくいことから消火設備を設置しない設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.2.1.)】

(3) 消火用水供給系の多重性又は多様性の考慮

消火用水供給系の水源は、5号、6号及び7号炉共用のろ過水タンク(約1,000m³)を2基設置し、多重性を有する設計とする。

消火用水供給系の消火ポンプは、電動機駆動消火ポンプ、ディーゼル駆動消火ポンプをそれぞれ1台以上設置し、多様性を有する設計とする。なお、消火ポンプについては外部電源喪失時であっても機能を喪失しないよう、ディーゼル駆動消火ポンプについては起動用の蓄電池を設置する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.2.1.)】

(4) 系統分離に応じた独立性の考慮

火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離を行うために設けられた火災区域又は火災区画に設置される二酸化炭素消火設備及び全域ガス消火設備は、火災区域又は火災区画ごとに設置する設計とする。

系統分離された火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを設置するそれぞれの火災区域又は火災区画に対して1つの消火設備で消火を行う場合は、以下に示すとおり、系統分離に応じた独立性を備えた設計とする。

- ・静的機器である消火配管は、24時間以内の単一故障の想定が不要であり、また、基準地震動で損傷しないよう設計するため、多重化しない設計とする。
- ・動的機器である選択弁及び容器弁は、単一故障を想定しても、系統分離を行うために設置する消火設備が同時に機能喪失しない設計とする。具体的には、系統分離された火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを設置するそれぞれの火災区域又は火災区画に対して一つの消火設備で消火を行う場合、容器弁及びポンペを必要数より1つ以上多く設置する。また、容器弁の作動のための圧力信号についても動的機器の単一故障により同時に機能を喪失しない設計とする。さらに、選択弁を介した一つのラインで系統分離された相互の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを消火する場合は、当該選択弁を多重化する。

【別添資料1-資料1(2.1.2.1.)】

(5) 火災に対する二次的影響の考慮

二酸化炭素消火設備及び全域ガス消火設備は、電気絶縁性の高いガスを採用することで、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、流出流体、断線及び爆発等の二次的影響が、火災が発生していない安全機能を有する構築物、系統及び機器に及ぼさない設計とする。

また、防火ダンパを設け、煙の二次的影響が安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさない設計とする。

また、これら消火設備のポンペ及び制御盤は、消火対象となる機器が設置されている火災区域又は火災区画とは別の区画に設置し、火災による熱の影響を受けても破損及び爆発が発生しないよう、ポンペに接続する安全弁によりポンペの過圧を防止する設計とする。

局所ガス消火設備は、電気絶縁性の高いガスを採用するとともに、ケーブルトレイ及び電気盤・制御盤用の消火設備については、ケーブルトレイ内又は盤内に消火剤を留めることで、ポンプ用の消火設備については、直接熱影響を受けないよう消火対象と十分離れた位置にポンペ及び制御盤等を設置することで、火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線及び爆発等の二次的影響が、火災が発生していない安全機能を有する構築物、系統及び機器に及ぼさない設計とする。

また、中央制御室フリーアクセスフロアに設置する固定式ガス消火設備についても電気絶縁性が高く、人体への影響が小さいハロン 1301 を採用するとともに、消火対象となる機器が設置されている火災区域又は火災区画とは別の区画に設置し、火災による熱の影響を受けても破損及び爆発が発生しないよう、ボンベに接続する安全弁によりボンベの過圧を防止する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2. 1. 2. 1.)】

(6) 想定火災の性質に応じた消火剤の容量

油火災（発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備や燃料タンクからの火災）が想定される非常用ディーゼル発電機室及び非常用ディーゼル発電機燃料ディタンク室には、消火性能の高い二酸化炭素消火設備を設置しており、消防法施行規則第十九条に基づき算出される必要量の消火剤を配備する設計とする。

その他の火災防護対象機器がある火災区域又は火災区画に設置する全域ガス消火設備並びに局所ガス消火設備については、消防法施行規則第二十条並びに試験結果に基づき、単位体積あたり必要な消火剤を配備する設計とする。特に、複数の場所に対して消火する設備の消火剤の容量は、複数の消火対象場所のうち必要な消火剤が最大となる場所の必要量以上となるよう設計する。

火災区域又は火災区画に設置する消火器については、消防法施行規則第六～八条に基づき延床面積又は床面積から算出される必要量の消火剤を配備する設計とする。

消火剤に水を使用する水消火設備の容量は、「2. 2. 2. 2. (8) 消火用水の最大放水量の確保」に示す。

【別添資料 1-資料 1 (2. 1. 2. 1.)】

(7) 移動式消火設備の配備

移動式消火設備は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第八十三条第五号に基づき、恒設の消火設備の代替として消火ホース等の資機材を備え付けている化学消防自動車(2台, 泡消火薬剤 500 L/台)、泡消火薬剤備蓄車 (1台, 泡消火薬剤 1,000 L/台)、水槽付消防自動車 (1台, 水槽 2,000 L/台) 及び消防ポンプ自動車 (1台)、1,000 L の泡消火薬剤を配備する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2. 1. 2. 1.)】

(8) 消火用水の最大放水量の確保

消火用水供給系の水源の供給先は屋内、屋外の各消火栓である。屋内、屋外の消火栓については、消防法施行令第十一条（屋内消火栓設備に関する基準）及び消防法施行令第十九条（屋外消火栓設備に関する基準）を満足するよう、2時間の最大放水量（120m³）を確保する設計とする。また、消火用水供給系の水源は5号、6号及び7号炉で共用であるが、万一、5号炉、6号炉、7号炉それぞれ単一の火災が同時に発生し消火栓による放水を実施した場合に必要な360m³に対して、十分な水量である2,000m³を確保する設計とする。

【別添資料1-資料1（2.1.2.1.）】

(9) 水消火設備の優先供給

消火用水供給系は、水道水系等と共用する場合には、隔離弁を設置し通常時全閉とすることで消火用水供給系の供給を優先する設計とする。
なお、水道水系とは共用しない設計とする。

【別添資料1-資料1（2.1.2.1.）】

(10) 消火設備の故障警報

消火ポンプ、全域ガス消火設備等の消火設備は、電源断等の故障警報を中央制御室に吹鳴する設計とする。

【別添資料1-資料1（2.1.2.1.）】

(11) 消火設備の電源確保

消火用水供給系のうち、電動機駆動消火ポンプは常用電源から受電する設計とするが、ディーゼル駆動消火ポンプは、外部電源喪失時でもディーゼル機関を起動できるように蓄電池により電源を確保する設計とし、外部電源喪失時においてもディーゼル機関より消火ポンプへ動力を供給することによって消火用水供給系の機能を確保することができる設計とする。

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の二酸化炭素消火設備、全域ガス消火設備、局所ガス消火設備は、外部電源喪失時にも消火が可能となるよう、非常用電源から受電するとともに、設備の作動に必要な電源を供給する蓄電池も設ける設計とする。
なお、ケーブルトレイ用の局所ガス消火設備は、作動に電源が不要な設計とする。

【別添資料1-資料1（2.1.2.1.）】

(12) 消火栓の配置

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火栓は、消防法施行令第十一条（屋内消火栓設備に関する基準）及び第十九条（屋外消火栓設備に関する基準）に準拠し、屋内は消火栓から半径 25m の範囲を考慮して配置し、屋外は消火栓から半径 40m の範囲における消火活動を考慮して配置することによって、全ての火災区域の消火活動に対処できるように配置する設計とする。

【別添資料 1-資料 1（2. 1. 2. 1.）】

(13) 固定式消火設備等の職員退避警報

固定式消火設備である全域ガス消火設備、二酸化炭素消火設備は、作動前に職員等の退出ができるように警報を吹鳴し、20 秒以上の時間遅れをもってガス又は二酸化炭素を放出する設計とする。また、二酸化炭素消火設備については、人体への影響を考慮し、入退室の管理を行う設計とする。

局所ガス消火設備のうち発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備に設置するものについては、消火剤に毒性がないが、消火時に生成されるフッ化水素が周囲に拡散することを踏まえ、設備作動前に退避警報を発する設計とする。また、局所ガス消火設備のうちケーブルトレイ、電源盤又は制御盤に設置するものについては、消火剤に毒性がなく、消火時に生成されるフッ化水素は延焼防止シートを設置したケーブルトレイ内、又は金属製筐体で構成される盤内に留まり、外部に有意な影響を及ぼさないため、設備作動前に退避警報を発しない設計とする。

【別添資料 1-資料 1（2. 1. 2. 1.）】

(14) 管理区域内からの放出消火剤の流出防止

管理区域内で放出した消火水は、放射性物質を含むおそれがあることから、汚染された液体が管理されない状態で管理区域外へ流出することを防止するため、管理区域と非管理区域の境界に堰等を設置するとともに、各フロアの建屋内排水系によって液体廃棄物処理系に回収し、処理する設計とする。万一、流出した場合であっても建屋内排水系から系外に放出する前にサンプリングを実施し、検出が可能な設計とする。

【別添資料 1-資料 1（2. 1. 2. 1.）】

(15) 消火用非常照明

建屋内の消火栓、消火設備現場盤の設置場所及び設置場所への経路には、移動及び消火設備の操作を行うため、消防法で要求される消火継続時間 20 分に現場への移動等の時間(最大約 1 時間)も考慮し、12 時間以

上の容量の蓄電池を内蔵する照明器具を設置する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2. 1. 2. 1.)】

2. 2. 2. 3. 自然現象の考慮

柏崎刈羽原子力発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき自然現象としては、網羅的に抽出するために、発電所敷地及びその周辺での発生実績の有無に関わらず、国内外の基準や文献等に基づき事象を収集した。これらの事象のうち、発電所及びその周辺での発生可能性、安全施設への影響度、事象進展速度や事象進展に対する時間的余裕の観点から、原子炉設備に影響を与えるおそれがある事象として、地震、津波、風(台風)、竜巻、低温(凍結)、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響及び生物学的事象を抽出した。

これらの自然現象に対して火災感知設備及び消火設備の機能を維持する設計とし、落雷については、「2. 2. 1. 3. (1) 落雷による火災の発生防止」に示す対策により、機能を維持する設計とする。

低温(凍結)については、「(1)凍結防止対策」に示す対策により機能を維持する設計とする。風(台風)に対しては、「(2)風水害対策」に示す対策により機能を維持する設計とする。地震については、「(3)地震対策」に示す対策により機能を維持する設計とする。

上記以外の津波、竜巻、降水、積雪、地滑り、火山の影響及び生物学的事象については、「(4)想定すべきその他の自然現象に対する対策について」に示す対策により機能を維持する設計とする。

また、森林火災についても、「(4) 想定すべきその他の自然現象に対する対策について」に示す対策により機能を維持する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2. 1. 2. 2.)】

(1) 凍結防止対策

屋外に設置する火災感知設備、消火設備は、柏崎刈羽原子力発電所において考慮している最低気温-15.2℃まで気温が低下しても使用可能な火災感知設備、消火設備を設置する設計とする。

屋外消火設備の配管は、保温材等により配管内部の水が凍結しない設計とする。

屋外消火栓本体はすべて、凍結を防止するため、通常はブロー弁を常時開として消火栓本体内の水が排水され、消火栓を使用する場合に屋外消火栓バルブを回転させブロー弁を閉にして放水可能とする双口地上式(不凍式消火栓型)を採用する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2. 1. 2. 2.)】

(2) 風水害対策

消火用水供給系の消火設備を構成する電動機駆動消火ポンプ及びディーゼル駆動消火ポンプ等の機器は、風水害に対してその性能が著しく阻害されないよう、壁及び扉に対して浸水対策を実施した建屋内に配置する設計とする。二酸化炭素消火設備、全域ガス消火設備、局所ガス消火設備についても、風水害に対してその性能が著しく阻害されないよう、原子炉建屋、タービン建屋、コントロール建屋等の建屋内に配置する設計とする。

また、屋外の火災感知設備は、屋外仕様とした上で火災感知器予備を保有し、万一、風水害の影響を受けた場合には、早期に取替を行うことにより当該設備の機能及び性能を復旧する設計とする。

屋外消火栓は風水害に対してその性能が著しく阻害されないよう、雨水の浸入等により動作機構が影響を受けない機械式を用いる設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2. 1. 2. 2.)】

(3) 地震対策

a. 地震対策

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備及び消火設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器の耐震クラスに応じて機能を維持できる設計とする。

安全機能を有する構築物、系統及び機器に影響を及ぼす可能性がある火災区域又は火災区画に設置される、油を内包する耐震 B クラス及び耐震 C クラスの機器は、以下のいずれかの設計とすることにより、地震によって耐震 B クラス及び耐震 C クラスの機器が機能喪失しても安全機能を有する構築物、系統及び機器の機能喪失を防止する設計とする。

- ・ 基準地震動により油が漏えいしない。
- ・ 基準地震動によって火災が発生しても、安全機能を有する構築物、系統及び機器に影響を及ぼすことがないよう、基準地震動に対して機能維持する固定式消火設備によって速やかに消火する。
- ・ 基準地震動によって火災が発生しても、安全機能を有する機器の機能に影響を及ぼすことがないよう隔壁等により分離する。

b. 地盤変位対策

屋外消火配管は、地上又はトレンチに設置し、地震時における地盤

変動に対して、その配管の自重や内圧、外的荷重を考慮しても地盤沈下による建屋と周辺地盤との相対変位を 1m 許容できる設計とする。

また、地盤変位対策として、タンクと配管の継手部へのフレキシブル継手を採用する設計や、建屋等の取り合い部における消火配管の曲げ加工（地震時の地盤変位を配管の曲げ変形で吸収）を行う設計とする。

さらに、屋外消火配管が破断した場合でも消防車を用いて屋内消火栓へ消火水の供給ができるよう、建屋に給水接続口を設置する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.2.2.)】

(4) 想定すべきその他の自然現象に対する対策について

上記の自然現象を除き、柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉で考慮すべき自然現象については津波、竜巻、降水、積雪、地滑り、火山の影響及び生物学的事象がある。これらの自然現象及び森林火災により感知及び消火の機能、性能が阻害された場合は、原因の除去又は早期の取替、復旧を図る設計とするが、必要に応じて火災監視員の配置や、代替消火設備の配備等を行い、必要な性能を維持することとする。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.2.2.)】

2.2.2.4. 消火設備の破損、誤動作又は誤操作

二酸化炭素は不活性であること、全域ガス消火設備及び局所ガス消火設備で使用されるハロゲン化物消火剤は、電気絶縁性が大きく揮発性も高いことから、設備の破損、誤動作又は誤操作により消火剤が放出されても電気及び機械設備に影響を与えないため、火災区域又は火災区画に設置するガス消火設備には、二酸化炭素消火設備、全域ガス消火設備、局所ガス消火設備を選定する設計とする。

なお、非常用ディーゼル発電機は、非常用ディーゼル発電機室に設置する二酸化炭素消火設備の破損、誤動作又は誤操作によって二酸化炭素が放出されることによる窒息を考慮しても機能が喪失しないよう、外気から直接給気を取り入れる設計とする。

消火設備の放水等による溢水等に対しては、「第 9 条 溢水による損傷の防止等」に基づき、安全機能へ影響がないよう設計する。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.2.3.)】

2.2.3. 火災の影響軽減のための対策

2.2.3.1. 安全機能を有する構築物, 系統及び機器の重要度に応じた火災の影響軽減のための対策

安全機能を有する構築物, 系統及び機器の重要度に応じ, それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し, 「2.2.3.1.(1) 原子炉の高温停止及び低温停止を達成, 維持に関わる火災区域の分離」から「2.2.3.1.(9) 油タンクに対する火災の影響軽減対策」に示す火災の影響軽減のための対策を講じる設計とする。

【別添資料1-資料1(2.1.3.1.)】

(1) 原子炉の高温停止及び低温停止の達成, 維持に関わる火災区域の分離

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し, 維持するために必要な構築物, 系統及び機器を設置する火災区域は, 3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として, 3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である123mmより厚い140mm以上の壁厚を有するコンクリート壁並びに3時間耐火に設計上必要なコンクリート厚である219mmより厚い床, 天井又は火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有する耐火壁(強化石膏ボード, 貫通部シール, 防火扉, 防火ダンパ, 天井デッキスラブ)によって, 隣接する他の火災区域から分離する設計とする。

なお, 火災区域のファンネルには, 他の火災区域からの煙の流入による安全機能への影響防止を目的として, 煙の流入防止装置を設置する設計とする。

【別添資料1-資料1(2.1.3.1.)】

(2) 火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離

火災が発生しても原子炉の高温停止及び低温停止を達成し, 維持するためには, プロセスを監視しながら原子炉を停止し, 冷却を行うことが必要であり, このためには, 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し, 維持するために必要な機能を確保するための手段を, 手動操作に期待してでも, 少なくとも一つ確保するよう系統分離対策を講じる必要がある。

このため, 単一火災(任意の一つの火災区域で発生する火災)の発生によって, 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し, 維持するために必要な機能を有する多重化されたそれぞれの系統が同時に機能喪失することのないよう, 「2.1.(3) 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し, 維持するために必要な構築物, 系統及び機器」にて抽出した原子炉の高温停止及び低温停止を達成し, 維持するために必要となる火災防護対象機器及び火災防護対象機器の駆動若しくは制御に必要となる火災防護対象ケーブルについて以下に示すいずれかの系統分離対策を講じる設計

とする。系統分離にあたっては、互いに相違する系列の火災防護対象機器、火災防護対象ケーブル及びこれらに関連する非安全系ケーブルの系統分離を行う設計とする。

a. 3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等による分離

互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを、火災耐久試験により 3 時間以上の耐火能力を確認した隔壁等で分離する設計とする。具体的には、安全系区分 I に属する火災区域を、3 時間以上の耐火能力を有する耐火壁（強化石膏ボード、貫通部シール、防火扉、防火ダンパ）、隔壁等（耐火間仕切り、ケーブルトレイ等耐火ラッピング）で分離する設計とする。

b. 水平距離 6m 以上の離隔距離の確保及び火災感知設備、自動消火設備の設置

互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを、仮置きするものを含めて可燃性物質のない水平距離 6m 以上の離隔距離を確保する設計とする。

火災感知設備は、自動消火設備を動作させるために設置し、自動消火設備の誤動作防止を考慮した感知器の作動により自動消火設備を動作させる設計とする。

c. 1 時間耐火隔壁による分離及び火災感知設備、自動消火設備の設置

互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを、火災耐久試験により 1 時間以上の耐火能力を確認した隔壁等で分離する設計とする。

火災感知設備は、自動消火設備を動作させるために設置し、自動消火設備の誤動作防止を考慮した感知器の作動により自動消火設備を動作させる設計とする。

なお、中央制御室、原子炉格納容器、非常用ディーゼル発電機軽油タンクは、以下のとおり火災の影響軽減対策を講じる。

【別添資料 1-資料 1 (2. 1. 3. 1.)】

(3) 中央制御室に対する火災の影響軽減のための対策

a. 中央制御室制御盤内の火災の影響軽減

中央制御室制御盤内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、運転員の操作性及び視認性向上を目的として近接して設置することから、

互いに相違する系列の水平距離を 6m 以上確保することや互いに相違する系列を 1 時間の耐火能力を有する隔壁等で分離することが困難である。

このため、中央制御室制御盤内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、以下の a. ～c. に示すとおり、実証試験結果に基づく離隔距離等による分離対策、高感度煙検出設備の設置による早期の火災感知及び常駐する運転員による早期の消火活動に加え、火災により中央制御室制御盤の 1 つの区画の安全機能が全て喪失しても、他の区画の制御盤は機能が維持されることを確認することにより、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持が可能であることを確認し、火災の影響軽減のための対策を講じる設計とする。

(a) 離隔距離による分離

中央制御室の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、運転員の操作性及び視認性向上を目的として近接して設置することから、中央制御室の制御盤については区分ごとに別々の盤で分離する設計とする。一部、一つの制御盤内に複数の安全系区分の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを設置しているものがあるが、これらについては、区分間に金属製の仕切りを設置する。ケーブルについては当該ケーブルに火災が発生しても延焼せず、また、周囲へ火災の影響を与えない金属外装ケーブル、耐熱ビニル電線、難燃仕様の ETFE 電線及び難燃ケーブルを使用し、電線管に敷設するとともに、離隔距離等により系統分離する設計とする。これらの分離については、実証試験等において火災により近接する他の区分の構成部品に火災の影響がないことを確認した設計とする。

(b) 高感度煙検出設備の設置による早期の火災感知

中央制御室内には、異なる 2 種類の火災感知器を設置する設計とするとともに、火災発生時には常駐する運転員による早期の消火活動によって、異区分への影響を軽減する設計とする。特に、一つの制御盤内に複数の安全系区分の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを設置しているものについては、これに加えて盤内へ高感度煙検出設備を設置する設計とする。

(c) 常駐する運転員による早期の消火活動

中央制御室制御盤内に自動消火設備は設置しないが、中央制御室制御盤内に火災が発生しても、高感度煙検出設備や中央制御室の火災感知器からの感知信号により、常駐する運転員が早期に消火活動を行

うことで、相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルへの火災の影響を防止できる設計とする。

消火設備は、電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を使用する設計とし、常駐する運転員による中央制御室内の火災の早期感知及び消火を図るために、消火活動の手順を定める。

火災の発生箇所の特정이困難な場合も想定し、サーモグラフィカメラ等、火災の発生箇所を特定できる装置を配備する。

b. 中央制御室床下フリーアクセスフロアの影響軽減対策

中央制御室の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、運転員の操作性及び視認性向上を目的として近接して設置することから、中央制御室床下フリーアクセスフロアに敷設する火災防護対象ケーブルについても、互いに相違する系列の3時間以上の耐火能力を有する隔壁による分離、又は水平距離を6m以上確保することが困難である。このため、中央制御室床下フリーアクセスフロアについては、下記に示す分離対策等を行う設計とする。

(a) 分離板等による分離

中央制御室床下フリーアクセスフロアに敷設する互いに相違する系列の火災防護対象ケーブルについては、非安全系ケーブルを含めて1時間以上の耐火能力を有する分離板又は障壁で分離する設計とする。また、ある区分の火災防護対象ケーブルが敷設されている箇所に別区分の火災防護対象ケーブルを敷設する場合は、1時間以上の耐火能力を有する耐火材で覆った電線管又はトレイに敷設する。

(b) 火災感知設備

中央制御室床下フリーアクセスフロアには、固有の信号を発する異なる種類の煙感知器と熱感知器を組み合わせる設計とする。これらの感知設備は、アナログ式のものとする等、誤作動防止対策を実施する。

また、これらの火災感知設備は、外部電源喪失時においても火災の感知が可能となるよう、非常用電源から受電するとともに、火災受信機盤は中央制御室に設置し常時監視できる設計とする。受信機盤は、作動した火災感知器を1つずつ特定できる機能を有する設計とする。

さらに、火災の発生箇所の特정이困難な場合も想定し、サーモグラフィカメラ等、火災の発生箇所を特定できる装置を配備する設計とする。

(c) 消火設備

中央制御室床下フリーアクセスフロアは、中央制御室からの手動操作により早期の起動が可能な固定式ガス消火設備（消火剤はハロン1301）を設置する設計とする。この消火設備は、それぞれの安全系区分を消火できるものとし、故障警報及び作動前の警報を中央制御室に吹鳴する設計とする。また、外部電源喪失時においても消火が可能となるよう、非常用電源から受電する。

中央制御室床下フリーアクセスフロアの固定式ガス消火設備について、消火後に発生する有毒なガス（フッ化水素等）は中央制御室の空間容積が大きいことによる拡散による濃度低下が想定されるが、中央制御室に運転員が常駐していることを踏まえ、消火の迅速性と人体への影響を考慮して手動操作による起動とする。また、中央制御室床下フリーアクセスフロアの固定式ガス消火設備は、中央制御室床下フリーアクセスフロアにアナログ式の異なる2種類の火災感知器を設置すること、中央制御室内には運転員が常駐することを踏まえ、手動操作による起動により、自動起動と同等に早期の消火が可能な設計とする。

なお、中央制御室床下フリーアクセスフロアの固定式ガス消火設備には、火災感知器と連動した自動起動機能を設ける。

c. 原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持

火災により、中央制御室内の一つの制御盤の機能がすべて喪失したと仮定しても、他の制御盤での運転操作や現場での操作により、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持が可能な設計とする。

【別添資料1-資料1(2.1.3.1.)】

(4) 原子炉格納容器内に対する火災の影響軽減のための対策

原子炉格納容器内は、プラント運転中については、窒素ガスが封入され雰囲気の不活性化されていることから、火災の発生は想定されない。一方で、窒素ガスが封入されていない期間のほとんどは原子炉が低温停止に到達している期間であるが、わずかではあるものの原子炉が低温停止に到達していない期間もあることを踏まえ、以下のとおり火災の影響軽減対策を講じる。

なお、原子炉格納容器内での作業に伴う持込み可燃物について、持込み期間・可燃物量・持込み場所等を管理する。また、原子炉格納容器内の発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備、分電盤等につい

ては、金属製の筐体やケーシングで構成すること、発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備は溶接構造又はシール構造の採用により潤滑油の漏えい防止対策を講じるとともに、万一の漏えいを考慮し、漏えいした潤滑油が拡大しないよう堰等を設け拡大防止対策を行う設計とすること、及び油を内包する点検用機器は通常時電源を切る運用とすることによって、火災発生時においても火災防護対象機器等への火災影響の低減を図る設計とする。

a. 火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離

原子炉格納容器内においては、機器やケーブル等が密集しており、干渉物が多く、耐火ラッピング等の3時間以上の耐火能力を有する隔壁の設置が困難である。

原子炉格納容器内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離は、火災によっても原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための機能が同時に喪失しないことを目的に行うことから、原子炉格納容器の状態に応じて以下のとおり対策を行う。

(a) 起動中

i. 火災防護対象ケーブルの分離及び火災防護対象機器の分散配置

原子炉格納容器内においては、機器やケーブル等が密集しており、干渉物が多く、耐火ラッピング等の3時間以上の耐火能力を有する隔壁の設置が困難である。このため、起動中は原子炉格納容器内には可燃物を仮置きしない運用とするとともに、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについては、離隔距離の確保及び金属製の密閉ダクトの使用等により火災の影響軽減対策を行う設計とする。

原子炉格納容器内の火災防護対象機器は、系統分離の観点から安全系区分Ⅰと安全系区分Ⅱ機器等の水平距離を6m以上確保し、安全系区分Ⅰと安全系区分Ⅱ機器等の離隔間において可燃物が存在することの無いように、異なる区分の機器間にある介在物（ケーブル、電磁弁）については金属製の筐体に収納することで延焼防止対策を行う設計とする。

原子炉格納容器内の火災防護対象ケーブルは、原子炉格納容器貫通部を区分ごとに離れた場所に設置し、可能な限り距離的分離を図る設計とする。また、火災発生後、消火活動を開始するまでの時間の耐火性能を確認した電線管又は金属製の密閉ダクトに敷

設することによって、近接する他の区分の機器に火災の影響を及ぼすことなく消火できる設計とする。

原子炉圧力容器下部においては、火災防護対象機器である起動領域モニタの核計装ケーブルを一部露出して敷設するが、火災の影響軽減の観点から、起動領域モニタはチャンネルごとに位置的分散を図って設置する設計とする。

ii. 火災感知設備

火災感知設備については、アナログ式の異なる2種類の火災感知器（煙感知器及び熱感知器）を設置する設計とする。

iii. 消火設備

原子炉格納容器内の消火については、消火器を使用する設計とする。また、消火栓を用いても対応できる設計とする。

なお、原子炉格納容器内点検終了後から窒素ガス置換完了までの間で原子炉格納容器内の火災が発生した場合には、火災による延焼防止の観点から窒素ガス封入作業を継続し、原子炉格納容器内の等価火災時間が経過した後に開放し現場確認を行う。

(b) 低温停止中

i. 火災防護対象ケーブルの分離及び火災防護対象機器の分散配置

原子炉格納容器内においては、機器やケーブル等が密集しており、干渉物が多く、耐火ラッピング等の3時間以上の耐火能力を有する隔壁の設置が困難である。このため、低温停止中は原子炉起動中と同様に、原子炉格納容器内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、系統分離の観点から安全系区分Ⅰと安全系区分Ⅱ機器等の水平距離を6m以上確保し、安全系区分Ⅰと安全系区分Ⅱ機器等の間において可燃物が存在することのないように、異なる区分の機器間にある介在物（ケーブル、電磁弁）については金属製の筐体に収納することで延焼防止対策を行う設計とする。

原子炉起動中と同様に、原子炉格納容器内の火災防護対象ケーブルは、原子炉格納容器貫通部を区分ごとに離れた場所に設置し、可能な限り距離的分散を図る設計とする。また、火災発生後、消火活動を開始するまでの時間の耐火性能を確認した電線管又は金属製の密閉ダクトに敷設することによって、近接する他の区分の火災防護対象機器へ火災の影響を及ぼすことなく消火できる設計とする。

原子炉低温停止中、電動駆動制御棒駆動機構については燃料交

換等で一時的に制御棒を操作する場合以外は電源を切り、誤作動を防止する設計とする。

ii. 火災感知設備

原子炉起動中と同様に、アナログ式の異なる2種類の火災感知器（煙感知器及び熱感知器）を設置する設計とする。

iii. 消火設備

原子炉起動中と同様に、原子炉格納容器内の消火については、消火器を使用する設計とする。また、消火栓を用いても対応できる設計とする。

b. 火災の影響軽減対策への適合について

原子炉格納容器内においては、機器やケーブル等が密集しており、干渉物が多く、耐火ラッピング等の3時間以上の耐火能力を有する隔壁の設置が困難である。このため、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについては、離隔距離の確保及び電線管、金属製の密閉ダクトの使用等により火災の影響軽減対策を行う設計とする。

原子炉格納容器内の火災防護対象機器は、系統分離の観点から安全系区分Ⅰと安全系区分Ⅱ機器の水平距離を6m以上確保し、安全系区分Ⅰと安全系区分Ⅱ機器の離隔間において可燃物が存在することの無いように、異なる区分の機器間にある介在物（ケーブル、電磁弁）については金属製の筐体に収納することで延焼防止対策を行う設計とする。

原子炉格納容器内の火災防護対象ケーブルは、単一火災によって複数区分が機能喪失することのないように、消火活動を開始するまでの時間の耐火性能を確認した電線管又は金属製の密閉ダクトに敷設する設計とする。

また、保守的な評価として、火災による原子炉格納容器内の安全機能の全喪失を仮定した評価を行い、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持が、運転員の操作と相まって、可能である設計とする。

【別添資料1-資料1(2.1.3.1.)】

(5) 非常用ディーゼル発電機軽油タンク及び燃料移送ポンプ

非常用ディーゼル発電機軽油タンクは、屋外に2基ずつ設置されているが、これらの軽油タンク間の水平距離は約7mであり、6m以上の水平距離を確保する設計とする。

非常用ディーゼル発電機軽油タンクは、屋外に設置されているため自動起動の固定式消火設備の設置は困難であるが、外部火災影響評価より一方の軽油タンクで火災が発生してももう一方の軽油タンクには引火が

生じないこと（第6条 外部からの衝撃による損傷の防止）、非常用ディーゼル発電機軽油タンクは1基で非常用ディーゼル発電機2台に7日間分の燃料を供給できる容量を有する設計であり火災後も片系のみで機能維持が可能なこと、軽油タンクの他に非常用ディーゼル発電機ディタンクが原子炉建屋内に3基あり、各ディタンクに対応する非常用ディーゼル発電機に8時間分の燃料を供給できるため、軽油タンクでの火災発生から消火までの間も機能維持が可能なことから、単一の火災によっても非常用ディーゼル発電機が機能喪失するおそれはない。

また、燃料移送ポンプについても軽油タンクの防油堤近傍に設置された屋外開放の設備となり自動起動の固定式消火設備は設置されていないが、安全系区分Ⅰ、Ⅲと安全系区分Ⅱの間が外部火災を考慮した防護板により防護されていること（第6条 外部からの衝撃による損傷の防止）、異なる区分のポンプが火源となる軽油タンクから7m以上の水平距離を有していることから、影響軽減が図られており単一の火災によって非常用ディーゼル発電機が機能喪失するおそれはない。

さらに、軽油タンクと非常用ディーゼル発電機燃料ディタンクとの間には、建屋内外に手動の隔離弁が設置されており、火災が発生した場合でもそれぞれのタンクを隔離することが可能である。

なお、非常用ディーゼル発電機軽油タンク並びに燃料移送ポンプについては、「2.2.2.1.(2) 固有の信号を発する異なる火災感知器の設置」で示したように、早期の火災感知のため異なる2種類の感知器を設置する設計とするとともに、屋外であり煙の充満又は放射線の影響によって消火困難とならないことから、火災が発生した場合は消火器又は移動式消火設備で消火を行う。

【別添資料1-資料1(2.1.3.1.)】

(6) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能に関わる火災区域の分離

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域は、重要度に応じて3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として、3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である123mmより厚い140mm以上の壁厚を有するコンクリート壁並びに3時間耐火に設計上必要なコンクリート厚である219mmより厚い床、天井又は火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁（貫通部シール、防火扉、防火ダンパ、天井デッキスラブ）により、隣接する他の火災区域と分離する設計とする。

【別添資料1-資料1(2.1.3.1.)】

(7) 換気設備による火災の影響軽減対策

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域に関連する換気設備には，他の火災区域又は火災区画への火，熱又は煙の影響が及ばないように，火災区域又は火災区画の境界となる箇所に3時間耐火性能を有する防火ダンパを設置する設計とする。

換気設備のフィルタは，「2.2.1.2.(4) 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用」に示すとおり，チャコールフィルタを除き難燃性のものを使用する設計とする。

【別添資料1-資料1(2.1.3.1.)】

(8) 煙に対する火災の影響軽減対策

通常運転員が常駐する火災区域は中央制御室のみであるが，中央制御室の火災発生時の煙を排気するため，建築基準法に準拠した容量の排煙設備を設置する設計とする。なお，排煙設備は中央制御室専用であるため，放射性物質の環境への放出を考慮する必要はない。

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域のうち，電気ケーブルや引火性液体が密集する火災区域（中央制御室床下フリーアクセスフロア，ケーブル処理室，非常用ディーゼル発電機室，非常用ディーゼル発電機燃料ディタンク室）については，二酸化炭素消火設備又は全域ガス消火設備により早期に消火する設計とする。

なお，引火性液体が密集する非常用ディーゼル発電機軽油タンクについては屋外に設置するため，煙が大気に放出されることから，排煙設備を設置しない設計とする。

【別添資料1-資料1(2.1.3.1.)】

(9) 油タンクに対する火災の影響軽減対策

火災区域又は火災区画に設置される油タンクは，換気空調設備による排気，又はベント管により屋外に排気する設計とする。

【別添資料1-資料1(2.1.3.1.)】

2.2.3.2. 火災影響評価

火災の影響軽減のための対策を前提とし，設備等の設置状況を踏まえた可燃性物質の量等をもとに想定される発電用原子炉施設内の火災によって，安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には，火災による影響を考慮しても，多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し維持できることを，「(1)火災伝播評価」から「(3)隣接火災区域に火災の影響を与える火災区域に対す

る火災影響評価」に示す火災影響評価により確認する。

ただし、中央制御室制御盤及び原子炉格納容器に対しては、「2.2.3.1. 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じた火災の影響軽減のための方策」で示すとおり、火災が発生しても、原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持は可能である。

また、内部火災により原子炉に外乱が及び、かつ、安全保護系、原子炉停止系の作動が要求される事象が発生する可能性があるため、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」に基づき、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故に対処するための機器に単一故障を想定しても、以下の状況を考慮し、多重性をもったそれぞれの系統が同時に機能を喪失することなく、原子炉の高温停止、低温停止を達成することが可能であることを火災影響評価により確認する。

- ・内部火災発生を想定する区域及びその影響範囲の安全重要度クラス 1 及びクラス 2 の火災防護対象設備は内部火災により機能喪失するが、それ以外の区域の火災防護対象設備は機能が維持される。
- ・原子炉建屋又はタービン建屋において、内部火災が発生することを仮定し、当該建屋内の火災防護対象設備以外は機能喪失する。
- ・原子炉建屋又はタービン建屋において発生した内部火災は、当該の建屋以外に影響を及ぼさない。
- ・中央制御室における火災については、火災感知器による早期感知や運転員によるプラント停止が期待でき、内部火災による影響波及範囲は限定的である。

火災区域の変更や火災区域設定に影響を与える可能性がある工事を実施する場合には、火災防護計画に従い火災影響評価を行い、火災による影響を考慮しても多重性をもったそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し維持できることを確認するとともに、変更管理を行う。

なお、「2.2.3.2. 火災影響評価」では、火災区域又は火災区画を、「火災区域」と記載する。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.3.2.)】

(1) 火災伝播評価

火災区域での火災発生時に、隣接火災区域に火災の影響を与える場合は、隣接火災区域を含んだ火災影響評価を行う必要があるため、当該火災区域の火災影響評価に先立ち、火災区域ごとに火災を想定した場合の隣接火災

区域への火災の影響の有無を確認する火災伝播評価を実施する。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.3.2.)】

(2) 隣接火災区域に火災の影響を与えない火災区域に対する火災影響評価

火災伝播評価により隣接火災区域に影響を与えない火災区域については当該火災区域に設置される全機器の機能喪失を想定しても、「2.2.3.1. 火災の影響軽減対策」に基づく火災の影響軽減のための対策の実施により、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な成功する方策が少なくとも一つ確保され、原子炉の高温停止及び低温停止を達成、維持が可能であることを確認する。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.3.2.)】

(3) 隣接火災区域に火災の影響を与える火災区域に対する火災影響評価

火災伝播評価により隣接火災区域に影響を与える火災区域は、当該火災区域と隣接火災区域の 2 区画内の火災防護対象機器等の有無の組み合わせに応じて、火災区域内に設置される全機器の機能喪失を想定しても、「2.2.3.1. 火災の影響軽減対策」に基づく火災の影響軽減のための対策の実施により、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な成功する方策が少なくとも一つ確保され、原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持が可能であることを確認する。

【別添資料 1-資料 1 (2.1.3.2.)】

2.3 個別の火災区域又は火災区画における対策の設計方針

以下に示す火災区域又は火災区画は、それぞれの特徴を考慮した火災防護対策を実施する。

【別添資料 1-資料 1 (2.2.)】

(1) ケーブル処理室

ケーブル処理室は全域ガス消火設備により消火する設計とするが、消火活動のため 2 箇所入口を設置する設計とし、ケーブル処理室内においても消火要員による消火活動を可能とする。

また、ケーブル処理室の火災の影響軽減のための対策として、最も分離距離を確保しなければならない蓋なしの動力ケーブルトレイ間では、互いに相違する系列の間で水平方向 0.9m、垂直方向 1.5m を最小離隔距離として設計する。その他のケーブルトレイ間については IEEE384 に基づき火災の影響軽減のために必要な分離距離を確保する設計とする。

一方、中央制御室床下フリーアクセスフロアは、アナログ式の煙感知器、熱感知器を設置するとともに、全域ガス消火設備を設置する設計とする。

また、安全系区分の異なるケーブルについては、非安全系ケーブルを含めて1時間以上の耐火能力を有する分離板又は障壁で分離する設計、又は実証試験等において近接する他の構成部品に火災の影響を及ぼすことなく消火できることを確認した設計とする。

【別添資料1-資料1(2.2.)】

(2) 電気室

電気品室は、電源供給のみに使用する設計とする。

【別添資料1-資料1(2.2.)】

(3) 蓄電池室

蓄電池室は以下のとおり設計する。

- 蓄電池室には蓄電池のみを設置し、直流開閉装置やインバータは設置しない設計とする。
- 蓄電池室の換気設備は、社団法人電池工業会「蓄電池室に関する設計指針(SBA G 0603 -2001)」に基づき、水素ガスの排気に必要な換気量以上となるよう設計することによって、蓄電池室内の水素濃度を2vol%以下の約0.8vol%程度に維持する設計とする。
- 蓄電池室の換気設備が停止した場合には、中央制御室に警報を発報する設計とする。
- 常用系の蓄電池と非常用系の蓄電池は、常用の蓄電池が非常用の蓄電池に影響を及ぼすことがないように、位置的分散が図られた設計とするとともに、電氣的にも2つ以上の遮断器により切り離される設計とする。

【別添資料1-資料1(2.2.)】

(4) ポンプ室

安全機能を有するポンプの設置場所のうち、火災発生時の煙の充満により消火困難な場所には、消火活動によらなくても迅速に消火できるよう固定式消火設備を設置する設計とする。

なお、固定式消火設備による消火後、消火の確認のために運転員や消防隊員がポンプ室に入る場合については、消火直後に換気してしまうと新鮮な空気が供給され、再発火するおそれがあることから、十分に冷却時間を確保した上で、扉の開放、換気空調系、可搬型排煙装置といった手段により換気し、呼吸具の装備及び酸素濃度を測定し安全確認後に入室する設計とする。

【別添資料1-資料1(2.2.)】

(5) 中央制御室等

中央制御室は以下のとおり設計する。

- ・中央制御室と他の火災区域の換気空頭系の貫通部には、防火ダンパを設置する設計とする。
- ・中央制御室のカーペットは、消防法施行令第四条の三の防炎性を満足するカーペットを使用する設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.2.)】

(6) 使用済燃料貯蔵設備及び新燃料貯蔵設備

使用済燃料貯蔵設備は、水中に設置されている設備であり、ラックに燃料を貯蔵することで貯蔵燃料間の距離を確保すること、及びステンレス鋼の中性子吸収効果によって未臨界性が確保される設計とする。

新燃料貯蔵設備については、気中に設置している設備（ピット構造で上部は蓋で閉鎖）であり通常ドライ環境であるが、消火活動により消火水が噴霧され、水分雰囲気に満たされた最適減速状態となっても未臨界性が確保される設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.2.)】

(7) 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備

放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備は、以下のとおり設計する。

- ・放射性廃棄物処理設備、放射性廃棄物貯蔵設備を設置する火災区域の管理区域用換気設備は、環境への放射性物質の放出を防ぐ目的でフィルタを通して主排気筒へ排気する設計とする。また、これらの換気設備は、放射性物質の放出を防ぐため、空調を停止し、風量調整ダンパを閉止し、隔離できる設計とする。
- ・放水した消火水の溜り水は、建屋内排水系により液体放射性廃棄物処理設備に回収できる設計とする。
- ・放射性物質を含んだ使用済イオン交換樹脂、濃縮廃液は、固体廃棄物として処理を行うまでの間、密閉された金属製の槽又はタンクで保管する設計とする。
- ・放射性物質を含んだチャコールフィルタは、固体廃棄物として処理するまでの間、ドラム缶に収納し保管する設計とする。
- ・放射性物質を含んだ HEPA フィルタは、固体廃棄物として処理するまでの間、不燃シートに包んで保管する設計とする。
- ・放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備において、冷却が必

要な崩壊熱が発生し、火災事象に至るような放射性廃棄物を貯蔵しない設計とする。

【別添資料 1-資料 1 (2.2.)】

3. 別添

3.1. 火災による損傷の防止

(別添資料－1) 柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 火災防護について

3.2. 運用、手順説明資料

(別添資料－2) 火災による損傷の防止

3.3. 現場確認プロセス

(別添資料－3) 柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 火災防護に係る等価
時間算出プロセスについて

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉の
設計基準対象施設における火災防護に係る
基準規則等への適合性について

<目 次>

1. 概要
2. 火災防護に係る審査基準の要求事項について
 - 2.1. 基本事項
 - 2.1.1. 火災発生防止
 - 2.1.1.1. 発電用原子炉施設内の火災発生防止
 - 2.1.1.2. 不燃性・難燃性材料の使用
 - 2.1.1.3. 自然現象による火災発生の防止
 - 2.1.2. 火災の感知, 消火
 - 2.1.2.1. 早期の火災感知及び消火
 - 2.1.2.2. 地震等の自然現象への対策
 - 2.1.2.3. 消火設備の破損, 誤動作又は誤操作への対策
 - 2.1.3. 火災の影響軽減
 - 2.1.3.1. 系統分離による影響軽減
 - 2.1.3.2. 火災影響評価
 - 2.2. 個別の火災区域又は火災区画における留意事項
 - 2.3. 火災防護計画について

- 添付資料 1 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における漏えいした潤滑油又は燃料油の拡大防止対策について
- 添付資料 2 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における難燃ケーブルの使用について
- 添付資料 3 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における不燃性又は難燃性の換気フィルタの使用状況について
- 添付資料 4 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における保温材の使用状況について
- 添付資料 5 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における建屋内装材の不燃性について
- 添付資料 6 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉におけるディーゼル発電機の二酸化炭素消火設備の作動について
- 添付資料 7 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における消火用非常照明器具の配置図
- 添付資料 8 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における中央制御室の排煙設備について

- 添付資料 9 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における新燃料貯蔵庫未臨界性評価について
- 参考資料 1 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における潤滑油及び燃料油の引火点, 室内温度及び機器運転時の温度について
- 参考資料 2 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における火災区域又は火災区画に設置するガスボンベについて
- 参考資料 3 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における重要度の特に高い安全機能を有する系統の火災防護
- 参考資料 4 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における水密扉の止水機能に対する火災影響について
- 参考資料 5 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における配管フランジパッキンの火災影響について

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉の 設計基準対象施設における火災防護に係る 基準規則等への適合性について

1. 概 要

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則」（以下「設置許可基準規則」という。）第八条では，設計基準対象施設に関する火災による損傷防止について，以下のとおり要求されている。

（火災による損傷の防止）

第八条 設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう、火災の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備（以下「火災感知設備」という。）及び消火を行う設備（以下「消火設備」といい、安全施設に属するものに限る。）並びに火災の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。

2 消火設備（安全施設に属するものに限る。）は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても発電用原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものでなければならない。

設置許可基準規則第八条の解釈には、以下のとおり、「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（以下「火災防護に係る審査基準」という。）に適合することが要求されている。

第8条（火災による損傷の防止）

- 1 第8条については、設計基準において発生する火災により、発電用原子炉施設の安全性が損なわれないようにするため、設計基準対象施設に対して必要な機能（火災の発生防止、感知及び消火並びに火災による影響の軽減）を有することを求めている。
また、上記の「発電用原子炉施設の安全性が損なわれない」とは、安全施設が安全機能を損なわないことを求めている。
したがって、安全施設の安全機能が損なわれるおそれがある火災に対して、発電用原子炉施設に対して必要な措置が求められる。
- 2 第8条については、別途定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（原規技発第1306195号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定））に適合するものであること。
- 3 第2項の規定について、消火設備の破損、誤作動又は誤作動が起きた場合のほか、火災感知設備の破損、誤作動又は誤操作が起きたことにより消火設備が作動した場合においても、発電用原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものであること。

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉における設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性を損なうことのないよう、火災防護対策を講じる設計とする。火災防護対策を講じる設計を行うに当たり、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域及び火災区画に、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域に設定する。設定する火災区域及び火災区画に対して、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる設計とする。

以下では、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持する機能並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域及び火災区画に対して講じる内部火災防護対策が、火災防護に係る審査基準に適合していることを示す。

なお、原子炉格納容器内の火災防護対策については、資料 8 に示す。

2. 火災防護に係る審査基準の要求事項について

火災防護に係る審査基準では、火災の発生防止、火災の感知及び消火設備の設置並びに火災の影響軽減対策をそれぞれ要求している。

2.1. 基本事項

[要求事項]

(1) 原子炉施設内の火災区域又は火災区画に設置される安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、以下に示す火災区域及び火災区画の分類に基づいて、火災発生防止、火災の感知及び消火、火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じること。

- ① 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域及び火災区画
- ② 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域

(参考)

審査に当たっては、本基準中にある(参考)に示す事項について確認すること。また、上記事項に記載されていないものについては、JEAC4626-2010及びJEAG4607-2010を参照すること。

なお、本基準の要求事項の中には、基本設計の段階においてそれが満足されているか否かを確認することができないものもあるが、その点については詳細設計の段階及び運転管理の段階において確認する必要がある。

発電用原子炉施設内の火災区域及び火災区画に設置される安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、以下に示す火災区域の分類に基づき、火災発生防止、火災の感知及び消火、火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

なお、火災防護に関する新たな知見が今後得られた場合には、これらの知見も反映した火災防護対策に取り組んでいくこととする。

(1) 安全機能を有する構築物，系統及び機器

発電用原子炉施設は，火災によりその安全性が損なわれることがないように，適切な火災防護対策を講じる設計とする。火災防護対策を講じる対象として重要度分類のクラス 1，クラス 2 及び安全評価上その機能を期待するクラス 3 に属する構築物，系統及び機器を設定する。

その上で，上記構築物，系統及び機器の中から原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するための構築物，系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を抽出し，火災の発生防止，火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

その他の設計基準対象施設は，消防法，建築基準法，日本電気協会電気技術規程・指針に基づき設備に応じた火災防護対策を講じる設計とする。

(2) 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器

設計基準対象施設のうち，重要度分類に基づき，発電用原子炉施設において火災が発生した場合に，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な以下の機能を確保するための構築物，系統及び機器を「原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器」として選定する。

- ① 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能
- ② 過剰反応度の印加防止機能
- ③ 炉心形状の維持機能
- ④ 原子炉の緊急停止機能
- ⑤ 未臨界維持機能
- ⑥ 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能
- ⑦ 原子炉停止後の除熱機能
- ⑧ 炉心冷却機能
- ⑨ 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能
- ⑩ 安全上特に重要な関連機能
- ⑪ 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能
- ⑫ 事故時のプラント状態の把握機能
- ⑬ 制御室外からの安全停止機能

(資料 2)

(3) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器

設計基準対象施設のうち，重要度分類に基づき，発電用原子炉施設において火災が発生した場合に，放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を確保するために必要な以下の構築物，系統及び機器を，「放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器」として選定する。ただし，重要度分類表における緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能のうち，気体廃棄物処理設備エリア排気モニタについては，設計基準事故時の監視機能であることから，その重要度を踏まえ，「放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器」として選定する。

- ① 放射性物質の閉じ込め機能，放射線の遮蔽及び放出低減機能
- ② 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって，放射性物質を貯蔵する機能
- ③ 使用済燃料プール水の補給機能
- ④ 放射性物質放出の防止機能
- ⑤ 放射性物質の貯蔵機能

(資料 9)

(4) 火災区域及び火災区画の設定

原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋，コントロール建屋，圧力抑制室プール水サージタンク設置区域，固体廃棄物貯蔵庫，焼却炉建屋及び使用済燃料輸送容器保管建屋の建屋内の火災区域は，耐火壁によって囲まれ，他の区域と分離されている建屋内の区域を，「(1) 安全機能を有する構築物，系統及び機器」において選定する機器の配置も考慮して設定する。

火災の影響軽減の対策が必要な，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するための安全機能を有する構築物，系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域は，3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である 123mm より厚い 140mm 以上の壁厚を有するコンクリート壁並びに 3 時間耐火に設計上必要なコンクリート厚である 219mm より厚い床，天井又は火災耐久試験により 3 時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁（強化石膏ボード，貫通部シール，防火扉，防火ダンパ，天井デッキスラブ）により隣接する他の火災区域と分離するよう設定する。

屋外の火災区域は，他の区域と分離して火災防護対策を実施するために，「(1)安全機能を有する構築物，系統及び機器」において選定する機器を設置する区域を，火災区域として設定する。

また、火災区画は、建屋内及び屋外で設定した火災区域を系統分離、機器の配置状況に応じて分割して設定する。

(資料3)

(5) 火災防護計画

発電用原子炉施設全体を対象とした火災防護対策を実施するため、火災防護計画を策定する。火災防護計画には、計画を遂行するための体制、責任の所在、責任者の権限、体制の運営管理、必要な要員の確保及び教育訓練、火災発生防止のための活動、火災防護設備の保守点検及び火災情報の共有等、火災防護を適切に実施するための対策並びに火災発生時の対応等、火災防護対策を実施するために必要な手順等について定めるとともに、発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器については、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づき、必要な火災防護対策を行うことについて定める。重大事故等対処施設については、火災の発生防止、並びに火災の早期感知及び消火を行うことについて定める。その他の発電用原子炉施設については、消防法、建築基準法、日本電気協会電気技術規程・指針に基づき設備に応じた火災防護対策を行うことについて定める。

外部火災については、安全施設を外部火災から防護するための運用等について定める。

2.1.1. 火災発生防止

2.1.1.1. 発電用原子炉施設内の火災発生防止

[要求事項]

2.1.1 原子炉施設は火災の発生を防止するために以下の各号に掲げる火災防護対策を講じた設計であること。

(1) 発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域は、以下の事項を考慮した、火災の発生防止対策を講じること。

① 漏えいの防止、拡大防止

発火性物質又は引火性物質の漏えいの防止対策、拡大防止対策を講じること。ただし、雰囲気の不活性化等により、火災が発生するおそれがない場合は、この限りでない。

② 配置上の考慮

発火性物質又は引火性物質の火災によって、原子炉施設の安全機能を損なうことがないように配置すること。

③ 換気

換気ができる設計であること。

④ 防爆

防爆型の電気・計装品を使用するとともに、必要な電気設備に接地を施すこと。

⑤ 貯蔵

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域における発火性物質又は引火性物質の貯蔵は、運転に必要な量にとどめること。

(2) 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が滞留するおそれがある火災区域には、滞留する蒸気又は微粉を屋外の高所に排出する設備を設けるとともに、電気・計装品は防爆型とすること。また、着火源となるような静電気が溜まるおそれのある設備を設置する場合には、静電気を除去する装置を設けること。

(3) 火花を発生する設備や高温の設備等発火源となる設備を設置しないこと。ただし、災害の発生を防止する附帯設備を設けた場合は、この限りでない。

(4) 火災区域内で水素が漏えいしても、水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように、水素を排気できる換気設備を設置すること。また、水素が漏えいするおそれのある場所には、その漏えいを検出して中央制御室にその警報を発すること。

(5) 放射線分解等により発生し、蓄積した水素の急速な燃焼によって、原子炉の安全性を損なうおそれがある場合には、水素の蓄積を防止する措置を講じること。

(6) 電気系統は、地絡、短絡等に起因する過電流による過熱防止のため、保護継電器と遮断器の組合せ等により故障回路の早期遮断を行い、過熱、焼損の防止する設計であること。

(参考)

(1) 発火性又は引火性物質について

発火性又は引火性物質としては、例えば、消防法で定められる危険物、高圧ガス保安法で定められる高圧ガスのうち可燃性のもの等が挙げられ、発火性又は引火性気体、発火性又は引火性液体、発火性又は引火性固体が含まれる。

(5) 放射線分解に伴う水素の対策について

BWR の具体的な水素対策については、社団法人火力原子力発電技術協会「BWR 配管における混合ガス(水素・酸素)蓄積防止に関するガイドライン (平成17年10月)」に基づいたものとなっていること。

発電用原子炉施設内の火災の発生防止については、発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域又は火災区画に対する火災の発生防止対策を講じるほか、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉に対する対策、発火源への対策、水素ガスに対する換気及び漏えい検知対策、放射線分解等により発生する水素ガスの蓄積防止対策、並びに電気系統の過電流による過熱及び焼損の防止対策等を講じる設計とする。

(1) 発火性又は引火性物質

発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域には、以下の火災発生防止対策を講じる設計とする。

ここでいう発火性又は引火性物質としては、消防法で定められている危険物のうち「潤滑油」及び「燃料油」、並びに高圧ガス保安法で高圧ガスとして定められている水素ガス、窒素ガス、液化炭酸ガス及び空調用冷媒等のうち可燃性である「水素ガス」を対象とする。

① 漏えいの防止，拡大防止

本要求は，「発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域」に対して要求していることから，該当する設備を設置する火災区域に対する漏えいの防止対策，拡大防止対策について以下に示す。

○ 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

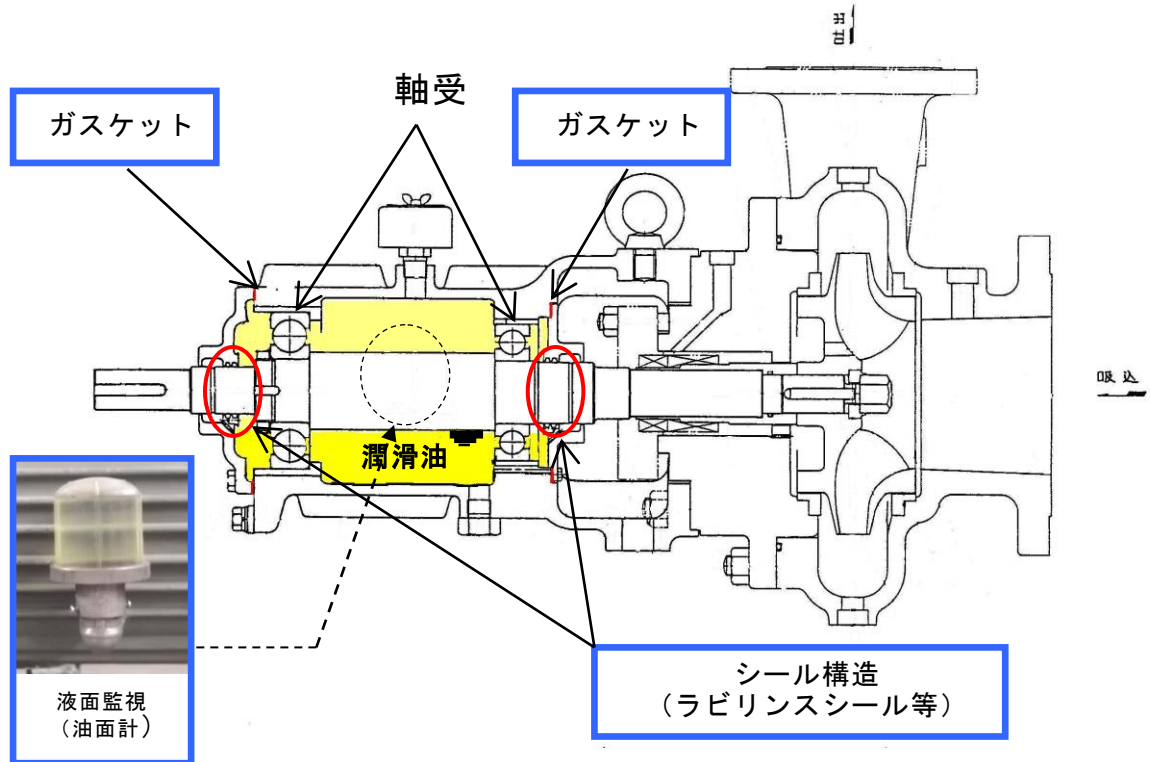
火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備は，溶接構造，シール構造の採用による漏えい防止対策を講じる設計とするとともに，堰を設置し，漏えいした潤滑油又は燃料油が拡大することを防止する設計とする。なお，設備の軸受には潤滑油が供給されており過熱することはない。万一，軸受が損傷した場合には，当該設備は過負荷等によりトリップするため軸受は異常加熱しないこと，オイルシールにより潤滑油はシールされていることから，潤滑油が漏えいして発火するおそれはない。（第 1-1 表，第 1-1～1-2 図）

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備に対する拡大防止対策を添付資料 1 に示す。

以上より，火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備については，漏えい防止対策を講じているとともに，添付資料 1 に示すとおり拡大防止対策を講じていることから，火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

第 1-1 表：火災区域内の発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備の漏えい防止，拡大防止対策

発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備のある火災区域	漏えい防止，拡大防止対策
原子炉建屋	堰
タービン建屋	堰
コントロール建屋	堰
廃棄物処理建屋	堰
軽油タンク区域	堰



第 1-1 図：溶接構造，シール構造による漏えい防止対策概要図



第 1-2 図：堰による拡大防止対策概要図

○ 発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備は、以下に示す溶接構造等による水素ガスの漏えいを防止する設計とする。

なお、充電時に水素ガスが発生する蓄電池については、機械換気を行うとともに、蓄電池設置場所の扉を通常閉運用とすることにより、水素ガスの拡大を防止する設計とする。また、これ以外の発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備についても、「③換気」に示すとおり、機械換気を行うことによって水素ガスの拡大を防止する設計とする。

・ 気体廃棄物処理設備

気体廃棄物処理設備の配管等は雰囲気への水素ガスの漏えいを考慮した溶接構造とし、弁グランド部から雰囲気への水素ガス漏えいの可能性のある弁は、雰囲気への水素ガスの漏えいを考慮しベローズ弁等を用いた構造とする。

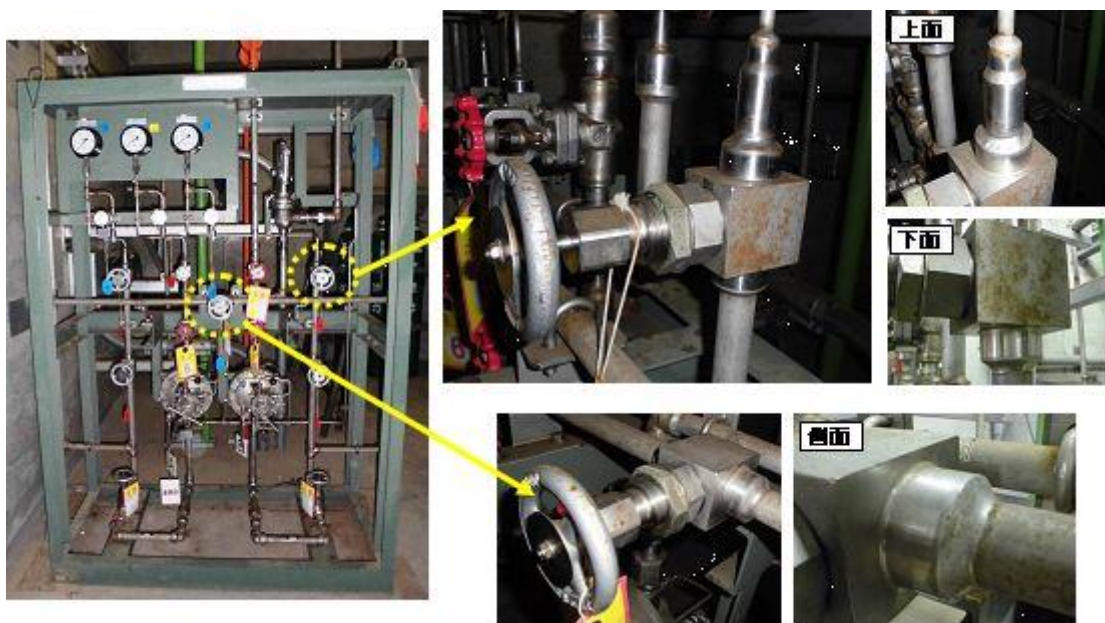
・ 発電機水素ガス供給設備

発電機水素ガス供給設備の配管等は雰囲気への水素ガスの漏えいを考慮した溶接構造を基本とし、弁グランド部から雰囲気への水素ガス漏えいの可能性のある弁は、雰囲気への水素ガスの漏えいを考慮しベローズ弁等を用いた構造とする。（第 1-3 図）

・ 水素ガスボンベ

「⑤貯蔵」に示す格納容器内雰囲気モニタ校正用水素ガスボンベは、ボンベ使用時に作業員がボンベ元弁を開操作し、通常時は元弁を閉とする運用とするよう設計する。

以上より、火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備については、漏えい防止対策を講じているとともに、「③換気」に示すとおり拡大防止対策を講じていることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものと考えらる。



第 1-3 図：溶接構造・ベローズ弁の例（発電機水素ガス供給装置）

② 配置上の考慮

本要求は、「発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域」に対して要求していることから、該当する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備、発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備を設置する火災区域に対する配置上の考慮について以下に示す。

○ 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備の火災により、発電用原子炉施設の安全機能を損なわないよう、発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備と発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器は、壁等の設置及び離隔による配置上の考慮を行う設計とする。発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備の配置状況を資料3の添付資料2に示す。

○ 発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備の火災により、発電用原子炉施設の安全機能を損なわないよう、発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備と発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器は、壁等の設置による配置上の考慮を行う設計とする。発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備の配置状況を資料3の添付資料2に示す。

以上より、火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備及び発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備については、多重化された発電用原子炉施設の安全機能がすべて損なわれないよう配置上の考慮がなされていることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものと考ええる。

③ 換気

本要求は、「発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域」に対して要求していることから、該当する設備を設置する火災区域又は火災区画に対する設備の換気について以下に示す。

○ 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備を設置する火災区域を有する建屋等は、火災の発生を防止するために、原子炉区域・タービン区域送風機及び排風機等の空調機器による機械換気を行う設計とする。また、屋外開放の火災区域（非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域、燃料移送系ポンプ区域及び非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチ）については自然換気を行う設計とする。各発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備に対する換気設備を添付資料1に示す。

添付資料1において、安全機能を有する構築物、系統及び機器（詳細は資料2参照）は耐震Sクラスで設計すること、かつ2.1.1.1(1)①「漏えいの防止、拡大防止」に示すように漏えい防止対策を実施するため基準地震動によっても油が漏えいするおそれはないこと、潤滑油を内包する設備については、万一、機器故障によって油が漏えいしても引火点が十分高く火災が発生するおそれは小さいことから、これらの機器を設置する場所の換気設備の耐震性は、基準地震動に対して機能を維持（以下「Ss 機能維持」という。）する設計とはしない。

なお、安全機能を有し、軽油を内包する非常用ディーゼル発電機、非常用ディーゼル発電機燃料ディタンク、安全機能を有する原子炉補機冷却水系ポンプ、原子炉補機冷却海水系ポンプについては、これらを設置する場所の環境温度を維持するため、換気空調設備については非常用電源から給電する設計とするとともに、火災防護対象機器として耐震Sクラスの設計とする。

以上より、火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備については、機械換気ができる設計とすること、潤滑油内包機器の換気設備については機能が喪失しても安全機能に影響を及ぼすおそれは小さいこと、軽油内包機器の換気設備については非常用電源から給電するとともに防護対象機器と同等の耐震性を確保していることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものと考えられる。

○ 発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備

発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備である蓄電池、気体廃棄物処理設備、発電機水素ガス供給設備及び水素ガスポンベを設置する火災区域又は火災区画は、火災の発生を防止するために、以下に示すとおり、火災防護対象設備を設置する火災区域については非常用電源から供給される送風機及び排風機、それ以外の火災区域又は火災区画については非常用電源又は常用電源から供給される送風機及び排風機による機械換気を行う設計とする。(第 1-2 表)

・ 蓄電池

蓄電池を設置する火災区域又は火災区画は機械換気を行うことによって、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する(2.2 (3) 参照)。安全機能を有する蓄電池を設置する火災区域又は火災区画の換気設備は、安全機能を有する蓄電池及び非常用直流電源設備等を設置する場所の環境温度を維持するため、地震等の異常時でも換気できるよう非常用電源から給電する設計とするとともに、耐震 S クラス設計としている。それ以外の蓄電池を設置する火災区域又は火災区画の換気設備は、非常用電源又は常用電源から給電されるコントロール建屋常用電気品区域送排風機による機械換気を行う設計とし、異常時に送排風機が停止した場合は、送排風機が復帰するまで蓄電池に充電しない運用とする。

・ 気体廃棄物処理設備

気体廃棄物処理設備は、空気抽出器から抽出された水素ガスと酸素ガスが燃焼限界濃度とならないよう、排ガス再結合器によって設備内の水素濃度が燃焼限界濃度である 4vol%以下となるよう設計する。加えて、気体廃棄物処理設備を設置する火災区域又は火災区画は、常用電源から給電される原子炉区域・タービン区域送風機及び排風機による機械換気を行うことによって、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

- 発電機水素ガス供給設備

発電機水素ガス供給設備を設置する火災区域又は火災区画は，常用電源から給電される原子炉区域・タービン区域送風機及び排風機による機械換気を行うことによって，水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

- 水素ガスボンベ

格納容器内雰囲気モニタ校正用水素ガスボンベを設置する火災区域又は火災区画は，常用電源から給電される原子炉区域・タービン区域送風機及び排風機による機械換気を行うことによって，水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

第 1-2 表：水素ガスを内包する設備を設置する火災区域又は火災区画の換気設備

水素ガスを内包する設備		換気設備		
設備	耐震 クラス	設備	供給 電源	耐震 クラス
直流 125V 蓄電池	S	コントロール建屋直流 125V 蓄電池 6A 室非常用送排風機 (6 号炉) コントロール建屋計測制御 電源盤区域送排風機 (6 号炉、7 号炉)	非常用	S
直流 250V・直流 125V (常用)・ 直流 48V 蓄電池	C	コントロール建屋常用電気品 区域送排風機 (6 号炉)	非常用	C
直流 250V・直流 125V (常用) 蓄電池室	C	コントロール建屋常用電気品 区域送排風機 (7 号炉)	非常用	C
廃棄物処理設備蓄電池	C	廃棄物処理建屋電気品区域 送排風機	常用	C
気体廃棄物処理設備	B	原子炉区域・タービン区域 送排風機	常用	C
発電機水素ガス供給設備	C			
格納容器内雰囲気モニタ校 正用水素ガスポンベ	S			

発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備を設置する火災区域又は火災区画の送風機及び排風機は多重化されているため、動的機器の単一故障を想定しても換気は可能である。

気体廃棄物処理設備，発電機水素ガス供給設備，水素ガスポンベは2.1.1.1(1)①「漏えいの防止，拡大防止」に示すように水素ガスの漏えい防止，拡大防止対策を実施している。

しかしながら，万一，水素ガスが漏えいし，かつ換気設備が機能喪失した場合でも，気体廃棄物処理設備は設備内の水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように設計する。

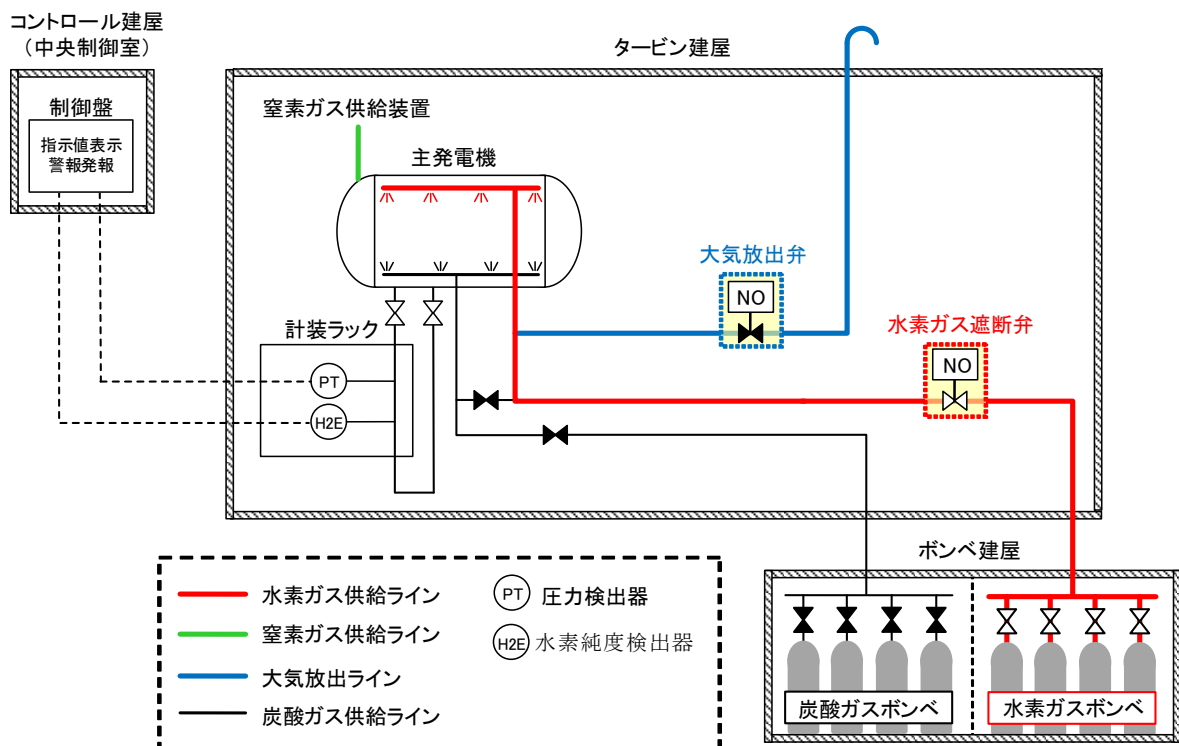
発電機水素ガス供給設備は，「JEG4607-2010：原子力発電所の火災防護指針」及び「電気設備の技術基準の解釈」に準じて，第1-4図に示すとおり，水素ガスの圧力，純度の計測及び警報装置，並びに軸封部に窒素ガスを封入できる装置（窒素ガス供給装置）及び水素ガスを安全に外部に放出する装置（炭酸ガスポンベ，水素ガス遮断弁，大気放出弁等）を設置している。さらに，万一，水素ガスが漏えいし，タービン建屋最上階のオペレーティングフロアで爆轟が発生した場合でも，安全機能を有する原子炉補機冷却水系が設置されている火災区域は異なるフロアに設置されており，十分な離隔距離で分離されていることから，安全機能に影響を及ぼすおそれはない。また，水素ガス供給配管を設置する区画については，非常用空調機用の排気ダクトと換気口で接続されていることから，万一，常用空調機が停止した状態において，水素ガス漏えいが発生したとしても，当該区画に水素ガスが滞留して爆発に至るおそれはない。（第1-5図）（第1-3表）

水素ガスポンベについて，格納容器内雰囲気モニタ用水素ガスポンベはポンベ内の水素濃度を燃焼限界濃度である4 vol%程度とする。加えて，通常は元弁を閉として \square で固縛し保管していること，元弁を開操作する際は作業員がいるため水素ガスが漏えいした場合でも速やかに元弁を閉操作し漏えいを停止することができるとともに，作業終了時や漏えい確認時には速やかに元弁を閉操作することを手順等に定める。

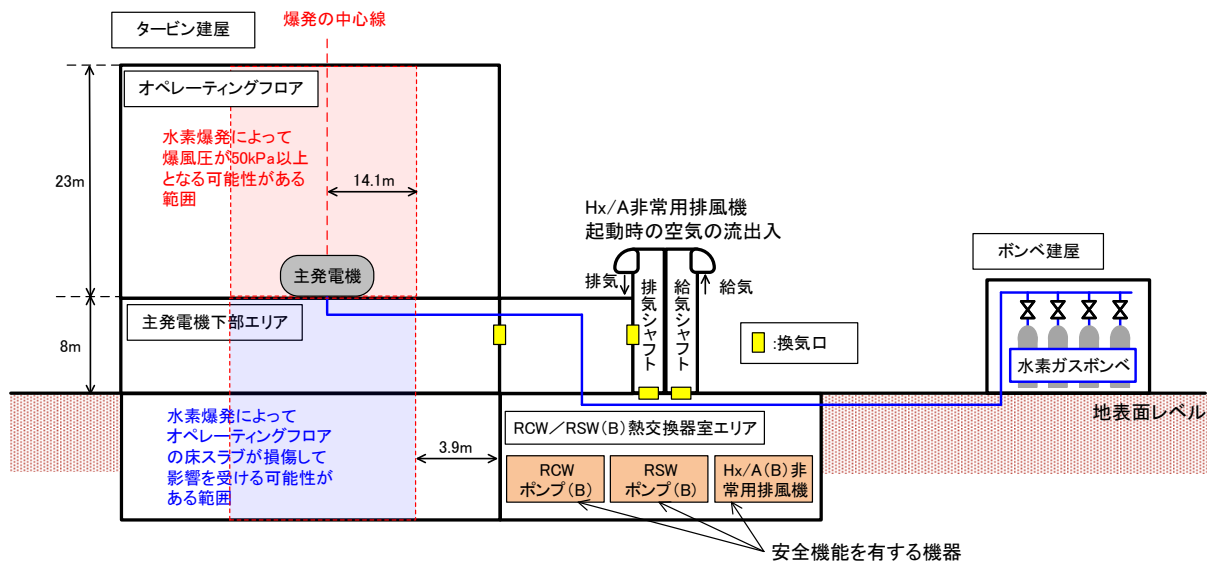
気体廃棄物処理設備用水素ガスポンベ，フィルタ装置水素濃度校正用水素ガスポンベは，設備の仕様上，ポンベ内の水素濃度を燃焼限界濃度である4 vol%程度以下とすることができないことから，常時は建屋外に保管し，ポンベ使用時のみ建屋内に持ち込みを行う運用とする。さらに，校正の際にはポンベを固縛すること，通常は元弁を閉としていること，元弁を開操作する際は，作業員は携帯型水素濃度計によって水素ガス漏えいの有無を測定することとし，水素ガスが漏えいした場合でも速やかに元弁を閉操作し漏えいを停止することができるとともに，作業終了時や漏えい確認時には速やかに元弁を閉操作することを手順に定める。

なお、校正作業において、安全機能への影響を限定するため水素ガスの使用は必要最低限の約30分とし、作業場所は安全機能を有する設備の配置を考慮し6号炉気体廃棄物処理設備は[]で、7号炉気体廃棄物処理設備は[]で行い、フィルタ装置水素濃度、格納容器内雰囲気モニタは6号及び7号炉とも[]で行う設計とする。

以上より、火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備については、機械換気ができる設計としていること、蓄電池室の換気設備については非常用電源から給電するとともに防護対象機器と同等の耐震性を確保していること、その他の発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備の換気設備については機能が喪失しても安全機能に影響を及ぼすおそれは小さいことから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。



第1-4 図：発電機水素ガス漏えい防止設備の概要



○主発電機と安全機能を有する機器との離隔距離について
 高圧ガス保安法では、TNT 等価法に基づき、爆風圧と距離の関係が式 (1) のように定められる。

$$L = 0.04\lambda\sqrt{KW_G} \quad (1)$$

ここで、

- L: 爆発中心からの距離 (m)
- λ : 換算距離 (m/kg^{1/3}) ※爆風圧 50kPa では 4.74m/kg^{1/3}
- W_G : 可燃性ガスの流出量 (t)
- K: 換算係数 ※水素では 2860000

主発電機に内包される水素ガス量は大気圧 (1atm)、20°Cの状態において約 1,700m³であり、全てが漏えいしたと仮定すると W_G は 0.143t となり、水素爆発による爆風圧が 50kPa とする爆発中心からの距離 L は 14.1m となる。したがって、爆発の中心線から 14.1m 以上離れた範囲では、オペレーティングフロアの床スラブが損傷し、下階の設備が影響を受けることはない。これに対して、安全機能を有する機器が設置されるエリア (RCW/RSW 熱交換器エリア) は十分な離隔距離 (3.9m) を有することから、水素ガス爆発が生じた場合においても安全機能を有する機器に影響は生じない。

第 1-5 図：発電機水素ガス供給設備の水素ガス爆発時の影響範囲

第 1-3 表：爆風圧の影響 (「平成 25 年 3 月：消防庁特殊災害室
 石油コンビナートの防災アセスメント指針」より抜粋)

圧力 [kPa]	影響
50~55	強化していない厚さ 8~12in (※) のブロックが剪断や撓みにより破損される。

(※) ミリメートルに単位換算すると 203.2~304.8mm である。

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉の主発電機廻りの床スラブは厚さ 500mm 以上であることから、爆風圧 50kPa では破損しない。

④ 防爆

本要求は、「発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域」に対して要求していることから、爆発性の雰囲気を形成するおそれのある設備を設置する火災区域に対する防爆対策について以下に示す。

○ 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備は、2.1.1.1(1)①「漏えいの防止、拡大防止」で示したように、溶接構造、シール構造の採用による潤滑油又は燃料油の漏えい防止対策を講じる設計とするとともに、万一、漏えいした場合を考慮し堰を設置することで、漏えいした潤滑油又は燃料油が拡大することを防止する設計とする。

なお、潤滑油又は燃料油が設備の外部へ漏えいしても、引火点は潤滑油又は燃料油を内包する設備を設置する室内温度よりも十分高く、機器運転時の温度よりも高いため、可燃性蒸気となることはない。引火点等の確認結果を参考資料1に示す。また、燃料油である軽油を内包する設備について、軽油が設備の外部へ漏えいし、万一、可燃性の蒸気が発生した場合であっても、軽油を内包する設備を設置する火災区域は、非常用電源から供給する耐震 S クラスの換気設備で換気する設計とすることから、可燃性蒸気が滞留するおそれはない。

したがって、潤滑油又は燃料油が爆発性の雰囲気を形成するおそれはない。

○ 発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備は、2.1.1.1(1)①「漏えいの防止、拡大防止」で示したように、溶接構造等の採用により水素ガスの漏えいを防止する。また、2.1.1.1(1)③「換気」で示したように機械換気を行う設計とするとともに、水素ガスボンベについては使用時を除き、元弁を閉とする運用とする。

したがって、「電気設備に関する技術基準を定める省令」第六十九条及び「工場電気設備防爆指針」で要求される爆発性雰囲気とはならないため、当該の設備を設ける火災区域又は火災区画に設置する電気・計装品を防爆型とせず、防爆を目的とした電気設備の接地も必要としない設計とする。

なお、電気設備が必要な箇所には、「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令」第十条、第十一条に基づく接地を施

す。

以上より、発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備及び発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備を設置する火災区域又は火災区画は、爆発性雰囲気とならず、防爆型の電気・計装品を使用する必要はない。

⑤ 貯蔵

本要求は、「安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域における発火性又は引火性物質の貯蔵」に対して要求していることから，該当する火災区域に設置される発火性又は引火性物質を内包する貯蔵機器について以下に示す。

貯蔵機器とは供給設備へ補給するために設置する機器のことであり，安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域内の，発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油の貯蔵機器としては，非常用ディーゼル発電機（3台）の燃料ディタンク（3基）及び軽油タンク（2基）がある。

各燃料ディタンクについては，タンクの容量（約 18 m³）に対して，非常用ディーゼル発電機を 8 時間連続運転するために必要な量（約 12 m³）を考慮し，貯蔵量が約 13.8 m³～約 14.7 m³となるよう管理し，運転上必要な量のみ貯蔵する設計とする。軽油タンクについては，タンクの容量（2基合計約 1432 m³）に対して，1 基あたり非常用ディーゼル発電機 2 台を 7 日間連続運転するために必要な量（約 529 m³）を考慮し，貯蔵量が約 529 m³～約 565 m³となるよう管理し，運転上必要な量のみ貯蔵する設計とする。

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域内の，発火性又は引火性物質である水素ガスの貯蔵機器としては，格納容器内雰囲気モニタ校正用水素ガスポンプがあり，これらのポンプは供給単位である容器容量 47 L 又は 10 L のポンプごとに，各々の計器の校正頻度（1 回/約 2 ヶ月）及び計器不具合等の故障対応を想定した上で 1 運転サイクルに必要な量，さらに事故後，ガスポンプを交換せずに一定期間（100 日間）連続監視できるよう校正に必要な量を考慮し貯蔵する設計とする。

ガスポンプについては参考資料 2 に示す。

以上より，安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域における発火性又は引火性物質を貯蔵する機器については，運転に必要な量にとどめて貯蔵することとしていることから，火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

(2) 可燃性の蒸気又は微粉の対策

本要求は、「可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が滞留するおそれがある火災区域における可燃性の蒸気、可燃性の微粉及び着火源となる静電気」に対して要求していることから、該当する設備を設置する火災区域に対する可燃性の蒸気又は可燃性の微粉への対策を以下に示す。

発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備は、「(1)④ 防爆」に示すとおり、可燃性の蒸気が発生するおそれはない。

また、火災区域には、「工場電気設備防爆指針」に記載される「可燃性粉じん（石炭のように空気中の酸素と発熱反応を起こし爆発する粉じん）」や「爆発性粉じん（金属粉じんのよう空気中の酸素ガスが少ない雰囲気又は二酸化炭素中でも着火し、浮遊状態では激しい爆発を生じる粉じん）」のような「可燃性の微粉が発生する設備」を設置しない設計とする。

さらに、火災区域において有機溶剤を使用する場合は必要量以上持ち込まない運用とするとともに、可燃性の蒸気滞留するおそれがある場合は、使用する作業場所において、換気、通風、拡散の措置を行うとともに、建屋の送風機及び排風機による機械換気により滞留を防止する設計とする。

したがって、火災区域には可燃性の蒸気又は微粉を高所に排出するための設備を設置する必要はなく、電気・計装品を防爆型とする必要はない。

なお、電気設備の必要な箇所には、「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令」第十条、第十一条に基づく接地を施す。

また、火災区域には金属粉や布による研磨機のように静電気が溜まるおそれがある設備を設置しない設計とする。なお、火災区域内で電気設備が必要な箇所には、「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令」第十条、第十一条に基づく接地を施しており、静電気が溜まるおそれはない。

以上より、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が滞留するおそれのある設備、及び着火源となるような静電気が溜まるおそれのある設備を火災区域に設置しないことから、火災防護に係る審査基準の要求事項は適用されないものと考えられる。

(3) 発火源への対策

発電用原子炉施設には金属製の筐体内に収納する等の対策を行い、設備外部に出た火花が発火源となる設備を設置しない設計とする。

また、発電用原子炉施設には高温となる設備があるが、設計上の最高使用温度が 60℃を超える系統については保温材で覆うことにより、可燃性物質との接触防止や潤滑油等可燃物の過熱防止を行う設計とする。(第 1-4 表)

以上より、発電用原子炉施設には設備外部に火花を発生する設備を設置しないこと、高温となる設備に対しては発火源とならないよう対策を行うことから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

第 1-4 表：高温となる設備と接触防止・過熱防止対策

高温となる設備	最高使用温度	過熱防止対策
主蒸気系配管	302℃	保温材設置
原子炉圧力容器バウンダリ	302℃	保温材設置
ほう酸水注入系配管	66℃	保温材設置
残留熱除去系配管	182℃	保温材設置
高圧炉心注入系配管	104℃	保温材設置
原子炉隔離時冷却系機器、配管	302℃	保温材設置
原子炉冷却材浄化系配管	302℃	保温材設置
所内蒸気系、所内蒸気戻り系配管	204℃	保温材設置
原子炉給水系配管	230℃	保温材設置
所内温水系配管	85℃	保温材設置

(4) 水素ガス対策

本要求は、「水素が漏えいするおそれのある火災区域」に対して要求していることから、該当する設備を設置する火災区域又は火災区画に対する水素ガス対策について以下に示す。

発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備を設置する火災区域又は火災区画は、2.1.1.1(1)①「漏えいの防止，拡大防止」に示すように、発火性又は引火性物質である水素ガスを内包する設備は溶接構造等とすることにより雰囲気への水素ガスの漏えいを防止するとともに、2.1.1.1(1)③「換気」に示すように、機械換気を行うことによって水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように設計する。また、水素ガスの漏えいを検知できるように水素濃度検出器等を設置する設計とする。

蓄電池を設置する火災区域又は火災区画は、充電時において蓄電池から水素ガスが発生するおそれがあることから、当該区域に可燃物を持ち込まないこととする。また、蓄電池室の上部に水素濃度検出器を設置し、水素の燃焼限界濃度である4vol%の1/4以下の濃度にて中央制御室に警報を発する設計とする。(第1-6～1-7図)

一方、以下の設備については水素濃度検出器とは別の方法にて水素ガスの漏えいを管理している。

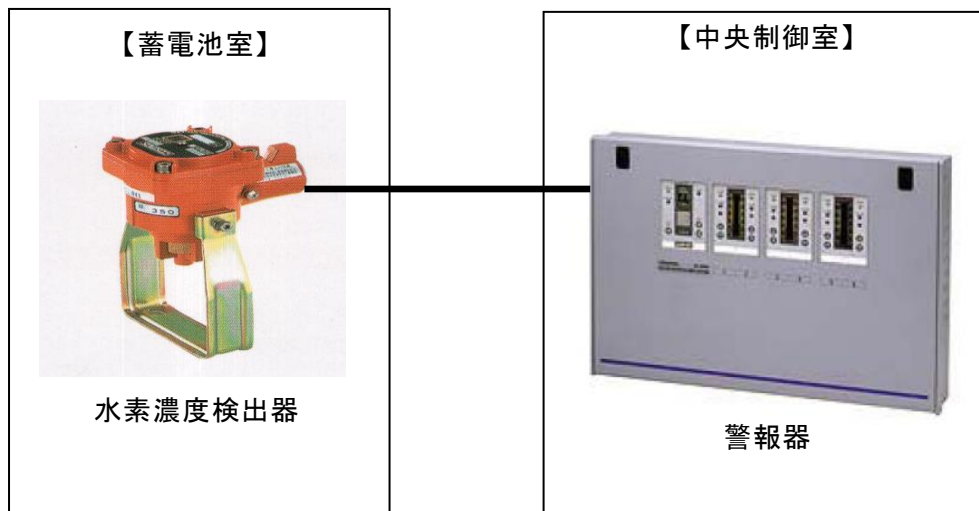
気体廃棄物処理設備は、設備内の水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように設計するが、設備内の水素濃度については水素濃度計により中央制御室で常時監視ができる設計とし、水素濃度が上昇した場合には中央制御室に警報を発する設計とする。

発電機水素ガス供給設備は、水素ガス消費量を管理するとともに、発電機内の水素純度、水素ガス圧力を中央制御室で常時監視ができる設計としており、発電機内の水素純度や水素ガス圧力が低下した場合には中央制御室に警報を発する設計とする。

格納容器内雰囲気モニタ校正用水素ガスボンベを設置する火災区域又は火災区画については、2.1.1.1(1)①「漏えいの防止，拡大防止」に示すように、通常時は本弁を閉とする運用とし、2.1.1.1(1)③「換気」に示すように水素濃度が燃焼限界濃度以下となるよう機械換気を行うことから、水素濃度検出器は設置しない。(第1-5表)

以上より、水素内包設備を設置する火災区域又は火災区画は水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように機械換気を行うとともに、水素ガス漏えいによって水素濃度が燃焼限界濃度以上となる可能性があるものについては、漏えいが発生した場合は中央制御室に警報を発する設計としていることから、火

災防護に係る審査基準に適合しているものとする。



第 1-6 図：蓄電池室水素濃度検出器の概要



第 1-7 図：蓄電池室内の水素濃度検出器設置状況

第 1-5 表：水素濃度検出器の設置状況

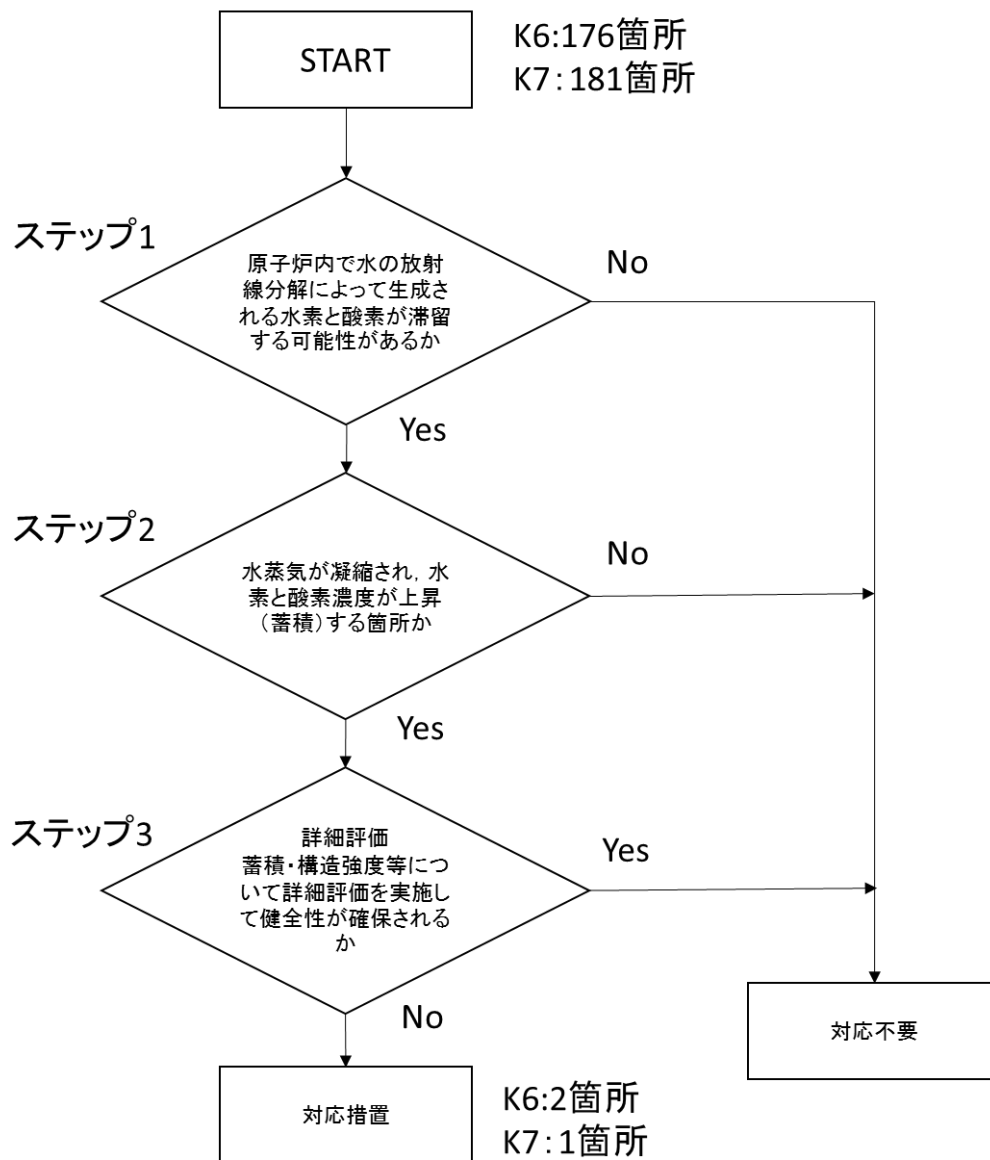
水素を内包する設備を設置する場所	水素ガス検出方法	水素濃度検出器の設置個数
区分Ⅰ 直流 125V 蓄電池 A 室	水素濃度検出器を設置	1 個
区分Ⅰ 直流 125V 蓄電池 A-2 室	水素濃度検出器を設置	1 個
区分Ⅱ 直流 125V 蓄電池 B 室	水素濃度検出器を設置	1 個
区分Ⅲ 直流 125V 蓄電池 C 室	水素濃度検出器を設置	1 個
区分Ⅳ 直流 125V 蓄電池 D 室	水素濃度検出器を設置	1 個
直流 250V・直流 125V (常用)・直流 48V 蓄電池室 (6 号炉)	水素濃度検出器を設置	1 個
直流 250V・直流 125V (常用) 蓄電池室 (7 号炉)	水素濃度検出器を設置	1 個
廃棄物処理設備蓄電池室	水素濃度検出器を設置	1 個
気体廃棄物処理設備設置箇所	気体廃棄物処理設備内の水素濃度監視装置を設置	気体廃棄物処理設備内の水素濃度監視装置を設置
発電機水素ガス供給設備設置箇所	発電機内の水素純度計, 水素ガス圧力計を設置	発電機内の水素純度計, 水素ガス圧力計を設置
格納容器内雰囲気モニタ校正用 水素ガスボンベ設置箇所	水素濃度検出器は設置しない (ボンベ内の全量が漏えいしても設置場所の水素濃度は 0.1%未満)	水素濃度検出器は設置しない (ボンベ内の全量が漏えいしても設置場所の水素濃度は 0.1%未満)

(5) 放射線分解等により発生する水素ガスの蓄積防止対策

放射線分解により水素ガスが発生する火災区域又は火災区画における、水素ガスの蓄積防止対策としては、社団法人火力原子力発電技術協会「BWR 配管における混合ガス（水素・酸素）蓄積防止に関するガイドライン（平成 17 年 10 月）」等に基づき、第 1-6 表のとおり実施する。蓄積防止対策の対象箇所については、ガイドラインに基づき第 1-8 図のフローに従い選定したものである。なお、ガイドライン制定以前に経済産業省指示文書「中部電力(株)浜岡原子力発電所第 1 号機の余熱除去系配管破断に関する再発防止対策について（平成 14 年 5 月）」を受け、水素ガスの蓄積のおそれがある箇所に対して対策を実施している。ガイドライン制定以降、これらの対策箇所はフロー上 STEP1 の水素ガス滞留のおそれがない場所となり、追加の対策が必要な箇所についてはガイドラインに基づき抽出・対策を実施している。（第 1-6 表、第 1-9 図）

蓄電池により発生する水素ガスの蓄積防止対策としては、蓄電池を設置する火災区域又は火災区画は、2.1.1.1(4)「水素ガス対策」に示すように、機械換気を行うことによって水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように設計する。

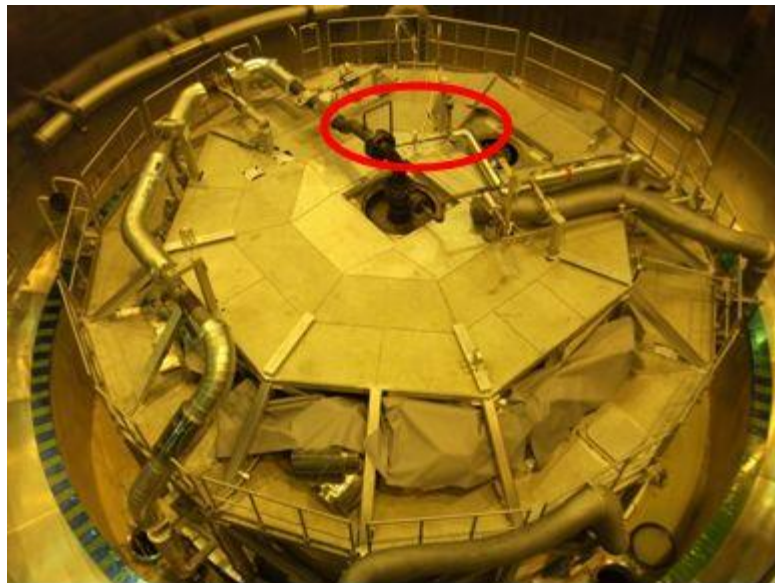
以上より、放射線分解等により原子炉の安全性を損なうおそれがある場合は水素ガスの蓄積防止対策を実施していることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものと考えらる。



第 1-8 図：水素ガス対策の対象選定フロー

第 1-6 表：放射線分解による水素ガス蓄積防止対策の実施状況

対策箇所	対策内容	対策実施根拠	実施状況
原子炉圧力容器 ヘッドスプレイ 配管 主蒸気暖気ライン (K6 のみ)	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉圧力容器 ヘッドスプレイ 配管にベント 配管を追設 主蒸気暖気ライ ンの枝管の隔離 弁位置を変更 	(社) 火力原子力発電技術協会 「BWR 配管における混合ガス (水素・ 酸素) 蓄積防止に関するガイドライ ン」(平成 17 年 10 月)	実施済
蒸化器入口配管	<ul style="list-style-type: none"> 温度評価 ベント配管の 設置 	経済産業省指示文書 「中部電力(株)浜岡原子力発電所第 1 号機の余熱除去系配管破断に関する 再発防止対策について」 (平成 14 年 5 月)	実施済



第 1-9 図：ベント配管の設置例

(6) 過電流による過熱防止対策

発電用原子炉施設内の電気系統の過電流による過熱の防止対策について以下に示す。

電気系統は、送電線への落雷等外部からの影響や、地絡、短絡等に起因する過電流による過熱や焼損を防止するために、保護継電器、遮断器により故障回路を早期に遮断する設計とする。

次頁に、発電用原子炉施設内の系統及び機器に電源を供給する電気系統として、柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉の電気系統における保護継電器及び遮断器の設置箇所を示す。(第 1-10～1-12 図)

以上より、発電用原子炉施設内の電気系統は過電流による過熱防止対策を実施していることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものと考えられる。

2.1.1.2. 不燃性・難燃性材料の使用

[要求事項]

2.1.2 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、以下の各号に掲げるとおり、不燃性材料又は難燃性材料を使用した設計であること。ただし、当該構築物、系統及び機器の材料が、不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するもの（以下「代替材料」という。）である場合、もしくは、当該構築物、系統及び機器の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合であって、当該構築物、系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置が講じられている場合は、この限りではない。

- (1) 機器、配管、ダクト、トレイ、電線管、盤の筐体、及びこれらの支持構造物のうち、主要な構造材は不燃性材料を使用すること。
- (2) 建屋内の変圧器及び遮断器は、絶縁油等の可燃性物質を内包していないものを使用すること。
- (3) ケーブルは難燃ケーブルを使用すること。
- (4) 換気設備のフィルタは、不燃性材料又は難燃性材料を使用すること。ただし、チャコールフィルタについては、この限りでない。
- (5) 保温材は金属、ロックウール又はグラスウール等、不燃性のものを使用すること。
- (6) 建屋内装材は、不燃性材料を使用すること。

(参考)

「当該構築物、系統及び機器の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合であって、当該構築物、系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置が講じられている場合」とは、ポンプ、弁等の駆動部の潤滑油、機器躯体内部に設置される電気配線、不燃材料の表面に塗布されるコーティング剤等、当該材料が発火した場合においても、他の構築物、系統又は機器において火災を生じさせるおそれが小さい場合をいう。

(3) 難燃ケーブルについて

使用するケーブルについて、「火災により着火し難く、著しい燃焼をせず、また、加熱源を除去した場合はその燃焼部が広がらない性質」を有していることが、延焼性及び自己消火性の実証試験により示されていること。

(実証試験の例)

- ・自己消火性の実証試験・・・UL 垂直燃焼試験
- ・延焼性の実証試験・・・IEEE383 または IEEE1202

安全機能を有する構築物，系統及び機器に対する不燃性材料及び難燃性材料の使用について以下(1)～(6)に示す。

ただし，不燃性材料及び難燃性材料が使用できない場合は以下のいずれかの設計とする。

- ・ 不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するもの（以下「代替材料」という。）を使用する設計とする。
- ・ 構築物，系統及び機器の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合には，当該構築物，系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物，系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

(1) 主要な構造材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器のうち，機器，配管，ダクト，トレイ，電線管，盤の筐体及びこれらの支持構造物の主要な構造材は，火災の発生防止及び当該設備の強度確保等を考慮し，ステンレス鋼，低合金鋼，炭素鋼等の金属材料，又はコンクリート等の不燃性材料を使用する設計とする。

（第 1-13 図）

ケーブルトレイ内のケーブルの固縛材は難燃性のものを使用する設計とする。なお，本固縛材は可燃物量がわずかであること，ケーブルは後述のとおり難燃ケーブルを使用していること，万一，火災により固縛材が外れても垂直に敷設されたケーブルはトレイの水平部分等で支持されていることから，他の安全機能を有する機器に影響を及ぼすおそれはない。

また，内部溢水対策で使用している止水材についても難燃性のものを使用する設計とする。水密扉の止水パッキンは，自己発火性がないこと，水密扉は常時閉運用であり扉外周部に設置されたパッキンは扉本体から押えつけられている状態であるため大半は外部に露出していないこと，水密扉は通行部であるため周囲に可燃性物質を内包する設備がないこと，当該構成材の量は微量であることから，他の構築物，系統又は機器に火災を生じさせるおそれは小さいものの，火災発生防止の観点から難燃性の止水パッキンを使用する設計とする。

ただし，配管のパッキン類は，その機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難であるが，金属で覆われた狭隘部に設置し直接火炎にさらされることはなく，これにより他の安全機能を有する構築物，系統及び機器において火災が発生するおそれはないことから不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する設計とする。また，金属に覆われたポンプ及び弁等の駆動部の潤滑油（グリス），並びに金属に覆われた機器躯体内部に設置され

る電気配線は、発火した場合でも、他の安全機能を有する構築物、系統及び機器に延焼しないことから、不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する設計とする。

なお、安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置されている火災区域又は火災区画に設置される、油を内包する耐震 B クラス及び耐震 C クラスの機器は、基準地震動によっても油が漏えいしないよう耐震補強していることから、安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置されている火災区域又は火災区画において、地震随伴による火災は発生しない。

以上より、安全機能を有する構築物、系統及び機器のうち主要な構造材は不燃性材料を使用していること、これ以外の構築物、系統及び機器は基本的に不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計としていること、一部、配管のパッキン類やポンプ及び弁等の駆動部の潤滑油（グリス）、盤内部に設置された電気配線は不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用しているものがあるが、発火した場合でも他の安全機能を有する構築物、系統及び機器に延焼しないことを確認していることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。



ポンプ，配管，支持構造物の例



ケーブルトレイ，電線管の例



電源盤の例

第 1-13 図：主要な構造材に対する不燃性材料の使用状況

(2) 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包

安全機能を有する構築物，系統及び機器のうち，屋内の変圧器及び遮断器は可燃性物質である絶縁油を内包していないものを使用する設計とする。(第1-14 図)

以上より，安全機能を有する屋内の変圧器及び遮断器は，火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。



真空遮断器の例 (M/C)



気中遮断器の例 (P/C)

配線用遮断器の例 (MCC)



配線用遮断器の例 (ブレーカー)

第 1-14 図：屋内の遮断器の例

(3) 難燃ケーブルの使用

安全機能を有する構築物、系統及び機器に使用するケーブルには、実証試験により自己消火性（UL 垂直燃焼試験）及び延焼性（IEEE383（光ファイバケーブルの場合は IEEE1202）垂直トレイ燃焼試験）を確認した難燃ケーブルを使用する設計とする。難燃ケーブルの使用状況を添付資料 2 に示す。

ただし、一部のケーブルについては製造中止のため自己消火性を確認する UL 垂直燃焼試験を実施できない。このケーブルについては、UL 垂直燃焼試験と同様の試験である ICEA 垂直燃焼試験の結果と、同じ材質のシースを持つケーブルで実施した UL 垂直燃焼試験結果より、自己消火性を確認する設計とする。

また、核計装ケーブルは、微弱電流又は微弱パルスを扱う必要があり、耐ノイズ性を確保するために高い絶縁抵抗を有する同軸ケーブルを使用する設計とする。放射線モニタケーブルについても、放射線検出のためには微弱電流又は微弱パルスを扱う必要があり、核計装ケーブルと同様に耐ノイズ性を確保するため、絶縁体に誘電率の低い架橋ポリエチレンを使用することで高い絶縁抵抗を有する同軸ケーブルを使用する設計とする。

これらのケーブルの一部は、自己消火性を確認する UL 垂直燃焼試験は満足するが、延焼性を確認する IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の要求を満足することが困難である。

このため、核計装ケーブル及び放射線モニタケーブルは、火災を想定した場合にも延焼しないよう、原子炉格納容器外については専用電線管に収納するとともに、電線管の両端は、電線管外部からの酸素供給防止を目的とし、耐火性を有するシール材を処置する設計とする。

耐火性を有するシール材を処置した電線管内は外気から容易に酸素ガスの供給がない閉塞した状態であるため、核計装ケーブル及び放射線モニタケーブルに火災が発生してもケーブルの燃焼に必要な酸素ガスが不足し、燃焼の維持ができなくなるので、すぐに自己消火し、ケーブルは延焼しない。このため、専用電線管で収納し、耐火性を有するシール材により酸素ガスの供給防止を講じた核計装ケーブル及び放射線モニタケーブルは、IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の判定基準を満足するケーブルと同等以上の延焼防止性能を有する。

一方、原子炉格納容器内の原子炉圧力容器下部における核計装ケーブルは、周囲環境が極めて狭隘であり電線管に敷設すると曲げ半径を確保できないこと、機器点検時にケーブルを解線して機器を取り外す必要があることから、一部ケーブルを露出する設計とする。しかしながら、以下のとおり対策することによって、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持する機能に影響が及ぶおそれはない。

- ・ 原子炉格納容器内は、通常運転中については窒素ガスを封入しており火災発生のおそれがないこと。
- ・ 原子炉の起動中において、原子炉格納容器内点検前に核計装ケーブルから火災が発生し火災感知器が作動した場合は、速やかな消火活動が可能であること。また、原子炉格納容器内点検終了後から窒素ガス封入（酸素濃度約 1%）までの期間は制御棒全挿入状態とし、その期間は原子炉の運転サイクルの中で極めて短期間であること。
- ・ 原子炉の低温停止中及び起動中において、万一、核計装ケーブルから火災が発生した場合を考慮しても、火災が延焼しないように、核計装ケーブルの露出部分の長さは、ケーブルの曲げ半径の確保及び機器点検時の解線作業に影響のない範囲で 1,200mm 程度と極力短くし、周囲への延焼を防止する設計とするとともに、当該ケーブルの周囲には実証試験により自己消火性及び延焼性を確認した難燃ケーブルを敷設する設計とすること。
- ・ 原子炉格納容器下部に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備としては、再循環ポンプ及び電動駆動制御棒駆動機構の点検時に使用する取扱い装置があるが、通常時は電源を切る運用とし、機器の使用時には監視員を配置して万一、火災が発生しても速やかに消火を行うこと。
- ・ 原子炉格納容器下部に設置する常用系及び非常用系のケーブル、作業用分電盤、中継端子箱、サンプポンプ等は、金属製の筐体に収納することで、火災の発生を防止する設計とすること。
- ・ 低温停止中及び起動中において火災が発生した場合には異なる種類の火災感知器で感知し、速やかな消火活動が可能であること。
- ・ 万一、起動中に核計装ケーブルから火災が発生した場合でも、核計装ケーブルはチャンネルごとに位置的分散を図って設置しており他のチャンネルのケーブルが同時に延焼する可能性が低く、未臨界監視機能を確保できること。
- ・ 万一、起動中に核計装ケーブルから火災が発生し火災感知器が作動した場合は、原子炉起動操作を中止し停止操作を行うこと。

(資料 8)

以上より、安全機能を有する構築物、系統及び機器に使用するケーブルについては、基本的に火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。一部のケーブルについては、代替する実証試験によって難燃性が確認されており、火災防護に係る審査基準に適合しているものと同等とする。また、一部の核計装ケーブルは、実証試験により難燃性が確認できないものがあるが、専用電線管への敷設及び難燃性の耐熱シール材処置等によりケーブルの

延焼を防止する対策を実施することから、十分な保安水準が確保されているものとする。

(4) 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用

安全機能を有する構築物、系統及び機器のうち、換気空調設備のフィルタは、チャコールフィルタを除き下表に示すとおり「JIS L 1091（繊維製品の燃焼性試験方法）」又は「JACA No. 11A（空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針（公益社団法人 日本空気清浄協会）」（試験概要については添付資料3）を満足する難燃性材料を使用する設計とする。（第1-7表、第1-15図）

難燃性の換気フィルタの使用状況を添付資料3に示す。

なお、下表に示す換気空調設備のフィルタはコンクリート製の室内又は金属製の構造物内に設置しており、フィルタ周辺には可燃物はなく、運用面の管理を実施することから火気作業等によりフィルタ火災が発生することはない。

運用管理の概要

換気設備のフィルタを設置している部屋は下記の運用とする。

- ①点検資機材の仮置き禁止エリアとする。
- ②他エリアの機器を当該エリアに持ち込み点検することを禁止する。
- ③火気取扱い禁止エリアとする。
- ④ただし、当該の部屋又は金属製の構造物の補修等で火気（溶接機）を使用する場合は、当該空調の系統隔離（全停止）、近傍のフィルタを取り外し室外に搬出し火気養生を実施した上で火気作業を行う運用とする。

換気設備のフィルタの廃棄においては下記の運用とする。

- ①チャコールフィルタは、廃棄物として処理を行うまでの間、ドラム缶で収納し保管する。
- ②HEPA フィルタは、廃棄物として処理するまでの間、不燃シートに包んで保管する。

上記運用については、火災防護計画で定めるとともに、関連するマニュアル・ガイド類に反映することとする。

以上より、安全機能を有する構築物、系統及び機器のうち、チャコールフィルタを除く換気空調設備のフィルタは難燃性のフィルタを使用することとしていることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

第 1-7 表：安全機能を有する構築物，系統及び機器のうち，
換気空調設備のフィルタ

フィルタの種類 (チャコールフィルタ以外)	材質	性能
プレフィルタ	ガラス繊維	難燃性
HEPA フィルタ	ガラス繊維	難燃性
給気フィルタ	ガラス繊維	難燃性
	不織布	難燃性

※給気フィルタ：バッグフィルタ，中性能粒子フィルタ等，空調内の異物を除去するためのフィルタの総称。



第 1-15 図：6 号炉原子炉建屋 3 階 非常用ディーゼル発電機 (B)
エアフィルタ室の概要

(5) 保温材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器に対する保温材は，ロックウール，ガラス繊維，ケイ酸カルシウム，パーライト，金属等，平成 12 年建設省告示第 1400 号に定められたもの，又は建築基準法で不燃性材料として認められたものを使用する設計とする。保温材の使用状況を添付資料 4 に示す。

以上より，安全機能を有する構築物，系統及び機器に対する保温材には不燃性材料を使用していることから，火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

(6) 建屋内装材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する建屋の内装材は，ケイ酸カルシウム等，建築基準法で不燃性材料として認められたものを使用する設計とする。また，中央制御室の床のカーペットは，消防法施行規則第四条の三に基づき，第三者機関において防災物品の試験を実施し，防災性能を有することを確認した材料を使用する設計とする。

一方，管理区域の床には耐放射線性及び除染性を確保すること，非管理区域の一部の床には防塵性を確保すること，原子炉格納容器内の床，壁には耐放射線性，除染性及び耐腐食性を確保することを目的として，コーティング剤を塗布する設計とする。このコーティング剤は，旧建設省告示第 1231 号第 2 試験，米国 ASTM 規格 E84，建築基準法施行令第一条の六又は消防法施行令第四条の三に基づく難燃性が確認された塗料であること，不燃性材料であるコンクリート表面に塗布すること，加熱源を除去した場合はその燃焼部が広がらないこと，原子炉格納容器内を含む建屋内に設置する安全機能を有する構築物，系統及び機器には不燃性材料又は難燃性材料を使用し周辺には可燃物がないことから，当該コーティング剤が発火した場合においても他の構築物，系統又は機器において火災を生じさせるおそれは小さい。また，原子炉格納容器内に設置する原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器は不燃性材料又は難燃性材料を使用し周辺には可燃物がない。

このため，耐放射線性，除染性，防塵性及び耐腐食性を確保するためにコンクリート表面及び原子炉格納容器内の床，壁に塗布するコーティング剤には，旧建設省告示第 1231 号第 2 試験，米国 ASTM 規格 E84，建築基準法施行令第一条の六又は消防法施行令第四条の三に基づく難燃性が確認された塗料を使用する設計とする。

建屋内装材の使用状況を添付資料 5 に示す。

以上より、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する建屋の内装材について、耐放射線性、除染性又は防塵性を確保するため、一部、不燃性材料ではないコーティング剤を使用するが、発火した場合においても他の構築物、系統又は機器において火災を生じさせるおそれは小さいことから、火災防護に係る審査基準に適合しているものと同等と考える。

2.1.1.3. 自然現象による火災発生の防止

[要求事項]

2.1.3 落雷、地震等の自然現象によって、原子炉施設内の構築物、系統及び機器に火災が発生しないように以下の各号に掲げる火災防護対策を講じた設計であること。

- (1) 落雷による火災の発生防止対策として、建屋等に避雷設備を設置すること。
- (2) 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに、自らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止すること。なお、耐震設計については実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（原規技発第 1306193 号（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定））に従うこと。

柏崎刈羽原子力発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき自然現象としては、網羅的に抽出するために、発電所敷地及びその周辺での発生実績の有無に関わらず、国内外の基準や文献等に基づき事象を収集した。これらの事象のうち、発電所及びその周辺での発生可能性、安全施設への影響度、事象進展速度や事象進展に対する時間的余裕の観点から、発電用原子炉施設に影響を与えるおそれがある事象として、地震、津波、風（台風）、竜巻、低温（凍結）、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響及び生物学的事象を抽出した。

これらの自然現象のうち、津波、竜巻（風（台風）含む）及び地滑りについては、それぞれの現象に対して、発電用原子炉施設の安全機能が損なわれないように防護することで火災の発生防止を行う設計とする。

生物学的事象のうちネズミ等の小動物に対しては、侵入防止対策により影響を受けない設計とする。

低温（凍結）、降水、積雪及び生物学的事象のうちクラゲ等の海生生物の影響については、火災が発生する自然現象ではなく、火山についても、火山の影響から発電用原子炉施設に到達するまでに火山灰等が冷却されることを考慮すると、火災が発生する自然現象ではない。

したがって、落雷、地震について、これらの現象によって火災が発生しないように、以下のとおり火災防護対策を講じる設計とする。

(1) 落雷による火災の発生防止

発電用原子炉施設内の構築物、系統及び機器は、落雷による火災発生を防止するため、地盤面から高さ 20m を超える建築物には建築基準法に基づき「JIS A 4201 建築物等の避雷設備（避雷針）」に準拠した避雷設備（避雷針の設置、接地網、棟上導体）を設置する設計とする。なお、これらの避雷設備は、耐震性が耐震 S クラス又は Ss 機能維持の建屋又は主排気筒に設置する設計とする。

送電線については、架空地線を設置する設計とするとともに、「2.1.1.1 (6) 過電流による過熱防止対策」に示すとおり、故障回路を早期に遮断する設計とする。（第 1-16～1-17 図）

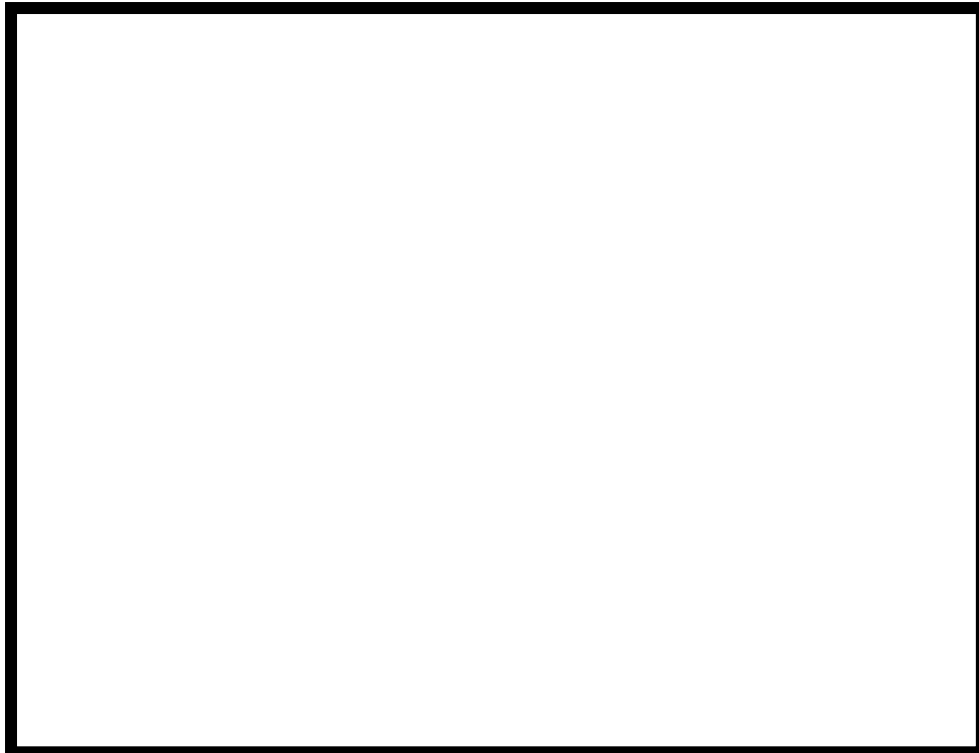
以上より、発電用原子炉施設内の構築物、系統及び機器は、落雷による火災の発生防止対策を実施する設計としていることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。



第 1-16 図：避雷設備の設置例（主排気筒）

避雷設備設置箇所

- ・原子炉建屋（棟上導体）
- ・タービン建屋（棟上導体）
- ・廃棄物処理建屋（棟上導体）
- ・主排気筒



第 1-17 図：避雷設備の設置対象建屋等

(2) 地震による火災の発生防止

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，耐震クラスに応じて十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに，「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第四条」に示す要求を満足するよう，「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」に従い耐震設計を行う設計とする。

また，安全機能を有する構築物，系統及び機器の設置場所にある油内包の耐震 B クラス，C クラス機器は，基準地震動により油が漏えいしないよう設計する。

以上より，発電用原子炉施設内の構築物，系統及び機器は，地震による火災の発生防止対策を実施する設計とすることから，火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

2.1.2. 火災の感知, 消火

2.1.2.1. 早期の火災感知及び消火

[要求事項]

2.2.1 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に掲げるように、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行える設計であること。

(1) 火災感知設備

- ① 各火災区域における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できる場所に設置すること。
- ② 火災を早期に感知できるよう固有の信号を発する異なる種類の感知器又は同等の機能を有する機器を組合せて設置すること。また、その設置にあたっては、感知器等の誤作動を防止するための方策を講じること。
- ③ 外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。
- ④ 中央制御室等で適切に監視できる設計であること。

(参考)

(1) 火災感知設備について

早期に火災を感知し、かつ、誤作動（火災でないにもかかわらず火災信号を発すること）を防止するための方策がとられていること。

(早期に火災を感知するための方策)

- ・固有の信号を発する異なる種類の感知器としては、例えば、煙感知器と炎感知器のような組み合わせとなっていること。
- ・感知器の設置場所を1つずつ特定することにより火災の発生場所を特定することができる受信機を用いられていること。

(誤作動を防止するための方策)

- ・平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、火災現象（急激な温度や煙の濃度の上昇）を把握することができるアナログ式の感知器を用いられていること。

感知器取付面の位置が高いこと等から点検が困難になるおそれがある場合は、自動試験能又は遠隔試験機能により点検を行うことができる感知器が用いられていること。

炎感知器又は熱感知器に代えて、赤外線感知機能等を備えた監視カメラシステムを用いても差し支えない。この場合、死角となる場所がないように当該システムが適切に設置されていること。

火災の感知及び消火については、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対して、早期の火災感知及び消火を行うための火災感知設備及び消火設備を設置する設計とする。

(1) 火災感知設備

火災感知設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に感知できるよう設置する設計とする。

(資料5, 9)

火災感知器と受信機を含む火災受信機盤等で構成される火災感知設備は、以下を踏まえた設計とする。

① 火災感知器の環境条件等の考慮

火災感知設備の火災感知器は、各火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や、炎が生じる前に発煙すること等、予想される火災の性質を考慮して火災感知器を設置する設計とする。これらの火災感知器は火災を感知した個々の感知器を特定して警報を発する設計とする。

ただし、設計基準対象施設を設置する火災区域又は火災区画のうち、非常用ディーゼル発電機燃料移送系ポンプを設置する屋外開放の区域については、炎感知器及び赤外線感知機能を備えた熱感知カメラを、非常用ディーゼル発電機軽油タンクを設置する屋外区域については炎感知器を設置する設計とする。また、非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチについては、光ファイバケーブル式熱感知器及び煙吸引式検出設備を設置する設計とする。これらは火災を感知した個々の感知器を特定せず区域ごとの警報を発するが、監視対象区域は屋外の大空間であり、警報確認後の現場確認において火災源の特定が可能であることから適用可能とする。

② 固有の信号を発する異なる種類の感知器の設置

火災感知設備の火災感知器は、上記①の環境条件等を考慮し、火災感知器を設置する火災区域又は火災区画の安全機能を有する構築物、系統及び機器の種類に応じ、火災を早期に感知できるよう、固有の信号を発するアナログ式煙感知器、アナログ式の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器から異なる種類の感知器を組み合わせる設計とする。炎感知器は非アナログ式であるが、炎が発する赤外線又は紫外線を感知するため、炎が生じた時点で感知することができ、火災の早期感知に優位性がある。ここで、アナログ式とは「平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、火災現象（急激な温度や煙の濃度の上昇）を把握することができる」もの

と定義し、非アナログ式とは「平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視することはできないが、火災現象（急激な温度や煙の濃度の上昇等）を把握することができる」ものと定義する。

以下に、上記に示す火災感知器の組み合わせのうち特徴的な火災区域又は火災区画を示す。

○ 原子炉建屋オペレーティングフロア

原子炉建屋オペレーティングフロアは天井が高く大空間となっているため、火災による熱が周囲に拡散することから、熱感知器による感知は困難である。

このため、アナログ式の光電分離型煙感知器と非アナログ式の炎感知器をそれぞれの監視範囲に火災の検知に影響を及ぼす死角がないように設置する設計とする。

炎感知器は非アナログ式であるが、平常時より炎の波長の有無を連続監視し、火災現象(急激な環境変化)を把握できることから、アナログ式と同等の機能を有する。また、感知原理に「赤外線3波長式」(物質の燃焼時に発生する特有な放射エネルギーの波長帯を3つ検知した場合にのみ発報する)を採用し誤作動防止を図る。さらに、外光が当たらず、高温物体が近傍にない箇所に設置することで誤作動を防止する設計とする。

○ 原子炉格納容器

原子炉格納容器内の火災感知器は、アナログ式の煙感知器及び熱感知器を設置する設計とする。

原子炉格納容器内は、通常運転中、窒素ガス封入により不活性化しており、火災が発生する可能性がない。しかしながら、運転中の原子炉格納容器は、閉鎖した状態で長期間高温かつ高線量環境となることから、アナログ式の火災感知器が故障する可能性がある。このため、原子炉格納容器内の火災感知器は、起動時の窒素ガス封入後に中央制御室内の受信機にて作動信号を除外する運用とし、プラント停止後に速やかに取り替える設計とする。

低温停止中における原子炉格納容器内の火災感知器は、起動中と同様、アナログ式の煙感知器及び熱感知器を設置する設計とする。

○ 非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチ

非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチは、ハッチからの雨水の浸入によって高湿度環境になりやすく、一般的な煙感知器によ

る火災感知に適さない。このため、防湿対策を施したアナログ式の煙吸引式検出設備、及び湿気の影響を受けにくいアナログ式の光ファイバケーブル式の熱感知器を設置する設計とする。

一方、以下に示す火災区域又は火災区画には、環境条件等を考慮し、上記と異なる火災感知器を組み合わせる設計とする。

○ 非常用ディーゼル発電機燃料移送系ポンプ区域

非常用ディーゼル発電機燃料移送系ポンプ区域は屋外開放であるため、区域全体の火災を感知する必要があるが、火災による煙が周囲に拡散し煙感知器による火災感知は困難であること、また降水等の浸入により火災感知器の故障が想定されることから、非常用ディーゼル発電機燃料移送系ポンプ区域全体の火災を感知するために、アナログ式の屋外仕様の熱感知カメラ、及び非アナログ式の屋外仕様の炎感知器をそれぞれの監視範囲に火災の検知に影響を及ぼす死角がないように設置する。

炎感知器は非アナログ式であるが、平常時より炎の波長の有無を連続監視し、火災現象(急激な環境変化)を把握できることから、アナログ式と同等の機能を有する。また、感知原理に「赤外線3波長式」(物質の燃焼時に発生する特有な放射エネルギーの波長帯を3つ検知した場合にのみ発報する)を採用し誤作動防止を図る。さらに、屋外仕様を採用する設計とするとともに、太陽光の影響に対しては視野角への影響を考慮した遮光板を設置することで火災発生時の特有な波長帯のみを感知することで誤作動を防止する設計とする。

○ 非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域

屋外開放の区域である非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域は、火災による煙は周囲に拡散し、煙感知器による火災感知は困難である。加えて、軽油タンク内部は燃料の気化による引火性又は発火性の雰囲気形成している。このため、非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域は、非アナログ式の屋外仕様の炎感知器を監視範囲に火災の検知に影響を及ぼす死角がないように設置することに加え、タンク内部の空間部に非アナログ式の防爆型熱感知器を設置する設計とする。

炎感知器は非アナログ式であるが、平常時より炎の波長の有無を連続監視し、火災現象(急激な環境変化)を把握できることから、アナログ式と同等の機能を有する。また、感知原理に「赤外線3波長式」(物質の燃焼時に発生する特有な放射エネルギーの波長帯を3つ検知した場合にのみ発報する)を採用し誤作動防止を図る設計とする。さらに、屋外仕様を採用する設計とするとともに、太陽光の影響に対しては視野角

への影響を考慮した遮光板の設置や火災発生時の特有な波長帯のみを感知することで誤作動を防止する設計とする。

また、防爆型の熱感知器は非アナログ式であるが、軽油タンク最高使用温度（約 66℃）を考慮した温度を設定温度（約 80℃）とすることで誤作動防止を図る設計とする。

○ 主蒸気管トンネル室

主蒸気管トンネル室については、通常運転中は高線量環境となることから、放射線の影響により火災感知器の制御回路が故障する可能性がある。さらに、火災感知器が故障した場合の取替えも出来ない。このため、放射線の影響を受けないよう検出器部位を当該区画外に配置するアナログ式の煙吸引式検出設備を設置する設計とする。加えて、放射線の影響を考慮した非アナログ式の熱感知器を設置する設計とする。

熱感知器は非アナログ式であるが、主蒸気管トンネル室内は、換気空調設備により安定した室温（最大 55℃）を維持していることから、火災感知器の作動値を室温より高めに設定する非アナログ式の熱感知器であっても誤作動する可能性は低い。よって、放射線の影響を受けない非アナログ式の熱感知器を設置する設計とする。

○ 蓄電池室

充電時に水素ガス発生のおそれがある蓄電池室は、万一の水素濃度の上昇を考慮し、火災を早期に感知できるように、非アナログ式の防爆型で、かつ固有の信号を発する異なる種類の煙感知器及び熱感知器を設置する設計とする。

これらの防爆型感知器は非アナログ式であるが、蓄電池室内には蒸気を発生する設備等はなく、換気空調設備により安定した室内環境を維持していることから、蒸気等が充満するおそれはなく、非アナログ式の煙感知器であっても誤作動する可能性は低い。また、換気空調設備により安定した室温（最大 40℃）を維持していることから、火災感知器の作動値を室温より高めの 70℃と一意に設定する非アナログ式の熱感知器であっても誤作動する可能性は低い。このため、水素ガスによる爆発のリスクを低減する観点から、非アナログ式の防爆型の火災感知器を設置する設計とする。

また、以下に示す火災区域又は火災区画は、火災の影響を受けるおそれが考えにくいことから、火災感知器を設置しない、若しくは消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設置する設計とする。

○ 格納容器機器搬出入用ハッチ室

格納容器機器搬出入用ハッチ室は，発火源となる可燃物が設置されておらず，可燃物管理により可燃物を持ち込まない運用とする上，通常コンクリートハッチにて閉鎖されていることから，火災の影響を受けない。また，ハッチ開放時は通路の火災感知器にて感知が可能である。

したがって，格納容器機器搬出入用ハッチ室には火災感知器を設置しない設計とする。

○ 給気処理装置室，冷却器コイル室及び排気ルーバ室

給気処理装置室，冷却器コイル室及び排気ルーバ室は，発火源となる可燃物が設置されておらず，可燃物管理により可燃物を持ち込まない運用とする上，コンクリートの壁で囲われていることから，火災の影響を受けない。

したがって，給気処理装置室，冷却器コイル室及び排気ルーバ室には火災感知器を設置しない設計とする。

○ 排気管室

排気管室は，排気を屋外に通すための部屋であり，発火源となる可燃物が設置されておらず，可燃物管理により可燃物を持ち込まない運用とする上，コンクリートの壁で囲われていることから，火災の影響を受けない。

したがって，排気管室には火災感知器を設置しない設計とする。

○ フィルタ室

フィルタ室に設置されているフィルタは難燃性であり，発火源となる可燃物は設置されておらず，可燃物管理により可燃物を持ち込まない運用とする上，コンクリートの壁で囲われていることから，火災の影響を受けない。

したがって，フィルタ室には火災感知器を設置しない設計とする。

○ 使用済燃料プール，復水貯蔵槽，使用済樹脂槽

使用済燃料プール，復水貯蔵槽，使用済樹脂槽については内部が水で満たされており，火災が発生するおそれはない。

したがって，使用済燃料プール，復水貯蔵槽，使用済樹脂槽には火災感知器を設置しない設計とする。

○ 不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された火災防護対象機器のみを設けた火災区域又は火災区画

火災防護対象機器のうち、不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された配管、容器、タンク、手動弁、コンクリート構築物については流路、バウンダリとしての機能が火災により影響を受けることは考えにくいため、消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設ける設計とする。

○ フェイルセーフ設計の設備のみが設置された火災区域又は火災区画

フェイルセーフ設計の設備については火災により動作機能を喪失した場合であっても、安全機能が影響を受けることは考えにくいため、消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設ける設計とする。

○ 気体廃棄物処理設備エリア排気モニタ検出器設置区画

放射線モニタ検出器は隣接した検出器間をそれぞれ異なる火災区画に設置する設計とする。これにより火災発生時に同時に監視機能を喪失することは考えにくく、重要度クラス3の設備として火災に対して代替性を有することから、消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設ける設計とする。

なお、上記の監視を行う事故時放射線モニタ監視盤を設置する中央制御室については火災時の影響を考慮し、固有の信号を発するアナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器、又は非アナログ式の炎感知器から異なる種類の感知器を組み合わせる設計とする。

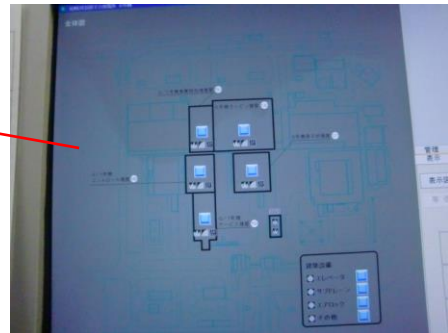
③ 火災受信機盤

火災感知設備の火災受信機盤は中央制御室に設置し、火災感知設備の作動状況を常時監視できる設計とする。また、受信機盤は、構成されるアナログ式の受信機により以下のとおり、火災発生場所を特定できる設計とする。(第 1-18 図)

- アナログ式の火災感知器が接続可能であり、作動した火災感知器を 1 つずつ特定できる設計とする。
- 水素ガスの漏えいの可能性が否定できない蓄電池室及び可燃性ガスの発生が想定される軽油タンク内に設置する非アナログ式の防爆型の火災感知器及び主蒸気管トンネル室内の非アナログ式熱感知器が接続可能であり、作動した火災感知器を 1 つずつ特定できる設計とする。
- 屋外の非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域及び燃料移送系ポンプ区域を監視する非アナログ式の炎感知器及びアナログ式の熱感知カメラが接続可能であり、感知区域を 1 つずつ特定できる設計とする。なお、屋外区域熱感知カメラの火災受信機盤においては、火災発生場所はカメラ機能による映像監視(熱サーモグラフィ)により特定が可能な設計とする。
- 原子炉建屋オペレーティングフロアを監視する非アナログ式の炎感知器が接続可能であり、炎感知器を 1 つずつ特定できる設計とする。
- 非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチを監視するアナログ式の光ファイバケーブル式熱感知器が接続可能であり、感知区域を 1 つずつ特定できる機能を有する設計とする。アナログ式の光ファイバケーブル式熱感知器は、中央制御室に設置した受信機においてセンサ用光ファイバケーブルの長手方向に対し約 2m 間隔で火源の特定が可能である。



〈火災受信機盤・防災盤〉



〈地図式表示パネル〉

第 1-18 図：火災受信機盤の概要

また、火災感知器は以下のとおり点検を行うことができるものを使用する設計とする。

- ・ 自動試験機能又は遠隔試験機能を有する火災感知器は、機能に異常がないことを確認するため、定期的に自動試験又は遠隔試験を実施できるものを使用する。
- ・ 自動試験機能又は遠隔試験機能を持たない火災感知器は、機能に異常がないことを確認するため、消防法施行規則に基づき、煙等の火災を模擬した試験を定期的に実施できるものを使用する。

④ 火災感知設備の電源確保

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備は、外部電源喪失時においても火災の感知が可能となるよう蓄電池を設け、電源を確保する設計とする。

また、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備に供給する電源は、非常用ディーゼル発電機が接続されている非常用電源から供給する設計とする。

以上より、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する火災感知器については、火災防護に係る審査基準に則り、環境条件等を考慮した火災感知器の設置、異なる種類を組み合わせた火災感知器の設置、非常用電源からの受電、火災受信機盤の中央制御室への設置を行う。一部アナログ機能を持たない感知器を設置するが、それぞれ誤作動防止対策を実施する。また、受信機盤については、作動した感知器又は感知区域を1つずつ特定できる機能を有する設計とする。これらにより、火災感知設備については十分な保安水準が確保されているものとする。

(2) 消火設備

[要求事項]

(2) 消火設備

- ① 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域または火災区画であって、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難なところには、自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置すること。
- ② 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域であって、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難なところには、自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置すること。
- ③ 消火用水供給系の水源及び消火ポンプ系は、多重性又は多様性を備えた設計であること。
- ④ 原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器相互の系統分離を行うために設けられた火災区域又は火災区画に設置される消火設備は、系統分離に応じた独立性を備えた設計であること。
- ⑤ 消火設備は、火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線、爆発等による二次的影響が安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさないように設置すること。
- ⑥ 可燃性物質の性状を踏まえ、想定される火災の性質に応じた十分な容量の消火剤を備えること。
- ⑦ 移動式消火設備を配備すること。
- ⑧ 消火剤に水を使用する消火設備は、2時間の最大放水量を確保できる設計であること。
- ⑨ 消火用水供給系をサービス系または水道水系と共用する場合には、隔離弁等を設置して遮断する等の措置により、消火用水の供給を優先する設計であること。
- ⑩ 消火設備は、故障警報を中央制御室に吹鳴する設計であること。
- ⑪ 消火設備は、外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。
- ⑫ 消火栓は、全ての火災区域の消火活動に対処できるよう配置すること。
- ⑬ 固定式のガス系消火設備は、作動前に職員等の退出ができるように警報を吹鳴させる設計であること。
- ⑭ 管理区域内で消火設備から消火剤が放出された場合に、放射性物質を含むおそれのある排水が管理区域外へ流出することを防止する設計であること。
- ⑮ 電源を内蔵した消火設備の操作等に必要な照明器具を、必要な火災区域及びその出入通路に設置すること。

[要求事項]

(参考)

(2) 消火設備について

①-1 手動操作による固定式消火設備を設置する場合は、早期に消火設備の起動が可能となるよう中央制御室から消火設備を起動できるように設計されていること。

上記の対策を講じた上で、中央制御室以外の火災区域又は火災区画に消火設備の起動装置を設置することは差し支えない。

①-2 自動消火設備にはスプリンクラー設備、水噴霧消火設備及びガス系消火設備（自動起動の場合に限る。）があり、手動操作による固定式消火設備には、ガス系消火設備等がある。中央制御室のように常時人がいる場所には、ハロン 1301 を除きガス系消火設備が設けられていないことを確認すること。

④ 「系統分離に応じた独立性」とは、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器が系統分離を行うため複数の火災区域又は火災区画に分離して設置されている場合に、それらの火災区域又は火災区画に設置された消火設備が、消火ポンプ系（その電源を含む。）等の動的機器の単一故障により、同時に機能を喪失することがないことをいう。

⑦ 移動式消火設備については、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和 53 年通商産業省令第 77 号）第 8 5 条の 5」を踏まえて設置されていること。

⑧ 消火設備のための必要水量は、要求される放水時間及び必要圧力での最大流量を基に設計されていること。この最大流量は、要求される固定式消火設備及び手動消火設備の最大流量を合計したものであること。

なお、最大放水量の継続時間としての 2 時間は、米国原子力規制委員会(NRC)が定める Regulatory Guide 1.189 で規定されている値である。

上記の条件で設定された防火水槽の必要容量は、Regulatory Guide1.189 では 1,136,000 リットル (1,136 m³) 以上としている。

消火設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に消火できるよう設置する設計とする。

消火設備は以下を踏まえた設計とする。

(資料6, 9)

なお、消火設備の故障警報が発信した場合には、中央制御室及び必要な現場の制御盤の警報を確認し、消火設備が故障している場合には早期に補修を行う。消火設備は以下を踏まえて設置する。

① 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備は、当該構築物、系統及び機器の設置場所が、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるかを考慮して設計する。

(a) 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画の選定

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画は、「(b) 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定」に示した火災区域又は火災区画を除き、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるものとして選定する。

(b) 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画のうち、消火活動が困難とならないところを以下に示す。

○ 屋外開放の火災区域(非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域及び燃料移送系ポンプ区域)

非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域及び燃料移送系ポンプ区域については屋外開放の火災区域であり、火災が発生しても煙は充満しない。したがって、煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域として選定する。

○ 可燃物の設置状況等により火災が発生しても煙が充満しない火災区域又は火災区画

非常用ディーゼル発電機電気品区域非常用給気処理装置室及び非常用ディーゼル発電機非常用排気ルーバ室（第 1-19 図）をはじめとする火災区域又は火災区画は、可燃物を少なくすることで煙の発生を抑える設計とすることから、煙の充満により消火困難とはならない箇所として選定する。各火災区域又は火災区画とも不要な可燃物を持ち込まないよう持込み可燃物管理を実施するとともに、点検に係る資機材等の可燃物を一時的に仮置きする場合は、不燃性のシートによる養生を実施し火災発生時の延焼を防止する。なお、可燃物の状況については、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機能を有する構築物、系統及び機器以外の構築物、系統及び機器等も含めて確認する。具体的な対象箇所については、資料 6 の添付資料 1 2 に示す。



非常用ディーゼル発電機電気品区域
非常用給気処理装置室



非常用ディーゼル発電機
非常用排気ルーバ室

第 1-19 図：可燃物が少ない火災区域又は火災区画の例

○ 中央制御室

中央制御室は、常駐する運転員によって火災感知器による早期の火災感知及び消火活動が可能であり、火災が拡大する前に消火可能であること、万一、火災によって煙が発生した場合でも建築基準法に準拠した容量の排煙設備によって排煙が可能な設計とすることから、消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画として選定する。

中央制御室床下フリーアクセスフロアは、固有の信号を発する異な

る種類の火災感知設備（煙感知器と熱感知器）、及び中央制御室からの手動操作により早期の起動が可能な固定式ガス消火設備（消火剤はハロン 1301）を設置する設計とする。

○ 原子炉格納容器

原子炉格納容器内において、万一、火災が発生した場合でも、原子炉格納容器の空間体積（約 7,300m³）に対してページ用排風機の容量が 22,000m³/h であり、排煙が可能な設計とすることから、消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画として選定する。

(c) 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画に設置する消火設備

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画は、自動又は中央制御室からの手動操作による固定式消火設備である全域ガス消火設備を設置し消火を行う。なお、これらの固定式消火設備に使用するガスは、ハロゲン化物消火剤とする。

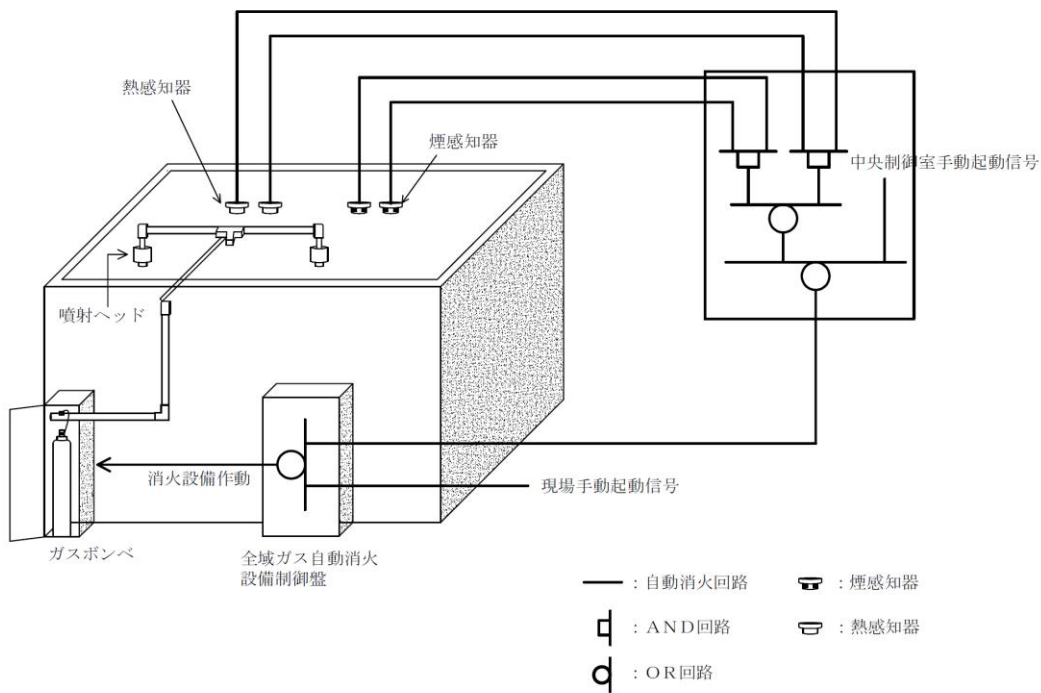
第 1-20 図に全域ガス消火設備の概要を示す。本消火設備を自動起動とする場合は、単一の感知器の誤作動によって消火設備が誤動作することのないよう、2 つ以上の煙感知器又は 2 つ以上の熱感知器の作動をもって消火する設計とする。さらに、中央制御室からの遠隔手動起動又は現場での手動起動によっても消火を行うことができる設計とする。

全域ガス消火設備の自動起動用の煙感知器と熱感知器は、火災防護に係る審査基準「2.2.1 (1)②」に基づき設置が要求される「固有の信号を発する異なる種類の感知器」とする。

ただし、以下については、上記と異なる消火設備を設置し消火を行う設計とする。

○ 非常用ディーゼル発電機室, 非常用ディーゼル発電機燃料ディタンク室

非常用ディーゼル発電機室及び非常用ディーゼル発電機燃料ディタンク室は、人が常駐する場所ではないことから、ハロゲン化物消火剤を使用する全域ガス消火設備は設置せず、全域自動放出方式の二酸化炭素消火設備を設置する設計とする。また、自動起動について、万一、室内に作業員等がいた場合の人身安全を考慮し、煙感知器及び熱感知器の両方の作動をもって消火する設計とする。（添付資料 6）



第 1-20 図：全域ガス消火設備の概要

○ 原子炉建屋通路部及びオペレーティングフロア

原子炉建屋通路部及びオペレーティングフロアは、ほとんどの階層で周回できる通路となっており、その床面積は最大で約 1,000 m²（原子炉建屋地下 2 階周回通路）と大きい。さらに、各階層間には開口部（機器ハッチ）が存在するが、これらは内部溢水対策として通常より開口状態となっている。

原子炉建屋通路部及びオペレーティングフロアは、このようなレイアウトであることに加え、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる可能性が否定できないことから、煙の充満を発生させるおそれのある可燃物（ケーブル、電源盤・制御盤、潤滑油内包設備）に対しては自動又は中央制御室からの手動操作による固定式消火設備である局所ガス消火設備を設置し消火を行う設計とし、これら以外の可燃物については量が少ないことから消火器で消火を行う設計とする。

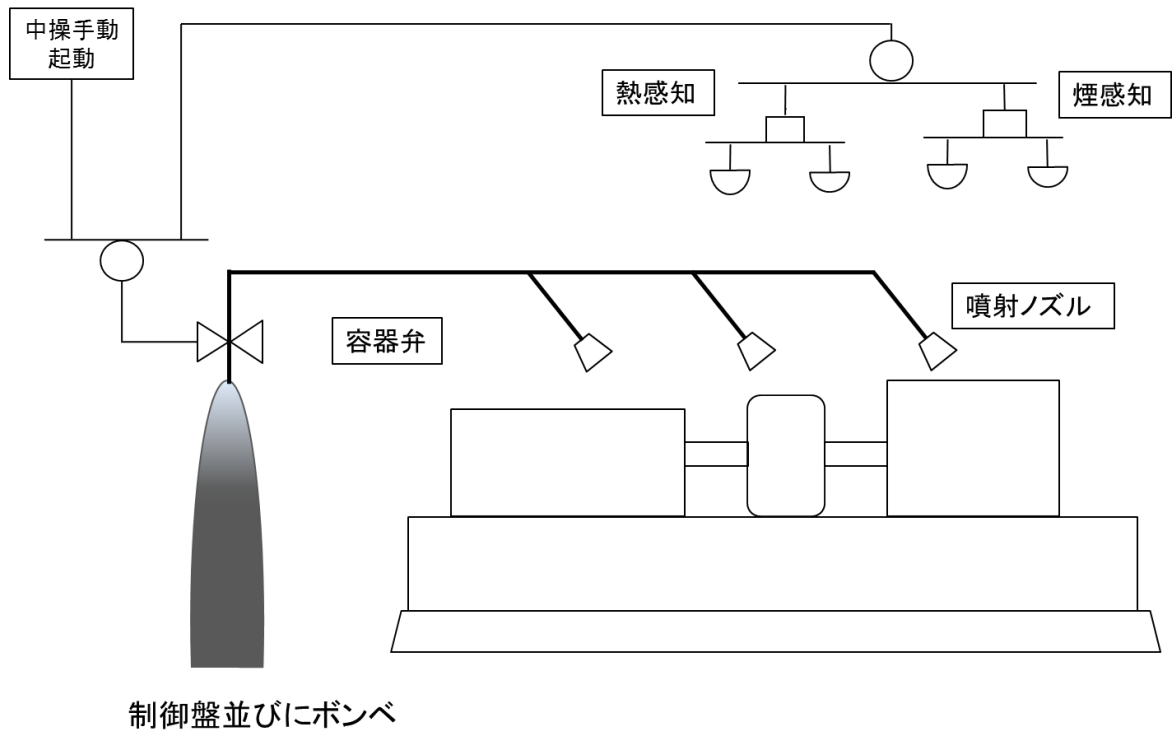
なお、これらの局所ガス消火設備に使用するガスは、消防法施行規則を踏まえハロゲン化物消火剤とする。設備の概要図を第 1-21 図に示し、具体的な設備の詳細は資料 6 に示す。これら局所ガス消火設備のうち、ケーブルトレイの消火設備については、消火対象空間の形状が特殊であるため、実証試験により設計の妥当性を確認する。

- 不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された火災防護対象機器のみを設置する火災区域又は火災区画

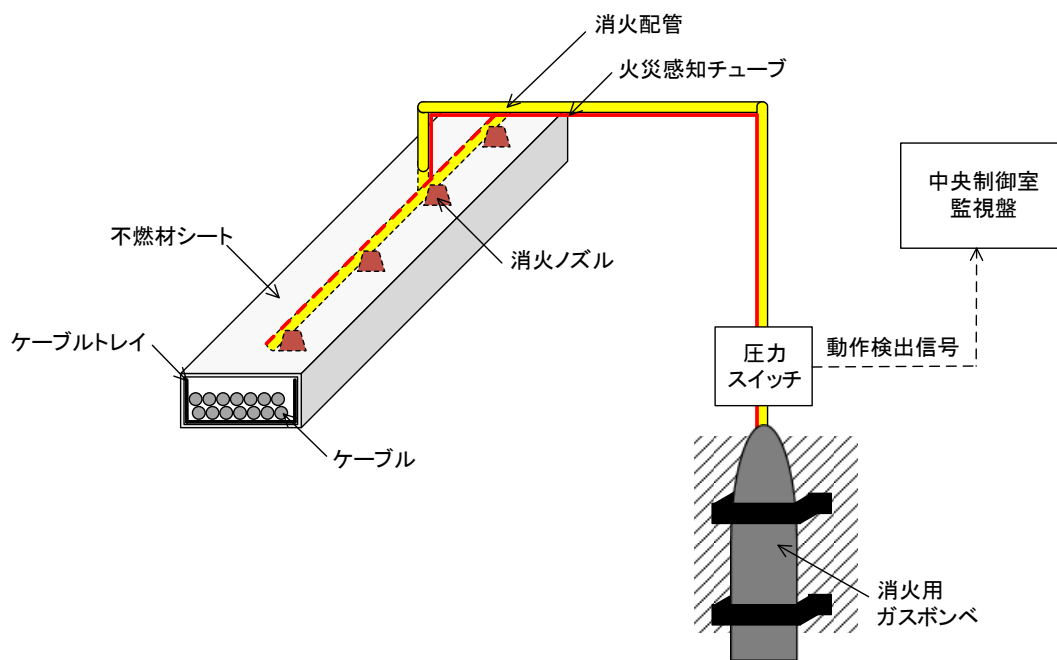
火災防護対象機器のうち、不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された配管、容器、タンク、手動弁、コンクリート構築物については流路、バウンダリとしての機能が火災により影響を受けることは考えにくいため、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

- フェイルセーフ設計の火災防護対象機器のみを設置する火災区域又は火災区画

フェイルセーフ設計の設備については火災により動作機能を喪失した場合であっても、安全機能が影響を受けることは考えにくいため、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。



(a) 潤滑油内包機器の消火設備の例



(b) 電気品消火設備の例（ケーブルトレイを例示）

第 1-21 図：局所ガス消火設備の概要

(d) 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画に設置する消火設備

○ 非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域及び燃料移送系ポンプ区域

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域及び燃料移送系ポンプ区域については、消火器又は移動式消火設備で消火を行う設計とする。

○ 可燃物が少ない火災区域又は火災区画

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画のうち、中央制御室以外で可燃物が少ない火災区域又は火災区画については、消火器で消火を行う設計とする。これらの火災区域又は火災区画に対する消火器の配備については、消防法施行規則第六、七条に基づき各フロアの床面積から算出される必要量の消火器を建屋通路部に設置することに加え、可燃物の少ない火災区域又は火災区画の入口扉の近傍に配備する設計とする。

○ 中央制御室

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない中央制御室には、全域ガス消火設備及び局所ガス消火設備は設置せず、消火器で消火を行う設計とする。中央制御盤内の火災については、電気機器への影響がない二酸化炭素消火器で消火を行う。中央制御室床下フリーアクセスフロアについては、中央制御室からの手動操作により早期の起動が可能な固定式ガス消火設備（消火剤はハロン1301）を設置し、消火を行う設計とする。

○ 原子炉格納容器

原子炉格納容器内において万一、火災が発生した場合でも、原子炉格納容器の空間体積（約 7,300m³）に対してページ用排風機の容量が 22,000m³/h であることから、煙が充満しないため、消火活動が可能である。

よって、原子炉格納容器内の消火については、消火器を用いて行う設計とする。また、消火栓を用いても対応できる設計とする。

低温停止中の原子炉格納容器内の火災に対して設置する消火器については、消防法施行規則第六、七条に基づき算出される必要量の消火剤を有する消火器を設置する設計とする。設置位置については、原子

炉格納容器内の各フロアに対して火災防護対象機器並びに火災源から消防法施行規則に定めるところの 20m 以内の距離に配置する。また、原子炉格納容器全体漏えい率検査及び起動中においては、原子炉格納容器内から消火器を移動し、原子炉格納容器内の 1 フロア分の消火器（上部 8 台、下部 4 台）を所員用エアロック室に配置し、残りの消火器は所員用エアロック室近傍に配置する。

原子炉格納容器内の火災発生時には、自衛消防隊（運転員、消防隊）が建屋内の消火器を持って現場に向かうことを定め、定期的に訓練を実施する。

原子炉格納容器内での消火栓による消火活動を考慮し、所員用エアロック室及び機器搬入ハッチ室（原子炉建屋地下 2 階及び 2 階）に必要な数量の消火ホースを配備する設計とする。

定期検査中において、原子炉格納容器内での点検に関連し、火気作業、危険物取扱作業を実施する場合は、火災防護計画にて定める管理手順に従って消火器を配備する。（資料 8）

② 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備は，当該火災区域又は火災区画が，火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画であるかを考慮して設計する。

a. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画の選定

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画については，火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるものとして選定する。

b. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画であって，煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画を以下に示す。

(a) 復水貯蔵槽

復水貯蔵槽は，側面と底面が金属とコンクリートに覆われており，槽内は水で満たされていることから，火災の発生並びに煙の充満のおそれはない。

(b) 使用済燃料プール

使用済燃料プールは，側面と底面が金属とコンクリートに覆われており，プール内は水で満たされていることから，火災の発生並びに煙の充満のおそれはない。

(c) 使用済樹脂槽

使用済樹脂槽は，金属とコンクリートに覆われており，槽内は水で満たされていることから，火災の発生並びに煙の充満のおそれはない。

c. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画に設置する消火設備（資料9）

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画のうち，火災発生時の煙の充満又は

放射線の影響により消火活動が困難となる放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画には，自動又は中央制御室からの手動操作による固定式消火設備である全域ガス消火設備を設置し消火を行う設計とする。なお，この固定式消火設備に使用するガスは，消防法施行規則を踏まえハロゲン化合物消火剤とする。ただし，以下については，上記と異なる消火設備を設置し消火を行う設計とする。

(a) 気体廃棄物処理設備設置区画（気体廃棄物処理設備エリア排気モニタ検出器を含む）

気体廃棄物処理系は不燃性材料である金属により構成されており，フェイル・クローズ設計の隔離弁を設ける設計とすることにより，火災による安全機能への影響は考えにくい。また，放射線モニタ検出器は隣接した検出器間をそれぞれ異なる火災区画に設置する設計とし，火災発生時に同時に監視機能が喪失することを防止する。加えて，消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより区画内の火災荷重を低く管理する。よって，消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

(b) 液体廃棄物処理設備設置区画

液体廃棄物処理系は不燃性材料である金属により構成されており，フェイル・クローズ設計の隔離弁を設ける設計とすることにより，火災による安全機能への影響は考えにくい。加えて，消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより区画内の火災荷重を低く管理する。よって，消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

(c) 圧力抑制室プール水排水設備設置区画

圧力抑制室プール水排水系は不燃性材料である金属により構成されており，通常時閉状態の隔離弁を多重化して設ける設計とすることにより，火災による安全機能への影響は考えにくい。加えて，消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことで区画内の火災荷重を低く管理する。よって，消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

(d) 新燃料貯蔵庫

新燃料貯蔵庫は，金属とコンクリートに覆われており火災による安全機能への影響は考えにくい。加えて，消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことで庫内の火災荷重を低く管理する。よって，消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

(e) 固体廃棄物貯蔵庫

固体廃棄物貯蔵庫は、コンクリートで構築された建屋内に設置されていること、固体廃棄物は金属製のドラム缶に収められていることから火災による安全機能への影響は考えにくい。加えて、消火活動の妨げとならないよう庫内の可燃物管理を行うことにより火災荷重を低く管理する。よって、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

(f) 焼却炉建屋

焼却炉建屋は、コンクリートで構築された建屋であり、火災による安全機能への影響は考えにくい。加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことで建屋内の火災荷重を低く管理する。よって、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

(g) 使用済燃料輸送容器保管建屋

使用済燃料輸送容器保管建屋は、コンクリートで構築された建屋であり、火災による安全機能への影響は考えにくい。加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことで建屋内の火災荷重を低く管理する。よって、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

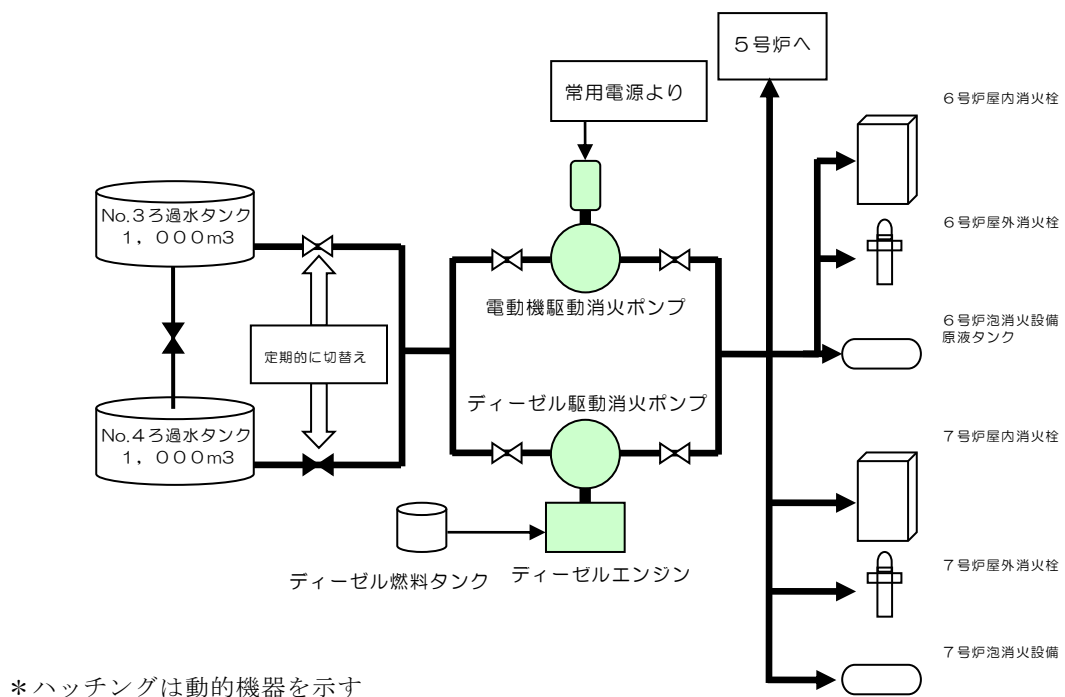
d. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画に設置する消火設備

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画のうち、煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画については内部に水を内包し、火災の発生が考えにくいことから消火設備を設置しない設計とする。

③ 消火用水供給系の多重性又は多様性の考慮

消火用水供給系の水源は、5号、6号及び7号炉共用のろ過水タンク（約1,000 m³）を2基設置し、多重性を有する設計とする。（第1-22図）

消火用水供給系の消火ポンプは、電動機駆動消火ポンプ及びディーゼル駆動消火ポンプをそれぞれ1台以上設置し、多様性を有する設計とする。なお、消火ポンプについては外部電源喪失時であっても機能を喪失しないよう、ディーゼル駆動消火ポンプについては起動用の蓄電池を設置する設計とする。



第1-22図：消火用水供給系の概要

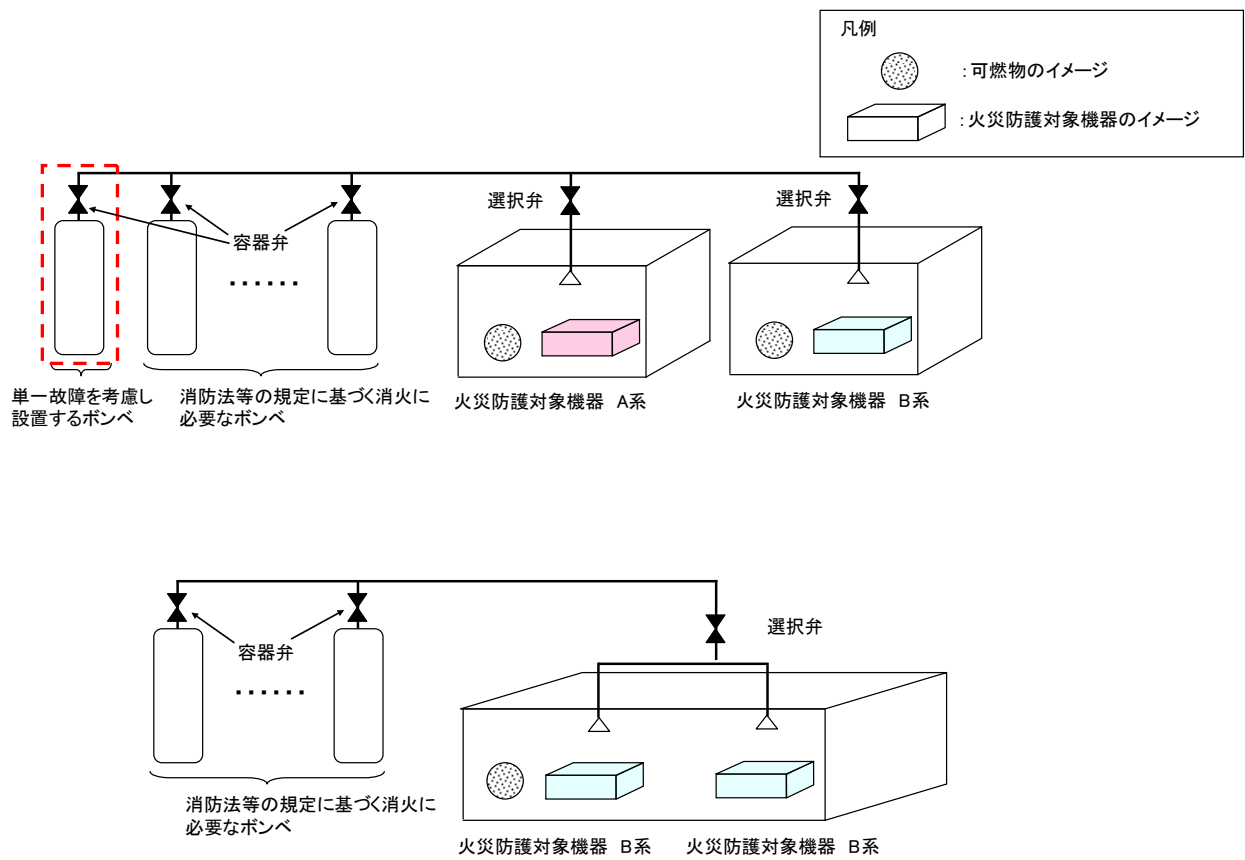
④ 系統分離に応じた独立性の考慮

火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離を行うために設けられた火災区域又は火災区画に設置する二酸化炭素消火設備及び全域ガス消火設備は、火災区域又は火災区画ごとに設置する設計とする。

系統分離された火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを設置するそれぞれの火災区域又は火災区画に対して1つの消火設備で消火を行う場合は、以下に示すとおり、系統分離に応じた独立性を備えた設計とする。

(第 1-23 図)

- ・ 静的機器である消火配管は、24 時間以内の単一故障の想定が不要であり、また、基準地震動で損傷しないよう設計するため、多重化しない設計とする。
- ・ 動的機器である選択弁及び容器弁について、単一故障を想定しても、系統分離された火災区域又は火災区画に対して消火設備が同時に機能喪失しない設計とする。具体的には、容器弁及びポンペを必要数より 1 つ以上多く設置する。また、容器弁の作動のための圧力信号についても動的機器の単一故障により同時に機能を喪失しない設計とする。さらに、選択弁を介した一つのラインで系統分離された相互の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを消火する場合は、当該選択弁を多重化する。



第 1-23 図：系統分離に応じた独立性を考慮した消火設備の概要図

⑤ 火災に対する二次的影響の考慮

二酸化炭素消火設備及び全域ガス消火設備は、電気絶縁性の高いガスを採用することで、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、流出流体、断線及び爆発等の二次的影響が、火災が発生していない安全機能を有する構築物、系統及び機器に及ぼさない設計とする。また、防火ダンパを設け煙の二次的影響が安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさない設計とする。

これら消火設備のポンペ及び制御盤は、消火対象となる機器が設置されている火災区域又は火災区画とは別の火災区域又は火災区画に設置し、火災による熱の影響を受けても破損及び爆発が発生しないよう、ポンペに接続する安全弁によりポンペの過圧を防止する設計とする。

局所ガス消火設備は、電気絶縁性の高いガスを採用するとともに、ケーブルトレイ消火設備及び電源盤・制御盤消火設備については、ケーブルトレイ内又は盤内に消火剤をとどめることで、ポンプ用の局所ガス消火設備については、消火対象とは十分離れた位置にポンペ及び制御盤等を設置することで、火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線及び爆発等の二次的影響が、火災が発生していない安全機能を有する構築物、系統及び機器に及ぼさない設計とする。また、中央制御室フリーアクセスフロアに設置する固定式ガス消火設備についても電気絶縁性が高く、人体への影響が小さいハロン 1301 を採用するとともに、消火対象となる機器が設置されている火災区域又は火災区画とは別の火災区域又は火災区画に設置し、火災による熱の影響を受けても破損及び爆発が発生しないよう、ポンペに接続する安全弁によりポンペの過圧を防止する設計とする。

⑥ 想定火災の性質に応じた消火剤の容量

油火災（発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備や燃料タンクからの火災）が想定される非常用ディーゼル発電機室及び非常用ディーゼル発電機燃料ディタンク室には、消火性能の高い二酸化炭素消火設備を設置しており、消防法施行規則第十九条に基づき算出される必要量の消火剤を配備する設計とする。（第 1-8 表）

その他の火災防護対象機器がある火災区域又は火災区画に設置する全域ガス消火設備並びに局所ガス消火設備については、消防法施行規則第二十条並びに試験結果に基づき、単位体積あたりに必要な消火剤を配備する設計とする。特に、複数の場所に対して消火する設備の消火剤の容量は、複数の消火対象場所のうち必要な消火剤が最大となる場所の必要量以上となるよう設計する。

火災区域又は火災区画に設置する消火器については、消防法施行規則第六～八条に基づき延床面積又は床面積から算出される必要量の消火剤を配備する設計とする。

消火剤に水を使用する水消火設備の容量は、「⑧消火用水の最大放水量の確保」に示す。

第 1-8 表：非常用ディーゼル発電機室等の消火剤
(7号炉非常用ディーゼル発電機室(A)，非常用ディーゼル発電機
燃料ディタンク室(A)の例)

	容積 (m ³)	消火に必要な 消火剤容量 (kg)	消火用ポンベ容量	
			容量 (kg)	本数
非常用ディーゼル 発電機室	1,050.9	840.8	945.0	21
非常用ディーゼル発電機 燃料ディタンク室	127.5	114.9	135.0	3

⑦ 移動式消火設備の配備

移動式消火設備は、「実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則」第八十三条第五号に基づき，恒設の消火設備の代替として消火ホース等の資機材を備え付けている化学消防自動車（2台，泡消火薬剤 500L／台），泡消火薬剤備蓄車（1台，泡消火薬剤 1,000 L／台），水槽付消防自動車（1台，水槽 2,000 L／台）及び消防ポンプ自動車（1台），1,000 L の泡消火薬剤を配備する設計とする。（第 1-24 図）

自衛消防隊は，自衛消防隊詰め所に 24 時間待機していることから，速やかな消火活動が可能である。

自衛消防隊詰め所近傍には，化学消防自動車（1台），水槽付消防自動車又は消防ポンプ自動車（1台），泡消火薬剤備蓄車（1台），泡消火薬剤（1,500 L）を配備し，荒浜側高台の保管場所には，化学消防自動車（1台），消防ポンプ自動車又は水槽付消防自動車（1台），泡消火薬剤（1,500 L）を配備し位置的に分散配備する。これにより，万一，自衛消防隊詰め所近傍に配備した消防自動車が出動不可能な場合でも，自衛消防隊員が自衛消防隊詰め所から荒浜側高台保管場所に 45 分以内に到着することで，当該場所に保管している消防自動車を用いた速やかな消火活動が可能である。（第 1-25 図）



化学消防自動車 (1号)



化学消防自動車 (2号)



水槽付消防自動車



泡消火薬剤備蓄車

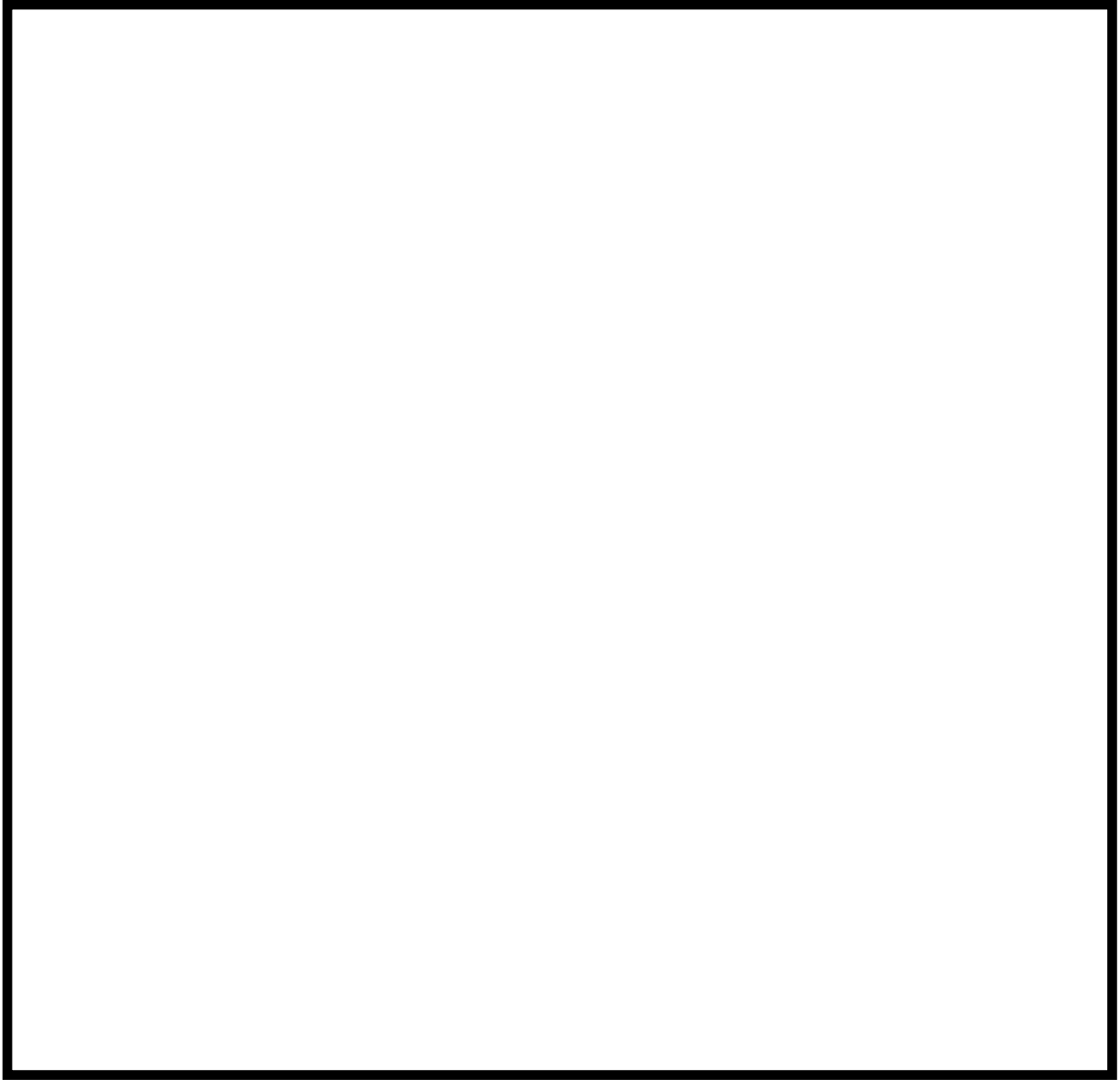


泡消火薬剤



消防ポンプ自動車

第 1-24 図：移動式消火設備の例



第 1-25 図：移動式消火設備の配置の概要

⑧ 消火用水の最大放水量の確保

消火用水供給系の水源の供給先は屋内及び屋外の各消火栓である。屋内及び屋外の消火栓については、消防法施行令第十一条（屋内消火栓設備に関する基準）及び消防法施行令第十九条（屋外消火栓設備に関する基準）を満足するよう、2時間の最大放水量（120 m³）を確保する設計とする。また、消火用水供給系の水源は5～7号炉で共用であるが、万一、5号炉、6号炉、7号炉それぞれ単一の火災が同時に発生し消火栓による放水を実施した場合に必要な360 m³に対して、十分な水量である2,000 m³を確保する設計とする。

・ 消防法施行令第十一条の要求

$$\begin{aligned} \text{屋内消火栓必要水量} &= 2 \text{ (個の消火栓)} \times 130\text{L}/\text{min} \times 2 \text{ 時間} \\ &= 31.2\text{m}^3 \end{aligned}$$

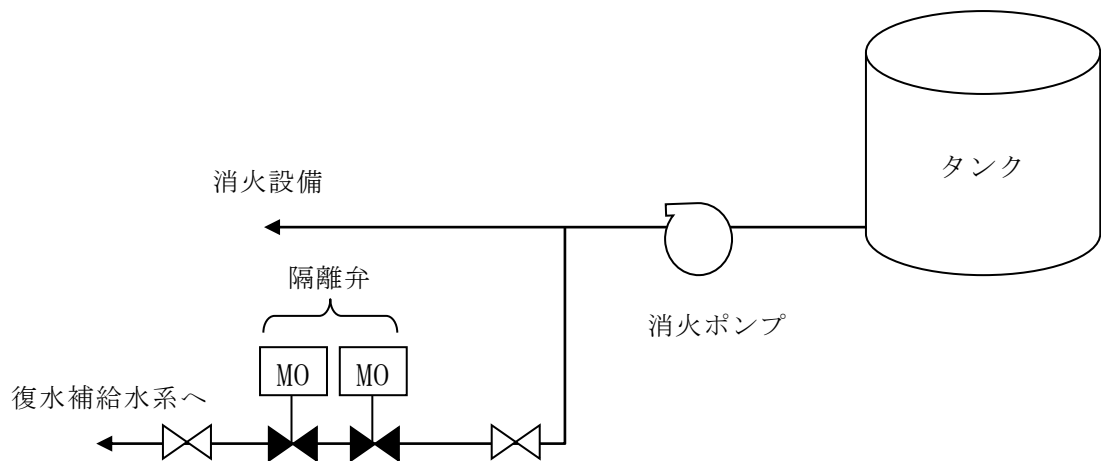
・ 消防法施行令第十九条の要求

$$\begin{aligned} \text{屋外消火栓必要水量} &= 2 \text{ (個の消火栓)} \times 350\text{L}/\text{min} \times 2 \text{ 時間} \\ &= 84.0\text{m}^3 \end{aligned}$$

したがって、2時間の放水に必要な水量は、屋内及び屋外消火栓の必要水量の総和となり、 $31.2\text{m}^3 + 84.0\text{m}^3 = 115.2\text{m}^3 \approx 120\text{m}^3$

⑨ 水消火設備の優先供給

消火用水供給系は，復水補給水系へ送水するラインと接続されているが，復水補給水系隔離弁を設置し通常全閉とすることで消火用水供給系の供給を優先する設計とする。また，水道水系等と共用する場合には，隔離弁を設置し通常時全閉とすることで消火用水供給系の供給を優先する設計とする。なお，水道水系とは共用しない設計とする。（第 1-26 図）



第 1-26 図：消火用水供給系の優先供給の概略図

⑩ 消火設備の故障警報

消火ポンプ、全域ガス消火設備等の消火設備は、下表に示すとおり電源断等の故障警報を中央制御室に吹鳴する設計とする。

(第 1-9 表)

なお、消火設備の故障警報が発報した場合には、中央制御室及び必要な現場の制御盤警報を確認し、消火設備が故障している場合には早期に補修を行う。

第 1-9 表：消火設備の主な警報

設 備		主な警報要素	
消火 ポンプ	電動機駆動	・故障 ・主管圧力低	・現場盤電源断
	ディーゼル駆動	・異常	・現場盤電源断
全域ガス 消火設備	CO2 消火設備	・火災検知 ・起動	・故障一括 ・ガス放出
	ハロン 1301 消火設備	・火災検知 ・起動	・故障一括 ・ガス放出
	HFC 消火設備	・火災検知 ・起動	・故障一括 ・ガス放出
局所ガス 消火設備	ハロン 1301 消火設備	・火災検知 ・起動	・故障一括 ・ガス放出
	FK-5-1-12 消火設備*	・ガス放出	

※火災検知については火災区域に設置された感知器又は消火設備のガス放出信号により中央制御室に警報発報。

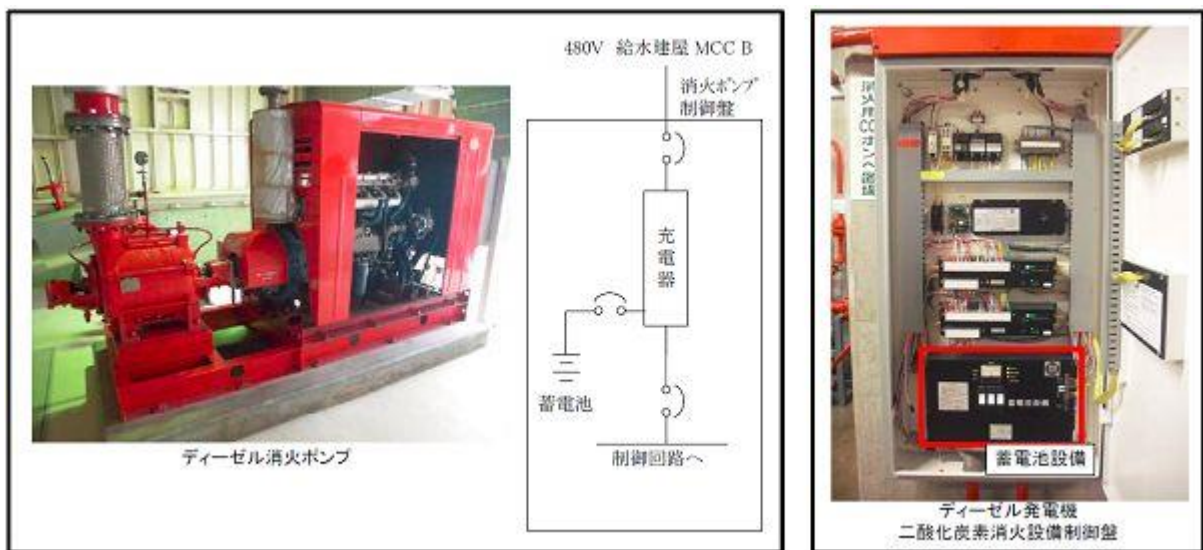
また、作動原理を含め極めて単純な構造であることから故障は考えにくいですが、誤作動についてはガス放出信号により確認可能。

⑪ 消火設備の電源確保

消火用水供給系のうち、電動機駆動消火ポンプは常用電源から受電する設計とするが、ディーゼル駆動消火ポンプは、外部電源喪失時でもディーゼル機関を起動できるように蓄電池により電源を確保する設計とし、外部電源喪失時においてもディーゼル機関から消火ポンプへ動力を供給することによって消火用水供給系の機能を確保することができる設計とする。(第1-27 図)

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の二酸化炭素消火設備，全域ガス消火設備及び局所ガス消火設備は，外部電源喪失時にも消火が可能となるよう，非常用電源から受電するとともに，設備の動作に必要な電源を供給する蓄電池も設ける設計とする。

なお，ケーブルトレイ用の局所ガス消火設備は，動作に電源が不要な設計とする。



第 1-27 図：消火設備の電源確保の概要

⑫ 消火栓の配置

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火栓は，消防法施行令第十一条（屋内消火栓設備に関する基準）及び第十九条（屋外消火栓設備に関する基準）に準拠し，屋内は消火栓から半径 25m の範囲を考慮して配置し，屋外は消火栓から半径 40m の範囲における消火活動を考慮して配置することによって，全ての火災区域又は火災区画の消火活動に対処できるように配置する設計とする。(資料 6 添付資料 9)

⑬ 固定式消火設備等の職員退避警報

固定式消火設備である全域ガス消火設備及び二酸化炭素消火設備は、動作前に職員等の退出ができるように警報又は音声警報を吹鳴し、20秒以上の時間遅れをもってガス又は二酸化炭素を放出する設計とする。(第1-28図)また、二酸化炭素消火設備については、人体への影響を考慮し、入退室の管理を行う設計とする。

非常用ディーゼル発電機の二酸化炭素消火設備の動作について、添付資料6に示す。

局所ガス消火設備のうち発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備に設置するものについては、消火剤に毒性がないが、消火時に生成されるフッ化水素ガスが周囲に拡散することを踏まえ、設備動作前に退避警報を発する設計とする。また、局所ガス消火設備のうちケーブルトレイ、電源盤又は制御盤に設置するものについては、消火剤に毒性がなく、消火時に生成されるフッ化水素ガスは延焼防止シートを設置したケーブルトレイ内又は金属製筐体で構成される盤内に留まり、外部に有意な影響を及ぼさないため、設備動作前に退避警報を発しない設計とする。



表示灯



スピーカー



回転灯

第 1-28 図：全域ガス消火設備，二酸化炭素消火設備の職員退避警報装置の例

⑭ 管理区域内からの放出消火剤の流出防止

管理区域内で放出した消火水は、放射性物質を含むおそれがあることから、汚染された液体が管理されない状態で管理区域外への流出を防止するため、管理区域と非管理区域の境界に堰等を設置するとともに、各フロアの建屋内排水系によって液体廃棄物処理系に回収し、処理する設計とする。万一、流出した場合であっても建屋内排水系から系外に放出する前にサンプリングを実施し、検出が可能な設計とする。

⑮ 消火用非常照明

建屋内の消火栓、消火設備現場盤の設置場所及び設置場所への経路には、移動及び消火設備の操作を行うため、現場への移動等の時間（最大約1時間程度（中央制御室での感知後、建屋内の火災発生場所に到達する時間約10分、消火活動準備約30～40分（訓練実績）））に加え消防法の消火継続時間20分も考慮して、12時間以上の容量の蓄電池を内蔵する照明器具を設置する設計とする。（第1-29図）

消火用非常照明器具の配置を添付資料7に示す。



第1-29図：消火用非常照明の設置例

以上より、消火設備は火災防護に係る審査基準に則った設計とすることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

2.1.2.2. 地震等の自然現象への対策

[要求事項]

2.2.2 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に示すように、地震等の自然現象によっても、火災感知及び消火の機能、性能が維持される設計であること。

- (1) 凍結するおそれがある消火設備は、凍結防止対策を講じた設計であること。
- (2) 風水害に対して消火設備の性能が著しく阻害されない設計であること。
- (3) 消火配管は、地震時における地盤変位対策を考慮した設計であること

(参考)

火災防護対象機器等が設置される火災区画には、耐震 B・C クラスの機器が設置されている場合が考えられる。これらの機器が基準地震動により損傷し S クラス機器である原子炉の火災防護対象機器の機能を失わせることがないことが要求される場所であるが、その際、耐震 B・C クラス機器に基準地震動による損傷に伴う火災が発生した場合においても、火災防護対象機器等の機能が維持されることについて確認されていなければならない。

- (2) 消火設備を構成するポンプ等の機器が水没等で機能しなくなることを防ぐよう、設計に当たっては配置が考慮されていること。

柏崎刈羽原子力発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき自然現象としては、網羅的に抽出するために、発電所敷地及びその周辺での発生実績の有無に関わらず、国内外の基準や文献等に基づき事象を収集した。これらの事象のうち、発電所及びその周辺での発生可能性、安全施設への影響度、事象進展速度や事象進展に対する時間的余裕の観点から、原子炉設備に影響を与えるおそれがある事象として、地震、津波、風（台風）、竜巻、低温（凍結）、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響及び生物学的事象を抽出した。

これらの自然現象に対して火災感知設備及び消火設備の機能を維持する設計とし、落雷については、「2.1.1.3(1) 落雷による火災の発生防止」に示す対策により、機能を維持する設計とする。

低温（凍結）については、「(1)凍結防止対策」に示す対策により機能を維持する設計とする。風（台風）に対しては、「(2)風水害対策」に示す対策により機能を維持する設計とする。地震については、「(3)地震対策」に示す対策により機能を維持する設計とする。

上記以外の津波、竜巻、降水、積雪、地滑り、火山の影響及び生物学的事象については、「(4)想定すべきその他の自然現象に対する対策について」に示す対策により機能を維持する設計とする。

また、森林火災についても、「(4) 想定すべきその他の自然現象に対する対策について」に示す対策により機能を維持する設計とする。

(1) 凍結防止対策

屋外に設置する火災感知設備及び消火設備は、柏崎刈羽原子力発電所において考慮している最低気温 -15.2°C まで気温が低下しても使用可能な火災感知設備及び消火設備を設置する設計とする。

屋外消火設備の配管は、保温材等により配管内部の水が凍結しない設計とする。また、屋外消火栓本体はすべて、凍結を防止するため、通常はブロー弁を常時開として消火栓本体内に水が排水され、消火栓を使用する場合には屋外消火栓バルブを回転させブロー弁を閉にして放水可能とする双口地上式（不凍式消火栓型^{※1}）を採用する設計とする。（第 1-30～33 図）

以上より、火災感知設備及び消火設備は、凍結防止対策を実施する設計とすることから、火災防護に係る審査基準に適合するものとする。

※1 管内の水を抜いたり加熱保温したりする作業を必要とせず、常に給水を止めることなく、管や機器内に滞留する凍結前の水を自動的に管外に排水させ、凍結による閉塞や破損を未然に防ぐ自動弁を取り付けているもの。



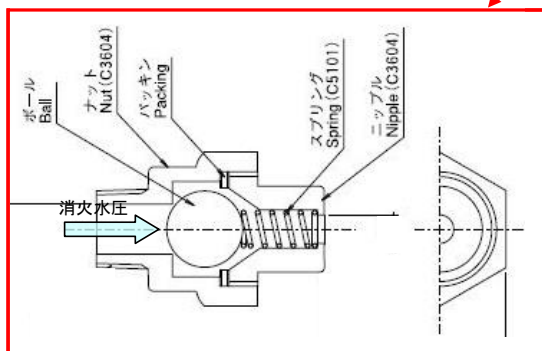
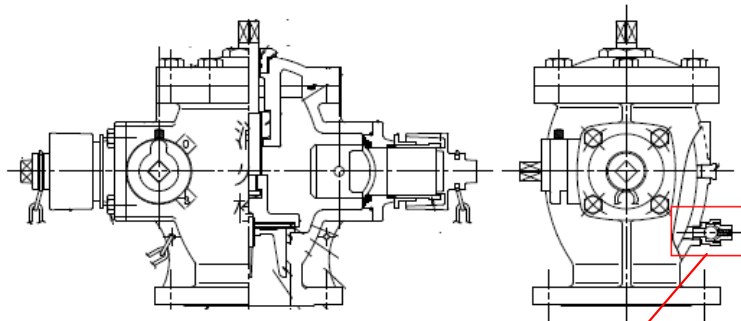
第 1-30 図：5～7 号炉 屋外消火栓配置図



第 1-31 図：屋外消火配管への保温材設置状況

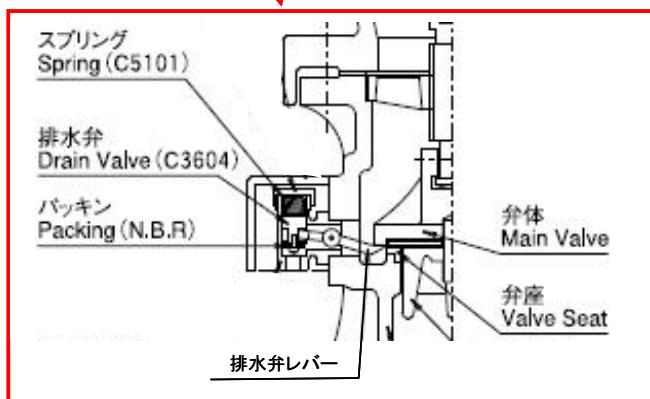
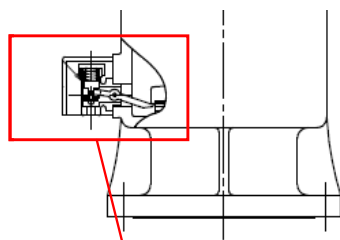


第 1-32 図：不凍式消火栓の設置状況



＜自動排水弁機構＞

消火栓使用時には水圧によりボールが押されることで排水弁が閉まる。
通常時はスプリングによりボールが開き、内部の水が排水される。



＜強制排水弁機構＞

消火栓使用時は主弁（弁体）が上に上がり、スプリングにより排水弁が閉まる。
主弁を閉めると、排水弁はレバーにより持ち上げられ、内部の水が排水される。

第 1-33 図：不凍式消火栓の構造の概要

(2) 風水害対策

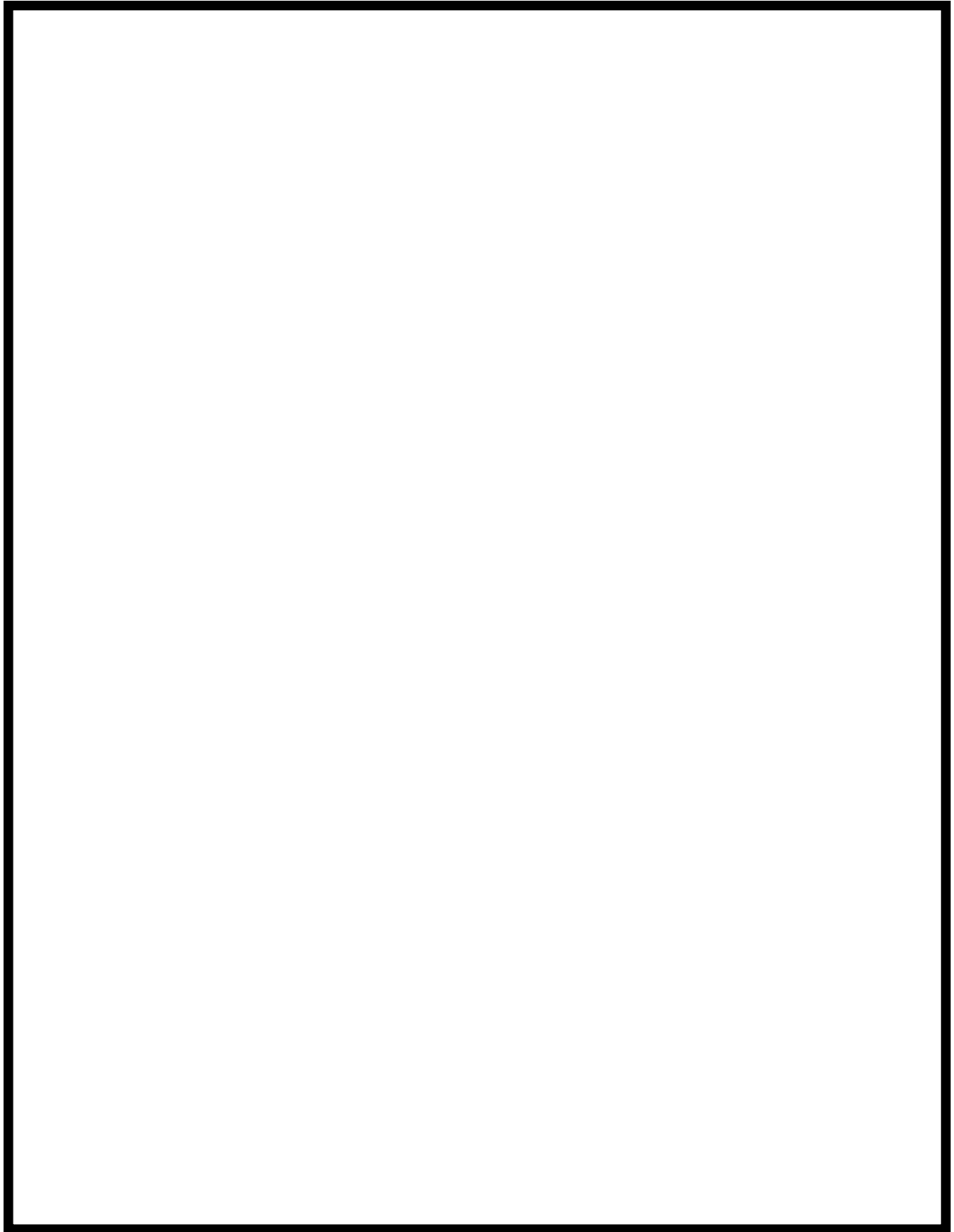
消火用水供給系の消火設備を構成する電動機駆動消火ポンプ及びディーゼル駆動消火ポンプ等の機器は，風水害に対してその性能が著しく阻害されることがないように，壁及び扉に対して浸水対策を実施した建屋内に配置する設計とする。(第 1-34 図)

二酸化炭素消火設備，全域ガス消火設備及び局所ガス消火設備についても，風水害に対してその性能が著しく阻害されることがないように，原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋等の建屋内に配置する設計とする。

屋外の火災感知設備は，屋外仕様とした上で火災感知器予備を保有し，万一，風水害の影響を受けた場合には，早期に取替えを行うことにより当該設備の機能及び性能を復旧する設計とする。

屋外消火栓は風水害に対してその性能が著しく阻害されることがないように，雨水の浸入等により動作機構が影響を受けない機械式を用いる設計とする。

以上より，火災感知設備及び消火設備は，風水害対策を実施する設計とすることから，火災防護に係る審査基準に適合するものとする。



第 1-34 図：消火ポンプ設置エリアの浸水対策

(3) 地震対策

① 地震対策

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備及び消火設備は，安全機能を有する構築物，系統及び機器の耐震クラスに応じて機能を維持できる設計とする。

安全機能を有する構築物，系統及び機器に影響を及ぼす可能性がある火災区域又は火災区画に設置される，油を内包する耐震 B クラス及び耐震 C クラスの機器は，以下のいずれかの設計とすることにより，地震によって耐震 B クラス及び耐震 C クラスの機器が機能喪失しても安全機能を有する構築物，系統及び機器の機能喪失を防止する設計とする。

- ・ 基準地震動により油が漏えいしない。
- ・ 基準地震動によって火災が発生しても，安全機能を有する構築物，系統及び機器に影響を及ぼすことがないよう，基準地震動に対して機能維持する固定式消火設備によって速やかに消火する。
- ・ 基準地震動によって火災が発生しても，安全機能を有する機器の機能に影響を及ぼすことがないよう隔壁等により分離する。

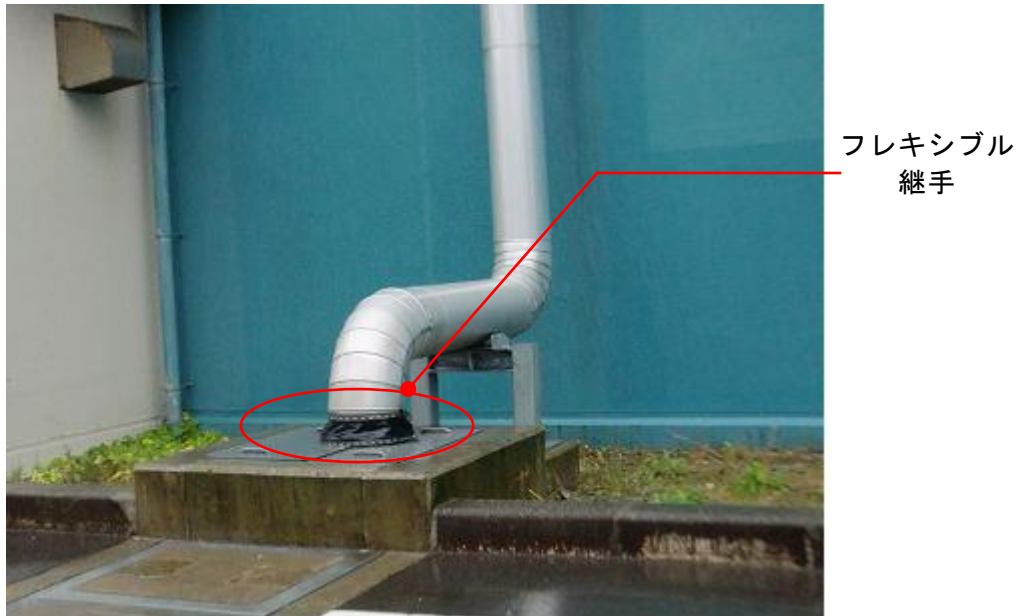
② 地盤変位対策

屋外消火配管は，地上又はトレンチに設置し，地震時における地盤変動に対して，その配管の自重や内圧，外的荷重を考慮しても地盤沈下による建屋と周辺地盤との相対変位を 1m 許容できる設計とする。

また，地盤変位対策として，タンクと配管の継手部へのフレキシブル継手を採用する設計や，建屋等の取り合い部における消火配管の曲げ加工(地震時の地盤変位を配管の曲げ変形で吸収)を行う設計とする。(第 1-35 図)

さらに，万一屋外消火配管が破断した場合でも移動式消火設備を用いて屋内消火栓へ消火水の供給ができるよう，建屋に給水接続口を設置する設計とする。

以上より，火災感知設備及び消火設備は，地震対策及び地盤変位対策を実施する設計とすることから，火災防護に係る審査基準に適合するものとする。



第 1-35 図：地盤変位対策の実施例

(4) 想定すべきその他の自然現象に対する対策について

上記の自然現象を除き，柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉で考慮すべき自然現象については，津波，竜巻，降水，積雪，地滑り，火山の影響及び生物学的事象がある。これらの自然現象及び森林火災により感知及び消火の機能，性能が阻害された場合は，原因の除去又は早期の取替え，復旧を図る設計とするが，必要に応じて火災監視員の配置や，代替消火設備の配備等を行い，必要な性能を維持することとする。

2.1.2.3. 消火設備の破損，誤動作又は誤操作への対策

[要求事項]

2.2.3 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、消火設備の破損、誤動作又は誤操作によって、安全機能を失わない設計であること。また、消火設備の破損、誤動作又は誤操作による溢水の安全機能への影響について「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」により確認すること。

(参考)

原子力発電所の内部溢水影響評価ガイドでは、発生要因別に分類した以下の溢水を想定することとしている。

- a. 想定する機器の破損等によって生じる漏水による溢水
- b. 発電所内で生じる異常状態（火災を含む。）の拡大防止のために設置される系統からの放水による溢水
- c. 地震に起因する機器の破損等により生じる漏水による溢水

このうち、b.に含まれる火災時に考慮する消火水系統からの放水による溢水として、以下が想定されていること。

- ① 火災感知により自動作動するスプリンクラーからの放水
- ② 建屋内の消火活動のために設置される消火栓からの放水
- ③ 原子炉格納容器スプレイ系統からの放水による溢水

二酸化炭素は不活性であること，全域ガス消火設備及び局所ガス消火設備で使用するハロゲン化物消火剤は，電気絶縁性が大きく揮発性も高いことから，設備の破損，誤動作又は誤操作により消火剤が放出されても電気及び機械設備に影響を与えないため，火災区域又は火災区画に設置するガス消火設備には，二酸化炭素消火設備，ハロゲン化物消火剤を用いた全域ガス消火設備又は局所ガス消火設備を選定する設計とする。

なお，非常用ディーゼル発電機は，非常用ディーゼル発電機室に設置する二酸化炭素消火設備の破損，誤動作又は誤操作によって二酸化炭素が放出されることによる窒息を考慮しても機能が喪失しないよう，外部から直接給気を取り入れる設計とする。

消火設備の放水等による溢水等に対しては，「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第九条に基づき，安全機能へ影響がないよう設計する。

以上より、ガス消火設備については、設備の破損、誤動作又は誤操作によっても電気及び機械設備に影響を与えないこと、消火設備の放水等による溢水等に対しては「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第九条に基づき、安全機能へ影響がないことを確認していることから、火災防護に係る審査基準に適合するものとする。

2.1.3. 火災の影響軽減

2.1.3.1. 系統分離による影響軽減

[要求事項]

2.3.1 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し、以下の各号に掲げる火災の影響軽減のための対策を講じた設計であること。

(1) 原子炉の高温停止及び低温停止に係わる安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域については、3 時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって他の火災区域から分離すること。

(2) 原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その相互の系統分離及びこれらに関連する非安全系のケーブルとの系統分離を行うために、火災区画内又は隣接火災区画間の延焼を防止する設計であること。

具体的には、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルが次に掲げるいずれかの要件を満たしていること。

a. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間が 3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離されていること。

b. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間の水平距離が 6m 以上あり、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。この場合、水平距離間には仮置きするものを含め可燃性物質が存在しないこと。

c. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間が 1 時間の耐火能力を有する隔壁等で分離されており、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。

(3) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域については、3 時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって他の火災区域から分離されていること。

(4) 換気設備は、他の火災区域の火、熱、又は煙が安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域に悪影響を及ぼさないように設計すること。また、フィルタの延焼を防護する対策を講じた設計であること。

(5) 電気ケーブルや引火性液体が密集する火災区域及び中央制御室のような通常運転員が駐在する火災区域では、火災発生時の煙を排気できるように排煙設備を設置すること。なお、排気に伴い放射性物質の環境への放出を抑制する必要が生じた場合には、排気を停止できる設計であること。

(6) 油タンクには排気ファン又はベント管を設け、屋外に排気できるように設計されていること。

(参考)

- (1) 耐火壁の設計の妥当性が、火災耐久試験によって確認されていること。
- (2)-1 隔壁等の設計の妥当性が、火災耐久試験によって確認されていること。
- (2)-2 系統分離を b. (6m 離隔＋火災感知・自動消火) または c. (1 時間の耐火能力を有する隔壁等＋火災感知・自動消火) に示す方法により行う場合には、各々の方法により得られる火災防護上の効果が、a. (3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等) に示す方法によって得られる効果と同等であることが示されていること。

安全機能を有する構築物，系統及び機器の重要度に応じ，それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し，火災の影響軽減のための対策を講じる設計とする。

(資料 7)

なお，資料 8 で示すが，柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉において，等価火災時間が 3 時間以上となる火災区域は一部存在するものの，運転員が常駐している，又は固定式消火設備を設置していることから早期感知・早期消火が可能であり，3 時間以上の火災は想定されない。

したがって，3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等によって，「原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持する」機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画を他の火災区域又は火災区画と分離することによって，単一火災によっても多重化されたそれぞれの「原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持する」機能が同時に喪失することはなく，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持ができる。

(1) 原子炉の高温停止及び低温停止の達成，維持に関わる火災区域の分離

原子炉の高温停止及び低温停止の達成，維持に必要な構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画は，3 時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である 123mm より厚い 140mm 以上の壁厚を有するコンクリート壁並びに 3 時間耐火に設計上必要なコンクリート厚である 219mm より厚い床，天井又は火災耐久試験により 3 時間以上の耐火能力を有する耐火壁（強化石膏ボード，貫通部シール，防火扉，防火ダンパ，天井デッキスラブ）によって，隣接する他の火災区域から分離するよう設定する。

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するための安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域については，系統分離のため区分Ⅰに属する火災区域とその他の区分に属する火災区域に分け，互いの火災区域を分離して設定する。

なお、火災区域のファンネルには、他の火災区域からの煙の流入による安全機能への影響防止を目的として、煙等流入防止装置を設置する設計とする。

原子炉格納容器は、3時間以上の耐火能力を有するコンクリート壁により他の火災区域と分離する。

以上より、原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持に関わる火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって他の火災区域と分離する設計であることから、火災防護に係る審査基準に適合するものとする。

(2) 火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離

火災が発生しても原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するためには、プロセスを監視しながら原子炉を停止し、冷却を行うことが必要であり、このためには、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機能を確保するための手段を、手動操作に期待してでも、少なくとも一つ確保するよう系統分離対策を講じる必要がある。

このため、単一火災（任意の一つの火災区域で発生する火災）の発生によって、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機能を有する多重化されたそれぞれの系統が同時に機能喪失することのないよう、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要となる火災防護対象機器及び火災防護対象機器の駆動若しくは制御に必要となる火災防護対象ケーブルについて以下に示すいずれかの系統分離対策を講じる設計とする。系統分離に当たっては、互いに相違する系列の火災防護対象機器、火災防護対象ケーブル及びこれらに関連する非安全系ケーブルの系統分離を行う設計とする。

a. 3時間以上の耐火能力を有する隔壁等による分離

互いに相違する系統の火災防護対象機器、火災防護対象ケーブルを、火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を確認した隔壁等で分離する設計とする。具体的には、安全系区分Ⅰに属する火災区域を、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁（強化石膏ボード、貫通部シール、防火扉、防火ダンパ）・隔壁等（耐火間仕切り、ケーブルトレイ等耐火ラッピング）で分離する設計とする。（第1-36図）

区分Ⅰ・Ⅱの境界を
火災区域の境界とし
て3時間以上の耐火
能力を有する隔壁等
で分離

単一火災によっても
区分Ⅰ・Ⅱが同時に
機能喪失することを
回避し、高温停止・
低温停止を達成

安全系区分	区分Ⅰ	区分Ⅱ	区分Ⅲ*
高温停止	原子炉隔離時冷却系 [RCIC]	高圧炉心注水系 (B) [HPCF (B)]	高圧炉心注水系 (C) [HPCF (C)]
低温停止	自動減圧系 (A) [SRV (ADS (A))]	自動減圧系 (B) [SRV (ADS (B))]	—
	残留熱除去系 (A) [RHR (A)]	残留熱除去系 (B) [RHR (B)]	残留熱除去系 (C) [RHR (C)]
	原子炉補機冷却水系 (A) [RCW (A)]	原子炉補機冷却水系 (B) [RCW (B)]	原子炉補機冷却水系 (C) [RCW (C)]
	原子炉補機冷却海水系 (A) [RSW (A)]	原子炉補機冷却海水系 (B) [RSW (B)]	原子炉補機冷却海水系 (C) [RSW (C)]
動力電源	非常用ディーゼル発電機 (A) [DG (A)]	非常用ディーゼル発電機 (B) [DG (B)]	非常用ディーゼル発電機 (C) [DG (C)]
	非常用交流電源 (C) 系	非常用交流電源 (D) 系	非常用交流電源 (E) 系
	非常用直流電源 (A) 系	非常用直流電源 (B) 系	非常用直流電源 (C) 系

※ 区分Ⅲ機器のうち、DG (C) の監視制御盤、RCW (C) のサージタンク水位計等、一部の機器は区分Ⅰ側の火災区域に設置

第 1-36 図：3 時間耐火能力を有する隔壁等による系統分離の概要

b. 水平距離 6m 以上の離隔距離の確保，火災感知設備及び自動消火設備の設置互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを，仮置きするものを含めて可燃性物質のない水平距離 6m 以上の離隔距離を確保する設計とする。

火災感知設備は，自動消火設備を動作させるために設置し，自動消火設備の誤動作防止を考慮した感知器の作動により自動消火設備を動作させる設計とする。

c. 1 時間耐火隔壁による分離，火災感知設備及び自動消火設備の設置

互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを，火災耐久試験により 1 時間以上の耐火能力を確認した隔壁等で分離する設計とする。

火災感知設備は，自動消火設備を動作させるために設置し，自動消火設備の誤動作防止を考慮した感知器の作動により自動消火設備を動作させる設計とする。

なお，中央制御室，原子炉格納容器及び非常用ディーゼル発電機軽油タンクは，以下のとおり火災の影響軽減対策を講じる。

① 中央制御室の系統分離

中央制御室制御盤内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは，運転員の操作性及び視認性向上を目的として近接して設置することから，互いに相違する系列の水平距離を 6m 以上確保することや互いに相違する系列を 1 時間の耐火能力を有する隔壁等で分離することが困難である。

このため，中央制御室制御盤内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは，以下の (i) ～ (iii) に示すとおり，実証試験結果に基づく離隔距離等による分離対策，高感度煙検出設備の設置による早期の火災感知及び常駐する運転員による早期の消火活動に加え，火災により中央制御室制御盤の 1 つの区画の安全機能が全て喪失しても，他の区画の制御盤は機能が維持されることを確認することにより，原子炉の高温停止及び低温停止の達成，維持ができることを確認し，火災の影響軽減のための対策を講じる設計とする。

また，中央制御室床下フリーアクセスフロアの火災防護対象ケーブルは，以下の (iv) に示すとおり，1 時間以上の耐火能力を有する分離板又は障壁で分離する設計とすることに加え，固有の信号を発する異なる種類の煙感知器と熱感知器を組み合わせて設置するとともに，中央制御室からの手動操作により早期の起動が可能な固定式ガス消火設備を設置する設計とすることにより，火災の影響軽減のための対策を講じる設計とする。

(i) 離隔距離による分離

中央制御室の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、運転員の操作性及び視認性向上を目的として近接して設置することから、中央制御室の制御盤については区分ごとに別々の盤で分離する設計とする。一部、一つの制御盤内に複数の安全系区分の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを設置しているものがあるが、これらについては、区分間に金属製の仕切りを設置する。ケーブルについては、当該ケーブルに火災が発生しても延焼せず、また、周囲へ火災の影響を与えない金属外装ケーブル、耐熱ビニル電線、難燃仕様の ETFE 電線及び難燃ケーブルを使用し、電線管に敷設する又は離隔距離を確保すること等により系統分離する設計とする。これらの分離については、実証試験等において火災により近接する他の区分の構成部品に火災の影響がないことを確認した設計とする。

(ii) 高感度煙検出設備の設置による早期の火災感知

中央制御室内には、異なる 2 種類の火災感知器を設置する設計とするとともに、火災発生時には常駐する運転員による早期の消火活動によって、異区分への影響を軽減する設計とする。特に、一つの制御盤内に複数の安全系区分の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを設置しているものについては、これに加えて盤内へ高感度煙検出設備を設置する設計とする。

(iii) 常駐する運転員による早期の消火活動

中央制御室制御盤内に自動消火設備は設置しないが、中央制御室制御盤内に火災が発生しても、高感度煙検出設備や中央制御室の火災感知器からの感知信号により、常駐する運転員が早期に消火活動を行うことで、相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルへの火災の影響を防止できる設計とする。

中央制御室の制御盤内に設置する高感度煙検出設備については、資料 5 の添付資料 3 に示す。

消火設備は、電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を使用する設計とし、常駐する運転員による中央制御室内の火災の早期感知及び消火を図るために、消火活動の手順を定めて、訓練を実施する。

火災の発生箇所の特定が困難な場合も想定し、サーモグラフィカメラ等、火災の発生箇所を特定できる装置を配備する。

(iv) 中央制御室床下フリーアクセスフロアの影響軽減対策

中央制御室の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、運転員の

操作性及び視認性向上を目的として近接して設置することから、中央制御室床下フリーアクセスフロアに敷設する火災防護対象ケーブルについても、互いに相違する系列の3時間以上の耐火能力を有する隔壁による分離、又は水平距離を6m以上確保することが困難である。このため、中央制御室床下フリーアクセスフロアについては、下記に示す分離対策等を行う設計とする。

a. 分離板等による分離

中央制御室床下フリーアクセスフロアに敷設する互いに相違する系列の火災防護対象ケーブルについては、非安全系ケーブルも含めて1時間以上の耐火能力を有する分離板又は障壁で分離する設計とする。また、ある区分の火災防護対象ケーブルが敷設されている箇所異なる区分の火災防護対象ケーブルを敷設する場合は、1時間以上の耐火能力を有する耐火材で覆った電線管又はトレイに敷設する。

b. 火災感知設備

中央制御室床下フリーアクセスフロアには、固有の信号を発する異なる種類の煙感知器と熱感知器を組み合わせ設置する設計とする。これらの感知設備は、アナログ式のものとする等、誤作動防止対策を実施する。

また、これらの火災感知設備は、外部電源喪失時においても火災の感知が可能となるよう、非常用電源から受電するとともに、火災受信機盤は中央制御室に設置し常時監視できる設計とする。受信機盤は、作動した火災感知器を1つずつ特定できる機能を有するよう設計する。

さらに、火災の発生箇所の特定が困難な場合も想定し、サーモグラフィカメラ等、火災の発生箇所を特定できる装置を配備する。

c. 消火設備

中央制御室床下フリーアクセスフロアは、中央制御室からの手動操作により早期の起動が可能な固定式ガス消火設備（消火剤はハロン1301）を設置する設計とする。この消火設備は、それぞれの安全系区分を消火できるものとし、故障警報及び作動前の警報を中央制御室に吹鳴する設計とする。また、外部電源喪失時においても消火が可能となるよう、非常用電源から受電する。

中央制御室床下フリーアクセスフロアの固定式ガス消火設備について、消火後に発生する有毒なガス（フッ化水素等）は中央制御室の空間容積が大きいことため拡散による濃度低下が想定されるが、中央制御室に運転員が常駐していることを踏まえ、消火の迅速性と人体への影響を考慮して、手動操作による起動とする。また、中央制御室床下フリーアクセスフロアの固定式ガス消火設備は、中央制御室床下フリーアクセスフロアにアナログ式

の異なる2種の火災感知器を設置すること、中央制御室内には運転員が常駐することを踏まえると、手動操作による起動により、自動起動と同等に早期の消火が可能な設計とする。

(v) 原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持

火災により、中央制御室内の一つの制御盤の機能がすべて喪失したと仮定しても、他の制御盤での運転操作により、原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持が可能な設計とする。(資料7 添付資料5)

なお、万一、中央制御室で火災が発生し、原子炉停止操作後当該火災が延焼して安全系異区分の構築物、系統及び機器を同時に損傷させる可能性があると判断される場合は、制御室外原子炉停止装置により原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持を行う。(第1-10表)

(資料2, 7)

第 1-10 表：制御室外原子炉停止装置による監視・操作機能

設置場所	
監視計器	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉水位（停止域） ・原子炉水位（広帯域） ・原子炉圧力 ・サプレッション・プール水温度 ・サプレッション・プール水位 ・ドライウェル圧力 ・制御棒駆動機構周辺温度
原子炉減圧系	<ul style="list-style-type: none"> ・主蒸気逃がし弁 3 弁
高圧炉心注水系	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧炉心注水系ポンプ（B）
残留熱除去系	<ul style="list-style-type: none"> ・残留熱除去系ポンプ（A）（B）
低圧注水系	<ul style="list-style-type: none"> ・残留熱除去系ポンプ（A）（B）
原子炉補機冷却系	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機冷却ポンプ（A）（D）（B）（E） ・原子炉補機冷却海水ポンプ（A）（D）（B）（E）
非常用ディーゼル発電機	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用ディーゼル発電機（A）（B）
非常用交流電源系	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用高圧母線（C）（D） ・非常用低圧母線（C）（D）

② 原子炉格納容器内に対する火災の影響軽減のための対策（資料 8）

原子炉格納容器内は、プラント運転中については、窒素ガスが封入され雰囲気の不活性化されていることから、火災の発生は想定されない。一方で、窒素ガスが封入されていない期間のほとんどは原子炉が低温停止に到達している期間であるが、わずかではあるものの原子炉が低温停止に到達していない期間もあることを踏まえ、以下のとおり火災の影響軽減対策を講じる。

なお、原子炉格納容器内での作業に伴う持込み可燃物について、持込み期間・可燃物量・持込み場所等を管理する。また、原子炉格納容器内の発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備、分電盤等については、金属製の筐体やケーシングで構成すること、発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備は溶接構造又はシール構造の採用により潤滑油の漏えい防止対策を講じるとともに、万一の漏えいを考慮し、漏えいした潤滑油が拡大しないよう堰等を設け拡大防止対策を行う設計とすること、及び油を内包する点検用機器は通常時電源を切る運用とすることによって、火災発生時においても火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルへの火災影響の低減を図る設計とする。

（i）火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離

原子炉格納容器内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離は、火災によっても原子炉の高温停止及び低温停止を達成、維持するために必要な機能が同時に喪失しないことを目的に行うことから、原子炉格納容器の状態に応じて以下のとおり対策を行う。

a. 起動中

a) 火災防護対象ケーブルの分離及び火災防護対象機器の分散配置

原子炉格納容器内においては、機器やケーブル等が密集しており、干渉物が多く、耐火ラッピング等の 3 時間以上の耐火能力を有する隔壁の設置が困難である。このため、起動中は原子炉格納容器内には可燃物を仮置きしない運用とともに、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについては、離隔距離の確保及び金属製の密閉ダクトの使用等により火災の影響軽減対策を行う設計とする。

原子炉格納容器内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、系統分離の観点から区分Ⅰと区分Ⅱ機器の離隔距離を 6m 以上確保し、区分Ⅰと区分Ⅱ機器の間において可燃物が存在することのないように、異なる区分の機器間にある介在物（ケーブル、電磁弁）については金属製の筐体に収納することで延焼防止対策を行う設計とする。

原子炉格納容器内の火災防護対象ケーブルは原子炉格納容器貫通部を区分ごとに離れた場所に設置し、可能な限り距離的分離を図る設計とす

る。また、火災発生後、消火活動を開始するまでの時間の耐火性能を確認した電線管又は金属製の密閉ダクトに敷設することによって、近接する他の区分の機器に火災の影響を及ぼすことなく消火できる設計とする。

原子炉圧力容器下部においては、火災防護対象機器である起動領域モニタの核計装ケーブルを一部露出して布設するが、火災の影響軽減の観点から、起動領域モニタはチャンネル毎に位置的分散を図って設置する設計とする。

b) 火災感知設備

火災感知設備については、アナログ式の異なる2種類の火災感知器(煙感知器及び熱感知器)を設置する設計とする。

c) 消火設備

原子炉格納容器内の消火については、消火器を使用する設計とする。また、消火栓を用いても対応できる設計とする。

なお、原子炉格納容器内点検終了後から窒素ガス置換完了までの間で原子炉格納容器内の火災が発生した場合には、火災による延焼防止の観点から窒素ガス封入作業を継続し、原子炉格納容器内の等価火災時間が経過した後に開放し現場確認を行う。

b. 低温停止中

a) 火災防護対象ケーブルの分離及び火災防護対象機器の分散配置

原子炉格納容器内においては、機器やケーブル等が密集しており、干渉物が多く、耐火ラッピング等の3時間以上の耐火能力を有する隔壁の設置が困難である。このため、低温停止中は原子炉起動中と同様に、原子炉格納容器内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは系統分離の観点から区分Ⅰと区分Ⅱ機器の離隔距離を6m以上確保し、区分Ⅰと区分Ⅱ機器の間において可燃物が存在することのないように、異なる区分の機器間にある介在物(ケーブル、電磁弁)については金属製の筐体に収納することで延焼防止対策を行う設計とする。

原子炉起動中と同様に、原子炉格納容器内の火災防護対象ケーブルは原子炉格納容器貫通部を区分ごとに離れた場所に設置し、可能な限り距離的分離を図る設計とする。また、火災発生後、消火活動を開始するまでの時間の耐火性能を確認した電線管又は金属製の密閉ダクトに敷設することによって、近接する他の区分の火災防護対象機器へ火災の影響を及ぼすことなく消火できる設計とする。

原子炉低温停止中、電動駆動制御棒駆動機構については燃料交換等で一時的に制御棒を操作する場合以外は電源を切ることで、誤動作を防止

する設計とする。

b) 火災感知設備

原子炉起動中と同様に、アナログ式の異なる 2 種類の火災感知器（煙感知器及び熱感知器）を設置する設計とする。

c) 消火設備

原子炉起動中と同様に、原子炉格納容器内の消火については、消火器を使用する設計とする。また、消火栓を用いても対応できる設計とする。

(ii) 火災の影響軽減対策への適合について

原子炉格納容器内においては、機器やケーブル等が密集しており、干渉物が多く、耐火ラッピング等の 3 時間以上の耐火能力を有する隔壁の設置が困難である。このため、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについては、離隔距離の確保及び電線管、金属製の密閉ダクトの使用等により火災の影響軽減対策を行う設計とする。

原子炉格納容器内の火災防護対象機器は、系統分離の観点から区分Ⅰと区分Ⅱ機器の離隔距離を 6m 以上確保し、区分Ⅰと区分Ⅱ機器の間において可燃物が存在することのないように、異なる区分の機器間にある介在物（ケーブル、電磁弁）については金属製の筐体に収納することで延焼防止対策を行う設計とする。

原子炉格納容器内の火災防護対象ケーブルは、単一火災によって複数区分が機能喪失することのないように、消火活動を開始するまでの時間の耐火性能を確認した電線管又は金属製の密閉ダクトに敷設する設計とする。

しかしながら、火災防護に係る審査基準に示される「2.3 火災の影響軽減」の要求のうち、「1 時間耐火性能を有する隔壁等（6m 以上の離隔距離確保）」と「自動消火設備」の要求そのものには合致しているとは言い難い。

一方、火災防護に係る審査基準の「2. 基本事項※」に示されているように、火災の影響軽減対策の本来の目的は、「火災が発生しても原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持する」ことである。

※「2. 基本事項」

安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護することを目的とし、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域及び区画に対して、火災の発生防止、感知・消火及び影響軽減対策を講じること。

このため、原子炉格納容器内の火災に対し、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持が可能であることを示すことができれば、火災防護に係る審査基準の「2.3 火災の影響軽減」の要求に適合していることと同等であると判断できる。そこで、保守的な評価として、火災による原子炉格納容器内の安全機能の全喪失を仮定した評価を行い、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持が、運転員の操作と相まって、可能である設計とする。(資料8 別紙3)

以上より、原子炉格納容器内は火災防護に係る審査基準の「2.3 火災の影響軽減」の要求については十分な保安水準が確保されていると考える。

③ 非常用ディーゼル発電機軽油タンク及び燃料移送ポンプの系統分離

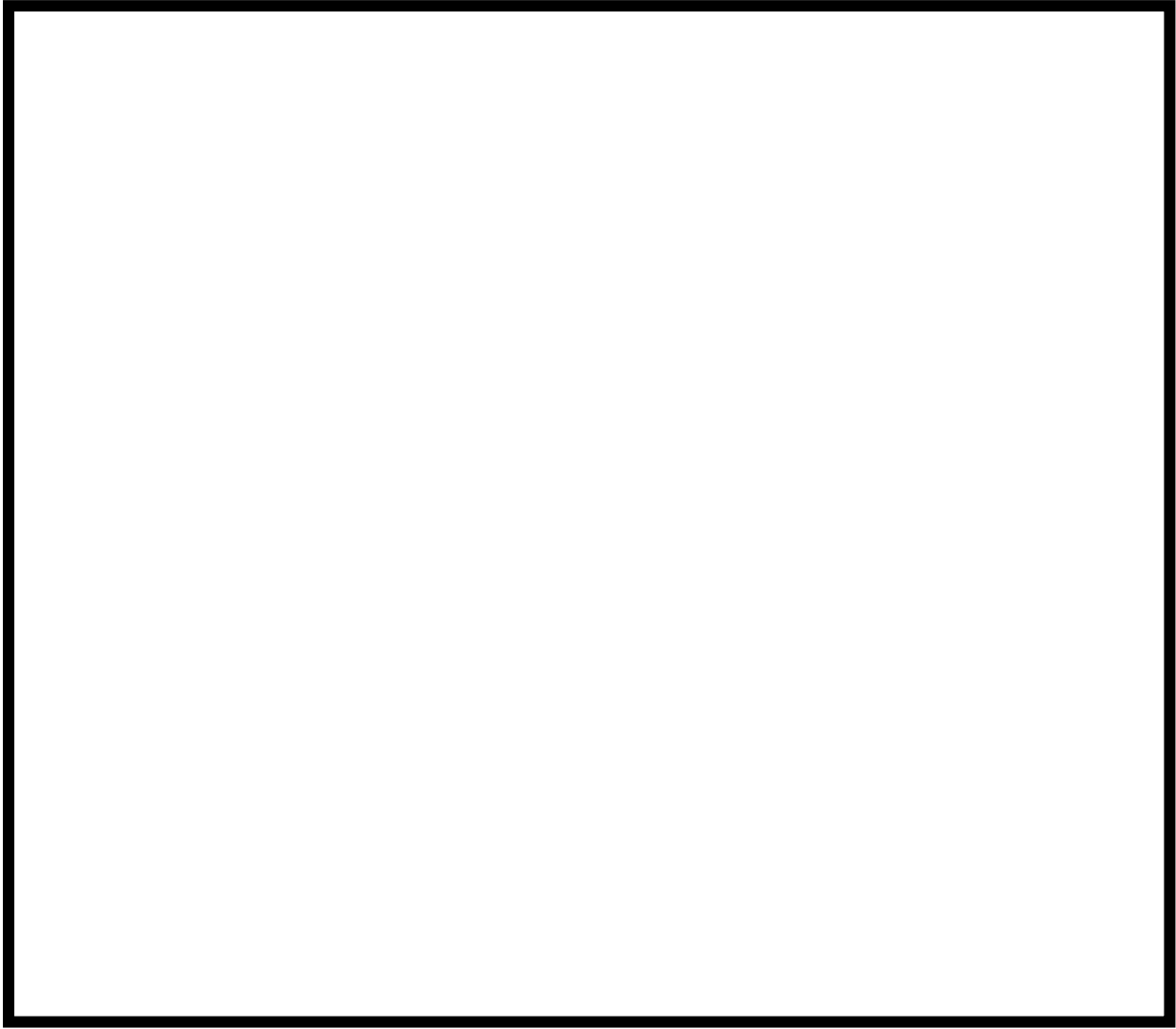
非常用ディーゼル発電機軽油タンクは、屋外に2基設置されているが、これらの軽油タンク間の離隔距離は約7mであり、6m以上の離隔距離を確保する設計とする（第1-37図）。

非常用ディーゼル発電機軽油タンクは、屋外に設置されているため自動起動の固定式消火設備の設置は困難であるが、外部火災影響評価より一方の軽油タンクで火災が発生してももう一方の軽油タンクには引火しないこと（6条-別添4（外火）-1「2.2.2.3.(1)b.(a)」）、非常用ディーゼル発電機軽油タンクは1基で非常用ディーゼル発電機2台に7日間分の燃料を供給できる容量を有する設計であり火災後も片系のみで機能維持が可能なこと、軽油タンクのほかに非常用ディーゼル発電機ディタンクが原子炉建屋内に3基あり、各非常用ディーゼル発電機ディタンクに対応する非常用ディーゼル発電機に8時間分の燃料を供給できるため、軽油タンクでの火災発生から消火までの間も機能維持が可能なことから、単一の火災によっても非常用ディーゼル発電機が機能喪失するおそれはない。

また、燃料移送ポンプについても軽油タンクの防油堤近傍に設置された屋外開放の設備となり自動起動の固定式消火設備は設置されていないが、区分Ⅰ、Ⅲと区分Ⅱの間が外部火災を考慮した防護板により防護されていること（6条-別添4（外火）-1-添付資料6）、異なる区分のポンプが火源となる軽油タンクから7m以上の離隔距離を有していることから、影響軽減が図られており単一の火災によって非常用ディーゼル発電機が機能喪失するおそれはない。

さらに、軽油タンクと非常用ディーゼル発電機燃料ディタンクとの間には、建屋内外に手動の隔離弁が設置されており、火災が発生した場合でもそれぞれのタンクを隔離することが可能である。

なお、非常用ディーゼル発電機軽油タンク並びに燃料移送ポンプについては、2.1.2.1.(1)で示したように、早期の火災感知のため固有の信号を発生する異なる2種類の火災感知設備を設置する設計とするとともに、屋外であり煙の充満又は放射線の影響等によって消火困難とならないことから、火災が発生した場合は消火器又は移動式消火設備で消火を行う。



第 1-37 図：非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域配置図

以上より、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについては、火災防護に係る審査基準に従い、多重化された原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持する機能がすべて喪失することのないよう、安全系区分Ⅰに属する火災区域を3時間以上の耐火能力を有する耐火壁・隔壁等によって分離する設計とすること、中央制御室については実証試験等によって確認された離隔距離等による分離、常駐する運転員による迅速な感知・消火を行うこととしていることから、十分な保安水準が確保されているものとする。

原子炉格納容器については、原子炉格納容器内の発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備の油保有量が少なく、低温停止中は、火災の発生防止、感知・消火の対策により火災の影響が安全機能に影響を及ぼすことはないこと、原子炉格納容器内点検終了後から窒素ガス封入前までのわずかな期間については、原子炉格納容器内の火災発生時に発生する可能性のある機器故障警報によって中央制御室にて異常を確認した場合には、速やかにプラント停止とし、消火活動により消火を行う手順とすることから、十分な保安水準が確保されているものとする。

非常用ディーゼル発電機軽油タンクについては、自動起動の固定式消火設備は設置されていないが、外部火災影響評価より一方の軽油タンクで火災が発生してももう一方の軽油タンクには影響が及ばないこと、単一の火災によっても非常用ディーゼル発電機が機能喪失するおそれはないことから、十分な保安水準が確保されているものとする。

(3) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能に関わる火災区域の分離

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域は，3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として，3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である123mmより厚い140mm以上の壁厚を有するコンクリート壁並びに3時間耐火に設計上必要なコンクリート厚である219mmより厚い床，天井又は火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁（貫通部シール，防火扉，防火ダンパ，天井デッキスラブ）により，隣接する他の火災区域と分離するよう設定する。

以上より，放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域は，3時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって隣接する他の火災区域と分離する設計であることから，火災防護に係る審査基準に適合するものとする。

(資料9)

(4) 換気設備に対する火災の影響軽減対策

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域に関連する換気設備には，他の火災区域又は火災区画への火，熱又は煙の影響が及ばないよう，火災区域又は火災区画の境界となる箇所に3時間耐火性能を有する防火ダンパを設置する設計とする。

換気設備のフィルタは，「2.1.1.2(4) 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用」に示すとおり，チャコールフィルタを除き難燃性のものを使用する設計とする。

以上より，安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域に関連する換気設備は，防火ダンパの設置により他の火災区域からの悪影響を防止する設計であること，フィルタの延焼を防止する設計であることから，火災防護に係る審査基準に適合するものとする。

(5) 煙に対する火災の影響軽減対策

通常運転員が常駐する火災区域は中央制御室のみであるが、中央制御室の火災発生時の煙を排気するため、建築基準法に準拠した容量の排煙設備を設置する設計とする。添付資料 8 に排煙設備の容量、排煙先等を示す。排煙設備は中央制御室専用であるため、放射性物質の環境への放出を考慮する必要はない。

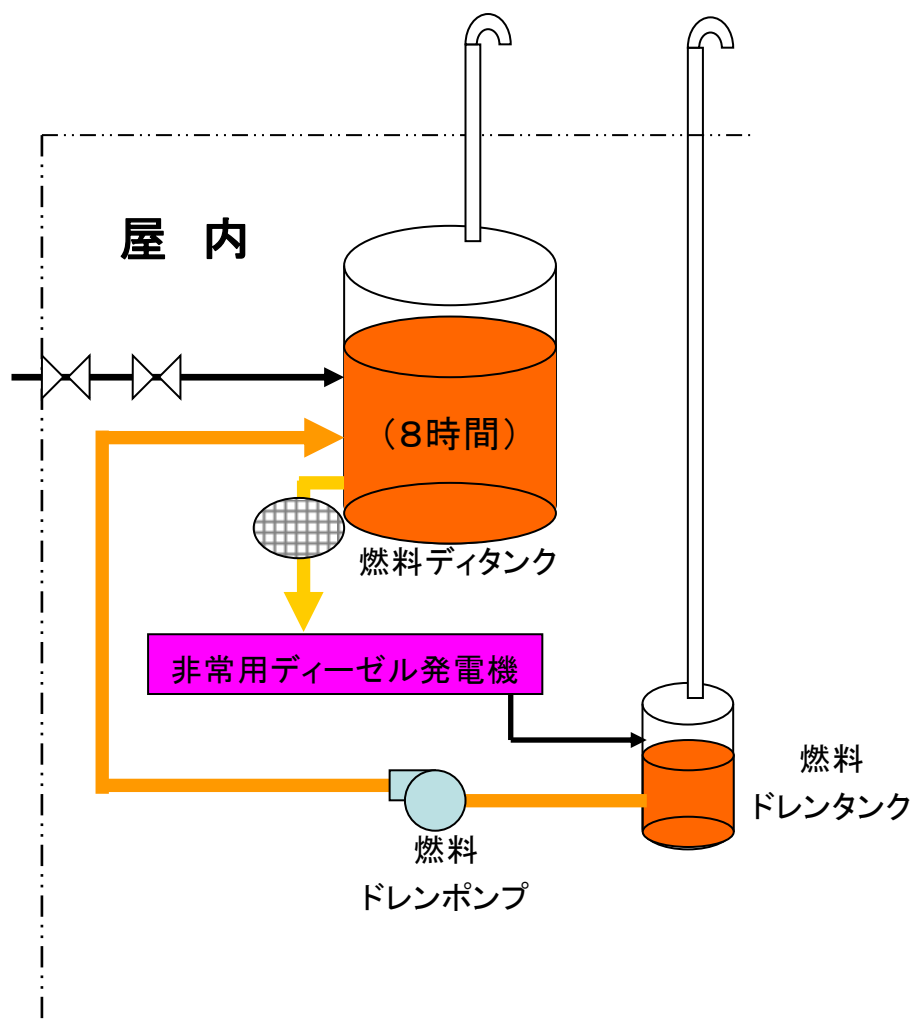
安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域のうち、電気ケーブルや引火性液体が密集する火災区域（中央制御室床下フリーアクセスフロア、ケーブル処理室、非常用ディーゼル発電機室、非常用ディーゼル発電機燃料ディタンク室）については、二酸化炭素消火設備又は全域ガス消火設備により早期に消火する設計とする。

なお、引火性液体が密集する非常用ディーゼル発電機軽油タンクは屋外に設置するため、煙が大気に放出されることから、排煙設備を設置しない設計とする。

以上より、電気ケーブルや引火性液体が密集する火災区域については固定式消火設備により早期に消火する設計であること、通常運転員が駐在する中央制御室では排煙設備を設置する設計であること、中央制御室の排煙設備は中央制御室専用であり放射性物質の環境への放出を考慮する必要はないことから、火災防護に係る審査基準に適合するものとする。

(6) 油タンクに対する火災の影響軽減対策

火災区域又は火災区画に設置される油タンクは，換気空調設備による排気又はベント管により屋外に排気する設計としており，火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。（第 1-38 図）



第 1-38 図：油タンクのベント管設置の概要

2.1.3.2. 火災影響評価

[要求事項]

2.3.2 原子炉施設内のいかなる火災によっても、安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には、火災による影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉を高温停止及び低温停止できる設計であること。

また、原子炉の高温停止及び低温停止が達成できることを、火災影響評価により確認すること。

(火災影響評価の具体的手法は「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」による。)

(参考)

「高温停止及び低温停止できる」とは、想定される火災の原子炉への影響を考慮して、高温停止状態及び低温停止状態の達成、維持に必要な系統及び機器がその機能を果たすことができることをいう。

設備等の設置状況を踏まえた可燃性物質の量等を基に想定される発電用原子炉施設内の火災によって、安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には、火災による影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持できる設計とし、火災影響評価により確認する。

また、発電用原子炉施設内の火災によって運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生した場合に、それらに対処するために必要な機器の単一故障を考慮しても異常状態を収束できる設計とし、火災影響評価にて確認する。

(資料10)

ただし、中央制御室制御盤及び原子炉格納容器に対しては、「2.1.3.1.(2) 火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離」で示すとおり、火災が発生しても、原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持は可能である。

また、内部火災により原子炉に外乱が及び、かつ、安全保護系、原子炉停止系の作動が要求される事象が発生する可能性があるため、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」に基づき、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故に対処するための機器に単一故障を想定しても、以下の状況を考慮し、多重性をもったそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持できることを火災影響評価により確認する。

- ・内部火災発生を想定する区域及びその影響範囲のクラス1及びクラス2の火災防護対象設備は内部火災により機能喪失するが、それ以外の区域の火災防護対象設備は機能が維持される。
- ・原子炉建屋又はタービン建屋において、内部火災が発生することを仮定し、

当該建屋内の火災防護対象設備以外は機能喪失する。

- ・原子炉建屋又はタービン建屋において発生した内部火災は、当該の建屋以外に影響を及ぼさない。
- ・中央制御室における火災については、火災感知器による早期感知や運転員によるプラント停止が期待でき、内部火災による影響波及範囲は限定的である。

火災区域の変更や火災区域設定に影響を与える可能性がある工事を実施する場合には、火災防護計画に従い火災影響評価を行い、火災による影響を考慮しても多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持できること確認するとともに、変更管理を行う。

なお、「2.1.3.2 火災影響評価」では、火災区域又は火災区画を、「火災区域」と記載する。

(1) 火災伝播評価

火災区域での火災発生時に、隣接火災区域に火災の影響を与える場合は、隣接火災区域を含んだ火災影響評価を行う必要があるため、火災影響評価に先立ち、火災区域ごとに火災を想定した場合の隣接火災区域への火災の影響の有無を確認する火災伝播評価を実施する。

(2) 隣接火災区域に火災の影響を与えない火災区域に対する火災影響評価

火災伝播評価により隣接火災区域に影響を与えない火災区域については当該火災区域に設置される全機器の機能喪失を想定しても、「2.1.3.1 系統分離による影響軽減」に基づく火災の影響軽減のための対策の実施により、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な成功の方策が少なくとも一つ確保され、原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持が可能であることを確認する。

(3) 隣接火災区域に火災の影響を与える火災区域に対する火災影響評価

火災伝播評価により隣接火災区域に影響を与える火災区域については、当該火災区域と隣接火災区域の2区画内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの有無の組み合わせに応じて、火災区域内に設置される全機器の機能喪失を想定しても、「2.1.3.1 系統分離による影響軽減」に基づく火災の影響軽減のための対策の実施により、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な成功の方策が少なくとも一つ確保され、原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持が可能であることを確認する。

2.2 個別の火災区域又は火災区画における留意事項

[要求事項]

3. 個別の火災区域又は火災区画における留意事項

火災防護対策の設計においては、2. に定める基本事項のほか、安全機能を有する構築物、系統及び機器のそれぞれの特徴を考慮した火災防護対策を講じること。

(参考)

安全機能を有する構築物、系統及び機器の特徴を考慮した火災防護対策として、NRC が定める Regulatory Guide 1.189 には、以下のものが示されている。

(1) ケーブル処理室

- ① 消防隊員のアクセスのために、少なくとも二箇所の入口を設けること。
- ② ケーブルトレイ間は、少なくとも幅 0.9 m、高さ 1.5 m 分離すること。

(2) 電気室

電気室を他の目的で使用しないこと。

(3) 蓄電池室

- ① 蓄電池室には、直流開閉装置やインバーターを収容しないこと。
- ② 蓄電池室の換気設備が、2%を十分下回る水素濃度に維持できるようにすること。
- ③ 換気機能の喪失時には制御室に警報を発する設計であること。

(4) ポンプ室

煙を排気する対策を講じること。

(5) 中央制御室等

- ① 周辺の部屋との間の換気設備には、火災時に閉じる防火ダンパを設置すること。
- ② カーペットを敷かないこと。ただし、防炎性を有するものはこの限りではない。
なお、防炎性については、消防法施行令第4条の3によること。

(6) 使用済燃料貯蔵設備、新燃料貯蔵設備

消火中に臨界が生じないように、臨界防止を考慮した対策を講じること。

(7) 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備

- ① 換気設備は、他の火災区域や環境への放射性物質の放出を防ぐために、隔離できる設計であること。
- ② 放水した消火水の溜り水は汚染のおそれがあるため、液体放射性廃棄物処理設備に回収できる設計であること。
- ③ 放射性物質を含んだ使用済イオン交換樹脂、チャコールフィルタ及び HEPA フィルタなどは、密閉した金属製のタンク又は容器内に貯蔵すること。
- ④ 放射性物質の崩壊熱による火災の発生を考慮した対策を講じること。

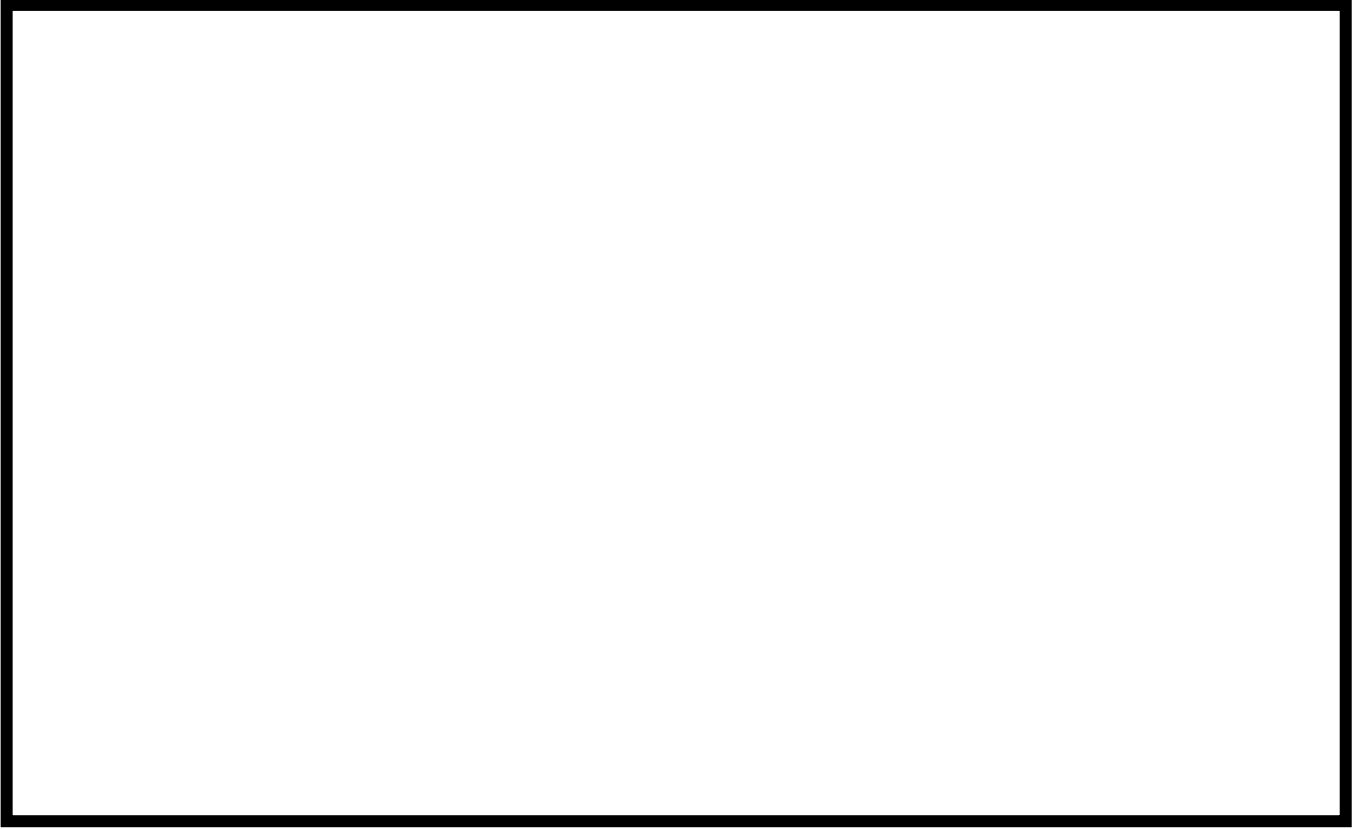
以下に示す火災区域又は火災区画は，それぞれの特徴を考慮した火災防護対策を実施する。

(1) ケーブル処理室

ケーブル処理室は全域ガス消火設備により消火する設計とするが，消火活動のため2箇所を入口を設置する設計とし，ケーブル処理室内においても消火要員による消火活動を可能とする。(第1-39図)

また，ケーブル処理室の火災の影響軽減のための対策として，最も分離距離を確保しなければならない蓋なしの動力ケーブルトレイ間では，互いに相違する系列の間で水平方向0.9m，垂直方向1.5mを最小離隔距離として設計する。その他のケーブルトレイ間についてはIEEE384に基づき火災の影響軽減のために必要な分離距離を確保する設計とする。

一方，中央制御室床下フリーアクセスフロアは，アナログ式の煙感知器，熱感知器を設置するとともに，全域ガス消火設備を設置する設計とする。また，安全系区分の異なるケーブルについては，非安全系ケーブルも含めて1時間以上の耐火能力を有する分離板又は障壁で分離する設計とする。さらに，火災発生時，火災発生場所を火災感知設備により確認し，床板を外して二酸化炭素消火器を用いた消火活動を行うことも可能である。



第 1-39 図：ケーブル処理室の入口設置状況

(2) 電気室

電気品室は、電源供給のみに使用する設計とする。

(3) 蓄電池室

蓄電池室は以下のとおり設計する。

- ・ 蓄電池室には蓄電池のみを設置し、直流開閉装置やインバータは設置しない設計とする。(第 1-40 図)
- ・ 蓄電池室の換気設備は、社団法人電池工業会「蓄電池室に関する設計指針(SBA G 0603 -2001)」に基づき、水素ガスの排気に必要な換気量以上となるよう設計することによって、蓄電池室内の水素濃度を 2vol%以下の約 0.8vol%程度に維持する設計とする。(第 1-11 表)
- ・ 蓄電池室の換気設備が停止した場合には、中央制御室に警報を発報する設計とする。
- ・ 常用系の蓄電池と非常用系の蓄電池は、常用の蓄電池が非常用の蓄電池に影響を及ぼすことがないように、位置的分散が図られた設計とするとともに、電氣的にも 2 つ以上の遮断器により切り離される設計とする。(第 1-11, 1-12 図, 資料 3)



第 1-40 図：蓄電池の設置状況

第 1-11 表：蓄電池室の換気風量

6 号炉			7 号炉		
蓄電池	必要換気量 [m ³ /h]	空調換気風量 [m ³ /h]	蓄電池	必要換気量 [m ³ /h]	空調換気風量 [m ³ /h]
直流 125V6A	1590	2700*1	直流 125V7A	1590	3600
直流 125V6A-2	1325	1400	直流 125V7A-2	1325	1350
直流 125V6B	994	1300	直流 125V7B	994	1000
直流 125V6C	994	1000	直流 125V7C	994	1500
直流 125V6D	729	1200	直流 125V7D	729	1600
直流 250V + 直流 48V + 直流 125V(常用)	2253	2300	直流 250V + 直流 125V(常用)	1617	4500
廃棄物処理建屋 直流 125V	464	500			

*1：常用の空調設備の風量。非常用の空調設備の風量は 1600 m³/h

(4) ポンプ室

安全機能を有するポンプの設置場所のうち、火災発生時の煙の充満により消火困難な場所には、消火活動によらなくても迅速に消火できるよう固定式消火設備を設置する設計とする。

なお、固定式消火設備による消火後、消火の確認のために運転員や消防隊員がポンプ室に入る場合については、消火直後に換気してしまうと新鮮な空気が供給され、再発火するおそれがあることから、十分に冷却時間を確保した上で、可搬型の排煙装置を準備し、扉の開放、換気空調系、可搬型排煙装置により換気し、呼吸具の装備及び酸素濃度を測定し安全確認後に入室する設計とする。

(5) 中央制御室等

中央制御室は以下のとおり設計する。

- ・ 中央制御室と他の火災区域の換気空調系の貫通部には、防火ダンパを設置する設計とする。
- ・ 中央制御室のカーペットは、消防法施行令第四条の三の防火性を満足するカーペットを使用する設計とする。

(6) 使用済燃料貯蔵設備及び新燃料貯蔵設備

使用済燃料貯蔵設備は、水中に設置されている設備であり、ラックに燃料を貯蔵することで貯蔵燃料間の距離を確保すること、及びステンレス鋼の中性子吸収効果によって未臨界性が確保される設計とする。

新燃料貯蔵設備については、添付資料 9 に示すように、気中に設置している設備（ピット構造で上部は蓋で閉鎖）であり通常ドライ環境であるが、消火活動により消火水が噴霧され、水分雰囲気に満たされた最適減速状態となっても未臨界性が確保される設計とする。

(7) 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備

放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備は、以下のとおり設計する。

- ・ 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備を設置する火災区域又は火災区画の管理区域用換気設備は、環境への放射性物質の放出を防ぐ目的でフィルタを通して主排気筒へ排気する設計とする。また、これらの換気設備は、放射性物質の放出を防ぐため、空調を停止し、風量調整ダンパを閉止し、隔離できる設計とする。
- ・ 放水した消火水の溜り水は、建屋内排水系により液体放射性廃棄物処理設備に回収できる設計とする。
- ・ 放射性物質を含んだ使用済イオン交換樹脂及び濃縮廃液は、固体廃棄物として処理を行うまでの間、密閉された金属製の槽・タンクで保管する設計とする。
- ・ 放射性物質を含んだチャコールフィルタは、固体廃棄物として処理するまでの間、ドラム缶に収納し保管する設計とする。
- ・ 放射性物質を含んだ HEPA フィルタは、固体廃棄物として処理するまでの間、不燃シートで養生し保管する設計とする。
- ・ 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備において、冷却が必要な崩壊熱が発生し、火災事象に至るような放射性廃棄物を貯蔵しない設計とする。

2.3. 火災防護計画について

[要求事項]

- (2) 火災防護対策並びに火災防護対策を実施するために必要な手順、機器及び職員の体制を含めた火災防護計画を策定すること。

(参考)

審査に当たっては、本基準中にある(参考)に示す事項について確認すること。また、上記事項に記載されていないものについては、JEAC4626-2010 及び JEAG4607-2010 を参照すること。

なお、本基準の要求事項の中には、基本設計の段階においてそれが満足されているか否かを確認することができないものもあるが、その点については詳細設計の段階及び運転管理の段階において確認する必要がある。

火災防護計画について

1. 原子炉施設設置者が、火災防護対策を適切に実施するための火災防護計画を策定していること。
2. 同計画に、各原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器の防護を目的として実施される火災防護対策及び計画を実施するために必要な手順、機器、組織体制が定められていること。なお、ここでいう組織体制は下記に関する内容を含む。
 - ① 事業者の組織内における責任の所在。
 - ② 同計画を遂行する各責任者に委任された権限。
 - ③ 同計画を遂行するための運営管理及び要員の確保。
3. 同計画に、安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護するため、以下の3つの深層防護の概念に基づいて火災区域及び火災区画を考慮した適切な火災防護対策が含まれていること。
 - ① 火災の発生を防止する。
 - ② 火災を早期に感知して速やかに消火する。
 - ③ 消火活動により、速やかに鎮火しない事態においても、原子炉の高温停止及び低温停止の機能が確保されるように、当該安全機能を有する構築物、系統及び機器を防護する。
4. 同計画が以下に示すとおりとなっていることを確認すること。
 - ① 原子炉施設全体を対象とする計画になっていること。
 - ② 原子炉を高温停止及び低温停止する機能の確保を目的とした火災の発生防止、火災の感知及び消火、火災による影響の軽減の各対策の概要が記載されていること。

発電用原子炉施設全体を対象とした火災防護対策を実施するため、火災防護計画を策定する。火災防護計画には、計画を遂行するための体制、責任の所在、責任者の権限、体制の運営管理、必要な要員の確保及び教育訓練、火災から防護すべき安全機能を有する構築物、系統及び機器、火災発生防止のための活動、火災防護設備の保守点検及び火災情報の共有、火災防護を適切に実施するための対策並びに火災発生時の対応といった火災防護対策を実施するために必要な手順等について定めるとともに、発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器については、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づき、必要な火災防護対策を行うことについて定める。重大事故等対処施設については、火災の発生防止、並びに火災の早期感知及び消火を行うことについて定める。その他の発電用原子炉施設については、消防法、建築基準法、日本電気協会電気技術規程・指針に従った火災防護対策を行うことについて定める。

外部火災については、安全施設を外部火災から防護するための運用等について定める。

(1) 火災防護計画の策定

火災防護計画は、以下の項目を含めて策定する。

- ①火災防護に係る責任及び権限
- ②火災防護に係る体制
- ③火災防護に係る運営管理(要員の確保を含む)
- ④火災発生時の消火活動に係る手順
- ⑤火災防護に係る教育訓練・力量管理
- ⑥火災防護に係る品質保証

火災防護計画は、柏崎刈羽原子力発電所保安規定に基づく社内マニュアルとして定める。火災防護活動に係わる具体的な要領、手順については、火災防護計画及び関連文書として定めるほか、関連するマニュアルに必要な事項を定め、適切に実施する。

(2) 責任と権限

火災防護計画における責任と権限の所在を第 1-12 表に示す。

管理職は火災防護について十分に認識し、発電所職員が火災防護計画の記載事項を理解し遵守できるよう、教育等を実施する責任を有する。

柏崎刈羽原子力発電所の作業に従事する当社及び協力企業の全ての職員は、以下の責任を有する。

- ・火災発生時における対応手順を把握する。
- ・作業区域においては火災の危険性を最小限にするような方法で作業を行う。
- ・火災発見時においては迅速な報告を行うとともに初期消火に努める。
- ・火災発生のおそれに対する修正処置を行う。また、火災発生のおそれに対する修正措置ができない場合は、状況を報告する。
- ・火災防護設備の不適切な使用、損傷及び欠落を発見した場合には、報告する。
- ・作業区域における非常口や消火設備（固定式消火設備、消火器、消火栓）の位置を把握する。

第 1-12 表：責任と権限

職務	責任者	役割
管理権限者	発電所長	a. 防火・防災管理の最終責任者 b. 防火・防災管理者の選任 c. 防火・防災管理者の指揮監督 d. 火災防護計画の策定、実施、管理及びその有効性評価の最終責任者
統括管理者 防火・防災管理者	防災安全部長	a. 管理権限者の命による自衛消防組織の統轄管理 b. 火災等災害発生時の対策本部での総指揮及び情報管理 c. 管理権限者の命による設備の統轄管理 d. 火災防護計画の策定、実施、管理及びその有効性評価の責任者 e. 火災防護計画の有効性評価の結果を踏まえた対策の提言、実施、管理 f. 消防計画の作成、変更及び周知 g. 危険物災害予防規程の作成、変更及び周知 h. 総合消防訓練の計画・実施 i. 消防用設備等の点検、整備の実施及び不備欠陥箇所の改修 j. 防火上必要な教育 k. 危険物、可燃物等貯蔵取扱いに伴う火災防止の指導監督 l. 火気の使用又は取扱いに関する指導監督 m. 建設、増改築等の工事に伴う火災防止上の指導監督 n. 消防法等消防関係法令に基づく報告・届出 o. 管理権限者に対する防火管理上必要な助言 p. 防火・防災管理業務に従事する者の指導監督 q. 防火関係申請書類等の許可・承認 r. その他防火・防災管理上必要な業務
技術管理者	技術計画GM	a. 火災影響評価の最新化 b. 火災防護設備の技術情報の収集
保全管理者	保全部長	a. 火災防護設備の維持管理及び設計 b. 火気管理、危険物管理、持込み可燃物管理
教育・訓練管理者	柏崎刈羽人財育成GM	a. 火災防護計画に基づいた教育・訓練の計画及び実施
消火活動のための体制整備に係る責任者	防災安全GM	a. 保安規定第 17 条第 2 項に基づく発電所の消火活動のための体制の整備
防火・防災管理者代行	防災安全GM	a. 防火・防災管理全般の総括指導・審査（その他の区域） b. 防火・防災管理者不在時の防火管理業務代行

職務	責任者	役割	
	保全担当	a. 防火管理全般の総括指導・審査（発電関連設備） b. 防火管理者不在時の防火管理業務代行	
防災安全担当		a. 危険物及び電気機械に関する工事の実施状況の監視，指導・助言（作業中止命令権限を有する） b. 防火管理者補佐（総括含む）に対する指導，助言	
発電関連設備	防火管理者補佐（総括） 【定期検査※1】	第一保全部 保全総括GM	a. 防火関係申請書類の審査及び承認等の取りまとめ（持込み可燃物管理係の取りまとめ） b. 定期検査中における消防計画（工事期間中における消防計画）の取りまとめ
	防火管理者補佐（総括） 【運転※1】	運転管理担当	c. 防火管理者代行不在時の公設消防対応業務代行（火災発生時等） d. 防火管理者補佐に対する指導監督
	防火管理者補佐（1～4号） 【定期検査※1】	第一保全部（保全担当）	a. 定期検査中における防火関係申請書類の審査及び承認等 b. 副防火管理者に対する指導監督，助言
	防火管理者補佐（5～7号） 【定期検査※1】	第二保全部（保全担当）	
	防火管理者補佐（1・2・3・4・5・6～7号） 【運転※1】	各作業管理チーム当直長	a. 運転中における防火関係申請書類の審査及び承認等 b. 副防火管理者に対する指導監督，助言 c. 災害時の避難誘導の実施・管理
その他の区域	防火管理者補佐（総括）	所長付部長	a. 防火関係申請書類の審査及び承認等の取りまとめ b. 防火管理者補佐に対する指導監督，助言
	防火管理者補佐	総務部長	a. 防火関係申請書類の審査及び承認等
		広報部長	b. 副防火管理者に対する指導監督，助言
		放射線安全部長	c. 災害時の避難誘導の実施・管理
		第一運転管理部長	
		第一保全部長	
		第二運転管理部長 第二保全部長	
副防火管理者	各GM，各当直長	a. 各建屋の設備（建物，空調，火災報知設備，消火器，電気設備，クレーン等）の火災防止上の指導監督 b. 防火責任者及び火元責任者の指導監督 c. 防火責任者及び火元責任者の巡視点検の指導監督 d. 危険物，可燃物等の貯蔵取扱いに伴う火災防止上の指導監督 e. 火気の使用又は取扱いに関する指導監督 f. 建設，修繕等の工事に伴う火災防止上の指導助言 g. 部分訓練の計画・実施 h. 防火責任者及び火元責任者への責務に関する教育，訓練 i. 火気等使用許可申請状況の把握 j. 災害時の避難誘導の実施・管理	
防火責任者	各グループメンバー	a. 火元責任者からの防火点検報告に関する指導監督 b. 防火点検結果及び防火管理状況の副防火管理者への報告 c. 火気の使用取扱いに関する指導。特に火気使用責任者に対する防火管理上の遵守事項の徹底と当該区域の消火栓・消火器の設置場所，取扱い方法の周知徹底 d. 当該区域内の避難器具，避難口及び通路等の的確管理	
火元責任者	各グループメンバー	a. 担当区域内の巡視点検の実施（煙草の残り火，電気，ガス使用器具等の点検） b. 臨時の火気使用箇所の点検 c. 地震時における火気点検 d. 前記点検結果の防火責任者への報告 e. 担当区域内の火気使用設備，電気器具の維持管理 f. 最終退出者への防火上の指示監督 なお，火元責任者の氏名については，当該担当区域の出入口等に可能な限り表示する。	
避難誘導係	各グループメンバー	a. 当該区域内の避難器具，避難口及び通路等の確認 b. 避難時における所属人員の確認，副防火管理者への報告 なお，建物等の状況を熟知した火元責任者が兼務することも可とする。	
危険物保安監督者（危険物取扱者含む）	各当直長等	a. 危険物施設等の工事・保守及び運用に関する保安監督 b. 火災等災害発生時の適切な措置を講ずるための指揮監督 c. 危険物施設管理員（運転員等）に対する保安上の指示	
危険物施設管理員	運転員・設備管理G員・設備保全G員	a. 危険物施設の維持・管理 b. 定期及び臨時点検の実施並びに記録の保管 c. 火災等災害発生時における応急措置の実施	

※1 運転中・定期検査の区分。定期検査とは，定期事業者検査のために解列してから起動のための並列の期間をいう。

(3) 文書・記録の保管期間

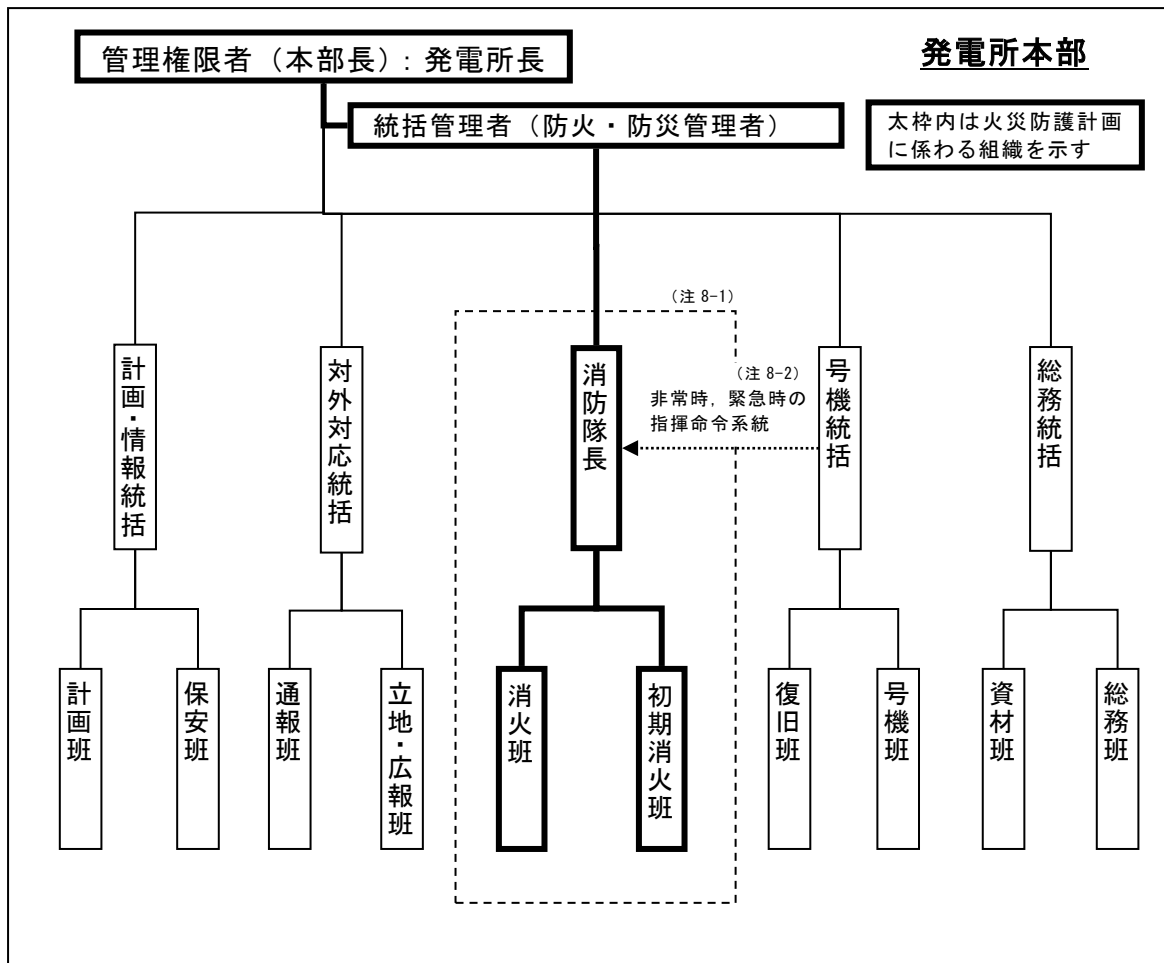
火災防護計画に係る業務における文書・記録の管理について、保管責任者、保管場所、保管期間を火災防護計画に定める。

(4) 消防計画の作成

防火・防災管理者は、消防法に基づき防火・防災管理業務について必要な事項を定め、火災の予防及び火災・大規模地震・その他の災害による人命の安全、被害の軽減、二次的災害発生防止を目的とした消防計画を作成し、公設消防へ届出する。

(5) 自衛消防組織の編成及び役割

柏崎刈羽原子力発電所では、火災及び地震等の災害発生に備えて、被害を最小限にとどめるため、自衛消防組織を編成し、火災防護計画にその役割を定める。なお、要員に変更があった際はその都度更新する（第 1-41～1-43 図，第 1-13 表）。



注 8-1：発電関連設備、その他区域での体制、指揮命令系統については第 1-42、1-43 図に示す。
 注 8-2：自衛消防隊は非常時対策（一般災害）、緊急時対策（原子力災害）においては号機統括の指揮下で活動する。
 緊急時対策本部立上後の自衛消防体制については、消防法に基づき作成する消防計画にも定める。

用語の定義

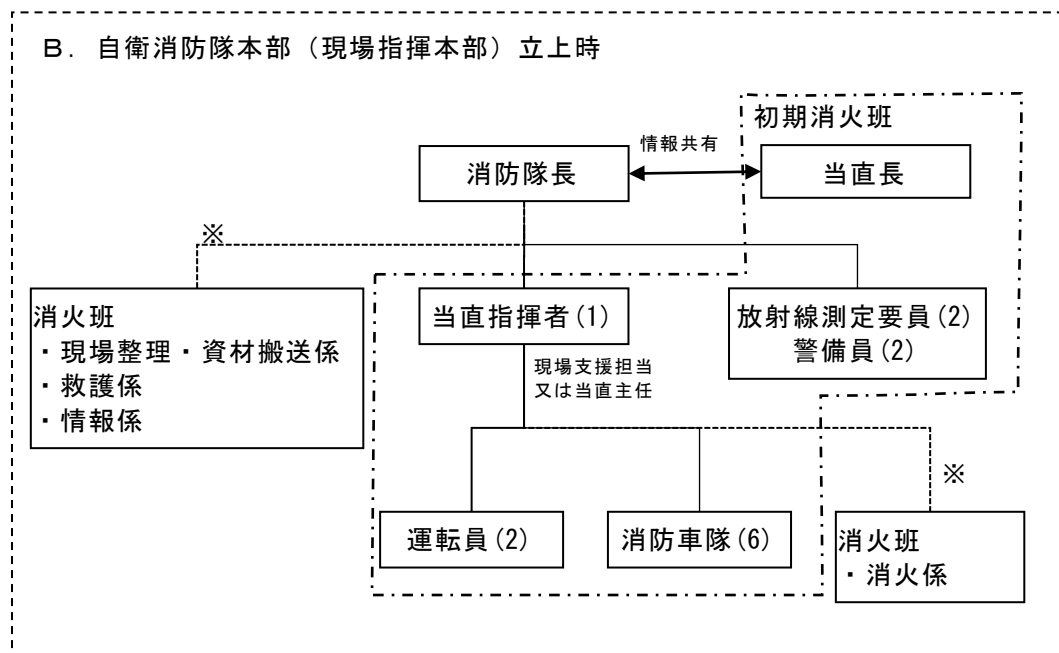
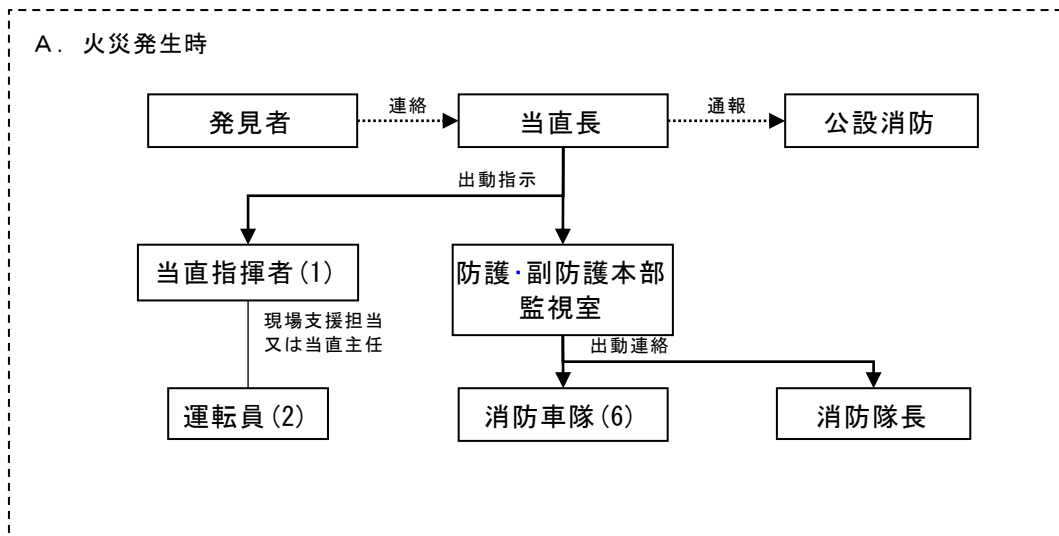
・発電関連設備

周辺防護区域内において、原子力発電所の運転等に直接関係する建物（原子炉建屋等）、防護区域外であっては水処理建屋、154kV変電所、66kV開閉所、給水建屋等の運転員の巡視区域の建物等をいう。

・その他区域

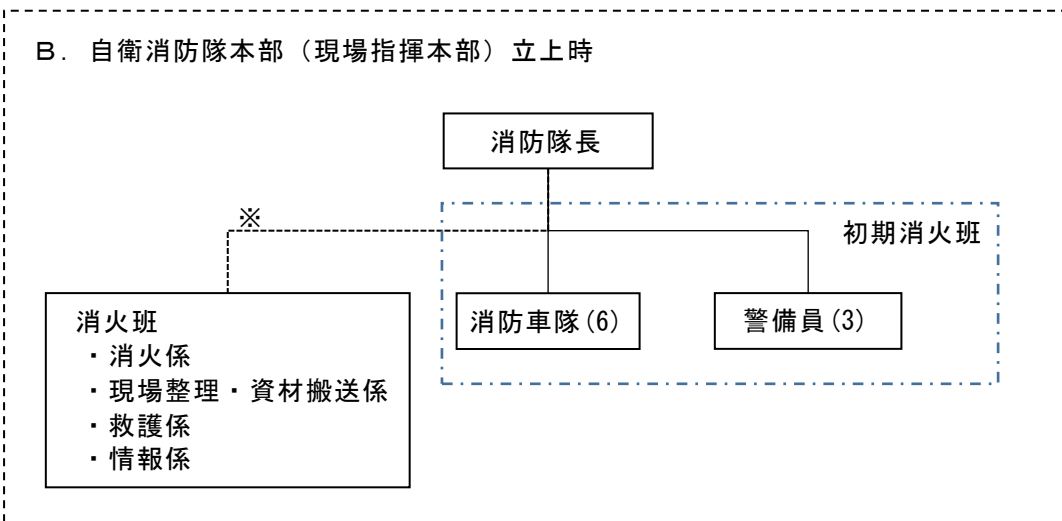
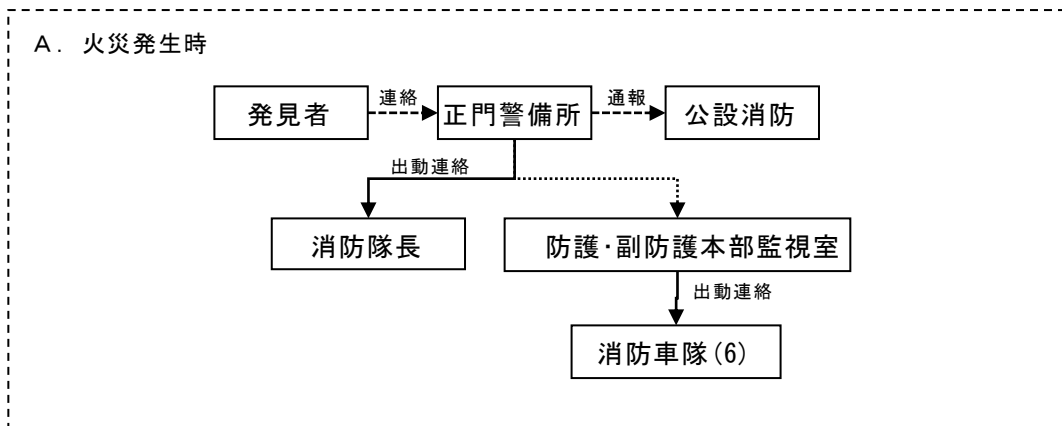
発電関連設備以外で、発電所敷地内にある当社所有の建物（事務本館、免震重要棟、防護本部、副防護本部、サービスホール、技能訓練棟、原子炉保修訓練棟、予備品倉庫（大湊）、発電倉庫（大湊）等）、高台保管場所、森林、伐採木仮置き場等をいう。

第 1-41 図：自衛消防組織体制



※夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）に、火災の規模・状況に応じて召集される消火活動要員

第 1-42 図 自衛消防隊編成（発電関連設備）



※夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）に、火災の規模・状況に応じて召集される消火活動要員

第 1-43 図 自衛消防隊編成（その他区域）

第 1-13 表：自衛消防隊編成（現場指揮本部）

構成	所属等		役割
消防隊長 (1)	平日昼間：①防災安全GM ②防災安全担当 ③運転管理担当 平日夜間、休祭日：自衛消防隊専属の宿直者		①現場指揮本部の責任者 ②消火活動全体の指揮 ③当直長への消火活動の情報提供・プラント情報の共有 ④公設消防窓口（プラント状況・消火活動の情報提供）
初期消火班 (15) (16) ^{※1}	当直長(1) ^{※2}	1号炉[1] 2号炉[1] 3号炉[1] 4号炉[1] 5号炉[1] 6,7号炉[1]	計6名 ①公設消防への通報（発電関連設備） ②運転員（初期消火要員）への初期消火指示 ③プラントの情報提供，消防活動の情報共有 （当直長は現場での消火活動のメンバーには属さない）
	運転員(3) ^{※2}	1号炉[3] 2号炉[2] ^{※3} 3号炉[2] ^{※3} 4号炉[2] ^{※3} 5号炉[2] ^{※4} 6,7号炉[3](4) ^{※5}	計14名 ①屋内・屋外での消火活動（発電関連設備） ②消火戦略の検討・指揮（現場支援担当又は当直主任） ③火災発生場所での消火活動の指揮（現場支援担当又は当直主任） ④火災発生現場（建屋内）への公設消防誘導・説明
	正門警備員(2) ^{※6}		①屋内・屋外での消火活動（その他区域） ②火災発生現場（構内全域）への公設消防誘導
	放射線測定要員・放射線測定当番(2)		線量測定
	消防車隊	防護・副防護本部警備員(1) 委託員(6)	指揮者から消防車隊への指示伝達係 ①屋内・屋外での消火活動
消火班 (30)	副班長：専任(2)，兼任可(1) 班員：専任(16)，兼務可(11) (専任) 消火専任の要員 (兼務) 機能班との兼務可		【参集状況に応じ，現場にて副班長が役割分担を指名】 ●消火係 ①消火活動（消火器・屋外消火栓等の使用） ●現場整理・資機材搬送係 ①現場交通整理（公設消防車両の誘導） ②火災現場保存（関係者以外の立入規制含む） ③消火活動資機材の運搬（現場指揮本部機材含む） ●情報係 ①発電所本部への情報連絡 ②火災現場での情報収集・記録 ●救護係 ①負傷者の救護 ②総務班医療係到着までの介護

() 内は人数

※1：1～5号炉は各号炉15名で構成。6号及び7号炉は通常15名，6号及び7号炉同時火災では16名で構成。

※2：発電関連設備での火災発生時が対象。[]内は各号炉の初期消火要員。

※3：単独火災発生時は1号炉の初期消火要員1名を補充。

※4：単独火災発生時は6号及び7号炉の初期消火要員1名を補充。

※5：6号及び7号炉のいずれか一方の号炉の火災では3名で活動。6号及び7号炉同時火災では運転員1名を補充し4名で活動。

※6：初期消火班警備員(2)は，発電所周辺警備を行うために正門警備所（防火帯外側）に常駐しているが，森林火災発生時には，公設消防を火災現場に誘導する。なお，火災の影響が及ぶ場合には安全な場所へ待避する。

用語の定義

・発電関連設備

周辺防護区域内において，原子力発電所の運転等に直接関係する建物（原子炉建屋等），防護区域外であっては水処理建屋，154kV変電所，66kV開閉所，給水建屋等の運転員の巡視区域の建物等をいう。

・その他区域

発電関連設備以外で，発電所敷地内にある当社所有の建物（事務本館，免震重要棟，防護本部，副防護本部，サービスホール，技能訓練棟，原子炉保修訓練棟，予備品倉庫（大湊），発電倉庫（大湊）等），高台保管場所，森林，伐採木仮置き場等をいう。

(6) 消火活動の体制

①初期消火要員の配備

- a. 防災安全GMは、初期消火要員の役割に応じた体制を構築し、10名以上の要員を常駐させる。なお、実際の消火活動にあたる人員は必ず10名以上でなければならないものではなく、火災の規模や場所（例えば管理区域内）により適切に対応できる人数で対応する。初期消火要員の役割及び力量表の例を第1-14、1-15表に示す。
- b. 防災安全GMは、火災発生時の初期消火要員の火災現場への参集について、通報連絡体制を定める。通報連絡体制の例を第1-16表に示す。

②消火活動に必要な資機材

防災安全GMは、消火活動に必要な資機材を配備する。消防資機材一覧表の例を第1-17表に示す。

a. 化学消防自動車の配備

化学消防自動車は、自衛消防隊詰め所近傍、荒浜側高台保管場所にそれぞれ1台配備する。防災安全GMは、化学消防自動車の日常点検（毎日）、消防艀装部点検（半年毎）、車両点検（3ヶ月毎）及び車検（2年毎）の点検結果を確認する。

b. 水槽付消防自動車、消防ポンプ自動車の配備

水槽付消防自動車、消防ポンプ自動車は、自衛消防隊詰め所近傍又は荒浜側高台保管場所に各1台配備する。防災安全GMは、水槽付消防自動車の日常点検（毎日）、消防艀装部点検（半年毎）、車両点検（3ヶ月毎）及び車検（2年毎）の点検結果を確認する。

c. 泡消火薬剤の配備

発電所におおむね1時間の泡放射（400L毎分を同時に2口）が可能な泡消火薬剤（1,500L）を自衛消防隊詰め所、荒浜側高台保管場所に配備し、維持・管理する。訓練を実施する場合は、1,500Lを下回らないようあらかじめ泡消火薬剤を配備する。また、消火活動で使用した場合は遅滞なく補給する。

d. その他資機材の配備

消火活動に必要な化学消防自動車及び泡消火薬剤以外のその他資機材を配備し、維持・管理する。

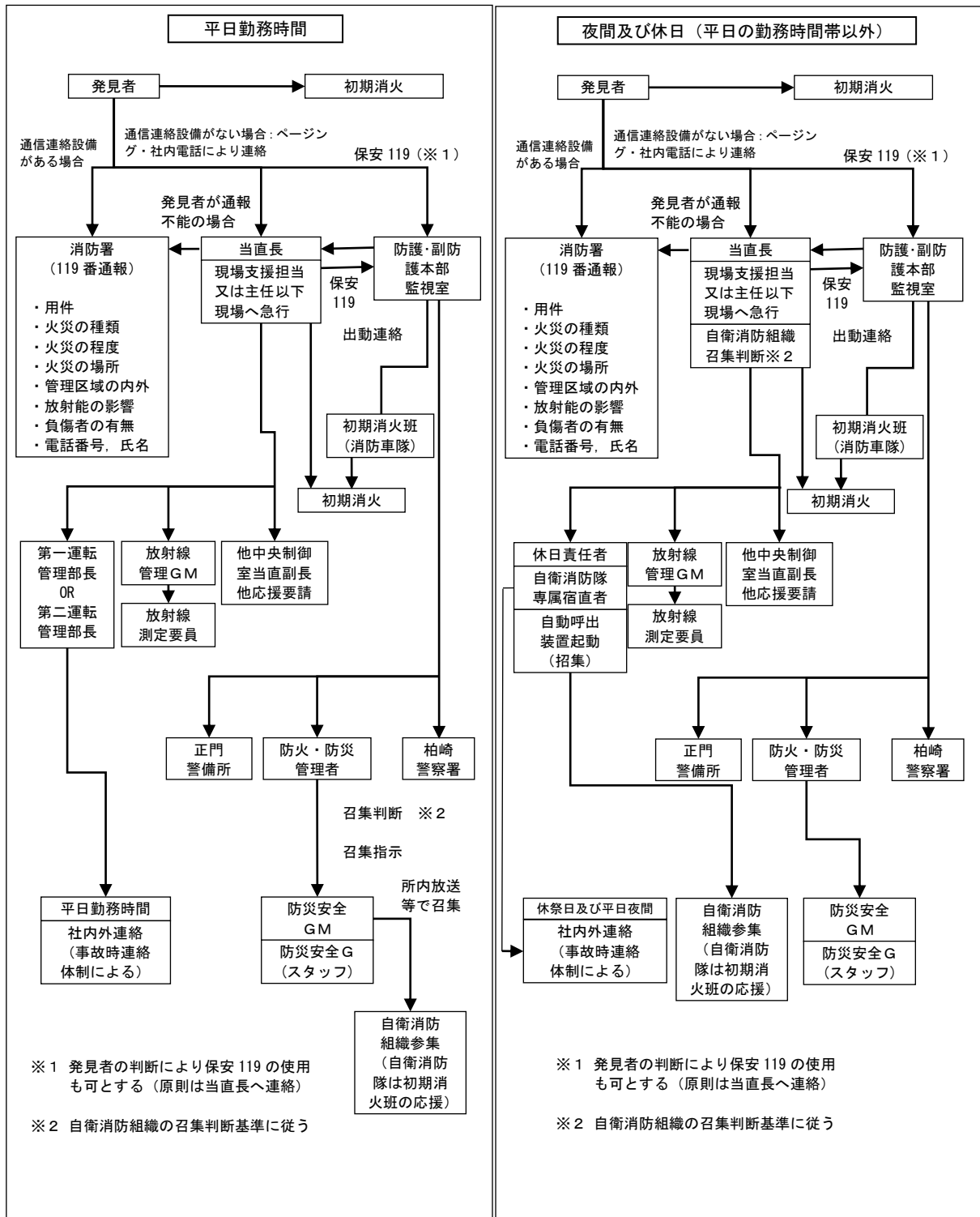
第 1-14 表：初期消火要員の役割及び力量表

担当者（注 1）	人数	主な役割	力量が必要となる活動内容	必要な力量	教育訓練（※ 1～6 の内容は表 1-15 に示す）
①通報連絡者 （当直長）	1 名	・ 通報連絡	・ 連絡体制表に従い、火災現場の状況についての的確に関係者に通報及び連絡する。 ・ 火災発生の連絡を受けた後、現場指揮者に火元確認のため消火隊員に適切なアクセスルートと現場への急行を指示する。	・ マニュアルに基づく通報・連絡箇所に関する知識 ・ プラント設備の配置、構造に関する知識 ・ 火災の特徴・性質と消火戦術に関する知識 ・ 消火機材の取扱に関する知識及び技能 ・ プラント設備の運転に関する知識	・ 火災対応Ⅰ ※ 1 ・ 火災対応Ⅱ ※ 2 ・ ファミリー研修 ※ 3 ・ プラントシステム研修 ※ 4 ・ 総合訓練 ※ 5
②現場指揮者 （現場支援担当又は当直主任）	1 名	・ 現場指揮	・ 通報連絡者の指示に基づき、必要に応じて防火服を着用して適切なアクセスルートにて火災現場へ急行する。 ・ 火災原因及び発火場所周辺の状況を的確に確認し、通報連絡者へ連絡する。 ・ 火災原因及び発火場所周辺の状況を確認し、消火器・消火栓等、適切な消火機材の使用について指示する。	・ プラント設備の配置、構造に関する知識 ・ 防火服及び着用方法に関する知識 ・ マニュアルに基づく報告内容に関する知識 ・ 火災の特徴・性質と消火戦術に関する知識 ・ 消火設備に関する知識 ・ 消火機材の取扱に関する知識及び技能	・ 火災対応Ⅰ ※ 1 ・ 火災対応Ⅱ ※ 2 ・ ファミリー研修 ※ 3 ・ プラントシステム研修 ※ 4 ・ 総合訓練 ※ 5 ・ 社外機関 ※ 6
③消火担当者 （運転員）	2 名	・ 消火	・ 現場指揮者の指示に基づき、必要に応じて防火服を着用して適切なアクセスルートにて火災現場へ急行する。 ・ 消火器・消火栓等、適切な消火機材を利用し、初期消火を実施する。	・ 火災の特徴・性質と消火戦術に関する知識 ・ 消火設備に関する知識 ・ 消火機材の取扱に関する知識 ・ 防火服及び着用方法に関する知識 ・ プラント設備の配置、構造に関する知識	・ 火災対応Ⅰ ※ 1 ・ 火災対応Ⅱ ※ 2 ・ プラントシステム研修 ※ 4 ・ 総合訓練 ※ 5 ・ 社外機関 ※ 6
④委託指揮者 （委託消防員）	2 名	・ 現場指揮	・ 防火服等の着用を行い、消火隊員に適切なアクセスルートを指示し、火災現場に急行する。 ・ 火災現場の状況を考慮し、化学消防自動車・水槽付消防自動車を適切な場所への配置を指示する。 ・ 火災現場の状況を考慮し、消火活動を指揮する。 ・ 携帯無線機により消火隊員との連絡を行う。	・ 防火服、耐熱服、空気呼吸器の取扱い技能 ・ 現場レイアウト知識 ・ 消防用設備の配置場所及び機能の知識 ・ 消火活動の指揮 ・ 初期消火技能（無線機の操作）	・ 委託消防隊連携訓練 ・ 現場レイアウト、消防用設備の配置場所及び機能に関する教育 ・ 消防資機材取扱い訓練 ・ 総合訓練 ※ 5
⑤筒先 （委託消防員）	2 名	・ 消火	・ 防火服等の着用を行い、適切なアクセスルートにて火災現場に急行する。 ・ 消火ホースを延長する。 ・ 筒先を操作する。 ・ 携帯無線機により委託指揮者及び他の委託消防員との連絡を行う。	・ 防火服、耐熱服、空気呼吸器の取扱い技能 ・ 現場レイアウト知識 ・ 消防用設備の配置場所及び機能の知識 ・ 初期消火技能（筒先の操作、消火ホースの延長及び連結、携帯無線機の操作）	・ 委託消防隊連携訓練 ・ 現場レイアウト、消防用設備の配置場所及び機能に関する教育 ・ 消防資機材取扱い訓練 ・ 総合訓練 ※ 5
⑥化学機関員 （委託消防員）	1 名	・ 化学消防自動車操作 ・ 泡消火薬剤補充	・ 防火服等の着用を行い、適切なアクセスルートにて火災現場に急行する。 ・ 火災現場の状況を考慮し、泡消火薬剤備蓄車を適切な場所への配置を指示する。 ・ 消火ホースを延長する。 ・ 化学消防自動車、水槽付消防自動車、消火栓との連結作業を行う。 ・ 化学消防自動車を操作する。 ・ 泡消火薬剤備蓄車から化学消防自動車へ泡消火薬剤を補充する。 ・ 携帯無線機により委託指揮者及び他の委託消防員との連絡を行う。	・ 防火服、耐熱服、空気呼吸器の取扱い技能 ・ 現場レイアウト知識 ・ 消防用設備の配置場所及び機能の知識 ・ 初期消火技能（消火ホースの延長及び連結、化学消防自動車の操作、泡消火薬剤の補充、携帯無線機の操作） ・ 中型自動車免許	・ 委託消防隊連携訓練 ・ 現場レイアウト、消防用設備の配置場所及び機能に関する教育 ・ 消防資機材取扱い訓練 ・ 総合訓練 ※ 5
⑦水槽機関員 （委託消防員）	1 名	・ 水槽付消防自動車操作	・ 防火服等の着用を行い、適切なアクセスルートにて火災現場に急行する。 ・ 消火ホースを延長する。 ・ 化学消防自動車、水槽付消防自動車、消火栓との連結作業を行う。 ・ 水槽付消防自動車を操作する。 ・ 携帯無線機により委託指揮者及び他の委託消防員との連絡を行う。	・ 防火服、耐熱服、空気呼吸器の取扱い技能 ・ 現場レイアウト知識 ・ 消防用設備の配置場所及び機能の知識 ・ 初期消火技能（消火ホースの延長及び連結、水槽付消防自動車の操作、携帯無線機の操作） ・ 中型自動車免許	・ 委託消防隊連携訓練 ・ 現場レイアウト、消防用設備の配置場所及び機能に関する教育 ・ 消防資機材取扱い訓練 ・ 総合訓練 ※ 5
⑧案内誘導員 （委託警備員）	2 名	・ 誘導	・ 公設消防隊を火災現場へ誘導する。 ・ その他の区域の消火活動を行う。	・ 現場レイアウト知識	・ 総合訓練 ※ 5
合計	12 名	注 1：括弧内は基本的な対応者を示すが、必要な力量を有していれば他の者でも対応可			

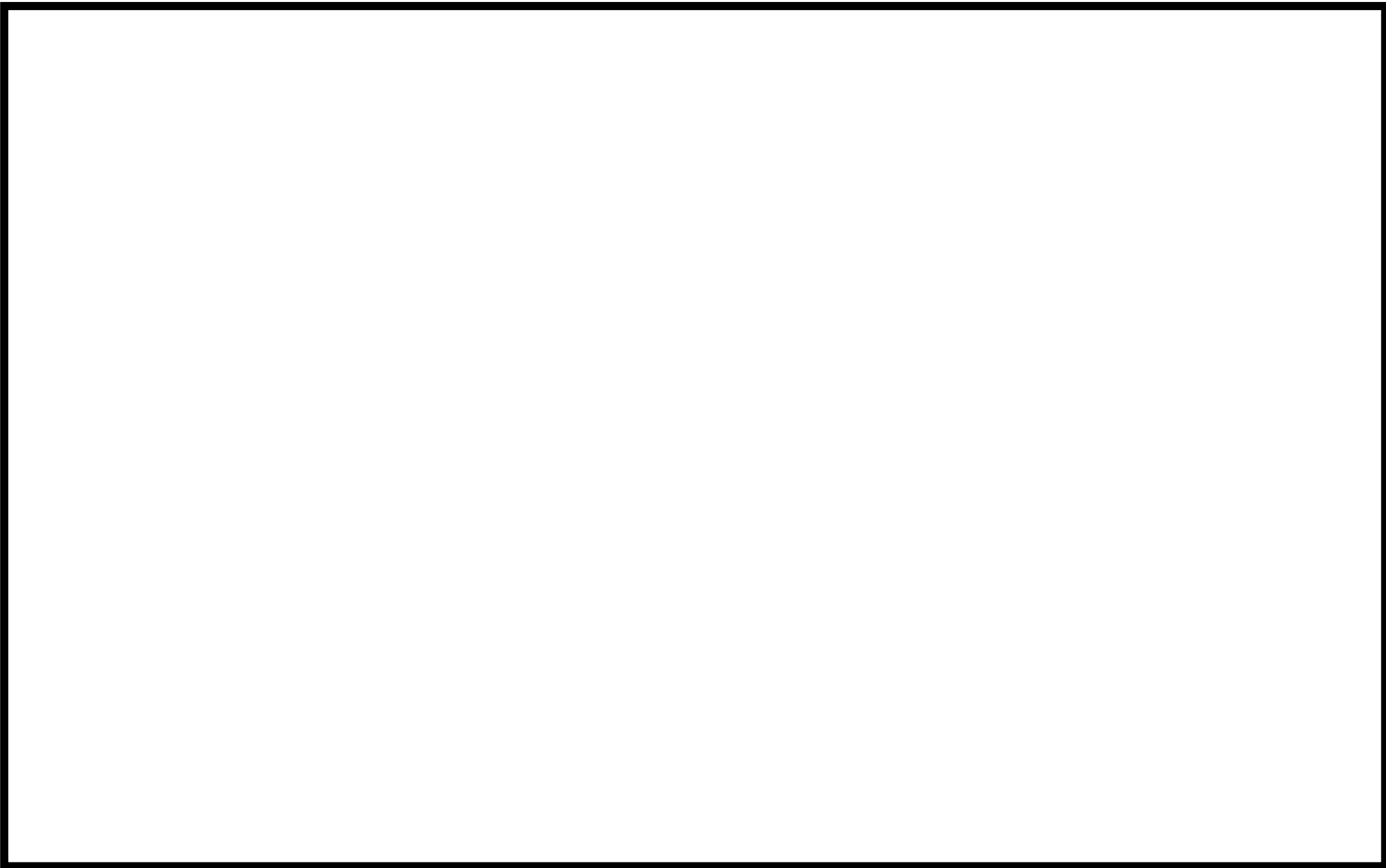
第 1-15 表：初期消火要員の教育訓練内容

教育訓練項目	内 容
※ 1 火災対応 I	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所内の一般火災及び設備火災（電気品室や DG 室等での火災対応，中央制御室内，原子炉格納容器内，原子炉建屋通路部の火災対応等）に対し，その影響を最小限に抑えるための適切な対応方法（固定式消火設備の操作方法を含む）の習得
※ 2 火災対応 II	<ul style="list-style-type: none"> ・消防署員誘導，人身災害時の対応の習得
※ 3 ファミリー研修	<ul style="list-style-type: none"> ・指揮命令系統や通報等の訓練
※ 4 プラントシステム研修	<ul style="list-style-type: none"> ・上級運転員に要求される事故時操作手順における的確な操作方針の決定を行う能力の維持・向上（当直長が対象） ・全ての運転員に必要となるプラント各系統に関する構成機器，特徴，運転に関する知識の習得
※ 5 総合訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・火災発生を想定した総合的な訓練（119番通報，社内通報連絡，初期消火要員出動，初期消火活動，公設消防隊の誘導，現場引継ぎ等）
※ 6 社外機関 （一般社団法人 海上災害防止センターでの訓練）	<ul style="list-style-type: none"> ・消火作業等，基本事項の習得 ・実消火作業・戦術に関する訓練

第 1-16 表：通報連絡体制（例）



第 1-17 表：消防資機材一覽表



(7) 自衛消防本部の設置

自衛消防本部は、発電所本部と現場指揮本部で構成される組織である。発電所本部は、管理権限者が免震重要棟技術支援センターに置くものとし、情報の収集、通報を受け、消防機関（119番）への通報、所内への放送等、職員の人命安全のための避難誘導を最重点とした態勢を整え、「自衛消防隊編成表」（第1-13表）に定める任務を行う。

現場指揮本部は、統括管理者が火災発生付近の建物入り口等に設置するよう指示するものとし、「自衛消防隊編成表」（第1-13表）に定める初期消火活動の指揮・公設消防の対応及び発電所本部との情報連絡を行う。

現場指揮本部の指揮は消防隊長が当たる。公設消防の現場指揮本部が設置された場合には、自衛消防隊現場指揮本部は、発電所本部との連絡要員を除き公設消防の指示に従いその指揮下に入る。公設消防の現場指揮本部との窓口は消防隊長とする。

(8) 火災発生時の対応

①火災対応手順の制定

a. 防火・防災管理者は、発電所構内での火災発生に備え、火災対応手順及び消火戦略（Pre-Fire Plan）を定めるとともに、維持・管理を行う。

(i) 火災対応手順には、以下を含める。

- ・ 役割と権限
- ・ 消火体制と連絡先
- ・ 複数同時火災発生時の対応（緊急時対応中の6号及び7号炉での複数同時火災並びに屋外での複数同時火災に対する消火体制を含む対応手順の作成）

(ii) 消火戦略には、以下を含める。

- ・ 消防隊員の入室経路と退去経路
- ・ 消防隊員の配置（指揮者位置、確認位置等）
- ・ 安全上重要な構造物、系統、機器の設置場所
- ・ 火災荷重
- ・ 放射線、有害物質、高電圧等の特別な危険性（爆発の可能性含む）
- ・ 使用可能な火災防護設備（例：固定式消火設備、消火器、消火栓等）
- ・ 臨界その他の特別な懸念のための、特定の消火剤に対する使用制限と代替手段
- ・ 固定式消火設備、消火栓、消火器の配置
- ・ 手動消火活動のための給水
- ・ 消火要員が使用する通信連絡設備
- ・ 個別の火災区域の消火対応手順

- ・大規模損壊時の火災対応
- ・外部火災（軽油タンク，変圧器，森林火災等）の対応

②火災発生時の注意事項

防火・防災管理者は，火災発生時の注意事項として以下の項目を定める。

- a. 通報連絡
- b. 火災現場での活動に向けた準備
- c. 消火活動
 - (a) 初期消火活動
 - (b) 自衛消防隊（消防隊長）到着以降の消火活動
- d. 公設消防への対応
 - (a) 公設消防への報告
 - (b) 公設消防の装備（管理区域での汚染区分に応じた装備をあらかじめ定める）
 - (c) 火災現場及び現場指揮本部での指揮命令系統の統一
 - (d) 公設消防の汚染検査
 - (e) 負傷者対応
- e. 避難活動
 - (a) 避難周知
 - (b) 作業員等の把握
 - (c) 避難誘導
- f. 自衛消防隊の召集
 - (a) 平日勤務時間
 - (b) 夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）

③中央制御室盤内の消火活動に関する注意事項

中央制御室盤内で火災が発生した場合の消火活動については，常駐する運転員が実施することとする。具体的な消火手順については，消火戦略に以下の事項を定める。

- a. 消火設備

中央制御室の制御盤内の火災については，電気機器への影響がない二酸化炭素消火器を使用して，消火を行う。
- b. 消火手順
 - ・火災が発生した場合，運転員は受信機盤により，火災が発生している区域・部屋を特定するとともにプラント運転状況を監視する。
 - ・消火活動は2名で行い，1名は直ちに至近の二酸化炭素消火器を準備し，火災発生箇所に対して，消火活動を行う。もう1名は，予備の二酸化炭素消火器の準備等を行う。

- ・制御盤内での消火活動を行う場合は、セルフエアセットを装着して消火活動を行う。
- ・中央制御室主盤・大型表示盤エリア及び中央制御室裏盤エリアへの移動は、距離が短いことから、短時間で移動して、速やかに消火活動を実施する。

④火災鎮火後の処置

当直長は、公設消防からの鎮火確認を受けたのち、設備状態の確認を行い、設備保守箇所へ点検依頼を行う。設備保守箇所は火災後の設備健全性確認を行う。

(9) 原子炉格納容器内の火災防護対策

原子炉格納容器内は、プラント運転中については、窒素ガスが封入され雰囲気不活性化されていることから、火災の発生は想定されない。

一方で窒素ガスが封入されていない期間のほとんどは原子炉が低温停止に到達している期間であるが、わずかではあるものの原子炉が低温停止に到達していない期間もあることを踏まえ、「2.1.3.1.(2)②原子炉格納容器内の系統分離」及び資料8に示す火災防護対策及び以下のとおり運用を行うことを火災防護計画に定める。

- ・原子炉格納容器内での作業に伴う持込み可燃物について、持込み期間・可燃物量・持込み場所等を管理する。原子炉格納容器内への持込み可燃物の仮置きは禁止とするが、やむを得ず仮置きする場合には、不燃シートで覆う又は金属箱の中に収納するとともに、その近傍に消火器を準備する。
- ・原子炉格納容器内での点検等で火気作業を実施する場合は、火災防護計画にて定める管理手順に従って実施する。
- ・原子炉格納容器内での火災発生に対して、原子炉格納容器内への入退域箇所や、原子炉格納容器内外の消火器・近傍の消火栓・通信連絡設備の位置、原子炉格納容器内の安全系設備やハザードの位置を明記した消火戦略を作成する。

(10) 重大事故等対処施設並びにこれらが設置される火災区域に対する火災防護対策

①重大事故等対処施設並びにこれらが設置される火災区域

重大事故等対処施設並びにこれらが設置される火災区域については、重大事故等に対処するために必要な機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、適切に火災区域を設定し、火災発生防止、火災の感知及び消火のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

特に火災防護対策として以下の事項を火災防護計画及びその関連文書と

して定め、これを実施する。

- ・建屋内に設置される重大事故等対処施設である常設重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備は、火災によって重大事故等に対処する機能が同時に喪失しないよう、設計基準対象施設の配置を考慮して火災区域に設置する。
- ・屋外の重大事故等対処施設については、火災によって重大事故等に対処する機能が同時に喪失しないよう配置上の考慮を行う。
- ・屋外の常設重大事故等対処施設及び可搬型重大事故等対処設備は、発電所敷地外からの火災による延焼を防止するため、原則、発電所敷地内に設定した防火帯で囲んだ範囲の内側に防火帯と重複しないように配置する。なお、モニタリングポスト用発電機は防火帯の外側に配置するが代替の可搬型モニタリングポストを内側に配置する。
- ・屋外の重大事故等対処施設を設置するエリアについて、附属設備を含めて火災区域に設定する。重大事故等対処施設を設置するエリアのうち、壁やフェンス等で明確に区域が設定できない場合の火災区域の設定に当たっては、「危険物の規制に関する政令」に基づき必要な空地を確保して火災区域を設定する。また、同令において空地の要求がない設備については、重大事故等対処施設自体が可燃物を内包することを踏まえ「屋外タンク貯蔵所」とみなし、同令第十一条第二項で要求される空地の幅を参考にして、附属設備を含め 3m 以上の幅の空地を考慮した範囲とする。
- ・常設代替交流電源設備設置区域については、附属設備を含めて火災区域を設定する。火災区域の設定に当たり、ガスタービン発電機は「一般取扱所」として空地が要求されることから、同令第九条第一項第二号で要求される「製造所」の空地 5m 以上の幅の空地を確保した範囲とする。また、附属設備の主要機器である地下タンクは「危険物の規制に関する政令」において空地が要求されない設備であるため、同令の「屋外タンク貯蔵所」とみなし、同令第十一条第二項で要求される空地の幅を参考にして附属設備を含め 3m 以上の幅の空地を確保した範囲とする。

なお、ガスタービン発電機間においては同令における空地の要求がないことから、設備として発電機間の火災影響並びに消火活動への影響を考慮し、適切に空地を設ける設計とする。
- ・上記で設定した火災区域の境界付近は、可燃物を置かない管理を実施するとともに、周辺施設又は植生との離隔、周辺の植生区域の除草等の管理を実施する。
- ・上記で設定した火災区域については、点検に係る資機材等の可燃物の仮置きを禁止する。
- ・常設代替交流電源設備設置区域については、区域全体の火災を感知するために、炎感知器及び熱感知カメラを設置する。
- ・重大事故等対処施設（屋外に設定した火災区域、5号炉原子炉建屋内緊急

時対策所を含む)への屋外アクセスルートを定める。

- ・屋外アクセスルート及びその周辺については、地震発生に伴う火災の発生防止対策(可燃物・危険物管理等)及び火災の延焼防止対策(変圧器等火災対策、防油堤設置等)を行う。
- ・屋外アクセスルート近傍で設備の新設や補修工事を実施する場合には、火災発生の影響を考慮すること、必要な評価(外部火災影響評価)を実施することを火災防護計画及びその関連文書に定める。
- ・屋外の火災区域での火災発生に対して、火災発生区域への入退域箇所やアクセスルート、敷地内の消火栓、消火器、防火水槽等の位置を明記した消火戦略を作成する。

②可搬型重大事故等対処施設及びその保管場所の火災防護対策

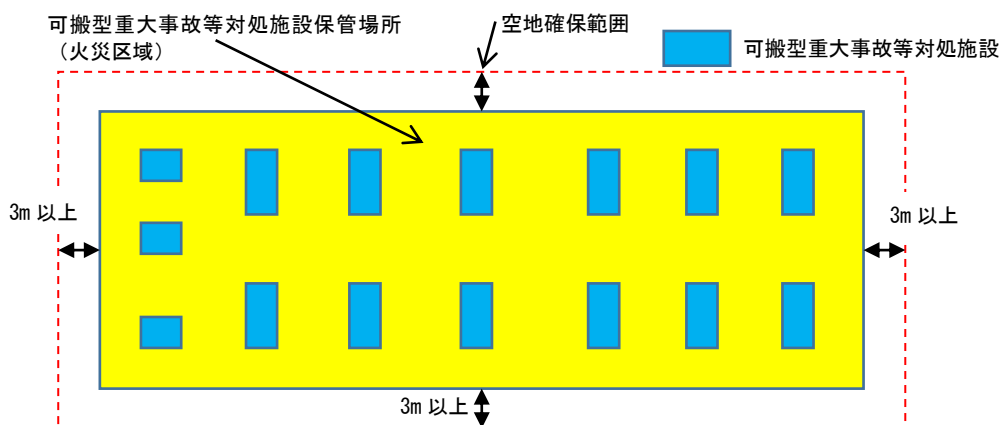
可搬型重大事故等対処施設は、建屋内及び屋外に「保管」されており、建屋内については基準規則第8条、第41条に基づき設定した火災区域に保管する。

特に屋外の可搬型重大事故等対処施設及びその保管場所の火災防護対策として以下の事項を火災防護計画及びその関連文書として定め、これを実施する。

- ・屋外の可搬型重大事故等対処施設の保管場所は、火災区域として設定する。
- ・可搬型重大事故等対処施設には危険物である燃料油や可燃物を含むものがあることから、その保管場所については、「危険物の規制に関する政令」で要求される空地のない対象設備は、同令「屋外タンク貯蔵所」とみなし、同令第十一条第二項第二号で要求される空地の幅を参考にして、保管場所の敷地境界から3m以上の幅の空地を考慮した範囲とする。(第1-44図)
- ・分散配置が可能な可搬型重大事故等対処施設については、火災によって重大事故等に対処する機能が同時に喪失しないよう、分散配置して保管する。
- ・可搬型重大事故等対処施設は、設計基準対象施設及び常設重大事故等対処施設に対して、可搬型重大事故等対処施設からの火災又は設計基準対象施設若しくは常設重大事故等対処施設からの火災により必要な機能が同時に喪失しないよう、十分な離隔を取った高所に保管する。
- ・可搬型重大事故等対処施設は、設備間に適切な離隔距離を取って保管する。
- ・可搬型重大事故等対処施設は、竜巻(風(台風)含む)による火災においても重大事故等に対処する機能が喪失しないよう、配置上の考慮を行う。
- ・可搬型重大事故等対処施設の保管場所については、その周囲に側溝を設けることによって、可搬型重大事故等対処施設から潤滑油、燃料油が漏えいした場合には漏えいの拡大防止を図る設計とする。
- ・可搬型重大事故等対処施設の保管場所については、火災発生防止の観点から巡視を行うこと、巡視により潤滑油、燃料油の漏えいを発見した場合に

は、吸着マット、土嚢等を使用し漏えいの拡大防止対策を図ることを、火災防護計画の関連図書に定める。

- ・可搬型重大事故等対処施設の保管場所の境界付近には可燃物を置かない管理を実施するとともに、保管場所内の潤滑油及び燃料油を内包する機器は、樹木等の可燃物に隣接する場所には配置しない等の保管場所外への延焼防止を考慮する。
- ・可搬型重大事故等対処施設の保管場所については、点検に係る資機材等の可燃物の仮置きを禁止する。
- ・可搬型重大事故等対処施設の保管場所とした火災区域については、区域全体の火災を感知するために、炎感知器及び熱感知カメラを設置する。
- ・可搬型重大事故等対処施設の保管場所での火災発生に対して、火災発生区域への入退域箇所やアクセスルート、敷地内の消火栓、消火器、防火水槽の位置等を明記した消火戦略を作成する。



第 1-44 図 可搬型重大事故等対処施設の火災区域設定

(11) 消防法に基づく危険物施設予防管理・活動業務

防火・防災管理者は、消防法に基づき危険物施設予防規程を作成し、市町村長へ届出する。防火・防災管理者は、危険物保安監督者に対し、危険物災害予防規程に基づき危険物施設の保安業務の実施を指導する。

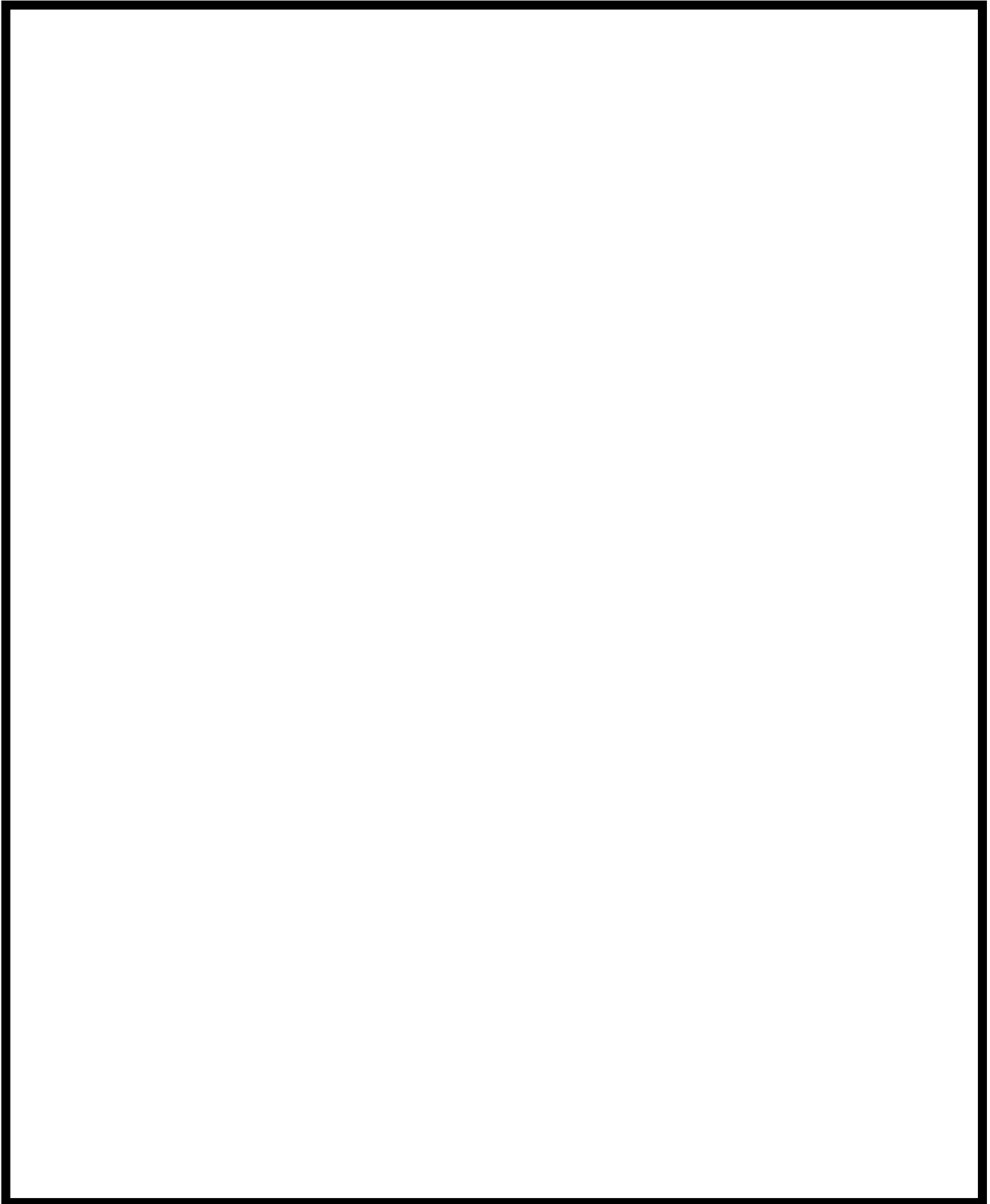
火災防護計画には、危険物施設の保安業務を以下のとおり定める。

- ・危険物施設の保安関係者に対する教育
- ・危険物施設における訓練
- ・巡視・点検
- ・運転・操作
- ・危険物の取扱い作業・貯蔵
- ・危険物施設の補修
- ・非常時の措置
- ・油漏えい時の対処方法

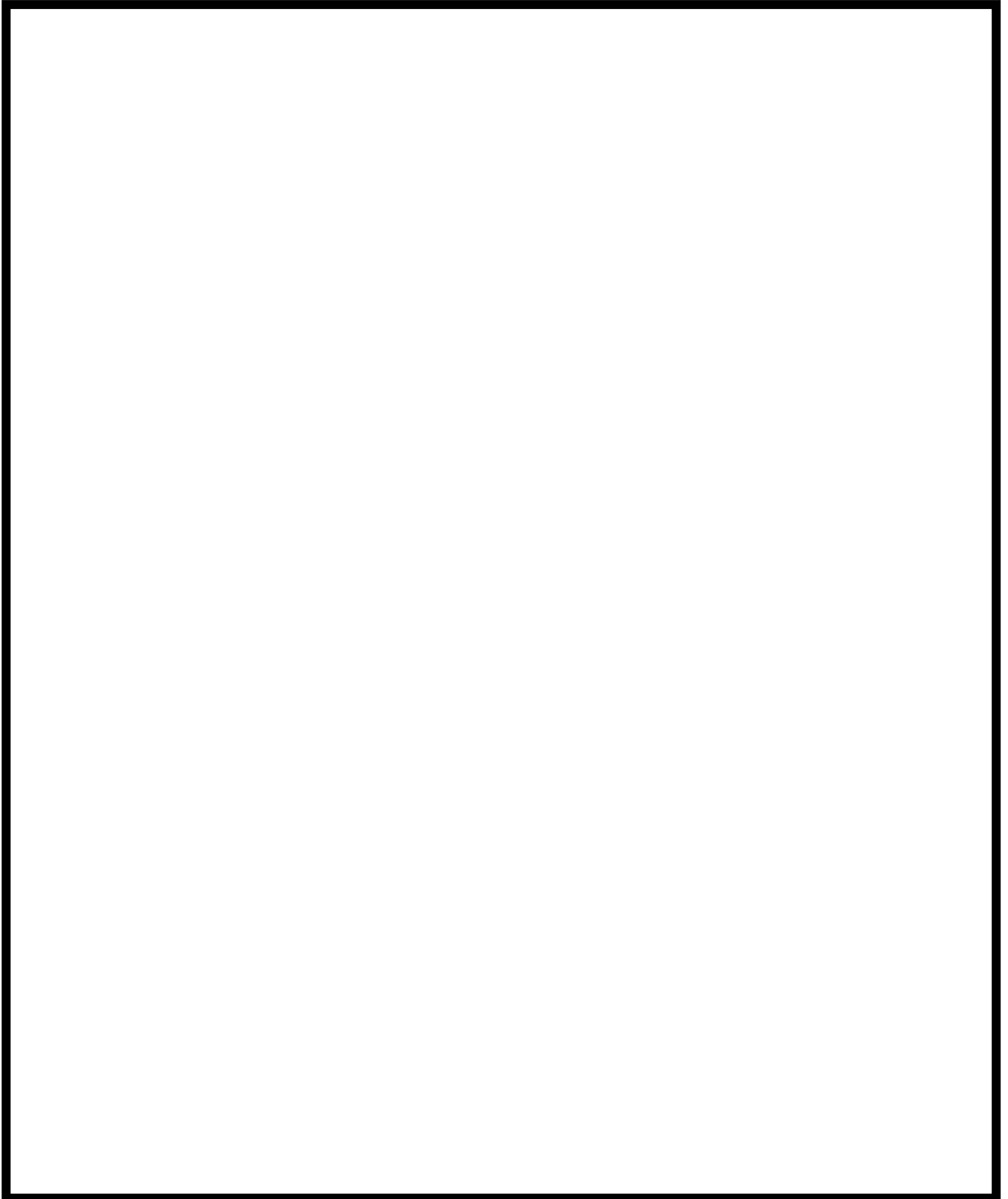
- ・ 消防機関との連絡
- ・ 立入検査

危険物施設の適用範囲の例を「危険物製造所等許可施設一覧表」(第 1-18 表)に示す。

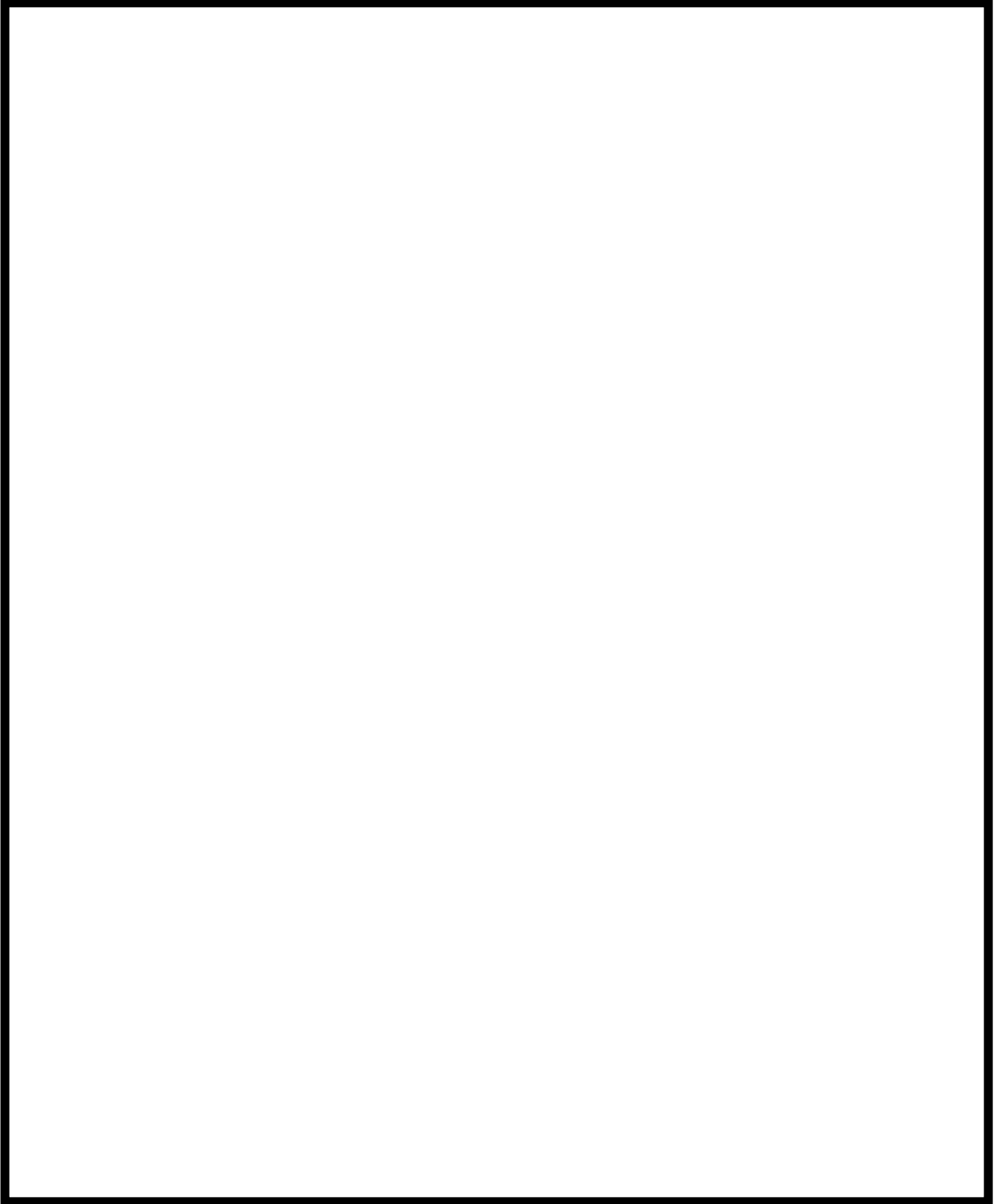
第 1-18 表：危險物製造所等許可施設一覽表(1)



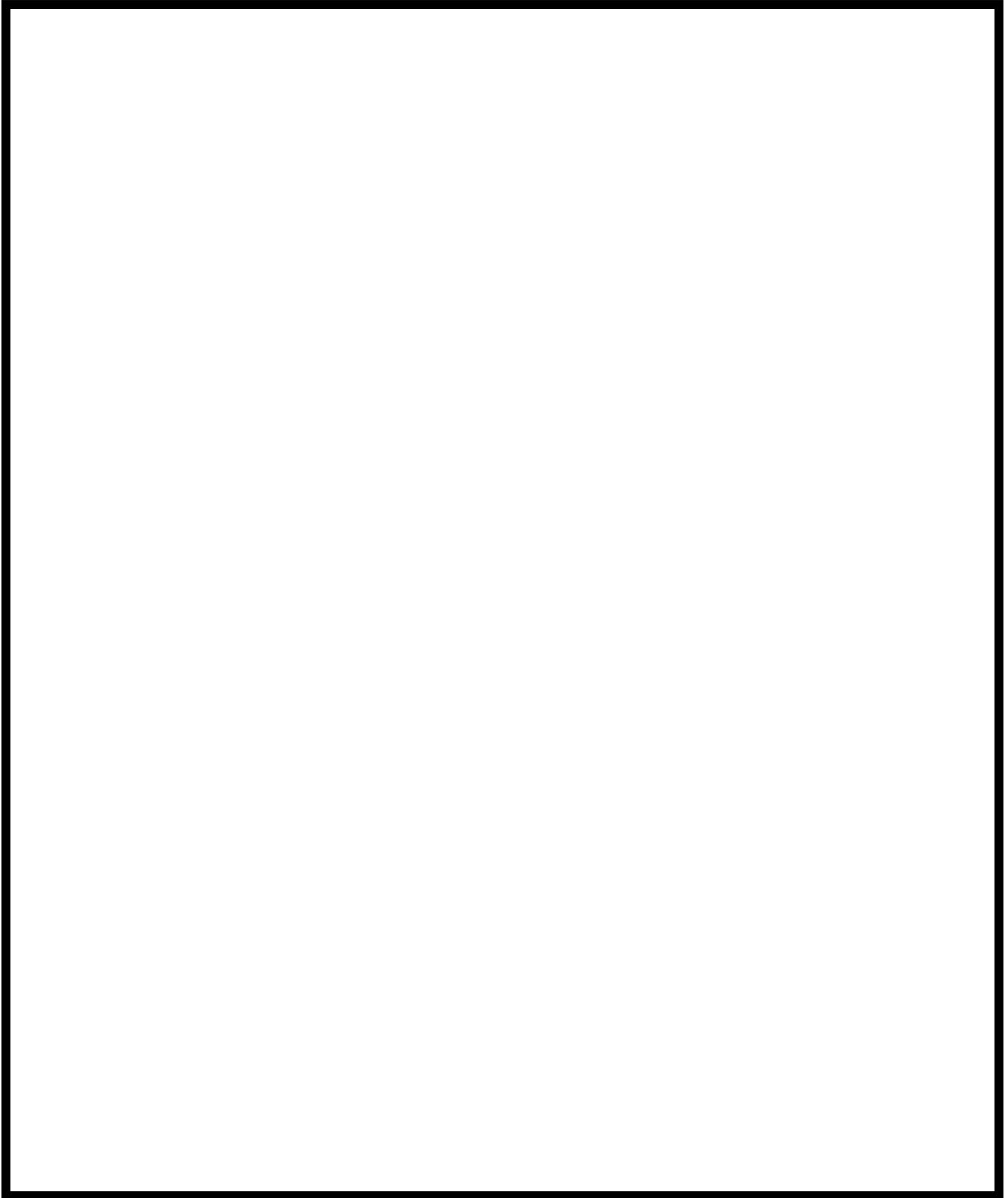
第 1-18 表：危險物製造所等許可施設一覽表(2)



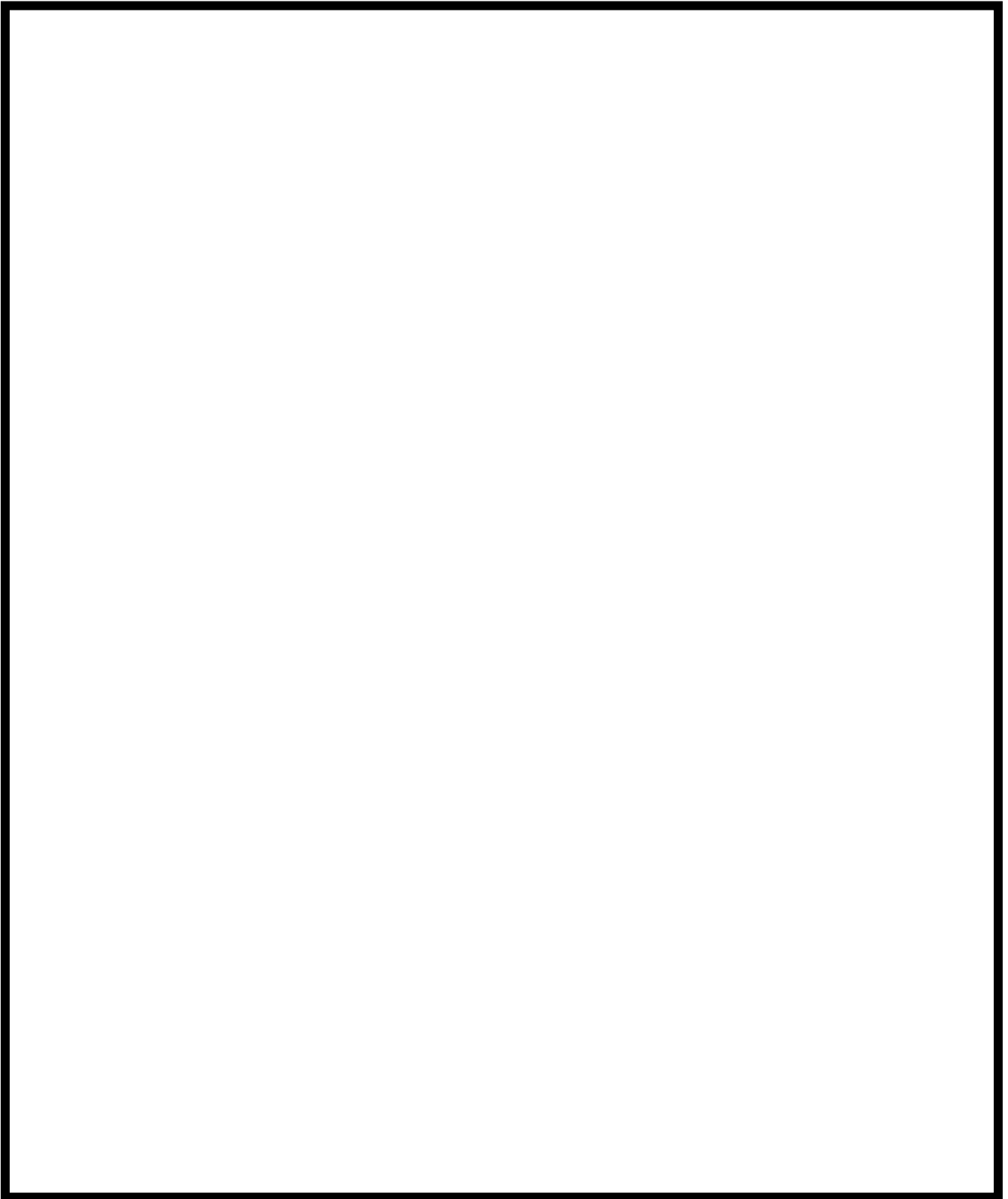
第 1-18 表：危險物製造所等許可施設一覽表(3)



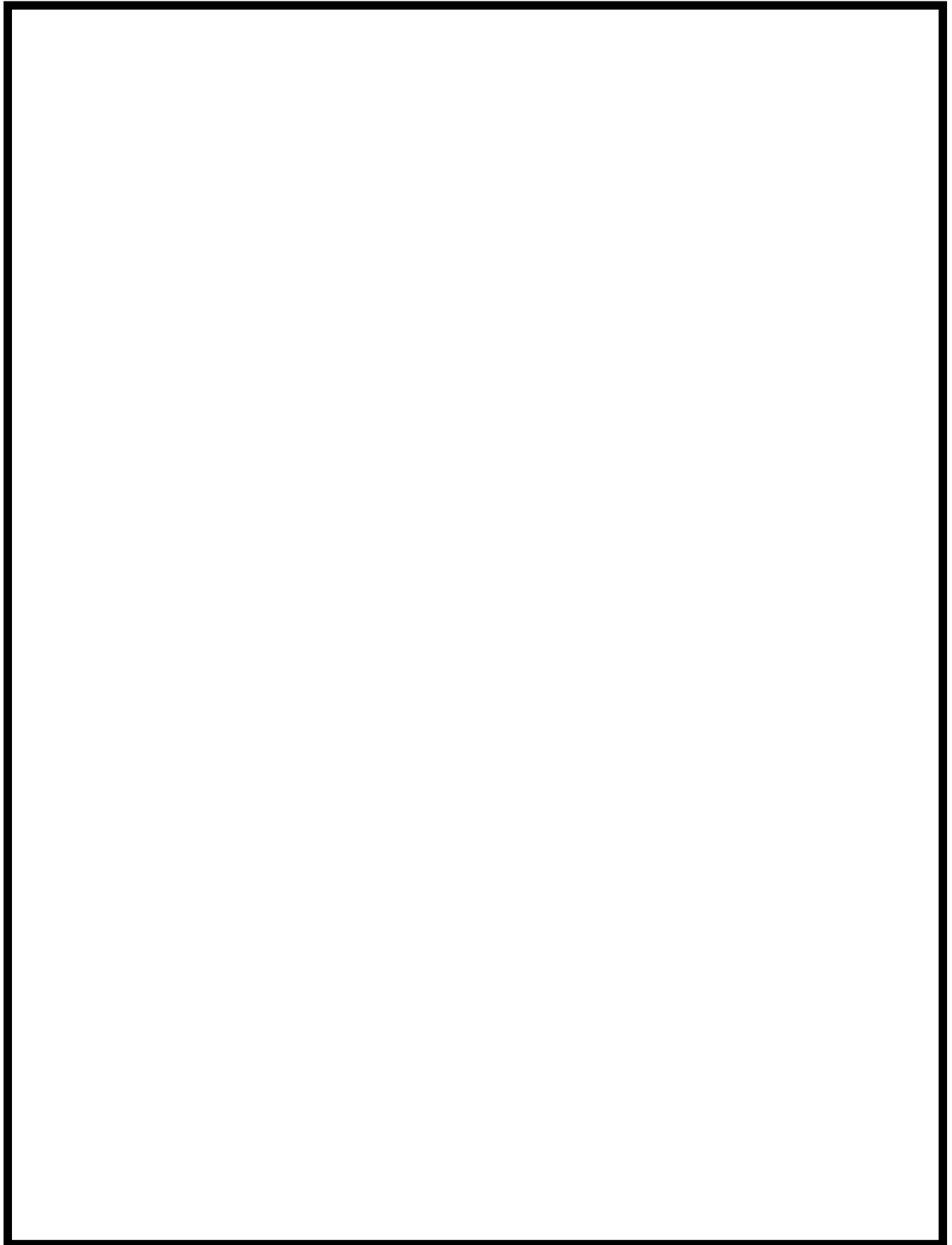
第 1-18 表：危險物製造所等許可施設一覽表(4)



第 1-18 表：危險物製造所等許可施設一覽表(5)



第 1-18 表：危險物製造所等許可施設一覽表(6)



(12) 消防法に基づく届出対象施設でない危険物貯蔵設備の管理

防火・防災管理者は、消防法に基づく市町村長への届出対象施設ではない危険物貯蔵設備について、貯蔵する危険物の種類、数量を管理する。

消防法に基づく市町村長への届出対象施設でない危険物貯蔵設備の範囲の例を第 1-19 表に示す。

第 1-19 表 屋外の危険物貯蔵設備(1)

号炉	設備名	危険物の種類	数量	備考
1号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	193.00kL	屋外設置
2号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	198.00kL	屋外設置
3号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	193.00kL	屋外設置
4号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	190.00kL	屋外設置
5号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	190.00kL	屋外設置
6号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	200.00kL	屋外設置
7号炉	主変圧器	1種2号 鉱油	214.00kL	屋外設置
1号炉	所内変圧器 1 A, 1 B	1種2号 鉱油	18.40kL	屋外設置
2号炉	所内変圧器 2 A, 2 B	1種2号 鉱油	17.20kL	屋外設置
3号炉	所内変圧器 3 A, 3 B	1種2号 鉱油	17.20kL	屋外設置
4号炉	所内変圧器 4 A, 4 B	1種2号 鉱油	18.10kL	屋外設置
5号炉	所内変圧器 5 A, 5 B	1種2号 鉱油	18.10kL	屋外設置
6号炉	所内変圧器 6 A, 6 B	1種2号 鉱油	20.50kL	屋外設置
7号炉	所内変圧器 7 A, 7 B	1種2号 鉱油	19.20kL	屋外設置
共用	NO. 1 高起動変圧器	1種2号 鉱油	78.30kL	屋外設置
共用	NO. 2 高起動変圧器	1種2号 鉱油	70.00kL	屋外設置
共用	NO. 3 高起動変圧器	1種2号 鉱油	70.00kL	屋外設置
1号炉	低起動変圧器 1 S A, 1 S B	1種2号 鉱油	15.90kL	屋外設置
3号炉	低起動変圧器 3 S A, 3 S B	1種2号 鉱油	25.20kL	屋外設置
5号炉	低起動変圧器 5 S A, 5 S B	1種2号 鉱油	17.05kL	屋外設置
6号炉	低起動変圧器 6 S A, 6 S B	1種2号 鉱油	24.60kL	屋外設置
1号炉	励磁変圧器	1種2号 鉱油	13.20kL	屋外設置
2号炉	励磁変圧器	1種2号 鉱油	13.50kL	屋外設置
3号炉	励磁変圧器	1種2号 鉱油	13.50kL	屋外設置
4号炉	励磁変圧器	1種2号 鉱油	9.50kL	屋外設置
5号炉	励磁変圧器	1種2号 鉱油	9.50kL	屋外設置
共用	NO. 1 工事用変圧器	1種2号 鉱油	8.40kL	屋外設置
共用	NO. 2 工事用変圧器	1種2号 鉱油	11.500kL	屋外設置
共用	補助ボイラー用変圧器 3 A	1種2号 鉱油	32.30kL	屋外設置
共用	補助ボイラー用変圧器 4 A	1種2号 鉱油	9.10kL	屋外設置
共用	補助ボイラー用変圧器 4 B	1種2号 鉱油	9.10kL	屋外設置
共用	補助ボイラー用変圧器 4 C	1種2号 鉱油	9.10kL	屋外設置
共用	NO. 1～4 ボンベ室	水素ガス (ボンベ) 濃度: 99.99%	2,520m ³	屋内設置
1号炉	屋外ボンベ室 (K1)	水素ガス (ボンベ) 濃度: 99.99%	196m ³	屋内設置

第1-19表 屋外の危険物貯蔵設備(2)

号炉	設備名	危険物の種類	数量	備考
1号炉	屋外(K1)水素ガストレーラー	水素ガス(ボンベ) 濃度:99.99%	13,987m ³	屋外設置
2号炉	屋外ボンベ室(K2)	水素ガス(ボンベ) 濃度:99.99%	196m ³	屋内設置
3号炉	屋外ボンベ室(K3)	水素ガス(ボンベ) 濃度:99.99%	196m ³	屋内設置
4号炉	屋外ボンベ室(K4)	水素ガス(ボンベ) 濃度:99.99%	196m ³	屋内設置
5号炉	屋外ボンベ室(K5)	水素ガス(ボンベ) 濃度:99.99%	196m ³	屋内設置
6号炉	屋外ボンベ室(K6)	水素ガス(ボンベ) 濃度:99.99%	210m ³	屋内設置
7号炉	屋外ボンベ室(K7)	水素ガス(ボンベ) 濃度:99.99%	210m ³	屋内設置
共用	予備変圧器	1種2号 鉱油	33.50kL	屋外設置
共用	補助ボイラー用変圧器 5A	1種2号 鉱油	30.80kL	屋外設置
共用	補助ボイラー用変圧器 5B	1種2号 鉱油	30.80kL	屋外設置
3号炉	PLR-INV(A)入力変圧器 ^{※1}	1種2号 鉱油	7.40kL	屋外設置
3号炉	PLR-INV(B)入力変圧器 ^{※1}	1種2号 鉱油	7.40kL	屋外設置
4号炉	PLR-INV(A)入力変圧器	1種2号 鉱油	9.70kL	屋外設置
4号炉	PLR-INV(B)入力変圧器	1種2号 鉱油	9.70kL	屋外設置
6号炉	RIP-ASD(A-1)入力変圧器	1種2号 鉱油	3.61kL	屋外設置
6号炉	RIP-ASD(A-2)入力変圧器	1種2号 鉱油	13.70kL	屋外設置
6号炉	RIP-ASD(B-1)入力変圧器	1種2号 鉱油	3.61kL	屋外設置
6号炉	RIP-ASD(B-2)入力変圧器	1種2号 鉱油	13.70kL	屋外設置
7号炉	RIP-ASD(A-1)入力変圧器	1種2号 鉱油	3.70kL	屋外設置
7号炉	RIP-ASD(A-2)入力変圧器	1種2号 鉱油	9.50kL	屋外設置
7号炉	RIP-ASD(B-1)入力変圧器	1種2号 鉱油	3.70kL	屋外設置
7号炉	RIP-ASD(B-2)入力変圧器	1種2号 鉱油	9.50kL	屋外設置
共用	水処理建屋	第2石油類 軽油	330L	屋内設置
共用	給水建屋	第2石油類 軽油	200L	屋内設置
1号炉	K1焼却設備プロパン庫	LPGガス	4000kg	屋内設置
5号炉	K5雑固体廃棄物焼却設備 プロパン庫	LPGガス	4000kg	屋内設置
6号炉	K6 高所発電機 ^{※2}	軽油	0.99kL	屋外設置
7号炉	K7 高所発電機 ^{※2}	軽油	0.99kL	屋外設置

※1:当該設備は、危険物である1種2号 鉱油を抜き取り、危険物を貯蔵しない設備に変更する対策を実施

※2:当該設備は通常時燃料タンクを「空」とし使用時に燃料を補給する運用

(13) 内部火災影響評価

防火・防災管理者は、内部火災影響評価の手順及び実施頻度を定め、内部火災影響評価を定期的に実施し原子炉の高温停止及び低温停止が達成、維持できることを確認する。

(14) 外部火災影響評価

防火・防災管理者は、外部火災影響評価条件を定期的に確認する。評価結果に影響がある場合は、発電所敷地内外で発生する火災が安全施設へ影響を与えないこと、及び火災の二次的影響に対する適切な防護対策が施されていることを確認するために、外部火災影響評価の再評価を実施する。

(15) 防火管理

① 防火監視

防火・防災管理者は、可燃物の持込み状況、防火扉の状態、火災の原因となり得る、過熱や引火性液体の漏えい等を監視するための監視手順を定め、防火監視を実施する。防火監視の結果、過熱や引火性液体の漏えい等が確認された場合には、改善を指示する。

② 持込み可燃物の管理

防火・防災管理者は、火災発生防止及び火災発生時の規模の局限化、影響軽減を目的とした、持込み可燃物の運用管理手順を定め、その管理状況を定期的に確認する。持込み可燃物の運用管理手順には、発電所の通常運転に関する可燃物、保守や改造に使用するために持ち込まれる可燃物（一時的に持ち込まれる可燃物を含む）の管理を含む。

持込み可燃物管理における、火災の発生防止・延焼防止に関する遵守事項は以下のとおり。

- ・ ケーブルトレイ直下への可燃物の仮置を禁止する。
- ・ 火災区域又は火災区画で周囲に火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルがない場所に可燃物を仮置きする場合には、不燃シートで覆う又は金属箱の中に収納するとともに、その近傍に消火器を準備する。
- ・ 火災区域又は火災区画での作業に伴い、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル近傍に作業上必要な可燃物を持ち込む際には作業員の近くに置くとともに、休憩時や作業終了時には火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル近傍から移動する。
- ・ 火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画は、可燃物の仮置きを禁止する。

なお、定期検査中の放射線管理資機材等の設置，工事中用仮設分電盤設置，工事中用ケーブル・ホース類架設等の可燃性の資機材を設置する場合には，防火監視の強化，可燃性の資機材から 6m（火災防護に係る審査基準 2.3.1 項 (2)b で示される水平距離を参考に設定）以内での火気作業禁止といった措置を行い，火災の発生防止・延焼防止に努めることを持込み可燃物の運用管理手順に定める。

③火気作業管理

防火・防災管理者は，火気作業における火災発生防止及び火災発生時の規模の局限化，影響軽減を目的とした火気作業管理手順について定め，発電所構内における火気作業管理状況を定期的に確認する。火気作業管理手順には，以下を含める。

- ・火気作業における作業体制
- ・火気作業前の確認事項
- ・火気作業中の留意事項（火気作業時の養生，消火器等の配備，監視人の配置等）
- ・火気作業後の確認事項（火気作業終了後 30 分経過した地点における残火確認等）
- ・火気作業養生材に関する事項
- ・仮設ケーブル（電工ドラム含む）の使用制限
- ・火気作業に関する教育
- ・作業以外の火気取扱について（喫煙，暖房等）

火気使用時の養生については，不燃シート・不燃テープを用い，確実に隙間のない養生を行うことを定める。なお，建屋内の火気作業を除く全ての作業で使用する養生シート及び汚染防止用のシートには，難燃シート（防災シート）及び難燃テープを使用することを定める。

④危険物の保管及び危険物取扱作業の管理

防火・防災管理者は，危険物に起因する火災発生の防止を目的とし，発電所の通常運転に関する危険物の保管や取扱，保守や改造における危険物の保管及び取扱作業の管理について手順を定めるとともに，発電所構内における危険物の管理状況を定期的に確認する。

危険物管理手順には，以下を含める。

- ・危険物の保管及び取扱に関する運用管理
- ・危険物取扱作業における作業体制
- ・危険物取扱作業前の確認事項

- ・ 危険物取扱作業中の留意事項
- ・ 危険物取扱作業後の確認事項
- ・ 危険物取扱に関する教育

⑤有機溶剤の取扱い

火災区域において有機溶剤を使用する場合は、火災発生防止の観点から滞留を防止するため、建屋の機械換気に加え作業場所の局所排気を行うことを定める。

⑥防火管理の適用除外項目

防火管理で要求される事項を作業環境・物理的条件から満足できない場合、火災防護設備が作業により機能低下又は喪失する場合には、作業者及び当社はその作業内容及び防火措置の必要性について検討・確認し、あらかじめ防火措置を定め必要な申請書を作成し、防火・防災管理者の承認を得た後、工事を実施できるものとする。

⑦火災防護設備に関する要求の適用除外

火災防護計画には、火災防護設備に関する要求の適用除外に関する事項を定める。

⑧火災防護設備の損傷に対する代替措置基準

火災防護計画には、火災防護設備が損傷した場合の代替措置に関する事項を定める。

(16)火災防護設備の維持管理

①火災区域の維持管理

- ・ 屋内の火災区域を構成する耐火壁，防火戸，貫通部等の火災防護設備の管理は社内マニュアルに則り管理を行う。
- ・ 屋外の火災区域（常設代替交流電源設備，可搬型重大事故等対処施設保管場所等）は資機材管理，火気作業管理，危険物管理，可燃物管理，巡視を行うとともに，火災区域周辺の除草を行う。
- ・ 火災区域の変更や火災区域設定に影響を与える可能性がある工事を実施する場合には，火災影響評価を行い，火災による影響を考慮しても多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持できることを確認するとともに，変更管理を行う。
- ・ 可燃物が少ない火災区域又は火災区画について，設備を追加設置（常設）する場合は，可燃物の仮置き禁止を前提に管理対象としている可燃物と合算して可燃物量 1,000MJ，等価火災時間 0.1 時間のいずれも超えないよう

に管理する。

②火災防護設備の維持管理

火災防護設備の維持管理は「2.3(21)火災防護設備の保守管理」に示すとおり社内マニュアルに則り維持管理を行う。

③防火帯の維持管理

防火・防災管理者は、森林火災が発生した場合の延焼を防止する防火帯の管理については、以下のとおり実施する。

a. 防火帯上の駐車禁止等の措置

防火帯上に駐車場を設定しない。また、可燃物を有する設備を設置しない。

b. 防火帯の巡視点検

防火帯上に可燃物等が無いこと及び異常等が無いことの確認について、あらかじめ作成したチェックシートを用いて、月1回実施する。防火帯の損傷等の異常を確認した場合、補修作業を実施する。

(17) 森林火災等の敷地外火災発生時の延焼防止対策

森林火災の延焼を防止するために、防火帯を設置する。防火帯は、火災防護対象機器を原則防護するように設定する（防火帯の外側となる設備は、送電線、通信線、気象観測装置及び放射能監視設備）。防火帯は、発電所設備及び駐車場の配置状況を考慮し、干渉しないように設定する。防火帯の設定に当たっては、モルタル吹付け等を行い、可燃性物質がない状態を維持管理する。

万一、敷地外の森林から出火し、敷地内の植生へ延焼するおそれがある場合は、統括管理者の指示により自衛消防隊が出動し、予防散水等の延焼防止措置を行う。敷地内の植生に延焼した場合は、消火活動を行う。予防散水を含む森林火災の対応の手順については、消火戦略に定める。なお、敷地内の植生へ延焼した場合であっても、適切な防火帯幅を確保しており、原子炉建屋等の重要施設へ延焼せず、安全機能が損なわれることはないことを、外部火災影響評価にて確認している。

(18) 航空機落下等による発電所施設の大規模損壊に伴う火災対策

原子炉建屋周辺に航空機が落下し、燃料火災が発生した場合、直ちに公設消防へ通報するとともに、統括管理者の指示により自衛消防隊が出動し、大型化学高所放水車等による泡消火により消火活動を行う。また、発電所対策本部本部長（所長）が、事故対応を実施及び継続するために、放水砲等による泡消火の実施が必要と判断した場合は、緊急時対策要員を火災対応の指揮命令系統の下で消火活動に従事させる。

(19) 教育・訓練

① 防火・防災教育の実施

防火・防災管理者及びその代行者等は、消防機関が行う講習会及び研修会等に参加するとともに、自衛消防組織に配備される要員をはじめとする職員等に対し防火・防災に関する教育を計画的に実施し、記録及び報告書を防災安全グループが保管する。

② 消防訓練の実施

防火・防災管理者は、消火対応の力量を維持するために、訓練を計画的に実施する。防火・防災管理者は、火災防護活動に係わる訓練の年間計画を作成する。自衛消防隊に係る訓練の例を第 1-20 表に示す。

第 1-20 表：自衛消防隊に係る訓練

項目	対象者	訓練内容	備考
消火訓練・消防資機材取扱訓練	初期消火班（委託員）	・消防自動車操作，ホース展開，放水に係わる技能訓練，及び防火服・耐火服・空気呼吸器の取扱訓練	1 回／班／月を目標に実施
海上災害防止センター消防訓練	初期消火班，消火班	・外部施設による実消防訓練	
総合消防訓練	自衛消防隊	・管理区域内火災を想定した消防署との合同訓練	消防法上は 1 回／年実施
初期対応訓練（通報連絡訓練）	初期消火班（運転員，警備員）	・火災発見，通報，現場確認，消火活動の実動訓練（初期消火班連係訓練と連動して実施）	当直全班必修項目
初期消火班連係訓練	初期消火班（運転員，警備員）， 初期消火班消防車隊（委託員）	・火災発見から消防車隊出動，消火活動までの運転員と消防車隊の連係訓練	当直全班必修項目
火災対応訓練（運転員）	初期消火班（運転員）	・消防用設備取扱訓練（固定式消火設備，排煙設備の取扱訓練含む），消防自動車操作訓練，消防署員誘導，人災対応等に関する初動対応教育 ・建屋内外の火災（中央制御室内火災，原子炉格納容器内火災を含む）の教育・演習	当直全班必修項目
自衛消防隊（消火班）訓練・教育	消火班	・消火設備使用訓練（消防署による指導会含む），消防用資機材取扱教育訓練（現場指揮本部設営含む）	

③初期消火要員に対する訓練（運転員）

- a. 防災安全GMは、「初期消火要員の役割及び力量表」（第 1-14 表）に基づく初期消火要員として運転員の力量が確保されていることを確認するために、社内マニュアルに基づき作成する当該年度の運転員の教育・訓練の実施結果を年 1 回確認する。
- b. 中央制御室の制御盤内での火災を想定し、二酸化炭素消火器の取扱いに関する教育並びに訓練を行うとともに、制御盤内で消火活動を行う場合は、セルフエアセットを装着することからセルフエアセットの取扱いに関する訓練を行う。
- c. 原子炉格納容器内での消火活動を迅速に行うため、原子炉格納容器内火災に対する消火戦略をあらかじめ作成し、迅速に消火活動ができるよう定期的に訓練を行う

④初期消火要員に対する訓練（委託員）

- a. 防災安全GMは、委託消防員の業務に係る仕様書において、「初期消火要員の役割及び力量表」（第 1-14 表）に基づく調達要求事項が社内マニュアルに従って明確に記載されていることを確認する。
- b. 防災安全GMは、初期消火要員として委託員の力量が確保されていることを確認するために、委託先の教育・訓練の実施報告書を半期ごとに確認する。

⑤自衛消防隊（消火班）に対する教育

防火安全GMは、自衛消防隊（消火班）に対して、以下に関する訓練を必要に応じ計画的に実施する。

- ・消火活動（消火器・屋外消火栓等の使用）
- ・現場整理（現場交通整理・火災現場保存）
- ・資機材搬送（消火活動資機材の運搬）
- ・情報連絡（発電所本部への情報連絡・現場での情報収集・記録）
- ・救護（負傷者の救護・引き渡しまでの介護）

⑥一般職員に対する教育

防火・防災管理者は、原子力発電所の当社一般職員に対して、以下に関する教育を必要に応じ計画的に実施する。

- ・火災防護関連法令，規程類等
- ・火災発生時における対応手順
- ・可燃物及び火気作業に関する運営管理
- ・危険物（液体，気体）の漏えい，流出時の措置

⑦協力企業職員に対する教育

防火・防災管理者は、原子力発電所に従事する元請企業に対して、作業員に以下に関する教育を実施するよう指導する。

- ・火災発生時における対応手順
- ・可燃物及び火気作業に関する運営管理
- ・危険物（液体，気体）の漏えい，流出時の措置

⑧定期的な評価

- a. 防災安全GMは、消火活動に必要な体制について、総合的な訓練と実際の消火活動の結果を年1回以上評価して、より適切な体制となるように見直しを行う。
- b. 前項の評価の際には、社内の講評，消防機関等の外部機関からの指導事項等を踏まえて行う。

(20)火災防護システムとその特徴

- ①原子炉の高温停止及び低温停止の達成，維持するための機能の確保を目的とした火災の発生防止、火災の感知及び消火，火災による影響の軽減の各対策について、「火災防護システムとその特徴」として、火災防護計画の関連図書に定める。
- ②重大事故等対処施設並びにこれらが設置される火災区域，可搬型重大事故対処等施設に対する火災の発生防止，火災の感知及び消火の各対策について、「火災防護システムとその特徴」として、火災防護計画の関連図書に定める。

(21)火災防護設備の保守管理

火災防護設備の性能及び信頼性は、当該設備に施す検査，試験及び保守に依存することを認識した上で、プラント設備だけでなく消火器具等消防設備も含めて、すべての火災防護設備が確実に機能するように維持する必要がある。そのため、防火・防災管理者は、設備を適切に維持管理するために設備保守箇所GMに対し、指導・監督する。

設備保守箇所GMは、火災防護設備の検査や試験及び保守について、社内マニュアルに従い、適切に保守管理を行う。保守管理に当たっては、社内マニュアルに基づき適切に保全重要度を設定する。

設備保守箇所GMは、社内マニュアルに基づき保全の重要度に応じた保全計画の策定を行う。なお、火災防護設備の補修，取替え及び改造の実施に当たっては、社内マニュアルに基づき、火災防護システムとその特徴を踏まえ必要に応じて設計計画を作成し、権限者の承認を得る。

火災防護設備の保全工事等の計画及び実施に当たっては、社内マニュアルに

に基づき、発注先に対しての要求事項の明確化等、保全工事等の計画について具体化し、計画に従い、実施する。

火災防護設備は、社内マニュアルに基づき点検・補修等の結果から所定の機能を発揮し得る状態にあることを確認・評価する。火災防護設備の点検・補修で不適合が生じた場合には、社内マニュアルに基づき、前述の確認・評価の結果を踏まえて実施すべき点検等の方法、実施頻度及び時期の是正処置並びに予防処置を講じる。

火災防護設備の保全の有効性評価及びフォローアップについては、社内マニュアルに基づき、火災防護設備に対する点検の妥当性、保全計画の妥当性等を確認する。また、評価の結果、改善が必要なものが確認された場合は、これを改善する。

火災防護設備については、社内マニュアルに基づき、火災防護設備に対する保守管理の妥当性を評価する。また、評価した結果に基づき、必要に応じて保守管理の改善案を作成する。

(22) 固定式消火設備に係わる運用

固定式消火設備に係わる運用について、以下のとおり定める。

防火・防災管理者は、この運用を作業員に周知するとともに、現場に掲示する。固定式消火設備の操作は、基本的に初期消火要員（運転員）が行う。

① 全域及び局所ガス消火設備

全域ガス消火設備で使用するガスはハロン 1301 又は HFC-227ea であり、設備動作に伴う人体への影響はないが、全域ガス消火設備の動作時には、当直長は区域内的の作業員等を退避させる。

全域ガス消火設備の設置区域については、起動時に扉が「開」状態では消火剤が流出することから、全域ガス消火設備が設置されていること、及び設置区域に設置された扉を「閉」運用とすることを現場に明記する。

局所ガス消火設備は、原子炉建屋通路部に設置されている制御棒駆動水ポンプ、ほう酸水注入ポンプといった発火性又は引火性物質である潤滑油及び燃料油を内包する設備、電源盤類、ケーブルトレイを対象に設置することから、消火対象の設備との識別や、設置場所の明示を行う。

局所ガス消火設備で使用するガスは、ハロン 1301 又は FK-5-1-12 であり、設備動作に伴う人体への影響はないが、局所ガス消火設備の動作時には、当直長は動作エリアの作業員等を退避させる。

② 二酸化炭素消火設備

油火災が想定される非常用ディーゼル発電機室・非常用ディーゼル発電機燃料ディタンク室（以下「DG 室等」という。）の二酸化炭素消火設備につい

ては、通常の起動方式を「自動」で運用するため、入室時の人身安全の確保の観点から DG 室等の入口扉は電磁錠とサムターン鍵による 2 種類の施錠により管理する。電磁錠は二酸化炭素消火設備の起動方式が「自動」の時に施錠され、「手動」に切り替えることによって電磁錠が解錠される。二酸化炭素消火設備の起動方式の切替え操作は、中央制御室管理の専用鍵を用いる設計とする。二酸化炭素消火設備の起動方式を「手動」としているときには、中央制御室内及び現場の表示を点灯させることで、DG 室等からの退室時における「手動」から「自動」への切替え忘れ防止を図る設計とする。

万一 DG 室等の中に閉じ込められた場合は、電磁錠の解錠押釦とサムターン鍵により内側から解錠することにより退出が可能となっている。

加えて、作業者等が入室している際には設備が自動で起動しない運用を徹底するため、以下の通り入退室管理を行う。また、これらの手順を周知し運用するための文書を定める。

a. 入室管理

(a) 運転員

- ・運転員が DG 室等に入室する際には、中央制御室に連絡し、DG 室等入口の二酸化炭素消火設備現場操作箱で専用鍵により起動方式を「自動」から「手動」へ切り替える。
- ・中央制御室の運転員は、DG 室等の二酸化炭素消火設備が「自動」から「手動」へ切り替わったことを中央制御室内の表示で確認し、運転員に連絡する。
- ・運転員は、DG 室等入口扉をサムターン鍵により解錠し、DG 室等に入室する。

(b) 運転員以外

- ・運転員以外が DG 室等に入室するためには、DG 室等入口の二酸化炭素消火設備の起動方式を「自動」から「手動」へ切り替えるよう中央制御室に依頼する。
- ・運転員は現場へ向かい、中央制御室に連絡し、DG 室等入口の二酸化炭素消火設備現場操作箱で専用鍵により起動方式を「自動」から「手動」へ切り替える。
- ・中央制御室の運転員は、DG 室等の二酸化炭素消火設備が「自動」から「手動」へ切り替わったことを中央制御室内の表示で確認し、運転員に連絡する。
- ・運転員は、DG 室等入口扉をサムターン鍵により解錠し、運転員以外へ DG 室等の入室を許可する。

b. 退室管理

(a) 運転員

- ・運転員が DG 室等から退室する際は、DG 室等の中に運転員以外がいないことを確認した上で、DG 室等入口扉をサムターン鍵により施錠する。
- ・運転員は中央制御室に連絡し、DG 室等入口の二酸化炭素消火設備現場操作箱にて専用鍵により起動方式を「手動」から「自動」へ切り替える。
- ・中央制御室の運転員は、DG 室等の二酸化炭素消火設備が「手動」から「自動」へ切り替わったことを中央制御室内の表示で確認し、運転員に連絡する。

(b) 運転員以外

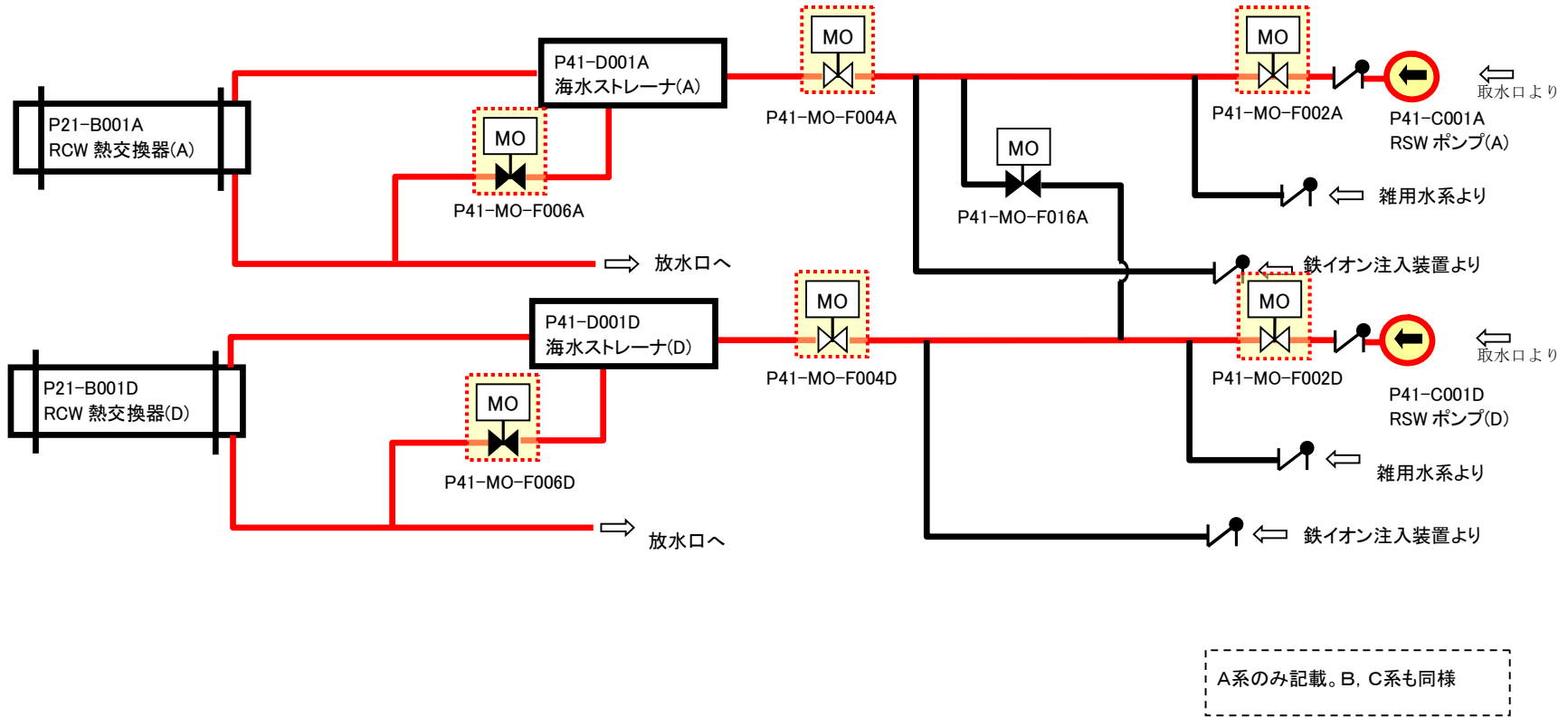
- ・運転員以外が DG 室等から退室する際には、DG 室等入口の二酸化炭素消火設備の起動方式を「手動」から「自動」へ切り替えるよう中央制御室に依頼する。
- ・運転員は現場へ向かい、DG 室等の中に運転員以外がいないことを確認した上で、DG 室等入口扉をサムターン鍵により施錠する。
- ・運転員は、中央制御室に連絡し、DG 室等入口の二酸化炭素消火設備現場操作箱にて専用鍵により起動方式を「手動」から「自動」へ切り替える。
- ・中央制御室の運転員は、DG 室等の二酸化炭素消火設備が「手動」から「自動」へ切り替わったことを中央制御室内の表示で確認し、運転員に連絡する。

c. 入室時に火災が発生した場合の対応

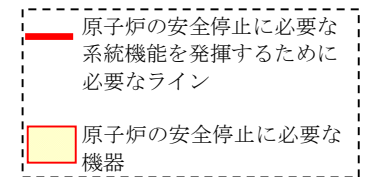
- ・DG 室等で入室時に当該室で火災が発生した場合には、発見者は火災の状況を確認し、中央制御室に連絡するとともに消火器による初期消火を実施する。
- ・初期消火要員（運転員）は現場に急行し、初期消火活動を行い消火器による消火が難しいと判断した場合は、二酸化炭素消火設備を作動させて消火を行う。
- ・二酸化炭素消火設備を起動する際は、DG 室等内の全作業者を退避させ、DG 室等の扉を閉じ、二酸化炭素消火設備の切替スイッチが「手動」位置であることを確認し、起動操作を行う（ボタン押し後、警報が発し、23 秒後に二酸化炭素放出開始）。

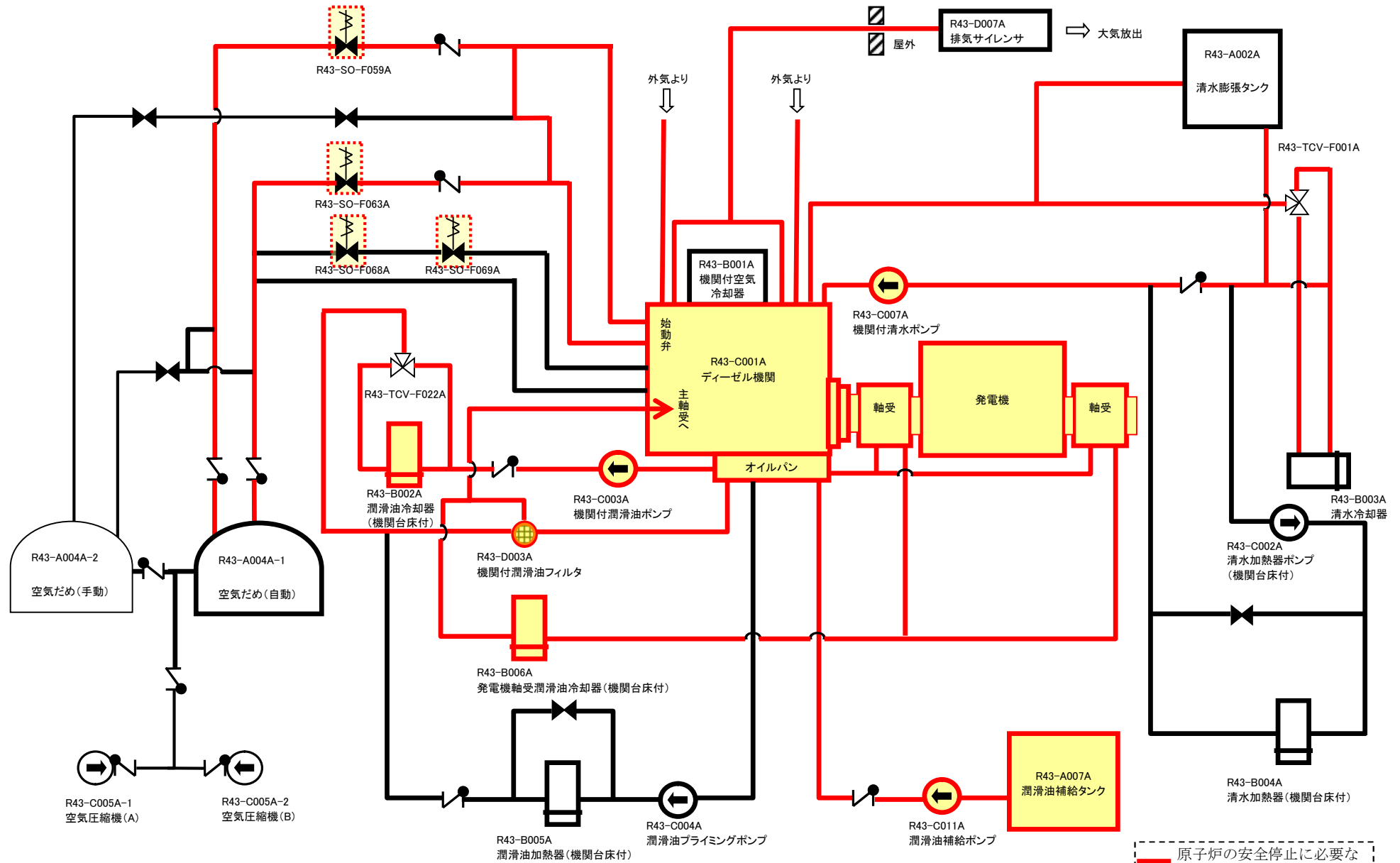
(23) 火災防護計画の継続的改善

防火・防災管理者は、火災防護計画の継続的改善を図るため、火災防護活動を定期的に評価し、火災防護計画が有効に機能していることを確認するとともに、結果に応じて必要な措置を講じる。



第 9 図 原子炉補機冷却海水系

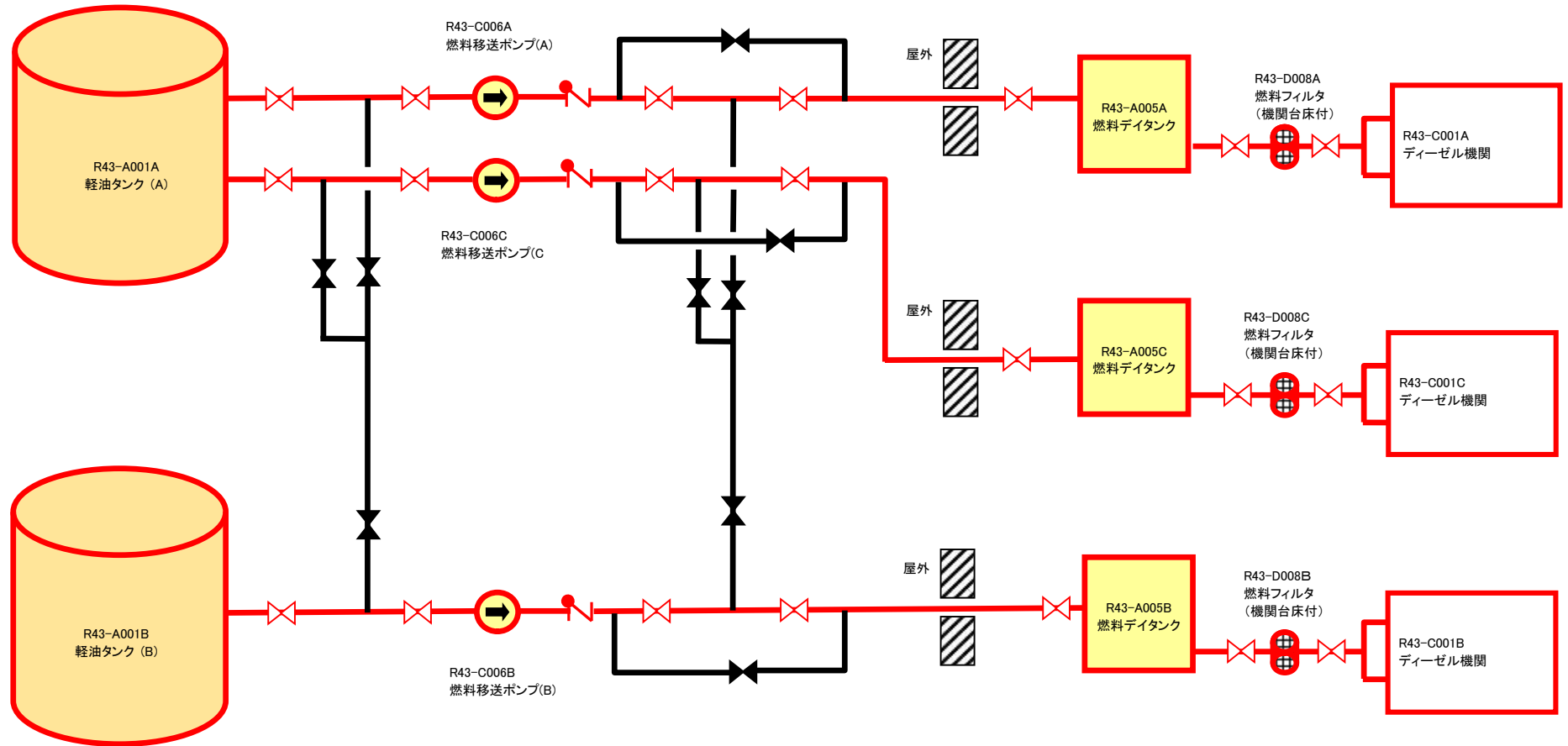




第 10 図 非常用ディーゼル発電機設備

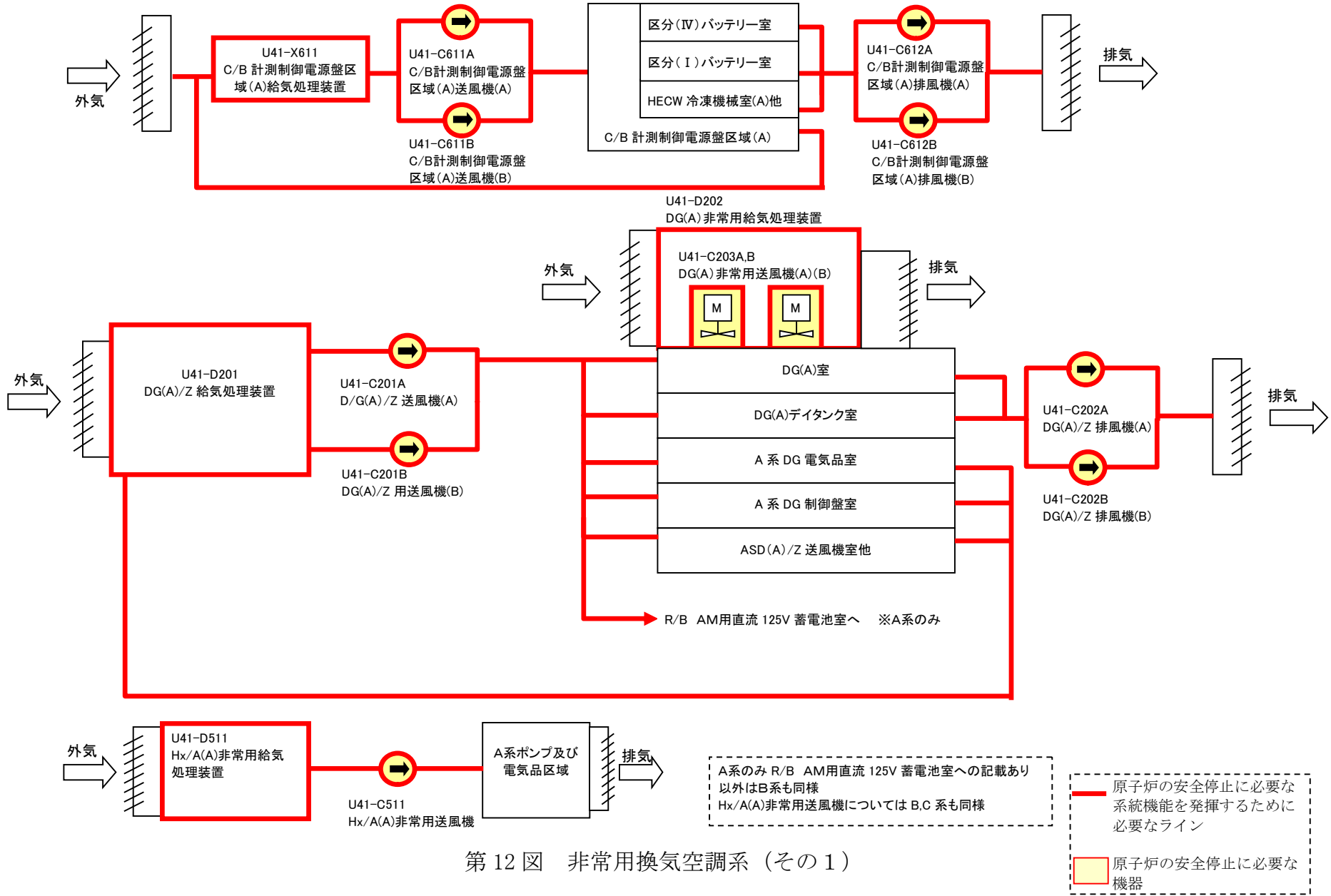
A系のみ記載。B、C系も同様

- 原子炉の安全停止に必要な系統機能を発揮するために必要なライン
- 原子炉の安全停止に必要な機器

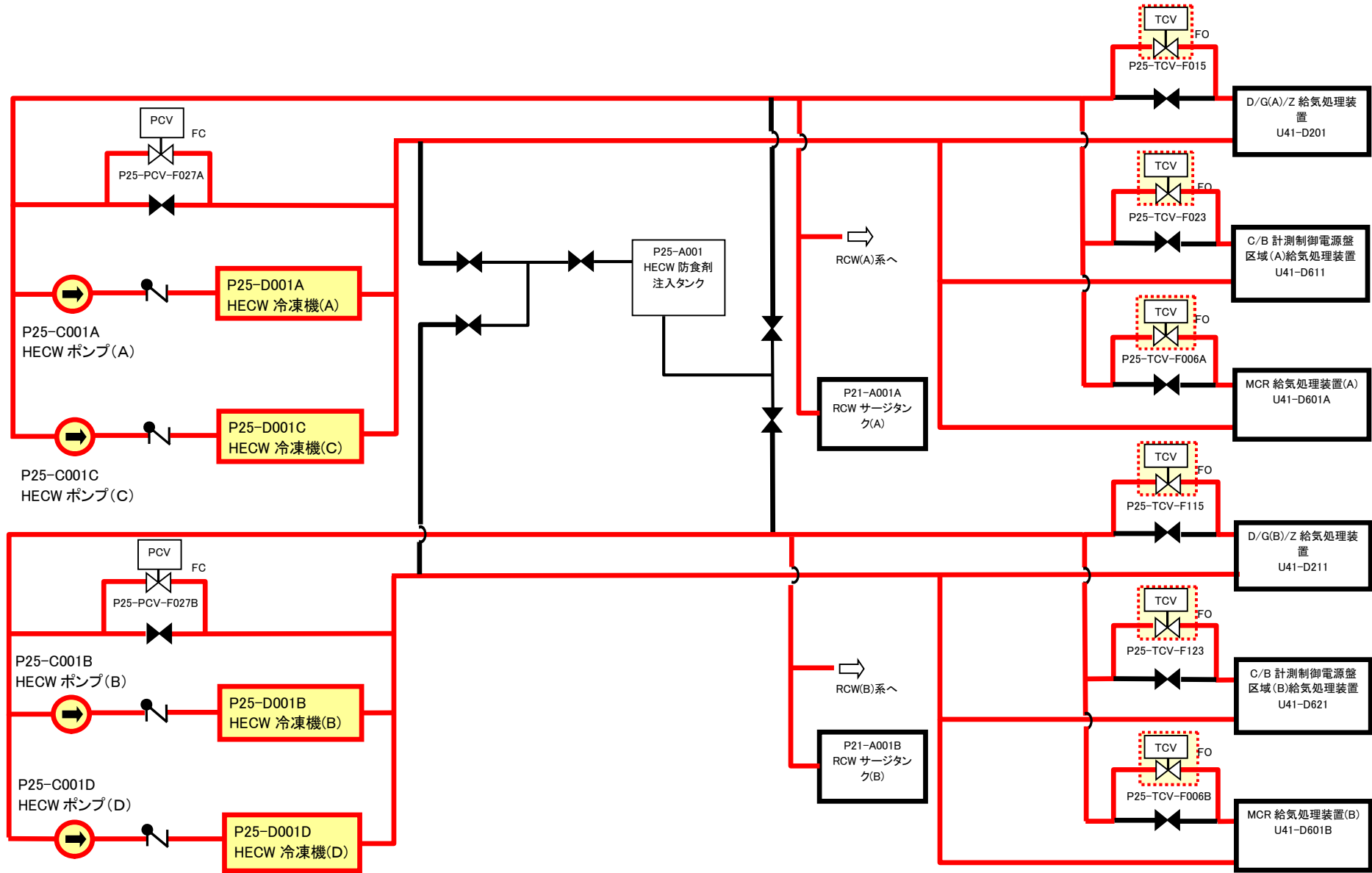


第 11 図 非常用ディーゼル発電機設備燃料移送系

- 原子炉の安全停止に必要な
系統機能を発揮するために
必要なライン
- 原子炉の安全停止に必要な
機器

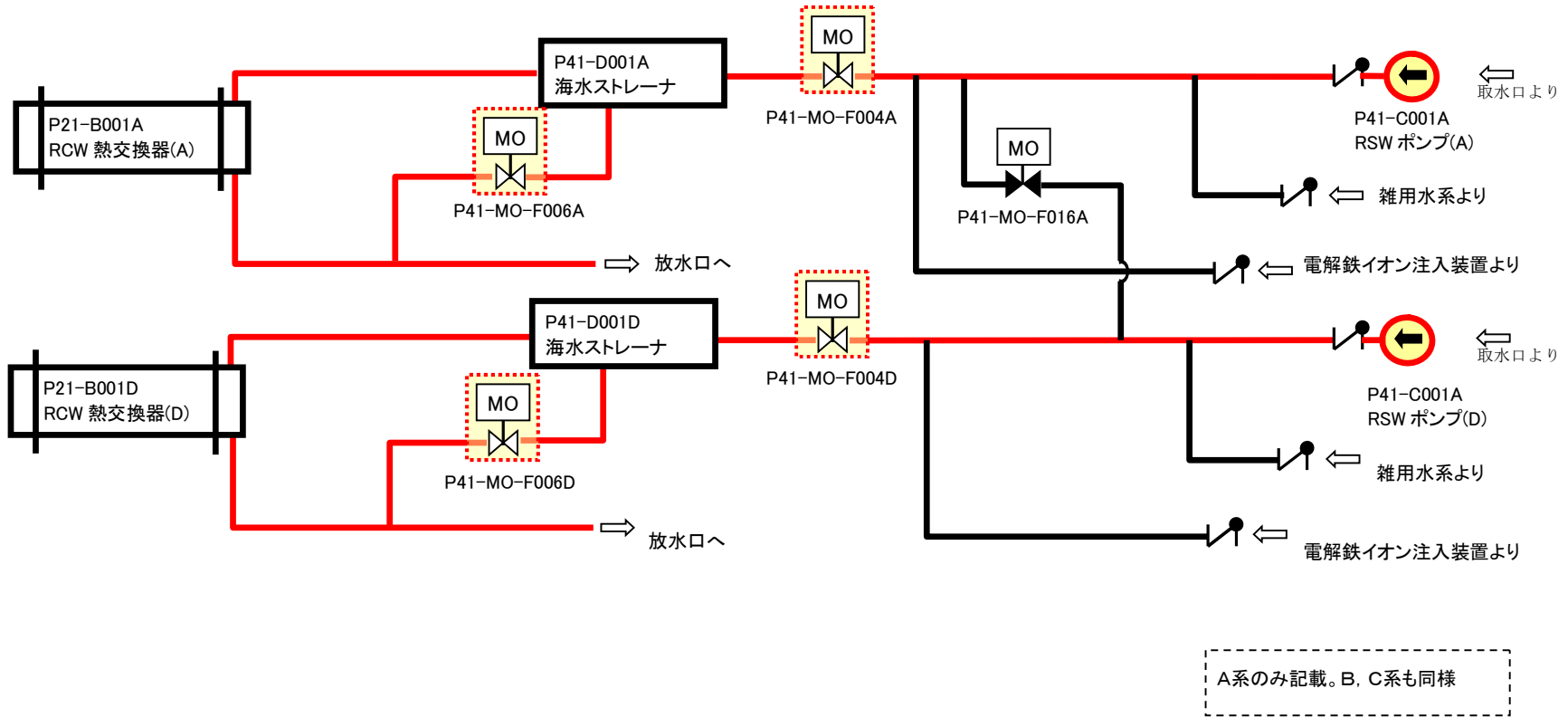


第 12 図 非常用換気空調系 (その 1)



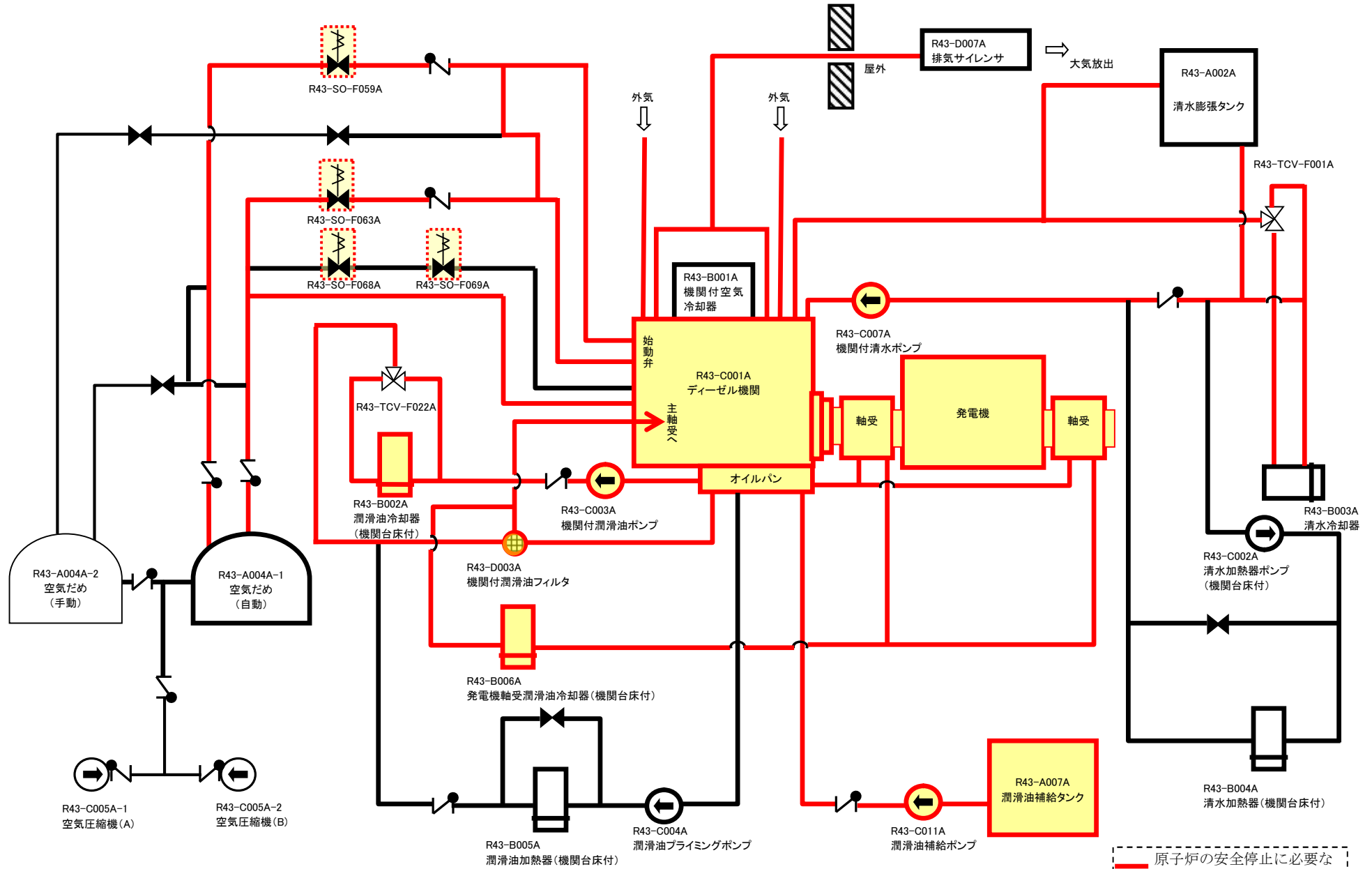
第 8 図 換気空調補機非常用冷却系

- 原子炉の安全停止に必要な
系統機能を発揮するために
必要なライン
- 原子炉の安全停止に必要な
機器



— 原子炉の安全停止に必要な系統機能を発揮するために必要なライン
 原子炉の安全停止に必要な機器

第 9 図 原子炉補機冷却海水系

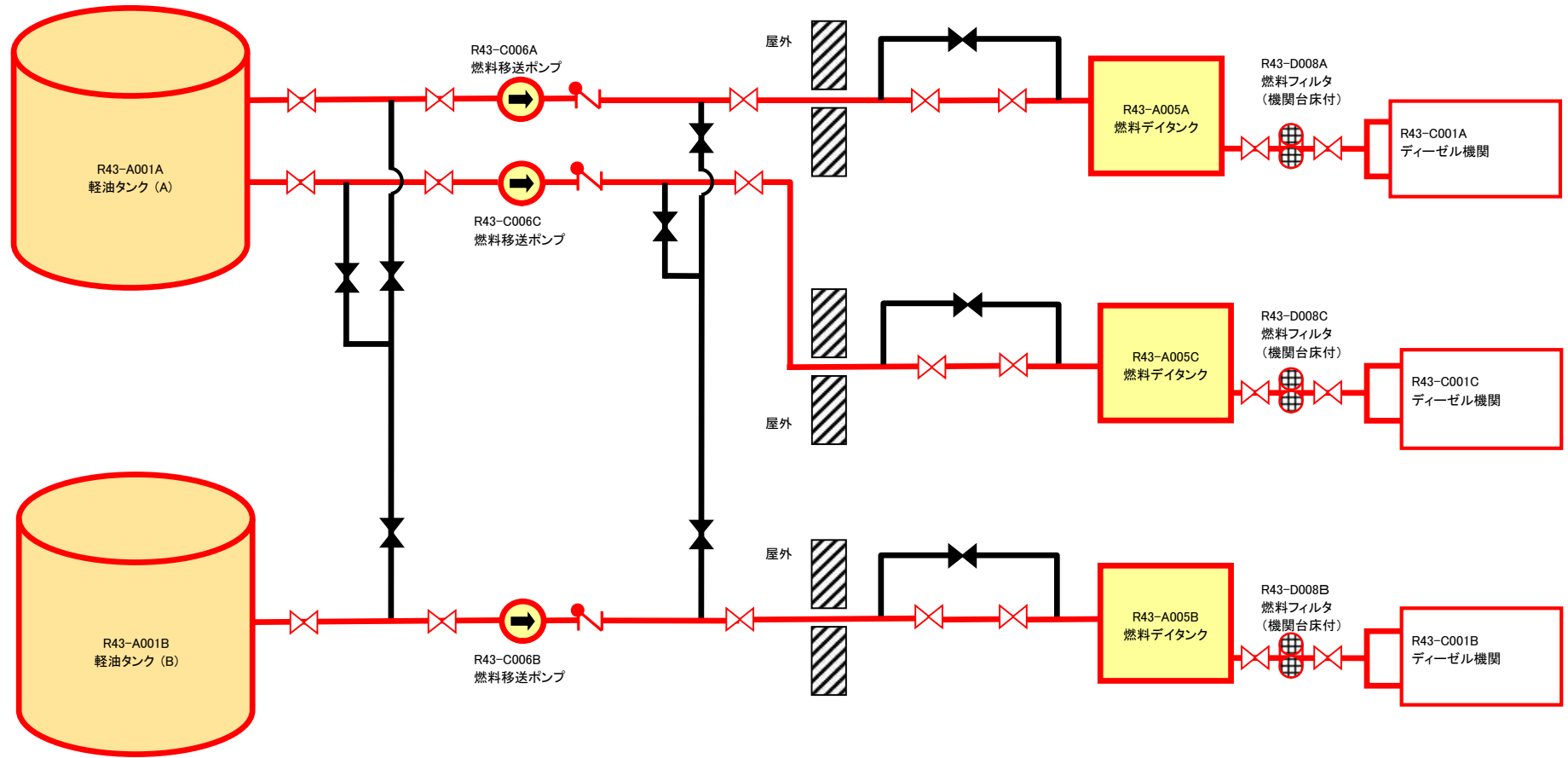


A系のみ記載。B, C系も同様

第 10 図 非常用ディーゼル発電機設備

— 原子炉の安全停止に必要な
系統機能を発揮するために
必要なライン

■ 原子炉の安全停止に必要な
機器



第 11 図 非常用ディーゼル発電機設備燃料移送系

— 原子炉の安全停止に必要な
 系統機能を発揮するために
 必要なライン
 原子炉の安全停止に必要な
 機器

添付資料 5

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における
原子炉の安全停止に必要な機能を
達成するための機器リスト

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	主蒸気ドレンライン内側隔離弁	電動弁	原子炉冷却材圧カバウンドリ	②	当該弁は通常閉、機能喪失時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、また、万一誤動作した場合であっても下流の格納容器外側に隔離弁があり弁が二重化されていることから、火災影響により系統機能に影響を及ぼすものではない。
	主蒸気ドレンライン外側隔離弁	電動弁		②	当該弁は通常閉、機能喪失時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能①求時で状態が変わらないこと、また、万一誤動作した場合であっても上流の格納容器内側に隔離弁があり弁が二重化されていることから、火災影響により系統機能に影響を及ぼすものではない。
	CUW 炉水サンプル内側隔離弁	空気作動弁		②	当該弁は通常閉、機能喪失時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能①求時で状態が変わらないこと、また、万一誤動作した場合であっても下流の格納容器外側に隔離弁があり弁が二重化されていることから、火災影響により系統機能に影響を及ぼすものではない。
	CUW 炉水サンプル外側隔離弁	空気作動弁		②	当該弁は通常閉、機能喪失時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、また、万一誤動作した場合であっても上流の格納容器内側に隔離弁があり弁が二重化されていることから、火災影響により系統機能に影響を及ぼすものではない。
	CUW 系吸込ライン内側隔離弁	電動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも下流に隔離弁があり二重化されていること、かつ CUW 系は閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	CUW 系吸込ライン外側隔離弁	電動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも上流に隔離弁があり二重化されていること、かつ CUW 系は閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	CUW RPVヘッドスプレイ隔離弁	電動弁		②	当該弁は通常閉、機能喪失時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、また、万一誤動作した場合であっても下流側に逆止弁があること、かつ閉鎖された系であることから、火災影響により系統機能に影響を及ぼすものではない。
	主蒸気内側隔離弁	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合はフェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定しても異なる電源区分の電磁弁で多重化されていること、下流の格納容器外側に隔離弁があり二重化されていることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	主蒸気外側隔離弁	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合はフェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定しても異なる電源区分の電磁弁で多重化されていること、上流の格納容器内側に隔離弁があり二重化されていることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	原子炉給水ライン外側隔離弁(A)	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるのものではない。また、万一の誤開を想定しても下流側に逆止弁があり原子炉冷却材バウンドリ機能は確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	原子炉給水ライン外側隔離弁(B)	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるのものではない。また、万一の誤開を想定しても下流側に逆止弁があり原子炉冷却材バウンドリ機能は確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考	
	MS 原子炉圧力容器頂部ガス抜き弁	電動弁	原子炉冷却材圧力バウンダリ	②	定期検査時における原子炉圧力容器の水張り時等に使用する弁であり、安全停止に必要な機能を有しないため。	
	MS 原子炉圧力容器1次ベント弁	電動弁		②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤動作した場合であっても下流に隔離弁があり二重化されていることから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	MS 原子炉圧力容器2次ベント弁	電動弁		②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤動作した場合であっても上流に隔離弁があり二重化されていることから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	制御棒カップリング	カップリング	過剰反応度の印加防止	②	不燃材で構成されていること、原子炉格納容器内に設置されており、火災が発生するおそれはない。	
	制御棒駆動機構カップリング	カップリング				
	制御棒駆動機構ラッチ機構	ラッチ機構				
	炉心支持構造物	支持構造物	炉心形状の維持	②	不燃材で構成されていること、原子炉圧力容器内に設置されており、火災が発生するおそれはない。	
	燃料集合体（燃料除く）	燃料集合体		②	不燃材で構成されていること、原子炉圧力容器内に設置されており、火災が発生するおそれはない。	
	スクラムパイロット弁電磁弁	電磁弁	原子炉緊急停止未臨界維持	②	火災により電磁弁が機能喪失するとスクラム動作すること、万一誤動作した場合であっても電源を切ることでスクラム動作させることが可能であることから系統機能に影響を及ぼすものではない。 不燃材で構成されているため、火災の影響を受けない。 「ほう酸水注入系」が機能喪失しても、未臨界機能としては「制御棒による系」があり、当該系統については火災が発生しても機能に影響が及ぶ恐れはない。	
	スクラム弁	空気作動弁		②		
	窒素容器	容器		②		
	HCU 用アキュムレータ	容器		②		
	ほう酸水注入系貯蔵タンク	タンク		②		
	SLC ポンプ(A)	ポンプ		②		
	SLC ポンプ(B)	ポンプ		②		
	SLC ポンプ吸込弁(A)	電動弁		②		
	SLC ポンプ吸込弁(B)	電動弁		②		
	SLC ほう酸水注入弁(A)	電動弁		②		
	SLC ほう酸水注入弁(B)	電動弁		②		
	主蒸気逃がし安全弁(安全弁機能)	安全弁		②		不燃材で構成されていること、原子炉格納容器内に設置されており、火災が発生するおそれはない。
	主蒸気逃がし安全弁(ADS 機能付き)用電磁弁(A,C,F,H,L,N,R,T)	電磁弁		炉心冷却／崩壊熱除去		①
	主蒸気逃がし安全弁(G,K,P)用電磁弁	電磁弁	①			
	主蒸気逃がし安全弁(ADS)	空気作動弁	②		不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	
	主蒸気逃がし安全弁	空気作動弁	②		不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	
	主蒸気逃がし安全弁用電磁弁	電磁弁	②		当該弁が火災により機能喪失した場合であっても火災防護対象としている ADS 機能により安全停止に必要な機能を確保可能であるため。	
	RHR ポンプ(A)	ポンプ	炉心冷却／崩壊熱除去	①		
	RHR ポンプ(B)	ポンプ		①		
	RHR ポンプ(C)	ポンプ		①		
	RHR ポンプ S/P 水吸込隔離弁(A)	電動弁		①		

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考	
	RHR ポンプ S/P 水吸込隔離弁(B)	電動弁	炉心冷却／崩壊熱除去	①		
	RHR ポンプ S/P 水吸込隔離弁(C)	電動弁		①		
	RHR 系熱交換器出口弁(A)	電動弁		①		
	RHR 系熱交換器出口弁(B)	電動弁		①		
	RHR 系熱交換器出口弁(C)	電動弁		①		
	RHR 注入弁(A)	電動弁		①		
	RHR 注入弁(B)	電動弁		①		
	RHR 注入弁(C)	電動弁		①		
	RHR 系試験用調節弁(A)*	電動弁		①		
	RHR 系試験用調節弁(B)*	電動弁		※S/C 冷却モードにて使用	①	
	RHR 系試験用調節弁(C)*	電動弁			①	
	RHR 系停止時冷却内側隔離弁(A)	電動弁			①	
	RHR 系停止時冷却内側隔離弁(B)	電動弁			①	
	RHR 系停止時冷却内側隔離弁(C)	電動弁			①	
	RHR 系停止時冷却外側隔離弁(A)*	電動弁			①	
	RHR 系停止時冷却外側隔離弁(B)*	電動弁			※操作に時間的余裕があり消火後現場操作にて対応可能なため影響軽減対策は実施しない	①
	RHR 系停止時冷却外側隔離弁(C)*	電動弁	①			
	RHR ポンプ炉水吸込弁(A)	電動弁	①			
	RHR ポンプ炉水吸込弁(B)	電動弁	①			
	RHR ポンプ炉水吸込弁(C)	電動弁	①			
	RHR 系熱交換器バイパス弁(A)	電動弁	①			
	RHR 系熱交換器バイパス弁(B)	電動弁	①			
	RHR 系熱交換器バイパス弁(C)	電動弁	①			
	RHR 系最小流量バイパス弁(A)	電動弁	①			
	RHR 系最小流量バイパス弁(B)	電動弁	①			
	RHR 系最小流量バイパス弁(C)	電動弁	①			
	RHR 系熱交換器(A)	熱交換器	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。		
	RHR 系熱交換器(B)	熱交換器	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。		
	RHR 系熱交換器(C)	熱交換器	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。		
	RHR 封水ポンプ(A)	ポンプ	②	システムの通常(スタンバイ)時における圧力保持に使用するものであり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。		

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	RHR 封水ポンプ(B)	ポンプ	炉心冷却／崩壊熱除去	②	システムの通常(スタンバイ)時における圧力保持に使用するものであり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 封水ポンプ(C)	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時における圧力保持に使用するものであり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系燃料プール側第一出口弁(A)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系燃料プール側第一出口弁(B)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁(A,C系)や手動弁で(FPC系)二重化されていることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系燃料プール側第一出口弁(C)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系燃料プール側第二出口弁	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁(A,C系)や手動弁で(FPC系)二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 格納容器冷却流量調節弁(B)	電動弁		②	格納容器スプレー機能時に使用するものであり、火災によって機能要求されるものではない。
	RHR 格納容器冷却流量調節弁(C)	電動弁		②	格納容器スプレー機能時に使用するものであり、火災によって機能要求されるものではない。
	RHR 格納容器冷却ライン隔離弁(B)	電動弁		②	格納容器スプレー機能時に使用するものであり、火災によって機能要求されるものではない。
	RHR 格納容器冷却ライン隔離弁(C)	電動弁		②	格納容器スプレー機能時に使用するものであり、火災によって機能要求されるものではない。
	RHR S/P スプレー注入隔離弁(B)	電動弁		②	格納容器スプレー機能時に使用するものであり、火災によって機能要求されるものではない。
	RHR S/P スプレー注入隔離弁(C)	電動弁		②	格納容器スプレー機能時に使用するものであり、火災によって機能要求されるものではない。
	RHR 系 SPH 系第一止め弁(A)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系 SPH 系第一止め弁(B)	電動弁	②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	RHR 系 SPH 系第一止め弁(C)	電動弁	②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。	

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	RHR 系 SPH 系第二止め弁(A)	電動弁	炉心冷却／崩壊熱除去	②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系 SPH 系第二止め弁(B)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系 SPH 系第二止め弁(C)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系統暖機弁(A)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系統暖機弁(B)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系統暖機弁(C)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系 HPCF 系第一止め弁	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系 HPCF 系第二止め弁	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系試験可能逆止弁バイパス弁(A)	空気作動弁		②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても閉鎖された系であり、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系試験可能逆止弁バイパス弁(B)	空気作動弁		②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても閉鎖された系であり、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系試験可能逆止弁バイパス弁(C)	空気作動弁		②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても閉鎖された系であり、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	RHR 系 LPFL 試験可能逆止弁(A)	空気作動弁	炉心冷却／崩壊熱除去	②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるものではない。また、万一の誤開を想定しても炉心冷却機能への影響はなく、下流側に逆止弁があり原子炉冷却材パウンダリ機能も確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系 LPFL 試験可能逆止弁(B)	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるものではない。また、万一の誤開を想定しても炉心冷却機能への影響はなく、上流側に隔離弁があり原子炉冷却材パウンダリ機能も確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系 LPFL 試験可能逆止弁(C)	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるものではない。また、万一の誤開を想定しても炉心冷却機能への影響はなく、上流側に隔離弁があり原子炉冷却材パウンダリ機能も確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系プロセスサンプル第一隔離弁(A)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系プロセスサンプル第一隔離弁(B)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系プロセスサンプル第一隔離弁(C)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR プロセスサンプル第二隔離弁(A)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR プロセスサンプル第二隔離弁(B)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR プロセスサンプル第二隔離弁(C)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系 PASS 第一炉水サンプリング弁	電動弁	②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。	

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	RHR PASS 第二炉水サンプリング弁	電動弁	炉心冷却／崩壊熱除去	②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	HPCF ポンプ(B)	ポンプ	炉心冷却	①	
	HPCF ポンプ(C)	ポンプ		①	
	HPCF 系 CSP 側吸込弁(B)	電動弁		①	
	HPCF 系 CSP 側吸込弁(C)	電動弁		①	
	HPCF 系注入隔離弁(B)	電動弁		①	
	HPCF 系注入隔離弁(C)	電動弁		①	
	HPCF 系 S/P 側吸込隔離弁(B)	電動弁		①	
	HPCF 系 S/P 側吸込隔離弁(C)	電動弁		①	
	HPCF 系最小流量バイパス弁(B)	電動弁		①	
	HPCF 系最小流量バイパス弁(C)	電動弁		①	
	HPCF 系試験可能逆止弁(B)	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるのものではない。また、万一の誤開を想定しても炉心冷却機能への影響はなく、上流側に隔離弁があり原子炉冷却材パウンダリ機能も確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	HPCF 系試験可能逆止弁(C)	空気作動弁	②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるのものではない。また、万一の誤開を想定しても炉心冷却機能への影響はなく、上流側に隔離弁があり原子炉冷却材パウンダリ機能も確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	HPCF 系第一試験用調節弁(B)	電動弁	②	系統試運転用の弁であり、通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても二重化されていることから、火災により系統機能に影響を与えるものではない。	
	HPCF 系第一試験用調節弁(C)	電動弁	②	系統試運転用の弁であり、通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても二重化されていることから、火災により系統機能に影響を与えるものではない。	
	HPCF 第二試験用調節弁(B)	電動弁	②	系統試運転用の弁であり、通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても二重化されていることから、火災により系統機能に影響を与えるものではない。	
	HPCF 第二試験用調節弁(C)	電動弁	②	系統試運転用の弁であり、通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても二重化されていることから、火災により系統機能に影響を与えるものではない。	
	SPCU CSP 側吸込弁	電動弁	②	他系統との連絡弁であるが、通常閉であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。	
	復水貯蔵槽	容器	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない	

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	RCIC ポンプ	ポンプ	炉心冷却	①	
	RCIC ポンプ駆動用蒸気タービン	ポンプ		①	
	RCIC 復水ポンプ	ポンプ		①	
	RCIC 真空ポンプ	ポンプ		①	
	RCIC 系 CSP 側吸込弁	電動弁		①	
	RCIC 系注入弁	電動弁		①	
	RCIC 系 S/P 側吸込隔離弁	電動弁		①	
	RCIC 系最小流量バイパス弁	電動弁		①	
	RCIC 系冷却水ライン止め弁	電動弁		①	
	RCIC 系重大事故時蒸気止め弁	電動弁		①	
	RCIC 系蒸気ライン内側隔離弁	電動弁		①	
	RCIC 系蒸気ライン外側隔離弁	電動弁		①	
	RCIC 系タービン止め弁	電動弁		①	
	RCIC 系タービン排気ライン隔離弁	電動弁		①	
	RCIC 系真空ポンプ吐出ライン隔離弁	電動弁		①	
	RCIC 蒸気ライン暖気弁	電動弁		②	通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤動作した場合でも閉鎖された系であることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RCIC HPAC タービン止め弁	電動弁		①	
	RCIC 系タービン主蒸気止め弁	電動弁		①	
	RCIC 系タービン蒸気加減弁	油圧作動弁		①	
	RCIC 復水ポンプ出口ドレン第一隔離弁	空気作動弁		①	
	RCIC 復水ポンプ出口ドレン第二隔離弁	空気作動弁		①	
	RCIC 真空タンク	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCIC 試験可能逆止弁	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるものではない。また、万一の誤開を想定しても炉心冷却機能への影響はなく、下流側に 2 つの逆止弁があり原子炉冷却材パウンダリ機能は確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RCIC 第一試験用調節弁	電動弁	②	系統試運転用の弁であり、通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤動作した場合であっても二重化されていることから、火災により系統機能に影響を与えるものではない。	
RCIC 第二試験用調節弁	電動弁	②	系統試運転用の弁であり、通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤動作した場合であっても二重化されていることから、火災により系統機能に影響を与えるものではない。		

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	RCIC 冷却水供給圧力調整弁	圧力調節弁	炉心冷却	②	不燃材で構成されているため火災によって影響を受けない。
	RCIC 系第一蒸気ドレン止め弁	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合、フェイル・クローズ設計であり機能要求は満足する。万一の不動作を想定した場合であってもドレンポットからの水抜きラインであり小口径のため主配管の流量に影響を与えないことから、系統機能へ影響はない。
	RCIC 第二蒸気ドレン止め弁	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合、フェイル・クローズ設計であり機能要求は満足する。万一の不動作を想定した場合であってもドレンポットからの水抜きラインであり小口径のため主配管の流量に影響を与えないことから、系統機能へ影響はない。
	RCW ポンプ(A)	ポンプ	サポート系(原子炉補機冷却系)	①	
	RCW ポンプ(B)	ポンプ		①	
	RCW ポンプ(C)	ポンプ		①	
	RCW ポンプ(D)	ポンプ		①	
	RCW ポンプ(E)	ポンプ		①	
	RCW ポンプ(F)	ポンプ		①	
	RCW 熱交換器(A)冷却水出口弁	電動弁		①	
	RCW 熱交換器(B)冷却水出口弁	電動弁		①	
	RCW 熱交換器(C)冷却水出口弁	電動弁		①	
	RCW 熱交換器(D)冷却水出口弁	電動弁		①	
	RCW 熱交換器(E)冷却水出口弁	電動弁		①	
	RCW 熱交換器(F)冷却水出口弁	電動弁		①	
	RHR 熱交換器(A)冷却水出口弁	電動弁		①	
	RHR 熱交換器(B)冷却水出口弁	電動弁		①	
	RHR 熱交換器(C)冷却水出口弁	電動弁		①	
	HECW 冷凍機(A)冷却水調整弁	電動弁		①	
	HECW 冷凍機(B)冷却水調整弁	電動弁		①	
	HECW 冷凍機(C)冷却水調整弁	電動弁		①	
	HECW 冷凍機(D)冷却水調整弁	電動弁		①	
	非常用 D/G(A)冷却水出口弁(A)	電動弁		①	
	非常用 D/G(B)冷却水出口弁(B)	電動弁	①		
	非常用 D/G(C)冷却水出口弁(C)	電動弁	①		
	非常用 D/G(A)冷却水出口弁(D)	電動弁	①		
	非常用 D/G(B)冷却水出口弁(E)	電動弁	①		
非常用 D/G(C)冷却水出口弁(F)	電動弁	①			

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	RCW サージタンク(A)	容器	サポート系(原子炉補機冷却系)	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW サージタンク(B)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW サージタンク(C)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 熱交換器(A)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 熱交換器(B)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 熱交換器(C)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 熱交換器(D)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 熱交換器(E)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 熱交換器(F)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 常用冷却水供給側分離弁(A)	電動弁		②	通常開であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、万一誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。
	RCW 常用冷却水供給側分離弁(B)	電動弁		②	通常開であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、万一誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。
	RCW 常用冷却水供給側分離弁(C)	電動弁		②	通常開であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、万一誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。
	RCW 常用冷却水戻り側分離弁(A)	電動弁		②	通常開であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、万一誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。
	RCW 常用冷却水戻り側分離弁(B)	電動弁		②	通常開であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、万一誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。
	RCW 常用冷却水戻り側分離弁(C)	電動弁		②	通常開であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、万一誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。
	RCW冷却水供給温度調整弁(A/熱交換器側)	温度調整弁		①	
	RCW冷却水供給温度調整弁(B/熱交換器側)	温度調整弁	①		
	RCW冷却水供給温度調整弁(C/熱交換器側)	温度調整弁	①		
	RCW冷却水供給温度調整弁(A/ポンプ側)	温度調整弁	①		
	RCW冷却水供給温度調整弁(B/ポンプ側)	温度調整弁	①		
	RCW冷却水供給温度調整弁(C/ポンプ側)	温度調整弁	①		
	RCW 常用冷却水緊急遮断弁(A)	空気作動弁	②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合フェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定した場合であっても閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	RCW 常用冷却水緊急遮断弁(B)	空気作動弁	②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合フェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定した場合であっても閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	RCW 常用冷却水緊急遮断弁(C)	空気作動弁	②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合フェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定した場合であっても閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。	

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	RCW 常用冷却水緊急遮断弁(D)	空気作動弁	サポート系(換気空調補機非常用冷却系)	②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合フェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定した場合であっても閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RCW 常用冷却水緊急遮断弁(E)	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合フェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定した場合であっても閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RCW 常用冷却水緊急遮断弁(F)	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合フェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定した場合であっても閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RCW 防食剤注入タンク(A)	容器		②	系統設備保守に係る機器であり、安全停止に必要な機能を有していない。
	RCW 防食剤注入タンク(B)	容器		②	系統設備保守に係る機器であり、安全停止に必要な機能を有していない。
	RCW 防食剤注入タンク(C)	容器		②	系統設備保守に係る機器であり、安全停止に必要な機能を有していない。
	HECW ポンプ(A)	ポンプ		①	
	HECW ポンプ(B)	ポンプ		①	
	HECW ポンプ(C)	ポンプ		①	
	HECW ポンプ(D)	ポンプ		①	
	HECW 冷凍機(A)	冷凍機		①	
	HECW 冷凍機(B)	冷凍機		①	
	HECW 冷凍機(C)	冷凍機		①	
	HECW 冷凍機(D)	冷凍機		①	
	HECW 防食剤注入タンク	容器		②	系統設備保守に係る機器であり、安全停止に必要な機能を有していない。
	MCR 冷却コイル(A)(C)(E)温度調節弁	温度調節弁		①	
	MCR 冷却コイル(B)(D)(F)温度調節弁	温度調節弁		①	
	DG(A)/Z 冷却コイル(A)(B)温度調節弁	温度調節弁		①	
	DG(B)/Z 冷却コイル(A)(B)温度調節弁	温度調節弁		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(A)冷却コイル(A)(B)温度調節弁	温度調節弁		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(B)冷却コイル(A)(B)温度調節弁	温度調節弁		①	
	HECW(A)往環差圧調節弁	圧力制御弁		①	
	HECW(B)往環差圧調節弁	圧力制御弁		①	
	RSW ポンプ(A)	ポンプ		①	
	RSW ポンプ(B)	ポンプ		①	
	RSW ポンプ(C)	ポンプ		①	
	RSW ポンプ(D)	ポンプ		①	
	RSW ポンプ(E)	ポンプ	①		

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	RSW ポンプ(F)	ポンプ	サポート系(原子炉補機冷却海水系)	①	
	RSW(A)吐出弁	電動弁		①	
	RSW(B)吐出弁	電動弁		①	
	RSW(C)吐出弁	電動弁		①	
	RSW(D)吐出弁	電動弁		①	
	RSW(E)吐出弁	電動弁		①	
	RSW(F)吐出弁	電動弁		①	
	RSW ストレーナ(A)旋回弁	電動弁		①	
	RSW ストレーナ(B)旋回弁	電動弁		①	
	RSW ストレーナ(C)旋回弁	電動弁		①	
	RSW ストレーナ(D)旋回弁	電動弁		①	
	RSW ストレーナ(E)旋回弁	電動弁		①	
	RSW ストレーナ(F)旋回弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(A)ブロー弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(B)ブロー弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(C)ブロー弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(D)ブロー弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(E)ブロー弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(F)ブロー弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(A)	ストレーナ	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	
	RSW 海水ストレーナ(B)	ストレーナ	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	
	RSW 海水ストレーナ(C)	ストレーナ	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	
	RSW 海水ストレーナ(D)	ストレーナ	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	
	RSW 海水ストレーナ(E)	ストレーナ	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	
	RSW 海水ストレーナ(F)	ストレーナ	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	
	RSW ポンプ(A)(D)出口連絡弁	電動弁	②	通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、火災により万一誤動作した場合であっても閉鎖された系であることから系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	RSW ポンプ(B)(E)出口連絡弁	電動弁	②	通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、火災により万一誤動作した場合であっても閉鎖された系であることから系統機能に影響を及ぼすものではない。	
RSW ポンプ(C)(F)出口連絡弁	電動弁	②	通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、火災により万一誤動作した場合であっても閉鎖された系であることから系統機能に影響を及ぼすものではない。		

柏崎刈羽原子力発電所 6号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	6.9kV メタクラ 6C	電源盤・制御盤	サポート系(非常 用交流電源系)	①	
	6.9kV メタクラ 6D	電源盤・制御盤		①	
	6.9kV メタクラ 6E	電源盤・制御盤		①	
	M/C 6C 電圧 TRD	電源盤・制御盤		①	
	M/C 6D 電圧 TRD	電源盤・制御盤		①	
	M/C 6E 電圧 TRD	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 6C-1	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 6C-2	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 6D-1	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 6D-2	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 6E-1	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 6E-2	電源盤・制御盤		①	
	P/C 6C-1 電圧 TRD	電源盤・制御盤		①	
	P/C 6C-2 電圧 TRD	電源盤・制御盤		①	
	P/C 6D-1 電圧 TRD	電源盤・制御盤		①	
	P/C 6D-2 電圧 TRD	電源盤・制御盤		①	
	P/C 6E-1 電圧 TRD	電源盤・制御盤		①	
	P/C 6E-2 電圧 TRD	電源盤・制御盤		①	
	480V 海水熱交換機エリア MCC 6C-2-1	電源盤・制御盤		①	
	480V 海水熱交換機エリア MCC 6D-2-1	電源盤・制御盤		①	
	480V 海水熱交換機エリア MCC 6E-2-1	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 6C-1-1	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 6C-1-2	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 6C-1-3	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 6C-1-4	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 6C-1-5	電源盤・制御盤		①	
	480V コントロール建屋 MCC 6C-1-7	電源盤・制御盤		①	
	480V コントロール建屋 MCC 6C-1-8	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 6D-1-1	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 6D-1-2	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 6D-1-3	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 6D-1-4	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 6D-1-5	電源盤・制御盤		①	

柏崎刈羽原子力発電所 6号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	480V コントロール建屋 MCC 6D-1-7	電源盤・制御盤	サポート系(非常用交流電源系)	①	
	480V コントロール建屋 MCC 6D-1-8	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 6E-1-1	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 6E-1-2	電源盤・制御盤		①	
	480V コントロール建屋 MCC 6E-1-3	電源盤・制御盤		①	
	480V コントロール建屋 MCC 6E-1-4	電源盤・制御盤		①	
	バイタル交流電源装置 6A	電源装置		①	
	バイタル交流電源装置 6B	電源装置		①	
	バイタル交流電源装置 6C	電源装置		①	
	バイタル交流電源装置 6D	電源装置		①	
	交流バイタル分電盤 6A-1	電源盤・制御盤		①	
	交流バイタル分電盤 6B-1	電源盤・制御盤		①	
	交流バイタル分電盤 6C-1	電源盤・制御盤		①	
	交流バイタル分電盤 6D-1	電源盤・制御盤		①	
	交流 120V 中央制御室計測室用分電盤 6A	電源盤・制御盤		①	
	交流 120V 中央制御室計測室用分電盤 6B	電源盤・制御盤		①	
	交流 120V 中央制御室計測室用分電盤 6C	電源盤・制御盤		①	
	中央制御室計測用電源切換盤 6A	電源盤・制御盤		①	
	中央制御室計測用電源切換盤 6B	電源盤・制御盤		①	
	中央制御室計測用電源切換盤 6C	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 主母線盤(P/C) 6A	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 主母線盤(P/C) 6B	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 主母線盤(P/C) 6C	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 主母線盤(P/C) 6D	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 充電器 6A	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 充電器 6B	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 充電器 6C	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 充電器 6D	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 主母線盤(MCC) 6A	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 主母線盤(MCC) 6B	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 主母線盤(MCC) 6C	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 主母線盤(MCC) 6D	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 6A-1	電源盤・制御盤		①	

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	直流 125V 分電盤 6A-2	電源盤・制御盤	サポート系(直流電源系)	①	
	直流 125V 分電盤 6A-3	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 6B-1	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 6B-2	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 6B-3	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 6C-1	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 6C-2	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 6C-3	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 6D-1	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 6D-2	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 蓄電池 6A	蓄電池		①	
	直流 125V 蓄電池 6B	蓄電池		①	
	直流 125V 蓄電池 6C	蓄電池		①	
	直流 125V 蓄電池 6D	蓄電池		①	
	直流 125V 蓄電池 6A-2	蓄電池		①	
	直流 125V 充電器盤 6A-2	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 原子炉建屋 MCC 6A	電源盤・制御盤		①	
	ディーゼル機関	ディーゼル発電機		①	
	ディーゼル機関	ディーゼル発電機		①	
	ディーゼル機関	ディーゼル発電機		①	
	潤滑油冷却器	熱交換器		①	
	潤滑油冷却器	熱交換器		①	
	潤滑油冷却器	熱交換器		①	
	機関付潤滑油フィルタ(A)	フィルタ		①	
	機関付潤滑油フィルタ(B)	フィルタ		①	
	機関付潤滑油フィルタ(C)	フィルタ		①	
	潤滑油補給ポンプ	ポンプ		①	
	潤滑油補給ポンプ	ポンプ		①	
	潤滑油補給ポンプ	ポンプ		①	
	潤滑油補給タンク	容器		①	
	潤滑油補給タンク	容器		①	
	潤滑油補給タンク	容器		①	

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	発電機軸受潤滑油冷却器	熱交換器	サポート系(非常用ディーゼル発電機(燃料移送系を含む))	①	
	発電機軸受潤滑油冷却器	熱交換器		①	
	発電機軸受潤滑油冷却器	熱交換器		①	
	清水加熱器ポンプ	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	清水加熱器ポンプ	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	清水加熱器ポンプ	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	機関付潤滑油ポンプ(A)	ポンプ		①	
	機関付潤滑油ポンプ(B)	ポンプ		①	
	機関付潤滑油ポンプ(C)	ポンプ		①	
	燃料デイトank(A)	容器		①	
	燃料デイトank(B)	容器		①	
	燃料デイトank(C)	容器		①	
	機関付清水ポンプ(A)	ポンプ		①	
	機関付清水ポンプ(B)	ポンプ		①	
	機関付清水ポンプ(C)	ポンプ		①	
	D/G(A)始動弁(1)	電磁弁		①	
	D/G(A)始動弁(2)	電磁弁		①	
	D/G(A)第一停止弁	電磁弁		①	
	D/G(A)第二停止弁	電磁弁		①	
	D/G(B)始動弁(1)	電磁弁		①	
	D/G(B)始動弁(2)	電磁弁		①	
	D/G(B)第一停止弁	電磁弁		①	
	D/G(B)第二停止弁	電磁弁		①	
	D/G(C)始動弁(1)	電磁弁		①	
	D/G(C)始動弁(2)	電磁弁		①	
	D/G(C)第一停止弁	電磁弁		①	
	D/G(C)第二停止弁	電磁弁		①	
	潤滑油プライミングポンプ(A)	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	潤滑油プライミングポンプ(B)	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	潤滑油プライミングポンプ(C)	ポンプ	サポート系(非常用ディーゼル発電機(燃料移送系を含む))	②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、システム機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によってシステム機能に影響を及ぼすものではない。
	空気冷却器(A)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	空気冷却器(B)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	空気冷却器(C)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	潤滑油加熱器	熱交換器		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、システム機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によってシステム機能に影響を及ぼすものではない。
	潤滑油加熱器	熱交換器		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、システム機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によってシステム機能に影響を及ぼすものではない。
	潤滑油加熱器	熱交換器		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、システム機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によってシステム機能に影響を及ぼすものではない。
	清水加熱器	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	清水加熱器	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	清水加熱器	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(A)空気圧縮機A	圧縮機		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、システム機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によってシステム機能に影響を及ぼすものではない。
	D/G(A)空気圧縮機B	圧縮機		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、システム機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によってシステム機能に影響を及ぼすものではない。
	D/G(B)空気圧縮機A	圧縮機		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、システム機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によってシステム機能に影響を及ぼすものではない。
	D/G(B)空気圧縮機B	圧縮機		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、システム機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によってシステム機能に影響を及ぼすものではない。
	D/G(C)空気圧縮機A	圧縮機		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、システム機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によってシステム機能に影響を及ぼすものではない。
	D/G(C)空気圧縮機B	圧縮機		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、システム機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によってシステム機能に影響を及ぼすものではない。

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	軽油タンク(A)	容器	サポート系(非常用ディーゼル発電機(燃料移送系を含む))	①	
	軽油タンク(B)	容器		①	
	燃料移送ポンプ(A)	ポンプ		①	
	燃料移送ポンプ(B)	ポンプ		①	
	燃料移送ポンプ(C)	ポンプ		①	
	D/G(A)清水温度調節弁(A)	温度調節弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(B)清水温度調節弁(B)	温度調節弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(C)清水温度調節弁(C)	温度調節弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	潤滑油温度調節弁(A)	温度調節弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	潤滑油温度調節弁(B)	温度調節弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	潤滑油温度調節弁(C)	温度調節弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	清水膨張タンク	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	清水膨張タンク	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	清水膨張タンク	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	空気だめ(自動)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(A)空気だめ(手動)	容器		②	不燃材で構成されているため、また、空気だめ(自動)により安全機能は確保されることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	空気だめ(自動)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(B)空気だめ(手動)	容器		②	不燃材で構成されているため、また、空気だめ(自動)により安全機能は確保されることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	空気だめ(自動)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(C)空気だめ(手動)	容器		②	不燃材で構成されているため、また、空気だめ(自動)により安全機能は確保されることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	清水冷却器	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	清水冷却器	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	清水冷却器	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	排気サイレンサ	サイレンサ		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	排気サイレンサ	サイレンサ		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	排気サイレンサ	サイレンサ		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	Hx/A 非常用送風機(A)	ファン		①	
	Hx/A 非常用送風機(B)	ファン		①	
	Hx/A 非常用送風機(C)	ファン		①	
	DG(A)/Z 送風機(A),(B)	ファン		①	

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	DG(A)/Z 排風機(A),(B)	ファン	サポート系(非常用換気空調系)	①	
	DG(A)非常用送風機(A),(B)	ファン		①	
	DG(B)/Z 送風機(A),(B)	ファン		①	
	DG(B)/Z 排風機(A),(B)	ファン		①	
	DG(B)非常用送風機(A),(B)	ファン		①	
	DG(C)/Z 送風機(A),(B)	ファン		①	
	DG(C)/Z 排風機(A),(B)	ファン		①	
	DG(C)非常用送風機(A),(B)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(A)送風機(A),(B)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(A)排風機(A),(B)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(B)送風機(A),(B)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(B)排風機(A),(B)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(C)送風機(A),(B)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(C)排風機(A),(B)	ファン		①	
	DG(C)/Z 排気ダンパ	ダンパ		①	
	DG(C)/Z 再循環ダンパ	ダンパ		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(C)排気ダンパ	ダンパ		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(C)再循環ダンパ	ダンパ	①		
	HPCF ポンプ(C)室空調機	ファン	①		
	RHR ポンプ(A)室空調機	ファン	①		
	RHR ポンプ(C)室空調機	ファン	①		
	RHR ポンプ(B)室空調機	ファン	①		
	HPCF ポンプ(B)室空調機	ファン	①		
	D/G(A)/Z 給気処理装置	空調装置	②	内部に発火源が無く筐体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。	
	D/G(A)非常用給気処理装置	空調装置	②	内部に発火源が無く筐体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。	
	D/G(B)/Z 給気処理装置	空調装置	②	内部に発火源が無く筐体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。	
	D/G(B)非常用給気処理装置	空調装置	②	内部に発火源が無く筐体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。	
	D/G(C)/Z 給気処理装置	空調装置	②	内部に発火源が無く筐体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。	
	D/G(C)非常用給気処理装置	空調装置	②	内部に発火源が無く筐体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。	
	Hx/A(A)非常用給気処理装置	空調装置	②	内部に発火源が無く筐体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。	
Hx/A(B)非常用給気処理装置	空調装置	②	内部に発火源が無く筐体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。		
Hx/A(C)非常用給気処理装置	空調装置	②	内部に発火源が無く筐体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。		

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	C/B 計測制御電源盤区域(A)給気処理装置	空調装置	サポート系(非常用換気空調系)	②	内部に発火源が無く管体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。
	C/B 計測制御電源盤区域(B)給気処理装置	空調装置		②	内部に発火源が無く管体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。
	C/B 計測制御電源盤区域(C)給気処理装置	空調装置		②	内部に発火源が無く管体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。
	中央制御室送風機(A)	ファン		②	火災により機能喪失した場合であっても中央制御室の温度上昇までは時間的余裕があることから、負荷制限等を行うことにより居住性の維持が可能であるため、原子炉の安全停止機能へ影響はない。
	中央制御室送風機(B)	ファン		②	
	中央制御室排風機(A)	ファン		②	
	中央制御室排風機(B)	ファン		②	
	中央制御室再循環送風機(A)	ファン		②	
	中央制御室再循環送風機(B)	ファン		②	
	MCR 再循環フィルタ装置	空調装置		②	
	MCR 再循環フィルタ装置	空調装置		②	
	MCR 再循環フィルタ装置	空調装置		②	
	MCR 再循環フィルタ装置	空調装置		②	
	MCR 外気取り入れダンパ(A)	ダンパ		②	
	MCR 外気取り入れダンパ(B)	ダンパ		②	
	MCR 非常用外気取入れダンパ(A)	ダンパ		②	
	MCR 非常用外気取入れダンパ(B)	ダンパ		②	
	MCR 再循環フィルタ入口ダンパ(A)	ダンパ		②	
	MCR 再循環フィルタ入口ダンパ(B)	ダンパ		②	
	MCR 排気ダンパ(A)	ダンパ		②	
	MCR 排気ダンパ(B)	ダンパ	②		
	MCR 給気処理装置(A)	空調装置	②	内部に発火源が無く管体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。	
	MCR 給気処理装置(B)	空調装置	②	内部に発火源が無く管体が不燃性で構成されているため火災によって影響を受けない。	
	中央制御室外原子炉停止制御盤	電源・制御盤	サポート系(制御系)	①	
	RCIC タービン制御盤 DIV- I	電源・制御盤		①	
	SRNM 前置増幅器盤(I)	電源・制御盤		①	
	SRNM 前置増幅器盤(II)	電源・制御盤		①	
	SRNM 前置増幅器盤(III)	電源・制御盤		①	
	SRNM 前置増幅器盤(IV)	電源・制御盤		①	
非常用ディーゼル発電機 6A 監視操作盤	電源・制御盤	①			
非常用ディーゼル発電機 6B 監視操作盤	電源・制御盤	①			

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	非常用ディーゼル発電機 6C 監視操作盤	電源・制御盤	サポート系(制御系)	①	
	補助継電器盤 1A	電源・制御盤		①	
	補助継電器盤 1B	電源・制御盤		①	
	補助継電器盤 1C	電源・制御盤		①	
	補助継電器盤 2A	電源・制御盤		①	
	補助継電器盤 2B	電源・制御盤		①	
	補助継電器盤 2C	電源・制御盤		①	
	自動電圧調整器盤 A	電源・制御盤		①	
	自動電圧調整器盤 B	電源・制御盤		①	
	自動電圧調整器盤 C	電源・制御盤		①	
	界磁調整器盤 A	電源・制御盤		①	
	界磁調整器盤 B	電源・制御盤		①	
	界磁調整器盤 C	電源・制御盤		①	
	シリコン整流器盤 A	電源・制御盤		①	
	シリコン整流器盤 B	電源・制御盤		①	
	シリコン整流器盤 C	電源・制御盤		①	
	三相変圧器・リアクトル盤(PPT 盤) A	電源・制御盤		①	
	三相変圧器・リアクトル盤(PPT 盤) B	電源・制御盤		①	
	三相変圧器・リアクトル盤(PPT 盤) C	電源・制御盤		①	
	可飽和変流器盤(SCT 盤) A	電源・制御盤		①	
	可飽和変流器盤(SCT 盤) B	電源・制御盤		①	
	可飽和変流器盤(SCT 盤) C	電源・制御盤		①	
	発電機中性点接地変圧器盤(NGR 盤) A	電源・制御盤		①	
	発電機中性点接地変圧器盤(NGR 盤) B	電源・制御盤		①	
	発電機中性点接地変圧器盤(NGR 盤) C	電源・制御盤		①	
	発電機補助盤(PT-CT 盤) A	電源・制御盤		①	
	発電機補助盤(PT-CT 盤) B	電源・制御盤		①	
	発電機補助盤(PT-CT 盤) C	電源・制御盤		①	
	格納容器内雰囲気モニタヒータ制御盤 (A)	電源・制御盤		①	
	格納容器内雰囲気モニタヒータ制御盤 (B)	電源・制御盤		①	
	HECW 冷却水系冷凍機 (A) 制御盤	電源・制御盤		①	
HECW 冷却水系冷凍機 (B) 制御盤	電源・制御盤	①			

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	HECW 冷却水系冷凍機(C)制御盤	電源・制御盤	サポート系(制御系)	①	
	HECW 冷却水系冷凍機(D)制御盤	電源・制御盤		①	
	RSWストレナ制御盤(A)	電源・制御盤		①	
	RSWストレナ制御盤(B)	電源・制御盤		①	
	RSWストレナ制御盤(C)	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤DIV-I	電源・制御盤		①	
	6号炉安全系多重伝送現場盤DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤DIV-II	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤DIV-II	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤DIV-II	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤DIV-II	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤DIV-II	電源・制御盤		①	
	6号炉安全系多重伝送現場盤DIV-II	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤DIV-III	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤DIV-III	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤DIV-III	電源・制御盤		①	
	6号炉安全系多重伝送現場盤DIV-III	電源・制御盤	①		
	6号炉安全系多重伝送現場盤DIV-IV	電源・制御盤	①		
	スクラムソレノイドヒューズ盤 A	電源・制御盤	②	火災により機能喪失するとスクラム動作すること、 万一誤不動作した場合であってもヒューズを抜くことによりスクラム動作させることが可能であることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	スクラムソレノイドヒューズ盤 B	電源・制御盤	②		
	スクラムソレノイドヒューズ盤 C	電源・制御盤	②		
	スクラムソレノイドヒューズ盤 D	電源・制御盤	②		
	スクラムソレノイドヒューズ盤 E	電源・制御盤	②		
	スクラムソレノイドヒューズ盤 F	電源・制御盤	②		
	スクラムソレノイドヒューズ盤 G	電源・制御盤	②		
	スクラムソレノイドヒューズ盤 H	電源・制御盤	②		
	SRNM検出器	中性子束計測設備	プロセス監視	①	
	SRNM検出器	中性子束計測設備		①	

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	SRNM検出器	中性子束計測設備	プロセス監視	①	
	SRNM検出器	中性子束計測設備		①	
	SRNM検出器	中性子束計測設備		①	
	SRNM検出器	中性子束計測設備		①	
	SRNM検出器	中性子束計測設備		①	
	SRNM検出器	中性子束計測設備		①	
	SRNM検出器	中性子束計測設備		①	
	SRNM検出器	中性子束計測設備		①	
	原子炉水位(広帯域)	水位計測設備		①	
	原子炉水位(広帯域)	水位計測設備		①	
	原子炉水位(広帯域)	水位計測設備		①	
	原子炉水位(広帯域)	水位計測設備		①	
	原子炉水位(燃料域)	水位計測設備		①	
	原子炉水位(燃料域)	水位計測設備		①	
	原子炉圧力	圧力計測設備		①	
	原子炉圧力	圧力計測設備		①	
	原子炉圧力	圧力計測設備		①	
	原子炉圧力	圧力計測設備		①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水温度 (85°)	水位計測設備		①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水温度 (144°)	水位計測設備		①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水温度 (216°)	水位計測設備		①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水温度 (265°)	水位計測設備		①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水温度 (324°)	水位計測設備		①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水温度 (36°)	水位計測設備		①	
	RHR(A)系統流量	流量計測設備		①	
	RHR(B)系統流量	流量計測設備		①	
	RHR(C)系統流量	流量計測設備		①	
	RHR 熱交換器(A)入口温度	温度計測設備		①	
	RHR 熱交換器(B)入口温度	温度計測設備		①	
	RHR 熱交換器(C)入口温度	温度計測設備		①	
	RCIC 系統流量	流量計測設備		①	
	HPCF(B)系統流量	流量計測設備		①	

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策*	備考
	HPCF(C)系統流量	流量計測設備	プロセス監視	①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水位	水位計測設備		①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水位	水位計測設備		①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水位	水位計測設備		①	
	復水貯蔵槽水位	水位計測設備		①	
	復水貯蔵槽水位	水位計測設備		①	
	RCW サージタンク(A)水位	水位計測設備		①	
	RCW サージタンク(B)水位	水位計測設備		①	
	RCW サージタンク(C)水位	水位計測設備		①	
	6.9kV M/C 6C 電圧	電圧計測設備		①	
	6.9kV M/C 6D 電圧	電圧計測設備		①	
	6.9kV M/C 6E 電圧	電圧計測設備		①	
	直流 125V 主母線盤 6A 電圧	電圧計測設備		①	
	直流 125V 主母線盤 6B 電圧	電圧計測設備		①	
	直流 125V 主母線盤 6C 電圧	電圧計測設備		①	
	直流 125V 主母線盤 6D 電圧	電圧計測設備		①	
	格納容器圧力	圧力計測設備		①	
	格納容器圧力	圧力計測設備		①	
	RCW(A)系冷却水供給圧力	圧力計測設備		①	
	RCW(B)系冷却水供給圧力	圧力計測設備		①	
	RCW(C)系冷却水供給圧力	圧力計測設備		①	
	RSW ポンプ吐出圧力	圧力計測設備		①	
	RSW ポンプ吐出圧力	圧力計測設備		①	
	RSW ポンプ吐出圧力	圧力計測設備		①	
	RSW ポンプ吐出圧力	圧力計測設備		①	
	RSW ポンプ吐出圧力	圧力計測設備		①	
	RSW ポンプ吐出圧力	圧力計測設備		①	
	CAMS 放射線モニタ(IC)(D/W)	放射線計測設備		①	
	CAMS 放射線モニタ(IC)(D/W)	放射線計測設備		①	
	CAMS 放射線モニタ(IC)(S/C)	放射線計測設備		①	
	CAMS 放射線モニタ(IC)(S/C)	放射線計測設備		①	
	格納容器水素濃度(A)	水素計測設備		①	
格納容器水素濃度(B)	水素計測設備	①			

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

柏崎刈羽原子力発電所 7 号炉

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	主蒸気ドレンライン内側隔離弁	電動弁	原子炉冷却材圧カバウンダリ	②	当該弁は通常閉、機能喪失時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、また、万一誤動作した場合であっても下流の格納容器外側に隔離弁があり弁が二重化されていることから、火災影響により系統機能に影響を及ぼすものではない。
	主蒸気ドレンライン外側隔離弁	電動弁		②	当該弁は通常閉、機能喪失時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、また、万一誤動作した場合であっても上流の格納容器内側に隔離弁があり弁が二重化されていることから、火災影響により系統機能に影響を及ぼすものではない。
	CUW 炉水サンプル内側隔離弁	空気作動弁		②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、また、万一誤動作した場合であっても下流の格納容器外側に隔離弁があり二重化されていることから、火災影響により系統機能に影響を及ぼすものではない。
	CUW 炉水サンプル外側隔離弁	空気作動弁		②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、また、万一誤動作した場合であっても上流の格納容器内側に隔離弁があり二重化されていることから、火災影響により系統機能に影響を及ぼすものではない。
	CUW 吸込ライン内側隔離弁	電動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも下流に隔離弁があり二重化されていること、かつ CUW 系は閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	CUW 吸込ライン外側隔離弁	電動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも上流に隔離弁があり二重化されていること、かつ CUW 系は閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	CUW RPVヘッドスプレイ隔離弁	電動弁		②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、また万一誤動作した場合であっても下流側に逆止弁があること、閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	主蒸気内側隔離弁	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失場合はフェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定しても異なる電源区分の電磁弁で多重化されていること、下流の格納容器外側に隔離弁があり二重化されていること、から、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	主蒸気外側隔離弁	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失場合はフェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定しても異なる電源区分の電磁弁で多重化されていること、上流の格納容器内側に隔離弁があり二重化されていることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	原子炉給水ライン外側隔離弁B	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるものではない。また、万一の誤開を想定しても下流側に逆止弁があり原子炉冷却材バウンダリ機能は確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	原子炉給水ライン外側隔離弁A	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるものではない。また、万一の誤開を想定しても下流側に逆止弁があり原子炉冷却材バウンダリ機能は確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考	
	MS 原子炉圧力容器頂部ガス抜き弁	電動弁	原子炉冷却材圧力バウンダリ	②	定期検査時における原子炉圧力容器の水張り時等に使用する弁であり、安全停止に必要な機能を有しないため。	
	MS 原子炉圧力容器1次ベント弁	電動弁		②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤動作した場合であっても下流に隔離弁があり二重化されていることから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	MS 原子炉圧力容器2次ベント弁	電動弁		②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤動作した場合であっても上流に隔離弁があり二重化されていることから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	制御棒カップリング	カップリング	過剰反応度の印加防止	②	不燃材で構成されていること、原子炉格納容器内に設置されており、火災が発生するおそれはない。	
	制御棒駆動機構カップリング	カップリング				
	制御棒駆動機構ラッチ機構	ラッチ機構				
	炉心支持構造物	支持構造物	炉心形状の維持	②	不燃材で構成されていること、原子炉圧力容器内に設置されており、火災が発生するおそれはない。	
	燃料集合体（燃料除く）	燃料集合体		②	不燃材で構成されていること、原子炉圧力容器内に設置されており、火災が発生するおそれはない。	
	スクラムパイロット弁	電磁弁	原子炉緊急停止未臨界維持	②	火災により電磁弁が機能喪失するとスクラムされること、万一誤動作した場合であっても電源を切ることによりスクラム動作させることが可能であることから系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	スクラム弁	空気作動弁		②		
	窒素容器	容器		②		不燃材で構成されているため、火災の影響を受けない。
	HCU 用アキュムレータ	アキュムレータ		②		
	ほう酸水注入系貯蔵タンク	タンク		②		
	SLC ポンプ(A)	ポンプ		②		
	SLC ポンプ(B)	ポンプ		②		
	SLC ポンプ吸込弁(A)	電動弁		②		
	SLC ポンプ吸込弁(B)	電動弁		②		
	SLC ほう酸水注入弁(A)	電動弁		②		
	SLC ほう酸水注入弁(B)	電動弁		②		
	主蒸気逃がし安全弁(安全弁機能)	安全弁	原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止／安全弁及び逃し弁の吹き止まり	②	不燃材で構成されていること、原子炉格納容器内に設置されており、火災が発生するおそれはない。	
	主蒸気逃がし安全弁(ADS機能付き)用電磁弁(A,C,F,H,L,N,R,T)	電磁弁	炉心冷却／崩壊熱除去	①		
	主蒸気逃がし安全弁(G,K,P)用電磁弁	電磁弁		①		

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考	
	MS 主蒸気逃がし安全弁	空気作動弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない	
	MS 主蒸気逃がし安全弁(ADS)	空気作動弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない	
	MS 逃がし安全弁用電磁弁	電磁弁		②	当該弁が火災により機能喪失した場合であっても火災防護対象としている ADS 機能により安全停止に必要な機能を確保可能であるため。	
	RHR ポンプ(A)	ポンプ	炉心冷却／崩壊熱除去	①		
	RHR ポンプ(B)	ポンプ		①		
	RHR ポンプ(C)	ポンプ		①		
	RHR ポンプ S/P 水吸込隔離弁(A)	電動弁		①		
	RHR ポンプ S/P 水吸込隔離弁(B)	電動弁		①		
	RHR ポンプ S/P 水吸込隔離弁(C)	電動弁		①		
	RHR 熱交換器出口弁(A)	電動弁		①		
	RHR 熱交換器出口弁(B)	電動弁		①		
	RHR 熱交換器出口弁(C)	電動弁		①		
	RHR 注入弁(A)	電動弁		①		
	RHR 注入隔離弁(B)	電動弁		①		
	RHR 注入隔離弁(C)	電動弁		①		
	RHR 試験用調節弁(A)※	電動弁		※S/C 冷却モードにて使用	①	
	RHR 試験用調節弁(B)※	電動弁			①	
	RHR 試験用調節弁(C)※	電動弁			①	
	RHR 停止時冷却内側隔離弁(A)	電動弁		※操作に時間的余裕があり消火後現場操作にて対応可能なため影響軽減対策は実施しない	①	
	RHR 停止時冷却内側隔離弁(B)	電動弁			①	
	RHR 停止時冷却内側隔離弁(C)	電動弁			①	
	RHR 停止時冷却外側隔離弁(A)※	電動弁			①	
	RHR 停止時冷却外側隔離弁(B)※	電動弁			①	
	RHR 停止時冷却外側隔離弁(C)※	電動弁			①	
	RHR ポンプ炉水吸込弁(A)	電動弁			①	
	RHR ポンプ炉水吸込弁(B)	電動弁			①	
	RHR ポンプ炉水吸込弁(C)	電動弁			①	
	RHR 熱交換器バイパス弁(A)	電動弁			①	
	RHR 熱交換器バイパス弁(B)	電動弁		①		
	RHR 熱交換器バイパス弁(C)	電動弁		①		
	RHR 最小流量バイパス弁(A)	電動弁	①			

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	RHR 最小流量バイパス弁(B)	電動弁	炉心冷却／崩壊熱除去	①	
	RHR 最小流量バイパス弁(C)	電動弁		①	
	RHR 熱交換器(A)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RHR 熱交換器(B)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RHR 熱交換器(C)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RHR 封水ポンプ(A)	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時における圧力保持に使用するものであり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	RHR 封水ポンプ(B)	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時における圧力保持に使用するものであり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	RHR 封水ポンプ(C)	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時における圧力保持に使用するものであり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	RHR 燃料プール側第一出口弁(A)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 燃料プール側第一出口弁(B)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁(A,C系)や手動弁で(FPC系)二重化されていることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 燃料プール側第一出口弁(C)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 燃料プール側第二出口弁	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁(A,C系)や手動弁で(FPC系)二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 格納容器冷却流量調節弁(B)	電動弁		②	格納容器スプレイ機能時に使用するものであり、火災によって機能要求されるものではない。
	RHR 格納容器冷却流量調節弁(C)	電動弁		②	格納容器スプレイ機能時に使用するものであり、火災によって機能要求されるものではない。
	RHR 格納容器冷却ライン隔離弁(B)	電動弁		②	格納容器スプレイ機能時に使用するものであり、火災によって機能要求されるものではない。
	RHR 格納容器冷却ライン隔離弁(C)	電動弁		②	格納容器スプレイ機能時に使用するものであり、火災によって機能要求されるものではない。

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	RHR SPH 第一止め弁(A)	電動弁	炉心冷却／崩壊熱除去	②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR SPH 第一止め弁(B)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR SPH 第一止め弁(C)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR SPH 第二止め弁(A)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR SPH 第二止め弁(B)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR SPH 第二止め弁(C)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系統暖機弁(A)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系統暖機弁(B)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系統暖機弁(C)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系 HPCF 系第一止め弁	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR 系 HPCF 系第二止め弁	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されているため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	RHR 試験可能逆止弁バイパス弁(A)	空気作動弁	炉心冷却／崩壊熱除去	②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても閉鎖された系であり、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR LPFL 試験可能逆止弁(A)	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるのものではない。また、万一の誤開を想定しても炉心冷却機能への影響はなく、下流側に逆止弁があり原子炉冷却材バウンダリ機能も確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR LPFL 試験可能逆止弁(B)	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるのものではない。また、万一の誤開を想定しても炉心冷却機能への影響はなく、上流側に隔離弁があり原子炉冷却材バウンダリ機能も確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR LPFL 試験可能逆止弁(C)	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるのものではない。また、万一の誤開を想定しても炉心冷却機能への影響はなく、上流側に隔離弁があり原子炉冷却材バウンダリ機能も確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR プロセスサンプル第一隔離弁(A)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR プロセスサンプル第一隔離弁(B)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR プロセスサンプル第一隔離弁(C)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR PASS 第一炉水サンプリング弁	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR プロセスサンプル第二隔離弁(A)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR プロセスサンプル第二隔離弁(B)	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	RHR プロセスサンプル第二隔離弁(C)	電動弁	炉心冷却／崩壊熱除去	②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR PASS 第二炉水サンプリング弁	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても電源区分の異なる弁で二重化されていること、かつ閉鎖された系であるため、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RHR S/P スプレー注入隔離弁(B)	電動弁		②	格納容器スプレー機能時に使用するものであり、火災によって機能要求されるものではない。
	RHR S/P スプレー注入隔離弁(C)	電動弁		②	格納容器スプレー機能時に使用するものであり、火災によって機能要求されるものではない。
	HPCF ポンプ(B)	ポンプ	炉心冷却	①	
	HPCF ポンプ(C)	ポンプ		①	
	HPCF CSP 側吸込弁(B)	電動弁		①	
	HPCF CSP 側吸込弁(C)	電動弁		①	
	HPCF 注入隔離弁(B)	電動弁		①	
	HPCF 注入隔離弁(C)	電動弁		①	
	HPCF S/P 側吸込隔離弁(B)	電動弁		①	
	HPCF S/P 側吸込隔離弁(C)	電動弁		①	
	HPCF 最小流量バイパス弁(B)	電動弁		①	
	HPCF 最小流量バイパス弁(C)	電動弁		①	
	HPCF 試験可能逆止弁(B)	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるものではない。また、万一の誤開を想定しても炉心冷却機能への影響はなく、上流側に隔離弁があり原子炉冷却材パウンダリ機能も確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	HPCF 試験可能逆止弁(C)	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるものではない。また、万一の誤開を想定しても炉心冷却機能への影響はなく、上流側に隔離弁があり原子炉冷却材パウンダリ機能も確保されることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	HPCF 第一試験用調節弁(B)	電動弁		②	系統試運転用の弁であり、通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても二重化されていることから、火災により系統機能に影響を与えるものではない。
	HPCF 第一試験用調節弁(C)	電動弁		②	系統試運転用の弁であり、通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても二重化されていることから、火災により系統機能に影響を与えるものではない。
	HPCF 第二試験用調節弁(B)	電動弁	②	系統試運転用の弁であり、通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても二重化されていることから、火災により系統機能に影響を与えるものではない。	

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	HPCF 第二試験用調節弁(C)	電動弁	炉心冷却	②	系統試運転用の弁であり、通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても二重化されていることから、火災により系統機能に影響を与えるものではない。
	SPCU CSP 側吸込弁	電動弁		②	他系統との連絡弁であるが、通常開であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。
	復水貯蔵槽	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCIC ポンプ	ポンプ		①	
	RCIC ポンプ駆動用蒸気タービン	タービン		①	
	RCIC CSP 側吸込弁	電動弁		①	
	RCIC 注入弁	電動弁		①	
	RCIC S/P 側吸込隔離弁	電動弁		①	
	RCIC 最小流量バイパス弁	電動弁		①	
	RCIC 蒸気ライン内側隔離弁	電動弁		①	
	RCIC 蒸気ライン外側隔離弁	電動弁		①	
	RCIC タービン止め弁	電動弁		①	
	RCIC タービントリップ弁	電動弁		①	
	RCIC 蒸気加減弁	油圧作動弁		①	
	RCIC 真空ポンプ	ポンプ		①	
	RCIC 冷却水ライン止め弁	電動弁		①	
	RCIC 復水ポンプ	ポンプ		①	
	RCIC 復水ポンプ出口ドレン第一隔離弁	空気作動弁		①	
	RCIC 復水ポンプ出口ドレン第二隔離弁	空気作動弁		①	
	RCIC 真空タンク	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCIC 試験可能逆止弁	空気作動弁		②	逆止弁の開閉試験用の駆動部であり、火災により系統機能に影響を与えるものではない。また、万一の誤開を想定しても炉心冷却機能への影響はなく、下流側に2つの逆止弁があり当該弁は原子炉冷却材バウンダリ機能はないことから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RCIC 第一試験用調節弁	電動弁		②	系統試運転用の弁であり、通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても二重化されていることから、火災により系統機能に影響を与えるものではない。
	RCIC 第二試験用調節弁	電動弁		②	系統試運転用の弁であり、通常閉、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一誤作動した場合であっても二重化されていることから、火災により系統機能に影響を与えるものではない。

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考	
	RCIC 冷却水ライン圧力制御弁	圧力制御弁	炉心冷却	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	
	RCIC 過酷事故時蒸気止め弁	電動弁		①		
	RCIC タービン排気ライン隔離弁	電動弁		①		
	RCIC 第一蒸気ドレン止め弁	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合、フェイル・クローズ設計であり機能要求は満足する。万一の不動作を想定した場合であってもドレンポットからの水抜きラインであり小口径のため主配管の流量に影響を与えないことから、系統機能へ影響はない。	
	RCIC 第二蒸気ドレン止め弁	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合、フェイル・クローズ設計であり機能要求は満足する。万一の不動作を想定した場合であってもドレンポットからの水抜きラインであり小口径のため主配管の流量に影響を与えないことから、系統機能へ影響はない。	
	RCIC 真空ポンプ吐出ライン隔離弁	電動弁		①		
	RCIC 蒸気ライン暖機弁	電動弁		②	通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、万一反動作した場合でも閉鎖された系であることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	RCIC HPAC タービン止め弁	電動弁		①		
	RCW ポンプ(A)	ポンプ		サポート系(原子炉補機冷却系)	①	
	RCW ポンプ(B)	ポンプ			①	
	RCW ポンプ(C)	ポンプ	①			
	RCW ポンプ(D)	ポンプ	①			
	RCW ポンプ(E)	ポンプ	①			
	RCW ポンプ(F)	ポンプ	①			
	RCW 熱交換器(A)冷却水出口弁	電動弁	①			
	RCW 熱交換器(B)冷却水出口弁	電動弁	①			
	RCW 熱交換器(C)冷却水出口弁	電動弁	①			
	RCW 熱交換器(D)冷却水出口弁	電動弁	①			
	RCW 熱交換器(E)冷却水出口弁	電動弁	①			
	RCW 熱交換器(F)冷却水出口弁	電動弁	①			
	RCW RHR 熱交換器(A)冷却水出口弁	電動弁	①			
	RCW RHR 熱交換器(B)冷却水出口弁	電動弁	①			
	RCW RHR 熱交換器(C)冷却水出口弁	電動弁	①			
	RCW 非常用 D/G(A)冷却水出口弁(A)	電動弁	①			
	RCW 非常用 D/G(B)冷却水出口弁(B)	電動弁	①			
	RCW 非常用 D/G(C)冷却水出口弁(C)	電動弁	①			
	RCW 非常用 D/G(A)冷却水出口弁(D)	電動弁	①			
	RCW 非常用 D/G(B)冷却水出口弁(E)	電動弁	①			

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	RCW 非常用 D/G(C)冷却水出口弁(F)	電動弁	サポート系(原子炉補機冷却系)	①	
	RCW HECW 冷凍機(A)冷却水温度調節弁	電動弁		①	
	RCW HECW 冷凍機(B)冷却水温度調節弁	電動弁		①	
	RCW HECW 冷凍機(C)冷却水温度調節弁	電動弁		①	
	RCW HECW 冷凍機(D)冷却水温度調節弁	電動弁		①	
	RCW サージタンク(A)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW サージタンク(B)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW サージタンク(C)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 熱交換器(A)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 熱交換器(B)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 熱交換器(C)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 熱交換器(D)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 熱交換器(E)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 熱交換器(F)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RCW 冷却水供給温度調節弁(A)	温度調節弁		①	
	RCW 冷却水供給温度調節弁(B)	温度調節弁		①	
	RCW 冷却水供給温度調節弁(C)	温度調節弁		①	
	RCW 常用冷却水緊急遮断弁(A)	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合フェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定した場合であっても閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RCW 常用冷却水緊急遮断弁(B)	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合フェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定した場合であっても閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RCW 常用冷却水緊急遮断弁(C)	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合フェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定した場合であっても閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
RCW 常用冷却水緊急遮断弁(D)	空気作動弁	②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合フェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定した場合であっても閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。		
RCW 常用冷却水緊急遮断弁(E)	空気作動弁	②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合フェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定した場合であっても閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。		

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	RCW 常用冷却水緊急遮断弁(F)	空気作動弁	サポート系(原子炉補機冷却系)	②	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響により機能喪失した場合フェイル・クローズ設計のため機能要求は満足する。また、万一の不動作を想定した場合であっても閉鎖された系であることから、系統機能に影響を及ぼすものではない。
	RCW 常用冷却水供給側分離弁(A)	電動弁		②	通常開であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、万一誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。
	RCW 常用冷却水供給側分離弁(B)	電動弁		②	通常開であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、万一誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。
	RCW 常用冷却水供給側分離弁(C)	電動弁		②	通常開であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、万一誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。
	RCW 常用冷却水戻り側分離弁(A)	電動弁		②	通常開であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、万一誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。
	RCW 常用冷却水戻り側分離弁(B)	電動弁		②	通常開であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、万一誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。
	RCW 常用冷却水戻り側分離弁(C)	電動弁		②	通常開であり系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、万一誤動作した場合であっても系統機能への影響はない。
	RCW 防食剤注入タンク(A)	容器		②	系統設備保守に係る機器であり、安全停止に必要な機能を有していない
	RCW 防食剤注入タンク(B)	容器		②	系統設備保守に係る機器であり、安全停止に必要な機能を有していない
	HECW ポンプ(A)	ポンプ		サポート系(換気空調補機非常用冷却系)	①
	HECW ポンプ(B)	ポンプ	①		
	HECW ポンプ(C)	ポンプ	①		
	HECW ポンプ(D)	ポンプ	①		
	HECW 冷凍機(A)	冷凍機	①		
	HECW 冷凍機(B)	冷凍機	①		
	HECW 冷凍機(C)	冷凍機	①		
	HECW 冷凍機(D)	冷凍機	①		
	HECW 防食剤注入タンク	容器	②		系統設備保守に係る機器であり、安全停止に必要な機能を有していない
	HECW MCR 給気処理装置(A)温度調節弁	温度調節弁	①		
	HECW MCR 給気処理装置(B)温度調節弁	温度調節弁	①		
	HECW C/B 計測制御電源盤区域(A)給気処理装置温度調節弁	温度調節弁	①		
	HECW DG(A)/Z 給気処理装置温度調節弁	温度調節弁	①		
	HECW DG(B)/Z 給気処理装置温度調節弁	温度調節弁	①		
	HECW C/B 計測制御電源盤区域(B)給気処理装置温度調節弁	温度調節弁	①		
	HECW ヘッド間差圧調節弁(A)	圧力制御弁	①		
	HECW ヘッド間差圧調節弁(B)	圧力制御弁	①		

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	RSW ポンプ(A)	ポンプ	サポート系(原子炉補機冷却海水系)	①	
	RSW ポンプ(B)	ポンプ		①	
	RSW ポンプ(C)	ポンプ		①	
	RSW ポンプ(D)	ポンプ		①	
	RSW ポンプ(E)	ポンプ		①	
	RSW ポンプ(F)	ポンプ		①	
	RSW 海水ストレーナ(A)入口弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(B)入口弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(C)入口弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(D)入口弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(E)入口弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(F)入口弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(A)ブロー弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(B)ブロー弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(C)ブロー弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(D)ブロー弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(E)ブロー弁	電動弁		①	
	RSW 海水ストレーナ(F)ブロー弁	電動弁		①	
	RSW ストレーナ(A)	ストレーナ		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RSW ストレーナ(B)	ストレーナ		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	RSW ストレーナ(C)	ストレーナ	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	
	RSW ストレーナ(D)	ストレーナ	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	
	RSW ストレーナ(E)	ストレーナ	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	
	RSW ストレーナ(F)	ストレーナ	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	
	RSW ポンプ(A)(D)出口連絡弁	電動弁	②	通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、火災により万一誤作動した場合であっても閉鎖された系であることから系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	RSW ポンプ(B)(E)出口連絡弁	電動弁	②	通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、火災により万一誤作動した場合であっても閉鎖された系であることから系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	RSW ポンプ(C)(F)出口連絡弁	電動弁	②	通常時と機能要求時で状態が変わらないこと、火災により万一誤作動した場合であっても閉鎖された系であることから系統機能に影響を及ぼすものではない。	
	6.9kV メタクラ 7C DIV-I	電源盤・制御盤	サポート系(非常用交流電源系)	①	
	6.9kV メタクラ 7D DIV-II	電源盤・制御盤		①	
	6.9kV メタクラ 7E DIV-III	電源盤・制御盤		①	

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	6.9kV メタクラ 7C 電圧変換器	電源盤・制御盤	サポート系(非常 用交流電源系)	①	
	6.9kV メタクラ 7D 電圧変換器	電源盤・制御盤		①	
	6.9kV メタクラ 7E 電圧変換器	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 7C-1 DIV- I	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 7D-1 DIV- II	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 7E-1 DIV- III	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 7C-2 DIV- I	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 7D-2 DIV- II	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 7E-2 DIV- III	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 7C-1 電圧変換器	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 7C-2 電圧変換器	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 7D-1 電圧変換器	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 7D-2 電圧変換器	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 7E-1 電圧変換器	電源盤・制御盤		①	
	480V パワーセンタ 7E-2 電圧変換器	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 7C-1-1 DIV- I	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 7D-1-1 DIV- II	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 7E-1-1A DIV- III	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 7E-1-1B DIV- III	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 7C-1-2 DIV- I	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 7D-1-2 DIV- II	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 7E-1-2 DIV- III	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 7C-1-3 DIV- I	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 7D-1-3 DIV- II	電源盤・制御盤		①	
	480V コントロール建屋 MCC 7E-1-3 DIV- III	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 7C-1-4 DIV- I	電源盤・制御盤		①	
	480V 原子炉建屋 MCC 7D-1-4 DIV- II	電源盤・制御盤		①	
	480V コントロール建屋 MCC 7C-1-6 DIV- I	電源盤・制御盤		①	
	480V コントロール建屋 MCC 7D-1-6 DIV- II	電源盤・制御盤		①	
	480V コントロール建屋 MCC 7C-1-7 DIV- I	電源盤・制御盤		①	
	480V コントロール建屋 MCC 7D-1-7 DIV- II	電源盤・制御盤		①	

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考	
	480V 海水熱交換器エリア MCC 7C-2-1	電源盤・制御盤	サポート系(非常用交流電源系)	①		
	480V 海水熱交換器エリア MCC 7D-2-1	電源盤・制御盤		①		
	480V 海水熱交換器エリア MCC 7E-2-1	電源盤・制御盤		①		
	バイタル交流電源装置 7A	電源装置		①		
	バイタル交流電源装置 7B	電源装置		①		
	バイタル交流電源装置 7C	電源装置		①		
	バイタル交流電源装置 7D	電源装置		①		
	交流 120V バイタル分電盤 7A-1	電源盤・制御盤		①		
	交流 120V バイタル分電盤 7B-1	電源盤・制御盤		①		
	交流 120V バイタル分電盤 7C-1	電源盤・制御盤		①		
	交流 120V バイタル分電盤 7D-1	電源盤・制御盤		①		
	交流 120V 中央制御室計測用分電盤 7A-1 DIV-I	電源盤・制御盤		①		
	交流 120V 中央制御室計測用分電盤 7B-1 DIV-II	電源盤・制御盤		①		
	交流 120V 中央制御室計測用分電盤 7C-1 DIV-III	電源盤・制御盤		①		
	交流 120V 中央制御室計測用主母線盤 7A DIV-I	電源盤・制御盤		①		
	交流 120V 中央制御室計測用主母線盤 7B DIV-II	電源盤・制御盤		①		
	交流 120V 中央制御室計測用主母線盤 7C DIV-III	電源盤・制御盤		①		
	直流 125V 蓄電池 7A DIV-I	蓄電池		サポート系(直流電源系)	①	
	直流 125V 蓄電池 7B DIV-II	蓄電池			①	
	直流 125V 蓄電池 7C DIV-III	蓄電池			①	
	直流 125V 蓄電池 7D DIV-IV	蓄電池	①			
	直流 125V 充電器盤 7A DIV-I	電源盤・制御盤	①			
	直流 125V 充電器盤 7B DIV-II	電源盤・制御盤	①			
	直流 125V 充電器盤 7C DIV-III	電源盤・制御盤	①			
	直流 125V 充電器盤 7D DIV-IV	電源盤・制御盤	①			
	直流 125V 主母線盤 7A DIV-I	電源盤・制御盤	①			
	直流 125V 主母線盤 7B DIV-II	電源盤・制御盤	①			
	直流 125V 主母線盤 7C DIV-III	電源盤・制御盤	①			
	直流 125V 主母線盤 7D DIV-IV	電源盤・制御盤	①			
	直流 125V パワーセンタ 7A DIV-I	電源盤・制御盤	①			
	直流 125V パワーセンタ 7B DIV-II	電源盤・制御盤	①			
	直流 125V パワーセンタ 7C DIV-III	電源盤・制御盤	①			
直流 125V パワーセンタ 7D DIV-IV	電源盤・制御盤	①				

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	直流 125V 分電盤 7A-1-1 DIV- I	電源盤・制御盤	サポート系(直流電源系)	①	
	直流 125V 分電盤 7A-1-2A DIV- I	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 7A-1-2B DIV- I	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 7B-1-1 DIV- II	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 7B-1-2A DIV- II	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 7B-1-2B DIV- II	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 7C-1-1 DIV- III	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 7C-1-2A DIV- III	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 7C-1-2B DIV- III	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 分電盤 7D-1 DIV- IV	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 原子炉建屋 MCC 7A DIV- I	電源盤・制御盤		①	
	直流 125V 蓄電池 7A DIV- I	蓄電池		①	
	直流 125V 充電器盤 7A-2 DIV- I	電源盤・制御盤		①	
	125V 同時投入防止用切替盤	電源盤・制御盤		①	
	ディーゼル機関(A)	ディーゼル発電機		サポート系(非常用ディーゼル発電機(燃料移送系を含む))	①
	ディーゼル機関(B)	ディーゼル発電機	①		
	ディーゼル機関(C)	ディーゼル発電機	①		
	潤滑油冷却器(A)	熱交換器	①		
	潤滑油冷却器(B)	熱交換器	①		
	潤滑油冷却器(C)	熱交換器	①		
	潤滑油補給タンク(A)	容器	①		
	潤滑油補給タンク(B)	容器	①		
	潤滑油補給タンク(C)	容器	①		
	燃料デイトank(A)	容器	①		
	燃料デイトank(B)	容器	①		
	燃料デイトank(C)	容器	①		
	D/G(A) 始動電磁弁 1	電磁弁	①		
	D/G(B) 始動電磁弁 1	電磁弁	①		
	D/G(C) 始動電磁弁 1	電磁弁	①		
	D/G(A) 始動電磁弁 2	電磁弁	①		

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	D/G(B) 始動電磁弁 2	電磁弁	サポート系(非常用ディーゼル発電機(燃料移送系を含む))	①	
	D/G(C) 始動電磁弁 2	電磁弁		①	
	潤滑油補給ポンプ(A)	ポンプ		①	
	潤滑油補給ポンプ(B)	ポンプ		①	
	潤滑油補給ポンプ(C)	ポンプ		①	
	発電機軸受潤滑油冷却器	熱交換器		①	
	発電機軸受潤滑油冷却器	熱交換器		①	
	発電機軸受潤滑油冷却器	熱交換器		①	
	清水加熱器ポンプ(A)	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	清水加熱器ポンプ(B)	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	清水加熱器ポンプ(C)	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	機関付潤滑油フィルタ(A)	フィルタ		①	
	機関付潤滑油フィルタ(B)	フィルタ		①	
	機関付潤滑油フィルタ(C)	フィルタ		①	
	機関付潤滑油ポンプ(A)	ポンプ		①	
	機関付潤滑油ポンプ(B)	ポンプ		①	
	機関付潤滑油ポンプ(C)	ポンプ		①	
	機関付清水ポンプ(A)	ポンプ		①	
	機関付清水ポンプ(B)	ポンプ		①	
	機関付清水ポンプ(C)	ポンプ		①	
	空気冷却器(A)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	清水膨張タンク(A)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	清水冷却器(A)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(A) 空気だめ(自動)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(A) 空気だめ(手動)	容器		②	不燃材で構成されているため、また、空気だめ(自動)により安全機能は確保されることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	清水加熱器(A)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	潤滑油ブライミングポンプ(A)	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	潤滑油加熱器(A)	熱交換器		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	D/G(A)空気圧縮機(A)	圧縮機	サポート系(非常用ディーゼル発電機(燃料移送系を含む))	②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	D/G(A)空気圧縮機(B)	圧縮機		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	排気サイレンサ(A)	サイレンサ		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(A)清水温度調節弁(A)	温度調節弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	潤滑油温度調節弁(A)	温度調節弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(A)1次停止電磁弁	電磁弁		①	
	D/G(A)2次停止電磁弁	電磁弁		①	
	空気冷却器(B)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	清水膨張タンク(B)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	清水冷却器(B)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(B)空気だめ(自動)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(B)空気だめ(手動)	容器		②	不燃材で構成されているため、また、空気だめ(自動)により安全機能は確保されることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	清水加熱器(B)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	潤滑油プライミングポンプ(B)	ポンプ		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	潤滑油加熱器(B)	熱交換器		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	D/G(B)空気圧縮機(A)	圧縮機		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	D/G(B)空気圧縮機(B)	圧縮機		②	システムの通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	排気サイレンサ(B)	サイレンサ		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(B)清水温度調節弁(B)	温度調節弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	潤滑油温度調節弁(B)	温度調節弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(B)1次停止電磁弁	電磁弁	①		
	D/G(B)2次停止電磁弁	電磁弁	①		
	空気冷却器(C)	熱交換器	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。	

※以下の対策を実施する設計とする。

①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策

②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	清水膨張タンク(C)	容器	サポート系(非常用ディーゼル発電機(燃料移送系を含む))	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	清水冷却器(C)	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(C)空気だめ(自動)	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(C)空気だめ(手動)	容器		②	不燃材で構成されているため、また、空気だめ(自動)により安全機能は確保されることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	清水加熱器(C)	加熱器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	潤滑油プライミングポンプ(C)	ポンプ		②	系統の通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	潤滑油加熱器(C)	熱交換器		②	系統の通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	D/G(C)空気圧縮機(A)	圧縮機		②	系統の通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	D/G(C)空気圧縮機(B)	圧縮機		②	系統の通常(スタンバイ)時に使用する機器であり、系統機能を発揮する時点では当該機器の機能には期待しないため、安全停止に必要な機能を有しないことから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない
	排気サイレンサ(C)	サイレンサ		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(C)清水温度調節弁(C)	温度調節弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	潤滑油温度調節弁(C)	温度調節弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(C)1次停止電磁弁	電磁弁		①	
	D/G(C)2次停止電磁弁	電磁弁		①	
	軽油タンク(A)	容器		①	
	軽油タンク(B)	容器	①		
	燃料移送ポンプ(A)	ポンプ	①		
	燃料移送ポンプ(B)	ポンプ	①		
	燃料移送ポンプ(C)	ポンプ	①		
	Hx/A(A)非常用送風機	ファン	サポート系(非常用換気空調系)	①	
	Hx/A(B)非常用送風機	ファン		①	
	Hx/A(C)非常用送風機	ファン		①	
	DG(A)非常用送風機(A)	ファン		①	
	DG(A)非常用送風機(B)	ファン		①	

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	DG(B)非常用送風機(A)	ファン	サポート系(非常用換気空調系)	①	
	DG(B)非常用送風機(B)	ファン		①	
	DG(C)非常用送風機(A)	ファン		①	
	DG(C)非常用送風機(B)	ファン		①	
	DG(A)/Z 送風機(A)	ファン		①	
	DG(A)/Z 送風機(B)	ファン		①	
	DG(B)/Z 送風機(A)	ファン		①	
	DG(B)/Z 送風機(B)	ファン		①	
	DG(C)/Z 送風機(A)	ファン		①	
	DG(C)/Z 送風機(B)	ファン		①	
	DG(A)/Z 排風機(A)	ファン		①	
	DG(A)/Z 排風機(B)	ファン		①	
	DG(B)/Z 排風機(A)	ファン		①	
	DG(B)/Z 排風機(B)	ファン		①	
	DG(C)/Z 排風機(A)	ファン		①	
	DG(C)/Z 排風機(B)	ファン		①	
	DG(C)/Z 排気切換ダンパ(A)	ダンパ		①	
	DG(C)/Z 排気切換ダンパ(B)	ダンパ		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(A)送風機(A)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(B)送風機(A)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(C)送風機(A)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(A)送風機(B)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(B)送風機(B)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(C)送風機(B)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(A)排風機(A)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(B)排風機(A)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(C)排風機(A)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(A)排風機(B)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(B)排風機(B)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(C)排風機(B)	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(C)排気切換ダンパ(A)	ダンパ		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(C)排気切換ダンパ(B)	ダンパ		①	
	RHR ポンプ(A)室空調機	ファン		①	
RHR ポンプ(B)室空調機	ファン	①			
RHR ポンプ(C)室空調機	ファン	①			

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	HPCF ポンプ(B)室空調機	ファン	サポート系(非常用換気空調系)	①	
	HPCF ポンプ(C)室空調機	ファン		①	
	C/B 計測制御電源盤区域(A)給気処理装置	空調装置		②	内部に発火源が無く筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(A)非常用給気処理装置	空調装置		②	内部に発火源が無く筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(A)/Z 給気処理装置	空調装置		②	内部に発火源が無く筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	Hx/A(A)非常用給気エアフィルタ	空調装置		②	内部に発火源が無く筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	C/B 計測制御電源盤区域(B)給気処理装置	空調装置		②	内部に発火源が無く筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(B)非常用給気処理装置	空調装置		②	内部に発火源が無く筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(B)/Z 給気処理装置	空調装置		②	内部に発火源が無く筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	Hx/A(B)非常用給気エアフィルタ	空調装置		②	内部に発火源が無く筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	C/B 計測制御電源盤区域(C)給気処理装置	空調装置		②	内部に発火源が無く筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(C)/Z 給気処理装置	空調装置		②	内部に発火源が無く筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	D/G(C)非常用給気処理装置	空調装置		②	内部に発火源が無く筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	Hx/A(C)非常用給気エアフィルタ	空調装置		②	内部に発火源が無く筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
	MCR 再循環フィルタ装置	フィルタ	サポート系(中央制御室非常用換気空調系)	②	火災により機能喪失した場合であっても中央制御室の温度上昇までは時間的余裕があることから、負荷制限等を行うことにより居住性の維持が可能であるため、原子炉の安全停止機能へ影響はない
	MCR 送風機(A)	ファン		②	
	MCR 送風機(B)	ファン		②	
	MCR 排風機(A)	ファン		②	
	MCR 排風機(B)	ファン		②	
	MCR 再循環送風機(A)	ファン		②	
	MCR 再循環送風機(B)	ファン		②	
	MCR 通常時外気取入れ隔離ダンパ(A)	ダンパ		②	
	MCR 通常時外気取入れ隔離ダンパ(B)	ダンパ		②	
	MCR 非常時外気取入れ隔離ダンパ(A)	ダンパ		②	
	MCR 非常時外気取入れ隔離ダンパ(B)	ダンパ		②	
	MCR 再循環フィルタ装置入口ダンパ(A)	ダンパ		②	
	MCR 再循環フィルタ装置入口ダンパ(B)	ダンパ		②	
	MCR 排気隔離ダンパ(A)	ダンパ		②	
MCR 排気隔離ダンパ(B)	ダンパ	②			
MCR 給気処理装置(A)	空調装置	②	筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。		
MCR 給気処理装置(B)	空調装置	②	筐体が不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。		

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	中央制御室外原子炉停止制御盤	電源・制御盤	サポート系(制御系)	①	
	中央制御室外原子炉停止制御盤	電源・制御盤		①	
	RCIC 真空タンク水位電送器用増幅器 収納箱 DIV-I	電源・制御盤		①	
	RCIC タービン制御盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	SRNM 前置増幅器盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	SRNM 前置増幅器盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	SRNM 前置増幅器盤 DIV-III	電源・制御盤		①	
	SRNM 前置増幅器盤 DIV-IV	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7A 監視操作 盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7B 監視操作 盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7C 監視操作 盤 DIV-III	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7A 自動電圧 整流器盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7B 自動電圧 整流器盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7C 自動電圧 整流器盤 DIV-III	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7A 整流器盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7B 整流器盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7C 整流器盤 DIV-III	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7A リアクトル 盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7B リアクトル 盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7C リアクトル 盤 DIV-III	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7A 整流器用 変圧器盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7B 整流器用 変圧器盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7C 整流器用 変圧器盤 DIV-III	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7A 可飽和変 流器盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7B 可飽和変 流器盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7C 可飽和変 流器盤 DIV-III	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7A 中性点接 地装置盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7B 中性点接 地装置盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7C 中性点接 地装置盤 DIV-III	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7A 補助継電 器盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7B 補助継電 器盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7C 補助継電 器盤 DIV-III	電源・制御盤		①	

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	格納容器内雰囲気モニタ電源盤 A	電源・制御盤	サポート系(制御系)	①	
	格納容器内雰囲気モニタ電源盤 B	電源・制御盤		①	
	A系 HECW 冷凍機(A)制御盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	B系 HECW 冷凍機(B)制御盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	A系 HECW 冷凍機(C)制御盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	B系 HECW 冷凍機(D)制御盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	RSW(A)ストレーナ制御盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	RSW(B)ストレーナ制御盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	RSW(C)ストレーナ制御盤 DIV-III	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-I	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-II	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-III	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-III	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-III	電源・制御盤		①	
	安全系多重伝送現場盤 DIV-III	電源・制御盤		①	

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	安全系多重伝送現場盤 DIV-IV	電源・制御盤	サポート系(制御系)	①	
	非常用ディーゼル発電機 7A 速度検出器ブリアンプ箱	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7B 速度検出器ブリアンプ箱	電源・制御盤		①	
	非常用ディーゼル発電機 7C 速度検出器ブリアンプ箱	電源・制御盤		①	
	スクラムソレノイドヒューズ盤 A	電源・制御盤		②	火災により機能喪失するとスクラム動作すること。万一誤不動作した場合であってもヒューズを抜くことによりスクラム動作させることが可能であることから火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
	スクラムソレノイドヒューズ盤 B	電源・制御盤		②	
	スクラムソレノイドヒューズ盤 C	電源・制御盤		②	
	スクラムソレノイドヒューズ盤 D	電源・制御盤		②	
	スクラムソレノイドヒューズ盤 E	電源・制御盤		②	
	スクラムソレノイドヒューズ盤 F	電源・制御盤		②	
	スクラムソレノイドヒューズ盤 G	電源・制御盤		②	
	スクラムソレノイドヒューズ盤 H	電源・制御盤		②	
	起動領域モニタ(A)	中性子束計測設備		プロセス監視	①
	起動領域モニタ(B)	中性子束計測設備	①		
	起動領域モニタ(C)	中性子束計測設備	①		
	起動領域モニタ(D)	中性子束計測設備	①		
	起動領域モニタ(E)	中性子束計測設備	①		
	起動領域モニタ(F)	中性子束計測設備	①		
	起動領域モニタ(G)	中性子束計測設備	①		
	起動領域モニタ(H)	中性子束計測設備	①		
	起動領域モニタ(J)	中性子束計測設備	①		
	起動領域モニタ(L)	中性子束計測設備	①		
	原子炉水位(広帯域)	水位計測設備	①		
	原子炉水位(広帯域)	水位計測設備	①		
	原子炉水位(広帯域)	水位計測設備	①		
	原子炉水位(広帯域)	水位計測設備	①		
	原子炉水位(燃料域)	水位計測設備	①		
	原子炉水位(燃料域)	水位計測設備	①		
	原子炉圧力	圧力計測設備	①		
	原子炉圧力	圧力計測設備	①		
	原子炉圧力	圧力計測設備	①		
	原子炉圧力	圧力計測設備	①		
	サブプレッション・チェンバ・プール水温度	温度計測設備	①		
サブプレッション・チェンバ・プール水温度	温度計測設備	①			

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	サブプレッション・チェンバ・プール水温度	温度計測設備	プロセス監視	①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水温度	温度計測設備		①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水温度	温度計測設備		①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水温度	温度計測設備		①	
	RHR(A)系統流量	流量計測設備		①	
	RHR(B)系統流量	流量計測設備		①	
	RHR(C)系統流量	流量計測設備		①	
	RHR 熱交換器(A)入口温度	温度計測設備		①	
	RHR 熱交換器(B)入口温度	温度計測設備		①	
	RHR 熱交換器(C)入口温度	温度計測設備		①	
	RCIC 系統流量	流量計測設備		①	
	HPCF(B)系統流量	流量計測設備		①	
	HPCF(C)系統流量	流量計測設備		①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水位(A)	水位計測設備		①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水位(B)	水位計測設備		①	
	サブプレッション・チェンバ・プール水位(C)	水位計測設備		①	
	復水貯蔵槽水位	水位計測設備		①	
	復水貯蔵槽水位	水位計測設備		①	
	RCW サージタンク(A)水位	水位計測設備		①	
	RCW サージタンク(B)水位	水位計測設備		①	
	RCW サージタンク(C)水位	水位計測設備		①	
	6.9kV M/C 7C 電圧	電圧計測設備		①	
	6.9kV M/C 7D 電圧	電圧計測設備		①	
	6.9kV M/C 7E 電圧	電圧計測設備		①	
	直流 125V 主母線盤 7A 電圧	電圧計測設備		①	
	直流 125V 主母線盤 7B 電圧	電圧計測設備		①	
	直流 125V 主母線盤 7C 電圧	電圧計測設備		①	
	直流 125V 主母線盤 7D 電圧	電圧計測設備		①	
	格納容器圧力	圧力計測設備		①	
	格納容器圧力	圧力計測設備		①	
	RCW ポンプ(A)吐出圧力	圧力計測設備		①	
	RCW ポンプ(B)吐出圧力	圧力計測設備		①	
	RCW ポンプ(C)吐出圧力	圧力計測設備		①	
RSW ポンプ(A)吐出圧力	圧力計測設備	①			
RSW ポンプ(B)吐出圧力	圧力計測設備	①			

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	設備名称	機種	機能	対策	備考
	RSW ポンプ(C)吐出圧力	圧力計測設備	プロセス監視	①	
	RSW ポンプ(D)吐出圧力	圧力計測設備		①	
	RSW ポンプ(E)吐出圧力	圧力計測設備		①	
	RSW ポンプ(F)吐出圧力	圧力計測設備		①	
	格納容器内雰囲気放射線モニタ(A) (D/W)	放射線計測設備		①	
	格納容器内雰囲気放射線モニタ(B) (D/W)	放射線計測設備		①	
	格納容器内雰囲気放射線モニタ(A) (S/C)	放射線計測設備		①	
	格納容器内雰囲気放射線モニタ(B) (S/C)	放射線計測設備		①	
	格納容器水素濃度(A)	水素計測設備		①	
	格納容器水素濃度(B)	水素計測設備		①	

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における
火災区域，区画の設定について

<目 次>

1. 概要
 2. 要求事項
 - 2.1. 火災区域
 - 2.2. 火災区画
 3. 火災区域又は火災区画の設定要領
 4. 火災区域又は火災区画の設定及び安全停止等に必要な機器の配置
 5. ファンネルを介した他区域又は区画への煙等の影響について
-
- 添付資料1 「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」及び「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」（抜粋）
- 添付資料2 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における原子炉の安全停止等に必要な機器の配置を明示した図面
- 添付資料3 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉におけるファンネルを介した火災発生区域からの煙等の流入防止対策について

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における 火災区域，区画の設定について

1. 概 要

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉における火災防護対策を講じるために、安全機能を有する構築物，系統及び機器が設置される区域に対して，火災区域及び火災区画の設定を行う。

2. 要求事項

火災区域又は火災区画の要求事項については、「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」及び「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」から以下のとおり整理した。

実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準及び原子力発電所の内部火災影響評価ガイドの抜粋を添付資料1に示す。

2.1. 火災区域

原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋，コントロール建屋，圧力抑制室プール水サージタンク設置区域，固体廃棄物貯蔵庫，焼却炉建屋及び使用済燃料輸送容器保管建屋の建屋内の火災区域は，耐火壁によって囲まれ，他の区域と分離されている建屋内の区域であり，下記により設定する。

- ① 建屋ごとに，耐火壁（床，壁，天井，扉等耐火構造物の一部であって，必要な耐火能力を有するもの）により囲われた区域を火災区域として設定する。
- ② 系統分離されて配置されている場合には，それを考慮して火災区域を設定する。
- ③ 火災の影響軽減を考慮する場合には，3 時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって他の火災区域から分離するように設定する。

屋外の火災区域は，他の区域と分離して火災防護対策を実施するために，原子炉の高温停止及び低温停止に必要な構築物，系統及び機器を設置する区域を，火災区域として設定する。

2.2. 火災区画

「火災区域」を細分化したものであって、耐火壁、離隔距離、固定式消火設備等により分離された火災防護上の区画であり、下記により設定する。

- ① 火災区画は全周囲を耐火壁で囲まれている必要は必ずしもなく、隔壁や扉の配置状況を目安に火災防護の観点から設定する。
- ② 火災区画の範囲は、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器の系統分離、機器の配置状況に応じて設定する。

3. 火災区域又は火災区画の設定要領

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器（具体的には、機器、配管、弁、ダクト、ケーブル、トレイ、電線管、盤等）が設置される火災区域又は火災区画の設定に当たっては、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器の設置箇所、建屋の間取り、機器やケーブル等の配置、耐火壁の能力、系統分離基準等を総合的に勘案し設定しており、具体的な設定要領を以下に示す。

(1) 火災区域の設定

資料2「柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における原子炉の安全停止に必要な機器の選定について」及び資料9「柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器の火災防護対策について」で選定された機器等が設置されている建屋内の区域について、以下のように火災区域を設定する。

なお、下記の②・③に記載する系統分離に関する詳細については、別途資料7に示す。

- ① 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置されている建屋について、火災区域として設定する。
- ② 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器について、系統分離されて配置されている場合には、それを考慮して火災区域を設定する。特に、単一火災（任意の一つの火災区

域で発生する火災)の発生によって、多重化された原子炉の安全停止のための機能がすべて喪失することのないよう、安全系区分Ⅰに属する機器等と安全系区分Ⅱに属する機器等を、3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である123mmより厚い140mm以上の壁厚を有するコンクリート壁並びに3時間耐火に設計上必要なコンクリート厚である219mmより厚い床、天井又は火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁(強化石膏ボード、貫通部シール、防火扉、防火ダンパ、天井デッキスラブ)により隣接する他の火災区域と分離するよう、火災区域を設定する。なお、この場合、安全系区分Ⅰに属する機器等を設置する火災区域を「区分Ⅰ火災区域」という。

③ 上記②以外で、以下の区域については、3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である123mmより厚い140mm以上の壁厚を有するコンクリート壁並びに3時間耐火に設計上必要なコンクリート厚である219mmより厚い床、天井又は火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁(強化石膏ボード、貫通部シール、防火扉、防火ダンパ、天井デッキスラブ)により囲まれた区域を分割して設定する。なお、この場合に設置する火災区域を「単独火災区域」という。

- ・ 各区分の直流電源設備(蓄電池含む)・計測制御電源設備・安全系多重伝送現場盤・原子炉水位/圧力計測装置を設置する区域(安全系の2 out of 4論理回路の機能を維持するため)
- ・ 非常用ガス処理系を設置する区域(放射性物質貯蔵等の観点から機能維持するため)

④ 原子炉格納容器については、高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器が設置されており、安全系区分Ⅰに属する構築物、系統及び機器と安全系区分Ⅱに属する構築物、系統及び機器が存在するが、設置許可基準規則第8条に基づき原子炉格納容器の特性を考慮した火災防護対策を行うことから火災区域として設定する。

⑤ 屋外の火災区域である非常用ディーゼル発電機軽油タンク、燃料移送ポンプを設置するエリアは、他の区域と分離して火災防護対策を実施するために、周囲の堰(防油堤)を境界として安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を、火災区域として設定する。

(2) 火災区画の設定

(1)で設定した火災区域について、間取り、機器の配置等の確認を行い、系統分離等の観点から総合的に勘案し、更に細分化し火災区画として設定する。

(3) 火災区域又は火災区画の再設定

火災区域又は火災区画への構築物，系統及び機器の新設等，必要な場合は火災区域又は火災区画の再設定を行う。

4. 火災区域又は火災区画の設定及び安全停止等に必要な機器の配置

「3. 火災区域又は火災区画の設定要領」に従って設定した火災区域又は火災区画，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する機器の配置を添付資料2に示す。

5. ファンネルを介した他区域への煙等の影響について

火災区域については，他の火災区域からの煙等の影響により，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な安全機能を有する機器等が機能を喪失することがないように，ある程度の密閉性が求められる。ファンネルから排水管を介して他の火災区域へ煙等の影響が及び，安全機能を喪失することがないように，煙等流入防止・制限設備を設置する設計とする。（添付資料3）

添付資料 1

「実用発電用原子炉及びその附属施設の
火災防護に係る審査基準」

及び「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」
(抜粋)

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」(抜粋)

1. まえがき

1.2 用語の定義

本基準において、次の各号に掲げる用語の定義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。

- (11)「火災区域」 耐火壁によって囲まれ、他の区域と分離されている建屋内の区域をいう。
- (12)「火災区画」 火災区域を細分化したものであって、耐火壁、離隔距離、固定式消火設備等により分離された火災防護上の区画をいう。

2.3 火災の影響軽減

2.3.1 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し、以下の各号に掲げる火災の影響軽減のための対策を講じた設計であること。

- (1) 原子炉の高温停止及び低温停止に係わる安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域については、3 時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって他の火災区域から分離すること。
- (2) 原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その相互の系統分離及びこれらに関連する非安全系のケーブルとの系統分離を行うために、火災区画内又は隣接火災区画間の延焼を防止する設計であること。

具体的には、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルが次に掲げるいずれかの要件を満たしていること。

「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」(抜粋)

5. 火災影響評価の手順

「火災区域／火災区画の設定」では、火災影響評価の対象となる建屋を、火災区域に分割し、さらに必要に応じて火災区画に細分化する。火災区域は、耐火壁によって囲まれ、他の区域と分離されている建屋内の区域(部屋)である。火災区画は全周囲を耐火壁で囲まれている必要は必ずしもなく、隔壁や扉の配置状況を目安に設定する。

6. 1. 1 火災区域の設定

火災による影響評価を効率的に実施するため、建屋内を火災区域に分割する。火災区域は、耐火壁によって囲まれ、他の区域と分離されている建屋内の区域であり、下記により設定する。

- ① 建屋ごとに、耐火壁(耐火性能を持つコンクリート壁、貫通部シール、防火扉、防火ダンパなど)により囲われた区域を火災区域として設定する。ただし、屋外に設置される設備に対しては、附属設備を含めて火災区域とみなす。
- ② 系統分離されて配置されている場合には、それを考慮して火災区域を設定する。

6. 1. 2 火災区画の設定

火災区域を分割し、火災区画を設定する。火災区画の範囲は、原子炉の安全停止に係る系統分離等に応じて設定する。図 6.4 に概念を示す。

添付資料 2

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における
原子炉の安全停止に必要な機器の配置を
明示した図画

添付資料 3

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における
ファンネルを介した火災発生区域からの
煙等の流入防止対策について

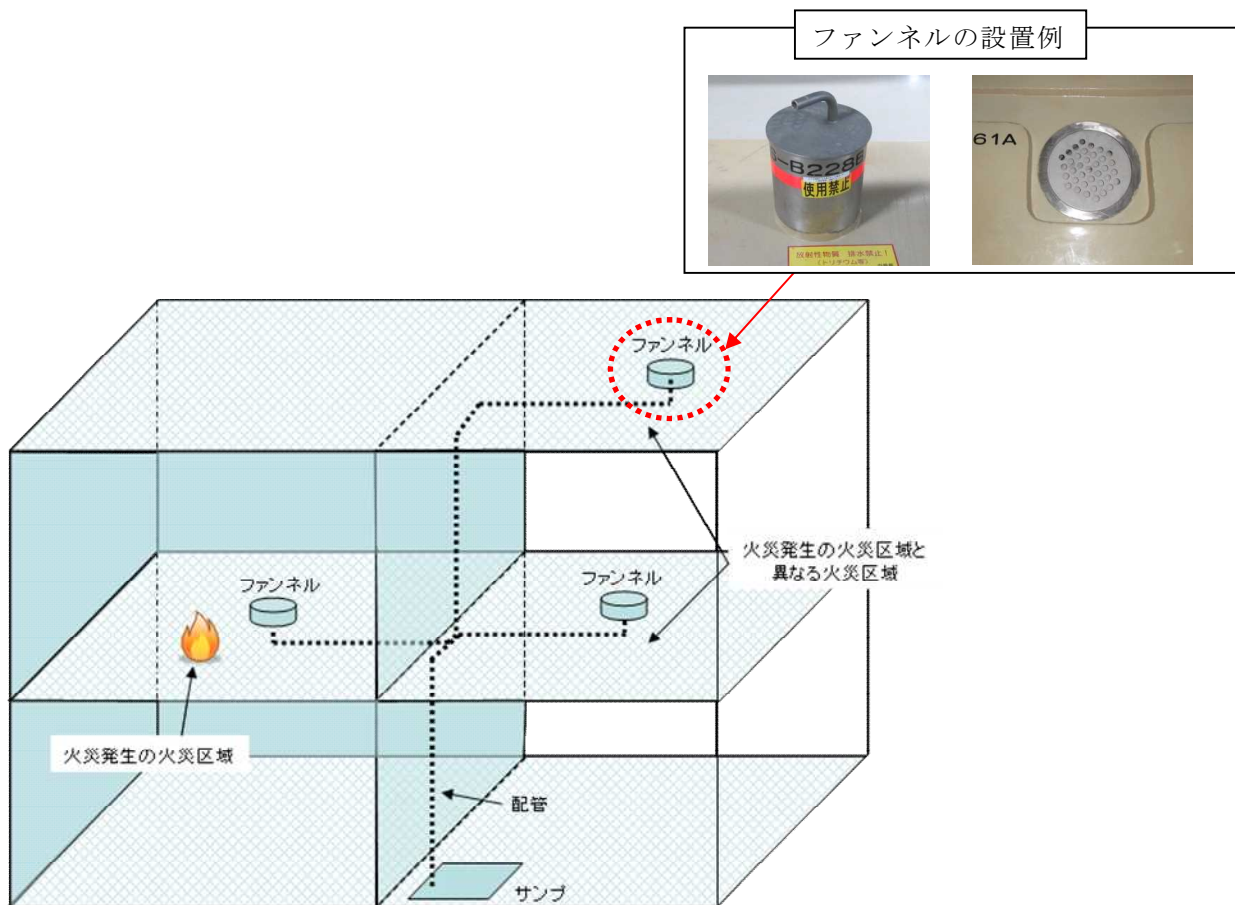
柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における ファンネルを介した火災発生区域からの 煙等の流入防止対策について

1. はじめに

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉において、火災区域の位置付けを考慮し、以下のとおり排水用のファンネルに対して煙流入を防止する措置を行う。

2. 建屋内排水系統について

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉の原子炉建屋等における各火災区域には、管理区域外への放射性液体廃棄物の流出防止等を目的として、ファンネル、配管及びサンプタンク等から構成される「建屋内排水系統」を設置している。建屋内排水系統概要を第1図に示す。

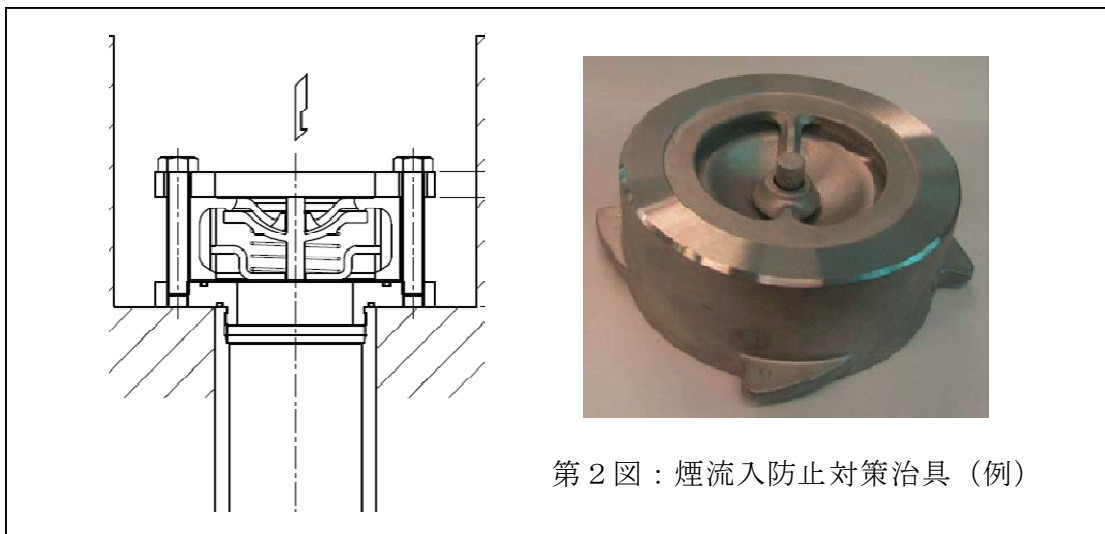


第1図：建屋内排水系統概要

3. 煙等の流入防止対策について

火災区域は、その位置づけを考慮すると、火災が発生した他の火災区域の煙により原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器が影響を受け、これらの機能が同時に喪失しないよう設計することが必要である。そこで、安全機能への影響防止を目的としてファンネルに対して第2図に示す設備を設置することで、煙の流入防止措置を実施する設計とする。

なお、当該設備は、内部溢水評価における排水量を満足するものを設置する。



柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における
原子炉の安全停止に必要な構築物，系統及び機器が
設置される火災区域又は火災区画の火災感知設備について

<目 次>

1. 概要
 2. 要求事項
 3. 火災感知設備の概要
 - 3.1. 火災感知設備の火災感知器について
 - 3.2. 火災感知設備の受信機について
 - 3.3. 火災感知設備の電源について
 - 3.4. 火災感知設備の中央制御室での監視について
 - 3.5. 火災感知設備の耐震設計について
 - 3.6. 火災感知設備に対する試験検査について
-
- 添付資料 1 実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準（抜粋）
 - 添付資料 2 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における火災感知器の基本設置方針について
 - 添付資料 3 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における高感度煙検出設備の特徴等について
 - 添付資料 4 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における火災感知器の配置を明示した図面

**柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における
原子炉の安全停止に必要な構築物，系統及び機器が設置される
火災区域又は火災区画の火災感知設備について**

1. 概要

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における安全機能のうち，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器への火災の影響を限定し，早期に火災を感知するための火災感知設備について以下に示す。なお，放射性物質貯蔵等の構築物，系統及び機器の設置場所に対する火災感知設備については，資料 9 に示す。

2. 要求事項

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（以下「火災防護に係る審査基準」という。）における火災感知設備の要求事項を以下に示す。

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（抜粋）

2. 基本事項

- (1) 原子炉施設内の火災区域又は火災区画に設置される安全機能を有する構造物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、以下に示す火災区域及び火災区画の分類に基づいて、火災発生防止、火災の感知及び消火、火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じること。
- ① 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域及び火災区画
 - ② 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域

2.2 火災の感知、消火

2.2.1 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に掲げるように、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行える設計であること。

(1) 火災感知設備

- ① 各火災区域における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できる場所に設置すること。
- ② 火災を早期に感知できるよう固有の信号を発する異なる種類の感知器又は同等の機能を有する機器を組合せて設置すること。また、その設置にあたっては、感知器等の誤作動を防止するための方策を講じること。
- ③ 外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。
- ④ 中央制御室等で適切に監視できる設計であること。

2.2.2 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に示すように、地震等の自然現象によっても、火災感知及び消火の機能、性能が維持される設計であること。

- (1) 凍結するおそれがある消火設備は、凍結防止対策を講じた設計であること。
- (2) 風水害に対して消火設備の性能が著しく阻害されない設計であること。
- (3) 消火配管は、地震時における地盤変位対策を考慮した設計であること。

なお、「2.2.1 (1) 火災感知設備」の要求事項を添付資料1に示す。

本資料では、基本事項の中に記載される「①原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域及び火災区画」への火災感知設備の設置方針を示す。

3. 火災感知設備の概要

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉において火災が発生した場合に，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に感知し，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器に対する火災の影響を限定するために，要求事項に応じた「火災感知設備」を設置する。

「火災感知設備」は，周囲の環境条件を考慮して設置する「火災感知器」と，中央制御室での火災の監視等の機能を有する「受信機」を含む火災受信機盤等から構成される。柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉に設置する「火災感知器」及び「受信機」について以下に示す。

3.1. 火災感知設備の火災感知器について

火災感知器は、早期に火災を感知するため、火災感知器の取付面高さ、火災感知器を設置する周囲の温度、湿度及び空気流等の環境条件を考慮して設置する。

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉の発電用原子炉施設内で発生する火災としては、ポンプに内包する油やケーブルの火災であり、原子力発電所特有の火災条件が想定される箇所はなく、病院等の施設で使用されている火災感知器を消防法に準じて設置することにより、十分に火災を感知することが可能である。

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器の設置場所には、基本的に火災発生時に炎が生じる前の発煙段階から感知できる煙感知器を設置し、その他、蒸気及びガスの発生により煙感知器が誤作動する可能性のある場所には、熱感知器を設置する。

さらに、「固有の信号を発する異なる種類の火災感知器」の設置要求を満足するため、既存の火災感知器に加えて熱感知器又は煙感知器を組み合わせて設置する。設置に当たっては、消防法に準じた設置条件で設置する。

これらの組合せは、平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、火災現象（急激な温度や煙の濃度の上昇）を把握することができるアナログ式とする。

周囲の環境条件から、アナログ式の熱感知器又は煙感知器を設置することが適さない箇所の火災感知器等の選定方法を以下に示す。なお、設計基準対象施設を設置する火災区域又は火災区画のうち、非常用ディーゼル発電機燃料移送系ポンプを設置する屋外区域については、非アナログ式の屋外仕様の炎感知器及び赤外線感知機能を備えたアナログ式の熱感知カメラを、非常用ディーゼル発電機軽油タンクを設置する屋外区域については非アナログ式の屋外仕様の炎感知器を設置する設計とする。これらは火災を感知した個々の感知器を特定せず区域ごとの警報を発報するが、監視対象区域は屋外の大空間であり、警報確認後の現場確認において火災源の特定が可能であることから適用可能とする。また、非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルを敷設するトレンチについては、アナログ式の光ファイバケーブル式熱感知器を設置する。光ファイバケーブル式熱感知器は感知区域ごとの警報を発報するが、中央制御室に設置した火災受信機において、センサ用光ファイバケーブルの長手方向に対して約 2m 間隔で火源の特定が可能であり、早期の消火活動を行うことができることから適用可能とする。光ファイバケーブル式熱感知器の作動原理を添付資料 2 別紙 1 に示す。

○ 蓄電池室

蓄電池室は、蓄電池充電中に少量の水素ガスを発生することから、換気空調設備を設置しており、安定した室内環境を維持しているが、万が一の水素濃度の上昇^{※1}を考慮し、防爆型煙感知器及び熱感知器を設置する設計とする。

防爆型の煙感知器及び熱感知器は非アナログ式しか製造されていないが、蓄電池室に設置する非アナログ式の防爆型煙感知器はアナログ式煙感知器と同様に、炎が生じる前の発煙段階から煙の早期感知が可能である。また、蓄電池室に設置する非アナログ式の防爆型熱感知器については、蓄電池室は換気空調設備により安定した室内環境を維持していることから、通常の熱感知器と同様、周囲温度を考慮した作動温度を設定することによって、早期の火災感知及び誤作動の防止を図る。

防爆型の熱感知器及び煙感知器の概要を添付資料 2 に示す。

※1 蓄電池室は、換気空調設備の機械換気により水素濃度の上昇を防止する設計である。

○ 原子炉格納容器

起動中における原子炉格納容器内の火災感知器は、環境条件や予想される火災の性質を考慮し、原子炉格納容器内には異なる 2 種類の感知器としてアナログ式の煙感知器及び熱感知器を設置する設計とする。原子炉格納容器内は、通常運転中、窒素ガス封入により不活性化しており、火災が発生する可能性がない。しかしながら、運転中の原子炉格納容器は、閉鎖した状態で長期間高温かつ高線量環境となることから、火災感知器が故障する可能性がある。このため、原子炉格納容器内の火災感知器は、起動時の窒素ガス封入後に中央制御室内の受信機にて作動信号を除外する運用とし、プラント停止後に速やかに取り替える設計とする。

低温停止中における原子炉格納容器内の火災感知器は、起動中と同様にアナログ式の煙感知器及び熱感知器を設置する設計とする。

○ 非常用ディーゼル発電機燃料移送系ポンプ区域

非常用ディーゼル発電機燃料移送系ポンプ区域は屋外開放であるため、火災による煙は周囲に拡散し、煙感知器による火災感知は困難である。

このため、非常用ディーゼル発電機燃料移送系ポンプ区域全体の火災を感知するために、非アナログ式の屋外仕様の炎感知器及びアナログ式の熱感知カメラを監視範囲に火災の検知に影響を及ぼす死角がないように設置する。これらはそれぞれ誤作動防止対策として以下の機能を有する。

- ・炎感知器 : 平常時から炎の波長の有無を連続監視し、火災現象(急激な環境変化)を把握できることから、アナログ式と同等の機能を有する。また、感知原理に「赤外線3波長式」(物質の燃焼時に発生する特有な放射エネルギーの波長帯を3つ検知した場合にのみ発報する)を採用し誤作動防止を図る。さらに、降水等の浸入により火災感知器の故障が想定されるため屋外仕様を採用する設計とする。なお、太陽光の影響については、火災発生時の特有な波長帯のみを感知することで誤作動を防止する設計とする。
- ・熱感知カメラ : アナログ式の熱感知カメラを使用することによって、誤作動防止を図る。また、熱サーモグラフィにより、火源の早期確認・判断誤り防止を図る。さらに、屋外に設置することから降水等の浸入により火災感知器の故障が想定されるため屋外仕様を採用する設計とする。なお、熱感知カメラの感知原理は赤外線による熱監視であるが、感知する対象が熱であることから炎感知器とは異なる種類の感知器と考える。

○ 非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域

非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域は屋外であるため、火災による煙が周囲に拡散し、煙感知器による火災感知は困難である。

このため、非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域には非アナログ式の炎感知器を監視範囲に火災の検知に影響を及ぼす死角がないように設置することに加え、タンク内部の空間部に防爆型の非アナログ式の熱感知器を設置する設計とする。炎感知器は非アナログ式であるが、平常時から炎の波長の有無を連続監視し、火災現象(急激な環境変化)を把握できることから、アナログ式と同等の機能を有する。また、感知原理に「赤外線3波長式」(物質の燃焼時に発生する特有な放射エネルギーの波長帯を3つ検知した場合にのみ発報する)を採用し誤作動防止を図る設計とする。なお、太陽光の影響については、火災発生時の特有な波長帯のみを感知することで誤作動を防止する設計とする。

防爆型の熱感知器については非アナログ式であるが、軽油タンク最高使用温度(約66℃)を考慮した温度を設定温度(約80℃)とすることで誤作動防止を図る設計とする。

○ 原子炉建屋オペレーティングフロア

原子炉建屋オペレーティングフロアは天井が高く大空間となっているため、火災による熱が周囲に拡散することから、熱感知器による感知は困難である。そのため、非アナログ式の炎感知器とアナログ式の光電分離型煙感知器を監視範囲に火災の検知に影響を及ぼす死角がないように設置する設計とする。炎感知器は非アナログ式であるが、平常時から炎の波長の有無を連続監視し、火災現象（急激な環境変化）を把握できることから、アナログ式と同等の機能を有する。また、外光が当たらず、高温物体が近傍にない箇所に設置することにより、誤作動防止を図る設計とする。

さらに、感知原理に「赤外線 3 波長式」（物質の燃焼時に発生する特有な放射エネルギーの波長帯を 3 つ検知した場合にのみ発報する）を採用し誤作動防止を図る設計とする。

○ 主蒸気管トンネル室

主蒸気管トンネル室については、通常運転中は高線量環境となることから、放射線の影響により火災感知器の制御回路が故障する可能性がある。さらに、火災感知器が故障した場合の取替えも出来ない。このため、放射線の影響を受けにくい非アナログ式の熱感知器を設置する。加えて、放射線の影響を受けないよう検出器部位を当該区画外に配置するアナログ式の煙吸引式検出設備を設置する設計とする。

主蒸気管トンネル室に設置する非アナログ式の熱感知器については、主蒸気管トンネル室は換気空調設備により安定した室内環境を維持していることから、通常の熱感知器と同様、周囲温度を考慮した作動温度を設定することによって、早期の火災感知及び誤作動の防止を図る。

○ 非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチ

非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチはハッチからの雨水の浸入によって高湿度環境になりやすく、一般的なアナログ式の煙感知器による火災感知に適さない。このため、異なる 2 種の感知器として、湿気の影響を受けにくいアナログ式の光ファイバケーブル式熱感知器、及び防湿対策を施したアナログ式の煙吸引式検出設備を設置する設計とする。

火災感知器の型式ごとの特徴等を添付資料 2 に示す。また、火災感知器の配置図を添付資料 4 に示す。なお、火災感知器の配置図については、火災防護に係る審査基準に基づき設計基準対象施設に対して設置する感知器

に加え、重大事故等対処施設に対して設置する感知器も記載している。

また、以下に示す火災区域又は火災区画は、火災の影響を受けるおそれ
が考えにくいことから、火災感知器を設置しない、若しくは消防法又は建
築基準法に基づく火災感知器を設置する設計とする。

○ 格納容器機器搬出入用ハッチ室

格納容器機器搬出入用ハッチ室は、発火源となるようなものが設置さ
れておらず、可燃物管理により可燃物を持ち込まない運用とするうえ、
通常コンクリートハッチにて閉鎖されていることから、火災の影響を受
けない。また、ハッチ開放時は通路の火災感知器にて感知が可能である。

したがって、格納容器機器搬出入用ハッチ室には火災感知器を設置し
ない設計とする。

○ 給気処理装置室，冷却器コイル室及び排気ルーバ室

給気処理装置室，冷却器コイル室及び排気ルーバ室は，発火源となる
ようなものが設置されておらず，可燃物管理により可燃物を持ち込まな
い運用とするうえ，コンクリートの壁で囲われていることから，火災の
影響を受けない。

したがって，給気処理装置室，冷却器コイル室及び排気ルーバ室には
火災感知器を設置しない設計とする。

○ 排気管室

排気管室は，排気を屋外に通すための部屋であり，発火源となるよう
なものが設置されておらず，可燃物管理により可燃物を持ち込まない運
用とするうえ，コンクリートの壁で囲われていることから，火災の影響
を受けない。

したがって，排気管室には火災感知器を設置しない設計とする。

○ フィルタ室

フィルタ室に設置されているフィルタは難燃性であり，発火源となる
ようなものが設置されておらず，可燃物管理により可燃物を持ち込まな
い運用とするうえ，コンクリートの壁で囲われていることから，火災の
影響を受けない。

したがって，フィルタ室には火災感知器を設置しない設計とする。

○ 使用済燃料プール，復水貯蔵槽，使用済樹脂槽

使用済燃料プール，復水貯蔵槽，使用済樹脂槽については内部が水で

満たされており，火災が発生するおそれはない。

したがって，使用済燃料プール，復水貯蔵槽，使用済樹脂槽には火災感知器を設置しない設計とする。

- 不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された火災防護対象機器のみを設けた火災区域又は火災区画

火災防護対象機器のうち，不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された配管，容器，タンク，手動弁，コンクリート構築物については流路，バウンダリとしての機能が火災により影響を受けることは考えにくいため，消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設ける設計とする。

- フェイルセーフ設計の設備のみが設置された火災区域又は火災区画

フェイルセーフ設計の設備については火災により動作機能を喪失した場合であっても，安全機能が影響を受けることは考えにくいため，消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設ける設計とする。

- 気体廃棄物処理設備エリア排気モニタ検出器設置区画

放射線モニタ検出器は隣接した検出器間をそれぞれ異なる火災区画に設置する設計とする。これにより火災発生時に同時に監視機能を喪失することは考えにくく，重要度クラス3の設備として火災に対して代替性を有することから，消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設ける設計とする。

なお，上記の監視を行う事故時放射線モニタ監視盤を設置する中央制御室については火災発生時の影響を考慮し，固有の信号を発するアナログ式の煙感知器，アナログ式の熱感知器，又は非アナログ式の炎感知器から異なる種類の感知器を組み合わせる設計とする。

3.2. 火災感知設備の受信機について

火災感知設備の受信機は，以下の機能を有する受信機を設置する。

- アナログ式の火災感知器が接続可能であり，作動した火災感知器を1つずつ特定できる機能。
- 水素ガスの漏えいの可能性が否定できない蓄電池室及び可燃性ガスの発生が想定される軽油タンク内に設置する防爆型の火災感知器，及び主蒸気管トンネル室内の非アナログ式熱感知器を1つずつ特定できる機能。

- 原子炉格納容器内の火災感知設備の火災受信機盤は、中央制御室に設置し常時監視できる設計とする。また、受信機盤は、アナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を1つずつ特定できる機能を有するよう設計する。ただし、誤作動防止として起動時の窒素ガス封入後に作動信号を除外する運用とする。
- 屋外の非常用ディーゼル発電機軽油タンク、燃料移送ポンプ区域を監視する非アナログ式の屋外仕様の炎感知器、アナログ式の熱感知カメラの感知区域を1つずつ特定できる機能。なお、屋外区域熱感知カメラ火災受信機盤においては、火災発生場所の詳細はカメラ機能により映像監視が可能。
- 原子炉建屋オペレーティングフロアを監視する非アナログ式の炎感知器を1つずつ特定できる機能。
- 非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチを監視するアナログ式の光ファイバケーブル式熱感知器の感知区域を1つずつ特定できる機能。

光ファイバケーブル式熱感知器は、中央制御室に設置した受信機においてセンサ用光ファイバケーブルの長手方向に対し約2m間隔で火源の特定が可能である非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチにおいては、可燃物がケーブルのみであることから、ケーブル近傍にセンサ用光ファイバケーブルを敷設することで、火災の早期感知及び火源特定が可能となる。

3.3. 火災感知設備の電源について

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備の受信機は、外部電源喪失時においても火災の感知が可能となるよう、非常用電源から受電する。さらに、外部電源喪失時に非常用ディーゼル発電機から電力が供給されるまでの間も火災の感知が可能となるように、蓄電池を内蔵し70分間*電源供給が可能である。

※ 消防法施行規則第二十四条で要求している蓄電池容量

3.4. 火災感知設備の中央制御室での監視について

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器に発生した火災は、中央制御室に設置されている火災感知設備の受信機で監視できる設計とする。なお、火災が発生していない平常時には、中央制御室内の巡視点検によって、火災が発生していないこと及び火災感知設備に異常がないことを火災受信機盤で確認する。原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器の設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備の火災受信機盤には、以下の2つがある。

火災受信機	配置場所	電源供給	監視区域	作動した火災感知器を1つずつ特定できる機能
防災監視操作盤・受信機	中央制御室	非常用電源から受電する。さらに、外部電源喪失時に非常用ディーゼル発電機から電力が供給されるまでの間も火災の感知が可能となるように、約70分間電力を供給できる容量を有した蓄電池を設ける。	○建屋内（原子炉建屋、タービン建屋、コントロール建屋、廃棄物処理建屋） ○非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域（熱感知器）	あり
			○非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域、燃料移送ポンプ区域（炎感知器） ○非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチ（煙吸引式検出設備、光ファイバケーブル式熱感知器）	なし （炎感知器及び煙吸引式感知器は感知区域ごとの警報を発報するが監視区域が大空間であることから現場確認により火源を特定可能。光ファイバケーブル式熱感知器は区域ごとの警報を発報するが受信機において約2m間隔で火源を特定可能。）

火災受信機	配置場所	電源供給	監視区域	作動した火災感知器を1つずつ特定できる機能
屋外区域熱感知カメラ火災受信機盤	中央制御室	非常用電源から受電する。さらに、外部電源喪失時に非常用ディーゼル発電機から電力が供給されるまでの間も火災の感知が可能となるように、約70分間電力を供給できる容量を有した蓄電池を設ける。	○非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ区域（熱感知カメラ）	なし (熱感知カメラは感知区域ごとの警報を発報するが監視区域が大空間であることから現場確認により火源を特定可能。)

3.5. 火災感知設備の耐震設計について

火災感知設備については、火災区域及び火災区画に設置された原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器の耐震クラスに応じて、地震に対して機能を維持できる設計とする。(第5-1表) 耐震設計を確認するための対応は、第5-2表のとおりである。

第5-1表：火災感知設備の耐震設計

主な安全機能を有する構築物、系統及び機器	火災感知設備の耐震設計
非常用炉心冷却系ポンプ	Ss 機能維持
非常用蓄電池	Ss 機能維持
非常用ディーゼル発電機	Ss 機能維持

第5-2表：Ss 機能維持を確認するための対応

確認対象	火災感知設備の耐震設計
受信機	加振試験
感知器	加振試験

3.6. 火災感知設備に対する試験検査について

アナログ式の火災感知器を含めた火災感知設備は、機能に異常がないことを確認するために、自動試験を実施する。

ただし、試験機能のない火災感知器は、機能に異常がないことを確認するために、消防法施行規則第三十一条の六に基づき、半年に一度の機器点検時及び1年に一度の総合点検時に、煙等の火災を模擬した試験を実施する。

以上より、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する火災感知器については、火災防護に係る審査基準に則り、環境条件等を考慮した火災感知器の設置、異なる種類を組み合わせた火災感知器の設置、非常用電源からの受電、火災受信機盤の中央制御室への設置を行う設計とする。一部非アナログ式の感知器を設置するが、それぞれ誤作動防止対策を実施する。また、非アナログ式の炎感知器及びアナログ式の熱感知カメラについては作動した火災感知器を1つずつ特定できる機能はないが、火災発生場所を感知区域ごとに特定できる機能を有しており、火災感知後の現場確認において火災源の特定が可能である。また、アナログ式の光ファイバケーブル式熱感知器は感知区域ごとの警報を発報するが、中央制御室に設置した火災受信機において、センサ用光ファイバケーブルの長手方向に対して約2m間隔で火源の特定が可能である。これらにより、火災感知設備については十分な保安水準が確保されているものとする。

添付資料 1

実用発電用原子炉及びその附属施設の
火災防護に係る審査基準（抜粋）

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」(抜粋)

2.2 火災の感知、消火

2.2.1 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に掲げるように、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行える設計であること。

(1) 火災感知設備

- ① 各火災区域における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できる場所に設置すること。
- ② 火災を早期に感知できるよう固有の信号を発する異なる種類の感知器又は同等の機能を有する機器を組合せて設置すること。また、その設置にあたっては、感知器等の誤作動を防止するための方策を講じること。
- ③ 外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。
- ④ 中央制御室等で適切に監視できる設計であること。

(参考)

(1) 火災感知設備について

早期に火災を感知し、かつ、誤作動(火災でないにもかかわらず火災信号を発すること)を防止するための方策がとられていること。

(早期に火災を感知するための方策)

- ・固有の信号を発する異なる種類の感知器としては、例えば、煙感知器と炎感知器のような組み合わせとなっていること。
- ・感知器の設置場所を1つずつ特定することにより火災の発生場所を特定することができる受信機を用いられていること。

(誤作動を防止するための方策)

- ・平常時の状況(温度、煙の濃度)を監視し、かつ、火災現象(急激な温度や煙の濃度の上昇)を把握することができるアナログ式の感知器を用いられていること。

感知器取付面の位置が高いこと等から点検が困難になるおそれがある場合は、自動試験機能又は遠隔試験機能により点検を行うことができる感知器が用いられていること。

炎感知器又は熱感知器に代えて、赤外線感知機能等を備えた監視カメラシステムを用いても差し支えない。この場合、死角となる場所がないように当該システムが適切に設置されていること。

2.2.2 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に示すように、地震等の自然現象によっても、火災感知及び消火の機能、性能が維持される設計であること。

- (1) 凍結するおそれがある消火設備は、凍結防止対策を講じた設計であること。
- (2) 風水害に対して消火設備の性能が著しく阻害されない設計であること。
- (3) 消火配管は、地震時における地盤変位対策を考慮した設計であること。

(参考)

火災防護対象機器等が設置される火災区画には、耐震 B・C クラスの機器が設置されている場合が考えられる。これらの機器が基準地震動により損傷し S クラス機器である原子炉の火災防護対象機器の機能を失わせることがないことが要求されるどころであるが、その際、耐震 B・C クラス機器に基準地震動による損傷に伴う火災が発生した場合においても、火災防護対象機器等の機能が維持されることについて確認されていなければならない。

- (2) 消火設備を構成するポンプ等の機器が水没等で機能しなくなることはないよう、設計に当たっては配置が考慮されていること。

添付資料 2

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における
火災感知器の基本設置方針について

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における 火災感知器の基本設置方針について

1. はじめに

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉において、安全機能を有する機器等を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備は、放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定している。各設置対象区域又は区画における火災感知器の基本設置方針及び火災感知器の型式ごとの原理と特徴を示す。また、光ファイバケーブル式熱感知器の仕様及び作動原理について、別紙1に示す。

2. 要求事項

火災感知設備は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」の「2.2 火災の感知、消火」の2.2.1に基づき実施することが要求されている。

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」の記載を以下に示す。

2.2 火災の感知、消火

2.2.1 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に掲げるように、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行える設計であること。

(1) 火災感知設備

- ① 各火災区域における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できる場所に設置すること。
- ② 火災を早期に感知できるよう固有の信号を発する異なる種類の感知器又は同等の機能を有する機器を組合せて設置すること。また、その設置にあたっては、感知器等の誤作動を防止するための方策を講じること。
- ③ 外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。
- ④ 中央制御室等で適切に監視できる設計であること。

(参考)

(1) 火災感知設備について

早期に火災を感知し、かつ、誤作動（火災でないにもかかわらず火災信号を発すること）を防止するための方策がとられていること。

（早期に火災を感知するための方策）

- ・固有の信号を発する異なる種類の感知器としては、例えば、煙感知器と炎感知器のような組み合わせとなっていること。
- ・感知器の設置場所を1つずつ特定することにより火災の発生場所を特定することができる受信機を用いられていること。

（誤作動を防止するための方策）

- ・平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、火災現象（急激な温度や煙の濃度の上昇）を把握することができるアナログ式の感知器を用いられていること。

感知器取付面の位置が高いこと等から点検が困難になるおそれがある場合は、自動試験能又は遠隔試験機能により点検を行うことができる感知器が用いられていること。

炎感知器又は熱感知器に代えて、赤外線感知機能等を備えた監視カメラシステムを用いても差し支えない。この場合、死角となる場所がないように当該システムが適切に設置されていること。

3. 火災感知設備の基本設置方針

設置対象区域 又は区画		柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉における火災感知設備の基本設置方針					
		具体的 区域	周囲の環境条件と 感知器の選定方針	種類	アナログ式/ 非アナログ式	非アナログ式 火災感知器の特徴 及び優位点	設置環境を踏まえた 火災感知器の特徴 誤作動防止対策
一般 区域	通路部・ 部屋等	通路部・ 部屋等	・消防法施行規則に則り煙感知器と熱感知器を設置	① 煙感知器	アナログ式*1	-	-
				④ 熱感知器	アナログ式*1		
	天井高さが 高く、煙が拡散しない場所	原子炉建屋 オペレーテ ィングフロ ア	・天井が高く大空間であり熱が周囲に拡散することから熱感知器による感知は困難 ・炎感知器は非アナログ式であるが、炎が発する赤外線を検知するため、炎が生じた時点で感知することができ、火災の早期感知に優位性がある	① 煙感知器	アナログ式*1	-	-
				⑦ 屋外仕様 炎感知器 (赤外線)	非アナログ式 (アナログ式 炎感知器が存 在しないため)		
天井空間が 広く、煙が拡散する場所	天井空間が 広く、煙が拡散する場所	該当箇所なし					
放射線量が 高い場所	原子炉格納 容器*2	・プラント運転中は高線量環境となることからアナログ式感知器を室内に設置すると故障する可能性がある。ただし、プラント運転中の原子炉格納容器は窒素ガス封入により不活性化しており火災の発生の可能性がない。このため、プラント運転中は受信機にて作動信号を除外する ・消防法施行規則に則り煙感知器と熱感知器を設置	④ 熱感知器	アナログ式*1	-	-	
			① 煙感知器	アナログ式*1			
	主蒸気管ト ンネル室	・プラント運転中は高線量環境となることからアナログ式感知器を室内に設置すると故障する可能性がある。 ・放射線の影響を受けないよう検出器部位を当該区画外に配置する煙吸引式検出設備、及び放射線の影響を受けにくい作動原理を有する非アナログ式の熱感知器を設置	③ 煙吸引式 検出設備	アナログ式*1	-	-	
			⑤ 熱感知器 (接点式)	非アナログ式 (アナログ式 接点式熱感知 器が存在しな いため)			・煙感知器以外の作動原理を有する感知器として熱感知器及び炎感知器等があるが放射線の影響を受けにくいものは非アナログ式の接点式熱感知器しかない

設置対象区域 又は区画	柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉における火災感知設備の基本設置方針					
	具体的 区域	周囲の環境条件と 感知器の選定方針	種類	アナログ式/ 非アナログ式	非アナログ式 火災感知器の特徴 及び優位点	設置環境を踏まえた 火災感知器の 誤作動防止対策
屋外区域	非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ区域	<ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプは屋外であるため、区域全体の火災を感知する必要があるが、火災による煙が周囲に拡散し煙感知器による火災感知は困難 区域全体の火災を感知するために、アナログ式の熱感知カメラ及び非アナログ式の炎感知器を設置 	⑧ 屋外仕様 熱感知 カメラ (赤外線)	アナログ式*1	—	<ul style="list-style-type: none"> 降水等の浸入を考慮して、屋外仕様等の火災感知器を選定することで、火災感知器の故障を防止 熱サーモグラフィ機能等による目視確認により誤判断防止が可能
			⑦ 屋外仕様 炎感知器 (赤外線)	非アナログ式 (アナログ式 炎感知器が存在しないため)	<ul style="list-style-type: none"> 炎感知器は炎から放出される熱エネルギーの特有の波長成分とちらつきを赤外線により検出 非アナログ式の火災感知器であるが、火災の感知に時間遅れがなく、火災の早期感知が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 降水等の浸入を考慮して、屋外仕様等の火災感知器を選定することで、火災感知器の故障を防止 太陽光の波長を識別できる感知器を採用することに加え、遮光板を設置して誤作動を防止
	非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域*3	<ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機軽油タンクは屋外であるため、区域全体の火災を感知する必要があるが、火災による煙が周囲に拡散し煙感知器による火災感知は困難 軽油タンクの可燃物はタンク内の軽油であること、タンク内は引火性又は発火性の雰囲気形成のおそれがあることから、タンク内の火災を感知する熱感知器(防爆型)を設置 上記の熱感知器と異なる種類の感知器として、軽油タンク区域全体の火災を感知する炎感知器を設置 炎感知器は非アナログ式であるが、炎が発する赤外線を感知するため、炎が生じた時点で感知することができ、火災の早期感知に優位性がある 	⑥ 防爆型 熱感知器	非アナログ式 (アナログ式 防爆型熱感知器が存在しないため)	<ul style="list-style-type: none"> 引火性又は発火性の雰囲気形成のおそれがあるため、感知器作動時の爆発を考慮した防爆型の火災感知器を選定 	<ul style="list-style-type: none"> 軽油タンク最高使用温度(約 66℃)を考慮した温度を設定温度(約 80℃)とすることで誤作動を防止
			⑦ 屋外仕様 炎感知器 (赤外線)	非アナログ式 (アナログ式 炎感知器が存在しないため)	<ul style="list-style-type: none"> 炎感知器は炎から放出される熱エネルギーの特有の波長成分とちらつきを赤外線により検出 非アナログ式の火災感知器であるが、火災の感知に時間遅れがなく、火災の早期感知が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 降水等の浸入を考慮して、屋外仕様等の火災感知器を選定することで、火災感知器の故障を防止 太陽光の波長を識別できる感知器を採用することに加え、遮光板を設置して誤作動を防止

設置対象区域 又は区画	柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉における火災感知設備の基本設置方針					
	具体的 区域	周囲の環境条件と 感知器の選定方針	種類	アナログ式/ 非アナログ式	非アナログ式 火災感知器の特徴 及び優位点	設置環境を踏まえた 火災感知器の 誤作動防止対策
引火性又は発火性の 雰囲気を形成する おそれがある場所	蓄電池室	<ul style="list-style-type: none"> 充電時に水素ガス発生のおそれがある蓄電池室は、引火性又は発火性の雰囲気を形成するおそれがあるため、防爆型の煙感知器及び熱感知器を設置 	② 防爆型 煙感知器	非アナログ式 (アナログ式 防爆型煙感知器が存在しないため)	<ul style="list-style-type: none"> 引火性又は発火性の雰囲気を形成するおそれがあるため、感知器作動時の爆発を考慮した防爆型の火災感知器を選定 	<ul style="list-style-type: none"> 蓄電池室は誤作動を誘発する蒸気等が発生する設備がない 換気空調設備により安定した室内環境を維持していることから、誤作動する可能性が低い
			⑥ 防爆型 熱感知器	非アナログ式 (アナログ式 防爆型熱感知器が存在しないため)		<ul style="list-style-type: none"> 熱感知器は作動温度が周囲温度より高い温度のものを選定
高湿度環境の ケーブルトレンチ	非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチ	<ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機燃料移送系ケーブルトレンチは、ハッチからの降水の浸入によって高湿度環境になりやすく、一般的な煙感知器では故障する可能性がある 防湿対策を施した煙吸引式検出設備及び湿気の影響を受けにくくケーブル周囲の温度上昇を測定可能な光ファイバケーブル式熱感知器を設置 	③ 煙吸引式 検出設備	アナログ式*1	—	—
			⑨ 光ファイバ ケーブル式 熱感知器	アナログ式*1	—	—

*1：ここでいう「アナログ式」は、平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、火災現象（急激な温度や煙の濃度の上昇）を把握することができる機能を持つものと定義する。

*2：原子炉格納容器に設置する火災感知器は、運転中は信号を除外する設定とし、プラント停止後に取替えを行う。

*3：非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域は屋外であるが、タンク内に軽油を内包していることから、火災感知器は屋外仕様炎感知器（赤外線）と、タンク内への熱感知器（防爆型）を設置。

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における
原子炉の安全停止に必要な構築物，系統及び機器が設置される
火災区域又は火災区画の消火設備について

<目 次>

1. 概要
 2. 要求事項
 3. 消火設備について
 - 3.1. 消火設備の設置必要箇所の選定
 - 3.2. 消火設備の概要
 - 3.2.1 全域ガス消火設備（新設）
 - 3.2.2 二酸化炭素消火設備（既設）
 - 3.2.3 局所ガス消火設備（新設）
 - 3.2.4 消火器及び水消火設備について（既設）
 - 3.2.5 移動式消火設備について（既設）
 4. 消火活動が困難となる火災区域又は火災区画の考え方
 5. 火災により安全機能へ影響を及ぼすおそれが考えにくい火災区域又は火災区画の考え方
 6. まとめ
-
- 添付資料 1 実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準（抜粋）
 - 添付資料 2 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉におけるガス消火設備について
 - 添付資料 3 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉におけるガス消火設備等の耐震設計について
 - 添付資料 4 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉におけるガス消火設備等の動作に伴う機器等への影響について
 - 添付資料 5 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における狭隘な場所へのハロン消火剤の有効性について
 - 添付資料 6 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉におけるガス消火設備の消火能力について
 - 添付資料 7 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における二酸化炭素消火設備（ディーゼル発電機室用）について
 - 添付資料 8 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における消火設備の必要容量について

- 添付資料 9 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における消火栓配置図
並びに手動消火の対象となる低耐震クラス機器リスト
- 添付資料 10 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における移動式消火設備
について
- 添付資料 11 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における原子炉建屋通路
部の消火方針について
- 添付資料 12 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における安全機能を有す
る構築物，系統及び機器周辺の可燃物等の状況について
- 参考資料 1 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における原子炉建屋排煙設備
の概要について

**柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における
原子炉の安全停止に必要な構築物，系統及び機器が設置される
火災区域又は火災区画の消火設備について**

1. 概要

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における安全機能のうち，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器の火災に対して，早期に消火するために設置する消火設備について以下に示す。

なお，放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器の設置場所に対する消火設備については，資料 9 に示す。

2. 要求事項

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（以下「火災防護に係る審査基準」という。）における消火設備の要求事項を以下に示す。

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（抜粋）

2. 基本事項

- (1) 原子炉施設内の火災区域又は火災区画に設置される安全機能を有する構造物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、以下に示す火災区域及び火災区画の分類に基づいて、火災発生防止、火災の感知及び消火、火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じること。
- ① 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域及び火災区画
 - ② 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域

2.2 火災の感知、消火

2.2.1 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に掲げるように、安全機能を有する構造物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行える設計であること。

2.2.2 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に示すように、地震等の自然現象によっても、火災感知及び消火の機能、性能が維持される設計であること。

- (1) 凍結するおそれがある消火設備は、凍結防止対策を講じた設計であること。
- (2) 風水害に対して消火設備の性能が著しく阻害されない設計であること。
- (3) 消火配管は、地震時における地盤変位対策を考慮した設計であること。

なお、「2.2.1 (2) 消火設備」の要求事項を添付資料1に示す。

3. 消火設備について

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉において、原子炉の高温停止又は低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器に火災が発生した場合に、火災を早期に消火するため、火災防護に係る審査基準の「2.2 火災の感知、消火」に基づき「消火設備」を設置する。

3.1. 消火設備の設置必要箇所の選定

火災防護に係る審査基準では、「2.2 火災の感知、消火」において、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる場所に対する固定式消火設備の設置及び「2.3 火災の影響軽減」に基づく系統分離が必要な場所に対する自動消火設備を要求している。

このことから、消火活動が困難となる場所及び系統分離に必要となる場所への消火設備の設置要否を検討することとする。

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器のうち、火災により安全機能が影響を受ける設備を設置する火災区域又は火災区画については原則煙の充満により消火活動が困難となる場所として選定し、煙の影響が考えにくい火災区域又は火災区画については「4. 消火活動が困難となる火災区域又は火災区画の考え方」にて個別に検討する。系統分離については中央制御室床下フリーアクセスフロアに関して、1 時間の耐火壁等による分離を行う設計としていることから中央制御室からの手動操作が可能な固定式ガス消火設備の設置を行う。

なお、中央制御室床下フリーアクセスフロアについては異なる 2 種類の火災感知器を設置すること、中央制御室内には運転員が常駐することを踏まえると、手動操作による起動であっても自動起動と同等に早期の消火が可能であると考ええる。

また、煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画のうち、火災により安全機能へ影響を及ぼすおそれが考えにくい火災区域又は火災区画については「5. 火災により安全機能へ影響を及ぼすおそれが考えにくい火災区域又は火災区画の考え方」にて個別に検討する。

3.2. 消火設備の概要

3.2.1. 全域ガス消火設備（新設）

全域ガス消火設備は、火災防護に係る審査基準の「2.2 火災の感知、消火」に基づき、火災発生時の煙の充満等により消火が困難となる可能性も考慮し、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器のうち、火災により安全機能が影響を受ける設備を設置する火災区域又は火災区画の早期の消火を目的として設置する。

具体的には、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器のうち、火災により安全機能が影響を受ける設備を設置する場所であって、火災発生時に煙の充満等により消火が困難となるところに対しては、火災防護に係る審査基準の「2.2 火災の感知、消火」に基づき、自動又は中央制御室からの手動操作により起動する「全域ガス消火設備」を設置する。全域ガス消火設備の概要を添付資料 2 に、全域ガス消火設備の耐震設計を添付資料 3 に示す。設置に当たっては、火災の直接影響のみならず二次的影響が安全機能を有する機器等に悪影響を及ぼさないような設計とし、設置した火災区域に応じて、動的機器の単一故障により機能を喪失することがないように系統分離に応じた独立性を備える設計とする。

また、建屋内設備となることから低温（凍結）、風水害（風（台風））による影響は考えにくく、地震に対しては添付資料 3 に示すと通りの耐震性を確保する設計とする。その他の落雷、津波、竜巻、降水、積雪、地滑り、火山の影響、生物学的事象及び森林火災についても、建屋内に設置されており影響は考えにくいですが、機能が阻害される場合は原因の除去又は早期取替え、復旧を図る設計とする。

全域ガス消火設備は、機能に異常がないことを確認するため、消火設備の作動確認を実施する。

また、全域ガス消火設備の設置に伴い、消火能力を維持するため、自動ダンプの設置又は空調設備の手動停止による消火剤の流出防止や、安全対策のための警報装置の設置を行う。さらに、全域ガス消火設備起動時に扉が「開」状態では消火剤が流出することから、扉を「閉」運用とするよう手順等に定める。また、消火設備起動後には発電所内に設置している避難誘導灯及び安全避難通路等により屋外等の安全な場所へ避難することが可能である。

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器のうち、火災により安全機能が影響を受ける設備を設置する火災区域又は火災区画の全域ガス消火設備は、外部電源喪失時にも電源が確保できるよう、非常用電源から受電する。また、外部電源喪失時に非常用ディーゼル発電機による非常用電源の供給が開始されるまでの時間を考慮して 70 分以上の設備の動作に必要な容量を有する内蔵型の蓄電池を設置する。

全域ガス消火設備の動作に伴う人体及び機器への影響を添付資料 4 に、狭隘な場所への消火剤（ハロン 1301 又は HFC-227ea）の有効性を添付資料 5 に、全域ガス消火設備の消火能力を添付資料 6 に示す。

なお、添付資料 4 に示すように全域ガス消火設備の動作に伴う人体への影響はないが、保守的に全域ガス消火設備の動作時に退避警報を発する設計とする。

3.2.2. 二酸化炭素消火設備（既設）

油火災が想定される非常用ディーゼル発電機室・非常用ディーゼル発電機燃料デイトンク室については、全域自動放出方式の二酸化炭素消火設備を設置し、当該室に必要な消火剤（6号炉：約1,071kg、7号炉：約955.7kg(A系を代表として記載))に対して十分な消火剤（6号炉：約1,080kg、7号炉：約1,080kg(A系を代表として記載))を有する設計とする。非常用ディーゼル発電機室用の二酸化炭素消火設備の概要を添付資料7に示し、二酸化炭素消火設備の耐震設計を添付資料3に示す。

二酸化炭素消火設備は、機能に異常がないことを確認するため、消火設備の作動確認を実施する。

二酸化炭素消火設備の消火に用いる二酸化炭素は不活性であるため機器への影響はないが、その濃度は人体に影響を与えることから、二酸化炭素消火設備の作動前には、職員等の退出ができるように警報を吹鳴し、20秒以上の時間遅れをもって二酸化炭素を放出する設計とする。また、二酸化炭素消火設備については、設備起動時に扉が「開」状態では消火剤が流出することから、扉を「閉」運用とするよう手順等に定める。さらに、起動時の二酸化炭素の人体への影響を考慮し、入退室の管理を行う設計とする。

なお、本設備は、消防法施行規則第十九条「不活性ガス消火設備に関する基準」に基づき設置する。

3.2.3. 局所ガス消火設備（新設）

局所ガス消火設備は、火災防護に係る審査基準の「2.2 火災の感知，消火」に基づき、火災発生時の煙の充満等により消火が困難となる可能性も考慮し、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物，系統及び機器のうち、火災により安全機能が影響を受ける設備を設置する原子炉建屋通路部の早期の消火を目的として設置する。（添付資料 11）

具体的には、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物，系統及び機器のうち、火災により安全機能が影響を受ける設備を設置する原子炉建屋通路部の油内包機器，ケーブルトレイ，電源盤，制御盤等のうち、火災発生時に煙の充満により消火が困難となる可能性があるものに対しては、火災防護に係る審査基準の「2.2 火災の感知，消火」に基づき、自動又は中央制御室からの手動操作により起動する「局所ガス消火設備」を設置する。局所ガス消火設備の概要を添付資料 2 に、局所ガス消火設備の耐震設計を添付資料 3 に示す。設置に当たっては火災の直接影響のみならず二次的影響が安全機能を有する機器等に悪影響を及ぼさないような設計とする。

また、建屋内設備となることから低温（凍結），風水害（風（台風））による影響は考えにくく、地震に対しては添付資料 3 に示すと通りの耐震性を確保する設計とする。その他の落雷，津波，竜巻，降水，積雪，地滑り，火山の影響，生物学的事象及び森林火災についても、建屋内に設置されており影響は考えにくいですが、機能が阻害される場合は原因の除去又は早期取替え，復旧を図る設計とする。

局所ガス消火設備は、機能に異常がないことを確認するため、消火設備の作動確認を実施する。

また、局所ガス消火設備の対象に応じて周囲にガスの影響が及ぶ場合は、安全対策のための警報装置の設置を行う。また、外部電源喪失時にも固定式消火設備が動作できるよう、非常用電源からの受電又は電源不要の構成とする。さらに、動作に電源が必要な場合は、外部電源喪失時に非常用ディーゼル発電機による非常用電源の供給が開始されるまでの時間を考慮して 70 分以上の設備の動作に必要な容量をもった内蔵型の蓄電池を設置する。

局所ガス消火設備の動作に伴う人体及び機器への影響を添付資料 4 に、狭隘な場所への消火剤（ハロン 1301 又は FK-5-1-12）の有効性を添付資料 5 に、局所ガス消火設備の消火能力を添付資料 6 に示す。

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉における、各固定式消火設備の消火剤の必要容量を添付資料 8 に示す。また、3.2.1. 及び 3.2.2. で述べた固定式消火設備の配置図については、8 条-別添 1-資料 3 の添付資料 2 に示す。

以上により、消火活動が困難となるおそれがある火災区域又は火災区画に対して、自動又は中央制御室からの手動操作により起動する固定式消火設備を設置し、必要な消火剤の容量を確保すること、系統分離に応じた独立性を有する設計とすること、火災の二次的影響を考慮した設計とすること、外部電源喪失時にも機能を失わないような設計とすること、故障警報を中央制御室に吹鳴する設計とすること、作動前に警報を吹鳴させる設計とすること、屋内設置により凍結、風水害等に対して消火設備の性能が著しく阻害されるものではないこと、安全機能を有する機器等の耐震クラスに応じて耐震性を確保すること、消火剤の種類は誤動作時の安全機能への影響を考慮して選定していることから、火災防護に係る審査基準に適合するものとする。

3.2.4. 消火器及び水消火設備について（既設）

火災発生時にすべての火災区域又は火災区画の消火が早期に行えるよう、消火器、消火栓を配置する。優先的な水消火設備の使用が想定される火災区域にあっては、消火水による安全機能への影響を考慮し、必要な対策を講じる設計とする。

水消火設備のうち、水源のろ過水タンクについては、供給先である屋内消火栓並びに屋外消火栓に関し 2 時間以上の放水に必要な水量（120 m³）に対して十分な水量（No.3 ろ過水タンク約 1,000 m³、No.4 ろ過水タンク約 1,000 m³）を確保している。これは 5 号、6 号及び 7 号炉の共用を考慮した場合に必要な容量となる 360 m³に対しても十分な容量である。なお、水消火設備に必要な消火水の容量について、屋内消火栓は消防法施行令第十一条、屋外消火栓は消防法施行令第十九条に基づき算出した容量とする。また、消火ポンプについては電動機駆動消火ポンプ、ディーゼル駆動消火ポンプ（定格流量 2,950 L /min）を各 1 台以上有し、多様性を備えている。ポンプ容量については消防法施行規則にて要求される屋内消火栓並びに屋外消火栓の必要流量（150 L /min×2 台+400 L /min×2 台=1,100 L /min）に対して十分な容量を有しており、設置場所についても風水害に対して性能を著しく阻害されないよう止水対策を施した建屋に設置する。

- ・ 消防法施行令第十一条の要求

$$\begin{aligned} \text{屋内消火栓必要水量} &= 2 \text{ (個の消火栓)} \times 130\text{L}/\text{min} \times 2 \text{ 時間} \\ &= 31.2\text{m}^3 \end{aligned}$$

- ・ 消防法施行令第十九条の要求

$$\begin{aligned} \text{屋外消火栓必要水量} &= 2 \text{ (個の消火栓)} \times 350\text{L}/\text{min} \times 2 \text{ 時間} \\ &= 84.0\text{m}^3 \end{aligned}$$

したがって、水消火設備に必要な消火水の容量、2時間以上の放水量は、屋内及び屋外消火栓必要水量の総和 $31.2\text{m}^3 + 84.0\text{m}^3 = 115.2\text{m}^3 \div 120\text{m}^3$ となる。

また、水消火設備の耐震クラスについては、これまで耐震Cクラスとして整理されているが、火災防護に係る審査基準において消火設備に対して地震等の自然現象によっても消火の機能、性能が維持される設計であることが求められる。消火設備については安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、それらが設置される火災区域又は火災区画に基づき対策を講じるものであることから、安全機能を有する火災区域又は火災区画内において防護対象機器の耐震クラスに応じた消火設備の耐震性が確保されているか確認し、水消火設備の耐震クラスを以下のとおり設定する。

資料2並びに資料9にて選定した安全機能を有する火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルが設置される火災区域又は火災区画についてはS_s機能維持された全域の固定式消火設備の設置を行うことから、耐震Sクラスの防護対象機器に対して耐震クラスに応じた消火機能が確保され、地震後に火災区域又は火災区画内の消火機能が失われることはない(資料3添付資料2)。一部の火災区域又は火災区画については内包する可燃物量(火災の発生・延焼が考えにくい弁のグリッパ・計装ラック、金属筐体に覆われた分電盤等を除く)について1,000MJ、等価火災時間0.1時間を基準として設け、現場の詳細な調査の上、いずれの可燃物についても金属製筐体に覆われ、煙が充満しにくく、可燃物間の相互の延焼防止が図られ大規模な火災や煙が発生しにくい環境であることを確認し、手動消火活動が可能な火災区域又は火災区画と整理し全域の固定式消火設備を設けていない。しかしながら、内包する可燃物に対して十分な消火機能を有する消火器を設置すること、これらの消火器については基準地震動に対して転倒、破損等しないよう固縛を行うとともに地震により機能が失われないことを加振試験により確認する。よって、これらの火災区域又は火災区画においても、地震後も消火器により消火可能であることから耐震クラスに応じた消火機能が確保される。

なお、地震後の手動消火活動への影響を考慮すると、低耐震クラスの油内包機器からの油漏えい火災又は電源盤からの火災発生が考えられる。安全機能を有する火災区域又は火災区画*のうち、固定式消火設備を設けない火災区域又は火災区画とそれらの火災区域又は火災区画に設置された低耐震クラス機器について添付資料9に示す。添付資料9に示すとおり低耐震クラス機器については、以下のとおり分類され、また火災による安全機能への影響を考慮し、耐震性の確保を行うことから消火器による手動消火に影響を与えないと考える。

- ①可燃物量が特に大きく、通常時に発火の可能性が否定できないことから Ss 機能維持された局所固定式消火設備の設置対象としている機器
- ②金属筐体に覆われ、外部への影響が考えにくく、可燃物量が少ない機器であることから消火器による手動消火が可能な機器
- ③使用時のみ電源を入れ、使用中の発火の際は周囲の作業員により初期消火活動が可能な機器

*リスト上は重大事故等対処設備を有する火災区域又は火災区画を含む

よって、固定式消火設備を設置しない火災区域又は火災区画について、地震後も消火器による手動消火活動が可能と考えることから消火機能が維持される。また、屋外の軽油タンクに対しては移動式消火設備を基準地震動 Ss に対して転倒しない設計とすることから、消火機能が維持される。

以上より、地震後も固定式消火設備、消火器、移動式消火設備により安全機能を有する各火災区域又は火災区画の消火の機能が維持され(第 6-1 図)、安全機能を有する構築物、系統及び機器に影響を与えることはないことを確認した。よって、水消火設備について水源・ポンプも含めて耐震 C クラス設計とする。ただし、消火配管は、地震時における地盤変位対策として、消火配管の建屋接続部には機械式継手を採用しないこととし、消火配管の地上化及びトレンチ内設置並びに給水接続口の設置を考慮した設計とし、原子炉建屋、タービン建屋内では消火配管の破断等が生じない設計とする。また、消火配管が屋外設置であることを踏まえ、保温材の取付けや不凍式消火栓の採用といった凍結防止を図る設計とする。

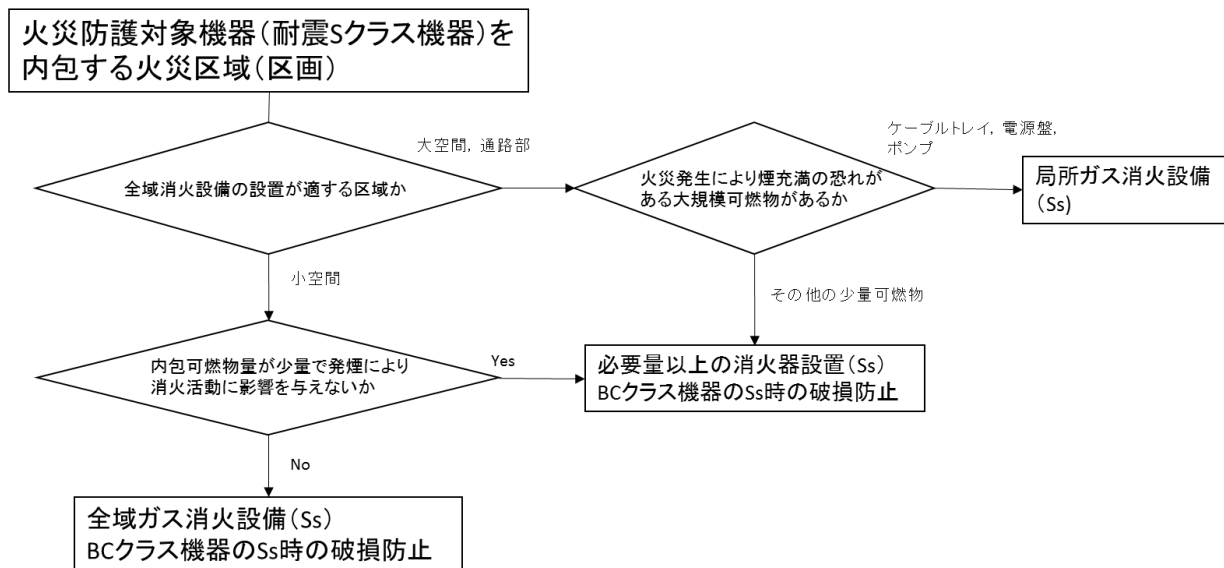
屋外設置された水消火設備の機器がその他の落雷、津波、竜巻、降水、積雪、地滑り、火山の影響、生物学的事象といった自然現象や森林火災によって機能を阻害される場合は、原因の除去又は早期の取替え、復旧を図る設計とする。

消火用水供給系は、復水補給水系等と共用する場合には、隔離弁を設置し通常全閉とすることで消火用水供給系の供給を優先する設計とする。なお、現時点では水道水系等とは共用していない。

なお、消火栓は、消防法施行令第十一条「屋内消火栓設備に関する基準」及び消防法施行令第十九条「屋外消火栓設備に関する基準」に基づき、すべての火災区域又は火災区画を消火できるように設置する。火災区域又は火災区画における消火栓の配置を添付資料 9 に示す。消火器は、消防法施行規則第六条「大型消火器以外の消火器具の設置」及び消防法施行規則第七条「大型消火器の設置」に基づき設置する設計とする。

以上により、消火用水供給系について水源の多重化、ポンプの多様化を図ること、消防法施行令に基づき必要な水量、ポンプ容量を備える設計とすること、また 5 号、6 号及び 7 号炉の共用に対し十分な容量を有していること、地震時

の地盤変位や風水害，凍結等を考慮した設計とすることから，火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。また，消火栓に関して，すべての火災区域又は火災区画を消火できるように設置すること，消防法施行令に基づき必要な容量を確保することから火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。



第 6-1 図：安全機能を有する火災区域又は火災区画における消火設備の耐震性について

3.2.5. 移動式消火設備について（既設）

移動式消火設備については、化学消防自動車 2 台を配備し、消火ホース等の資機材を備え付けている。加えて、大型化学高所放水車 2 台を配備している。添付資料 10 に、移動式消火設備について示す。また、消火用水のバックアップラインとして屋外に設置された連結送水口に移動式消火設備を接続することで、建屋内の屋内消火栓に対しても給水が可能である。移動式消火設備については、耐震 S クラス設備である軽油タンクの消火に用いることから、地震により転倒しない設計とする。

なお、移動式消火設備の操作については、発電所構内の自衛消防隊詰め所に 24 時間体制で配置している自衛消防隊にて実施する。

以上により、移動式消火設備を配備していることから火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

4. 消火活動が困難となる火災区域又は火災区画の考え方

火災防護に係る審査基準の「2.2.1 (2) 消火設備」では、安全機能を有する機器等を設置する火災区域又は火災区画であって、火災発生時に煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難なところには、自動消火又は手動操作による固定式消火設備の設置が要求されていることから、ここでは「火災発生時に煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難な場所」の選定方針について示す。

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉では、資料 2 「柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉における原子炉の安全停止に必要な機器について」の添付資料 5 「原子炉の安全停止に必要な機能を達成するための機器リスト」に記載されている機器等の設置場所は、基本的に「火災発生時に煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難な場所」として設定する。

ただし、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるかを考慮した結果、火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難とならない場所として以下を選定する。これらの火災区域又は火災区画については、消火活動により消火を行う設計とする。

(1) 中央制御室

中央制御室は、常駐する運転員によって火災感知器による早期の火災感知及び消火活動が可能であり、火災が拡大する前に消火可能であること、万一、火災によって煙が発生した場合でも建築基準法に準拠した容量の排煙設備によって排煙が可能であることから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

このため、中央制御室は消火器で消火を行う設計とする。

なお、中央制御室床下フリーアクセスフロアは、固有の信号を発する異なる種類の火災感知設備（煙感知器と熱感知器）、及び中央制御室からの手動操作により早期の起動が可能な固定式ガス消火設備（消火剤はハロン 1301）を設置する設計とする。

(2) 可燃物が少ない火災区域又は火災区画

可燃物が少ない火災区域又は火災区画は、火災源となる可燃物がほとんどないこと、持込み可燃物管理により火災荷重及び等価時間を低く抑えることから、煙の充満により消火活動が困難とならない場所として選定する。（添付資料 12）

これらの火災区域又は火災区画の消火については、消火器により消火活動を行う設計とする。なお、消火器については、消火器の技術上の規格を定める省令により、各火災源に対する消火試験にて消火能力が定められる。一般的な 10 型粉末消火器（普通火災の消火能力単位：3，油火災の消火能力単位：7）について、消火能力単位の測定試験時に用いられるガソリン火源（油火災の消火能力単位が 7 の場合、燃焼表面積 1.4m²，体積 42L）の発熱速度は、FDTs^{*1}により算出すると 3,100kW となる。また、この発熱量に相当する潤滑油の漏えい量は、NUREG/CR-6850^{*2}の考え方に則り燃焼する油量を内包油量の 10%と仮定して算出すると 1.8L（燃焼表面積 2.5m²）となるが、いずれの火災区域又は火災区画でもこれを上回る漏えい火災が想定される潤滑油内包機器はない。

一方、盤については、NUREG/CR-6850^{*2} 表 G-1 に示された発熱速度（98%信頼上限値で最大 1,002kW）を包絡していることを確認した。さらに、これらの火災区域又は火災区画にケーブルトレイがないことを確認している。

よって、これらの火災区域又は火災区画に対する消火手段として、消火器が十分な消火能力を有しているものとする。また、消火器の配備数としては消防法施行規則第六，七条に基づき各フロアの床面積から算出される必要消火能力単位を有する消火器を必要数，建屋通路部に設置することに加え，裕度を見込み可燃物が少ない火災区域の入口扉の内側近傍及び外側近傍に普通火災の消火能力単位 3 以上の消火器を 2 個以上

追加で設置する設計とする。(第 6-2 図) なお、火災荷重の基準値である 1,000MJ については、消火性能試験におけるガソリン量 42L (1,300MJ) とほぼ同等の可燃物量である。また、小型の盤や計装ラックについても同程度の可燃物量であり、これらの可燃物について瞬間的な発熱速度を考慮しても十分な消火が可能と考えることから、消火可能な可燃物量の基準値として設けるものである。

- ※ 1 : ” Fire Dynamics Tools (FDTs):Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program” , NUREG-1805
- ※ 2 : EPRI/NRC-RES Fire PRA Methodology for Nuclear Power Facilities, Final Report, (NUREG/CR-6850, EPRI 1011989)



第 6-2 図：消火活動が困難でない火災区域又は火災区画に対する消火器の配置例

- (3) 非常用ディーゼル発電機軽油タンクエリア及び燃料移送系ポンプエリア

非常用ディーゼル発電機軽油タンクエリア及び燃料移送系ポンプエリアについては屋外開放の火災区域であり，火災が発生しても煙は充満しないことから煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域として選定する。

このため，非常用ディーゼル発電機軽油タンクエリア及び燃料移送系ポンプエリアは消火器又は移動式消火設備で消火を行う設計とする。

5. 火災により安全機能へ影響を及ぼすおそれが考えにくい火災区域又は火災区画の考え方

以下に示す火災区域又は火災区画は，火災により安全機能へ影響を及ぼすおそれが考えにくいことから，消防法又は建築基準法に基づく対策を行う設計とする。

- (1) 不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された火災防護対象機器を設置する火災区域又は火災区画

火災防護対象機器のうち，不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された配管，容器，タンク，手動弁，コンクリート構造物については流路，バウンダリとしての機能が火災により影響を受けることは考えにくいため，消防法又は建築基準法に基づく対策を行う設計とする。

- (2) フェイルセーフ設計の火災防護対象機器を設置する火災区域又は火災区画

フェイルセーフ設計の設備については火災により動作機能を喪失した場合であっても，安全機能が影響を受けることは考えにくいため，消防法又は建築基準法に基づく対策を行う設計とする。

6. まとめ

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉における安全機能を有する構築物，系統及び機器の火災を早期に消火するための消火設備を下表に示す。（第 6-1 表）

第 6-1 表：柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉 安全機能を有する機器等を設置する火災区域又は火災区画の消火設備

消火設備	消火剤	必要消火剤量	主な消火対象
全域ガス 消火設備	ハロン 1301	1 m ³ あたり 0.32kg	煙の充満等により消火活動が 困難な火災区域又は火災区画
	HFC-227ea	1 m ³ あたり 0.55kg	
二酸化炭素 消火設備	二酸化炭素	1 m ³ あたり 0.8～0.9kg	非常用ディーゼル発電機室
局所ガス 消火設備	ハロン 1301	1 m ³ あたり 5.0kg 以下	原子炉建屋通路部の油内包機 器
	FK-5-1-12	1 m ³ あたり 0.84～1.46kg に 開口補償を見込む	原子炉建屋通路部のケーブル トレイ，電源盤，制御盤
水消火設備 (消火栓)	水	130L/min 以上 (屋内) 350L/min 以上 (屋外)	全火災区域又は火災区画
消火器	粉末等	消防法施行規則第六， 七条に基づく必要数に 裕度を見込む	煙の充満等により消火活動が 困難とならない火災区域又は 火災区画

添付資料 1

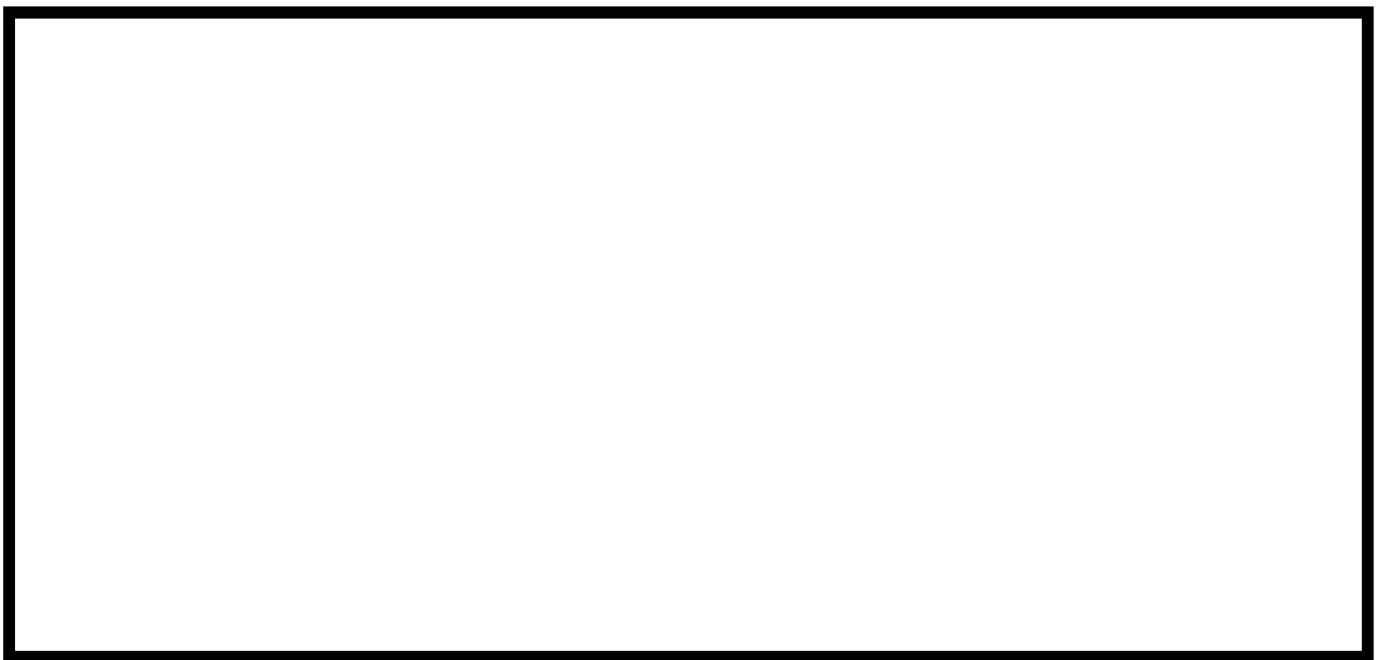
実用発電用原子炉及びその附属施設の
火災防護に係る審査基準（抜粋）

○7号炉原子炉建屋 3FL 南側通路

当該エリアに設置している油内包機器，電源盤（常用系のMCC）等以外の機器は，ケーブル分岐箱，分電盤，排風機，タンク，サンプリングラック等である。これらは筐体・金属被覆の可とう電線管に収納していること等により，万一当該機器及びケーブルにおける火災が発生しても，他の機器で火災が発生することを防止する設計としている。

また，可燃物管理により火災荷重を低く抑えることから，煙の充満により消火活動が困難とならない。

エリアレイアウト



設置されている機器

ケーブル分岐箱，分電盤



排風機



タンク



サンプリングラック



○7号炉原子炉建屋 4FL オペレーティングフロア

当該エリアに設置している機器は、エリアモニタ、計器、クレーン、操作箱、制御盤等である。これらは筐体・金属被覆の可とう電線管に収納していること等により、万一当該機器及びケーブルにおける火災が発生しても、他の機器で火災が発生することを防止する設計としていること、また、クレーンや操作箱については通常通電されておらず発火源がないこと、使用時のみ電源を投入し、使用の際は近傍に作業員がいるため万一火災が発生してもすぐに初期消火可能であることから、火災が発生するおそれがない。

また、可燃物管理により火災荷重を低く抑えることから、煙の充満により消火活動が困難とならない。

エリアレイアウト



設置されている機器

エリアモニタ



計器



クレーン



操作箱



制御盤



○6号炉原子炉建屋 B3FL 西側通路

当該エリアに設置している機器は、地震観測装置、計装ラック、空気作動弁、原子炉系多重伝送現場盤等である。これらは筐体・金属被覆の可とう電線管に収納していること等により、万一当該機器及びケーブルにおける火災が発生しても、他の機器で火災が発生することを防止する設計としている。

また、可燃物管理により火災荷重を低く抑えることから、煙の充満により消火活動が困難とならない。

エリアレイアウト



設置されている機器

地震観測装置



計装ラック



空気作動弁



原子炉系多重伝送現場盤



○6号炉原子炉建屋 B3FL 北側通路

当該エリアに設置している機器は、計装ラック、機器収容架等である。これらは筐体・金属被覆の可とう電線管に収納していること等により、万一当該機器及びケーブルにおける火災が発生しても、他の機器で火災が発生することを防止する設計としている。

また、可燃物管理により火災荷重を低く抑えることから、煙の充満により消火活動が困難とならない。

エリアレイアウト



設置されている機器

計装ラック



機器収容架



○6号炉原子炉建屋 4FL オペレーティングフロア

当該エリアに設置している機器は、エリアモニタ、制御盤、補助増幅器、クレーン、分電盤等である。これらは筐体・金属被覆の可とう電線管に収納していること等により、万一当該機器及びケーブルにおける火災が発生しても、他の機器で火災が発生することを防止する設計としていること、また、クレーンについては通常通電されておらず発火源がないこと、使用時のみ電源を投入し、使用の際は近傍に作業員がいるため万一火災が発生してもすぐに初期消火可能であることから、火災が発生するおそれがない。

また、可燃物管理により火災荷重を低く抑えることから、煙の充満により消火活動が困難とならない。

エリアレイアウト



設置されている機器

エリアモニタ



制御盤



補助増幅器



クレーン



分電盤



添付資料 1 2

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における
安全機能を有する構築物，系統及び機器周辺の
可燃物等の状況について

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における 安全機能を有する構築物，系統及び機器周辺の 可燃物等の状況について

1. 目的

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画は，基本的には，火災発生時の煙の充満により消火活動が困難となるものとして選定するが，屋外の火災区域又は火災区画並びに可燃物が少ない火災区域又は火災区画は，火災発生時，煙の充満により消火活動が困難とならないことから，消火器による消火が可能である。

したがって，安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の現場の状況を確認し，火災発生時の煙の充満により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画を選定する。

2. 火災発生時の煙の充満により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の可燃物状況について

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画のうち，火災発生時の煙の充満により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の現場の状況を以下に示す。なお，これらの火災区域又は火災区画は，発火源となる高温の熱源がないこと，火災源となる可燃物がほとんどないことに加え，持込み可燃物管理により火災荷重を低く抑える。持込み可燃物の管理について，具体的には危険物の仮置き禁止，火災区域又は火災区画に仮置きされる可燃物の種類，量の確認と火災荷重の評価を行う。火災区域又は火災区画内の仮置きについても，安全機能を有する構築物，系統及び機器の近傍には仮置きしないよう管理する。以上の持込み可燃物管理に係わる要領については，火災防護計画に定める。

○6号炉

(1) 炉心流量 (DIV-I) 計装ラック, スクラム地震計 (I) 室

炉心流量 (DIV-I) 計装ラック, スクラム地震計 (I) 室に設置している機器は, 計装ラック, 地震観測装置等である。これらは不燃性材料, 難燃性材料で構成されており, 可燃物は設置しておらず, ケーブルは電線管及び金属製の可とう電線管で敷設している。

また, 可燃物管理により火災荷重を低く抑えることから, 煙の充満により消火活動が困難とならないため, 消火器又は消火栓による消火が可能である。

エリアレイアウト



設置されている機器



計装ラック



地震観測装置及び可とう電線管

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における
火災防護対象機器等の系統分離について

<目 次>

1. 概要
 2. 要求事項
 3. 火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの選定
 4. 相互の系統分離の考え方
 5. 火災の影響軽減対策
 - 5.1. 火災区域を構成する耐火壁
 - 5.2. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを分離する耐火壁等
 6. 中央制御盤の火災の影響軽減対策
 - 6.1. 中央制御盤内の分離対策
 - 6.2. 中央制御室床下フリーアクセスフロアの分離対策
 - 6.3. 中央制御室火災時の原子炉の安全停止に係る影響評価
-
- 添付資料 1 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における火災の影響軽減のための系統分離対策について
 - 添付資料 2 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における3時間耐火壁及び隔壁等の耐久試験について
 - 添付資料 3 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における中央制御盤内の分離について
 - 添付資料 4 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における中央制御室のケーブルの分離状況
 - 添付資料 5 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における中央制御室の制御盤の火災を想定した場合の対応について

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における 火災防護対象機器等の系統分離について

1. 概要

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉においては、以下の要求事項を考慮し、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対して、「火災の影響を軽減する」ための対策を講じる。

2. 要求事項

火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（以下「火災防護に係る審査基準」という。）の「2.3 火災の影響軽減」に基づき実施することが要求されている。

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（抜粋）

2.3 火災の影響軽減

2.3.1 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し、以下の各号に掲げる火災の影響軽減のための対策を講じた設計であること。

- (1) 原子炉の高温停止及び低温停止に係わる安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域については、3 時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって他の火災区域から分離すること。

- (2) 原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その相互の系統分離及びこれらに関連する非安全系のケーブルとの系統分離を行うために、火災区画内又は隣接火災区画間の延焼を防止する設計であること。具体的には、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルが次に掲げるいずれかの要件を満たしていること。
- a. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間が3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離されていること。
 - b. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間の水平距離が6m以上あり、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。この場合、水平距離間には仮置きするものを含め可燃性物質が存在しないこと。
 - c. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間が1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離されており、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。

3. 火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの選定

火災防護に係る審査基準の「2.3 火災の影響軽減」では、原子炉施設内のいかなる火災によっても、安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には、火災による影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉を高温停止及び低温停止を達成し、維持できることを求め、また、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することに係る安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じて、「その相互の系統分離」を要求している。

火災が発生しても、原子炉を高温停止及び低温停止を達成し、維持するためには、プラント状態を監視しながら原子炉を停止し、冷却を行うことが必要であり、このためには、以下のそれぞれの機能を達成するための手段を、手動操作に期待してでも、少なくとも一つ確保するよう系統分離対策を講じる必要がある。

【原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機能】

- (1) 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能
- (2) 過剰反応度の印加防止機能
- (3) 炉心形状の維持機能
- (4) 原子炉の緊急停止機能
- (5) 未臨界維持機能
- (6) 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能
- (7) 原子炉停止後の除熱機能
- (8) 炉心冷却機能
- (9) 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能
- (10) 安全上特に重要な関連機能
- (11) 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能
- (12) 事故時のプラント状態の把握機能
- (13) 制御室外からの安全停止機能

このため、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機能について、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」から抽出し、火災によってこれらの機能に影響を及ぼす系統、及びこれらの系統に対する「原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機器」を、8条-別添1-資料2「柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉における原子炉の安全停止に必要な機器の選定について」で選定する。

なお、上記で選定された機器は、火災が発生した場合に原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することに影響を及ぼす機器であることから、これらを「火災防護対象機器」とし、火災防護対象機器を駆動若しくは制御するケーブル（電源盤や制御盤を含む）を「火災防護対象ケーブル」とする。

4. 相互の系統分離の考え方

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な安全機能を有する構築物、系統及び機器における「その相互の系統分離」を行う際には、単一火災（任意の一つの火災区域で発生する火災）の発生によって、相互に分離された安全系区分のすべての安全機能が喪失することのないよう、原則、安全系区分Ⅰ・Ⅱの境界を火災区域の境界として3時間以上の耐火能力を有する耐火壁・隔壁等で分離する。すなわち、安全系区分Ⅰの機器等を設置する区域を火災区域として3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁・隔壁等で囲う。（第7-1図）

区分Ⅰ・Ⅱの境界を火災区域の境界として3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離

単一火災によっても区分Ⅰ・Ⅱが同時に機能喪失することを回避し、高温停止・低温停止を達成

安全系区分	区分Ⅰ	区分Ⅱ	区分Ⅲ*
高温停止	原子炉隔離時冷却系 [RCIC]	高圧炉心注水系 (B) [HPCF (B)]	高圧炉心注水系 (C) [HPCF (C)]
低温停止	自動減圧系 (A) [SRV (ADS (A))]	自動減圧系 (B) [SRV (ADS (B))]	—
	残留熱除去系 (A) [RHR (A)]	残留熱除去系 (B) [RHR (B)]	残留熱除去系 (C) [RHR (C)]
	原子炉補機冷却水系 (A) [RCW (A)]	原子炉補機冷却水系 (B) [RCW (B)]	原子炉補機冷却水系 (C) [RCW (C)]
	原子炉補機冷却海水系 (A) [RSW (A)]	原子炉補機冷却海水系 (B) [RSW (B)]	原子炉補機冷却海水系 (C) [RSW (C)]
動力電源	非常用ディーゼル発電機 (A) [DG (A)]	非常用ディーゼル発電機 (B) [DG (B)]	非常用ディーゼル発電機 (C) [DG (C)]
	非常用交流電源 (C) 系	非常用交流電源 (D) 系	非常用交流電源 (E) 系
	非常用直流電源 (A) 系	非常用直流電源 (B) 系	非常用直流電源 (C) 系

※ 区分Ⅲ機器のうち、DG (C) の監視制御盤、RCW (C) のサージタンク水位計等、一部の機器は区分Ⅰ側の火災区域に設置

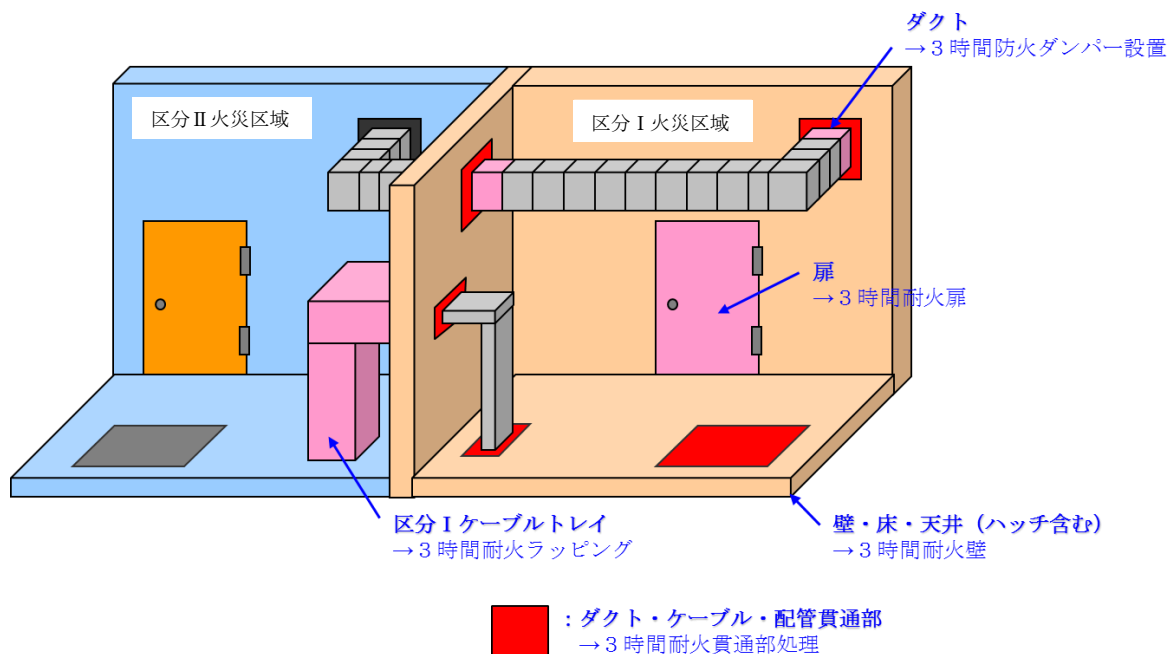
第7-1図：3時間耐火能力を有する隔壁等による系統分離の概要

5. 火災の影響軽減対策

火災防護に係る審査基準の「2.3 火災の影響軽減」(1)及び(2)a.では、「原子炉の高温停止及び低温停止に関わる安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域」及び「互いに相違する系列の火災防護対象機器等の系列間」を、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁又は隔壁等により分離することが要求されている。

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉では、相互の系統分離が必要な箇所については中央制御室床下フリーアクセスフロアを除き、すべて「3時間以上の耐火能力を有する耐火壁又は隔壁等」により分離することとしている。柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉に設置する「3時間以上の耐火能力を有する耐火壁又は隔壁等」を以下に示す。(第7-2図)

なお、以下に示す以外の耐火壁及び隔壁等についても、火災耐久試験により3時間以上の耐火性能が確認できたものは、「3時間以上の耐火能力を有する耐火壁又は隔壁等」として使用する設計とする。(添付資料1)



第7-2図：火災の影響軽減対策の全体イメージ

5.1. 火災区域を構成する耐火壁

火災区域は、3 時間以上の耐火性能を有する耐火壁（強化石膏ボード、貫通部シール、防火扉、防火ダンパ、天井デッキスラブ）・隔壁等（耐火間仕切り、ケーブルトレイ等耐火ラッピング）（添付資料 2）で分離する設計とする。

耐火壁のうち、コンクリート壁、床、天井については、建築基準法を参考に国内の既往の文献から確認した結果、3 時間耐火に必要な最小厚さ以上の厚さが確保されていることを確認した。コンクリート壁以外の耐火壁・隔壁等については、火災耐久試験により 3 時間以上の耐火性能を確認できたものを使用する。耐火壁等の設置に係る現場施工においては、火災耐久試験の試験体仕様に基づき、耐火性能を確保するために必要な施工方法及び検査項目を定める。

また、屋外に設置している以下の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについては、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」に基づき、火災区域を設定する。

- 非常用ディーゼル発電機燃料移送系ポンプ区域
- 非常用ディーゼル発電機軽油タンク区域

5.2. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを分離する耐火壁等

互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、火災耐久試験により 3 時間以上の耐火能力を確認した隔壁等（ラッピング材等、添付資料 2 参照）で系統分離する。主な隔壁等の対策箇所については、8 条-別添 1-資料 3 の添付資料 2 に示す。

6. 中央制御盤の火災の影響軽減対策

6.1. 中央制御盤内の分離対策

中央制御室制御盤内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、運転員の操作性及び視認性向上を目的として近接して設置することから、互いに相違する系列の水平距離を 6m 以上確保することや互いに相違する系列を 3 時間又は 1 時間の耐火能力を有する隔壁等で分離することが困難である。

このため、中央制御盤内の火災防護対象機器等は、以下 a. ～c. に示すとおり、実証試験結果に基づく離隔距離等による分離対策、高感度煙検出設備の設置による早期の火災感知及び常駐する運転員による早期の消火活動を行う設計とする。

なお、中央制御室非常用換気空調系については、火災により機能喪失しても室温上昇に時間的余裕があることから、中央制御室の負荷制限等を行うことによって中央制御室の居住性を維持することが可能である。

a. 離隔距離等による分離

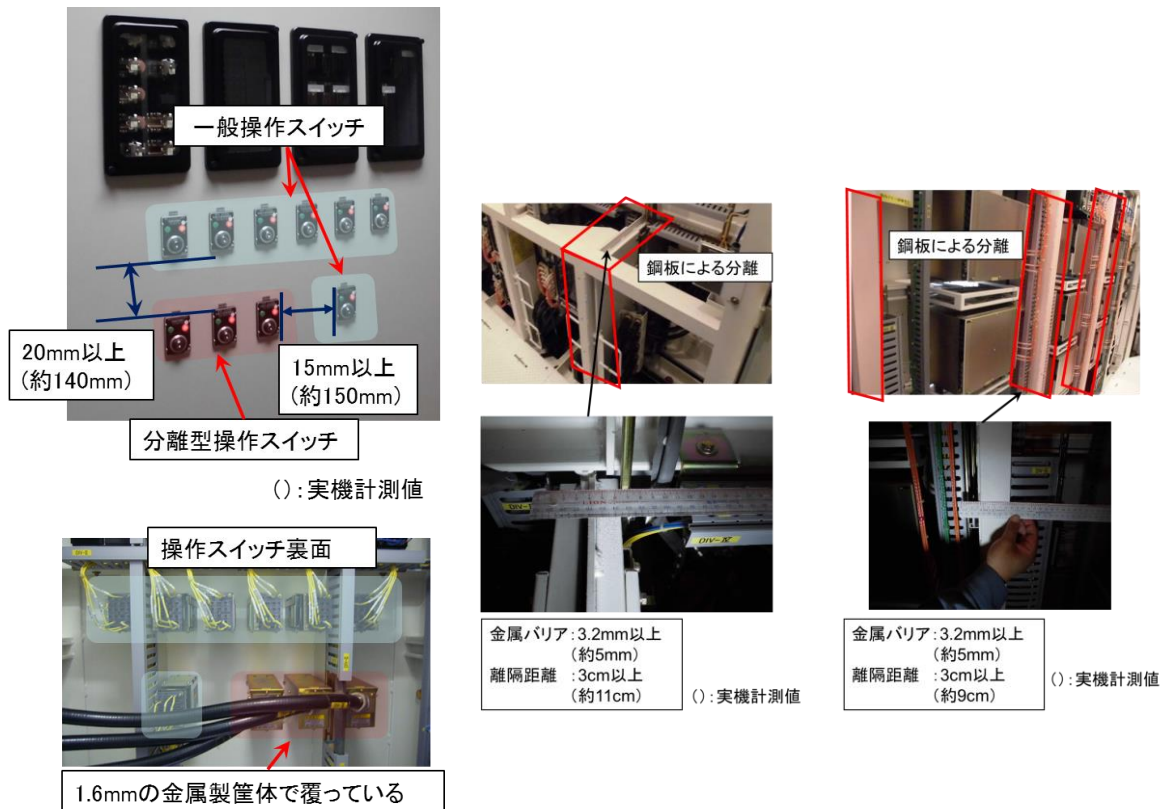
中央制御室の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、運転員の操作性及び視認性向上を目的として近接して設置することから、中央制御室の制御盤については区分ごとに別々の盤で分離する設計とする。一部、一つの制御盤内に複数の安全系区分の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを設置しているものがあるが、これらについては、区分間に金属製の仕切りを設置する。ケーブルについては当該ケーブルに火災が発生しても延焼せず、また、周囲へ火災の影響を与えない金属外装ケーブル、耐熱ビニル電線、難燃仕様の ETFE 電線及び難燃ケーブルを使用し、電線管に敷設する、又は離隔距離を確保すること等により系統分離する設計とする。これらについては、火災を発生させて近接するほかの区分の構成部品に火災の影響がないことを確認した実証試験（※1）の結果に基づき、以下に示す分離対策を講じる設計とする。（第 7-3 図，添付資料 3）

（※1）出典：「ケーブル，制御盤および電源盤火災の実証試験」，TLR-088，
（株）東芝，H25 年 3 月

- (a) 制御盤は厚さ 3.2mm 以上の金属製筐体で覆う設計とする。
- (b) 安全系異区分が混在する制御盤内では、区分間に厚さ 3.2mm 以上の金属製バリアを設置するとともに盤内配線ダクトの離隔距離を 3cm 以上確保する設計とする。
- (c) 安全系異区分が混在する制御盤内にある操作スイッチは、厚さ 1.6mm

以上の金属製筐体で覆う設計とする。

- (d) 安全系異区分が混在する制御盤内にある配線は，金属製バリアにより覆う設計とする。
- (e) 当該ケーブルに火災が発生しても延焼せず，また，周囲への火災の影響を与えない金属外装ケーブル，耐熱ビニル電線，難燃仕様の ETFE 電線及び難燃ケーブルを使用する設計とする。



第 7-3 図：中央制御盤内のバリア状況

b. 高感度煙検出設備の設置による早期の火災感知設備

中央制御室内には、異なる 2 種類の火災感知器を設置する設計とするとともに、火災発生時には常駐する運転員による早期の消火活動によって、異区分への影響を軽減する設計とする。特に、一つの制御盤内に複数の安全系区分の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを設置しているものについては、これに加えて盤内へ高感度煙検出設備を設置する設計とする。

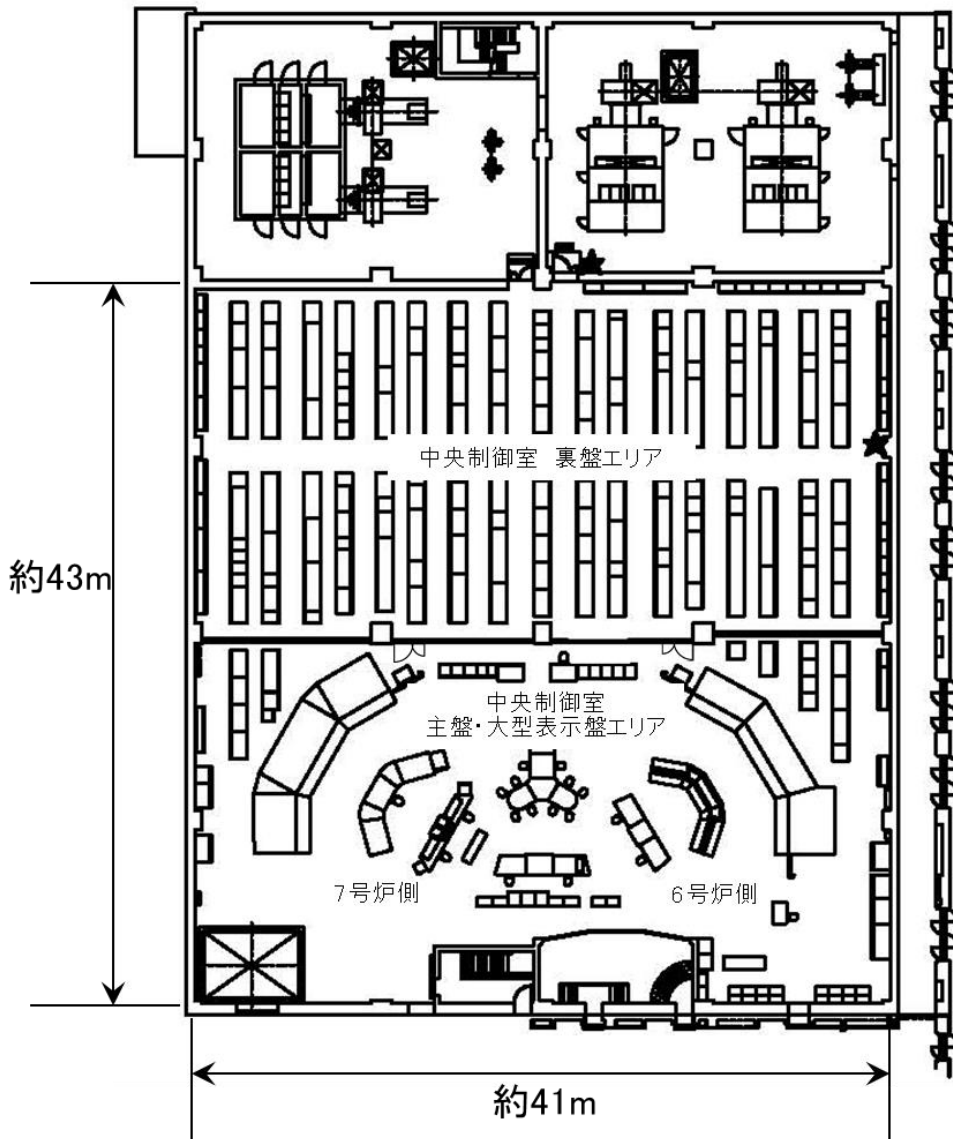
(8 条-別添 1-資料 5-添付資料 3)

c. 常駐する運転員による早期の消火活動

中央制御室制御盤内に自動消火設備は設置しないが、中央制御室制御盤内に火災が発生しても、高感度煙検出設備や中央制御室の火災感知器からの感知信号により、常駐する運転員が中央制御室に設置する消火器で早期に消火活動を行うことで、相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルへの火災の影響を防止できる設計とする。

消火設備は、電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を使用する設計とし、常駐する運転員による中央制御室内の火災の早期感知及び消火を図るために、消火活動の手順を定めて、訓練を実施する。

中央制御室のエリア概要を第 7-4 図に示す。また、運転員による制御盤内の火災に対する二酸化炭素消火器による消火の概要を第 7-5 図に示す。さらに、火災の発生箇所の特定制が困難な場合も想定し、サーモグラフィカメラ等、火災の発生箇所を特定できる装置を配備する。

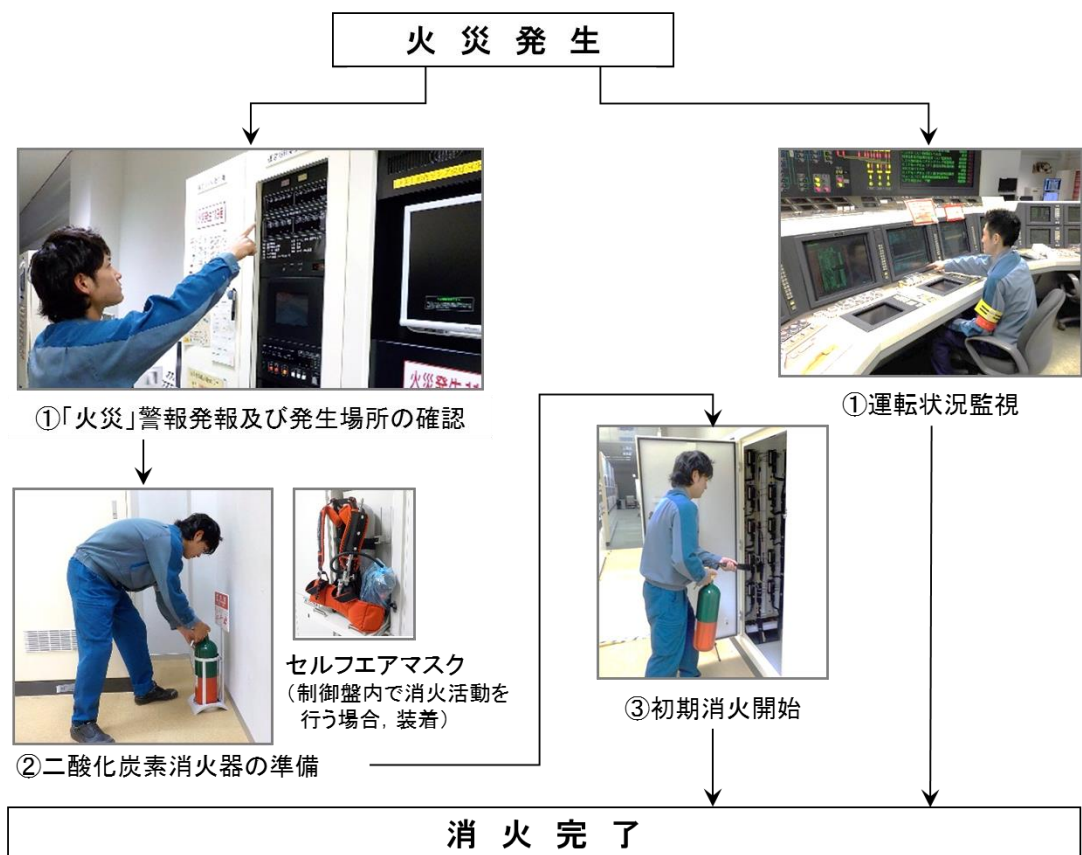


第 7-4 図：中央制御室について

火災が発生した場合、運転員は受信機盤により、火災が発生している区画を特定する。消火活動は2名で行い、1名は、直ちに至近の二酸化炭素消火器を準備し、火災発生個所に対して、消火活動を行う。もう1名は、予備の二酸化炭素消火器の準備等を行う。

制御盤内での消火活動を行う場合は、セルフエアマスクを装着して消火活動を行う。

なお、中央制御室主盤・大型表示盤エリア及び中央制御室裏盤エリアへの移動は、距離が短いことから、短時間で移動して、速やかに消火活動を実施する。



第 7-5 図：運転員による制御盤内の火災に対する消火の概要

二酸化炭素消火器を閉鎖された空間で使用する場合は、二酸化炭素濃度が上昇すると共に酸素濃度が低下するおそれがある。したがって、運転員に対して二酸化炭素消火器の取扱いに関する教育並びに訓練を行うとともに、制御盤内で消火活動を行う場合は、セルフエアマスクを装着する等消火手順を定める。

6.2. 中央制御室床下フリーアクセスフロアの分離対策

中央制御室床下フリーアクセスフロアの火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、運転員の操作性及び視認性向上を目的として近接して設置することから、中央制御室床下フリーアクセスフロアに敷設する火災防護対象ケーブルについても、互いに相違する系列の水平距離を 6m 以上確保することや互いに相違する系列を 3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離することが困難である。

このため、中央制御室床下フリーアクセスフロアの火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、以下に示すとおり、1 時間以上の耐火能力を有する分離板又は障壁による分離対策、固有の信号を発する異なる 2 種類の火災感知器の設置による早期の火災感知及び固定式ガス消火設備による早期の消火を行う設計とする。

a. 分離板等による分離

中央制御室床下フリーアクセスフロアに敷設する互いに相違する系列の火災防護対象ケーブルについては、非安全系ケーブルも含めて 1 時間以上の耐火能力を有する分離板又は障壁で分離する設計とする（第 7-6 図）。また、ある区分の火災防護対象ケーブルが敷設されている箇所に別区分の火災防護対象ケーブルを敷設する場合は、1 時間以上の耐火能力を有する耐火材で覆った電線管又はトレイに敷設する設計とする（添付資料 4）。

b. 火災感知設備

中央制御室床下フリーアクセスフロアには、固有の信号を発する異なる種類の煙感知器と熱感知器を組み合わせ設置する設計とする。これらの火災感知設備は、アナログ式のものとする等、誤作動防止対策を実施する設計とする。また、これらの感知設備は、外部電源喪失時においても火災の感知が可能となるよう、非常用電源から受電するとともに、火災受信機盤は中央制御室に設置し常時監視できる設計とする。受信機盤は、作動した火災感知器を 1 つずつ特定できる機能を有するよう設計する。

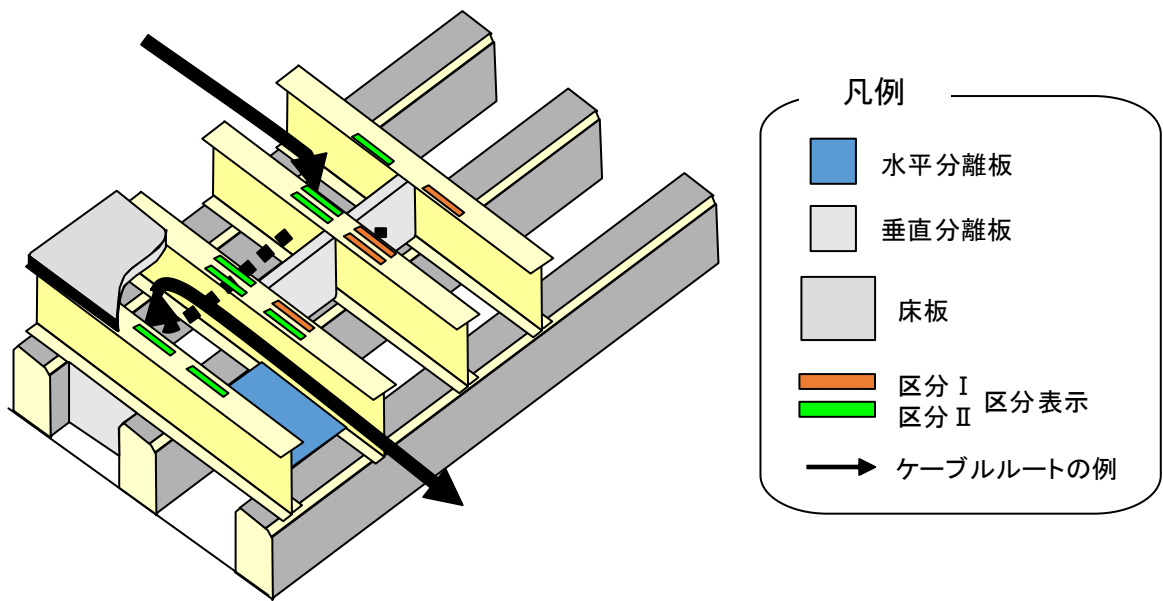
また、中央制御室に設置したサーモグラフィカメラにより火災の発生箇所を特定できる装置を配備する。

c. 消火設備

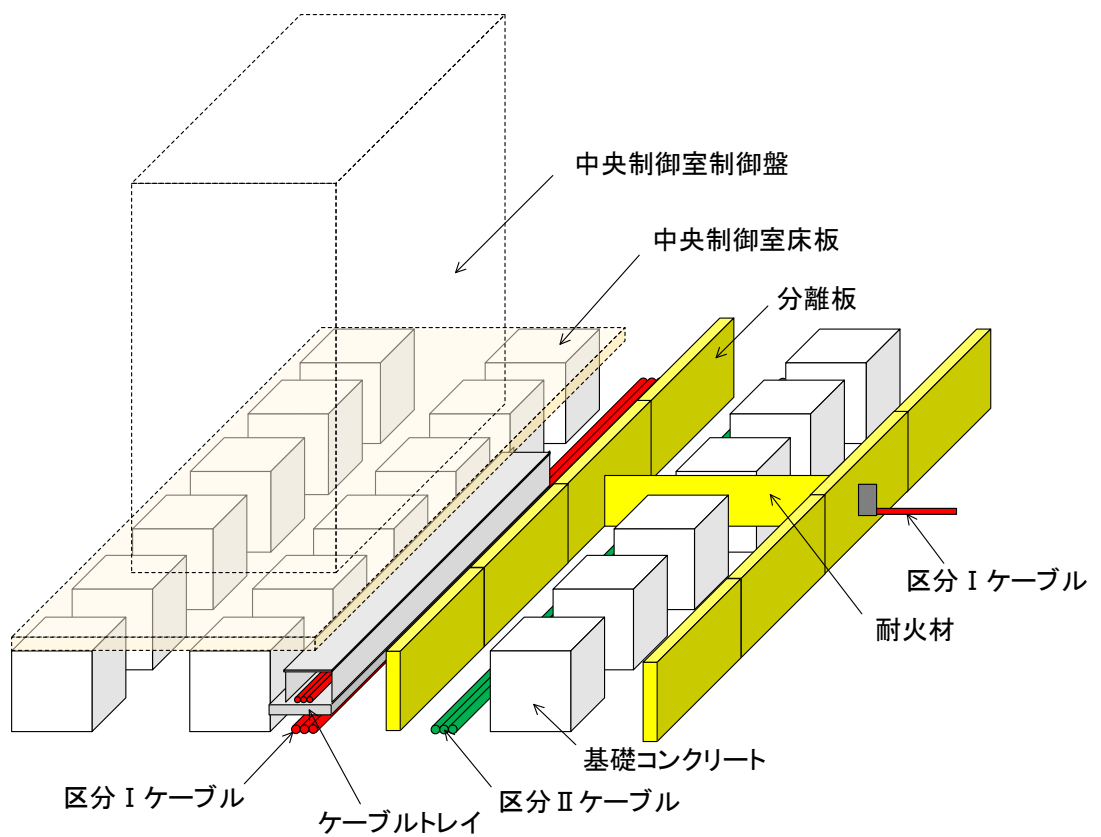
中央制御室床下フリーアクセスフロアは、中央制御室からの手動操作により早期の起動が可能な固定式ガス消火設備（消火剤はハロン 1301）を設置する設計とする。この消火設備は、それぞれの安全系区分を消火できるものとし、故障警報及び作動前の警報を中央制御室に吹鳴する設計とする。また、外部電源喪失時においても消火が可能となるよう、非常用電源から受電する設計とする。

なお、中央制御室床下フリーアクセスフロアの固定式ガス消火設備は自動起動設定も可能である。中央制御室床下フリーアクセスフロアの固定式消火設備について、消火後に発生する有毒なガス（フッ化水素等）は中央制御室の空間容積が大きいいため拡散による濃度低下が想定されるが、中央制御室に運転員が常駐していることを踏まえ、人体への影響を考慮して、運用面においては自動起動とはせず手動操作による起動とする。また、中央制御室床下フリーアクセスフロアの固定式ガス消火設備は、中央制御室床下フリーアクセスフロアにアナログ式の異なる2種の火災感知器を設置すること、中央制御室内には運転員が常駐することを踏まえると、手動操作による起動であっても自動起動と同等に早期の消火が可能な設計である。さらに、火災の早期感知消火を図るために、中央制御室床下フリーアクセスフロアの消火活動の手順を定めて、訓練を実施する。

なお、火災発生時、火災発生場所を火災感知設備により確認し、中央制御室床下フリーアクセスフロアの床板を外して、中央制御室に設置する二酸化炭素消火器を用いた消火活動を行うことも可能である。中央制御室床下フリーアクセスフロアの床板は、治具を用いて容易に取り外すことが可能であるが、早期消火の観点から中央制御室床下フリーアクセスフロアの消火活動の手順の中に床板の取り外し方法も定めて、訓練を実施する。



(a) 柏崎刈羽原子力発電所 6号炉



(b) 柏崎刈羽原子力発電所 7号炉

第7-6図：中央制御室床下フリーアクセスフロアの構造図

6.3. 中央制御室火災発生時の原子炉の安全停止に係る影響評価

中央制御室の火災により、中央制御室内の一つの制御盤の機能がすべて喪失したと仮定しても、他の制御盤での運転操作により、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することが可能であることを確認した。その結果を添付資料5に示す。

さらに、中央制御室については、当該制御室を3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で囲うことにより、中央制御室内で火災が発生し、原子炉緊急停止後、中央制御室が万一、機能喪失しても、制御室外原子炉停止装置室からの操作により、原子炉の高温停止及び低温停止を達成することが可能な設計とする。

一方、制御室外原子炉停止装置室内についても、当該装置室を3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で囲うことにより、当該装置室内での火災によって当該装置室が万一、機能喪失しても、中央制御室からの操作により、原子炉の高温停止及び低温停止を達成することが可能な設計とする。制御室外原子炉停止装置による操作機能、及び中央制御室のみで操作が可能な機能を第7-1表に示す。

第 7-1 表：制御室外原子炉停止装置と中央制御室による操作機能

	制御室外原子炉停止装置で 監視・操作可能	中央制御室のみ 監視・操作可能
設置場所		コントロール建屋 2 階
原子炉減圧系	・主蒸気逃がし弁 3 弁	・自動減圧系
高圧炉心注水系	・高圧炉心注水系ポンプ (B)	・高圧炉心注水系ポンプ (C)
残留熱除去系	・残留熱除去系ポンプ (A) (B)	・残留熱除去系ポンプ (C)
低圧注水系	・残留熱除去系ポンプ (A) (B)	・残留熱除去系ポンプ (C)
原子炉補機冷却系	・原子炉補機冷却ポンプ (A) (D) (B) (E) ・原子炉補機冷却海水ポンプ (A) (D) (B) (E)	・原子炉補機冷却ポンプ (C) (F) ・原子炉補機冷却海水ポンプ (C) (F)
非常用ディーゼル 発電機	・非常用ディーゼル発電機 (A) (B)	・非常用ディーゼル発電機 (C)
非常用交流電源系	・非常用高圧母線 (C) (D) ・非常用低圧母線 (C) (D)	・非常用高圧母線 (E) ・非常用低圧母線 (E)
監視計器	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉水位・圧力 ・サプレッション・チェンバ・プ ール水位・温度 ・ドライウエル圧力 ・原子炉圧力容器下部周囲温度 ・残留熱除去系系統流量 ・残留熱除去系熱交換器出口弁・ バイパス弁開度 ・残留熱除去系熱交換器入口温度 ・高圧炉心注水系系統流量 ・復水貯蔵槽水位 ・原子炉補機冷却水系系統流量 	左記のパラメータは監視可能

上記のとおり、中央制御室を 3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等で囲うことにより、中央制御室内で火災が発生し、原子炉緊急停止後、中央制御室が万一、機能喪失しても、制御室外原子炉停止装置室からの操作により、原子炉の高温停止及び低温停止を達成することが可能である。

添付資料 1

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における
火災の影響軽減のための系統分離対策について

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉における 火災の影響軽減のための系統分離対策について

1. 系統分離の基本的な考え方

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な安全機能をする構築物、系統及び機器における「その相互の系統分離」を行う際には、単一火災（任意の一つの火災区域で発生する火災）の発生によって、相互に分離された安全系区分のすべての安全機能が喪失することのないよう、原則、安全系区分Ⅰ・Ⅱの境界を火災区域の境界として3時間以上の耐火能力を有する耐火壁・隔壁等で分離する。

そのため、原則として、建屋内で安全系区分Ⅰの機器等を設置する区域を3時間以上の耐火能力を有する耐火壁・隔壁等で囲い、当該区域を「区分Ⅰ火災区域」とする。（第1図）

区分Ⅰ・Ⅱの境界を火災区域の境界として3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離

単一火災によっても区分Ⅰ・Ⅱが同時に機能喪失することを回避し、高温停止・低温停止を達成

安全系区分	区分Ⅰ	区分Ⅱ	区分Ⅲ*
高温停止	原子炉隔離時冷却系 [RCIC]	高压炉心注水系 (B) [HPCF (B)]	高压炉心注水系 (C) [HPCF (C)]
低温停止	自動減圧系 (A) [SRV (ADS (A))]	自動減圧系 (B) [SRV (ADS (B))]	—
	残留熱除去系 (A) [RHR (A)]	残留熱除去系 (B) [RHR (B)]	残留熱除去系 (C) [RHR (C)]
	原子炉補機冷却水系 (A) [RCW (A)]	原子炉補機冷却水系 (B) [RCW (B)]	原子炉補機冷却水系 (C) [RCW (C)]
	原子炉補機冷却海水系 (A) [RSW (A)]	原子炉補機冷却海水系 (B) [RSW (B)]	原子炉補機冷却海水系 (C) [RSW (C)]
動力電源	非常用ディーゼル発電機 (A) [DG (A)]	非常用ディーゼル発電機 (B) [DG (B)]	非常用ディーゼル発電機 (C) [DG (C)]
	非常用交流電源 (C) 系	非常用交流電源 (D) 系	非常用交流電源 (E) 系
	非常用直流電源 (A) 系	非常用直流電源 (B) 系	非常用直流電源 (C) 系

※ 区分Ⅲ機器のうち、DG (C) の監視制御盤、RCW (C) のサージタンク水位計等、一部の機器は区分Ⅰ側の火災区域に設置

第1図：系統分離の概要