資料PD－5－11　改2

東海第二発電所

外部火災影響評価について

平成２９年８月２５日
日本原子力発電株式会社

本資料のうち，□の内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。

目　　次

1.　外部火災防護対象と影響評価対象の考え方について　・・・・・P.　3

2.　森林火災による影響評価について　・・・・・・・・・・・・・・P. 22

3.　石油コンビナート等の火災・爆発について　・・・・・・・・・P. 35

4.　燃料輸送車両の火災・爆発について　・・・・・・・・・・・・P. 45

5.　漂流船舶の火災・爆発について　・・・・・・・・・・・・・・・P. 51

6.　敷地内における危険物貯蔵施設等の火災・爆発について　・・・P. 58

7.　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　・・P. 73

8.　ばい煙及び有毒ガスの影響について　・・・・・・・・・・・・・P. 103

目　　次

i.　外部火災影響評価対象の考え方

ii. 影響評価内容

iii. クラス３に属するＳＳＣについて

iv. 可搬型重大事故等対処設備及び自主設備について

ｉ．　外部火災に対する防護対象及び影響評価対象の考え方

原子力規制委員会が定める「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」の第六条においては，外部からの衝撃による損傷の防止として，安全機能を有する構築物，系統及び機器（以下「ＳＳＣ」という。）が，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。

したがって，「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」（以下「重要度分類指針」という。）において，安全機能を有するＳＳＣとして定義されているクラス１，２及び３に属するＳＳＣを外部火災に対する防護対象とする。防護対象とするＳＳＣに対しては，外部火災発生時に安全機能に影響を与えることのないよう，消火活動等により防護を図ることとする。

また，クラス１及びクラス２に属するＳＳＣについては，消火活動等の防護手段に期待しない条件のもと，想定される外部火災に対する影響評価を実施し，耐性が十分でない場合においては，対策を行うこととする。

ⅱ．　影響評価内容

(1)　熱影響評価

影響評価対象として選定したＳＳＣのうち，原子炉建屋内，タービン建屋内及び使用済燃料乾式貯蔵建屋内に設置されている施設については，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」に基づき，当該建屋の外側コンクリート壁の温度評価を実施し，コンクリートの健全性が確保されることを確認する。

また，影響評価対象として選定したＳＳＣのうち，海水ポンプ室，排気筒及びＤ／Ｇ吸気系フィルタについては，屋外に設置されていることから，これらの施設の設置状況等を考慮して熱影響を評価する。

(2)　二次的影響評価

外部火災の二次的影響評価として，ばい煙等により影響を受けると想定されるＳＳＣに対して影響評価を実施する。

ばい煙等による機器への影響として，外気を直接設備内に取り込む機器，外気を取り込む空調系統及び屋外設置機器を選定し評価する。

また，ばい煙等による中央制御室に対する居住性への影響を評価する。

1.　外部火災防護対象と影響評価対象の考え方について（4／9）

影響評価対象の選定（クラス１，２）（1／4）

分類	安全機能の重要度分類			設備設置場所		影響評価項目		
						熱影響評価		ばい煙評価
	定　義	機　能	構築物，系統又は機器	建屋内設置※1	屋外設備等	建屋外壁※1	個別機器	外気を取り込む又は屋外設置
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によって， (a)炉心の著しい損傷又は (b)燃料の大量の破損 を引き起こすおそれのある構築物，系統及び機器	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（計装等の小口径配管・機器は除く。） ・原子炉圧力容器 ・原子炉再循環ポンプ ・配管・弁 ・隔離弁 等	○		○		
		2)過剰反応度の印加防止機能	制御棒カップリング ・制御棒駆動機構カップリング 等	○		○		
		3)炉心形状の維持機能	炉心支持構造物 ・シュラウド ・シュラウドサポート ・上部格子板 ・炉心支持板 ・制御棒案内管 等	○		○		
			燃料集合体（ただし，燃料を除く。） ・上部タイプレート ・下部タイプレート 等	○		○		
MS-1	1)異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し，残留熱を除去し，原子炉冷却材バウンダリの過圧を防止し，敷地周辺の公衆への過度の放射線の放影響を防止する構築物，系統及び機器	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（制御棒及び制御棒駆動系（スクラム機能）） ・制御棒 ・制御棒案内管 ・制御棒駆動機構 等	○		○		
		2)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） ・制御棒 ・制御棒駆動機構カップリング ・ほう酸水注入系 －ほう酸水注入ポンプ －ほう酸水貯蔵タンク 等	○		○		
		3)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）	○		○		
			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） －ポンプ －熱交換器 ・原子炉隔離時冷却系 －ポンプ －サプレッション・プール ・高圧炉心スプレイ系 －ポンプ －サプレッション・プール ・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） －駆動用窒素源 （直接関連系） 等	○		○		

※1：原子炉建屋，タービン建屋又は使用済燃料乾式貯蔵建屋

影響評価対象の選定（クラス１，２）（2／4）

分類	安全機能の重要度分類			設備設置場所		影響評価項目		
						熱影響評価		ばい煙評価
	定　義	機　能	構築物，系統又は機器	建屋内設置※1	屋外設備等	建屋外壁※1	個別機器	外気を取り込む又は屋外設置
MS-1	1)異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し，残留熱を除去し，原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧を防止し，敷地周辺の公衆への過度の放射線の放影響を防止する構築物，系統及び機器	5)炉心冷却機能	非常用炉心冷却系 ・残留熱除去系（低圧注水系） －ポンプ －サプレッション・プール ・低圧炉心スプレイ系 －ポンプ －サプレッション・プール ・高圧炉心スプレイ系 －ポンプ －サプレッション・プール ・自動減圧系（逃がし安全弁） 等	○		○		
		6)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	格納容器 ・格納容器本体 ・貫通部 等	○		○		
			格納容器隔離弁	○		○		
			格納容器スプレイ冷却系 ・ポンプ ・熱交換器 ・サプレッション・プール 等	○		○		
			原子炉建屋	○		○		
			非常用ガス再循環系 ・排風機 等	○		○		
			非常用ガス処理系 ・排風機 等	○		○		
			非常用ガス処理系 ・排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能） （直接関連系）		○ （屋外）		○	
			可燃性ガス濃度制御系	○		○		
	2)安全上必須なその他の構築物，系統及び機器	1)工学的安全施設及び原子炉停止系の作動信号の発生機能	安全保護系	○		○		
		2)安全上特に重要な関連機能	非常用所内電源系（MS-1関連のもの） ・ディーゼル機関 ・発電機 等	○	※2	○	○ （ディーゼル発電機吸気系フィルタ）	○
			・非常用ディーゼル発電機燃料移送系 ・軽油貯蔵タンク		○ （屋外）		※3	

※1：原子炉建屋，タービン建屋又は使用済燃料乾式貯蔵建屋
※2：ディーゼル発電機機関のうち，ディーゼル発電機吸気系フィルタ等は屋外設備となるため，個別機器の熱影響評価を実施する。
※3：非常用ディーゼル発電機の燃料である軽油貯蔵タンクは，地下化することから外部火災の熱影響は受けないため，影響評価対象外とする。

1. 外部火災防護対象と影響評価対象の考え方について（5／9）

影響評価対象の選定（クラス１，２）（3／4）

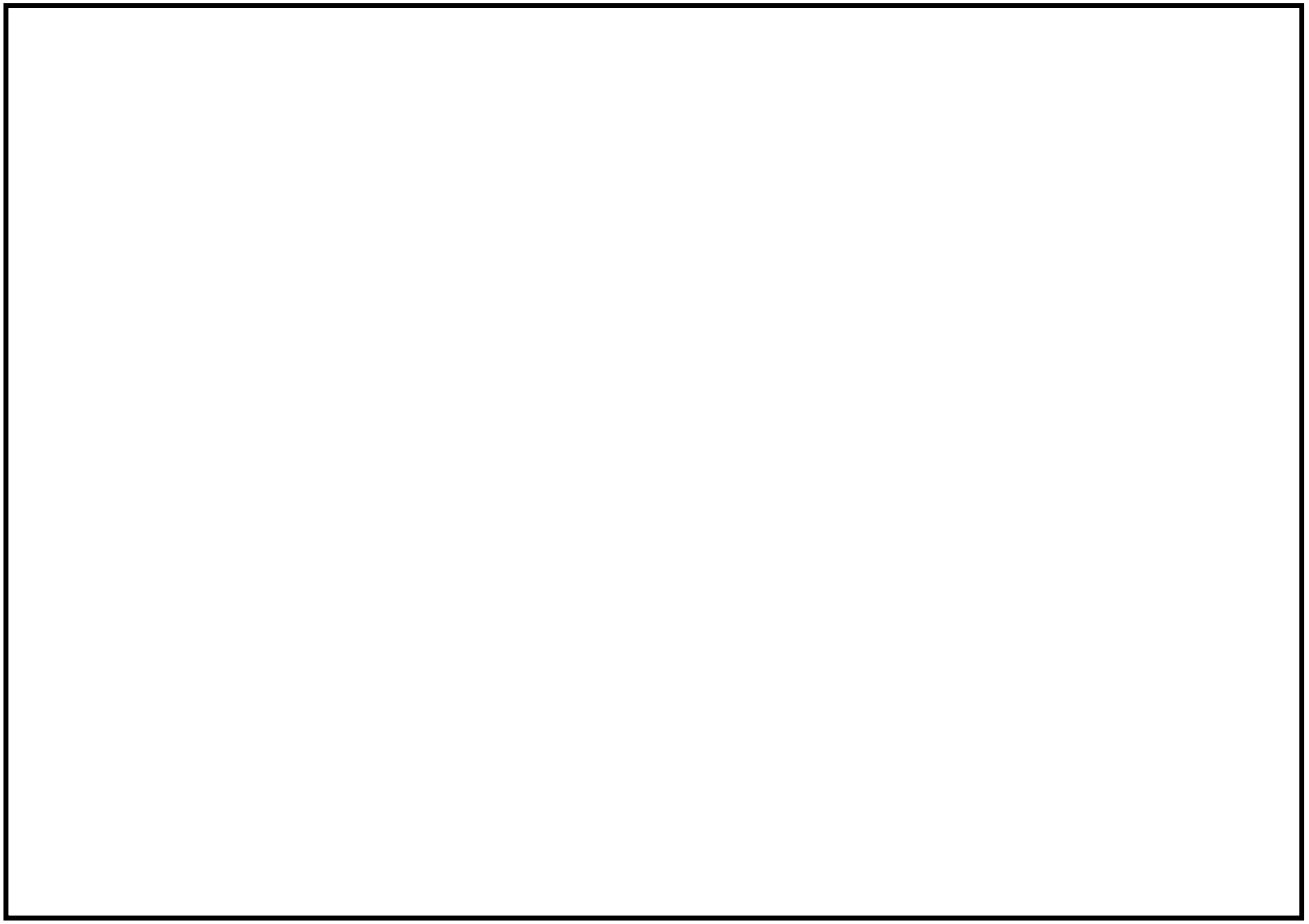
分類	安全機能の重要度分類			設備設置場所		影響評価項目		
						熱影響評価		ばい煙評価
	定義	機能	構築物，系統又は機器	建屋内設置※1	屋外設備等	建屋外壁※1	個別機器	外気を取り込む又は屋外設置
MS-1	2）安全上必須なその他の構築物，系統及び機器	2）安全上特に重要な関連機能	制御室及びその遮蔽・非常用換気空調系（MS-1関連のもの） ・中央制御室及び中央制御室遮蔽 ・中央制御室換気空調系 －非常用再循環送風機 －非常用再循環フィルタ装置 等	○		○		○
			非常用補機冷却水系（MS-1関連のもの） ・残留熱除去系海水系 －ポンプ ・非常用ディーゼル発電機海水系 －ポンプ ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系 －ポンプ 等		○ （海水ポンプ室）		○	○
			直流電源系（MS-1関連のもの） ・蓄電池 等	○		○		
PS-2	1）その損傷又は故障により発生するおそれがある事象によって，炉心の著しい損傷又は大量の燃料の直接的な放出のおそれがある構築物，系統及び機器	1）原子炉冷却材を内蔵する機能（ただし，原子炉冷却材バウンダリから除外されている小口径の計装等のものであって，破断されても原子炉冷却材バウンダリに直接接続されていないものは除く。）	主蒸気系（格納容器隔離弁の外側のみ）	○		○		
			原子炉冷却材浄化系（格納容器隔離弁の外側のみ）	○		○		
		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	放射性廃棄物処理施設（放射能インベントリの大きいもの）	○		○		
			使用済燃料プール（使用済燃料貯蔵ラックを含む。）	○		○		
			使用済燃料乾式貯蔵容器	○		○		
		3）燃料を安全に取り扱う機能	燃料取扱設備 ・燃料交換機 ・原子炉建屋クレーン 等	○		○		
	2）通常運転時，運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に作動を要求されるものであって，その故障により炉心が損傷される可能性の高い構築物，系統及び機器	1）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）	○		○		

※1：原子炉建屋，タービン建屋又は使用済燃料乾式貯蔵建屋

影響評価対象の選定（クラス１，２）（4／4）

分類	安全機能の重要度分類			設備設置場所		影響評価項目		
						熱影響評価		ばい煙評価
	定義	機能	構築物，系統又は機器	建屋内設置※1	屋外設備等	建屋外壁※1	個別機器	外気を取り込む又は屋外設置
MS-2	1）PS-2の構築物，系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物，系統及び機器	1）燃料プール水の補給機能	非常用補給水系 ・残留熱除去系 －ポンプ －サプレッション・プール 等	○		○		
		2）放射性物質放出の防止機能	放射性気体廃棄物処理系の隔離弁	○		○		
			排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能以外）		○ （屋外）		○	
			燃料集合体落下事故時放射能放出を低減する系 ・原子炉建屋 ・非常用ガス再循環系及び非常用ガス処理系	○		○		
	2）異常状態への対応上特に重要な構築物，系統及び機器	1）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	○		○		
		2）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）	○		○		

※1：原子炉建屋，タービン建屋又は使用済燃料乾式貯蔵建屋



第 1 図　外部火災に対する影響評価対象施設配置図

(3)　軽油貯蔵タンク及び重油タンクの地下化について

軽油貯蔵タンク及び重油タンクは「危険物の規則に関する政令」第十三条第1項，第二十条第3項及び「危険物の規制に関する規則」第三十五条第1項第1号に適合する地下タンク貯蔵所のため，地表面で火災が発生する可能性は低い。
また，タンク地上部のマンホールも含め，地上で発生する火炎からの輻射熱の影響を受けない構造とする。
以上から，軽油貯蔵タンク及び重油タンクは，外部火災の火災源の対象から除外する。
「危険物の規則に関する政令」及び「危険物の規制に関する規則」の抜粋を以下に示す。

「危険物の規則に関する政令」【一部抜粋】

（地下タンク貯蔵所の基準）
第十三条　地下タンク貯蔵所（次項及び第三項に定めるものを除く。）の位置，構造及び設備の技術上の基準は，次のとおりとする。
一　危険物を貯蔵し，又は取り扱う地下タンク（以下この条，第十七条及び第二十六条において「地下貯蔵タンク」という。）は，地盤面下に設けられたタンク室に設置すること。

－略－

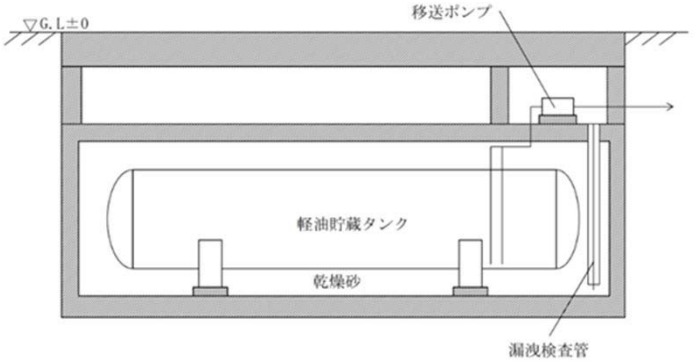
（消火設備の基準）
第二十条　消火設備の技術上の基準は，次のとおりとする。
三　前二号の総務省令で定める製造所等以外の製造所等にあっては、総務省令で定めるところにより、別表第五に掲げる対象物について同表においてその消火に適応するものとされる消火設備のうち、第五種の消火設備を設置すること。

－略－

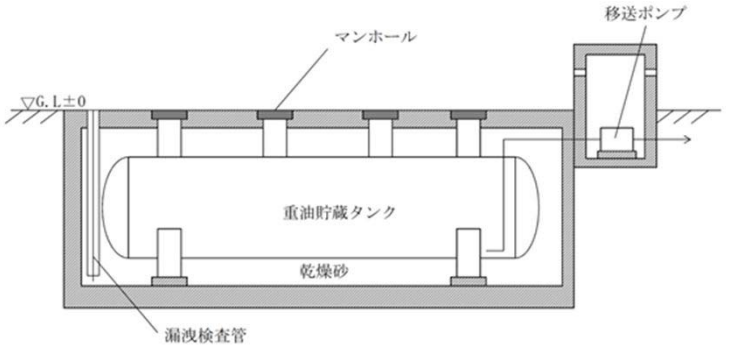
「危険物の規制に関する規則」【一部抜粋】

（その他の製造所等の消火設備）
第三十五条　令第二十条第一項第三号の規定により，第三十三条第一項及び前条第一項に掲げるもの以外の製造所等の消火設備の設置の基準は，次のとおりとする。
一　地下タンク貯蔵所にあっては，第五種の消火設備を二個以上設けること。

－略－



第1図　軽油貯蔵タンクの地下化イメージ



第2図　重油タンクの地下化イメージ

ⅲ．クラス３に属するＳＳＣについて

クラス３に属するＳＳＣのうち，原子炉建屋，タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋に設置されているＳＳＣについては，各建屋により防護される。

それ以外のＳＳＣについては，外部火災発生時に安全機能が影響を受けることのないよう，防火帯幅の確保及び消火活動の実施による防護並びに代替施設による安全機能の維持を図ることとする。

ⅳ．重大事故等対処設備について

防護対象として選定したＳＳＣを外部火災から防護することにより，外部火災によって重大事故等の発生に至ることはない。

また，重大事故等対処設備は，防火帯幅の確保及び建屋外壁等により防護する。

1. 外部火災防護対象と影響評価対象の考え方について（9／9）

【外部火災発生時の防護方法】

①：原子炉建屋，タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋の外壁により防護
②：防火帯幅の確保により防護
③：消火活動により防護
④：代替設備により安全機能を維持

クラス３に属するＳＳＣの外部火災発生時の防護について（1／2）

分類	安全機能の重要度分類			設置場所			外部火災発生時の防護
	定義	機能	構築物，系統又は機器	建屋内設備 原子炉建屋等※1	建屋内設備 個別建屋	屋外	
PS-3	1）異常状態の起因事象となるものであって，PS-1及びPS-2以外の構築物，系統及び機器	1）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 ・計装配管 ・試料採取系配管 等	○			①，②
		2）原子炉冷却材の循環機能	原子炉再循環系	○			①，②
		3）放射性物質の貯蔵機能	復水貯蔵タンク			○	②，③
			放射性廃棄物処理施設（放射能インベントリの小さいもの） ・液体廃棄物処理系 ・固体廃棄物処理系	○	○		【原子炉建屋等】 ①，② 【個別建屋】 ②，③
			新燃料貯蔵庫	○			①，②
		4）電源供給機能（非常用を除く）	タービン，発電機及びその励磁装置	○			①，②
			復水系（復水器を含む）	○			①，②
			給水系	○			①，②
			循環水系	○		○	【タービン建屋】 ①，② 【屋外】 ②，③
			送電線			○	②，③
			変圧器			○	②，③
			開閉所		○	○	②，③
		5）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	○			①，②
			運転監視補助装置（制御棒価値ミニマイザ）	○			①，②
			原子炉核計装の一部	○			①，②
			原子炉プラントプロセス計装の一部	○			①，②
		6）プラント運転補助機能	補助ボイラ設備	○	○	○	【原子炉建屋等】 ①，② 【その他】 ②，③
			計装用圧縮空気系	○	○	○	【原子炉建屋等】 ①，② 【その他】 ②，③
	2）原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物，系統及び機器	1）核分裂生成物の原子炉冷却材中の拡散防止機能	燃料被覆管	○			①，②
		2）原子炉冷却材の浄化機能	原子炉冷却材浄化系	○			①，②
			復水浄化系	○			①，②

※1：原子炉建屋，タービン建屋又は使用済燃料乾式貯蔵建屋

クラス３に属するＳＳＣの外部火災発生時の防護について（2／2）

分類	安全機能の重要度分類			設置場所			外部火災発生時の防護
	定義	機能	構築物，系統又は機器	建屋内設備 原子炉建屋等※1	建屋内設備 個別建屋	屋外	
MS-3	1）運転時の異常な過渡変化があってもMS-1，MS-2とあいまって，事象を緩和する構築物，系統及び機器	1）原子炉圧力上昇の緩和機能	逃がし安全弁（逃がし弁機能）	○			①，②
			タービンバイパス弁	○			①，②
		2）出力上昇の抑制機能	原子炉冷却材再循環系（再循環ポンプトリップ機能）	○			①，②
			制御棒引抜監視装置	○			①，②
		3）原子炉冷却材の補給機能	制御棒駆動水圧系	○			①，②
			原子炉隔離時冷却系	○			①，②
	2）異常状態への対応上必要な構築物，系統及び機器	1）緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	緊急時対策所		○		②，③
			試料採取系	○			①，②
			通信連絡設備	○	○	○	【原子炉建屋等】 ①，② 【その他】 ②，③，④
			放射能監視設備	○	○	○	【原子炉建屋等】 ①，② 【その他】 ②，③，④
			事故時監視計器の一部	○	○	○	【原子炉建屋等】 ①，② 【その他】 ②，③
			消火系	○	○	○	【原子炉建屋等】 ①，② 【その他】 ②，③，④
			安全避難通路	○	○		【原子炉建屋等】 ①，② 【その他】 ②，③
			非常用照明	○	○	○	【原子炉建屋等】 ①，② 【その他】 ②，③

※1：原子炉建屋，タービン建屋又は使用済燃料乾式貯蔵建屋

目　　次

i　森林火災の発火点の設定について
ii　ＦＩＲＳＩＴＥに用いる気象条件等の選定
iii　ＦＩＲＳＩＴＥの結果
iv　防火帯幅について
v　火炎到達時間の評価結果
vi　温度影響評価（円筒火炎モデル）

ｉ．森林火災の発火点の設定について

(1)　発火点の設定方針

評価ガイドにある森林火災の想定に基づき，発火点の設定は以下の方針とした。

・卓越風向及び最大風速記録時の風向が発電所の風上になる地点
・たき火等の人為的な火災発生原因が想定される地点

(2)　立地条件を考慮した発火点の設定

発電所周囲の特徴としては，以下の４点が挙げられる。

・発電所周囲は平坦な地形であり，住宅街や水田が多い。
・発電所のすぐ脇を国道が通る。
・発電所近傍に砂浜海岸がある。
・発電所に産業施設が隣接する。

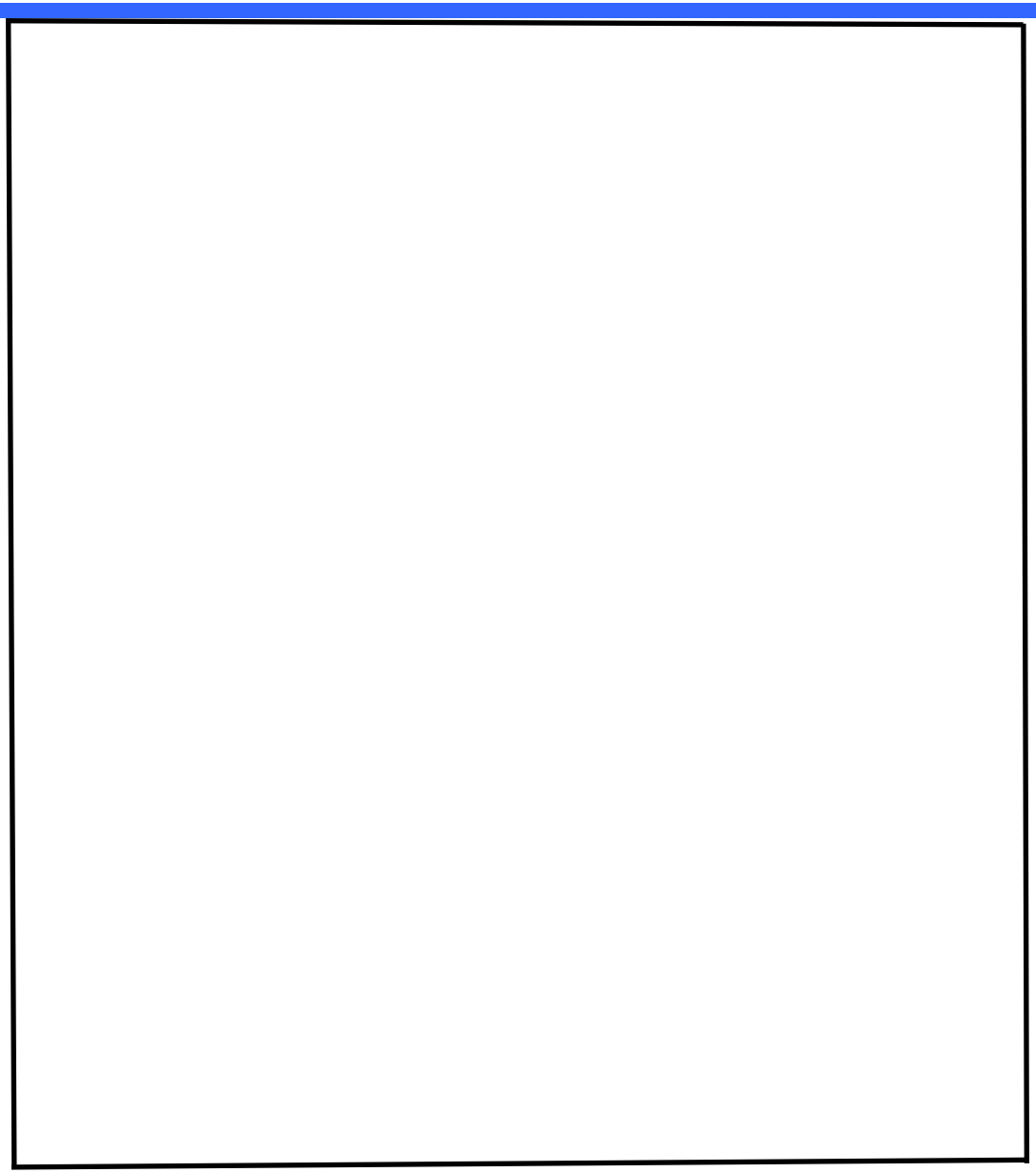
上記を踏まえ，卓越風向及び最大風速記録時の風向として抽出した4方向（西北西，北，南西，北東）に対し，発火点を設定した。

ａ．西北西方向（発火点1，3）
・霊園における線香等の裸火の使用と残り火の不始末，国道２４５号を通行する人のたばこの投げ捨て等を想定し，国道２４５号沿いの霊園に発火点1を設定した。
・火入れ・たき火等を想定し，県道２８４号線沿いの水田に，発火点1より遠方となる発火点3を設定した。

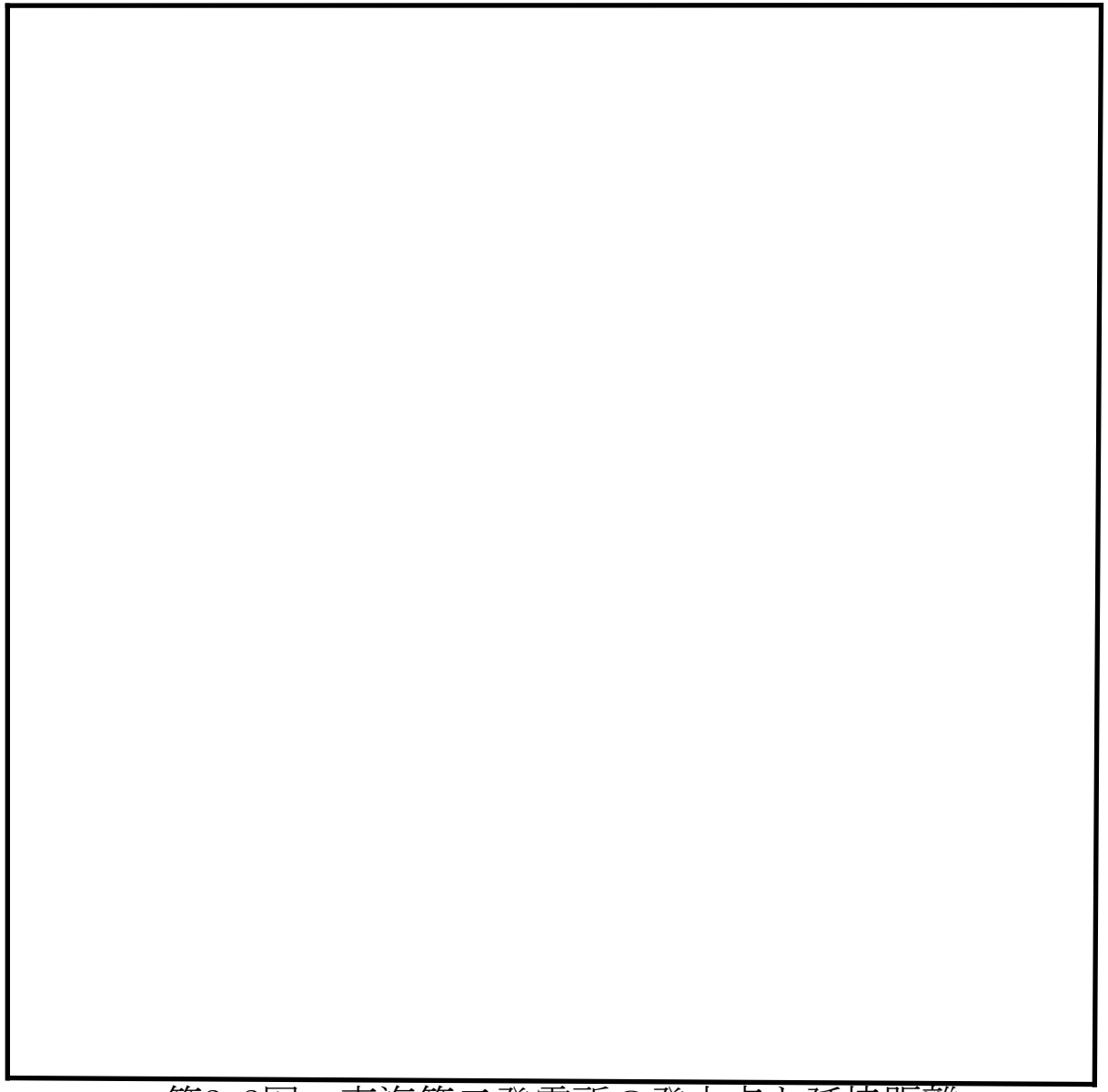
ｂ．北方向（発火点2，4）
・バーベキュー及び花火の不始末等を想定し，海岸沿いに発火点2を設定した。
・釣り人によるたばこの投げ捨て等を想定し，海岸沿いに発火点2より遠方となる発火点4を設定した。

ｃ．南西方向（発火点5，6）
・発電所南方向にある危険物貯蔵施設の屋外貯蔵タンクからの火災が森林に延焼することを想定し，南方向の危険物施設の近くに発火点5を設定した。
・交通量が多い交差点での交通事故による車両火災を想定し，国道２４５号沿いに発火点6を設定した。

ｄ．北東方向（発火点７）
・釣り人によるたばこの投げ捨て等を想定し，一般の人が発電所に最も近づくことが可能である海岸沿いに発火点7を設定した。



第2-1図　東海第二発電所の立地と発火点，風向及び敷地境界



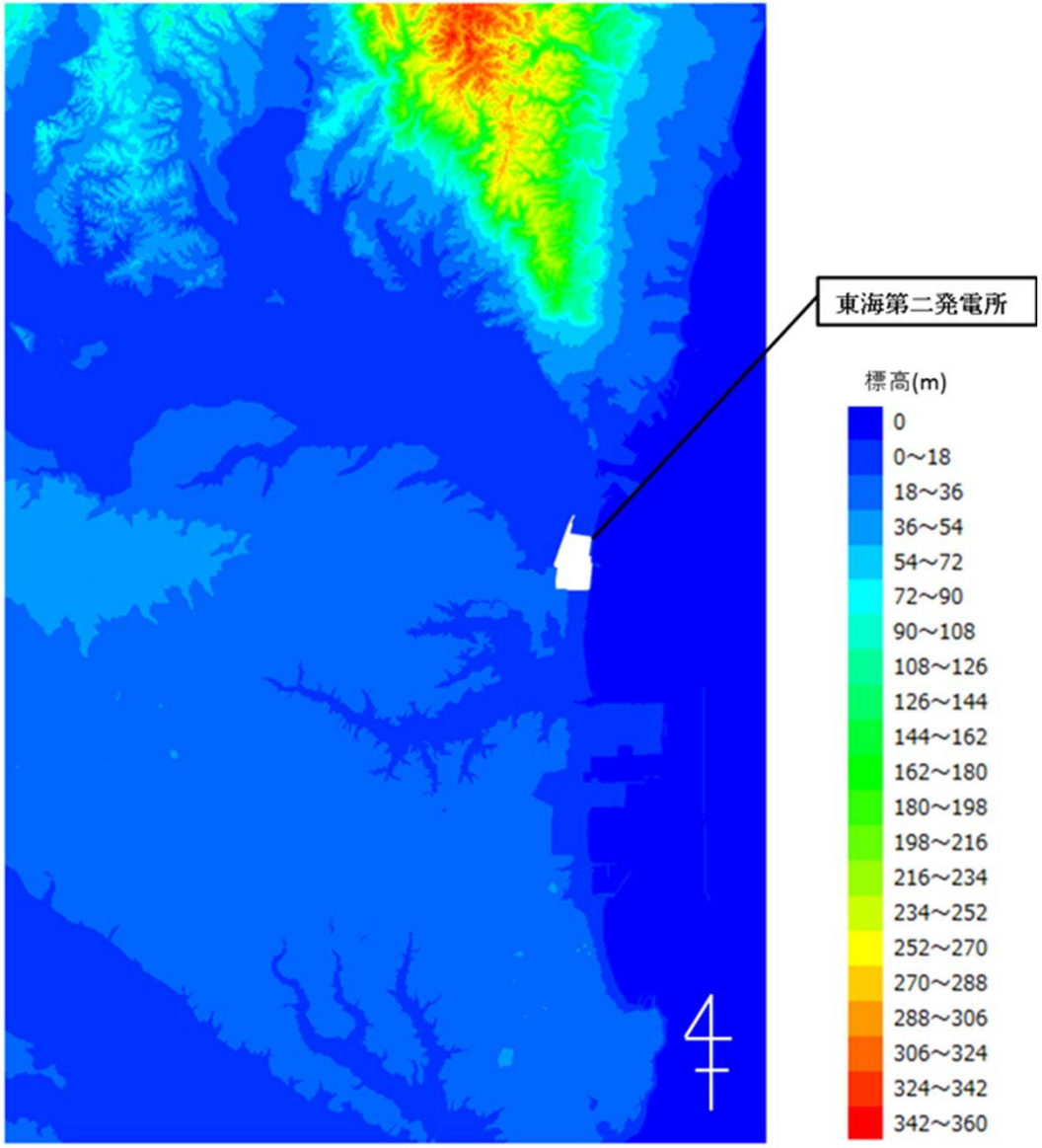
第2-2図　東海第二発電所の発火点と延焼距離

ｉ.1　発火点に基づく評価

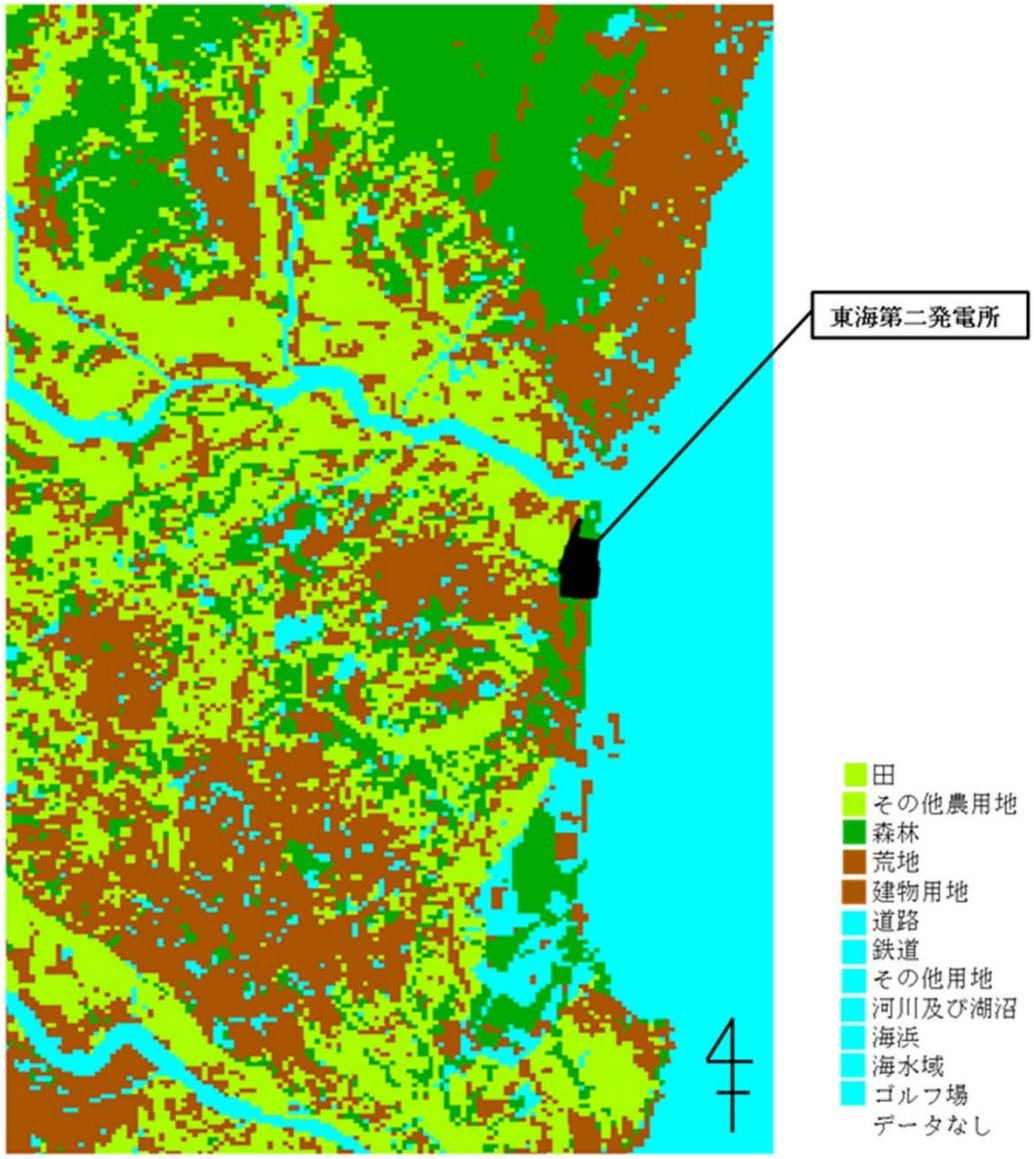
「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」において推奨されている森林火災シミュレーション解析コードＦＡＲＳＩＴＥを使用し解析を実施した。

ａ．入力条件（第 2-2 図～第 2-4 図）

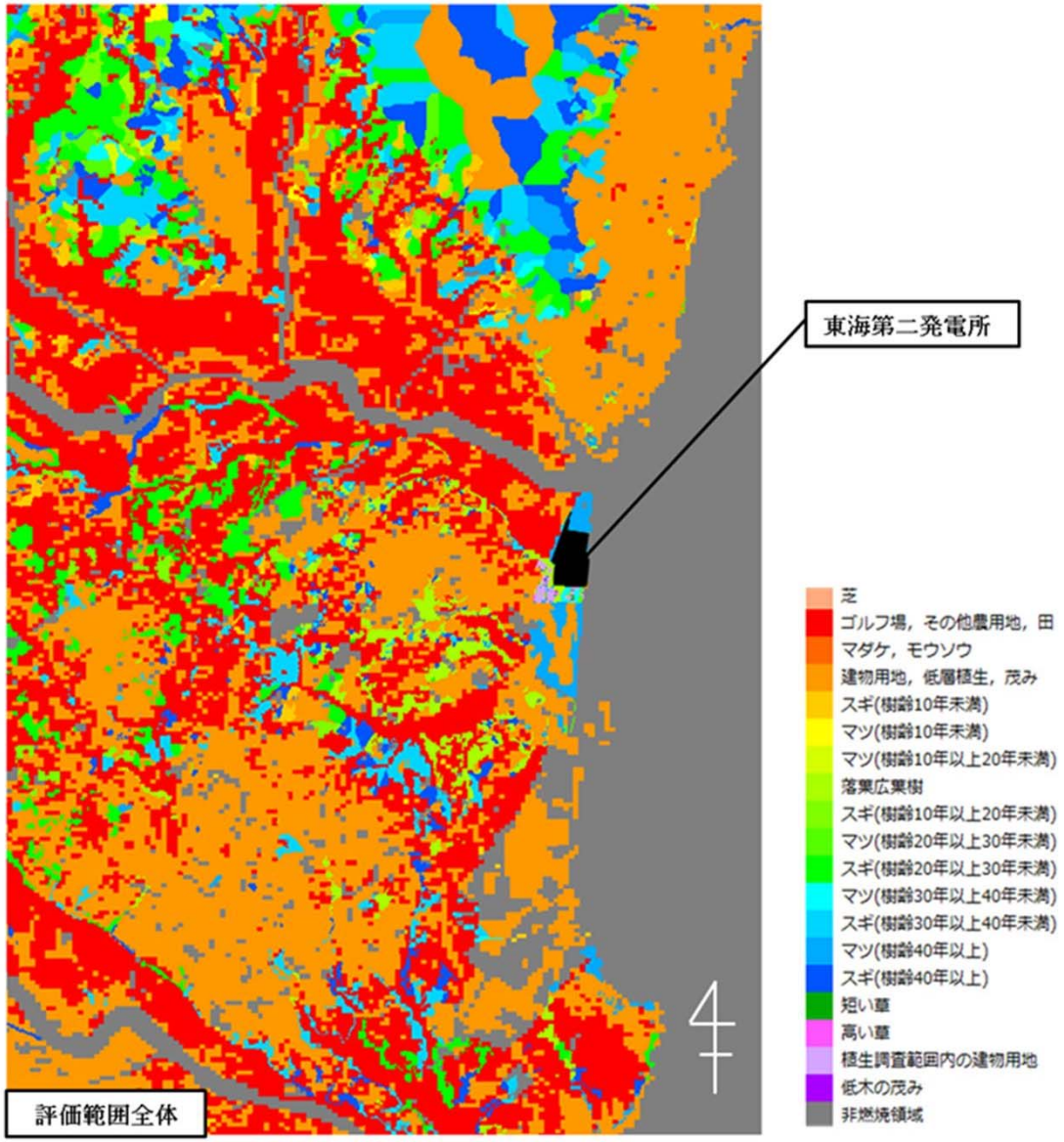
データ種類	入力データ
地形データ	公開情報の中でも高い空間解像度である「基盤地図情報数値標高モデル 10m メッシュ」の標高データを用いた。 傾斜，傾斜方位については標高データから計算した。
土地利用データ	公開情報のなかでも高い空間解像度である「国土数値情報土地利用細分メッシュ（100m）」の土地利用データを用いた。
植生データ	茨城県より受領した森林簿（東西南北 12km）の情報を用いて，土地利用データにおける森林領域を，樹種・林齢にて細分化し 10m メッシュで入力した。 発電所敷地内は，植生調査を実施し，入力データに反映した。
気象データ	茨城県に森林火災の発生件数の多い 12 月～5 月の過去 10 年間の気象条件を調査し，最大風速，最高気温，最小湿度，卓越風向，最大風速時の風向を用いた。



第 2-2 図　東海第二発電所の地形データ



第 2-3 図　土地利用データ


東海第二発電所
評価範囲全体
芝
ゴルフ場，その他農用地，田
マダケ，モウソウ
建物用地，低層植生，茂み
スギ(樹齢10年未満)
マツ(樹齢10年未満)
マツ(樹齢10年以上20年未満)
落葉広葉樹
スギ(樹齢10年以上20年未満)
マツ(樹齢20年以上30年未満)
スギ(樹齢20年以上30年未満)
マツ(樹齢30年以上40年未満)
スギ(樹齢30年以上40年未満)
マツ(樹齢40年以上)
スギ(樹齢40年以上)
短い草
高い草
植生調査範囲内の建物用地
低木の茂み
非燃焼領域

第 2-4 図　植生データ

ⅱ．　ＦＩＲＳＩＴＥに用いる気象条件の選定

気象データの設定方法の概要については以下の通り

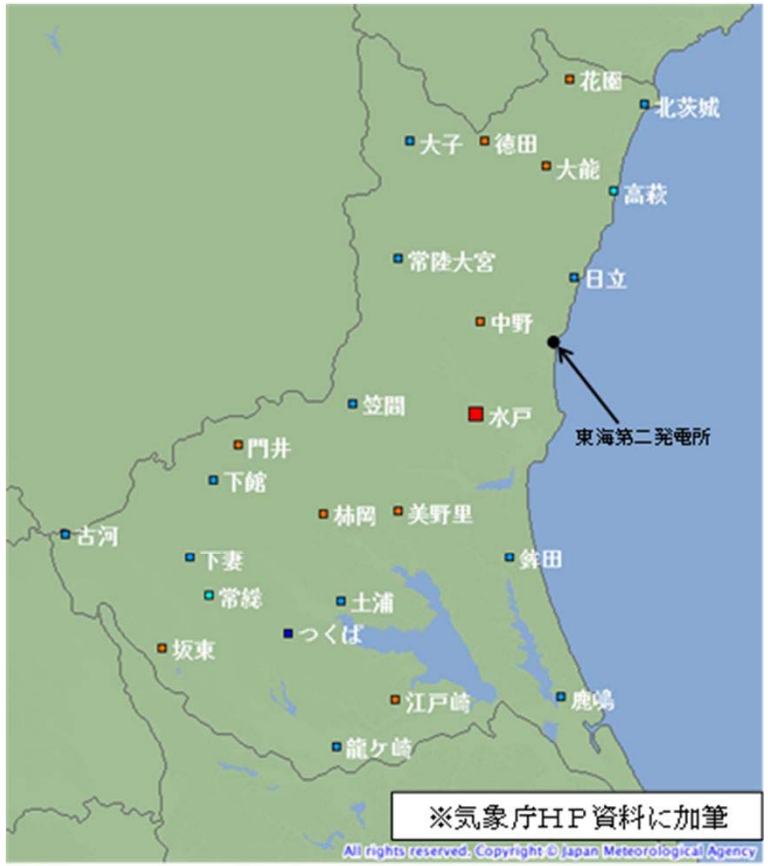
【データの整理】
①気象データは気象庁が公開している気象統計情報を用い，ＦＡＲＳＩＴＥ入力に必要なデータ（最高気温，最大風速，最大風速記録時の風向，最小湿度）を全て観測・記録している観測所のうち，東海第二発電所に最も近い距離（約15km）にある水戸地方気象台の気象観測データをそれぞれ過去10年間（2007年～2016年）の月別データから抽出・整理した。
②卓越風向は，水戸地方気象台と発電所の過去10年間（2007年～2016年）の観測データから抽出・整理した。
③「消防防災年報」（茨城県 2006年～2015年）により，茨城県内の月別森林火災件数を抽出・整理した。

【気象データの選定】
①森林火災件数の多い12月から5月の最高気温（30.8℃），最大風速（17.5m／s），及び最小湿度（11%）を選定した。
②最大風速記録時の風向は1月～5月の北東に加え，第２位の最大風速記録時の風向となる3月の南西を選定した。
③卓越風向は，水戸地方気象台観測データの最多割合を占める北と，発電所の気象観測データの最多割合を占める西北西を選定した。

・月別火災発生件数及び気象データの収集

月	水戸地方気象台　気象観測データ					茨城県内の月別森林火災件数※
	最高気温（℃）	最大風速（m／s）	最大風速記録時の風向		最小湿度（%）	
			第１位	第２位		
1	16.9	17.5	北東	北東	17	79
2	24.3	17.5	北北東	北東	13	86
3	25.9	14.3	北東	北北東，南西	11	131
4	29.3	15.1	北北東	北東	13	126
5	30.8	13.5	北東	北北東	13	54
6	33.5	14.2	北北東	北北東	21	10
7	36.4	11.8	北北東	北北東	35	13
8	37.0	12.9	北東	北北東	35	24
9	36.1	13.9	北北東	南南西	29	23
10	31.4	17.4	北北東	北北東	22	11
11	24.5	11.8	北北東	北北東	18	4
12	23.8	10.6	北東	西	17	33

気象観測地点

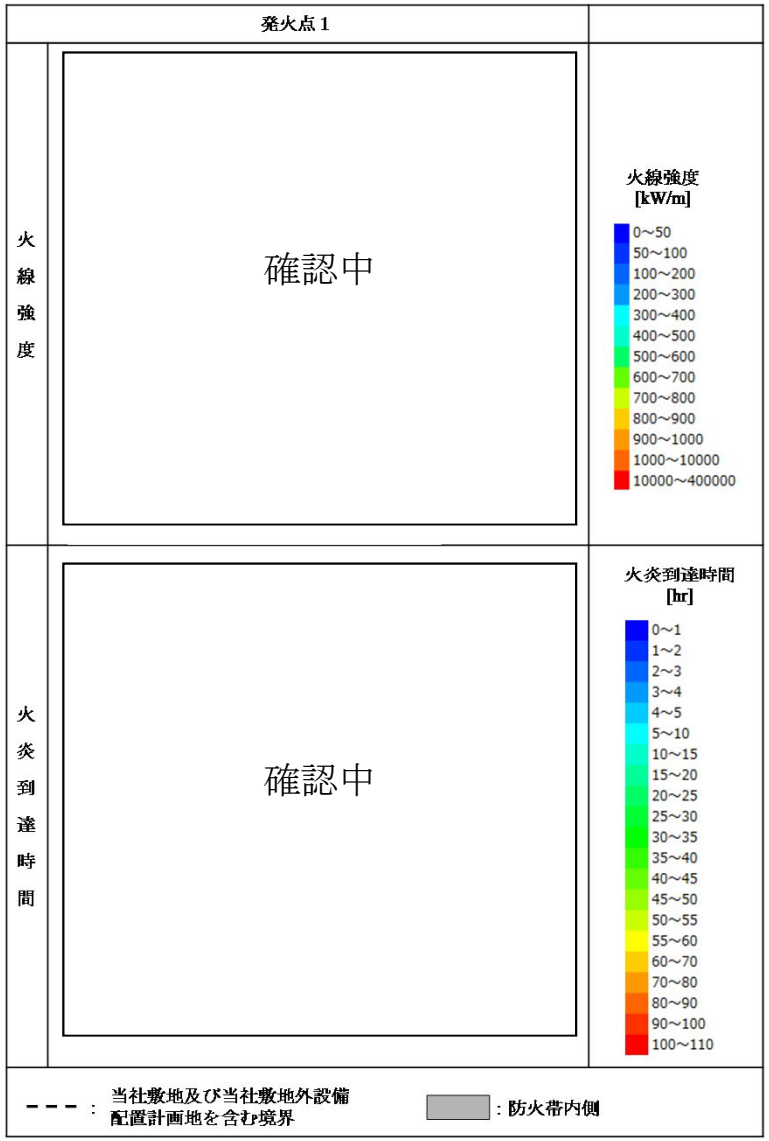


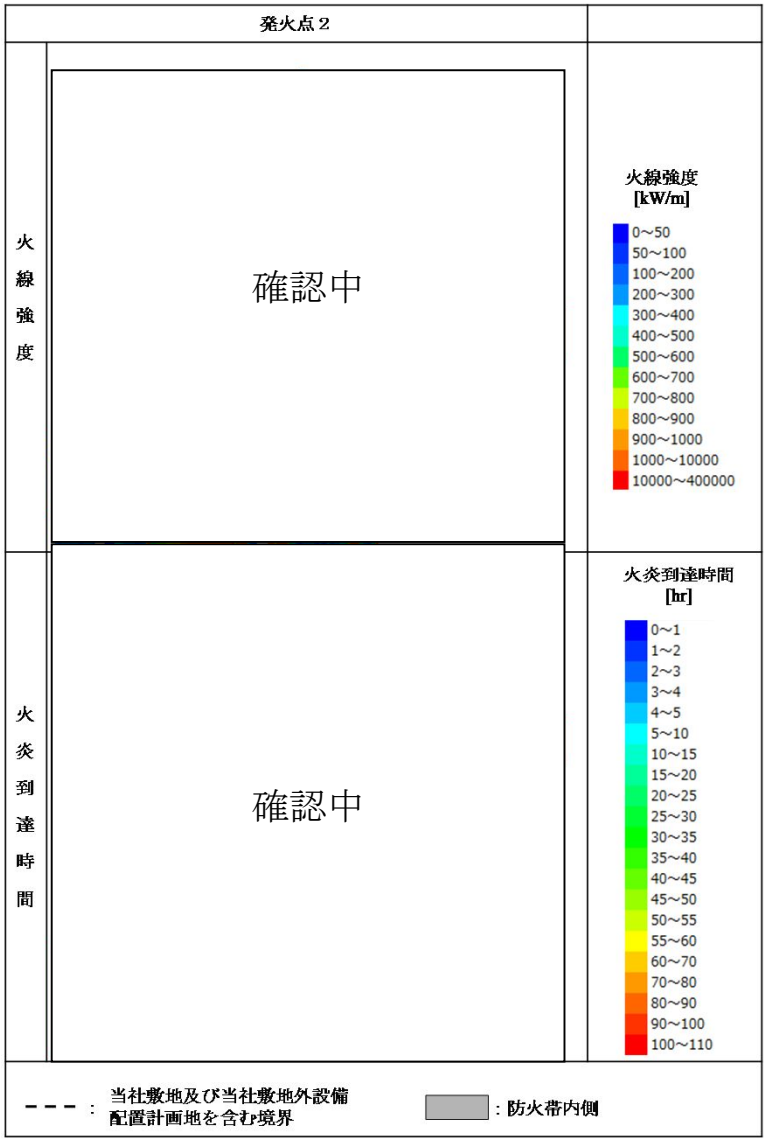
シンボル	観測所の種類	観測要素
■	気象台	気温・降水量・風向風速・日照時間・積雪深・湿度・気圧
■	地域気象観測所(アメダス)	降水量
■	地域気象観測所(アメダス)	気温・降水量・風向風速
■	地域気象観測所(アメダス)	気温・降水量・風向風速・日照時間
■	地域気象観測所(アメダス)	気温・降水量・風向風速・日照時間・積雪深

〈出典〉気象庁ＨＰ
http://www.jma.go.jp/jp/amedas_h/map26.html

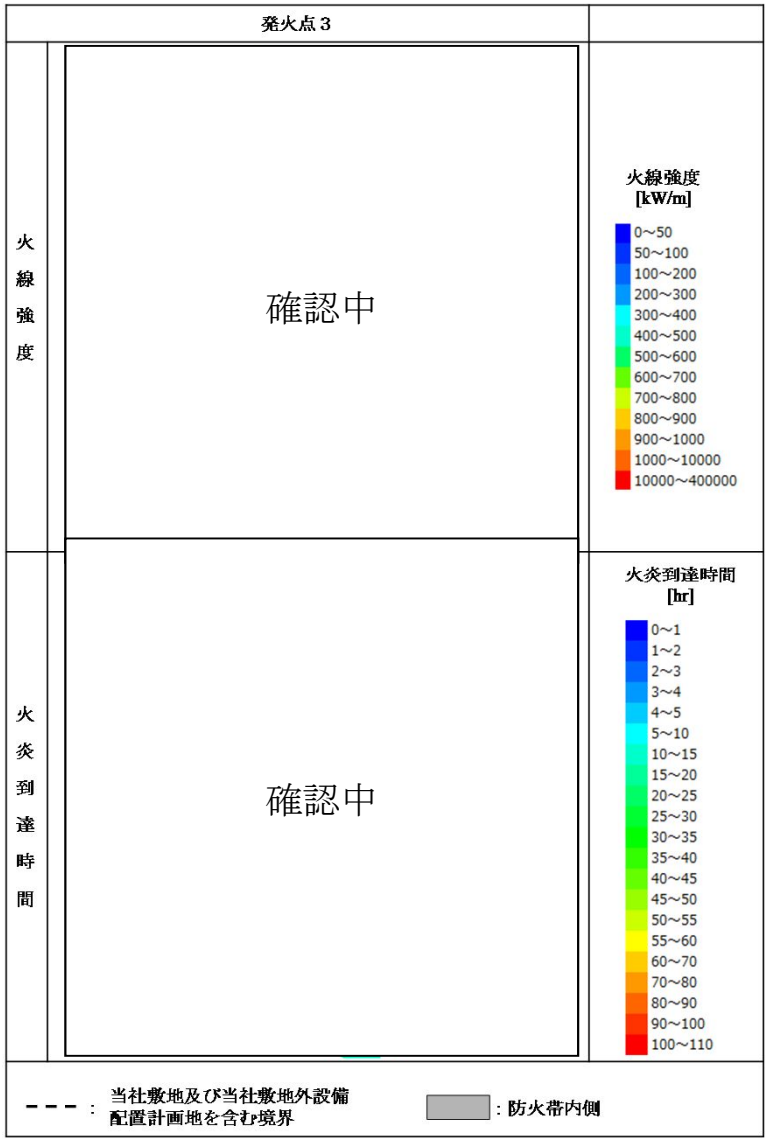
第 2-5 図　茨城県内の気象観測所位置

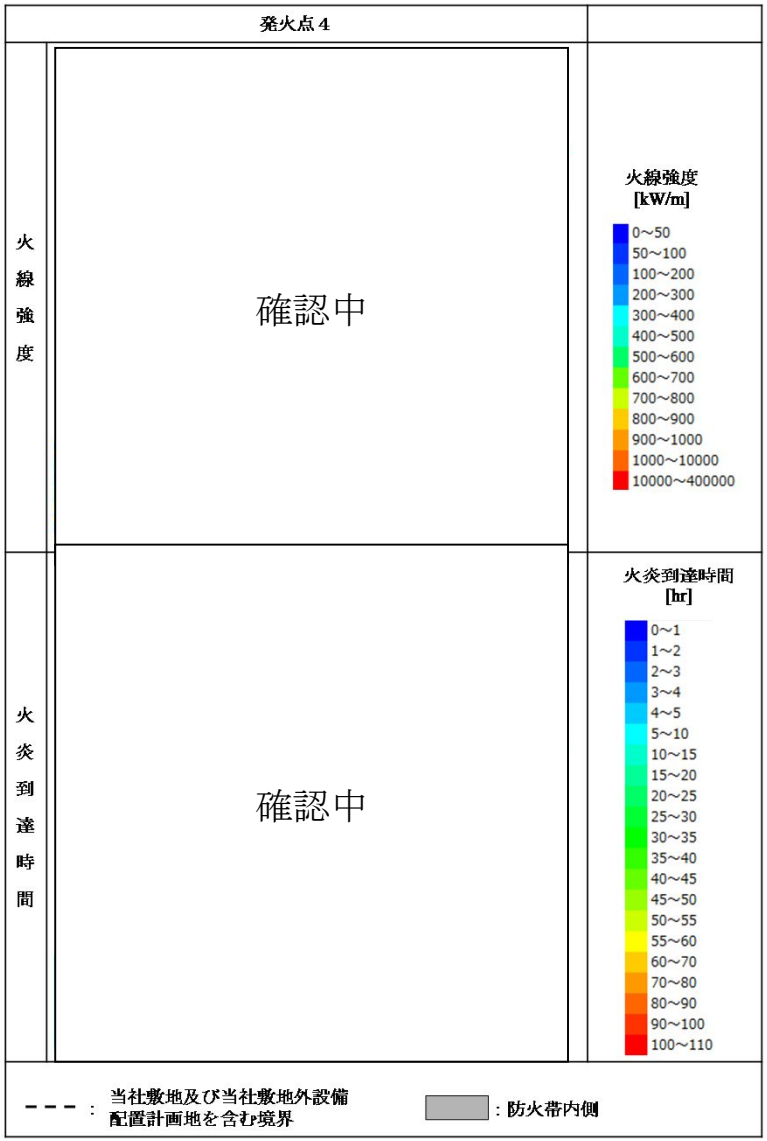
iii　ＦＩＲＳＩＴＥの結果（延焼状況結果）



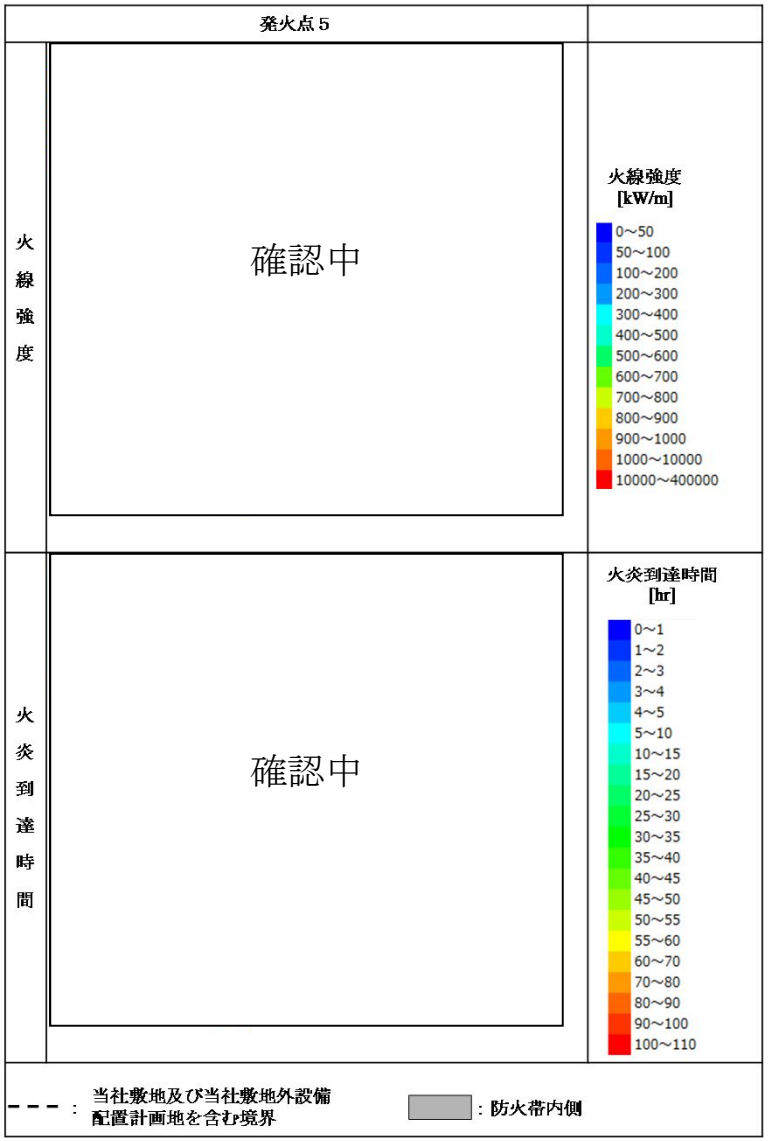


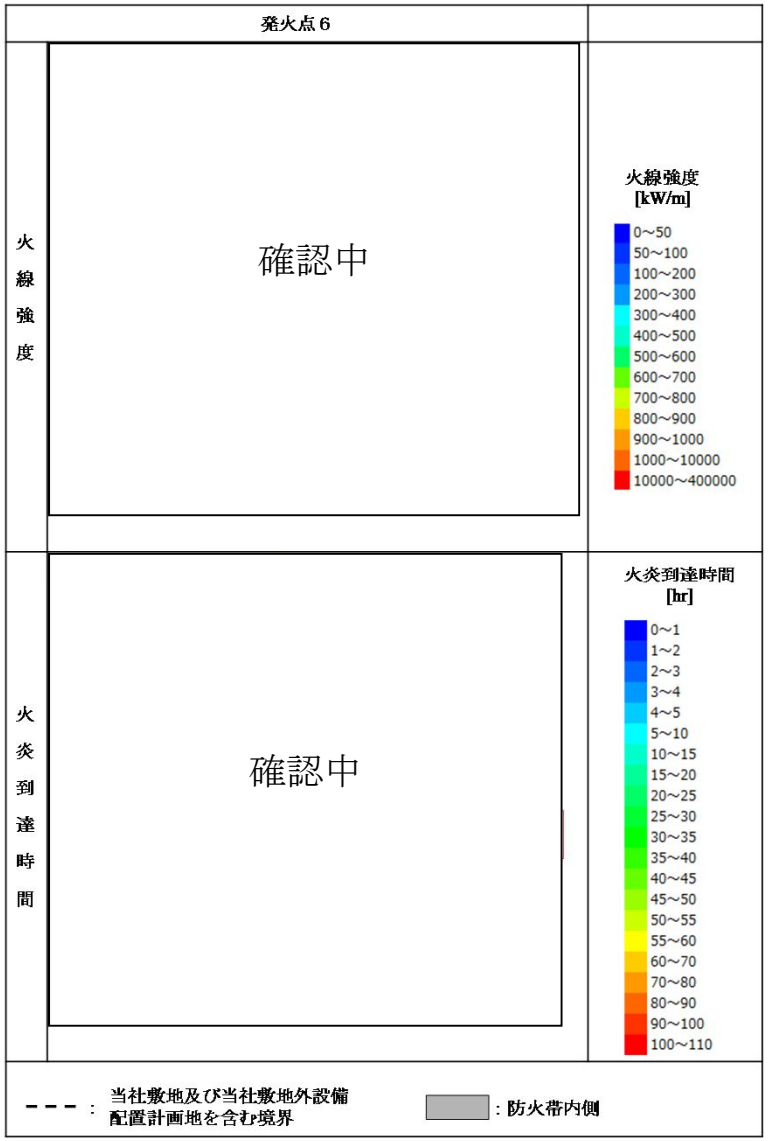
iii　ＦＩＲＳＩＴＥの結果（延焼状況結果）



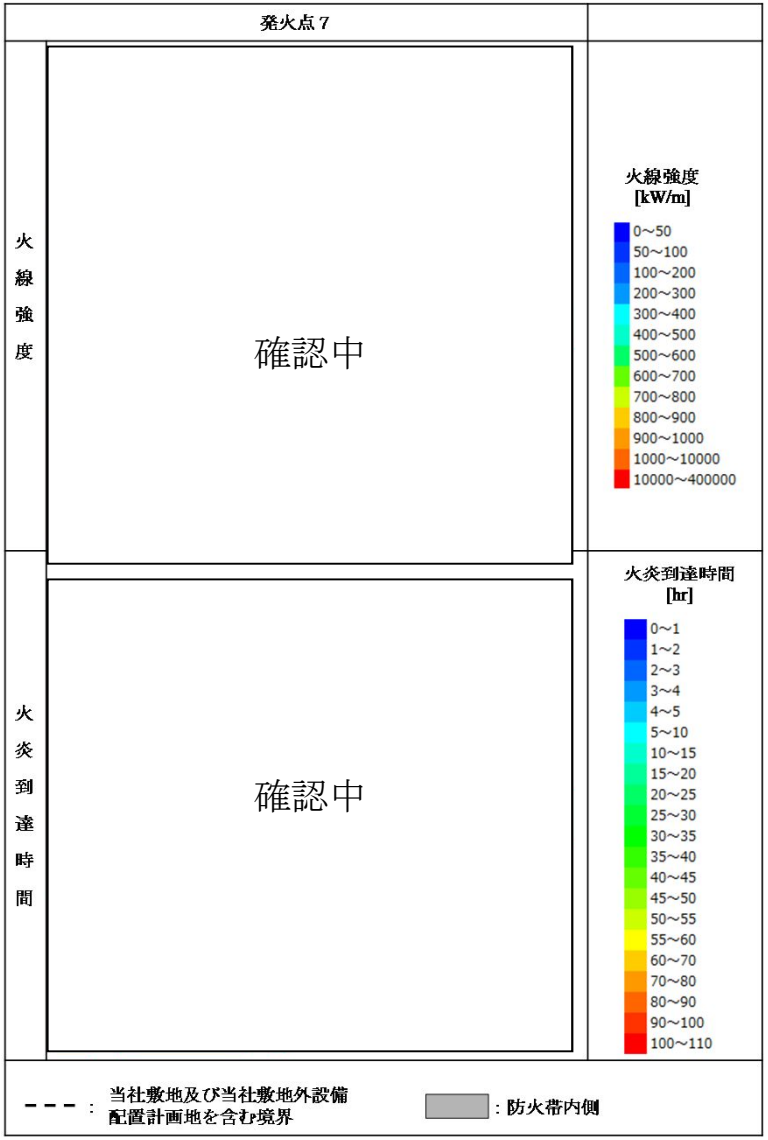


ⅲ　ＦＩＲＳＩＴＥの結果（延焼状況結果）





ⅲ　ＦＩＲＳＩＴＥの結果（延焼状況結果）



iii.1　ＦＡＲＳＩＴＥ解析結果及び算出データ

評価項目	単位	発火点1	発火点2	発火点3	発火点4	発火点5	発火点6	発火点7
延焼速度	m／s	確認中						
火線強度	kW／m							
火炎到達時間	h							
評価上必要な防火帯幅	m							
火炎輻射強度	kW/m^2							
火炎長	m							
火炎到達幅	m							
発火時刻	-							

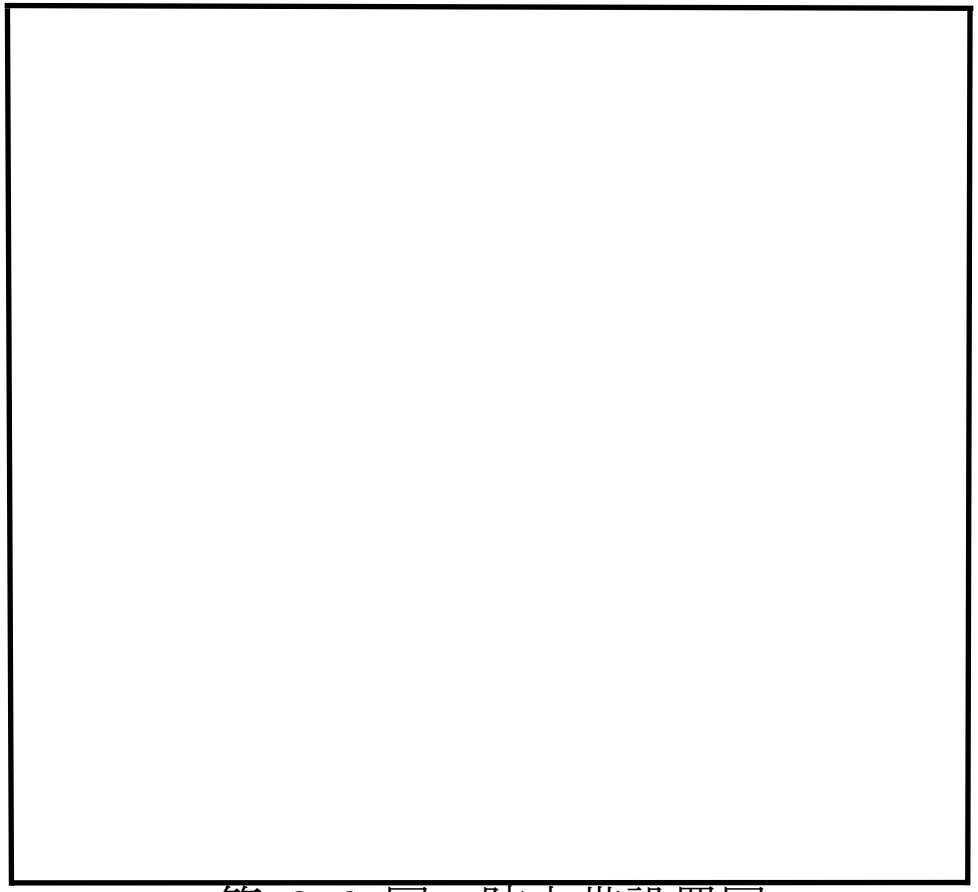
・火線強度の最大値は発火点●の●kW／mとなり，評価上必要とされる防火帯幅は●mである。

風上に樹木が有る場合の火線強度と最小防火帯幅の関係（火炎の防火帯突破確率 1%）

火線強度（kW/m）	500	1000	2000	3000	4000	5000	10000	15000	20000	25000
防火帯幅（m）	16	16.4	17.4	18.3	19.3	20.2	24.9	29.7	34.4	39.1

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」附属書Ａ　A-6

iv　防火帯について



第 2-6 図　防火帯設置図

・防火帯の管理

防火帯の管理については火災防護計画に定め，防火帯上に駐車車両等の可燃物及び消火活動に支障となるものが存在しない管理を行う。

ｖ．　火災到達時間の評価結果

【到達時間】

　ＦＡＲＳＩＴＥ解析結果より，発火点1の火災が防火帯外縁に到達する最短時間は約●時間（約●分）である。

【評価】

　火災が到達する時間は，●分程度と短時間であるが，防火帯●m を確保しており，防火帯設置により内側への延焼の可能性は低いため，以下に示す通り，森林火災の検知や消火活動は可能である。

・火災の覚知

(1)　発電所構内で作業を行う者に対し，火災を発見した場合，当直守衛員に速やかに通報する事を，社内規程で定めている。通報を受けた者は所内関係者に連絡するとともに，消防機関（119番）に連絡を行う。

(2)　想定される自然現象等の影響について，昼夜にわたり発電所周辺の状況を把握する目的で設置する津波監視カメラ及び構内監視カメラを使用して森林火災に対する監視を行う。

(3)　防潮堤に囲まれていない範囲を監視する火災感知器（サーモカメラ）を設けることで早期覚知が可能な設計とする。

(4)　下記の火災が発生した場合，消防機関から発電所へ連絡が入る。

- 発電所周辺で発生した森林火災
- 発電所へ迫る可能性があると消防機関が判断した火災

・消火活動

発電所の初期消火活動要員を，発電所の防火帯内に24時間常駐させる。

【初期消火活動要員】

現場指揮者（1名），現場連絡責任者（1名）， 通報連絡責任者（1名），連絡担当（1名），消火担当（7名）　　合計：　11名

【消防自動車】

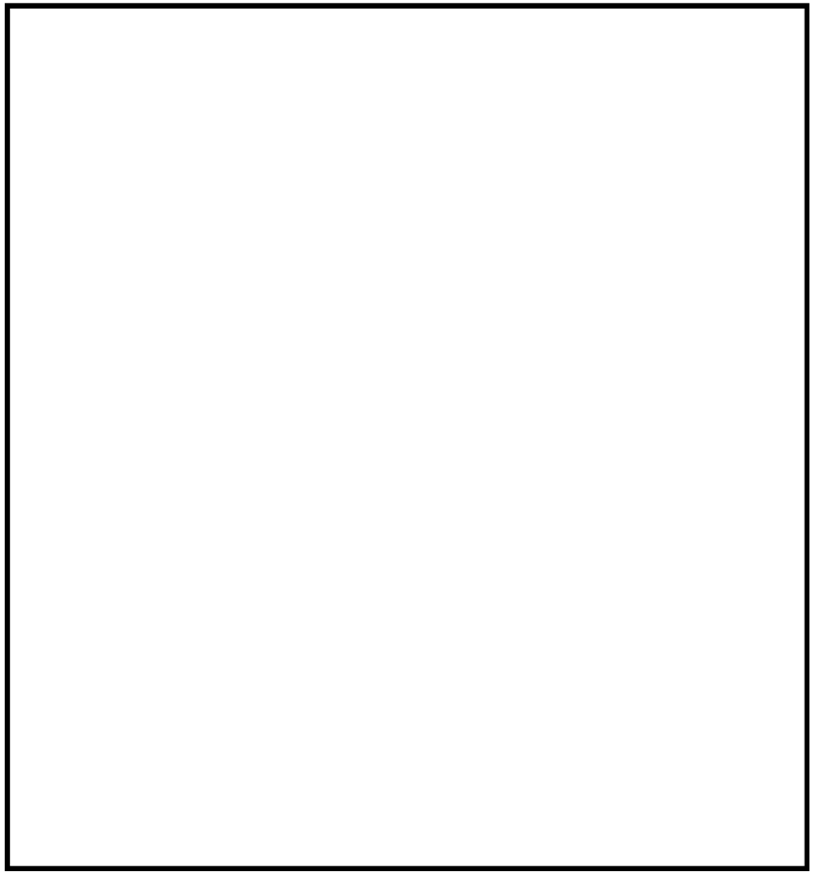
化学消防自動車：1台	水槽付消防ポンプ自動車：1台

v.1　消火活動の説明

【散水開始までの所要時間】

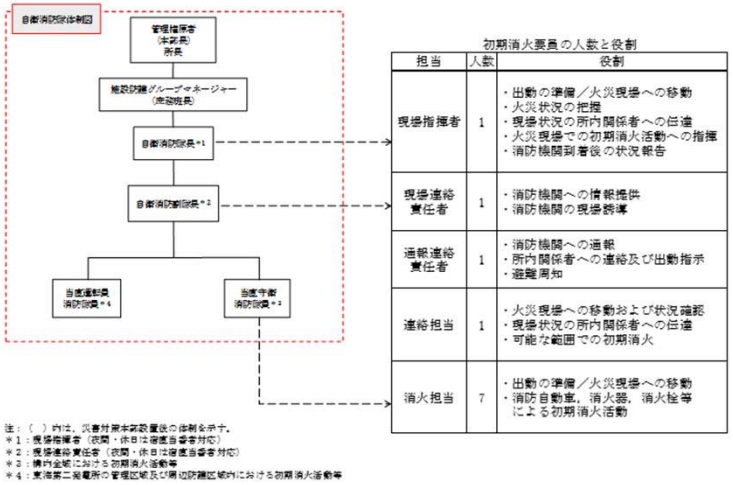
(1)　防火帯への散水

火炎到達時間が最短となる発火点●から出火した森林火災が，最短で発電所に到達する散水地点●において散水活動を行う。



第 2-7 図　散水位置（防火帯）

初期消火活動要員の人数と役割



初期消火要員の人数と役割

担当	人数	役割
現場指揮者	1	・出動の準備／火災現場への移動 ・火災状況の把握 ・現場状況の所内関係者への伝達 ・火災現場での初期消火活動への指揮 ・消防機関到着後の状況報告
現場連絡責任者	1	・消防機関への情報提供 ・消防機関の現場誘導
通報連絡責任者	1	・消防機関への通報 ・所内関係者への連絡及び出動指示 ・避難周知
連絡担当	1	・火災現場への移動および状況確認 ・現場状況の所内関係者への伝達 ・可能な範囲での初期消火
消火担当	7	・出動の準備／火災現場への移動 ・消防自動車，消火器，消火栓等による初期消火活動

注：（ ）内は，災害対策本部設置後の体制を示す。
＊1：現場指揮者（夜間・休日は宿直当番者対応）
＊2：現場連絡責任者（夜間・休日は宿直当番者対応）
＊3：構内全域における初期消火活動等
＊4：重海第二発電所の管理区域及び周辺防護区域内における初期消火活動等

散水開始までの所要時間（防火帯）

項目	活動内容	活動に必要となる所要時間（分） 0　10　20　30
火災発生		▽
連絡・火災延焼確認	火災情報を入手	▽
消火活動準備	出動準備	5分
	消火活動場所までの移動	2分
	ホース展張・散水準備	5分
消火活動開始	防火帯への散水開始	▼ 12分後 散水準備完了

□：訓練実績　⬚：過去の実績等から想定した時間

vi　温度影響評価（円筒火炎モデル）

vi.1　温度評価用データの選定

前述の森林火災解析結果から，①火炎輻射強度 ②火炎長 ③燃焼継続時間の組合せによる温度評価結果を確認し，温度評価結果が最も厳しくなるメッシュを選定する。

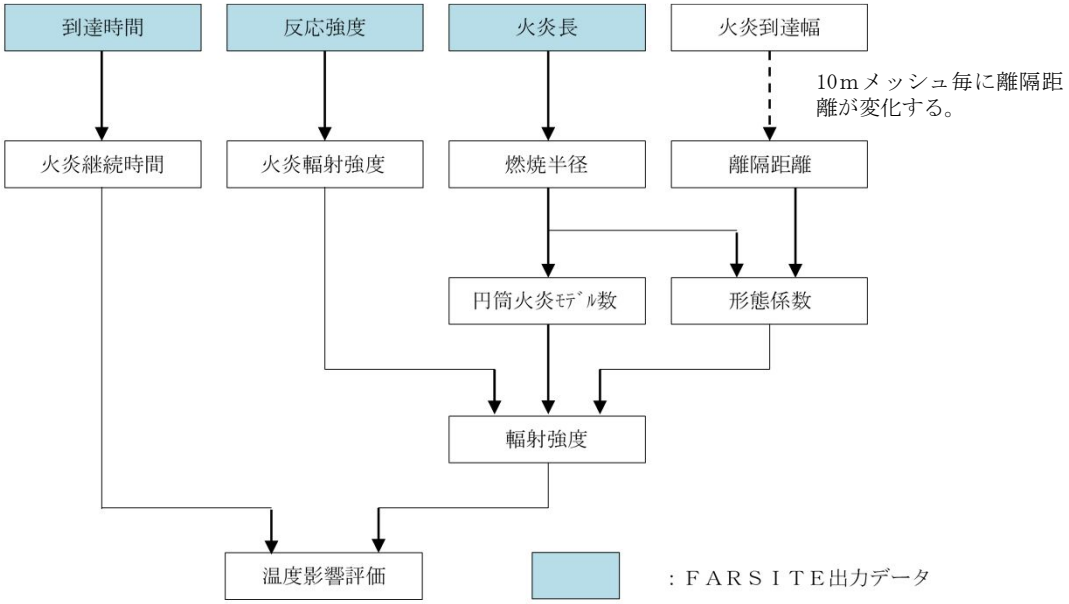
（発火点●から選定した。）

vi.2　温度評価

選定したメッシュの以下のパラメータを用いて評価した。

項　　目		内　　容
FARSITE 解析結果	火炎到達時間 (hr)	出火から火炎の前線が該当地点に到達するまでの時間。 火炎継続時間の算出に使用する。
	反応強度 (kW/m^2)	単位面積当たりの熱放出速度であり，火炎輻射強度の根拠となる火災規模。火炎輻射強度の算出に使用する。
	火炎長 (m)	反応強度が最大位置の火炎の高さ。円筒火炎モデルの形態係数の算出に使用する。
FARSITE 解析結果 より算出 したデータ	火炎継続時間 (hr)	到達時間から算出され，円筒火炎モデルを用いた温度上昇の算出に使用する。
	火炎輻射強度 (kW/m^2)	反応強度に米国 NFPA の係数 0.377 を乗じて算出され，円筒火炎モデルを用いた温度上昇の算出に使用する。
	燃焼半径 (m)	火炎長に基づき算出され，円筒火炎モデルの形態係数の算出に使用する。
	火炎到達幅 (m)	防火帯外縁における火炎到達セル数×セル幅（10m）

vi.3　温度影響評価（熱評価の流れ）



　ＦＩＲＳＩＴＥ結果から，「①火炎輻射強度」と「②形態係数」を算出し，円筒火炎モデルによる熱影響評価を実施する。

＜評価結果＞　「補足説明資料（●）」参照

・コンクリートの許容温度（200℃）にて算出した危険距離は「●m」
　⇒防火帯幅●m＞●mである。
・森林火災の外縁から原子炉周辺建屋までの距離（●m）にて算出した外壁表面温度は「●℃」
　⇒ ●℃＜ 200℃である。

※屋外に設置されている海水ポンプは，地上面より下に設置されており直接熱輻射を受けることはない。

目　　次

ⅰ．　目的
ⅱ．　危険物貯蔵施設等の抽出の考え方
ⅲ．　石油コンビナート等に対する評価
ⅳ．　石油コンビナート以外の危険物貯蔵施設に対する火災影響評価
ⅴ．　石油コンビナート以外の危険物貯蔵施設に対する爆発影響評価

ⅰ．目的

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より，安全機能を有する構築物，系統及び機器を内包する原子炉施設に影響を及ぼさないことについて，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書Ｂ 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」（以下「評価ガイド」という。）に基づき，評価を実施する。

ⅱ．危険物貯蔵施設等の抽出の考え方

発電所周辺10km以内の石油コンビナートの有無を確認した。また，石油コンビナート以外の危険物貯蔵施設及び高圧ガス貯蔵施設については，周辺自治体に資料開示請求を行い，必要に応じてこれらの施設を有する事業者への聞き取り調査を行い確認し，ガスパイプラインについては周辺事業者への聞き取り調査を行い確認した。

ⅲ.　石油コンビナート等に対する評価

(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。

茨城県内において石油コンビナート等災害防止法により石油コンビナート等特別防災区域に指定されているのは以下の区域である。

石油コンビナート等特別防災区域を指定する政令【別表抜粋】

十三　鹿島臨海地区

イ　茨城県鹿嶋市大字国末字北浜山，字南浜山及び字海岸砂地，大字泉川字北浜山，字南浜山，字浜屋敷及び字沢東，大字新浜並びに大字粟生字海岸の区域　同市大字光字光並びに大字粟生字東山及び字浜の区域のうち主務大臣の定める区域　これらの区域に介在する道路の区域

ロ　茨城県神栖市光，居切字海岸砂地並びに深芝字海辺，字藤豊及び字原芝の区域　同市北浜，奥野谷字浜野及び字東和田，東和田並びに東深芝の区域のうち主務大臣の定める区域

第3.1図　鹿島臨海地区と発電所の位置関係

(2)　評価結果

第3.2-1図に示すとおり，茨城県内において石油コンビナート等災害防止法により石油コンビナート等特別防災区域に指定されている鹿島臨海地区は東海第二発電所から約50km離れており，評価対象範囲の10km以上離れていることから，評価対象となる石油コンビナートは存在しないことを確認した。

ⅳ．　石油コンビナート以外の危険物貯蔵施設に対する評価

（1）　危険物貯蔵施設の火災影響

発電所から10km以内に位置する危険物貯蔵施設のうち，影響評価対象施設に火災影響を及ぼすおそれのある施設を抽出した。

(2) 抽出方法

ⅰ）発電所敷地外半径10km以内に石油コンビナートはないことを確認したため，半径10km以内に存在する危険物貯蔵施設の貯蔵容量は最大でも石油コンビナート相当の10万kL※１となる。

ⅱ）最も輻射発散度が高いn-ヘキサン※２が10万kL貯蔵された危険物貯蔵施設を想定し，その危険距離が1,329m※２であることを確認

ⅲ）発電所から1.4km以遠には，石油コンビナートが存在したとしても影響はなし

ⅳ）発電所から1.4km以遠には発電所に影響を及ぼす危険物貯蔵施設は存在しないと判断し，発電所から1.4km以内に存在する危険物貯蔵施設に対して影響を評価

※１：「石油コンビナート等災害防止法施行令」（昭和51年5月31日政令129号）の第2条で規定する基準総貯蔵量

※２：算出方法は別紙3.1参照

(3)　抽出結果

発電所から1.4km以内に存在する危険物貯蔵施設のうち，屋外貯蔵である[redacted]について，影響評価を実施した。なお，[redacted]の危険物タンクは地下貯蔵であるため，評価対象外とした。

第3.2図　発電所周辺（東海村全域及び日立市の一部）に位置する危険物貯蔵施設

第3.1表　発電所周辺（東海村全域及び日立市の一部）に存在する第四類危険物貯蔵施設

施設区分	No.	事業所名	油種	数量(L)	位置が1.4km以内 ○：1.4km以内 ×：1.4km以遠
屋外タンク貯蔵所又は屋外貯蔵所					
給油取扱所					

(4)　火災影響評価結果

危険物貯蔵施設の火災が発生しても，影響評価対象施設が許容温度となる危険距離以上の離隔距離が確保されているため，影響評価対象施設に影響を与えることはない。

第3.2表　危険物タンク火災影響評価結果

想定火災源	燃料種類	燃料量 (m^3)	影響評価対象施設	危険距離 (m)	離隔距離 (m)
			原子炉建屋	41	1，100
			海水ポンプ室		1，300
			タービン建屋		1，200
			使用済燃料乾式貯蔵建屋		800
			排気筒	10	1，200
			D／G吸気系フィルタ	23	1，100

ｖ　高圧ガス貯蔵施設

東海第二発電所敷地外10km圏内に存在する高圧ガス貯蔵施設のうち，影響評価対象施設に影響を及ぼすおそれのある施設を抽出し，ガス爆風による爆風圧及び飛来物の影響を評価した。

(1) 抽出方法

ｉ）　発電所から約1,500mの位置に，10km以内（敷地内を除く）で最大の高圧ガス貯蔵施設が稼働中であるため，この高圧ガス貯蔵施設（東京ガス（株）が所有する日立ＬＮＧ基地のＬＮＧタンク及びＬＰＧタンク）を選定

ⅱ）　当該ＬＮＧ基地に設置されるＬＮＧタンク及びＬＰＧタンクについて危険限界距離を算出し，この危険限界距離の範囲内に位置する高圧ガス貯蔵施設を評価対象として抽出

(2)　発電所から近い位置にＬＮＧ基地に対する評価

・外部火災影響評価ガイドに記載の評価式に基づき，爆風圧に対する影響評価を行い危険限界距離※を算出

・算出した危険限界距離373mは，発電所から当該ＬＮＧ基地までの離隔距離1,500m以下であるため，発電所への影響なし

※：人体に対して影響を与えない爆風圧となる離隔距離

表3.3　爆発影響評価で想定した評価条件

	日立ＬＮＧ基地※1	
	ＬＮＧタンク	ＬＰＧタンク
貯蔵ガス	液化天然ガス（メタン）	液化石油ガス（プロパン）
貯蔵量（m^3）	230,000	50,000
貯蔵量（t）	97,704	31,000
密度（t／m^3）	0.4248※2	0.62※3
貯蔵ガスＫ値※4	714	888
貯蔵設備Ｗｔ値※5	358.7533	

※1：2016年3月より稼働中
※2：伝熱工学資料第5版記載値
※3：ＪＩＳ　Ｋ　2240-2013記載値
※4：コンビナート等保安規定第5条別表第二記載値
※5：合計貯蔵量が1t以上となるため，合計貯蔵量の平方根の数値

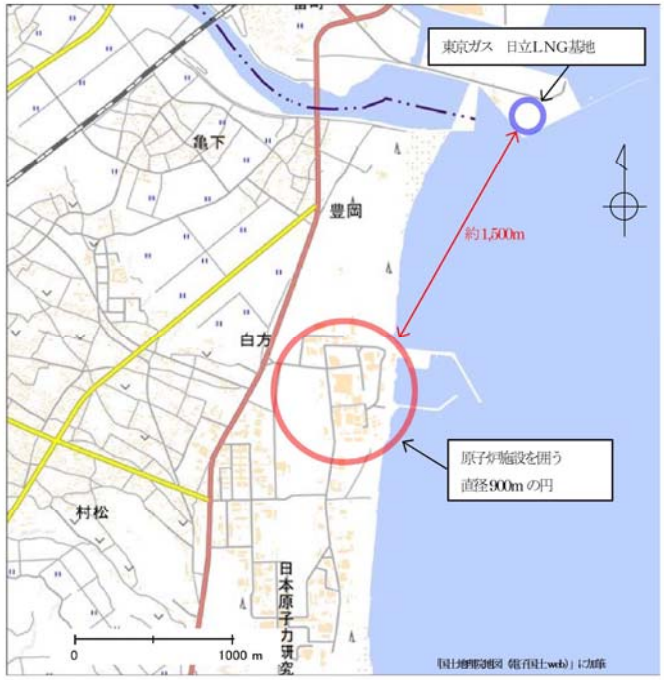


図3,3　発電所と日立LNG基地の位置関係

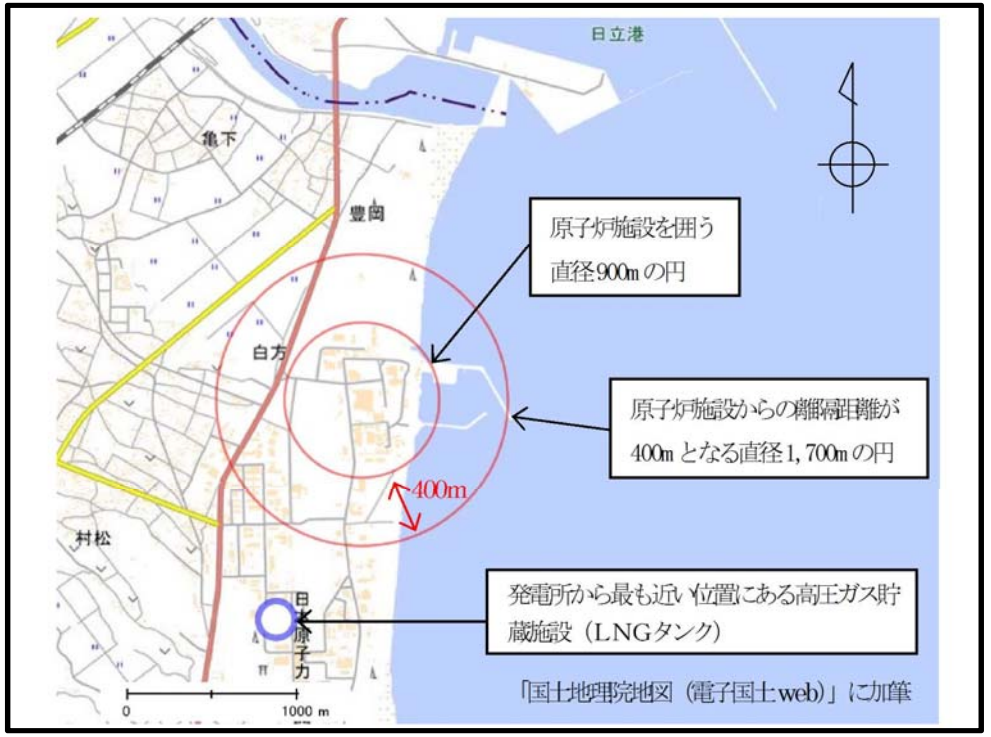
(3) 抽出結果

・危険限界距離は373mとなる。

・発電所から最も近い位置にある高圧ガス貯蔵施設は，発電所から900mの位置にある[redacted]であり

・発電所敷地から400m以内に，高圧ガス貯蔵施設が存在しないことを確認

・これにより発電所より10km以内において，日立ＬＮＧ基地の爆発影響を超える高圧ガス貯蔵施設はないことを確認した。



第3.4図　発電所周辺（東海村全域及び日立市の一部）に位置する危険物貯蔵施設

(4)　爆発飛来物の影響評価

・「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，抽出した高圧ガス貯蔵施設の爆発による破片の飛散範囲を算出

・飛来物の飛散距離を算出した結果，飛散距離は離隔距離以下であることを確認した。

・また，低温貯蔵型タンクは，日立ＬＮＧ基地の大規模な低温貯蔵型タンクを想定しても，想定飛散距離は約570mであり，発電所から最も近い位置にある高圧ガス貯蔵施設までの離隔距離900mを下回ることから，低温貯蔵型タンク爆発による飛来物の影響はない。

表3.4　爆発飛来物の影響評価結果

施設名称	貯蔵量 (kg)	飛散距離 (m)	離隔距離※ (m)

※：敷地境界までの距離

目　　次

ⅰ．　目的
ⅱ．　燃料輸送車両の火災影響評価
ⅲ．　燃料輸送車両の爆発影響評価
ⅳ．　燃料輸送車両の爆発飛来物影響評価

ⅰ．　目的

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より，安全機能を有する構築物，系統及び機器を内包する原子炉施設に影響を及ぼさないことについて，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書Ｂ 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」（以下「評価ガイド」という。）に基づき，評価を実施する。

ⅱ．　燃料輸送車両の火災影響評価

発電所敷地外の公道上での燃料輸送車両の火災を想定し，影響評価対象施設に対する影響評価を行った。

(1)　火災の想定

燃料輸送車両の火災の想定は以下の通りとした。

・発電所敷地外近傍の公道上（国道２４５号）の影響評価対象施設に最も近い場所で発生した燃料輸送車両の火災。
・消防法令（危険物の規則に関する政令第15条第1項三号）において，移動タンク貯蔵所の上限量が定められており，公道を通行可能な上限量（＝30m^3）のガソリンが積載された状況を想定した。

(2)　評価結果

発電所敷地外近傍の公道上において燃料輸送車両の火災が発生しても，影響評価対象施設が許容温度となる危険距離以上の離隔距離が確保されているため，影響評価対象施設に影響を与えることはない。

表4.1　火災の影響評価結果

想定火災源	燃料種類	容量 (m^3)	影響評価対象施設	危険距離 (m)	離隔距離 (m)
燃料輸送車両	ガソリン	30	原子炉建屋	15	510
			海水ポンプ室		760
			タービン建屋		450
			使用済燃料乾式貯蔵建屋		520
			排気筒	9	610
			D／G吸気系フィルタ	17	510

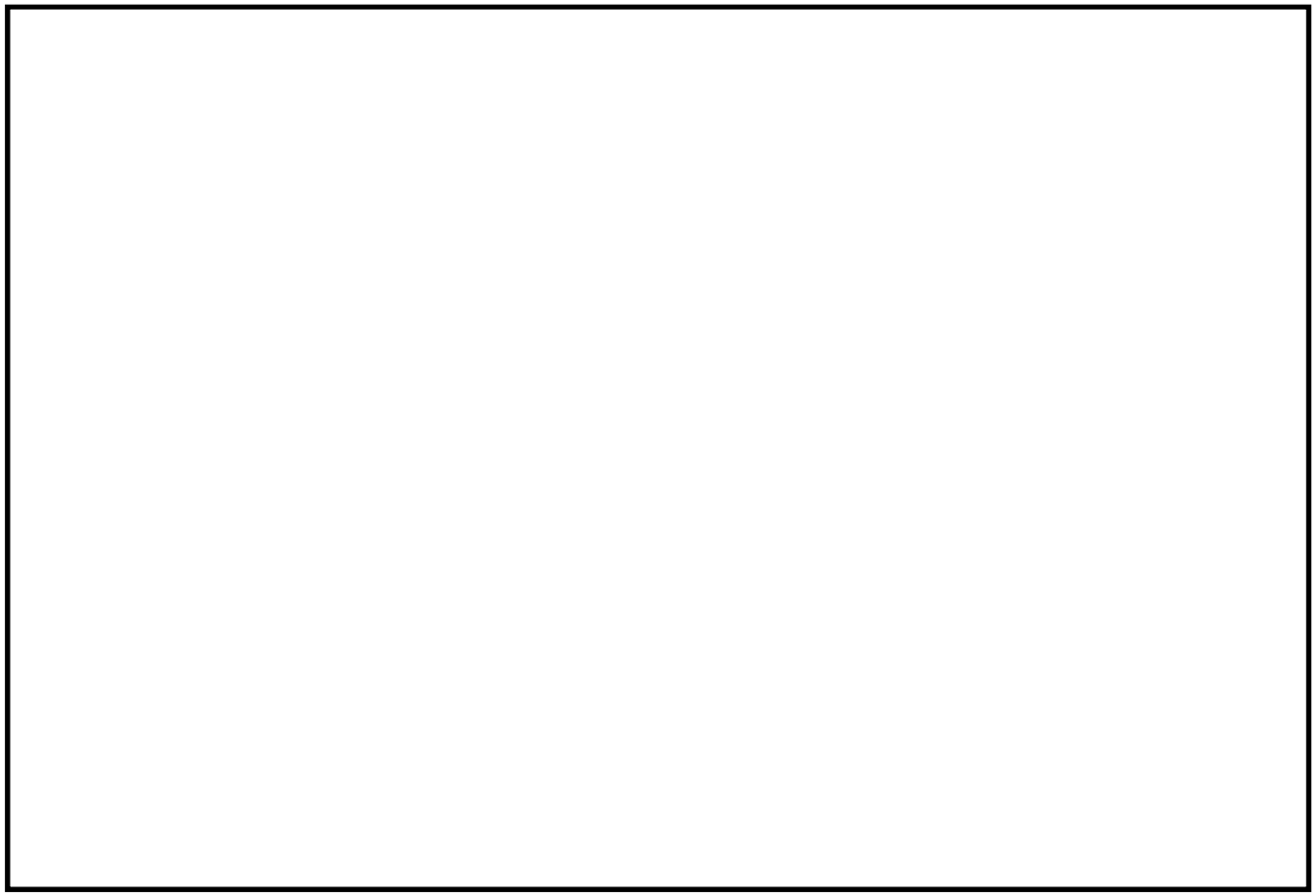


図4.1　火災発生場所と影響評価対象施設の位置関係

ⅲ.　燃料輸送車両の爆発影響評価

発電所敷地外の公道上での燃料輸送車両の爆発を想定し，影響評価対象施設に対する影響評価を行った。

(1)　爆発の想定

燃料輸送車両の爆発の想定は以下の通りとした。

・発電所敷地外近傍の公道上（国道２４５号）の影響評価対象施設に最も近い場所で発生した燃料輸送車両の爆発。
・最大クラス（積載量：15.1t）の可燃性ガスが積載された状況を想定した。
・積載された可燃性ガスは液化天然ガス（ＬＮＧ）及び液化石油ガス（ＬＰＧ）を想定した。

(2)　評価結果

発電所敷地外近傍の公道上において燃料輸送車両の爆発が発生しても，影響評価対象施設が許容温度となる危険距離以上の離隔距離が確保されているため，影響評価対象施設に影響を与えることはない。

表4.2　爆風圧の影響評価結果

想定爆発源	ガス種類	容量 (t)	危険限界距離 (m)	離隔距離※ (m)
燃料輸送車両	ＬＮＧ (メタン)	15.1	81	450
	ＬＰＧ (プロパン)	15.1	88	

※：影響評価対象施設のなかで国道２４５号から最も離隔距離が短いタービン建屋までの距離

ⅳ.　燃料輸送車両の爆発飛来物影響評価

発電所敷地外の公道上での燃料輸送車両の爆発を想定し，影響評価対象施設に対する影響評価を行った。

(1)　爆発の想定

燃料輸送車両の爆発の想定は以下の通りとした。

・発電所敷地外近傍の公道上（国道２４５号）の影響評価対象施設に最も近い場所で発生した燃料輸送車両の爆発。
・最大クラス（積載量：15.1t）の可燃性ガスが積載された状況を想定した。
・積載された可燃性ガスは液化天然ガス（ＬＮＧ）及び液化石油ガス（ＬＰＧ）を想定した。

(2)　飛来物の最大飛散距離の簡易評価

「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）に基づきタンクの破損による破片の飛散範囲を算出した結果，算出したタンク破片の飛散距離は1,218mとなり発電所敷地に到達することを確認したため，より現実的な飛来物形状等の想定を踏まえた詳細評価を実施

(3)　飛来物の最大飛散距離の詳細評価

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，最大飛散距離（435m）が影響評価対象施設までの離隔距離（450m）を下回る結果となったため，影響評価対象施設への影響はないことを確認した。

目　　次

ⅰ．　目的
ⅱ．　漂流船舶の火災影響評価
ⅲ．　漂流船舶の爆発影響評価
ⅳ．　漂流船舶の爆発飛来物影響評価
ⅴ．　漂流船舶の二次的影響評価

ⅰ．　目的

発電所敷地外で発生する漂流船舶の火災やガス爆発により，安全機能を有する構築物，系統及び機器を内包する原子炉施設に影響を及ぼさないことについて，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書Ｂ 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」（以下「評価ガイド」という。）に基づき，評価を実施する。

ⅱ．　漂流船舶の火災影響評価

(1)　火災の想定

・発電所から約1,500mの位置にある高圧ガス貯蔵施設に入出港する輸送船及び発電所港湾内に定期的に入出港する船舶の火災を想定した。
・満載時及び空荷時の喫水と水深を考慮した位置から，影響評価対象施設までの離隔距離が最も短くなる地点での火災を想定した。
・船舶の駆動燃料の火災を想定した。

(2)　評価結果

影響評価対象施設が許容温度となる危険距離を算出した結果，影響評価対象施設までの離隔距離以下であることから，影響評価対象施設が想定した漂流船舶火災の影響は受けない。

また，積載が空荷状態の火災想定位置を考慮しても危険距離が離隔距離を上回ることはない。

(2)　評価結果

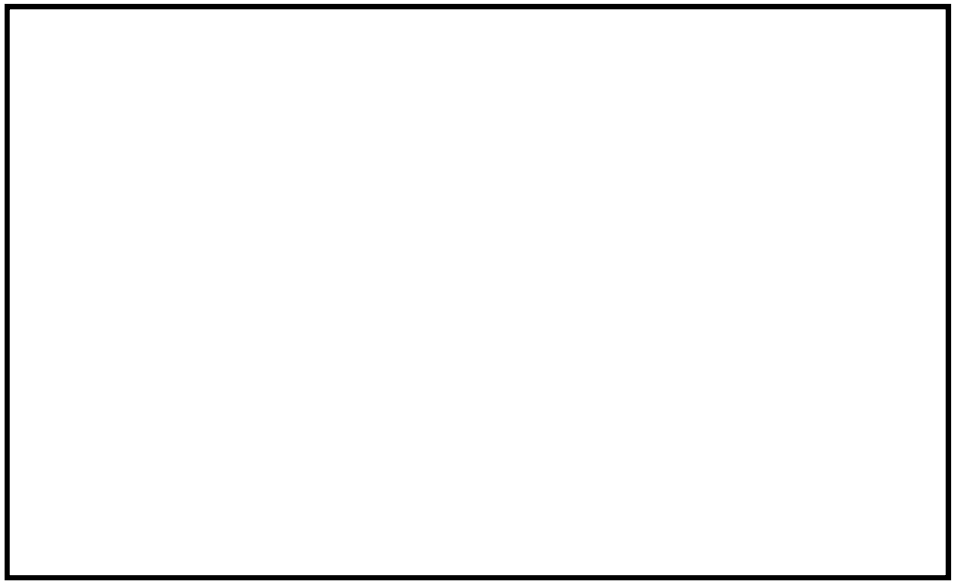
影響評価対象施設が許容温度となる危険距離を算出した結果，影響評価対象施設までの離隔距離以下であることから，影響評価対象施設が想定した漂流船舶火災の影響は受けない。また，積載が空荷状態の火災想定位置を考慮しても危険距離が離隔距離を上回ることはない。

表5.1　火災の影響評価結果

想定火災源	燃料種類	燃料量（m^3）	影響評価対象施設	危険距離（m）	離隔距離（m）
			原子炉建屋	165	1,100
			海水ポンプ室		940
			タービン建屋		1,100
			使用済燃料乾式貯蔵建屋		1,300
			排気筒	87	1,100
			D／G吸気系フィルタ	128	1,100
			原子炉建屋	54	300
			海水ポンプ室		70
			タービン建屋		280
			使用済燃料乾式貯蔵建屋		530
			排気筒	29	250
			D／G吸気系フィルタ	42	330

※1：[　　]は燃料の種類が同じであることから，燃料量が多い[　　]の評価に包絡されるため影響評価対象外とした。

※2：[　　]は燃料の種類が同じであることから，燃料量が多い[　　]の評価に包絡されるため影響評価対象外とした。



第 5.1 図　輸送船火災と影響評価対象施設の位置関係

第 5.2 図 [redacted]火災と影響評価対象施設の位置関係

ⅲ.　漂流船舶の爆発影響評価

(1)　爆発の想定

・発電所から約1,500mの位置にある高圧ガス貯蔵施設に入出港する輸送船の爆発を想定した。

・満載時及び空荷時の喫水と水深を考慮した位置から，影響評価対象施設までの離隔距離が最も短くなる地点での火災を想定した。（火災影響評価と同様の地点を想定した。）

・輸送中の燃料ガスの爆発を想定した。

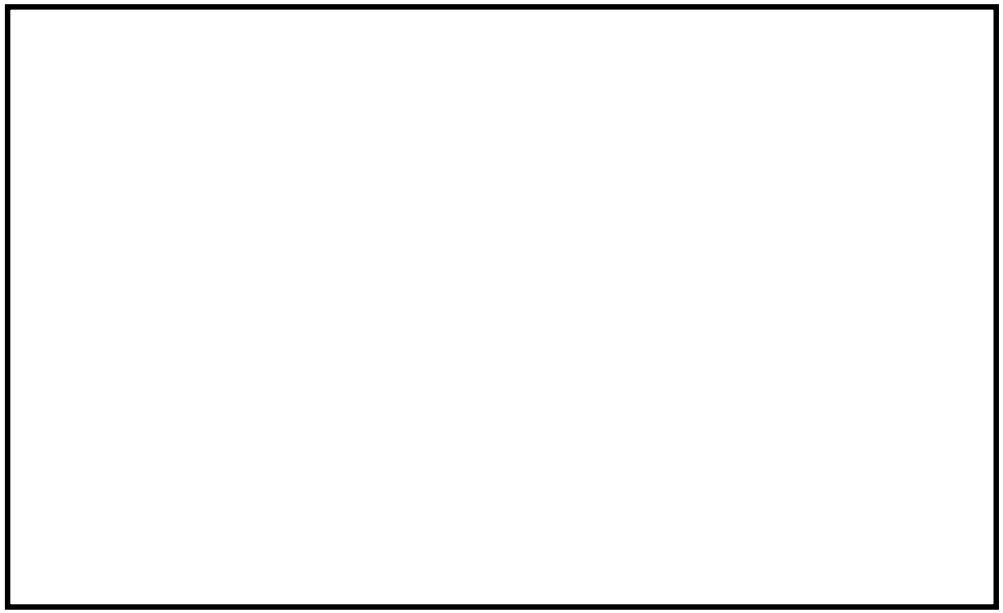
(2)　評価結果

発電所周辺海域及び港湾内において漂流船舶の爆発が発生しても，危険限界距離以上の離隔距離が確保されているため，影響評価対象施設に影響を与えることはない。また，積載が空荷状態の火災想定位置を考慮しても危険距離が離隔距離を上回ることはない。

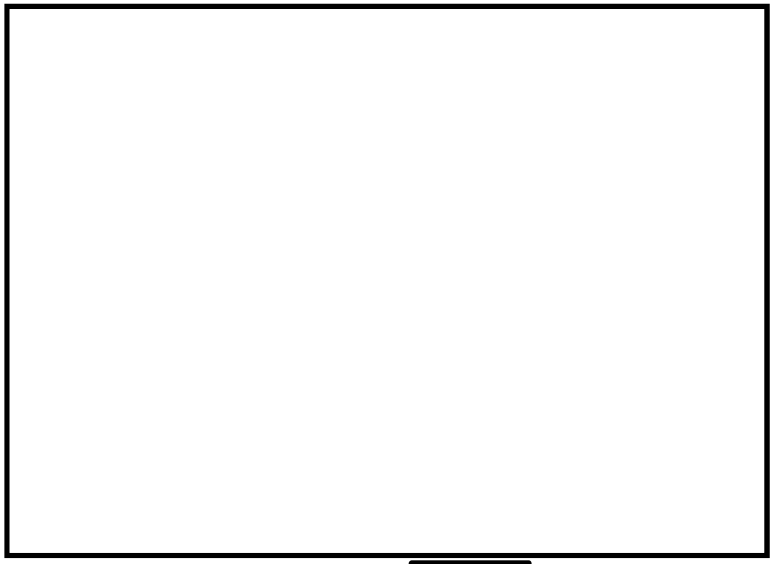
表5.2　爆風圧の影響評価結果

想定爆発源	ガス種類	容量 (t)	危険限界距離 (m)	離隔距離※ (m)
			335	1,100 以上
			340	
			165	250 以上

※：海水ポンプ室の高さは防潮堤高さよりも低く，直接爆風圧の影響を受けることはないため，海水ポンプ室は影響評価対象外とする。離隔距離は海水ポンプ室を除いて最も近い排気筒までの距離とする。



第5.3図　発電所と輸送船の位置関係



第5.4図　発電所と[　　]の位置関係

ⅳ．　漂流船舶の爆発飛来物影響評価

発電所周辺を航行する船舶として，日立ＬＮＧ基地に出入りする輸送船があるが，これらの船舶が停泊しているときに津波警報等が発表された場合には，荷役及び作業を中止した上で，緊急退避又は係留避泊する運用としており，実際に漂流し発電所に接近する可能性は低いことから，想定した漂流船舶の飛来物が発電所に影響を及ぼすことはない。

ⅴ．　漂流船舶の二次的影響

発電所港湾内で漂流船舶が出火し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原子炉施設（海水ポンプ）への影響はない。

なお，発電所港湾外で船舶の油が流出した場合は，油の流出を確認し次第，速やかにオイルフェンスを設置し，原子炉施設への影響がないよう対応する。

目　　次

ⅰ．　目的
ⅱ．　火災源又は爆発源となる設備の影響評価

ⅰ．　目的

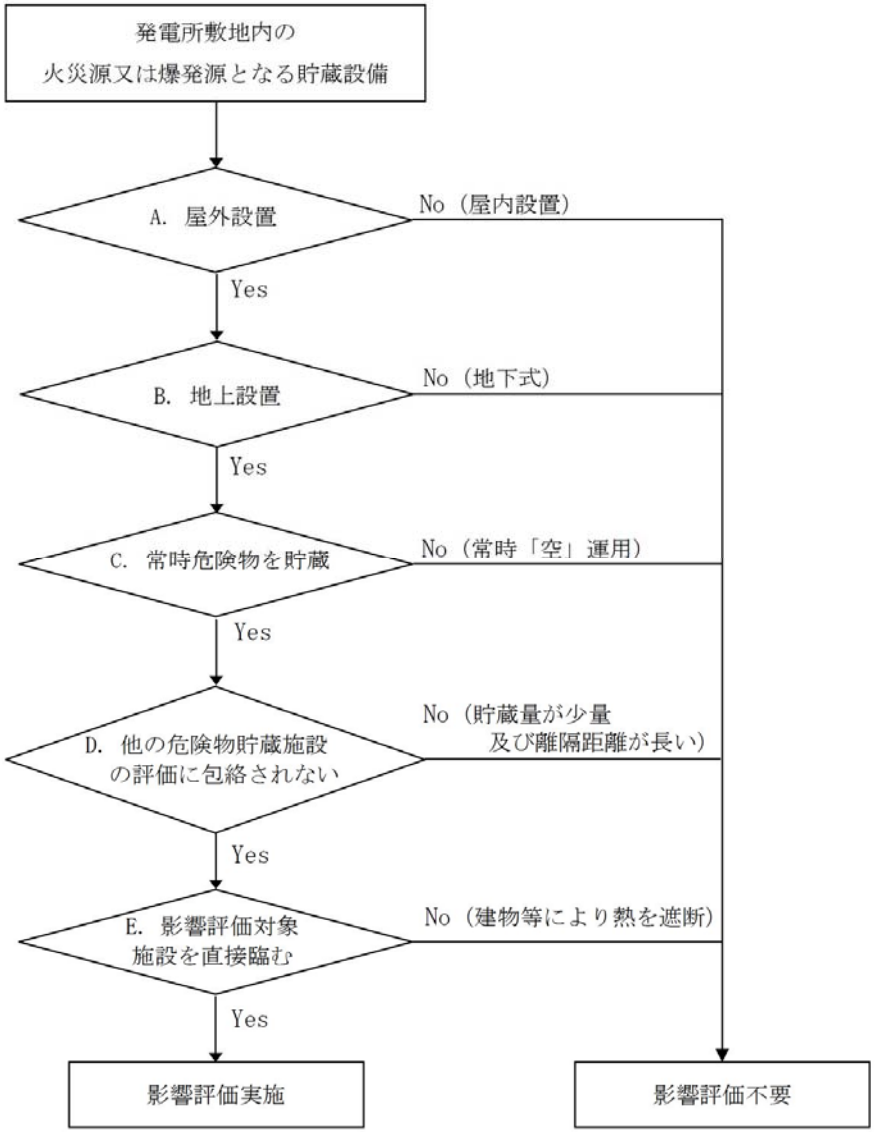
東海第二発電所敷地内の危険物貯蔵設備の火災・爆発が，安全機能を有する構築物，系統及び機器を内包する原子炉施設に影響を及ぼさないことについて，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書Ｂ石油コンビナート火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」及び，「附属書Ｃ「原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について」（共に以下「評価ガイド」という。）に基づき，評価を実施する。

ⅱ．　火災源又は爆発源となる設備の影響評価

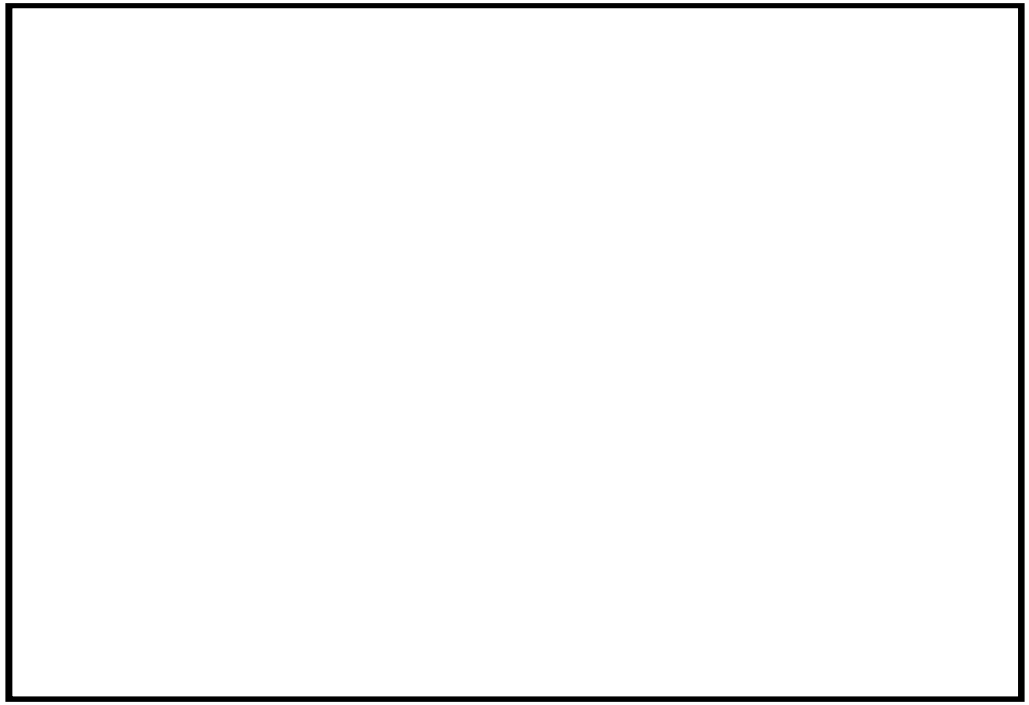
(1)　評価対象の考え方

評価ガイドに基づき，発電所敷地内の火災源又は爆発源となる石油類等の危険物貯蔵設備について，火災・爆発の影響評価を実施する。

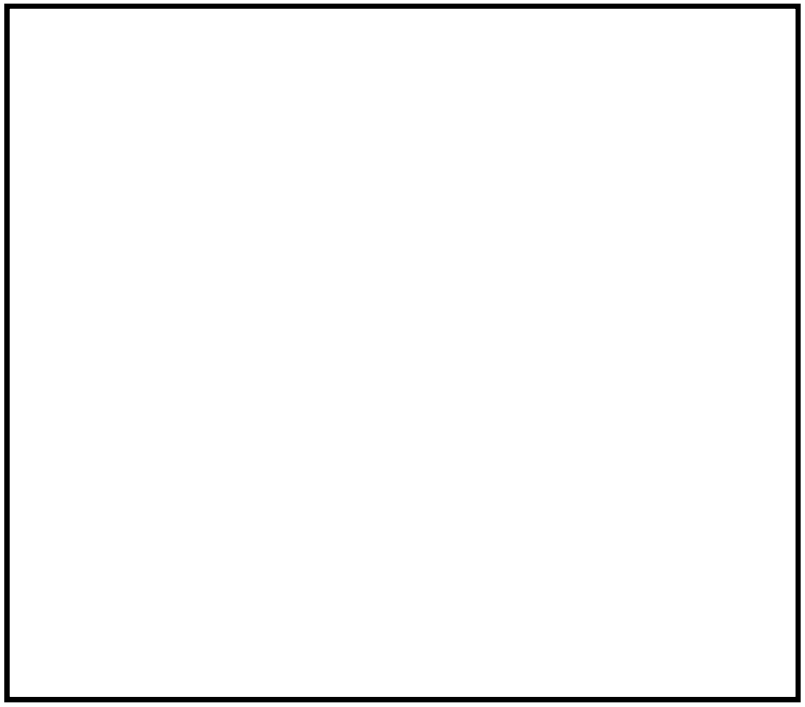
第6.1図のフローに基づき評価対象を抽出した。



第6.1図　敷地内の火災及び爆発影響評価対象抽出フロー



第6.2図　火災源及び爆発源となる設備及び影響評価対象施設の位置



第6.3図　火災源となる変圧器及び影響評価対象施設の設置位置

第6.1表　敷地内の火災源となる設備一覧（１／２）

設備名	製造所等区分	設置場所	危険物の類		品名	最大数量（m^3）	詳細評価要否（○：対象，×：対象外）
No.1 保修用油倉庫	屋内貯蔵所	屋内	第四類	第一石油類	ガソリン	0.10	×（屋内設置 → A）
			第四類	第二石油類	ラッカー等	4.00	×（屋内設置 → A）
			第四類	第四石油類	潤滑油	90.00	×（屋内設置 → A）
No.2 保修用油倉庫	屋内貯蔵所	屋内	第四類	第四石油類	潤滑油	100.00	×（屋内設置 → A）
保修用屋外油貯蔵所	屋外貯蔵所	屋外	第四類	第四石油類	潤滑油	80.00	×（他評価に包絡 → D）
工事協力会油倉庫	屋内貯蔵所	屋内	第四類	第一石油類	ガソリン	1.00	×（屋内設置 → A）
			第四類	第二石油類	灯油	3.10	×（屋内設置 → A）
			第四類	第三石油類	塗料	2.50	×（屋内設置 → A）
			第四類	第四石油類	潤滑油	2.90	×（屋内設置 → A）
緊急時対策室建屋（旧緊急時対策室）	一般取扱所	屋内	第四類	第三石油類	重油	5.76	×（屋内設置 → A）
緊急時対策室建屋地下タンク（旧緊急時対策室）	地下タンク貯蔵所	地下	第四類	第三石油類	重油	20.00	×（地下式 → B）
絶縁油保管タンク	屋外タンク貯蔵所	屋外	第四類	第三石油類	絶縁油	200.00	×（常時「空」→C）
常設代替高圧電源装置置場	一般取扱所	屋外	第四類	第二石油類	軽油	5.97	×（他評価に包絡 → D）
			第四類	第四石油類	潤滑油	0.94	×（他評価に包絡 → D）
緊急時安全対策用地下タンク	地下タンク貯蔵所	地下	第四類	第二石油類	軽油	90.00	×（地下式 → B）
構内服洗濯用タンク	少量危険物貯蔵取扱所	屋外	第四類	第三石油類	重油	1.82	×（他評価に包絡 → D）
廃棄物処理建屋廃油タンク	少量危険物貯蔵取扱所	屋内	第四類	第三石油類	廃油	1.90	×（屋内設置 → A）
雑固体減容処理設備用バーナ	少量危険物貯蔵取扱所	屋内	第四類	第二石油類	灯油	0.93	×（屋内設置 → A）
緊急用エンジン発電機燃料タンク	少量危険物貯蔵取扱所	屋外	第四類	第二石油類	軽油	0.80	×（常時「空」→C）
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク	地下タンク貯蔵所	地下	第四類	第二石油類	軽油	150.00	×（地下式 → B）
T／H消火用ディーゼルポンプ用タンク	少量危険物貯蔵取扱所	屋内	第四類	第二石油類	軽油	0.49	×（屋内設置 → B）
少量危険物貯蔵所 No.1	少量危険物貯蔵取扱所	屋内	第四類	第三石油類	絶縁油	1.00	×（屋内設置 → B）
少量危険物貯蔵所 No.2	少量危険物貯蔵取扱所	屋内	第四類	第三石油類	絶縁油	1.00	×（屋内設置 → B）
少量危険物貯蔵所 No.3	少量危険物貯蔵取扱所	屋内	第四類	第三石油類	絶縁油	1.00	×（屋内設置 → B）

網掛け箇所：評価対象となる設備

第6.2表　敷地内の火災源となる設備一覧（2／2）

設備名	製造所等区分	設置場所	危険物の類		品名	最大数量（m^3）	詳細評価要否（○：対象，×：対象外）
油倉庫	屋内貯蔵所	屋内	第四類	第一石油類	ガソリン	0.90	×（屋内設置 → A）
			第四類	第二石油類	軽油・灯油	2.20	×（屋内設置 → A）
			第四類	第三石油類	重油	18.20	×（屋内設置 → A）
			第四類	第四石油類	潤滑油	21.00	×（屋内設置 → A）
			第四類	アルコール類	アルコール類	0.20	×（屋内設置 → A）
重油貯蔵タンク	地下タンク貯蔵所	地下	第四類	第三石油類	重油	500.00	×（地下式 → B）
非常用ディーゼル発電機用タンク	地下タンク貯蔵所	地下	第四類	第二石油類	軽油	800.00	×（地下式 → B）
原子炉建屋	一般取扱所	屋内	第四類	第二石油類	軽油	33.20	×（屋内設置 → A）
			第四類	第四石油類	潤滑油	16.50	
タービン建屋	一般取扱所	屋内	第四類	第二石油類	軽油	0.36	×（屋内設置 → A）
			第四類	第三石油類	重油	1.90	×（屋内設置 → A）
			第四類	第四石油類	潤滑油	185.23	×（屋内設置 → A）
			第四類	第四石油類	ﾘﾝ酸ｴｽﾃﾙ油	7.93	×（屋内設置 → A）
サービス建屋	一般取扱所	屋内	第四類	第三石油類	重油	2.40	×（屋内設置 → A）
溶融炉灯油タンク	**屋外タンク貯蔵所**	**屋外**	**第四類**	**第二石油類**	**灯油**	**10.00**	○
可搬型設備用軽油タンク	地下タンク貯蔵所	地下	第四類	第二石油類	軽油	210.00	×（地下式 → B）
ディーゼル発電機用燃料タンク	少量危険物貯蔵取扱所	屋外	第四類	第二石油類	軽油	0.97	×（他評価に包絡 → E）

網掛け箇所：評価対象となる設備

第6.3表　敷地内貯蔵設備以外の火災源又は爆発源となる設備一覧

設備名	設置場所	危険物の類		品名	最大数量（m^3）	詳細評価要否（○：対象，×：対象外）
主変圧器	屋外	第四類	第三石油類	絶縁油	136.00	○
所内変圧器 ２Ａ	屋外	第四類	第三石油類	絶縁油	21.00	○
所内変圧器 ２Ｂ	屋外	第四類	第三石油類	絶縁油	21.00	×（他評価に包絡 → Ｄ）
起動変圧器 ２Ａ	屋外	第四類	第三石油類	絶縁油	45.95	×（他評価に包絡 → Ｄ）
起動変圧器 ２Ｂ	屋外	第四類	第三石油類	絶縁油	46.75	○
予備変圧器	屋外	第四類	第三石油類	絶縁油	35.90	×（他評価に包絡 → Ｄ）
1号エステート変圧器	屋外	第四類	第三石油類	絶縁油	1.10	×（他評価に包絡 → Ｄ）
2号エステート変圧器	屋外	第四類	第三石油類	絶縁油	1.10	×（他評価に包絡 → Ｄ）
６６ｋＶ非常用変電所	屋外	第四類	第三石油類	絶縁油	6.60	×（他評価に包絡 → Ｄ）
中央制御室計器用エンジン発電機	屋外	第四類	第二石油類	軽油	0.026	×（常時「空」 → Ｃ）

網掛け箇所：評価対象となる設備

第6.4表　敷地内の爆発源となる設備一覧

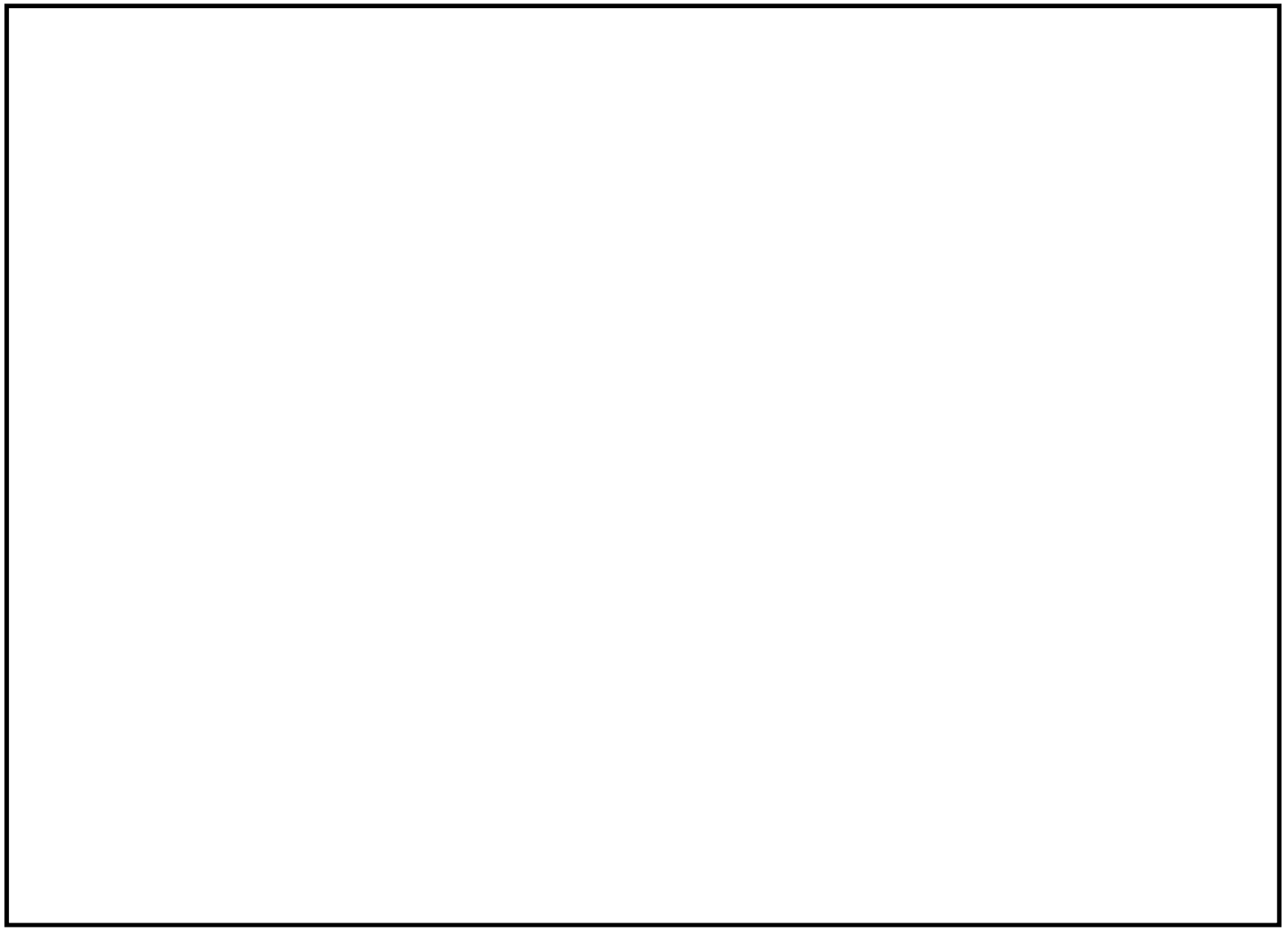
設備名	内容物	本数（本）	1本当たり容量（m^3）	総容量（m^3）	詳細評価要否（○：対象，×：対象外）
協力会社ボンベ小屋	アセチレン	50	6	300	×（屋内配置→Ａ）
	フロン	10	2	20	
	プロパン	10	5	50	
Ｈ２，ＣＯ２ボンベ庫	水素	20	7	140	×（屋内配置→Ａ）
水素貯槽	**水素**	**―**	**―**	**6.7**	○
予備ボンベ庫①	水素	40	7	280	×（屋内配置→Ａ）
予備ボンベ庫②	水素	20	7	140	×（屋内配置→Ａ）
所内ボイラー プロパンボンベ庫	プロパン	4	50	200	×（屋内配置→Ａ）
焼却炉用 プロパンボンベ庫	プロパン	5	500	2500	×（屋内配置→Ａ）
サービス建屋 ボンベ庫	アセチレン	3	6	18	×（屋内配置→Ａ）
廃棄物処理建屋 化学分析用ボンベ庫	アセチレン	1	6	6	×（屋内配置→Ａ）
	ﾒﾀﾉｰﾙ	4	7	28	
食堂用プロパンボンベ庫	プロパン	18	50	900	×（屋内配置→Ａ）

網掛け箇所：評価対象となる設備

第6.5表　可搬型重大事故等対処設備及び自主設備一覧

設備名	数量	危険物の類		品名	燃料量[L] (1数量あたり)	配備位置	詳細評価要否 (○:対象, ×:対象外)
可搬型代替注水大型ポンプ※1※3	7台	第四類	第二石油類	軽油	200（車 両） 900（ﾎﾟﾝﾌﾟ）	南側保管場所 西側保管場所 予備機置場	× （他評価に包絡 →D）
可搬型代替低圧電源車※1※3	5台	第四類	第二石油類	軽油	250	南側保管場所 西側保管場所 予備機置場	× （他評価に包絡 →D）
タンクローリ※1※3	5台	第四類	第二石油類	軽油	100（車　両） 4,000（タンク）	南側保管場所 西側保管場所 予備機置場	× （他評価に包絡 →D）
ホイールローダ※1※3	5台	第四類	第二石油類	軽油	177	南側保管場所 西側保管場所 予備機置場	× （他評価に包絡 →D）
窒素供給装置※1※3	2台	第四類	第二石油類	軽油	300（車両） 380（装置）	南側保管場所 西側保管場所	× （他評価に包絡 →D）
油圧ショベル※2	1台	第四類	第二石油類	軽油	65	南側保管場所	× （他評価に包絡 →D）
ブルドーザ※2	1台	第四類	第二石油類	軽油	470	南側保管場所	× （他評価に包絡 →D）
大型ポンプ用送水ホース運搬車※2	10台	第四類	第二石油類	軽油	200	南側保管場所 西側保管場所 予備機置場	× （他評価に包絡 →D）
可搬型ケーブル運搬車※2	2台	第四類	第二石油類	軽油	100	南側保管場所 西側保管場所	× （他評価に包絡 →D）
可搬型整流器運搬車※2	2台	第四類	第二石油類	軽油	70	南側保管場所 西側保管場所	× （他評価に包絡 →D）
放水砲／泡消火薬剤運搬車※2	2台	第四類	第二石油類	軽油	300	南側保管場所 西側保管場所	× （他評価に包絡 →D）
汚濁防止膜運搬車※2	2台	第四類	第二石油類	軽油	300	南側保管場所 西側保管場所	× （他評価に包絡 →D）
小型船舶運搬車※2	2台	第四類	第二石油類	軽油	300	南側保管場所 西側保管場所	× （他評価に包絡 →D）
可搬型代替注水中型ポンプ※2	1台	第四類	第二石油類	軽油	200（車 両） 125（ﾎﾟﾝﾌﾟ）	西側保管場所	× （他評価に包絡 →D）
中型ポンプ用送水ホース運搬車※2	1台	第四類	第二石油類	軽油	130	西側保管場所	× （他評価に包絡 →D）
消防車※2	4台	第四類	第二石油類	軽油	200（車 両） 100（ﾎﾟﾝﾌﾟ）	南側保管場所 西側保管場所 監視所付近	× （他評価に包絡 →D）
予備電動機運搬用トレーラー※2	1台	第四類	第二石油類	軽油	390	西側保管場所	× （他評価に包絡 →D）
予備電動機交換用クレーン※2	1台	第四類	第二石油類	軽油	500（車両） 300（ｸﾚｰﾝ）	西側保管場所	× （他評価に包絡 →D）
可搬型高圧窒素供給装置※2	1台	第四類	第二石油類	軽油	300（車両） 350（装置）	予備機置場	× （他評価に包絡 →D）
放射能観測車※2	1台	第四類	第二石油類	軽油	70	予備機置場	× （他評価に包絡 →D）

※1：可搬型重大事故等対処設備
※2：自主設備
※3：予備設備



第6.4図　可搬型重大事故等対処設備及び自主設備保管場所の設置位置

(2)　火災源となる設備の火災の想定は以下の通りとした。
- 火災源となる設備の燃料は満載した状態を想定した。
- 離隔距離は，評価上厳しくなるよう，想定した火災源となる設備位置から影響評価対象施設までの直線距離とした。
- 火災源となる設備の破損等による防油堤内の全面火災を想定した。
- 気象条件は無風状態とした。
- 火災は円筒火炎モデルとし，火炎の高さは燃焼半径の3倍とした。

(3)　影響評価対象施設に対する熱影響評価結果

a.　外壁に対する熱影響評価

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度による入熱と対流による放熱を考慮した，下記の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式よりコンクリート表面の温度上昇を求め，コンクリート表面の温度が許容温度以下であるか評価した。

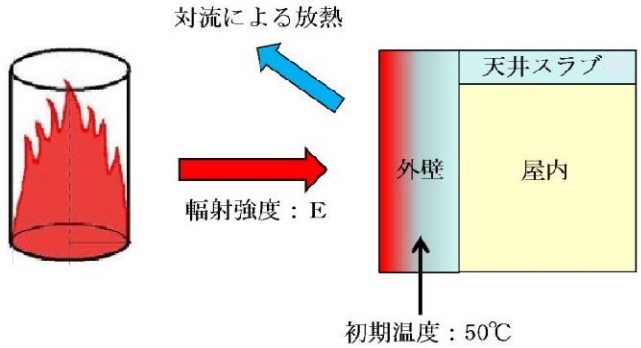
なお，天井スラブ及び海水ポンプ室天井は以下の理由により，外壁の評価に包絡されるため実施しない。
- 火炎長が天井スラブより短い場合，天井スラブに輻射熱を与えないことから熱影響はない。
- 海水ポンプ室の天井（一部の側面壁含む）は鋼材，外壁はコンクリートであるが，危険距離が長い外壁の方が評価上厳しい。
- 火炎長が天井スラブより長い場合，天井スラブに輻射熱を与えるが，その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。
- 火炎からの離隔距離が等しい場合，垂直面（外壁）と水平面（天井スラブ）の形態係数は，垂直面の方が大きいことから，天井スラブの熱影響は外壁に比べて小さい。

$$T=T_0+\left(\frac{E}{a}\right)\left[1-\mathrm{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{\kappa t}}\right)-\exp\left(\frac{a}{\lambda}x+\frac{a^2}{\lambda^2}\kappa t\right)\left\{1-\mathrm{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{\kappa t}}+\frac{a}{\lambda}\sqrt{\kappa t}\right)\right\}\right]$$

Ｔ：表面からｘ(m)の位置の温度(℃)
Ｔ０：初期温度(50℃)※１
ａ：熱伝達率(17W／m^2／K)※２
κ：コンクリート温度伝導率(=λ／ρＣｐ)(7.7×$10^{-7}$$m^2$／s)
ρ：コンクリート密度(2,400kg／m^3)
Ｃｐ：コンクリート比熱(880J／kg／K)
λ：コンクリート熱伝導率(1.63W／m／K)
Ｅ：輻射強度(W／m^2)
ｔ：燃焼継続時間(11,008s)
ｘ：コンクリート壁表面深さ(0m)

※１：水戸地方気象台で観測された過去10年間の最高気温に保守性を持たせた値
※２：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，屋根面及び上げ裏面の夏季，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17W／m^2Kを用いる。）

コンクリート表面の温度上昇を評価した結果，許容温度200℃以下であることを確認した。



第6.5図　排気筒の評価概念図

第6.6表　外壁に対する火災の影響評価結果

想定火災源	影響評価対象施設	評価温度（℃）	許容温度（℃）
溶融炉灯油タンク	原子炉建屋	60	＜200
	海水ポンプ室	51	
	タービン建屋	54	
主変圧器		149	
所内変圧器２Ａ		187	
起動変圧器２Ｂ		182	

b.　排気筒に対する熱影響評価

排気筒の評価に当たっては，保守性を考慮して，筒身よりも離隔距離の短くなる鉄塔について評価した。

一定の輻射強度で排気筒鉄塔が昇温されるものとして，輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した下記の温度評価式により排気筒鉄塔表面の温度上昇を求め，表面温度が許容温度以下であるか評価した。

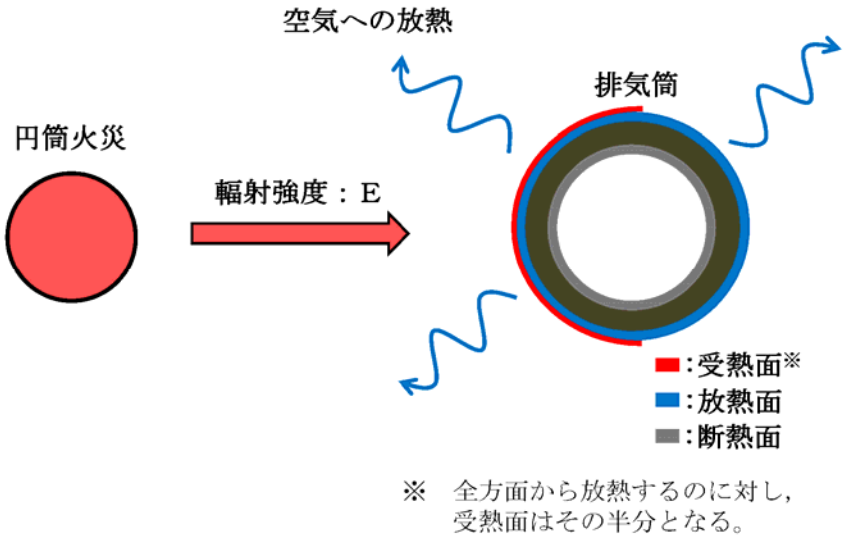
なお，評価に当たって排気筒は鉄塔と筒身で構成されているが，筒身よりも鉄塔が火災源との距離が近いこと，材質も鉄塔はSS400，STK400，筒身ではSS400であり，物性値が鉄塔，筒身ともに軟鋼で同一であることから，鉄塔の評価を実施することで筒身の評価は包絡される。

$$T = \frac{E}{2h} + T_0$$

T：許容温度(325℃)，T０：周囲温度(50℃)※１
E：輻射強度(W／m²)，h：熱伝達率(17W／m²／K)※２

※１：水戸地方気象台で観測された過去10年間の最高気温に保守性を持たせた値
※２：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，屋根面及び上げ裏面の夏季，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17W／m２Kを用いる。）

排気筒表面の温度上昇を評価した結果，許容温度325℃以下であることを確認した。



第6.6図　排気筒の評価概念図

第6.7表　外壁に対する火災の影響評価結果

影響評価対象施設	評価温度（℃）	許容温度（℃）
排気筒	90	＜325

(4)　影響評価対象施設に対する爆発影響評価

a.　想定条件

・爆発源となる水素貯槽の燃料は満載した状態を想定した。
・離隔距離は，評価上厳しくなるよう，想定した爆発源となる設備位置から影響評価対象施設までの直線距離とした。

b.　危険限界距離の算出

評価ガイドに基づき，下式より危険限界距離を算出した。

$$X=0.04\times14.4\sqrt[3]{(K\times1,000\times W)}$$

X:危険限界距離(m)，K：石油類の定数(-)，W：設備定数(-)

c.　爆発影響評価結果

危険限界距離が離隔距離以下であることを確認した。

第6.8表　爆発源となる設備と影響評価対象施設までの離隔距離

影響評価対象施設	危険限界距離 (m)	離隔距離※ (m)
タービン建屋	7	35

※：影響評価対象施設のなかで水素貯槽から最も離隔距離が短いタービン建屋までの距離

目　　次

ⅰ．目　的
ⅱ．火災の影響について
ⅲ．落下事故のカテゴリと対象航空機について
ⅳ．カテゴリ別の離隔距離の評価
ⅴ．熱影響評価結果

ⅰ．目　的

本評価は，東海第二発電所の発電所敷地への航空機の墜落で発生する火災が，安全機能を有する構築物，系統及び機器を内包する原子炉施設に影響を及ぼさないことについて，「附属書Ｃ　原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について」に基づき，評価を実施するものである。

ⅱ．火災の影響について

航空機墜落による火災の想定は以下のとおりとした。

(1)　航空機は，当該発電所における航空機落下確率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。

(2)　航空機は，燃料を満載した状態を想定する。

(3)　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。

(4)　航空機の墜落によって燃料に着火し，火災が起こることを想定する。

(5)　気象条件は無風状態とする。

(6)　火災は円筒火災をモデル化とし，火災の高さは燃焼半径の3倍とする。

(7)　輻射強度の算出としては，油火災において任意の位置にある輻射強度（熱）を計算により求めるには，半径が1.5m以上の場合で火災の高さ（輻射体）を半径の3倍にした円筒火災モデルを採用する。

iii.　落下事故のカテゴリと対象航空機について

(1)　落下事故のカテゴリ

航空機落下確率評価では，評価条件の違いに応じたカテゴリに分けて落下確率を算出。

また，機種によって装備，飛行形態等が同一でないため，落下事故件数及び火災影響の大きさに差がある。

したがって，これらを考慮して，下表に示すカテゴリ毎に航空機墜落による火災の影響評価を実施する。

<table>
<tr><th colspan="3">落下事故のカテゴリ</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1)　計器飛行方式民間航空機</td><td colspan="2">①　飛行場での離着陸時</td></tr>
<tr><td colspan="2">②　航空路を巡航中</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2)　有視界飛行方式民間航空機</td><td colspan="2">③　大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）</td></tr>
<tr><td colspan="2">④　小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">3)　自衛隊機又は米軍機</td><td rowspan="2">⑤　訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中</td><td>⑤－1　空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機</td></tr>
<tr><td>⑤－2　その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機</td></tr>
<tr><td colspan="2">⑥　基地－訓練空域間往復時</td></tr>
</table>

(2)　カテゴリ別の対象航空機

ａ．　計器飛行方式民間航空機

計器飛行方式民間航空機の落下事故には，「①飛行場での離着陸時」における落下事故と「②航空路を巡航中」の落下事故がある。

①については，東海第二発電所から約36km離れた位置に茨城空港があり，茨城空港の最大離着陸地点までの直線距離を半径とし，滑走路端から滑走路方向に対して±60℃の扇形区域内に発電所があるため，評価対象とする。

②については，東海第二発電所上空に航空路が存在するため，評価対象とする。

本カテゴリにおいて対象とした航空機を下表に示す。

①の対象航空機は，茨城空港を離着陸する航空機が発電所に落下する事故を対象としていることから，茨城空港の定期便（B737及びA320）のうち燃料積算量が多い航空機を選定した。

また，②については，評価対象航空路を飛行すると考えられる定期便のうち，燃料積載量が最大の航空機を選定した。

落下事故のカテゴリ		対象航空機
1)　計器飛行方式民間航空機	①飛行場での離着陸時	B737-800
	②航空路を巡航中	B747-400

b．　有視界飛行方式民間航空機

有視界飛行方式民間航空機の落下事故には，「③大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）」の落下事故と「④小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機）」の落下事故がある。

本カテゴリにおいて対象とした航空機を下表に示す。

有視界飛行方式民間航空機の落下事故においては，全国の有視界飛行が可能な民間航空機のうち，燃料積載量が最大の航空機を選定した。

落下事故のカテゴリ		対象航空機
2)　有視界飛行方式民間航空機	③大型機	B747-400
	④小型機	Do228-200

ｃ．　自衛隊機又は米軍機

自衛隊機又は米軍機の落下事故には，「⑤訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中」の落下事故と「⑥基地－訓練空域間往復時」の落下事故がある。

⑤については，東海第二発電所周辺上空には，自衛隊機又は米軍機の訓練空域はないため，訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。

⑥については，東海第二発電所周辺の太平洋沖合上空に自衛隊機の訓練空域があり，発電所は自衛隊の百里基地と訓練空域間の想定飛行範囲内に位置することから，自衛隊機の落下事故を評価対象とする。

本カテゴリにおいて対象とした航空機を下表に示す。

⑤の対象航空機は，全国の自衛隊機及び米軍機のうち，用途別に燃料積載量が最大の航空機を選定した。

⑥については，百里基地と訓練空域を往復時に発電所に落下することを想定するため，百里基地に所属する自衛隊機のうち燃料積載量が最大の航空機を選定した。

<table>
<tr><th colspan="3">落下事故のカテゴリ</th><th>対象航空機</th></tr>
<tr><td rowspan="3">3)　自衛隊機又は米軍機</td><td rowspan="2">⑤訓練空域外を飛行中</td><td>⑤-1　空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機</td><td>KC-767</td></tr>
<tr><td>⑤-2　その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機</td><td>F-15</td></tr>
<tr><td colspan="2">⑥基地－訓練空域間往復時</td><td>F-15</td></tr>
</table>

ⅳ．カテゴリ別の離隔距離の評価

「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）」（平成21・06・25原院第1号）の航空機落下確率評価式に基づき，カテゴリ毎に落下確率が10^{-7}（回／炉・年）に相当する面積を算出し，その結果を用いて影響評価対象施設に対する離隔距離を求める。

ⅳ.1　計器飛行方式民間航空機の落下事故

(1) 飛行場での離着陸時における落下事故

ａ．　標的面積

$P_{d,a} = f_{d,a} \cdot N_{d,a} \cdot A \cdot \Phi_{d,a}(r, \theta)$

$P_{d,a}$：対象施設への離着陸時の航空機落下確率（回／年）

$f_{d,a} = D_{d,a} / E_{d,a}$：対象航空機の国内での離着陸時事故率（回／離着陸回）

$D_{d,a}$：国内での離着陸時事故件数（回）

$E_{d,a}$：国内での離着陸回数（離着陸回）

$N_{d,a}$：当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数（離着陸回／年）

A：原子炉施設の標的面積（km^2）

$\Phi_{d,a}(r, \theta)$：離着陸時の事故における落下地点確率分布関数（／km^2）

パラメータ ＼ 発電所名称	東海第二発電所
対象航空路	茨城空港
fd, a※1	約1.43×10－7（＝4／27,887,158）
Nd, a※2	4,210
Φd, a(r, θ)※3	約2.98×10－4
発電所からの距離	約36km
滑走路方向に対する角度	約9.60°
最大離着陸距離※4	約56km（30nm）

※１：離着陸時の事故件数は，「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）より，平成5年～平成24年において離着陸時に1件，着陸時に3件。
※２：「数字でみる航空2014」にある平成24年飛行場別着陸回数と同数を離陸回数とし，その和を飛行場別離着陸回数とした。
※３：滑走路端から最大離着陸地点までの直線距離内の内円で滑走路方向両側に対し±60°以内の扇形に一様な分布及び周方向で正規分布を仮定した場合の確率密度のうち，厳しい方の正規分布を用いた。
※４：ＡＩＰを参照した。

これらの式より，Pd, a＝10－7（回／炉・年）に相当する標的面積Aを求めると，約0.56km2となる。

ｂ．　離隔距離

ａ．で求めた標的面積より，離隔距離Lは199mとする。（評価結果は，約199.7m）

(2)　航空路を巡航中の落下事故

ａ．　標的面積

$Pc = fc \cdot Nc \cdot A / W$

Pc：対象施設への巡航中の航空機落下確率（回／年）

fc＝Gc／Hc：単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率（回／(飛行回･km)）

Gc：巡航中事故件数（回）

Hc：延べ飛行距離（飛行回･km）

Nc：評価対象とする航空路等の年間飛行回数（飛行回／年）

A　：原子炉施設の標的面積（km^2）

W　：航空路幅（km）

パラメータ ＼ 発電所名称	東海第二発電所	
対象航空路	直行経路： IWAKI(IXE)－SWAMP IWAKI(IXE)－ KISARAZU(KZE)	広域航法経路 Y30(LOTUS－SWAMP)
fc※1	約5.13×10^{-11}（＝0.5／9,740,013,768）	
Nc※2	365 （平成24年データ）	1,095 （平成24年データ）
W※3	14.816	18.52

※１：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合計値。
巡航中の事故件数は，「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）より，平成5年～平成24年において0件であるため，0.5件発生したものとして評価した。
※２：国土交通省航空局への問い合わせ結果（ピークデイの値）を365倍した値。
※３：直行経路については「航空路等設定基準」を参照した。広域航法経路については，航法精度を航空路の幅とみなして用いた。（1nm＝1.852kmとして換算した。）

これらの式より，Pc＝10^{-7}（回／炉・年）に相当する標的面積Aを求めると，約51km^{2}となる。

b．　離隔距離

a．で求めた標的面積より，<u>離隔距離Lは1,528m</u>とする。（評価結果は，約1,528.7m）

iv.2　有視界飛行方式民間航空機の落下事故

(1)　有視界飛行方式民間航空機（大型機）の落下事故

a．　標的面積

Pv＝（fv／Sv）・A・α

Pv：対象施設への航空機落下確率（回／年）

fv：単位年当たりの落下事故率（回／年）

Sv：全国土面積（ km^2 ）

A　：原子炉施設の標的面積（km^2）

α　：対象航空機の種類による係数

パラメータ ＼ 発電所名称	東海第二発電所
fv※1	大型固定翼機　0.025（＝0.5／20） 大型回転翼機　0.05（＝1／20）
Sv※2	37.2万
α※3	1

※1：離着陸時の事故件数は，「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）よる。なお，平成5年～平成24年において0件であるため，0.5件発生したものとして評価した。
※2：「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。
※3：「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）」による。

これらの式より，Pv＝10^{-7}（回／炉・年）に相当する標的面積Aを求めると，約0.50km^2となる。

b．　離隔距離

a．で求めた標的面積より，離隔距離Lは186mとする。（評価結果は，約186.2m）

(2)　有視界飛行方式民間航空機（小型機）の落下事故

ａ．　標的面積

Pv＝（fv／Sv）・A・α

Pv：対象施設への航空機落下確率（回／年）

fv：単位年当たりの落下事故率（回／年）

Sv：全国土面積（ km^2 ）

A　：原子炉施設の標的面積（km^2）

α：対象航空機の種類による係数

パラメータ ＼ 発電所名称	東海第二発電所
fv※1	小型固定翼機　1.75（＝35／20） 小型回転翼機　1.20（＝24／20）
Sv※1	37.2万
α※2	0.1

※１：「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。
※２：「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）」による。

これらの式より，Pv＝10^{-7}（回／炉・年）に相当する標的面積Aを求めると，約0.13km^2となる。

ｂ．　離隔距離

ａ．で求めた標的面積より，離隔距離Lは72mとする。（評価結果は，約72.7m）

ⅳ．3　自衛隊機又は米軍機の落下事故

（1）　訓練空域外を飛行中の落下事故（空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機）

ａ．　標的面積

Pso＝fso・A／So

Pso：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率（回／年）

fso：単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）

A　：原子炉施設の標的面積（km^2）

So：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）

パラメータ ＼ 発電所名称	東海第二発電所
fso※1	自衛隊機　0.025（＝0.5／20） 米軍機　0.05（＝1／20）
So※2	自衛隊機　29.5万（＝37.2万－7.72万） 米軍機　37.2万（＝37.2万－0.05万）

※１：「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。なお，自衛隊機の事故件数は平成5年～平成24年において0件であるため，0.5件発生したものとして評価した。

※２：「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。

これらの式より，Pv＝10^{-7}（回／炉・年）に相当する標的面積Aを求めると，約0.46km^2となる。

ｂ．　離隔距離

ａ．で求めた標的面積より，離隔距離Lは176mとする。（評価結果は，約176.8m）

iv．3　自衛隊機又は米軍機の落下事故

(2)　訓練空域外を飛行中の落下事故（その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機）

ａ．　標的面積

Pso＝fso・A／So

Pso：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率（回／年）

fso：単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）

A　：原子炉施設の標的面積（km^2）

So：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 ）

パラメータ ＼ 発電所名称	東海第二発電所
fso※1	自衛隊機　0.35（＝7／20） 米軍機　0.20（＝4／20）
So※1	自衛隊機　29.5万（＝37.2万－7.72万） 米軍機　37.2万（＝37.2万－0.05万）

※１：「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。

これらの式より，Pv＝10^{-7}（回／炉・年）に相当する標的面積Aを求めると，約0.058km^2となる。

ｂ．　離隔距離

ａ．で求めた標的面積より，離隔距離Lは34mとする。（評価結果は，約34.6m）

(3)　基地－訓練空域間を往復時の落下事故（想定飛行範囲内に原子炉施設が存在する場合）

ａ．　標的面積

Pse＝fse・A／Sse

Pse：対象施設への航空機落下確率（回／年）

fse：基地と訓練空域間を往復中の落下事故率（回／年）

A　：原子炉施設の標的面積（km^2）

Sse：想定飛行範囲内の面積（km^2 ）

パラメータ ＼ 発電所名称	東海第二発電所
fse※１	約0.0114（＝0.2275／20）
Sse※２	4,540

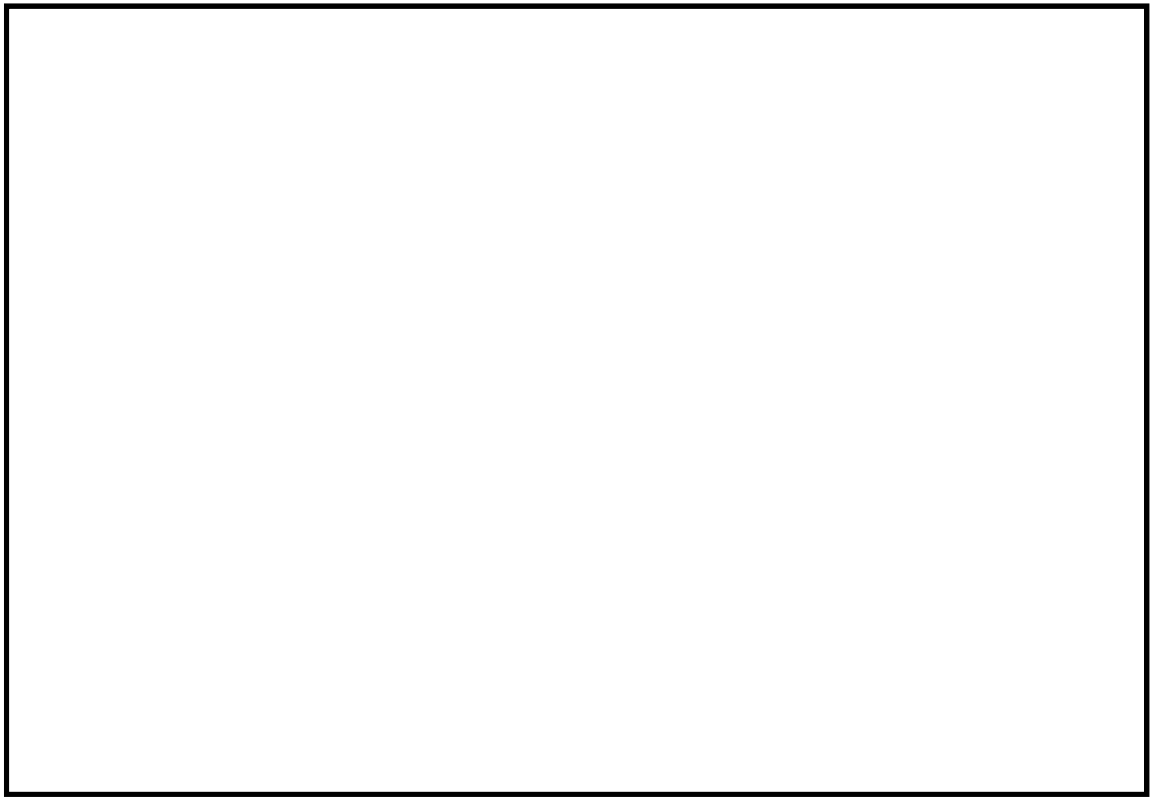
※１：「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月　原子力規制委員会）より，当該想定飛行範囲内で自衛隊機の移動時の事故件数は平成5年～平成24年において0件であるため，落下事故率の算出にはχ二乗分布を用いた方法を使用した。

※２：百里基地（飛行場）と自衛隊機の訓練空域（Area1，E1，E2，E3，E4の全域）境界間を直線で結んだ想定飛行範囲の面積。

これらの式より，Pse＝10^{-7}（回／炉・年）に相当する標的面積Aを求めると，約0.040km^2となる。

ｂ．　離隔距離

ａ．で求めた標的面積より，離隔距離Lは22mとする。（評価結果は，約22.2m）



第5.1図　自衛隊機の「基地－訓練空域間を往復時」の落下事故に対する離隔距離

ｖ．　熱影響評価結果

（1）　評価機種の選定

評価機種は，ⅲで抽出した航空機より選定し，他のカテゴリの評価に包絡されるものは評価対象外とした。

第5.1表　落下事故のカテゴリごとの離隔距離と評価機種

落下事故のカテゴリ			対象航空機	離隔距離（m）	評価機種 ○：評価対象 ×：評価対象外
計器飛行方式民間航空機	飛行場での離着陸時		B737-800	199	○
	航空路を巡航時		B747-400	1,528	×※1
有視界飛行方式民間航空機	大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）		B747-400	186	○
	小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機）		Do228-200	72	×※2
自衛隊機又は米軍機	訓練空域外を飛行中	空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	176	○
		その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機	F-15	34	×※3
	基地－訓練空域間往復時		F-15	22	○

※１：「計器飛行方式民間航空機の航空路を巡航時」の落下事故については，「有視界飛行方式民間航空機の大型機」の落下事故の対象機種と同じ B747-400 であり，離隔距離の短い「有視界飛行方式民間航空機の大型機」の評価に包絡されるため評価対象外とした。

※２：「有視界飛行方式民間航空機の小型機」の落下事故の対象航空機のうち，燃料搭載量が最大となる Do228-200 であっても 3m^{3}と少量であることから，Do228-200 よりも燃料搭載量が多く，かつ離隔距離が短い「自衛隊機又は米軍機 基地-訓練空域間往復時」の落下事故の評価に包絡されるため評価対象外とした。

※３：「その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機」については，「基地-訓練空域間往復時」の落下事故の対象航空機と同じＦ－１５であるため，離隔距離の短い「基地-訓練空域間往復時」の評価に包絡されるため評価対象外とした。

(2)　影響評価対象施設に対する熱影響評価

カテゴリごとにおける航空機墜落によって発生する火災を想定して評価を実施した。

影響評価対象施設に対する熱影響は，許容温度以下であることを確認した。

第5.2表　建屋表面の到達温度

落下事故のカテゴリ			対象航空機	燃焼面積 [m^2]	輻射強度 [W/m^2]	燃焼継続時間 t (s)	評価温度※ (℃)	許容温度 (℃)
計器飛行方式民間航空機	飛行場での離着陸時		B737-800	110.0	86	5,096.7 (約 1.4h)	53	＜200
有視界飛行方式民間航空機	大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）		B747-400	700.0	630	6,675.3 (約 1.9h)	69	
自衛隊機又は米軍機	訓練空域外を飛行中	空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	405.2	473	5,334.1 (約 1.5h)	63	
	基地－訓練空域間往復時		F-15	44.6	3,095	4,968.4 (約 1.4h)	133	

※：半無限固体を想定した評価をしているため，離隔距離が同じとなる本評価では，原子炉建屋，使用済燃料乾式貯蔵建屋及び海水ポンプ室はすべて同じ評価結果となる。

第5.3表　排気筒鉄塔表面の到達温度

落下事故のカテゴリ			対象航空機	燃焼面積 S [m^2]	輻射強度 E [W/m^2]	燃焼継続時間 t (s)	評価温度※ (℃)	許容温度 (℃)
計器飛行方式民間航空機	飛行場での離着陸時		B737-800	110.0	86	5,096.7（約1.4h）	53	＜325
有視界飛行方式民間航空機	大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）		B747-400	700.0	630	6,675.3（約1.9h）	69	
自衛隊機又は米軍機	訓練空域外を飛行中	空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	405.2	473	5,334.1（約1.5h）	64	
	基地－訓練空域間往復時		F-15	44.6	3,095	4,968.4（約1.4h）	142	

第5.4表　D／G吸気系フィルタを通して流入する空気の到達温度

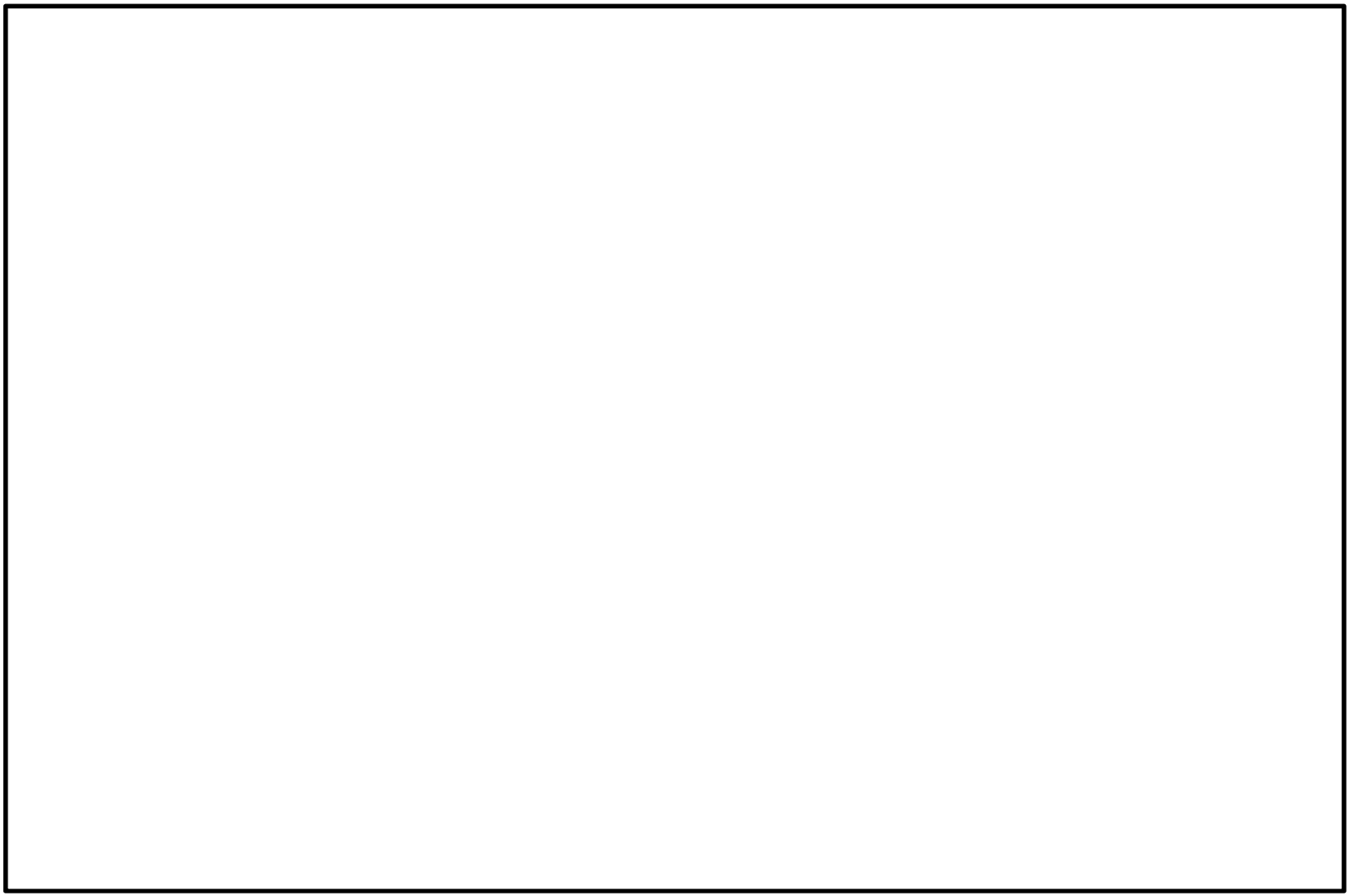
落下事故のカテゴリ			対象航空機	燃焼面積 [m^2]	輻射強度 [W／m^2]	燃焼継続時間 t (s)	評価温度※ (℃)	許容温度 (℃)
計器飛行方式民間航空機	飛行場での離着陸時		B737-800	110.0	86	5,096.7 (約 1.4h)	43	＜53
有視界飛行方式民間航空機	大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）		B747-400	700.0	630	6,675.3 (約 1.9h)	44	
自衛隊機又は米軍機	訓練空域外を飛行中	空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	405.2	473	5,334.1 (約 1.5h)	43	
	基地－訓練空域間往復時		F-15	44.6	3,095	4,968.4 (約 1.4h)	48	

(2)　危険物貯蔵施設火災と航空機墜落火災の重畳

カテゴリごとにおける航空機墜落によって発生する火災を想定して評価を実施した。
影響評価対象施設に対する熱影響は，許容温度以下であることを確認した。

第5.5表　重畳火災による熱影響評価結果

重畳評価の想定ケース	対象施設	評価温度（℃）	許容温度（℃）
溶融炉灯油タンク及びF-15	原子炉建屋	141	＜200
	海水ポンプ室	133	
	タービン建屋	135	
	排気筒	181	＜325
主変圧器及びF-15	タービン建屋	195	＜200

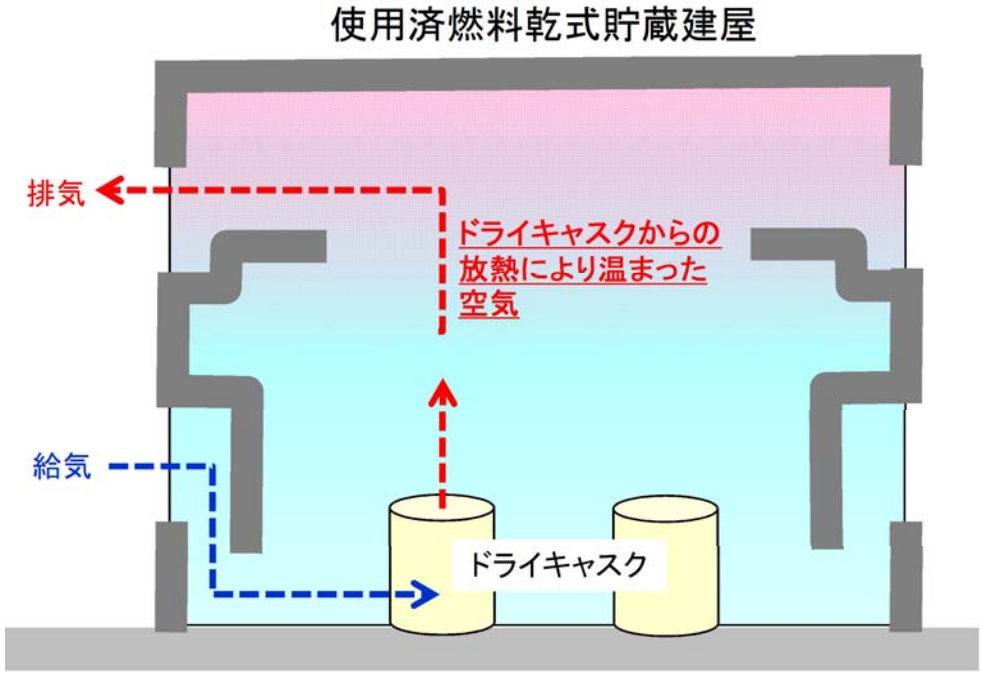


第5.2図　航空機墜落位置と危険物貯蔵施設等の位置

(3)　使用済燃料乾式貯蔵施設に対する評価

・使用済燃料乾式貯蔵建屋（以下「建屋」という。）においては，ドライキャスクの除熱を自然対流により実施

・建屋の構造上，外部火災で発生した熱気流が給気口から侵入する可能性があるため，建屋付近で発生する航空機墜落火災（機種：F-15）を想定し，給気口から熱気流が侵入した場合について評価を実施



除熱概略図

① ドライキャスクが高温にさらされることによる温度上昇の影響

・熱気流によるドライキャスク表面の空気温度は97℃であり，定常状態における<u>ドライキャスクの各部の温度（下表）を上回らないことから，熱の流れが逆転しドライキャスクが加熱される可能性はなく，ドライキャスク表面における対流及び輻射が失われることはない。</u>

表 周囲温度45℃のときのドライキャスクの各部の温度

評価条件	一次蓋金属ガスケット（℃）	二次蓋金属ガスケット（℃）	外筒（℃）	胴（℃）	側部レジン（℃）	燃料被覆管（℃）
①周囲温度 45℃の定常状態	99	99	128	156	146	265
②設計基準値	150	150	350	350	149	300
設計余裕（②-①）	51	51	222	194	3	35

② 除熱状態の変化による温度上昇の影響

・仮にドライキャスク表面における対流及び輻射が失われたことを想定

・想定する航空機墜落火災の継続時間（約5,000s）の間，<u>断熱状態となることを仮定し評価を行った結果，設計余裕が最も厳しい側部レジンであっても，上昇温度（1.8℃）は設計余裕（3℃）を下回ること</u>を確認

【断熱状態を想定した評価式】

$$\Delta T = \frac{Q\ t}{C}$$

ΔT：ドライキャスクの温度上昇量（℃）
Q：キャスクの最大崩壊熱量（17.1kW）
t：断熱時間（5,000s）
C：ドライキャスクの熱容量(50,000kJ／K)

7.［添付1］　実績がない場合の発生件数の考え方の違いについて

(1)　自衛隊機の「基地－訓練空域間往復時」における落下事故件数

- 全国平均による「基地－訓練空域間往復時」の落下確率（約2.16×10^{-8}回／炉・年）に対して，χ二乗分布を用いた方法による「百里基地－訓練空域間往復時」の落下確率（約3.81×10^{-8}回／炉・年）は大きく，保守性を確保
- 実際には防衛省により原子力施設付近の上空の飛行をできる限り避ける指導等が行われているが，落下確率評価においては当該指導等を考慮しておらず，この点においても保守性を確保

⇒ 「百里基地－訓練空域間往復時」の落下確率評価では保守性は十分に確保されていると考えられるため，χ二乗分布を用いた方法を採用

(2)　確率論的リスク評価における発生実績のない起因事象の発生件数

- 確率論的リスク評価の学会標準に記載のいずれの方法※を用いても，事故シーケンスグループの抽出及び重要事故シーケンスの選定への影響はない

  ※「発生件数を1件，又は0.5件とする方法」「χ二乗分布を用いた方法」等が認められている
- 確率論的リスク評価から抽出される事故シーケンスグループに対して，その発生頻度によらず，炉心損傷防止対策が有効であることを確認
- 確率論的リスク評価については，航空機落下確率評価のように参照すべき平均的なデータは存在しない

⇒ 今回の申請における確率論的リスク評価では，発生実績のない起因事象の発生頻度として，代表的に0.5回を採用

1.　「基地－訓練空域間往復時」の落下事故件数について

「基地－訓練空域間往復時」の航空機落下確率を下式のとおり評価しており，この式は基地－訓練空域間を簡易的に一様に飛行すると仮定しているため，Sseが小さいほど大きな確率値となる。

Pse＝fse・A／Sse

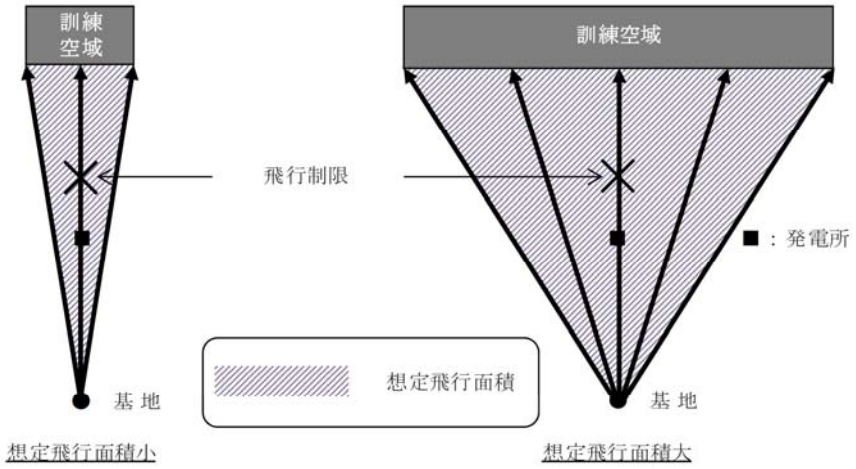
Pse：対象施設への航空機落下確率（回／年）

fse：基地と訓練空域間を往復中の落下事故率（回／年）

A　：原子炉施設の標的面積（km^2）

Sse：想定飛行範囲内の面積（km^2 ）

しかし，実際には原子力関連施設上空の飛行は原則行わないよう制限されており，発電所上空を含めて基地－訓練空域間を一様に飛行することはないことから，Sseが小さくなるほど本評価式には更に大きな保守性が含まれる。



想定飛行面積と航空機落下確率の関係（概略図）

東海第二発電所の想定飛行範囲内の面積（Sse）は，他プラントに比べても小さいことから，上述した評価式に基づく保守性が大きい。

発電所名称	想定飛行範囲内の面積（km^2）
東海第二発電所	4,540
川内原子力発電所１，２号炉	19,400
玄海原子力発電所３，４号炉	10,200
伊方発電所３号炉	40,080

以上を踏まえ，評価式に基づく保守性が大きい東海第二発電所の「基地－訓練空域間往復時」の航空機落下確率の算出には，適用性及び保守性を確認した上で「χ二乗分布を用いた方法※1」を採用

※１：「原子力発電所の出力運転状態を対象とした確率論的リスク評価に関する実施基準（レベル1PRA編）：2013」（（一社）日本原子力学会）に記載されている，過去発生していない起因事象発生頻度の算出方法のひとつ

χ二乗分布を用いた方法に基づく落下事故件数

$\chi^2(1, 0.5)／2 = 0.2275$　（回）

【χ二乗分布を用いた方法の適用性】

本方法の適用条件は「航空機落下事故の発生頻度がポアソン分布に従っていること」であり，χ二乗分布を用いた適合度検定（χ二乗検定）により，“「基地－訓練空域間往復時」の落下事故の発生頻度”の”ポアソン分布への適合性”を確認

⇒「基地－訓練空域間往復時」の落下事故件数には，χ二乗分布を用いた方法が適用できることを確認

【χ二乗分布を用いた方法の保守性】

・全国平均の航空機落下確率※2との比較により，χ二乗分布を用いた方法の保守性を確認

※2：全国の基地－訓練空域間往復時の落下事故件数（5件）及び全国の想定飛行範囲の面積を用いて評価した航空機落下確率

項　　目	航空機落下確率（回／炉・年）
χ二乗分布を用いた方法による 「百里基地－訓練空域間往復時」の落下確率	約3.81×10^{-8} （＝0.2275件／20年／4,540km^2×0.015199km^2）
全国平均（全国の自衛隊基地を対象）による 「基地－訓練空域間往復時」の落下確率	約2.16×10^{-8} （＝5件／20年／175,720km^2×0.015199km^2）

・防衛省により原子力施設付近の上空の飛行をできる限り避ける指導等を考慮しておらず，χ二乗分布を用いた方法を使用した場合においても保守性を確保

2.　落下事故実績がないその他のカテゴリの落下事故件数について

落下事故実績がないその他のカテゴリについては，χ二乗分布を用いた方法を適用した場合の十分な保守性が確認されていないため，落下事故件数については0.5件を使用

参考1.　「基地－訓練空域間往復時」の落下事故件数に0.5件を適用した場合の保守性

パラメータ ＼ カテゴリ	基地－訓練空域間を往復時	
fse	χ二乗分布を用いた方法： 約0.0114（＝0.2275／20）	0.5件： 0.025（＝0.5／20）
A	約0.015	
Sse	4,540	
Ｐｓｅ	χ二乗分布を用いた方法： 約3.8×10⁻⁸	0.5件： 約8.4×10⁻⁸

その他全てのカテゴリ

落下確率の合計値：
約4.8×10⁻⁸

百里基地－訓練空域間往復時においては過去20年間落下事故の発生実績がなく，かつ，
東海第二発電所上空の飛行を原則行わないよう制限されているにも係わらず，
0.5件を使用した場合は，その他全てのカテゴリの落下確率よりも非常に大きくなる

⇒東海第二発電所を対象に，「基地－訓練空域間往復時」の落下事故において0.5件を使用した場合は，他のカテゴリよりも非常に大きな保守性を有する

参考2.　原子炉施設への航空機落下確率に関する判断基準

「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」（平成21・06・25原院第第1号）の記載

本評価基準に示す標準的な評価手法に基づく評価の結果，航空機落下の発生確率が10^{-7}（回／炉・年）を超えた場合には，**当該原子炉施設の立地点における状況を現実的に考慮した評価を行い**，その妥当性を確認した上で，**当該原子炉施設への航空機落下の発生確率が10^{-7}（回／炉・年）を超えないことを判断基準とする**

⇒仮に航空機落下確率が10^{-7}（回／炉・年）を超えた場合，現実的な条件での評価が認められている

目　　次

ⅰ．　目的
ⅱ．　評価対象
ⅲ．　評価結果
　(1)　外気を直接設備内に取り込む機器
　(2)　外気を取り込む空調系統
　(3)　屋外設置機器
　(4)　中央制御室の居住性評価
　(5)　緊急時対策所の居住性評価

ⅰ．　目的

外部火災で発生するばい煙及び有毒ガスは，火炎により発生する上昇気流によって上空に運ばれるため，ばい煙及び有毒ガスが防護対象設備の周辺に滞留する可能性は低いと考えられるが，保守的にばい煙及び有毒ガスが設備並びに居住性に与える影響について，評価を実施する。

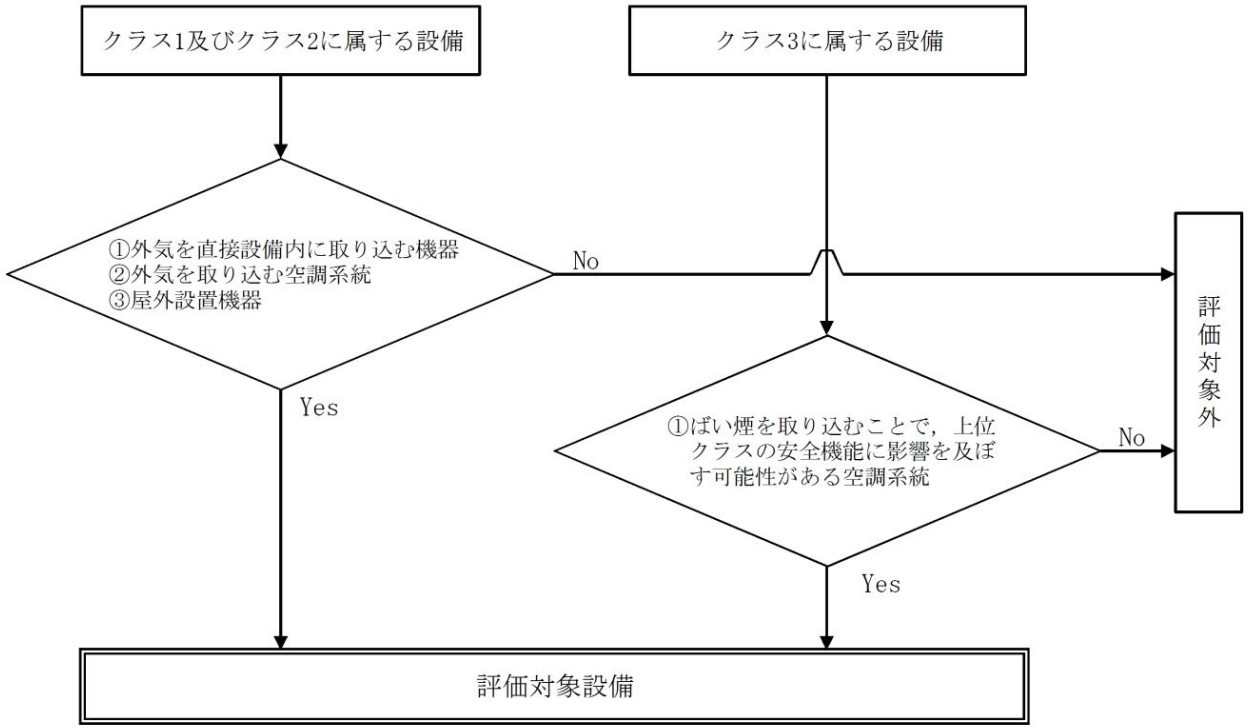
ⅱ．　評価対象

評価ガイドでは，ばい煙による安全上重要な設備に対する影響として，燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による電気故障，非常用ディーゼル発電機の故障，有毒ガスによる影響等が挙げられている。

ばい煙の影響が想定される設備として，「外気を直接設備内に取り込む機器」，「外気を取り込む空調系統」及び「屋外設置機器」について評価を実施する。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。

第8.1表　ばい煙による影響評価対象

分　類		評価対象設備
機器への影響	外気を直接設備内に取り込む機器	ディーゼル発電機機関
	外気を取り込む空調系統	換気空調設備
	屋外設置機器	海水ポンプ電動機
居住性への影響	外気を取り込む空調系統	中央制御室，緊急時対策所



第8.1図　機器への影響評価を行う評価対象設備抽出フロー図

iii.　評価結果

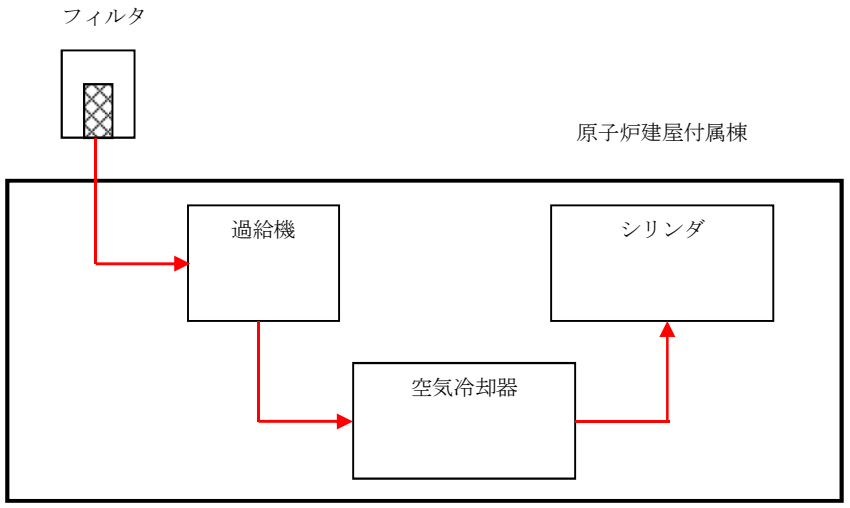
(1)　外気を直接設備内に取り込む機器

外気を直接設備内に取り込む機器としてディーゼル発電機機関の吸気系統がある。

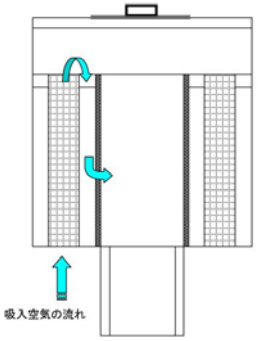
外気取入口に設置された吸気フィルタにより（粒径5μm以上において約56%捕獲）で粒径の大きいばい煙粒子は捕獲され，吸気フィルタを通過したばい煙（数μm～10数μm）は侵入するが，内部の機器の間隙は，ばい煙に比べて十分大きく，閉塞に至ることはない。

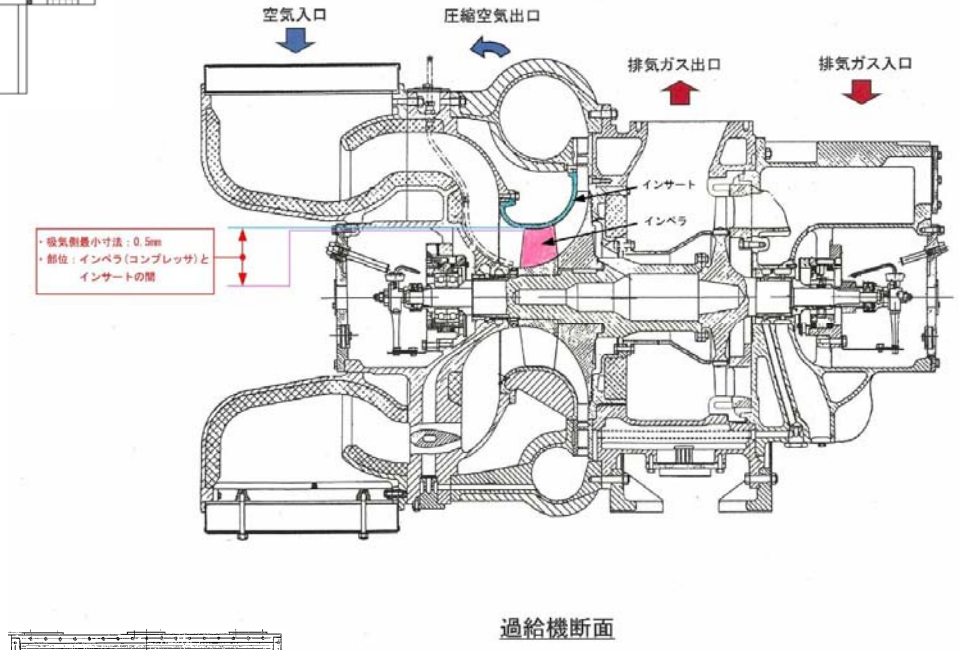
また，ばい煙（数μm～10数μm）がシリンダ／ピストン間隙まで到達した場合，当該間隙内において摩擦発生が懸念されるが，ばい煙粒子の主成分は炭素であり，シリンダ／ピストンより軟らかいため，ばい煙粒子による摩擦が発生することはないと判断される。

以上のことから，外部火災で発生するばい煙が，非常用ディーゼル発電機の機能に影響を与えることはないと判断した。

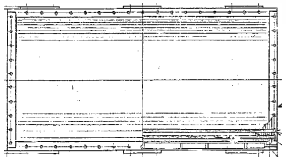


第8.2図　ディーゼル発電機吸気系統概略図

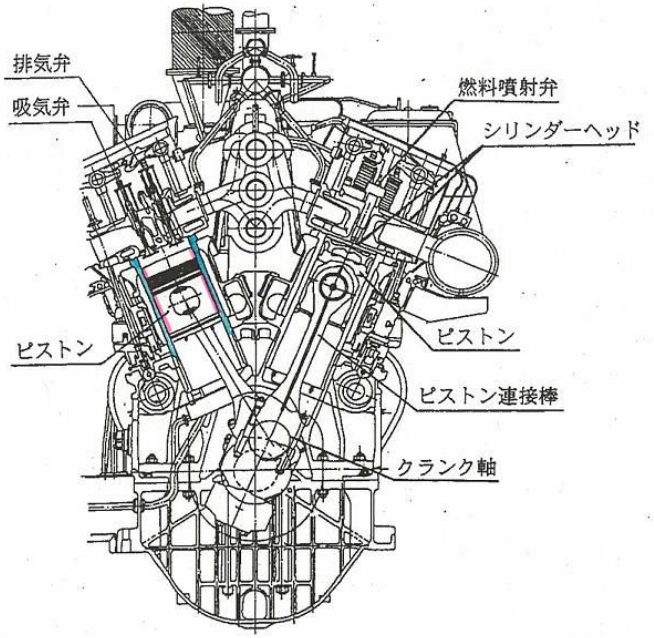




過給機断面



空気冷却器構造
（狭隘部寸法 伝熱フィン間隙：2.47mm）



第8.3図　ディーゼル発電機吸気系統構造図

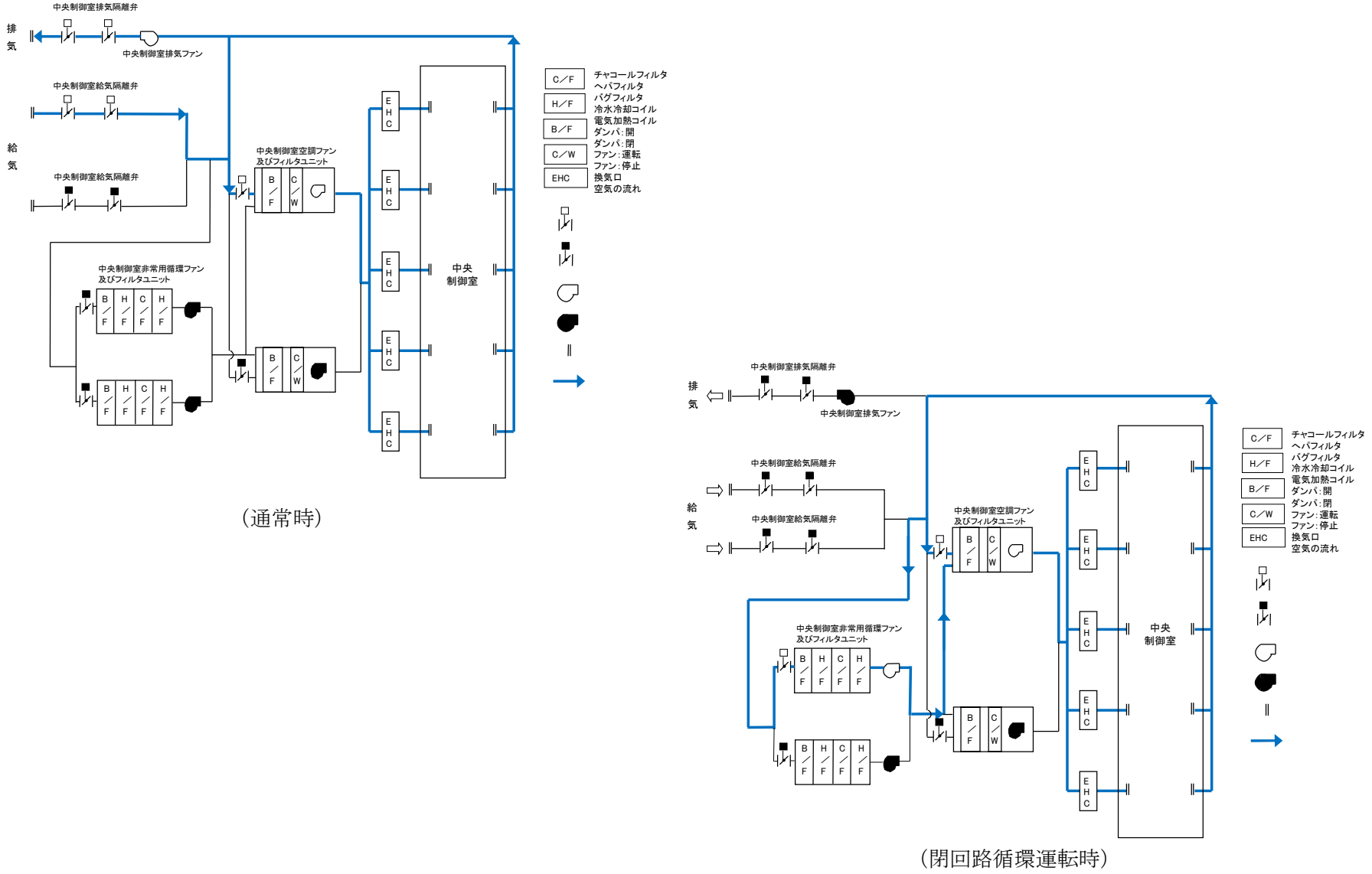
(2)　外気を取り込む空調系統

外気を取り込む空調系統として中央制御室換気系，緊急時対策所，電気室換気系，原子炉建屋換気系がある。

これらの系統の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

フィルタは捕集率80%以上（ＪＩＳ　Ｚ　8901　試験用紛体11種　粒径約2μm）の性能を有しているため，外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙は，このフィルタにより侵入を阻止可能である。また，ばい煙によるフィルタの閉塞については，フィルタ出入口差圧又は排気ファン出口流量を監視することで検知可能である。

上記の系統のうち，中央制御室換気系，緊急時対策所の空調系統については，ばい煙の侵入が予想される場合に，閉回路循環運転を行うことにより，ばい煙の侵入を阻止する事が可能である。



第8.4図　中央制御室換気系の系統概略図

(3)　屋外設置機器

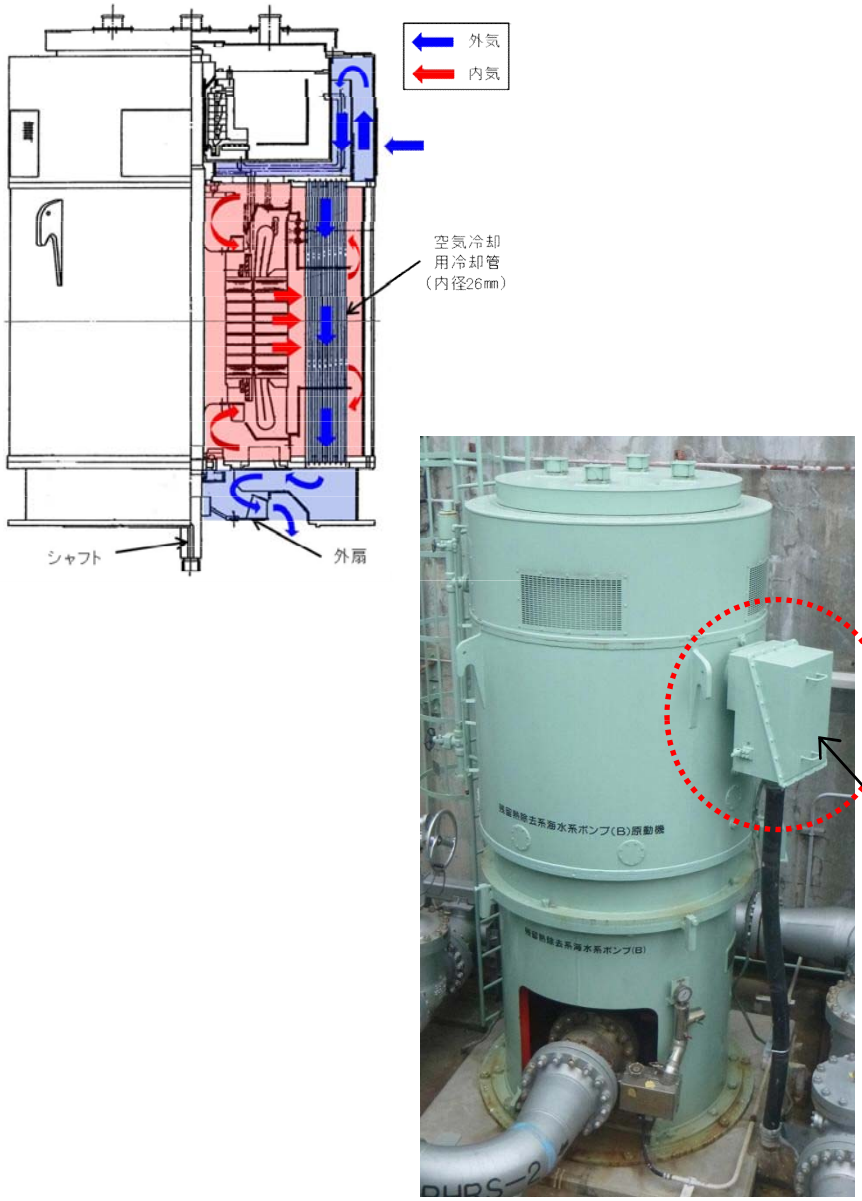
屋外設置機器として残留熱除去系海水系ポンプ電動機，非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ電動機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ電動機がある。

残留熱除去系海水系ポンプ電動機は，全閉防まつ型屋外形構造であり，下部に設置した外扇で外気を空気冷却器冷却管内に直接取り込み，冷却管壁で電動機内部空気と熱交換することで冷却を行う構造であり，冷却管内を通った空気は全て排気口に導かれるため，外気が電動機内部に侵入することはない。

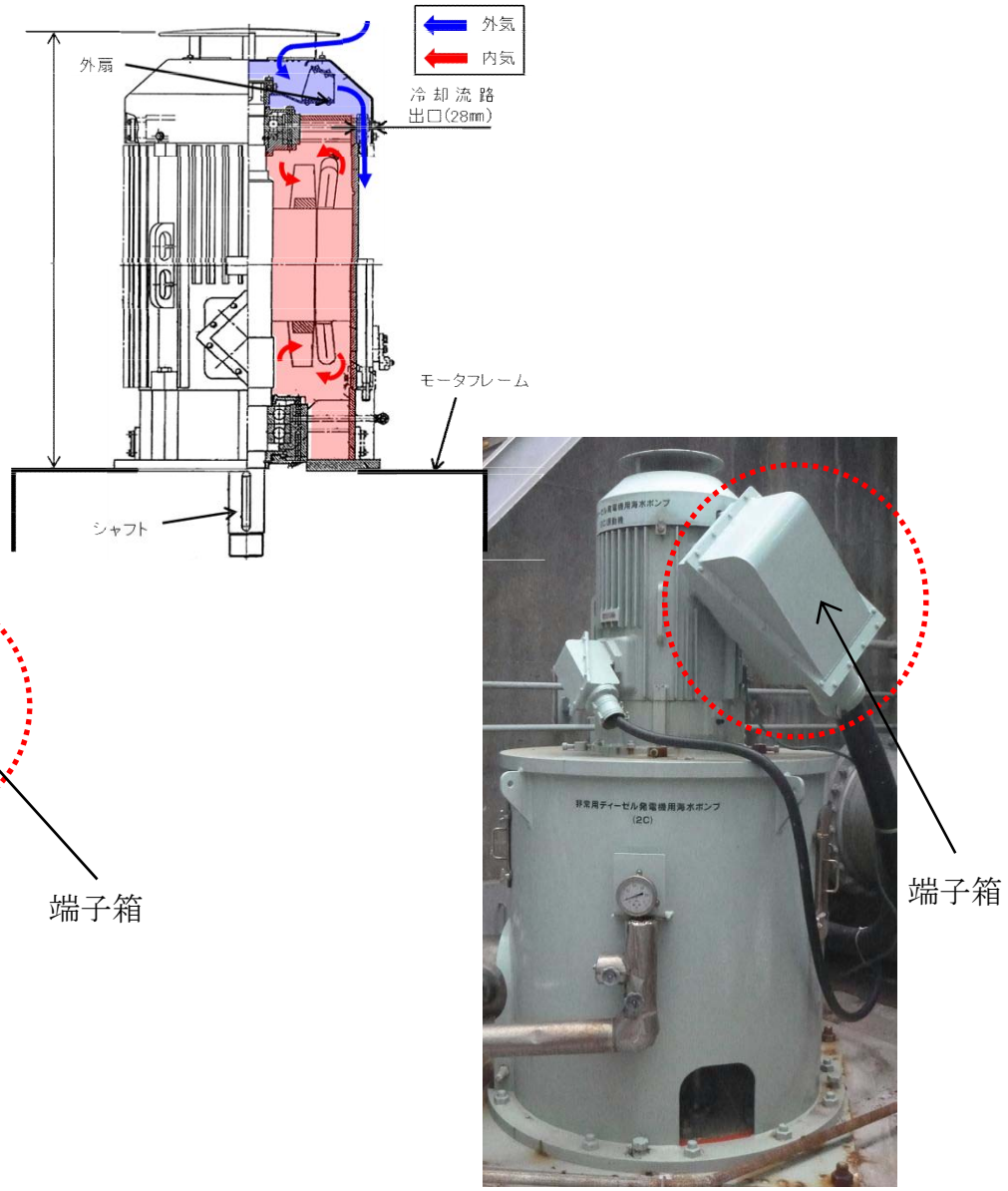
非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ電動機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ電動機は，外扇から吸引した外気をファンカバーから下向きに本体放熱フィンに沿って流し，電動機本体を冷却する構造であり，外気が電動機内部に侵入することはない。

また，これらの冷却流路は約26～28㎜であり，ばい煙の粒径はこれに比べて十分小さいことから，閉塞することはない。

電動機端子箱は，端子箱内部と外部（大気）に圧力差がなく，端子箱蓋はパッキンでシールされているため，ばい煙の侵入による短絡は発生しない。



第8.5図　残留熱除去系海水系ポンプ電動機　構造図



第8.6図　ディーゼル発電機用海水ポンプ電動機　構造図

(4)　中央制御室の居住性評価

「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の解釈」第38条第13項に規定する「原子炉制御室外の火災等により発生した有毒ガスに対する換気設備の隔離その他の適切な防護措置」として，中央制御室換気系は外気の取入れを遮断することができる。

中央制御室換気系の外気取入を遮断することで，運転員の作業環境に影響を及ぼさないことを確認するため，酸素濃度及び炭酸ガス濃度について評価した。

a)　酸素濃度

中央制御室換気系閉回路循環運転時の中央制御室内の酸素濃度について評価した。

ａ．評価条件

・在室人員11人(運転員7人に余裕を持たせた人数)
・中央制御室バウンダリ内体積2,700m^3
・初期酸素濃度20.95%※1
・評価結果が保守的になるよう空気流入は無いものとして評価する。
・1人あたりの呼吸量は，事故時の運転操作を想定し，歩行時の呼吸量※1を適用して，24L／minとする。
・1人あたりの酸素消費量は，成人吸気酸素濃度※1（20.95%），成人呼気酸素濃度※2（16.40%）から1.092L／minとする。
・許容酸素濃度　19.0%以上※3

※1：空気調和・衛生工学便覧　第14版　3空気調和設備編
※2：呼気には肺胞から蒸発した水蒸気が加わっており，吸気と等容積ではないため，酸素消費量を計算するには，乾燥空気換算（%）を使用する。
※3：鉱山保安法施行規則

ｂ．評価結果

評価条件から求めた酸素濃度は，外気取入を遮断しても約73時間まで中央制御室内に滞在可能である。

敷地内で発生する火災の最長燃焼継続時間（主変圧器約7時間）に対して，余裕があり運転員の作業環境に影響を及ぼすことはない。

第8.1表　中央制御室換気系閉回路循環運転時の酸素濃度

時間	12 時間	24 時間	48 時間	73 時間
酸素濃度	20.6%	20.3%	19.6%	19.0%

b)　炭酸ガス濃度

中央制御室閉回路循環運転時の中央制御室内の炭酸ガス濃度について評価した。

ａ．評価条件

・在室人員11人(運転員7人に余裕を持たせた人数)
・中央制御室バウンダリ内体積2,700m^3
・初期炭酸ガス濃度0.03%
・評価結果が保守的になるよう空気流入は無いものとして評価する。
・1人あたりの炭酸ガス吐出量は，事故時の運転操作を想定し，中等作業での吐出量※1を適用して，0.046m^3／hrとする。
・許容炭酸ガス濃度　1.0%未満※2

※1：空気調和・衛生工学便覧　第14版　3 空気調和設備編
※2：鉱山保安法施行規則

ｂ．評価結果

評価条件から求めた炭酸ガス濃度は，第3.4-2表，第3.4-2図のとおりであり，外気取入を遮断しても約51.7時間まで中央制御室内に滞在可能である。

敷地内で発生する火災の最長燃焼継続時間（主変圧器約7時間）に対して，余裕があり運転員の作業環境に影響を及ぼすことはない。

第8.2表　中央制御室換気系閉回路循環運転時の炭酸ガス濃度

時間	12 時間	24 時間	48 時間	51.7 時間
炭酸ガス濃度	0.26%	0.48%	0.93%	1.00%

c）　有毒ガス

中央制御室換気系給気口の風上で発生し，給気口を直接臨むことができる火災源を対象とし，中央制御室換気系給気口位置における有毒ガス濃度の評価を実施した。

ａ．評価手法

火災源から放出された有毒ガスは中央制御室換気系給気口に向う風によって，風下直線方向に拡散していくものとして，Briggsの排煙上昇過程式により求めた評価対象ガスの風速と，有風時プルーム式を用いて，中央制御室換気系給気口の空気中に含まれる有毒ガス濃度を評価する。

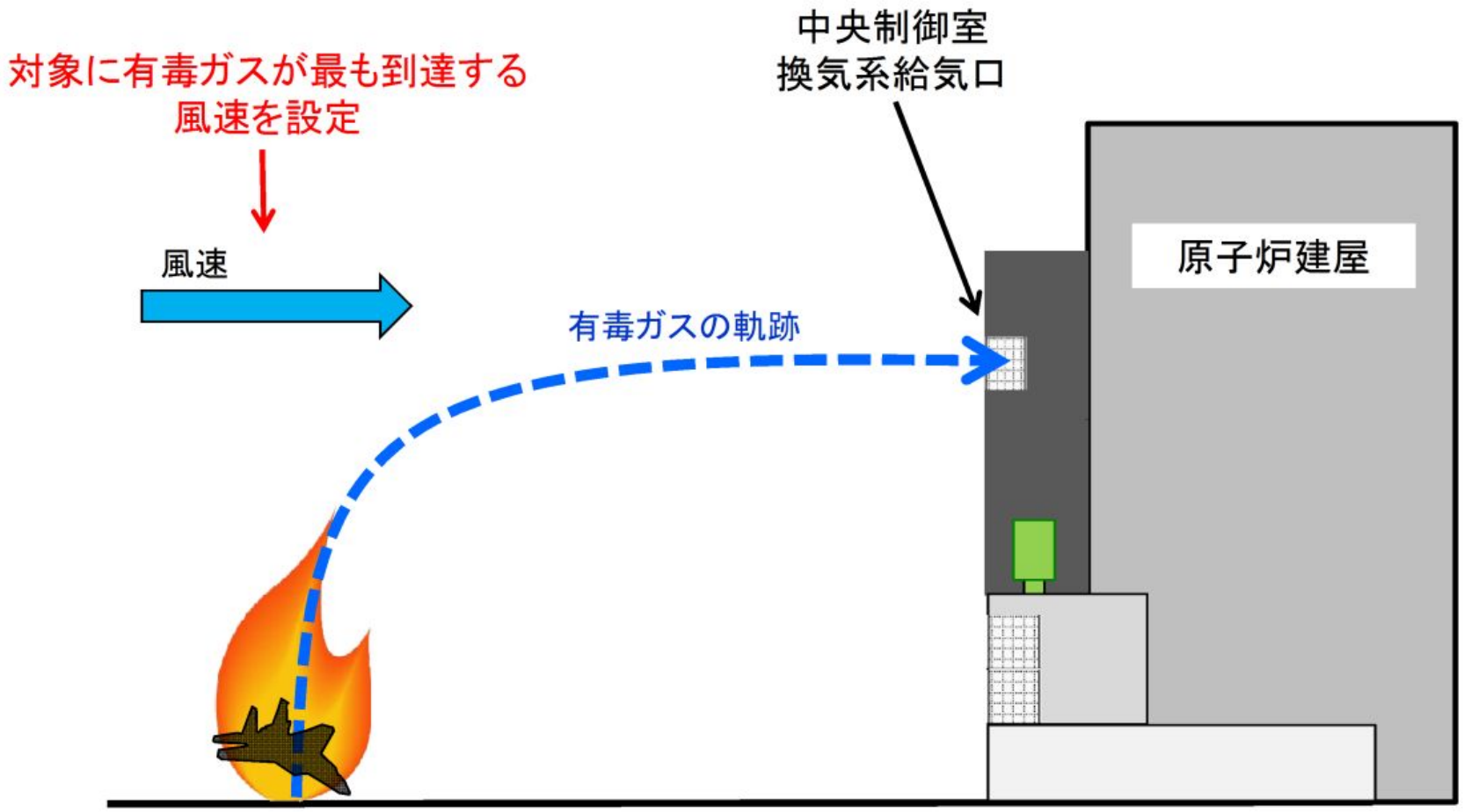
（有風時プルーム式）

$$C_{xyz}=\frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u}\exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y{}^2}\right)\cdot\left(\exp\left\{-\frac{(z-H_e)^2}{2\sigma_z{}^2}\right\}+\exp\left\{-\frac{(z+H_e)^2}{2\sigma_z{}^2}\right\}\right) \quad \cdots(1)$$

（Briggsの排煙上昇過程式）

$$H_e=1.6F^{1/3}\cdot x^{2/3}\cdot u^{-1} \quad \cdots(2)$$

C_{xyz}	：濃度（ppm）
Q	：有毒ガス発生量（Nm^3／s）
H_e	：排煙上昇高度（m）
σ_y，σ_z	：拡散パラメータ（m）
u	：風速（m／s）
F	：排熱フラックス（m^4／s^3）$=0.037Q_H$
Q_H	：排気熱量（kcal／s）$=\dot{m}A\Delta H_{c.eff}$
$\Delta H_{c.eff}$	：燃焼時発熱量（kcal／kg）
A	：燃焼面積（m^2）
$\dot{m}$	：質量低下速度（kg／m^2／s）
x	：発生源と給気口との離隔距離(m)
z	：発生源と給気口との鉛直方向距離(m)
y	：排気プルーム軸からの距離(m)



第8.7図　中央制御室換気系給気口における有毒ガス濃度評価手法の概要

b．評価結果

第8.3表　評価結果

評価対象	想定発火源		風速 (m／s]	拡散パラメータ(m)	
				σ_y	σ_z
中央制御室 換気系給気口 B2-19A	航空機火災 (F-15)		5.9	1.956	1.344

評価対象	想定発火源	ガス濃度（ppm）			
		CO_2	CO	SO_2	NO_2
中央制御室 換気系給気口 B2-19A	航空機火災 (F-15)	7,883	116	3	15
判断基準：ＩＤＬＨ※		40，000	1，200	100	20

※：30分曝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

以上の結果から，全ての評価に対しＩＤＬＨ以下であり，中央制御室の居住性が損なわれることはないと評価できる。

また，有毒ガスの影響を受ける可能性がある場合や，中央制御室給気口に流入する可能性がある場合は，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を行うことが可能であり，この非常時モードへの切換は，火災発生後10分程度で実施可能であることを実測により確認している。

d)　森林火災時における防火帯外に位置する放射性物質保管施設の東海第二発電所への影響

・防火帯外の防火帯近傍に放射性物質の保管施設等（下図）がある。
・森林火災時におけるこれら保管施設等からの東海第二発電所への影響を評価
・施設の構造及び埋設状態を踏まえると，Ｌ３事業所及び日本原子力研究開発機構（以下「機構」という。）　廃棄物埋設施設の埋設物は2m以上覆土されるため流出しない
・固体廃棄物貯蔵庫（レーザー），機構が管理する使用済燃料貯蔵施設（北地区）及び第２保管廃棄施設の保管物質が流出する可能性は低いが，仮に流出したとしても，中央制御室の外気取り入れを遮断し閉回路循環運転を行うことで，中央制御室の居住性を確保可能
・予防散水対応は，線量を確認しつつ実施

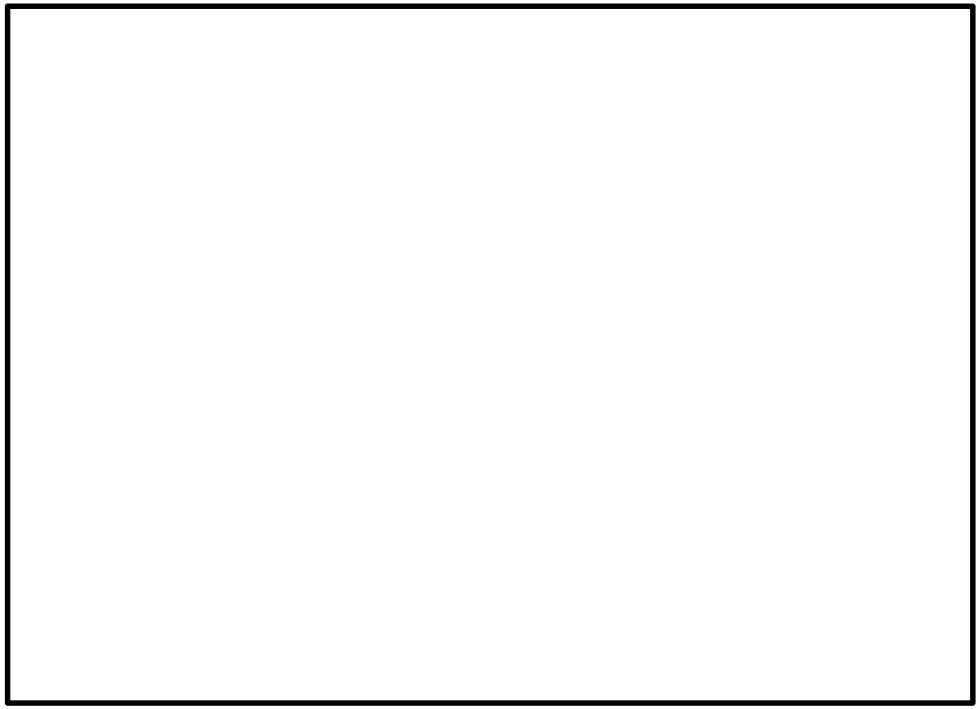
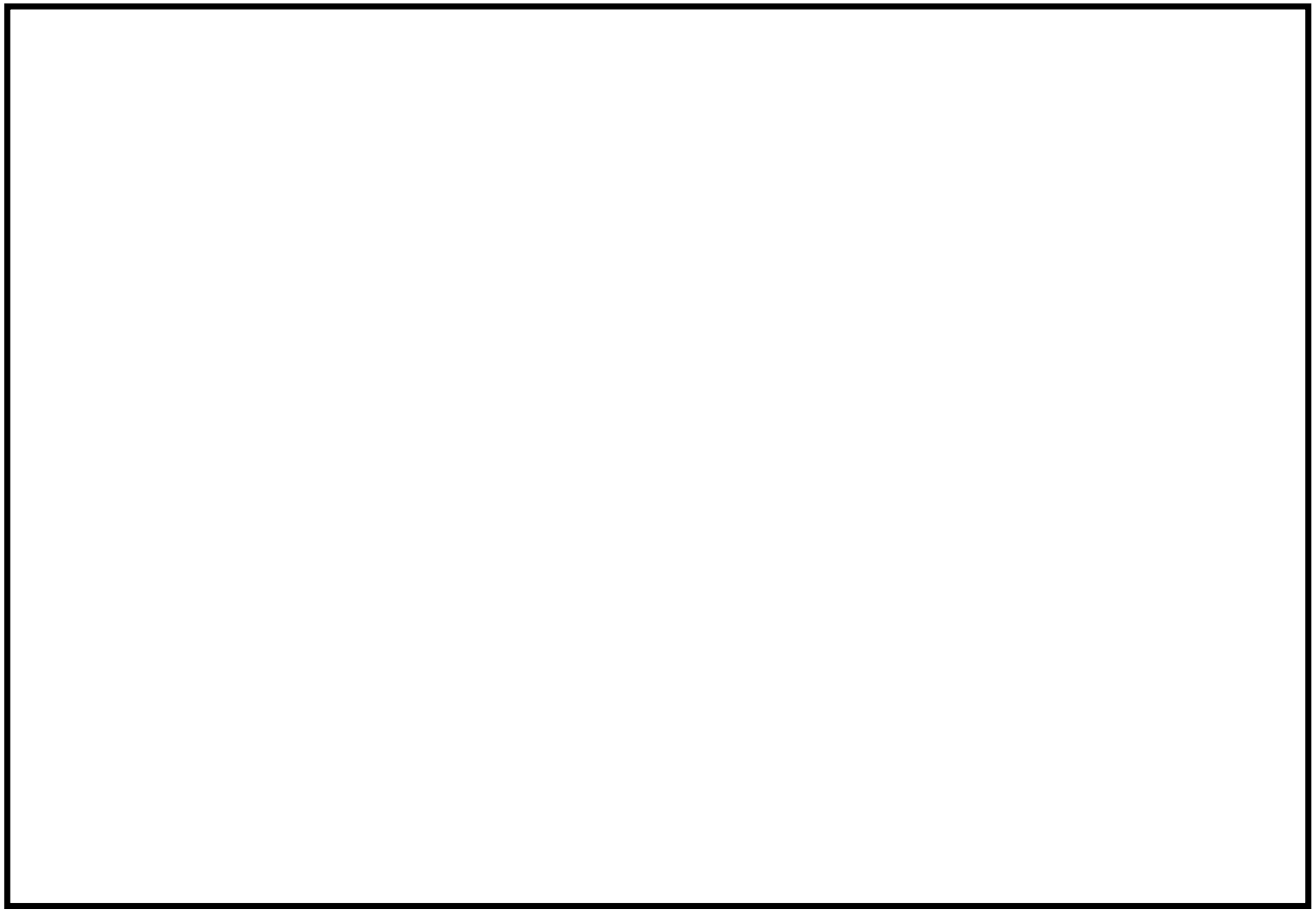


図　東海第二発電所に影響を与える可能性がある保管施設

(5)　緊急時対策所の居住性評価

外部火災時の緊急時対策所の居住性の評価として，外気取入れ遮断時の緊急時対策所内に滞在する緊急時対策要員の作業環境の劣化防止のため，酸素濃度及び炭酸ガス濃度について評価を行った。



第8.9図　緊急時対策所の位置

a）　酸素濃度

外気遮断時の緊急時対策所内の酸素濃度について評価した。

ａ．評価条件

・在室人員100人（緊急時対策本部に収容する最大の対策要員数）
・加圧エリア内空気量2,900m^3
・初期酸素濃度20.95％
・評価結果が保守的になるよう空気流入は無いものとして評価する。
・1人あたりの呼吸量は，事故時の運転操作を想定し，歩行時の呼吸量※1を適用して，24L／minとする。
・1人あたりの酸素消費量は，成人吸気酸素濃度※1（20.95％），成人呼気酸素濃度※2（16.40％）から1.092L／minとする。
・許容酸素濃度　19.0％以上※3

※1：空気調和・衛生工学便覧　第14版　3空気調和設備編
※2：呼気には肺胞から蒸発した水蒸気が加わっており，吸気と等容積ではないため，酸素消費量を計算するには，乾燥空気換算（％）を使用する。
※3：鉱山保安法施行規則

ｂ．評価結果

評価条件から求めた酸素濃度は，外気取入を遮断しても約8.6時間まで緊急時対策所内に滞在可能である。

緊急時対策所周囲で発生する火災として想定される航空機墜落火災のうち，最も長い燃焼継続時間であるB747-400の約1.9時間に対して余裕があり，運転員の作業環境に影響を及ぼすことはない。

b）　炭酸ガス濃度

外気遮断時の緊急時対策所内の炭酸ガス濃度について評価した。

ａ．評価条件

・在室人員 100人（緊急時対策本部に収容する最大の対策要員数）
・加圧エリア内空気量2,900m^3
・初期炭酸ガス濃度 0.03％
・評価結果が保守的になるよう空気流入は無いものとして評価する。
・1人あたりの炭酸ガス吐出量は，事故時の運転操作を想定し，中等作業での吐出量※1を適用して0.046m^3／hとする。
・許容炭酸ガス濃度　1.0％未満※2

※1：空気調和・衛生工学便覧　第14版　3空気調和設備編
※2：鉱山保安法施行施工規則

ｂ．評価結果

評価条件から求めた炭酸ガス濃度は，外気取入を遮断しても約6.1時間まで外気取入を遮断しても，緊急時対策所内に滞在可能である。

緊急時対策所周囲で発生する火災として想定される航空機墜落火災のうち，最も長い燃焼継続時間であるB747-400の約1.9時間に対して余裕があり，運転員の作業環境に影響を及ぼすことはない。

第8.4表　緊急時対策所外気遮断時の酸素濃度

時間	2 時間	4 時間	6 時間	8.6 時間
酸素濃度	20.4%	20.0%	19.5%	19.0%

第8.5表　緊急時対策所外気遮断時の炭酸ガス濃度

時間	1 時間	2 時間	4 時間	6.1 時間
炭酸ガス濃度	0.19%	0.35%	0.67%	1.00%

東海第二発電所

外部火災影響評価について

補足説明資料

平成２９年８月２５日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち，□の内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。

補 足 説 明 資 料 目 次

1. 外部火災への対応・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・補 3

2. 火炎の円筒モデル評価の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・補 5

3. 火炎輻射強度の算出・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・補 6

4. ＦＩＲＳＩＴＥ入出力データの補足・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・補 7

5. 建屋外壁表面温度評価方法について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・補16

6. 敷地内における危険物タンクの火災について・・・・・・・・・・・・・・・・・・補18

7. 建屋外壁における温度上昇の評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・補21

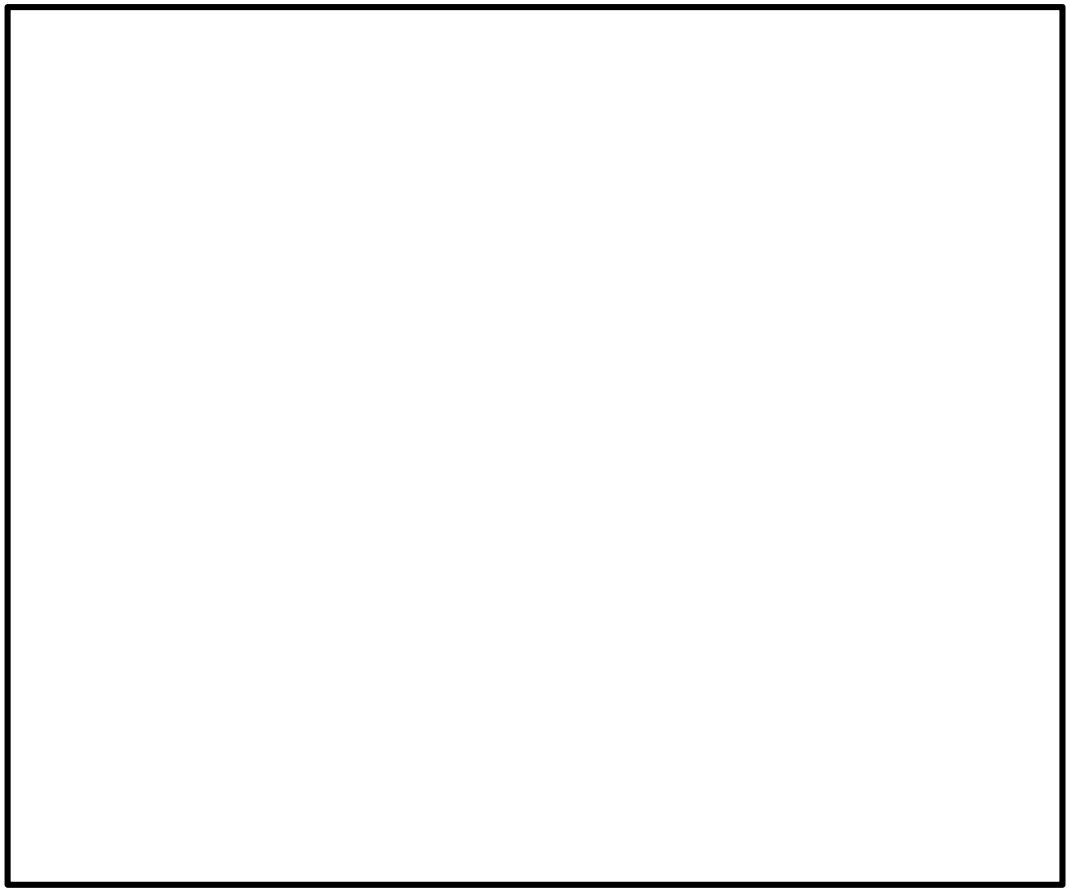
8. 原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災に関する算出式について・・・・・補22

9. 航空機落下確立のカテゴリ別の火災影響評価について・・・・・・・・・・・・・・補26

10. 外部火災影響評価で考慮する落下事故カテゴリの航空機落下確率評価結果・・・・・補40

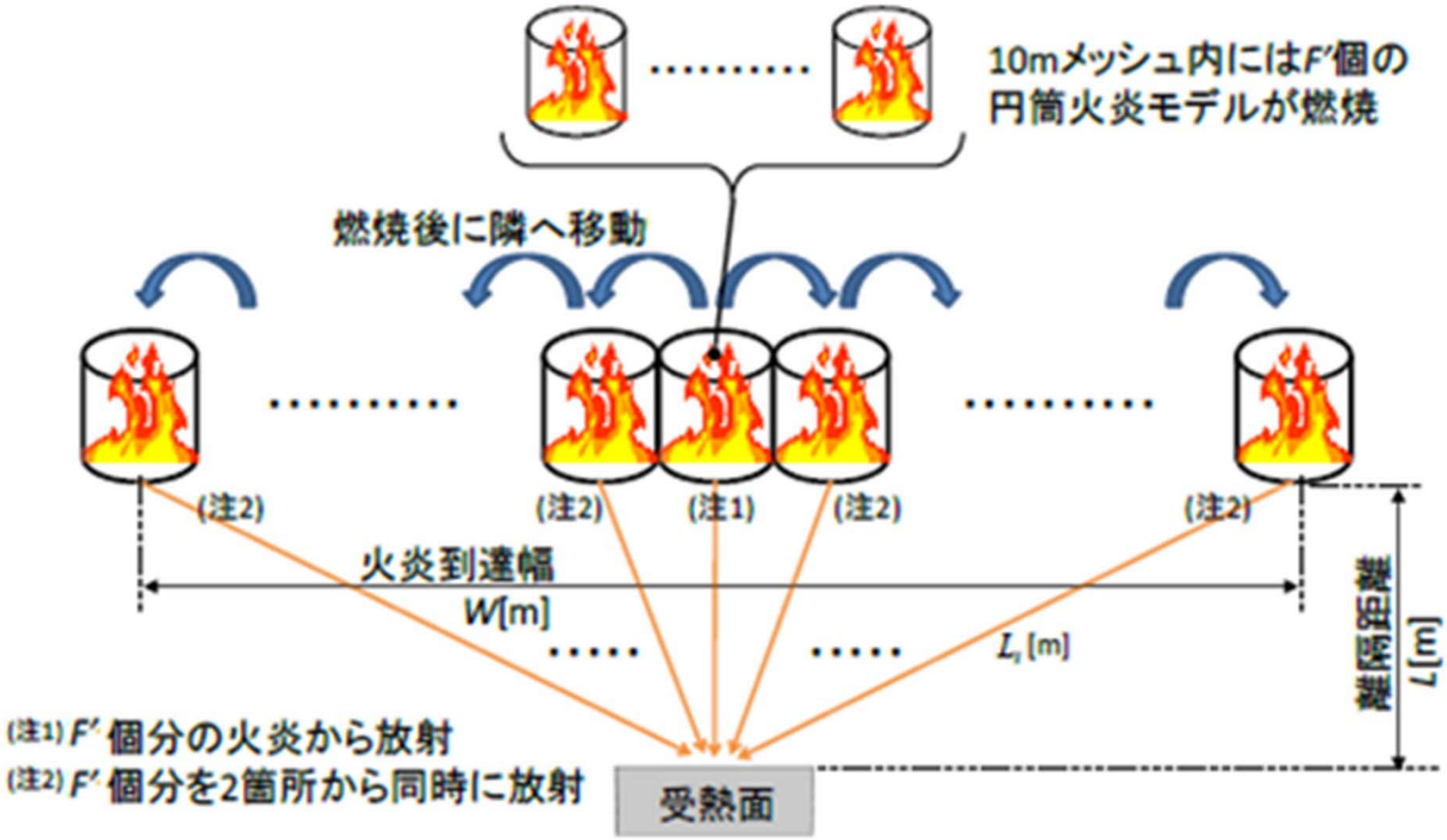
このたび，原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその付属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則」第6条において，安全施設は，森林火災等の外部からの衝撃による損傷防止として，安全機能を損なわないものでなければならないとされ，森林火災等の外部火災に対する評価手法が「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（以下「ガイド」という。）として整備された。

このことから，ガイドに示された手法を用い，東海第二発電所を対象とした森林火災等の想定される火災の規模，様態等を検討し，プラント固有の地形，配置及び建屋構造等を考慮して外部火災の影響に対する体制を評価し，脆弱な個所を抽出し対策を行うとともに，今回評価した森林火災等を基に，敷地内での具体的な範囲での消火活動の成立性を確認した。



可搬型重大事故等対処設備保管場所に近接した場所で発生した森林火災が防火帯外縁まで到達した場合でも，輻射強度が1.6kW／m^{2}以下となる●m以上の離隔距離を確保しているため，保管中の可搬型重大事故等対処設備が熱影響を受けるおそれはない。

同様に，●m以上の離隔距離を確保したアクセスルートを確保しており，可搬型重大事故等対処設備の走行及び重大事故等対処に影響を及ぼすことはない。



円筒火炎モデルの概念図

温度評価に当たっては，火炎の大きさ（火炎高さ）及び火炎からの輻射強度が必要となる。
火炎の大きさはＦＩＲＳＩＴＥより出力されるが，火炎からの輻射強度はＦＩＲＳＩＴＥでは計算されないため，ＦＩＲＳＩＴＥで出力される反応強度を用いて火炎からの輻射強度を算出する必要がある。
以下に火炎輻射強度の算出について示す。

火炎輻射強度の算出

・火炎輻射強度の算出に当たっては，反応強度は炎から輻射として放出される熱エネルギと火炎・煙として対流放出される熱エネルギの和から求められることから，反応強度に対する火炎輻射強度の割合を求めることで，火炎輻射強度を算出する。
・文献※から各樹木の発熱量を引用し，反応強度に対する輻射強度の割合を算出した。

※：「THE SFPE HANDBOOK OF Fire Protection Engineering」（SFPE:米国防火技術者協会）

発熱量（⊿H）	火炎輻射強度 (⊿Hrad)	火炎対流発散度 (⊿Hcon)	反応強度 (⊿Hch)	係数 (⊿Hrad/⊿Hch)
レッドオーク 発熱量 (落葉広葉樹の代表種)	4.6kJ／g	7.8kJ／g	12.4kJ／g	0.371
米松 発熱量 (針葉樹の代表種)	4.9kJ／g	8.1kJ／g	13.0kJ／g	0.377

反応強度と火炎輻射強度の割合を算出した結果，落葉広葉樹は0.371であり，針葉樹は0.377である。
火線最前線は針葉樹はなく，広葉樹が多くを占めていることから，0.371を用いて算出している。

ＦＩＲＳＩＴＥ入力値については，以下の設定方針に基づき設定した。

①：設定による結果への影響が明確ではなく，保守性を与えるのが困難であるため，可能な限り現地の状況を考慮した設定とする。

②：数値の大小による結果への影響が明確であるため，保守性を与えた設定とする。

③：現地の状況等を詳細に考慮した設定が困難であるため，解析コードのデフォルト値を設定する。

④：現地の状況等を踏まえ，適切な解析コードのデフォルト値を設定する。

⑤：JNES-RC-Reportの内容を踏まえ，保守性を与えた設定とする。

4.　ＦＩＲＳＩＴＥ入出力データの補足

項目		入力データ	備考
地形	標高 傾斜，傾斜方位	第 2.1-1 図参照	「基盤地図情報 数値標高モデル 10m メッシュ」の標高データ及び標高データから算出した傾斜，傾斜方位を入力（評価ガイド通り）
気象	風速（km/hr）	63	評価ガイドに基づき，茨城県内で森林火災発生件数が多い（12 月から 5 月）の水戸地方気象台で観測された最大風速（17.5m/s）に相当する 63km/hr を入力（評価ガイド通り）
	風向（deg）	239（西北西） 0（北） 225（南西） 45（北東）	評価ガイドに基づき，茨城県内で森林火災発生件数が多い月（12 月から 5 月）の卓越風向と最大風速記録時の風向を入力（評価ガイド通り）
	最高気温（℃）	31	茨城県内で森林火災発生件数が多い月（12 月から 5 月）の最高気温（30.8℃）に対して，小数点以下を切り上げた 31℃を最高気温・最低気温として入力。最低気温に対しても 31℃を入力することで保守的に気温の変化を考慮しない。（評価ガイド通り）
	最低気温（℃）	31	
	最高湿度（%）	11	茨城県内で森林火災発生件数が多い月（12 月から 5 月）の最小湿度（11%）を入力。最高湿度に対しても 11%を入力することで，保守的に湿度の変化を考慮しない。（評価ガイド通り）
	最小湿度（%）	11	
	降水量（mm）	0	降水が無い方が可燃物の水分量が少なくなり燃えやすくなるため，保守性を考慮して，降水量は 0 を入力
	雲量（%）	0	日射が多い方が可燃物の水分量が少なくなり燃えやすくなるため，保守性を考慮して，雲量は 0 を入力
位置	緯度（deg）	0	日射が多い方が可燃物の水分量が少なくなり燃えやすくなることから，保守性考慮して，日射強度の高い赤道に設定
	発火点位置	第 2.1-8 図参照	航空写真から位置を確認し，発電所から 10km 以内の当座標位置に設定（評価ガイド通り）
時刻	発火日時	3 月	茨城県内で森林火災発生件数が最も多い 3 月に設定
	発火時刻	10 時～14 時に火災が到達する時刻	日射が多い方が可燃物の水分量が少なくなり燃えやすくなることから，日射が多い時刻（10 時～14 時）に発電所に火災が到達するように設定
樹冠	樹冠率	区分 3	日照や風速への影響を考慮し，植生調査結果を踏まえ保守性考慮して，樹冠率区分 3（一般的な森林）を入力
	樹高（m）	15	評価結果への寄与が大きい発電所周囲の植生調査結果（平均樹高 13.4m）を踏まえた場合でも保守的となる，デフォルト値を一律に適用した。
	樹冠下高さ（m）	4	
	樹冠かさ密度（kg／m^3）	0.2	

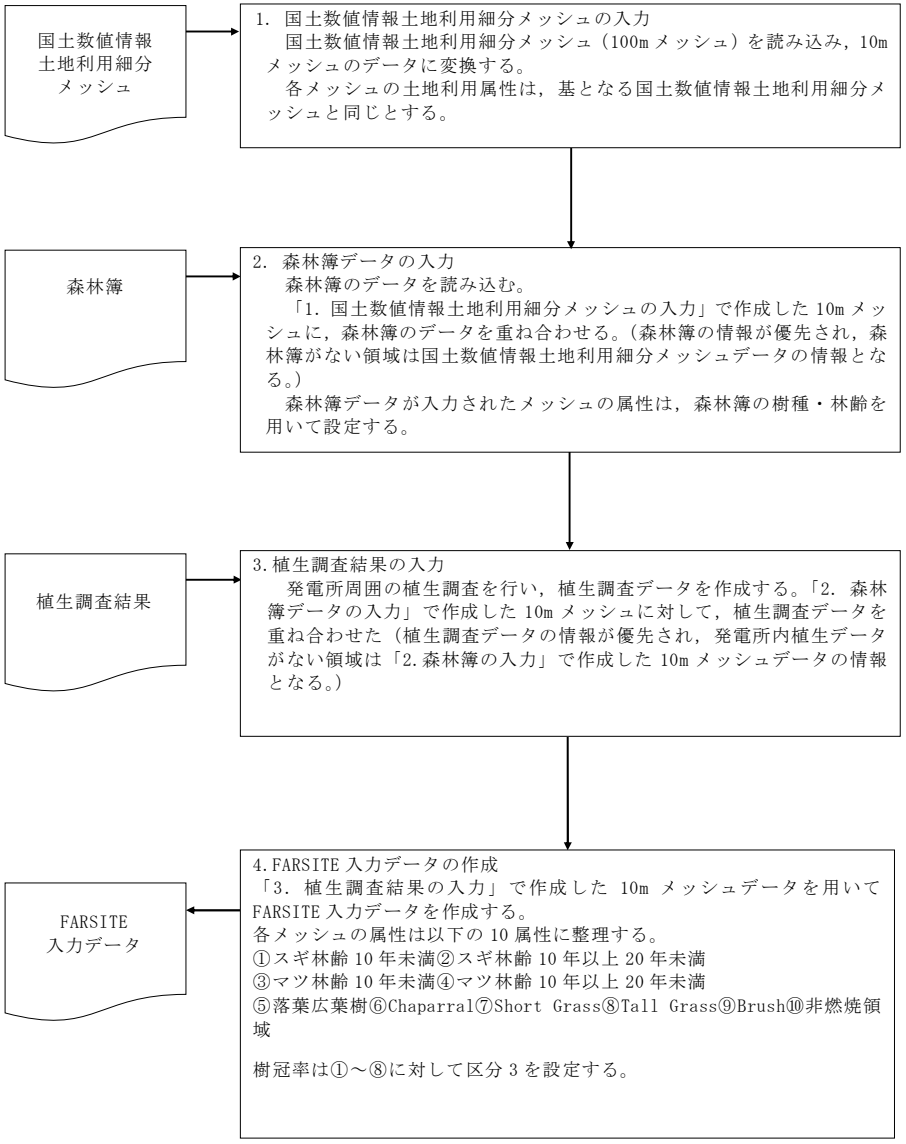
4.　ＦＩＲＳＩＴＥ入出力データの補足

土地利用区分	入力データ	備　　考
田	Tall Grass（高草：2.5ft）	森林火災の多い 12～5 月に田の可燃物量は少ないが保守的に Tall Grass を入力
その他農用地		草地・畑が多いが保守的に Tall Grass を入力
ゴルフ場		ゴルフ場の芝生は管理されているが，保守的に Tall Grass を入力
森林	森林簿及び植生調査結果に従い，樹種・林齢毎に設定	第 2.2-3 表 FARSITE 入力データ（植生データ）参照
荒地	Brush（茂み：2.0ft）	草の繁殖を考慮し，Brush を入力
建物用地		コンクリート等の非植生が多く延焼しにくいと考えられるが，街路樹・庭等を考慮して Brush を入力
道路	非燃焼領域	FARSITE 内蔵値を設定
鉄道		
その他用地		
河川及び湖沼		
海浜		
海水域		

4.　ＦＩＲＳＩＴＥ入出力データの補足

	樹種・林齢 区分	入力データ	備　　考
森林簿・植生調査結果	スギ・ヒノキ・ｶｲｽﾞｶｲﾌﾞｷ 林齢 10 年未満	スギ林齢 10 年未満	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用
	スギ・ヒノキ・ｶｲｽﾞｶｲﾌﾞｷ 林齢 10 年以上 20 年未満	スギ林齢 10 年以上 20 年未満	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用
	スギ・ヒノキ・ｶｲｽﾞｶｲﾌﾞｷ 林齢 20 年以上 30 年未満	スギ林齢 10 年以上 20 年未満	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用 20 年以上のスギに対しては保守性を考慮して全て「林齢 10 年以上 20 年未満」を入力する
	スギ・ヒノキ・ｶｲｽﾞｶｲﾌﾞｷ 林齢 30 年以上 40 年未満		
	スギ・ヒノキ・ｶｲｽﾞｶｲﾌﾞｷ 林齢 40 年以上		
	マツ・クロマツ林齢 10 年未満	マツ林齢 10 年未満	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用
	マツ・クロマツ林齢 10 年以上 20 年未満	マツ林齢 10 年以上 20 年未満	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用
	マツ・クロマツ林齢 20 年以上 30 年未満	マツ林齢 10 年以上 20 年未満	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用 20 年以上のマツに対しては保守性を考慮して全て「林齢 10 年以上 20 年未満」を入力する
	マツ・クロマツ林齢 30 年以上 40 年未満		
	マツ・クロマツ林齢 40 年以上		
	広葉樹 （クヌギ，サクラ等）	落葉広葉樹	JNES-RC-Report の FARSITE 植生データを使用
	竹林	Chaparral （低木の茂み:6ft）	竹林は直径が細く，密集度が高いことから可燃物量・可燃物厚さが大きい Chaparral を設定。なお，Chaparral は，低層植生の中で最も保守的なパラメータである。
	芝，観葉植物	Short Grass （低草：1ft）	発電所構内は管理が可能なため，Short Grass を入力
		Tall Grass （高草：2.5ft）	敷地外は Tall Grass を入力
	植生が存在しない 範囲	Brush （茂み：2.0ft）	コンクリート等の非植生が多く延焼しにくいと考えられるが，保守性を考慮して Brush を入力

ＦＩＲＳＩＴＥ入力条件の整理（植生）



ＦＩＲＳＩＴＥ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。

項　　目		内　　容
FARSITE 解析結果	火炎到達時間 (hr)	出火から火炎の前線が該当地点に到達するまでの時間。 火炎継続時間の算出に使用する。
	反応強度 (kW/m^2)	単位面積当たりの熱放出速度であり，火炎輻射強度の根拠となる火災規模。火炎輻射強度の算出に使用する。
	火炎長 (m)	反応強度が最大位置の火炎の高さ。円筒火炎モデルの形態係数の算出に使用する。
FARSITE 解析結果 より算出 したデータ	火炎継続時間 (hr)	到達時間から算出され，円筒火炎モデルを用いた温度上昇の算出に使用する。
	火炎輻射強度 (kW/m^2)	反応強度に米国 NFPA の係数 0.377 を乗じて算出され， 円筒火炎モデルを用いた温度上昇の算出に使用する。
	燃焼半径 (m)	火炎長に基づき算出され，円筒火炎モデルの形態係数の算出に使用する。
	火炎到達幅 (m)	防火帯外縁における火炎到達セル数×セル幅（10m）

ＦＩＲＳＩＴＥの入力条件（可燃物データ設定について）

可燃物データ設定について

・針葉樹：発電所周囲の植生はほとんどが林齢40年以上のマツ・クロマツであるが，保守性を考慮して，林齢20年以上のマツ・クロマツの林齢を一律に10年以上20年未満として設定した。
・針葉樹（スギ・ヒノキ，カイヅカイブキ，マツ，クロマツ）については，人工林であり，森林簿において，樹木の生長状況を示す林齢が記載されている。
・ＦＡＲＳＩＴＥ入力データとして針葉樹の設定については，実際の森林状況を可能な限り反映するため，針葉樹の地面下草等の可燃物量を林齢に基づき区分※している。なお，林齢が増えると，以下のイメージの通り地面下草が減少する。
・広葉樹は多くが天然林であるため，林齢は一般に高齢で正確には把握されていない状況にある。広葉樹は，林齢によって地面草地は大きく変化しないことから，保守性を考慮して，針葉樹（10年未満）と同じ設定としている。

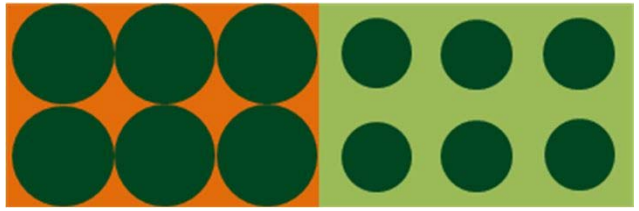
※参考文献：福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価［独立行政法人原子力安全基盤機構］

針葉樹と広葉樹の林齢による地面草地等の違い（イメージ）

樹種/林齢	10 年生未満の場合	10～20 年生の場合	30 年生以上の場合
針葉樹	日照が入りやすい	日照が少し入りやすい	日照が入りにくい
広葉樹	日照が入りやすい		

樹冠率の設定について

・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，地面下草への日照が低減（水分蒸発量が減ることで燃えにくくなる）する。
・具体的には，ＦＡＲＳＩＴＥでは樹冠率を4つに区分し，いずれかを設定するようになっている。今回の評価においては，東海第二発電所周囲の森林は現地調査において，樹冠率（樹冠疎密度）が60～90%であることを確認したため，区分3を選択した。



樹冠率イメージ図（上から見た図）

ＦＩＲＳＩＴＥ上の樹冠率設定

FARSITE 区分	樹冠率%	備考
1	～20	―
2	21～50	森林を含む区分
3	51～80	一般的な森林
4	81～100	原生林等

ＦＩＲＳＩＴＥ上の樹冠率区分による効果

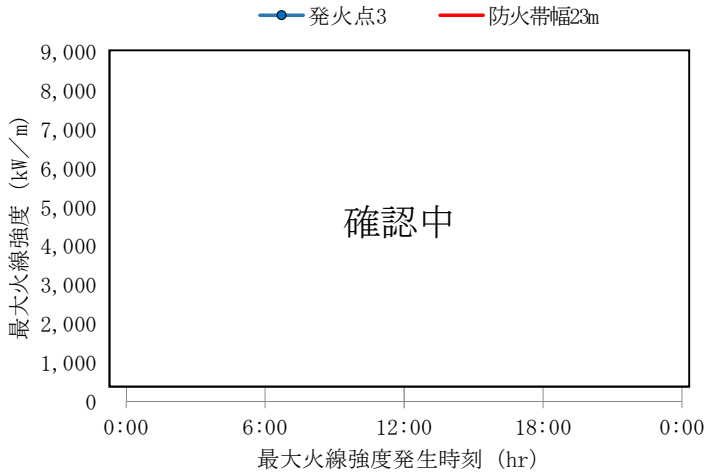
	区分３の場合	区分４の場合
風速低減効果	風速が弱まりにくい	風速が弱まる
日照低減効果	地面下草が燃えやすい	地面下草が燃えにくい

出火時刻の違いによる感度解析について

ＦＡＲＳＩＴＥでは日射量が可燃物の水分量に影響を与えるため，日射量が多くなる日中時間帯に火線強度が高くなる。同じ発火点からの火災であっても，出火時刻によって最大火線強度に違いが生じるため，全発火点のうち最も高い最大火線強度となった発火点に対して4パターンの出火時刻を設けて，感度解析を行った。

発火点位置	発火点
最大火線強度 発生時刻	
最大火線強度 (kW／m)	

設定する防火帯幅●mに相当する火線強度●kW／mは，下図に示すとおり，感度解析から算出された火線強度を十分に上回ることを確認した。

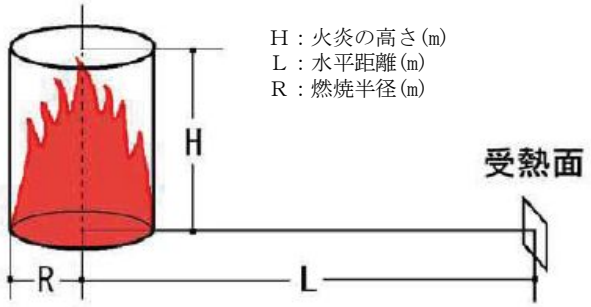


5.　建屋外壁表面温度評価方法について

(1)　火災源から受熱側外壁への輻射強度の算出

形態係数の算出

火災源を円筒火炎モデルとして設定し，火災源からの受熱側が受け取る輻射熱量の割合に関連する形態係数φを算出する。



H：火炎の高さ(m)
L：水平距離(m)
R：燃焼半径(m)

円筒火炎モデルを用い，受熱面が火災源と同一平面上にある垂直平板と仮定する。

次式により形態係数φを算出する。

$$\phi_F=\frac{1}{\pi m}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right)+\frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right]-\frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$$

ただし　$m=\frac{H}{R}\fallingdotseq 3$ ，$n=\frac{L}{R}$ ，$A=(1+n)^2+m^2$ ，$B=(1-n)^2+m^2$

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]

(出典：原子力発電所の外部火災影響評価ガイド)

受熱側の輻射強度算出

火災源の輻射強度Ｒｆと形態係数φより，受熱側の輻射強度を算出する。

カフジ原油	41×10^3 (35×10^3)	メタノール	9.8×10^3 (8.4×10^3)
ガソリン・ナフサ	58×10^3 (50×10^3)	エタノール	12×10^3 (10×10^3)
灯　油	50×10^3 (43×10^3)	ＬＮＧ（メタン）	76×10^3 (65×10^3)
軽　油	42×10^3 (36×10^3)	エチレン	134×10^3 (115×10^3)
重　油	23×10^3 (20×10^3)	プロパン	74×10^3 (64×10^3)
ベンゼン	62×10^3 (53×10^3)	プロピレン	73×10^3 (53×10^3)
ｎ－ヘキサン	85×10^3 (73×10^3)	ｎ－ブタン	83×10^3 (71×10^3)

(単位はW/m²、かっこ内はkcal/m²・h)

(出典：原子力発電所の外部火災影響評価ガイド)

火災源となる燃料の種類に応じて上表より輻射発散度Ｒｆを選択し，受熱側輻射強度を算出する。

受熱側輻射強度Ｅ(W／m²)
＝形態係数φ　×　輻射発散度　Ｒｆ　(W／m²)

(出典：原子力発電所の外部火災影響評価ガイド)

(2)　受熱側の輻射強度を用いた外壁温度の算出

火災源からの輻射熱による外壁温度の評価にあたっては，一次元非定常熱伝導方程式の解である反無限固体での温度評価式を用いて，外壁の温度を評価する。

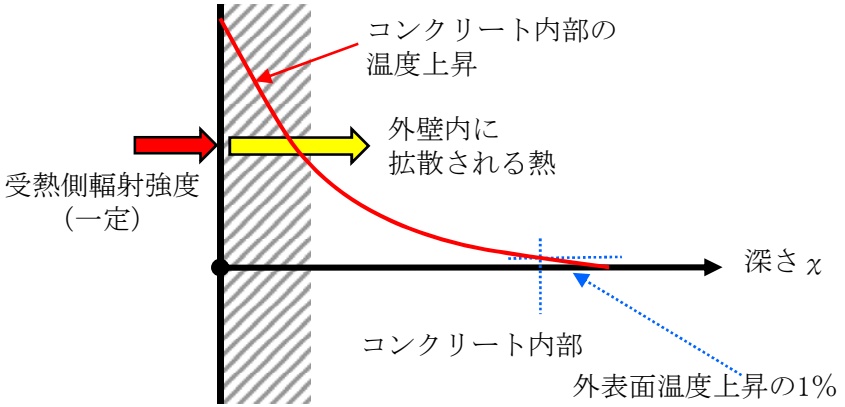
なお，受熱側の輻射強度は一定値で変化しないものとしている。

外壁の温度評価

$$T=T_0+\left(\frac{E}{a}\right)\left[1-\mathrm{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{\kappa t}}\right)-\exp\left(\frac{a}{\lambda}x+\frac{a^2}{\lambda^2}\kappa t\right)\left\{1-\mathrm{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{\kappa t}}+\frac{a}{\lambda}\sqrt{\kappa t}\right)\right\}\right]$$

（出典：安全工学講座1　火災：海文堂出版）

T ：許容温度(℃)
T_0 ：初期温度(℃)
E ：輻射強度(W／m^2)
κ ：ｺﾝｸﾘｰﾄ温度伝導率(m^2／s)
　　(=λ／ρ C_p)
ρ ：ｺﾝｸﾘｰﾄ密度(kg／m^3)
C_p ：ｺﾝｸﾘｰﾄ比熱(J／kg／K)
λ ：ｺﾝｸﾘｰﾄ熱伝導率(W／m／K)
t ：燃焼継続時間(s)
x ：ｺﾝｸﾘｰﾄ壁表面深さ(m)
a：熱伝達率 (W／m^2／K)



外壁温度上昇評価モデル

【外壁への温度評価式の適用】
　コンクリート裏面において，表面温度の温度上昇分の1 %以下にあたる温度上昇であればコンクリート外壁を反無限固体とみなすことができ，本温度評価式を適用できる。
今回，火災源となる溶融炉灯油タンクにて，コンクリート内面深さ【0.4m】における温度上昇を求めたところ，0.01℃となり温度上昇の比は，0.1%程度であることから，本温度評価式の適用性に問題はない

(1)　必要データ

評価に用いるデータは以下のとおり。

想定火災源	燃料の種類	燃料量 V (m^3)	輻射発散度 Rf (kW/m^2)※1	質量低下速度 M ($kg/m^2/s$)※2	燃料密度 ρ (kg/m^3)※3	防油堤面積 S (m^2)
溶融炉 灯油タンク	灯油	10	50	0.039	830	19.36

(2)　燃焼半径の算出

円筒火炎モデルとして評価を実施するため，燃焼半径は防油堤面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出した。

$$R=\sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

R：燃焼半径(m)，S：防油堤面積（＝燃焼面積）(m^2)

(3)　形態係数の算出

以下の式から形態係数を算出した。

$$\Phi=\frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right)+\frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right]-\frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$$

ただし　$m=\frac{H}{R}\fallingdotseq 3$ ，　$n=\frac{L}{R}$ ，　$A=(1+n)^2+m^2$ ，　$B=(1-n)^2+m^2$

Φ：形態係数，　L：離隔距離(m)，　H：炎の高さ(m)，　R：燃焼半径(m)

(4)　輻射強度の算出

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掛けた値になる。算出結果を第2.2.3-3表に示す。

$$E=R_f\cdot\Phi$$

E ：輻射強度(W／m^2)，　R_f ：輻射発散度(W／m^2)，　Φ ：形態係数

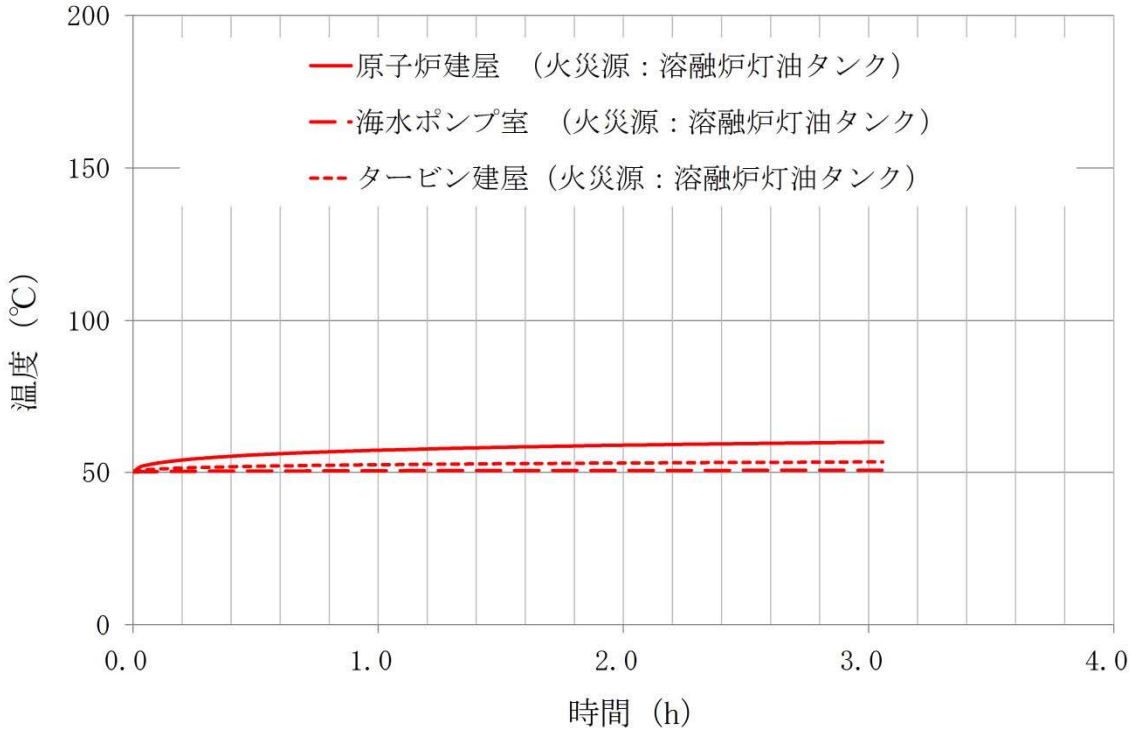
(5)　燃焼継続時間の算出

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。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t ：燃焼継続時間(s)
V ：燃料量(m^3)
R ：燃焼半径(m)
v ：燃焼速度＝M／ρ (m／s)
M ：質量低下速度(kg／m^2／s)
ρ ：燃料密度(kg／m^3)

7.　建屋外壁における温度上昇の評価結果



(1)　燃焼半径の算出

円筒火炎モデルとして評価を実施するため，燃焼半径は防油堤面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出した。

$$R=\sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

R：燃焼半径(m)，S：防油堤面積（＝燃焼面積）(m^2)

(2)　形態係数の算出

以下の式から形態係数を算出した。

$$\Phi=\frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right)+\frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right]-\frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$$

ただし　$m=\frac{H}{R}\fallingdotseq 3$，$n=\frac{L}{R}$，$A=(1+n)^2+m^2$，$B=(1-n)^2+m^2$

Φ：形態係数，L：離隔距離(m)，H：炎の高さ(m)，R：燃焼半径(m)

(3)　輻射強度の算出

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掛けた値になる。

$$E = R_f \cdot \Phi$$

E：輻射強度(W／m^2)，R_f：輻射発散度(W／m^2)，Φ：形態係数

(4)　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(m^3) R：燃焼半径(m)，v：燃焼速度＝M／ρ (m／s)

M：質量低下速度(kg／m^2／s)，ρ：燃料密度(kg／m^3)

参考：評価に用いたデータについて
1. 航空機の仕様について

落下事故カテゴリ	計器飛行方式民間航空機 飛行場での離着陸時	有視界飛行方式民間航空機 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）	自衛隊機又は米軍機 訓練空域外を飛行中	自衛隊機又は米軍機 基地－訓練空域間往復時
想定する航空機	B737-800	B747-400	KC-767	F-15
燃料の種類	JET A-1	JET A-1	JP-4	JP-4
燃料量[m^3]	26.02※1	216.84※2	145.03※3	14.87※4
燃料タンク投影面積[m^2]	110.0※5	700.0※6	405.2※7	44.6※8

※1：ボーイング社ホームページ資料「737 airplane Characteristics for Airport Planning(document D6-58325-6)」記載値
※2：ボーイング社ホームページ資料「747 airplane Characteristics for Airport Planning(document D6-58326-1)」記載値
※3：ボーイング社ホームページ資料「767 airplane Characteristics for Airport Planning (Document D6-58328)」記載値
※4：航空ジャーナル2月号増刊F-15イーグル（航空ジャーナル社　昭和55年2月5日発行）記載値
※5：※1記載の機体図面より，主翼・主翼と交差する胴体部面積が燃料タンク面積と同等と想定し，これらの面積を算出した値
※6：※2記載の機体図面より，主翼・主翼と交差する胴体部及び水平尾翼部面積が燃料タンク面積と同等と想定し，これらの面積を算出した値
※7：※3記載の機体図面より，記載の機体図面より，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が燃料タンク面積と同等と想定し，これらの面積を算出した値
※8：※4記載の機体図面より，燃料タンクの配置及び大きさを想定し，これらの面積を算出した値

(5)　燃料の物性値について
各カテゴリ航空機及び燃料に係るデータを示す。

落下事故のカテゴリ			対象航空機	燃料の種類	燃料量 V (m^3)	燃料密度 ρ (kg/m^3)	質量低下速度 M ($kg/m^2/s$)	燃焼面積 S (m^2)
計器飛行方式民間航空機	飛行場での離着陸時		B737-800	JET A-1	26.02※3	840※2	0.039※1	110.0※4
有視界飛行方式民間航空機	大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）		B747-400	JET A-1	216.84※3	840※2	0.039※1	700.0※5
自衛隊機又は米軍機	訓練空域外を飛行中	空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	JP-4	145.03※6	760※1	0.051※1	405.2※7
	基地－訓練空域間往復時		F-15	JP-4	14.87※8	760※1	0.051※1	44.6※9

※１：NUREG-1805　記載値
※２：ＪＩＳ-K-2209-1991記載の１号の値
※３：ボーイングジャパン　ホームページ“737，747型機情報”
※４：ボーイング社ホームページ資料「737 airplane Characteristics for Airport Planning (document D6-58325-6, July 2007)」の機体図面より，主翼・主翼と交差する胴体部面積が燃料タンク面積と同等と想定し，これらの面積を算出した値
※５：ボーイング社ホームページ資料「747 airplane Characteristics for Airport Planning (document D6-58326-1, December 2002)」の機体図面より，主翼・主翼と交差する胴体部及び水平尾翼部面積が燃料タンク面積と同等と想定し，これらの面積を算出した値
※６：世界航空機年鑑2012-2013に記載の値及び燃料密度から算出した値
※７：ボーイング社ホームページ資料「767 airplane Characteristics for Airport Planning (Document D6-58328, September 2005)」
※８：航空ジャーナル２月号増刊Ｆ-15イーグル（航空ジャーナル社　昭和55年2月5日発行）
※９：※８記載の機体図面より，燃料タンクの配置及び大きさを想定し，これらの面積を算出した値

(1)　有視界飛行方式民間航空機の火災影響評価について

対象となる落下確率評価（有視界飛行方式民間航空機）において考慮している航空機は，小型固定翼機，小型回転翼機及び大型回転翼機である。次頁に小型固定翼機の諸元を示す。

評価条件としては，原子炉施設からの距離は72（m），燃料積載量は小型固定翼機で3（m^3）程度であることから，自衛隊機又は米軍機において，原子炉施設からの距離22（m），燃料積載量14.87（m^3）程度で評価していることを踏まえると，有視界飛行方式民間航空機の落下による火災影響評価は，自衛隊機又は米軍機の落下による火災影響評価に包絡される。

有視界飛行方式民間航空機（小型固定翼機）の落下事故として考慮している航空機の緒元（1／4）

機種		燃料量（m^3）
小型固定翼機	ドルニエ Do228-200	2.4
	パイパーPA-42-1000	2.2
	セスナ 501	2.2
	ビーチ B200	2.1
	ガルフストリーム・コマンダ 695	1.8
	セスナ 525/525A サイテーションジェット	1.8
	ユーロコプター(アエロスパシアル)AS365N3	1.6
	ベル 412	1.5
	シコルスキ S-76A	1.5
	ビーチ C90A	1.5
	セスナ 510	1.5
	セスナ 425	1.4
	セスナ 404	1.3
	セスナ 208	1.3
	セスナ 208B	1.3
	ユーロコプターEC155B/B1	1.3
	ベル 412EP	1.2
	ユーロコプター(アエロスパシアル)AS365N1	1.2
	ユーロコプター(アエロスパシアル)AS365N2	1.2
	ベル 430	1.1
	ソカタ TBM700	1.1
	シコルスキ S-76B	1.1
	シコルスキ S-76A+/S-76C/S-76C+/S-76C++	1.1
	ユーロコプターEC135P1/P2	0.9
	川崎 BK117B-1/B-2	0.9
	ピラタス PC-6/B2-H4	0.9
	セスナ 150L/M/A150L	0.9
	川崎 BK117C-2	0.9
	カマン K-1200	0.9
	ベル 212	0.8
	ベル 429	0.8
	富士ベル 205B	0.8
	ユーロコプター(アエロスパシアル)AS355F2	0.7
	ユーロコプター(アエロスパシアル)AS355F1	0.7
	ユーロコプター(アエロスパシアル)AS355N	0.7
	ユーロコプターEC135T1/T2	0.7
	パイパーPA-31-350/PA-31P-350	0.7
	ベル 427	0.7
	川崎 BK117C-1	0.7
	ビーチ G58	0.7
	ビーチ 58	0.6
	セスナ 340	0.6

有視界飛行方式民間航空機（小型固定翼機）の落下事故として考慮している航空機の緒元（2／4）

機種		燃料量（m³）
小型固定翼機	アグスタ A109K2	0.6
	富士ベル 204B-2	0.6
	アグスタ A109E	0.6
	マグドネル・ダグラス 900	0.6
	アグスタ AW119Ke	0.6
	セスナ T303	0.6
	ユーロコプター(MBB)Bo105S	0.6
	アグスタ AW109SP	0.6
	ユーロコプター(アエロスパシアル)SA315B	0.6
	セスナ 182P/Q/R	0.6
	セスナ TU206F	0.6
	セスナ 207/T207	0.6
	アグスタ 109AⅡ	0.6
	アグスタ A109C	0.6
	パイパーPA-23-250	0.5
	ユーロコプター(アエロスパシアル)AS350B2	0.5
	ユーロコプターEC130B4	0.5
	ユーロコプター(アエロスパシアル)AS350B3	0.5
	セスナ TU206G	0.5
	セスナ U206G	0.5
	ユーロコプター(アエロスパシアル)AS350B/BA	0.5
	ユーロコプター(アエロスパシアル)AS350BI	0.5
	ブリテン・ノーマン BN-2B-20	0.5
	ビーチ E33	0.5
	ビーチ 35-C33A/F33A/F33C	0.5
	ビーチ 36/A36	0.5
	ベル 407	0.5
	パイパーPA-46-310P	0.5
	パイパーPA-46-350P	0.5
	MD ヘリコプターズ 600N	0.5
	ロックウェル・コマンダ 112	0.5
	ベル 206L-4	0.4
	セスナ 172P	0.4
	ソカタ/モランソルニエ MS885/893A	0.4
	ベル 206L-3	0.4
	ユーロコプターEC120B	0.4
	ビーチ B36TC	0.4
	パイパーPA-32R-301T	0.4
	パイパーPA-34-200	0.4
	パイパーPA-34-200T	0.4
	パイパーPA-34-220T	0.4
	セスナ 172N	0.4
	セスナ 172K/L/M	0.4
	セスナ 182S	0.3
	セスナ T206H	0.3
	シーラス SR22/SR22T	0.3

有視界飛行方式民間航空機（小型固定翼機）の落下事故として考慮している航空機の緒元（3／4）

	機種	燃料量（m^3）
小型固定翼機	セスナ P210N	0.3
	セスナ T210M/N	0.3
	エンストロム 480B/TH480B	0.3
	ソカタ TB-20	0.3
	ビーチ A36TC	0.3
	ムーニーM20K	0.3
	パイパーPA-28RT-201T	0.3
	ベル 206B	0.3
	ロビンソン R66	0.3
	シュワイザー269D-A	0.3
	セスナ 172RG	0.3
	セスナ 210-5A	0.2
	セスナ 152	0.2
	ムーニーM20J	0.2
	ヒューズ/川崎 369E	0.2
	セスナ 150B/C	0.2
	ビーチ B24R	0.2
	ワコー・クラシック・エアクラフト YMF ワコーF5C	0.2
	セスナ 172S	0.2
	シーラス SR20	0.2
	ソカタ TB200	0.2
	エンストロム 280FX	0.2
	富士 FA-200-160	0.2
	富士 FA-200-180	0.2
	富士 FA-200-180AO	0.2
	ソカタ TB10	0.2
	セスナ 172R	0.2
	クリスティン・インダストリーA-1	0.2
	ガルフストリーム・エアロスペース AG-5B	0.2
	セスナ R172K	0.2
	ムーニーM20C	0.2
	ダイヤモンド DA42/DA42NG	0.2
	ロビンソン R44 アストロ/レイベン	0.2
	ダイヤモンド DA40	0.2
	パイパーPA-28-140	0.2
	パイパーPA-28-151	0.2
	パイパーPA-28-161	0.2
	パイパーPA-28-180	0.2
	パイパーPA-28-181	0.2
	パイパーPA-28R-200	0.2
	ロビンソン R44 II	0.2
	モール M-7-235C	0.2
	エクストラ EA300S, 300/L	0.2
	ジャイロフルーク SC01B-160	0.2
	セスナ 172	0.2

有視界飛行方式民間航空機（小型固定翼機）の落下事故として考慮している航空機の緒元（4／4）

	機種	燃料量（m^3）
小型固定翼機	ソカタ TB9	0.2
	セスナ 172B, D, G, H	0.1
	パイパーPA-28R-201	0.1
	パイパーPA-28R-201T	0.1
	ベランカ 7GCBC/8KCAB	0.1
	パイパーPA-18-150	0.1
	シュワイザー269C-1	0.1
	エクストラ EA300/200	0.1
	ロビンソン R22Beta/Mariner	0.1
	ヒューズ 269C	0.1
	リバティーXL-2	0.1
	アビオン・ピエール・ロバン DR400/180R	0.1
	ピッツ S-2B/S-2C	0.1

自衛隊機又は米軍機の用途による分類について

自衛隊機又は米軍機の落下事故には，「⑤訓練空域外を飛行中」の落下事故と「⑥基地－訓練空域間往復時」の落下事故がある。

⑤及び⑥について，自衛隊機が保有する機種を代表として，用途による飛行形態を踏まえてカテゴリを分類し，燃料積載量が最大となる対象の航空機を整理した。

(1)　訓練空域外を飛行中の落下事故

自衛隊機の用途としては，「連絡偵察」，「哨戒」．「戦闘」，「偵察」，「輸送」，「空中給油」，「早期警戒」等がある。

以下の機種については，原子力発電所付近で低高度での飛行を行うことはないため，「⑤－1　空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機」として整理し，その他については，「⑤-2　その他の大型固定翼機及び回転翼機」として整理した。

・高高度での巡航が想定される「空中給油」及び「早期警戒」を用途とした機種
・目的地付近で低高度での飛行となるものの移動は高高度の巡航を行うものと想定される「哨戒」及び「輸送」を用途とした機種（「哨戒」の目的地は海上，「輸送」の目的地は基地又は空港）

上記の分類を踏まえ，「⑤訓練空域外を飛行中」の落下事故で考慮するカテゴリとして，燃料量が最大となる航空機を整理した。

カテゴリ	用　途	該当する航空機	寸法（m）		燃料量※1（m^3）
			全長	全幅	
空中給油機，高高度での巡航が想定される大型固定翼機	「空中給油」，「早期警戒」，「哨戒」，「輸送」を用途とする大型固定翼機	P-3C	36	30	約 35
		P-1	38	35	≦KC-767
		C-1	29	31	約 16
		C-130H	30	40	約 37
		KC-767	49	48	約 145
		KC-130H	30	40	約 37
		E-2C	18	25	約 7
		E-767	49	48	≦KC-767
その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機	上記以外を用途とする大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機	LR-2	14	18	約 2
		CH-47J	16	4	約 4
		UH-60JA	16	3	約 3
		AH-64D	18	6	約 1
		SH-60J	15	3	約 1
		SH-60K	16	3	約 1
		MH-53E	22	6	約 12
		MCH-101	23	19	約 5
		F-15J/DJ	19	13	約 15
		F-4EJ	19	12	約 12
		F-2A/B	16	11	約 11
		RF-4E/J	19	12	約 13

出典：平成 28 年度版防衛白書等

※1：増槽の燃料量を考慮した値。

カテゴリ	対象とする航空機の内訳	対象航空機	燃料量※1（m^3）
空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機	「空中給油」，「早期警戒」，「哨戒」，「輸送」を用途とする大型固定翼機	KC-767	145.03
その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機	「戦闘」，「連絡偵察」，「偵察」等を用途とする大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機	F-15	14.87

※1：増槽の燃料量を考慮した値。

代表的な自衛隊機等における用途等

所　属	機　種	形　式	用　途	寸法（m）		燃料量※1（m^3）
				全長	全幅	
陸上自衛隊	LR-1	小型固定翼	連絡偵察	10	12	約 0.9
	LR-2	大型固定翼	連絡偵察	14	18	約 2
	AH-1S	小型回転翼	対戦車	14	3	約 1
	OH-6D	小型回転翼	観測	7	2	約 0.2
	OH-1	小型回転翼	観測	12	3	約 1
	UH-1H/J	小型回転翼	多用途	12/13	3	約 0.8
	CH-47J/JA	大型回転翼	輸送	16	4/5	約 4
	UH-60JA	大型回転翼	多用途	16	3	約 3
	AH-64D	大型回転翼	戦闘	18	6	約 1
海上自衛隊	P-3C	大型固定翼	哨戒	36	30	約 35
	P-1	大型固定翼	哨戒	38	35	≦ KC-767※2
	SH-60J	大型回転翼	哨戒	15	3	約 1
	SH-60K	大型回転翼	哨戒	16	3	約 1
	MH-53E	大型回転翼	掃海・輸送	22	6	約 12
	MCH-101	大型回転翼	掃海・輸送	23	19	約 5
航空自衛隊	F15J/DJ	大型固定翼	戦闘	19	13	約 15
	F-4EJ	大型固定翼	戦闘	19	12	約 12
	F-2A/B	大型固定翼	戦闘	16	11	約 11
	RF-4E/EJ	大型固定翼	偵察	19	12	約 13
	C-1	大型固定翼	輸送	29	31	約 16
	C-130H	大型固定翼	輸送	30	40	約 37
	KC-767	大型固定翼	空中給油・輸送	49	48	約 145
	KC-130H	大型固定翼	空中給油機能付加	30	40	約 37
	E-2C	大型固定翼	早期警戒	18	25	約 7
	E-767	大型固定翼	早期警戒管制	49	48	≦ KC-767※2
	CH-47J	大型回転翼	輸送	16	4	約 4

出典：平成 28 年度版防衛白書等

※１：増槽（機体の外部に装着して使用する燃料タンク）の燃料量を考慮した値。

※２：P-1 及び E-767 の燃料量は不明であるが，P-1 については KC-767 より寸法が小さく空中給油機能を備えていないこと，E-767 については KC-767 と寸法は同一であるものの空中給油機能を備えていないことから，KC-767 に比べて燃料量は少ないと想定される。

(2)　基地－訓練空域間往復時の落下事故

百里基地に所属する自衛隊機のうち燃料量が最大の航空機を整理した。

所　属	機　種	形　式	用　途	寸法（m）		燃料量※1 (m^3)
				全長	全幅	
航空自衛隊	F15J/DJ	大型固定翼	戦闘	19	13	約 15
	F-4EJ	大型固定翼	戦闘	19	12	約 12
	T-4	大型固定翼	中等練習	13	10	約 3
	RF-4E/EJ	大型固定翼	偵察	19	12	約 13
	U-125A	大型固定翼	救難捜索	16	16	約 6
	UH-60J	大型回転翼	救難救助	20	16	約 3

出典：平成 28 年度版防衛白書，航空自衛隊ウェブページ（H29 年 7 月確認）等

※１：増槽の燃料量を考慮した値。

カテゴリ	対象とする航空機の内訳	対象航空機	燃料量※1 (m^3)
④基地－訓練空域間往復時	試験空域において訓練を行うと想定される百里基地に所属する固定翼機及び回転翼機	F-15	14.87

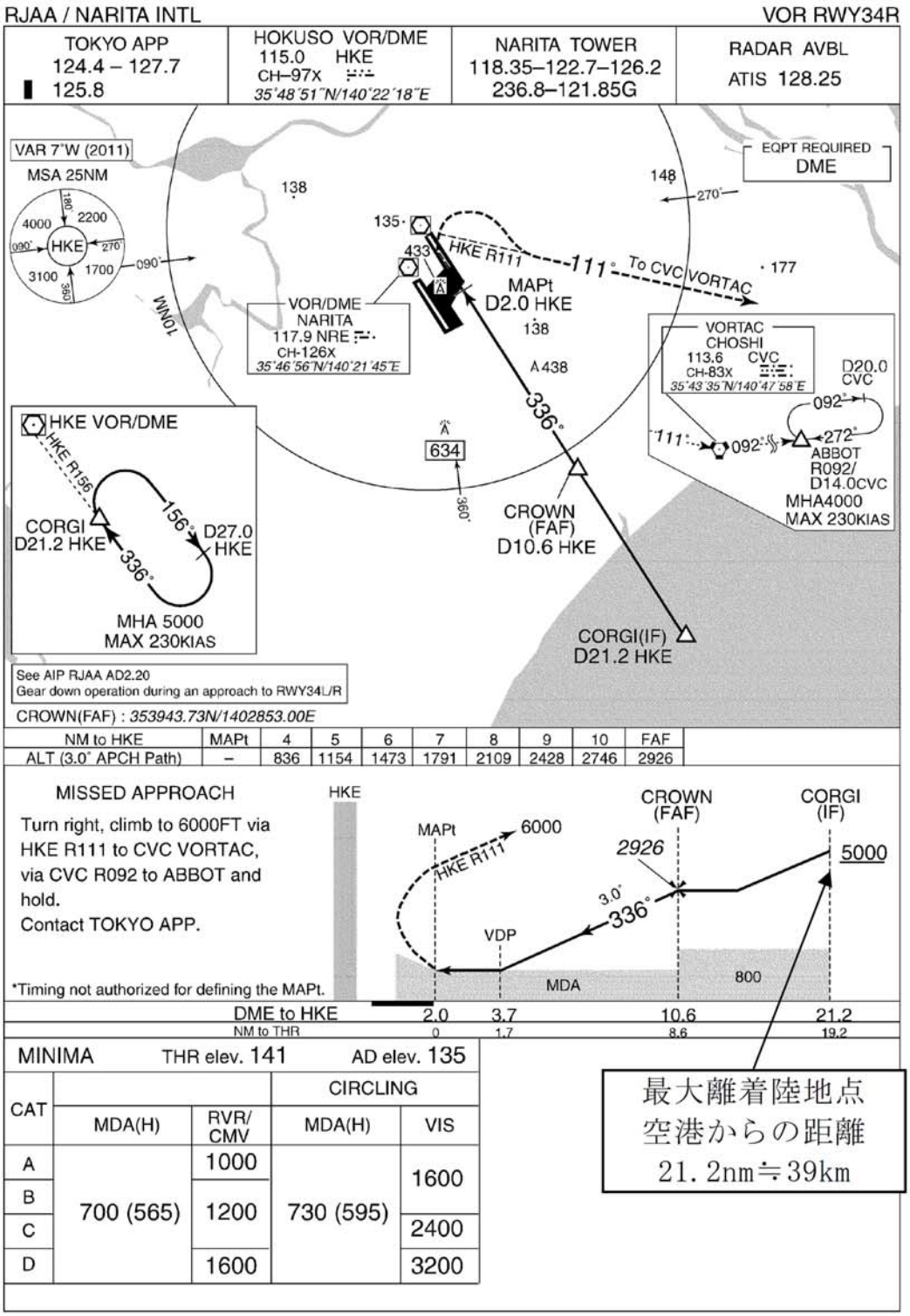
※１：増槽の燃料量を考慮した値。

各施設付近の空港と施設との距離について

発電所名称	空港名	施設と空港の距離※1	最大離着陸距離※2	判定
東海第二発電所	成田空港	約80km	約39km (21.2nm)	×
	茨城空港	約36km	約56km (30nm)	○

※１：施設と空港の緯度，経度より計測した。
※２：ＡＩＰを参照した。

INSTRUMENT APPROACH CHART

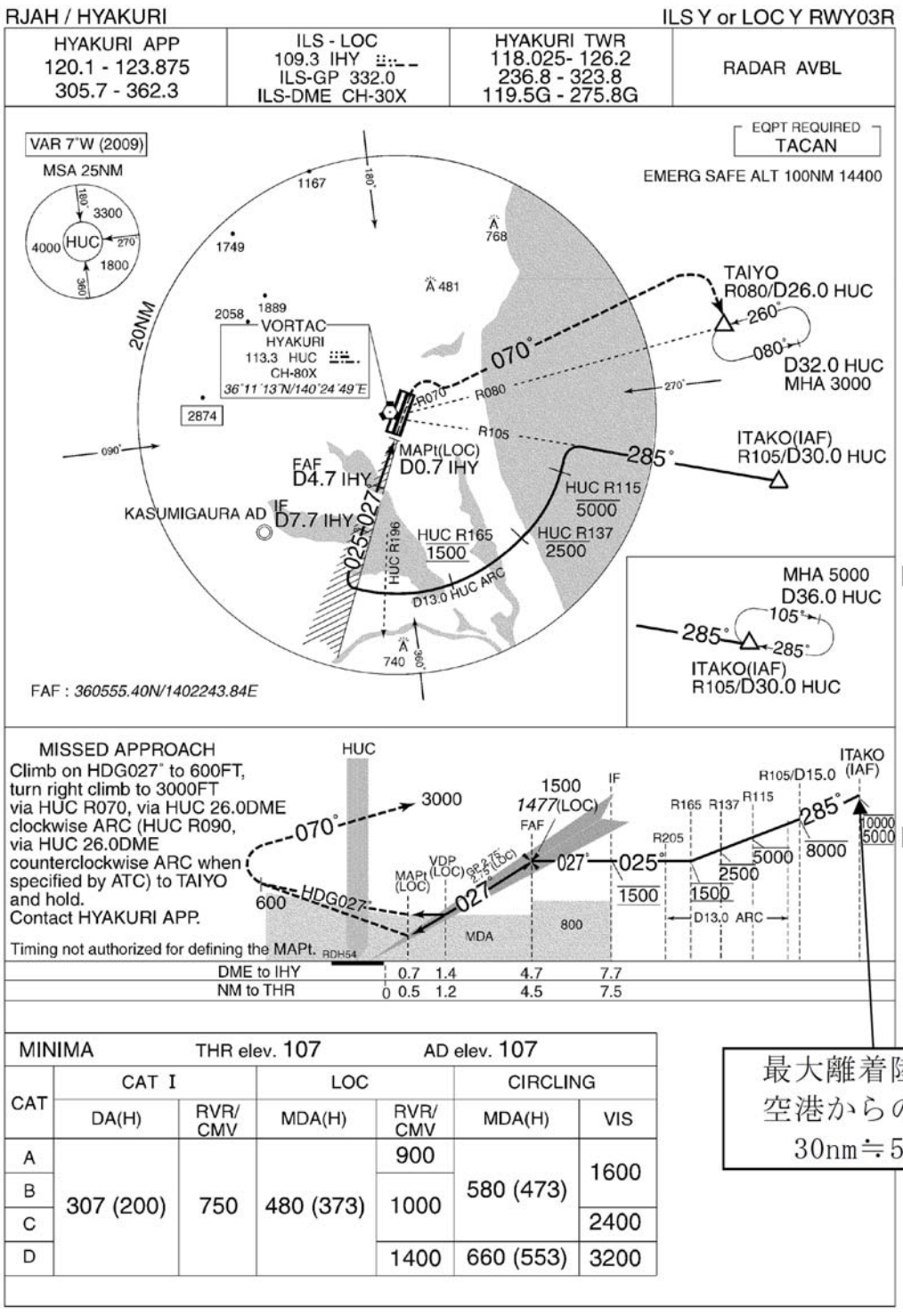


NM to HKE	MAPt	4	5	6	7	8	9	10	FAF
ALT (3.0° APCH Path)	–	836	1154	1473	1791	2109	2428	2746	2926

DME to HKE		2.0	3.7	10.6	21.2
NM to THR		0	1.7	8.6	19.2

成田空港の最大離着陸地点までの距離

INSTRUMENT APPROACH CHART



最大離着陸地点
空港からの距離
30nm≒56km

茨城空港の最大離着陸地点までの距離

各施設周辺における航空路と各航空路の幅について

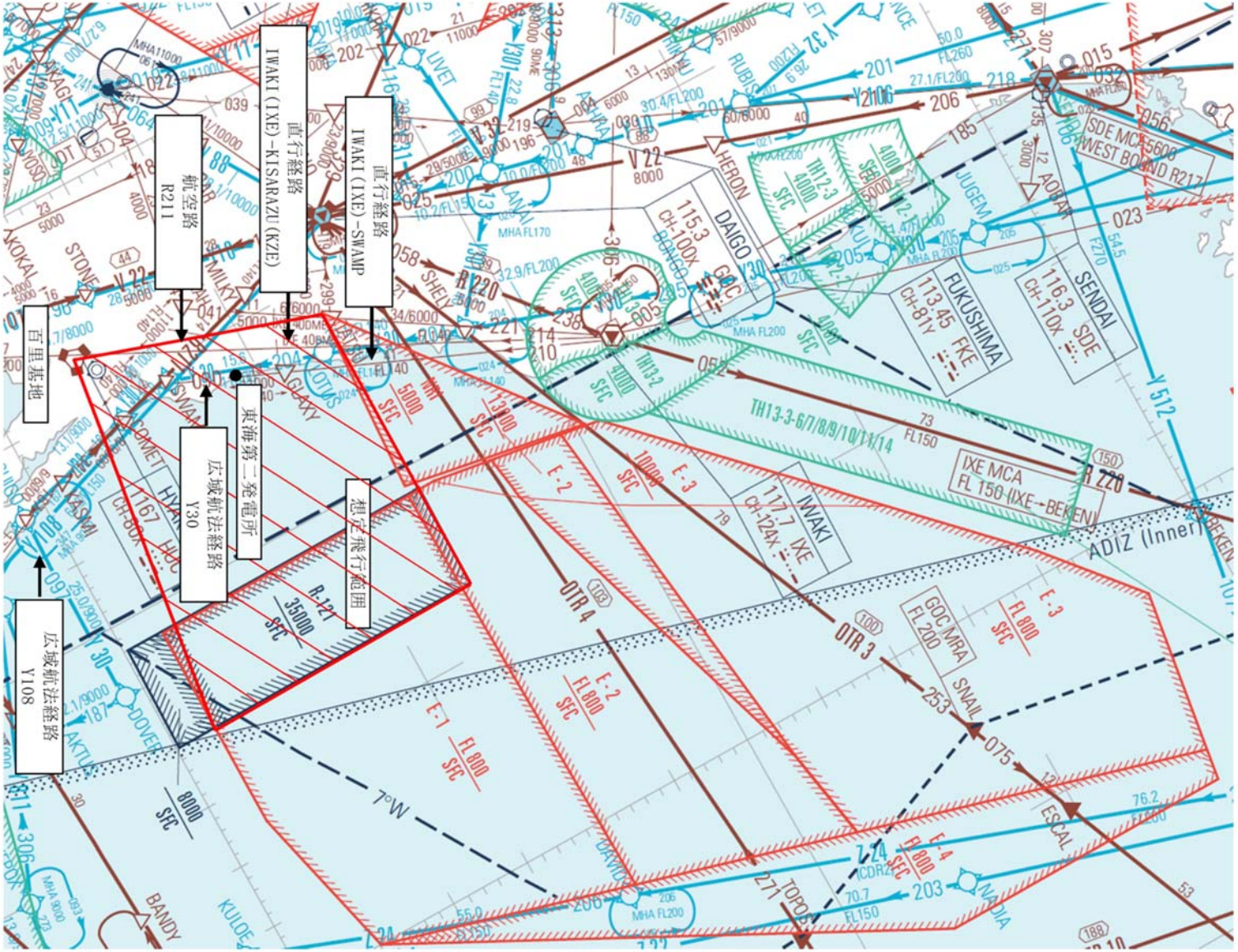
周辺の航空路の名称	航空路の中心線と発電所間の最小距離※1	片側の航空路幅※2	判定
航空路　R211 （DAIGO（GOC）－SWAMP）	約11.36km	7km	×
直行経路 （IWAKI－SWAMP）	約0.68km	約7.41km （4nm）	○
直行経路 （IWAKI（IXE）－KISARAZU （KZE））	約4.13km	約7.41km （4nm）	○
広域航法経路　Y30 （ＬＯＴＵＳ-SWAMP）	約1.18km	約9.26km （5nm）	○
広域航法経路　Y108 （DAIGO（GOC）－CHOSHI （CVC））	約11.44km	約9.26km （5nm）	×

○：評価対象　×：評価対象外

※１：施設と航空路の緯度及び経度より計測した。

※２：航空路R211については，「航空路の指定に関する告示」に記載の値とした。直行経路については，「航空路等設定基準」を参照した。RNAV経路については，航法精度を航空路幅とみなして用いた。（1nm＝1.852kmとして換算した。）

エンルートチャート（東海第二発電所付近）



10. 外部火災影響評価で考慮する落下事故カテゴリの航空機落下確率評価結果

単位：回／炉・年

落下事故のカテゴリ			落下確率	
1)計器飛行方式 民間航空機	① 飛行場での離着陸時における落下事故		約 4.32×10^{-9}	
	② 航空路を巡航中の落下事故		約 6.54×10^{-11}	
2)有視界飛行方式 民間航空機	③ 大型機		約 3.06×10^{-9}	
	④ 小型機		約 1.21×10^{-8}	
3)自衛隊機又は 米軍機	⑤訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中	⑤-1 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機	約 3.33×10^{-9}	約 2.95×10^{-8}
		⑤-2 その他の大型固定翼機，小型固定翼機	約 2.62×10^{-8}	
	⑤ 基地－訓練空域間往復時		約 3.81×10^{-8}	
合　　計			約 8.8×10^{-8}	

航空機落下確率評価に係る標的面積

単位：m^2

	原子炉建屋	タービン建屋	使用済燃料乾式貯蔵建屋	海水ポンプ室	排気筒	合　計
水平面積	約 4,489	約 7,315	約 1,399	約 1,212	約 784	約 15,199
投影面積	約 6,940	約 8,394	約 1,887	約 1,212	約 5,599	約 24,032