東海第二発電所

内部火災について

平成29年8月29日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち，□は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

目　　次

１．目　的

２．火災防護に関する基本方針

３．東海第二発電所の火災防護に関する主な特徴

４．安全機能を有する構築物，系統及び機器等の選定

５．火災区域・区画設定の考え方

６．火災発生防止

７．火災の感知，消火

８．火災の影響軽減

（1）　系統分離

中央制御室，ケーブル処理室，格納容器

（2）　内部火災影響評価

（3）　単一故障を考慮した原子炉停止

９．格納容器内の火災防護

１０．個別の火災区域又は区画における留意事項

１１．火災防護計画書の概要

添付１　火災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器配置図

添付２　　耐久試験結果隔壁等の耐久試験データ等

本日ご説明範囲

２．火災防護に関する基本方針

【基本方針】

◆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がないよう，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，機器及び消火体制について火災防護計画を定める。

【火災の影響軽減（系統分離）に対する基本方針】

◆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(区画)内の火災及び隣接する火災区域（区画）における火災の影響に対し，火災の影響軽減を実施

審査基準		設計方針
(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。		◆ 火災区域は3時間以上の耐火能力を有するコンクリート壁（厚さ150mm以上）又は3時間以上の耐火能力を有する耐火壁（貫通部シール、防火扉、防火ダンパ等）により他の火災区域から分離
(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。	◆ 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，3時間以上の耐火能力を有する隔壁，耐火ラッピングで分離 ◆ 対象例： 異区分の火災区域（区画）に配置された伝送器等の機器
	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。	◆ 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，6m以上の離隔を確保するとともに，火災感知設備及び自動消火設備を設置 ◆ 対象例： 異区分の火災区域（区画）に敷設されたケーブル
	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。	◆ 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，1時間の耐火能力を有する耐火ラッピング，障壁で分離するとともに，火災感知設備及び自動消火設備を設置 ◆ 対象例： 異区分の火災区域（区画）に敷設されたケーブル

審査基準	設計方針
(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。	◆　3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である150mm以上の壁厚を有するコンクリート耐火壁や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(耐火障壁，貫通部シール，防火扉，防火ダンパ)によって，他の火災区域と分離
(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。	◆ 他の火災区域又は火災区画から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 ◆ 換気設備のフィルタは，「1.5.1.2.2(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
(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。	◆ 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配備する設計。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が，万が一，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 ◆ 電気ケーブルや引火性液体が密集する火災区域(電気室，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，ハロゲン化物自動消火設備（全域）又は，二酸化炭素自動消火設備（全域）により早期に消火する設計 ◆ 引火性液体が密集する軽油貯蔵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
(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。	◆ 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

【系統分離に対する基本方針】

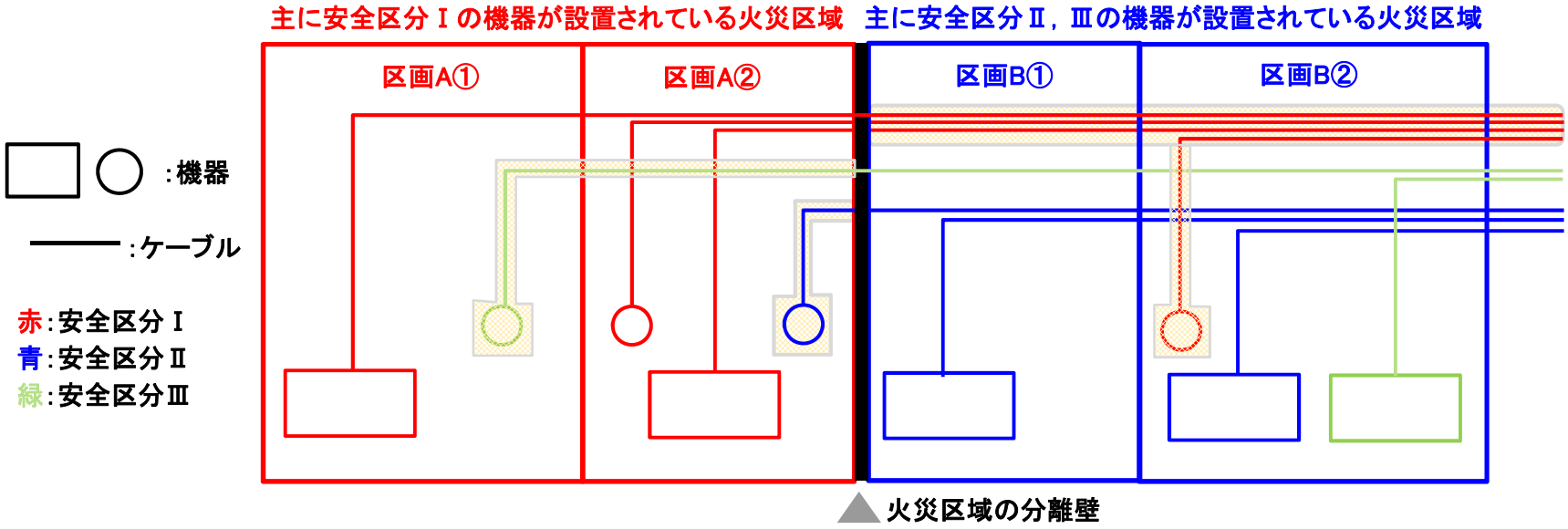
- ◆ 原子炉の高温停止，冷温停止の達成し維持するために必要な系統は，単一火災によって同時に機能が喪失しないように系統を分離する
- ◆ 主に安全区分Ⅰの機器が設置されているエリアと安全区分Ⅰ以外（安全区分Ⅱ及びⅢ）の機器が設置されているエリアを3時間耐火能力を有する隔壁等により分離し，火災区域を設定する
- ◆ 火災区域内に存在する異区分の機器及び区域を跨いだ敷設されるケーブルは，審査基準2.3.1(2)a，b，cに従い系統分離する
- ◆ 高温停止機能については，安全区分ⅠとⅠ以外（安全区分Ⅱ，Ⅲ）において複数の手段を確保する

	安全区分Ⅰ	安全区分Ⅱ	安全区分Ⅲ
高温停止	原子炉隔離時冷却系 自動減圧系(A) 低圧注水系（A）／低圧炉心スプレイ系	自動減圧系(B) 低圧注水系（B）／低圧注水系（C）	高圧炉心スプレイ系
冷温停止	残留熱除去系(A) 残留熱除去系海水系(A)	残留熱除去系(B) 残留熱除去系海水系(B)	－
電源	非常用ディーゼル発電機(C)系 直流電源(A)系	非常用ディーゼル発電機(D)系 直流電源(B)系	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機系 直流電源(HPCS)系

▲ 安全区分Ⅰと安全区分Ⅱ，Ⅲの境界を3時間耐火能力を有する耐火壁等で分離

８．　火災の影響軽減（１）系統分離

【異なる安全区分の機器に対する系統分離のイメージ】



- ◆ 系統分離すべき設備は，火災区域設定後に，火災区域を跨いで敷設されているケーブルと火災区域内に存在する異区分の機器単体（上図の　で囲まれた範囲）であり，審査基準2.3.1(2)のa,b,cに従い系統分離を実施
- ◆ 火災区画とは，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と定義されているが，東海第二の影響軽減（系統分離）は，火災区域単位で検討

8.　火災の影響軽減（1）系統分離

◆具体的な系統分離対策は以下のとおり。

①火災区域については，3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で他の火災区域から分離

◆「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」等が設置されている火災区域については，3時間の耐火能力を有する耐火壁，貫通部シール，防火扉及び防火ダンパ等で分離

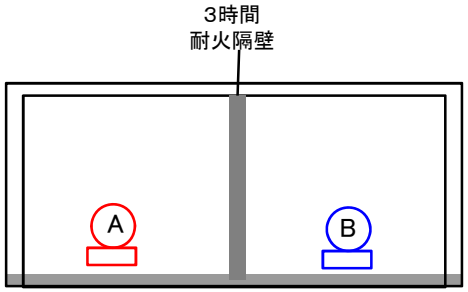
②火災防護対象設備の系統分離

a. 3時間以上の耐火能力を有する隔壁等

● 3時間の耐火性能を確認した以下のいずれかで分離

・鉄板＋発泡性耐火被覆

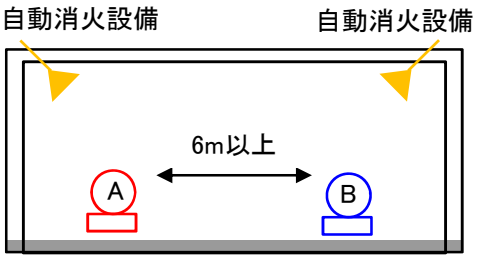
・鉄板＋断熱材



a. 3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離

b. 6m隔離＋火災感知・自動消火

● 6mの離隔を確保した系統分離



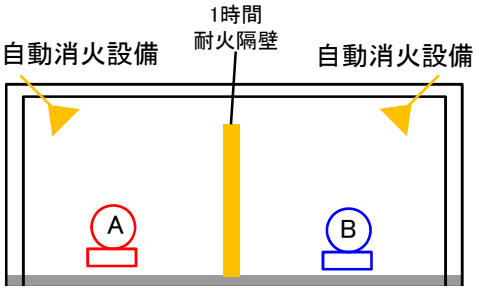
b. 6m離隔＋火災感知・自動消火

c. 1時間の耐火能力を有する隔壁等＋火災感知・自動消火

● 1時間の耐火性能を確認した以下のいずれかで分離

・鉄板＋発泡性耐火被覆

・鉄板＋断熱材



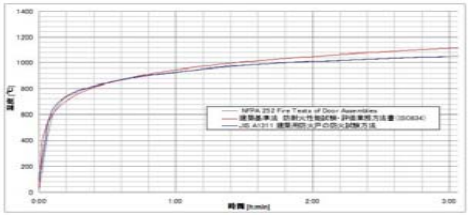
c. 1時間の耐火能力を有する隔壁等＋火災感知・自動消火

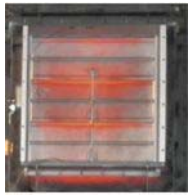
8.　火災の影響軽減(1)系統分離　　(7／16)

【３時間耐火壁及び隔壁等の耐久試験】

◆「火災防護に係る審査基準」は，耐火壁，隔壁等の設計の妥当性が耐久試験によって確認されることを要求

◆火災区域を構成する，壁，貫通部シール，防火扉及び防火ダンパについて，３時間耐火性能を有していることを確認

試験体	３時間耐火の試験(確認)概要	判定基準	試験結果
耐火壁	米国ＮＦＰＡハンドブック (建築基準法より保守的なNFPAを採用)	コンクリートの壁圧 約150mm	150mm以上
貫通部シール	建築基準法（ISO834加熱曲線による加熱試験）以降，耐久性試験共通 	①火災がとおる亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと。 ②非加熱面側に10秒を超えて発炎を生じないこと ③非加熱面側に10秒を超えて火炎が噴出しないこと	合格
防火扉			合格
防火ダンパ			合格

貫通部シール		防火扉		防火ダンパ	
開始前	３時間後(試験終了後)	開始前	３時間後(試験終了後)	開始前	３時間後(試験終了後)
					

【ケーブルトレイ貫通部及び電線管貫通部の３時間耐久試験】

供試体	経過時間		試験概要	判定基準	試験結果
	試験開始前	試験終了後（３時間）			
ケーブルトレイ貫通部			建築基準法（ISO834加熱曲線による加熱試験）	①火炎がとおる亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと ②非加熱面側に10秒を超えて発炎を生じないこと ③非加熱面側に10秒を超えて火炎が噴出しないこと	合格
電線管貫通部					合格

８．　火災の影響軽減（１）系統分離　（９／１６）

【耐火隔壁の３時間及び1時間耐久試験】

８．　火災の影響軽減（１）系統分離　（10／16）

【ケーブルトレイ用耐火隔壁の１時間耐久試験】

８．　火災の影響軽減（１）系統分離　（11／16）

◆系統分離対象設備は以下のとおり。なお，ケーブルについての記載は省略

火災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器リスト　（1／3）

8.　火災の影響軽減（1）系統分離　（12／16）

火災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器リスト　（2／3）

分離対策a　：　3時間以上の耐火能力を有する隔壁等による分離
分離対策b　：　6m隔離＋火災感知・自動消火
分離対策c　：　1時間の耐火能力を有する隔壁等＋火災感知・自動消火

火災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器リスト　（3／3）

分離対策a　：　3時間以上の耐火能力を有する隔壁等による分離
分離対策b　：　6m隔離＋火災感知・自動消火
分離対策c　：　1時間の耐火能力を有する隔壁等＋火災感知・自動消火
※：原子炉建屋ガス処理系は，安全停止の観点ではなく，放射性物質の放出抑制の観点から抽出

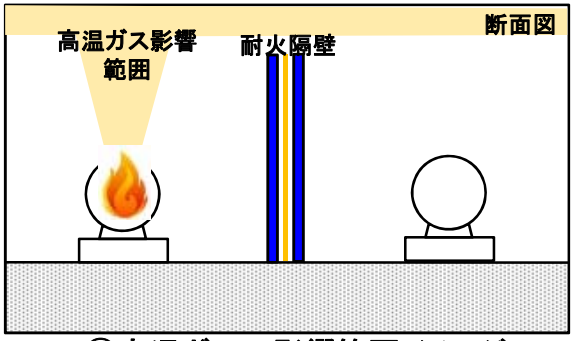
【1時間耐火隔壁の施工範囲についての考え方】

◆「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」に基づき，「高温ガス」，「火炎・プルーム」及び「輻射」の観点から，「互いに相違する系列の火災防護対象機器の系列間」に火災の影響が及ばないように設計する

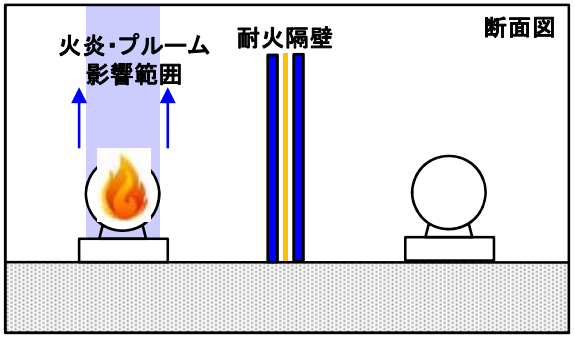
①高温ガス
- 高温ガスの温度を算出し，火災防護対象機器の損傷温度を超えないように設計

②火炎・プルーム
- 火炎・プルームの影響範囲は，火災源の直上部であるため，火災源直上に系統分離を実施すべき機器がないように設計
- 火災源直上に系統分離すべき機器がある場合には，耐火隔壁等を用いて，影響を与えないように防護

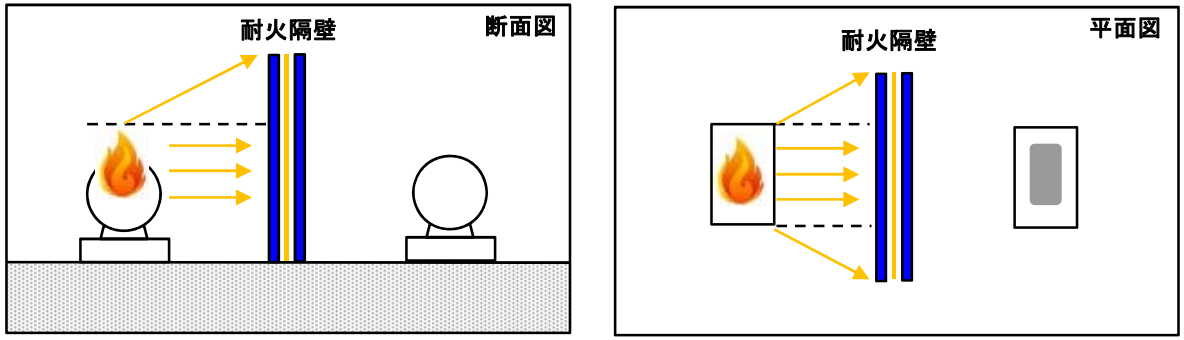
③輻射
- 輻射は火災による熱源を中心として，放射状に影響を及ぼすため，耐火隔壁の高さは，火炎高さ以上に設定
- 耐火隔壁の幅は，接炎による延焼を防止する観点から，耐火隔壁を跨ぐ可燃物がない範囲に設置



①高温ガスの影響範囲イメージ



②火炎・プルームの影響範囲イメージ

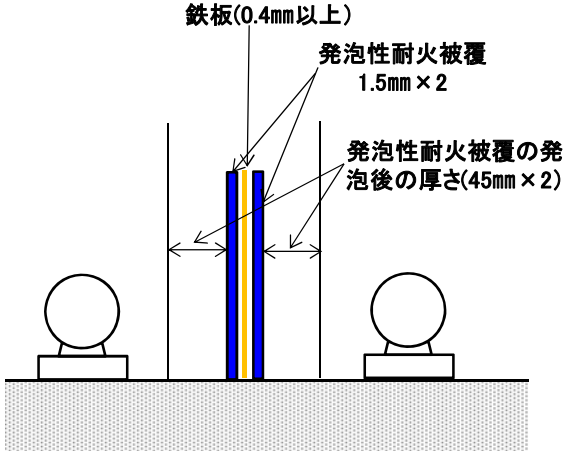


③輻射の影響範囲イメージ

【1時間耐火隔壁による系統分離（ほう酸注入ポンプの例）】

①1時間耐火隔壁等

◆ 同一火災区域内に分離されずに設置している冗長系トレンのポンプ間に1時間耐火能力を有する耐火壁（「鉄板＋発泡性耐火被覆」）を設置し，系統分離を実施



②火災感知＋自動消火

◆ A号機及びB号機のそれぞれに対して，局所自動消火設備（ハロン1301）を設置

◆ 火災区域としての感知器とは別に自動消火設備専用の感知器を設置

【3時間耐火隔壁による系統分離（格納容器圧力　伝送器の例）】

①3時間耐火隔壁等

◆ 同一火災区域内に分離されずに設置している冗長系トレンの監視系（格納容器圧力伝送器）間のうち，片系統の伝送器を3時間耐火能力を有する耐火壁にて囲い，系統分離を実施

格納容器圧力伝送器（PT-26-79.51A）

８．　火災の影響軽減（１）系統分離　（16／16）

【1時間耐火隔壁による系統分離（電気室）】

◆同一区域における異なる系列の直流充電器盤等は，1時間以上の耐火性能を有する障壁と火災感知，ハロゲン化物自動消火設備（全域）により分離

◆ケーブルトレイは，1時間耐火ラッピングと火災感知，ハロゲン化物自動消火設備（局所）により分離

【中央制御盤内の火災の影響軽減対策（1/4）】

◆中央制御盤内のスイッチ等については，以下に示す分離対策を実施

a．離隔距離等による分離

中央制御盤の操作スイッチ，電線は，火災を発生させ近接する他の構成部品に影響がないことを確認した実証試験の結果に基づき以下に示す分離対策を実施

◆操作スイッチは，厚さ1.6mm以上の金属製筐体で覆い，更に，上下方向20mm以上，左右方向15mm以上の離隔距離を確保

◆盤内配線は，異なる系列間を分離するための配線用バリアとしては，金属バリアによる離隔又は離隔距離30mmを確保した盤内配線ダクト

◆盤内配線は，当該ケーブルに火災が発生しても延焼せず，周囲への火災の影響を与えない難燃ケーブル等を使用

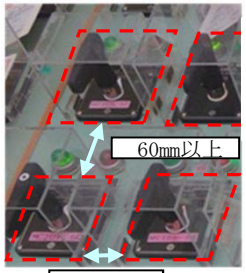
◆中央制御室に設置している制御盤に火災が発生しても，3.2mm 以上の鋼鈑で分離することで，隣接する制御盤に火災の影響がおよばない

区分Ⅰ　区分Ⅱ　区分Ⅲ

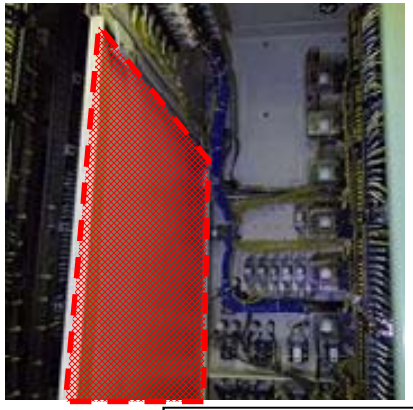
【操作スイッチ裏面】

金属製筐体
厚さ1.6mm以上
（:約3.2mm）

【操作スイッチ表面】



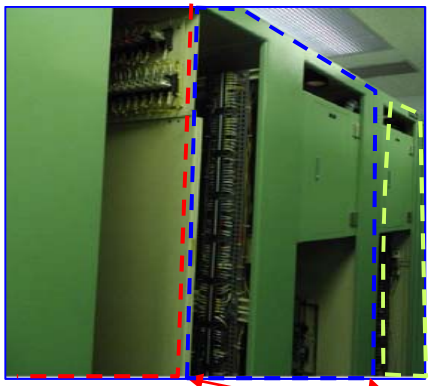
【盤内配線】



鉄板による分離

金属バリア厚さ：4mm
離隔距離：30mm以上

【制御盤間の分離】



3.2mm以上の鉄板で分離

区分の境界

【中央制御盤内の火災の影響軽減対策（2/4）】

◆中央制御盤内のスイッチ等については，以下に示す分離対策を実施

b．火災感知設備

◆中央制御室（火災区域）の火災感知設備として，煙及び熱感知器を設置
◆また，中央制御盤内には，上記区域の感知器に加え，早期感知のため，高感度煙感知設備を設置

c．消火設備

◆中央制御盤内の消火は，電気機器への影響がない二酸化炭素消火器を使用して，運転員による手動消火
◆高感度煙感知設備による早期感知に加え，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を配備
◆運転員による手動消火の訓練を実施

d．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1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

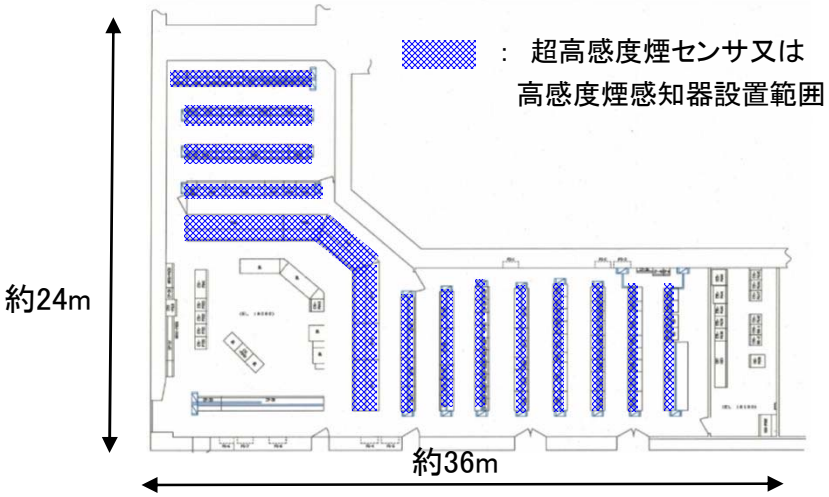
上記，実証試験結果に基づく離隔距離等による分離対策と，高感度煙感知器による早期感知，運転員による早期消火活動により，中央制御盤の互いに相違する区分への延焼を防止

また，火災により制御盤の１つが影響を受けた場合でも，他の制御盤で安全停止機能は確保

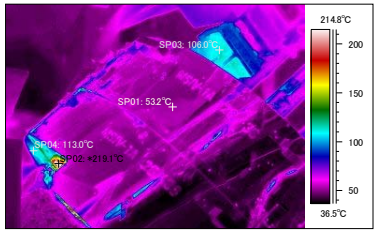
【中央制御盤内の火災の影響軽減対策（3/4）】

◆ 盤内に設置する高感度煙感知器，／高感度センサ，火災箇所特定のためのサーモグラフィカメラと訓練により，自動消火設備と同等の効果を確保可能

a.　高感度煙センサは一般エリアに設置する火災感知器に比べ優れた火災感知性能
① 感知性能　：　一般の火災感知器(煙濃度10%)に比べ，低い濃度の煙も感知(0.01%～)
② 煙感知原理　：　一般の火災感知器は，煙の上昇を待って煙を感知する原理であるが，高感度煙センサは，常に大気を吸引し，自ら煙を捉える原理
b.　早期火災感知後に速やかな火災箇所の特定及び消火を行うためのサーモグラフィカメラを配備
c.　消火活動は，消火活動の手順を定め，訓練を実施することにより消火活動の信頼性を確保



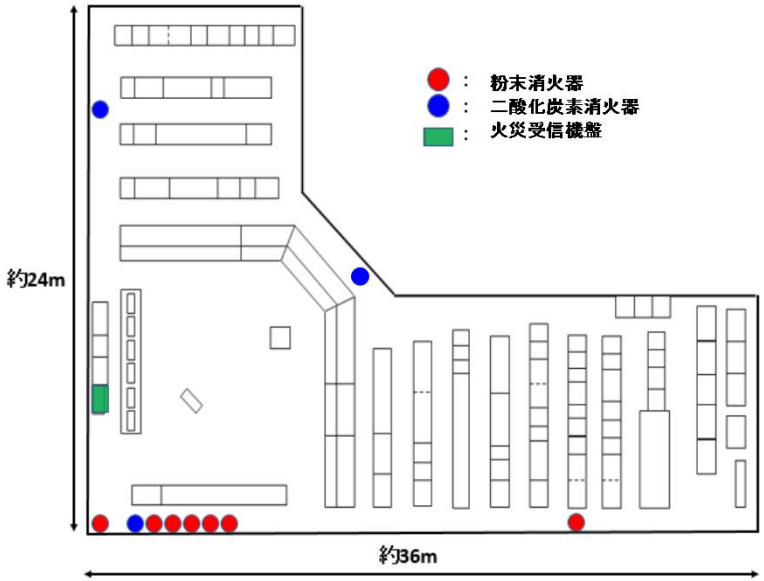
中央制御盤に設置する高感度煙センサの設置概要※1

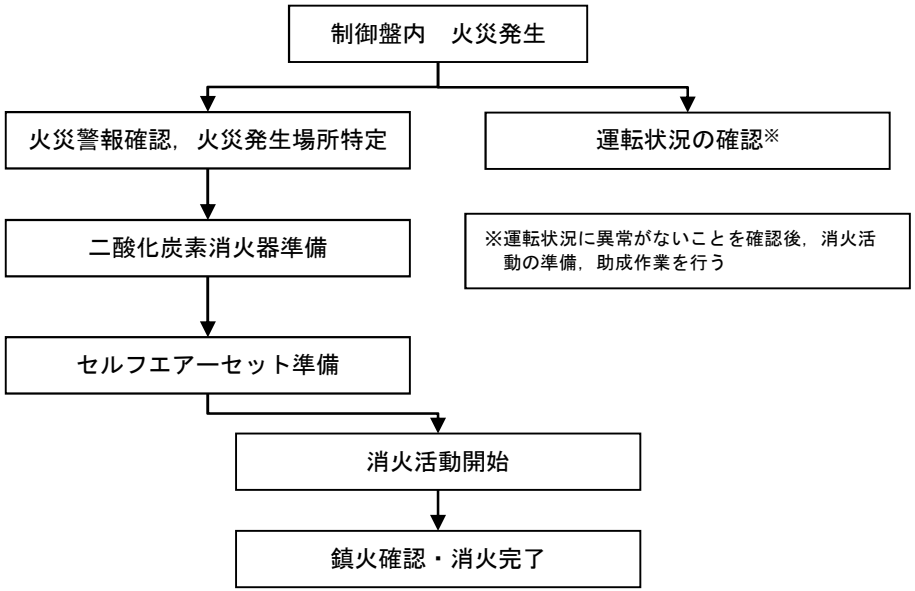


速やかな消火のために配備するサーモグラフィカメラ

【中央制御盤内の火災の影響軽減対策（4/4）】

◆制御盤内火災への対応方針





消防法施工規則第六条に基づき，以下の通り消火器を設置

・消火剤の必要量は，能力単位≧（延面積又は床面積）/400㎡を適用し，防火対象物の各部分から歩行距離が20m以下となるよう能力単位２単位以上の消火器を配置

・電気設備があることから，上記消火能力を有する消火器に加え，床面積100㎡以下ごとに1個，電気設備のある場所の各部分から歩行距離が20m以下となるよう配置

・中央制御室床面積は524㎡であることから，消火器を6個以上設置

【中央制御室盤内火災時の模擬訓練】

○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制御盤を特定

○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

○制御盤内での消火活動を行う場合は，セルフエアーセットを装着し，火災発生箇所に対し消火活動を実施。もう1名は，予備の二酸化炭素消火器等を準備

○なお，中央制御室内での移動は短時間であり，速やかな消火活動可能

８．　火災の影響軽減（１）系統分離 【中央制御室】　（５／５）

【中央制御室床下コンクリートピット内の火災の影響軽減対策】

◆中央制御室の床下は，「1時間の耐火能力を有する隔壁＋火災感知・自動消火」による系統分離を実施

ａ．1時間の耐火能力を有する隔壁による系統分離

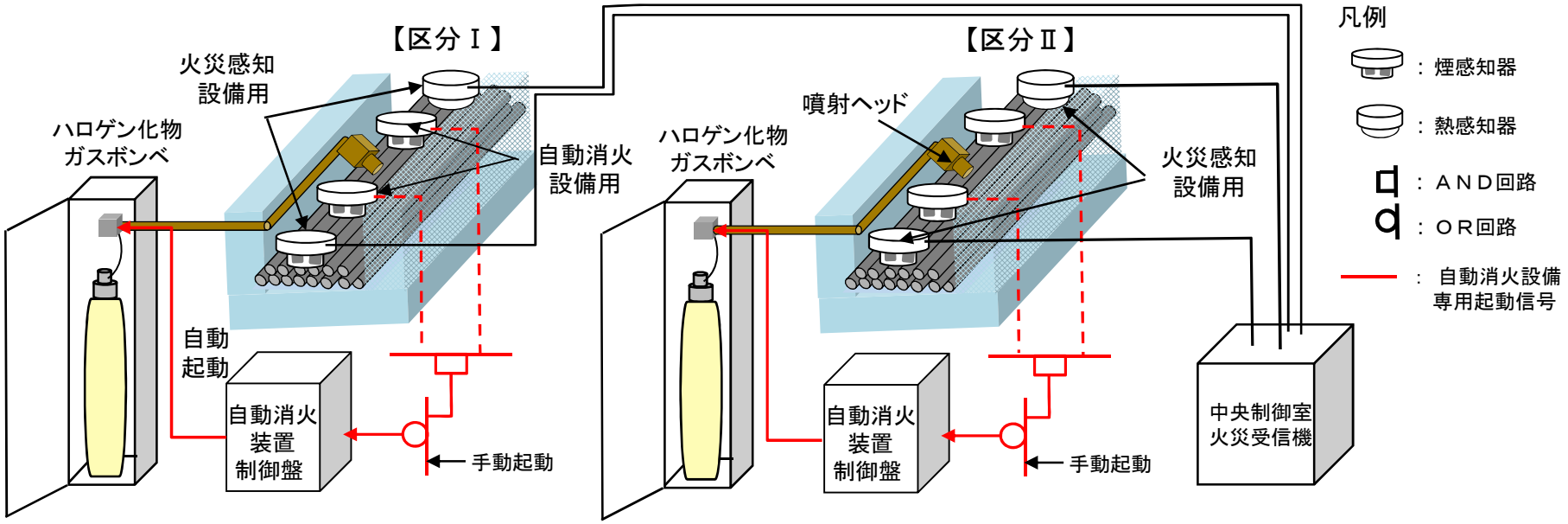
ケーブルは安全区分に併せて，区分されたコンクリートピット内に設置。また，ピットは1時間の耐火能力を有するコンクリート構造として区分分離

ｂ．火災感知設備

コンクリートピット内の自動消火のための専用の煙感知器を設置。なお，感知設備用としては，種類の異なる熱感知器と煙感知器を区分分離されたコンクリートピット毎に設置

ｃ．自動消火設備

ハロゲン化物自動消火設備（ハロン１３０１）を設置



8.　火災の影響軽減（1）系統分離 【ケーブル処理室】　（1／4）

【ケーブル処理室の感知・消火設備と系統分離】

◆ ケーブル処理室の感知と消火

- ➢ 感知設備：2種類の感知器（煙・熱）（①-1）
- ➢ 消火設備：ハロゲン化物自動消火設備（全域）（②-1）
  自動消火設備専用煙感知器（①-2）

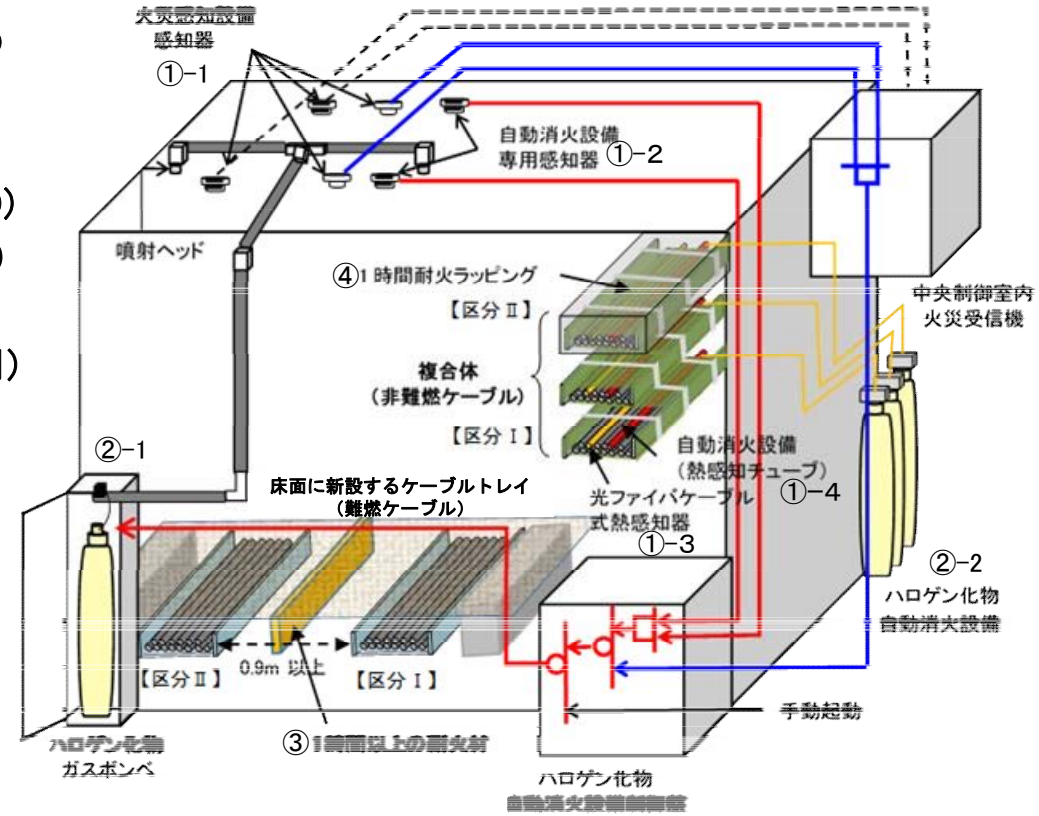
◆ 床面に新設するケーブルトレイ（難燃ケーブル）の系統分離

- ➢系統分離
  - ・離隔：1時間以上の耐火能力を有する耐火材（③）
  - ・感知設備： 2種類の感知器（煙・熱）（①-1と兼用）
  - ・消火設備：
    ハロゲン化物自動消火設備設置（②-1と兼用）

◆ 複合体の系統分離

- ➢系統分離
  - ・離隔：1時間以上の耐火能力を有する耐火ラッピング（④）
  - ・感知設備：熱感知チューブ（①-4）
  - ・消火設備：
    ハロゲン化物自動消火設備（局所）（②-2）

＜ケーブル処理室の火災防護対応全体イメージ＞

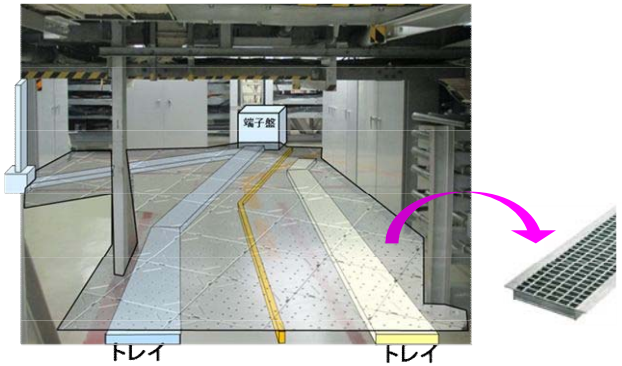


8.　火災の影響軽減（1）系統分離 【ケーブル処理室】　（2／4）

【ケーブル処理室の感知・消火設備と系統分離】

		ケーブル処理室用 （火災区域用）	系統分離（1時間耐火＋感知・自動消火）	
			難燃ケーブル	複合体内
火災感知		①-1 煙，熱	①-1煙，熱	①-3 熱（光ファイバケーブル式）
消火設備	消火設備	②-1ハロゲン化物自動消火設備（全域）	②-1ハロゲン化物自動消火設備（全域）	②-2ハロゲン化物自動消火設備（局所）
消火設備	起動信号	①-1 熱 ①-2 煙（自動消火専用） 手動	①-1 熱 ①-2 煙（自動消火専用） 手動	①-4熱感知チューブ（自動消火専用） 手動
系統分離方法		ー	③1時間以上の耐火能力の耐火隔壁	④1時間以上の耐火能力の耐火隔壁（ラッピング）

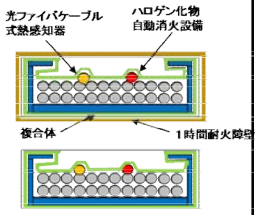
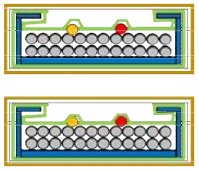
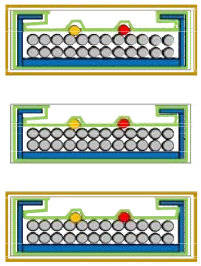
- ◆ 床上難燃ケーブルトレイ（新設　右イメージ図参照）のトレイ上面は，グレーチングのような煙や消火剤の通過を妨げない構造とするため，感知・消火はケーブル処理室の感知設備・自動火設備で兼用
- ◆ 複合体については，火災の早期感知，消火の観点から，複合体内に専用の感知設備と自動消火設備を配置。系統分離のためのめの感知・自動消火設備としては，複合体内に設置する専用の感知・自動消火設備で兼用

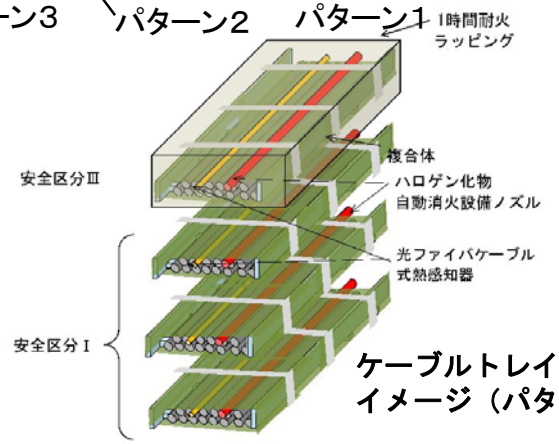


8.　火災の影響軽減(1)系統分離【ケーブル処理室】　(3／4)

【複合体トレイ間分離方法】

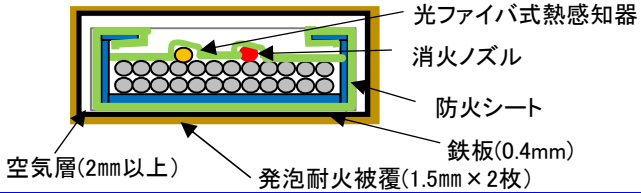
- ◆ 安全区分Ⅱ及びⅢのケーブルトレイを１時間の耐火隔壁（耐火ラッピング）で安全区分Ⅰのトレイから分離
- ◆ ケーブル処理室内のケーブルトレイは，安全区分の異なるトレイが交差する場合（右図参照）があるが，必ず安全区分Ⅱ及びⅢのトレイを１時間の耐火隔壁で分離

パターン	トレイ配列（上段より）	分離イメージ	保護対象	感知・消火
1	区分Ⅲ 区分Ⅰ		区分Ⅲ	複合体内
2	区分Ⅲ 区分Ⅱ		区分Ⅲ 区分Ⅱ	複合体内
3	区分Ⅲ 区分Ⅰ 区分Ⅱ		区分Ⅲ 区分Ⅱ	複合体内



ケーブルトレイ系統分離イメージ（パターン１）

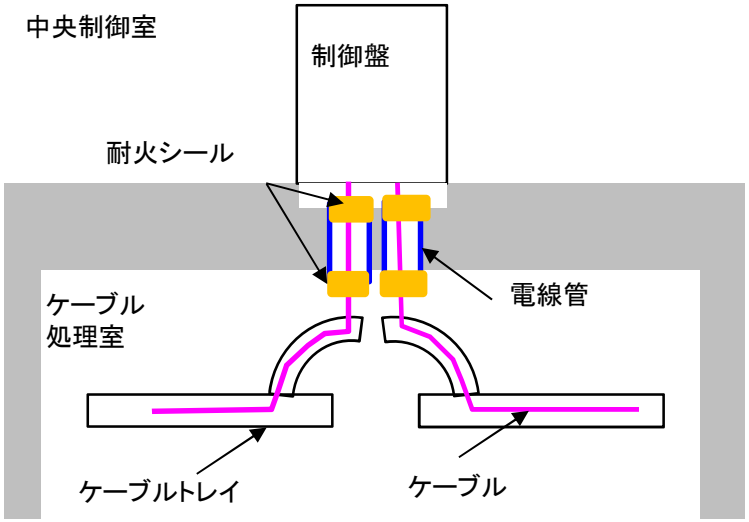
1時間耐火材(ラッピング)施工概念図



【ケーブル処理室と中央制御室の分離】

◆ ケーブル処理室と中央制御室間の貫通部は，ケーブルを電線管に収納し制御盤内まで敷設

◆ そのため，貫通部の電線管は開口部を耐火シール材で閉止（３時間耐火）し，酸素の供給を遮断することで，延焼を防止するとともに火災区画を分離



８．　火災の影響軽減（１）系統分離 【格納容器】　（１／３）

◆ 格納容器内は，６ｍ以上の離隔距離や隔壁等による分離が困難であるものの，以下に示す対応を図ることで，火災による影響を軽減

（１）6m以上の隔離距離や隔壁等の設置

- 油内包機器のうち，再循環ポンプ（PLR)及び流量調整弁（FCV)は，それぞれA系とB系の間に6m以上の離隔距離を確保するとともに漏洩拡大防止のため堰を設置。また，FCVの制御油は難燃油を使用し，火災発生を抑制
- 主蒸気内側隔離弁（MSIV)に内包される制御油は，弁アクチュエータの金属容器内に保有され，漏れない構造とすることで，火災発生を防止
- ケーブルは，安全区分ごとに電線管に敷設されており，万一，ケーブルが発火しても，電線管内にとどまり，異区分のケーブルへの影響はない
- なお，原子炉圧力容器下部（ペデスタル部）の核計装ケーブルは，電線管には収納されていないが，難燃ケーブルを使用し，チャンネルに応じた位置的分離を実施

（２）感知設備の設置

- 火災が想定される期間は，火災防護基準に基づき，異なる種類の火災感知器を設置

7.　火災の影響軽減（1）系統分離 【格納容器】　（2／3）

（3）自動消火の観点

＜原子炉運転中（窒素置換後）＞

- 格納容器内は，窒素雰囲気であり火災は発生しない

＜定期検査中＞

- 消火器及び消火栓を用いた消火要員による消火活動により早期に消火
- 可燃物は原則として持ち込まない運用とし，火気使用作業時は，作業毎に消火器及び監視人の配備により早期消火を実現
- 定期検査中に使用しない設備（例：再循環ポンプ）は，電源を切る運用により，火災発生を防止
- 格納容器閉鎖から窒素置換完了まで期間についても，感知設備は設置されており，万一，火災が発生した場合に備え，消火戦略（例：窒素置換作業中の火災を仮定した場合，窒素置換の継続が消火に有利な場合には，窒素置換を継続等）を立案するとともに，運転員，自衛消防隊の訓練を通じて消火能力を維持向上（火災防護計画へ反映）

「2.3　火災の影響軽減」のうち，「 6m以上の離隔距離確保や1時間耐火能力を有する隔壁等による分離」と「自動消火設備設置」の要求そのものには適合しているとは言えないが，運転中は窒素雰囲気であり，火災そのものの発生防止，及び下記の設計により，基準要求と同等以上の影響軽減策といえる。

- ◆ PLR（A）（B）用電動機やFCV（A）（B）は6m以上の離隔距離確保
- ◆ MSIV（A）～（D）は設計上，制御油が漏れない構造として火災影響を軽減
- ◆ 火災源となるケーブルは電線管で敷設し安全区分に応じて系統分離

◆なお，万が一，火災による格納容器内の安全機能の全喪失を仮定した保守的な評価によっても，原子炉の高温停止及び冷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

7.　火災の影響軽減（1）系統分離 【格納容器】　（3／3）

【格納容器内の系統分離対策】

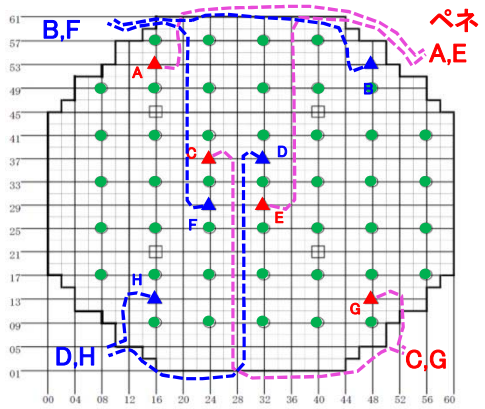
◆ 格納容器内の影響軽減策
- ➢異区分機器の6m以上の離隔
- ➢油内包機器の漏洩拡大防止（堰等）
- ➢油が漏洩しない機器構造
- ➢ケーブルは電線管で敷設し，格納容器貫通部は分散配置
- ➢ 核計装ケーブルは難燃ケーブルを使用し，チャンネルに応じて位置的分離

◆ 火災感知
- ➢検出原理の異なる2種類の感知器設置

◆ 消火
- ➢空気雰囲気の期間中の初期消火戦略

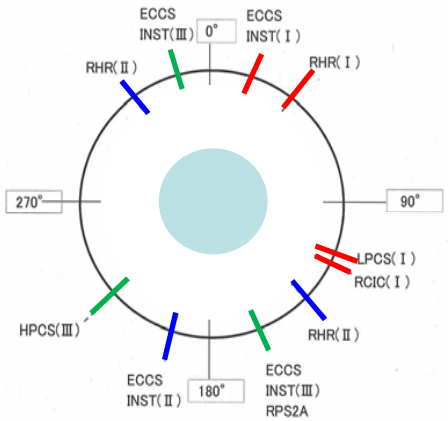
堰の設置(FCV)

ケーブルは電線管敷設



●：出力領域計装（LPRM）　43箇所　（ペネ数　4か所）
△：起動領域計装（SRNM）　8箇所　（ペネ数　4か所）
▲A系（ch.A,C,E,G），▲B系（ch,B,D,F,H）
□：ドライチューブ

核計装ケーブルの配置



格納容器外へのケーブル貫通部（ペネ）の分散配置

【審査基準】

「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」　「2.火災の影響軽減」

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。）

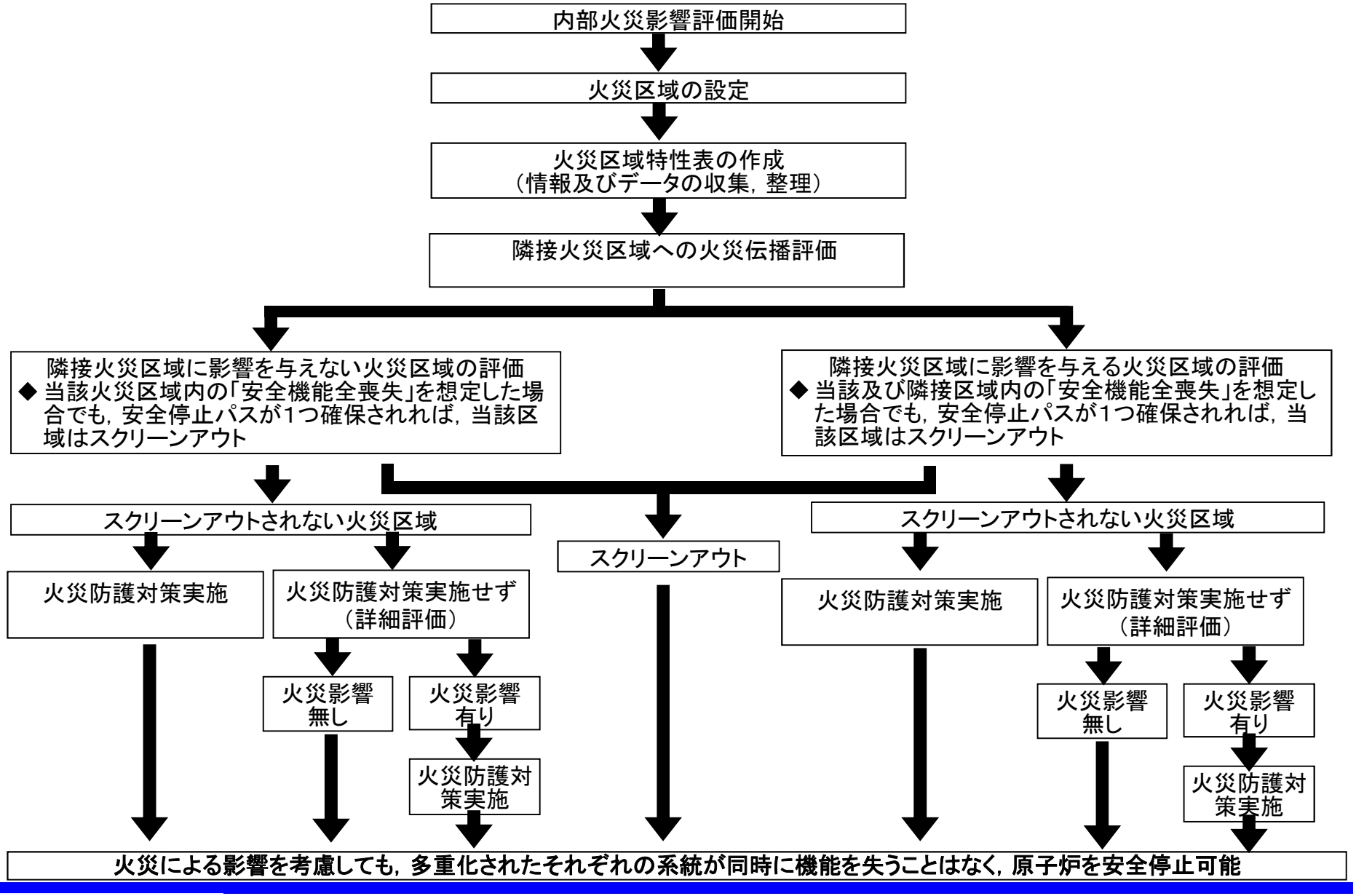
【原子力発電所の内部火災影響評価ガイド】

「4.火災時の原子炉の安全確保」

原子炉の安全停止に必要な機能を有する系統が，その安全機能を失わないこと（信頼性要求に基づき独立性が確保され，多重性又は多様性を有する系統が同時にその機能を失わないこと）。

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を要求される場合には，その影響（火災）を考慮し，安全評価指針に基づき安全解析を行う必要がある。

８．火災の影響軽減（２）内部火災影響評価



８．火災の影響軽減（２）内部火災影響評価　（３／８）

＜原子炉の安全停止に関連し，異なる安全区分の機器が設置される区域と対策の概要＞

◆ 火災区域設定後の状態（系統分離未反映）で内部火災影響評価を実施した結果，火災区域R-3，R-6※1, ※2について，当該火災区域の火災による全機能喪失を想定すると，安全停止パスが1つも確保できないことを確認

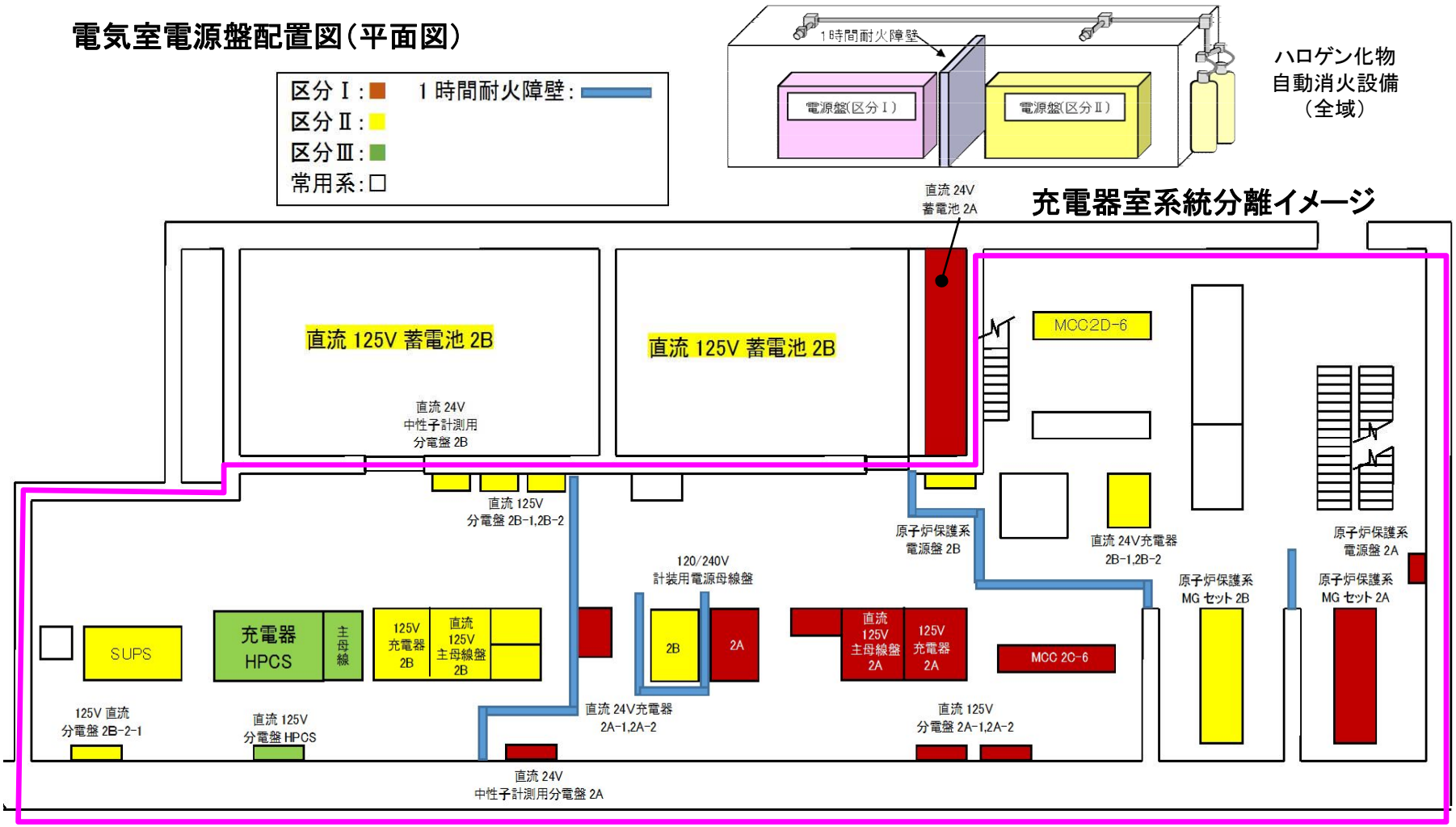
◆ これらの火災区域について，個別設備の系統分離による火災防護対策を反映した火災影響評価を実施した結果，原子炉の高温停止及び低温停止に必要な安全停止パスが少なくとも1つ確保されることを確認

＜火災区域R－3，6に設置されている主な機器と系統分離の概要＞

区域番号	区域に含まれる　主な機器	火災防護対策
R－3	①電源盤（安全区分Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ） ②原子炉保護系MGセット（安全区分Ⅰ，Ⅱ） ③原子炉格納容器圧力（安全区分Ⅰ） 他	①：1時間耐火隔壁＋火災感知・自動消火による分離 ②：1時間耐火隔壁＋火災感知・自動消火による分離 ③：3時間耐火隔壁による分離
R－6 （ケーブル処理室）	・ケーブル（安全区分Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ）	1時間耐火隔壁＋火災感知・自動消火による分離

※1：ケーブルについては，ケーブル処理室以外にも通過エリア全体の分離対策が必要
※2：中央制御室，原子炉格納容器は別途評価

【火災区域R-3の系統分離対象（電気室　１階面　R-1-6(1)）】



【火災区域R-3の内部火災影響評価結果（系統分離対策考慮）】

◆ 火災区域R-3には，主に安全区分Ⅱ，Ⅲの機器（ケーブル含む）等が配置
◆ このため，火災区域R-3内に設置されている安全区分Ⅰの機器等の系統分離を実施することにより，火災区域R-3火災時にも安全区分Ⅰの機能を確保
◆ これにより安全停止パス（高温停止は単一故障も想定し複数の安全停止パス）を確保

火災区域番号	安全保護系	原子炉停止系	工学的安全施設	非常用所内電源系	事故時監視計器	残留熱除去系	最終的な熱の逃し場	補助設備	評価結果		
									高温停止	低温停止	確認事項
R-3	○ ・原子炉緊急停止系（手動，自動） ・工学的安全施設の作動回路（手動，自動）	○ ・スクラム（手動，自動）	◎ ・RCIC※ ・ADS(A)※ ・RHR(A)※	○ ・D/G(2C)※ ・非常用交流電源(2C)※ ・直流電源（Ⅰ）※	◎ ・中性子束（Ⅰ）※ ・原子炉水位（Ⅰ）※ ・原子炉圧力（Ⅰ）※ ・S/C水温（Ⅰ）※	◎ ・RHR(A)※	◎ ・RHRS(A)※	◎ ・D/G(2C)※ 室HVAC ・スイッチギア室HVAC(A)※ ・バッテリ室HVAC(A)※ ・RHR(A)ポンプ室HVAC※ ・DGSW(2C)※	◎	◎	●高温停止の安全停止パス 1)原子炉未臨界：スクラム 2)原子炉過圧防止：SRV（安全弁機能） 3)炉心冷却：RCIC，ADS(A)+RHR(A) 4)非常用所内電源系：D/G(2C)，直流電源（Ⅰ） 5)補機冷却系，補助設備：上記緩和系に必要な補機冷却系及び補助設備を確保可能 ●低温停止の安全停止パス 1)原子炉未臨界：スクラム 2)原子炉減圧：SRV 3)崩壊熱除去：RHR(A) 4)非常用所内電源系：D/G(2C)，直流電源（Ⅰ） 5)補機冷却系，補助設備：上記緩和系に必要な補機冷却系及び補助設備を確保可能 系統分離等の火災防護対策を実施することにより安全停止パスが少なくとも一つ確保され，原子炉の安全停止が可能

※：系統分離等の火災防護対策を実施する系統，機器
◎：火災防護対策（今回の系統分離対策）を実施することにより安全停止パスを確保
○：火災区域の設定のみで安全停止パスを確保

【火災区域R-6の内部火災影響評価結果（系統分離対策考慮）】

◆ 火災区域R-6（ケーブル処理室）には，安全区分Ⅰ，Ⅱ，Ⅲのケーブルが配置
◆ このため，火災区域R-6内に設置されている安全区分Ⅱ，Ⅲのケーブルの系統分離を実施することにより，火災区域R-6火災時にも安全区分Ⅱ，Ⅲの機能を確保
◆ これにより安全停止パス（高温停止は単一故障も想定し複数の安全停止パス）を確保

火災区域番号	安全保護系	原子炉停止系	工学的安全施設	非常用所内電源系	事故時監視計器	残留熱除去系	最終的な熱の逃し場	補助設備	評価結果		
									高温停止	低温停止	確認事項
R-6	○ ・原子炉緊急停止系（手動，自動） ・工学的安全施設の作動回路（手動，自動）	○ ・スクラム（手動，自動） ・SLC(B)※	◎ ・ADS(B)※ ・RHR(B)※(C)※ ・HPCS※	○ ・D/G(2D)(HPCS) ・非常用交流電源(2C)(2D)(HPCS) ・直流電源(Ⅰ)(Ⅱ)(Ⅲ)	◎ ・中性子束(Ⅱ)※ ・原子炉水位(Ⅱ)※ ・原子炉圧力(Ⅱ)※ ・S/C水温(Ⅱ)※	◎ ・RHR(B)※	◎ ・RHRS(B)※	◎ ・MCR-HVAC(B)※ ・D/G(2D)※(HPCS)※室HVAC ・スイッチギア室HVAC(B)※ ・バッテリ室HVAC(B)※ ・RHR(B)※/(C)※ポンプ室HVAC ・HPCSポンプ室HVAC※ ・DGSW(2D)※(HPCS)※	◎	◎	●高温停止の安全停止パス 1)原子炉未臨界：スクラム（SLCも機能維持） 2)原子炉過圧防止：SRV（安全弁機能） 3)炉心冷却：HPCS，ADS(B)+RHR(B)/(C) 4)非常用所内電源系：D/G(2C)(2D)(HPCS)，直流電源(Ⅰ)(Ⅱ)(Ⅲ) 5)補機冷却系，補助設備：上記緩和系に必要な補機冷却系及び補助設備を確保 ●低温停止の安全停止パス 1)原子炉未臨界：スクラム（SLCも機能確保） 2)原子炉減圧：ADS(B) 3)崩壊熱除去：RHR(B) 4)非常用所内電源系：D/G(2D)(HPCS)，直流電源(Ⅰ)(Ⅱ)(Ⅲ) 5)補機冷却系，補助設備：上記緩和系に必要な補機冷却系及び補助設備を確保 系統分離等の火災防護対策を実施することにより安全停止パスが少なくとも一つ確保され，原子炉の安全停止が可能

※：系統分離等の火災防護対策を実施する系統，機器
◎：火災防護対策（今回の系統分離対策）を実施することにより安全停止パスを確保
○：火災区域の設定のみで安全停止パスを確保

８．火災の影響軽減（３）単一故障を考慮した原子炉停止　（1／12）

【審査基準】

「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」　「2. 火災の影響軽減」

> 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。）

【原子力発電所の内部火災影響評価ガイド】

「4. 火災時の原子炉の安全確保」

> 原子炉の安全停止に必要な機能を有する系統が，その安全機能を失わないこと（信頼性要求に基づき独立性が確保され，多重性又は多様性を有する系統が同時にその機能を失わないこと）。
>
> 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を要求される場合には，その影響（火災）を考慮し，安全評価指針に基づき安全解析を行う必要がある。

↓

> 内部火災を起因として発生する過渡的な事象に対して，単一故障を想定しても，影響緩和系により事象は収束し，原子炉が安全停止を維持できることを確認

８．火災の影響軽減（３）単一故障を考慮した原子炉停止　（2／12）

◆ 単一の内部火災を想定した場合に発生する可能性のある運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を評価した結果，以下の事象が抽出された

	事象	火災による発生 有:○　無:－	火災による影響を受け起因事象を発生させる可能性のある主な機器・系統
過渡変化	原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き	－	制御棒の常駆動系は動作不能となる可能性がある
	出力運転中の制御棒の異常な引き抜き	－	制御棒の常駆動系は動作不能となる可能性がある
	原子炉冷却材流量の部分喪失	－	発生の可能性はあるが，原子炉スクラムには至らない事象
	原子炉冷却材系の停止ループの誤起動	－	発生の可能性はあるが，原子炉スクラムには至らない事象
	外部電源喪失	○	送電系，所内電源系
	給水加熱喪失	○	抽気逆止弁
	原子炉冷却材流量制御系の誤動作	○	流量制御器
	負荷の喪失	○	蒸気加減弁
	主蒸気隔離弁の誤閉止	○	主蒸気隔離弁
	給水制御系の故障	○	原子炉給水制御系
	原子炉圧力制御系の故障	○	原子炉圧力制御系
	給水流量の全喪失	○	原子炉給水ポンプ
設計基準事故	原子炉冷却材喪失	－	原子炉冷却材喪失は発生しないものと整理 ・単一の火災により原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する格納容器内側・外側隔離弁が同時に開となる可能性はない ・単一の火災により 逃がし安全弁が誤開する可能性があるが，中央制御室に常駐している運転員が誤開した逃がし安全弁を速やかに閉止することが可能
	原子炉冷却材流量の喪失	○	再循環ポンプトリップ回路
	原子炉冷却材ポンプの軸固着	－	火災によって原子炉冷却材ポンプの回転軸は固着しない
	制御棒落下	－	火災によって制御棒落下は発生しない
	放射性気体廃棄物処理施設の破損	－	本事象の発生によって原子炉に外乱は発生しない
	主蒸気管破断	－	火災によって主蒸気管は損傷しない
	燃料集合体の落下	－	火災によって燃料集合体は落下しない
	可燃性ガスの発生	－	原子炉冷却材喪失に包含される

８．火災の影響軽減（３）単一故障を考慮した原子炉停止　（3／12）

◆ BWRの過渡解析では，クラス3の緩和設備に期待した評価を実施していることを踏まえ，火災により発生する可能性のある事象を改めて抽出した上で，火災防護対象設備に該当しない常用系設備等は設置区画によらず火災影響を受けることを前提に，内部火災により原子炉に外乱が及び，かつ，複数の起因が重畳する可能性を考慮した場合においても，単一故障を想定した条件で安全停止が可能であるかについて確認する

◆確認のための考え方のフローは以下のとおり。

ステップ1	「安全評価審査指針」の評価事象の選定方法に従い，原子炉に有意な影響を与える**主要な要因を抽出**
ステップ2	主要な要因に対する**故障モードを抽出**
ステップ3	抽出された故障モードが**各建屋（原子炉建屋，タービン建屋）において発生し得るかを分析**
ステップ4	各建屋毎に分析結果を踏まえ**代表事象（内部火災により誘発される過渡事象等の起因事象）を選定**
ステップ5	**代表事象の重畳を抽出**（結果を厳しくする事象の組合せ）
ステップ6	内部火災においても**動作を期待できる緩和系の確認（系統分離対策を考慮）**
ステップ7	事象毎に**単一故障の想定を割り当て**
ステップ8	解析実施

８．火災の影響軽減（３）単一故障を考慮した原子炉停止　（4／12）

◆「安全評価審査指針」の評価事象の選定方法に従い，原子炉に有意な影響を与える**主要な要因を選定し，その要因を引き起こす故障に対して，内部火災により，その故障を誘発する起因事象（代表事象）を，原子炉建屋，タービン建屋毎に選定**

ステップ1	ステップ2	ステップ3，4

○：故障発生あり，×：故障発生なし，－：故障機器等が建屋内にない（≪≫で囲んだ事象は従来EPでの解析事象）

原子炉に有意な影響を与える主要な要因(BWR)（安全評価審査指針の手引きにおける評価事象の選定方法を参考に作成）					要因に対応する故障	原子炉建屋 発生	原子炉建屋 代表事象	タービン建屋 発生	タービン建屋 代表事象
炉心内の反応度又は出力分布の異常な変化	反応度	反応度の増加	再循環流量の増加	流量制御弁開度の増加	流量制御器増加要求信号誤発生	○	≪原子炉冷却材流量制御系の誤動作≫	－	
					主制御器増加要求信号誤発生	○		－	
			冷却材温度の低下	給水温度の低下	抽気逆止弁の誤閉止	－		○	≪給水加熱喪失≫
				給水流量の増加	原子炉給水制御系増信号誤発生	○	≪給水制御系の故障≫	○	≪給水制御系の故障≫
					予備給復水ポンプの誤起動	－		○	
				ECCS等の誤起動	HPCSの誤起動	○	HPCSの誤起動	－	
					RCICの誤起動	○	RCICの誤起動	－	
				再循環ループの誤起動	再循環ポンプの誤起動	○	≪原子炉冷却材系の停止ループの誤起動≫	－	
			圧力の上昇	弁の閉止	PLUリレー誤作動（蒸気加減弁閉止）	－		○	≪負荷の喪失≫
					誤タービントリップ（主蒸気止め弁閉止）	－		○	
					誤発電機トリップ（主蒸気止め弁閉止）	－		○	
					L-8信号誤発生（主蒸気止め弁閉止）	○	≪給水流量の全喪失≫+タービントリップ	－	
					主蒸気隔離弁閉信号誤発生	○	≪主蒸気隔離弁の誤閉止≫	○	≪主蒸気隔離弁の誤閉止≫
					圧力制御系の故障（蒸気加減弁閉止）	－		○	
				自由空間体積の減少	原子炉給水制御系増信号誤発生	○	≪給水制御系の故障≫	○	≪給水制御系の故障≫
					予備給復水ポンプの誤起動	－		○	
			制御棒	制御棒の誤引抜き	起動中の制御棒誤引抜き	×		×	
					出力運転中の制御棒誤引抜き	×		×	
				制御棒落下	制御棒落下	×		×	
		反応度の低下	厳しい事象にならない						
	出力分布	出力分布の異常	制御棒の引抜き	出力運転中の誤引抜き	出力運転中の制御棒誤引抜き	×		×	

外乱分析図（例）

８．火災の影響軽減（３）単一故障を考慮した原子炉停止　（5／12）

◆ 内部火災により誘発される過渡事象等の起因事象（代表事象）を特定し，建屋毎に抽出された代表事象の重畳の可能性を検討

建屋毎に抽出された代表事象(ステップ4)

抽出された代表事象	原子炉建屋	タービン建屋
原子炉冷却材の停止ループの誤起動	○	－
原子炉冷却材流量の喪失	○	○
原子炉冷却材流量制御系の誤動作	○	－
給水流量の全喪失＋タービントリップ※2	○	－
主蒸気隔離弁の誤閉止	○	○
逃がし弁開放	○	－
給水制御系の故障（流量減少）	○	－※1
給水制御系の故障※3	○	○
HPCSの誤起動	○	－
RCICの誤起動	○	－
給水加熱喪失	－	○
負荷の喪失	－	○
原子炉圧力制御系の故障	－	○
給水流量の全喪失	－	○

※1：タービン建屋ではより厳しい給水流量の全喪失を想定
※2：原子炉の出力運転中に，原子炉水位高（レベル8）信号の誤発信により，タービンがトリップするとともに，原子炉給水ポンプがトリップする事象
※3：原子炉給水制御系の誤信号等により，給水流量が増加する事象は，原子炉設置変更許可申請書に倣い，単に「給水制御系の故障」という

原子炉建屋における重畳考慮について(ステップ5)

抽出された事象		重畳	重畳を考慮しない理由※
Ⅰ	原子炉冷却材の停止ループの誤起動	－	部分出力状態での発生事象であり重畳による影響が小さい
Ⅱ	原子炉冷却材流量の喪失	－	①
Ⅲ	原子炉冷却材流量制御系の誤動作	考慮	－
Ⅳ	給水流量の全喪失＋タービントリップ	考慮	－
Ⅴ	主蒸気隔離弁の誤閉止	考慮	－
Ⅵ	逃がし弁開放	－	②
Ⅶ	給水制御系の故障（流量減少）	－	③
Ⅷ	給水制御系の故障	考慮	－
Ⅸ	HPCSの誤起動	－	②（上部プレナムへの注水で蒸気が凝縮し圧力が低下する）
Ⅹ	RCICの誤起動	－	②（ドーム部への注水で蒸気が凝縮し圧力が低下する）

タービン建屋における重畳考慮について（ステップ5）

代表事象		重畳	重畳を考慮しない理由※
Ⅰ	給水加熱喪失	考慮	－
Ⅱ	原子炉冷却材流量の喪失	－	①
Ⅲ	負荷の喪失	考慮	－
Ⅳ	主蒸気隔離弁の誤閉止	考慮	－
Ⅴ	原子炉圧力制御系の故障	－	②
Ⅵ	給水流量の全喪失	－	③
Ⅶ	給水制御系の故障	考慮	－

①再循環流量が減少する事象は，BWR-5では再循環ポンプの慣性が大きく，炉心流量の減少による炉心の冷却能力低下に対し，原子炉出力の減少が早めに作用するため，重畳を考慮しても結果を厳しくしない
②圧力が低下する事象は重畳を考慮しても結果を厳しくしない
③再循環流量の減少を伴わず，出力が低下する事象は重畳を考慮しても結果を厳しくしない

重畳を考慮した場合の事象進展の分析（原子炉建屋）

	Ⅳ　給水流量の全喪失＋タービントリップ	Ⅴ　主蒸気隔離弁の誤閉止	Ⅷ　給水制御系の故障
Ⅲ　原子炉冷却材流量制御系の誤動作	× スクラムタイミングが遅いⅢが出力上昇の観点から厳しいが，部分出力運転から始まるⅢに比べてⅣは原子炉圧力上昇及びMCPRの観点で厳しく，プラント挙動としては影響が大きい。 重畳事象はタービントリップによりただちにスクラムするため，単独事象であるⅣにより代表できる。 【抽出事象：Ⅳ】	× 隔離弁が閉止するⅤが部分出力から始まるⅢに比べて出力上昇，原子炉圧力上昇及びMCPRの観点で厳しい。 重畳事象はⅤにより直ちにスクラムするため，単独事象であるⅤにより代表できる。 【抽出事象：Ⅴ】	× Ⅷは，給水流量増加による出力上昇の後にタービントリップ（主蒸気止め弁閉）するため，出力上昇，原子炉圧力上昇及びMCPRの観点で厳しい。 重畳事象はⅢに起因した炉心流量の増加による出力上昇によってタービントリップする前に短時間で中性子束高スクラムに至るため，組み合わせない方が結果を厳しくする。したがって，Ⅷにより代表できる。 【抽出事象：Ⅷ】
Ⅳ　給水流量の全喪失＋タービントリップ	－	× タービンバイパス弁に期待できないⅤが出力上昇及び原子炉圧力上昇の観点で厳しい。MCPRの観点では弁閉止速度の速いⅣが厳しく，この観点が判断基準に対して最も裕度が少ない。 重畳事象はⅣの方が早期にスクラムし，かつ影響が大きいため，単独事象であるⅣにより代表できる。 【抽出事象：Ⅳ】	× Ⅷは，給水流量増加による出力上昇の後にタービントリップ（主蒸気止め弁閉）するため，出力上昇，原子炉圧力上昇及びMCPRの観点で厳しい。 重畳事象はⅣによるタービントリップにより直ちにスクラムするため，単独事象であるⅧにより代表できる。 【抽出事象：Ⅷ】
Ⅴ　主蒸気隔離弁の誤閉止	－	－	× タービンバイパス弁に期待できないⅤが出力上昇及び原子炉圧力上昇の観点で厳しい。MCPRの観点では弁閉止時の出力が高く弁閉止速度の速いⅧが厳しく，この観点が判断基準に対して最も裕度が少ない。 重畳事象はⅤにより直ちにスクラムするため，単独事象であるⅧにより代表できる。 【抽出事象：Ⅷ】

○：重畳事象が厳しい　×：単独事象に包絡される又は単独事象が厳しい　－：重畳の考慮不要

重畳が厳しい結果を与えることはないため，スクラムタイミングや△MCPR等を総合的に考慮し，「給水制御系の故障」を評価事象に選定

重畳を考慮した場合の事象進展の分析（タービン建屋）

	Ⅲ　負荷の喪失	Ⅳ　主蒸気隔離弁の誤閉止	Ⅶ　給水制御系の故障
Ⅰ　給水加熱喪失	×	×	○
	タービン加減弁急速閉による反応度の添加速度が速いⅢが出力上昇及び原子炉圧力上昇の観点で厳しい。MCPRの観点ではスクラムタイミングが遅いⅠが厳しく，この観点が判断基準に対して最も裕度が少ない。 重畳事象はⅢにより直ちにスクラムするため，単独事象であるⅠにより代表できる。 【抽出事象：Ⅰ】	隔離弁閉止による反応度の添加速度が速いⅣが出力上昇及び原子炉圧力上昇の観点で厳しい。MCPRの観点ではスクラムタイミングが遅いⅠが厳しく，この観点が判断基準に対して最も裕度が少ない。 重畳事象はⅣにより直ちにスクラムするため，単独事象であるⅠにより代表できる。 【抽出事象：Ⅰ】	主蒸気止め弁閉止による反応度の添加速度が速いⅦが出力上昇，原子炉圧力上昇及びMCPRの観点で厳しい。 重畳事象は主蒸気止め弁閉止時の出力が高くなるため，Ⅶが単独で発生した場合よりも厳しい事象となる。 【抽出事象：Ⅰ＋Ⅶ】
Ⅲ　負荷の喪失	－	×	×
		タービンバイパス弁に期待できないⅣが出力上昇及び原子炉圧力上昇の観点で厳しい。MCPRの観点では弁閉止速度の速いⅢが厳しく，この観点が判断基準に対して最も裕度が少ない。 重畳事象は弁の閉止速度が速いⅢにより代表できる。 【抽出事象：Ⅲ】	Ⅶは，給水流量増加による出力上昇の後にタービントリップ（主蒸気止め弁閉）するため，出力上昇，原子炉圧力上昇及びMCPRの観点で厳しい。 重畳事象はⅢにより直ちにスクラムするため，単独事象であるⅦにより代表できる。 【抽出事象：Ⅶ】
Ⅳ　主蒸気隔離弁の誤閉止	－	－	×
			タービンバイパス弁に期待できないⅣが出力上昇及び原子炉圧力上昇の観点で厳しい。MCPRの観点では弁閉止時の出力が高く弁閉止速度の速いⅦが厳しく，この観点が判断基準に対して最も裕度が少ない。 重畳事象はⅣにより直ちにスクラムするため，単独事象であるⅦにより代表できる。 【抽出事象：Ⅶ】

○：重畳事象が厳しい　×：単独事象に包絡される又は単独事象が厳しい　－：重畳の考慮不要

「給水制御系の故障＋給水加熱喪失」を評価事象に選定

８．火災の影響軽減（３）単一故障を考慮した原子炉停止　（8／12）

◆ 原子炉建屋，タービン建屋毎に，それぞれの内部火災発生時に期待できる緩和系と喪失を仮定するMS－3緩和機能を以下に整理

◆ 原子炉保護系及び炉心冷却機能は，火災影響を考慮しても多重化が確保されているため，単一故障を仮定しても解析には影響しない

内部火災発生時に期待できる緩和系（ステップ6）

緩和機能	火災発生建屋	
	原子炉建屋	タービン建屋
原子炉停止機能	原子炉保護系（中性子束高等のスクラム機能は多重化され，かつ2区分機能維持できる設計）	原子炉保護系（原子炉建屋側RPS）
炉心冷却機能	原子炉隔離時冷却系等※	原子炉隔離時冷却系等※
その他機能	主蒸気隔離弁	主蒸気隔離弁
	逃がし安全弁（安全弁機能）	逃がし安全弁（安全弁機能）
	－	逃がし安全弁（逃がし弁機能）
	タービンバイパス弁	－

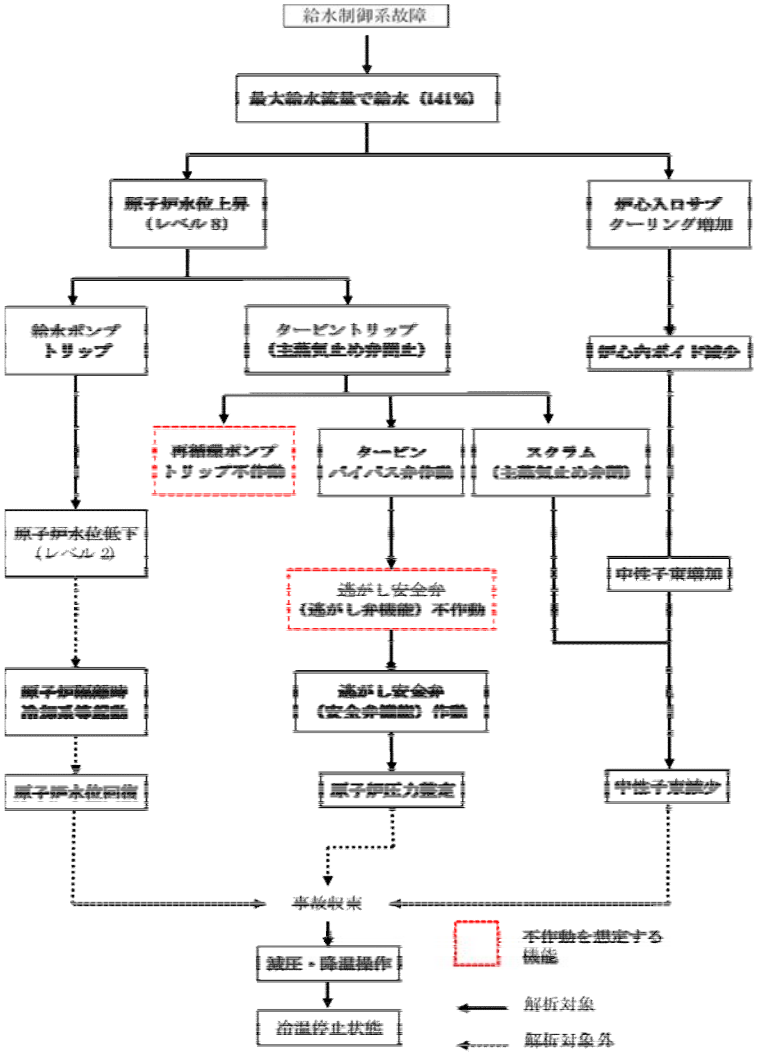
※:「東海第二発電所　内部火災の影響評価について」にて評価されている設備の機能喪失が発生することを前提

内部火災により機能喪失を仮定するMS-3緩和機能

緩和機能	火災発生建屋	
	原子炉建屋	タービン建屋
再循環ポンプトリップ	機能喪失を仮定	機能喪失を仮定
逃がし安全弁（逃がし弁機能）	機能喪失を仮定	－
タービンバイパス弁	－	機能喪失を仮定
タービン系(RPS)	－	機能喪失を仮定

８．火災の影響軽減（３）単一故障を考慮した原子炉停止　（9／12）

◆ 原子炉建屋での内部火災を起因として発生する最も厳しい過渡的な事象に対して，単一故障を想定しても，影響緩和系により事象は収束し，原子炉が安全停止を維持できることを確認



給水制御系の故障事象進展フロー（原子炉建屋起因）

解析コード

解析項目	コード名
プラント動特性挙動 ・中性子束 ・原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力	REDY
単チャンネル熱水力挙動 ・燃料被覆管温度	SCAT

主要な解析条件

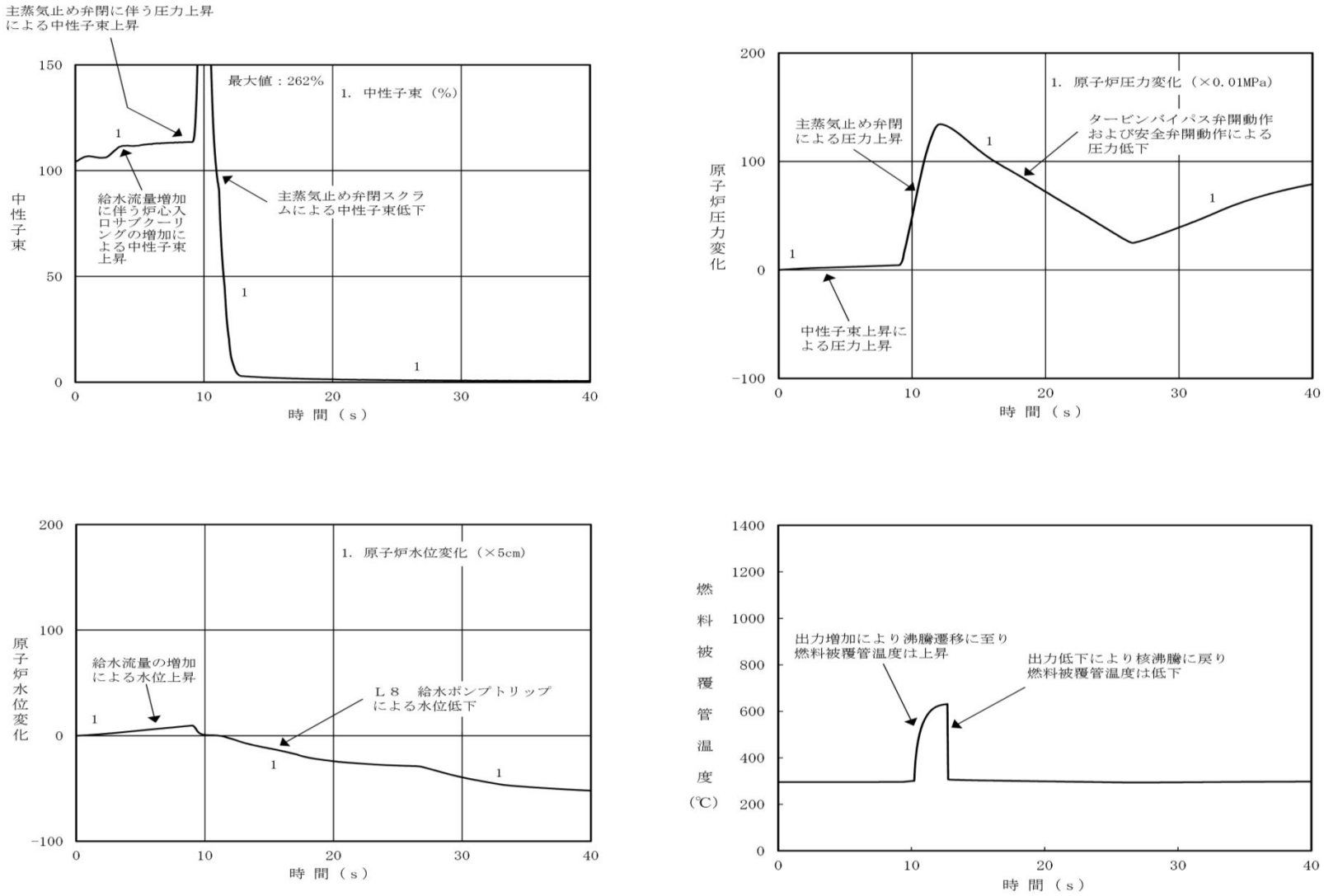
項目	解析条件
原子炉出力	3,440 MW
炉心入口流量	41.06×10^3 t/h
原子炉圧力	7.03 MPa[gage]
原子炉水位	通常水位
外部電源	あり

解析結果のまとめ

重畳事象	項目	解析結果 ( )内は判断目安
給水制御系の故障（主蒸気止め弁閉スクラム）	中性子束(%)	262(－)
	原子炉冷却材圧力バウンダリ圧力(MPa[gage])	8.66(10.34)
	燃料被覆管温度(℃)	約632(1,200)

判定目安は，設計基準事故の判断基準を適用

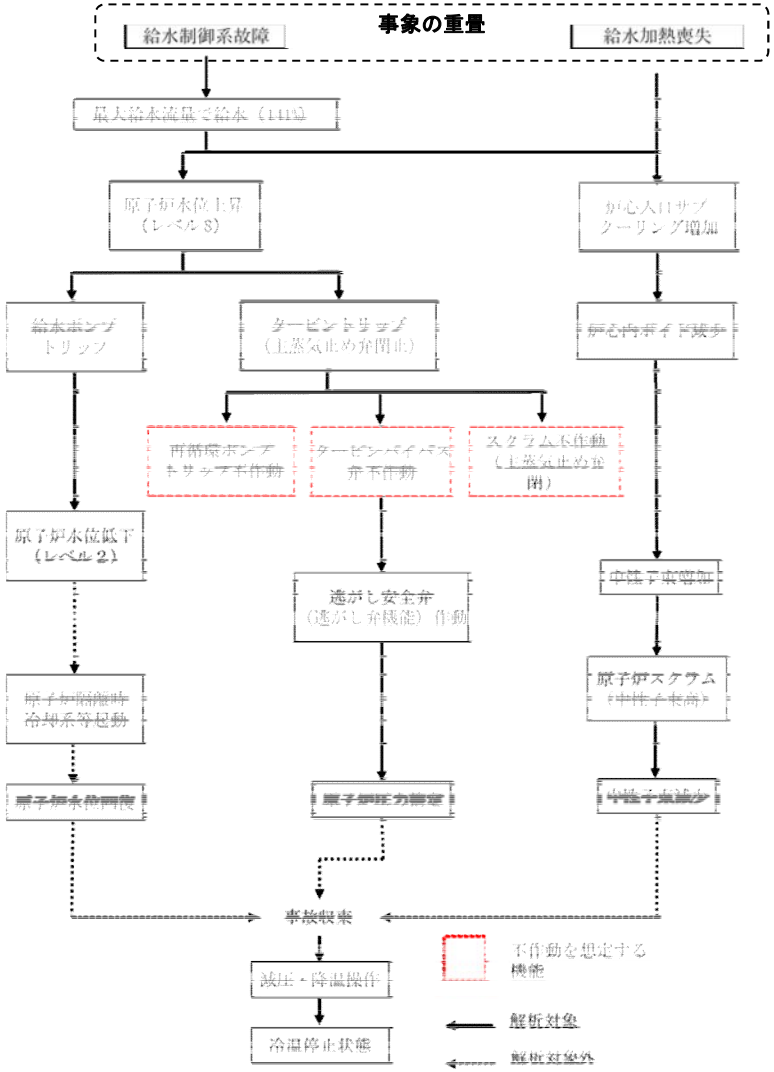
８．火災の影響軽減（３）単一故障を考慮した原子炉停止　（10／12）



給水制御系の故障解析結果（原子炉建屋起因）

８．火災の影響軽減（３）単一故障を考慮した原子炉停止　（11／12）

◆ タービン建屋での内部火災を起因として発生する最も厳しい過渡的な事象に対して，単一故障を想定しても，影響緩和系により事象は収束し，原子炉が安全停止を維持できることを確認



給水制御系の故障＋給水加熱喪失事象進展フロー（タービン建屋起因）

解析コード

解析項目	コード名
プラント動特性挙動 ・中性子束 ・原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力	REDY
単チャンネル熱水力挙動 ・燃料被覆管温度	SCAT

主要な解析条件

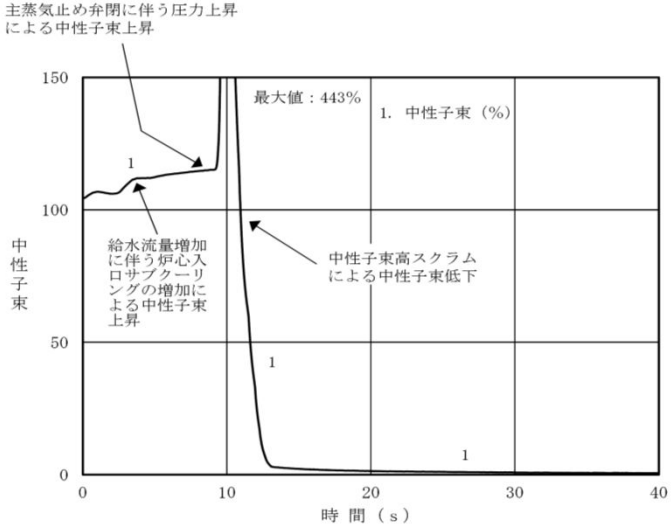
項目	解析条件
原子炉出力	3,440 MW
炉心入口流量	41.06×10^3 t/h
原子炉圧力	7.03 MPa[gage]
原子炉水位	通常水位
外部電源	あり

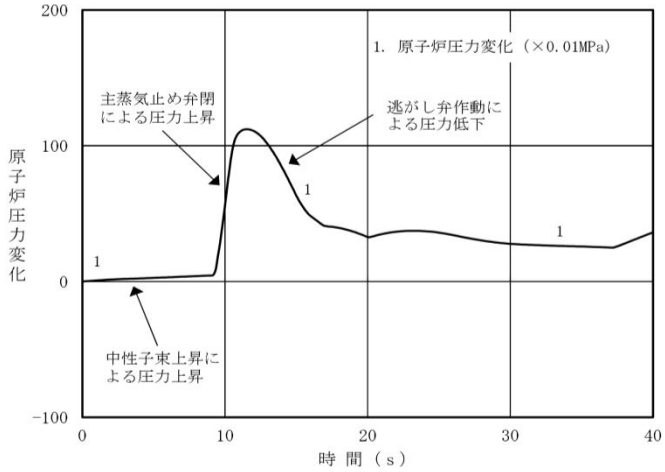
解析結果のまとめ

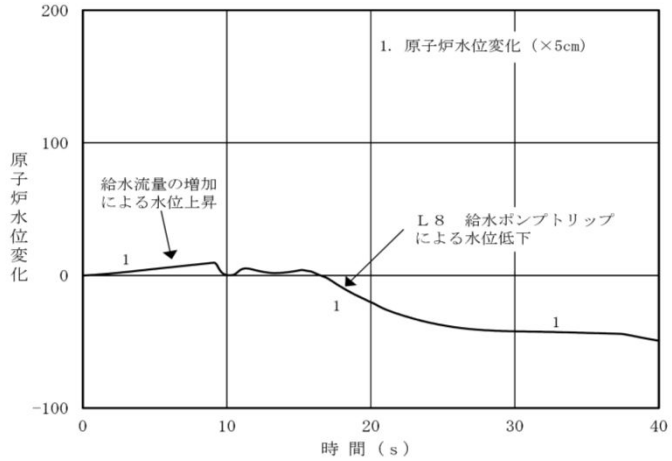
重畳事象	項目	解析結果 ( )内は判断目安
給水制御系の故障＋給水加熱喪失（中性子束高スクラム）	中性子束(%)	443(－)
	原子炉冷却材圧力バウンダリ圧力(MPa[gage])	8.45(10.34)
	燃料被覆管温度(℃)	約662(1,200)

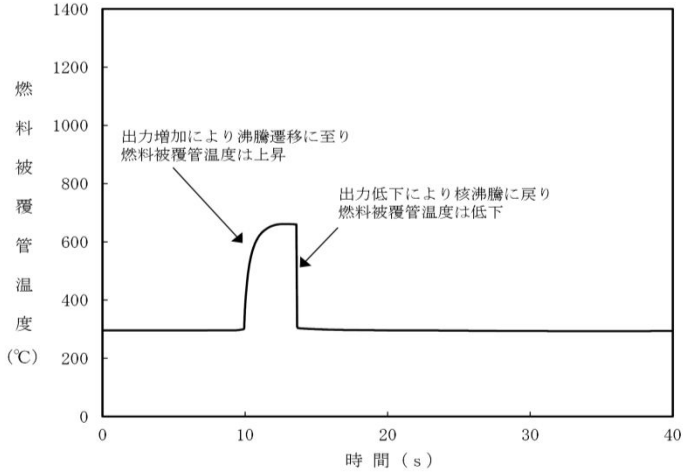
判定目安は，設計基準事故の判断基準を適用

８．火災の影響軽減（３）単一故障を考慮した原子炉停止　（12／12）









給水制御系の故障＋給水加熱喪失解析結果（タービン建屋起因）

10.　個別の火災区域又は火災区画における留意事項　（1／2）

【個別の火災区域（区画）における留意事項に対する基本方針】

◆火災防護対策の設計においては，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実施

基準事項	設計方針
（1）ケーブル処理室 ①消火要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0.9m、高さ1.5m分離すること。	◆ 2箇所の入口を設置する設計 ◆ 異なる区分の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を最小分離距離として設計。距離が確保できない場合には、耐火障壁を設置する設計
（2）電気室 電気室を他の目的で使用しないこと。	◆ 電気室は電源供給のみに使用する設計
（3）蓄電池室 ①蓄電池室には、直流開閉装置やインバータを収容しないこと。 ②蓄電池室の換気設備が、2%を十分に下回る水素濃度を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。	◆ 蓄電池室には蓄電池のみを設置 ◆ 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0.8vol%程度に維持する設計 ◆ 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
（4）ポンプ室 煙を排気する対策を講じること。	◆ 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 ◆ 固定式消火設備による消火後，鎮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，可搬型の排煙設備を準備し，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

10.　個別の火災区域又は火災区画における留意事項　（2／2）

基準事項	設計方針
（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。	◆ 中央制御室を含む火災区域の境界には，防火ダンパを設置する設計 ◆ 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
（6）使用済燃料貯蔵設備、新燃料貯蔵設備 消火中に臨界を生じないように、臨界防止を考慮した対策を講じること。	◆ 使用済燃料貯蔵設備は，水中に設置された設備であり，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 ◆ 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 ◆ 使用済燃料乾式貯蔵設備は，使用済燃料を乾式で貯蔵する密封機能を有する容器であり，使用済燃料を収納後，内部を乾燥させ，不活性ガスを封入し貯蔵する設計であり，消火水が噴霧されても容器内部に浸入することはない
（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止するために、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。	◆ 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，放射性物質の放出を防ぐために，空調を停止し，風量調整ダンパを閉止し，隔離できるよう設計 ◆ 放水した消火水の溜まり水は，建屋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 ◆ 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するまでの間は，ドラム缶等に収納し保管する設計。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。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 ◆ 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，火災に至るような放射性廃棄物を貯蔵しない設計

11．火災防護計画の概要　（1／2）

【基本方針】

◆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，機器及び消火体制について火災防護計画を定める。

審査基準
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．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，組織体制が定めること。 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．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．同計画が以下の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。

11. 火災防護計画の概要 （1／2）

東海第二の火災計画で規定する内容

審査基準要求事項を踏まえて以下を規定

(1)火災防護計画の策定【1】
- 火災防護計画を，保安規定に基づく社内規程として規定

(2)火災防護に係る責任及び権限【2①】
- 管理職の火災防護対する認識と，発電所職員への教育の実施
- 発電所の作業に従事する職員の責任範囲

(3)文書・記録の保管期間

(4)消防計画の作成【2②】
- 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，消防計画を公設消防に届出ることを規定
- 消防計画の作成は，保安規定に基づき定められる火災防護計画の中で管理

(5)自衛消防隊の編成及び役割【2③】
- 災害発生に備えて，自衛消防隊を編成し，役割を規定

(6)火災防護に係る体制【2】
- 初期消火要員の配備，消火活動に必要な資機材，教育・訓練【2】
- 防火・防災教育の実施，消防訓練の実施，初期消火要員に対する訓練，一般職員に対する教育，協力会社に対する教育，定期的な評価

(7)火災発生時の対応【3】
- 火災対応手順，火災発生時の注意事項には，消火における人身安全を優先に，原子力特有の放射線環境等を踏まえた各手順等を制定
- 中央制御盤内の消火活動に関する注意事項
- 火災鎮火後の処置

(8)格納容器内の火災防護対策【3】
- 作業に伴う持込み可燃物の管理，火気作業の管理
- 火災発生に対する，消火戦略

(9)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【3】【4】
- 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
- 可搬型重大事故等対処設備及びその保管場所の火災防護対策

(10) 消防法に基づく危険物施設予防管理・活動業務【3】【4】
- 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とともに，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を指導することを規定

(11) 内部火災影響評価【4】
- 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，火災影響評価を定期的に実施

(12)外部火災影響評価【4】
- 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し，評価結果に影響がある場合は火災影響評価の再評価を実施

(13) 防火管理【3】
- 防火監視，持込み可燃物の管理，火気作業管理として，建屋内通路部も含めた設備の増改良による現場状況の変化に対する火災防護について，規程に取り込み管理
- 危険物の保管及び危険物取扱作業の管理，有機溶剤の取扱いについても上記を踏まえ，金属の箱に収納するなどを規程に取り込み管理

(14)火災防護設備の維持管理【3】【4】

(15)森林火災等の敷地外火災発生時の延焼防止対策【3】【4】

(16)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【3】【4】

(17)教育・訓練【2】
- 防火・防災教育の実施，消防訓練の実施，初期消火要員に対する訓練，一般職員に対する教育，協力会社に対する教育，定期的な評価

(18)火災防護設備の保守管理【3】

(19)固定式消火設備に係わる運用【3】

(20)火災防護に係る品質保証【4】

(21)火災防護計画の継続的改善【4】

※:【 】内の番号は，審査基準要求事項の番号

添付資料

添付１　火災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器配置図（１／１０）

添付１　火災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器配置図（２／１０）

添付１　火災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器配置図（３／１０）

添付１　火災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器配置図（４／１０）

添付１　火災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器配置図（５／１０）

添付１　火災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器配置図（６／１０）

添付１　火災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器配置図（7／10）

添付１　火災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器配置図（８／１０）

添付１　火災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器配置図（９／１０）

添付１　災の影響軽減　系統分離　異区分区画にある機器配置図（10／10）

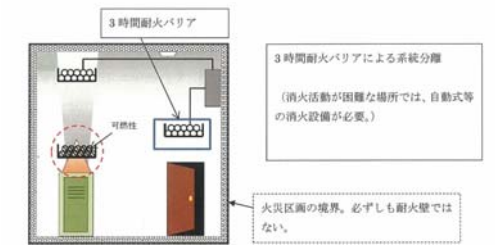
添付２　系統分離も踏まえた非難燃ケーブル複合体の感知・消火設備について

◆「1時間以上の耐火能力を有する隔壁等での分離＋感知＋自動消火」の要求も踏まえ，複合体内に設置する感知・消火設備は，系統分離要求での感知・自動消火のための感知設備としても使用できることを確認

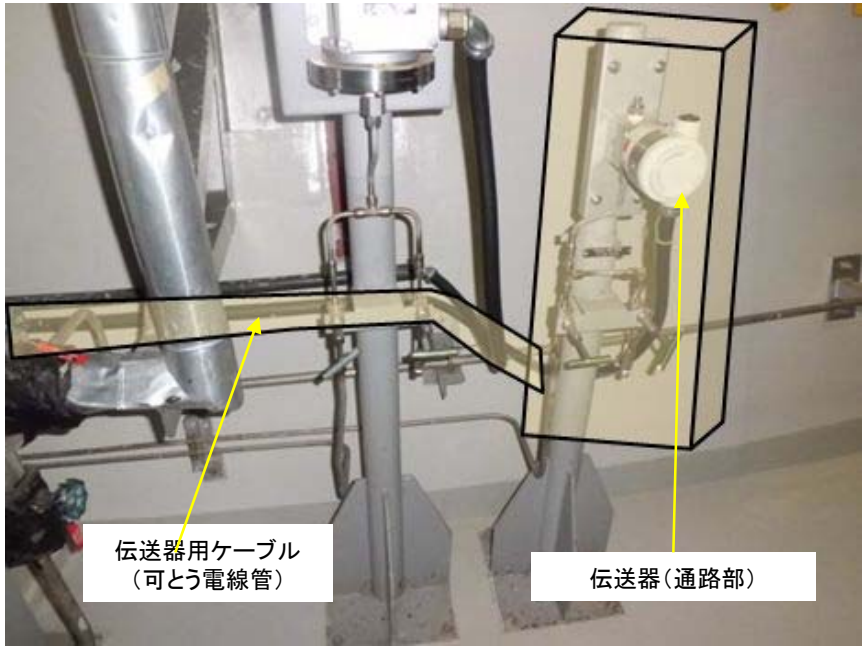
場所	感知消火	系統分離の設計方針	備考
ケーブル処理室 （全域消火）	火災区域の感知・消火設備 ▲-●-■ 複合体 ●★■　●★■ 設備 ・複合体内に感知・消火設備を設置	火災区域の感知・消火設備 ▲-●-■ 複合体　分離用ラッピング ●★■　●★■ 設備 ・1時間耐火隔壁等の内部にある火災源は，複合体内のケーブルのみであり，複合体内の感知消火設備で影響軽減可能	◆ 分離用ラッピング外の複合体で火災が発生した場合，当該複合体内の感知・消火設備とラッピングにより，ラッピング内のケーブルへの影響を軽減 ◆ ラッピング内の複合体で火災が発生した場合，火災源は複合体内のケーブルのみであり，複合体と分離用ラッピング間に可燃物はないことから，複合体内の感知・消火設備にてラッピング外への影響を軽減。このため，複合体とラッピングの間の感知・消火設備がなくても十分な影響軽減が可能
原子炉建屋通路部 （局所消火）	火災区域の感知・消火設備 ▲　● 複合体 ●★■　●★■ ・複合体内に感知・消火設備を設置 ▲-● ■ 設備	火災区域の感知・消火設備 ▲　● 複合体　分離用ラッピング ●★■　●★■ ・1時間耐火隔壁等の内部にある火災源は，複合体内のケーブルのみであり，複合体内の感知消火設備で影響軽減可能 ▲-● ■ 設備	同上 ▲：煙感知器 ●：熱感知器 ■：消火設備（ハロゲン化物自動消火設備） ●：熱感知器（光ファイバ熱感知器） ■：ハロゲン化物自動消火設備（局所） ★：熱感知チューブ ・熱感知チューブは，複合体内の火災に対してハロゲン化物自動消火設備(局所)を自動起動させるためのものであるが，動作信号を火災受電盤に警報として発報させることにより，感知器としての機能有

添付3　系統分離a　3時間耐火隔壁等の内部の火災に対する感知・消火について

◆ 審査基準2.3.1(2)のa.に従って実施する系統分離において，3時間隔壁等の内部の感知・消火設備は不要と考えている
◆ 建屋内で，分離基準a.の適用は通路部に単独で設置されている伝送器は，ケーブルの使用電圧も24Vと低く，火災が発生する可能性はほとんどない。万一，隔壁内部で発火しても，中央制御室にて，警報や指示値の異常により個別機器を特定し，現場確認に併せて速やかに消火器により消火可能である
◆ 屋外での対象は，屋上に設置されている中央制御室用のチラーユニット等であり，A／B号機間に隔壁を設置するが，チラーユニットは金属筐体内にあり，ケーブルも電線管で敷設されるため延焼の可能性は小さい。万一，発火した場合でも，中央制御室の警報にて特定可能であり，現場確認に併せて速やかに消火器により消火可能である



「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」のP52抜粋
（3時間耐火バリア内には感知器は設置されていない）



設計見直しについて

火災区域Ｒ－４　電気室の設計見直しについて

＜火災区域R-4：電気室＞

◆ 火災区域R-4は，安全区分Ｉの設備が配置されているが，安全区分Ⅲに属するHPCS系のケーブル2本がR-4区域内に敷設されているため,系統分離

・HPCSディーゼル室で火災が発生した場合，二酸化炭素自動消火設備によりCO2が放出されるが，この際，HPCSディーゼル室の換気系には，停止信号が入り停止する設計

・本ケーブルは，消火後，CO2排出のためHPCSディーゼル室の排気ファンを起動させる必要があるが，現場起動操作スイッチは，HPCSディーゼル室内にあるため，立ち入りできないため，HPCSディーゼル室外から手動起動するためのケーブルがＲ－４区域を経由して敷設されているもの

　ケーブルは，制御計装ケーブル2本であること，新規制基準対応に併せた消火設備の更新が必要なことから，Ｒ－４区域を経由しないように引き直し，系統分離することに変更