

東海第二発電所

内部火災について

平成29年8月3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
(火災区画・区域設定, 発生防止及び格納容器内火災防護)
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
 - (1) 火災感知設備の概要
 - (2) 消火設備の概要
8. 火災の影響軽減
 - (1) 系統分離
 - (2) 内部火災影響評価
9. 格納容器内の火災防護
10. 火災防護計画書の概要

本日ご説明範囲

1. 目的

基本事項

新規制基準により「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第八条及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第十一条で火災防護対策が示され、「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」に適合することを要求

新規制基準の“「発生防止」「感知・消火」「影響軽減」のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じること”を踏まえ、適合性確保に必要な火災防護対策を実施

1. 火災発生防止

火災源となる可燃物の持込管理、不燃性材料の使用及び発火性、引火性物質の漏えい防止の措置等、を講じてきたが、新規制基準への適合性を現場確認も含め確認し、対策としてポンプの油漏えい拡大防止、水素の発生のおそれのある蓄電池室に水素漏えい検出器を設置、絶縁油を内包しない遮断器へ変更等火災発生防止の強化実施

2. 火災の感知、消火

火災発生時に早期に感知し、適確に消火活動が行えるよう火災感知器及び消火設備を設置するとともに初期消火体制を組んできたが、確実な早期感知、早期消火の観点から異なる感知器の設置、消火困難箇所への自動消火設備の設置等の対策強化実施

3. 火災の影響軽減

火災の影響軽減の更なる強化として、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルに対して隔壁等による分離と合わせ火災感知器及び自動消火設備の設置により火災による影響を軽減するとともに、内部火災影響評価により火災によっても原子炉が安全に停止できることを確認

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に、火災防護対策を講じる設計とする。
- ◆ 火災防護対策を講じる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。

【火災区域及び火災区画の設定】

- ◆ 原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋、原子炉複合建屋の火災区域は、耐火壁によって囲まれ、他の区域と分離されている区域を、「安全機能を有する構築物、系統及び機器」において選定する機器等の配置も考慮し、火災区域(火災区画)として設定する。
- ◆ 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁、3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁(貫通部シール、防火扉、防火ダンパ含む)により他の区域と分離するように設定する。

【安全機能を有する構築物、系統及び機器】

- ◆ 発電用原子炉施設は、火災によりその安全性が脅かされることがないように、適切に火災防護対策を施す設計とし、対象は重要度分類のクラス1、クラス2、クラス3に属する構築物、系統及び機器とする。
- ◆ その上で、火災防護対象設備は、発電用原子炉施設内において火災が発生した場合においても、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための構築物、系統及び機器、および放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器とする。
- ◆ その他の設計基準対象施設は、消防法、建築基準法、日本電気協会電気技術規程・指針に基づき設備等に応じた火災防護対策を講じる設計とする。

7. 火災の感知, 消火 (1)火災感知設備の概要

(1/5)

火災感知設備の対応

- ◆安全機能を有する構築物, 系統及び機器に対し火災の影響を限定し, 早期に火災感知ができるように, 以下の火災感知設備を設置
- ◆火災感知器と受信機, 防災監視盤を含む火災感知設備は, 消防法をはじめとする関係法令要求及び審査。審査基準要求事項以外の火災感知設備は建築基準法, 消防法等に基づき設置

要求事項	設計方針
◆各火災区域における放射線, 取付面高さ, 温度, 湿度等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し, 早期に火災を感知できる場所に設置すること。	◆火災感知器は, 火災区域等における環境条件や, 炎が生じる前に発煙すること等, 予想される火災の性質を考慮して型式を選定し, 早期に火災を感知できる場所に設置する ◆難燃ケーブルの代替措置(複合体)の内部にも火災感知器を設置
◆火災を早期に感知できるよう固有の信号を発する異なる種類の感知器又は同等の機能を有する機器を組み合わせることで設置すること。また, 設置にあたっては, 感知器等の誤作動を防止するための方策を講じること。	◆火災感知設備については, 環境条件等に応じて適切な種類を選択し, 「固有の信号を発する異なる種類の感知設備」を組み合わせることで設置 ◆原則としてアナログ式の「煙感知器」及びアナログ式の「熱感知器」を選定して設置
◆外部電源喪失時に機能を失わないように, 電源を確保する設計であること。	◆外部電源喪失時においても, 火災の感知が可能ないように非常用電源からの受電可能とするとともに, 受信機には蓄電池を設置する設計
◆中央制御室等で適切に監視できる設計であること。	◆受信設備は, 中央制御室等に設置し, 常時監視できる設計

【原則と異なる火災感知器について】

- ◆非アナログ式感知器 (感知器の配線を単独にするなどして, アナログ式と同様に固有の信号を特定可能なように設置)
 - 防爆型感知器(熱及び煙)・・・可燃性のガスの蓄積が想定され防爆型が必要と考えられる箇所に選定
 - 炎感知器・・・空間容積が大きく, 熱や煙が拡散し易い箇所は炎感知器(赤外線)を選定
 - 熱感知器・・・放射線量が高くアナログ式感知器を設置できない区画には, 非アナログ式を選定
- ◆光ファイバーケーブル式熱感知器(アナログ式)・・・非難燃ケーブル複合体等に沿って, 光ファイバーケーブルによる熱感知を選定
- ◆熱感知カメラによる火災感知(アナログ式)・・・屋外環境のため熱や煙感知器が設置できない区画には赤外線カメラを選定

7. 火災の感知, 消火 (1)火災感知設備の概要

修正

(2/17)

【火災区画における感知器の組合せ】

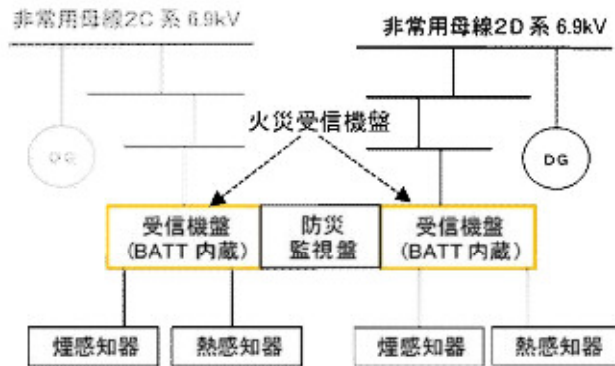
火災感知器の設置場所	火災感知器の設置型式	
一般エリア (「異なる種類の火災感知器」の設置要求を満足するため、アナログ式の感知器を設置)	煙感知器 (感度:煙濃度10%)	熱感知器 (感度:温度60~70℃)
	火災時に発煙段階から感知できる煙感知器を設置	火災時に生じる熱を感知できる熱感知器を設置
蓄電池室 軽油貯蔵タンクエリア/非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプエリア (水素や揮発した燃料油により発火性ガスの充満する可能性がある区画)	煙感知器(防爆型) (感度:煙濃度10%)	熱感知器(防爆型) (感度:温度65℃)
	防爆型煙感知器を設置	防爆型熱感知器を設置
海水ポンプエリア (屋外環境のため火災による煙, 熱が拡散する区画)	炎感知器(赤外線) (炎の赤外線波長を感知)	熱感知カメラ(赤外線) (感度:温度80℃)
	熱は周囲に拡散するため炎感知器を設置	外部環境を考慮した温度設定による誤動作防止
原子炉建屋オペレーティングフロア (天井が高く床面積が広いため火災による熱が拡散する区画)	炎感知器(赤外線) (炎の赤外線波長を感知)	煙感知器(光電式分離型)
	熱は周囲に拡散するため炎感知器を設置	高所設置に適した分離型を採用
原子炉格納容器 (運転中は窒素雰囲気中で火災は想定されないが, 温度・放射線によりアナログ式感知器が適さない区画)	煙感知器 (感度:煙濃度10%)	熱感知器 (感度:温度70~80℃)
	火災が想定されない窒素封入後は火災感知信号を除外する運用とし, 原子炉停止後は速やかに取替, 復旧実施	
主蒸気管トンネル室 (運転中は放射線量が高いが常時監視が必要な区画)	煙感知器(煙吸引式)	熱感知器 (感度:温度70~93℃)
	放射線影響を受けないよう検出器部位を主蒸気トンネル室外に設置	放射線の影響を受けない非アナログ式熱感知器を設置

■:非アナログ式

【火災受信機盤について】

- ◆受信機盤は中央制御室に設置し, 個々の火災感知器の作動状況を常時監視できる設計
- ◆受信機盤は, 非常用電源に接続し, 感知器には受信機盤(蓄電池内蔵)から給電される設計

火災感知設備	主な機能	画面表示(イメージ)
火災受信機盤	<ul style="list-style-type: none"> ・火災発生場所を感知器単位で文字表示 ・トレンドグラフで煙濃度又は温度を表示 ・火災に至る前の注意警報により, 早期の初期対応が可能 ・自動試験機能あり 	
防災監視盤 (表示盤)	<ul style="list-style-type: none"> ・火災発生場所を感知器単位で平面地図表示 ・火災発生場所を感知器単位で文字表示 ・履歴リスト表示 	

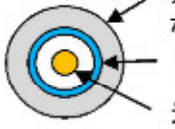


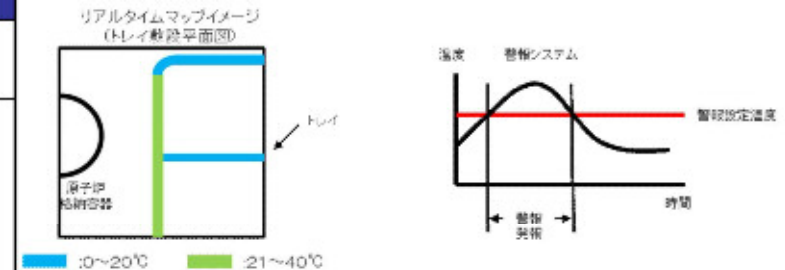
7. 火災の感知, 消火 (1)火災感知設備の概要

(4/17)

【非難燃ケーブルに対する代替措置(複合体)の火災感知について】

- ◆複合体は内の火災は, 複合体外部に設置されるアナログ式の熱及び煙感知器に加え, 複合体毎に光ファイバケーブル式熱感知器を設置し, 早期にケーブル火災を感知

項目	説明	
原理	光ファイバ自身が温度センサーとなり, 光ファイバ全長に沿った長距離の連続的な温度分布が確認可能	
材料	<ul style="list-style-type: none"> ・外被材料: SUS (被覆: 難燃架橋ポリエチレン) ・光ファイバ材質: 石英 ・適用温度範囲: -20°C~150°C 	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・光ファイバ布設方向に対し2m以下の分解能 ・ケーブル敷設エリア毎に温度表示 ・温度測定値が設定値(60°C)を超えた場合に警報を発報 	<p>代表的な機種の外観</p> 




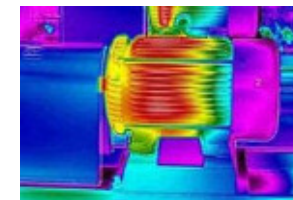
光ファイバ温度監視装置による監視

「火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術基準上の規格を定める省令」で求められる性能を有していることを確認

【熱感知カメラによる火災感知】

- ◆海水ポンプエリアの屋外に設置する感知器は煙や熱が拡散し火災が感知できない可能性が高いため, 熱感知カメラを死角がないように設置し, 火災を感知

項目	説明	
原理	物体から発する赤外線の波長を温度信号として捕え, 温度を連続的に監視	
特徴	赤外線は温度が高くなるほど強くなるため, 強さを色別して温度マップとして画像に映し, 一定の温度に達すると警報を発する火災感知設備	<p>代表的な機種の外観</p> 



熱感知カメラによる監視

【中央制御室制御盤内の火災感知について】

◆ 制御盤内に高感度煙感知器又は超高感度煙センサにより盤内火災を早期に感知

火災感知器の設置場所 (設置場所の特徴等)	火災感知器の設置型式
<p>中央制御盤内 安全系機能を有する制御盤内での火災に対して、区画に設置する煙と熱感知器とは別に、早期消火活動を行うことを考慮して高感度の煙感知器を設置 (高感度煙感知器は制御盤の特徴を考慮して選定)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 盤内の火災を初期段階から検知するため、制御装置や電源盤用に開発された高感度煙感知器、超高感度煙センサを設置 ◆ 盤内天井に間仕切りがある場合は、感知器までの煙の伝搬が遅れる可能性を考慮し、盤内天井の間仕切り毎に設置 ◆ 動作感度は、誤作動の可能性を考慮し、盤内の設置環境に応じて適切に設定 ◆ 運転員の目の前の制御盤は、盤面にガタリがあり、煙発生を運転員が早期発見可能なため設置しない
	<p style="text-align: center;">高感度煙感知器 (感度: 煙濃度 0.1~0.5%)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 動作感度を一般エリアの煙濃度10%に対し煙濃度0.1~0.5%と設定することにより、高感度感知可能 <div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">煙の流れ</p> </div> <p style="text-align: center;">煙の動線構造を垂直にし、電子部品の発熱による気流の煙突効果を促すことにより、異常時に生じた煙をより早く確実に把握</p>
	<p style="text-align: center;">高感度煙センサ(感度: 煙濃度0.01~20%)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 制御盤内の空気をサンプリングし、高感度煙センサによりサンプリング空気中の煙濃度を設定することにより感知 <div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">超高感度煙センサ</p> <p style="text-align: center;">制御盤内の空気をサンプリングし、高感度センサにより煙を検知</p> </div>	

7. 火災の感知, 消火 (2)消火設備の概要

(1/17)

(2)消火設備の概要

- ◆安全機能を有する構築物, 系統及び機器に対し, 火災の影響を限定し早期に消火するため, 以下の消火設備を設置
- ◆消火設備は消防法をはじめとする関係法令要求及び審査基準に合致するように設計
- ◆下記以外の消火設備は, 建築基準法, 消防法等に基づき設置

要求事項	設計方針(基本的な考え方)
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 原子炉の高温停止等を達成し, 維持するための安全機能を有する構築物, 系統及び機器が設置される火災区域又は火災区画であって, 煙の充満等により消火活動な困難なところには, 自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置 ◆ 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又は火災区画についても同様 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 火災区画等に設置する消火設備は, 煙の充満等により消火活が困難となるかを可燃物状況, 設置環境を考慮して自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 消火用水供給系の水源及び消火ポンプ系は, 多重性又は多様性を備えた設計 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 必要水量を確保できる水源(タンク)を多重化し, 消火ポンプは電動式及びディーゼル駆動式を1台ずつの配備により多重性及び多様性を考慮
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 系統分離を行うために設けられた火災区域等に設置される消火設備は, 系統分離に応じた独立性を備えた設計 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 異区分の火災防護対象設備等を設置する火災区画等に対して, 1つの消火設備で消火を行う場合は, 容器弁及びポンペを必要数より多く設置し, 容器弁の単一故障により同時に機能を喪失しない設計 ◆ 異区分の火災防護対象設備を同一の区画に設置する火災区画等に対して, 選択弁の単一故障により機能が喪失しないよう, 選択弁は多重化する設計
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 消火設備は, 煙, 流出流体等による二次的影響が安全機能を有する機器等に影響を与えない設計 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ ガス消火に用いる消火剤は絶縁性の高いガスを採用し, 火災が発生している区域等からの影響のみならず, 煙, 流出流体, 断線等により, 火災の発生していない設備等にも影響を与えない設計 ◆ これら設備のポンペ等は, 火災の影響を受けないように消火対象設備が設置されているエリアとは別のエリアに設置
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 可燃性物質の性状をふまえ, 火災の性質に応じた十分な容量の消火剤を備える設計 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ ガス消火設備については, 消火対象に応じて, 消防法施行規則第十九条, 第二十条等に基づき必要量の消火剤を確保 ◆ 消火器については, 消防法施行規則第六条～第八条に基づき必要量を配備

7. 火災の感知, 消火 (2)消火設備の概要

(2/17)

要求事項	設計方針(基本的な考え方)
◆ 移動式消火設備を配備	◆ 「 <u>実用発電用原子炉の設置, 運転等に関する規則</u> 」第八十三条に基づき, 化学消防自動車, 泡消火薬剤又は水槽付消防ポンプ車を配備
◆ 消火剤に水を使用する消火設備は, 2時間の最大放水量を確保できる設計	◆ 消火栓については, <u>消防法施行令</u> 第十一条(屋内消火栓)及び十九条(屋外消火栓)を満足するよう, 2時間の最大放水量を確保する設計
◆ 消火用水供給系をサービス系または水道水系と共用する場合は, 隔離弁等により消火用水の供給を優先する設計	◆ 消火用水供給系をサービス系と共用する場合には隔離弁を設置し, 通常全閉とすることで消火用水供給が優先可能なように設計 ◆ 水道水系とは共用しない設計
◆ 消火設備は, 故障警報を中央制御室に吹鳴する設計	◆ 消火ポンプ, ガス消火設備, 電源断等の故障警報は中央制御室に発する設計
◆ 消火設備は, 外部電源喪失時に機能を損なわないように, 電源を確保する設計	◆ <u>ディーゼル消火ポンプ</u> は外部電源喪失時でも起動できるように専用の蓄電池により電源を確保した設計 ◆ <u>ガス消火設備</u> は, 非常用電源から受電するとともに, 設備の作動に必要な電源を供給する蓄電池を設ける設計。 ◆ <u>ケーブルトレイ(複合体内)の局所ガス消火設備</u> は作動電源が不要な設計
◆ 消火栓は全ての火災区域の消火活動に対処できるように配置する設計	◆ 消火栓は, <u>消防法施行令</u> 第十一条及び十九条に準拠して配置することで, 全ての火災区域の消火活動に対処できるように配置する設計
◆ 固定式ガス消火設備は, 作動前に職員等の退避ができるように警報を吹鳴させる設計	◆ 全域ガス消火設備は, 作動前に職員等の退避ができるように, 警報又は音声警報を吹鳴し, 25秒以上(法令要求は20秒以上)の時間遅れをもってガスを放出する警報を吹鳴させる設計 ◆ <u>ハロン消火設備</u> は, 消火剤に毒性はないが, 消火時に生成されるフッ化水素が周囲に拡散することを踏まえ, 設備作動前に退避警報を発する設計 ◆ <u>ケーブルトレイ用の局所ガス消火設備</u> は, 消火ガスがトレイ内に留まる外部に有意な影響を与えないため作動前に退避警報を発しない設計
◆ 管理区域内での消火設備から消火剤が放出された場合に, 放射性物質を含むおそれのある排水が管理区域外へ流出することを防止する設計	◆ 管理区域と非管理区域の境界に堰等を設置するとともに, 各フロアの建屋内排水系により液体廃棄物処理系に回収し, 処理する設計
◆ 電源を内蔵した消火設備の操作等に必要な照明器具を必要な火災区域及びその出入通路に設置する設計	◆ 消防法で要求される消火時間20分に現場への移動等の時間(最大約1時間)も考慮し, 12時間以上の容量の蓄電池を内蔵する照明器具を設置

7. 火災の感知, 消火 (2)消火設備の概要

(3/17)

◆ 具体的な消火設備と設置箇所は以下のとおり

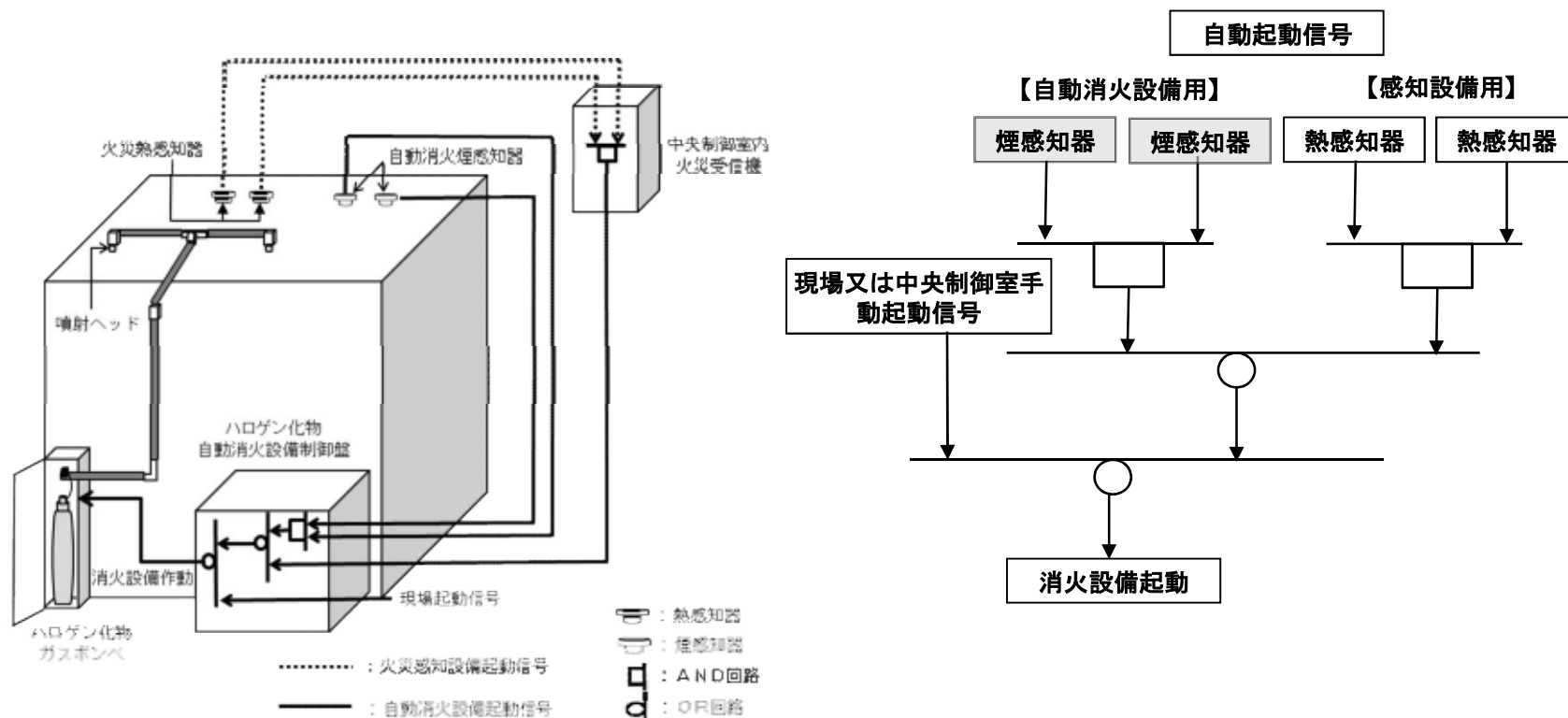
消火設備	設置箇所
水消火設備(消火栓)	各建屋及び屋外
消火器	各建屋内
ハロゲン化物自動消火設備(全域) ・ハロン1301	電気室, ポンプ室, ケーブル処理室等の全域消火可能な区画等
ハロゲン化物消火設備(局所) ・ハロン1301 ・FK-5-1-12	ハロン1301:原子炉建屋通路部の油内包機器, 電源盤, 制御盤 FK-5-1-12:ケーブルトレイ(非難燃ケーブル複合体)
二酸化炭素消火設備(全域)	非常用ディーゼル発電機室 非常用ディーゼル発電機燃料デイトンク室
消火用水(水源)	・多目的タンク(約1, 500m ³) ・ろ過水タンク(約1, 500m ³)
消火ポンプ	・電動機駆動消火ポンプ×1 ・ディーゼル駆動消火ポンプ×1
移動式消火設備	・化学消防自動車 ・水槽付消防ポンプ車

7. 火災の感知, 消火 (2)消火設備の概要

(4/17)

【ハロゲン化物自動消火設備(全域)について】

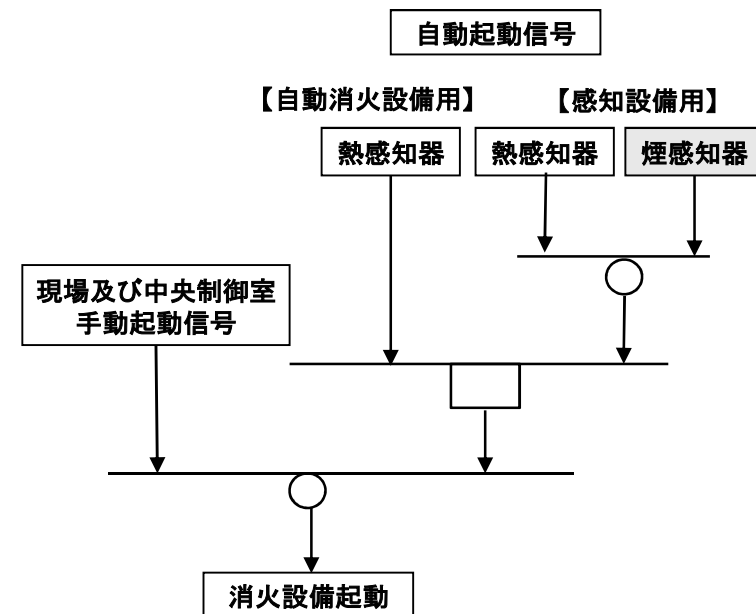
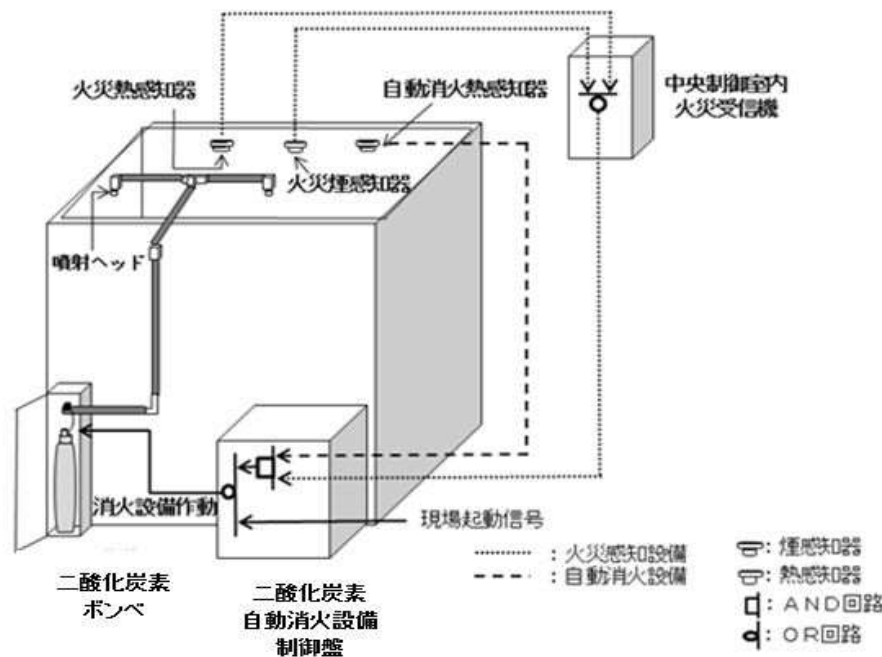
- ◆ ハロゲン化物自動消火設備(全域)は, 電気室, ポンプ室, ケーブル処理室等の火災区域(区画)に設置
- ◆ 誤作動防止のため, 感知設備用(熱感知器)又は自動消火設備用(煙感知器)の各々2つのAND条件で作動



ハロゲン化物自動消火設備の動作概要図

【二酸化炭素自動消火設備について】

- ◆ 二酸化炭素自動消火設備は, 非常用ディーゼル発電機室, 非常用ディーゼルディタンク室の火災区域(区画)に設置
- ◆ 誤作動防止のため, 感知設備用(熱感知器及び煙感知器のいずれか)と自動消火設備用(煙感知器)のAND条件で作動



二酸化炭素自動消火設備の動作概要図

7. 火災の感知, 消火 (2)消火設備の概要

図適正化

(6/17)

【ハロゲン化物消火設備(局所)について】

- ◆ ハロゲン化物消火設備(ハロン1301)は, 煙の充満等による消火困難となる火災区域(区画)のうち, 原子炉建屋通路部の油内包機器, 電源盤, 制御盤を消火対象として設置
- ◆ 誤作動防止のため, 感知設備用(熱感知器)又は自動消火設備用(煙感知器)の各々2つのAND条件で作動させるとともに, 中央制御室又は現場での手動起動による早期消火可能な設計

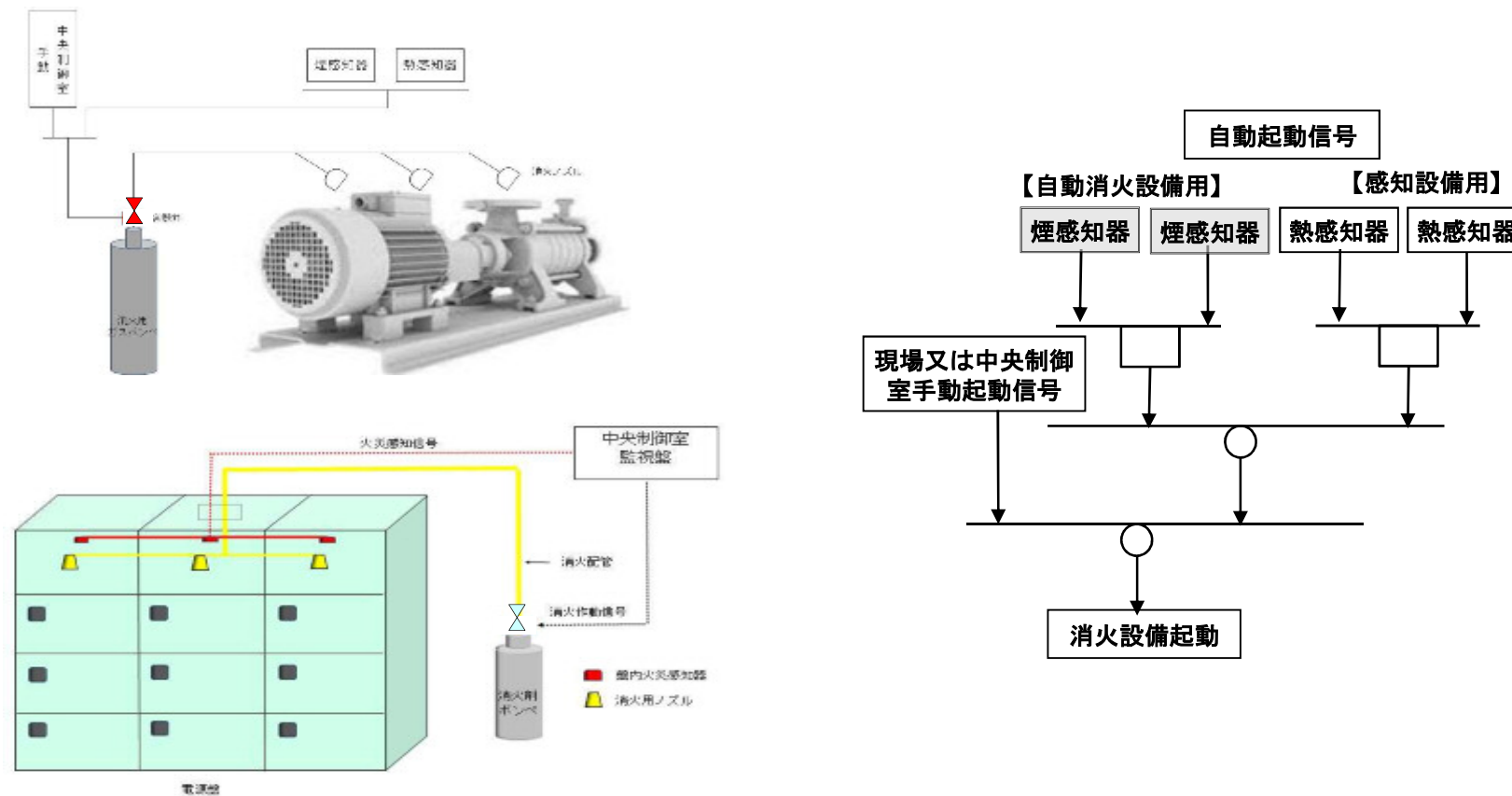


図 ハロゲン化物消火設備(局所)の動作概要図

7. 火災の感知, 消火 (2)消火設備の概要

(7/17)

【ハロゲン化物消火設備(局所)について(複合体内)】

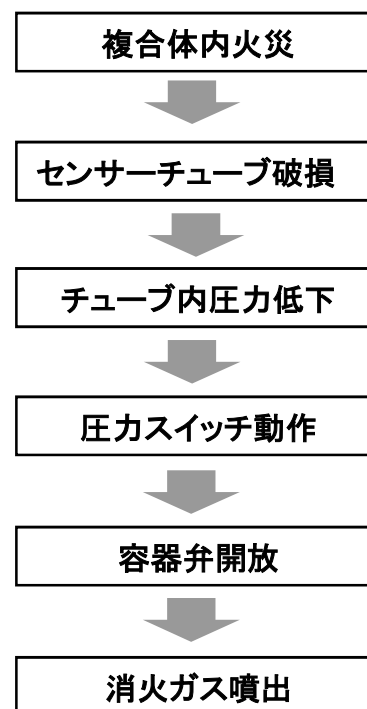
- ◆ 火災区域(区画)に設置する感知器とは別に, 光ファイバケーブル式熱感知器設置
- ◆ 複合体内設置する火災検知チューブにより局所ハロゲン化物消火設備(FK-5-1-12)が自動作動する設計

<誤動作防止と信頼性>

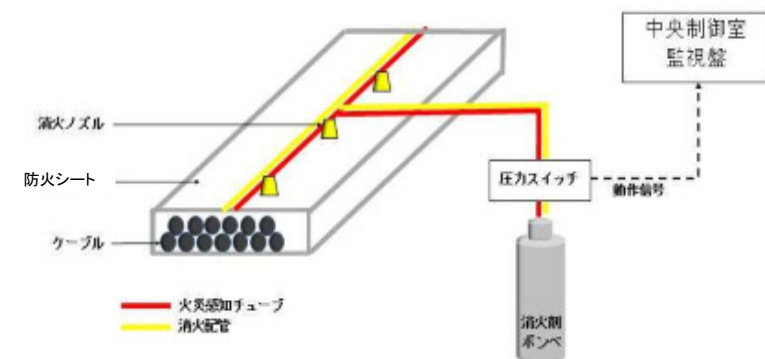
- 単純構造で誤動作の可能性小
- 中央制御室では消火ガスの放出信号を検知する設計で, 現場確認で消火設備が動作していない場合には, 現場での手動起動可能
- また, 複合体内の感知器(光ファイバケーブル式熱感知器)により中央制御室に警報が発するため, 現場での手動起動可能

<消火ガス>

FK-5-1-12(代替ハロン)
($\text{CF}_3\text{-CF}_3\text{-C(O)-CF}(\text{CF}_3)_2$)



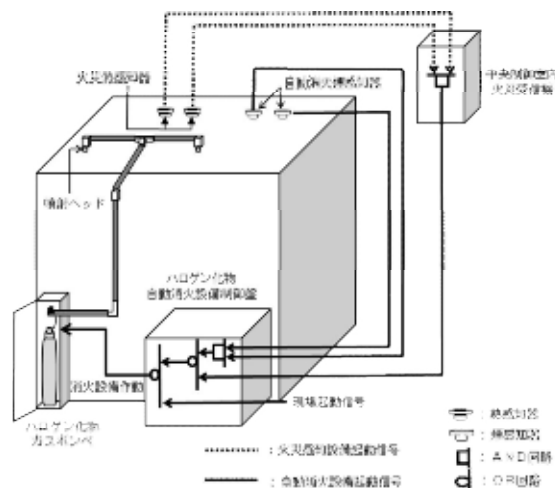
消火設備動作フロー図



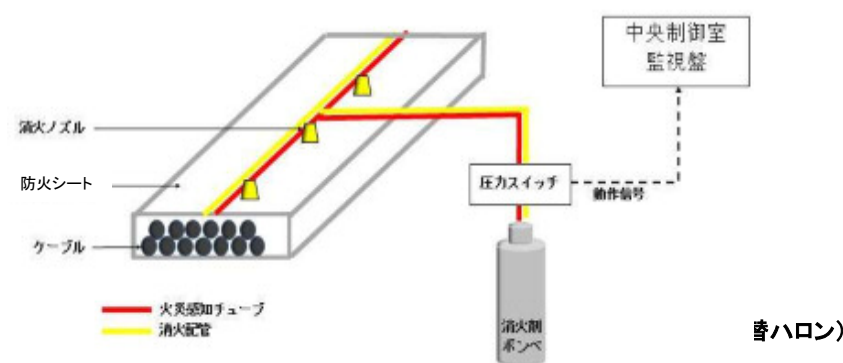
ケーブルトレイ(複合体内)の消火設備の概念図

【ケーブル処理室の感知・消火設備】

- ◆ケーブル処理室には, ケーブルが集中しており, 難燃ケーブルの代替措置として複合体を形成
- ◆ケーブル処理室全体を1つの火災区域として区分分離するためハロゲン化物自動消火設備(全域)を設置
- ◆複合体内の火災を早期に感知するため, 区域内の火災感知器とは別に, 光ファイバーケーブル式熱感知器を設置
- ◆複合体内部の消火は火災検知チューブが溶融することで消火ガスが自動放出するハロゲン化物消火設備を設置



ハロゲン化物自動消火設備(全域)について
(区画分離に係る消火)



ハロゲン化物消火設備(局所)について
(非難燃ケーブル(複合体)に対する消火)

8. 火災の影響軽減(1)系統分離

(1/17)

【要求事項】

2.3.1 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し、以下の各号に掲げる火災の影響軽減のための対策を講じた設計であること。

要求事項	
(1)原子炉の高温停止及び低温停止に係わる安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域については、3 時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって他の火災区域から分離すること。	
(2)原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その相互の系統分離及びこれらに関連する非安全系のケーブルとの系統分離を行うために、火災区画内又は隣接火災区画間の延焼を防止する設計であること。 具体的には、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルが次に掲げるいずれかの要件を満たしていること。	a. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間が3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離されていること。
	b. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間の水平距離が6m以上あり、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。この場合、水平距離間には仮置きするものを含め可燃性物質が存在しないこと。
	c. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間が1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離されており、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。
(3)放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域については、3 時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって他の火災区域から分離されていること。	
(4)換気設備は、他の火災区域の火、熱、又は煙が安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域に悪影響を及ぼさないように設計すること。また、フィルタの延焼を防護する対策を講じた設計であること。	
(5)電気ケーブルや引火性液体が密集する火災区域及び中央制御室のような通常運転員が駐在する火災区域では、火災発生時の煙を排気できるように排煙設備を設置すること。なお、排気に伴い放射性物質の環境への放出を抑制する必要が生じた場合には、排気を停止できる設計であること。	
(6)油タンクには排気ファン又はベント管を設け、屋外に排気できるように設計されていること。	

8. 火災の影響軽減(1)系統分離

(2/17)

安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じて、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における影響に対して、火災の影響軽減のための対策を講じた設計を要求

原子炉の高温停止・低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器に対して火災の影響を考慮して、火災防護対象機器(火災防護対象ケーブルを含む)を選定

原子炉の安全停止に必要な機器等を設置する火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって、他の火災区域から分離

系統分離(区分分離)は、以下のように実施

- (1)火災が発生しても原子炉を安全に停止するため、プロセスを監視しながら原子炉を停止し、冷却を行うため、手動操作に期待してでも原子炉を安全停止するために必要な機能を確保
- (2)このため、単一の火災(任意の一つの火災)の発生によっても、多重化された原子炉の安全停止機能が全て喪失することのないよう、原子炉の安全停止に必要な火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、以下に示すいずれかの方法で系統分離
- (3)安全停止機能が、少なくとも一つは確保できるように、互いに相違する系列の火災防護対象機器等が、
 - ①3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離
 - ②水平距離で6m以上の離隔、かつ、火災感知設備及び自動消火設備の設置
 - ③1時間耐火隔壁による分離、かつ、火災感知設備及び自動消火設備の設置

8. 火災の影響軽減(1)系統分離

(3/14)

- ◆ 原子炉の高温停止，低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。具体的には，安全区分のⅠとⅡ，Ⅲを3時間耐火能力を有する隔壁等により系統分離
- ◆ 単一の火災の発生によっても，多重化された原子炉の安全停止機能が全て喪失することのないよう，原子炉の安全停止に必要な火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて系統分離
- ◆ 3時間耐火能力を有する隔壁等で囲まれた火災区域内のある異区分の設備については，審査基準2.3に基づく以下の影響軽減のいずれかを実施
 - ①3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離
 - ②1時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離，かつ，火災感知設備及び自動消火設備

なお，異区分の設備は，必ずしも火災区域(区画)を設定しての区画分離が必要ではないため，当該設備(例えば，火災区分Ⅰにある安全区分Ⅱの弁)の影響軽減については，当該設備周辺の設備配置状況を考慮して，火災区域(区画)として設定するか，火災区域(区画)として設定せず，審査基準2.3「火災の影響軽減」で規定される影響軽減対策を実施

	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
低温停止	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

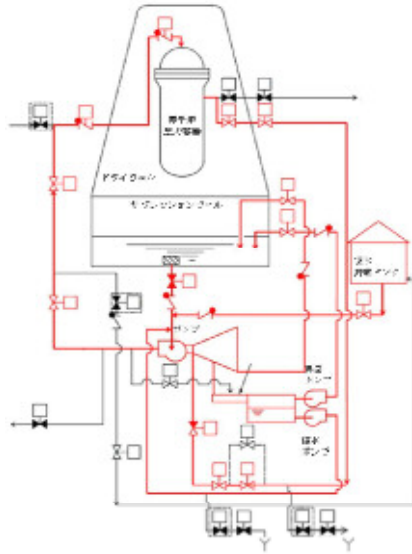
▲ 区分Ⅰと区分Ⅱ，Ⅲの境界を3時間以上の耐火能力を有する耐火壁等で分離

8. 火災の影響軽減(1)系統分離

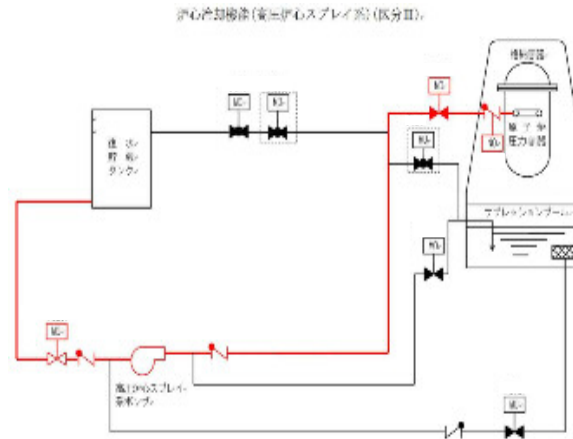
(4/17)

【高温停止(注水)に必要な系統】

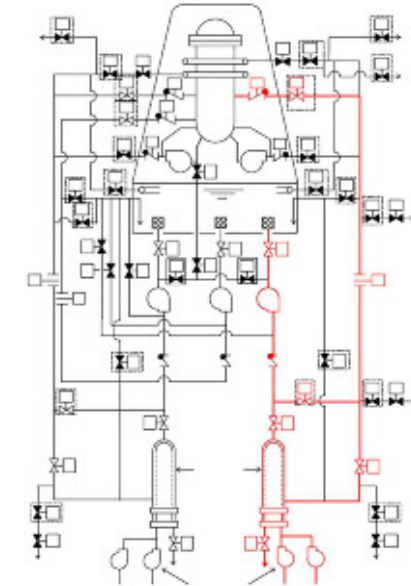
①原子炉隔離時冷却系(I)



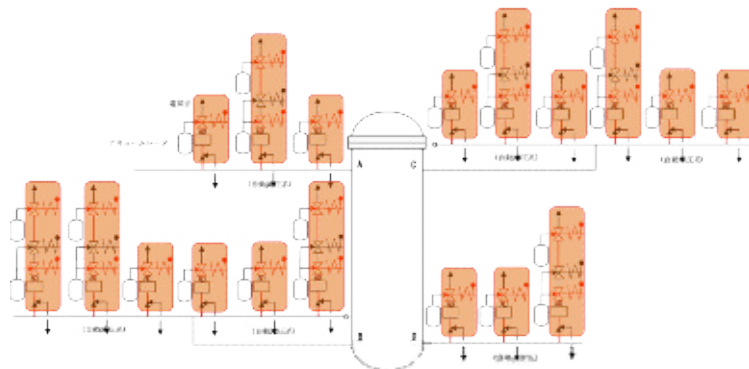
②高圧炉心スプレイ系(III)



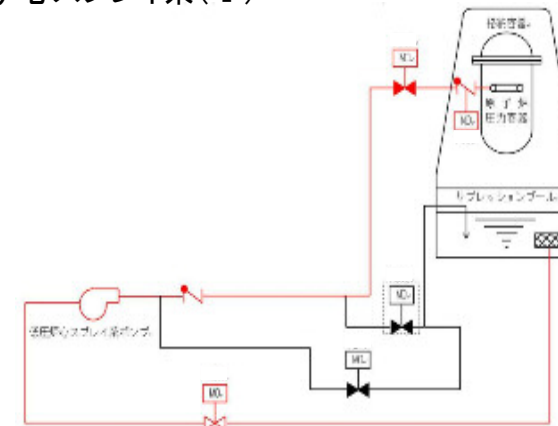
③残留熱除去系(低圧注水モード)(I), (II)



④自動減圧系(I), (II)



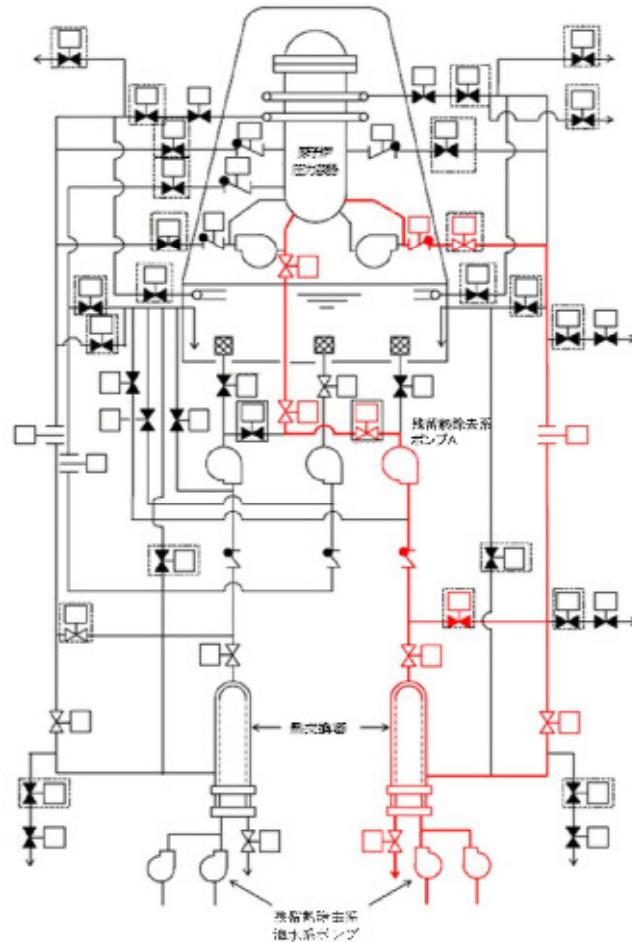
⑤低圧炉心スプレイ系(I)



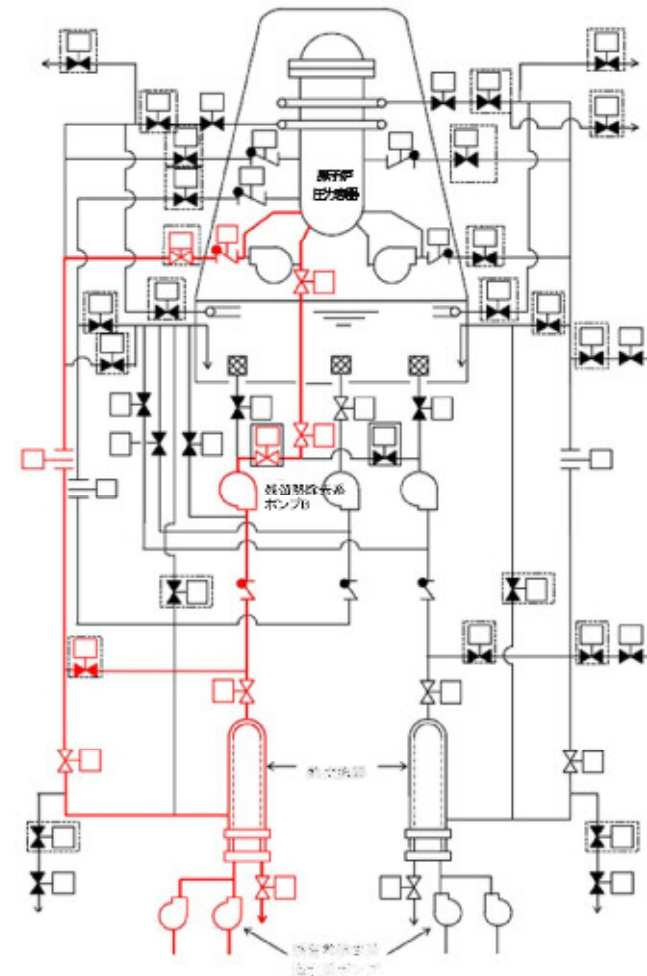
・高温停止(注水)に必要な系統として5つの系統を抽出

【冷温停止及び維持に必要な系統】

①残留熱除去系(原子炉停止時冷却モード)(I)



②残留熱除去系(原子炉停止時冷却モード)(II)

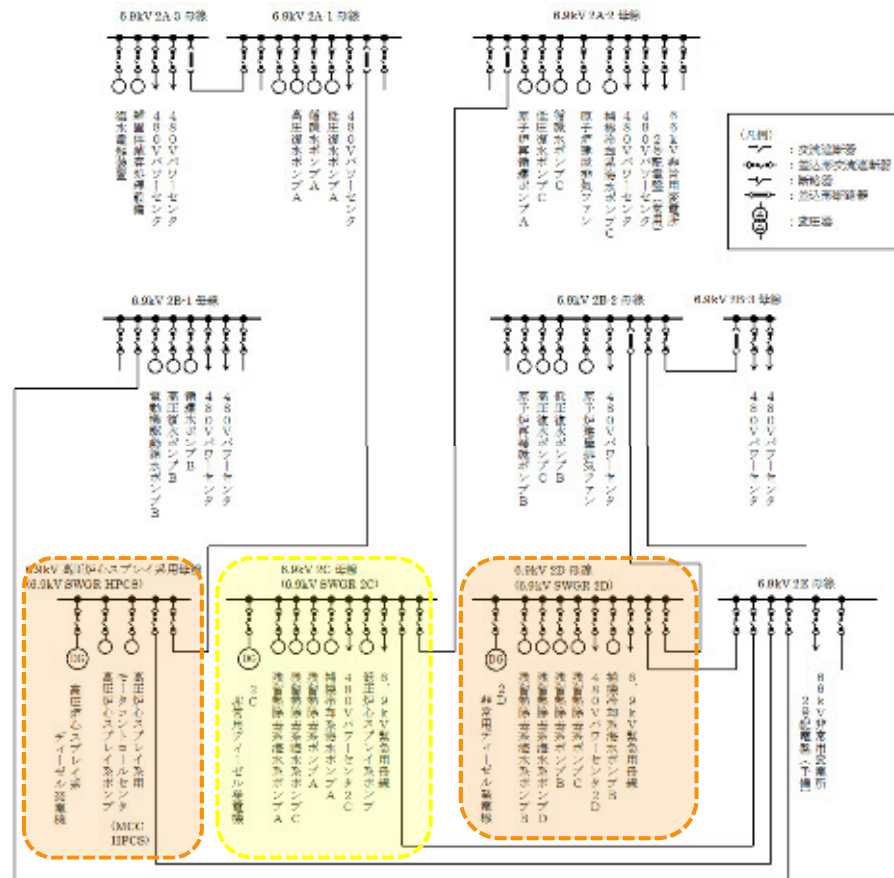


8. 火災の影響軽減(1)系統分離

(6/17)

【高温停止, 冷温停止及び維持に必要な電源系統】

①交流電源系(I), (II)・(III)

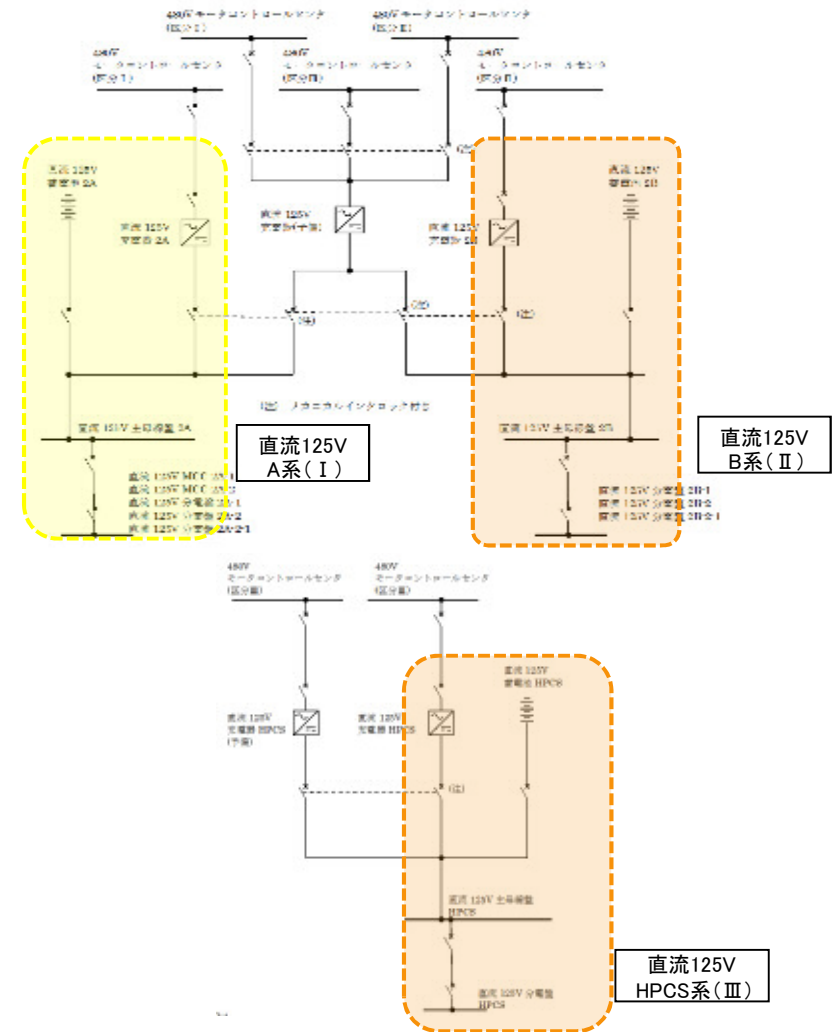


高圧炉心スプレイ系
ディーゼル発電機
及び非常用母線(Ⅲ)

非常用ディーゼル発
電機2C及び非常用
母線(Ⅰ)

非常用ディーゼル発
電機2D及び非常用
母線(Ⅱ)

②直流電源系(I), (II)・(III)



【具体的な火災の影響軽減対策】

要求項目		具体的な対応方針	
		対応方針	具体例
安全停止に係わ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る分離		火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって、他の火災区域から分離	・150mm以上のコンクリート壁により安全区分を分離
安全停止に係る互いに相違する火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離	a. 互いに相違する系列間が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、 <u>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</u>	【区分Ⅰ内に設置される区分Ⅱ・Ⅲのケーブルトレイ】 ・3時間以上の耐火能力を有するラッピングでケーブルケーブルトレイを分離
	b. 互いに相違する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、水平距離間には可燃性物質が存在しないこと。	—	—
	c. 互いに相違する系列間が1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が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、 <u>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</u>	【ケーブル処理室】 ・1時間以上の耐火障壁又は耐火ラッピング設置 ・火災感知設備設置 ・自動消火設備設置（ハロゲン化物自動消火設備）

8. 火災の影響軽減（系統分離と影響評価） 作成中

(1/1)

【系統分離要求事項】

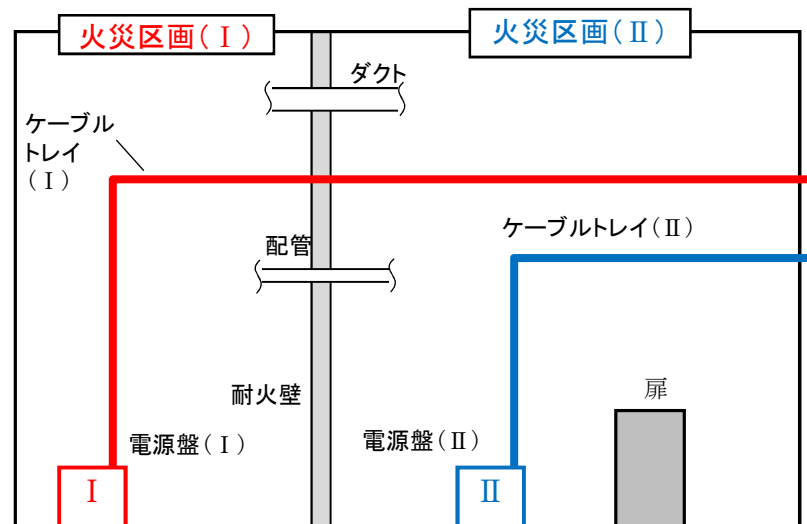
安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し、以下の各号に掲げる火災の影響軽減のための対策を講じた設計であること。

【影響評価要求事項】

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。

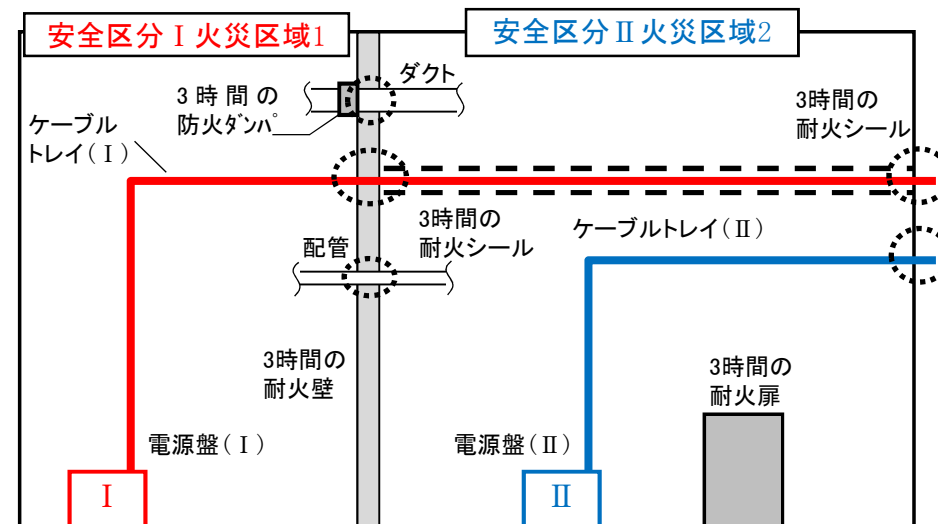
区域(区分)	異区分設置機器(区分)	系統分離対策	影響評価
R-1	E51-AO-F005(Ⅱ) (RCIC真空タンク復水排水第二止め弁)	1時間又は、3時間以上の耐火能力を有する隔壁又は、ラッピングで系統分離	電磁弁用電源が安全区分Ⅱから供給されているが、通常時閉、事故時閉であり、ケーブルを含む電源系が火災により機能喪失しても機能に影響なし
	MO-V25-1003 (事故時サンプリングライン第一止め弁)	1時間又は、3時間以上の耐火能力を有する隔壁又は、ラッピングで系統分離	通常時閉、事故時閉であり火災による影響は受けない。なお、弁は二重化されているため、誤動作を考慮しても影響を受けない。 安全停止には必要はない。
R-3	C61-P001(Ⅰ) (中央制御室外原子炉停止制御盤)	3時間以上の耐火能力を有する耐火壁等で系統分離	
	MCC 2C-6他 (電源盤)(Ⅰ)	1時間又は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁等で系統分離	
R-6	ケーブル処理室	安全区分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲのケーブルが敷設されており、安全区分Ⅱ、Ⅲのケーブルトレイを個別に影響軽減対策実施	
R-7			
R-8	LT-B22-N044B (原子炉水位計(燃料域) 安全区分Ⅱ)		監視計器であるが、安全保護系としての水位計は別に4台設置されており、機能への影響はない。 他の監視計器にて監視が可能
		MCR空調、スイッチギア室空調、バッテリー室空調は、3時間又は1時間以上の耐火能力を有する障壁で系統分離	

【安全停止機能のため系統分離が必要な場合の例】



対策前

- ◆ 火災区画(II)に安全区分IIの電源盤, ケーブルトレイが設置される区画において, 安全区分Iのケーブルトレイが設置
- ◆ 安全区分IIのケーブルトレイが火災によりケーブル機能を喪失した場合, 安全区分Iのケーブルも同時に機能喪失することから, 安全区分Iを火災防護対策することにより, 安全停止パス(系統)を確保



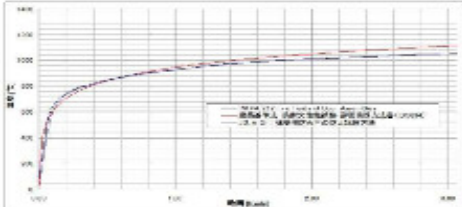
⊙ : 3時間の耐火貫通部耐火処理 ≡ : 3時間の耐火ラッピング






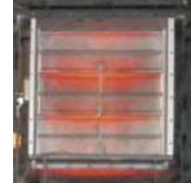
対策後

- ◆ 火災区域を3時間の耐火壁(耐火障壁含む)及び耐火シール等で分離
- ◆ 火災区域2のエリアにおいて, 安全区分Iのケーブルトレイに3時間の耐火ラッピングを施工することにより, 火災区域2の火災時, 安全区分Iのケーブルトレイを防護し, 安全停止パスが成立

【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」には，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，耐火性能を確認し，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	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（IS0834加熱曲線による加熱試験） 以降，耐久性試験共通 	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
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)
					

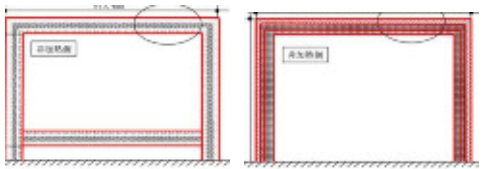
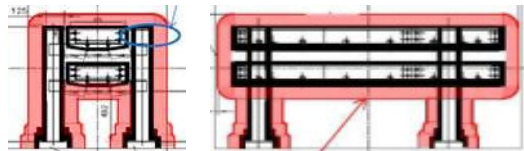
8. 火災の影響軽減（1）系統分離

(10/17)

◆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 (IS0834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しないこと	合格
電線管貫通部					合格

【間仕切り(障壁)、ケーブルトレイ等※ラッピングの3時間耐久試験】

供試体	供試体外観	判定基準	試験結果
間仕切り		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しないこと	合格
3時間耐火ラッピング		①外観確認 ・著しい変化が生じないこと ・試験後、ケーブル及びトレイ表面に延焼の痕跡がないこと ・放水試験後、ラッピングに貫通口が生じないこと ②電気特性確認 ・導通確認、絶縁抵抗の低下がないこと(10MΩ以上)	合格

8. 火災の影響軽減（1）系統分離

(11/17)

【耐火障壁の3時間及び1時間耐久試験】

供試体	供試体仕様	試験概要	判定基準	試験結果
1時間耐火材		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しないこと	合格
3時間耐火材				合格

【ケーブルトレイ等※の1時間耐久試験】

供試体	確認内容	試験概要	判定基準	試験結果
1時間耐火ラッピング	①火災防護対象ケーブルの延焼による異区分のケーブルへの影響		電気特性確認 ・導通確認 ・絶縁抵抗の低下がないこと(10MΩ以上)	合格
	②異区分のケーブル延焼による火災防護対象ケーブルへの影響			合格

※電線管についても1時間の耐久試験を実施し合格

8. 火災の影響軽減（1）系統分離

修正

(12/17)

【中央制御盤内の火災の影響軽減対策（1/2）】

◆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している。

- ◆操作スイッチは，厚さ1.6mmの鋼板製筐体で覆い，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
- ◆金属外装ケーブル
- ◆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以上の鋼板で分離することで，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】 【操作スイッチ表面】



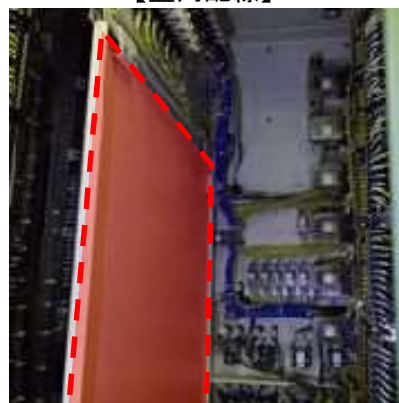
金属製筐体
厚さ:3.2mm



60mm以上

約35mm

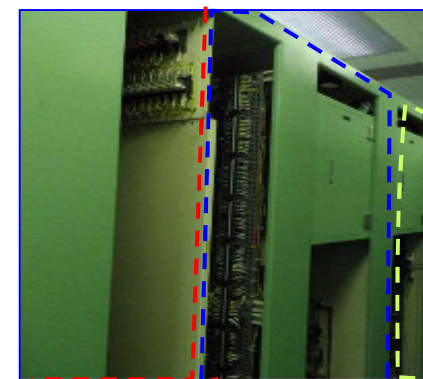
【盤内配線】



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（2/2）】

◆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、高感度の煙感知設備を設置

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
- ◆火災の発生箇所の特定が困難な場合も想定し、サーモグラフィカメラ等、火災の発生箇所を特定できる機器を配備
- ◆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、中央制御室内の一つの制御盤の機能がすべて喪失したと仮定しても、他の制御盤での運転操作により、原子炉の高温停止及び低温停止の達成，維持が可能な設計とする

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、高感度の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系列への延焼を防止。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される。

【中央制御室床下の火災の影響軽減対策】

◆中央制御室の床下は、以下に示す分離対策を実施

a. コンクリートピットによる分離

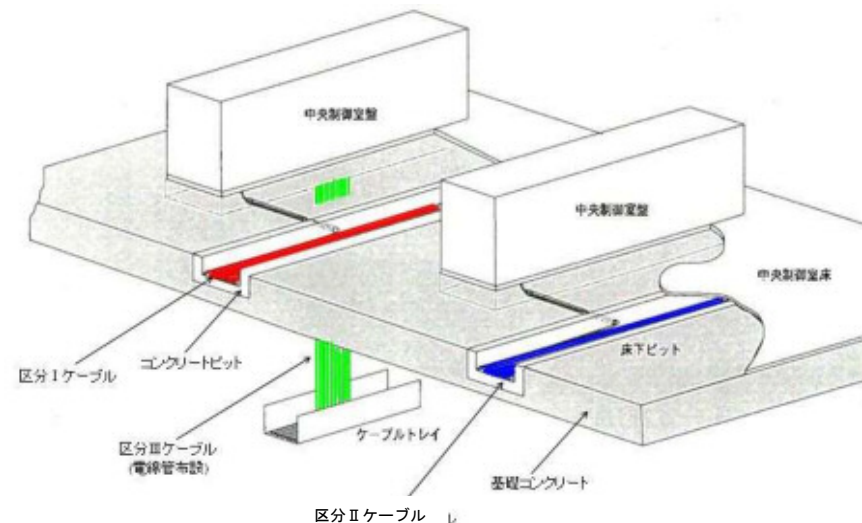
コンクリートピット内は安全区分ごとに設置し、異区分のケーブルは敷設しない設計とする。また、ピットは1時間の耐火能力を有するコンクリート構造として分離

b. 火災感知設備

コンクリートピットの火災感知設備として、煙感知器及び光ファイバ式熱感知器を設置

c. 消火設備

コンクリートピット内の消火は、火災感知器作動により火災位置を特定し、粉末消火器又は二酸化炭素消火器により、運転員が早期に消火

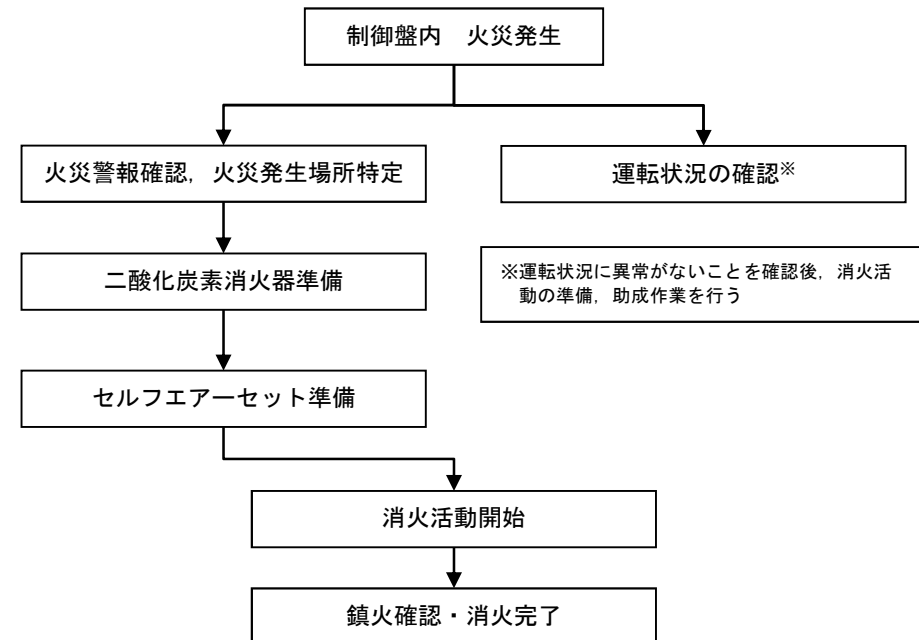
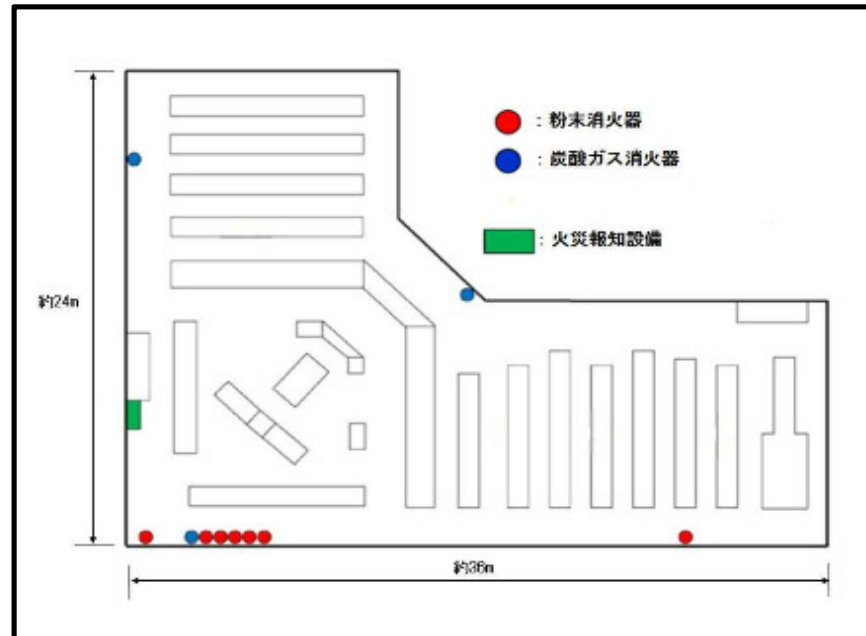


上記、コンクリートピットによる分離対策と、煙感知器及び光ファイバ式熱感知器による早期感知、運転員による早期消火活動により、互いに相違する系列への延焼は防止され、安全停止機能は確保される。

8. 火災の影響軽減（1）系統分離

(14/17)

【中央制御室盤内火災時の訓練について】



【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する。
- 消火活動は2名で行い、1名は直ちに至近の二酸化炭素消火器を準備する。
- 制御盤内での消火活動を行う場合は、セルフエアースーツを装着し、火災発生箇所に対し消火活動を行う。もう1名は、予備の二酸化炭素消火器の準備等を行う。
- なお、中央制御室内での移動は、距離が短いことから短時間で移動可能であるため速やかな消火活動が可能である。

8. 火災の影響軽減（1）系統分離

修正

(16/17)

【ケーブル処理室の分離対策(1/2)】

◆ケーブル処理室には安全区分の異なるケーブルトレイが1区域に集積しているため、区分分離を実施

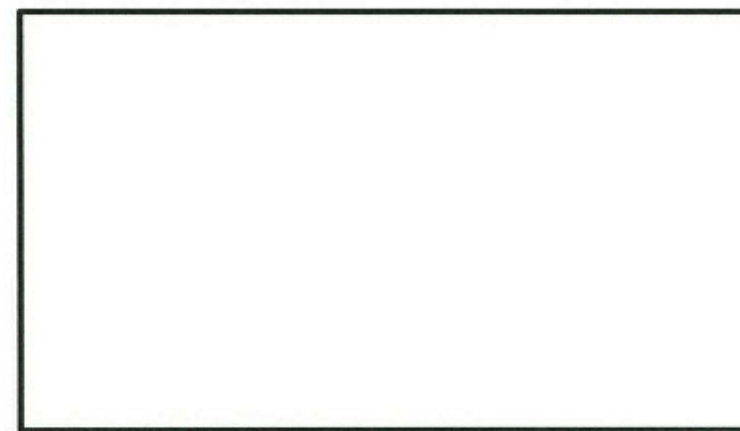
a. 安全区分の分離対策

ケーブル処理の異区分ケーブルトレイを1時間以上耐火能力を有する障壁又はラッピングで分離し、火災感知器及び自動消火設備を設置

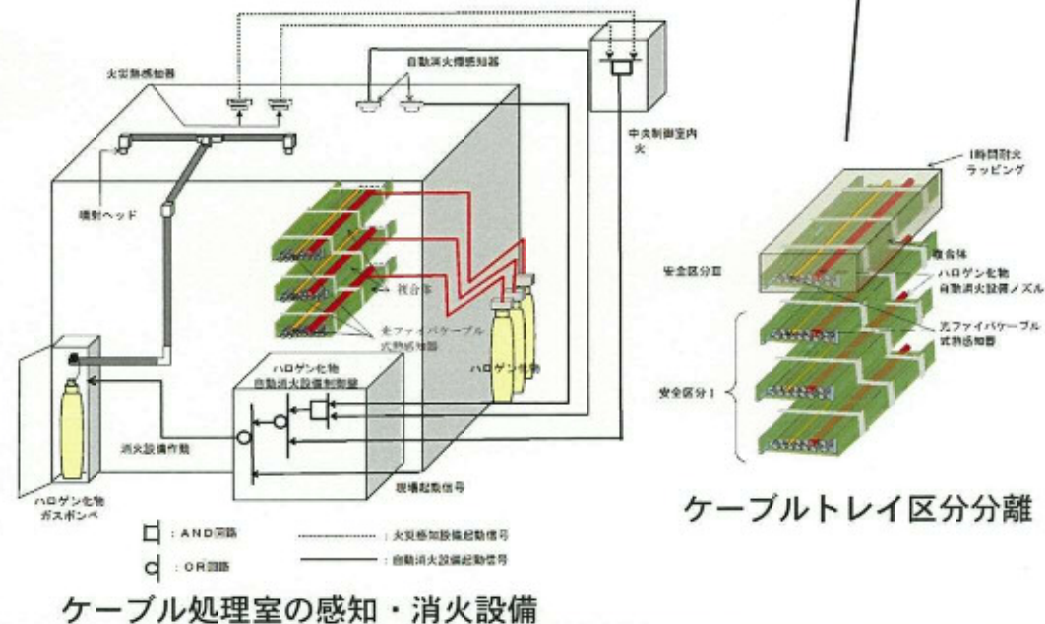
b. 具体的な分離方法

ケーブル処理室の影響軽減対策として、以下の方法により区分分離する。

分離方法	具体的対策
1時間以上の耐火障壁等	1時間耐火ラップ
	1時間耐火障壁
火災感知設備	<ul style="list-style-type: none"> ・火災区域として煙と熱感知器設置 ・複合体には要求とは別に光ファイバケーブル式熱感知器設置
自動消火設備	<ul style="list-style-type: none"> ハロゲン化物自動消火設備(全域): 火災区域用 ハロゲン化物自動消火設備(局所): ケーブルトレイ(複合体用)



ケーブル処理室平面図



ケーブルトレイ区分分離

8. 火災の影響軽減（1）系統分離

追加

(17/17)

【ケーブル処理室の分離対策(1/2)】

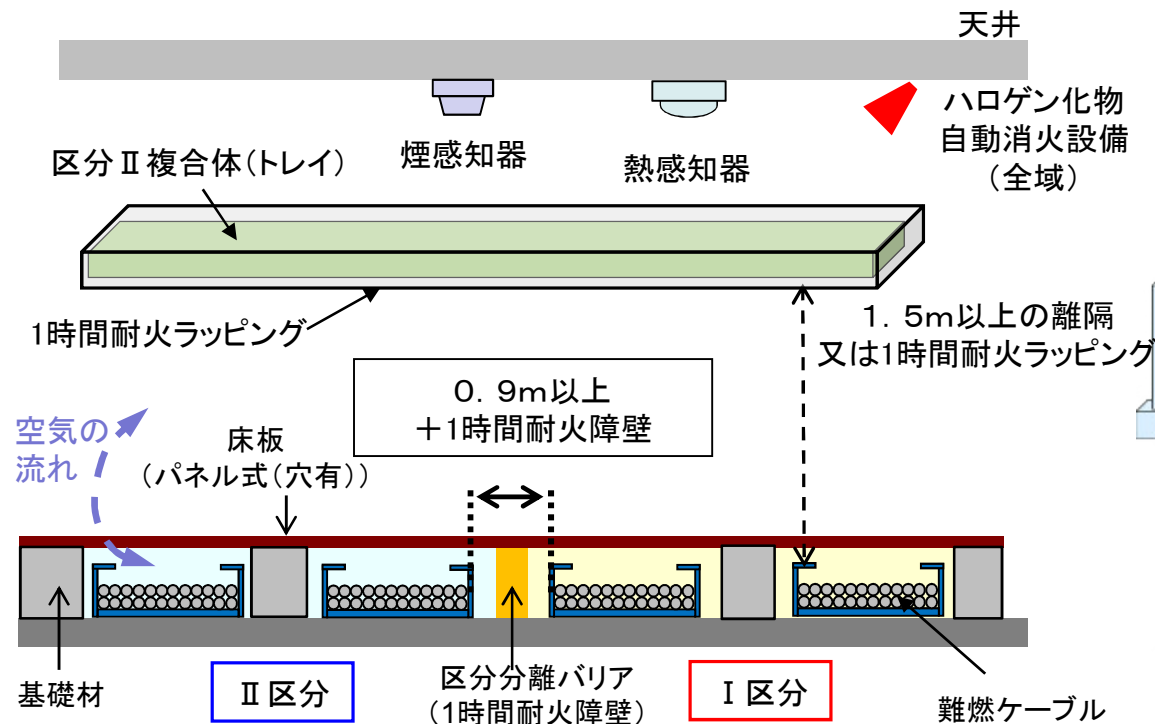
◆ 難燃ケーブル(トレイ)の系統分離

a. 安全区分の分離対象

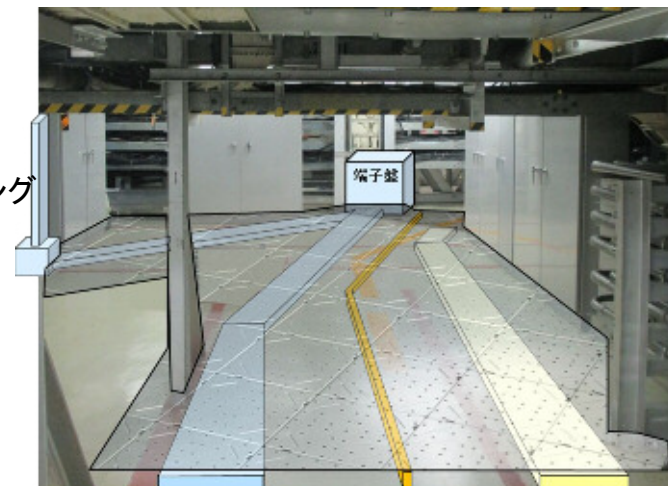
- ・対象: 新設トレイへの難燃ケーブルの敷設(制御及び計装)
- ・Ⅱ・Ⅲ区分のトレイをⅠ区分トレイと分離

b. 具体的方法

- ・1時間耐火障壁, 耐火ラッピング又は離隔による分離と火災感知器及び ハロゲン化物自動消火設備を設置



<床を使ったトレイ設置イメージ(断面)>



<増設トレイ設置イメージ>

【審査基準の要求】

「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」

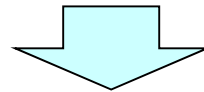
2.3.2 原子炉施設内のいかなる火災によっても、安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には、火災による影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉を高温停止及び低温停止できる設計であること。
また、原子炉の高温停止及び低温停止が達成できることを、火災影響評価により確認すること。

(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。)

(参考) 「高温停止及び低温停止できる」とは、想定される火災の原子炉への影響を考慮して、高温停止状態及び低温停止状態の達成、維持に必要な系統及び機器がその機能を果たすことができることをいう。

【原子力発電所の内部火災影響評価ガイド】

- 火災防護対策により、原子炉施設内で火災が発生しても、原子炉の高温停止及び低温停止（以下、高温停止及び低温停止を総称して「安全停止」という。）に係わる安全機能が確保されることを確認するために実施する内部火災影響評価の手順の一例を提示
- 火災影響評価手法の技術水準の現状を踏まえれば、その適用経験等を踏まえて、今後、継続的に見直していくことが必要

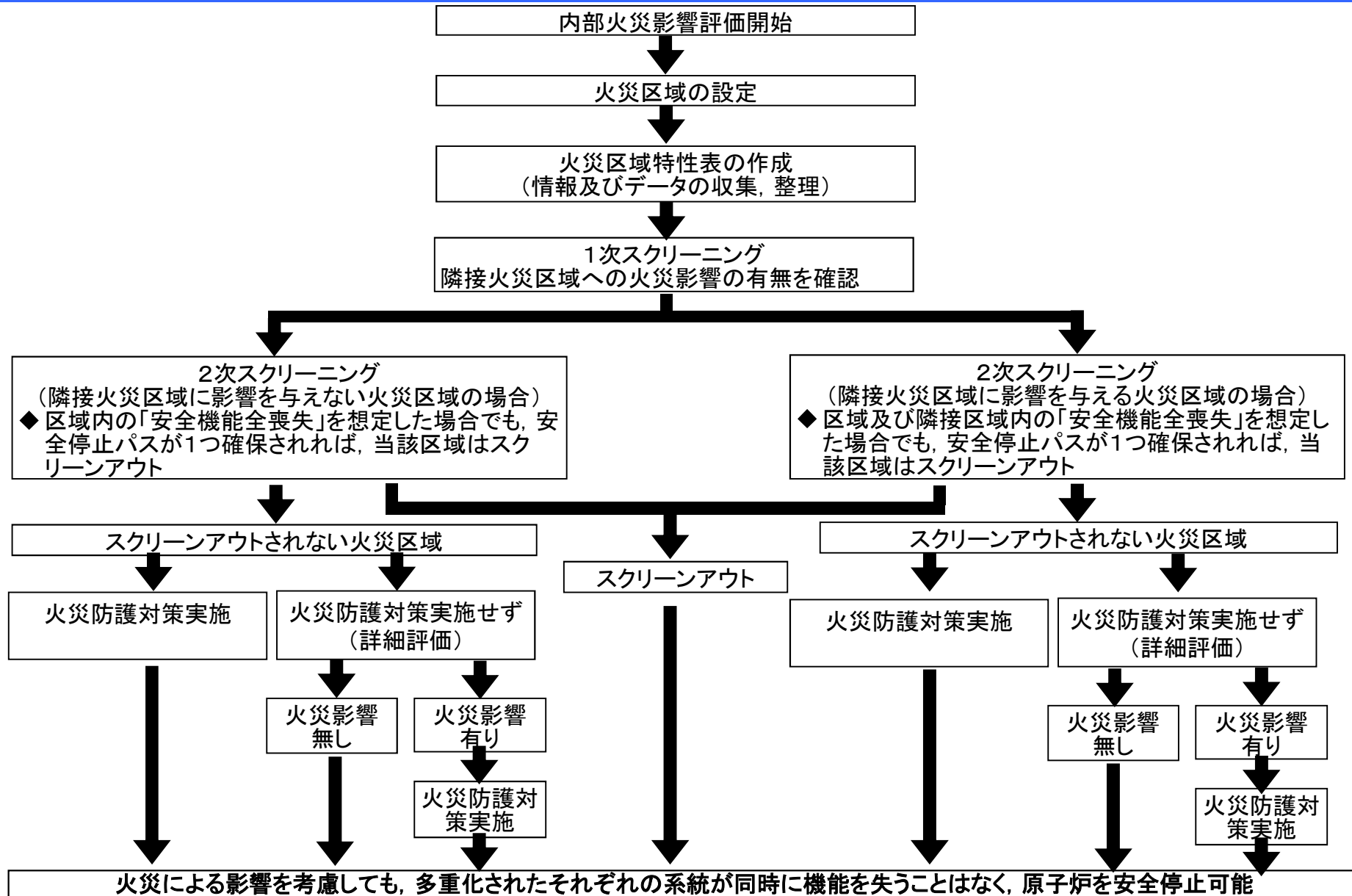


各火災区域（区画）ごとの火災影響を評価

- ・火災区域（区画）の火災による安全機能喪失を想定し、原子炉の安全停止に影響を与える区域（区画）を確認
- ・当該火災区域（区画）の火災影響軽減（系統分離）を実施することで、安全停止パスが確保できることを確認

8. 火災の影響軽減（2）内部火災影響評価

(2/9)



8. 火災の影響軽減（2）内部火災影響評価

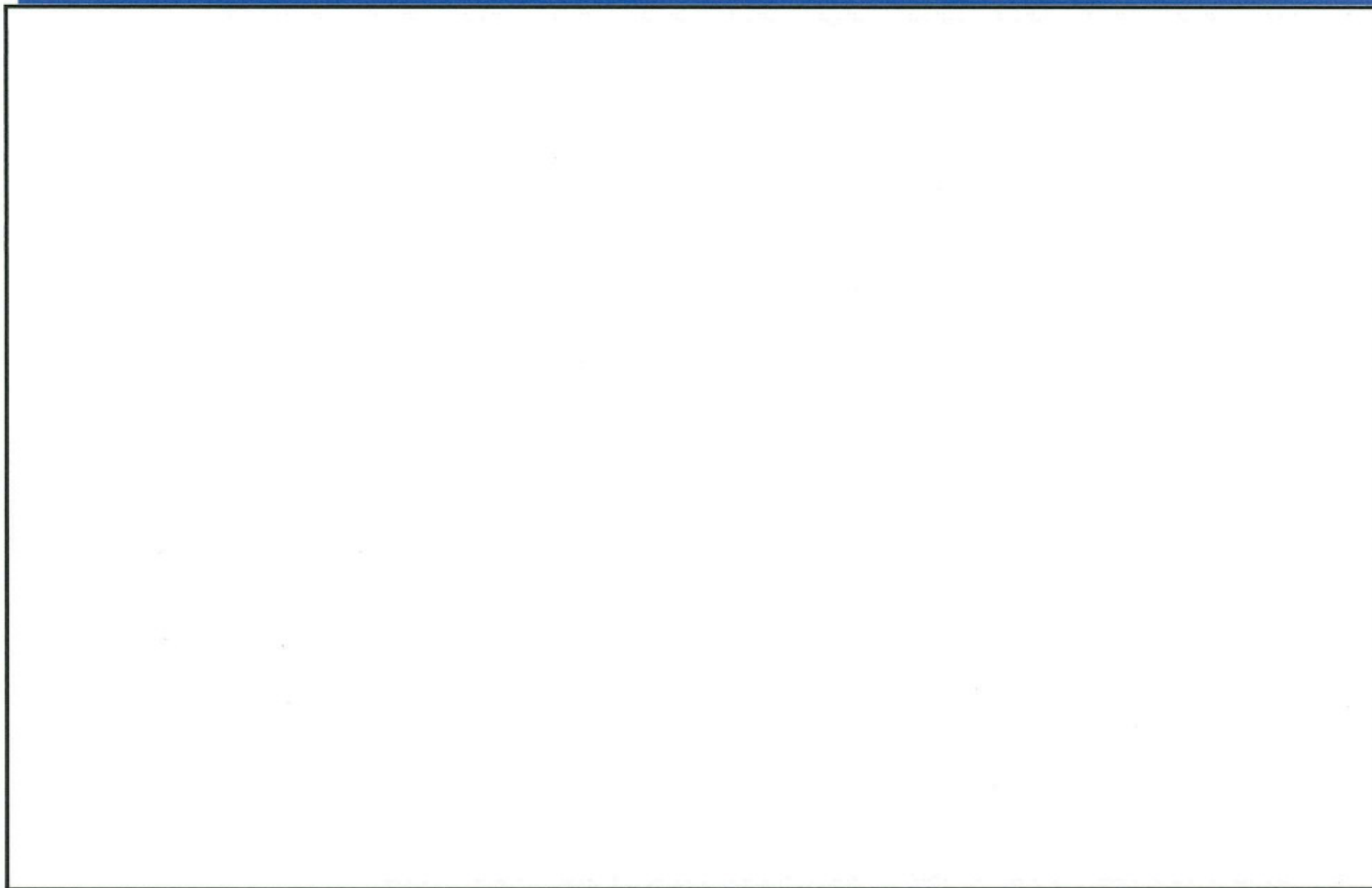
（3／9）

- ◆ 現状においては、火災区画R-3, 4, 6, 7について、当該区域内の火災による全機器の機能喪失及び単一故障を想定した場合、安全停止パスが確保できないことが確認された。
- ◆ このため、各区域について、火災に影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能喪失することなく原子炉の安全停止が可能ないように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1つ確保できることを確認

<火災区域R-3>

- ◆ 火災区域R-3は、主に安全区分Ⅱ（Ⅲ）の設備が配置されているため、安全区分Ⅰの設備について火災防護対策することにより安全停止パスを確保
- ◆ 下記の対策を実施することにより、「RCIG」「ADS(A)+LPCI(A)」「ADS(A)+LPCS」での高温停止が可能。また、単一故障を考慮しても安全停止パスが確保可能。
- ◆ 「RHR(A)」による冷温停止可能。なお、RHR停止時冷却内側隔離弁(E12-MO-F009)の電源区分Ⅱであり、非常用交流電源(2D)の機能喪失時には、停止時冷却モードは使用できなくなるが、「ADS(A)+RHR(A)S/C冷却モード」により冷温停止を達成
- ◆ 個別設備については、原則、3時間以上の耐火能力を有する隔壁により系統分離する設計とし、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことのない設計とする。なお、ケーブルは、安全区分Ⅰ(D/G(2C),RHR(A))のケーブルを系統分離することにより安全停止パスを確保

火災により影響を受ける設備	想定する機能喪失	火災防護対策	備考



8. 火災の影響軽減（2）内部火災影響評価

(5/9)

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	

＜火災区域R-4:電気室＞

- ◆ 火災区域R-4は、主に安全区分Ⅰの設備が配置されているため、安全区分Ⅲの設備について火災防護対策することにより安全停止パスを確保

当該区域は安全区分Ⅰの設備がメインであるが、安全区分Ⅲの非常用電源設備が設置されている。ADS(B), D/G(2D)の単一故障を考慮すると成功パスが確保できない。

- ・対策としては、D/G(HPCS)を系統分離することによりHPCSの機能喪失を防止することにより、高温停止の成功パスを確保する。

火災により影響を受ける設備	想定する機能喪失	火災防護対策

8. 火災の影響軽減（2）内部火災影響評価

(7/9)

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

＜火災区域R-6:ケーブル処理室＞

◆当該区域は安全区分Ⅰ，Ⅱ，Ⅲのケーブルが敷設され大部分の系統機能が喪失し，高温停止，冷温停止いずれの成功パスも確保できない。

- ・対策としては，安全区分Ⅱ，Ⅲのケーブルを系統分離することによりD/G(2D)(HPCS)の機能が確保され，安全区分Ⅱ，Ⅲの設備の機能喪失を防止し，高温停止，冷温停止の成功パスを確保する。

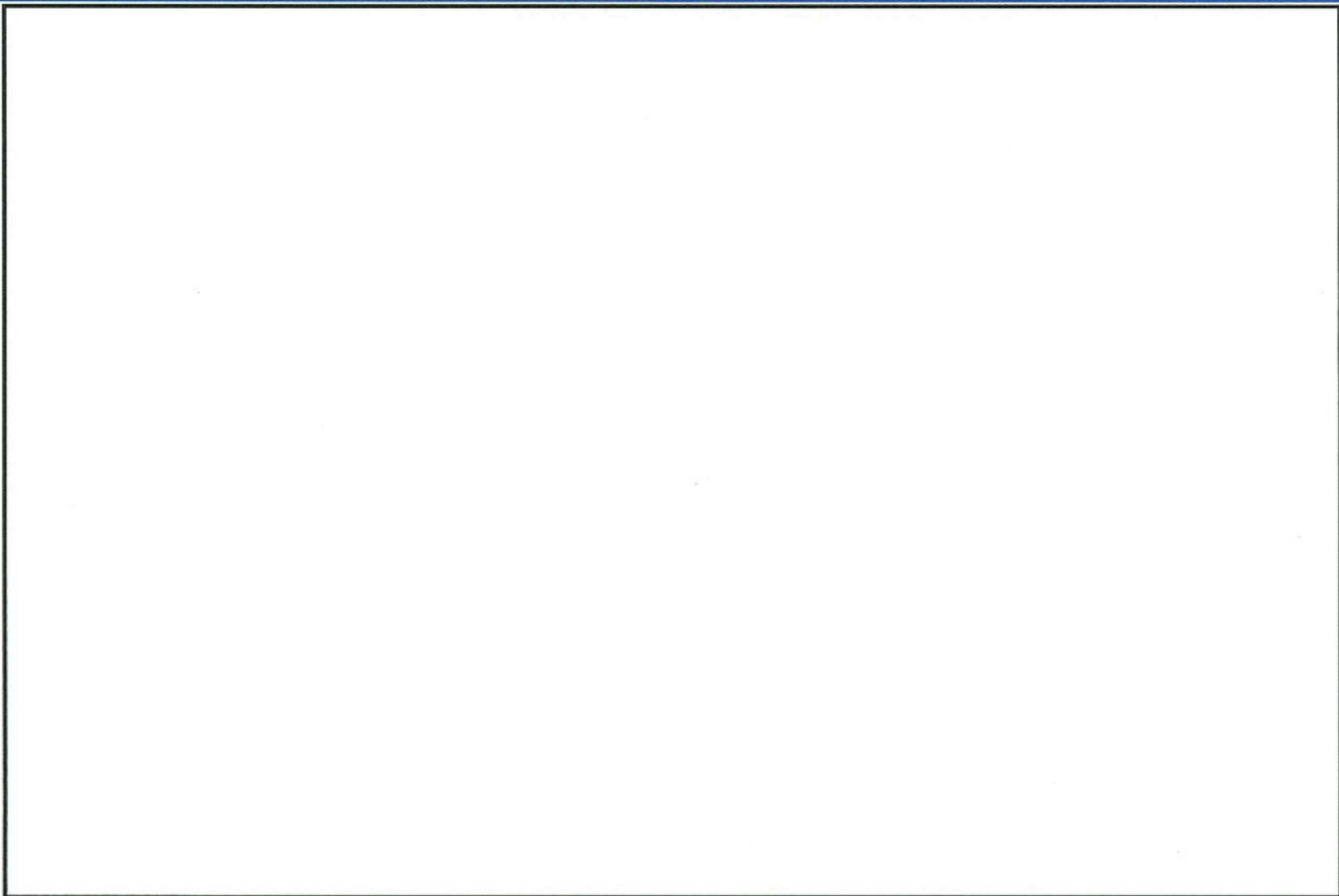
火災により影響を受ける設備	想定する機能喪失	火災防護対策

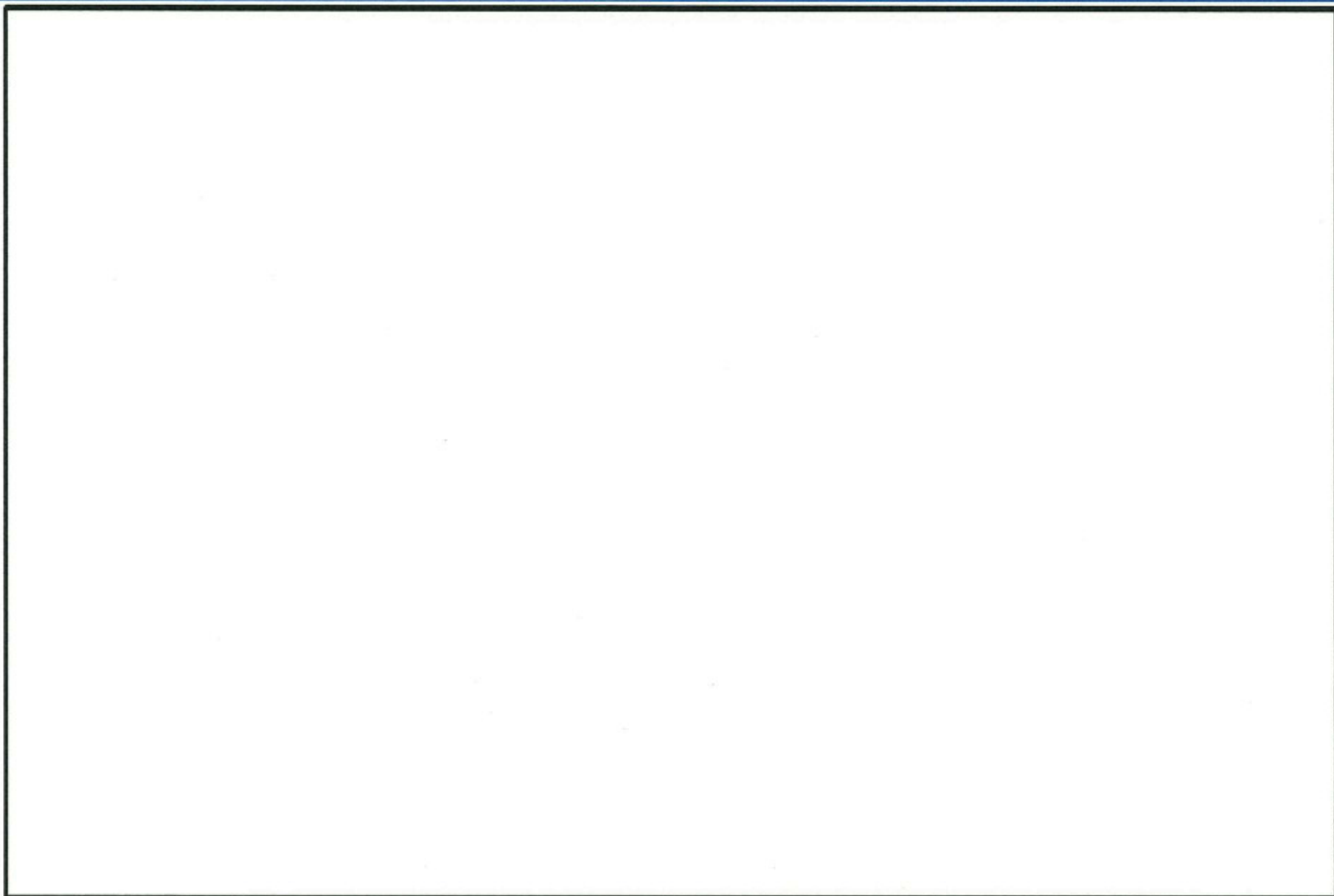


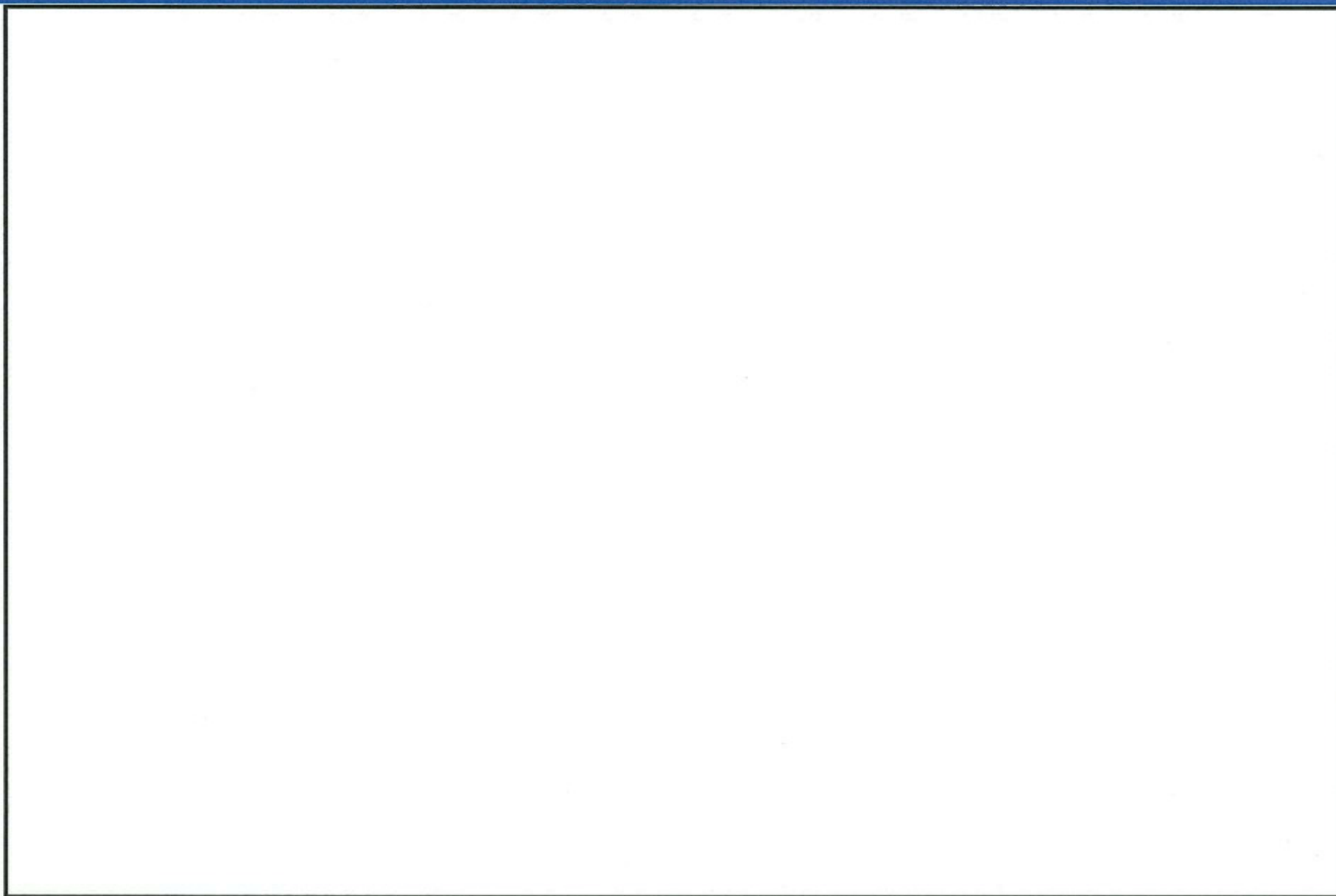
8. 火災の影響軽減（2）内部火災影響評価

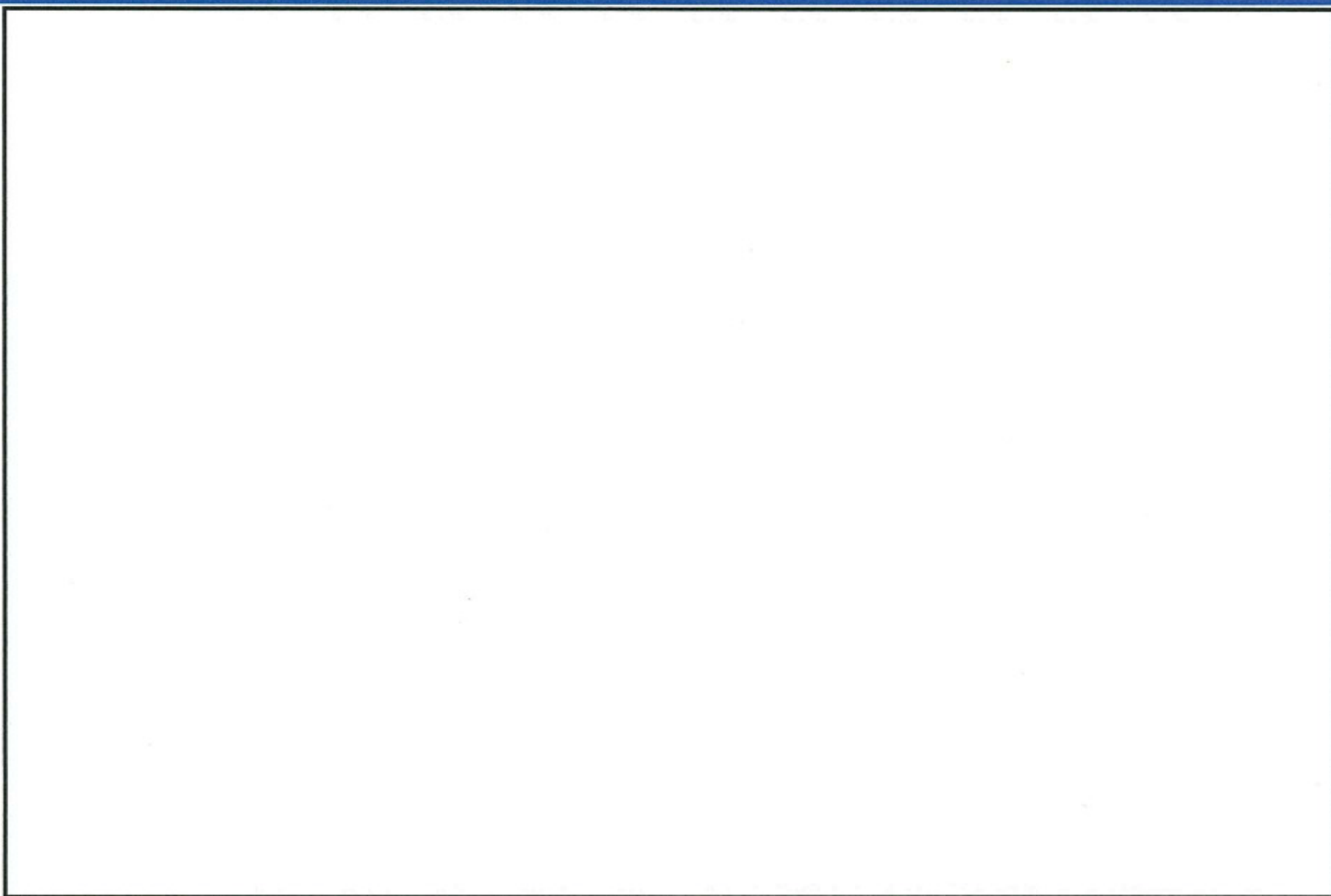
(9/9)

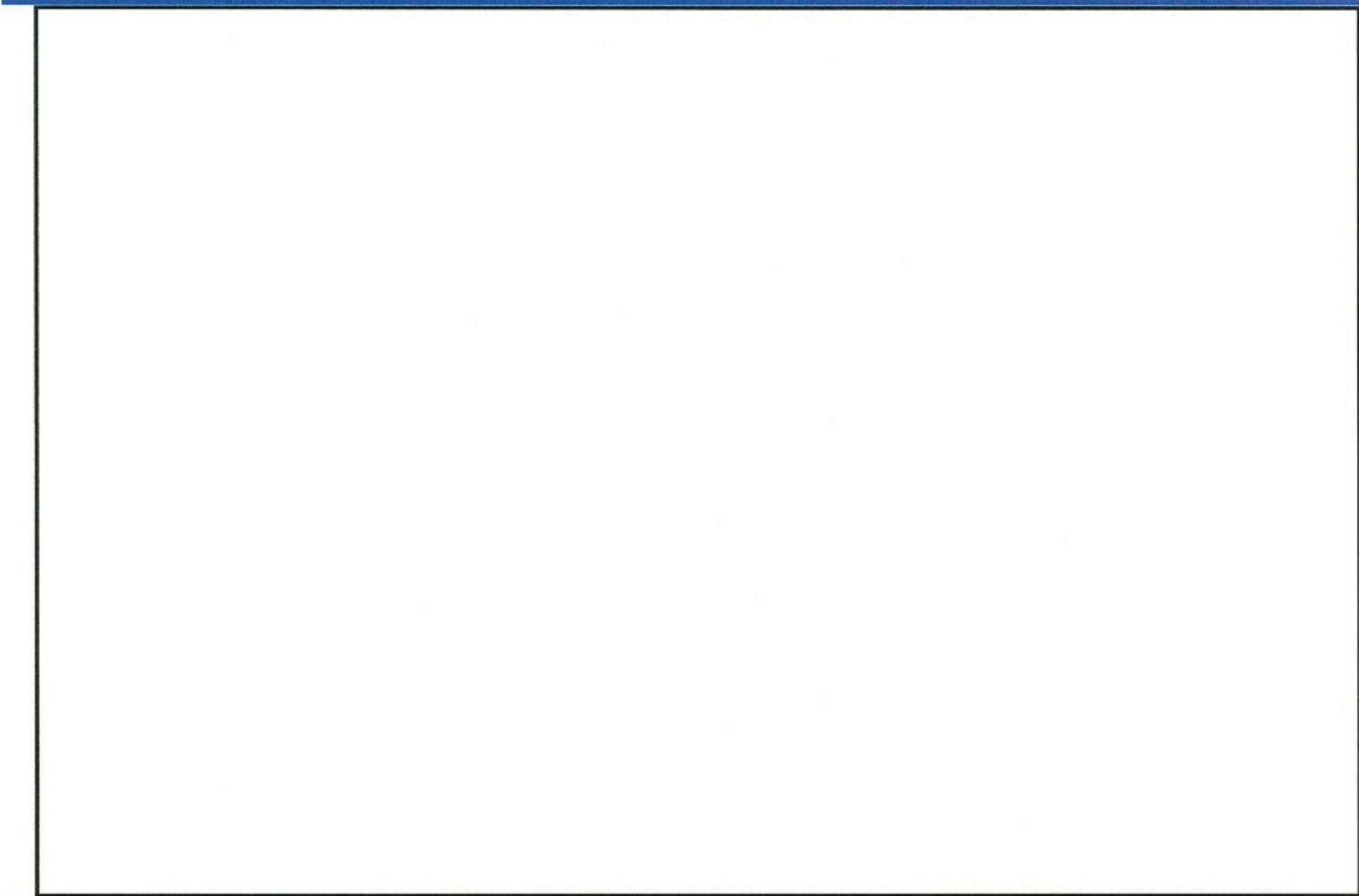
火災区域番号	安全保護系	原子炉停止系	工学的安全施設	非常用所内電源系	事故時監視計器	残留熱除去系	最終的な熱の逃し場	補助設備	評価結果		
									高温停止	低温停止	確認事項

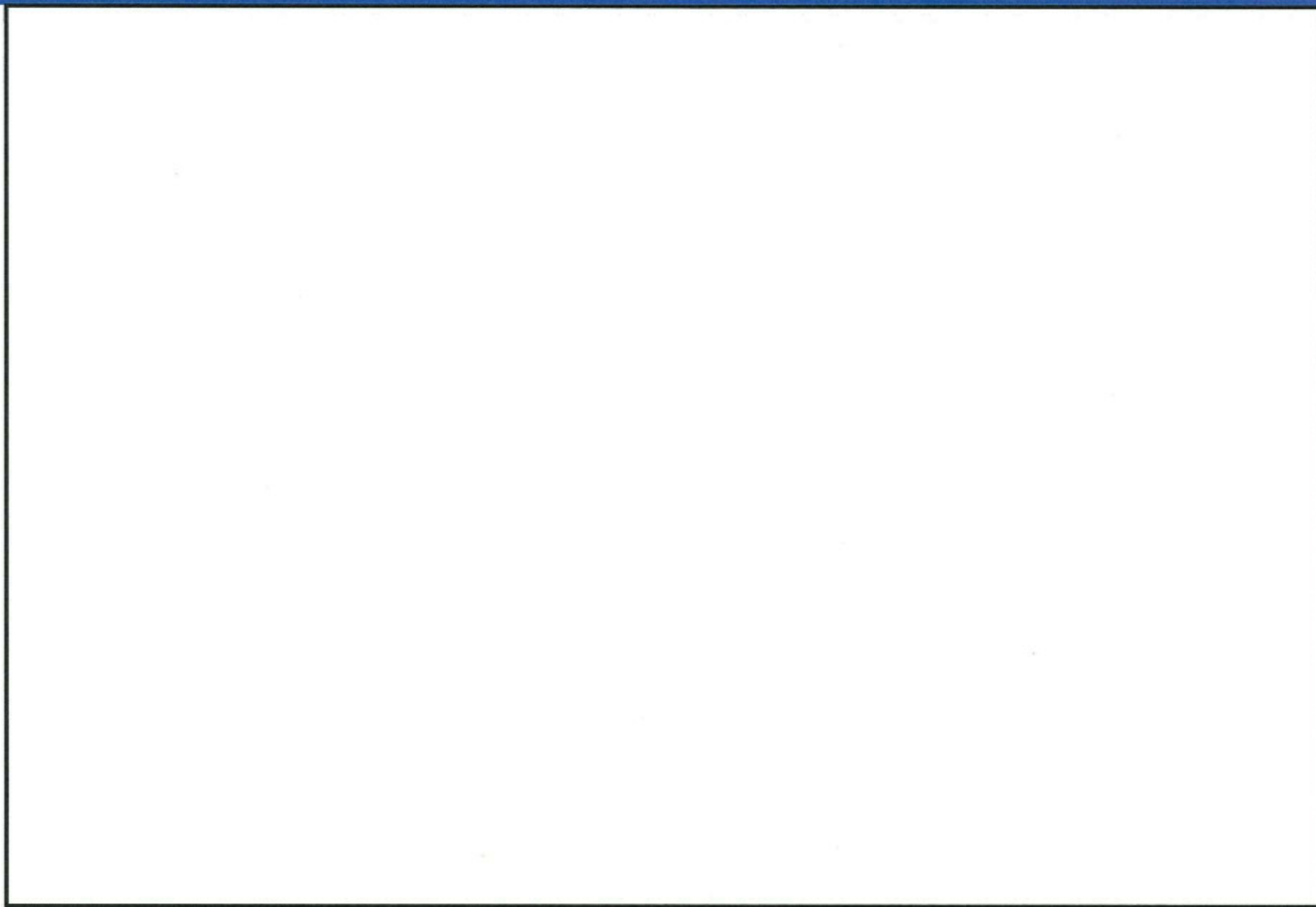


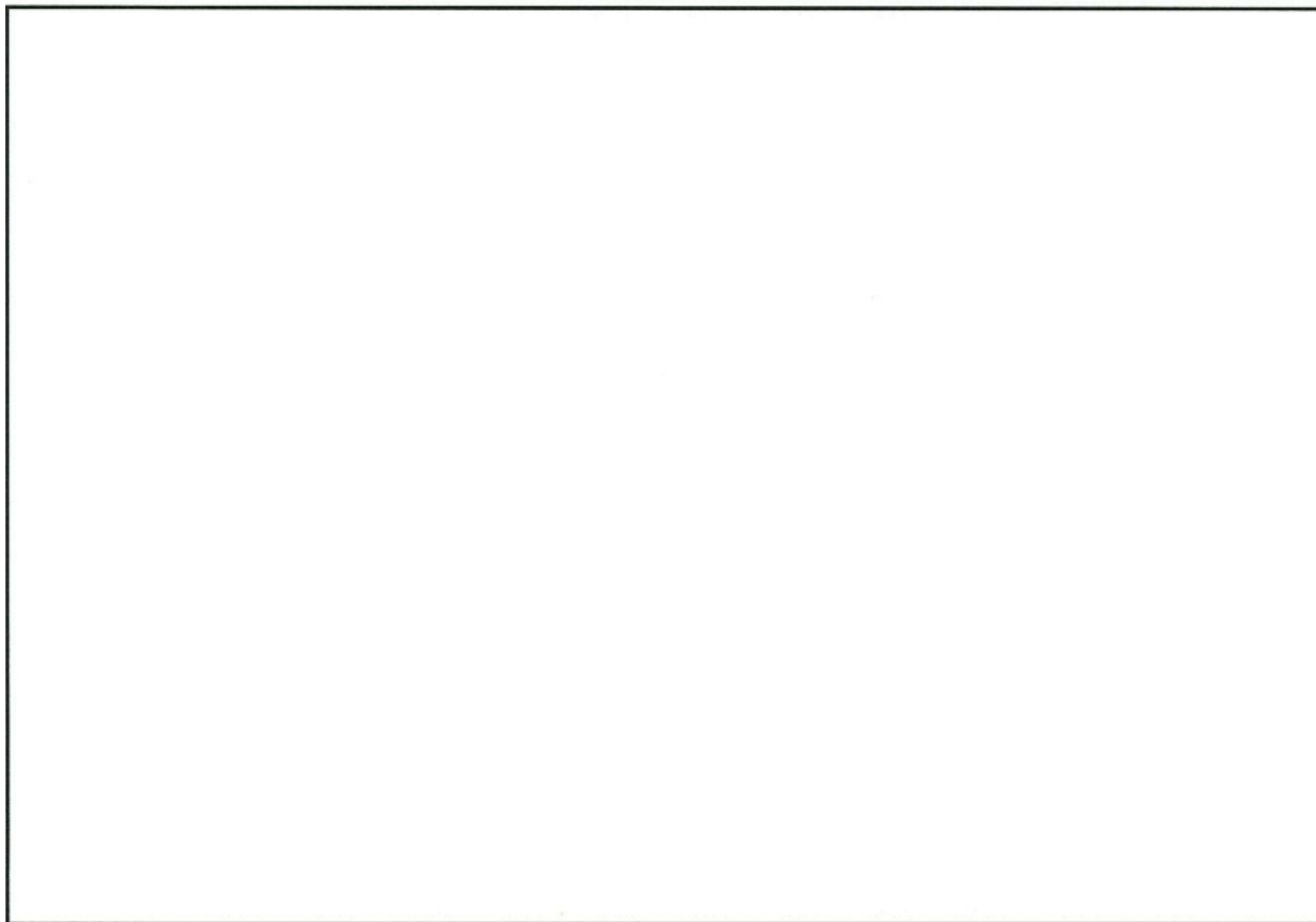


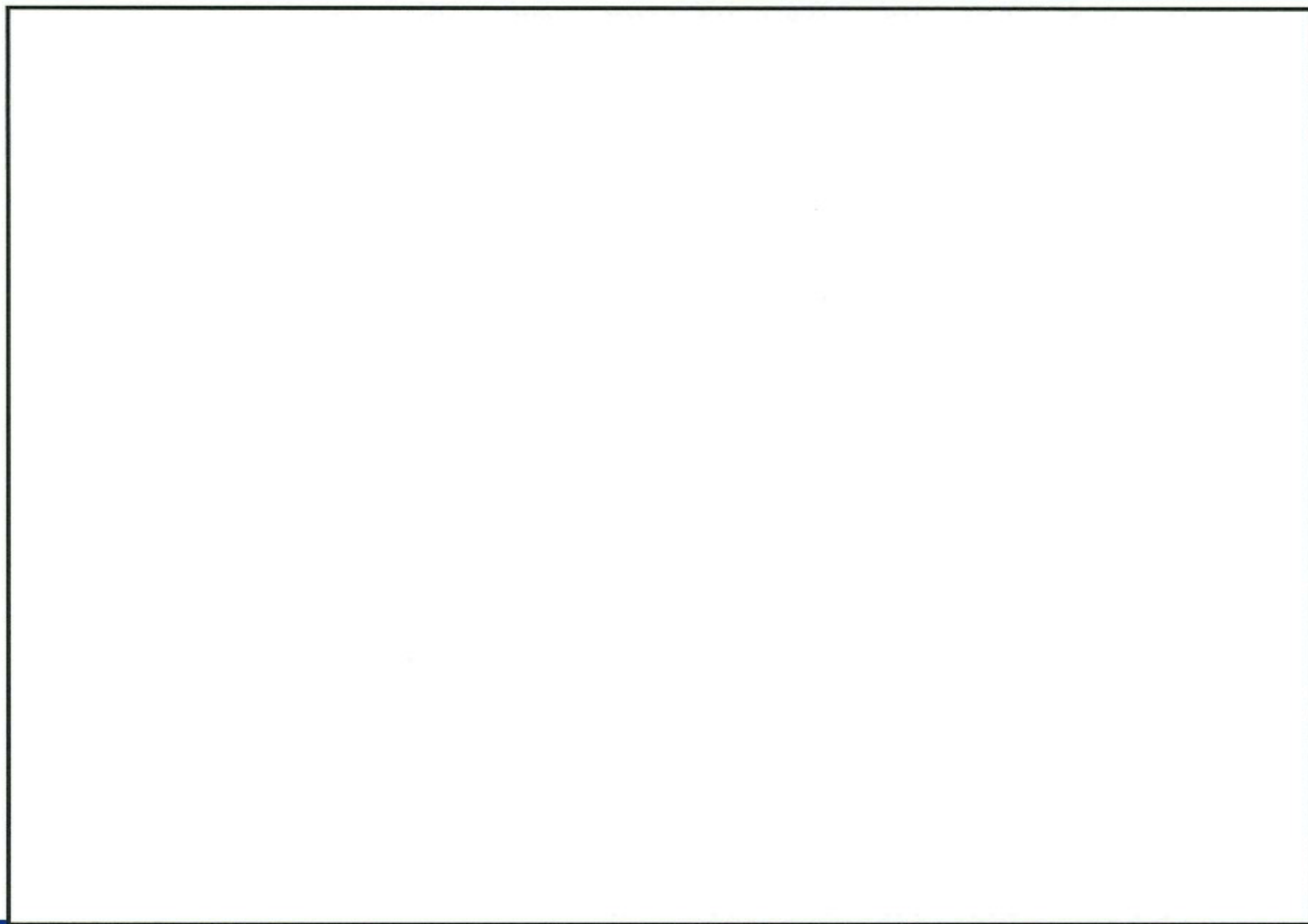


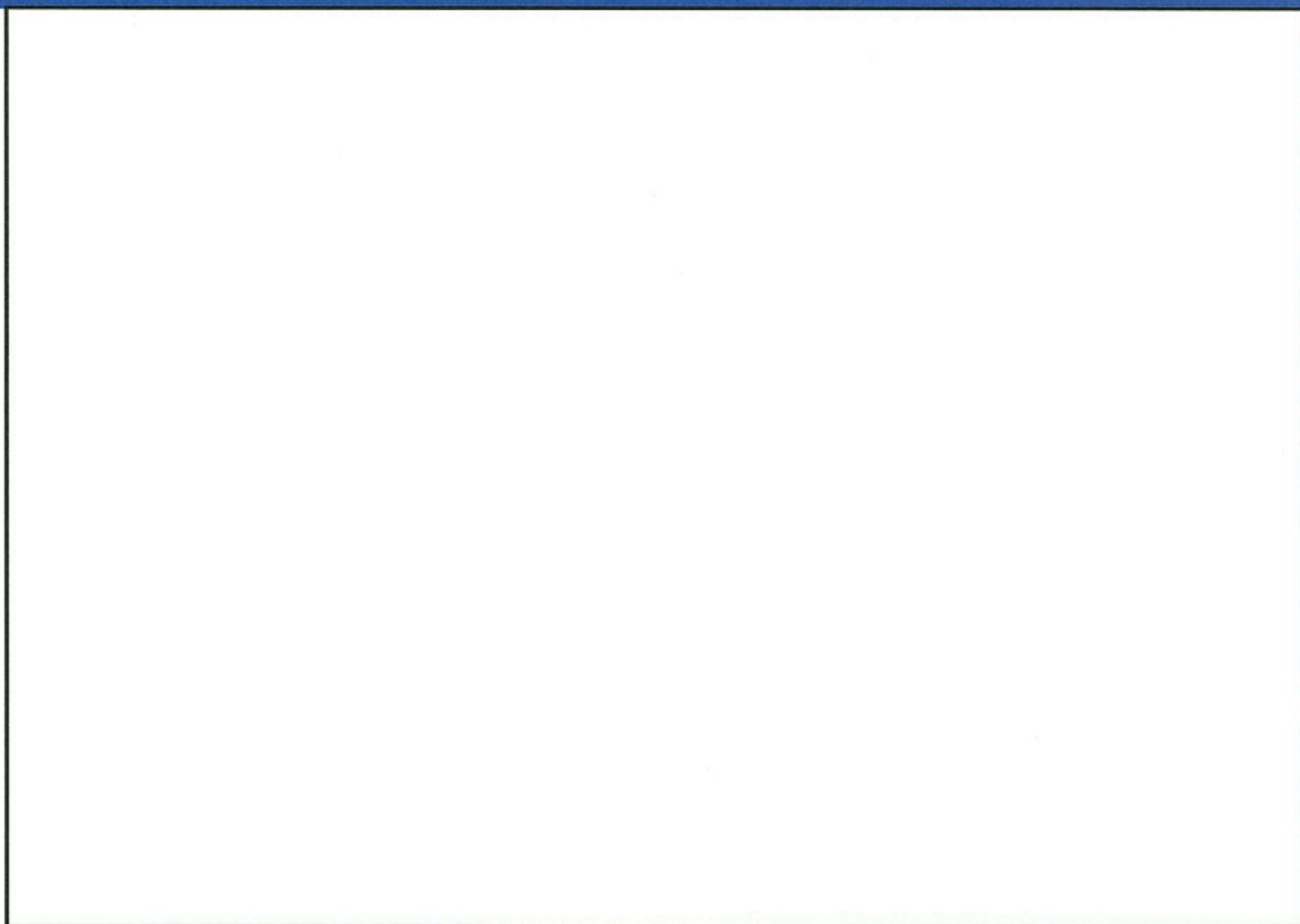












(1) 火災の感知・消火

格納容器内の火災の感知・消火として、下記対応を実施

①火災感知設備

- ◆格納容器内での火災を早期感知し、安全機能を有する構築物、系統及び機器への影響を限定するために、火災感知器を設置
- ◆火災感知器は、早期に火災を感知するため、火災感知器の取付面高さ、火災感知器を設置する周囲の温度、湿度及び空気流等の環境条件を考慮し、火災時に炎が生じる前の発煙段階から感知できるアナログ式の「煙感知器」を設置
- ◆「固有の信号を発する異なる種類の火災感知器」の設置要求を満足するため、アナログ式の「熱感知器」を設置



原子炉運転中、火災感知器は、格納容器内の温度及び放射線の影響による故障※の可能性有



火災感知設備は、原子炉起動時の窒素置換完了後(火災が想定されない状態)、回路を隔離し誤動作防止を図る運用とし、原子炉停止後(窒素パージ後)に速やかに復旧(感知器は取替)

(原子炉起動時、格納容器閉鎖から窒素置換完了までの期間の感知器による火災感知機能の強化)

※: アナログ式火災感知器は電子部品を内蔵していることから、約100Gyの積算照射線量にて故障する可能性有
出典:「半導体部品を使用した火災感知器の耐放射線性能について」、TR10241, 能美防災(株) 平成11年2月

② 消火設備

<消火器>

◆ 冷温停止中

- ・消防法により消火能力を満足する消火器を、火災防護対象機器並びに火災源から消防法施行規則に定めるところの20m以内の距離(格納容器内)に配置
- ・溶接等火災を発生させるおそれのある作業を実施する場合には、別途、必要な消火器を準備するとともに監視人を配置

◆ 原子炉の起動中

- ・格納容器内は高温となり、消火器の使用温度(-30℃～40℃)を超える可能性があることから、原子炉起動前に格納容器内に設置した消火器を撤去し、格納容器内の窒素置換作業が完了するまでの間は、消火器を所員用エアロック近傍(格納容器外)に設置

◆ 消火器配備本数

- ・消防法施行令、消防施行規則に従い配備:8本(予備含む)

<消火栓>

- ◆ 格納容器入口近傍の消火栓の使用を考慮し、格納容器の入口となる所員用エアロック及び機器ハッチから最も遠い位置にある火災源まで届く消火ホースを配備(最長約71m)
- ◆ 消火ホースは、消火栓内に保管するものの他、所員用エアロック及び機器ハッチ近傍にそれぞれ配備

③ 消火活動

○原子炉状態に応じた消火活動対応を検討(運転中は窒素封入状態で火災は想定されず)

(2) 火災の影響軽減

- 格納容器内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについては、「2.3 火災の影響軽減」で要求される火災の影響軽減対策が必要
- 一方、東海第二の格納容器(Mark II型)は出力に対して比較的小さく、格納容器内には機器等が密集しており、3時間の耐火性能をもつ耐火壁設置や離隔距離6mの確保は困難
- 「2.3 火災の影響軽減」への適合性を以下に評価

火災防護審査基準「2. 基本事項」

「安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護することを目的とし、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域及び区画に対して、火災の発生防止、感知・消火及び影響軽減対策を講じること。」



火災の影響軽減対策の本来の目的は、

「火災が発生しても原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持する」こと



格納容器内の火災に対し、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持が可能であることを示すことができれば、火災防護審査基準の「2.3火災の影響軽減」の要求に適合していることと同等であると判断可能



保守的な評価として、火災による格納容器内の安全機能の全喪失を仮定した評価を行い、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持が、運転員の操作と相まって、可能であることを確認する

○火災の影響軽減対策

◆格納容器内は、プラント運転中については、窒素封入により雰囲気の不活性化し火災の発生は想定されない。一方で、窒素が封入されていない期間のほとんどは、原子炉が冷温停止に到達している期間(停止期間中)であるが、わずかではあるものの原子炉が冷温停止に到達していない期間もあることを踏まえ、以下のとおり火災防護対策を講じる。

(1)持込み可燃物等の運用管理

・作業に伴う持込み可燃物について、持込み期間・可燃物量・持込み場所等を管理

(2)原子炉の安全停止に係る火災区域の分離

・格納容器は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁により他の火災区域と分離

(3)火災防護対象機器等の系統分離

・格納容器内は、機器やケーブル等が密集、干渉物が多く、耐火ラッピング等3時間以上の耐火能力を有する隔壁の設置や、6m以上の離隔距離の確保が困難

(4)火災の影響軽減対策への適合について

・火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについては、区分Ⅰと区分Ⅱ(Ⅲ)機器の離隔間に可燃物が存在することのないよう、異なる区分の機器間にある介在物(ケーブル、電磁弁)については、電線管に敷設することや、金属製の筐体に収納することで延焼防止対策を行う

○格納容器内火災による影響の想定

(1) 火災発生想定期間

原子炉起動中において、窒素置換されていない「制御棒引抜」から「窒素置換完了」までの期間
(通常運転中は、格納容器は窒素置換されているため火災は想定されない)

(2) 火災源

油内包機器である原子炉再循環系流量制御弁、原子炉再循環ポンプ電動機及び主蒸気内側隔離弁のうち、主蒸気系の隔離が想定される主蒸気内側隔離弁1台の火災を想定

なお、火災影響により主蒸気内側隔離弁4台全て閉止を仮定

(3) その他

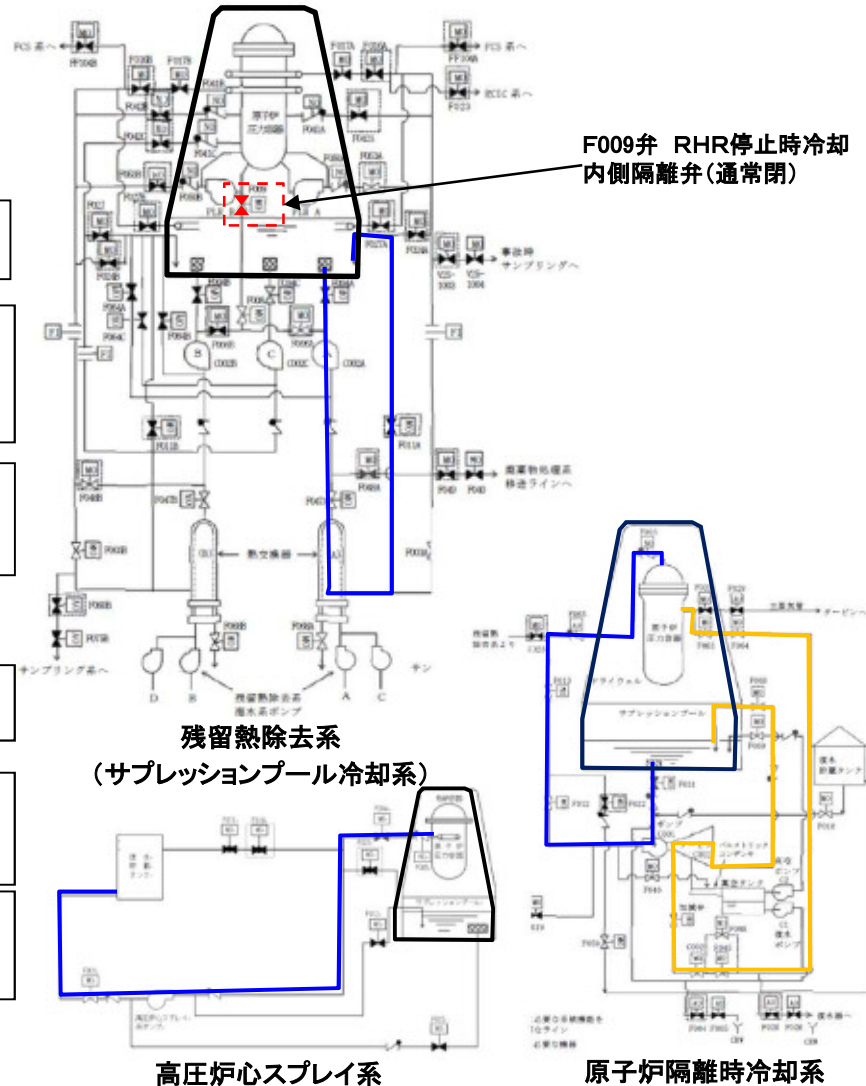
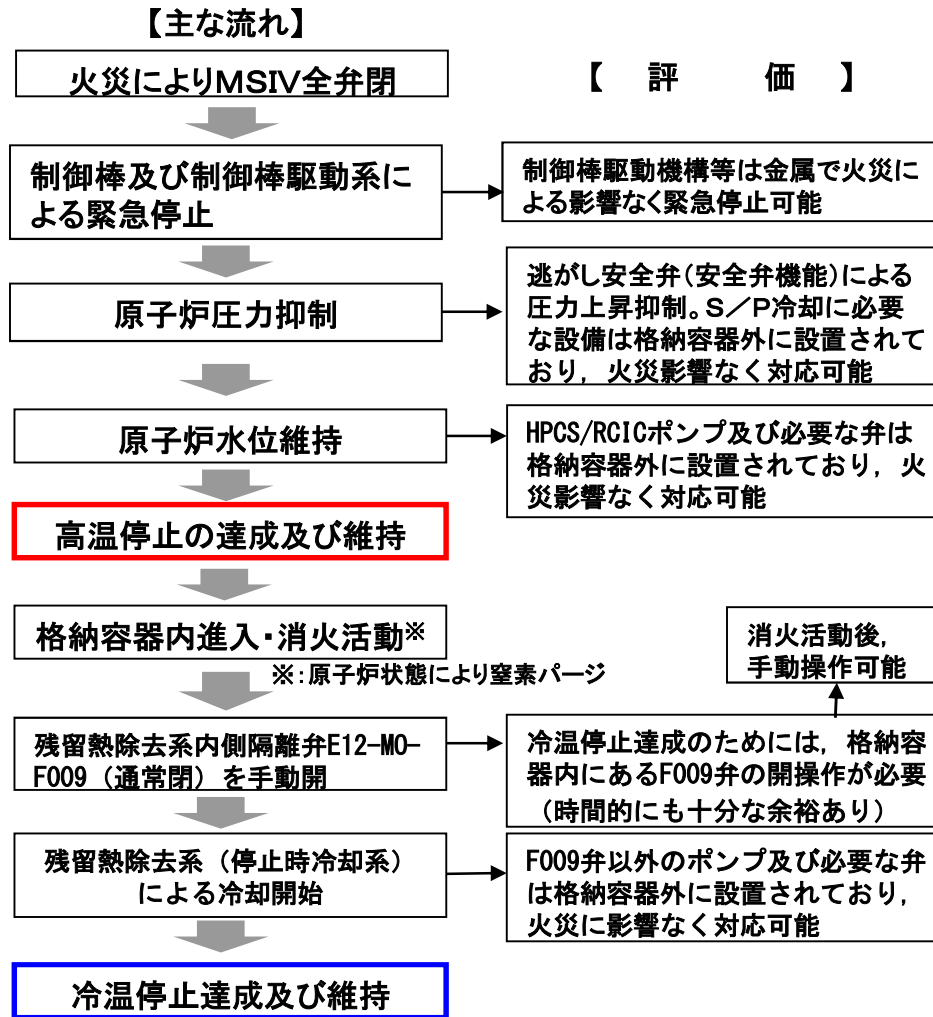
- ・ 空気作動弁は、制御ケーブル断線によるフェイルセーフ動作を想定
- ・ 電動弁は、ケーブルが断線し作動できないが火災発生時の開度を維持
- ・ 監視計器については、同一パラメータを監視する複数の計器が分散配置されているため、火災発生直後は全監視計器が同時に機能喪失するとは想定しないが、「火災が経過時間とともに進展すること」を考慮し、火災の進展に伴い監視計器全てが機能喪失と想定

9. 格納容器内の火災防護

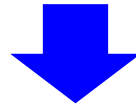
(6/7)

【格納容器内火災に対する影響軽減対策への適合(保守的評価)】

◆ 格納容器内で火災が発生した場合も、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持が運転員の操作と相まって達成可能であることを確認



格納容器の火災に対し、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持が可能であることを示すことができれば、「2.3 火災の影響軽減」の要求に適合していることと同等であると判断可能



保守的に、火災による格納容器内の安全機能の完全喪失を仮定した評価を行い、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持は、運転員の操作と相まって、可能であることを確認



格納容器内は、「2.3 火災の影響軽減」の要求に適合

【高温停止・低温停止の達成及び低温停止の維持】

○原子炉の高温停止

火災の影響を受けても、制御棒は全挿入されるため、高温停止の達成は可能

○原子炉の高温停止の維持

格納容器外(火災の影響を受けない)に設置される「高圧炉心スプレイ系」と「原子炉隔離時冷却系」を用いた注水と、逃がし安全弁による減圧機能と「残留熱除去系(サプレッションプール冷却系)」によるサプレッションプール冷却により、高温停止の維持は可能

○原子炉の低温停止への移行

火災鎮火後、残留熱除去システムをインサービスするために、格納容器内の電動弁を手動操作することで低温停止移行可能

【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。

要求事項

1. 原子炉施設設置者が，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. 同計画の確認
 - 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。

7. ケーブル処理室の防火措置について

- ◆ケーブル処理室には、ケーブルが集中しており、難燃ケーブルの代替措置として複合体を形成
- ◆ケーブル処理室全体を1つの火災区域であるため、火災区域として要求される感知・消火設備とは別に、非難燃ケーブル複合体内の火災を早期感知、消火するため専用の感知器、消火設備を設置

(1) 感知設備

- ・火災区域：原則どおり、アナログ式の煙感知器及び熱感知器を設置
- ・ケーブルトレイ（複合体）：更なる感知機能強化のため、複合体内に光ファイバ式感知器を設置

(2) 消火設備

- ・火災区域：ハロゲン化物自動消火設備（全域）（ハロン1301）
- ・ケーブルトレイ（複合体）：更なる消火機能強化のため、ハロゲン化物消火設備（局所）（FK-5-1-12）

(3) 影響軽減

- ・ケーブル処理室には安全区分Ⅰ，Ⅱ，Ⅲのケーブルトレイが敷設されているため、安全区分Ⅰと安全区分Ⅰ以外（区分Ⅱ，Ⅲ）の系統分離を実施

<系統分離方法>

1時間耐火能力を有する隔壁等（耐火ラッピング）

+

感知設備（区域としての煙及び熱感知器）

+

自動消火設備（区域としてのハロゲン化物自動消火設備（全域））

7. 中央制御室の防火措置について

- ◆中央制御室には、1つの区画であり、多数の安全区分の異なる制御盤が設置されている。また、盤間のケーブルは安全区分毎に床下のコンクリートピット内に敷設
- ◆他の火災区域と異なり常に運転員が常駐しているという特徴があるため、これを踏まえて火災防護対策を実施

(1) 感知設備

- ・火災区域：原則どおり、アナログ式の煙感知器及び熱感知器を設置
- ・制御盤：更なる感知機能強化のため、高感度煙感知器又はセンサを設置
(高感度感知器は人が感知できないレベルの煙を感知するため、サーモカメラを配備して発火源を特定)
- ・床下コンクリートピット：更なる感知機能強化のため、光ファイバ式熱感知器及び煙感知器を設置

(2) 消火設備

- ・火災区域：消火器（二酸化炭素消火器及び粉末消火器）
- ・制御盤：消火器（電気品であるため二酸化炭素消火器）
- ・床下コンクリートピット：消火器（二酸化炭素消火器及び粉末消火器）

(3) 影響軽減

① 制御盤

実証試験結果に基づき分離

- ・隣接する制御盤間 3.2mm以上の鋼板で分離
- ・操作スイッチ：厚さ1.6mm以上の鋼板性筐体で覆うとともに、上下20mm、左右15mmの離隔距離を確保
- ・盤内配線は、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で敷設
⇒実証試験結果に基づく分離と感知設備、運転員による早期の消火活動の組合せにて影響軽減

火災防護計画の記載項目及び概要

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】

- ・管理職の火災防護に対する認識と、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

(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

(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

(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
- ・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

火災防護計画の記載項目及び概要

(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
- ・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

(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, 初期消火要員に対する訓練(委託員), 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】