

東海第二発電所

内部火災について

平成29年7月11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. 火災区域・区画設定の考え方
4. 火災発生防止
5. 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
6. 火災の影響軽減
 - (1) 系統分離
 - (2) 内部火災影響評価
7. 格納容器内の火災防護
8. 単一故障を考慮した原子炉停止

別途ご説明

別途ご説明

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措置を各火災防護対策に対して実施

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延焼防止を図るとともに、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、火災により原子炉施設の安全性を損なうことのないよう、火災防護対策を講じる設計とする。
- ◆ 火災防護対策を講じる設計を行うに当たり、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域及び火災区画に、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域に設定する。
- ◆ 設定する火災区域及び火災区画に対して、火災の発生防止、感知及び消火並びに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
- ◆ 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として、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又は火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁(貫通部シール、防火扉、防火ダンパ含む)により他の区域と分離

【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, 2, 3に属する構築物、系統及び機器
- ◆ その上で、上記構築物、系統及び機器の中から原子力の「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」を抽出し、火災防護対象機器と選定
- ◆ その他の設計基準対象施設は、消防法、建築基準法等に基づき、設備等に応じた火災防護対策を実施

3. 火災区域・区画設定の考え方

(1/2)

安全機能を有する構築物, 系統及び機器※について, 下記の要領で火災区域, 区画を設定

※機器については, タンク, 熱交換器, 配管, 弁等を含む

(1) 火災区域

火災区域は耐火壁で囲まれ, 他の区域と分離されている建屋内の区域であり, 下記により設定

- ① 建屋ごとに, 耐火壁により囲われた区域を火災区域として設定
- ② 系統分離されて配置されている場合には, それを考慮して火災区域を設定
- ③ 3時間以上の耐火能力を有する, 耐火壁(コンクリート厚さ150mm以上)によって他の火災区域から分離

(2) 火災区画

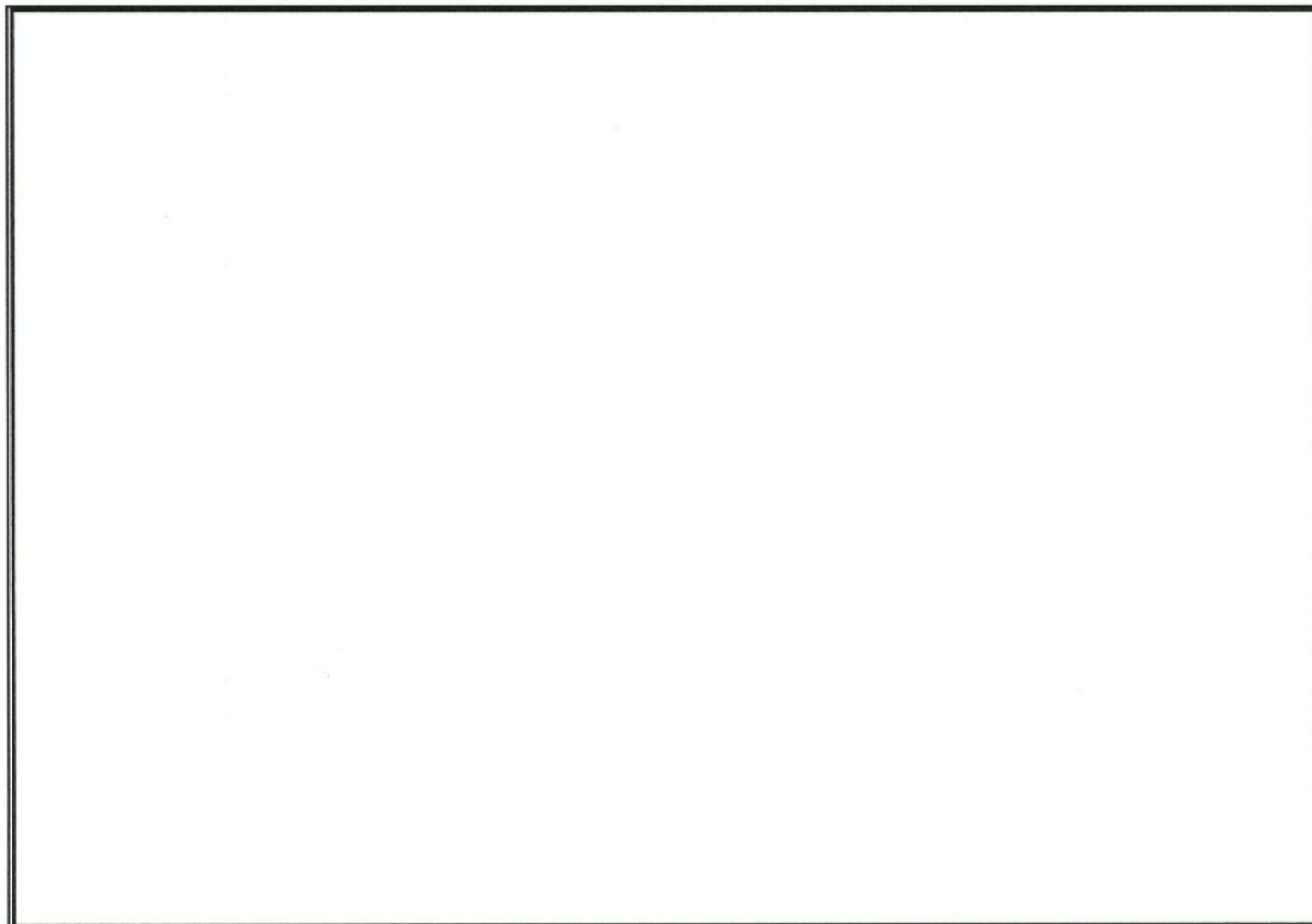
火災区画は, 火災区域を細分化したものであって, 耐火壁, 離隔距離, 固定式消設備等により分離された火災防護上の区画であり, 下記により設定

- ① 火災区域を分割し, 火災区画を設定する。火災区画は全周囲を耐火壁で囲まれている必要は必ずしもなく, 隔壁や扉の配置状況を目安に設定
- ② 火災区画の範囲は, 原子炉の安全停止に係わる系統分離等に応じて設定

	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

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

- ◆ 基本的な考え方に従って、火災防護区域・区画を設定
- ◆ 3時間耐火壁を設置による区画分離(原子炉建屋地下1階)を例示



4. 火災発生防止

(1/3)

- ◆ 火災発生防止にあたっては、「火災防護対策」、「不燃性材料又は難燃性材料の使用」及び「落雷，地震等の自然現象に係る対策」等を考慮した設計とする

審査基準の要求項目		設計方針(基本的な考え方)
発火性又は引火性物質を内包する設備の火災発生防止	漏えい防止・拡大防止	溶接構造，シール構造，堰等を設置し拡大防止
	配置上の考慮	機器を分離して配置
	換気	火災区域の建屋等は機械換気を実施
	防爆	電気設備に関する技術基準等で要求される防爆性雰囲気にならない必要な「接地」を実施
	貯蔵	必要な量に制限して貯蔵(ディーゼル7日間等)
可燃性の蒸気又は可燃性の粉体の対策	—	塗料等の可燃物は必要量のみ持ち込み制限 可燃性粉塵及び静電気が滞まるおそれのある設備なし
発火源への対策	—	火花発生のおそれがあるブラシは金属製本体内に収納
水素対策	—	機械換気による滞留防止，警報装置設置
放射線分解による発生，蓄積する水素の燃焼対策	—	火力原子力発電技術協会「ガイドライン」※に従った水素対策実施
過電流による過熱防止対策	—	保護継電器，遮断器設置

※:ガイドライン制定前に経済産業省指示文書「中部電力株式会社浜岡原子力発電所1号機の余熱除去系配管破断に関する再発防止策について(平成14年5月)」についての指示内容も，本ガイドラインに含まれている

4. 火災発生防止

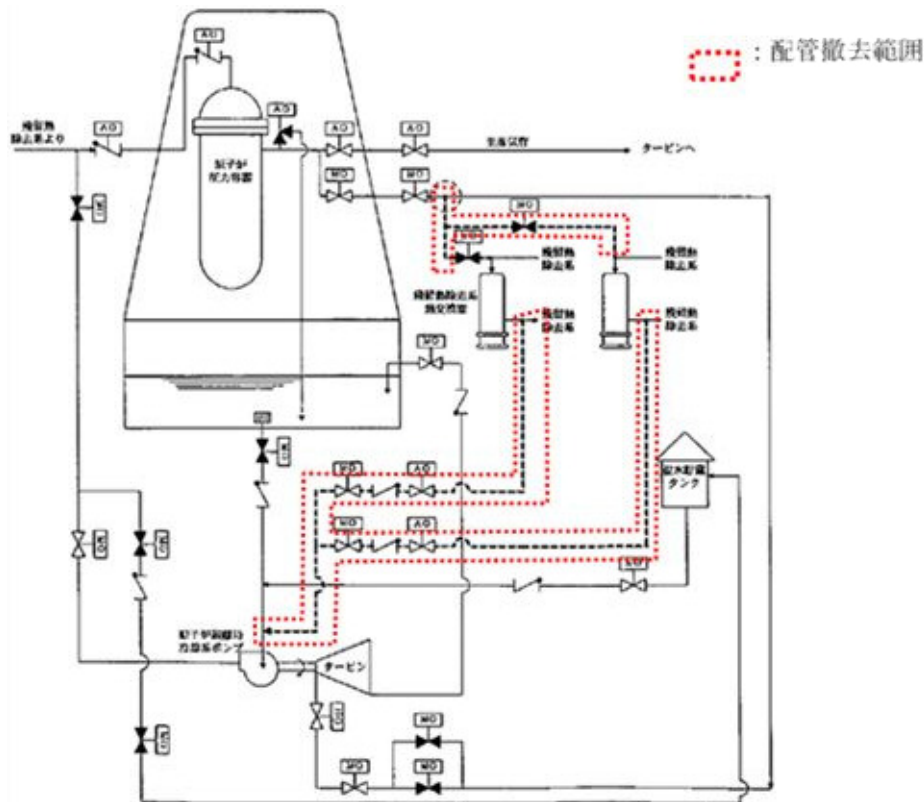
(2/3)

審査基準の要求項目		設計方針(基本的な考え方)
不燃性材料又は難燃性材料の使用	主要な構造材料	主要構造材は金属, コンクリート等の不燃材を使用
	変圧器及び遮断器に対する絶縁油	火災区域内の変圧器は油を使用しない乾式。遮断器は絶縁油を用いない方式
	難燃ケーブル	非難燃ケーブルについては, 防火シートによる代替措置を実施
	換気装置フィルタ	難燃性が確認されたものを使用(チャコールフィルタ除く)
	保温材	建設省告示又は建築基準法に基づく不燃材
	建屋内装材	建築基準法に基づく不燃材又は消防法に基づく認定品
落雷, 地震等の自然災害対策	—	建築基準法に基づく避雷設備を設置
安全機能を有する構築物, 系統及び機器の耐震設計	—	設置許可基準規則の解釈に従い設計

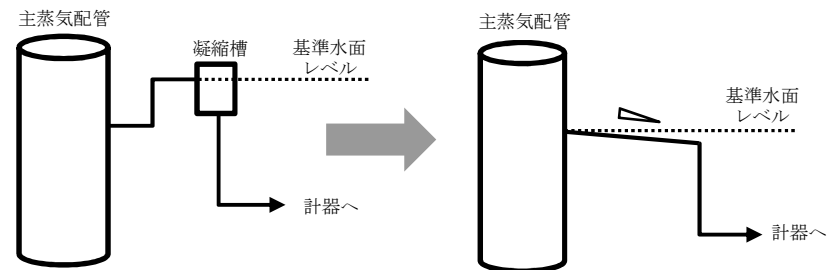
4. 火災発生防止

(3/3)

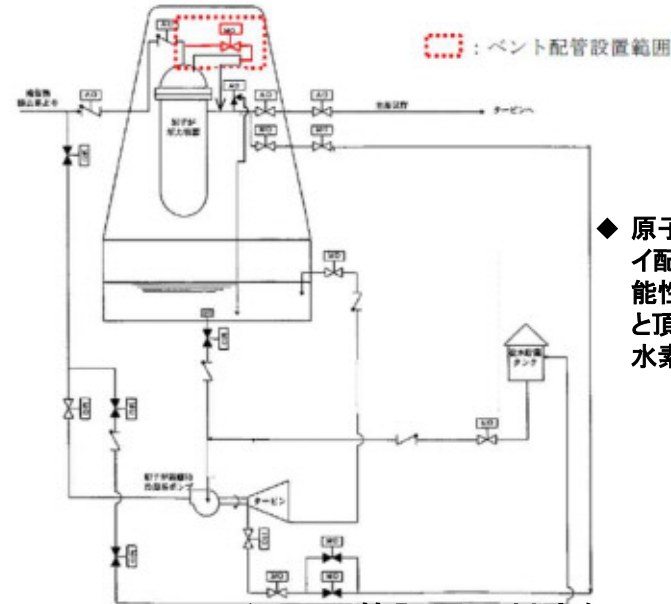
◆ BWRプラントに特有な放射線分解により発生、蓄積する水素燃焼対策について詳細を示す。蓄積する水素対策としては、「**社団法人火力原子力発電技術協会「BWR配管における混合ガス(水素・酸素)蓄積防止に関するガイドライン(平成17年10月)」**に基づき対策実施



◆ 類似事象が発生する可能性がある余熱除去系の蒸気凝縮モード配管を撤去
浜岡1号機余熱除去系配管破断の対応



◆ 水素が蓄積する可能性がある凝縮槽撤去、配管勾配変更
計装配管の対応例



◆ 原子炉圧力容器頂部スプレイ配管に水素が蓄積する可能性があるため、当該配管と頂部ベント配管を接続し、水素の滞留を防止

ベント配管設置の対応例

(1) 火災感知設備の概要

- ◆安全機能を有する構築物, 系統及び機器に火災が発生した場合, 早期に感知するため, 以下の火災感知設備を設置
- ◆火災感知器と受信機を含む火災受信機盤等で構成される火災感知設備は, 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

要求事項	設計方針(基本的な考え方)
◆ 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, <u>早期に火災を感知できる場所に設置</u> する ◆ 難燃ケーブルの代替措置(複合体)の内部について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て設置すること。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」を組み合わせて設置 ◆ 基本的に <u>アナログ式の「熱感知器」及び「煙感知器」</u> 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ように <u>非常用電源からの受電又は蓄電池</u> を設ける設計
◆ 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, <u>中央制御室等に設置</u> し, 常時監視できる設計

【基本的な考え方と異なる感知器について】

- ◆非アナログ式感知器
 - ・防爆型感知器(熱及び煙)・・・水素発生が懸念される蓄電池室等では, 防爆型(非アナログ式)を選定
 - ・炎感知器・・・空間容積が大きく, 熱や煙が拡散し易い箇所(屋外海水ポンプエリアや原子炉建屋6階オペレーティングフロア)では熱感知器や煙感知器よりも信頼性が高い炎感知器(赤外線)を選定
 - ・熱感知器(非アナログ式)・・・主蒸気管トンネル室は放射線量が高く, 通常のアナログ式熱感知器は故障する可能性が高いため非アナログ式熱感知器を選定
- ◆ 光ファイバ式熱感知器(アナログ式)・・・中央制御室床下コンクリートピット内にケーブルに沿って, 火災感知を行うため, 光ファイバ式熱感知器を選定

5. 火災の感知, 消火

(2/13)

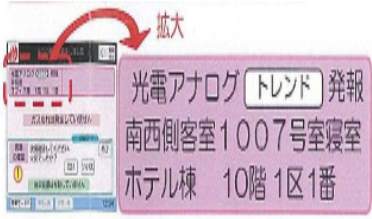
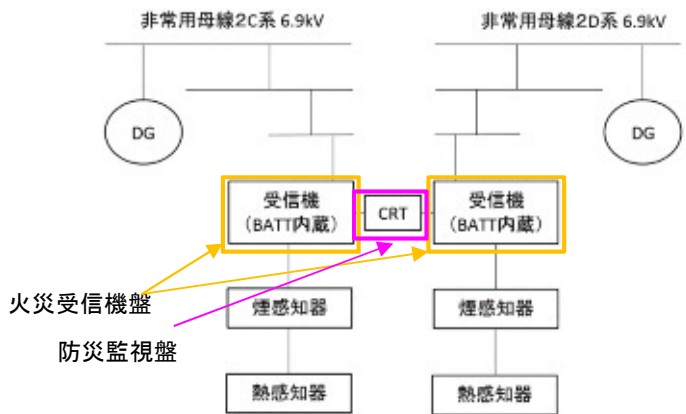

火災感知器の設置場所	火災感知器の設置型式	
一般エリア (「異なる種類の火災感知器」の設置要求を満足するため、火災感知器を設置)	煙感知器 (感度: 煙濃度10%)	熱感知器 (感度: 温度60~70℃)
	火災時に発煙段階から感知できる煙感知器を設置	火災時に生じる熱を感知できる熱感知器を設置
蓄電池室 (充電中に少量の水素が発生する可能性がある 防爆性が必要)	煙感知器(防爆型)* (感度: 煙濃度10%)	熱感知器(防爆型)* (感度: 温度65℃)
	防爆型煙感知器(非アナログ式)を設置	防爆型熱感知器(非アナログ式)を設置
軽油貯蔵タンクエリア/非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプエリア (万一の軽油燃料の気化を考慮し、防爆性が必要)	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(非アナログ式)を設置	防爆型熱感知器(非アナログ式)を設置
海水ポンプエリア(海水ポンプエリアは屋外に設置されているため火災による煙、熱は周囲に拡散)	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 ため火災による熱は周囲に拡散)	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 で火災は想定されないが、温度・放射線により故障する恐れあり)	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作動信号を除外する運用とし、原子炉停止後は速やかに取替える設計	
主蒸気管トンネル室(運転中は高線量となるため故障する恐れがある と同時に、取替のための立ち入りも困難)	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
中央制御室床下コンクリートピット(細く長い閉塞空間にケーブル(難燃)が敷設されている)	煙感知器 (感度: 煙濃度10%)	光ファイバ式熱感知器 (適用温度範囲: -20℃~150℃)
	火災時に発煙段階から感知できる煙感知器を設置	ケーブルに沿ってコンクリートピット内に敷設

5. 火災の感知, 消火

(3/13)

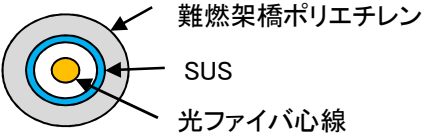

【火災受信機盤について】

- ◆ 受信機盤は中央制御室に設置し, 個々の火災感知設備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(蓄電池も内蔵)し, 感知設備は受信機盤から給電される設計

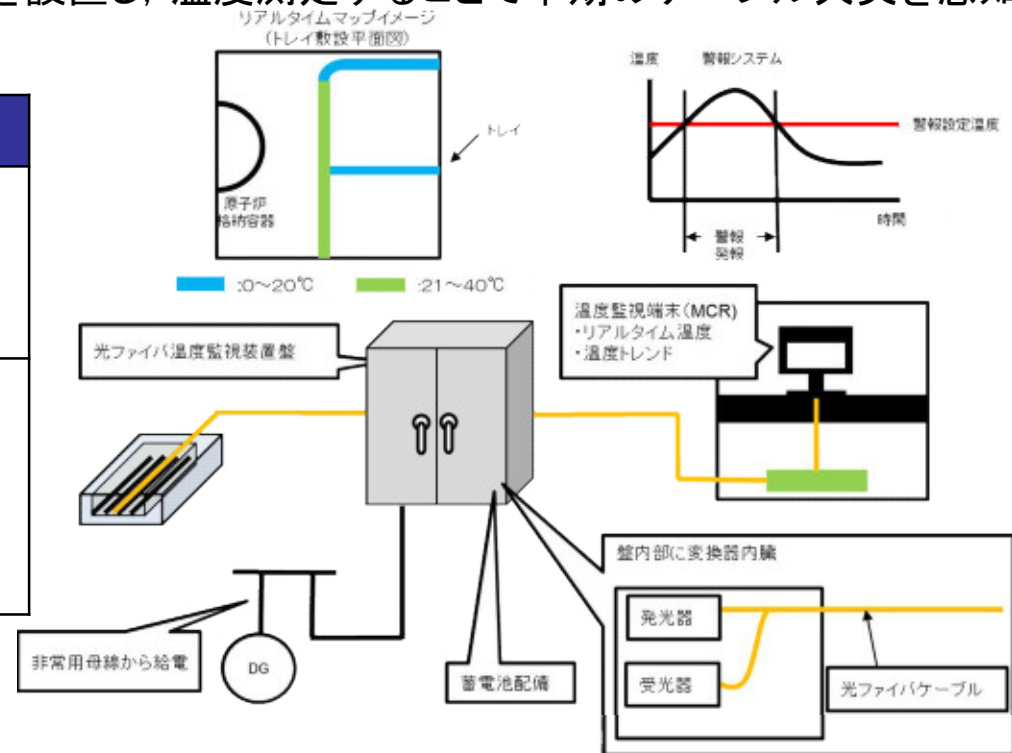
火災感知設備	主な機能	画面表示(イメージ)
火災受信機盤	<ul style="list-style-type: none"> ・火災発生場所を感知器単位で文字表示 ・トレンドグラフで煙濃度又は温度を表示 ・火災に至る前の注意警報により, 早期の初期対応が可能 ・自動試験機能あり 	 <p>拡大 光電アナログ トレンド 発報 南西側客室1007号室寝室 ホテル棟 10階1区1番</p>
防災監視盤(表示盤)	<ul style="list-style-type: none"> ・火災発生場所を感知器単位で平面地図表示 ・火災発生場所を感知器単位で文字表示 ・履歴リスト表示  <p>非常用母線2C系 6.9kV 非常用母線2D系 6.9kV DG 受信機 (BATT内蔵) CRT 受信機 (BATT内蔵) 煙感知器 熱感知器 火災受信機盤 防災監視盤</p>	 <p>地図表示</p>

【非難燃ケーブルに対する代替措置(複合体)の早期火災感知について】

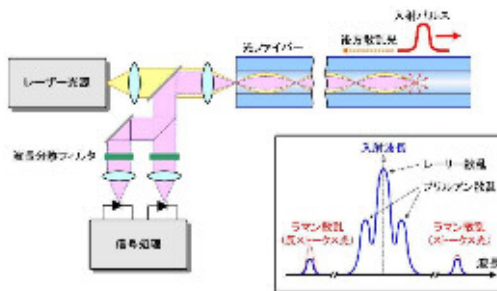
◆複合体毎に光ファイバケーブル式熱感知器を設置し, 温度測定することで早期のケーブル火災を感知

項目	説明	
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> 

「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





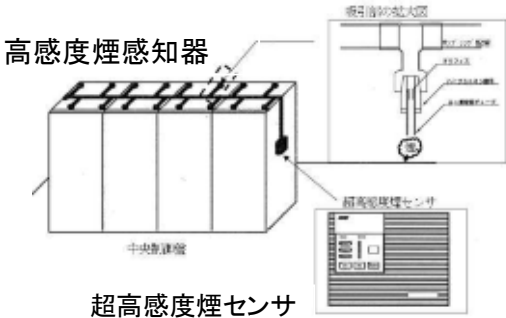
光ファイバ温度監視装置のシステム構成の概要



- <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
 - ◆ 主な構成は, 温度センサーとなる光ファイバ, レーザー光源・光検出器からなる計測器
 - ◆ 光ファイバの一端からレーザーパルスを入射するとファイバ内で散乱光が発生し, 一部は後方散乱光(ラマン散乱)として手前に戻るため, これを距離に対応して時系列的に受信
 - ◆ ラマン散乱光の温度感受性から光ファイバに沿った温度分布を把握

【中央制御室制御盤内の早期火災感知について】

◆ 制御盤毎に高感度煙感知器を設置することで早期の盤内火災を感知

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 複数の区分の安全系機能を有する制御盤内での火災に対する早期消火活動を行うことを考慮</p>  <p>制御盤内設置例(メーカーカタログより抜粋)</p>	<p>高感度煙感知器 (感度:煙濃度 0.1~0.5%)</p>	<p>超高感度煙センサ (感度:煙濃度0.01~20%)</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感知器を設置。また, 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 ◆ なお, 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 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>制御盤天井</p>  <p>煙</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>高感度煙感知器</p> <p>中央制御盤</p> <p>超高感度煙センサ</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>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> </div> </div> <p>なお, 運転員の目の前の制御盤は, 盤面にガラリがあり, 煙発生等の火災を運転員が早期発見できるため設置しない</p>		

(2) 消火設備の概要

- ◆安全機能を有する構築物, 系統及び機器に火災が発生した場合に, 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

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どうかを考慮して<u>自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備</u>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を多重化し, 消火ポンプは<u>電動式及びディーゼル駆動式</u>を1台ずつ配備し多様性を確保
<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"> ◆ 系統分離された火災防護対象設備等を設置する火災区画等に対して, <u>1つの消火設備</u>で消火を行う場合は, <u>容器弁及びポンペを必要数より多く</u>配備するとともに, 容器弁の作動信号についても動的機器の単一故障により同時に機能を喪失しない設計
<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"> ◆ ガス消火設備は<u>絶縁性の高いガス</u>を採用し, 火災が発生している区域等からの火炎や熱による直接的な影響のみならず, 煙, 流出流体, 断線等の二次的影響が火災の発生していない設備等に影響を与えない設計。また, これら設備のポンペ等は, <u>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に設置</u>
<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, <u>消防法施行規則第十九条, 第二十条等に基づき</u>必要量の消火剤を確保 ◆ 消火器については, <u>消防法施行規則第六条～第八条に基づき</u>必要量を配備

5. 火災の感知, 消火

(7/13)

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, 化学消防自動車及び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 ◆ 現時点で水道水系とは共用していない。
◆ 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吹鳴する設計
◆ 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>ケーブルトレイ用の局所ガス消火設備</u> は作動に電源が不要な設計
◆ 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 ◆ 局所ガス消火設備は, 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照明器具を必要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

5. 火災の感知, 消火

(8/13)

◆ 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
全域ハロゲン化物自動消火設備 ・ハロン1301	電気室, ポンプ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 ケーブル処理室
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

【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

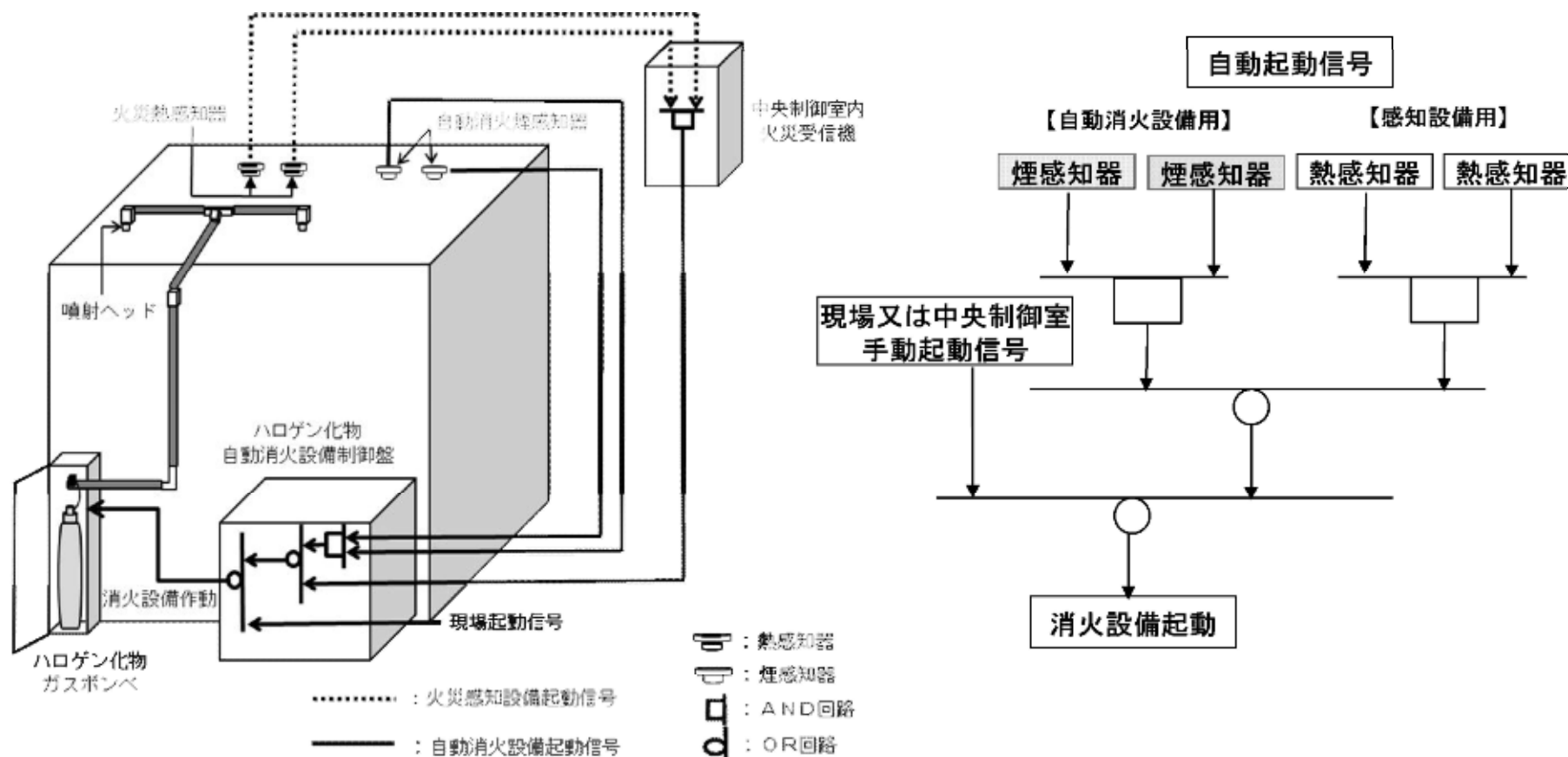


図 ハロゲン化物自動消火設備の動作概要図

5. 火災の感知, 消火

(5/13)

【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, ケーブル処理室の火災区域(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

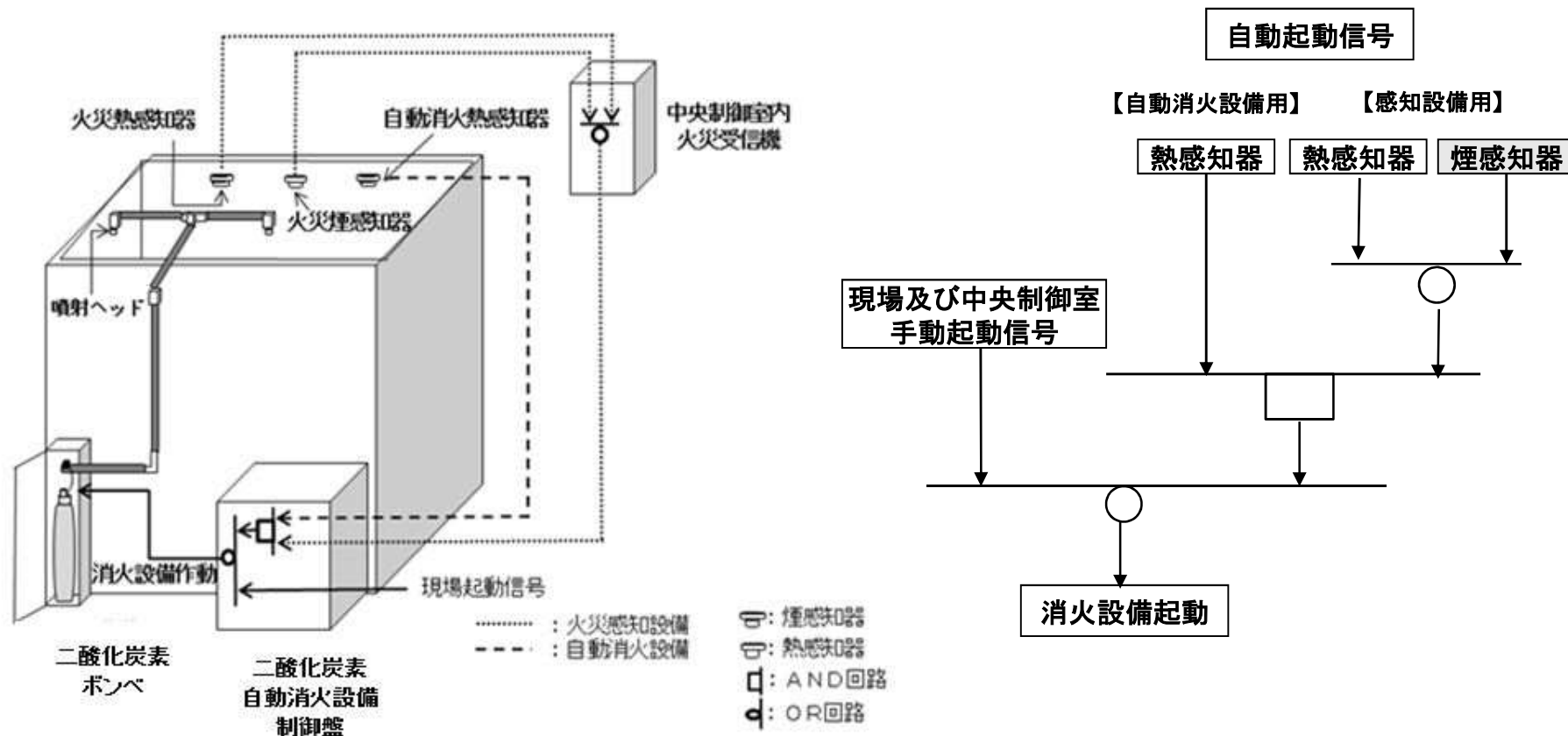


図 二酸化炭素自動消火設備の動作概要図

【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

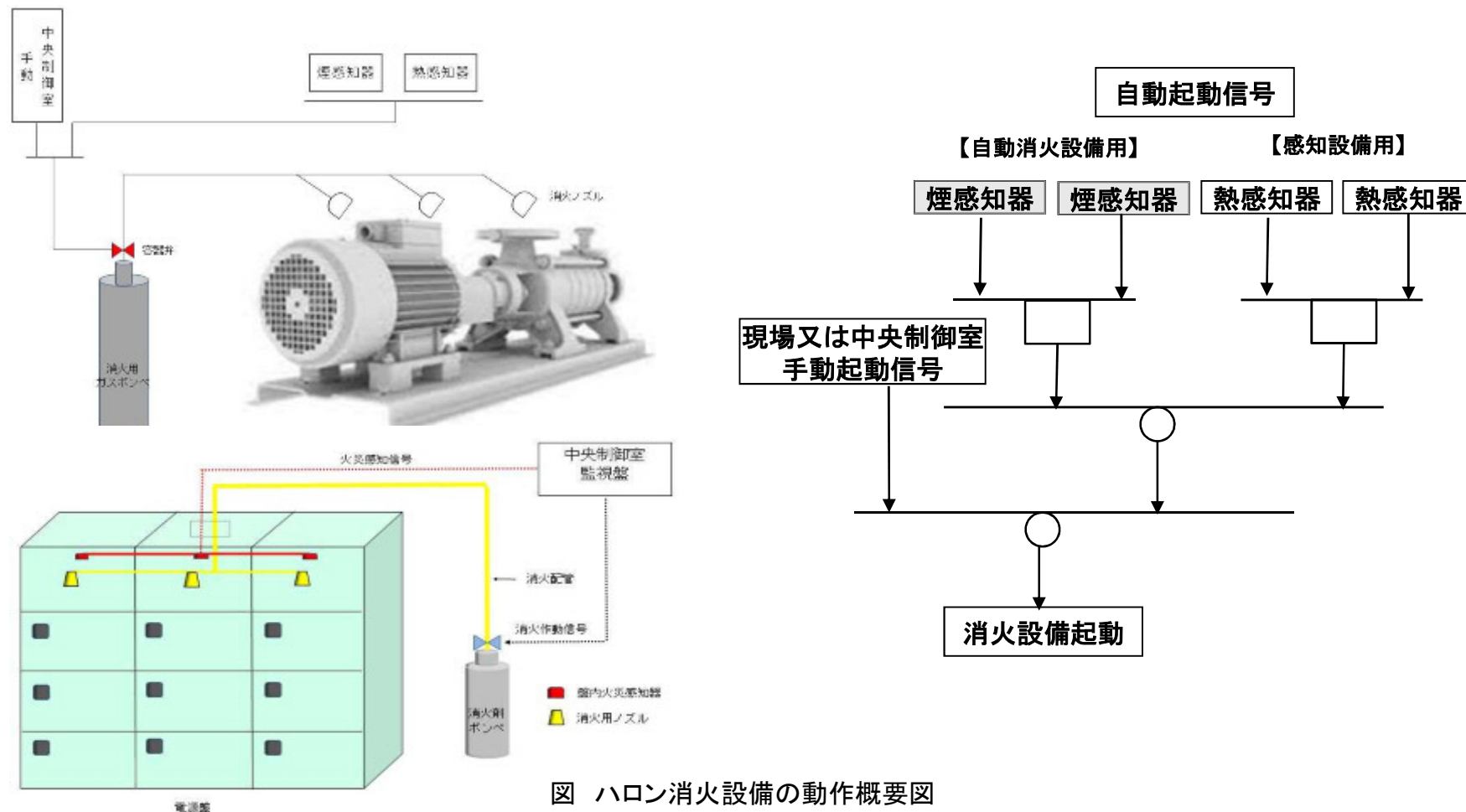


図 ハロン消火設備の動作概要図

【ハロゲン化物消火設備(局所)について(複合体ケーブルトレイ)】

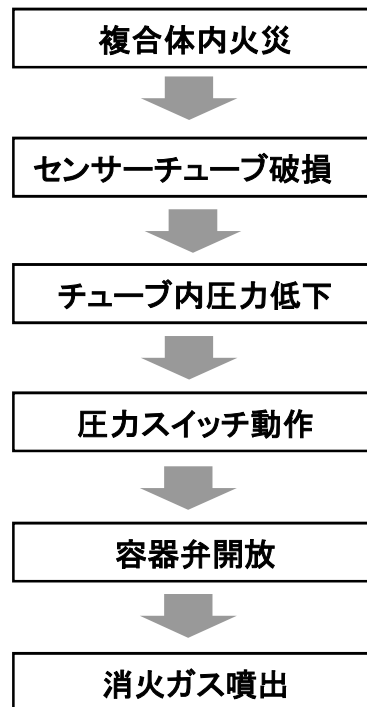
- ・火災区域(区画)に設置する感知器とは別に, 光ファイバケーブル式熱感知器設置
- ・複合体内に火災検知チューブの火災検知により局所ハロゲン化物消火設備(FK-5-1-12)が自動作動する設計

<誤動作防止と信頼性>

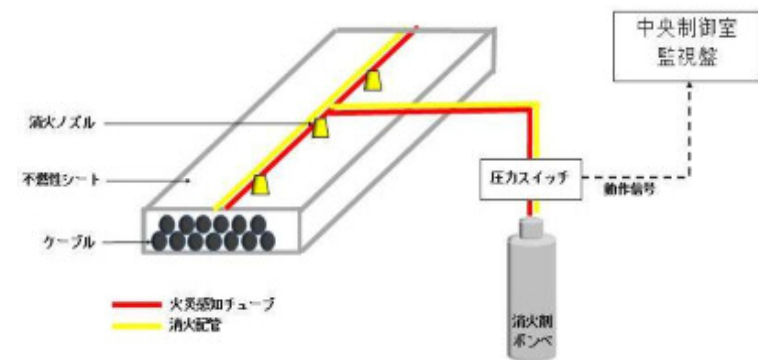
- ◆ 単純構造で誤動作の可能性小
- ◆ 中央制御室では消火ガスの放出信号を検知する設計で, 現場確認で消火設備が動作していない場合には, 現場での手動起動可能
- ◆ また, 複合体内の感知器(光ファイバー式熱感知器)により中央制御室に警報が発報するため, 現場での手動起動可能

消火ガス:

FK-5-1-12(代替ハロン)
 $(CF_3-CF_3-C(O)-CF(CF_3)_2)$



動作概要図



複合体内消火設備の概念図

5. 火災の感知, 消火

(12/13)

【ケーブル処理室の感知・消火設備】

- ◆ケーブル処理室には、制御及び計装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設置する二酸化炭素全域消火設備を設置
- ◆更に、複合体内の火災を早期に感知するための光ファイバ温度監視装置をトレイ内に設置するとともに、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

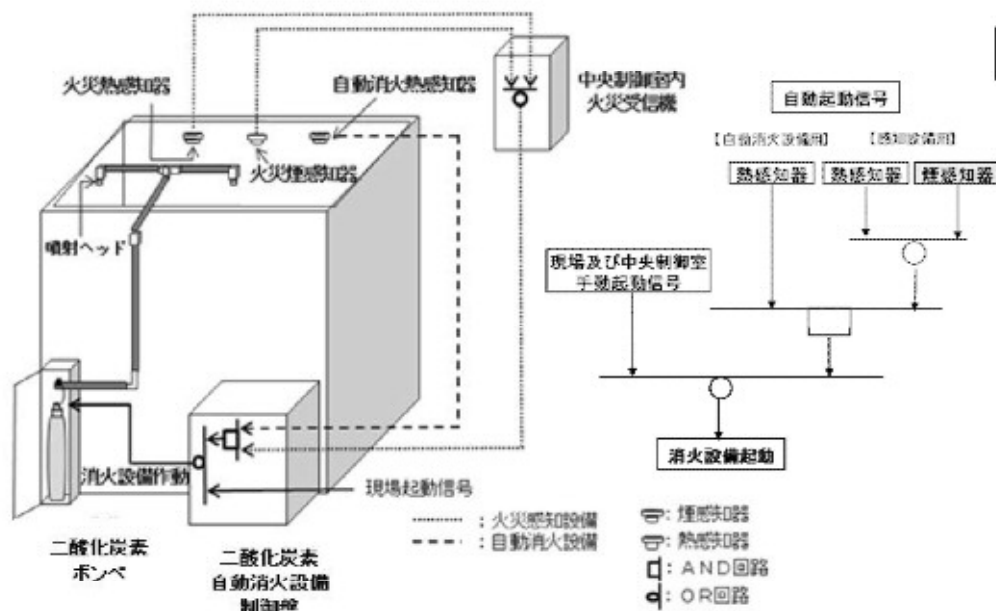


図 二酸化炭素自動消火設備の動作概要図

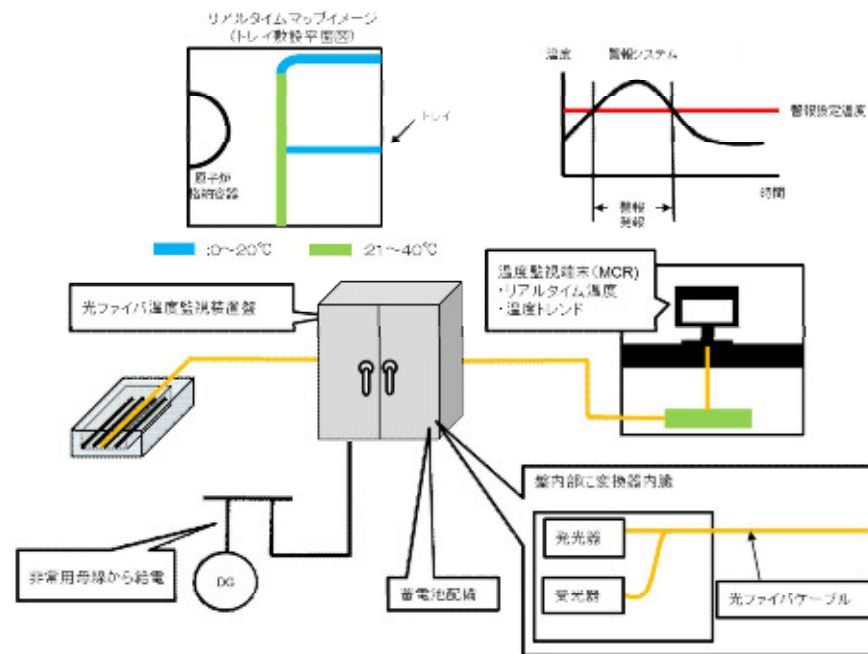


図 光ファイバ温度監視装置のシステム構成の概要 (非難燃ケーブル複合体内の火災の早期感知)

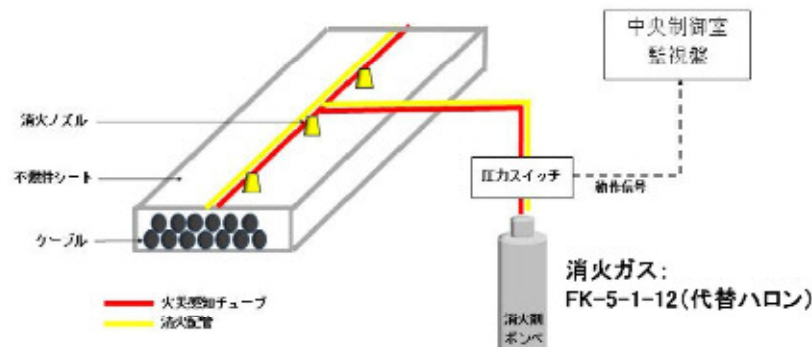


図 ハロゲン化物消火設備(局所)について (非難燃ケーブル複合体内の火災の早期消火)

消火設備の破損, 誤動作又は誤操作による安全機能への影響

[審査基準 2.2.3項]

安全機能を有する構築物, 系統及び機器は, 消火設備の破損, 誤動作又は誤操作によって, 安全機能を失わない設計であること。また, 消火設備の破損, 誤動作又は誤操作による溢水の安全機能への影響について「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」により確認すること。

(参考)

原子力発電所の内部溢水影響評価ガイドでは, 発生要因別に分類した以下の溢水を想定することとしている。

- a. 想定する機器の破損等によって生じる漏水による溢水
- b. 発電所内で生じる異常状態(火災を含む。)の拡大防止のために設置される系統からの放水による溢水
- c. 地震に起因する機器の破損等により生じる漏水による溢水

このうち, b.に含まれる火災時に考慮する消火水系統からの放水による溢水として, 以下が想定されていること。

- ①火災感知により自動作動するスプリンクラーからの放水
- ②建屋内の消火活動のために設置される消火栓からの放水
- ③格納容器スプレイ系統からの放水による溢水



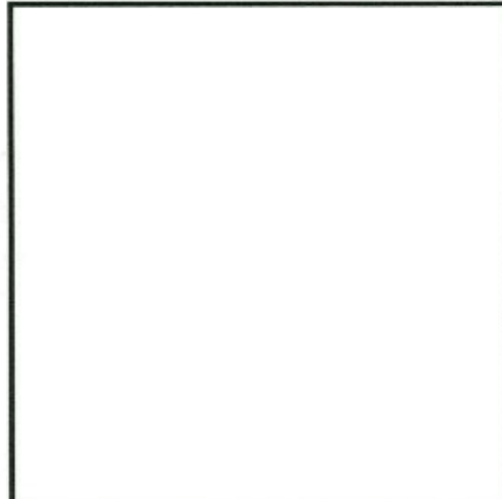
- ◆二酸化炭素は不活性であること, ハロゲン化物消火設備及び局所ガス消火設備で使用するハロゲン化物消火剤は, 電気絶縁性が大きく揮発性も高いことから, 設備の破損, 誤作動または誤操作により消火剤が放出されても電気及び機械設備に影響を与えないため, 火災区域(区画)に設置するガス消火設備には, 二酸化炭素消火設備, ハロゲン化物消火設備等を選定
- ◆非常用ディーゼル発電機は, 非常用ディーゼル発電機室に設置する二酸化炭素消火設備の破損, 誤作動または誤操作により二酸化炭素が放出されることによる燃焼用空気の不足を考慮しても機能が喪失しないよう, 外部から直接給気を取り入れる設計
- ◆消火設備の放水による溢水等に対しては, 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置, 構造及び設備の基準に関する規則」第九条に基づき, 安全機能への影響がないよう設計 (別途ご説明)

(1) 火災の発生防止

原子炉格納容器内の火災発生防止対策として、下記対応を実施

- ◆格納容器内の火災防護対象ケーブルは、核計装ケーブルを除き、難燃ケーブルを使用し電線管内に敷設
- ◆非難燃ケーブルである核計装ケーブルのうち、電線管内に敷設されていない範囲（原子炉圧力容器下部のペDESTAL部）についても、露出部分を短くする等を実施し、火災の発生を防止
- ◆格納容器内の油内包機器のうち、原子炉再循環ポンプモータ及び主蒸気隔離弁用に新たな堰等を設置し漏えい拡大を防止（現在の油サンプはMCCI/FCI対応として撤去）
- ◆窒素雰囲気がない定期検査中及び窒素置換が完了までの起動中は、可燃物量の持ち込みを制限するとともに、消火体制を確立

【核計装用ケーブルの延焼防止対策】



判定基準	・火炎がとおる亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと。	良
	・非加熱面側に10秒を超えて発炎を生じないこと。	良
	・非加熱面側に10秒を超えて火炎が噴出ししないこと。	良
試験結果		合格

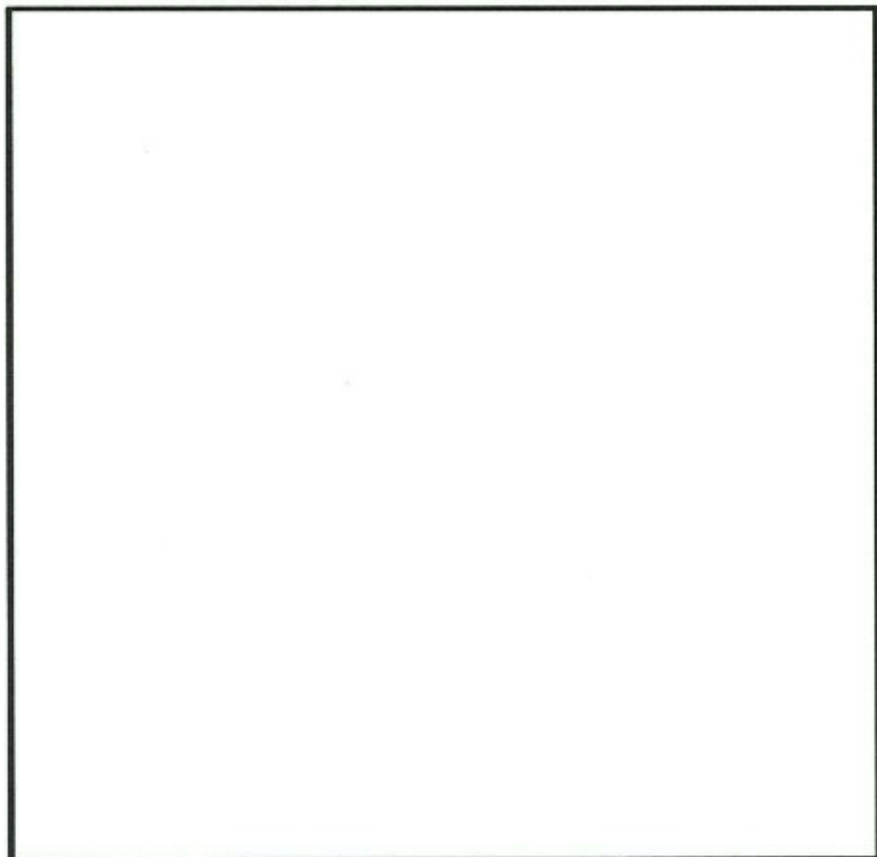
原子炉圧力容器底部の核計装ケーブルの状況

- ◆核計装ケーブルの周囲に可燃物はない
- ◆核計装ケーブルの電流は数mAの微弱電流であり過電流発火の可能性は小さく、露出部は点検作業を踏まえて極力短く設計
- ◆電線管両端は、電線管外部からの酸素供給防止を目的として、難燃性のSFエコシールで処理し延焼を防止
- ◆運転中は窒素雰囲気であり、火災は想定されない。一方、通常点検作業で溶接等の火災が想定される作業はなく、作業時には消火器を配備するとともに監視人を配置。また、原子炉圧力容器下部にある動力ケーブルは、制御棒駆動機構交換装置用や照明ケーブルだが、使用しない場合は電源を切る運用



原子炉の状態にかかわらず、火災発生を防止

【油内包設備 原子炉再循環ポンプ電動機，原子炉再循環系流量調整弁，主蒸気隔離弁】



機器名称	潤滑油 引火点	最高使 用温度	内包量(L)	堰容量(L)
原子炉再循環系 流量制御弁(A,B)	254℃	171℃	約450/台	(A)約1000 (B)約770
原子炉再循環ポン プ用電動機(A,B)	250℃		約620/台	—※
主蒸気内側隔離 弁(A~D)	204℃		約9/台	

※堰等を設置し漏えい拡大防止（現在油サンプはMCCI/FCI対応として撤去）

- ・ 機器は漏えいを防止するため溶接又はシール構造
- ・ 油が漏えいしても拡大しないように堰等を設置
- ・ 潤滑油は引火点が最高使用温度より高いものを使用
- ・ 周囲に可燃物なし
- ・ 原子炉運転中は火災の発生しない窒素雰囲気
- ・ 定期検査中は当該機器は電源を切る運用であり，試運転時には要員を配置し火災発生防止を徹底

(2) 火災の感知・消火

原子炉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

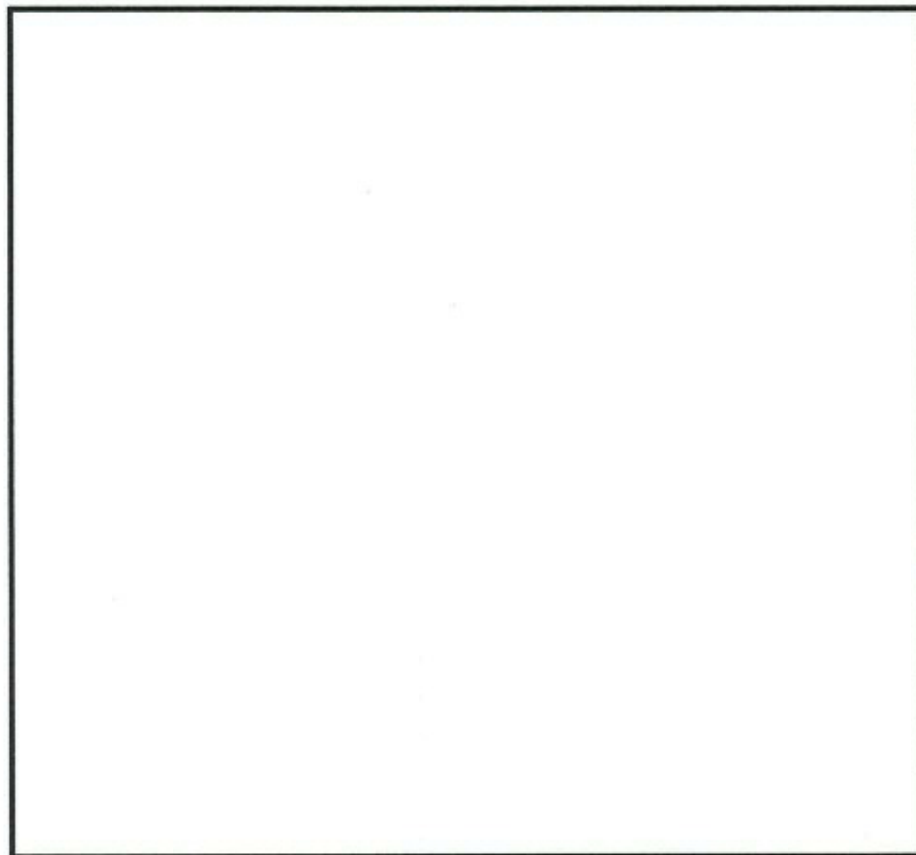


火災感知器は、格納容器内の温度及び放射線の影響による故障※の可能性有



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)に電源を切り、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



格納容器内の火災感知器の設置場所

火災感知設備

◆ 型式: アナログ式熱感知器及び煙感知器

◆ 配置位置:

- ・消防法施行規則第23条に基づき設置
- ・火災発生の可能性がある油内包設備(主蒸気逃がし弁, 原子炉再循環ポンプモータ, 原子炉再循環系流量制御弁)の配置を考慮し, それらの上部近傍に配置

◆ 運用上の留意事項

- ・格納容器内は, 原子炉運転中, 窒素により不活性化しており火災は発生しないが, 原子炉運転中の格納容器内は閉鎖した状態で長期間にわたり高温, 高線量の環境となり火災感知器が故障し, 誤動作するおそれがあるため, 窒素置換完了後に中央制御室の受信機にて作動信号を除外
- ・原子炉停止後(窒素パージ後)に速やかに取替

⇒窒素置換完了まで, 火災感知機能を維持し, 人の立ち入り制限後から窒素置換が終わるまでの火災感知を強化

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以内の距離に配置

◆ 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

	床面積 (m ²)	必要な消火器の能力単位 (施行令別表第一(十五)項)	電気火災に適應する消火器 (施行規則第六条第四項)	重大事故等対処 設備の独立性確保 のための本数	合計 (予備)	消火器設置場所
格納容器	527	(10型粉末消火器1本相当)	6	1	7 (1)	所員用エアロック 機器ハッチ

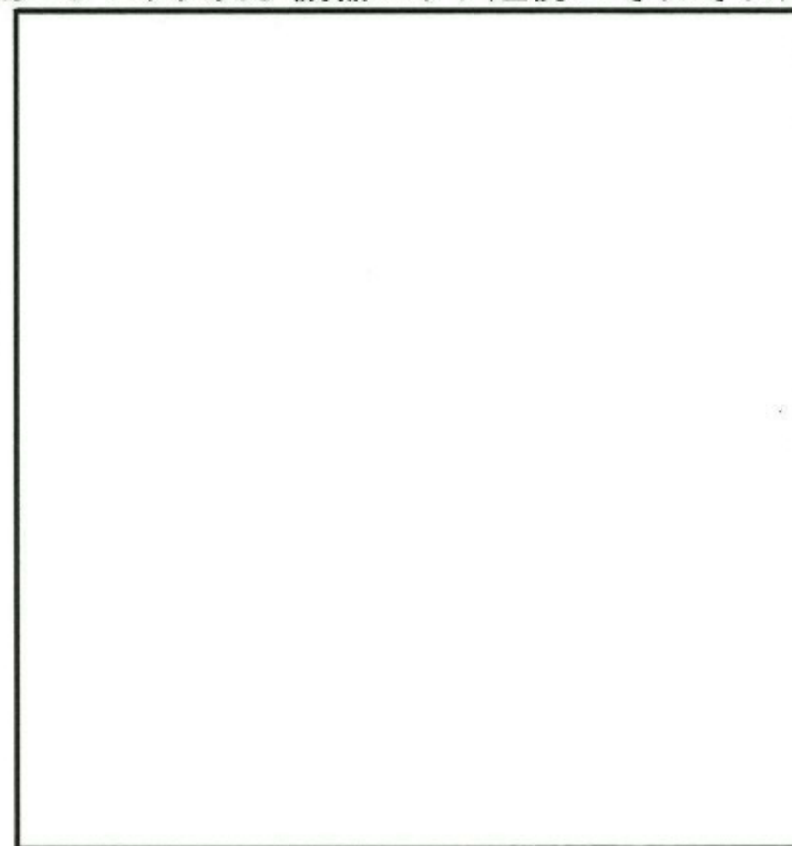
② 消火設備

<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
- ◆ 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



No.9消火栓～MSIVまで約47m



No.10消火栓～PLR(A)/FCV(A)まで約71m

No.10消火栓～PLR(B)/FCV(B)まで約71m

..... :EL+17m — :EL+14m

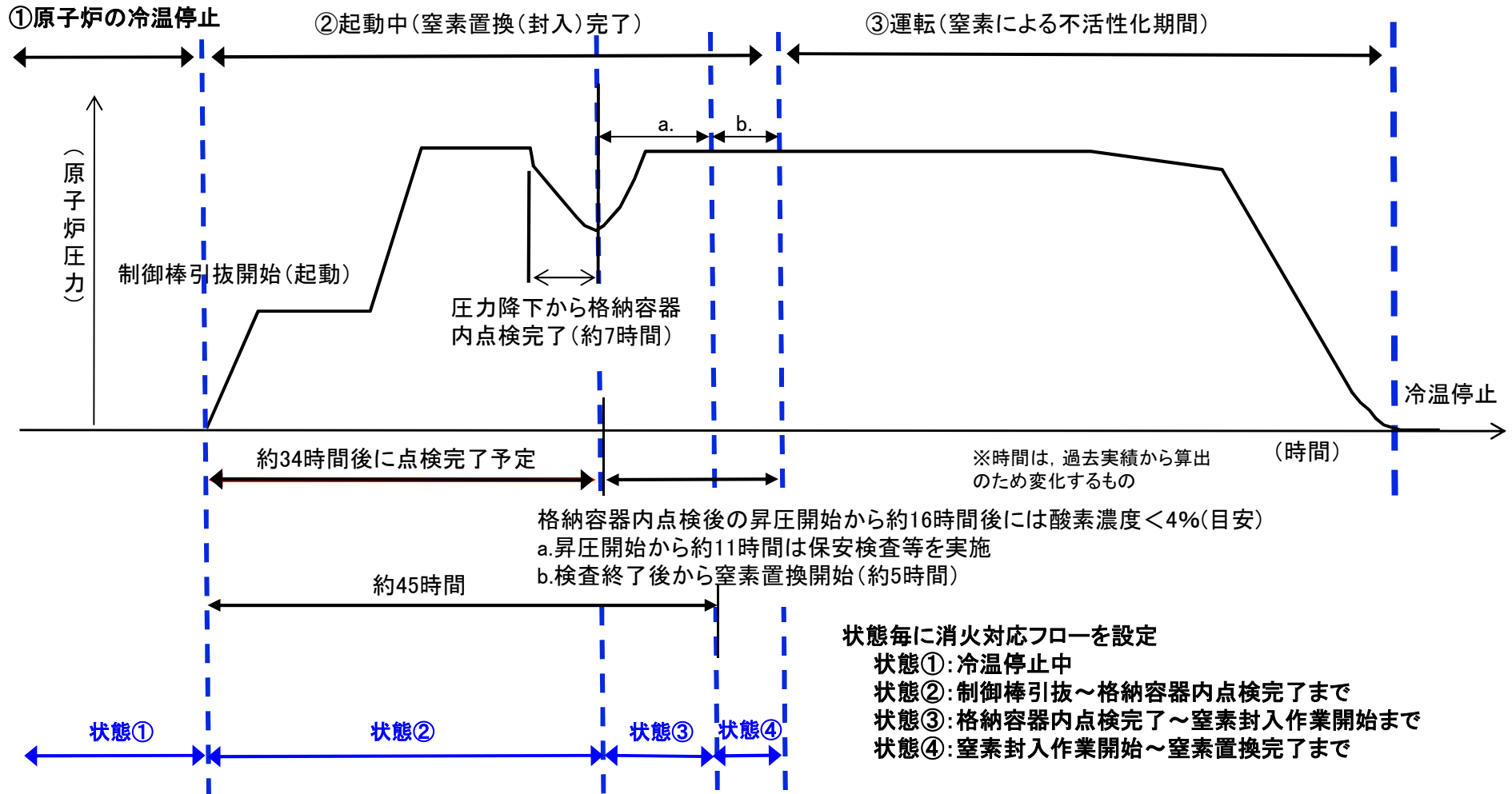
7. 原子炉格納容器内の火災防護

(8/17)

【消火活動】

○プラント状態に応じて消火対応フローを検討（運転中は窒素封入状態で火災は想定されず）

原子炉起動時のプラント状態

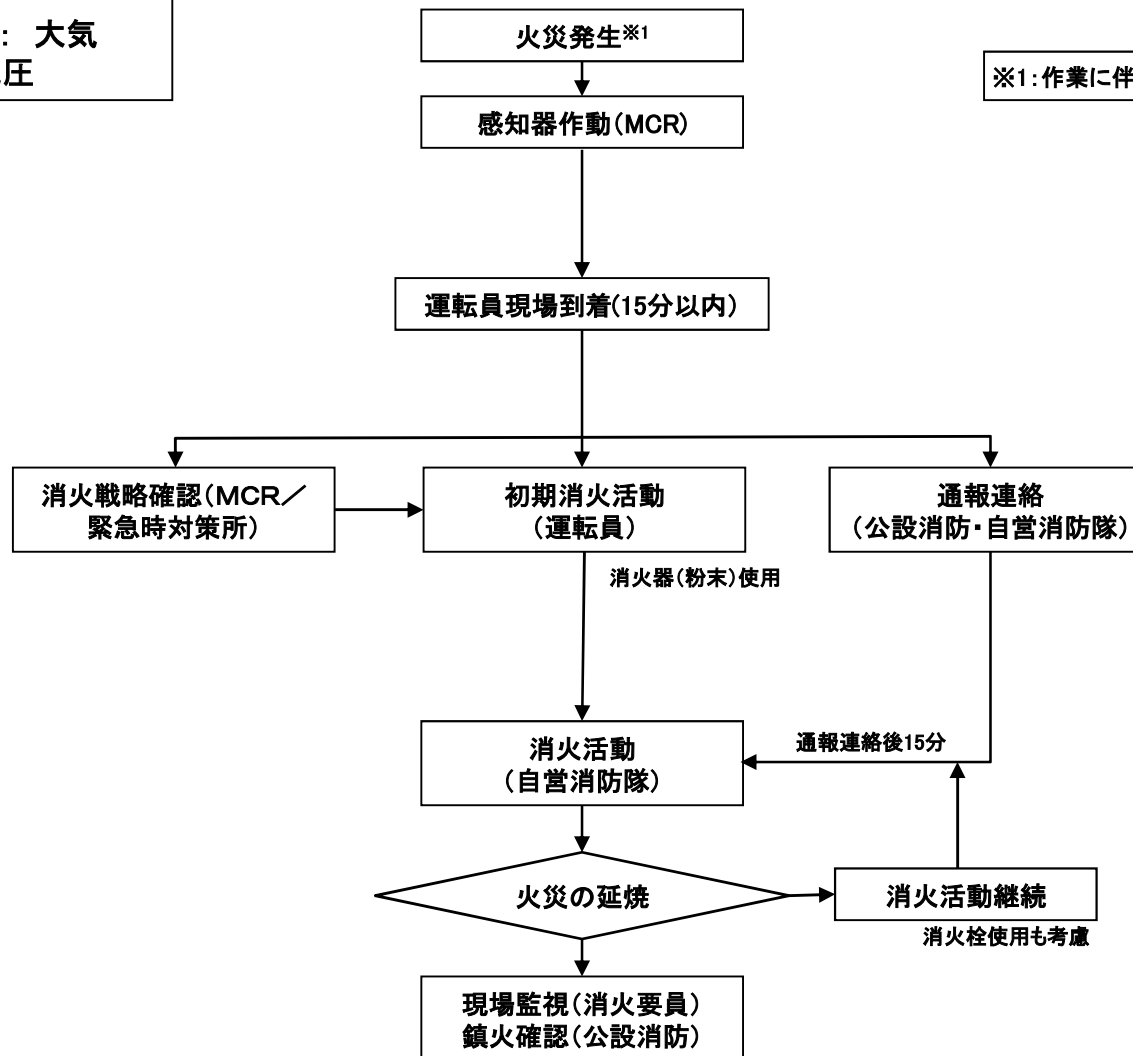


7. 原子炉格納容器内の火災防護

(9/17)

【消火活動 (冷温停止中)】

格納容器: 開放
格納容器内雰囲気: 大気
原子炉圧力: 大気圧



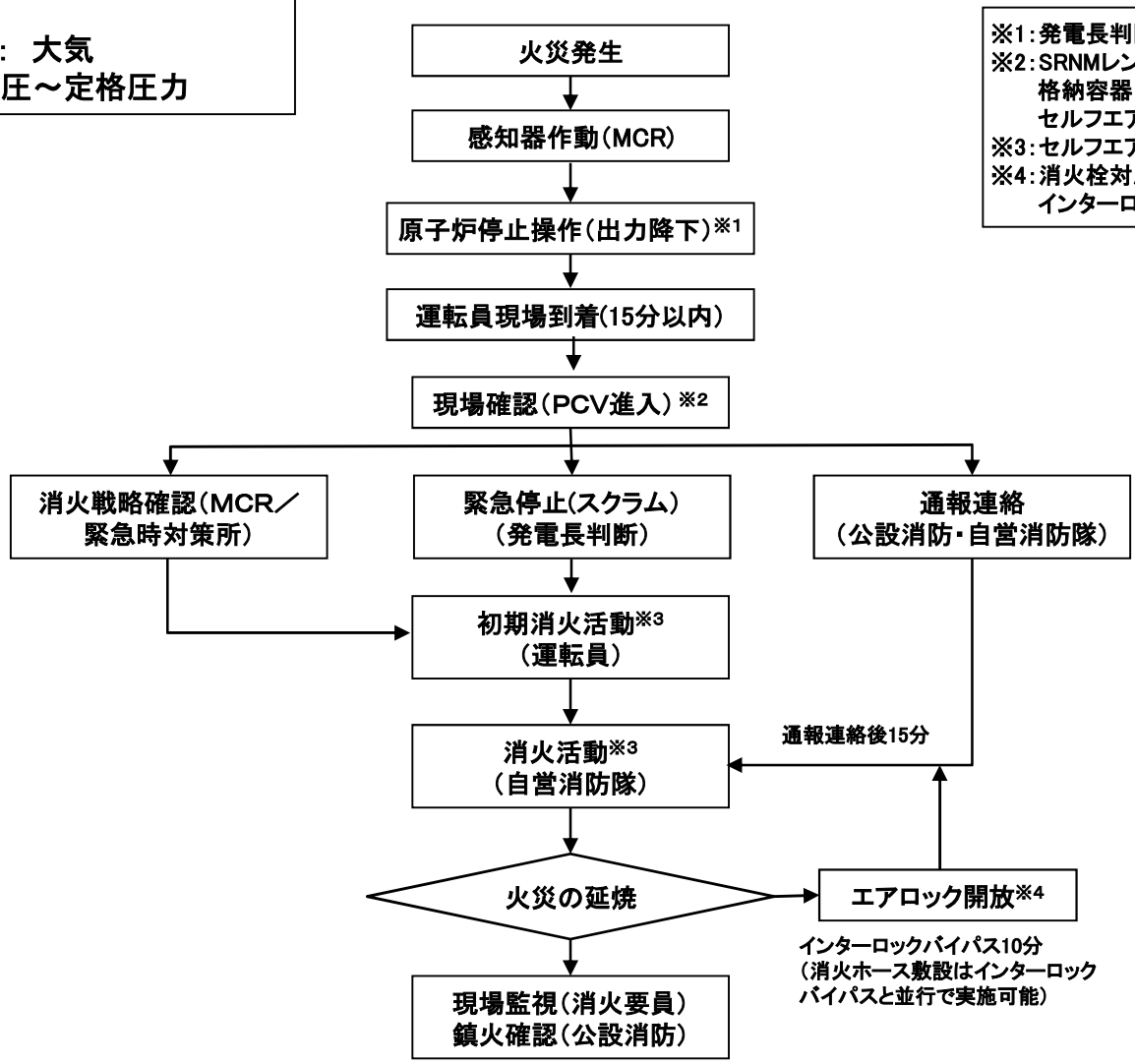
※1: 作業に伴う火災は、作業員が初期消火を実施

7. 原子炉格納容器内の火災防護

(10/17)

【消火活動 原子炉起動中（制御棒引抜～格納容器内点検完了まで）】

格納容器: **閉鎖**
 格納容器内雰囲気: 大気
 原子炉出力: 大気圧～定格圧力



※1: 発電長判断により緊急停止
 ※2: SRNレンジ3以下
 格納容器内進入許可(発電長)
 セルフエアセット着用(運転員)
 ※3: セルフエアセット着用, 消火器(粉末)使用
 ※4: 消火栓対応(エアロック開放) 約10分
 インターロック(両扉開放)パイパス切替

通報連絡後15分

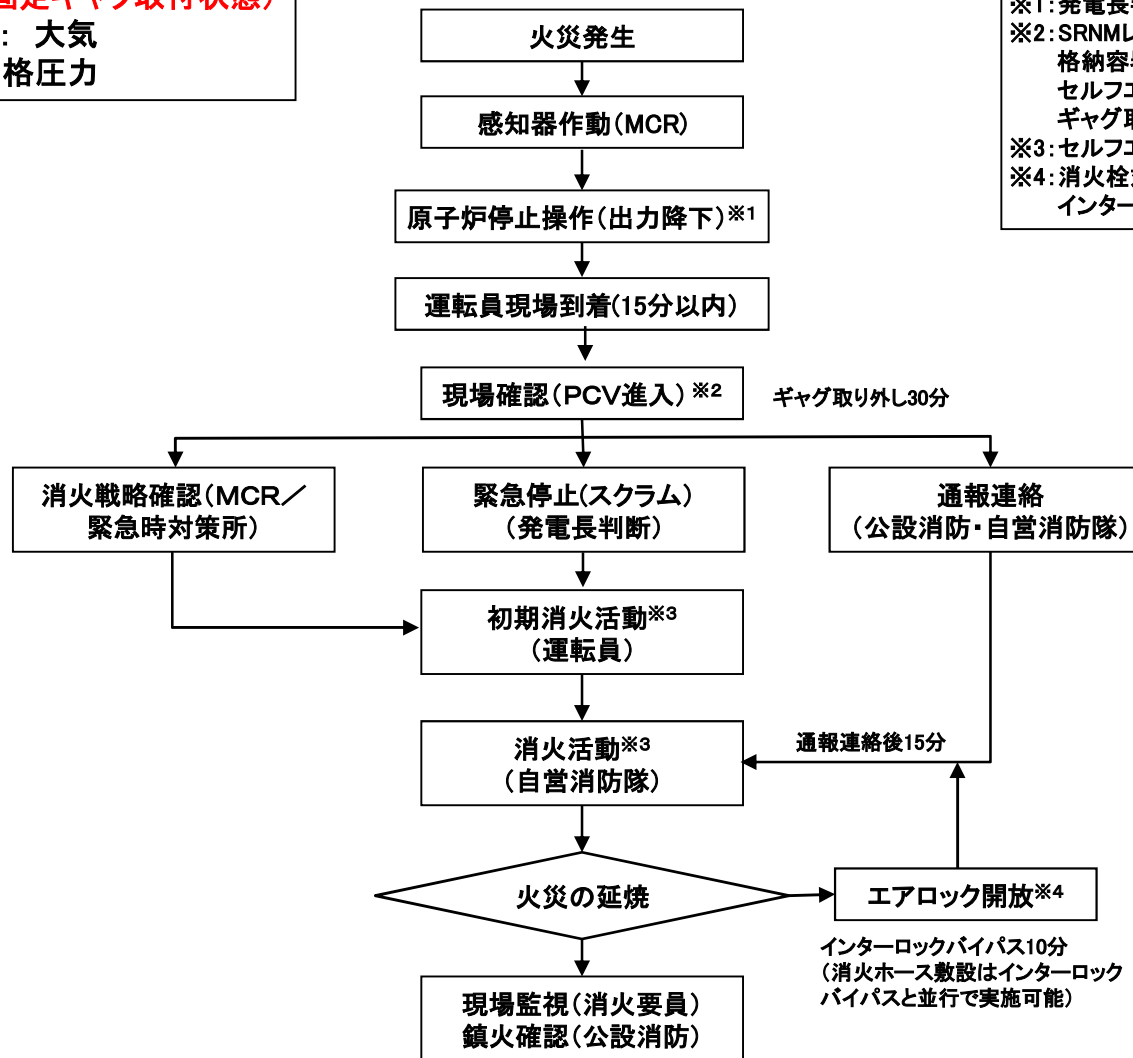
インターロックパイパス10分
 (消火ホース敷設はインターロック
 パイパスと並行で実施可能)

7. 原子炉格納容器内の火災防護

(11/17)

【消火活動 原子炉起動中（格納容器内点検完了～窒素封入作業開始まで）】

格納容器：閉鎖(固定ギャグ取付状態)
 格納容器内雰囲気：大気
 原子炉圧力：～定格圧力



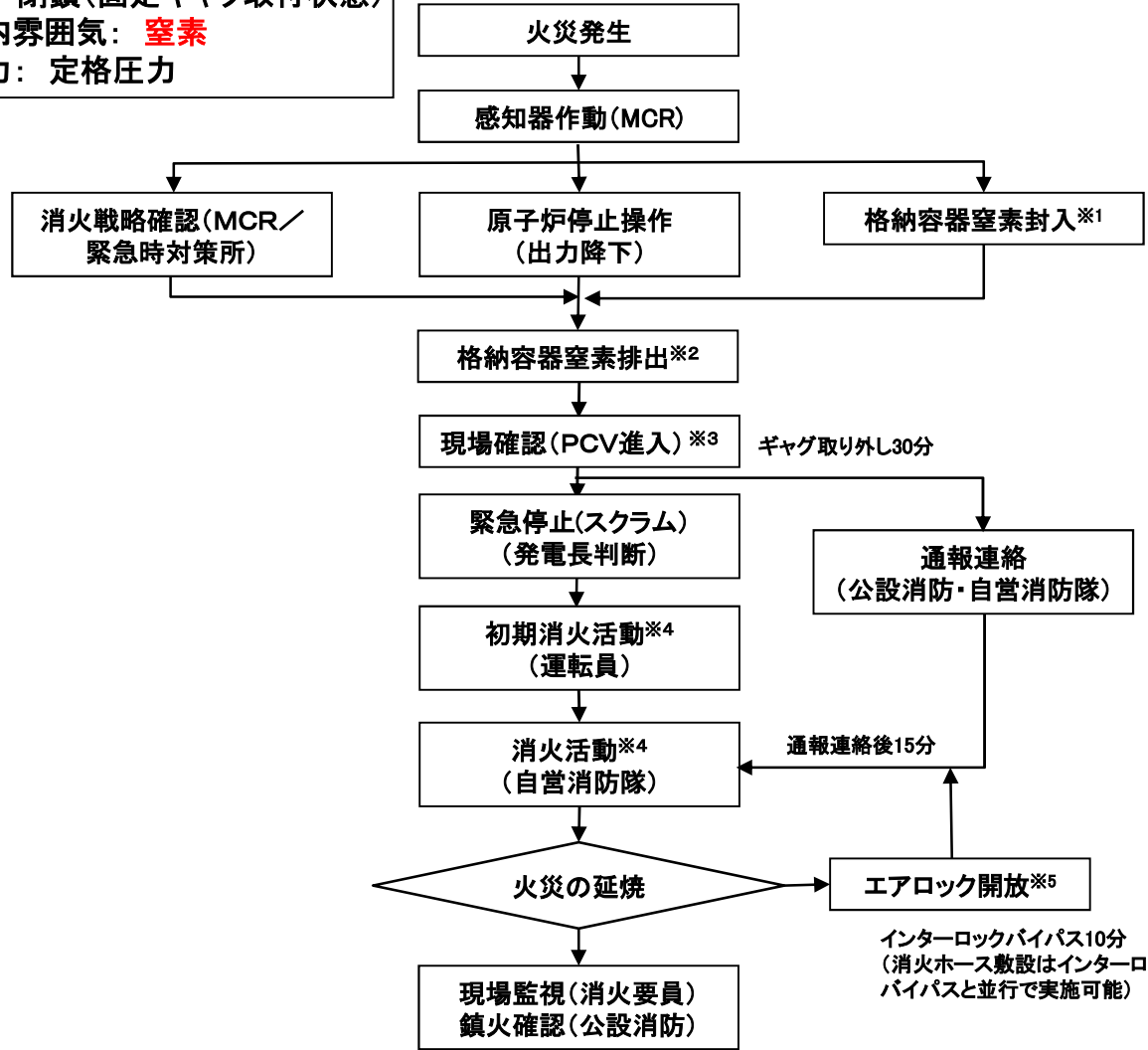
※1: 発電長判断により緊急停止
 ※2: SRNレンジ3以下
 格納容器内進入許可(発電長)
 セルフエアセット着用(運転員)
 ギャグ取り外し(30分)
 ※3: セルフエアセット着用, 消火器(粉末)使用
 ※4: 消火栓対応(エアロック開放) 約10分
 インターロックバイパス切替(両扉開放)

7. 原子炉格納容器内の火災防護

(12/17)

【消火活動 原子炉起動中（窒素封入作業開始～窒素置換完了まで）】

格納容器：閉鎖(固定ギャク取付状態)
 格納容器内雰囲気：**窒素**
 原子炉圧力：定格圧力



※1: 窒素封入継続又はパージ開始を判断
 ※2: 酸素濃度18%以上を確認
 ※3: SRNレンジ3以下
 格納容器内進入許可(発電長)
 セルフエアセット着用(運転員)
 ギャグ取り外し(30分)
 ※4: セルフエアセット着用, 消火器(粉末)使用
 ※5: 消火栓対応(エアロック開放) 約10分
 インターロックバイパス切替

※1(補足):
 ◆ 消火が期待できる酸素濃度(10%以下)までの窒素封入時間は約3時間。窒素封入時間と窒素パージ時間はほぼ同じ時間が必要のため、3時間の1/2である1.5時間を目安に窒素置換継続か窒素をパージかを判断(窒素封入継続による消火も可能)

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

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MSIV 1 台の火災（火災影響により 4 台全て閉止を想定）

(3) その他

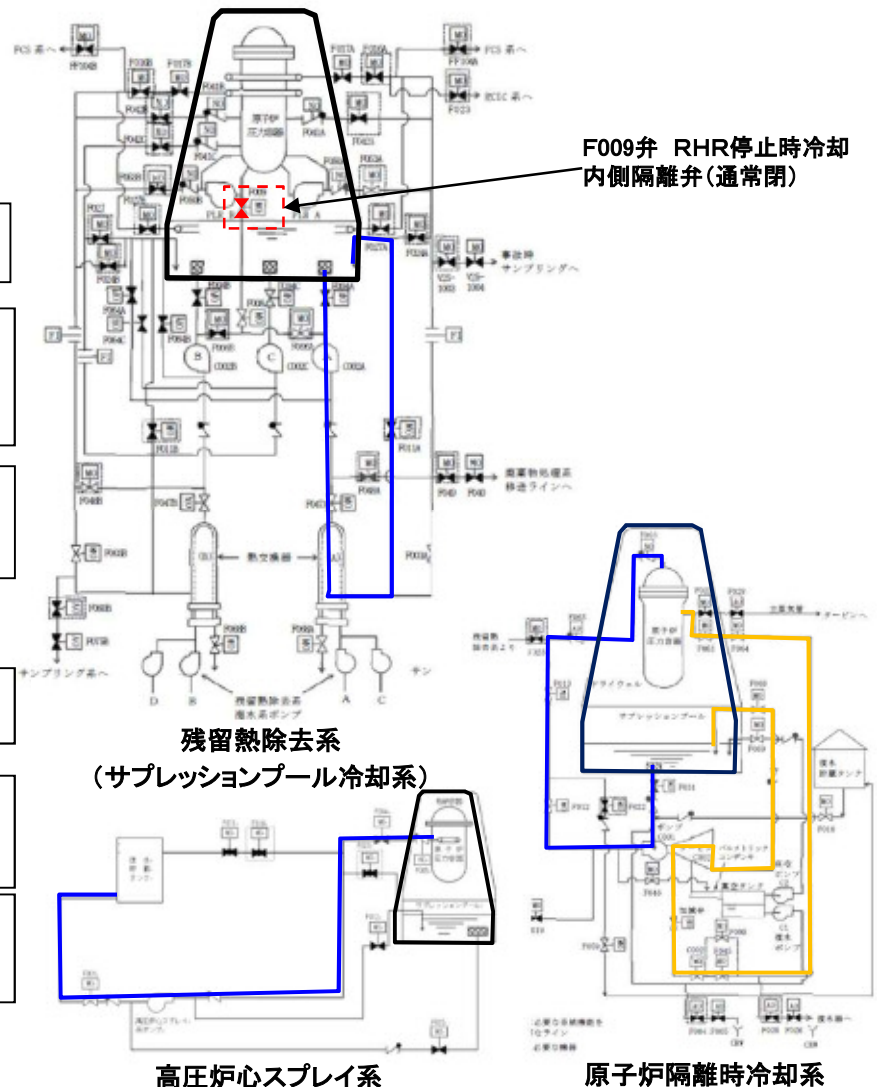
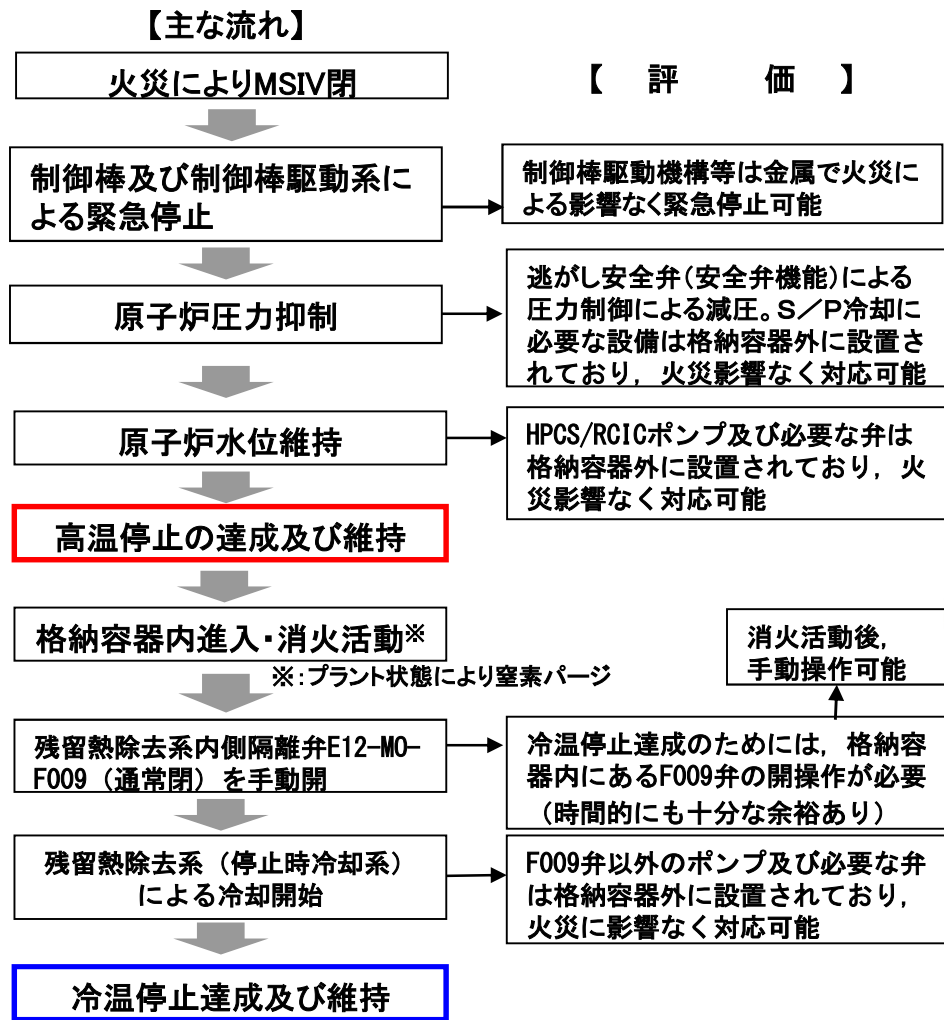
- ・ 空気作動弁は，制御ケーブル断線によるフェイルセーフ動作を想定
- ・ 電動弁は，ケーブルが断線し作動できないが火災発生時の開度を維持
- ・ 監視計器については，同一パラメータを監視する複数の計器が分散配置されているため，火災発生直後は全監視計器が同時に機能喪失するとは想定しないが，「火災が経過時間とともに進展すること」を考慮し，火災の進展に伴い監視計器全てが機能喪失と想定

7. 原子炉格納容器内の火災防護

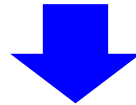
(15/17)

【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