

東海第二発電所

内部火災について

平成29年7月7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. 安全機能を有する構築物, 系統及び機器の選定
 - (1) 原子炉の高温停止・低温停止のための構築物, 系統及び機器の選定
 - (2) 放射性物質貯蔵等の機器の選定
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
9. おわりに

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“3方策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，更なる改善，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する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

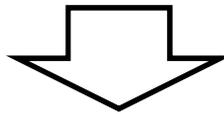
火災の影響軽減の更なる強化として，火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルに対して離隔，隔壁等による分離と合わせ火災感知器及び自動消火設備の設置により延焼防止を図るとともに，内部火災影響評価により火災によっても原子炉が安全に停止できることを確認

2. 安全機能を有する構築物, 系統及び機器の選定

(1/8)

(1) 原子炉の高温停止・低温停止のための構築物, 系統及び機器の選定

安全保護系およ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・維持することを要求



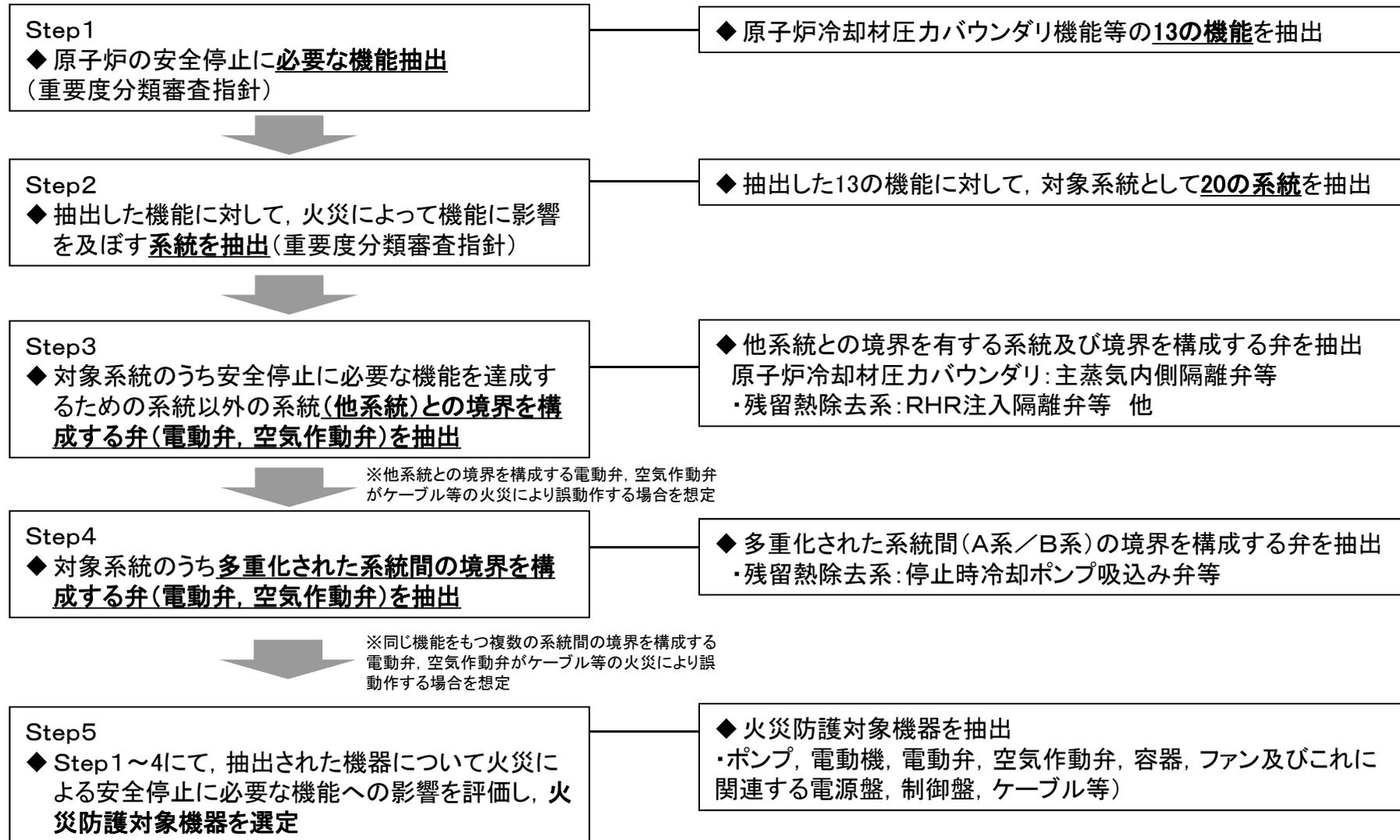
このため, 重要度分類審査指針に基づき原子炉の高温停止及び低温停止の達成とその後の低温停止を確保するのに必要な機能を整理し, この機能に対応する系統を抽出するとともに, その機能を達成するために必要な設備を抽出

なお, 安全機能を有する構築物, 系統及び機器以外の設備についても, 消防法, 建築基準法に基づいた火災防護対策を実施

2. 安全機能を有する構築物, 系統及び機器の選定

(1/5)

(1) 原子炉の高温停止・低温停止のための構築物, 系統及び機器の選定



2. 安全機能を有する構築物, 系統及び機器の選定

(2/5)

「発電用軽水炉型原子力施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に基づき, 発電用原子炉施設において火災が発生した場合に, 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し, 維持するために必要な13の機能を抽出

維持すべき機能	対象設備例
①原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	原子炉冷却材圧力バウンダリが健全であることが必要(機器・配管系)
②過剰反応度の印加防止機能	過剰応度が印加されないように反応度制御することが必要(制御棒カップリング)
③炉心形状の維持機能	炉心冷却のため炉心形状維持が必要(炉心支持構造物, 燃料集合体(燃料を除く。))
④原子炉の緊急停止機能	原子炉を緊急に停止するために必要な機能(制御棒及び制御棒駆動系(スクラム機能))
⑤未臨界維持機能	原子炉を未臨界にするために必要な機能(制御棒による系, ほう酸水注入系)
⑥原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	バウンダリの過圧を防止するために必要な機能(逃がし安全弁(安全弁としての開機能))
⑦原子炉停止後の除熱機能	高温停止及び低温停止状態を達成し維持するために崩壊熱を除去する機能 (残留熱除去系, 原子炉隔離時冷却系, 高圧炉心スプレイ系, 逃がし安全弁(手動逃がし機能)等)
⑧炉心冷却機能	非常用炉心冷却系(低圧炉心スプレイ系, 低圧注水系, 高圧炉心スプレイ系, 自動減圧系)
⑨工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	安全保護系(原子炉緊急停止の安全保護回路, 非常用炉心冷却系作動の安全保護回路, 原子炉格納容器隔離の安全保護回路, 原子炉建屋ガス処理系の安全保護回路, 主蒸気隔離の安全保護回路)
⑩安全上特に重要な関連機能	非常用所内電源系, 制御室及びその遮蔽・非常用換気空調系, 非常用補機冷却水系, 直流電源系
⑪安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	逃がし安全弁(吹き止まり機能)に関連する部分
⑫事故時のプラント状態の把握機能	事故時監視計器の一部
⑬制御室外からの安全停止機能	制御室外原子炉停止装置(安全停止に関連するもの)

2. 安全機能を有する構築物, 系統及び機器の選定

(3/5)

(2) 安全機能を有する構築物, 系統及び機器の選定結果概要(1/2)

Step1: 原子炉の安全停止に必要な機能の抽出 (13機能)	Step2: 安全停止に必要な機能を達成するための系統 (20系統)	Step3: 他系統との境界となる弁(電動弁, 空気作動弁)の有無	Step4: 多重化された系統間の境界となる弁(電動弁, 空気作動弁)の有無	火災防護対象機器の有無	備考
原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ	有	無	有	
過剰反応度の印加防止機能	制御棒カップリング	無	無	無	不燃材であること, 環境から火災により機能に影響する恐れなし
炉心形状の維持機能	炉心支持構造物	無	無	無	同上
	燃料集合体(燃料を除く)	無	無	無	同上
原子炉の緊急停止機能	原子炉停止系(制御棒及び制御棒駆動系(スクラム機能))	無	無	無	同上。ケーブル等が火災により機能喪失した場合には制御棒は原子炉に挿入される設計
未臨界維持機能	原子炉停止系(制御棒による系, ほう酸水注入系)	無	無	有 (ほう酸水注入系)	
原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	逃がし安全弁(安全弁機能)	無	無	無	不燃材であること, 環境から火災により機能に影響する恐れなし
原子炉停止後の除熱機能	自動減圧系, 逃がし安全弁(手動逃がし機能)	無	無	有	
	原子炉隔離時冷却系	有	無	有	
	残留熱除去系(停止時冷却モード)	有	有	有	
	高圧炉心スプレイ系	有	無	有	

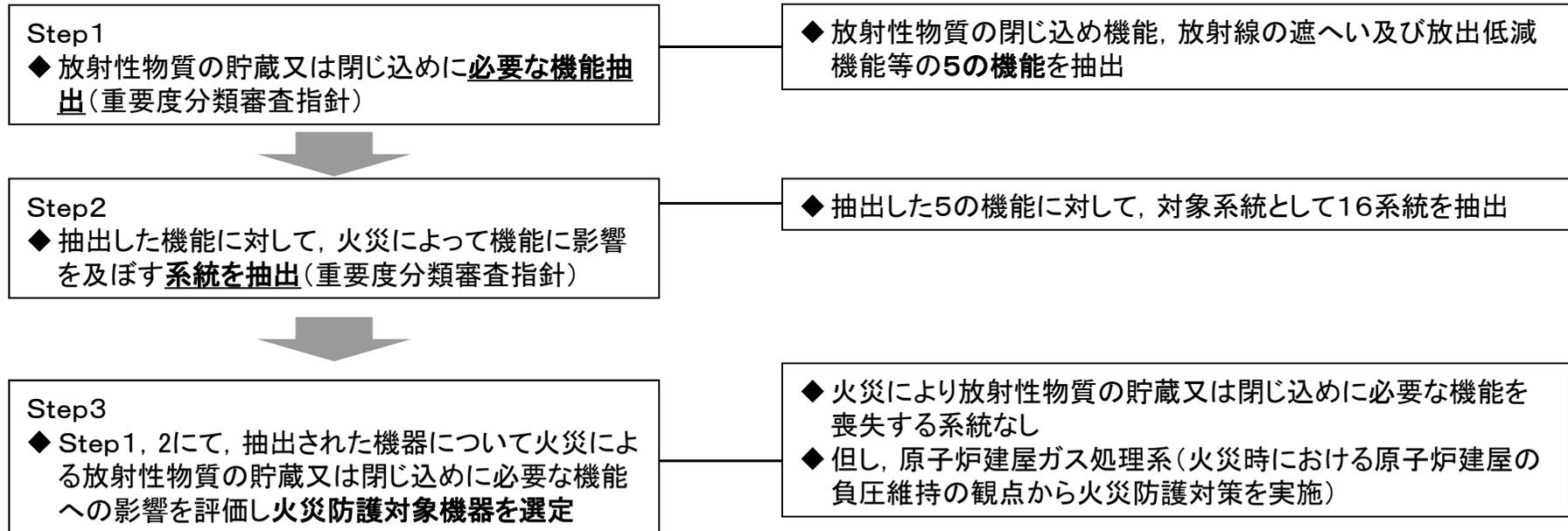
2. 安全機能を有する構築物, 系統及び機器の選定

(3/5)

(2) 安全機能を有する構築物, 系統及び機器の選定結果概要(2/2)

Step1: 原子炉の安全停止に必要な機能の抽出 (13機能)	Step2: 安全停止に必要な機能を達成するための系統 (20系統)	Step3: 他系統との境界となる弁(電動弁, 空気作動弁)の有無	Step4: 多重化された系統間の境界となる弁(電動弁, 空気作動弁)の有無	火災防護対象機器の有無	備考
炉心冷却機能	低圧炉心スプレイ系	有	無	有	
	高圧炉心スプレイ系	有	無	有	
	残留熱除去系(低圧注水モード)	有	有	有	
	自動減圧系	無	無	有	
安全上重要な関連機能	非常用換気空調系(中央制御室換気空調系)	無	無	有	
	残留熱除去系海水系	無	無	有	
	非常用ディーゼル発電機海水系	無	無	有	
	非常用所内電源系(非常用ディーゼル含む)	無	無	有	
	直流電源系	無	無	有	
安全弁及び逃がし安全弁の吹き止まり機能	逃がし安全弁(吹き止まり機能に関連する部分)	無	無	無	不燃材であること, 環境から火災により機能に影響する恐れなし
制御室外からの安全停止機能	制御室外原子炉停止装置	無	無	有	
事故時のプラント状態の把握機能	事故時監視計器の一部(計装制御系)	無	無	有	
工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	安全保護系	無	無	有	

(2) 放射性物質貯蔵等の機器の選定



2. 安全機能を有する構築物, 系統及び機器の選定

(5/5)

Step1: 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要な機能の抽出	Step2: 放射性物質の貯蔵等に必要な機能を達成するための系統	防護対象	評価結果
放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮蔽及び放出低減機能	・原子炉格納容器	無	コンクリート等の不燃物で火災による機能喪失の可能性は考え難い
	・原子炉建屋	無	
	・原子炉格納容器隔離弁	無	金属等の不燃材料で火災により想定される事象が発生しても安全停止可能で放射性物質放出の恐れはなく火災時に機能要求なし なお, 非常用ガス処理は原子炉建屋の負圧維持の観点から火災発生防止, 感知・消火, 影響軽減対策を実施
	・原子炉格納容器スプレイ冷却系	無	
	・非常用ガス処理系	無	
	・非常用再循環ガス処理系	無	
	・可燃性ガス濃度制御系	無	
原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって, 放射性物質を貯蔵する機能	・放射性廃棄物処理施設(放射能インベントリの大きいもの)	無	排ガス予熱器, 再結合器, 配管等は金属等の不燃材料であり火災による機能喪失の可能性は考え難く, また, 万一の弁の誤動作によっても下流の活性炭により放射性物質は除去され放出されない
	・使用済燃料プール(使用済燃料貯蔵ラック含む) ・ドライキャスク	無	コンクリート, 金属等の不燃物で火災による機能喪失の可能性は考え難い
	・非常用補給水系	無	万一, 非常用補給水系である残留熱除去系が火災により機能喪失しても水位が遮へい水位まで低下には時間があり電動弁の手動操作で対応可能
放射性物質放出の防止機能	・放射性気体廃棄物処理系の隔離弁	無	金属等の不燃物で構成する機械品。万一の弁の誤動作によっても下流の活性炭により放射性物質は除去され放出されない
	・排気筒	無	コンクリート等の不燃物で火災による機能喪失の可能性は考え難い
	・燃料集合体落下事故時放射能放出を低減する系	無	燃料取替機のラッチ部は金属であり火災の影響は受けないため, 火災時の燃料集合体落下事故は発生しない
放射性物質の貯蔵機能	・サプレッション・プール水排水系	無	当該ラインの電動弁は通常閉であり, 機能喪失した場合にも閉状態が維持されてる。また, 隔離弁は電源系統の異なる弁で二重化
	・復水貯蔵タンク	無	金属等の不燃物で火災による機能喪失の可能性は考え難い
	・放射性廃棄物処理施設(放射能インベントリが小さいもの)	無	・【液体廃棄物処理系】金属等の不燃物で火災による機能喪失の可能性は考え難い。また, 隔離弁は二重化されており, とともにフェールクローズ設計 ・【固体廃棄物貯蔵庫】コンクリート等の不燃物で火災による機能喪失の可能性は考え難い

前項で選定した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

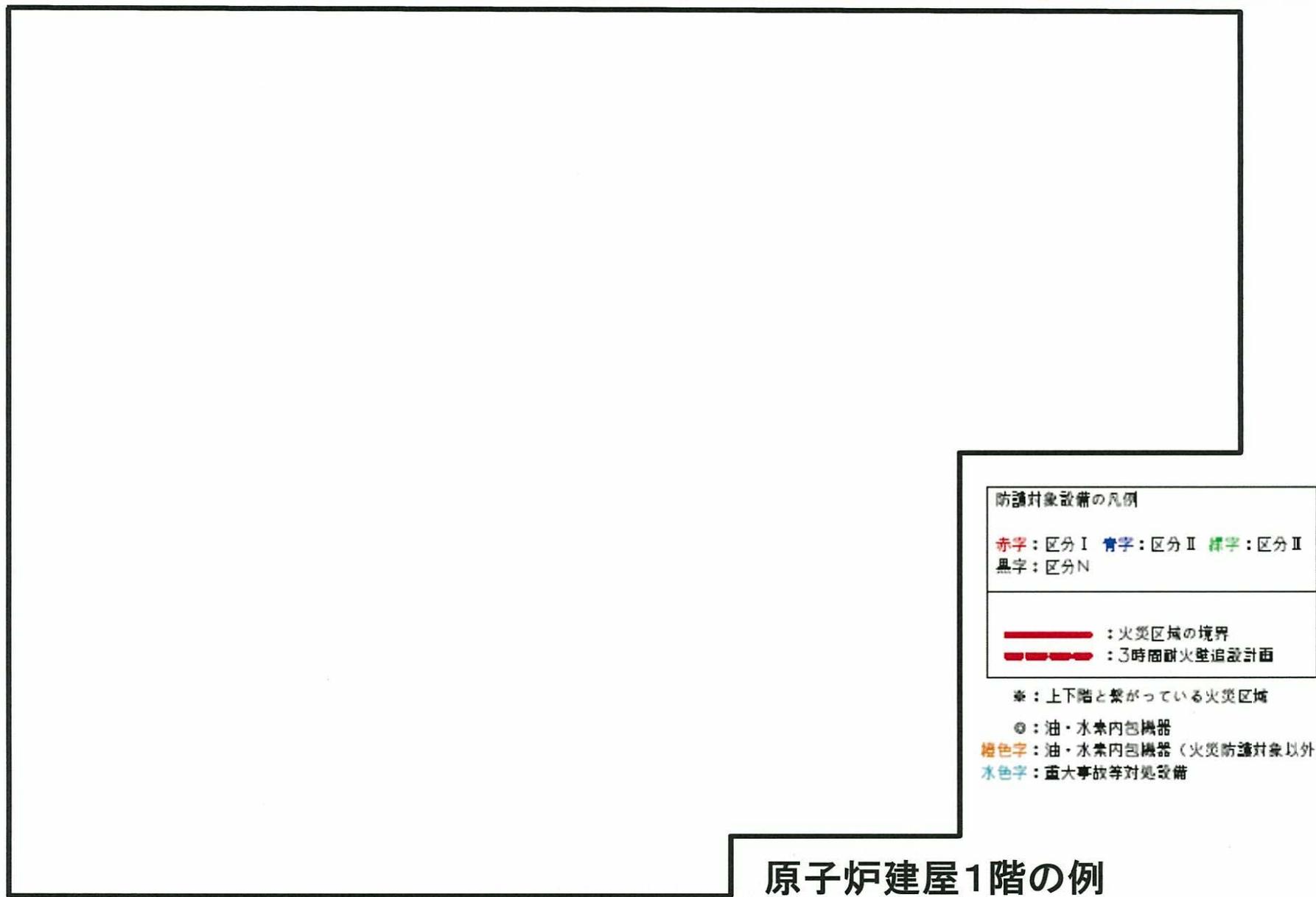
火災区域は耐火壁で囲まれ, 他の区域と分離されている建屋内の区域であり, 下記により設定

- 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

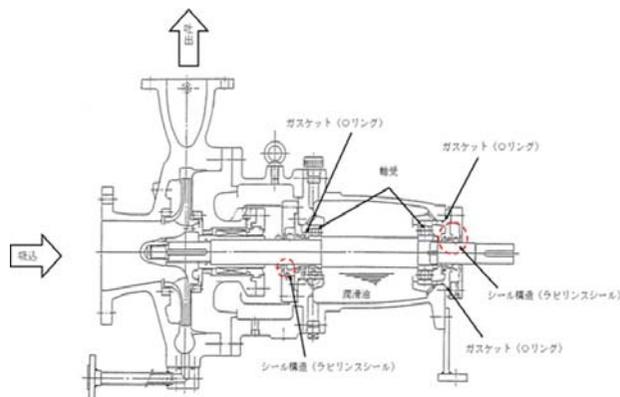


(1) 発火性又は引火性物質を内包する設備の火災発生防止対策

本要求の対象である、「発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域」に対し、以下の火災の発生防止対策を実施

①漏えいの防止, 拡大防止

- ・ 火災区域内に設置している潤滑油, 燃料油を内包する機器は, 溶接構造・シール構造の採用により漏えいを防止
- ・ 堰等を設置し, 漏えいした潤滑油の拡大防止



- ・ 発火性又は引火性の気体として水素を内包する系統には, ベローズ弁及び溶接構造を採用し漏えいを防止するとともに, これらを内包するタンク圧力の監視による漏えいの拡大防止

②配置上の考慮

- ・ 火災区域内に設置している機器は, 火災によって機能を損なうことがないように, 機器を分離して配置

③換気

- ・発火性又は引火性物質を内包する設備のある火災区域の建屋等は、空調機器による機械換気を実施
- ・海水ポンプエリア及び海水管トレンチは自然換気

例

・原子炉建屋	.....	原子炉建屋給気・排気ファン
・タービン建屋	.....	タービン建屋給気・排気ファン
・放射性廃棄物処理建屋	.....	廃棄物処理建屋給気・排気ファン
・高圧炉心スプレイポンプ室	.....	高圧炉心スプレイポンプ室空調機
・低圧炉心スプレイポンプ室	.....	低圧炉心スプレイポンプ室空調機
・原子炉隔離時冷却系ポンプ室	.....	原子炉隔離時冷却系ポンプ室空調機
・蓄電池室(安全系)	.....	バッテリー室換気系送風機・排風機
・ディーゼル発電機室	.....	ディーゼル発電機室給気・排気ファン 等

④防爆

- ・爆発性の雰囲気形成する可能性のある火災区域は、潤滑油や燃料油、水素を内包する機器が設置されている区域
- ・これらの機器は溶接構造やシール構造による漏えい防止や堰等の設置による拡大防止、ベローズ弁等による漏えい防止策を実施するとともに機械換気を実施
- ・「電気設備に関する技術基準を定める省令」第69条及び「工場電気設備防爆指針」で要求されている爆発性雰囲気とはならないため、電気・計装品を防爆型とする必要なし
- ・「原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準を定める省令」により、必要な電気設備には接地を実施

⑤貯蔵

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置している火災区域では，以下のとおり運転に必要な量に制限して貯蔵

- ・ 非常用ディーゼル発電機の燃料油は，一定時間の外部電源喪失に対して継続運転に必要な量を考慮した量
- ・ 装置校正用水素ポンベは，校正に必要な量

(2) 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の対策

本要求の対象である「安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置している火災区域」に対し，以下のとおり可燃性蒸気の対策を実施

- ・ 可燃性蒸気の発生のおそれのある塗料等は発生防止の観点から，必要な量のみ持ち込み
- ・ 可燃性の微粉を発生する設備の設置なし
- ・ 静電気が滞まるおそれのある設備の設置なし

(3) 発火源への対策

- ・ 火花発生のおそれのあるブラシが設置されている直流電動機と非常用ディーゼル発電機
⇒ ブラシは，金属製の本体内に収納されており，火花が外部に出ない構造
- ・ 高温設備は，潤滑油等の可燃物が過熱されないような配置とするとともに，保温材を設置して，発火源となることを防止

⑤貯蔵

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置している火災区域では，以下のとおり運転に必要な量に制限して貯蔵

- ・ 非常用ディーゼル発電機の燃料油は，一定時間の外部電源喪失に対して継続運転に必要な量を考慮した量
- ・ 装置校正用水素ポンベは，校正に必要な量

(2) 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の対策

本要求の対象である「安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置している火災区域」に対し，以下のとおり可燃性蒸気の対策を実施

- ・ 可燃性蒸気の発生のおそれのある塗料等は発生防止の観点から，必要な量のみ持ち込み
- ・ 可燃性の微粉を発生する設備の設置なし
- ・ 静電気が滞まるおそれのある設備の設置なし

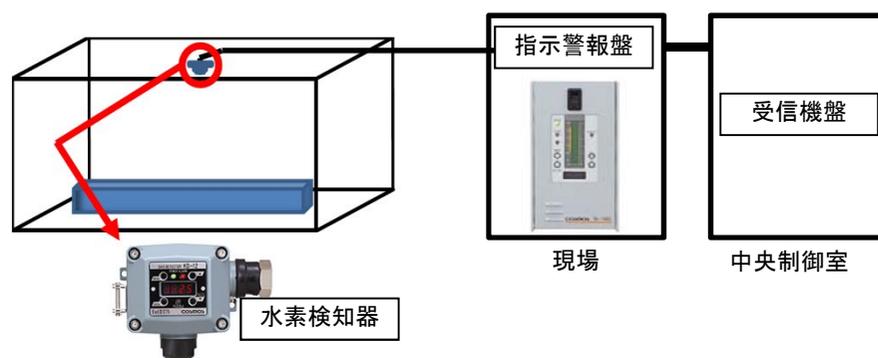
(3) 発火源への対策

- ・ 火花発生のおそれのあるブラシが設置されている直流電動機と非常用ディーゼル発電機
⇒ ブラシは，金属製の本体内に収納されており，火花が外部に出ない構造
- ・ 高温設備は，潤滑油等の可燃物が過熱されないような配置とするとともに，保温材を設置して，発火源となることを防止

(4) 水素対策

本要求の対象である「安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置している火災区域における水素が漏えいする火災区域」に対して，以下のとおり対策を実施

- ・水素発生のおそれのある蓄電池室は，機械換気により水素の滞留を防止
- ・充電時に水素発生のおそれがある蓄電池室は，念のために水素の漏えいを検知し，中央制御室に警報(水素の燃焼限界濃度である4vol%の1/4以下)を発する設備を設置
- ・気体廃棄物処理系は設備内の水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように設計するとともに，設備内の水素濃度は中央制御室で常時監視でき，水素濃度が上昇した場合には警報を発する設計



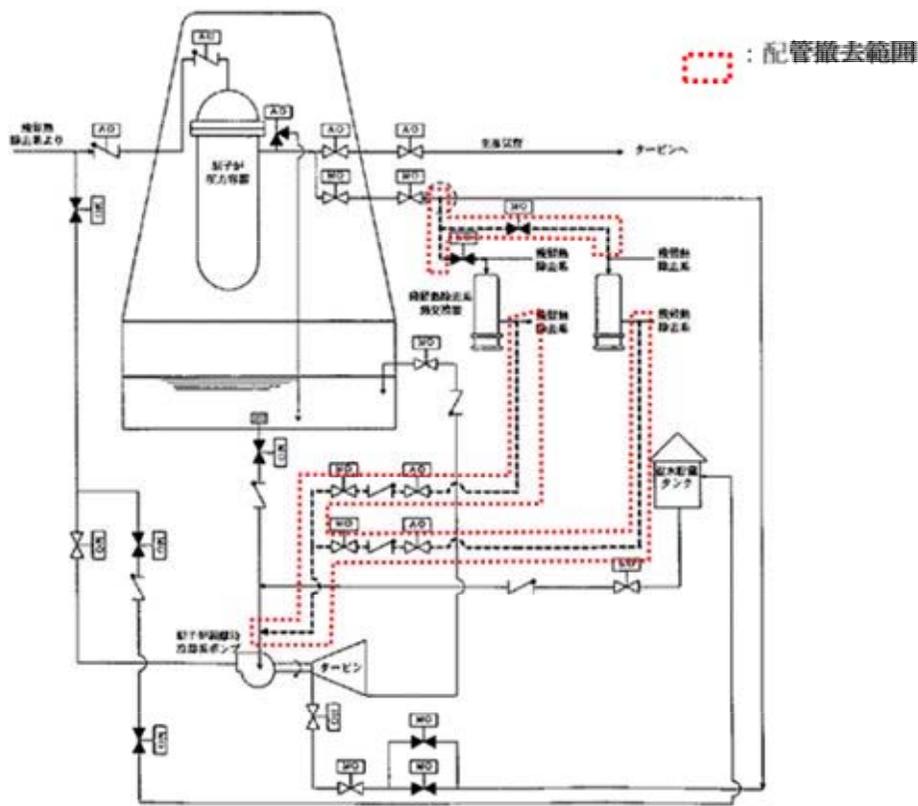
(5) 放射線分解により発生，蓄積する水素の燃焼対策

- ・放射線分解により発生，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
- ・本ガイドライン制定前は，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)」を受け，水素の蓄積の恐れのある箇所に対して対策を実施

4. 火災発生防止

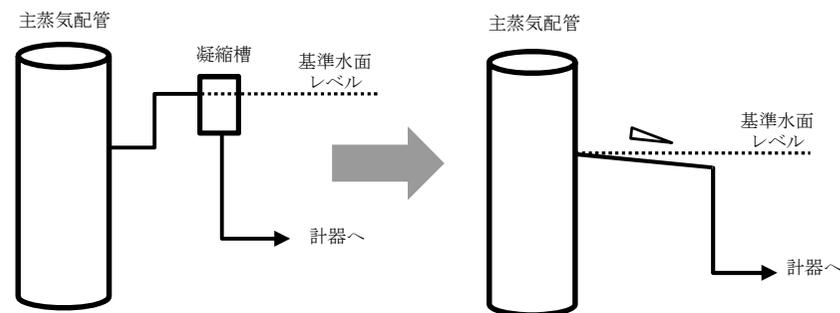
(4/9)

(5) 放射線分解により発生、蓄積する水素の燃焼対策



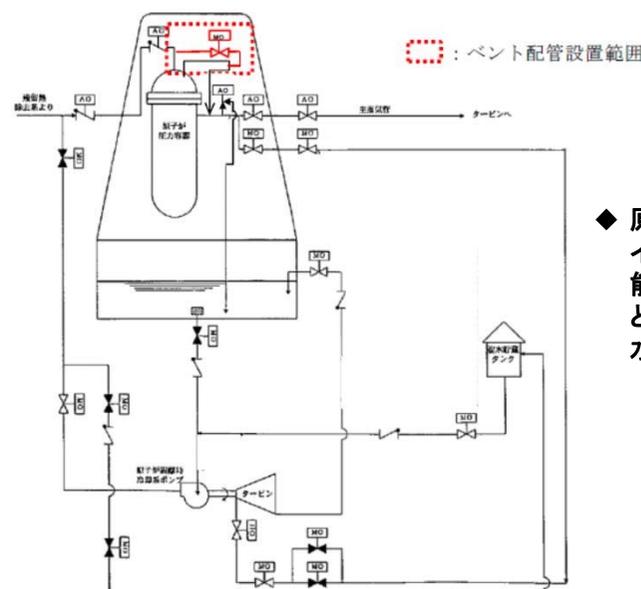
- ◆ 類似事象が発生する可能性がある余熱除去系の蒸気凝縮モード配管を撤去

浜岡1号機余熱除去系配管破断の対応



- ◆ 水が蓄積する可能性がある凝縮槽撤去
- ◆ 蓄積を防止するための配管勾配

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

(6) 過電流による過熱防止策

- ・原子炉施設の機器等に電気を給電する電気系統には、保護継電器及び遮断器を設置し、故障回路を早期に遮断し、過熱、焼損を防止

(7) 不燃性材料又は難燃性材料の使用

- ・「安全機能を有する構築物、系統及び機器」は、不燃性材料又は難燃性材料を使用
- ・不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するものの使用(パッキン等)
- ・代替材料が技術上使用困難な場合であって、他の安全機能を有する構築物、系統及び機器に延焼しない措置を講じている場合もあり(金属に覆われた機器躯体内部の電気配線等)

① 主要な構造材に対する不燃材料の使用

機器、配管、ダクト、トレイ、電線管、盤の筐体及びこれらの支持構造物のうち、主要な構造材はステンレス鋼、低合金鋼、炭素鋼等の金属材料、又は、コンクリートを使用

② 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包

- ・火災区域内の変圧器(動力変圧器)は、絶縁油を使用しない乾式
- ・火災区域内の遮断器は、以下のとおり絶縁油を使用しない遮断器
メタクラ ……真空遮断器
パワーセンター ……気中遮断器
コントロールセンター ……気中遮断器
ブレーカ ……気中遮断器



4. 火災発生防止

(6/9)

③難燃性ケーブルの使用

安全機能を有する機器に使用するケーブルは、難燃性ケーブルを使用

区分	No.	絶縁体	シース	UL垂直燃焼試験	IEEE383 or IEEE1202	備考
高圧 ケーブル	1	架橋ポリエチレン	難燃ビニル	○	○	
	2	架橋ポリエチレン	難燃特殊耐熱ビニル	○	○	
低圧 ケーブル	3	難燃架橋ポリエチレン	難燃特殊耐熱ビニル	○	○	
	4	難燃EPゴム	難燃クロロプレングム	○	○	
	5	シリコンゴム	ガラス編組	○	○	
制御 ケーブル	6	難燃架橋ポリエチレン	難燃特殊耐熱ビニル	○	○	
	7	難燃架橋ポリエチレン	難燃架橋ポリエチレン	○	○	
	8	難燃EPゴム	難燃クロロプレングム	○	○	
	9	シリコンゴム	ガラス編組	○	○	
	10	ETFE※1	難燃特殊耐熱ビニル	○	○	
計装 ケーブル	11	難燃EPゴム	難燃クロロプレングム	○	○	
	12	ETFE※1	難燃クロロプレングム	○	○	
	13	耐放射線性架橋ポリエチレン	難燃架橋ポリエチレン	○	—	核計装ケーブル
	14	耐放射線性架橋ポリエチレン	難燃特殊耐熱ビニル	○	—	核計装ケーブル
	15	静電遮蔽付架橋ポリエチレン	難燃特殊耐熱ビニル	○	○	
	16	耐放射線性架橋発泡ポリエチレン	ノンハロゲン難燃架橋ポリエチレン	○	○	
	17	架橋ポリエチレン	難燃架橋ポリエチレン	○	○	
	18	架橋ポリエチレン	難燃特殊耐熱ビニル	○	○	

※1 四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

③難燃性ケーブルの使用(非難燃ケーブルについて)

審査基準では、安全機能を有する機器は、難燃ケーブルを使用する設計が要求されているが、東海第二発電所はプラント建設時に非難燃ケーブルを使用している。このため、基準要求に適合するよう非難燃ケーブルに対する設計方針を以下のとおりとする。

なお、建設以降に改造工事を行った際には難燃ケーブルを使用している。

1. 安全機能を有する機器に使用している非難燃ケーブルについては、原則、難燃ケーブルに取替える。
2. ケーブル取替以外の措置(以下「代替措置」という。)によって、非難燃ケーブルを使用する場合は、以下の範囲に限定する。
 - ① ケーブル取替に伴い安全上の課題が生じる範囲
及び
 - ② 施工後の状態において、以下の条件を満足する範囲
 - a. 安全上の課題を回避し、基準に適合する代替措置※が適用できること
 - b. 難燃ケーブルと比較した場合、火災リスクの有意な増加がないこと

※ 代替措置の難燃性能については、設置許可基準規則の解釈に基づき、保守的に設定した保安水準が達成できることを実証する。

【設置許可基準規則の解釈(抜粋)】

設置許可基準規則に定める技術的要件を満足する技術的内容は、本解釈に限定されるものではなく、設置許可基準規則に照らして十分な保安水準の確保が達成できる技術的根拠があれば、設置許可基準規則に適合するものと判断する。

④換気装置のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用

チャコールフィルタを除き、以下を満足する難燃性が確認されたものを使用

・JACA No.11A(クラス3)-2003(空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針

(公益社団法人日本空気清浄協会))

⑤保温材に対する不燃性材料の使用

平成12年建設省告示第1400号又は建築基準法で不燃材料として認められているものを使用

⑥建屋内装材に対する不燃性材料の使用

・けい酸カルシウム等、建築基準法に基づく不燃性材料を使用

・中央制御室のカーペットは、消防法に規定する防災性能を有するものを使用

(8) 落雷、地震等の自然災害対策

① 落雷による火災の発生防止

建築基準法に基づき、高さ20mを超える建築物には日本工業規格(JIS)に準拠する避雷設備を設置し、落雷による火災発生を防止

【避雷設備設置箇所】

- ・原子炉建屋
- ・タービン建屋
- ・排気筒
- ・廃棄物処理建屋
- ・使用済燃料乾式貯蔵建屋
- ・固体廃棄物作業建屋



② 安全機能を有する構築物、系統及び機器の耐震設計

安全機能を有する構築物、系統及び機器は、十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに自らの破壊又は倒壊による火災の発生を防止

また、実用発電用原子炉及び附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈に従い設計

(1) 火災感知設備の概要

【現状】

- ・安全機能を有する構築物, 系統及び機器が設置される箇所は, 基本的に火災時に炎が生じる前の発煙段階から感知できる「煙感知器」を設置
- ・蒸気及びガスの発生する可能性のある箇所には, 「熱感知器」を設置

【要求に対する対応】

- ・火災を早期に感知するための要求である「固有の信号を発する異なる種類の火災感知器」の設置に対して, 熱感知器又は煙感知器を追加設置
- ・「火災感知器」は, 取付面高さ, 周囲の温度, 湿度及び空気流等の環境条件を考慮して設置
- ・基本的にアナログ式の「熱感知器」又は「煙感知器」を選定して設置することとしていることが, 設置箇所の環境等を考慮して感知器の型式を選定
- ・外部電源喪失時においても, 火災の感知が可能なように非常用電源からの受電又は蓄電池を設けた設計
- ・受信設備は, 中央制御室等に設置し, 常時監視できる設計

●火災感知器の設置場所及び種類次頁参照

5. 火災の感知, 消火

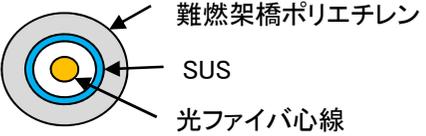
(2/8)

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ため)	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℃)
	防爆機能を有する火災感知器として煙感知器を設置	防爆機能を有する火災感知器として熱感知器を設置
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、防爆性能を考慮)	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℃)
	防爆機能を有する火災感知器として煙感知器を設置	防爆機能を有する火災感知器として熱感知器を設置
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℃)
	「炎感知器(紫外線)」は太陽光による誤作動の頻度高	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、火災は想定されないが、温度・放射線により故障する恐れがあるため、窒素封入後は作動信号を除外する運用)	煙感知器 (感度: 煙濃度10%)	熱感知器 (感度: 温度70~80℃)
	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
非難燃ケーブル複合体	光ファイバーケーブル式熱感知器 火災時に生じる熱を感知できる光ファイバーケーブル式熱感知器を複合体内に設置	ケーブル敷設エリア毎の火災検知器はエリア毎の特徴に合わせて異なる種類の火災感知器を別途設置

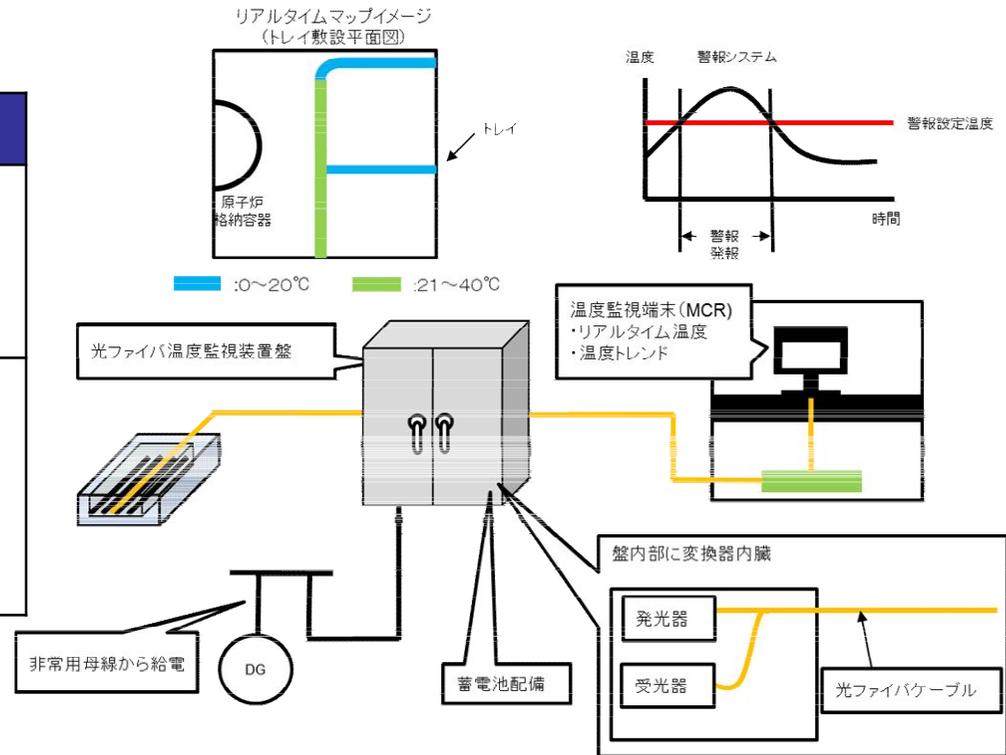
5. 火災の感知, 消火

(3/8)

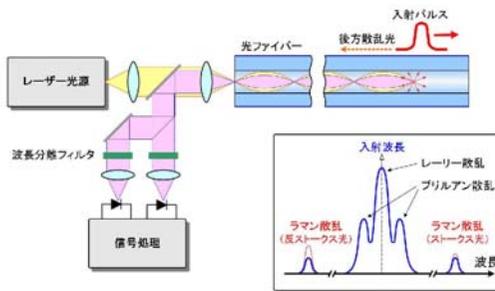
◆複合体毎に光ファイバケーブル式熱感知器を設置し, 温度を測定することで早期にケーブルの火災を感知

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

5. 火災の感知, 消火

(4/8)

(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, 消火設備を設置

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	原子炉の安全停止に必要な機器を設置する火災区域(区画) 例: 電気室, ポンプ室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	原子炉の安全停止に必要な機器を設置する火災区域(区画) 例: 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(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

5. 火災の感知, 消火

(5/8)

【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

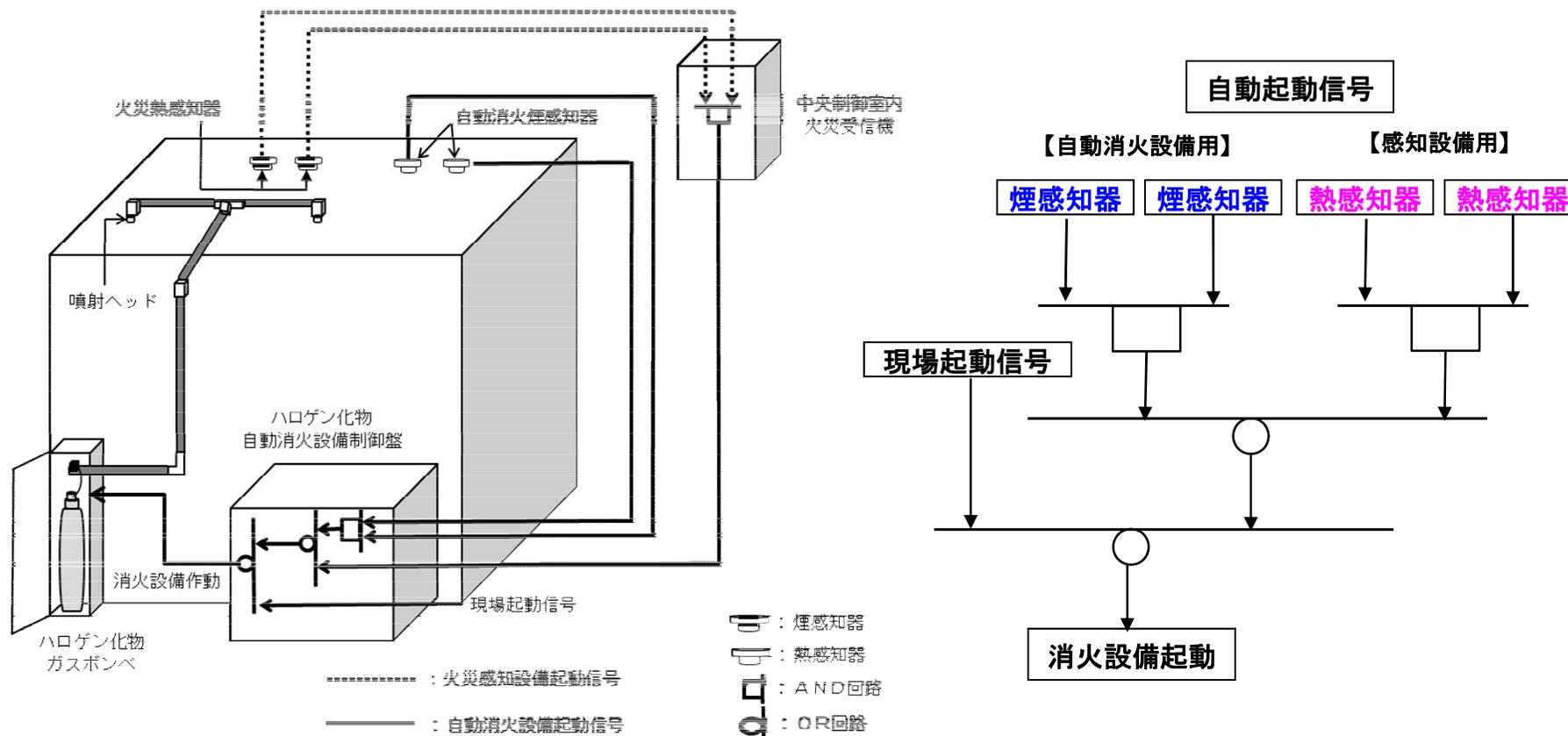


図 ハロゲン化物自動消火設備の動作概要図

5. 火災の感知, 消火

(6/8)

【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, 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

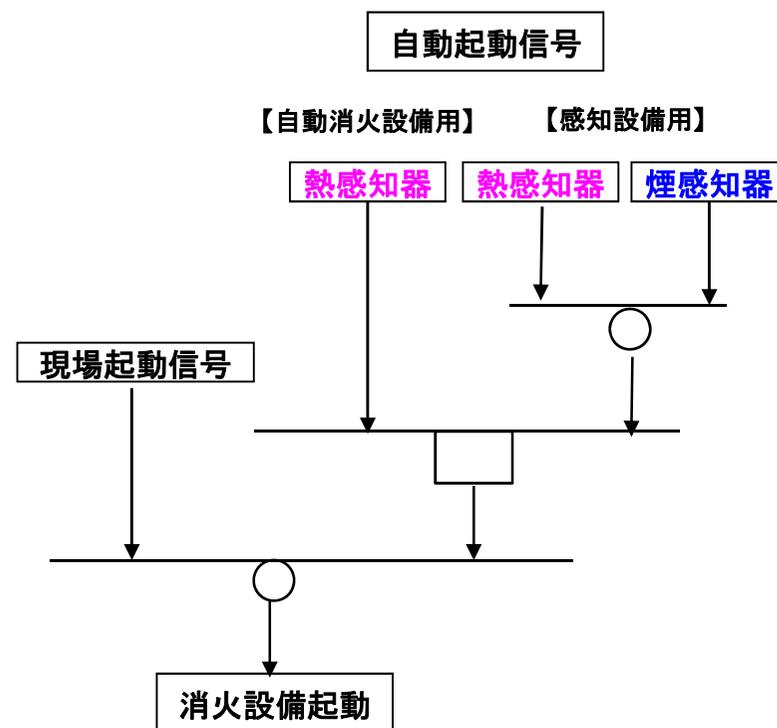
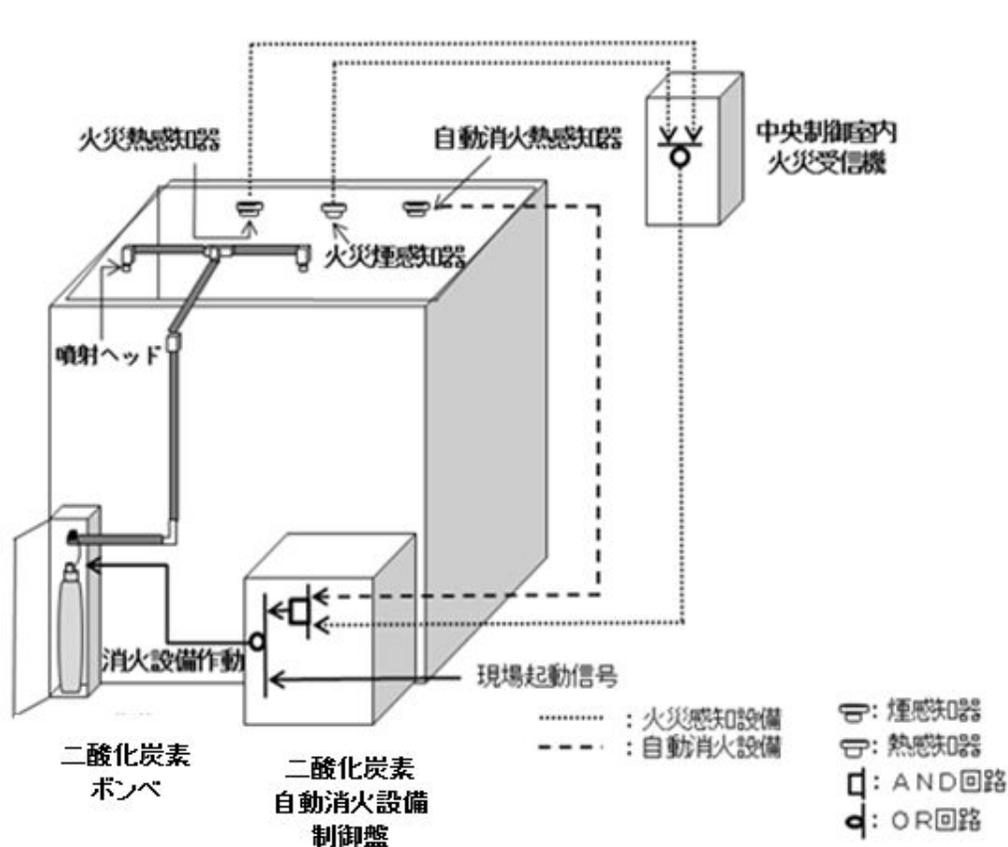


図 二酸化炭素自動消火設備の動作概要図

5. 火災の感知, 消火

(7/8)

【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

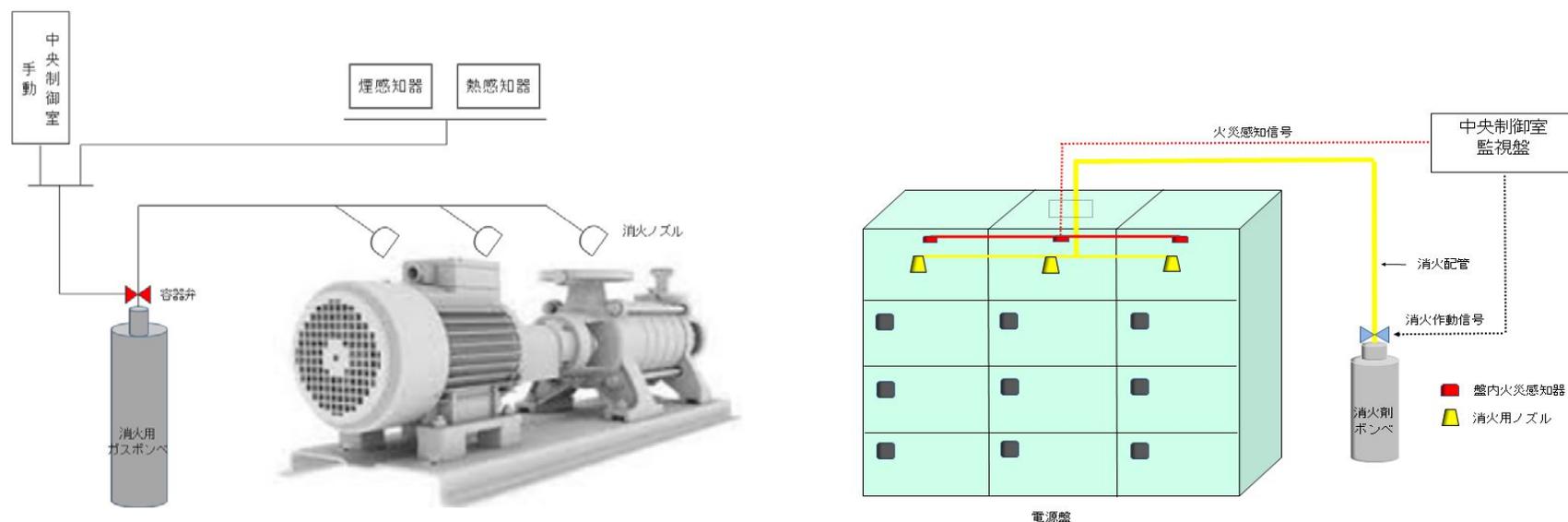


図 ハロン消火設備の動作概要図

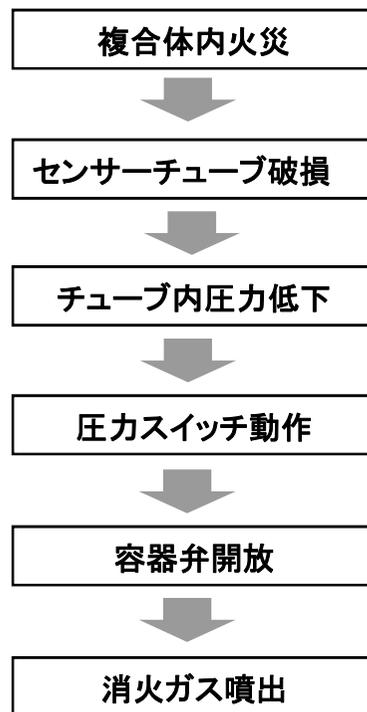
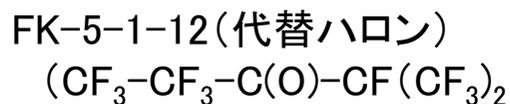
【ハロゲン化物消火設備(局所)について(複合体ケーブルトレイ)】

- ・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

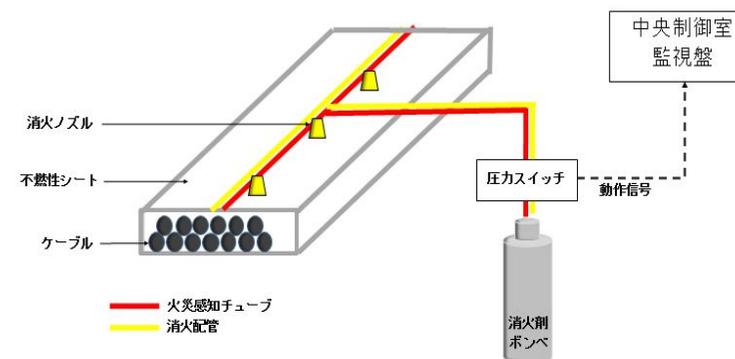
<誤動作防止と信頼性>

- ◆ 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, 複体内の感知器(光ファイバ式熱感知器)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:



動作概要図



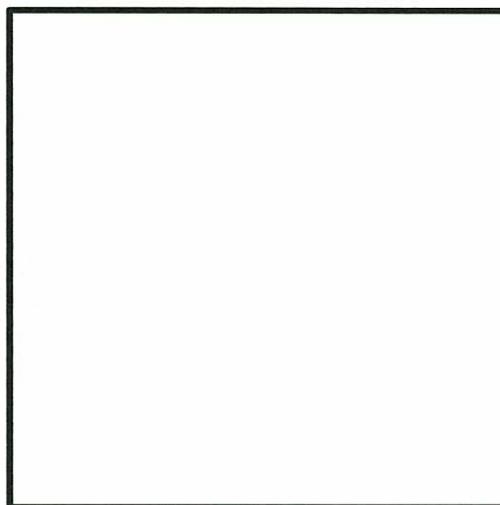
複体内消火設備の概念

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、下記対応を追加実施

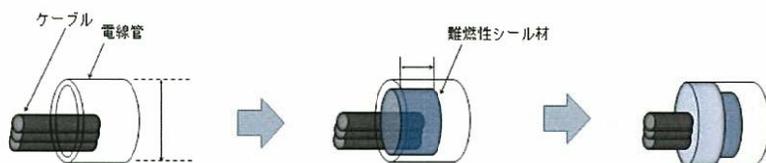
- 格納容器内の火災防護対象ケーブルは、一部の核計装ケーブルを除き、難燃ケーブルを使用し電線管内に敷設
- 格納容器内の油内包機器のうち、原子炉再循環ポンプモータ及び主蒸気隔離弁用に新たな堰等を設置し漏えい拡大を防止
(現在の油サンプルはMCCI/FCI対応として撤去)
- 窒素雰囲気がない定期検査中及び窒素置換が完了までの起動中は、可燃物量の持ち込みを制限するとともに、消火体制を確立

【核計装用ケーブルの延焼防止対策】



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低
- ◆核計装ケーブル露出部は、曲げ半径や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



難燃性シール材が施工基準厚さ(50mm)以上になるように、電線管サイズに応じて必要な難燃性シール材の重量を測定する。

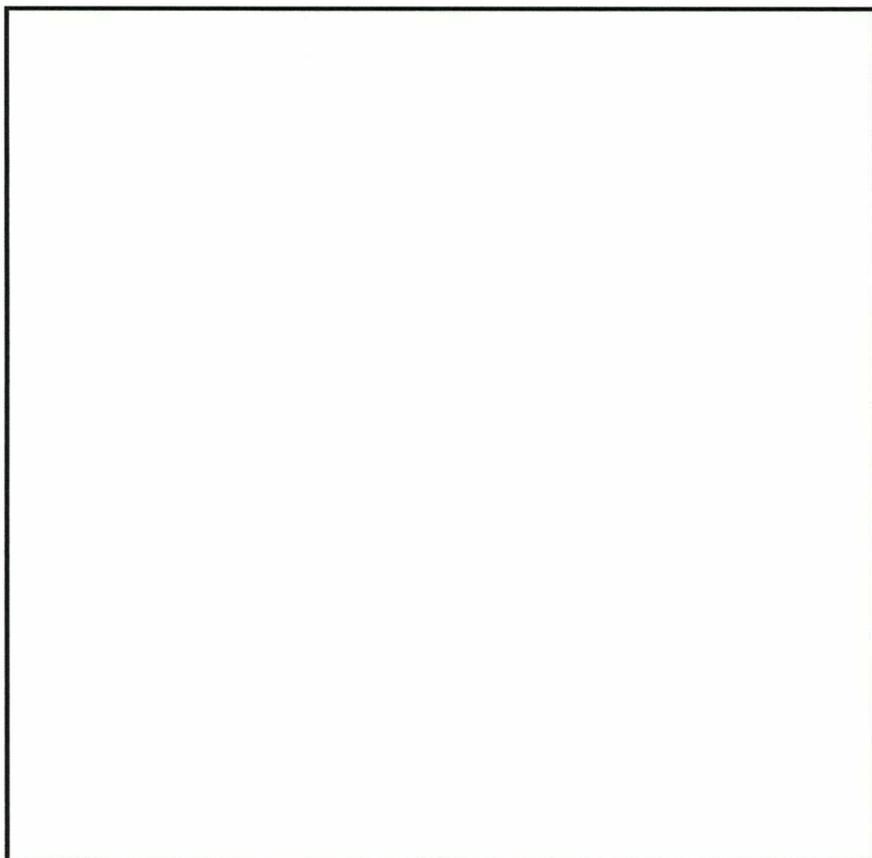
難燃性シール材が施工基準厚さ(50mm)以上を確保する。

端部はさらに難燃性シール材を用いて隙間を埋める。

電線管端部のシール施工方法

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

【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°C	171°C	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°C		約620/台	—※
主蒸気内側隔離弁(A~D)	204°C		約9/台	

※堰等を設置し漏えい拡大防止（現在油サンプルは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
- ・ 潤滑油の引火点は最高使用温度より十分高く設定
- ・ 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
- ・ 原子炉起動時の窒素置換が完了するまでの期間は，最大45時間程度であり，万々に備えて，感知設備の強化，消火体制を確立

- ◆ 原子炉運転中の格納容器は窒素雰囲気中で火災のおそれがない
- ◆ 窒素雰囲気でない定期検査中や原子炉起動中の窒素置換が完了するまでの期間は，火災感知設備の強化や消火体制を強化

火災の感知, 消火

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



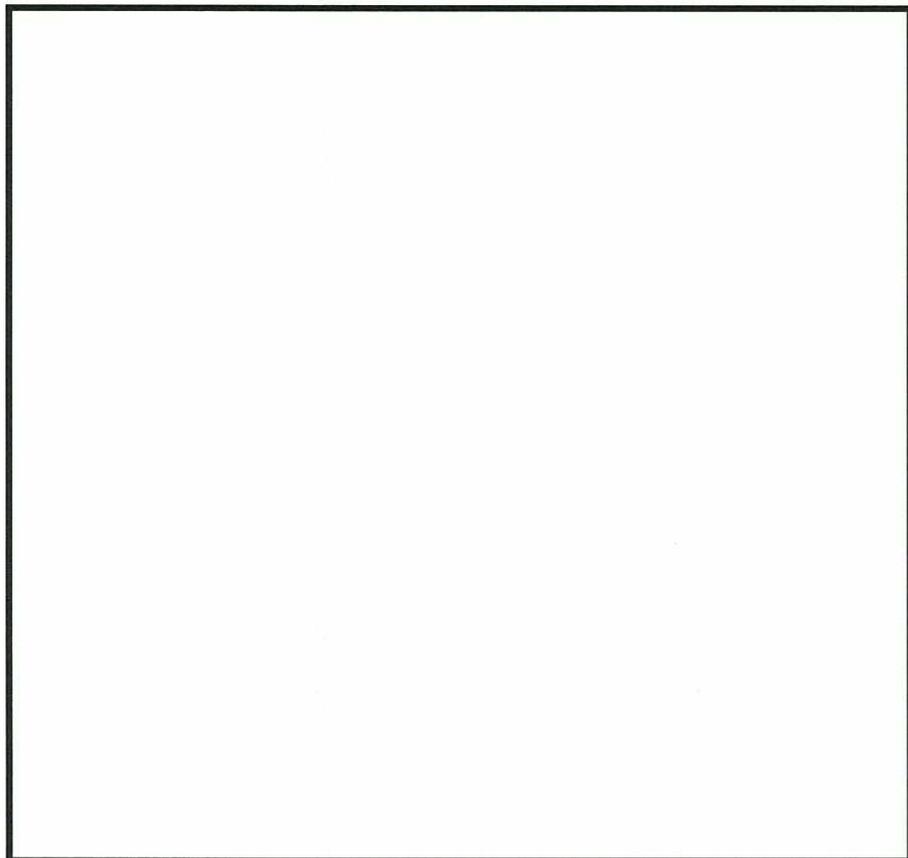
原子炉起動時の窒素置換完了後に電源を切り, 誤動作防止を図る運用とし,

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については, 感知器により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

火災の感知, 消火



火災感知設備

①火災感知器の環境条件等の考慮

a.起動中

- ◆放射線及び温度, 取付面高さ等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して, アナログ式を設置
- ◆設置箇所は, 消防法施行規則第23条に基づく設置範囲にしたがって設置

b.冷温停止中

- ◆上記①a.と同様

②固有の信号を発する異なる種類の感知器の設置

a.起動中

- ◆上記①a.のとおり, 異なる2種類の感知器として煙感知器及び熱感知器を設置
- ◆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する運用
- ◆なお, 原子炉停止後(窒素パージ後)に速やかに取替

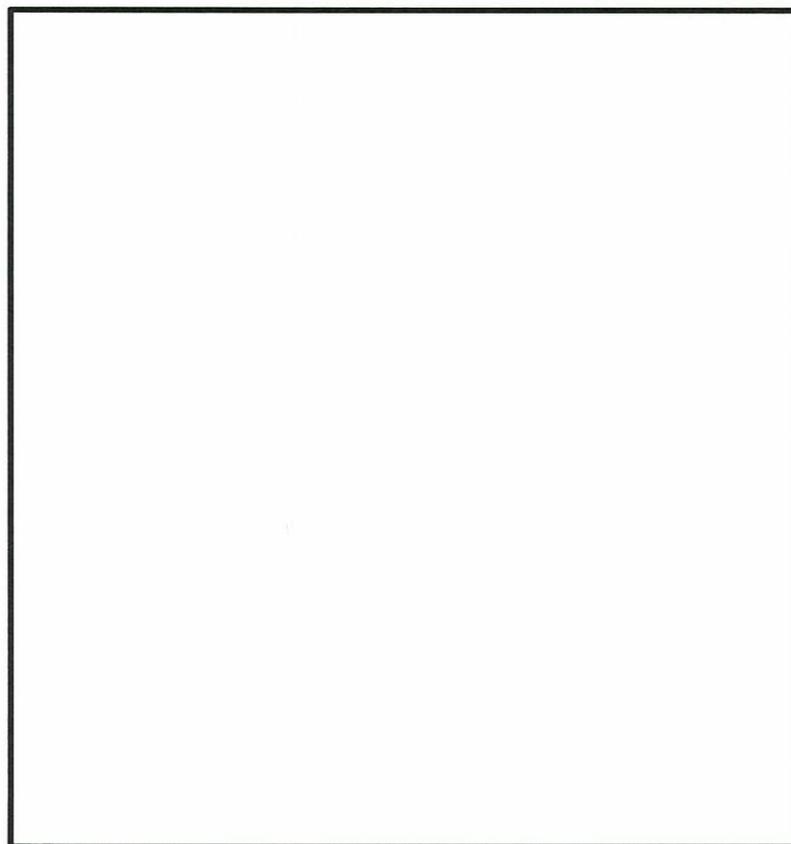
b.冷温停止中

- ◆アナログ機能を有する煙感知器と熱感知器

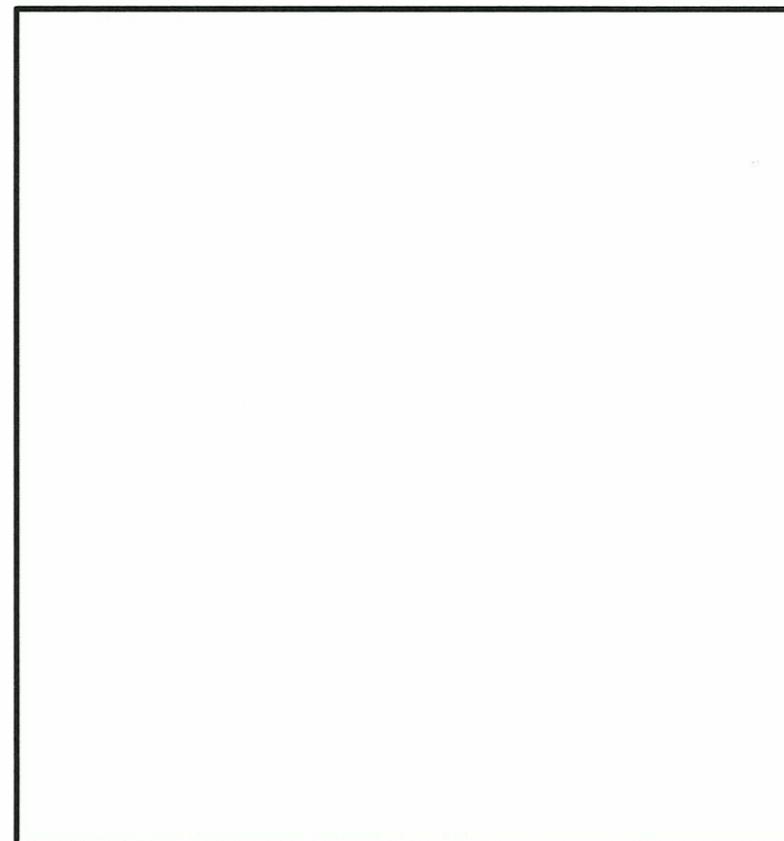
② 消火設備

【消火設備】

○安全機能を有する構築物, 系統及び機器の火災を早期に消火するため, 格納容器への進入口(機器ハッチ及び所員用エアロック)付近に, 「消火栓及び消火ホース」, 「粉末消火器」を設置



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

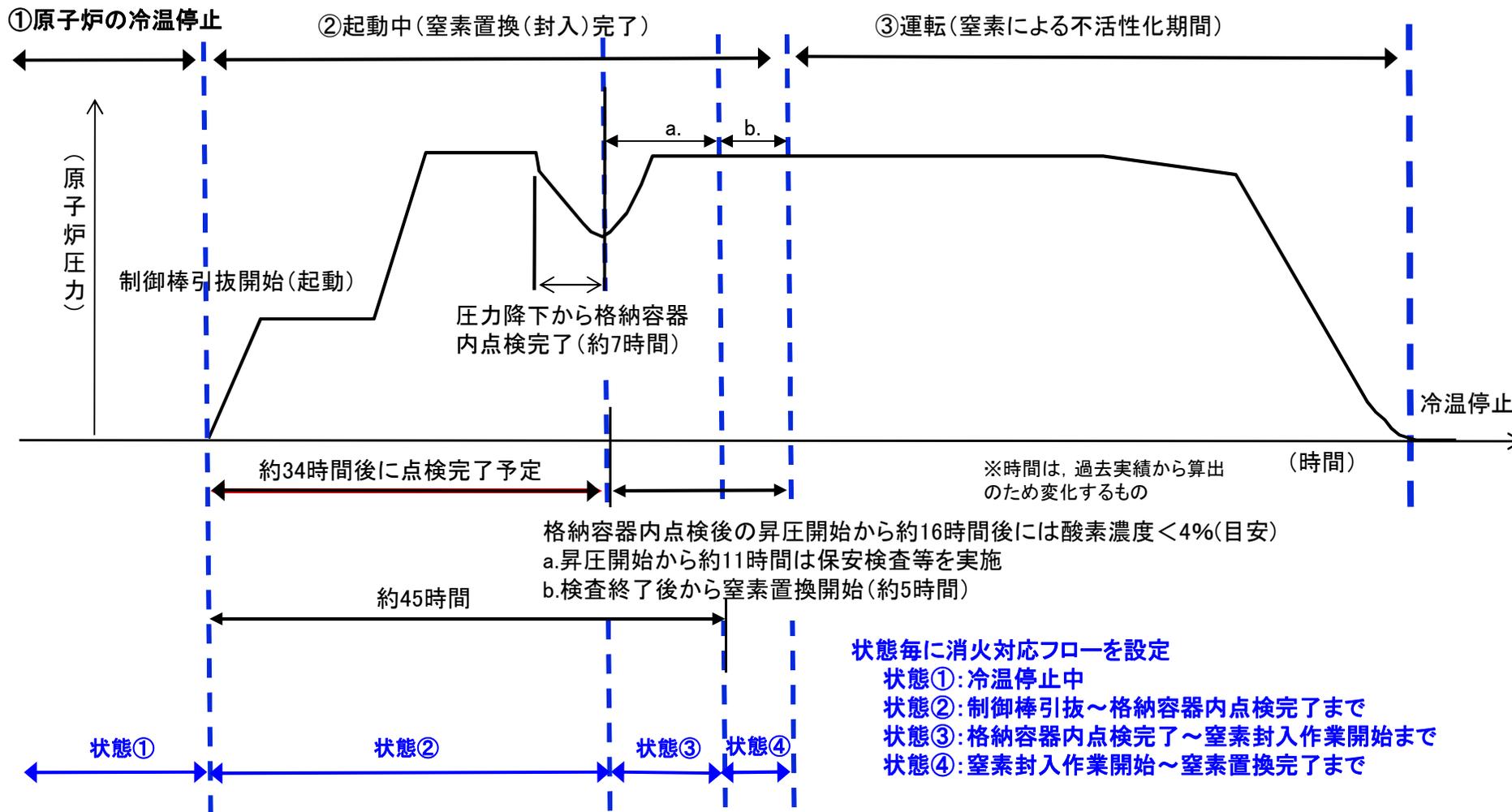
7. 格納容器内の火災防護

(7/17)

【消火活動】

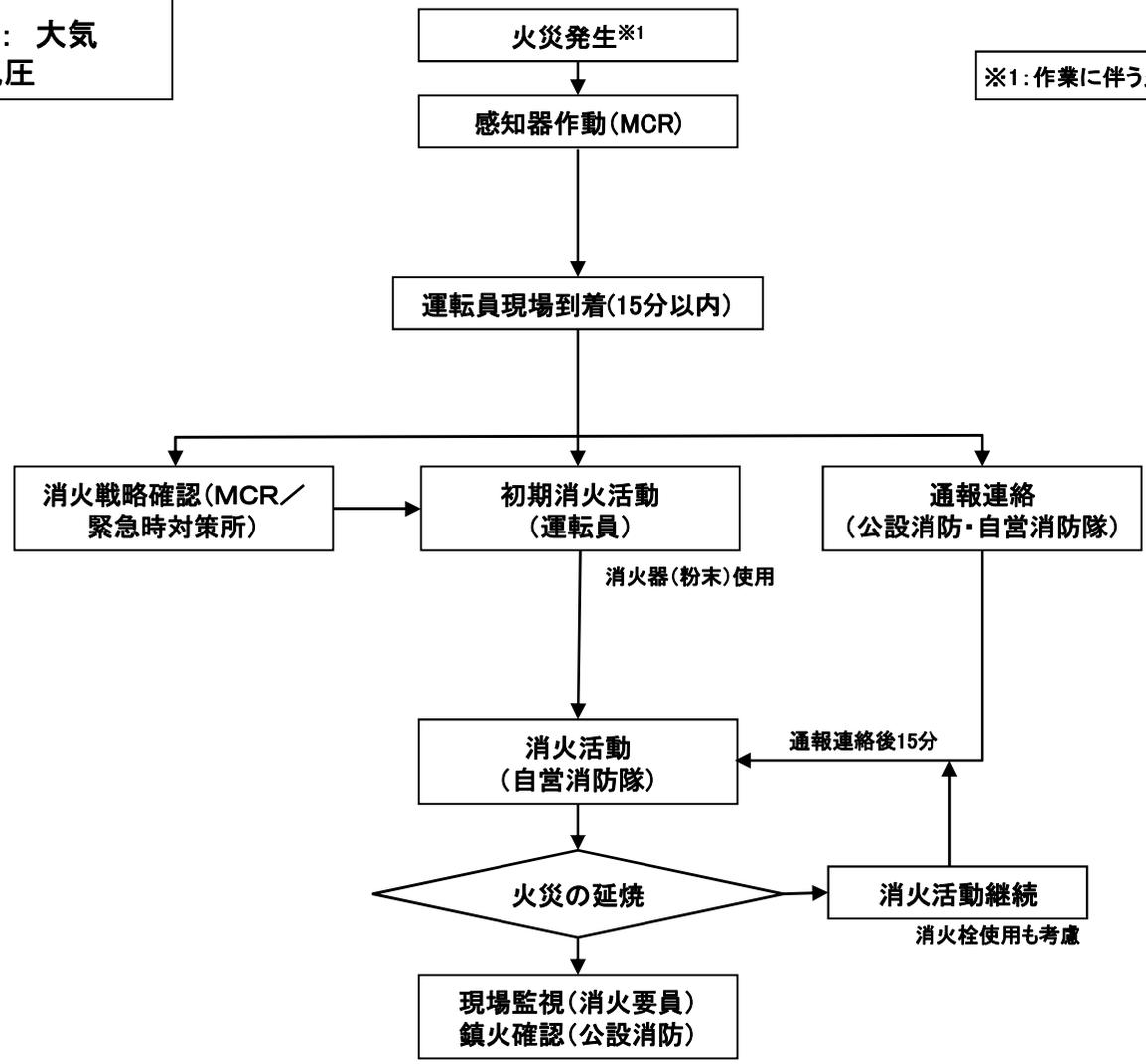
○プラント状態に応じて消火対応フローを検討（運転中は窒素封入状態で火災は想定されず）

原子炉起動時のプラント状態



【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



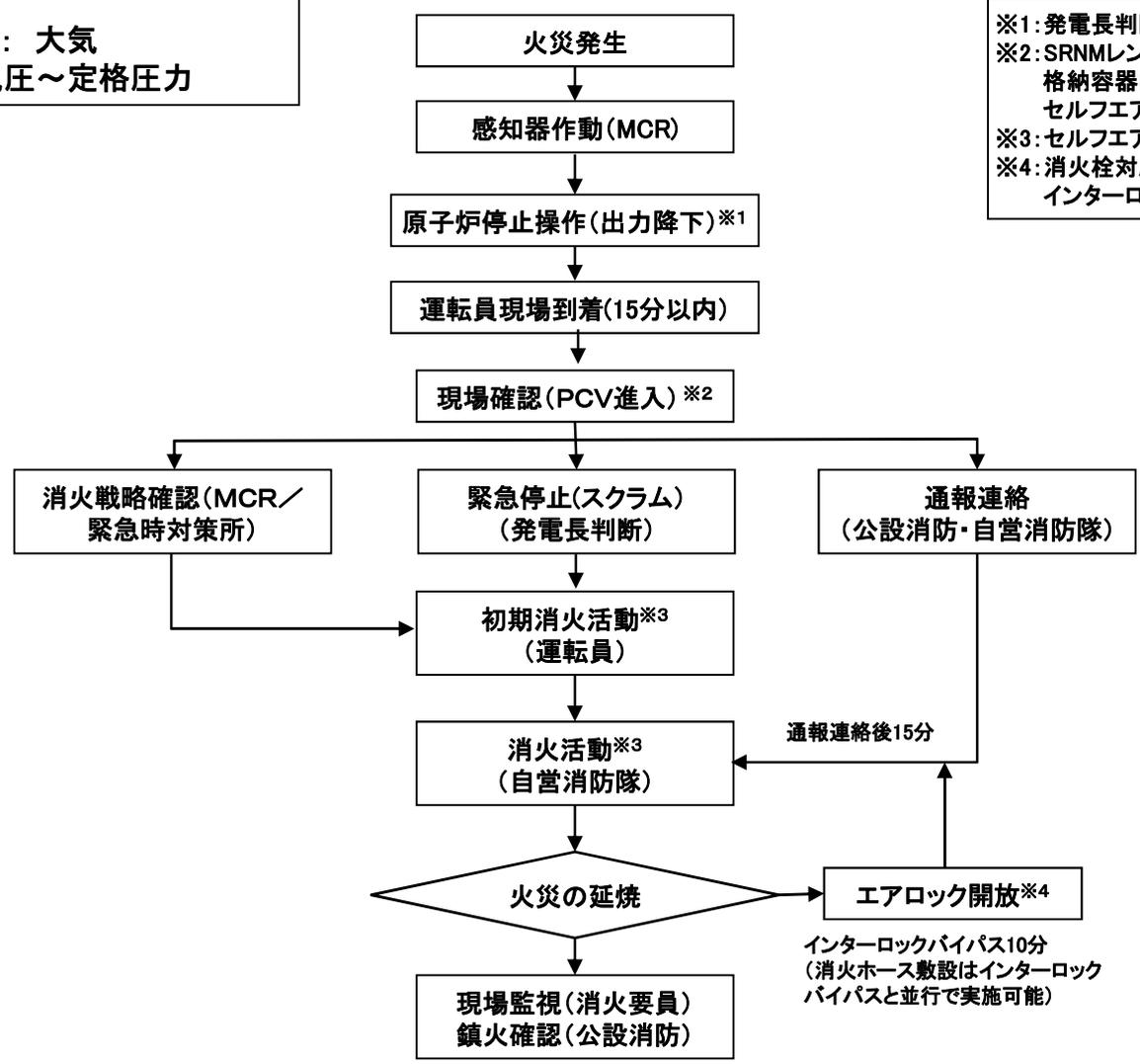
※1: 作業に伴う火災は、作業員が初期消火を実施

7. 格納容器内の火災防護

(9/17)

【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

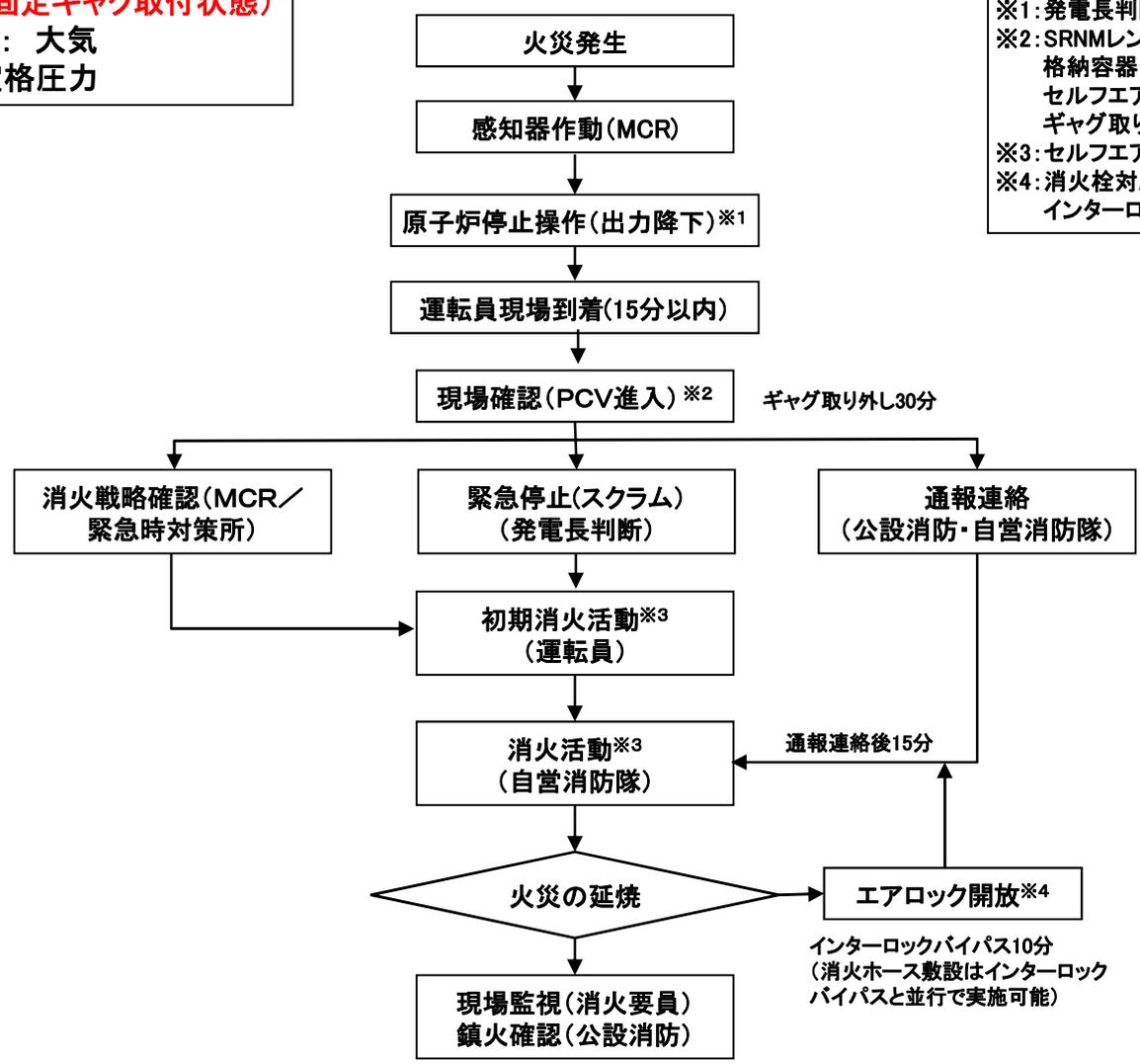
インターロックパイパス10分
 (消火ホース敷設はインターロックパイパスと並行で実施可能)

7. 格納容器内の火災防護

(10/17)

【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



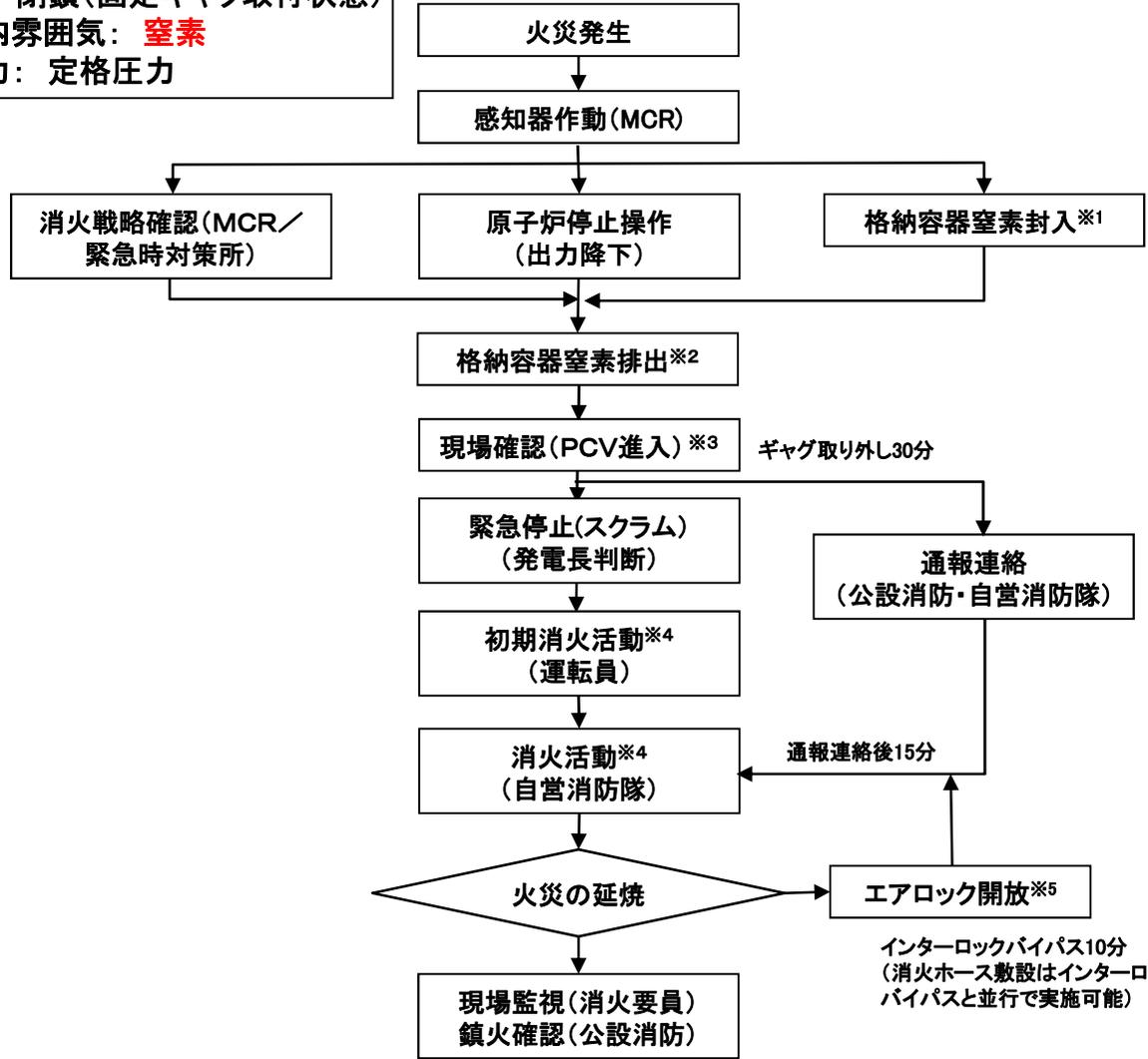
※1: 発電長判断により緊急停止
 ※2: SRNレンジ3以下
 格納容器内進入許可(発電長)
 セルフエアセット着用(運転員)
 ギャグ取り外し(30分)
 ※3: セルフエアセット着用, 消火器(粉末)使用
 ※4: 消火栓対応(エアロック開放) 約10分
 インターロックバイパス切替(両扉開放)

7. 格納容器内の火災防護

(11 / 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: SRNML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

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

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の火災（4台全て閉止を想定）

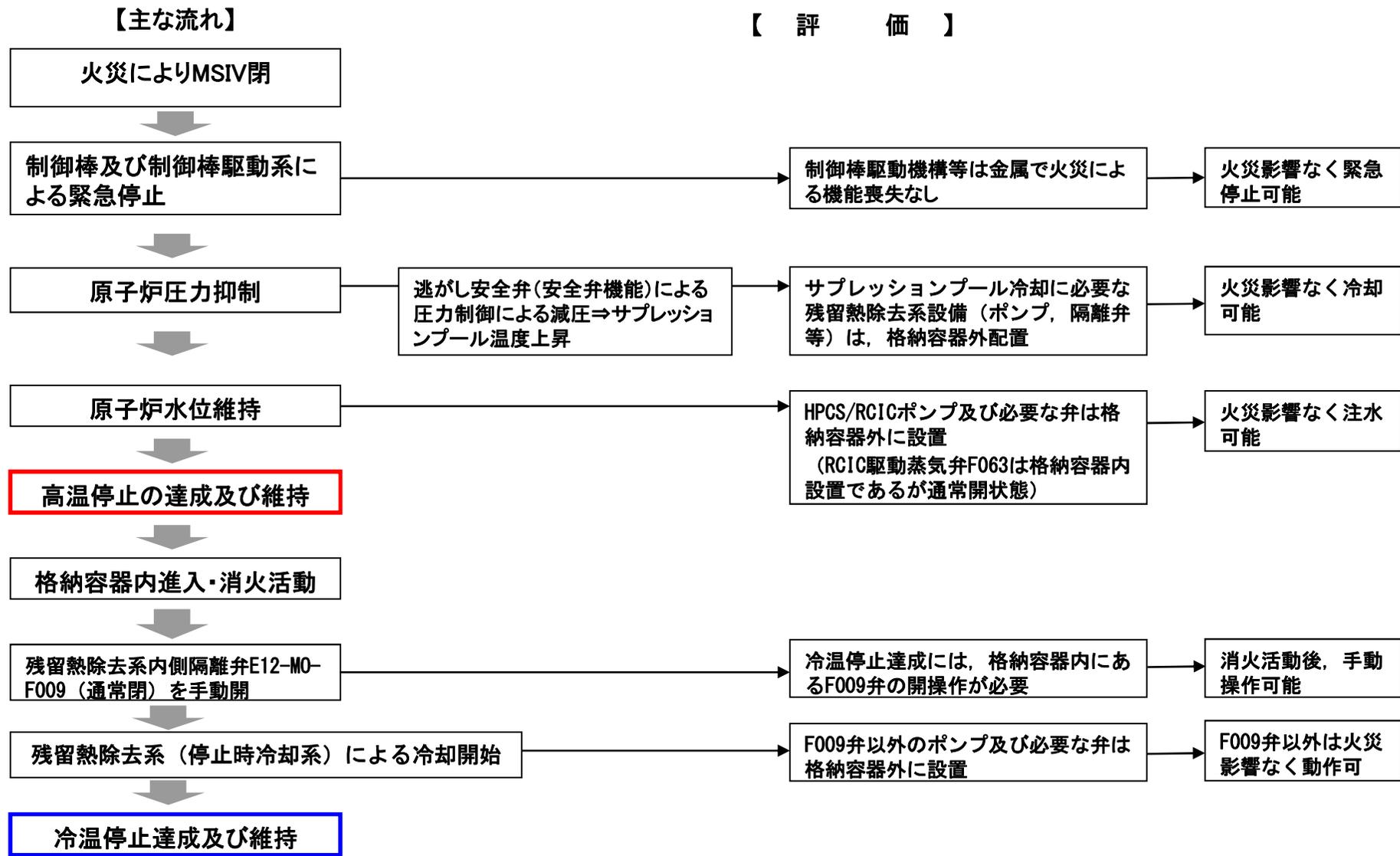
(3) その他

- ・ 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

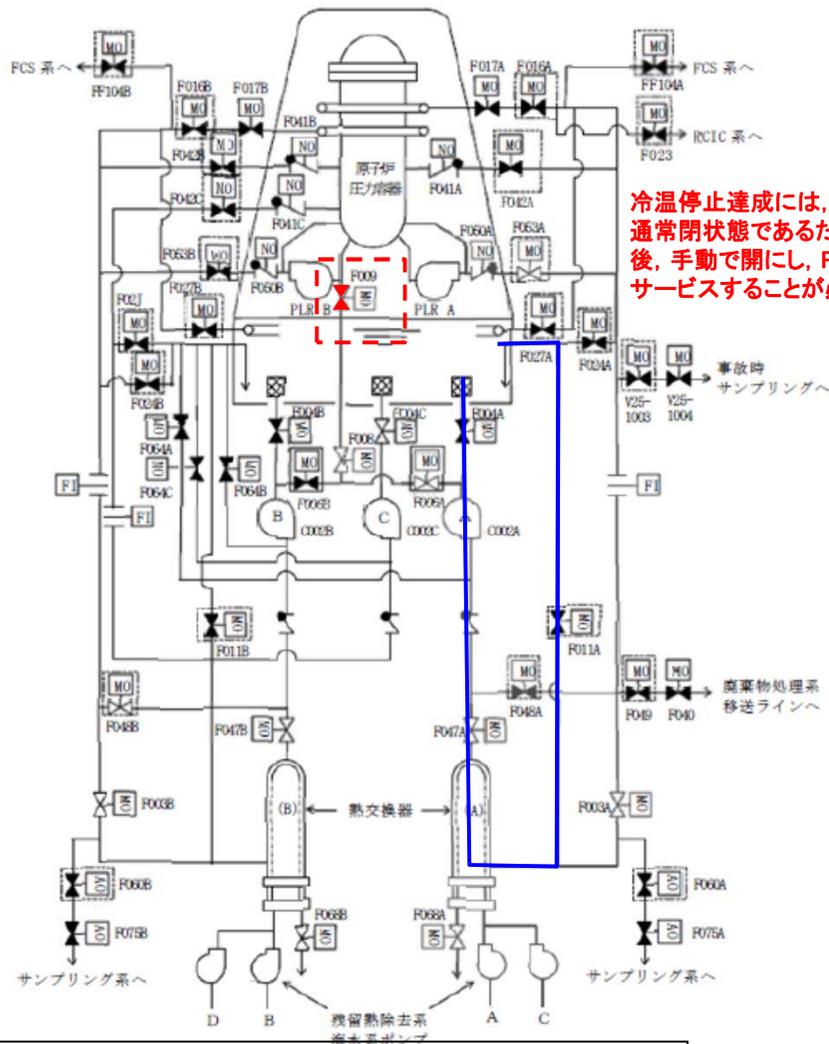
7. 格納容器内の火災防護

(14/17)

原子炉の高温停止及び冷温停止の達成, 維持(起動～格納容器内点検完了)



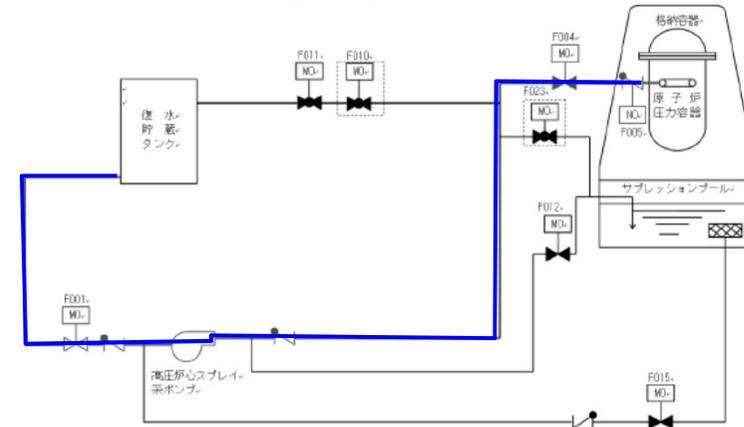
残留熱除去系(サブプレッションプール冷却モード)



冷温停止達成には、F009は、通常閉状態であるため、鎮火後、手で開にし、RHRをインサービスすることが必要

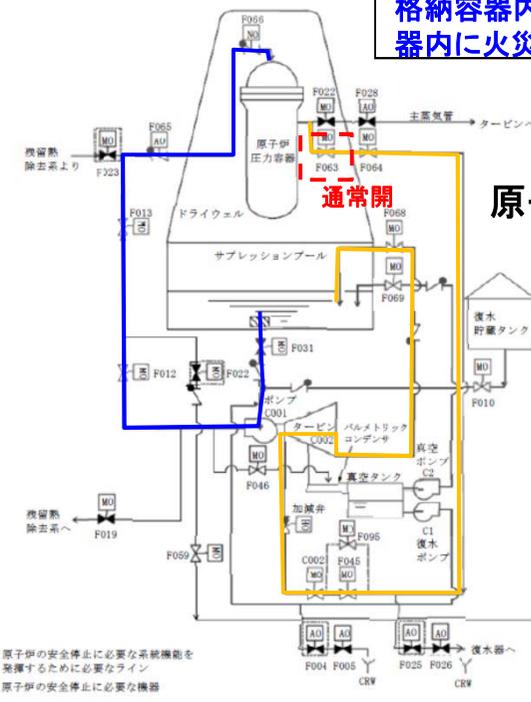
格納容器内に操作が必要な弁はなく、格納容器内に火災が発生してもサブプレッションプール冷却可能

高圧炉心スプレイ系



格納容器内に操作が必要な弁はなく、格納容器内に火災が発生しても外部から注水可能

原子炉隔離時冷却系



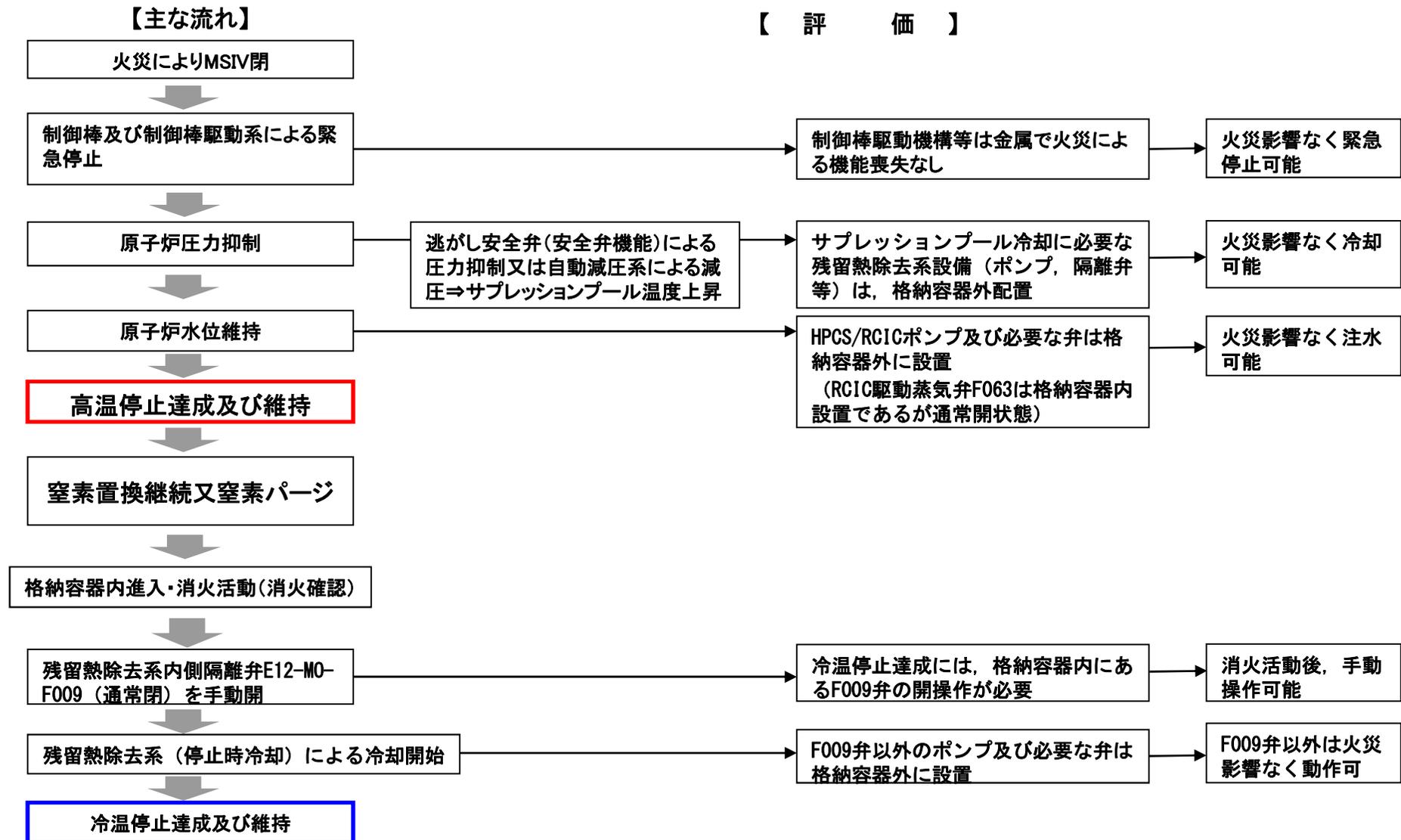
格納容器内に操作が必要な弁はなく、格納容器内に火災が発生しても注水可能

— 原子炉の安全停止に必要な系統機能を発揮するために必要なライン
 ■ 原子炉の安全停止に必要な機器

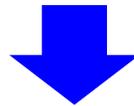
7. 格納容器内の火災防護

(16/17)

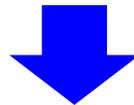
原子炉の高温停止及び冷温停止の達成, 維持(格納容器内点検完了~窒素置換完了)



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できる。



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」の要求に適合していることと同等

【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