

東海第二発電所における
格納容器内の火災防護について

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. はじめに
2. 格納容器内の状態について
3. 格納容器内の火災防護対策
 - 3.1 火災区域の設定
 - 3.2 火災の発生防止対策
 - 3.3 火災の感知及び消火
 - 3.4 火災の影響軽減対策

東海第二発電所における格納容器内の火災防護について

1. はじめに

東海第二発電所の格納容器内は，プラント運転中については窒素が封入され雰囲気の不活性化となることから，火災の発生は想定されない。

しかしながら，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行う。

2. 格納容器内の状態について

格納容器内の窒素置換(窒素封入・排出)は，プラント起動時及びプラント停止時において以下のとおり実施される。

(プラント起動時)

- ・ 制御棒引抜き(原子炉の高温・冷温停止状態へ移行)
- ・ 出力上昇・起動試験・出力低下・制御棒全挿入(原子炉の高温停止状態へ移行)
- ・ 格納容器内点検
- ・ 窒素封入
- ・ 制御棒引抜き・出力上昇(原子炉の高温・冷温停止状態へ移行)

(プラント停止時)

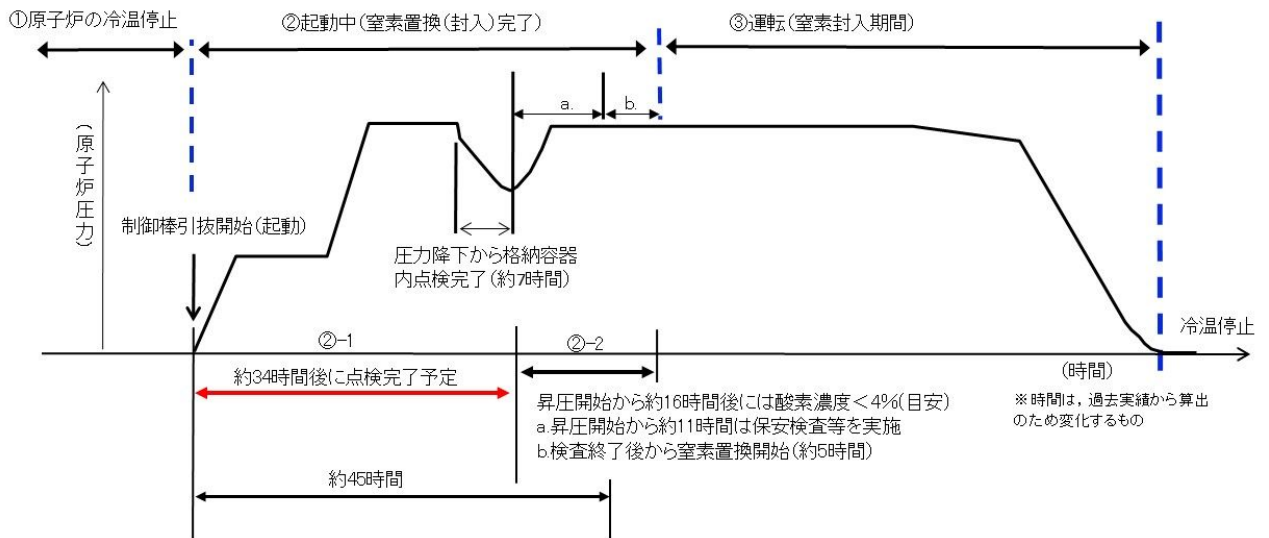
- ・ 制御棒挿入・出力低下
- ・ 高温停止状態へ移行
- ・ 冷温停止状態へ移行

・窒素排出

なお、起動時のプラント状態について、火災防護の観点から以下のように分類する。

- ① 原子炉の冷温停止（制御棒引抜きまで）
- ② 起動中（制御棒引抜きから窒素封入完了まで）
 - ②-1 格納容器内点検（原子炉圧力降下開始から点検完了まで：約7時間）
 - ・制御棒引抜きから点検完了までの消火活動の概要を別紙2の第2図に示す。（所員用エアロックは仮閉鎖）
 - ②-2 格納容器点検完了（所員用エアロック本閉鎖，圧力上昇再開）から窒素置換完了（酸素濃度4%未満確認）まで：約16時間
 - ・格納容器点検完了から窒素置換完了までの消火活動の概要を別紙2の第3図に示す。
- ③ 運転（窒素置換完了（封入期間）から冷温停止まで）

原子炉起動時のプラント状態



火災の発生リスクを低減するためには、原子炉の起動中において窒素置換されない期間をできるだけ少なくすることが有効である。

3. 格納容器内の火災防護対策

3.1 火災区域の設定

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する。

格納容器内の火災防護対象設備を別紙 1 に示す。

火災防護に係る審査基準では、火災防護の目的として「原子炉の高温停止及び冷温停止」の達成、維持を挙げていることを踏まえ、2. に示す①原子炉の冷温停止、②起動中(窒素封入前)、③起動及び運転(窒素封入期間)のそれぞれの状態に応じて、以下のとおり格納容器の特性を考慮した火災防護対策(火災の発生防止、火災の感知・消火、火災の影響軽減)を講じる。

ただし、③起動及び運転(窒素封入期間)については、窒素が封入され雰囲気の不活性化されていることから、火災の発生は想定されず、個別の火災防護対策は不要である。

3.2 火災の発生防止対策

(1) 格納容器内の状態に応じた対策

格納容器内の火災発生防止対策について格納容器内の状態に応じて実施する項目は以下のとおり。

○原子炉の冷温停止時及び起動中(窒素封入前)に実施する発生防止対策

- ・発火性又は引火性物質に対する火災の発生防止

- ・可燃性の蒸気・微粉への対策
- ・火花を発生する設備や高温の設備等の使用
- ・発火源の対策
- ・放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策
- ・過電流による過熱防止対策
- ・不燃性材料または難燃性材料の使用
- ・地震等の自然現象による火災発生の防止

(2) 発火性又は引火性物質に対する火災の発生防止

①漏えいの防止，拡大防止

格納容器内にあるポンプ等の油内包機器の油保有量と堰の容量を第 8-1 表に示す。潤滑油を内包する機器の設置状況を第 8-1 図に示す。

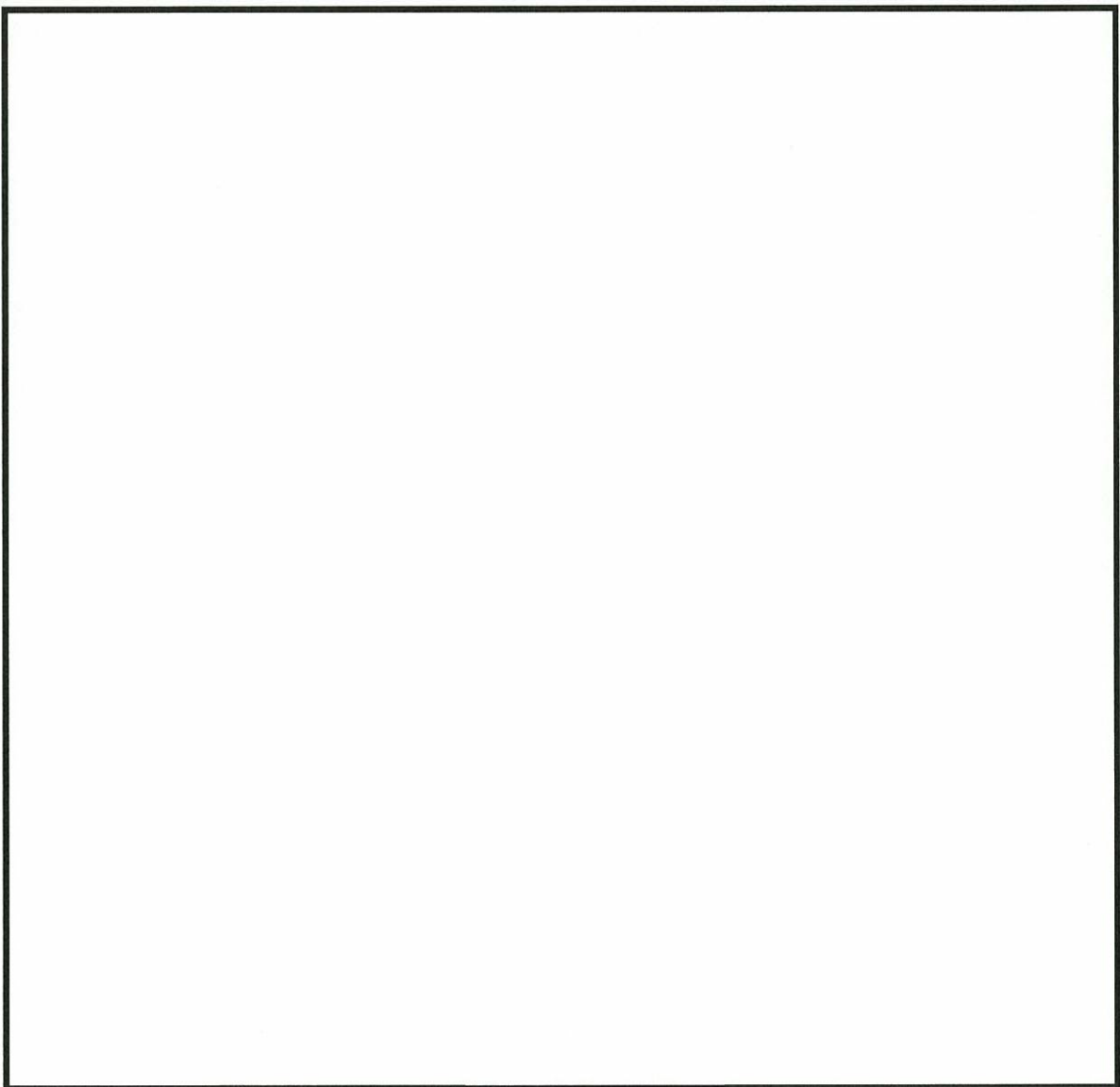
これらの機器は，溶接構造またはシール構造の採用により潤滑油の漏えい防止対策を講じるとともに，万が一の漏えいを考慮し，漏えいした潤滑油が拡大しないよう，受け入れられる堰等を設け拡大防止対策を行う設計とする。

また，主蒸気内側隔離弁及び原子炉再循環系流量制御弁，原子炉再循環ポンプの潤滑油は，漏えいしても可燃性ガスを発生しないよう，機器の最高使用温度及び格納容器内の設計温度よりも引火点が十分高い潤滑油を使用する設計とする。

なお，格納容器内には，上記の潤滑油以外の発火性又は引火性物質(水素含む)はない。

第 8-1 表 格納容器内の油内包機器と堰容量

機器名称	潤滑油種類	漏えい防止・拡大防止対策	潤滑油等引火点	格納容器内設計最高温度	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)	ファイヤケル EHC	堰	254℃	約 66℃	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)	タービン油	オイルレンサフ	250℃				
主蒸気内側隔離弁 (A~D)	GE SILICON 462HA500		204℃			約 9/台	



第 8-1 図 格納容器内の潤滑油使用の配置

②配置上の考慮

格納容器内の油内包機器である主蒸気内側隔離弁及び原子炉再循環系流量制御弁，原子炉再循環ポンプは，付近に可燃物を置かないよう配置上の考慮を行う設計とする。

③換気

格納容器内は，原子炉の冷温停止期間中には機械換気が可能な設計とする。起動中は，格納容器内の換気は行わない設計とする。

④防爆

火災区域内に設置する油内包機器は，①漏えい防止，拡大防止で示したように，溶接構造，シール構造の採用により潤滑油の漏えいを防止する設計とするとともに，万が一漏えいした場合を考慮し堰を設置することで，漏えいした潤滑油が拡大することを防止する設計とする。

なお，潤滑油が設備の外部へ漏えいしても，引火点は油内包機器を設置する室内温度よりも十分高く，機器運転時の温度よりも高いため，可燃性蒸気となることはない。

⑤貯蔵

格納容器内には，発火性又は引火性物質を貯蔵する容器は設置しない設計とする。

(3)可燃性の蒸気・微粉への対策

格納容器内には，発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備は(2)に示すとおり，可燃性の蒸気を発生するおそれはない。

また、火災区域には、「工場電気設備防爆指針」に記載される「可燃性粉じん(石炭のように空気中の酸素と発熱反応を起こし爆発する粉じん)」や「爆発性粉じん(金属粉じんのよう空気中の酸素が少ない雰囲気又は二酸化炭素中でも着火し、浮遊状態では激しい爆発を生じる粉じん)」のような「可燃性の微粉を発生する設備」を設置しない設計とする。

(4) 発火源への対策

格納容器内の機器等は、金属製の筐体内に収納する等の対策を行い、設備外部に出た火花が発火源となる設備を設置しない設計とする。

また、格納容器内には高温となる設備があるが、通常運転時の温度が60℃を超える系統については保温材で覆うことにより、可燃性の物質との接触防止や潤滑油等可燃物の過熱防止を行う設計とする。(第8-2表)

第8-2表 高温となる設備と接触防止・過熱防止対策

高温となる設備	最高使用温度	過熱防止対策
主蒸気系配管	302℃	保温材設置
ほう酸水注入系配管		
残留熱除去系配管		
高圧注水系配管		
低圧注水系配管		
原子炉隔離時冷却系配管		
原子炉冷却材浄化系配管		
原子炉給水系配管		

(5) 水素対策

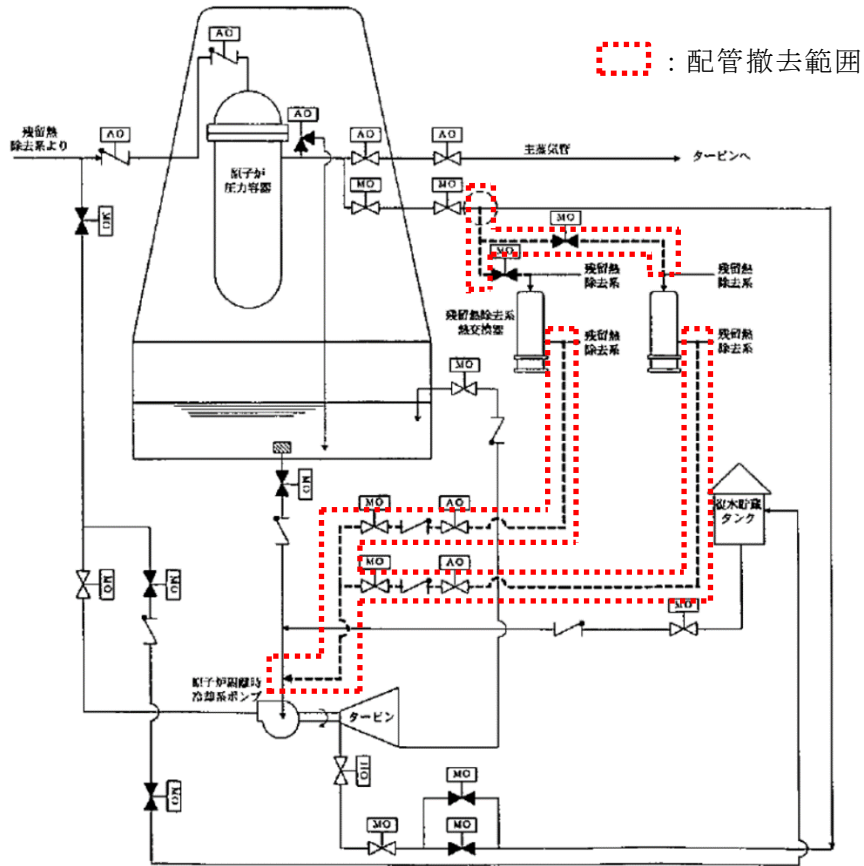
格納容器内には水素を内包する設備を設置しない設計とすることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

(6) 放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策

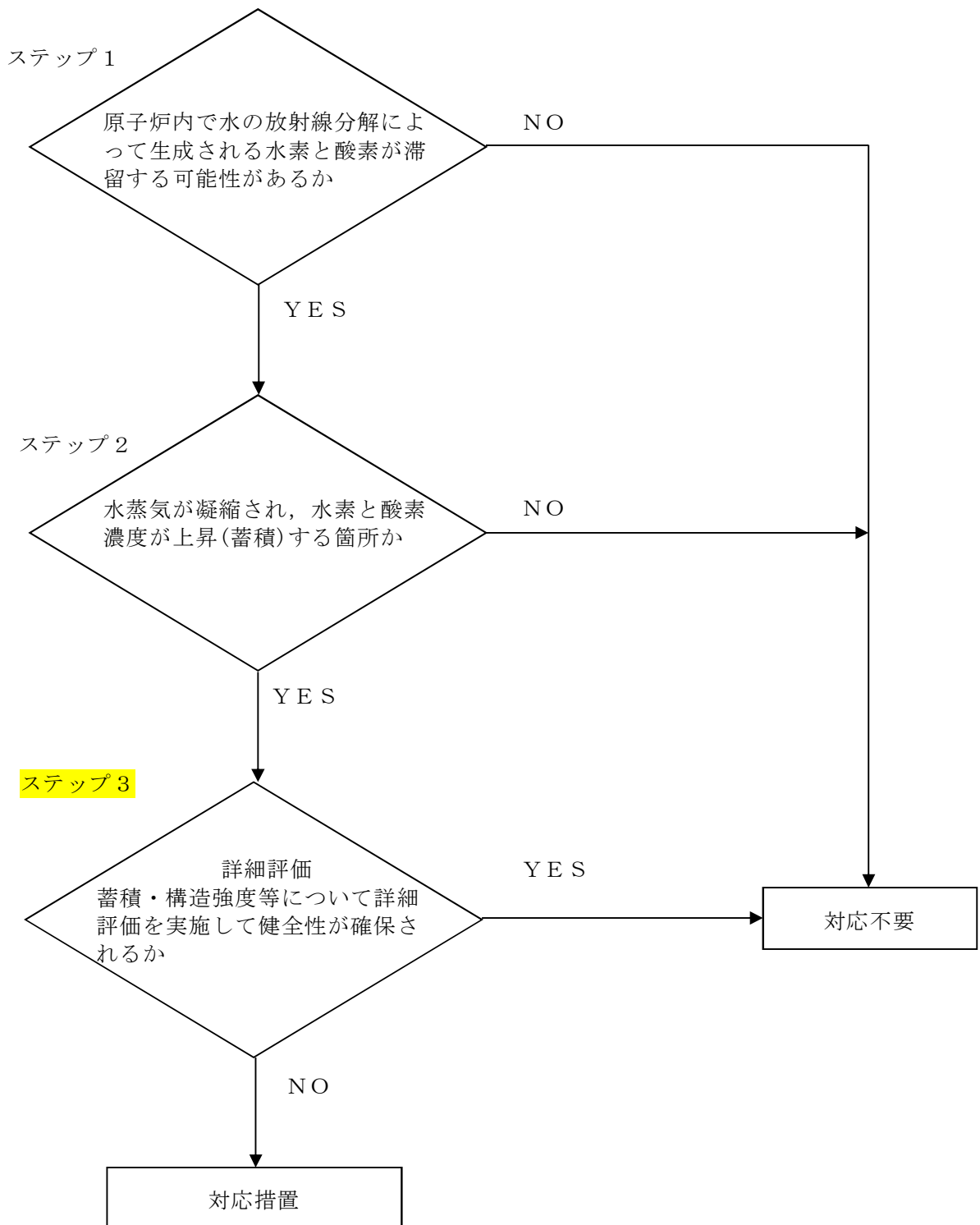
放射線分解により水素が発生する火災区域における、水素の蓄積防止対策としては、経済産業省指示文書「中部電力株式会社浜岡原子力発電所1号機の余熱除去系配管破断に関する再発防止対策について(平成14年5月)」を受け、水素の蓄積のおそれがある箇所に対して対策を実施している。また、社団法人火力原子力発電技術協会「BWR 配管における混合ガス(水素・酸素)蓄積防止に関するガイドライン(平成17年10月)」に基づき実施しており、その実施状況を第8-3表に示す。蓄積防止対策箇所は、ガイドラインに基づき第8-3図のフローに従い選定し対策している。

第 8-3 表放射線分解による水素蓄積防止対策の実施状況

対策箇所	対策内容	対策実施根拠	実施状況
・ 残留熱除去系蒸気凝縮系配管 ・ 計装配管	・ 配管撤去及び取替	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第 1 号機の余熱除去系配管破断に関する再発防止対策について」(平成 14 年 5 月)	実施済
・ 原子炉圧力容器頂部スプレイ配管	・ ベント配管を設置	(社)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)	実施済



第 8-2 図 残留熱除去系蒸気凝縮系配管撤去範囲



第 8-3 図 水素対策の対象選定フロー

(7) 過電流による過熱防止対策

原子炉施設内の電気系統は、送電線への落雷等外部からの影響や、地絡、短絡等に起因する過電流による過熱や焼損を防止するために、保護継電器、遮断器により故障回路を早期に遮断する設計とする。

(8) 不燃性材料又は難燃性材料の使用

格納容器内の安全機能を有する構築物、系統及び機器は、以下に示すとおり、不燃性材料及び難燃性材料を使用する設計とする。

ただし、不燃材料及び難燃性材料を使用できない場合は、不燃性及び難燃性材料と同等以上の性能を有するものを使用する。または、不燃性及び難燃性材料を使用できない場合であって、機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合は、当該材料の火災に起因して、安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

a. 主要な構造材に対する不燃性材料の使用

格納容器内にある、機器、配管、ダクト、電線管、盤の筐体及びこれらの支持構造物の主要な構造材は、火災の発生防止及び当該設備の強度確保等を考慮し、金属材料等の不燃性材料を使用する設計とする。

ただし、配管等のパッキン類は、シール機能を確保する上で不燃性材料の使用が困難であり、配管フランジ部等の狭隘部に設置するため、当該パッキン類が発火しても、延焼することがなく、他の安全機能を有する構築物、系統及び機器に火災を生じさせることはないことから、不燃性材料の適用外とする。

ポンプ及び弁等の駆動部の潤滑油(グリス)は、金属材料であるケーシング内部に保有されており、発火した場合でも他の安全機能を有する機器等に延焼しない。

b. 難燃ケーブルの使用

格納容器内のケーブルは、実証試験により自己消火性及び延焼性を確認した難燃ケーブルを使用する設計とするとともに、ケーブル火災が発生しても他の機器に延焼することを防止するため、第8-4図に示すとおり、金属製の電線管、可とう電線管に布設する設計とする。

核計装ケーブルは、微弱電流・微弱パルスを扱うため、耐ノイズ性の高い絶縁抵抗を有する同軸ケーブルを使用している。このケーブルは、自己消火性を確認する UL 垂直燃焼試験は満足するが、耐延焼性を確認する IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の要求事項を満足するのは困難であることから、不燃性である電線管に布設する設計とする。ただし、原子炉圧力容器下部における核計装ケーブルは第8-5図に示すとおり、周囲の環境が極めて狭隘であり電線管に布設すると曲げ半径を確保できないこと、機器点検時にケーブルを解線して機器を取り外す必要があることから、一部ケーブルを露出する設計とする。

核計装ケーブルに通常流れる電流は数 mA の微弱電流であり、万が一、過電流が流れた場合には、上流の電源装置の保護機能(電流制限機能)により、電流値は設定値上限(数 10mA)に抑えられることから、過電流過熱によるケーブル火災の発生の可能性は低い。

しかしながら、万が一、核計装ケーブルから火災が発生した場合を考慮しても、火災が延焼しないように、核計装ケーブルの露出部分の長さは、ケーブルの曲げ半径の確保及び機器点検時の解線作業に影響のない

範囲で極力短くしている。また、第 8-5 図に示すとおり、核計装ケーブルの周囲に布設するケーブルは、自己消火性及び耐延焼性が実証されたケーブルを採用する。原子炉压力容器下部の核計装ケーブルは、囲うように布設していることから、核計装ケーブルの火災が拡大するおそれは小さい。

制御棒引抜きから格納容器内への窒素封入までの期間は約 45 時間であり、万が一、この期間に火災が発生した場合においても、格納容器内に設置した火災感知器(アナログ機能を有する煙感知器及び熱感知器)による早期の火災感知を行うことに加え、核計装ケーブルが火災によって断線、地絡が生じた場合には中央制御室に異常を知らせる警報(SRNM 下限、LPRM 下限等)が発報されることから、速やかに原子炉の停止操作を実施し、消火活動を行うことが可能である。

また、格納容器内に設置する油内包機器である主蒸気内側隔離弁及び原子炉再循環系流量制御弁、原子炉再循環ポンプについては、冷温停止中は通常電源を切る運用とし、保守点検後の試運転などを含めたプラント初期起動時のケーブル通電時には、運転確認のための監視員などを配置することで、万が一火災が発生しても近傍に設置する消火器等により速やかに消火を行うことが可能である。

さらに、第 8-4 表に示すように、格納容器内に設置する他の機器としては、常用系及び非常系ケーブル、パワーパネル、中継端子箱等があるが、これらは電線管や金属製の筐体に収納することで、原子炉の状態にかかわらず火災の発生を防止する。

第 8-4 表 格納容器内に設置する機器等の火災発生防止対策

種別	具体的設備	火災発生防止の対策方法
ケーブル	常用系及び非常系ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> 電線管に布設する。 (核計装ケーブルは原子炉压力容器下部に一部露出)
分電盤	パワーパネル 照明用分電盤	<ul style="list-style-type: none"> 金属製の筐体に収納する
油内包機器	主蒸気内側隔離弁及び原子炉再循環系流量制御弁，原子炉再循環ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> 潤滑油は機器の最高使用温度及び格納容器内の雰囲気温度よりも十分に引火点の高いものを使用する。潤滑油を内包する軸受部は溶接構造，シール構造として漏えい防止を図るとともに，堰等を設置して拡大防止を図る。
その他	中継端子箱	<ul style="list-style-type: none"> 金属製の筐体に収納する



機器へのケーブル取合状況
(格納容器貫通部と電線管との取合)



電線管



機器へのケーブル取合状況
(主蒸気内側隔離弁との取合)

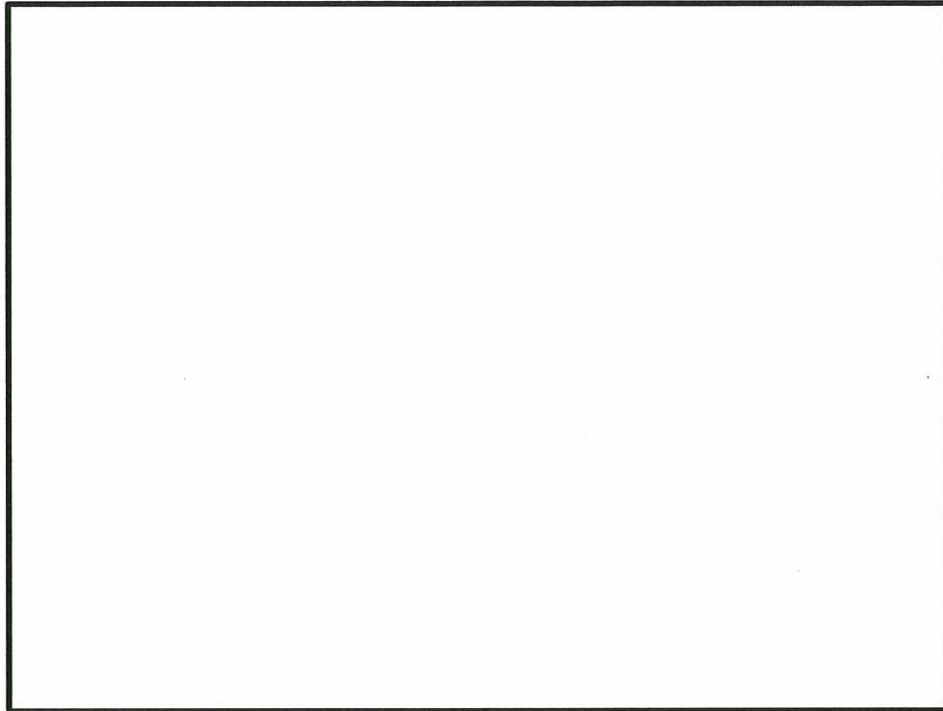


機器へのケーブル取合状況
(PLR との取合)

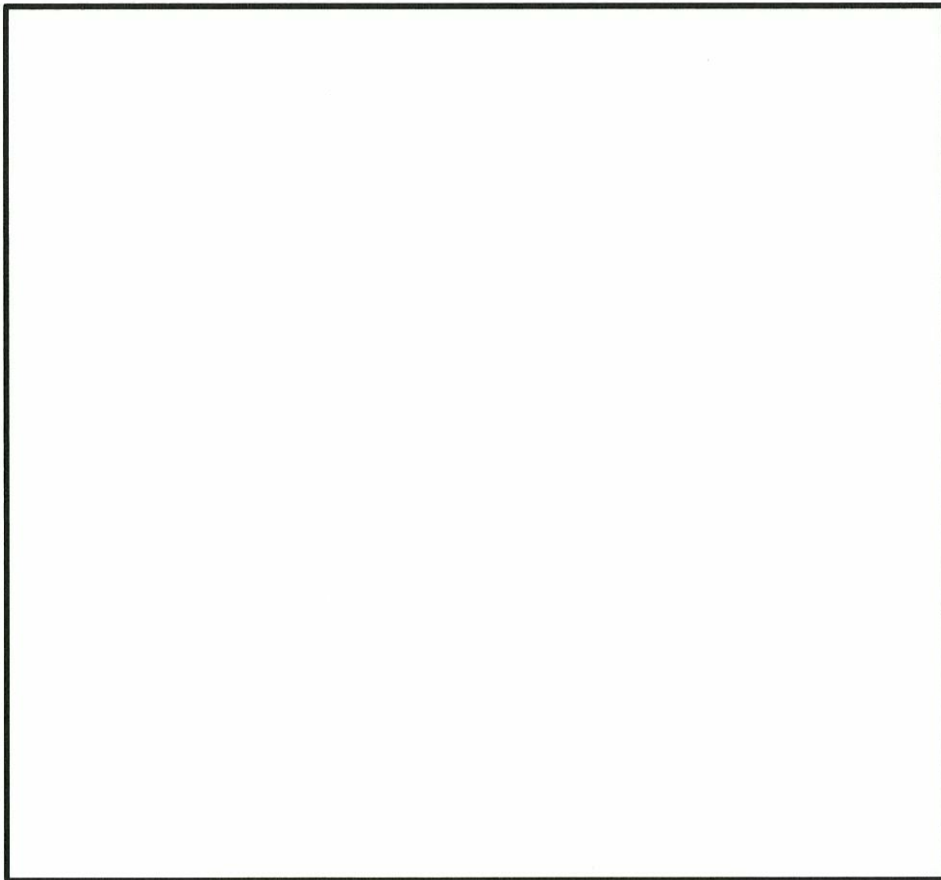


機器へのケーブル取合状況
(電動弁との取合)

第 8-4 図 格納容器内の電線管の布設状況



第 8-5 図 原子炉圧力容器下部における核計装ケーブルの一部の露出状況



第 8-6 図 中性子計装系炉心配置図

c. 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

格納容器内のドライウェル冷却用送風機に取付ける仮設フィルタについては、「JACA No.11A-2003(空気洗浄装置用ろ材の燃焼性試験方法)」を満足する難燃性のものを使用する。

d. 保温材に対する不燃性材料の使用

格納容器内の保温材は、金属等の「平成 12 年建設省告示第 1400 号(不燃材料を定める件)」に定められたもの、又は建築基準法で不燃材料として定められたものを使用する設計とする。

e. 格納容器内に対する不燃性材料の使用

格納容器内の床、壁には、耐腐食性、耐放射線性、除染性の確保を目的としてコーティング剤を塗布する設計とする。コーティング剤は、不燃性材料ではないが、旧建設省告示第 1231 号第 2 試験に基づく難燃性が確認された塗料であることに加え、不燃性材料である金属表面に塗布することから、当該コーティング剤が発火した場合においても、他の構築物、系統及び機器において火災を生じさせるおそれはないため、不燃性材料の適用外とする。

(9) 落雷・地震等の自然現象による火災発生の防止

東海第二発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき自然現象を網羅的に抽出するために、国内外の基準や文献等に基づき事象を収集した。これらの事象のうち、海外での評価手法を参考とした基準から設計上考慮すべき自然現象として、地震、津波、洪水、風(台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮を選

定した。

これらの自然現象のうち、地震以外の事象については、原子炉施設内の対策に包絡される。このため格納容器内については、地震による火災防護対策を以下のとおり講じる設計とする。

安全機能を有する機器等は、耐震クラスに応じて十分な支持性能を持つ地盤に設置するとともに、自らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止する設計とする。

なお、耐震については、「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の解釈」に従い設計する。

また、油内包機器である主蒸気内側隔離弁及び原子炉再循環系流量制御弁、原子炉再循環ポンプは、使用時以外は電源を遮断し、使用時は現場に監視員を配置する運用とすることで火災の発生防止を図る。

3.3 火災の感知及び消火

火災の感知・消火については、格納容器内の状態に応じて以下のとおり実施する。

(1) 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

起動時における格納容器内の火災感知器は、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、アナログ式の煙感知器及び熱感知器を設置する設計とする。なお、火災感知器の設置箇所については、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する設計とする。

b. 冷温停止中

冷温停止中は，上記①a.と同様，アナログ機能を有する煙感知器及び熱感知器を設置する設計とする。

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

起動中における格納容器内の火災感知器は，上記①a.のとおり環境条件や予想される火災の性質を考慮し，格納容器内には異なる2種類の感知器としてアナログ機能を有する煙感知器及び熱感知器を設置する設計とする。

格納容器内は，通常運転中，窒素封入により不活性化しており，火災が発生する可能性がない。しかしながら，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，高線量の環境となることから，火災感知器が故障するおそれがある。このため，格納容器内の火災感知器は，起動時の窒素封入後に中央制御室の受信機にて作動信号を除外する運用とし，プラント停止後に速やかに取り替える設計とする。

b. 冷温停止中

冷温停止中における格納容器内の火災感知器は，上記②a.と同様，アナログ機能を有する煙感知器と熱感知器を設置する設計とする。

格納容器内に設置する火災感知器の仕様及び誤作動防止方法について，第8-5表に示す。

第 8-5 表 格納容器内に設置する火災感知器の特徴と誤作動防止方法

型式	特徴	誤作動防止方法
煙感知器	<ul style="list-style-type: none"> ・感知器内に煙が入ることで感知 ・炎が生じる前の発煙段階からの煙の早期感知が可能 <p>【適応高さの例】 20m 以下</p> <p>【設置範囲の例】^{※1} 75m² 又は 150m² あたり 1 個</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・アナログ機能を有するものを選定し誤作動防止を図る。なお、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^{※2}があるため、起動時の窒素封入後に電源を切る運用とし、プラント停止後に速やかに取り替える。
熱感知器	<ul style="list-style-type: none"> ・感知器周辺の雰囲気温度を感知 (公称 60℃以上) ・炎が生じ、温度上昇した場合に感知 ・防爆型の検定品有り <p>【適応高さの例】 8m 以下</p> <p>【設置範囲の例】^{※1} 15m² 又は 70m² あたり 1 個</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・アナログ機能を有するものを選定し誤作動防止を図る。なお、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^{※2}があるため、起動時の窒素封入後に電源を切る運用とし、プラント停止後に速やかに取り替える。

※1 消防法施行規則第 23 条で定める設置範囲による

※2 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がある。

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

③火災感知設備の電源確保

格納容器内の火災感知設備は、外部電源喪失時においても火災の感知が可能となるよう、蓄電池を設け、電源を確保する設計とするとともに、非常用電源から受電する設計とする。

④火災受信機盤

火災感知設備の火災受信機盤は、中央制御室に設置し常時監視できる設計とする。また、受信機盤は、アナログ機能を有する煙感知器及び熱感知器をそれぞれ 1 つずつ特定できる機能を有するよう設計する。

⑤ 火災感知設備に対する試験検査

火災感知設備は、格納容器内に設置する前に、消防法施行規則第三十一条の六に準じて、試験により機能に異常がないことを確認する。その後、プラント停止後に取外した感知器については、プラント起動までの間に点検を行う設計とする。

(2) 消火設備

格納容器内において万が一火災が発生した場合でも、格納容器内の空間体積(約 9800m³)に対して、16980m³/h であることから、煙が充満しないため、消火活動が可能である。

したがって、格納容器内の消火は、消火器を用いて行う設計とする。また、消火栓を用いても対応できる設計とする。

① 消火器

格納容器内の火災に対して設置する消火器は、消防法施行規則第六、七条に基づき算出される必要量の消火剤を配備する設計とする。

消火剤の必要量の算出にあたっては、防火対象物である格納容器の用途区分について、消防法施行令別表第一(十五)項(前各項に該当しない事業場)を適用する。格納容器の主要構造部が耐火構造であり、壁及び天井のコーティング剤が旧建設省告示第 1231 号第 2 試験に基づく難燃性が確認された塗料であることから、消火器の能力単位の算定基準^{*}は、消火能力 \geq (延面積又は床面積)/400m²を適用する。

また、格納容器内には電気設備であることから、上記消火能力を有する消火器に加え、消防法施行規則第六条第四項^{*}に従い、電気火災に適應する消火器を床面積 100m² 以下毎に 1 本設置する。

※消防法施行規則抜粋

(大型消火器以外の消火器具の設置)

第六条 令第十条第一項 各号に掲げる防火対象物(第五条第八項第二号に掲げる車両を除く。以下この条から第八条までにおいて同じ。)又はその部分には、令別表第二において建築物 その他の工作物の消火に適応するものとされる消+火器具(大型消火器及び住宅用消火器を除く。以下大型消火器にあつてはこの条から第八条までに、住宅用消火器にあつてはこの条から第十条までにおいて同じ。)を、その能力単位の数値(消火器にあつては消火器の技術上の規格を定める省令(昭和三十九年自治省令第二十七号)第三条 又は第四条 に定める方法により測定した能力単位の数値、水バケツにあつては容量八リットル以上のもの三個を一単位として算定した消火能力を示す数値、水槽にあつては容量八リットル以上の消火専用バケツ三個以上を有する容量八十リットル以上のもの一個を一・五単位又は容量八リットル以上の消火専用バケツ六個以上を有する容量百九十リットル以上のもの一個を二・五単位として算定した消火能力を示す数値、乾燥砂にあつてはスコップを有する五十リットル以上のもの一塊を〇・五単位として算定した消火能力を示す数値、膨張ひる石又は膨張真珠岩にあつてはスコップを有する百六十リットル以上のもの一塊を一単位として算定した消火能力を示す数値をいう。以下同じ。)の合計数が、当該防火対象物又はその部分の延べ面積又は床面積を次の表に定める面積で除して得た数(第五条第八項第一号に掲げる舟にあつては、一)以上の数値となるように設けなければならない。

防火対象物の区分	面積
令別表第一(一)項イ、(二)項、(十六の二)項、(十六の三)項及び(十七)項に掲げる防火対象物	五十平方メートル
令別表第一(一)項ロ、(三)項から(六)項まで、(九)項及び(十二)項から(十四)項までに掲げる防火対象物	百平方メートル
令別表第一(七)項、(八)項、(十)項、(十一)項及び(十五)項に掲げる防火対象物	二百平方メートル

- 2 前項の規定の適用については、同項の表中の面積の数値は、主要構造部を耐火構造とし、かつ、壁及び天井(天井のない場合にあつては、屋根)の室内に面する部分(回り縁、窓台その他これらに類する部分を除く。)の仕上げを難燃材料(建築基準法施行令第一条第六号に規定する難燃材料をいう。以下同じ。)とした防火対象物にあつては、当該数値の二倍の数値とする。
- 4 第一項の防火対象物又はその部分に変圧器、配電盤その他これらに類する電気設備があるときは、前三項の規定によるほか、令別表第二において電気設備の消火に適応するものとされる消火器を、当該電気設備がある場所の床面積百平方メートル以下ごとに一個設けなければならない。

以上から、格納容器内の火災対応として算出される消火能力と消火器の本数を第8-6表に示す。なお、消火器の本数については、格納容器内に設計基準事故対処設備とその機能を代替する常設重大事故防止設備が設置されることから、消火設備の独立性を確保するため、電気火災に適応する消火器の必要本数とは別に1本を設置し、さらに予備1本を追加することで、単一故障により必要量を下回らない設計とする。

第8-6表 格納容器内で必要とされる消火剤容量

	床面積 (m ²)	必要な消火器の 能力単位	電気火災に 適応する消 火器	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 機器搬入ハッチ

消火器の消火能力については、消火器の技術上の規格を定める省令により、各火災源に対する消火試験にて定められる一般的な10型粉末消火器(普通火災の消火能力単位：3、油火災の消火能力単位：7)について、消火能力単位の測定試験時に用いられるガソリン火源(油火災の消火能力単位が7の場合、燃焼

表面積 1.4m²、体積 42L)の発熱速度は、FDT^{S※1}により算出すると、3100kW となる。また、この発熱量に相当する潤滑油の漏えい量は、NUREG/CR-6850※2の考え方に則り燃焼する油量を内包油量の10%と仮定して算出すると1.8Lとなる。したがって、漏えい火災が想定される潤滑油を内包する機器でその油量が1.8Lを超えるものは、当該機器設置エリアに複数の消火器を設置することで消火能力を確保する設計とする。

盤については、NUREG/CR-6850※2表 G-1 に示された発熱速度(98%信頼上限値で最大 1002kW)を包絡していることを確認した。ケーブルについては、難燃ケーブルを使用していること、過電流防止装置により過電流が発生するおそれがないことから、自己発火のおそれは小さい。さらに、金属製の電線管に布設する設計であることから、他の機器・ケーブルからの延焼するおそれがない。

※1 “Fire Dynamics Tools (FDTs):Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program” , NUREG-1805

※2 EPRI/NRC-RES Fire PRA Methodology for Nuclear Power Facilities, Final Report, (NUREG/CR-6850, EPRI 1011989)

a. 起動中

原子炉の起動中は格納容器内の環境が高温となり、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)に設置する。

また、起動中に格納容器内の火災感知器が作動した場合は、初期消火要員、自衛消防隊員が所員用エアロック近傍(格納容器外)に設置する消火器を用いて消火活動を実施する。

b. 冷温停止中

冷温停止中の格納容器内に設置する消火器は、第 8-6 表に示す消火能力を満足する消火器を配備する。設置位置は、格納容器内に対して、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 以内の距離に配置する。

定期検査期間中において、格納容器内での点検において、火気作業、危険物取扱作業を実施する場合は、火災防護計画にて定める管理手順にしたがって消火器を配備する。(別紙 2)

一方、格納容器全体漏えい率検査時は格納容器内を窒素で加圧するため、消火器が破損する可能性があることから、検査前に格納容器内の消火器を所員用エアロック近傍に移動し、検査終了後に必要に応じて格納容器内に再度設置する。

②消火栓

起動中及び冷温停止中の格納容器内の火災に対しては、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する。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し、消火活動を可能とする。(別紙 2)

③消火活動

a. 起動中

起動中に格納容器内の火災感知器が作動した場合には、原子炉の状態に合わせ、以下のとおりとする。

(a)制御棒引抜きから格納容器内点検完了後まで（所員用エアロックは仮閉鎖）

制御棒引抜きから格納容器内点検開始前の間（約 27 時間）で、格納容器内の火災感知器が作動した場合には、原子炉起動操作を中止し、停止（出力降下）操作を行い、原子炉出力が SRNM レジ 3 以下を確認した後に所員用エアロックより進入し、現場確認及び消火活動を行う。

(b)格納容器内点検完了後から窒素置換完了まで（所員用エアロック最終閉鎖）

格納容器内点検完了後から窒素封入開始前までの間で、格納容器内の火災感知器が作動した場合には、原子炉起動操作を中止し、停止（出力降下）操作を行い、原子炉出力が SRNM レジ 3 以下を確認した後に所員用エアロックより進入し、現場確認及び消火活動を行う。また、消火栓使用を考慮し固定ギャグ（内扉、外扉）を取り外し、開閉可能な状態とする。

窒素封入開始から窒素置換完了までの間で、封入開始後、約 1.5 時間を目安に格納容器内の火災感知器が作動した場合、火災による延焼防止の観点から封入停止を判断する。判断結果により窒素封入作業を継続する場合は、消火が期待できる酸素濃度 10%程度となる封入時間、約 3 時間（実績）まで継続する。

原子炉起動操作中止、格納容器内への進入については、上述同様とする。

なお、窒素封入開始から酸素濃度 4%程度となるまでの時間は、実績から約 5 時間である（格納容器の酸素濃度は、原子炉の状態が運転になってから 24 時間以内に 4%以下とすることを保安規定に定めている）。

これらの運用については、火災防護計画の関連図書に定めることとする。

b. 冷温停止中

冷温停止中において、格納容器内の火災感知器が作動した場合で、保守点検作業中においては、作業エリアに配備している消火器により第1発見者等による初期消火活動（通報・連絡含む）となる。作業が無い時間帯においては、初期消火要員、自衛消防隊員が建屋内の消火器を持って現場に向かうことを火災防護計画の関連文書に定め、定期的に訓練を実施する。

(3) 地震等の自然現象への対策

東海第二発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき自然現象を網羅的に抽出するために、国内外の基準や文献等に基づき事象を収集した。これらの事象のうち、海外での評価手法を参考とした基準から設計上考慮すべき自然現象として、地震、津波、洪水、風(台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮を選定した。

これらの自然現象のうち、地震以外の事象については、原子炉施設内の対策に包絡される。このため格納容器については、地震による火災防護対策を以下のとおり講じる設計とする。

安全機能を有する機器等を設置する火災区域(区画)の火災感知設備及び消火設備は、安全機能を有する機器等の耐震クラスに応じて機能を維持できる設計としており、格納容器内の火災防護対象機器には、耐震Sクラス機器があるため、格納容器内の火災感知設備は、火災防護対象機器の耐震クラスに

応じて機能維持できる設計とする。

3.4 火災の影響軽減対策

東海第二発電所の格納容器内は、プラント運転中については、窒素が封入され雰囲気の不活性化されていることから、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があるが、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

格納容器内での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する。格納容器内への持込み可燃物の仮置きは禁止とするが、やむを得ず仮置きする場合には、不燃シートで覆うまたは金属箱の中に収納するとともに、その近傍に消火器を準備する。

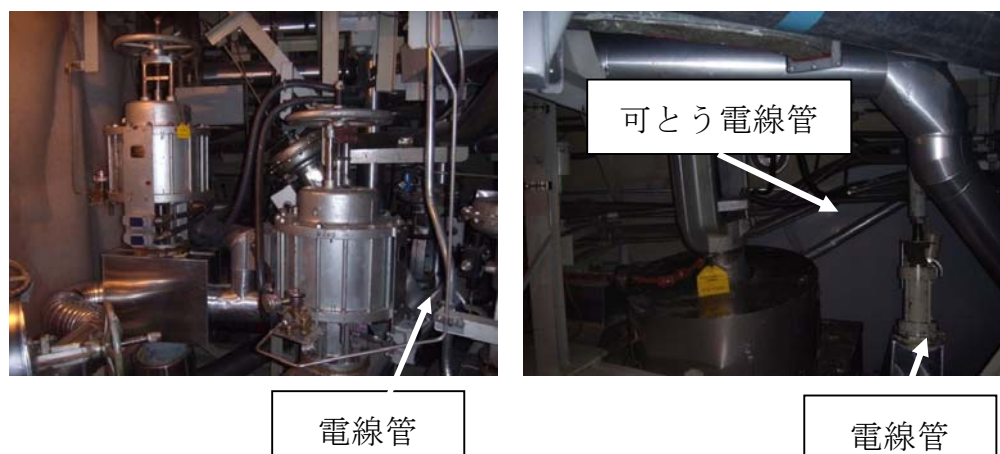
(2) 原子炉の安全停止に係る火災区域の分離

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する。

(3) 火災防護対象機器等の系統分離

火災防護対象機器等の系統分離は、火災によっても多重化された安全停止機能が同時に喪失しないことを目的に行うことから、格納容器内の状態に応じて以下のとおり行う。格納容器内は、第8-7図に示すように機器やケーブル等が密集しており、干渉物が多く、耐火ラッピング等の3時間以上の耐火能力を有する隔壁の設置が困難である。このため、火災防護対象機器及びケ

ケーブルについては、金属製の電線管の使用等により火災の影響軽減を行う設計とする。



第 8-7 図 格納容器内の機器等の設置状況

a. 起動中

(a) 火災防護対象ケーブルの分離及び対象機器の分散配置

格納容器内の火災防護対象ケーブルは、格納容器外から格納容器貫通部を経て格納容器内へ布設されており、格納容器内の火災防護対象ケーブルは全て電線管に布設する設計とする。電線管は、第 8-7 表に示すとおり、実証試験の結果から 20 分以上の耐火障壁としての性能を有することを確認している^{*}。なお、電線管に布設された異なる区分のケーブル間にある機器は、電線管に布設されたケーブル、金属筐体に布設された電磁弁であり、火災発生防止対策が取られている。これに対して、格納容器内で火災が発生した際に消火活動を開始するまでの時間は、別紙 2 に示すとおり、20 分以内であることから、単一の火災によって複数の区分の火災防護対象ケーブルが、火災により同時に機能を喪失することはない。

^{*}出典：「ケーブル、制御盤および電源盤火災の実証試験」TLR-088 (株)東芝

H25 年 3 月


原子炉圧力容器下部においては、火災防護対象設備である起動領域モニタ (SRNM) の核計装ケーブルを一部露出して布設するが、火災の影響軽減の観点から、起動領域モニタ (SRNM) はチャンネル毎に位置的分散を図って設置する設計とする。起動領域モニタ (SRNM) は、合計 8 チャンネルを有しているが、原子炉の未臨界監視機能は、最低 4 チャンネルが健全であれば達成可能である。各チャンネル毎の離隔間においては、介在物として、起動領域モニタ (SRNM) 及び出力領域モニタ (LPRM) の核計装ケーブルがある。核計装ケーブルは自己消火性を有していることから、万一、過電流等により火源になったとしても、火災が継続するおそれは小さい。

また、核計装ケーブルは耐延焼性を有していないが、1 チャンネルの起動領域モニタ (SRNM) のケーブルが火源となった場合においても、他のチャンネルのケーブルが同時に延焼する可能性は低く、未臨界性機能を確保できるものと考えられる。

格納容器内の区分Ⅰと区分Ⅱ機器の離隔間において可燃物が存在することのないように、離隔間にある介在物(ケーブル、電磁弁)については、第 8-8 表に示すとおり、それぞれ延焼防止対策を行う設計とする。

格納容器内の火災防護対象機器を別紙 1 に示す。

第 8-7 表 電線管の耐火性能について

項目	実証試験概要
電線管	<p>1. 目的 電線管(可とう電線管を含む)が火災により影響を受けないことを確認する。</p> <p>2. 試験内容 (1)金属外装ケーブル ケーブルを収納した電線管及び可とう電線管を外部からバーナーで着火し、電線管内のケーブルへの影響を確認した。 ・加熱装置 ブンゼンバーナー ・30 分間</p> <p>【判定基準】 ・絶縁抵抗測定 ・絶縁被覆の形状 (熔融等の有無)</p> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">電線管内部に塩化ビニル線，難燃性電線配線を布設</div>  <p style="text-align: center;">▲ 金属外装ケーブル試験 ▲ :バーナー</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">電線管の種類 ・厚鋼電線管 ・フレキシブル電線管</div> </div> <p>3. 試験結果 電線管において、塩化ビニル電線の被覆は、一部表面が溶着するが、難燃性電線には変化が見られなかった。 可とう電線管も塩化ビニル電線の被覆は、一部表面が溶着するが、難燃性電線には変化が見られなかった。 電線管及び可とう電線管の塩化ビニル電線，難燃性電線の絶縁抵抗は、試験前後に変化はなく、電線管または可とう電線管が 30 分間の耐火性能を有することを確認した。。</p>

第 8-8 表 火災防護対象機器の影響軽減としての機器等の延焼防止対策

種別	具体的設備	火災発生防止の対策方法
ケーブル	常用系及び非常系ケーブル※	<ul style="list-style-type: none"> 電線管に布設する。 (核計装ケーブルは原子炉圧力容器下部に一部露出)
分電盤	作業用分電盤 照明用分電盤	<ul style="list-style-type: none"> 金属製の筐体に収納する
油内包機器	主蒸気内側隔離弁及び原子炉再循環系流量制御弁，原子炉再循環ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> 潤滑油は機器の最高使用温度及び格納容器内の雰囲気温度よりも十分に引火点の高いものを使用する。潤滑油を内包する軸受部は溶接構造，シール構造として漏えい防止を図るとともに，堰等を設置して拡大防止を図る。
その他	電動弁，電磁弁※	<ul style="list-style-type: none"> 金属製の筐体に収納する

※区分Ⅰと区分Ⅱ機器の間に介在する機器等

(b) 火災感知設備

火災感知設備は、「3.3(1)火災感知設備」に示すとおり，アナログ式の異なる2種類の火災感知器(煙感知器及び熱感知器)を設置する設計とする。

(c) 消火設備

格納容器内の消火については、「3.3(2) 消火設備」に示すとおり、消火器を使用する設計とする。また、消火栓を用いても対応できる設計とする。火災の早期消火を図るために、格納容器内の消火活動の手順を定めて、自衛消防隊(運転員、消防隊)の訓練を実施する。

b. 冷温停止中

a) 火災防護対象ケーブルの分離及び対象機器の分散配置

原子炉起動中と同様に、格納容器内の区分Ⅰと区分Ⅱ機器の離隔間において可燃物が存在することのないように、離隔間にある介在物(ケーブル、電磁弁)については、電線管に布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。

原子炉起動中と同様に、格納容器内の火災防護対象ケーブルは、格納容器外から格納容器貫通部を経て格納容器内に布設されており、可能な限り距離的分散を図る設計とする。また、単一の火災によって複数区分が機能喪失することがないように、消火活動を開始するまでの時間(20分間)の耐火性能を確認した電線管に布設する。

冷温停止中は、原子炉の安全停止が達成・維持された状態であること、制御棒は金属等の不燃性材料で構成された機械品であること、制御棒駆動機構については、燃料交換等で一時的に制御棒を操作する時以外は電源を切る運用とし誤作動を防止することから、格納容器内の火災によっても、原子炉の停止機能及び未臨界機能の喪失は想定されない。

b) 火災感知設備

原子炉起動中と同様に、アナログ式の異なる2種類の火災感知器(煙

感知器及び熱感知器)を設置する設計とする。

c) 消火設備

原子炉起動中と同様に，格納容器内の消火については，消火器を使用する設計とする。また，消火栓を用いても対応できる設計とする。火災の早期消火を図るために，格納容器内の消火活動の手順を定めて，自衛消防隊(運転員，消防隊)訓練を実施する。

(3) 火災の影響軽減対策への適合について

格納容器内においては，機器やケーブル等が密集しており，干渉物が多く，耐火ラッピング等の3時間以上の耐火能力を有する障壁の設置が困難である。このため，火災防護対象機器及びケーブルについては，離隔距離の確保及び電線管の使用等により火災の影響軽減対策を行う設計とする。

格納容器内の区分Ⅰと区分Ⅱ機器の離隔間において可燃物が存在することのないよう，離隔間にある介在物(ケーブル，電磁弁)については，電線管に布設することや，金属製の筐体に収納することで延焼防止対策を行う。

格納容器内の火災防護対象ケーブルは，単一火災によって複数区分の機能が喪失することのないように，消火活動を開始するまでの間(20分間)の耐火性能を確認した電線管に布設する。

一方，火災防護審査基準の「2.基本事項※」に示されているように，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」ことである。

※ 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。

このため、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できる。そこで、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した。(別紙3)

原子炉圧力容器下部においては、火災防護対象設備である起動領域モニタ(SRNM)の核計装ケーブルを一部露出して布設するが、火災の影響軽減の観点から、起動領域モニタ(SRNM)は、チャンネル毎に位置的分散を図って設置する設計としている。(第8-7図)起動領域モニタ(SRNM)は、合計8チャンネルを有しているが、原子炉の未臨界監視機能は、最低4チャンネルが健全であれば達成可能である。各チャンネルの離隔間においては、介在物として起動領域モニタ(SRNM)及び出力領域モニタ(LPRM)の核計装ケーブルがあるが、核計装ケーブルは自己消火性を有しており、万が一、過電流等により火源になったとしても火災が継続するおそれは小さい。

一方、火災防護審査基準の「2.基本事項^{*}」に示されているように、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」ことである。

このため、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できる。

万が一、原子炉圧力容器下部で火災が発生した場合においても、格納容器内に設置した火災感知器(アナログ機能を有する煙感知器及び熱感知器)による早期の火災感知を行うことに加え、核計装ケーブルが火災によって断線、地絡が生じた場合には中央制御室に異常を知らせる警報(SRNM 下限, LPRM 下限等)が発報すされることから、速やかに原子炉の停止操作を実施し、原子炉の高温停止・冷温停止を達成することが可能である。

東海第二発電所における格納容器内の
火災防護対象機器について

機能	機器番号	機器名称	種類	対策	備考
原子炉圧力容器 バウンダリ機能		主蒸気内側隔離弁 (A)	空気作動弁	否	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合はフェイル・クローズ設計のため機能要求を満足する。万が一、不動作を想定しても異なる電源区分の電磁弁が多重化されていること、下流の格納用容器外側に隔離弁があり二重化されていることから、系統機能に影響をおよぼすものではない。
		主蒸気内側隔離弁 (B)	空気作動弁	否	同上
		主蒸気内側隔離弁 (C)	空気作動弁	否	同上
		主蒸気内側隔離弁 (D)	空気作動弁	否	同上
		主蒸気ドレンライン 内側隔離弁	電動弁	要	冷温停止時は機能要求なし
		CUW 吸込ライン内側 隔離弁	電動弁	否	当該弁は通常開、機能要求時閉である。火災影響を受け機能喪失した場合でも下流に隔離弁があり二重化されていること、また、CUW 系は閉じた系であることから、系統機能に影響をおよぼすものではない。
原子炉停止後の 除熱機能		逃がし安全弁 (A)	空気作動弁	否	逃がし安全弁は ADS 機能付電磁弁により、安全停止に必要な機能を確保する。なお、当該電磁弁は冷温停止時に機能要求がなく、逃がし安全弁自体は不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
		逃がし安全弁 (B)※	空気作動弁	要	
		逃がし安全弁 (C)※	空気作動弁	要	
		逃がし安全弁 (D)	空気作動弁	否	
		逃がし安全弁 (E)	空気作動弁	否	
		逃がし安全弁 (F)※	空気作動弁	要	
		逃がし安全弁 (G)	空気作動弁	否	
		逃がし安全弁 (H)※	空気作動弁	要	
		逃がし安全弁 (J)	空気作動弁	否	
		逃がし安全弁 (K)※	空気作動弁	要	
		逃がし安全弁 (L)※	空気作動弁	要	
		逃がし安全弁 (M)	空気作動弁	否	

※ ADS 機能付

機能	機器番号	機器名称	種類	対策	備考
原子炉停止後の 除熱機能		逃がし安全弁 (N)	空気作動弁	否	逃がし安全弁は ADS 機能付電磁弁により、安全停止に必要な機能を確保する。なお、当該電磁弁は冷温停止時に機能要求がなく、逃がし安全弁自体は不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
		逃がし安全弁 (P)	空気作動弁	否	
		逃がし安全弁 (R ※)	空気作動弁	要	
		逃がし安全弁 (S)	空気作動弁	否	
		逃がし安全弁 (U)	空気作動弁	否	
		逃がし安全弁 (V)	空気作動弁	否	
原子炉停止後の 除熱機能 / 炉心 冷却機能		RCIC 蒸気ライン内側 隔離弁	電動弁	要	冷温停止時は機能要求なし
		RHR 停止時冷却内側隔 離弁	電動弁	要	
プロセス監視		起動領域計装 (検出 器)	中性子束計 装設備	要	
		起動領域計装 (検出 器)	中性子束計 装設備	要	
		起動領域計装 (検出 器)	中性子束計 装設備	要	
		起動領域計装 (検出 器)	中性子束計 装設備	要	
		起動領域計装 (検出 器)	中性子束計 装設備	要	
		起動領域計装 (検出 器)	中性子束計 装設備	要	
		起動領域計装 (検出 器)	中性子束計 装設備	要	
		起動領域計装 (検出 器)	中性子束計 装設備	要	
		起動領域計装 (検出 器)	中性子束計 装設備	要	
		原子炉水位 (広帯域)	水位計装設 備	要	冷温停止時は機能要求なし
		原子炉水位 (広帯域)	水位計装設 備	要	冷温停止時は機能要求なし
		原子炉水位 (燃料域)	水位計装設 備	要	冷温停止時は機能要求なし
		原子炉水位 (燃料域)	水位計装設 備	要	冷温停止時は機能要求なし
		原子炉圧力	水位計装設 備	要	冷温停止時は機能要求なし

※ ADS 機能付

機能	機器番号	機器名称	種類	対策	備考
プロセス監視		原子炉圧力	水位計装 設備	要	冷温停止時は機能要求なし
		サブプレッション・ プール水温度	温度計装 設備	要	
		サブプレッション・ プール水温度	温度計装 設備	要	
		サブプレッション・ プール水温度	温度計装 設備	要	
		サブプレッション・ プール水温度	温度計装 設備	要	

東海第二発電所における格納容器内の
消火活動の概要について

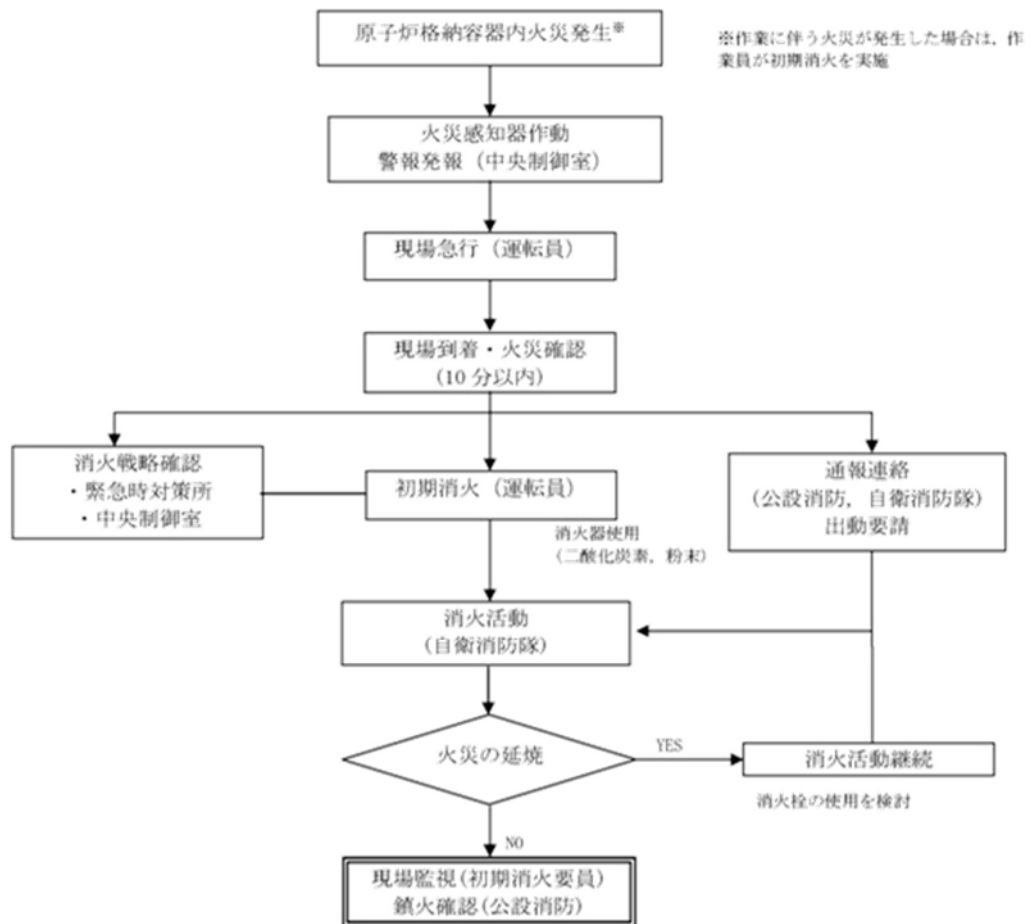
1. はじめに

格納容器内において、火災が発生した場合における消火活動の概要を示す。

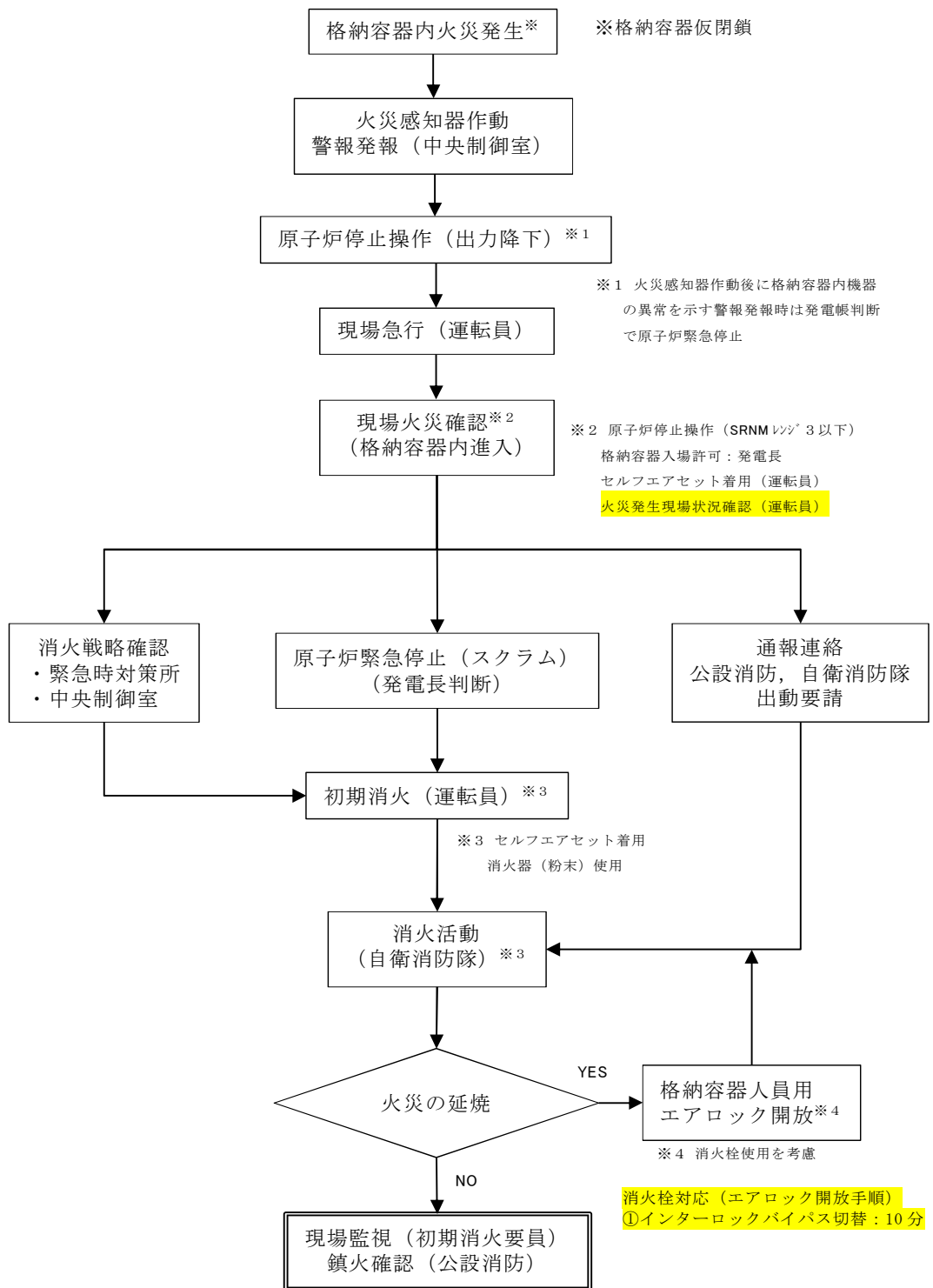
2. 格納容器内の消火活動について

(1) 格納容器内における火災発生時の対応フロー

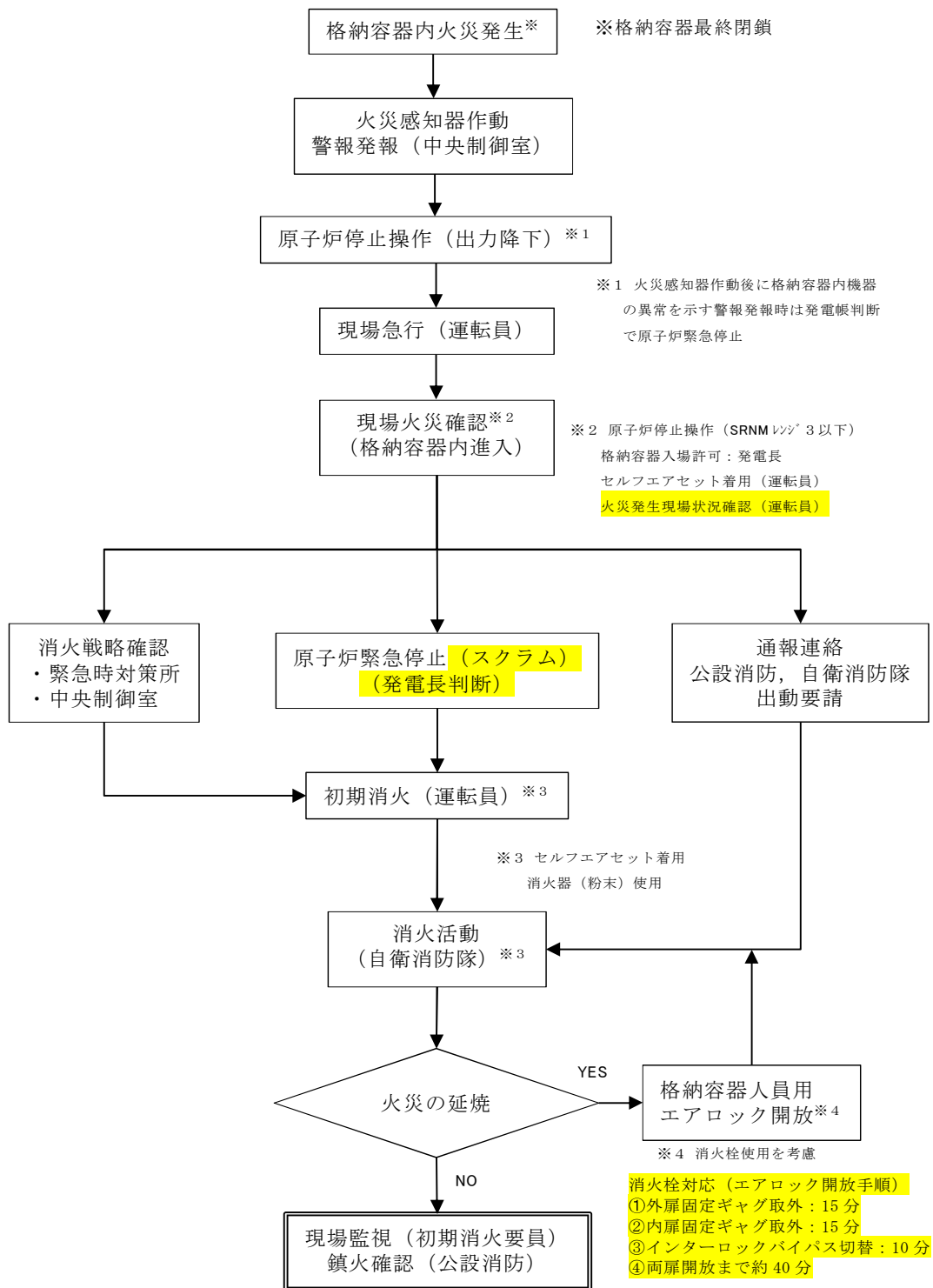
格納容器内において、冷温停止中及び起動中に火災が発生した場合の対応フローを第1図から第3図に示す。



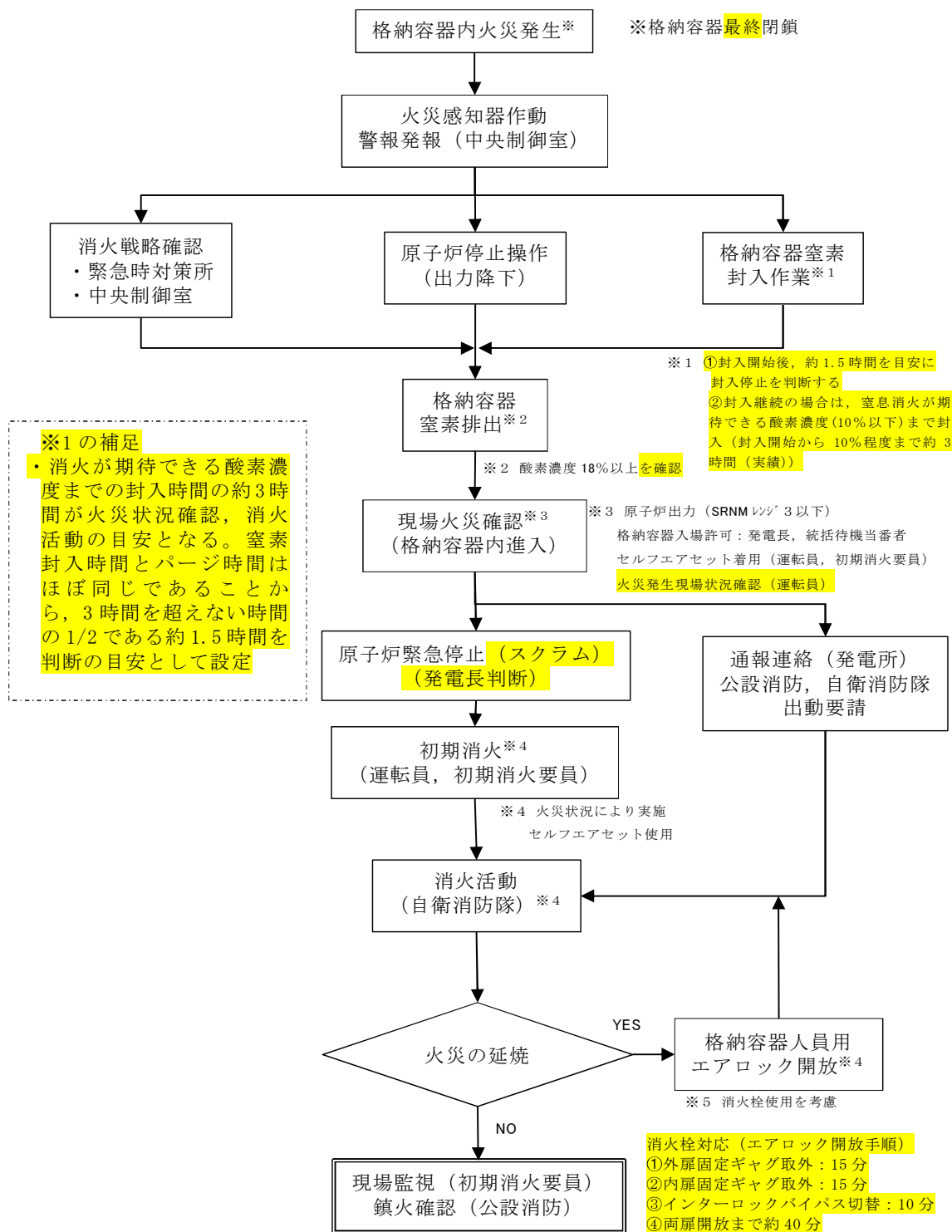
第1図 格納容器内での火災発生に対する対応フロー(冷温停止中)



第2図 格納容器内での火災発生に対する対応フロー
(起動中: 制御棒引抜き～格納容器内点検完了後まで)



第 3-1 図 格納容器内での火災発生に対する対応フロー
(起動中: 格納容器内点検完了後～窒素封入作業開始まで)



第3-2 図 格納容器内での火災発生に対する対応フロー
(起動中: 窒素封入作業開始～窒素置換完了まで)

3. 資機材

(1) 消火器

冷温停止中の格納容器内の火災に対して設置する消火器については、消防法施行規則第六、七条に基づき算出される必要量の消火剤を配備する設計とする。

配備箇所については、格納容器内の各フロアに対して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 以内の距離に配備する。

起動中については、格納容器内点検までの間は、所員用エアロック内に消火器を配備する。

一方、格納容器内部点検以降は、所員用エアロックを閉鎖することから安易に扉開放ができないため、原子炉運転中も含め所員用エアロック(外扉)近傍(格納容器外)に消火器を配備する。

(2) 消火ホース

格納容器内の火災に対しては、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(油内包機器)まで届く消火ホースを配備する。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し、消火活動を可能とする。

4. 所要時間

格納容器内における消火活動の成立性について、中央制御室から最も遠い距離にある格納容器内の油を内包する火災源で火災発生を想定した消火活動の確認を行う。冷温停止時中の消火活動において確認する概要を第 1 表に、現場の

ホース布設状況を第4図に示す。

第1表 消火活動確認概要（格納容器内空気雰囲気の場合）

（中央制御室から最も遠い距離にある格納容器内の油内包機器で火災を想定する）

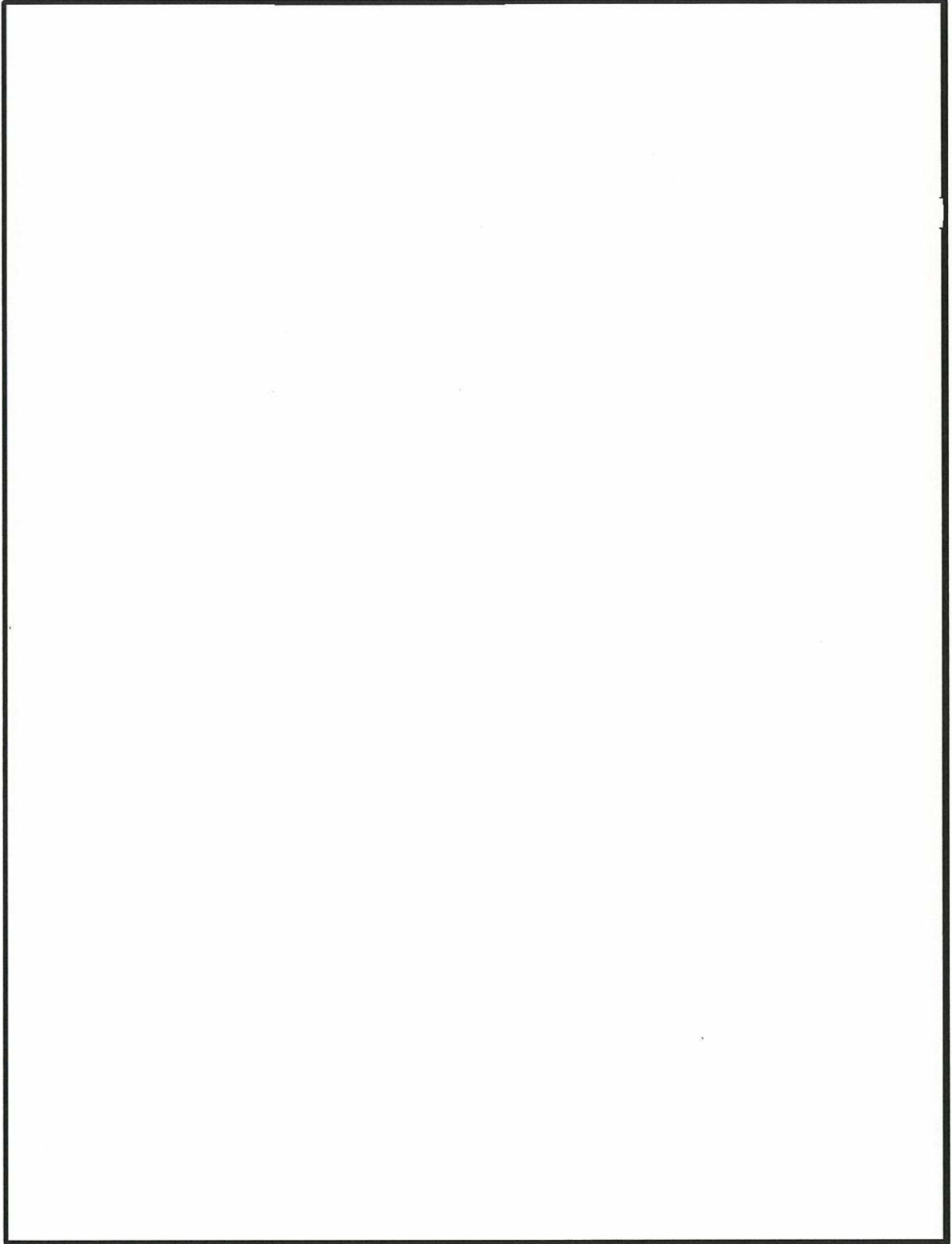
No.	消火活動(模擬)	確認事項
1	格納容器内の火災感知器作動	起点
2	中央制御室の受信機にて格納容器内の火災発生場所を確認	—
3	中央制御室の運転員（初期消火要員）が現場に急行	15分以内に現場到着（現場確認）が可能
4	火災発生確認（中央制御室へ連絡）及び初期消火活動（消火器）を実施	現場確認後、直ちに消火器による消火活動が開始
5	後続(応援)の消火要員(自衛消防隊)が現場到着	所要時間：出動要請から現場到着約15分
6	消火栓から格納容器入口（機器ハッチ等）までホース布設を実施	所要時間：約2分
7	機器ハッチから消火対象までホース布設～放水開始	所要時間：約2分
8	自衛消防隊による消火活動（消火栓）開始	所要時間：現場到着後約5分

この消火活動の確認においては、初期消火要員(運転員)は格納容器機器ハッチ（入口）まで、消火器を確保しても15分以内に到着可能であることを確認した。さらに、自衛消防隊が格納容器機器ハッチ（入口）到着後、消火栓から

の消火ホース布設開始から 5 分程度で消火栓による消火が可能であることを確認した。したがって、格納容器の機器ハッチが開放された状態において、格納容器内の油内包機器で火災が発生しても、15 分に以内に消火器による消火活動が開始可能であり、さらに自衛消防隊は出動要請から 25 分以内で消火栓による消火活動が開始可能である。

一方、原子炉起動中の格納容器内で火災が発生した場合には、上記確認の所要時間に加え、セルフエアセット着用(5 分)、所員用エアロックの開放(約 40 分)が追加となるが、所員用エアロックを開放している間にセルフエアセットを着用することが可能であることから、約 1 時間以内に消火活動が開始可能である。また、格納容器下部の火災に対する確認について、第 3 図に示す。初期消火要員が消火器を確保して、格納容器内の所員用エアロックまで 15 分以内に到着し、セルフエアセットを着用しても約 20 分以内に消火活動が可能であることを確認したことから、格納容器内下部に布設された露出ケーブルで火災が発生した場合でも、火災発生から 20 分以内に消火器による消火活動が可能である。さらに、格納容器所員用エアロックを開放することにより、消火栓により消火活動が可能である。

格納容器内での火災に対し、迅速な消火活動を行うため、以上に示した火災発生時の対応フロー、資機材の配備、所要時間を基に、今後も格納容器内の火災を想定した消火活動訓練を行う。



第4図 格納容器内の消火活動の確認状況

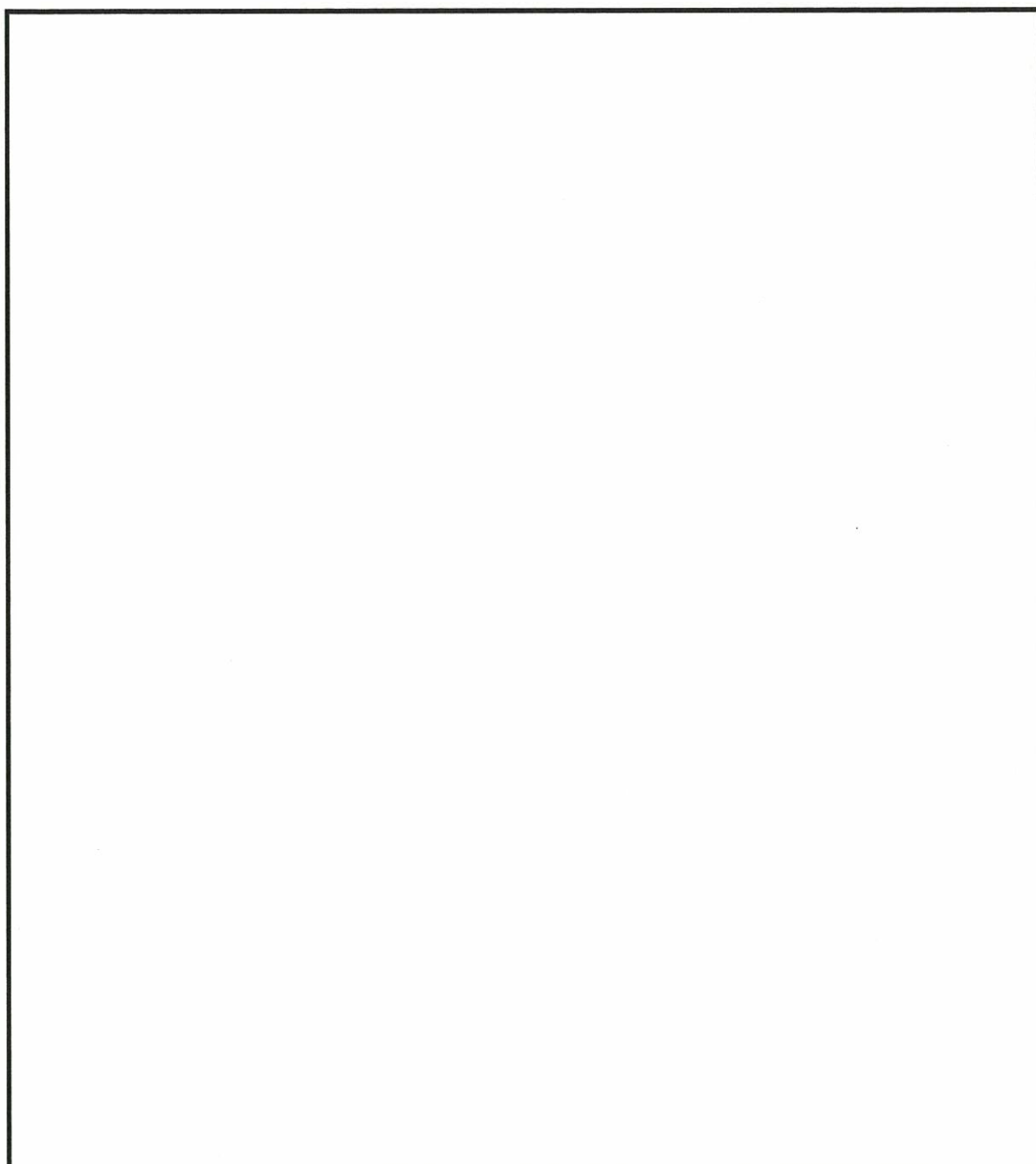
5. 格納容器内の消火器設置位置及び消火ホースの布設

冷温停止時及び起動中における格納容器内の火災対応として設置する消火器の設置位置については、消防法施行規則に従い防火対象物である火災防護対象機器及び火災源から 20m 以内に設置する。

格納容器内の火災防護対象機器及び火災源に対し、前項の現場確認結果を基に格納容器外の消火栓から消火ホースが確実に届くことを確認した。

消火器の配置及び消火栓の布設確認結果を第 5 図に示す。

格納容器内消火活動時のホース敷設図（R/B 西消火栓~機器ハッチルート）



第5図 消火器の配置及び消火栓の敷設確認結果（1/2）

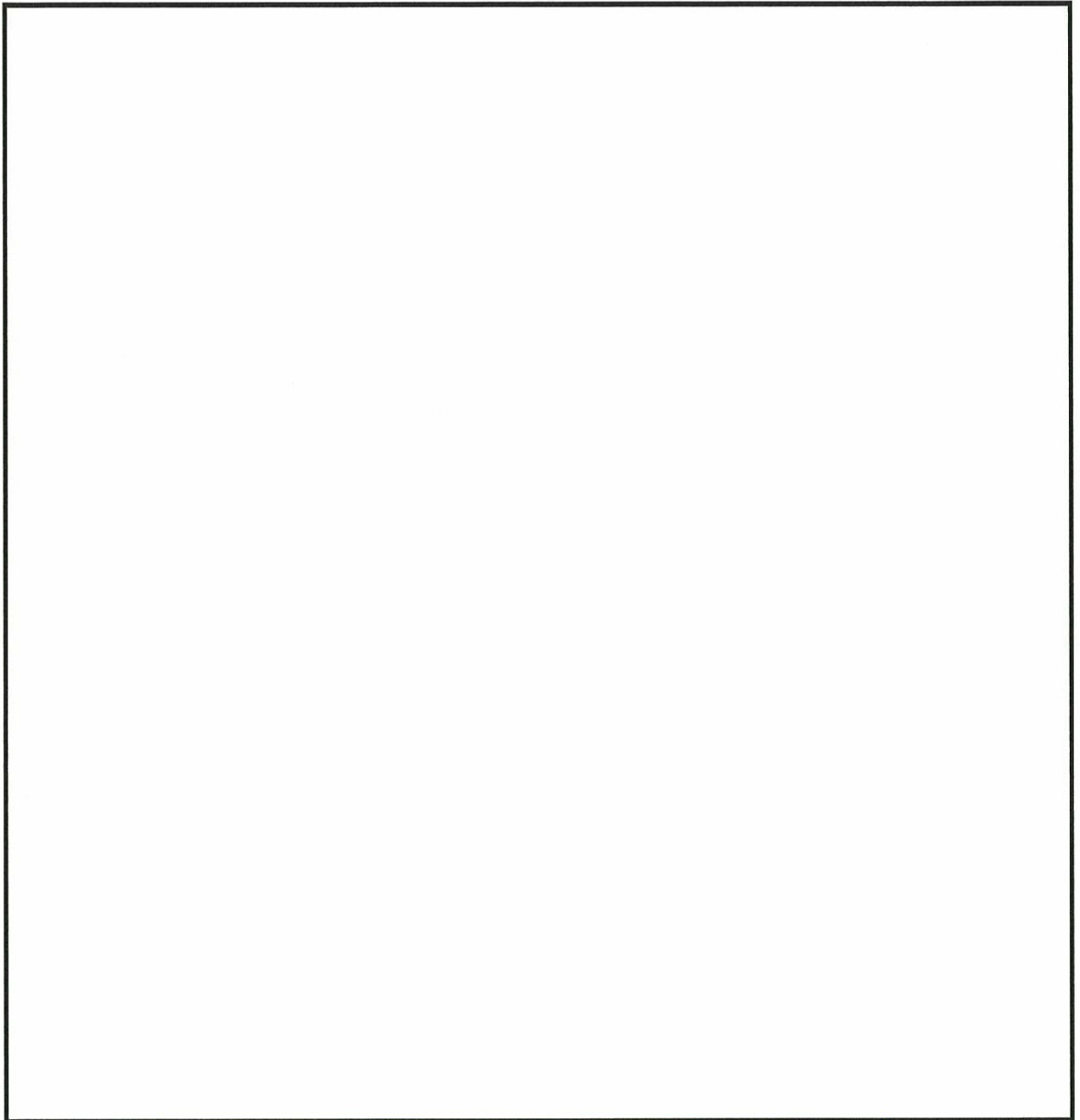
 : R/B 2階（PCV内 EL.14M）ホース敷設

 : PCV内 EL.17M ホース敷設

ホース敷設距離

- ①消火栓（NO.9）～FCV(A)消火位置まで「4 1 m」
- ②消火栓（NO.9）～PLR(A)モーター消火位置まで「3 2 m」
- ③消火栓（NO.9）～PLR(B)モーター消火位置まで「3 2 m」
- ④消火栓（NO.9）～MS I V消火位置まで「4 7 m」

格納容器内消火活動時のホース敷設図（R/B 東消火栓~所員用エアロックルート）



第 5 図 消火器の配置及び消火栓の敷設確認結果（2/2）

 : R/B 2 階（PCV 内 EL.14M）ホース敷設

 : PCV 内 EL.17M ホース敷設

ホース敷設距離

- ② 消火栓 (NO.10) ~MS I V消火位置まで「47 m」
- ②消火栓 (NO.10) ~FCV(A), PLR(A)ホース消火位置まで「71 m」
- ③消火栓 (NO.10) ~PLR(B)ホース, FCV(B)消火位置まで「71 m」

東海第二発電所における格納容器内火災時の
想定事象と対応について

1. はじめに

原子炉起動中の窒素置換(格納容器内酸素濃度<4%)が完了していない時期において、格納容器内で発生する火災により、保守的に原子炉の安全機能が全喪失した場合において、原子炉の高温停止及び冷温停止を達成し、維持することが可能か否か確認する。

2. 格納容器内火災による影響の想定

起動中の格納容器内の火災による影響を以下のとおり想定する。

(1)火災発生は、原子炉起動中において窒素置換されていない期間である

「制御棒引抜き」から「格納容器内点検完了」(以下「起動～格納容器内点検完了」という。)及び「点検完了後」から「窒素置換完了」(以下「格納容器内点検終了～窒素置換完了」という。)までの期間に発生すると想定する。

(2)火災源は、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用電動機、主蒸気内側隔離弁のうち、火災により主蒸気系統の閉止が想定される主蒸気内側隔離弁として、4台のうち、いずれかの弁の単一火災を想定する。

(3)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用電動機については、原子炉起動中も含め使用していない時は電源を遮断する。

(4)格納容器内に設置している逃がし安全弁などの主要な材料は金属製であること、及び格納容器内に布設しているケーブルは、実証試験により自

己消火性，延焼性を確認した難燃ケーブルを使用していることから，火災の進展は時間の経過とともに，徐々に格納容器内全域におよぶものとする。

(5) 空気作動弁は，電磁弁に接続される制御ケーブルが火災により断線，フェイル動作するものとする。

(6) 電動弁は，火災の影響により接続するケーブルが断線し，作動させることができないが，火災発生時の開度を維持するものとする。

(7) 格納容器内の監視計器は，「同一パラメータを監視する複数の計器が配置上分離されて配置されていること」，及び「火災が時間経過とともに進展すること」を考慮し，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，火災の進展に伴い監視計器が全て機能喪失するものとする。

3. 原子炉の高温停止及び冷温停止の達成，維持について

3.1 起動～格納容器内点検完了

(1) 高温停止の達成

原子炉起動中において窒素置換されていない期間である「起動～格納容器内点検完了」までの期間については，主蒸気内側隔離弁は“開”状態（第1図）となっているが，主蒸気内側隔離弁の閉止が想定されることから，原子炉停止系（制御棒及び制御棒駆動系（スクラム機能））による緊急停止操作が要求される。このうち，制御棒駆動機構は金属等の不燃性材料で構成する機械品であるため，火災による機能喪失は考えにくく，火災によって

原子炉の緊急停止機能に影響がおよぶおそれはない。

スクラム機能が要求される制御棒駆動水圧系水圧制御ユニットについては、当該ユニットのアクュームレータ、窒素容器、スクラム弁・スクラムパイロット弁は、格納容器内とは別の火災区域に設置されているため火災の影響はない。当該ユニットの格納容器内の配管は金属等の不燃性材料で構成する機械品であるため、火災による機能喪失は考えにくい。(第2図)

以上より、主蒸気内側隔離弁の火災を想定しても原子炉の高温停止を達成することは可能である。

(2) 冷温停止の達成，維持

冷温停止の達成，維持については、原子炉停止後の除熱機能に該当する系統として、残留熱除去系(原子炉停止時冷却モード)(第3図)、高圧炉心スプレイ系(第4図)、原子炉隔離時冷却系(第5図)、逃がし安全弁(手動逃がし機能)、自動減圧系(手動逃がし機能)(第6図)が必要となる。これらの系統のうち、ポンプについては、電源ケーブルを含め格納容器内とは別の火災区域に設置されているため、主蒸気内側隔離弁の火災の影響はないが、格納容器内に設置されている電動弁、電磁弁については、電源ケーブル、制御ケーブルが火災により機能喪失すると、電動弁、電磁弁等も機能喪失することとなる。

起動～格納容器内点検完了までの間は、格納容器内には窒素が封入されていないことから、火災発生を確認した時点で原子炉の停止操作(出力降下)を行うとともに、初期消火要員が現場に急行(15分以内)し、格納容器内への進入可否(未臨界状態)を確認した後に、所員用エアロックを開放(15分以内)し、格納容器内に入り消火活動を行うことが可能である。

したがって、格納容器内の電動弁及び電磁弁について、主蒸気内側隔離

弁の火災影響により全て機能喪失したとしても、消火活動後には格納容器内に設置された残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁(E12-M0-F009：通常閉)にアクセスし、運転員による手動開操作を行うことが可能であることから、残留熱除去系(原子炉停止時冷却モード)による原子炉の冷温停止の達成、維持は可能である。

3.2 格納容器内点検終了～窒素置換完了

原子炉起動中から窒素置換を行っている期間(格納容器内の酸素濃度<4%まで)である「格納容器内点検終了～窒素置換完了」についても、主蒸気内側隔離弁は“開”状態となっており、主蒸気内側隔離弁の火災により閉止することが想定されることから、原子炉停止系(制御棒及び制御棒駆動系(スクラム機能))による緊急停止操作が要求されるが、原子炉の冷温停止の達成、維持は、3.1(2)に示すとおり、手動開操作を行うことで可能である。

原子炉の起動工程において、窒素置換による窒息消火が期待できる酸素濃度(10%以下)は、約3時間を要すること、格納容器内への進入に約1時間程度を要することから、窒素置換開始後約1.5時間を目安に封入継続の判断をする。

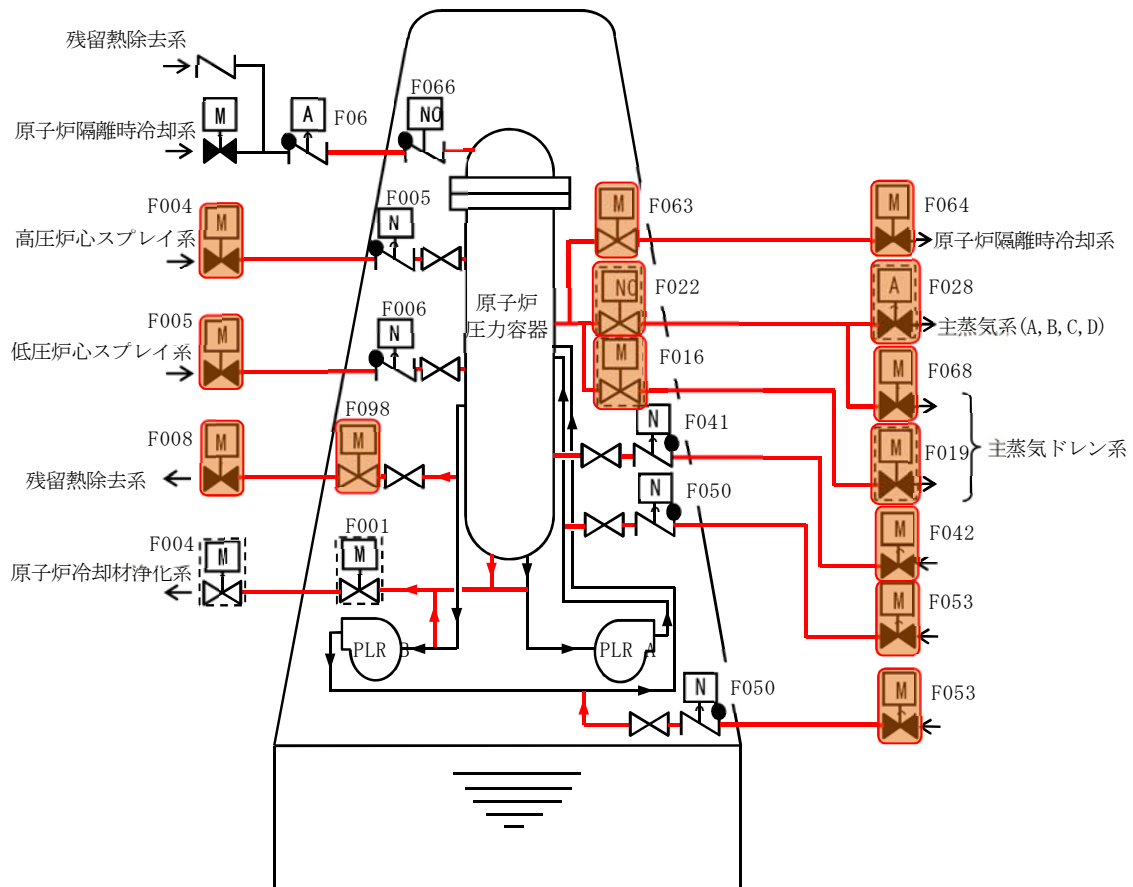
格納容器内の消火活動については、窒素封入作業の停止あるいは、格納容器内酸素濃度10%になる時点まで窒素封入作業を継続した場合には、その後の窒素排出作業を行うことで、格納容器の開放及び内部での消火活動を行うこととなる。

4. まとめ

保守的に、起動中の格納容器内の火災発生により、原子炉の安全機能が全喪失したと想定しても、運転操作、現場操作により原子炉の高温停止及び冷温停

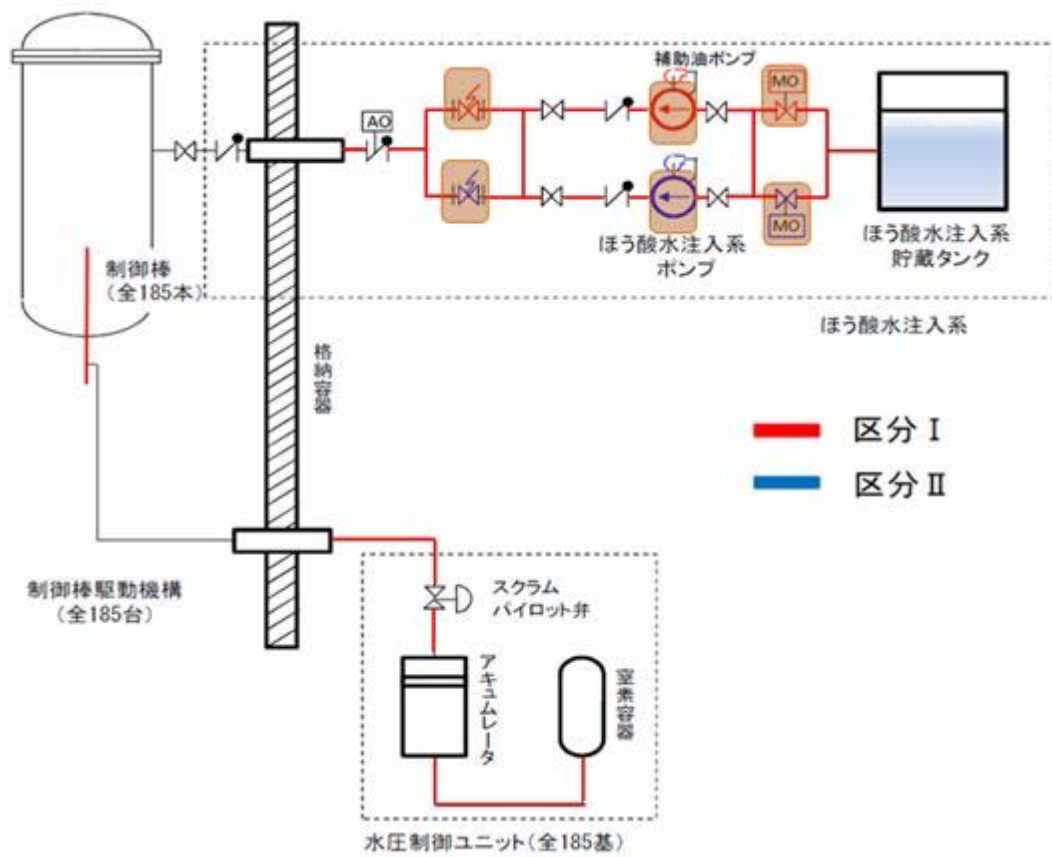
止を達成し維持することが可能である。

- HO 油圧作動弁
- MO 電動弁
- AO 空気作動弁
- NO 窒素作動弁



- 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
- M 他系統との境界の弁 (AO 弁、MO 弁)

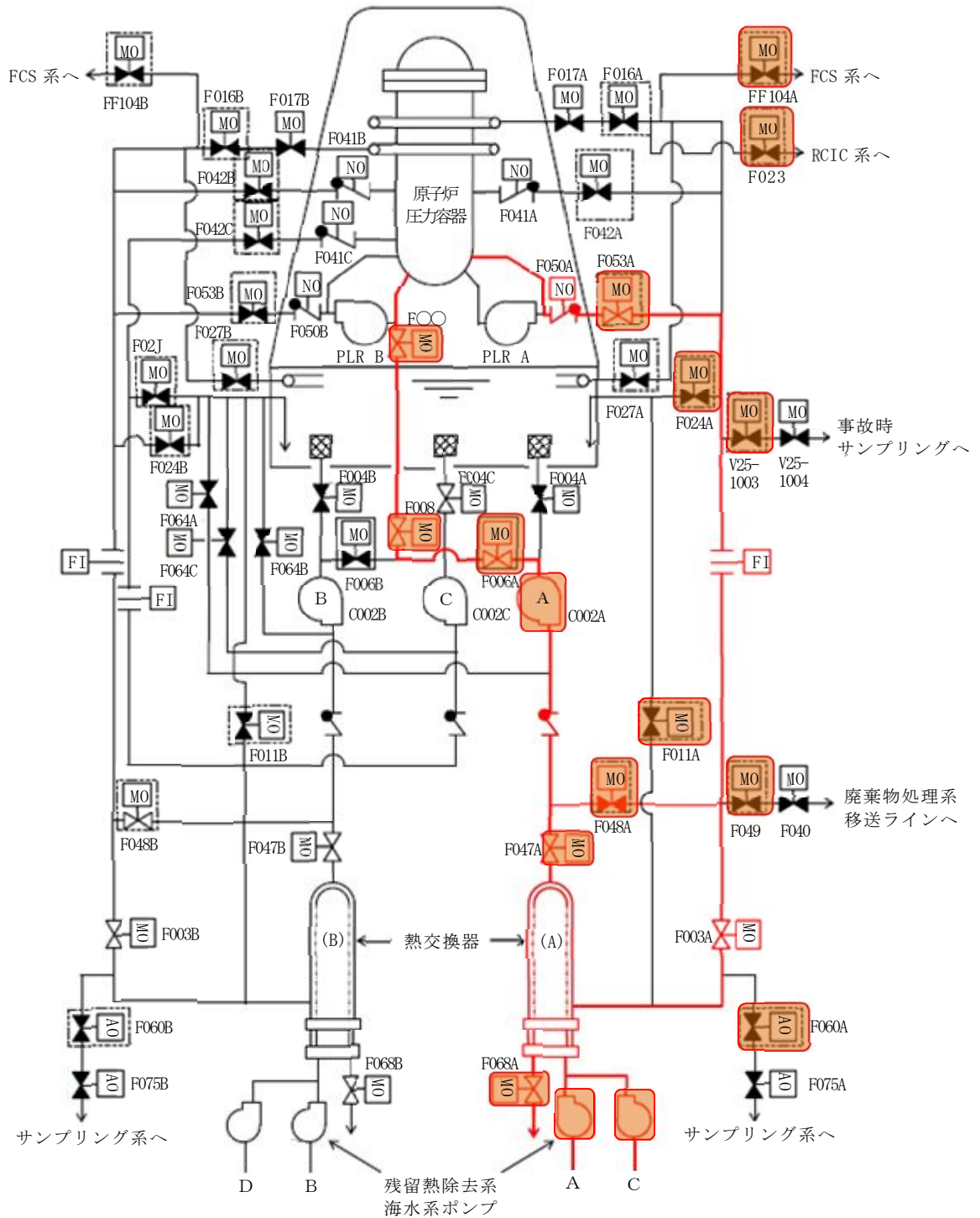
第 1 図 原子炉冷却材圧力バウンダリ



- 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
- 他システムとの境界の弁(A0弁、M0弁)

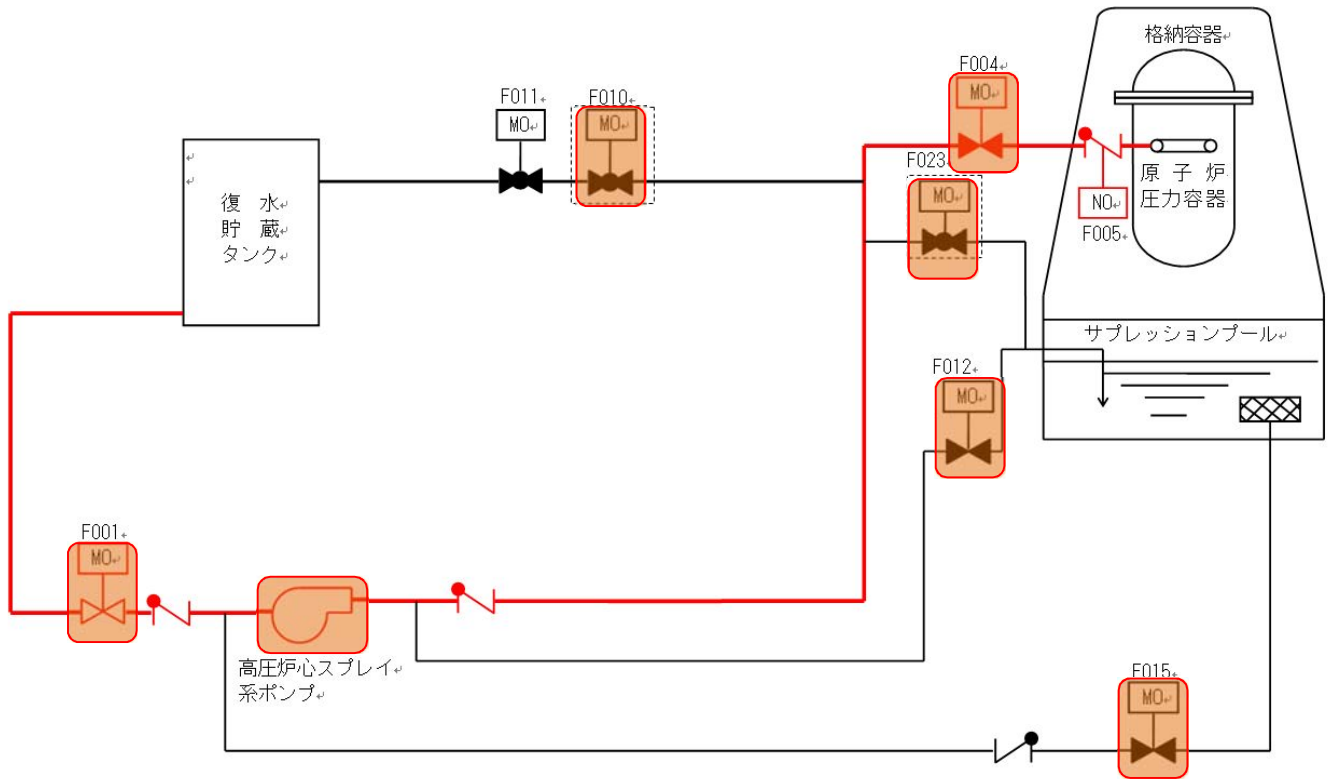
第2図 ほう酸水注入系及び制御棒による系の概要

- HO 油圧作動弁
- MO 電動弁
- AO 空気作動弁
- NO 窒素作動弁



第3図 残熱除去系

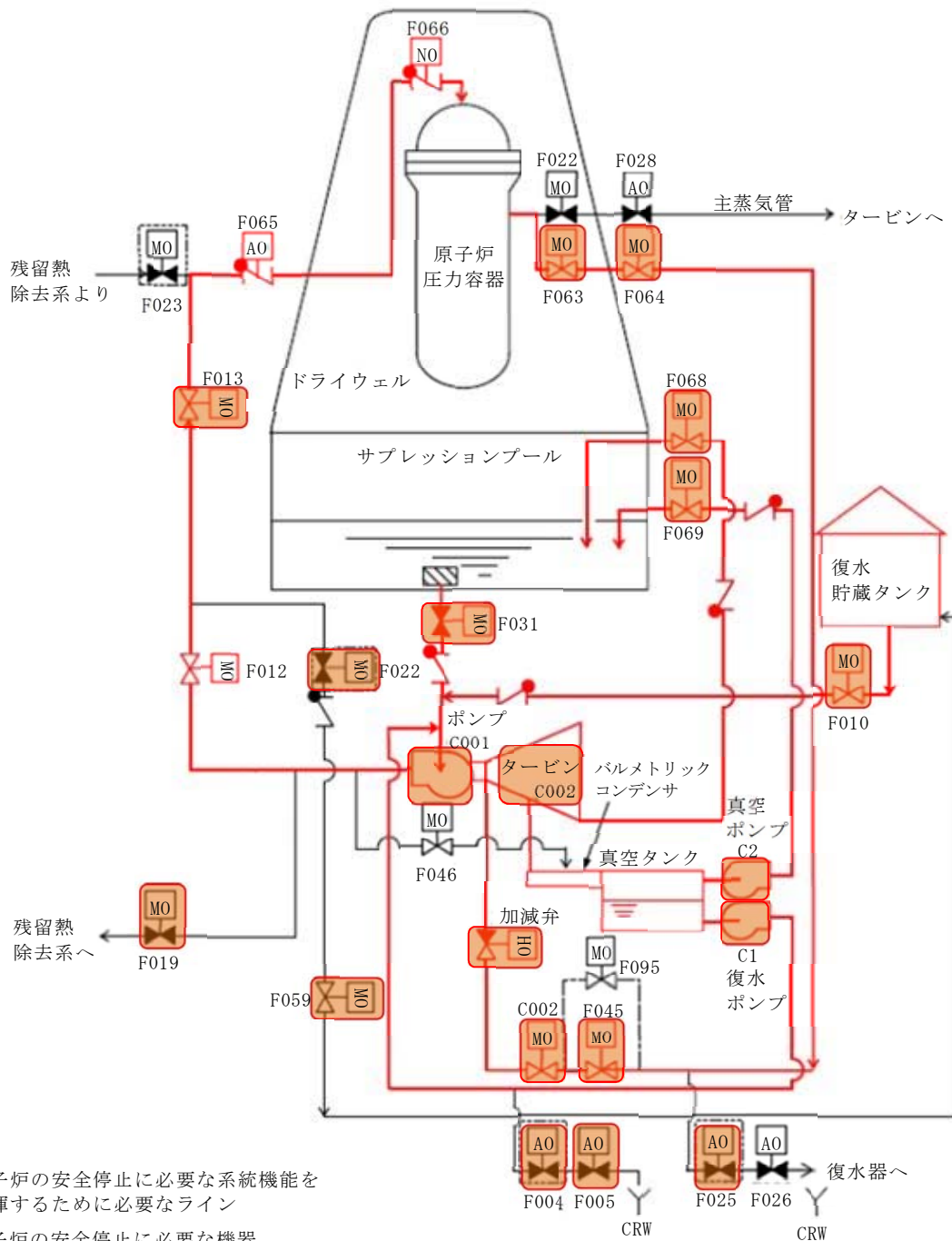
- HO 油圧作動弁
- MO 電動弁
- AO 空気作動弁
- NO 窒素作動弁



- 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
- 他系統との境界の弁 (AO 弁、MO 弁)

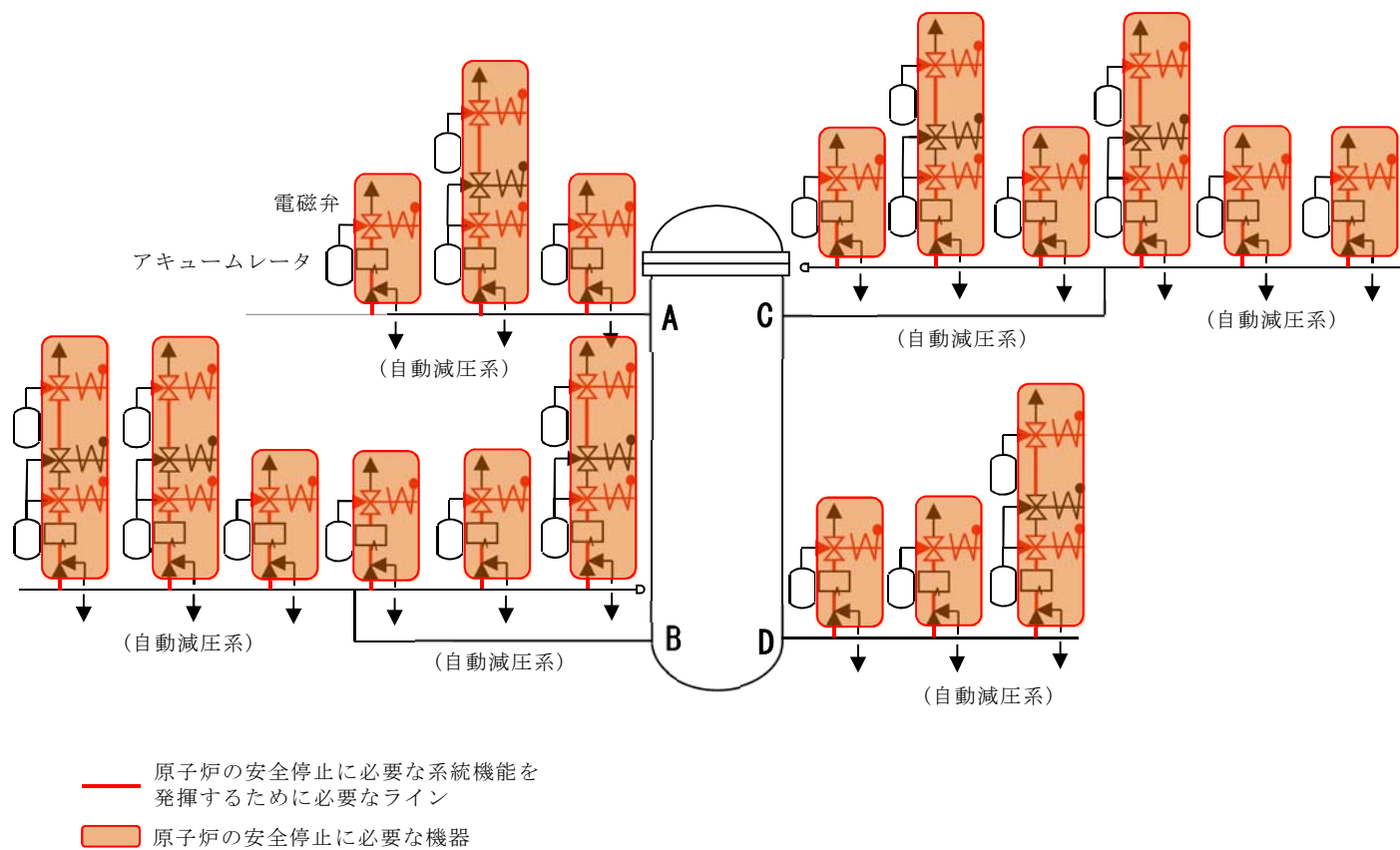
第4図 高圧炉心スプレイ系

HO	油圧作動弁
MO	電動弁
AO	空気作動弁
NO	窒素作動弁



- 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
- [---] 他系統との境界の弁 (AO 弁、MO 弁)

第 5 図 原子炉隔離時冷却系



第6図 逃がし安全弁(手動逃がし機能), 自動減圧系(手動逃がし機能)