

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-014 改 01
提出年月日	2022 年 4 月 4 日

工事計画に係る補足説明資料

(その他発電用原子炉の附属施設のうち火災防護設備)

2022 年 4 月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料  
 添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

資料 No.	補足説明資料 (内容)	備考
1	1-1 原子炉の安全停止に必要な機能を達成するための系統	今回提出範囲
	1-2 火災区域の配置を明示した図面	
	1-3 内部火災に関する工事計画変更認可後の変更申請対象項目の抽出について	
	2-1 潤滑油及び燃料油の引火点, 室内温度及び機器運転時の温度について	
	2-2 保温材の使用状況について	
	2-3 建物内装材の使用状況について	
	2-4 難燃ケーブルの使用について	
	2-5 水素ガスの蓄積防止について	
	3-1 全域ガス消火設備について	
	3-2 ケーブル・トレイ消火設備について	
	3-3 消火用の照明器具の配置図	
	3-4 消火栓及びガス系消火設備の必要容量について	
	3-5 煙の発生が抑制される火災区域又は火災区画についての可燃物管理	
	3-6 新燃料貯蔵庫未臨界性評価について	
	3-7 火災感知器の種類及び配置を明示した図面	
	3-8 設計基準事故対処設備及び重大事故等対処施設の消火設備の位置的分散に応じた独立性を備えた設計について	
	3-9 火災感知設備の電源確保について	
	3-10 火災感知器の種類の詳細について	
	4-1 火災の影響軽減のための系統分離対策について	
	4-2 中央制御室及び補助盤室制御盤の火災の影響軽減対策について	

資料 No.	補足説明資料（内容）	備考
1	4-3 火災を起因とした「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」発生時の単一故障を考慮した原子炉停止について	今回提出範囲
	4-4 中央制御室制御盤の火災を想定した場合の対応について	
	4-5 火災区域（区画）特性表について	
	4-6 原子炉格納容器内火災を想定した場合の対応について	
	4-7 影響軽減対策における火災耐久試験結果の詳細について	
	5-1 火災防護に関する説明書に記載する火災防護計画書に定め管理する事項について	

別紙 工認添付書類と設置許可まとめ資料との関係

工認添付書類と設置許可まとめ資料との関係  
(工事計画に係る説明資料 (発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書))

工認添付資料	設置許可まとめ資料			引用内容
発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書	DB	第 8 条	火災による損傷の防止	資料の一部を引用
	SA	第 41 条	火災による損傷の防止	資料の一部を引用

発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書  
に係る補足説明資料

補足説明資料 1-3  
内部火災に関する工事計画変更認可後の  
変更申請対象項目の抽出について

## 1. 目的

本資料は、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基づく、火災防護に関する設計のための評価及び試験に関して、工事計画変更認可後の変更手続きの可否を示すために、補足説明資料として添付するものである。

## 2. 内容

工事計画変更認可後の変更手続きの可否に着目して整理した工認記載ポイントを次項以降に示す。

表1 内部火災に関する工事計画変更認可後の変更申請対象項目の抽出について

内部火災に関する評価及び試験	評価の考え方	工認変更 (下記の条件となった場合に工認の変更手続きが必要)	工認記載のポイント		評価頻度
			本文(基本設計方針)	説明書	
建屋内装材の不燃性材料確認試験	不燃性材料と同等の性能であることを試験により確認する。	不燃性材料の要件(建築基準法、消防法に基づく材料、同等の性能を試験により確認した材料)を変更する場合	不燃性材料の要件を定める。要件を満足する材料を使用する場合の設備変更にあたって、方針に従い試験を満足する材料を使用する場合に工認の変更不要。	建築基準法で不燃性材料と認められたものを使用する設計とする。	設備改造時に必要に応じて試験を実施する。
難燃ケーブルの試験	難燃ケーブルの性能を試験により確認する。	難燃ケーブルの性能を確認するための試験方法(適用規格)を変更する場合	難燃ケーブルの性能を確認するための試験を定める。試験を満足する材料を使用する場合に工認の変更不要。	ケーブルは自己消火性を確認するUL垂直燃焼試験並びに耐延焼性を確認するIEE垂直トレイ燃焼試験によって、自己消火性及び耐延焼性を確認した難燃ケーブルを使用する設計とする。	設備改造時に必要に応じて試験を実施する。
耐火能力を確認する火災耐久試験(3時間)	耐火壁(耐火障壁、貫通部シール、防火扉、防火ダンパを含む。)が3時間以上の耐火能力を有することを確認する。	耐火能力の確認方法を変更する場合(火災耐久試験以外の試験で確認する隔壁等とする場合)	火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を確認することとを定める。火災耐久試験により確認する隔壁の修繕、防火扉の取替等は工認の変更不要。	火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁(耐火障壁、貫通部シール、防火扉、防火ダンパを含む。)により隣接する他の区域と分離する。互いに相違する系列の火災防護対象機器等について、火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を確認した隔壁等で分離する設計とする。	設備改造時に必要に応じて試験を実施する。
耐火能力を確認する火災耐久試験(1時間)	耐火壁が1時間以上の耐火能力を有することを確認する。	耐火能力の確認方法を変更する場合(火災耐久試験以外の試験で確認する隔壁等とする場合)	火災耐久試験により1時間以上の耐火能力を確認することとを定める。火災耐久試験により確認する隔壁の修繕、取替等は工認の変更不要。	互いに相違する系列の火災防護対象機器等は、火災耐久試験により1時間以上の耐火能力を確認した隔壁等で分離する設計とする。	設備改造時に必要に応じて試験を実施する。
火災の影響評価	算出した火災荷重により、火災伝播評価を実施、系統分離設計の妥当性を確認する。	火災の影響評価結果が変更となる場合	原子炉の安全停止に必要な機能が確保されることを確認する評価であり、火災荷重変動や設備変更等は工認の変更不要。	当該火災区域又は火災区画の火災が隣接する火災区域又は火災区画に影響を与えるか否かを火災影響評価によって確認する。	設備改造時に必要に応じて評価を実施する。 火災荷重が上限を越えないように管理する。(火災防護計画に規定)



補足説明資料 2-1  
潤滑油及び燃料油の引火点,  
室内温度及び機器運転時の温度について

## 1. 目的

本資料はVI-1-1-8 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書 4.1(1)a.(c)項に示す火災区域又は火災区画内に設置する油内包設備に使用している潤滑油及び燃料油は、その引火点が油内包機器を設置する室内温度や、機器運転時の温度よりも高く、可燃性蒸気とならないことを説明するため、補足説明資料として添付するものである。

## 2. 内容

潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度について、次頁以降に示す。

### 3. 油内包設備に使用している潤滑油及び燃料油について

火災区域又は火災区画内に設置する油内包設備に使用している潤滑油及び燃料油は、その引火点が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、可燃性蒸気とならないことを以下のとおり確認した。

### 4. 潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度

火災区域又は火災区画内に設置する油内包機器に使用している潤滑油の引火点は約 200～260℃であり、それぞれの室内温度（空調設計上の上限値である室内設計温度：約 10～40℃）及び機器運転時の潤滑油温度（運転時の最高使用温度：約 75～85℃）に対し高いことを確認した。

表 1 に、主要な潤滑油内包機器に使用している潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度を示す。

表 1 主要な潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度

潤滑油品種	潤滑油内包機器	引火点 [℃]	室内温度 [℃]	機器運転時 潤滑油最高温度 [℃]
タービン 56	残留熱除去ポンプ	248	40	85
タービン 68		252	40	85
タービン 32	原子炉補機冷却水ポンプ	240	40	75
タービン 56	原子炉再循環ポンプ	248	65	85
ディーゼル機関用油	ディーゼル発電設備	260	40	85
冷凍機油	中央制御室冷凍機	200	40	85

### 5. 燃料油の引火点及び室内温度

火災区域又は火災区画内にて使用する燃料油は、ディーゼル発電機に使用する軽油である。軽油の引火点は約 45℃であり、プラント通常運転時のディーゼル発電機室の室内設計温度である 40℃に対し高いことを確認した。また、ディーゼル発電機起動時は、ディーゼル発電機室専用の換気空調設備が起動し、ディーゼル発電機室内の換気を行うよう設計されている。なお、換気空調設備については、非常用電源から給電する設計とするとともに、**火災防護上重要な機器等**として耐震 S クラスの設計とする。

補足説明資料 2-3  
建物内装材の使用状況について

## 1. 目的

本資料は、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設が設置される火災区域又は火災区画の建物内装材が不燃性材料であることを、VI-1-1-8 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書 4.2(1)c. 項, 4.2(2)b. 項並びに本資料の別紙 1 に示すフローに基づき確認した結果を示すために、補足説明資料として添付するものである。

## 2. 内容

火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設が設置される火災区域又は火災区画の建物内装材が不燃性材料であることを確認した結果を、次頁以降に示す。

また、消防法を考慮した建物内装材の確認範囲を別紙 2 に、コーンカロリメータ試験の概要を別紙 3 に示す。

表1 火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設の建物内装材の不燃性判定結果

種類	材料	使用箇所			判定ルート	判定*	備考
		天井	壁	床			
塗料	エポキシ樹脂系塗料	○	○	○	II	代替材料	
					III	不燃性材料表面のコーティング剤	難燃性材料
	アクリル樹脂系塗料	○	○		I	不燃性材料	不燃認定
					II	代替材料	
フタル酸樹脂系塗料	○			II	代替材料		
内装材	岩綿吸音板	○			I	不燃性材料	不燃認定
	タイルカーペット			○	I	不燃性材料	防火認定
	スチールパーテーション		○		I	不燃性材料	仕様規定
	陶磁器タイル		○	○	I	不燃性材料	仕様規定
	ビニル系シート			○	I	不燃性材料	防火認定
II					代替材料		

注記\*：建築基準法における不燃材料，準不燃材料，及び消防法における防火物品として防火性能を確認できた材料を「火災防護に係る審査基準」に適合する「不燃性材料」とする。

また，国内規定に定められる防火要求において，試験により確認できた材料を「代替材料」とする。

<平成12年建設省告示第1400号（不燃材料を定める件）>

- ・建築基準法（昭和25年法律第201号）第2条第9号の規定に基づき、不燃材料を次のように定める。
- ・建築基準法施行令（昭和25年政令第338号）第108条の2各号（建築物の外部の仕上げに用いるものにあつては、同条第1号及び第2号）に掲げる要件を満たしている建築材料は、次に定めるものとする。
  - 一 コンクリート
  - 二 れんが
  - 三 瓦
  - 四 陶磁器質タイル
  - 五 繊維強化セメント板
  - 六 厚さが3mm以上のガラス繊維混入セメント板
  - 七 厚さが5mm以上の繊維混入ケイ酸カルシウム板
  - 八 鉄鋼
  - 九 アルミニウム
  - 十 金属板
  - 十一 ガラス
  - 十二 モルタル
  - 十三 しっくい
  - 十四 石
  - 十五 厚さが12mm以上のせっこうボード  
(ボード用原紙の厚さが0.6mm以下のものに限る。)
  - 十六 ロックウール
  - 十七 グラスウール板

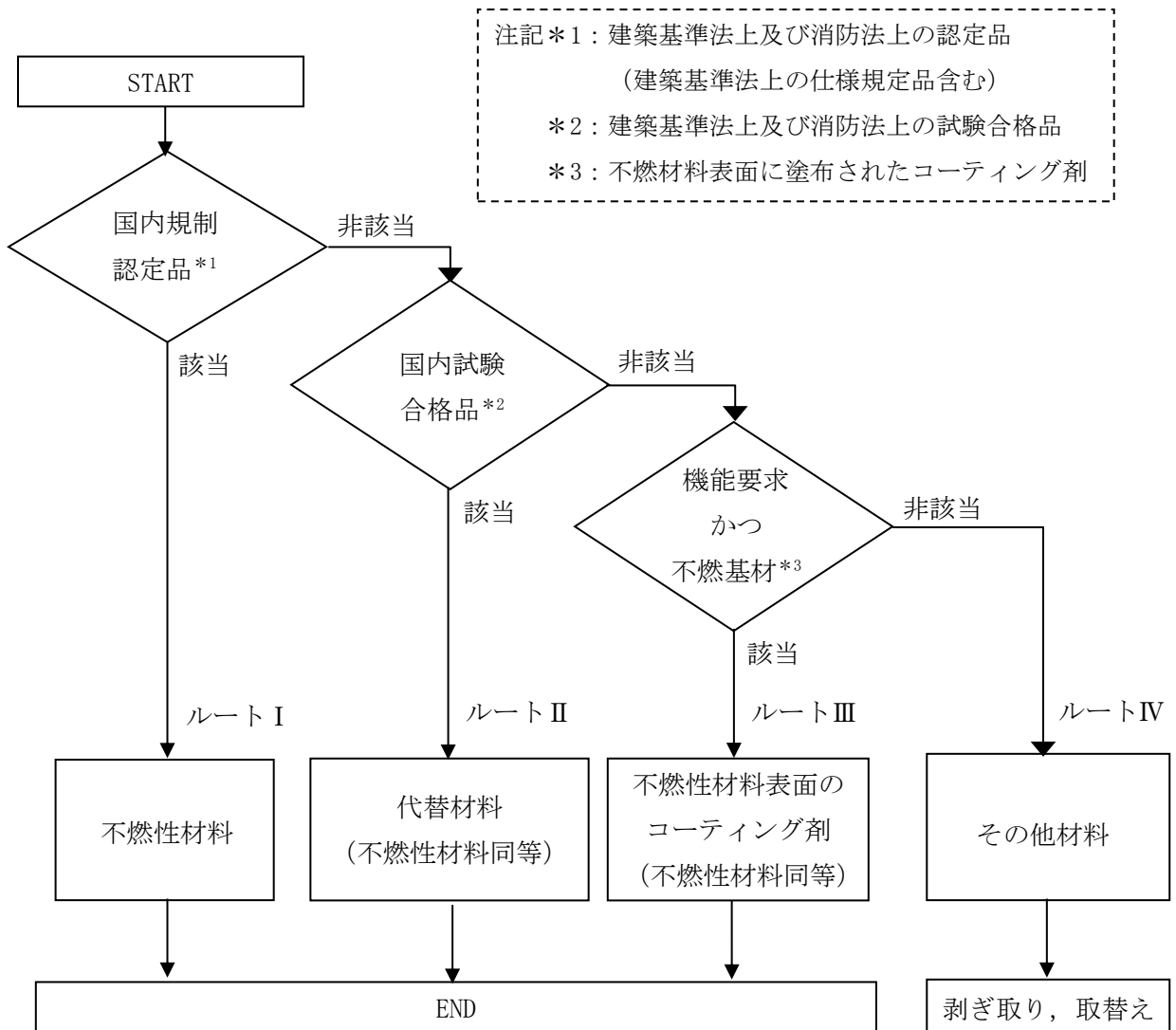


図 1 建物内装材の不燃性判定フロー



### 建物内装材の確認範囲について

建物内装材について、火災防護上、不燃性材料であることの確認を行う建物内装材の範囲を整理する。

建物内装材の確認については、建物内装材自体が火災時の発火源になることはないため、火災が発生した場合に、直接火災に接する可能性のある表面部分を確認することが重要と考える。

また消防法において、建物内装材における床材等については、図 2 に示すとおり表面を覆うものを防火規制の対象としている。

したがって、不燃性材料であることの確認を行う建物内装材の範囲は、内装材の表面部分とする。

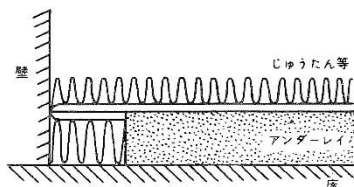
#### ○下敷き材の取扱いについて

〔消防法、同施行令及び同施行規則に関する執務資料について〕

（昭和 54 年 6 月 22 日 消防予 第 118 号）  
各都道府県消防主管部長あて 消防庁予防救急課長回答

**問** アンダーレイ（下敷き材）の取扱いはどうなるか。

**答** じゅうたん等として防火規制の対象となるのは、居室等の床面の表面を覆うものであり、じゅうたん等の弾力性をよくしたり、断熱効果を高める等のためにじゅうたん等の下に敷くアンダーレイ（下敷き材）は、通常の使用状態では防火規制の対象とはならないものと解する。



#### 解説

アンダーレイがじゅうたん等の一部又は一種として防火規制の対象となるかどうかについて問うたものである。アンダーレイは、通常これだけを敷くことはなく、この上にさらにじゅうたん等を敷くことになるので、防火規制の趣旨からしても通常の使用状態では防火規制の対象とする必要はないことから、防火規制の対象外としたものである。なお、上にじゅうたん等を敷かなければ、アンダーレイも、当然防火規制の対象となることはいうまでもない。

図 2 消防法、同施行令及び同施行規則に関する執務資料について  
（昭和 54 年 6 月 22 日 消防予 第 118 号各都道府県消防主管部長あて  
消防庁予防救急課長回答）  
（例解 消防設備質疑応答集（新日本法規出版）に加筆）

## 建屋内装材のコーンカロリメータ試験の概要について

建屋内装材が、建築基準法に基づき設定を受けた不燃材料又は建築基準法施行令に基づき認定を受けた準不燃材料と同等であることを、コーンカロリメータ試験により確認する。このコーンカロリメータ試験は、建築基準法に基づき、国土交通大臣の認可を受けた指定性能評価機関が、不燃材料及び準不燃材料等を評価するものとして定めた「防耐火性能試験・評価業務方法書」により、不燃性能を確認する方法として規定されているものである。

コーンカロリメータ試験の概要を以下に示す。

## 1. 試験条件

- (1) 試験体数は  $n=3$  とする。
- (2) 試験体の基材は、現地施工方法と同等とする。
- (3) コーンカロリメータ ( $50\text{kW}/\text{m}^2$ ) により試験体を上部から加熱し、ガスサンプリング装置で回収した酸素、一酸化炭素及び二酸化炭素をガス分析装置に取り込み、判定基準となる総発熱量及び最高発熱速度を測定する。
- (4) 試験中の排気流量を、規定流量に維持するために、流量測定器にて排気流量を測定する。
- (5) 試験中の材料の発火を促すためにスパーク点火器を投入する。

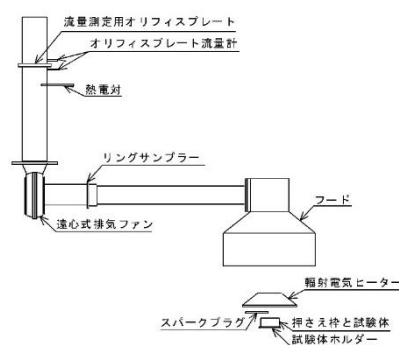


図 3 試験装置の概要

## 2. 判断基準

判定基準を表 2 に示す。

3 つの試験体のうち最も厳しい結果となった試験体において、判定基準を 20 分間満足するものを不燃材料、10 分間満足するものを準不燃材料と判定する。

表 2 判定基準

判定基準	総発熱量が $8\text{MJ}/\text{m}^2$ 以下であること。
	最高発熱速度が、10 秒以上継続して $200\text{kW}/\text{m}^2$ を超えないこと。
	防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴がないこと。

補足説明資料 3-10

火災感知器の種類の詳細について

## 1. 目的

本資料は、VI-1-1-8 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書 5.1.2(1)b. (c)項に示す常用系機器のみを設置するエリアの火災感知器の種類の詳細を示すために、補足説明資料として添付するものである。

## 2. 内容

常用系機器のみを設置するエリアの火災感知器の種類の詳細を次頁以降に示す。

### 3. 常用系機器のみを設置するエリアの火災感知器配置方針

島根原子力発電所第2号機の設置変更許可当時の火災区域及び火災区画の設定方針，並びに火災感知器の配置方針は，火災防護審査基準を踏まえても適合性に問題ないと考える。ただし，設置許可では，火災区域内における異なる感知方式の火災感知器を設置せず，消防法に基づく火災感知器を設置する常用系機器のみを設置するエリアについて，具体的な理由を明示できていなかった。

ここで，消防法に基づく火災感知器を設置する常用系機器のみを設置するエリアについて，火災防護審査基準の要求を踏まえ具体的な理由を以下に示す。

また，火災区域内における異なる感知方式の火災感知器を設置せず，消防法に基づく火災感知器を設置する常用系機器のみを設置するエリアを別紙1に示す。

#### 4. 常用系機器からの火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設への影響評価

火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設を設置するエリアと常用系機器のみを設置する隣接エリアとの境界を原則 3 時間耐火相当の厚み（123mm 以上）を有する耐火壁（コンクリート壁）で構成している。（図 1）

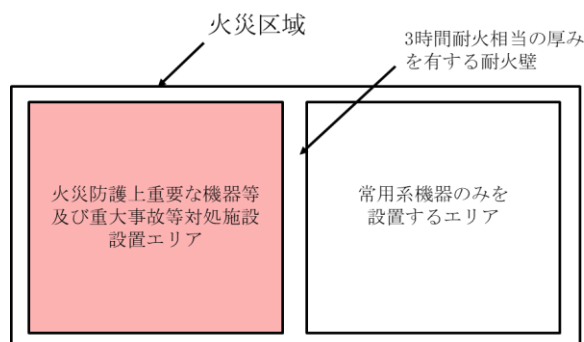


図 1 火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設を設置するエリアと常用系機器のみを設置するエリア

ただし、図 2 に示すとおり配管、ケーブル等の貫通孔については一部隙間が存在している。これらの隙間があることにより、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設が隣接エリアの常用系機器の火災影響を受けるおそれがあるかどうかを評価する。



図 2 貫通孔の隙間例

#### 4.1. 設計方針に対する評価

##### (1) 隣接エリアからの延焼等の火災影響

火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設を設置するエリアと常用系機器のみを設置する隣接エリアは、可燃物が存在しており、等価火災時間が 1 時間を超える箇所も存在する。ただし、これらの可燃物については常用系機器も含め、以下に示すとおり、火災の発生防止対策を図っているため、大規模な火災が発生することは考えにくい。

##### a. 火災の発生防止対策の例（常用系機器も含む）

- ・発火性又は引火性物質に対する漏えい、拡大防止のための堰の設置
- ・水素内包設備への溶接構造、シール構造の採用
- ・発火源となるおそれのある設備を金属製の筐体内へ収納

- ・難燃ケーブルの使用

また、常用系機器のみを設置するエリアの火災に対しては、火災防護審査基準に定義されている火災区画を設定することで、影響軽減を図っている。具体的な影響軽減対策としては、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設を設置するエリアと常用系機器のみを設置する隣接エリアの境界は、原則として3時間耐火相当の厚み（123mm以上）を有する耐火壁（コンクリート壁）で構成する設計としている。

したがって、常用系機器のみを設置するエリアの火災によって、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設が延焼等による火災影響を受けるおそれはない。

## (2) 貫通孔からの煙、熱の流出入による感知性への影響

常用系機器のみを設置するエリアは、隣接する火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設を設置するエリアとの境界の貫通孔に対し、1時間以上の耐火能力を有する耐火処理を実施し、煙・熱の流出入防止を図っている。

したがって、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設を設置するエリアと常用系機器のみを設置するエリアとの煙・熱の流出入による火災感知器の感知動作の影響は考えにくい。

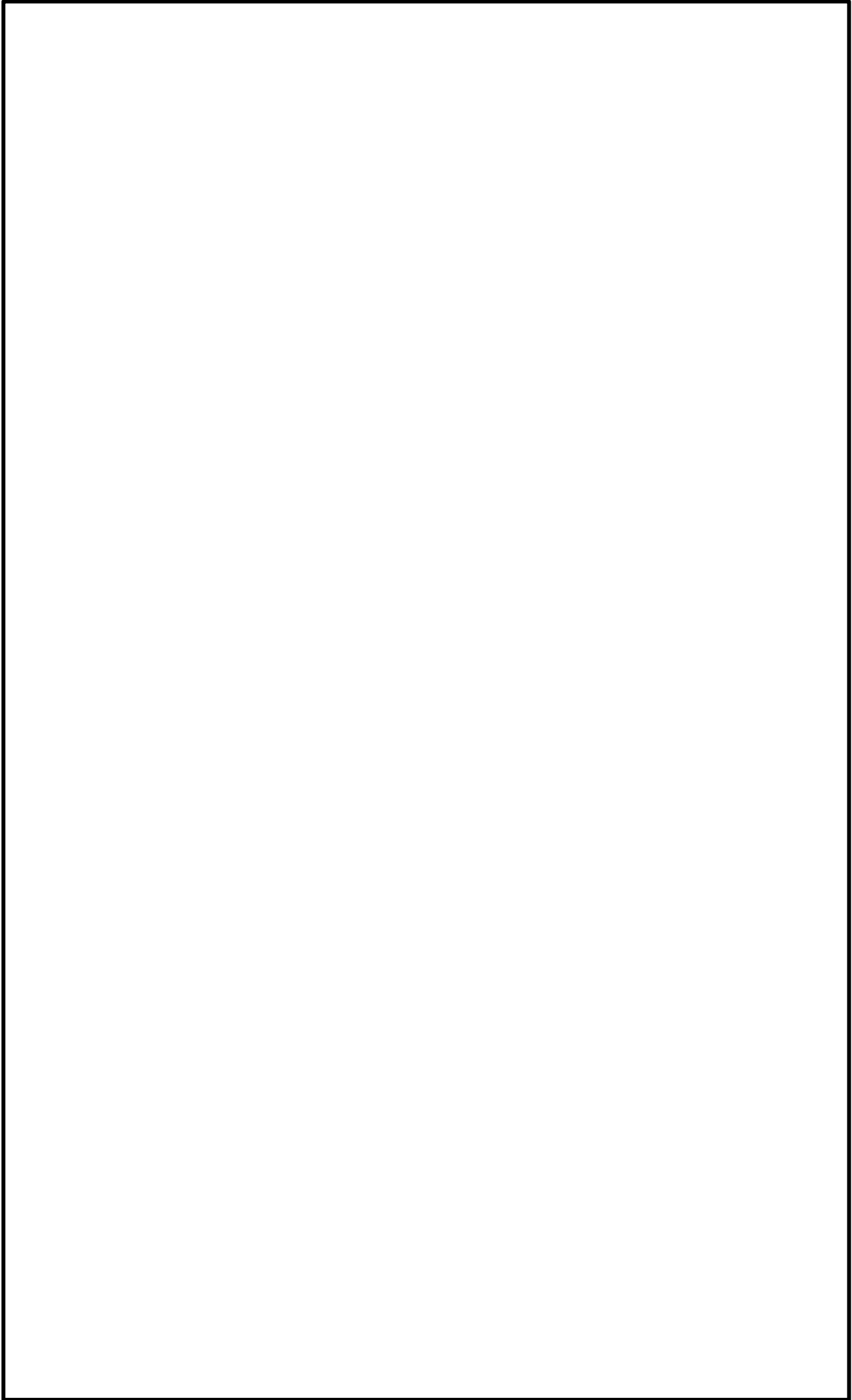
## 5. 火災防護審査基準への適合性

以上より、常用系機器のみを設置するエリアの火災が、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に影響することはないと見られ、また、煙、熱の流出入を考慮しても火災感知器の感知動作の影響は考えにくいことから、消防法に基づく火災感知器を設置する設計としても、火災防護審査基準の要求にも適合していると考えられる。

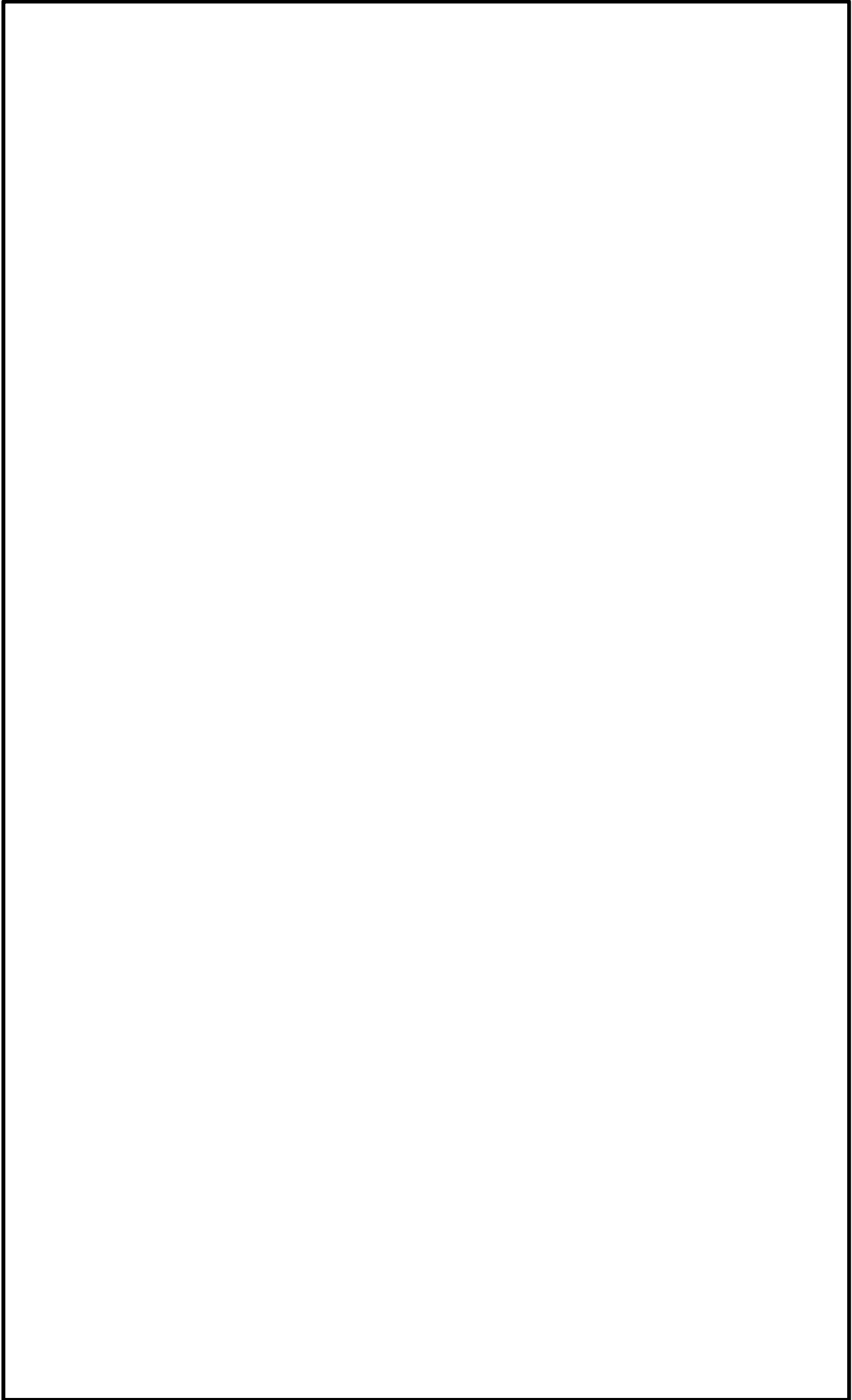
別紙 1

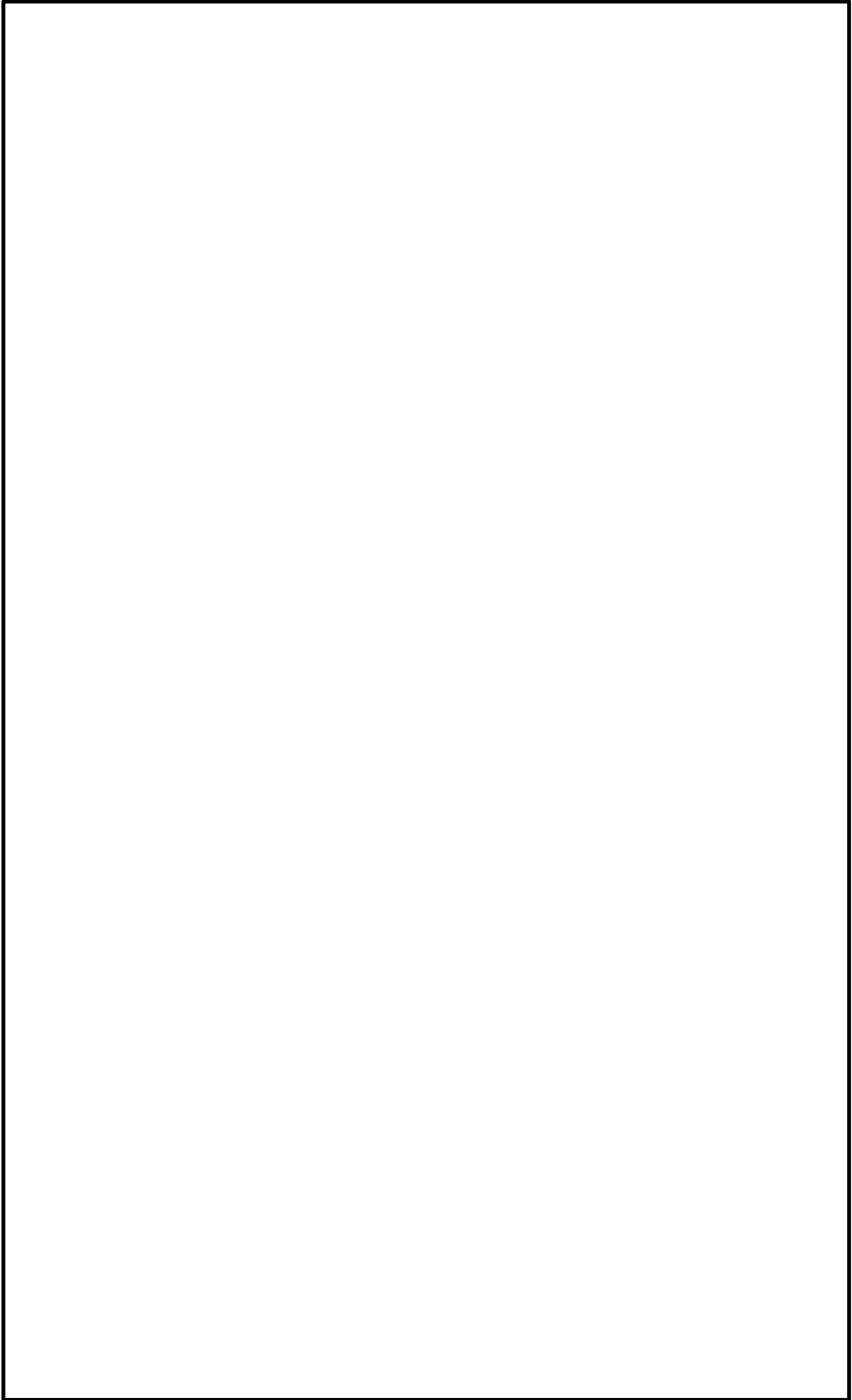
消防法に基づく火災感知器を設置する  
常用系機器のみを設置するエリア明示図











補足説明資料 4-1  
火災の影響軽減のための系統分離対策について

## 1. 目的

本資料は、VI-1-1-8 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書 6.2 項に示す系統分離対策の方針を示すために、補足説明資料として添付するものである。

## 2. 内容

系統分離対策の方針を次頁以降に示す。

### 3. 系統分離の考え方

原子炉の安全停止に必要な機器等における「その相互の系統分離」を行う際には、単一火災（任意の一つの火災区域又は火災区画で発生する火災）の発生によって、相互に分離された安全系区分のすべての安全機能が喪失することのないよう、原則、安全系区分Ⅰ・ⅢとⅡの境界を火災区域の境界として3時間以上の耐火能力を有する耐火壁や隔壁等で分離する。すなわち、安全系区分Ⅱの機器等を設置する区域を火災区域として3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁又は隔壁等で囲う。（図1）

区分Ⅱと区分Ⅰ・Ⅲの境界を火災区域として3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離

単一火災によっても区分Ⅱと区分Ⅰ・Ⅲが同時に機能喪失することを回避し、高温停止・低温停止を達成

安全系区分	区分Ⅱ	区分Ⅰ	区分Ⅲ
高温停止	原子炉隔離時冷却系 [RCIC]	—	高压炉心スプレイ系 [HPCS]
低温停止	自動減圧系(B) [SRV(ADS(B))]	自動減圧系(A) [SRV(ADS(A))]	—
	残留熱除去系[RHR(B)]	残留熱除去系[RHR(A)]	—
	残留熱除去系[RHR(C)]	低压炉心スプレイ系 [LPCS]	—
	原子炉補機冷却系 [RCW(B)]	原子炉補機冷却系 [RCW(A)]	高压炉心スプレイ系 補機冷却系[HPCW]
	原子炉補機海水系 [RSW(B)]	原子炉補機海水系 [RSW(A)]	高压炉心スプレイ系 補機海水系[HPSW]
動力電源	非常用ディーゼル発電機(B)	非常用ディーゼル発電機(A)	高压炉心スプレイ系 ディーゼル発電機(H)
	非常用交流電源(B)	非常用交流電源(A)	非常用交流電源 (HPCS)
	非常用直流電源(B)	非常用直流電源(A)	高压炉心スプレイ系 直流電源(H)

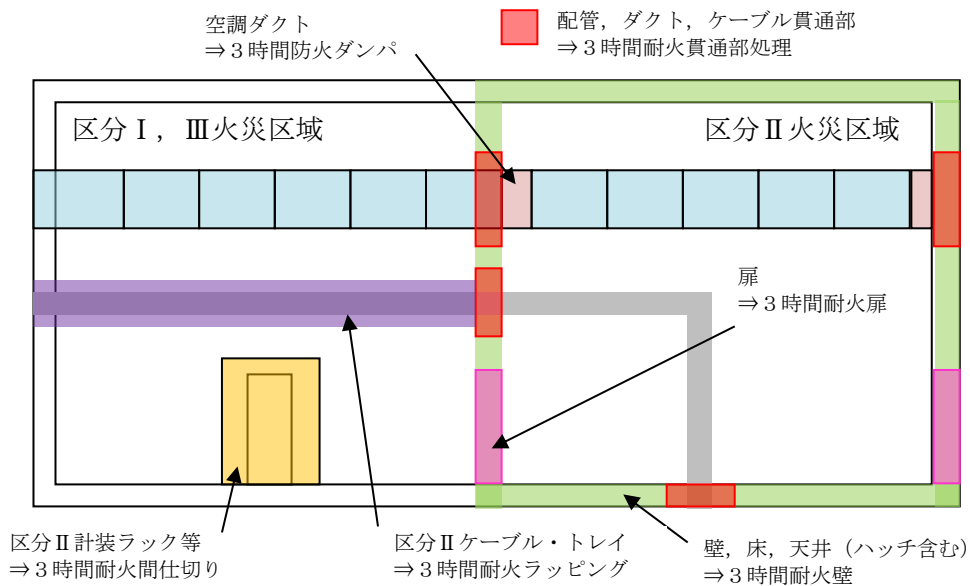
図1 3時間耐火能力を有する耐火壁又は隔壁等による系統分離の概要

#### 4. 系統分離の具体的対策

島根原子力発電所第2号機では、相互の系統分離が必要な箇所については中央制御室及び補助盤室並びに原子炉格納容器内を除き、すべて「3時間以上の耐火能力を有する耐火壁又は隔壁等」及び「1時間耐火隔壁等による分離、火災感知設備及び自動消火設備の設置」により分離することとしている。島根原子力発電所第2号機に設置する「3時間以上の耐火能力を有する耐火壁又は隔壁等」及び「1時間耐火隔壁等による分離、火災感知設備及び自動消火設備の設置」を以下に示す。(図2)

なお、以下に示す以外の耐火壁又は隔壁等についても、設計の妥当性が火災耐久試験により確認できたものを使用する設計とする。

##### (1) 3時間以上の耐火能力を有する耐火壁又は隔壁等



##### (2) 1時間耐火隔壁等による分離、火災感知設備及び自動消火設備の設置

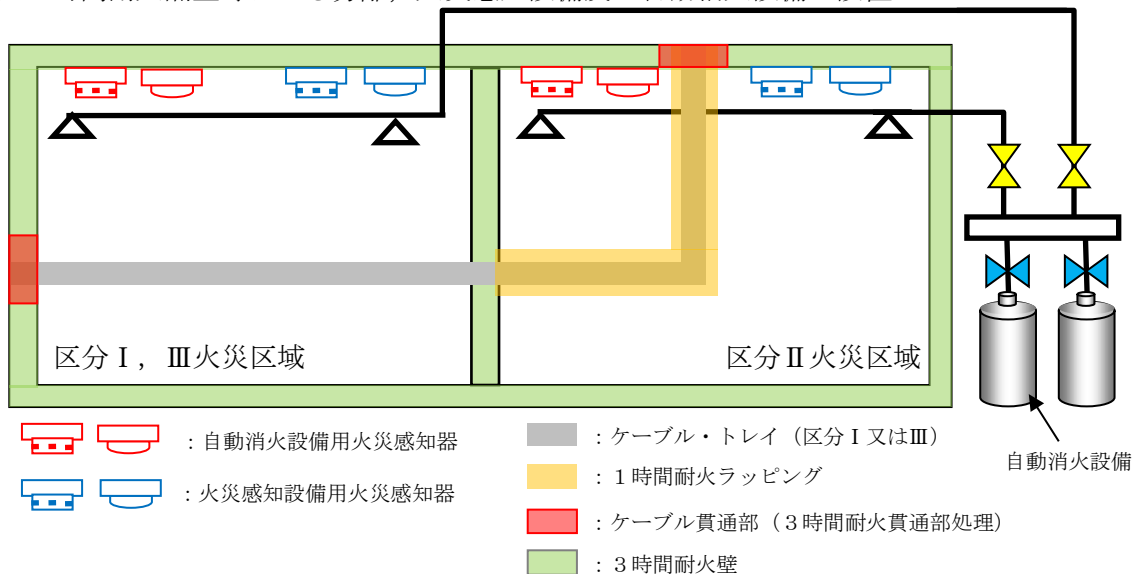


図2 系統分離対策の全体イメージ



#### 4.1. 系統分離の具体的対策

火災区域は、3時間以上の耐火性能を有する耐火壁（耐火障壁、貫通部シール、防火扉、防火ダンパ）又は隔壁等（耐火間仕切り、ケーブル・トレイ及び電線管耐火ラッピング）で分離する設計とする。

耐火壁のうち、コンクリート壁、床、天井については、建築基準法を参考に国内の既往の文献から確認した結果、3時間耐火に必要な最小厚さ以上の厚さが確保されていることを確認した。コンクリート壁以外の耐火壁又は隔壁等については、火災耐久試験により3時間以上の耐火性能を確認できたものを使用する。耐火壁及び隔壁等の設置に係る現場施工においては、火災耐久試験の試験体仕様にに基づき、耐火性能を確保するために必要な施工方法及び検査項目を定める。

また、火災防護対象機器等を設置している以下の屋外のエリアについては、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」に基づき、火災区域を設定する。

- A-非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプエリア及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプエリア
- ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク設置区域
- 海水ポンプエリア

#### 4.2. 互いに相違する系列の火災防護対象機器等の系統分離

互いに相違する系列の火災防護対象機器等は、火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を確認した耐火壁又は隔壁等並びに1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離し、かつ、火災感知設備及び自動消火設備を設置することで系統分離する。

#### 4.3. 煙等の流入防止対策について

3時間以上の耐火能力を有する耐火壁により分離されている火災区域のファンネルは、煙等流入防止装置の設置によって、他の火災区域からの煙の流入を防止する設計とする。

島根原子力発電所第2号機の原子炉建物等における各火災区域には、管理区域外への放射性液体廃棄物の流入防止等を目的として、ファンネル、配管及びサンプタンク等から構成される「ドレン系」を設置している。（図3）



ファンネルの設置例



ドレン配管の設置例

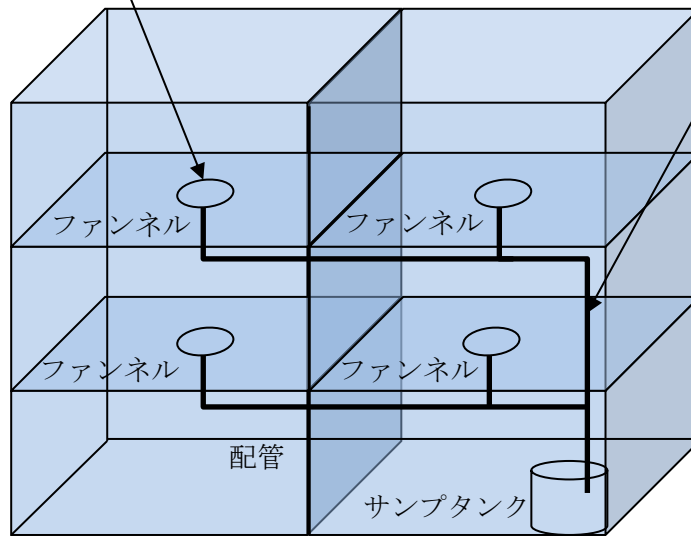


図3 ドレン系概要

火災区域は、その位置付けを考慮すると、火災が発生した他の火災区域の煙により原子炉の安全停止に必要な機器等が影響を受け、これらの機能が同時に喪失しないよう設計することが必要である。そこで、安全機能への影響防止を目的としてファンネルに対して図4に示す設備を設置することで、煙の流入防止措置を実施する設計とする。

なお、当該設備は、内部溢水評価における排水量を満足するものを設置する。

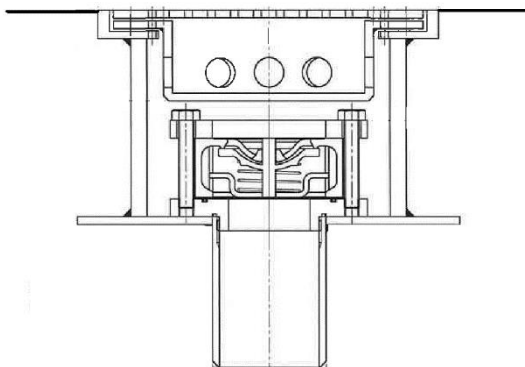


図4 煙流入防止対策治具（例）

補足説明資料 4-2  
中央制御室及び補助盤室制御盤の  
火災の影響軽減対策について

## 1. 目的

本資料は、VI-1-1-8 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書 6.2(4)項に示す中央制御室及び補助盤室制御盤の火災の影響軽減対策を示すために、補足説明資料として添付するものである。

## 2. 内容

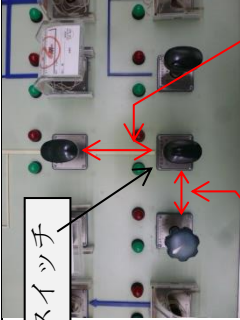


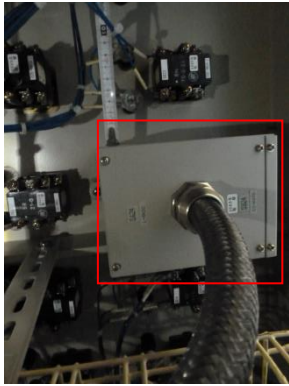
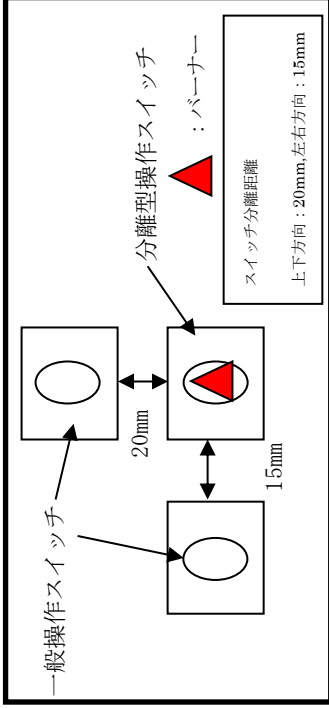
中央制御室及び補助盤室制御盤の火災の影響軽減対策を次頁以降に示す。

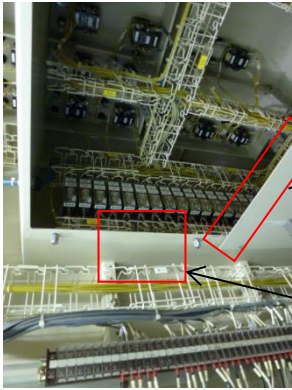
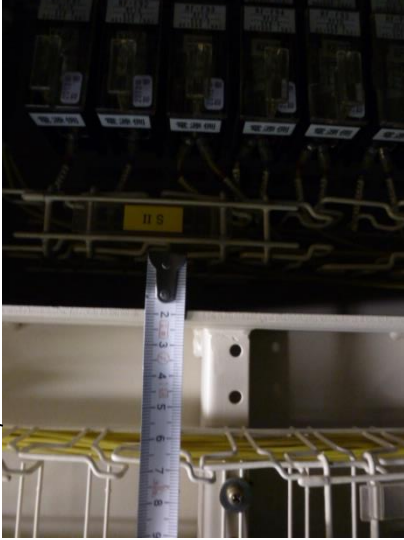
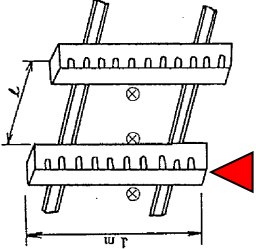
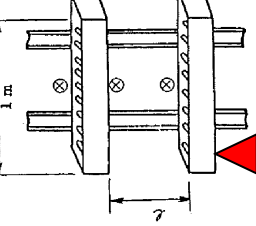
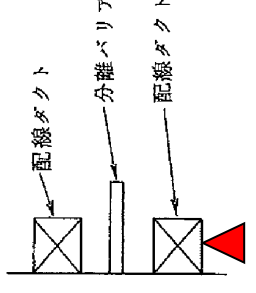
### 3. 中央制御室及び補助盤室制御盤の系統分離対策について


#### 3.1. 離隔距離等による分離

中央制御室及び補助盤室の制御盤は、スイッチ、配線等の構成部品に単一火災を想定しても、近接する他の構成部品に火災の影響がないことを確認した実証試験\*の知見に基づく分離設計を行っており、以下に確認した実証試験\*の概要を示す。

注記\*：「ケーブル、制御盤および電源盤火災の実証試験」，TLR-088，株式会社東芝，2013年6月

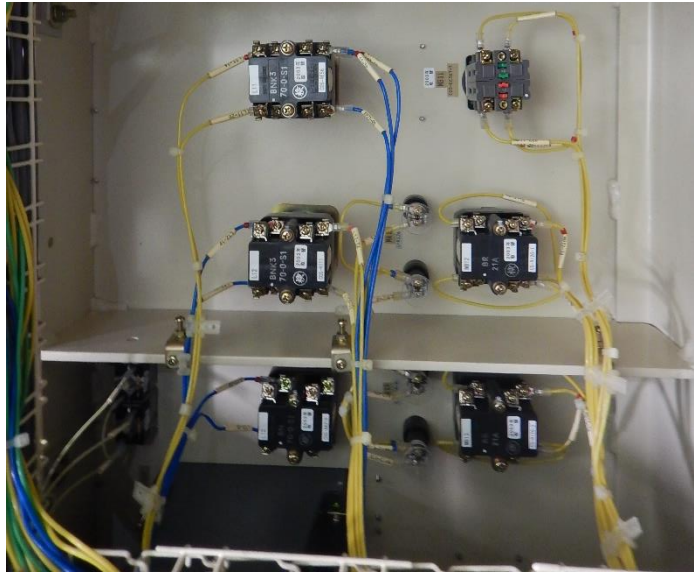
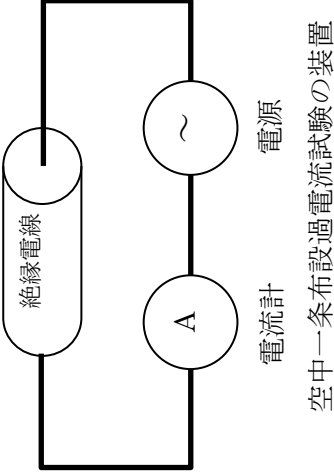
対象	盤内状況	実証試験概要
<p>操作スイッチ</p>	 <p>分離型操作スイッチ</p>  <p>分離距離：15mm 以上 (約 60mm)</p>  <p>分離距離：20mm 以上 (約 100mm)</p> <p>( )：実機計測値</p> <p>操作スイッチ裏面</p>  <p>1.6mm の金属製筐体で覆っている</p>	<p>1. 目的</p> <p>鋼板で覆った操作スイッチに火災が発生しても、適切な分離距離を確保している場合は近接する操作スイッチに火災の影響が及ばないことを確認する。</p> <p>2. 試験内容</p> <p>(1) 過電流による火災 (内部発火)</p> <p>鋼板で覆われた分離型操作スイッチに過電流を通电することで、分離型操作スイッチ内の火災を模擬し、隣接する一般操作スイッチへの影響を確認した。</p> <p>【判定基準】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>隣接する一般操作スイッチへの延焼性 (目視による確認)</li> </ul> <p>(2) バーナー着火による火災 (外部火災)</p> <p>鋼板で覆われた分離型操作スイッチの外側からバーナーで着火することで、制御盤内の火災を模擬し、分離型操作スイッチへの影響を確認した。</p> <p>【判定基準】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>絶縁抵抗測定</li> <li>通電確認 (ランプ点灯にて確認)</li> <li>操作性の確認</li> </ul>  <p>3. 試験結果</p> <p>鋼板で覆った分離型操作スイッチに火災が発生しても、適切な分離距離を確保している場合は、近接する一般操作スイッチに火災の影響が及ばないことを確認した。</p> <p>また、制御盤内の火災が発生しても、鋼板で覆われた分離型操作スイッチには、火災の影響が及ばないことを確認した。</p>

対象	盤内状況	実証試験概要
<p>盤内配線ダクト</p>	 <p>鋼板による分離</p>  <p>金属バリア：3.2mm以上 (約 5mm) 分離距離：3cm以上 (約 6cm)</p> <p>( )：実機計測値</p>	<p>1. 目的 金属バリア又は盤内配線ダクト内に設置している区分の配線に火災が発生しても、異区分の配線に火災の影響が及ばないことを確認する。</p> <p>2. 試験内容 (1) 空間距離 配線を収納したダクトを並べ、ダクトの距離を自由に変えられるようにし、片側のダクトの配線にバーナーで着火し、もう一方のダクトへの影響を確認した。 【判定基準】 ・隣接する盤内配線ダクトの影響度 (目視確認 (変色, 変形等))</p> <p>(2) 電線管バリア 配線を収納したダクトを並べ、ダクトの距離を自由に変えられるようにし、ダクトの間に板厚 3.2mm の金属バリアを設置し、片側のダクトの配線にバーナーで着火し、金属バリアがある場合のもう一方のダクトへの影響を確認した。 【判定基準】 ・隣接する盤内配線ダクトの影響度 (目視確認 (変色, 変形等))</p>  <p>垂直ダクト</p>  <p>水平ダクト</p>  <p>配線ダクト 分離バリア 配線ダクト 金属バリアの設置 ▲：バーナー</p> <p>3. 試験結果 金属バリアがない場合は、垂直ダクト間で 5cm 以上、水平ダクト間では 10cm 以上距離があれば、もう一方へのダクトへの影響がないことを確認した。 金属バリアがある場合は、3cm の距離であっても、もう一方へのダクトへの影響がないことを確認した。なお、塩化ビニル電線と難燃性電線の相違はなかった。</p>

実証試験概要	
<p>対象</p> <p>金属外装ケーブル</p>	<p>盤内状況</p>  <p>金属外装ケーブル</p>
<p>1. 目的</p> <p>制御盤内に設置している金属外装ケーブルが制御盤内の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</p> <p>(1) 金属外装ケーブルを収納した、電線管及びフレキシブル電線管を外側からバーナーで着火し、電線管及びフレキシブル電線管内のケーブルへの影響を確認した。</p> <p>使用するケーブルは、塩化ビニル電線、難燃性電線とする。</p> <p>【判定基準】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・絶縁抵抗測定</li> <li>・絶縁被覆の形状（熔融等の有無）</li> </ul>	<p>電線管の種類</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・厚鋼電線管</li> <li>・フレキシブル電線管</li> </ul> <p>▲：バーナー</p> <p>電線管内部に塩化ビニル電線、難燃性電線配線を布設</p> <p>3. 試験結果</p> <p>電線管において、塩化ビニル電線の被覆は、一部表面溶着するが、難燃性電線には変化は見られなかった。</p> <p>フレキシブル電線管も塩化ビニル電線の被覆は、一部表面溶着するが、難燃性電線には変化は見られなかった。</p> <p>電線管及びフレキシブル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、電線管及びフレキシブル電線管に収納することで分離機能を有することが確認できた。</p>



対象	盤内状況	実証試験概要
<p style="text-align: center;">制御盤</p>	 <p style="text-align: right; color: red;">区分の境界</p>	<p>1. 目的 中央制御室及び補助盤室に設置している制御盤に火災が発生しても、隣接する制御盤に火災の影響が及ばないことを確認する。制御盤は、ベンチ、直立盤の2種類で確認する。</p> <p>2. 試験内容 (1) 制御盤バーナー着火試験 制御盤内の外部ケーブルの立上り部をバーナーにより強制着火し、隣接制御盤への火災の影響を確認した。隣接制御盤への影響は、下記の判定基準に基づき確認した。</p> <p>(2) 制御盤油点火試験 制御盤内にオイルパンを設置し、白灯油 1.5 リットルに強制着火させ、制御盤内の全面火災による隣接制御盤への火災の影響を確認した。隣接制御盤への影響は、下記の判定基準に基づき確認した。</p> <p>(3) 判定基準</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>隣接制御盤の変色、変形の有無</li> <li>隣接制御盤の通電性の確認（ランプ点灯にて確認）</li> <li>火災鎮火後の隣接制御盤の操作性の確認</li> <li>火災鎮火後の隣接制御盤の絶縁抵抗測定</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="884 763 1161 1155"> <p>ベンチ盤 (制御盤板厚：3.2mm)</p>  <p>制御盤の境界を 3.2mm 以上の鋼板で分離</p> </div> <div data-bbox="884 315 1161 707"> <p>直立盤 (制御盤板厚：3.2mm)</p>  <p>制御盤の境界を 3.2mm 以上の鋼板で分離</p> </div> </div> <p>3. 試験結果 金属で覆われ、分離している制御盤内に火災が発生しても、火災の影響は火災源の制御盤内に留まることを確認した。 したがって、隣接制御盤へ火災の影響はなく、分離性が確保されることを確認した。</p>

対象	盤内状況	実証試験概要
<p>盤内絶縁電線</p>	 <p>盤内絶縁電線</p>	<p>1. 目的 中央制御室及び補助盤室に設置している絶縁電線が短絡事故等を想定した過電流により発火せず、同一制御盤内の他機器に火災の影響が及ばないことを確認する。</p> <p>2. 試験内容 (1) 空中一条布設過電流試験 盤内絶縁電線に許容電流の4～5倍の過電流を通電し、発火有無の状態を確認した。絶縁電線の種類は、下記の4種類とした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 600V NC-HIV, 2mm<sup>2</sup>：低塩酸ビニル電線（耐熱性）</li> <li>・ 600V HIV, 2mm<sup>2</sup>：耐熱ビニル電線</li> <li>・ 600V IV, 2mm<sup>2</sup>：ビニル電線</li> <li>・ 600V FH, 2mm<sup>2</sup>：テフゼル電線（難燃仕様）</li> </ul> <p>(2) 判定基準 過電流によって発火しないこと。</p> <div style="text-align: center;">  <p>電流計 電源 空中一条布設過電流試験の装置</p> </div> <p>3. 試験結果 盤内絶縁電線は4種類とも過電流によって発火する前に導体が溶断し、発火しないことを確認した。したがって、同一制御盤内の他機器へ火災の影響はなく、分離性が確保されることを確認した。</p>

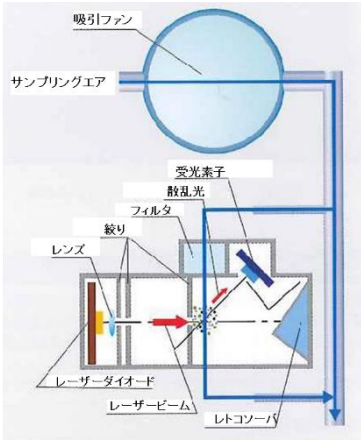
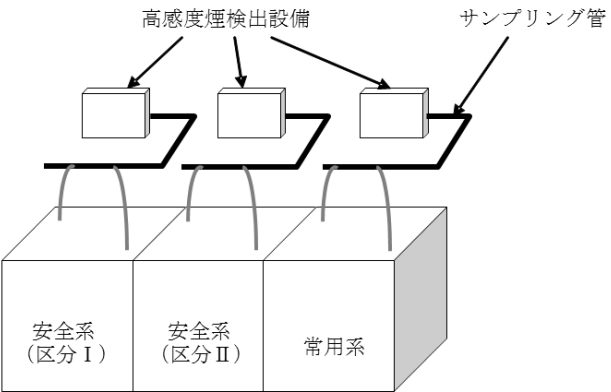
3.2. 中央制御室及び補助盤室制御盤の火災感知設備及び消火設備

中央制御室内には、異なる感知方式の火災感知器を設置する設計とするとともに、火災発生時には中央制御室に常駐する運転員による早期の消火活動によって、異区分への影響を軽減する設計とする。

補助盤室内には、異なる感知方式の火災感知器を設置する設計とするとともに、火災発生時には全域ガス消火設備による消火によって、異区分への影響を軽減する設計とする。

これに加えて中央制御室及び補助盤室の制御盤内へ高感度煙検出設備を設置する設計とする。

3.2.1. 火災感知設備

<p>中央制御室及び補助盤室の制御盤内                  (複数の区分の安全系機能を有する制御盤内でのケーブル延焼火災に対する早期消火を行うことを考慮)</p>	<p style="text-align: center;">高感度煙検出設備 (感度: 煙濃度 0.001~20%/m)</p> <p>盤内のケーブル延焼火災の初期段階を検知するため、制御装置や電源盤用に開発された、吸引式の高感度煙検出設備を設置</p> <div style="text-align: center;">  <p>図1は、吸引式の高感度煙検出設備の内部構造を示しています。上部には「吸引ファン」があり、「サンプリングエア」が取り込まれます。エアは「受光素子」で検知された「散乱光」を「フィルタ」でろ過し、「レンズ」を通って「レーザダイオード」から発せられた「レーザビーム」を「レトロコーバ」で反射させ、再び「受光素子」で検知する仕組みです。</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>サンプリングエアは、吸引ファン内部で攪拌・均一化された後、フィルタにより塵埃を除去し、高感度における誤作動防止を図る。</p> </div> <p style="text-align: center;">図1 高感度煙検出設備 概要図</p> <div style="text-align: center;">  <p>図2は、高感度煙検出設備の設置イメージを示しています。3つの「高感度煙検出設備」が「サンプリング管」を通じて「安全系(区分I)」、「安全系(区分II)」、「常用系」の制御盤内に設置されています。</p> </div> <p style="text-align: center;">図2 高感度煙検出設備 設置イメージ</p>
--	--

### 3.2.1.1. 模擬盤による感知性能の確認試験

中央制御室及び補助盤室の制御盤内ケーブルが過電流により加熱された場合、バリア及び離隔距離の確保により分離されている異区分のスイッチ、ケーブル等に影響を及ぼす前に早期に火災を感知し、消火する必要がある。

また、制御盤内については、煙の充満により消火活動が困難となる前に早期に火災を感知し、消火する必要があるため、高感度煙検出設備の性能を以下のとおり確認した。

#### (1) 模擬盤による感知性能の確認試験

##### a. 空間容積の選定

中央制御室及び補助盤室の制御盤を模擬して、空間容積の大きい約 13.1m<sup>3</sup> (W:5600mm×D:900mm×H:2600mm) の空間①、空間容積の小さい約 1.9m<sup>3</sup> (W:800mm×D:900mm×H:2600mm) の空間②において試験を行った。

##### b. 試験体の選定

空間①において、煙の発生しにくいテフロンケーブルを電気ヒータにより加熱し、30分以内\*に火災を感知できることを確認する。

空間②において、制御盤内で使用されている難燃ケーブルを電気ヒータにより加熱し、煙の充満により消火活動が困難となる前に、火災を感知できることを確認する。

なお、J E A G 4 6 0 7-2010「原子力発電所の火災防護指針」に基づき、制御盤内の想定火災として、過電流による過熱に伴うケーブルの断線・短絡による火災を想定し、制御盤内で使用されているテフロンケーブル、難燃ケーブルを用いて電気ヒータにて加熱し、当該ケーブルの断線・短絡による火災を模擬する。

注記\*：中央制御室及び補助盤室の制御盤内の分離性能試験での加熱時間

##### c. 高感度煙検出設備及びサンプリング管の設置

高感度煙検出設備は、各サンプリング点からサンプリングされたサンプリングエアは、吸引ファンの中で希釈されるため、サンプリング点が多い方が厳しい条件となることから、保守的に制御盤を模擬した装置外の雰囲気もサンプリングできるよう、図3のとおり、高感度煙検出設備及びサンプリング管を設置する。

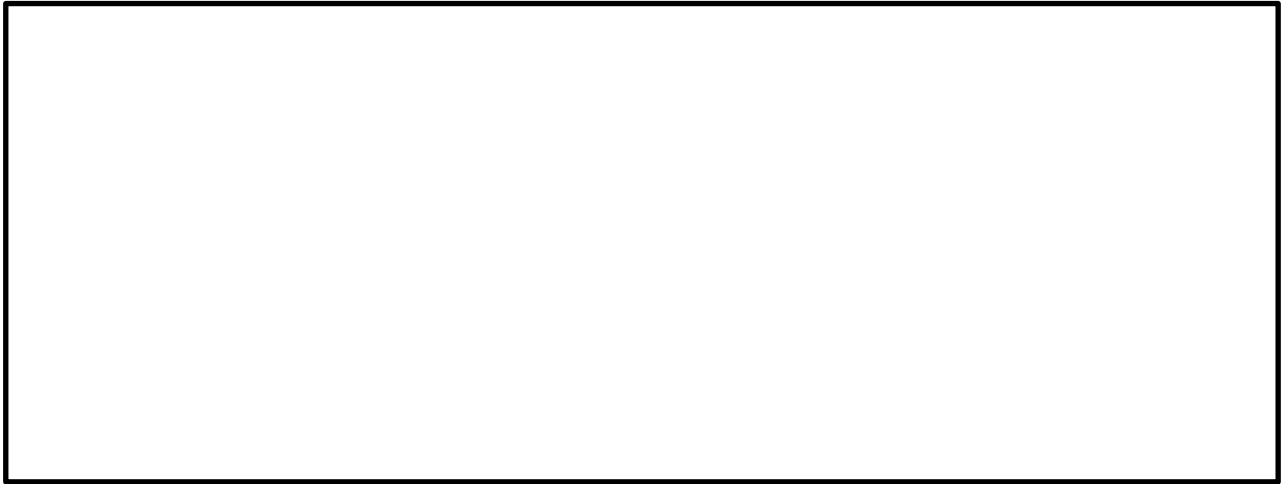


図 3 試験概要図

(2) 試験結果

a. 空間①

空間容積の大きい制御盤を想定した空間①において、サンプリング点を制御盤 4 面分増やすことによって、吸引された煙が希釈される厳しい条件により試験を行った結果、加熱開始後約 3 分で 0.2%/m の煙濃度を感知することができ、中央制御室及び補助盤室の制御盤内の分離性能試験の加熱時間 30 分を考慮すると、異区分のケーブル及びスイッチ等に延焼する前に運転員が火災を感知し、消火することが十分に可能である。

高感度煙検出設備の検出状況を図 4 に示す。

0.2%/m の煙濃度を感知した際の試験装置内の状況を図 5 に示す。

ケース7		火点	火点1	検知開始～発報までの時間	
試験容積	W5600×D900×H2600	ヒータ温度	240～412℃	アラーム1	00分29秒
監視想定容積	W8800×D900×H2600	検知開始	01分49秒	アラーム2	00分43秒
燃焼材料	FH1.25sq 5cm×10本	最大検出濃度	約2.514%/m	アラーム3	01分10秒
空調条件	無	アラーム1発報	02分18秒		
試験前質量(g)	8.561	アラーム2発報	02分32秒		
試験後質量(g)	7.7633	アラーム3発報	02分59秒		
燃焼質量(g)	0.7977				

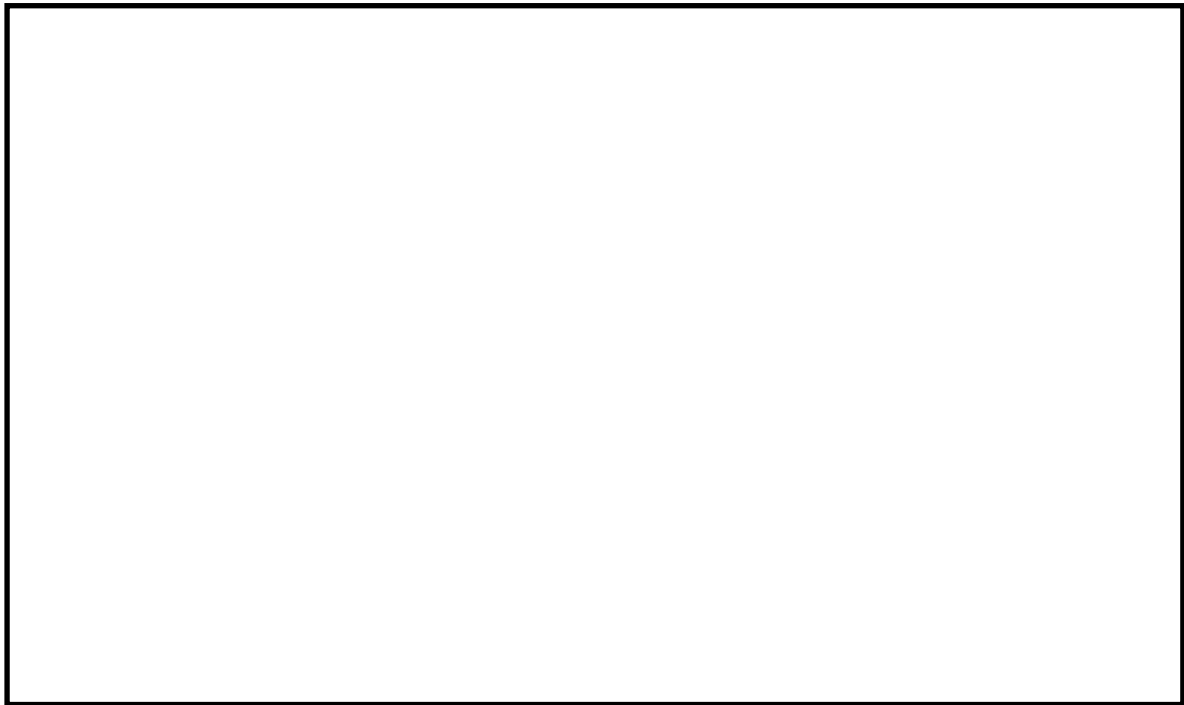


図4 空間①における高感度煙検出設備の検出状況



(火災源の発煙状況 (目視により確認可能))

図5 空間①における0.2%/mの煙濃度を感知した際の試験装置内の状況

b. 空間②

空間容積の小さい制御盤を想定した空間②において、サンプリング点を制御盤 10 面分増やすことによって、吸引された煙が希釈される厳しい条件により試験を行った結果、加熱開始後 3 分以内で 0.2%/m の煙濃度を感知することができ、空間容積の小さい制御盤内で火災が発生しても、制御盤内に煙が充満する前に火災を感知し、運転員が消火することが十分に可能である。

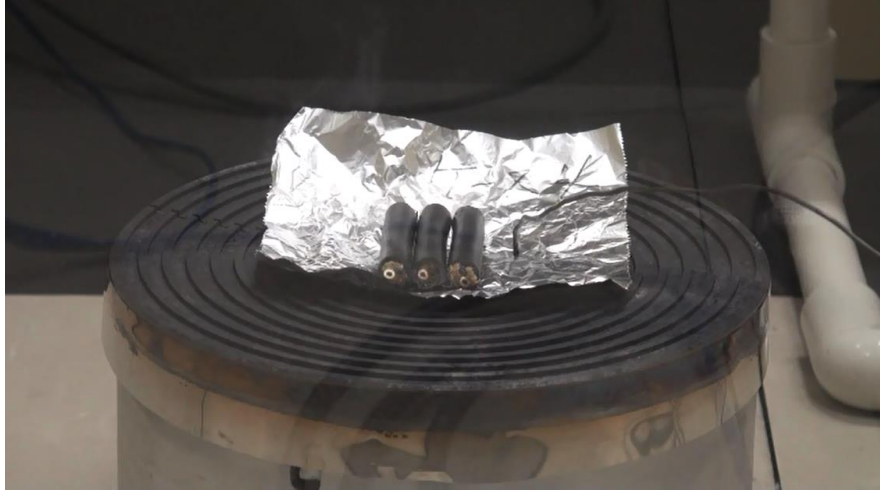
高感度煙検出設備の検出状況を図 6 に示す。

0.2%/m の煙濃度を感知した際の試験装置内の状況を図 7 に示す。

ケース4		火点	火点2	検知開始～発報までの時間	
試験容積	W800 × D900 × H2600	ヒータ温度	232～403℃	アラーム1	00分52秒
監視想定容積	W8800 × D900 × H2600	検知開始	00分27秒	アラーム2	01分22秒
燃焼材料	MM-CVV8 2sq 5cm × 3本	最大検出濃度	約1.514%/m	アラーム3	01分49秒
空調条件	無	アラーム1発報	01分19秒		
試験前質量(g)	21.8675	アラーム2発報	01分49秒		
試験後質量(g)	19.6547	アラーム3発報	02分16秒		
燃焼質量(g)	2.2128				



図 6 空間②における高感度煙検出設備の検出状況



(火災源の発煙状況（目視により確認可能）)

図7 空間②における0.2%/mの煙濃度を感知した際の試験装置内の状況



### 3.2.2. 消火設備

#### (1) 中央制御室に常駐する運転員による早期の消火活動

中央制御室制御盤内に自動消火設備は設置しないが、中央制御室制御盤内に火災が発生しても、高感度煙検出設備や中央制御室の火災感知器からの感知信号により、中央制御室に常駐する運転員が中央制御室に設置する消火器で早期に消火活動を行うことで、相違する系列の**火災防護対象機器等**への火災の影響を防止できる設計とする。

消火設備は、通常の粉末消火器に加え、電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を使用する設計とし、中央制御室に常駐する運転員による中央制御室内の火災の早期感知及び消火を図るために、消火活動の手順を定めて、訓練を実施する。

中央制御室のエリア概要を図8に示す。また、運転員による中央制御室制御盤内の火災に対する二酸化炭素消火器による消火の概要を図9に示す。さらに、火災の発生箇所の特定が困難な場合も想定し、サーモグラフィカメラを配備する。



図8 中央制御室のエリア概要

火災が発生した場合、運転員は火災受信機盤により、火災が発生している区域を特定する。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し、火災発生個所に対して、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。中央制御室制御盤内での消火活動を行う場合は、セルフエアマスクを装着して消火活動を行う。

なお、中央制御室主盤及び中央制御室裏盤への移動は、距離が短いことから、短時間で移動して、速やかに消火活動を実施する。

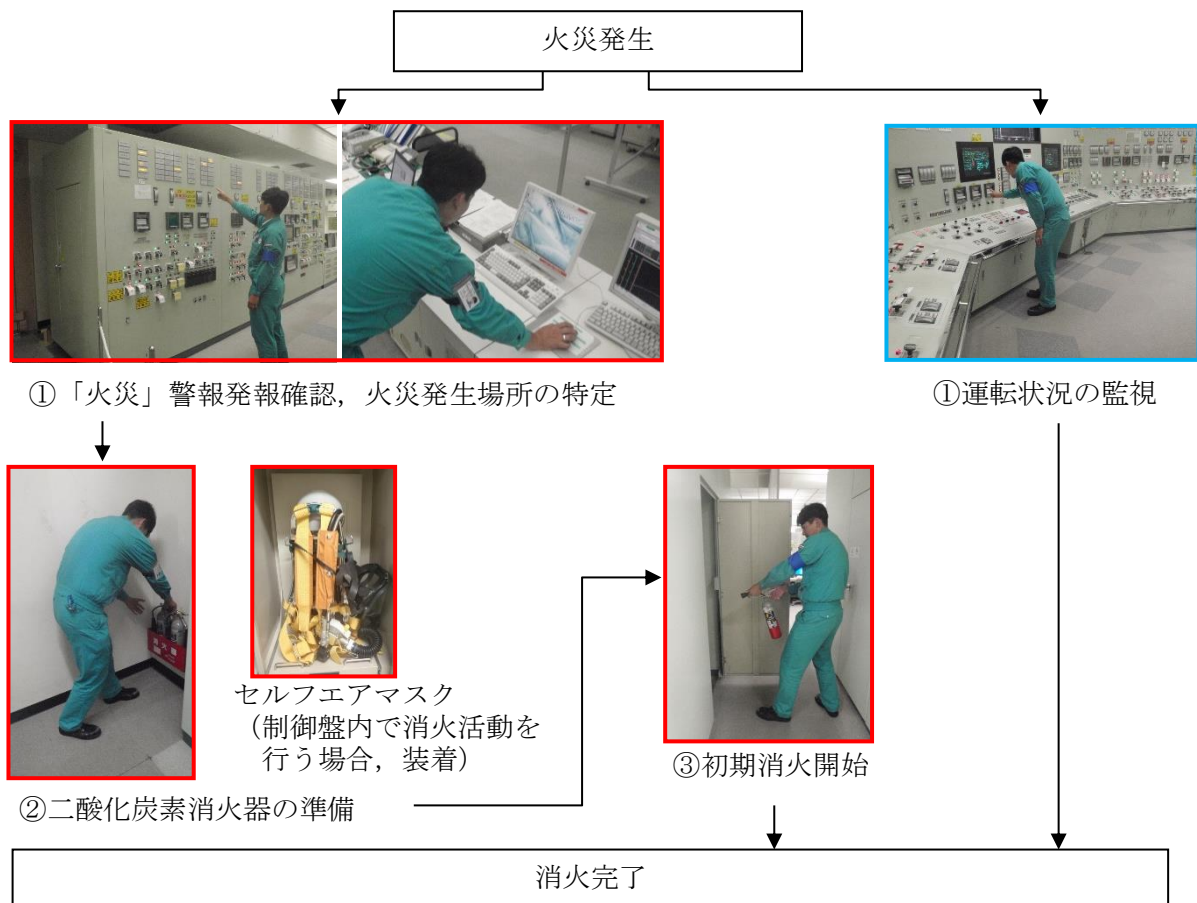


図9 運転員による制御盤内の火災に対する消火の概要

二酸化炭素消火器を閉鎖された空間で使用する場合は、二酸化炭素濃度が上昇すると共に酸素濃度が低下するおそれがある。したがって、運転員に対して二酸化炭素消火器の取扱いに関する教育並びに訓練を行うとともに、制御盤内で消火活動を行う場合は、セルフエアマスクを装着する等消火手順を定める。

(2) 全域ガス消火設備による消火

補助盤室制御盤内に自動消火設備は設置しないが、補助盤室制御盤内に火災が発生しても、中央制御室からの手動操作により早期の起動も可能な全域ガス消火設備で早期に消火を行うことで、相違する系列の**火災防護対象機器等**への火災の影響を防止できる設計とする。

### 補足説明資料 4-3

火災を起因とした「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」発生時の単一故障を考慮した原子炉停止について

## 1. 目的

本資料は、VI-1-1-8 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書 7.1 項に示す火災を起因とした運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故発生時の単一故障を考慮した評価の結果を示すために、補足説明資料として添付するものである。

## 2. 内容

火災を起因とした「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」発生時の単一故障を考慮した評価の結果を次頁以降に示す。

### 3. はじめに

単一の内部火災を想定した場合、原子炉に外乱が及び、かつ、安全保護系、原子炉停止系の作動を要求される「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」が発生する可能性があり、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」（以下「安全評価審査指針」という。）に基づき、「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」に対処するための機器に単一故障を想定しても、事象が収束して原子炉が支障なく低温停止に移行できることを確認する。

### 4. 要求事項

安全評価審査指針では、「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」について解析し、評価を行うことが要求されている。また、解析に当たっては、想定された事象に加えて「設計基準事故」に対処するために必要な系統、機器について単一故障を想定し、事象が収束して原子炉が支障なく低温停止に移行できることを確認する要求がある。

### 5. 評価の前提条件

次の事項を前提とし、評価を行うこととする。

- (1) 電動弁は、遮断器に接続される制御ケーブルが、火災の影響による誤信号で、当該系統の機能を考慮し、厳しい方向に動作するものとする。
- (2) 空気作動弁は、電磁弁に接続される制御ケーブルが、火災の影響による誤信号で、当該系統の機能を考慮し、厳しい方向に動作するものとする。
- (3) 電動補機は、遮断器に接続される制御ケーブルが、火災の影響による誤信号で、当該系統の機能を考慮し、厳しい方向に起動又は停止するものとする。

### 6. 火災により想定される事象の抽出

安全評価審査指針にて評価すべき具体的な事象とされる「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」が、単一の内部火災により発生し得るかを分析した。火災により想定される事象の抽出に当たっては、全ての火災区域を対象に分析を実施し、評価対象事象を選定した。

また、内部火災影響評価において、全ての火災区域を対象に、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、原子炉の安全停止が可能であることを確認している。

そこで、本評価では、原子炉の制御に重要な役割を担う中央制御室及び補助盤室における火災を起因として、「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」が発生した場合の評価を実施することとした（図1）。

なお、現場に布設されているケーブルが火災の影響を受けて損傷することにより「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」が発生することを想定した場合でも、中央制御室及び補助盤室における火災と同様に、安全評価審査指針に基づき単一故障を想定しても原子炉の高温停止及び低温停止が達成できる。

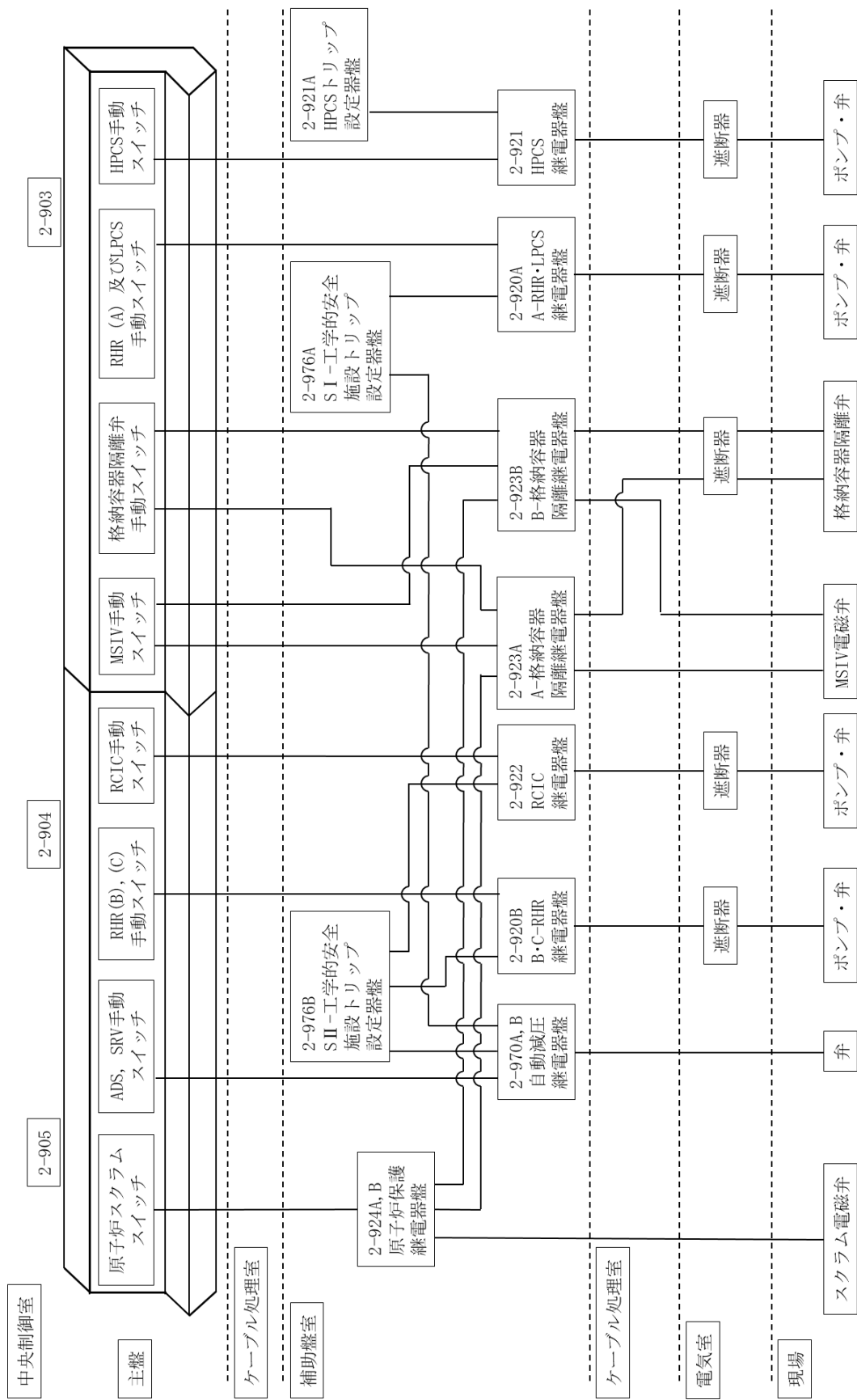


図1 対処系に係る制御盤等の関係図

#### 6.1. 火災を起因とした運転時の異常な過渡変化の発生

安全評価審査指針にて評価すべき具体的な事象とされる「運転時の異常な過渡変化」を表1に示す。

このうち、「原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き」及び「出力運転中の制御棒の異常な引き抜き」については、制御棒駆動系が火災の影響を受けた場合、制御棒の常駆動系が動作不能となり制御棒が引き抜かれることはないため、単一の内部火災によって発生しない事象と整理した。また、「原子炉冷却材流量の部分喪失」及び「原子炉冷却材の停止ループの誤起動」については、単一の内部火災により発生する可能性はあるが、原子炉スクラムには至らない事象であるため、単一の内部火災によって発生しない事象と整理した。

したがって、単一の内部火災を想定した場合に発生しうる「運転時の異常な過渡変化」は上記以外の事象である。

表1 火災を起因とした運転時の異常な過渡変化

運転時の異常な過渡変化	火災の影響	
(1) 炉心内の反応度又は出力分布の異常な変化		
①原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き	—	制御棒駆動系が火災の影響を受けた場合、制御棒の常駆動系が動作不能となる。
②出力運転中の制御棒の異常な引き抜き	—	制御棒駆動系が火災の影響を受けた場合、制御棒の常駆動系が動作不能となる。
(2) 炉心内の熱発生又は熱除去の異常な変化		
③原子炉冷却材流量の部分喪失	—	火災の影響による再循環ポンプの1台停止。ただし、原子炉スクラムには至らない事象。
④原子炉冷却材の停止ループの誤起動	—	火災の影響による再循環ポンプの誤起動。ただし、原子炉スクラムには至らない事象。
⑤外部電源喪失	○	火災の影響による送電系、所内電源系の喪失。本事象は、「⑫給水流量の全喪失」の評価に含まれる。
⑥給水加熱喪失	○	火災の影響による抽気逆止弁の誤閉。
⑦原子炉冷却材流量制御系の誤動作	○	火災の影響による速度制御器の誤動作。
(3) 原子炉冷却材圧力又は原子炉冷却材保有量の異常な変化		
⑧負荷の喪失	○	火災の影響による蒸気加減弁の誤動作。
⑨主蒸気隔離弁の誤閉止	○	火災の影響による主蒸気隔離弁の誤閉止。
⑩給水制御系の故障	○	火災の影響による原子炉給水制御系の誤動作。
⑪原子炉圧力制御系の故障	○	火災の影響による圧力制御装置の誤動作。
⑫給水流量の全喪失	○	火災の影響による原子炉給水ポンプの機能喪失。

注：「○」は、評価対象とする事象、「—」は、評価対象外とする事象を示す



## 6.2. 火災を起因とした設計基準事故の発生

安全評価審査指針にて評価すべき具体的な事象とされる「設計基準事故」を表2に示す。

このうち、「原子炉冷却材ポンプの軸固着」、「制御棒落下」、「放射性気体廃棄物処理施設の破損」、「主蒸気管破断」及び「燃料集合体の落下」については、機械的な損傷に伴い発生する事象であるため、原子炉施設の火災を想定しても発生する可能性はない。

また、「原子炉冷却材喪失」については、単一の内部火災により原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する格納容器内側・外側隔離弁が同時に開となる可能性はないこと、及び単一の内部火災により逃がし安全弁が誤開する可能性はあるが、中央制御室に常駐している運転員が誤開した逃がし安全弁を速やかに閉止することが可能であることから、単一の内部火災によって発生しない事象と整理した。

したがって、単一の内部火災を想定した場合に発生しうる「設計基準事故」は「原子炉冷却材流量の喪失」のみである。

表2 火災を起因とした設計基準事故

設計基準事故	火災の影響	
(1) 原子炉冷却材の喪失又は炉心冷却状態の著しい変化		
①原子炉冷却材喪失	—	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する格納容器内側・外側隔離弁が火災の影響により同時に開となる可能性はない。また、逃がし安全弁が火災の影響により誤開する可能性があるが、中央制御室に常駐している運転員が誤開した逃がし安全弁を速やかに閉止することが可能である。そのため、本事象は火災により発生しない。
②原子炉冷却材流量の喪失	○	火災による再循環ポンプトリップ回路の誤動作。
③原子炉冷却材ポンプの軸固着	—	再循環ポンプの回転軸は火災の影響により機械的に固着しないため、本事象は発生しない。
(2) 反応度の異常な投入又は原子炉出力の急激な変化		
④制御棒落下	—	制御棒駆動機構は火災の影響により機械的に損傷しないため、本事象は発生しない。
(3) 環境への放射性物質の異常な放出		
⑤放射性気体廃棄物処理施設の破損	—	気体廃棄物処理施設は火災の影響により機械的に損傷しないため、本事象は発生しない。
⑥主蒸気管破断	—	主蒸気管は火災の影響により機械的に損傷しないため、本事象は発生しない。
⑦燃料集合体の落下	—	燃料取扱装置は火災の影響により機械的に損傷しないため、本事象は発生しない。
⑧原子炉冷却材喪失	—	①と同じ
⑨制御棒落下	—	④と同じ
(4) 原子炉格納容器内圧力、雰囲気等の異常な変化		
⑩原子炉冷却材喪失	—	①と同じ
⑪可燃性ガスの発生	—	①と同じ

注：「○」は、評価対象とする事象、「—」は、評価対象外とする事象を示す

## 7. 抽出された事象の単一故障評価

6. 項で抽出された事象に加えて、事象収束に必要な系統、機器（以下「対処系」という。）について、安全評価指針に基づく評価と同様に、解析の結果を最も厳しくする単一故障を想定する。

### 7.1. 火災を起因とした「運転時の異常な過渡変化」における単一故障評価

#### 7.1.1. 給水加熱喪失

##### (1) 事象の概要

「給水加熱喪失」は、原子炉の出力運転中に、給水加熱器への蒸気流量が喪失して、給水温度が徐々に低下し、炉心入口サブクーリングが増加して原子炉出力が上昇する事象である（図2）。

##### (2) 事象発生に至る火災想定

本事象は、抽気逆止弁に関する制御盤、制御ケーブル等が単一の内部火災による影響を受けると発生する可能性がある。

本評価では、中央制御室に設置されている次の盤が単一の内部火災により影響を受けることでインターロックが誤動作し、抽気逆止弁の自動閉となることを想定する。

・2-944 タービンテスト盤

##### (3) 単一故障を想定した事象の収束

本事象発生時に対処するために必要な系統、機器のうち、解析の結果を最も厳しくするのは安全保護系（中性子束高スクラム（熱流束相当））の単一故障である。

このことを踏まえ、本事象の収束について確認した結果、本事象の発生に至るタービンテスト盤と、原子炉保護継電器盤及びトリップ設定器盤は分離して設置されており（図3）、火災の影響を受けないことから、安全保護系の単一故障を考慮しても、他の安全保護系にて原子炉は自動停止する。また、高温停止及び低温停止に必要な対処系の制御盤は火災の影響を受けないことから、原子炉は低温停止状態に移行することができる。

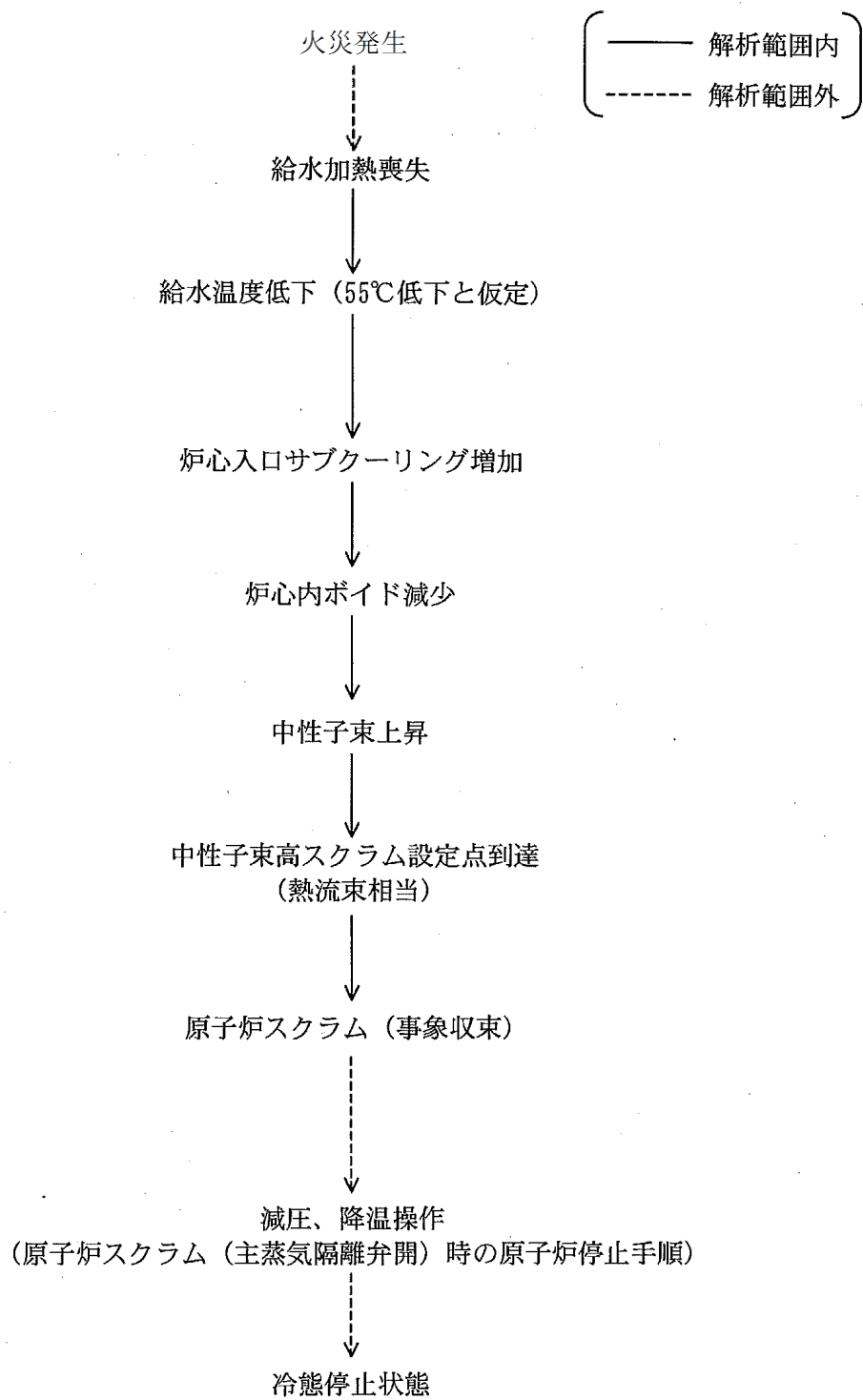


図2 「給水加熱喪失」の事象過程

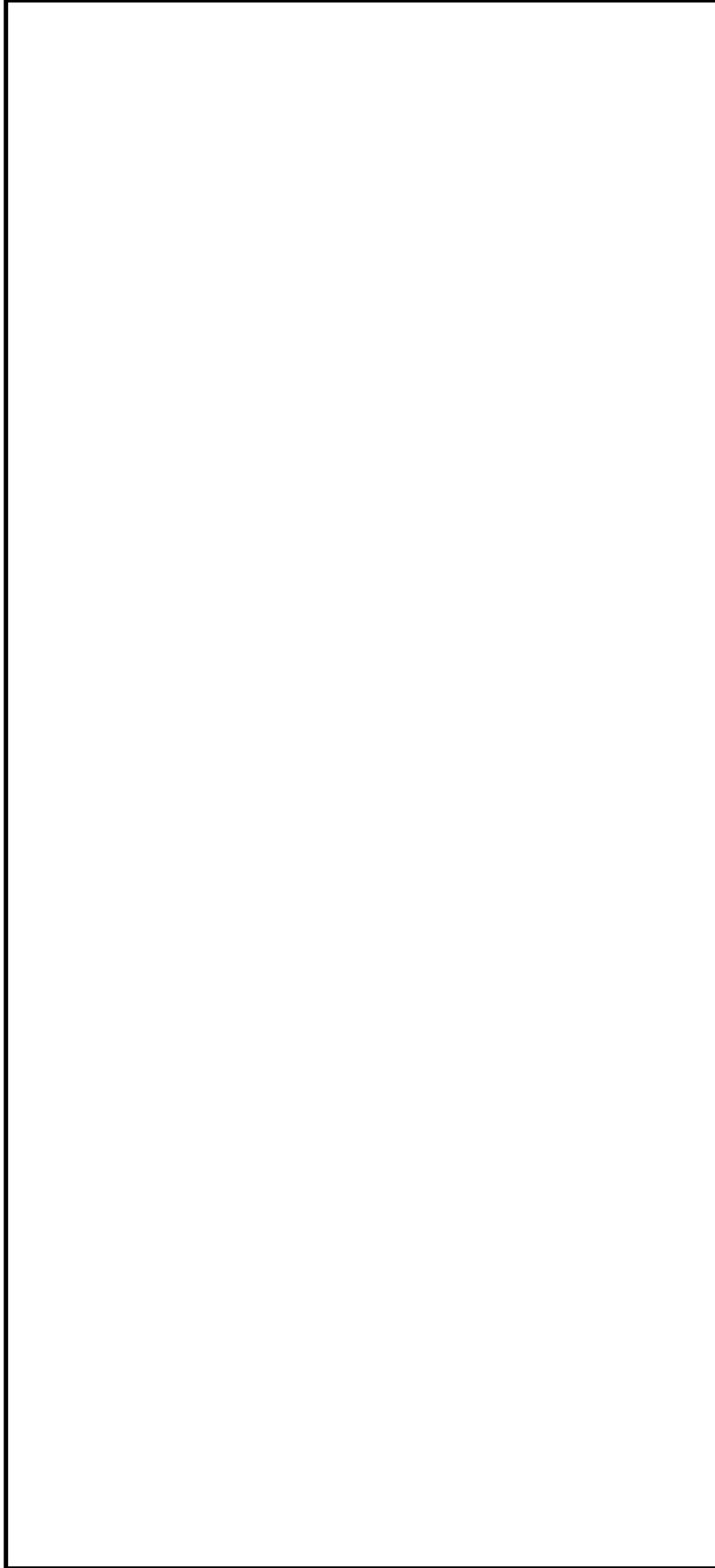


図3 中央制御室及び補助盤室制御御盤の配置図（給水加熱喪失関連）

## 7.1.2. 原子炉冷却材流量制御系の誤動作

### (1) 事象の概要

「原子炉冷却材流量制御系の誤動作」は、原子炉の出力運転中に、原子炉冷却材の再循環流量制御系の故障等により、再循環流量が増加し、原子炉出力が上昇する事象である（図4）。

### (2) 事象発生に至る火災想定

本事象は、再循環流量制御系に関する制御盤、制御ケーブル等が単一の内部火災による影響を受けると発生する可能性がある。

本評価では、補助盤室に設置されている次の盤が単一の内部火災により影響を受けることで制御系の故障により、再循環流量が増加することを想定する。

- ・ 2-932-1A～C 再循環流量制御演算器盤

### (3) 単一故障を想定した事象の収束

本事象発生時に対処するために必要な系統、機器のうち、解析の結果を最も厳しくするのは安全保護系（中性子束高スクラム）の単一故障である。

このことを踏まえ、本事象の収束について確認した結果、本事象の発生に至る再循環流量制御演算器盤と、原子炉保護継電器盤及びトリップ設定器盤は分離して設置されており（図5）、火災の影響を受けないことから、安全保護系の単一故障を考慮しても、他の安全保護系にて原子炉は自動停止する。また、高温停止及び低温停止に必要な対処系の制御盤は火災の影響を受けないことから、原子炉は低温停止状態に移行することができる。

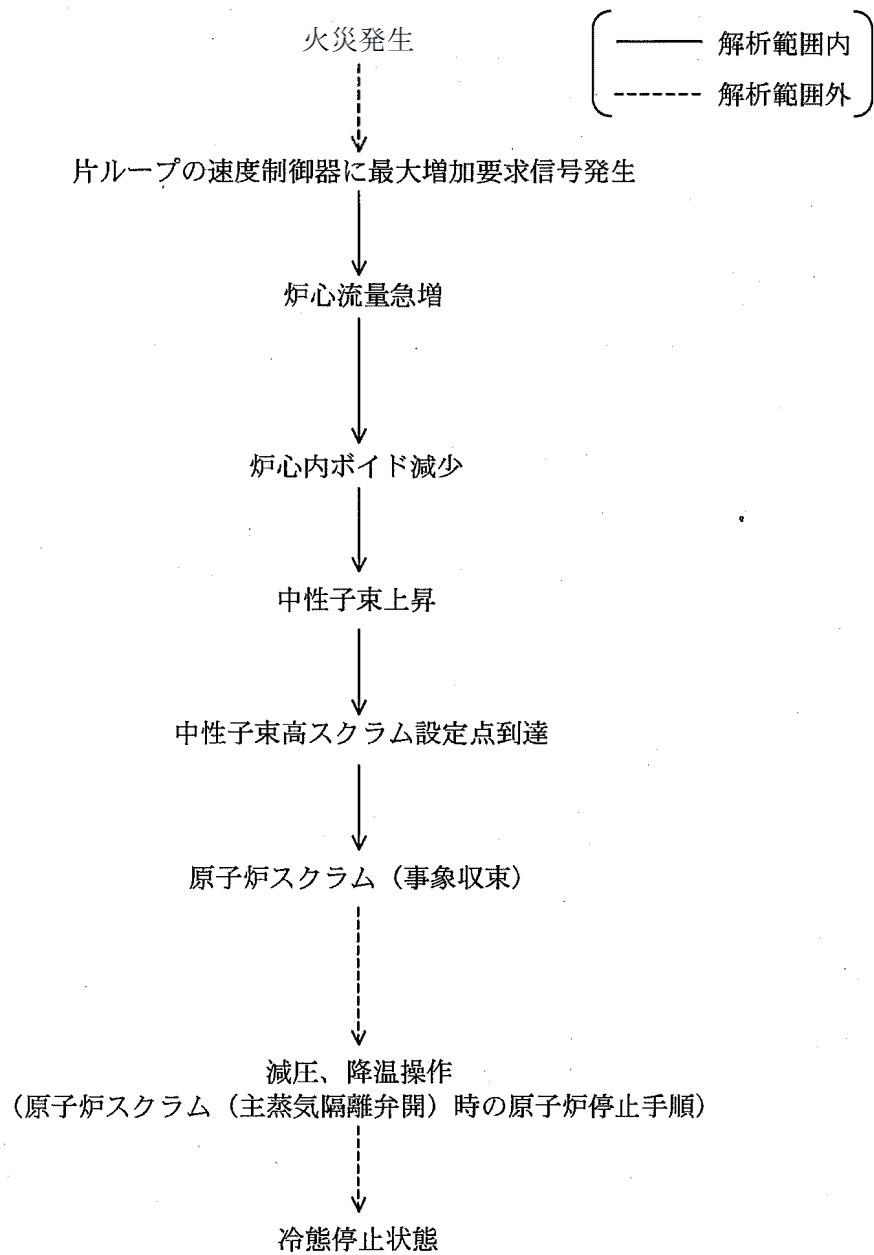


図4 「原子炉冷却材流量制御系の誤動作」の事象過程

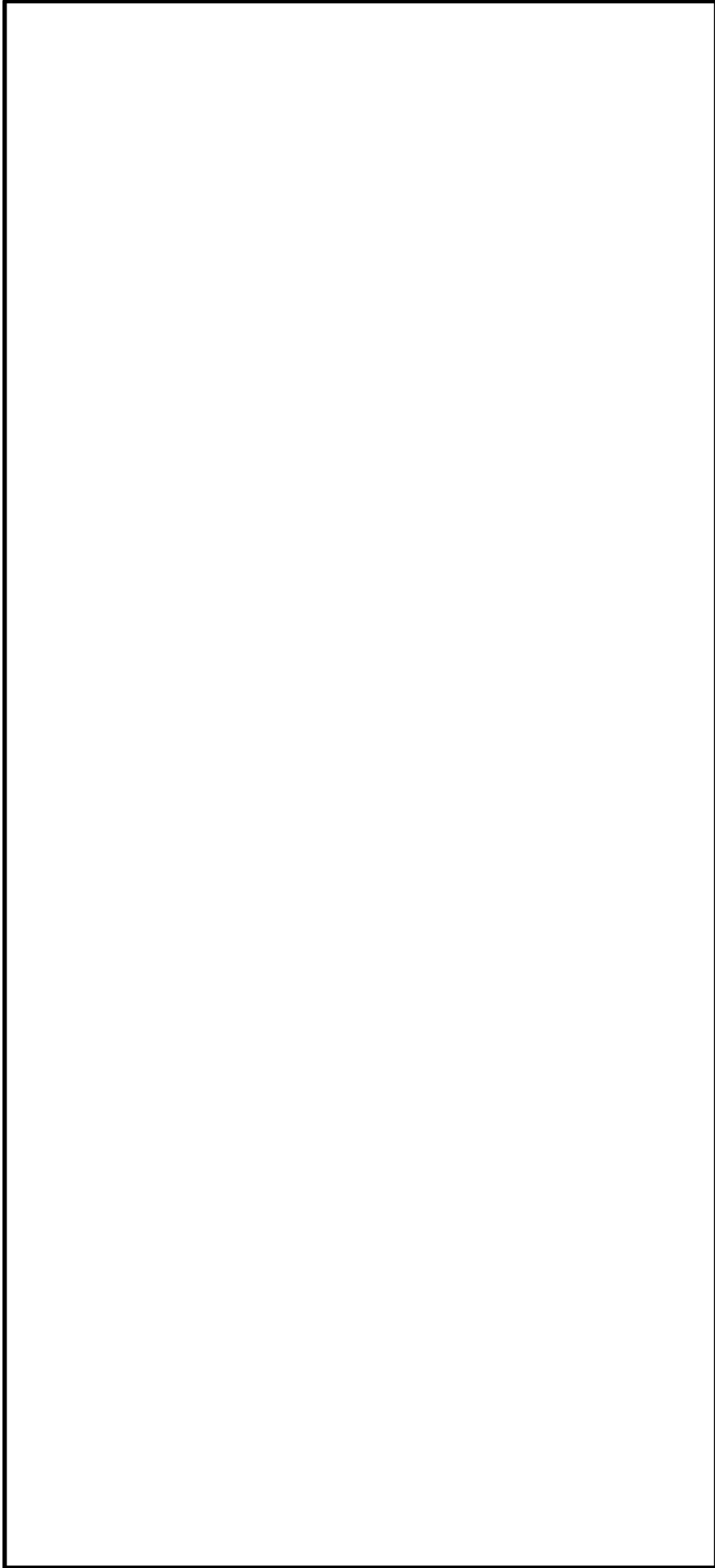


図 5 中央制御室及び補助盤室制御盤の配置図 (原子炉冷却材流量制御系の誤動作関連)



### 7.1.3. 負荷の喪失

#### (1) 事象の概要

「負荷の喪失」は、原子炉の出力運転中に、送電系統の故障等により、発電機負荷遮断が生じ、蒸気加減弁が急速に閉止し、原子炉圧力が上昇する事象である（図6）。

#### (2) 事象発生に至る火災想定

本事象は、タービン制御系に関する制御盤、制御ケーブル等が単一の内部火災による影響を受けると発生する可能性がある。

本評価では、中央制御室及び補助盤室に設置されている次の盤が単一の内部火災により影響を受けることでインターロックが誤動作し、蒸気加減弁が急速に閉止することを想定する。

- ・2-944 タービンテスト盤
- ・2-981A～G EHC 盤

#### (3) 単一故障を想定した事象の収束

本事象発生時に対処するために必要な系統、機器のうち、解析の結果を最も厳しくする単一故障の想定は安全保護系（蒸気加減弁急速閉スクラム）の単一故障である。

このことを踏まえ、本事象の収束について確認した結果、本事象の発生に至るタービンテスト盤及びEHC盤と、原子炉保護継電器盤及びトリップ設定器盤は分離して設置されており（図7）、火災の影響を受けないことから、安全保護系の単一故障を考慮しても、他の安全保護系にて原子炉は自動停止する。また、高温停止及び低温停止に必要な対処系の制御盤は火災の影響を受けないことから、原子炉は低温停止状態に移行することができる。

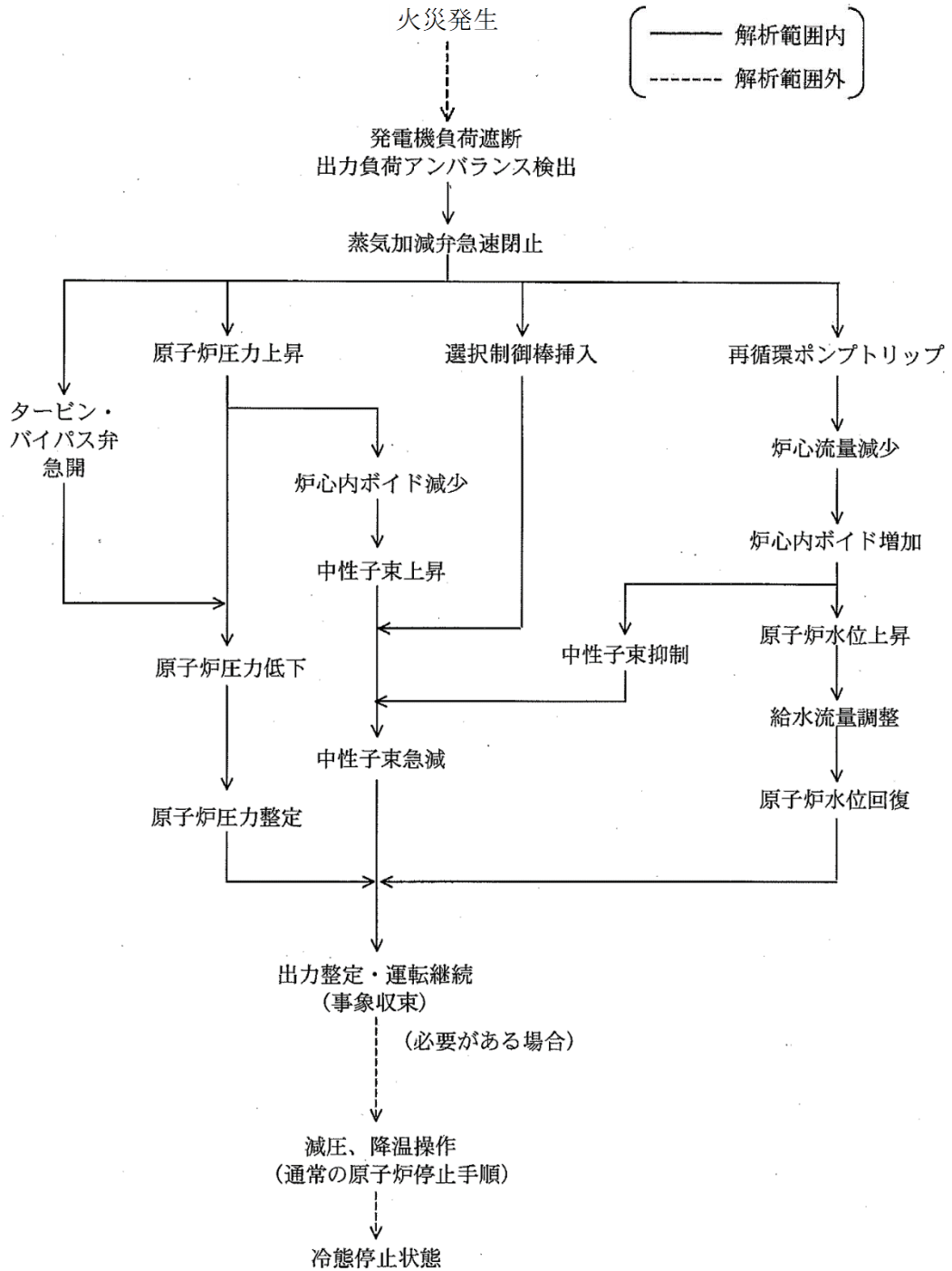


図6 負荷の喪失（蒸気加減弁急速閉止）の事象過程

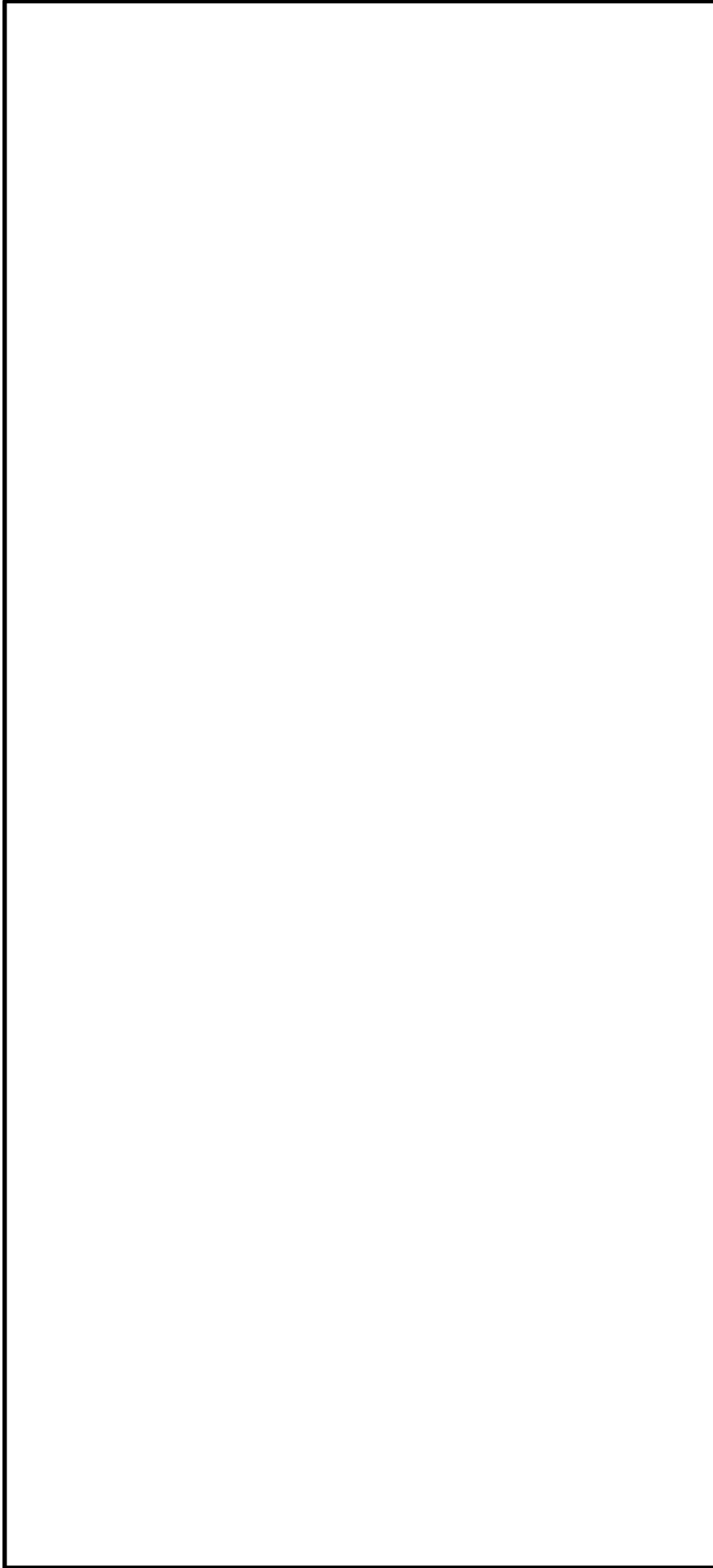


図 7 中央制御室及び補助盤室制御盤の配置図（負荷の喪失関連）

#### 7.1.4. 主蒸気隔離弁の誤閉止

##### (1) 事象の概要

「主蒸気隔離弁の誤閉止」は、原子炉の出力運転中に、原子炉水位低等の誤信号により主蒸気隔離弁が閉止し、原子炉圧力が上昇する事象である（図8）。

##### (2) 事象発生に至る火災想定

本事象は、主蒸気隔離弁に関する制御盤、制御ケーブル等が単一の内部火災による影響を受けると発生する可能性がある。

本評価では、中央制御室及び補助盤室に設置されている次の盤が単一の内部火災により影響を受けることでインターロックが誤動作し、主蒸気隔離弁が閉止することを想定する。

- ・ 2-903 安全設備制御盤
- ・ 2-923A A-格納容器隔離継電器盤
- ・ 2-923B B-格納容器隔離継電器盤

##### (3) 単一故障を想定した事象の収束

本事象発生時に対処するために必要な系統、機器のうち、解析の結果を最も厳しくするのは安全保護系（主蒸気隔離弁閉スクラム）の単一故障である。

このことを踏まえ、本事象の収束について確認した結果、本事象の発生に至る安全設備制御盤、A-格納容器隔離継電器盤及びB-格納容器隔離継電器盤と、原子炉保護継電器盤及びトリップ設定器盤は分離されており（図9）、火災の影響を受けないことから、安全保護系の単一故障を考慮しても、他の安全保護系にて原子炉は自動停止する。また、高温停止及び低温停止に必要な対処系の制御盤は火災の影響を受けないことから、原子炉は低温停止状態に移行することができる。

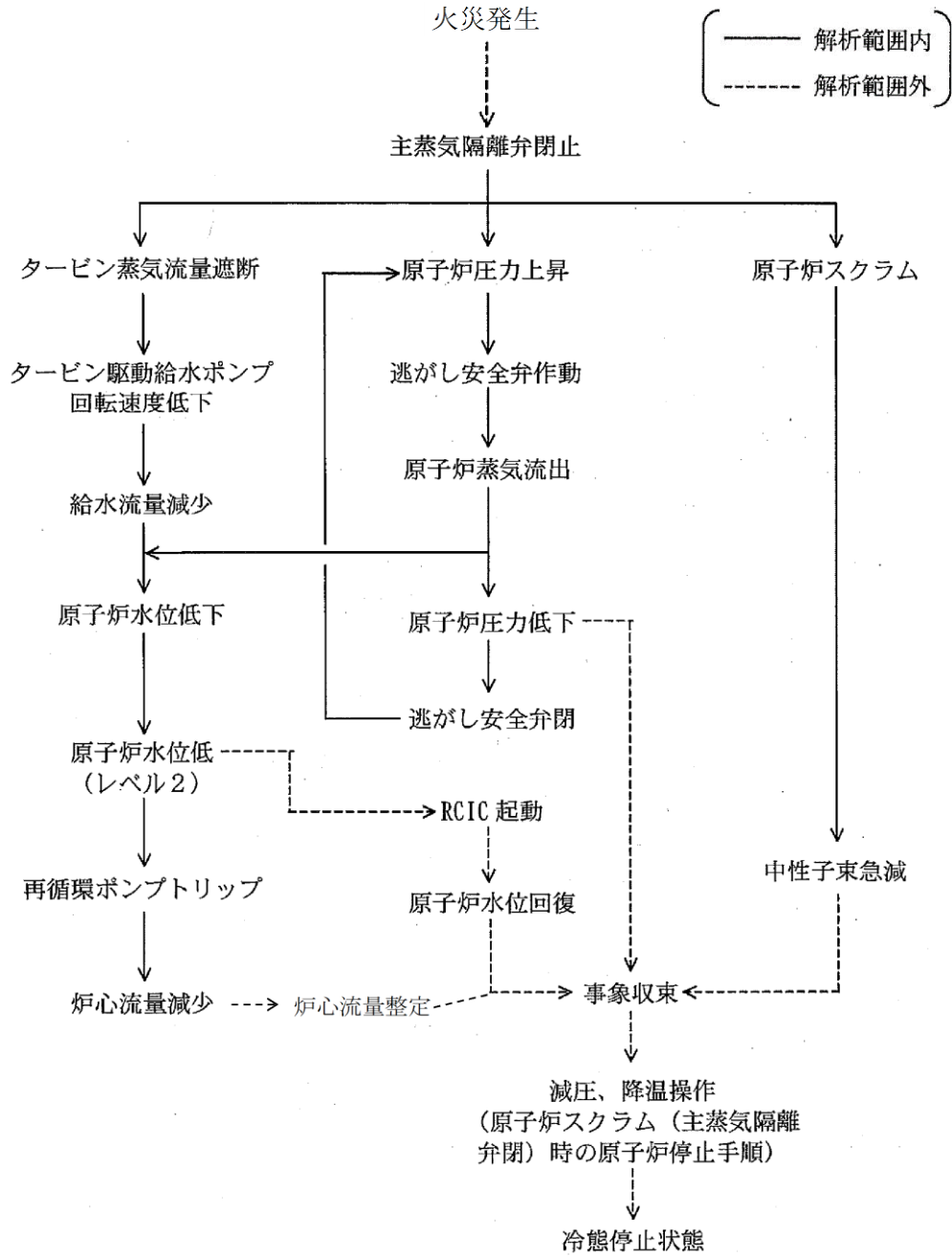


図8 「主蒸気隔離弁の誤閉止」の事象過程

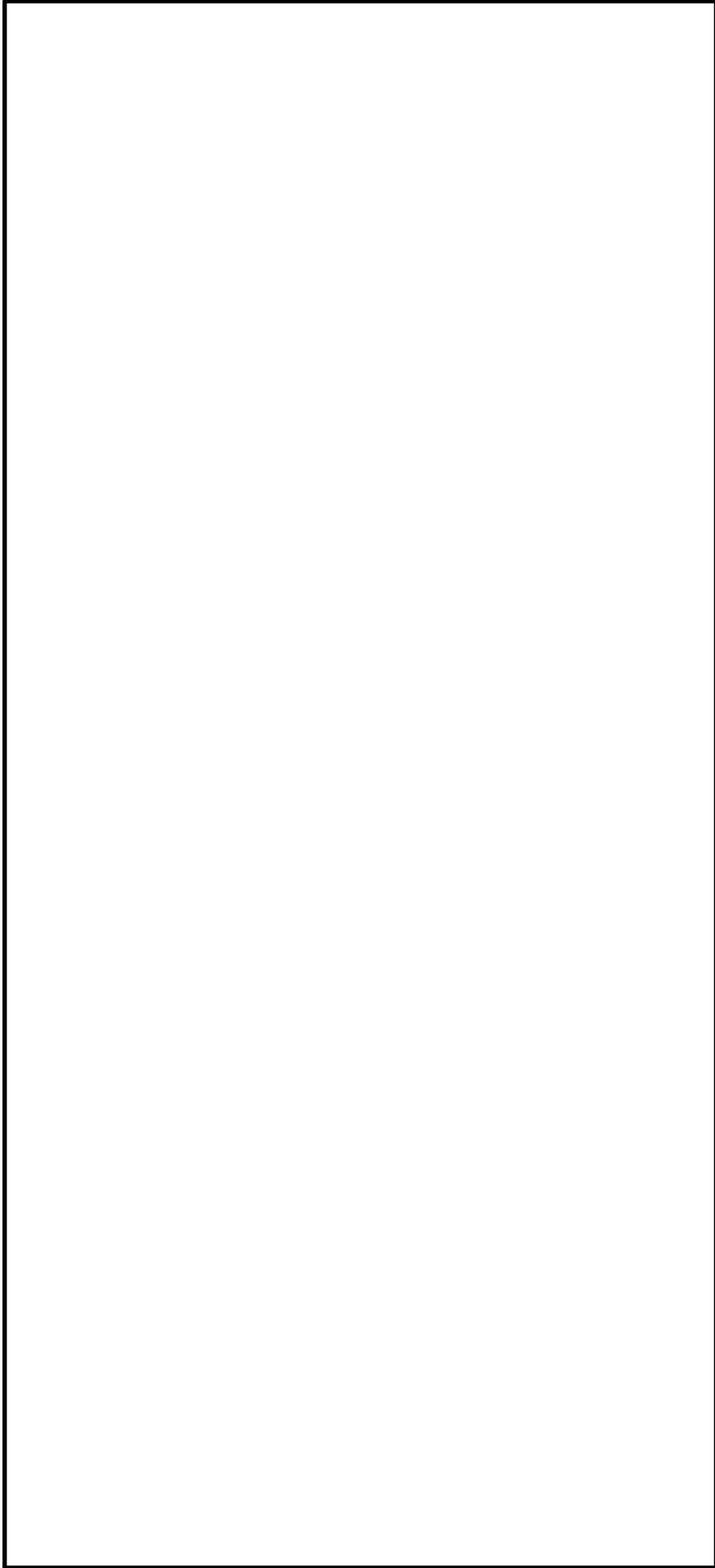


図9 中央制御室及び補助盤室制御御盤の配置図（主蒸気隔離弁の誤閉止関連）

### 7.1.5. 給水制御系の故障

#### (1) 事象の概要

「給水制御系の故障」は、原子炉の出力運転中に、給水制御器の誤動作等により給水流量が急激に増加し、炉心入口サブクーリングが増加して、原子炉出力が上昇する事象である（図 10）。

#### (2) 事象発生に至る火災想定

本事象は、原子炉給水制御系に関する制御盤、制御ケーブル等が単一の内部火災による影響を受けると発生する可能性がある。

本評価では、補助盤室に設置されている次の盤が単一の内部火災により影響を受けることで制御系の故障により、給水流量が急激に増加することを想定する。

- ・ 2-932-2A～D 給水流量制御演算器盤
- ・ 2-982A A-RFP タービン演算器盤
- ・ 2-982B B-RFP タービン演算器盤

#### (3) 単一故障を想定した事象の収束

本事象発生時に対処するために必要な系統、機器のうち、解析の結果を最も厳しくする単一故障の想定は安全保護系（主蒸気止め弁閉スクラム）の単一故障である。

このことを踏まえ、本事象の収束について確認した結果、本事象の発生に至る給水流量制御演算器盤、A-RFP タービン演算器盤及びB-RFP タービン演算器盤と、原子炉保護継電器盤及びトリップ設定器盤は分離して設置されており（図 11）、火災の影響を受けないことから、安全保護系の単一故障を考慮しても、他の安全保護系にて原子炉は自動停止する。また、高温停止及び低温停止に必要な対処系の制御盤は火災の影響を受けないことから、原子炉は低温停止状態に移行することができる。

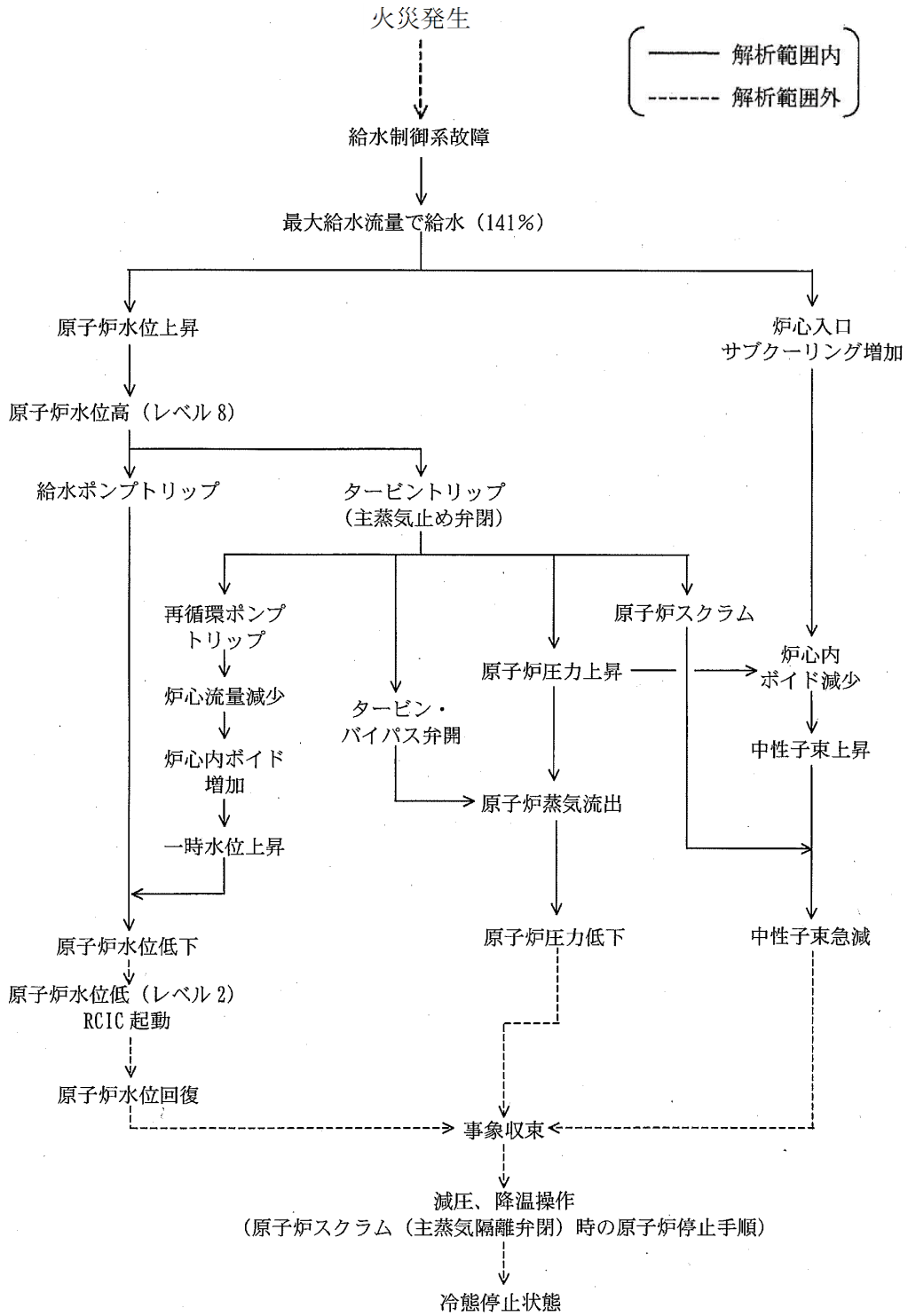


図 10 「給水制御系の故障」の事象過程



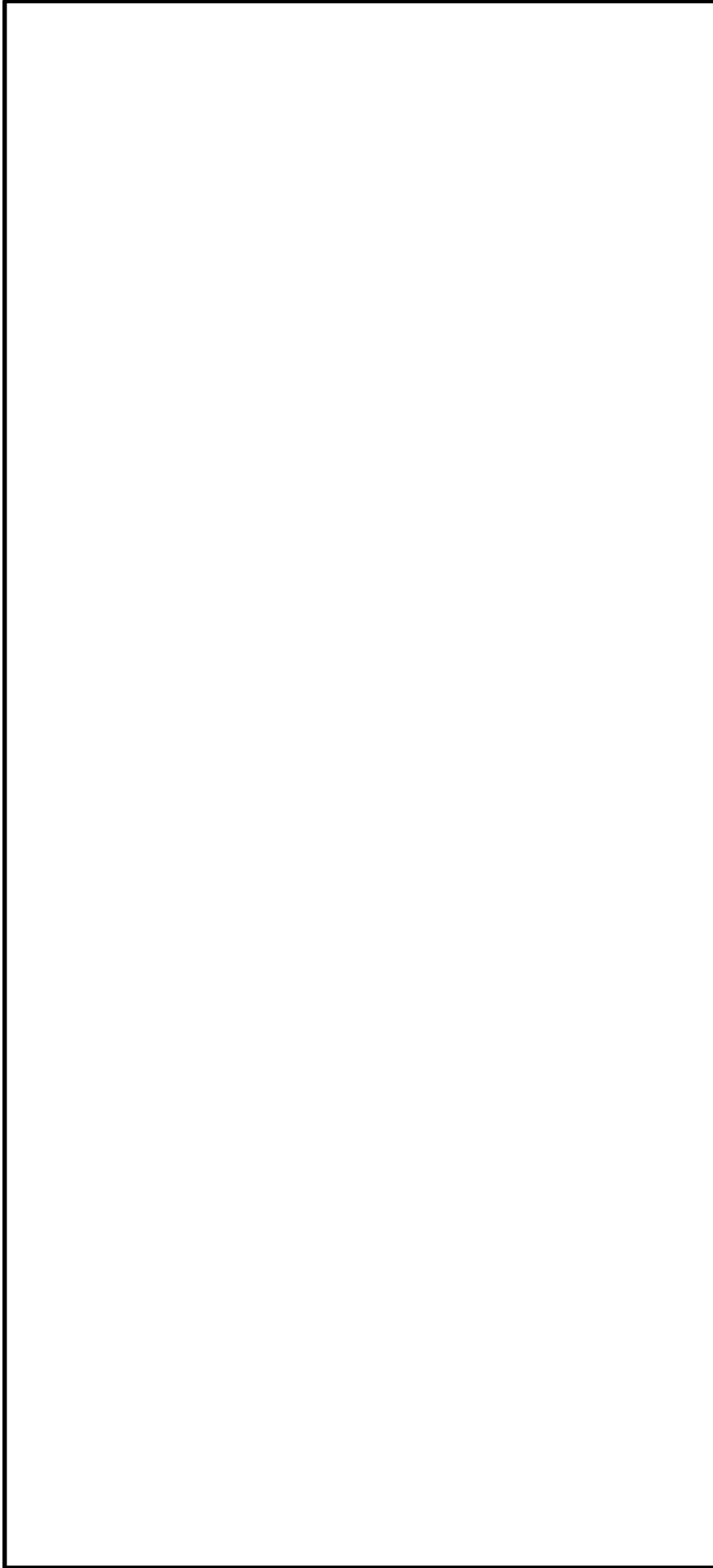


図 11 中央制御室及び補助盤室制御盤の配置図（給水制御系の故障関連）

#### 7.1.6. 原子炉圧力制御系の故障

##### (1) 事象の概要

「圧力制御系の故障」は、原子炉の出力運転中に、圧力制御系の故障等により主蒸気流量が変化する事象である（図 12）。

##### (2) 事象発生に至る火災想定

本事象は、圧力制御系に関する制御盤、制御ケーブル等が単一の内部火災により影響を受けると発生する可能性がある。

本評価では、中央制御室及び補助盤室に設置されている次の盤が単一の内部火災により影響を受けることで制御系の故障により、主蒸気流量が増加することを想定する。

- ・ 2-944 タービンテスト盤
- ・ 2-981A～G EHC 盤

##### (3) 単一故障を想定した事象の収束

本事象発生時に対処するために必要な系統、機器のうち、解析の結果を最も厳しくするのは安全保護系（主蒸気隔離弁閉スクラム）の単一故障である。

このことを踏まえ、本事象の収束について確認した結果、本事象の発生に至るタービンテスト盤及び EHC 盤と、原子炉保護継電器盤及びトリップ設定器盤は分離して設置されており（図 13）、火災の影響を受けないことから、安全保護系の単一故障を考慮しても、他の安全保護系にて原子炉は自動停止する。また、高温停止及び低温停止に必要な対処系の制御盤は火災の影響を受けないことから、原子炉は低温停止状態に移行することができる。

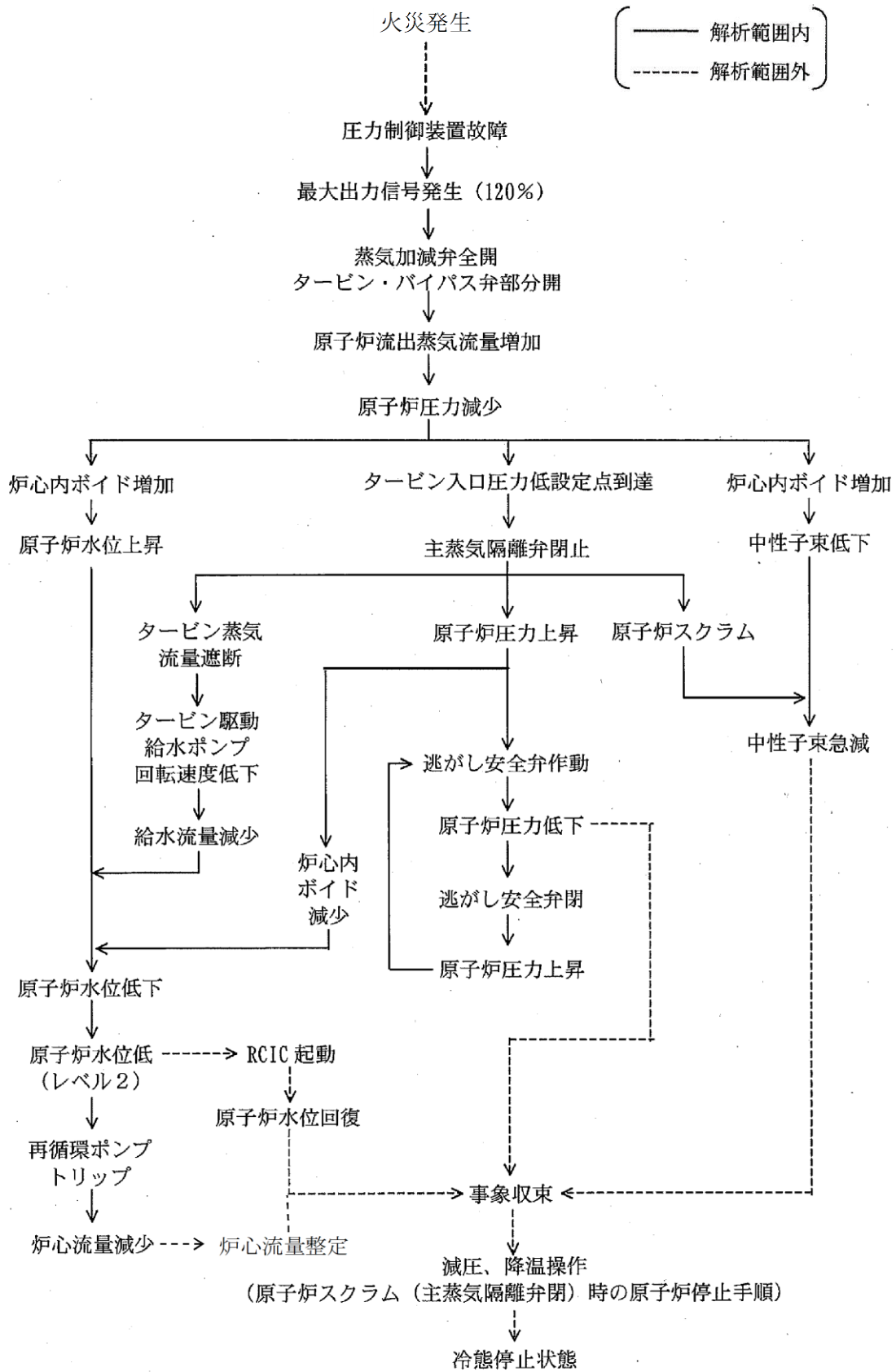


図 12 「圧力制御系の故障」の事象過程

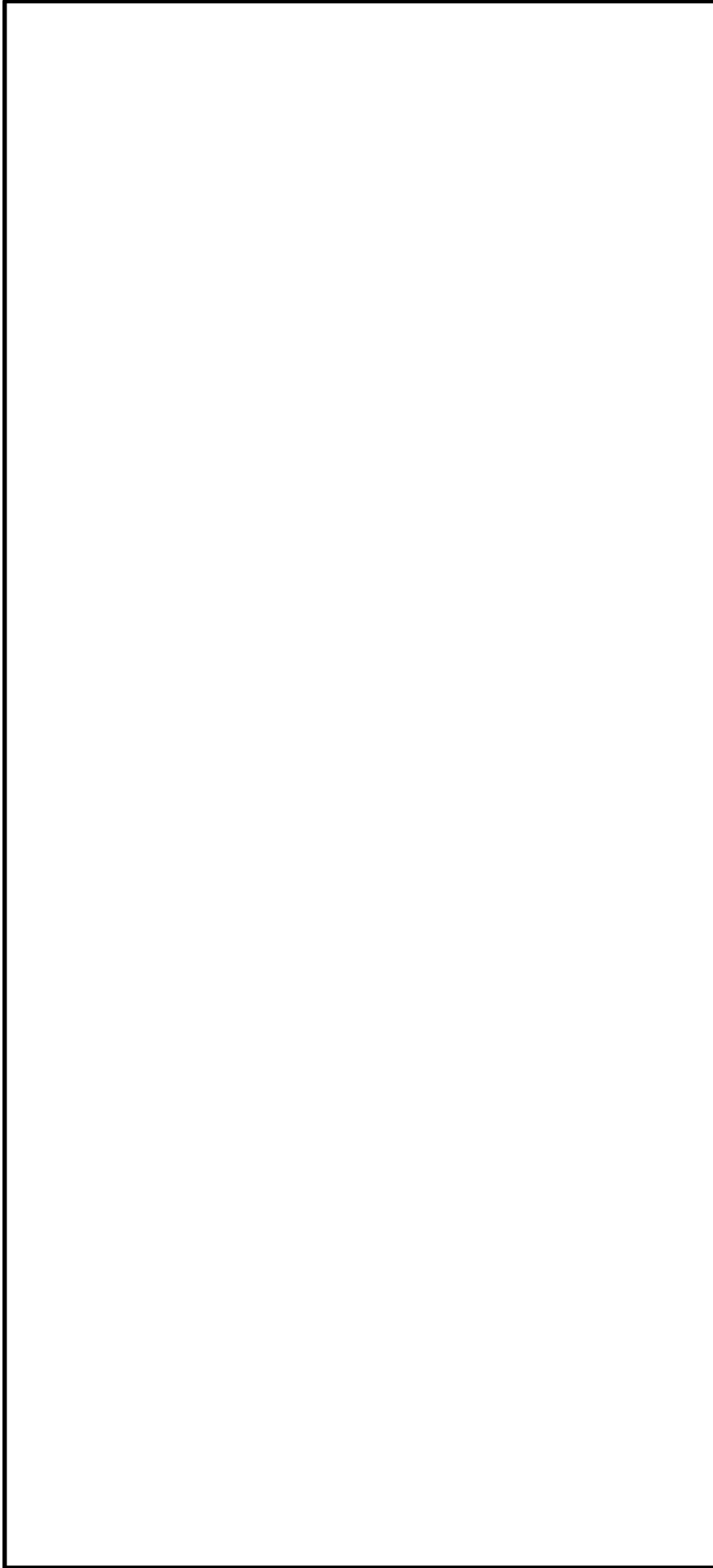


図 13 中央制御室及び補助盤室制御盤の配置図 (原子炉圧力制御系の故障関連)

### 7.1.7. 給水流量の全喪失

#### (1) 事象の概要

「給水流量の全喪失」は、原子炉の出力運転中に、給水制御器の故障又は給水ポンプのトリップにより、部分的な給水流量の減少又は全給水流量の喪失が起こり原子炉水位が低下する事象である（図 14）。

#### (2) 事象発生に至る火災想定

本事象は、原子炉給水制御系に関する制御盤、制御ケーブル等が単一の内部火災による影響を受けると発生する可能性がある。

本評価では、補助盤室に設置されている次の盤が単一の内部火災により影響を受けることで制御系の故障により、全給水ポンプがトリップすることを想定する。

- ・ 2-932-2A～D 給水流量制御演算器盤
- ・ 2-982A A-RFP タービン演算器盤
- ・ 2-982B B-RFP タービン演算器盤

#### (3) 単一故障を想定した事象の収束

本事象発生時に対処するために必要な系統、機器のうち、解析の結果を最も厳しくするのは安全保護系（原子炉水位低（レベル 3）スクラム）の単一故障である。

このことを踏まえ、本事象の収束について確認した結果、本事象の発生に至る給水流量制御演算器盤、A-RFP タービン演算器盤及び B-RFP タービン演算器盤と、原子炉保護継電器盤及びトリップ設定器盤は分離して設置されており（図 15）、火災の影響を受けないことから、安全保護系の単一故障を考慮しても、他の安全保護系にて原子炉は自動停止する。また、高温停止及び低温停止に必要な対処系の制御盤は火災の影響を受けないことから、原子炉は低温停止状態に移行することができる。

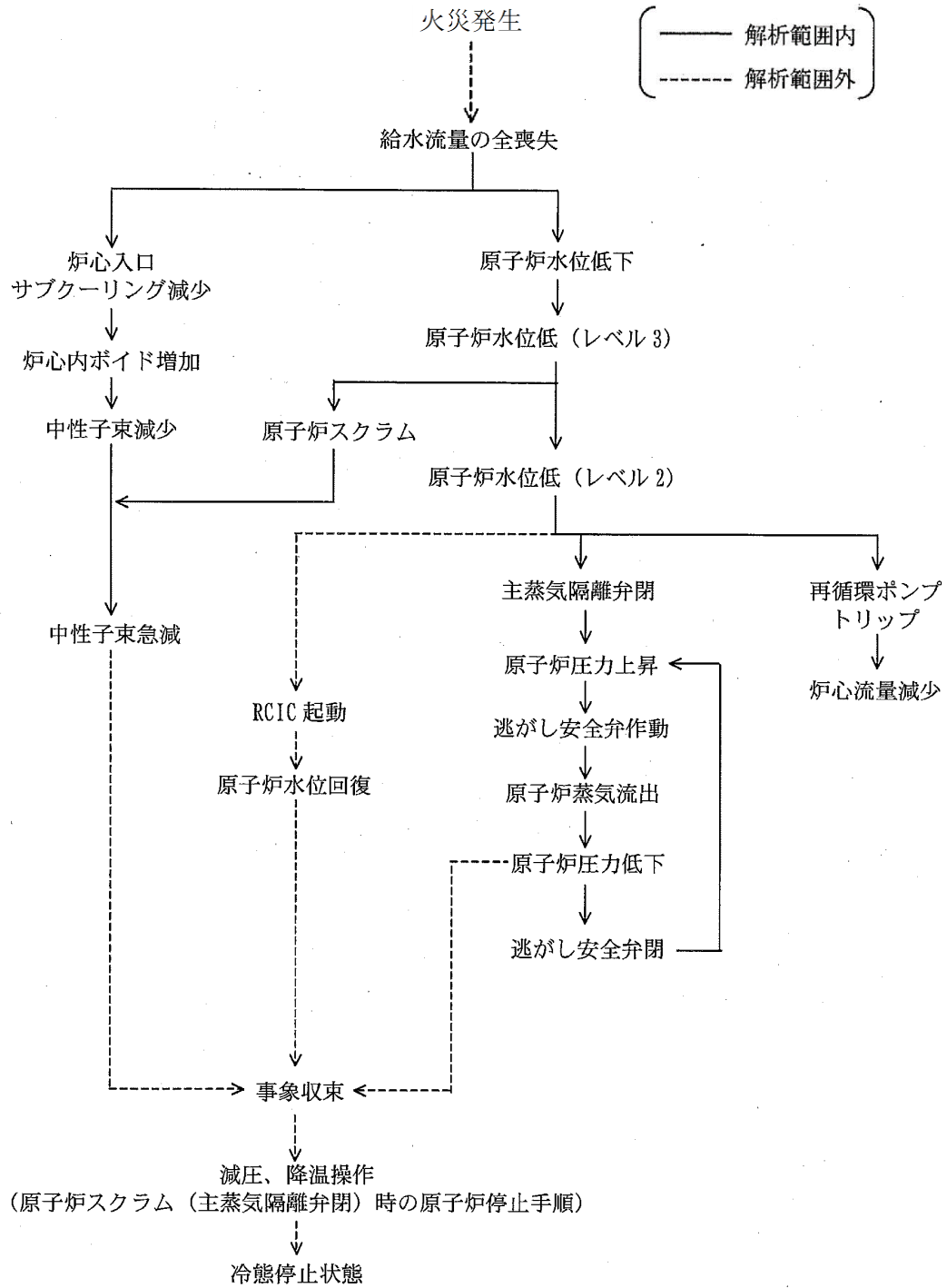


図 14 「給水流量の全喪失」の事象過程

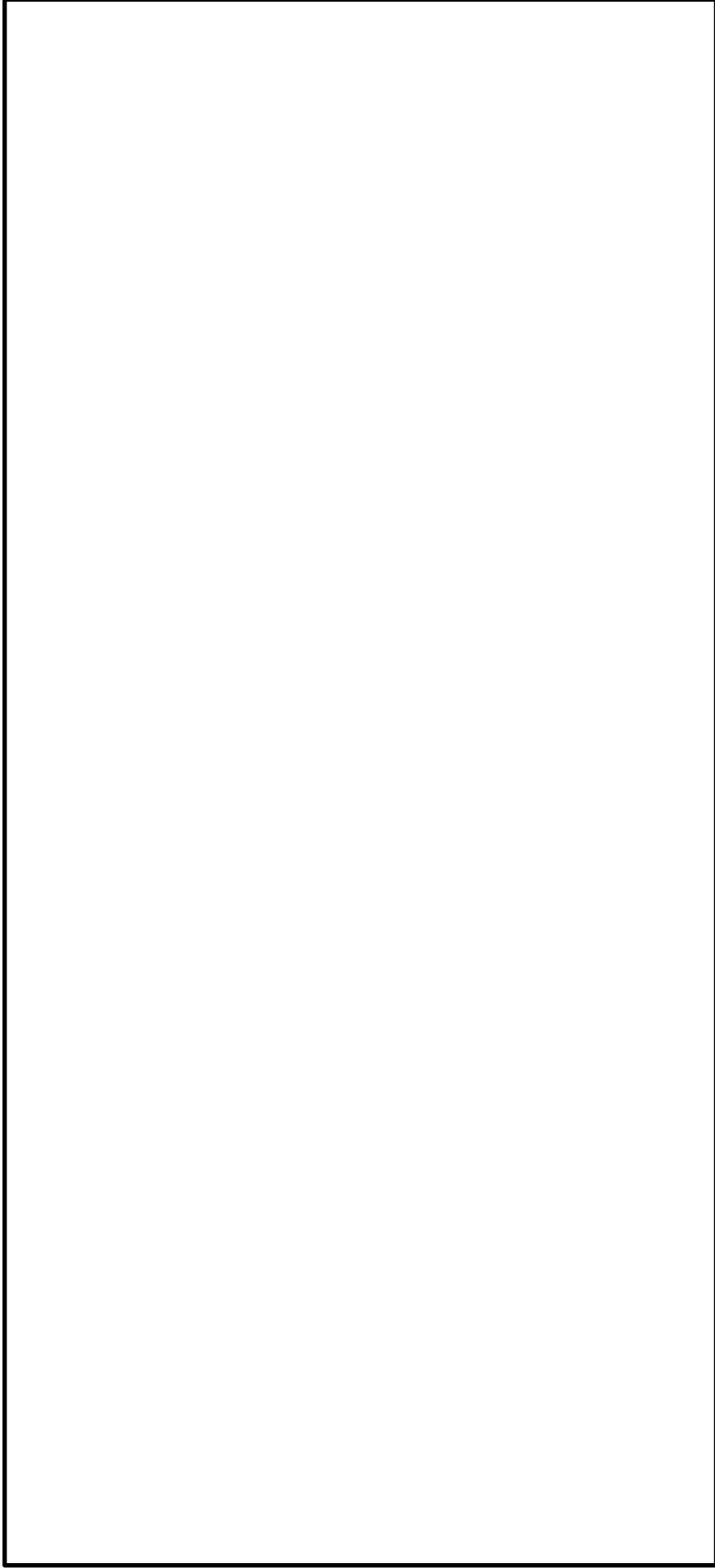


図 15 中央制御室及び補助盤室制御盤の配置図（給水流量の全喪失関連）

## 7.2 火災を起因とした「設計基準事故」における単一故障評価

### 7.2.1. 原子炉冷却材流量の全喪失

#### (1) 事象の概要

「原子炉冷却材流量の全喪失」は、原子炉の出力運転中に、2台の再循環ポンプが何らかの原因でトリップすることにより、炉心流量が定格出力時の流量から自然循環流量にまで大幅に低下して、炉心の冷却能力が低下する事象である（図16）。

#### (2) 事象発生に至る火災想定

本事象は、再循環ポンプトリップ回路に関する制御盤、制御ケーブル等が単一の内部火災による影響を受けると発生する可能性がある。

本評価では、中央制御室及び補助盤室に設置されている次の盤が単一の内部火災により影響を受けることでインターロックが誤動作し、再循環ポンプ2台がトリップすることを想定する。

- ・2-924A A-原子炉保護継電器盤
- ・2-924A B-原子炉保護継電器盤
- ・2-974 AM 設備制御盤

#### (3) 単一故障を想定した事象の収束

本事象発生時に対処するために必要な系統、機器のうち、解析の結果を最も厳しくする単一故障の想定は安全保護系（主蒸気止め弁閉スクラム）の単一故障である。

このことを踏まえ、本事象の収束について確認した結果、本事象の発生に至るAM設備制御盤と、原子炉保護継電器盤及びトリップ設定器盤は分離して設置されている（図17）ため、安全保護系の単一故障を考慮しても、他の安全保護系にて原子炉は自動停止する。また、高温停止及び低温停止に必要な対処系については、再循環ポンプトリップの論理回路と非常用炉心冷却系等の論理回路が同じ原子炉保護継電器盤に存在するが、当該制御盤は安全区分に応じて分離されているため、原子炉は低温停止状態に移行することができる。



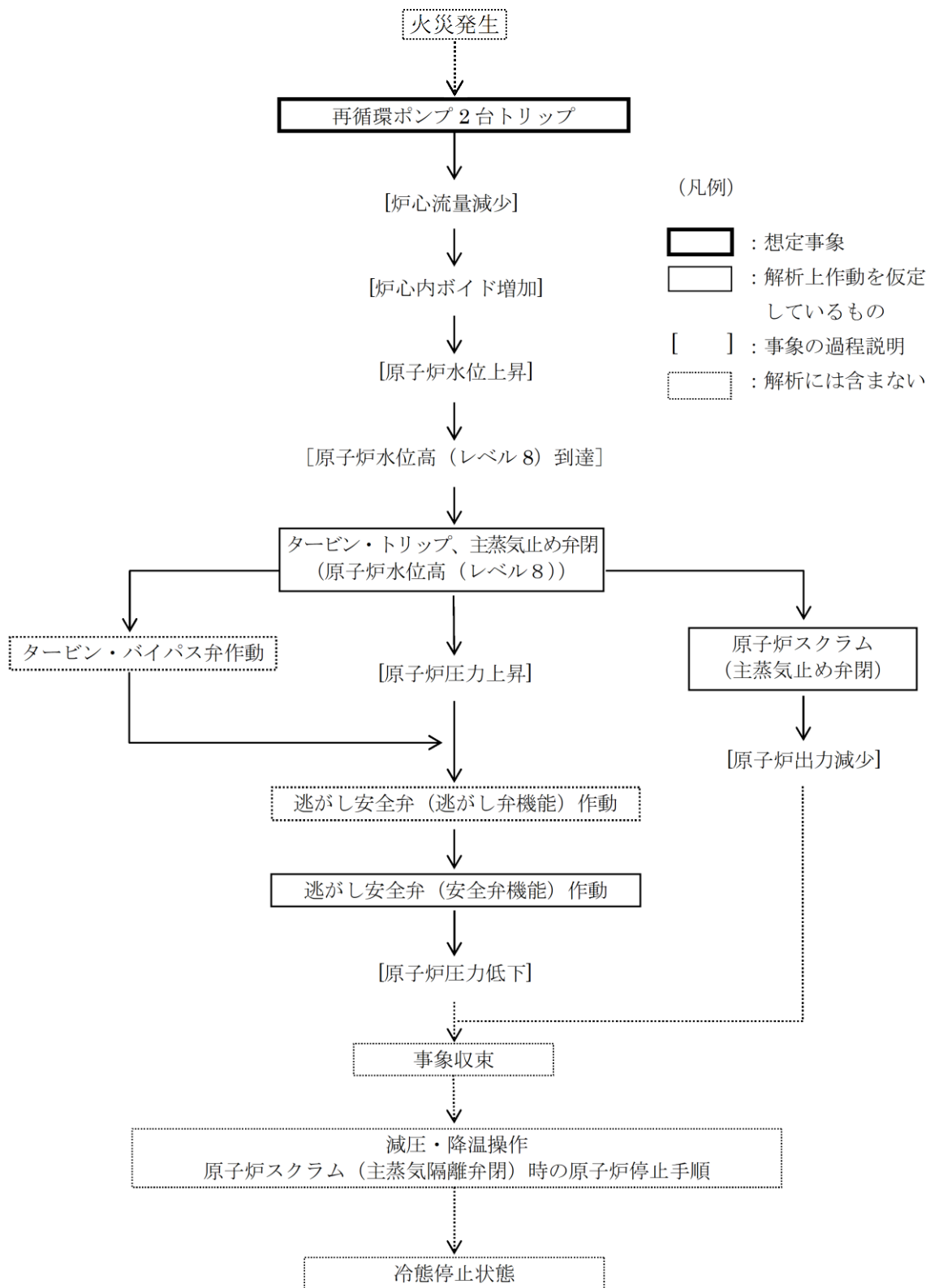


図 16 「原子炉冷却材流量の喪失」の事象過程

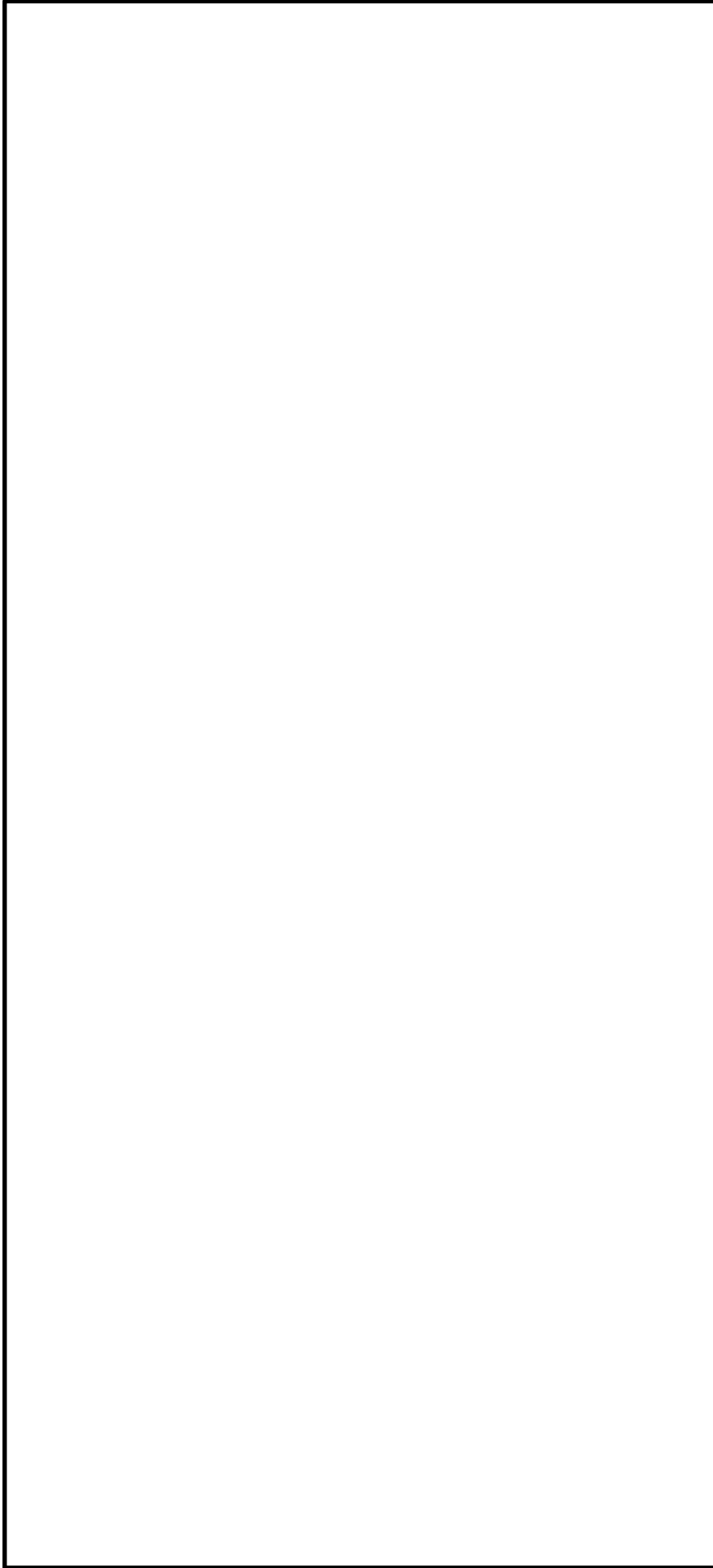


図 17 中央制御室及び補助制御室の配置図 (原子炉冷却材流量の全喪失関連)

## 8. まとめ

安全評価審査指針に基づき、単一の内部火災に起因して発生する可能性ある「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」について、単一故障を想定しても、原子炉を支障なく低温停止に移行できることを確認した。(表 3)

表3 単一故障を考慮した原子炉停止の評価結果の概要

事象名	火災影響	想定する単一故障	単一故障を想定した事象の対処
給水加熱喪失	抽気逆止弁の誤閉により給水加熱器への蒸気流量が喪失して、給水温度が徐々に低下し、原子炉出力が上昇する。	安全保護系 (中性子束高スクラム (熱流束相当))	他の安全保護系により原子炉は自動停止。その後、高温停止状態へ移行し、原子炉隔離時冷却系 (RCIC)、残留熱除去系 (RHR) 等により原子炉は低温停止状態に移行可能。
原子炉冷却材流量制御系の誤動作	再循環流量制御系の誤動作により再循環流量が増加し、原子炉出力が上昇する。	安全保護系 (中性子束高スクラム)	同上
負荷の喪失	蒸気加減弁の急速閉により発電機負荷遮断が生じ、原子炉圧力が上昇する。	安全保護系 (蒸気加減弁急速閉スクラム)	同上
主蒸気隔離弁の誤閉止	主蒸気隔離弁が誤閉止し、原子炉圧力が上昇する。	安全保護系 (主蒸気隔離弁閉スクラム)	同上
給水制御系の故障	原子炉給水制御系の誤動作により給水流量が急激に増加し、炉心入口サブクォーリングが増加して原子炉出力が上昇する。	安全保護系 (主蒸気止め弁閉スクラム)	同上
原子炉圧力制御系の故障	圧力制御系の誤動作により主蒸気流量が増加し、原子炉圧力が減少する。	安全保護系 (主蒸気隔離弁閉スクラム)	同上
給水流量の全喪失	原子炉給水ポンプのトリップにより全給水流量の喪失が起こり、原子炉水位が低下する。	安全保護系 (原子炉水位低 (レベル3) スクラム)	同上
原子炉再循環流量の喪失	2台の再循環ポンプがトリップすることにより、炉心の冷却能力が低下する。	安全保護系 (主蒸気止め弁閉スクラム)	同上

補足説明資料 4-4  
中央制御室制御盤の火災を想定した場合の対応について

## 1. 目的

本資料は、VI-1-1-8 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書 6.2(4)項に示す、中央制御室及び補助盤室内の一つの制御盤の機能が火災により機能がすべて喪失した場合にも、**原子炉の安全停止**が可能である評価の結果を示すために、補足説明資料として添付するものである。

## 2. 内容

中央制御室及び補助盤室内の一つの制御盤の機能が火災により機能がすべて喪失した場合にも、**原子炉の安全停止が可能**である評価の結果を次頁以降に示す。

### 3. 中央制御室及び補助盤室の制御盤の配置

中央制御室及び補助盤室には、図1及び図2のとおり制御盤を配置しており、区分ごと又は系統ごとに分離した設計とする。

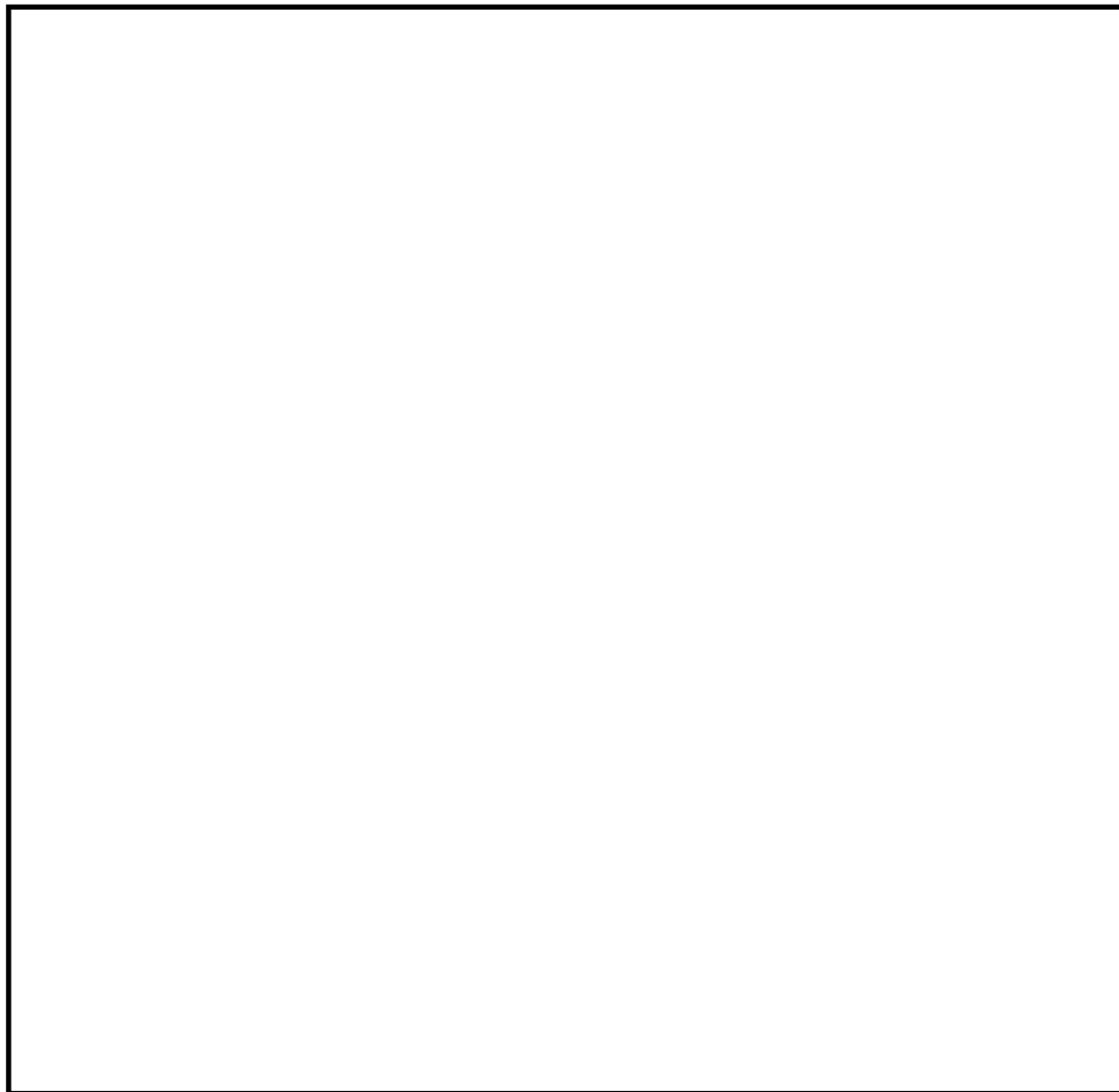


図1 中央制御室の制御盤の配置

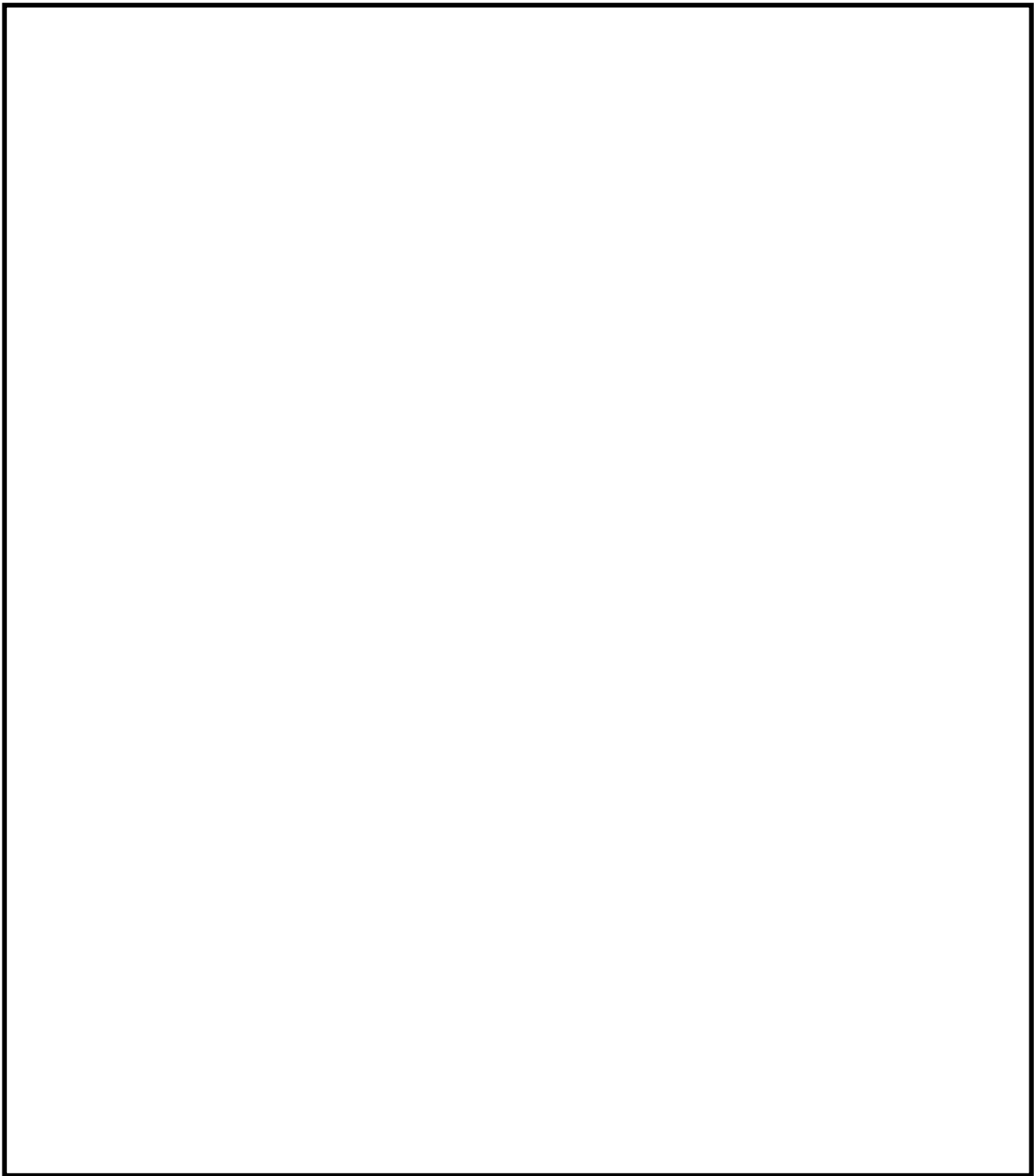


図 2 補助盤室の制御盤の配置



#### 4. 中央制御室及び補助盤室の制御盤の火災による影響の想定

中央制御室には運転員が常駐していることから火災の早期感知・消火が可能であるため、中央制御室及び補助盤室の制御盤にて火災が発生した場合であっても火災による影響は限定的である。しかしながら、ここでは中央制御室及び補助盤室の制御盤で発生する火災とその影響を以下のとおり想定する。

- (1) 保守的に中央制御室又は補助盤室の制御盤の1区画に関連する機能は火災により全損する。
- (2) 隣接する制御盤とは金属の筐体により分離されていること、早期感知・消火が可能であることから隣接盤へ延焼する可能性は低い。
- (3) 異区分が同居する制御盤については、制御盤内部の影響軽減対策を行っていることから、同居する区分の機能が火災により同時に喪失する可能性は低いが、保守的に全て機能喪失する。
- (4) 制御盤に接続するケーブルは、難燃ケーブルを使用する設計とし、中央制御室及び補助盤室とケーブル処理室及び計算機室の貫通部は、3時間の耐火性能を有する貫通部シールを施す設計としていることから、ケーブル処理室及び計算機室に延焼する可能性は低い。

#### 5. 中央制御室及び補助盤室の制御盤の火災発生に対する評価結果

中央制御室又は補助盤室の制御盤の火災により、制御盤1区画が全て機能喪失した場合を想定した評価について、結果を表1及び表2に示す。

例えば、中央制御室又は補助盤室の制御盤1区画において、火災による機能喪失を想定しても、他の区画の制御盤の運転操作及び現場の操作により、**原子炉の安全停止**は可能である。

一方、複数の安全系区分の機器・ケーブル等が一つの盤内に設置されている制御盤については、複数の安全系区分の安全機能が同時に喪失しないように異区分の機器は鋼板や離隔距離による対策がされている。また、これらの制御盤については、運転員が常駐し監視する場所への設置や制御盤内への高感度煙検出設備の設置などにより、火災の早期感知と中央制御室は中央制御室に常駐する運転員による早期の消火活動並びに補助盤室は中央制御室からの手動操作により早期の起動も可能な全域ガス消火設備での消火が可能なることから、複数区分の監視機能が同時に喪失することはない。よって、**原子炉の安全停止**は可能である。

なお、万一、複数の安全系区分の機器・ケーブル等が設置されている制御盤の機能が全て喪失しても、中央制御室外原子炉停止装置室からの操作により、**原子炉の安全停止**が可能である設計とする。

表 1 中央制御室の制御盤における火災影響で喪失する機能

区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)					評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	安全上特に重要な関連機能	
①	2-903			○		○ (冷却水) (電源)	当該盤において火災を想定した場合、区分Ⅲの高圧注水機能が喪失する恐れがあるが、区分Ⅱの原子炉隔離時冷却系並びに区分Ⅰ、Ⅱの自動減圧系及び低圧炉心スプレイ系、残留熱除去系とは盤が独立し分離されていることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
②	2-903		○	○	○	○ (冷却水)	当該盤において火災を想定した場合、主蒸気隔離弁、低圧炉心スプレイ系、残留熱除去系、原子炉補機冷却系、原子炉補機海水系が機能喪失する恐れがあるが、補助盤室にて、弁の閉が可能であること、現場操作にて弁の開閉が可能であること、別区画の残留熱除去系、高圧炉心スプレイ系で注水機能は確保可能であること、別区画の主蒸気逃がし安全弁の開操作及び残留熱除去系で崩壊熱除去が可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。

区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)					評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	安全上特に重要な関連機能	
③	2-904-1		○	○	○	○ (冷却水)	当該盤において火災を想定した場合、主蒸気逃がし安全弁、原子炉隔離時冷却系、残留熱除去系、原子炉補機冷却系、原子炉補機海水系が機能喪失する恐れがあるが、補助盤室にて弁の開閉操作が可能であること、別区画の残留熱除去系、高圧炉心スプレイ系により注水機能は確保可能であること、現場にて弁を手動により閉操作することで、隔離可能であること、補助盤室で自動減圧系にて原子炉の減圧操作及び別区画の低圧炉心スプレイ系、残留熱除去系の注水操作にて機能達成されること、弁の現場操作により、対応可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
④	2-904-2			○			当該盤において火災を想定した場合、原子炉浄化系、炉水サンプリング隔離弁が機能喪失する恐れがあるが、現場にて弁を手動により操作することで隔離機能は達成されること、現場にて電磁接触器の操作により弁を動作可能であること、補助盤室にて弁の操作が可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。

区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)					評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	安全上特に重要な関連機能	
⑤	2-905	○					当該盤において火災を想定した場合、手動スクラムボタンの制御棒挿入が不能となる恐れがあるが、現場での原子炉保護系MGセットの停止操作により、スクラム機能は達成されること、現場にてスクラムパイロット弁用制御空気のブロー操作によりスクラム機能は達成されることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
⑥	2-908					○ (電源)	当該盤において火災を想定した場合、非常用ディーゼル発電機が機能喪失する恐れがあるが、別区画の非常用電源系で対応可能であること、現場にて非常用ディーゼル発電機の起動操作が可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
⑦	2-908					○ (電源)	当該盤において火災を想定した場合、非常用ディーゼル発電機が機能喪失する恐れがあるが、別区画の非常用電源系で対応可能であること、現場にて非常用ディーゼル発電機の起動操作が可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。

区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)					評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	安全上特に重要な関連機能	
⑧	2-909			○			当該盤において火災を想定した場合、主蒸気隔離弁漏洩制御系が機能喪失する恐れがあるが、電源切り運用であるため、誤信号の影響を受けないことから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
⑨	2-965-2					○ (空調)	当該盤において火災を想定した場合、中央制御室空調系が機能喪失する恐れがあるが、別区画の中央制御室空調系の操作により対応可能であること、遮断器の現場操作により対応可能であること、中央制御室外原子炉停止装置により対応可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
⑩	2-965-2					○ (空調)	当該盤において火災を想定した場合、中央制御室空調系が機能喪失する恐れがあるが、別区画の中央制御室空調系の操作により対応可能であること、遮断器の現場操作により対応可能であること、中央制御室外原子炉停止装置により対応可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。

区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)					評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	安全上特に重要な関連機能	
⑪	2-929-1					○ (空調)	当該盤において火災を想定した場合、非常用電気室空調等が機能喪失する恐れがあるが、別区画の空調等に対応可能であることから、遮断器の現場操作により対応可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
⑫	2-929-1					○ (空調)	当該盤において火災を想定した場合、HPCS ポンプ室空調等が機能喪失する恐れがあるが、別区画の原子炉隔離時冷却系で高圧注水機能は確保されること、遮断器の現場操作により対応可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
⑬	2-929-1					○ (空調)	当該盤において火災を想定した場合、非常用電気室空調等が機能喪失する恐れがあるが、別区画の空調等に対応可能であることから、遮断器の現場操作により対応可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。

区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)					評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	安全上特に重要な関連機能	
⑭	2-977			○	○		当該盤において火災を想定した場合、原子炉水サンプルリング内側隔離弁等が機能喪失する恐れがあるが、現場にて電磁接触器による弁の操作が可能であること、現場にて手動による弁の操作が可能であるため、機能は達成されることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
⑮	2-930			○			当該盤において火災を想定した場合、高圧炉心スプレイ系が機能喪失する恐れがあるが、別区画の原子炉隔離次冷却系により高圧注水機能は確保可能であること、別区画の自動減圧系にて原子炉の減圧操作及び残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系のいずれかによる注水操作にて機能は達成されることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。

表 2 補助盤室の制御盤における火災影響で喪失する機能

区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)				原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	安全上特に重要な関連機能	評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能						
⑯	2-961H			○			○		○ (冷却水) (電源) (空調)	当該盤において火災を想定した場合、高圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ補機冷却系、高圧炉心スプレイ系デューゼル発電機が機能喪失する恐れがあるが、別区画の原子炉隔離次冷却系により高圧注水機能は確保可能であること、別区画の自動減圧系にて原子炉の減圧操作及び残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系のいずれかによる注水操作にて機能は達成されることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。	
⑰	2-921			○			○		○ (冷却水系)	当該盤において火災を想定した場合、高圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ補機冷却系、高圧炉心スプレイ補機海水系が機能喪失する恐れがあるが、別区画の原子炉隔離時冷却系により高圧注水機能は確保可能であること、別区画の自動減圧系にて原子炉の減圧操作及び残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系のいずれかによる注水操作にて機能は達成されることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。	
⑱	2-946A						○		○ (電源系)	当該盤において火災を想定した場合、非常用電源系が影響を受ける可能性があるが、火災の影響を受けない中央制御室にて操作することにより対応可能である。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。	



区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)					評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	安全上特に重要な関連機能	
⑬	2-961A	○	○	○	○	○ (冷却水) (空調)	当該盤において火災を想定した場合、原子炉保護系、主蒸気隔離弁、主蒸気逃がし安全弁、原子炉隔離時冷却系、低圧炉心スプレイ系、残留熱除去系、原子炉圧力容器隔離弁、主蒸気隔離弁漏洩制御系、原子炉補機冷却系、原子炉補機海水系、原子炉格納容器隔離弁、中央制御室空調換気系が機能喪失する恐れがあるが、中央制御室での手動スクラム、原子炉保護系 MG セットの停止操作、現場によるスクラムパイロット弁用制御空気のブロー操作のいずれかにより原子炉スクラムは達成されること、中央制御室にて弁操作が可能であること、影響を受けない残留熱除去系、高圧炉心スプレイのいずれかによる注水操作にて機能は達成されること、遮断器の現場操作及び残留熱除去系の弁の現場操作により対応可能であること、影響を受けない原子炉補機冷却系、原子炉補機海水系にて対応可能であること、低圧注水機能は確保可能であること、影響を受けない中央制御室送風機／排風機にて対応可能であること、中央制御室外停止装置により対応可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。

区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)					評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	安全上特に重要な関連機能	
⑳	2-923A		○	○	○		当該盤において火災を想定した場合、主蒸気隔離弁、原子炉圧力容器隔離弁が機能喪失する恐れがあるが、影響を受けない主蒸気外側隔離弁により隔離可能であり、機能は達成されること、別区画の盤にて論理回路電源切により弁の開操作が可能であること、影響を受けない主蒸気ドレン外側隔離弁により隔離可能であり、機能は達成されること、現場にて電磁接触器による弁の開操作が可能であり、隔離機能は達成されること、主蒸気逃がし安全弁の開操作及び残留熱除去系による崩壊熱除去が可能であり、機能は確保されることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
㉑	2-971A					○ (冷却水)	当該盤において火災を想定した場合、原子炉補機冷却系、原子炉補機海水系が機能喪失する恐れがあるが、影響を受けない原子炉補機冷却系、原子炉補機海水系、現場にて手動による弁の操作、遮断器の現場操作により、対応可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。

区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)				安全上特に重要な関連機能	評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能		
②②	2-920A			○	○		当該盤において火災を想定した場合、低圧炉心スプレイ系、残留熱除去系、原子炉隔離時冷却系が機能喪失する恐れがあるが、影響を受けない残留熱除去系、高圧炉心スプレイ系により、注水機能は確保可能であること、遮断器の現場操作により対応可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
②③	2-970A		○				当該盤において火災を想定した場合、主蒸気逃がし安全弁が機能喪失する恐れがあるが、影響を受けない主蒸気逃がし安全弁、別区画の盤にて弁の操作が可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
②④	2-972A			○			当該盤において火災を想定した場合、主蒸気隔離弁漏洩制御系が影響を受ける恐れがあるが、電源切り運用であるため信号発生に伴う弁の動作はない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
②⑤	2-924A	○					当該盤において火災を想定した場合、原子炉保護系が機能喪失する恐れがあるが、現場での原子炉保護系 MG セットの停止操作、現場にてスクラムパイロット弁用制御空気のブロー操作により、スクラム機能は達成されることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。

区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)				安全上特に重要な関連機能	評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能		
②⑤	2-961B	○	○	○	○	○ (冷却水) (空調)	当該盤において火災を想定した場合、原子炉保護系、主蒸気隔離弁、主蒸気逃がし安全弁、原子炉隔離時冷却系、残留熱除去系、原子炉圧力容器隔離弁、主蒸気隔離弁漏洩制御系、原子炉補機冷却系、原子炉補機海水系、原子炉格納容器隔離弁、中央制御室空調換気系が機能喪失する恐れがあるが、中央制御室での手動スクラム、原子炉保護系 MG セットの停止操作、現場によるスクラムパイロット弁用制御空気のブロー操作のいずれかにより原子炉スクラムは達成されること、中央制御室にて弁操作が可能であること、影響を受けない低圧炉心スプレイ系、残留熱除去系、高圧炉心スプレイのいずれかによる注水操作にて機能は達成されること、遮断器の現場操作及び残留熱除去系の弁の現場操作により対応可能であること、影響を受けない原子炉補機冷却系、原子炉補機海水系にて対応可能であること、低圧注水機能は確保可能であること、影響を受けない中央制御室送風機／排風機にて対応可能であること、中央制御室外停止装置により対応可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。

区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)				原子炉停止後の除熱機能	安全上特に重要な関連機能	評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能			
㉗	2-970B		○				当該盤において火災を想定した場合、主蒸気逃がし安全弁が機能喪失する恐れがあるが、影響を受けない主蒸気逃がし安全弁、別区画の盤にて弁の操作が可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。	
㉘	2-922			○			当該盤において火災を想定した場合、原子炉隔離時冷却系が機能喪失する恐れがあるが、影響を受けない高圧炉心スプレイ系により、高圧注水機能を確保可能であること、隔離弁を閉操作することで、隔離可能であること、影響を受けない自動減圧系にて、原子炉の減圧操作及び低圧炉心スプレイ系、残留熱除去系のいずれかによる注水操作により機能は達成されることか、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。	
㉙	2-920B			○	○		当該盤において火災を想定した場合、残留熱除去系、が機能喪失する恐れがあるが、影響を受けない残留熱除去系、現場にて手動による操作を行うことで、機能は確保可能であること、遮断器の現場操作により対応可能であること、影響を受けない低圧炉心スプレイ系により、低圧注水機能は確保可能であること、影響を受けない高圧炉心スプレイ系、残留熱除去系のいずれかによる注水操作にて機能は達成されることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。	

区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)					評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	安全上特に重要な関連機能	
③①	2-971B					○ (冷却水)	当該盤において火災を想定した場合、原子炉補機冷却系、原子炉補機海水系が機能喪失する恐れがあるが、影響を受けない原子炉補機冷却系、原子炉補機海水系、現場にて手動による弁の操作、遮断器の現場操作により、対応可能であることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
③①	2-923B		○	○	○		当該盤において火災を想定した場合、主蒸気隔離弁、原子炉圧力容器隔離弁が機能喪失する恐れがあるが、影響を受けない主蒸気外側隔離弁により隔離可能であり、機能は達成されること、別区画の盤にて論理回路電源切により弁の開操作が可能であること、影響を受けない主蒸気ドレン外側隔離弁により隔離可能であり、機能は達成されること、現場にて電磁接触器による弁の開操作が可能であり、隔離機能は達成されること、主蒸気逃がし安全弁の開操作及び残留熱除去系による崩壊熱除去が可能であり、機能は確保されることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。

区画	盤番号	安全機能 (○：機能有)					評価
		原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	安全上特に重要な関連機能	
③②	2-925	○					当該盤において火災を想定した場合、原子炉保護系が機能喪失する恐れがあるが、現場での原子炉保護系 MG セットの停止操作、現場にてスクラムパイロット弁用制御空気のブロー操作により、スクラム機能は達成されることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
③③	2-924B	○					当該盤において火災を想定した場合、原子炉保護系が機能喪失する恐れがあるが、現場での原子炉保護系 MG セットの停止操作、現場にてスクラムパイロット弁用制御空気のブロー操作により、スクラム機能は達成されることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。
③④	2-934B			○			当該盤において火災を想定した場合、原子炉隔離時冷却系が機能喪失する恐れがあるが、影響を受けない高圧炉心スプレイス系により、高圧注水機能を確保可能であること、影響を受けない自動減圧系にて、原子炉の減圧操作及び低圧炉心スプレイス系、残留熱除去系のいずれかによる注水操作により機能は達成されることから、多重化された安全機能が同時に喪失することはない。よって、原子炉の安全停止は達成可能である。

補足説明資料 4-6  
原子炉格納容器内火災を想定した場合の対応について



## 1. 目的

本資料は、VI-1-1-8 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書 6.2(4)c. 項に示す、原子炉格納容器内火災を想定した場合の対応について、補足説明資料として添付するものである。

## 2. 内容

原子炉格納容器内火災を想定しても、原子炉格納容器内の系統分離対策及び運転員の操作により、原子炉の安全停止は可能である評価の結果を次頁以降に示す。

### 3. はじめに

原子炉起動中の窒素ガス置換（原子炉格納容器内酸素濃度 2%以下）が完了していない時期において、原子炉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、**原子炉の安全停止**が可能であることを確認する。

### 4. 原子炉格納容器内火災による影響の想定

起動時の原子炉格納容器内の火災による影響を以下の通り想定する。

- (1) 火災発生は、原子炉起動中において窒素ガス置換されていない期間である「制御棒引き抜き」から「原子炉格納容器内点検終了」（以下「起動～原子炉格納容器内点検終了」という。）及び「点検終了後」から「窒素ガス置換完了」（以下「原子炉格納容器内点検終了～窒素ガス置換完了」という。）までの期間に発生すると想定する。
- (2) 火災源は、油内包機器である主蒸気内側隔離弁又は原子炉再循環ポンプ用電動機のいずれかの単一火災を想定する。
- (3) 油内包機器である CRD 交換装置については、原子炉起動中を含め使用していないときは、内包油を抜き取り、電源を遮断する。
- (4) 主蒸気内側隔離弁の内包する潤滑油火災は、主蒸気内側隔離弁駆動部及び駆動部から漏えいした潤滑油が溜る堰の双方で発生するものとする。また、原子炉再循環ポンプ電動機の内包する潤滑油火災は、電動機及び電動機から漏えいした潤滑油が溜る堰の双方で発生するものとする。
- (5) 原子炉格納容器内に設置している主蒸気逃がし安全弁等の主要な材料は金属製であること、及び原子炉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、火災が進展する可能性は小さい。ただし、火災の進展は時間の経過とともに、徐々に原子炉格納容器内全域に及ぶものとする。
- (6) 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。
- (7) 電動弁は、火災影響により接続するケーブルが断線し、作動させることが出来ないが、火災発生時の開度を維持するものとする。
- (8) 原子炉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設置されていること」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。

## 5. 原子炉の高温停止及び低温停止の達成，維持について

### 5.1. 起動～原子炉格納容器点検終了

#### (1) 高温停止の達成

原子炉起動中において窒素ガス置換されていない期間である「起動～原子炉格納容器内点検終了」までの期間（約 40 時間）については，主蒸気内側隔離弁は“開”状態（図 1）となっているが，主蒸気内側隔離弁の火災により主蒸気内側隔離弁の閉止，また，原子炉再循環ポンプ用電動機の火災時には手動操作によるスクラム操作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及ぶおそれはない。

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キュレータ，窒素ガス容器，スクラム弁・スクラムパイロット弁は，原子炉格納容器とは別の火災区域に設置されているため，主蒸気内側隔離弁及び原子炉再循環ポンプ用電動機の火災の影響はない。当該ユニットの原子炉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。（図 2）

以上より，主蒸気内側隔離弁及び原子炉再循環ポンプ用電動機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) 低温停止の達成，維持

低温停止の達成，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，自動減圧系（手動逃がし機能）（図 1），残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）（図 3，図 4），原子炉隔離時冷却系（図 5），逃がし安全弁（手動逃がし機能），高圧炉心スプレイ系（図 6）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原子炉格納容器とは別の火災区域に設置されているため，主蒸気内側隔離弁及び原子炉再循環ポンプ用電動機の火災の影響はないが，原子炉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の進展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。

しかしながら，起動～原子炉格納容器点検終了までの間は，原子炉格納容器内には窒素ガス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緊急停止操作を行うとともに初期消火要員が原子炉格納容器所員用エアロック室に急行（10 分以内）し，火災影響が及んでいない中性子源領域計装（SRM）で未臨界状態を確認した後に，所員用エアロックを開放（10 分以内）し，原子炉格納容器内に入り消火活動を行うことは可能である。

よって，原子炉格納容器内の電動弁及び電磁弁について，主蒸気内側隔離弁又は原子炉再循環ポンプ用電動機の火災影響により全て機能喪失したとしても，原子炉格納容器内に設置された RHR 炉水入口内側隔離弁（MV222-6）にアクセスして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）による原子炉の低温停止の達成，維持は可能である。

## 5.2. 原子炉格納容器内点検終了～窒素ガス置換完了

### (1) 高温停止の達成

原子炉起動中かつ窒素ガス置換を行っている期間（原子炉格納容器内の酸素濃度 2% まで約 7 時間）である「原子炉格納容器内点検終了～窒素ガス置換完了」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、また、原子炉再循環ポンプ用電動機の火災時には手動操作によるスクラム操作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。

5.1(1)項に示すとおり、制御棒駆動機構及び制御棒駆動水圧系水圧制御ユニットは、火災によって影響が及ぶおそれはないことから原子炉の高温停止を達成することは可能である。

### (2) 低温停止の達成、維持

低温停止の達成、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、自動減圧系（手動逃がし機能）（図 1）、残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）（図 3、図 4）、原子炉隔離時冷却系（図 5）、逃がし安全弁（手動逃がし機能）、高圧炉心スプレイ系（図 6）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原子炉格納容器とは別の火災区域に設置されているため、主蒸気内側隔離弁及び原子炉再循環ポンプ用電動機の火災の影響はないが、原子炉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の進展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。

原子炉の起動工程において窒素ガス置換を優先し、原子炉格納容器内点検時からのプラント停止状態を維持する。

この状態で、主蒸気内側隔離弁又は原子炉再循環ポンプ用電動機で火災が発生した場合には、原子炉格納容器の窒素ガス封入作業については、原子炉格納容器内酸素濃度 2% になる時点まで継続し、その後窒素ガス排出作業を行い、原子炉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。

原子炉の低温停止の達成、維持は、5.1(2)項に示すとおり、原子炉格納容器内に設置された RHR 炉水入口内側隔離弁(MV222-6)にアクセスして手動開操作を行うことで可能である。

## 6. 内部火災影響評価

火災の影響軽減のための対策を前提とし、設備等の設置状況を踏まえた可燃性物質の量等を基に想定される原子炉格納容器内の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、原子炉の安全停止ができることを「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」(平成 25 年 6 月) (以下、「評価ガイド」という。)に基づき確認する。

### (1) 特性表の作成

原子炉格納容器内に設置される機器等の情報を特性表に示す。

(別紙 1)

### (2) 火災の伝播評価

原子炉格納容器に火災を想定した場合の隣接火災区域への影響を評価した結果、隣接火災区域への火災伝播の可能性がないことを確認した。

(別紙 1 特性表Ⅲ)

### (3) 火災影響評価

火災影響評価においては、評価ガイドに示される火災力学ツール FDT<sup>S</sup> (Fire Dynamics Tools) により油内包機器となる火災源の火炎の高さ、輻射、プルームの範囲内に火災防護対象機器等が存在しないことを確認した。このため、原子炉格納容器内の火災を想定しても、原子炉の安全停止に必要な方策が少なくとも一つ確保される。

(別紙 2)

## 7. まとめ

5. 項及び 6. 項に示すとおり、起動中の原子炉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安全停止が可能である。なお、原子炉の状態に応じた原子炉格納容器内の火災感知器及び消火設備の状態を別紙 3 に示す。

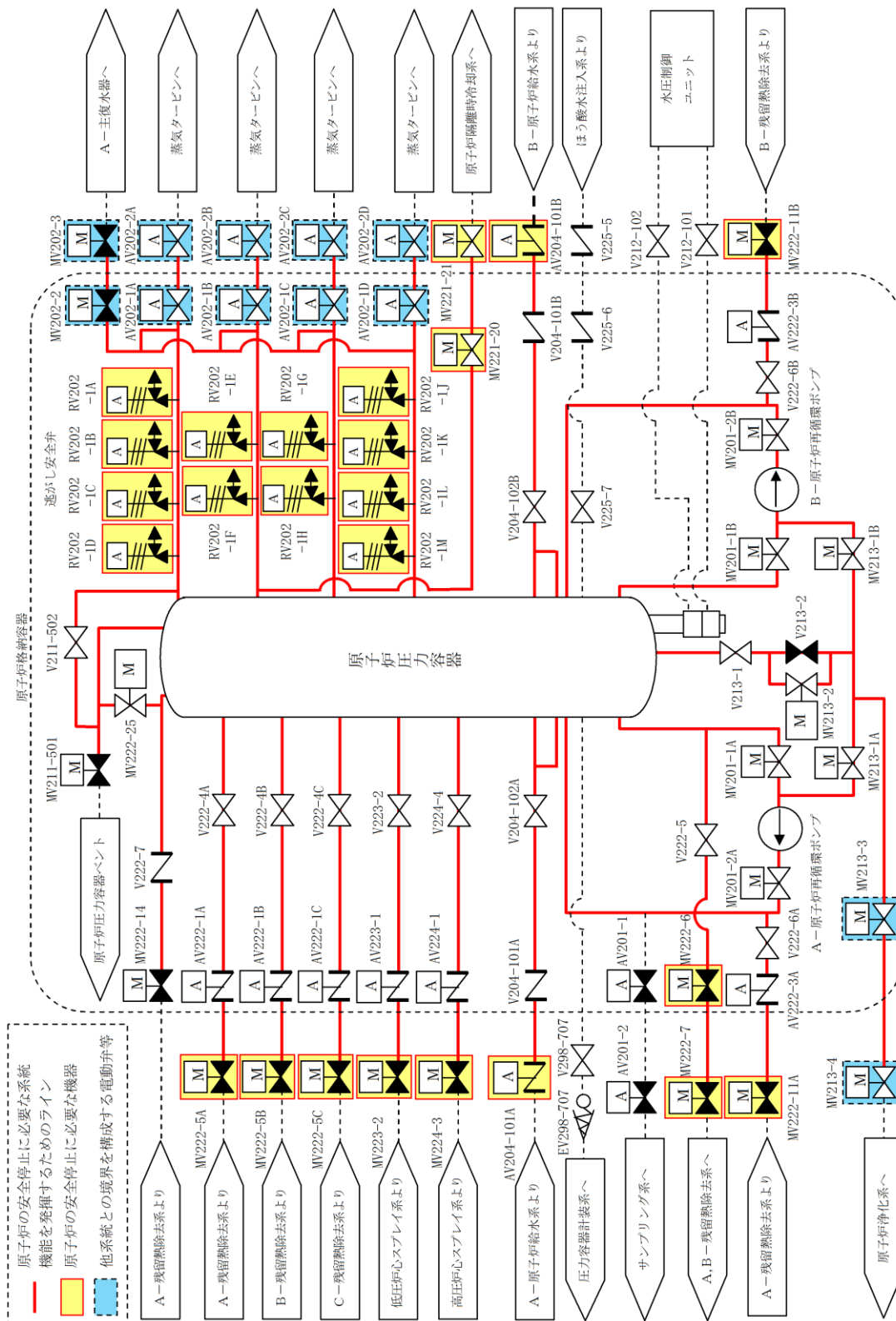


図1 原子炉冷却材圧力バウンダリ/自動減圧系/逃がし安全弁

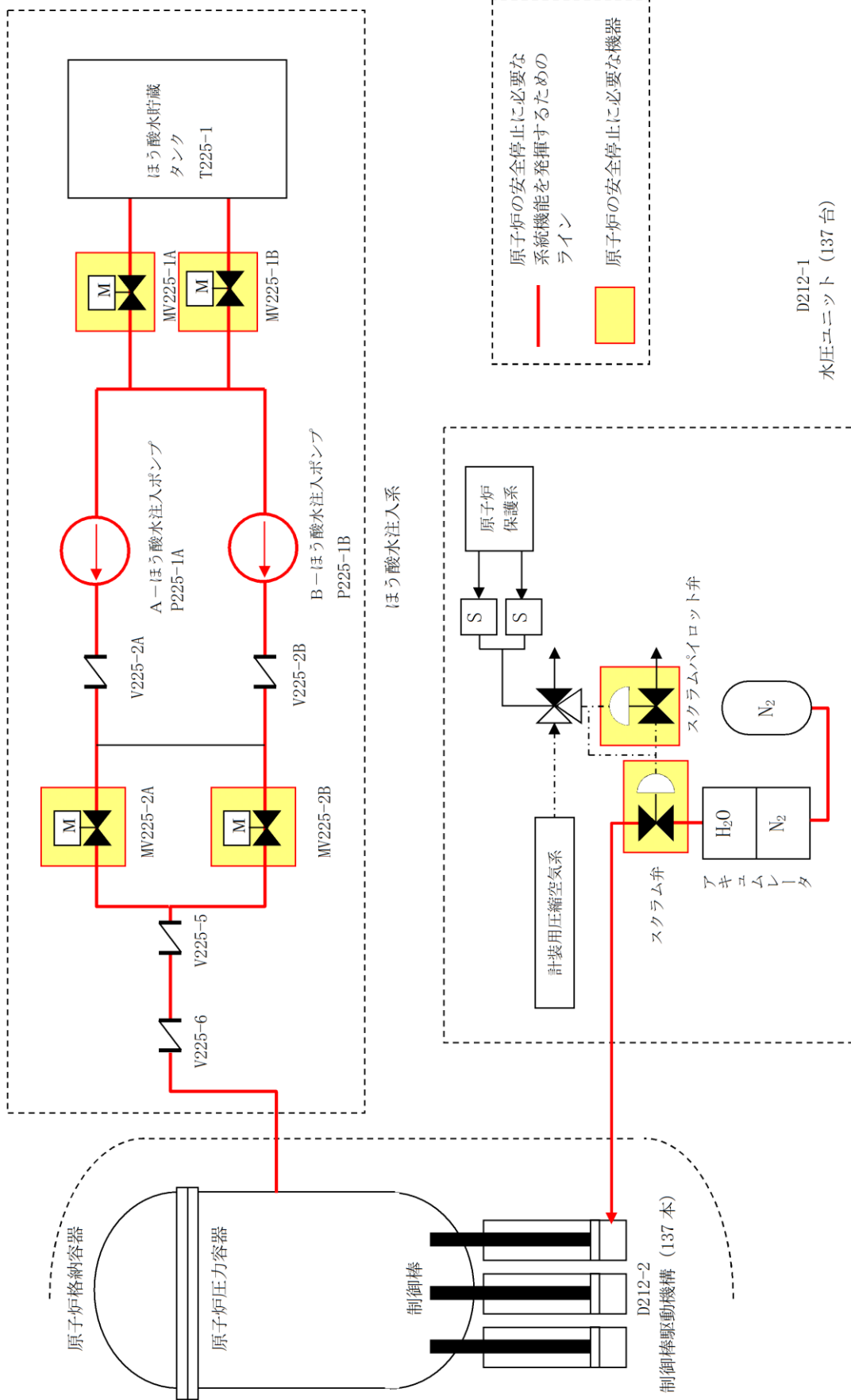


図2 ほう酸水注入系及び制御棒による系

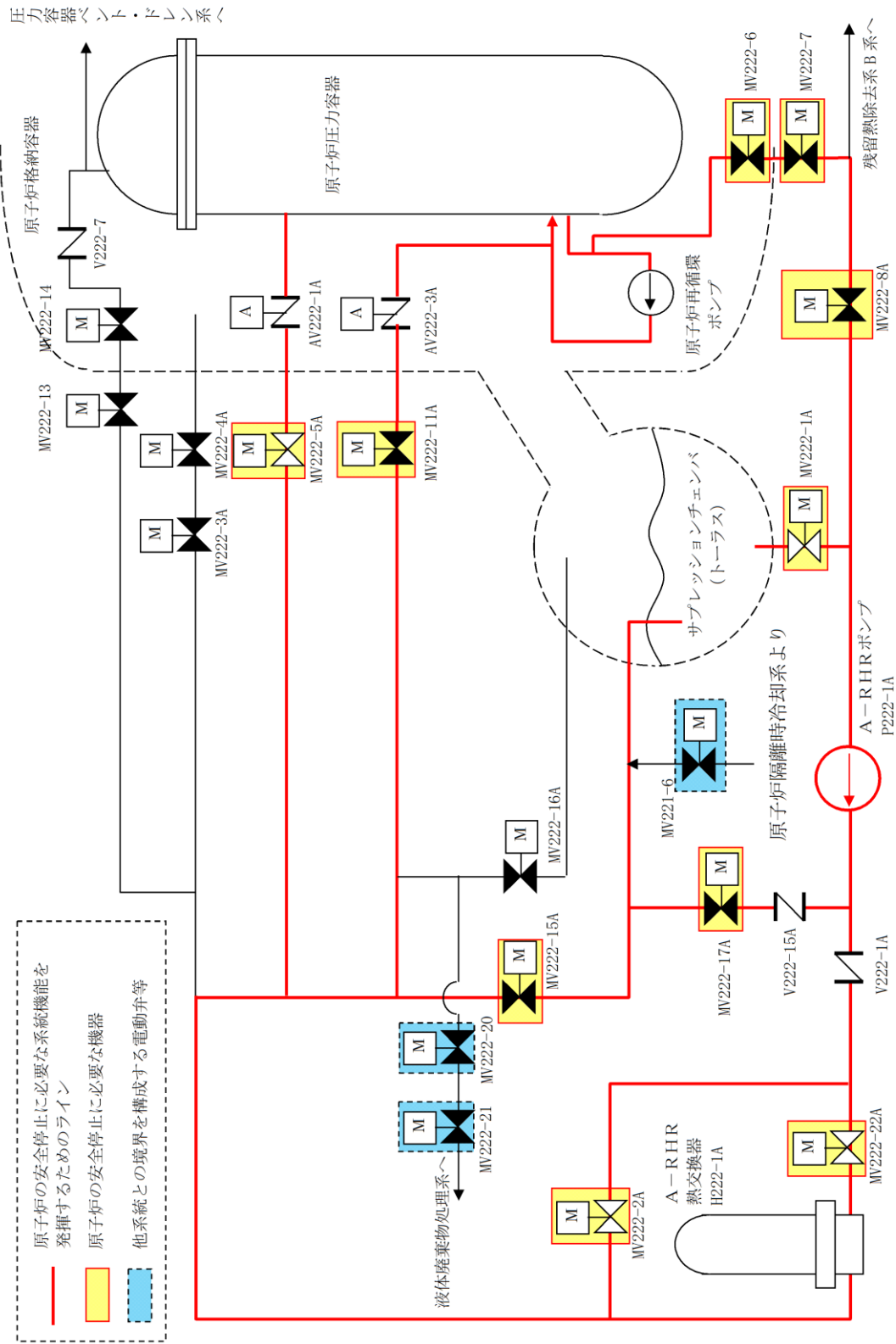


図3 残留熱除去系 (A系)



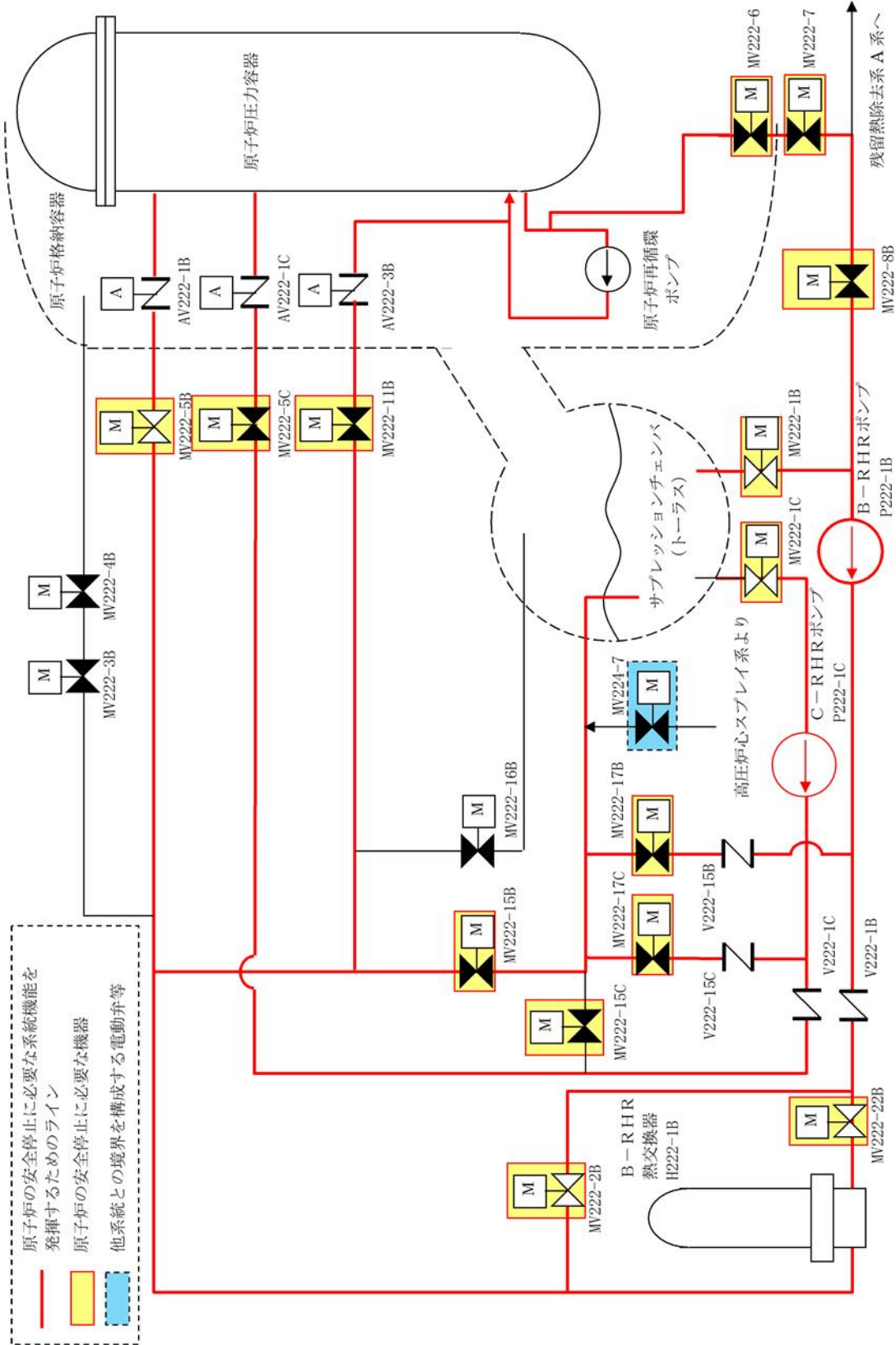


図4 残留熱除去系 (B, C系)

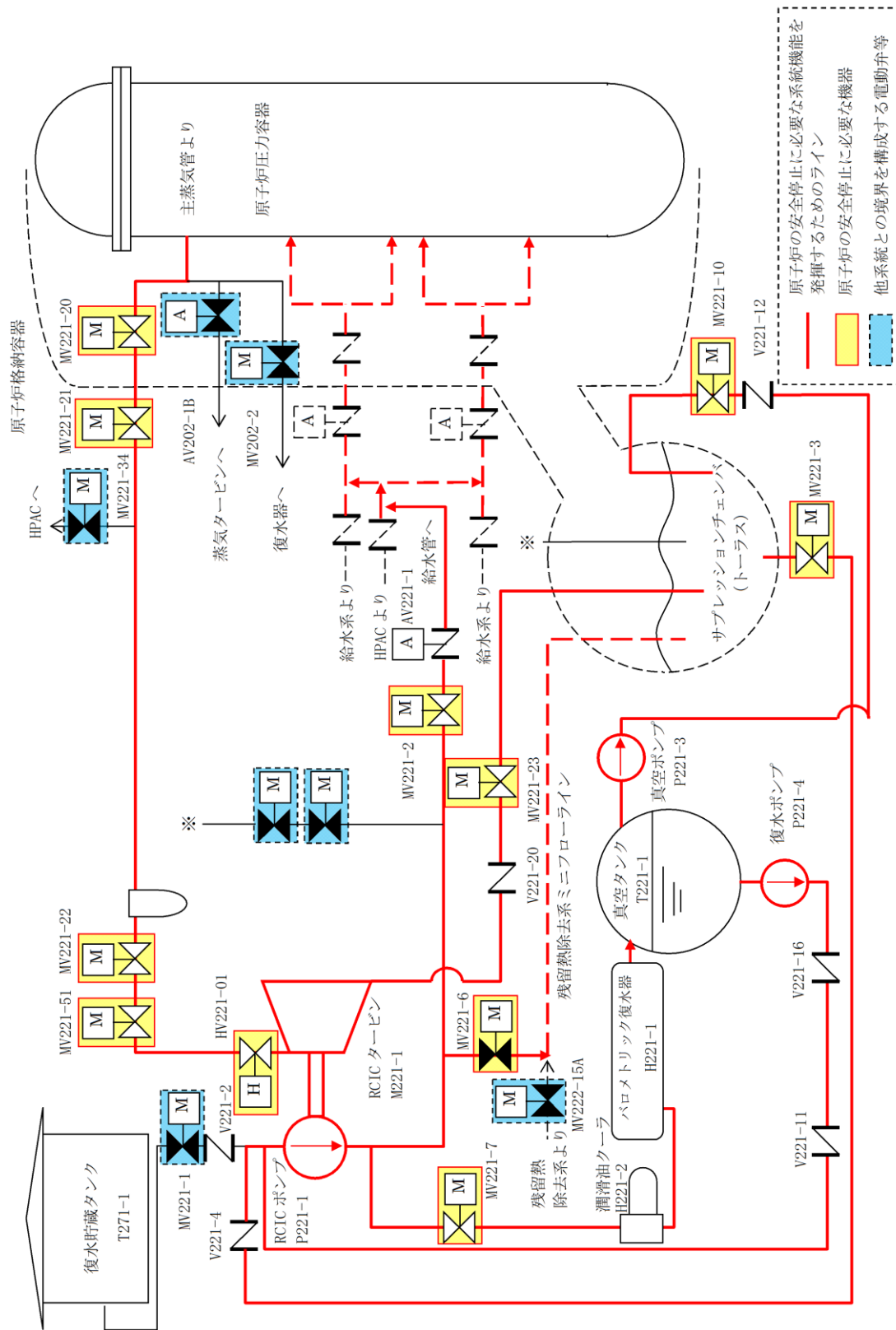


図 5 原子炉隔離時冷却系

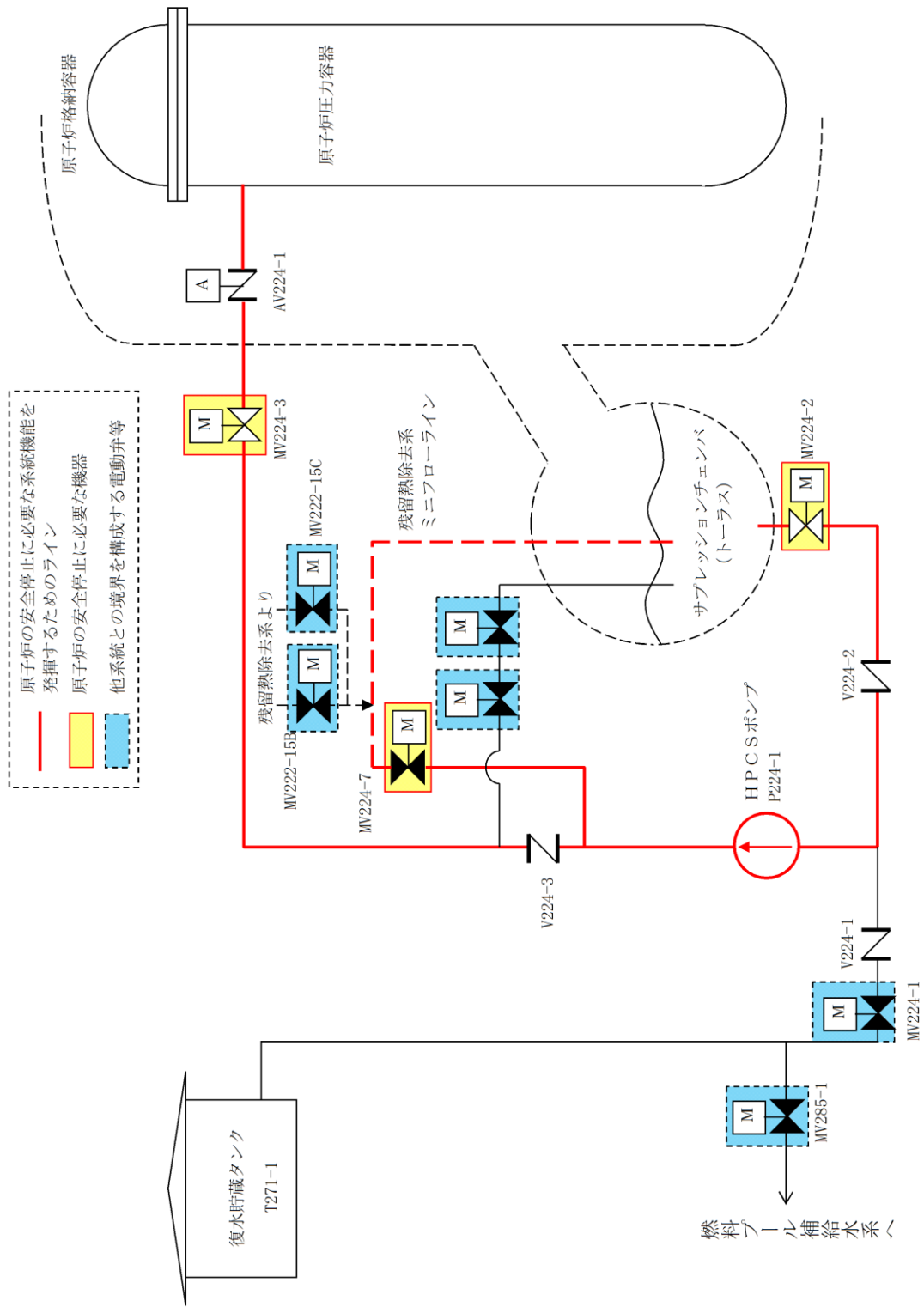


図6 高圧炉心スプレイ系

別紙 1  
原子炉格納容器 特性表

火災区域特性表 I							
火災区域特性表のまとめ							1/2
プラント	NS-2	建物	原子炉建物	火災区域番号	PCV	火災区域安全区分	混在エリア

火災区域特性表 I							
火災区域特性表のまとめ							2/2
プラント	NS-2	建物	原子炉建物	火災区域番号	PCV	火災区域安全区分	混在エリア

火災区域特性表Ⅱ			
火災区域内の火災源及び防火設備			1/1
プラント	NS-2	火災区域番号	PCV

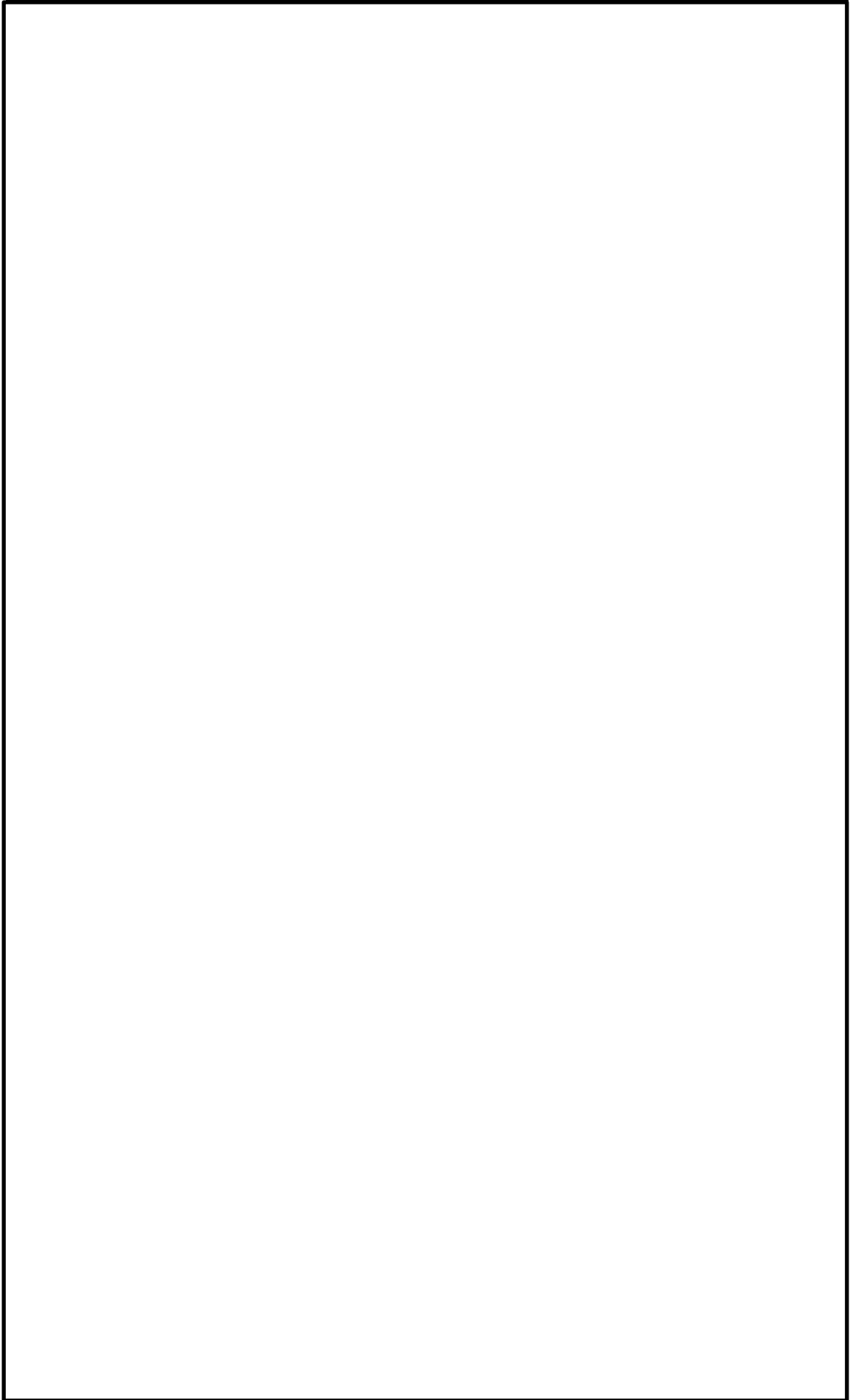
火災区域特性表Ⅲ			
火災区域に隣接する火災区域(部屋)と伝播経路			1/1
プラント	NS-2	火災区域番号	PCV

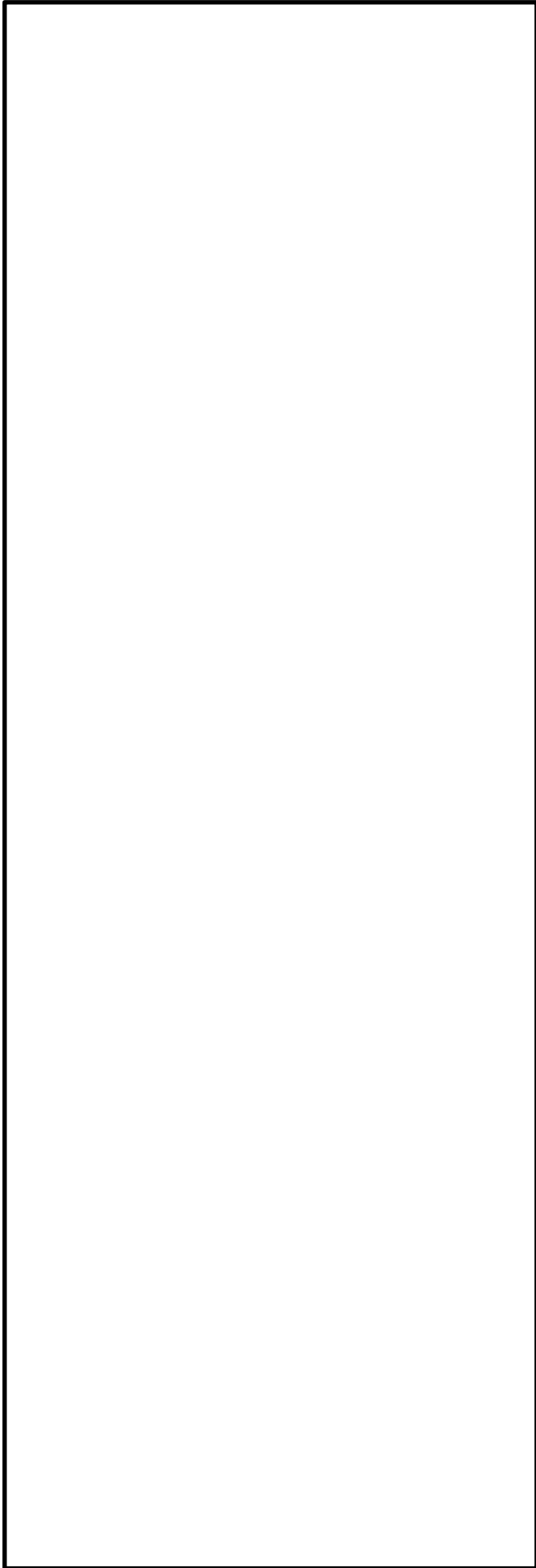


<b>火災区域特性表Ⅳ</b>			
火災により影響を受ける設備			1/1
プラント	NS-2	火災区域番号	PCV

火災区域特性表Ⅴ			
火災により影響を受けるケーブル			1/1
プラント	NS-2	火災区域番号	PCV

添付資料-1			
火災影響評価のデータシート 目次			1/1
プラント	NS-2	火災区域番号	PCV





補-4-6-21

別紙 2  
原子炉格納容器 火災影響評価

## 1. 火災影響評価

原子炉格納容器内の火災を想定しても、**原子炉の安全停止**に必要な方策が少なくとも一つ確保されることを以下のとおり確認した。

### (1) FDT<sup>S</sup>による評価

#### a. 評価準備

##### (a) 火災源の特定

補足説明資料 4-6 4. 項のとおり、原子炉格納容器内に設置されている油内包機器は、CRD交換装置、原子炉再循環ポンプ用電動機 2 台及び主蒸気内側隔離弁 4 台である。

油内包機器である原子炉圧力容器下部作業用機器（CRD交換装置）については、原子炉起動中を含め使用していないときは電源を遮断することから、原子炉再循環ポンプ用電動機及び主蒸気内側隔離弁を火災源とする。油内包機器の配置図をそれぞれ図 1、図 2 に示す。

油の燃焼について、原子炉再循環ポンプ用電動機は、油を内包している軸受で燃焼する場合を、主蒸気内側隔離弁は、油を内包しているオイルシリンダで燃焼する場合を想定する。また、各設備の油内包部位より漏えいし、ドライウェル床面で燃焼する場合を想定する。

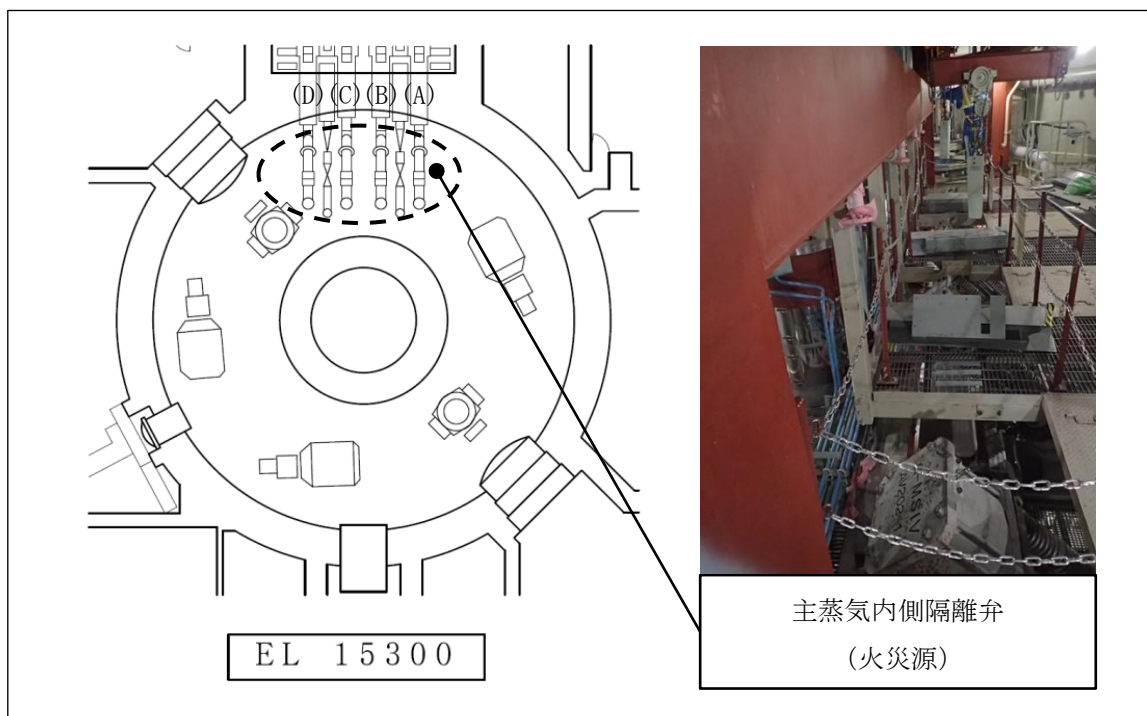


図 1 原子炉格納容器内における油内包機器の配置（主蒸気内側隔離弁）

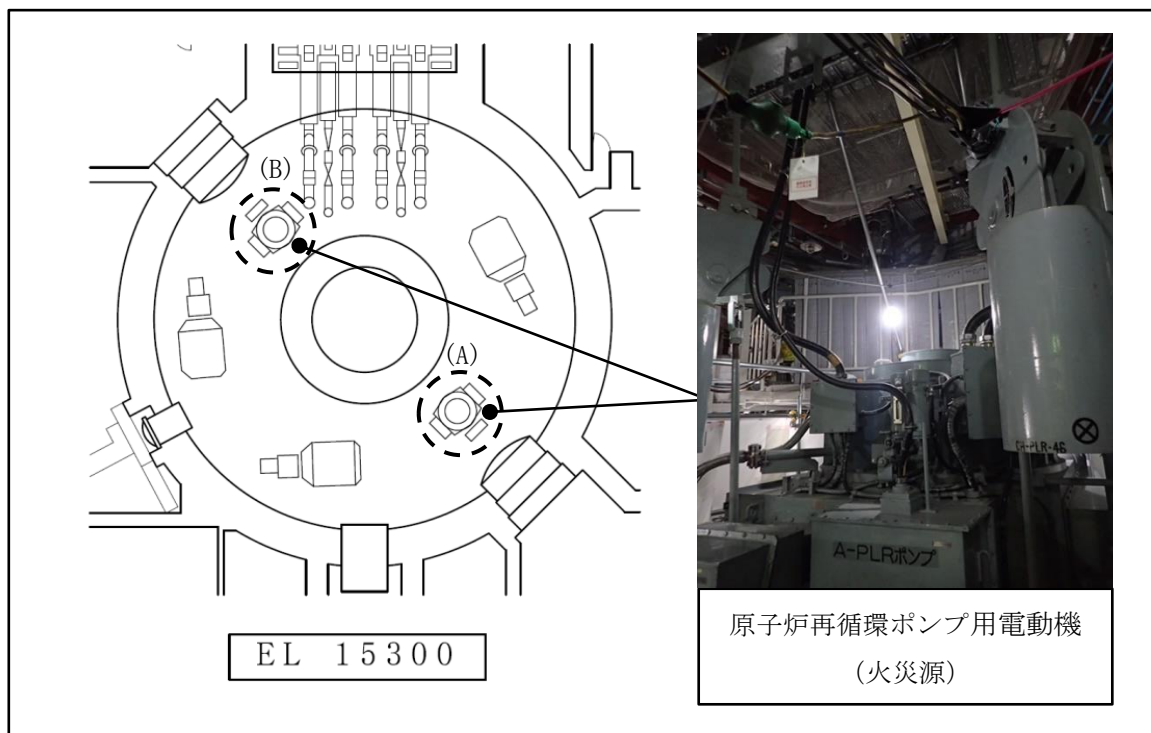


図2 原子炉格納容器内における油内包機器の配置（原子炉再循環ポンプ用電動機）

(b) 火災源の発熱速度及び燃焼時間及び燃焼時間の特定

「(a)火災源の特定」にて特定した潤滑油等の漏えい火災は、評価ガイドに基づき、N UREG/CR-6850の考え方に則り、燃焼する油量を内包油量の10%と仮定し、この油量 $V$ に対応する発熱速度 $Q$ を、表1に示す入力条件を基に、以下の式に基づき算出する。なお、雰囲気温度は保守的に運転時の最高温度を考慮し、65°Cとする。また、重力加速度は9.81m/s<sup>2</sup>とする。

$$Q = m'' \Delta H_{c,eff} (1 - e^{-k\beta D}) A_{dike}$$

表1 評価における入力条件

条件	油量	燃焼速度	燃焼熱	密度	経験的定数	燃焼面積	プール火災の直径
記号	$V$ [m <sup>3</sup> ]	$m''$ [kg/m <sup>2</sup> ・sec]	$\Delta H_{c,eff}$ [kJ/kg]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$k\beta$ [m <sup>-1</sup> ]	$A_{dike}$ [m <sup>2</sup> ]	$D$ [m]
主蒸気内側 隔離弁	0.0007	0.039	46,000	760	0.7	1.00	1.13
原子炉再循環 ポンプ	0.0445	0.039	46,000	760	0.7	1.00	1.13



上記の結果から、潤滑油の発熱速度 $Q$ は主蒸気内側隔離弁で 980.62kW、原子炉再循環ポンプ用電動機で 980.62kW となる。

燃焼時間 $t$ は、以下の式に基づき算出し、主蒸気内側隔離弁で 13.61 秒、原子炉再循環ポンプ用電動機で 864.70 秒となる。

$$t = 4V\rho/(\pi D^2 m'')$$

b. 火災源の影響評価

火災源の影響評価方法を以下の(a)項～(d)項に示す。入力には表 1 の条件とする。

また、火災源の影響評価結果を表 2 に示す。

(a) 火災の高さ

火災の高さ $H_f$ は以下の式に基づき算出し、評価の厳しい方を採用する。

イ. Heskestad 式

$$H_f = 0.235Q^{2/5} - 1.02D$$

ロ. Thomas 式

$$H_f = 42D(m''/\rho_a\sqrt{gD})^{0.61}$$

ここで、雰囲気温度 65°Cにおける空気密度 $\rho_a$ は以下の通り。

$$\rho_a = 353/(65 + 273) \doteq 1.04 \text{ kg/m}^3$$

(b) 火災プルームの影響範囲

火災プルームの影響範囲 $H_p$ は以下の式に基づき、火災プルーム中心線温度 $T_{p(\text{centerline})}$ が熱可塑性ケーブルの損傷温度 205°Cに達する高さを算出する。

$$T_{p(\text{centerline})} - T_a = 9.1(T_a/gc_a^2\rho_a^2)^{1/3}Q_c^{2/3}(z - z_0)^{-5/3}$$

ここで、

$T_a$  : 周辺温度 (338K)

$c_a$  : 空気の比熱 (1.00kJ/kg・K)

$Q_c$  : 発熱速度の対流部 ( $Q_c = x_c Q$ )

$x_c$  : 対流熱放出率 (0.70)

$z$  : 火災の仮想の原点から火災プルームの影響範囲 (m)

$z_0$  : 火災の仮想の原点 ( $Z_0/D = -1.02 + 0.083(Q^{2/5}/D)$ )

(c) 火災による輻射の影響範囲

火災による輻射の影響範囲は以下の式に基づき、輻射熱 $q''$ が熱可塑性ケーブルの損傷基準である 6kW/m<sup>2</sup>に達する距離を算出する。

$$q'' = EF_{1 \rightarrow 2}$$

ここで、

$E$  : プール火炎の輻射発散度 (kW/m<sup>2</sup>)

$F_{1\rightarrow 2}$  : ターゲットと炎の間の形態係数

(d) 火災による高温ガス層の影響評価範囲

イ. 計算モデル

評価にあたっては、「閉鎖区画対象モデル」を使用する。

ロ. 評価の前提条件

高温ガスによる影響評価の前提条件は以下の通り。

(イ) ライニング材料は、評価対象となる火災区域及び火災区画を構成する建造物の材料である「鋼」とする。

(ロ) 高温ガス層の温度は、火炎が燃焼時間の間継続し続けるものとして燃焼時間後の温度とする。

ハ. 入力値の考え方

(イ) 火災区域及び火災区画の幅 $w_c$ 、長さ $l_c$

原子炉格納容器は、床面形状が評価ガイドの評価式で前提としている正方形または長方形ではないこと及び高さによって変化することから、実際の火災区域及び火災区画の幅及び長さの平均から正方形に置き換え、「火災区域及び火災区画の幅、長さ」とする。

なお、火災区域及び火災区画の形状は、総面積が小さいほど建造物（鋼）による吸熱（熱損失）が小さくなり保守的な結果となる。

(ロ) 火災区域及び火災区画の高さ $h_c$

評価対象となる火災区域及び火災区画の「床面」から「天井高さ」とする。

ニ. 高温ガス層の温度の評価

高温ガス層の温度 $T_g$ は、以下の式により算出する。

$$\Delta T_g = (2K_2/K_1^2)(K_1\sqrt{t} - 1 + e(-K_1\sqrt{t}))$$
$$T_g = T_a + \Delta T_g$$

ここで、

$\Delta T_g$  : 上層ガスの温度上昇 (K)

$T_a$  : 雰囲気温度 (338K)

$K_1$  :  $K_1 = 2(0.4\sqrt{k\rho c})A_T/mc_a$

$K_2$  :  $K_2 = Q/mc_a$

$k\rho c$  : 熱慣性 (鋼 : 197 (kW/m<sup>2</sup>・K)<sup>2</sup>・sec)

$m$  : 区画内のガスの質量 ( $m = V\rho_a$ )

$V$  : 区画の体積 (m<sup>3</sup>)  
 $A_t$  : 区画を囲んでいる境界面の総面積 (m<sup>2</sup>)  
 $\rho_a$  : 空気密度 (kg/m<sup>3</sup>)  
 $c_a$  : 空気の比熱 (1.00kJ/kg・K)  
 $c_p$  : ライニング材の比熱 (鋼 : 0.465kJ/kg・K)  
 $Q$  : 発熱速度 (主蒸気内側隔離弁 980.62kW,  
 原子炉再循環ポンプ用電動機 980.62kW)  
 $t$  : 燃焼時間 (主蒸気内側隔離弁 13.61s,  
 原子炉再循環ポンプ用電動機 864.70s)  
 $w_c$  : 区画の幅 (18m)  
 $l_c$  : 区画の長さ (18m)  
 $h_c$  : 区画の高さ (24m)

表 2 原子炉格納容器の火災源ごとの F D T<sup>s</sup> 算出結果

火災の条件		F D T <sup>s</sup> 算出結果			
火災源	火災源の 油保有量	火災の高さ	プルーム 高さ*1	輻射*2	高温ガス*3
		$H_f$	$H_p$	$R$	$T_g$
	L/台	m	m	m	°C
主蒸気内側隔離弁	7	3.06	5.44	2.56	65.25
原子炉再循環ポンプ	445	3.06	5.44	2.56	67.14

注記\*1 : 熱可塑性ケーブルが損傷する温度 205°C に達する高さを示す。

\*2 : 熱可塑性ケーブルが損傷する輻射 6kW/m<sup>2</sup> に達する半径を示す。

\*3 : 原子炉格納容器内の温度を示す。

c. 火災防護対象機器等への影響

前項で算出した火炎、プルーム、輻射範囲（図3）に火災防護対象機器等が設置されているか確認する。

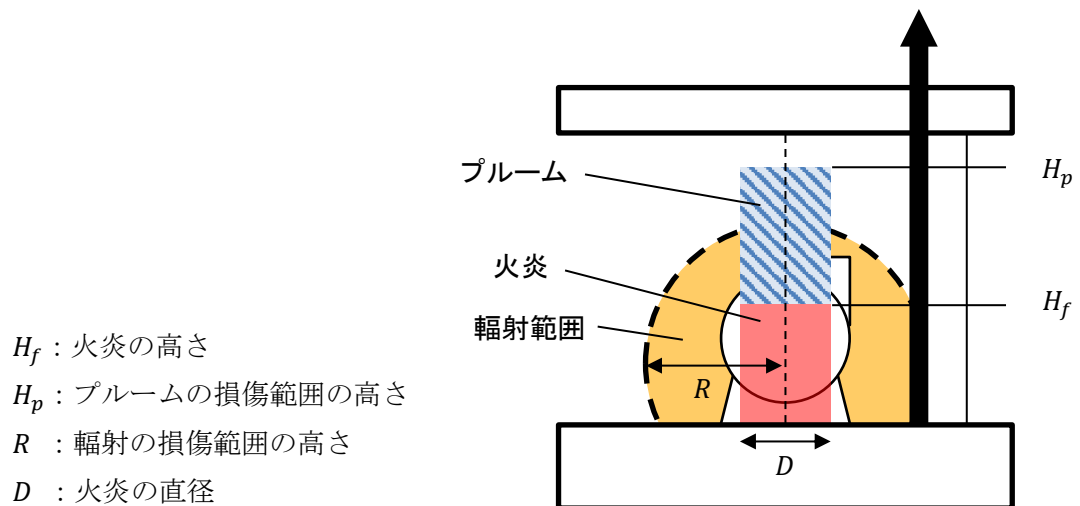


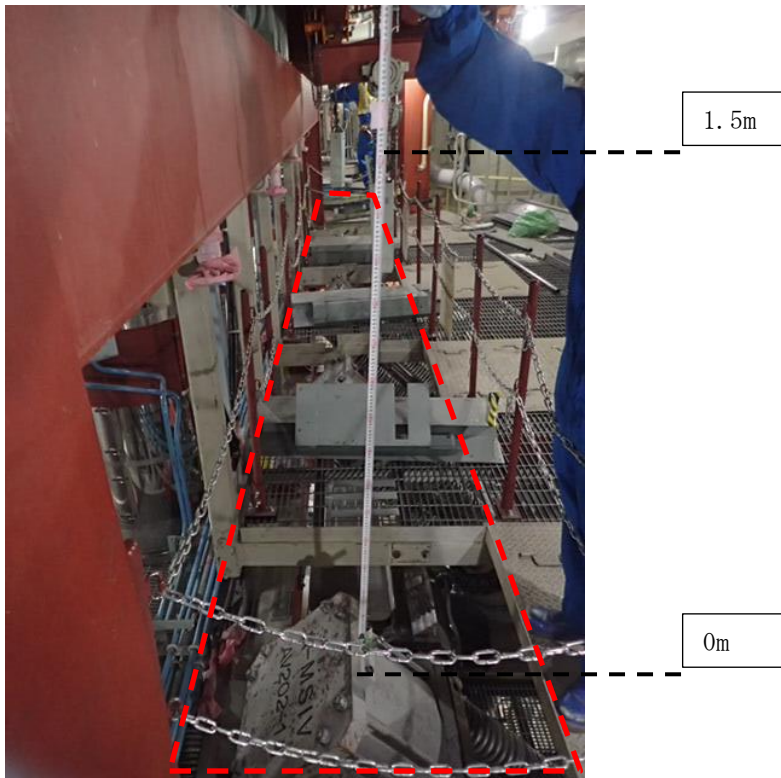
図3 火災影響範囲モデル

(2) 火災影響評価結果

(1) 項の評価により原子炉の安全停止に必要な方策が少なくとも一つ確保されることを確認した。

主蒸気内側隔離弁，原子炉再循環ポンプ用電動機の上部に火災防護対象機器等が設置されていないことをそれぞれ図 4～図 8 に示す。

評価結果を表 3 に示す。



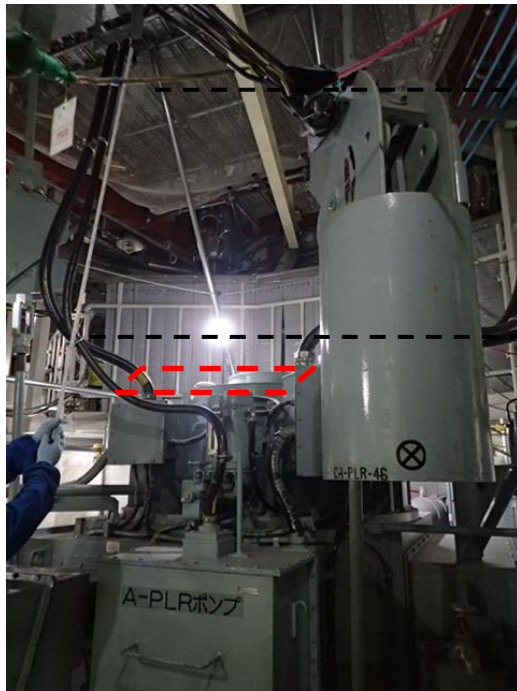
発火源上部に火災防護対象機器等が設置されていないことを確認

図4 主蒸気内側隔離弁上部



発火源下部に火災防護対象機器等が設置されていないことを確認

図5 主蒸気内側隔離弁下部



1.5m

0m

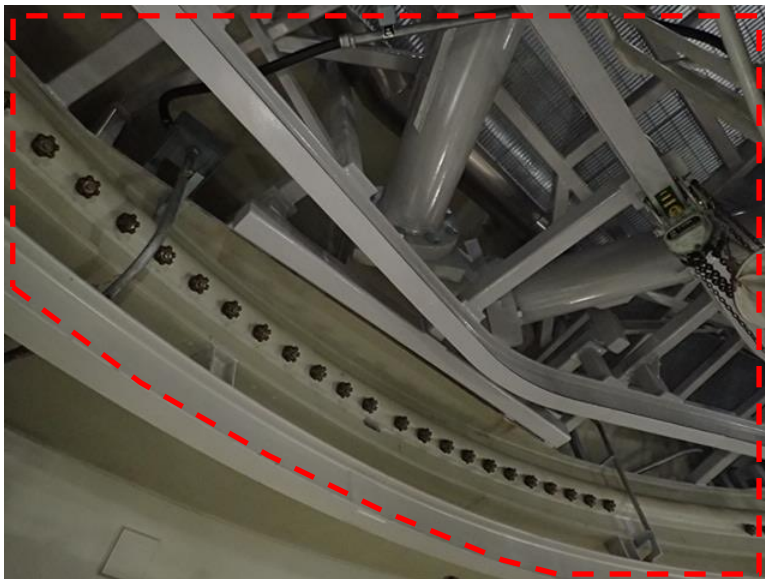
発火源上部に火災防護対象機器等が設置されていないことを確認

図6 原子炉再循環ポンプ用電動機上部

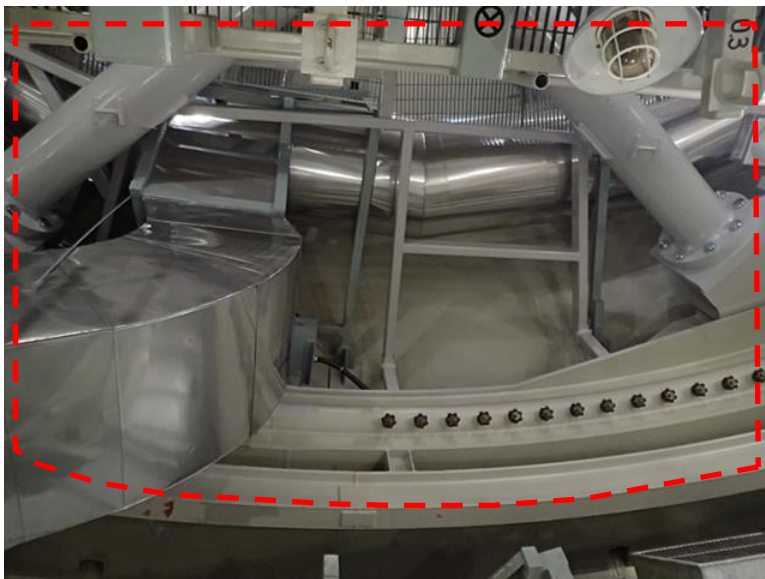


発火源下部に火災防護対象機器等が設置されていないことを確認

図7 原子炉再循環ポンプ用電動機下部



格納容器上部(主蒸気内側隔離弁上部)に火災防護対象機器等が設置されていないことを確認



格納容器上部(原子炉再循環ポンプ用電動機上部)に火災防護対象機器等が設置されていないことを確認

図8 原子炉格納容器上部



表3 原子炉格納容器内の火災影響評価

No.	火災源	燃焼ケース	影響範囲に入る火災防護対象機器等 (○：影響範囲外，×：影響範囲内)					判定
			主蒸気内側隔離弁 (AV202-1A～D)				安全区分Ⅰの ケーブル・トレイ	
			A	B	C	D		
1	A-主蒸気内側 隔離弁 (AV202-1A)	オイルシリンダ	×	○	○	○	○	B-主蒸気内側隔離弁はフェイル・ク ロースズとなるため
2		ドライウエル床面	—	○	○	○	○	
3	B-主蒸気内側 隔離弁 (AV202-1B)	オイルシリンダ	×	—	×	○	×	A-主蒸気内側隔離弁，C-主蒸気内側 隔離弁はフェイル・クローズとな り，主蒸気ドレン内側隔離弁は閉維 持となるため
4		ドライウエル床面	○	—	○	○	○	
5	C-主蒸気内側 隔離弁 (AV202-1C)	オイルシリンダ	○	×	—	×	×	B-主蒸気内側隔離弁，D-主蒸気内側 隔離弁はフェイル・クローズとな り，主蒸気ドレン内側隔離弁は閉維 持となるため
6		ドライウエル床面	○	○	—	○	○	
7	D-主蒸気内側 隔離弁 (AV202-1D)	オイルシリンダ	○	○	×	—	○	C-主蒸気内側隔離弁はフェイル・ク ロースズとなるため
8		ドライウエル床面	○	○	○	—	○	
9	A-原子炉再循 環ポンプ用 電動機	上部軸受	○	○	○	○	○	—
10		下部軸受	○	○	○	○	○	
11		ドライウエル床面	○	○	○	○	○	
12	B-原子炉再循 環ポンプ用 電動機	上部軸受	○	○	○	○	○	—
13		下部軸受	○	○	○	○	○	
14		ドライウエル床面	○	○	○	○	○	

別紙 3  
原子炉の状態における原子炉格納容器内の  
感知及び消火について

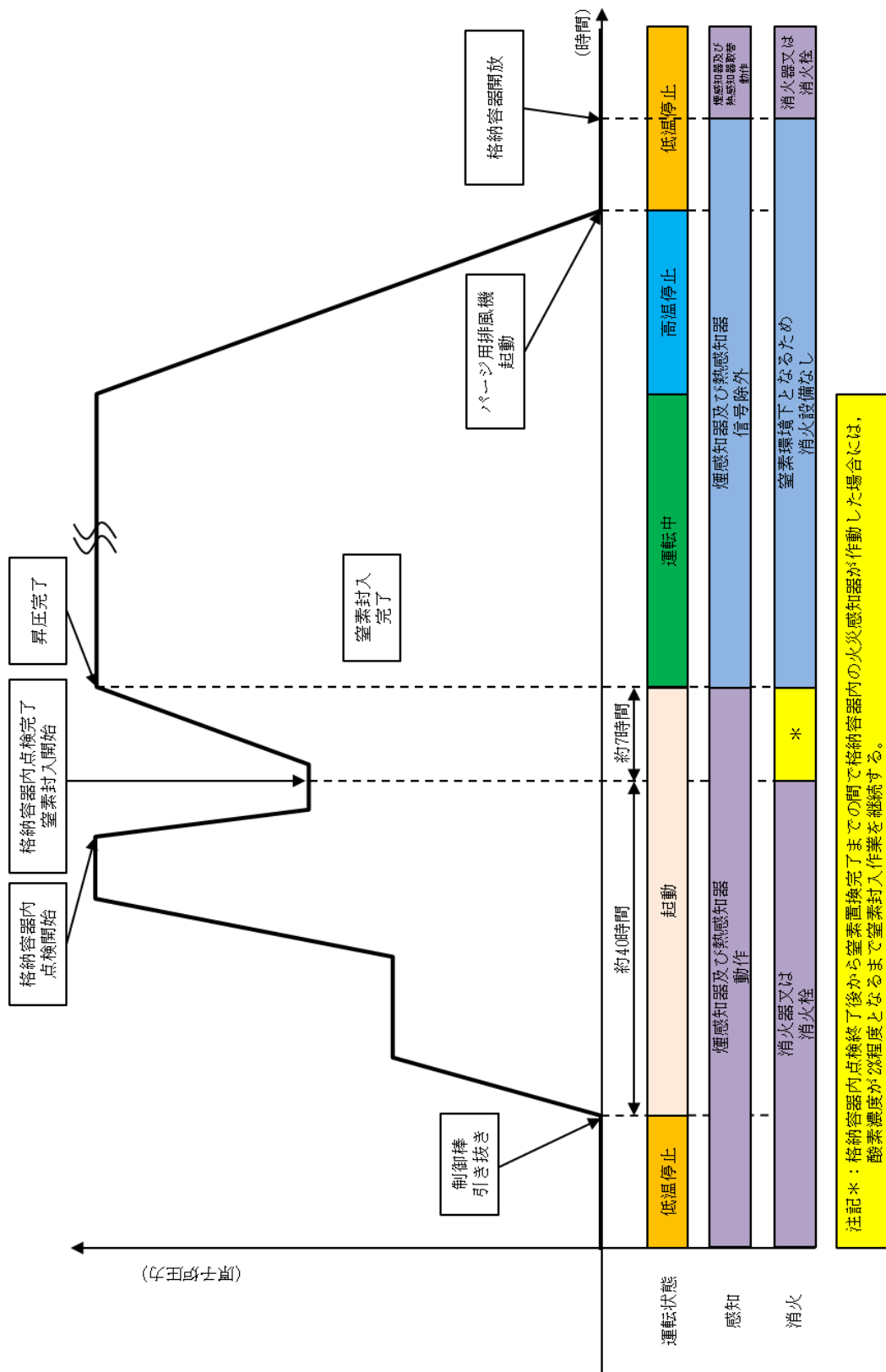


図1 原子炉の状態における格納容器内の感知及び消火について