

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

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な安全機能を有する構築物、系統及び機器における「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Ⅰ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)

安全系区分	区分Ⅰ	区分Ⅱ	区分Ⅲ*
高温停止	原子炉隔離時冷却系 [RCIC]	高圧炉心注水系 (B) [HPCF (B)]	高圧炉心注水系 (C) [HPCF (C)]
	自動減圧系 (A) [SRV (ADS (A))]	自動減圧系 (B) [SRV (ADS (B))]	—
低温停止	残留熱除去系 (A) [RHR (A)]	残留熱除去系 (B) [RHR (B)]	残留熱除去系 (C) [RHR (C)]
	原子炉補機冷却水系 (A) [RCW (A)]	原子炉補機冷却水系 (B) [RCW (B)]	原子炉補機冷却水系 (C) [RCW (C)]
	原子炉補機冷却海水系 (A) [RSW (A)]	原子炉補機冷却海水系 (B) [RSW (B)]	原子炉補機冷却海水系 (C) [RSW (C)]
	非常用ディーゼル発電機 (A) [DG (A)]	非常用ディーゼル発電機 (B) [DG (B)]	非常用ディーゼル発電機 (C) [DG (C)]
動力電源	非常用交流電源 (C) 系	非常用交流電源 (D) 系	非常用交流電源 (E) 系
	非常用直流電源 (A) 系	非常用直流電源 (B) 系	非常用直流電源 (C) 系

注記※：区分Ⅲ機器のうち、DG (C)の監視制御盤、RCW (C)のサージタンク水位計等、一部機器は区分Ⅰ側の火災区域に設置

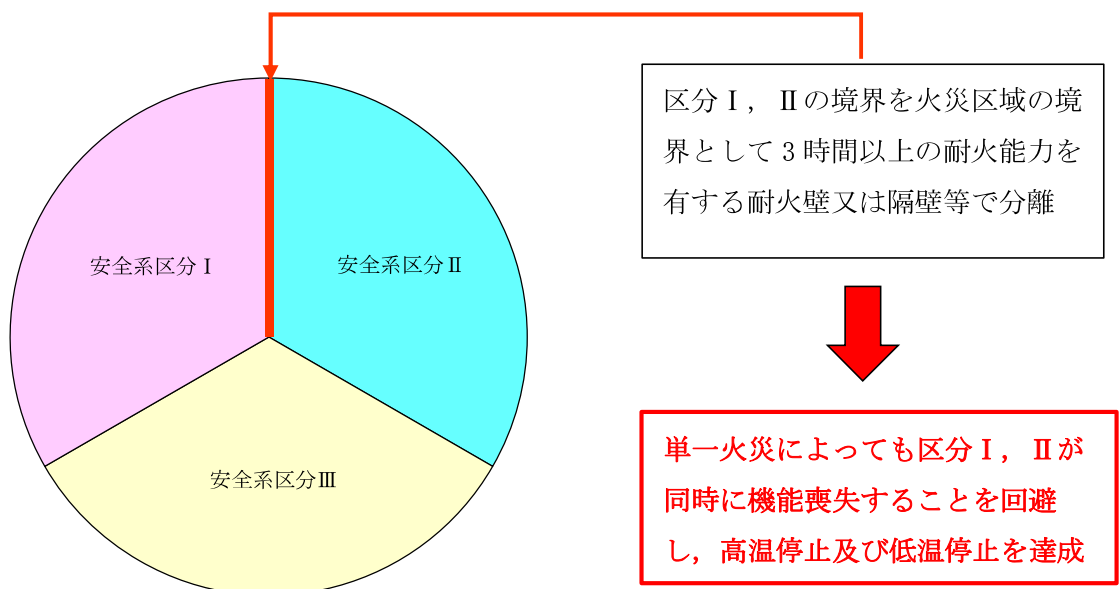


図1 3時間耐火能力を有する耐火壁又は隔壁等による系統分離の概要

4. 系統分離の具体的対策

柏崎刈羽原子力発電所第6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（中央制御室制御盤、中央制御室床下フリーアクセスフロア及び下部中央制御室エリア）、原子炉格納容器内、ディーゼル発電設備軽油タンク及び燃料移送ポンプを除き、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」により分離することとしている。柏崎刈羽原子力発電所第6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」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、火災耐久試験により3時間以上の耐火性能が確認できたものは、「3時間以上の耐火能力を有する耐火壁又は隔壁等」として使用する設計とする。

ただし、中央制御室（上部中央制御室及び下部中央制御室）の排煙設備については、建築基準法に基づき火災発生時の煙を排気する必要があることから、火災区域を分離するための3時間以上の耐火性能を有する防火ダンパについては設置しない設計とする。

なお、排煙設備の使用材料は、火災発生時における高温の煙の排気も考慮して、換気空調機、ダクトは耐火性及び耐熱性を有する金属を使用する設計とする。

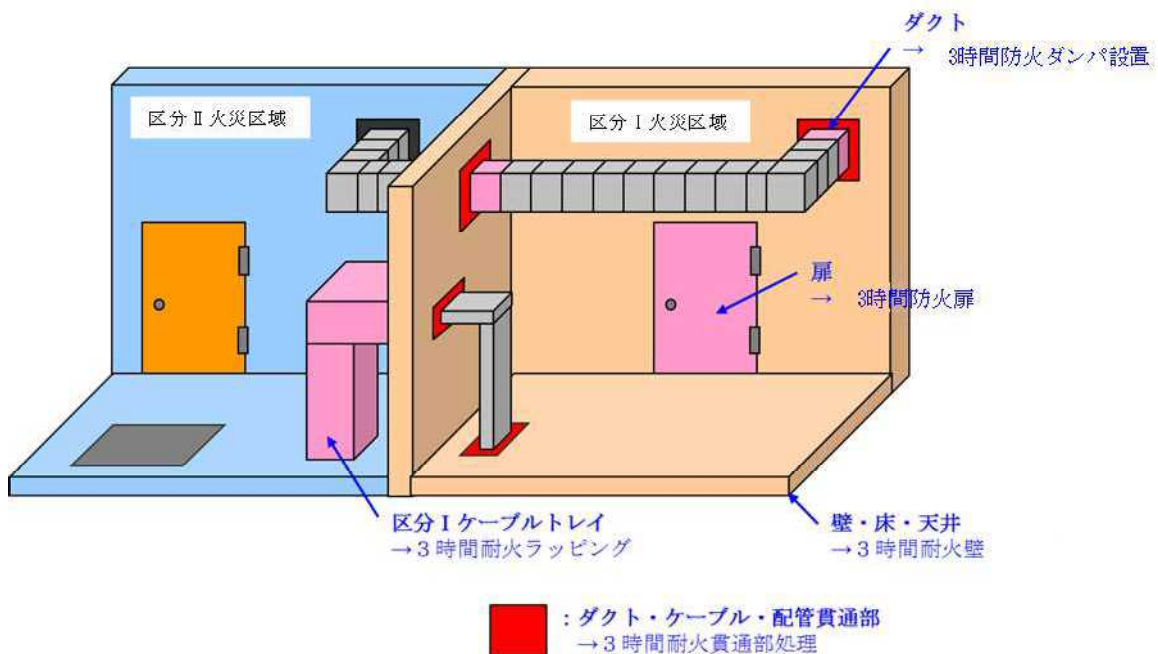


図2 系統分離対策の全体イメージ

4.1 火災区域又は火災区画を構成する耐火壁

火災区域は、3 時間以上の耐火性能を有する耐火壁（強化石膏ボード、貫通部シール、防火扉、防火ダンパ、天井デッキスラブ）又は隔壁等（耐火間仕切り、ケーブルトレイ等耐火ラッピング）で分離する設計とする。

耐火壁のうち、コンクリート壁（モルタル壁含む）、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、屋外に設置している以下の火災防護対象機器等については、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」に基づき、火災区域又は火災区画を設定する。

- 非常用ディーゼル発電設備軽油タンク区域
- 非常用ディーゼル発電設備燃料移送系ポンプ区域

4.2 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離

互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、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又は火災区画のファンネルは、煙等流入防止装置の設置によって、他の火災区域又は火災区画からの煙の流入を防止する設計とする。

柏崎刈羽原子力発電所第 6 号機の原子炉建屋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「建屋内排水系統」を設置している。（図 3）

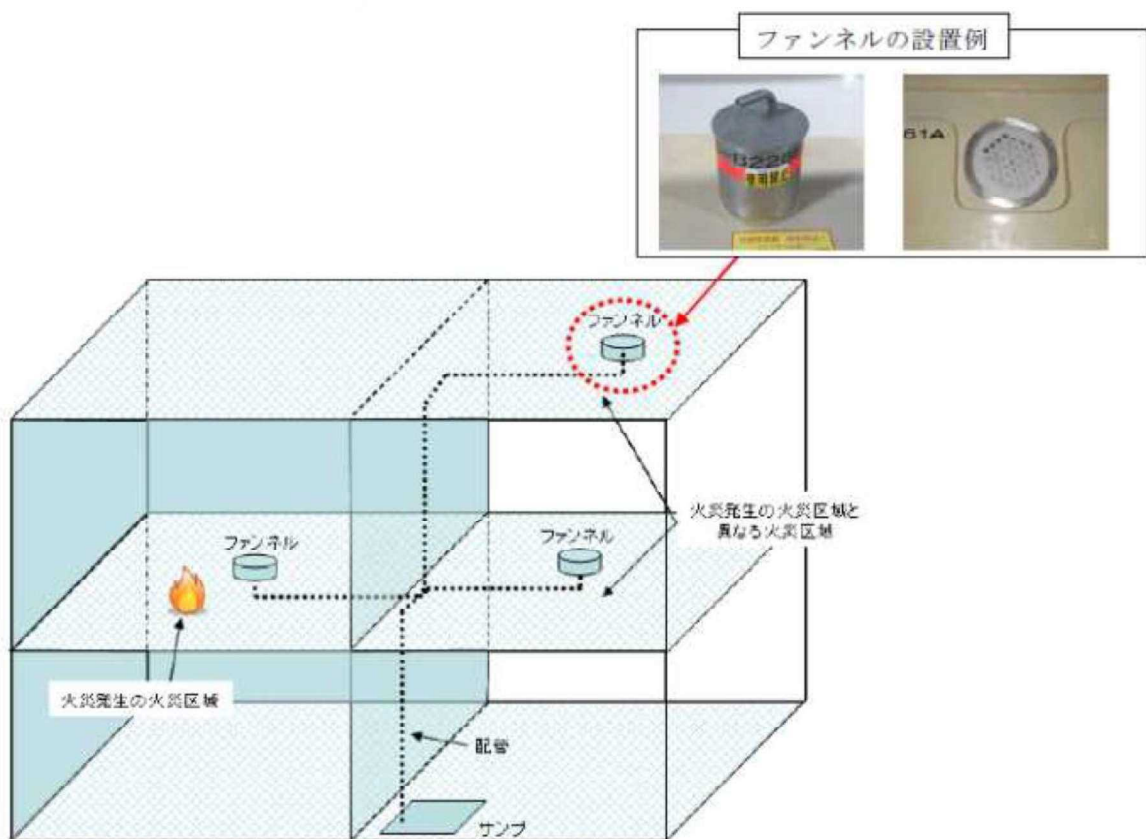


図3 建屋内排水系統概要

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。

また、常用系機器を設置する区画の火災に対しては、火災防護審査基準に定義される火災区画（耐火壁、離隔距離等）との境界を設定することで、影響軽減を図っている。具体的な影響軽減対策としては、安全系区分Ⅱ、Ⅲの機器を設置する区画と常用系機器のみを設置する隣接区画の境界は、原則として3時間耐火相当の厚み（140mm以上）を有する耐火壁（コンクリート壁）で構成するとともに、ケーブルについてはIEEE規格に基づく離隔距離の確保を図っている。したがって、常用系機器の火災が安全系区分Ⅱ、Ⅲの機器に影響することは考えにくい。

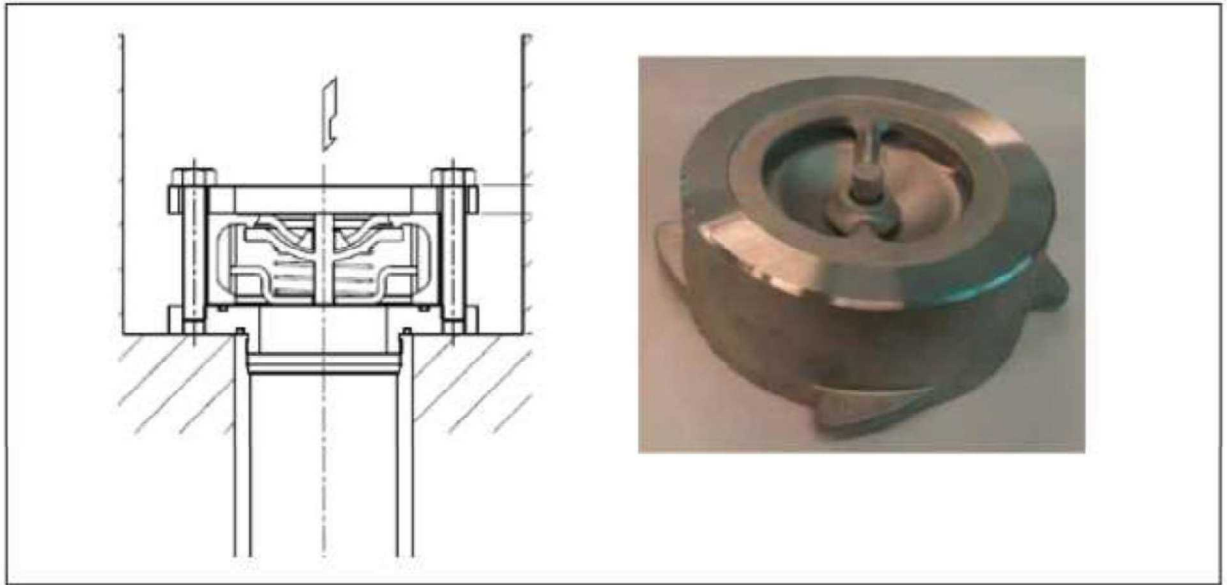


图 4 煙流入防止対策治具（例）

補足説明資料 4-2
中央制御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)a. 項に示す中央制御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




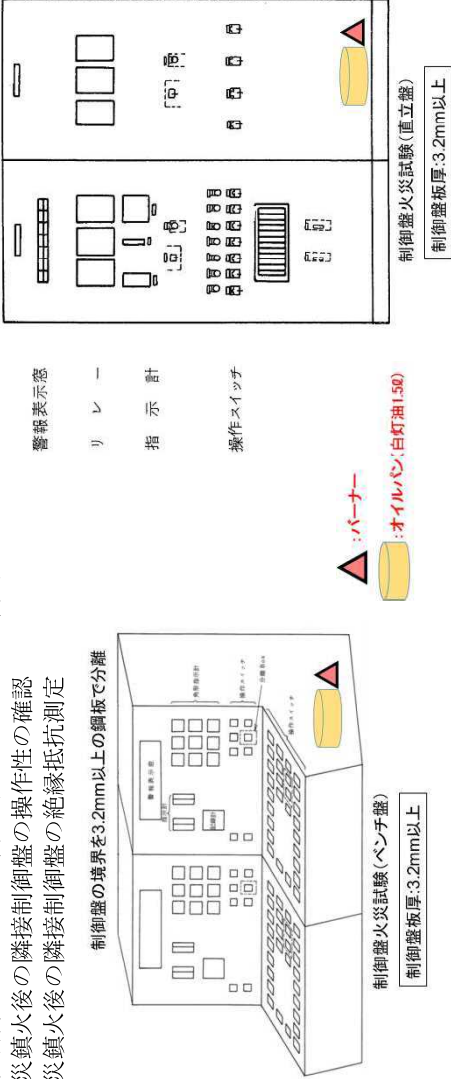
中央制御室制御盤の火災の影響軽減対策を次頁以降に示す。

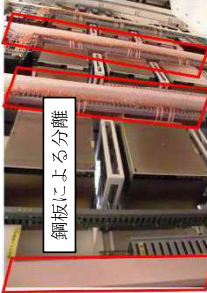

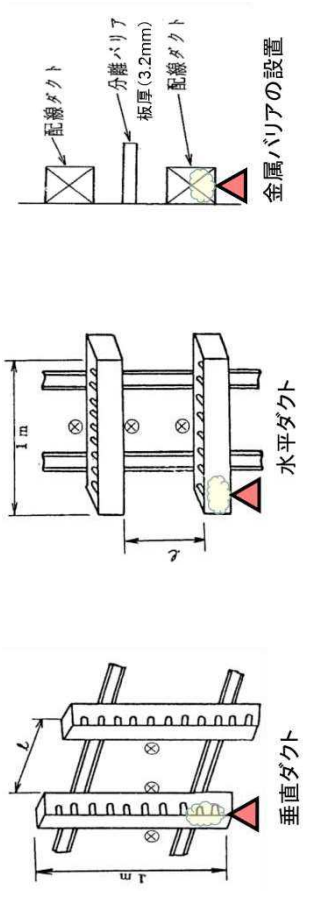
3. 中央制御室制御盤の系統分離対策について

3.1 離隔距離等による分離



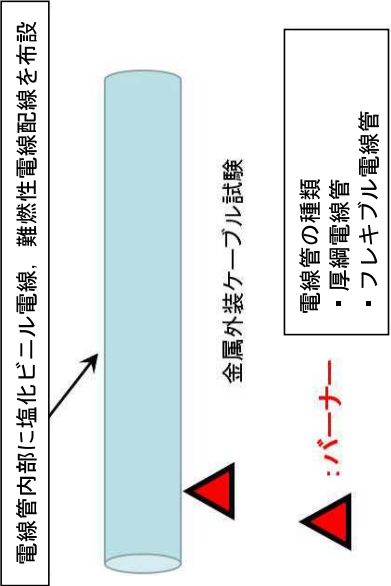
中央制御室の制御盤は，スイッチ，配線等の構成部品に単一火災を想定しても，近接する他の構成部品に火災の影響がないことを確認した実証試験*の知見に基づく分離設計を行っており，以下に確認した実証試験*の概要を示す。

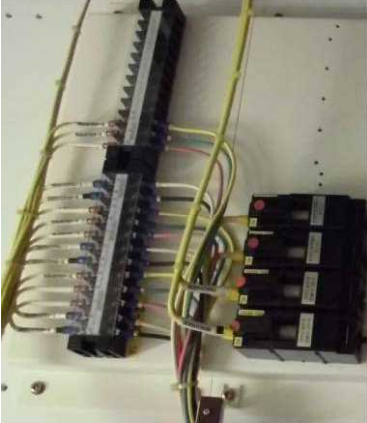
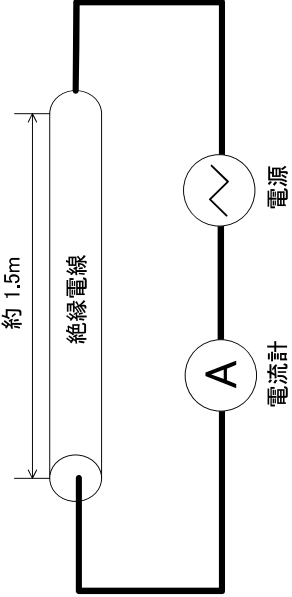
注記*：「ケーブル，制御盤および電源盤火災の実証試験」，TLR-088

対象	盤内状況	実証試験概要
<p>制御盤</p>	<p>隣接制御盤（異区分）</p>  <p>左側の制御盤から見た分離境界</p> <p>区別の境界</p>  <p>3.2 mm以上の鋼板で分離</p>  <p>右側の制御盤から見た分離境界</p>	<p>1. 目的 中央制御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</p> <p>(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) 制御盤油点火試験管 制御盤内にオイルパンを設置し、白灯油 1.5ℓ 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"> ・隣接制御盤の変色、変形の有無 ・隣接制御盤の通電性の確認（ランプ点灯にて確認） ・火災鎮火後の隣接制御盤の操作性の確認 ・火災鎮火後の隣接制御盤の絶縁抵抗測定  <p>3. 試験結果 3.2mm 以上の金属で覆われ、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。従って、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>盤内配線ダクト</p>   <div data-bbox="1204 1713 1316 1960" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>金属製バリア : 3.2mm 以上 (約 5mm) 隣隔距離 : 3cm 以上 (約 9cm)</p> <p>() : 実機計測値</p> </div>	<p>1. 目的 金属製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換えられるようにし、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換えられるようにし、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>3. 試験結果 金属製バリアがない場合は、垂直ダクト間で 2.5cm 以上、水平ダクト間では 10cm 以上距離があれば、もう一方のダクトへの影響がないことを確認した。 3.2mm 以上の金属製バリアがある場合は、3cm の距離であっても、もう一方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>	 <p>垂直ダクト</p> <p>水平ダクト</p> <p>配線ダクト</p> <p>分隔壁 (板厚 3.2mm)</p> <p>配線ダクト</p> <p>金属バリアの設置</p> <p>バーナー</p> <p>油含浸ガゼ</p>

対象	盤内状況	実証試験概要
<p>操作スイッチ</p>	 	<p>1. 目的 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 (1) 過電流による火災（内部発火） 鋼板で覆われた分離型操作スイッチに過電流を通電することで、分離型操作スイッチ内の内部火災を模擬し、隣接する一般操作スイッチへの影響を確認した。 【判定基準】 隣接する一般操作スイッチへの延焼性（目視による確認）</p> <p>(2) バーナー着火による火災（外部火災） 鋼板で覆われた分離型操作スイッチの外部からバーナーで着火することで、制御盤内での火災を模擬し、分離型操作スイッチへの影響を確認した。 【判定基準】 a. 絶縁抵抗測定 b. 通電確認（ランプ点灯にて確認） c. 操作性の確認</p> <p>3. 試験結果 1. 6mm 以上の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。 また、制御盤内の火災が発生しても、1.6mm 以上の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>  <div data-bbox="901 347 965 660" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>バーナー</p> <p>スイッチ分離距離 上下方向：20mm 左右方向：15mm</p> </div>

対象	盤内状況	実証試験概要
<p>金属外装ケーブル</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>金属外装ケーブル</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>フレキシブル電線管</p> </div> </div>	<p>1. 目的 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 (1) 金属外装ケーブル 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部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>【判定基準】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・絶縁抵抗測定 ・絶縁被覆の形状（熔融等の有無） <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は見られなかった。 フレキシブル電線管も塩化ビニル電線の被覆は、一部表面が溶着するが、難燃性電線には変化は見られなかった。 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> <div style="text-align: center;">  <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>金属外装ケーブル試験</p> <p>バーナー</p> <p>電線管の種類 ・厚網電線管 ・フレキシブル電線管</p> </div>

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 中央制御室の制御盤内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、同一制御盤内の他の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倍の過電流を通电し、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。 ●600V NC-HIV, 2mm²：低塩酸ビニル電線（耐熱性） ●600V HIV, 2mm²：耐熱ビニル電線 ●600V IV, 2mm²：ビニル電線 ●600V FH, 2mm²：テフゼル電線（難燃仕様）</p> <p>【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>約 1.5m 絶縁電線 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2種類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。特に、一つの制御盤内に複数の安全系区分の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを設置しているものについては、これに加えて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>中央制御室制御盤内</p> <p>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活動を行うことを考慮</p>	<p style="text-align: center;">煙感知器（感度：煙濃度 0.1～5%）</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、小型の高感度煙検出設備を設置※1</p> <p>※1 動作感度を一般エリアの煙濃度 10%に対し煙濃度 0.1～5%と設定することにより、高感度感知を可能としている。 なお、動作感度は、誤作動の可能性を考慮し、盤内の設置環境に応じて適切に設定する。</p> <div style="text-align: center;">  <p>煙 ← → 煙</p> <p style="text-align: center;">煙</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;">  </div> <p style="text-align: center;">図2 高感度煙検出設備と従来品の比較</p> <p>なお、操作員の目の前の制御盤は、盤面にガラリがあるため、煙発生等の火災を操作員が早期に発見できることから設置しない。</p>
---	---

3.2.1.1 模擬盤による感知性能の確認試験

中央制御室制御盤内に設置する高感度の煙感知器について、模擬盤を用いて感知性能確認試験を実施した。模擬盤（高さ約 2m、床面積約 0.3m²）の天井部に高感度の煙感知器 A（設定）と、これと感度の相違する感知器 B を相互が干渉せず、かつ同じ条件で煙を感知できるよう設置し、盤内床面に敷設したケーブルに過電流を印加し、その際に発生する煙を感知するまでの時間を確認した。

試験の結果、中央制御室制御盤内で発生する火災に対して、高感度の煙感知器 A の方が感知器 B よりも相対的に早期に煙濃度の上昇をとらえられることを確認した。

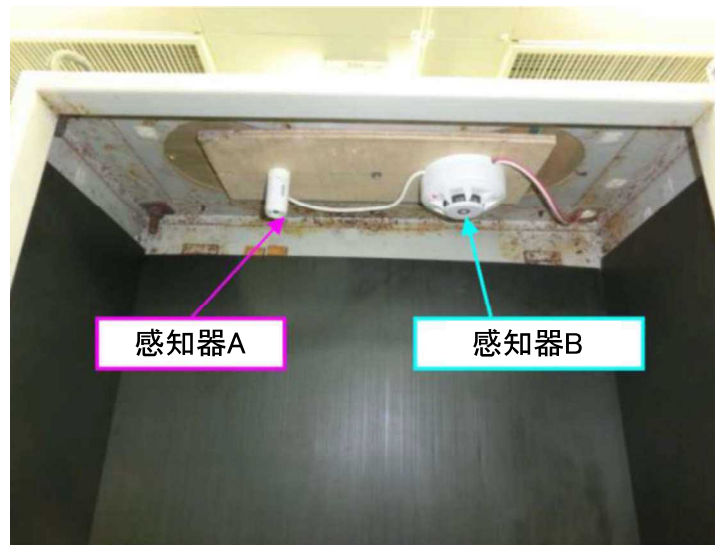


図3 模擬盤天井面への感知器設置状況

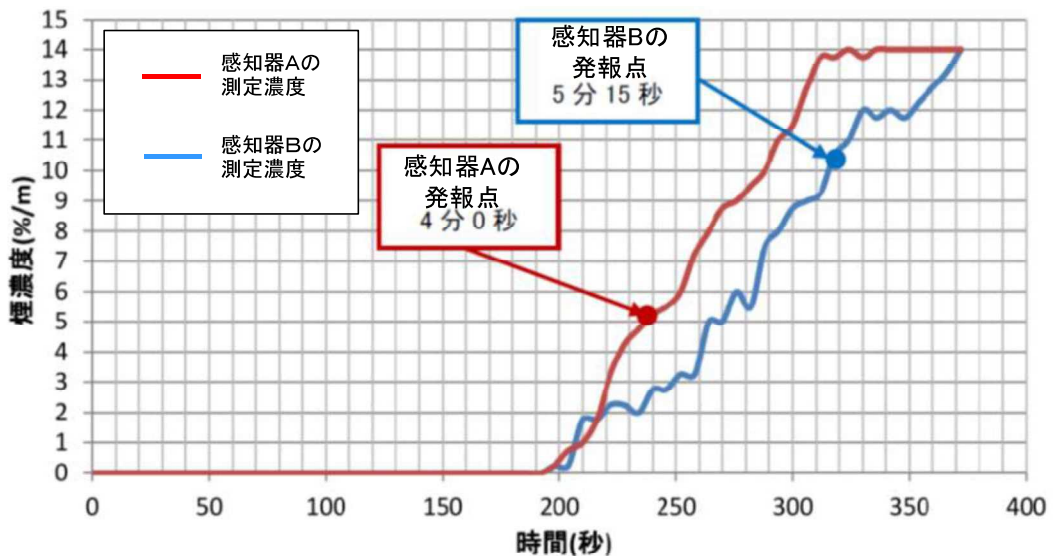


図4 高感度の煙感知器に関する性能確認結果

3.2.2 消火設備

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、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及び火災防護対象ケーブル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、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5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第6図に示す。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。

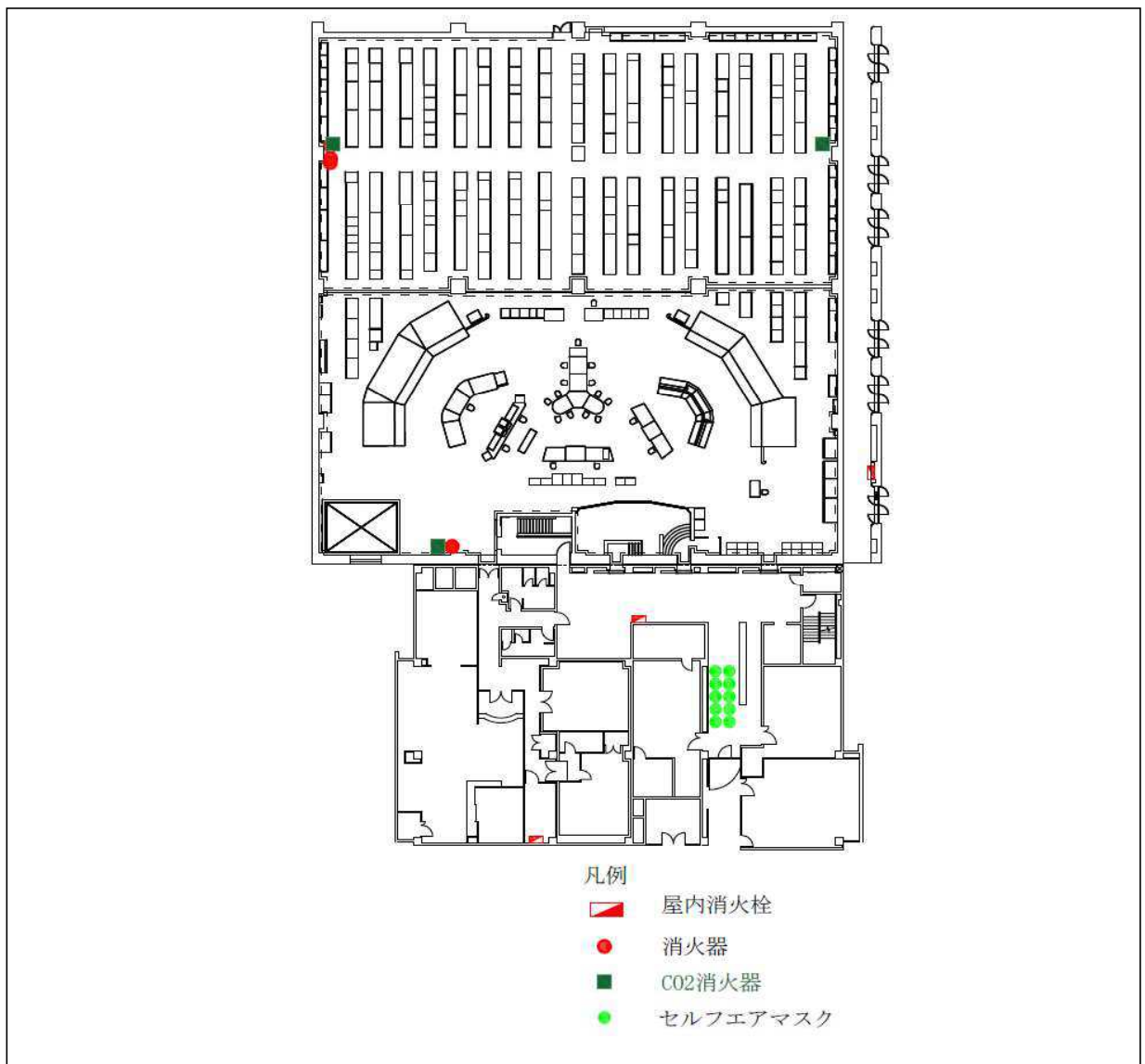


図5 中央制御室のエリア概要

火災が発生した場合、運転員は受信機盤により、火災が発生している区画を特定する。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・大型表示盤エリア及び中央制御室裏盤エリアへの移動は、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。

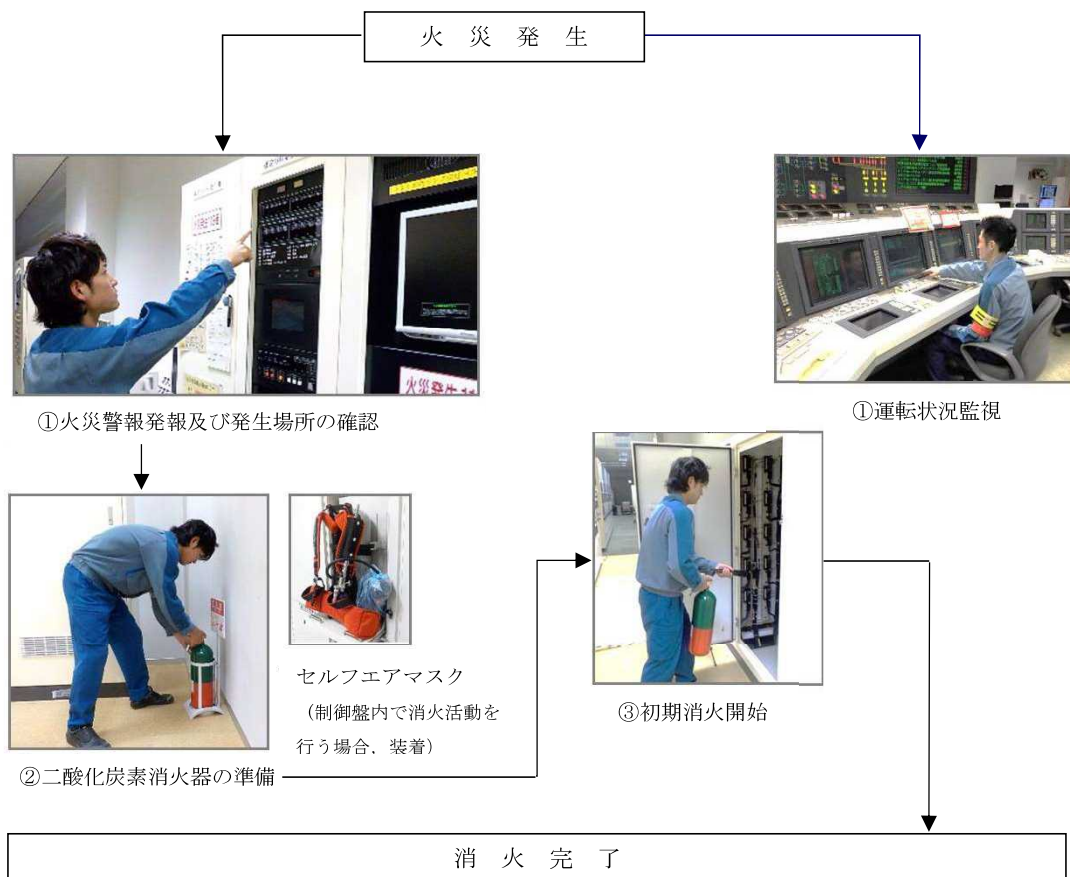


図6 運転員による制御盤内の火災に対する消火の概要

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。

補足説明資料 4-3

中央制御室床下フリーアクセスフロア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)b. 項に示す、中央制御室床下フリーアクセスフロアの火災の影響軽減対策について、補足説明資料として添付するものである。

2. 内容

中央制御室床下フリーアクセスフロアの火災の影響軽減対策を次頁以降に示す。

3. 中央制御室床下フリーアクセスフロアの分離対策

中央制御室床下フリーアクセスフロアの火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、運転員の操作性及び視認性向上を目的として近接して設置することから、互いに相違する系列の水平距離を 6m 以上確保することや互いに相違する系列を 3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離することが困難である。

このため、中央制御室床下フリーアクセスフロアの火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、以下に示すとおり、1 時間以上の耐火能力を有する分離板又は障壁による分離対策、固有の信号を発する異なる 2 種類の火災感知器の設置による早期の火災感知及び固定式ガス消火設備による早期の消火を行う設計とする。

3.1 分離板等による分離

中央制御室床下フリーアクセスフロアに敷設する互いに相違する系列の火災防護対象ケーブルについては、非安全系ケーブルも含めて 1 時間以上の耐火能力を有する分離板又は障壁で分離する設計とする（図 1）。また、ある区分の火災防護対象ケーブルが敷設されている箇所に別区分の火災防護対象ケーブルを敷設する場合は、1 時間以上の耐火能力を有する耐火材で覆った電線管又はトレイに敷設する設計とする。

3.2 1 時間耐火ラッピング

試験結果は、いずれの試験体においても非加熱面側への発炎、火炎の噴出、火炎が通る亀裂等の損傷がなく、建築基準法に基づく防火設備性能試験の判定基準を満足している。また、試験体内部に布設されたケーブルが LOCA 試験時の最大温度及び電気設備の技術基準（第 58 条）の健全性要求を満足している。したがって、1 時間耐火ラッピングは 1 時間の耐火性能を有している。試験前後の写真等を表 9 に示す。

3.3 火災感知設備

中央制御室床下フリーアクセスフロアには、アナログ式の固有の信号を発する異なる種類の煙感知器と熱感知器を組み合わせ設置し、誤作動防止対策を実施する設計とする。これらの感知設備は、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、非常用電源から受電するとともに、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。受信機盤は、作動した火災感知器を 1 つずつ特定できる機能を有するよう設計する。

また、火災の発生個所の特定が困難な場合も想定し、中央制御室に配備したサーモグラフィカメラにより火災の発生箇所を特定できる設計とする。

3.4 消火設備

中央制御室床下フリーアクセスフロアは、中央制御室からの手動操作により早期の起動が可能な固定式ガス消火設備（消火剤はハロン 1301）を設置する設計とする。この消火設備は、故

障警報及び作動前の警報を中央制御室に吹鳴する設計とする。また、外部電源喪失時においても消火が可能となるよう、非常用電源から受電する設計とする。

中央制御室床下フリーアクセスフロアの固定式消火設備については、消火後に発生する有毒なガス（フッ化水素等）が中央制御室の空間容積が大きいため拡散による濃度低下が想定されるものの、中央制御室に運転員が常駐していることを踏まえ、人体への影響を考慮して、運用面においては自動起動とはせず手動操作による起動とする。ただし、中央制御室床下フリーアクセスフロアにアナログ式の異なる2種の火災感知器を設置すること、中央制御室内には運転員が常駐することを踏まえると、中央制御室床下フリーアクセスフロアの固定式ガス消火設備は、手動操作による起動であっても自動起動と同等に早期の消火が可能な設計である。さらに、火災の早期感知消火を図るために、中央制御室床下フリーアクセスフロアの消火活動の手順を定めて、訓練を実施する。

なお、火災発生時、火災発生場所を火災感知設備により確認し、中央制御室床下フリーアクセスフロアの床板を外して、中央制御室に設置する二酸化炭素消火器を用いた消火活動を行うことも可能である。中央制御室床下フリーアクセスフロアの床板は、治具を用いて容易に取り外すことが可能であるが、早期消火の観点から中央制御室床下フリーアクセスフロアの消火活動の手順の中に床板の取り外し方法も定めて、訓練を実施する。

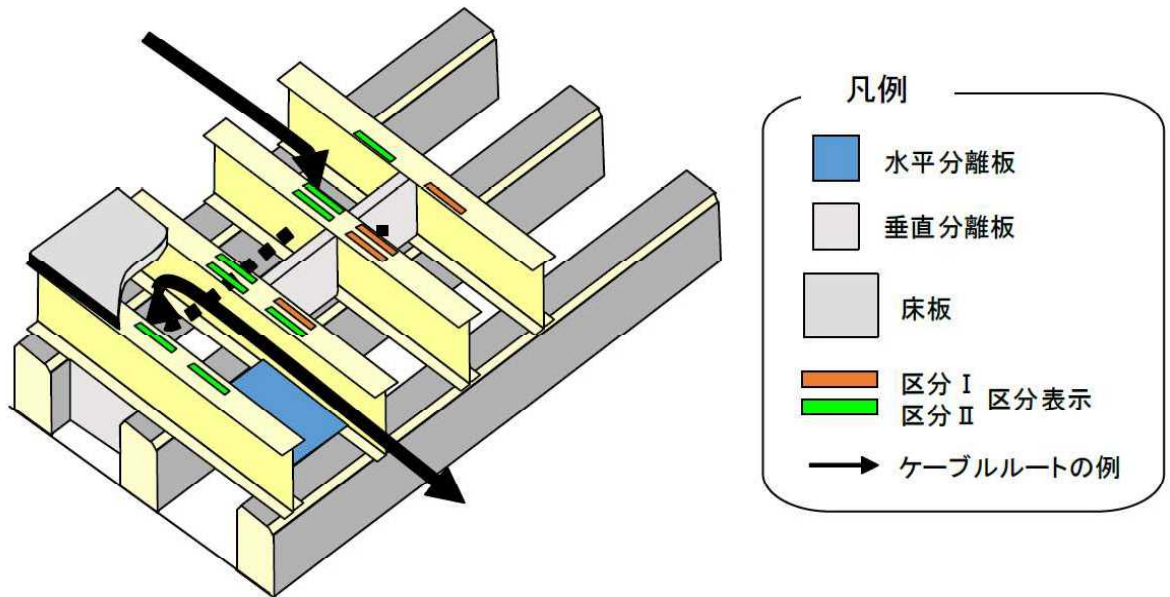


図1 中央制御室床下フリーアクセスフロアの概要

補足説明資料 4-4

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」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（高温停止及び低温停止）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、現場に敷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。

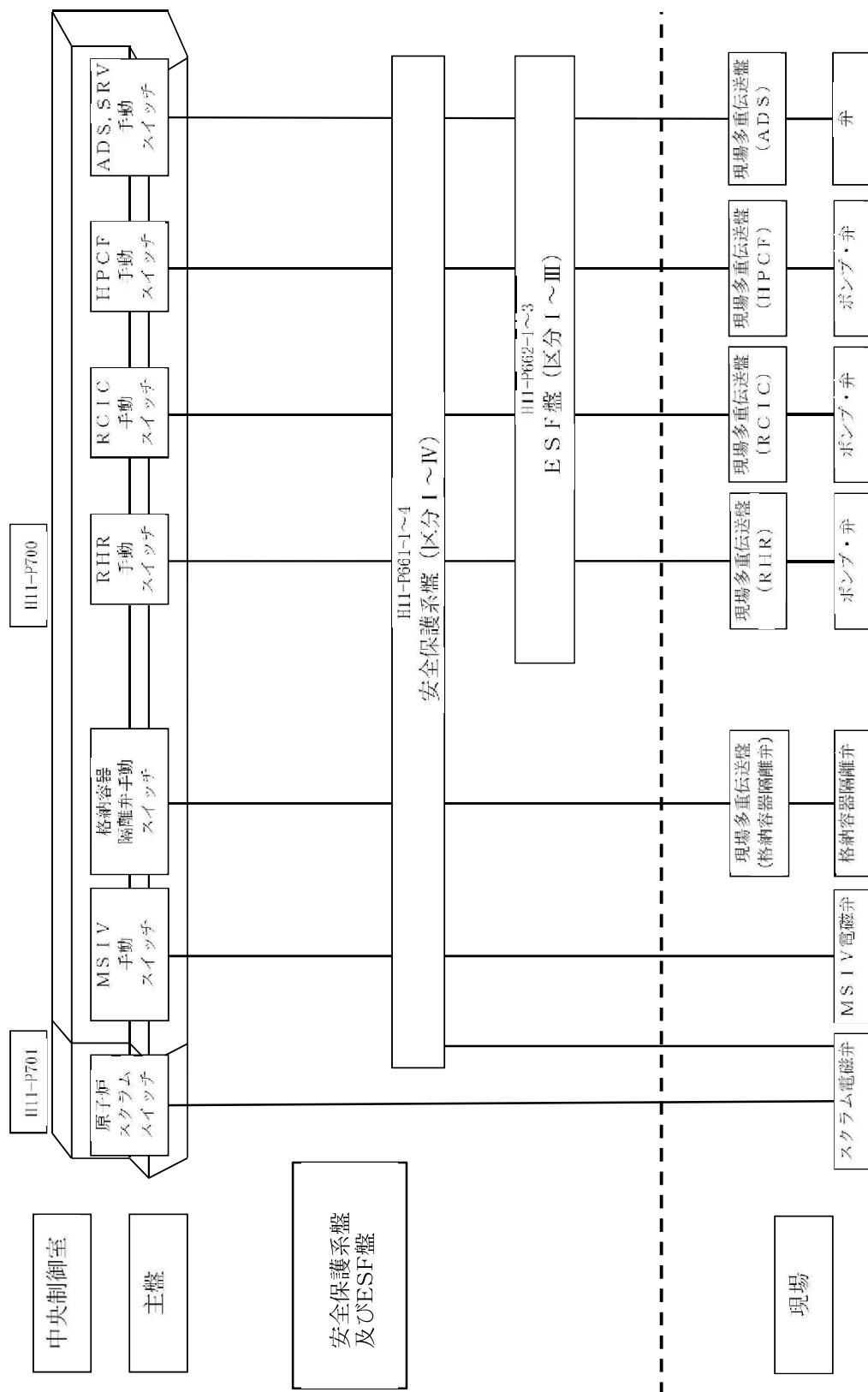


図1 対処系に係る制御盤等の関係図

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」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3台停止。ただし、原子炉スクラムには至らない事象。
④ 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「⑦負荷の喪失」の評価に含まれる。
⑤ 給水加熱喪失	○	火災の影響による抽気逆止弁の誤閉。
⑥ 原子炉冷却材流量制御系の誤動作	○	火災の影響による流量制御器の誤動作。
(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		
⑦ 負荷の喪失	○	火災の影響による蒸気加減弁の誤動作。
⑧ 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。
⑨ 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。
⑩ 原子炉圧力制御系の故障	○	火災の影響による原子炉圧力制御系の誤動作。
⑪ 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。

○：評価対象とする事象，—：評価対象外とする事象

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	—	燃料取扱い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

○：評価対象とする事象，—：評価対象外とする事象

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。

- ・ H11-P687 タービン系計装制御盤（中央制御室上部）

(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系計装制御盤と、安全保護系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。

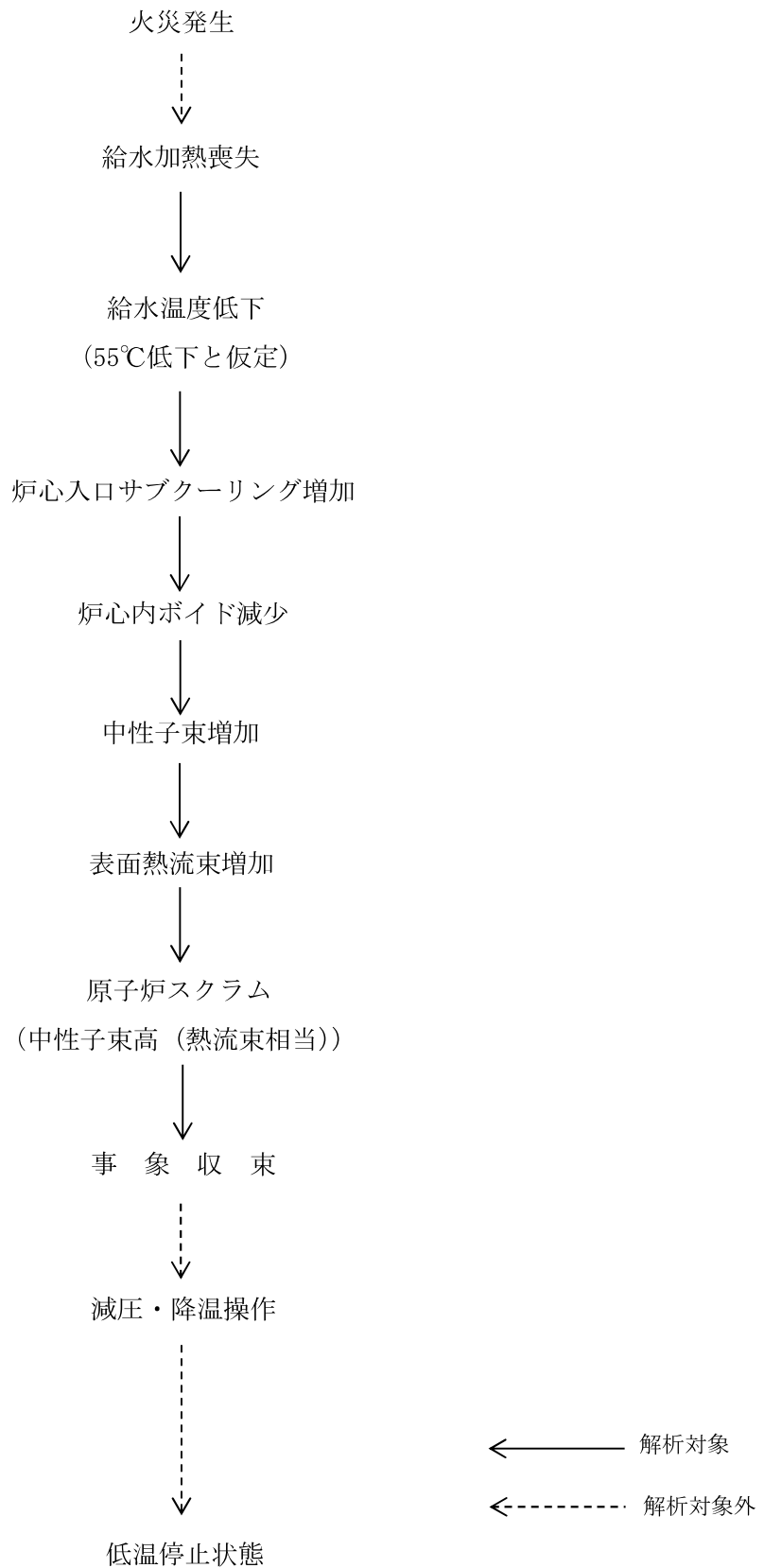


図2 「給水加熱喪失」の事象過程

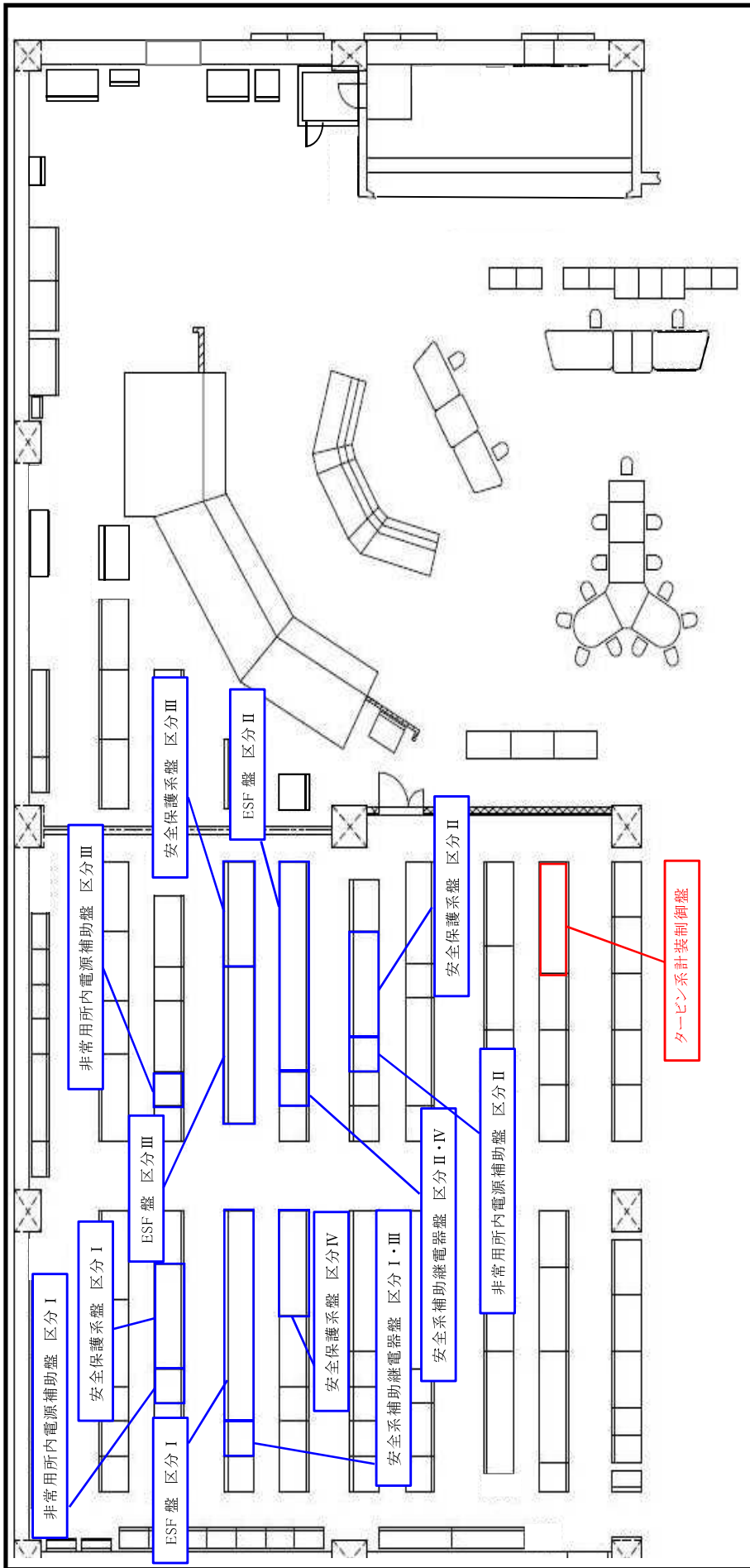


図 3 6 号機中央制御室（上部）

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により、炉心流量が増加し、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、原子炉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、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制御系の故障により、炉心流量が増加することを想定する。

- ・ H11-P612-2 原子炉再循環流量制御系盤（中央制御室上部）

(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原子炉再循環流量制御系盤と、安全保護系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。

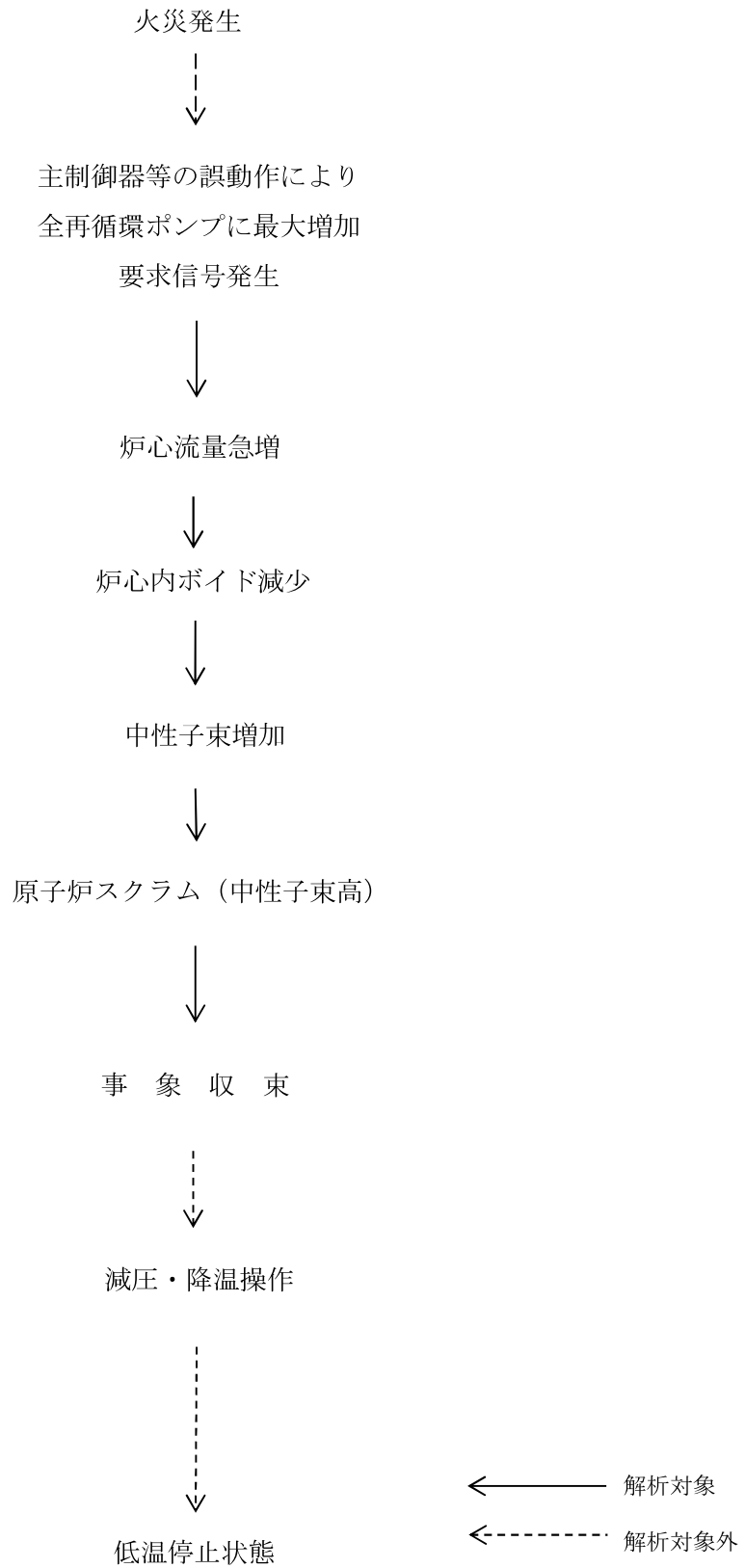


図4 「原子炉冷却材流量制御系の誤動作」の事象過程

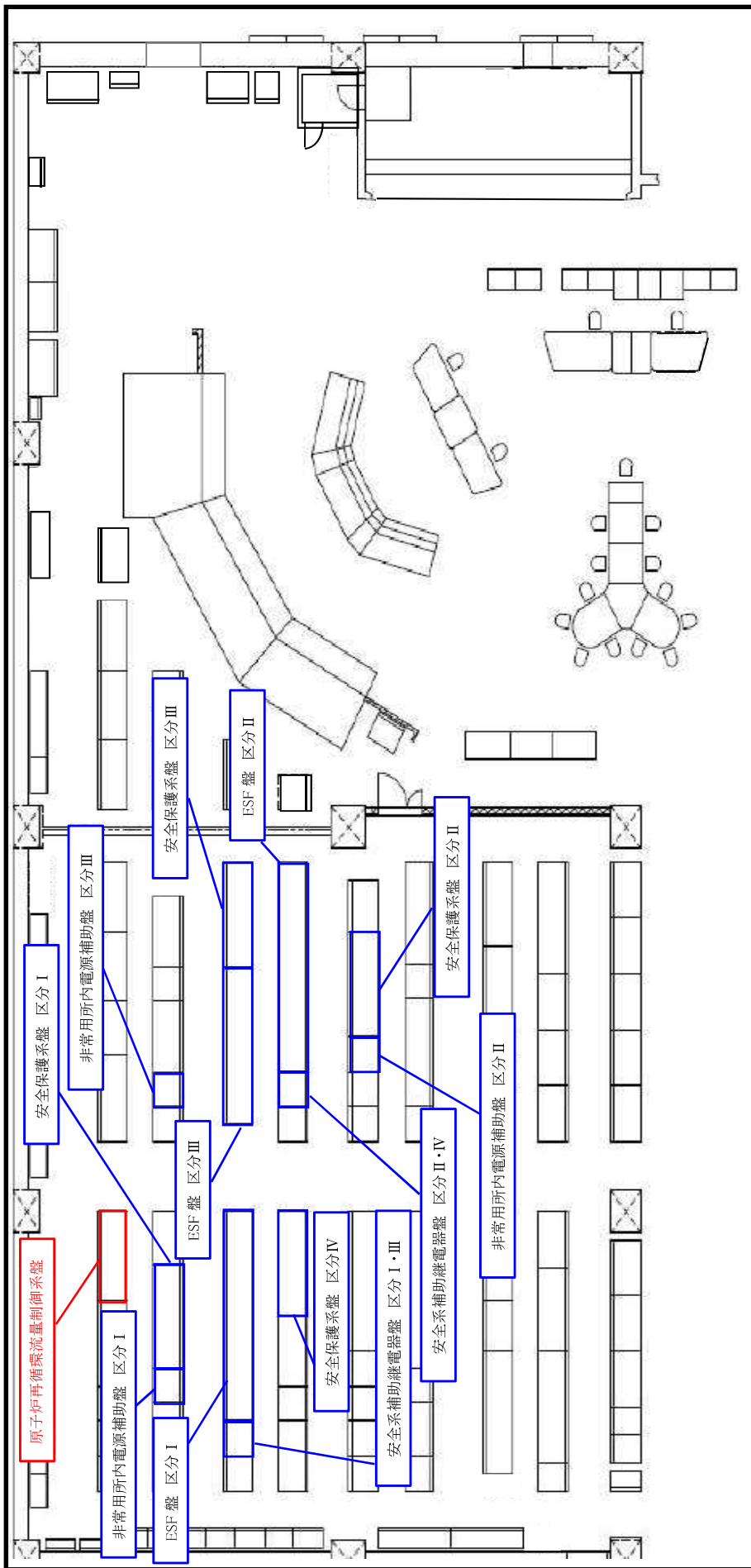


图 5 6 号機中央制御室（上部）

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、原子炉出力が上昇する事象である（図6図）。

(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。

- ・ H12-P685 主タービンEHC盤（中央制御室下部）

(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主タービンEHC盤と、安全保護系盤は分離して設置されており（図7-1、図7-2）、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。

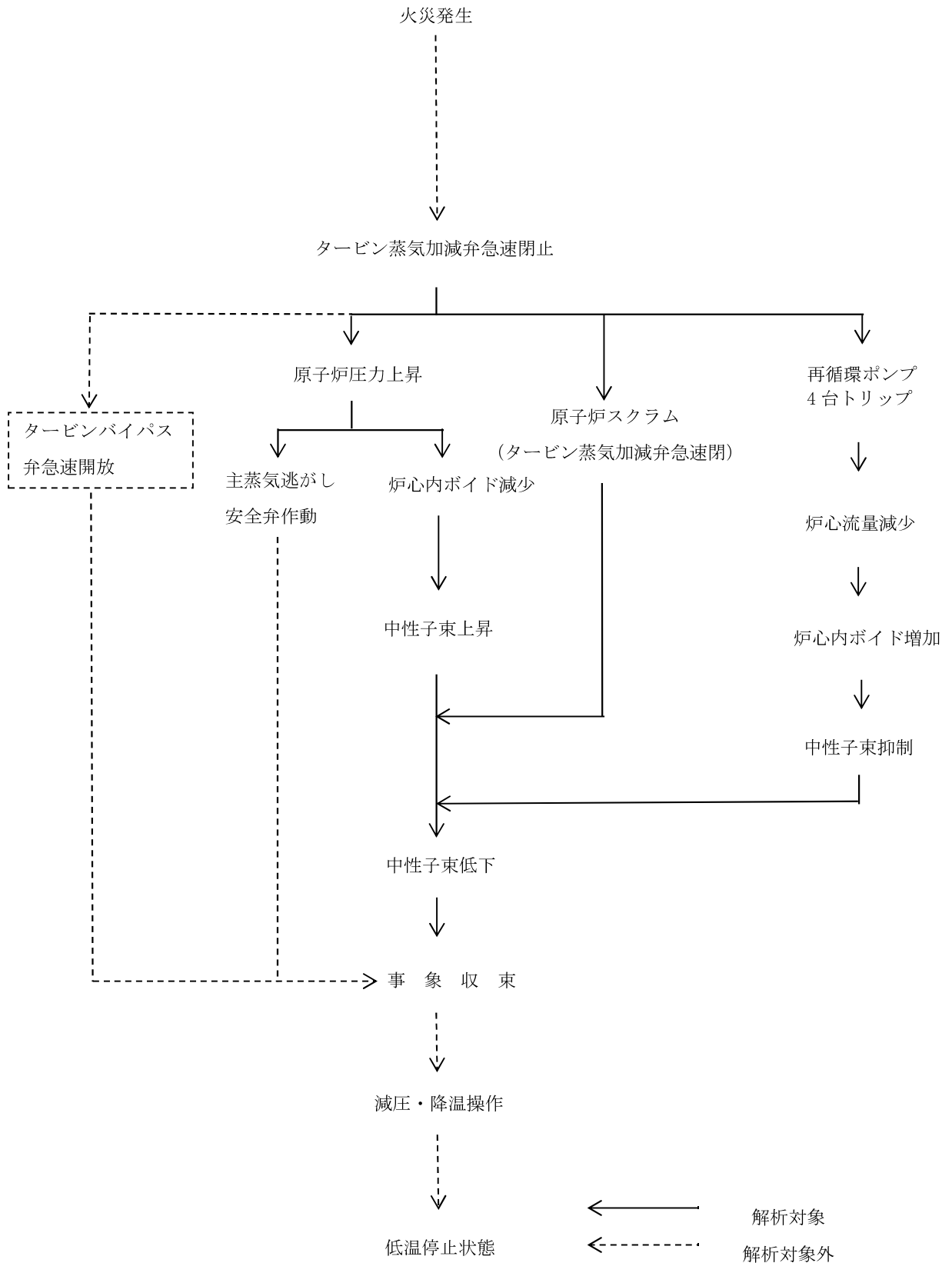


図6 負荷の喪失（蒸気加減弁急速閉止）の事象過程

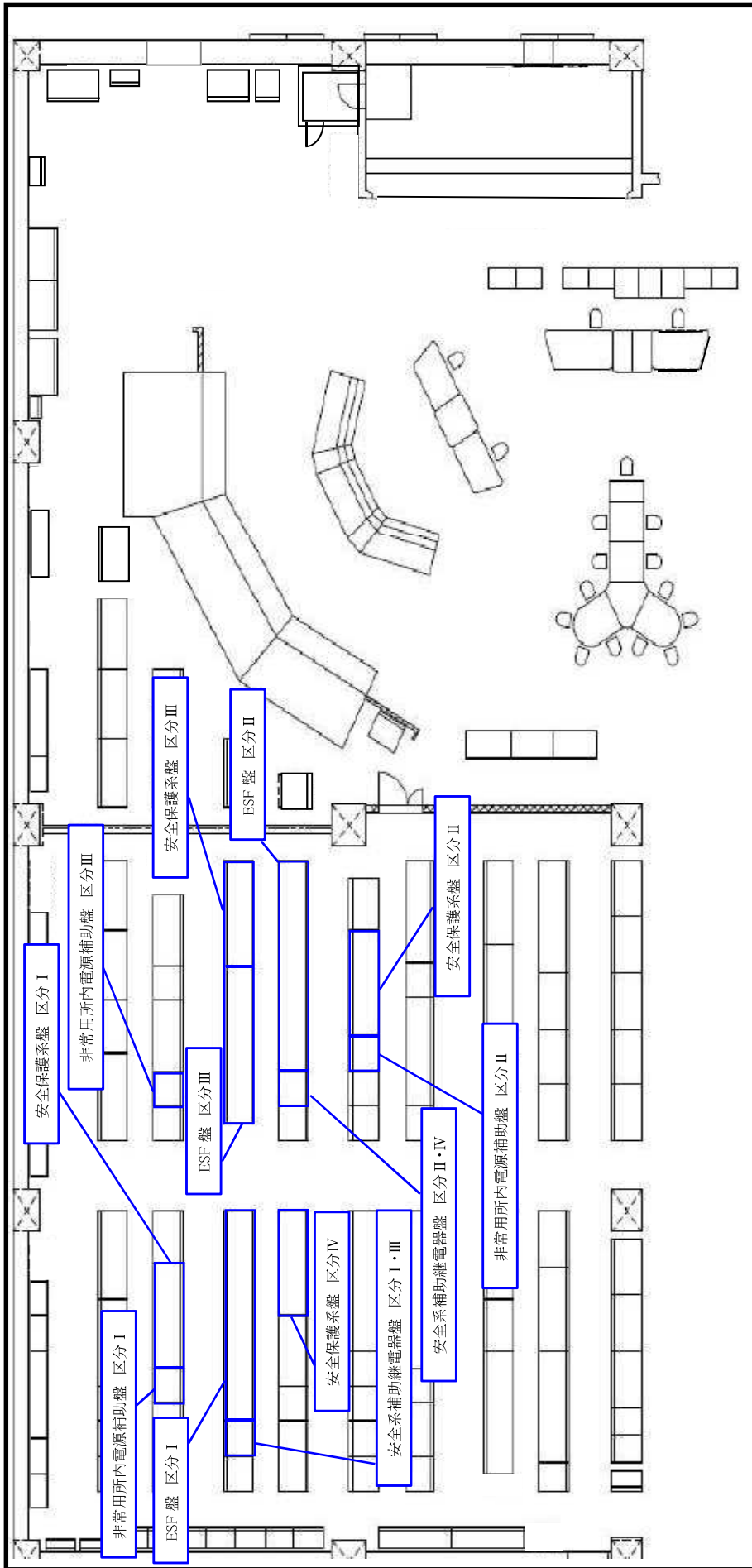


图 7-1 6号機中央制御室(上部)

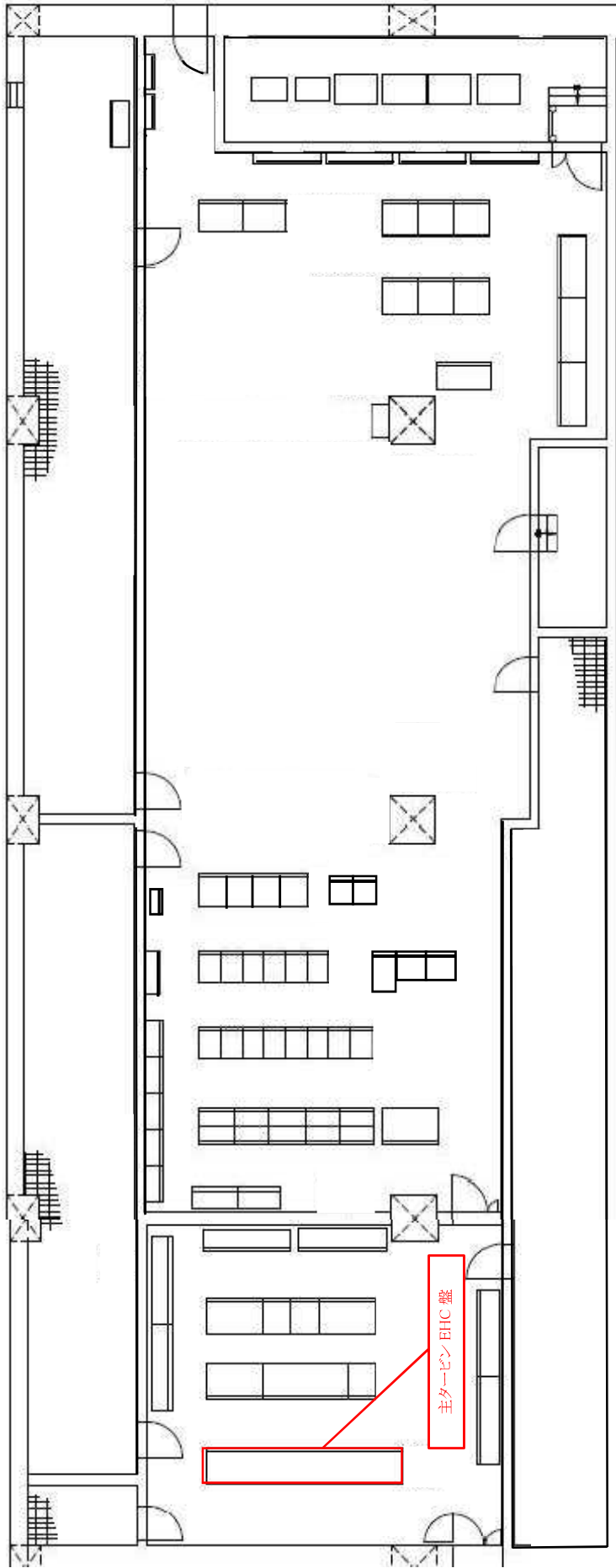


図7-2 6号機中央制御室(下部)

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、原子炉水位異常低下等の誤信号により主蒸気隔離弁が閉止し、原子炉出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。

- ・H11-P831-1 MS I V LD盤（外側A・B）（中央制御室上部）
- ・H11-P831-2 MS I V LD盤（外側C・D）（中央制御室上部）
- ・H11-P831-3 MS I V LD盤（内側A・B）（中央制御室上部）
- ・H11-P831-4 MS I V LD盤（内側C・D）（中央制御室上部）

(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MS I V LD盤と安全保護系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。

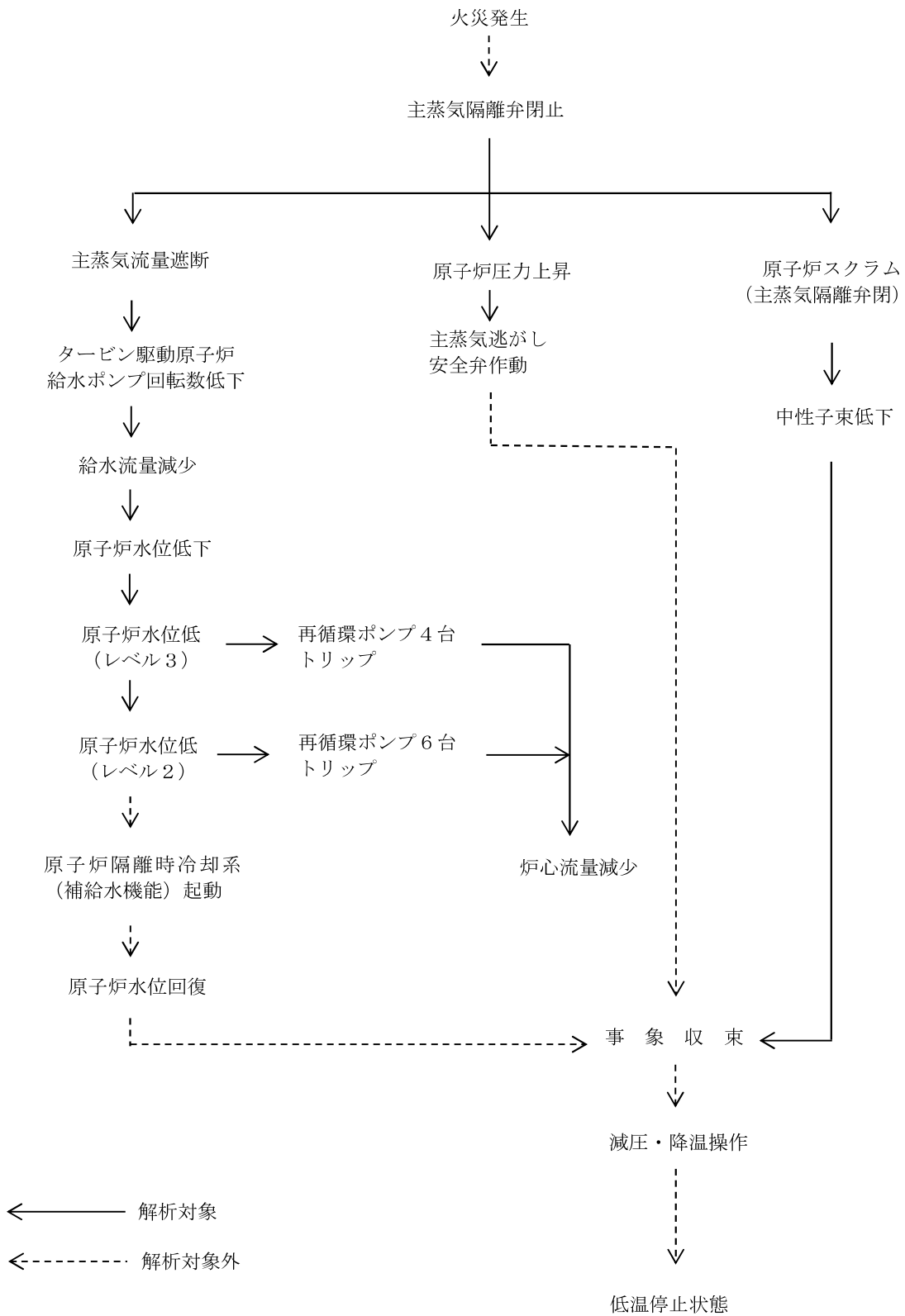


図8 「主蒸気隔離弁の誤閉止」の事象過程

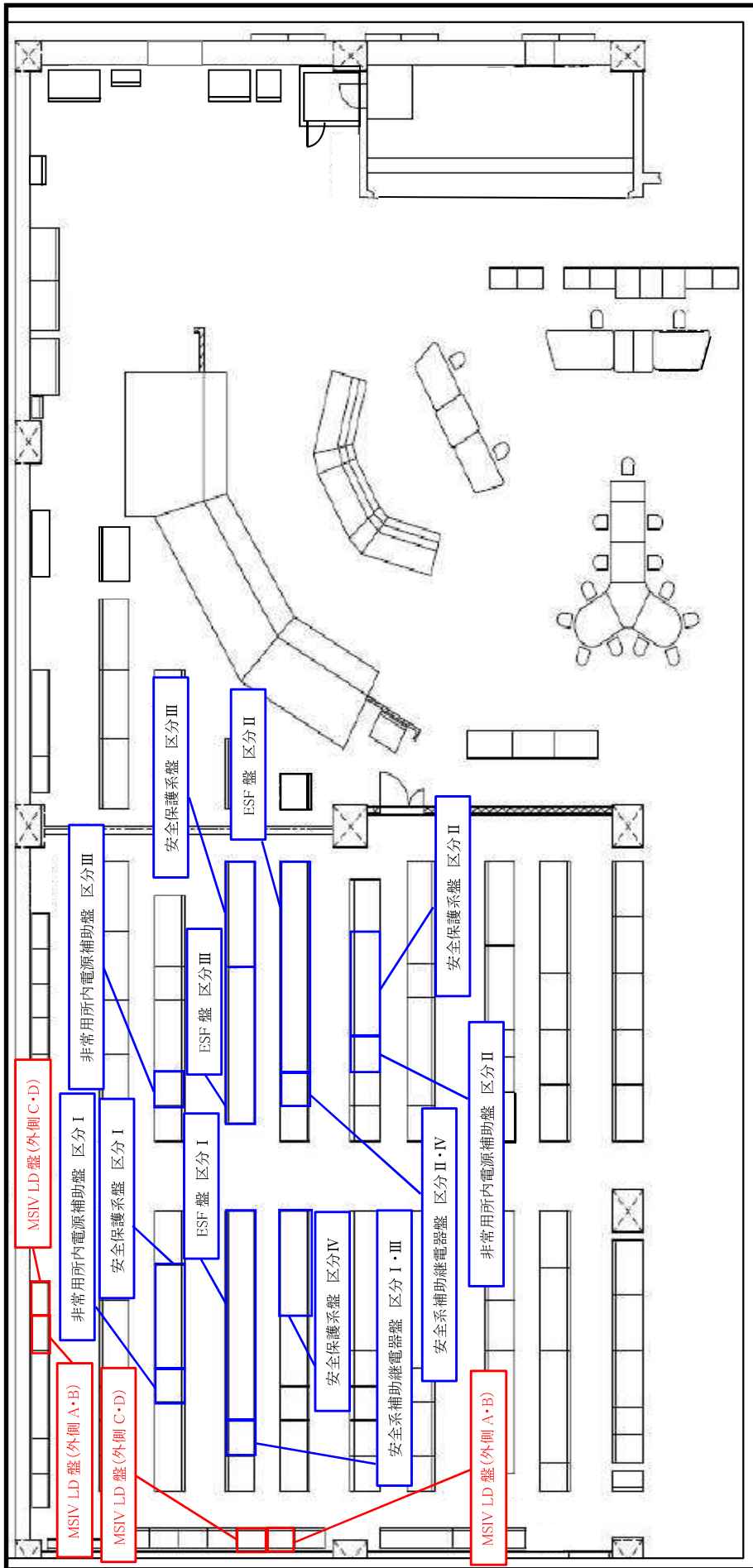


図 9 6 号機中央制御室 (上部)

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、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。

- ・ H11-P612-1 原子炉給水制御盤（中央制御室上部）
- ・ H11-P612-3 RFP-T (A) 制御盤（中央制御室下部）
- ・ H11-P612-4 RFP-T (B) 制御盤（中央制御室下部）

(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原子炉給水制御盤及び RFP-T (A) 制御盤及び RFP-T (B) 制御盤と、安全保護系盤は分離して設置されており（図 11-1、図 11-2）、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。

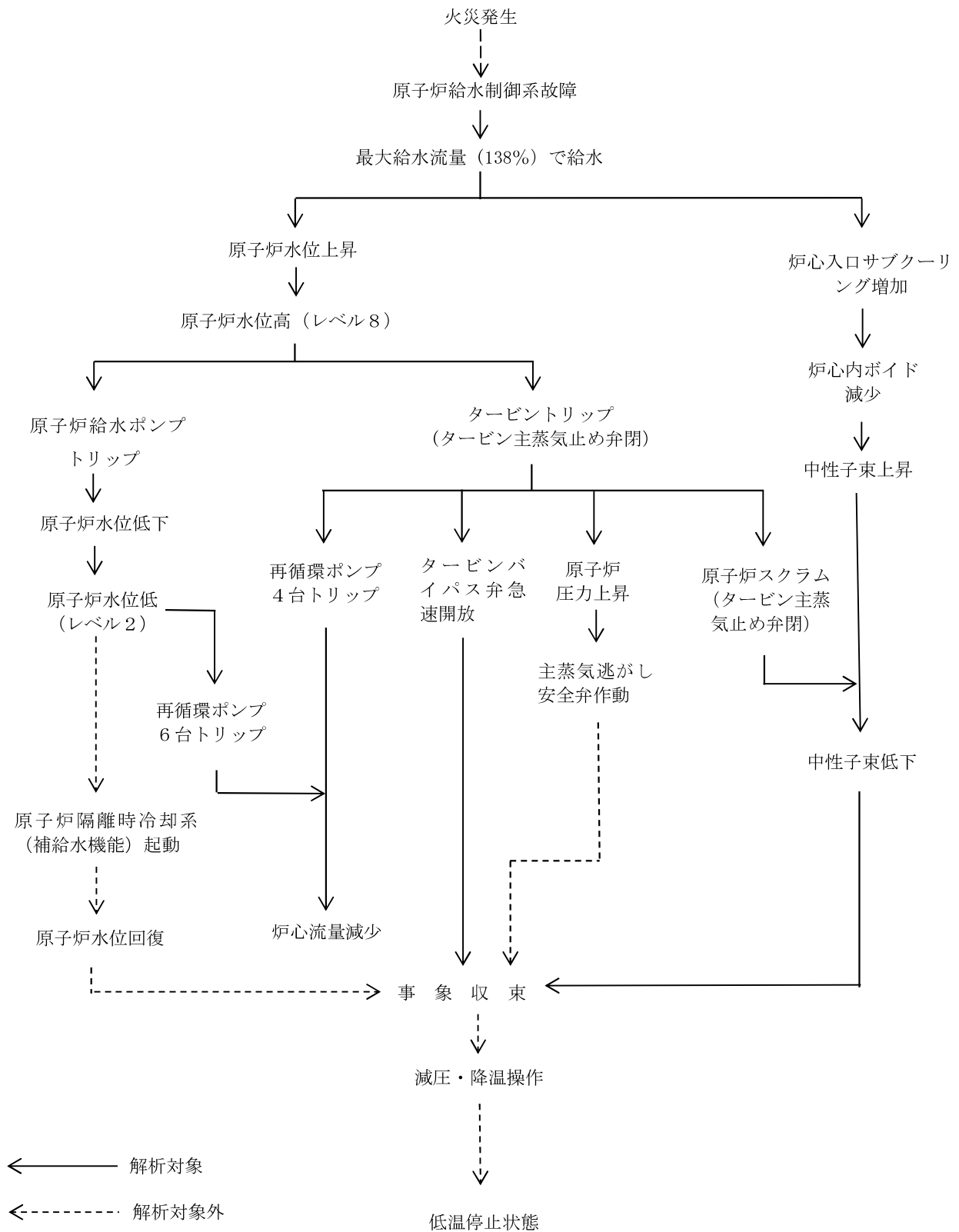


図 10 「給水制御系の故障」の事象過程

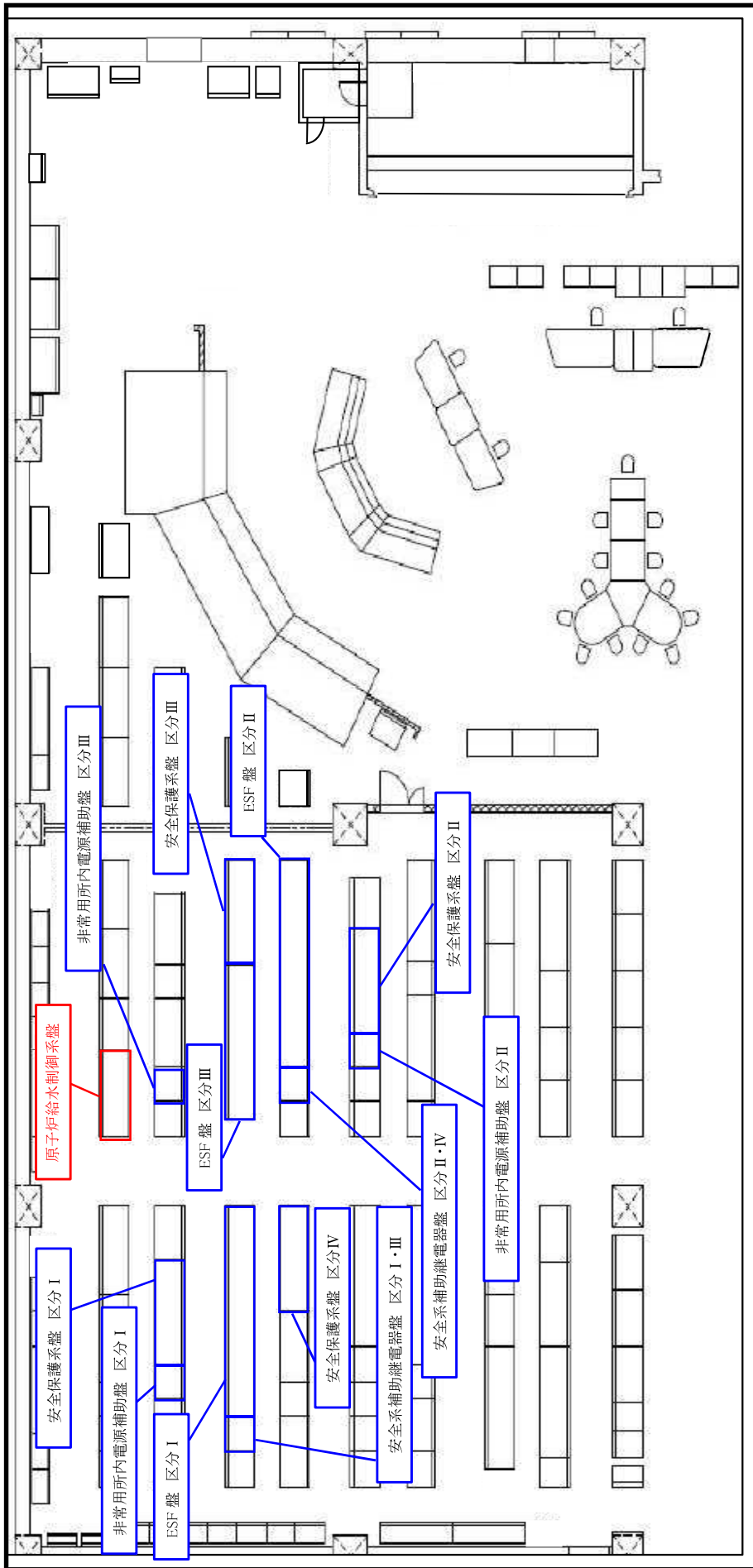


図 11-1 6 号機中央制御室(上部)

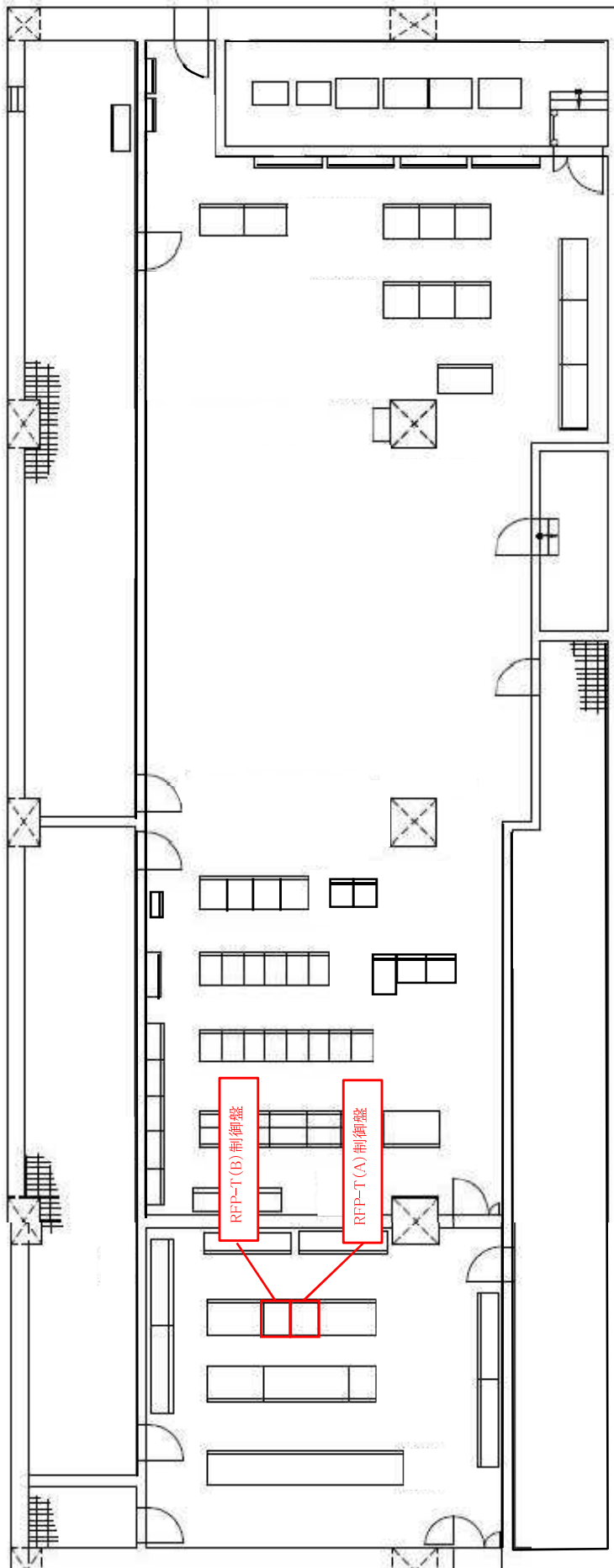


図 11-2 6 号機中央制御室 (下部)

7.1.6 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、圧力制御系の誤動作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。

- ・ H12-P685 主タービン EHC 盤（中央制御室下部）

(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主タービン EHC 盤と、安全保護系盤は分離して設置されており（図 13-1, 図 13-2）、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。

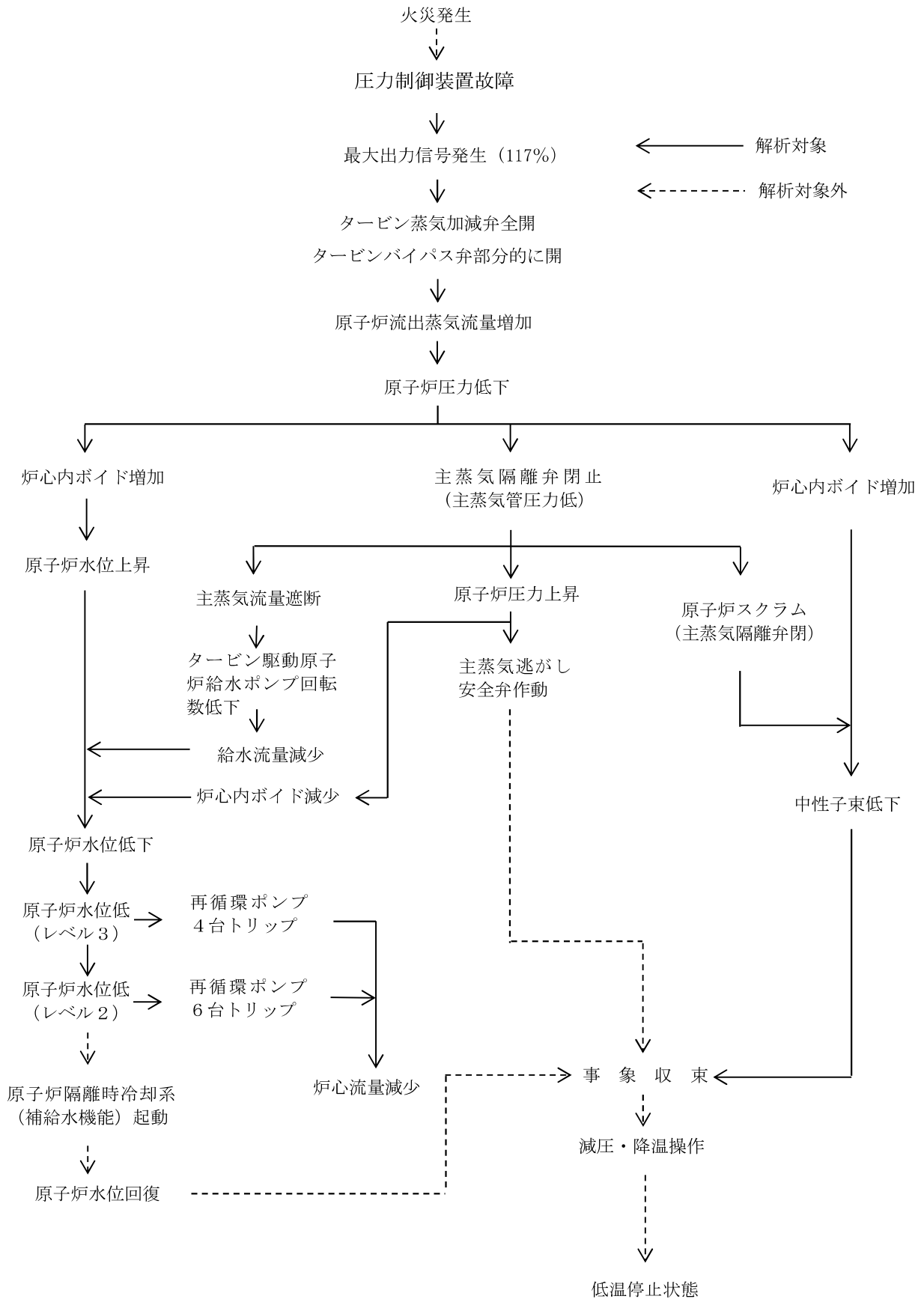


図 12 「圧力制御系の故障」の事象

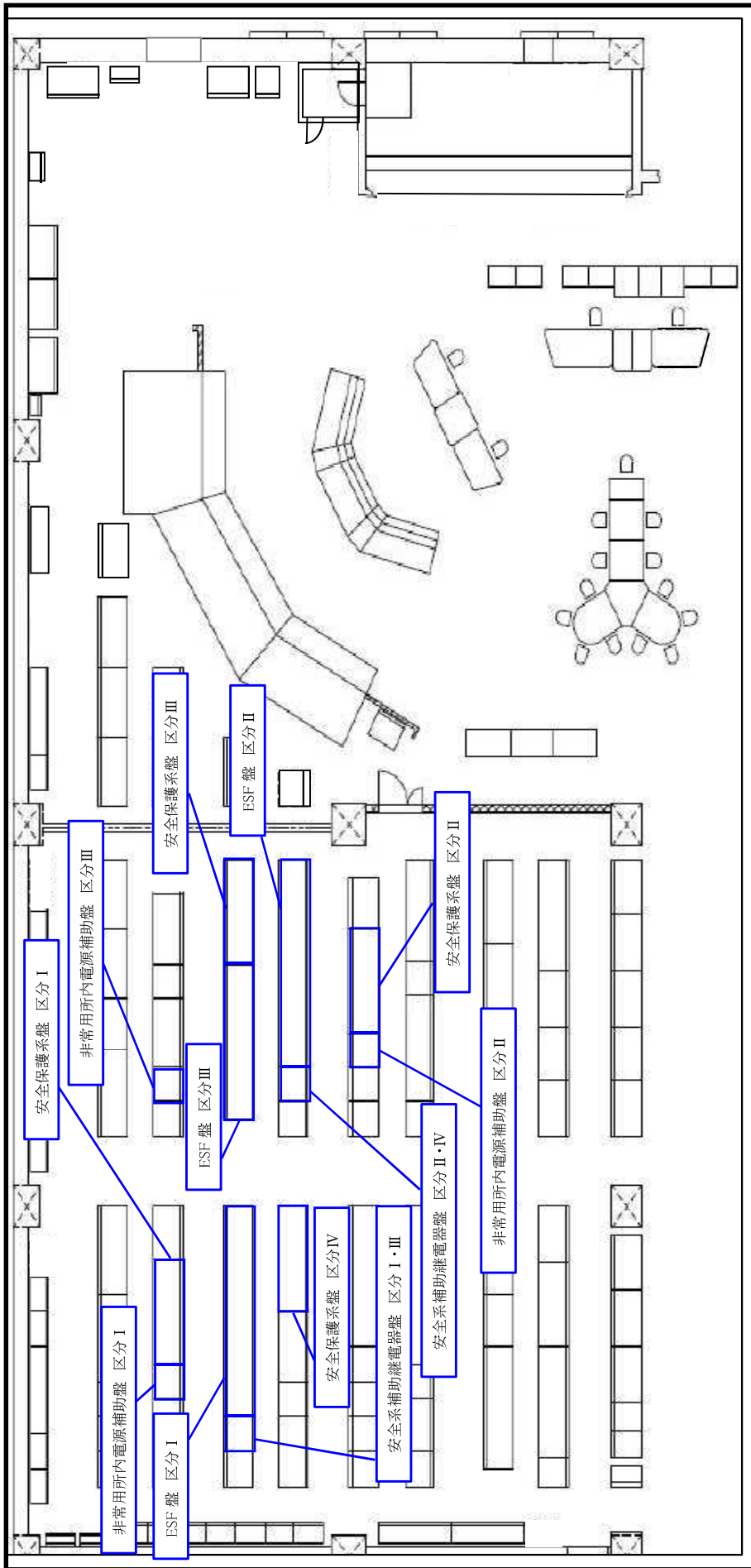


図 13-1 6 号機中央制御室(上部)

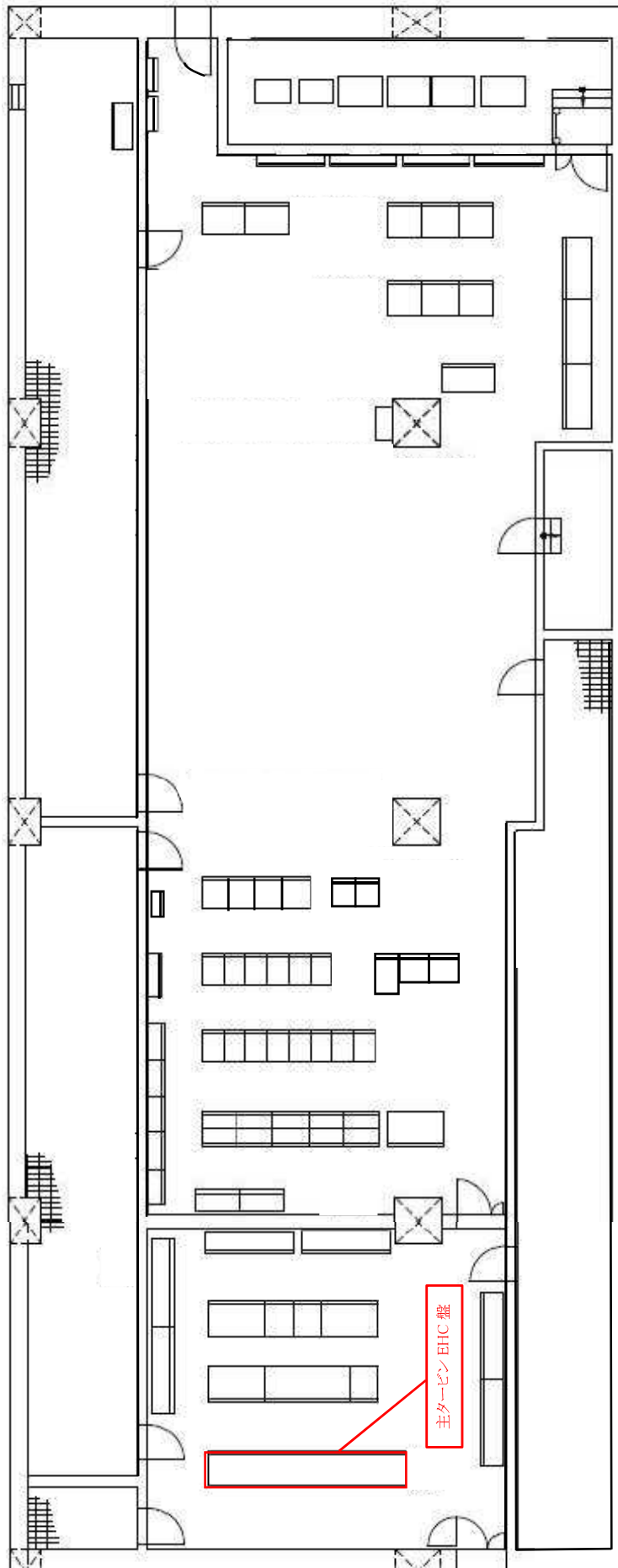


図 13-2 6号機中央制御室(下部)

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、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、中央制御室に設置されている次の制御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。

- ・ H11-P612-1 原子炉給水制御盤（中央制御室上部）
- ・ H11-P612-3 RFP-T (A) 制御盤（中央制御室下部）
- ・ H11-P612-4 RFP-T (B) 制御盤（中央制御室下部）

(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原子炉給水制御盤及び RFP-T (A) 制御盤及び RFP-T (B) 制御盤と、安全保護系盤は分離して設置されており（図 15-1, 図 15-2）、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。

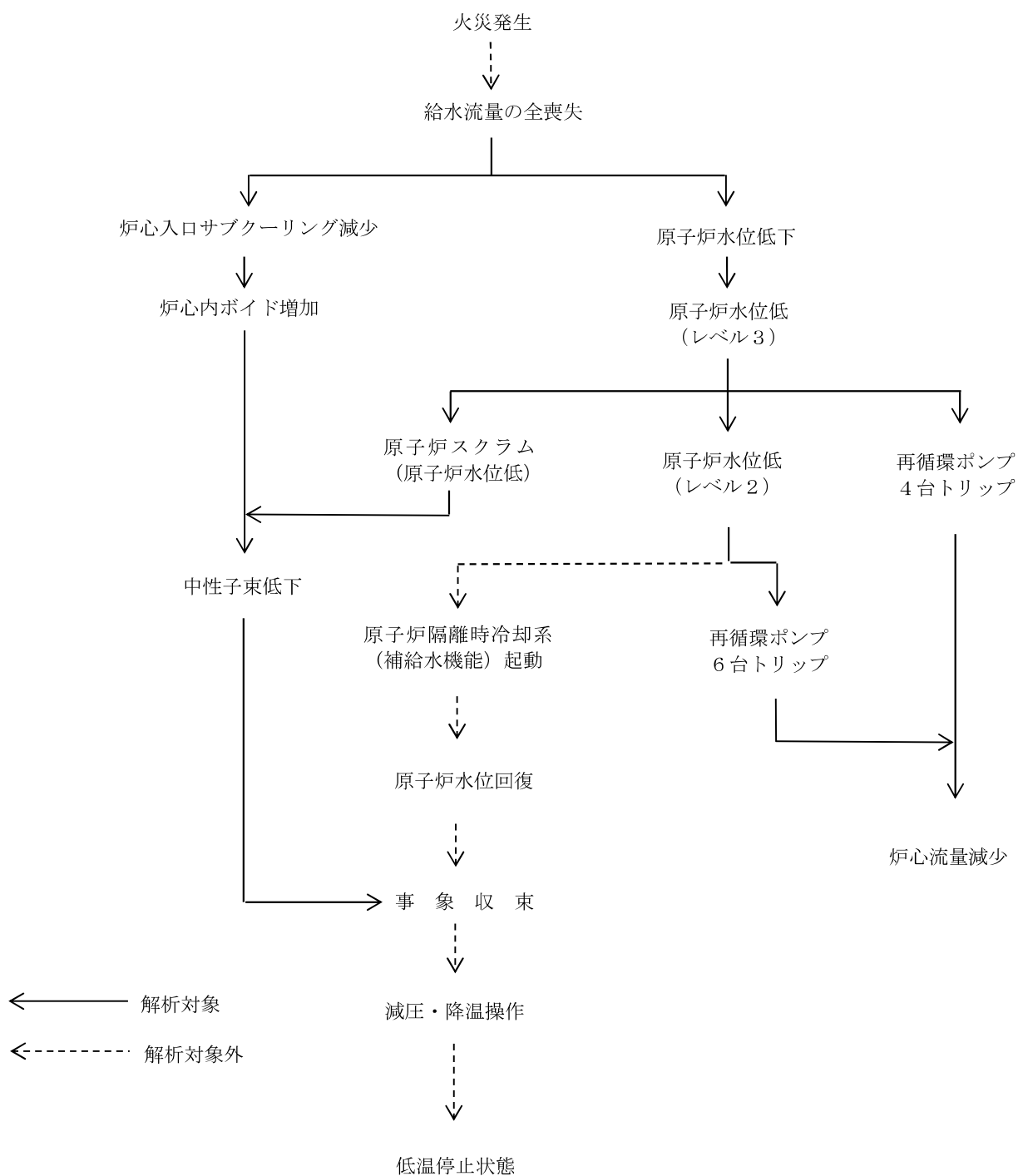


図 14 「給水流量の全喪失」の事象過程

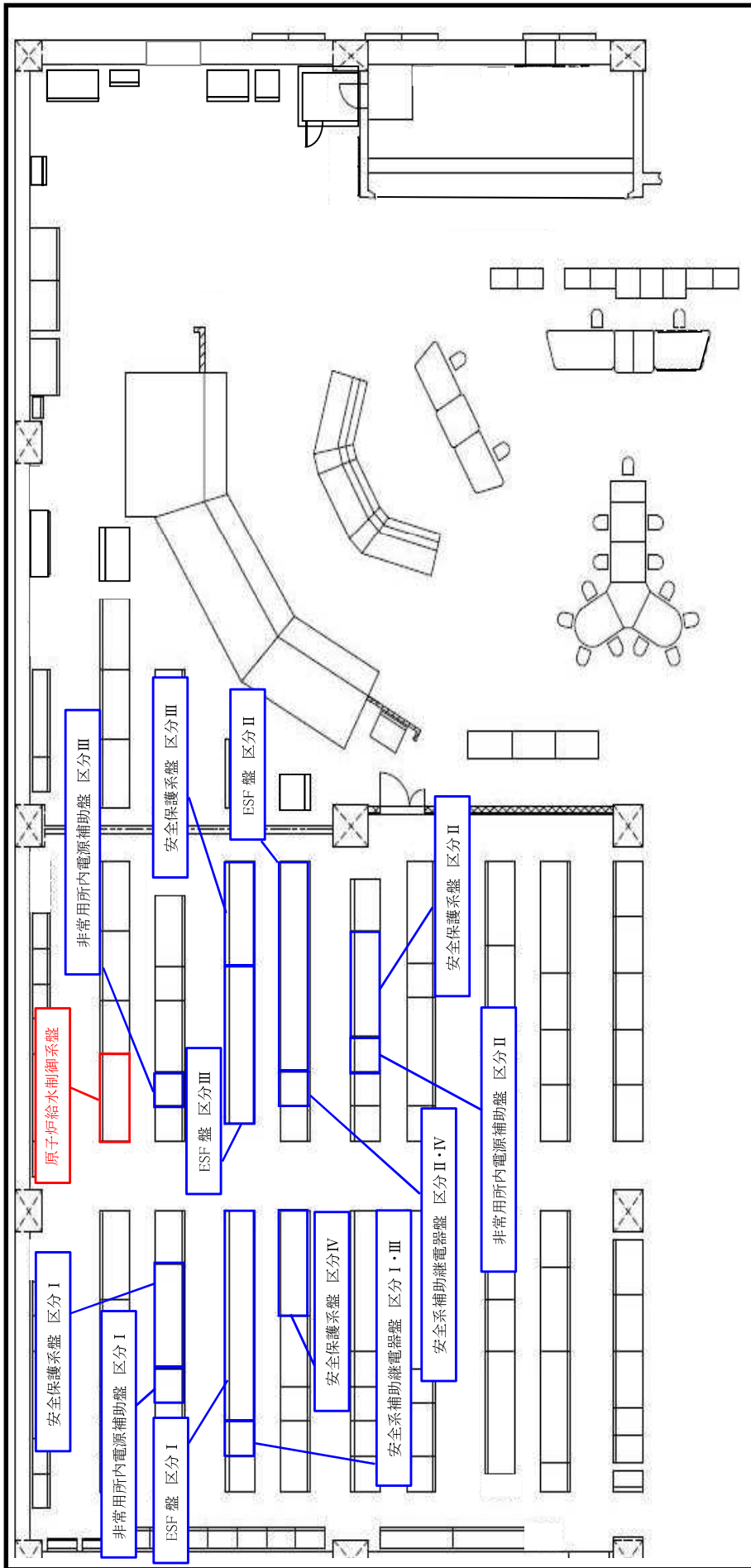


图 15-1-1 6号機中央制御室(上部)

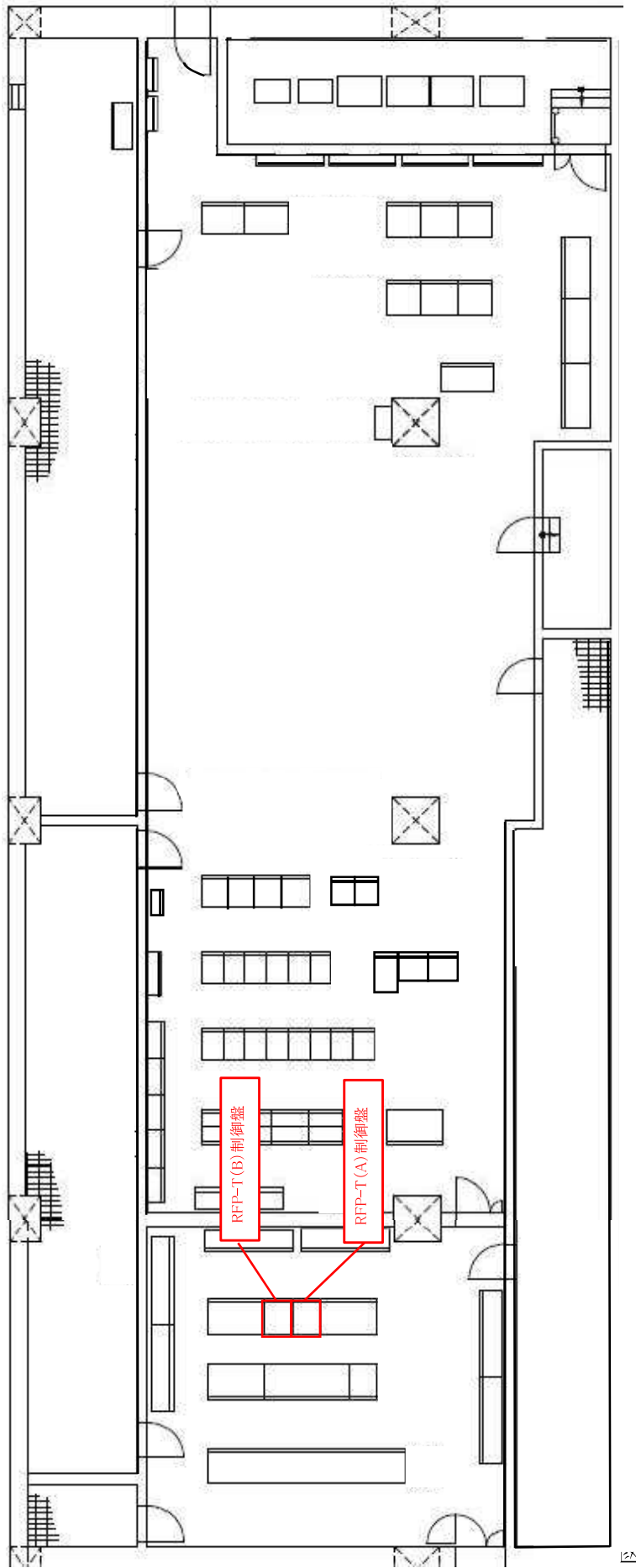


图 15-2 6号機中央制御室（下部）

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、再循環ポンプ全台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、再循環ポンプ全台がトリップすることを想定する。

- ・ H11-P612-2 原子炉再循環流量制御系盤（中央制御室上部）
- ・ H11-P654 ATWS/RPT 盤（中央制御室上部）

(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（炉心流量急減スクラム）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。その結果、本事象の発生に至る原子炉再循環流量制御系盤及び ATWS/RPT 盤と、安全保護系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。

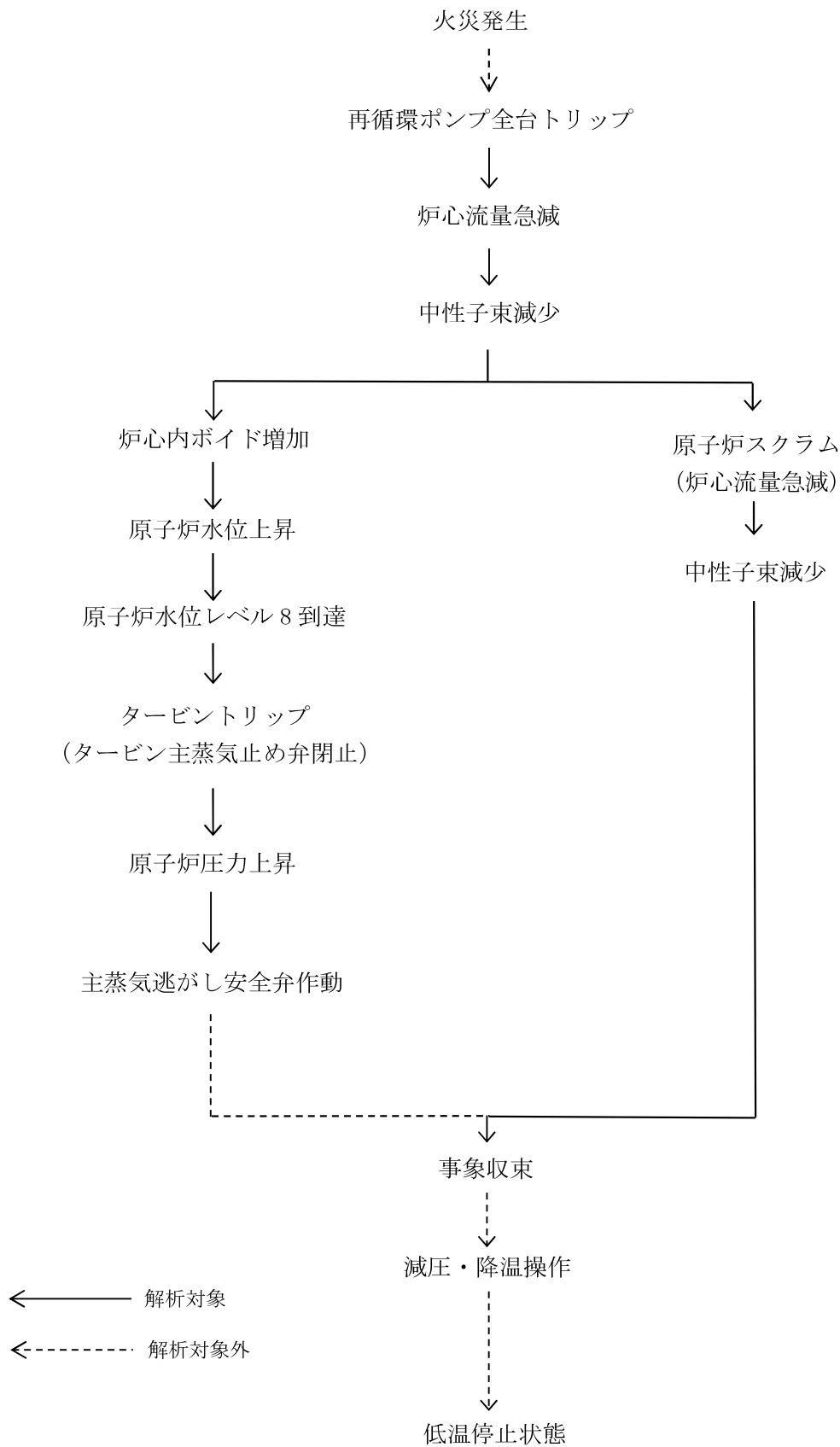


図 16 「原子炉冷却材流量の喪失」の事象過程

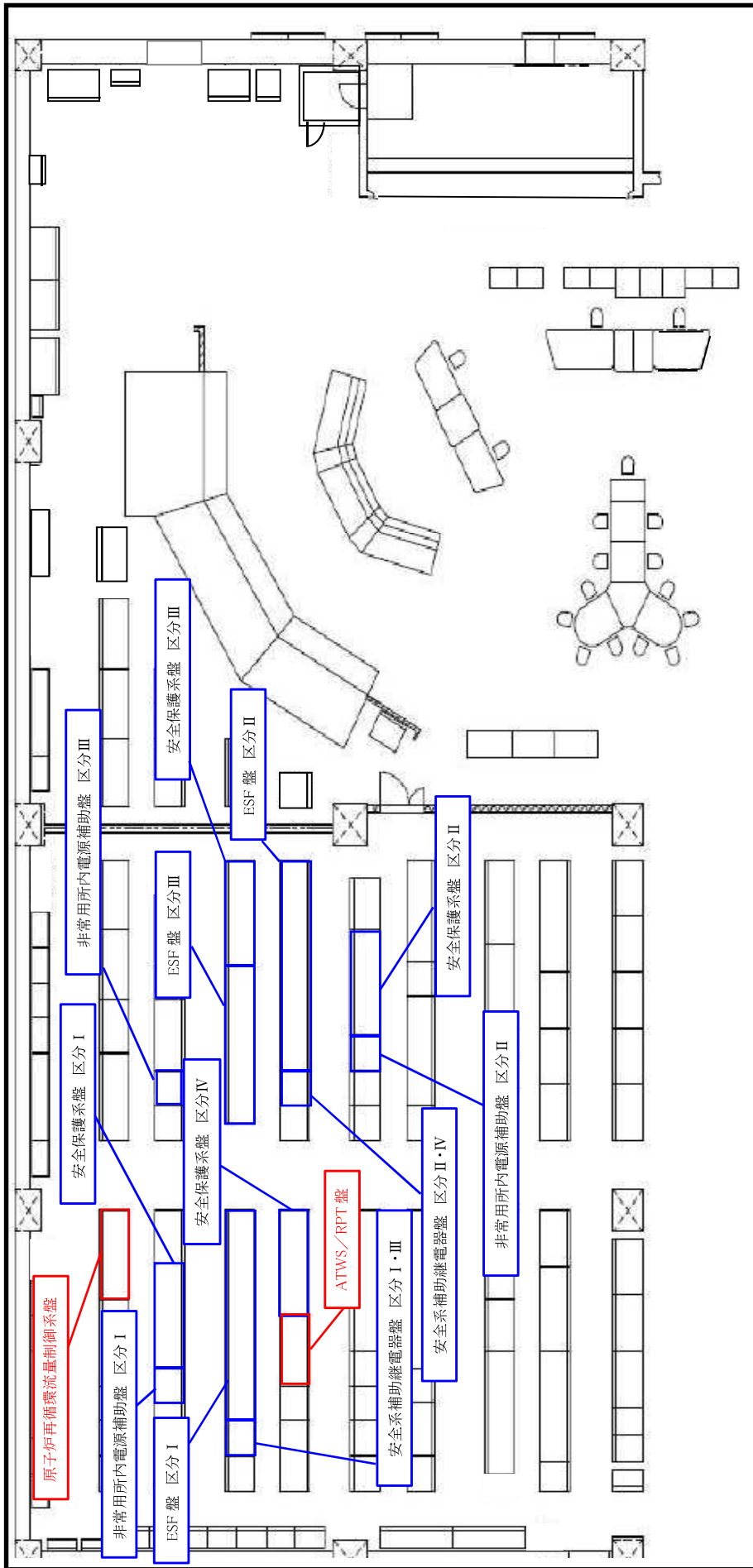


图 17 6号機中央制御室(上部)

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	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炉心流量が増加し、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	発電機負荷遮断により蒸気加減弁の急速閉が生じ、原子炉出力が上昇する。	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	給水制御系の誤動作により給水流量が急激に増加し、炉心入口サブクレーニ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	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
原子炉冷却材流量の喪失	再循環ポンプが全台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 (炉心流量急減スクラム)	同上

補足説明資料 4-5
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)a. 項に示す、中央制御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、原子炉を安全停止すること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、原子炉を安全停止することが可能である評価の結果を次頁以降に示す。

3. 中央制御室の制御盤の配置

中央制御室には，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。

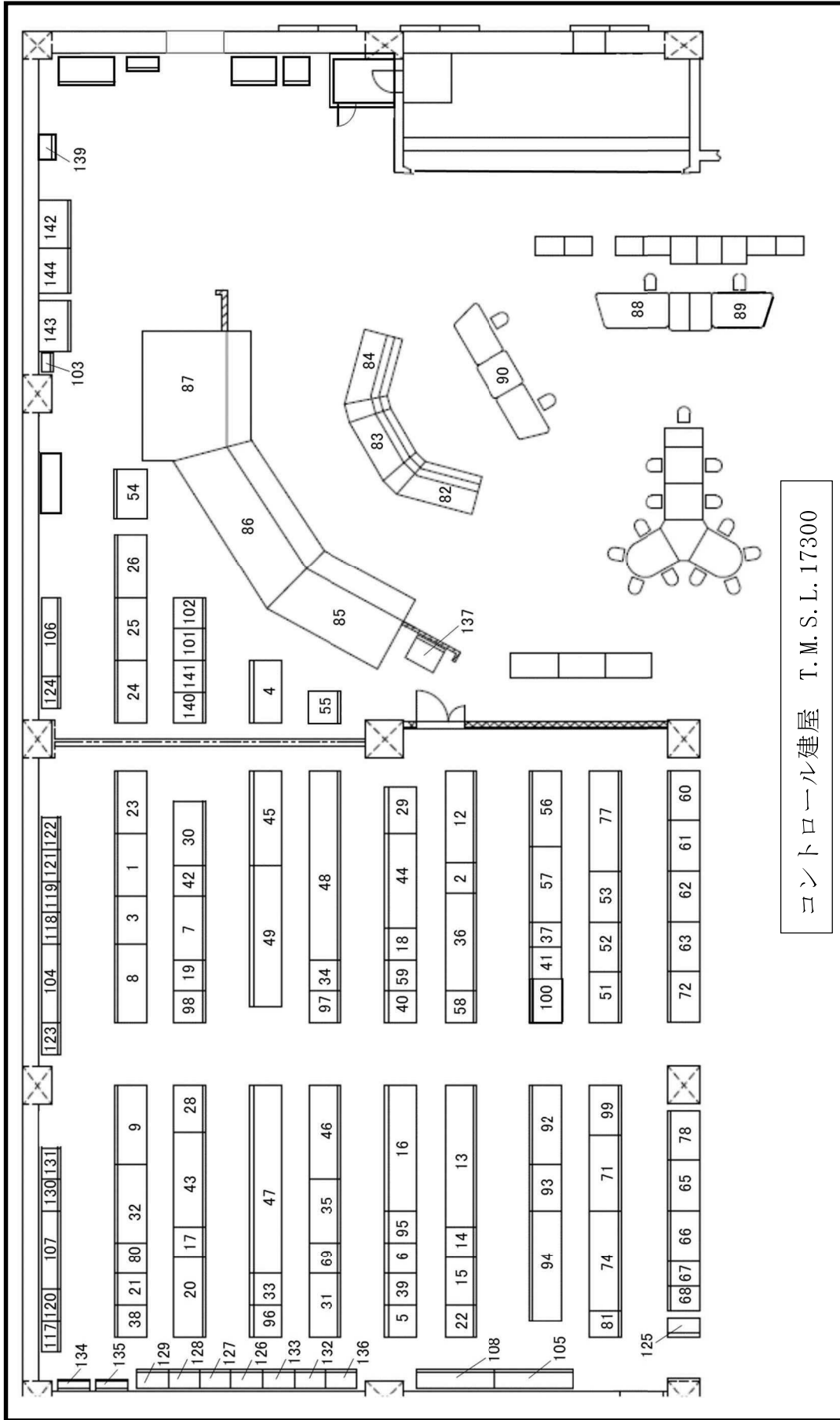
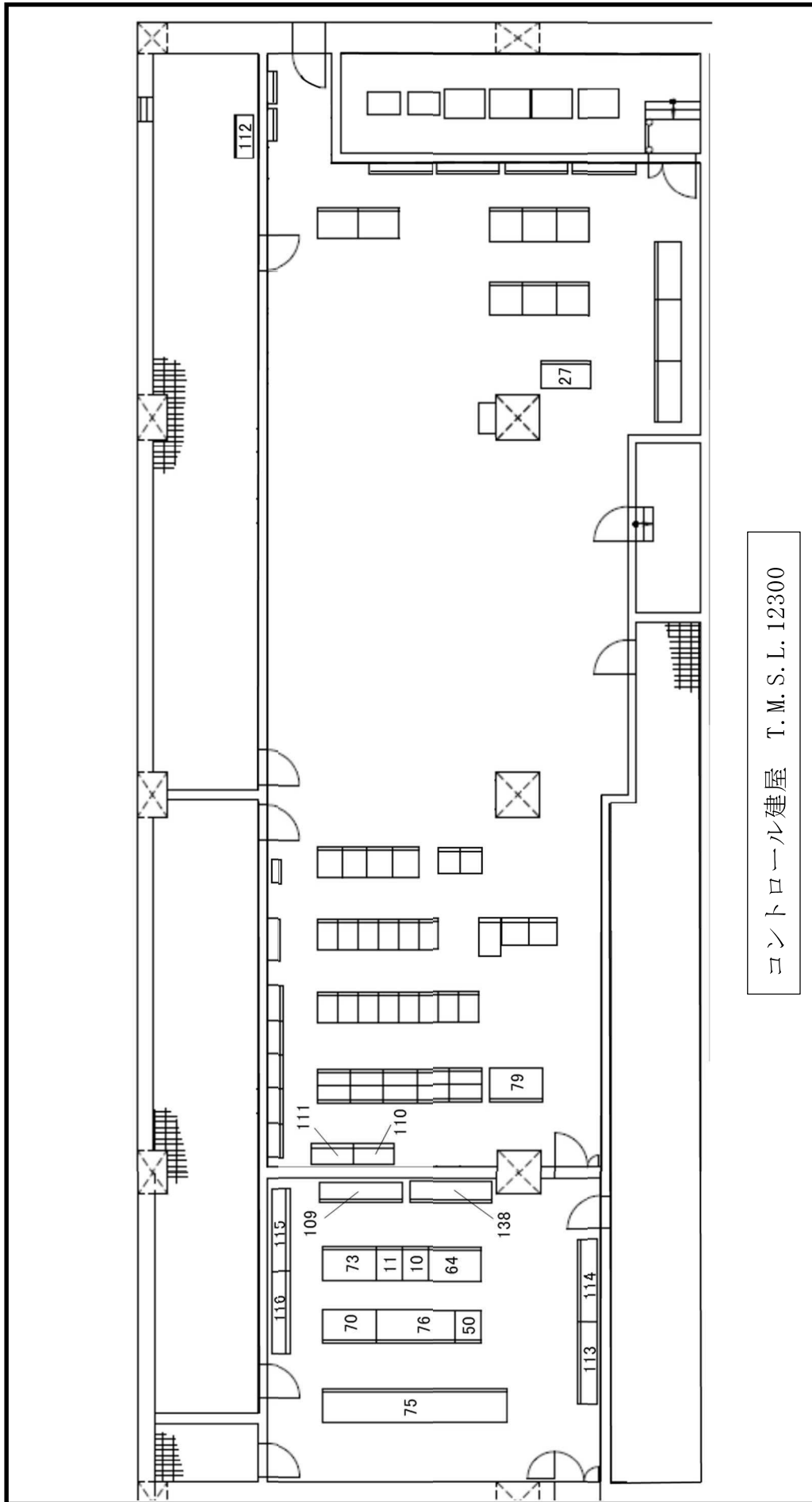


図1 6号機中央制御室(上部)



コントロール建屋 T.M.S.L. 12300

図2 6号機中央制御室(下部)

4. 中央制御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、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) 保守的に当該制御盤に関連する機能は火災により全て機能喪失する。
- (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、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、床下には感知・自動消火設備があることから、中央制御室床下には延焼する可能性は低い。

5. 中央制御室の制御盤の火災発生に対する評価結果

中央制御室の制御盤の火災により、制御盤1面の機能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に示す。

例えば、非常用所内電源補助盤のように、安全系区分ごとに分離・独立している制御盤では、区分Ⅰの制御盤の火災による機能喪失を想定しても、ほかの安全系区分の制御盤と分離・独立していることから、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、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することは可能である。

一方、中央運転監視盤、運転監視補助盤のように、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する可能性がある。しかしながら、これらの制御盤については、運転員の目の前に設置されること、大型表示盤については盤内に高感度煙検出設備を設置する設計としており火災の早期感知と運転員による早期消火が可能なことから、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、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することは可能である。

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、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することが可能である設計とする。

表 1 6号機中央制御室の制御盤における火災影響で喪失する機能

位置	盤番号	盤名称	安全機能 (○：機能有)					評価
			原子炉の緊急停止機能	原子炉冷却材圧力パワウンダリ機能	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	H11-P600	放射線モニタ記録計盤						
2	H11-P601	核計装記録計盤						
3								
4	H11-P607	T I P 制御盤						
5	H11-P609-1	事故時放射線モニタ盤 (1)						
6	H11-P609-2	事故時放射線モニタ盤 (2)						
7			○					当該盤で火災を想定した場合、RPS Gr1～4のスクラム機能が操作不可能となる恐れがあるが、RPS LD 盤より原子炉の安全停止は達成可能である。
8	H11-P612-1	原子炉給水制御系盤						
9	H11-P612-2	原子炉再循環流量制御系盤						
10	H12-P612-3	RFP-T (A) 制御盤						
11	H12-P612-4	RFP-T (B) 制御盤						
12	H11-P614	原子炉系記録計盤						
13	H11-P615-1	制御棒操作監視制御盤 (1)						
14	H11-P615-2	制御棒操作監視制御盤 (2)						
15	H11-P615-3	制御棒操作監視制御盤 (3)						
16	H11-P616-1	常用所内電源補助盤						
17							○	当該盤において火災を想定した場合、区分Ⅰの非常用電源系が機能喪失する恐れがあるが、区分Ⅱ、Ⅲの非常用電源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。

位置	盤番号	盤名称	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	
18							当該盤において火災を想定した場合、区分Ⅱの非常用電源系が機能喪失する恐れがあるが、区分Ⅰ、Ⅲの非常用電源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。
19							当該盤において火災を想定した場合、区分Ⅲの非常用電源系が機能喪失する恐れがあるが、区分Ⅰ、Ⅱの非常用電源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。
20	H11- P617	原子炉系制御盤					
21	H11- P618	原子炉系補助盤					
22	H11- P619	AM用電動弁操作盤 6 C					
23			○				当該盤において火災を想定した場合、区分Ⅰの起動領域モニタなどの監視機能が喪失するおそれがあるが、同機能を有する区分Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの盤とは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。
24			○				当該盤において火災を想定した場合、区分Ⅱの起動領域モニタなどの監視機能が喪失するおそれがあるが、同機能を有する区分Ⅰ、Ⅲ、Ⅳの盤とは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。
25			○				当該盤において火災を想定した場合、区分Ⅲの起動領域モニタなどの監視機能が喪失するおそれがあるが、同機能を有する区分Ⅰ、Ⅱ、Ⅳの盤とは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。

位置	盤番号	盤名称	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
26			○				○	当該盤において火災を想定した場合、区分Ⅳの起動領域モニタなどの監視機能が喪失するおそれがあるが、同機能を有する区分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの盤とは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。
27	H12-P637	格納容器内水素モニタ盤						
28	H11-P638-1	格納容器内雰囲気モニタ盤 区分Ⅰ						
29	H11-P638-2	格納容器内雰囲気モニタ盤 区分Ⅱ						
30	H11-P639	MRBM盤						
31	H11-P650	6号機HPAC・SFP制御盤						
32	H11-P651	原子炉系警報補助盤						
33			○	○	○	○	○	当該盤で火災を想定した場合、安全保護系や原子炉保護系ドラウエル圧力、高圧炉心注水系サブレーション・ブール水位、原子炉建屋差圧計装隔離弁等の操作不能、誤動作のおそれがあるが、区分Ⅱ、Ⅳの盤とは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。
34			○	○	○	○	○	当該盤で火災を想定した場合、安全保護系や原子炉保護系ドラウエル圧力、高圧炉心注水系サブレーション・ブール水位、原子炉建屋差圧計装隔離弁等の操作不能、誤動作のおそれがあるが、区分Ⅰ、Ⅲの盤とは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。
35	H11-P654	ATWS/RPT盤						
36	H11-P655-1	原子炉系回転体振動監視盤						
37	H11-P655-2	タービン系回転体振動監視盤						
38	H11-P656	RIP冷却水温度計装盤						

位置	盤番号	盤名称	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ナダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	
39					○	○	当該盤で火災を想定した場合、原子炉隔離時冷却系蒸気ライン、高圧炉心注水系注入隔離弁などの操作不能、誤動作のおそれがあるが、安全保護系盤、ESF 盤により安全停止は達成可能である。
40	H11- P658	原子炉系伝送盤 (ANN HUB)					
41	H11- P659	FCVS 制御盤					
42	H11- P660	スクラムタイムインングレコーダ盤					
43	H11- P661-1	安全保護系盤 区分 I	○	○	○	○	当該盤で火災を想定した場合、安全保護系の論理回路区分 I が喪失する恐れがあるが、他区分 II, III, IV の盤とは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。
44	H11- P661-2	安全保護系盤 区分 II	○	○	○	○	当該盤で火災を想定した場合、安全保護系の論理回路区分 II が喪失する恐れがあるが、他区分 I, III, IV の盤とは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。
45	H11- P661-3	安全保護系盤 区分 III	○	○	○	○	当該盤で火災を想定した場合、安全保護系の論理回路区分 III が喪失する恐れがあるが、他区分 I, II, IV の盤とは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。
46	H11- P661-4	安全保護系盤 区分 IV	○	○	○	○	当該盤で火災を想定した場合、安全保護系の論理回路区分 IV が喪失する恐れがあるが、他区分 I, II, III の盤とは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。
47							当該盤で火災を想定した場合、区分 I の非常用炉心冷却系が機能喪失する恐れがあるが、同機能を有する区分 II, III の盤とは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。

位置	盤番号	盤名称	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	
48			○	○	○	○	当該盤で火災を想定した場合、区分Ⅱの非常用炉心冷却系が機能喪失する恐れがあるが、同機能を有する区分Ⅰ、Ⅲの盤とは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。
49			○	○	○	○	当該盤で火災を想定した場合、区分Ⅲの非常用炉心冷却系が機能喪失する恐れがあるが、同機能を有する区分Ⅰ、Ⅱの盤とは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。
50	H12-P666	タービン系トリップチャンネル盤					
51	H11-P670-1	復水ろ過脱塩装置制御盤 (1)					
52	H11-P670-2	復水ろ過脱塩装置制御盤 (2)					
53	H11-P670-3	復水ろ過脱塩装置制御盤 (3)					
54	H11-P671-1	タービン系 HMI 盤 (BOP)					
55	H11-P671-2	タービン系 HMI 盤 (EHC・T/L・MSH)					
56	H11-P674	タービン系記録計盤					
57	H11-P675-1	発電機保護継電器盤					
58	H11-P675-2	所内変圧器保護継電器盤					
59	H11-P675-3	低起動変圧器保護継電器盤					
60	H11-P676-1	タービン系制御盤 (1)					
61	H11-P676-2	タービン系制御盤 (2)					
62	H11-P676-3	タービン系制御盤 (3)					
63	H11-P676-4	タービン系制御盤 (4)					
64	H12-P676-5	タービン系制御盤 (5)					
65	H11-P677-1	タービン系伝送制御盤 (1)					
66	H11-P677-2	タービン系伝送制御盤 (2)					
67	H11-P677-3	タービン系伝送制御盤 (3)					

位置	盤番号	盤名称	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ナダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	
68	H11- P677-4	タービン系伝送制御盤 (4)					
69	H11- P678-1	常用換気空調系補助盤					
70	H12- P678-2	常用換気空調系盤					
71	H11- P679	タービン発電機記録監視計器盤					
72	H11- P680	水分離加熱器制御盤					
73	H12- P683	タービン系警報補助盤					
74	H11- P684	タービン系自動化盤					
75	H12- P685	主タービン EHC 盤					
76	H12- P686	タービン監視計器盤					
77	H11- P687	タービン系計装制御盤					
78	H11- P688	タービン系プロセス計装盤					
79	H12- P695	タービン系コントロール用トランス盤					
80	H11- P699-1	原子炉系 RW 取合盤					
81	H11- P699-2	タービン系 RW 取合盤					
82	H11- P700	中央運転監視盤 1	○	○	○	○	当該盤で火災を想定した場合、運転員の目の前であること、大型表示盤については盤内に感知設備を設置することから早期の感知・消火が可能であり、複数区分が同時に機能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。
83	H11- P701	中央運転監視盤 2	○				当該盤で火災を想定した場合、運転員の目の前であること、大型表示盤については盤内に感知設備を設置することから早期の感知・消火が可能であり、複数区分が同時に機能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。
84	H11- P702	中央運転監視盤 3					
85	H11- P703	運転監視補助盤 1 (警報表示盤)	○	○	○	○	当該盤で火災を想定した場合、運転員の目の前であること、大型表示盤については盤内に感知設備を設置することから早期の感知・消火が可能であり、複数区分が同時に機能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。

位置	盤番号	盤名称	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	
86	H11-P704	運転監視補助盤 2 (系統表示盤)					
87						○	当該盤で火災を想定した場合、ディーゼル発電設備に関わる同期検定が機能喪失するおそれがあるが、運転員の目の前から、大型表示盤については盤内に感知設備を設置することから早期の感知・消火が可能であること、区分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの機能を分離BOXにより分離していることから、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。
88	H11-P708-1	当直長机					
89	H11-P708-2	当直副長机					
90	H11-P708-3	オペレータ机					
91	H11-P708-4	RW 監視用 CRT 机					
92	H11-P710-1	自動出力調整系盤 (1)					
93	H11-P710-2	自動出力調整系盤 (2)					
94	H11-P722	計算機トランスデューサ盤					
95	H11-P730	M/C 補助継電器盤 6A, 6B, 6SA, 6SB					
96	H11-P731	M/C 補助継電器盤 6C	○		○	○	当該盤で火災を想定した場合、区分Ⅰの非常用電源系が機能喪失する恐れがあるが、同機能を有する区分Ⅱ、Ⅲの盤とは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。
97	H11-P732	M/C 補助継電器盤 6D	○		○	○	当該盤で火災を想定した場合、区分Ⅱの非常用電源系が機能喪失する恐れがあるが、同機能を有する区分Ⅰ、Ⅲの盤とは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。
98	H11-P733	M/C 補助継電器盤 6E	○		○	○	当該盤で火災を想定した場合、区分Ⅲの非常用電源系が機能喪失する恐れがあるが、同機能を有する区分Ⅰ、Ⅱの盤とは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。

位置	盤番号	盤名称	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	
99	H11- P736	P S V R 盤					
100	H11- P740	B O P 監視操作盤					
101	H11- P745-1	低起動変圧器 LRT 盤 (6SA)					
102	H11- P745-2	低起動変圧器 LRT 盤 (6SB)					
103	H11- P760	第一 G T G 遠隔操作・監視盤					
104			○	○	○	○	当該盤で火災を想定した場合、区分Ⅰの非常用炉心冷却系の重要設備が機能喪失する恐れがあるが、同機能を有する区分Ⅱ、Ⅲの盤とは独立し分離していることから、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。
105			○	○	○	○	当該盤で火災を想定した場合、区分Ⅱの非常用炉心冷却系の重要設備が機能喪失する恐れがあるが、同機能を有する区分Ⅰ、Ⅲの盤とは独立し分離していることから、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。
106			○		○	○	当該盤で火災を想定した場合、区分Ⅲの非常用炉心冷却系の重要設備が機能喪失する恐れがあるが、同機能を有する区分Ⅰ、Ⅱの盤とは独立し分離していることから、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。
107	H11- P804	中央制御室端子盤					
108	H11- P805	中央制御室端子盤					
109	H12- P806	中央制御室端子盤					
110	H12- P807	中央制御室 S A (Ⅰ) 端子盤					
111	H12- P808	中央制御室 S A (Ⅰ) 端子盤					
112	H12- P809	中央制御室 S A (Ⅱ) 端子盤					
113	H12- P810	中央制御室端子盤					
114	H12- P811	中央制御室端子盤					

位置	盤番号	盤名称	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	
115	H12- P812	中央制御室端子盤					
116	H12- P813	中央制御室端子盤					
117	H11- P820-1	原子炉系伝送盤 (常用系制御)					
118	H11- P820-2	原子炉系伝送盤 (常用系マニマシン・所内電源)					
119	H11- P820-3	原子炉系伝送盤 (RPS/MSIV)					
120	H11- P820-4	原子炉系伝送盤 (ANN)					
121	H11- P821-1	RC&IS 伝送盤 (1)					
122	H11- P821-2	RC&IS 伝送盤 (2)					
123	H11- P823-1	原子炉系伝送盤 (常用系制御 HUB)					
124	H11- P823-2	原子炉系伝送盤 (常用系マニマシン HUB)					
125	H11- P824-1	FDWC/RFC/APRM 伝送盤					
126	H11- P830-1	RPS LD 盤 (RPS-G1)	○				当該盤で火災を想定した場合、制御棒グループ1のスクラム機能が喪失する恐れがあるが、同機能を有する区分II, III, IVの盤とは独立し分離していることから、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。
127	H11- P830-2	RPS LD 盤 (RPS-G2)	○				当該盤で火災を想定した場合、制御棒グループ2のスクラム機能が喪失する恐れがあるが、同機能を有する区分I, III, IVの盤とは独立し分離していることから、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。
128	H11- P830-3	RPS LD 盤 (RPS-G3)	○				当該盤で火災を想定した場合、制御棒グループ3のスクラム機能が喪失する恐れがあるが、同機能を有する区分I, II, IVの盤とは独立し分離していることから、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。
129	H11- P830-4	RPS LD 盤 (RPS-G4)	○				当該盤で火災を想定した場合、制御棒グループ4のスクラム機能が喪失する恐れがあるが、同機能を有する区分I, II, IIIの盤とは独立し分離していることから、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。

位置	盤番号	盤名称	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ナダリ機能	炉心冷却機能	原子炉停止後の除熱機能	
130							
131							
132							
133							
134	H11- P840-1	重大事故等対処設備電源切替盤 (1)					
135	H11- P840-2	重大事故等対処設備電源切替盤 (2)					
136	H11- P850	原子炉系保守用伝送盤					
137	H11- P900	ITV モニタ盤					
138	H12- P902	保修用通信設備盤					
139	H11- P905	SFP・津波監視カメラ制御架					
140	H11- P920-1	0F ケーブル表示線保護盤					
141	H11- P920-2	0F ケーブル表示線保護用補助盤					
142	H11- P960	原子炉系ソフトロジックアイソレーション装置					
143	H11- P961	タービン系ソフトロジックアイソレーション装置					
144	H11- P970	ロジックモニタ装置専用机					

補足説明資料 4-7
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(7)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 1%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、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し維持すること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、油内包機器である再循環ポンプ取扱装置、制御棒駆動機構取扱装置及び主蒸気内側隔離弁 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圧力容器下部作業用機器（再循環ポンプ取扱装置及び制御棒駆動機構取扱装置）については、原子炉起動を含め使用していないときは電源を遮断する。
- (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。
- (5) 原子炉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、及び原子炉格納容器内に敷設しているケーブルは実証試験により自己消火性、耐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 18 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，当該ユニットのアキュムレータ，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，残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）（図 3），高圧炉心注水系（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），自動減圧系（手動逃がし機能）（図 1）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起動領域モニタ（SRNM）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残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁（E11-M0-F010A, B, C：通常閉）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 1%まで約 2 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、残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）（図 3）、高圧炉心注水系（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）、自動減圧系（手動逃がし機能）（図 1）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 1%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残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁（E11-MO-F010A, B, C：通常閉）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、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持できることを「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」（平成 25 年 10 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)

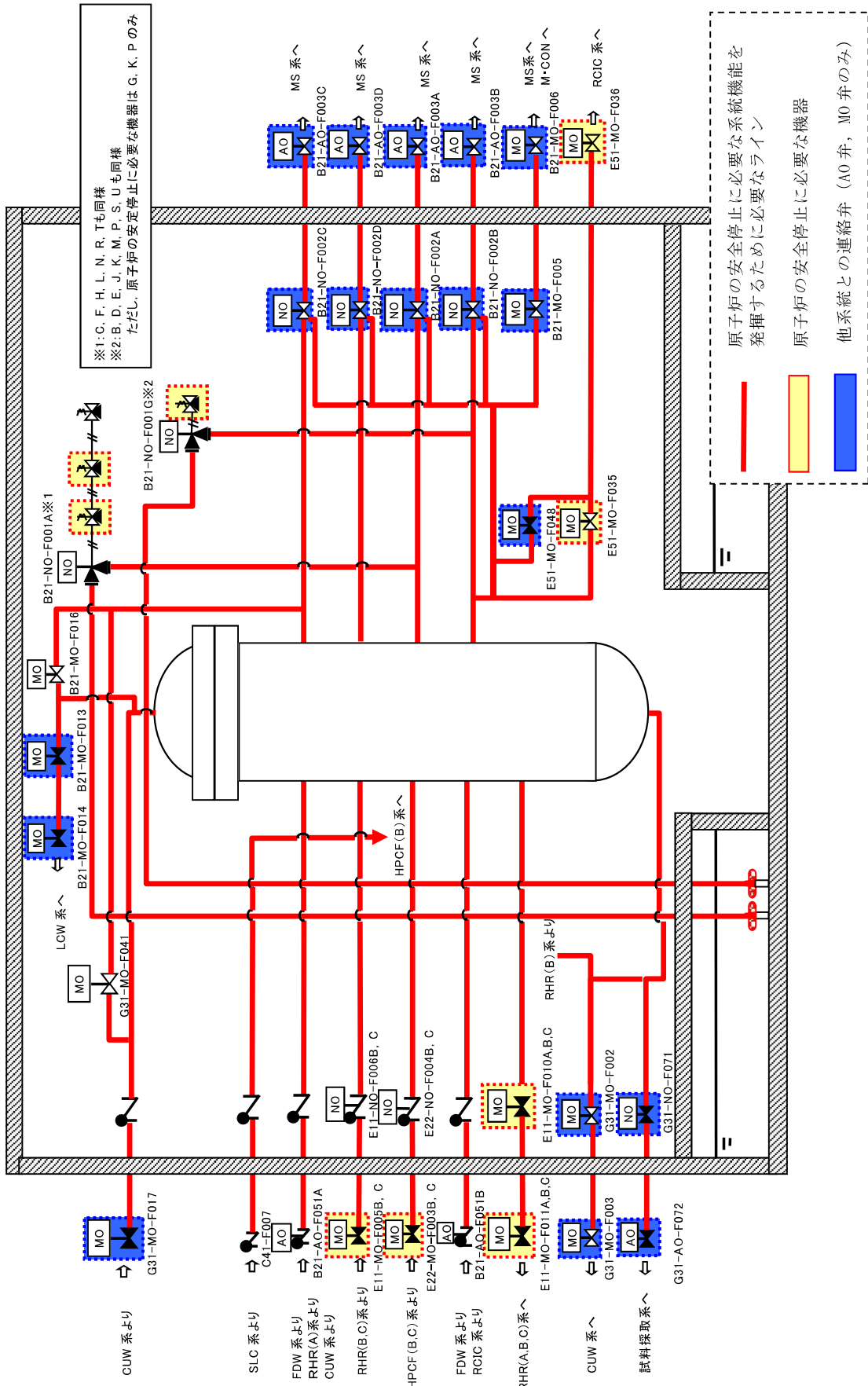
(3) 火災影響評価

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FDTs (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及び火災防護対象ケーブル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、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するため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高温停止及び低温停止を達成し、維持することが可能である。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。



1 原子炉冷却材圧カバウンダリ自動減圧系/逃がし安全弁

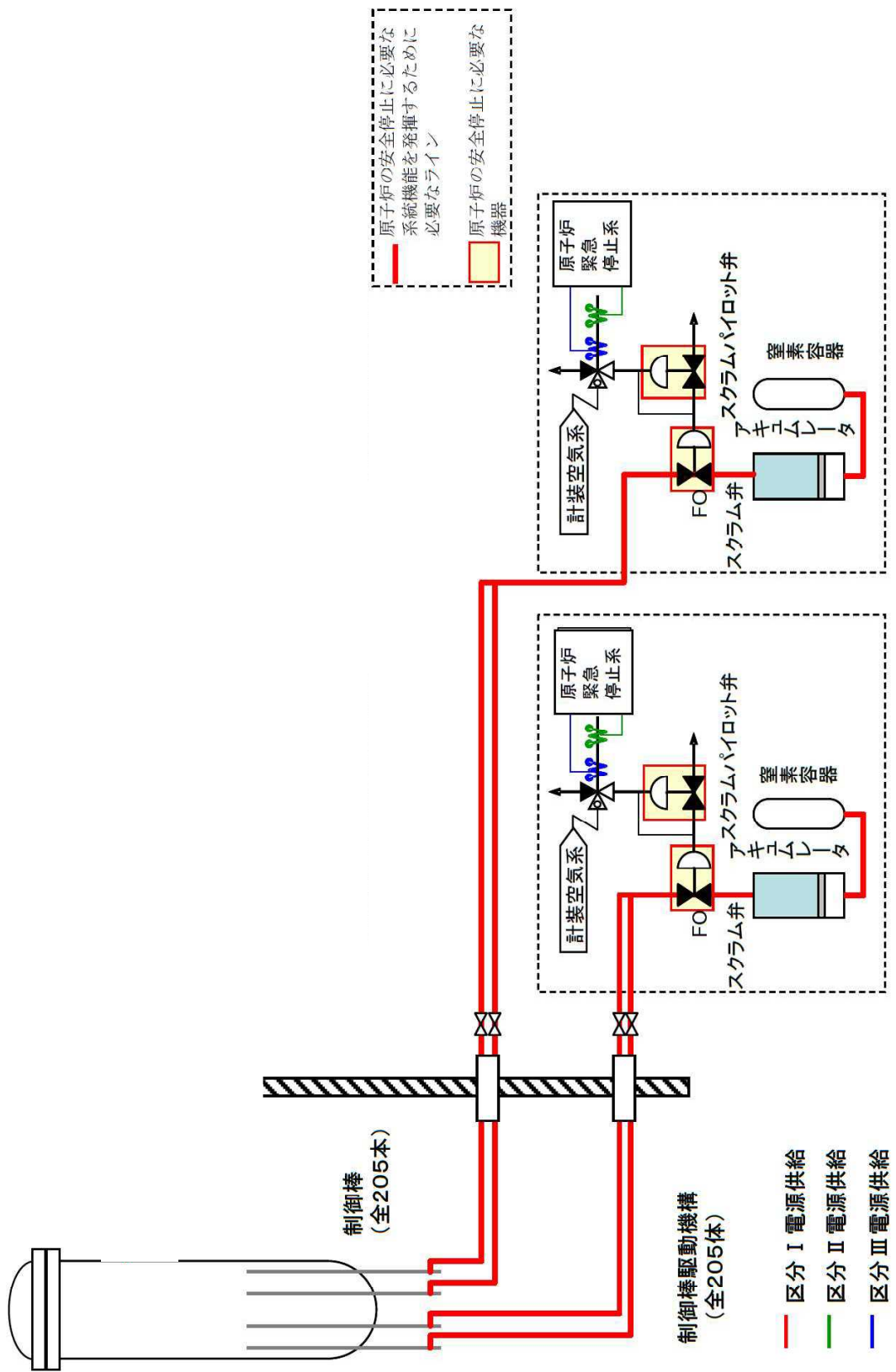


図 2 制御棒駆動水圧系

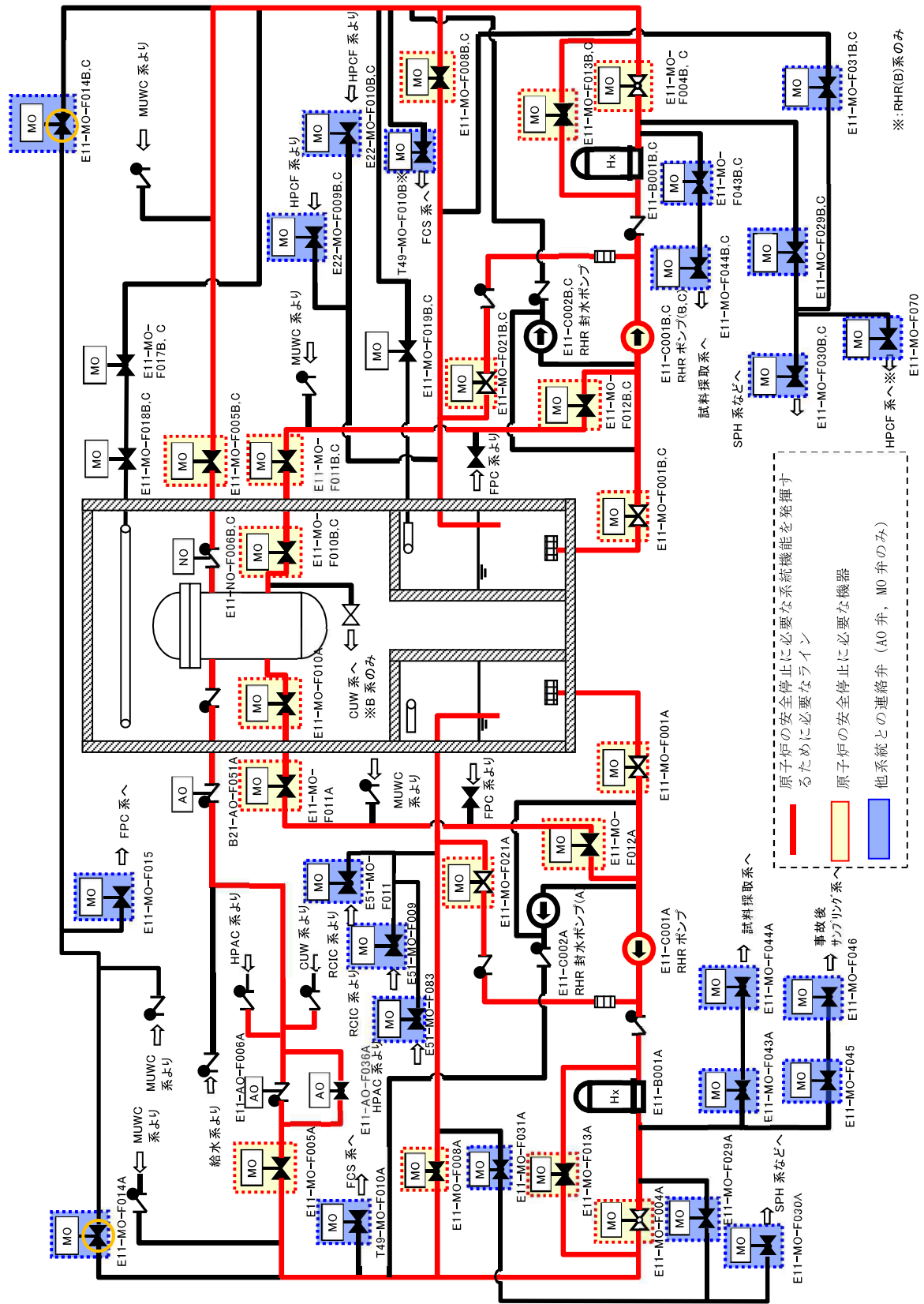


図 3 残留熱除去系

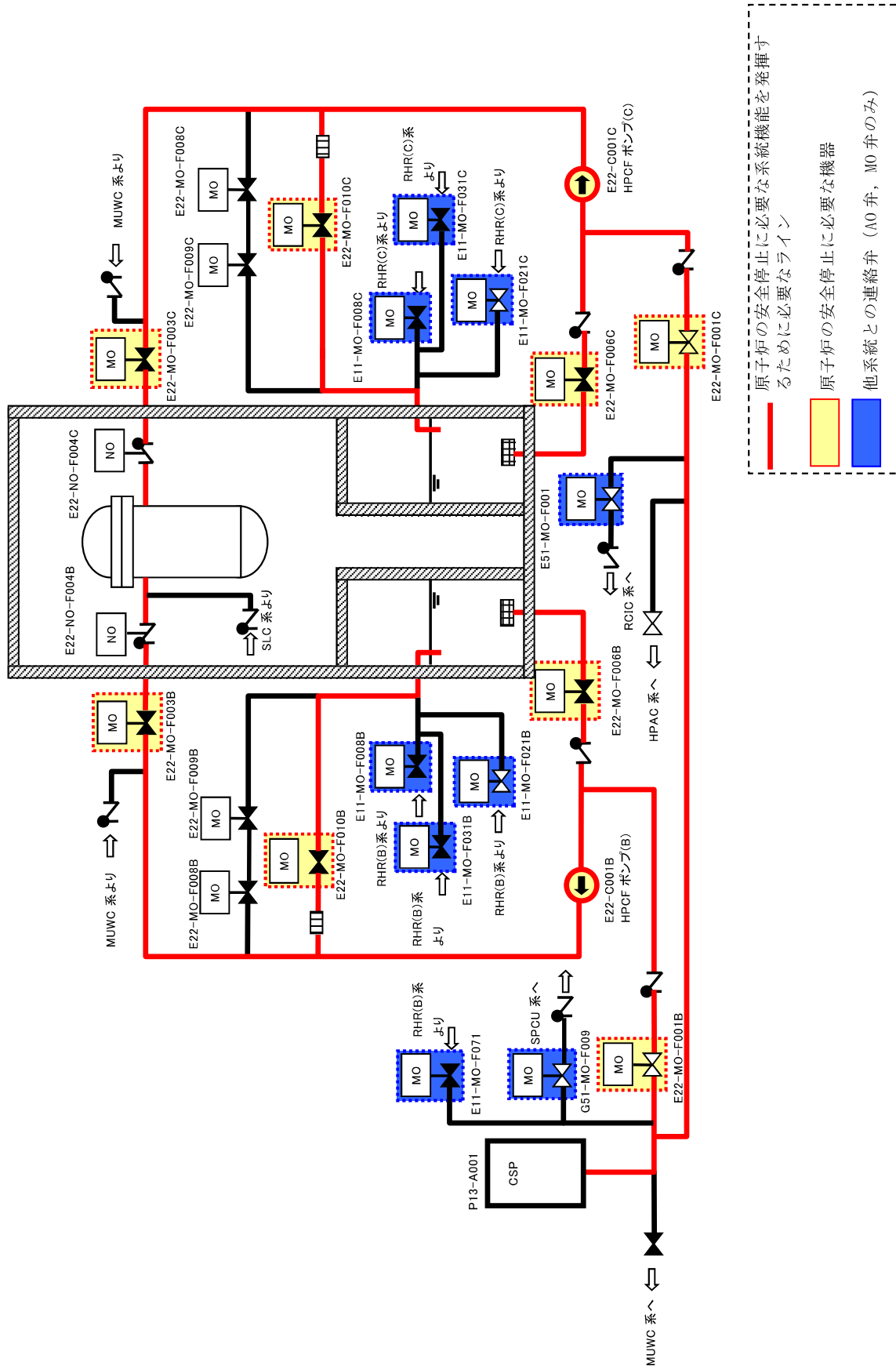


図 4 高圧炉心注水系

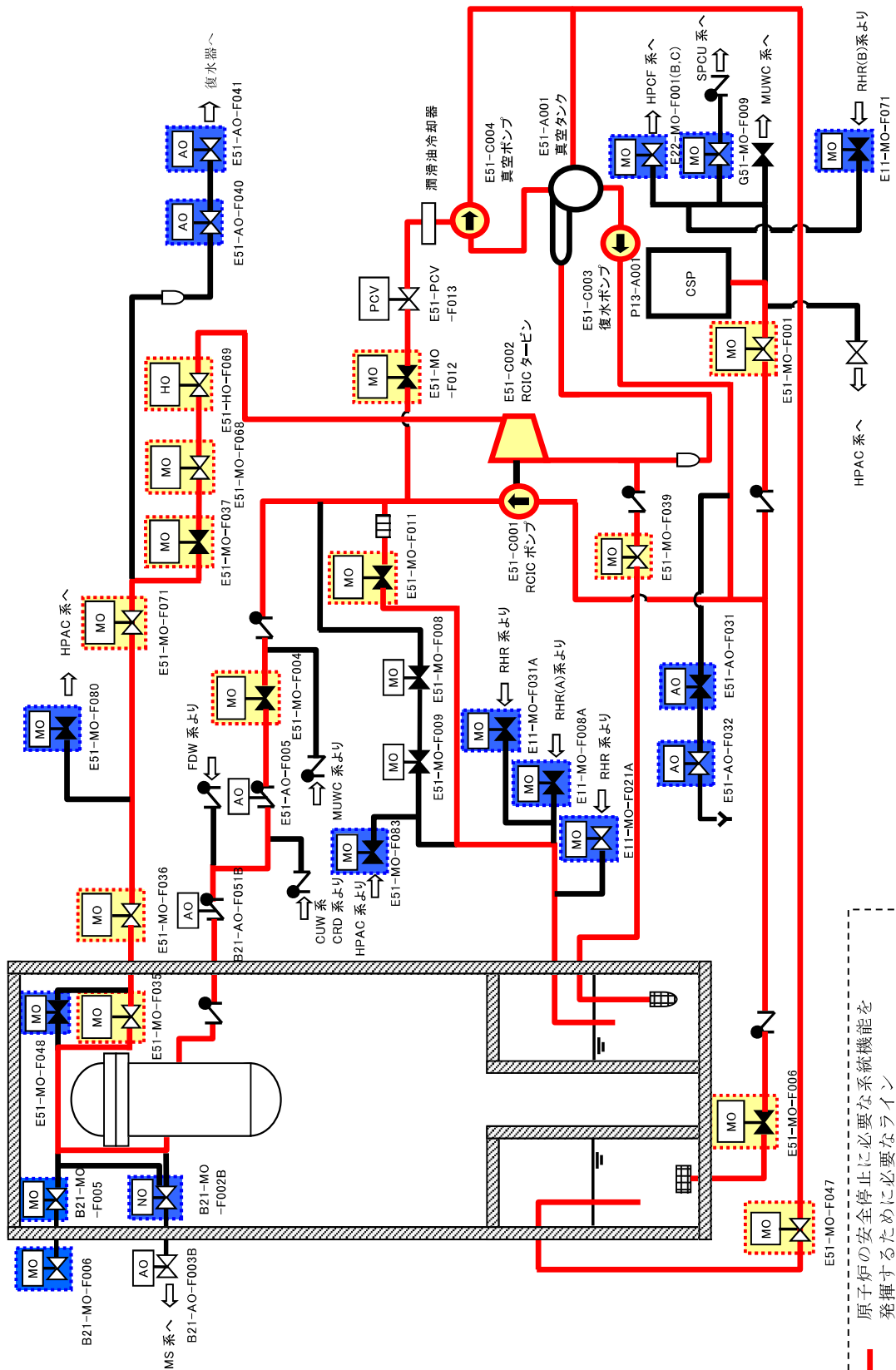


図 5 原子炉隔離時冷却系

- 原子炉の安全停止に必要な系統機能を発揮するための必要なライン
- 原子炉の安全停止に必要な機器
- 他系統との連絡弁 (AO 弁, MO 弁のみ)

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			1/1
床面積合計(m ²)	660	火災シナリオの説明	1)スクリーニングの火災シナリオ 火災源は特定せず、最も過酷な単一火災を想定する。火災区域ごとに、全可燃性物質の燃焼、全機器の機能喪失を想定する。 2)火災伝播評価の火災シナリオ スクリーニングで除外されない火災区域を対象に、個別の可燃性物質の発火、他の可燃性物質の発火の可能性を想定する。
発熱量合計(MJ)	1,232,642		
火災荷重(MJ/m ²)	1,868		
等価時間(h)	2.06		
火災区域内の火災源及び防火設備	火災区域特性表Ⅱ	火災区域内の火災源及び防火設備参照	
火災区域に隣接する火災区域(部屋)と伝播経路	火災区域特性表Ⅲ	火災区域に隣接する火災区域(部屋)と伝播経路参照	
火災により影響を受ける設備	火災区域特性表Ⅳ	火災により影響を受ける設備参照	
火災により影響を受けるケーブル	火災区域特性表Ⅴ	火災により影響を受けるケーブル参照	

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
火災区域全体のまとめ	①	②	③	④	①=合計値、②=合計値
	660	1,232,642	1,868	2.06	③=②/①、④=③/燃焼率:908.095MJ/m ² /h
特記事項	*1:他の火災区域との境界の耐火時間を示す。				

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		1/2
特記事項	*1:他の火災区域との境界の耐火時間を示す。	

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		2/2
特記事項	*1: 他の火災区域との境界の耐火時間を示す。	

火災区域特性表IV

火災により影響を受ける設備	1/3
特記事項	

火災区域特性表Ⅳ

火災により影響を受ける設備	2/3
特記事項	

火災区域特性表Ⅳ

火災により影響を受ける設備	3/3
特記事項	

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
特記事項		

KK-6 火災防護対象ケーブルリスト(1/3)

--

KK-6 火災防護対象ケーブルリスト(2/3)

--

KK-6 火災防護対象ケーブルリスト(3/3)

--

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，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するため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通り確認した。

(1) FDTsによる評価

a. 評価準備

(a) 火災源の特定

補足説明資料4-7 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，再循環ポンプ取扱装置，制御棒駆動機構取扱装置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（再循環ポンプ取扱装置及び制御棒駆動機構取扱装置）については，原子炉起動を含め使用していないときは電源を遮断することから，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図1に示す。

油の燃焼は，主蒸気隔離弁のうち，油を内包しているオイルシリンダで燃焼する場合と，オイルシリンダから漏れいし，上部ドライウエル床面で燃焼する場合の2ケースとする。

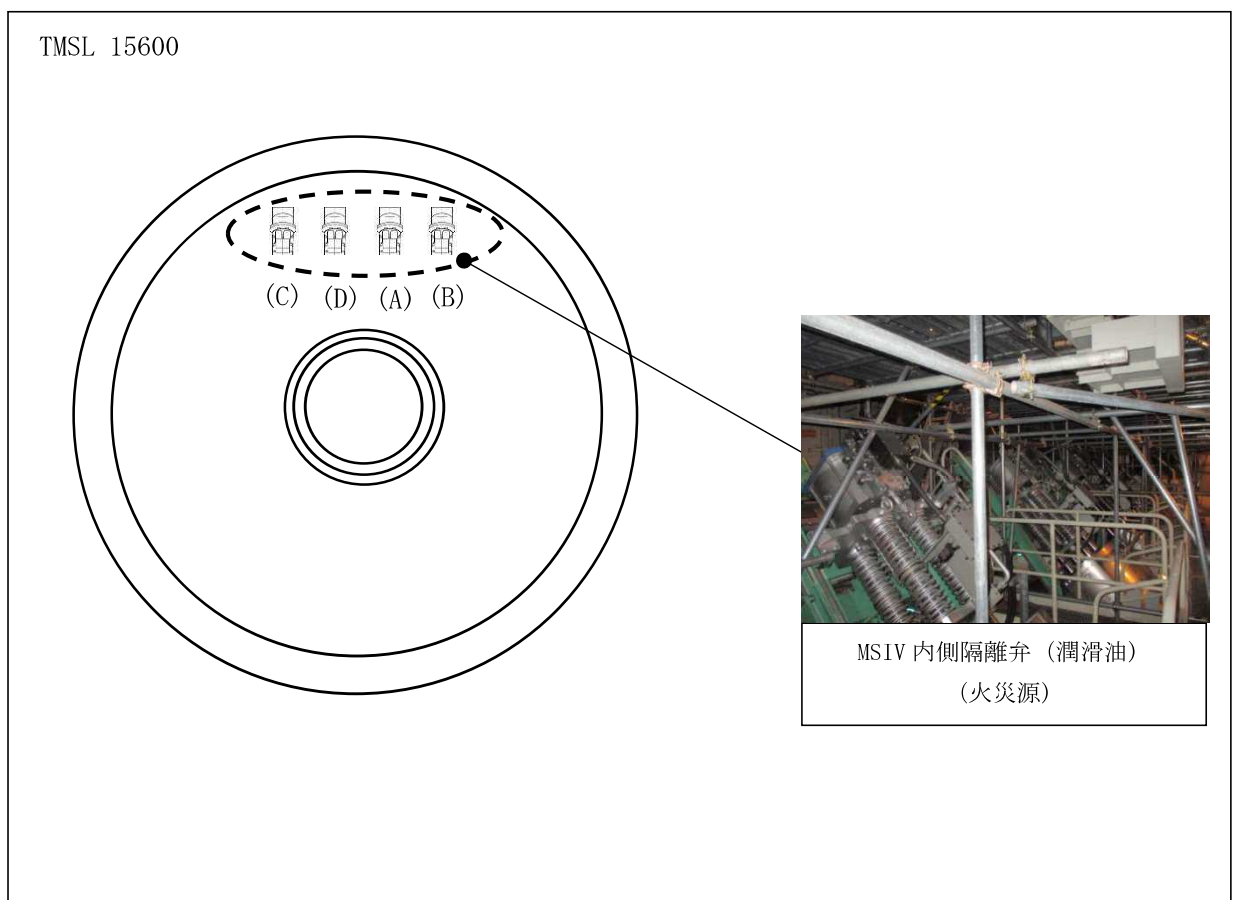


図1 原子炉格納容器内における油内包機器の配置

(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、NUREG/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^2 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 ³]	m'' [kg/m ² ·sec]	$\Delta H_{c,eff}$ [kJ/kg]	ρ [kg/m ³]	$k\beta$ [m ⁻¹]	A_{dike} [m ²]	D [m]
潤滑油	0.0008	0.039	46,000	760	0.7	1.12	1.20

上記の結果から、潤滑油の発熱速度 Q は 1138.30kW となる。

燃焼時間は、以下の式に基づき算出し、13.92秒となる。

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

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) 火炎の高さ

火炎の高さ H_f は以下の式に基づき算出する。

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

ここで、雰囲気温度 65°Cにおける空気密度は以下の通り。

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

(b) 火炎プルームの影響範囲

火炎プルームの影響範囲 H_p は以下の式に基づき、火炎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 : 火災の仮定の原点から火炎プルームの影響範囲

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

(c) 火炎による輻射の影響範囲

火炎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/m² 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/m²)

$F_{1 \rightarrow 2}$: ターゲットと炎の間の形態係数

(d) 火炎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構造物の材料である「コンクリート」とする。

(ロ) 高温ガス層の温度は、火炎が燃焼時間である 13.92 秒間継続し続けるものとして 13.92 秒後の温度とする。

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又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構造物（コンクリート）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。

二. 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、

ΔT_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 (コンクリート : $2.9(\text{kW}/\text{m}^2\cdot\text{K})^2\cdot\text{sec}$)

m : 区画内のガスの質量($m = V\rho_a$)

V : 区画の体積 (m^3)

A_T : 区画を囲んでいる境界面の総面積 (m^2)

ρ_a : 空気密度

c_a : 空気の比熱 ($1.00\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)

c_p : ライニング材の比熱 (コンクリート : $0.75\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)

Q : 発熱速度 (1138.31kW)

t : 燃焼時間 (13.92s)

w_c : 区画の幅 (25.69m)

l_c : 区画の長さ (25.69m)

h_c : 区画の高さ (36.14m)

表2 原子炉格納容器の火災源ごとのFDTs算出結果

火災の条件		FDTs 算出結果			
火災源	火災源の 油保有量	火炎の高さ	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 (4台)	8	3.19	5.77	2.11	65.46

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 $6\text{kW}/\text{m}^2$ 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. 火災防護対象機器への影響

前項で算出した火炎，プルーム，輻射範囲（図 2）に火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルが設置されているか確認する。

- Hf : 火炎の高さ
- H_p : プルームの損傷範囲の高さ
- R : 輻射の損傷範囲の高さ
- D : 火炎の直径

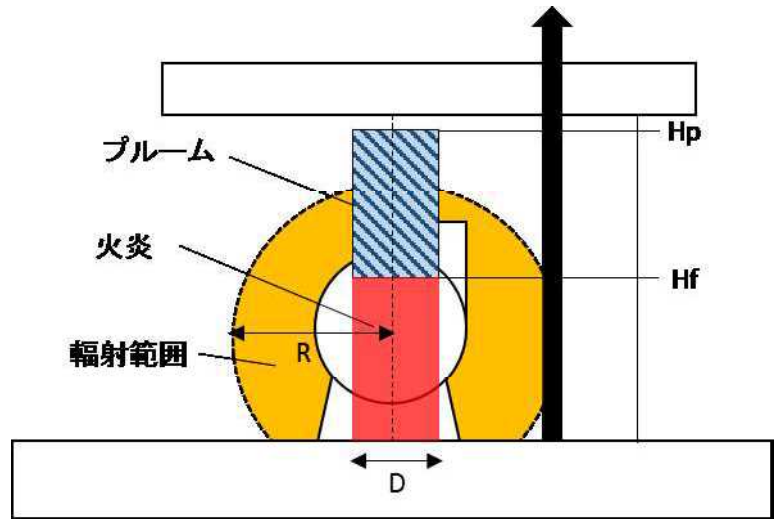


図 2 火災影響範囲モデル

(2) 火災影響評価結果

(1)項の評価により原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するため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，ドライウエル冷却機，ドライウエルサンプポンプ，再循環ポンプ取扱装置及び制御棒駆動機構取扱装置の上部に火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルが設置されていないことをそれぞれ図3～図8に示す。

評価結果を表3に示す。

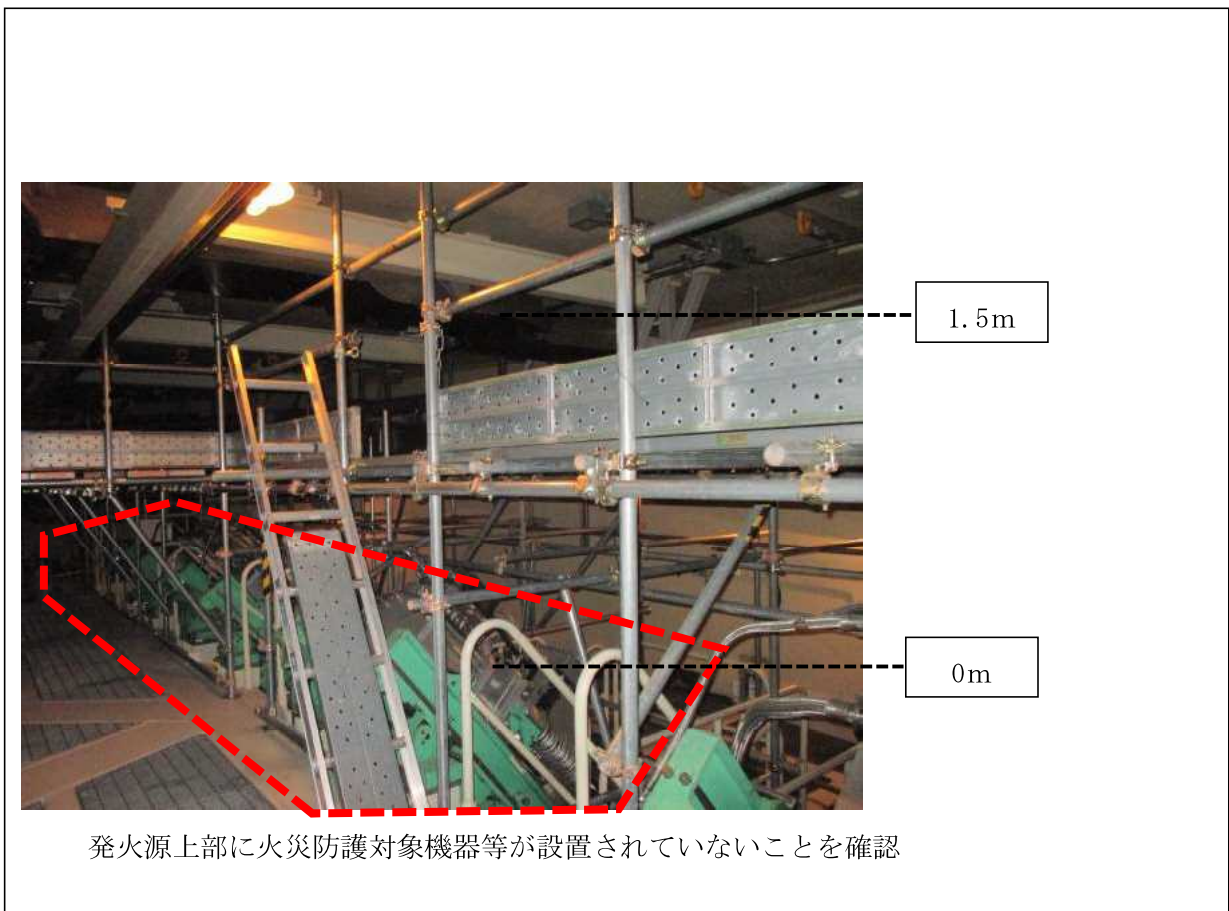


図3 主蒸気内側隔離弁上部



図4 主蒸気内側隔離弁下部

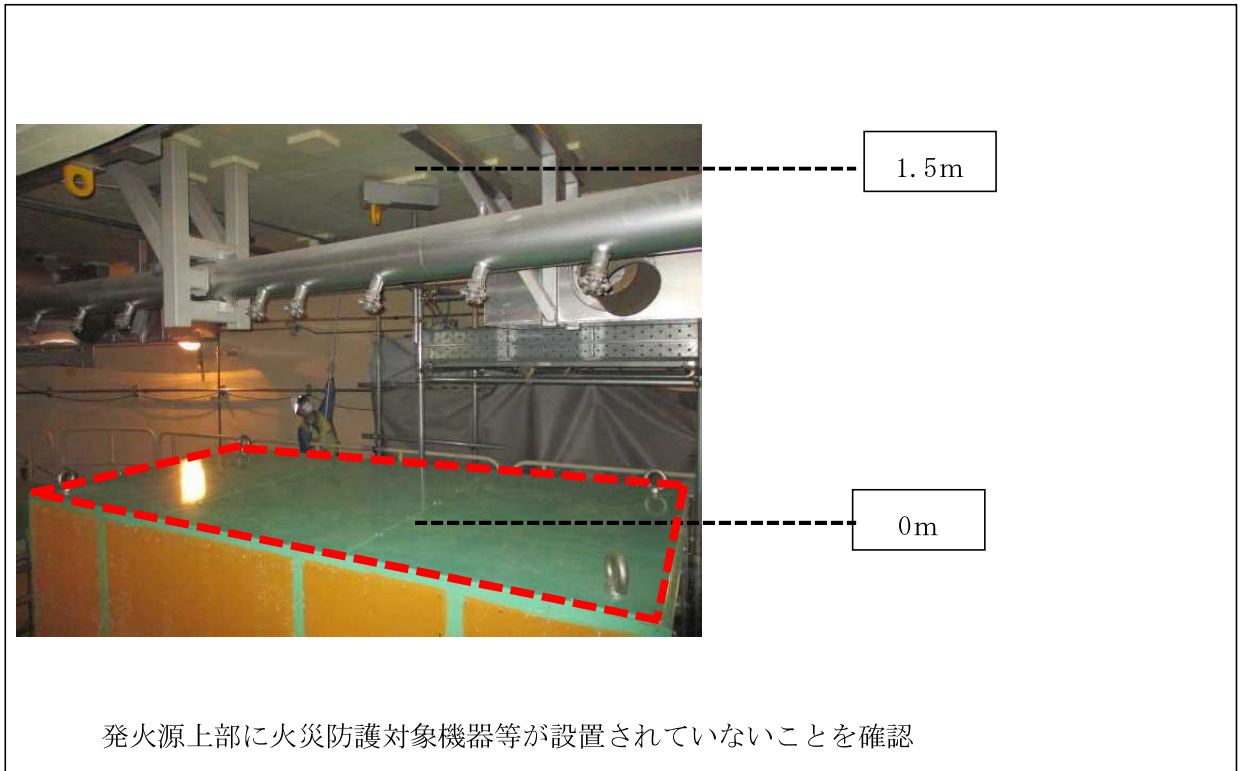
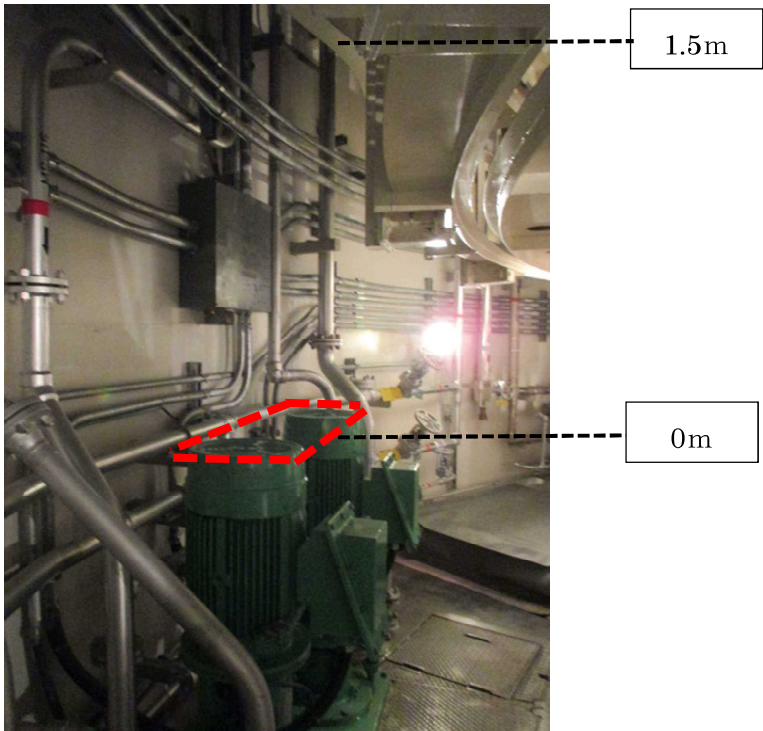
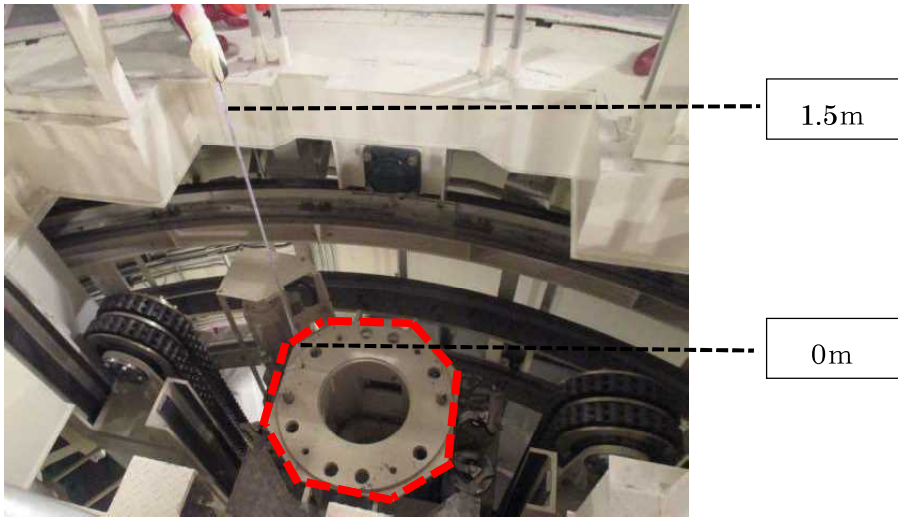


図5 ドライウェル冷却機



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 ドライウェルサンプポンプ



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7 再循環ポンプ取扱装置及び制御棒駆動機構取扱装置



格納容器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

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及び火災防護対象ケーブル (○：影響範囲外，×：影響範囲内)							判定
			主蒸気内側隔離弁 (B21-N0-F002A～D)				主蒸気ドレンライン 内側隔離弁 (B21-M0-F005)	安全区分Ⅰの ケーブルトレイ (C102)		
			A	B	C	D				
1	主蒸気内側隔離弁 (A) (B21-N0-F002A)	オイルシリンダ	—	×	○	×	○	×	○	主蒸気内側隔離弁 (B), (D)はフェイル・クローズとなり、ケーブルトレイは安全区分Ⅱが影響範囲外のため。
2		上部ドライウエル 床面	—	×	○	×	○	×	○	
3	主蒸気内側隔離弁 (B) (B21-N0-F002B)	オイルシリンダ	×	—	○	○	○	×	○	主蒸気内側隔離弁 (B), (D)はフェイル・クローズとなり、ケーブルトレイは安全区分Ⅱが影響範囲外のため。
4		上部ドライウエル 床面	×	—	○	○	×	×	○	
5	主蒸気内側隔離弁 (C) (B21-N0-F002C)	オイルシリンダ	○	○	—	×	○	○	○	主蒸気内側隔離弁 (D)はフェイル・クローズとなるため。
6		上部ドライウエル 床面	○	○	—	×	○	○	○	
7	主蒸気内側隔離弁 (D) (B21-N0-F002D)	オイルシリンダ	×	○	×	—	○	×	○	主蒸気内側隔離弁 (A), (C)はフェイル・クローズとなり、ケーブルトレイは安全区分Ⅱが影響範囲外のため。
8		上部ドライウエル 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

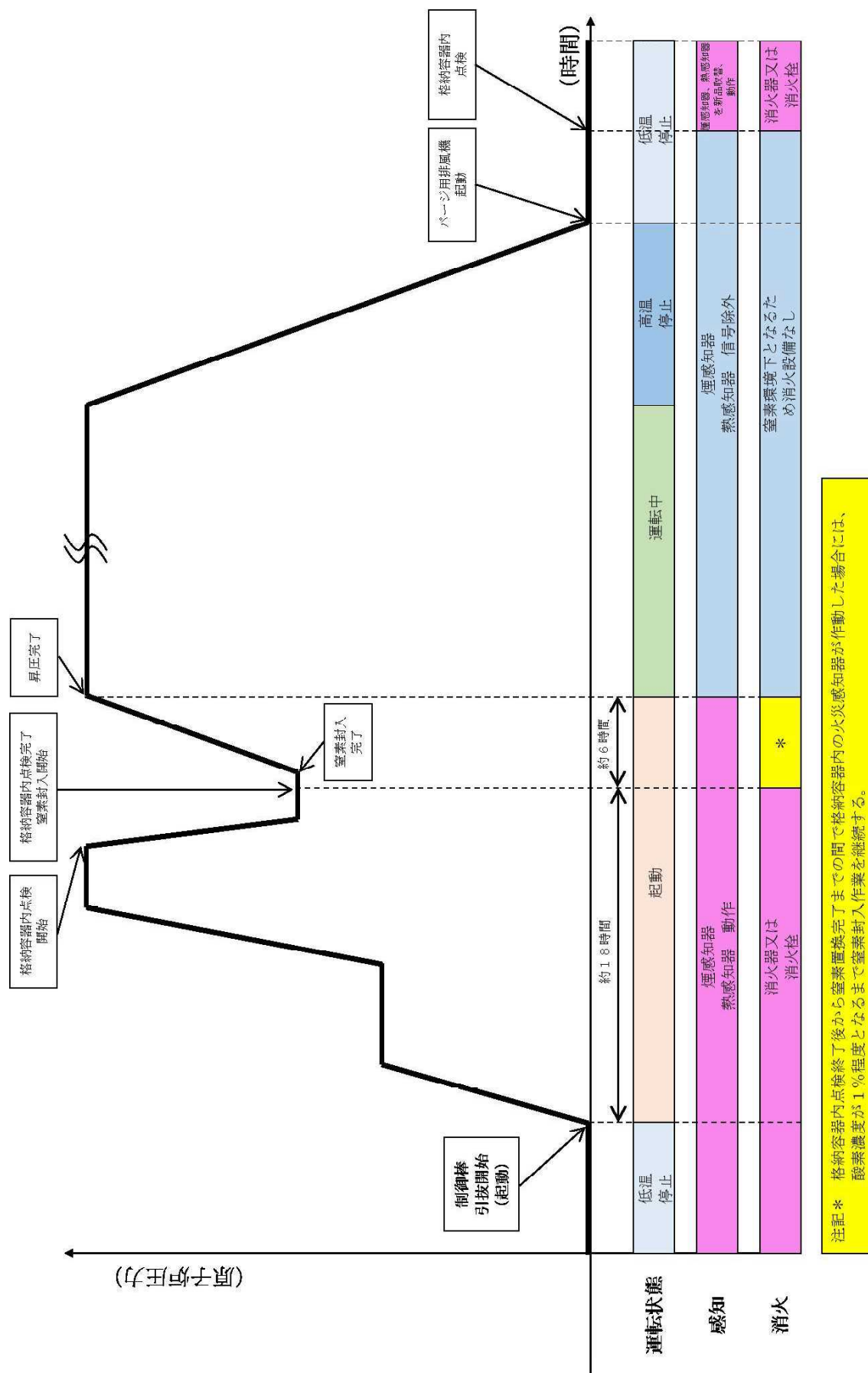


図1 原子炉の状態における格納容器内の感知及び消火について

補足説明資料 4-8

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

1. 目的

本資料は、VI-1-1-8 火災防護に関する説明書 6.1(2)項及び 6.2(4)項に示す、影響軽減対策における火災耐久試験結果の詳細を示すために、補足資料として添付するものである。

2. 内容

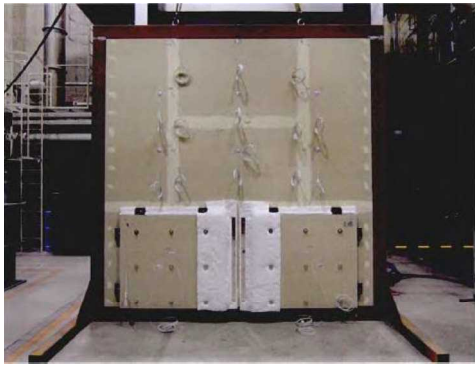
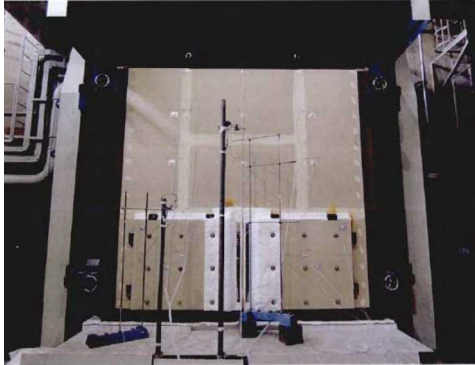
影響軽減対策における火災耐久試験結果の詳細を次頁以降に示す。

3. 影響軽減対策における火災耐久試験結果の詳細

3.1 強化石膏ボード

試験結果は、いずれの試験体においても非加熱面側への発炎，火炎の噴出，火炎が通る亀裂等の損傷がなく，建築基準法に基づく防火設備性能試験の判定基準を満足している。したがって，強化石膏ボードは3時間の耐火性能を有している。試験前後の写真等を表1に示す。





表1 強化石膏ボードの試験結果

時間	試験状況写真	
	強化石膏ボードによる壁	
開始前		
3 時間後 (試験終了時)		
判定基準	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと	良
	非加熱面側で 10 秒を超えて継続する発炎がないこと	良
	非加熱面側へ 10 秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと	良
試験結果		合格

3.2 配管貫通部

試験結果は、いずれの試験体においても非加熱面側への発炎，火炎の噴出，火炎が通る亀裂等の損傷がなく，建築基準法に基づく防火設備性能試験の判定基準を満足している。したがって，配管貫通部シールは3時間の耐火性能を有している。試験前後の写真等を表2に示す。

表2 配管貫通部の試験結果

時間		試験状況写真	
		断熱材取付け	モルタル充填
開始前			
3時間後 (試験終了時)			
判定基準	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと	良	良
	非加熱面側で10秒を超えて継続する発炎がないこと	良	良
	非加熱面側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと	良	良
試験結果		合格	合格

3.3 ケーブルトレイ及び電線管貫通部

試験結果は、いずれの試験体においても非加熱面側への発炎，火炎の噴出，火炎が通る亀裂等の損傷がなく，建築基準法に基づく防火設備性能試験の判定基準を満足している。したがって，ケーブルトレイ及び電線管貫通部は3時間の耐火性能を有している。試験前後の写真等を表3に示す。





表3 ケーブルトレイ及び電線管貫通部の試験結果

時間	試験状況写真		
	ケーブルトレイ	電線管	
開始前			
3時間後 (試験終了時)			
判定基準	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと	良	良
	非加熱面側で10秒を超えて継続する発炎がないこと	良	良
	非加熱面側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと	良	良
試験結果	合格	合格	

3.4 防火扉

試験結果は、いずれの試験体においても非加熱面側への発炎，火炎の噴出，火炎が通る亀裂等の損傷がなく，建築基準法に基づく防火設備性能試験の判定基準を満足している。したがって，防火扉は3時間の耐火性能を有している。試験前後の写真等を表4に示す。

表4 防火扉の試験結果

時間	試験状況写真		
	一般鋼製扉	水密扉※2	
開始前			
3時間後 (試験終了時)			
判定基準	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと	良	良
	非加熱面側で10秒を超えて継続する発炎がないこと	良※1	良
	非加熱面側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと	良	良
試験結果	合格	合格	

※1：ドアクローザー一部除く。ドアクローザーは，アメリカ保険業者安全試験所（UL）によって性能が確認され3時間耐火の認証を受けている米国 LCN 社製のドアクローザーに取替を実施。

※2：ゴムパッキンを使用する扉は水密扉の試験に代表させる。

3.5 防火ダンパ

試験結果は、いずれの試験体においても非加熱面側への発炎，火炎の噴出，火炎が通る亀裂等の損傷がなく，建築基準法に基づく防火設備性能試験の判定基準を満足している。したがって，防火ダンパは3時間の耐火性能を有している。試験前後の写真等を表5に示す。

表5 防火ダンパの試験結果

時間	試験状況写真		
	角型①	角型②	
開始前			
3 時間後 (試験終了時)			
判定基準	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと	良	良
	非加熱面側で 10 秒を超えて継続する発炎がないこと	良	良
	非加熱面側へ 10 秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと	良	良
試験結果	合格	合格	





3.6 天井デッキスラブ

試験結果は、いずれの試験体においても非加熱面側への発炎，火炎の噴出，火炎が通る亀裂等の損傷がなく，建築基準法に基づく防火設備性能試験の判定基準を満足している。また，最大たわみ量，最大たわみ速度についても表 6-1 に示す判定基準を満足している。したがって，ケーブルトレイ及び電線管貫通部は 3 時間の耐火性能を有している。試験前後の写真等を表 6-2 に示す。

表 6-1 非損傷性の判定基準

試験項目	非損傷性の確認
判定基準	<p>最大たわみ量及び最大たわみ速度が次の値以下であること。 ただし，最大たわみ速度は，たわみ量がL/30を超えるまで適用しない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最大たわみ量(mm) : $L^2/400d$ ・最大たわみ速度(mm/分) : $L^2/9000d$ <p>ここで，L：試験体の支点間距離(mm) d：試験体の構造断面の圧縮縁から引張り縁までの距離(mm)</p>

表 6-2 天井デッキスラブの試験結果

時間	試験状況写真		
	天井デッキスラブ (1)	天井デッキスラブ (2)	
開始前			
3 時間後 (試験終了時)			
判定基準 (遮炎性)	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと	良	良
	非加熱面側で10秒を超えて継続する発炎がないこと	良	良
	非加熱面側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと	良	良
判定基準 (非損傷性)	最大たわみ量 (mm) : $L^2/400d$ 以下であること	良	良
	最大たわみ速度 (mm/分) : $L^2/9000d$ 以下であること ^{*1}	良	良
試験結果	合格	合格	





※1 : 最大たわみ速度は、たわみ量が $L/30$ を超えるまで適用しない。

注 : なお、床等の水平部材が上面から強く加熱されることは少なく、下階から加熱の方が部材にとっては厳しいので、耐火性能検証法では下面（下階の室）での火炎に対して検証することとし、上面からの検証を省略している。

3.7 耐火間仕切り

試験結果は、いずれの試験体においても非加熱面側への発炎、火炎の噴出、火炎が通る亀裂等の損傷がなく、建築基準法に基づく防火設備性能試験の判定基準を満足している。したがって、耐火間仕切りは3時間の耐火性能を有している。試験前後の写真等を表7に示す。

表7 耐火間仕切りの試験結果

時間	試験状況写真		
	耐火間仕切り (1)	耐火間仕切り (2)	
開始前			
3 時間後 (試験終了時)			
判定基準	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと	良	良
	非加熱面側で10秒を超えて継続する発炎がないこと	良 ^{※1}	良 ^{※1}
	非加熱面側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと	良 ^{※1}	良 ^{※1}
試験結果	合格	合格	

※1： 耐火間仕切りの試験体においては、試験後の耐火間仕切り内部の損傷状態、煤等の付着がないことを確認し試験結果良と判定した。

3.8 耐火ラッピング


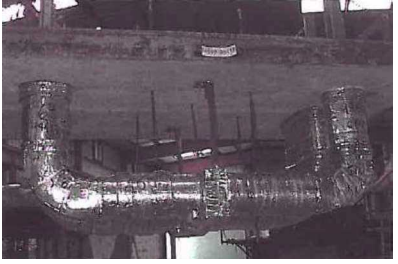

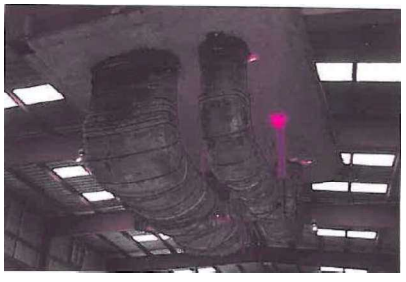



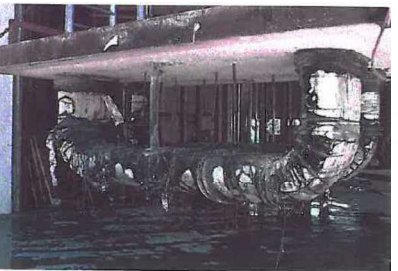
試験結果は、ケーブルトレイ及び電線管のいずれの試験体においても REGULATORY GUIDE1.189Rev.2:Appendix Cの規定に基づき表 8-1 に示す判定基準を満足している。したがって、耐火ラッピングは3時間の耐火性能を有している。試験前後の写真等を表 8-2 に示す。

なお、柏崎刈羽原子力発電所第6号機において、米国試験結果で示された耐火ラッピングを適用することの妥当性については、別紙1に示す。

表 8-1 耐火ラッピングの判定基準

試験項目	耐火性の確認
判定基準	① 耐火ラッピングの非加熱面側の温度上昇値が平均で 139K、最大で 181K を超えないこと。 ② 火災耐久試験及び放水試験においてケーブルトレイ等が見える貫通口が生じないこと。

表 8-2 耐火ラッピングの試験結果

時間		電線管	ケーブルトレイ
開始前			
3 時間後			
放水試験			
試験終了時			
判定基準	非加熱面の温度上昇が平均で 139K, 最大で 181K を越えないこと	良	良
	貫通口が生じないこと	良	良
試験結果		合格	合格

別紙 1

米国原子力規制委員会報告書（NUREG1924）で示された耐火ラッピングを
適用可能と判断することの妥当性について

1. はじめに

柏崎刈羽原子力発電所第7号機における安全機能を有する機器の系統分離として、ケーブルトレイ等に施工する3時間耐火性能を有する耐火ラッピングは、米国原子力規制委員会の報告書(NUREG1924)に示された火災耐久試験に合格していることから、適用可能と判断している。以下では、米国における火災耐久試験結果から適用可能と判断することの妥当性を示す。

2. 火災耐久試験の試験条件について

米国における耐火ラッピングの火災耐久試験では、REGULATORY GUIDE1.189Rev.2:Appendix Cに基づき、ASTM E-119に規定される耐火壁等の試験条件で試験を実施している。一方、日本国内における耐火壁等の火災耐久試験では、建築基準法(防耐火性能試験・評価業務方法書)に基づき、ISO834に規定される試験条件で試験を実施している。ASTM E-119とISO834に基づく火災耐久試験の試験条件の比較を表1に示す。

表1 火災耐久試験条件の比較

比較項目		ASTM E-119	ISO834
加熱温度	10分経過時	704℃	678℃
	30分経過時	843℃	842℃
	1時間経過時	927℃	945℃
	2時間経過時	1010℃	1049℃
	3時間経過時	1052℃	1110℃
温度上昇に係る判定基準		非加熱面側の温度上昇が平均で139K、最大で81Kを超えないこと。	非加熱面の温度上昇値が平均で140K、最大で80Kを超えないこと。

ASTM E-119とISO834に基づく火災耐久試験の加熱温度を比較すると、相対差は最大でも3時間経過時点で5%であり、同程度である。また、ASTM E-119とISO834の温度上昇に係る判定基準についても優劣がなく同程度である。従って、耐火ラッピングの火災耐久試験の判定基準としては、ASTM E-119に規定される試験条件で3時間耐火性能を有することとする。

なお、参考までに以下に示すとおり、柏崎刈羽原子力発電所第7号機に使用する耐火ラッピングはASTM E-119に基づく3時間30分の火災耐久試験にも合格していること、試験体の寸法は柏崎刈羽原子力発電所第7号機の耐火ラッピング対象のケーブルトレイ及び電線管を包絡すること、耐火ラッピングの材料及び施工方法について品質を確保していることから、十分な耐火性能を有している。

3. ASTM E-119 に基づく 3 時間 30 分の火災耐久試験について

柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機に使用する耐火ラッピングは、ASTM E-119 に基づく 3 時間 30 分の火災耐久試験を実施し、図 1 に示すとおり、温度上昇の判定基準を満足している。7 号機に使用する耐火ラッピングの火災耐久試験時の温度上昇特性は、ラッピング材（水酸化アルミニウム）の吸熱効果により、一時的に温度上昇が抑制されるが、3 時間経過以後は吸熱効果が喪失して線形な特性となる。このため、3 時間以上の火災耐久試験では経過時間に比例して厳しい条件となる。

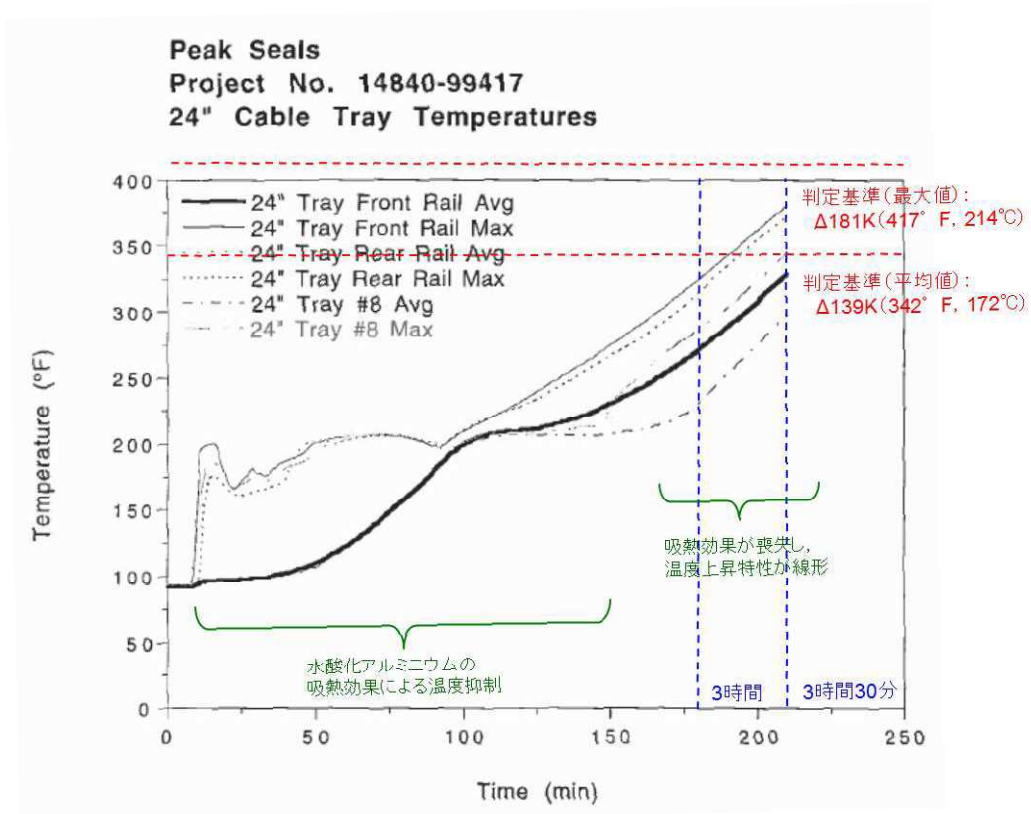


図 1 7 号機に使用する耐火ラッピングの火災耐久試験時の内部温度上昇特性

(出典：FIRE ENDURANCE TEST OF 3M INTERAM MAT FIRE PROTECTIVE ENVELOPES

(6in. wide and 24 in. by 4 in. Deep Steel Ladder-Back Cable Trays Project

No. 14540-99417))

次に、ASTM の 3 時間 30 分火災耐久試験と ISO834 の 3 時間火災耐久試験について、試験体に入力される供給熱量の比較を行った。(図 2)

耐火炉の熱容量を C [J/K] とすると、単位時間 Δt [s] あたりの供給熱量 ΔP [J] は加熱温度 ΔT [K] に対して下記の式で算出できる。

$$\Delta P = C \times \Delta T \times \Delta t [J]$$

また、試験体に供給される総供給熱量は、上記の式の試験時間の総和をとる。

$$P = \sum C \times \Delta T \times \Delta t [J]$$

ASTM 加熱曲線での 3 時間 30 分経過時点の総供給熱量を P_{ASTM} 、ISO 加熱曲線での 3 時間経過時点の総供給熱量 P_{ISO} とすると、下記に示すとおり P_{ASTM} の方が P_{ISO} よりも大きい。

$$P_{ASTM} \cong 12.1 \times 10^6 C [J]$$

$$P_{ISO} \cong 10.5 \times 10^6 C [J]$$

$$P_{ASTM} > P_{ISO}$$

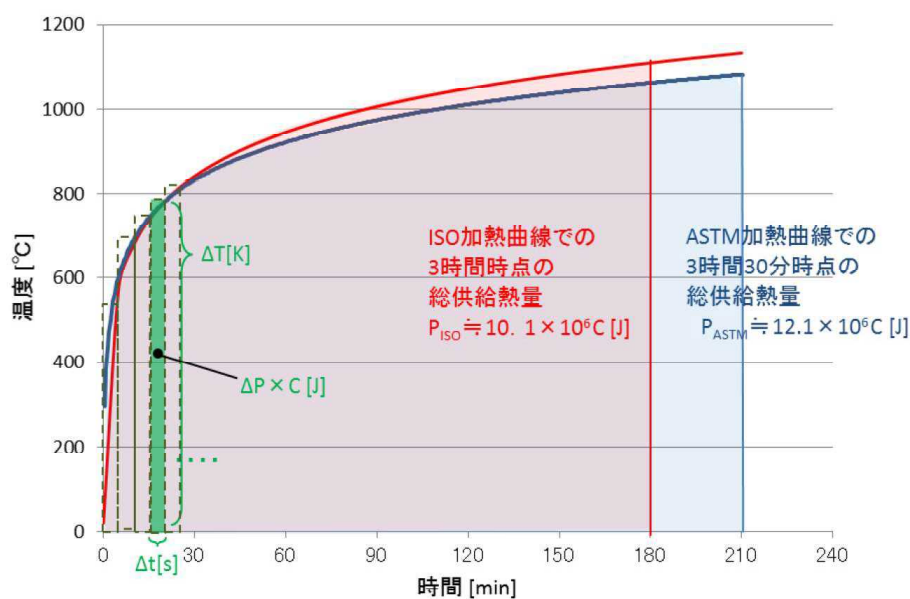


図 2 ASTM 加熱曲線と ISO 加熱曲線の総供給熱量の比較

以上より、柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機に使用する耐火ラッピングは、ASTM E-119 又は ISO834 に基づく加熱曲線のいずれを用いた 3 時間火災耐久試験に対しても、十分な耐火性能を有していると考えられる。

4. 火災耐久試験に用いた試験体の寸法について

米国試験結果で示されている（3 時間耐火）火災耐久試験で試験されたケーブルトレイ及び電線管のサイズ，及び柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機で耐火ラッピング施工を適用するケーブルトレイ及び電線管のサイズを表 2 示す。

表 2 のとおり，柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機において，耐火ラッピング施工を適用するケーブルトレイ及び電線管のサイズは，米国において実証されたサイズに包含される。

表 2 ケーブルトレイ・電線管サイズの比較

種別	米国の火災耐久試験体	柏崎刈羽原子力発電所 第 7 号機
ケーブルトレイ	W152～W610mm	W300～W600mm
電線管	φ 27～φ 128mm	φ 28～φ 106mm

5. 米国試験結果の認証範囲について

米国試験結果で 3 時間耐火性能を認証している範囲は，耐火ラッピングの材料に加え，施工方法（耐火ラッピングの施工厚さや重ね巻き幅等）も認証範囲として規定されている。

柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機では，米国試験結果で認証された耐火ラッピング材料と同様の材料を使用する。また，施工については国内企業が施工するが，米国ラッピングメーカーの認定を受けた作業者が施工しており，さらに施工時には，米国からラッピングメーカー技術者を派遣し，米国で認証された施工と同等の施工となるよう，施工品質を確保している。

以上より，柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機において，米国試験結果で示された耐火ラッピングを適用することは，妥当であると判断した。

補足説明資料 4-9
下部中央制御室エリアの影響軽減対策について

1. 目的

本資料は、VI-1-1-8 火災防護に関する説明書 6.2(4)c. 項に示す、下部中央制御室エリアの火災の影響軽減対策について、補足資料として添付するものである。

2. 内容

下部中央制御室エリアの火災の影響軽減対策を次頁以降に示す。

3. 下部中央制御室エリアの分離対策

下部中央制御室エリア（下部中央制御室、プロセス計算法室）は、上部中央制御室に存在するような安全系区分Ⅰ，Ⅱが混在する制御盤、フリーアクセスフロアは存在せず、ケーブルトレイ等については、火災防護対象となる安全系区分Ⅰ，Ⅱのケーブルが分離される火災区域として設定する。

このため、下部中央制御室エリアは、他の火災区域との境界を3時間以上の耐火性能を有する耐火壁で構成する設計とする。

また、下部中央制御室エリア内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、以下に示すとおり、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁による分離対策、固有の信号を発する異なる2種の火災感知器の設置による早期の火災感知及び固定式ガス消火設備による早期の消火を行う設計とする。

3.1 中央制御室としての他の火災区域（RSS）との影響軽減について

下部中央制御室エリアは、上部中央制御室と構造は同様であり、下部中央制御室も含めて中央制御室として分離を図っている。図1の赤枠に示したとおり上部中央制御室と合わせて3時間耐火バウンダリが形成され、他区域（RSS）と分離が図られている。

3.2 下部中央制御室エリア内の影響軽減対策

(1) 系統分離対策

3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として、3時間の耐火性能に必要なコンクリート壁等で安全系区分Ⅰと安全系区分Ⅱの火災区域の境界を分離する設計とする。

(2) 火災感知設備

下部中央制御室エリアには、アナログ式の固有の信号を発する異なる種類の煙感知器と熱感知器を組み合わせ設置し、誤作動防止対策を実施する設計とする。

(3) 消火設備

下部中央制御室エリアは、自動又は中央制御室からの自動と同等の遠隔手動操作により早期の起動が可能な小空間固定式消火設備を設置する設計とする。

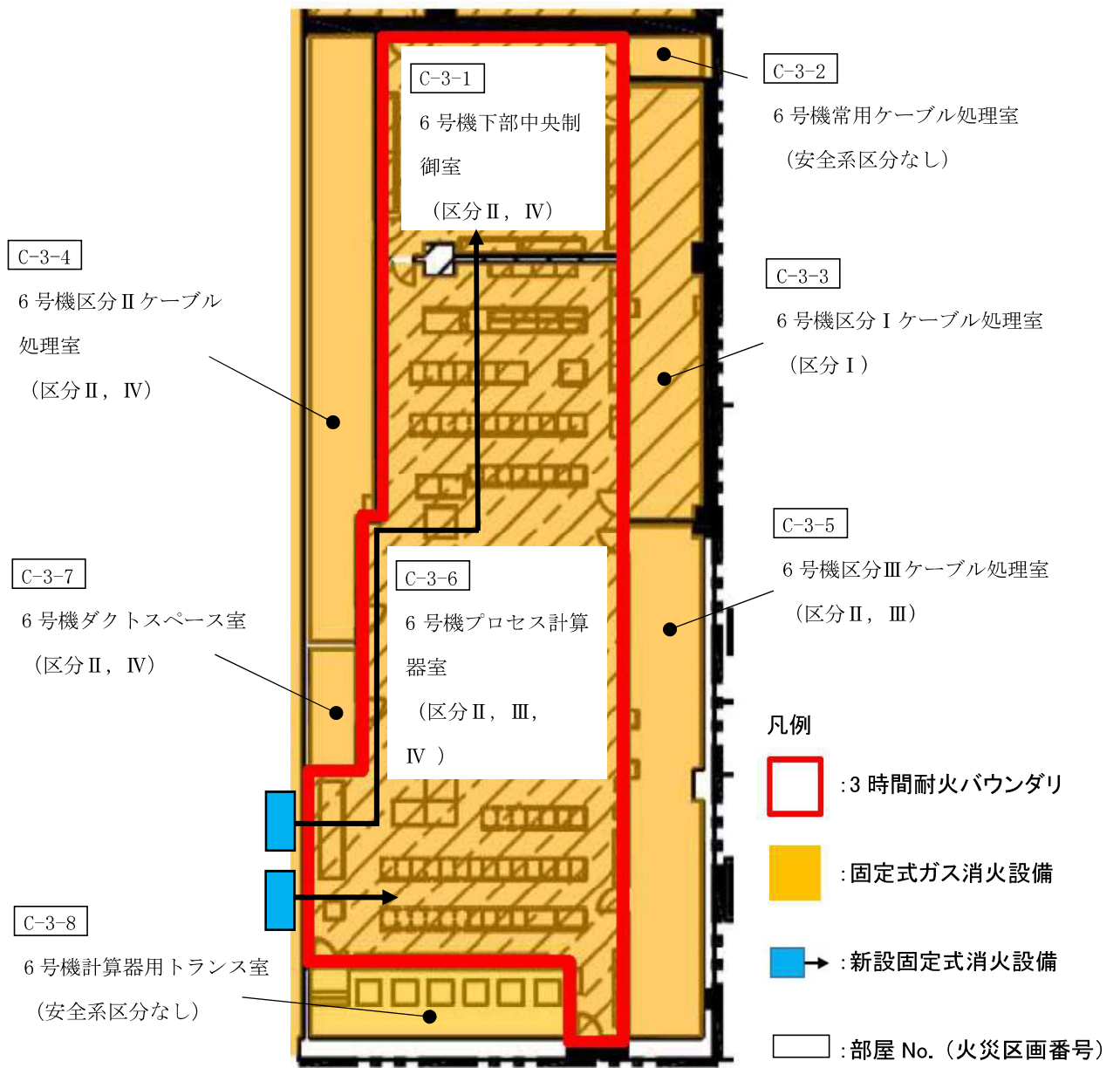


図1 下部中央制御室の火災防護対策

補足説明資料 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

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において、火災防護計画書に定め管理する事項を整理するため、補足説明資料として添付するものである。

2. 内容

火災防護に関する説明書の1項～7項において、火災防護計画書に定め管理する事項を次頁以降の表に整理するとともに、火災防護に関する説明書の「8.火災防護計画」の該当項目を整理した。

表1 火災防護に関する説明書における「火災防護計画」にて管理する事項について(1/3)

火災防護に関する説明書の記載頁	「8. 火災防護計画」に記載する事項の詳細内容	「8. 火災防護計画」の該当項
6	また、火災防護上重要な機器等は、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づき、必要な火災防護対策を講じることを「8. 火災防護計画」に定める。	8.2(1)
8	発電用原子炉施設の重大事故等対処施設は、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火に必要な火災防護対策を講じることを「8. 火災防護計画」に定める。	8.2(1)
8	また、可搬型重大事故等対処設備に対する火災防護対策についても「8. 火災防護計画」に定める。	8.3
9	屋外の火災区域の設定に当たっては、火災区域外への延焼防止を考慮し、資機材管理、火気作業管理、危険物管理、可燃物管理及び巡視を行う。上記については、火災防護計画に定めて、管理する。	8.2(2)
38	潤滑油又は燃料油の貯蔵設備とは、供給設備へ潤滑油又は燃料油を補給するためにこれらを貯蔵する設備のことであり、非常用ディーゼル発電機軽油タンク、燃料ダイタンク及び第一ガスタービン発電機用燃料タンクがある。	8.2(3)
38	これらの設備は、以下のとおり、貯蔵量を一定時間の運転に必要な量を貯蔵することを考慮した設計とする。 イ. 非常用ディーゼル発電機軽油タンクは、1基あたり非常用ディーゼル発電機2台を7日間連続運転するために必要な量(約529m ³)を考慮し、貯蔵量は約565m ³ 以下とする。	8.2(3)
38	ロ. 燃料ダイタンクは、非常用ディーゼル発電機を8時間連続運転するために必要な量(約12m ³)を考慮し、貯蔵量は約14.7m ³ 以下とする。	8.2(3)
38	ハ. 第一ガスタービン発電機用燃料タンクは、常設代替交流電源設備を12時間以上連続運転するために必要な量(約18m ³)を考慮し、貯蔵量は約45m ³ 以下とする。	8.2(3)
38	水素ガスボンベは、ボンベ使用時に職員がボンベ元弁を開とし、通常時は元弁を閉とする運用又は、ボンベ使用時のみ必要量を建屋に持ち込む運用について火災防護計画に定め管理することにより、水素ガスの漏えい及び拡大防止対策を講じる。	8.2(4)
38	格納容器内雰囲気モニタ校正用水素ガスボンベは、ボンベ使用時を除きボンベ元弁を閉とする運用について火災防護計画に定め管理することにより、水素ガスの漏えい及び拡大防止対策を講じる。	8.2(5)
39	気体廃棄物処理設備用水素ガスボンベ及びフィルター装置水素濃度校正用水素ガスボンベは常時、建屋外に保管し、ボンベ使用時のみ必要量を建屋に持ち込む運用について火災防護計画に定め管理することにより、水素ガスの漏えい及び拡大防止対策を講じる。	8.2(6)
40	万一、上記の送風機及び排風機が異常により停止した場合は、中央制御室に警報を発報する設計とし、送風機及び排風機が復帰するまでの間は、水素ガス蓄積を防止する運用又は水素ガスの蓄積が確認された場合は蓄電池受電遮断器を開放する運用とする。	8.2(7)

表1 火災防護に関する説明書における「火災防護計画」にて管理する事項について(2/3)

火災防護に関する説明書の記載頁	「8. 火災防護計画」に記載する事項の詳細内容	「8. 火災防護計画」の該当項
41	水素ガスを貯蔵する水素ガスボンベは、運転に必要な量にとどめるために、必要な本数のみを貯蔵することを火災防護計画に定めて、管理する。	8.2(8)
41	このため、引火点が室内温度及び機器運転時の温度よりも高い潤滑油又は燃料油を使用すること並びに火災区域又は火災区画における有機溶剤を使用する場合の滞留防止対策について、火災防護計画に定めて、管理する。	8.2(9)
42	「工場電気設備防爆指針」に記載される可燃性の微粉が発生する設備及び静電気が溜まるおそれがある設備を設置しないことを火災防護計画に定めて、管理する。	8.2(10)
43	放射性物質を含んだ使用済イオン交換樹脂及び濃縮廃液は、固体廃棄物として処理を行うまでの間、密閉された金属製の槽・タンクで保管する設計とする。	8.2(11)
43	放射性物質を含んだチャコフィルタは、固体廃棄物として処理を行うまでの間、ドラム缶に収納し保管する設計とする。	8.2(12)
43	放射性物質を含んだHEPAフィルタは固体廃棄物として処理を行うまでの間、金属容器や不燃シートで養生し保管する設計とする。	8.2(13)
47	なお、原子炉格納容器内に設置する原子炉の安全停止に必要な機器等及び重大事故等対処施設は、不燃性又は難燃性の材料を使用し周辺には可燃物がないことを火災防護計画に定めて、管理する。	8.2(14)
62	そのため、原子炉格納容器内に設置する火災感知器は、起動時の窒素封入後に作動信号を除外する運用とする。	8.2(15)
82	ホ、 気体廃棄物処理設備を設置する火災区域又は火災区画（気体廃棄物処理設備エリア排気モニタ検出器を含む。） 加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことで、煙の発生を抑える設計とする。	8.2(16)
82	ハ、 液体廃棄物処理設備を設置する火災区域又は火災区画 加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより区画内の火災荷重を低く管理することで、煙の発生を抑える設計とする。	8.2(16)
82	ト、 圧力抑制室プール水排水設備を設置する火災区域又は火災区画 加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより区画内の火災荷重を低く管理することで、煙の発生を抑える設計とする。	8.2(16)
82	チ、 新燃料貯蔵設備 加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより庫内の火災荷重を低く管理することで、煙の発生を抑える設計とする。	8.2(16)

表 1 火災防護に関する説明書における「火災防護計画」にて管理する事項について (3/3)

火災防護に関する説明書の記載頁	「8. 火災防護計画」に記載する事項の詳細内容	「8. 火災防護計画」の該当項
82	<p>リ. 使用済燃料輸送容器保管建屋 加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより建屋内の火災荷重を低く管理することで、煙の発生を抑える設計とする。</p>	8. 2(16)
83	<p>ヌ. 固体廃棄物貯蔵庫 加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより庫内の火災荷重を低く管理することで、煙の発生を抑える設計とする。</p>	8. 2(16)
83	<p>ル. 焼却炉建屋 加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより建屋内の火災荷重を低く管理することで、煙の発生を抑える設計とする。</p>	8. 2(16)
83	<p>ヲ. 可燃物が少なく、火災が発生しても煙が充満しない火災区域又は火災区画 可燃物が少なく、火災が発生しても煙が充満しない火災区域又は火災区画は、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより区画内の火災荷重を低く管理することで、煙の発生を抑える設計とする。</p>	8. 2(16)
128	<p>火災により中央制御室制御盤 1 面の安全機能が喪失しても、原子炉を安全に停止するために必要な運転操作に必要な手順を管理する。</p>	8. 2(17)
131	<p>なお、原子炉格納容器内での作業に伴う持込み可燃物については、持込み期間、可燃物量、持込み場所等、運用について火災防護計画に定めて、管理する。</p>	8. 2(14)
131	<p>また、原子炉格納容器内の油内包機器、分電盤等については、金属製の筐体やケーシングで構成すること、油を内包する点検用機器は通常電源を切る運用とすることによって、火災発生時においても火災防護対象機器等への火災の影響の低減を図る設計とする。</p>	8. 2(18)
132	<p>また、上記に示す原子炉格納容器内での消火活動の手順については、火災防護計画に定めて、管理する。</p>	8. 2(19)
177	<p>火災影響評価の評価方法及び再評価については、火災防護計画に定めて、管理する。</p>	8. 2(20)
177	<p>火災区域 (区画) 特性表の作成及び更新については、火災防護計画にて定めて、管理する。</p>	8. 2(21)