

本資料のうち、枠組の内容は商業機密又は
防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	補足-300-1 改2
提出年月日	平成30年3月27日

東海第二発電所
発電用原子炉施設の火災防護に関する補足説明資料
火災防護について

日本原子力発電株式会社

東海第二発電所

1. 添付書類に係る補足説明資料

「火災防護設備」に係る添付書類(共通書類は除く)の記載内容を補足するための説明資料リストを以下に示す。

工認添付資料	補足説明資料
V-1-1-7 発電用原子炉施設の火災防護に関する 説明書	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 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 2 添付資料 2 を参照】
	1-2 火災区域の配置を明示した図面 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 3 添付資料 2 を参照】
	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 潤滑油又は燃料油の引火点, 室内温度及び機器運転時の温度について 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 1 参考資料 1 を参照】 【許可まとめ資料 41 条 重大事故等対処施設における火災防護に係る基準規則等への適合性についてのうち参考資料 1 を参照】
	2-2 保温材の使用状況について 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 1 添付資料 4 を参照】 【許可まとめ資料 41 条 重大事故等対処施設における火災防護に係る基準規則等への適合性についてのうち添付資料 4 を参照】
	2-3 建屋内装材の不燃性について 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 1 添付資料 5 を参照】 【許可まとめ資料 41 条 重大事故等対処施設における火災防護に係る基準規則等への適合性についてのうち添付資料 5 を参照】
	2-4 難燃ケーブルの使用について 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 1 添付資料 2 を参照】 【許可まとめ資料 41 条 重大事故等対処施設における火災防護に係る基準規則等への適合性についてのうち添付資料 2 を参照】

工認添付資料	補足説明資料
V-1-1-7 発電用原子炉施設の火災防護に関する 説明書	2-5 屋外の重大事故等対処施設の竜巻による 火災の発生防止対策について
	2-6 水素の蓄積防止対策について
	3-1 ガス消火設備について 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防 止のうち別添 1 資料 6 添付資料 2 を参照】 【許可まとめ資料 41 条 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消火設 備についてのうち添付資料 2 を参照】
	3-2 二酸化炭素消火設備(全域)について 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防 止のうち別添 1 資料 6 添付資料 6 を参照】 【許可まとめ資料 41 条 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消火設 備についてのうち添付資料 7 を参照】
	3-3 消火用の照明器具の配置図 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防 止のうち別添 1 資料 1 添付資料 7 を参照】 【許可まとめ資料 41 条 重大事故等対処施設 における火災防護に係る基準規則等への適合 性についてのうち添付資料 6 を参照】
	3-4 常設代替高圧電源装置を設置する火災区 域の消火設備について
	3-5 ディーゼル駆動消火ポンプ，ディーゼル 駆動構内消火ポンプ，電動機駆動消火ポンプ 及び電動機駆動構内消火ポンプの構造図
	3-6 ディーゼル駆動消火ポンプ，ディーゼル 駆動構内消火ポンプ，電動機駆動消火ポンプ 及び電動機駆動構内消火ポンプのQHカーブ
3-7 ディーゼル消火ポンプ及びディーゼル駆 動構内消火ポンプの内燃機関の発電用火力設 備に関する技術基準を定める省令への適合性 について	

: 今回ご説明分

工認添付資料	補足説明資料
V-1-1-7 発電用原子炉施設の火災防護に関する 説明書	3-8 ガス系消火設備の必要容量について 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 6 添付資料 8 を参照】 【許可まとめ資料 41 条 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消火設備についてのうち添付資料 8 を参照】
	3-9 可燃物管理により火災荷重を低く管理することで、煙の発生を抑える火災区域又は火災区画についての管理基準
	3-10 新燃料貯蔵庫の未臨界性評価について 【設置許可資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 1 添付資料 9 を参照】
	4-1 火災の影響軽減のための系統分離対策について 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 7 添付資料 1 を参照】
	4-2 ケーブルトレイに適用する 1 時間耐火隔壁の火災耐久試験の条件について
	4-3 中央制御室制御盤内の分離について 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 7 添付資料 3 を参照】
	4-4 中央制御室の火災の影響軽減対策について 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 7 本文を参照】
	4-5 火災区域(区画)特性表について
	4-6 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 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 10 添付資料 8 を参照】
	4-7 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 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 7 添付資料 5 を参照】

: 今回ご説明分

工認添付資料	補足説明資料
V-1-1-7 発電用原子炉施設の火災防護に関する 説明書	4-8 格納容器内火災時の想定事象と対応について 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 1 資料 8 別紙 3 を参照】
	5-1 防火シートの基本性能について 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-2 防火シート及び結束ベルトの標準施工方法 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-3 ファイアストップパの施工方法 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-4 耐火シールの性能について 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-5 発電所で使用する非難燃ケーブルの種類 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-6 発電所で使用する非難燃ケーブルの詳細 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-7 ケーブルの燃焼メカニズム 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-8 ケーブルの使用期間による経年変化 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-9 発電所を代表する非難燃ケーブルの抽出結果のまとめ 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】

: 今回ご説明分

工認添付資料	補足説明資料
V-1-1-7 発電用原子炉施設の火災防護に関する 説明書	5-10 試験対象ケーブルの詳細 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-11 ケーブル種類毎の性能確認方法と確認結果 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-12 供試体の仕様と試験条件設定の考え方 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-13 実機火災荷重を考慮した防火シートの限界性能試験 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-14 防火シート重ね部の遮炎性試験 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-15 耐延焼性実証試験条件 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-16 損傷長の判定方法 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-17 複合体の構成品の組合せによる耐延焼性の確認 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-18 加熱熱量の違いによる性能比較評価の確認方法 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-19 バーナ加熱熱量を変化させた垂直トレイ燃焼試験 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】

工認添付資料	補足説明資料
V-1-1-7 発電用原子炉施設の火災防護に関する 説明書	5-20 過電流によるケーブルの燃焼プロセス 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防 止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-21 複合体内部ケーブルの自己消火性の実 証試験 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防 止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-22 トレイの設置方向による延焼性の確認 結果 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防 止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-23 延焼の可能性のあるトレイ設置方向へ の対応の実証試験 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防 止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-24 過電流模擬試験による防火シート健全 性評価 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防 止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-25 複合体が不完全な場合の難燃性能の確 認 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防 止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-26 複合体による影響の確認 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防 止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	5-27 複合体の性能確保の考え方 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防 止のうち別添 4 添付資料○を参照】
5-28 非難燃ケーブル対応に関する設置許可 から維持管理に至る各段階での実施内容につ いて 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防 止のうち別添 4 添付資料○を参照】	

工認添付資料	補足説明資料
	5-29 非難燃ケーブルへの防火措置に関する 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 【許可まとめ資料 8 条 火災による損傷の防止のうち別添 4 添付資料○を参照】
	6-1 耐震評価を実施する火災防護設備の代表性について
	6-2 ケーブルトレイ消火設備の耐震性について
	6-3 耐震評価を実施する火災防護設備の加振試験での確認項目について
	6-4 基礎ボルト一点固定型の回転モーメントと摩擦力による保持モーメントについて
	7-1 火災防護に関する説明書に記載する火災防護計画に定め管理する事項について

2. 別紙

- (1) 工認添付資料と設置許可まとめ資料との関係【火災防護設備】

工認添付資料と設置許可まとめ資料との関係【火災防護設備】

工認添付資料		設置許可まとめ資料			引用内容
V-1-1-7	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	資料そのものを概ね引用
		SA	41-1	重大事故等対処施設における火災防護に係る基準規則等への適合性について	資料そのものを概ね引用
		SA	41-2	火災による損傷の防止を行う重大事故等対処施設の分類について	資料そのものを概ね引用
		SA	41-3	火災による損傷の防止を行う重大事故等対処施設に係る火災区域又は火災区画の設定について	資料そのものを概ね引用
		SA	41-4	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火災感知設備について	資料そのものを概ね引用
		SA	41-5	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消火設備について	資料そのものを概ね引用
		SA	41-6	重大事故等対処施設が設置される火災区域・火災区画の火災防護対策について	資料そのものを概ね引用

V-1-1-7に係る補足説明資料

補足説明資料目次

1. 基本事項に係るもの
 - 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
 - 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. 火災の発生防止に係るもの
 - 2-1 潤滑油又は燃料油の引火点、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 建屋内装材の不燃性について
 - 2-4 難燃ケーブルの使用について
 - 2-5 屋外の重大事故等対処施設の竜巻による火災の発生防止対策について
 - 2-6 水素の蓄積防止対策について

3. 火災の感知及び消火に係るもの
 - 3-1 ガス消火設備について
 - 3-2 二酸化炭素消火設備(全域)について
 - 3-3 消火用の照明器具の配置図
 - 3-4 常設代替高圧電源装置を設置する火災区域の消火設備について
 - 3-5 ディーゼル駆動消火ポンプ、ディーゼル駆動構内消火ポンプ、電動機駆動消火ポンプ及び電動機駆動構内消火ポンプの構造図
 - 3-6 ディーゼル駆動消火ポンプ、ディーゼル駆動構内消火ポンプ、電動機駆動消火ポンプ及び電動機駆動構内消火ポンプのQHカーブ
 - 3-7 ディーゼル消火ポンプの内燃機関の発電用火力設備に関する技術基準を定める省令への適合性について
 - 3-8 ガス系消火設備の必要容量について
 - 3-9 可燃物管理により火災荷重を低く管理することで、煙の発生を抑える火災区域又は火災区画についての管理基準
 - 3-10 新燃料貯蔵庫の未臨界性評価について

4. 火災の影響軽減に係るもの
 - 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 ケーブルトレイに適用する1時間耐火隔壁の火災耐久試験の条件について
 - 4-3 中央制御室制御盤内の分離について

：今回ご説明分

補-i

- 4-4 中央制御室の火災の影響軽減対策について
- 4-5 火災区域(区画)特性表について
- 4-6 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
- 4-7 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
- 4-8 格納容器内火災時の想定事象と対応について

5. 非難燃ケーブル対応に係るもの

- 5-1 防火シートの基本性能について
- 5-2 防火シート及び結束ベルトの標準施工方法
- 5-3 ファイアストップパの施工方法
- 5-4 耐火シールの性能について
- 5-5 発電所で使用する非難燃ケーブルの種類
- 5-6 発電所で使用する非難燃ケーブルの詳細
- 5-7 ケーブルの燃焼メカニズム
- 5-8 ケーブルの使用期間による経年変化
- 5-9 発電所を代表する非難燃ケーブルの抽出結果のまとめ
- 5-10 試験対象ケーブルの詳細
- 5-11 ケーブル種類毎の性能確認方法と確認結果
- 5-12 供試体の仕様と試験条件設定の考え方
- 5-13 実機火災荷重を考慮した防火シートの限界性能試験
- 5-14 防火シート重ね部の遮炎性試験
- 5-15 耐延焼性実証試験条件
- 5-16 損傷長の判定方法
- 5-17 複合体の構成品の組合せによる耐延焼性の確認
- 5-18 加熱熱量の違いによる性能比較評価の確認方法
- 5-19 バーナ加熱熱量を変化させた垂直トレイ燃焼試験
- 5-20 過電流によるケーブルの燃焼プロセス
- 5-21 複合体内部ケーブルの自己消火性の実証試験
- 5-22 トレイの設置方向による延焼性の確認結果
- 5-23 延焼の可能性のあるトレイ設置方向への対応の実証試験
- 5-24 過電流模擬試験による防火シート健全性評価
- 5-25 複合体が不完全な場合の難燃性能の確認
- 5-26 複合体による影響の確認
- 5-27 複合体の性能確保の考え方

：今回ご説明分

- 5-28 非難燃ケーブル対応に関する設置許可から維持管理に至る各段階での実施内容について
 - 5-29 非難燃ケーブルへの防火措置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
6. 火災防護設備の強度及び耐震評価に係るもの
- 6-1 耐震評価を実施する火災防護設備の代表性について
 - 6-2 ケーブルトレイ消火設備の耐震性について
 - 6-3 耐震評価を実施する火災防護設備の加振試験での確認項目について
 - 6-4 基礎ボルト一点固定型の回転モーメントと摩擦力による保持モーメントについて
7. 火災防護計画に係るもの
- 7-1 火災防護に関する説明書に記載する火災防護計画に定め管理する事項について

補足説明資料 2-6
水素の蓄積防止対策について

1. 目的

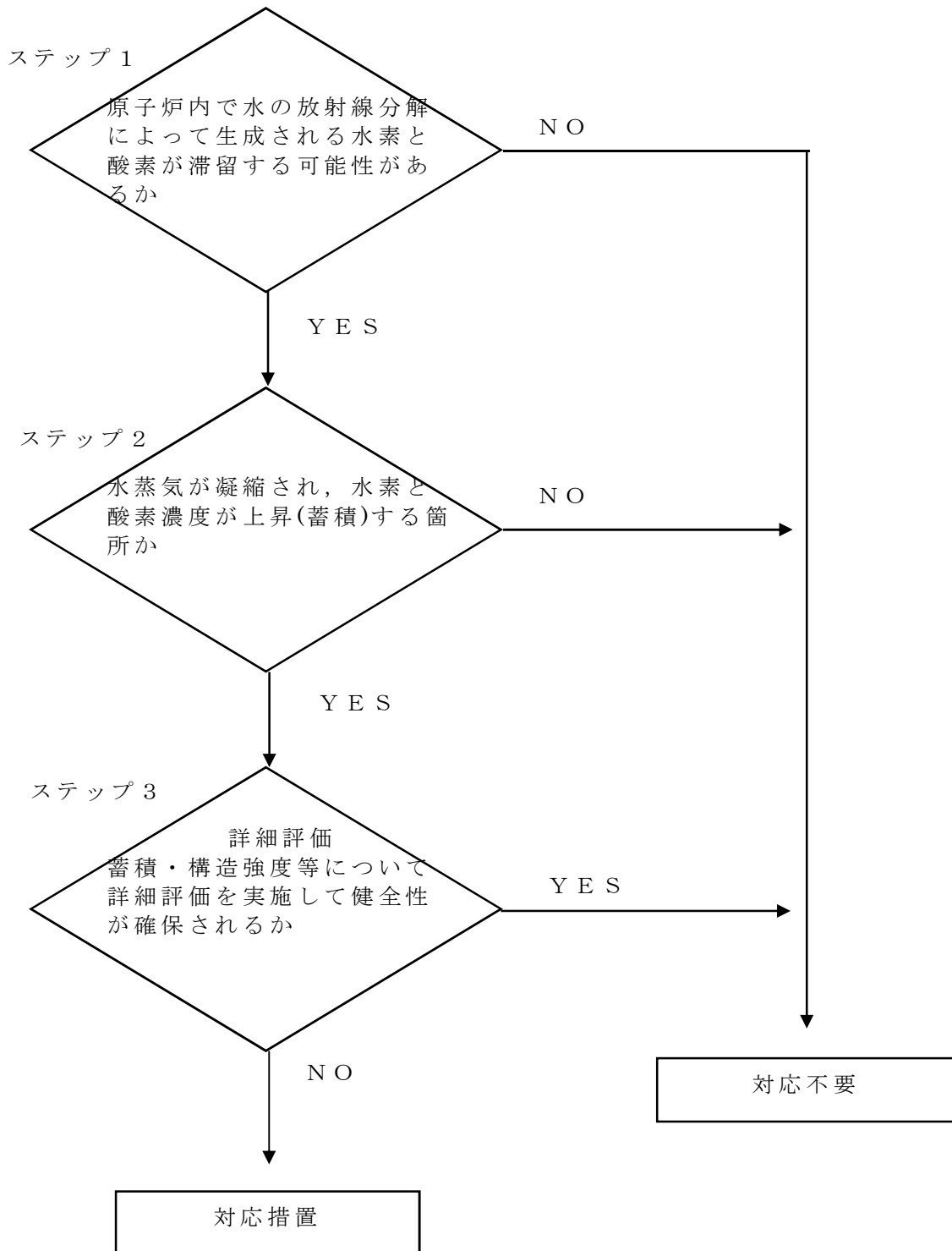
本資料は、火災防護に関する説明書 4.1(5)項に示す放射線分解により発生する水素の蓄積防止対策が、経済産業省指示文書「中部電力株式会社浜岡原子力発電所 1号機の余熱除去系配管破断に関する再発防止対策について(平成 14 年 5 月)」及び社団法人火力原子力発電技術協会「BWR 配管における混合ガス(水素・酸素)蓄積防止に関するガイドライン(平成 17 年 10 月)」に基づき対策を実施しており、火災防護特有であるため、補足資料として添付するものである。

2. 内容

経済産業省指示文書「中部電力株式会社浜岡原子力発電所 1号機の余熱除去系配管破断に関する再発防止対策について(平成 14 年 5 月)」を受けた対策後の報告について、次頁以降に示す。

1. 水素の蓄積防止対策について

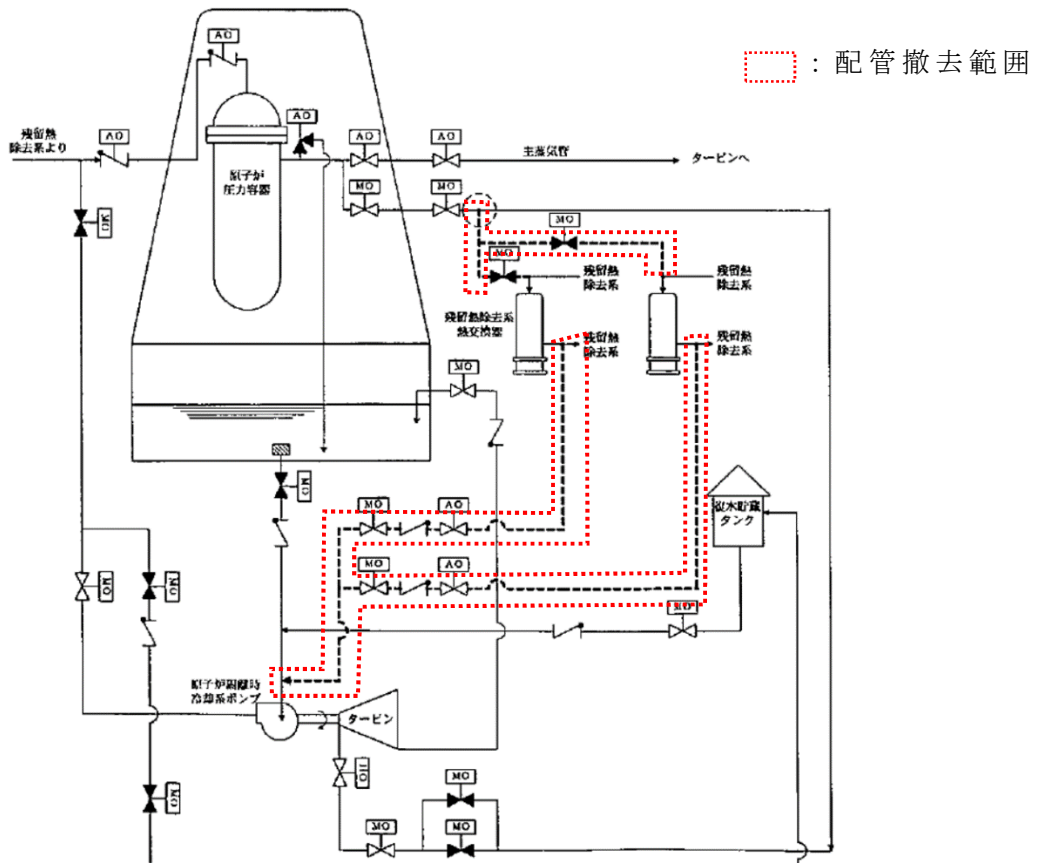
放射性分解により発生する水素に対する火災区域における蓄積防止対策としては、経済産業省指示文書「中部電力株式会社浜岡原子力発電所1号機の余熱除去系配管破断に関する再発防止対策について(平成14年5月)」を受け、水素の蓄積のおそれがある箇所に対して対策を実施している。なお、社団法人火力原子力発電技術協会「BWR配管における混合ガス(水素・酸素)蓄積防止に関するガイドライン(平成17年10月)」の制定以降については、ガイドラインのフローに基づき蓄積防止対策箇所を選定し実施している(第1-1図～1-4図, 第1-1表)。



第 1-1 図 水素対策の対象選定フロー
 (BWR 配管における混合ガス(水素・酸素)蓄積防止
 に関するガイドラインを参照)

第 1-1 表 放射線分解による水素蓄積防止対策の実施状況

対策箇所	対策内容	対策実施根拠	実施状況
・ 残留熱除去系蒸気凝縮系配管	・ 配管撤去及び取替 (第 19 回定検時：平成 14 年 9 月 13 日工事計画届出 ([]))	経済産業省指示文書 「中部電力株式会社浜岡原子力発電所第 1 号機の余熱除去系配管破断に関する再発防止対策について」(平成 14 年 5 月)	実施済
・ 原子炉水位計等計装配管	・ 配管修繕 (第 20 回定検時：平成 16 年 1 月 9 日工事計画届出 ([]))		
・ 原子炉圧力容器頂部スプレイ配管	・ ベント配管を設置 (第 23 回定検時：平成 20 年 (工事計画対象外))	(社)火力原子力発電技術協会 「BWR 配管における混合ガス(水素・酸素)蓄積防止に関するガイドライン」(平成 17 年 10 月)	実施済



補 2-6-4



浜岡原子力発電所第1号機の余熱除去系配管破断に関する再発防止対策について

「中部電力株式会社浜岡原子力発電所1号機の余熱除去系配管破断に関する再発防止対策について」(平成14年5月13日付け、平成14.05.13原院第3号、原子力安全・保安院)にて再発防止の指示を受けた事項について、当社東海第二発電所及び敦賀発電所1号機に関する検討結果を別添の通りご報告いたします。

添付資料

1. 余熱除去系配管破断に関する再発防止の対応方針について

以 上

余熱除去系配管破断に関する再発防止の対応方針について

1. 余熱除去系蒸気凝縮系配管以外の配管で対策を行う箇所の抽出

「浜岡原子力発電所第1号機 余熱除去系配管破断の類似箇所の抽出結果について」（平成13年12月13日、発管発第159号）にて、当社東海第二発電所及び敦賀発電所1号機について、以下の①～⑤の観点から余熱除去系配管破断の類似箇所を抽出した結果、該当する配管として、東海第二発電所の残留熱除去系蒸気凝縮系配管が抽出された。

- ①「原子炉内で水の放射線分解によって生成される水素と酸素が水蒸気とともに蓄積する箇所が存在するか」という観点から、上り勾配で行き止まりとなっている配管を選定。
- ②「水蒸気が凝縮され、水素と酸素の濃度が上昇する箇所か」という観点から、蒸気が常時流れる母管からの距離が長く著しい温度低下が起り得る配管を選定。
- ③水素、酸素がある程度存在することが想定される配管に関し、「水素燃焼が生じても当該箇所の健全性が保たれる設計となっているか」という観点から、強度評価上問題ないものを除外。
- ④運転中に定期的にガスが抜けるような操作が行われたり、あるいは、そうした運転状態にある配管を除外。
- ⑤急激な圧力変動や大きな温度上昇などの擾乱が起らない系統の配管（接続されている母管側での流れが安定した状態にある配管）を除外。

今回、原子力安全・保安院指示に基づき、上記④、⑤で除外した配管について、一層の信頼性向上の観点からこれらの箇所について対策を行うこととする。

上記④、⑤で除外した配管についての抽出結果を表1に示す。

2. 抽出された配管のガス蓄積量の評価

抽出された配管について、当該配管からの放熱量に基づき蓄積期間における蒸気凝縮量を算出し、ガス蓄積量を評価した結果を表2に示す。

3. 対応の方針

敦賀発電所1号機グランド蒸気調整器（SSR）入口配管については、ガスが蓄積する可能性があることから、表3に示すとおりガスの滞留を防止するための設備変更を行う。

4. その他

残留熱除去系蒸気凝縮系配管に関する対応状況については以下のとおりである。

東海第二発電所：当該配管を撤去（廃止）予定【実施時期：第19回定期検査】

表1 ④, ⑤で除外した配管の抽出結果

敦賀発電所1号機

	備考

東海第二発電所
該当無し

表2 ガス蓄積量評価結果

敦賀発電所1号機

	備考
	蓄積期間：プラント起動～停止 まで（14ヶ月）

表3 対応の方針

敦賀発電所1号機

	備考

非凝縮性ガス蓄積量の評価方法

抽出された配管の非凝縮性ガス（以下、「ガス」という。）蓄積量の評価は、浜岡原子力発電所余熱除去系蒸気凝縮系配管の原因調査において実施された評価方法の代わりに、同評価方法に比べ保守的な以下の方法を用いて評価を行う。

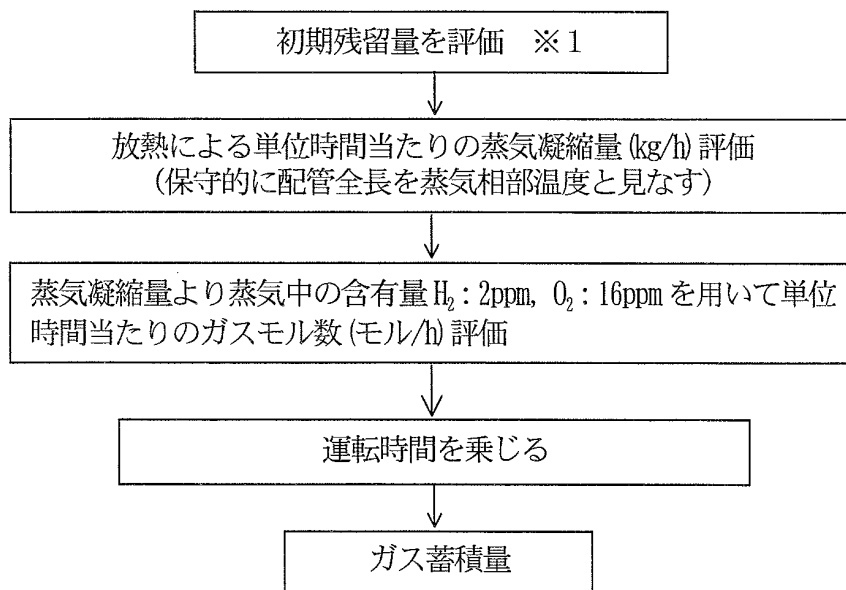
1. 評価方法

ガス蓄積量は、以下のとおり、サイクル開始前のガス残留量とサイクル中のガス蓄積量増加分を合計して求める。

サイクル中のガス蓄積量増加分は、放熱量に基づき蒸気凝縮量を計算し、ガスの蓄積量を計算する。

浜岡原子力発電所余熱除去系蒸気凝縮系配管の原因調査においては、蓄積したガス層の温度低下を考慮し配管からの放熱量を評価しているが、本評価においては、放熱量の計算は、ガスの蓄積による温度低下を考慮せず、保守的に蒸気温度が維持されると仮定して評価を行う。評価フローを図1に示す。

また、評価に使用する条件を表-1～3に示す。



※1 敦賀発電所1号機グランド蒸気調整器（SSR）入口配管については、ガスはプラント起動時に当該部から排出されるので初期残留量は0モルとして評価する。

図1 再発防止対策におけるガス蓄積量評価方法

表-1 非凝縮性ガス蓄積量推定の評価条件

対象配管：敦賀発電所1号機 グランド蒸気調整器（SSR）入口配管

項目		数値	備考
主蒸気中の水素，酸素濃度			
プラント 運転 条件	運転時間		
	運転中当該配管内圧力		
	配管内温度		
	運転時エリア温度		
保温材仕様			
配管仕様			

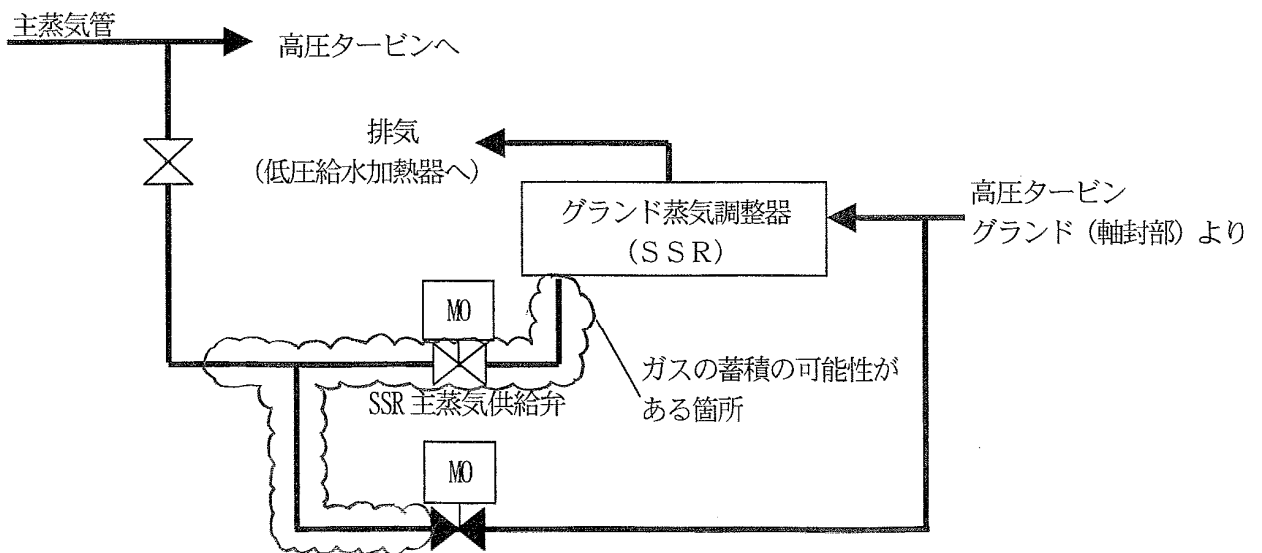


図2 概略系統図 (通常運転状態を示す)

補足説明資料 3-9

可燃物管理により火災荷重を低く管理することで，煙の発生を抑える火災区域又は火災区画についての管理基準

1. 目的

本資料は、火災防護に関する説明書 5.2.2(2)a.(b)項に示す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火災荷重を低く管理することで、煙の発生を抑える火災区域又は火災区画についての管理基準を示すために、補足資料として添付するものである。

2. 内容

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火災荷重を低く管理することで、煙の発生を抑える火災区域又は火災区画についての管理基準及び運用管理について以下に示す。

3. 可燃物管理の考え方

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火災荷重を低く抑える火災区域又は火災区画については、火災発生時には、消火器による消火活動を実施するため、消火器の消火能力が、可燃物の発熱量に対して十分であることの観点から、**発熱量を基準に可燃物管理する。**

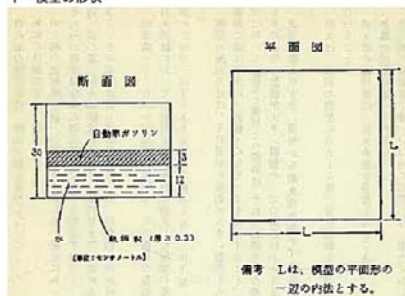
また、可燃物の等価時間は、消火活動開始までの時間と火災源の燃焼の継続時間が関係するため、消火活動開始までの時間の観点から、**等価時間を基準に可燃物管理する。**

4. 可燃物管理の管理基準

(1) 発熱量の基準値

消火器の消火能力は、消火器の技術上の規格を定める省令により、各火災源に対する消火試験にて定められる一般的な10型粉末消火器(油火災の消火能力単位：7)について、消火能力単位の測定試験時に用いられるガソリン火源(油火災の消火能力単位が7の場合、燃焼表面積1.4m²、体積42L)を使用している(第1図)

第四条 消火器の火災に対する能力単位の数値は、第二消火試験及び第三消火試験により測定するものとする。
 2 前項の第二消火試験は第一号から第四号までに定めるところにより、その判定は第五号の規定により、行わなければならない。
 一 模型は、イに掲げる形状を有するもので口に掲げる種類のうち模型の番号の数値が一以上のものを一個用いること。
 イ 模型の形状



模型の番号の数値	燃焼表面積(平方メートル)	L(センチメートル)
0.5	0.1	31.6
1	0.2	44.7
2	0.4	63.3
3	0.6	77.5
4	0.8	89.4
6	1.0	100.0
6	1.2	109.5
7	1.4	118.3
8	1.6	126.5
9	1.8	134.1
10	2.0	141.3
12	2.4	155.0
14	2.8	167.4
16	3.2	178.9
18	3.6	189.7
20	4.0	200.0

試験体のガソリンの容量は以下である。
 $118.3 \times 118.3 \times 3 = 41984.67 [\text{cm}^3] \approx 42 [\text{L}]$

第1図 10型粉末消火器(油火災の消火能力単位：7)の試験体

このとき、試験体のガソリン火源の発熱量は、原子力発電所の内部火災影響評価ガイド(第1表)より、約1300MJである。

$$\begin{aligned}
 \cdot \text{ガソリン発熱量} &= \text{燃焼熱} [\text{kJ/kg}] \times \text{密度} [\text{kg/m}^3] \times \text{体積} [\text{m}^3] \\
 &= 43,700 \times 740 \times 0.042 \\
 &= 1358196 [\text{kJ}] = 1358.196 [\text{MJ}] \\
 &\approx 1300 [\text{MJ}]
 \end{aligned}$$

第 1 表 原子力発電所の内部火災影響評価ガイド（抜粋）

表 B.4 可燃性液体の燃焼特性 (NUREG-1805⁽³⁾より)

燃料	燃焼速度 m ³ (kg/m ³ -sec)	燃焼熱 ΔH _{c, eff} (kJ/kg)	密度 ρ (kg/m ³)	経験的定数 k β (m ⁻¹)
メタノール	0.017	20,000	796	100
エタノール	0.015	26,800	794	100
ブタン	0.078	45,700	573	2.7
ベンゼン	0.085	40,100	874	2.7
ヘキサン	0.074	44,700	650	1.9
ヘプタン	0.101	44,600	675	1.1
キシレン	0.09	40,800	870	1.4
アセトン	0.041	25,800	791	1.9
ジオキサン	0.018	26,200	1035	5.4
ジエチルエーテル	0.085	34,200	714	0.7
ベンジン	0.048	44,700	740	3.6
ガソリン	0.055	43,700	740	2.1
ケロジン	0.039	43,200	820	3.5
ディーゼル	0.045	44,400	918	2.1
JP-4	0.051	43,500	760	3.6
JP-5	0.054	43,000	810	1.6
変圧器油、炭化水素	0.039	46,000	760	0.7
561 シリコン変圧器 液体	0.005	28,100	960	100
燃料油、重質	0.035	39,700	970	1.7
原油	0.0335	42,600	855	2.8
潤滑油	0.039	46,000	760	0.7

したがって、10 型粉末消火器は、ガソリン火源の発熱量約 1,300MJ を消火することができる。

以上より、可燃物管理により火災荷重を低く抑える火災区域又は火災区画について、発熱量の基準値としては、保守的に 1,000MJ 以下として設定する。

(2) 等価時間の基準値

火災が発生してから消火活動を開始するまでに必要な時間は、現場での消火器による消火活動を想定すると、中央制御室での火災感知器が発報してから、作業員が火災現場に直行するまで、最低でも 5 分～6 分程度は要すると考えられる。これより、火災源の火災等価時間が、5 分～6 分程度 (=0.1 時間) 以下であれば、消火活動を開始する前に、火災源が自ら鎮火することになる。

したがって、等価時間の基準値としては、0.1 時間以下として設定する。

5. 可燃物管理の管理方法

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火災荷重を低く抑える火災区域又は火災区画については、可燃物管理の管理基準値として、発熱量 1,000MJ 以下及び等価時間 0.1 時間以下を設定し、可燃物となる設備(油内包設備、電源盤、ケーブル等)を追加設置する場合は、本管理基準値のいずれも超えないよう火災防護計画にて規定し、運用管理する。

補足説明資料4-8

格納容器内火災時の想定事象と対応について

1. 目的

本資料は、火災防護に関する説明書 6.2(7)に示す原子炉格納容器内の系統分離対策により、原子炉格納容器内で火災が発生し原子炉格納容器内に設置される動的機器の機能喪失を想定しても、原子炉の安全停止は可能である火災影響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

原子炉格納容器内で火災が発生し、原子炉格納容器内に設置される動的機器の機能喪失を想定しても、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、次項以降に示す。

3. はじめに

原子炉格納容器内の系統分離対策により，原子炉起動中の窒素置換（格納容器内酸素濃度<4vol%）が完了していない期間において，原子炉格納容器内で発生する火災により，保守的に原子炉格納容器内に設置される動的機器の機能喪失を想定しても，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

起動中の原子炉格納容器内の火災による影響を以下のとおり想定する。

- (1) 火災発生は，原子炉起動中において窒素置換されていない期間である「制御棒引抜き」から「原子炉格納容器内点検完了」（以下「起動～原子炉格納容器内点検完了」という。）及び「点検完了後」から「窒素置換完了」（以下「原子炉格納容器内点検終了～窒素置換完了」という。）までの期間に発生すると想定する。
- (2) 火災源は，油内包機器である原子炉再循環系流量制御弁，原子炉再循環ポンプ用電動機，主蒸気内側隔離弁のうち，火災により主蒸気系統の閉止が想定される主蒸気内側隔離弁として，4台のうち，いずれかの弁の単一火災を想定する。
- (3) 油内包機器である，原子炉再循環系流量制御弁，原子炉再循環ポンプ用電動機については，原子炉起動中も含め使用していない時は電源を遮断する。
- (4) 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，延焼性を確認した難燃ケーブルを使用していることから，火災の進展は時間の経過とともに，徐々に原子炉格納容器内全域におよぶものとする。
- (5) 空気作動弁は，電磁弁に接続される制御ケーブルが火災により断線し，フェイル動作するものとする。
- (6) 電動弁は，火災の影響により接続するケーブルが断線し，作動させることができないが，火災発生時の開度を維持するものとする。
- (7) 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配置されていること」，及び「火災が時間経過とともに進展すること」を考慮し，火災発生直後は，全監視計器が同時に機能喪失するとは想定しないが，火災の進展に伴い監視計器が全て機能喪失するものとする。

5. 原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持について

原子炉格納容器内においては、火災防護対象機器が金属製の筐体で構成され、火災防護対象ケーブルは、核計装ケーブルを除き、電線管に敷設し、電線管端部はシール材を施工することで延焼防止する設計としており、核計装ケーブルについては、位置的分散を図る設計としている。

また、以下に示す火災の感知及び火災の消火と合わせて、火災防護審査基準と同等の系統分離対策が図られている。

その上で、火災の影響評価として、起動中の原子炉格納容器内の火災により、原子炉格納容器内に設置される動的機器の機能喪失を想定しても、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することが可能であることを示す。

5.1 起動～原子炉格納容器内点検完了

(1) 高温停止の達成

原子炉起動中において窒素置換されていない期間である「起動～原子炉格納容器内点検完了」までの期間における高温停止の達成については、原子炉停止系(制御棒及び制御棒駆動系(スクラム機能))による緊急停止操作が要求される。このうち、制御棒駆動機構は金属等の不燃性材料で構成する機械品であるため、火災による機能喪失は考えにくく、火災によって原子炉の緊急停止機能に影響がおよぶおそれはない。

また、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ームレータ、窒素容器、スクラム弁・スクラムパイロット弁は、原子炉格納容器内とは別の火災区域に設置されているため火災の影響はない。さらに、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り、火災による機能喪失は考えにくい(第2図)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

原子炉の低温停止の達成、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)(第3図)、高圧炉心スプレイ系(第4図)、原子炉隔離時冷却系(第5図)、逃がし安全弁(手動逃がし機能)、自動減圧系(手動逃がし機能)(第6図)が必要となる。これらの系統のうち、ポンプについては、電源ケーブルを含め原子炉格納容器内とは別の火災区域に設置されているため、火災の影響はないが、原子炉格納容器内に設置されている電動弁、電磁弁等については、電源ケーブル、制御ケーブルが火災により機能喪失すると、電動弁、電磁弁等も動的機能喪失することとなる。

起動～原子炉格納容器内点検完了までの間は、原子炉格納容器内には窒素が封

入されていないことから、アナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器により火災発生を確認した時点で原子炉の停止操作(出力降下)を行うとともに、初期消火要員が現場に急行(15分以内)し、原子炉格納容器内への進入可否(未臨界状態)を確認した後に、所員用エアロックを開放(15分以内)し、原子炉格納容器内に入り消火活動を行うことが可能である。

したがって、火災の影響により原子炉格納容器内の電動弁及び電磁弁が動的機能喪失し、中央制御室からの遠隔操作に期待できない場合でも、消火活動後には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(E12-M0-F009：通常閉)にアクセスし、運転員による手動開操作を行うことが可能であることから、残留熱除去系(原子炉停止時冷却モード)による原子炉の低温停止の達成、維持は可能である。

5.2 格納容器内点検終了～窒素置換完了

(1) 高温停止の達成

原子炉起動中から窒素置換を行っている期間(格納容器内の酸素濃度<4vol%まで)である「格納容器内点検終了～窒素置換完了」における高温停止の達成については、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)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およ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

原子炉の低温停止の達成、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)(第3図)、高圧炉心スプレイ系(第4図)、原子炉隔離時冷却系(第5図)、逃がし安全弁(手動逃がし機能)、自動減圧系(手動逃がし機能)(第6図)が必要となる。これらの系統のうち、ポンプについては、電源ケーブルを含め原子炉格納容器内とは別の火災区域に設置されているため、火災の影響はないが、原子炉格納容器内に設置されている電動弁、電磁弁等については、電源ケーブル、制御ケーブルが火災により機能喪失すると、電動弁、電磁弁等も動的機能喪失することとなる。

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

窒素封入開始から窒素置換完了までの間で、火災発生のおそれがない酸素濃度約10vol%までの封入時間は約3時間であり、封入と排出時間はほぼ同じであることから、封入開始後、約1.5時間を目安に原子炉格納容器内の火災感知器が作動した場合、火災による延焼防止の観点から封入停止を判断する。なお、窒素封入作業継続により、消火することも可能である。

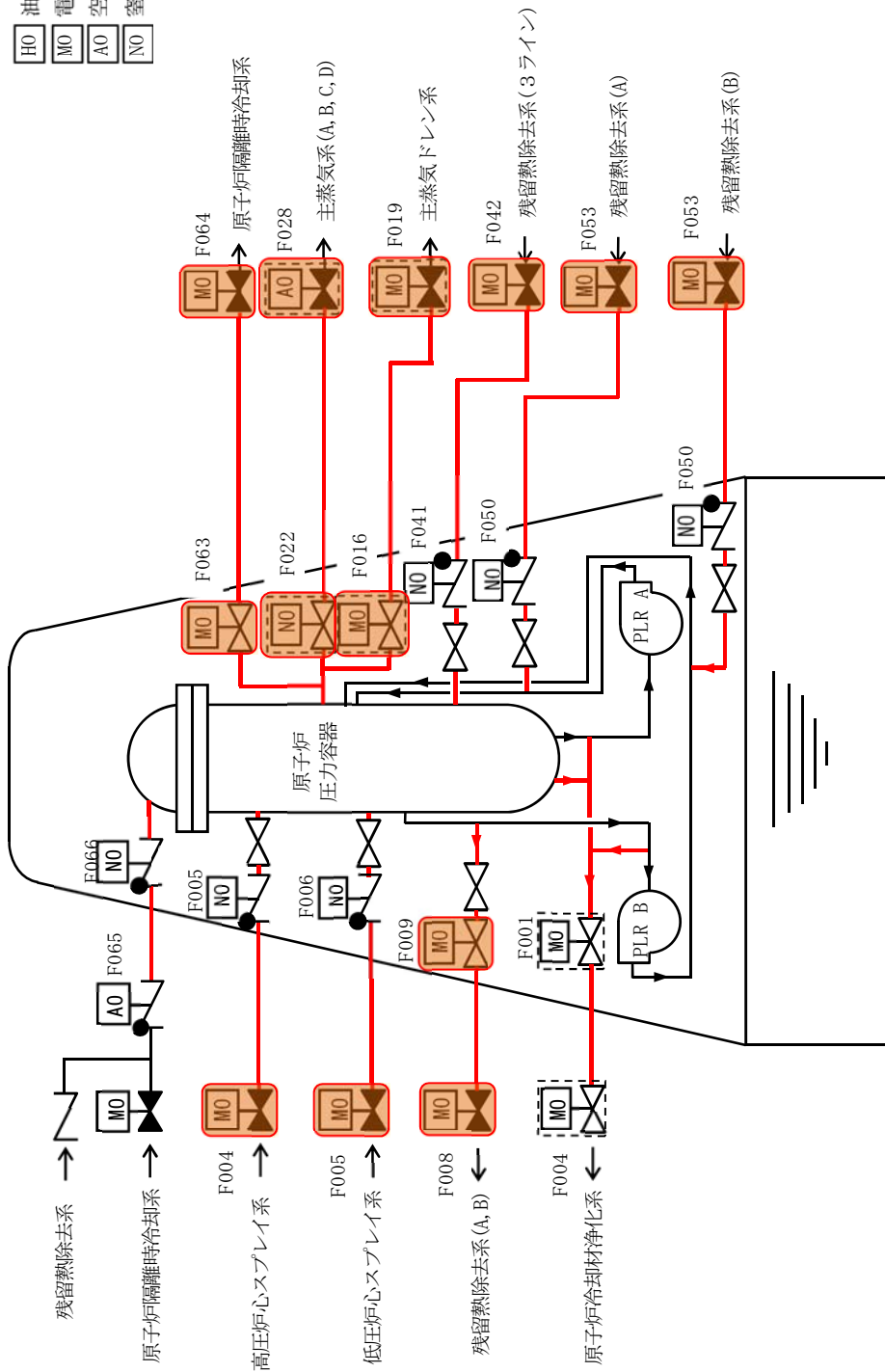
原子炉格納容器内の消火活動については、上記を踏まえた窒素排出作業後に格納容器の開放及び内部での消火活動を行うこととなる。

原子炉の低温停止の達成、維持は、5.1(2)に示すとおり、運転員による手動開操作を行うことで可能である。

6. まとめ

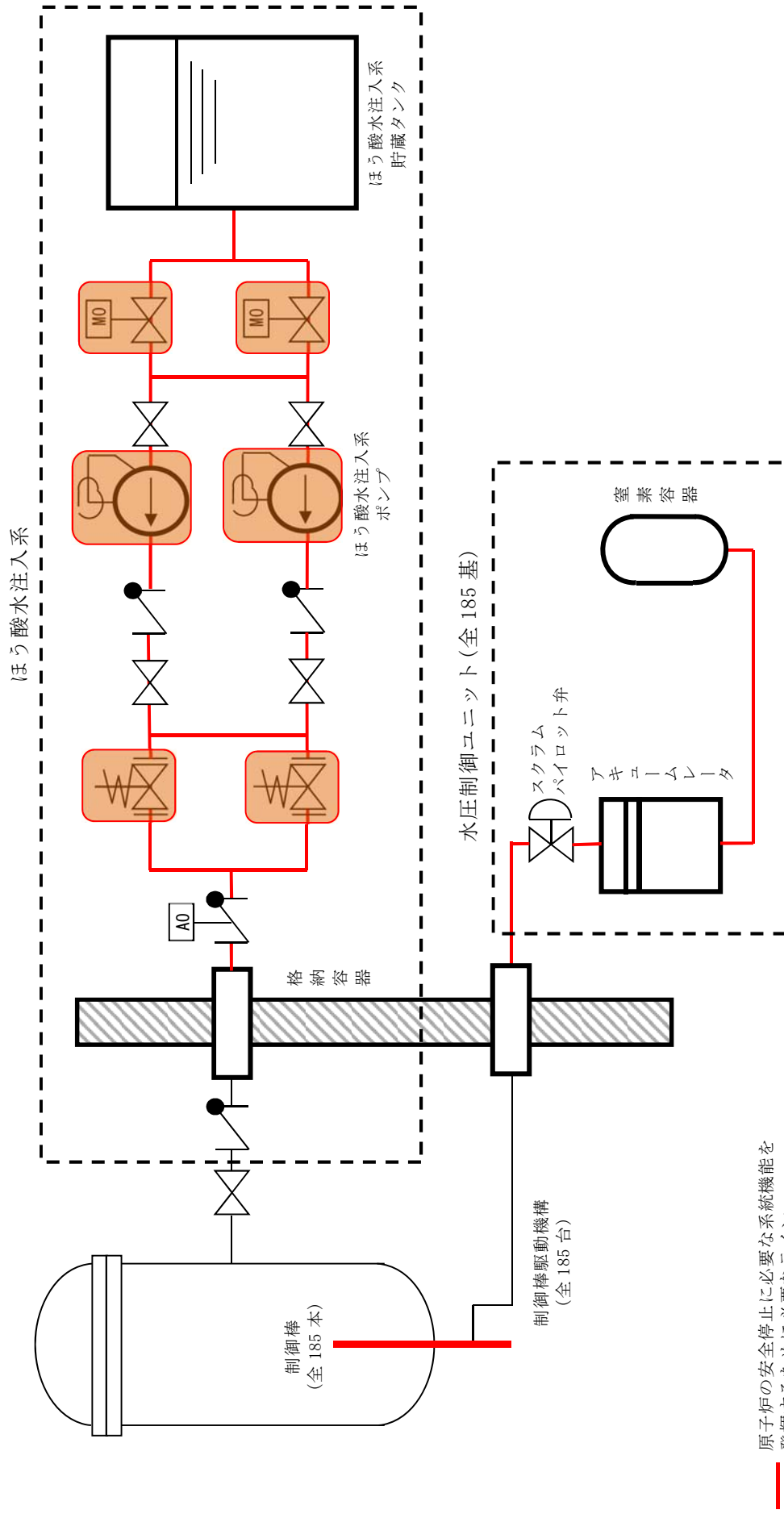
5.に示すとおり、原子炉格納容器内で火災が発生し原子炉格納容器内に設置される動的機器の機能喪失を想定しても、原子炉格納容器内の系統分離対策及び運転員の操作により原子炉の高温停止及び低温停止を達成し維持することが可能である。

HO 油圧作動弁
 MO 電動弁
 AO 空気作動弁
 NO 窒素作動弁



- 原子炉の安全停止に必要な系統機能を發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
- ⋯ 他系統との境界の弁 (AO 弁, MO 弁)

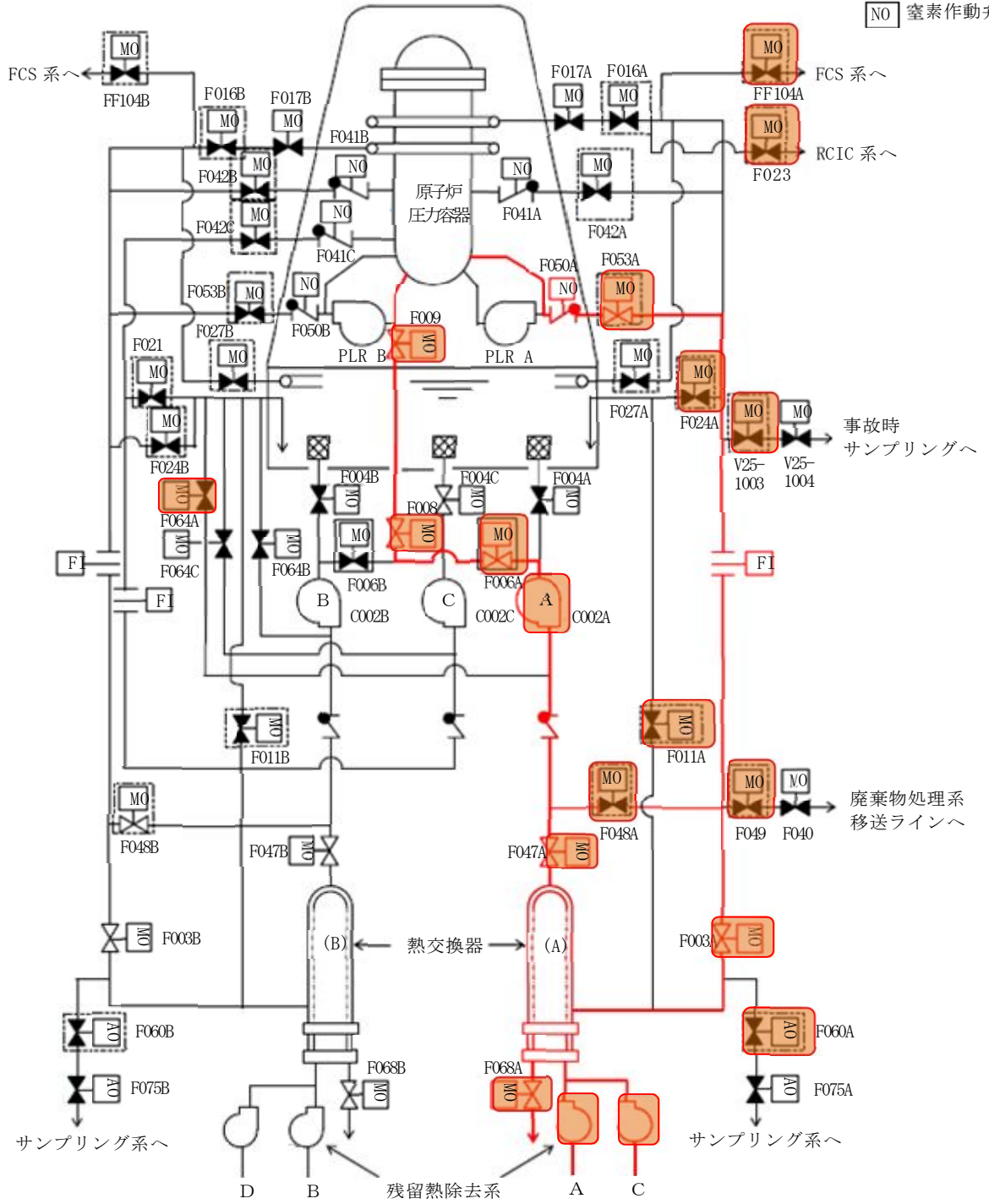
第 1 図 原子炉冷却材圧力バウンダリ



第 2 図 ほう酸水注入系及び制御棒による系の概要

- 原子炉の安全停止に必要な系統機能を發揮するために必要なライン
- 原子炉の安全停止に必要な機器
- - - 他系統との境界の弁 (A0 弁, MO 弁)

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

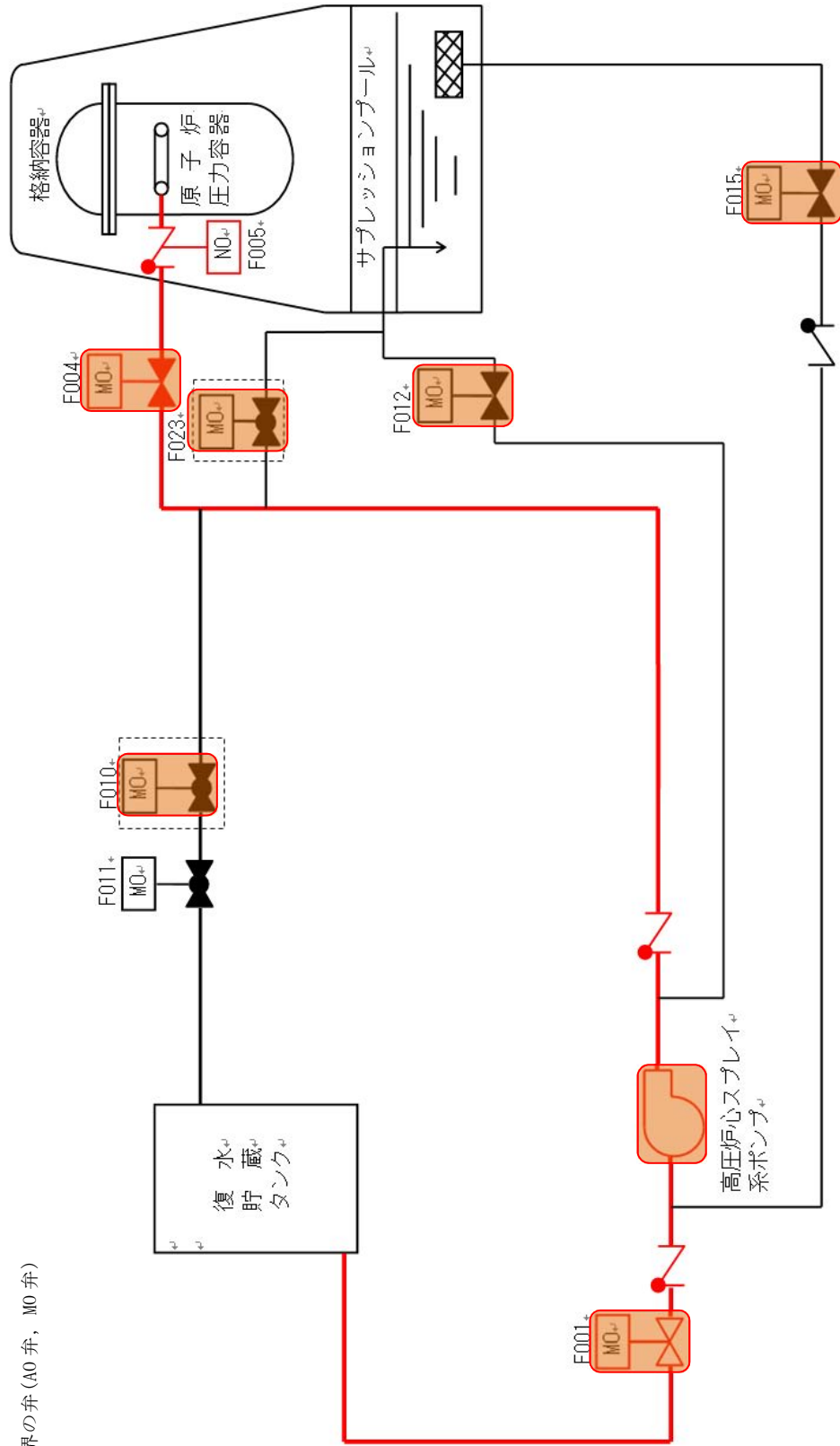


- 原子炉の安全停止に必要な系統機能を發揮するために必要なライン
- 原子炉の安全停止に必要な機器
- 他系統との境界の弁(AO弁, MO弁)

第3図 残留熱除去系

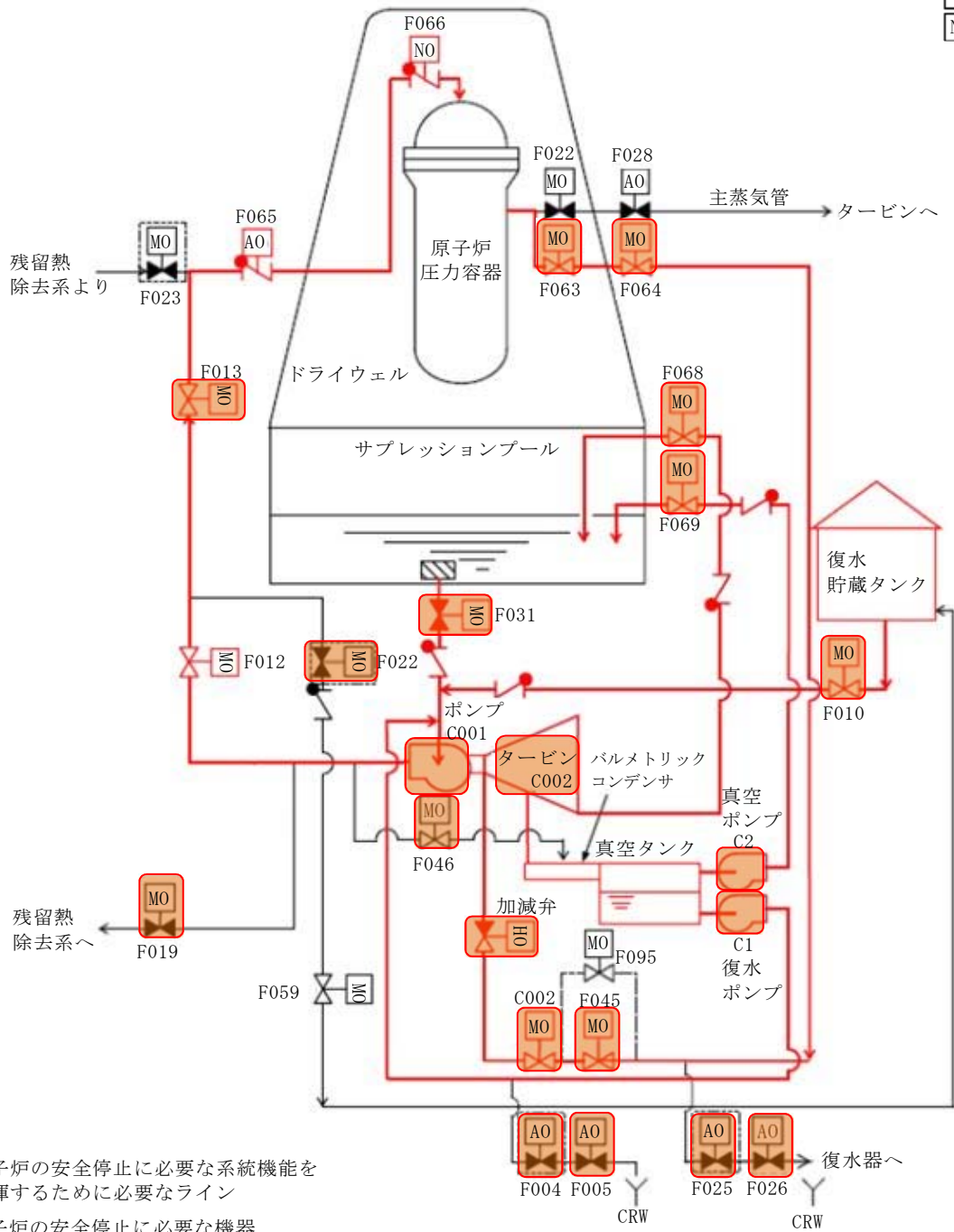
補 4-8-7

- 原子炉の安全停止に必要な系統機能を發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
- [- - -] 他系統との境界の弁 (A0 弁, M0 弁)



第4図 高圧炉心スプレイ系

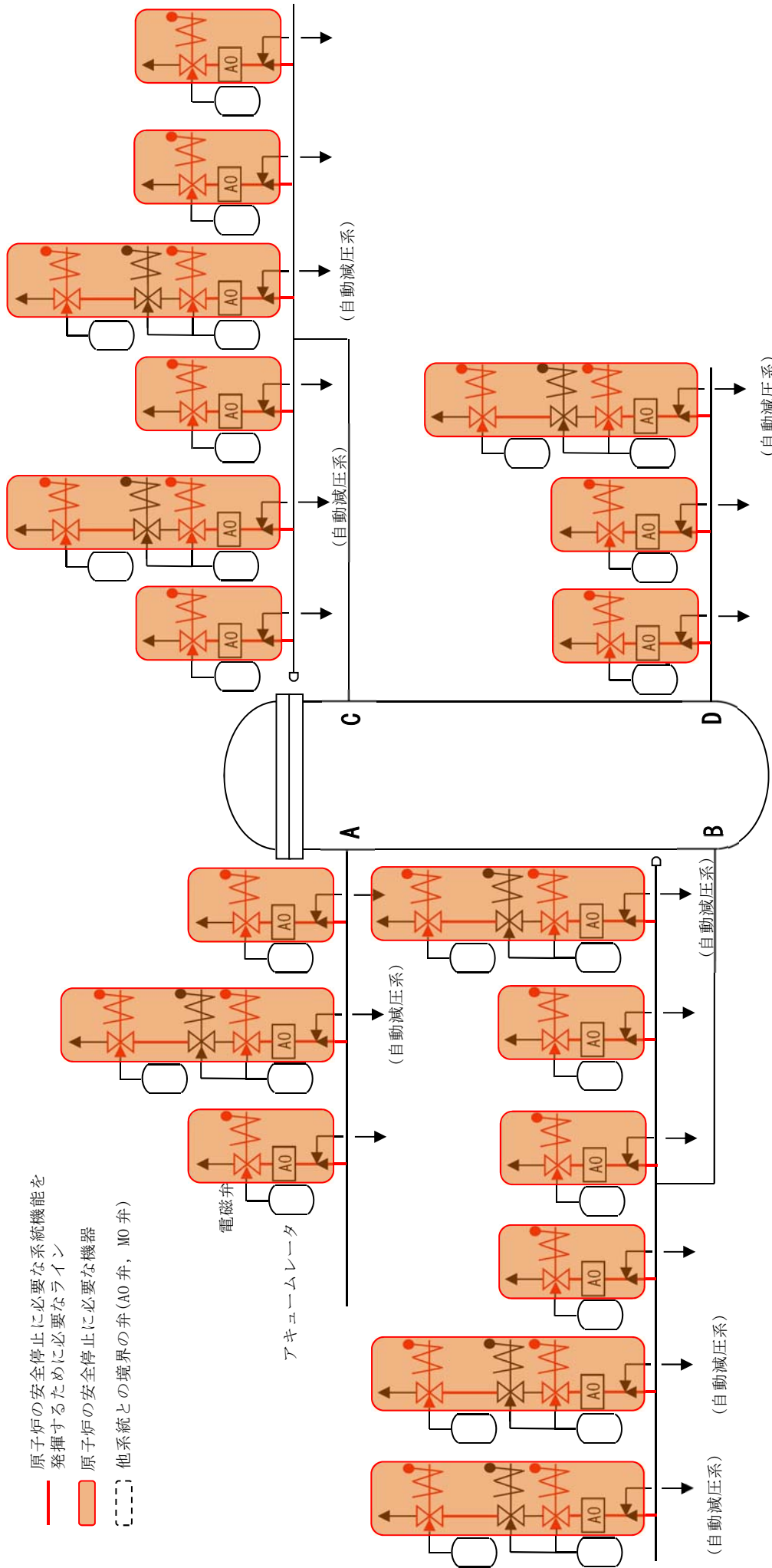
- HO 油圧作動弁
- MO 電動弁
- AO 空気作動弁
- NO 窒素作動弁



- 原子炉の安全停止に必要な系統機能を発揮するために必要なライン
- 原子炉の安全停止に必要な機器
- 他系統との境界の弁 (AO 弁, MO 弁)

第 5 図 原子炉隔離時冷却系

- 原子炉の安全停止に必要な系統機能を發揮するために必要なライン
- 原子炉の安全停止に必要な機器
- 他系統との境界の弁 (A0 弁, M0 弁)



第6図 逃がし安全弁(手動逃がし機能), 自動減圧系(手動逃がし機能)