

| | |
|--------------------|-----------------|
| 島根原子力発電所 2 号炉 審査資料 | |
| 資料番号 | EP-060(補)改 89 |
| 提出年月日 | 令和 3 年 7 月 26 日 |

島根原子力発電所 2 号炉

重大事故等対処設備について

補足説明資料

令和 3 年 7 月

中国電力株式会社

目次

- 39 条 地震による損傷の防止
- 41 条 火災による損傷の防止
- 共通 重大事故等対処設備
- 44 条 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備
- 45 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備
- 46 条 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備
- 47 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備
- 48 条 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備
- 49 条 原子炉格納容器内の冷却等のための設備
- 50 条 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備
- 51 条 原子炉格納容器下部の熔融炉心を冷却するための設備
- 52 条 水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備
- 53 条 水素爆発による原子炉建物等の損傷を防止するための設備
- 54 条 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備
- 55 条 発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための設備
- 56 条 重大事故等の収束に必要な水の供給設備
- 57 条 電源設備
- 58 条 計装設備
- 59 条 運転員が原子炉制御室にとどまるための設備
- 60 条 監視測定設備
- 61 条 緊急時対策所
- 62 条 通信連絡を行うために必要な設備
- その他 原子炉圧力容器，原子炉格納容器，燃料貯蔵設備，非常用取水設備，
原子炉建物原子炉棟

下線は、今回の提出資料を示す。

44 条 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備

目次

- 44-1 S A設備基準適合性 一覧表
- 44-2 単線結線図
- 44-3 配置図
- 44-4 系統図
- 44-5 試験及び検査
- 44-6 容量設定根拠
- 44-7 その他設備
- 44-8 A T W S緩和設備について
- 44-9 A T W S緩和設備に関する健全性について

44-1 S A設備基準適合性 一覽表

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|--------------------------------|-----|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------|
| 44条：緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備 | | A T W S緩和設備 (代替制御棒挿入機能) | | 類型化 区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | 原子炉建物原子炉棟内設備 その他の建物内設備 | B, C |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | 計測制御設備 | J | |
| | | | 関連資料 | 44-5 試験及び検査 | | |
| | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | | |
| | | 関連資料 | 44-4 系統図 | | | |
| | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | その他 | A e | |
| | | | その他 (飛散物) | — | 対象外 | |
| | | 関連資料 | 44-3 配置図, 44-8 A T W S緩和設備について | | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | | |
| | | 関連資料 | 44-3 配置図 | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 重大事故等への対処を本来の目的として設置するもの | A | |
| | | | 関連資料 | 44-6 容量設定根拠 | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| 関連資料 | | | — | | | |
| 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象 (代替対象DB設備あり) —屋内 | A a | |
| | | | サポート系要因 | 対象外 (サポート系なし) | — | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図, 44-8 A T W S緩和設備について | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|---------------------------------|----------|-----|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----|
| 44 条：緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備 | | 制御棒 | | 類型化区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 原子炉格納容器内設備 | A |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性、系統構成・外部入力) | その他 | M | |
| | | | 関連資料 | 44-5 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | | 関連資料 | 44-4 系統図 | | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | DB施設と同様の系統構成 | A d |
| | | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 |
| | | | | 関連資料 | 44-3 配置図, 44-4 系統図 | |
| | | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | | |
| | | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B |
| | 関連資料 | | | 44-6 容量設定根拠 | | |
| | 第2号 | | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| 第3号 | 共通要因故障防止 | | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象外 (共通要因の考慮対象設備なし) | 対象外 | |
| | | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり) —別の手段 | C b | |
| | | | 関連資料 | 44-4 系統図 | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| 44 条：緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備 | | | | 制御棒駆動機構 | 類型化区分 | |
|---------------------------------|------|-----|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----|
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 原子炉格納容器内設備 | A |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性、系統構成・外部入力) | その他 | M | |
| | | | 関連資料 | 44-5 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | | 関連資料 | 44-4 系統図 | | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | DB施設と同様の系統構成 | A d |
| | | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 |
| | | | | 関連資料 | 44-3 配置図, 44-4 系統図 | |
| | | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | | |
| | | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B |
| | 関連資料 | | | 44-6 容量設定根拠 | | |
| | 第2号 | | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象外 (共通要因の考慮対象設備なし) | 対象外 |
| | | | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり) —別の手段 | C b |
| | | | | 関連資料 | 44-4 系統図 | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|
| 44条：緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備 | | | | 制御棒駆動水圧系水圧制御ユニット | | 類型化 区分 |
| 第 43 条 | 第 1 項 | 第 1 号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 原子炉建物原子炉棟内設備 | B |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | |
| | | 第 2 号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | | |
| | | 第 3 号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | その他 | M | |
| | | | 関連資料 | 44-5 試験及び検査 | | |
| | 第 4 号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | | |
| | | 関連資料 | 44-3 配置図, 44-4 系統図 | | | |
| | 第 5 号 | 悪影響防止 | 系統設計 | DB施設と同様の系統構成 | A d | |
| | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | 44-4 系統図 | | |
| | 第 6 号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | | |
| | | 関連資料 | 44-3 配置図 | | | |
| | 第 2 項 | 第 1 号 | 常設 SA の容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B | |
| | | | 関連資料 | 44-6 容量設定根拠 | | |
| | | 第 2 号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| 関連資料 | | | — | | | |
| 第 3 号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象外 (共通要因の考慮対象設備なし) | 対象外 | |
| | | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり) —別の手段 | C b | |
| | 関連資料 | | 44-4 系統図 | | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|--------------------------------|-----|------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------|
| 44条：緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備 | | A T W S緩和設備 (代替原子炉再循環ポンプトリップ機能) | | 類型化 区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | 原子炉建物原子炉棟内設備 その他の建物内設備 | B, C |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | 計測制御設備 | J | |
| | | | 関連資料 | 44-5 試験及び検査 | | |
| | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | | |
| | | 関連資料 | 44-4 系統図 | | | |
| | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | その他 | A e | |
| | | | その他 (飛散物) | — | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図, 44-8 A T W S緩和設備について | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | | |
| | | 関連資料 | 44-3 配置図 | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 重大事故等への対処を本来の目的として設置するもの | A | |
| | | | 関連資料 | 44-6 容量設定根拠 | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| 関連資料 | | | — | | | |
| 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備-対象 (代替対象D B設備あり) -屋内 | A a | |
| | | | サポート系要因 | 対象外 (サポート系なし) | — | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図, 44-8 A T W S緩和設備について | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----|
| 44条：緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備 | | | | ほう酸水注入ポンプ | 類型化 区分 | |
| 第 43 条 | 第 1 項 | 第 1 号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 原子炉建物原子炉棟内設備 | B |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | |
| | | 第 2 号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図, 44-4 系統図 | | |
| | | 第 3 号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | ポンプ, 弁 (電動弁) | A, B | |
| | | | 関連資料 | 44-5 試験及び検査 | | |
| | 第 4 号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | | |
| | | 関連資料 | 44-4 系統図 | | | |
| | 第 5 号 | 悪影響防止 | 系統設計 | DB施設と同様の系統構成 | A d | |
| | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図, 44-4 系統図 | | |
| | 第 6 号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | | |
| | | 関連資料 | 44-3 配置図 | | | |
| | 第 2 項 | 第 1 号 | 常設 SA の容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B | |
| | | | 関連資料 | 44-6 容量設定根拠 | | |
| | | 第 2 号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| 関連資料 | | | — | | | |
| 第 3 号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象外 (共通要因の考慮対象設備なし) | 対象外 | |
| | | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり) —別の手段 | C b | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図, 44-4 系統図 | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|--------------------------------|-----|-----------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----|
| 44条：緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備 | | ほう酸水貯蔵タンク | | 類型化 区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 原子炉建物原子炉棟内設備 | B |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 44-3 配置図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 操作不要 | — | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | 容器 (タンク類) | C | |
| | | | 関連資料 | 44-5 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | | 関連資料 | 44-4 系統図 | | |
| | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | DB施設と同様の系統構成 | A d | |
| | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図, 44-4 系統図 | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 対象外 (操作不要) | 対象外 | | |
| | | 関連資料 | — | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B | |
| | | | 関連資料 | 44-6 容量設定根拠 | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象外 (共通要因の考慮対象設備なし) | 対象外 | |
| | | | サポート系要因 | 対象外 (サポート系なし) | — | |
| | | | 関連資料 | 44-3 配置図, 44-4 系統図 | | |

44-2 単線結線図

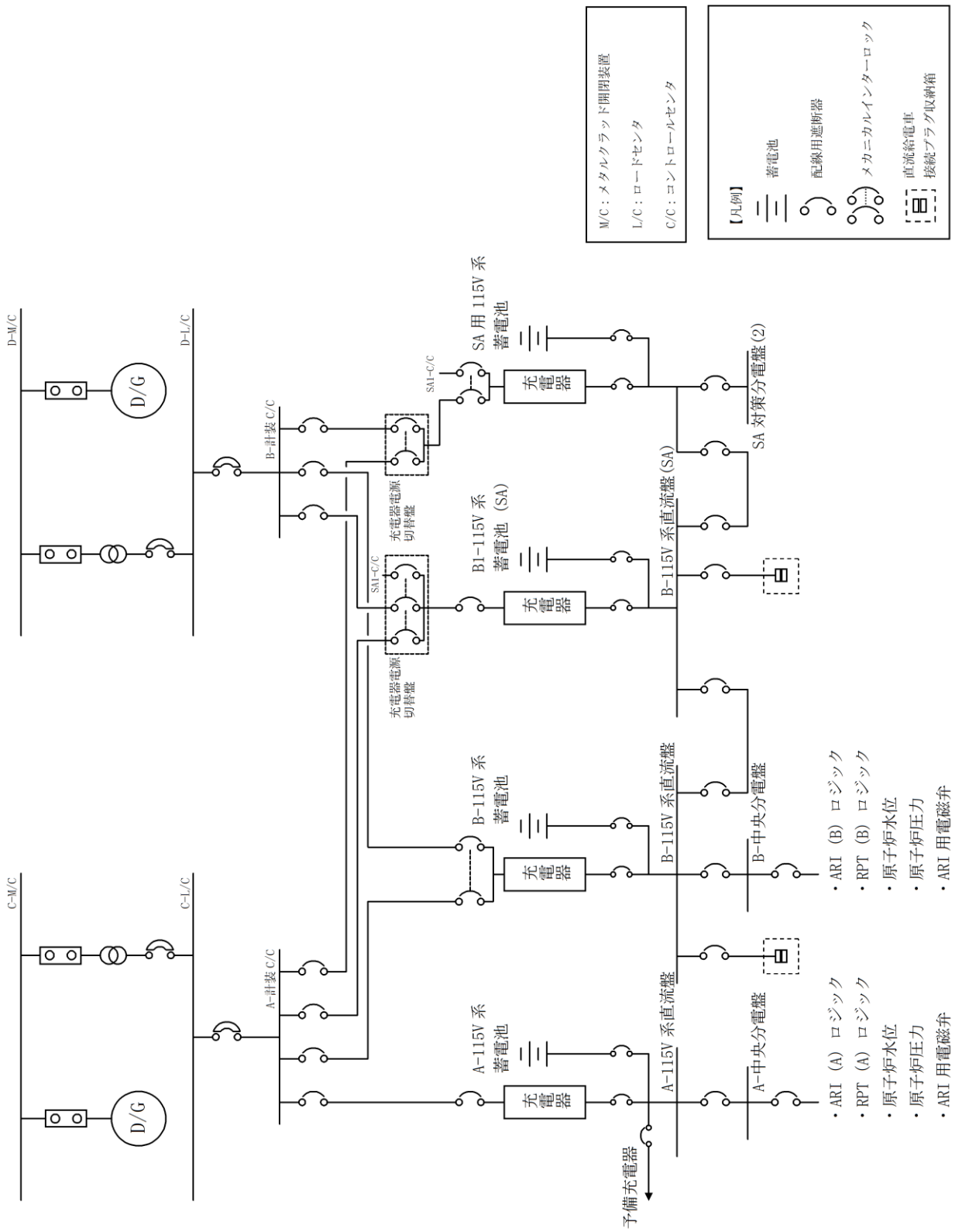


図1 A T W S緩和設備に関する単線結線図

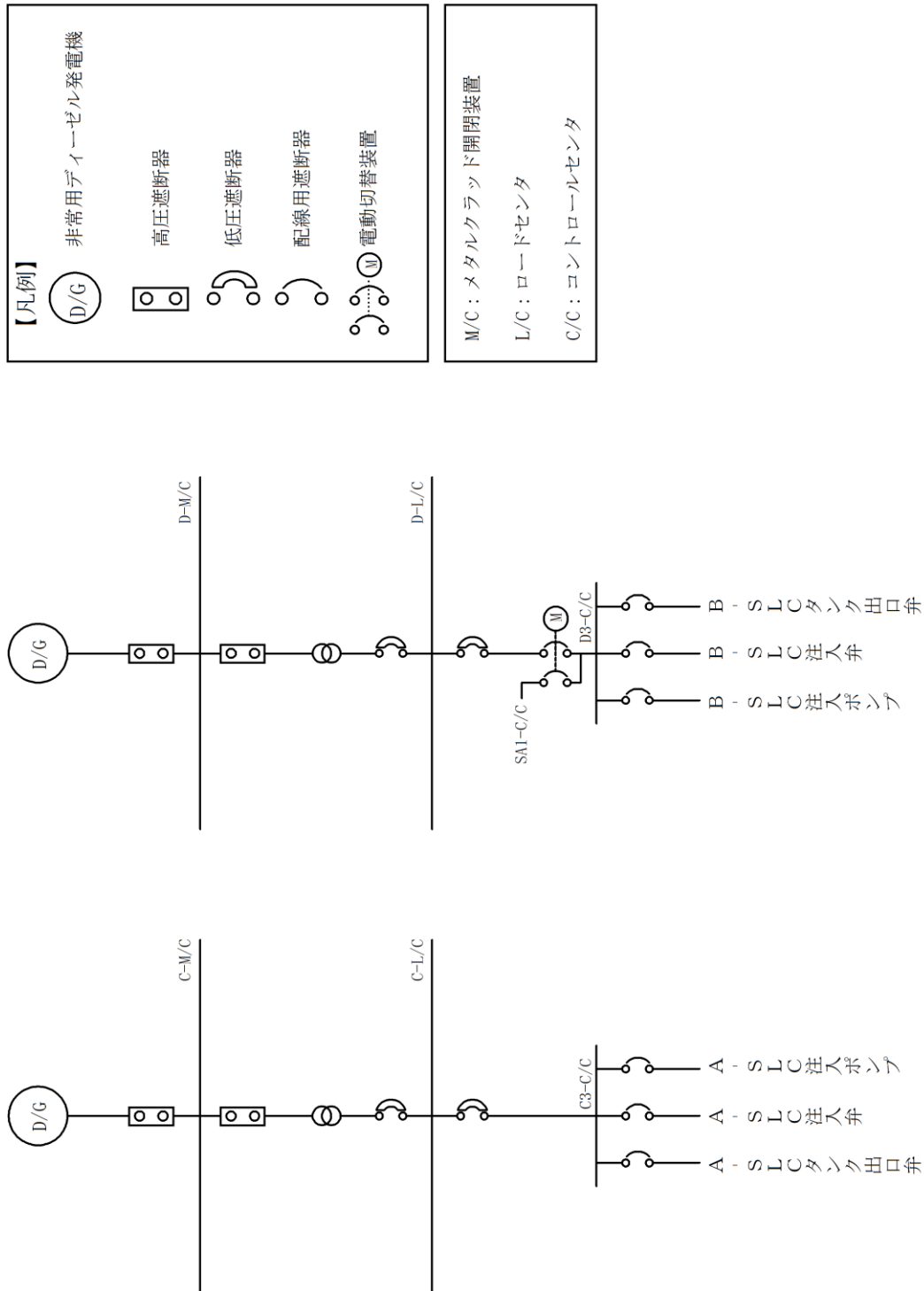




図 2 ほう酸水注入ポンプに関する単線結線図

44-3 配置図

 : 設計基準対象施設

 : 重大事故等対処設備

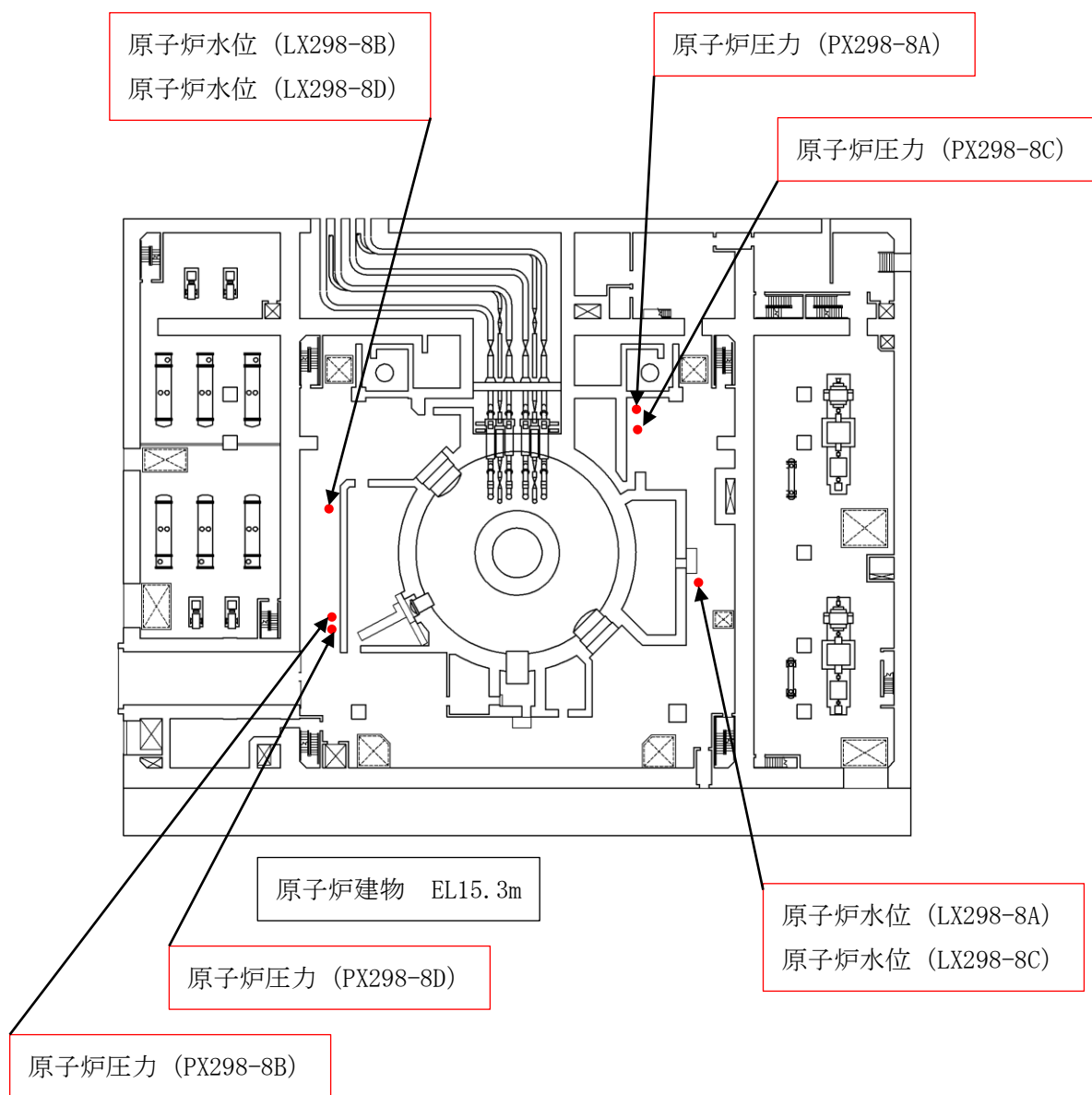


図1 ATWS緩和設備（計器）の配置図

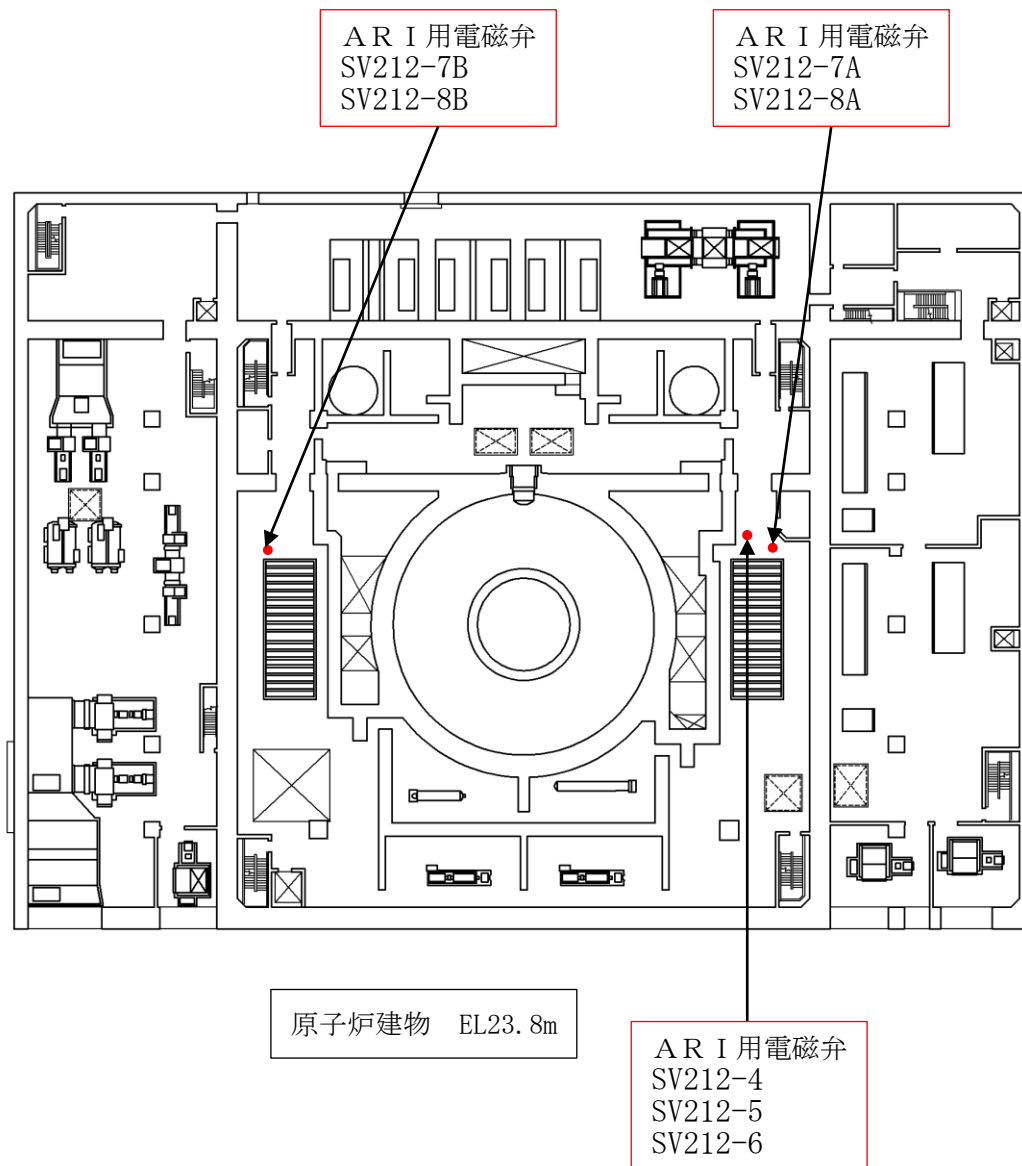


図2 ATWS緩和設備（ARI用電磁弁）の配置図

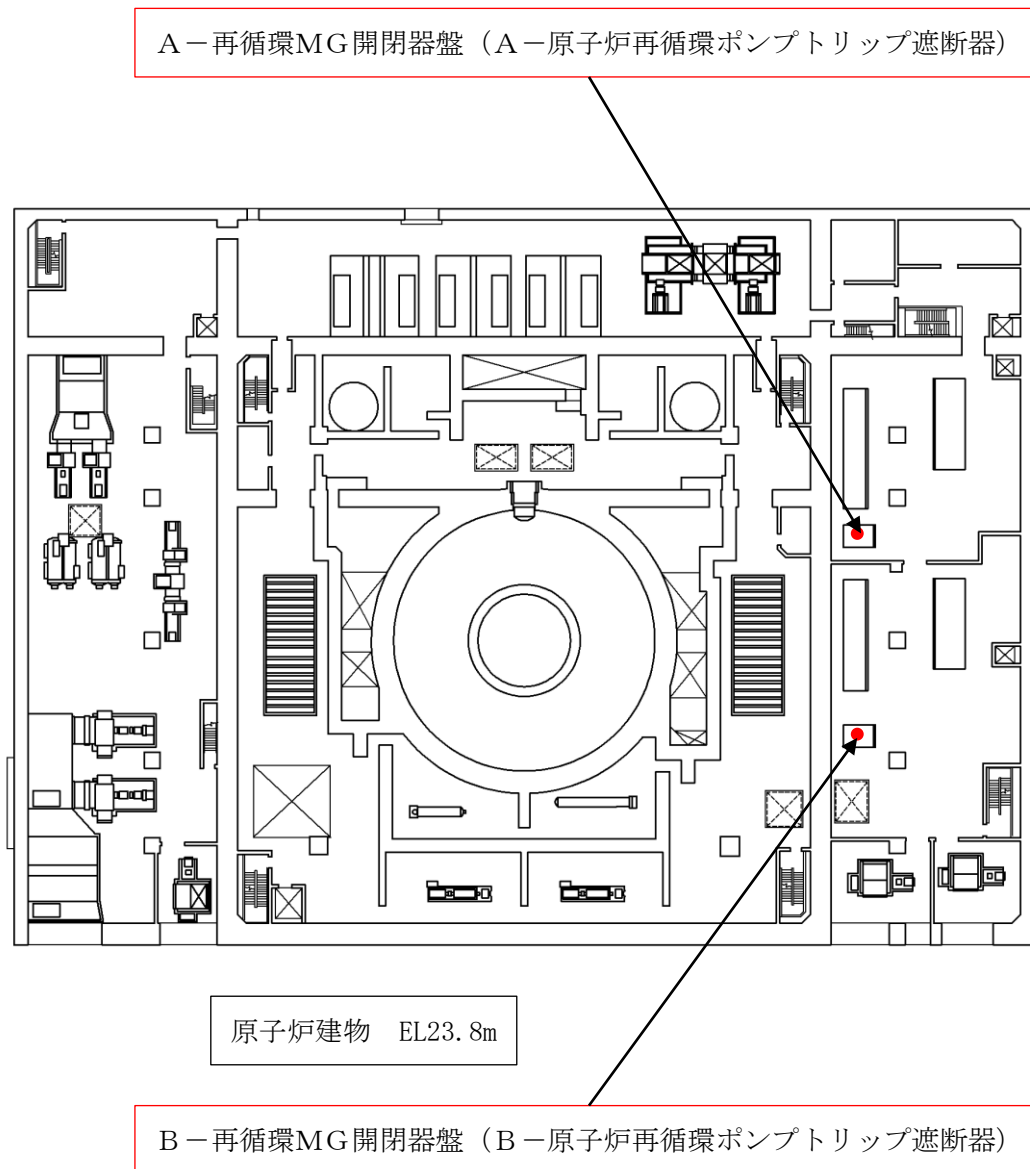


図3 A TWS緩和設備 (原子炉再循環ポンプトリップ遮断器) の配置図

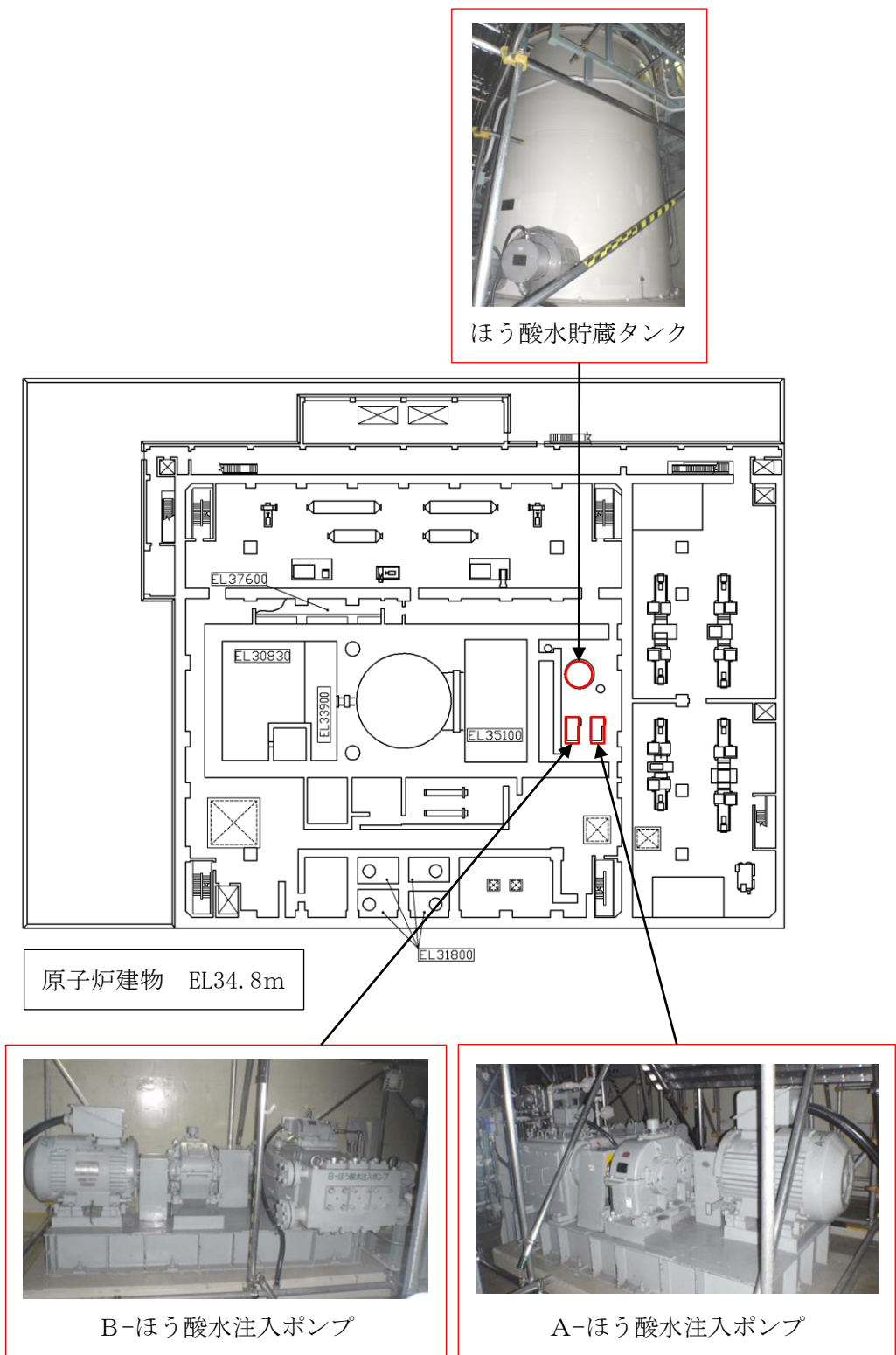


図4 ほう酸水注入系に係る機器（ポンプ，タンク）の配置図



図5 ほう酸水注入系に係る機器（弁）の配置図

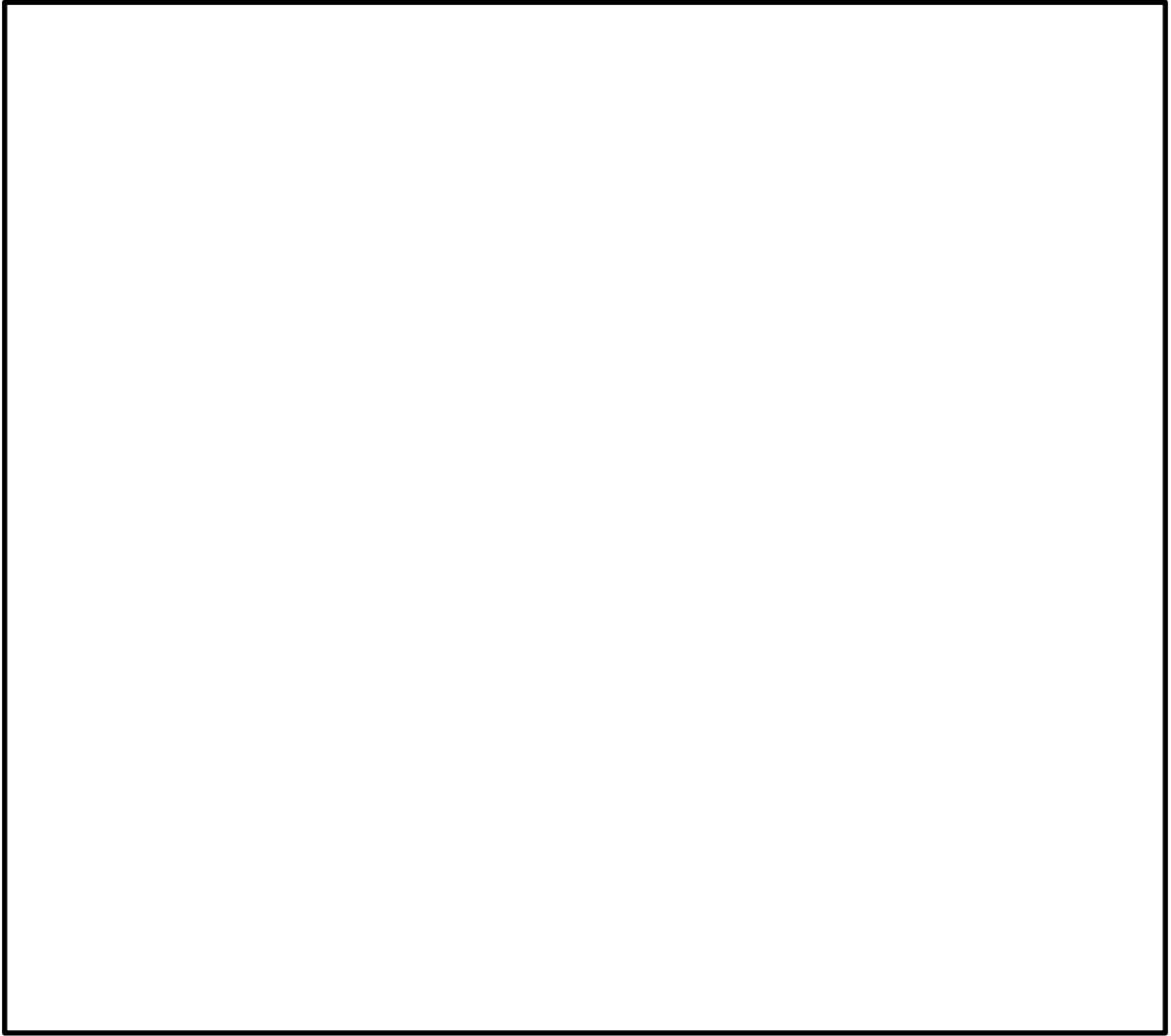


図6 ほう酸水注入系に係る中央制御室操作盤の配置図

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。

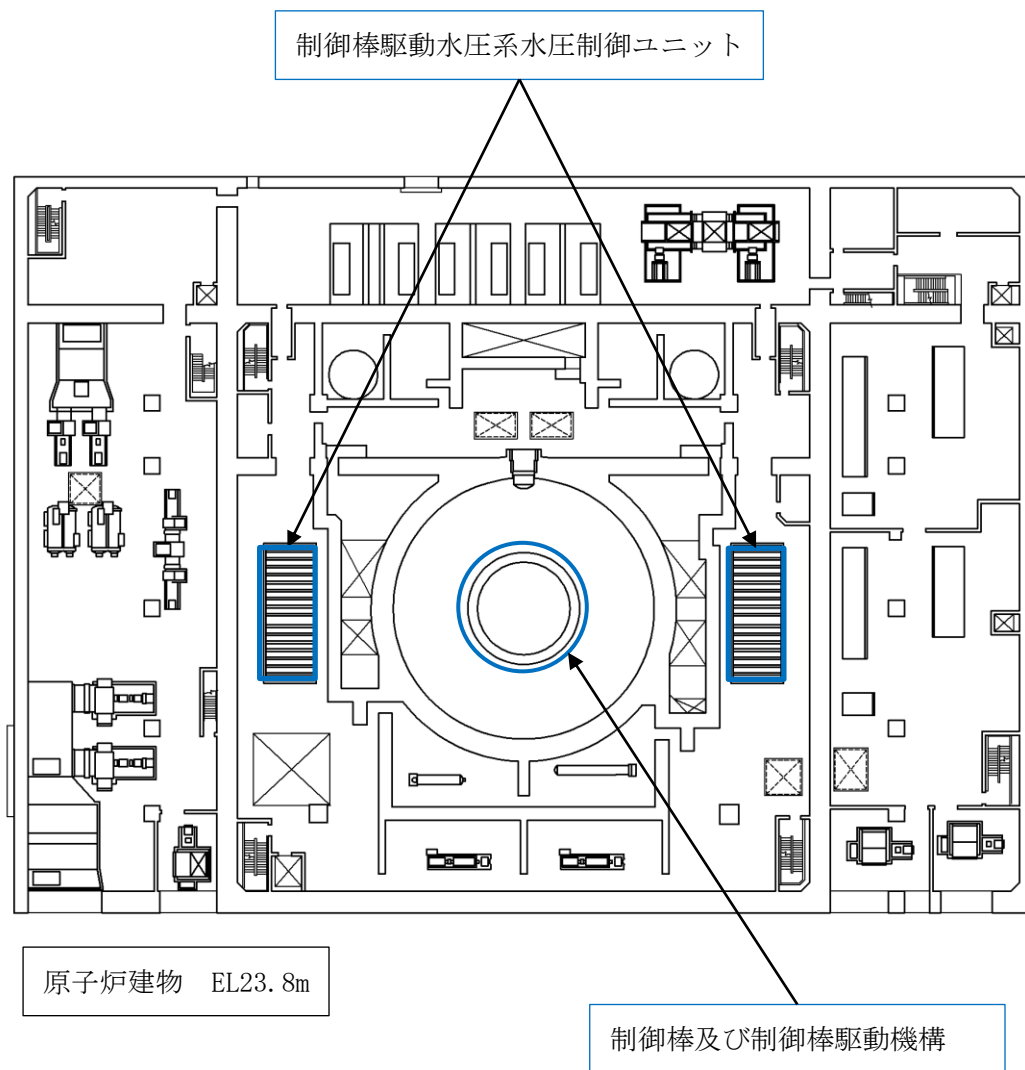


図7 制御棒，制御棒駆動機構及び
制御棒駆動水圧系水圧制御ユニットの配置図



図8 ATWS緩和設備の配置図

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。

44-4 系統図

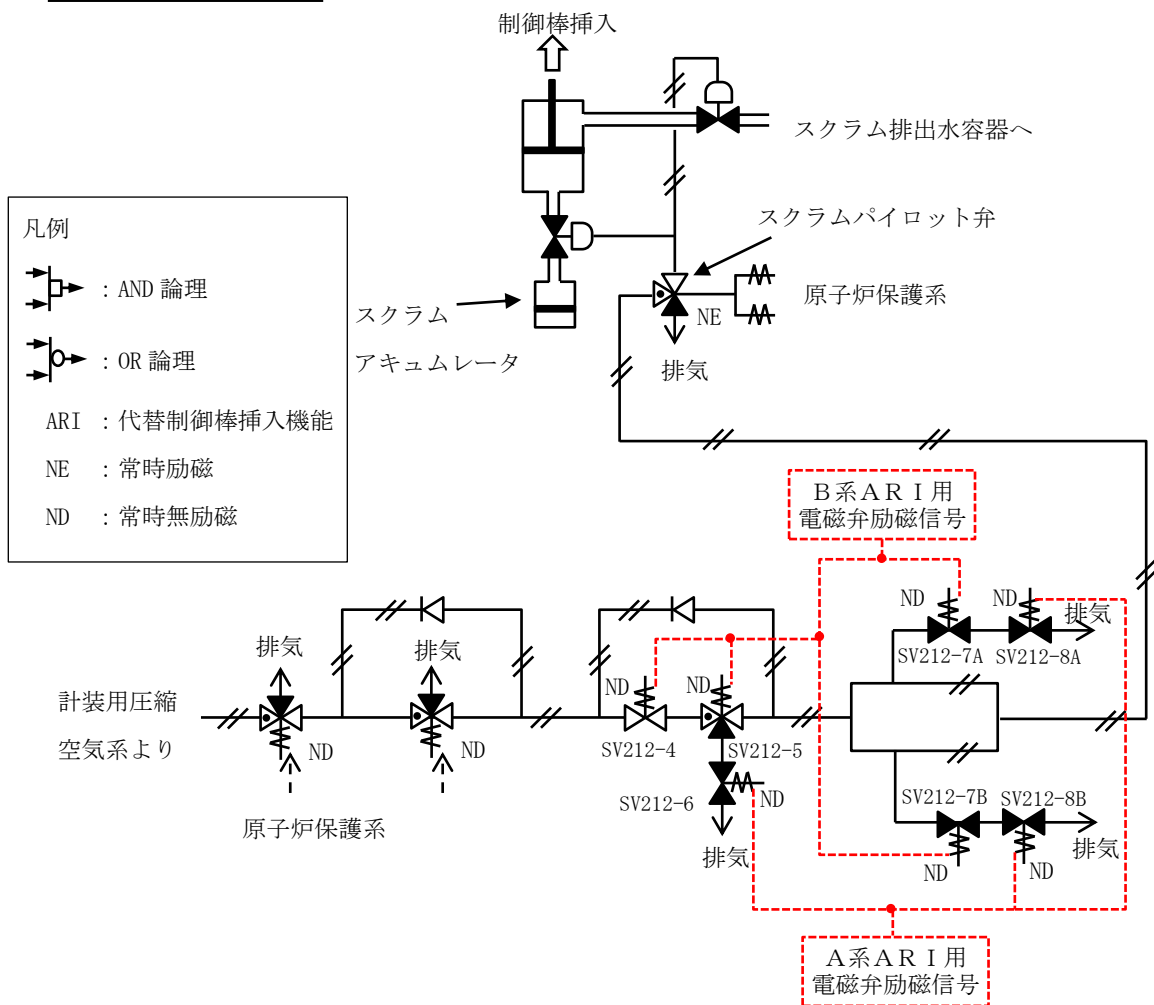
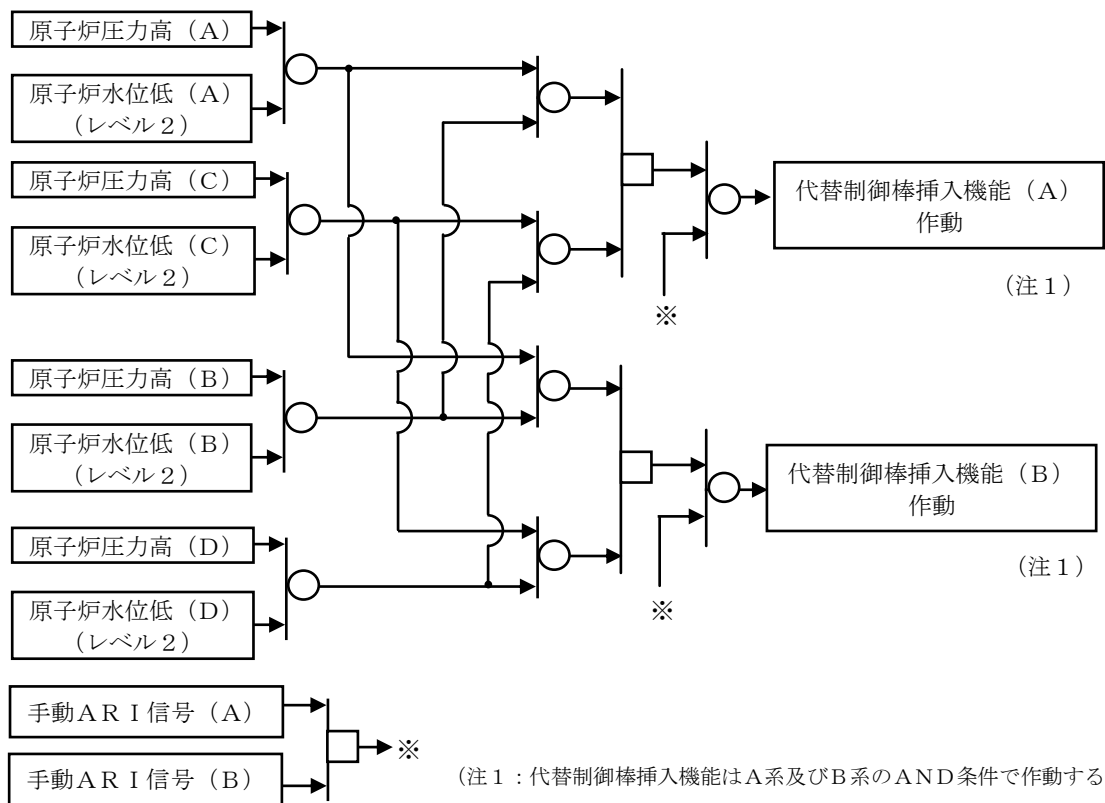
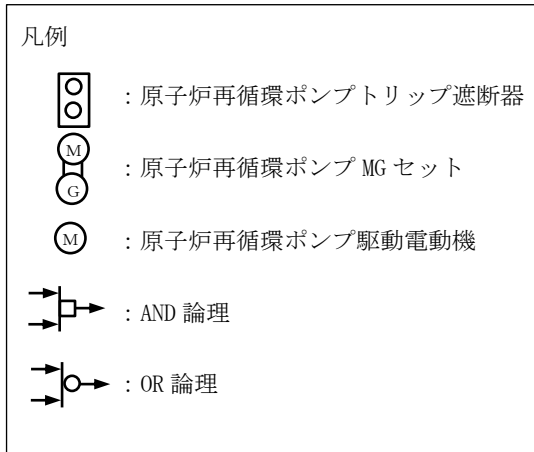


図1 代替制御棒挿入機能の概念図



自動又は手動の信号にて、原子炉再循環ポンプトリップ遮断器を動作させることで、原子炉再循環ポンプを停止させる。

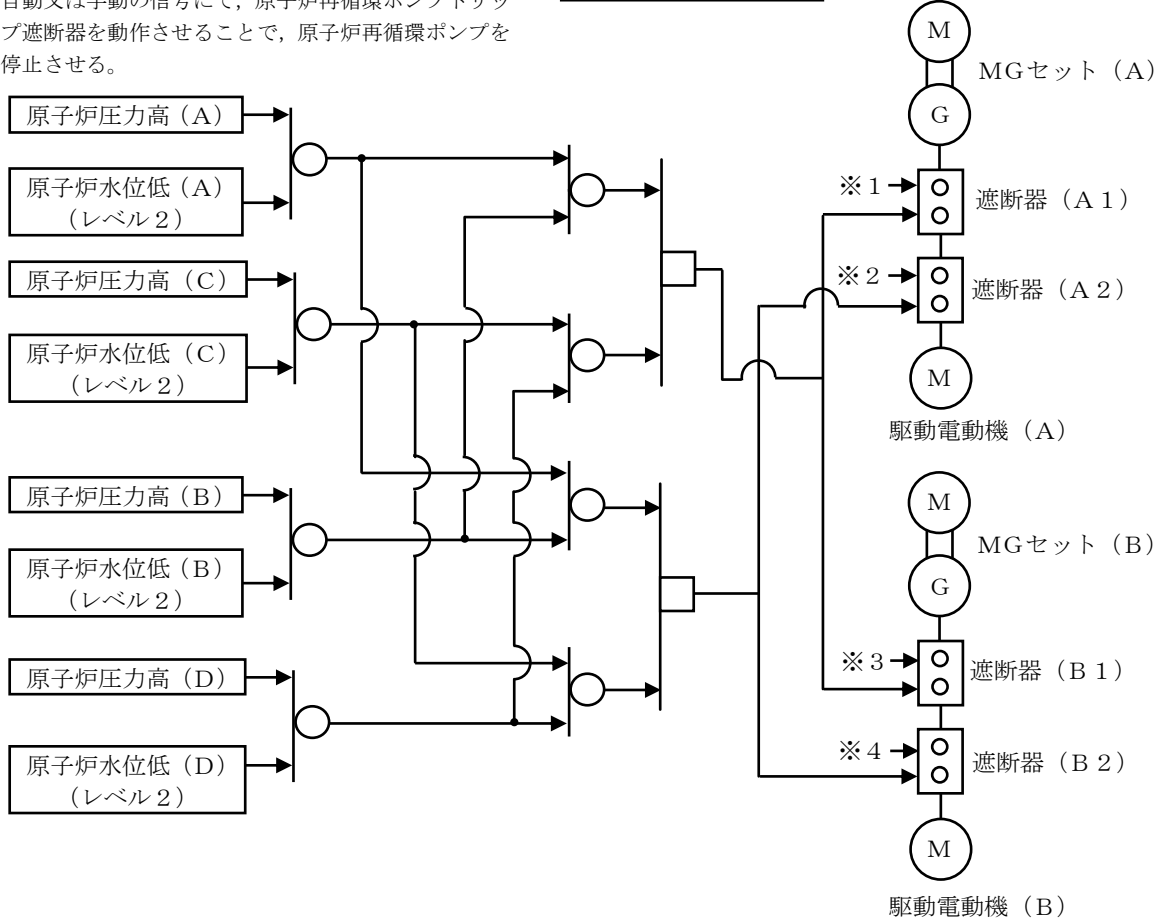
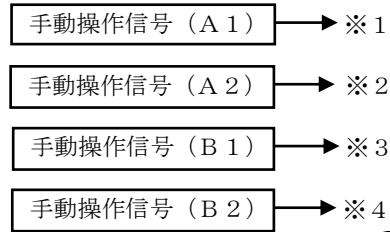


図 2 代替原子炉再循環ポンプトリップ機能の概念図

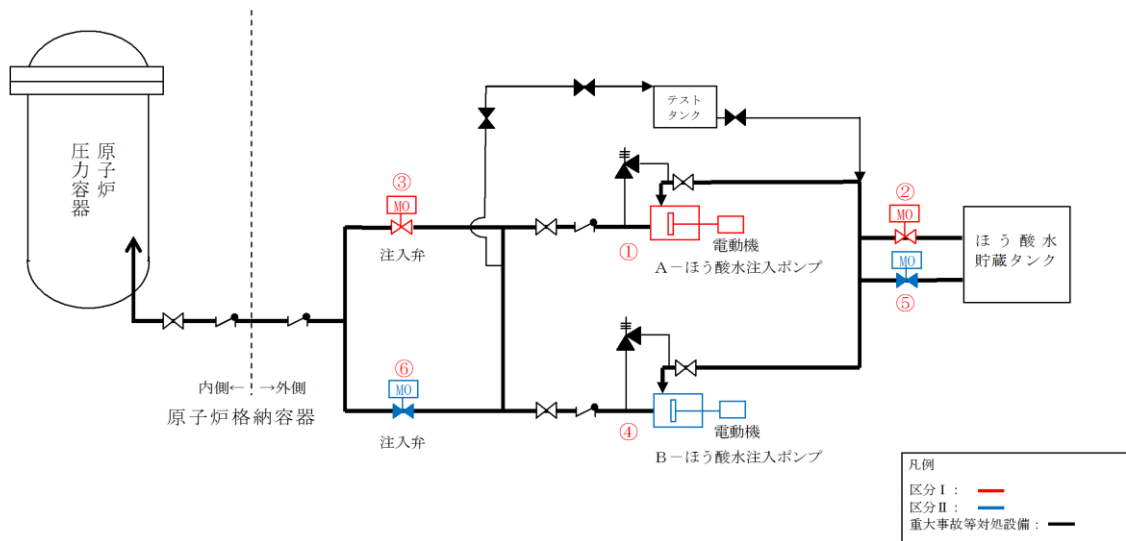


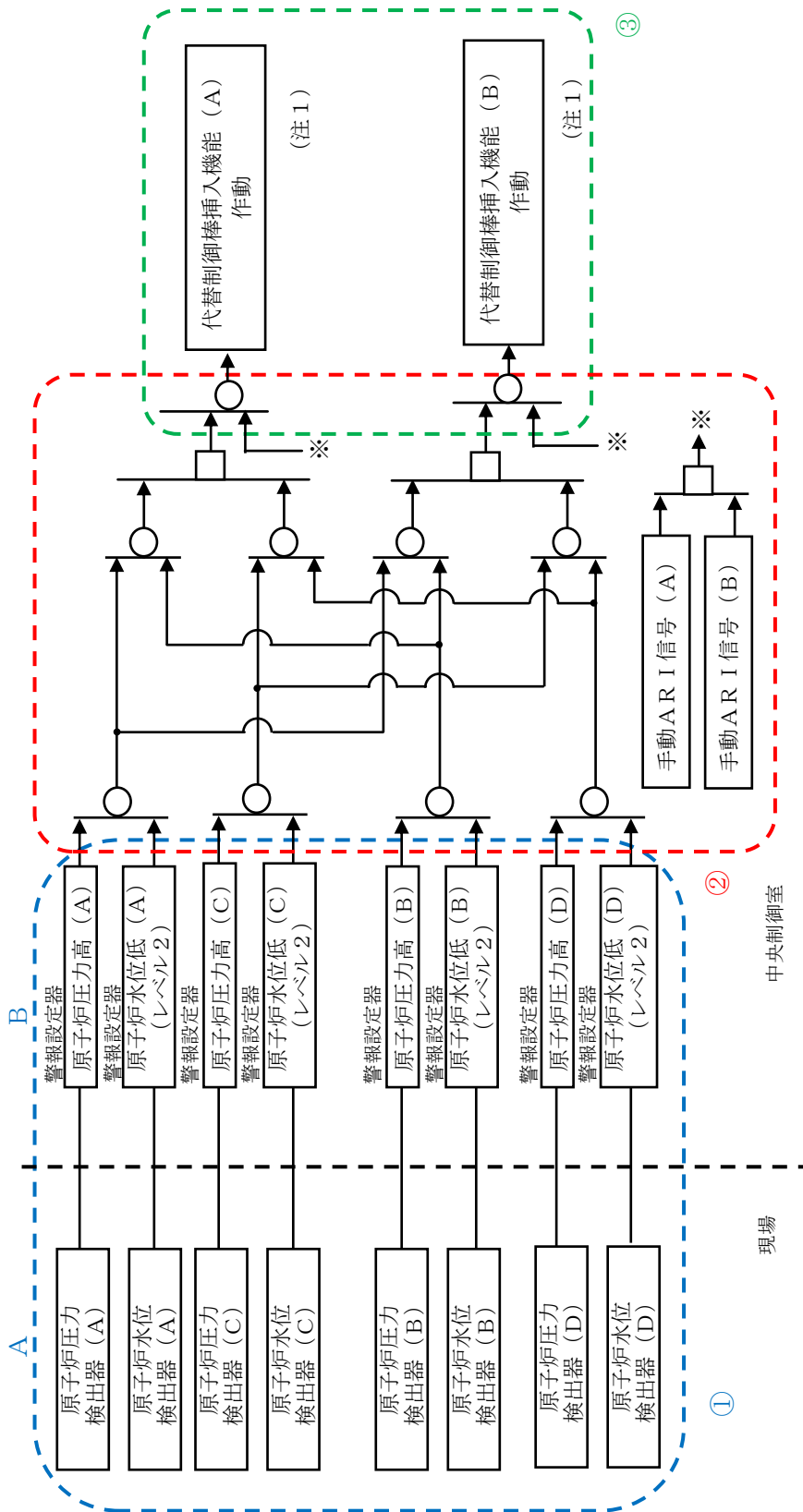
図3 ほう酸水注入系 系統概略図

表1 操作対象機器リスト

| No. | 機器番号 | 機器名称 | 操作方法 | 操作場所 |
|-----|----------|-------------|--------|-------|
| A系 | | | | |
| 1 | P225-1A | A-ほう酸水注入ポンプ | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| 2 | MV225-1A | A-SLCタンク出口弁 | | |
| 3 | MV225-2A | A-SLC注入弁 | | |
| B系 | | | | |
| 4 | P225-1B | B-ほう酸水注入ポンプ | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| 5 | MV225-1B | B-SLCタンク出口弁 | | |
| 6 | MV225-2B | B-SLC注入弁 | | |

44-5 試験及び検査

代替制御棒挿入機能の試験・検査

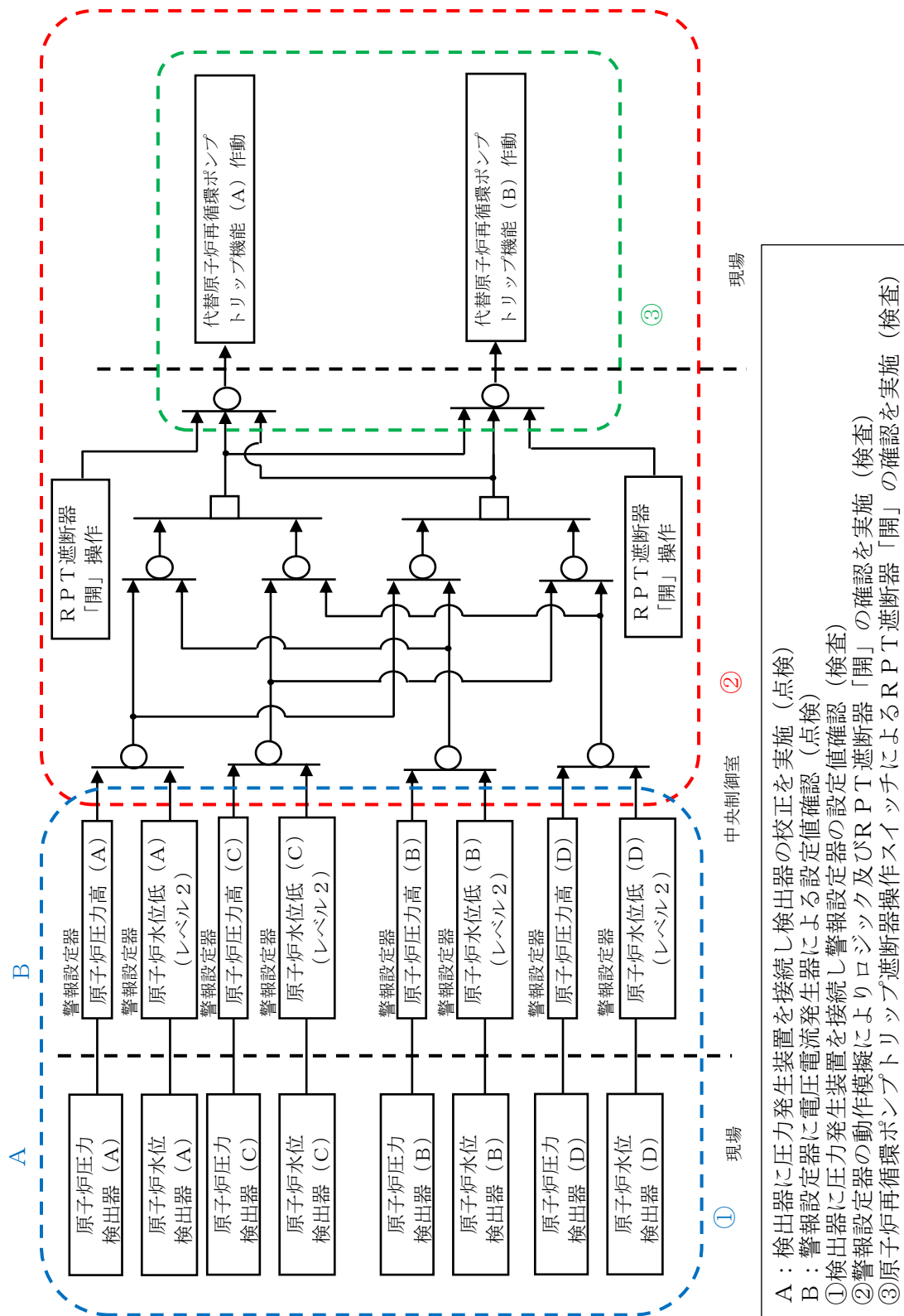


(注1：代替制御棒挿入機能はA系及びB系のAND条件で作動する)

- A：検出器に圧力発生装置を接続し検出器の校正を実施（点検）
- B：警報設定器に電圧電流発生器による設定値確認（点検）
- ①検出器に圧力発生装置を接続し警報設定器の設定値確認（検査）
- ②警報設定器の動作模擬によりロジックの確認を実施（検査）
- ③A R I 手動スイッチによる弁動作確認（検査）

図1 代替制御棒挿入機能の試験及び検査

代替原子炉再循環ポンプトリップ機能の試験・検査



A : 検出器に圧力発生装置を接続し検出器の校正の実施 (点検)
 B : 警報設定器に電圧電流発生器による設定値確認 (点検)
 ① 検出器に圧力発生装置を接続し警報設定器の設定値確認 (検査)
 ② 警報設定器の動作模擬によりロジック及びRPT遮断器「開」の確認を実施 (検査)
 ③ 原子炉再循環ポンプトリップ遮断器操作スイッチによるRPT遮断器「開」の確認を実施 (検査)

図2 代替原子炉再循環ポンプトリップ機能の試験及び検査

A T W S 緩和設備の試験に対する考え方について

1. 概要

重大事故等対処設備の試験・検査については、第四十三条（重大事故等対処設備）第1項第3号に要求されており、解釈には、第十二条（安全施設）第4項の解釈に準ずるものと規定されている。

このうち、A T W S 緩和設備については、代替制御棒挿入機能や代替原子炉再循環ポンプトリップ機能の作動信号を発信する設備であり、運転中に試験を実施する場合には、誤操作等によりプラントに外乱を与える可能性があり、かつ、試験中は機能自体が維持できない状態となる為、発電用原子炉の停止中（定期事業者検査時）に試験又は検査を行う設計とする。

2. 第十二条第4項の要求に対する適合性の整理

第十二条第4項の要求

「安全施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができるものでなければならない。」

表1 第十二条第4項の解釈の要求事項

| 第十二条 解釈 | 要求事項 | 適合性の整理 |
|------------|--|--|
| 7 | 第4項に規定する「発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができる」とは、実システムを用いた試験又は検査が不適当な場合には、試験用のバイパス系を用いること等を許容することを意味する。 | 停止中（定期事業者検査時）は、実システムを用いた試験又は検査を実施する。 |
| 8-1 | 発電用原子炉の運転中に待機状態にある安全施設は、運転中に定期的に試験または検査ができること。ただし、運転中の試験又は検査によって発電用原子炉の運転に大きな影響を及ぼす場合は、この限りでない。また、多重性又は多様性を備えた系統及び機器にあつては、各々が独立して試験又は検査ができること。 | 停止中（定期事業者検査時）は、実システムを用いた試験又は検査を実施する。 なお、A T W S 緩和設備は、代替制御棒挿入及び代替原子炉再循環ポンプトリップ信号を発信するため、誤操作等によりプラントに外乱を与える可能性がある。 |
| 8-2 | 運転中における安全保護系の各チャンネルの機能確認試験にあつては、その実施中においても、その機能自体が維持されていると同時に、原子炉停止系及び非常用炉心冷却系等の不必要な動作が発生しないこと。 | A T W S 緩和設備は、多重性を有していないため、試験を実施するとその間は機能自体が維持されない。 また、運転中に試験又は検査を行わないため、原子炉停止（スクラム）系及び非常用炉心冷却系等の不必要な動作は発生しない。 |

| 第十二条 解釈 | 要求事項 | 適合性の整理 |
|------------|---|---------------------------------------|
| 8-3 | 発電用原子炉の停止中に定期的に行う試験又は検査は、原子炉等規制法及び技術基準規則に規定される試験または検査を含む。 | 停止中に、定期事業者検査にて試験又は検査を実施する。 |
| 9 | 第4項について、下表の左欄に掲げる施設に対しては右欄に示す要求事項を満たさなければならない。 「安全保護系」 原則として原子炉の運転中に、定期的に試験ができるとともに、その健全性及び多重性を確認するため、各チャンネルが独立に試験できる設計であること。 | ATWS緩和設備は、重大事故対処設備であることから、多重性を有していない。 |

3. ATWS緩和設備の試験間隔の検討

ATWS緩和設備は、安全保護系による原子炉非常停止機能が喪失した時に期待される設備である。ATWS緩和設備に関する信頼性評価においては、試験頻度を定期事業者検査ごととして評価し、ATWSが発生し、かつATWS緩和設備の故障により緩和機能が動作しない状態が発生する頻度※は [] と十分に低いことを確認しており、定期事業者検査ごとの試験頻度としても信頼性は十分確保できる。

※44-9 参考資料1参照

以上のことから、ATWS緩和設備は、停止中（定期事業者検査時）に試験を実施することをもって対応するものとする。

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。

表2 島根原子力発電所2号機 点検計画

| 機器又は系統名 | 実態数(機器名) | 保安の重要度 | 点検及び試験・検査の項目 | 保安方式又は頻度 | 検査名 | 備考 |
|-----------------------------|----------------------------------|---------|----------------------|--------------------|--------------------------------|----------|
| 高圧炉心スプレイ系 | HPOSポンプトラス水入口弁 MV224-2 | 高 | 分解点検 | 130M | 主要弁検査(機械分) | |
| | HPOSポンプトラス水入口弁用電動機 MV224-2(M) | 高 | 分解点検 機能・性能試験 | 65M 5C | 主要弁電動機検査 | |
| | HPOS注水弁 MV224-3 | 高 | 分解点検 | 78M | 高圧炉心スプレイ系主要弁分解検査 | |
| | HPOS注水弁用電動機 MV224-3(M) | 高 | 分解点検 機能・性能試験 | 65M 5C | 主要弁電動機検査 | |
| | 高圧炉心スプレイ系制御回路 INT224-1 | 高 | 機能・性能試験 | 1C | | |
| | 高圧炉心スプレイ系計器一式 | 高 | 分解点検 特性試験 | 13M~26M 1C | 安全保護系保護検出要素性能(校正)検査(原子炉プロセス計装) | |
| | 高圧炉心スプレイ系配管一式 | 高 | 外観点検 | 10C | | |
| | 高圧炉心スプレイ系配管支持構造物一式 | 高 | 分解点検 外観点検 外観点検 | 130M 10C 10C | 高圧炉心スプレイ系設備検査 レストレイント検査 | |
| ほう酸水注入系 | ほう酸水注入系一式 | 高 | 外観点検 | 10C | 構造健全性検査 | |
| | | 高 | 機能・性能試験 | 1C | ほう酸水注入系機能検査(機能・性能) | |
| | | 高 | 特性試験 | 1C | ほう酸水注入系機能検査(特性) | |
| | ほう酸水貯蔵タンク T225-1 | 高 | 開放点検 | 130M | | |
| | | 高 | 外観点検 | 10C | ほう酸水注入系設備検査(外観) | |
| | | 高 | 特性試験(抵抗測定) | 1C | | |
| | | 高 | 漏えい試験 | 10C | | |
| | ほう酸水注入テストタンク T225-2 | 高 | 開放点検 | 130M | | |
| | A-ほう酸水注入ポンプ P225-1A | 低 | 分解点検 | 78M | ほう酸水注入ポンプ検査 | |
| | | 低 | 外観点検 | 6C | ほう酸水注入系設備検査(外観) | 振動測定: 3M |
| 低 | | 機能・性能試験 | 6C | | | |
| 低 | | 漏えい試験 | 6C | | | |
| A-ほう酸水注入ポンプ用電動機 M0225-1A | 低 | 分解点検 | 104M | | 振動測定: 3M | |
| | 低 | 機能・性能試験 | 8C | | | |

表3 島根原子力発電所2号機 点検計画

| 機器又は系統名 | 実施数(機器名) | 保全の重要度 | 点検及び試験・検査の項目 | 保全方式又は頻度 | 検査名 | 備考 |
|-------------------------------|------------------------------------|---------------|--------------------|-----------------|------------------|----------|
| ほう酸水注入系 | B-ほう酸水注入ポンプ P225-1B | 低 | 分解点検 | 78M | ほう酸水注入ポンプ検査 | 振動測定: 3M |
| | | | 外観点検 | 6C | ほう酸水注入系設備検査(外観) | |
| | | | 機能・性能試験 | 6C | | |
| | | | 漏えい試験 | 6C | | |
| | B-ほう酸水注入ポンプ用電動機 M0225-1B | 低 | 分解点検 | 104M | | 振動測定: 3M |
| | | | 機能・性能試験 | 8C | | |
| | S/C外側隔離弁 V225-5 | 高 | 分解点検 | 130M | 主要弁検査(機械分) | |
| | | | S/C内側隔離弁 V225-6 | 高 | 分解点検 | 78M |
| ほう酸水注入ポンプ制御回路 INT225-1 | 高 | 特性試験(校正・調整) | 52M | | | |
| ほう酸水注入系計器一式 | 高 | 消耗品取替 特性試験 | 13M~78M 1C | | | |
| ほう酸水注入系配管一式 | 高 | 外観点検 | 10C | | | |
| ほう酸水注入系配管支持構造物一式 | 高 | 分解点検 外観点検 | 130M 10C | ほう酸水注入系設備検査(外観) | | |
| 非常用ガス処理系 | 非常用ガス処理系一式 | 高 | 外観点検 | 10C | 構造健全性検査 | |
| | | | 機能・性能試験 | 1C | 非常用ガス処理系機能検査 | |
| | A-非常用ガス処理装置 D226-1A(前置), 2A(後置) | 高 | 開放点検 | 26M | | |
| | | | 外観点検 | 2C | 非常用ガス処理系設備検査(外観) | |
| | | | 特性試験(絶縁抵抗測定) | 1C | | |
| | | | 機能・性能試験 | 1C | 非常用ガス処理系フィルタ性能検査 | |
| | B-非常用ガス処理装置 D226-1B(前置), 2B(後置) | 高 | 開放点検 | 26M | | |
| | | | 外観点検 | 2C | 非常用ガス処理系設備検査(外観) | |
| | | | 特性試験(絶縁抵抗測定) | 1C | | |
| | | | 機能・性能試験 | 1C | 非常用ガス処理系フィルタ性能検査 | |
| | A-非常用ガス処理系排風機 M226-1A | 高 | 分解点検 | 52M | | 振動測定: 3M |
| | | | 外観点検 | 4C | 非常用ガス処理系設備検査(外観) | |
| 外観点検 | | | 1C | | | |
| 汚滑油取替 | | | 13M | | | |
| A-非常用ガス処理系排風機用電動機 M0226-1A | 高 | 分解点検 | 104M | | 振動測定: 3M | |
| | | 機能・性能試験 | 8C | | | |

| 機器又は系統名 | 実施数(機器名) | 保全の重要度 | 点検及び試験・検査の項目 | 保全方式又は頻度 | 検査名 | 備考 |
|--|------------------------------|--------------|------------------|----------------------------|--|----|
| 給水系 | B-RFPタービン演算器盤 2-982B | 低 | 特性試験(校正・調整) | 13M | | |
| | | | 機能・性能試験 | 1C | 主要制御系機能検査(原子炉給水流量制御装置) | |
| | 給水系計器一式 | 高 | 特性試験 機能・性能試験 | 13M~78M 1C 8Y | 給・復水系設備検査(特性) 安全保護系保護検出要素性能(校正)検査(原子炉プロセス計装) 安全保護系保護検出要素性能(校正)検査(原子炉給水流量制御装置他) 主要制御系機能検査(原子炉給水流量制御装置) | |
| | | | 消耗品取替 | | | |
| 給水系配管一式 | 高 | 外観点検 | 10C | | | |
| 給水系配管支持構造物一式 | 高 | 分解点検 外観点検 | 130M 10C | 給・復水系設備検査(外観) レストレイント検査 | | |
| 原子炉圧力容器本体 | 原子炉圧力容器 DB11-1 | 高 | 開放点検 | 13M | | |
| | | | 漏えい試験 | 1C | クラス1機器供用期間中検査(漏えい) | |
| 原子炉格納容器 | 原子炉格納容器 0T209-1-3 | 高 | 開放点検 | 13M | | |
| | | | 漏えい試験 | 1C | 原子炉格納容器漏えい率検査 | |
| | 原子炉格納容器ベネトレーション一式 | 高 | 外観点検 消耗品取替 | 1C 13M | | |
| 原子炉ベント・ドレン系 | 原子炉ベント・ドレン系配管一式 | 高 | 外観点検 | 10C | | |
| | | | 分解点検 | 130M | | |
| | 原子炉ベント・ドレン系配管支持構造物一式 | 高 | 外観点検 | 10C | | |
| 制御棒駆動系 | 制御棒駆動系一式 | 高 | 外観点検 | 10C | 構造健全性検査 | |
| | | | 制御棒駆動水圧系設備検査(外観) | | | |
| | 制御棒駆動水加熱器 H212-1 | 低 | 外観点検 | 2C | | |
| | | | 漏えい試験 | 2C | | |
| | スクラム排出水容器A, B T212-1A, 1B | 高 | 外観点検 | 10C | | |
| | | | 開放点検 | 130M | | |
| 水圧ユニット窒素容器 137台 T212-128 | 高 | 開放点検 | 130M | | | |
| | | 漏えい試験 | 1C | | | |
| 水圧ユニットアクムレータ 137台 T212-125 | 高 | 開放点検 | 130M | | | |
| | | 漏えい試験 | 1C | | | |
| 水圧ユニットフィルタ 137ユニット×4台 S212-134, 135, 136, 141 | 高 | 分解点検 | 13M | | | |

中国電力株式会社
島根原子力発電所第2号機
第17保全サイクル定期事業者検査要領書

設 備 名 : 計測制御系統設備
検 査 名 : ほう酸水注入系機能検査 (機能・性能)
要領書番号 : S 2 - 1 7 - II - 2 2 - 1

中国電力株式会社
島根原子力発電所第2号機
第17保全サイクル 定期事業者検査要領書

設 備 名 : 計測制御系統設備
検 査 名 : ほう酸水注入系機能検査 (特性)
要領書番号 : S2-17-II-22-2

中国電力株式会社
島根原子力発電所第2号機
第12回定期事業者検査要領書

設 備 名 : 計測制御系統設備
検 査 名 : ほう酸水注入ポンプ検査
要領書番号 : S2-100

中国電力株式会社
島根原子力発電所第2号機
第12回定期事業者検査要領書

設備名：計測制御系統設備

検査名：ほう酸水注入系設備検査

要領書番号：S2-101

中国電力株式会社
島根原子力発電所第2号機
第17保全サイクル定期事業者検査要領書

設備名： 原子炉冷却系統設備
計測制御系統設備
放射線管理設備
検査名： 主要弁検査（機械分）
要領書番号： S2-17-III-76-1

中国電力株式会社
島根原子力発電所第2号機
第15回 定期事業者検査要領書
(第4次改正)

設備名：計測制御系統設備
原子炉格納施設
原子炉冷却系統設備
燃料設備
廃棄設備

検査名：主要弁検査（原子炉建物）
要領書番号：S2-15-Ⅲ-76-1

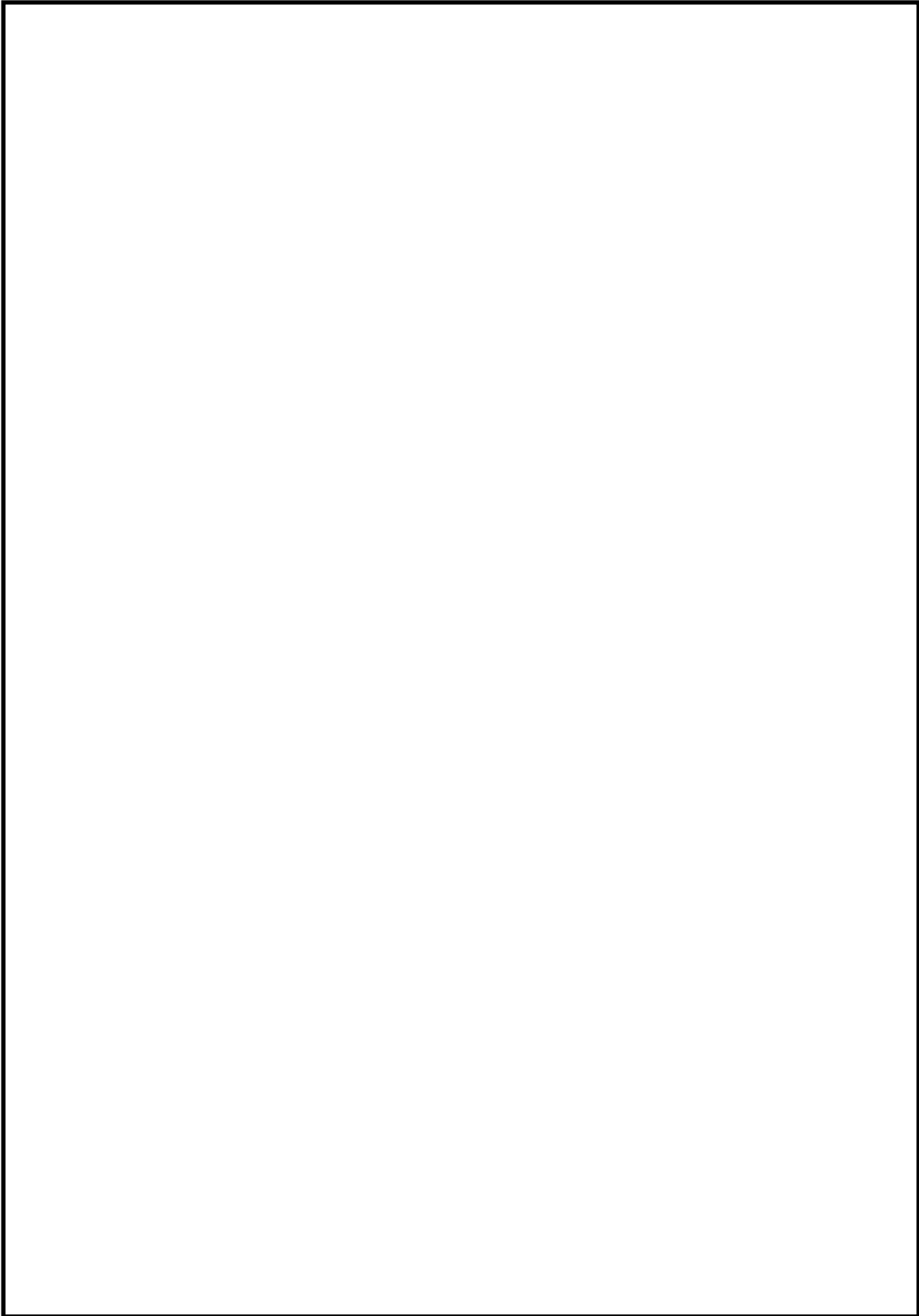


図3 ほう酸水注入ポンプ 構造図

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。

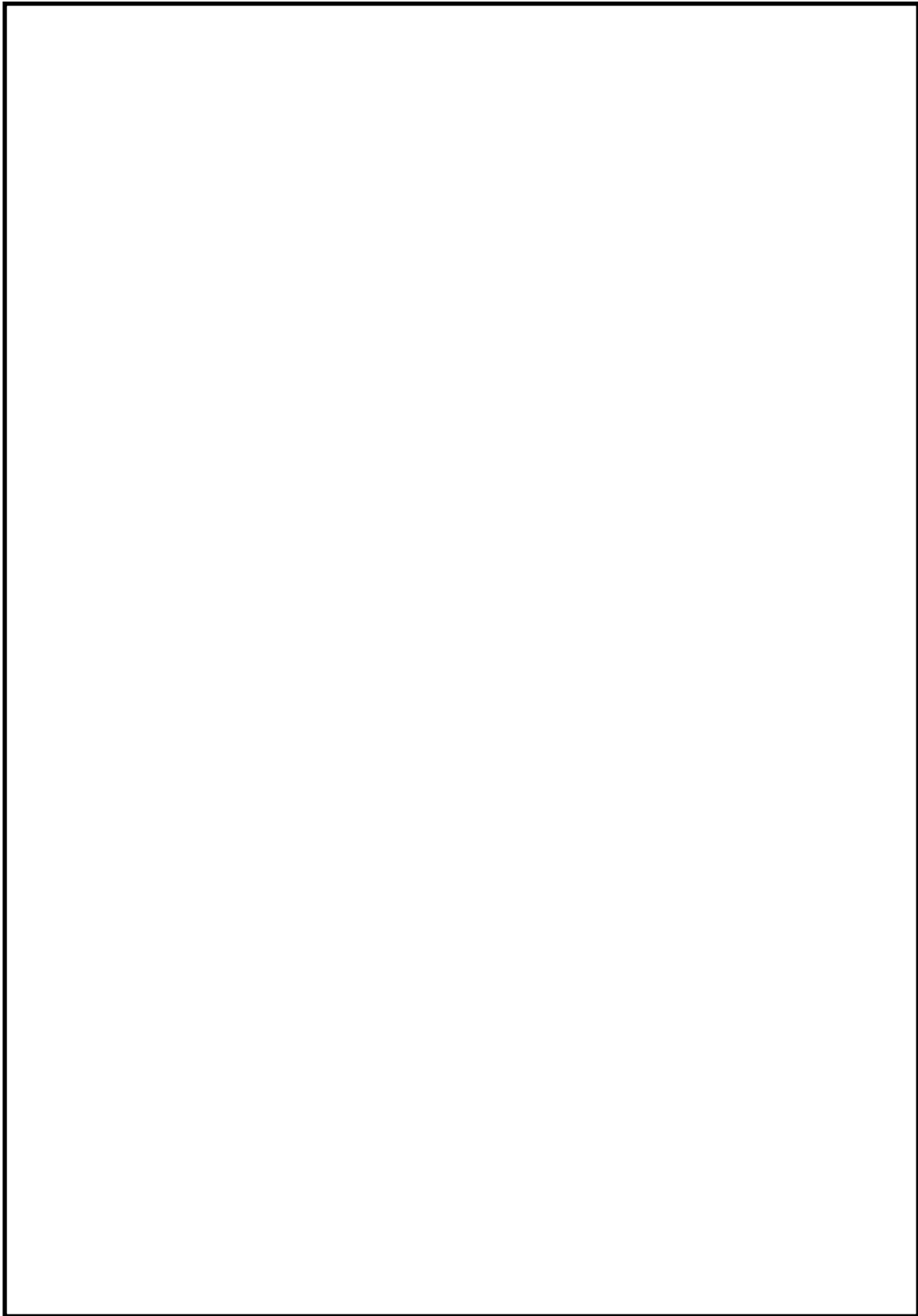


図4 ほう酸水貯蔵タンク 構造図

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。

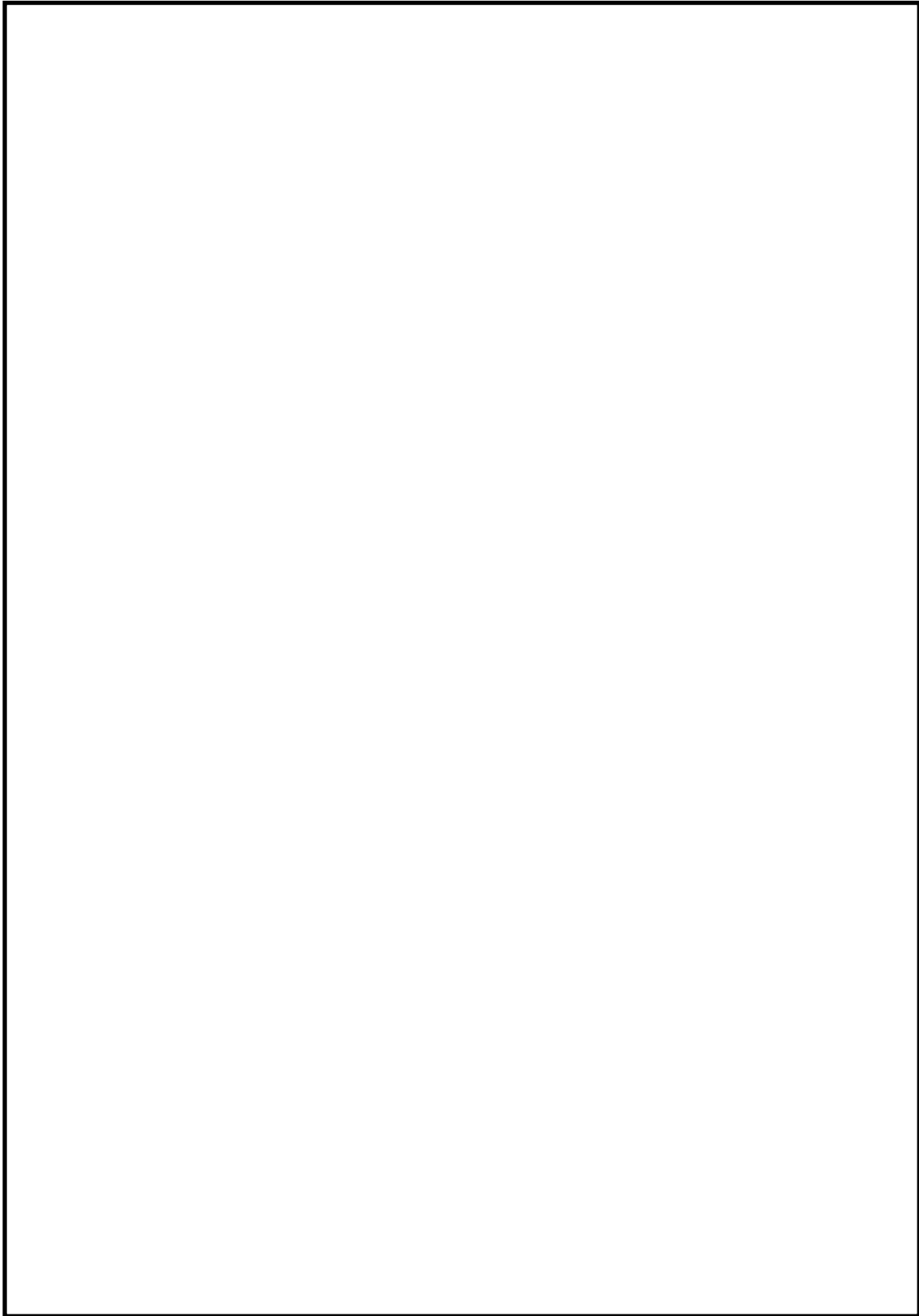


図5 S L C外側隔離弁及びS L C内側隔離弁 構造図

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。

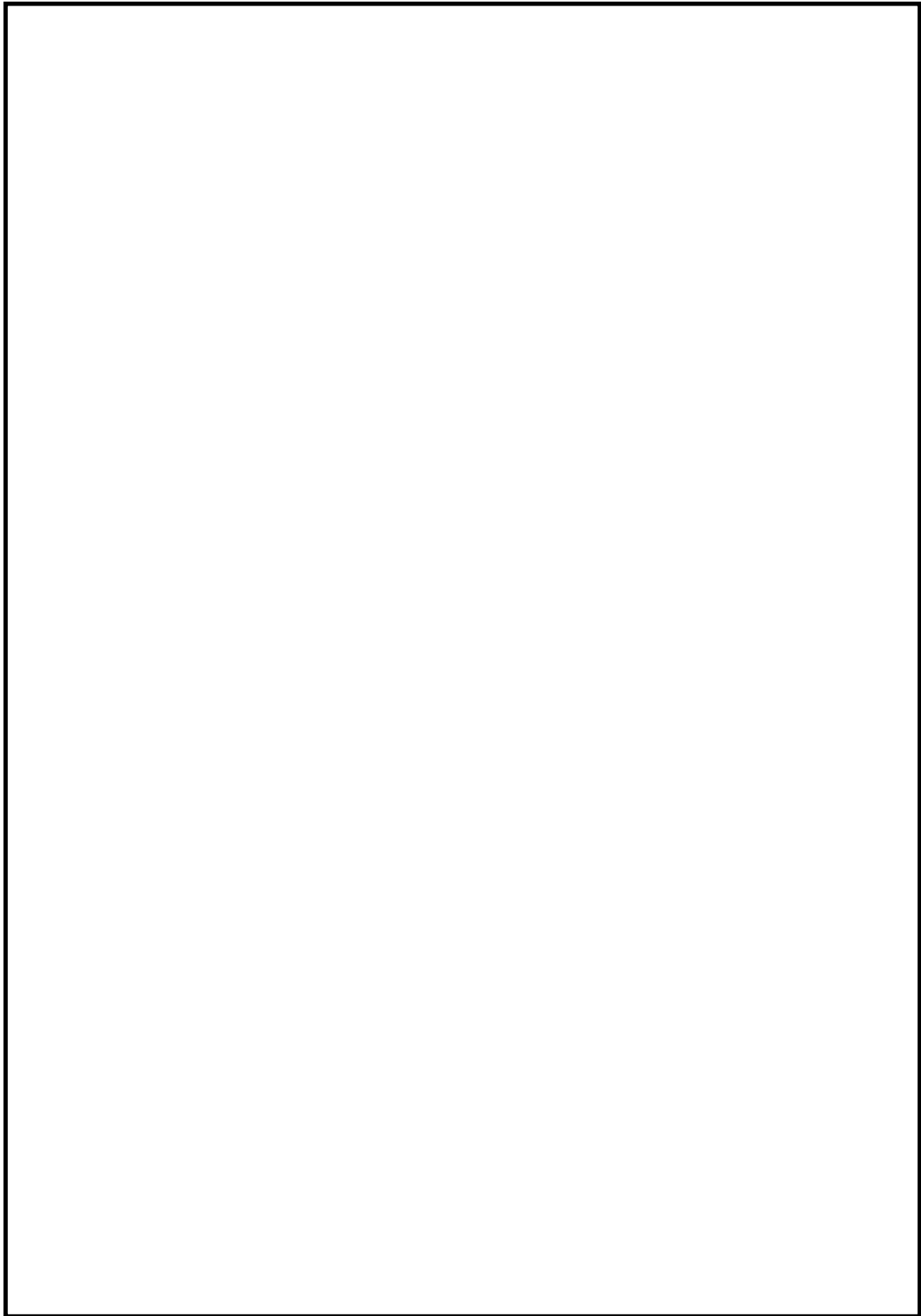


図6 ほう酸水注入系運転性能確認系統図

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。

中国電力株式会社
島根原子力発電所第2号機
第17保全サイクル 定期事業者検査要領書

設備名 : 計測制御系統設備
検査名 : 制御棒駆動水圧系機能検査
要領書番号 : S2-17-I-3

中国電力株式会社
島根原子力発電所第2号機
第17保全サイクル 定期事業者検査要領書

設 備 名：計測制御系統設備
検 査 名：制御棒駆動機構分解検査
要領書番号：S 2 - 1 7 - II - 2 0

中国電力株式会社
島根原子力発電所第2号機
第17保全サイクル定期事業者検査要領書

設 備 名 : 計測制御系統設備

検 査 名 : 制御棒駆動水圧系設備検査 (外観)

要領書番号 : S 2 - 1 7 - III - 4 2 - 1

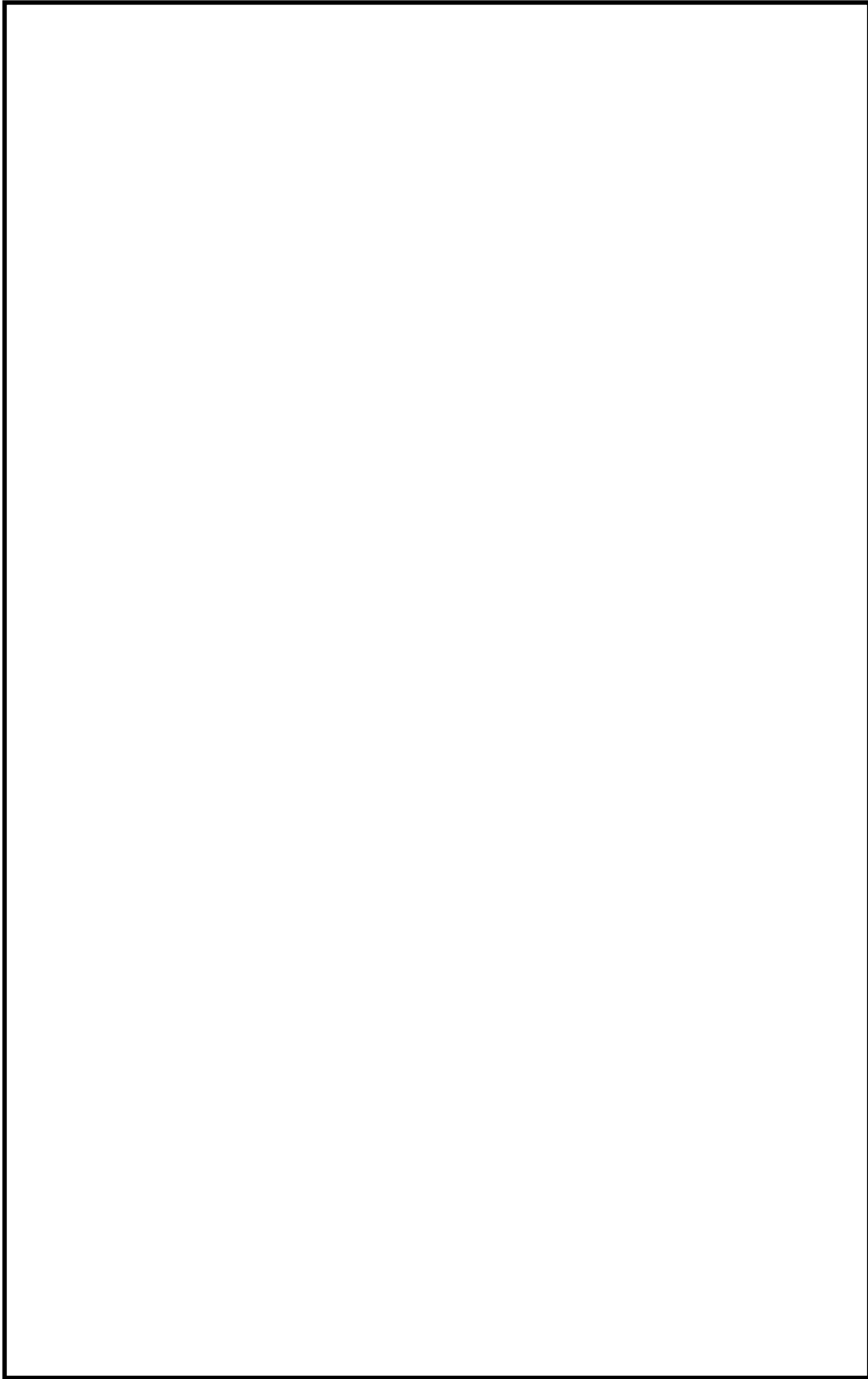


図 7 制御棒駆動水圧系機能検査系統概要図

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。

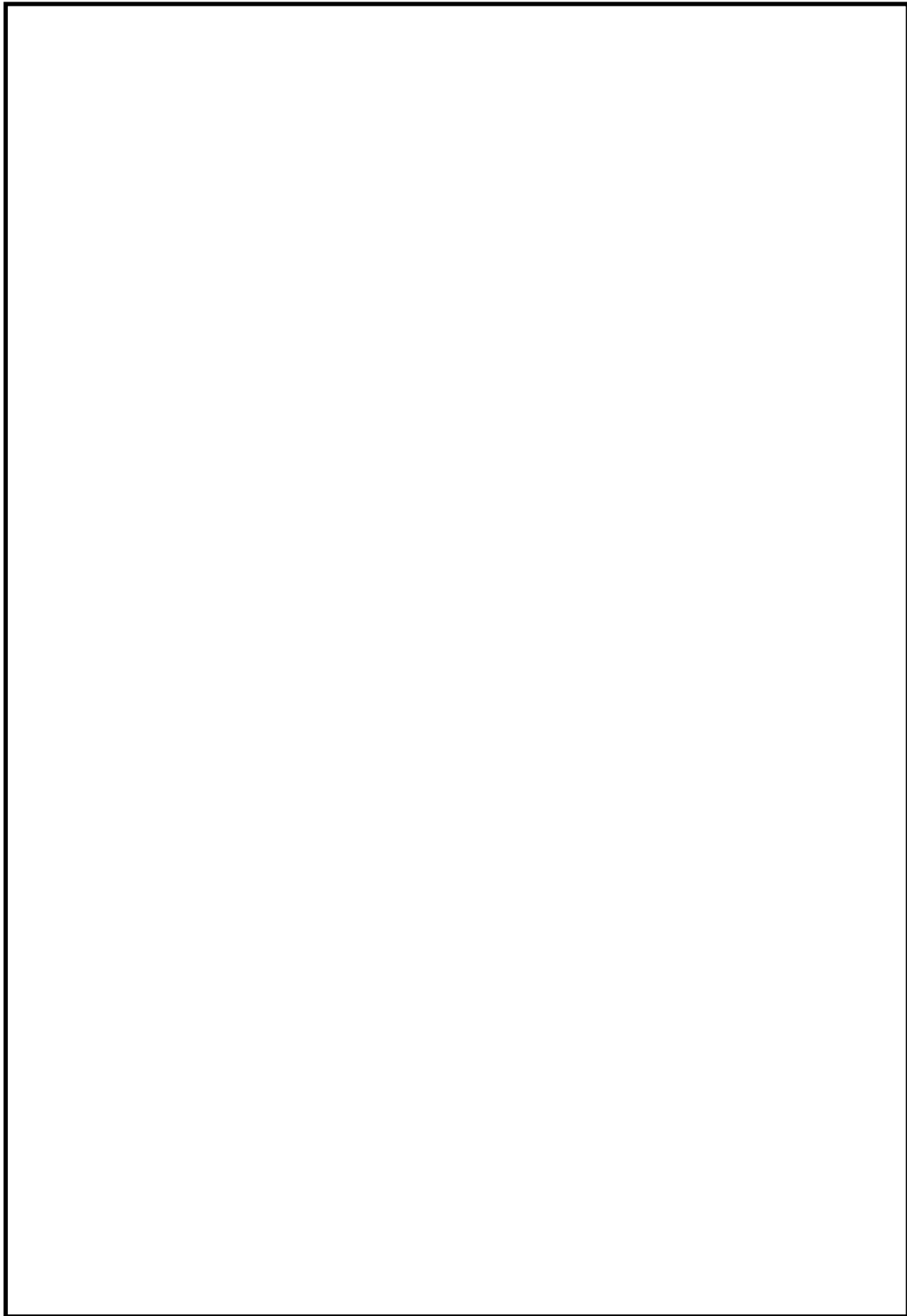


図8 制御棒駆動水圧系水圧制御ユニット 構造図

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。

44-6 容量設定根拠

・代替制御棒挿入機能

| | |
|---------|---|
| 名称 | 原子炉圧力高 |
| 保護目的／機能 | 運転時の異常な過渡変化時において、原子炉を緊急に停止することができない事象が発生した場合、炉心の著しい損傷を防止し、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器の健全性を維持するため、制御棒挿入を行う。 |
| 設定値 | 7.41MPa 以下 |

【設定根拠】

設定値は、次の事項を考慮して決定する。

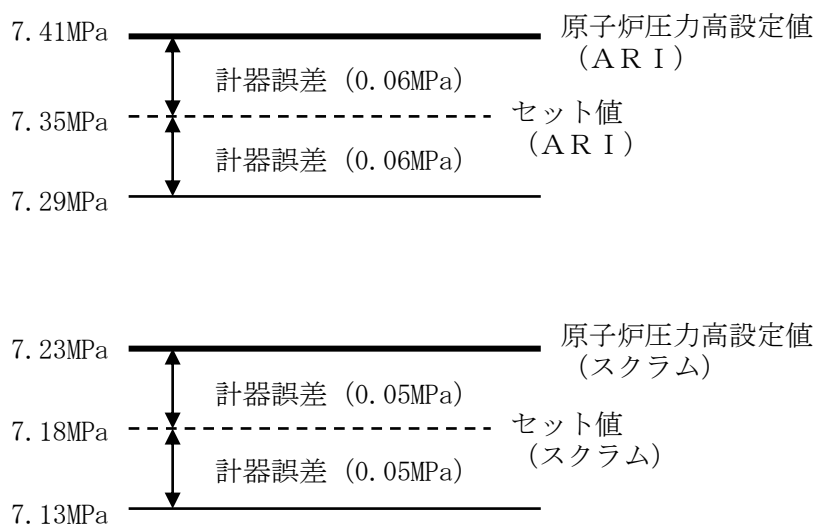
- (1) スクラム不作動時に作動するシステムであることを考慮し、原子炉圧力高スクラム設定値 (7.23MPa) より高い設定とする。
- (2) 逃がし安全弁からの蒸気によるサプレッションチェンバへの負荷を考慮し、逃がし安全弁第1段設定値 (7.58MPa) 程度以下とする。

<補足>

原子炉圧力が上昇し、原子炉圧力高による原子炉スクラムに失敗した場合、代替制御棒挿入機能により発電用原子炉を未臨界に移行させる。

<参考>

ARI : 代替制御棒挿入機能
 セット値 : 実機の計装設備にセットする値
 計器誤差 : 検出器などの計器誤差に余裕を加算したもの



第 44 - 6 - 1 図 原子炉圧力高設定値の概要図

| | |
|---------|---|
| 名称 | 原子炉水位低（レベル2） |
| 保護目的／機能 | 運転時の異常な過渡変化時において，原子炉を緊急に停止することができない事象が発生した場合，炉心の著しい損傷を防止し，原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器の健全性を維持するため，制御棒挿入を行う。 |
| 設定値 | 気水分離器下端*より 112cm 下以上 |

【設定根拠】

原子炉水位低（レベル3）スクラム発生前に本インターロックが動作することなく，事象緩和に有効な値として原子炉水位低（レベル2）を設定値とする。

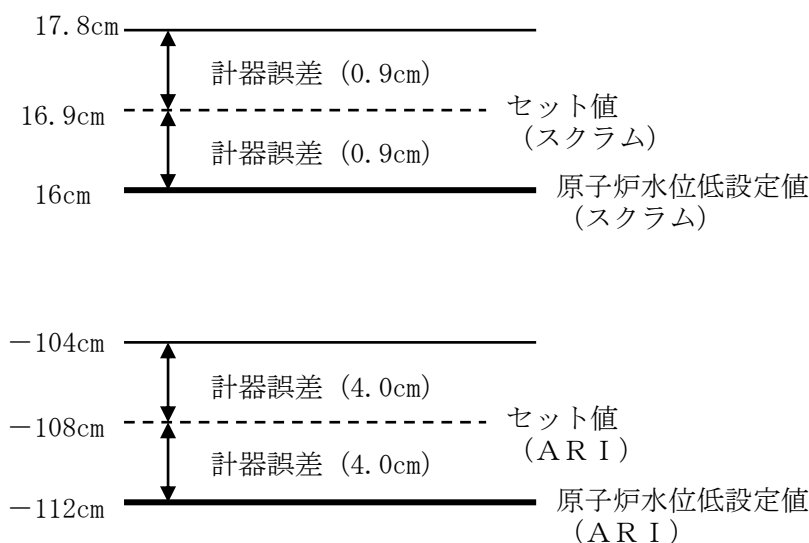
注記※：気水分離器下端は，原子炉圧力容器零レベルより 1328cm 上

<補足>

原子炉水位が低下して，原子炉水位低（レベル3）による原子炉スクラムに失敗した場合，代替制御棒挿入機能により発電用原子炉を未臨界に移行させる。

<参考>

ARI : 代替制御棒挿入機能
 セット値 : 実機の計装設備にセットする値
 計器誤差 : 検出器などの計器誤差に余裕を加算したもの



第 44 - 6 - 2 図 原子炉水位低（レベル2）設定値の概要図

・代替原子炉再循環ポンプトリップ機能

| | |
|---------|---|
| 名称 | 原子炉圧力高 |
| 保護目的／機能 | 運転時の異常な過渡変化時において、原子炉を緊急に停止することができない事象が発生した場合、炉心の著しい損傷を防止し、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器の健全性を維持するため、原子炉再循環ポンプトリップを行う。 |
| 設定値 | 7.41MPa 以下 |

【設定根拠】

設定値は、次の事項を考慮して決定する。

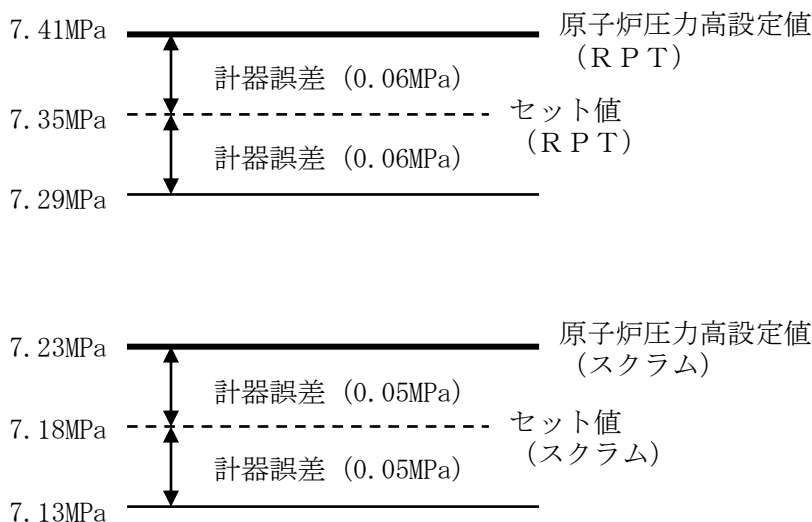
- (1) スクラム不作動時に作動するシステムであることを考慮し、原子炉圧力高スクラム設定値 (7.23MPa) より高い設定とする。
- (2) 逃がし安全弁からの蒸気によるサプレッションチェンバへの負荷を考慮し、逃がし安全弁第1段設定値 (7.58MPa) 程度以下とする。

<補足>

原子炉圧力が上昇し、原子炉圧力高による原子炉スクラムに失敗した場合、一時的な原子炉圧力の上昇が圧力容器設計圧力の1.2倍 (10.34MPa) を超えないようにする。

<参考>

R P T : 代替原子炉再循環ポンプトリップ機能
 セット値 : 実機の計装設備にセットする値
 計器誤差 : 検出器などの計器誤差に余裕を加算したもの



第 44 - 6 - 3 図 原子炉圧力高設定値の概要図

| | |
|---------|---|
| 名称 | 原子炉水位低（レベル2） |
| 保護目的／機能 | 運転時の異常な過渡変化時において，原子炉を緊急に停止することができない事象が発生した場合，炉心の著しい損傷を防止し，原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器の健全性を維持するため，原子炉再循環ポンプトリップを行う。 |
| 設定値 | 気水分離器下端*より 112cm 下以上 |

【設定根拠】

原子炉水位低（レベル3）スクラム発生前に本インターロックが動作することなく，事象緩和に有効な値として原子炉水位低（レベル2）を設定値とする。

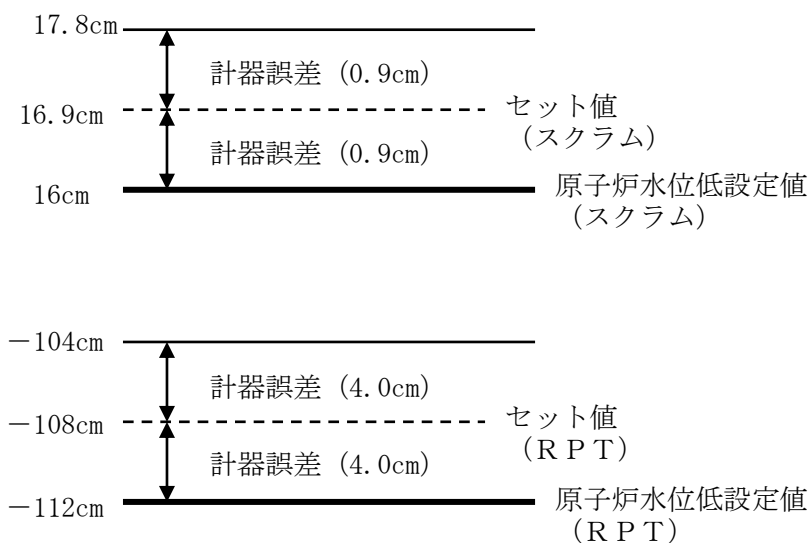
注記※：気水分離器下端は，原子炉圧力容器零レベルより 1328cm 上

<補足>

原子炉水位が低下して，原子炉水位低（レベル3）による原子炉スクラムに失敗した場合，代替原子炉再循環ポンプトリップ機能により原子炉再循環ポンプをトリップさせ，原子炉出力を低下させる。

<参考>

R P T : 代替原子炉再循環ポンプトリップ機能
 セット値 : 実機の計装設備にセットする値
 計器誤差 : 検出器などの計器誤差に余裕を加算したもの



第 44 - 6 - 4 図 原子炉水位低（レベル2）設定値の概要図

・制御棒駆動水圧系水圧制御ユニット

| | | |
|--------|-----------------------------|----------------------|
| 名 称 | 制御棒駆動水圧系水圧制御ユニット アキュムレータ | |
| 容 量 | L/個 | <input type="text"/> |
| 最高使用圧力 | MPa[gage] | 15.2 |
| 最高使用温度 | ℃ | 66 |

制御棒駆動水圧系水圧制御ユニットアキュムレータは、制御棒駆動機構のスクラム時の駆動源として、加圧された駆動水を共有するための設備として設置し、容量として、スクラム時、制御棒を炉心内に挿入するために制御棒駆動機構が全ストロークスクラム可能なアキュムレータ水容量を確保する設計とする。

制御棒駆動水圧系水圧制御ユニットは 137 個設置する。

1. 容量

制御棒駆動水圧系水圧制御ユニットアキュムレータ容量は、制御棒駆動機構が全ストロークスクラム可能な容量として下記を考慮する。

全ストロークスクラムに必要な容量

= (挿入有効断面積) × (全挿入までのストローク)

= (×) / 1,000

= L

ここで、挿入有効断面積: cm²

全挿入までのストローク: cm

制御棒駆動水圧系水圧制御ユニットアキュムレータ容量は、上記全ストロークスクラムに必要な容量 L/個に余裕を見込み、これを上回る容量として、約 L/個とする。

2. 最高使用圧力

スクラムに必要な最小圧力である約 8.3MPa を上回る圧力として 15.2MPa とする。

3. 最高使用温度

制御棒駆動水圧系の系統水の供給側の最高使用温度に合わせ、66℃とする。

・ほう酸水注入ポンプ

| | | |
|-----------|---------------------|----------------------|
| 名 称 | ほう酸水注入ポンプ | |
| 個 数 | — | 2(うち1個は予備) |
| 容 量 | m ³ /h/個 | 9.72 |
| 吐 出 圧 力 | MPa | 11.0 |
| 最高使用圧力 | MPa | 吸込側 0.93/吐出側 11.8 |
| 最高使用温度 | ℃ | 66 |
| 原 動 機 出 力 | kW/個 | <input type="text"/> |

【設 定 根 拠】

ほう酸水注入ポンプは、重大事故等時に以下の機能を有するものとする。

ほう酸水注入ポンプは、設計基準事故対処設備と同様に制御棒の挿入不能によって原子炉の低温停止ができない場合に、中央制御室から遠隔手動にて起動し、中性子吸収材(ほう酸水)を原子炉圧力容器下部ノズルから原子炉圧力容器に注入し原子炉を停止することを目的とする。

なお、ほう酸水注入ポンプは、系統に1台(予備1台)設置する。

1. 容量

ほう酸水注入ポンプの容量は、ほう酸水を原子炉に注入する際に必要となるボロン最低注入速度を考慮する。原子炉を低温停止へ移行させる際に必要な負の反応度添加速度 Δk/min に相当するボロン注入速度は解析の結果から ppm/min である。これを上回るものとして、ボロン最低注入速度は ppm/min とする。

一方、原子炉に余裕を持って低温停止できるボロン濃度は ppm と設定している。ボロン注入速度は ppm/min であるため、炉水中のボロン濃度を ppm にするためには、 ÷ 130min を要する。

ほう酸水注水量は、必要な冷却材中のボロン濃度を基に以下の容量となる。

$$\begin{aligned}
 \text{注入量} &= W_R \times \frac{W_{BR}}{(B_C/100) \times (H_C/100)} \times 1 / \gamma \\
 &= \text{} \times \frac{\text{}}{\text{} / 100 \times \text{} / 100} \times 1 / 1065 \\
 &= \text{} \\
 &= \text{}
 \end{aligned}$$

- W_{BR} : ボロン設計濃度 = ppm
 W_R : 設計水量 = kg
 B_C : ボロン含有率 = w/o
 H_C : 水溶液中のボロン濃度 = w/o
 γ : 水溶液の比重 = 1,065kg/m³

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。

【設定根拠】(続き)

これより、ほう酸水注入ポンプの容量は、注入時間 min で、ほう酸水必要容量 () を上回る有効容量 20m^3 に補給水系からの吸込量を考慮し原子炉へ注入できる容量とする。

$$\begin{aligned}\text{ポンプ容量} &= \frac{\text{ほう酸水有効容量 (}\ell\text{)}}{\text{注入時間 (min)}} + \text{補給水系からの吸込量} \\ &= \frac{20 \times 10^3}{\text{}} + \text{} = \text{} \div \text{} \ell/\text{min} = \text{} \text{m}^3/\text{h}\end{aligned}$$

上記から、ほう酸水注入ポンプの容量は上記を上回るものとし、 $9.72 \text{ m}^3/\text{h}$ /個以上とする。

2. 全揚程

設計基準事故対処設備として使用するほう酸水注入ポンプの吐出圧力は、以下を考慮して決定する。

- ① 原子炉圧力： 7.85MPa (系統運転時の原子炉最高圧力)
 - ② 静水頭： MPa
(密度： $1065\text{kg}/\text{m}^3$ (五ほう酸ナトリウム濃度 $13.4\text{wt}\%$ (15°C 飽和), 27°C))
 - ③ 配管・機器圧力損失： MPa
 - ④ 原子炉底部差圧： MPa
- ①～④の合計： 8.47MPa (約 847m)

上記から、ほう酸水注入ポンプの全揚程はこれを上回るものとして約 870m とする。

3. 最高使用圧力

(1) 吸込側

ほう酸水注入ポンプの吸込側の最高使用圧力は、補給水系の最高使用圧力に合わせ、 0.93MPa とする。

(2) 吐出側

ほう酸水注入ポンプの吐出側の最高使用圧力は、ほう酸水注入ポンプの吐出圧力を上回る圧力とし、 11.8MPa とする。

4. 最高使用温度

ほう酸水注入ポンプの最高使用温度は、水源であるほう酸水貯蔵タンクの最高使用温度に合わせ、 66°C とする。

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。

【設定根拠】(続き)

5. 原動機出力

ほう酸水注入ポンプの原動機出力は、下記の式を用いて、容量及び吐出圧力を考慮して決定する。

$$P_u = \frac{10^3}{60} \times Q \times p$$

$$\eta = \frac{P_u}{P} \times 100$$

$$P = \frac{10^3 \times Q \times p}{60 \times \eta / 100}$$

(引用文献：日本工業規格 J I S B 8 3 1 1 (2002) 「往復ポンプ—試験方法」)

P : 軸動力 (kW)

P_u : 水動力 (kW)

Q : 容量 (m³/min) =

p : 吐出圧力 (MPa) = (ピーク値)

η : ポンプ効率 (%)

$$\eta = \eta_m \times \eta_g \times \eta_v \times 10^{-4} =$$

η_m : ポンプ機械効率 (%) =

η_g : 減速機効率 (%) =

η_v : ポンプ容積効率 (%) =

P =

上記から、ほう酸水注入ポンプの原動機出力は、必要軸動力を上回る出力として /個とする。

| | | |
|--------|-------------------|-----------|
| 名 称 | ほう酸水貯蔵タンク | |
| 個 数 | — | 1 |
| 容 量 | m ³ /個 | □以上(23.2) |
| 最高使用圧力 | MPa | 静水頭 |
| 最高使用温度 | ℃ | 66 |

【設 定 根 拠】

ほう酸水貯蔵タンクは重大事故等時に以下の機能を有するものとする。

ほう酸水貯蔵タンクは、制御棒の挿入不能の場合に原子炉に注入するほう酸水を貯蔵するために設置する。

1. 容量

ほう酸水貯蔵タンクの容量は、以下のとおり。

ほう酸水の貯蔵量は、ほう酸水を注入して原子炉を低温停止に至らせ、その状態を余裕を持って維持する（停止余裕を 0.05 以上にする）のに必要な冷却材中のボロン濃度を考慮する。

必要ボロン濃度は、停止余裕を 0.05 以上にするのに必要なボロン濃度

□ ppm に、□ ppm とする。

ここで、必要ボロン濃度に対するボロン量は、原子炉冷却材水量が □

□ であるため、

□ となる。そしてボロン含有率を □ wt% として、五ほう酸ナトリウムの量に換算すると、

必要五ほう酸ナトリウム量は、

$$\begin{aligned} \text{必要五ほう酸ナトリウム量} &= \square \\ &= \square \div \square \text{ kg} \text{ となる。} \end{aligned}$$

また、五ほう酸ナトリウムの設計飽和温度 15℃における溶解度は 13.4wt%で、溶液の密度は 1065kg/m³ (27℃) である。したがって、ほう酸水の貯蔵量は、

$$\begin{aligned} \text{貯蔵量} &= \frac{\text{必要五ほう酸ナトリウム量(kg)}}{\text{五ほう酸ナトリウム飽和溶解度} \times \text{密度(kg/m}^3\text{)}} \\ &= \square \\ &= \square \div \square \text{ m}^3 \end{aligned}$$

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。

【設定根拠】(続き)

上記から、ほう酸水の貯蔵量は m³ (最小) となり、タンク内無効容積 m³ を考慮し m³ とする。

これらを踏まえ、タンク容量については、 m³ を上回るものとして 23.2 m³ とする。

2. 最高使用圧力

ほう酸水貯蔵タンクの最高使用圧力は、開放型タンクであるため静水頭とする。

3. 最高使用温度

ほう酸水貯蔵タンクの最高使用温度は、ほう酸水貯蔵タンクの通常温度制御範囲 (18~40℃) を上回るものとし、66℃とする。

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。

44-7 その他設備

以下に、原子炉を未臨界に移行するための自主対策設備の概要を示す。

緊急時停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするために寄与する自主対策設備は以下のとおりである。

(1) 原子炉手動スクラムP B

原子炉手動スクラムP Bを操作することで、制御棒のスクラム動作が可能であることから、原子炉手動スクラムP Bを整備する。

(2) 原子炉モード・スイッチ「停止」

原子炉モード・スイッチを「停止」位置に操作することで、制御棒のスクラム動作が可能であることから、原子炉モード・スイッチを整備する。

(3) 選択制御棒挿入機構

あらかじめ選択した制御棒を自動挿入する機能であるため未臨界の維持は困難であるが、原子炉出力を抑制する手段として有効であるため選択制御棒挿入機構を整備する。

(4) スクラムパイロット弁計装用配管・弁

全制御棒全挿入完了までには時間を要するものの、現場に設置してある計装用配管内の制御用空気を排出することで制御棒のスクラム動作が可能であることから、制御棒を挿入する手段としてスクラムパイロット弁計装用配管・弁を整備する。

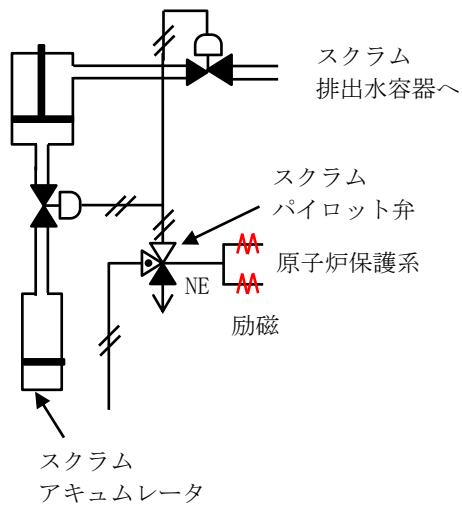
(5) スクラムテストスイッチ

スクラムテストスイッチを操作することで、制御棒のスクラム動作が可能であることから、スクラムテストスイッチを整備する。

(6) 原子炉保護系電源スイッチ

原子炉保護系電源スイッチを操作することでスクラムパイロット弁電磁コイルの電源を遮断し、制御棒のスクラム動作が可能であることから、原子炉保護系電源スイッチを整備する。

<正常時>



<原子炉保護系電源スイッチ遮断時>

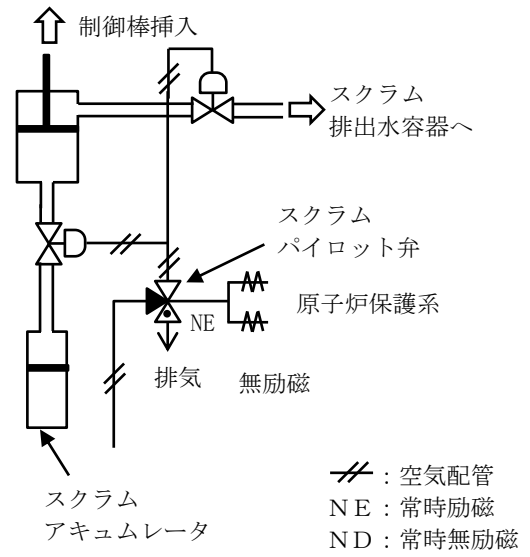


図1 原子炉保護系電源スイッチ遮断による制御棒のスクラム動作 概要図

(7) 制御棒手動操作・監視系

制御棒駆動機構は、原子炉圧力容器下部の制御棒駆動機構ハウジング内に据え付けられており、スクラムテストスイッチ若しくは原子炉保護系電源スイッチの操作により制御棒を水圧駆動で操作完了までの間、又はこれらの操作が実施できない場合に、手動で制御棒を挿入する手段として有効であることから、制御棒手動操作・監視系を整備する。

制御棒駆動機構の概要について、図2に示す。

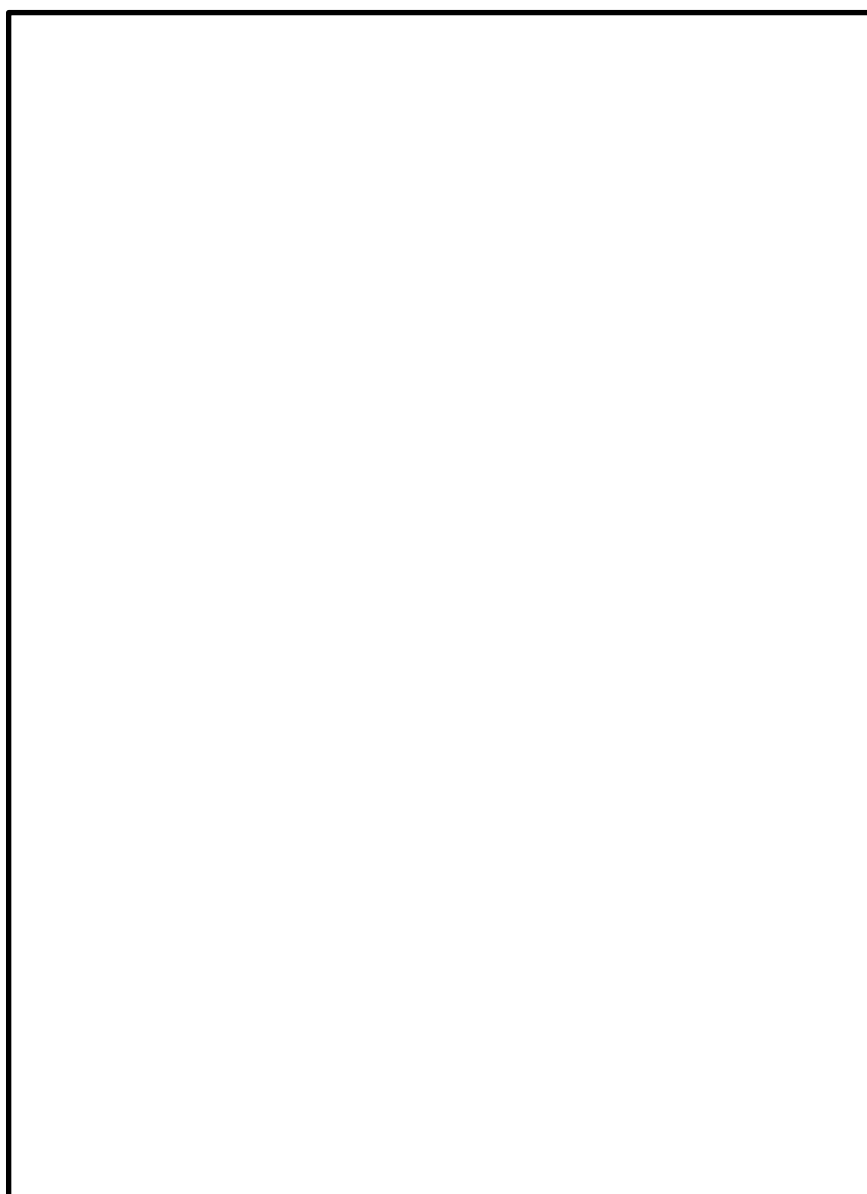


図2 制御棒駆動機構 概要図

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。

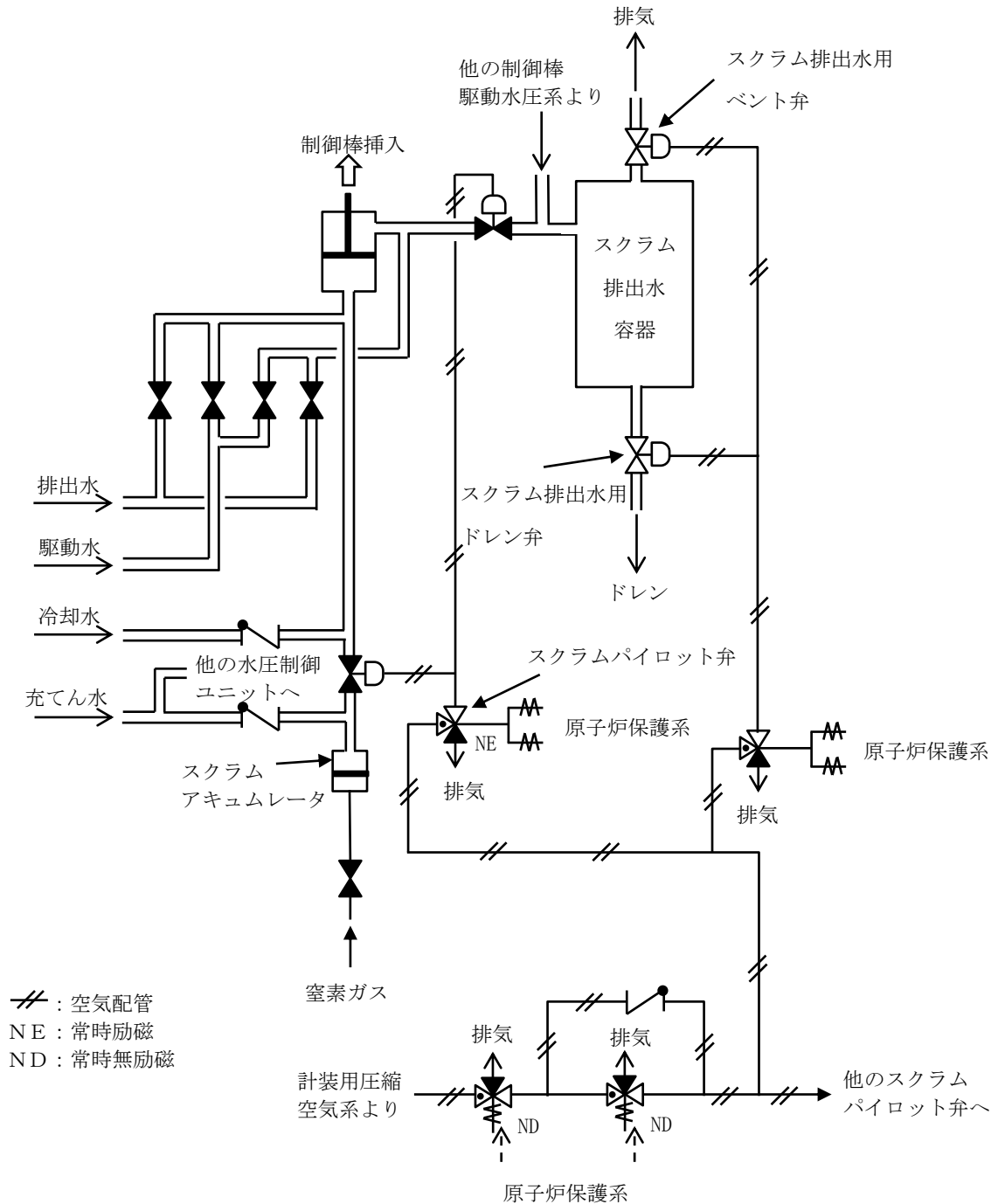


図3 原子炉保護系及び制御棒駆動水圧系水圧制御ユニット 概要図

(8) 原子炉水位制御系，復水・給水系，原子炉隔離時冷却系，高压炉心スプレイ系

原子炉水位制御系，復水・給水系，原子炉隔離時冷却系，高压炉心スプレイ系による発電用原子炉への給水量の調整により，原子炉水位を低下でき，発電用原子炉の出力抑制を行えることから，原子炉水位制御系，復水・給水系，原子炉隔離時冷却系，高压炉心スプレイ系を整備している。

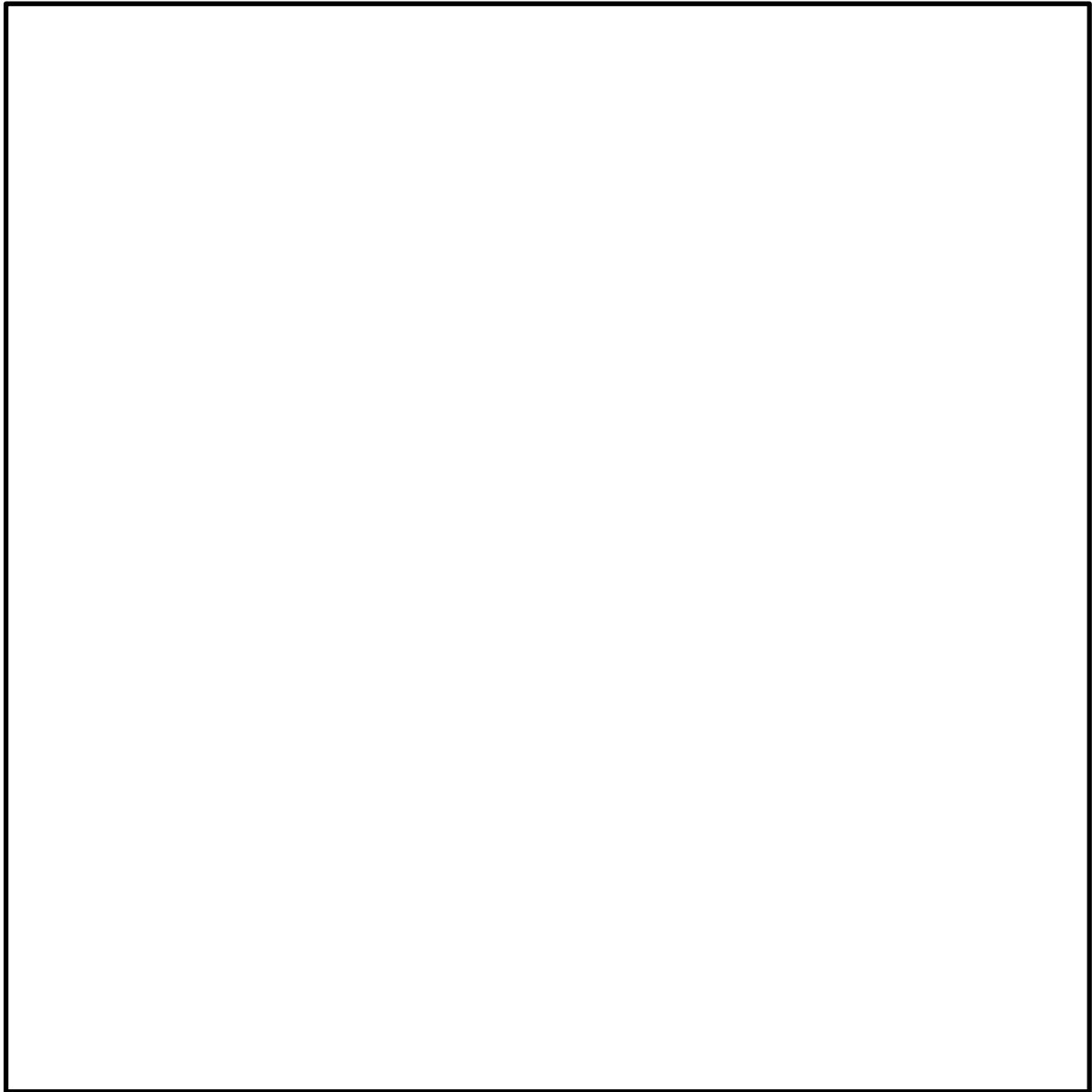


図4 配置図（自主対策設備）

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。

44-8 A T W S 緩和設備について

1. 概要

本資料は、運転時の異常な過渡変化時において、発電用原子炉を緊急に停止することができない事象（A T W S）が発生するおそれがある場合又は当該事象が発生した場合において、炉心の著しい損傷を防止するため、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器の健全性を維持するとともに、発電用原子炉を未臨界に移行するために必要な設備について説明する。

2. 基本方針

発電用原子炉の運転を緊急に停止することができない事象が発生するおそれがある場合又は当該事象が発生した場合において、自動又は手動により代替制御棒挿入機能にて制御棒を自動挿入させることにより発電用原子炉を未臨界に移行させるとともに、原子炉再循環ポンプを自動又は手動で停止させる代替原子炉再循環ポンプトリップ機能にて原子炉出力を抑制し、原子炉圧力の上昇を緩和することで、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器の健全性を維持し、炉心の著しい損傷を防止するための設備（以下、A T W S 緩和設備）を設置する。

また、A T W S 緩和設備のうち、代替制御棒挿入機能による制御棒挿入が失敗した場合に、手動でほう酸水注入系（S L C）を起動し、反応度を制御するために十分な量のほう酸水を発電用原子炉に注入することで発電用原子炉を未臨界にする。

3. A T W S 緩和設備の設計方針

A T W S 緩和設備の設計方針を以下に示す。

(1) 環境条件

A T W S 緩和設備は、中央制御室、原子炉建物付属棟及び原子炉建物原子炉棟内に設置する設備であることから、その機能を期待される重大事故等が発生した場合における、中央制御室、原子炉建物付属棟及び原子炉建物原子炉棟内の環境条件を考慮し、その機能を有効に発揮することができる設計とする。

(2) 操作性

A T W S 緩和設備は、必要な信号を自動的に発信する設計としており、操作性に関する設計上の考慮は不要な設計とする。

なお、代替制御棒挿入機能及び代替原子炉再循環ポンプトリップ機能については、手動による操作が可能な設計となっており、操作スイッチは、中央制御室の制御盤に設置しており重大事故時においても操作可能な設計とする。

(3) 悪影響防止

A T W S 緩和設備は、検出器から代替制御棒挿入機能用電磁弁又は原子炉

再循環ポンプトリップ遮断器で設計基準事故対処設備である多重化された原子炉保護系とは独立した構成となっており、多重化された原子炉保護系に悪影響を及ぼさない設計とする。

多重化された原子炉保護系と A T W S 緩和設備の電源は、遮断器又はヒューズによる電氣的な分離をすることで多重化された原子炉保護系に悪影響を及ぼさない設計とする。

(4) 耐震性

A T W S 緩和設備は、基準地震動 S_s による地震動に対して、必要な機能を維持する設計とする。

(5) 多様性

A T W S 緩和設備は、検出器から代替制御棒挿入機能用電磁弁又は原子炉再循環ポンプトリップ遮断器まで多重化された原子炉保護系とは独立した構成となっており、地震、火災、溢水等の主要な共通要因によって同時に機能が損なわれない設計とする。

4. ほう酸水注入系【重大事故等対処設備】

ほう酸水注入系により、反応度を制御するために十分な量のほう酸水を原子炉に注入することで発電用原子炉を未臨界にする設計とする。

ほう酸水注入系は、2台のほう酸水注入ポンプが設置され、このうち1台のポンプを必要に応じて手動起動することにより、ほう酸水貯蔵タンクのほう酸水を炉心支持板下部に設置された差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）から原子炉压力容器に注入する。

ほう酸水注入系は、想定する重大事故（A T W S）が発生した場合における中央制御室及び原子炉建物原子炉棟内の環境条件（温度・湿度・放射線量率等）を考慮した設計とする。操作は中央制御室から可能な設計とする。

ほう酸水注入系は、基準地震動 S_s による地震動に対して、必要な機能を維持するものとする。

5. A T W S 緩和設備の不具合による安全保護系への影響防止対策

A T W S 緩和設備は、共通要因故障によって多重化された原子炉保護系と同時に機能が損なわれないよう以下の措置を講じる設計とする。

A T W S 緩和設備を構成する、検出器、論理回路、代替制御棒挿入機能用電磁弁又は原子炉再循環ポンプトリップ遮断器は、難燃ケーブルを使用し、制御盤は耐震性を有した独立の金属筐体に収納した自立盤で構成し、火災の発生を防止する設計とする。

仮に、A M 設備制御盤で火災が発生した場合、複数の感知器で火災を検知し、二酸化炭素消火器にて運転員により初期消火を行うことから、多重化された原

子炉保護系に対して内部火災、内部溢水による悪影響は与えない。(なお、中央制御室には溢水源は存在しないことを確認している)。

A T W S緩和設備は図1のとおり、検出器から代替制御棒挿入機能用電磁弁又は原子炉再循環ポンプトリップ遮断器まで、多重化された原子炉保護系から独立した構成となっており、A T W S緩和設備が起因による火災により多重化された原子炉保護系に悪影響を与えない設計とする。

なお、原子炉保護系はフェイルセーフ設計であり、火災によって電磁弁のケーブルが損傷した場合、あるいはスクラム弁・スクラムパイロット弁のダイヤフラム等が機能喪失した場合、スクラム弁が作動する。また、溢水によってスクラム弁が没水した場合でも、端子部に水分が侵入した時点で電源が遮断され、スクラム弁が作動する。そのため、火災・溢水等の共通要因故障により原子炉緊急停止機能が喪失することはない。

また、A T W S緩和設備の電源は、遮断器又はヒューズによる電氣的な分離をすることで、多重化された原子炉保護系と同時に機能が損なわない設計とする。

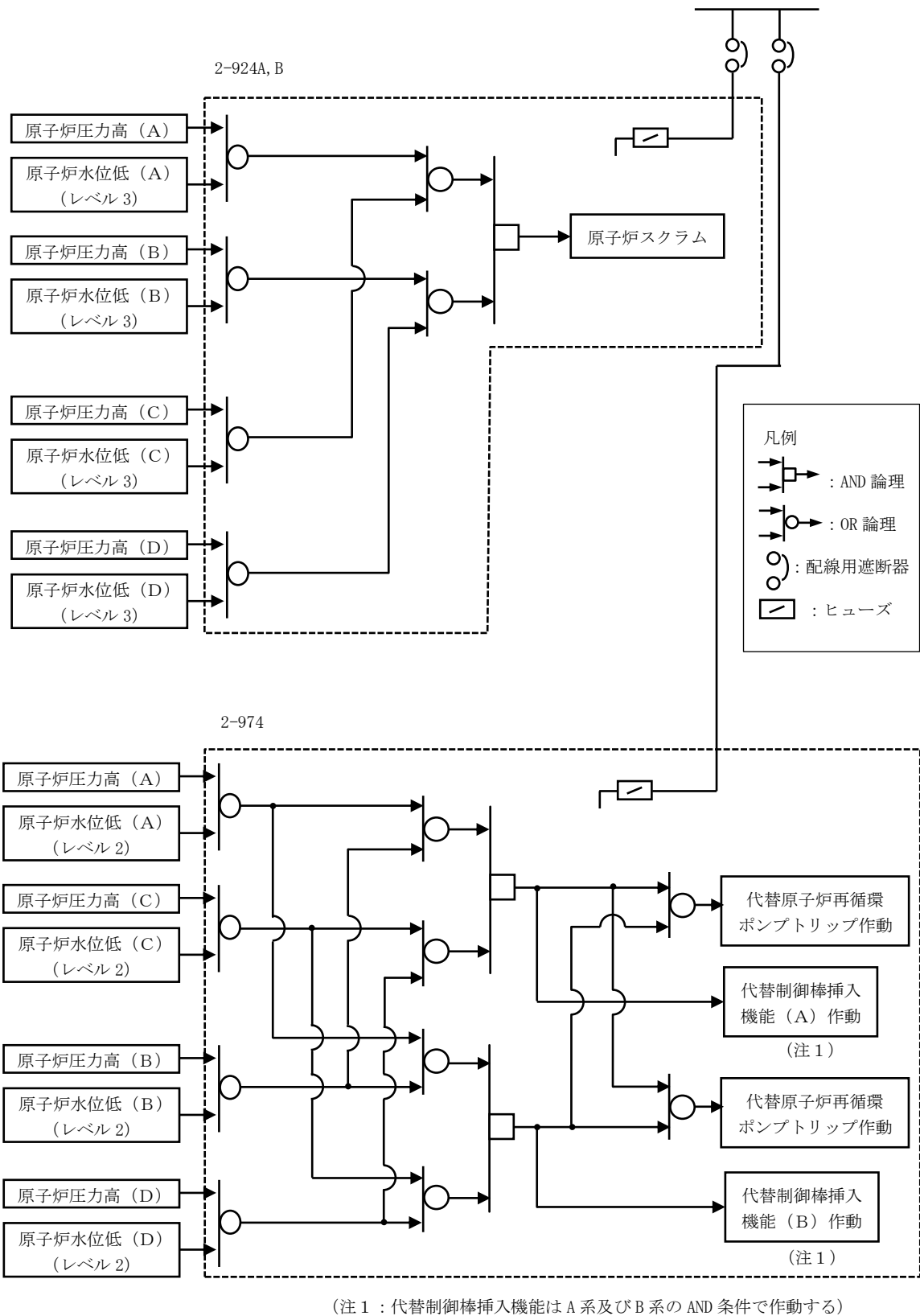


図1 原子炉保護系及びA T W S 緩和設備の論理回路

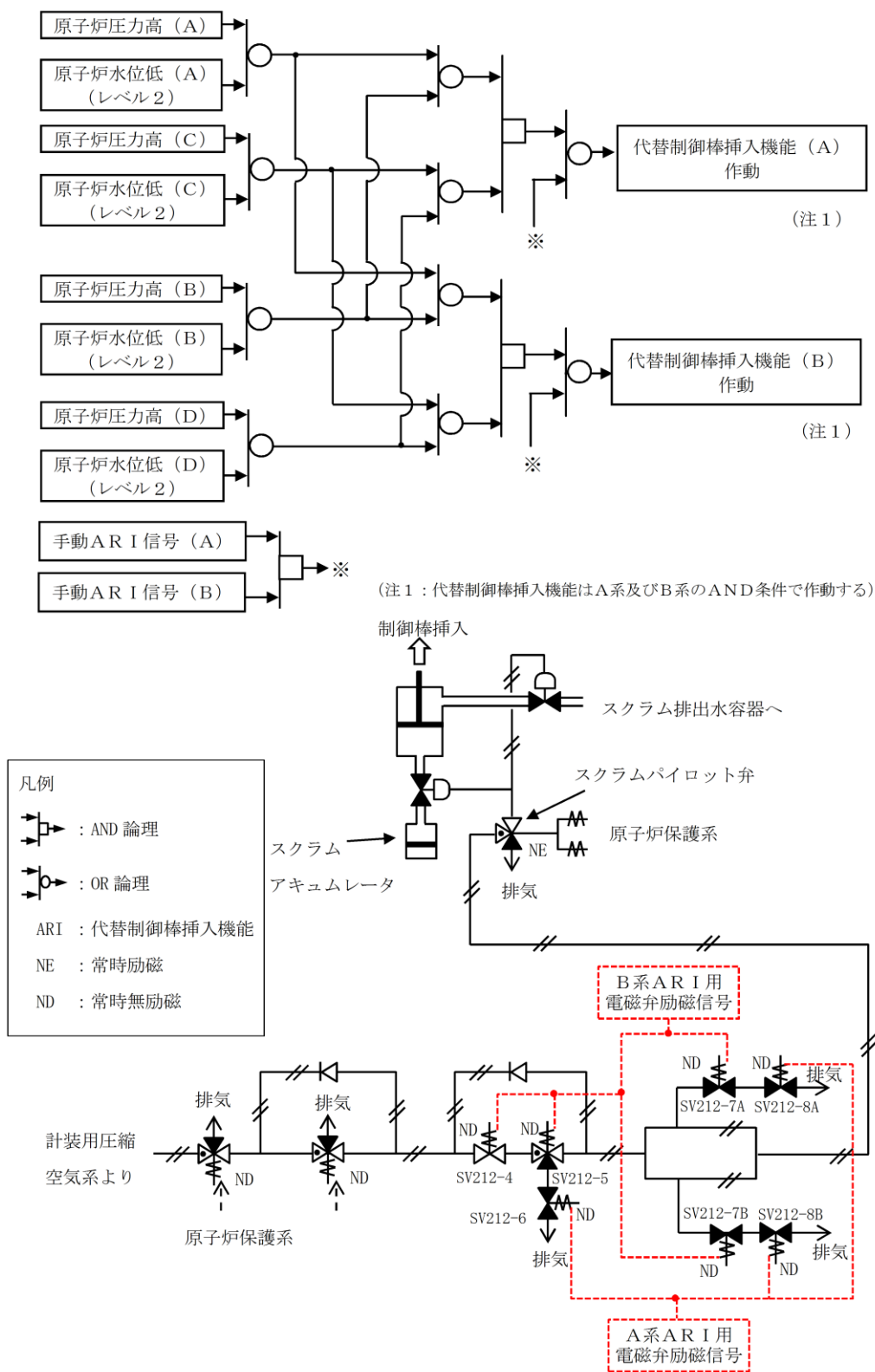


図2 電磁弁の分離について

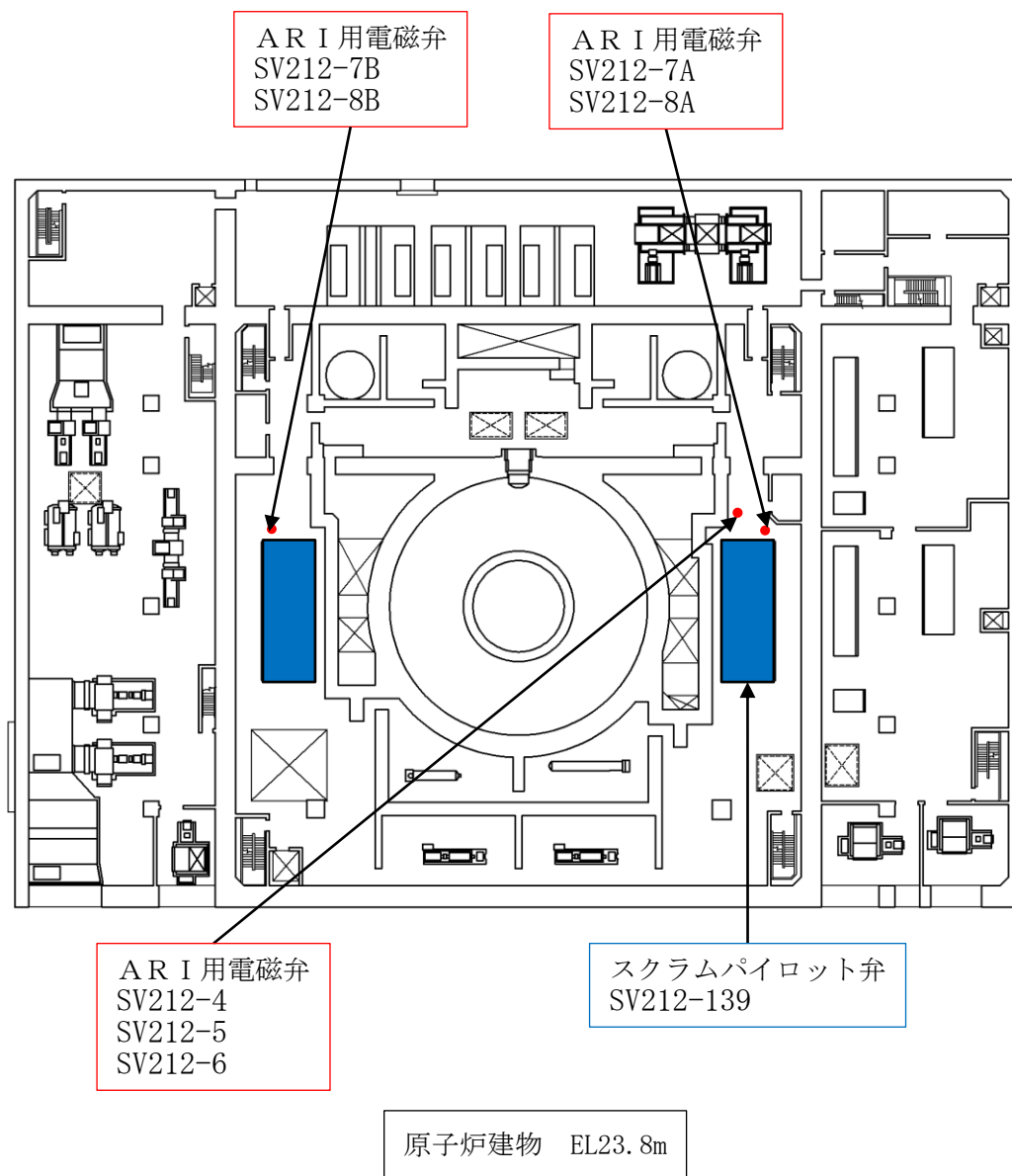


図3 スクラムパイロット弁及び代替制御棒挿入機能用電磁弁の設置場所

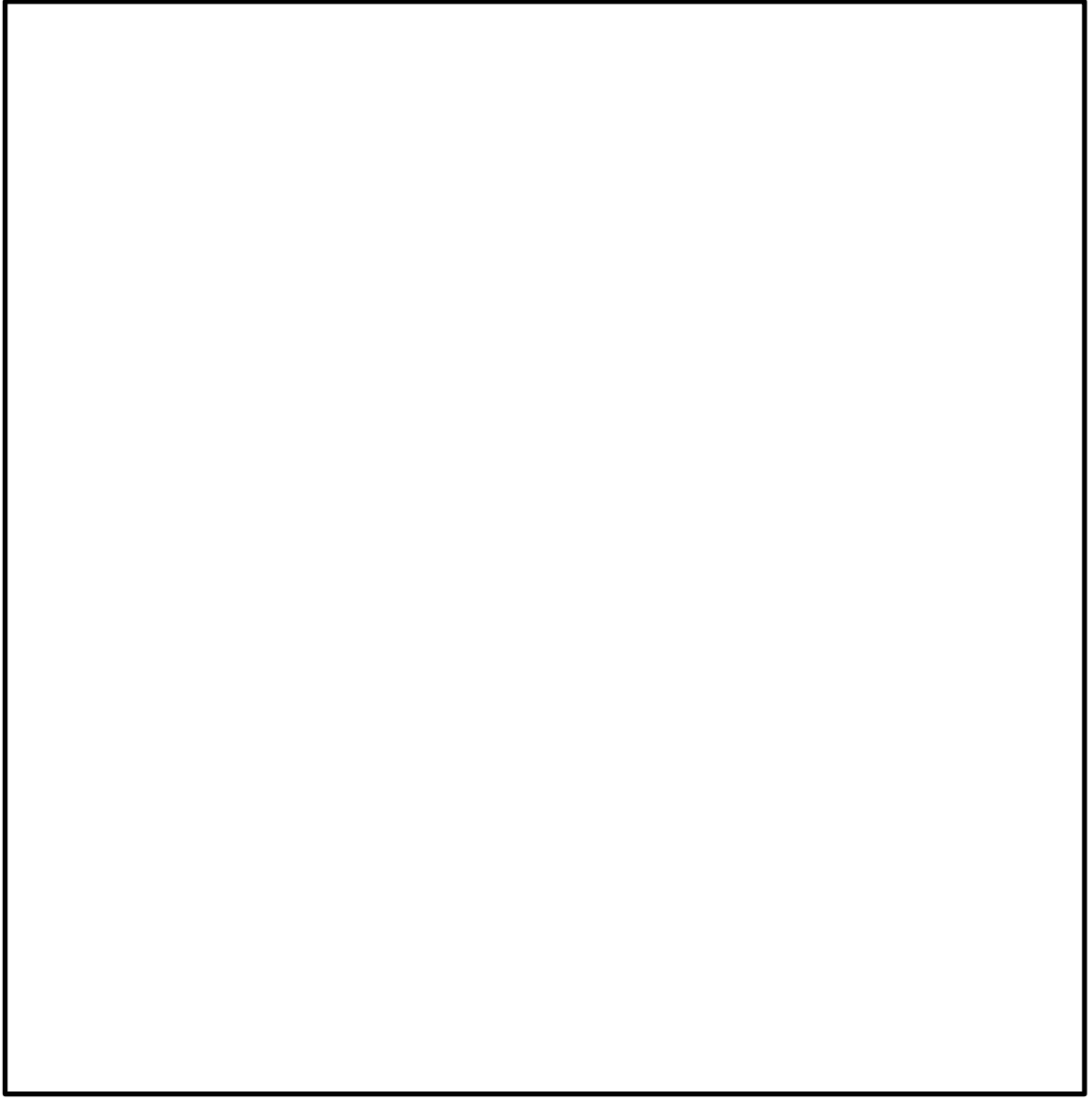


図4 AM設備制御盤及び原子炉保護継電器盤の設置場所

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。

44-9 A T W S 緩和設備に関する
健全性について

1. 設計方針

(1) 設置目的

A T W S 緩和設備は、運転時の異常な過渡変化時において発電用原子炉の運転を緊急に停止することができない事象（以下、「A T W S」という。）が発生するおそれがある場合又は当該事象が発生した場合において、炉心の著しい損傷を防止し、原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性を確保するとともに、発電用原子炉を未臨界に移行させることを目的とする。

(2) A T W S の発生要因

A T W S の発生要因としては、原子炉保護系の故障により、原子炉保護系によるトリップ信号が発信せず、原子炉スクラムに失敗することを想定する。

(3) A T W S 緩和設備に要求される機能

A T W S 緩和設備には、①発電用原子炉を未臨界に移行する、②発電用原子炉の加圧を防止することが求められており、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」の第四十四条 2（1）に従い、以下の機能を設けている。

a. 代替制御棒挿入機能（A R I）

検出器信号から最終的な作動装置の入力までを原子炉保護系から独立した回路にて、制御棒を挿入する。本設備により、原子炉保護系の故障による A T W S 事象発生時に発電用原子炉を未臨界にする。

b. 代替原子炉再循環ポンプトリップ機能（R P T）

原子炉圧力容器外に設置されている原子炉再循環ポンプを自動で停止させる。本設備により、急速に負の反応度が投入されるため、原子炉出力を抑制し、原子炉圧力の上昇を緩和する。

また、A T W S 緩和設備のうち、代替制御棒挿入機能による制御棒挿入が失敗した場合に、ほう酸水を発電用原子炉に注入することで発電用原子炉を未臨界にするためのほう酸水注入系を「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」第四十四条 2（1）に従い、設けている。

c. ほう酸水注入系（S L C）

代替制御棒挿入機能による制御棒挿入が失敗した場合に、手動でほう酸水注入設備を起動し、反応度を制御するために十分な量のほう酸水を発電用原子炉に注入することで、発電用原子炉を未臨界に移行させる。

(4) A T W S 緩和設備の作動論理

主蒸気隔離弁の閉止等において原子炉圧力が上昇すると正の反応度印加により原子炉出力が上昇するため、原子炉スクラムが必要になる。また、給水喪失等により原子炉水位が低下する場合にも、原子炉水位低下を抑制させるために原子炉スクラムが必要になる。

このため、A T W S 発生時に原子炉圧力の上昇又は原子炉水位の低下を検知することにより A T W S 緩和設備を作動させるものとする。

A T W S 緩和設備の作動論理として、運転中の検出器故障による不動作を考慮して 2 重の「1 out of 2」論理とする。

代替制御棒挿入機能及び代替原子炉再循環ポンプトリップ機能については、中央制御室の制御盤で手動作動させることが可能な設計とする。

(5) A T W S 緩和設備の不具合による原子炉保護系への影響防止対策

A T W S 緩和設備の故障による原子炉保護系の誤動作を防止するため、以下の対策を考慮した設計とする。

- a. A T W S 緩和設備の内部構成を多重化（検出器信号の多重化）し、単一故障により誤動作しない設計とする。
- b. A T W S 緩和設備はロジック成立時に作動信号を励磁出力する設計とし、駆動源である電源の喪失が生じた場合に誤信号を発信しない設計とする。また、A T W S 緩和設備が電源喪失した場合は、中央制御室に警報を発信することから、故障を早期に把握し、復旧対応を行うことが可能である。
- c. A T W S 緩和設備は、原子炉保護系に対して電氣的、物理的分離を図ることにより、不具合の波及を防止する設計とする。

(6) A T W S 緩和設備の信頼性評価

A T W S 緩和設備の信頼性評価結果として、プラント稼働性に影響を与えるような誤動作率及び不動作となる発生頻度を表 1 に示す。表 1 より、本設備の誤動作によりプラント外乱が発生する頻度は及び不動作の発生頻度も十分小さいことから、高い信頼性を有している。

なお、誤動作率、不動作の発生頻度の評価の詳細は、参考資料 1 に示す。

表 1 A T W S 緩和設備の信頼性評価結果

| | A T W S 緩和設備 | |
|----------|----------------------|--------------------|
| 誤動作率 | <input type="text"/> | / 炉年 ^{※1} |
| 不動作の発生頻度 | <input type="text"/> | / 炉年 ^{※2} |

※1 代替制御棒挿入機能、代替原子炉再循環ポンプトリップ機能のいずれかが誤動作する頻度

※2 A T W S が発生し、かつ A T W S 緩和機能が不動作である事象が発生する頻度

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。

2. 設備概要

(1) 機器仕様

a. A T W S 緩和設備

取付場所：制御室建物 EL16.9m

設備概要：多重化された原子炉保護系に対し，多様性を備えた設備として設置するものであり，原子炉緊急停止機能喪失時に原子炉出力を抑制するための設備の作動信号を発信する設備である。A T W S 緩和設備の機能は以下のとおり。

- ①原子炉圧力高又は原子炉水位低（レベル2）による，代替原子炉再循環ポンプトリップ
- ②原子炉圧力高又は原子炉水位低（レベル2）による，代替制御棒挿入
- ③手動起動による代替制御棒挿入及び代替原子炉再循環ポンプトリップ機能

b. A T W S 緩和設備作動信号

作動に要する信号：原子炉圧力高又は原子炉水位低（レベル2）の“2重の「1 out of 2」”信号

設定値：

原子炉圧力高 ：7.41MPa 以下

原子炉水位低（レベル2）：気水分離器下端*より 112cm 下以上

※ 気水分離器下端は，原子炉圧力容器零レベルより 1328cm 上

作動信号 ：代替制御棒挿入信号

代替原子炉再循環ポンプトリップ信号

作動信号を発信させない条件：該当なし

(2) 設定値根拠

A T W S 緩和設備の作動信号の設定値は以下の事項を考慮して決定する。

【代替制御棒挿入機能（A R I）】

○原子炉圧力高

- ・スクラム不作動時に作動するシステムであることを考慮し，原子炉圧力高スクラム設定値（7.23MPa）より高い設定とする。
- ・逃がし安全弁からの蒸気によるサプレッション・チェンバへの負荷を考慮し，逃がし安全弁第1段設定値（7.58MPa）程度以下とする。

○原子炉水位低（レベル2）

- ・原子炉水位低（レベル3）スクラム発生前に本インターロックが動作することなく，事象緩和に有効な値として原子炉水位低（レベル2）を設定値とする。

なお、重大事故等の有効性評価「原子炉停止機能喪失」において、主蒸気隔離弁の誤閉止＋スクラム失敗＋A R I 作動失敗を仮定した評価を実施している。A R I 機能を仮定した場合、主蒸気隔離弁の誤閉止により原子炉圧力が上昇することで、A R I が作動するため、事象発生後1分程度で発電用原子炉を未臨界にする※（S L C 注入は事象発生から約11.6分後であり、それよりも十分早く未臨界状態にする）。

※ 44-9 参考資料2参照

【代替原子炉再循環ポンプトリップ機能（R P T）】

○原子炉圧力高

- ・スクラム不作動時に作動するシステムであることを考慮し、原子炉圧力高スクラム設定値（7.23MPa）より高い設定とする。
- ・逃がし安全弁からの蒸気によるサプレッション・チェンバへの負荷を考慮し、逃がし安全弁第1段設定値（7.58MPa）程度以下とする。

なお、重大事故等時の有効性評価「原子炉停止機能喪失」において、主蒸気隔離弁の誤閉止＋スクラム失敗＋A R I 不作動を仮定した評価を実施している。本設定値で原子炉再循環ポンプ2台がトリップすれば、原子炉圧力のピークが圧力容器設計圧力の1.2倍（10.34MPa [gage]）を超えないことを確認している。

○原子炉水位低（レベル2）

- ・原子炉水位低（レベル3）スクラム発生前に本インターロックが動作することなく、事象緩和に有効な値として原子炉水位低（レベル2）を設定値とする。

なお、重大事故等の有効性評価「原子炉停止機能喪失」においては、上記の代替原子炉再循環ポンプトリップ機能の設定値（原子炉圧力高、原子炉水位低（レベル2））で動作することで、原子炉隔離時冷却系及び高圧炉心スプレイ系を用いた原子炉水位の維持、ほう酸水注入系を用いた炉心へのほう酸水注入、残留熱除去系を用いたサプレッション・プール水の除熱を実施することにより、炉心損傷に至らないことを確認している。

- (3) 設備概要
a. 設置場所

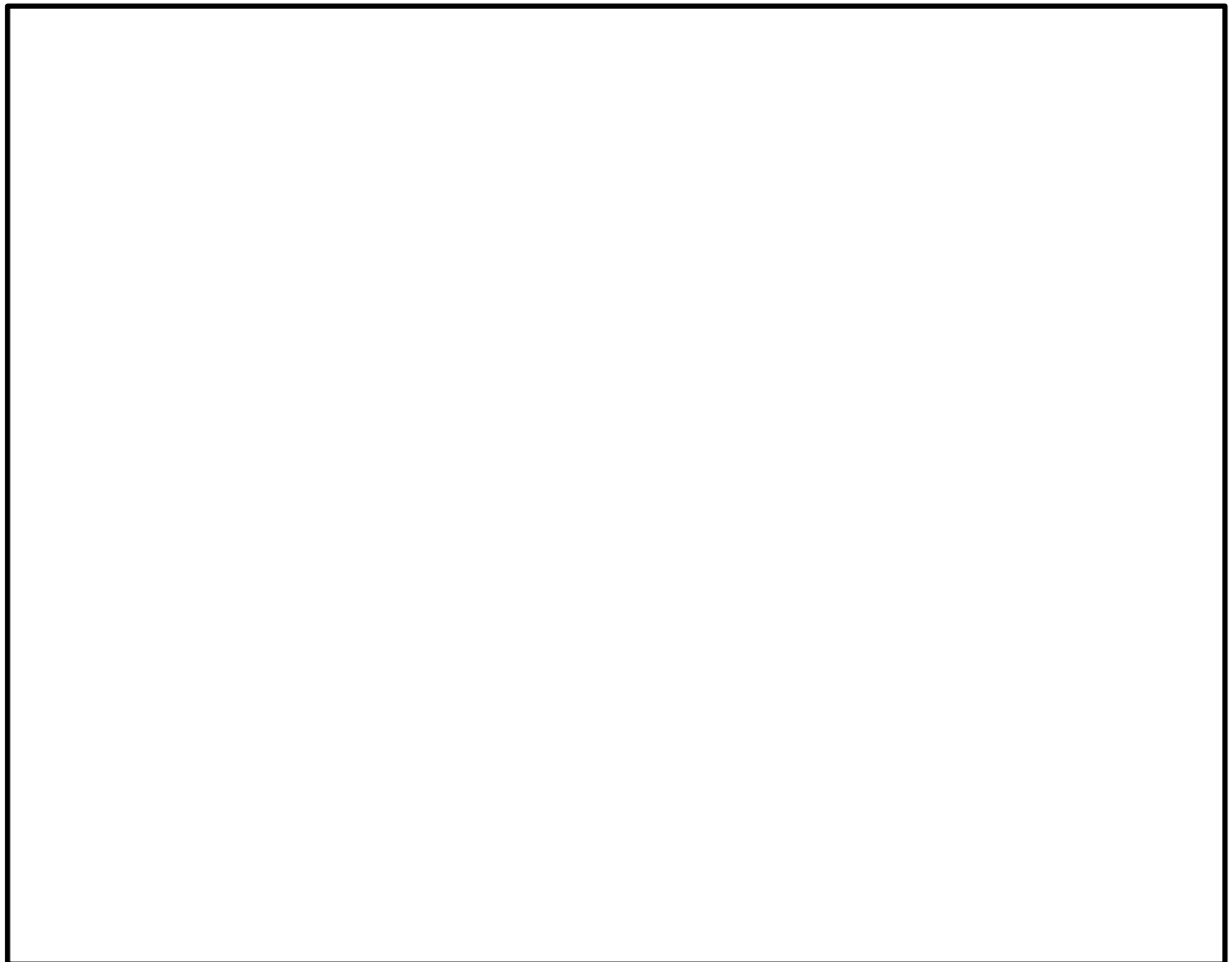


図1 ATWS緩和設備（AM設備制御盤）設置場所

b. 回路構成

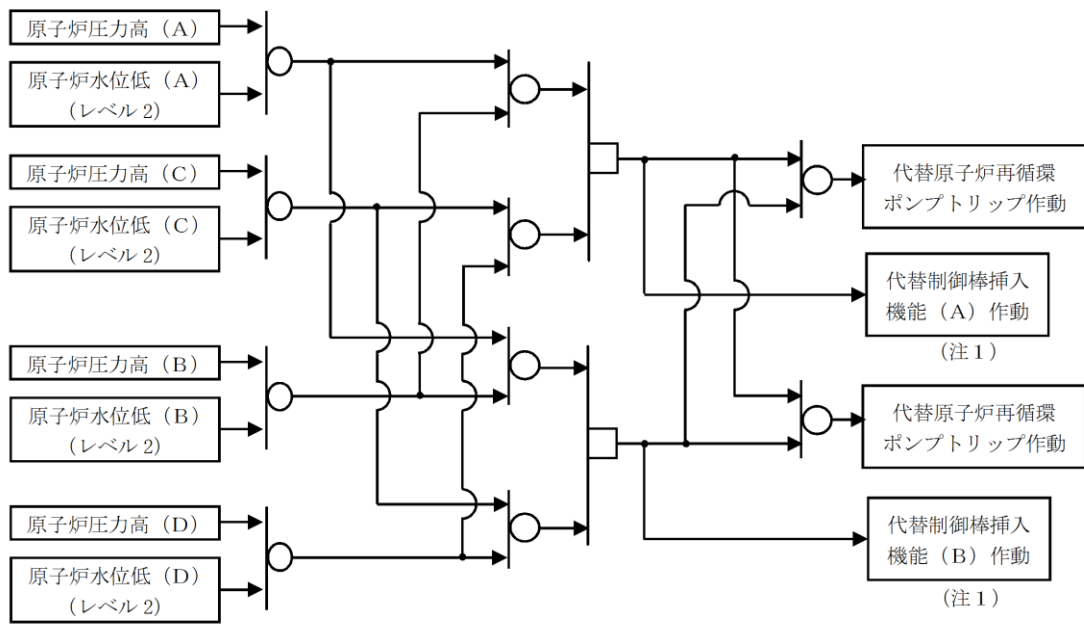
- (a) 原子炉保護系とATWS緩和設備の回路構成概略及び設計上の考慮

ATWS緩和設備は、検出器から代替制御棒挿入機能用電磁弁又は原子炉再循環ポンプトリップ遮断器まで、多重化された原子炉保護系から独立した構成となっており、多重化された原子炉保護系に悪影響を与えない設計^{*}とする。

^{*}悪影響を与えない設計に関する説明は、「44-8 ATWS緩和設備について 5. ATWS緩和設備の不具合による安全保護系への影響防止対策」を参照。

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。

(b) 原子炉出力を抑制する設備の作動信号の回路図



(注1 : 代替制御棒挿入機能は A 系及び B 系の AND 条件で作動する)

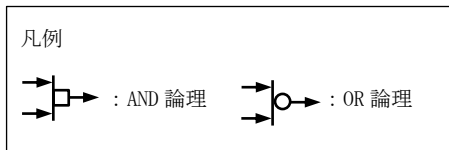


図2 原子炉出力を抑制する設備の作動信号の回路図

A T W S 緩和設備の信頼性評価

1. 誤動作率評価

プラント運転中に A T W S 緩和設備が誤動作した場合、プラントの出力運転に外乱を与えることとなる。ここでは、A T W S 緩和設備の設計情報を基に、フォールトツリーを用いて A T W S 緩和設備の誤動作率を評価する。A T W S 緩和設備の誤動作率の評価に係る回路の概略図を図 1 に示す。また、フォールトツリーの概略図を図 2 に示す。

フォールトツリーを構築する際の考え方は、基本的に島根原子力発電所 2 号炉における確率論的リスク評価と同じ考え方とした。評価に関して適用した仮定及びデータ等は以下のとおり。

- ・回路の構成部品等、機器の故障率は、日本原子力技術協会「故障件数の不確実さを考慮した国内一般機器故障率の推定（2009 年 5 月）（国内一般故障率 21 ヶ年データ）時間故障率」に記載の値を参照した。パラメータを表 1 に示す。

これらの考え方をもとに評価した各回路の誤動作率を表 2 に示す。また、表 2 より、A T W S 緩和設備の誤動作率は / 時間 (/ 炉年) という評価結果となり信頼度は高い。

表1 各構成部品の故障率

| 構成部品 | 故障率（誤動作率（／時間））※1 |
|---------|----------------------|
| 検出器（圧力） | 3.5×10^{-8} |
| 検出器（水位） | 2.2×10^{-8} |
| リレー | 3.0×10^{-9} |
| 警報設定器 | 9.5×10^{-9} |
| 手動スイッチ | 1.1×10^{-9} |

※1 日本原子力技術協会「故障件数の不確かさを考慮した国内一般機器故障率の推定（2009年5月）（国内一般故障率21ヵ年データ）時間故障率」に記載の値を参照した。

表2 誤動作率評価結果一覧

| 評価範囲 | 誤動作確率 |
|---------------------|----------------------------|
| 代替原子炉再循環ポンプトリップ論理回路 | <input type="text"/> ／炉年 |
| 代替制御棒挿入論理回路 | <input type="text"/> ／炉年 |
| A T W S 緩和設備誤動作率 | <input type="text"/> ／炉年 |
| | <input type="text"/> ／時間※2 |

※2 年間当たりの誤動作率を8760時間で割ることにより、単位時間当たりの誤動作率を算出した。

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。

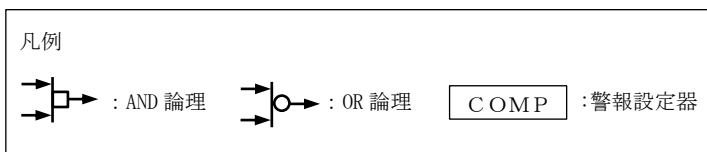
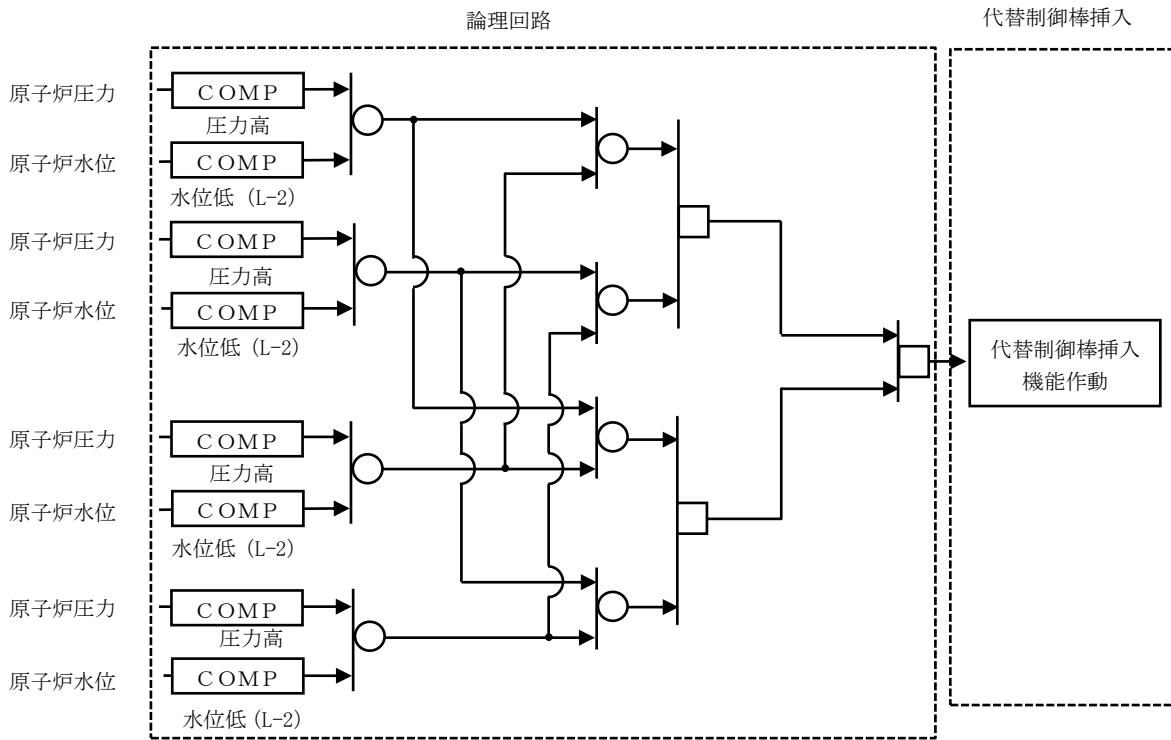
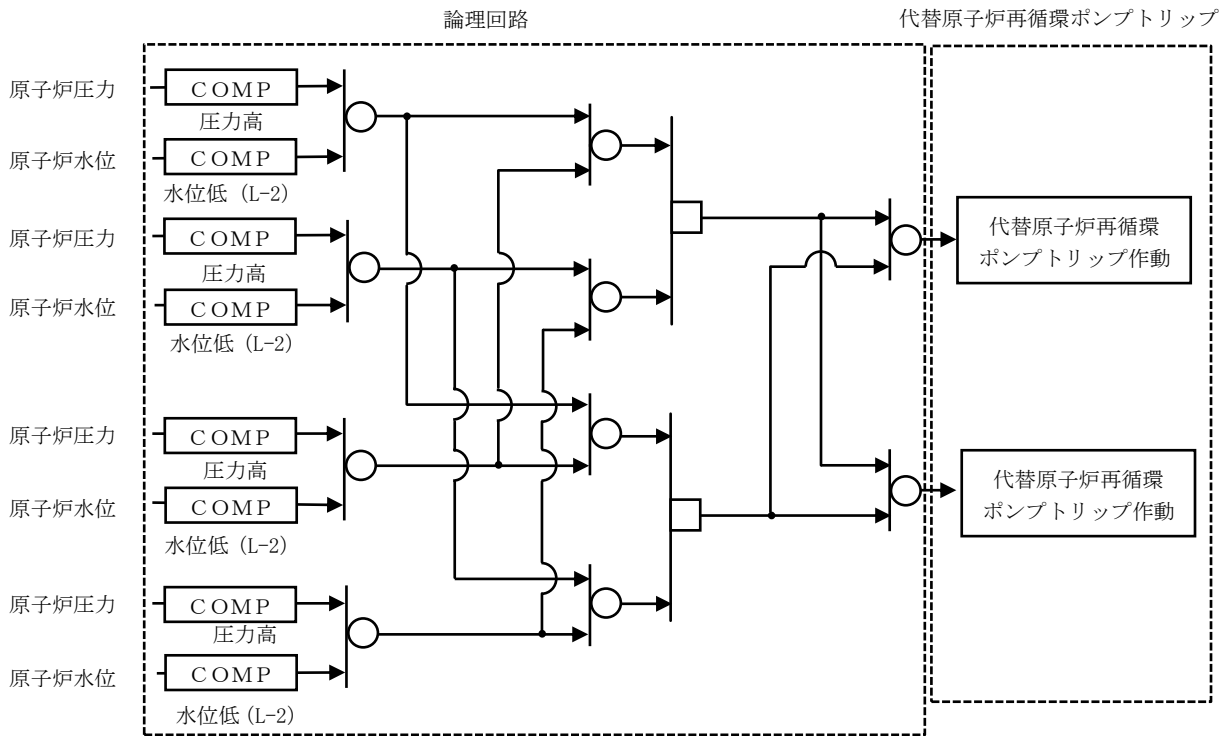


図1 誤動作率の評価に適用したロジックのモデル

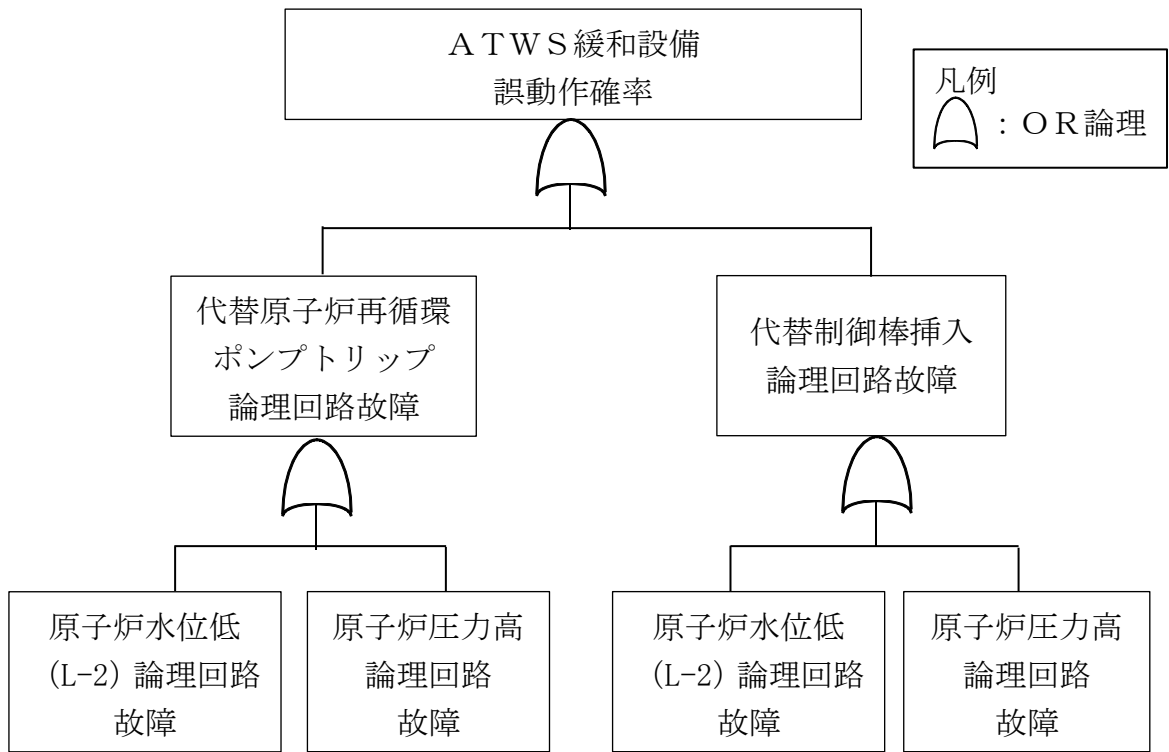


図2 誤動作確率評価フォールトツリー

2. 不動作の発生頻度

A T W S 緩和設備が動作を要求されるプラント状態に至った際に過渡時自動減圧機能が動作しない確率（不動作確率）を、フォールトツリーにより評価した。A T W S 緩和設備の不動作確率の評価に係る回路の概略図を図3に示す。また、フォールトツリーの概略図を図4に示す。

フォールトツリーを構築する際の考え方は、基本的に島根原子力発電所2号炉における確率論的リスク評価と同じ考え方とした。評価に関して適用した仮定及びデータ等は以下のとおり。

- ・回路の構成部品等、機器の故障率は、日本原子力技術協会「故障件数の不確実さを考慮した国内一般機器故障率の推定（2009年5月）（国内一般機器故障率21カ年データ）時間故障率」に記載の値を参照した。パラメータを表3に示す。
- ・共通原因故障（C C F）のモデル化にはM G L法を用いた。
- ・故障確率 $P = 1 + (1 / \lambda T) [\exp(-\lambda T) - 1]$ ($\approx \lambda T / 2$) で評価した。
(λ : 故障率, T : 健全性確認間隔)

また、この非信頼度と、内部事象P R AにおいてA T W S 緩和設備に期待する状況の発生頻度^{※1}の積をとることにより、原子炉スクラムに至る状態であって、安全保護系による原子炉の停止機能が喪失し、かつA T W S 緩和設備の故障により緩和機能が動作しない状態の発生頻度、つまりA T W S 緩和設備の不動作の頻度を求めた。

各回路の非信頼度を求めた結果を表4に示す。その結果、表4よりA T W S 緩和設備の非信頼度（不動作確率）は という評価結果となった。

A T W S 緩和設備の非信頼度（不動作確率）に、内部事象P R AにおいてA T W S 緩和設備に期待する状況の発生頻度 (6.4×10^{-10} / 炉年) を乗算することにより、A T W S 緩和設備の非信頼度（不動作の発生頻度） / 炉年 が求められ、信頼度は高いと考えられる。

※1 A T W S 緩和設備によって炉心損傷頻度の低下に期待する状況の発生頻度は、重大事故等対処設備には期待しない前提でのP R Aモデルから評価した。スクラムに至る各起因事象の発生頻度の和 (0.22 / 炉年) と原子炉保護系の非信頼度 (2.9×10^{-9} / 炉年) の積 (6.4×10^{-10} / 炉年) を当該状況の発生頻度とした。

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。

表3 各構成部品の故障率

| 構成部品 | 故障率 (不動作確率 (／時間)) ※2 | 健全性確認間隔 (／時間) |
|----------|-------------------------|------------------|
| 検出器 (圧力) | 2.9×10^{-9} | 8760 |
| 検出器 (水位) | 1.4×10^{-8} | 8760 |
| リレー | 1.5×10^{-9} | 8760 |
| 警報設定器 | 2.3×10^{-9} | 8760 |
| ヒューズ | 5.5×10^{-9} | 24※3 |
| 電源装置 | 6.6×10^{-9} | 24※3 |

※2 日本原子力技術協会「故障件数の不確かさを考慮した国内一般機器故障率の推定 (2009年5月) (国内一般故障率21ヵ年データ) 時間故障率」に記載の値を参照した。

※3 常時監視下で健全性が確認されていることから24時間で評価した。

表4 非信頼度の評価結果一覧

| 評価範囲※4 | 非信頼度 |
|---------------------|-------------------|
| 代替原子炉再循環ポンプトリップ論理回路 | [] |
| 代替制御棒挿入論理回路 | [] |
| A T W S 緩和設備の非信頼度 | [] [] / 炉年※5 |

※4 計装品が共通原因や電源等によって不動作に至る確率は各論理回路内で計算している。

※5 内部事象P R AにおいてA T W S 緩和設備に期待する状況の発生頻度 (6.4×10^{-10} / 炉年) を乗じることにより, A T W S 緩和設備の不動作の発生頻度を算出。

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。

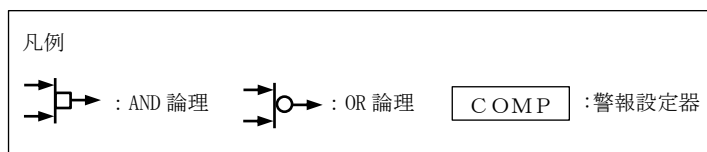
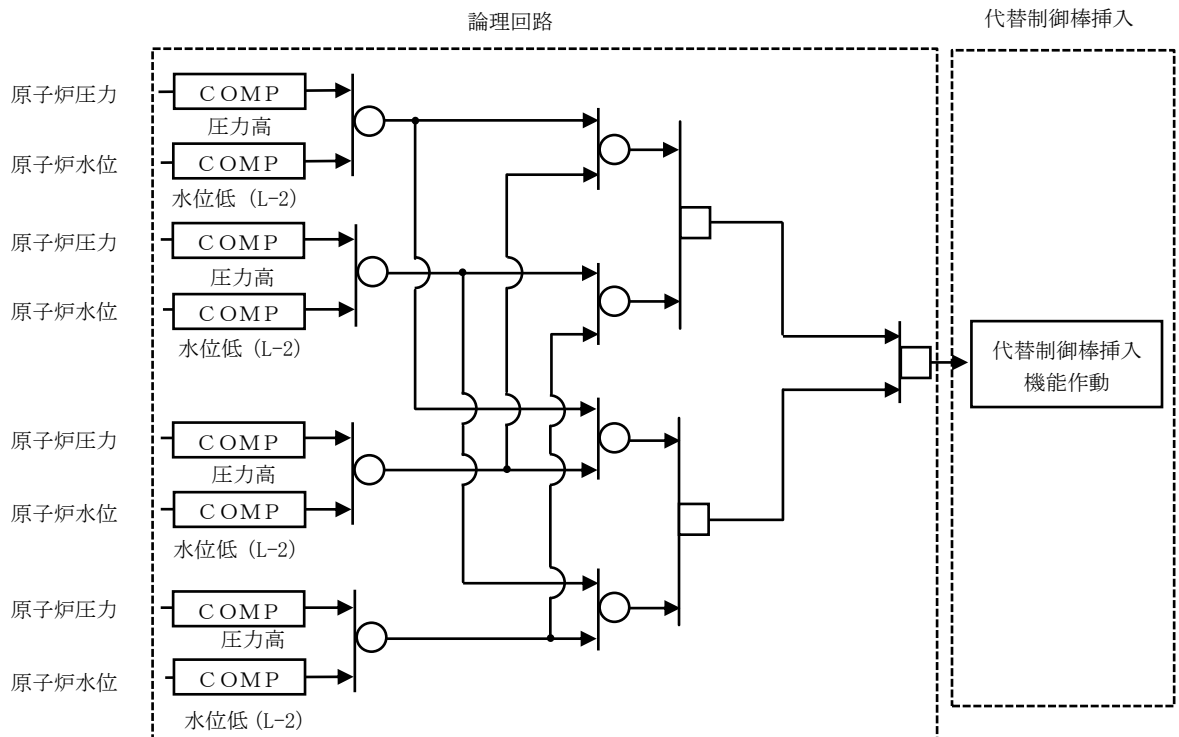
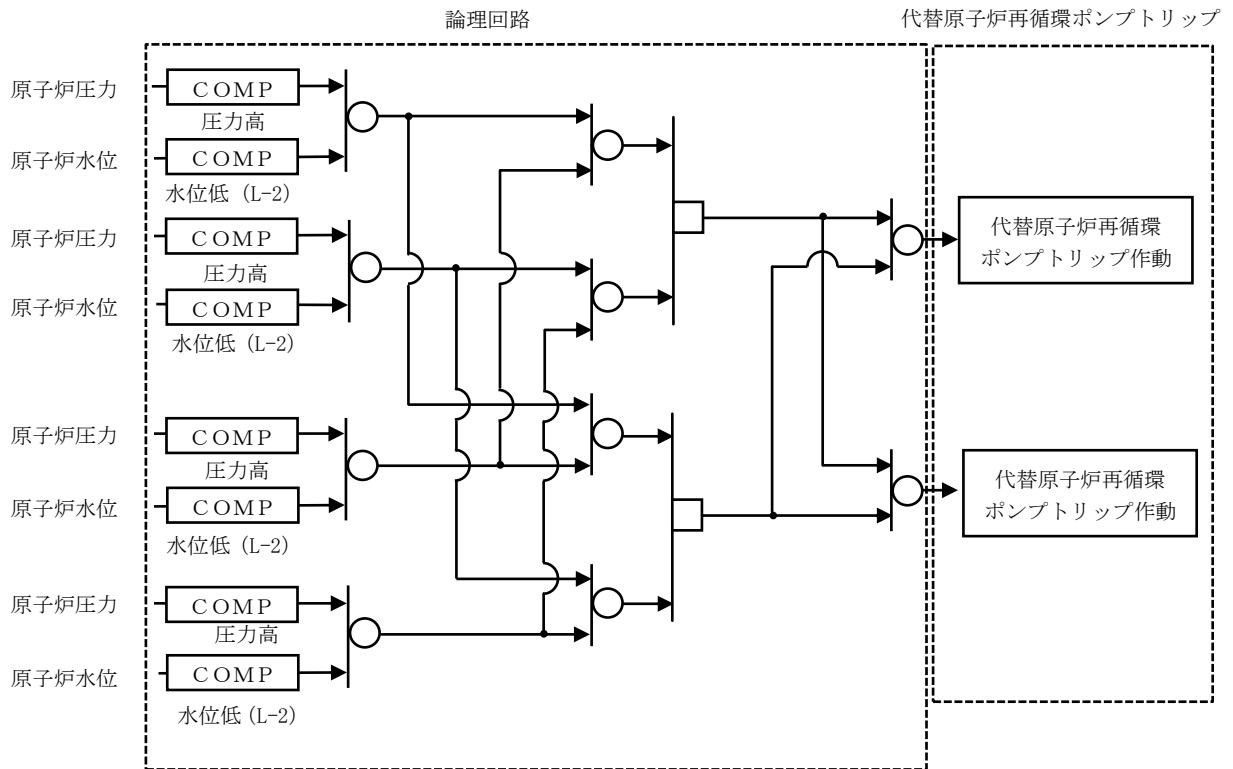
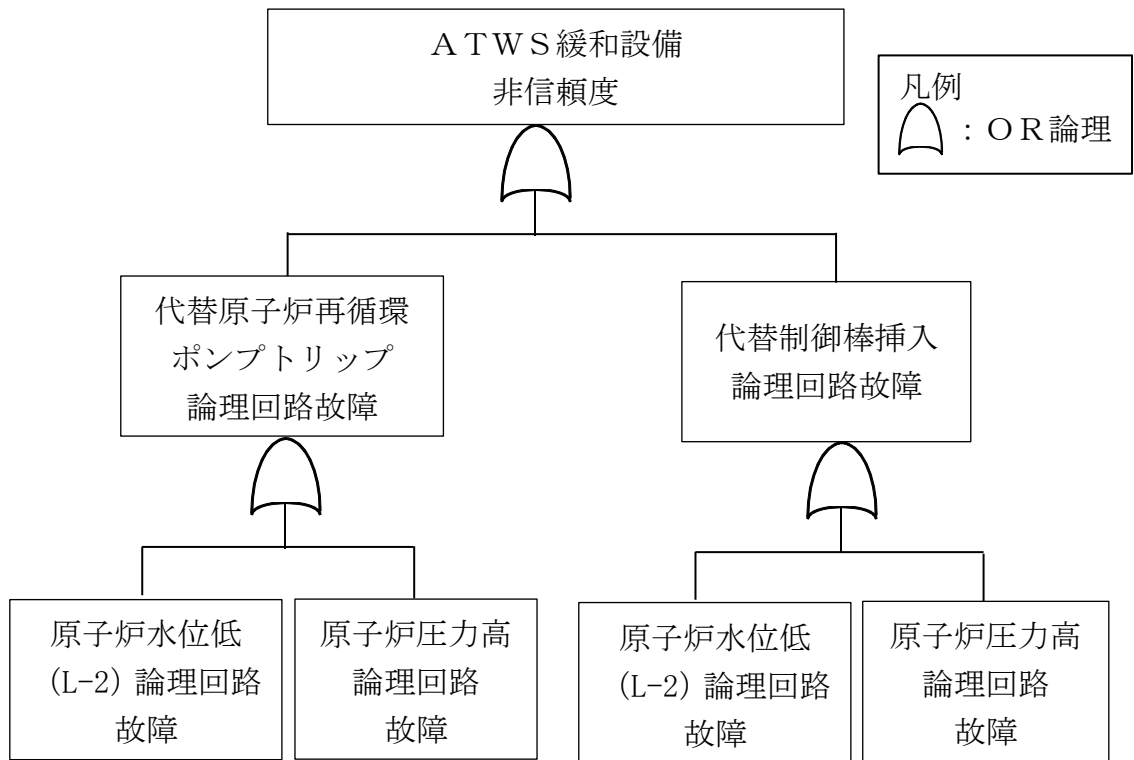


図3 非信頼度の評価に適用したロジックのモデル



※ 検出器の共通原因故障は各論理回路で考慮している。

図4 非信頼度評価フォールトツリー

代替制御棒挿入機能（A R I）による原子炉停止機能について

1. 代替制御棒挿入機能（A R I）の設計の基本的考え方

プラント過渡事象が発生し、通常のスラム機能が、電氣的な故障により喪失した場合に、後備の手段としてA R Iを作動させることにより原子炉停止機能を確保することとなる。

A R Iが作動した場合、S L Cを起動させる必要はないため、S L Cを起動させる操作の前に制御棒挿入が完了することが必要となる。

この要求を満足するためA R Iの設計目標として、

- ①代替制御棒挿入機能による制御棒の挿入は、検出信号がトリップ設定点に達してから 15 秒以内に開始されること。
- ②代替制御棒挿入機能による制御棒の挿入は、検出信号がトリップ設定点に達してから 25 秒以内に完了されること。

の考え方にに基づき、具体的な作動信号として、以下の設定とする。

- ・原子炉圧力高 設定圧力 7.41MPa
- ・原子炉水位低 設定水位レベル 2
- ・手動起動要求

なお、スラムによる制御棒の挿入と代替制御棒挿入機能による制御棒の挿入は、44-4 図 1 代替制御棒挿入機能の概念図に示すとおり、排気ラインの構成に違いがある。

2. A R Iによる原子炉停止機能の評価について

有効性評価の原子炉停止機能喪失の評価を参考に、A R Iによる原子炉停止機能の確認を行った。当評価に際して以下を解析条件とする。

- ・過渡事象は、初期の燃料被覆管温度の上昇という観点で最も厳しい主蒸気隔離弁閉を前提とする（有効性評価の前提と同じ）。
- ・A R Iは、保守的に上記 1. ②の条件に基づき、原子炉圧力がトリップ設定点に達してから 25 秒以内に制御棒の全挿入が完了するものとする。
- ・代替原子炉再循環ポンプトリップ機能の動作条件他、使用する解析コード含むその他の条件は、有効性評価における原子炉停止機能喪失と同じとする。

解析結果のまとめを表 1 に、燃料被覆管の温度変化を図 1 に示す。

本ケースでは、主蒸気隔離弁全閉により原子炉圧力が上昇して炉心内のボイドが減少し、正の反応度が投入され中性子束が上昇する。これに伴いM C P Rが低下し、事象発生後約 2.5 秒後に沸騰遷移が発生し、燃料被覆管温度が上昇する。その後、出力上昇によるボイド発生、原子炉圧力高で原子炉再循環ポン

プ（2台）がトリップし炉心流量が低下することにより炉心内のボイド率の増加に伴うボイドフィードバック及び出力上昇による燃料温度上昇に伴うドップラーフィードバックにより出力が低下する。このため燃料被覆管はリウエットし、燃料被覆管の温度が低下する。これら挙動は有効性評価の原子炉停止機能喪失と全く同じ挙動となる。その後、25 秒後にはA R I による制御棒挿入が完了することから出力が低下し事象は収束する。このため有効性評価において見られた給水過熱喪失による出力上昇（事象発生から 60 秒以降）は発生せず、燃料被覆温度は申請解析と同様となる。なお、本評価では保守的に事象発生後 25 秒にA R I による制御棒挿入が完了するとの前提としたが、約 2.5 秒後にはA R I 動作設定圧力（原子炉圧力高）に到達することから、燃料被覆管温度は本評価より低く抑えられる。

表1 解析結果（主蒸気隔離弁誤閉止）

| 項目 | 解析結果 (有効性評価結果) | 解析結果 (A R I ケース) | 判断基準 |
|----------|----------------------|----------------------|---------|
| 燃料被覆管温度 | 約 818℃ (13 ノード位置) | 約 818℃ (13 ノード位置) | 1200℃以下 |
| 燃料被覆管酸化量 | 1%以下 (14 ノード位置) | 1%以下 (14 ノード位置) | 15%以下 |

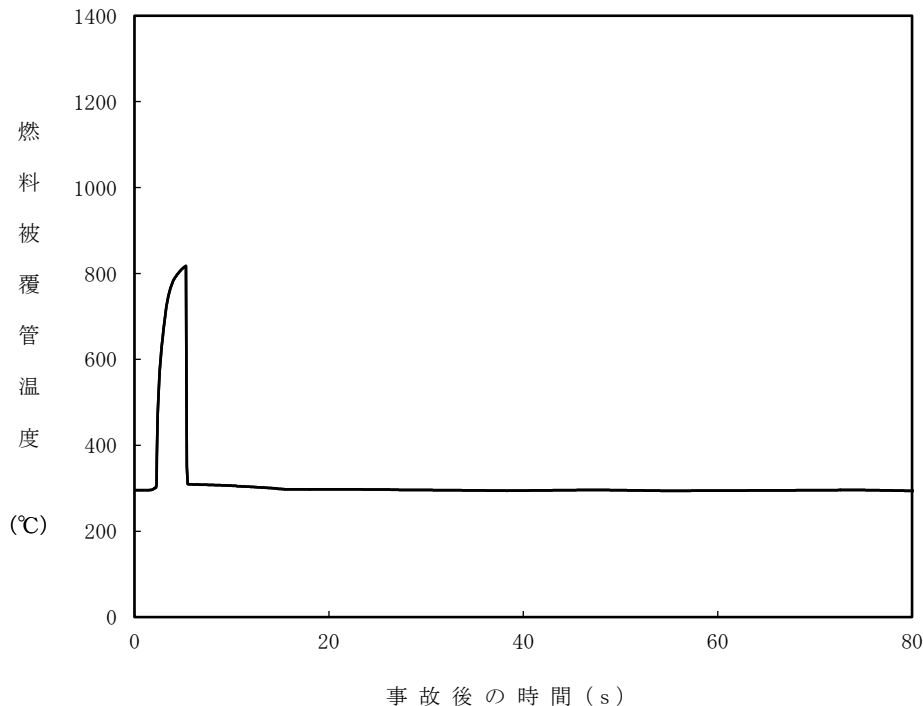


図1 燃料被覆管温度変化（主蒸気隔離弁閉止[A R I ケース]）

48 条 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備

目次

- 48-1 S A設備基準適合性 一覧表
- 48-2 単線結線図
- 48-3 配置図
- 48-4 系統図
- 48-5 試験及び検査
- 48-6 容量設定根拠
- 48-7 接続図
- 48-8 保管場所図
- 48-9 アクセスルート図
- 48-10 その他設備

48-1 S A設備基準適合性 一覽表

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (可搬型)

| | | | | | | | |
|------------------------------|-------------|--------------------------------------|--|---------------------------------|--|-------------------------------|-----|
| 48条： 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備 | | 大型送水ポンプ車 | | 類型化 区分 | | | |
| 第 43 条 | 第 1 項 | 第 1 号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | 屋外設備 | D | |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — | |
| | | | | 海水 | 常時海水を通水又は海で使用 | I | |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — | |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — | |
| | | | | 関連資料 | 48-3 配置図, 48-4 系統図, 48-7 接続図, 48-8 保管場所図 | | |
| | | 第 2 号 | 操作性 | | 工具, 設備の運搬・設置, 操作スイッチ操作, 弁操作, 接続作業 | B b, B c, B d, B f, B g | |
| | | | 関連資料 | | 48-3 配置図, 48-4 系統図, 48-7 接続図 | | |
| | | 第 3 号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | | ポンプ | A | |
| | | | 関連資料 | | 48-5 試験及び検査 | | |
| | | 第 4 号 | 切り替え性 | | 本来の用途として使用一切替操作が必要 | B a | |
| | | | 関連資料 | | 48-4 系統図 | | |
| | | 第 5 号 | 悪 影 響 防 止 | 系統設計 | | 通常時は隔離又は分離 | A b |
| | | | | その他 (飛散物) | | 高速回転機器 | B b |
| | 関連資料 | | | 48-3 配置図, 48-4 系統図, 48-5 試験及び検査 | | | |
| | 第 6 号 | 設置場所 | | 現場操作 (設置場所) | A a | | |
| | | 関連資料 | | 48-3 配置図, 48-7 接続図 | | | |
| | 第 3 項 | 第 1 号 | 可搬型 SA の容量 | | 原子炉建物の外から水又は電力を供給する可搬型設備 | A | |
| | | | 関連資料 | | 48-6 容量設定根拠 | | |
| | | 第 2 号 | 可搬型 SA の接続性 | | より簡便な接続 | C | |
| | | | 関連資料 | | 48-3 配置図, 48-7 接続図 | | |
| | | 第 3 号 | 異なる複数の接続箇所の確保 | | 単独の機能で使用 | A b | |
| | | | 関連資料 | | 48-7 接続図 | | |
| | | 第 4 号 | 設置場所 | | (放射線量の高くなるおそれの少ない場所の選定) | — | |
| | | | 関連資料 | | 48-3 配置図, 48-7 接続図 | | |
| | | 第 5 号 | 保管場所 | | 屋外 (共通要因の考慮対象設備あり) | B a | |
| | | | 関連資料 | | 48-3 配置図, 48-8 保管場所図 | | |
| | | 第 6 号 | アクセスルート | | 屋外アクセスルートの確保 | B | |
| 関連資料 | | | 48-9 アクセスルート図 | | | | |
| 第 7 号 | | 共 通 要 因 故 障 防 止 | 環境条件, 自然現象, 外 部人為事象, 溢水, 火災 | | 防止設備—対象 (代替対象D B設備あり) —屋外 | A b | |
| | | | サポート系要因 | | 対象 (サポート系あり) —異なる駆動源又は冷却源 | C a | |
| | 関連資料 | | 48-3 配置図, 48-4 系統図, 48-7 接続図, 48-8 保管場所図 | | | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (可搬型)

| | | | | | | | |
|------------------------------|------|------------|--|---------------------------------|--|----------------------------------|-----|
| 48条： 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備 | | 移動式代替熱交換設備 | | 類型化 区分 | | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | 屋外設備 | D | |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — | |
| | | | | 海水 | 常時海水を通水又は海で使用 | I | |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — | |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — | |
| | | | | 関連資料 | 48-3 配置図, 48-4 系統図, 48-7 接続図, 48-8 保管場所図 | | |
| | | 第2号 | 操作性 | | 中央制御室操作工具, 設備の運搬・設置, 操作スイッチ操作, 弁操作, 接続作業 | A, B b, B c, B d, B f, B g | |
| | | | 関連資料 | | 48-3 配置図, 48-4 系統図, 48-7 接続図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | | ポンプ, 弁 (電動弁・手動弁), 熱交換器 | A, B, D | |
| | | | 関連資料 | | 48-5 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | | 本来の用途として使用一切替操作が必要 | B a | |
| | | | 関連資料 | | 48-4 系統図 | | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | | 通常時は隔離又は分離 | A b |
| | | | | その他 (飛散物) | | 高速回転機器 | B b |
| | 関連資料 | | | 48-3 配置図, 48-4 系統図, 48-5 試験及び検査 | | | |
| | 第6号 | 設置場所 | | 現場操作 (設置場所), 中央制御室操作 | A a, B | | |
| | | 関連資料 | | 48-3 配置図, 48-7 接続図 | | | |
| | 第3項 | 第1号 | 可搬型 SA の容量 | | 原子炉建物の外から水又は電力を供給する可搬型設備 | A | |
| | | | 関連資料 | | 48-6 容量設定根拠 | | |
| | | 第2号 | 可搬型 SA の接続性 | | フランジ接続 | B | |
| | | | 関連資料 | | 48-3 配置図, 48-7 接続図 | | |
| | | 第3号 | 異なる複数の接続箇所の確保 | | 単独の機能で使用 | A b | |
| | | | 関連資料 | | 48-7 接続図 | | |
| | | 第4号 | 設置場所 | | (放射線量の高くなるおそれの少ない場所の選定) | — | |
| | | | 関連資料 | | 48-3 配置図, 48-7 接続図 | | |
| | | 第5号 | 保管場所 | | 屋外 (共通要因の考慮対象設備あり) | B a | |
| | | | 関連資料 | | 48-3 配置図, 48-8 保管場所図 | | |
| | | 第6号 | アクセスルート | | 屋外アクセスルートの確保 | B | |
| 関連資料 | | | 48-9 アクセスルート図 | | | | |
| 第7号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | | 防止設備一対象 (代替対象D B設備あり) —屋外 | A b | |
| | | | サポート系要因 | | 対象 (サポート系あり) —異なる駆動源又は冷却源 | C a | |
| | 関連資料 | | 48-2 単線結線図, 48-3 配置図, 48-4 系統図, 48-7 接続図, 48-8 保管場所図 | | | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| 48条： 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備 | | 原子炉補機冷却水ポンプ (設計基準拡張) | | 類型化 区分 | | |
|------------------------------|-----|-------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----|
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力 ／屋外の天候／放射線 | その他の建物内設備 | C |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | — | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | 関連資料 | — | | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | ポンプ, 弁 (電動弁) | A, B | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | DB施設と同様の系統構成 | A d | |
| | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | | |
| | | 関連資料 | — | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第3号 | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象外 (共通要因の考慮対象設備なし) | 対象外 |
| | | | | サポート系要因 | 対象外 (サポート系なし) | — |
| | | | | 関連資料 | — | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| 48条： 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備 | | 原子炉補機海水ポンプ (設計基準拡張) | | 類型化 区分 | | |
|------------------------------|-----|------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----|
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | 屋外設備 | D |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 常時海水を通水又は海で使用 | I |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | — | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | 関連資料 | — | | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | ポンプ, 弁 (電動弁) | A, B | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | DB施設と同じ系統構成 | A d | |
| | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | | |
| | | 関連資料 | — | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第3号 | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象外 (共通要因の考慮対象設備なし) | 対象外 |
| | | | | サポート系要因 | 対象外 (サポート系なし) | — |
| | | | | 関連資料 | — | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| 48条： 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備 | | 原子炉補機冷却水系熱交換器 (設計基準拡張) | | 類型化 区分 | | |
|------------------------------|-----|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----|
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | その他の建物内設備 | C |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | - |
| | | | | 海水 | 常時海水を通水又は海で使用 | I |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | - |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | - |
| | | | | 関連資料 | - | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | 関連資料 | - | | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | 弁, 熱交換器 | B, D | |
| | | | 関連資料 | - | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | | 関連資料 | - | | |
| | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | DB施設と同様の系統構成 | A d | |
| | | | その他(飛散物) | 対象外 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | - | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | | |
| | | 関連資料 | - | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設SAの容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B | |
| | | | 関連資料 | - | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | - | | |
| | | 第3号 | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備-対象外(共通要因の考慮対象設備なし) | 対象外 |
| | | | | サポート系要因 | 対象外(サポート系なし) | - |
| | | | | 関連資料 | - | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| 48条： 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備 | | 高圧炉心スプレィ補機冷却水ポンプ (設計基準拡張) | | 類型化 区分 | | |
|------------------------------|------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----|
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | その他の建物内設備 | C |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | — | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | 関連資料 | — | | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | ポンプ, 弁 (電動弁) | A, B | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | 関連資料 | | — | | | |
| | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | DB施設と同様の系統構成 | A d | |
| | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | | |
| | | 関連資料 | — | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象外 (共通要因の考慮対象設備なし) | 対象外 | |
| | | | サポート系要因 | 対象外 (サポート系なし) | — | |
| | | | 関連資料 | — | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)


| 48条： 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備 | | 高圧炉心スプレィ補機海水ポンプ (設計基準拡張) | | 類型化 区分 | | |
|------------------------------|-----|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----|
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/屋外の天候/放射線 | 屋外設備 | D |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | - |
| | | | | 海水 | 常時海水を通水又は海で使用 | I |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | - |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | - |
| | | | | 関連資料 | - | - |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | 関連資料 | - | - | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | ポンプ, 弁 | A, B | |
| | | | 関連資料 | - | - | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | | 関連資料 | - | - | |
| | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | DB施設と同様の系統構成 | A d | |
| | | | その他(飛散物) | 対象外 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | - | - | |
| | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | | |
| | | 関連資料 | - | - | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設SAの容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B | |
| | | | 関連資料 | - | - | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | - | - | |
| | | 第3号 | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備-対象外(共通要因の考慮対象設備なし) | 対象外 |
| | | | | サポート系要因 | 対象外(サポート系なし) | - |
| | | | | 関連資料 | - | - |


島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|------------------------------|------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----|
| 48条： 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備 | | 高圧炉心スプレィ補機冷却系熱交換器 (設計基準拡張) | | 類型化 区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | その他の建物内設備 | C |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 常時海水を通水又は海で使用 | I |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | — | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | 弁, 熱交換器 | B, D | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | D B施設と同様の系統構成 | A d |
| | | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | |
| | | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B |
| | 関連資料 | | | — | | |
| | 第2号 | | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象外 (共通要因の考慮対象設備なし) | 対象外 |
| | | | | サポート系要因 | 対象外 (サポート系なし) | — |
| | | 関連資料 | | — | | |

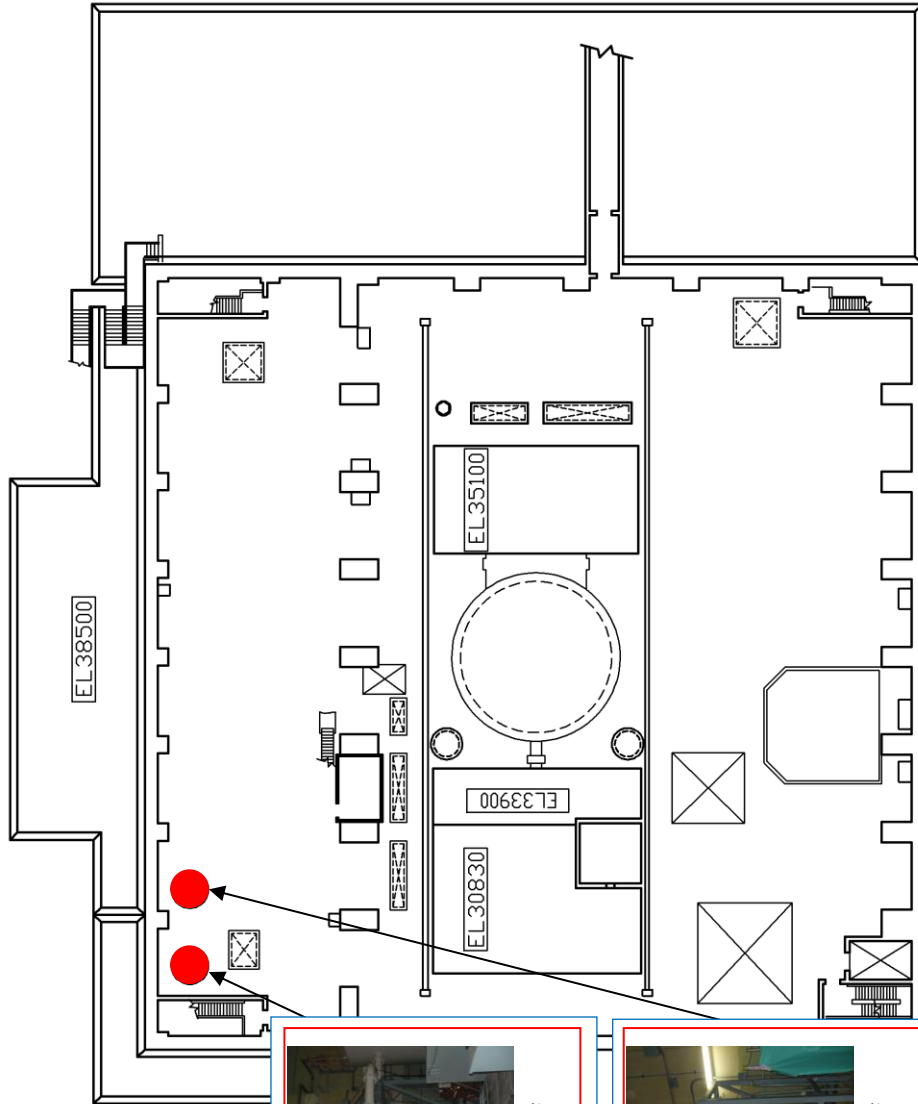
48-2 単線結線図

48-3 配置図

 : 設計基準対象施設

 : 重大事故等対処設備

【原子炉補機代替冷却系】



原子炉建物 4 階 EL. 42800

図1 原子炉建物 4 階

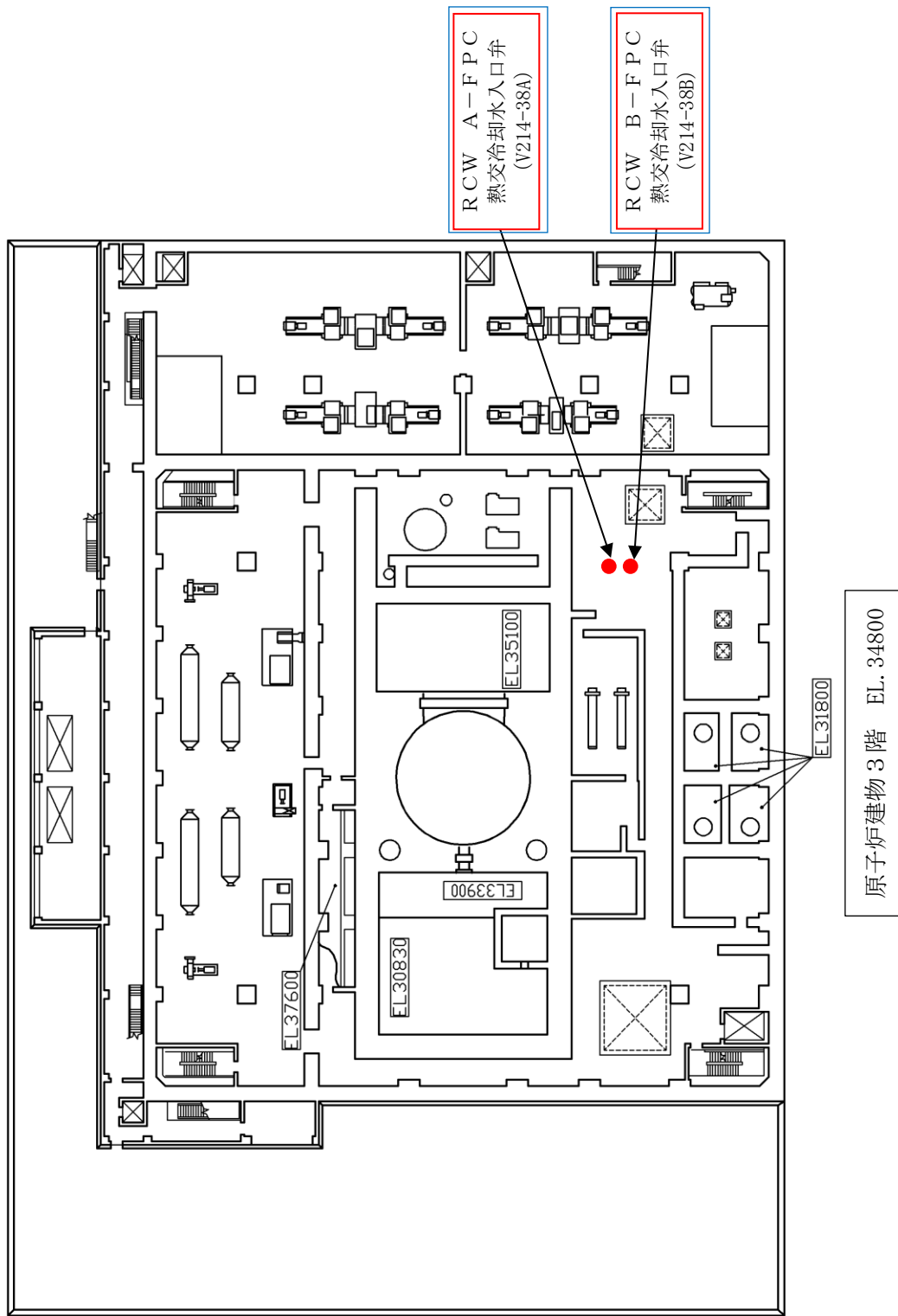
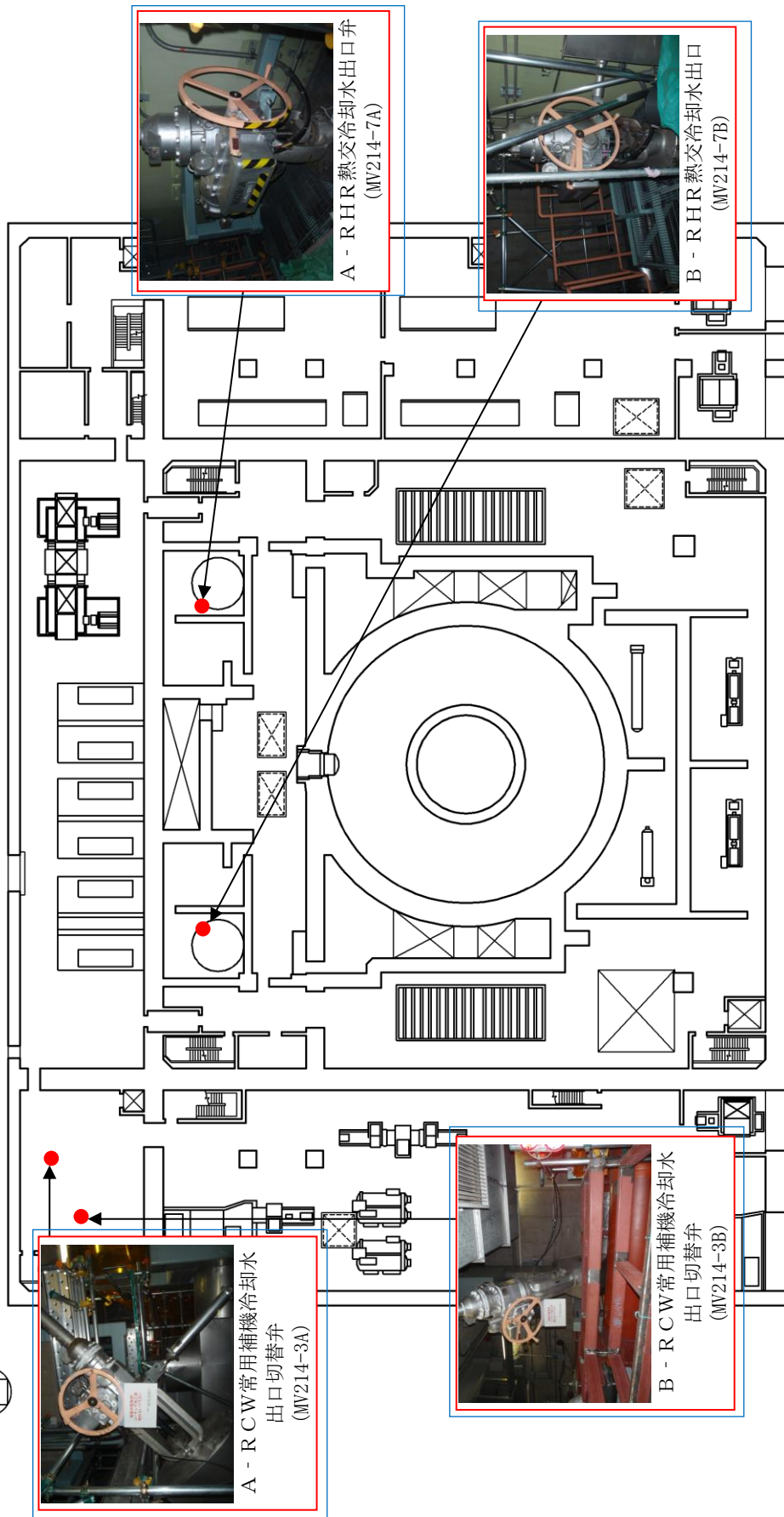


図2 原子炉建物 3階

PN



原子炉建物 2階 EL. 23800

図3 原子炉建物 2階

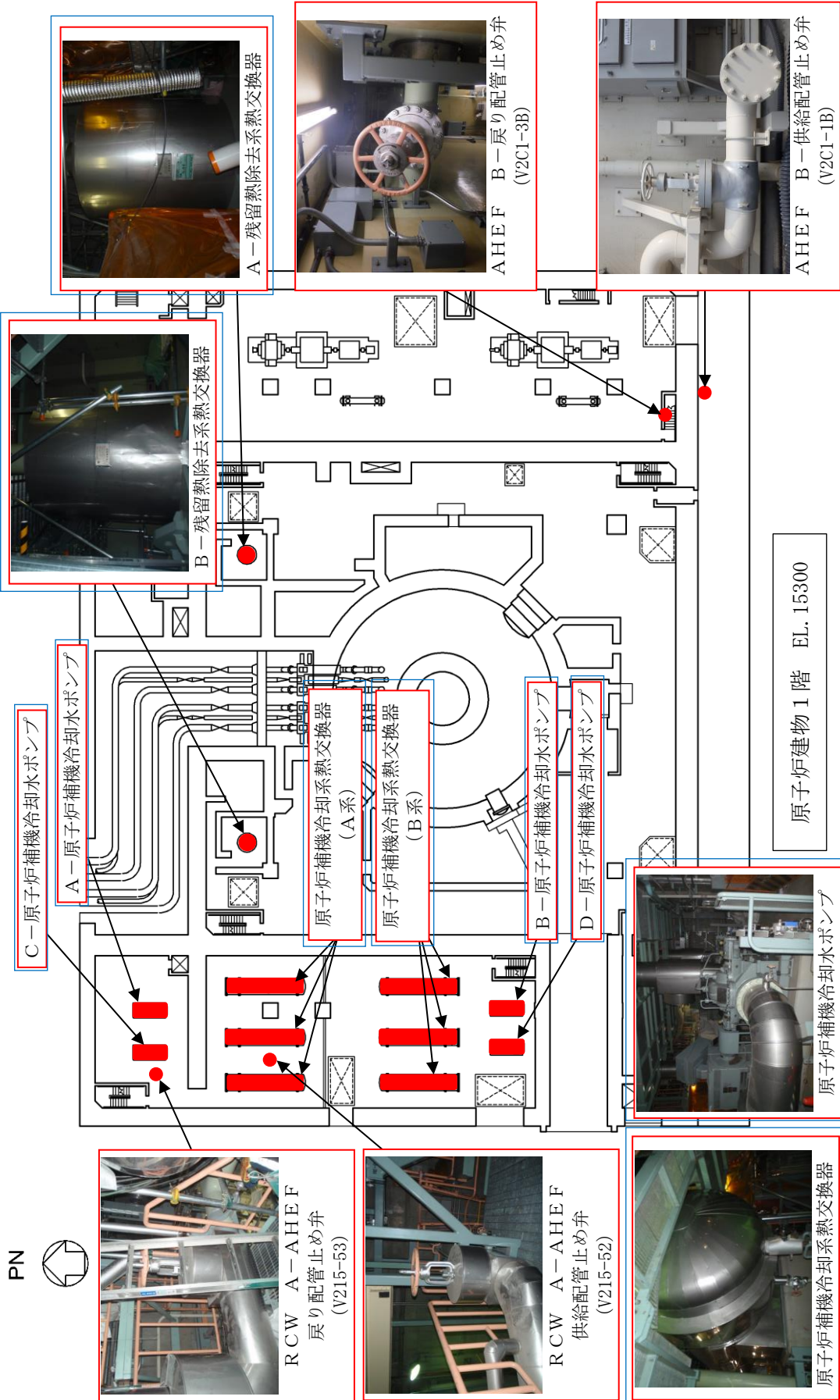
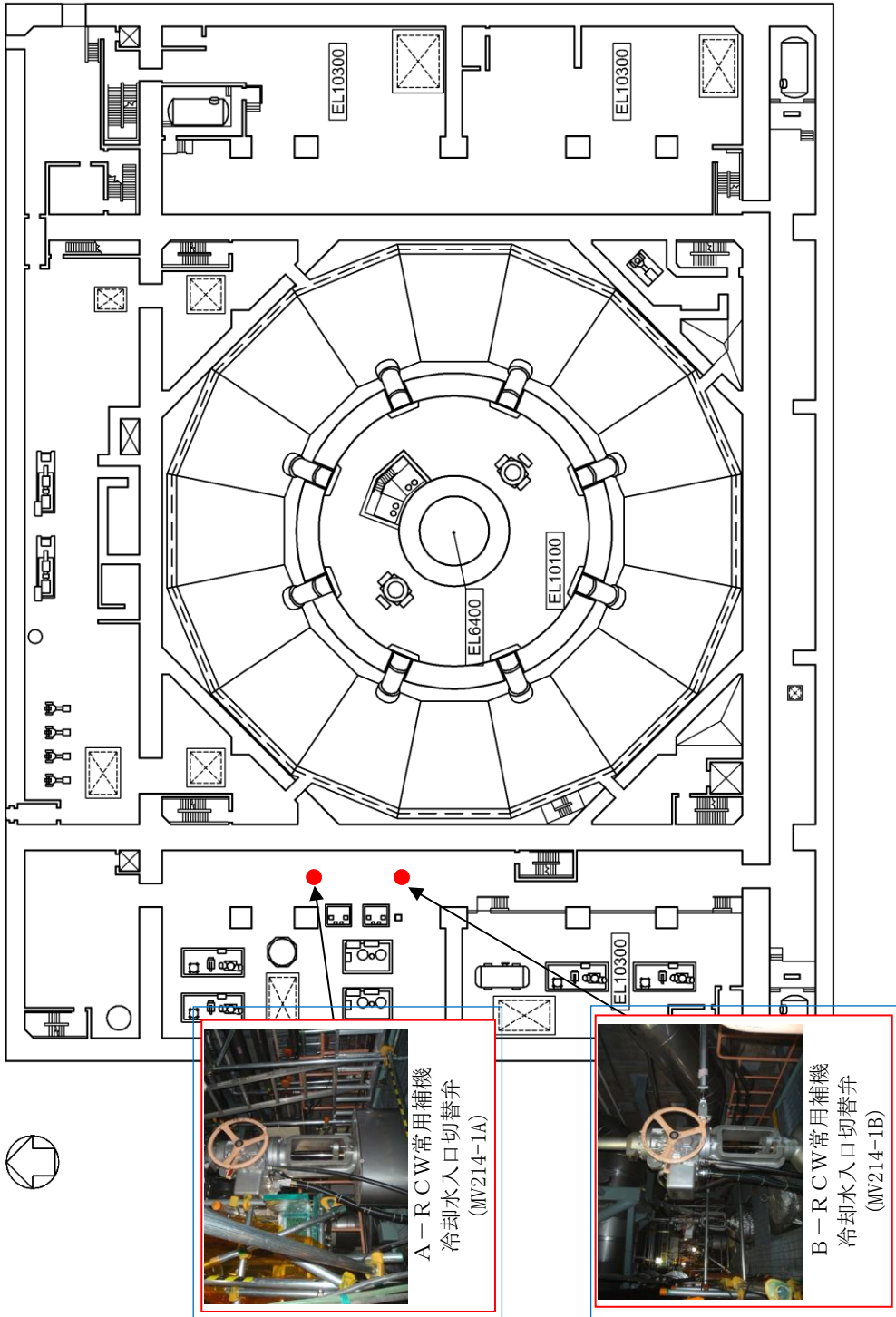


図4 原子炉建物 1階

PN



原子炉建物地下1階 EL. 8800

図5 原子炉建物地下1階

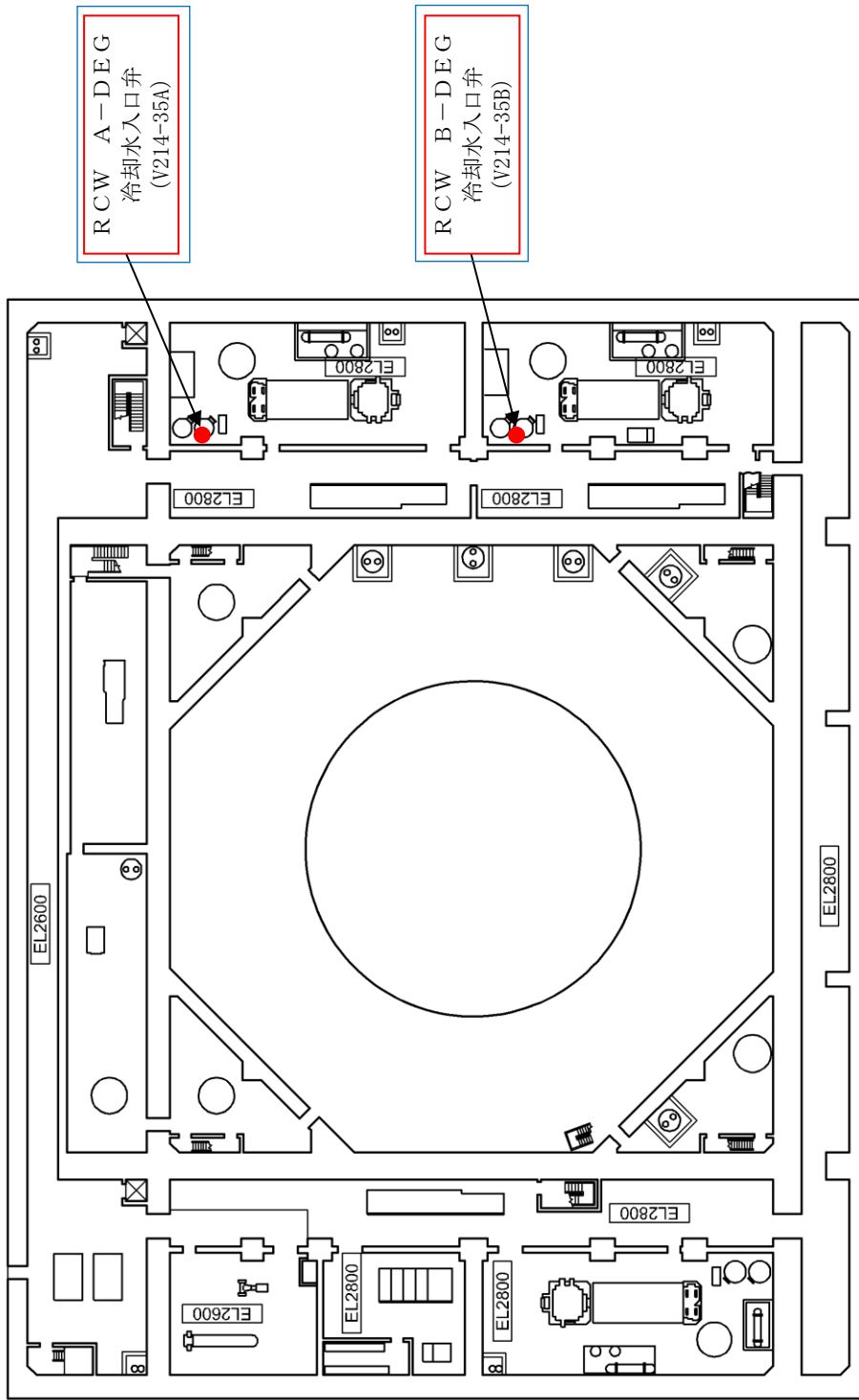
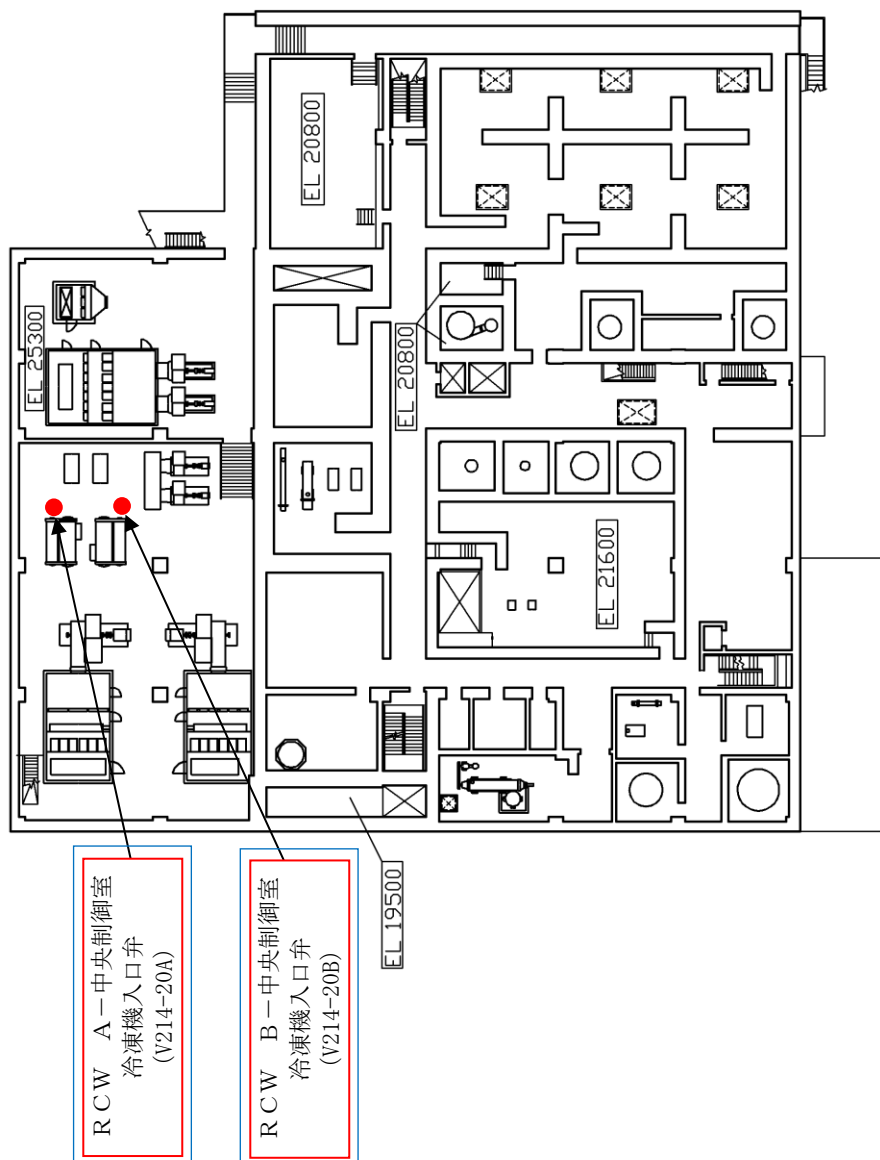


図6 原子炉建物地下2階

PN



廃棄物処理建物 2 階 EL. 22100

図 7 廃棄物処理建物 2 階

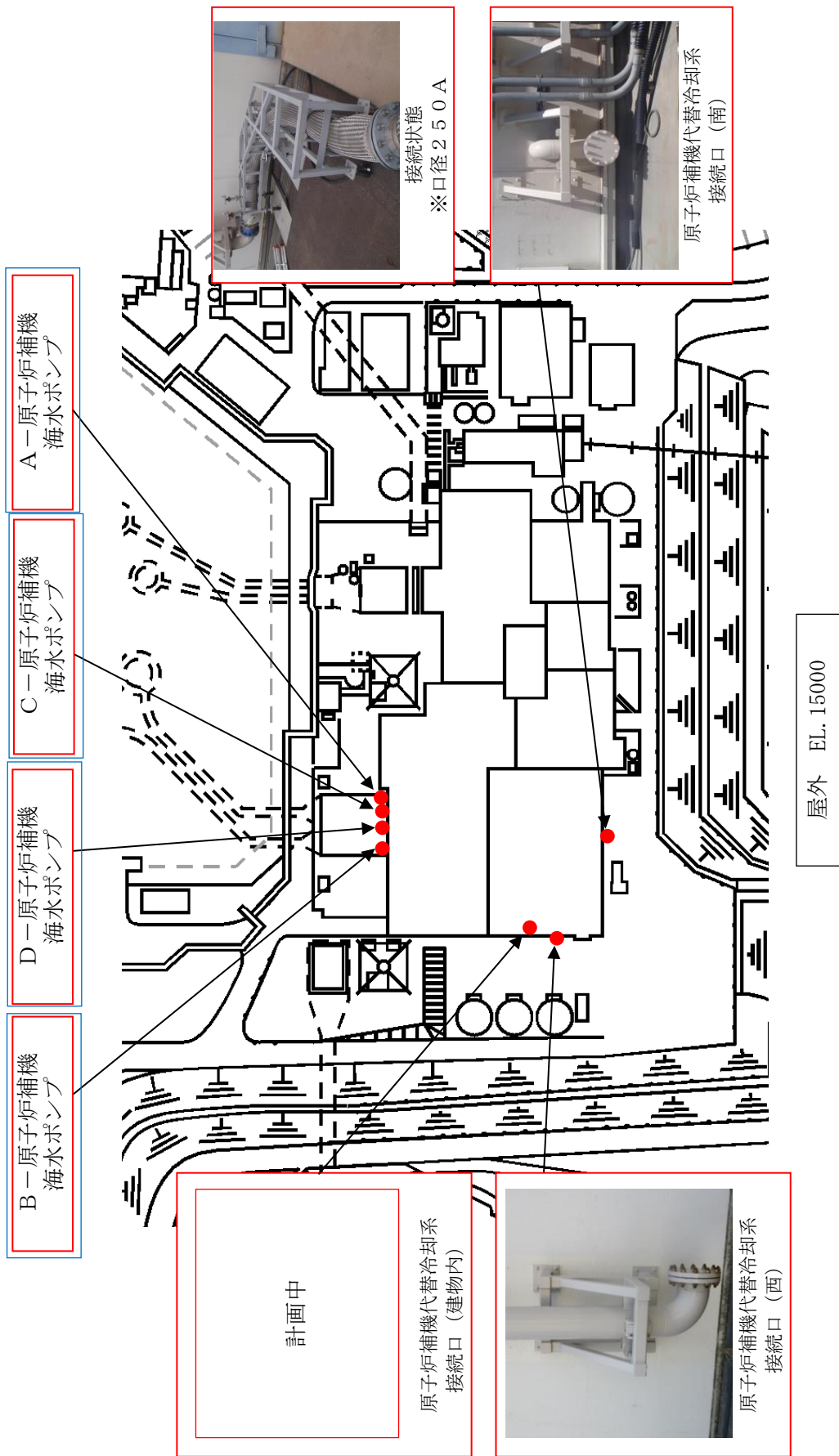


図8 原子炉補機代替冷却系 接続口配置図

【格納容器フィルタベント系】

★ 弁設置位置 ● 遠隔手動弁操作機構 — 遠隔手動弁操作機構



NGC 非常用ガス処理
入口隔離弁 (第2弁)
(MV 2 1 7 - 1 8)
遠隔操作位置
(設置予定場所)

NGC 非常用ガス処理
入口隔離弁バイパス弁
(第2弁バイパス弁)
(MV 2 1 7 - 2 3)
遠隔操作位置
(設置予定場所)



SGT FCVS
第1ベントフィルタ入口弁 (第3弁)
(MV 2 2 6 - 1 3)
遠隔操作位置
(設置予定場所)

SGT FCVS
第1ベントフィルタ入口弁 (第3弁)
(MV 2 2 6 - 1 3)



NGC 非常用ガス処理
入口隔離弁 (第2弁)
(MV 2 1 7 - 1 8)
NGC 非常用ガス処理
入口隔離弁バイパス弁
(第2弁バイパス弁)
(MV 2 1 7 - 2 3)

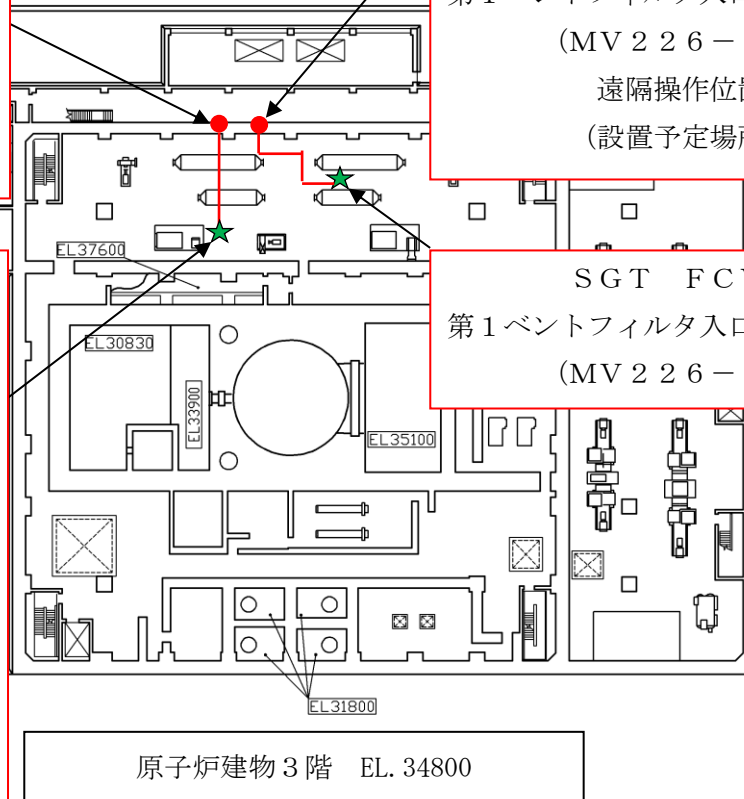
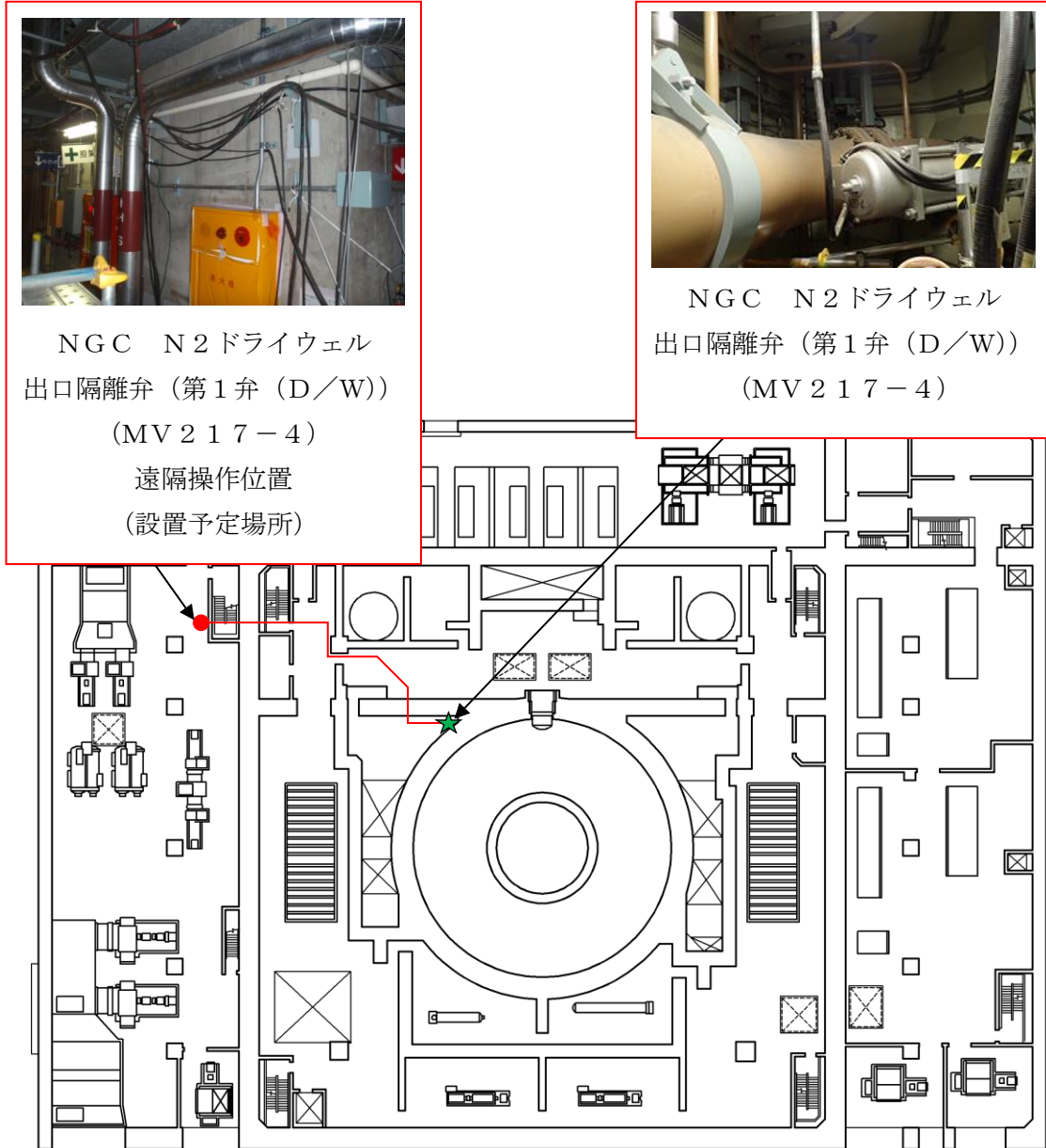


図9 原子炉建物3階

★ 弁設置位置 ● 遠隔手動弁操作機構 — 遠隔手動弁操作機構



原子炉建物 2階 EL. 23800

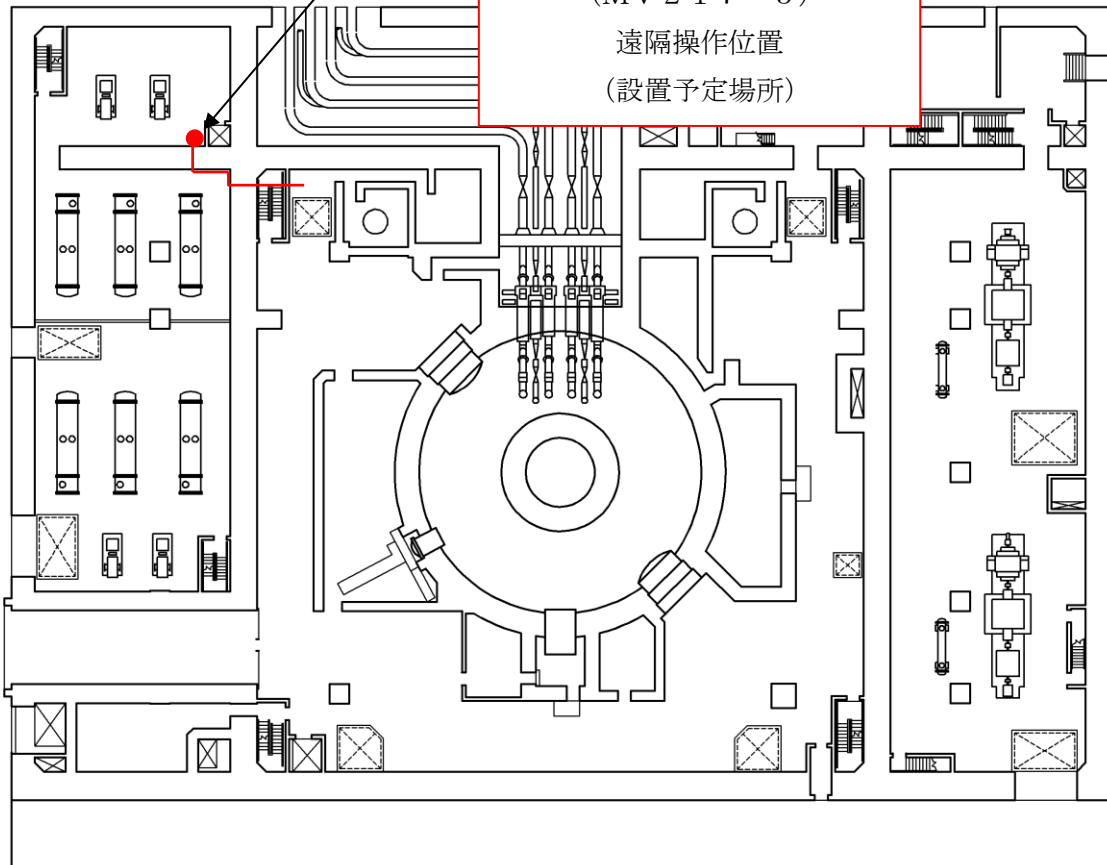
図 10 原子炉建物 2階

● 遠隔手動弁操作機構

— 遠隔手動弁操作機構



NGC N2 トーラス
出口隔離弁 (第1弁 (W/W))
(MV 2 1 7 - 5)
遠隔操作位置
(設置予定場所)



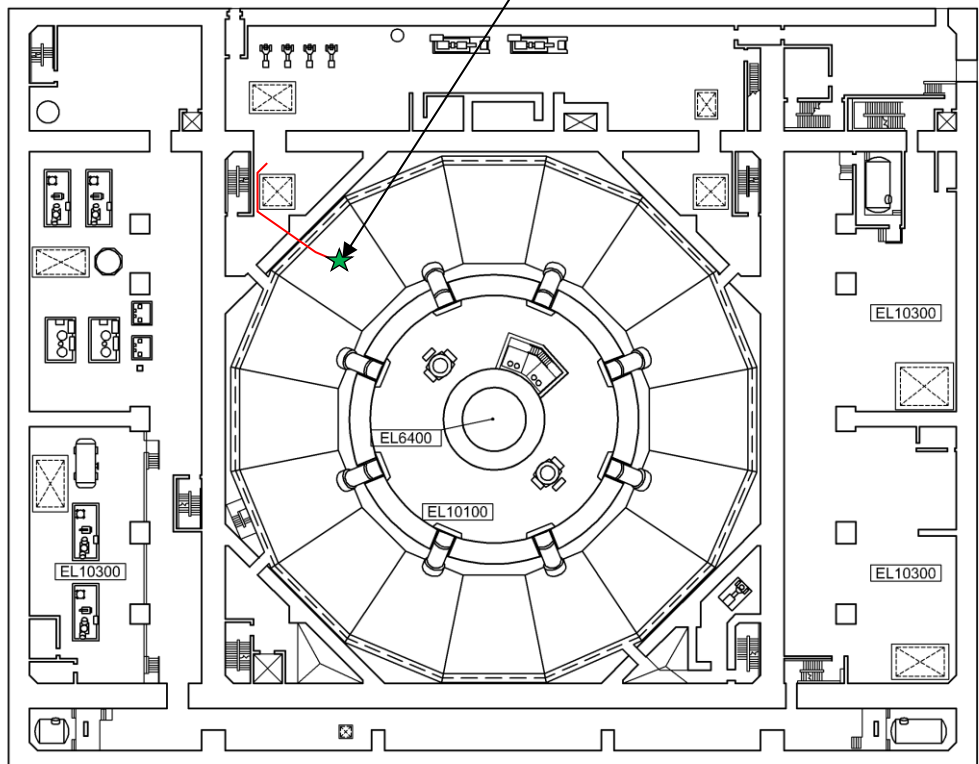
原子炉建物 1 階 EL. 15300

図 11 原子炉建物 1 階

★ 弁設置位置 — 遠隔手動弁操作機構



NGC N2 トーラス出口隔離弁
(第1弁 (W/W))
(MV 2 1 7-5)



原子炉建物地下1階 EL. 8800

図 12 原子炉建物地下1階

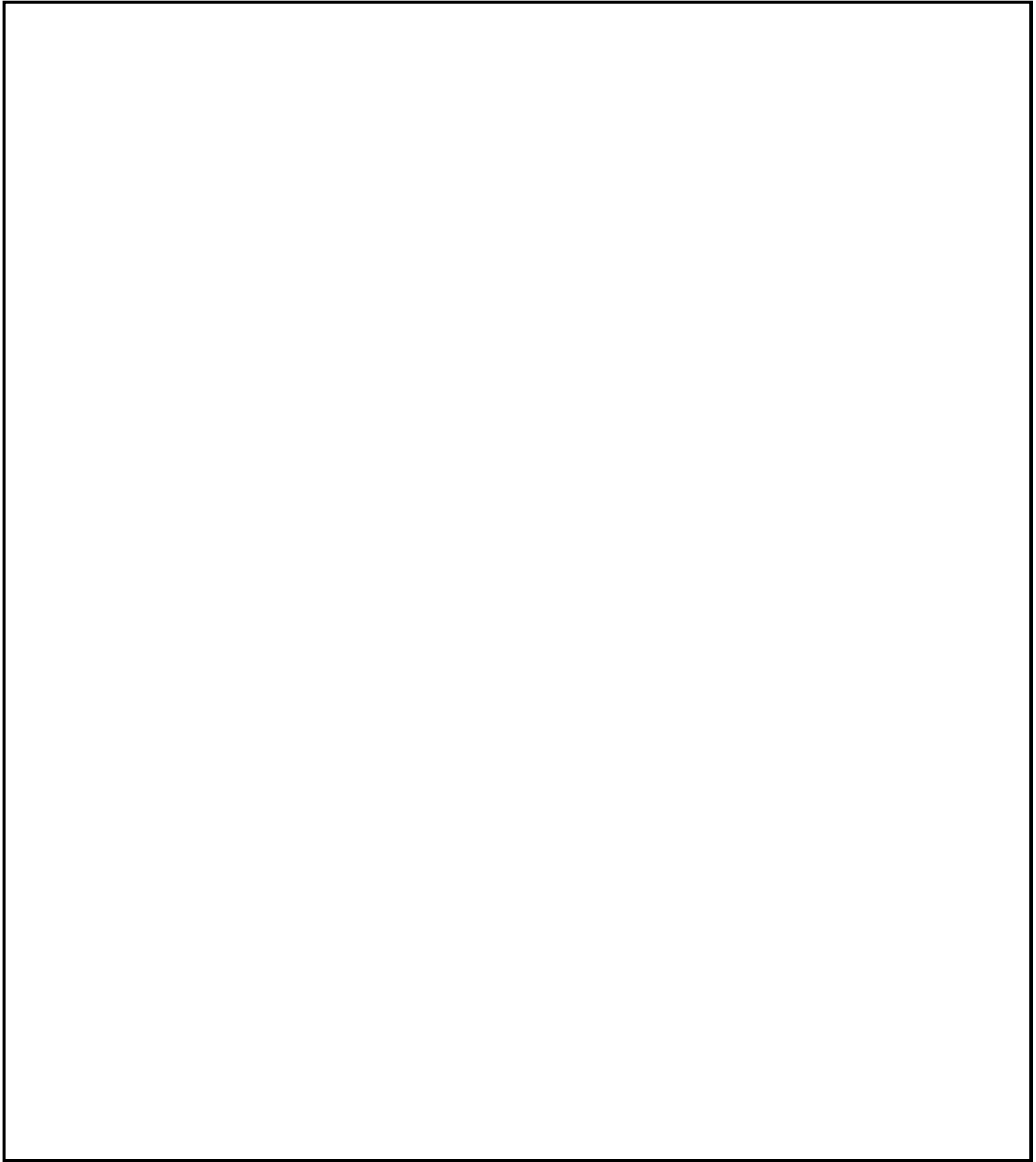


図 13 真空破壊装置設置位置図

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。

48-4
系統図

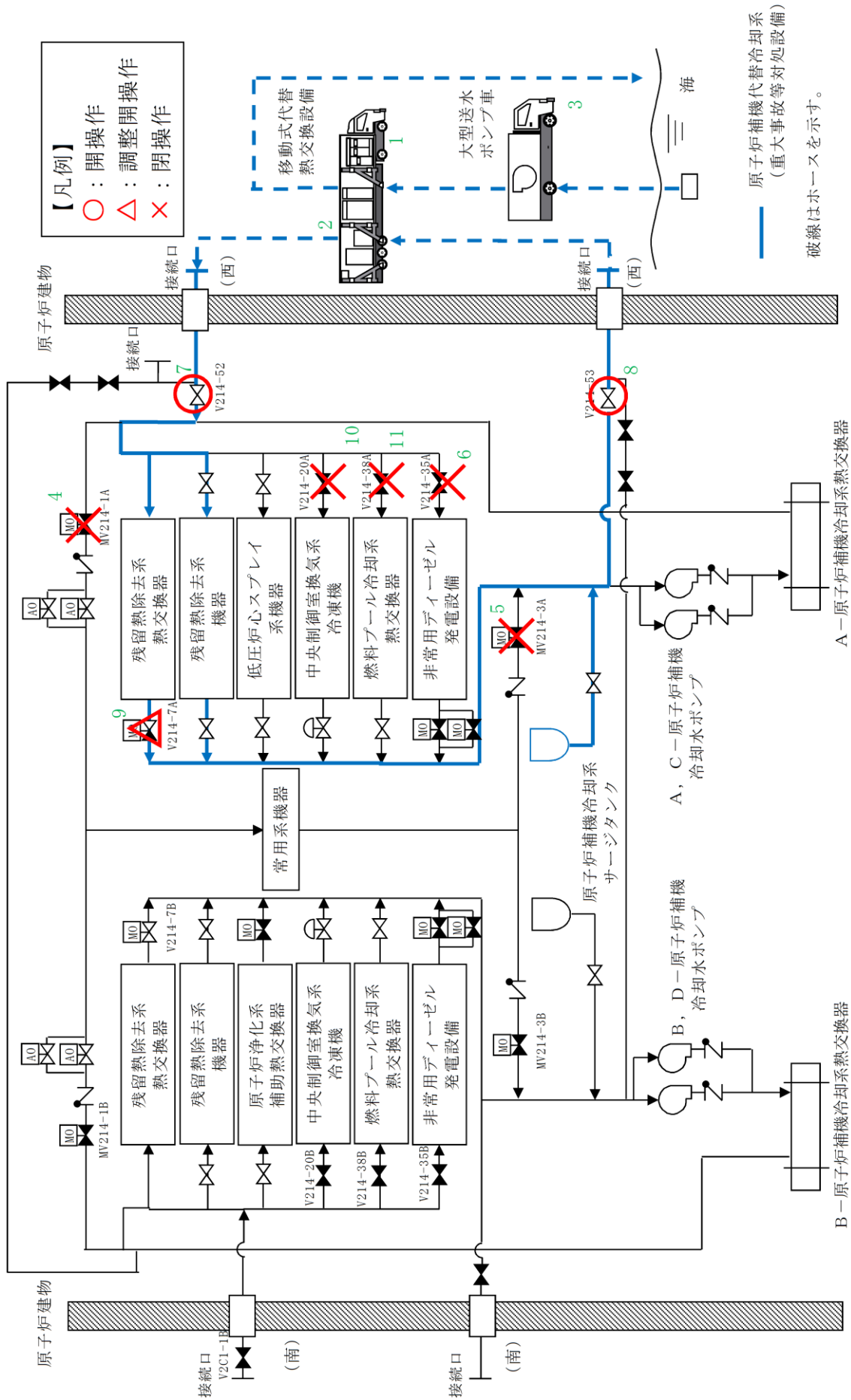


図1 原子炉補機代替冷却系 系統概要図 (A系)

表 1 原子炉補機代替冷却系機器リスト (A系)

| No. | 機器名称 |
|-----|-------------------------|
| 1 | 移動式代替熱交換設備 |
| 2 | 移動式代替熱交換設備淡水ポンプ |
| 3 | 大型送水ポンプ車 |
| 4 | A-R C W 常用補機冷却水入口切替弁 |
| 5 | A-R C W 常用補機冷却水出口切替弁 |
| 6 | R C W A-D E G 冷却水入口弁 |
| 7 | R C W A-A H E F 供給配管止め弁 |
| 8 | R C W A-A H E F 戻り配管止め弁 |
| 9 | A-R H R 熱交冷却水出口弁 |
| 10 | R C W A-中央制御室冷凍機入口弁 |
| 11 | R C W A-F P C 熱交冷却水入口弁 |

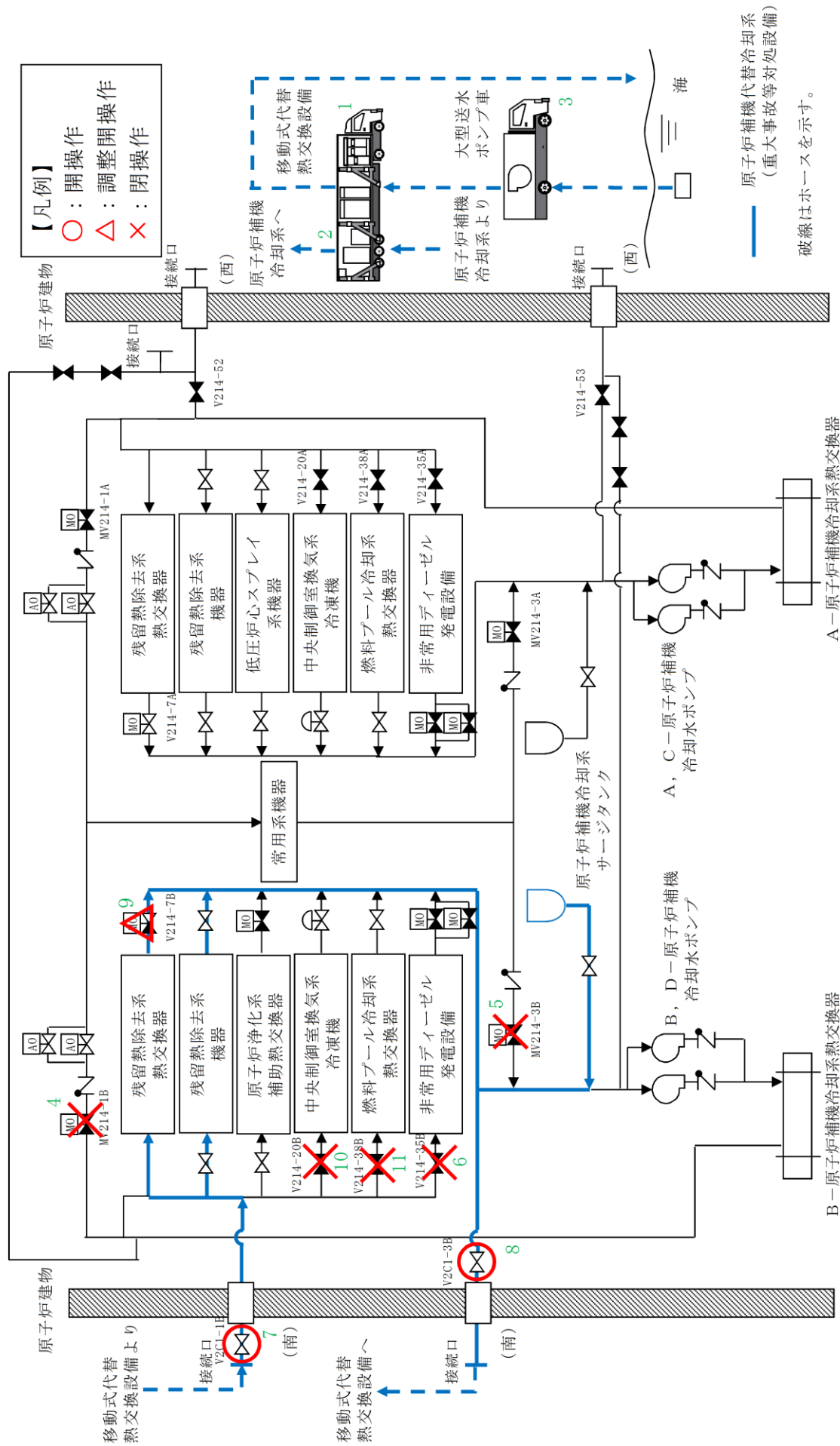


図2 原子炉補機代替冷却系 系統概要図 (B系)

表 2 原子炉補機代替冷却系機器リスト (B系)

| No. | 機器名称 |
|-----|------------------------|
| 1 | 移動式代替熱交換設備 |
| 2 | 移動式代替熱交換設備淡水ポンプ |
| 3 | 大型送水ポンプ車 |
| 4 | B-R C W 常用補機冷却水入口切替弁 |
| 5 | B-R C W 常用補機冷却水出口切替弁 |
| 6 | R C W B-D E G 冷却水入口弁 |
| 7 | A H E F B-供給配管止め弁 |
| 8 | A H E F B-戻り配管止め弁 |
| 9 | B-R H R 熱交冷却水出口弁 |
| 10 | R C W B-中央制御室冷凍機入口弁 |
| 11 | R C W B-F P C 熱交冷却水入口弁 |

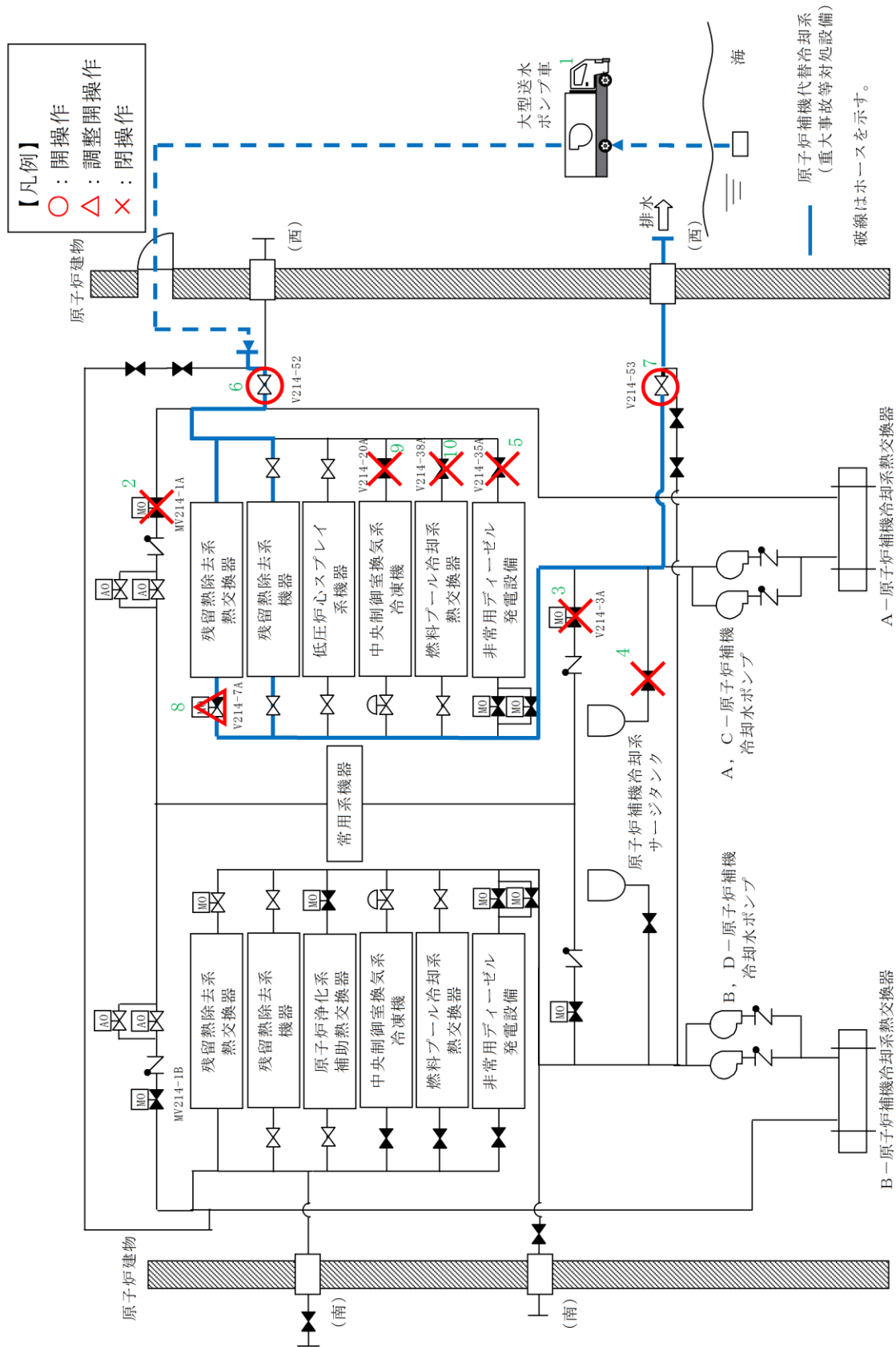


図3 原子炉補機代替冷却系 系統概要図 (屋内接続口)

表3 原子炉補機代替冷却系機器リスト（屋内接続口）

| No. | 機器名称 |
|-----|-------------------------|
| 1 | 大型送水ポンプ車 |
| 2 | A-R C W 常用補機冷却水入口切替弁 |
| 3 | A-R C W 常用補機冷却水出口切替弁 |
| 4 | A-R C W サージタンク 出口弁 |
| 5 | R C W A-D E G 冷却水入口弁 |
| 6 | R C W A-A H E F 供給配管止め弁 |
| 7 | R C W A-A H E F 戻り配管止め弁 |
| 8 | A-R H R 熱交冷却水出口弁 |
| 9 | R C W A-中央制御室冷凍機入口弁 |
| 10 | R C W A-F P C 熱交冷却水入口弁 |

48-5

試験及び検査

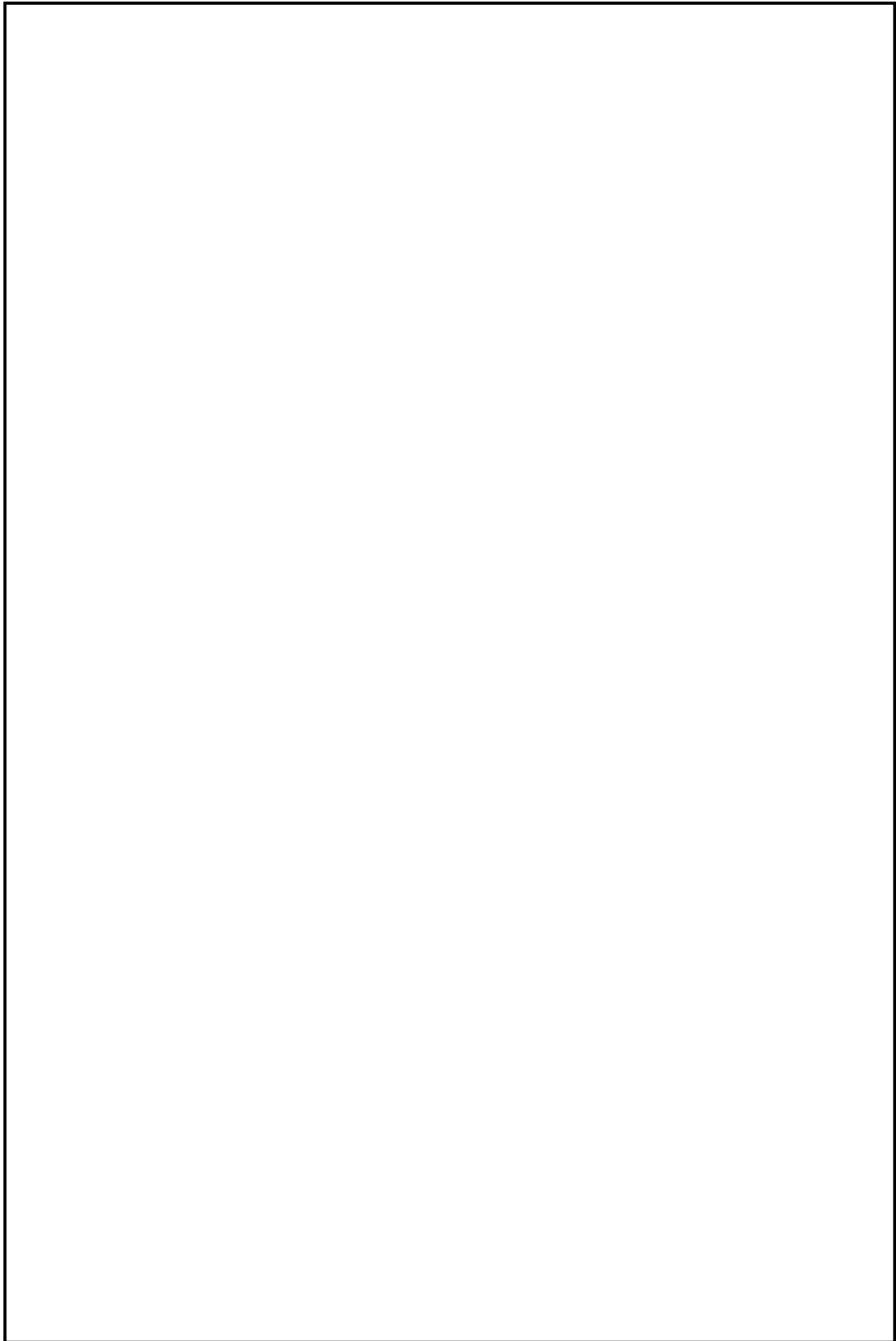


図1 原子炉補機代替冷却系 移動式代替熱交換設備熱交換器図

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。

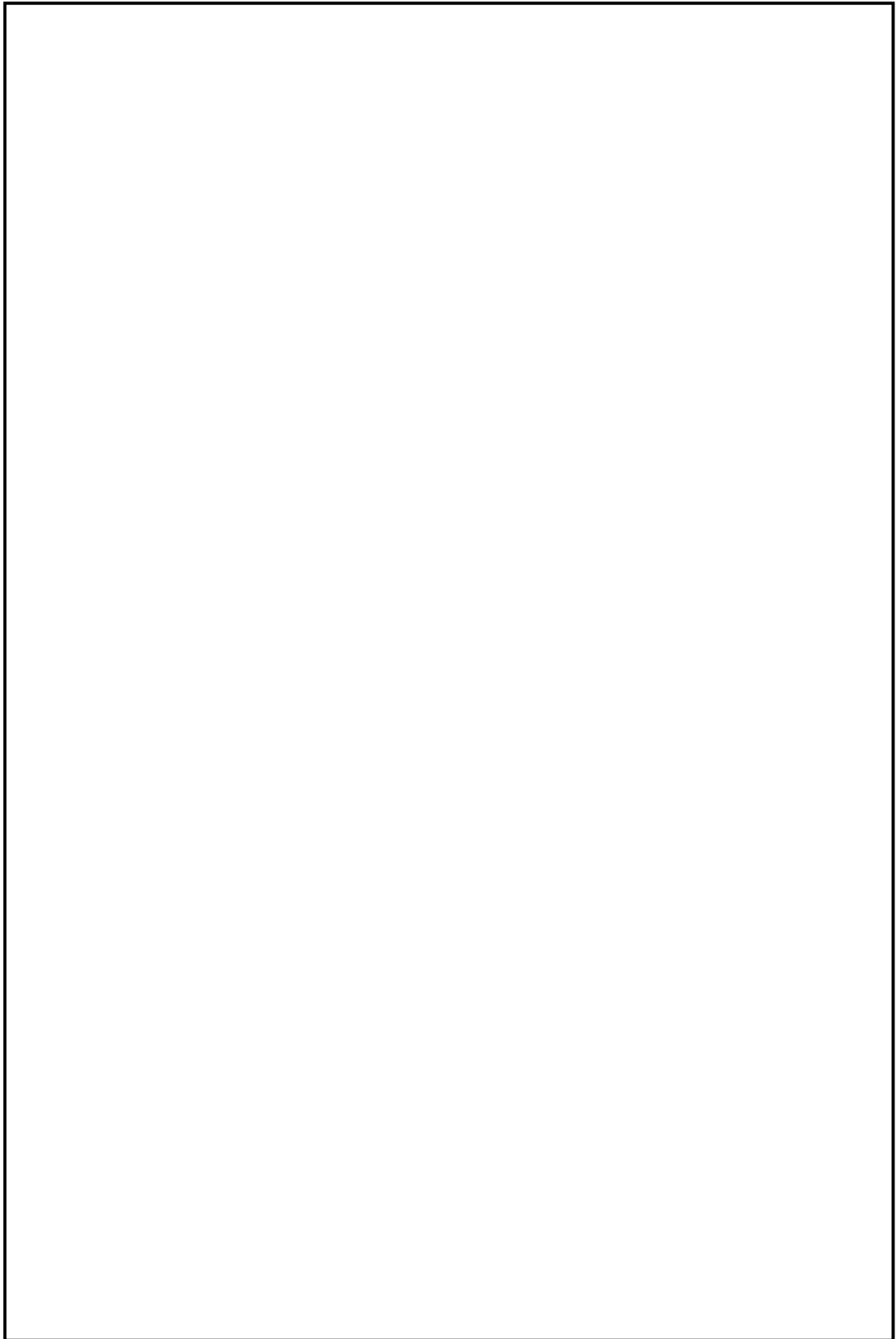


図 2 原子炉補機代替冷却系 移動式代替熱交換設備淡水ポンプ図

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。

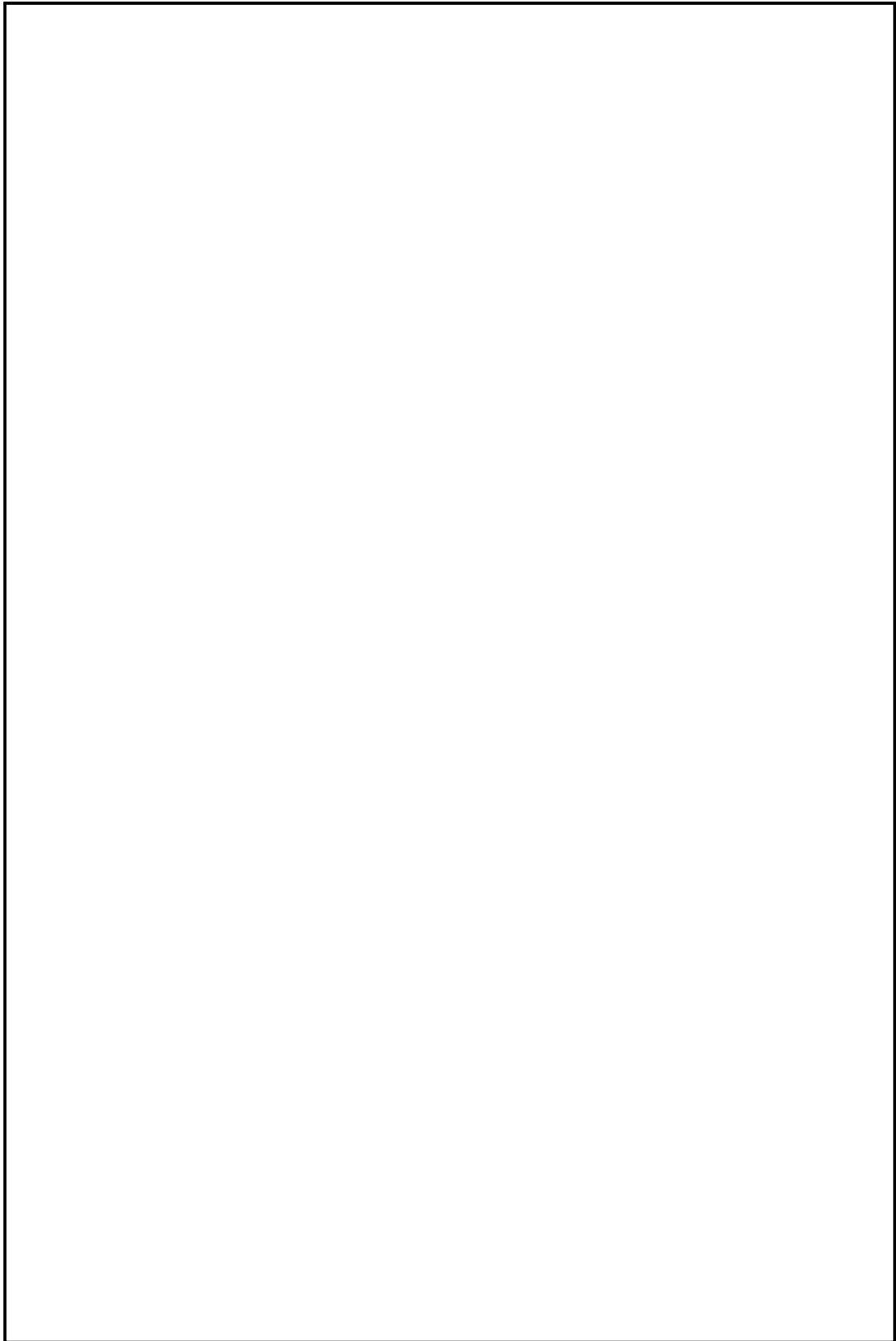
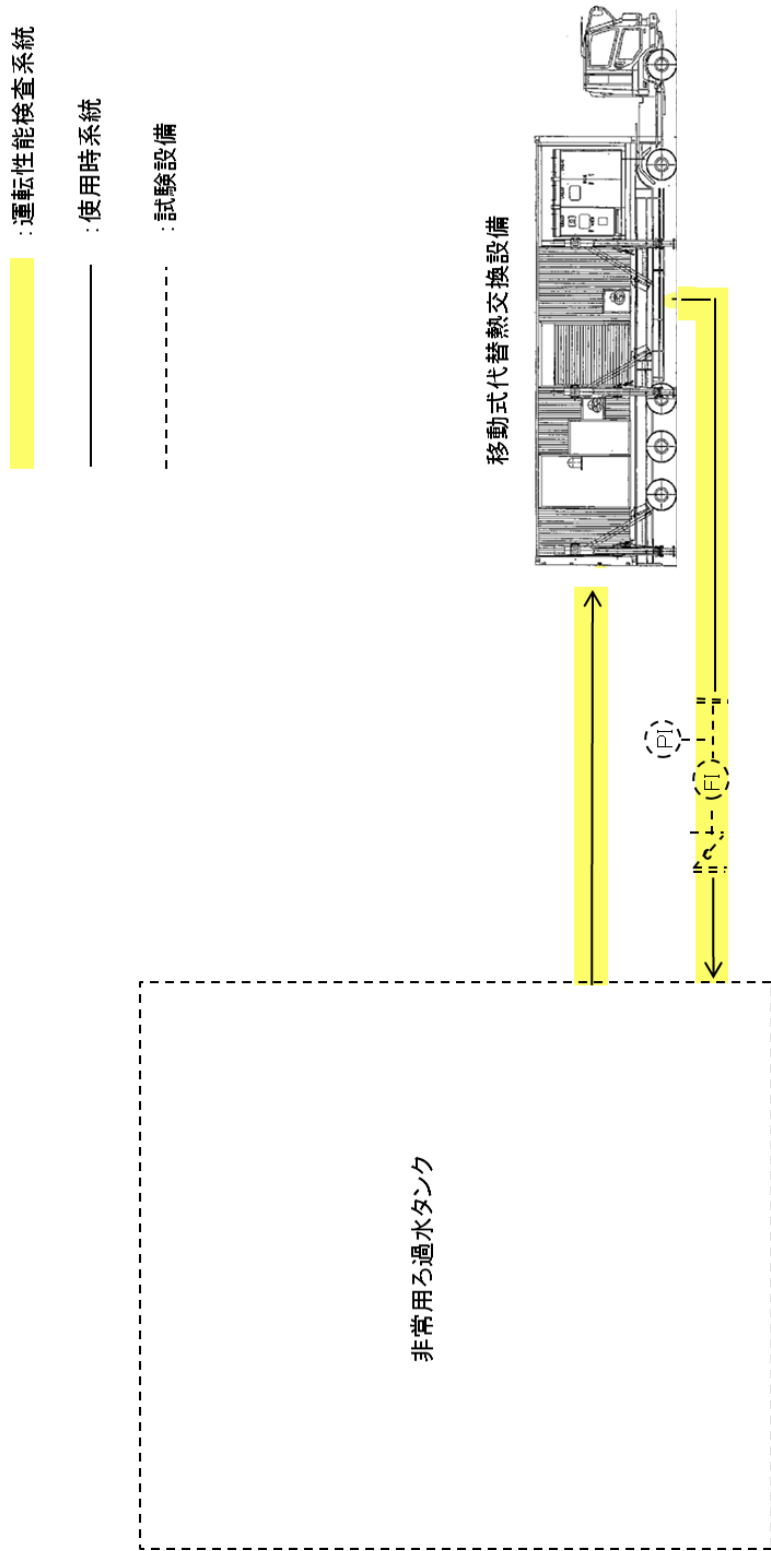


図3 原子炉補機代替冷却系 大型送水ポンプ車ポンプ図

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。



水源については、今後の検討結果等により変更となる可能性がある。

図4 原子炉補機代替冷却系 移動式代替熱交換設備 運転性能検査

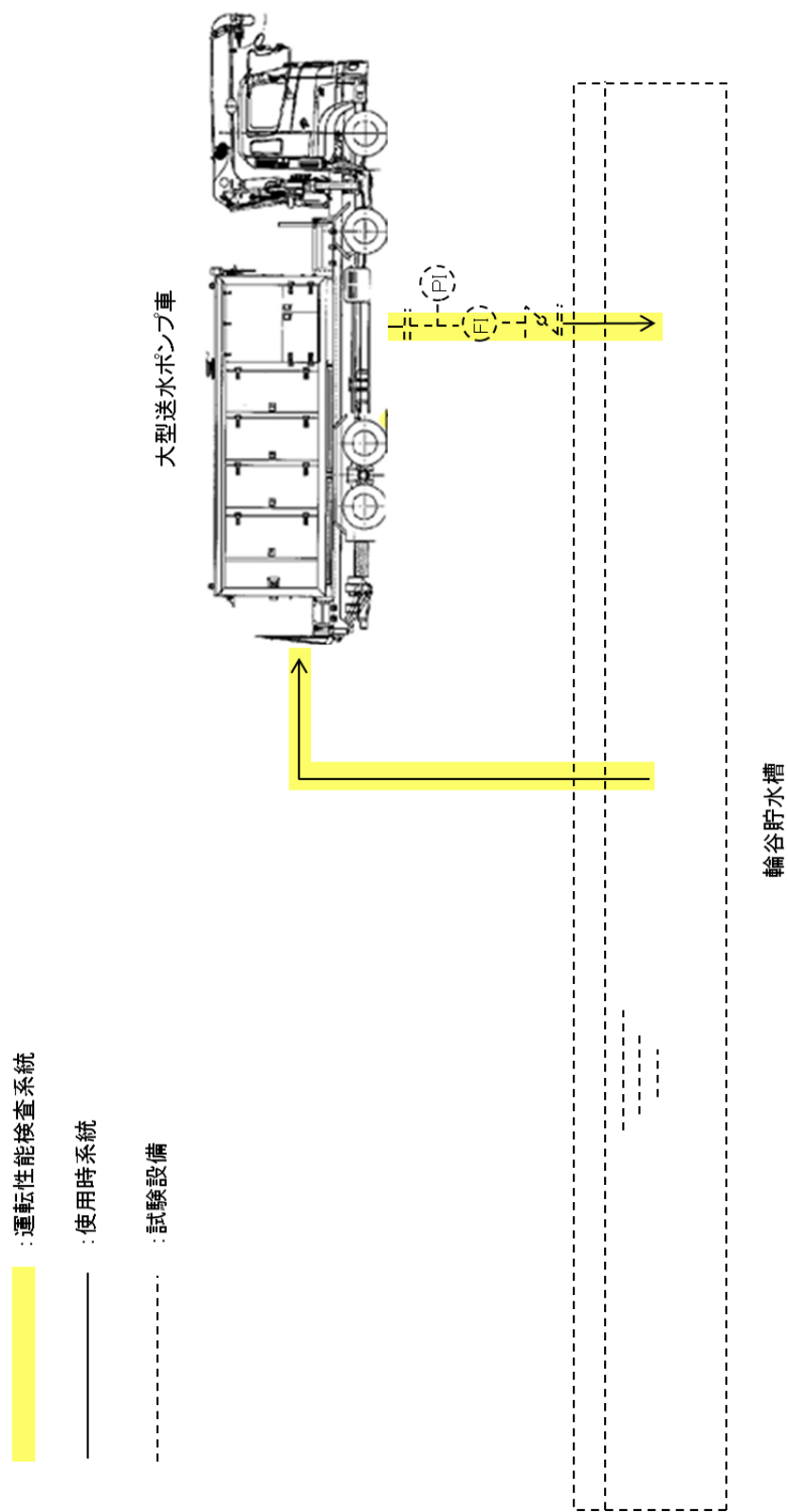


図5 原子炉補機代替冷却系 大型送水ポンプ車 運転性能検査

48-6 容量設定根拠

| | | |
|-------------|-------------------|------------------------------|
| 名 称 | | 移動式代替熱交換設備 |
| 個 数 | 台 | 2 (予備 1) |
| 容量 (設計熱交換量) | MW/台 | 約 23 |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa [gage] | 淡水側 1.37 / 海水側 1.00 |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 淡水側 70 / 海水側 65 |
| 伝 熱 面 積 | m ² /台 | |
| 機器仕様に関する注記 | | 注 1 : 要求値を示す 注 2 : 公称値を示す |

【設 定 根 拠】

移動式代替熱交換設備は、重大事故等時の原子炉補機冷却系機能喪失時に、残留熱除去系熱交換器の冷却を行うため設置する。

移動式代替熱交換設備は 2 台設置し、移動式代替熱交換設備内に熱交換器 2 基を設置する。

1. 個数、容量の設定根拠

移動式代替熱交換設備の容量は、原子炉停止 8 時間経過後の崩壊熱に残留熱除去ポンプの補機冷却分を加えた熱量を 2 基の熱交換器で十分に除去できる容量として、約 23MW/台とする。

なお、移動式代替熱交換設備の熱交換器容量を上記のように設定することで、原子炉補機代替冷却系を使用する有効性評価「崩壊熱除去機能喪失（取水機能喪失）」のシナリオで、事故発生 8 時間後に原子炉補機代替冷却系を用いた残留熱除去系によるサプレッション・プール水冷却モード運転で冷却効果が確認されている。

具体的には、図 1 の有効性評価シナリオ「崩壊熱除去機能喪失（取水機能喪失）」のサプレッション・プール水温度で示すように、原子炉補機代替冷却系を使用したサプレッション・プール水冷却モード運転を開始した後に、温度上昇が抑制されていることが確認できている。

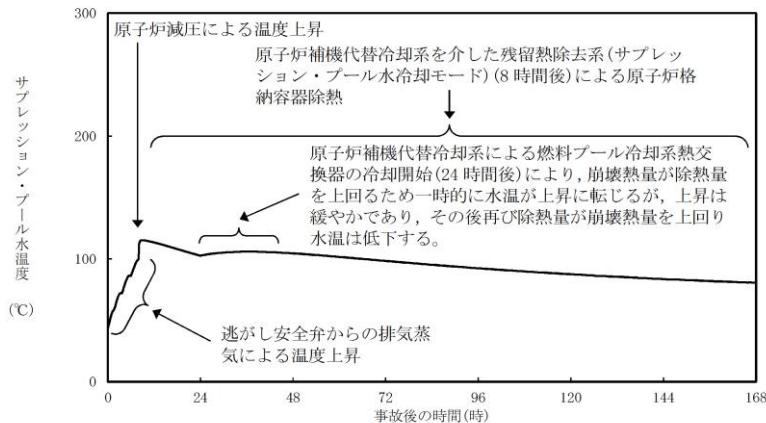


図 1 サプレッション・プール水温度の推移

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。

2. 最高使用圧力の設定根拠

2.1 淡水側

移動式代替熱交換設備（淡水側）を重大事故等時に使用する場合の最高使用圧力は、淡水ポンプの締切水頭および静水頭を考慮して、既設の原子炉補機冷却系の最高使用圧力と合せて、1.37MPa[gage]とする。

2.2 海水側

移動式代替熱交換設備（海水側）を重大事故等時に使用する場合の最高使用圧力は、運用上上限となる海水入口圧力以上である1.00MPa[gage]とする。

3. 最高使用温度の設定根拠

3.1 淡水側

移動式代替熱交換設備（淡水側）の最高使用温度は、既設の原子炉補機冷却系の最高使用温度と合せて、70℃とする。

3.2 海水側

移動式代替熱交換設備（海水側）の最高使用温度は、必要除熱量23MWに対し、海水入口温度30℃、冷却水供給温度35℃とした場合の海水出口温度約56℃に余裕を考慮し、65℃とする。

4. 伝熱面積

移動式代替熱交換設備の伝熱面積は、以下の式により、容量を考慮して決定する。

4.1 熱交換量

$$Q = C_1 \cdot W_a \cdot \rho_1 \cdot (T_{a1} - T_{a2})$$

$$\therefore T_{a1} = 68.3^\circ\text{C}$$

$$Q = C_2 \cdot W_b \cdot \rho_2 \cdot (T_{b1} - T_{b2})$$

$$\therefore T_{b1} = 55.8^\circ\text{C}$$

Q : 原子炉停止 8 時間後の必要除熱量 = 23.0MW (82,800,000kJ/h)

W_a : 淡水側流量 = 600m³/h

W_b : 海水側流量 = 780m³/h

T_{a1} : 移動式代替熱交換設備 (淡水側) 入口温度

T_{a2} : 移動式代替熱交換設備 (淡水側) 出口温度 = 35.0°C

T_{b1} : 移動式代替熱交換設備 (海水側) 出口温度

T_{b2} : 移動式代替熱交換設備 (海水側) 入口温度 = 30.0°C

ρ_1 : 密度 (淡水) = 992.9kg/m³

ρ_2 : 密度 (海水) = 1,020.7kg/m³

C_1 : 比熱 (淡水) = 4.17kJ/kg・K

C_2 : 比熱 (海水) = 4.03kJ/kg・K

4.2 対数平均温度差

$$\Delta t = \{(T_{a1} - T_{b1}) - (T_{a2} - T_{b2})\} / \ln \{(T_{a1} - T_{b1}) / (T_{a2} - T_{b2})\}$$
$$= 8.2\text{K}$$

Δt : 対数平均温度差

4.3 総括伝熱係数

$$U_c = \boxed{} \text{ kW} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

4.4 必要伝熱面積

$$A_r = Q / \Delta t / U_c = \boxed{} \text{ m}^2 / \text{台} \div \boxed{} \text{ m}^2 / \text{台}$$

A_r : 移動式代替熱交換設備の伝熱面積

以上より、移動式代替熱交換設備の伝熱面積は、 $\boxed{}$ m²/台とする。

| | | | |
|-------------|------------------------------|--------------------------|--|
| 名 称 | 移動式代替熱交換設備淡水ポンプ | | |
| 個 数 | 台 | 2 (移動式代替熱交換設備 1 台あたり) | |
| 容 量 | m ³ /h/台 | 300 以上 (注 1) (300 (注 2)) | |
| 全 揚 程 | m | □ 以上 (注 1) (75 (注 2)) | |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa [gage] | 1.37 | |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 70 | |
| 原 動 機 出 力 | kW/台 | □ 以上 (注 1) (110 (注 2)) | |
| 機器仕様に関する注記 | 注 1 : 要求値を示す 注 2 : 公称値を示す | | |

【設 定 根 拠】

移動式代替熱交換設備淡水ポンプは、重大事故等時の原子炉補機冷却系機能喪失時に、残留熱除去系熱交換器の冷却を行うため設置する。

1. 個数、容量の設定根拠

移動式代替熱交換設備淡水ポンプの容量は、保守性を有した評価による原子炉停止 8 時間経過後の崩壊熱 (約 23MW) を除去するために必要な流量を 600m³/h とし、容量 300 m³/h のポンプを 2 台設置する。

なお、移動式代替熱交換設備淡水ポンプの容量を上記のように設定することで、原子炉補機代替冷却系を使用する有効性評価「崩壊熱除去機能喪失 (取水機能喪失)」のシナリオで、事故発生 8 時間後に原子炉補機代替冷却系を用いた残留熱除去系によるサブプレッション・プール水冷却モード運転で冷却効果が確認されている。

具体的には、図 1 の有効性評価シナリオ「崩壊熱除去機能喪失 (取水機能喪失)」のサブプレッション・プール水温度で示すように、原子炉補機代替冷却系を使用したサブプレッション・プール水冷却モード運転を開始した後に、温度上昇が抑制されていることが確認できている。

2. 揚程の設定根拠

移動式代替熱交換設備淡水ポンプの揚程は、本系統が閉ループとなっていることから下記を考慮する。

配管・機器圧力損失 : 約 □ m

上記から、移動式代替熱交換設備淡水ポンプの揚程は 75m とする。

3. 最高使用圧力の設定根拠

移動式代替熱交換設備淡水ポンプの最高使用圧力は、淡水ポンプの締切水頭および静水頭を考慮して、既設の原子炉補機冷却系の最高使用圧力と合せて、1.37MPa[gage]とする。

4. 最高使用温度の設定根拠

移動式代替熱交換設備（淡水側）の最高使用温度は、既設の原子炉補機冷却系の最高使用温度と合せて、70℃とする。

5. 原動機出力の設定根拠

移動式代替熱交換設備淡水ポンプ（容量 300m³/h）の必要軸動力は、以下のとおり約 kW となる。

$$\begin{aligned} P &= 10^{-3} \times \rho \times g \times ((Q/3,600) \times H) / (\eta / 100) \\ &= 10^{-3} \times 1,000 \times 9.80665 \times ((300/3,600) \times 75) / (\text{} / 100) \\ &= \text{} \text{ kW} \\ &\approx \text{} \text{ kW} \end{aligned}$$

P : 必要軸動力 (kW)

ρ : 流体の密度 (kg/m³) = 1,000

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

Q : ポンプ容量 (m³/h) = 300

H : ポンプ揚程 (m) = 75 (図 2 参照)

η : ポンプ効率 (%) = (図 2 参照)

(参考文献:「ターボポンプ用語」(JIS B 0131-2017))

以上より、移動式代替熱交換設備淡水ポンプの原動機出力は、必要軸動力を上回る 110kW/台とする。

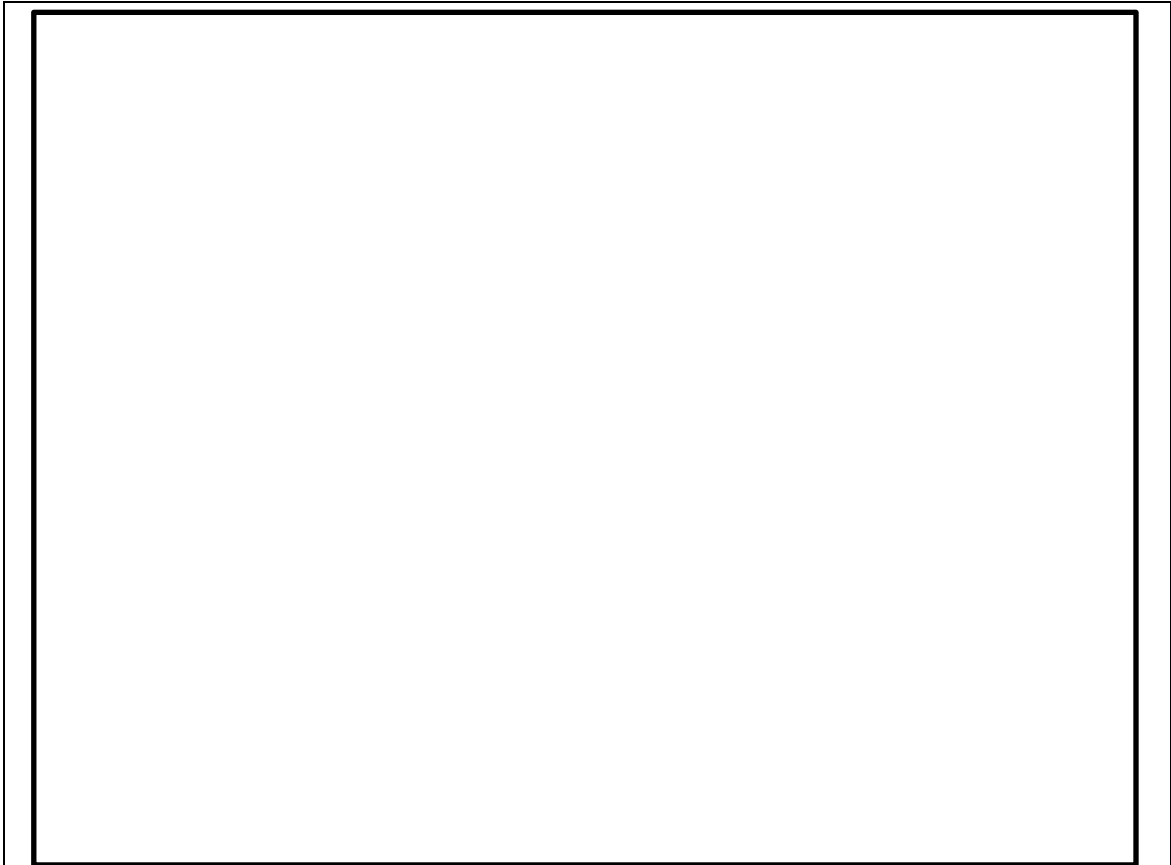


図2 移動式代替熱交換設備淡水ポンプ性能曲線

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。

| | | |
|--|------------------------------|----------------------------|
| 名 称 | 大型送水ポンプ車 | |
| 容 量 | m ³ /h/個 | 780 以上 (注 1) (1,800 (注 2)) |
| 吐 出 圧 力 | MPa | 0.99 以上 (注 1) (1.2 (注 2)) |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa | 1.4 |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 40 |
| 原 動 機 出 力 | kW/個 | 1,193 |
| 機器仕様に関する注記 | 注 1 : 要求値を示す 注 2 : 公称値を示す | |
| <p>【設 定 根 拠】</p> <p>大型送水ポンプは、重大事故等時の原子炉補機冷却系機能喪失時に、残留熱除去系熱交換器の冷却を行うため設置する。</p> <p>1. 容量の設定根拠</p> <p>大型送水ポンプ車の容量は、保守性を有した評価による原子炉停止 8 時間経過後の崩壊熱 (約 23MW) を除去するために必要な流量 780m³/h 以上とし、容量 1,800m³/h のポンプを 1 台設置する。</p> <p>なお、大型送水ポンプ車の容量を上記のように設定することで、原子炉補機代替冷却系を使用する有効性評価「崩壊熱除去機能喪失 (取水機能喪失)」のシナリオで、事故発生 8 時間後に原子炉補機代替冷却系を用いた残留熱除去系によるサブプレッション・プール水冷却モード運転で冷却効果が確認されている。</p> <p>具体的には、図 1 の有効性評価シナリオ「崩壊熱除去機能喪失 (取水機能喪失)」のサブプレッション・プール水温度で示すように、原子炉補機代替冷却系を使用したサブプレッション・プール水冷却モード運転を開始した後に、温度上昇が抑制されていることが確認できている。</p> | | |

2. 吐出圧力の設定根拠

移動式代替熱交換設備への送水に必要な吐出圧力

移動式代替熱交換設備への送水に必要な大型送水ポンプ車の吐出圧力は、下記を考慮する。

| | | | |
|-----------------|---|------|--------|
| ①熱交換器ユニット内の圧力損失 | : | | MPa |
| ②ホース直接敷設の圧損 | : | | MPa ※1 |
| ③エルボの使用による圧損 | : | | MPa ※1 |
| ④機器類の圧力損失 | : | | MPa |
| <hr/> | | | |
| ①～④の合計 | : | 0.35 | MPa |

※1：ホースについては保守的な想定で評価したものである。

エルボによる影響の評価については 48-6-12～14 参照。

なお、作業性及び他設備との干渉を考慮し、ルートを変更する場合には、ポンプ容量を変更しない範囲でホースの敷設場所を適切に選定する。

原子炉補機冷却系への海水送水に必要な吐出圧力

原子炉補機冷却系への海水送水に必要な大型送水ポンプ車の吐出圧力は、下記を考慮する。

| | | | |
|--------------|---|------|--------|
| ①静水頭 | : | | MPa |
| ②ホース直接敷設の圧損 | : | | MPa ※1 |
| ③エルボの使用による圧損 | : | | MPa ※1 |
| ④配管・機器類の圧力損失 | : | | MPa |
| <hr/> | | | |
| ①～④の合計 | : | 0.99 | MPa |

※1：ホースについては保守的な想定で評価したものである。

エルボによる影響の評価については 48-6-12～14 参照。

なお、詳細設計においては、作業性及び他設備との干渉を考慮し、ポンプ容量を変更しない範囲でホースの敷設場所を適切に選定する。

上記から、大型送水ポンプ車の必要吐出圧力は 0.99MPa [gage] 以上とし、1.2MPa [gage] とする。

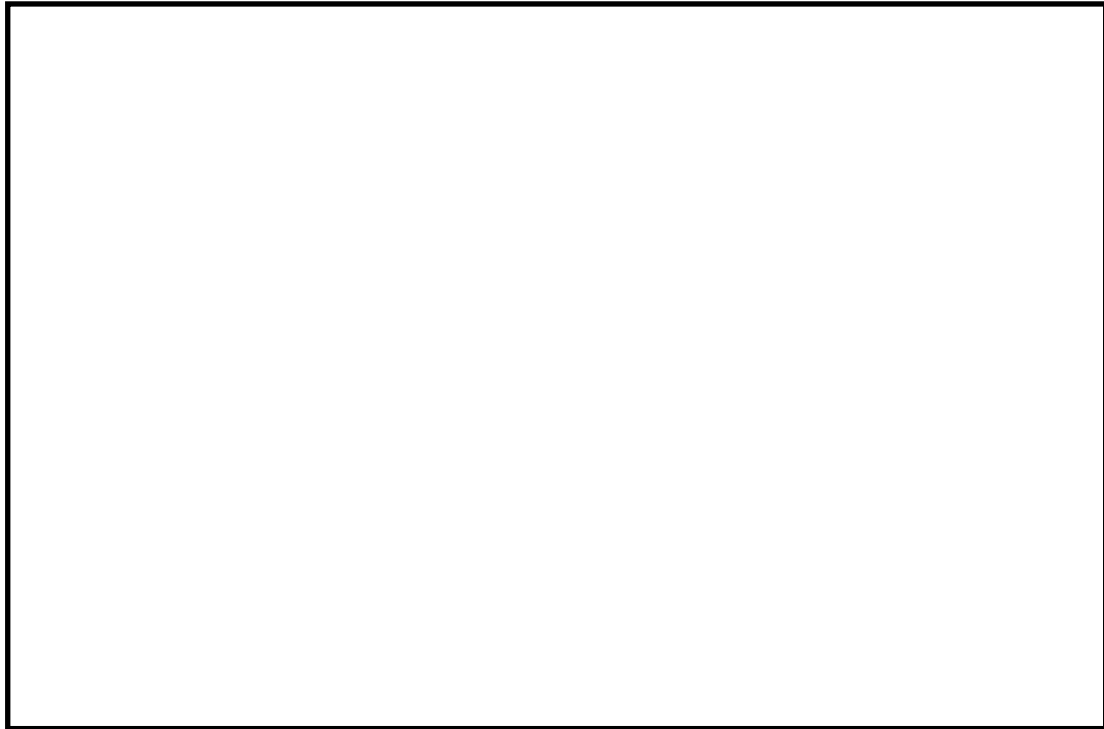


図3 大型送水ポンプ車 送水ポンプ性能曲線

上記の必要吐出圧力の確認に加え、以下の通り、使用条件下において送水ポンプがキャビテーションを起こさないことを確認した。

大型送水ポンプ車は取水槽に投入した取水ポンプにより、取水される海水を送水ポンプを用いて送水する構造となっている。使用状態での各機器の配置イメージ図を図4に示す。この場合における海面は、通常時の平均海面では送水ポンプの約10m下位、津波時の引き波と干潮との重畳を考慮した海面では送水ポンプの約16.5m下位となる。また、取水ポンプは、キャビテーションの発生を防止するために、海面から1.0m以上水没させて使用する必要がある。

これを踏まえ、取水ポンプの吐出部のホースの長さが60mであることから、海面が最も低い状態になった場合（大型送水ポンプ車から約17.5m下位、取水箇所から大型送水ポンプ車までの水平距離約25m）でも、海水を取水することが可能である。

また、送水ポンプの必要吸込水頭が約10m以上であるのに対し、必要流量780m³/hを確保した場合における水中ポンプの全揚程は約50m、大気圧は約10.3mであり、ホース圧損（約2m）と静水頭（約16.5m）を考慮しても、送水ポンプの有効吸込水頭（約41m（=50m+10.3m-2m-16.5m））は、必要吸込水頭を上回ることを確認した。

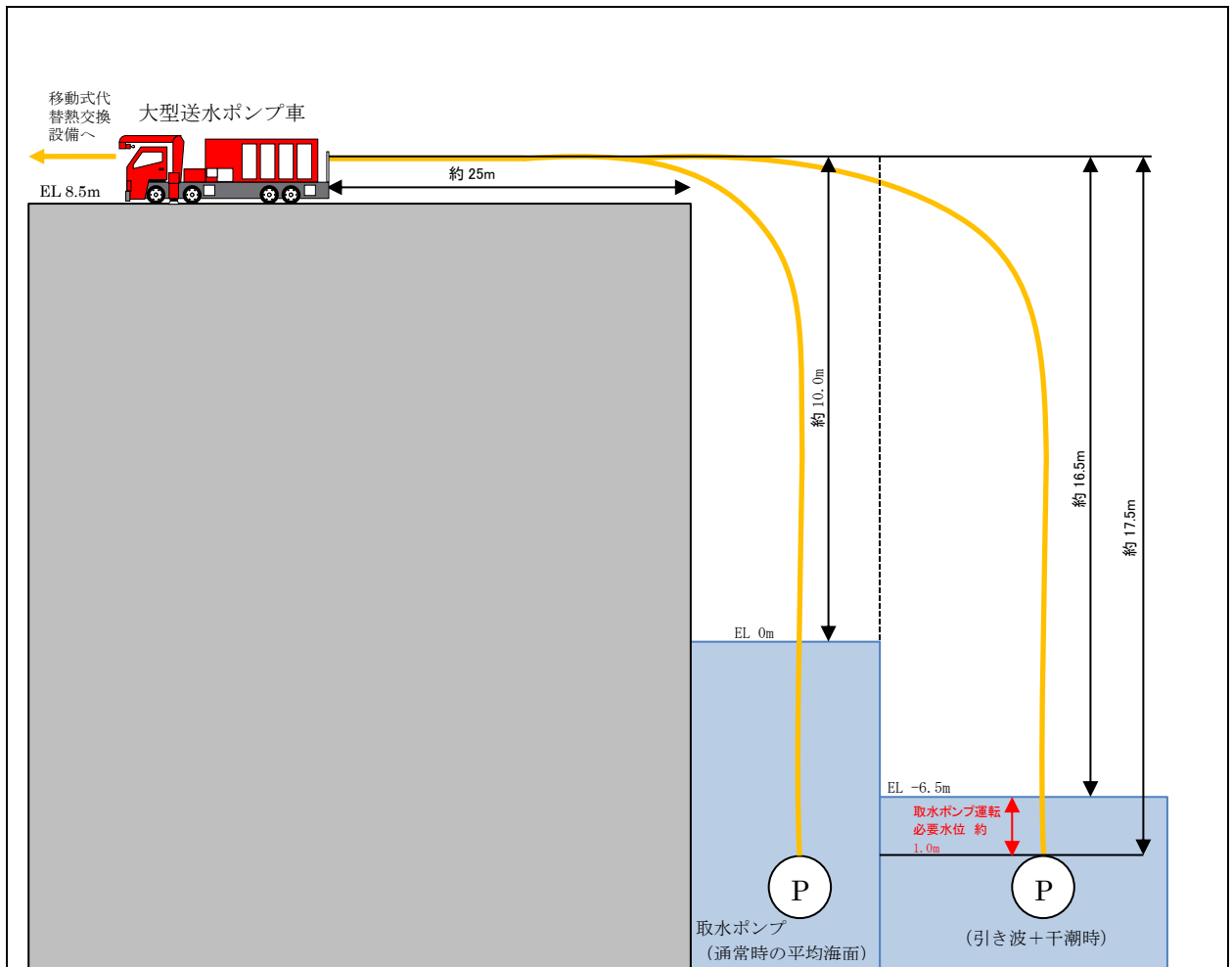


図4 大型送水ポンプ車概要図

3. 最高使用圧力の設定根拠

大型送水ポンプ車の最高使用圧力は、大型送水ポンプ車のメーカー規格圧力である 1.4MPa とする。

4. 最高使用温度の設定根拠

大型送水ポンプ車の最高使用温度は、海水温度が 30℃の裕度を考慮し、40℃とする。

5. 原動機出力の設定根拠

大型送水ポンプ車の原動機については、必要な性能を発揮する出力を有するものとして 1,193 kW とする

ホースの湾曲による圧力損失に対する考え方

消防用ホースの圧力損失の評価については、実際に配備するホースのメーカーが様々であること、また、今後のホース調達先や年式等の種別による個体差等を考慮し、『機械工学便覧』における理論値を使用する。

消防用ホースの湾曲による圧力損失への影響について

※300A ホースの湾曲個所について、ホースの湾曲による圧力損失大きくなる曲率半径が小さい曲り箇所にはエルボを使用することから、エルボを使用した場合の圧力損失を計算する。

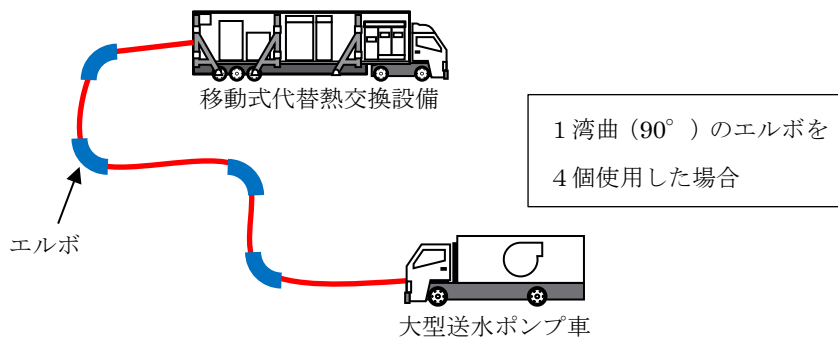


図5 想定される消防ホースの引き回し例（イメージ図）

<流量エルボ1個（90°）あたりの圧力損失： h_b >

$$h_b[\text{m}] = \zeta_b \cdot \frac{v^2}{2g}$$

ここで $g=9.8\text{m/s}^2$, $1\text{m}=0.0098\text{MPa}$ とし

$$h_b[\text{MPa}] = \zeta_b \cdot \frac{v^2}{2000}$$

で表され、滑らかな壁面の場合、損失係数 ζ_b は

$$\begin{aligned} R_e(d/\rho)^2 < 364 \text{ では } & \zeta_b = 0.00515 \alpha \theta R_e^{-0.2} (\rho/d)^{0.9} \\ R_e(d/\rho)^2 > 364 \text{ では } & \zeta_b = 0.00431 \alpha \theta R_e^{-0.17} (\rho/d)^{0.84} \end{aligned}$$

ここで $R_e = v d / \nu$, ν は動粘性係数, d はエルボ内径, v は流速, ρ は曲率半径, θ は度, α は表7のように与えられる

表1 α の数値

| θ | 45° | 90° | 180° |
|----------|-------------------------------|---|-------------------------------|
| α | $1 + 5.13 (\rho / d)^{-1.47}$ | $0.95 + 4.42 (\rho / d)^{-1.96}$ ($\rho / d < 9.85$ の場合) 1.0 ($\rho / d > 9.85$ の場合) | $1 + 5.06 (\rho / d)^{-4.52}$ |

(例として 300A, 流量 1,000m³/h の場合の値を記載する)

$$\rho = 0.596 [\text{m}]$$

$$d = 0.2979 [\text{m}]$$

$$\nu = 1.792 [\text{mm}^2/\text{s}]$$

であることから

$$v = 1000 / (0.2979/2)^2 \pi / 3,600 = 3.9853 \dots$$

$$\approx 3.99 [\text{m/s}]$$

$$R_e = v d / \nu = 1.792 \times 0.2979 / 3.99 / 1,000 / 1,000$$

$$\approx 6.6 \times 10^5$$

$$R_e (d / \rho)^2 = 6.6 \times 10^5 \times (0.2979 / 0.596)^2$$

$$\approx 165519 > 364 \text{ より}$$

ここで

$$\rho / d = 0.596 / 0.2979$$

$$= 2.00067 \dots$$

$$\approx 2$$

であるため

$$\alpha = 0.95 + 4.42 \times 2^{-1.96}$$

$$= 2.085319$$

$$\zeta_b = 0.00431 \alpha \theta R_e^{-0.17} (\rho / d)^{0.84}$$

$$= 0.00431 \times 2.085319 \times 90 \times (6.6 \times 10^5)^{-0.17} (0.596 / 0.2979)^{0.84}$$

$$= 0.148346 \dots$$

$$\doteq 0.15$$

となり

$$h_b = 0.15 \times 3.99^2 / 2000$$

$$= 0.0119400\dots$$

$$\doteq 0.012 [\text{MPa}]$$

48-7 接続図

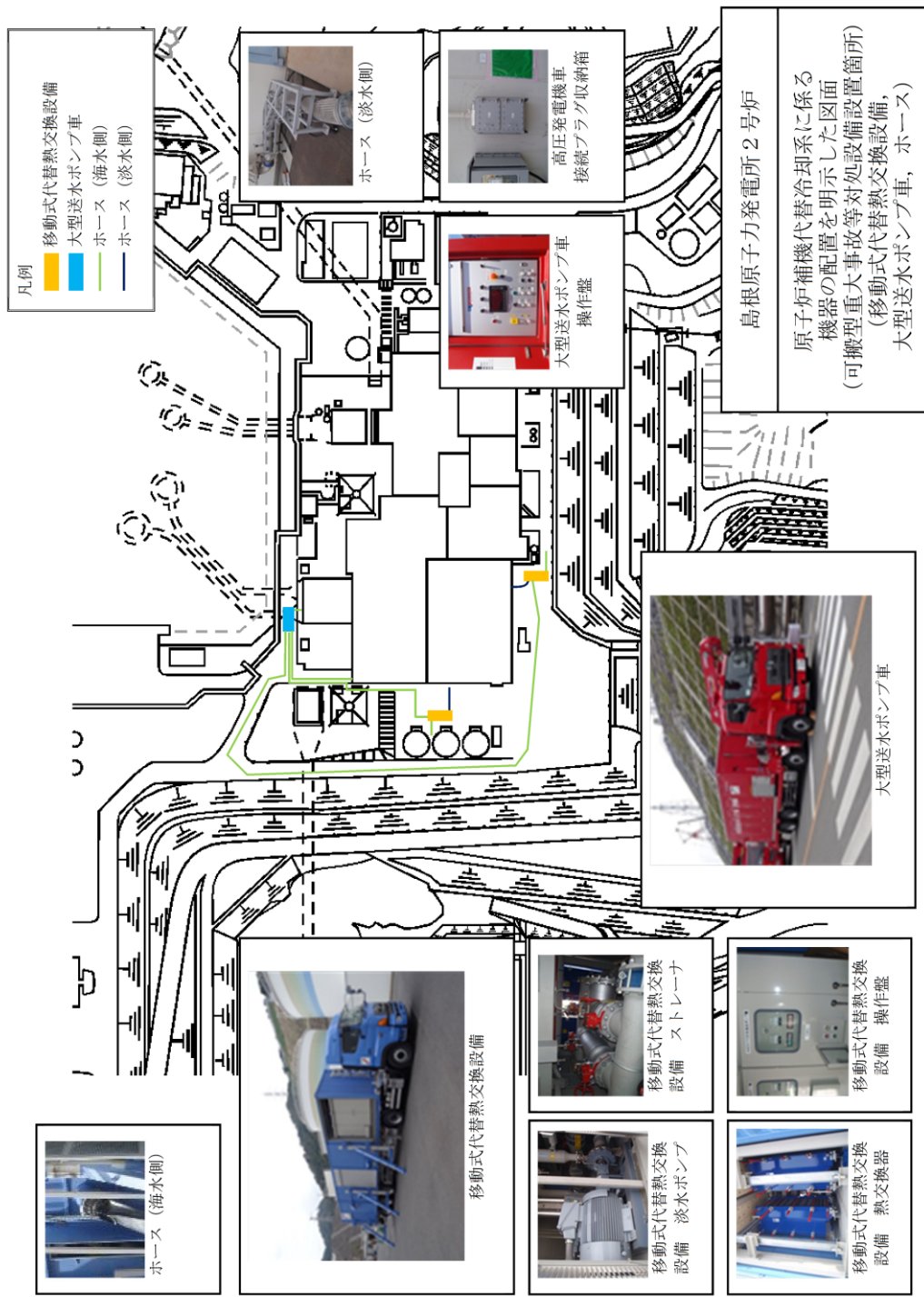


図1 原子炉補機代替冷却系（可搬設備）接続図

48-8 保管場所図

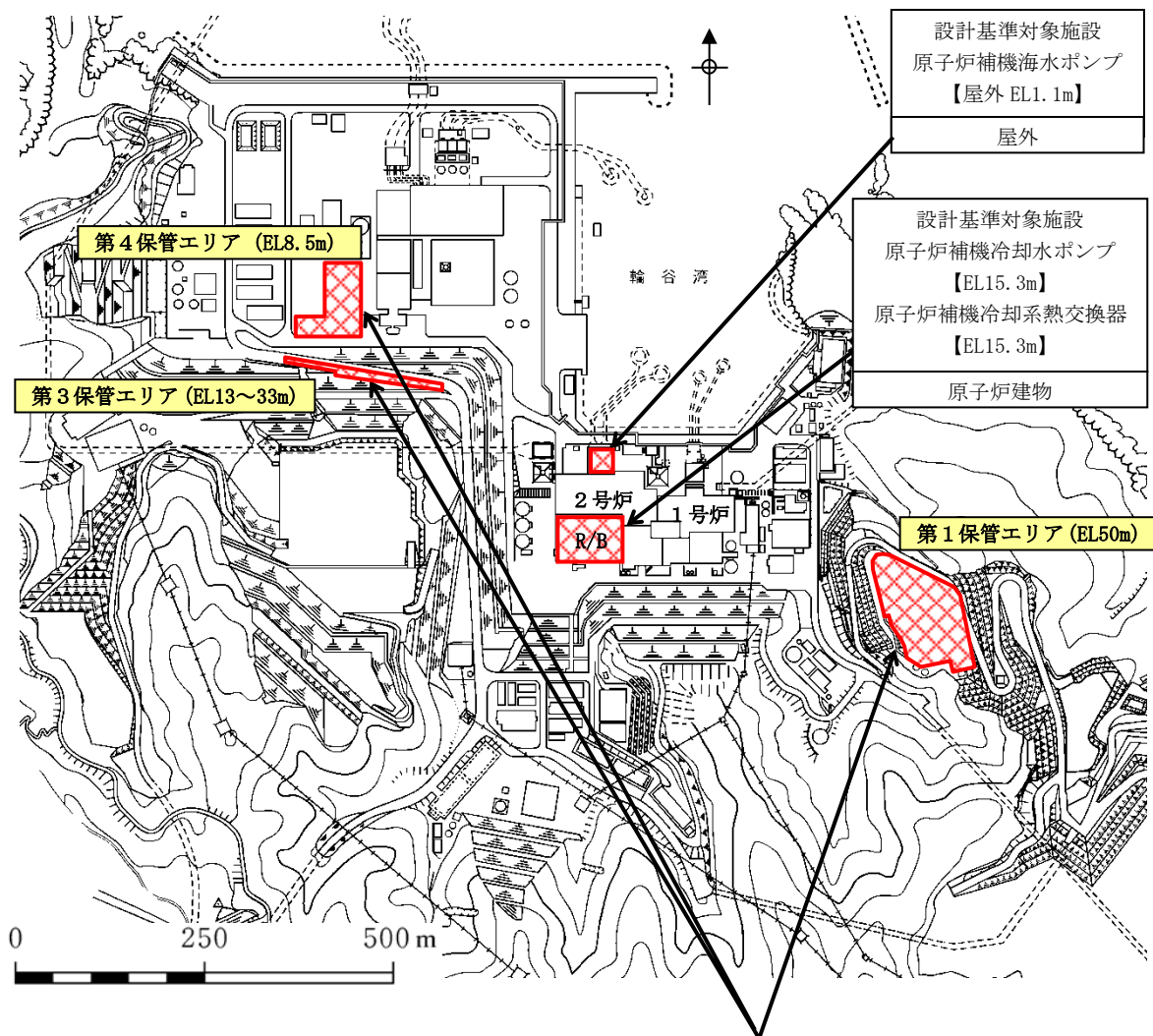
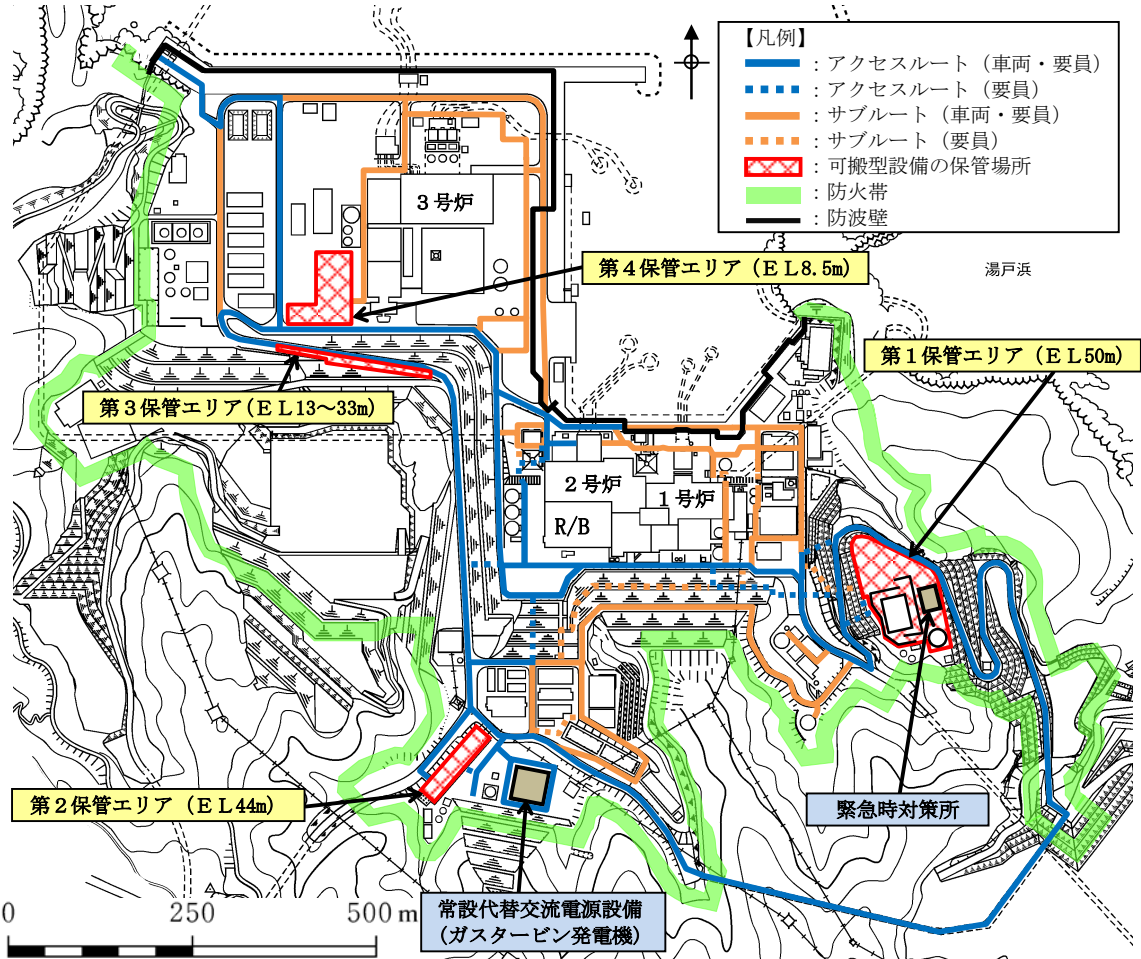


図1 屋外保管場所配置図

48-9 アクセスルート図

島根原子力発電所 2号炉『可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルート
 について』より抜粋



- ※ サブルートは、地震及び津波時には使用しない。
- ※ 各設備の保管場所・数量については、今後の検討結果等により変更となる可能性がある。

図1 保管場所及びアクセスルート図 (屋外)

48-10
その他設備

【自主対策設備】

1. 大型送水ポンプ車による残留熱除去系除熱の実施

大型送水ポンプ車による残留熱除去系除熱手段は、移動式代替熱交換設備が機能喪失した際に、大型送水ポンプ車により海水を外部接続口を通じて原子炉補機冷却系に注水し、残留熱除去系熱交換器の冷却を行うものであり、残留熱除去系を海水で直接冷却して除熱する手段を確保する。

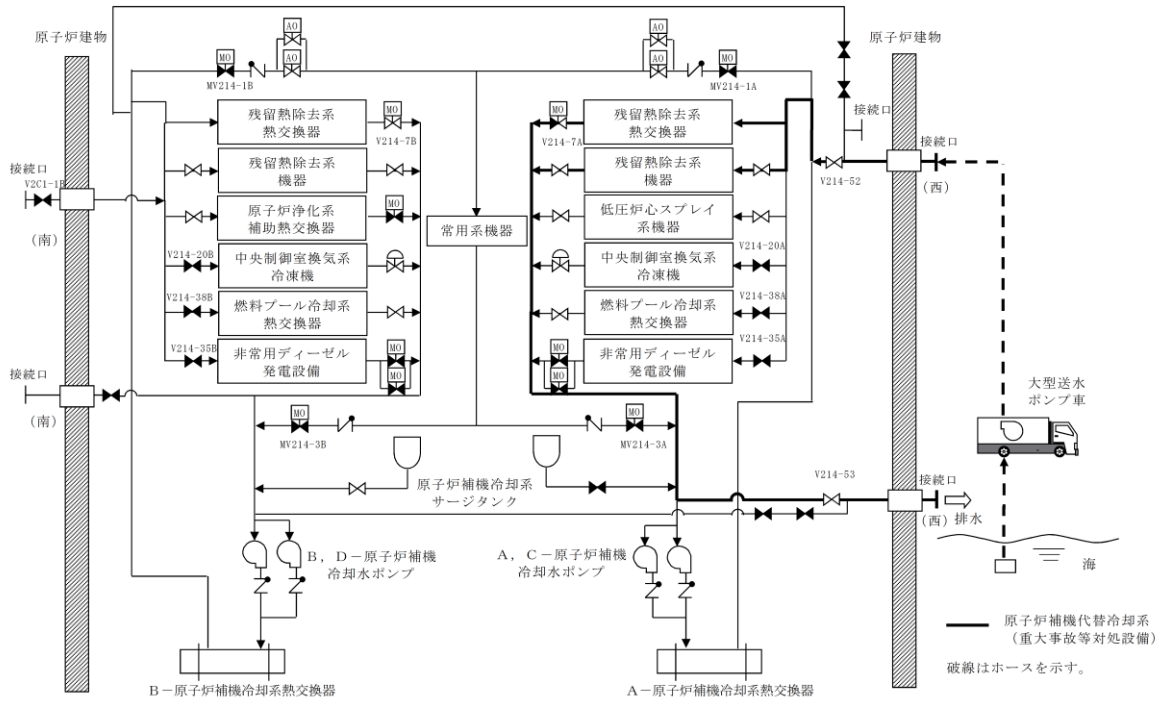


図1 大型送水ポンプ車による除熱 (A系の例) 概略系統図

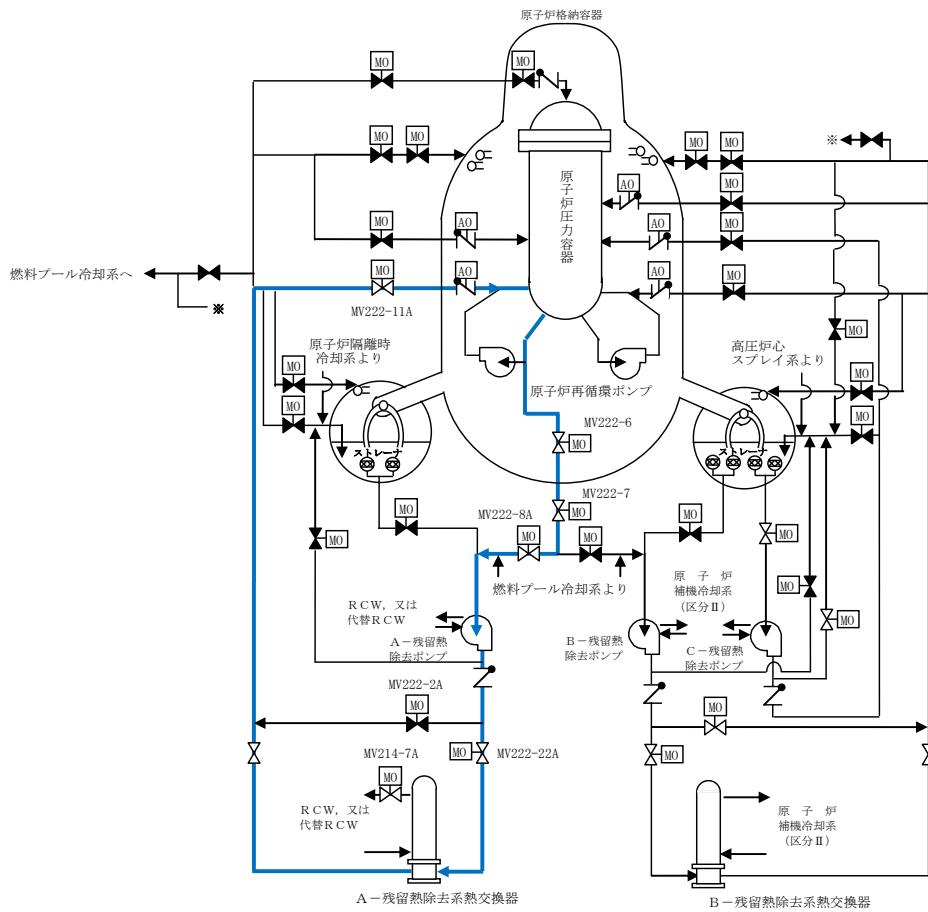


図2 A-残留熱除去系による原子炉除熱 概略系統図

2. 残留熱代替除去系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱の実施

残留熱代替除去系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱手段は、残留熱除去系が機能喪失した際に、残留熱代替除去系及び原子炉補機代替冷却系により、原子炉圧力容器へ注水するとともに、原子炉格納容器内の減圧及び除熱を行うものであり、最終的な熱の逃がし場である海へ熱を輸送する手段を確保する。

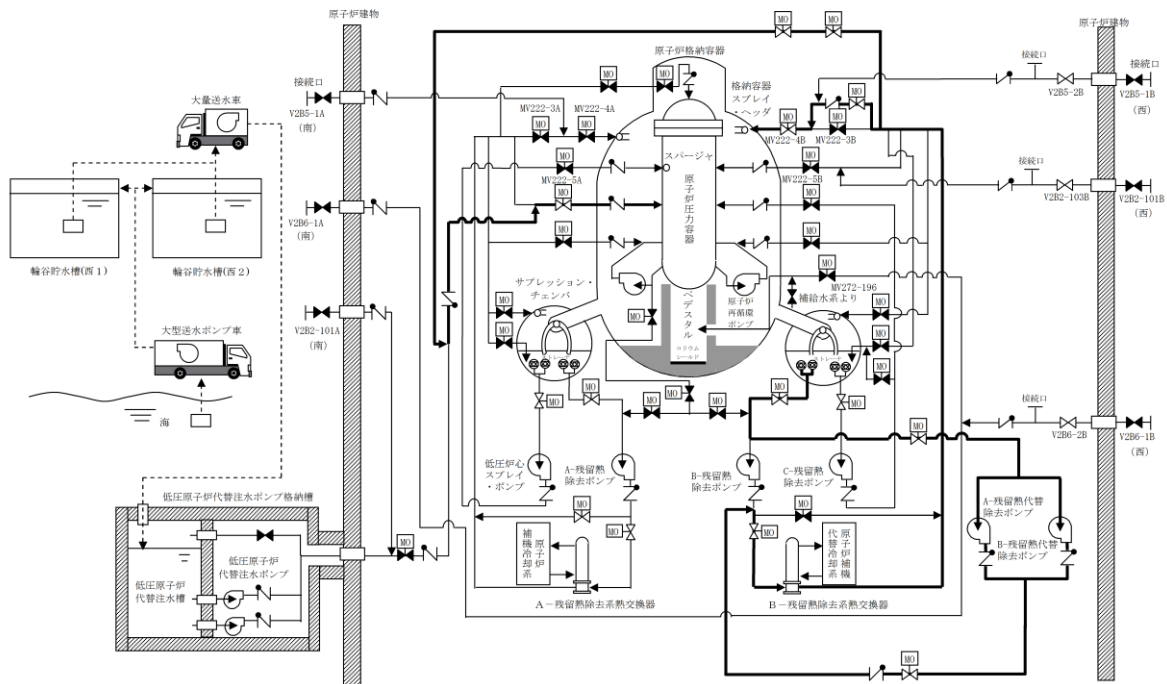


図3 残留熱代替除去系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱 系統概要図

移動式代替熱交換設備の構造について

原子炉補機代替冷却系（図4）の移動式代替熱交換設備は図5で示す通りポンプ2台、熱交換器2基、ストレーナ2基で構成される。熱交換器は大型送水ポンプ車により通水した海水により冷却される。

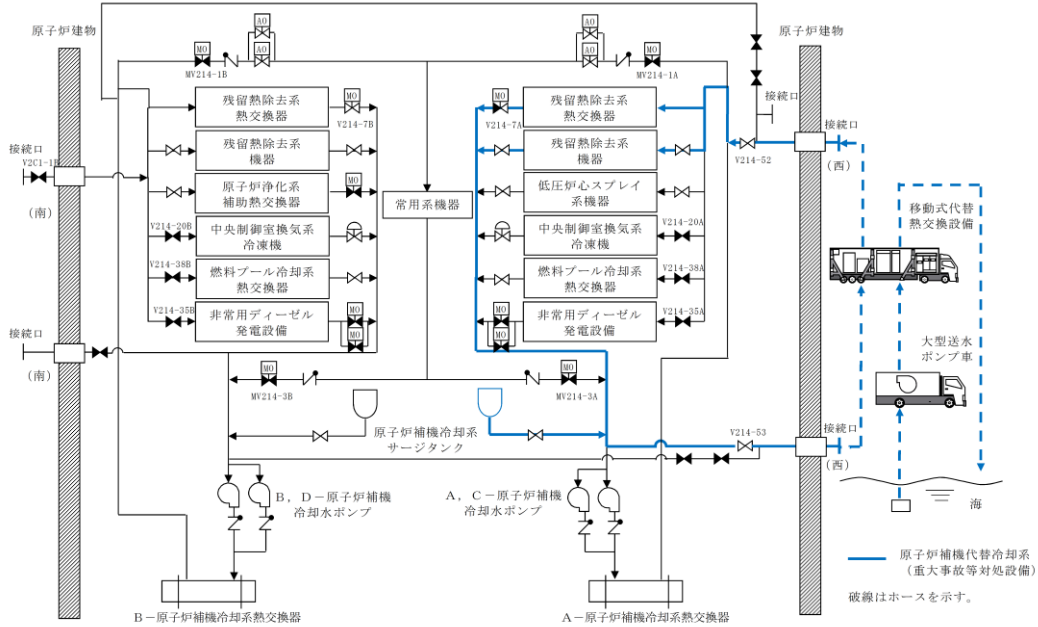


図4 原子炉補機代替冷却系 系統概略図

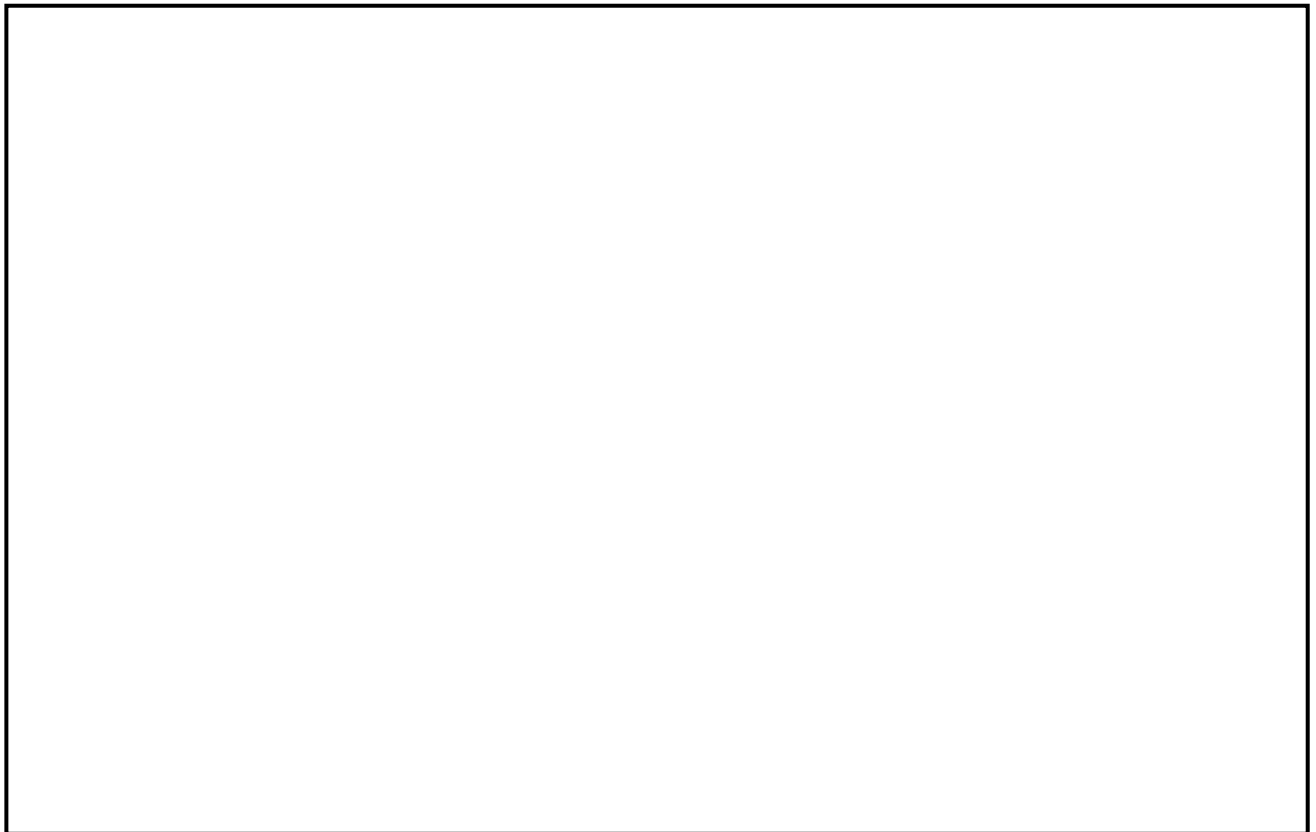


図5 移動式代替熱交換設備 概要図

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。

3. 耐圧強化ベントラインによる原子炉格納容器内の減圧及び除熱の実施

耐圧強化ベントラインによる原子炉格納容器内の減圧及び除熱手段は、万一、炉心損傷前に格納容器フィルタベント系が使用できない場合に、原子炉格納容器内雰囲気ガスを窒素ガス制御系及び非常用ガス処理系を経由して、主排気筒に沿って設置している排気管から排出することで、原子炉格納容器内の減圧及び除熱を行うものであり、最終的な熱の逃がし場である大気へ熱を輸送する手段を確保する。

耐圧強化ベントラインを使用する際には、サプレッション・チェンバ内でのスクラビング効果が期待できるウェットウェルベントを優先とするが、万一、サプレッション・チェンバ側からの格納容器ベントが実施できない場合は、ドライウェルベントを行う。なお、ドライウェルベントを行った際には、サプレッション・チェンバ内のガスは真空破壊装置を経由してドライウェルへ排出される。

耐圧強化ベントラインを使用した際に原子炉格納容器からのガスが流れる配管には、系統構成上必要な隔離弁を設置している。操作を行う必要がある隔離弁のうち、電動弁については遠隔手動弁操作機構又は現場のハンドル操作、空気作動弁についてはS G T耐圧強化ベントライン止め弁用空気ポンプ及びS G T耐圧強化ベントライン止め弁操作設備を用いることで、全ての電源喪失時においても操作可能な設計とする。

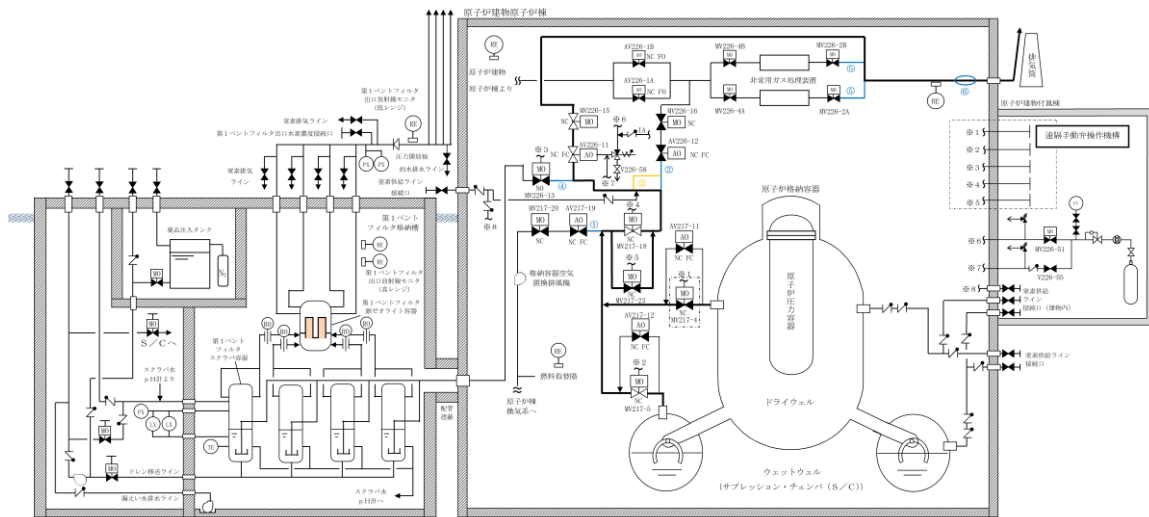


図6 耐圧強化ベントライン 概略系統図

(1) 耐圧強化ベントラインの水素爆発防止対策に関する状況について

原子炉格納容器から排気管放出端までの耐圧強化ベントラインの配管ルートを図7，8，9に示す。

耐圧強化ベントラインは炉心損傷前に使用することを前提としているため、ベントガスに含まれる水素は微量であることから、格納容器ベント中に可燃限界濃度に達することはないが、耐圧強化ベントラインから分岐している配管の水素爆発防止対策に関する状況を以下に示す。

- a. 原子炉棟換気系との隔離弁 (AV217-19) までの配管【図8：①】は、水平配管であり閉止端までの距離が短いため、水素が蓄積することはないと考えられる。

- b. 非常用ガス処理系との隔離弁（AV226-12）までの配管【図8：②】は、ハイポイントを有するが、水素の蓄積を防止する目的で、ハイポイント箇所から耐圧強化ベントラインへのバイパスライン【図8：③】を設置する。
- c. 以下の配管は、水素は微量であるものの、蓄積する可能性が否定できないため、窒素供給により系統内の排気及び不活性化を行うことが可能な可搬式窒素供給装置を確保している。
- ・格納容器フィルタベント系との隔離弁（MV226-13）までの配管【図8：④】
 - ・非常用ガス処理系との隔離弁（MV226-2A, 2B）から耐圧強化ベントラインとの合流部までの配管【図8：⑤, ⑥】

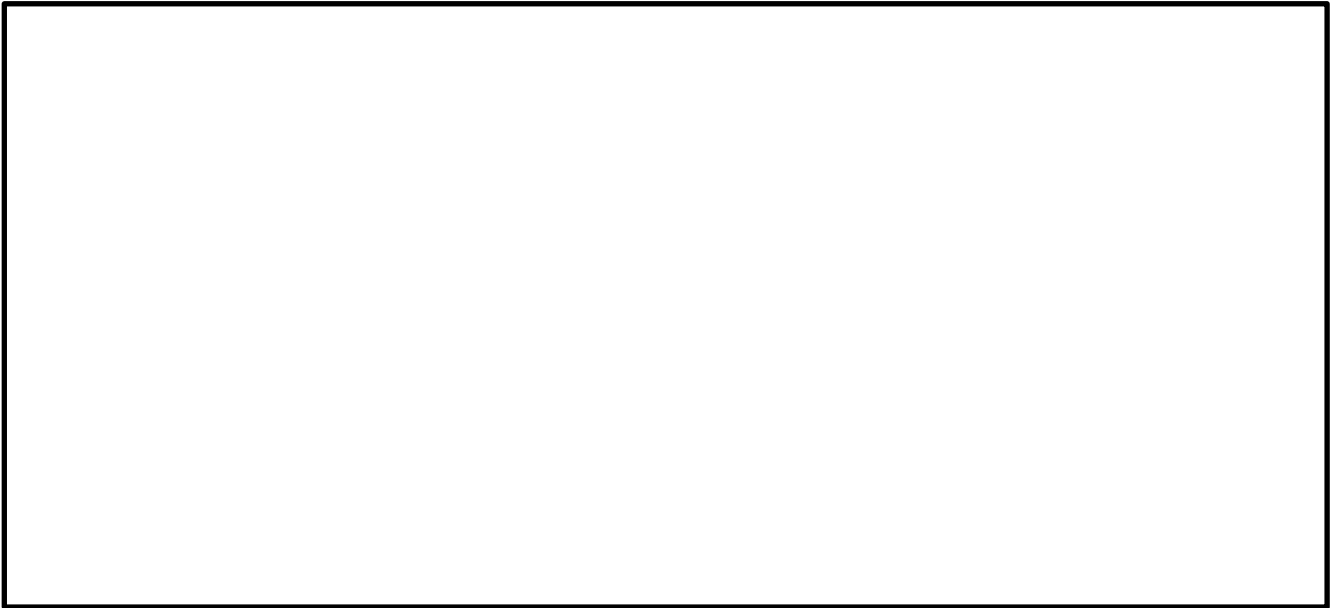


図7 耐圧強化ベントラインの配管ルート図

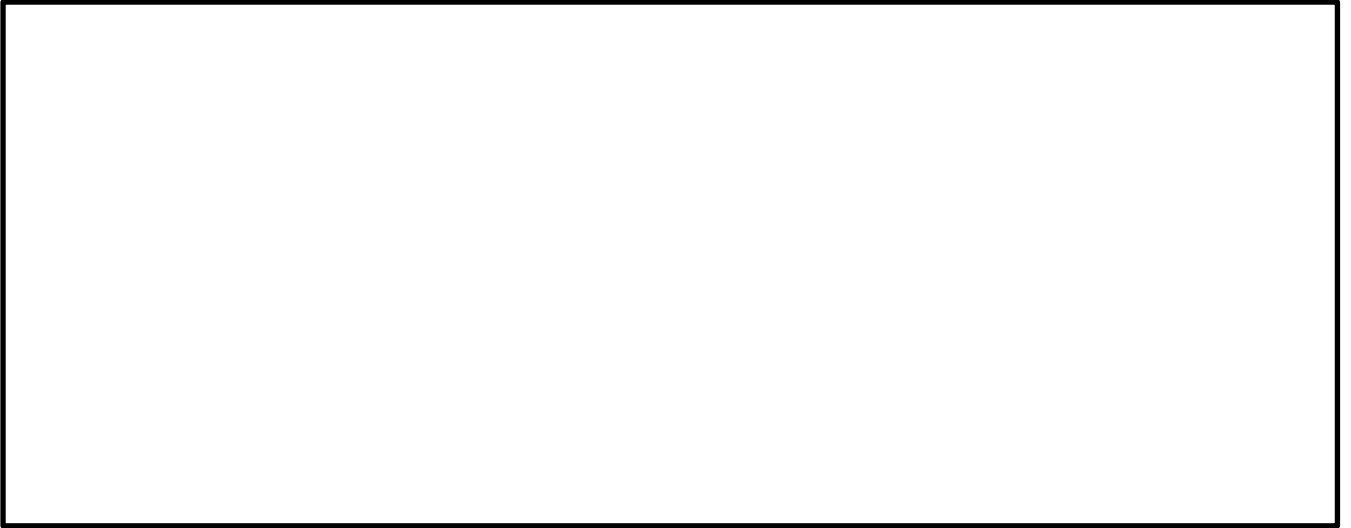


図8 耐圧強化ベントラインの配管ルート図（他系統への分岐部）

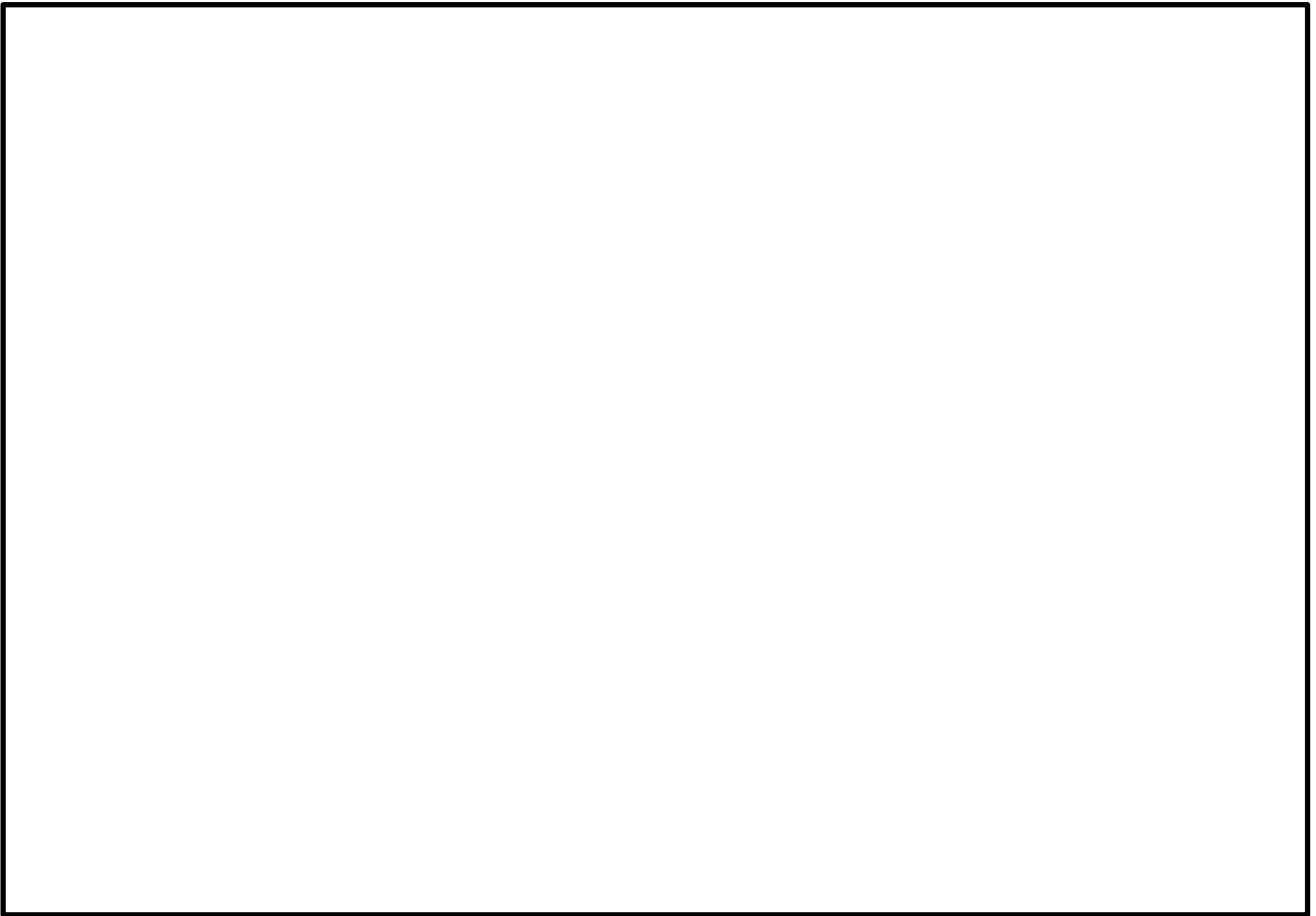


図9 耐圧強化ベントラインの配管ルート図（高低差）

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。

(2) 蒸気凝縮によるドレンについて

耐圧強化ベントラインを使用した場合、ベント開始直後から系統内で蒸気凝縮によりドレンが発生し、図 10 に示すローポイントにドレン溜まりが出来る可能性はあるが、以下のとおり格納容器圧力 約 10kPa[gage] 以上であればベントガスによって非常用ガス処理系排気管放出端からドレンを排出できる。

a. ドレンの排出が可能なベントガス流速について

垂直管内で上向きにガスが流れる場合に、ガスに随伴してドレンが排出される現象（気液対向流制限現象）については、配管口径が小さい場合には気相流速（ j_G ）に依存するが、配管口径が約 [] 以上の領域では Ku 値（Kutateladze 数[-]）に依存し、[] となる（参考図書 1）。

ここで、Ku 値は以下の式で表される。

$$Ku = \frac{\rho_G^{0.5} \cdot j_G}{(g \cdot \sigma (\rho_L - \rho_G))^{0.25}}$$

ρ_G : 気相密度 (0.598[kg/m³]) ※1

ρ_L : 液相密度 (958.1[kg/m³]) ※1

g : 重力加速度 (9.80665[m/s²])

j_G : 気相流速 [m/s]

σ : 表面張力 (0.0589[N/m]) ※1

※1 : 括弧内は大気圧のときの値を表す。

島根原子力発電所 2 号炉の非常用ガス処理系排気管放出端は 400A の配管であるため、ベントガス流速が [] を満足する [] より大きい場合に、配管内のドレンがベントガスに随伴されて排出されることとなる。

b. ベントガスによってドレンを排出できなくなるタイミングについて

ベントガス流速は以下の式で表される。

$$v = W_{\text{vent}} / (\rho \times A)$$

v : ベントガス流速 ([])

W_{vent} : ベントガス流量 [kg/s]

ρ : ベントガス密度 (0.598[kg/m³])

A : 配管断面積 (0.11787[m²])

ベントガス流速 [] に対応するベントガス流量は約 [] となる。系統の圧力損失計算結果より、ベントガス流量 約 [] の時の格納容器圧力は約 10 kPa[gage] となる。

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。

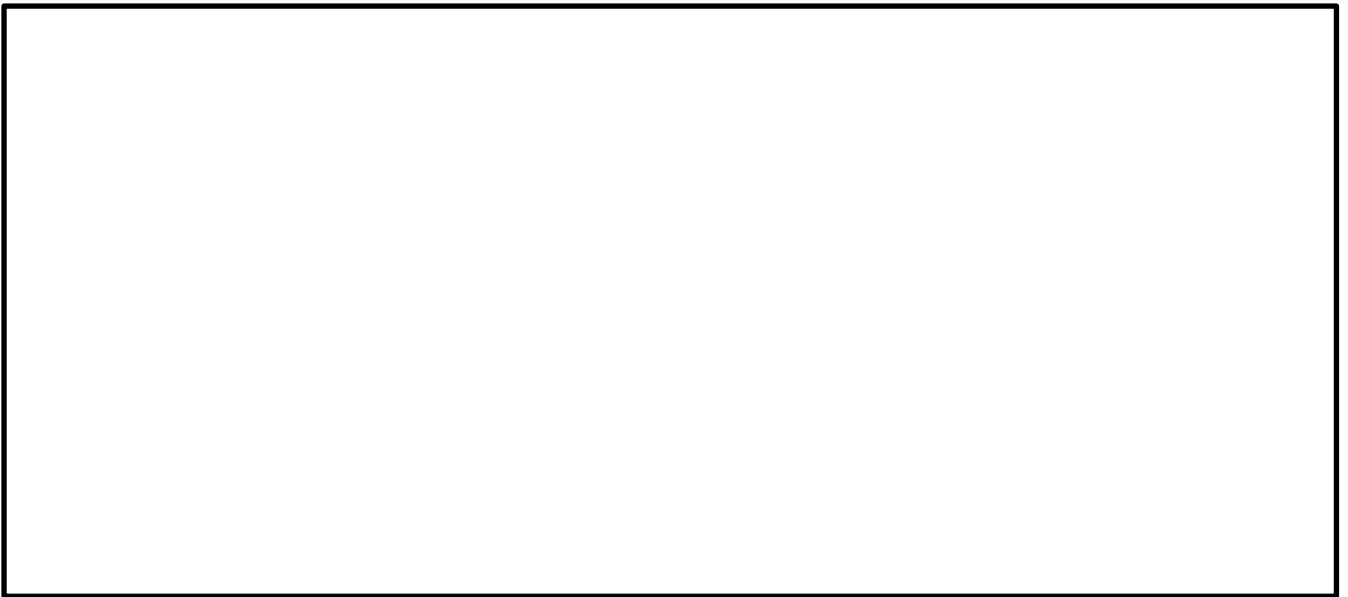


図10 耐圧強化ベントラインのローポイントから非常用ガス処理系排気管放出端までの配管ルート図

《参考図書》

1. Richter H.J, Flooding in tubes and annuli, Int. J. Multiphase flow, 7, 647-658(1981)

49 条 原子炉格納容器内の冷却等のための設備

目次

- 49-1 S A設備基準適合性 一覧表
- 49-2 単線結線図
- 49-3 配置図
- 49-4 系統図
- 49-5 試験及び検査
- 49-6 容量設定根拠
- 49-7 接続図
- 49-8 保管場所図
- 49-9 アクセスルート図
- 49-10 その他設備
- 49-11 送水ヘッダについて

49-1 S A設備基準適合性 一覽表

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|------------------------|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------|
| 49条:原子炉格納容器内の冷却等のための設備 | | 低圧原子炉代替注水ポンプ | | 類型化 区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | その他の建物内設備 | C |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 使用時に海水を通水又は淡水だけでなく海水も使用可能 | II |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 49-3 配置図, 49-4 系統図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作, 操作スイッチ操作, 弁操作 | | A, B d, B f |
| | | | 関連資料 | 49-3 配置図, 49-4 系統図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | ポンプ, 弁 (電動弁) | | A, B |
| | | | 関連資料 | 49-5 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が必要 | | B a |
| | 関連資料 | | 49-4 系統図 | | | |
| | 第5号 | 悪影響 防止 | 系統設計 | 通常時は隔離又は分離 | A b | |
| | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 | |
| | | 関連資料 | 49-3 配置図, 49-4 系統図 | | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 現場操作 (遠隔), 中央制御室操作 | | A b, B | |
| | | 関連資料 | 49-3 配置図 | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 重大事故等への対処を本来の目的として設置するもの | | A |
| | | | 関連資料 | 49-6 容量設定根拠 | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | | 対象外 |
| | | | 関連資料 | — | | |
| 第3号 | | 共通要 因故障 防止 | 環境条件, 自然現象, 外 部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象 (代替対象DB設備あり) —屋内 | | A a |
| | | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり) —異なる駆動源又は冷却源 | | C a |
| | | | 関連資料 | 49-2 単線結線図, 49-3 配置図, 49-4 系統図 | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表（可搬型）

| 49条：原子炉格納容器内の冷却等のための設備 | | 大量送水車 | | 類型化区分 | |
|------------------------|----------|--|---------------------------|---|-----------------------|
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 屋外設備 | D |
| | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | 海水 | 使用時に海水を通水又は淡水だけでなく海水も使用可能 | II |
| | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | 関連資料 | 49-4 系統図, 49-7 接続図, 49-8 保管場所図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 設備の運搬・設置, 操作スイッチ操作, 弁操作, 接続作業 | B c, B d, B f, B g |
| | | | 関連資料 | 49-4 系統図, 49-7 接続図, 49-8 保管場所図, 49-9 アクセスルート図 | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | ポンプ, 弁 (手動弁, 電動弁) | A, B |
| | | | 関連資料 | 49-5 試験及び検査 | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が必要 | B a |
| | | | 関連資料 | 49-4 系統図 | |
| | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | 通常時は隔離又は分離 | A b |
| | | | その他 (飛散物) | 高速回転機器 | B b |
| | | 関連資料 | 49-4 系統図, 49-5 試験及び検査 | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 現場操作 (設置場所) | A a | |
| | | 関連資料 | 49-7 接続図 | | |
| | 第3項 | 第1号 | 可搬型 SA の容量 | 原子炉建物の外から水又は電力を供給する可搬型設備 | A |
| | | | 関連資料 | 49-6 容量設定根拠 | |
| | | 第2号 | 可搬型 SA の接続性 | より簡便な接続 | C |
| | | | 関連資料 | 49-7 接続図 | |
| | | 第3号 | 異なる複数の接続箇所の確保 | 複数の機能で同時使用 | A a |
| | | | 関連資料 | 49-7 接続図 | |
| | | 第4号 | 設置場所 | (放射線量の高くなるおそれの少ない場所の選定) | — |
| 関連資料 | | | 49-7 接続図 | | |
| 第5号 | | 保管場所 | 屋外 (共通要因の考慮対象設備あり) | B a | |
| | | 関連資料 | 49-8 保管場所図 | | |
| 第6号 | | アクセスルート | 屋外アクセスルートの確保 | B | |
| | | 関連資料 | 49-9 アクセスルート図 | | |
| 第7号 | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象 (代替対象DB設備あり) —屋外 | A b | |
| | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり) —異なる駆動源又は冷却源 | C a | |
| | 関連資料 | 49-3 配置図, 49-4 系統図, 49-7 接続図, 49-8 保管場所図 | | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|------------------------|-----|---|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----|
| 49条:原子炉格納容器内の冷却等のための設備 | | 残留熱除去ポンプ (サブプレッション・プール水冷却モード) (設計基準拡張) | | 類型化 区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | 原子炉建物原子炉棟内設備 | B |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | — | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | ポンプ, 弁 (電動弁) | A, B | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が必要 | B a | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | DB施設と同様の系統構成 | A d |
| | | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 |
| | | | | 関連資料 | — | |
| | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | | |
| | | 関連資料 | — | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外 部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象外 (共通要因の考慮対象設備なし) | 対象外 | |
| | | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり) —異なる駆動源又は冷却源 | C a | |
| | | | 関連資料 | — | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|------------------------|------|---|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----|
| 49条:原子炉格納容器内の冷却等のための設備 | | 残留熱除去系熱交換器 (サブプレッション・プール水冷却モード) (設計基準拡張) | | 類型化 区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | 原子炉建物原子炉棟内設備 | B |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | — | |
| | | 第2号 | 操作性 | 操作不要 | — | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | 熱交換器 | D | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | 関連資料 | | — | | | |
| | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | DB施設と同様の系統構成 | A d | |
| | | | その他(飛散物) | 対象外 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 対象外(操作不要) | 対象外 | | |
| | | 関連資料 | — | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設SAの容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象外(共通要因の考慮対象設備なし) | 対象外 | |
| | | | サポート系要因 | 対象(サポート系あり)—異なる駆動源又は冷却源 | C a | |
| | | | 関連資料 | — | | |

49-2 単線結線図

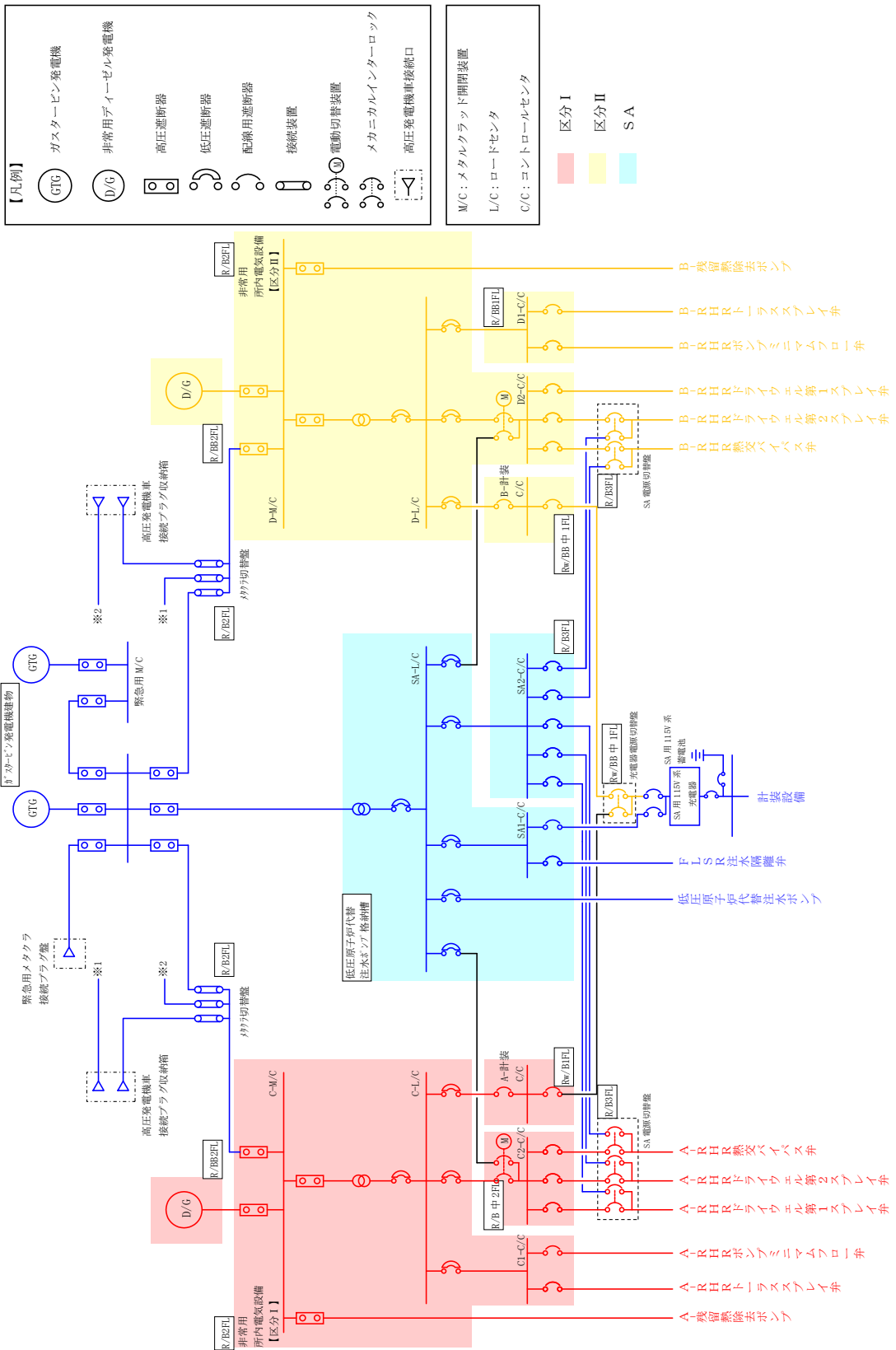




図1 単線結線図

49-3 配置図

 : 設計基準対象施設

 : 重大事故等対処設備

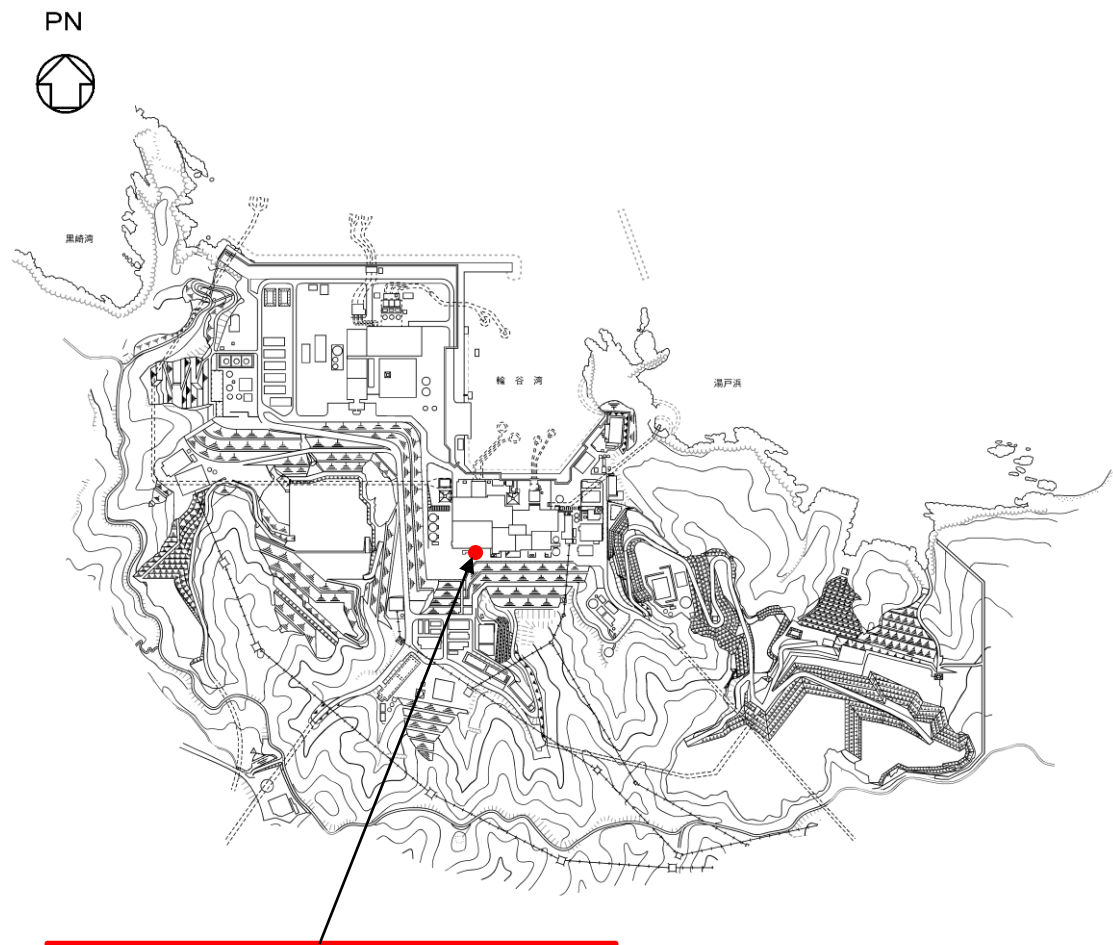
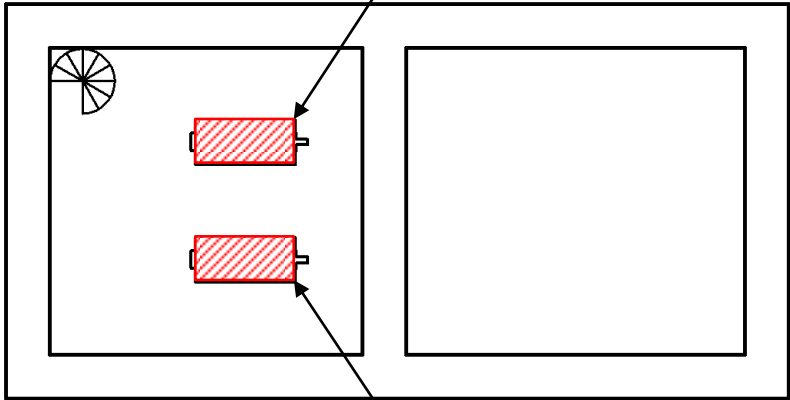


図1 格納容器代替スプレイ系に係る機器（低圧原子炉代替注水ポンプ）の配置図



低圧原子炉代替注水ポンプ (A)

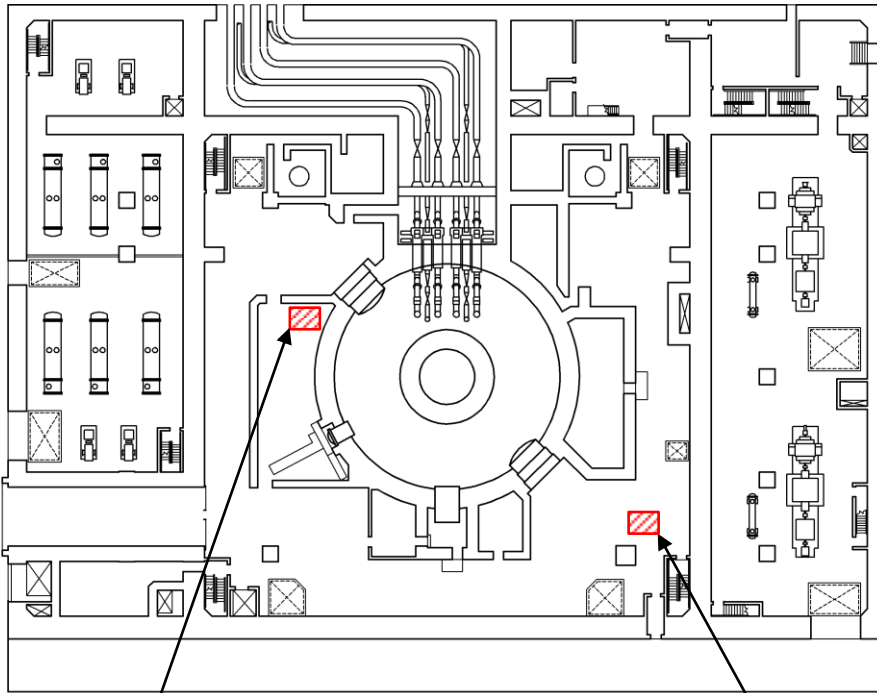


低圧原子炉代替注水ポンプ (B)

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 【EL.700】

図2 格納容器代替スプレイ系に係る機器（低圧原子炉代替注水ポンプ）の配置図

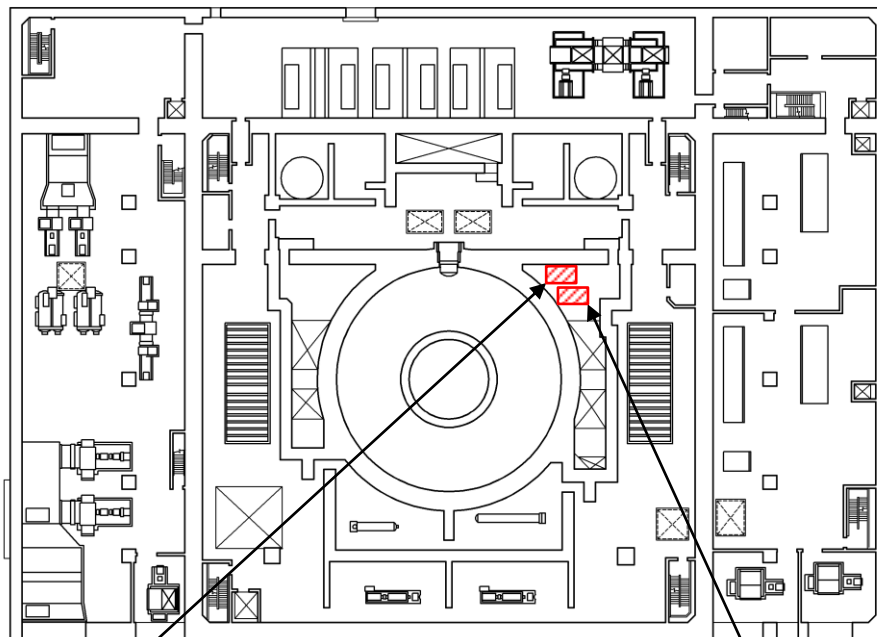
PN



原子炉建物1階 【EL.15300】

図3 格納容器代替スプレイ系に係る機器（F L S R注水隔離弁）の配置図
（原子炉建物1階）

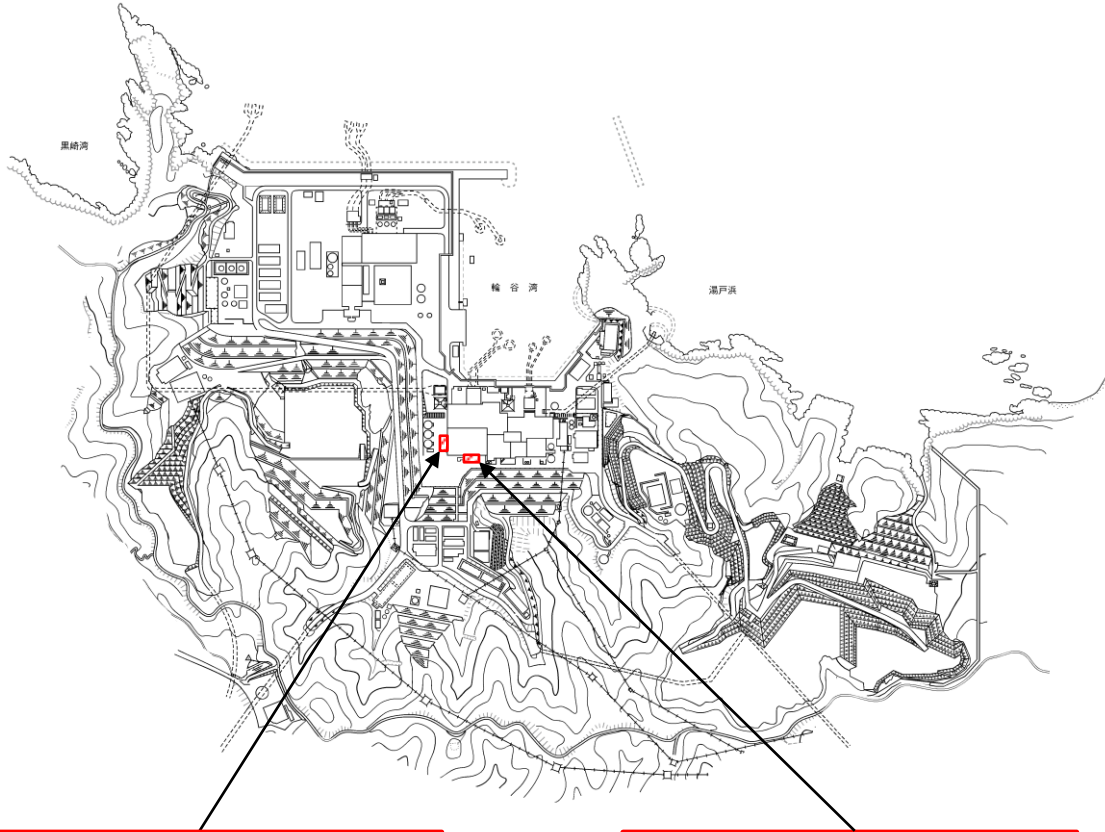
PN



原子炉建物2階 【EL.23800】

図4 格納容器代替スプレイ系に係る機器（弁）の配置図
(原子炉建物2階)

PN



ACSS B-注水ライン
流量調整弁
(V2B5-1B)



ACSS A-注水ライン
流量調整弁
(V2B5-1A)

図5 格納容器代替スプレイ系に係る機器（弁）の配置図

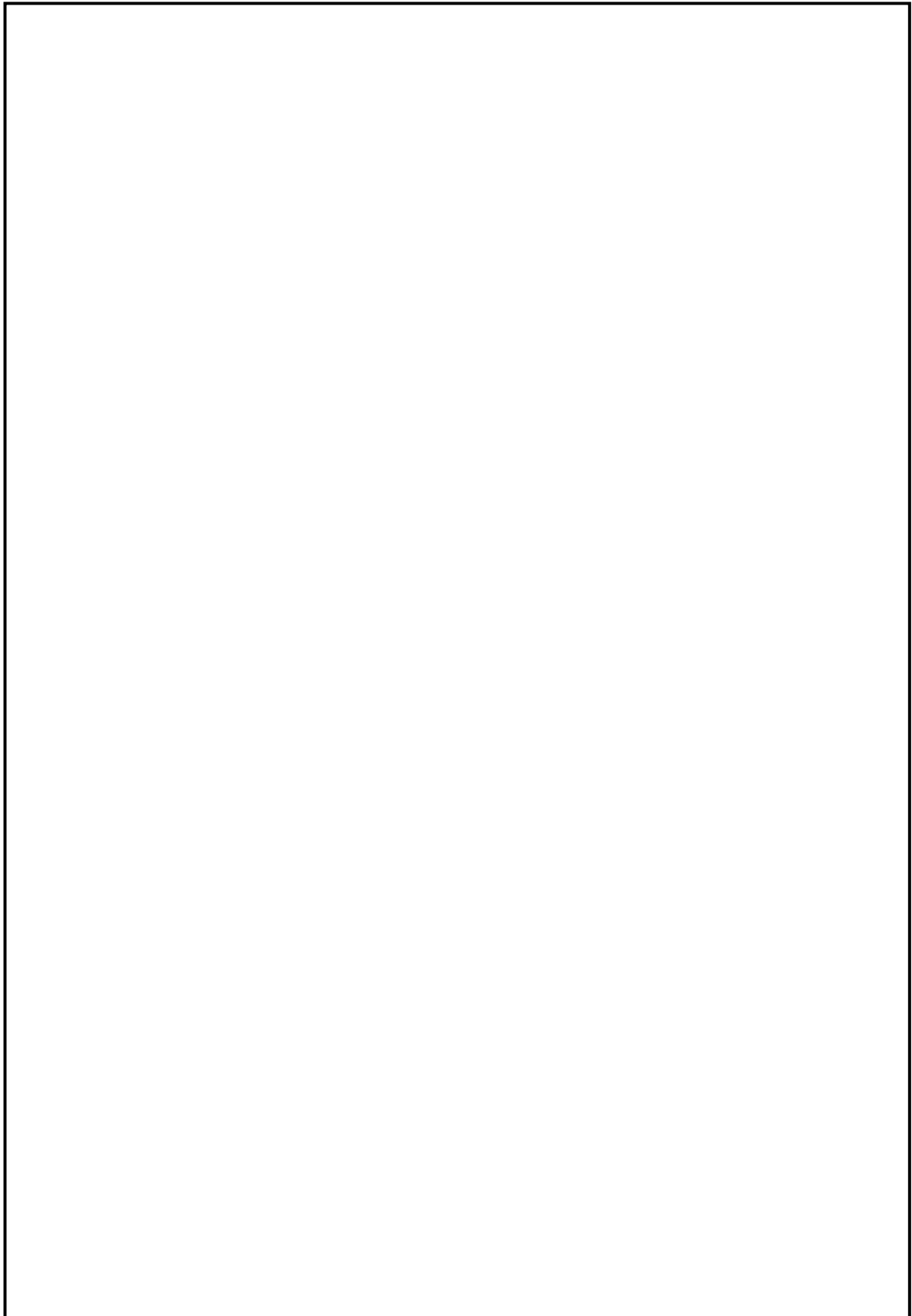
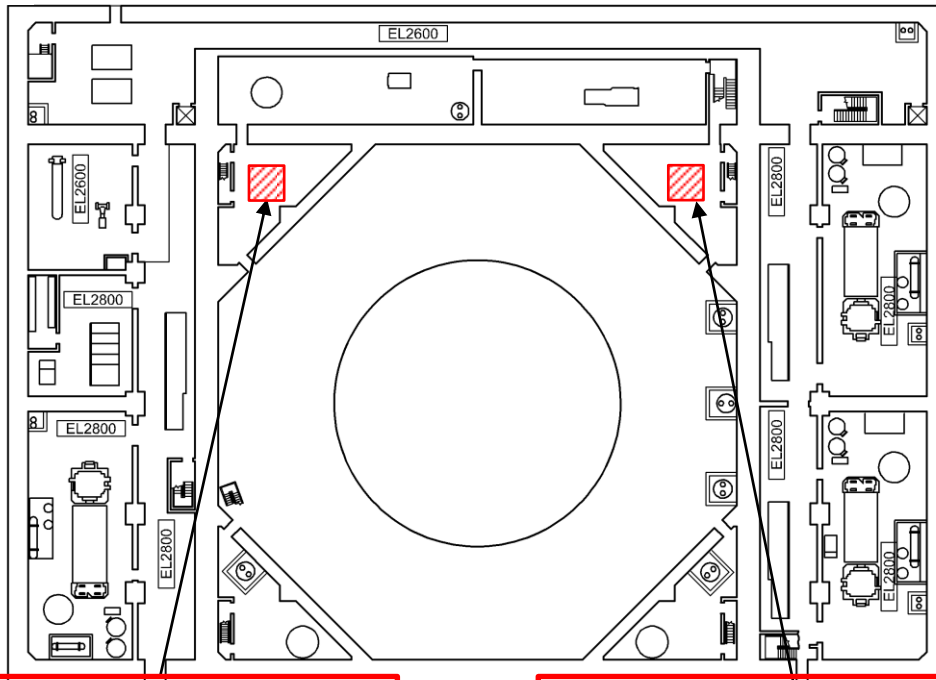


図6 格納容器代替スプレイ系に係る中央制御室操作盤の配置図
(制御室建物4階)

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。

PN



B-残留熱除去ポンプ



A-残留熱除去ポンプ

原子炉建物地下2階 【EL.1300】

図7 残留熱除去系に係る機器（残留熱除去ポンプ）の配置図
（原子炉建物地下2階）

PN

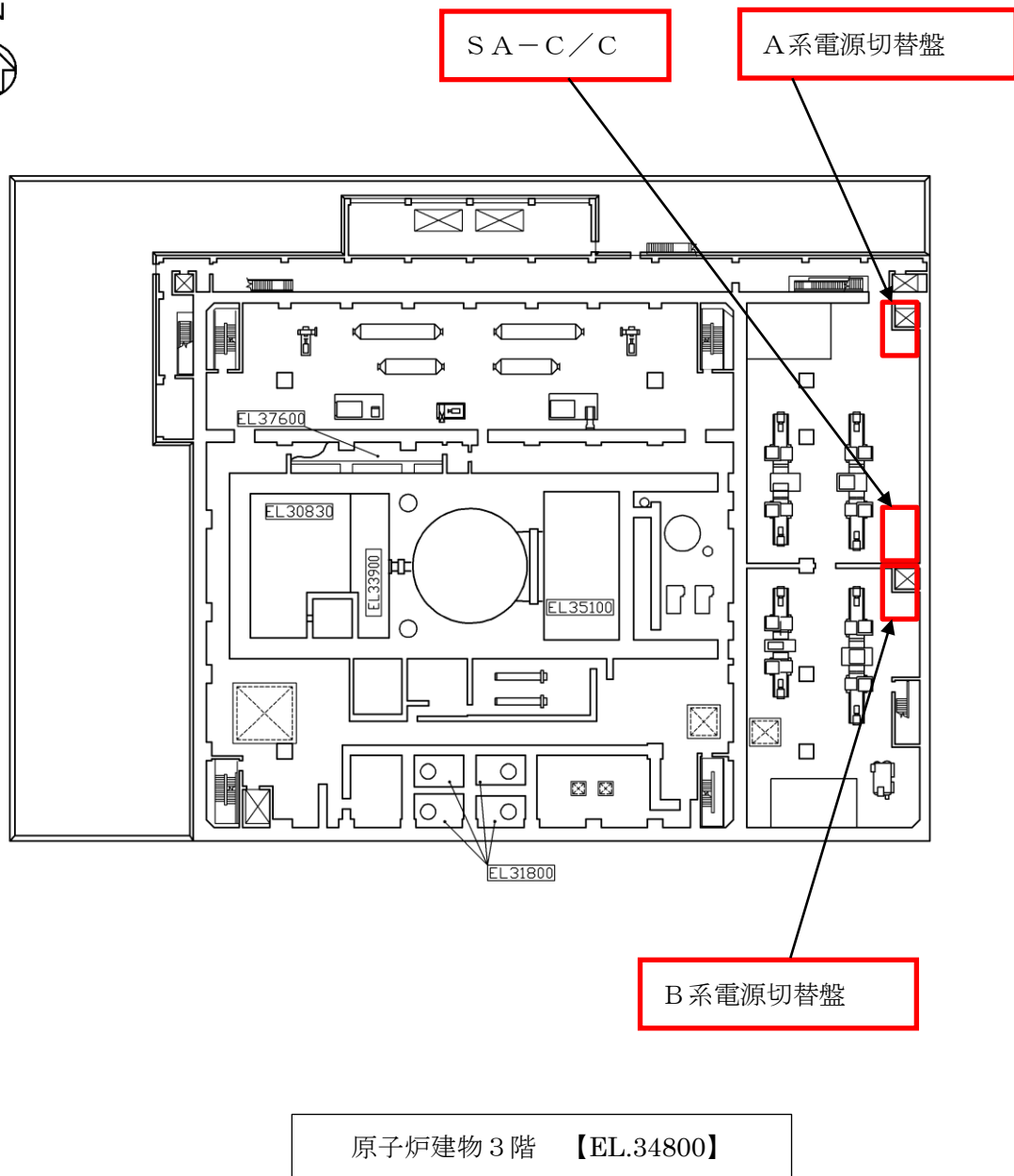


図8 格納容器代替スプレイ系に係る SA 電源切替盤の配置図
(原子炉建物 3階)

49-4 系統図

| No | 機器名称 | 状態の変化 | 操作方法 | 操作場所 |
|----|--------------------|-------|--------|-------|
| 1 | A-低圧原子炉代替注水ポンプ | 停止→起動 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| 2 | B-低圧原子炉代替注水ポンプ | 停止→起動 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| 3 | A-RHRドライウエル第1スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| 4 | A-RHRドライウエル第2スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| 5 | FLSR注水隔離弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |

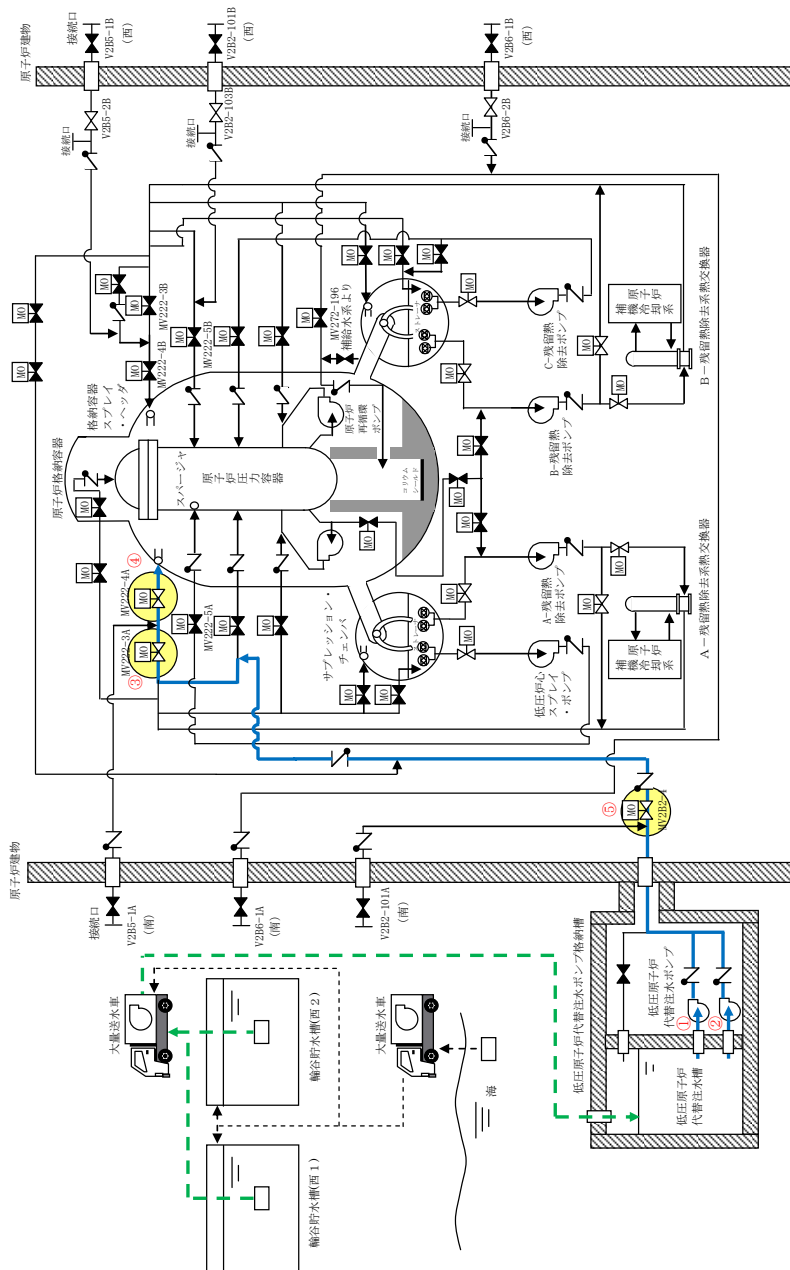


図1 格納容器代替スプレイ系（常設） 系統概要図

| No | 機器名称 | 状態の変化 | 操作方法 | 操作場所 |
|----|--------------------|-------|--------|---------|
| 1 | 大量送水車 | 停止→起動 | スイッチ操作 | 屋外 |
| 2 | A-RHRドライウェル第2スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| 3 | ACSS A-注水ライン流量調整弁 | 弁閉→弁開 | 手動操作 | 屋外接続口位置 |

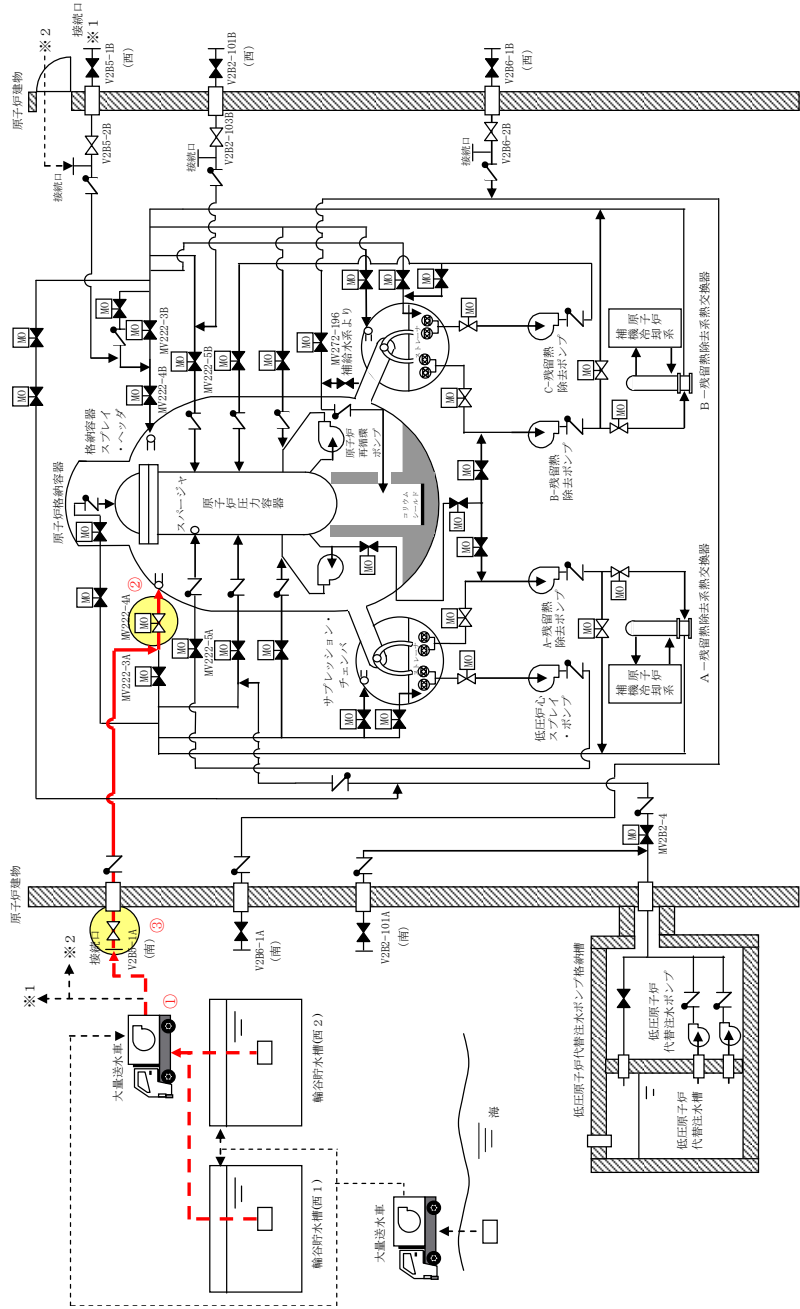


図2 格納容器代替スプレイ系（可搬型）A系 系統概要図

| No | 機器名称 | 状態の変化 | 操作方法 | 操作場所 |
|----|---------------------|-------|--------|---------|
| 1 | 大量送水車 | 停止→起動 | スイッチ操作 | 屋外 |
| 2 | B-RHR ドライヴェル第2スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| 3 | ACSS B-注水ライン流量調整弁 | 弁閉→弁開 | 手動操作 | 屋外接続口位置 |

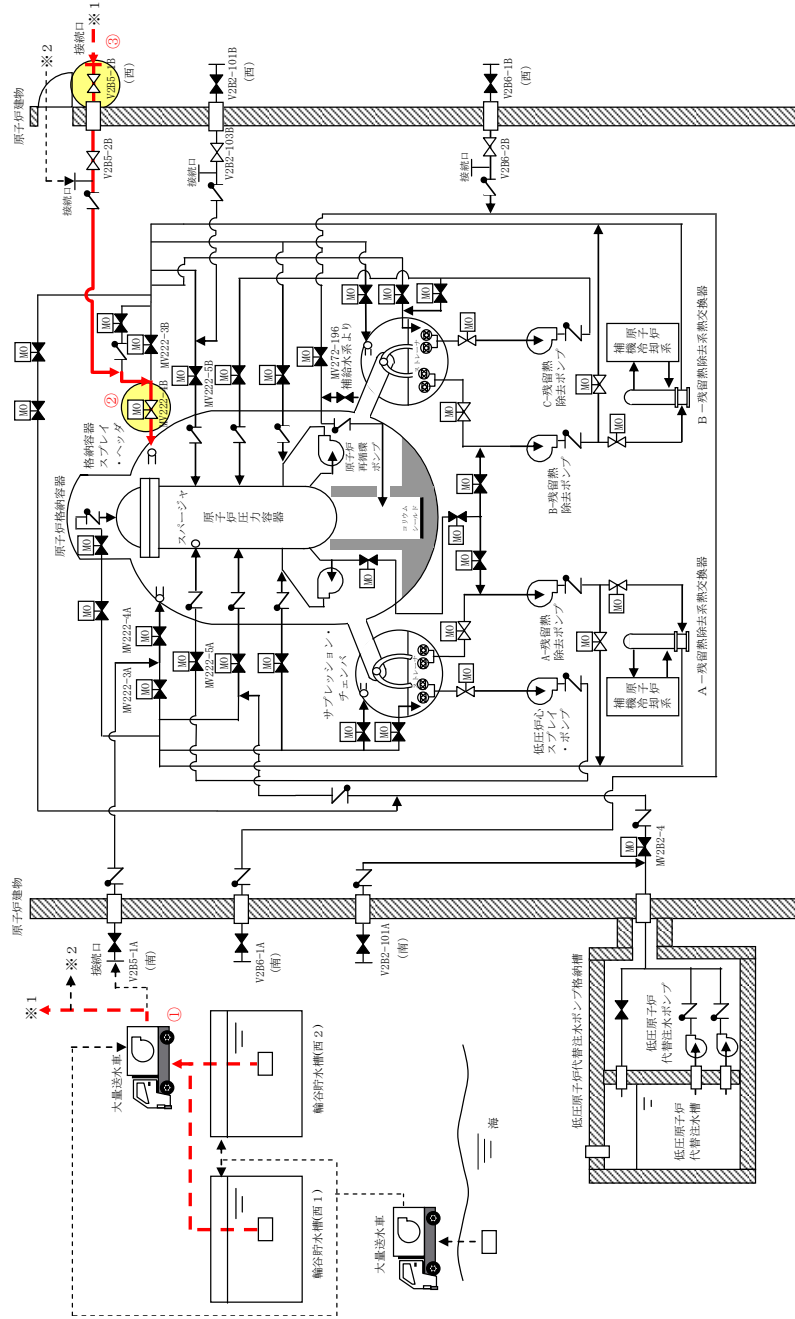


図3 格納容器代替スプレイ系（可搬型）B系 系統概要図

| No | 機器名称 | 状態の変化 | 操作方法 | 操作場所 |
|----|--------------------|-------|--------|------------|
| 1 | 大量送水車 | 停止→起動 | スイッチ操作 | 屋外 |
| 2 | B-RHRドラワイエル第2スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| 3 | ACSS B-注水ライン止め弁 | 弁開→弁閉 | 手動操作 | 原子炉建物付属棟1階 |

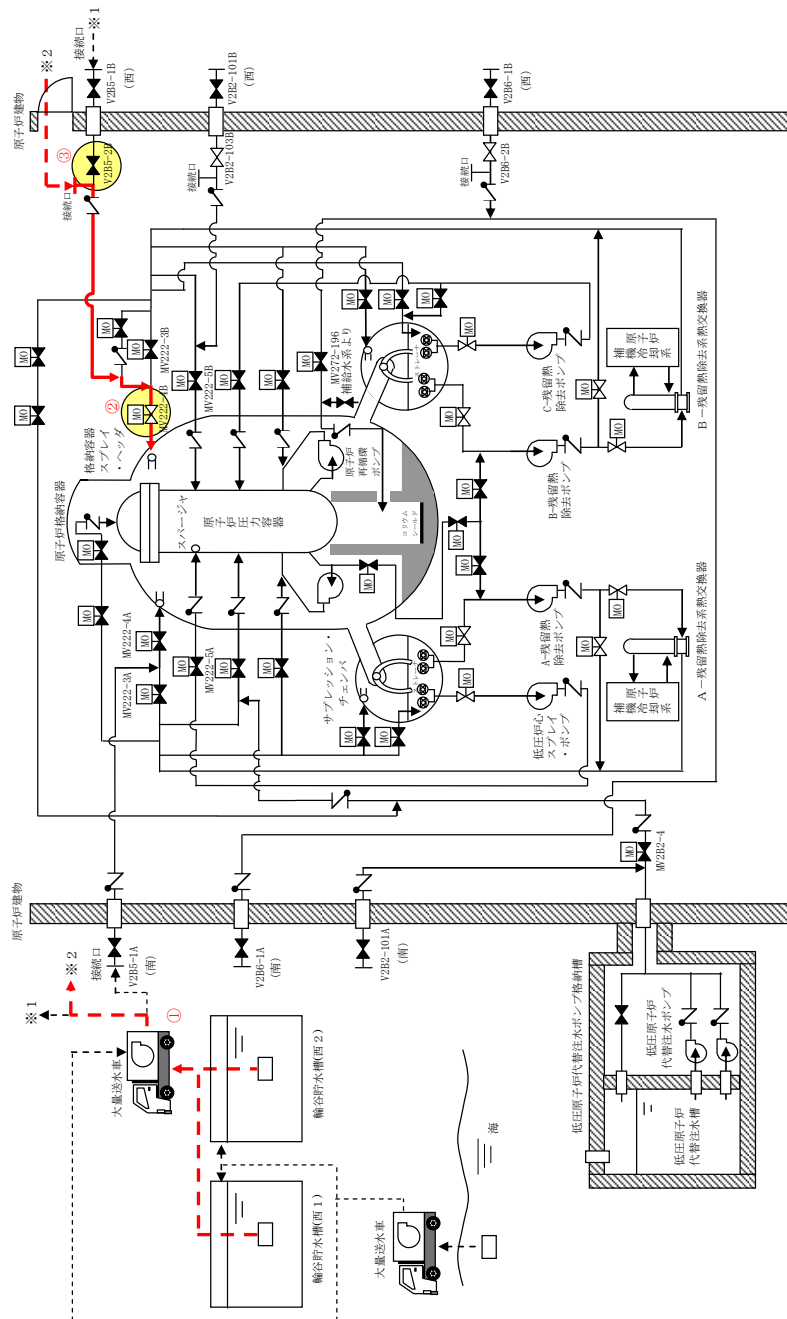


図4 格納容器代替スプレイ系（可搬型）B系 系統概要図（屋内接続口使用時）

49-5 試験及び検査

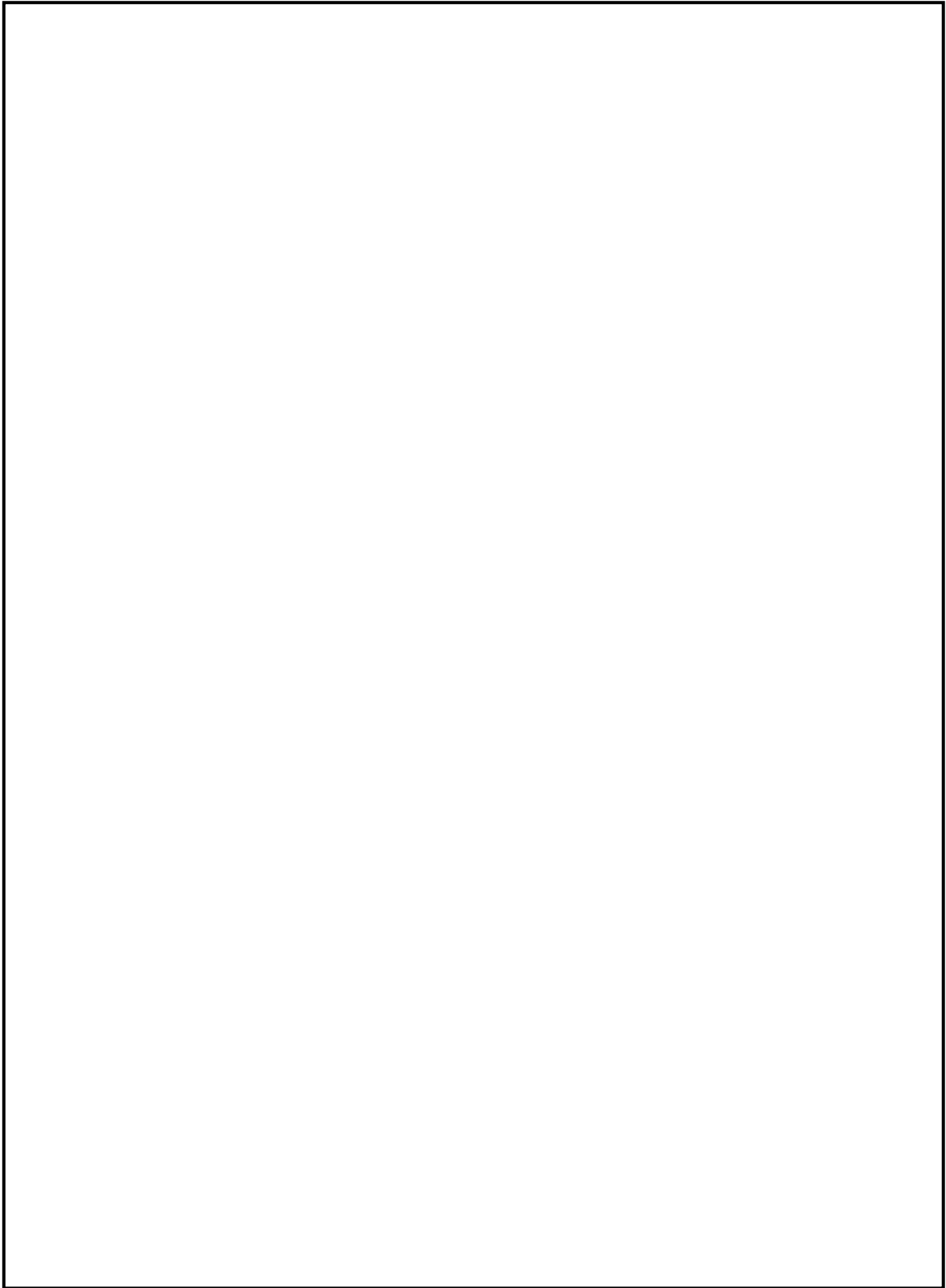


図1 低圧原子炉代替注水ポンプ 構造図

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。

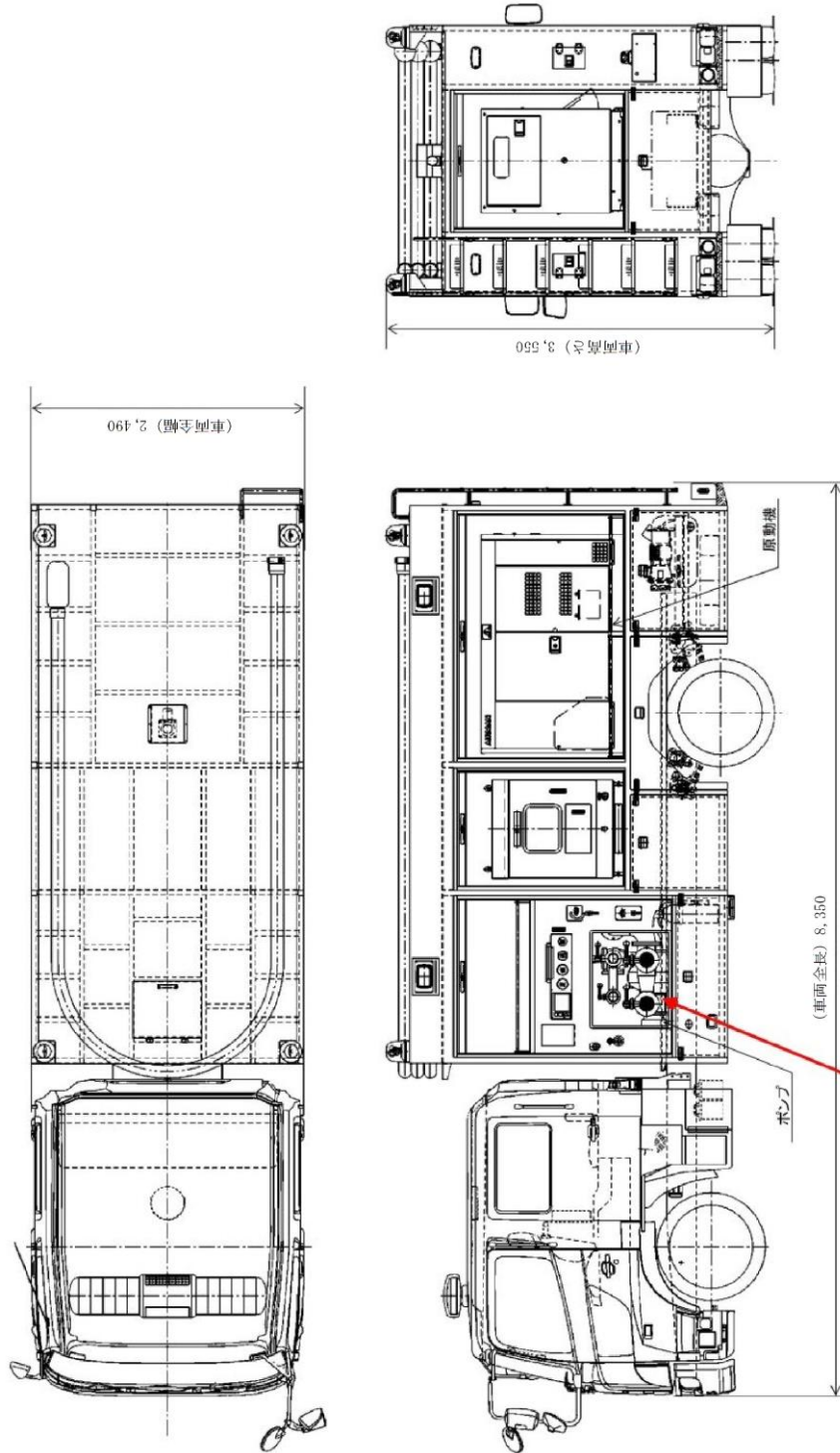


図2 構造図 (大量送水車)

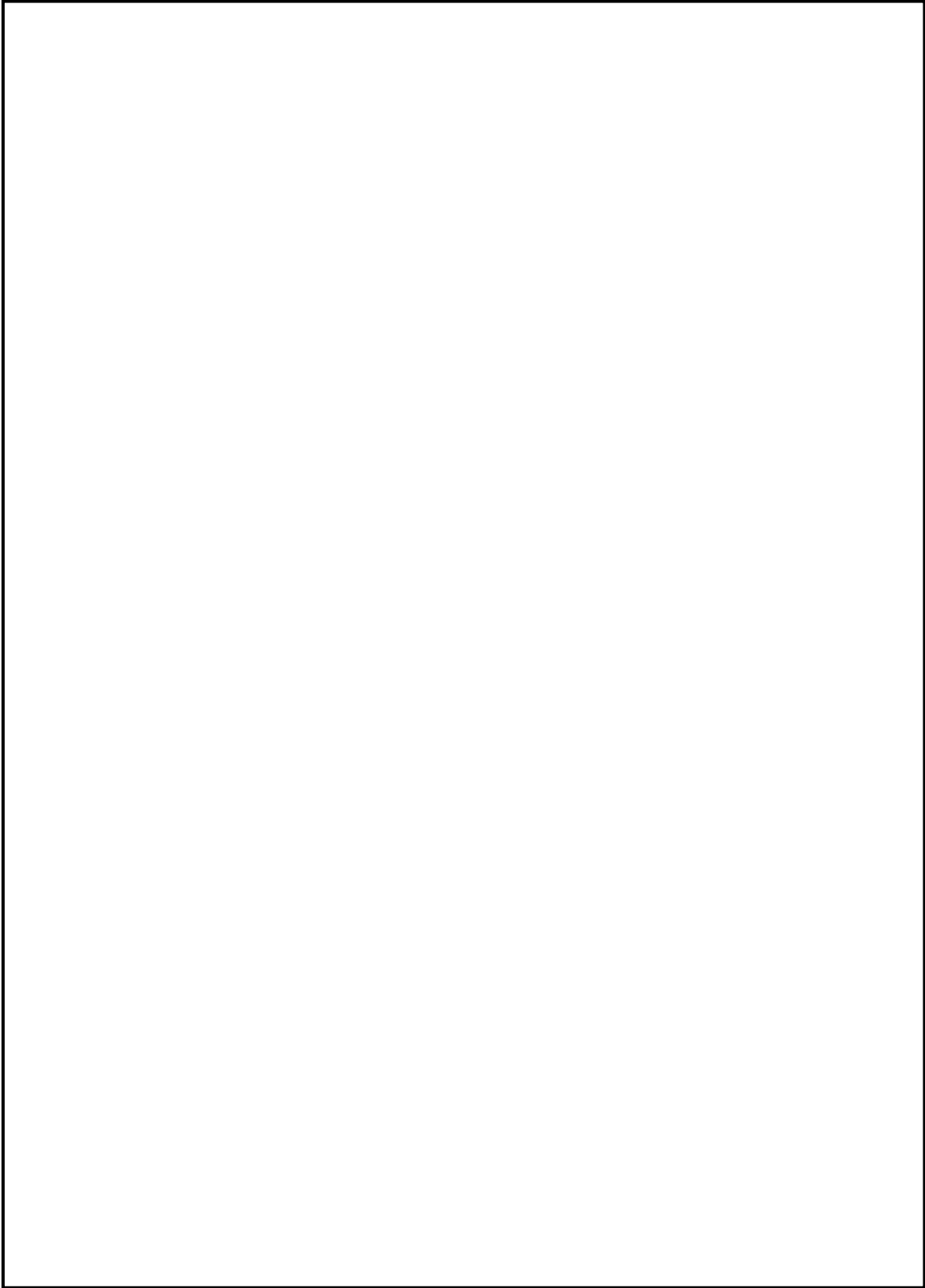


図3 格納容器代替スプレイ系運転性能検査系統図（1 / 3）

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。

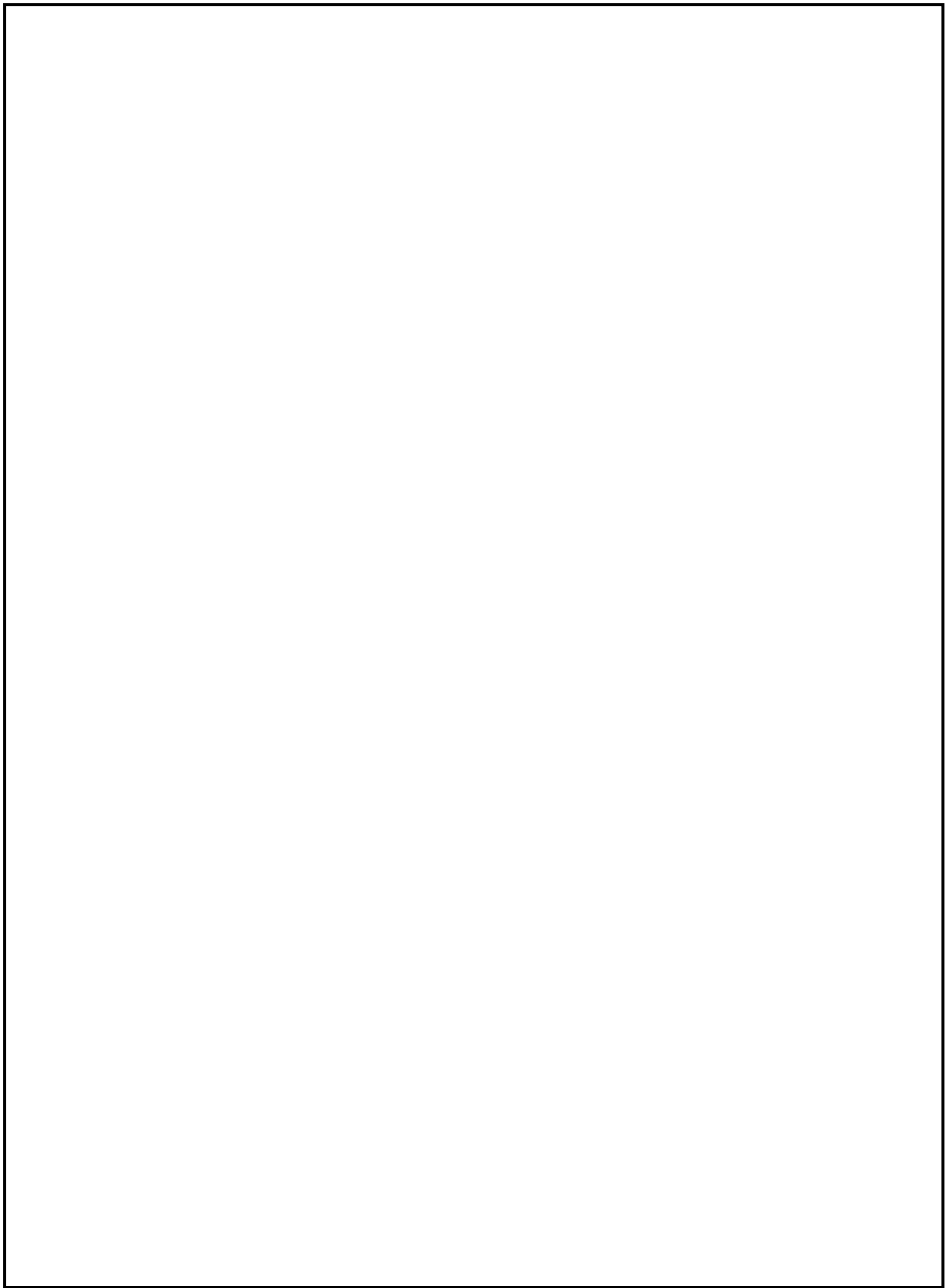


図3 格納容器代替スプレイ系運転性能検査系統図（2／3）

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。

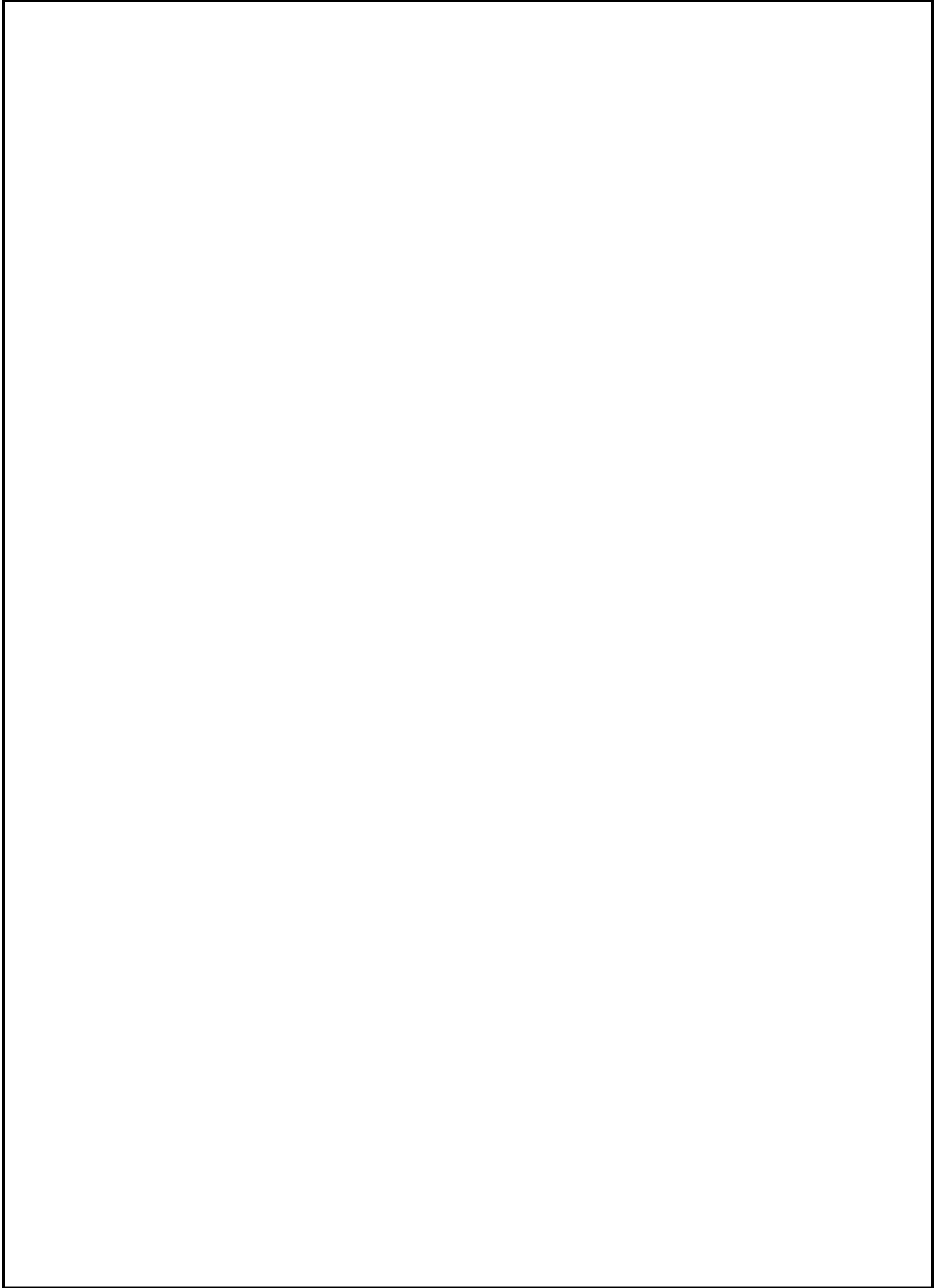


図3 格納容器代替スプレィ系運転性能検査系統図 (3 / 3)

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。

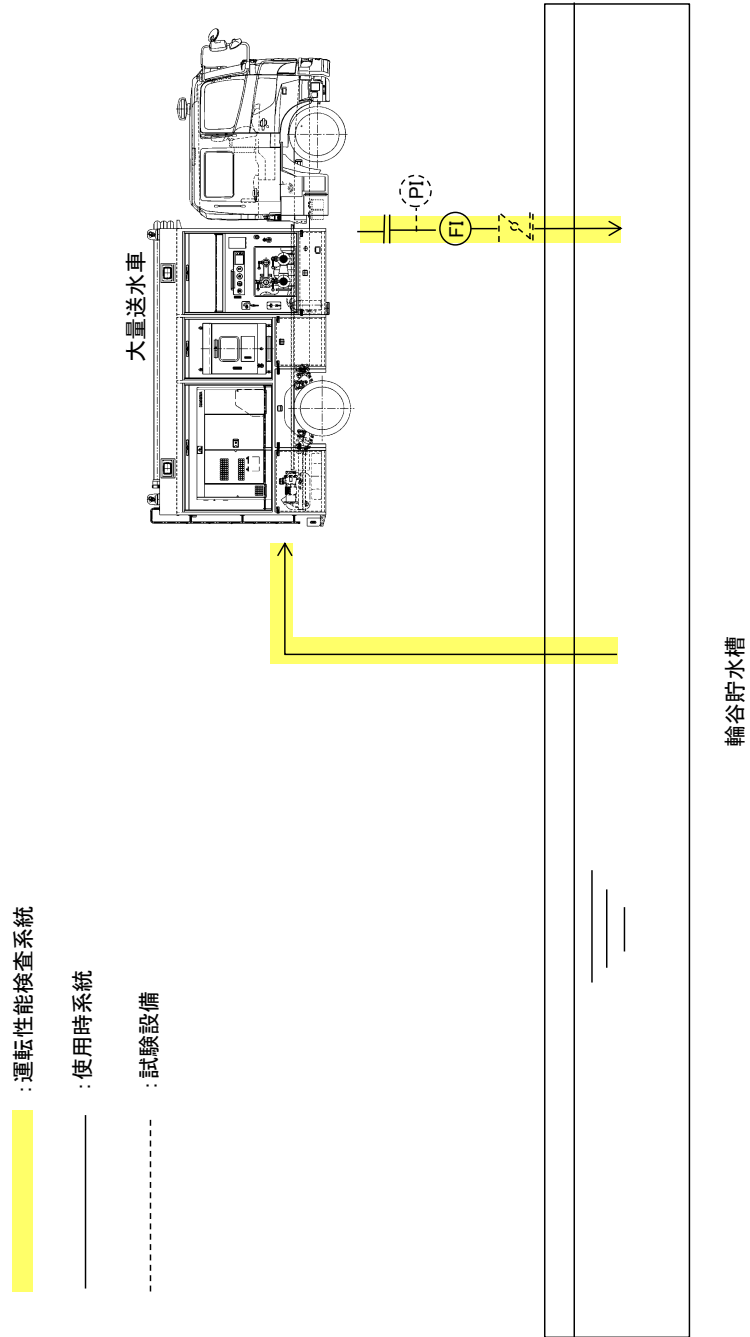


図4 運転性能検査系統図 (大量送水車)

49-6 容量設定根拠

| | | | |
|--|---------------------|------------------------------------|--|
| 名 称 | | 低圧原子炉代替注水ポンプ (格納容器代替スプレイ系 (常設)) | |
| 容 量 | m ³ /h/台 | 150 以上 (注 1) (230 (注 2)) | |
| 全 揚 程 | m | □以上 (注 1) (190 (注 2)) | |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa | 3.92 | |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 66 | |
| 原 動 機 出 力 | kW/台 | □以上 (注 1) (210 (注 2)) | |
| 機器仕様に関する注記 | | 注 1 : 要求値を示す 注 2 : 公称値を示す | |
| <p>【設 定 根 拠】 (概 要)</p> <p>低圧原子炉代替注水ポンプは重大事故等時に以下の機能を有する。</p> <p>格納容器代替スプレイ系 (常設) として使用する低圧原子炉代替注水ポンプは、設計基準事故対象設備が有する原子炉格納容器内の冷却機能が喪失した場合において原子炉格納容器内の圧力及び温度を低下させ炉心の著しい損傷を防止するために設置する。</p> <p>また、炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器の破損を防止するため、原子炉格納容器内の圧力及び温度並びに放射性物質の濃度を低下させるために設置する。</p> <p>これらの系統構成は、低圧原子炉代替注水槽を水源とした低圧原子炉代替注水ポンプより、残留熱除去系等の配管を經由して、格納容器スプレイ・ヘッダより原子炉格納容器内にスプレイすることにより炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止する設計とする。</p> <p>なお、重大事故等対処設備の格納容器代替スプレイ系 (常設) として使用する低圧原子炉代替注水ポンプは、2 台設置しており、このうち必要台数は 1 台であり、1 台を予備として確保する。</p> | | | |

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。

【設 定 根 拠】（続き）

1. 容量 150m³/h/台以上（注1）／230m³/h/台（注2）

低圧原子炉代替注水ポンプの容量は、以下を考慮して決定する。

(1) 原子炉格納容器スプレイ必要容量：120m³/h 以上

格納容器内にスプレイする場合の低圧原子炉代替注水ポンプの容量は、炉心の著しい損傷の防止の重要事故シーケンスのうち、高圧・低圧注水機能喪失、全交流動力電源喪失、崩壊熱除去機能喪失（残留熱除去系が故障した場合）、LOCA時注水機能喪失の重要事故シーケンス及び格納容器破損防止の重要事故シーケンスのうち、雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（残留熱代替除去系を使用しない場合）に係る有効性評価解析（原子炉設置変更許可申請書添付書類十）において、有効性が確認されている原子炉格納容器内へのスプレイ流量が120m³/hであることから、1台あたり120m³/h以上をスプレイ可能な設計とし、1台使用する設計とする。

(2) 低圧原子炉代替注水ポンプのミニマムフロー流量：30m³/h/台

以上より、格納容器代替スプレイ系（常設）として使用する場合の低圧原子炉代替注水ポンプの容量は、(1)の必要容量に(2)を加えた容量とし、150m³/h/台以上とする。

2. 全揚程 m 以上（注1）／190m（注2）

原子炉格納容器内にスプレイする場合の低圧原子炉代替注水ポンプの揚程は、水源と移送先の圧力差、静水頭、配管及び機器圧損を基に設定する。

| | | | |
|----------------|---|----------------------|---|
| 原子炉格納容器と水源の圧力差 | : | <input type="text"/> | m |
| 静水頭 | : | <input type="text"/> | m |
| 配管・機器圧力損失 | : | <input type="text"/> | m |
| 合計 (m) | | <input type="text"/> | m |

以上より、格納容器代替スプレイ系（常設）として使用する場合の低圧原子炉代替注水ポンプの揚程は、 m 以上とする。

【設定根拠】(続き)

3. 最高使用圧力 3.92MPa

低圧原子炉代替注水ポンプの最高使用圧力は、ポンプ締切運転時の揚程約 に静水頭約 を加えた約 MPa を上回る圧力として 3.92MPa としており、重大事故等時に格納容器代替スプレイ系(常設)として原子炉格納容器内にスプレイする場合の圧力もこれと同等である。

4. 最高使用温度 66℃

低圧原子炉代替注水ポンプの最高使用温度は、主配管「低圧原子炉代替注水槽から低圧原子炉代替注水ポンプ」の最高使用温度に合わせ、66℃とする。

5. 原動機出力 210kW/台

低圧原子炉代替注水ポンプの原動機出力は、以下の式により、容量及び揚程を考慮して決定する。

$$P_w = 10^3 \times \rho \times g \times Q \times H$$

$$\eta = \frac{P_w}{P} \times 100$$

(引用文献：日本工業規格 J I S B 0 1 3 1 (2002) 「ターボポンプ用語」)

$$P = \frac{10^{-3} \times \rho \times g \times Q \times H}{\eta / 100}$$

P : 軸動力 (kW)

P_w : 水動力 (kW)

ρ : 密度 (kg/m³) = 1000

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

Q : 容量 (m³/s) = 230/3600

H : 揚程 (m) = 190

η : ポンプ効率 (%) (設計計画値) =

$$P = \frac{10^{-3} \times 1000 \times 9.80665 \times \left(\frac{230}{3600} \right) \times 190}{\text{} / 100} = \text{} \div \text{} \text{ kW}$$

以上より、低圧原子炉代替注水ポンプの原動機出力は、軸動力を上回る出力とし、210kW/台とする。

【設 定 根 拠】（続き）

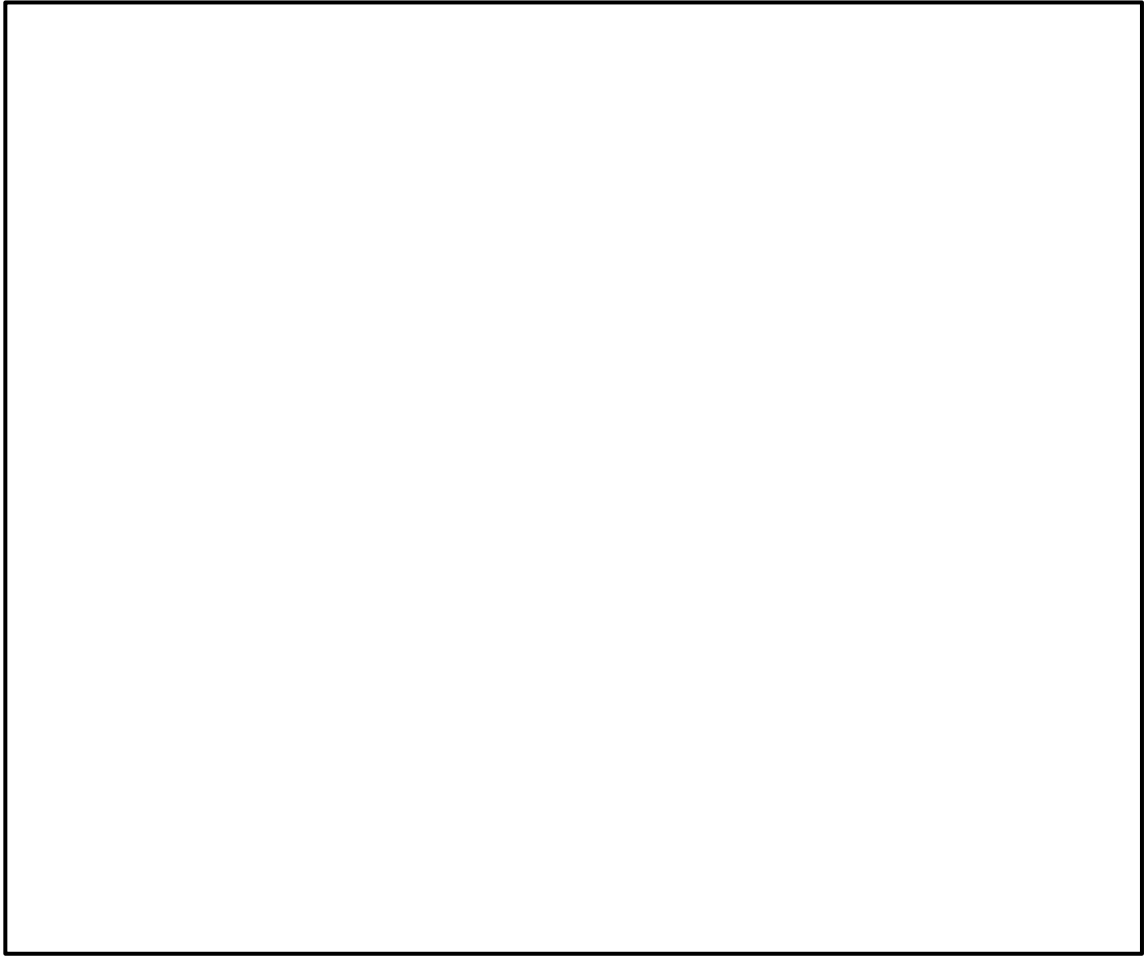


図1 低圧原子炉代替注水ポンプ性能曲線

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。

| 名 称 | | 大量送水車 |
|-------------|---------------------|------------------------------|
| 容 量 | m ³ /h/台 | 120 以上 (注 1) (168 以上 (注 2)) |
| 吐 出 圧 力 | MPa [gage] | 1.37 以上 (注 1) (0.85 (注 2)) |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa [gage] | 1.6 |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 40 |
| 原 動 機 出 力 | kW/台 | 230 |
| 機器仕様に関する注記 | | 注 1 : 要求値を示す 注 2 : 規格値を示す |

【設 定 根 拠】

大量送水車は、重大事故等時に以下の機能を有する。

格納容器代替スプレイ系（可搬型）として使用する大量送水車は、設計基準事故対処設備が有する原子炉格納容器内の冷却機能が喪失した場合において原子炉格納容器内の圧力及び温度を低下させ炉心の著しい損傷を防止するために設置する。

また、炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器の破損を防止するため、原子炉格納容器内の圧力及び温度並びに放射性物質の濃度を低下させるために設置する。

大量送水車は複数の代替淡水源（輪谷貯水槽（西 1）及び輪谷貯水槽（西 2））を水源として原子炉建物外壁に設置されている複数の接続口に接続し、残留熱除去系を経由して、原子炉格納容器へスプレイすることにより炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止する設計とする。

なお、大量送水車は、重大事故等時において、原子炉格納容器内冷却に必要なスプレイ流量を確保できる容量を有するものを下図のとおり 1 セット 1 台使用する。

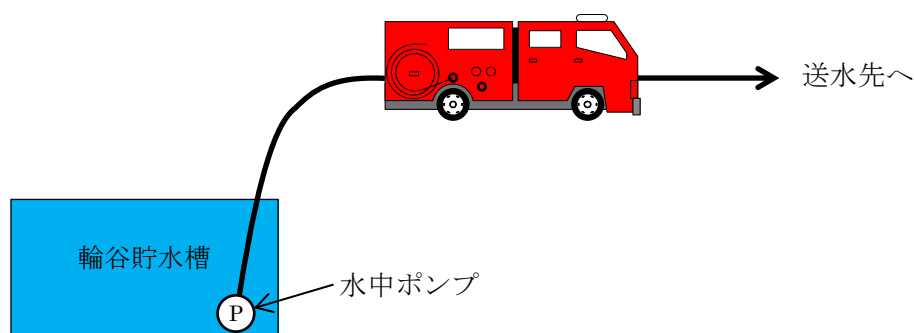


図 1 格納容器代替スプレイ系（可搬型）によるスプレイ 系統概要図

1. 容量 120m³/h/台以上（注1）／168m³/h/台以上（注2）

大量送水車の容量の要求値は、炉心の著しい損傷の防止の重要事故シーケンスのうち、高圧・低圧注水機能喪失、全交流動力電源喪失、崩壊熱除去機能喪失（残留熱除去系が故障した場合）、LOCA時注水機能喪失の重要事故シーケンス及び格納容器破損防止の重要事故シーケンスのうち、雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（残留熱代替除去系を使用しない場合）に係る有効性評価解析（原子炉設置変更許可申請書添付書類十）において、有効性が確認されている原子炉格納容器内へのスプレイ量 120m³/h 以上とする。

なお、大量送水車（A-1 級）は消防法に基づく技術上の規格を満足するものを採用していることから、その規格上要求される 168m³/h/台以上を容量の公称値とする。

2. 吐出圧力 1.37MPa 以上（注1）／0.85MPa（注2）

格納容器代替スプレイ系（可搬型）で使用する場合の大量送水車の吐出圧力は、水源と移送先の圧力差（大気開放である輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）と注水先の圧力）、静水頭、ホース直線敷設の圧損、ホース湾曲による影響、機器及び配管・弁類圧損を基に設定する。

複数あるホース敷設ルートのうち、水源と移送先の圧力差（大気開放である輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）と注水先の圧力）、静水頭、ホース直線敷設の圧損、ホース湾曲による影響、機器及び配管・弁類圧損を考慮した結果、最も保守的となる、

を使用する場合の必要吐出圧力を代表として以下に示す。

【 の場合】

| | | |
|-------------|---|--|
| 最終吐出端必要圧力 | 約 | MPa |
| 静水頭 | 約 | MPa |
| ホース圧損 | 約 | MPa ※1 |
| ホース湾曲による影響 | 約 | MPa ※1 |
| 機器及び配管・弁類圧損 | 約 | MPa |
| 合計 | 約 | 1.37 MPa |

※1：ホースについては保守的な想定で評価したものである。

湾曲の評価については 49-6-9, 10 参照。

なお、作業性及び他設備との干渉を考慮し、ルートを変更する場合には、ポンプ容量を変更しない範囲でホースの敷設場所を適切に選定する。

以上より、大量送水車の吐出圧力の要求値は、約 1.37MPa 以上とする。

なお、大量送水車は消防法に基づく技術上の規格を満足するものを採用していることから、その規格上要求される性能である 0.85MPa を吐出圧力の公称値とする。

図2に示すとおり、大量送水車は回転数を変更することで、容量及び吐出圧力の要求値を満足することが可能である。

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。

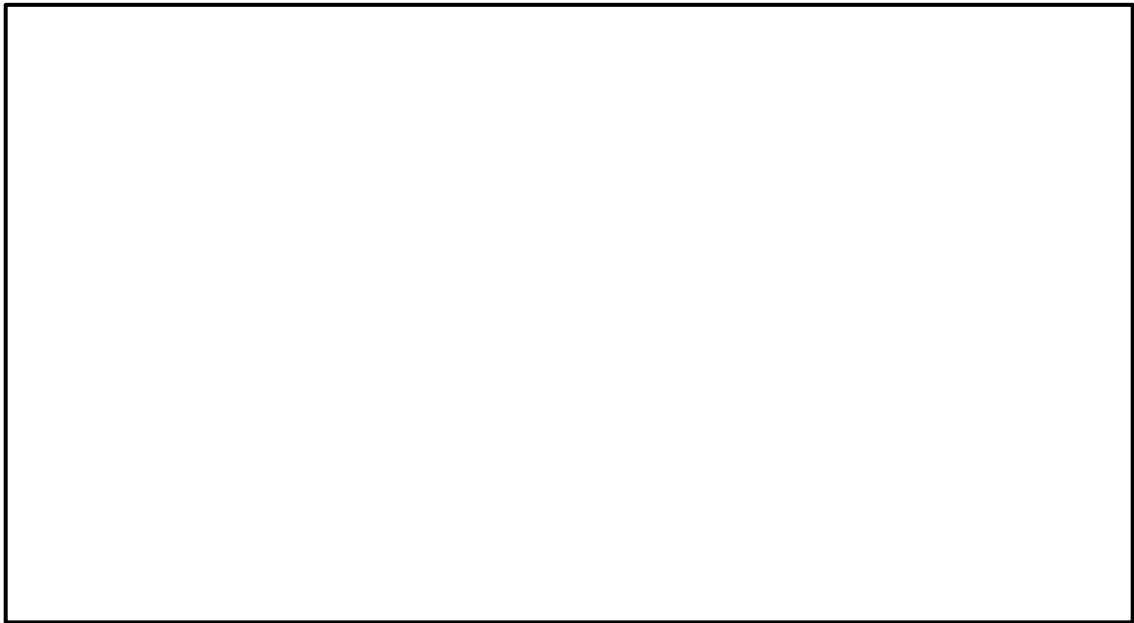


図2 大量送水車性能曲線

3. NPSH 評価

大量送水車は、代替淡水源である輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）に投入した取水ポンプにより取水される水を、送水ポンプを用いて送水する構造となっている。使用状態での各機器の配置イメージを図3に示す。

大量送水車の取水ポンプはキャビテーション防止のために水面から約 0.7m 下位に設置する必要がある。よって、大量送水車の設置場所（EL 53.2m）、輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）の底面（EL 45.9m）、大量送水車の送水ポンプの設置高さ約 1.2mから、送水ポンプと輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）の水面の高低差は最大で約 7.8mとなる。（図3参照）

必要流量 120m³/h を確保するために必要な送水ポンプの必要 NPSH が約 1.2m であることにに対し、送水ポンプと輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）の水面の高低差が最大（大量送水車から約 7.8m 下位）となる場合でも、送水ポンプに対する有効 NPSH が約 15.3m^{*}となる。

以上により、必要 NPSH（約 1.2m）< 有効 NPSH（約 15.3m）となる。

※内訳は以下のとおり。

| | | | |
|-------------------|---|------|---|
| 取水ポンプの全揚程 | 約 | | m |
| 大気圧 | 約 | | m |
| 静水頭 | 約 | | m |
| ホース圧損 | 約 | | m |
| ポンプ吸込口における飽和蒸気圧水頭 | 約 | -0.8 | m |
| 合計 | 約 | 15.3 | m |

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。

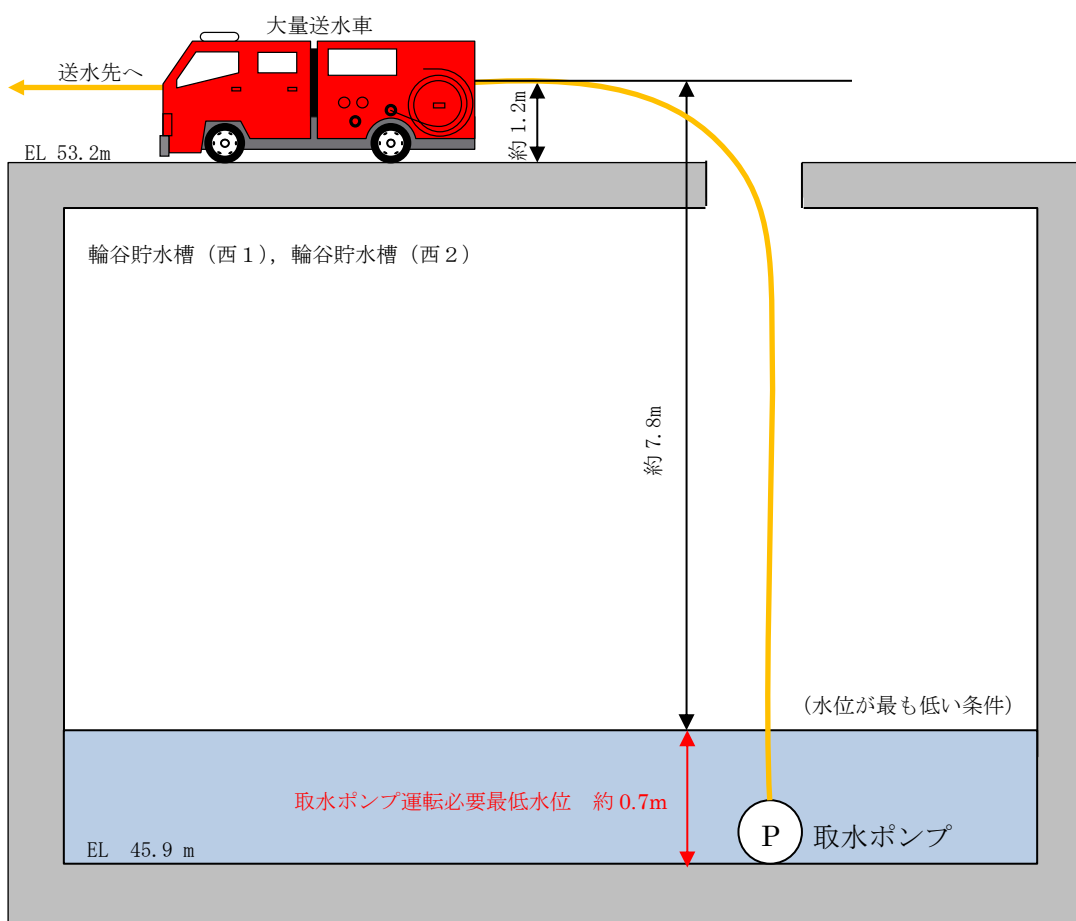


図3 大量送水車設置概要図

4. 最高使用圧力 1.6MPa

大量送水車を重大事故等時において使用する場合の最高使用圧力は、接続先のホースと同等とすることから1.6MPaとする。

5. 最高使用温度 40℃

大量送水車を重大事故等時において使用する場合の最高使用温度は、水源である淡水の温度が常温程度であること、および海水温度が30℃であることから、余裕を考慮し、40℃とする。

6. 原動機出力 230kW/台

大量送水車の原動機については、必要な性能（消防法に基づく技術上の規格）を発揮する出力を有するものとして230kWとする。

ホースの湾曲や余長の圧力損失に対する考え方

消防用ホースの圧力損失の評価については、実際に配備するホースのメーカーが様々であること、また、今後のホース調達先や年式等の種別による個体差等を考慮し、最も一般的な仕様である『新・消防機器便覧「消防水力学」(東京消防庁監修, 東京消防機器研究会編著)』における理論値を使用する。

消防用ホースの曲がりや余長による圧力損失への影響の考え方については以下のとおり。

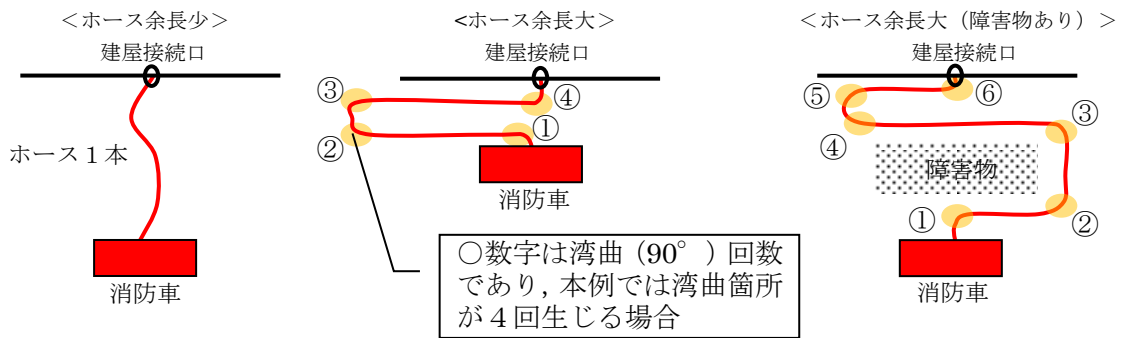


図4 想定される消防ホースの引き回し例 (イメージ図)

< 1 湾曲 (90°) あたりの圧力損失 : h_b >

$$h_b = f_b \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{\theta}{90^\circ} [\text{m}] = f_b \cdot \frac{v^2}{2000} \cdot \frac{\theta}{90^\circ} [\text{MPa}]$$

○ f_b : ベンドの損失係数

ホースの湾曲によるベンドの損失係数は新・消防機器便覧に記載されている曲率半径 1 m における 90° 湾曲時のベンド損失係数であり、次式、表 1 のうち数値の大きい方を使用する。

$$f_b = \left\{ 0.131 + 0.1632 \left(\frac{d}{R} \right)^{3.5} \right\} \cdot \frac{\theta}{90^\circ}$$

表1 ベンド損失係数 f_b

| 壁面 | R/d | 1 | 2 | 4 | 6 | 10 |
|------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | θ° | | | | | |
| な め ら か | 15 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| | 22.5 | 0.045 | 0.045 | 0.045 | 0.045 | 0.045 |
| | 45 | 0.14 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.07 |
| | 60 | 0.19 | 0.12 | 0.095 | 0.065 | 0.07 |
| | 90 | 0.21 | 0.135 | 0.10 | 0.085 | 0.105 |
| あ ら い | 90 | 0.51 | 0.30 | 0.23 | 0.18 | 0.20 |

R : 管中心線の曲率半径 (m)

(出典：新・消防機器便覧より)

(例として 150A, 流量 120m³/h の場合の値を記載する。)

$$f_b = \left\{ 0.131 + 0.1632 \times \left(\frac{0.1535}{1} \right)^{3.5} \right\} \times \frac{90}{90} \cong 0.14$$

$R/d = 6.5$, $\left(\text{Re} \sqrt{\lambda} \right) \cdot (\epsilon/d) \cong 11 < 200$ となり壁面は“なめらか”であることから表から f_b は 0.105 となる。

式からの計算値 0.14 > 表の値 0.105 であるため

$$f_b = \underline{0.14[\text{MPa}] \cdots (i)} \text{ とする。}$$

○ v : 流速

$$v = Q/A$$

Q : 流量について

格納容器代替スプレイ系（可搬型）で使用する場合は

$$Q = 120[\text{m}^3/\text{h}] = 2.0[\text{m}^3/\text{min}] \text{ となる。}$$

A : 管路の断面積について

$A = \pi r^2$ であることから, 150A のホースの場合, $r = \text{管内径}/2$ となり, 管内径 0.1535m より $r = 0.07675[\text{m}]$ となる。

$$\text{よって, } A = 0.0185057[\text{m}^2]$$

$v = Q/A$ より

$$= 108.074[\text{m}/\text{min}] = \underline{1.8012[\text{m}/\text{s}] \cdots (ii)}$$

○上記 (i) (ii) より, 1 湾曲 (90°) あたりの圧力損失を求める。

$$h_b(\text{MPa}) = 0.14 \times \frac{1.8012^2}{2000} \cdot \frac{90^\circ}{90^\circ}$$

$$h_b(\text{MPa}) = 0.00023[\text{MPa}]$$

格納容器代替スプレイ系（可搬型）と低圧原子炉代替注水系（可搬型）の同時使用について

格納容器代替スプレイ系（可搬型）は、低圧原子炉代替注水系（可搬型）による原子炉圧力容器への低圧代替注水と同時に行われることを想定している。全交流動力電源喪失のシナリオ時に格納容器代替スプレイ系（可搬型）を使用する場合において、原子炉停止後約 19 時間後から 120m³/h で原子炉格納容器内にスプレイし、同時に低圧原子炉代替注水系（可搬型）により 30m³/h で原子炉圧力容器への低圧代替注水することで重大事故等を防止できることが評価結果より確認されている。

したがって、格納容器代替スプレイ系（可搬型）と低圧原子炉代替注水系（可搬型）は表 1 のとおり同時に注水することを考慮している。系統図を図 1～図 4 に示すが、いずれの系統も大量送水車を用いるため、表 1 で示すとおりに格納容器代替スプレイ系（可搬型）と低圧原子炉代替注水系（可搬型）を同時に実施する能力があることを評価により確認する。評価に当たっては、格納容器代替スプレイ系（可搬型）と低圧原子炉代替注水系（可搬型）を同時に使用する全交流動力電源喪失のシナリオの条件を用いる。したがって、格納容器代替スプレイ系（可搬型）120m³/h と低圧原子炉代替注水系（可搬型）の同時注水の成立性を確認するために、大量送水車の特性と格納容器代替スプレイ系（可搬型）及び低圧原子炉代替注水系（可搬型）の系統圧力損失を考慮して注水特性評価を実施した。注水特性評価結果は図 6 のとおりであり、原子炉格納容器圧力が 1 Pd（427 kPa[gage]）及び原子炉圧力 0.5 MPa の場合に格納容器代替スプレイ系（可搬型）の流量が 120 m³/h、低圧原子炉代替注水系（可搬型）は 30 m³/h で原子炉圧力容器へ注水できることが確認できた。

よって、格納容器代替スプレイ系（可搬型）と低圧原子炉代替注水系（可搬型）の同時注水について、各々の必要流量が確保可能であることを確認した。

表 1 格納容器代替スプレイ系（可搬型）、低圧原子炉代替注水系（可搬型）の必要流量

| 格納容器代替スプレイ系（可搬型） | 低圧原子炉代替注水系（可搬型） |
|----------------------|---------------------|
| 120m ³ /h | 30m ³ /h |

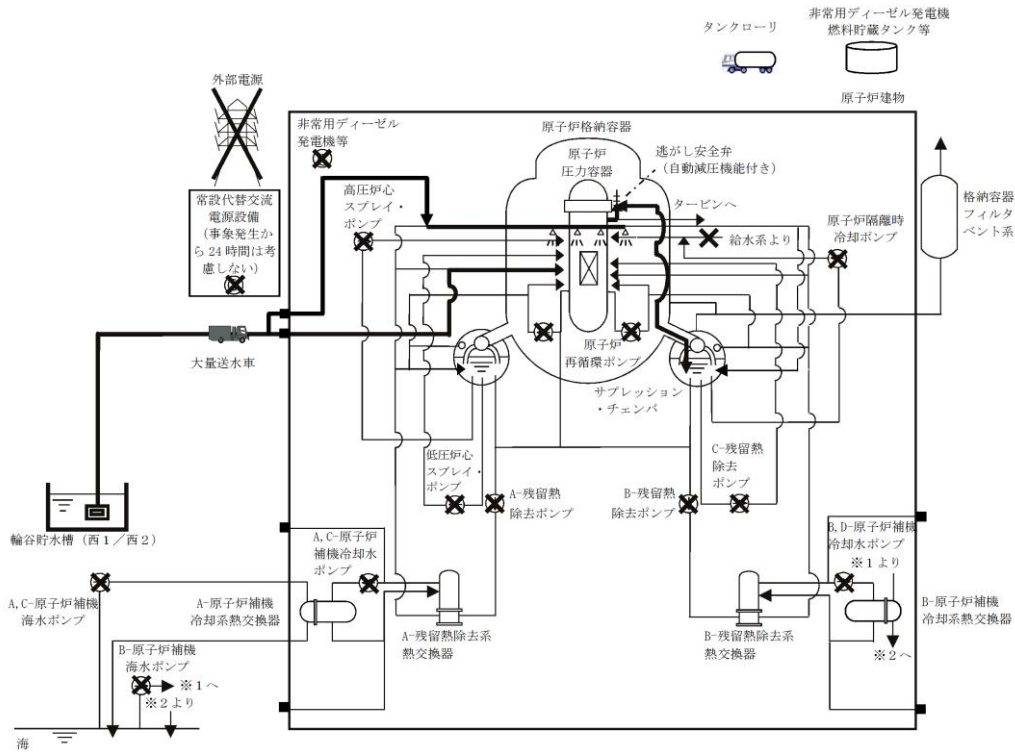


図1 「全交流動力電源喪失（長期TB）」の重大事故等対策の概略系統図
 (原子炉減圧，原子炉注水及び原子炉格納容器冷却)

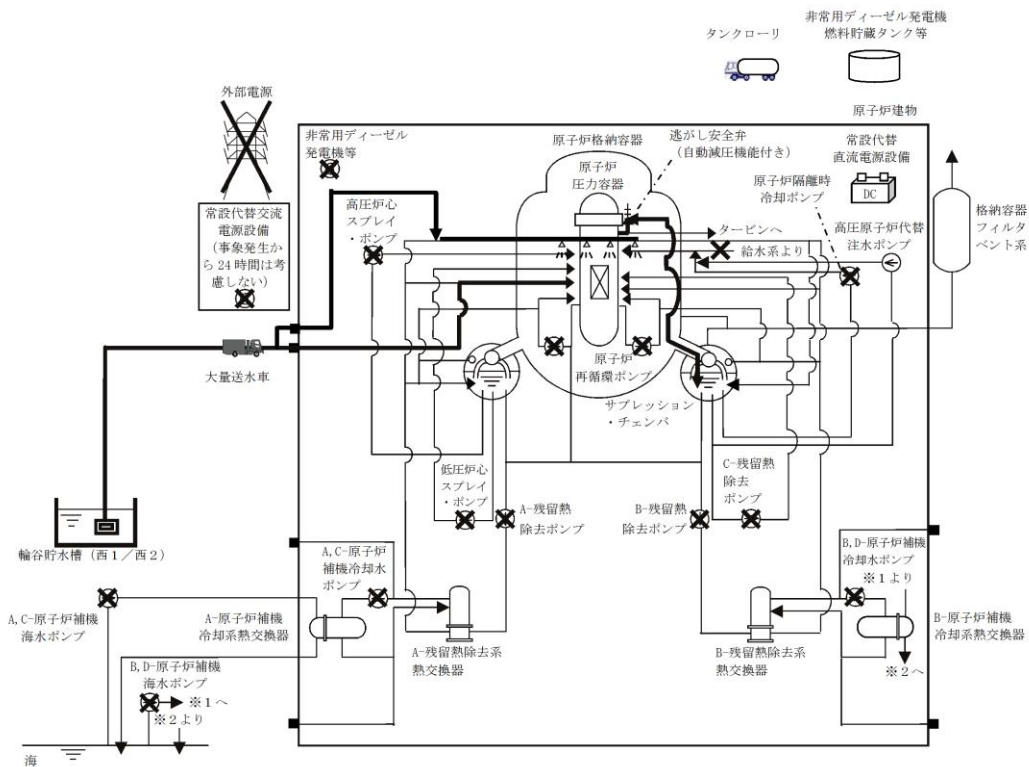


図2 「全交流動力電源喪失（TBU）」の重大事故等対策の概略系統図
 (原子炉減圧，原子炉注水及び原子炉格納容器冷却)

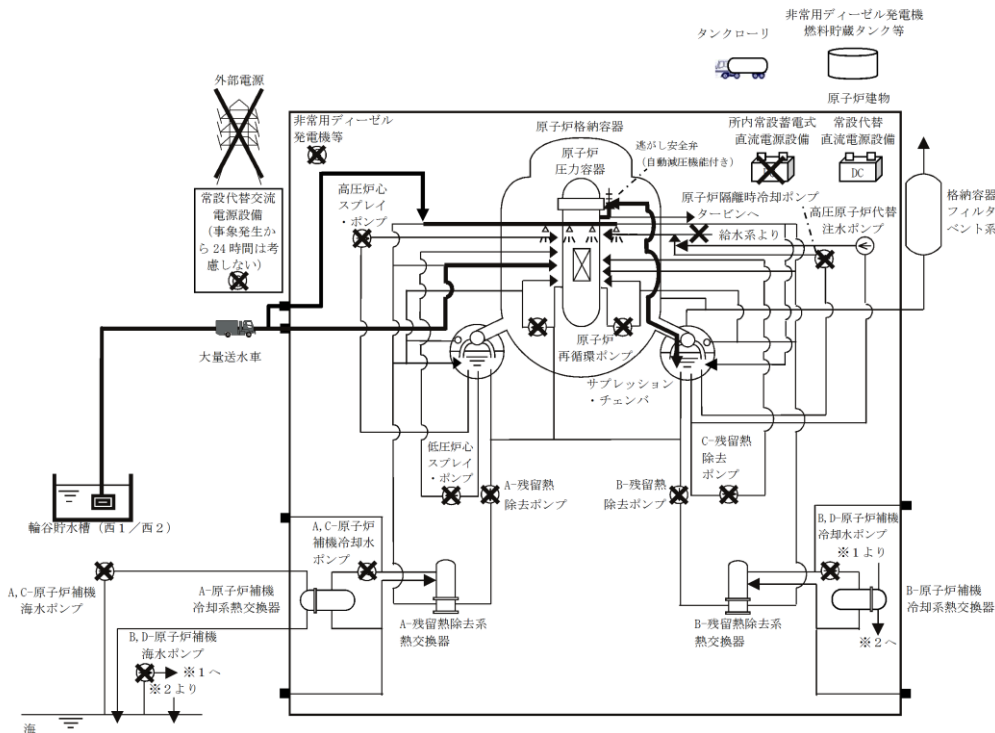


図3 「全交流動力電源喪失 (TBD)」の重大事故等対策の概略系統図
(原子炉減圧, 原子炉注水及び原子炉格納容器冷却)

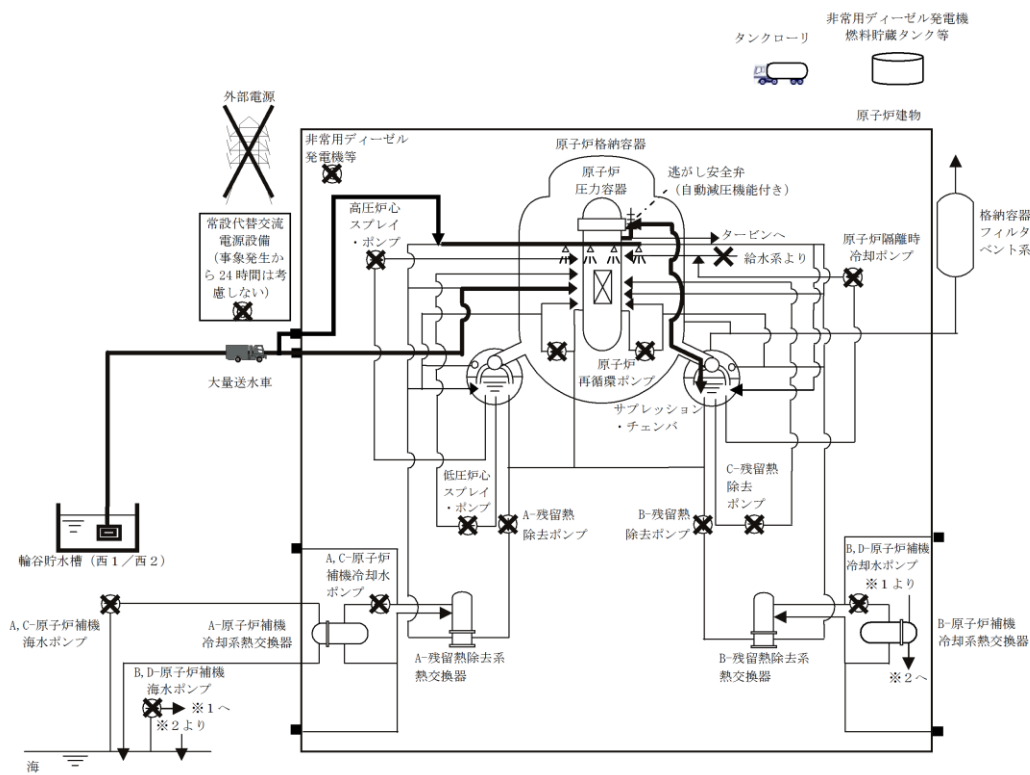


図4 「全交流動力電源喪失 (TBP)」の重大事故等対策の概略系統図
(原子炉減圧, 原子炉注水及び原子炉格納容器冷却)

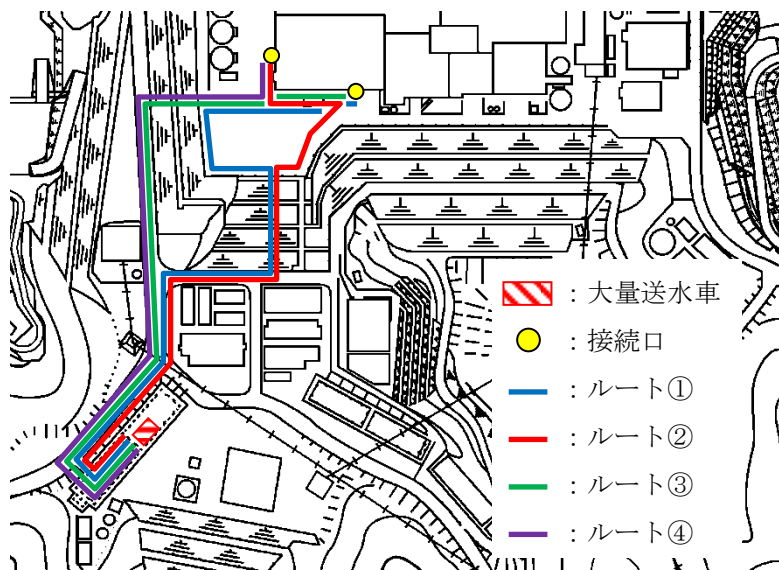


図5 低圧原子炉代替注水系ホースルート図

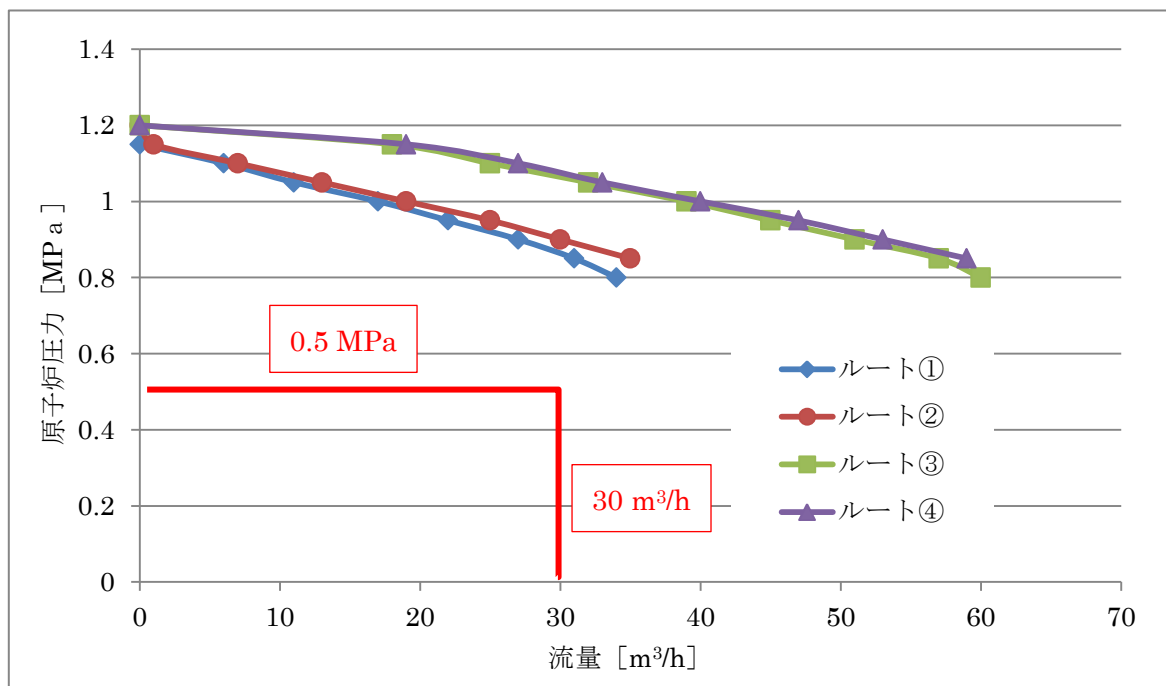


図6 原子炉圧力容器への注水特性 (格納容器代替スプレィ 120m³/h 同時注水時)

49-7 接続図

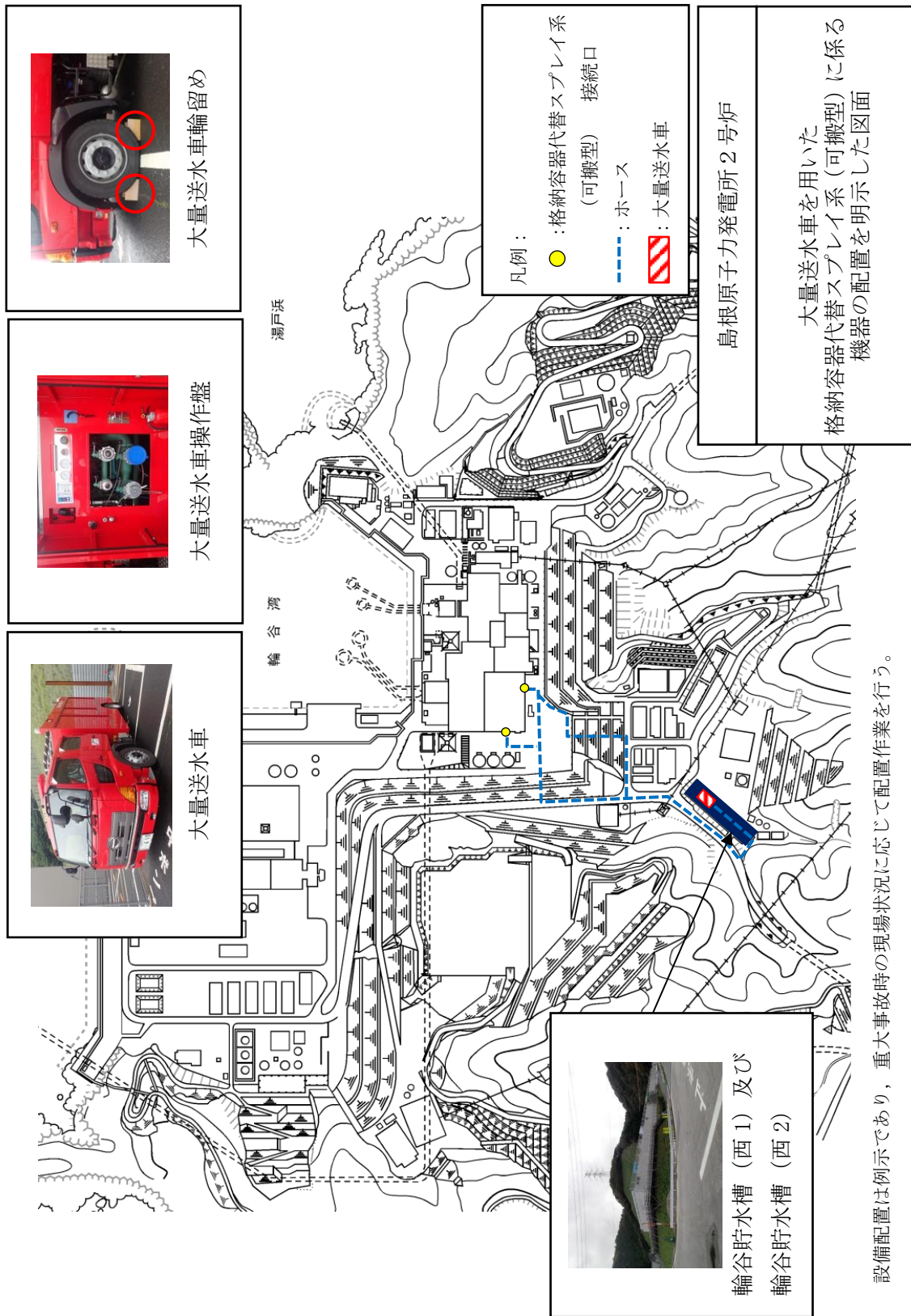


図1 接続図

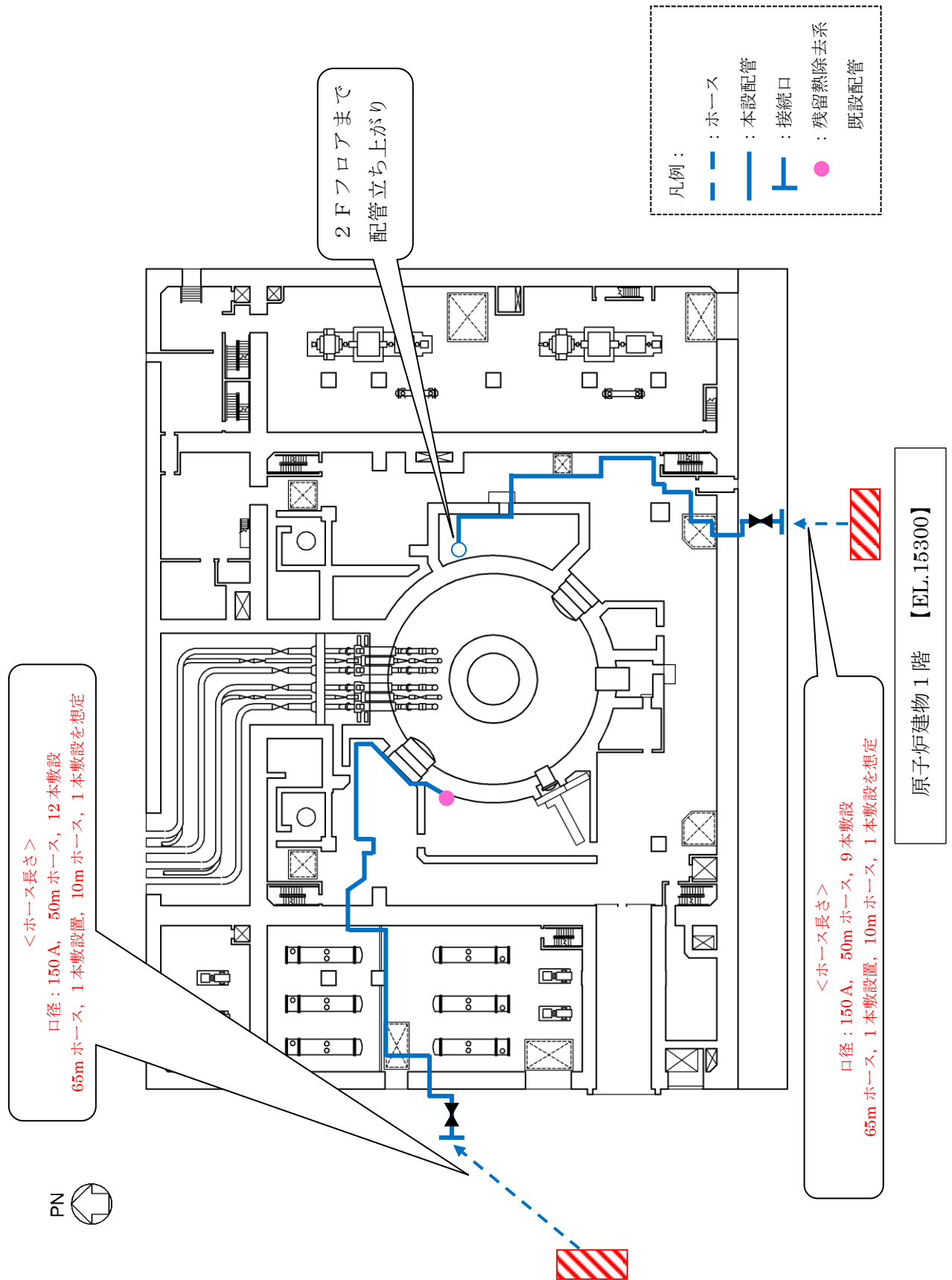
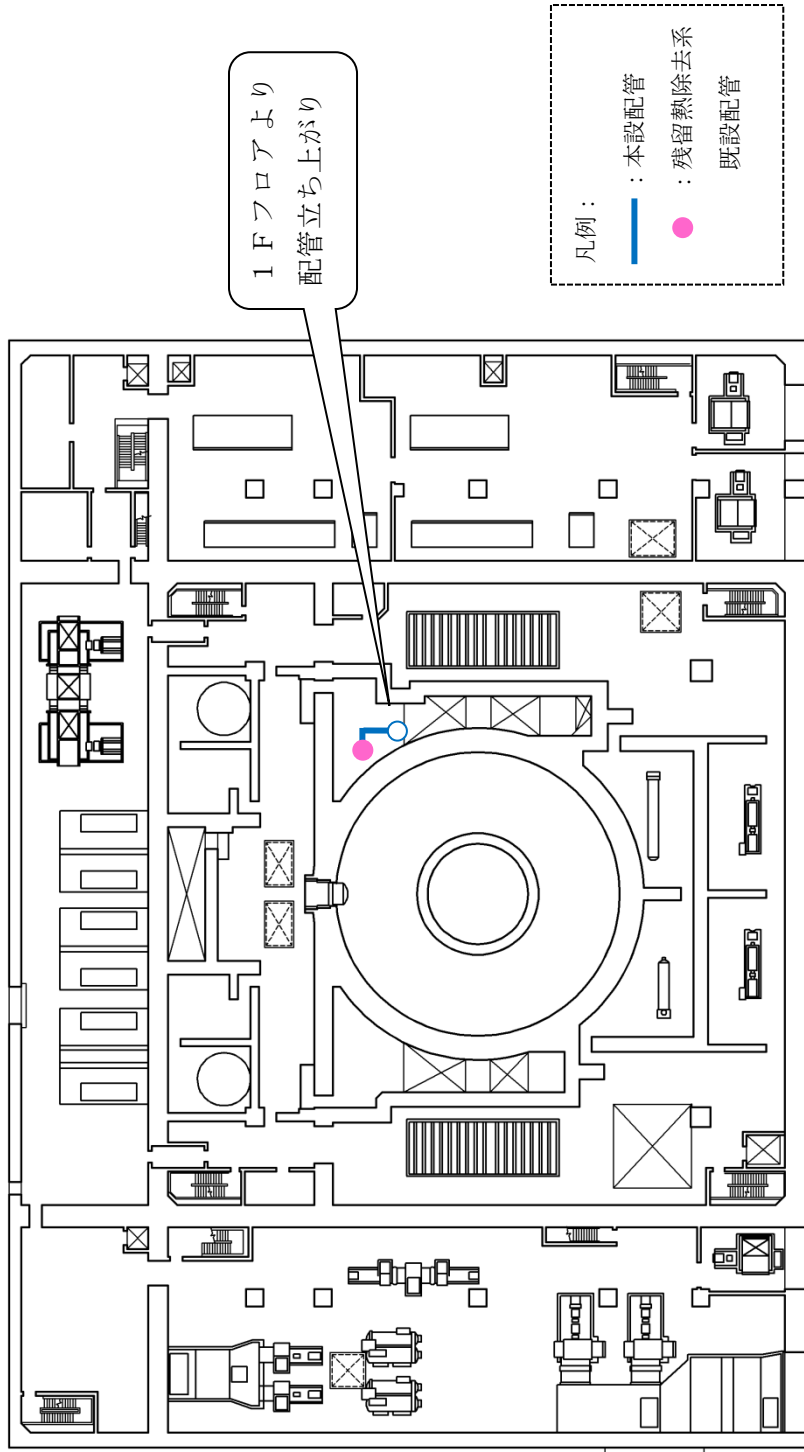


図2 接続図（建物内接続 原子炉建物1階）



原子炉建物2階 【EL.23800】

図3 接続図（建物内接続 原子炉建物2階）

49-8 保管場所図

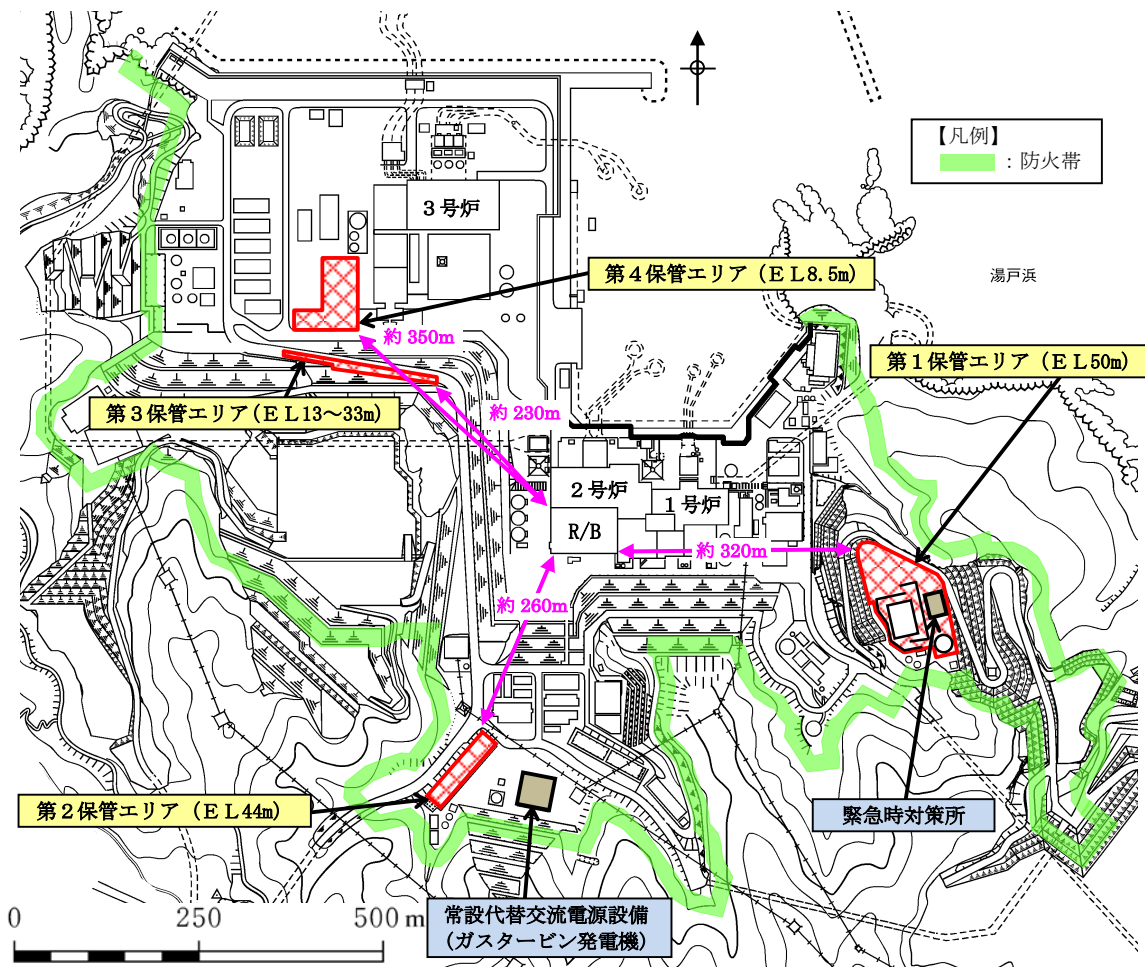


図1 保管場所図 (位置的分散)

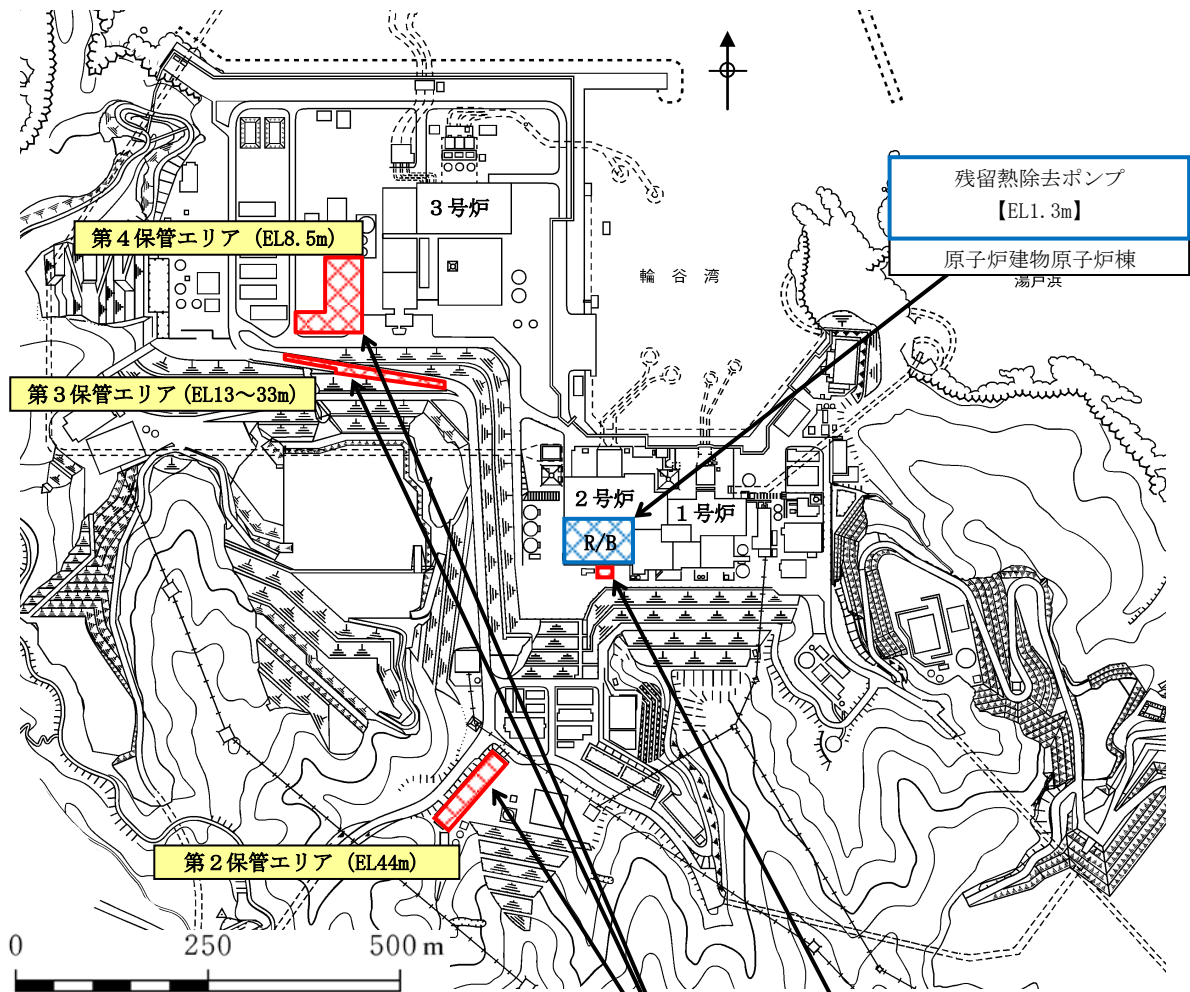
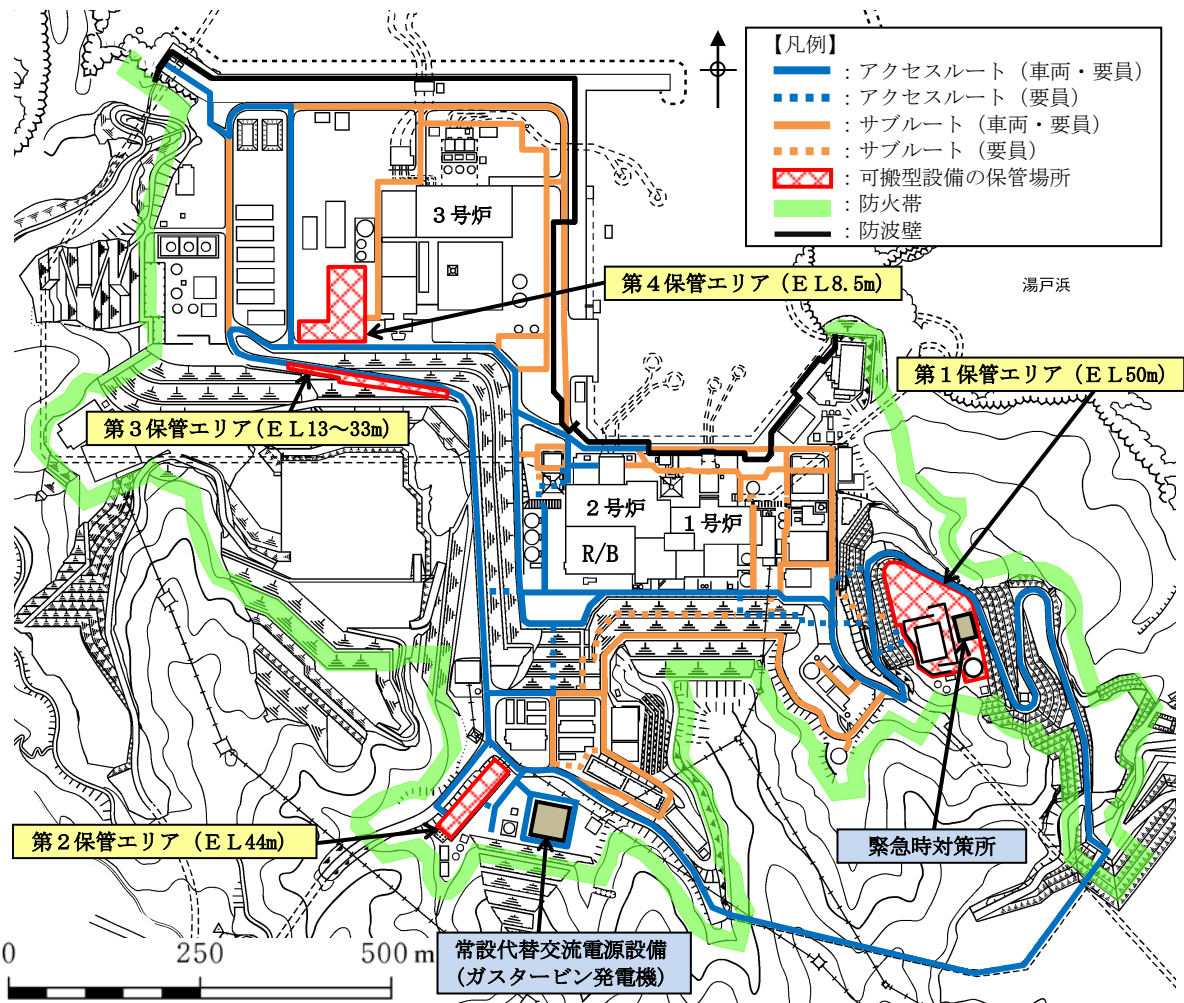


図2 保管場所図 (機器配置)

49-9 アクセスルート図

島根原子力発電所2号炉『可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて』より抜粋



- ※ サブルートは、地震及び津波時には期待しない。
- ※ 各設備の保管場所・数量については、今後の検討結果等により変更となる可能性がある。

図1 保管場所及びアクセスルート

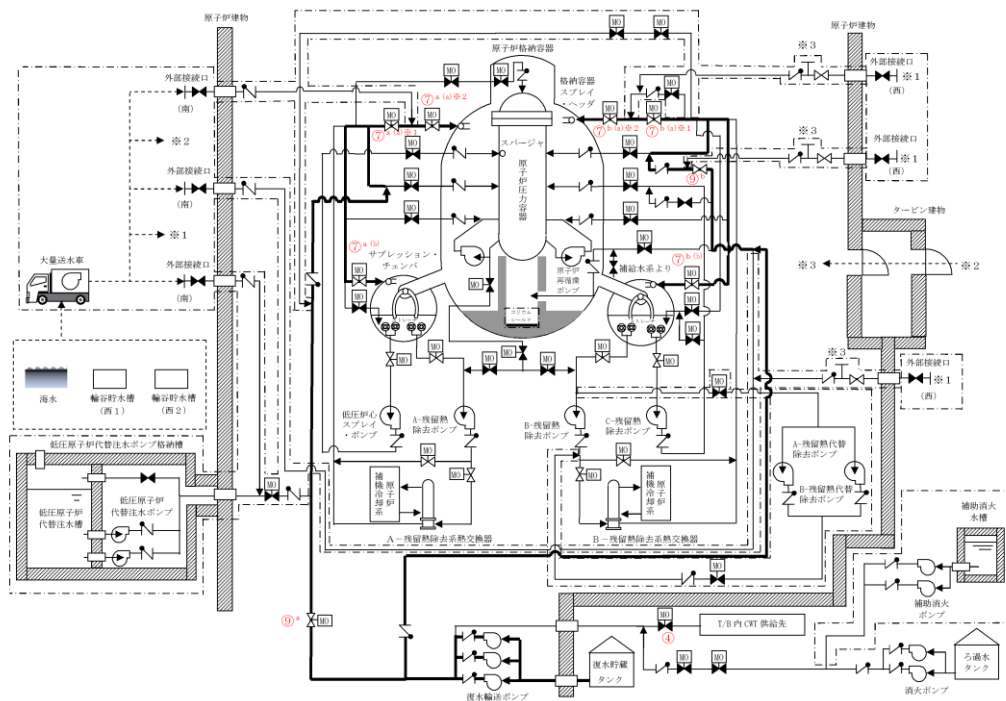
49-10 その他設備

原子炉格納容器内の冷却等のための自主対策設備として、以下を整備する。

(1) 復水輸送系による格納容器代替スプレイ

設計基準事故対処設備である残留熱除去ポンプ、低圧原子炉代替注水ポンプが機能喪失した場合、炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止するため、自主対策設備として復水輸送ポンプを用いた格納容器スプレイ手段を整備している。

復水輸送系を用いた格納容器スプレイ手段については、復水輸送ポンプを用い、残留熱除去系（格納容器冷却モード）、格納容器代替スプレイ系とは異なる復水貯蔵タンクを水源として復水輸送系、低圧原子炉代替注水系、残留熱除去系を通じて格納容器スプレイを行う手順を整備している。



記載例 ○ : 操作手順番号を示す。
 ○^a~ : 同一操作手順番号内で選択して実施する操作がある場合の操作手順の優先番号を示す。
 ○^{a1}~ : 同一操作手順番号内に複数の操作又は確認を実施する対象弁がある場合、その実施順を示す。

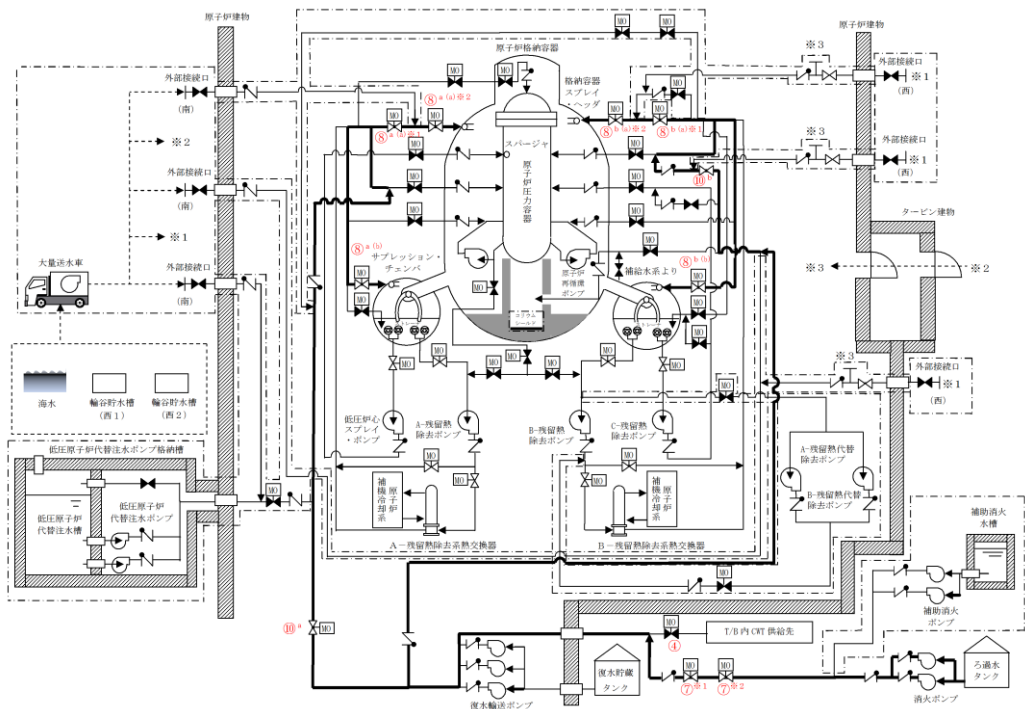
| No | 機器名称 | 状態の変化 | 操作方法 | 操作場所 |
|----------------------|--------------------|-------|--------|-----------------|
| ④ | CWT T/B供給遮断弁 | 弁開→弁閉 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑦ ^{a(a)} ※1 | A-RHRドライウェル第1スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑦ ^{a(a)} ※2 | A-RHRドライウェル第2スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑦ ^{a(b)} | A-RHRトールスプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑦ ^{b(a)} ※1 | B-RHRドライウェル第1スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑦ ^{b(a)} ※2 | B-RHRドライウェル第2スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑦ ^{b(b)} | B-RHRトールスプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑨ ^a | A-RHR RPV代替注水弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑨ ^b | B-RHR注水配管洗浄元弁 | 弁閉→弁開 | 手動操作 | 原子炉建物 原子炉棟2階 |

図1 復水輸送系による格納容器代替スプレイ 手順の概要図

(2) 消火系による格納容器代替スプレイ

設計基準事故対処設備である残留熱除去ポンプ，低圧原子炉代替注水ポンプ及び復水輸送ポンプが機能喪失した場合，炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止するため，自主対策設備として消火系による格納容器スプレイ手段を整備している。

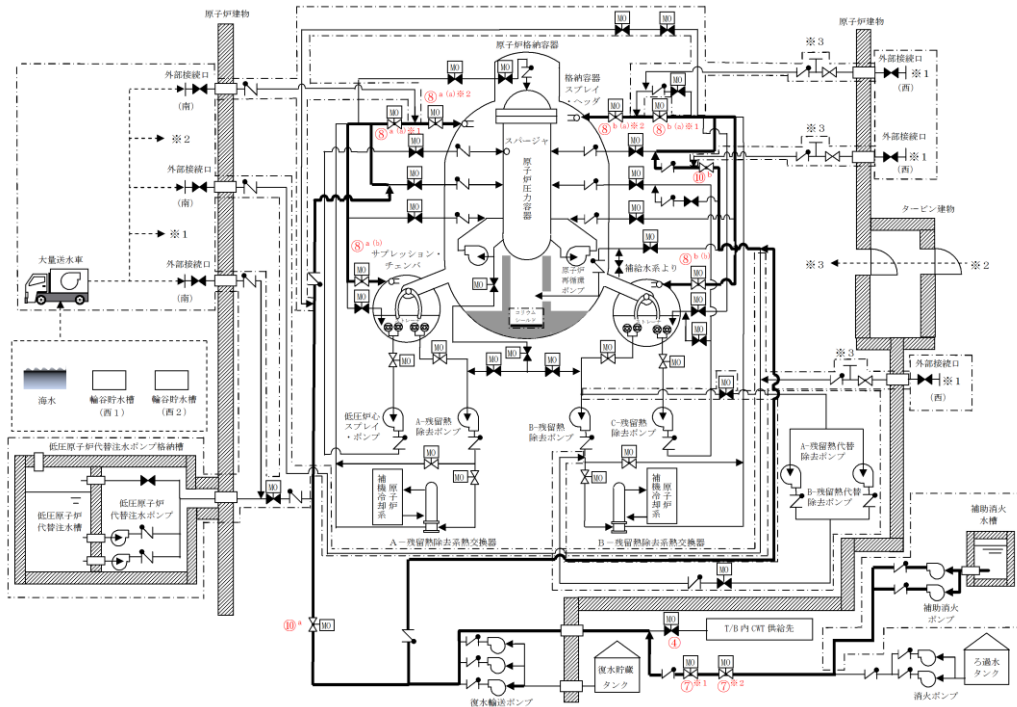
消火系を用いた格納容器スプレイ手段については，消火ポンプ又は補助消火ポンプを用い，残留熱除去系（格納容器冷却モード），格納容器代替スプレイ系とは異なるろ過水タンク又は補助消火水槽を水源として消火系，復水輸送系，格納容器代替スプレイ系（常設），残留熱除去系を通じて格納容器スプレイを行う手順を整備している。



記載例 ○ : 操作手順番号を示す。
 ○* : 同一操作手順番号内で選択して実施する操作がある場合の操作手順の優先番号を示す。
 ○*1~ : 同一操作手順番号内に複数の操作又は確認を実施する対象弁がある場合，その実施順を示す。

| No | 機器名称 | 状態の変化 | 操作方法 | 操作場所 |
|----------------------|--------------------|-------|--------|-----------------|
| ④ | CWT T/B供給遮断弁 | 弁開→弁閉 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑦*1 | CWT系・消火系連絡止め弁（消火系） | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑦*2 | CWT系・消火系連絡止め弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑧ ^a (a)*1 | A-RHRドライウエル第1スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑧ ^a (a)*2 | A-RHRドライウエル第2スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑧ ^a (b) | A-RHRトラススプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑧ ^b (a)*1 | B-RHRドライウエル第1スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑧ ^b (a)*2 | B-RHRドライウエル第2スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑧ ^b (b) | B-RHRトラススプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑩ ^a | A-RHR RPV代替注水弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑩ ^b | B-RHR注水配管洗浄元弁 | 弁閉→弁開 | 手動操作 | 原子炉建物 原子炉棟2階 |

図2 消火系による格納容器スプレイ 手順の概要図 (消火ポンプを使用した場合)



記載例 ○ : 操作手順番号を示す。
 ○* : 同一操作手順番号内で選択して実施する操作がある場合の操作手順の優先番号を示す。
 ○*1~ : 同一操作手順番号内に複数の操作又は確認を実施する対象弁がある場合、その実施順を示す。

| No | 機器名称 | 状態の変化 | 操作方法 | 操作場所 |
|----------------------|---------------------|-------|--------|-----------------|
| ④ | CWT T/B供給遮断弁 | 弁開→弁閉 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑦*1 | CWT系・消火系連絡止め弁 (消火系) | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑦*2 | CWT系・消火系連絡止め弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑧ ^a (a)*1 | A-RHRドライウエル第1スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑧ ^a (a)*2 | A-RHRドライウエル第2スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑧ ^a (b) | A-RHRトラススプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑧ ^b (a)*1 | B-RHRドライウエル第1スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑧ ^b (a)*2 | B-RHRドライウエル第2スプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑧ ^b (b) | B-RHRトラススプレイ弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑩ ^a | A-RHR RPV代替注水弁 | 弁閉→弁開 | スイッチ操作 | 中央制御室 |
| ⑩ ^b | B-RHR注水配管洗浄元弁 | 弁閉→弁開 | 手動操作 | 原子炉建物 原子炉棟2階 |

図3 消火系による格納容器スプレイ 手順の概要図
 (補助消火ポンプを使用した場合)

(3) ドライウエル冷却系による格納容器内除熱

格納容器代替スプレイ及び残留熱除去ポンプの復旧ができず、格納容器除熱手段がない場合に、常設代替交流電源（ガスタービン発電機）により原子炉補機冷却水ポンプ及び原子炉補機海水ポンプの電源を復旧し、原子炉格納容器内へ冷却水を供給後、ドライウエル冷却機装置を起動して原子炉格納容器を除熱する。

ドライウエル冷却機装置を停止状態としても、原子炉格納容器内への冷却水の通水を継続することで、ドライウエル冷却系冷却器コイル表面で、原子炉格納容器内部の蒸気を凝縮し、原子炉格納容器の圧力上昇を緩和することが可能である。

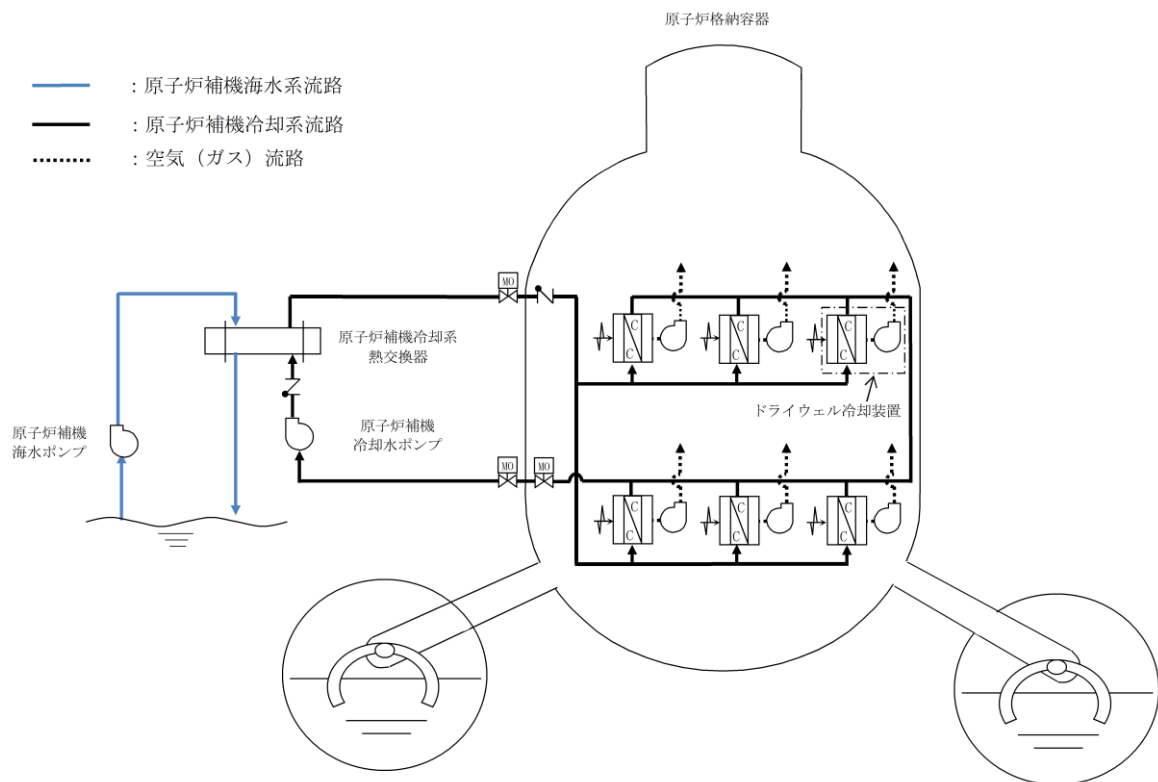


図4 ドライウエル冷却装置による原子炉格納容器からの除熱概略図

49-11 送水ヘッダについて

送水ヘッドについて

1. 系統及び送水ヘッドの概要

大量送水車は、設置作業の効率化、被ばく低減を図ることを目的に、送水ヘッドを經由して、重大事故等対処設備として「①低圧原子炉代替注水系（可搬型）、②格納容器代替スプレイ系（可搬型）、③ペDESTAL代替注水系（可搬型）、④燃料プールスプレイ系（常設スプレイヘッド）、⑤燃料プールスプレイ系（可搬型スプレイノズル）、⑥低圧原子炉代替注水槽への水の供給」の各系統における注水設備及び水の供給設備として使用する。

これら複数の系統は、全てを同時に使用することはないものの、格納容器代替スプレイ系（可搬型）と低圧原子炉代替注水系（可搬型）は同時に注水することを考慮し、大量送水車は各系統へ注水するために必要な流量及び同時注水に必要な流量を1台で確保可能な容量を有する設計とする。（49-6 参照）

また、上記の重大事故等対処設備と同時に、自主対策設備である「⑦原子炉ウエル代替注水系、⑧第1ベントフィルタスクラバ容器への補給」における注水設備として使用することも考慮し、大量送水車は重大事故等対処設備としての必要容量に加え、自主対策設備としての必要容量も1台で確保可能な設計とする。

これら各系統へ確実かつ容易に分岐できるよう、送水ヘッド又は接続口に隔離機能を設けた設計とする。全体系統概要図を図1に示す。

送水ヘッドはクロス媒介金具を組合わせて構成され、注水においては送水ヘッドを使用せずとも、資機材のホース分岐管のみで同時注水も可能であるが、送水ヘッドを用いることで、作業の効率化および被ばく量の低減が図れるため、資機材として位置付けている。

なお、送水ヘッドの最高使用圧力は、接続するホースと同様1.6MPaであり、クロス媒介金具はホースの保有数に合わせ、2セット分に相当する8個以上を保管する設計とする。

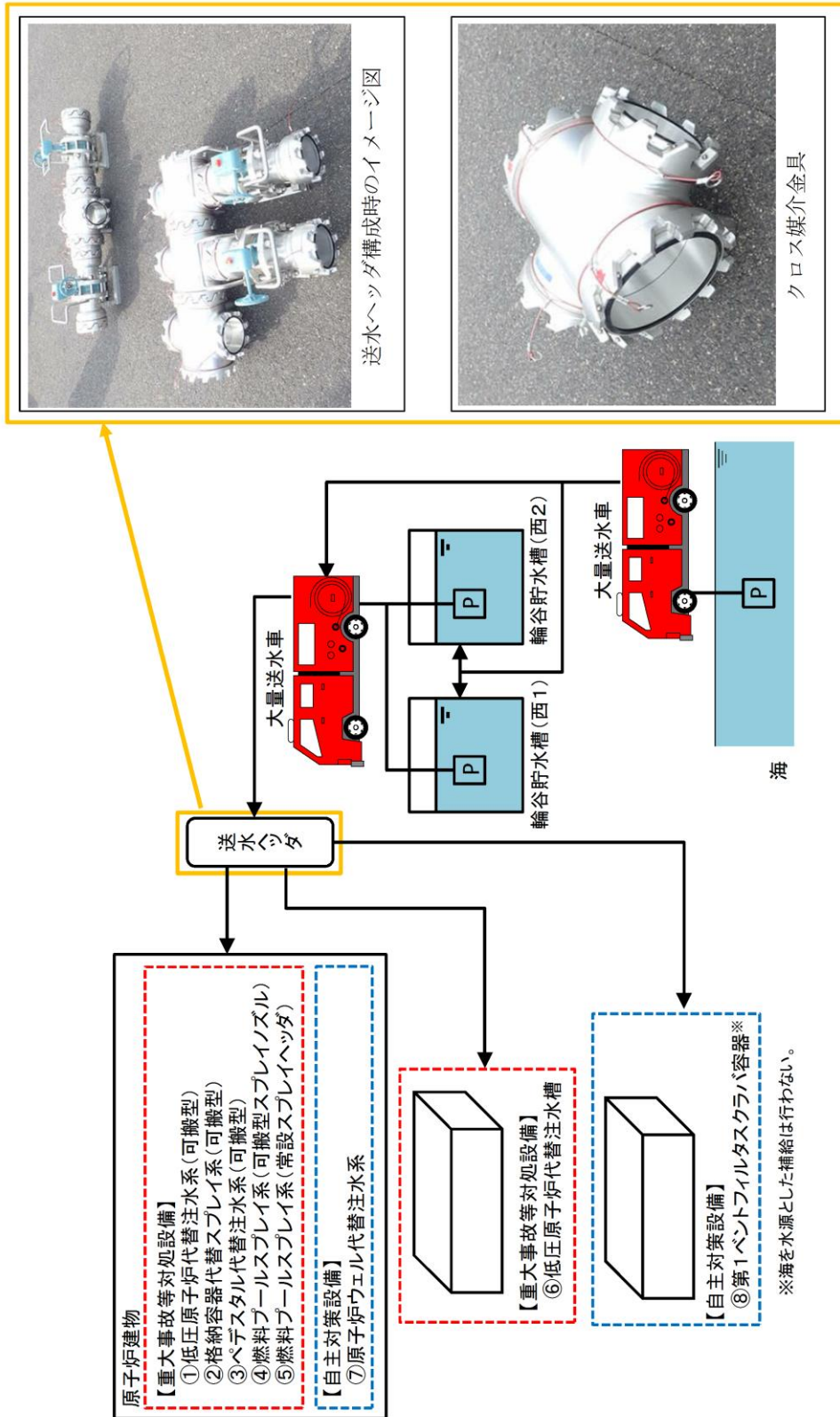


図1 全体系統概要図

2. 送水ヘッダの使用状況

有効性評価の各事故シーケンスにおいて、送水ヘッダは「①低圧原子炉代替注水系（可搬型）、②格納容器代替スプレイ系（可搬型）」の組合せ、及び「①低圧原子炉代替注水系（可搬型）、②格納容器代替スプレイ系（可搬型）、③ペDESTAL代替注水系（可搬型）、④燃料プールスプレイ系（常設スプレイヘッダ）、⑤燃料プールスプレイ系（可搬型スプレイノズル）、⑥低圧原子炉代替注水槽への水の供給」単独にて使用する。送水ヘッダを用いた系統の使用開始タイミングを表1に示す。

表1 送水ヘッダを用いた系統の使用開始タイミング

| | 使用系統 ^{*1, 2} | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------|------|---|------|-------|---|---|
| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
| 運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故 | | | | | | | | |
| 高圧・低圧注水機能喪失 | — | 22h | — | — | — | 2h30m | — | — |
| 高圧注水・減圧機能喪失 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 全交流動力電源喪失（長期T B） | 8h | 19h | — | — | — | — | — | — |
| 全交流動力電源喪失（T B U） | 8.3h | 19h | — | — | — | — | — | — |
| 全交流動力電源喪失（T B D） | 8.3h | 19h | — | — | — | — | — | — |
| 全交流動力電源喪失（T B P） | 2h20m | 21h | — | — | — | — | — | — |
| 崩壊熱除去機能喪失（取水機能が喪失した場合） | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 崩壊熱除去機能喪失（残留熱除去系が故障した場合） | — | 19h | — | — | — | 8h | — | — |
| 原子炉停止機能喪失 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| L O C A時注水機能喪失 | — | 21h | — | — | — | 2h30m | — | — |
| 格納容器バイパス（インターフェイスシステムL O C A） | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 運転中の原子炉における重大事故 | | | | | | | | |
| 雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損） | — | 27h ^{*3} | — | — | — | 2h30m | — | — |
| 水素燃焼 | — | — | — | — | — | 2h30m | — | — |
| 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱 | — | 3.1h | 5.4h | — | — | — | — | — |
| 原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用 | | | | | | | | |
| 溶融炉心・コンクリート相互作用 | | | | | | | | |
| 燃料プールにおける重大事故に至るおそれがある事故 | | | | | | | | |
| 想定事故1 | — | — | — | — | 7.9h | — | — | — |
| 想定事故2 | — | — | — | — | 7.6h | — | — | — |
| 運転停止中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故 | | | | | | | | |
| 崩壊熱除去機能喪失 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 全交流動力電源喪失 | — | — | — | — | — | 2h30m | — | — |
| 原子炉冷却材の流出 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 反応度の誤投入 | — | — | — | — | — | — | — | — |

※1：①低圧原子炉代替注水系（可搬型）、②格納容器代替スプレイ系（可搬型）、③ペDESTAL代替注水系（可搬型）、④燃料プールスプレイ系（常設スプレイヘッダ）、⑤燃料プールスプレイ系（可搬型スプレイノズル）⑥低圧原子炉代替注水槽への水の供給、⑦原子炉ウエル代替注水系、⑧第1ベントフィルタスクラバ容器への補給

※2：事象発生後の経過時間を記載。各系統における使用は、記載時間以降は適宜実施。

※3：残留熱代替除去系を使用できない場合。

3. 操作性

3.1 送水ヘッダの接続

送水ヘッダの接続部及び接続先の接続口は一對一の関係とし、ホースの接続を行い系統構成する。

送水ヘッダを使用して各系統及び機器へ接続する場合の、送水ヘッダの接続部と接続する接続先の接続口の関係を表2に示す。

また、有効性評価の事故シーケンスにおいて複数系統で同時使用する際（①低圧原子炉代替注水系（可搬型）及び②格納容器代替スプレイ系（可搬型））の接続状態の概要図を図2に示す。

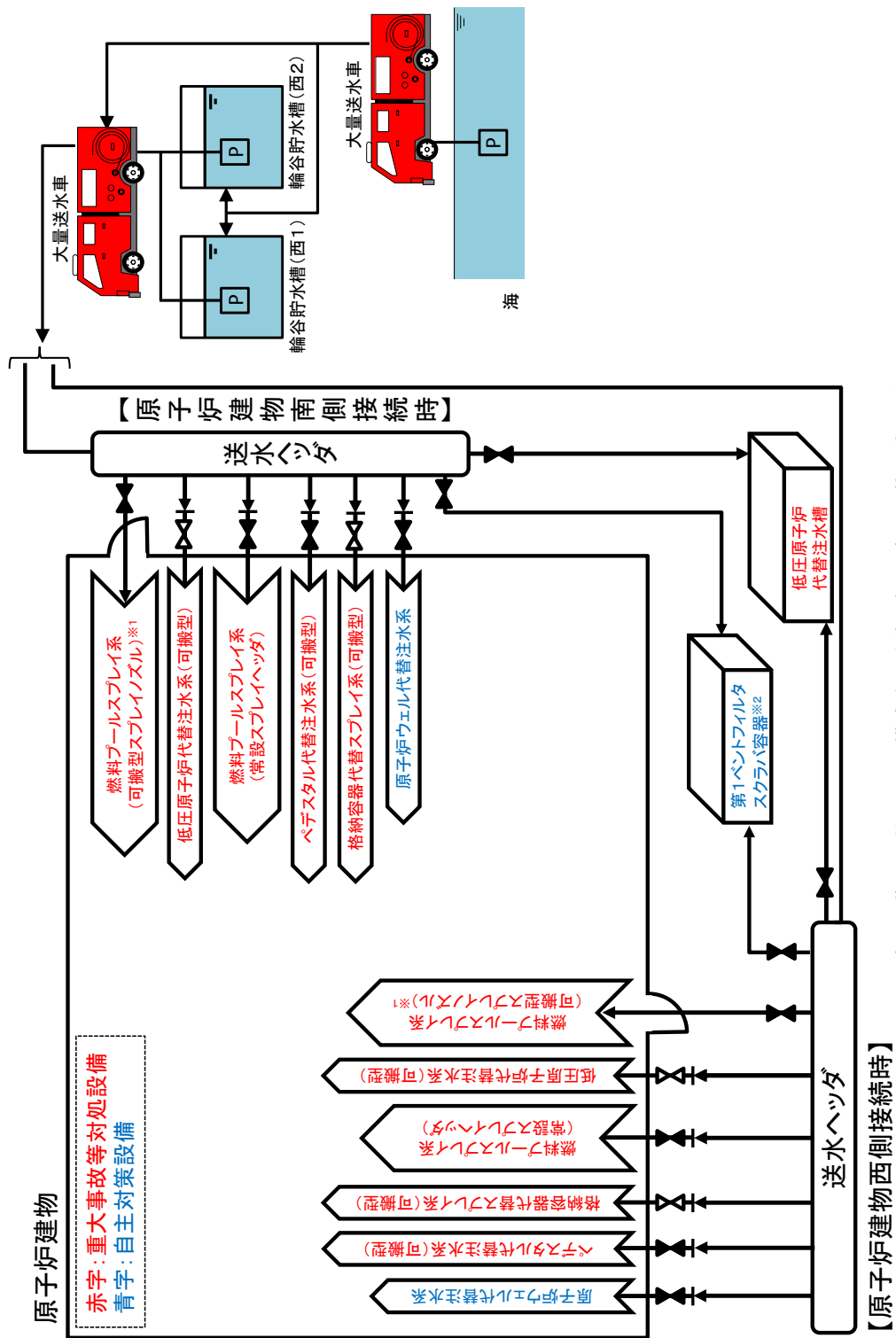
表2 送水ヘッダの接続部と接続する接続口の関係

| 使用系統※ ¹ | 隔離弁 | | 接続先の接続口 |
|--------------------|-----------------------------|-------|--------------------------|
| | 名称 | 設置場所 | |
| ① | F L S R 可搬式設備 注水ライン流量調整弁 | 接続口 | 低圧原子炉代替注水系（可搬型）接続口 |
| ② | A C S S 注水ライン 流量調整弁 | 接続口 | 格納容器代替スプレイ系（可搬型）接続口 |
| ③ | A P F S 注水ライン 流量調整弁 | 接続口 | ペDESTAL代替注水系（可搬型）接続口 |
| ④ | S F P S 注水ライン 流量調整弁 | 接続口 | 燃料プールスプレイ系（常設スプレイヘッダ）接続口 |
| ⑤ | 可搬型バルブ | 送水ヘッダ | —※ ² |
| ⑥ | 可搬型バルブ | 送水ヘッダ | —※ ³ |
| ⑦ | A R W F 注水ライン 流量調整弁 | 接続口 | 原子炉ウエル代替注水系接続口 |
| ⑧ | F C V S 補給止め弁 | 接続口 | スクラバ容器補給用接続口 |
| | 可搬型バルブ | 送水ヘッダ | |

※1：①低圧原子炉代替注水系（可搬型），②格納容器代替スプレイ系（可搬型），③ペDESTAL代替注水系（可搬型），④燃料プールスプレイ系（常設スプレイヘッダ），⑤燃料プールスプレイ系（可搬型スプレイノズル），⑥低圧原子炉代替注水槽への水の供給，⑦原子炉ウエル代替注水系，⑧第1ベントフィルタスクラバ容器への補給

※2：全て可搬型の機器により構成する系統であり，接続口を使用しない。

※3：ホースから直接水を供給するため，接続口を使用しない。



※1: 全て可搬型の機器により構成する系統であり、常設配管は使用しない。
 ※2: 海を水源とした補給は行わない。

図2 送水ヘッダの接続状態概要図

3.2 操作性及び切り替えの容易性

送水ヘッドを使用する各系統における送水ヘッドの流路構成は、送水ヘッド付属の隔離弁又は接続口の隔離弁にて行う。隔離弁は手動弁とし、設置場所にて確実に操作及び切り替えが可能な設計とする。

送水ヘッドとホースの接続作業は、特殊な工具及び技量を必要とせず、簡便な結合金具による接続方式により、確実に接続が可能な設計とする。

また、誤操作の防止のため、送水ヘッド付属の隔離弁は系統構成時にそれぞれ送水先を識別するタグを設置するとともに、接続口の隔離弁はそれぞれ銘板により識別可能な設計とする。

有効性評価の事故シーケンスにおいては、最大で二つの系統（①低圧原子炉代替注水系（可搬型）及び②格納容器代替スプレイ系（可搬型））を同時に系統構成するが、上記対策により誤操作の可能性は低いと考えている。

4. 悪影響の防止

送水ヘッドは複数の重大事故等対処設備及び自主対策設備の流路として使用することから、接続先の各系統及び機器に対して悪影響を及ぼすことのないよう考慮する必要がある。

送水ヘッドから各系統及び機器への流路は、それぞれ送水ヘッド付属の隔離弁又は接続口の隔離弁により隔離可能な設計とすることで、互いに悪影響を及ぼさない設計とする。

50 条 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備

目次

- 50-1 S A設備基準適合性一覧表
- 50-2 単線結線図
- 50-3 計測制御系統図
- 50-4 配置図
- 50-5 系統図
- 50-6 試験及び検査
- 50-7 容量設定根拠
- 50-8 接続図
- 50-9 保管場所図
- 50-10 アクセスルート図
- 50-11 その他設備

50-1 S A設備基準適合性 一覽表

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|--------------------------------|-----|-------|---------------------------|----------------------------|--|-----|
| 50条： 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備 | | | | 残留熱代替除去ポンプ | 類型化 区分 | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | その他の建物内設備 | C |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | (海水を通水しない) | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 50-4 配置図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | ポンプ, 弁 | A, B | |
| | | | 関連資料 | 50-6 試験・検査説明資料 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が必要 | B a | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | 弁等の操作で系統構成 | A a | |
| | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | 50-4 配置図, 50-5 系統図 | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | A a | | |
| | | 関連資料 | — | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 重大事故等への対処を本来の目的として設置するもの | A | |
| | | | 関連資料 | 50-7 容量設定根拠 | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第3号 | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 緩和設備又は防止でも緩和でもない設備—対象 (同一目的の SA 設備あり) | 対象外 |
| | | | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり) —異なる駆動源又は冷却源 | C a |
| | | | | 関連資料 | 50-4 配置図 | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|------|------|------------------------|---------------------------|----------------------------|--|-----|
| 50条: | | 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備 | | 残留熱除去系熱交換器 | 類型化区分 | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 原子炉建物原子炉棟内設備 | B |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | (海水を通水しない) | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 50-4 配置図, 50-5 系統図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | (操作不要) | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | 熱交換器 | D | |
| | | | 関連資料 | 50-6 試験・検査説明資料 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | | 関連資料 | 50-5 系統図 | | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | 弁等の操作で系統構成 | A d |
| | | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 |
| | | | | 関連資料 | 50-4 配置図, 50-5 系統図 | |
| | | 第6号 | 設置場所 | (操作不要) | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B |
| | 関連資料 | | | 50-7 容量設定根拠 | | |
| | 第2号 | | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 緩和設備又は防止でも緩和でもない設備 - 対象 (同一目的の SA 設備あり) | B |
| | | | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり) - 異なる駆動源, 冷却原等 | A |
| | | | | 関連資料 | 50-2 単線結線図, 50-4 配置図, 50-5 系統図 | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (可搬型)

| 50条： 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備 | | 大型送水ポンプ車 | | 類型化 区分 | | |
|--------------------------------|----------|----------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------|-----|
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | 屋外設備 | D |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 常時海水を通水又は海で使用 | I |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 50-8 接続図, 50-9 保管場所図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 工具, 設備の運搬・設置, 操作スイッチ操作, 弁操作, 接続作業 | B b, B c, B d, B f, B g | |
| | | | 関連資料 | 50-4 配置図, 50-5 系統図, 50-8 接続図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | ポンプ | A | |
| | | | 関連資料 | 50-6 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が必要 | B a | |
| | | | 関連資料 | 50-5 系統図 | | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | 通常時は隔離又は分離 | A b |
| | | | | その他 (飛散物) | 高速回転機器 | B b |
| | | | | 関連資料 | 50-4 配置図, 50-5 系統図, 50-6 試験及び検査 | |
| | 第6号 | 設置場所 | 現場操作 (設置場所) | A a | | |
| | | 関連資料 | 50-4 配置図 | | | |
| | 第3項 | 第1号 | 可搬型 SA の容量 | 原子炉建物の外から水又は電力を供給する可搬型設備 | A | |
| | | | 関連資料 | 50-7 容量設定根拠 | | |
| | | 第2号 | 可搬型 SA の接続性 | より簡便な接続 | C | |
| | | | 関連資料 | 50-8 接続図 | | |
| | | 第3号 | 異なる複数の接続箇所の確保 | 単独の機能で使用 | A b | |
| | | | 関連資料 | 50-8 接続図 | | |
| | | 第4号 | 設置場所 | (放射線量の高くなるおそれの少ない場所の選定) | — | |
| | | | 関連資料 | 50-8 接続図 | | |
| | | 第5号 | 保管場所 | 屋外 (共通要因の考慮対象設備あり) | B a | |
| | | | 関連資料 | 50-9 保管場所図 | | |
| 第6号 | | アクセスルート | 屋外アクセスルートの確保 | B | | |
| | | 関連資料 | 50-10 アクセスルート図 | | | |
| 第7号 | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象 (代替対象DB設備あり)—屋外 | A b | | |
| | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり)—異なる駆動源又は冷却源 | C a | | |
| | | 関連資料 | 50-4 配置図, 50-5 系統図, 50-8 接続図, 50-9 保管場所図 | | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (可搬型)

| | | | | | | |
|------|---------|--|---------------------------------|--|-----------------------------|-----|
| 50条: | | 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備 | | 移動式代替熱交換設備 | 類型化区分 | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | 屋外設備 | D |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | - |
| | | | | 海水 | 常時海水を通水又は海で使用 | I |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | - |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | - |
| | | | | 関連資料 | 50-8 接続図, 50-9 保管場所図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作工具, 設備の運搬・設置, 操作スイッチ操作, 弁操作, 接続作業 | A, B b, B c, B d, B f, B g | |
| | | | 関連資料 | 50-4 配置図, 50-5 系統図, 50-8 接続図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | ポンプ, 弁 (電動弁・手動弁), 熱交換器 | A, B, D | |
| | | | 関連資料 | 50-6 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が必要 | B a | |
| | | | 関連資料 | 50-5 系統図 | | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | 通常時は隔離又は分離 | A b |
| | | | | その他 (飛散物) | 高速回転機器 | B b |
| | 関連資料 | | 50-4 配置図, 50-5 系統図, 50-6 試験及び検査 | | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 現場操作 (設置場所), 中央制御室操作 | A a, B | | |
| | | 関連資料 | 50-4 配置図 | | | |
| | 第3項 | 第1号 | 可搬型 SA の容量 | 原子炉建物の外から水又は電力を供給する可搬型設備 | A | |
| | | | 関連資料 | 50-7 容量設定根拠 | | |
| | | 第2号 | 可搬型 SA の接続性 | フランジ接続 | B | |
| | | | 関連資料 | 50-8 接続図 | | |
| | | 第3号 | 異なる複数の接続箇所の確保 | 単独の機能で使用 | A b | |
| | | | 関連資料 | 50-8 接続図 | | |
| | | 第4号 | 設置場所 | (放射線量の高くなるおそれの少ない場所の選定) | - | |
| | | | 関連資料 | 50-8 接続図 | | |
| | | 第5号 | 保管場所 | 屋外 (共通要因の考慮対象設備あり) | B a | |
| | | | 関連資料 | 50-9 保管場所図 | | |
| 第6号 | | アクセスルート | 屋外アクセスルートの確保 | B | | |
| | | 関連資料 | 50-10 アクセスルート図 | | | |
| 第7号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備-対象 (代替対象DB設備あり) -屋外 | A b | |
| | サポート系要因 | | 対象 (サポート系あり) -異なる駆動源又は冷却源 | C a | | |
| | 関連資料 | 50-4 配置図, 50-5 系統図, 50-8 接続図, 50-9 保管場所図 | | | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | | |
|--------------------------------|------|----------|--------------------------------|--------------------------|--|----------------|-----|
| 50条： 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備 | | | | 第1ベントフィルタスクラバ容器 | 類型化 区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | その他の建物内設備 | C | |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | - | |
| | | | | 海水 | (海水を通水しない) | 対象外 | |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | - | |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | - | |
| | | | | 関連資料 | 50-4 配置図 | | |
| | | 第2号 | 操作性 | | 中央制御室操作, 操作スイッチ操作, 弁操作 | A, B d, B f | |
| | | | 関連資料 | | 50-4 配置図, 50-5 系統図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | | 容器 (タンク類), 弁, 流路 | B, C, F | |
| | | | 関連資料 | | 50-6 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | | 本来の用途として使用一切替操作が必要 | B a | |
| | | | 関連資料 | | 50-5 系統図 | | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | | 弁等の操作で系統構成 | A a |
| | | | | その他 (飛散物) | | 対象外 | 対象外 |
| | 関連資料 | | | 50-4 配置図, 50-5 系統図 | | | |
| | 第6号 | 設置場所 | | 中央制御室操作, 現場操作 (遠隔) | A b, B | | |
| | | 関連資料 | | 50-4 配置図 | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | | 重大事故等への対処を本来の目的として設置するもの | A | |
| | | | 関連資料 | | 50-7 容量設定根拠 | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | | - | | |
| 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | | 緩和設備又は防止でも緩和でもない設備 - 対象 (同一目的の SA 設備あり) | B | |
| | | | サポート系要因 | | 対象 (サポート系有り) - 異なる駆動源又は冷却源 | C a | |
| | 関連資料 | | 50-2 単線結線図, 50-4 配置図, 50-5 系統図 | | | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|--------------------------------------|---|--------------------------|--|----------------|
| 50条： 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備 | | | | 第1 ベントフィルタ銀ゼオライト容器 | 類型化 区分 | |
| 第 43 条 | 第 1 項 | 第 1 号 | 環 境 条 件 に お け る 健 全 性 | 環境温度・湿度・圧力/ 屋外の天候/放射線 | その他の建物内設備 | C |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | (海水を通水しない) | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 50-4 配置図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | | 中央制御室操作, 操作スイッチ操作, 弁操作 | A, B d, B f |
| | | | 関連資料 | | 50-4 配置図, 50-5 系統図 | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | | 容器 (タンク類), その他 | C, M |
| | | | 関連資料 | | 50-6 試験及び検査 | |
| | 第4号 | 切り替え性 | | 本来の用途として使用一切替操作が必要 | B a | |
| | | 関連資料 | | 50-5 系統図 | | |
| | 第5号 | 止 悪 影 響 防 止 | 系統設計 | | 弁等の操作で系統構成 | A a |
| | | | その他 (飛散物) | | 対象外 | 対象外 |
| | | | 関連資料 | | 50-3 配置図, 50-5 系統図 | |
| | 第6号 | 設置場所 | | 中央制御室操作, 現場操作 (遠隔) | A b, B | |
| | | 関連資料 | | 50-4 配置図 | | |
| | 第 2 項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | | 重大事故等への対処を本来の目的として設置するもの | A |
| | | | 関連資料 | | 50-7 容量設定根拠 | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | | 共用しない設備 | 対象外 |
| 関連資料 | | | — | | | |
| 第3号 | | 共 通 要 因 故 障 防 止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | | 緩和設備又は防止でも緩和でもない設備 - 対象 (同一目的の SA 設備あり) | B |
| | | | サポート系要因 | | 対象 (サポート系有り) - 異なる駆動源又は冷却源 | C a |
| | 関連資料 | | 50-2 単線結線図, 50-4 配置図, 50-5 系統図 | | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | | |
|--------------------------------|------|----------|--------------------------------|--------------------------|--|----------------|-----|
| 50条： 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備 | | | | 圧力開放板 | 類型化 区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 屋外設備 | D | |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — | |
| | | | | 海水 | (海水を通水しない) | 対象外 | |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — | |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — | |
| | | | | 関連資料 | 50-4 配置図 | | |
| | | 第2号 | 操作性 | | 中央制御室操作, 操作スイッチ操作, 弁操作 | A, B d, B f | |
| | | | 関連資料 | | 50-4 配置図, 50-5 系統図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | | その他 | M | |
| | | | 関連資料 | | 50-6 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | | 本来の用途として使用一切替操作が必要 | B a | |
| | | | 関連資料 | | 50-5 系統図 | | |
| | | 第5号 | 悪影響防 | 系統設計 | | 弁等の操作で系統構成 | A a |
| | | | | その他(飛散物) | | 対象外 | 対象外 |
| | 関連資料 | | | 50-4 配置図, 50-5 系統図 | | | |
| | 第6号 | 設置場所 | | 中央制御室操作, 現場操作(遠隔) | A b, B | | |
| | | 関連資料 | | 50-4 配置図 | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | | 重大事故等への対処を本来の目的として設置するもの | A | |
| | | | 関連資料 | | 50-7 容量設定根拠 | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | | — | | |
| 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | | 緩和設備又は防止でも緩和でもない設備—対象 (同一目的の SA 設備あり) | B | |
| | | | サポート系要因 | | 対象(サポート系有り)—異なる駆動源又は冷却源 | C a | |
| | 関連資料 | | 50-2 単線結線図, 50-4 配置図, 50-5 系統図 | | | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|--------------------------------|------|----------|----------------------------|--|---------------------------------|------|
| 50条： 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備 | | | | 遠隔手動弁操作機構 | 類型化 区分 | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 原子炉建物原子炉棟内設備，その他の建物内設備 | B, C |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | (海水を通水しない) | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | 関連資料 | 50-4 配置図, 50-5 系統図 | | | |
| | | 第2号 | 操作性 | 弁操作 | B f | |
| | | 関連資料 | 50-4 配置図, 50-5 系統図 | | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | その他 | M | |
| | | 関連資料 | 50-6 試験及び検査 | | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | 関連資料 | 50-5 系統図 | | | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | その他 | A e |
| | | | | その他(飛散物) | 対象外 | 対象外 |
| | | | | 関連資料 | 50-4 配置図, 50-5 系統図, 50-6 試験及び検査 | |
| | 第6号 | 設置場所 | 現場操作(設置場所) | A a | | |
| | 関連資料 | 50-4 配置図 | | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 流路, その他設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 緩和設備又は防止でも緩和でもない設備—対象 (同一目的の SA 設備なし) | 対象外 | |
| | | | サポート系要因 | 対象外(サポート系なし) | — | |
| | 関連資料 | | 50-4 配置図, 50-5 系統図 | | | |

50-2 単線結線図

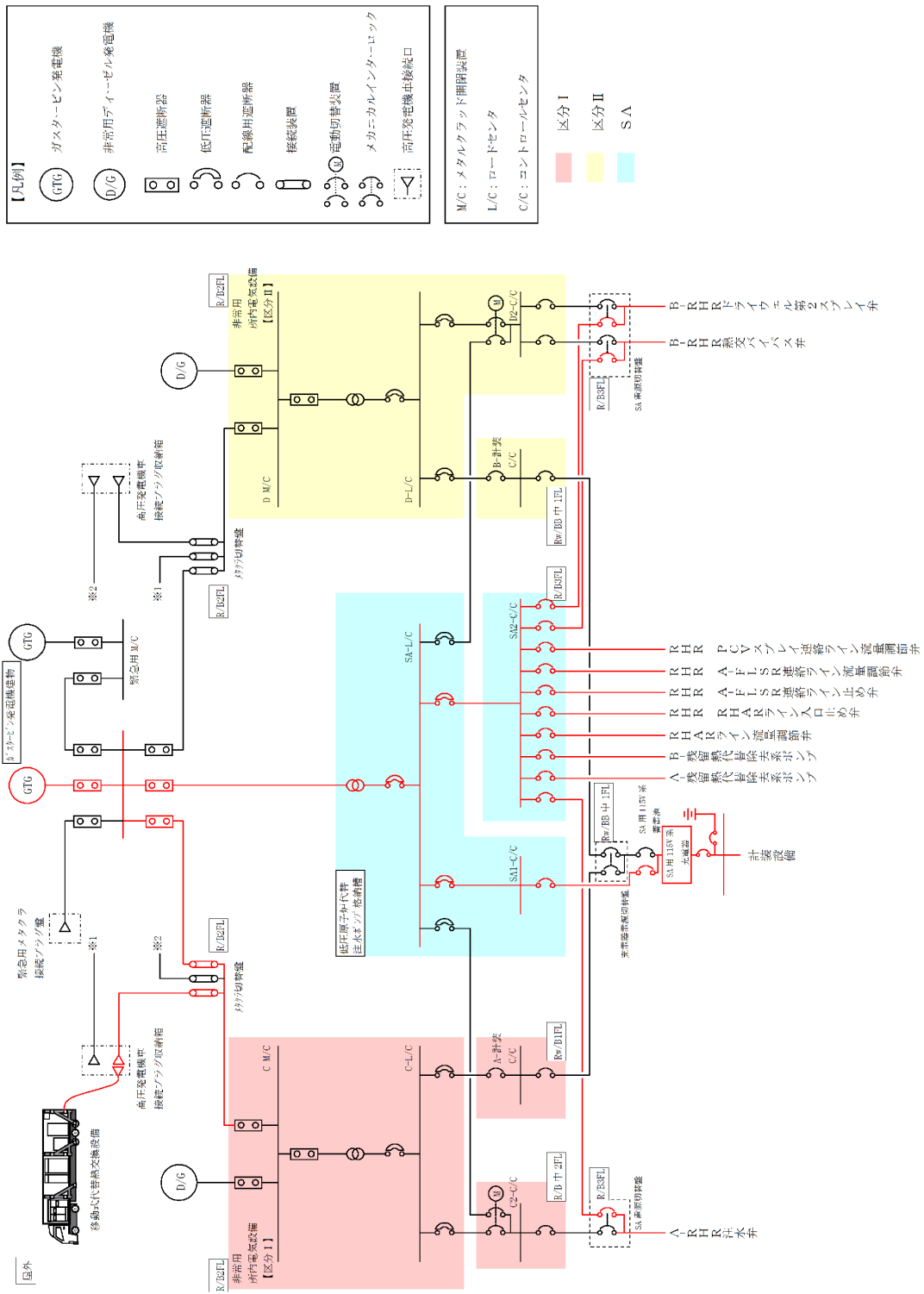


図1 残留熱代替除去系 単線結線図

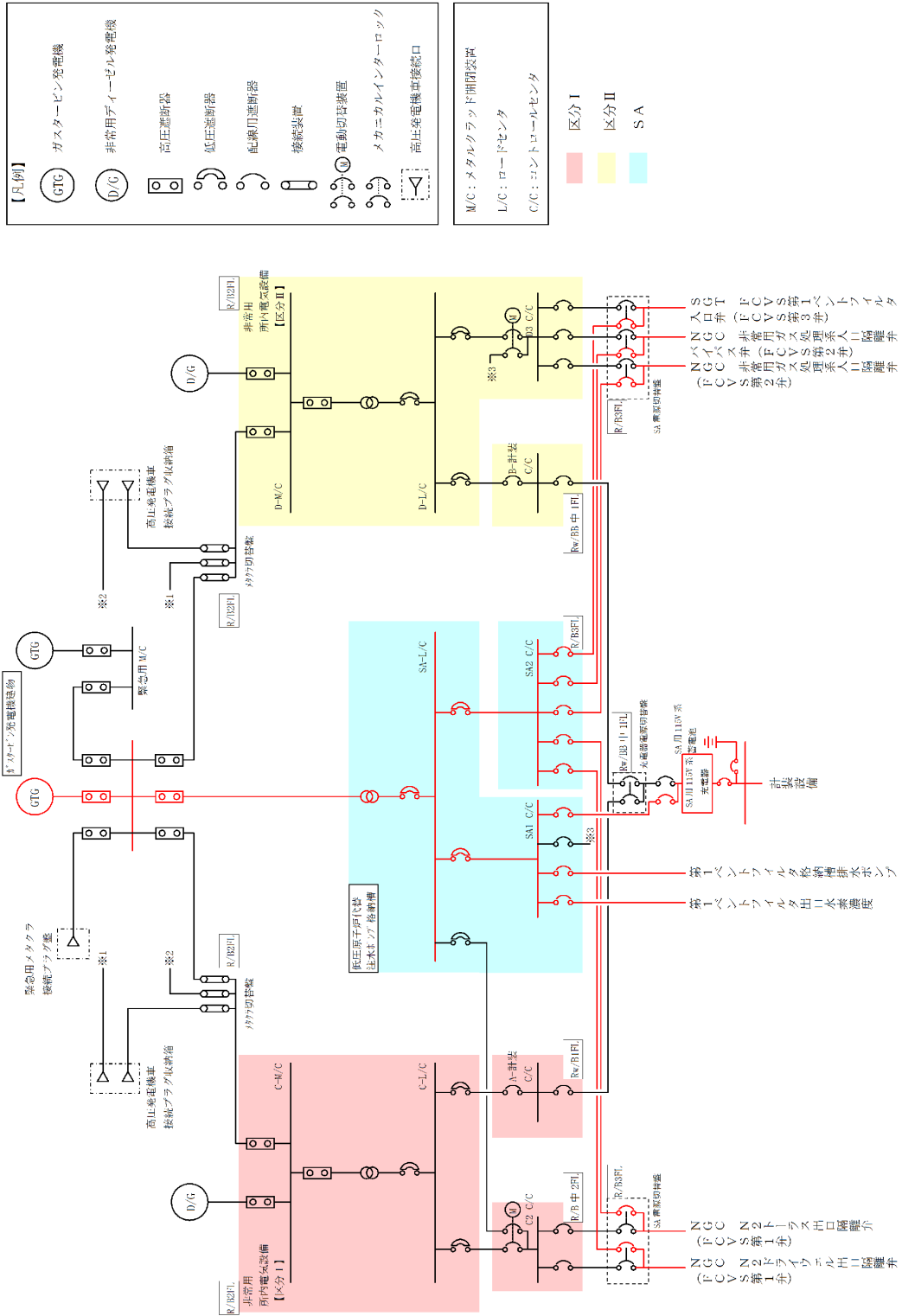


図2 格納容器フィルタベント系 単線結線図

50-3 計測制御系統図

表 1 格納容器フィルタベント系 主要設備と計装設備の関係

| 監視パラメータ | 監視目的 | 計測範囲 | 計測範囲の根拠 | 検出器 個数 | 監視場所 |
|--|---|--|--|------------|-----------------------|
| ① スクラバ容器水位 | スクラバ容器性能維持のため の水位監視 | [] | 系統待機時に格納容器フィルタベント系における水位の範囲 (1,700mm～1,900mm) 及び系統運転時の下限水位から上限水位の範囲 [] を計測可能な範囲とする。 | 8 | 中央制御室 緊急時対策所 現場 |
| ② スクラバ容器圧力 | 系統運転中に格納容器内雰囲気ガスがフィルタ装置へ 導かれていることの確認 | 0～1MPa [gauge] | 系統運転時に格納容器フィルタベント系の最高使用圧力である 853kPa [gauge] (2 Pd) が監視可能。また、系統待機時に、窒素置換 [] が維持されていることを計測可能な範囲とする。 | 4 | 中央制御室 緊急時対策所 |
| ③ スクラバ容器温度 | スクラバ容器の温度監視 | 0～300℃ | 系統の最高使用温度 (200℃) を計測可能な範囲とする。 | 4 | 中央制御室 緊急時対策所 |
| ④ フィルタ装置出口配 管圧力※2 | 系統待機時の窒素封入によ る不活性状態の確認 | 0～100kPa [gauge] | 系統待機時に、窒素置換 [] が維持されていることを計測可能な範囲とする。 | 2 | 中央制御室 緊急時対策所 |
| ⑤ 第 1 ベントフィルタ 出口水素濃度 | 事故収束時の系統内の水素 濃度の確認 | 0～20vol%/ 0～100vol% | 事故収束時に、フィルタ装置の配管内に滞留する水素濃度が可燃限界 (4vol%) 未満であることを計測可能な範囲とする。 | 1 (予備1) | 中央制御室 緊急時対策所 |
| ⑥ 第 1 ベントフィルタ 出口放射線モニタ (高レンジ・低レンジ) | 系統運転中に放出される放 射性物質濃度の確認 | 高レンジ： 10 ⁻² ～10 ⁵ Sv/h | 系統運転時に、想定される第 1 ベントフィルタ出口の最大放射線量を計測可能な範囲とする。 | 2 | 中央制御室 緊急時対策所 |
| | | 低レンジ： 10 ⁻³ ～10 ⁴ mSv/h | | 1 | |
| ⑦ スクラバ水 pH※2 | スクラバ容器性能維持のため の pH 監視 | pH 0～14 | 系統待機時に、フィルタ装置スクラビング水の pH (pH 0～14) が計測可能な範囲とする。 | 2 | 中央制御室 緊急時対策所 |

※1 監視パラメータの数字は第図 1 の○数字に対応する。

※2 自主対策設備

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。

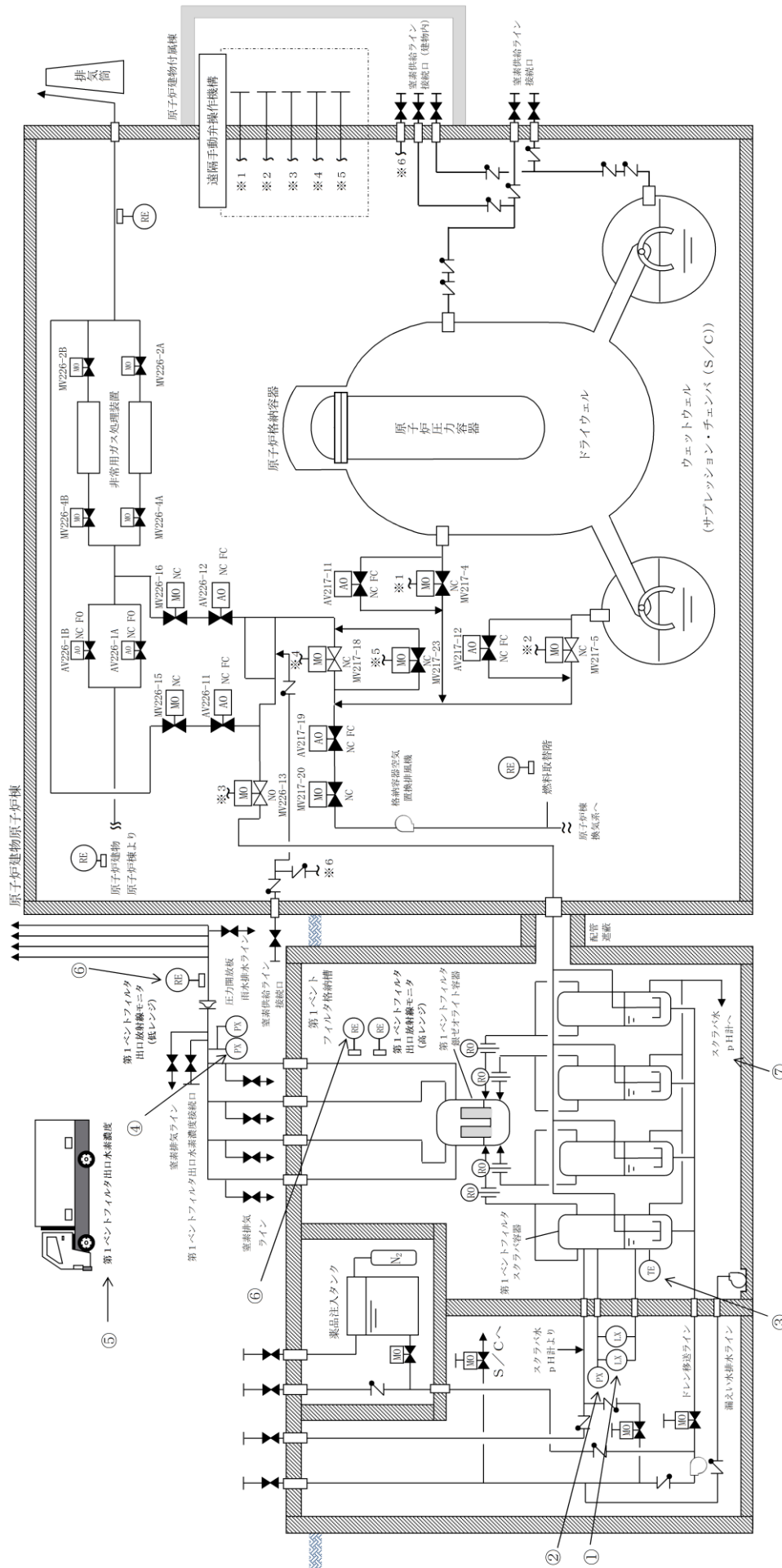


図1 格納容器フィルタバント系 計測制御系統図

格納容器フィルタベント系 計測設備の概略構成図

(1) スクラバ容器水位

スクラバ容器水位は、重大事故等対処設備の機能を有しており、スクラバ容器水位の検出信号は、差圧式水位検出器からの電流信号を中央制御室の指示部にて水位信号へ変換する処理を行った後、スクラバ容器水位を中央制御室に指示し、緊急時対策所にて記録する。また、現場（第1ベントフィルタ格納槽内）にて監視可能な設計としている。（図2「スクラバ容器水位の概略構成図」参照。）

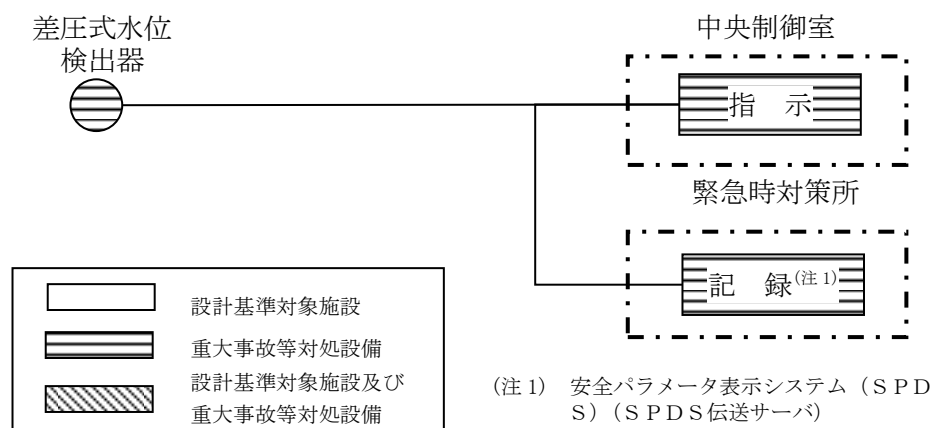


図2 スクラバ容器水位の概略構成図

(2) スクラバ容器圧力

スクラバ容器圧力は、重大事故等対処設備の機能を有しており、スクラバ容器圧力の検出信号は、弾性圧力検出器からの電流信号を中央制御室の指示部にて圧力信号へ変換する処理を行った後、スクラバ容器圧力を中央制御室に指示し、緊急時対策所にて記録する。

（図3「スクラバ容器圧力の概略構成図」参照。）

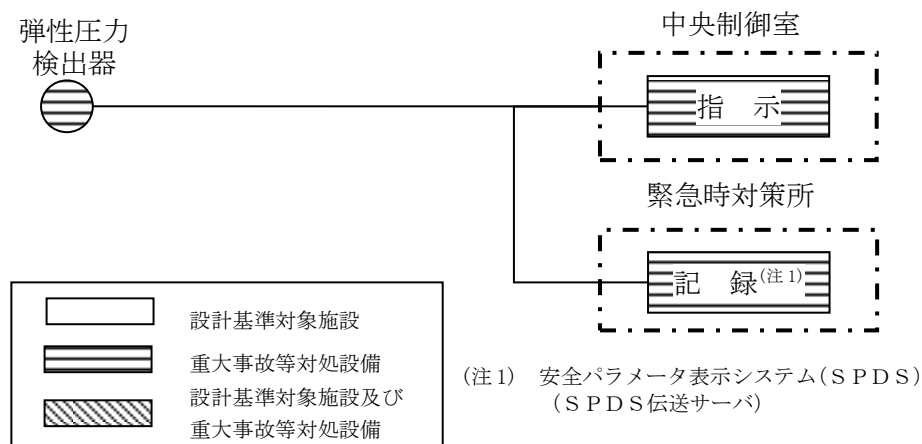


図3 スクラバ容器圧力の概略構成図

(3) スクラバ容器温度

スクラバ容器温度は、重大事故等対処設備の機能を有しており、スクラバ容器温度の検出信号は、熱電対からの起電力を演算装置にて温度信号へ変換する処理を行った後、スクラバ容器温度を中央制御室に指示し、緊急時対策所にて記録する。

(図4「スクラバ容器温度の概略構成図」参照。)

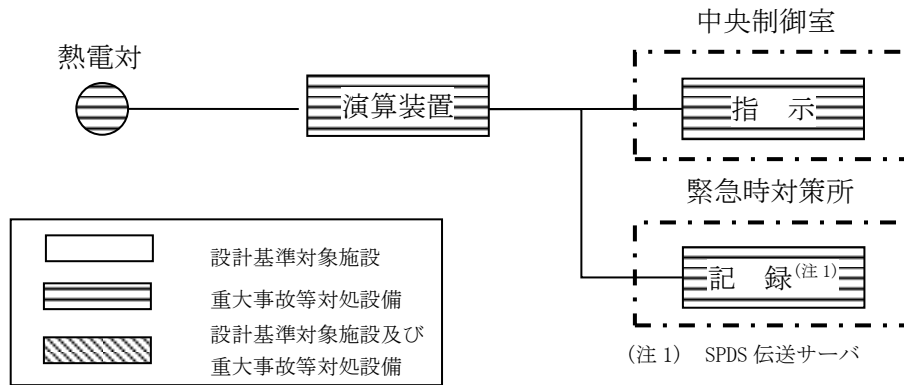


図4 スクラバ容器温度の概略構成図

(4) フィルタ装置出口配管圧力

フィルタ装置出口配管圧力（自主対策設備）の検出信号は、弾性圧力検出器からの電流信号を演算装置にて圧力信号へ変換する処理を行った後、フィルタ装置出口配管圧力を中央制御室に指示し、緊急時対策所にて記録する。

(図5「フィルタ装置出口配管圧力の概略構成図」参照。)

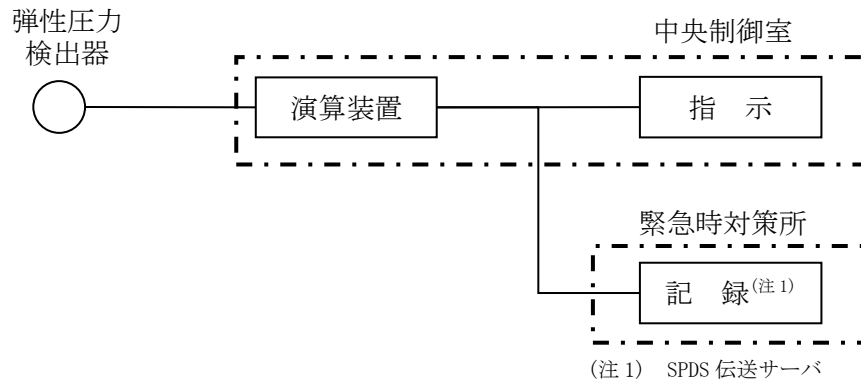


図5 フィルタ装置出口配管圧力の概略構成図

(5) 第1ベントフィルタ出口水素濃度

第1ベントフィルタ出口水素濃度は、重大事故等対処設備の機能を有しており、第1ベントフィルタ出口水素濃度の検出信号は、熱伝導式水素検出器からの電流信号を前置増幅器で増幅し、演算装置にて水素濃度信号へ変換する処理を行った後、第1ベントフィルタ出口水素濃度を中央制御室に指示し、緊急時対策所にて記録する。

(図6「第1ベントフィルタ出口水素濃度 システム概要図」, 図7「第1ベントフィルタ出口水素濃度の概略構成図」参照。)

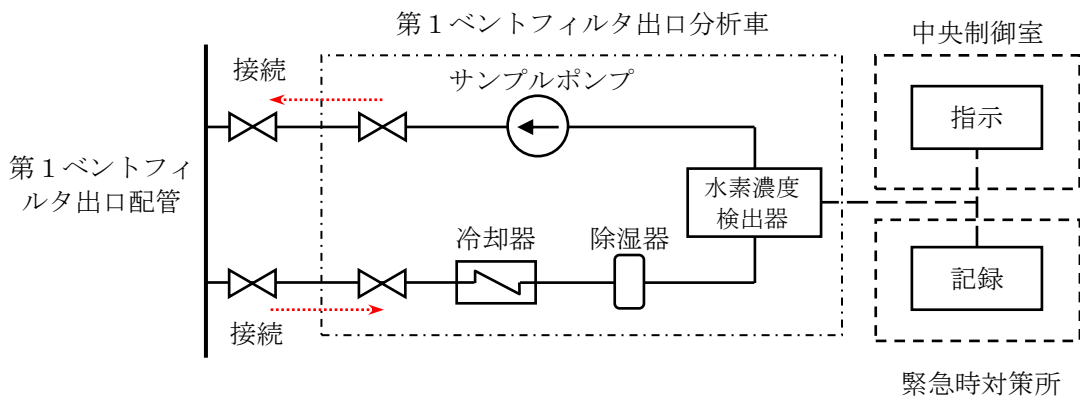


図6 第1ベントフィルタ出口水素濃度 システム概要図

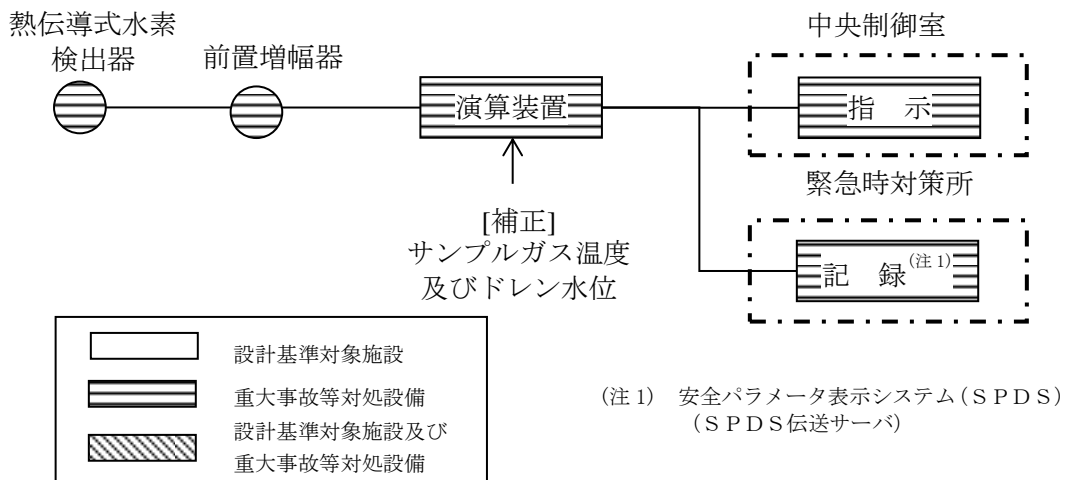


図7 第1ベントフィルタ出口水素濃度の概略構成図

(6) 第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ・低レンジ）

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ・低レンジ）は、重大事故対処設備の機能を有しており、第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ・低レンジ）の検出信号は、電離箱からの電流信号を前置増幅器で増幅し、中央制御室の指示部にて線量当量率信号へ変換する処理を行った後、線量当量率を中央制御室に指示し、緊急時対策所にて記録する。

（図8「第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ・低レンジ）の概略構成図」参照。）

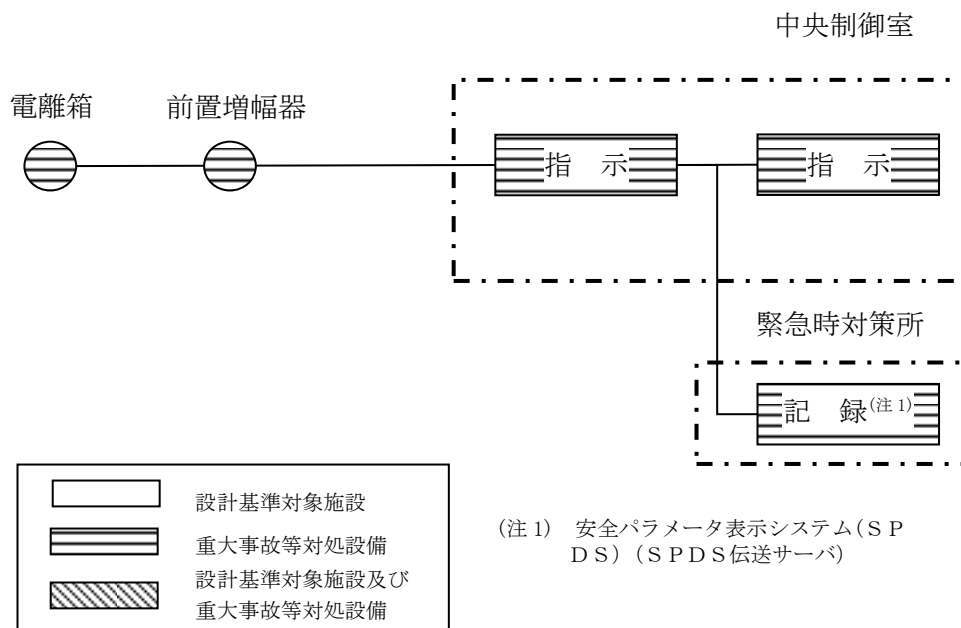


図8 第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ・低レンジ）の概略構成図

(7)スクラバ水 pH

スクラバ水 pHは、第1ベントフィルタスクラバ容器内の水溶液をサンプルポンプで引き込み、pH検出器により計測する。スクラバ水 pH（自主対策設備）は、重大事故等対処設備の機能を有しており、pH検出器からの電流信号を中央制御室の指示部にてpH信号へ変換する処理を行った後、スクラバ水 pHを中央制御室に指示し、緊急時対策所にて記録する。また、現場にて監視可能な設計としている。

(図9「スクラバ水 pHシステム概要図」、図10「スクラバ水 pHの概略構成図」参照。)

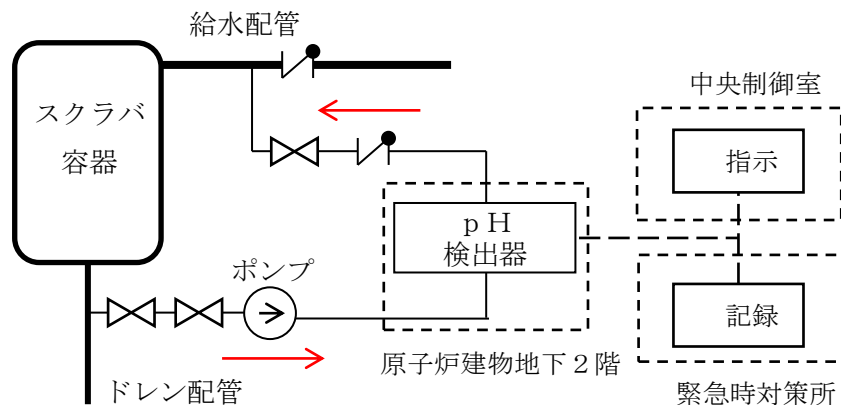
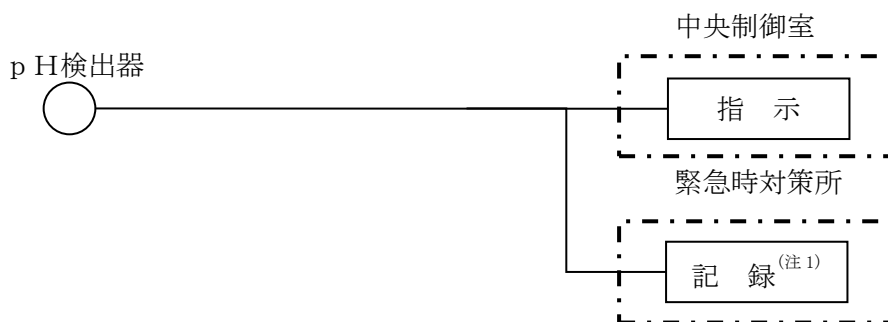




図9 スクラバ水 pHシステム概要図



(注1) 安全パラメータ表示システム (SPDS) (SPDS伝送サーバ)

図10 スクラバ水 pHの概略構成図

50-4 配置図

| | |
|---|-----------------|
|  | : 設計基準対象施設を示す。 |
|  | : 重大事故等対処設備を示す。 |

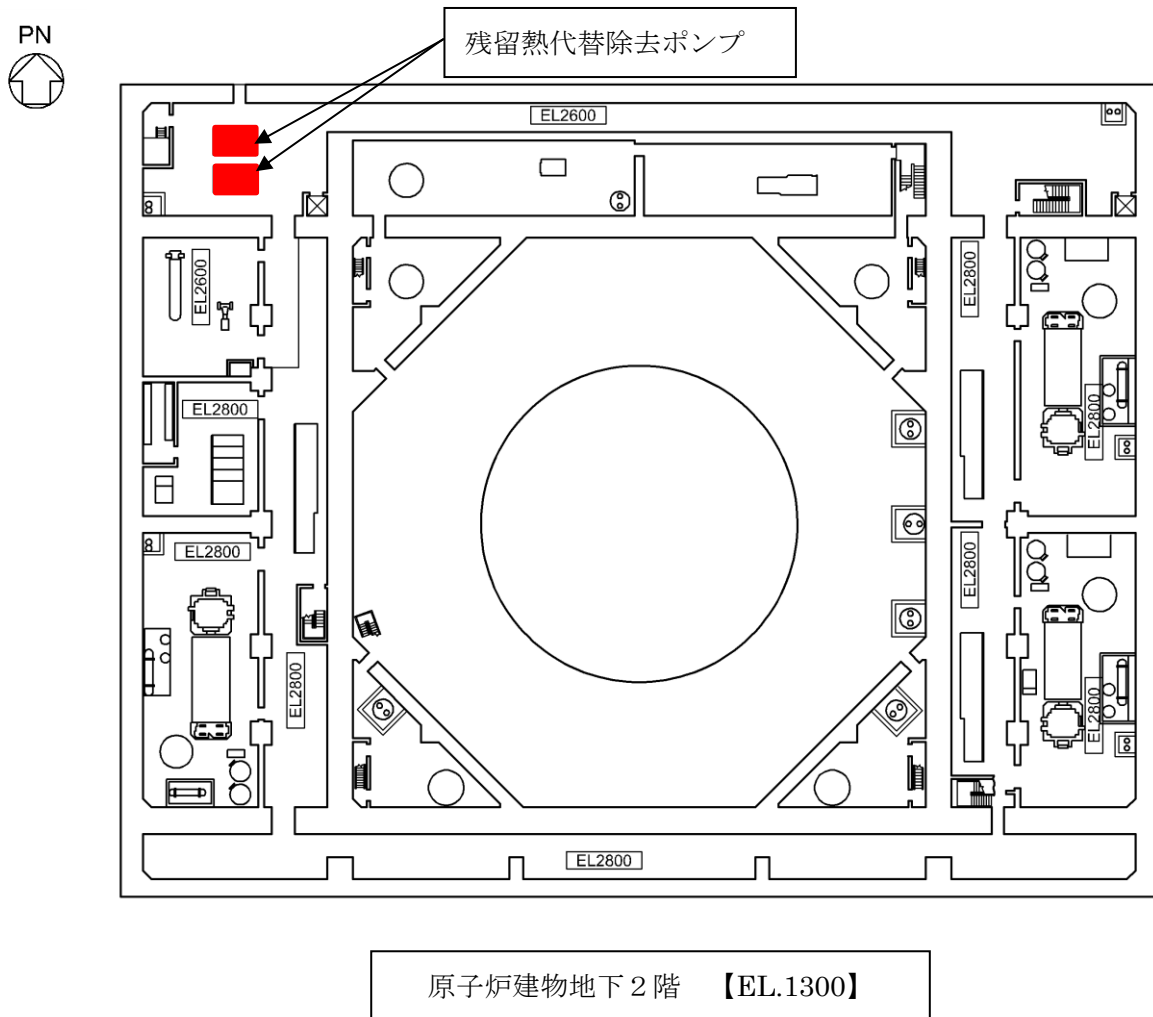


図1 原子炉建物地下2階 配置図

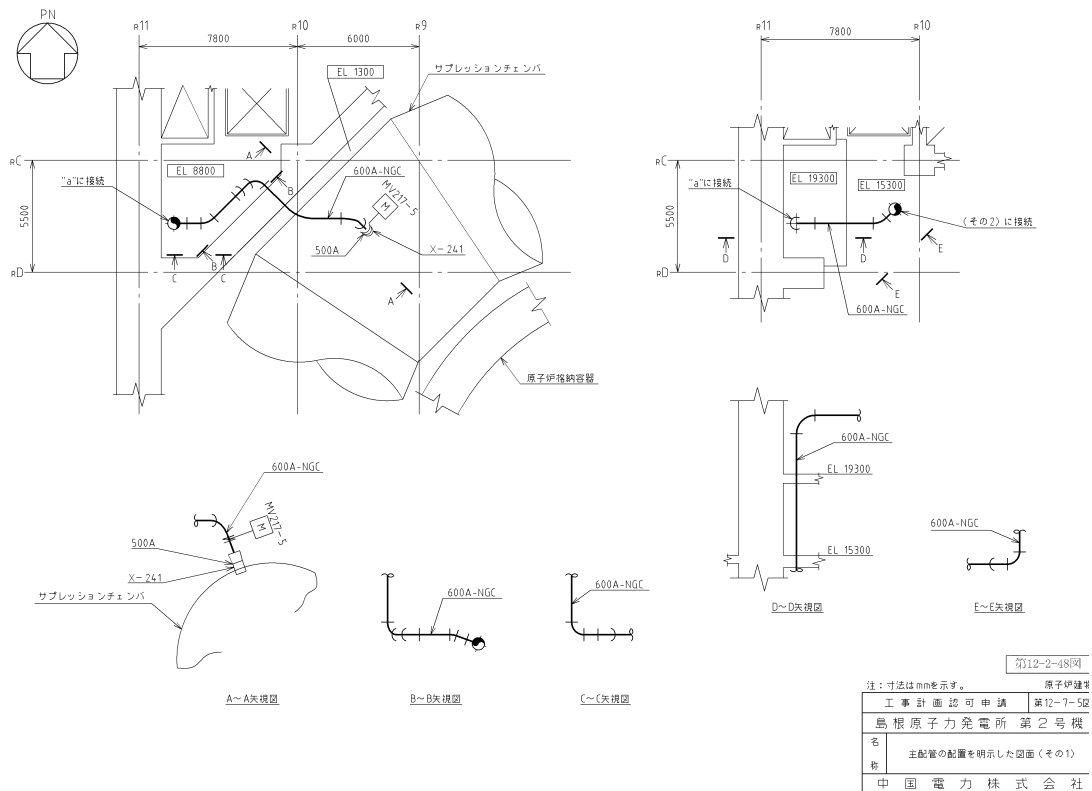


図2 格納容器フィルタベント系 主配管ルート図 (原子炉建物地下1階)

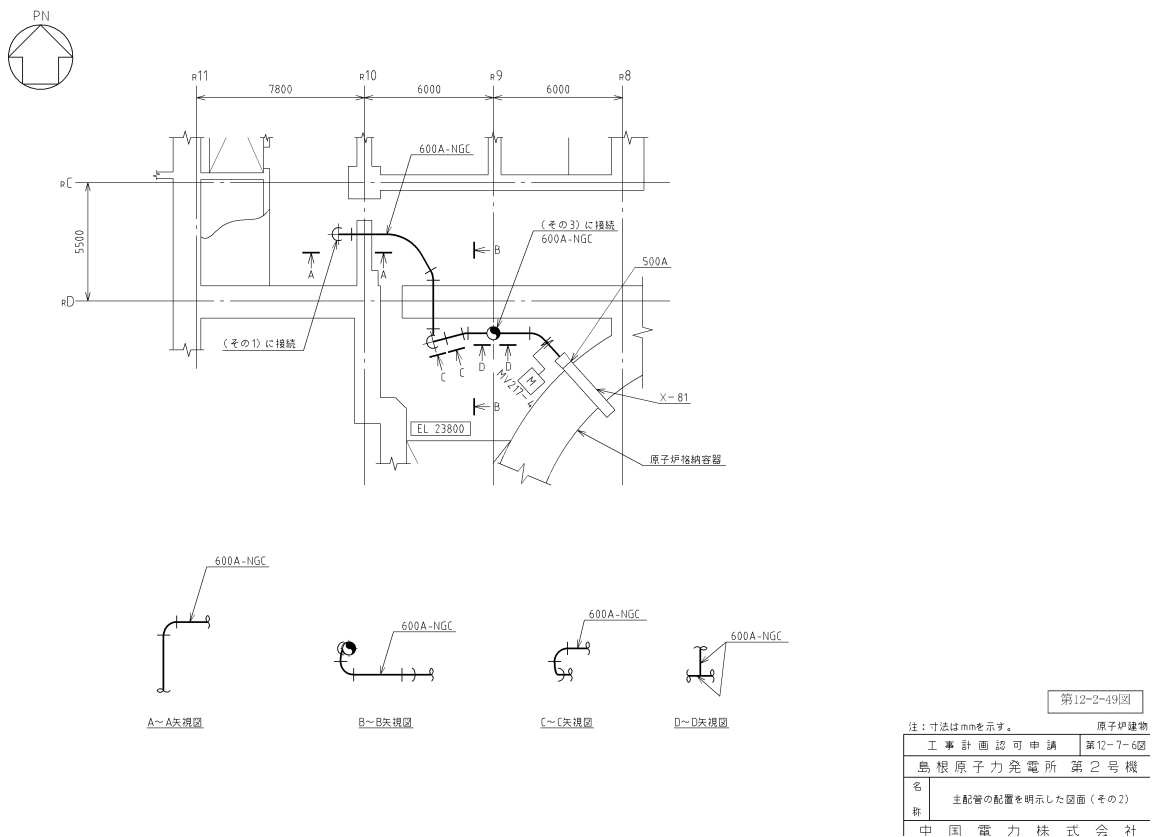


図3 格納容器フィルタベント系 主配管ルート図 (原子炉建物2階)

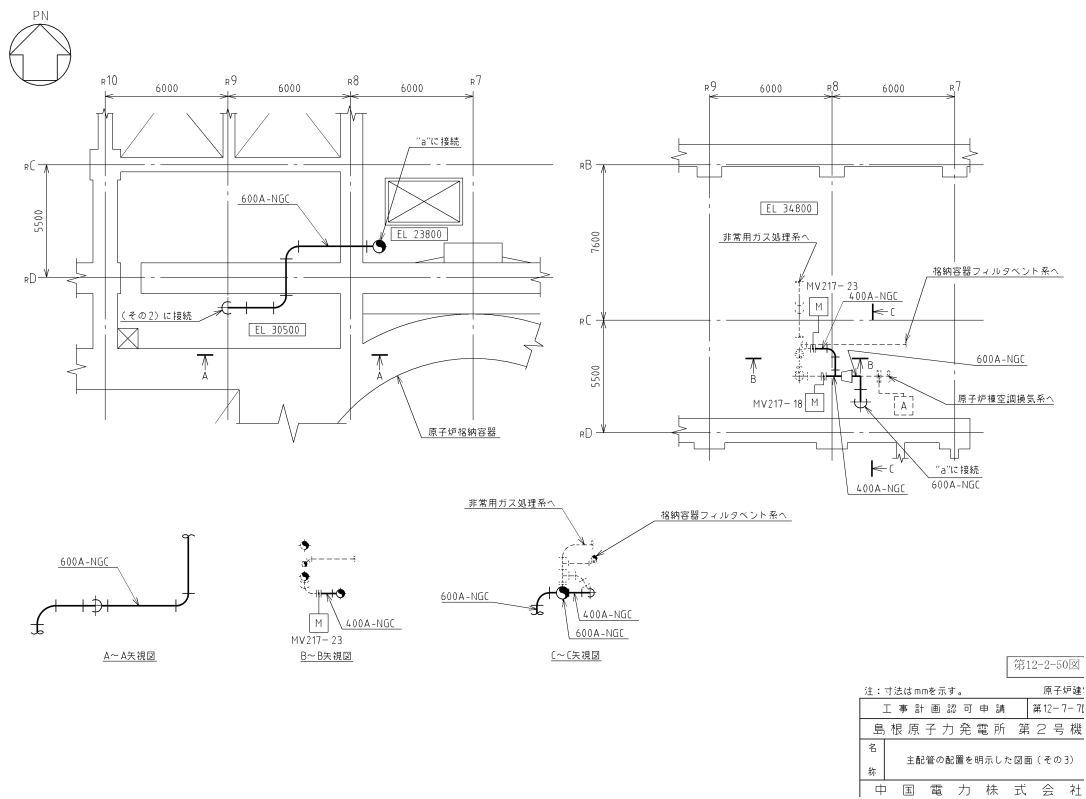


図4 格納容器フィルタベント系 主配管ルート図 (原子炉建物3階)

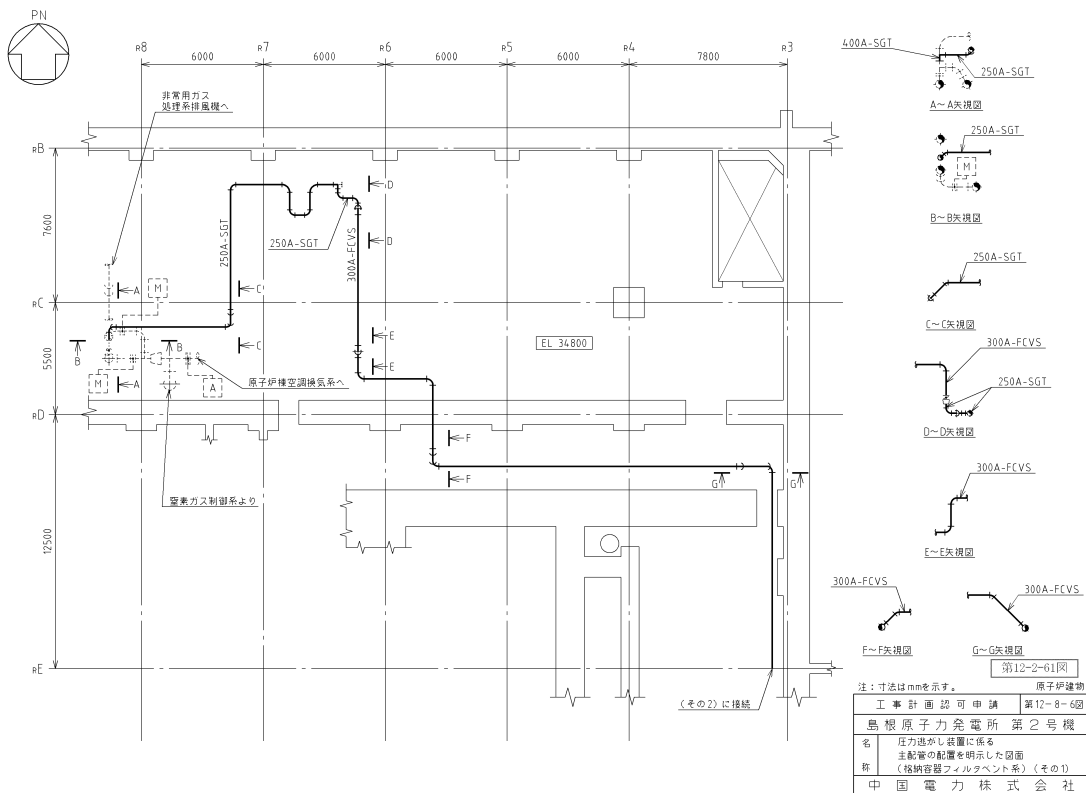


図5 格納容器フィルタベント系 主配管ルート図 (原子炉建物3階)

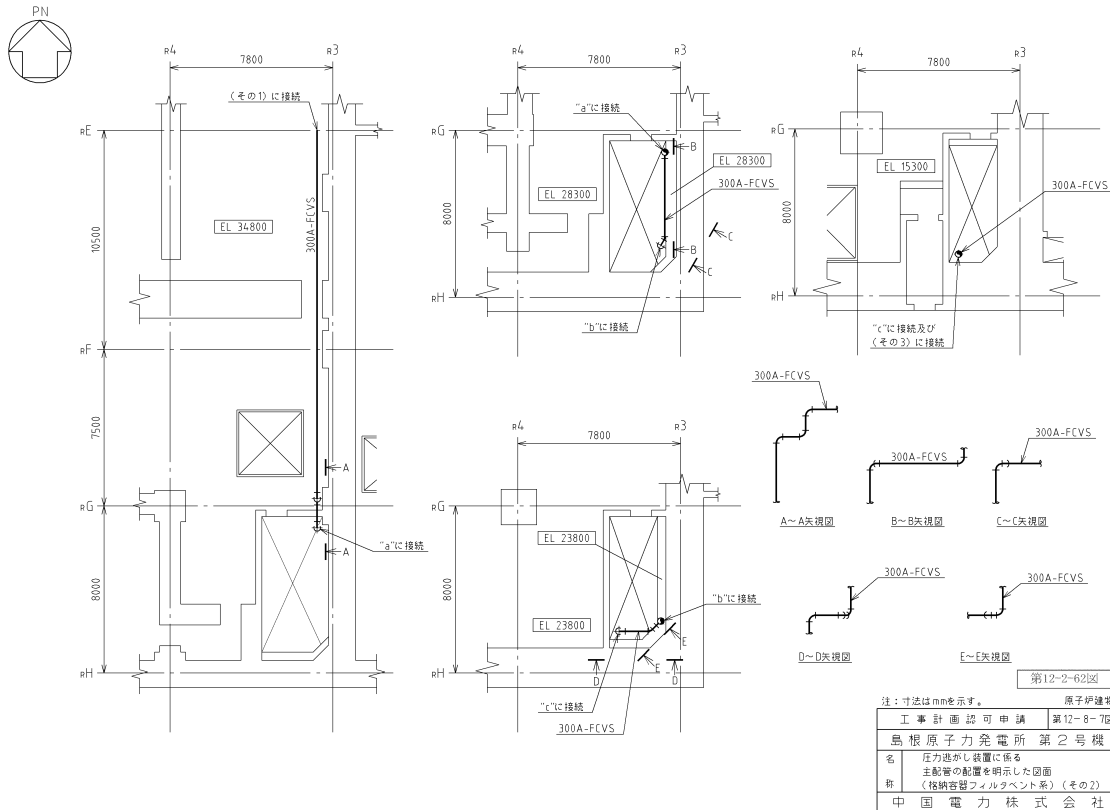


図6 格納容器フィルタベント系 主配管ルート図 (原子炉建物3階)

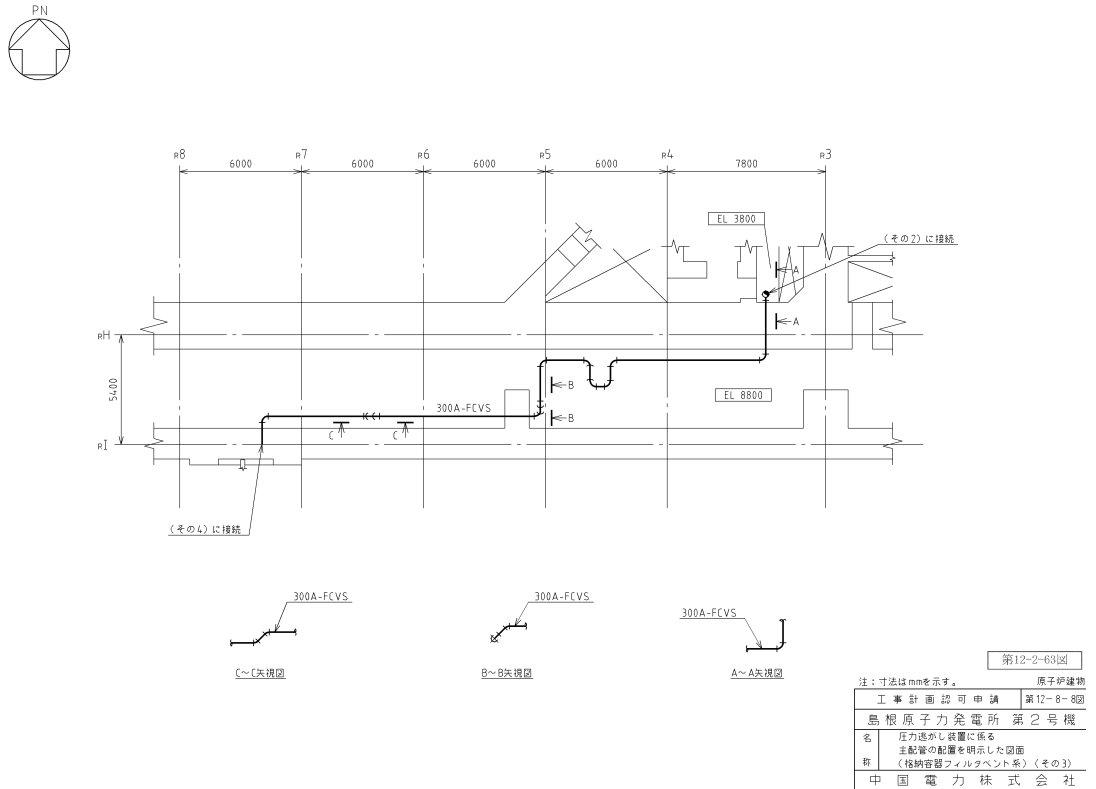


図7 格納容器フィルタベント系 主配管ルート図 (原子炉建物地下1階)

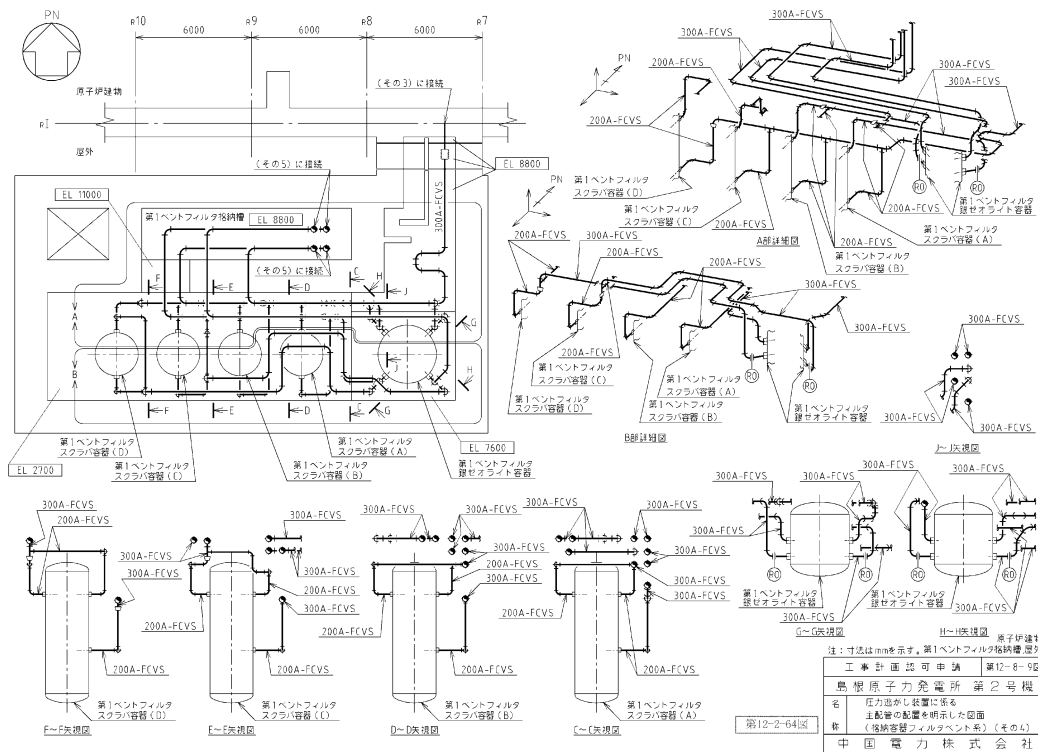


図8 格納容器フィルタベント系 主配管ルート図
(第1ベントフィルタ格納槽内)

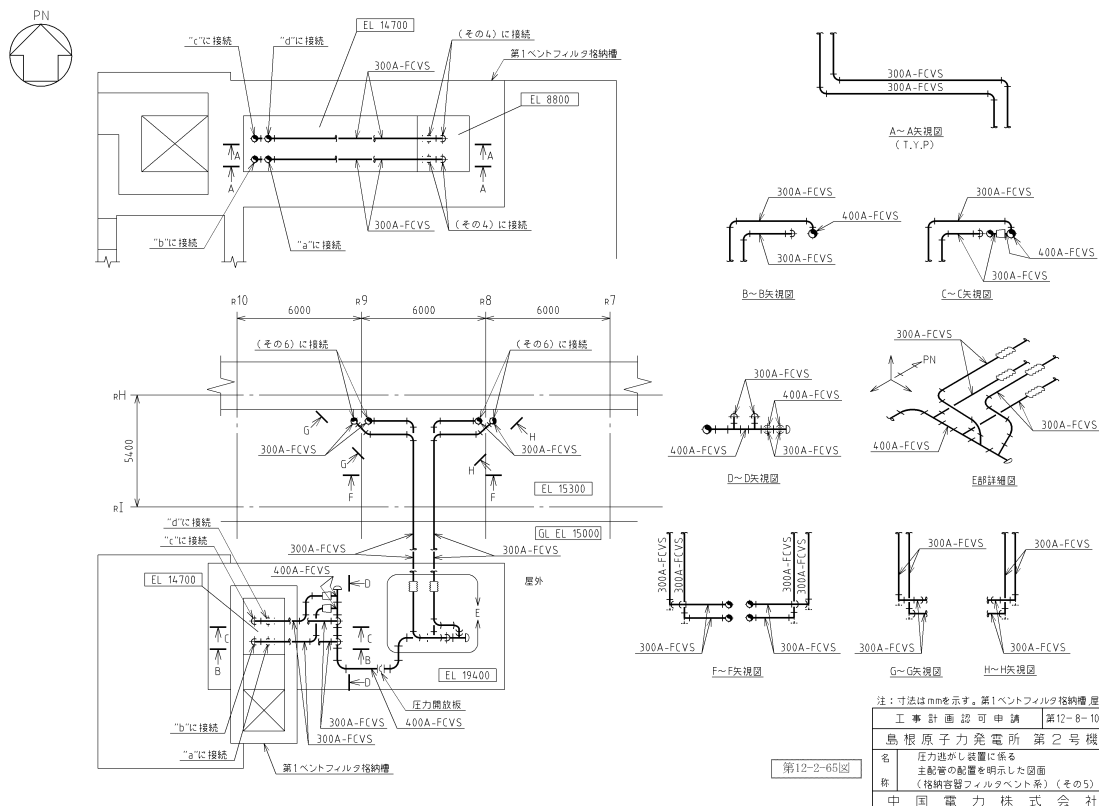
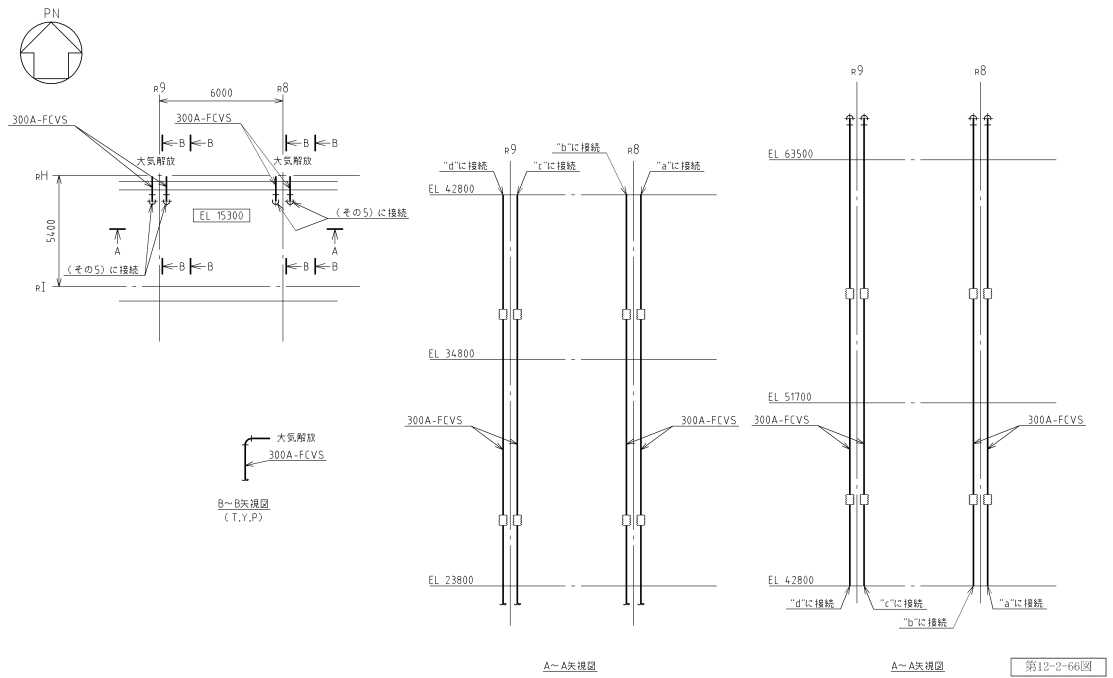


図9 格納容器フィルタベント系 主配管ルート図
(第1ベントフィルタ格納槽～屋外)



A~A矢視図

A~A矢視図

第12-2-66図

注：寸法はmmを示す。 屋外

| | |
|---------------|---------------------------------------|
| 工事計画認可申請 | 第12-8-11図 |
| 島根原子力発電所 第2号機 | |
| 名 | 圧力逃がし装置に係る |
| 称 | 主配管の配置を明示した図面 (格納容器フィルタベント系) (その6) |
| 中国電力株式会社 | |

図 10 格納容器フィルタベント系 主配管ルート図 (原子炉建物屋上)

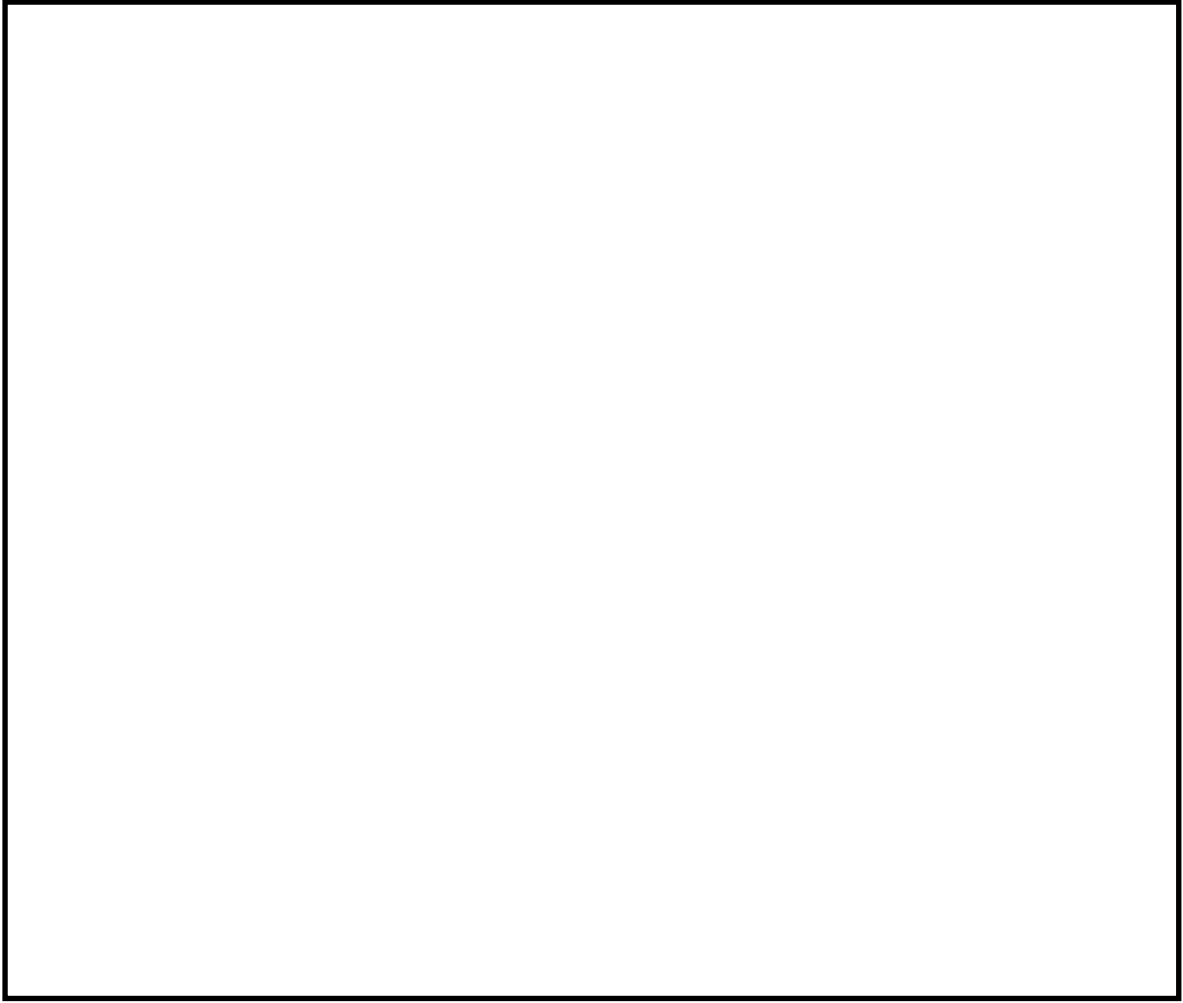
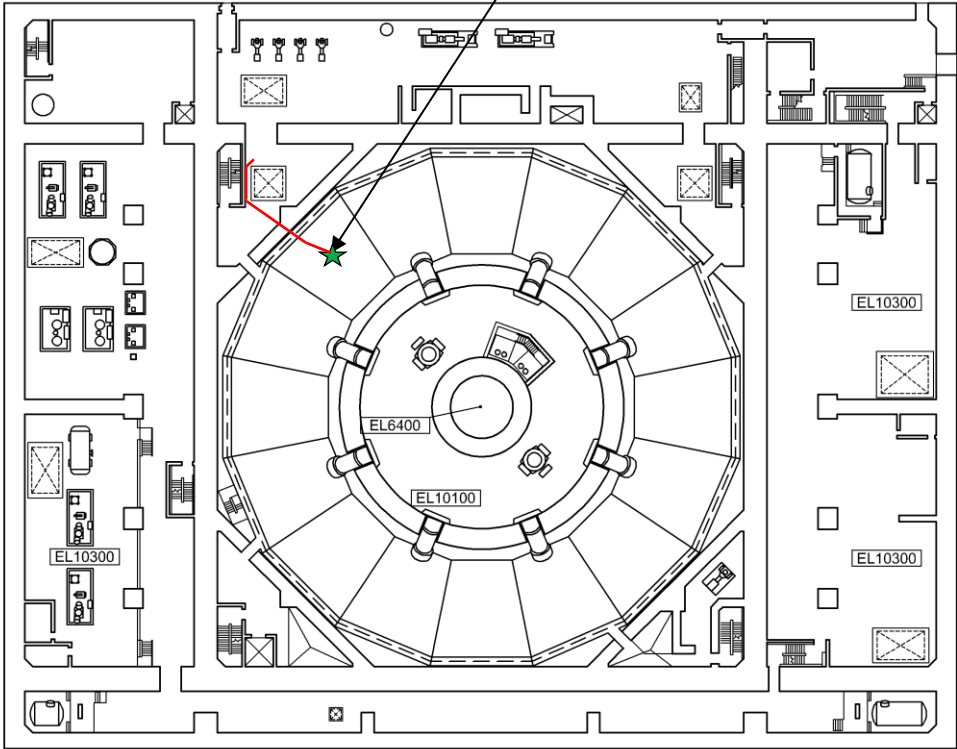


図 11 格納容器フィルタベント系 主配管鳥瞰図

★ 弁設置位置 — 遠隔手動弁操作機構

NGC N2 トーラス出口隔離弁
(第1弁 (W/W側))
(MV 2 1 7 - 5)



原子炉建物地下1階 【EL.8800】

図 12 格納容器フィルタベント系の弁操作位置図 (原子炉建物地下1階)

● 弁遠隔操作位置 — 遠隔手動弁操作機構

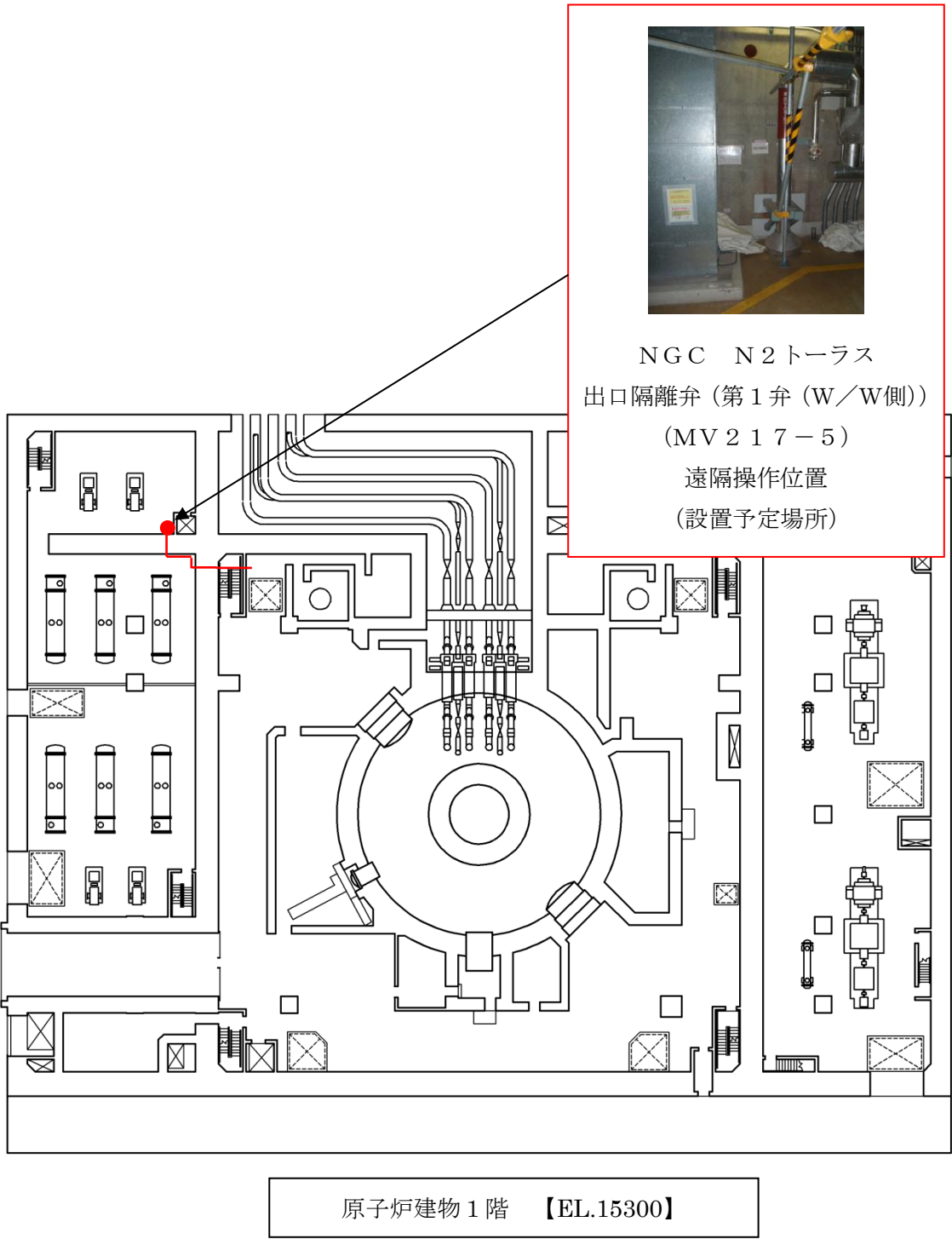


図 13 格納容器フィルタベント系の弁操作位置図 (原子炉建物 1 階)

★弁設置位置

●遠隔手動弁操作機構

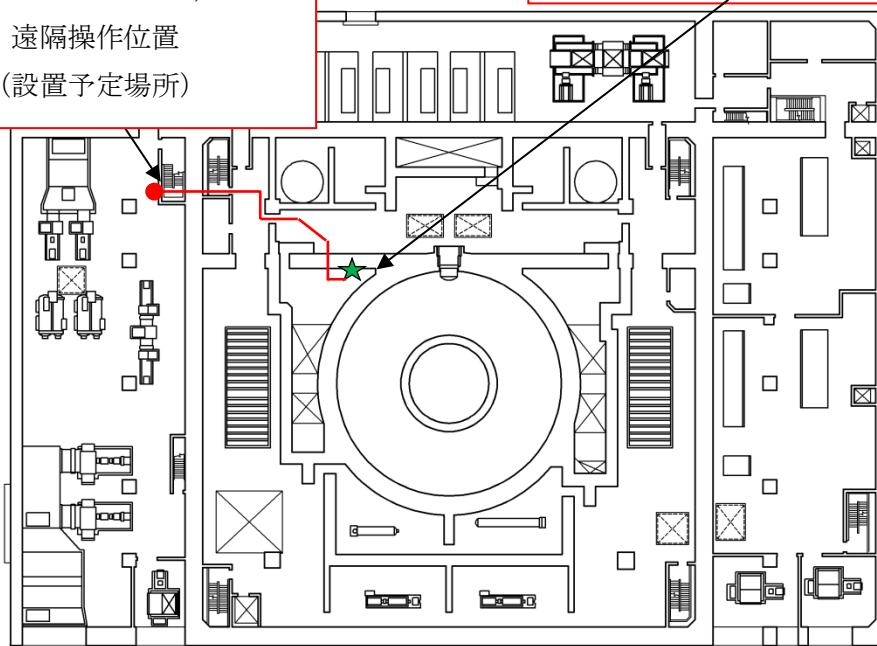
—遠隔手動弁操作機構



NGC N2ドライウエル
出口隔離弁 (第1弁 (D/W側))
(MV 217-4)
遠隔操作位置
(設置予定場所)

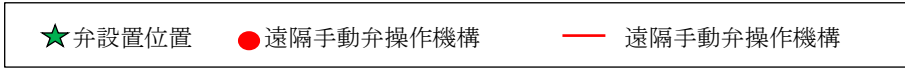


NGC N2ドライウエル
出口隔離弁 (第1弁 (D/W側))
(MV 217-4)



原子炉建物地上2階 【EL.23800】

図14 格納容器フィルタベント系の弁操作位置図 (原子炉建物2階)




NGC 非常用ガス処理
入口隔離弁（第2弁）
（MV 217-18）
遠隔操作位置
（設置予定場所）

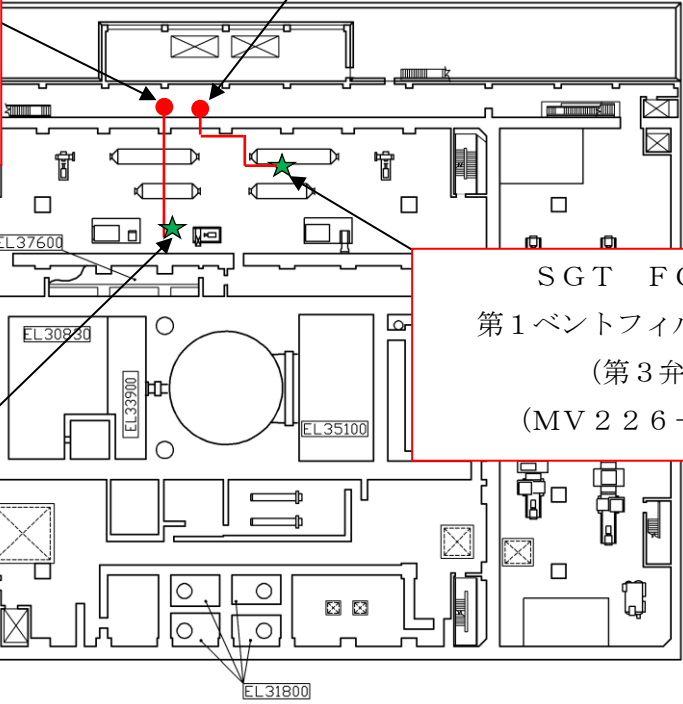
NGC 非常用ガス処理
入口隔離弁バイパス弁
（第2弁バイパス弁）
（MV 217-23）
遠隔操作位置
（設置予定場所）



SGT FCVS
第1 ベントフィルタ入口弁
（第3弁）
（MV 226-13）
遠隔操作位置
（設置予定場所）



NGC 非常用ガス処理
入口隔離弁（第2弁）
（MV 217-18）
NGC 非常用ガス処理
入口隔離弁バイパス弁
（第2弁バイパス弁）
（MV 217-23）



SGT FCVS
第1 ベントフィルタ入口弁
（第3弁）
（MV 226-13）

原子炉建物地上3階 【EL.34800】

図 15 格納容器フィルタベント系の弁操作位置図（原子炉建物3階）

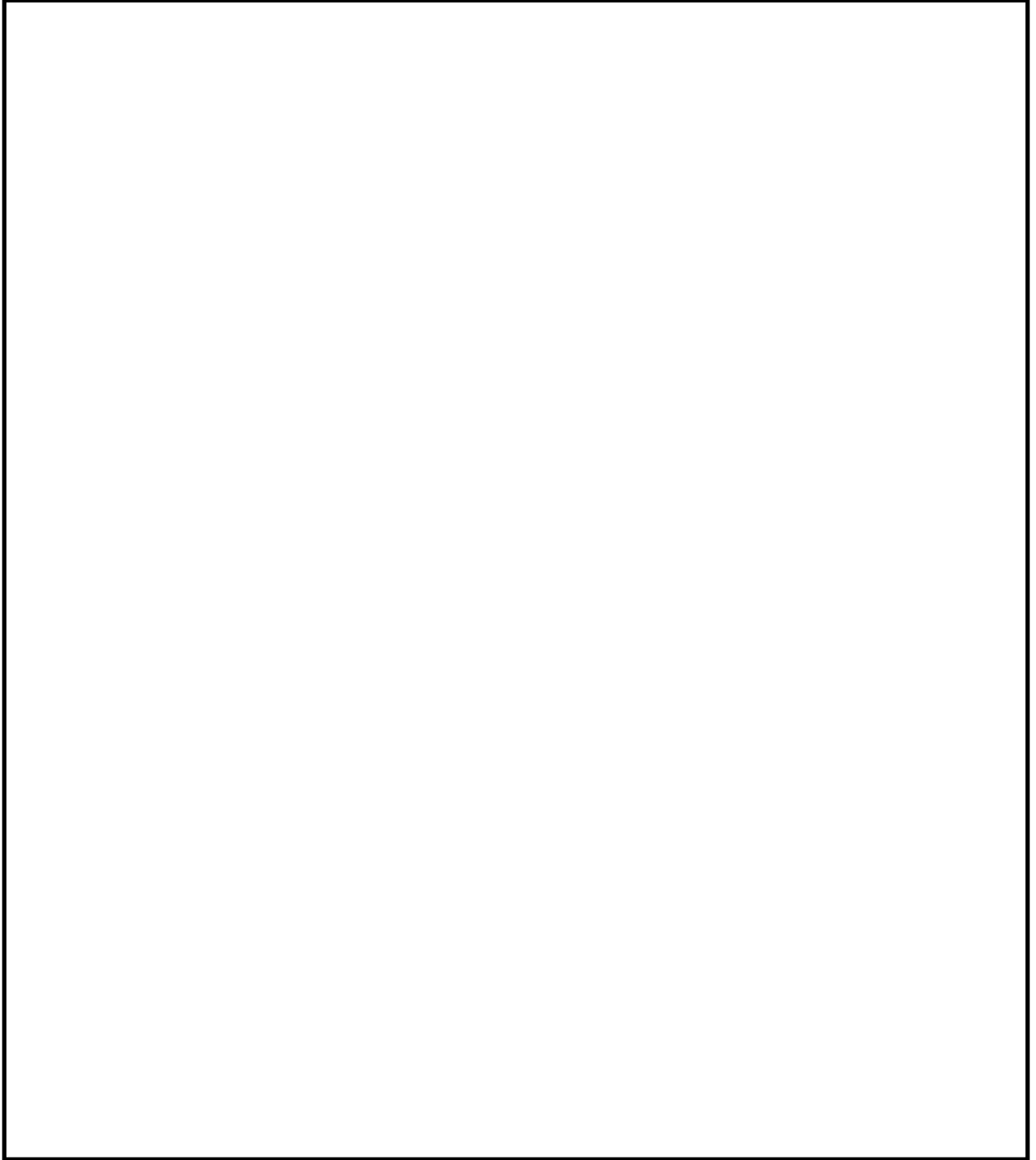


図 16 真空破壊装置設置位置図

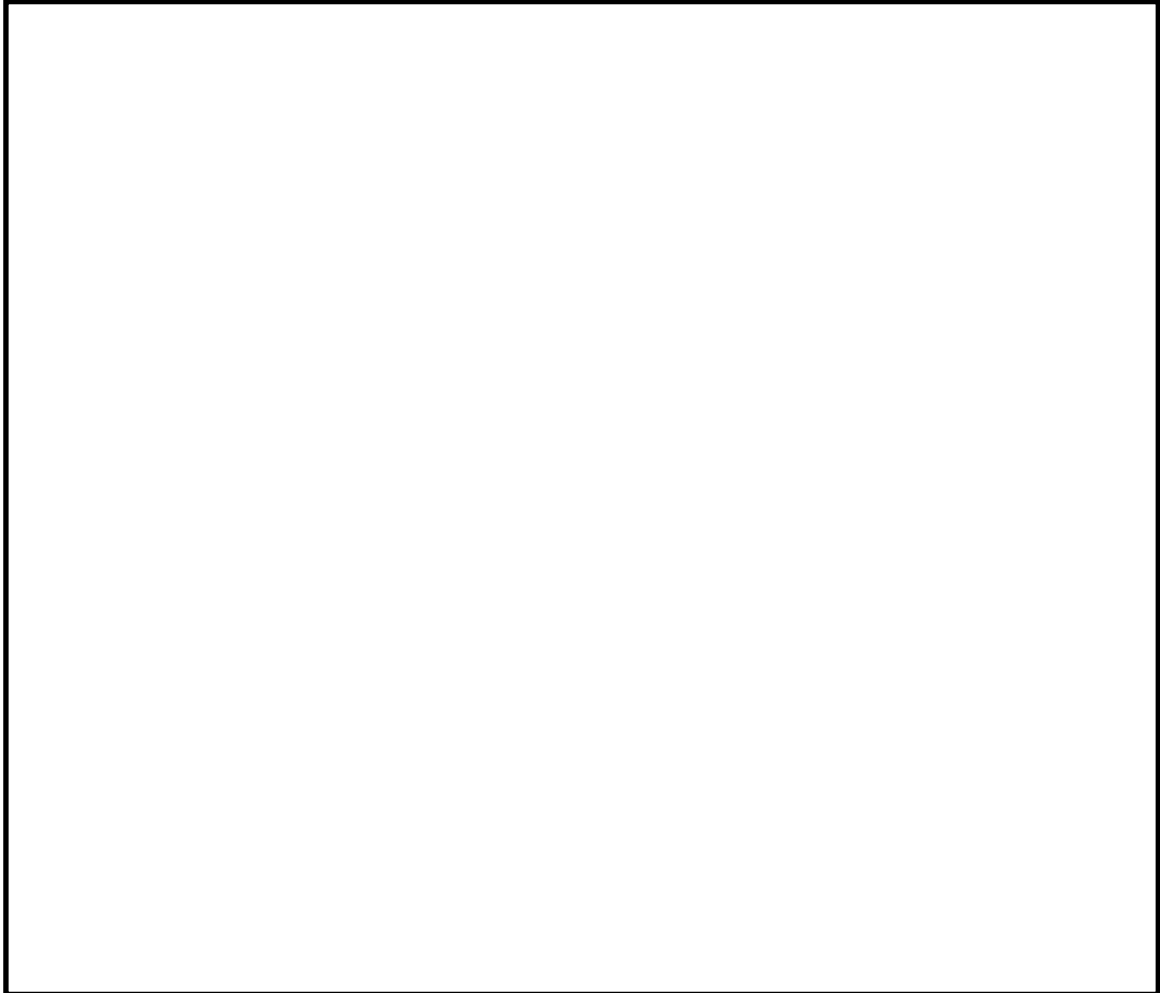


図 17 中央制御室配置図

50-5 系統図

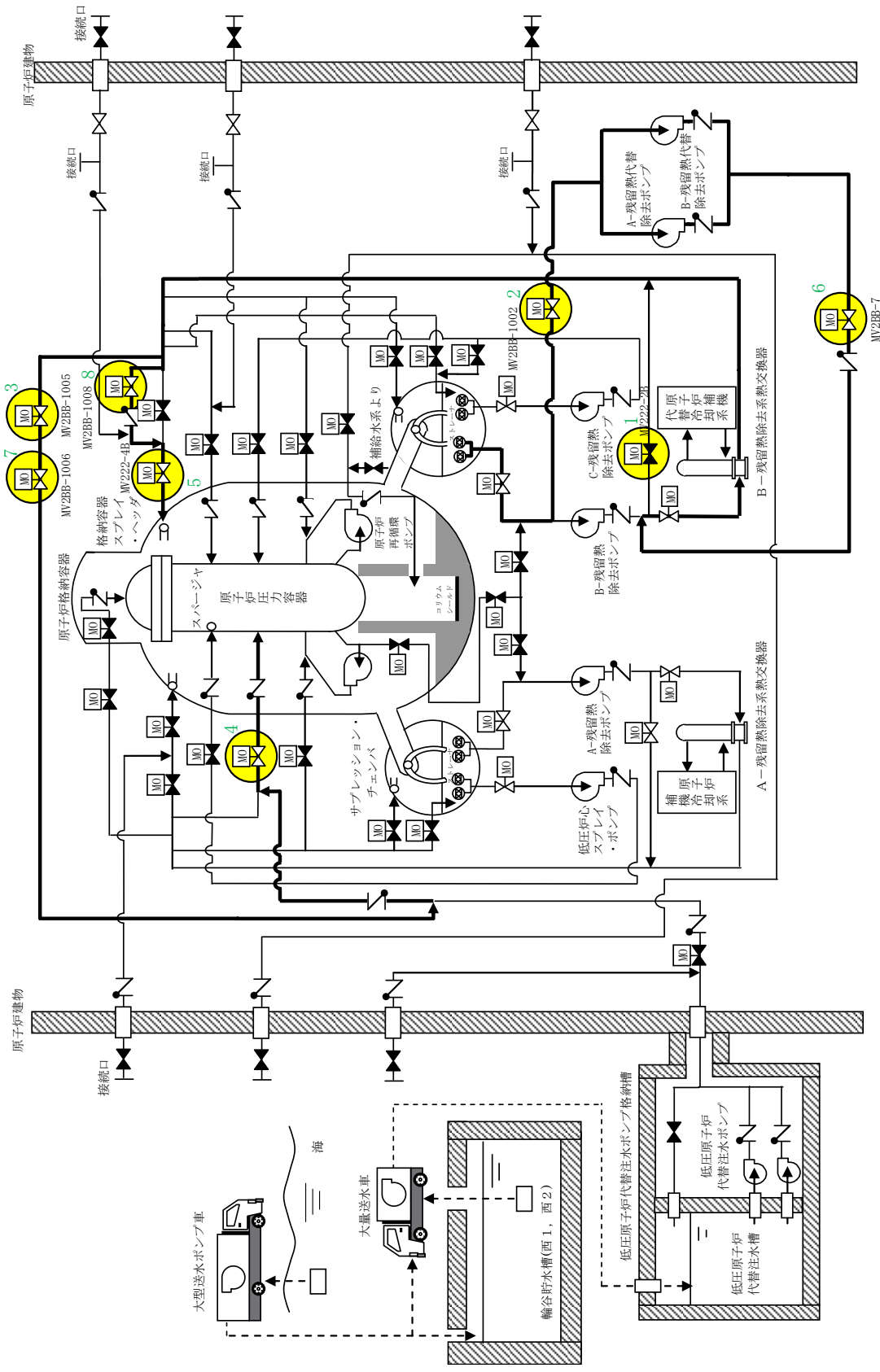


図1 残留熱代替除去系 系統概要図

表1 弁リスト

| No. | 弁名称 |
|-----|-----------------------|
| 1 | B-RHR熱交バイパス弁 |
| 2 | RHR RHARライン入口止め弁 |
| 3 | RHR A-FLSR連絡ライン止め弁 |
| 4 | A-RHR注水弁 |
| 5 | B-RHRドライウェル第2スプレイ弁 |
| 6 | RHARライン流量調節弁 |
| 7 | RHR A-FLSR連絡ライン流量調節弁 |
| 8 | RHR PCVスプレイ連絡ライン流量調節弁 |

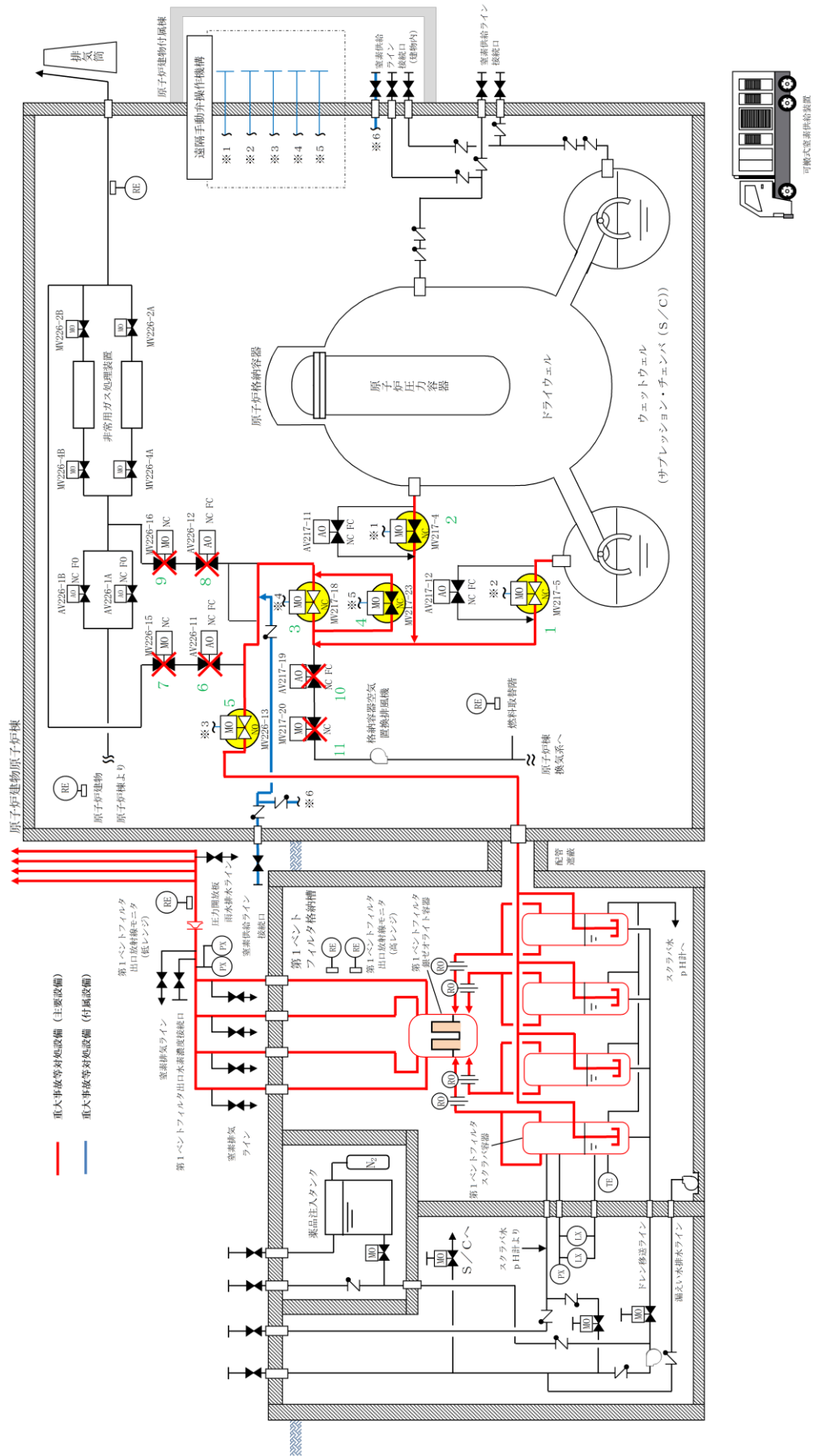


図2 格納容器フィルタベント系 系統概要図

表2 弁リスト

| No. | 弁名称 |
|-----|-------------------------------------|
| 1 | NGC N2 トーラス出口隔離弁 (第1弁 (W/W側)) |
| 2 | NGC N2 ドライウェル出口隔離弁 (第1弁 (D/W側)) |
| 3 | NGC 非常用ガス処理入口隔離弁 (第2弁) |
| 4 | NGC 非常用ガス処理入口隔離弁バイパス弁 (第2弁バイパス弁) |
| 5 | SGT FCVS 第1ベントフィルタ入口弁 (第3弁) |
| 6 | SGT 耐圧強化ベントライン止め弁 |
| 7 | SGT 耐圧強化ベントライン止め弁後弁 |
| 8 | SGT NGC 連絡ライン隔離弁 |
| 9 | SGT NGC 連絡ライン隔離弁後弁 |
| 10 | NGC 常用空調換気入口隔離弁 |
| 11 | NGC 常用空調換気入口隔離弁後弁 |

50-6 試験及び検査

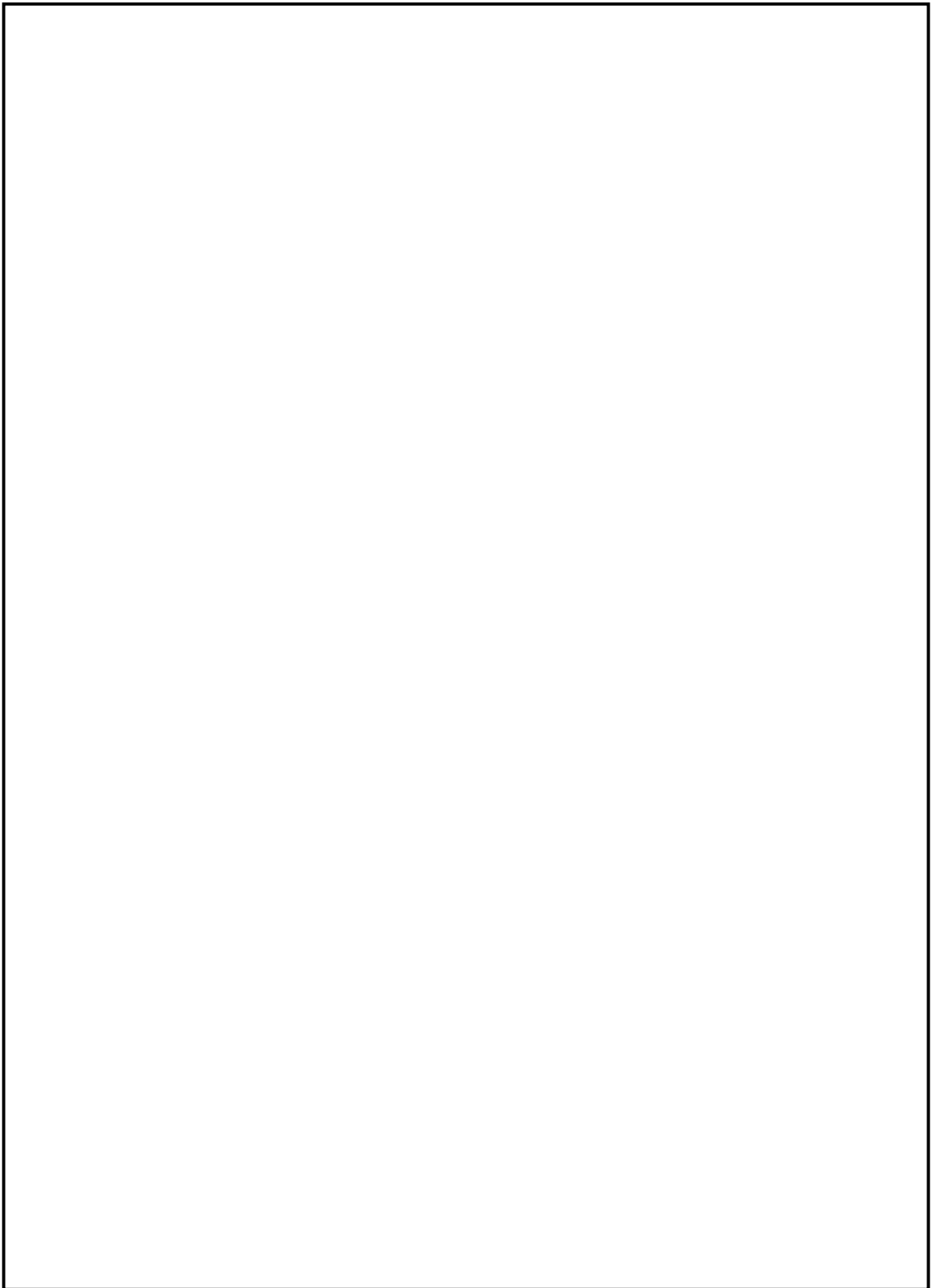


図1 残留熱代替除去ポンプ図

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。

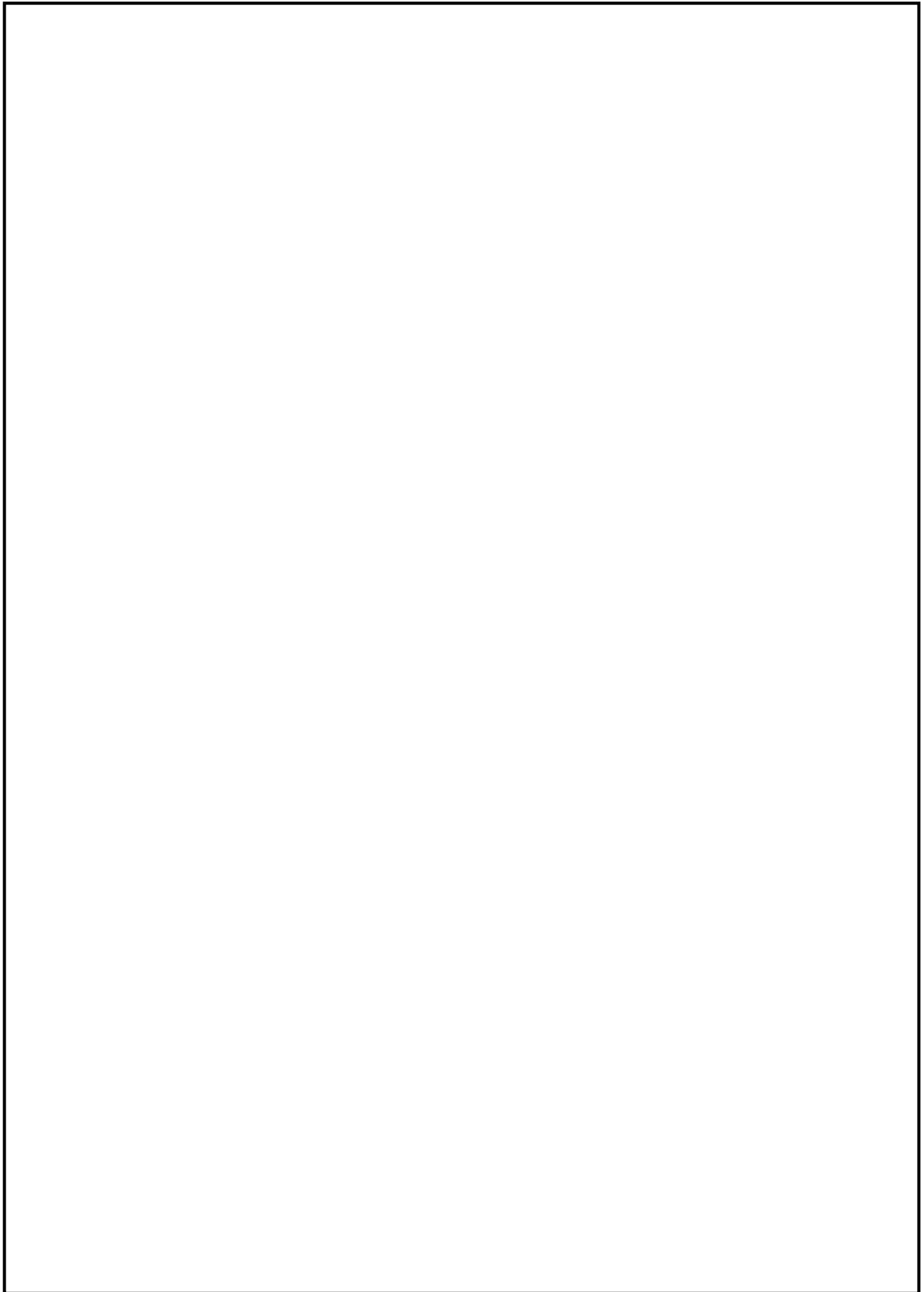


図2 残留熱除去系熱交換器図

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。

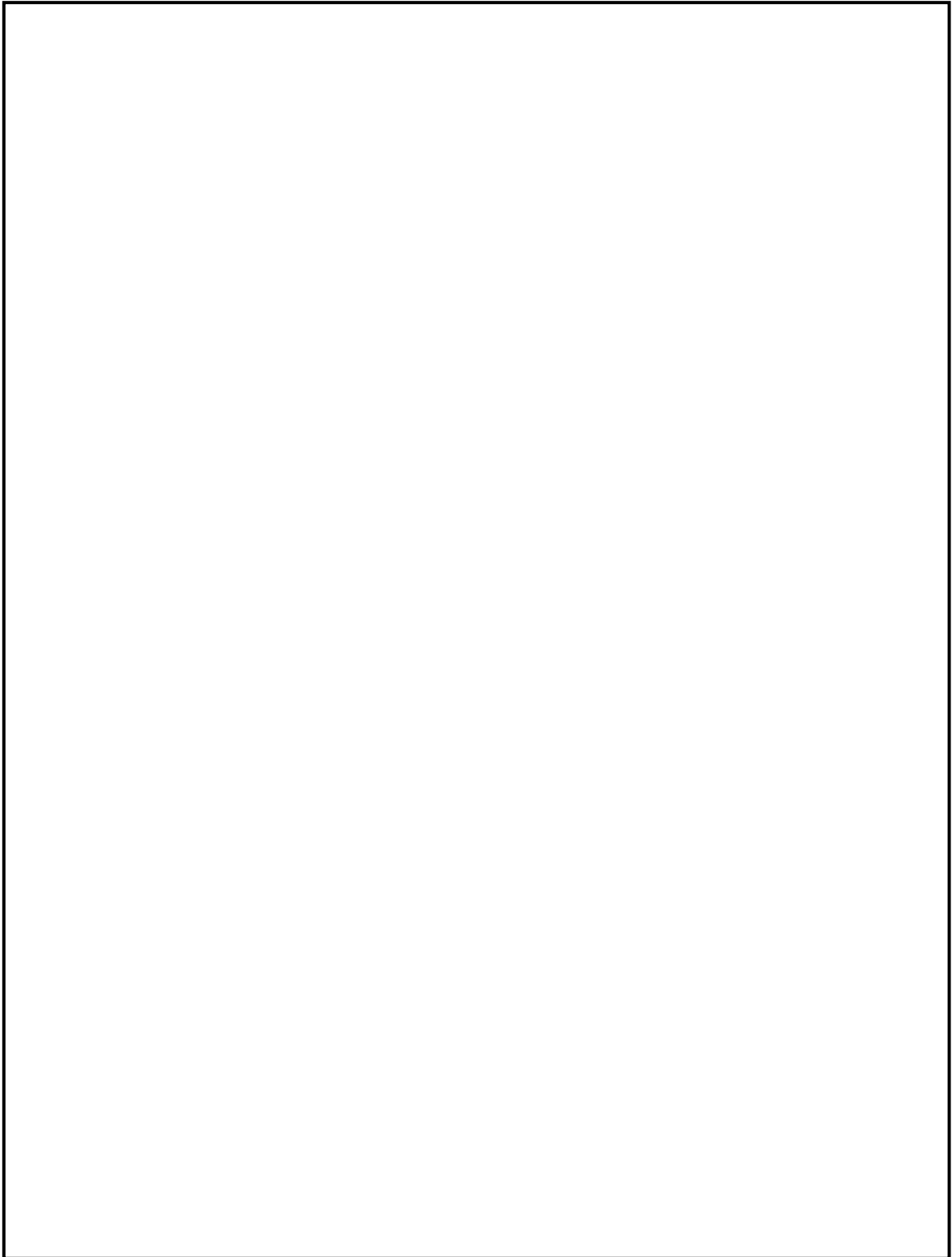


図3 原子炉補機代替冷却系 移動式代替熱交換設備熱交換器図

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。

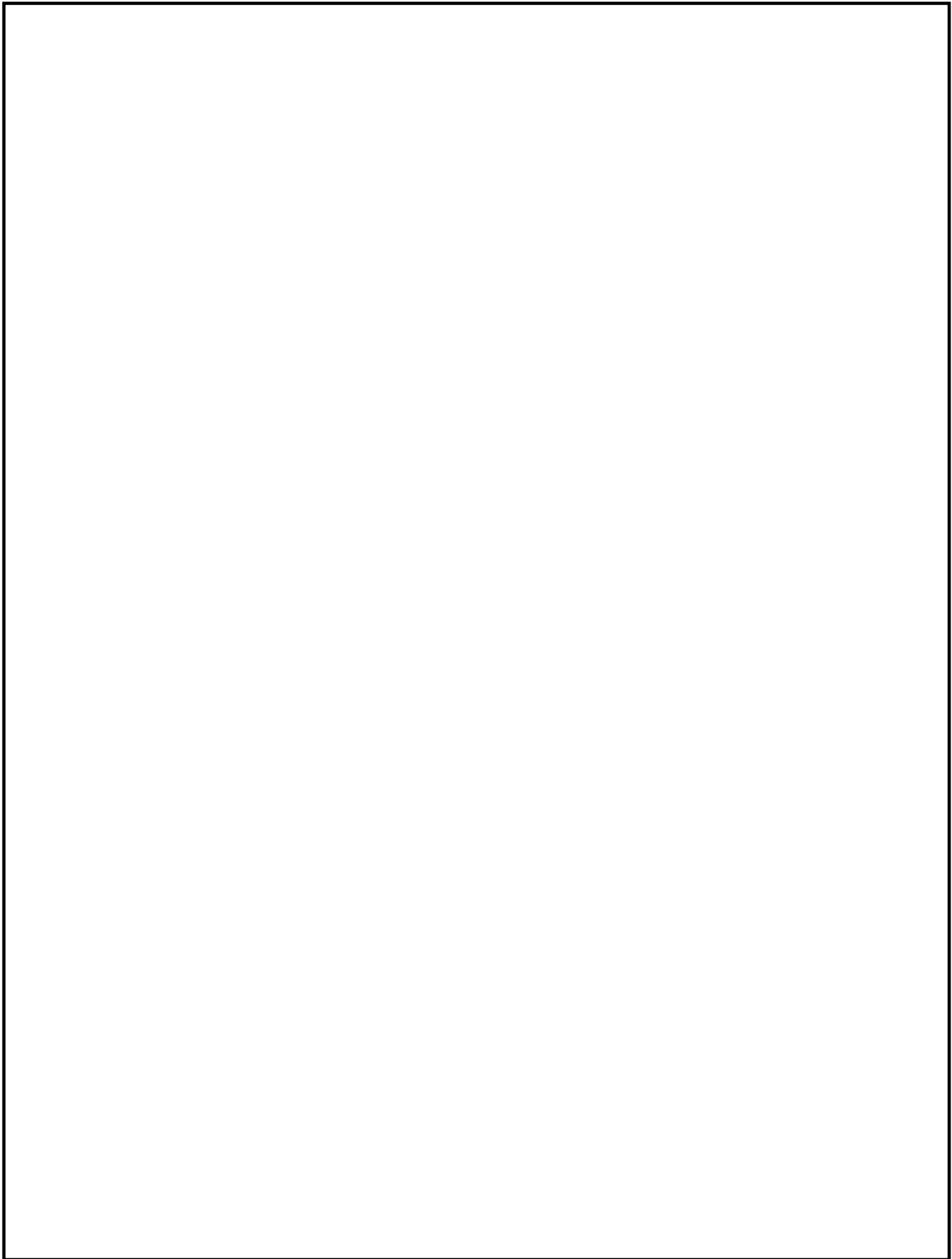


図4 原子炉補機代替冷却系 移動式代替熱交換設備淡水ポンプ図

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。

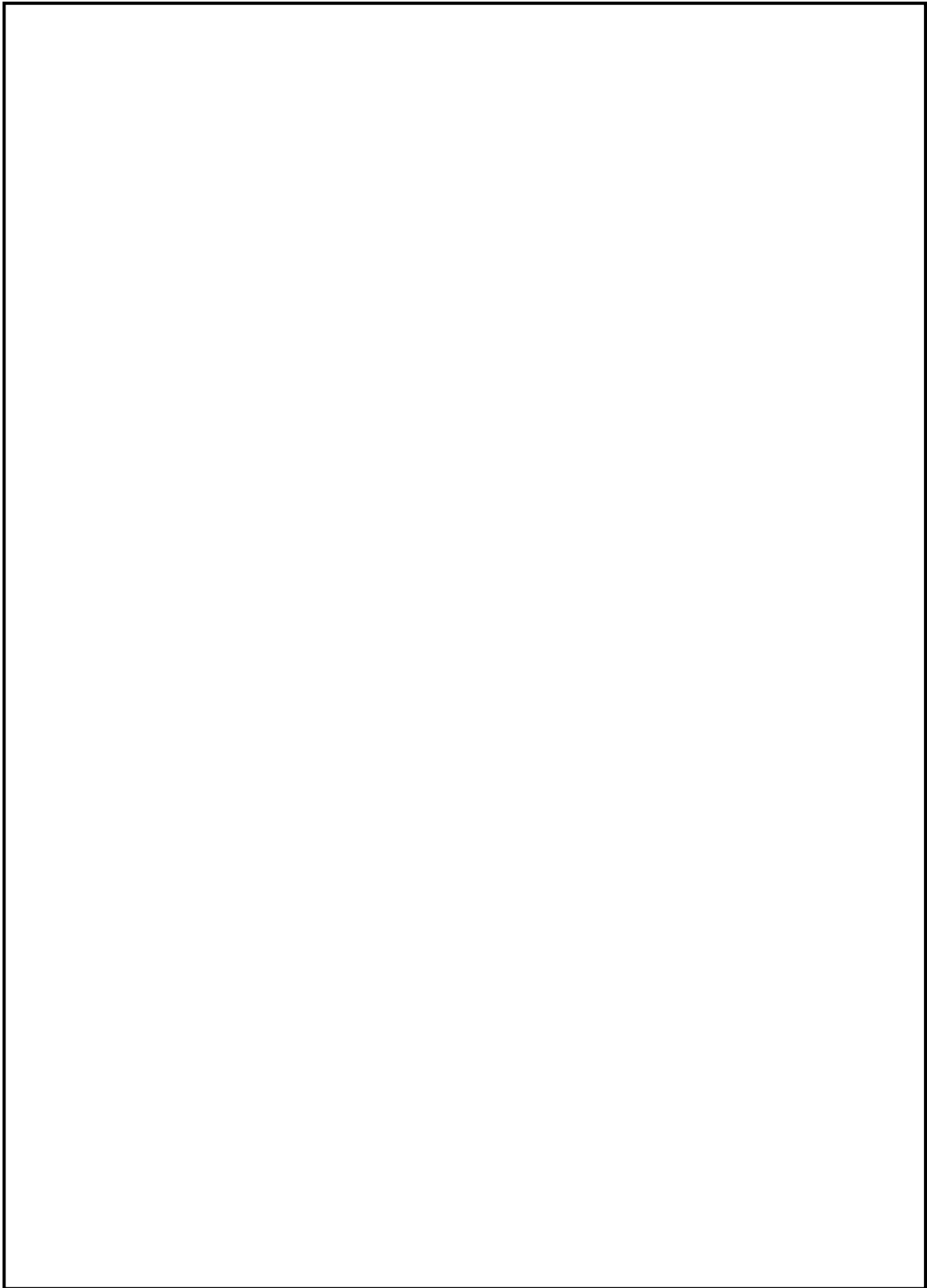


図5 原子炉補機代替冷却系 大型送水ポンプ車ポンプ図

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。

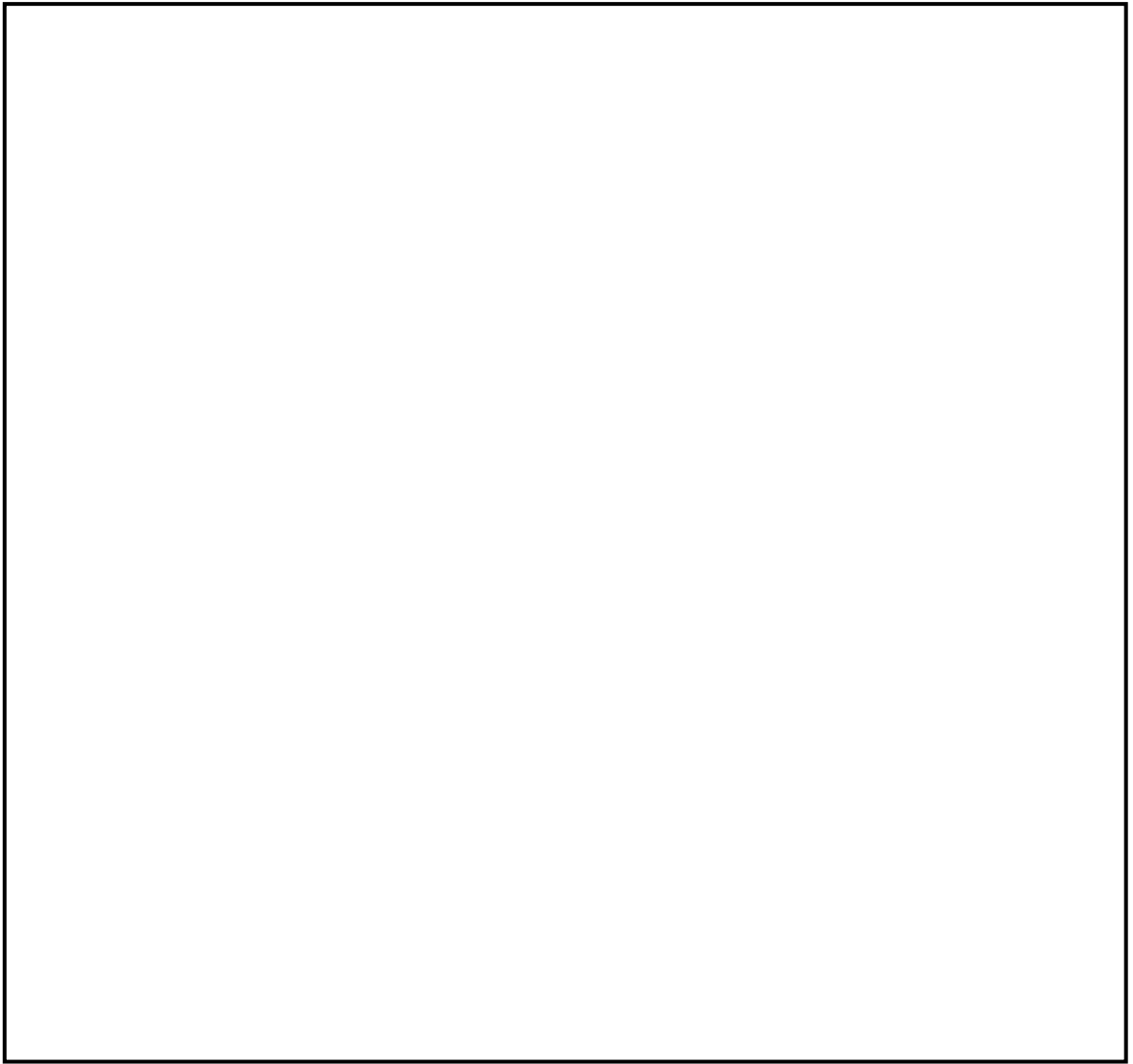


図6 残留熱代替除去系系統性能検査

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。

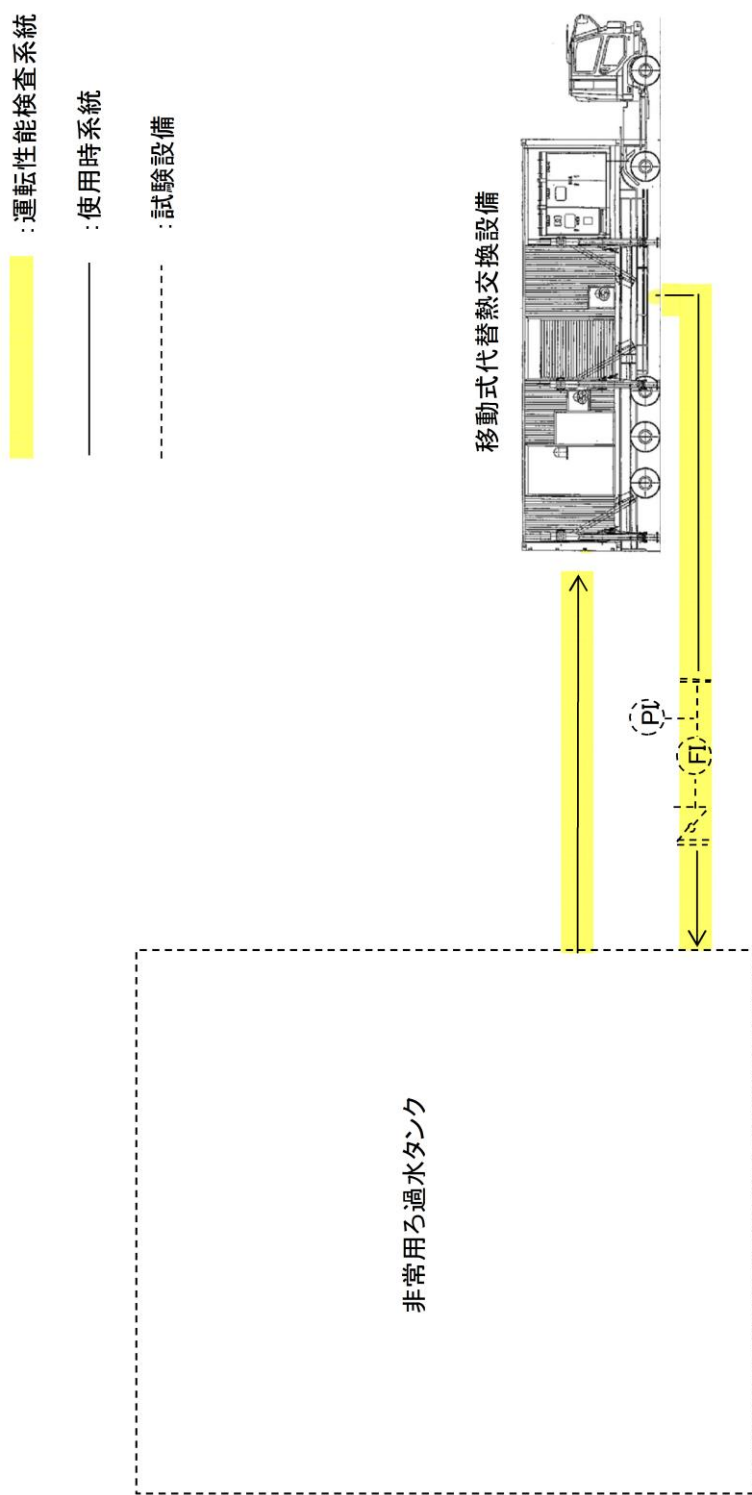


図7 原子炉補機代替冷却系 移動式代替熱交換設備 運転性能検査

水源については、今後の検討結果等により変更となる可能性がある。

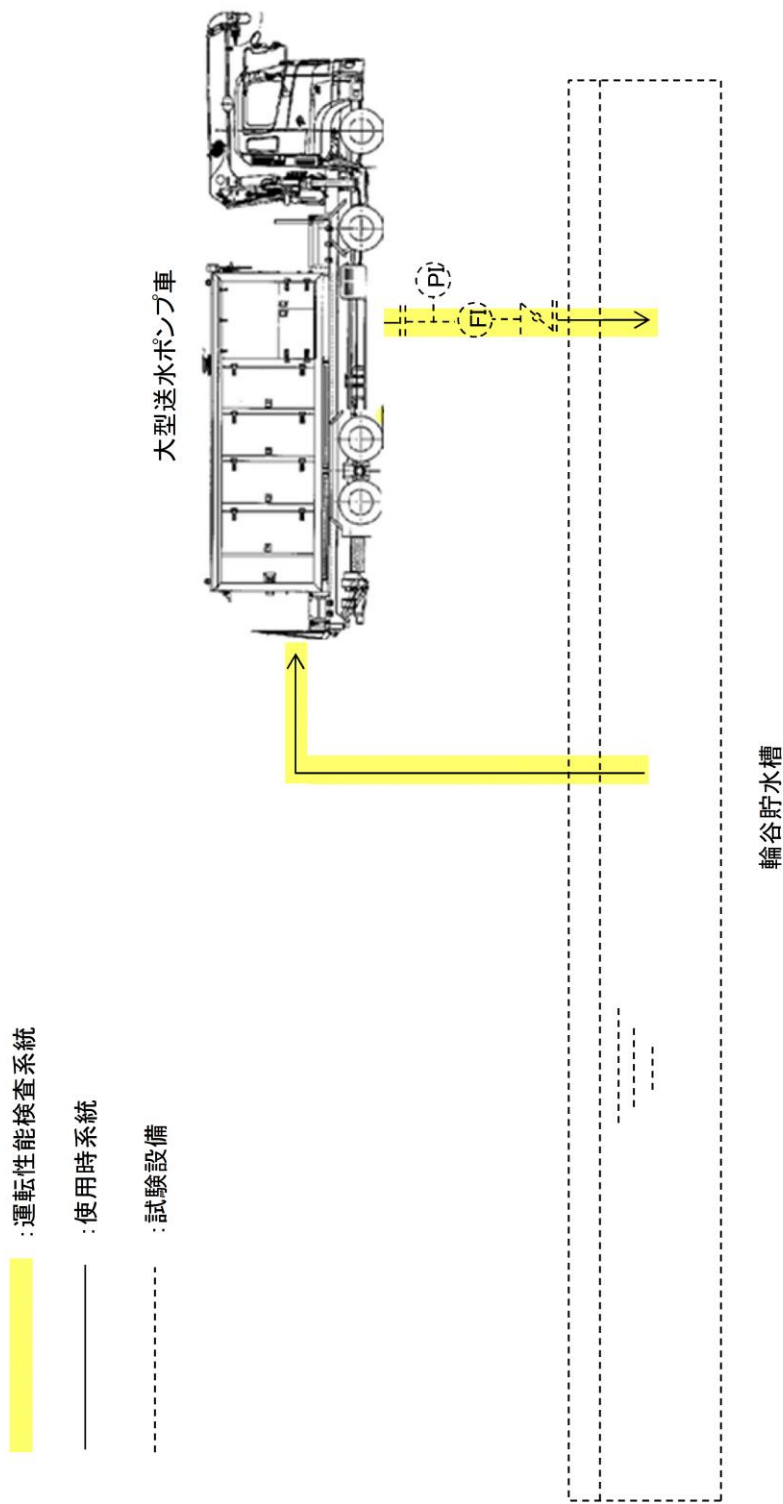


図8 原子炉補機代替冷却系 大型送水ポンプ車 運転性能検査

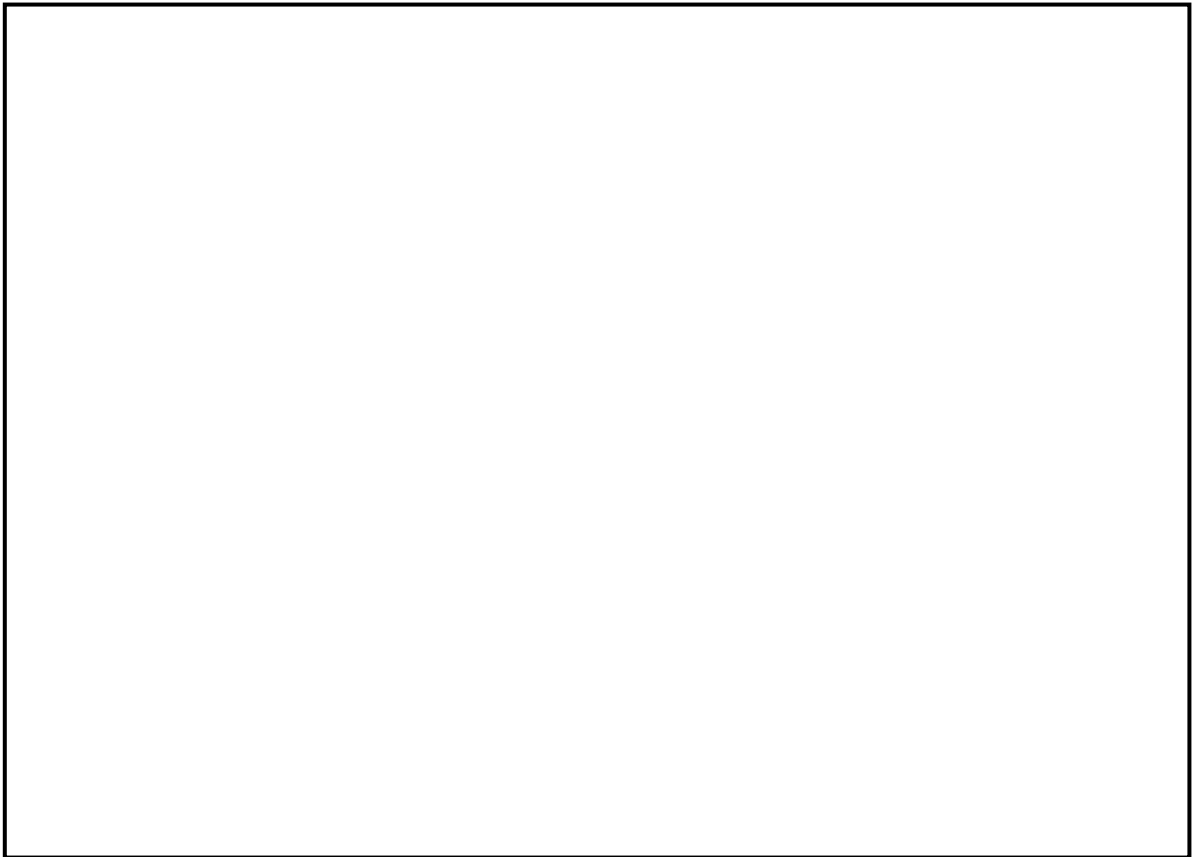


図9 第1ベントフィルタスクラバ容器構造図

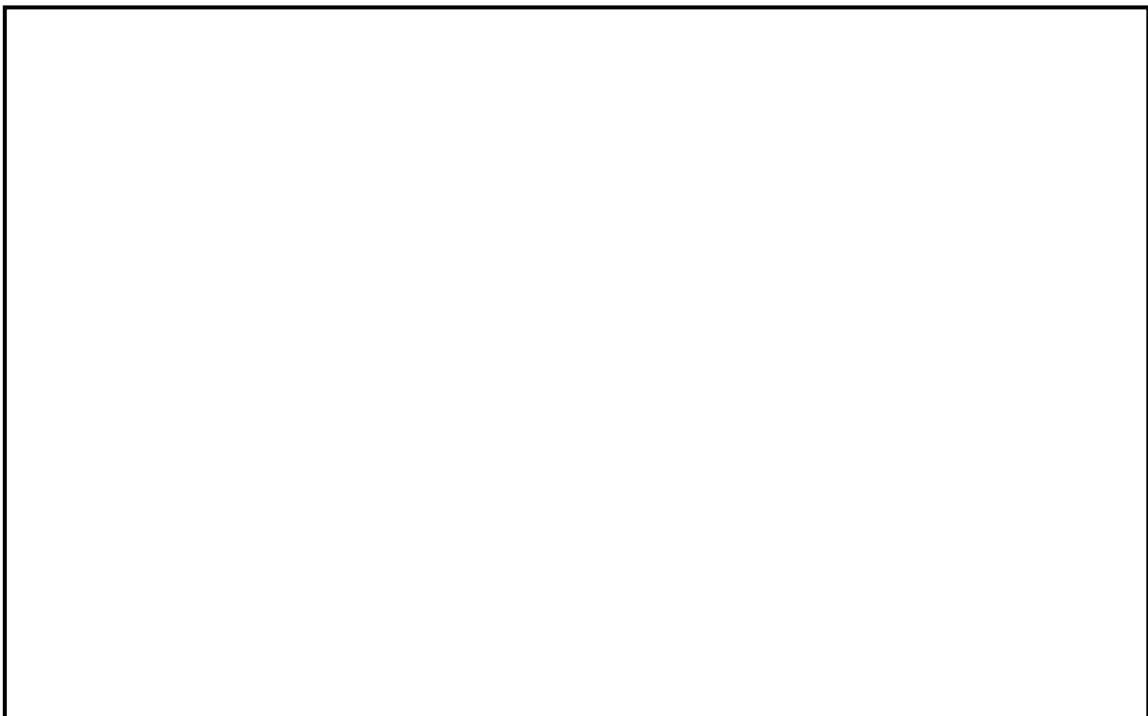


図10 第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器構造図

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。

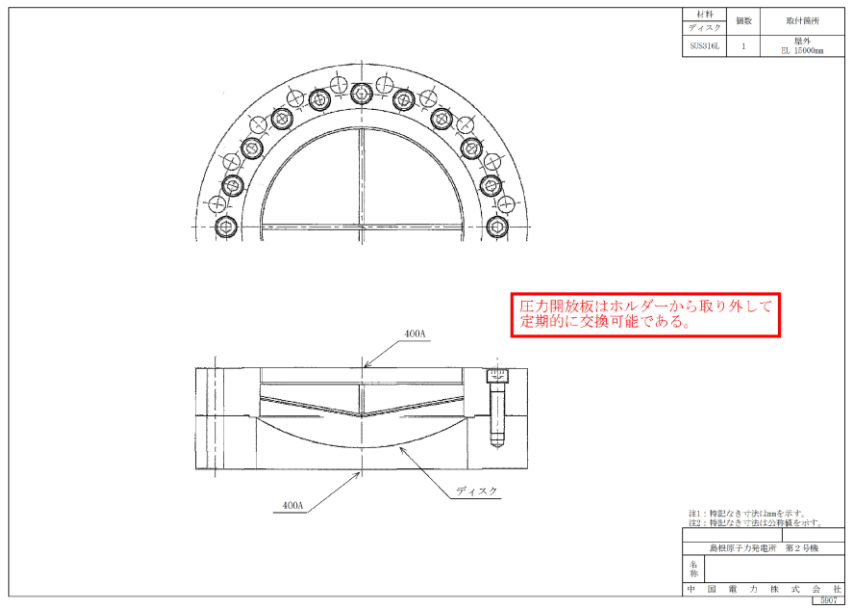


図 11 圧力開放板構造図



図 12 伸縮継手（排気配管）構造図

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。

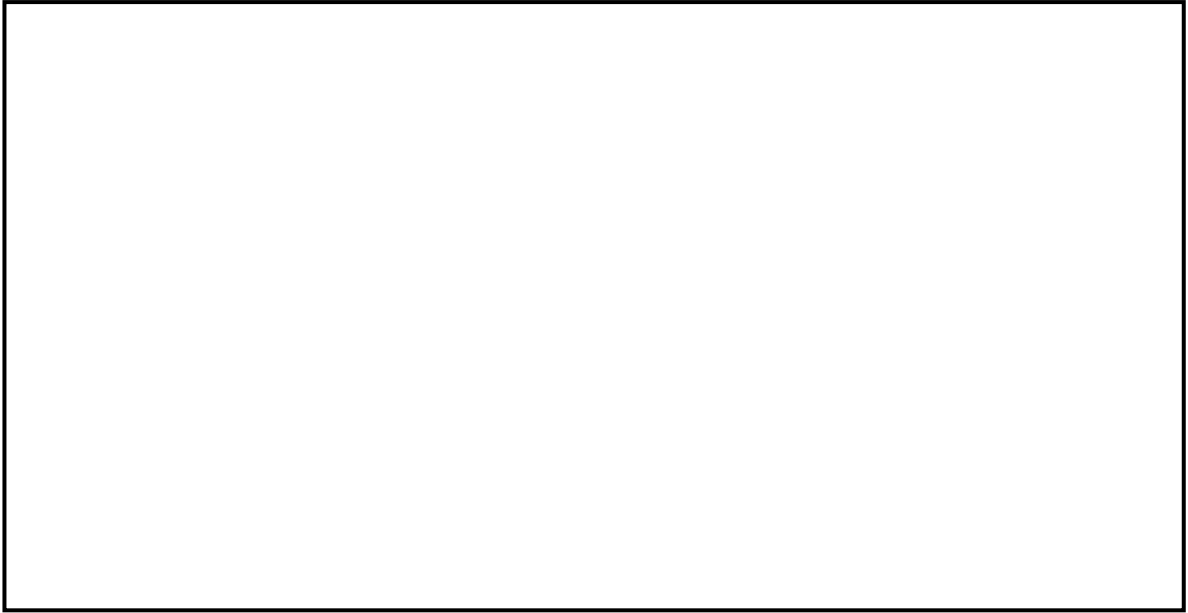


図 13 伸縮継手（原子炉建物～地下格納槽）構造図

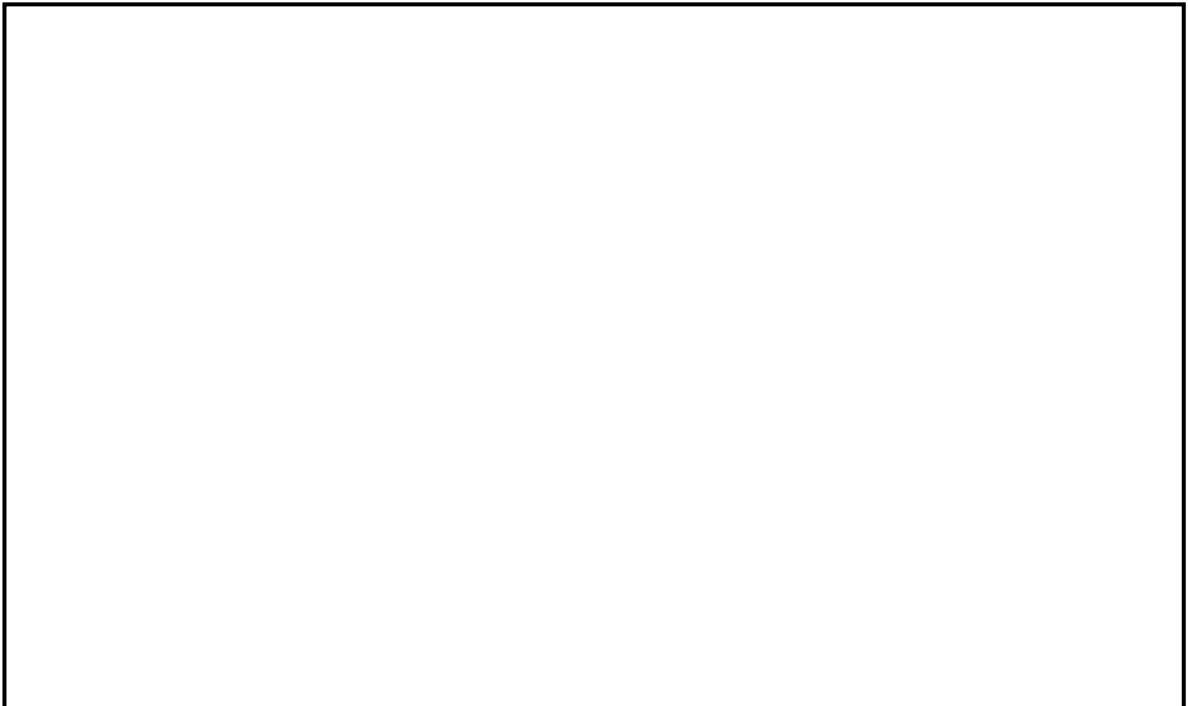


図 14 電動駆動弁構造図

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。

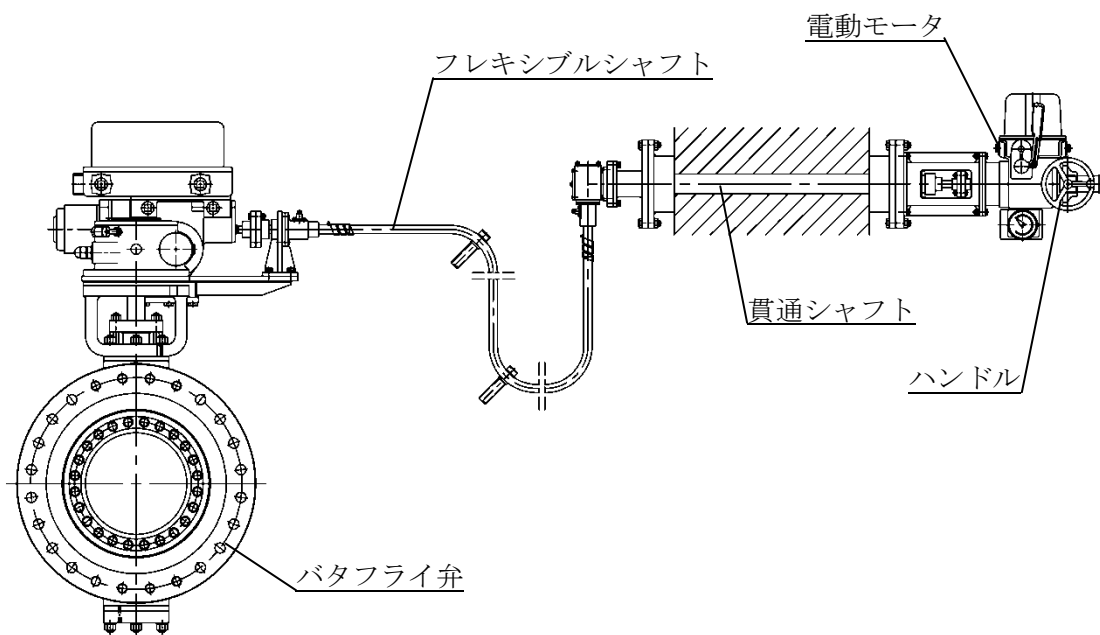
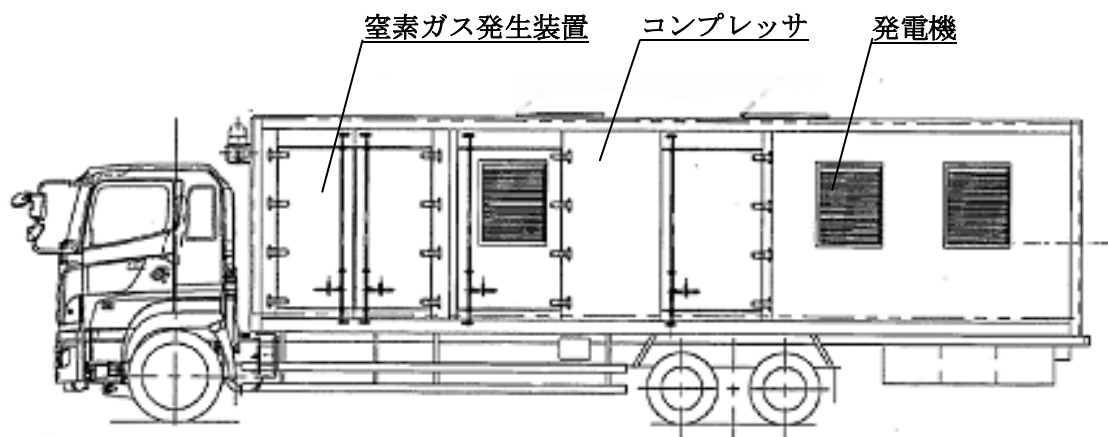


図 15 遠隔手動弁操作機構構造図



車載機器（窒素供給装置、ディーゼル発電機、空気圧縮機）
については個別に点検することが可能。

図 16 可搬式窒素供給装置構造図

50-7 容量設定根拠

| 名 称 | | 残留熱代替除去ポンプ |
|---|---------------------|------------|
| 容 量 | m ³ /h/台 | 150 |
| 全 揚 程 | m | 70 |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa | 2.50 |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 185 |
| 原 動 機 出 力 | kW | 75 |
| 機器仕様に関する注記 | | |
| <p>【設 定 根 拠】 残留熱代替除去ポンプは重大事故等時に以下の機能を有する。</p> <p>代替循環冷却として使用する残留熱代替除去ポンプは、設計基準事故対処設備が有する発電用原子炉の冷却機能が喪失した場合においても原子炉格納容器の破損を防止するとともに、格納容器ベントを実施することなく格納容器の除熱をするために使用する。</p> <p>系統構成は、サブプレッション・チェンバを水源とした残留熱代替除去ポンプより、残留熱除去系配管を経由して、原子炉圧力容器への注水及び原子炉格納容器へのスプレーにより原子炉格納容器の破損を防止するとともに、格納容器限界温度・圧力（200℃・2Pd）を超えないよう原子炉格納容器の除熱を行える設計とする。</p> <p>なお、代替循環冷却として使用する残留熱代替除去ポンプは、重大事故緩和設備として、2台用意し、うち1台を予備とする。</p> <p>1. 容量</p> <p>残留熱代替除去ポンプの容量は、炉心損傷後の格納容器破損防止の重要事故シーケンスのうち、「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」に係る有効性評価解析において有効性が確認されている循環流量が約150m³/h（原子炉への注入流量が約30m³/h、格納容器へのスプレー流量が約120 m³/h）又は、「高圧熔融物放出／格納容器雰囲気直接加熱」に係る有効性評価解析において有効性が確認されている循環流量が120m³/h（原子炉格納容器へのスプレー流量が120 m³/h）であることから、1台あたり約150m³/hとする。</p> | | |

2. 揚程

残留熱代替除去ポンプは、原子炉に30m³/hの注水及び格納容器に120m³/hのスプレイができるように静水頭、配管及び機器圧損を踏まえ設計する。

| | | | |
|-----------|---|----------------------|---|
| 静水頭 | : | <input type="text"/> | m |
| 配管・機器圧力損失 | : | <input type="text"/> | m |
| 合計(m) | : | <input type="text"/> | m |

以上より、残留熱代替除去ポンプに必要な揚程は64m以上となり、これを上回る揚程として、残留熱代替除去ポンプの揚程は70mとする。

3. 最高使用圧力

残留熱代替除去ポンプの最高使用圧力は、ポンプ締切運転時の揚程約 m (約 MPa) に静水頭約 m (約 MPa) を加えた約 MPaを上回る圧力として MPaとしている。

4. 最高使用温度

残留熱代替除去ポンプの最高使用温度は、既設の残留熱除去系の最高使用温度に合わせ、185℃とする。

5. 原動機出力

残留熱代替除去ポンプの原動機出力は、以下の式により、容量及び揚程を考慮して決定する。

(引用文献：日本工業規格 J I S B 0 1 3 1 (2002) 「ターボポンプ用語」)

$$P = \frac{10^{-3} \times \rho \times g \times Q \times H}{\eta / 100}$$

P : 軸動力 (kW)

P_w : 水動力 (kW)

ρ : 密度 (kg/m³) = 1000

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

Q : 容量 (m³/s) = 150/3600

H : 揚程 (m) = 70

η : ポンプ効率 (%) (設計計画値) =

以上より、残留熱代替除去ポンプの原動機出力は、軸動力を上回る出力とし、75kW/台とする。

| | | | |
|-------------|------------------------------|---------------------|--|
| 名 称 | 残留熱除去系熱交換器 | | |
| 個 数 | 基 | 1 | |
| 容量 (設計熱交換量) | MW /基 | 約 9.1 (注 1, 2) | |
| 伝 熱 面 積 | m ² /基 | □以上 (注 1) (□ (注 2)) | |
| 機器仕様に関する注記 | 注 1 : 要求値を示す 注 2 : 公称値を示す | | |

【設 定 根 拠】

重大事故等対処設備として使用する残留熱除去系熱交換器は、設計基準対象施設が有する発電用原子炉の冷却機能が喪失した場合においても、原子炉補機代替冷却系 (AHEF) の移動式熱交換設備から供給される冷却水を通水することにより、原子炉及び原子炉格納容器の除熱が可能な設計とする。

なお、残留熱代替除去系として使用する場合は、B-残留熱除去系熱交換器を使用し、原子炉格納容器バウンダリを維持しながら原子炉格納容器の除熱ができる設計とする。

1. 容量の設定根拠

設計基準対象施設として使用する残留熱除去系熱交換器の容量は、海水温度 30℃、サプレッション・チェンバのプール水温又は原子炉冷却材温度 52℃において約 9.1MW であり、伝熱面積は □m²である。

重大事故等対処設備として使用する場合の必要伝熱面積を表 1 に示す。重大事故等対処設備として使用する場合の残留熱除去系熱交換器の要求伝熱面積としては、設計基準対象施設として使用する場合と同様に □m²とする。

表 1 重大事故等対処設備として使用する場合の必要伝熱面積

| 系統 | 温度 [°C] | | 流量 [m ³ /h] | | 容量 [MW] | 必要伝熱面積 [m ²] |
|--------------------------------|---------|----|------------------------|--------|---------|--------------------------|
| | S/P | 海水 | S/P 側 | AHEF 側 | | |
| 残留熱除去系 (崩壊熱除去機能喪失 (8~24hr)) | 114 | 30 | 1,200 | 428 | 19.0 | □ |
| 残留熱除去系 (崩壊熱除去機能喪失 (24hr~)) | 114 | 30 | 1,200 | 226 | 13.0 | |
| 残留熱代替除去系 (RPV 注水及び PCV スプレー) | 100 | 30 | 150 | 226 | 7.1 | |
| 残留熱代替除去系 (PCV 下部注水及び PCV スプレー) | 100 | 30 | 120 | 226 | 6.2 | |

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。

| | | |
|-------------|------------------------------|---------------------|
| 名 称 | 移動式代替熱交換設備 | |
| 個 台 | 台 | 2 (予備 1) |
| 容量 (設計熱交換量) | MW/台 | 約 23 |
| 最高使用圧力 | MPa[gage] | 淡水側 1.37 / 海水側 1.00 |
| 最高使用温度 | ℃ | 淡水側 70 / 海水側 65 |
| 伝 熱 面 積 | m ² /台 | |
| 機器仕様に関する注記 | 注 1 : 要求値を示す 注 2 : 公称値を示す | |

【設 定 根 拠】

移動式代替熱交換設備は、重大事故等時の原子炉補機冷却系機能喪失時に、残留熱除去系熱交換器の冷却を行うため設置する。

移動式代替熱交換設備は 2 台設置し、移動式代替熱交換設備内に熱交換器 2 基を設置する。

1. 個数，容量の設定根拠

移動式代替熱交換設備の容量は、原子炉停止 8 時間経過後の崩壊熱に残留熱除去ポンプの補機冷却分を加えた熱量を 2 基の熱交換器で十分に除去できる容量として、約 23MW/台とする。

なお、移動式代替熱交換設備の熱交換器容量を上記のように設定することで、残留熱代替除去系を使用する有効性評価「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）残留熱代替除去系を使用する場合」で、事故発生 10 時間後に残留熱代替除去系による原子炉圧力容器への注水及び格納容器スプレイの同時運転で冷却効果が確認されている。

具体的には、図 1 に有効性評価「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）残留熱代替除去系を使用する場合」のサプレッション・プール水温を示すように、原子炉圧力容器への注水及び格納容器スプレイの同時運転を開始した後に、温度上昇が抑制されていることが確認できている。

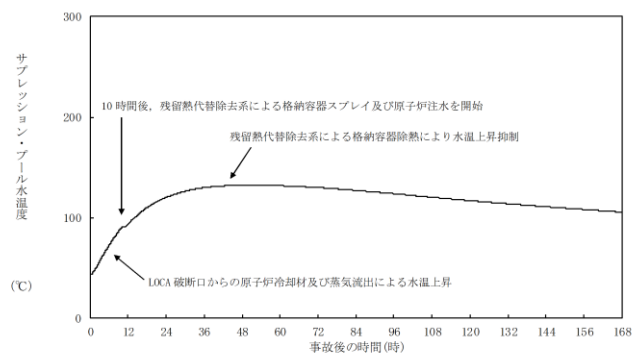


図 1 サプレッション・プール水温度の推移
(原子炉圧力容器への注水及び格納容器スプレイ)

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。

また、有効性評価「高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱」で、事故発生 10 時間後に残留熱代替除去系による格納容器スプレイ及び格納容器スプレイによる原子炉格納容器下部への注水の冷却効果が確認されている。

具体的には、図 2 に有効性評価「高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱」のサプレッション・プール水温を示すように、格納容器スプレイ及び格納容器スプレイによる原子炉格納容器下部への注水を開始した後に、温度上昇が抑制されていることが確認できている。

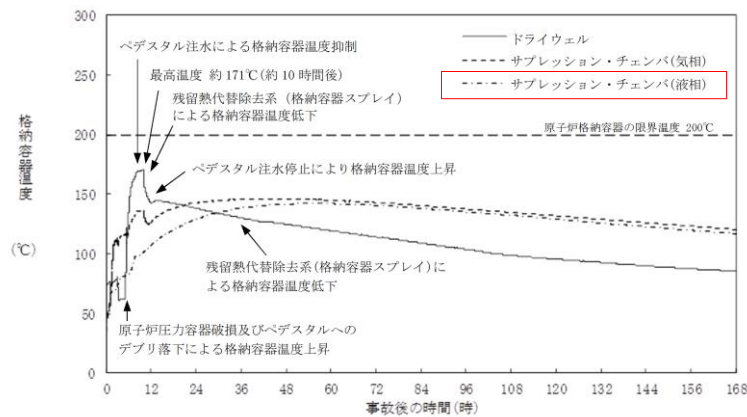


図 2 サプレッション・プール水温度の推移
(格納容器スプレイ及び格納容器スプレイによる原子炉格納容器下部への注水)

2. 最高使用圧力の設定根拠

2.1 淡水側

移動式代替熱交換設備（淡水側）を重大事故等時に使用する場合の最高使用圧力は、淡水ポンプの締切水頭及び静水頭を考慮して、既設の原子炉補機冷却系の最高使用圧力と合せて、1.37MPa[gage]とする。

2.2 海水側

移動式代替熱交換設備（海水側）を重大事故等時に使用する場合の最高使用圧力は、運用上上限となる海水入口圧力以上である 1.00MPa[gage]とする。

3. 最高使用温度の設定根拠

3.1 淡水側

移動式代替熱交換設備（淡水側）の最高使用温度は、既設の原子炉補機冷却系の最高使用温度と合せて、70°Cとする。

3.2 海水側

移動式代替熱交換設備（海水側）の最高使用温度は、必要除熱量 23MW に対し、海水入口温度 30°C、冷却水供給温度 35°Cとした場合の海水出口温度約 56°Cに余裕を考慮し、65°Cとする。

4. 伝熱面積

移動式代替熱交換設備の伝熱面積は、以下の式により、容量を考慮して決定する。

4.1 熱交換量

$$Q = C_1 \cdot W_a \cdot \rho_1 \cdot (T_{a1} - T_{a2})$$

$$\therefore T_{a1} = 68.3^\circ\text{C}$$

$$Q = C_2 \cdot W_b \cdot \rho_2 \cdot (T_{b1} - T_{b2})$$

$$\therefore T_{b1} = 55.8^\circ\text{C}$$

Q : 原子炉停止 8 時間後の必要除熱量 = 23.0MW (82,800,000kJ/h)

W_a : 淡水側流量 = 600m³/h

W_b : 海水側流量 = 780m³/h

T_{a1} : 移動式代替熱交換設備 (淡水側) 入口温度

T_{a2} : 移動式代替熱交換設備 (淡水側) 出口温度 = 35.0°C

T_{b1} : 移動式代替熱交換設備 (海水側) 出口温度

T_{b2} : 移動式代替熱交換設備 (海水側) 入口温度 = 30.0°C

ρ_1 : 密度 (淡水) = 992.9kg/m³

ρ_2 : 密度 (海水) = 1,020.7kg/m³

C_1 : 比熱 (淡水) = 4.17kJ/kg·K

C_2 : 比熱 (海水) = 4.03kJ/kg·K

4.2 対数平均温度差

$$\Delta t = \{(T_{a1} - T_{b1}) - (T_{a2} - T_{b2})\} / \ln \{(T_{a1} - T_{b1}) / (T_{a2} - T_{b2})\}$$
$$= 8.2\text{K}$$

Δt : 対数平均温度差

4.3 総括伝熱係数

$$U_c = \boxed{} \text{ kW} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

4.4 必要伝熱面積

$$A_r = Q / \Delta t / U_c = \boxed{} \text{ m}^2 / \text{台} \div \boxed{} \text{ m}^2 / \text{台}$$

A_r : 移動式代替熱交換設備の伝熱面積

以上より、移動式代替熱交換設備の伝熱面積は、 $\boxed{}$ m²/台とする。

| | | | |
|-------------|------------------------------|--------------------------|--|
| 名 称 | 移動式代替熱交換設備淡水ポンプ | | |
| 個 数 | 台 | 2 (移動式代替熱交換設備 1 台あたり) | |
| 容 量 | m ³ /h/台 | 300 以上 (注 1) (300 (注 2)) | |
| 全 揚 程 | m | □以上 (注 1) (75 (注 2)) | |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa[gage] | 1.37 | |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 70 | |
| 原 動 機 出 力 | kW/台 | □以上 (注 1) (110 (注 2)) | |
| 機器仕様に関する注記 | 注 1 : 要求値を示す 注 2 : 公称値を示す | | |

【設 定 根 拠】

移動式代替熱交換設備淡水ポンプは、重大事故等時の原子炉補機冷却系機能喪失時に、残留熱除去系熱交換器の冷却を行うため設置する。

1. 個数、容量の設定根拠

移動式代替熱交換設備淡水ポンプの容量は、保守性を有した評価による原子炉停止 8 時間経過後の崩壊熱 (約 23MW) を除去するために必要な流量を 600m³/h とし、容量 300 m³/h のポンプを 2 台設置する。

なお、移動式代替熱交換設備淡水ポンプの容量を上記のように設定することで、残留熱代替除去系を使用する有効性評価「雰囲気圧力・温度による静的負荷 (格納容器過圧・過温破損) 残留熱代替除去系を使用する場合」で、事故発生 10 時間後に残留熱代替除去系による原子炉圧力容器への注水及び格納容器スプレイの同時運転で冷却効果が確認されている。

具体的には、図 1 に有効性評価「雰囲気圧力・温度による静的負荷 (格納容器過圧・過温破損) 残留熱代替除去系を使用する場合」のサプレッション・プール水温を示すように、原子炉圧力容器への注水及び格納容器スプレイの同時運転を開始した後に、温度上昇が抑制されていることが確認できている。

また、有効性評価「高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱」で、事故発生 10 時間後に残留熱代替除去系による格納容器スプレイ及び格納容器スプレイによる原子炉格納容器下部への注水の冷却効果が確認されている。

具体的には、図 2 に有効性評価「高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱」のサプレッション・プール水温を示すように、格納容器スプレイ及び格納容器スプレイによる原子炉格納容器下部への注水を開始した後に、温度上昇が抑制されていることが確認できている。

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。

2. 揚程の設定根拠

移動式代替熱交換設備淡水ポンプの揚程は、本系統が閉ループとなっていることから下記を考慮する。

配管・機器圧力損失：約 m

上記から、移動式代替熱交換設備淡水ポンプの揚程は75mとする。

3. 最高使用圧力の設定根拠

移動式代替熱交換設備淡水ポンプの最高使用圧力は、淡水ポンプの締切水頭及び静水頭を考慮して、既設の原子炉補機冷却系の最高使用圧力と合せて、1.37MPa[gage]とする。

4. 最高使用温度の設定根拠

移動式代替熱交換設備（淡水側）の最高使用温度は、既設の原子炉補機冷却系の最高使用温度と合せて、70℃とする。

5. 原動機出力の設定根拠

移動式代替熱交換設備淡水ポンプ（容量 300m³/h）の必要軸動力は、以下のとおり約 kW となる。

$$\begin{aligned} P &= 10^{-3} \times \rho \times g \times \left(\left(Q / 3,600 \right) \times H \right) / \left(\eta / 100 \right) \\ &= 10^{-3} \times 1,000 \times 9.80665 \times \left(\left(300 / 3,600 \right) \times 75 \right) / \left(\text{} / 100 \right) \\ &= \text{} \text{ kW} \\ &\doteq \text{} \text{ kW} \end{aligned}$$

P：必要軸動力（kW）

ρ ：流体の密度（kg/m³） = 1,000

g：重力加速度（m/s²） = 9.80665

Q：ポンプ容量（m³/h） = 300

H：ポンプ揚程（m） = 75（図3参照）

η ：ポンプ効率（%） = （図3参照）

（参考文献：「ターボポンプ用語」（JIS B 0131-2017））

以上より、移動式代替熱交換設備淡水ポンプの原動機出力は、必要軸動力を上回る110kW/台とする。

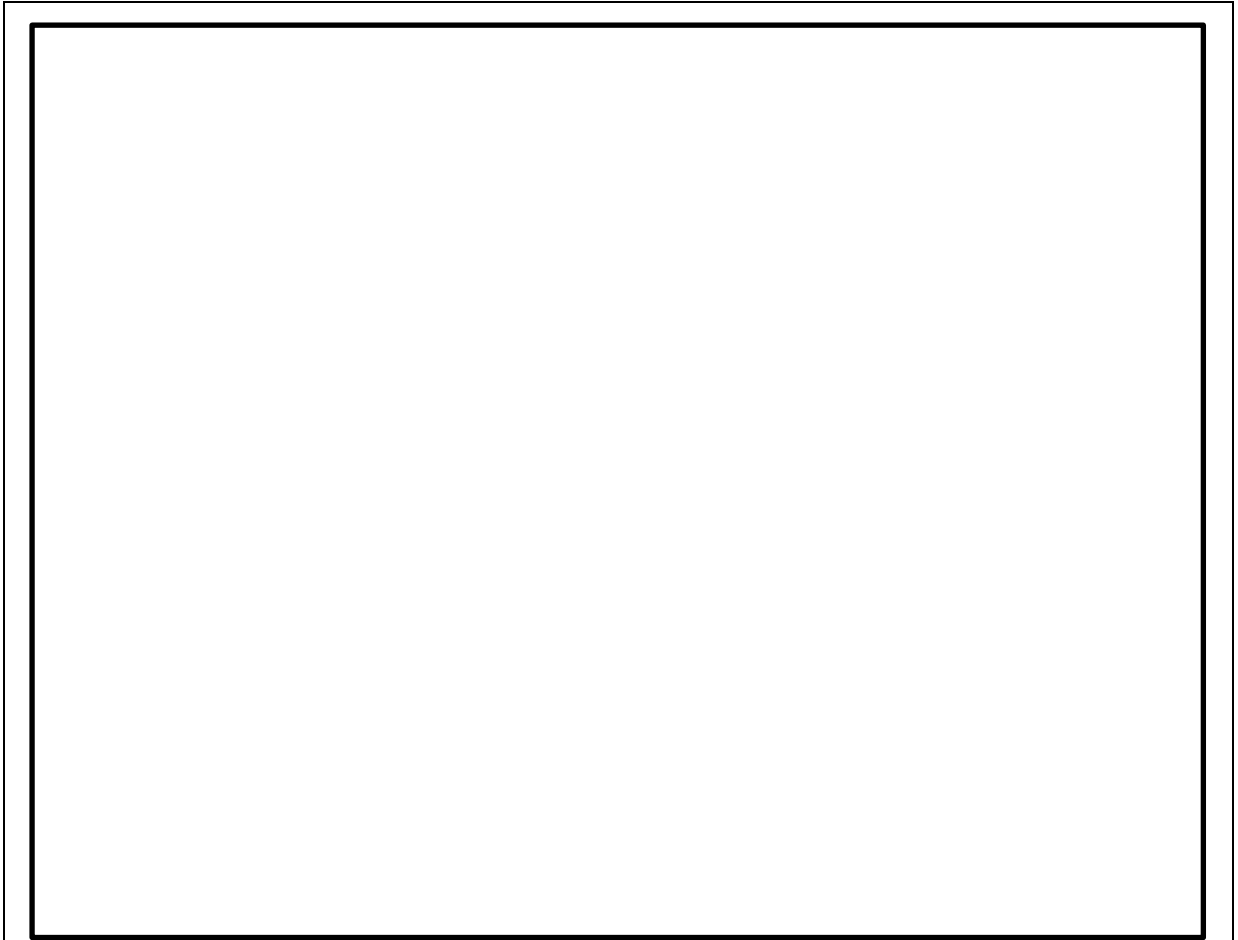


図3 移動式代替熱交換設備淡水ポンプ性能曲線

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。

| | | |
|-------------|------------------------------|----------------------------|
| 名 称 | 大型送水ポンプ車 | |
| 容 量 | m ³ /h/個 | 780 以上 (注 1) (1,800 (注 2)) |
| 吐 出 圧 力 | MPa | 0.99 以上 (注 1) (1.2 (注 2)) |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa | 1.4 |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 40 |
| 原 動 機 出 力 | kW/個 | 1,193 |
| 機器仕様に関する注記 | 注 1 : 要求値を示す 注 2 : 公称値を示す | |

【設 定 根 拠】

大型送水ポンプは、重大事故等時の原子炉補機冷却系機能喪失時に、残留熱除去系熱交換器の冷却を行うため設置する。

1. 容量の設定根拠

大型送水ポンプ車の容量は、保守性を有した評価による原子炉停止 8 時間経過後の崩壊熱 (約 23MW) を除去するために必要な流量 780m³/h 以上とし、容量 1,800m³/h のポンプを 1 台設置する。

なお、大型送水ポンプ車の容量を上記のように設定することで、残留熱代替除去系を使用する有効性評価「雰囲気圧力・温度による静的負荷 (格納容器過圧・過温破損) 残留熱代替除去系を使用する場合」で、事故発生 10 時間後に残留熱代替除去系による原子炉圧力容器への注水及び格納容器スプレイの同時運転で冷却効果が確認されている。

具体的には、図 1 に有効性評価「雰囲気圧力・温度による静的負荷 (格納容器過圧・過温破損) 残留熱代替除去系を使用する場合」のサプレッション・プール水温を示すように、原子炉圧力容器への注水及び格納容器スプレイの同時運転を開始した後に、温度上昇が抑制されていることが確認できている。

また、有効性評価「高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱」で、事故発生 10 時間後に残留熱代替除去系による格納容器スプレイ及び格納容器スプレイによる原子炉格納容器下部への注水の冷却効果が確認されている。

具体的には、図 2 に有効性評価「高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱」のサプレッション・プール水温を示すように、格納容器スプレイ及び格納容器スプレイによる原子炉格納容器下部への注水を開始した後に、温度上昇が抑制されていることが確認できている。

2. 吐出圧力の設定根拠

移動式代替熱交換設備への送水に必要な吐出圧力

移動式代替熱交換設備への送水に必要な大型送水ポンプ車の吐出圧力は、下記を考慮する。

| | | | |
|-----------------|---|------|-----|
| ①熱交換器ユニット内の圧力損失 | : | | MPa |
| ②ホース直接敷設の圧損 | : | | MPa |
| ③エルボの使用による圧損 | : | | MPa |
| ④機器類の圧力損失 | : | | MPa |
| <hr/> | | | |
| ①～④の合計 | : | 0.35 | MPa |

原子炉補機冷却系への海水送水に必要な吐出圧力

原子炉補機冷却系への海水送水に必要な大型送水ポンプ車の吐出圧力は、下記を考慮する。

| | | | |
|--------------|---|------|-----|
| ①静水頭 | : | | MPa |
| ②ホース直接敷設の圧損 | : | | MPa |
| ③エルボの使用による圧損 | : | | MPa |
| ④配管・機器類の圧力損失 | : | | MPa |
| <hr/> | | | |
| ①～④の合計 | : | 0.99 | MPa |

上記から、大型送水ポンプ車の必要吐出圧力は0.99MPa[gage]以上とし1.2MPa[gage]とする。

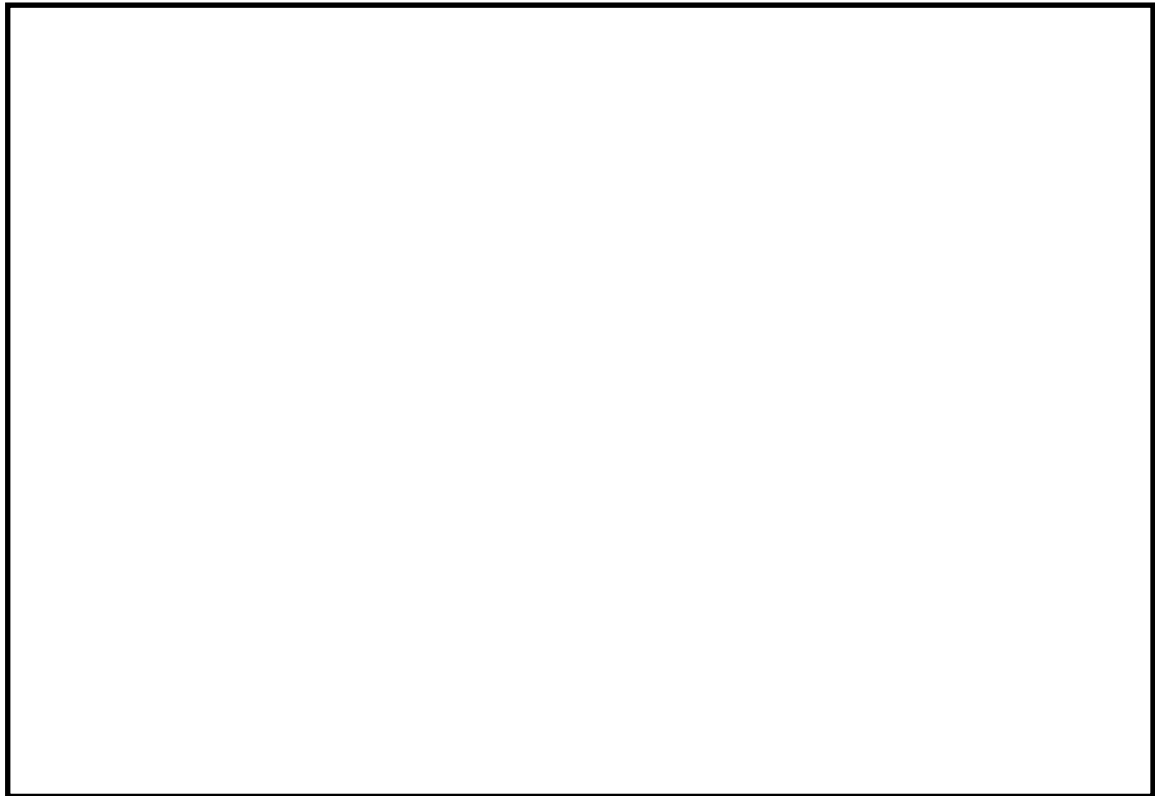


図4 大型送水ポンプ車 送水ポンプ性能曲線

上記の必要吐出圧力の確認に加え、以下の通り、使用条件下において送水ポンプがキャビテーションを起こさないことを確認した。

大型送水ポンプ車は取水槽に投入した取水ポンプにより、取水される海水を送水ポンプを用いて送水する構造となっている。使用状態での各機器の配置イメージ図を図5に示す。この場合における海面は、通常時の平均海面では送水ポンプの約10m下位、津波時の引き波と干潮との重畳を考慮した海面では送水ポンプの約16.5m下位となる。また、取水ポンプは、キャビテーションの発生を防止するために、海面から1.0m以上水没させて使用する必要がある。

これを踏まえ、取水ポンプの吐出部のホースの長さが60mであることから、海面が最も低い状態になった場合（大型送水ポンプ車から約17.5m下位、取水箇所から大型送水ポンプ車までの水平距離約25m）でも、海水を取水することが可能である。

また、送水ポンプの必要吸込水頭が約10m以上であるのに対し、必要流量780m³/hを確保した場合における水中ポンプの全揚程は約50m、大気圧は約10.3mであり、ホース圧損（約2m）と静水頭（約16.5m）を考慮しても、送水ポンプの有効吸込水頭（約41m（=50m+10.3-2m-16.5m））は、必要吸込水頭を上回ることを確認した。

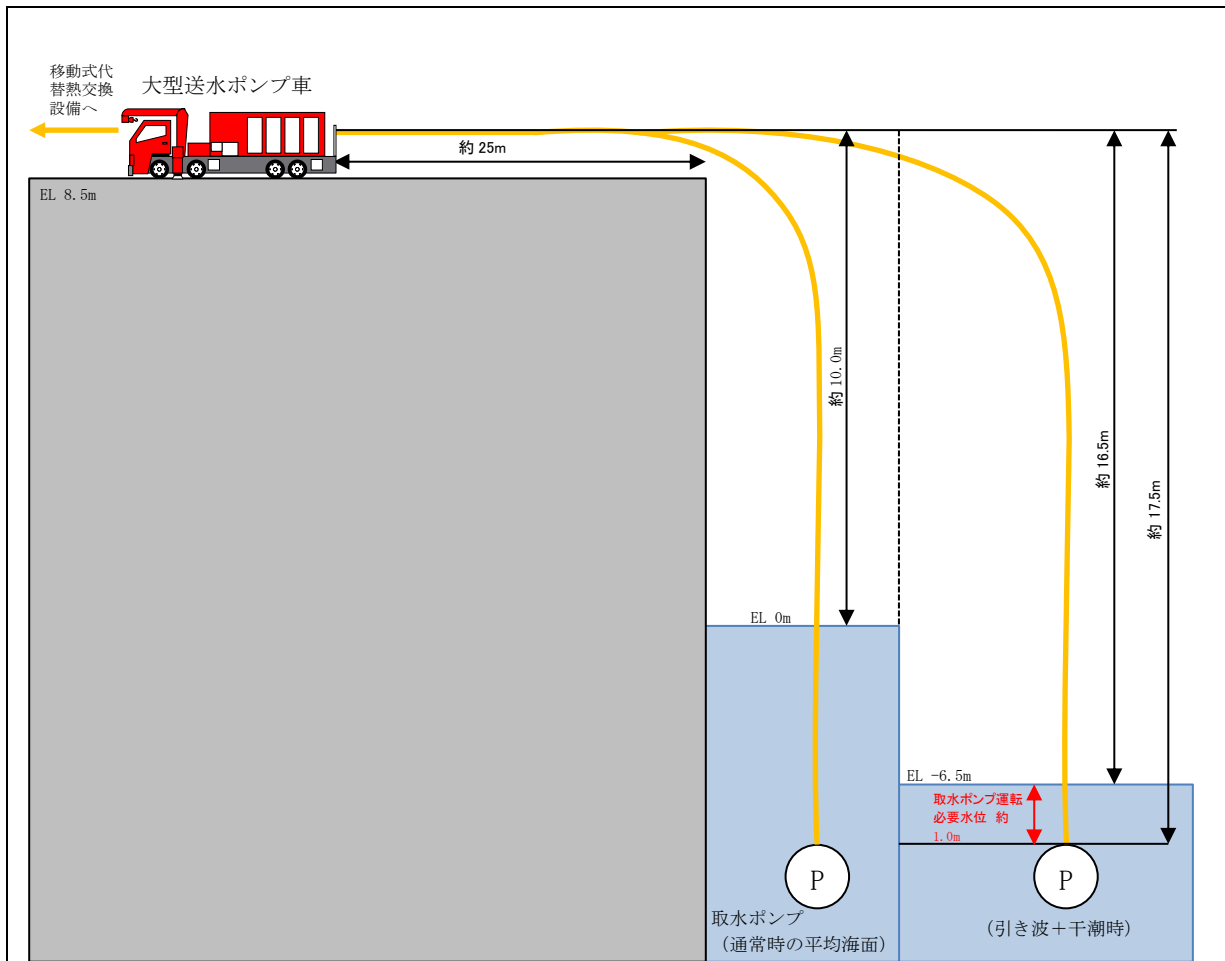


図5 大型送水ポンプ車概要図

3. 最高使用圧力の設定根拠

大型送水ポンプ車の最高使用圧力は、大型送水ポンプ車のメーカー規格圧力である1.4MPaとする。

4. 最高使用温度の設定根拠

大型送水ポンプ車の最高使用温度は、海水温度が30℃の余裕を考慮し、40℃とする。

5. 原動機出力の設定根拠

大型送水ポンプ車の原動機については、必要な性能を発揮する出力を有するものとして1,193 kWとする。

ホースの湾曲による圧力損失に対する考え方

消防用ホースの圧力損失の評価については、実際に配備するホースのメーカーが様々であること、また、今後のホース調達先や年式等の種別による個体差等を考慮し、『機械工学便覧』における理論値を使用する。

消防用ホースの湾曲による圧力損失への影響について

※300A ホースの湾曲個所について、ホースの湾曲による圧力損失大きくなる曲率半径が小さい曲り箇所にはエルボを使用することから、エルボを使用した場合の圧力損失を計算する。

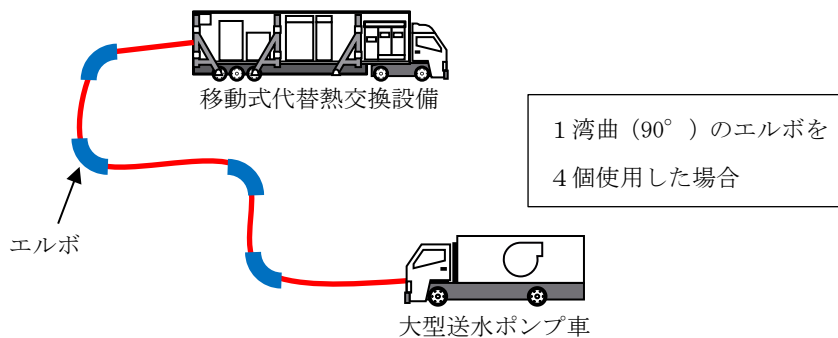


図6 想定される消防ホースの引き回し例（イメージ図）

<流量エルボ1個（90°）あたりの圧力損失： h_b >

$$h_b[\text{m}] = \zeta_b \cdot \frac{v^2}{2g}$$

ここで $g=9.8\text{m/s}^2$, $1\text{m}=0.0098\text{MPa}$ とし

$$h_b[\text{MPa}] = \zeta_b \cdot \frac{v^2}{2000}$$

で表され、滑らかな壁面の場合、損失係数 ζ_b は

$$\begin{aligned} Re(d/\rho)^2 < 364 \text{ では } & \zeta_b = 0.00515 \alpha \theta Re^{-0.2} (\rho/d)^{0.9} \\ Re(d/\rho)^2 > 364 \text{ では } & \zeta_b = 0.00431 \alpha \theta Re^{-0.17} (\rho/d)^{0.84} \end{aligned}$$

ここで $R_e = \nu d / \nu$, ν は動粘性係数, d はエルボ内径, ν は流速, ρ は曲率半径, θ は度, α は表 7 のように与えられる

表 2 α の数値

| θ | 45° | 90° | 180° |
|----------|-------------------------------|---|-------------------------------|
| α | $1 + 5.13 (\rho / d)^{-1.47}$ | $0.95 + 4.42 (\rho / d)^{-1.96}$ ($\rho / d < 9.85$ の場合) 1.0 ($\rho / d > 9.85$ の場合) | $1 + 5.06 (\rho / d)^{-4.52}$ |

(例として 300A, 流量 1,000m³/h の場合の値を記載する)

$$\rho = 0.596 [\text{m}]$$

$$d = 0.2979 [\text{m}]$$

$$\nu = 1.792 [\text{mm}^2/\text{s}]$$

であることから

$$\begin{aligned} \nu &= 1000 / (0.2979/2)^2 \pi / 3,600 = 3.9853 \dots \\ &\doteq 3.99 [\text{m/s}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_e = \nu d / \nu &= 1.792 \times 0.2979 / 3.99 / 1,000 / 1,000 \\ &\doteq 6.6 \times 10^5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_e (d / \rho)^2 &= 6.6 \times 10^5 \times (0.2979 / 0.596)^2 \\ &\doteq 165519 > 364 \text{ より} \end{aligned}$$

ここで

$$\rho / d = 0.596 / 0.2979$$

$$= 2.00067 \dots$$

$$\doteq 2$$

であるため

$$\alpha = 0.95 + 4.42 \times 2^{-1.96}$$

$$= 2.085319$$

$$\zeta_b = 0.00431 \alpha \theta R_e^{-0.17} (\rho / d)^{0.84}$$

$$= 0.00431 \times 2.085319 \times 90 \times (6.6 \times 10^5)^{-0.17} (0.596 / 0.2979)^{0.84}$$

$$= 0.148346 \dots$$

$$\doteq 0.15$$

となり

$$h_b = 0.15 \times 3.99^2 / 2000$$

$$= 0.0119400\dots$$

$$\doteq 0.012 [\text{MPa}]$$

| 名 称 | | 格納容器フィルタベント系 (系統容量) |
|--------|--------|----------------------------|
| 最高使用圧力 | kPa | 853 (原子炉格納容器から流量制限オリフィスまで) |
| | [gage] | 427 (流量制限オリフィスから排気口まで) |
| 最高使用温度 | ℃ | 200 |
| 設計流量 | kg/s | 9.8 |

【設 定 根 拠】

1. 最高使用圧力

【原子炉格納容器から流量制限オリフィス】

原子炉格納容器が過大リークに至らない限界圧力である最高使用圧力の2倍の圧力にて格納容器ベントを行うことができるよう、853kPa[gage]とする。

【流量制限オリフィスから排気口】

格納容器フィルタベント系使用時の系統圧力損失を評価した結果から、流量制限オリフィスの下流以降に発生しうる最大の圧力 kPa[gage]を考慮し、427kPa[gage]とする。

なお、系統圧力損失は、原子炉格納容器が最高使用圧力の2倍の圧力にて、ベント経路にある弁を全て全開とした場合の評価を実施している (図7参照)。

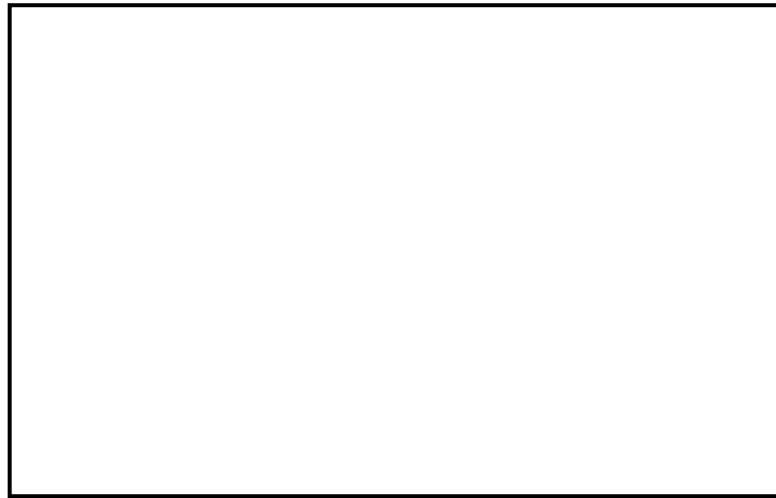


図7 格納容器フィルタベント系統圧力勾配概要図

2. 最高使用温度

原子炉格納容器が過温による破損に至らない限界温度である200℃とする。

なお、有効性評価シナリオである冷却材喪失(大破断LOCA)+ECCS注水機能喪失+全交流動力電源喪失において、格納容器ベント後の格納容器内雰囲気温度は200℃以下となることを確認している(図8参照)。そのため、原子炉格納容器に接続される格納容器フィルタベント系の温度も200℃以下となる。

【設定根拠】

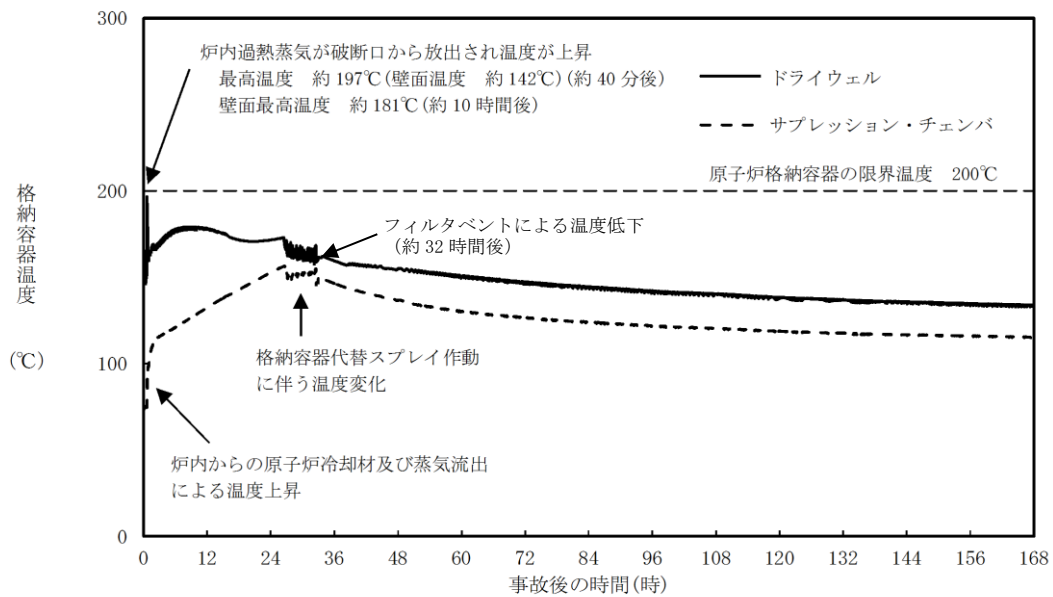


図 8 原子炉格納容器温度推移（冷却材喪失（大破断 L O C A）
＋ E C C S 注水機能喪失＋全交流動力電源喪失）

3. 設計流量（ベントガス流量）

格納容器フィルタベント系の設計流量は、原子炉格納容器の最高使用圧力 427kPa[gage]（1Pd）において、原子炉定格熱出力の 1%（原子炉停止後 2～3 時間相当）の蒸気発生量を排出できるよう設定している。

設計流量は（式 1）により算出し 9.8kg/s となる。

$$W_{Vent} = Q_R \times 0.01 / (h_s - h_w) \quad \text{(式 1)}$$

ここで、

W_{Vent} : 設計流量 (kg/s)

Q_R : 定格熱出力 (2436 × 10³ kW)

h_s : 427kPa[gage] の飽和蒸気の比エンタルピ (2750.55 kJ/kg)

h_w : 60℃ の飽和水の比エンタルピ (251.15 kJ/kg)

格納容器ベント開始時間が最も早い有効性評価シナリオである L O C A 時注水機能喪失における格納容器ベント開始時間は、原子炉停止から約 27 時間後となっている。そのため、格納容器ベント開始時における原子炉格納容器内の発生蒸気量は、格納容器フィルタベント系の系統流量よりも小さい値となる。よって、格納容器フィルタベント系を用いて原子炉格納容器を減圧することは可能である。

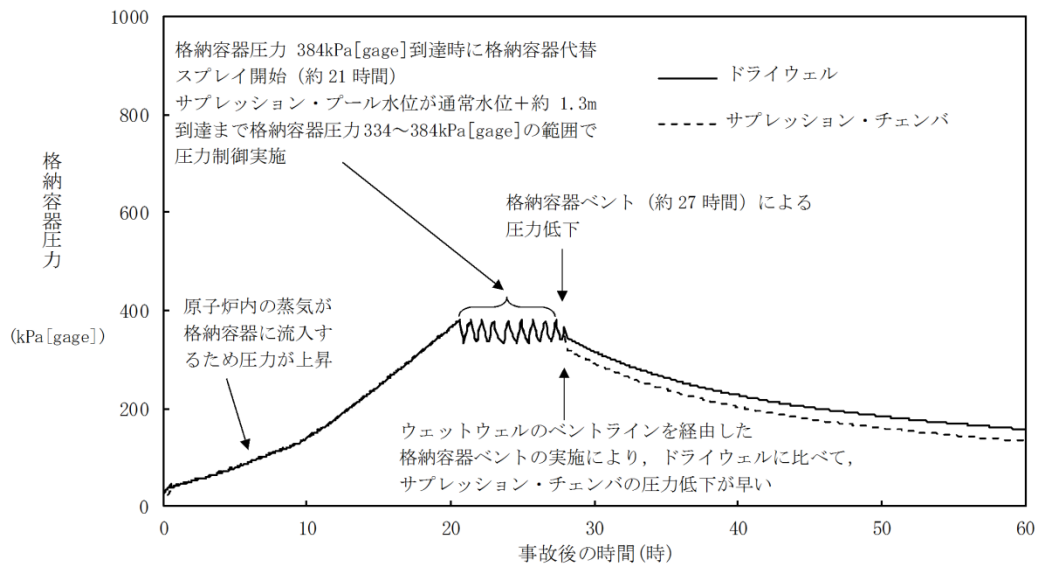


図9 原子炉格納容器圧力推移 (LOCA時注水機能喪失)

| 名 称 | | 格納容器フィルタベント系 (第1ベントフィルタスクラバ容器容量) |
|----------------------|------------------|-------------------------------------|
| スクラビング水 待機時薬液添加濃度 | wt% | <input type="text"/> |
| 金属フィルタ 設計負荷量率 | g/m ² | <input type="text"/> |

【設 定 根 拠】

1. スクラビング水待機時薬液添加濃度

ベンチュリスクラバの無機よう素に対するDFを100以上とするためには、スクラビング水のpHをに維持する必要がある。

一方、格納容器ベント中は、以下の3つの要因によりスクラビング水のpHは酸性側にシフトする。

- ① 放射線分解による酸性物質生成
- ② 熱分解による酸性物質生成
- ③ スクラビング水中で酸化分解により消費される塩基性物質

そのため、スクラバ容器待機時のスクラビング水薬液添加濃度は、これらの要因を考慮してもpHをに維持するだけの容量を有している必要がある。スクラバ容器待機時のスクラビング水薬液添加濃度は約wt%としている。

ここで、①～③の要因による水酸化物イオンの消費量を算定し、上記の添加濃度の十分性を評価する。

(1) 放射線分解による酸性物質生成量

格納容器内のケーブルについて、放射線分解により発生する塩化水素量をNUREG/CR-5950の放射線分解モデルに基づき評価した。

また、窒素が溶存するサプレッション・プール水が放射線分解することにより生成する硝酸についても評価対象とした。

有効性評価シナリオ「格納容器過圧・過温破損モード（冷却材喪失（大破断LOCA）+ECCS注水機能喪失+全交流動力電源喪失）」において、ベント時（事象発生から32時間後）には約[mol]、7日後（168時間後）では約[mol]、60日後（1440時間後）では約[mol]の酸性物質が格納容器内で生成される。放射線分解により生成される酸性物質量の時間変化を図10に示す。

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。

【設 定 根 拠】

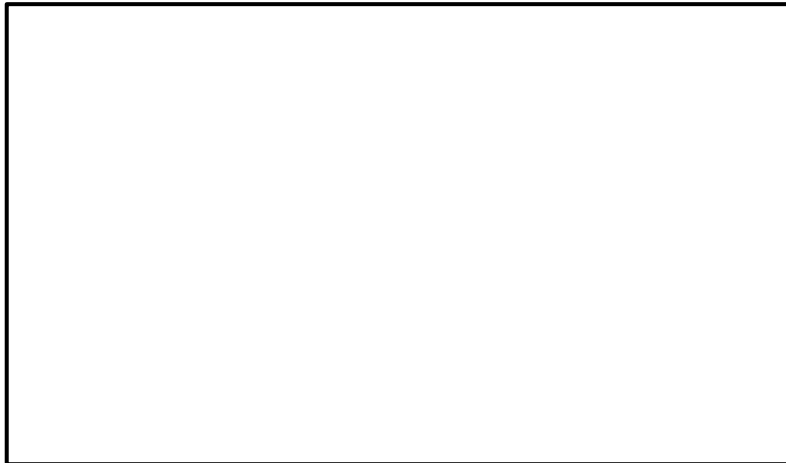


図 10 放射線分解で生成する酸性物質量の時間変化

(2) 熱分解による酸性物質生成量

ケーブルは高温環境にさらされると熱分解により塩化水素を放出するが、ケーブルの熱分解は 200℃まではほとんど発生しないため、有効性評価シナリオである冷却材喪失（大破断 L O C A）+ E C C S 注水機能喪失 + 全交流動力電源喪失においては熱分解による塩化水素の放出量は無視できる程度と考えられる。原子炉圧力容器破損を想定した場合は、熔融炉心から熱を直接受けるケーブル、即ち原子炉格納容器下部に存在するケーブルが熱分解により塩化水素を放出すると考えられる。また、この際に生じる M C C I により発生する炭酸ガスの発生量は、十分小さく無視できる程度と考えられる。

したがって、熱分解による酸性物質発生量として [] [mol] を想定する。

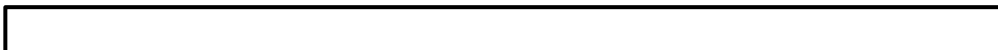
(3) スクラビング水中で酸化分解により消費される塩基性物質量

スクラビング水に初期添加している [] について、仮に全量の [] が酸化分解されると想定して、消費される塩基性物質は約 [] [mol] となる。

以上を踏まえ、ベント時に移行する酸性物質を保守的に評価すると、そのモル量の合計は以下のとおりである。

$$\text{約 [] [mol]} + \text{約 [] [mol]} + \text{約 [] [mol]} = \text{約 [] [mol]}$$

スクラビング水に初期添加する水酸化ナトリウムは、上記にさらに余裕をみた水酸化ナトリウム濃度とし、通常水位（約 [] t）において約 [] wt% とすることとし、そのモル量は以下のとおりである。事故後のスクラビング水の pH 挙動評価を図 11 に示す。



【設定根拠】

よって、スクラビング水の pH を に維持するための水酸化ナトリウムの初期添加濃度は、約 wt% で十分である。

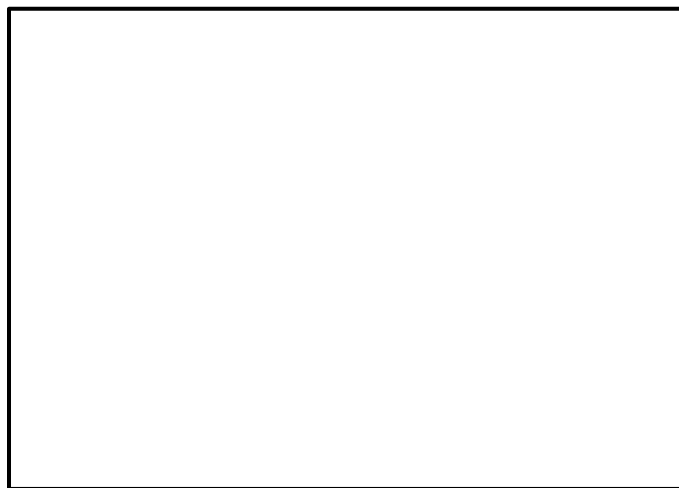


図 11 事故後スクラビング水の pH 挙動評価

2. 金属フィルタの設計負荷量

金属フィルタ単体に対し、エアロゾルを供給した場合、 g/m² まで急速な差圧の上昇が起こらず、金属フィルタの機能が確保できることが Framtome 社により検証されている。

格納容器フィルタベント系使用中に、金属フィルタの前段にあるスクラビング水では捕捉できずに金属フィルタに流入するエアロゾル量は、金属フィルタの許容負荷量よりも小さい必要がある。

そこで、有効性評価シナリオである冷却材喪失（大破断 LOCA）+ ECCS 注水機能喪失 + 全交流動力電源喪失シナリオに対し、金属フィルタへ流入するエアロゾル量を算定し、金属フィルタ設計負荷量の十分性を評価する。評価の手順は、以下の通りである。

(1) 金属フィルタへのエアロゾル流入量評価

フィルタベント設備の設計の妥当性を確認するために用いる格納容器からのエアロゾル（核分裂生成物エアロゾル、構造材エアロゾル）の移行量は、NUREG-1465 における格納容器ソースタームを用いて評価した結果である核分裂生成物エアロゾル移行量 約 28kg 及びエアロゾルに係る海外規制を踏まえ、保守的に 300kg に設定している。

ここで、有効性評価の格納容器過圧・過温破損シーケンス（冷却材喪失（大破断 LOCA）+ ECCS 注水機能喪失 + 全交流動力電源喪失）における MAAP 解析によるエアロゾル移行量は、ウェットウェルベントの場合で約 1.8×10^{-3} kg、ドライウェルベントの場合で約 3.5kg であることから、フィルタベント設備の設計の妥当性を確認するために設定した 300kg は十分保守的であると考

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。

えられる。

また、JAVA 試験ではベンチュリノズル単独でのエアロゾル除去性能を確認している試験ケースがあり、実機運転範囲のガス流速において、ベンチュリノズル単独でも 以上と評価される。ベンチュリノズル単独でのエアロゾル除去性能を表 3 に示す。

格納容器からのエアロゾル移行量を保守的に 300 kg とし、このエアロゾル重量に金属フィルタへのエアロゾル移行割合 を考慮すると、金属フィルタに移行するエアロゾル重量の最大は となる。

表 3 ベンチュリノズル単独でのエアロゾル除去性能

| |
|--|
| |
|--|

(3) 評価結果

| |
|--|
| |
|--|

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。

| | | |
|------|---|---------------------------------------|
| 名 称 | | 格納容器フィルタベント系 (第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器容量) |
| 除去効率 | % | 98以上(有機よう素に対して) |

【設 定 根 拠】

第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器の除去効率は、Framtome社による実規模相当の有機よう素の除去性能試験（以下、「JAVA PLUS 試験」という。）によって得られた試験結果を基に、有機よう素に対する除去効率が98%以上となる設計とする。

銀ゼオライトフィルタのベッド厚の設定にあたっては、銀ゼオライトによる除去性能に影響を与える主要な因子であるベントガスの滞留時間及び過熱度を考慮する必要があるが、JAVA PLUS 試験装置と実機においては吸着ベッドの形状等が異なるため、ベントガスの吸着ベッドにおける滞留時間が異なる。

このため、(式1)の関係から実機に要求する除去係数を得るために必要となる滞留時間を算出し、銀ゼオライトの必要ベッド厚を設定する。

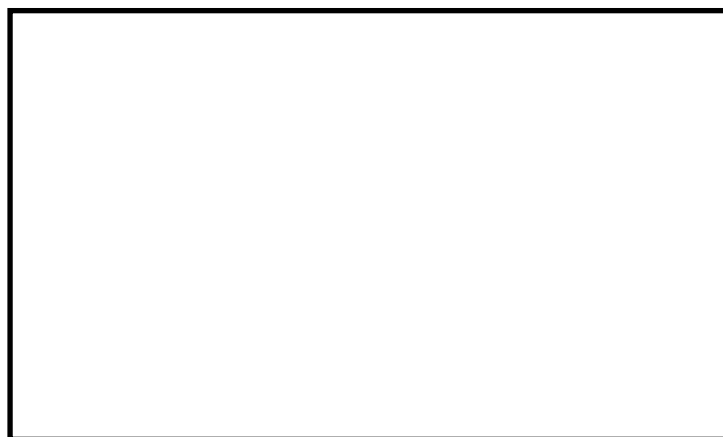
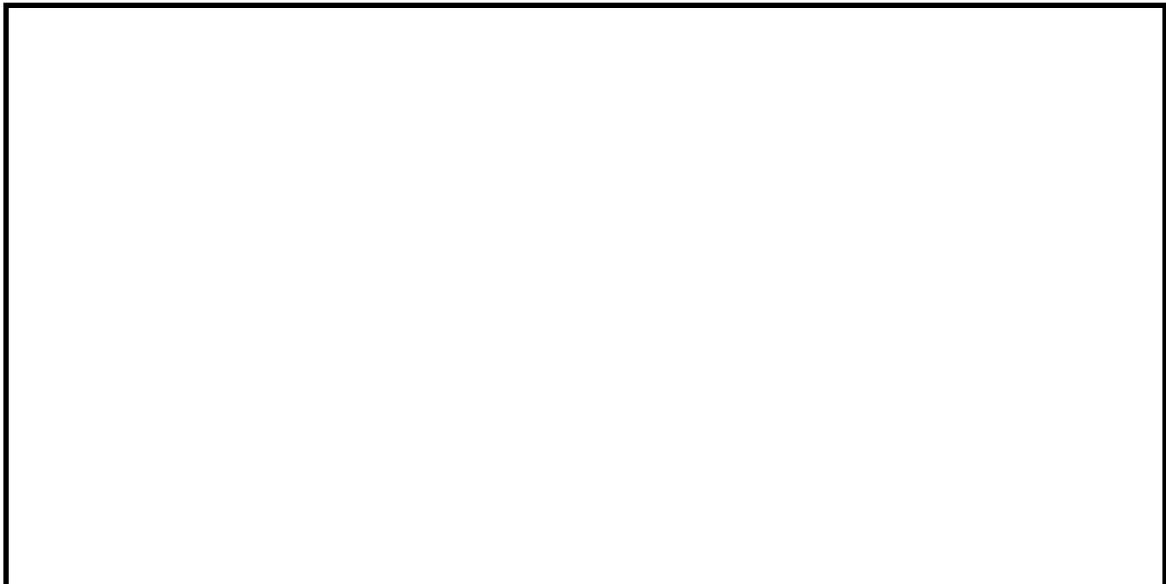


図12 JAVA PLUS 試験結果 (実機条件補正)

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。

| | | |
|------|-----------|----|
| 名 称 | 圧力開放板 | |
| 設定圧力 | kPa[gage] | 80 |

【設 定 根 拠】

格納容器フィルタベント系に設置する圧力開放板の設定圧力については、格納容器フィルタベント系の使用の妨げにならないよう十分低い圧力にて破裂するよう設定している。

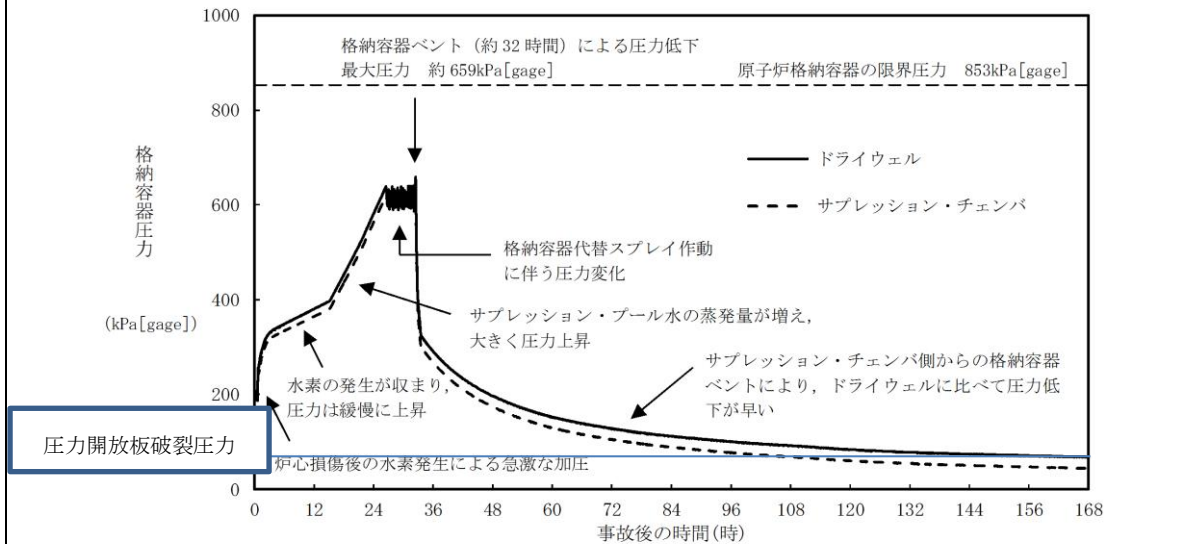


図 13 原子炉格納容器圧力推移（冷却材喪失（大破断 L O C A）
＋ E C C S 注水機能喪失＋全交流動力電源喪失）

50-8 接続図

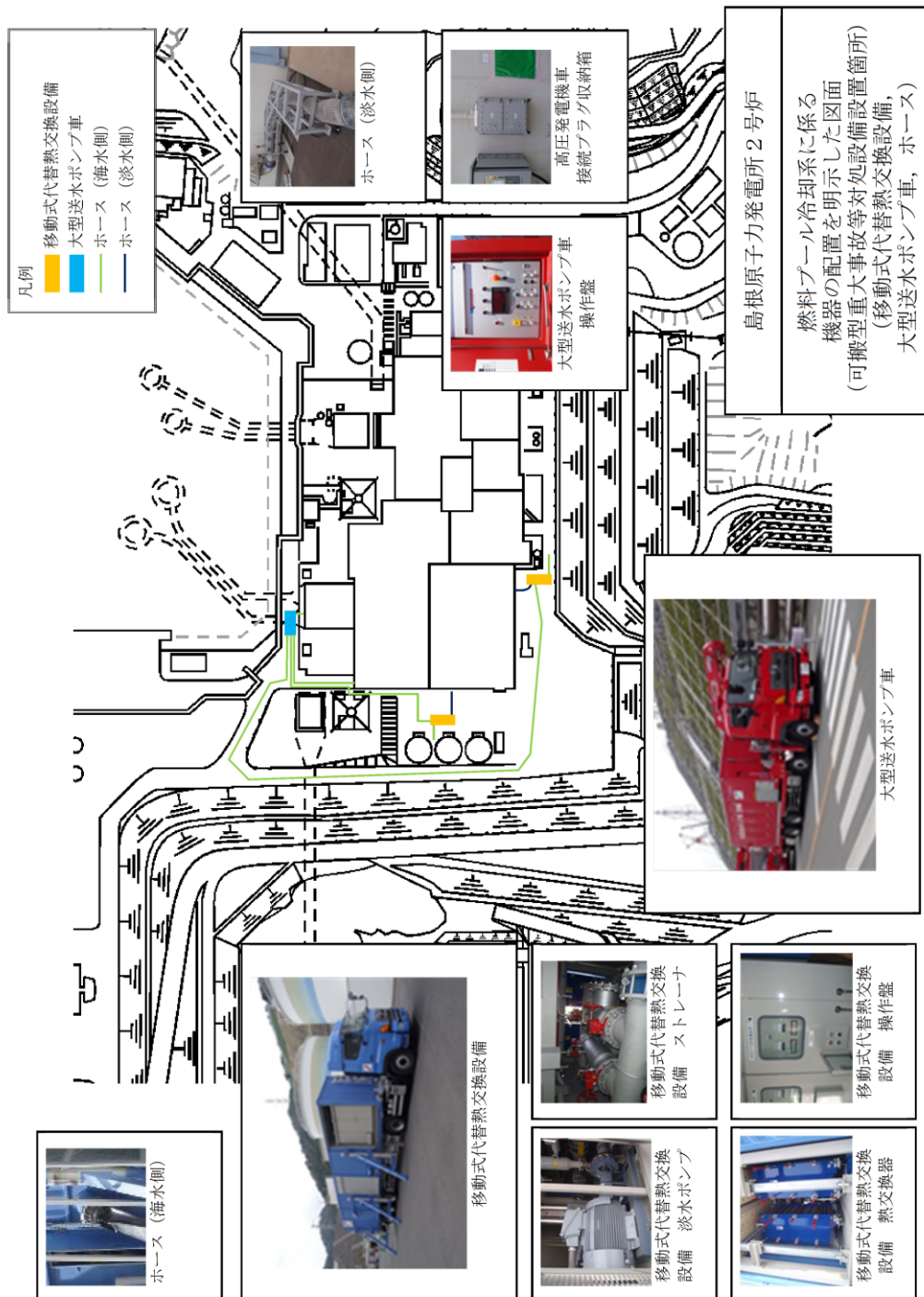


図1 原子炉補機代替冷却系（可搬設備）接続図



図2 格納容器フィルタベント系の可搬設備配置図

50-9 保管場所図

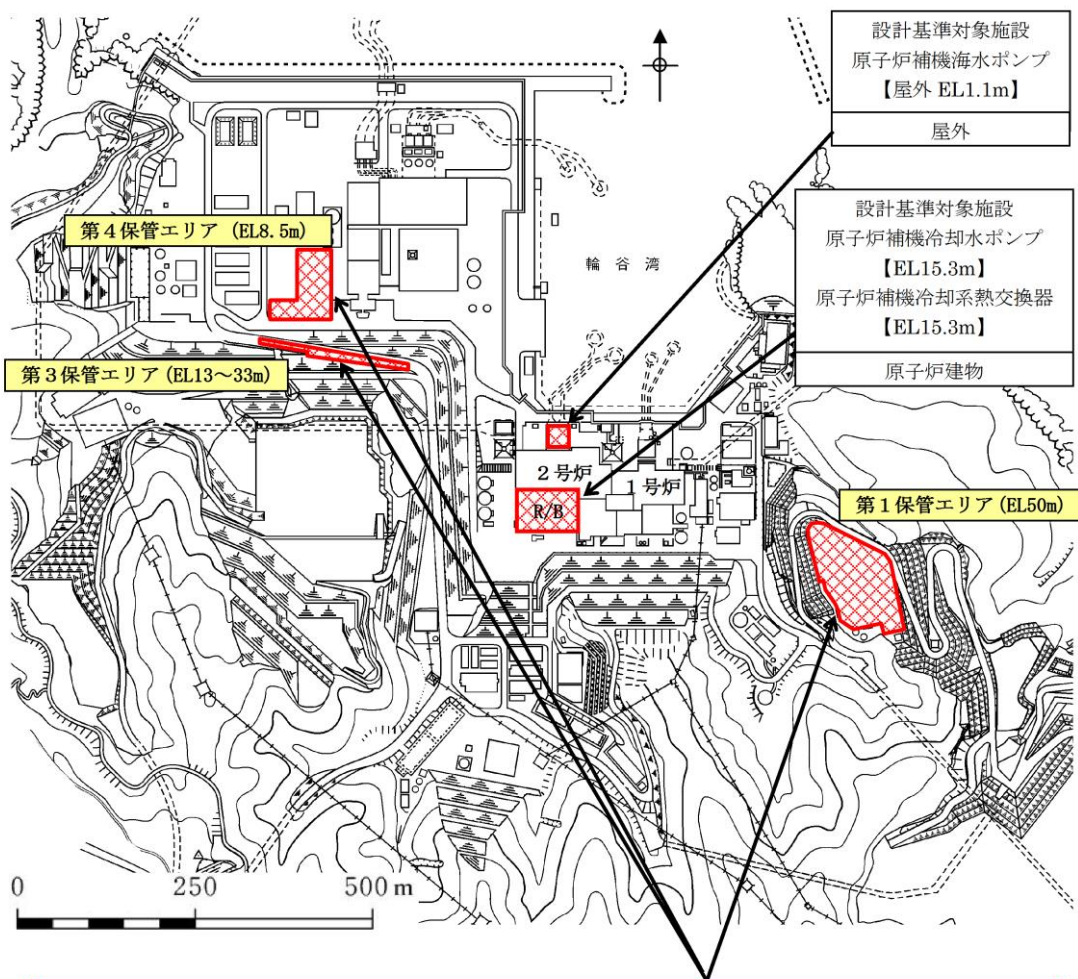


図1 屋外保管場所配置図 (残留熱代替除去系)

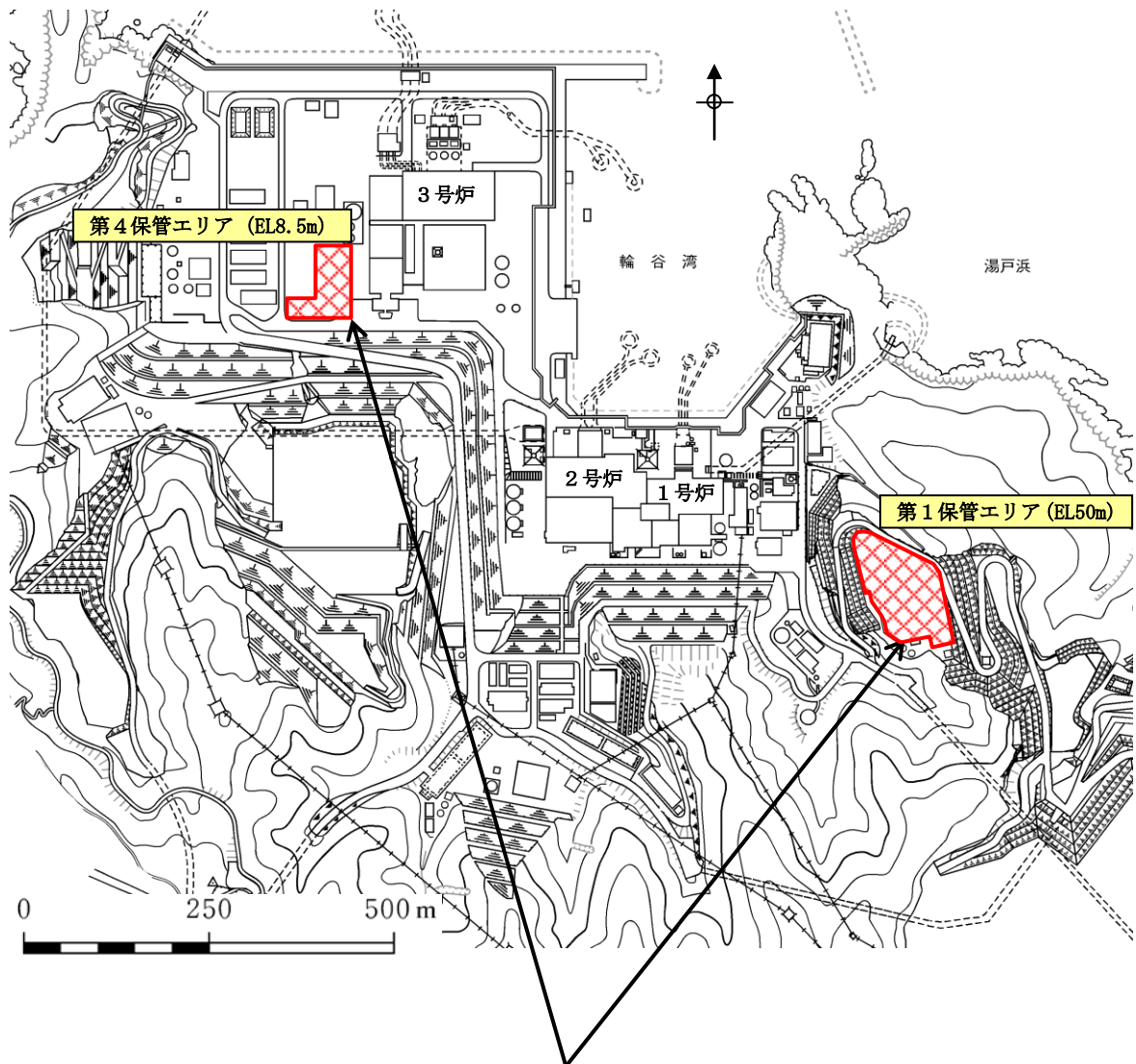
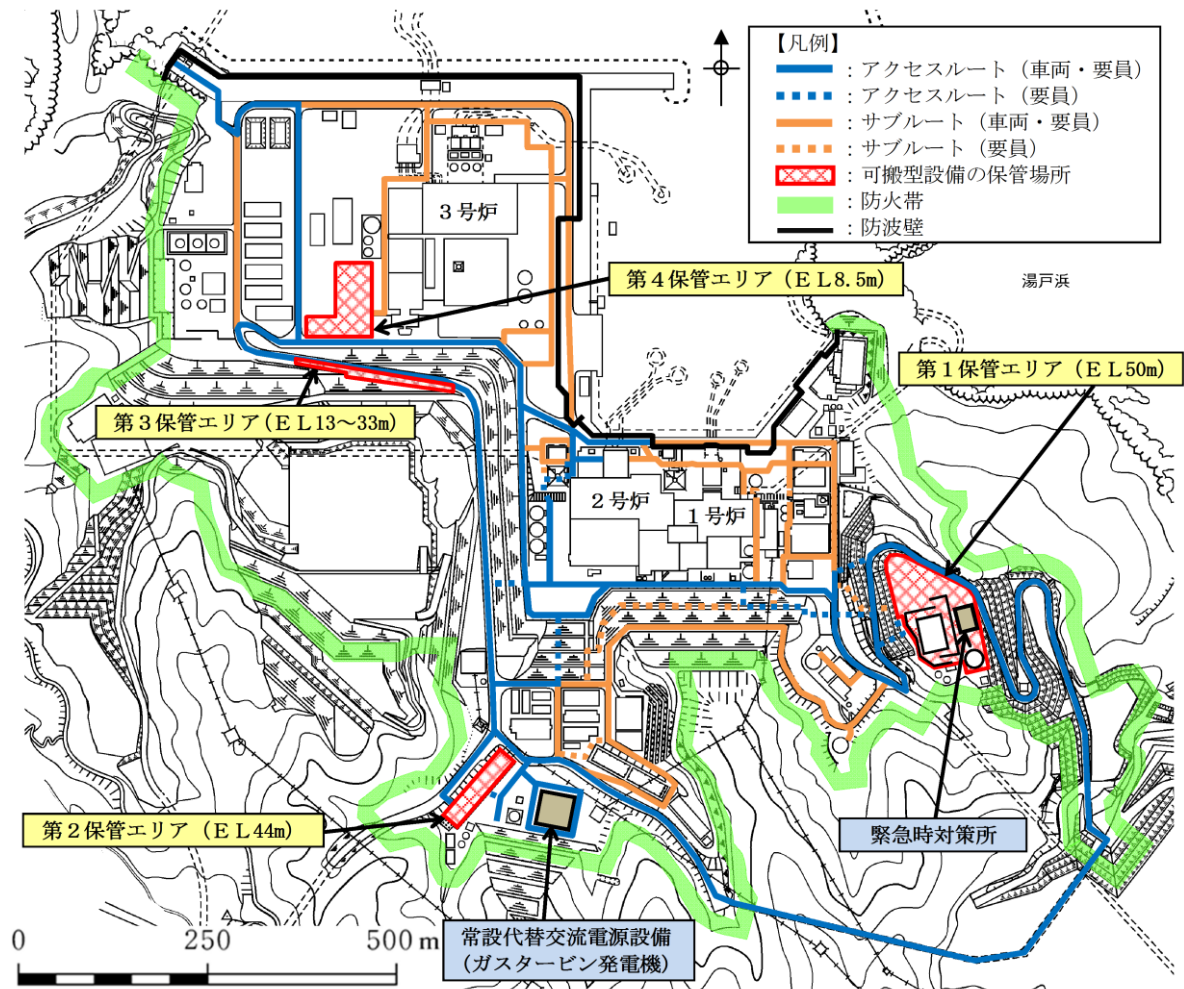


図2 屋外保管場所配置図 (格納容器フィルタベント系)

50-10 アクセスルート図

島根原子力発電所 2号炉『可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて』
より抜粋



※ サブルートは、地震及び津波時には記載しない。

※ 各設備の保管場所・数量については、今後の検討結果等により変更となる可能性がある。

図1 保管場所及びアクセスルート図

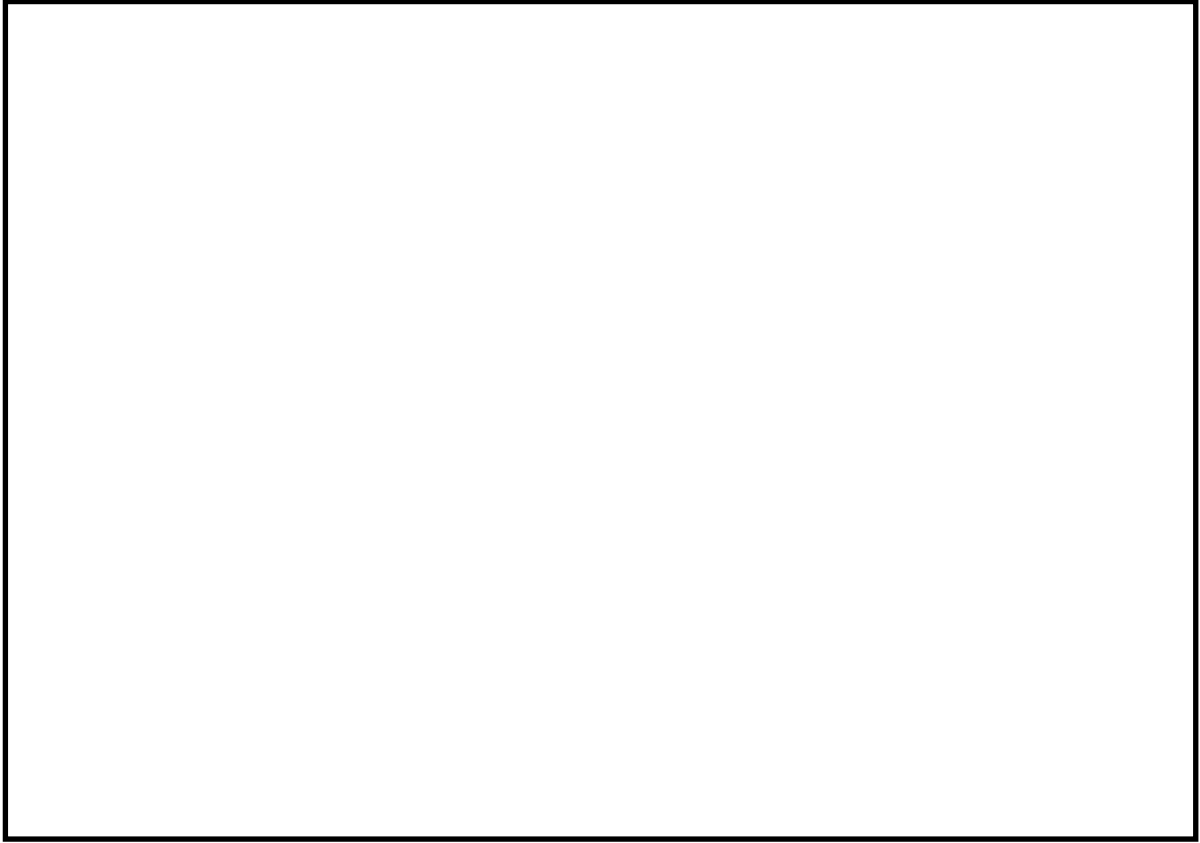


図2 フィルタベント操作（現場）（1／3）

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。

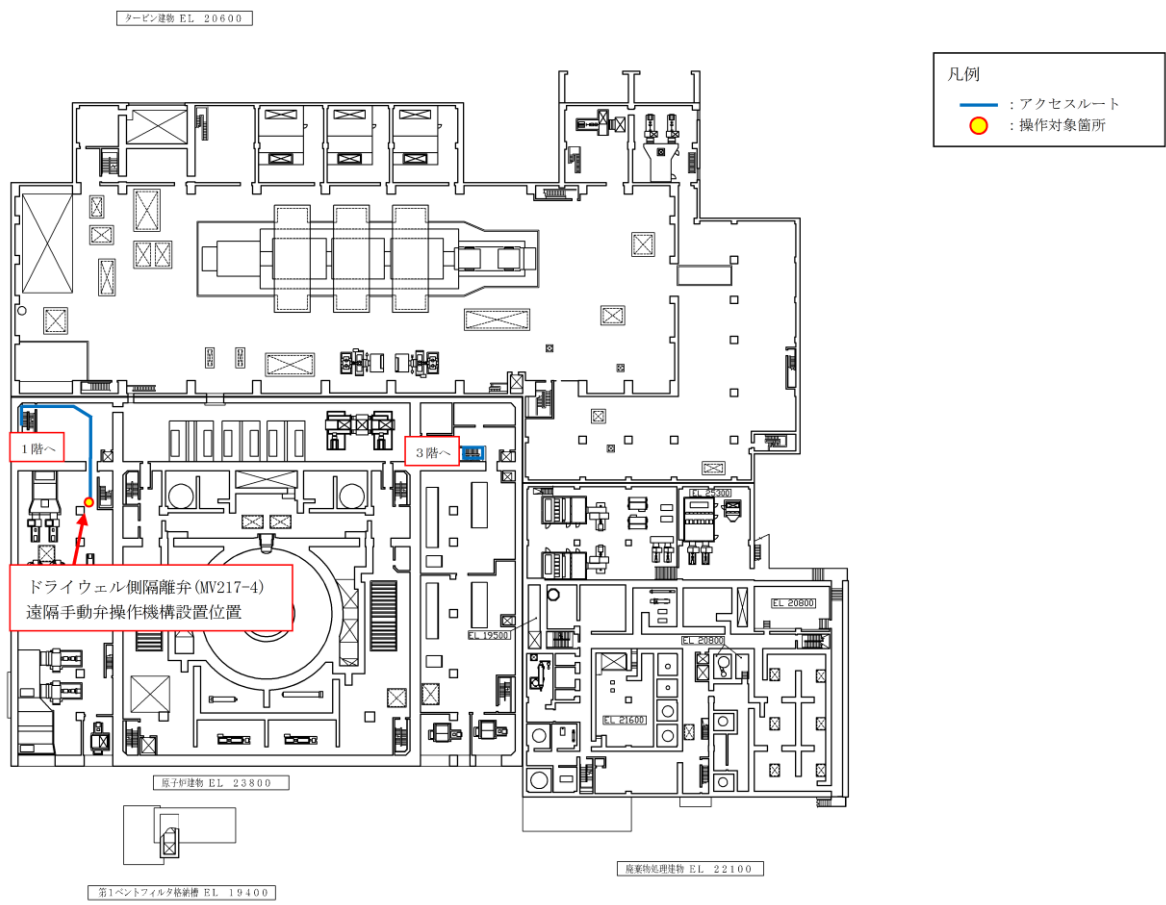


図2 フィルタベント操作 (現場) (2 / 3)

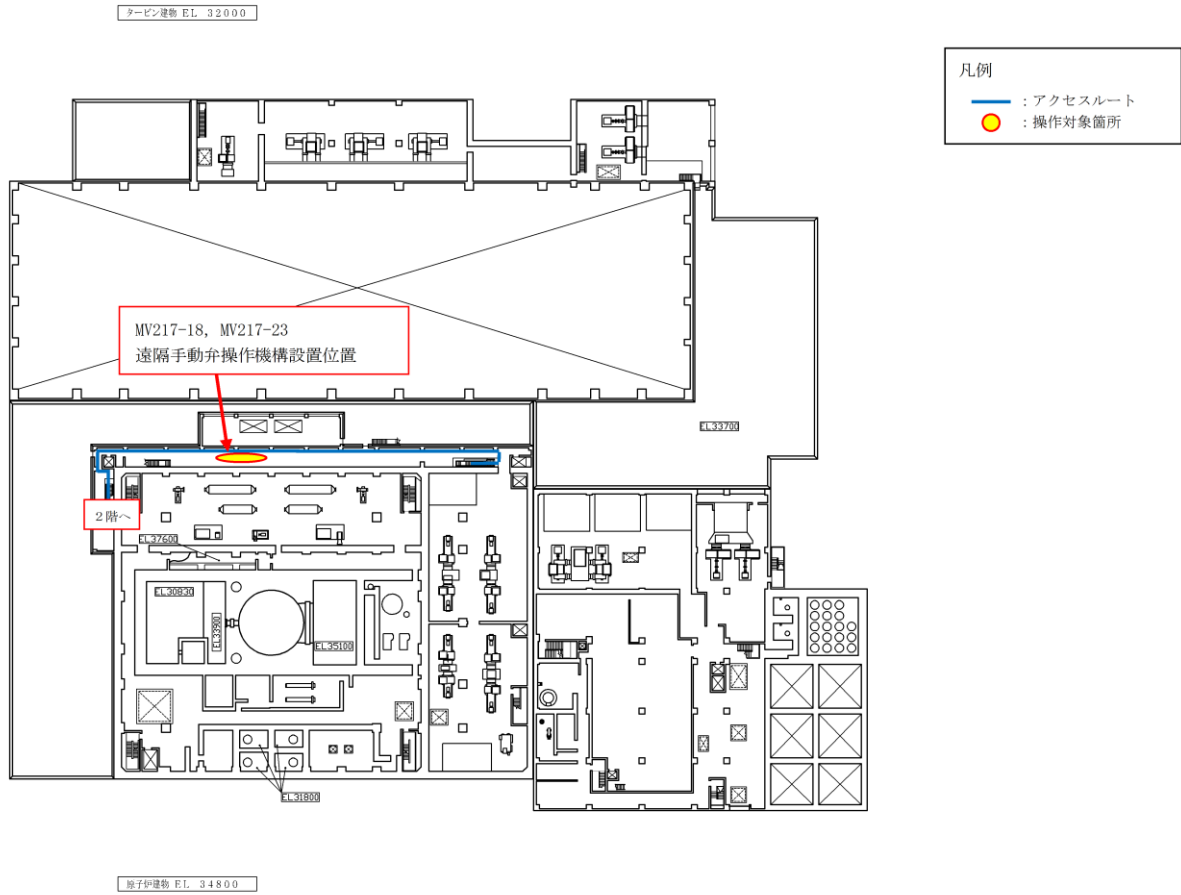


図2 フィルタベント操作 (現場) (3 / 3)

50-11 その他設備

(1) サプレッション・プール水 pH制御系等による格納容器 pH制御

格納容器フィルタベント系を使用する際、原子炉格納容器内が酸性化することを防止し、サプレッション・プール水中に捕集されたよう素の再揮発を抑制するために、サプレッション・プール水 pH制御系等により原子炉格納容器内に薬液を注入する手段を整備している。

なお、本設備は事業者の自主的な取り組みで設置するものである。

サプレッション・プール水 pH制御系は、図 1 に示すように、圧送用窒素ポンベにより薬液タンクから水酸化ナトリウムを圧送し、サプレッション・チェンバにスプレイする構成とする。

サプレッション・プール水 pH制御系使用後に、残留熱代替除去ポンプを使用することにより、サプレッション・チェンバのプール水を薬液として、ドライウェルスプレイ配管からドライウェルにスプレイすることが可能である。また、通常運転中より予め原子炉格納容器下部にアルカリ薬剤を設置することにより、原子炉格納容器内の酸性化を防止することが可能である。

更に、次項に示す通り、原子炉格納容器内に水酸化ナトリウムを注入することにより、原子炉格納容器へ及ぼす悪影響はないことを確認している。

薬液タンクに貯蔵する薬液は、原子炉格納容器内に敷設された全てのケーブルが溶融し、ケーブルに含まれる酸性物質（塩素）が溶出した際でも、原子炉格納容器内のサプレッション・プール水が酸性化することを防止するために必要な容量を想定し、水酸化ナトリウム（ [wt%] 水溶液） [m³] とする。また、原子炉格納容器下部に設置するアルカリ薬剤は、原子炉格納容器下部に敷設された全てのケーブルが溶融し、ケーブルに含まれる酸性物質（塩素）が溶出した際でも、原子炉格納容器下部の蓄水が酸性化することを防止するために必要な容量とする。

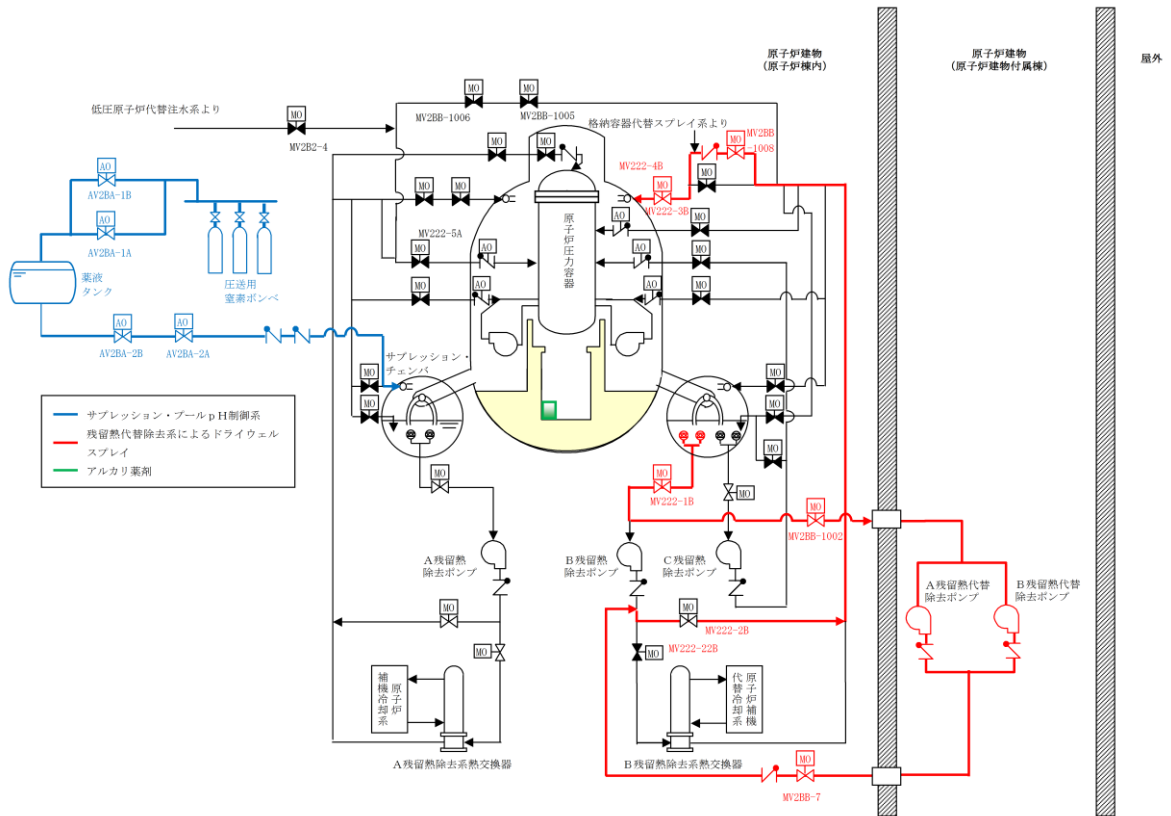


図1 サプレッション・プール水 pH 制御系等による格納容器 pH 制御概略系統図

(i) pH制御による原子炉格納容器への悪影響の確認について

(a) 格納容器バウンダリに対する影響

薬液をサブプレッション・チェンバに注入した場合、サブプレッション・プール水の水酸化ナトリウム濃度は最大で wt%, pHは約 となる。

またサブプレッション・プールへ所定量の薬液を注入した後は、薬液を含まない低圧原子炉代替注水槽、輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）の水を低圧原子炉代替注水ポンプ又は大量送水車により注水することで、薬液注入配管のうち、材質が炭素鋼である残留熱除去系配管について、薬液が局所的に滞留・濃縮することはない。

原子炉格納容器の鋼材として使用している炭素鋼のアルカリ腐食への耐性を図2, 3に示す。pH制御操作時の濃度ではアルカリ腐食割れは発生せず、また、塩化物による孔食、すきま腐食、SCCの発生を抑制することができる。

また、原子炉格納容器バウンダリで主に使用しているシール材は、耐熱性能に優れた改良EPDM材に変更しているが、この改良EPDM材について事故環境下でのシール性能を確認するため、表1の条件で蒸気暴露後の気密試験を実施し、耐アルカリ性能を確認した。

なお、サブプレッション・チェンバにある電気配線貫通部は低圧用のみであり、モジュール部がサブプレッション・チェンバ外にあること及びサブプレッション・チェンバ内外とも接続箱に覆われていることから、pH制御による影響はない。

一方、ドライウェルに設置されている高圧用電気配線貫通部については、低圧用電気配線貫通部と同様に、原子炉格納容器内外とも接続箱に覆われていることから、pH制御による影響はない。

表1 改良EPDM材耐アルカリ性確認試験

| |
|--|
| |
|--|

これらから、pH制御薬液による原子炉格納容器バウンダリへの悪影響は無いことを確認した。

なお、水酸化ナトリウムの相平衡を図4に示すが、本システム使用後の濃度である wt%では、水温が0°C以上であれば相変化は起こらず、析出することはない。

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。

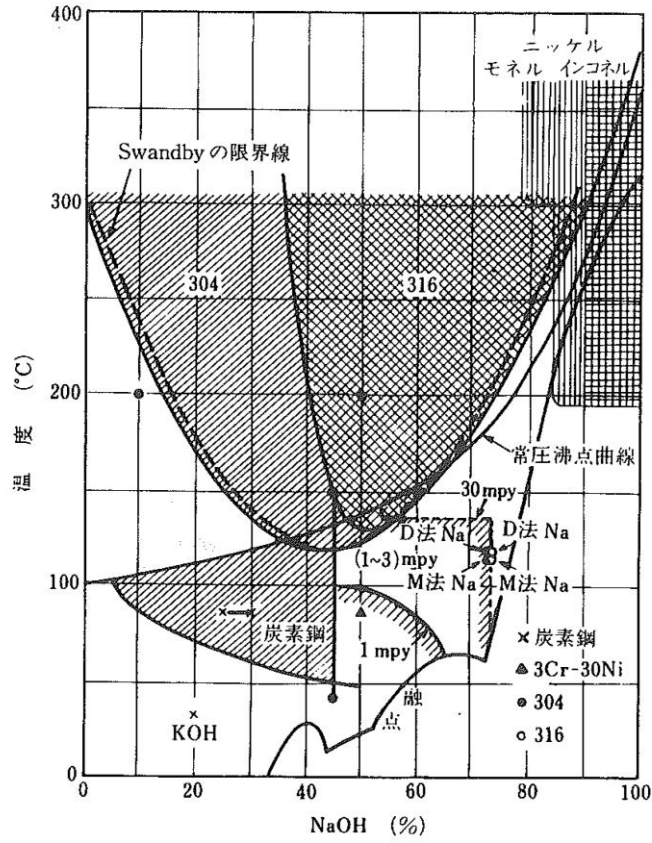


図2 アルカリ腐食割れに及ぼす温度、濃度の影響^[1]

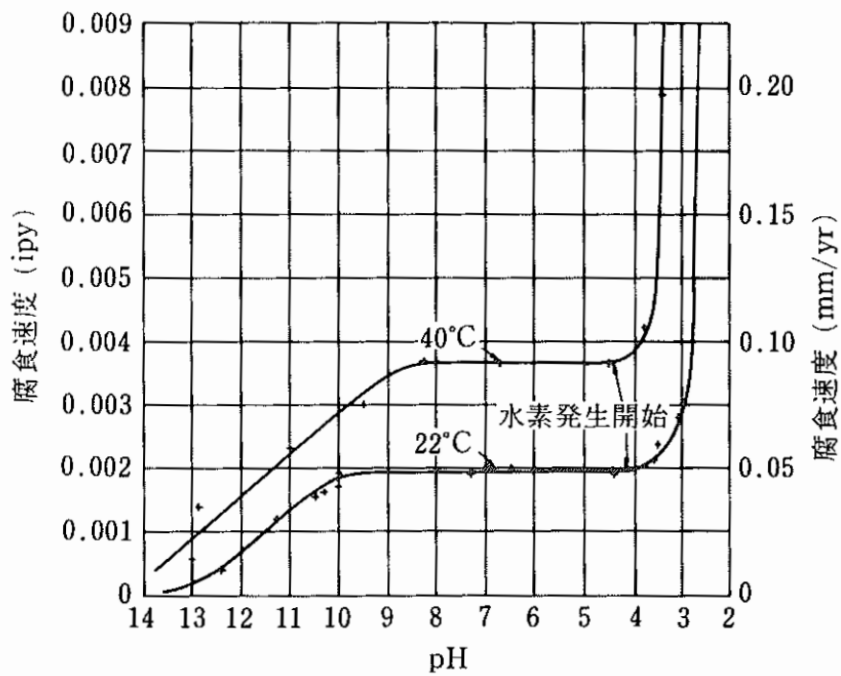


図3 炭素鋼の腐食に及ぼすpHの影響^[1]

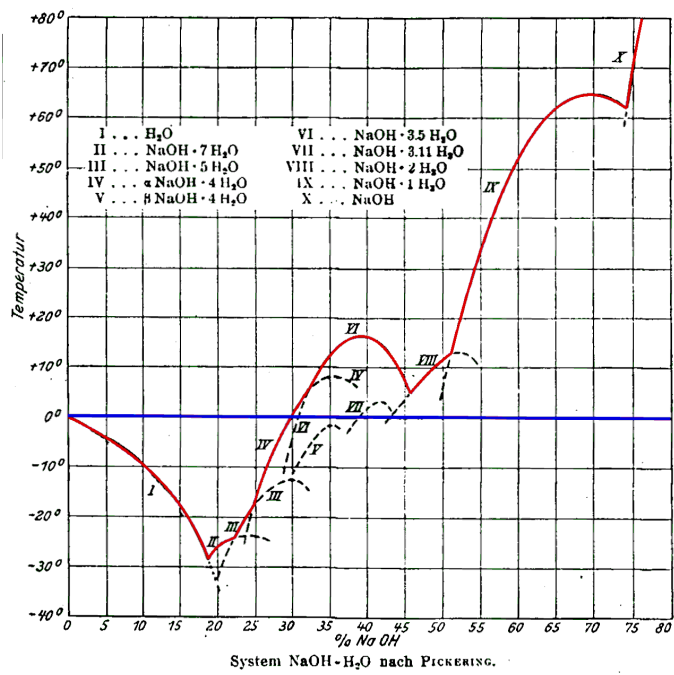


図4 水酸化ナトリウムの水系相平衡図[2]

(b) 水素の発生について

原子炉格納容器内では、配管の保温材等にアルミニウムを使用している。アルミニウムは両性金属であり、水酸化ナトリウムに被水すると式①に示す反応により水素が発生する。

また、原子炉格納容器内のグレーチングには、亜鉛によるめっきが施されている。亜鉛も両性金属であり、式②に示すとおり、水酸化ナトリウムと反応することで水素が発生する。

これらを踏まえ、事故時に想定されるサブプレッション・チェンバ内の水素の発生量を評価する。なお、実際に薬液と反応する金属はスプレイの飛散範囲内と考えられるが、保守的に格納容器内の全ての亜鉛とアルミニウムが反応し水素が発生するとして評価を行う。



a) 亜鉛による水素発生量

格納容器内の亜鉛の使用用途はグレーチングの亜鉛メッキである。そのためグレーチングの亜鉛メッキ量を調査し、これらの全てが薬液と反応した場合の水素発生量を評価した。

【算出条件】

- ・ドライウエル グレーチング表面積：約 3,135m²
 - ・サブプレッション・チェンバ グレーチング表面積：約 930m²
 - ・亜鉛メッキ膜厚：80 μm
- (JIS H8641-2007 溶解亜鉛メッキ厚判定基準値(最大値)76 μm より)
- ・亜鉛密度：7.2g/cm³
 - ・亜鉛原子量：65.38

【計算結果】

上記条件より、亜鉛量はドライウエルで約 1,806 kg、サブプレッション・チェンバで約 536 kg となり、合計約 2,350 kg となる。そして、式②よりこの亜鉛が全量反応すると、水素の発生量は約 73 kg となる。

b) アルミニウムによる水素発生量

格納容器内のアルミニウムの使用用途は保温材の外装材やドライウエルクーラー (DWC) のアルミフィンである。そのため、これらの全てが薬液と反応した場合の水素発生量を評価した。

【算出条件】

- ・ 保温材に含まれるアルミニウムの体積:約 0.5843m³
- ・ アルミニウム密度:2.7g/m³
- ・ DWCに含まれるアルミニウムの質量:約 1,761kg

【計算結果】

上記条件より，原子炉格納容器内に存在するアルミニウム量は，約 3,339 kg となる。そして，式②よりこのアルミニウムが全量反応すると，水素の発生量は約 374 kg となる。

c) 水素発生による影響について

ジルコニウム－水反応等により格納容器内で発生する水素量は，有効性評価上の大LOCAシナリオで約 200kg であり，薬液注入により亜鉛とアルミニウムが全量反応したとしても，事故時の格納容器内の気相は水蒸気が多くを占めていることから，格納容器の圧力制御には影響がない。

また，格納容器内は窒素ガスにより不活性化されており，本反応では酸素の発生がないことから，水素の燃焼は発生しない。

これらのことから，pH制御に伴って格納容器内に水素が発生することを考慮しても，影響はないものとする。

《参考文献》

- [1] 小若正倫「金属の腐食損傷と防食技術」アグネ承風社，2000年
- [2] Gmelins Handbuch der anorganischer Chemie, Natrium, 8 Auflage, Verlag Chemie, Berlin 1928

(ii) 残留熱代替除去系運転時の影響について

サプレッション・プール水 pH制御系は事故後早期に薬液を原子炉格納容器へ注入する設備であるため、薬液注入後に残留熱代替除去系を使用することがある。その場合、アルカリ化されたサプレッション・チェンバのプール水が水源となるため、残留熱代替除去系及び注入先の原子炉圧力容器への影響として、腐食を考慮する必要がある。

残留熱代替除去系の配管・ポンプ・弁等は炭素鋼で構成されるが、(i)(a)で示すとおり pH制御操作時の濃度ではアルカリ腐食割れは発生せず、また、塩化物による孔食、すきま腐食、SCC の発生を抑制することができる。

また残留熱代替除去系の注入先である原子炉圧力容器と炉内構造物については、その主要部材が SUS316L で構成されており、図 2 に示すとおり、原子炉内が高温になったとしても腐食することはない。

(2) 残留熱代替除去系 残留熱除去系ストレーナ

(i) 残留熱除去系ストレーナの閉塞防止対策について

島根原子力発電所2号炉では、残留熱除去系ストレーナを含む非常用炉心冷却系ストレーナの閉塞防止対策として、多孔プレートを組み合わせた大型ストレーナを採用するとともに、原子炉格納容器内の保温材のうち事故時に破損が想定される繊維質保温材は撤去することとしているため、繊維質保温材の薄膜効果^{*1}による異物の捕捉が生じることはない。

また、重大事故等時に原子炉格納容器内において発生する可能性のある異物としては保温材(パーライト等)、塗装片、スラッジが想定されるが、LOCA時のブローダウン過程等のサプレッション・プール水の流動により粉碎され粉々になった状態でストレーナに流れ着いたとしても、繊維質保温材がなく、薄膜効果による異物の捕捉が生じる可能性がないことから、これら粉状の異物がそれ自体によってストレーナを閉塞させることはない。

また、残留熱代替除去系を使用開始する時点ではサプレッション・チェンバ内の流況は十分に静定している状態であり、ストレーナメッシュの通過を阻害する程度の粒径を有する異物はサプレッション・チェンバ底部に沈着している状態であると考えられる^{*2}。

重大事故等時には、損傷炉心を含むデブリが生じるが、仮に原子炉圧力容器外に落下した場合でも、原子炉圧力容器下部の圧力容器ペDESTAL内に蓄積することからサプレッション・チェンバへの流入の可能性は低い。万が一、圧力容器ペDESTAL内からオーバフローし、ベント管を通じてサプレッション・チェンバに流入する場合であっても、金属を含むデブリが流動により巻き上がることは考えにくく^{*3}、ストレーナを閉塞させる要因になることはないと考えられる。このため、苛酷事故環境下においても残留熱除去系ストレーナが閉塞する可能性を考慮する必要はないと考えている。さらに、仮にストレーナ表面にデブリが付着した場合においても、ポンプの起動・停止を実施することによりデブリは落下するものと考えられ^{*4}、加えて、長期冷却に対する更なる信頼性の確保を目的に、次項にて示すストレーナの逆洗操作が可能な設計としている。

※1：薄膜形成による粒子状デブリの捕捉効果について「薄膜形成による粒子状デブリの捕捉効果」とは、ストレーナの表面のメッシュ(約1~2mm)を通過するような細かな粒子状のデブリ(スラッジ等)が、繊維質デブリにより形成した膜により捕捉され圧損を上昇させるという効果をいう。

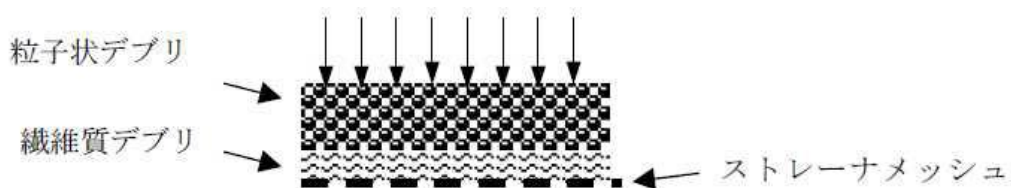


図5 薄膜形成による粒子状デブリの補足効果のイメージ

繊維質保温材の薄膜形成については、NEDO-32686 に対する NRC の安全評価レポートの AppendixE で実験データに基づく考察として、「1/8inch 以下のファイバ層であれば、ファイバ層そのものが不均一であり、圧力損失は小さいと考えられる」と記載されている。また、R. G. 1. 82 においても「1/8inch. (約 3.1 mm) を十分下回るファイバ層厚さであれば、安定かつ均一なファイバ層ではないと判断される」との記載がされており、薄膜を考慮した圧力損失評価は必要ないと考えられる。

LA-UR-04-1227 においても、この効果の裏付けとなる知見が得られており、理論厚さ 0.11inch (2.79mm) において、均一なベッドは形成されなかったという見解が示されている。故に、繊維質保温材の堆積厚さを評価し十分薄ければ、粒径が極めて微細な塗装片等のデブリは全てストレーナを通過することとなり、繊維質保温材と粒子状デブリの混合状態を仮定した圧損評価は不要であると考えられる。

また、GSI-191 において議論されているサンプスクリーン表面における化学的相互作用による圧損上昇の知見に関して、上述のとおり繊維質保温材は使用されておらず、ストレーナ表面におけるデブリベット形成の可能性がないことから、化学的相互作用による圧損上昇の影響はないと考えられ、残留熱代替除去系による長期的な冷却の信頼性に対して影響を与えることはないと考えられる。

表 2 NUREG/CR-6224 において参照されるスラッジ粒径の例

| Table B-4 BWROG-Provided Size Distribution of the Suppression Pool Sludge | | |
|--|----------------------------|--------------------|
| Size Range µm | Average Size µm | % by weight |
| 0-5 | 2.5 | 81% |
| 5-10 | 7.5 | 14% |
| 10-75 | 42.5 | 5% |

※ 2 : 残留熱代替除去系の使用開始は事故後約 10 時間後であり、LOCA 後のブローダウン等の事故発生直後のサプレッション・チェンバ内の攪拌は十分に静定しており、大部分の粒子状異物は底部に沈着している状態であると考えられる。また、粒子径が 100 µm 程度である場合に浮遊するために必要な流体速度は、理想的な球形状において 0.1m/s 程度必要であり (原子力安全基盤機構 (H21. 3), PWR プラントの LOCA 時

長期炉心冷却性に係る検討), 仮にストレーナメッシュを閉塞させる程度の粒子径を有する異物がプール内に存在していた場合においても, ストレーナ表面流速は約 0.008m/s (150m³/h の時) 程度であり, 底部に沈降したデブリがストレーナの吸い込みによって生じる流況によって再浮遊するとは考えられない。

- ※ 3 : RPV 破損後の溶融炉心の落下先は圧力容器ペDESTAL内であり, 残留熱代替除去系の水源となるサプレッション・チェンバへ直接落下することはない。RPV へ注水された冷却水は圧力容器ペDESTAL内へ落下し, ベント管を通じてサプレッション・チェンバへ流入することとなる (図 6 参照)。粒子化した溶融炉心等が圧力容器ペDESTAL内に存在している場合にストレーナメッシュを閉塞させる程度の粒子径を有する異物が流動によって圧力容器ペDESTAL内から巻き上げられ, 更にベント管からストレーナまで到達するとは考えにくく, 溶融した炉心等によるストレーナ閉塞の可能性は極めて小さいと考えられる。

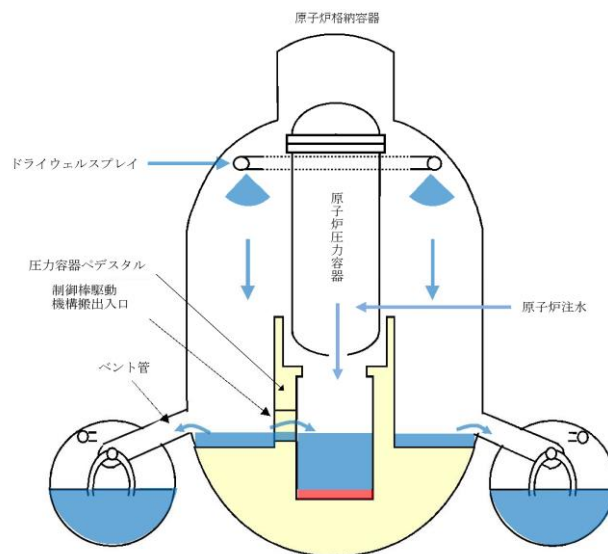


図 6 RPV 破損後の残留熱除去による冷却の流れ

- ※ 4 : GSI-191 における検討において, サンプスクリーンを想定した試験においてポンプを停止させた際に付着したデブリは剥がれ落ちるとの結果が示されている (図 7 参照)。

当該試験は PWR サンプスクリーン形状を想定しているものであるが, BWR のストレーナ形状は円筒形であり (図 8, 9 参照), ポンプの起動・停止によるデブリ落下の効果は更に大きくなるものと考えられ, 注水流量の低下を検知した後, ポンプの起動・停止を実施することでデブリが落下し, 速やかに冷却を再開することが可能である。

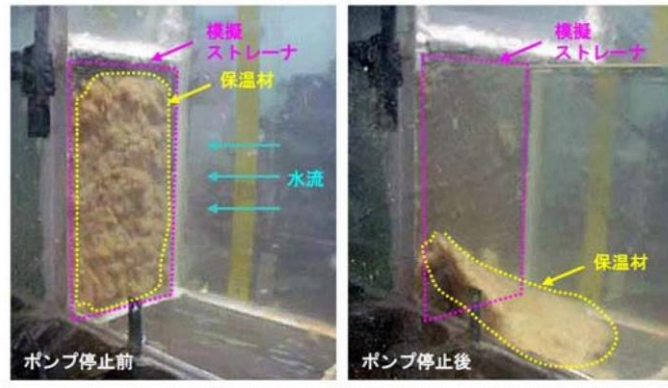


図7 ポンプ停止により模擬ストレーナから試験体が剥がれ落ちた試験
 (April2004, LANL, GSI-191:Experimental Studies of
 Loss-of-Coolant-Accident-Generated Debris Accumulation and Head Loss with
 Emphasis on the Effects of Calcium Silicate Insulation)

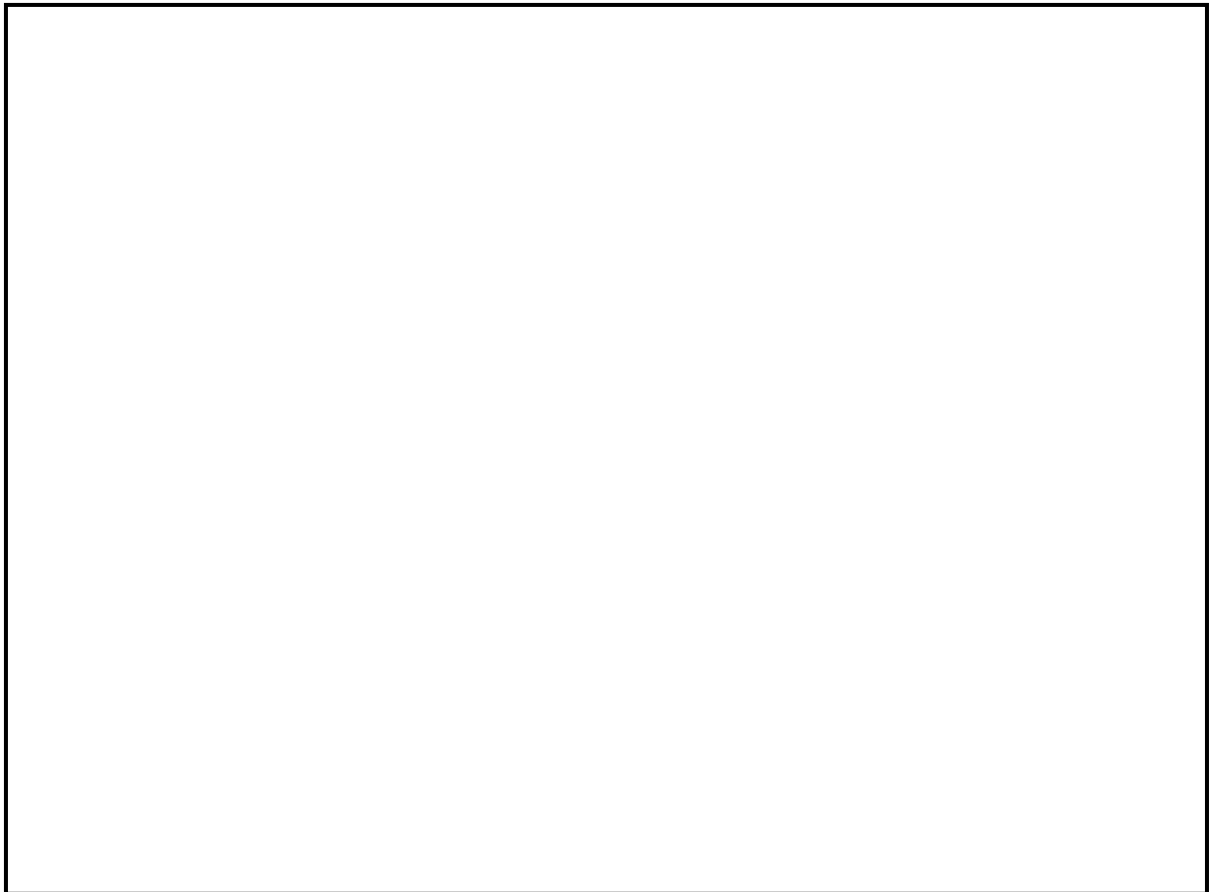


図8 BWRにおいて設置されているストレーナ

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。



図9 2号炉残留熱除去系ストレーナ(据付状態)

(ii) 閉塞時の逆洗操作について

前述(i)の閉塞防止対策に加えて、残留熱代替除去系運転中に、仮に何らかの異物により残留熱除去系ストレーナが閉塞したことを想定し、残留熱除去系ストレーナを逆洗操作できる系統構成にしている。系統構成の例を図10に示しているが、大量送水車を使用した残留熱代替除去系の外部接続口から構成される逆洗ラインの系統構成操作を行い、大量送水車を起動することで逆洗操作が可能な設計にしている。したがって、残留熱代替除去系運転継続中に流量監視し、流量傾向が異常に低下した場合はRHARポンプを停止し、逆洗操作を実施する。

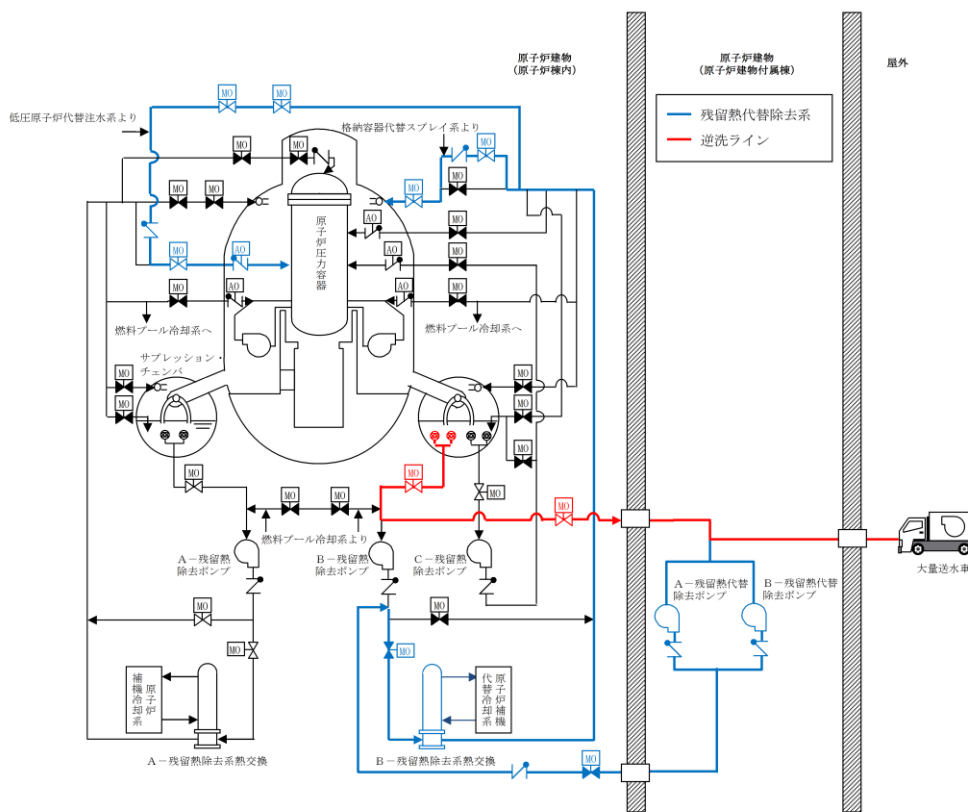


図10 残留熱除去系ストレーナ逆洗操作の系統構成について

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。

(3) スクラビング水の補給及び排水設備

格納容器フィルタベント系を使用した際に、系統内で蒸気凝縮によってスクラビング水位が機能喪失となるまで上昇しないよう、ドレン移送ポンプを用いて間欠的にスクラビング水をサプレッション・チェンバへ排水し、さらに薬液注入によるスクラビング水のpH値の調整をすることで、第1ベントフィルタスクラバ容器を長期間使用することが可能なスクラビング水の補給及び排水設備を設ける。

なお、本設備は事業者の自主的な取り組みで設置するものである。

(i) 補給設備

補給設備は、薬品注入タンク、ドレン移送ポンプ、配管及び電動駆動弁等で構成する。予め薬剤を添加し、高アルカリ性に維持した溶液を常設の薬品注入タンクにて保管することにより、スクラバ容器へ水・薬剤を補給できる設計としている。第1ベントフィルタ格納槽内の電動駆動弁についてはフィルタ装置による被ばくを考慮し、第1ベントフィルタ格納槽外から人力による遠隔操作が可能な設計とする（薬品注入タンク出口弁はスクラバ容器等と隔離された部屋に設置しているため、アクセスし手動操作可能）。

また、第1ベントフィルタ格納槽に外部接続口を設け、可搬設備により薬品注入タンクへの補給又は、直接スクラバ容器への補給が可能な設計としている。

なお、通常時、薬品注入タンク内を窒素環境とすることにより、タンク内の薬剤の劣化及びタンクの腐食を防止する設計としている。

補給設備の系統概略図を図11に示す。

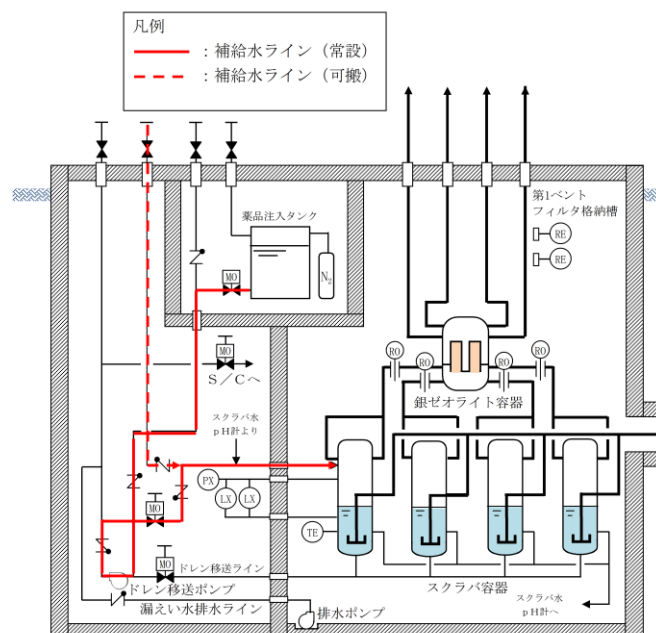


図11 補給設備 系統概略図

(ii) 排水設備

排水設備は、ドレン移送ポンプ、排水ポンプ、配管及び電動駆動弁等で構成し、ベント後の放射性物質を含むスクラビング水を常設のドレン移送ポンプにより、格納容器（サプレッション・チェンバ）へ移送できる設計としている。

さらに、万一、スクラバ容器から第1ベントフィルタ格納槽に漏えいした場合、常設の排水ポンプにより格納容器（サプレッション・チェンバ）もしくは外部へ排出できる設計としている。第1ベントフィルタ格納槽内の電動駆動弁についてはフィルタ装置による被ばくを考慮し、第1ベントフィルタ格納槽外から人力による遠隔操作が可能な設計とする（S/C移送弁については、原子炉建物原子炉棟内に設置し、原子炉建物付属棟（二次格納施設外）から人力により遠隔操作が可能な設計としている）。

排水設備の系統概略図を図12に示す。

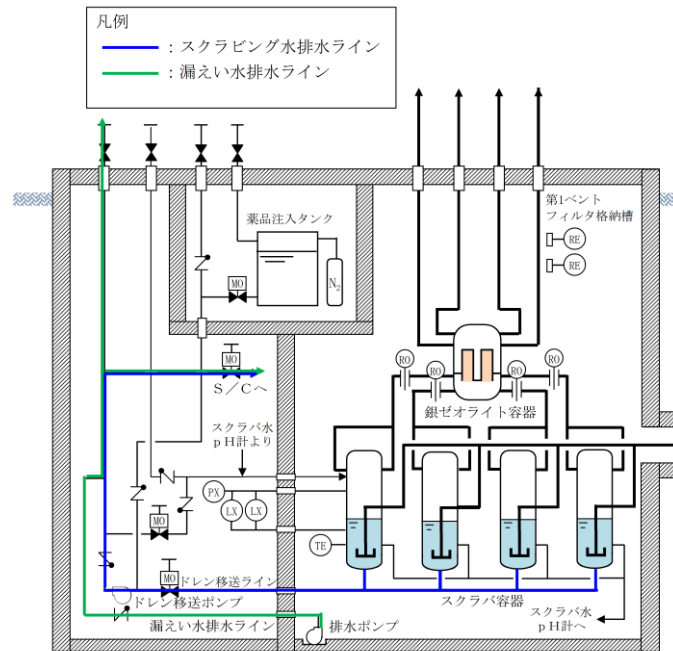


図12 排水設備 系統概略図（補給時）

52 条 水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備

目次

- 52-1 S A設備基準適合性 一覧表
- 52-2 単線結線図
- 52-3 配置図
- 52-4 系統図
- 52-5 試験及び検査
- 52-6 容量設定根拠
- 52-7 計装設備の測定原理
- 52-8 水素ガス及び酸素ガス発生時の対応について
- 52-9 接続図
- 52-10 保管場所図
- 52-11 アクセスルート図
- 52-12 その他設備

52-1 S A設備基準適合性 一覽表

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (可搬型)

| | | | | | | |
|---------------------------------|------|-------------|---|--|-------------------------|-----|
| 52条：水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備 | | 可搬式窒素供給装置 | | 類型化区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 屋外設備 | D | |
| | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — | |
| | | | 海水 | (海水を通水しない) | 対象外 | |
| | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | - | |
| | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | - | |
| | | | 関連資料 | 52-3 配置図, 52-9 接続図, 52-10 保管場所図 | | |
| | | 第2号 | 操作性 | 工具, 設備の運搬・設置, 操作スイッチ操作, 弁操作, 接続作業 | B b, B c, B d, B f, B g | |
| | | | 関連資料 | 52-3 配置図, 52-4 系統図, 52-9 接続図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | 圧縮機, 弁 | A, B | |
| | | | 関連資料 | 52-5 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が必要 | B a | |
| | | | 関連資料 | 52-4 系統図 | | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | 通常時は隔離又は分離 | A b |
| | | | | その他(飛散物) | 高速回転機器 | B b |
| | 関連資料 | | 52-3 配置図, 52-4 系統図, 52-5 試験及び検査 | | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 現場操作(設置場所) | A a | | |
| | | 関連資料 | 52-3 配置図, 52-4 系統図, 52-9 接続図 | | | |
| | 第3項 | 第1号 | 可搬型SAの容量 | 負荷に直接接続する設備 | B | |
| | | | 関連資料 | 52-6 容量設定根拠 | | |
| | | 第2号 | 可搬型SAの接続性 | より簡便な接続 | C | |
| | | | 関連資料 | 52-3 配置図, 52-9 接続図 | | |
| | | 第3号 | 異なる複数の接続箇所確保 | 対象外 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | - | | |
| | | 第4号 | 設置場所 | (放射線量の高くなるおそれの少ない場所の選定) | - | |
| | | | 関連資料 | 52-9 接続図 | | |
| | | 第5号 | 保管場所 | 屋外(共通要因の考慮対象設備あり) | B a | |
| | | | 関連資料 | 52-3 配置図, 52-10 保管場所図 | | |
| | | 第6号 | アクセスルート | 屋外アクセスルートの確保 | B | |
| 関連資料 | | | 52-11 アクセスルート図 | | | |
| 第7号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 緩和設備又は防止でも緩和でもない設備-対象(同一目的のSA設備, 代替対象DB設備なし) | 対象外 | |
| | | | サポート系要因 | 対象外(サポート系なし) | 対象外 | |
| | 関連資料 | | 52-3 配置図, 52-4 系統図, 52-9 接続図, 52-10 保管場所図 | | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----|
| 52条：水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備 | | | | 格納容器水素濃度 (SA) | 類型化区分 | |
| | | | | 原子炉建物原子炉棟内設備 | B | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 原子炉建物原子炉棟内設備 | B |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 52-3 配置図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | | 関連資料 | 52-3 配置図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | 計測制御設備 | J | |
| | | | 関連資料 | 52-5 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | | 関連資料 | 52-4 系統図 | | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | その他 | A e |
| | | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | | |
| | | 関連資料 | 52-3 配置図 | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 重大事故等への対処を本来の目的として使用するもの | A | |
| | | | 関連資料 | 52-6 容量設定根拠 | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第3号 | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備—対象 (代替対象DB設備あり) —屋内 | A a |
| | | | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり) —異なる駆動源又は冷却源 | C a |
| 関連資料 | 52-2 単線結線図, 52-3 配置図 | | | | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|---------------------------------|------|---------------|---------------------------|----------------------------|--|-----|
| 52条：水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備 | | 格納容器酸素濃度 (SA) | | 類型化区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 原子炉建物原子炉棟内設備 | B |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 52-3 配置図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | | 関連資料 | 58-3 配置図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | 計測制御設備 | J | |
| | | | 関連資料 | 52-5 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | | 関連資料 | 52-4 系統図 | | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | その他 | A e |
| | | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 |
| | | | | 関連資料 | — | |
| | | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | |
| | | | 関連資料 | 52-3 配置図 | | |
| | | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 重大事故等への対処を本来の目的として使用するもの | A |
| | 関連資料 | | | 52-6 容量設定根拠 | | |
| | 第2号 | | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 緩和設備又は防止でも緩和でもない設備 - 対象 (同一目的の SA 設備あり) | B |
| | | | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり) - 異なる駆動源又は冷却源 | C a |
| | | 関連資料 | | 52-2 単線結線図, 52-3 配置図 | | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|---------------------------------|------|---------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----|
| 52条：水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備 | | 格納容器水素濃度 (B系) | | 類型化区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 原子炉建物原子炉棟内設備 | B |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 52-3 配置図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | | 関連資料 | 52-3 配置図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | 計測制御設備 | J | |
| | | | 関連資料 | 52-5 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | | 関連資料 | 52-4 系統図 | | |
| | | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | D B施設と同様の系統構成 | A d |
| | | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 |
| | | | | 関連資料 | — | |
| | | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | |
| | | | 関連資料 | 52-3 配置図 | | |
| | | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B |
| | 関連資料 | | | 52-6 容量設定根拠 | | |
| | 第2号 | | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第3号 | | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 防止設備－対象 (代替対象 D B 設備あり) －屋内 | A a |
| | | | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり) －異なる駆動源又は冷却源 | C a |
| | | | | 関連資料 | 52-2 単線結線図, 52-3 配置図 | |

島根原子力発電所 2号炉 SA設備基準適合性 一覧表 (常設)

| | | | | | | |
|---------------------------------|------|---------------|---------------------------|----------------------------|--|-----|
| 52条：水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備 | | 格納容器酸素濃度 (B系) | | 類型化区分 | | |
| 第43条 | 第1項 | 第1号 | 環境条件における健全性 | 環境温度・湿度・圧力／ 屋外の天候／放射線 | 原子炉建物原子炉棟内設備 | B |
| | | | | 荷重 | (有効に機能を発揮する) | — |
| | | | | 海水 | 海水を通水しない | 対象外 |
| | | | | 電磁的障害 | (電磁波により機能が損なわれない) | — |
| | | | | 周辺機器等からの悪影響 | (周辺機器等からの悪影響により機能を失うおそれがない) | — |
| | | | | 関連資料 | 52-3 配置図 | |
| | | 第2号 | 操作性 | 中央制御室操作 | A | |
| | | | 関連資料 | 58-3 配置図 | | |
| | | 第3号 | 試験・検査 (検査性, 系統構成・外部入力) | 計測制御設備 | J | |
| | | | 関連資料 | 52-5 試験及び検査 | | |
| | | 第4号 | 切り替え性 | 本来の用途として使用一切替操作が不要 | B b | |
| | | | 関連資料 | 52-4 系統図 | | |
| | 第5号 | 悪影響防止 | 系統設計 | DB施設と同様の系統構成 | A d | |
| | | | その他 (飛散物) | 対象外 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | 第6号 | 設置場所 | 中央制御室操作 | B | | |
| | | 関連資料 | 52-3 配置図 | | | |
| | 第2項 | 第1号 | 常設 SA の容量 | 設計基準対象施設の系統及び機器の容量等が十分 | B | |
| | | | 関連資料 | 52-6 容量設定根拠 | | |
| | | 第2号 | 共用の禁止 | 共用しない設備 | 対象外 | |
| | | | 関連資料 | — | | |
| | | 第3号 | 共通要因故障防止 | 環境条件, 自然現象, 外部人為事象, 溢水, 火災 | 緩和設備又は防止でも緩和でもない設備 - 対象 (同一目的の SA 設備あり) | B |
| | | | | サポート系要因 | 対象 (サポート系あり) - 異なる駆動源又は冷却源 | C a |
| | 関連資料 | | | 52-2 単線結線図, 52-3 配置図 | | |

52-2 単線結線図

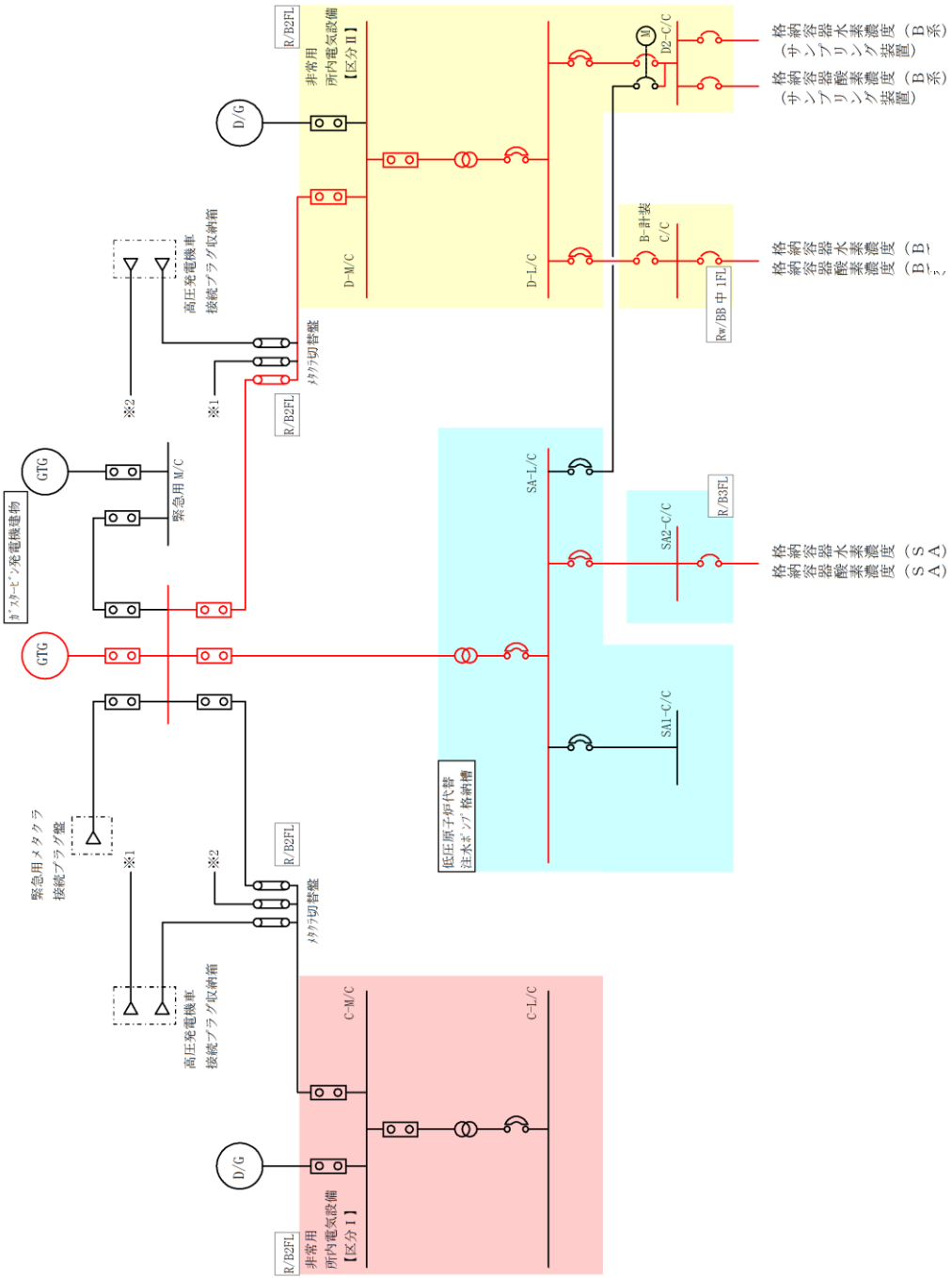
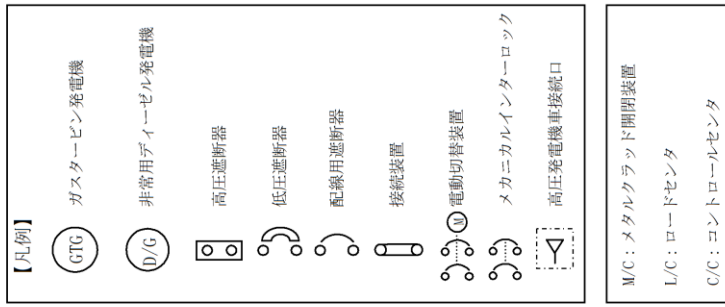


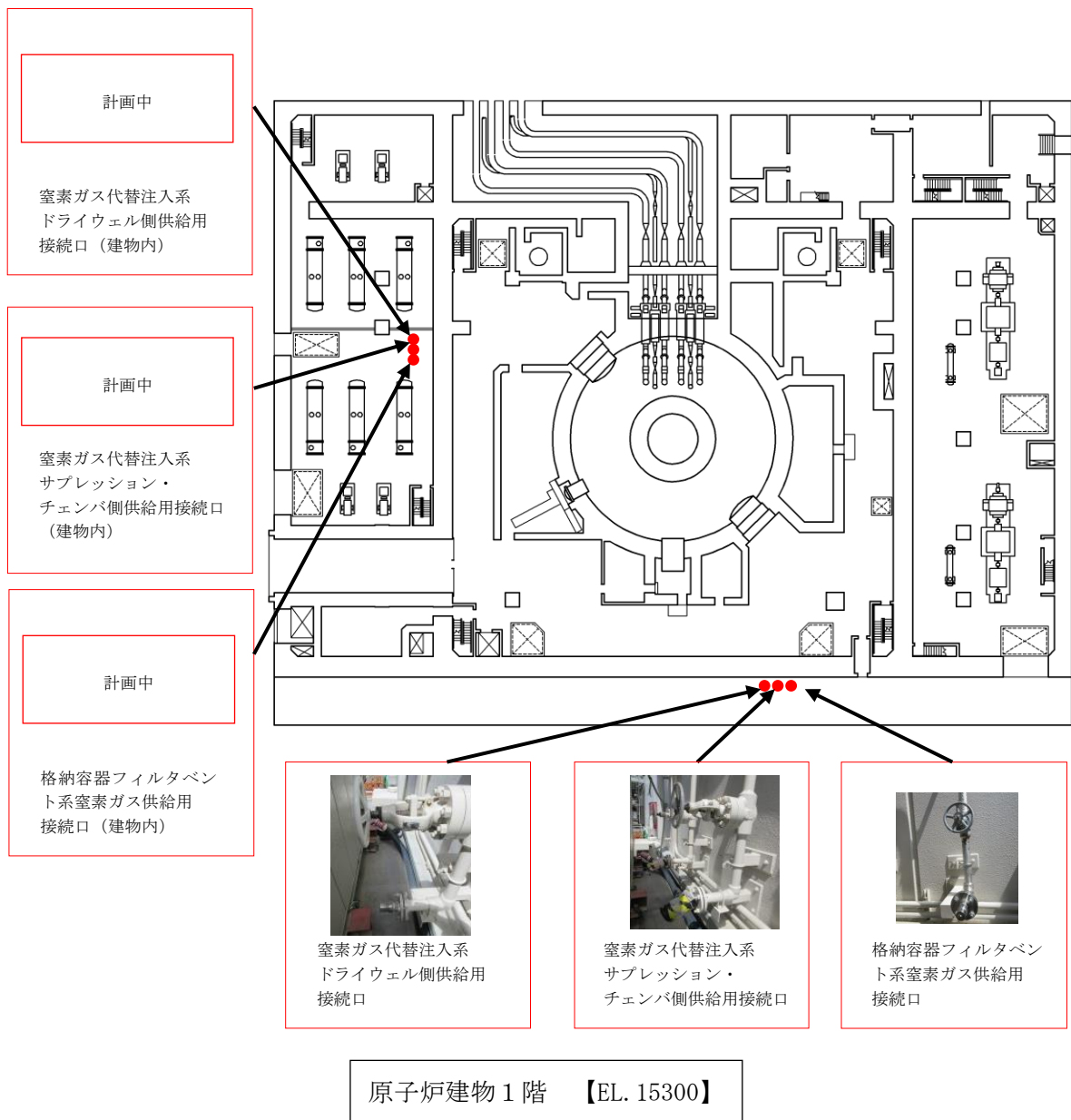


図1 単線結線図

52-3 配置図

| | |
|---|-----------------|
|  | : 設計基準対象施設を示す。 |
|  | : 重大事故等対処設備を示す。 |



計画中

窒素ガス代替注入系
ドライウエル側供給用
接続口 (建物内)

計画中

窒素ガス代替注入系
サプレッション・
チェンバ側供給用接続口
(建物内)

計画中

格納容器フィルタベン
ト系窒素ガス供給用
接続口 (建物内)



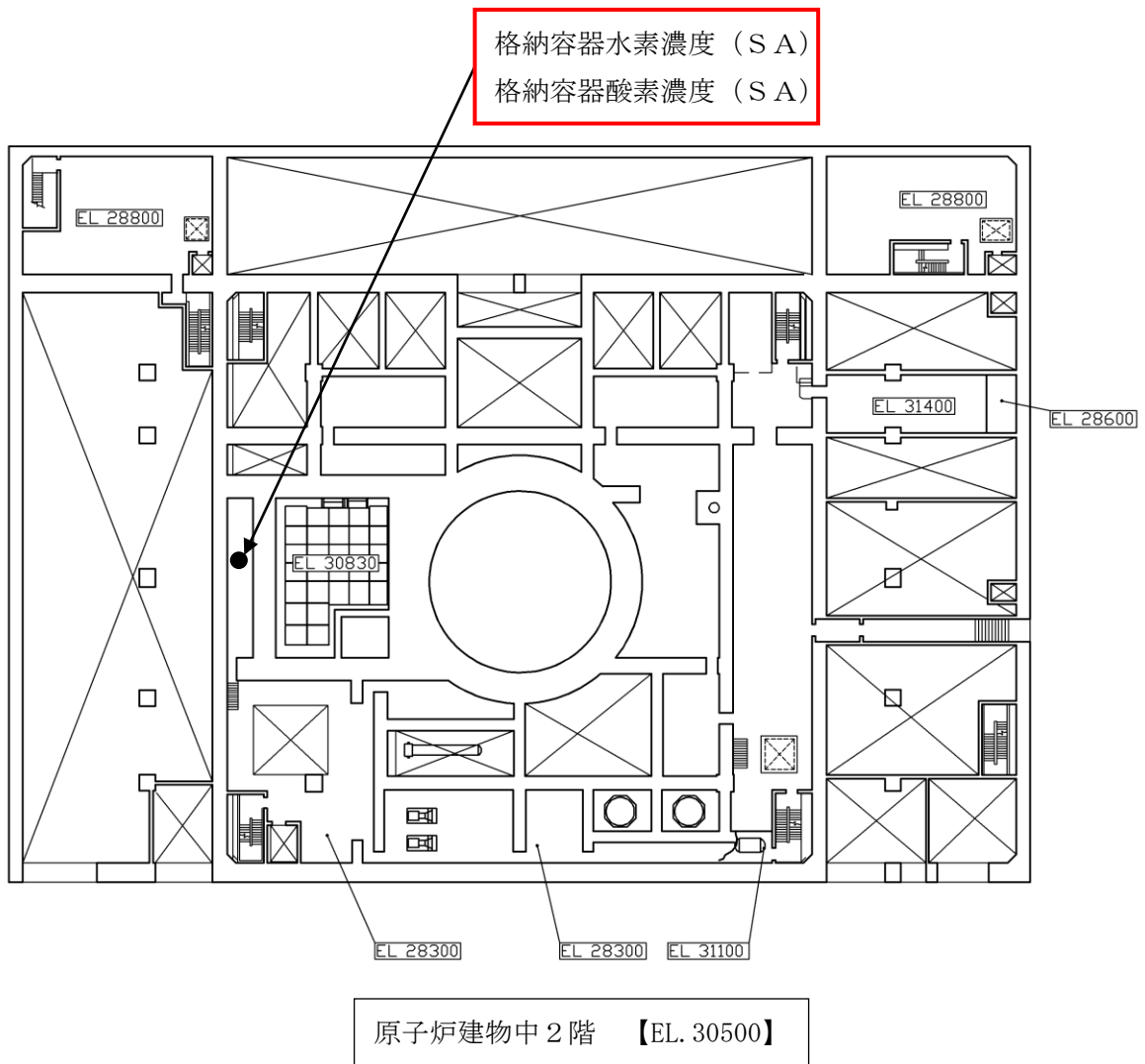


図2 機器配置図 (原子炉建物中 2 階)

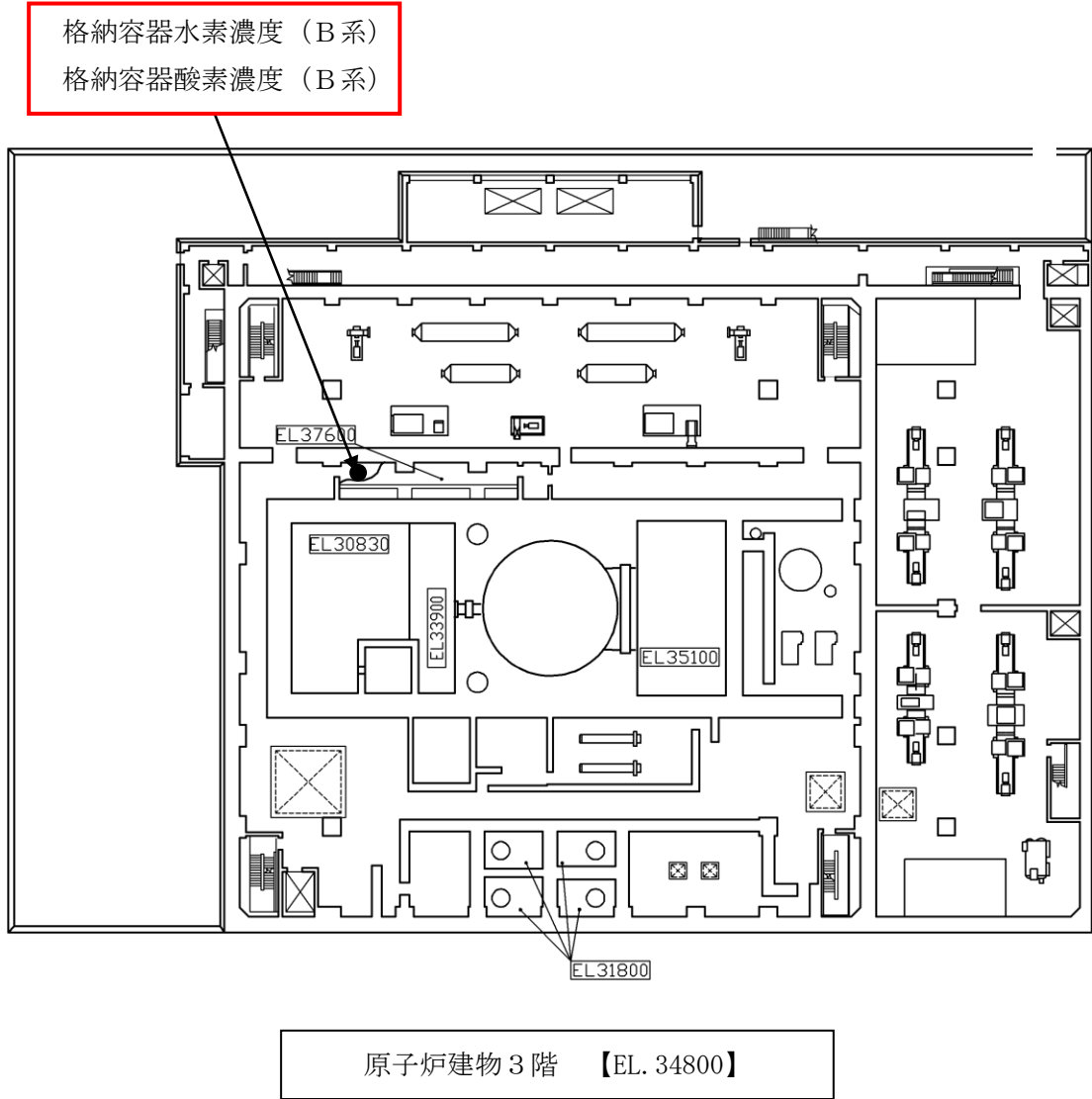


図 3 機器配置図 (原子炉建物 3 階)



図4 機器配置図（中央制御室）

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。

52-4 系統図

1. 窒素ガス代替注入系

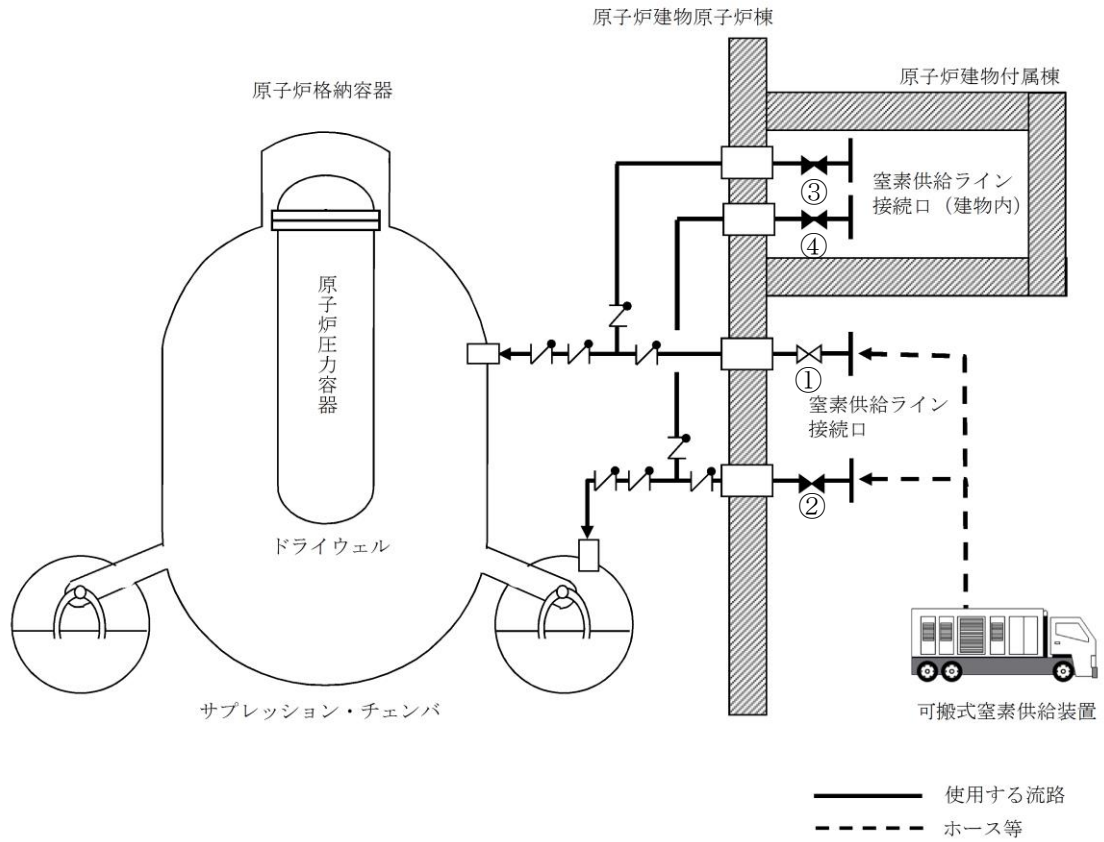


図1 窒素ガス代替注入系 系統概要図

表1 弁リスト

| No. | 弁名称 |
|-----|---------------------------|
| 1 | ANI 代替窒素供給ライン元弁 (D/W側) |
| 2 | ANI 代替窒素供給ライン元弁 (S/C側) |
| 3 | ANI 建物内代替窒素供給ライン元弁 (D/W側) |
| 4 | ANI 建物内代替窒素供給ライン元弁 (S/C側) |

2. 計装設備の系統概要図

格納容器水素濃度（S A）及び格納容器酸素濃度（S A）の系統概要図を図2に示す。また、格納容器水素濃度（B系）及び格納容器酸素濃度（B系）の系統概要図を図3に示す。

いずれの計装設備もサンプルガスは被ばく低減の観点から格納容器内に回収する構成とし、サンプル入口をドライウェルとサプレッション・チェンバの2カ所、サンプル出口をドライウェルまたはサプレッション・チェンバの1カ所としている。サンプル入口と出口が異なる計測を行う場合においても、格納容器容積に対してサンプルガスの流量は小流量でありサンプルガスの移動は無視できる程度であるため、機能上の問題はない。サンプル出口を既許可の格納容器水素濃度（B系）及び格納容器酸素濃度（B系）はサプレッション・チェンバとしているが、新設する格納容器水素濃度（S A）及び格納容器酸素濃度（S A）は、格納容器貫通部の空き状況や配管ルート等を踏まえて施工性の観点からドライウェルとしている。

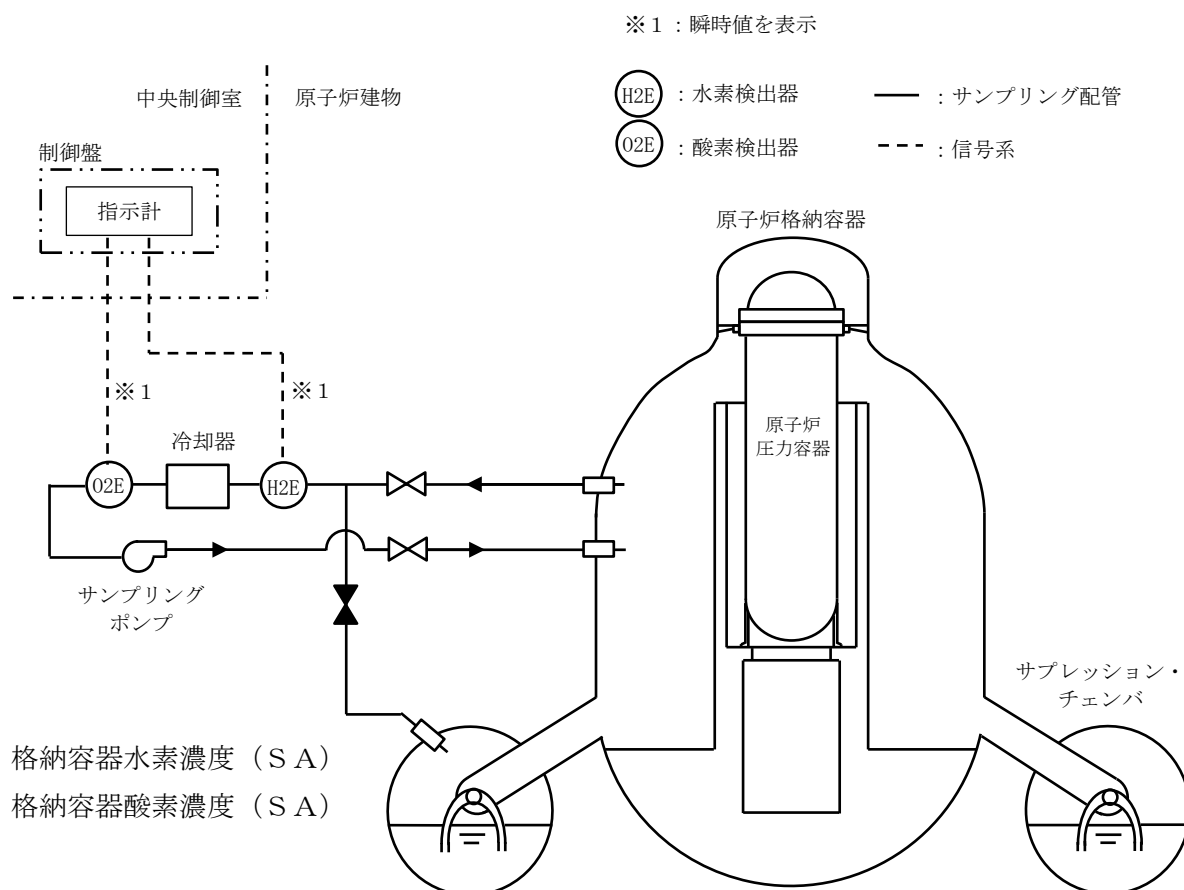
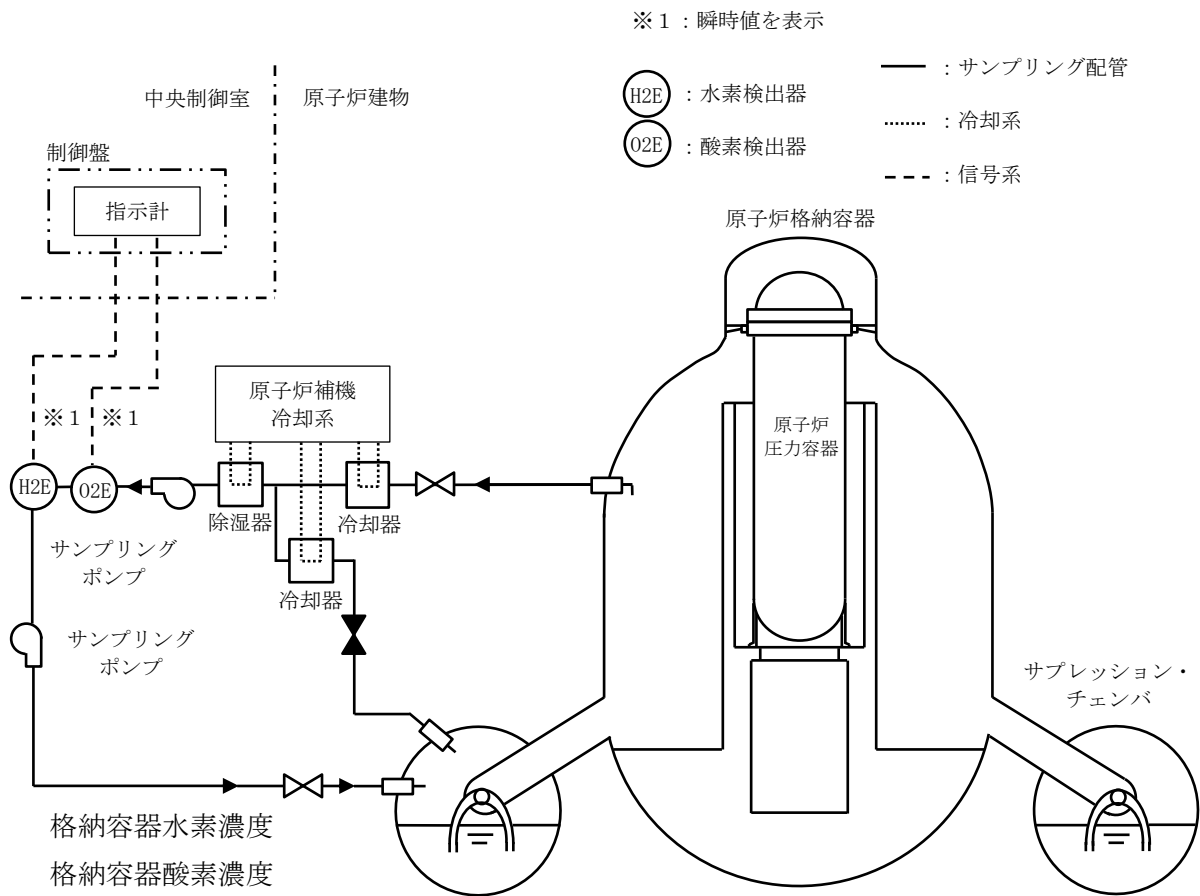


図2 格納容器水素濃度（S A）及び格納容器酸素濃度（S A）に関する系統概要図



※ 2 系列のうち B 系を示す。

図 3 格納容器水素濃度 (B 系) 及び格納容器酸素濃度 (B 系) に関する系統概要図

52-5 試験及び検査

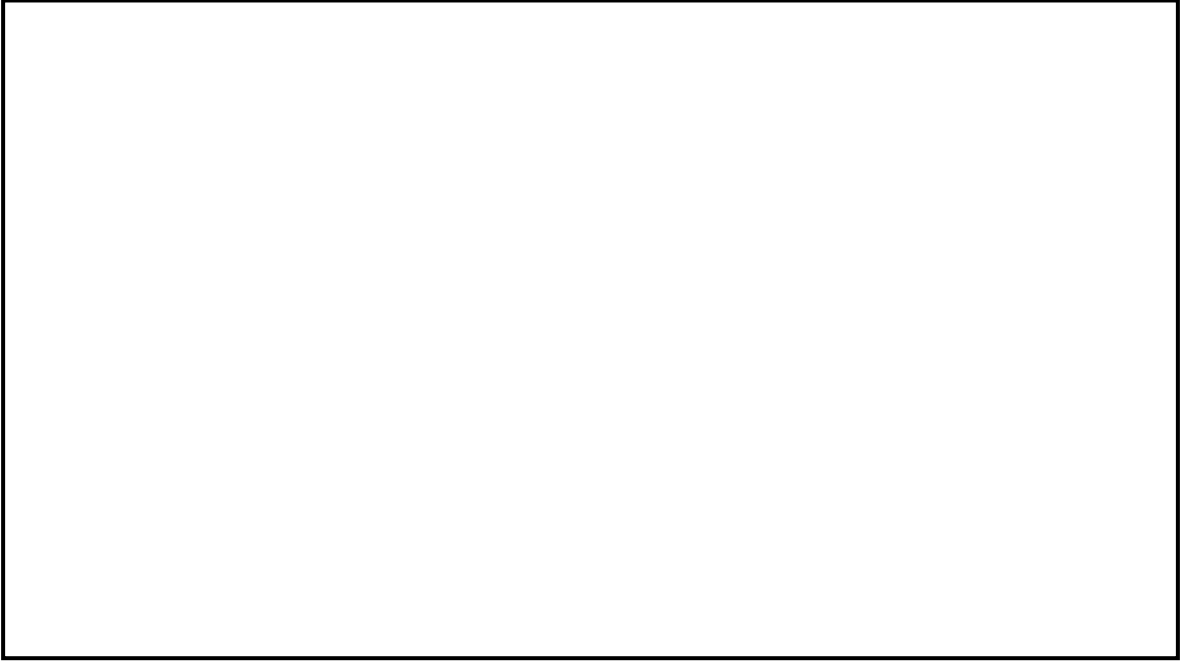
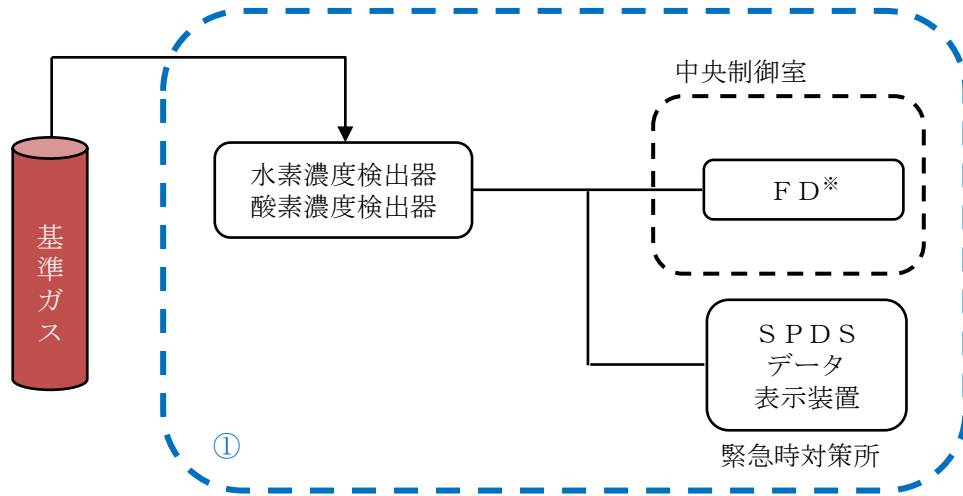


図 1 可搬式窒素供給装置構造図

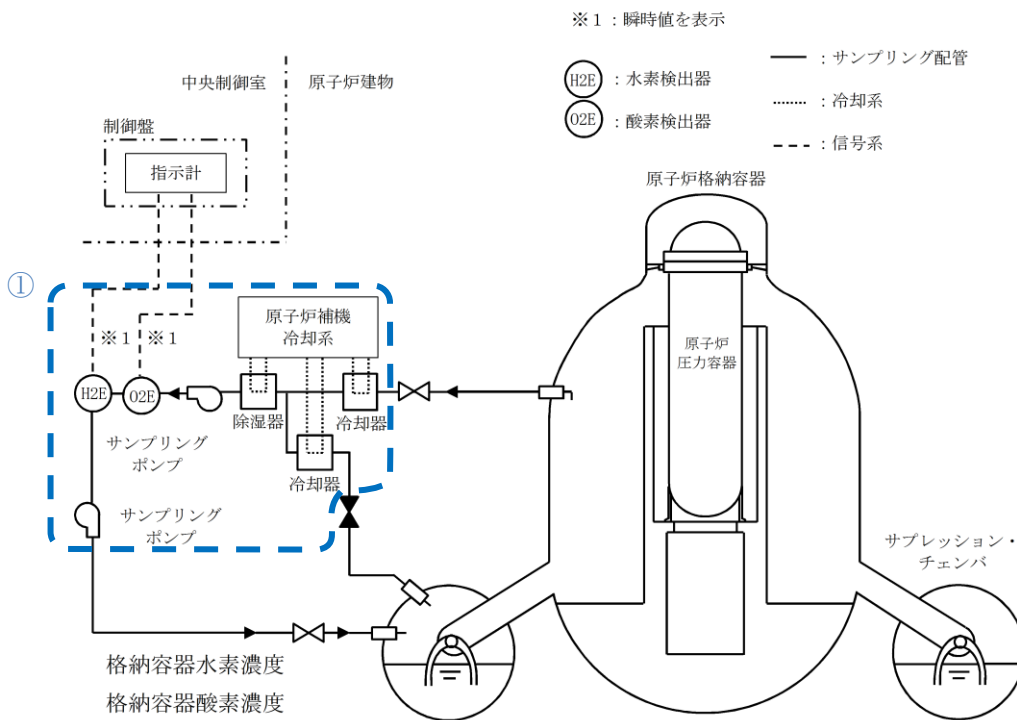
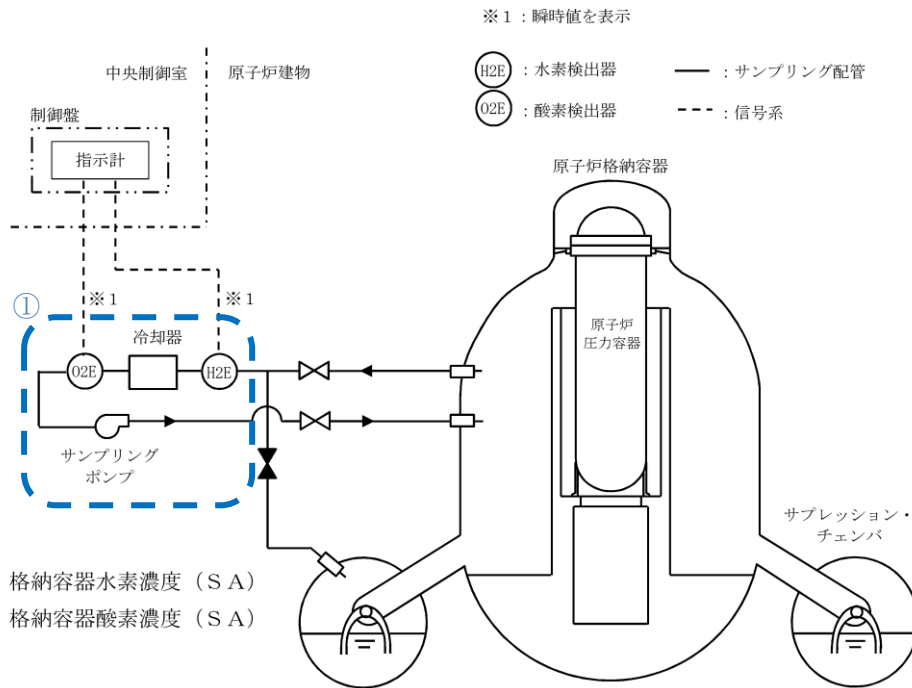
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

※FD：フラットディスプレイ



① 基準ガスによる検出器の校正並びに中央制御室のFD及びSPDSデータ表示装置(緊急時対策所)までのループ試験を実施(点検・検査)

図2 計装設備の試験及び検査①



※2系列のうちB系を示す。

①サンプリング装置の運転性能、漏えいの確認を実施（点検・検査）

図3 計装設備の試験及び検査②

52-6 容量設定根拠

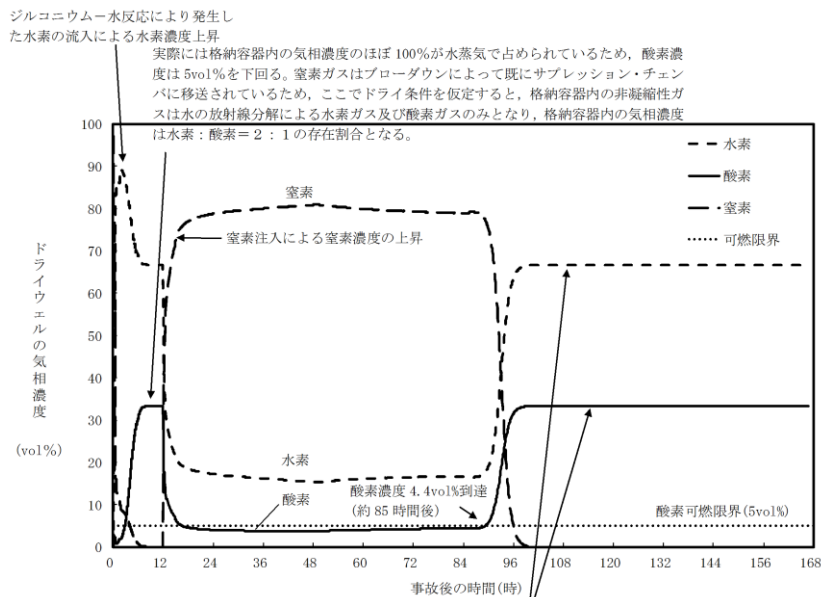
| 名 称 | | 可搬式窒素供給装置 |
|---------|---------------------------|-----------|
| 容 量 | m ³ /h[normal] | 約 100 |
| 窒 素 純 度 | Vol% | 約 99.9 |
| 供 給 圧 力 | MPa | 0.6 以上 |

【設 定 根 拠】

(1) 容量及び窒素純度

可搬式窒素供給装置は、炉心の著しい損傷が発生した場合において、水の放射線分解によって発生する酸素の濃度上昇を抑制可能な設計とし、残留熱代替除去系又は残留熱除去系による除熱を開始した時点で原子炉格納容器内への窒素供給を実施する。

有効性評価シナリオ「水素燃焼」において、設計基準事故等対処設備である可燃性ガス濃度制御系の性能評価で使用しているG値を採用した場合のドライウエル及びサプレッション・チェンバの気相濃度の推移を図1及び図2に示す。事象発生12時間後にドライウエルへの窒素供給を開始し、100 m³/h[normal]にて窒素供給を実施する。事象発生約 85 時間後にドライウエルの酸素濃度がドライ条件で4.4vol%にと達すれば、格納容器フィルタベント系により原子炉格納容器内の水素ガス及び酸素ガスを排出することによって、原子炉格納容器内の酸素濃度は低下し、事象発生から168時間後においても、原子炉格納容器の酸素濃度が可燃限界である5.0vol%に到達することはない。



約85時間後にドライウエル気相部の酸素濃度が4.4vol%に到達するため、ウェットウエルベントラインを開放。これに伴い格納容器内の気体が格納容器外に排出される。開放後、現実的には格納容器内で発生し続ける水蒸気が格納容器内の気相濃度のほぼ100%を占め続けるが、ここでドライ条件を仮定すると、格納容器内の非凝縮性ガスは水の放射線分解による水素ガス及び酸素ガスのみとなるため、格納容器内の気相濃度は水素：酸素=2：1の存在割合となる。

図1 「水素燃焼」において可燃性ガス濃度制御系の性能評価で使用しているG値を採用した場合のドライウエルの気相濃度の推移（ドライ条件）

約 85 時間後にドライウェル気相部の酸素濃度が 4.4vol% に到達するため、ベントラインを開放。これに伴い格納容器内の気体が格納容器外に排出される。開放後、現実的には格納容器内で発生し続ける水蒸気が格納容器内の気相濃度のほぼ 100% を占め続けるが、ここでドライ条件を仮定すると、格納容器内の非凝縮性ガスは水の放射線分解による水素ガス及び酸素ガスのみとなるため、格納容器内の気相濃度は水素：酸素 = 2：1 の存在割合となる

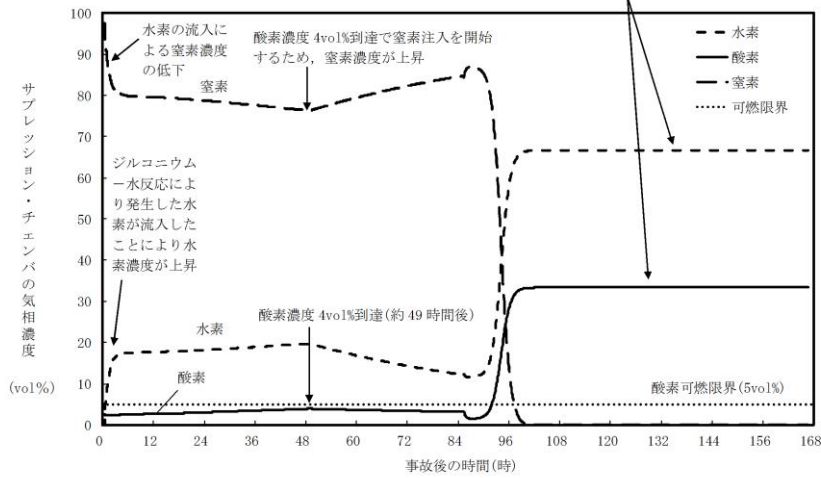


図2 「水素燃焼」において可燃性ガス濃度制御系の性能評価で使用しているG値を採用した場合のサプレッション・チェンバの気相濃度の推移（ドライ条件）

(2) 供給圧力

可搬式窒素供給装置は、0.6MPa 以上の供給圧力を有しており、重大事故等時においても原子炉格納容器への窒素供給が可能な設計としている。

原子炉格納容器への窒素供給は格納容器圧力が 427kPa[gage]到達により停止する手順としており、その時点での格納容器圧力は供給圧力を下回っていることから十分な供給圧力を有している。

1. 格納容器水素濃度（S A）

(1) 設置目的

格納容器水素濃度（S A）は、重大事故等時に水素濃度が変動する可能性のある範囲で水素濃度を監視することを目的として格納容器内のガスをサンプリングし、水素濃度を測定する。

(2) 設備概要

格納容器水素濃度（S A）は、重大事故等対処設備の機能を有しており、格納容器水素濃度（S A）の検出信号は、熱伝導式水素検出器からの電流信号を演算装置にて水素濃度信号へ変換する処理を行った後、格納容器水素濃度（S A）を中央制御室に指示し、緊急時対策所にて記録する。（図1「格納容器水素濃度（S A）の概略構成図」参照。）

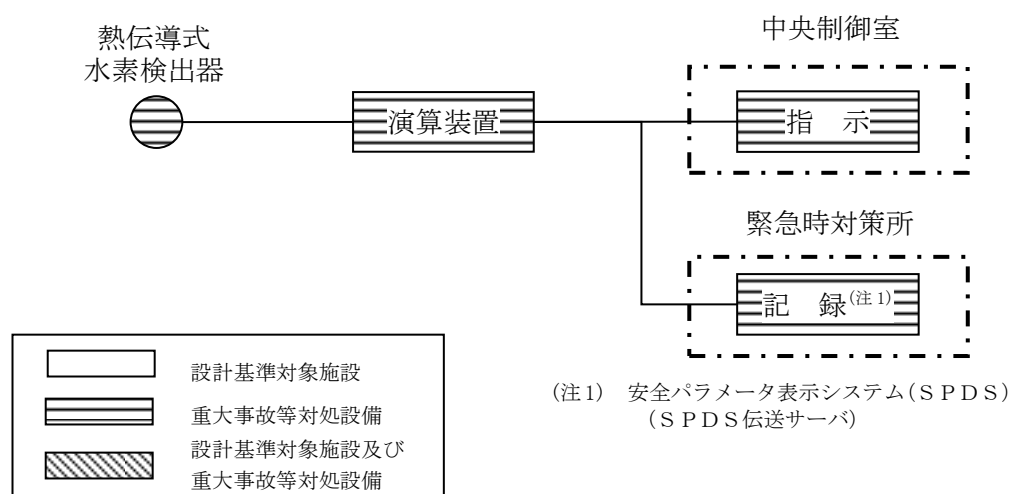


図1 格納容器水素濃度（S A）の概略構成図

(3) 計測範囲

格納容器水素濃度（S A）の仕様を表1に、計測範囲を表2に示す。

表1 格納容器水素濃度（S A）の仕様

| 名称 | 検出器の種類 | 計測範囲 | 個数 | 取付箇所 |
|---------------|-----------|-----------|----|----------------------|
| 格納容器水素濃度（S A） | 熱伝導式水素検出器 | 0～100vol% | 1 | 原子炉建物 原子炉棟 中2階 |

表2 格納容器水素濃度（SA）の計測範囲

| 名称 | 計測範囲 | プラント状態 ^{※1} と予想変動範囲 | | | | 計測範囲の設定に関する考え方 |
|------------------|-----------|------------------------------|----------------------------------|-----------|------------|---|
| | | 通常 運転時 | 設計基準事故時 (運転時の異常な 過渡変化時を含む) | 重大事故等時 | | |
| | | | | 炉心 損傷前 | 炉心 損傷後 | |
| 格納容器水素 濃度（SA） | 0～100vol% | 0 vol% | 0～2.0vol% | 0 vol% | 0～90.4vol% | 重大事故等時に原子炉格納容器内の水素濃度が変動する可能性のある範囲（0～90.4vol% ^{※2} ）を監視可能である。 |

※1：プラント状態の定義は以下のとおり。

- ・通常運転時：計画的に行われる起動、停止、出力運転、高温停止、冷温停止、燃料取替等の原子炉施設の運転であって、その運転状態が所定の制限内にあるもの。通常運転時に想定される設計値を記載。
- ・運転時の異常な過渡変化時：発電用原子炉施設の寿命期間中に予想される機器の単一故障若しくは誤操作又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって生ずる異常な状態。運転時の異常な過渡変化時に想定される設計値を記載
- ・設計基準事故時：「運転時の異常な過渡変化」を超える異常な状態であって、発生する頻度は希であるが、発電用原子炉施設の安全設計の観点から想定されるもの。設計基準事故時に想定される設計値を記載。
- ・重大事故等時：発電用原子炉施設の安全設計の観点から想定される事故を超える事故の発生により、発電用原子炉の炉心の著しい損傷が発生するおそれがある状態又は炉心の著しい損傷が発生した状態。重大事故等時に想定される設計値を記載。

※2：有効性評価「水素燃焼」シナリオにおける解析値を記載。

2. 格納容器水素濃度（B系）

(1) 設置目的

重大事故等時に原子炉格納容器内で発生する水素ガス及び酸素ガスによって原子炉格納容器内が水素爆発することを防止するため、原子炉格納容器内の雰囲気ガスを排気する必要がある。このため、格納容器水素濃度の監視を目的として原子炉棟内に検出器を設置し、原子炉格納容器内のガスをサンプリングすることで原子炉格納容器内の水素濃度を測定する。

(2) 設備概要

格納容器水素濃度（B系）は、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の機能を有しており、格納容器水素濃度（B系）の検出信号は、熱伝導式水素検出器からの電圧信号を前置増幅器で増幅し、演算装置にて水素濃度信号へ変換する処理を行った後、格納容器水素濃度（B系）を中央制御室に指示し、緊急時対策所にて記録する。（図2「格納容器水素濃度（B系）の概略構成図」参照。）

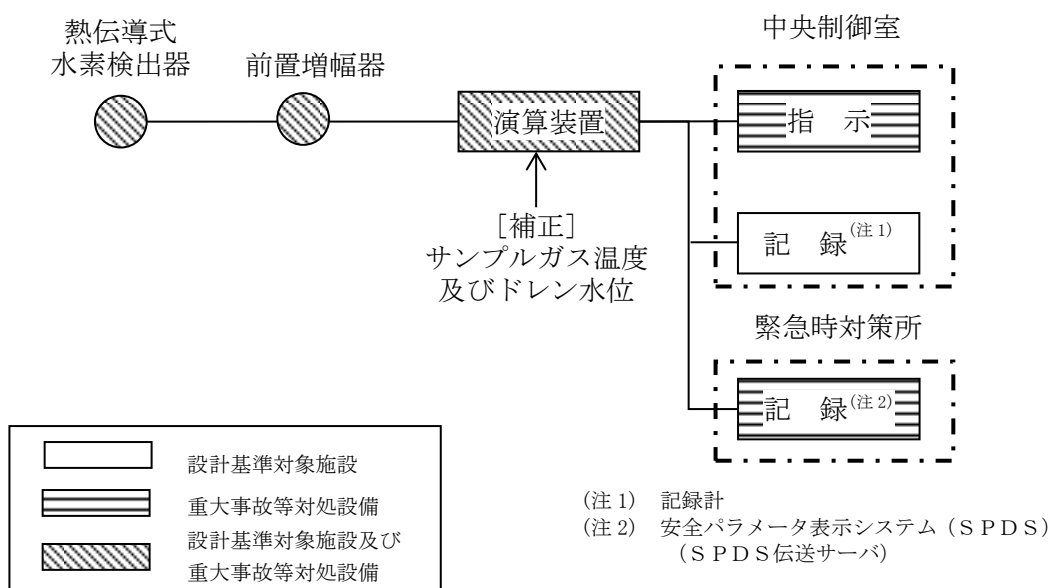


図2 格納容器水素濃度（B系）の概略構成図

(3) 計測範囲

格納容器水素濃度（B系）の仕様を表3に、計測範囲を表4に示す。

表3 格納容器水素濃度（B系）の仕様

| 名称 | 検出器の種類 | 計測範囲 | 個数 | 取付箇所 |
|--------------|-----------|--------------------------|----|---------------------|
| 格納容器水素濃度（B系） | 熱伝導式水素検出器 | 0～5 vol% / 0～100 vol% | 1 | 原子炉建物 原子炉棟 3階 |

表4 格納容器水素濃度（B系）の計測範囲

| 名称 | 計測範囲 | プラント状態 ^{※1} と予想変動範囲 | | | | 計測範囲の設定に関する考え方 |
|------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------|------------|--|
| | | 通常 運転時 | 設計基準事故時 (運転時の異常な 過渡変化時を含む) | 重大事故等時 | | |
| | | | | 炉心 損傷前 | 炉心 損傷後 | |
| 格納容器水素 濃度（B系） | 0～5 vol% / 0～100vol% | 0 vol% | 0～2.0vol% | 0 vol% | 0～90.4vol% | 重大事故等時に原子炉格納容器内の水素濃度 が変動する可能性のある 範囲（0～90.4vol% ※2）を監視可能である。 |

※1：プラント状態の定義は以下のとおり。

- ・通常運転時：計画的に行われる起動、停止、出力運転、高温停止、冷温停止、燃料取替等の原子炉施設の運転であって、その運転状態が所定の制限内にあるもの。通常運転時に想定される設計値を記載。
- ・運転時の異常な過渡変化時：発電用原子炉施設の寿命期間中に予想される機器の単一故障若しくは誤操作又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって生ずる異常な状態。運転時の異常な過渡変化時に想定される設計値を記載
- ・設計基準事故時：「運転時の異常な過渡変化」を超える異常な状態であって、発生する頻度は希であるが、発電用原子炉施設の安全設計の観点から想定されるもの。設計基準事故時に想定される設計値を記載。
- ・重大事故等時：発電用原子炉施設の安全設計の観点から想定される事故を超える事故の発生により、発電用原子炉の炉心の著しい損傷が発生するおそれがある状態又は炉心の著しい損傷が発生した状態。重大事故等時に想定される設計値を記載。

※2：有効性評価「水素燃焼」シナリオにおける解析値を記載。

3. 格納容器酸素濃度（S A）

(1) 設置目的

格納容器酸素濃度（S A）は、重大事故等時に酸素濃度が変動する可能性のある範囲で酸素濃度を監視することを目的として格納容器内のガスをサンプリングし、酸素濃度を測定する。

(2) 設備概要

格納容器酸素濃度（S A）は、重大事故等対処設備の機能を有しており、格納容器酸素濃度（S A）の検出信号は、磁気力式酸素検出器からの電流信号を演算装置にて酸素濃度信号へ変換する処理を行った後、格納容器酸素濃度（S A）を中央制御室に指示し、緊急時対策所にて記録する。（図3「格納容器酸素濃度（S A）の概略構成図」参照。）

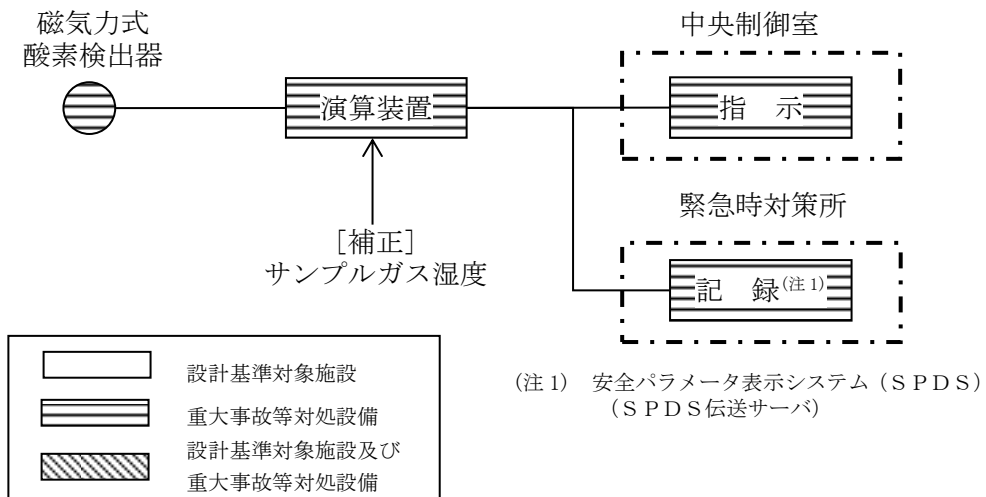


図3 格納容器酸素濃度（S A）の概略構成図

(3) 計測範囲

格納容器酸素濃度（S A）の仕様を表5に、計測範囲を表6に示す。

表5 格納容器酸素濃度（S A）の仕様

| 名称 | 検出器の種類 | 計測範囲 | 個数 | 取付箇所 |
|---------------|-----------|----------|----|----------------------|
| 格納容器酸素濃度（S A） | 磁気力式酸素検出器 | 0～25vol% | 1 | 原子炉建物 原子炉棟 中2階 |

表6 格納容器酸素濃度（SA）の計測範囲

| 名称 | 計測範囲 | プラント状態 ^{※1} と予想変動範囲 | | | | 計測範囲の設定に関する考え方 |
|--------------|----------|------------------------------|------------------------------|---------------|---------------|---|
| | | 通常 運転時 | 設計基準事故時 (運転時の異常な過渡変化時を含む) | 重大事故等時 | | |
| | | | | 炉心 損傷前 | 炉心 損傷後 | |
| 格納容器酸素濃度（SA） | 0～25vol% | 2.5vol%以下 | 4.3vol%以下 | 2.5vol% 以下 | 4.4vol% 以下 | 重大事故等時に原子炉格納容器内の酸素濃度変動する可能性のある範囲（0～4.4vol% ^{※2} ）を監視可能である。 |

※1：プラント状態の定義は以下のとおり。

- ・通常運転時：計画的に行われる起動、停止、出力運転、高温停止、冷温停止、燃料取替等の原子炉施設の運転であって、その運転状態が所定の制限内にあるもの。通常運転時に想定される設計値を記載。
- ・運転時の異常な過渡変化時：発電用原子炉施設の寿命期間中に予想される機器の単一故障若しくは誤操作又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって生ずる異常な状態。運転時の異常な過渡変化時に想定される設計値を記載。
- ・設計基準事故時：「運転時の異常な過渡変化」を超える異常な状態であって、発生する頻度は希であるが、発電用原子炉施設の安全設計の観点から想定されるもの。設計基準事故時に想定される設計値を記載。
- ・重大事故等時：発電用原子炉施設の安全設計の観点から想定される事故を超える事故の発生により、発電用原子炉の炉心の著しい損傷が発生するおそれがある状態又は炉心の著しい損傷が発生した状態。重大事故等時に想定される設計値を記載。

※2：格納容器ベント実施の判断基準を記載。

4. 格納容器酸素濃度（B系）

(1) 設置目的

重大事故等時に原子炉格納容器内で発生する水素ガス及び酸素ガスによって原子炉格納容器内が水素爆発することを防止するため，原子炉格納容器内の雰囲気ガスを排気する必要がある。このため，格納容器酸素濃度の監視を目的として原子炉棟内に検出器を設置し，原子炉格納容器内のガスをサンプリングすることで原子炉格納容器内の酸素濃度を測定する。

(2) 設備概要

格納容器酸素濃度（B系）は，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の機能を有しており，格納容器酸素濃度（B系）の検出信号は，熱磁気風式酸素検出器からの電圧信号を前置増幅器で増幅し，演算装置にて酸素濃度信号へ変換する処理を行った後，格納容器酸素濃度（B系）を中央制御室に指示し，緊急時対策所にて記録する。（図4「格納容器酸素濃度（B系）の概略構成図」参照。）

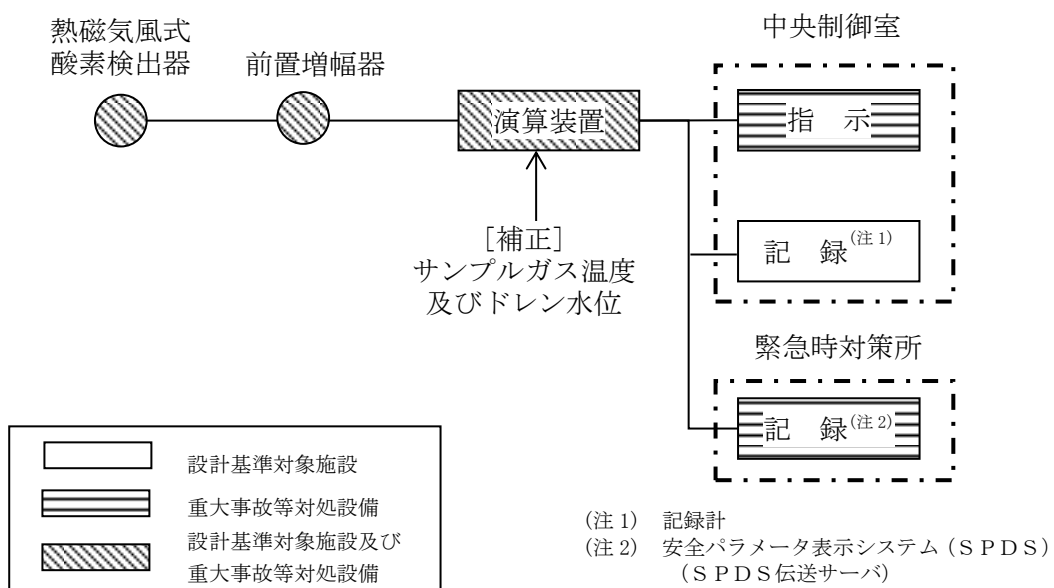


図4 格納容器酸素濃度（B系）の概略構成図

(3) 計測範囲

格納容器酸素濃度（B系）の仕様を表7に，計測範囲を表8に示す。

表7 格納容器酸素濃度（B系）の仕様

| 名称 | 検出器の種類 | 計測範囲 | 個数 | 取付箇所 |
|--------------|------------|-------------------------|----|---------------------|
| 格納容器酸素濃度（B系） | 熱磁気風式酸素検出器 | 0～5 vol% / 0～25 vol% | 1 | 原子炉建物 原子炉棟 3階 |

表8 格納容器酸素濃度（B系）の計測範囲

| 名称 | 計測範囲 | プラント状態 ^{※1} と予想変動範囲 | | | | 計測範囲の設定に関する考え方 |
|------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|---|
| | | 通常 運転時 | 設計基準事故時 (運転時の異常な過 渡変化時を含む) | 重大事故等時 | | |
| | | | | 炉心 損傷前 | 炉心 損傷後 | |
| 格納容器酸素 濃度（B系） | 0～5vol%/ 0～25vol% | 2.5vol%以下 | 4.3vol%以下 | 2.5vol% 以下 | 4.4vol% 以下 | 重大事故等時に原子炉 格納容器内の酸素濃度 が変動する可能性のあ る範囲（0～4.4vol% ※2）を監視可能である。 |

※1：プラント状態の定義は以下のとおり。

- ・通常運転時：計画的に行われる起動，停止，出力運転，高温停止，冷温停止，燃料取替等の原子炉施設の運転であって，その運転状態が所定の制限内にあるもの。通常運転時に想定される設計値を記載。
- ・運転時の異常な過渡変化時：発電用原子炉施設の寿命期間中に予想される機器の単一故障若しくは誤操作又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって生ずる異常な状態。運転時の異常な過渡変化時に想定される設計値を記載。
- ・設計基準事故時：「運転時の異常な過渡変化」を超える異常な状態であって，発生する頻度は希であるが，発電用原子炉施設の安全設計の観点から想定されるもの。設計基準事故時に想定される設計値を記載。
- ・重大事故等時：発電用原子炉施設の安全設計の観点から想定される事故を超える事故の発生により，発電用原子炉の炉心の著しい損傷が発生するおそれがある状態又は炉心の著しい損傷が発生した状態。重大事故等時に想定される設計値を記載。

※2：格納容器ベント実施の判断基準を記載。

52-7 計装設備の測定原理

1. 計装設備の計測原理

(1) 格納容器水素濃度 (S A)

原子炉格納容器内の水素濃度を測定するために用いる格納容器水素濃度 (S A) は、熱伝導式のものを用いる。熱伝導式の水素検出器は、図1に示すとおり、検知素子と補償素子 (サーミスタ) でブリッジ回路が構成されている。検知素子の部分のみに測定対象ガスが流れ、補償素子に測定対象ガスが流れない構造としている。

水素濃度の測定部より電圧を印加して検知素子と補償素子の両方のサーミスタを一定温度に加熱した状態で、検知素子側に水素を含む測定ガスを流すと、測定ガスが熱を奪い、検知素子の温度が低下することにより抵抗が低下する。

この検知素子の抵抗が低下することによりブリッジ回路の平衡が失われ、図1のA B間に電位差が生じる。この電位差が水素濃度に比例する原理を用いて、水素濃度を測定する。

なお、格納容器水素濃度 (S A) の計測範囲0~100vol%において、計器仕様は最大±2.0vol% (ウェット) の誤差を生じる可能性があるが、この誤差があることを理解した上で、原子炉格納容器内の水素濃度の推移、傾向 (トレンド) を監視していくことができる。

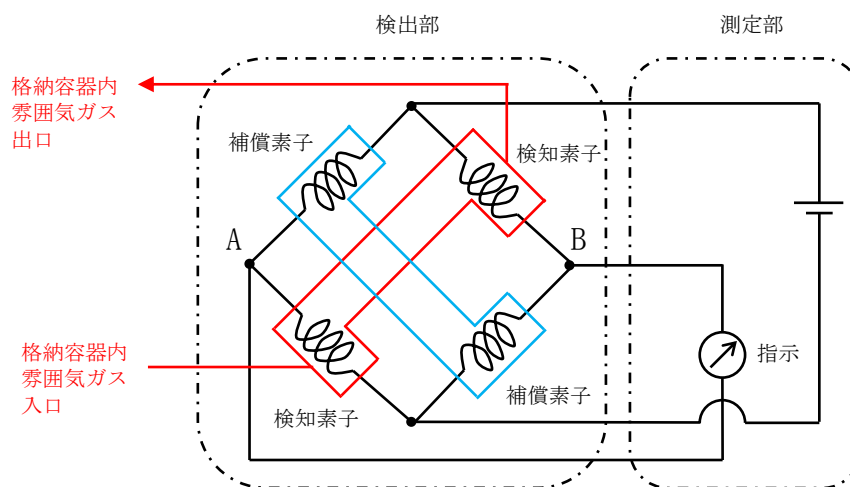


図1 格納容器水素濃度 (S A) 検出回路の概要図

(2) 格納容器水素濃度

原子炉格納容器内の水素濃度を測定するために用いる格納容器水素濃度は、熱伝導式のものを用いる。

熱伝導式の水素検出器は、図2に示すとおり、検知素子と補償素子（サーミスタ）、及び2つの固定抵抗でブリッジ回路が構成されている。検知素子の部分に、サンプリングされたガスが流れるようになっており、補償素子には基準となる標準空気が密閉されており測定対象ガスとは接触しない構造になっている。

水素濃度計の指示部より電圧を印加して検知素子と補償素子の両方のサーミスタを一定温度に加熱した状態で、検知素子側に水素を含む測定ガスを流すと、測定ガスが熱を奪い、検知素子の温度が低下することにより抵抗が低下する。この検知素子の抵抗が低下するとブリッジ回路の平衡が失われ、図2のA B間に電位差が生じる。この電位差が水素濃度に比例する原理を用いて、水素濃度を測定する。

なお、格納容器水素濃度の計測範囲0～5 vol% / 0～100 vol%において、計器仕様は最大±0.16 vol% / ±3.2 vol%（ウェット）、±0.13 vol% / ±2.5 vol%（ドライ）の誤差を生じる可能性があるが、この誤差があることを理解した上で、原子炉格納容器内の水素濃度の推移、傾向（トレンド）を監視していくことができる。

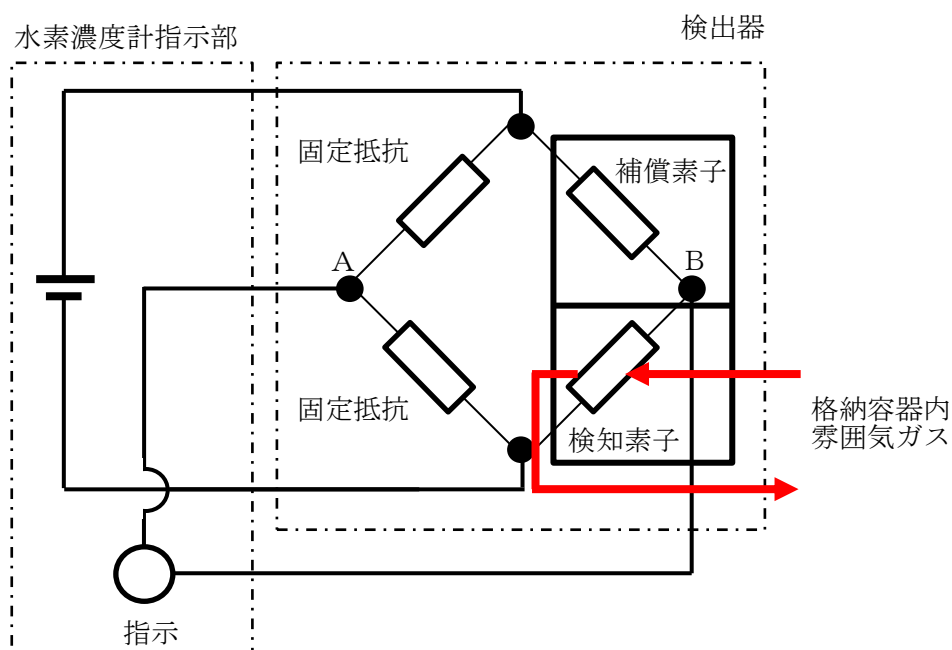


図2 格納容器水素濃度検出回路の概要図

(3) 格納容器酸素濃度 (S A)

原子炉格納容器内の酸素濃度を測定するために用いる格納容器酸素濃度 (S A) は、磁気力式のものをを用いる。

磁気力式の酸素検出器は、図3「格納容器酸素濃度 (S A) の原理図」に示すとおり、2つの球体、くさび型状の磁極片、LEDからの光を受光素子へ反射する鏡等で構成されている。また、格納容器酸素濃度 (S A) の検出回路を図4「格納容器酸素濃度 (S A) 検出回路図」に示す。

初期状態において球体は上から見て右回りに傾いた位置で静止している。ガラス管内に強い磁化率を持つ酸素分子が流れ込むと、磁場に引き寄せられ、磁極片の先端部に酸素分子が引き寄せられる。磁極片先端部に引き寄せられた酸素分子により2つの球体が磁極片先端部から端部へ押し出され、右回りに回転する。これにより、LEDからの光を受光素子への光量が一定となるように制御しており、受光素子への光量が変化する。増幅器は受光素子への光量の変化を検知するとフィードバック電流を増加させる。球体はフィードバック電流がコイルを流れることで発生するカウンターモーメントを受けて光量が一定となる初期位置で静止する。このフィードバック電流が酸素濃度に比例する原理を用いて酸素濃度の測定を行う。(図5「格納容器酸素濃度 (S A) の動作原理イメージ」参照)。

なお、格納容器酸素濃度 (S A) の計測範囲0～25vol%において、計器仕様は最大±0.75vol% (ウェット)、±0.50vol% (ドライ) の誤差を生じる可能性があるが、この誤差があることを理解した上で、原子炉格納容器内の酸素濃度の推移、傾向 (トレンド) を監視していくことができる。

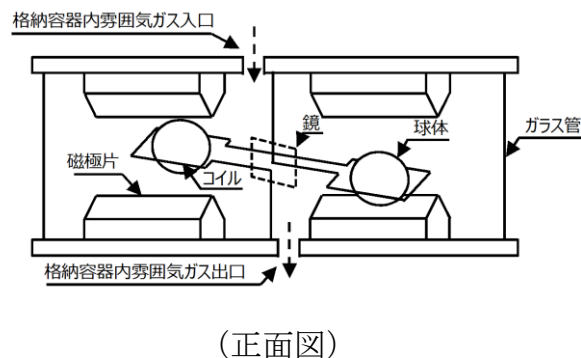
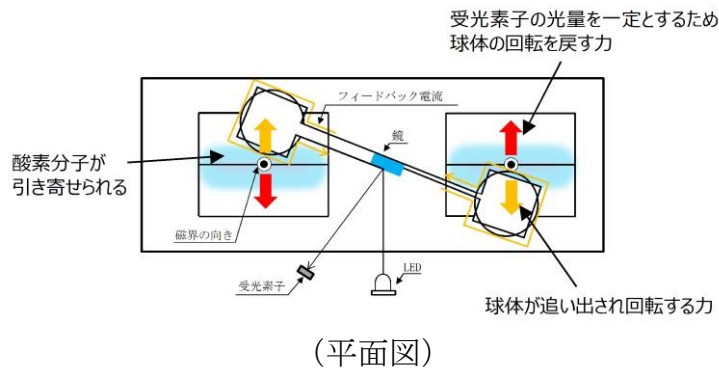


図3 格納容器酸素濃度 (S A) の原理図

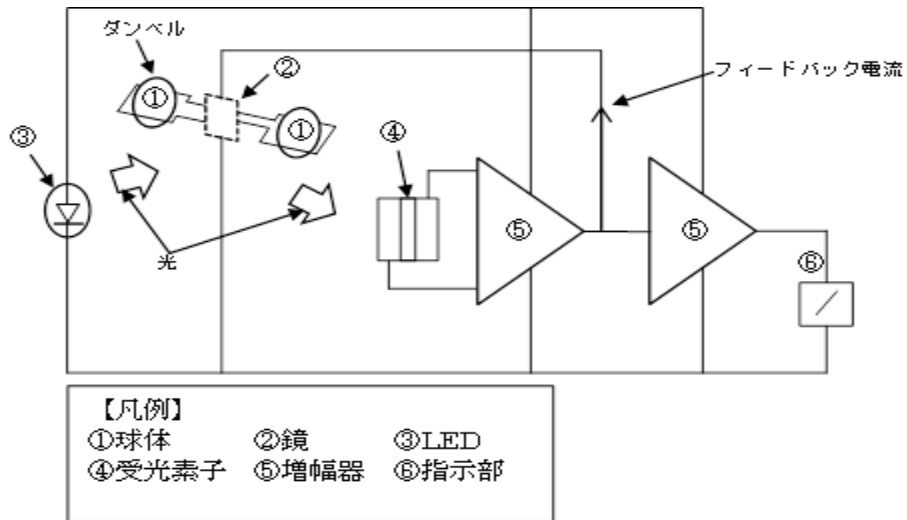


図4 格納容器酸素濃度 (SA) の検出回路図

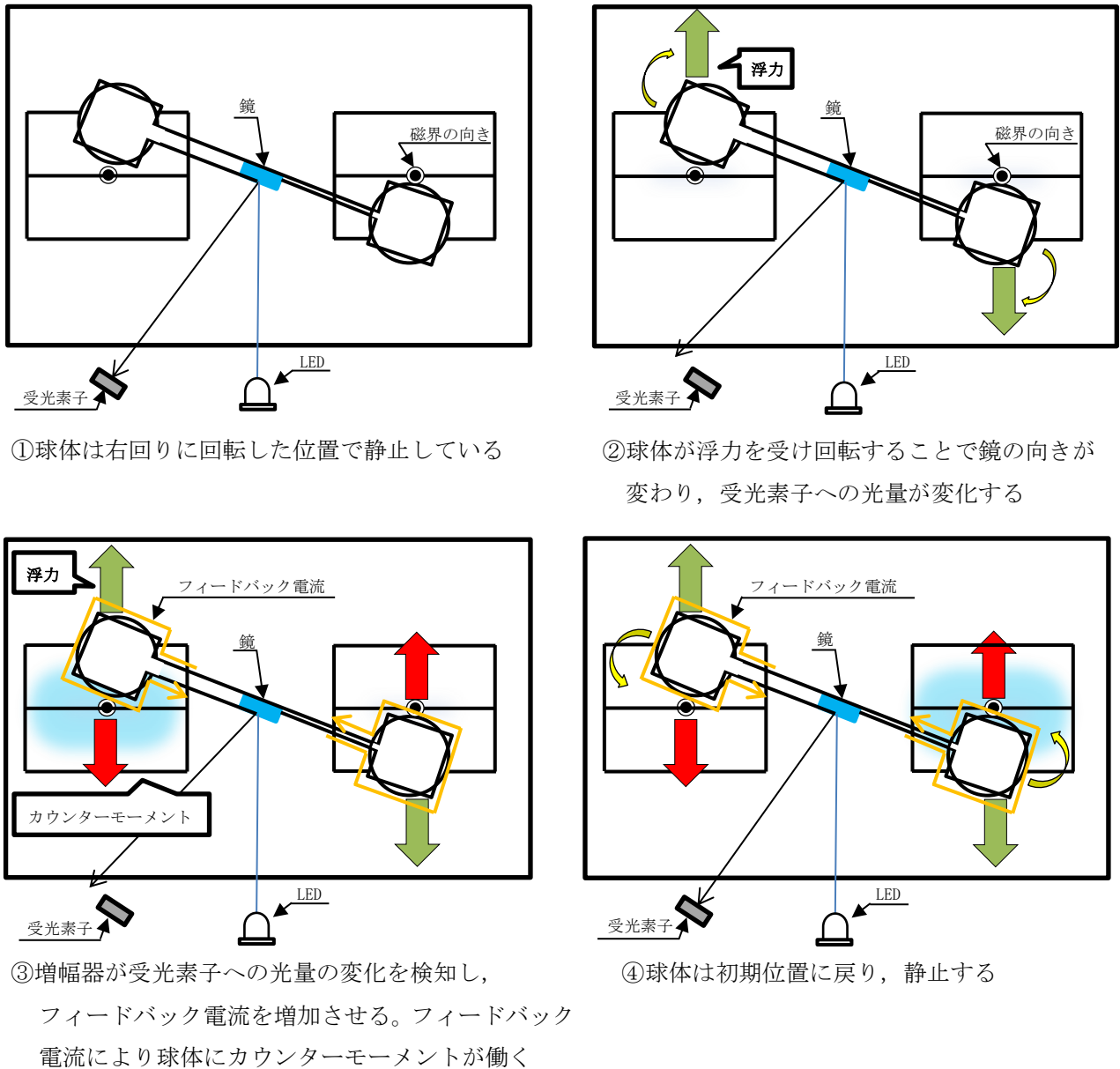


図5 格納容器酸素濃度 (SA) の動作原理イメージ

(4) 格納容器酸素濃度

原子炉格納容器内の酸素濃度を測定するために用いる格納容器酸素濃度は、熱磁気風式のものをを用いる。

熱磁気風式の酸素検出器は、図6「酸素濃度計検出回路の概要図」に示すとおり、サーミスタ温度素子（発風側素子、受風側素子）及び2つの固定抵抗でブリッジ回路が構成されており、検出素子及び補償素子は一定温度で保温されている。

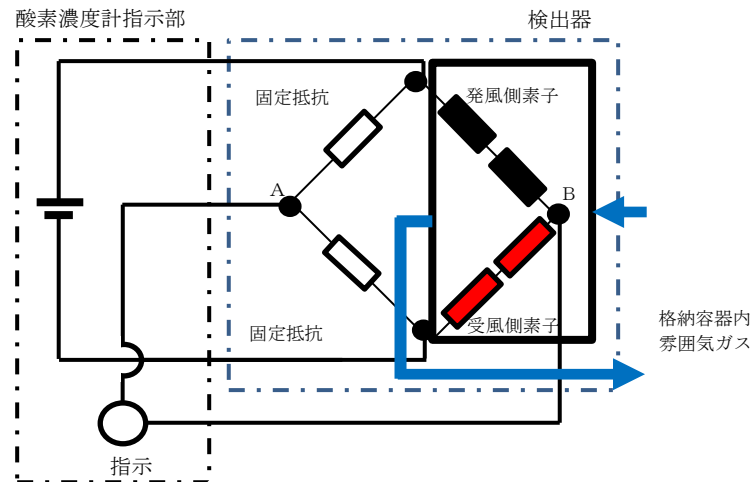
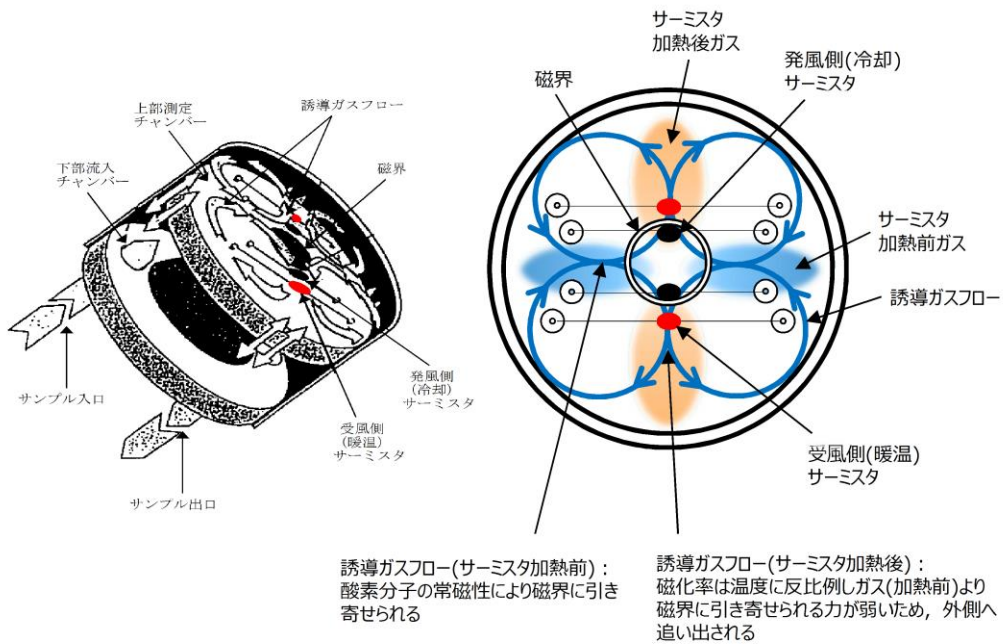


図6 酸素濃度検出回路の概要図

格納容器酸素濃度の原理を図7に示す。酸素濃度計は2層構造のチャンバーで構成されており、サンプル入口より下部流入チャンバー内にサンプルガスが流入する。サンプルガスの大部分は下部流入チャンバーを通過しサンプル出口へ流出するが、少量のサンプルガスは上部測定チャンバー内に流入する。酸素は極めて強い常磁性体であることから、上部測定チャンバーに流入したサンプルガスは磁界中心部に引き寄せられ、加熱された発風側素子により温度が上昇する。磁化率は温度に反比例することから、後から流入してくる低温のサンプルガスにより、高温となったサンプルガスは磁界中心部から追い出されることとなる。発風側素子は低温のサンプルガスに熱を奪われることで冷やされることとなり、磁界外の受風側素子は発風側素子が奪われた熱を受け取り、暖められることとなる。



(立体図)

(平面図)

図7 格納容器酸素濃度の原理図

チャンバー内に酸素を含む原子炉格納容器内雰囲気ガスを流すと、磁気風により発風側素子の温度が下がることで、発風側素子の抵抗は小さくなる。一方、受風側素子の温度が上がることで、受風側素子の抵抗は大きくなる。発風側素子と受風側素子の抵抗値が変化することで、ブリッジ回路の平衡が変化し、図6のA B間に電位差（電流）が生じる。この電位差が酸素濃度に比例する原理を用いて、酸素濃度を測定する。

なお、格納容器内酸素濃度の計測範囲0～5 vol% / 0～25 vol%において、計器仕様は最大±0.16 vol% / ±0.78 vol%（ウェット），±0.13 vol% / ±0.63 vol%（ドライ）の誤差を生じる可能性があるが、この誤差があることを理解した上で、原子炉格納容器内の酸素濃度の推移、傾向（トレンド）を監視していくことができる。

(5) 酸素濃度計の構造及び原理の比較について

酸素濃度計の構造及び原理とその特徴を表1に示す。

構造及び原理は違うものの、特徴として酸素分子の常磁性を利用した測定方法である点は同じであり、表1に示す対策等により重大事故等対処設備として採用可能である。

表1 酸素濃度計の構造及び原理比較

| 設備 | 計測原理 | 構造及び原理 | 特徴 | | 対策等 |
|-------------------------------|-------|---|---|--|---|
| | | | 長所 | 短所 | |
| 格納容器内酸素濃度 (B系) : 既設 (CAMS) | 熱磁気風式 | 下部と上部の2層構造のチャンバーで構成されている。上部測定チャンバーに流入したサンプルガスは、酸素分子の常磁性により磁界中心部に引き寄せられ、発風側サーミスタにより温度が上昇する。磁化率は温度に反比例することから、後から流入してくる低温のサンプルガスにより、高温のサンプルガスは磁界中心部から追い出される。発風側サーミスタは低温のサンプルガスに冷やされ、磁界外の受風側サーミスタは発風側サーミスタが奪われた熱により暖められたサンプルガスにさらされることになり、その温度勾配による抵抗値の変化を利用している。 | <ul style="list-style-type: none"> ・振動及び衝撃に強い ・共存ガスの影響は小さい ・消耗する構成部品がない | <ul style="list-style-type: none"> ・急激な周囲温度変化に弱い ・汚れや腐食の影響を受ける可能性がある | <ul style="list-style-type: none"> ・熱伝導を利用していることから、急激な周囲温度変化に弱い特徴があるが、検出器の設置エリアである原子炉棟内の環境条件を考慮して、空調設置することで耐環境性の向上対策を実施し、周囲温度変化に対する影響を考慮した設計とする。 ・汚れや腐食の影響を受ける可能性があるが、フィルタを設けることで影響緩和可能 |
| 格納容器内酸素濃度 (SA) : 新設SA設備 | 磁気力式 | 2つの球体、磁極片、LEDからの光を受光素子へ反射する鏡等にて構成されている。ガラス管内に常磁性のある酸素分子が流れ込み磁極片に引き寄せられることにより球体が追い出され回転する力に対して、受光素子の光量を一定とするため球体の回転を戻す力を発生させるフィードバック電流が酸素濃度に比例することを利用している。 | <ul style="list-style-type: none"> ・急激な周囲温度変化に強い ・共存ガスの影響は小さい ・消耗する構成部品がない | <ul style="list-style-type: none"> ・振動及び衝撃に弱い ・汚れや腐食の影響を受ける可能性がある | <ul style="list-style-type: none"> ・可動部があることから振動及び衝撃に弱い特徴があるが、加振試験による機能維持確認を実施しており、地震などによる振動・衝撃による計測への影響がないことを確認している。 ・汚れや腐食の影響を受ける可能性があるが、フィルタを設けることで影響緩和可能 |

(6) 故障時の代替性について

設置許可基準規則 58 条（計装設備）において、重要監視パラメータが故障した際に代替パラメータを設ける必要性がある。島根原子力発電所 2 号炉は格納容器酸素濃度（B 系）と格納容器酸素濃度（S A）により相互に代替監視が可能な設計としている。

格納容器酸素濃度（B 系）は、通常運転時から設計基準事故時の可燃性ガス濃度を監視している設備であり、重大事故等へ進展する状況下においても継続的に監視できる設計とする。なお、冷却器への冷却水供給が必要なため、ヒートシンク喪失を伴う重大事故等時には、有効性評価における原子炉補機代替冷却系の冷却水が確保される事象発生約 10.5 時間後から監視可能となる。

格納容器酸素濃度（S A）は、通常運転時および設計基準事故時は基本的に待機運用とするが、重大事故等時には中央制御室からの操作により容易に計測を開始し、監視できる設計とする。なお、計測装置以外に付帯設備を必要としないため、ヒートシンク喪失の影響を受けることなく監視が可能である。

通常運転中は窒素により格納容器内を不活性化し、設計基準事故時は既許可解析にて可燃性ガス処理系の動作により水素・酸素濃度がともに可燃領域に至らないことを確認している。重大事故等時は、有効性評価（水素燃焼）にて格納容器内への窒素供給により、酸素濃度が可燃領域に至らないことを確認しており、設計基準事故ベースの G 値を使用した感度解析において、可燃領域到達前の格納容器ベントが必要となるものの、酸素濃度の上昇は比較的緩やかなためベント判断基準への到達は約 85 時間後である。このため、有効性評価における常設代替交流電源および原子炉補機代替冷却系の冷却水が確保される事象発生約 10.5 時間後を考慮しても、格納容器酸素濃度（B 系）および格納容器酸素濃度（S A）は共に計測可能な状態であるため、重大事故等時において相互に代替監視が可能である。

(7) 格納容器水素濃度及び格納容器酸素濃度の重大事故等対処設備の選定について

格納容器水素濃度及び格納容器酸素濃度は、電源を優先して給電する非常用所内電源系（区分Ⅱ）の負荷である B 系を重大事故等対処設備として選定する。

1. サンプルング装置について

(1) 測定ガス条件の格納容器水素濃度（S A）, 格納容器酸素濃度（S A）計測精度への影響評価

a. 温度

サンプルングされた原子炉格納容器内のガスは、水素濃度検出器までの配管をヒーターにより加熱することで、ほぼ一定温度に保たれている。水素濃度の計測は、ヒーターによって約 120℃に加熱されたキャビネット内で行われる。水素濃度検出器は、基準気体が密封された補償素子の周囲にもサンプルングガスが流れることで、基準気体の温度がサンプルングガスに追従するように温度補償される検出器構造となっていることから、使用する条件下において水素濃度測定への影響は十分小さい設計としている。なお、試料ガスの温度を約 105℃～140℃の範囲で試験を行い、直接計測の水素濃度計と有意な水素濃度の変化が認められないことを確認している。

酸素濃度検出器においては、酸素計測に悪影響を及ぼすことを避けるため、検出前にサンプルングガスを冷却することで蒸気を凝縮させ水分を除去した後に、一定温度まで加熱することで温度の影響受けない設計としている。

b. 流量

検出器へ流れるサンプルングガスの流量は、格納容器内の圧力によって変化し、約 1～5L/min である。水素濃度、酸素濃度の計測中はサンプルガスの流れはなく、環境条件を一定に保って計測を行う。

c. 湿度

サンプルングガスは、検出器までの配管を加熱すること及び減圧することにより、水素濃度検出器に水分を付着させない設計としている。また、湿度が変動する要因としては、雰囲気温度が考えられるが、急激な変動は考えられず、上記のとおり検出器までの配管を加熱し、凝縮を回避することで、十分測定が可能な状態であることから、水素濃度測定へ影響を及ぼすことはない。また、酸素濃度検出器は、検出前にサンプルングガスを冷却することで蒸気を凝縮させ水分を除去した後に、一定温度まで加熱することで湿度の影響受けない設計としている。

(2) 測定ガス条件の格納容器水素濃度，格納容器酸素濃度計測精度への影響評価

a. 温度

サンプリングされた原子炉格納容器内のガスの計測は，除湿器によりドライ状態にした水素，酸素濃度を測定している。除湿器は入口温度 40℃以下でドライ条件まで除湿可能な機器のため，高温のサンプルガスは除湿器前段で冷却器により除湿可能な温度まで冷却され，除湿器で除湿された後，検出器により測定をしている。十分に検出器の適用温度範囲内まで冷却され，ほぼ一定温度で検出器にサンプリングガスを供給することが可能である。また，標準空気が密封された補償素子の周囲にもサンプリングガスが流れることで，標準空気の温度がサンプリングガスに追従するように温度補償される検出器構造となっていることから，使用する条件下において水素濃度及び酸素濃度測定への影響は十分小さい設計としている。

b. 流量

検出器へ流れるサンプリングガスの流量は，1 L/min の小流量としており，流量の変動がないよう流量制御する。

c. 湿度

検出器へ流れるガスサンプリングの水蒸気が除去されていない場合は，水素濃度及び酸素濃度計測値へ影響することが考えられるが，サンプリングする原子炉格納容器内のガスは冷却器により原子炉補機冷却水と熱交換されることで約 40℃以下まで冷却され^{*}，下流の除湿器によりサンプリングガス中の湿分を除去する設計としており，水素濃度及び酸素濃度の検出器に水分が付着するような状態となることはない。また，湿度が変動する要因としては，原子炉補機冷却水温度（冷却性能）及び雰囲気温度が考えられるが，いずれも急激な変動は考えられず，上記の冷却器及び除湿器を用いることにより，検出器での湿度をほぼ一定に保つことで，十分測定が可能な状態にあることから，水素濃度及び酸素濃度測定へ影響を及ぼすことはない。

※重大事故時の原子炉格納容器内温度を約 174℃とし，原子炉補機冷却水の温度を夏場の 35℃とした場合でも，冷却器により約 40℃に冷却できる。

2. サンプルング装置内における水素の滞留について

(1) 水素燃焼及び爆轟が生じる可能性について

格納容器水素濃度（S A）、格納容器酸素濃度（S A）、格納容器水素濃度（B系）及び格納容器酸素濃度（B系）のサンプルング装置では、以下の理由から水素燃焼及び爆轟が生じないことを確認した。なお、格納容器水素濃度（S A）、格納容器酸素濃度（S A）は、重大事故等時に監視ができる設計とし、格納容器水素濃度（B系）及び格納容器酸素濃度（B系）は、通常運転時から設計基準事故時及び重大事故等時に監視ができる設計としている。

- ・通常運転時、原子炉格納容器内は窒素ガスによって不活性化され、酸素濃度は2.5vol%以下に維持されており、常時サンプルングしていることから、サンプルング装置の配管内においても同様である。
- ・設計基準事故時（運転時の異常な過渡変化時を含む）においては、原子炉設置変更許可申請書添付書類十で示しているとおおり、水素濃度は2.0vol%以下、酸素濃度は4.3vol%以下であるため、水蒸気凝縮を考慮しても水素燃焼及び爆轟は生じない。
- ・重大事故時においては、有効性評価で示しているとおおり、水素濃度はドライ換算で13vol%を上回るが、酸素濃度はドライ換算で4.4vol%以下^{*1}であるため、水蒸気凝縮を考慮しても水素燃焼及び爆轟は生じない。
- ・水素の燃焼又は爆轟が生じる条件については、図1のように水素、空気、水蒸気の3元図が知られている。図1は、水素の燃焼又は爆轟が生じる可能性がある水素、空気、水蒸気の濃度比率を図中に可燃領域または爆轟領域として示している。有効性評価「水素燃焼」のシナリオでは、ドライ条件下で最大の酸素濃度が約3.0vol%である。一般に空気中の酸素の割合が約21vol%であることから、酸素濃度が約3.0vol%以下に対応する空気の濃度を考えると約14.3vol%以下となる。これは図で示された可燃領域又は爆轟領域とは重ならない。

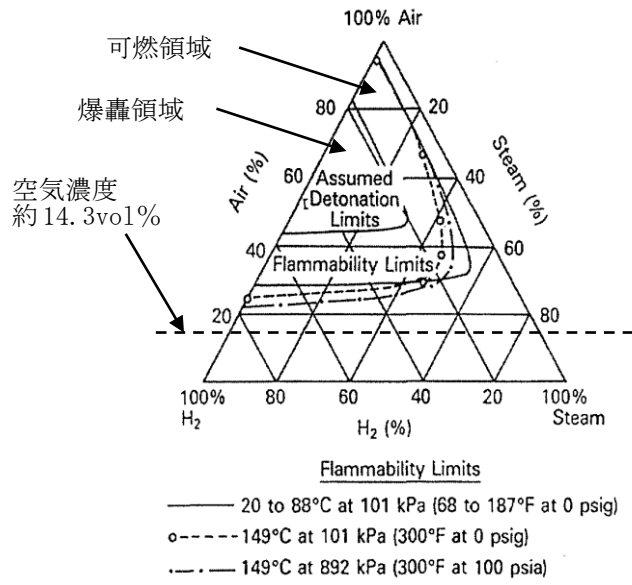


図1 水素，空気，水蒸気混合条件下における可燃限界と爆轟限界

※1：「3.4 水素燃焼 添付資料 3.4.1 G 値を設計基準事故ベースとした場合の評価結果への影響」参照

3. 格納容器水素濃度及び格納容器酸素濃度計測に伴うサンプルガスの冷却について

(1) 格納容器水素濃度（B系）、格納容器酸素濃度（B系）

重大事故等対策の有効性評価（格納容器過圧・過温シナリオ）における原子炉格納容器温度（サンプリング装置をインサービスする事故後 10 時間後）は、最大で約 164℃まで上昇する。一方、重大事故時の原子炉格納容器水素濃度及び原子炉格納容器酸素濃度計測では、除湿器を使用するが、その吸込み温度条件は、40℃以下の制限を受ける。したがって、格納容器内水素濃度及び格納容器内酸素濃度計測のためには、サンプルガスを冷却する必要がある、その冷却は基本的に原子炉補機冷却水系にて行われる。

ただし、全交流動力電源喪失時においては、原子炉補機冷却水系を復旧する手順を見込んでいないため、サンプルガスの冷却は、原子炉補機代替冷却系に頼る必要がある。

ここでは、以上の原子炉補機代替冷却系を用いた場合に、冷却性能評価が最も厳しい条件において、評価した結果を以下にまとめる。

a. 評価条件

- ・サンプル側入口温度：170℃
- ・サンプル側出口温度：40℃
- ・サンプル側流量：2.37kg/h
- ・原子炉格納容器内の蒸気割合：90vol%
- ・冷却水入口温度：35℃
- ・冷却水出口温度：制約なし
- ・冷却水流量：3200kg/h

b. 評価条件の根拠

- ・サンプル側入口温度：170℃
(根拠) 有効性評価（格納容器過圧・過温シナリオ）における原子炉格納容器最大圧力（0.66MPa）における飽和蒸気温度に余裕を見込んだ値で設定している。
- ・サンプル側出口温度：40℃
(根拠) 除湿器の吸込み温度条件（40℃以下）を設定している。
- ・サンプル側流量：2.37kg/h
(根拠) 原子炉格納容器内の水蒸気割合：90vol%、サンプルガス割合：10vol% の場合、サンプルガスの採取流量は 1L/min なので、水蒸気の採取流量は 9L/min となることから、全サンプル流量は 10L/min である。サンプルの比体積：0.2531m³/kg（0.66MPa、170℃における）を用いて、質量流量に換算すると、2.37kg/h となる。
- ・原子炉格納容器内の蒸気割合：90vol%
(根拠) 格納容器スプレイ後の原子炉格納容器内の水蒸気割合が 90vol% 以下で使用可能となる設備としている。

- ・冷却水入口温度：35°C
 (根拠) 重大事故時の原子炉補機代替冷却水温度の最大値 35°Cを設定している。
- ・冷却水出口温度：制約なし
 (根拠) 原子炉補機代替冷却系統側の循環による温度上昇は考慮する必要がないため。
- ・冷却水流量：3200kg/h
 (根拠) 原子炉補機代替冷却系による通水流量 (3.2m³/h) を 1L≒1kg で換算。

c. 冷却性能の評価

以上の条件においてサンプルガス出口温度を 40°Cへ冷却するために必要な伝熱面積を評価した結果、必要伝熱面積約 0.22m²を上回る冷却器伝熱面積 0.53m²を有することを確認した。

冷却器は、有効性評価 (格納容器過圧・過温破損) の格納容器最大圧力 (約 660kPa) における飽和蒸気温度 (約 170°C) において水蒸気割合 90vol%以下*のサンプルガスを除湿器入口で 40°C以下となるまで冷却するため、原子炉補機代替冷却系から供給可能な冷却水量に対して必要となる伝熱面積約 0.22m²を上回る 0.53m²を有する設計としている。

なお、冷却水流量および伝熱面積は重大事故等時の計測が可能なよう容量を増加させる変更を実施している。

(2) 格納容器水素濃度 (S A), 格納容器酸素濃度 (S A)

重大事故時の原子炉格納容器酸素濃度の計測は、冷却器によりドライ状態にした酸素濃度を測定している。冷却器は電子冷却式であり、入口温度 180°C以下、水蒸気割合 90vol%以下*でドライ条件まで除湿可能な機器のため、原子炉補機代替冷却系による冷却水を必要としない設計としている。

※大LOCA時における格納容器スプレイ前の原子炉格納容器内の水蒸気割合は ほぼ 100vol%であるが、水蒸気割合が 65vol%以上であれば可燃限界に至ることはないため、水蒸気割合 90vol%以上で計測する必要はない。

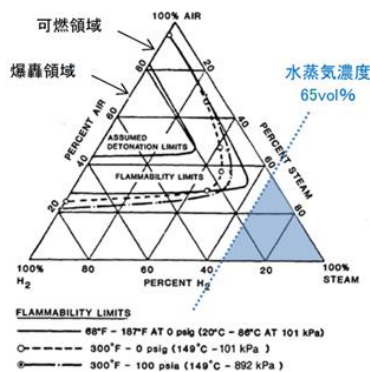


図2 水素、空気及び水蒸気混合条件下における可燃限界と爆轟限界

4. サンプルング装置からの水素漏えい防止対策

(1) 格納容器水素濃度 (S A) , 格納容器酸素濃度 (S A) のサンプルング装置
 サンプルング装置を用いた格納容器水素濃度 (S A) 及び格納容器酸素濃度
 (S A) の計測は, 計測後のガスを原子炉格納容器へ戻す構成となっており,
 系外への漏えいが発生しないよう表 1 に示すと通りの漏えい防止対策が取られ
 ている。よってサンプルング装置からの水素漏えいの可能性は低い。

表 1 サンプルング装置の漏えい防止対策について

| No. | 機器 | 漏えい防止対策 |
|-----|---------------|--|
| 1 | 配管, 弁 | 本計装設備の配管, 弁は原子炉格納容器のガスを測定するため設計された系統であり, 被ばく低減の観点からも系外へガスが漏えいするような設計ではない。配管及び弁は溶接構造若しくは継手構造であり, さらに, 弁はベローズ構造によりシールすることで漏えい防止対策をとっている。 |
| 2 | 冷却器 | 配管接続部は, 継手構造を使用しており, 漏えい防止対策を取っている。継手構造を含む冷却器は, 重大事故等時のサンプルング装置内で想定される温度, 圧力を包絡した仕様である。 |
| 3 | 真空ポンプ | 配管接続部はねじ込みシール構造であること, ポンプ接ガス部は二重ダイアフラム構造とすることで, 漏えい防止対策を取っている。シール構造及びポンプ接ガス部は, 重大事故等時のサンプルング装置内で想定される温度, 圧力を包絡した仕様である。 |
| 4 | 水素濃度及び酸素濃度検出器 | 配管接続部はシール構造となっており, 漏えい防止対策をとっている。シール構造部を含む当該検出器は, 重大事故等時に想定される温度, 圧力を包絡した仕様である。 |
| 5 | サンプルング装置 | サンプルング装置内の配管と機器の接続部はシール構造となっており, 漏えい防止対策を取っている。また, サンプルング装置内は真空ポンプ及び圧力検出器により大気圧以下に減圧しており, 系内外の圧力差で系外へ大きな漏えいが発生する可能性は十分に低い。サンプルング装置は重大事故等時に格納容器内及びサンプルング装置内にて想定される温度, 圧力を包絡した仕様である。 |

(2) 格納容器水素濃度（B系）、格納容器酸素濃度（B系）のサンプリング装置
 サンプリング装置を用いた格納容器水素濃度（B系）及び格納容器酸素濃度
 （B系）の計測は、計測後のガスを原子炉格納容器内へ戻す構成となっており、
 系外への漏えいが発生しないよう表2に示すと通りの漏えい防止対策が取られて
 いる。よってサンプリング装置からの水素漏えいの可能性は低い。

表2 サンプリング装置の漏えい防止対策について

| No. | 機器 | 漏えい防止対策 |
|-----|---------------|---|
| 1 | 配管, 弁 | 本計測設備の配管, 弁は原子炉格納容器のガスを測定するため設計された系統であり, 被ばく低減の観点からも系外へガスが漏えいするような設計ではない。配管及び弁は溶接構造であり, さらに, 弁はペローズ構造によりシールすることで, 漏えい防止対策をとっている。 |
| 2 | 冷却器 | 配管接続部は溶接構造となっており, 内部ガスの気密を保持している。溶接部を含む当該冷却器は, 重大事故等時のサンプリング装置内で想定される温度, 圧力を包絡した仕様である。 |
| 3 | 除湿器 | 配管接続部は食い込み継ぎ手を使用しており, 漏えい防止対策をとっている。食い込み継ぎ手を含む当該除湿器は, 事故時に想定される温度, 圧力を包絡した仕様である。 |
| 4 | サンプリングポンプ | 配管接続部はねじ込みシール構造となっており, 漏えい防止対策をとっている。ねじ込みシール構造部を含む当該吸引ポンプは, 事故時に想定される温度, 圧力を包絡した仕様である。 |
| 5 | 減圧弁 | 配管接続部はいずれもシール構造となっており, 漏えい防止対策をとっている。シール構造部を含む当該減圧弁は, 事故時に想定される温度, 圧力を包絡した仕様である。 |
| 6 | 水素濃度及び酸素濃度検出器 | 配管接続部はシール構造となっており, 漏えい防止対策をとっている。シール構造部を含む当該水素濃度及び酸素濃度検出器は, 事故時に想定される温度, 圧力を包絡した仕様である。 |
| 7 | サンプリング装置 | サンプリング装置内の配管と機器の接続部は溶接又はシール構造となっており, 漏えい防止対策をとっている。また, 装置内は減圧弁によりほぼ大気圧（数 kPa 程度）に減圧しており, 系内外の圧力差で系外へ大きな漏えいが発生する可能性は十分に低い。 事故時に想定される温度, 圧力条件の加わる当該サンプリング装置内の減圧弁の上流側については, その条件を包絡した仕様である。 |

5. サンプルング装置の計測時間遅れについて

(1) 格納容器水素濃度 (S A) , 格納容器酸素濃度 (S A) のサンプルング装置
サンプルングガスは, 原子炉格納容器内に設置したガスサンプラから引き込みラインをとおりサンプルング装置内に入る。そこで各検出器によりガス濃度を測定し, その後サンプルングガスは原子炉格納容器に排出される。サンプルングガスは, 原子炉格納容器内ガスのサンプルングから, 測定, 排出までの工程を約 3 分で実行される。

表 3 格納容器水素濃度 (S A) , 格納容器酸素濃度 (S A) の計測時間遅れ

| | |
|------|-------|
| 時間遅れ | 約 3 分 |
|------|-------|

(2) 格納容器水素濃度 (B 系) , 格納容器酸素濃度 (B 系) のサンプルング装置
サンプルング装置のガスのサンプルング点は, 原子炉格納容器であり, そこから水素濃度及び酸素濃度検出器までの時間遅れは以下のとおりである。

- ・ サンプルング配管長 (サンプルング点～検出器) : 約 86m[※]
 - ・ サンプルング配管の断面積 : 127mm² (1.27 × 10⁻⁴m²)
 - ・ サンプルポンプの定格流量 : 約 1L/min (約 1 × 10⁻³m³/min)
 - ・ サンプルガス流量 (流量 ÷ 配管断面積) : 約 7.8m/min
- ※詳細設計により, 今後変更となる可能性がある

表 4 格納容器水素濃度 (B 系) , 格納容器酸素濃度 (B 系) の計測時間遅れ

| | |
|------|--------|
| 時間遅れ | 約 12 分 |
|------|--------|

6. サンプル装置における湿分補正について

(1) 格納容器水素濃度（B系）、格納容器酸素濃度（B系）のサンプル装置

a. 概要

検出器へ流れるサンプルガスには水蒸気が含まれており、水素濃度及び酸素濃度の計測値へ影響するため、サンプルする原子炉格納容器内の雰囲気ガスを冷却器により原子炉補機冷却水系（原子炉補機海水系を含む）又は原子炉補機代替冷却系で冷却し、下流の除湿によりサンプルガス中の湿分を除去する設計としている。

検出器は常にドライ条件の水素濃度及び酸素濃度を計測しているが、事故時の原子炉格納容器内雰囲気ガスは水蒸気を含んでいることから、事故時は計測されたドライ条件の水素濃度及び酸素濃度をウェット条件の水素濃度及び酸素濃度に補正する必要がある。

b. 湿分補正演算

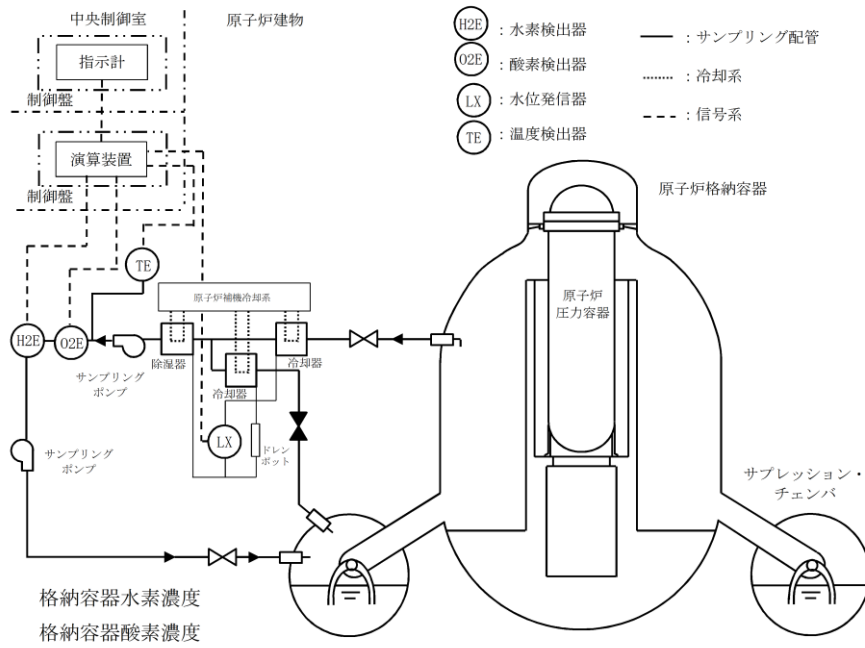
ドライ条件の水素濃度及び酸素濃度からウェット条件の水素濃度及び酸素濃度への補正は演算装置にて行う。

湿分補正は、サンプルガスを冷却、除湿した時に発生するドレンをドレンポットで受け、その液位変化量より湿分補正演算をする。具体的には□□ごとにドレンポットの液位変化量を算出し、算出された液位変化量を至近□□当たりの平均値及びサンプルガス温度から湿分補正演算をする。

湿分補正演算は□□ごとに行い、計測された水素濃度及び酸素濃度を補正し、出力する。

c. 湿分補正演算の時間遅れによる影響

湿分補正演算は前述のとおり□□ごと算出するドレンポットの液位変化量の至近□□当たりの平均値を用いることから、事故後に原子炉格納容器内に蒸気が充満し急激に湿分が上昇した場合には雰囲気に即した補正が行われるまでに時間遅れが発生するが、事故前の低湿度条件の影響が残る湿分補正值により換算したウェット値は、湿分が低く見積もられているため、実際よりもドライ値に近い高めの値となることから、水素濃度及び酸素濃度を過少に評価することはなく、影響はない。



※ 2 系列のうち B 系を示す。

図 3 格納容器水素濃度 (B 系) 及び格納容器酸素濃度 (B 系) 系統概要図

(2) 格納容器水素濃度 (S A) , 格納容器酸素濃度 (S A) のサンプリング装置

a. 概要

検出器へ流れるサンプリングガスには水蒸気が含まれており、酸素濃度の計測値へ影響するため、サンプリングする原子炉格納容器内の雰囲気ガスを冷却器によりサンプリングガス中の湿分を除去する設計としている。事故時は計測されたドライ条件の酸素濃度をウェット条件の酸素濃度に補正する必要がある。なお、水素濃度の測定は、サンプリングガスの蒸気凝縮を防止するため、サンプリングガスの露点条件に達しないように温度・圧力を一定レベルに制御後、ウェット条件の水素濃度を測定しており、補正する必要はない。

b. 湿分補正演算

ドライ条件の酸素濃度からウェット条件の酸素濃度への補正は演算装置にて行う。

湿分補正は、湿度検出器により測定した湿度の数値により湿分補正演算をする。湿分補正演算は計測された酸素濃度を補正し、出力する。

c. 湿分補正演算の時間遅れによる影響

サンプリングガスは、原子炉格納容器内ガスのサンプリングから、測定、排出までの工程である約3分の中で湿度検出器により測定を行い、湿分補正を行うことが可能であるため、影響はない。

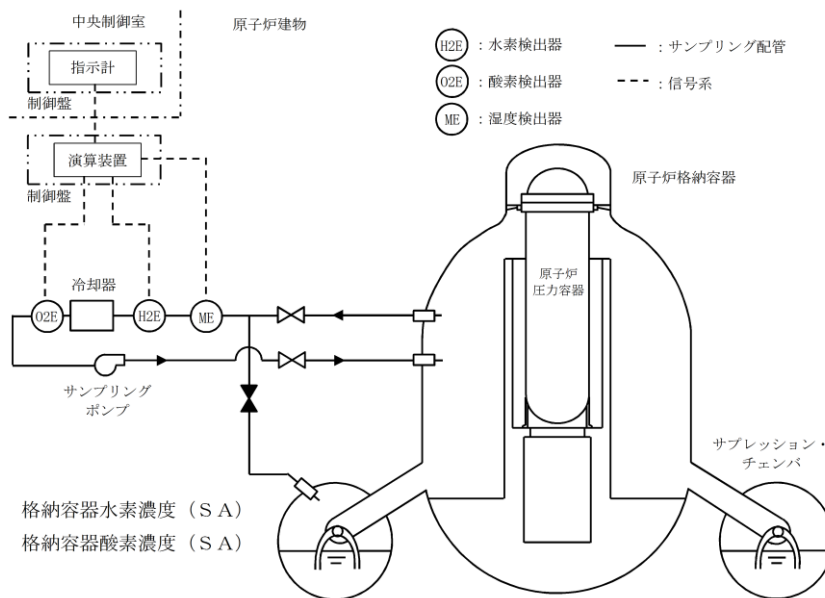


図4 格納容器水素濃度 (S A) 及び格納容器酸素濃度 (S A) システム概要図

52-8 水素ガス及び酸素ガス発生時の対応について

1. 水素ガス及び酸素ガス発生時の対応について

(1) 想定水素ガス及び酸素ガス発生量

a. 監視が必要となる状況と監視計器に求められる性能

有効性評価の事故シーケンス選定のプロセスにおいて、重大事故等対処設備に期待しても炉心損傷を回避できず、有効性評価の対象とすべき評価事故シーケンスとしては、現状、「冷却材喪失（大破断LOCA）+ECCS注水機能喪失+全交流動力電源喪失」のみを選定している。

よって、この「冷却材喪失（大破断LOCA）+ECCS注水機能喪失+全交流動力電源喪失」への対応の中で想定される水素濃度及び酸素濃度を監視できる能力を備えることが、重大事故等時の水素濃度及び酸素濃度の監視に最低限要求される性能となる。

b. 重大事故等時の原子炉格納容器内の環境と水素濃度及び酸素濃度

「冷却材喪失（大破断LOCA）+ECCS注水機能喪失+全交流動力電源喪失」事故時における各パラメータの推移は、雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（残留熱代替除去系を使用する場合）の有効性評価において示すとおりである。これに加え、必要な水素濃度及び酸素濃度の監視能力を決定する上で必要な情報であるドライウェル及びサプレッション・チェンバの気体の組成の推移を図1及び図2に示す。

c. 重大事故等時の水素濃度及び酸素濃度の監視計器に求められる性能

①計測目的について

一般に気相中の体積割合で5 vol%以上の酸素ガスと共に水素ガスが存在する場合、水素濃度4 vol%で燃焼、13 vol%で爆轟が発生すると言われている。この観点から、少なくとも水素濃度は4 vol%、酸素濃度は5 vol%までの測定が可能であることが必要である。

②測定が必要となる時間

図1及び図2のとおり、解析上は事象発生から12時間後に格納容器への窒素供給を実施することで、事象発生から約168時間後まで酸素濃度が可燃限界である5 vol%を超えることは無く、原子炉格納容器内での水素燃焼は生じない。しかしながら、徐々にではあるが、水の放射線分解により水素濃度及び酸素濃度は上昇し続けることから、格納容器内水素濃度（SA）及び格納容器内酸素濃度（SA）起動後（事象発生から約2時間）、水素濃度及び酸素濃度を継続して監視可能としている。

なお、「冷却材喪失（大破断LOCA）+ECCS注水機能喪失+全交流動力電源喪失」事故時において、G値を設計基準事故対処設備である可燃性ガス濃度制御系の性能を評価する際に用いたG値（沸騰状態：G(H₂)=0.4, G(O₂)=0.2, 非沸騰状態：G(H₂)=0.25, G(O₂)=0.125)とした場合についても、原子炉格納容

器内の酸素濃度が 4.4vol%（ドライ条件）に到達するのは，事象発生から約 85 時間後である。また，窒素封入の切替え操作（原子炉格納容器内の酸素濃度 4 vol%到達時）は，事象発生から約 49 時間後である（図 3 及び図 4 参照）。

これより，格納容器内酸素濃度（S A）を起動する事象発生から約 2 時間までに原子炉格納容器内の酸素濃度が 4.4vol%（ドライ条件）に到達することはない。

さらに，過圧破損の回避を目的とした格納容器ベントを実施することにより，発生する蒸気とともに原子炉格納容器内の非凝縮性ガスのほとんどは格納容器ベントを通じて排出されることとなることから，酸素濃度の監視は必要とはならない。

③耐環境性

「冷却材喪失（大破断LOCA）+ECCS注水機能喪失+全交流動力電源喪失」事故時における各パラメータの推移を踏まえても測定可能であることが必要である。

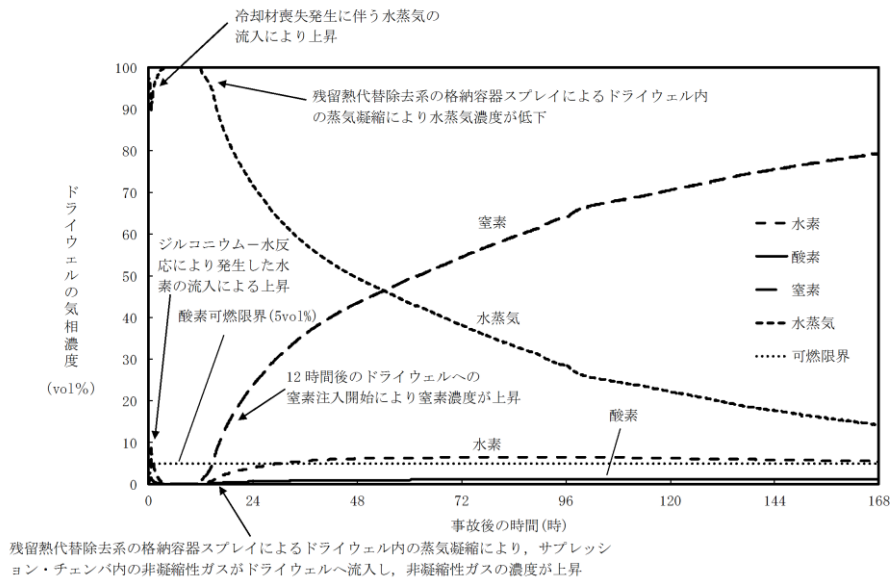


図1 ドライウエル気相濃度の推移（ウェット条件）
（格納容器過圧・過温破損（残留熱代替除去系を使用する場合））

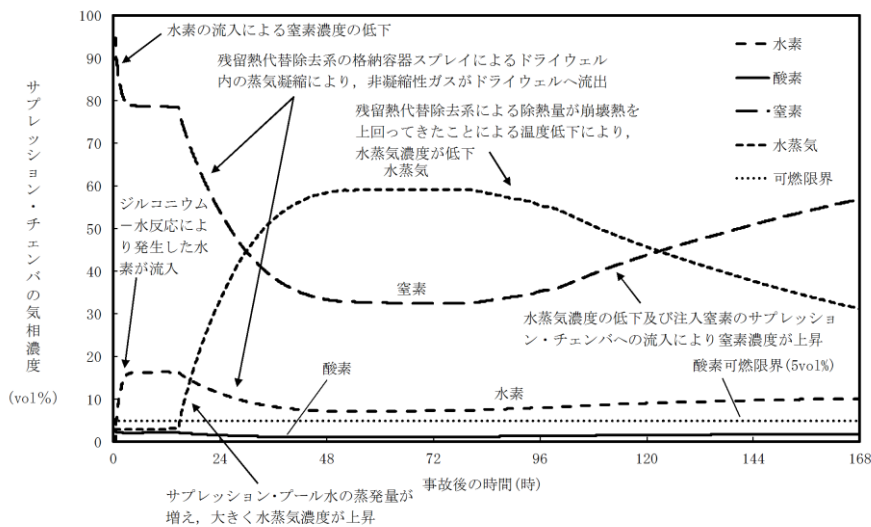
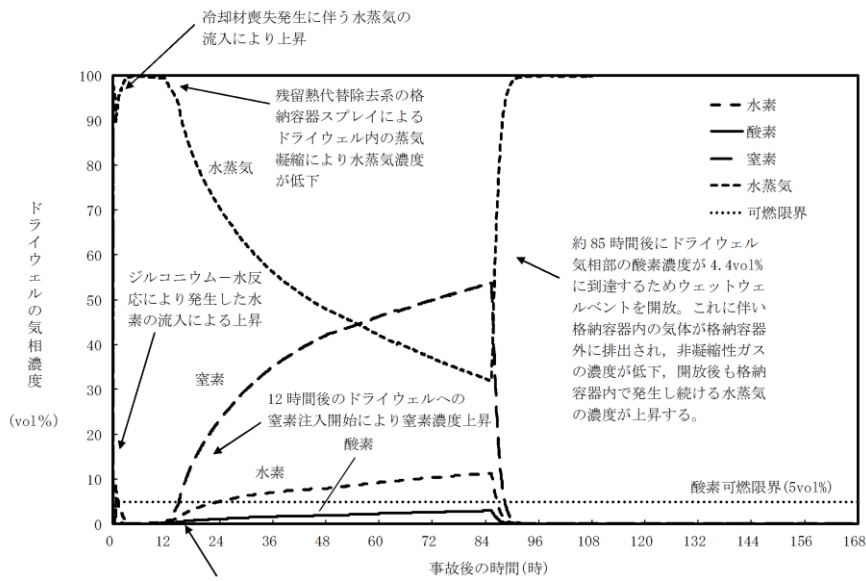


図2 サプレッション・チェンバ気相濃度の推移（ウェット条件）
（格納容器過圧・過温破損（残留熱代替除去系を使用する場合））



残留熱代替除去系の格納容器スプレイによるドライウエル内の蒸気凝縮により、サブプレッション・チェンバ内の非凝縮性ガスがドライウエルへ流入し、非凝縮性ガスの濃度が上昇

図3 G値を設計基準事故ベースとした場合のドライウエルの気相濃度の推移 (ウェット条件)

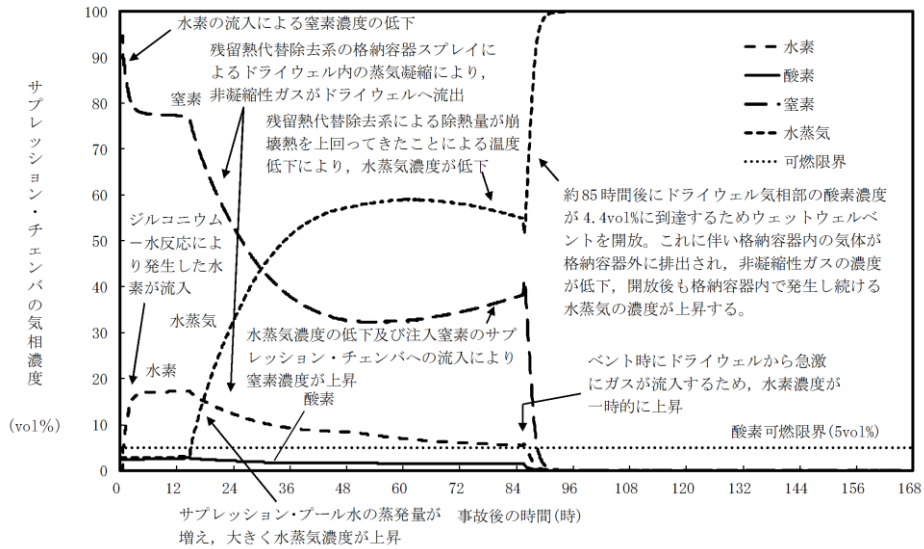


図4 G値を設計基準事故ベースとした場合のサブプレッション・チェンバの気相濃度の推移 (ウェット条件)

(2) 水素濃度及び酸素濃度の監視方法

水素濃度は4 vol%，酸素濃度は5 vol%までの測定が可能であることが必要であることから、「冷却材喪失（大破断LOCA）+ECCS注水機能喪失+全交流動力電源喪失」（残留熱代替除去系を使用する場合）における原子炉格納容器内の水素濃度及び酸素濃度の監視は、以下の設備により実施する。

表1 計装設備の主要仕様

| 名称 | 検出器の種類 | 計測範囲 | 個数 | 取付箇所 |
|------------------|----------------|------------------------|----|------------------|
| 格納容器水素濃度 (SA) | 熱伝導式 水素検出器 | 0～100vol% | 1 | 原子炉建物 原子炉棟中2階 |
| 格納容器酸素濃度 (SA) | 磁気力式 酸素検出器 | 0～25vol% | 1 | 原子炉建物 原子炉棟中2階 |
| 格納容器水素濃度 (B系) | 熱伝導式 水素検出器 | 0～5 vol%/ 0～100vol% | 1 | 原子炉建物 原子炉棟3階 |
| 格納容器酸素濃度 (B系) | 熱磁気風式 酸素検出器 | 0～5 vol%/ 0～25vol% | 1 | 原子炉建物 原子炉棟3階 |

(3) 水素ガス及び酸素ガスの処理方法

有効性評価では、機能喪失を仮定した設備の復旧には期待せず、重大事故等時の環境下におけるG値に基づき、7日間以内に水素ガスと酸素ガスの両方の濃度が可燃限界に到達しないことを確認している。

しかしながら、ここでは7日間以内に水素ガスと酸素ガスの両方の濃度が可燃限界に達した場合と事象発生後8日目以降の水素ガス及び酸素ガスの扱いについて以下に示す。

- a. 7日間以内に水素ガスと酸素ガスの両方の濃度が可燃限界に到達した場合
機能喪失を仮定した設備の復旧には期待しないという前提においては、原子炉格納容器内の水素ガス及び酸素ガスを処理する方法は格納容器ベントによって原子炉格納容器外へ放出する手段となる。よって、酸素濃度が5 vol%に至るまでに格納容器ベントを実施する。なお、格納容器ベントの実施により蒸気と共に非凝縮性ガスは排出され、その後の原子炉格納容器内の気体組成は水蒸気がほぼすべてを占めることとなる。

残留熱代替除去系等が復旧し、格納容器圧力制御が可能になった場合であっても、仮に酸素濃度が5 vol%に到達するおそれがある場合、格納容器ベントを通じて非凝縮性ガスを原子炉格納容器外へ排出することとなる。このとき格納容器スプレイによって、格納容器内圧力が低い状態での排出となるが、炉心崩壊熱による蒸気発生は長時間継続するため、その蒸気とともに非凝縮性ガスは同時に排出され、原子炉格納容器内に残る水素ガス及び酸素ガスは

無視し得る程度となり，可燃限界に至ることはない（「重大事故等対策の有効性評価，3.4 水素燃焼，添付資料 3.4.1 G 値を設計基準事故ベースとした場合の評価結果への影響」参照）。

b. 事象発生後 8 日目以降の水素ガス及び酸素ガスの処理方法

この場合，機能喪失を仮定した設備の復旧又は外部からの支援等に期待することができ，多様な手段を確保することができる。

まず，可燃性ガス濃度制御系の復旧を試みることで，水の放射線分解により発生する酸素ガスを処理する。また，a. と同様に格納容器ベントによる排出も可能であり，水素ガス・酸素ガスの処理については多様な手段を有する。

52-9 接続図

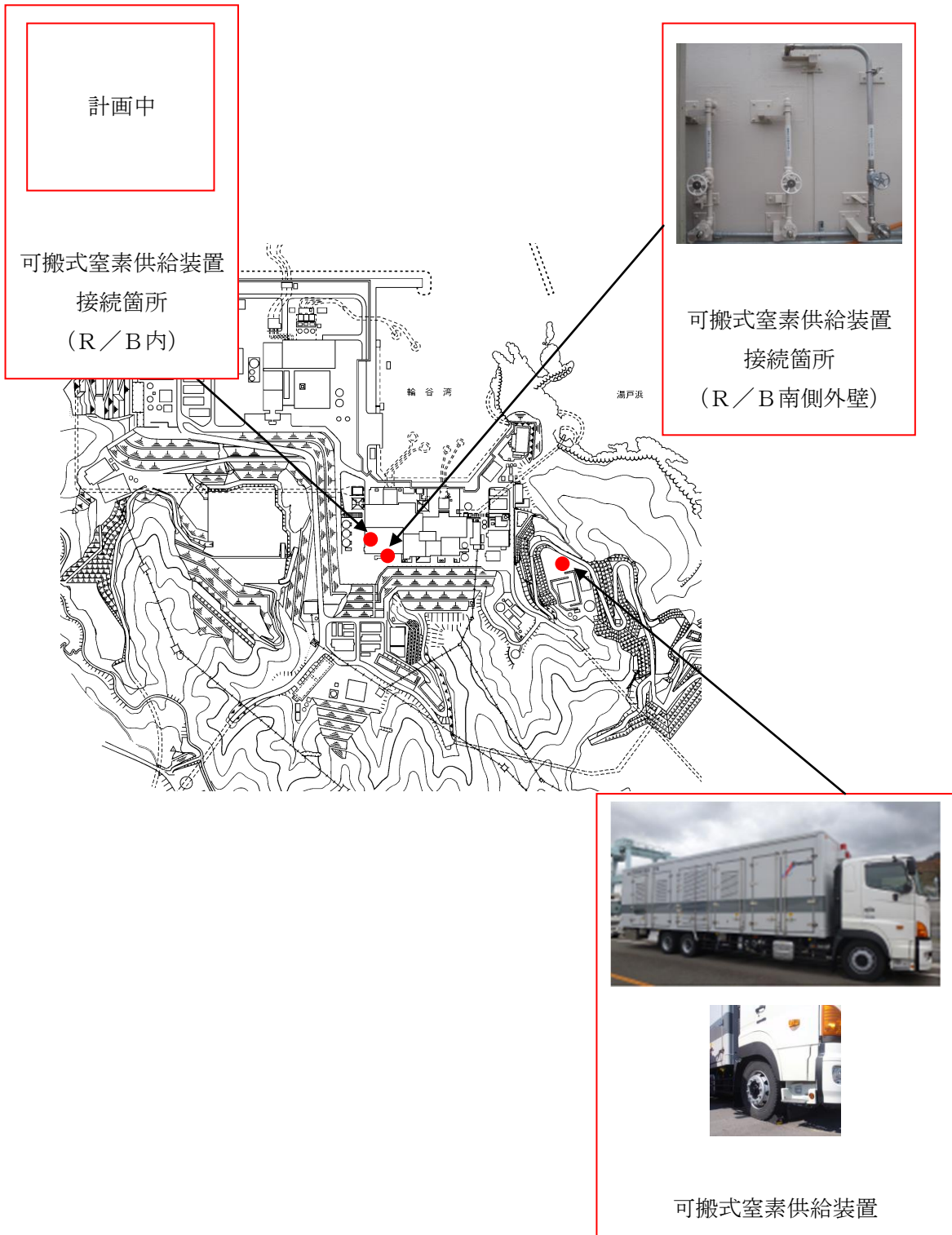
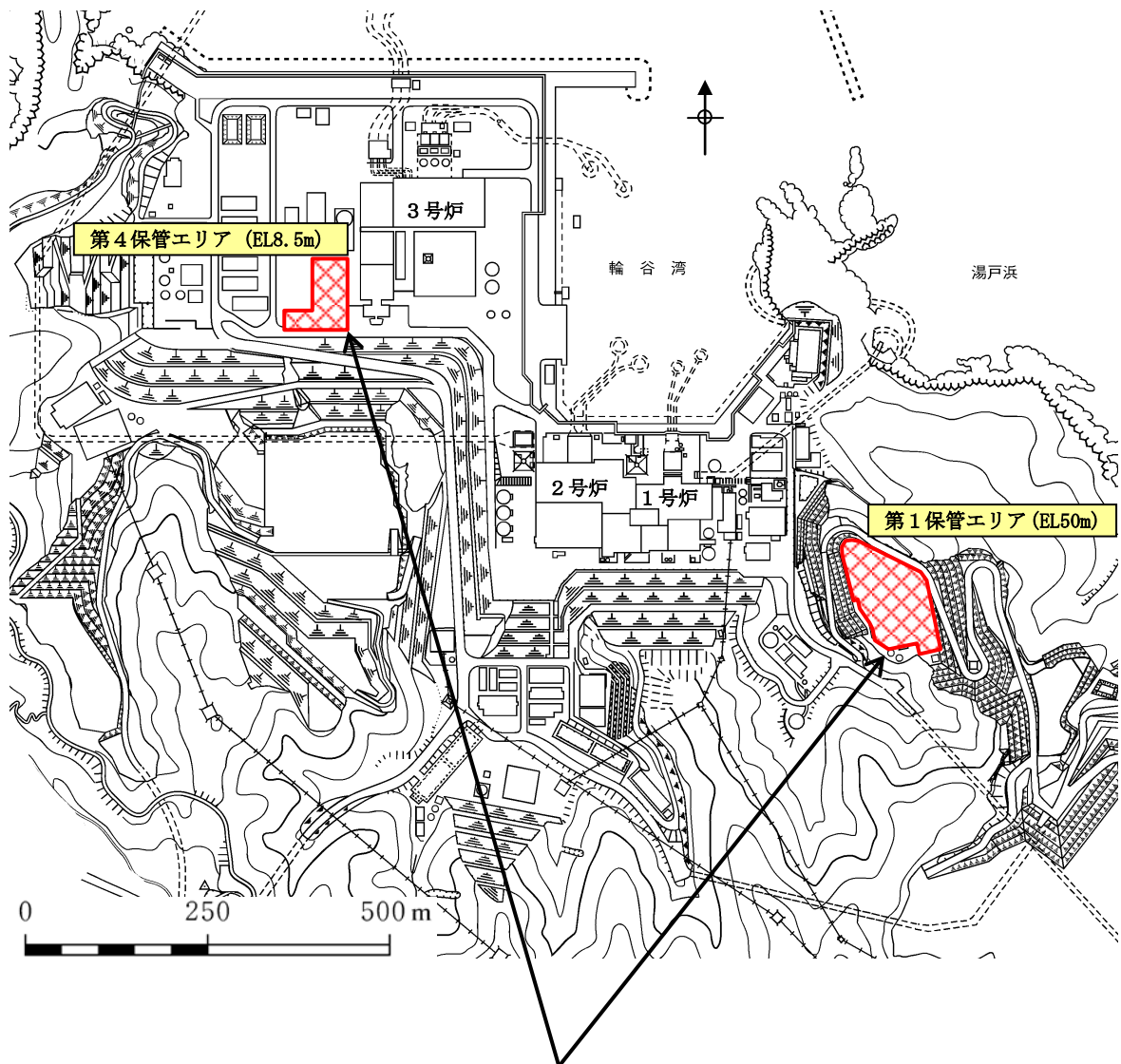


図1 接続図

52-10 保管場所



可搬式窒素供給装置



図1 屋外保管場所配置図

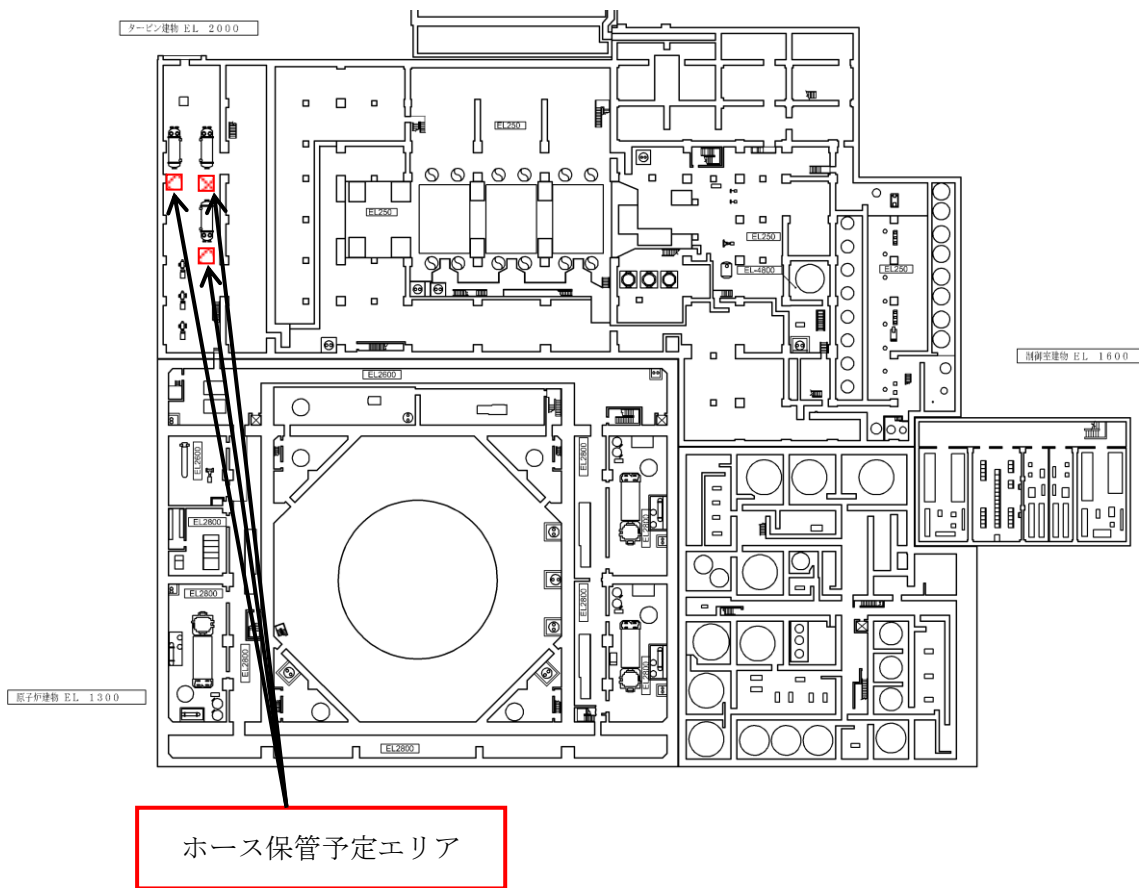
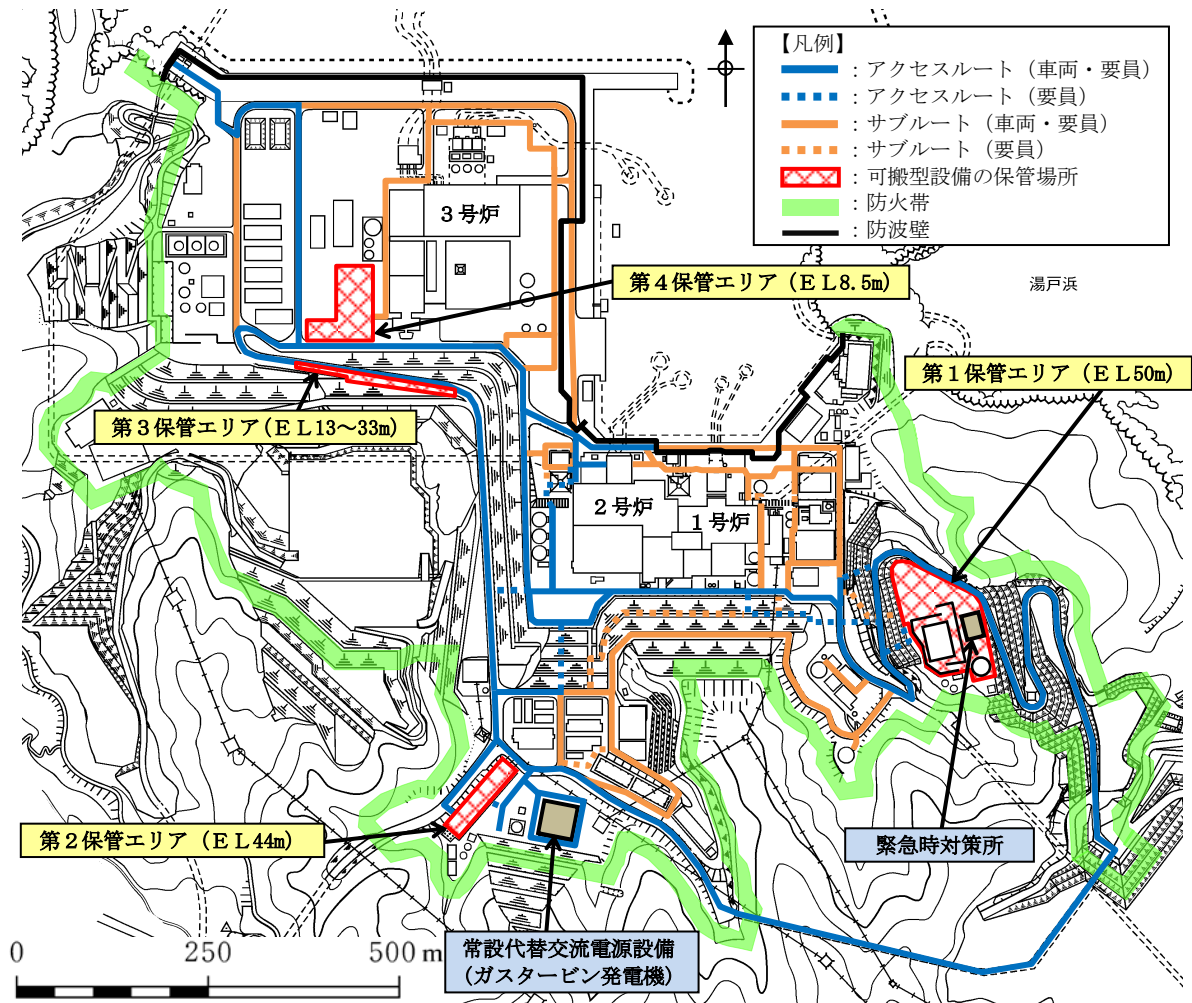


図2 可搬式窒素供給装置 屋内敷設用ホースの保管場所

52-11 アクセスルート図

島根原子力発電所 2号炉『可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて』
より抜粋



※ サブルートは、地震及び津波時には記載しない。
 ※ 各設備の保管場所・数量については、今後の検討結果等により変更となる可能性がある。

図1 保管場所及びアクセスルート図

52-12 その他設備

水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための自主対策設備の概要について以下に示す。

(1) 原子炉格納容器内の水素濃度及び酸素濃度の監視

自主対策設備（原子炉格納容器内の水素濃度監視，酸素濃度監視）として，格納容器水素濃度（A系），格納容器酸素濃度（A系）を使用する。

格納容器水素濃度（A系），格納容器酸素濃度（A系）は，原子炉格納容器内の水素濃度及び酸素濃度を測定し，指示値を中央制御室で監視できる設計とする。

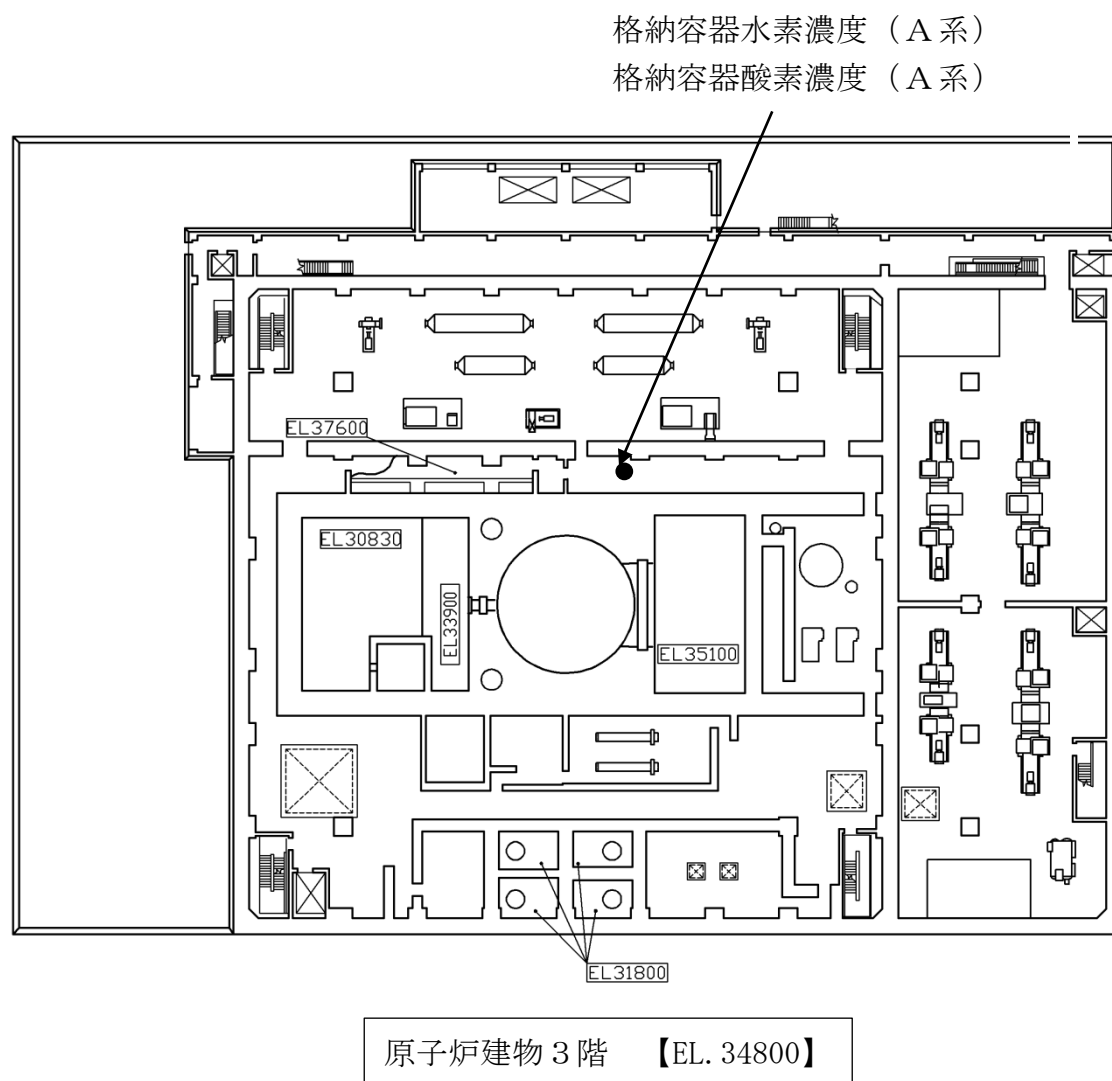


図1 機器配置図（原子炉建物3階）

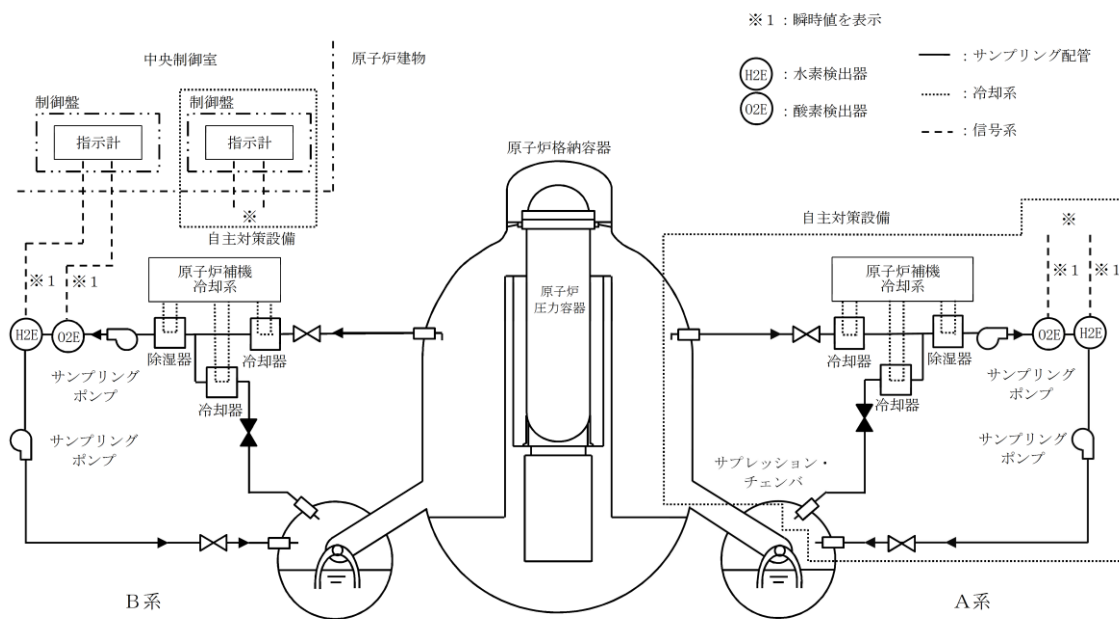


図2 格納容器水素濃度及び格納容器酸素濃度に関する概略系統図

(2) 可燃性ガス濃度制御系

炉心の著しい損傷が発生した場合において、原子炉格納容器内の水素濃度を制御するための自主対策設備として、可燃性ガス濃度制御系再結合器を使用する。

可燃性ガス濃度制御系再結合装置は、原子炉格納容器内のガス中の水素と酸素を再結合させる設計とする。

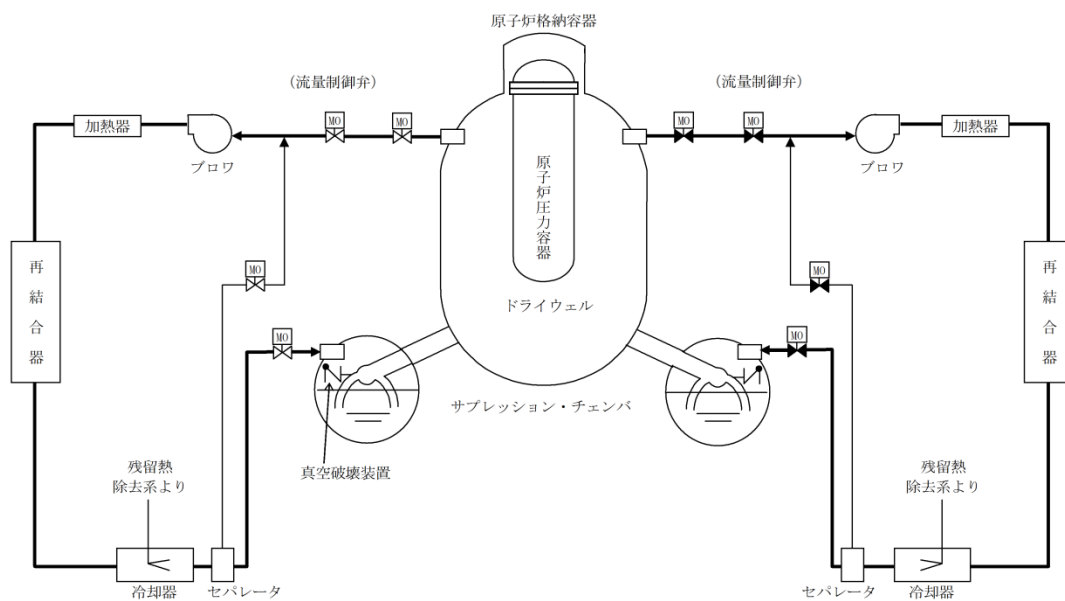


図3 可燃性ガス濃度制御系 概略系統図