

島根原子力発電所保安規定審査資料	
資料番号	TS-91 (改06)
提出年月日	2024年1月25日

島根原子力発電所2号炉

テストタンクを水源とした

残留熱代替除去系の確認運転について

2024年1月
中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. はじめに

2. 残留熱代替除去系の概要

3. サーベイランス方法

4. 実条件性能評価

5. まとめ

別紙1 サプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプ確認運転の実現性について

参考資料1 サプレッションチェンバを水源としたポンプ運転による放射性物質の付着について

参考資料2 島根原子力発電所における管理区域に係る基準について

参考資料3 RHAR ポンプ設置エリアを管理区域設定した場合のアクセスルートへの影響について

【保安規定記載事項】

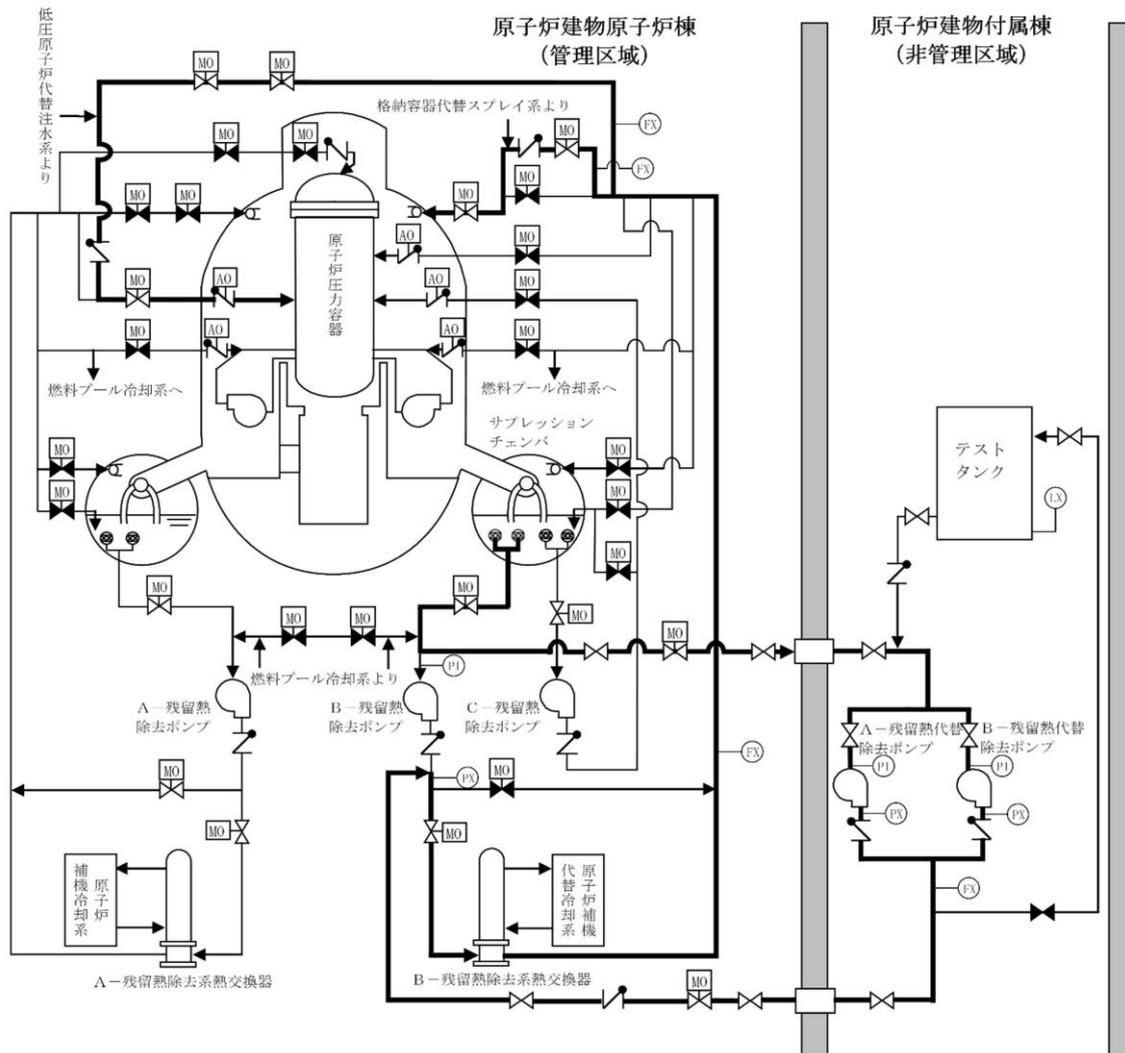
1. はじめに

残留熱代替除去系（以下「RHAR」という。）の水源はサプレッションチェンバであるが、残留熱代替除去ポンプ（以下「RHAR ポンプ」という。）が非管理区域に設置されていることから、定事検停止時および月例点検時は、専用のテストタンクを水源とした確認運転を実施する。以下に考え方を示す。

2. 残留熱代替除去系の概要

RHAR の系統概要を第 2-1 図に示す。RHAR ポンプは、重大事故等時においてサプレッションチェンバを水源として、残留熱除去系（以下「RHR」という。）等を経由して原子炉压力容器へ注水するとともに、原子炉格納容器内へスプレイすることで、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内の圧力及び温度を低下できる設計としている。

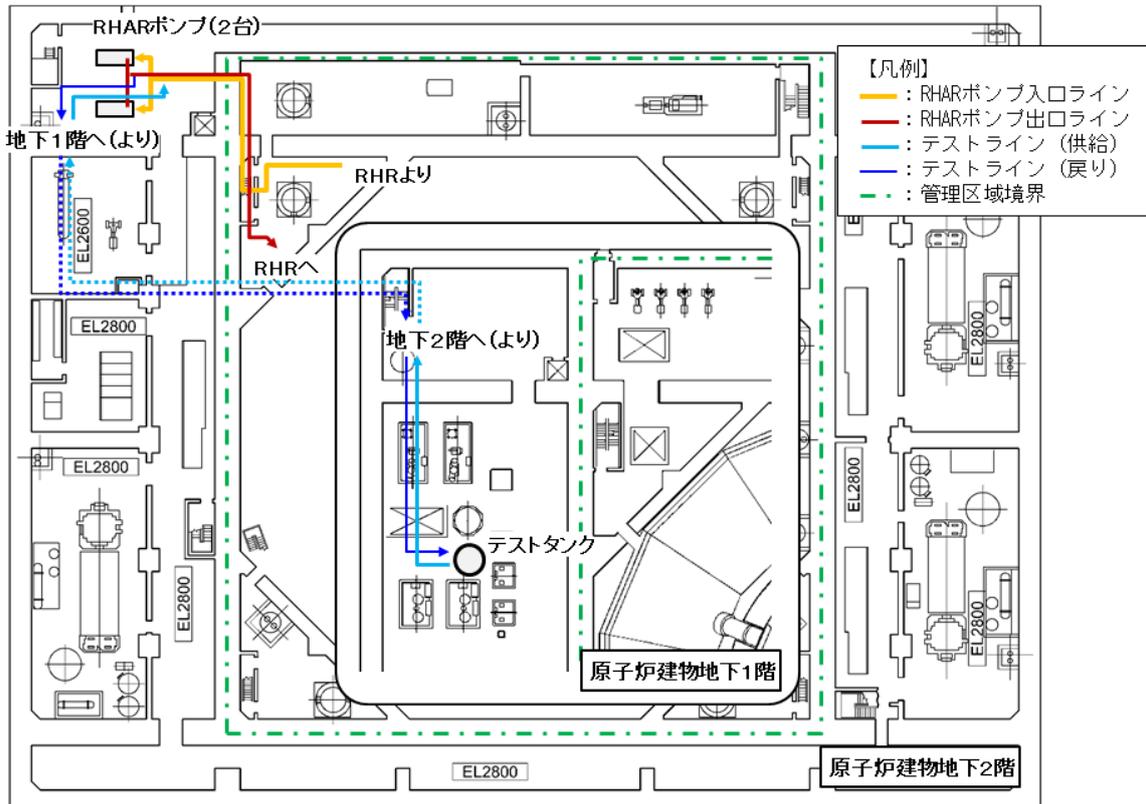
RHAR ポンプは、サプレッションチェンバを水源とした有効吸込水頭を確保するため、原子炉建物地下 2 階に設置する必要がある。原子炉建物地下 2 階のうち管理区域には設置スペースを確保できないため、原子炉建物地下 2 階のうち非管理区域に RHAR ポンプを設置している。第 2-2 図に RHAR ポンプ等の機器配置を示す。



— : 重大事故等時の RHAR の流路
 — : その他の配管

注：弁の開閉状態は、重大事故等時に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イを同時に実施する場合を示す。

第 2-1 図 RHAR 系統概要



第2-2図 機器配置概要

3. サーベイランス方法

今回の原子炉停止期間はサプレッションチェンバ内部水の入れ替えを行うため、非管理区域の機器への放射性物質の付着は少ないと考えられること、非管理区域の機器・配管は新設されており比較的除染が行いやすい状況であることから、サプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプの確認運転により実条件性能の確認を行い、テストタンク水源での RHAR ポンプの確認運転により実条件と同等の性能評価が可能であることを確認する。

今回の原子炉停止期間以外では、サプレッションチェンバを水源としたポンプの確認運転により放射性物質が非管理区域の機器に付着することを防止するため、テストタンクを水源とした RHAR ポンプの確認運転を行う。なお、サプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプの確認運転の実現性を検討したものの、非管理区域の機器に付着した放射性物質を完全に除去できない等の理由により困難である（別紙1 参照）。

RHAR ポンプの確認運転にテストタンクを使用する場合においても、重大事故等時の条件において RHAR が必要な機能が発揮できるかどうかを確認（以下「実条件性能確認」という。）するため、RHAR のサーベイランスは以下の方法により実施する。

（サプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプの確認運転について）

今回の原子炉停止期間以外でテストタンクを水源とした RHAR ポンプの確認運転を行う理由を以下に示す。

- ・RHAR ポンプ設置エリアは非管理区域の屋内ホースの接続ルートとして設定されており、RHAR ポンプ設置エリアを管理区域として設定する場合、RHAR ポンプ設置エリアを迂回してホースを敷設する必要があり、重大事故等時の現場作業に要する時間が長くなる。このため、RHAR ポンプ設置エリアを管理区域として設定することは、原子力安全上困難である。
- ・サプレッションチェンバを水源として RHAR ポンプの確認運転を実施した場合、確認運転後に非管理区域の機器への通水による除染を行ったとしても、弁やポンプは複雑な構造であり、軸封部等の狭隘な部位や部材表面の凹凸に粒子状の放射性物質が入り込むことで、内部の水の流れが少ない部分に滞留した放射性物質を取り除けない可能性がある。また、配管内部に付着した放射性物質が通水により取り除けない場合、配管は溶接により接続された長尺物であることから、分解による配管内部の除染は構造上困難である。このため、サプレッションチェンバ内部水を非管理区域の機器へ通水することは放射線防護上困難である。
- ・分解および組立に起因したシール部の漏えい等の不具合が生じる機会が増えるため、ポンプ等の除染を目的として分解および組立回数を増やすことは、原子力安全上困難である。なお、RHAR ポンプ 1 台の分解点検周期は 130M で計画している*。

注記*：構造（横軸遠心式ターボポンプ）材質（炭素鋼）および使用頻度（1 回/1 月程度）が類似している燃料プール補給水ポンプおよび復水脱塩装置リサイクルポンプの保全・使用実績を踏まえ、以下の通り 130M として計画している。

- ・定期取替品を除く主要部品は 11C まで使用実績があり機能に影響する不具合は確認されていない。

- ・主要部位のうち定期取替を行っているボールベアリングとメカニカルシールについて、ポンプ確認運転および漏えい確認を 1C ごとに行うことで劣化兆候を確認することを計画している。

ここで、M および C は以下を意味する。

M：(月) 分解点検のような経年による性能劣化の回復を目的とし、定期事業者検査に合わせて実施する保全タスクに適用する。

C：(サイクル) 機能・性能試験、外観点検のような経年による性能劣化の回復を目的とせず、定期事業者検査に合わせて実施する保全タスクに適用する。

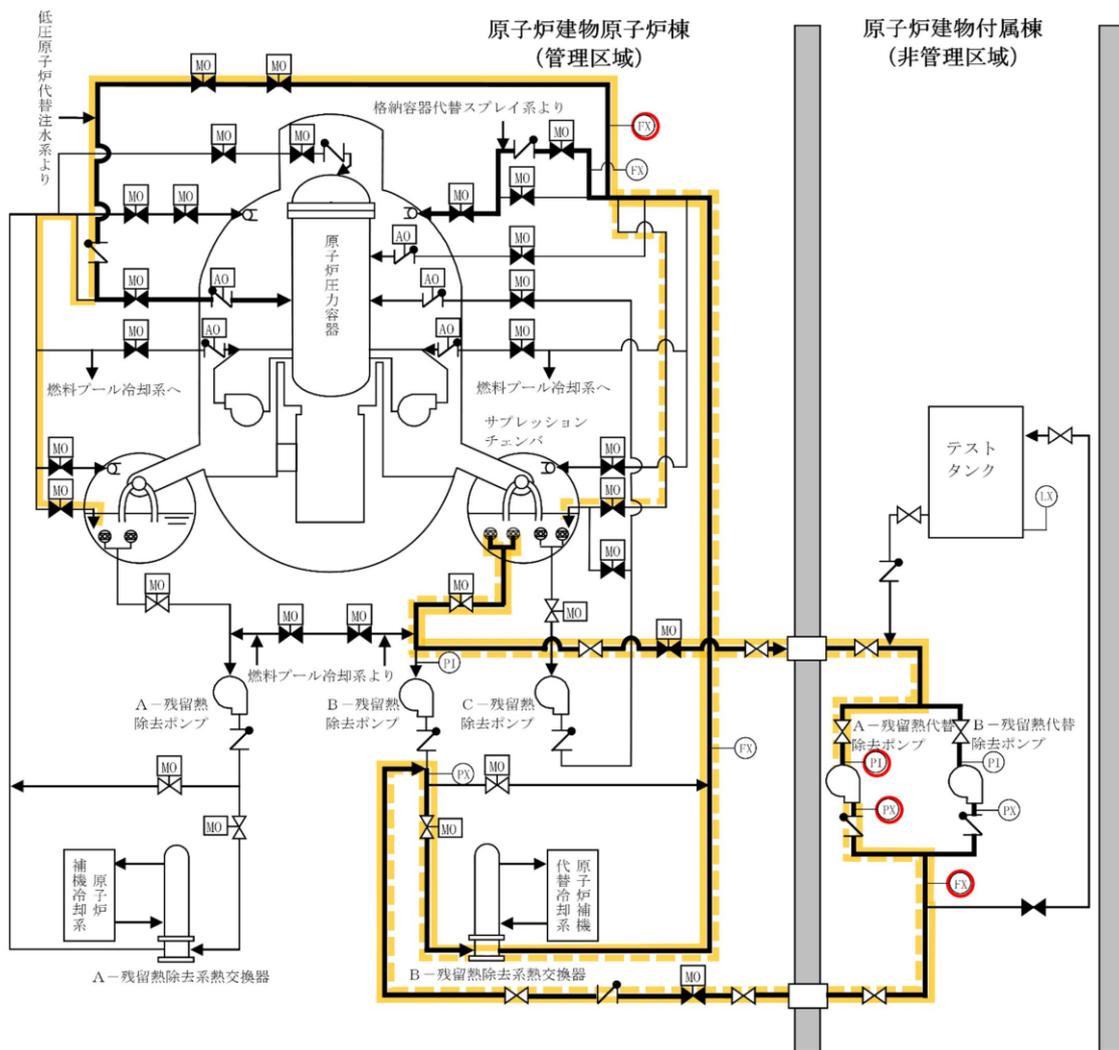
なお、サプレッションチェンバを水源とした場合における放射性物質の付着について参考資料 1 に示す。また、管理区域設定の考え方を参考資料 2 に示す。

3.1 今回の原子炉停止期間

今回の原子炉停止期間は実条件の水源によるポンプの運転が可能であることを確認するため、サブプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプの確認運転を行う。また、テストタンク水源での RHAR ポンプの確認運転結果との比較により、テストタンクを用いる場合でも実条件と同等の性能評価が可能であることを確認する。サブプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプの確認運転時のテストラインを第 3.1-1 図に示す。RHAR ポンプの確認運転では、重大事故等時に必要な流量及び揚程として、RHAR ポンプ 1 台で流量が \square m³/h 以上、揚程が \square m 以上であることを確認する。また、格納容器スプレイ配管と原子炉注水配管の接続配管に \square m³/h 以上通水可能であることを確認する。

サブプレッションチェンバを水源としたテストラインでの確認運転時は RHAR ポンプ設置エリアを一時的な管理区域に設定し、確認運転完了後に非管理区域の流路への通水による除染ならびにポンプ分解を伴う内部の除染を行った後、管理区域設定を解除する。なお、ポンプ組立後の性能確認では、3.2(1)で示すテストタンクを水源とした確認運転を行う。

原子炉起動後は、原子炉隔離時冷却系ポンプや高圧原子炉代替注水系の月例試験でタービン駆動用主蒸気がサブプレッションチェンバに排出されること等により、サブプレッションチェンバに放射性物質が持ち込まれるため、サブプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプの確認運転は実施しない。



- : 重大事故等時の RHAR の流路
- : その他の配管
- : RHAR 確認運転における流路 ($> 1 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上を確認する流路)
- : RHAR 確認運転における流路 ($> 2 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上を確認する流路)
- : サーベイランス時に確認する計器の例

注 1 : プラント通常運転時の弁の開閉状態を示す。

注 2 : RHAR の流路は A-RHAR ポンプにより送水する場合の例を示す。R-RHAR ポンプにより送水する場合についても同様

第 3.1-1 図 RHAR ポンプテストライン (サブプレッションチェンバ水源)

3.2 定事検停止時

定事検停止時における RHAR ポンプの性能確認では、テストタンクを用いた RHAR ポンプの循環運転を行う。

また、主要な流路の健全性確認としてテストタンクを水源としてサブプレッションチェンバを送水先とした RHAR ポンプの確認運転を行うとともに、サブプレッションチェンバを水源としたポンプの運転確認として RHR ポンプの運転確認およびテストラインに含まれない RHAR ポンプ使用時の主要な流路の通水確認を行う。

(1) RHAR ポンプの性能確認

RHAR ポンプの性能確認として実施する確認運転では、テストタンクを用いた循環運転を行う。テストタンクを水源とした RHAR ポンプの確認運転時のテストラインを第 3.2-1 図に示す。RHAR ポンプの確認運転では、重大事故等時に必要な流量及び揚程として、RHAR ポンプ 1 台で流量が \square m³/h 以上、揚程が \square m 以上であることを確認する。ここで、確認する揚程については、重大事故等時に必要な揚程として、静水頭 \square m 及びポンプ運転時の配管・機器圧力損失 \square m の合計を上回る揚程としている。

なお、サブプレッションチェンバから RHAR ポンプまでの流路の圧力損失については、ポンプの有効吸込水頭（有効 NPSH）評価において考慮されている（水源の液面に作用する圧力や静水頭の合計値から水源から、ポンプまでの流路の圧力損失等を差し引いた値として算出した有効 NPSH が、必要有効吸込水頭（必要 NPSH）以上であることを確認している）。

以上の通り、テストタンクを用いた循環運転を行う場合においても、RHAR 使用時の流路の圧力損失は、ポンプの必要揚程および有効 NPSH 評価において考慮している。

また、揚程はポンプの入口側および出口側の圧力を用いて計算されるため、水源によらず揚程の確認が可能である。性能確認方法の概要を以下に示す。

- ・ RHAR テストライン流量調節弁により流量 \square m³/h に調節する。
- ・ RHAR ポンプの入口側及び出口側の圧力の測定結果から、以下の計算により揚程 \square m 以上であることを確認する。

$$H = ((P_2 - P_1) / \rho g) + ((U_2^2 - U_1^2) / 2g) + h$$

ここで、

H : ポンプ揚程 (m)

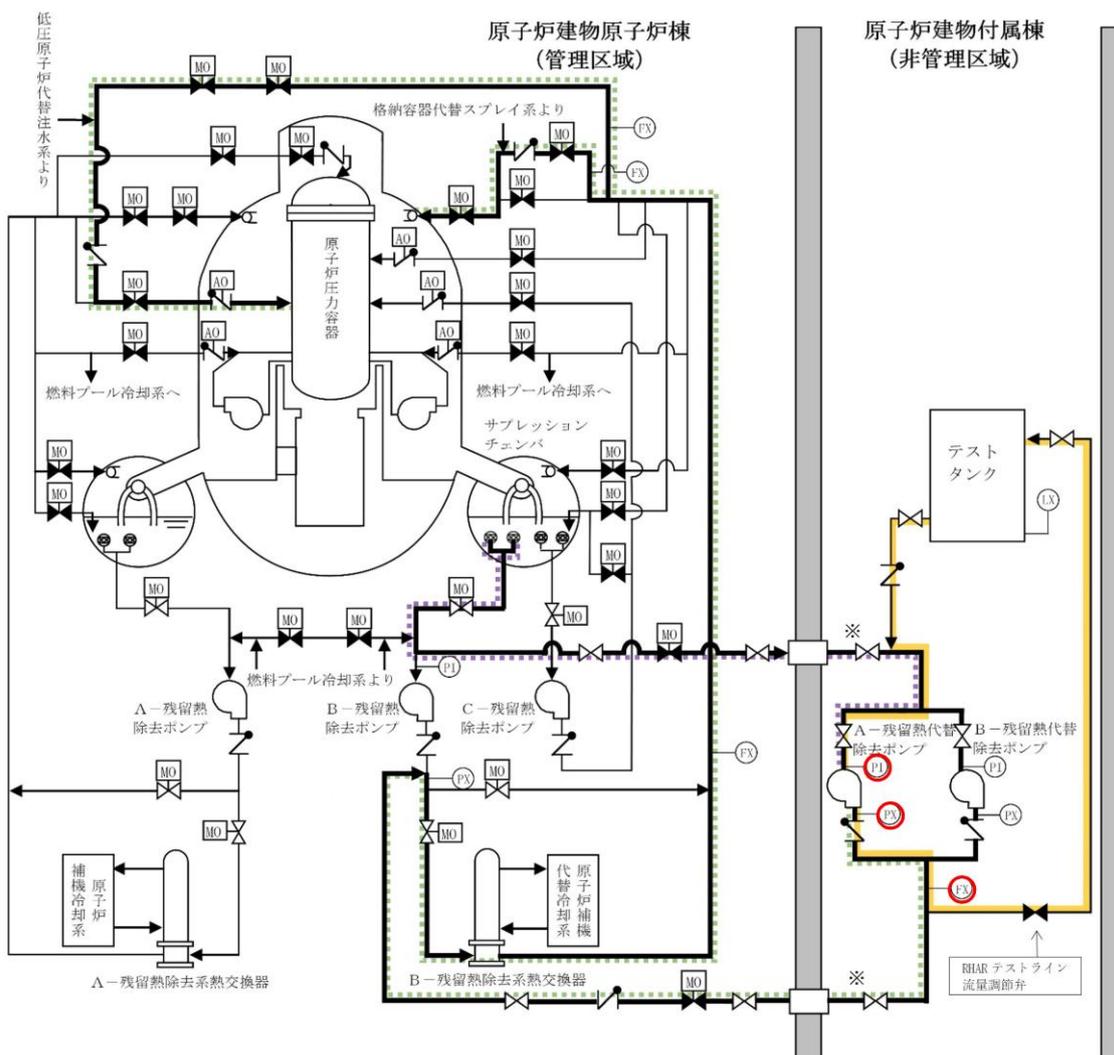
P₁ : ポンプ入口側圧力 (MPa)

P₂ : ポンプ出口側圧力 (MPa)

ρ : 水の密度 (kg/m³)

g : 重力加速度 (m/s²) (=9.80665)

- U_1 : ポンプ入口側平均流速 (m/s)
- U_2 : ポンプ出口側平均流速 (m/s)
- $U_i = Q/A_i$
- Q : ポンプ流量 (m³/s)
- A_i : 配管断面積 (m²)
- h : 入口側と出口側の圧力計の高低差 (m)



- : 重大事故等時の RHAR の流路
- : その他の配管
- : RHAR ポンプテストライン
- ⋯ : 有効 NPSH 評価により圧力損失を考慮する範囲
- ⋯ : ポンプの必要揚程として圧力損失を考慮する範囲
- : サーベイランス時に確認する計器の例

注 1 : プラント通常運転時の弁の開閉状態を示す。

注 2 : RHAR の流路は A-RHAR ポンプにより送水する場合の例を示す。R-RHAR ポンプにより送水する場合についても同様

※ : ポンプ運転時に閉止する弁を示す。

第 3.2-1 図 RHAR ポンプテストライン (テストタンク水源)

(テストタンクについて)

テストタンクは EL8.8m に設置された開放タンクであり、サプレッションチェンバの通常時高水位 (EL5.66m) よりも高い位置に設置している。仮に RHAR ポンプ入口側の管理区域・非管理区域間の境界に設置された電動弁に漏えいが生じた場合においても、テストタンクは内部水を保有した状態で保管しており、テストタンクの静水頭が加わることで非管理区域側の圧力の方が管理区域側の圧力よりも高いことから、サプレッションチェンバからの水が非管理区域側へ漏えいしない設計としている。

テストタンクの容量 (3m³) は、ポンプの軸動力が全て水の温度上昇に用いられることを仮定し、ポンプが 1 時間運転可能である容量*に余裕を考慮して設定している。テストタンクを用いた循環運転時は、テストラインの配管は満水状態でポンプの運転を開始するため、テストタンクからポンプへ水が吸込まれた直後にポンプからテストタンクに水が戻ることからテストタンク水位の変動は小さく、テストタンクの容量が小さくても循環運転における問題は無い。なお、循環運転を行わず、テストタンク以外へ水を排出する場合は、定格流量において 分程度運転が可能な容量である (3m³ ÷ m³/h (= m³/min) = min)。

注記*：ここでは水温が 50℃未満で維持される容量を想定している。

(管理区域・非管理区域境界の配管内部水について)

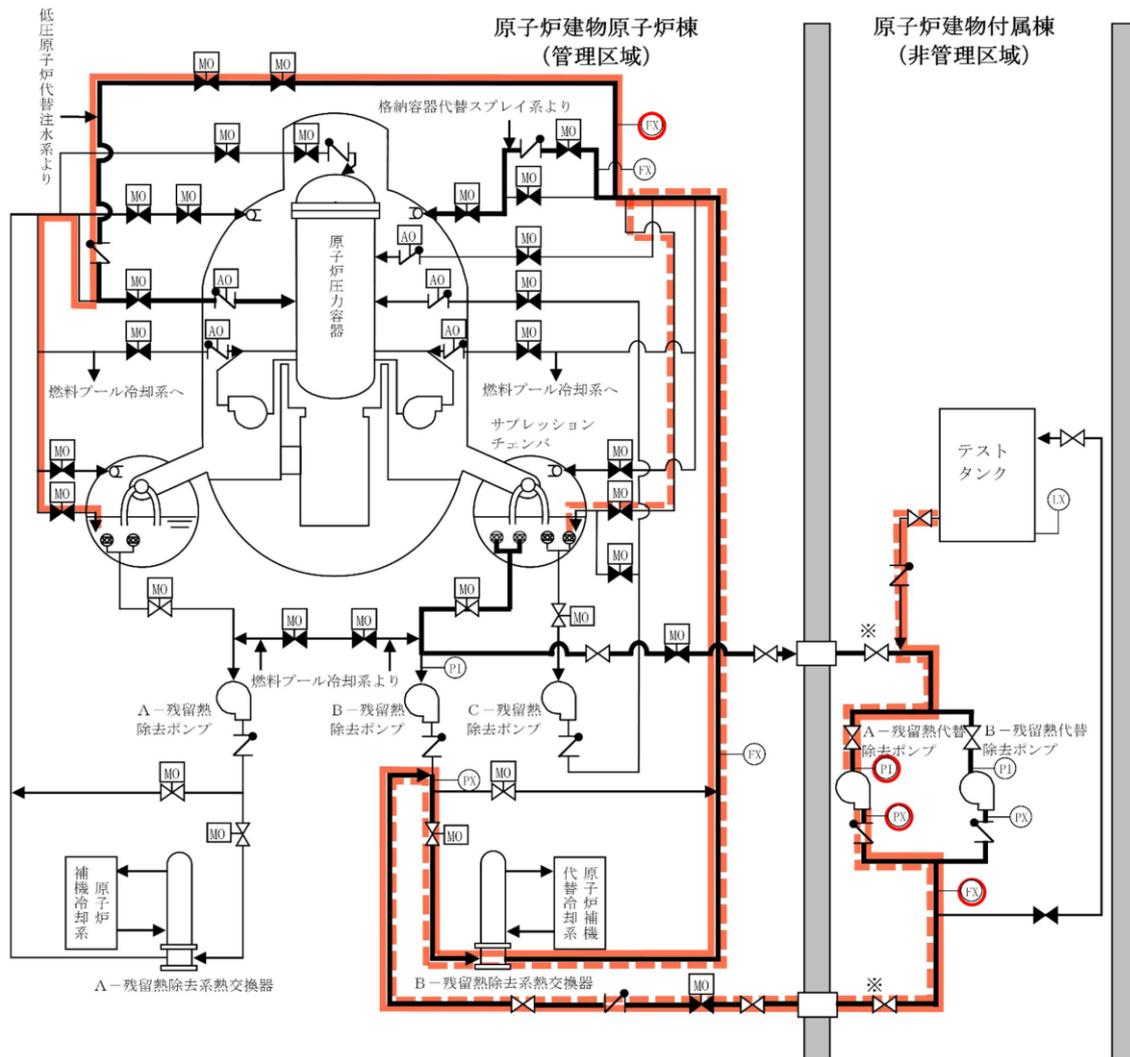
管理区域・非管理区域境界の配管には、弁を閉止した状態で非管理区域側から水張りを行う。RHAR ポンプ入口側はテストタンクの静水頭により非管理区域側の圧力が高いこと、RHAR ポンプ出口側は残留熱除去系との合流部より手前に逆止弁が設置されていることから、仮に管理区域・非管理区域境界の電動弁に漏えいが生じた場合においても、非管理区域側の配管へ放射性物質を含む水の漏えいの恐れは無い。テストタンクを用いた RHAR ポンプの循環運転時は、非管理区域側の配管の方が管理区域側よりも高圧であることから、非管理区域側の配管へ放射性物質を含む水の漏えいの恐れは無い。なお、循環運転の流路に含まれない配管にはほとんど流れは生じないものと考えられるが、配管内部の対流により管理区域側から非管理区域側への流れが生じないように、非管理区域側の境界弁を閉止して確認運転を行う。

(2) 主要な流路の健全性確認

重大事故等時の RHAR の主要な流路の健全性確認として、テストタンクを水源としてサプレッションチェンバを送水先とした RHAR ポンプの確認運転を行う。主要な流路の健全性確認のためのテストラインを第 3.2-2 図に示す。テストタンクの容量が小さいことを考慮し、流量 \square m³/h 以上、揚程 \square m 以上を確認後（格納容器スプレイ配管と原子炉注水配管の接続配管については \square m³/h 以上の通水を確認後）、短時間運転を継続する。なお、ポンプは起動後数秒以内に定格流量での送水が可能である。

系統構成が適切になされていること、必要な流量および揚程での通水が可能であることを確認することにより、流路の健全性を確認する。

2 台の RHAR ポンプのどちらを用いた場合にも同様に流路の健全性が確認可能であることから、定事検ごとに 1 台の RHAR ポンプを用いて主要な流路の健全性確認のための確認運転を行う。



— : 重大事故等時の RHAR の流路
 — : その他の配管
 — : RHAR 確認運転における流路 (\square m^3/h 以上を確認する流路)
 - - : RHAR 確認運転における流路 (\square m^3/h 以上を確認する流路)
 ○ : サーベイランス時に確認する計器

注 1 : プラント通常運転時の弁の開閉状態を示す。

注 2 : RHAR の流路は A-RHAR ポンプにより送水する場合の例を示す。R-RHAR ポンプにより送水する場合についても同様

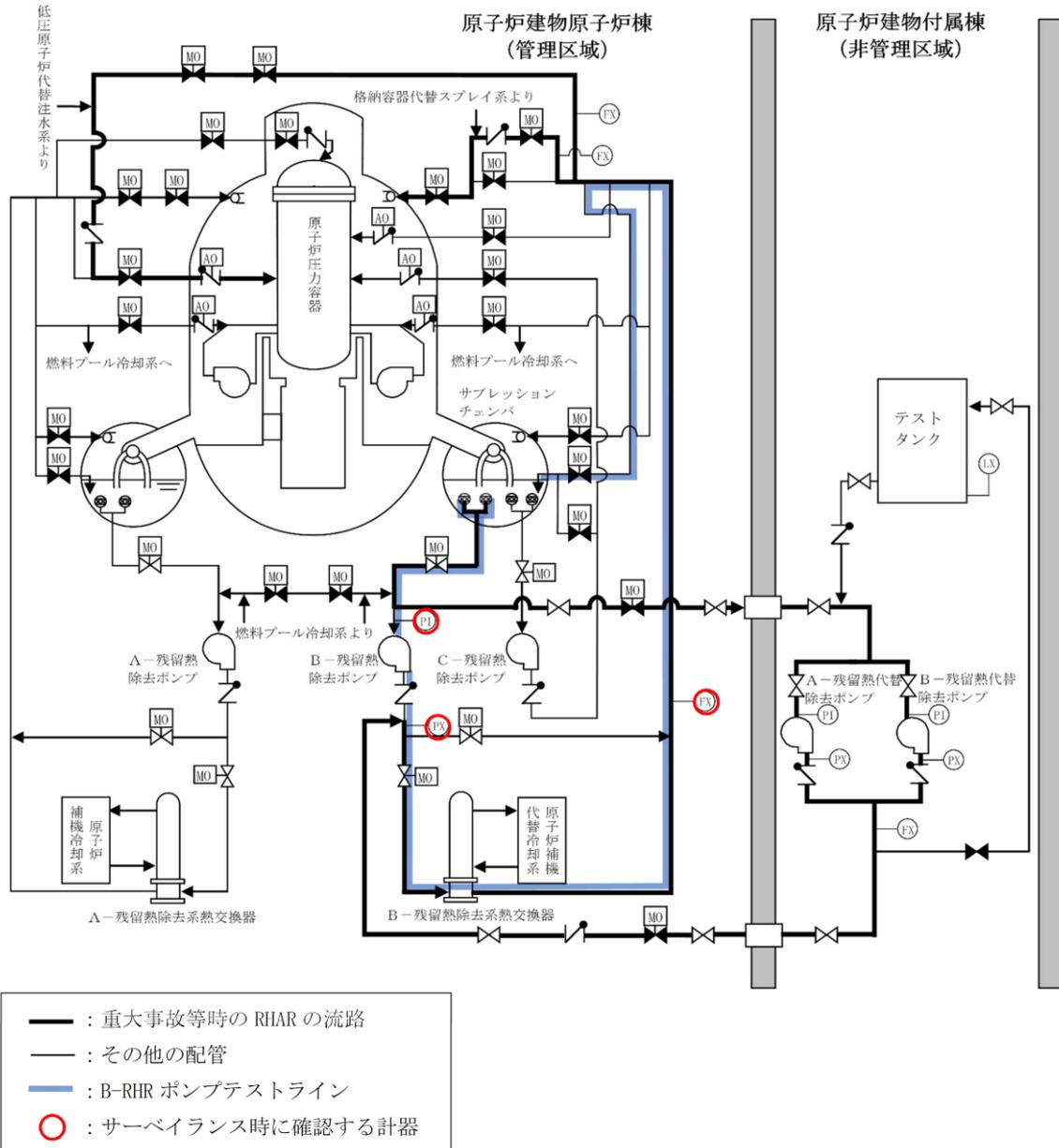
※ : ポンプ運転時に閉止する弁を示す。

第 3.2-2 図 RHAR ポンプテストライン (主要な流路の健全性確認)

(3) 水源および一部流路の健全性確認

水源であるサブプレッションチェンバを含めた一部流路の健全性を確認するため、RHR ポンプの確認運転を行う。RHR ポンプの確認運転時のテストラインを第 3.2-3 図に示す。

RHR ポンプの確認運転は、RHAR ポンプ運転時の流量 \square m³/h を上回る流量 \square m³/h 以上で実施する。なお、RHR ポンプの確認運転では、RHR ポンプの揚程が 86m 以上であることを確認する。



注：プラント通常運転時の弁の開閉状態を示す。

第 3.2-3 図 RHR ポンプテストライン

(4) 流路の通水確認

RHAR ポンプ使用時の流路のうち、(1)～(3)に含まれない流路について、第 3.2-1 表に示す方法により通水確認を行う。また、第 3.2-1 表における通水確認範囲を第 3.2-4 図に示す。

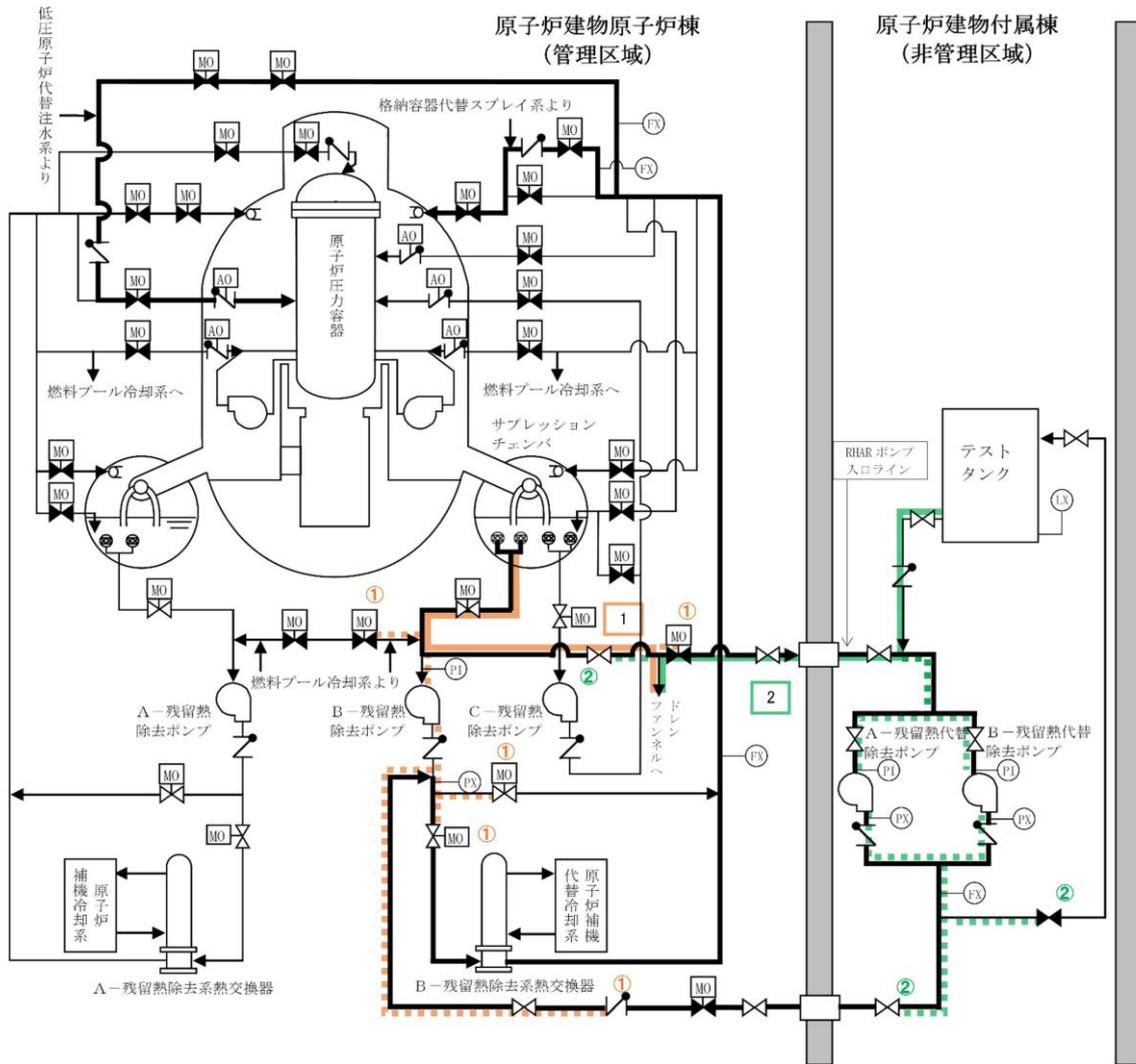
流路の通水確認では、系統構成が適切になされていること、ドレンラインからの排水が可能であることの確認により異常なく通水できることを確認することで、流路の健全性の確認を行う。

通水確認を行う範囲については、以下の管理を行うことにより、流路の健全性を確保する。

- ・ポンプおよび弁の分解点検時に配管内部の異物確認を行うとともに、異物混入を防止する。
- ・サプレッションチェンバ内部の異物管理およびサプレッションチェンバ水源での通水確認時にストレーナによる異物除去を行うことにより、配管内部への異物の混入を防止する。

第 3.2-1 表 通水確認による健全性確認範囲および通水方法

No.	健全性確認範囲	通水方法			通水が困難な範囲
		水源	送水先	送水圧力	
1	サプレッションチェンバ～RHAR ポンプ入口ライン (管理区域)	サプレッションチェンバ	ドレンファンネル	静水頭	無し
2	RHAR ポンプ入口ライン (管理区域～非管理区域)	RHAR テストタンク	ドレンファンネル	静水頭	無し



— : 重大事故等時の RHAR の流路
 - - - : その他の配管

注 1 : 図中の ①～② は第 3.2-1 表における No. を示す。実線の着色範囲は No. に対応する流路を示す。

注 2 : 以下の通り通水確認範囲を示す。

- ・ ①～② は通水確認時に流体の境界となる弁を示す。(数字は ①～② の数字に対応)
- ・ 流体の境界内の配管のうち、通水確認の流路でない範囲を点線で着色する。

注 3 : プラント通常運転時の弁の開閉状態を示す。

第 3.2-4 図 通水確認範囲

3.3 月例点検時

月例点検時は、テストタンクを用いた循環運転により RHAR ポンプの確認運転を行う。

また、サブプレッションチェンバを水源としたポンプの確認運転として RHR ポンプの確認運転を行うとともに、テストラインに含まれない RHAR ポンプ使用時の流路上に配置される弁の動作確認を行う。

3.2(2)および3.2(4)に示す流路の健全性確認については、必要な系統構成に伴う B-RHR ポンプ運転の阻害により事故対応操作が遅れることにより、原子力安全上困難であることから実施しない。

(1) RHAR ポンプの動作確認

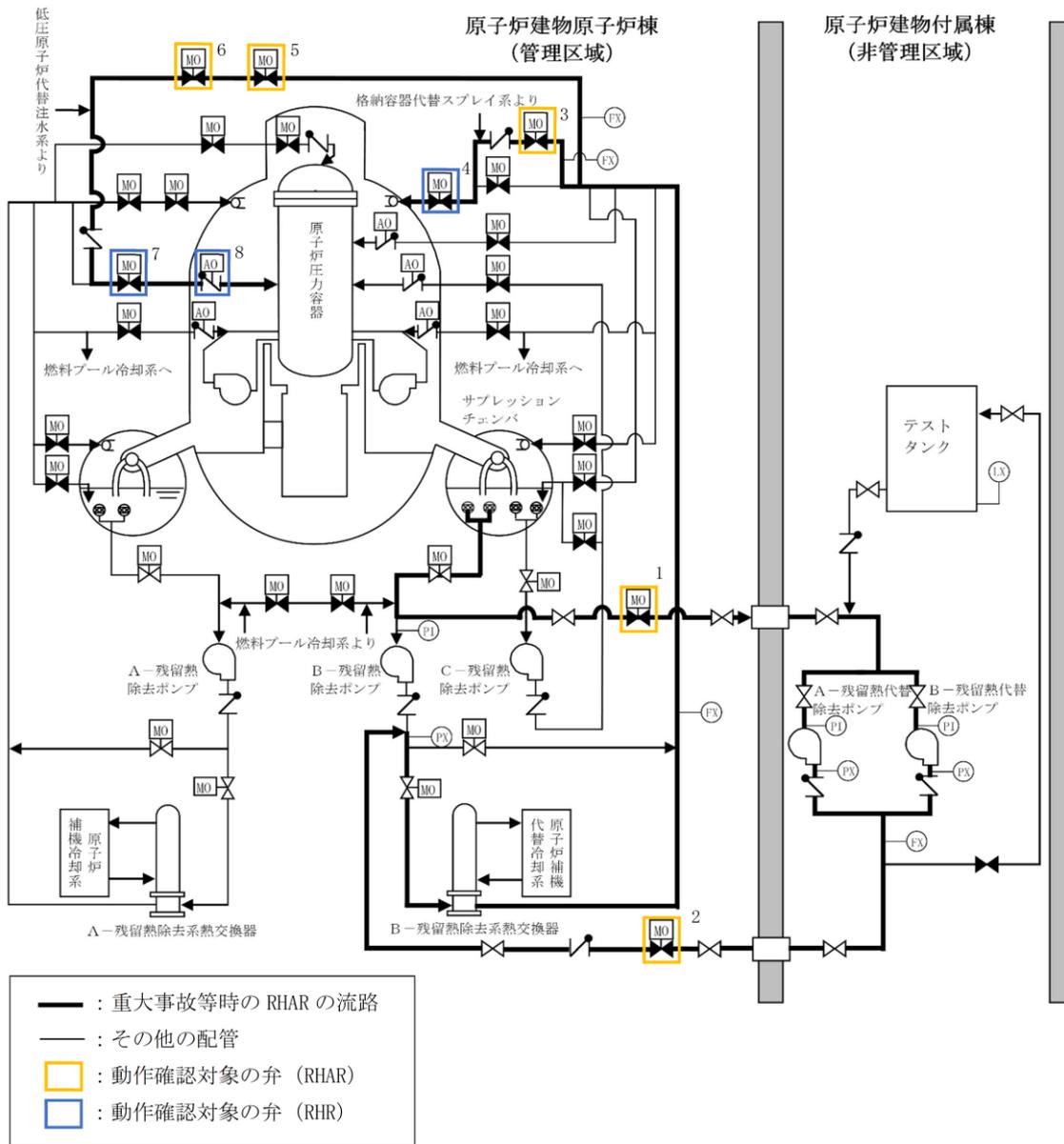
3.1(1)で示した流路により、RHAR ポンプの動作確認を行う。

(2) 水源および一部流路の健全性確認

水源であるサブプレッションチェンバを含めた一部流路の健全性を確認するため、3.1(3)で示した流路により RHR ポンプの確認運転を行う。

(3) 弁の動作確認

重大事故等時における RHAR の流路の弁の健全性の確認のため、重大事故等時に開閉操作が必要な弁の動作確認を行う。確認対象の弁を第 3.3-1 図に示す。



注：プラント通常運転時の弁の開閉状態を示す。

No.	弁名称
1	RHR RHAR ライン入口止め弁
2	RHAR ライン流量調節弁
3	RHR PCV スプレイ連絡ライン流量調節弁
4	B-RHR ドライウェル第2スプレイ弁
5	RHR A-FLSR 連絡ライン止め弁
6	RHR A-FLSR 連絡ライン流量調節弁
7	A-RHR 注水弁
8	A-RHR 試験可能逆止弁

第 3.3-1 図 動作確認対象弁

4. 実条件性能評価

3. に示したサーベイランスの内容について整理した結果を第 4-1～3 図に示す。

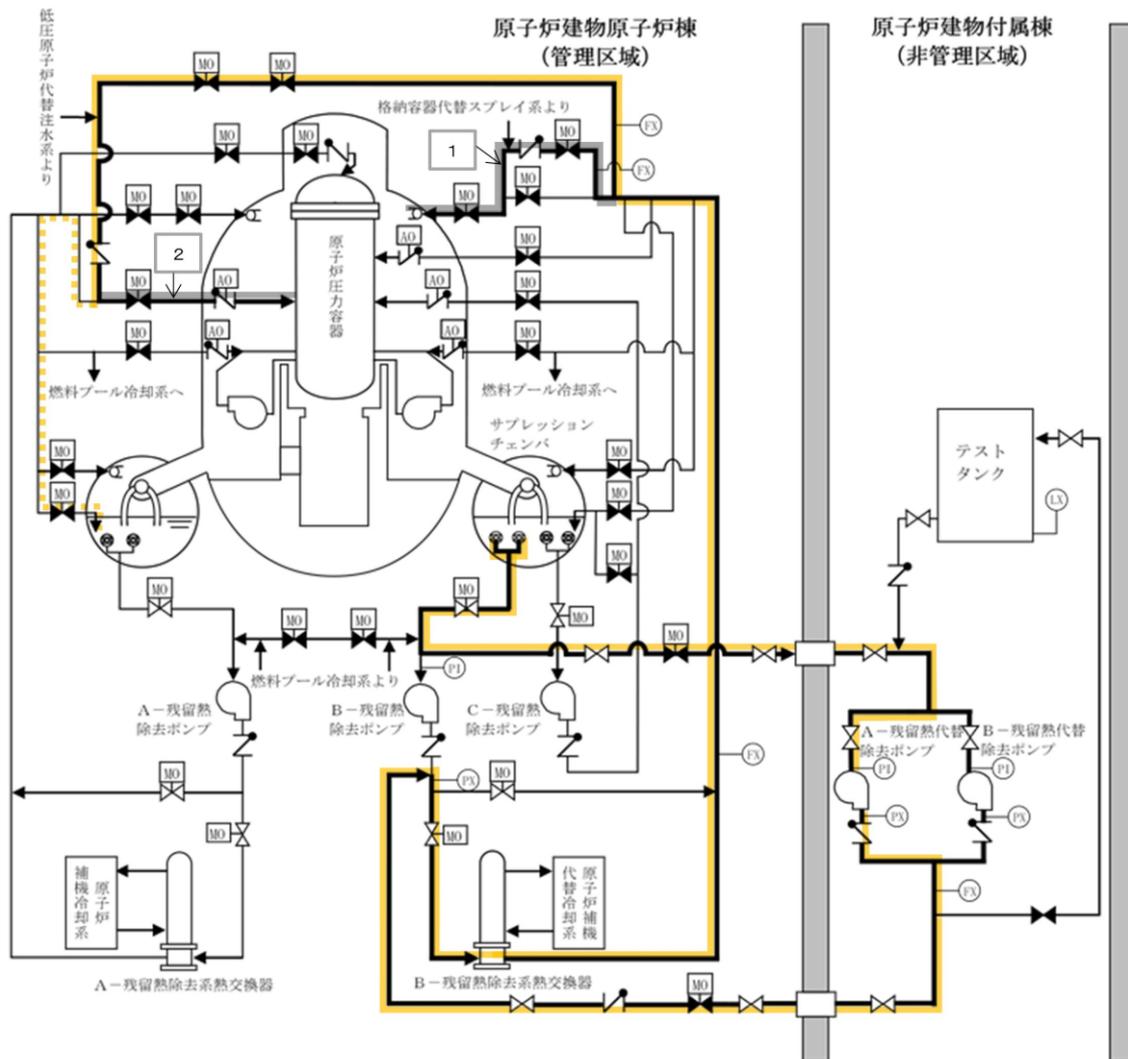
第 4-1 図では、今回の原子炉停止期間において、サブプレッションチェンバ水源による RHAR ポンプの確認運転を行うことにより、RHAR ポンプ使用時と概ね同じ流路の健全性の確認が可能であることを示している。

第 4-2 図では、定事検停止時において、RHAR ポンプはテストタンク水源による確認運転を行うものの、RHAR ポンプを用いた流路の健全性確認、RHR ポンプの確認運転および通水確認を合わせて実施することにより、RHAR ポンプ使用時の主な流路の健全性の確認が可能であることを示している。

第 4-3 図では、月例点検時において、流路の健全性確認が困難な範囲はあるものの、弁の動作確認により系統構成が適切になされること、ポンプが動作可能であることの確認が可能であることを示している。

第 4-1～3 図に示すサーベイランス方法について、RHAR における実条件とサーベイランス条件を比較し、実条件性能評価の考え方を整理した結果を第 4-1 表に示す。

第 4-1 表に示す通り、定事検停止時および月例点検時にテストタンクを水源とした RHAR ポンプの確認運転を行う場合でも、今回の原子炉停止期間におけるサブプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプの確認運転結果との比較、残留熱除去ポンプの確認運転および主要な流路の通水確認等の複数の試験の組合せにより、実条件と同等の性能確認が可能である。

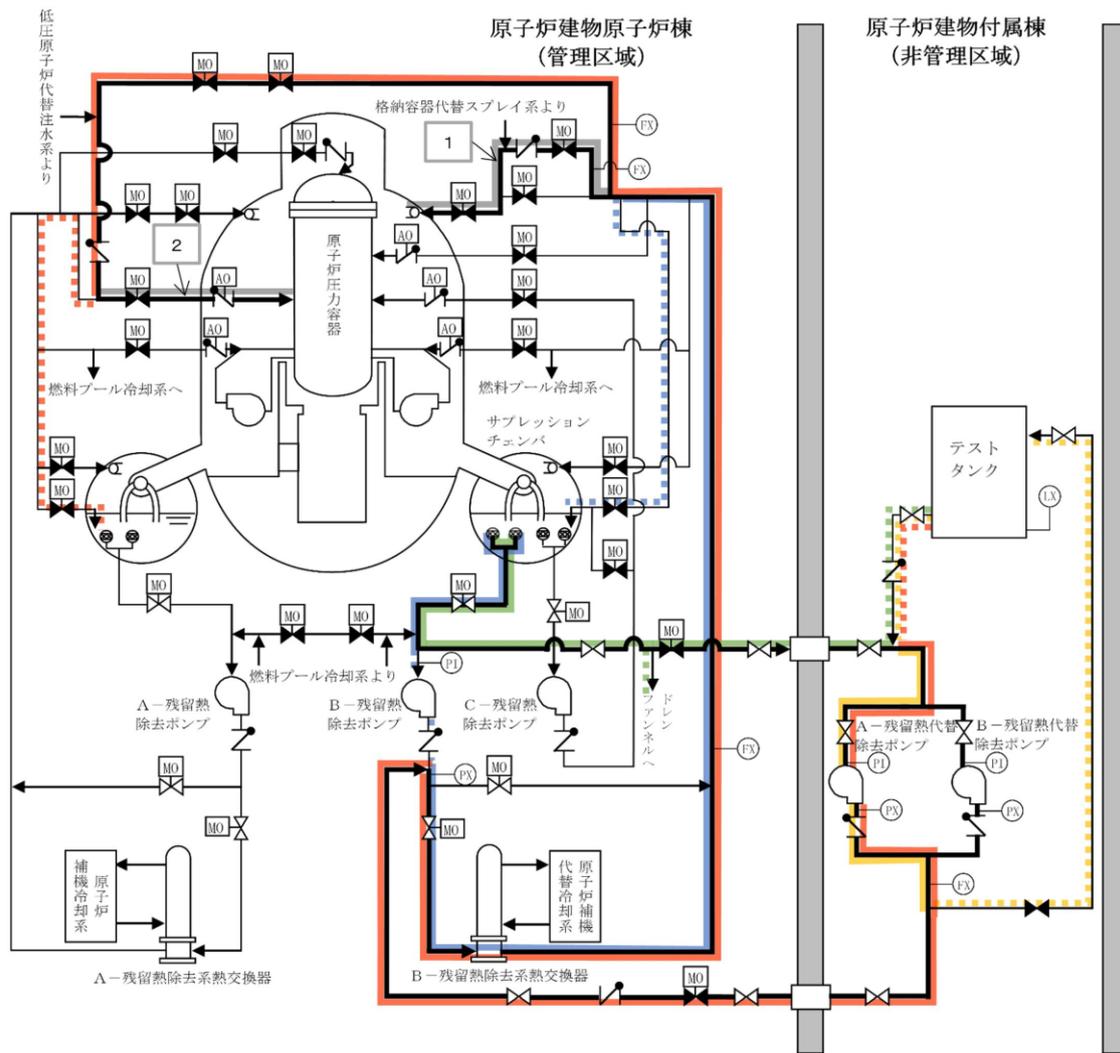


- | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>— : 重大事故等時の RHAR の流路</p> <p>— : その他の配管</p> <p>— : 以下の理由により通水確認が困難な範囲</p> <p>1 : 被水によるドライウェル機器の破損防止</p> <p>2 : 原子炉出力の変動, 原子炉水位の変動, 原子炉圧力容器への異物混入の防止</p> | <p>【サーベイランス時の流路】</p> <p>— : サプレッションチェンバ水源での RHAR ポンプ確認運転 (送水方法: RHAR ポンプ)</p> <p>点線 : 重大事故等時の RHAR 流路以外の流路</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

注 1 : プラント通常運転時の弁の開閉状態を示す。

注 2 : RHAR の流路は A-RHAR ポンプにより送水する場合の例を示す。R-RHAR ポンプにより送水する場合についても同様

第 4-1 図 サーベイランス内容の整理結果 (今回の原子炉停止期間)

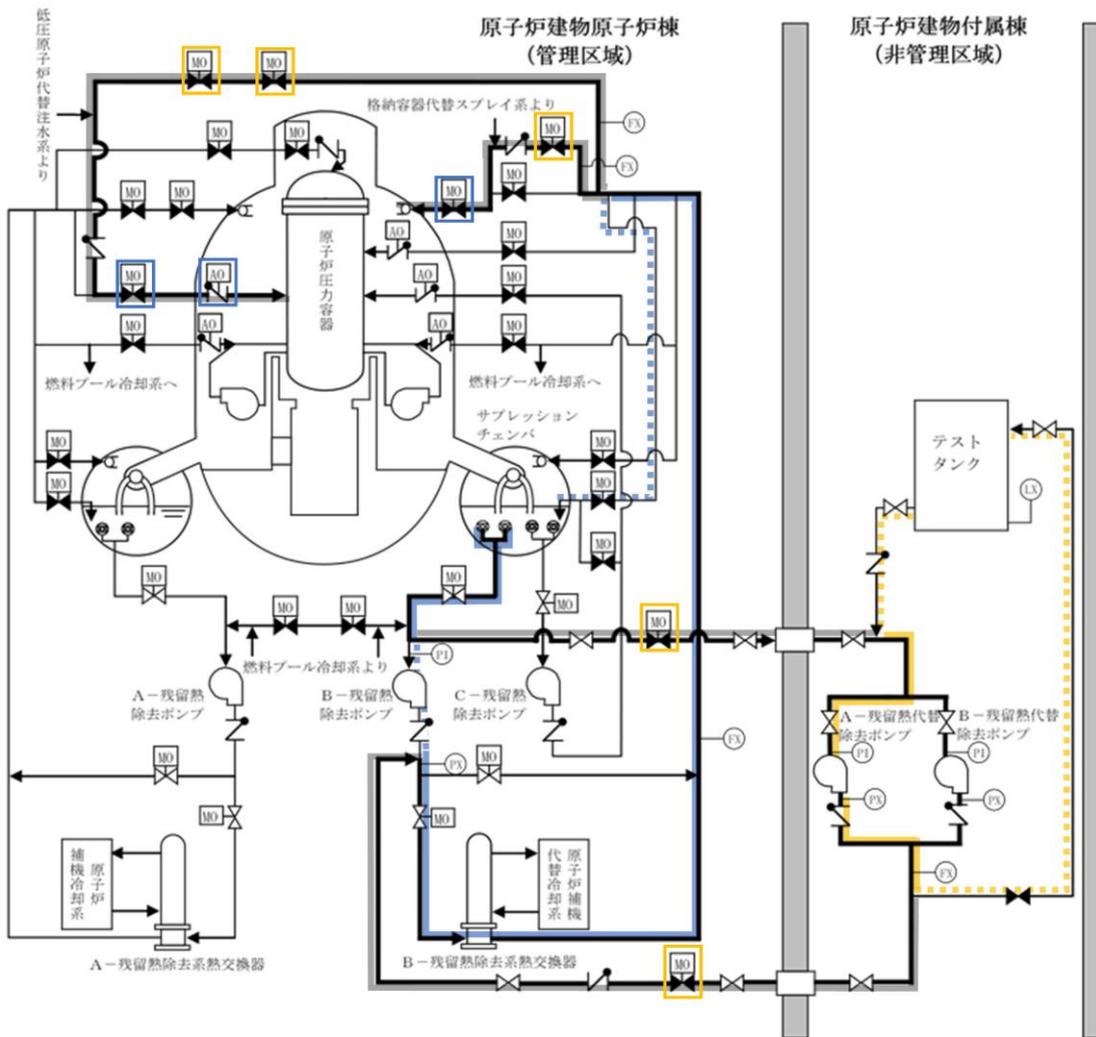


- | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>— : 重大事故等時の RHAR の流路</p> <p>— : その他の配管</p> <p>— : 以下の理由により通水確認が困難な範囲</p> <p>1 : 被水によるドライウェル機器の破損防止</p> <p>2 : 原子炉出力の変動, 原子炉水位の変動, 原子炉压力容器への異物混入の防止</p> | <p>【サーベイランス時の流路】</p> <p>— (1) : (1) RHAR ポンプの性能確認 (送水方法: RHAR ポンプ)</p> <p>— (2) : (2) 主要な流路の健全性確認 (送水方法: RHAR ポンプ)</p> <p>— (3) : (3) 水源および一部流路の健全性確認 (送水方法: RHR ポンプ)</p> <p>— (4) : (4) 流路の通水確認 (送水方法: サプレッションチェンバ, テストタンク静水頭)</p> <p>点線 : 重大事故等時の RHAR 流路以外の流路</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

注 1 : プラント通常運転時の弁の開閉状態を示す。

注 2 : RHAR の流路は A-RHAR ポンプにより送水する場合の例を示す。R-RHAR ポンプにより送水する場合についても同様

第 4-2 図 サーベイランス内容の整理結果 (定事検停止時)



<p>— : 重大事故等時の RHAR の流路</p> <p>— : その他の配管</p> <p>— : 以下の理由により通水確認が困難な範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> 必要な系統構成に伴う RHR ポンプ運転の阻害により事故対応操作が遅れるため 原子力安全上困難 	<p>【サーベイランス時の流路・動作確認対象弁】</p> <p>— : (1) RHAR ポンプの動作確認 (送水方法: RHAR ポンプ)</p> <p>— : (2) 水源および一部流路の健全性確認 (送水方法: RHR ポンプ)</p> <p>点線 : 重大事故等時の RHAR 流路以外の流路</p> <p>□ : (3) 弁の動作確認 (RHAR)</p> <p>□ : (3) 弁の動作確認 (RHR)</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

注 1 : プラント通常運転時の弁の開閉状態を示す。

注 2 : RHAR の流路は A-RHAR ポンプにより送水する場合の例を示す。R-RHAR ポンプにより送水する場合についても同様

第 4-3 図 サーベイランス内容の整理結果 (月例点検時)

第4-1表 RHARにおける実条件とサーベイランス条件の比較

項目*1	条件の比較		実条件性能適合性の考え方		
	実条件	サーベイランス条件*1	実条件の考慮方法	実条件の適用が困難な場合の実条件性能評価	
ポンプ性能	流量	□ m ³ /h	□ m ³ /h	同じ流量を確認 —	
	揚程	□ m	□ m	同じ揚程を確認 —	
	吸込側流路の圧力損失	サブプレッションチェンバ～RHARポンプ	A:サブプレッションチェンバ～RHARポンプ B, C:テストタンク～RHARポンプ	Aで同じ流路の圧力損失を確認	B, C: ・テストタンク水源でのサーベイランスでポンプの性能確認を行い, Aの結果と同等の性能確認が可能であることを確認 ・有効NPSH評価において実条件での圧力損失を考慮
	吐出側流路の圧力損失	RHARポンプ～ドライウエルまたは原子炉圧力容器	A, B:RHARポンプ～サブプレッションチェンバ C:RHARポンプ～テストタンク	A, Bで概ね同じ流路*1の圧力損失を確認	A, B, C: ・必要揚程として実条件での圧力損失を考慮
	流路	サブプレッションチェンバ～ドライウエルまたは原子炉圧力容器	A:サブプレッションチェンバ～サブプレッションチェンバ B:テストタンク～サブプレッションチェンバ C:テストタンク～テストタンク	Aで概ね同じ流路*1の通水確認を実施	A, B, C: ・通水確認の範囲に含まれない電動弁について, 開閉試験により系統構成が適切になされることをCで確認 B, C: ・RHRポンプの確認運転で流路の通水確認を実施 ・RHARポンプおよびRHRポンプの確認運転時の流路に含まれない主要な範囲*1についてBで通水確認, ポンプ・弁分解点検時の異物確認・異物混入防止, サプレッションチェンバ内部の異物管理・ストレーナによる異物除去
水源	サブプレッションチェンバ	A:サブプレッションチェンバ B, C:テストタンク	Aで同じ水源での確認運転を実施	B, C: ・RHRポンプの確認運転において, サプレッションチェンバを水源としたポンプ運転が可能であることを確認	

注：Aは今回停止期間，Bは定事検停止時，Cは月例点検時を示す。

注記*1：ドライウエルおよび原子炉圧力容器付近の一部を除く。

5. まとめ

定事検停止時および月例点検時にテストタンクを水源とした RHAR ポンプの確認運転を行う場合でも、今回の原子炉停止期間におけるサプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプの確認運転結果との比較、RHR ポンプの確認運転および主要な流路の通水確認等の複数の試験の組合せにより、実条件と同等の性能確認が可能であることを確認した。

サブプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプ確認運転の実現性について

サブプレッションチェンバを水源として RHAR ポンプの確認運転を実施する方法について、必要な対応および試験実施可否を検討する。

1. サーベイランス時に RHAR ポンプエリアを一時的な管理区域として設定

(1) 概要

サブプレッションチェンバを水源としたサーベイランス時に RHAR ポンプ設置エリアを一時的な管理区域に設定し、性能確認を行う（定事検停止時）。

(2) 必要な対応

RHAR ポンプ設置エリアを一時的な管理区域に設定する場合、以下の対応が必要である。

- ・一時的な管理区域を設定するエリアの区画，出入口の施錠管理
- ・汚染防止囲いや局所排風機による気体廃棄物管理
- ・発生する廃液の回収および常設管理区域への運搬による液体廃棄物管理
- ・サーベイランス終了後の一時的な管理区域の解除

[対応可否]

一時的な管理区域を設定することや設定中の運用管理について作業量の増加が見込まれるものの対応は可能である。

一時的な管理区域を解除するための対応については、2.1 および 2.2 に示す。

1.1 サプレッションチェンバ内部水の入れ替え

(1) 概要

サブプレッションチェンバ内部水の入れ替えを行うことで、サブプレッションチェンバ水源による RHAR ポンプの確認運転を行う場合に、非管理区域に設置された機器への放射性物質の付着を低減することができる。ただし、過去にはサブプレッションチェンバ内壁の塗装や E C C S ストレーナの点検を目的としてサブプレッションチェンバ内部水の入れ替えを行っていたが、廃止措置段階である 1 号炉の廃棄物処理設備について 2 号炉との共用を取り止めたことにより廃液の処理に時間を要することから、サブプレッションチェンバ内部水の入れ替えを行わない運用を計画している*。

注記*：サブプレッションチェンバ内壁の水中塗装，E C C S ストレーナの水中点検および E C C S ストレーナの閉止による弁点検等を計画している（具体的な方法は検討中だが、国内外プラントで同様の実績があり、島根 2 号炉においても同様の対応が可能な見込である。）。

(2) 必要な対応

サプレッションチェンバ内部水の水抜きのため、タンク等によるサプレッションチェンバ内部水の受け入れが必要である。

[対応可否]

1号炉廃棄物処理設備の共用取りやめにより、補助復水貯蔵タンクおよびトールス水受入タンクにより、定期検査中に発生する機器ドレン（水抜きを行う配管の保有水を含む）および床ドレンを受け入れる必要がある。このため、主要な機器の点検中において、従来サプレッションチェンバ内部水の水抜き時に使用していたトールス水受入タンクでサプレッションチェンバ内部水を受け入れることは困難である。しかしながら、ドレン発生量が少ない期間において、復水系および給水系の水張りならびに原子炉ウエルの水張りにより補助復水貯蔵タンクおよびトールス水受入タンクの保有水を減らすことで、サプレッションチェンバ内部水の水抜きは可能である。ただし、主要な機器の点検中に十分な期間を確保することは困難であり、サプレッションチェンバ内部水の水抜きおよび水張りを行うための期間を設ける必要があることから、定期検査期間が長期化する*。

注記*：過去の実績では、1号炉設備を使用した上で、サプレッションチェンバ内部水の水抜き・水張り（水処理を含む。）に4～6週間要している。

(3) 確認運転実施可否

定期検査期間が長期化するものの、サプレッションチェンバ内部水の入れ替えは可能である。しかしながら、サプレッションチェンバ内部水に含まれる放射性物質に関して以下の懸念がある。

- ・従来月例点検として実施していた原子炉隔離時冷却系ポンプの確認運転に加え、今後は高圧原子炉代替注水ポンプの確認運転を月例点検として実施するため、タービン駆動用の主蒸気がサプレッションチェンバへ排出される機会が増えることで、従来よりもサプレッションチェンバへの放射性物質の放出量が増加する。
- ・仮に燃料破損が生じた場合、原子炉隔離時冷却系ポンプおよび高圧原子炉代替注水ポンプの確認運転により、多量の放射性物質がサプレッションチェンバへ持ち込まれる。島根2号炉ではこれまで燃料破損は生じておらず、燃料破損を防止するために水質管理を行っているが、国内においても多くのプラントで燃料破損は生じており、島根2号炉においても燃料破損が生じる可能性は否定できない。

上記の通り、今後のプラント運転によりサプレッションチェンバ内部水には従来よりも多量の放射性物質が含まれることが想定される。また、サプレッションチェンバ内部水の入れ替えを行った場合にも、サプレッションチェンバ壁面に付着した放射性物質を完全に除去することは困難であり、入れ替え後のサプレッションチェンバ内部水にも放射性物質は含まれると考えられる。

さらに、サプレッションチェンバからRHARポンプへの流路には、B-RHRポンプ停止時冷却モードの流路が含まれており、RHARポンプは炉水が通過した配管を經由してサ

プレッションチェンバ内部水を吸い込むため、炉水に由来する放射性物質についても非管理区域に持ち込まれることが想定される（参考資料1参照）。

以上の理由により、サブプレッションチェンバ内部水の入れ替えを行った場合においても、非管理区域の機器へ放射性物質が付着することが想定されることから、一時的な管理区域を解除する場合には、下記 1.2 項のポンプ分解による除染等を行う必要があるが、後述する通り、一時的な管理区域を解除するための十分な除染ができないことが考えられるため、サブプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプの運転を行うことは困難である。

1.2 ポンプ分解による除染

(1) 概要

非管理区域の機器にサブプレッションチェンバ内部水を通水した後、ポンプの分解を伴う除染を行うことで、通水だけでは取り除けない放射性物質を除去する。

(2) 必要な対応

サブプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプの確認運転後、RHAR ポンプを分解して除染を行う必要がある。

[対応可否]

分解による除染は可能である。ただし、分解および組立に起因したシール部の漏えい等の不具合が生じる機会が増えるため、除染を目的として分解および組立回数を増やすことは好ましくない。このことから、ポンプの分解点検を行う定事検停止時にサブプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプの確認運転を実施し、確認運転後にポンプの分解点検およびポンプ内部の除染を行う必要がある。

(3) 確認運転実施可否

ポンプを分解して除染を行うことは可能であるが、分解を伴う除染を行う場合においても放射性物質を完全に除去することは困難である（参考資料1参照）。また、配管は溶接により接続された長尺物であることから、分解による配管内部の除染は構造上困難である。

なお、今回の原子炉停止期間においては、サブプレッションチェンバ内部水の入れ替えを行っていること、非管理区域の RHAR ポンプ・弁・配管等は新設されており、内面腐食が少ないことから、比較的除染が行いやすい状況であること、プラント停止期間が10年を超えており、B-RHR ポンプ停止時冷却モードの流路に付着した放射性物質は十分減衰していることから、機器・配管への通水および機器の分解による除染を行うことで、大部分の放射性物質は除去可能であると考えられる。

以上の理由により、ポンプの分解による除染を行う場合においても、今回の原子炉停止期間を除いて、サブプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプの確認運転は困難である。

2. RHAR ポンプエリアを常設管理区域として設定

(1) 概要

RHAR ポンプ設置エリアを常設管理区域に設定し、サブプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプによる性能確認を行う（月例点検時、定事検停止時）。

(2) 必要な対応

RHAR ポンプ設置エリアを管理区域に設定する場合、以下の対応が必要である。

① 管理区域として設定するための以下の設備対応

- ・ 遮蔽壁の設置（放射線防護）
- ・ 管理区域側の空調換気系に接続する空調ダクトの設置（ポンプ室の負圧維持）
- ・ 管理区域内排水系に接続する機器ドレン配管および床ドレン配管の設置（放射性液体廃棄物の処理）
- ・ RHAR ポンプ室の区画，出入口の施錠管理
- ・ 上記工事に伴う配管，消火設備等の移設

[対応可否]

年単位での工事が必要となる可能性があるが，対応は可能な見込である。

② 設計及び工事計画認可申請書の届出

[対応可否]

遮蔽壁の設置に伴い，設計及び工事計画認可申請書の事前届出が必要であり，対応に半年程度が想定されるが，対応は可能である。

③ RHAR ポンプ室を迂回するアクセスルート（屋内接続口へのホース敷設ルート）の設定

[対応可否]

設置許可段階での説明内容を見直すことが必要（参考資料3参照）であり，アクセスルートを見直した成立性の確認に半年程度が想定されるが，対応は可能である。しかしながら，アクセスルートを見直すことで重大事故等時の対応が遅れることから，原子力安全上好ましくない。

(3) 確認運転実施可否

(2) ③の通り, RHAR ポンプ室を常設管理区域として設定する場合, アクセスルートの見直しにより重大事故等時の対応が遅れることから, 原子力安全上好ましくない。また, 放射性物質を取り扱う範囲を拡大することは, 放射性廃棄物の増加につながるという観点から好ましくない。以上の理由により, RHAR ポンプ室を常設管理区域として設定することにより, サプレッションチェンバを水源とした RHAR ポンプの運転を行うことは困難である。

サブプレッションチェンバを水源としたポンプ運転による放射性物質の付着について

残留熱除去系の弁について、分解点検時の除染前に内部の表面汚染密度の測定を行った結果の例を第 1 図に示す。第 1 図において、B-残留熱除去系は停止時冷却モード運転時に原子炉からの冷却水を通水する場合があるが、C-残留熱除去系はサーベイランス時にサブプレッションチェンバの内部水を通水するのみである。

第 1 図に示す通り、C-残留熱除去系の弁 (MV222-1C, V222-1C) においてサブプレッションチェンバの水を通水する場合についても放射性物質の付着が確認されている。また、B-残留熱除去系のうち、停止時冷却モードの流路に含まれておらず、サブプレッションチェンバを水源としたサーベイランス時のみに通水する弁 (MV222-1B) については、C-残留熱除去系の弁に対して高い表面汚染密度となる結果が得られている。これは、弁に対して下流側の配管に原子炉からの冷却水を通水することにより、直接流路に含まれない範囲の弁にも放射性物質が付着することを示している。

残留熱代替除去系は、第 1 図に示す通り、B-残留熱除去系のうち停止時冷却モードの流路から分岐している。このため、サブプレッションチェンバを水源とした確認運転を行う場合には、V222-1C と同程度の汚染が想定されることに加えて、停止時冷却モードの流路を通過することにより更に放射性物質が付着することが想定される。

なお、MV222-1B は分解を伴う除染後においても、内部の表面汚染密度は $0.2\text{Bq}/\text{cm}^2$ として測定されており、分解を伴う除染を行ったとしても放射性物質を完全に除去することは困難であることを示している。

島根原子力発電所における管理区域に係る基準について

実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則に定められているとおり、第 1 表に示す基準を超える区域またはそのおそれのある区域を管理区域として設定し、管理区域内は表面汚染密度のレベルに応じて第 2 表に示す通り区分し運用している。

第 1 表 管理区域に係る基準

		基 準
(a)	外部放射線に係る線量	3 月間につき 1. 3 m S v を超える区域またはそのおそれのある区域
(b)	空気中の放射性物質濃度	3 月間についての平均濃度が線量告示別表第一、二に定める濃度限度の 1 / 1 0 を超える区域またはそのおそれのある区域
(c)	表面汚染密度	α 線を放出する放射性物質 : 0. 4 B q / c m ² α 線を放出しない放射性物質 : 4 B q / c m ² を超える区域またはそのおそれのある区域
同一の場所に外部放射線と空気中の放射性物質とがあるときは、外部放射線に係る 3 月間の線量または、空気中の放射性物質の 3 月間についての平均濃度のそれぞれの(a)の線量または(b)の濃度に対する割合の和が 1 となるようなその線量または濃度をもって、それぞれの(a)の線量または(b)の濃度に代えるものとする。		

第 2 表 管理区域内区分に係る基準（表面汚染密度に係る運用値）

区 分		α 線を放出する放射性物質	α 線を放出しない放射性物質
表面汚染密度	A	汚染のおそれのない区域	
	B (1)	<0. 1 Bq/cm ²	<2 Bq/cm ²
	B (2)	0. 1 ~ 0. 2 Bq/cm ²	2 ~ 4 Bq/cm ²
	C	>0. 2 ~ 4 Bq/cm ²	>4 ~ 40 Bq/cm ²
	D	>4 Bq/cm ²	>40 Bq/cm ²

RHAR ポンプ設置エリアを管理区域設定した場合のアクセスルートへの影響について

1. RHAR ポンプ設置エリアを通行する作業および想定時間について

RHAR ポンプ設置エリアを通行する作業および作業にかかる想定時間を第1表に示す。第1表に示す作業はすべて、「航空機衝突により屋外接続口が使用できない場合に、屋内接続口を使用するための作業」である。有効性評価では、航空機の衝突は想定していないことから、当該作業の想定時間は考慮していないが、設置許可基準規則第43条第3項第3号の要求*に基づき、共通要因によって接続口が使用できなくなることを防止するため、故意による大型航空機の衝突により原子炉建物外壁面の接続口が使用できなくなることを想定し、屋内に接続口を設けている。

注記*：設置許可基準規則第43条第3項第3号の要求事項を以下に示す。

「常設設備と接続するものにあつては、共通要因によって接続することができなくなることを防止するため、可搬型重大事故等対処設備（原子炉建屋の外から水又は電力を供給するものに限る。）の接続口をそれぞれ互いに異なる複数の場所に設けるものであること。」

第1表 RHAR ポンプ設置エリアを通行する作業および作業の想定時間

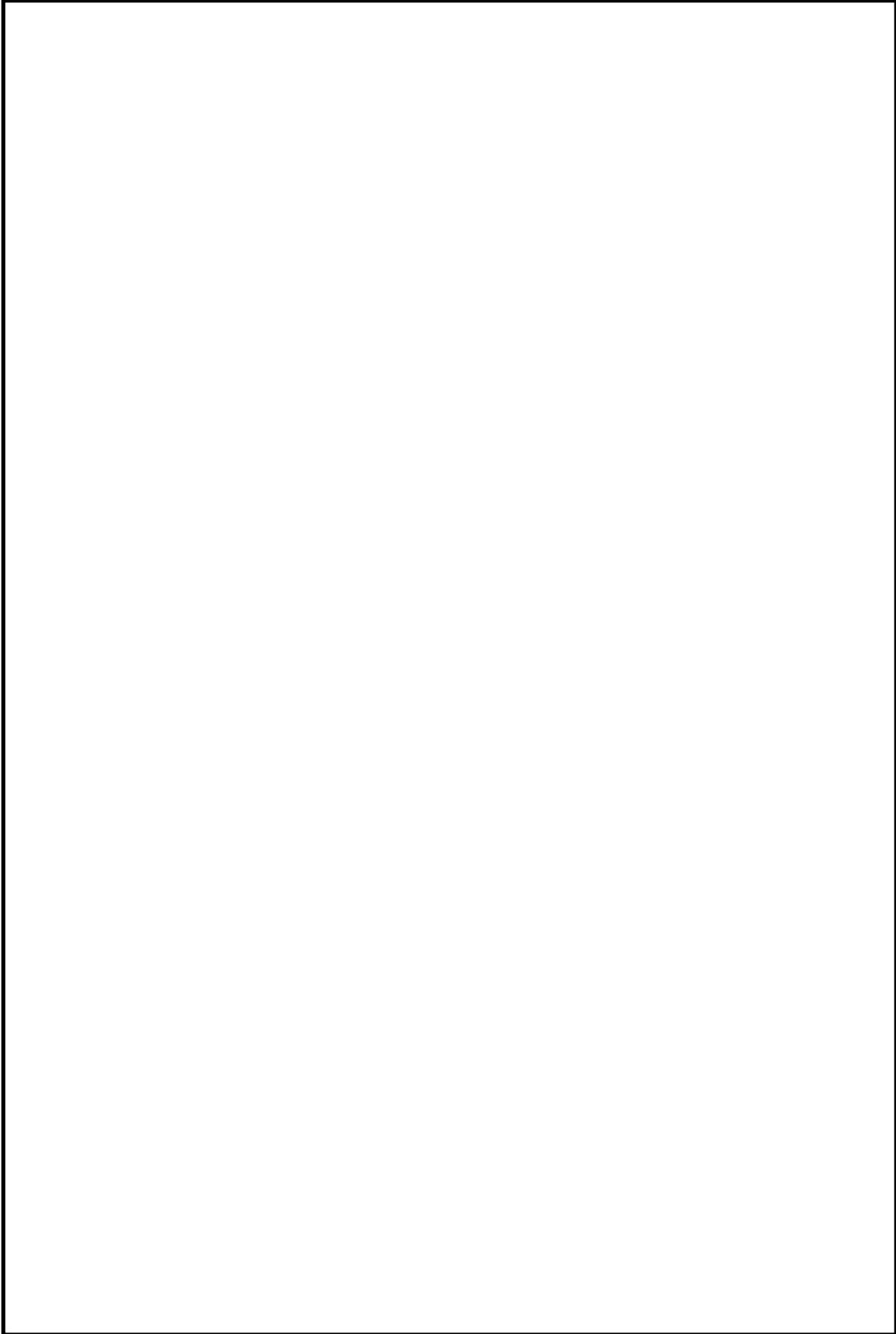
技術的能力	対応手段	作業の想定時間
1.4	低圧原子炉代替注水系（可搬型）による原子炉の冷却 （故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響がある場合）	3時間10分以内
1.5	原子炉補機代替冷却系による除熱 （故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響がある場合）	7時間以内
1.5	格納容器フィルタベント系停止後の窒素ガスパージ （故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響がある場合）	6時間40分以内
1.6	格納容器代替スプレイ系（可搬型）による格納容器内の冷却 （故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響がある場合）	3時間10分以内
1.7	残留熱代替除去系使用時における原子炉補機代替冷却系による補機冷却水確保 （故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響がある場合）	7時間以内
1.7	格納容器フィルタベント系停止後の窒素ガスパージ （故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響がある場合）	6時間40分以内
1.8	格納容器代替スプレイ系（可搬型）による格納容器下部への注水 （故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響がある場合）	3時間10分以内
1.8	ペDESTAL代替注水系（可搬型）による格納容器下部への注水 （故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響がある場合）	3時間10分以内
1.8	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注水 （故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響がある場合）	3時間10分以内
1.9	可搬式窒素供給装置による格納容器への窒素ガス供給 （故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響がある場合）	6時間40分以内

2. RHAR ポンプ設置エリア通行不可時の影響について

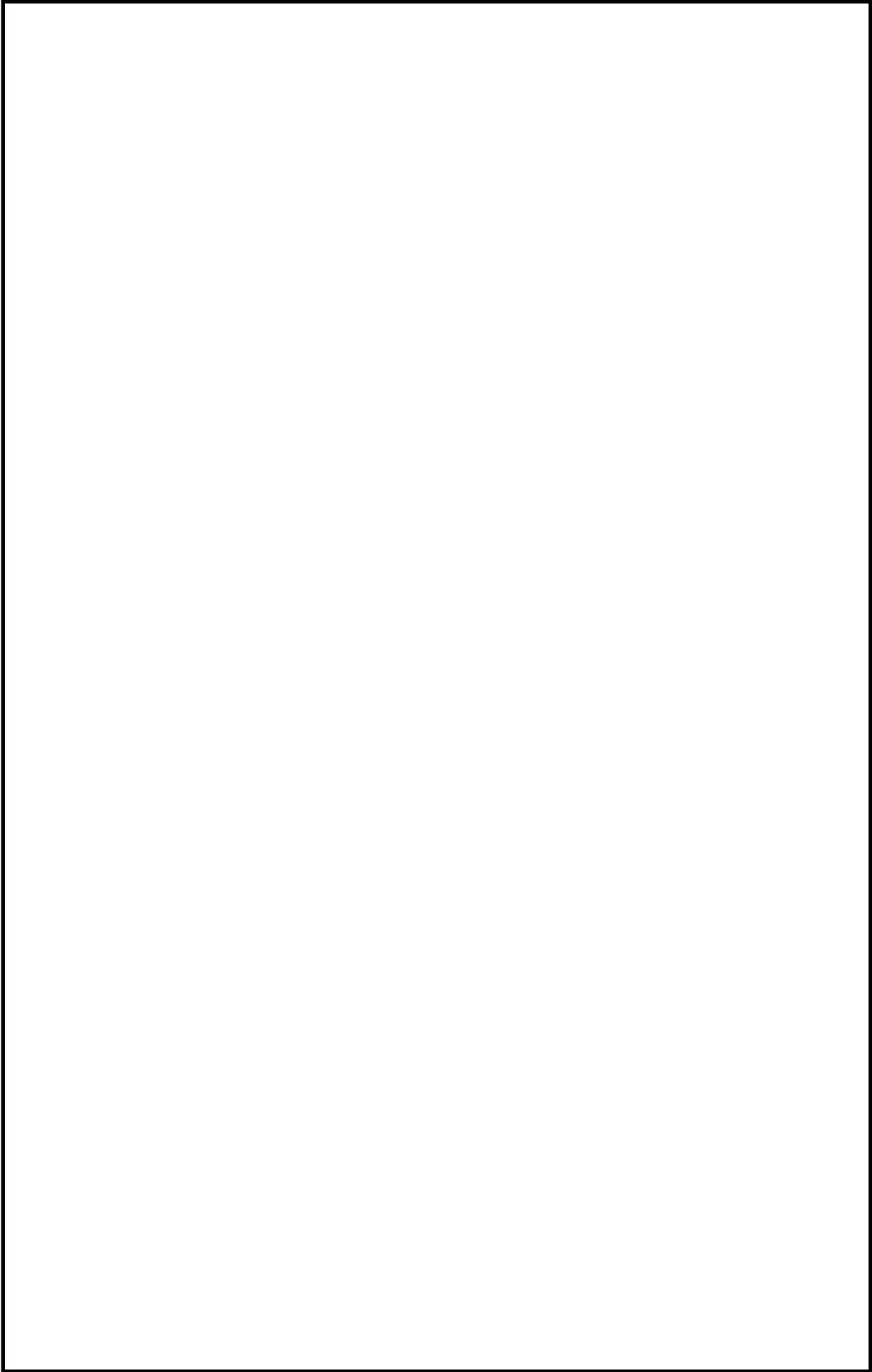
第1図に屋内接続口へのホース敷設ルートを、第2表に対応手段における操作・作業場所一覧を、第3表に操作対象機器一覧を示す。また、第2図に輪谷貯水槽（西1／西2）から屋内接続口までの屋外ホース敷設ルート図を示す。

RHAR ポンプ設置エリアを管理区域設定する場合、第1図の「ホース敷設ルート（現状）」では、当該エリアに隣接する扉が通行できなくなるため、「ホース敷設ルート（見直した場合）」へアクセスルートを見直す必要がある。

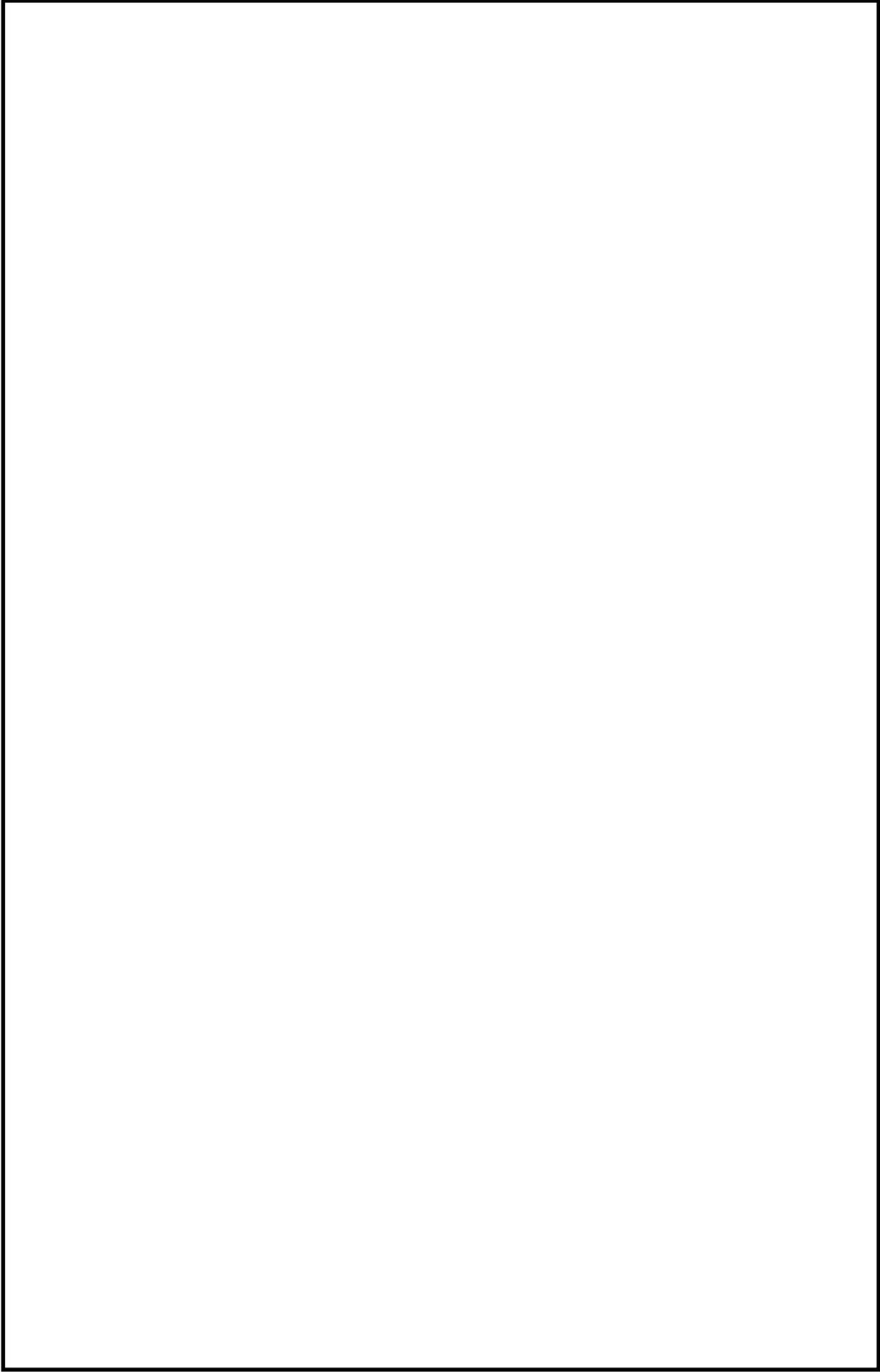
アクセスルートを見直した場合、屋外および屋内のホース敷設距離が長くなるため、ホース敷設に要する作業時間が長くなり、屋内接続口使用時の注水等の開始時間が遅くなる。



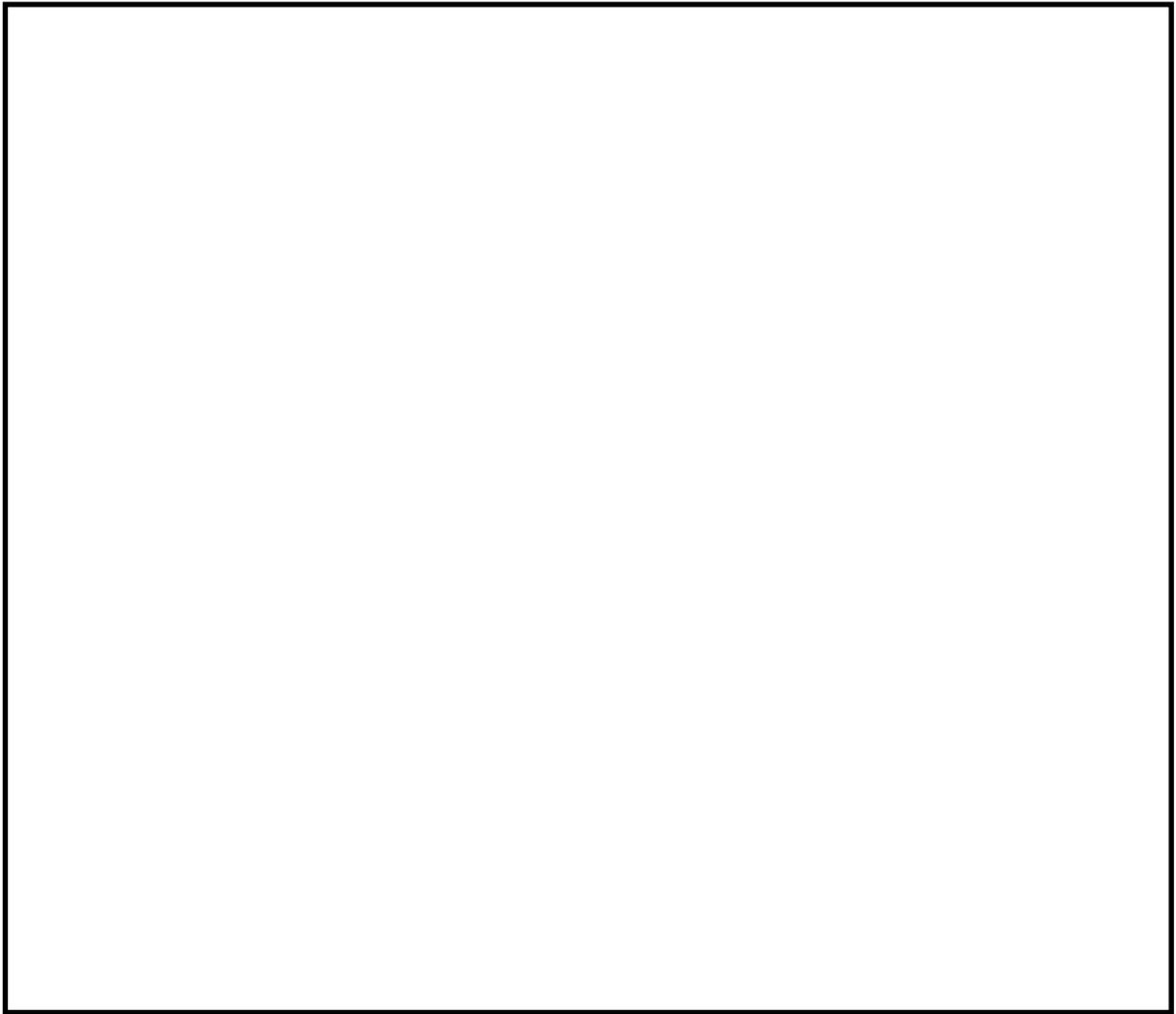
第1図 ①屋内接続口へのホース敷設ルート(1/3)



第1図 ②屋内接続口へのホース敷設ルート(2/3)



第1図 ③屋内接続口へのホース敷設ルート(3/3)



第2図 輪谷貯水槽（西1／西2）から屋内接続口までの屋外ホース敷設ルート

第2表 2号炉 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧

条文	対応手段	屋内現場操作
1.4	低圧原子炉代替注水系（可搬型）による発電用原子炉の冷却 （故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合）	（現状） 【屋外E→③階段S②→②階段Q①→①階段L③→③-21】 （見直した場合） 【屋外③候補①→③階段K→③階段F②→②階段L③→③-21】 【屋外③候補②→③階段F②→②階段L③→③-21】
1.5	格納容器フィルタベント停止後の窒素ガスノージ （故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合）	（現状） 【屋外F→②階段R①→①階段D③→③-24】 （見直した場合） 【屋外③候補①→③階段K→③階段F②→②階段L③→③-24】 【屋外③候補②→③階段F②→②階段L③→③-24】
	原子炉補機代替冷却系による除熱 （故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合）	（現状） 【屋外F→②階段R①→①階段D③→③-22】 （見直した場合） 【屋外③候補①→③階段K→③階段F②→②階段L③→③-24】 【屋外③候補②→③階段F②→②階段L③→③-24】
1.6	格納容器代替スプレイ系（可搬型）による原子炉格納容器内へのスプレイ （淡水/海水） （故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合）	（現状） 【屋外E→③階段S②→②階段Q①→①階段L③→③-21】 （見直した場合） 【屋外③候補①→③階段K→③階段F②→②階段L③→③-21】 【屋外③候補②→③階段F②→②階段L③→③-21】
1.7	格納容器フィルタベント停止後の窒素ガスノージ （故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合）	（現状） 【屋外F→②階段R①→①階段D③→③-24】 （見直した場合） 【屋外③候補①→③階段K→③階段F②→②階段L③→③-24】 【屋外③候補②→③階段F②→②階段L③→③-24】
	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 （故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合）	（現状） 【屋外F→②階段R①→①階段D③→③-22】 （見直した場合） 【屋外③候補①→③階段K→③階段F②→②階段L③→③-22】 【屋外③候補②→③階段F②→②階段L③→③-22】
1.8	ペDESTAL代替注水系（可搬型）による原子炉格納容器下部への注水 （故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合）	（現状） 【屋外E→③階段S②→②階段Q①→①階段L③→③-23】 （見直した場合） 【屋外③候補①→③階段K→③階段F②→②階段L③→③-23】 【屋外③候補②→③階段F②→②階段L③→③-23】
	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注水 （故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合）	（現状） 【屋外E→③階段S②→②階段Q①→①階段L③→③-21】 （見直した場合） 【屋外③候補①→③階段K→③階段F②→②階段L③→③-21】 【屋外③候補②→③階段F②→②階段L③→③-21】
1.9	原子炉格納容器内不活性化による原子炉格納容器水素暴発防止 （故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合）	（現状） 【屋外F→②階段R①→①階段D③→③-24】 （見直した場合） 【屋外③候補①→③階段K→③階段F②→②階段L③→③-24】 【屋外③候補②→③階段F②→②階段L③→③-24】

第3表 操作対象機器一覧

操作対象箇所	接続口
③-21	・低圧原子炉代替注水系（可搬型）接続口（建物内） ・格納容器代替スプレイ系（可搬型）接続口（建物内）
③-22	・原子炉補機代替冷却系接続口（建物内）
③-23	・ペDESTAL代替注水系（可搬型）接続口（建物内）
③-24	・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） ・窒素ガス代替注入系サブプレッション・チェンバ側供給用接続口（建物内） ・窒素ガス代替注入系ドライウェル側供給用接続口（建物内）

【保安規定記載事項】

6 5 - 5 - 4 残留熱代替除去系

(中略)

(2) 確認事項

項 目	頻 度	担 当
1. 残留熱代替除去ポンプの揚程が <input type="text"/> m以上で、流量が <input type="text"/> m ³ /h 以上であることを確認する。	定事検停止時	課長(原子炉)
2. 主要な流路への通水が可能であることを確認する。	定事検停止時	課長(原子炉)
3. 原子炉の状態が運転、起動および高温停止において、残留熱代替除去ポンプを起動し、動作可能であることを確認する。	1 箇月に 1 回	当直長
4. 原子炉の状態が運転、起動および高温停止において、RHR RHARライン入口止め弁、RHARライン流量調節弁、RHR PCVスプレイ連絡ライン流量調節弁、RHR A-F L S R連絡ライン止め弁、RHR A-F L S R連絡ライン流量調節弁、A-RHR注水弁およびB-RHRドライウエル第2スプレイ弁が動作可能であることを確認する。また、動作確認後、動作確認に際して作動した弁の開閉状態を確認する。	1 箇月に 1 回	当直長