

島根原子力発電所保安規定審査資料	
資料番号	TS-91 (改01)
提出年月日	2023年10月23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

2023年10月
中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

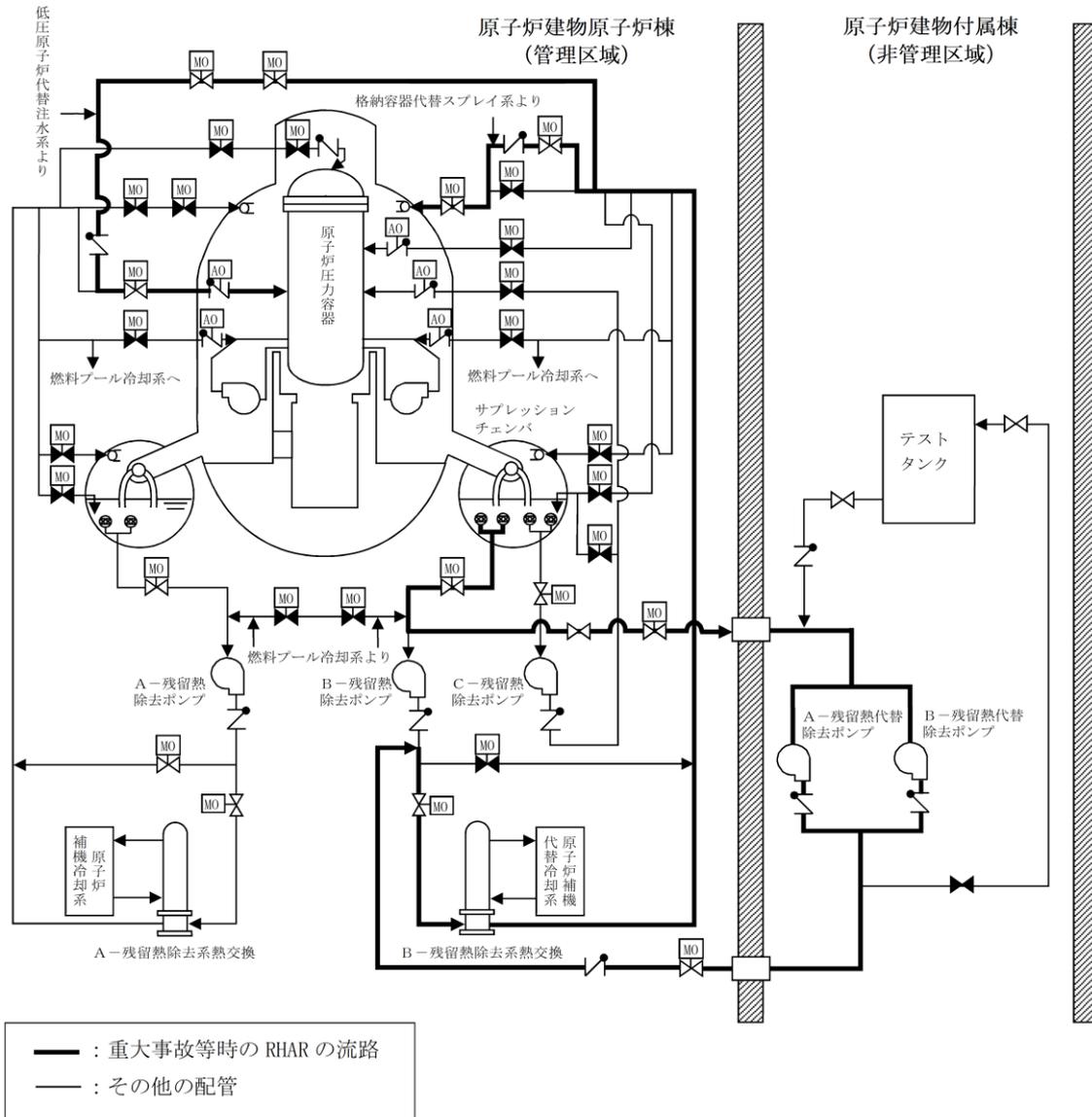
1. はじめに

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、定事検および月例点検では、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

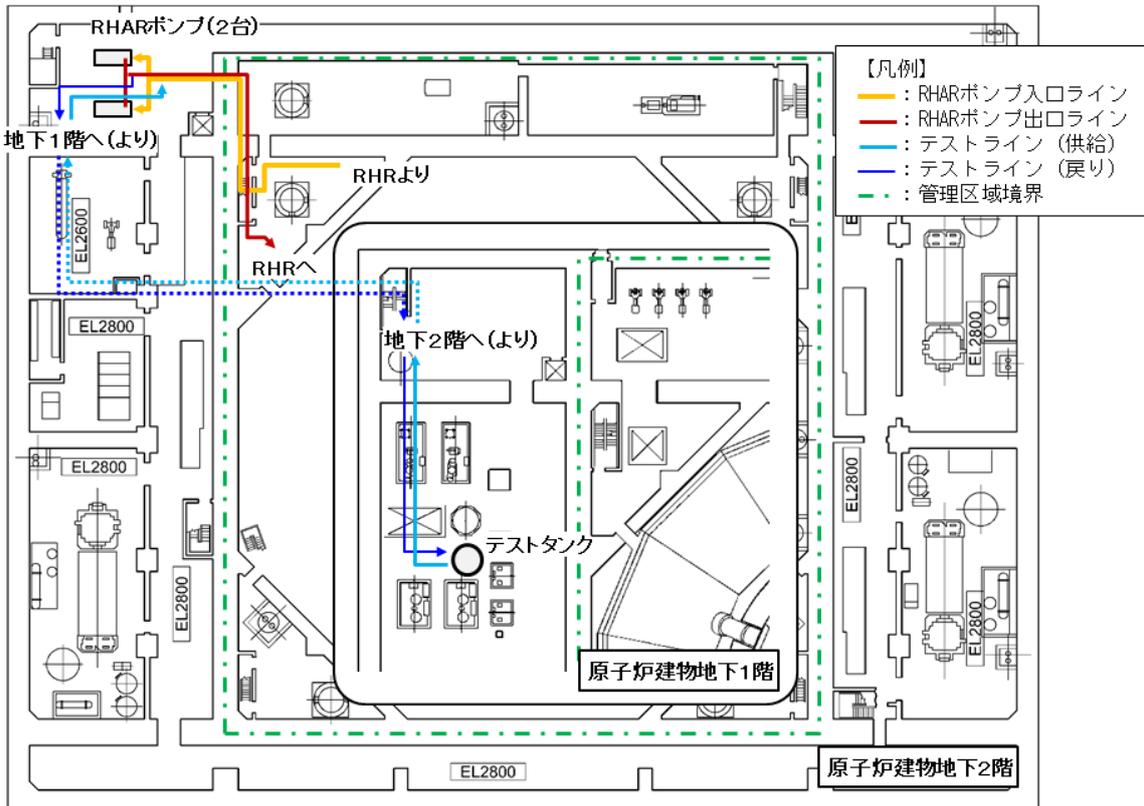
RHAR の系統概要を第 1 図に示す。RHAR ポンプは、重大事故等時においてサプレッションチェンバを水源として、残留熱除去系（以下「RHR」という。）等を経由して原子炉压力容器へ注水するとともに、原子炉格納容器内へスプレイすることで、原子炉格納容器バウンダリを維持しながら原子炉格納容器内の圧力及び温度を低下できる設計としている。

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 ポンプを設置する。第 2 図に RHAR ポンプ等の機器配置を示す。



注：弁の開閉状態は、重大事故等時に原子炉压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1図 RHAR 系統概要



第2図 機器配置概要

3. サーベイランス方法

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行う場合、非管理区域の配管等に放射性物質を含む流体が流れることになる。仮に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の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放射性物質が入り込むことにより、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。このため、放射線防護上の観点から、非管理区域において、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こととする。

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。

(1) ポンプの性能確認

RHAR ポンプの確認運転時のテストラインを第3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。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。

なお、サ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。

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)

U₁ : ポンプ入口側平均流速 (m/s)

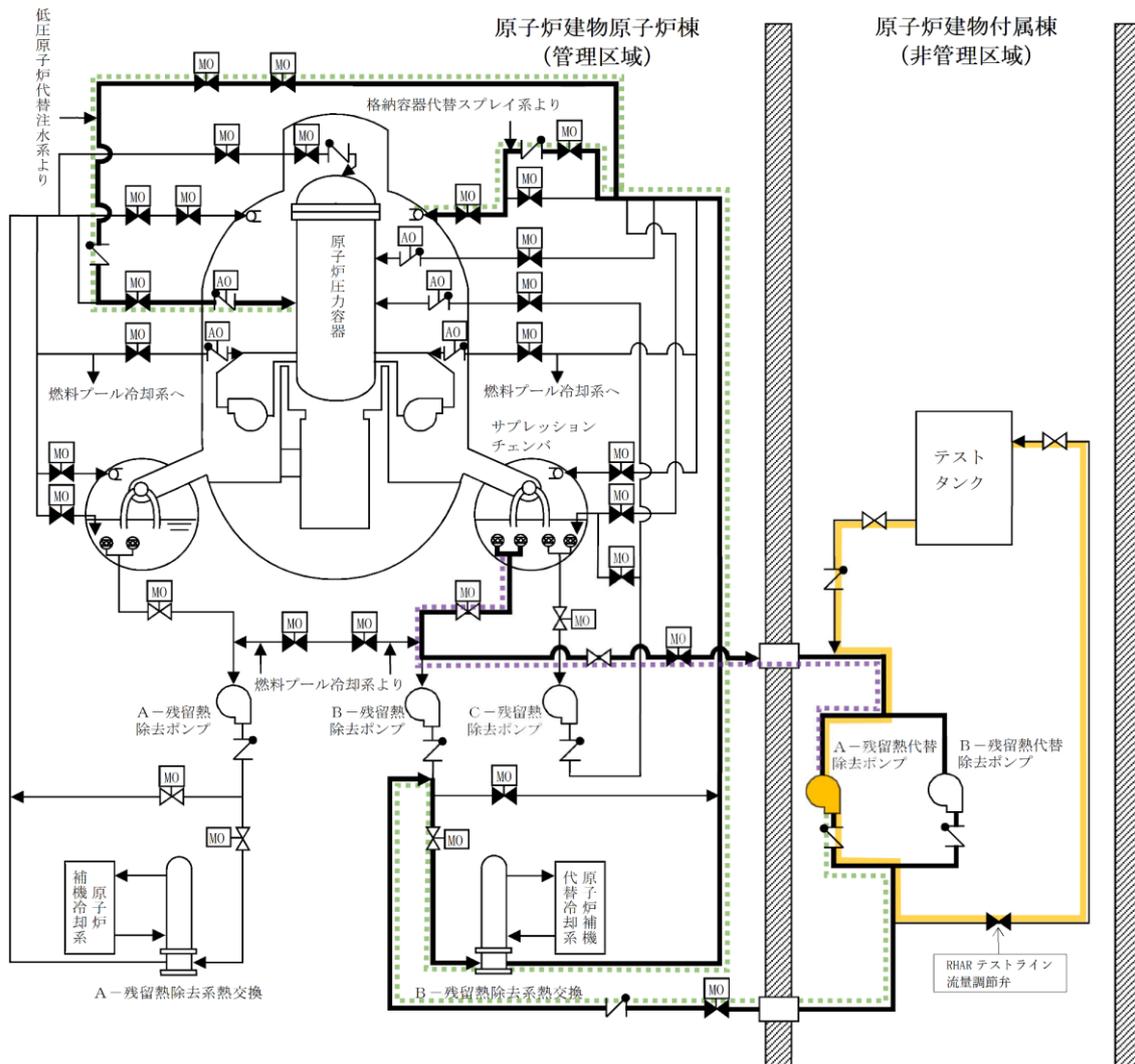
U₂ : ポンプ出口側平均流速 (m/s)

$$U_i = Q / A_i$$

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 (A-RHAR ポンプの例, B-RHAR ポンプの場合も同様)
- : 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

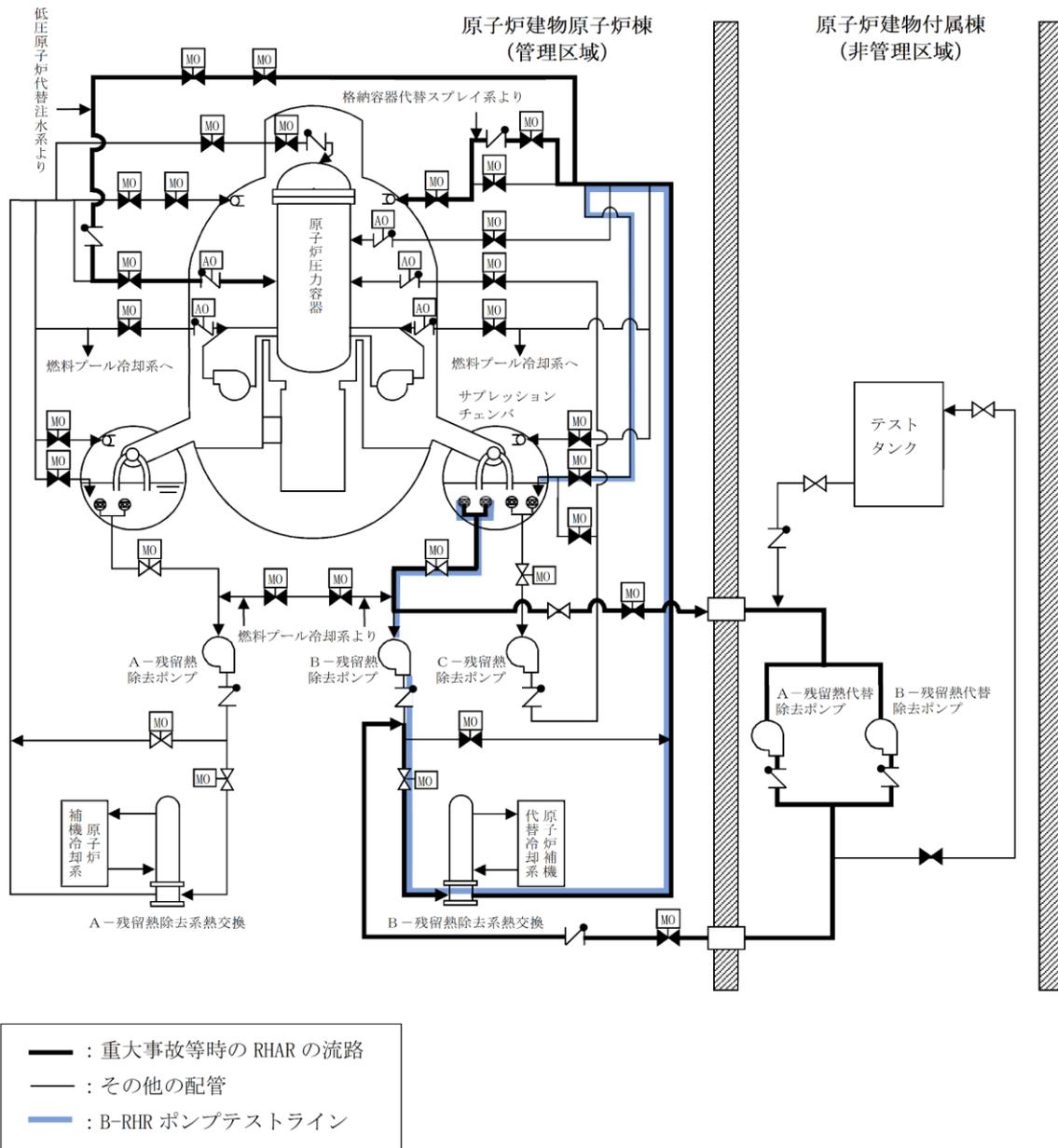
注：通常運転時の弁の開閉状態を示す。

第 3 図 RHAR ポンプテストライン

(2) 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

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たポンプの運転が可能であることは、残留熱除去ポンプ（以下「RHR ポンプ」という。）の確認運転により確認する。RHR ポンプの確認運転時のテストラインを第4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。

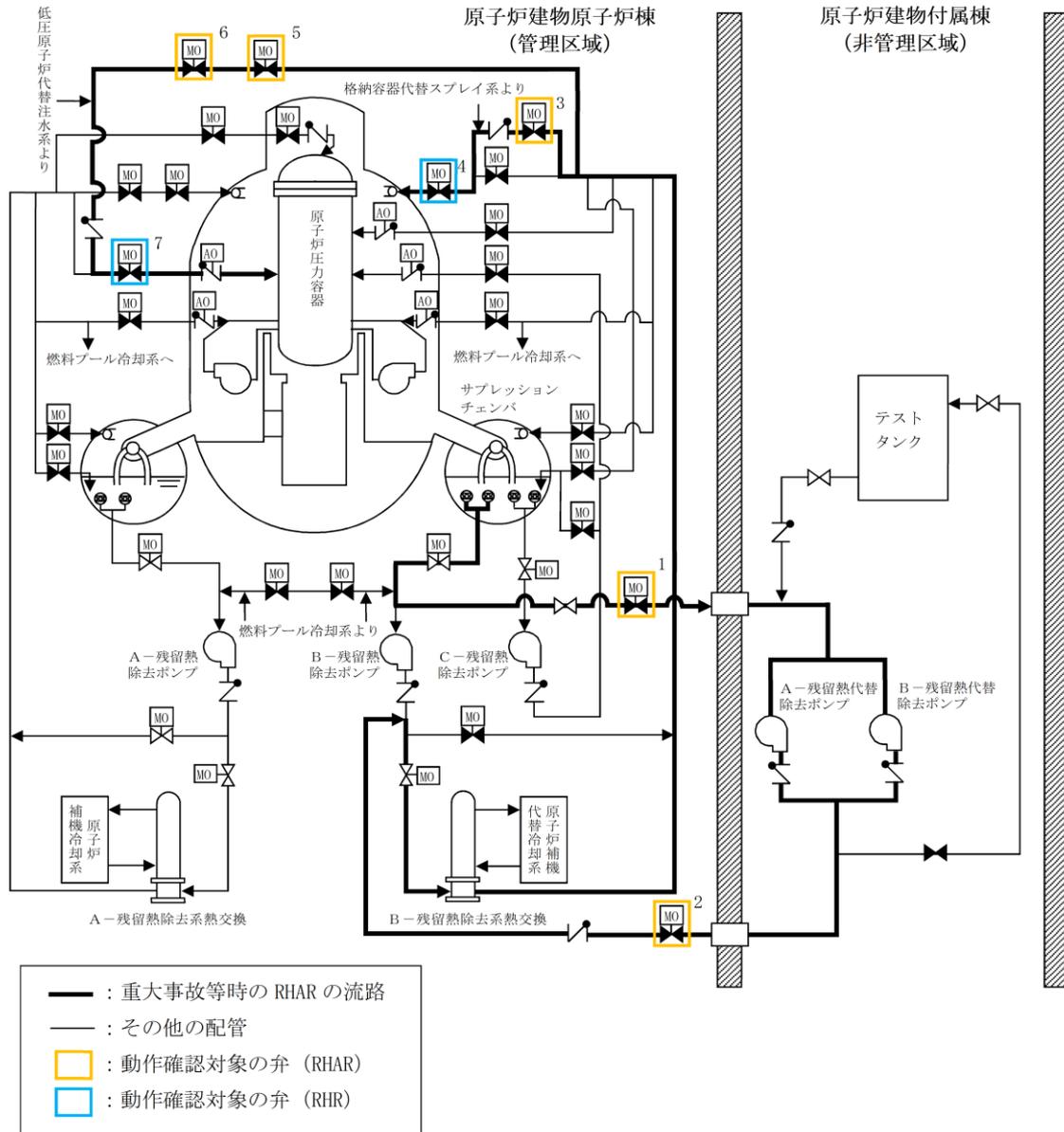


注：通常運転時の弁の開閉状態を示す。

第4図 RHR ポンプテストライン

(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 5 図に示す。



注：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

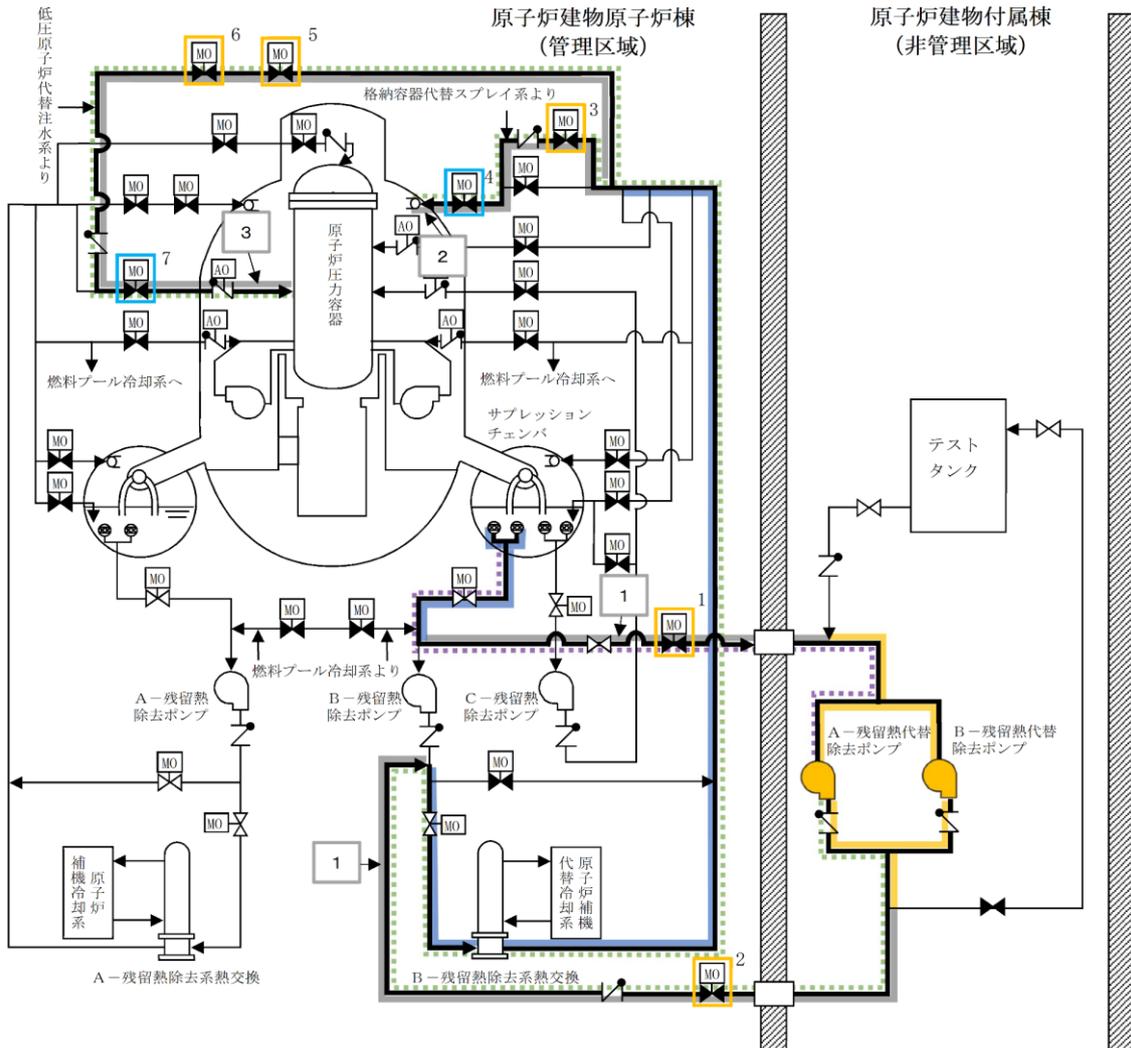
第 5 図 動作確認対象弁

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6図に示す。また、RHARにおける実条件とサーベイランス条件の比較を第1表に示す。

第6図および第1表に示す通り、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において実条件との差異のある項目についても、RHRポンプの確認運転等を組み合わせることで、実条件と同等の条件による試験が可能である。

なお、第6図の流路以外のRHARポンプ運転時の流路（灰色着色部）については、使用前事業者検査における通水確認等により健全性を確認する。



— : 重大事故等時の RHAR の流路
 — : その他の配管
 □ : 動作確認対象の弁 (RHAR)
 □ : 動作確認対象の弁 (RHR)
 — : RHAR ポンプ確認運転における流路
 — : RHAR ポンプ確認運転における流路

..... : 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
 — : 以下の理由により通水確認が困難な範囲

1 : サプレッションチェンバ水源を使用することによる放射性物質の管理区域外への放出防止
 2 : ドライウェル機器の被水による破損防止
 3 : 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

注：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

第6図 サーベイランス内容の整理結果

第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	実条件との差異	実条件性能評価
ポンプ性能	流量	□ m ³ /h	□ m ³ /h	差異無し	—
	揚程	□ m	□ m	差異無し	—
	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	テストタンク～ RHAR ポンプ	差異有り（①の理由 により困難*2）	有効 NPSH 評価において圧 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	RHAR ポンプ～テ ストタンク	差異有り（②の理由 により困難*2）	必要揚程として圧力損失 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	テストタンク～ テストタンク	差異有り（①および ②の理由により困難 *2）	・ポンプの起動試験によ り、必要な流量・揚程を 満足することを確認す ・電動弁の開閉試験によ り、系統構成が適切にな されることを確認
	水源	サブプレッション チェンバ	テストタンク	差異有り（①の理由 により困難*2）	RHR ポンプの確認運転にお いて、サブプレッションチェ ンバを水源としたポンプ の運転が可能なことを確 認

注記*1：テストタンクを用いた RHAR ポンプの確認運転時の内容を示す。

*2：実条件と同等の条件によりサーベイランスが実施できない理由を以下に示す。

- ①：確認運転後に非管理区域の機器の除染を行ったとしても内部に滞留した放射性物質を取り除けない可能性があるため放射線防護上困難
- ②：ドライウエル機器の被水による破損の恐れがあること、原子炉出力および原子炉水位の変動により原子炉の安定運転に影響を与えること、注水に伴う原子炉水質の悪化により燃料および炉内機器の健全性に影響を与えることならびに放射性物質の増加につながることから、原子炉への送水は原子力安全上困難

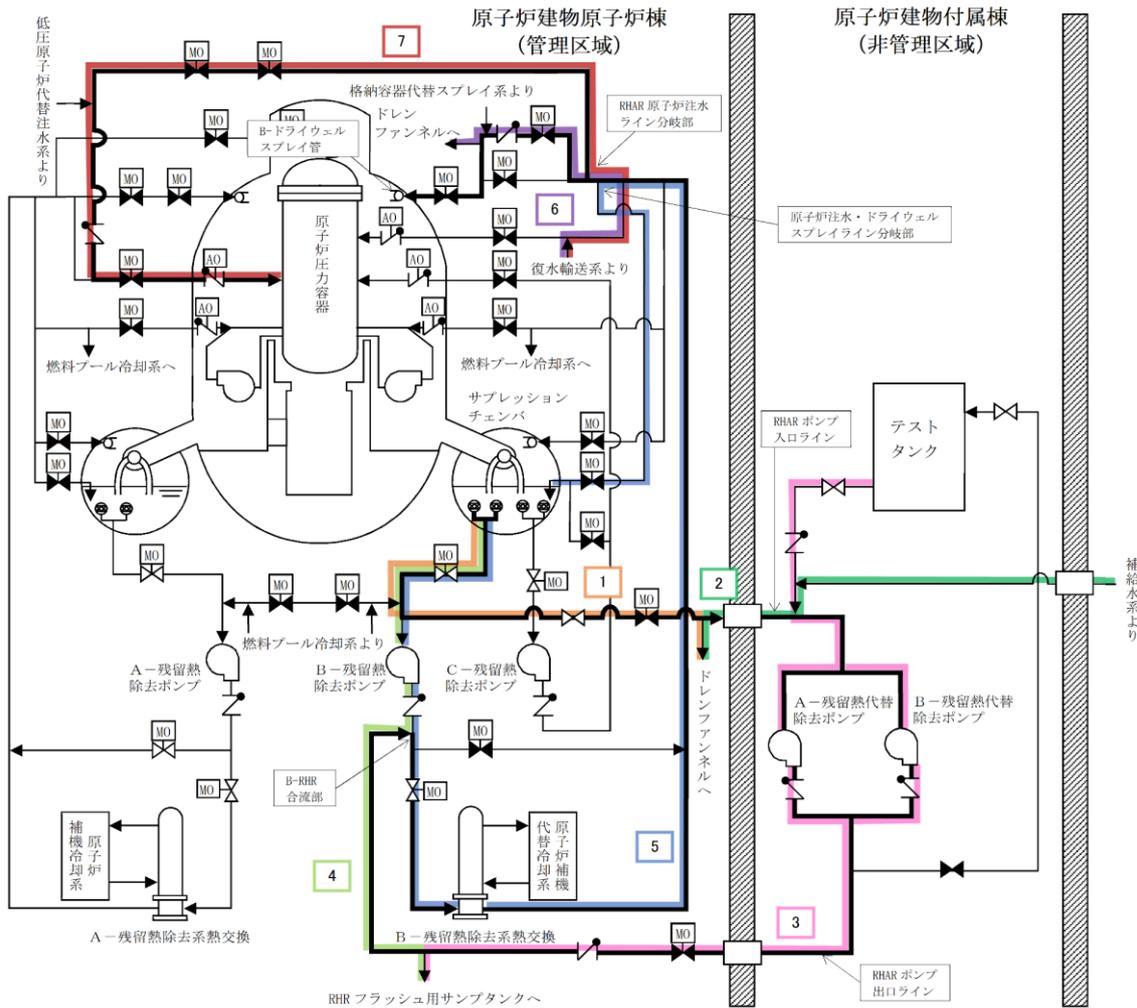
(補足) 流路の健全性について

重大事故等時の RHAR の流路の健全性については、使用前事業検査における通水確認により、流路の閉塞が無いことの確認を行う。健全性の確認範囲および通水方法を第 2 表に、通水範囲を第 7 図に示す。

配管等の流路は静的な構造であり固着等による閉塞の恐れが無いことから、使用前事業者検査以降は、配管の切断および接続を伴う工事等を実施した際の異物混入防止および工事完了後のフラッシング等により流路の健全性の確認を行うこととする。

第 2 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	サブプレッションチェンバ～RHAR ポンプ入口ライン (管理区域)	サブ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)	補給水系	ドレンファンネル	補給水系運転圧力	無し
3	RHAR ポンプ入口ライン (非管理区域)～RHAR ポンプ出口ライン (非理区域～管理区域)	RHAR テストタンク	RHR フラッシュ用タンク	静水頭	無し
4	RHAR ポンプ出口ライン (管理区域)～B-RHR 合流部	サブプレッションチェンバ	RHR フラッシュ用タンク	静水頭	無し
5	B-RHR 合流部～原子炉注水・ドライウェルスプレイライン分岐部	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-RHR ポンプ運転圧力	無し
6	原子炉注水・ドライウェルスプレイライン分岐部～B-ドライウェルスプレイ管	復水輸送系	ドレンファンネル	復水輸送系運転圧力	ドレンライン分岐部～B-ドライウェルスプレイ管 (ドライウェル機器の被水による破損の恐れがあるため、原子力安全上困難)
7	RHAR 原子炉注水ライン分岐部～原子炉圧力容器	復水輸送系	原子炉圧力容器	復水輸送系運転圧力	無し



— : 重大事故等時の RHAR の流路
 — : その他の配管

注 1 : 図中の番号は第 1 表における No. を示す。着色範囲は No. に対応する通水範囲を示す。
 注 2 : 通常運転時の弁の開閉状態を示す。

第 7 図 通水確認による健全性確認範囲

5. サーベイランス実施時期

サーベイランスの実施時期を第3表に示す。

第3表 サーベイランス実施時期

項目	実施時期	備考
RHAR ポンプの性能確認 (3. (1)*)	1 箇月/回	
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 (RHR ポンプ確認運転) (3. (2)*)	1 箇月/回	
弁の動作確認 (3. (3)*)	1 箇月/回	

注*：対応する3. の番号を示す。

6. まとめ

RHAR ポンプは非管理区域に設置されているため、放射線防護上の観点から、本来の水源であるサプレッションチェンバを水源とした確認運転は実施せず、非管理区域に設置したテストタンクを用いた確認運転を実施することとしているが、複数の試験を組み合わせることで実施することにより、実条件性能確認が可能であることを確認した。

【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. 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
3. 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