

循環注水冷却スケジュール (1/2)

分野	項目	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後1ヶ月の予定		10月				11月				12月				1月	2月	備考
			21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27		
循環注水冷却	原子炉関連	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> 【共通】循環注水冷却中(継続) <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> 【2号】高台注水ライン(CS系)の一部PE管敷設作業 2018/9/3~2018/11/28 試験・検査等 2018/10/31~2018/11/28 【2号】高台注水ライン(CS系)の一部PE管敷設に伴う系のみによる注水 切替工事 2018/11/27~2018/11/29 【3号】高台注水ライン(CS系)の一部PE管敷設作業 2018/10/1~2019/2/中旬 【共通】処理水バッファタンク取替工事の準備工事 2018/11/29~2018/12/3 【共通】処理水バッファタンク取替工事 2018/12/4~2019/3/下旬 試験・検査等 2018/12/20~2019/3/下旬 【2号】燃料デブリ冷却状況の確認試験 STEP1 注水量低減、注水量増加試験 	現場作業	<p>【1, 2, 3号】循環注水冷却(滞留水の再利用)</p> <p>【2号】高台注水ライン(CS系)の一部PE管敷設作業 試験・検査等</p> <p>【3号】高台注水ライン(CS系)の一部PE管敷設作業 切替工事 (給水系のみによる注水)</p> <p>【共通】処理水バッファタンク取替に伴う準備工事</p> <p>【共通】処理水バッファタンク取替作業 試験・検査等</p> <p>略語の意味 CS:炉心スプレイ CST:復水貯蔵タンク PCV:原子炉格納容器 SFP:使用済燃料プール</p>	<p>原子炉・格納容器内の崩壊熱評価、温度、水素濃度に応じて、また、作業等に必要の条件に合わせて、原子炉注水流量の調整を実施</p>	<p>1~3号機CS系注水ラインの一部PE管化に伴う 実施計画変更届可申請 (2017/5/6) →一部修正申請 (2017/5/25) →撤回 (2017/5/28)</p> <p>処理水バッファタンク取替に伴う 実施計画変更届可申請 (2017/12/18) →一部修正申請 (2018/4/13) →一部修正申請 (2018/6/20) →撤回 (2018/7/6)</p>													
		海水腐食及び塩分除去対策	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> CST室素注入による注水溶解酸素低減(継続) ヒドラジン注入中 (2013/8/29~) 	現場作業	<p>CST室素注入による注水溶解酸素低減</p> <p>ヒドラジン注入中</p>														
原子炉格納容器関連	原子炉格納容器関連	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> 【1号】サブプレッションチャンパへの室素封入 →連続室素封入へ移行 (2013/9/9~) (継続) 	設計・設計・現場作業	<p>【1, 2, 3号】原子炉圧力容器 原子炉格納容器 室素封入中</p> <p>【1号】サブプレッションチャンパへの室素封入</p>															
		<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> 【共通】POVガス管理システム運転中(継続) 【1号】POVガス管理設備計装品点検に伴う停止 ・水素モニタ停止 B系: 2018/11/14 【2号】POVガス管理設備計装品点検に伴う停止 ・水素モニタ停止 B系: 2018/10/23 ・希ガスモニタ停止 A系: 2018/11/27, 28 【3号】POVガス管理設備計装品点検に伴う停止 ・希ガスモニタ停止 A系: 2018/10/29, 11/19 B系: 2018/10/30 <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> 【1号】定期ダストサンプリングに伴う停止 ・水素モニタ停止 B系: 2018/12/2 ・希ガスモニタ停止 B系: 2018/12/3 【1号】2号モーターコントロールセンター(MCC)取替工事 ・POVガス管理システム A系停止 (2018/12/12, 14) 【1号】POVガス管理設備計装品点検に伴う停止 ・水素モニタ停止 A系: 2018/12/17~12/20 B系: 2019/1/15~17 ・希ガスモニタ停止 A系: 2018/12/17 B系: 2019/1/15 【2号】POV減圧試験 ・ステップ2 (2018/10/2~2018/11/30) 【2号】POVガス管理設備用制御盤二重化工事 ・POVガス管理システム A系停止 (2018/12/3~12/14) ・POVガス管理システム B系停止 (2018/12/17~12/27) ・POVガス管理システム 両系停止 (2018/12/13, 25, 26) 【3号】POVガス管理設備計装品点検に伴う停止 ・希ガスモニタ停止 A系: 2018/11/29, 30 【3号】POVガス管理設備用制御盤二重化工事 ・POVガス管理システム A系停止 (2019/1/8~1/21) ・POVガス管理システム B系停止 (2019/1/22~2/5) ・POVガス管理システム 両系停止 (2019/1/17, 31, 2/1) 	現場作業	<p>【1, 2, 3号】継続運転中</p> <p>【1号】水素モニタB停止 【2号】水素モニタB停止 【3号】希ガスモニタA停止 【3号】希ガスモニタB停止</p> <p>【1号】水素モニタ・希ガスモニタB停止 【1号】A系停止 【1号】水素モニタA停止 【1号】水素モニタB停止 【1号】希ガスモニタA停止 【1号】希ガスモニタB停止</p> <p>【2号】POV減圧試験(ステップ2) 【2号】A系停止 【2号】両系統停止 【2号】B系停止 【2号】両系統停止</p> <p>【3号】希ガスモニタA停止 【3号】系統停止(A系/B系/両系)</p>	<p>【1号】水素モニタB停止</p> <p>【2号】希ガスモニタA停止</p> <p>【3号】希ガスモニタA停止</p> <p>【1号】水素モニタ・希ガスモニタB停止</p> <p>【1号】A系停止</p> <p>【1号】水素モニタA停止</p> <p>【1号】水素モニタB停止</p> <p>【1号】希ガスモニタA停止</p> <p>【1号】希ガスモニタB停止</p> <p>【2号】A系停止</p> <p>【2号】両系統停止</p> <p>【2号】B系停止</p> <p>【2号】両系統停止</p> <p>【3号】希ガスモニタA停止</p> <p>【3号】系統停止(A系/B系/両系)</p>	<p>試験終了まで監視パラメータに異常がない場合、ステップ2の減圧状態を維持し、本運用に移行する予定</p>													

循環注水冷却スケジュール (2/2)

分野 区分	並び 作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後1ヶ月の予定	10月							11月							12月							1月	2月	備考										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		24	25	26	27	28	29	30	31		
使用済燃料プールの関連	使用済燃料プール循環冷却	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> 【共通】循環冷却中(継続) 【2号】一次系配管及び弁定期点検に伴う循環冷却の停止 <p>2018/11/19</p> <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> 【1号】一次系配管及び弁定期点検に伴う循環冷却の停止 計装品定期点検に伴う循環冷却の停止 <p>2018/11/12~11/29</p> <ul style="list-style-type: none"> 【2号】原子炉建屋滞留水移送装置設置工事に伴う循環冷却の停止 2018/12/7~21 2019/1月下旬~2月上旬 【3号】一次系ポンプ吸込弁点検に伴う循環冷却の停止 	現場作業	<p>【1. 2. 3号】循環冷却中(2018/11/23~2019/3/末まで凍結防止のため、二次系共用設備エアフィンクーラーのファンを停止運用中)</p> <p>【2号】循環冷却の停止</p> <p>【1号】循環冷却の停止</p> <p>【3号】循環冷却の停止</p> <p>【2号】循環冷却の停止</p> <p>【3号】循環冷却の停止</p>																																
	使用済燃料プールへの注水冷却	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> 【共通】使用済燃料プールへの非常時注水手段として コンクリートポンプ車等の現場配備(継続) 	現場作業	<p>【1. 2. 3号】蒸発量に応じて、内部注水を実施</p> <p>【1. 3号】コンクリートポンプ車等の現場配備</p>																																
	海水腐食及び塩分除去対策 (使用済燃料プール薬注&塩分除去)	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> 【共通】プール水質管理中(継続) 	検討・設計・現場作業	<p>【1. 2. 3. 4号】ヒドラジン等注入による防食</p> <p>【1. 2. 3. 4号】プール水質管理</p>																																

福島第一原子力発電所 2号機 燃料デブリ冷却状況の確認試験について

2018年11月29日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 現在、1～3号機の原子炉内には安定的に注水を継続しており、時間とともに、溶け落ちて残る燃料デブリの崩壊熱は大幅に減少している状況
- 一方で、万一、原子炉内への注水が停止した場合の温度変化の評価にあたっては、実際には生じている気中への自然放熱による温度低下等は考慮せず、燃料デブリの崩壊熱のみを考慮して計算している状況
- このような状況を踏まえ、当社は、原子炉注水の低減や停止を一時的に行い、燃料デブリの冷却状況の実態を把握するとともに、気中への放熱も考慮したより実態に近い温度変化の評価（熱バランス評価）の正確さを確認することとした
- 本試験においては、原子炉圧力容器（RPV）底部と原子炉格納容器（PCV）に事故後に設置した温度計があり、温度測定の高信頼性が高い2号機について、準備が整い次第、年明け以降を目途で実施を予定
- 現在運用している評価よりも、より実態に即して大幅に落ち着いている状況が確認でき、熱バランス評価を適用すれば、緊急時対応手順の適正化などの改善につなげることが可能

①緊急時対応手順の適正化

万一、原子炉の注水が停止し多重のトラブルが発生したような場合、より実態に近い温度変化が把握できる（時間的乖離が小さくなる）ことで、緊急性の高い対応に傾注するなど、[より適正な復旧対応の手順に見直すことが可能](#)となる。

	温度上昇率	RPV温度が80℃* ¹ に達する時間* ²
現在の評価	約5℃/時間	約10時間
熱バランス評価	約0.2℃/時間	約12日

*1 実施計画上の運転上の制限
*2 初期温度約30℃の場合

②運転・保守管理上の改善

原子炉注水設備のポンプ切替時等、注水量に極力変化がないようにするための複雑な操作から、片方を止めた上でもう片方を起動するという[シンプルなお操作に見直す](#)など、[運転・保守上の改善（ヒューマンエラーリスクの低減等）](#)が見込まれる。

【参考】

1～3号機使用済燃料プールの水温評価について、2017年7～10月にかけて行った冷却停止時の状況を踏まえ、2018年2月1日から、崩壊熱のみを評価していた方式を熱バランス評価に変更している。

【実施事項】

2号機※において、原子炉注水量を低減する試験や、原子炉注水を短時間停止する試験を実施することにより、燃料デブリの冷却性を確認する。

※ 2号機は原子炉圧力容器（RPV）底部と原子炉格納容器（PCV）の双方に事故後に設置した温度計があり、短時間の注水変更に対する温度応答がよい

【試験方法】

燃料デブリの冷却性について、安全を最優先に段階的かつ慎重に確認する

STEP 1

- 原子炉注水量を低減する（ $3.0\text{m}^3/\text{h} \rightarrow 1.5\text{m}^3/\text{h}$ ）ことで、冷却条件の変化が与える影響を確認
- 注水停止後の注水再開にあたり、設備上必要となる $1.5\text{m}^3/\text{h}$ の注水量増加幅の影響を確認

STEP 2

- 一時的に原子炉注水を停止し、また、再注水を開始することで、予め評価した通り安全上の影響がないことを確認

* 試験結果が良好であった場合は、他号機での試験等、追加試験を計画する

■ 原子炉注水量の低減

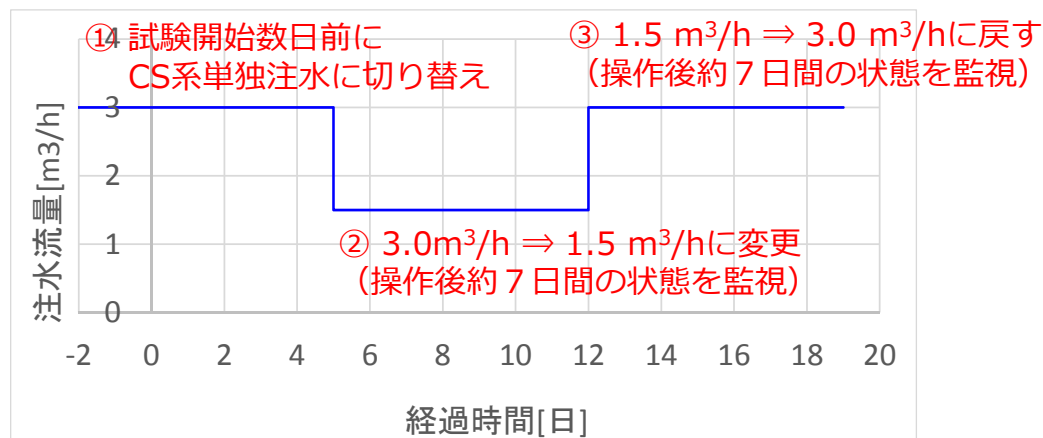
- 実施計画Ⅲ第1編第18条の運転上の制限である「原子炉の冷却に必要な注水量」 $1.1\text{m}^3/\text{h}$ に余裕をみた **$1.5\text{m}^3/\text{h}$ まで注水量を低減（現状は約 $3.0\text{m}^3/\text{h}$ ）し、約7日間状態を監視**する。

■ 原子炉注水量の増加

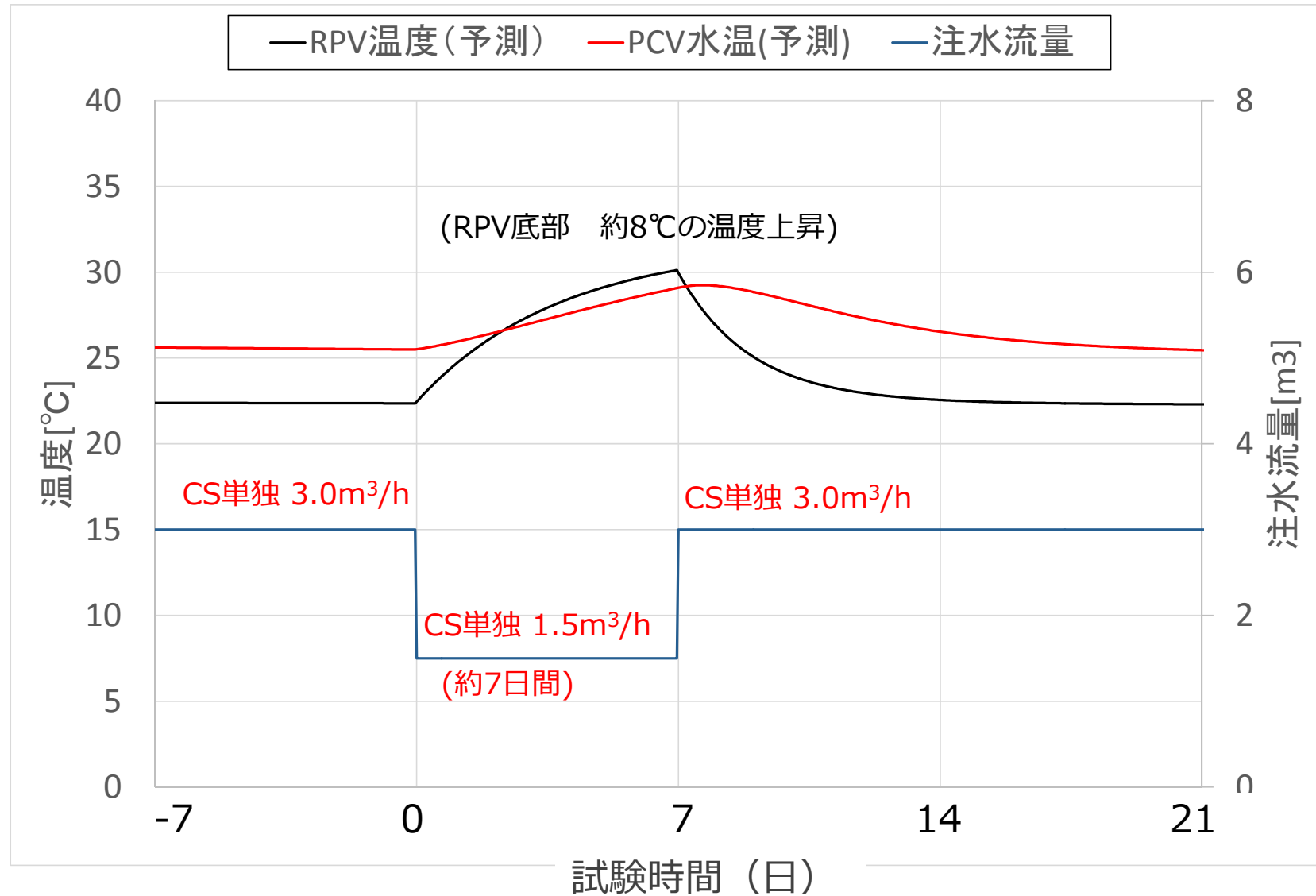
- STEP 2 の注水停止試験後の注水再開時は、設備上の制約により $1.5\text{m}^3/\text{h}$ の注水増加が必要。
- 原子炉注水量低減の影響確認（約7日間）が終了後、**速やかに注水流量を $1.5\text{m}^3/\text{h} \Rightarrow 3.0\text{m}^3/\text{h}$ に戻し、操作後約7日間の状態を監視**する。
- 本試験の実施により、任意の24時間あたりの注水量増加幅を $1.0\text{m}^3/\text{h}$ に制限する**運転上の制限(実施計画Ⅲ第1編第18条)の外に計画的に移行**することから、下記の**予め必要な安全措置を定めた上で実施**する。

<予め定める必要な安全措置>

1. ガス管理設備希ガスモニタによる未臨界の監視
2. ホウ酸水注入の準備
3. Xe135を有意に検知した場合にホウ酸水を注入する手順とする



(参考)STEP 1 の温度挙動予測



■ **原子炉注水の停止**

- 原子炉注水を停止し、**操作後約7時間の状態を監視**する。
原子炉の冷却に必要な注水量である1.1m³/h を確保せず、**運転上の制限(実施計画Ⅲ第1編第18条)外に計画的に移行**するため**予め必要な安全措置 (①) を定めた上で実施**する。

■ **原子炉注水の再開**

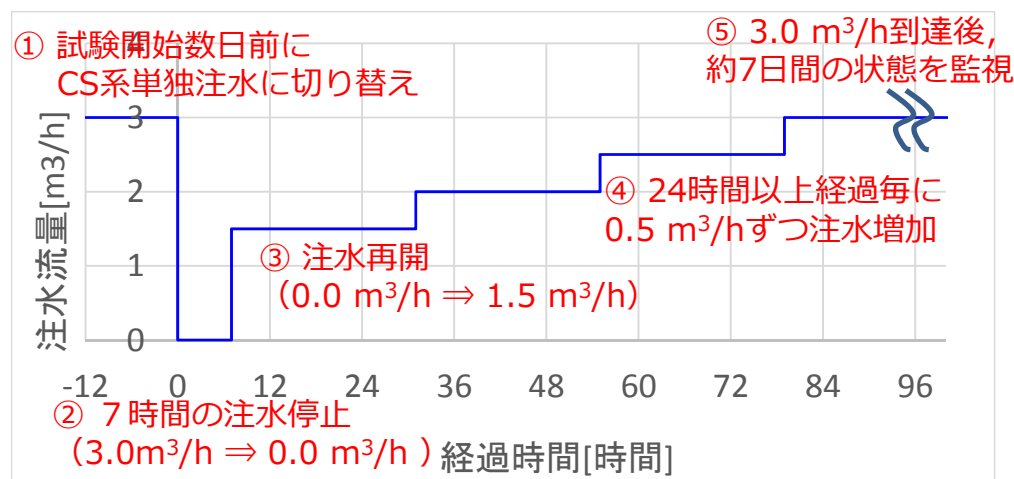
- 原子炉注水停止の影響確認 (約7時間) 終了後、ステップ1で確認している**1.5m³/h まで注水流量を戻す**。その後、**24時間毎に0.5m³/hずつ流量を増加**し、試験前の3.0m³/hまで戻す。操作完了後、**約7日間の状態を監視**する。
- 注水再開時に任意の24時間あたりの注水増加幅を1.0m³/hに制限する**運転上の制限(実施計画Ⅲ第1編第18条)の外に計画的に移行**することから、**STEP 1と同様の予め必要な安全措置 (②) を定めた上で実施**する。

<予め定める必要な安全措置①>

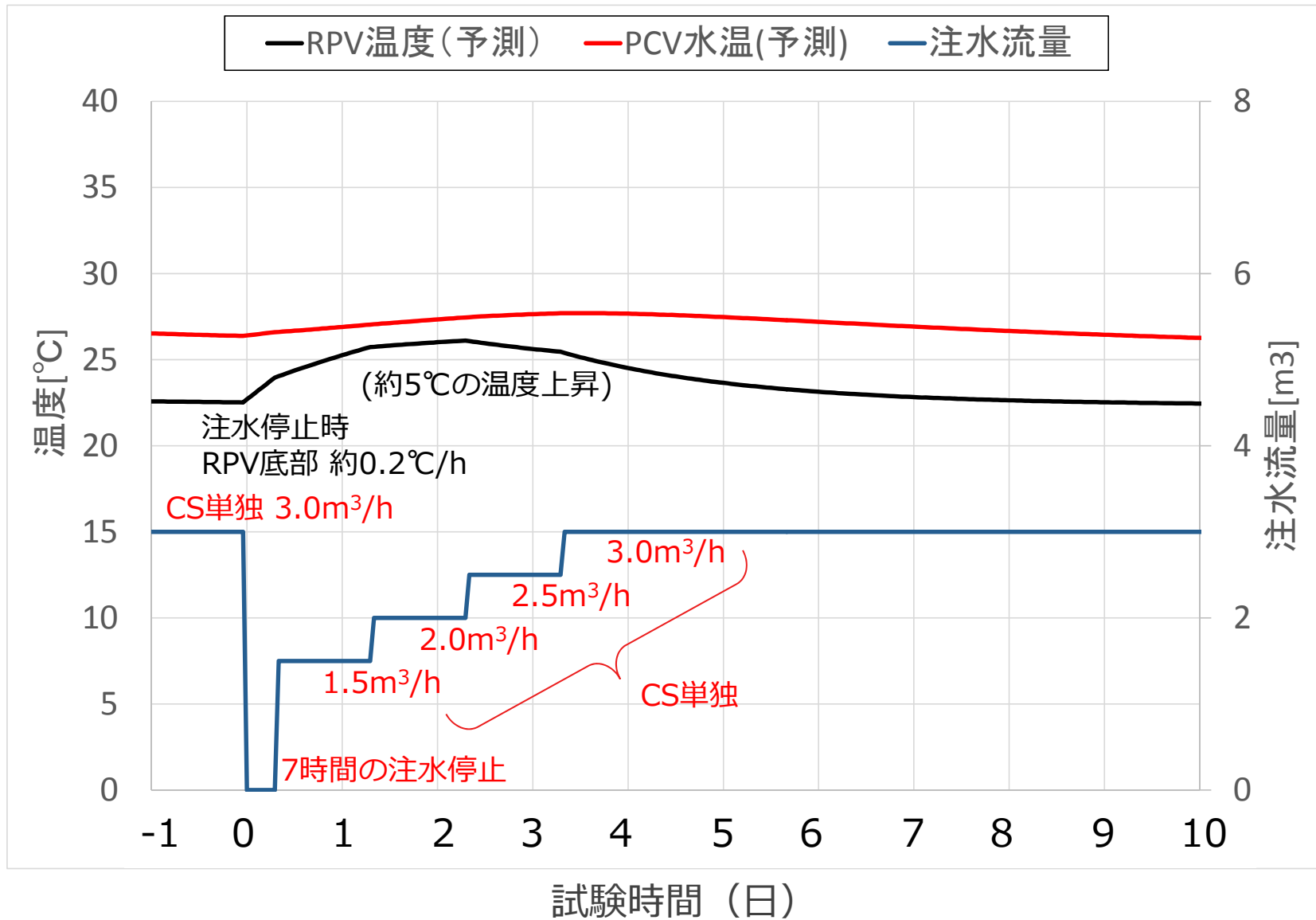
1. 原子炉圧力容器、原子炉格納容器の温度監視
2. 10℃以上上昇で監視強化、15℃上昇で注水流量を増加

<予め定める必要な安全措置②>

1. ガス管理設備希ガスモニタによる未臨界の監視
2. ホウ酸水注入の準備
3. Xe135を有意に検知した場合にホウ酸水を注入する手順とする

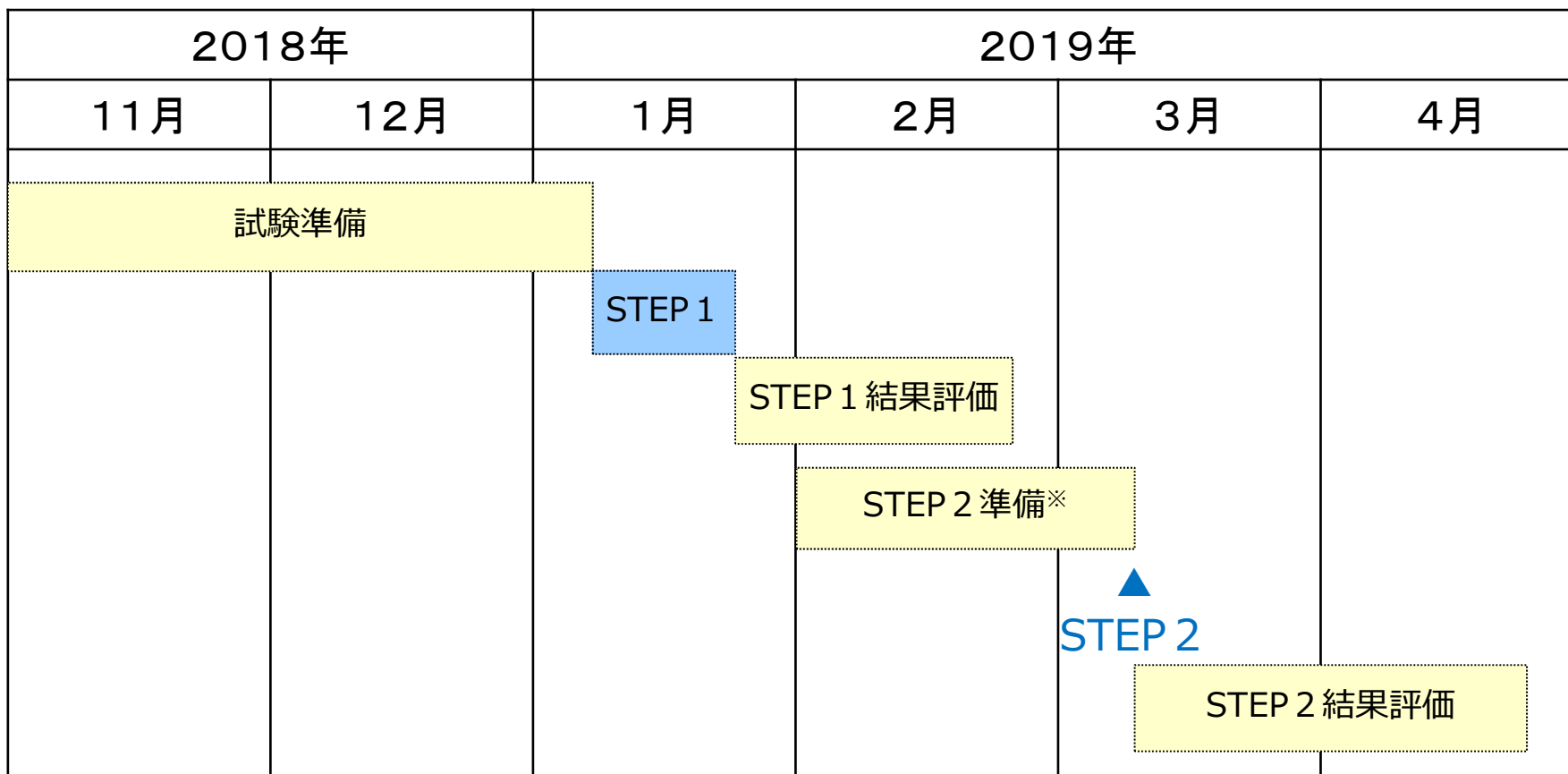


(参考) STEP 2 の温度挙動予測評価



本試験に伴う影響の評価		安全措置
温度	<ul style="list-style-type: none"> STEP 2 では、炉注停止により、実施計画上の必要注水量を下回るため、計画的に運転上の制限外に移行 但し、除熱の減少によるRPV、PCVの温度の上昇は限定的と評価している 	<ul style="list-style-type: none"> 除熱の減少による影響を把握するため、RPV、PCVの温度変化を監視 異常な温度上昇を確認した場合、速やかな注水量増加等の措置を実施 STEP 1 で注水流量低減試験を行い、除熱減少の影響を段階的に確認する
未臨界性	<ul style="list-style-type: none"> 注水停止試験からの注水再開時、設備上の制約により計画的に注水増加量に関する運転上の制限の外へ移行する しかし、注水増加は注水量を現在の状態に戻すだけであるので、注水再開が未臨界維持に与える影響はない 	<ul style="list-style-type: none"> ガス管理設備の希ガスモニタを監視 念のため、ほう酸注入の準備を予め行い、Xe-135が有意に検出された場合は注入する STEP 1 で注水流量増加試験を行い、その影響をSTEP 2 の注水停止試験の前に確認する
ダスト等の放出量	<ul style="list-style-type: none"> ガス管理設備においてフィルタを通して排気していることや、湿潤環境が維持されていることにより、注水量低減/増加による放出量の増加はない 	<ul style="list-style-type: none"> ガス管理設備のダストモニタを監視 異常なダスト上昇を確認した場合、速やかな注水量増加等の措置を実施

試験工程（案）

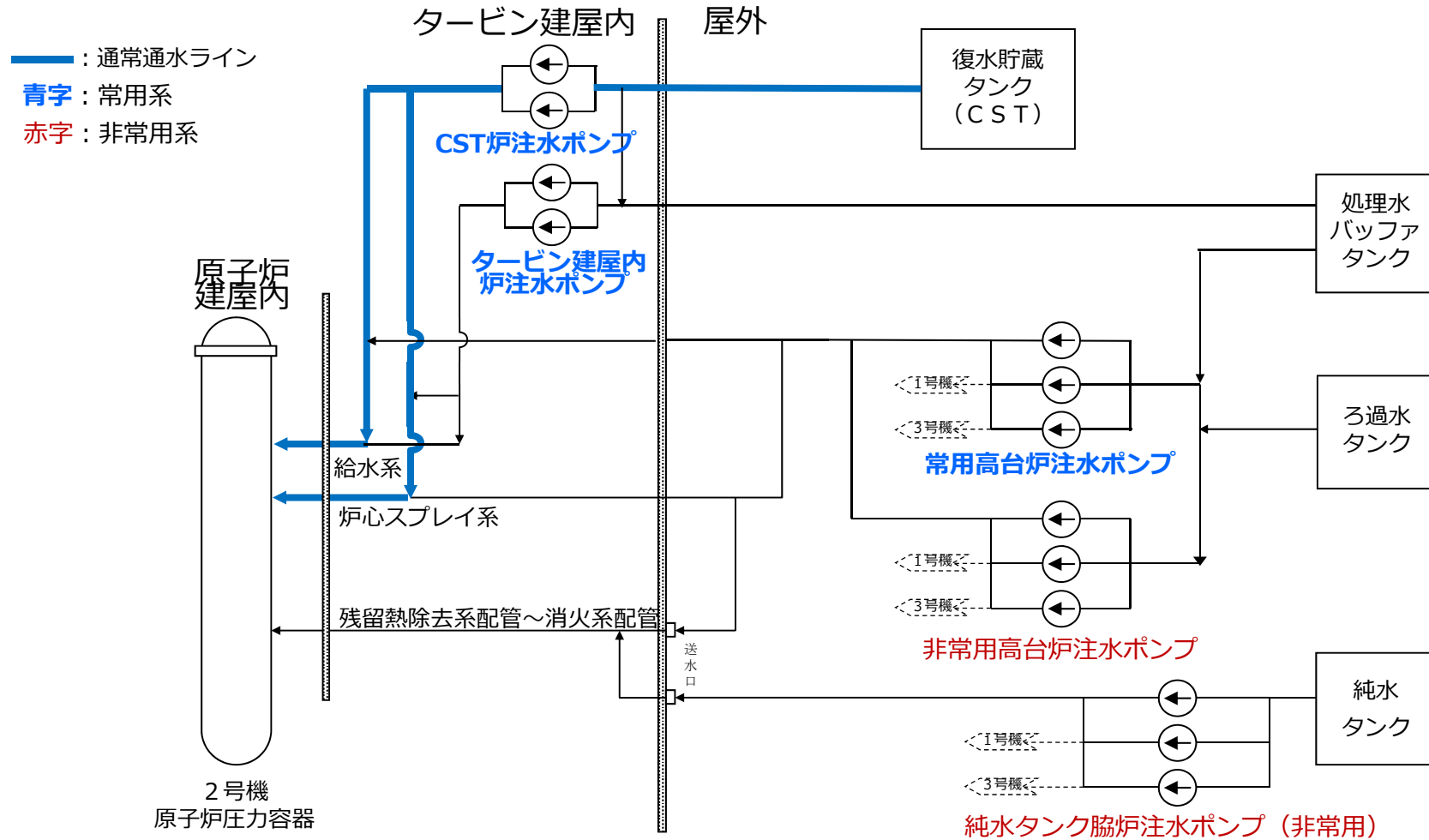


※ STEP 1 が異状なく終了した場合

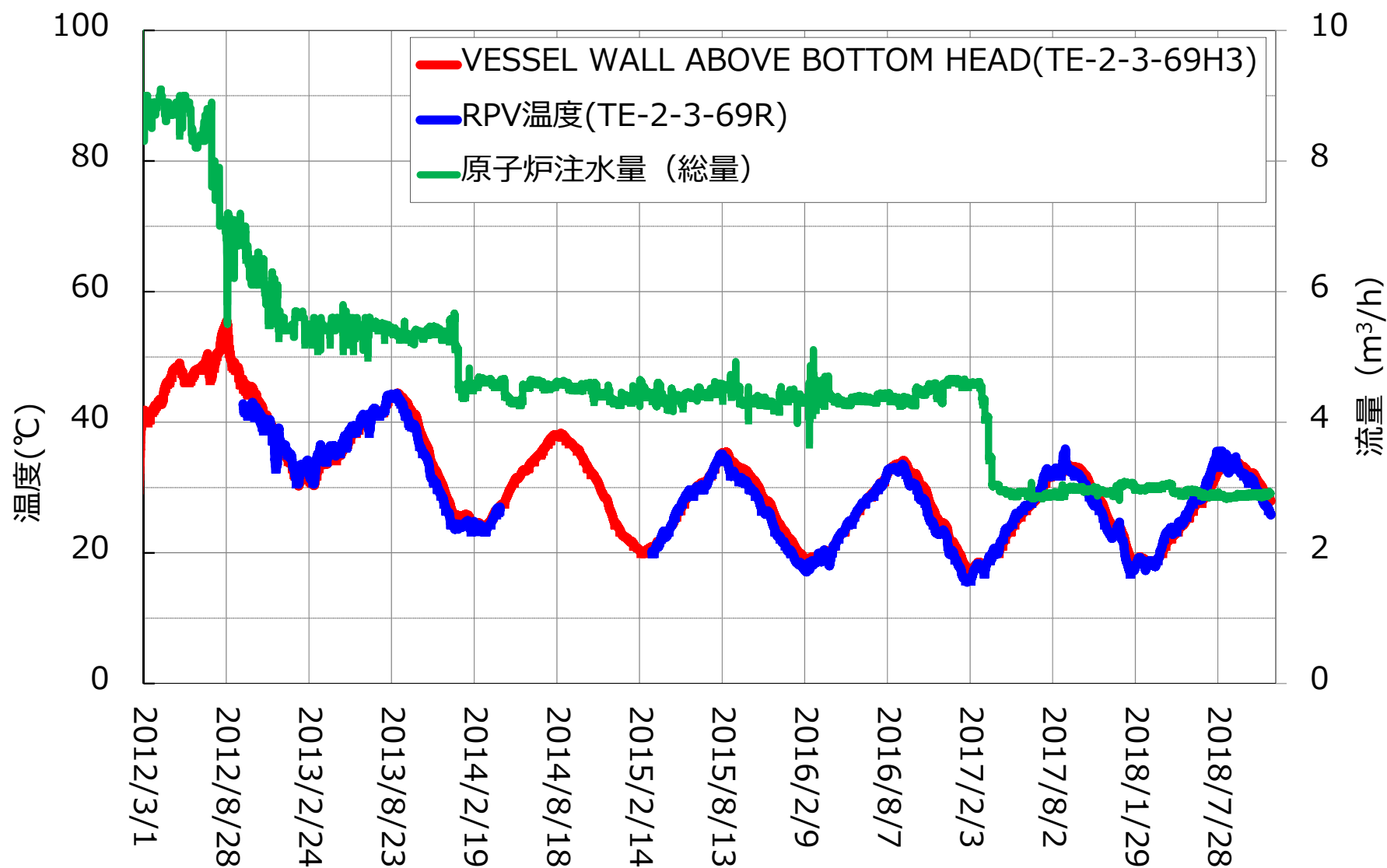
工程はプラントの状況等により適宜調整する

(参考) 原子炉注水設備の概要

原子炉注水設備は、常用系3設備+非常用系2設備の5設備にて構成されている。
 通常は、CST炉注水ポンプにて、給水系ライン及び炉心スプレイ系ラインから原子炉へ注水している。



原子炉注水設備概略図 (2号機を例示)

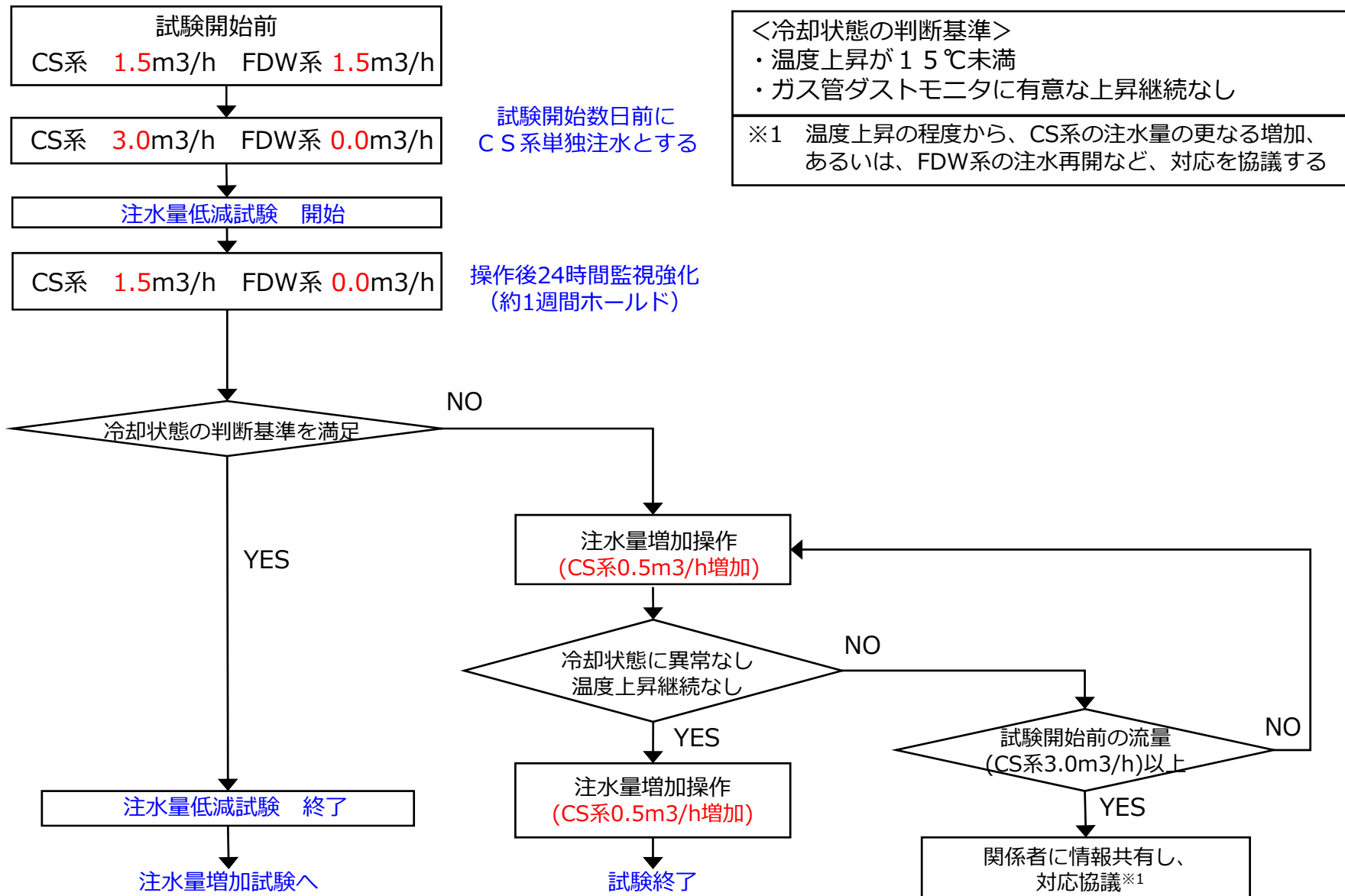


(参考) 原子炉注水系に関する運転上の制限 (LCO)

原子炉注水系に関しては、実施計画Ⅲ第1編第4章第18条において、下記の運転上の制限を定めている。

項目	運転上の制限
原子炉圧力容器底部温度	80℃以下
格納容器内温度	全体的に著しい温度上昇傾向がないこと
常用原子炉注水系	原子炉の冷却に必要な注水量が確保されていること
待機中の非常用原子炉注水系	1系列が動作可能であること
任意の24時間あたりの注水量増加幅	1.0m ³ /h以下

(参考) STEP 1 試験フロー (注水量低減)



(参考) STEP 1 監視パラメータと判断基準 (注水量低減)

(1) 冷却状態の監視 (注水量低減時)

- 注水変更操作から24時間の監視強化とし、冷却状態に異常が無い場合には、24時間以降は通常頻度での監視に移行。

監視パラメータ	監視頻度		判断基準
	操作後24時間	24時間以降 (通常監視頻度)	
原子炉圧力容器底部温度	毎時	毎時	温度上昇が1.5℃未満 ※1
原子炉格納容器内温度	毎時	6時間	温度上昇が1.5℃未満 ※1
原子炉への注水量	毎時	毎時	(必要な注水量が確保されていること)
格納容器ガス管理設備 ダストモニタ	6時間	6時間	有意な上昇が継続しないこと

※1 注水変更後、10℃以上の温度上昇があった際には、関係者間で情報共有・監視強化を継続する。
15℃以上の温度上昇があった際には、流量を0.5m³/h増やす。

(冬季のRPV/PCV温度は概ね3.0度未満であり、1.5℃の温度上昇でも4.5℃未満と想定)

(2) その他の傾向監視パラメータ

- 原子炉圧力容器上部温度、格納容器圧力、格納容器内水位

(参考) STEP 1 試験フロー (注水量増加)



試験開始前
CS系 1.5m³/h FDW系 0.0m³/h

注水量増加試験 開始

CS系 3.0m³/h FDW系 0.0m³/h

操作後24時間は速やかに
ホウ酸水を注入できる体制を維持
(約1週間ホールド)

<冷却状態の判断基準>
・温度上昇が1.5℃未満
・ガス管ダストモニタに有意な上昇継続なし

<未臨界状態に異常なし>
・ガス管希ガスモニタでXe-135がNDであること

冷却状態の判断基準を満足
NO → (※1)

YES → 未臨界状態の判断基準を満足

未臨界状態の判断基準を満足
NO → ホウ酸注入 (※2)

YES → 注水量増加試験 終了

注水量増加試験 終了

CS系 1.5m³/h FDW系 1.5m³/h

※1 さらに注水増加等の措置を関係者で協議する
※2 ホウ酸水を注入しても未臨界維持の見込みがない場合は、注水量を低減する等の措置を関係者で協議する

(参考) STEP 1 監視パラメータと判断基準 (注水量増加)

(1) 冷却状態の監視 (注水量増加時)

- 注水変更操作から24時間の監視強化とし、冷却状態に異常が無い場合には、24時間以降は通常頻度での監視に移行。

監視パラメータ	監視頻度		判断基準
	操作後24時間	24時間以降 (通常監視頻度)	
原子炉圧力容器底部温度	毎時	毎時	温度上昇が1.5℃未満※1
原子炉格納容器内温度	毎時	6時間	温度上昇が1.5℃未満※1
原子炉への注水量	毎時	毎時	(必要な注水量が確保されていること)
格納容器ガス管理設備 ダストモニタ	6時間	6時間	有意な上昇が継続しないこと

(2) 未臨界状態の監視

- 注水変更操作から24時間は速やかにホウ酸水を注入できる体制を維持

監視パラメータ	監視頻度		判断基準
	操作後24時間	24時間以降 (通常監視頻度)	
格納容器ガス管理設備 希ガスモニタ	毎時	毎時	Xe135が検出限界未満であること※2

※1 注水変更後、**10℃以上の温度上昇**があった際には、関係者間で情報共有・監視強化を継続する。

※2 2号機の希ガスモニタの値は、通常は検出限界値(約0.16Bq/cm³)未満である。運転上の制限である1Bq/cm³に余裕があっても、検出限界を超えて有意に検出された場合には、確実な未臨界維持のためホウ酸水を注入する。

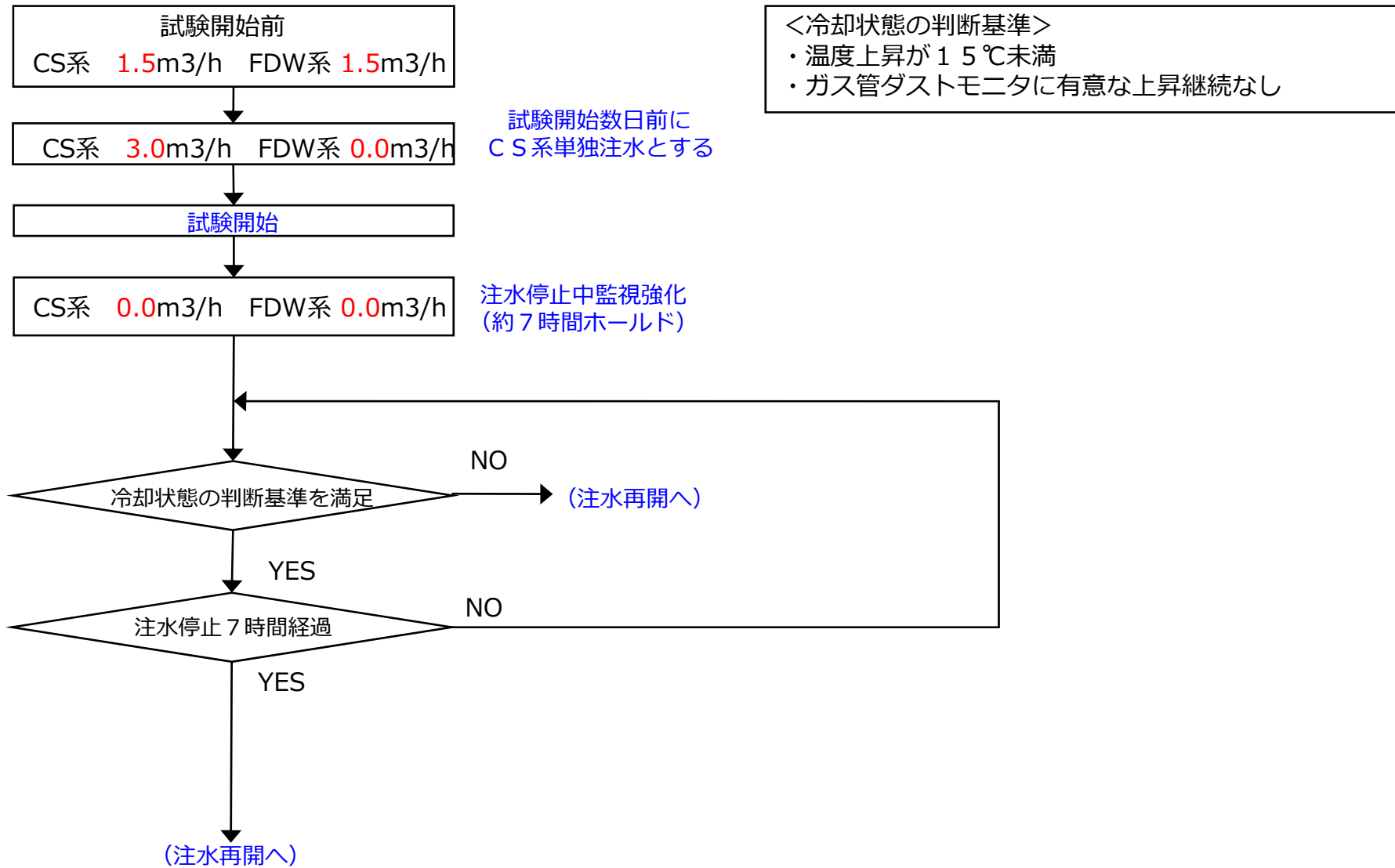
(3) その他の傾向監視パラメータ

- 原子炉圧力容器上部温度、格納容器圧力、格納容器内水位

(参考) STEP 1 監視パラメータ逸脱時の対応

監視パラメータ		判断基準を満たさない場合の対応
原子炉への注水量		<ul style="list-style-type: none"> 目標注水量を目安に、原子炉注水量を調整する
冷却状態の監視	原子炉圧力容器底部温度	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉注水を0.5m³/hずつ増加する。 試験前の3.0m³/hまで流量を増加しても判断基準を満足しない場合は、さらなる注水量の増加等の措置を関係者で協議する。 (温度上昇が急であり、1m³/hを超える注水量の急増が必要と判断される場合にはホウ酸水を注入したうえで、注水量を増加する)
	原子炉格納容器内温度	
	格納容器ガス管理設備 ダストモニタ	
未臨界状態の監視	格納容器ガス管理設備 希ガスモニタ	<ul style="list-style-type: none"> ホウ酸水を注入する。 ホウ酸水を注入しても未臨界維持の見込みがない場合は、注水量を低減する等の措置を関係者で協議する。

(参考) STEP 2 試験フロー (注水停止)



(参考) STEP 2 監視パラメータと判断基準 (注水停止時)

(1) 冷却状態の監視 (注水量低減時)

監視パラメータ	監視頻度		注水停止時の判断基準
	注水停止中	(参考) 通常監視頻度	
原子炉压力容器底部温度	毎時	毎時	温度上昇が1.5℃未満 ※1
原子炉格納容器内温度	毎時	6時間	温度上昇が1.5℃未満 ※1
原子炉への注水量	毎時	毎時	原子炉に注水されていないこと
格納容器ガス管理設備 ダストモニタ	毎時	6時間	有意な上昇が継続しないこと

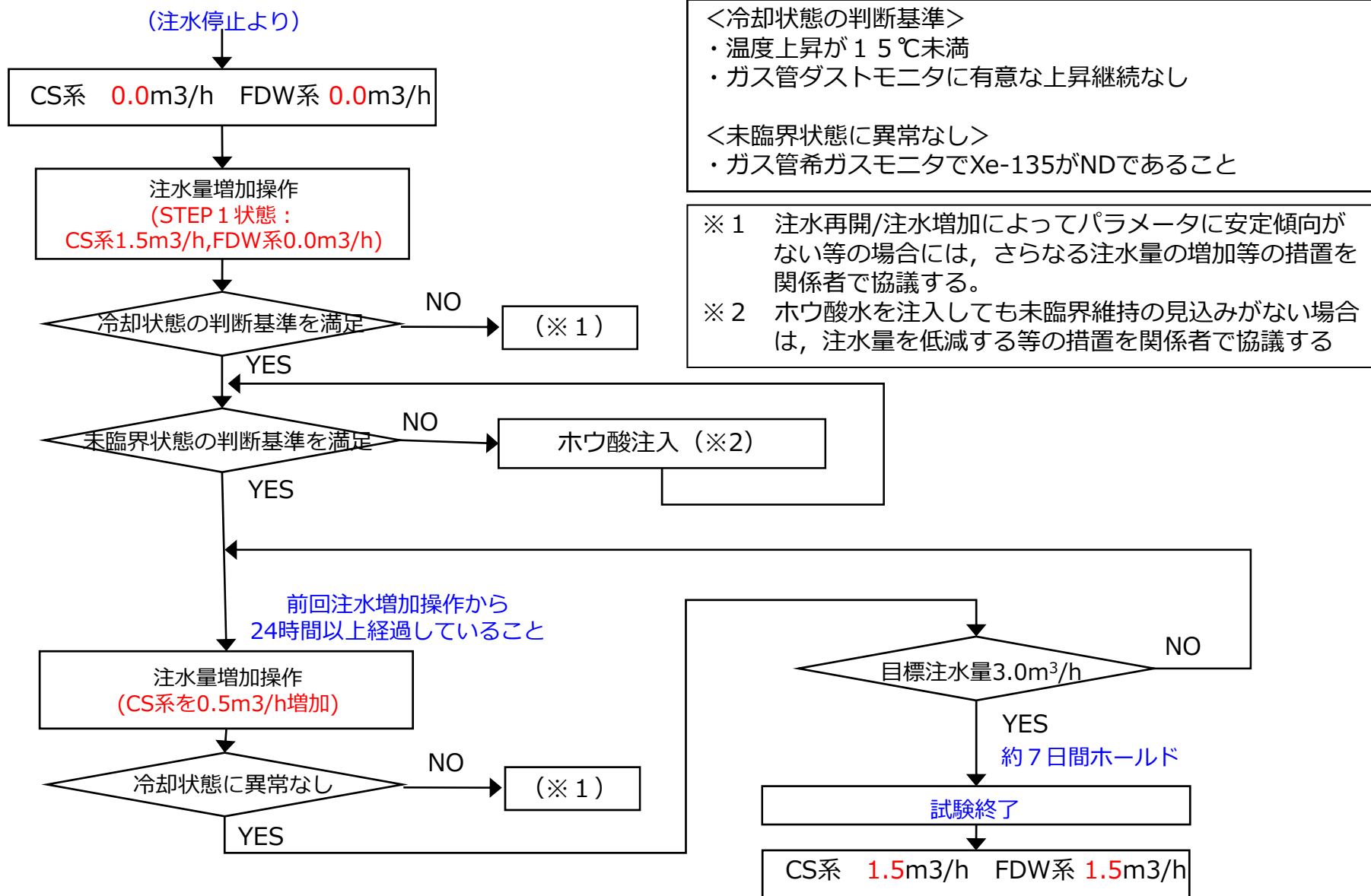
※1 15℃以上の温度上昇があった際には、流量を1.5m³/hに増やす (注水を再開する)。

(冬季のRPV/PCV温度は概ね3.0℃未満であり、1.5℃の温度上昇でも4.5℃未満と想定)

(2) その他の傾向監視パラメータ

- ・原子炉压力容器上部温度、格納容器圧力、格納容器内水位

(参考) STEP 2 試験フロー (注水再開)



(参考) STEP2 監視パラメータと判断基準 (注水再開時)

(1) 冷却状態の監視 (注水量増加時)

- 注水変更操作から24時間の監視強化とし、冷却状態に異常が無い場合には、24時間以降は通常頻度での監視に移行。

監視パラメータ	監視頻度		注水再開時の判断基準
	操作後24時間	24時間以降 (通常監視頻度)	
原子炉压力容器底部温度	毎時	毎時	温度上昇が1.5℃未満※1
原子炉格納容器内温度	毎時	6時間	温度上昇が1.5℃未満※1
原子炉への注水量	毎時	毎時	(必要な注水量が確保されていること)
格納容器ガス管理設備 ダストモニタ	6時間	6時間	有意な上昇が継続しないこと

※1 注水変更後、10℃以上の温度上昇があった際には、関係者間で情報共有・監視強化を継続する。

(2) 未臨界状態の監視

- 注水変更操作から24時間は速やかにホウ酸水を注入できる体制を維持

監視パラメータ	監視頻度		注水再開時の判断基準
	操作後24時間	24時間以降 (通常監視頻度)	
格納容器ガス管理設備 希ガスモニタ	毎時	毎時	Xe135が検出限界未満であること※2

※2 希ガスモニタの値は通常は検出限界値未満 (ND) である。運転上の制限である1Bq/cm³に余裕があっても、検出限界を超えて有意に検出された場合には、確実な未臨界維持のためホウ酸水を注入する。

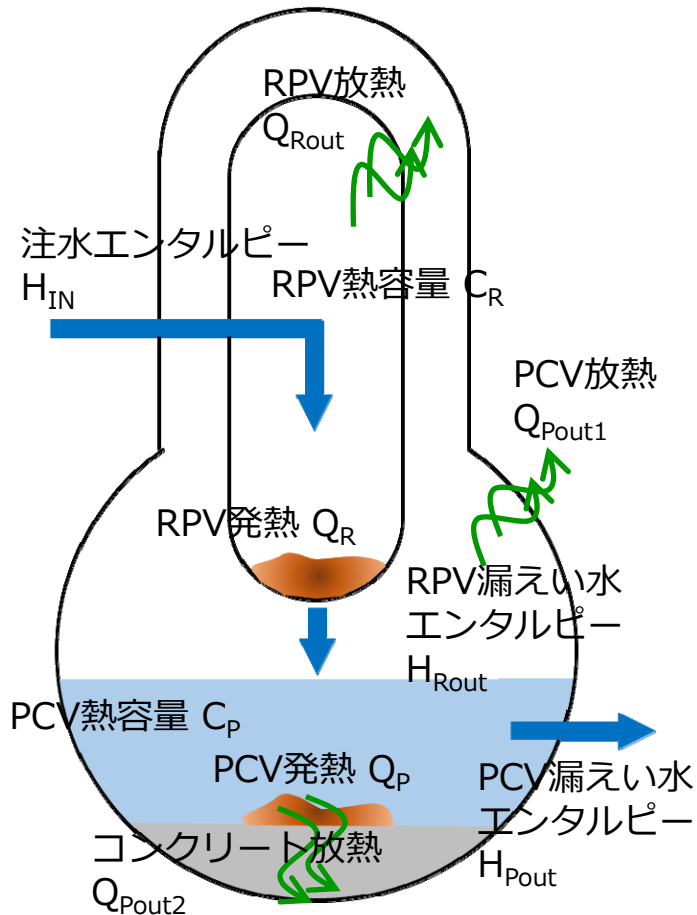
(3) その他の傾向監視パラメータ

- 原子炉压力容器上部温度、格納容器圧力、格納容器内水位

(参考) STEP 2 監視パラメータ逸脱時の対応

監視パラメータ		判断基準を満たさない場合の対応
原子炉への注水量		<ul style="list-style-type: none"> 目標注水量を目安に、原子炉注水量を調整する
冷却状態の監視	原子炉圧力容器底部温度	<ul style="list-style-type: none"> STEP 1 で確認している1.5m³/hで原子炉注水を再開する。 注水再開/注水増加によってパラメータに安定傾向がない等の場合には、さらなる注水量の増加等の措置を関係者で協議する。 (温度上昇が急であり、1m³/hを超える注水量の急増が必要と判断される場合にはホウ酸水を注入したうえで、注水量を増加する)
	原子炉格納容器内温度	
	格納容器ガス管理設備 ダストモニタ	
未臨界状態の監視	格納容器ガス管理設備 希ガスモニタ	<ul style="list-style-type: none"> ホウ酸水を注入する。 ホウ酸水を注入しても未臨界維持の見込みがない場合は、注水量を低減する等の措置を関係者で協議する。

- 燃料デブリの崩壊熱，注水流量，注水温度などのエネルギー収支から，RPV，PCVの温度を簡易的に評価。
- RPV/PCVの燃料デブリ分布や冷却水のかかり方など不明な点が多く，評価条件には仮定を多く含むものの，単純化したマクロな体系で，過去の実機温度データを概ね再現可能。



- タイムステップあたりのエネルギー収支から，RPV/PCVの温度挙動を計算

(1) RPVのエネルギー収支と温度変化の計算式

$$H_{IN} + Q_R - Q_{Rout} - H_{Rout} - C_R \times \Delta T_R = 0$$

$$T_{RPV}(i+1) = T_{RPV}(i) + \Delta T_R$$

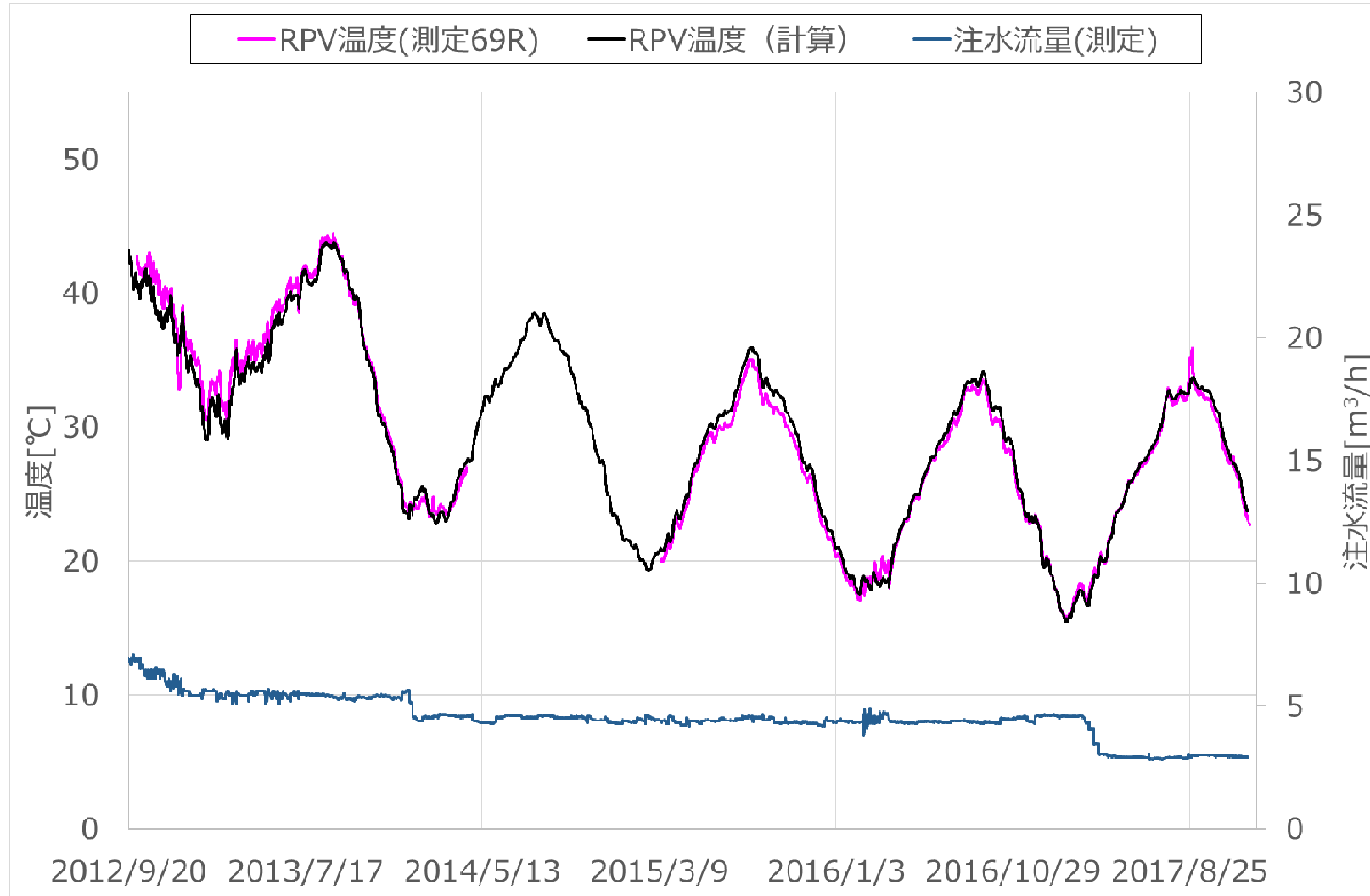
(2) PCVのエネルギー収支と温度変化の計算式

$$H_{Rout} + Q_p + Q_{Rout} - Q_{Pout1} - Q_{Pout2} - H_{pout} - C_p \times \Delta T_p = 0$$

$$T_{PCV}(i+1) = T_{PCV}(i) + \Delta T_p$$

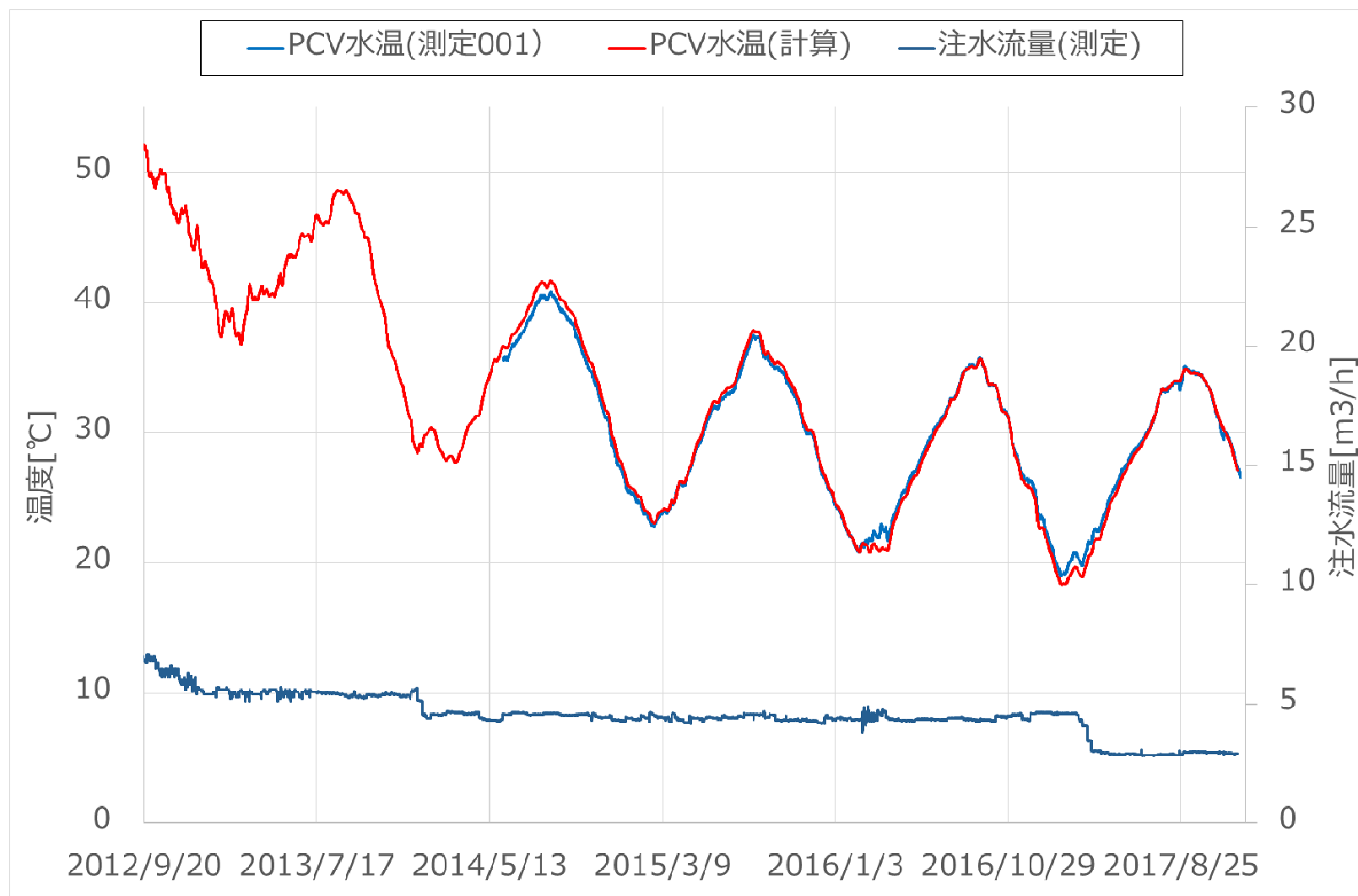
(参考) 熱バランスモデルによる2号機RPV温度の評価結果

- 評価条件には仮定が含まれるものの、計算したRPV温度が、実績のRPV底部温度（新設温度計）のトレンドを概ね再現した。

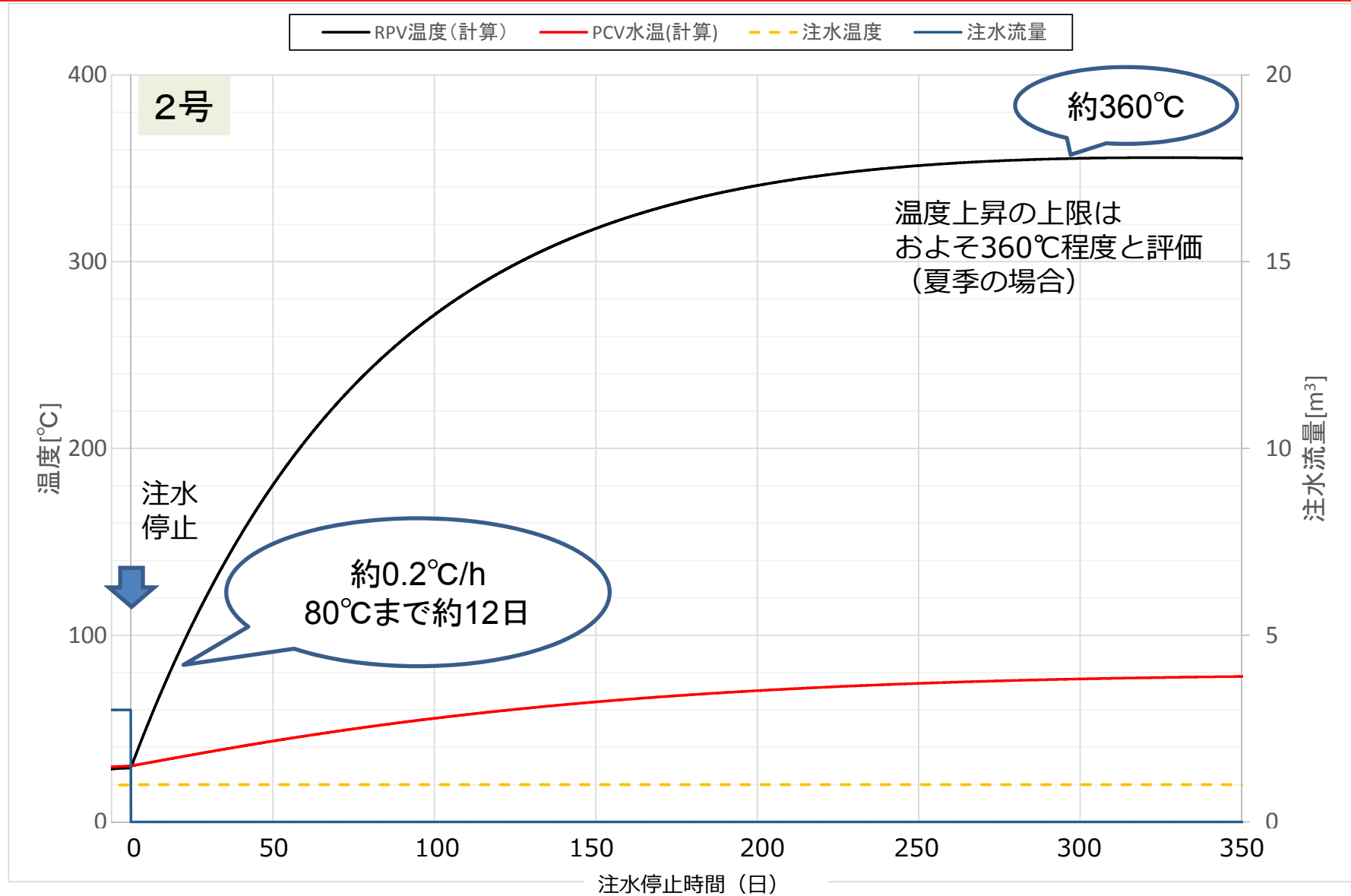


(参考) 熱バランスモデルによる2号機PCV水温の評価結果

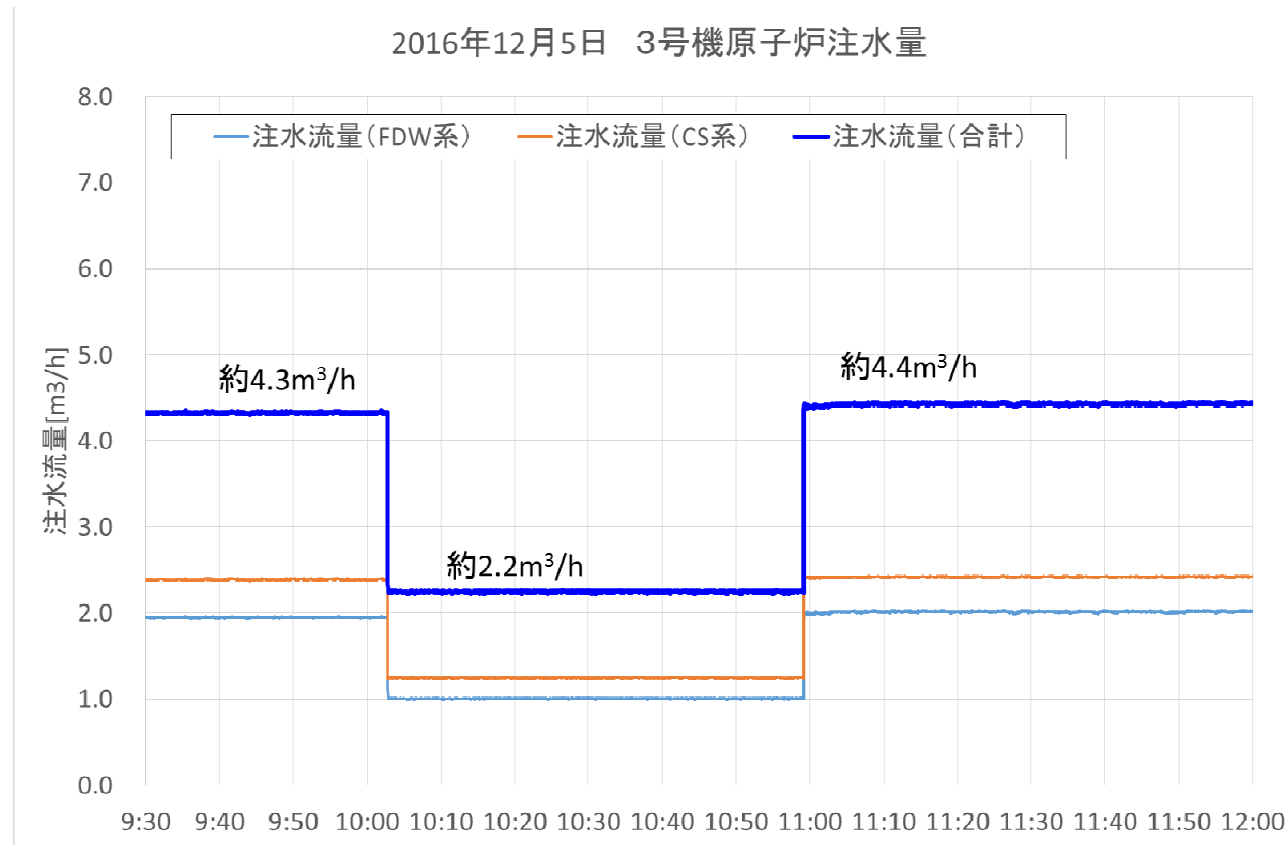
- 評価条件には仮定が含まれるものの、計算したPCV水温が、実績のPCV水温（新設温度計）のトレンドを概ね再現した。



(参考) 注水停止時の温度上昇予測 (計算例)



- 2016年12月に3号機において原子炉注水ポンプが停止するトラブルあり。
- ポンプ復旧時には、実施計画に定める要求される措置に則り、事前にほう酸水は注入せず、速やかに原子炉注水を増加。後追いで未臨界を確認。ガス管理設備の希ガスモニタにて、短半減期希ガスXe-135は検出限界未満を維持していた。



実施計画Ⅲ第1編第18条 原子炉注水系
常用原子炉注水系「原子炉の冷却に必要な注水量が確保されていること」

STEP1:
LCO内で実施

STEP2:LCO外へ計画的に移行

下記のLCOに対し尤度をもった安全措置を予め定め試験を実施する

実施計画Ⅲ第1編第18条 原子炉注水系
原子炉压力容器底部温度「80°C以下」
格納容器温度「全体的に著しい上昇傾向がないこと」

<予め定める必要な安全措置>

1. 原子炉压力容器、原子炉格納容器の温度監視
2. 15°C上昇で注水流量を増加

実施計画Ⅲ第1編第18条 原子炉注水系
任意の24時間あたりの注水量増加幅 「1.0m³/h以下」



STEP1、STEP2ともにLCO外へ計画的に移行



下記のLCOに対し尤度をもった安全措置を予め定め試験を実施する

実施計画Ⅲ第1編第24条 未臨界監視
短半減期核種の放射能濃度
「キセノン135の放射能濃度が1.0Bq/cm³以下であること」

<予め定める必要な安全措置>

1. ガス管理設備希ガスモニタによる未臨界の監視
2. ホウ酸水注入の準備
3. Xe135を有意に検知した場合にホウ酸水を注入する手順とする

2,3号機 PCVガス管理設備用制御盤二重化工事に伴う 片系停止及び両系停止について

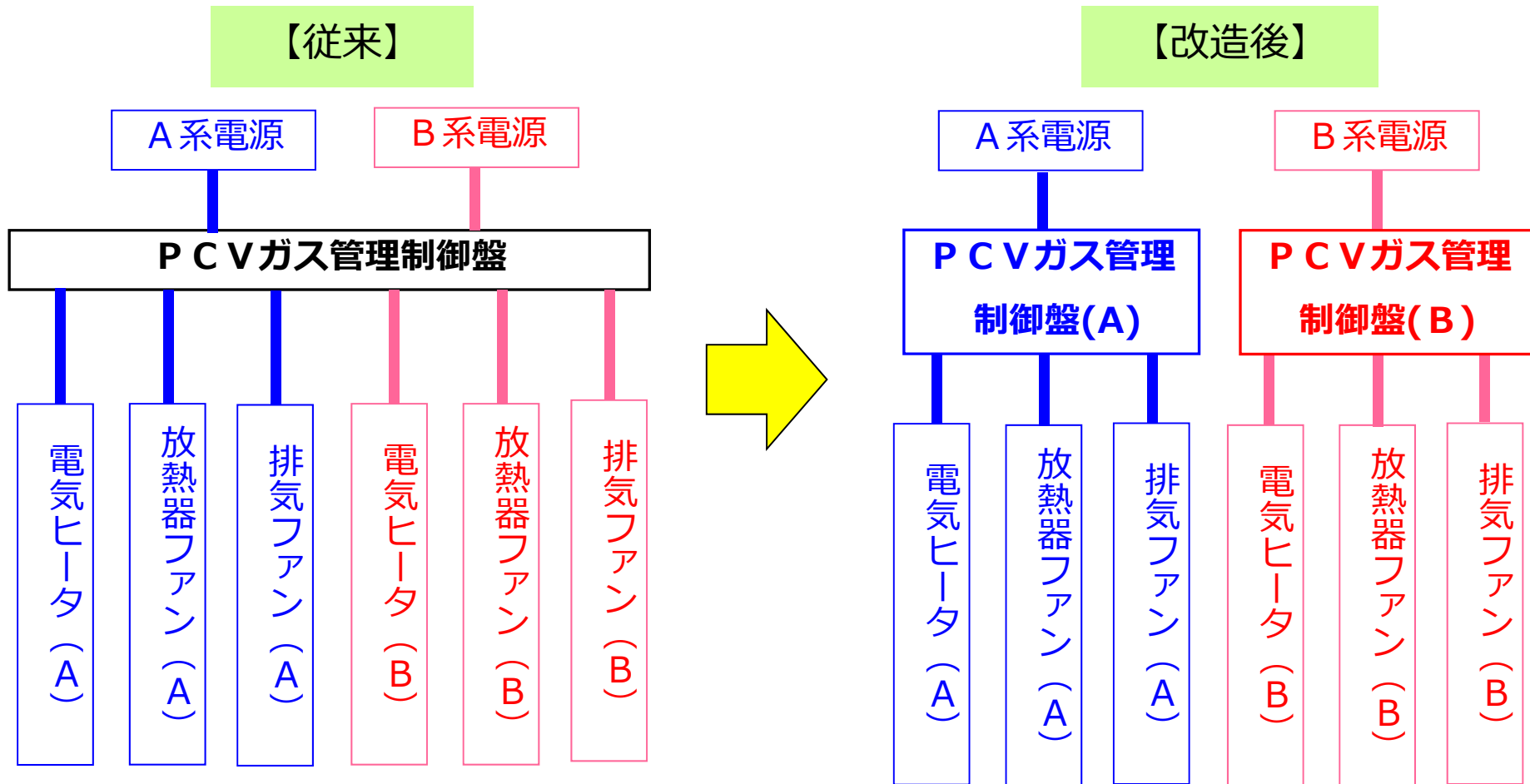
2018年11月29日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 工事概要

■ 現状、PCVガス管理設備制御盤がA / B系で共通であり、制御盤の単独機能喪失によって、両系統機能喪失に至るため、制御盤をA / B系の2面に分割し、電気・計装回路を独立分離する工事を実施中。



2. 作業工程表

制御盤二重化に伴う、実動作運転および自動起動試験時のPCVガス管理設備停止工程を示す。

<2号機>

- A系停止 : A系盤試験 2018年12月 3日～13日
 - B系停止 : B系盤試験 2018年12月17日～26日
 - 両系停止 : A系 実動作運転試験 2018年12月13日
 - : B系 実動作運転試験 2018年12月25日
 - : A/B系 自動起動試験 2018年12月26日
- } 24条を運転上の制限外へ移行し、
実施計画Ⅲ第32条適用 ※

<3号機>

- A系停止 : A系盤試験 2019年 1月 8日～21日
 - B系停止 : B系盤試験 2019年 1月22日～2月 5日
 - 両系停止 : A系 実動作運転試験 2019年 1月17日
 - : B系 実動作運転試験 2019年 1月31日
 - : A/B系 自動起動試験 2019年 2月 1日
- } 24条を運転上の制限外へ移行し、
実施計画Ⅲ第32条適用 ※

	内容	12月			1月			2月		
		上	中	下	上	中	下	上	中	下
2号機	A系停止	A系停止 : 12/ 3～14			第32条適用 : 12/13※					
	B系停止		B系停止 : 12/17～27			第32条適用 : 12/25※				
	A/B系自動起動試験				第32条適用 : 12/26※					
3号機	A系停止				A系停止 : 1/8～21			第32条適用 : 1/17※		
	B系停止		B系停止 : 1/22～2/5			第32条適用 : 1/31※				
	A/B系自動起動試験							第32条適用 : 2/1※		

3. 実施計画Ⅲ第24条の扱いについて

2. 作業工程表に記載の通り、実動作試験ならびに実起動試験を実施する際は、PCVガス管理設備を系統停止する必要があるため、実施計画Ⅲ章第24条を満足出来なくなる。

よって、実施計画Ⅲ第32条を適用し、あらかじめ必要な安全処置を定め、計画的に運転上の制限外に移行し、工事を実施する。

第24条（未臨界監視）

[運転上の制限]

短半減期核種の放射能濃度：**キセノン135の放射能濃度が1Bq/cm³以下であること**

原子炉格納容器ガス管理設備の放射線検出器：**1チャンネルが動作可能であること※1**

※1：動作可能であることとは、**原子炉格納容器内のガスが原子炉格納容器ガス管理設備内に通気され、短半減期核種の放射能濃度が監視可能**であることをいう。

第32条（保全作業を実施する場合）

保全作業（試験を含む）を実施するため計画的に運転上の制限外に移行する場合は、あらかじめ必要な安全措置を定め、原子炉主任技術者の確認を得て実施する。

4. 実施計画Ⅲ第24条の扱いについて（安全措置について）TEPCO

実施計画Ⅲ第1編 第32条に基づき、必要な安全措置を以下に定める。

◆ 必要な安全措置（停止期間における未臨界監視）

- 実施計画Ⅲ第24条の表24-2に基づき、代替措置による監視（**原子炉压力容器底部の温度上昇率及びモニタリングポストの空間線量率**）を行うものとする。

<未臨界監視の代替措置>

PCVガス管理設備の停止中は、実施計画Ⅲ第24条の表24-2に定める通り、代替措置として以下の2項目を監視する。

項目	制限値	
	2号機	3号機
RPV底部の温度上昇率	3.6 °C/h 以下及び 14.0 °C/d 以下	3.6 °C/h 以下及び 15.2 °C/d 以下
モニタリングポスト・線量表示器の空間線量率	(B.G + 1 µSv/h) 以下 ※	

※線量表示器の空間線量率の基準値は、4号機南側法面上周辺、5.6号機防護本部周辺：(B.G+1µSv/h)以下
事務本館南側、3.4号機西側法面上周辺：(B.G+2µSv/h)以下
1.2号機海側、3.4号機海側：(B.G+3µSv/h)以下
(参考資料 P.6：モニタリングポスト・線量表示器設置箇所)

- ・上記制限値の評価手順については、手順書に定めている。
- ・モニタリングポストの空間線量率については、未臨界状態における日常の変動幅を評価している。

5. 実施計画Ⅲ第25条の扱いについて

P C Vガス管理設備を停止させることによって、実施計画Ⅲ第1編 第25条に定める以下の運転上の制限の確認ができない。

第25条（格納容器内の不活性雰囲気維持機能）

〔運転上の制限〕

表25-1 「**格納容器内水素濃度：2.5%以下**」

よって、実施計画第25条2.（6）※1に準じ、以下の事項を行う。

※1：原子炉格納容器ガス管理設備が運転状態にない場合又は原子炉格納容器ガス管理設備の水素濃度が確認できない場合には、以下の事項を実施する。

- 当該設備の停止中に必要な窒素封入量が確保されていることを確認する。
- 当該設備の停止中に窒素封入量の減少操作を中止する又は行わない。
- あらかじめ当該設備停止前に停止期間中の格納容器内水素濃度の評価を行う。
- 作業中に窒素封入量が増加した場合は、格納容器内水素濃度の評価結果が表25-1に定める格納容器内水素濃度以下であることを確認する。

参考資料. モニタリングポスト及び線量表示器 設置箇所 **TEPCO**

P.4 未臨界監視の代替処置に記載した、モニタリングポスト及び線量表示器の設置箇所を以下に示す。

