

循環注水冷却スケジュール (1/2)

分野名	活り	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後1ヶ月の予定												備考		
			2月		3月				4月				5月			6月	
			19	26	5	12	19	26	2	9	16	下	上	中	下	前	後
循環注水冷却	原子炉関連	(実 績) ・【共通】循環注水冷却中(継続) ・【1号】原子炉注水流量の低減 ステップ1 2016/12/14 ・【1号】原子炉注水流量の低減 ステップ2 2017/1/5 ・【1号】原子炉注水流量の低減 ステップ3 2017/1/24 ・【3号】原子炉注水流量の低減 2017/2/8~2017/3/1 ・【3号】原子炉注水流量の低減 ステップ1 2017/2/8 ・【3号】原子炉注水流量の低減 ステップ2 2017/2/15 ・【3号】原子炉注水流量の低減 ステップ3 2017/2/22 ・【2号】原子炉注水流量の低減 2017/3/7~2017/3/29 ・【2号】原子炉注水流量の低減 ステップ1 2017/3/7 ・【2号】原子炉注水流量の低減 ステップ2 2017/3/15 ・【2号】原子炉注水流量の低減 ステップ3 2017/3/22 (予 定) ・【1号】CS系注水ラインの一部PE管化 2017/4月~2017/7月 (実施時期調整中)	【1, 2, 3号】循環注水冷却(滞留水の再利用) 【3号】原子炉注水流量の低減 ▼ステップ3 【2号】原子炉注水流量の低減 ステップ1▼ ステップ2▼ ステップ3▼ 現場作業	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 【1号】CS系注水ラインの一部PE管化 追加 実施時期調整中	原子炉注水量の低減 (1号機) ステップ1 炉注総流量 4.5 → 4.0m³/h (CS系流量 2.0 → 1.5m³/h) ステップ2 炉注総流量 4.0 → 3.5m³/h (FDW系流量 2.5 → 2.0m³/h) ステップ3 炉注総流量 3.5 → 3.0m³/h (FDW系流量 2.0 → 1.5m³/h) (3号機) ステップ1 炉注総流量 4.5 → 4.0m³/h (FDW系流量 2.0 → 1.5m³/h) ステップ2 炉注総流量 4.0 → 3.5m³/h (CS系流量 2.5 → 2.0m³/h) ステップ3 炉注総流量 3.5 → 3.0m³/h (CS系流量 2.0 → 1.5m³/h) (2号機) ステップ1 炉注総流量 4.5 → 4.0m³/h (FDW系流量 2.0 → 1.5m³/h) ステップ2 炉注総流量 4.0 → 3.5m³/h (CS系流量 2.5 → 2.0m³/h) ステップ3 炉注総流量 3.5 → 3.0m³/h (CS系流量 2.0 → 1.5m³/h) ・1号機CS系注水ラインの一部PE管化に伴う実施計画変更認可申請 (2017/3/6)												
		(実 績) ・CST窒素注入による注水溶存酸素低減(継続) ・ヒドラジン注入中 (2013/8/29~)	CST窒素注入による注水溶存酸素低減 ヒドラジン注入中 現場作業														
		(実 績) ・【1号】サブプレッションチャンバへの窒素封入 - 連続窒素封入へ移行 (2013/9/9~) (継続) (予 定) ・【1号】ジェットポンプ計装ラックからの窒素封入ライン追設 窒素封入ライン変更通気確認 2017/6/5~6/下旬	【1, 2, 3号】原子炉圧力容器 原子炉格納容器 窒素封入中 【1号】サブプレッションチャンバへの窒素封入 検討・設計・現場作業	【1号】ジェットポンプ計装ラックからの窒素封入ライン追設 窒素封入ライン変更通気確認 実施時期調整中 ・1号機ジェットポンプ計装ラックからの窒素封入ライン追設に伴う実施計画変更認可申請 (2015/1/16) 補正申請 (2016/3/23) → 認可 (2016/5/30)													
原子炉格納容器関連	原子炉格納容器関連	(実 績) ・【共通】PCVガス管理システム運転中(継続) ・【2号】R/B内抽気管交換作業 2017/2/25~2017/3/3 抽気管交換に伴うPCVガス管理設備停止 2017/2/28,3/3	【1, 2, 3号】継続運転中 【2号】R/B内抽気管交換作業 停止▼停止▼ 現場作業														

循環注水冷却スケジュール (2/2)

分野名	活り	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後1ヶ月の予定	2月		3月				4月				5月	6月	備考
				19	26	5	12	19	26	2	9	16	下	上	中	
使用済燃料プール関連		使用済燃料プール循環冷却	(実 績) ・【共通】循環冷却中(継続) ・【3号】配管清掃に伴うSFP停止 2017/3/1~8 ・【2号】配管清掃に伴うSFP停止 2017/3/13~16 (予定) ・【1号】崩壊熱量低下に伴う温度確認(熱交換器バイパス運転) 2017/4/3~24(実施時期調整中)	現場作業	【1, 2, 3号】循環冷却中(2017/1/10より凍結防止のため、二次系共用設備エアフィンクーラーのファンを間欠運転中) 【3号】配管清掃に伴うSFP停止 【2号】配管清掃に伴うSFP停止 【1号】崩壊熱量低下に伴う温度確認(熱交換器バイパス運転)	追加 実施時期調整中										
		使用済燃料プールへの注水冷却	(実 績) ・【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	【1, 2, 3号】蒸発量に応じて、内部注水を実施 【1, 3号】コンクリートポンプ車等の現場配備											
		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)	(実 績) ・【共通】プール水質管理中(継続)	検討・設計・現場作業	【1, 2, 3, 4号】ヒドラジン等注入による防食 【1, 2, 3, 4号】プール水質管理											

1F-1号機 使用済燃料プール 崩壊熱量低下に伴う温度確認の実施について

2017年3月30日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

【背景】

- ▶ 東北太平洋沖地震から6年が経過し、使用済燃料プール（以下、SFPとする。）に保管している使用済燃料の崩壊熱は、低下を継続している。
- ▶ SFPの冷却は熱交換器による強制冷却を実施しているが、SFP表面からの自然放熱（大気との熱交換）も期待される。
- ▶ 冬期は凍結防止対策としてエアフィンクーラーを停止した運用を実施している。（現在SFP水温は、各号機とも30℃以下で安定している）
- ▶ SFP表面からの自然放熱を考慮すると、SFP水温は一定の温度で安定するものと推測している。



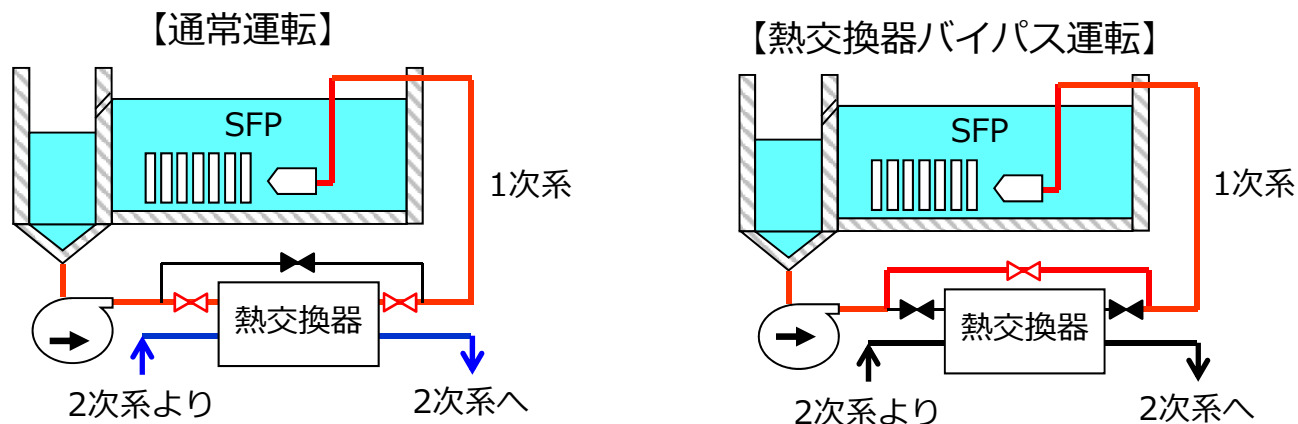
【目的】

- ▶ 今後のSFP循環冷却設備の運用方法を再検討するため、1号機SFP循環冷却設備による冷却を停止した場合においても、SFP水温が制限温度（60℃）未満で安定することを確認する。

2. 実施内容

【実施内容】

- ✓ 1号機SFP循環冷却設備の運転状態を熱交換器バイパス運転とし、SFP水温変化のデータ採取を行う。
(SFP循環冷却設備の熱交換器バイパス運転中もSFPの水位・水温の監視は継続する。)



【期間】

- ✓ 3週間程度 (SFP水温が安定した時点)
- ✓ SFP水温が安定せず、あらかじめの評価から逸脱する場合は、通常運転状態に戻す。

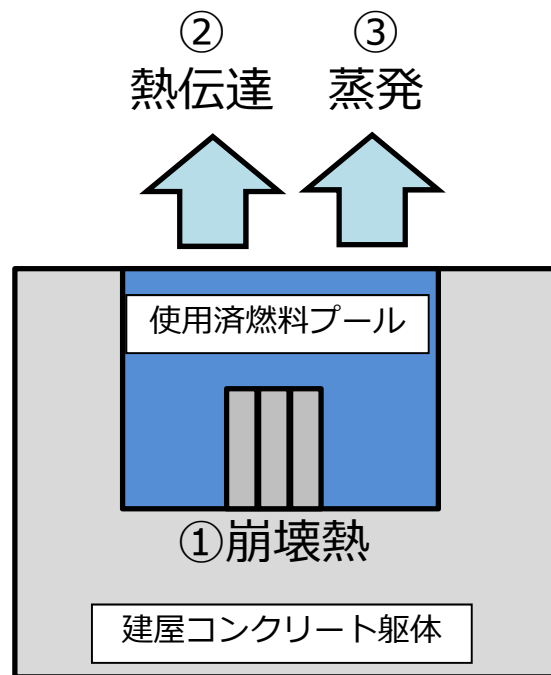
【想定SFP水温】

- ✓ 外気平均温度が5℃～15℃程度の際、25℃～30℃の間で安定するものと評価。
(1号機使用済燃料の崩壊熱量は0.061MWであり、SFP表面からの自然放熱量と平衡状態となる)
- ✓ 実績：停止期間 19日間 (440時間)
SFP水温 約5℃上昇 (停止時:約18℃ 起動時：約23℃)

3. まとめ

- ▶ 4月上旬開始を目途に、3週間程度の期間、1号機SFP循環冷却設備によるSFP冷却を停止したうえで温度確認を行い、SFP水温が30℃程度で安定することを確認する。
- ▶ SFP水温が一定温度で安定すれば、SFP水温評価の精度向上が期待され、点検時等のSFP循環冷却設備停止時における制限温度に達するまでの時間的裕度がより大きくなる。
- ▶ 今回の温度確認で得られた結果より、夏期におけるSFP水温の推移検討を行い、SFP循環冷却設備の運用方法の検討をしていく。

- ▶ 使用済燃料プール内の使用済燃料から発生する①崩壊熱は、プール表面からの自然放熱（②熱伝達と③蒸発による気化熱）により除去される。水温が上がれば②③の効果は増大するため、プール水温はある程度上昇して安定すると予想している。



② プール表面の熱伝達による熱損失

$$qT = \alpha(tw - ta)A$$

qT : 表面熱損失

α : 熱伝達率

tw : プール水温

ta : 外気温

A : プール表面積

③ プール表面の蒸発による熱損失

$$qE = rC(Pw - Pa)A$$

qE : 蒸発熱損失

r : 水の気化熱

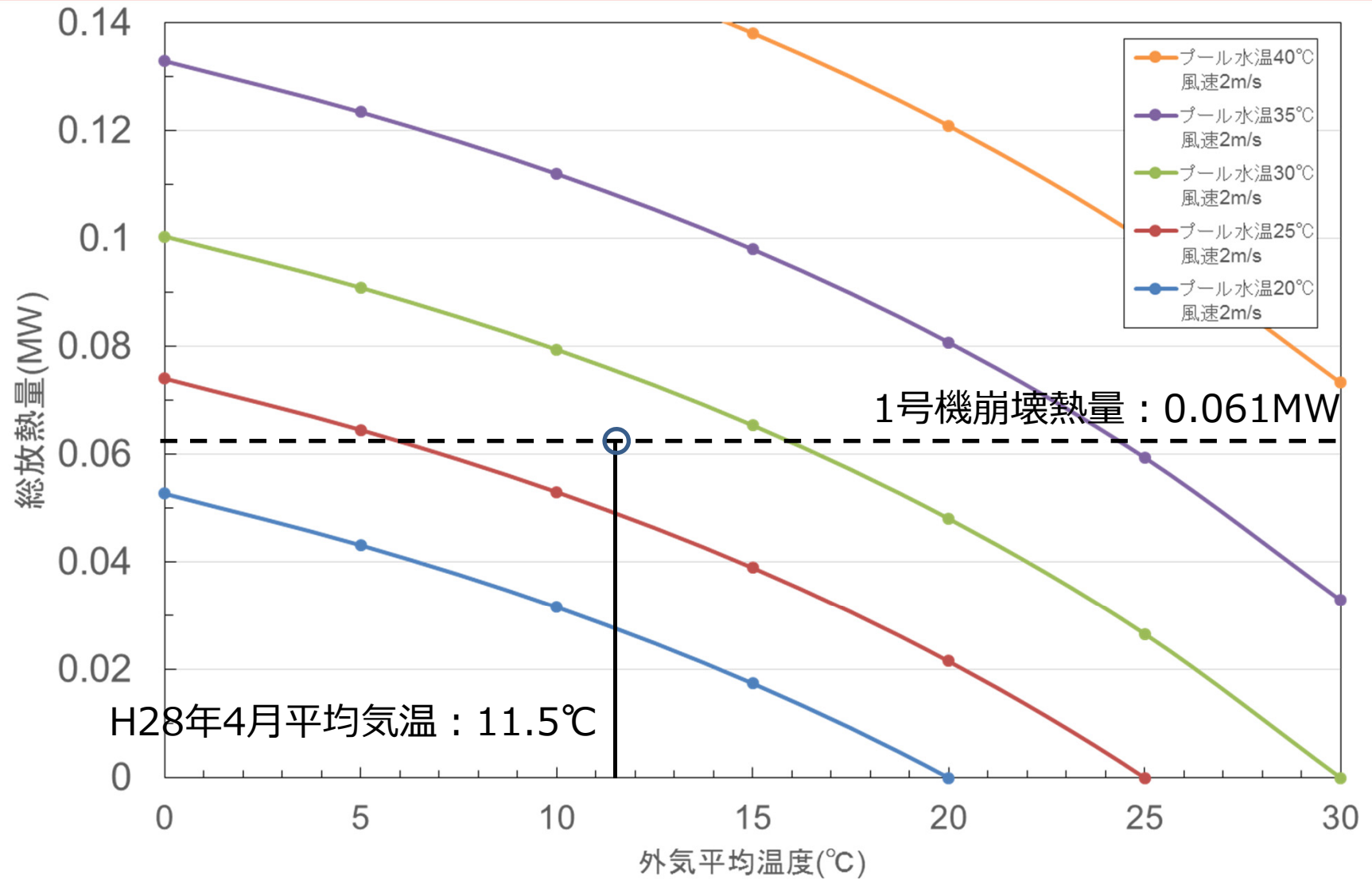
C : 風速係数(風速により変化)

Pw : プール水温における水の飽和蒸気圧

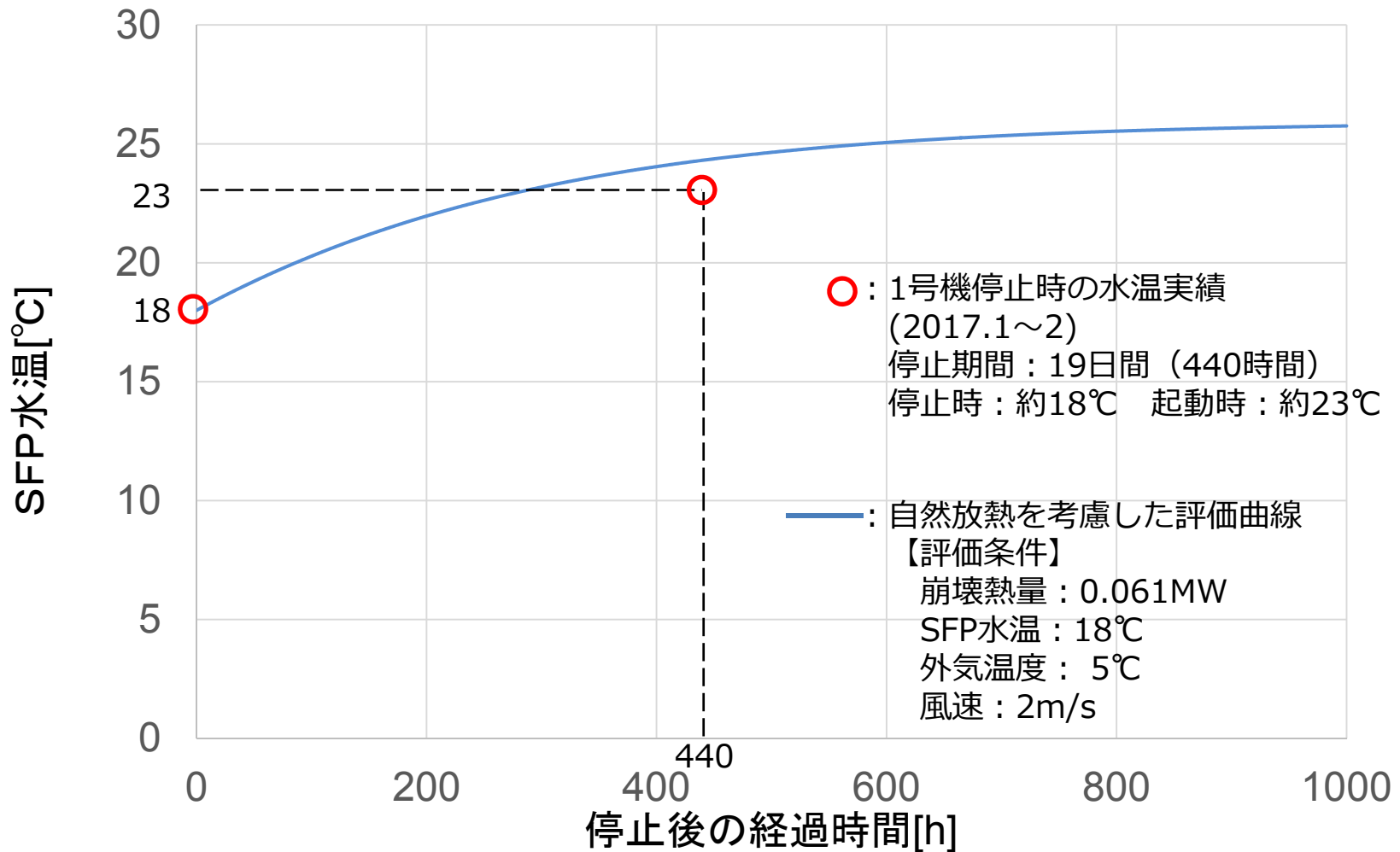
Pa : 外気温における水の飽和蒸気圧

A : プール表面積

【参考資料 2】 自然放熱を考慮したSFP水温（推定）



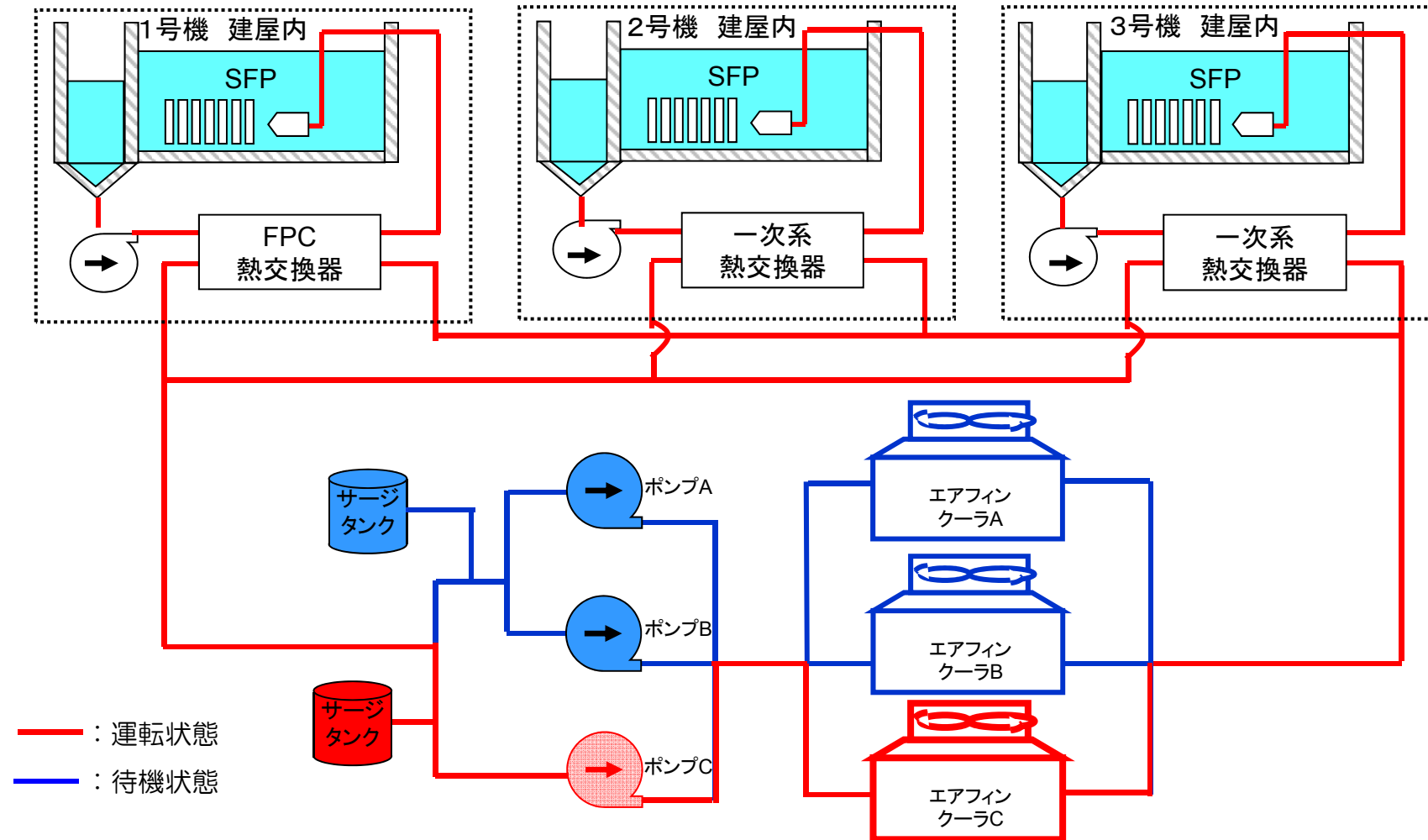
【参考資料 3】 1号機停止時SFP水温実績とSFP水温評価（自然放熱考慮） **TEPCO**



2017.1~2月の1号機停止時のSFP水温実績と自然放熱を考慮した評価は概ね一致

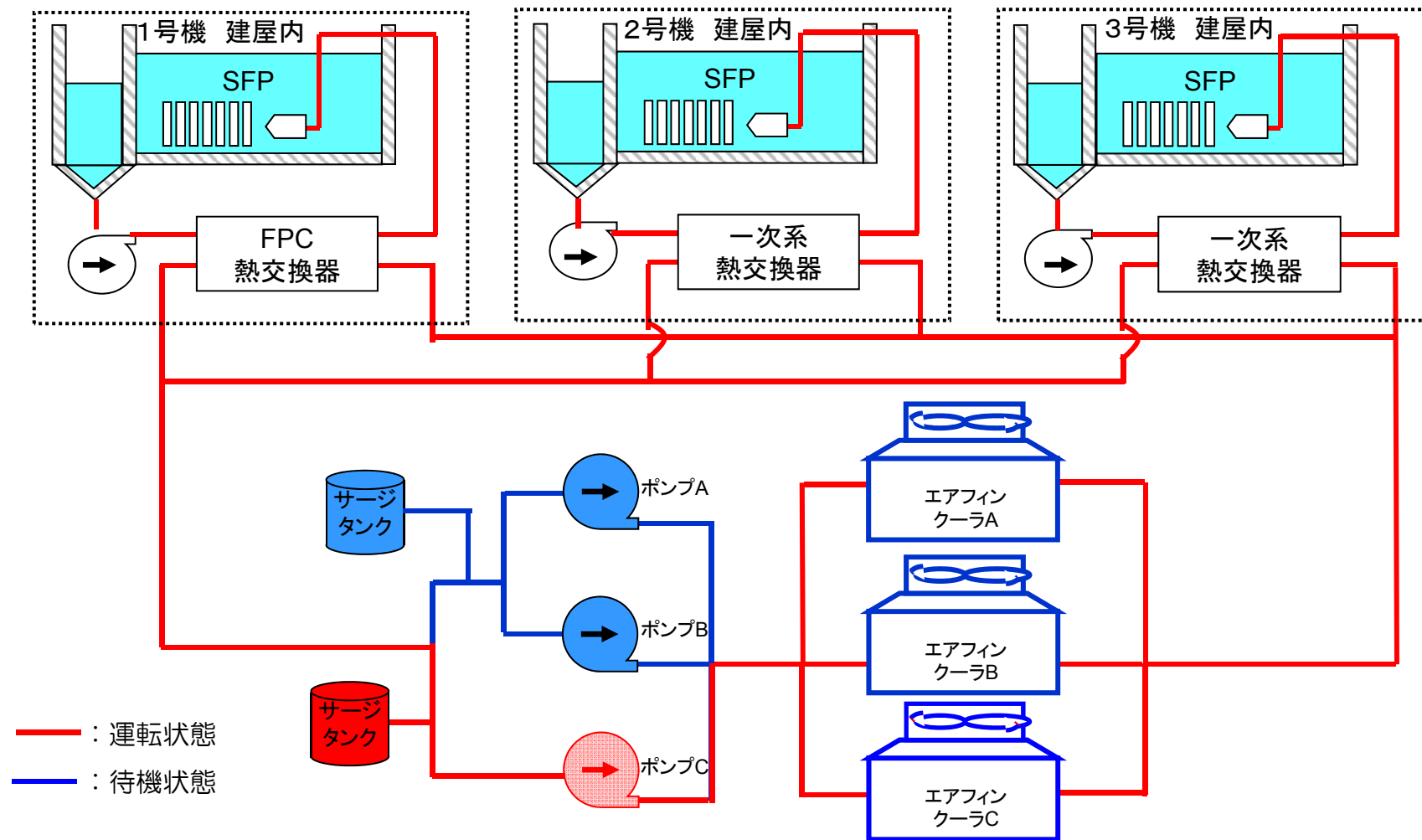
【参考資料4】 SFP循環冷却設備の系統概略図（通常）

➤ 通常時はエアフィンクーラを介した二次系により常時冷却運転を実施

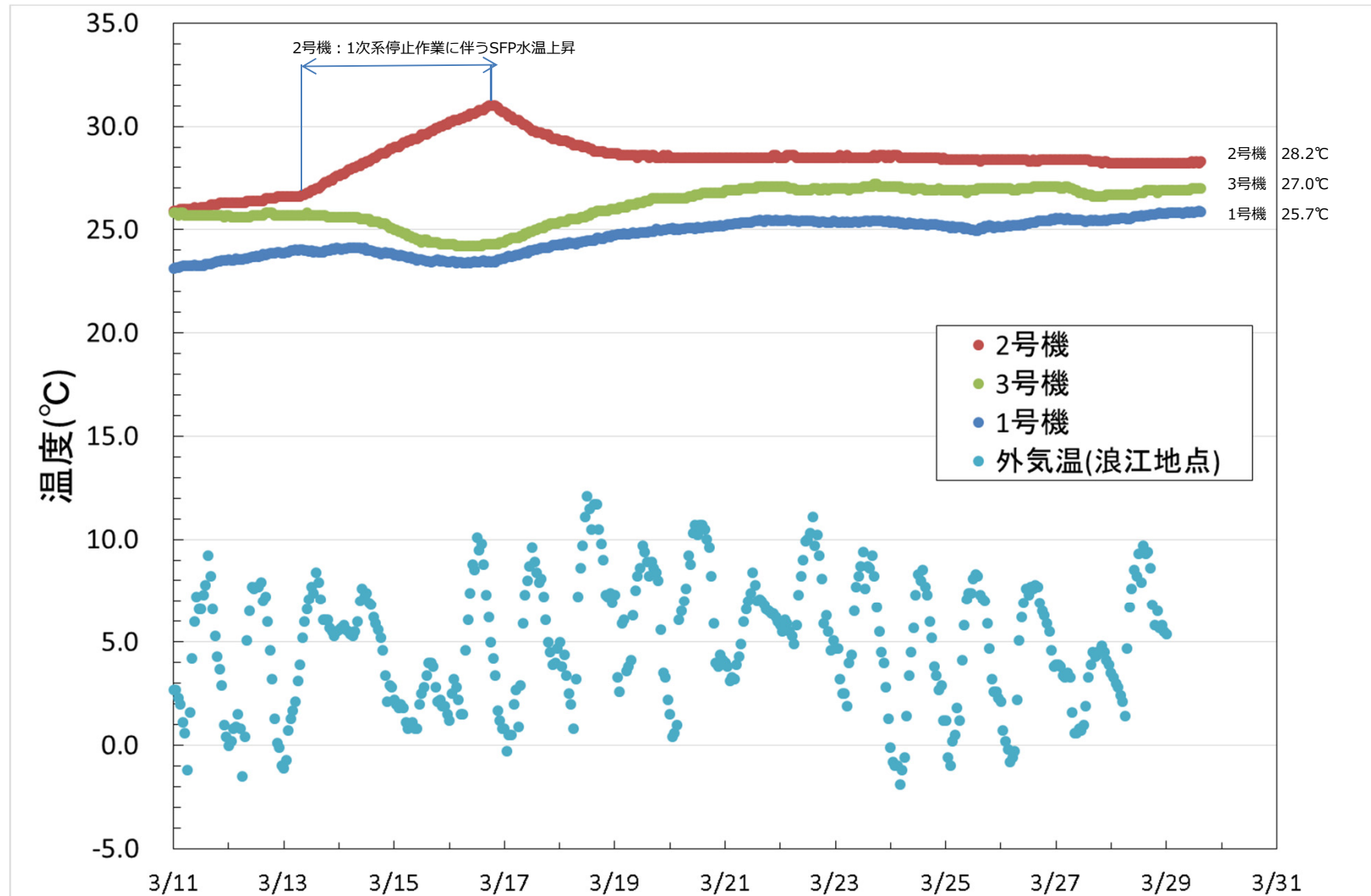


【参考資料5】 SFP循環冷却設備の系統概略図（冬期）

- 冬期は凍結防止対策としてエアフィンクーラを3基通水するとともに、ファンを停止する運用を実施



【参考資料6】 至近のSFP水温推移 (エアフィンクーラファン停止運用) **TEPCO**



福島第一原子力発電所 1～3号機 原子炉注水量低減の進捗状況について

2017年3月30日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 汚染水処理設備の余剰分を確保する一つ的手段として、1～3号機の原子炉注水量を低減
 - 1号機について、2016年12月～2017年1月に注水量低減を実施（完了）
 - 3号機について、2017年2月に注水量低減を実施（完了）

 - 2号機について、2017年3月7日に注水量低減を実施（完了）
 - ＜ステップ1＞ 目標注水量 4.5m³/h ⇒ 4.0m³/h※
操作実績 3月7日 10:17～10:25
⇒ 原子炉圧力容器底部温度、格納容器内温度等のパラメータに、大きな指示上昇はなく、冷却状態に異常なし

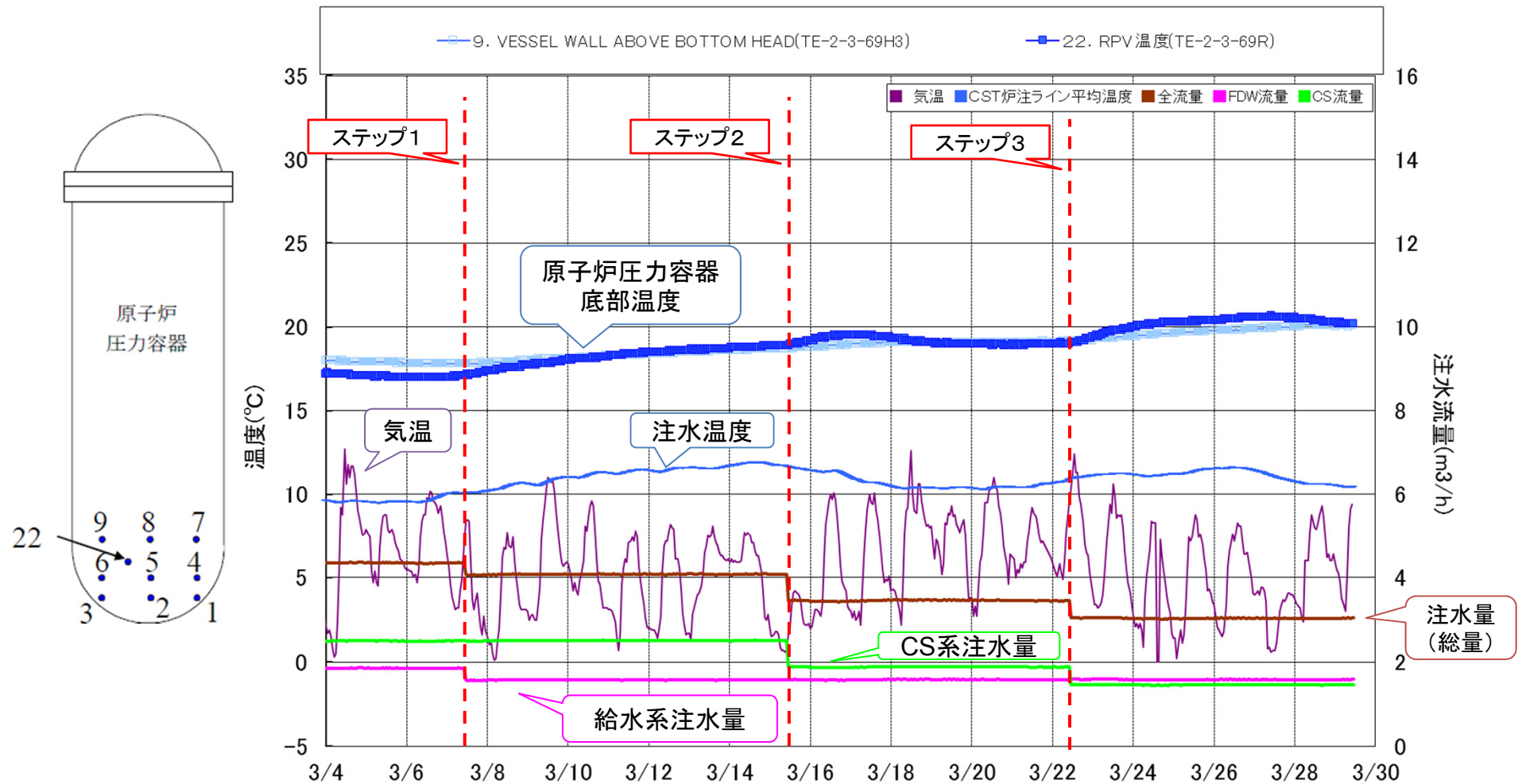
 - ＜ステップ2＞ 目標注水量 4.0m³/h ⇒ 3.5m³/h※
操作実績 3月15日 10:31～10:45
⇒ 原子炉圧力容器底部温度、格納容器内温度等のパラメータに、大きな指示上昇はなく、冷却状態に異常なし

 - ＜ステップ3＞ 目標注水量 3.5m³/h ⇒ 3.0m³/h※
操作実績 3月22日 10:10～10:23
⇒ 原子炉圧力容器底部温度、格納容器内温度等のパラメータに、大きな指示上昇はなく、冷却状態に異常なし

※ 実際の注水流量は日常的な流量変動等により異なる場合がある

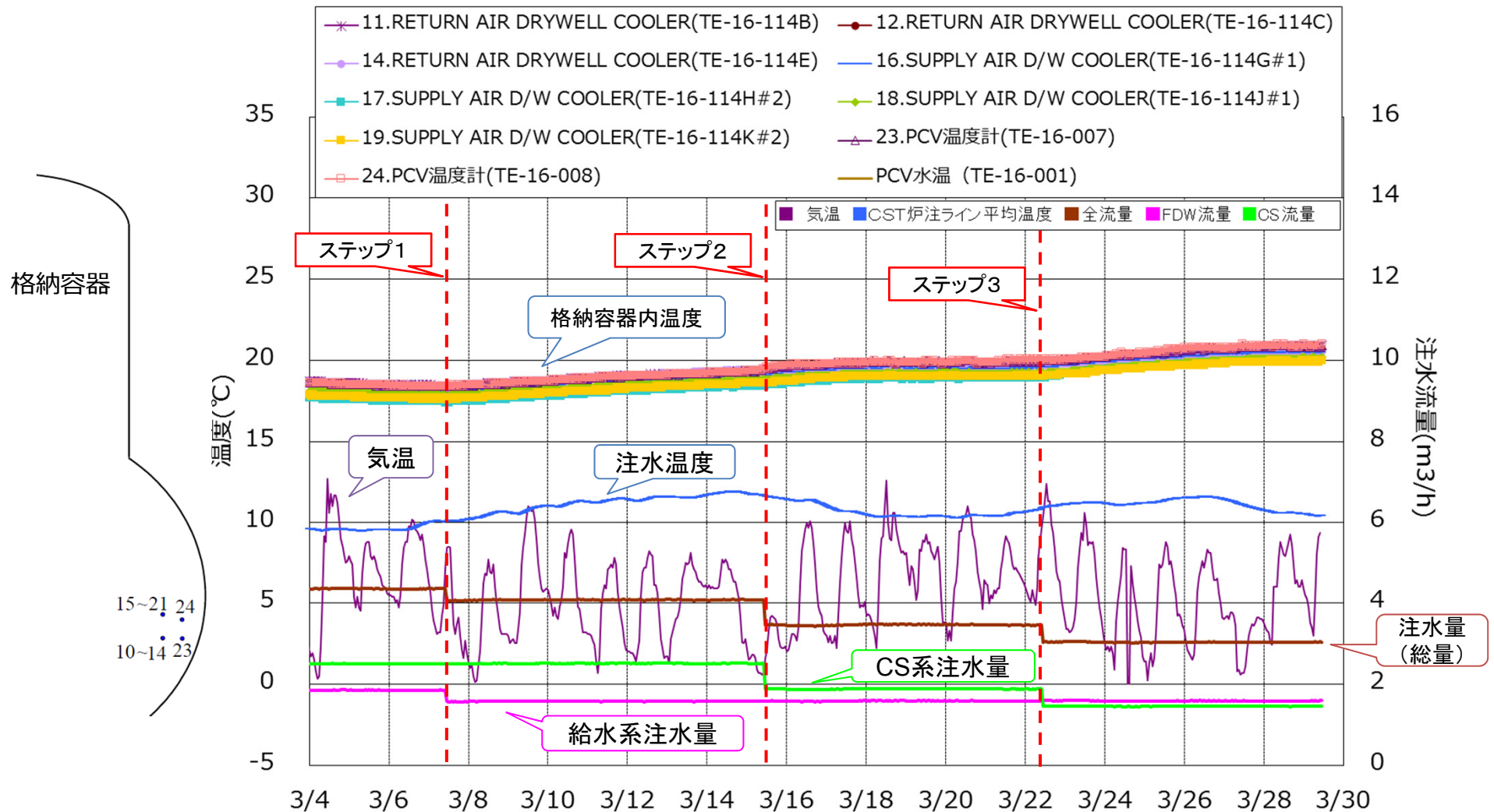
2号機 原子炉圧力容器底部温度の推移

- 原子炉圧力容器底部温度に大きな温度上昇なく、冷却状態に異常なし



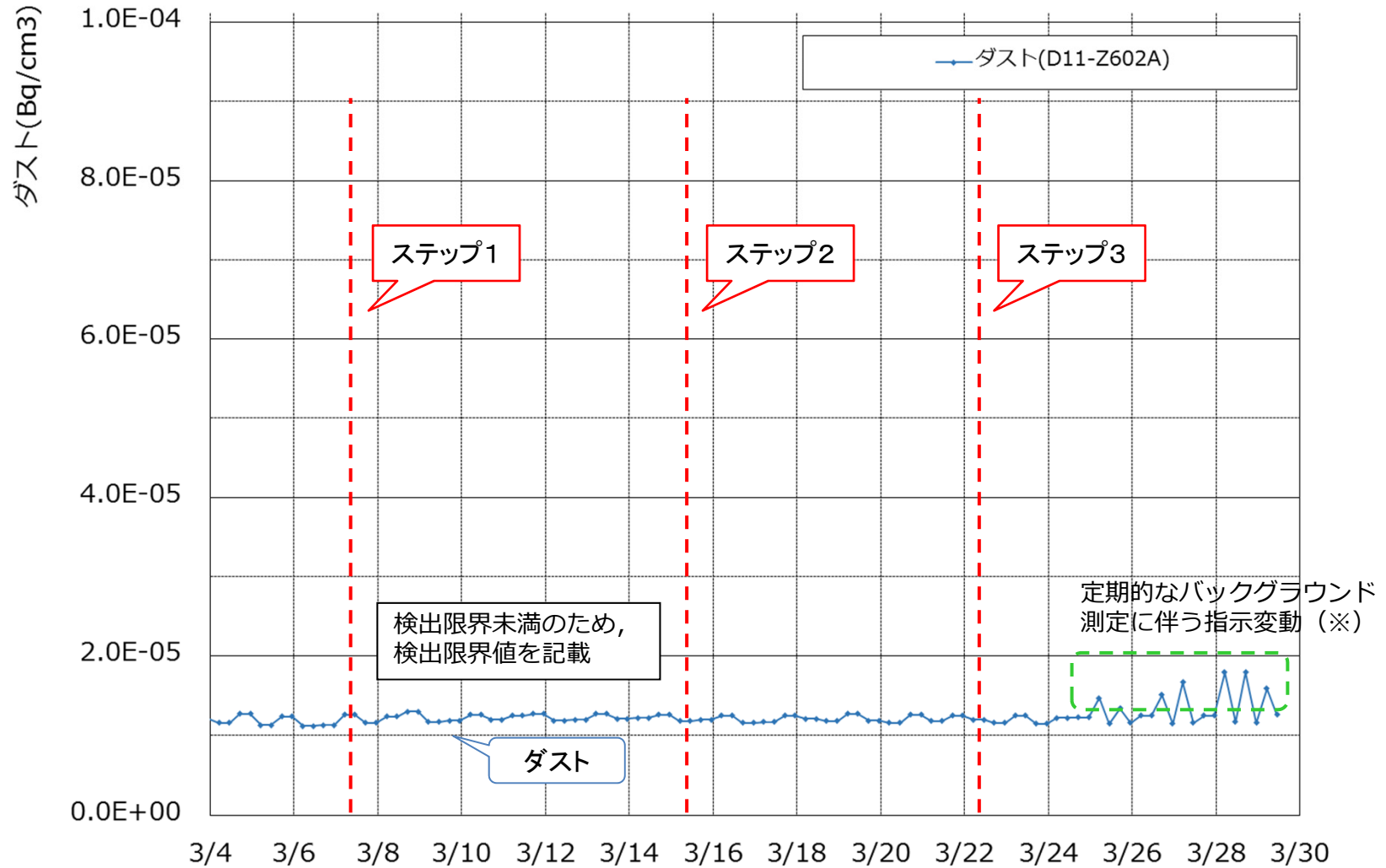
2号機 格納容器内温度の推移

- 格納容器内温度に大きな温度上昇はなく、冷却状態に異常なし



2号機 ダストモニタ指示値の推移

- 格納容器ガス管理設備のダストモニタ指示値に上昇なく、冷却状態に異常なし



- ※ ダストモニタは定期的にバックグラウンドを測定している。(約12時間毎)
2号機では、計算上、バックグラウンド測定直後の指示値が高くなるが、実際のダスト濃度変化ではない。

スケジュール

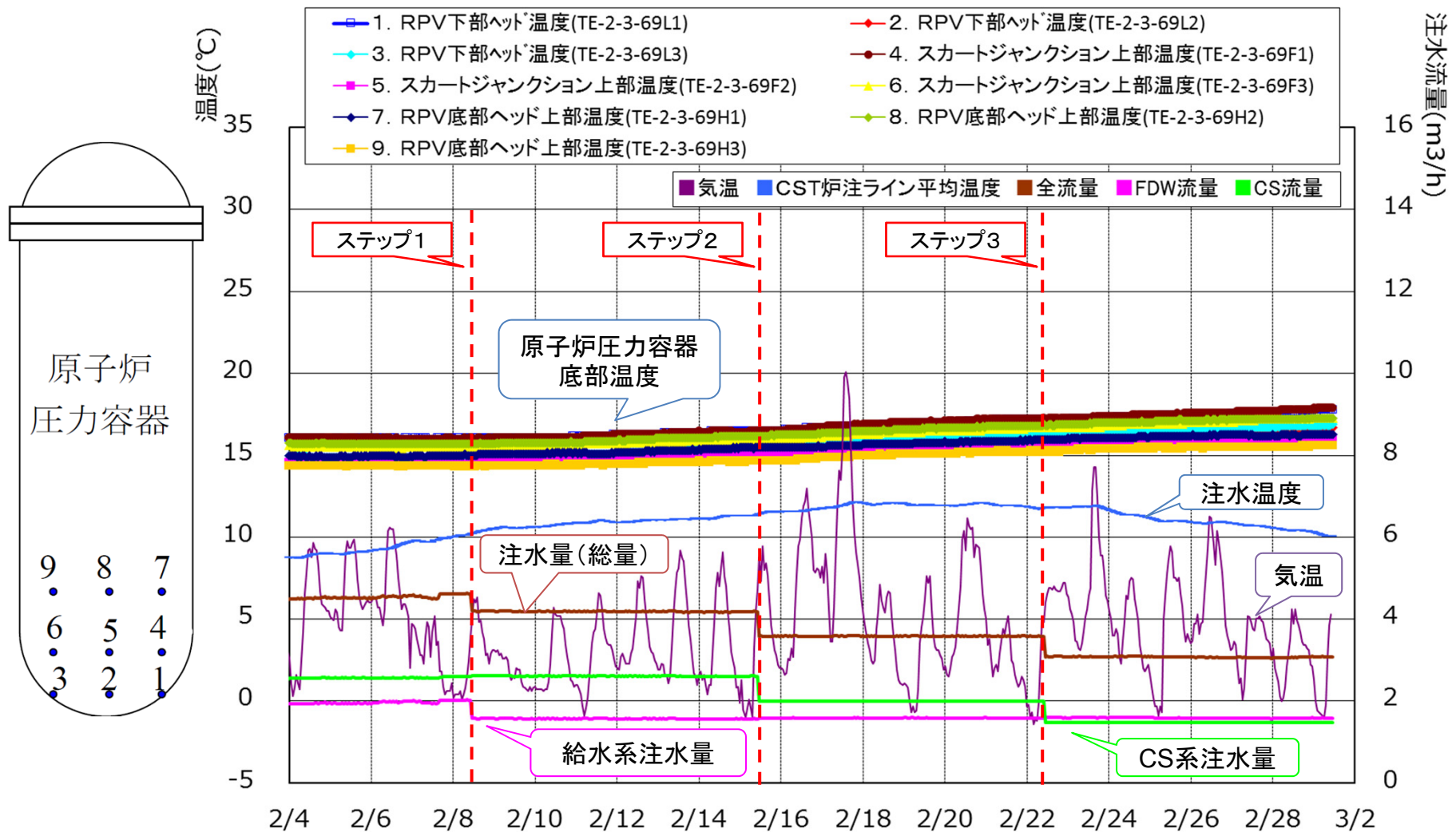


	2016年12月	2017年1月	2017年2月	2017年3月	2017年4月
1号機	▼12/7 格納容器ガスサンプリング ▼12/8 原子炉建屋滞留水サンプリング 注水量低減 ▼12/14 ステップ1	▼1/5 ステップ2 ▼1/24 ステップ3		▼3/7 原子炉建屋滞留水サンプリング ▼3/16 格納容器ガスサンプリング	
2号機			▼2/15 格納容器ガスサンプリング ▼2/23 原子炉建屋滞留水サンプリング	注水量低減 ▼3/7 ステップ1 ▼3/15 ステップ2 ▼3/22 ステップ3	サンプルング (工程調整中)
3号機		▼1/27 格納容器ガスサンプリング ▼2/7 原子炉建屋滞留水サンプリング	注水量低減 ▼2/8 ステップ1 ▼2/15 ステップ2 ▼2/22 ステップ3		サンプルング (工程調整中)

(参考) 2/7より1～3号機の主要なプラント関連パラメータについて、リアルタイムデータの公開を開始

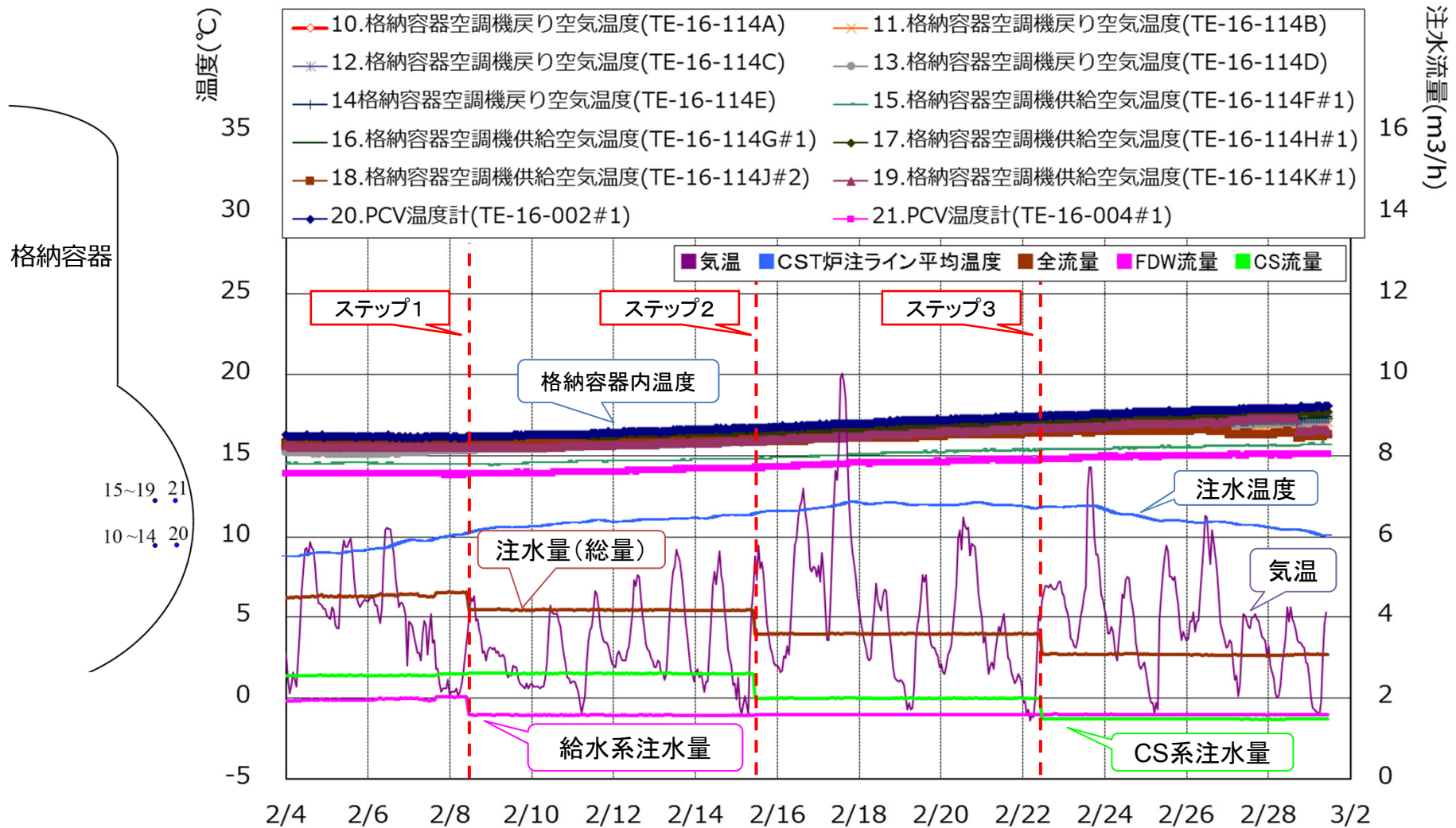
【参考】 3号機 原子炉圧力容器底部温度の推移

■ 原子炉圧力容器底部温度に大きな温度上昇なく、冷却状態に異常なし



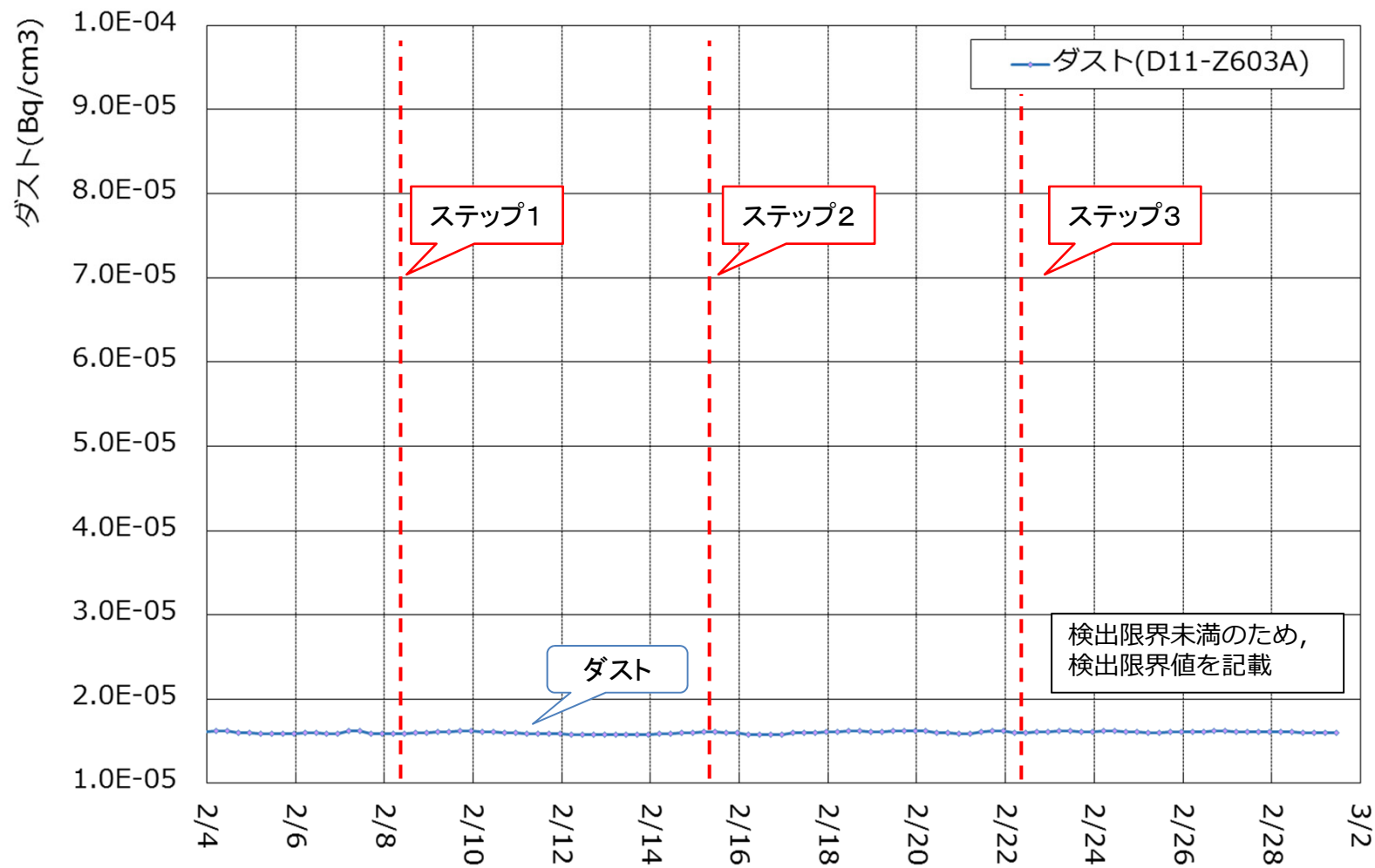
【参考】 3号機 格納容器内温度の推移

■ 格納容器内温度に大きな温度上昇はなく、冷却状態に異常なし



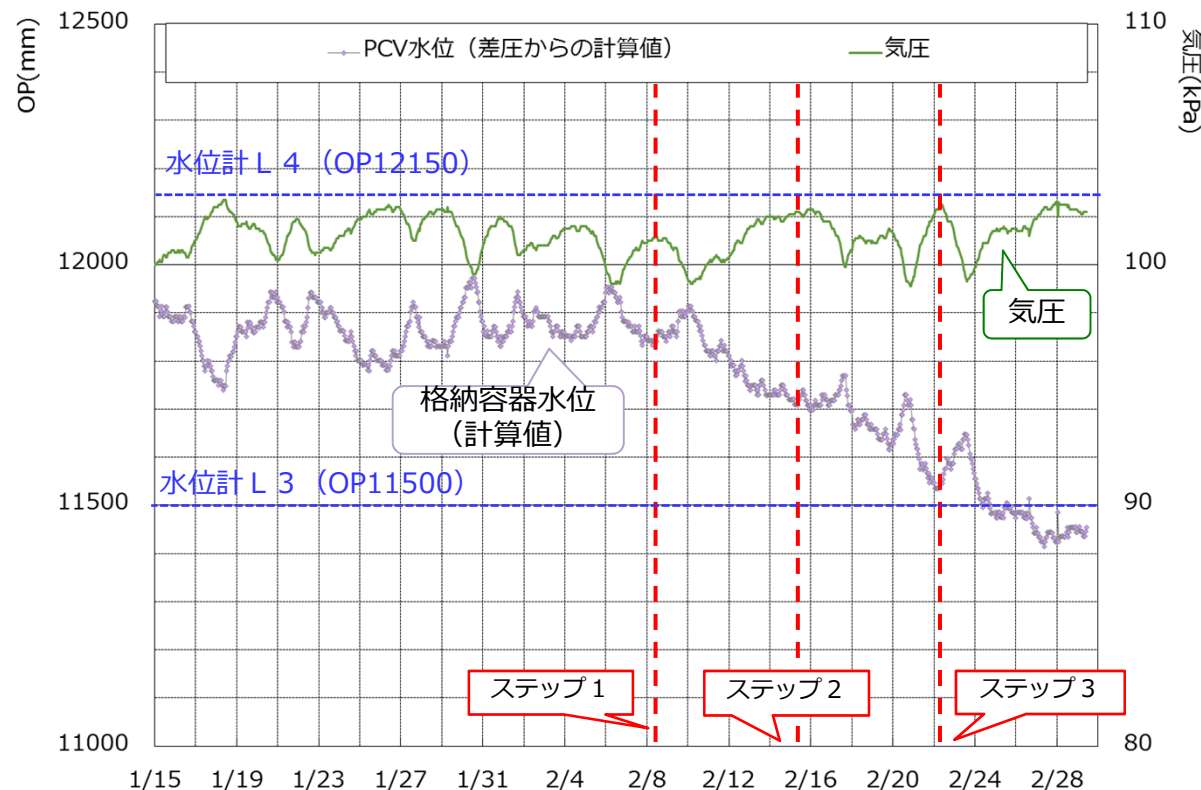
【参考】 3号機 ダストモニタ指示値の推移

- 格納容器ガス管理設備のダストモニタ指示値に上昇なく、冷却状態に異常なし



【参考】 3号機 格納容器内水位の推移

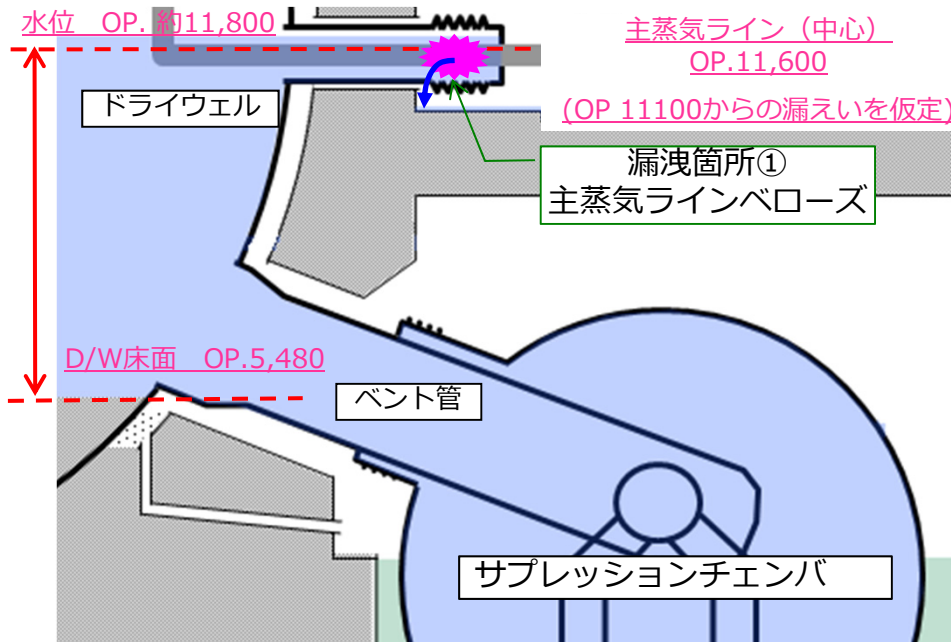
- D/W圧力とS/C圧力の差圧から計算したPCV水位は、概ね事前評価通り、注水量低減の前後で約40cm低下
- 格納容器内に新設した接点式の水位計の指示はL3(OP11500)のまま変化なし
 - 計算値の不確かさや新設水位計の設置高さの誤差により、差圧から計算したPCV水位がOP11500を下回っても、実際的水位は水位計L3高さよりも上にあり、新設水位計の指示には変化がなかったものと推定



新設水位計 各接点の高さ	接点 動作状況
L4 (OP12150)	OFF (非水没)
L3 (OP11500)	ON (水没)
L2 (OP10700)	ON (水没)
L1 (OP9700)	ON (水没)

注水量低減前後で新設水位計の接点動作状況に変化なし
(実際の水面はL3とL4の間に存在)

【参考】注水量低減時の格納容器内水位評価（3号機）



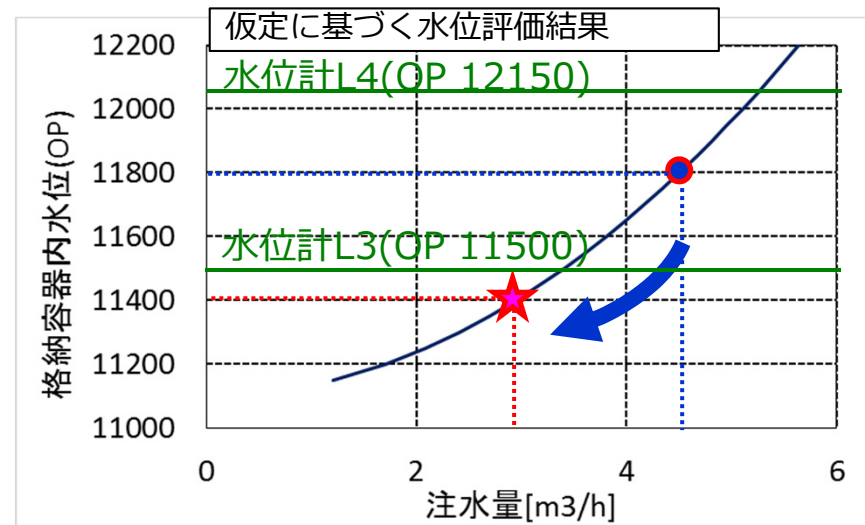
計算式

$$S = \frac{V}{\sqrt{2g(H-h)}}$$

S : 漏洩孔面積 (m²)
 V : 漏洩量 (m³/s)
 H : 水位 (m)
 h : 漏洩孔高さ (m)
 g : 重力加速度 (9.8m/s²)

- 内部調査時の格納容器内水位と注水量

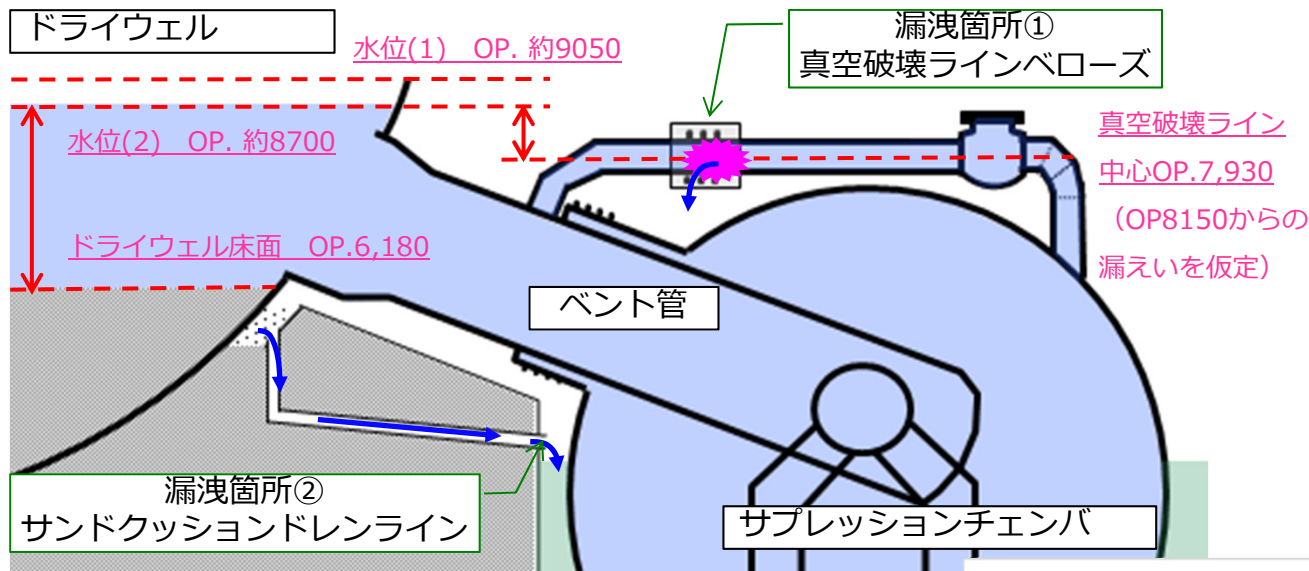
注水量[m ³ /h]	4.5
格納容器水位(OP)[mm]	11800*
- 漏えい箇所（①の1箇所のみと仮定）
 漏洩箇所① 主蒸気ラインベローズ
 - 漏洩量は調査映像から 1.2~4.5 m³/h程度と評価
 → 4.5 m³/hの漏洩を仮定



漏えい箇所を①と仮定すると、注水量低減により、**格納容器内水位がOP 11400程度まで低下すると推測**
 ⇒格納容器水位は水位計L3高さを若干下回り、水位計の指示はL2(OP10700)になると推測

※ サプレッションチェンバ圧力から計算された水位はOP11980

【参考】注水量低減時の格納容器内水位評価（1号機）



計算式

$$S = \frac{V}{\sqrt{2g(H-h)}}$$

S : 漏洩孔面積 (m²)
 V : 漏洩量 (m³/s)
 H : 水位 (m)
 h : 漏洩孔高さ (m)
 g : 重力加速度 (9.8m/s²)

■ 過去2回の内部調査時の格納容器内水位と注水量

注水量[m ³ /h]	5.5	4.5
格納容器水位(OP)[mm]	9050	8700

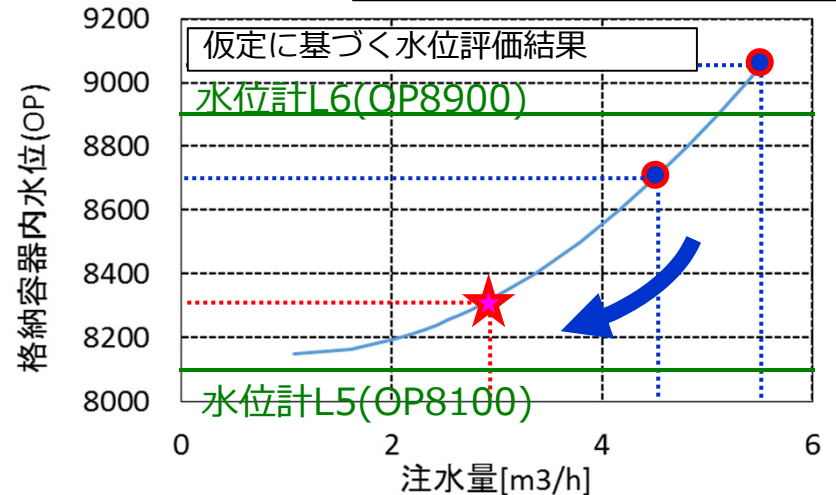
■ 漏えい箇所（①・②の2箇所のみと仮定）

漏洩箇所① 真空破壊ラインベローズ

- ・ 漏洩量は調査映像から 0.74~3.2 m³/hと評価
→ 3.3 m³/hの漏洩を仮定

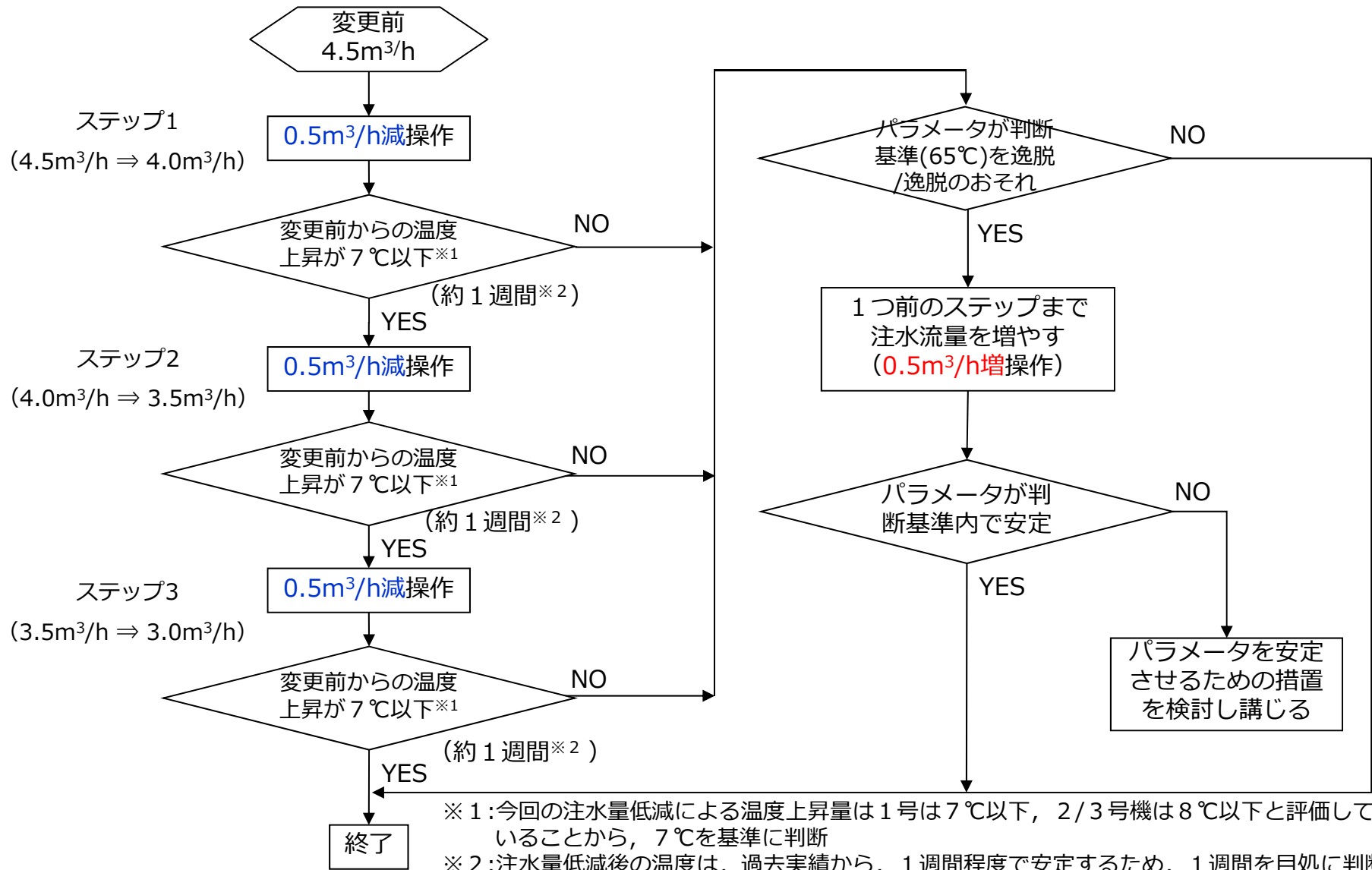
漏洩箇所② サンドクッションドレンライン

- ・ 漏洩量は調査映像から 0.15 m³/h と評価
→ 8本合計で1.2 m³/hの漏洩を仮定



漏えい箇所を①・②と仮定すると、注水量低減により、格納容器内水位がOP 8300程度まで低下すると推測
⇒格納容器内水位は水位計L5高さ近傍になると推測

【参考】注水量低減のフロー



【参考】注水量低減時の監視パラメータ

■ 注水量低減時には以下の監視を実施

＜監視の考え方＞

- 原子炉圧力容器内の冷却状態を確認するため、原子炉圧力容器底部温度を監視
- 格納容器内の冷却状態を確認するため、格納容器内温度を監視
- 放射性物質の異常な放出（放出量増加）がないことを確認するため、格納容器ガス管理設備のダストモニタを監視
- 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	65℃以下
格納容器内温度	毎時	6時間	65℃以下
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

■ 注水量低減は段階的に実施し、ステップ毎に冷却状態を確認

- 原子炉圧力容器底部温度・格納容器内温度に大きな温度上昇がないこと
- 原子炉圧力容器上部温度、格納容器圧力、格納容器内水位等のプラントパラメータに異常がないこと

【参考】注水量低減目標の評価

■運用に必要な以下の余裕を確保し、目標とする注水量を設定

＜温度管理の余裕＞

- ▶ 温度制限（80℃）に対する余裕を確保するため、65℃以下を目標とする流量を設定

＜流量管理の余裕＞

- ▶ 流量の制限値を遵守するため、警報設定、流量調整等に関わる運用上の余裕を確保

⇒ 注水量の低減目標は、各号機最大で1.5m³/h減（4.5⇒3.0m³/h）

＜評価結果＞	1号[m ³ /h]	2号[m ³ /h]	3号[m ³ /h]	総量[m ³ /day]
注水量の目標※ ¹ (低減量)	3.0 (1.5 減)	3.0 (1.5 減)	3.0 (1.5 減)	216 (108 減)

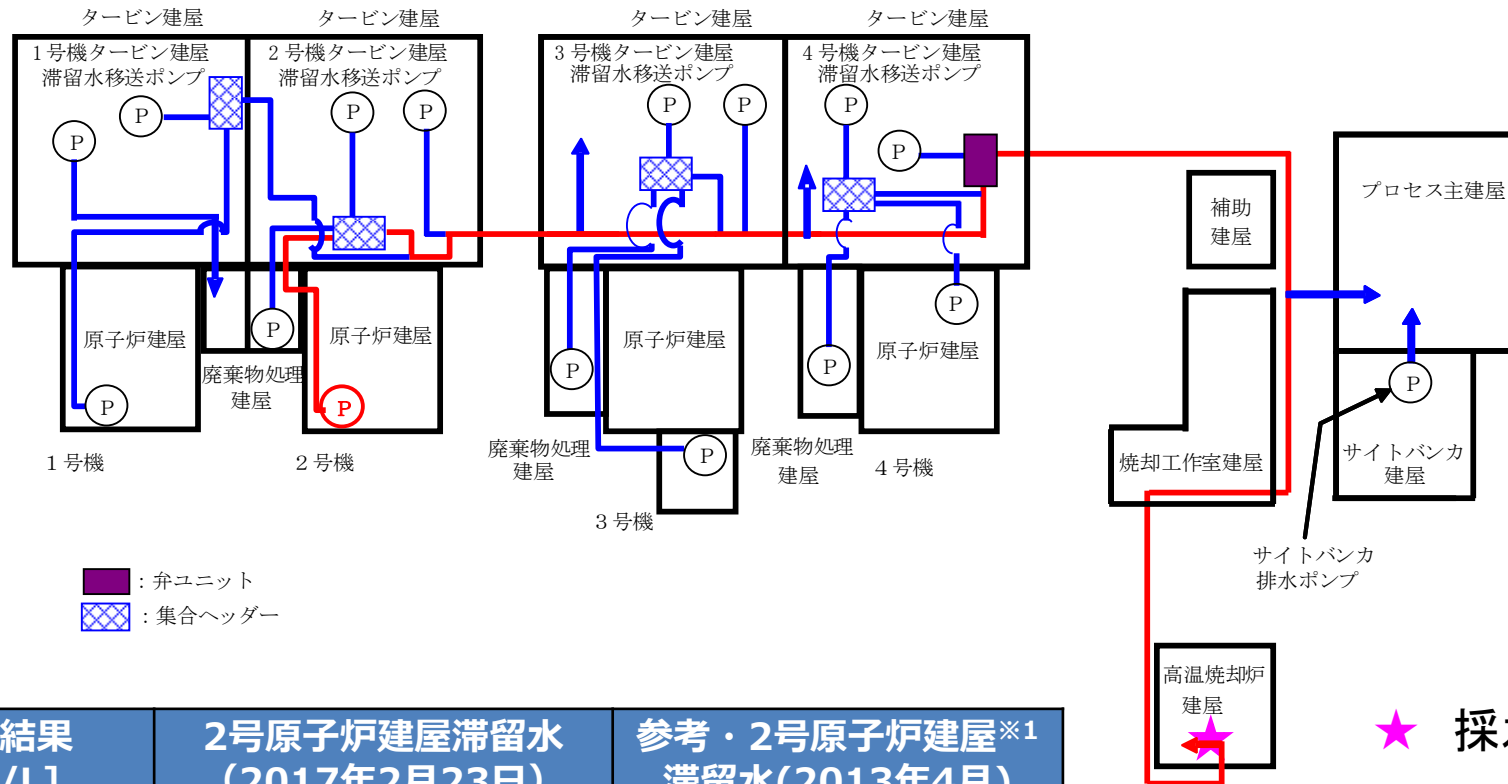
評価	温度管理のための 注水量下限値※ ²	1.7	2.0	2.1	/
	流量管理のための 注水量下限値※ ³	2.6 (1.4+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	

※¹ 現行の流量調整弁、流量計の調整範囲からの制御可能下限値は3.0m³/h

※² 熱バランス評価で65℃以下となる注水量を評価

※³ 制限値（原子炉の冷却に必要な注水量）に加え、警報設定、流量調整等に関わる運用上の余裕として1.2m³/hを考慮

【参考】2号機 原子炉建屋滞留水分析結果



分析結果 [Bq/L]	2号原子炉建屋滞留水 (2017年2月23日)		参考・2号原子炉建屋※1 滞留水(2013年4月)
Cs-134	2.8E+06	2.4E+06※2	1.3E+07
Cs-137	1.8E+07	1.6E+07※2	2.4E+07
Sr-90	1.8E+07		9.7E+07
トリチウム	2.6E+05		1.1E+06

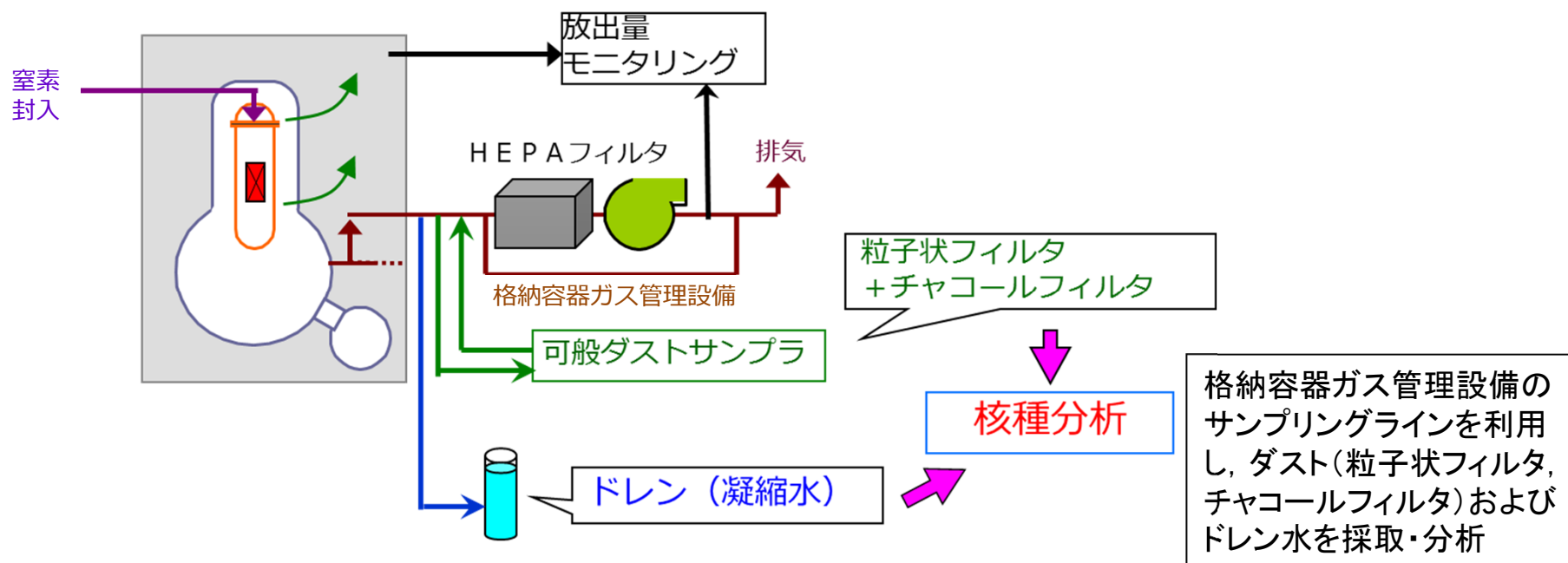
建屋滞留水移送設備を活用(原子炉建屋側を単独運転)し、移送先滞留水出口(高温焼却炉建屋側)で滞留水を採取・分析

※1 採取場所：トーラス室

※2 再分析結果(分析データの確認のため再分析を実施)

★ 採水場所

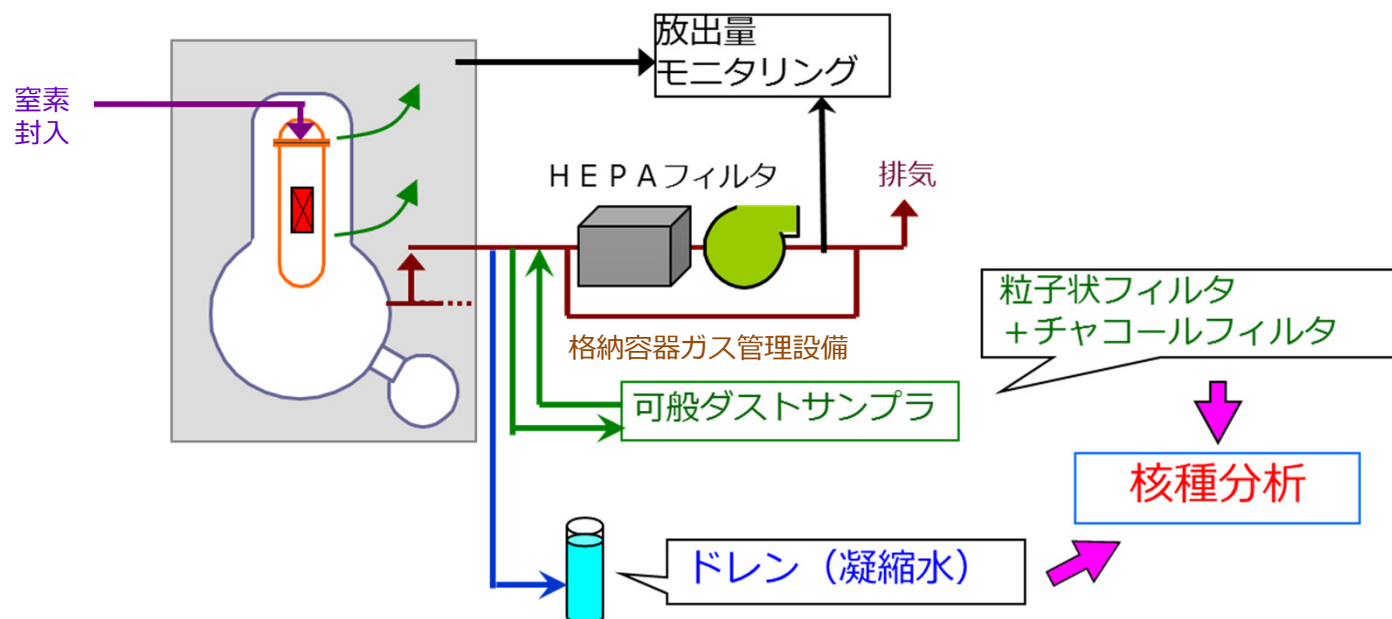
【参考】 2号機 格納容器ガス（ダスト,ドレン）分析結果<主要核種> **TEPCO**



分析結果 [Bq/cm ³]	粒子状フィルタ	チャコール フィルタ	ドレン水
Cs-134	6.6E-07	ND (<1.6E-07)	7.9E-01
Cs-137	4.2E-06	ND (<1.8E-07)	4.8E+00
Sr-90			2.4E+01
全α	ND(<6.9E-09)		ND(<8.6E-03)
トリチウム			3.3E+02

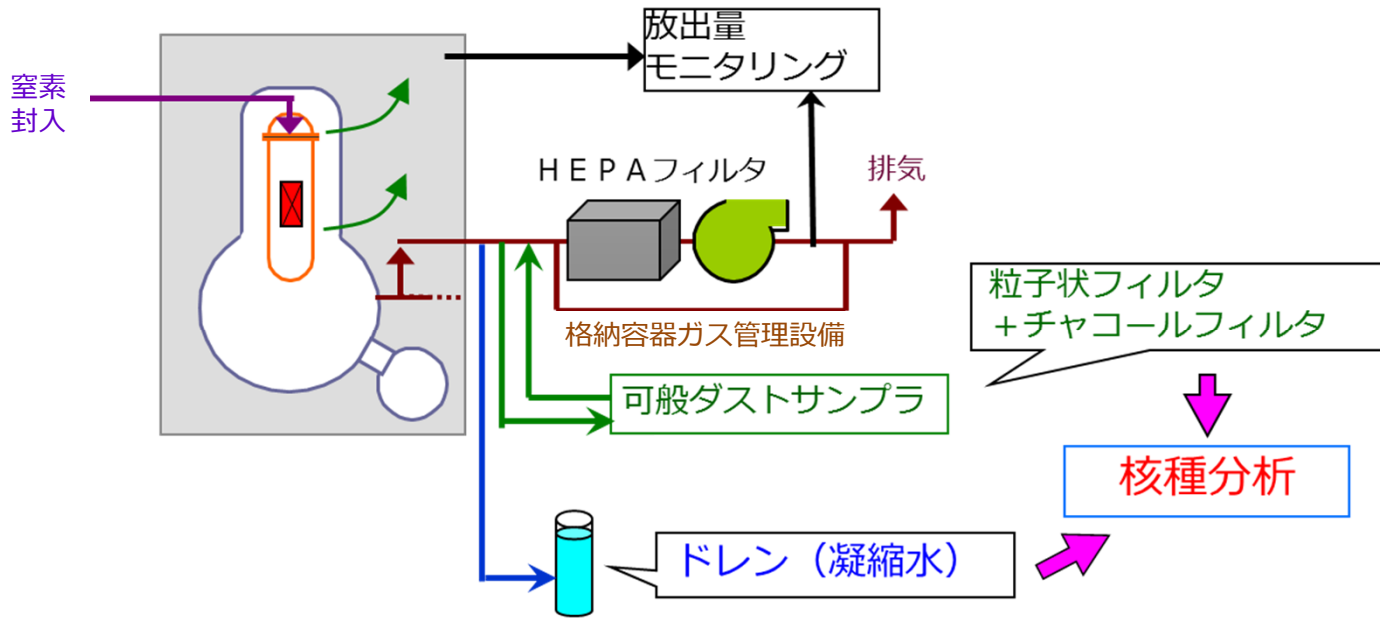
2017年2月15日採取

【参考】 2号機 格納容器ガス分析結果（2013年） <主要核種> **TEPCO**



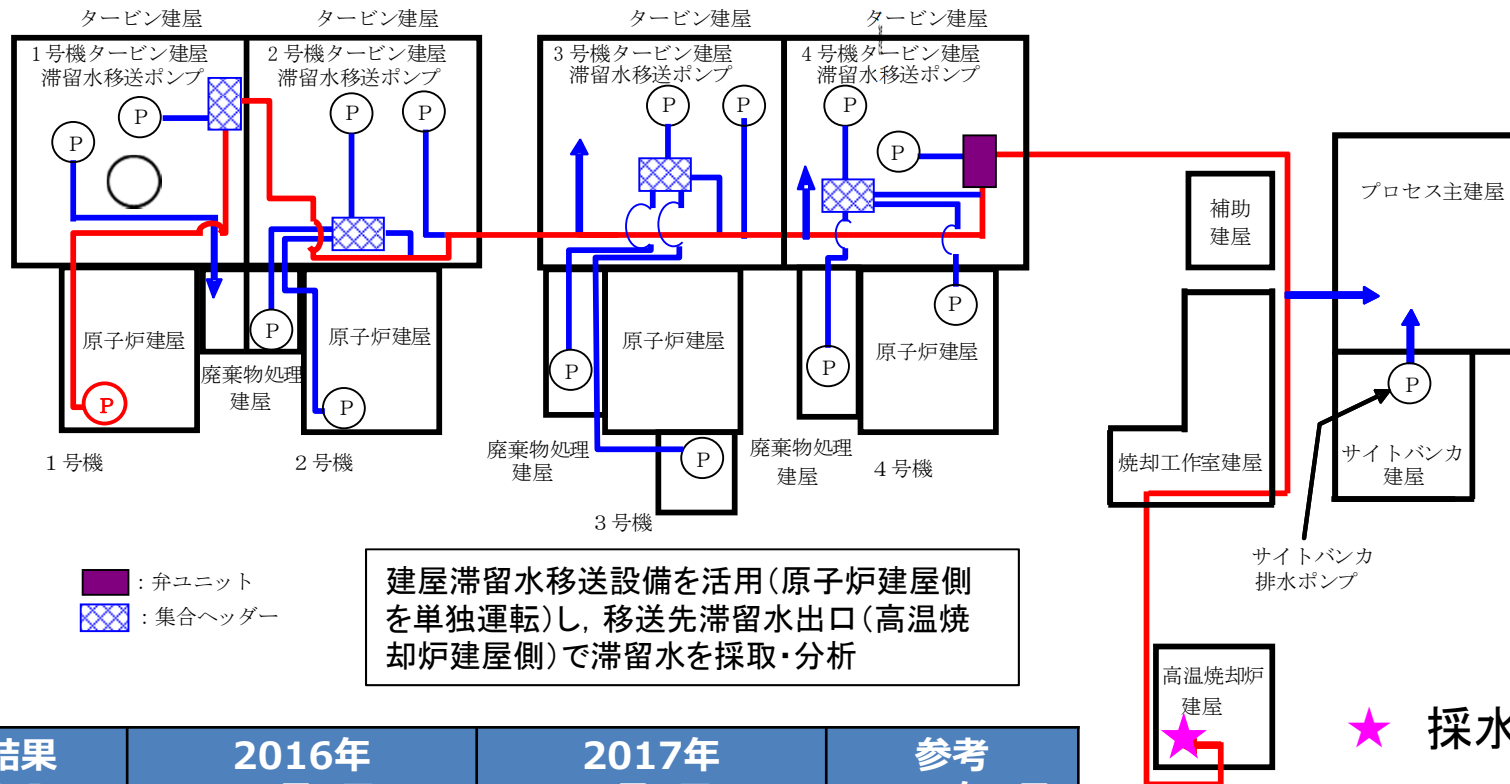
分析結果 [Bq/cm ³]	2013年4月22日			2013年4月23日		
	粒子状 フィルタ	チャコール フィルタ	ドレン水	粒子状 フィルタ	チャコール フィルタ	ドレン水
Cs-134	3.3E-06	ND (<7.4E-07)	1.0E+01	2.4E-06	ND (<4.9E-07)	9.5E+00
Cs-137	5.9E-06	1.9E-06	1.9E+01	5.6E-06	ND (<6.4E-07)	1.8E+01
全α	/	/	ND (<1.0E-02)	/	/	ND (<1.0E-02)
トリチウム	/	/	9.0E+02	/	/	9.5E+02

【参考】 2号機 格納容器ガス（ドレン）分析結果<その他γ核種>



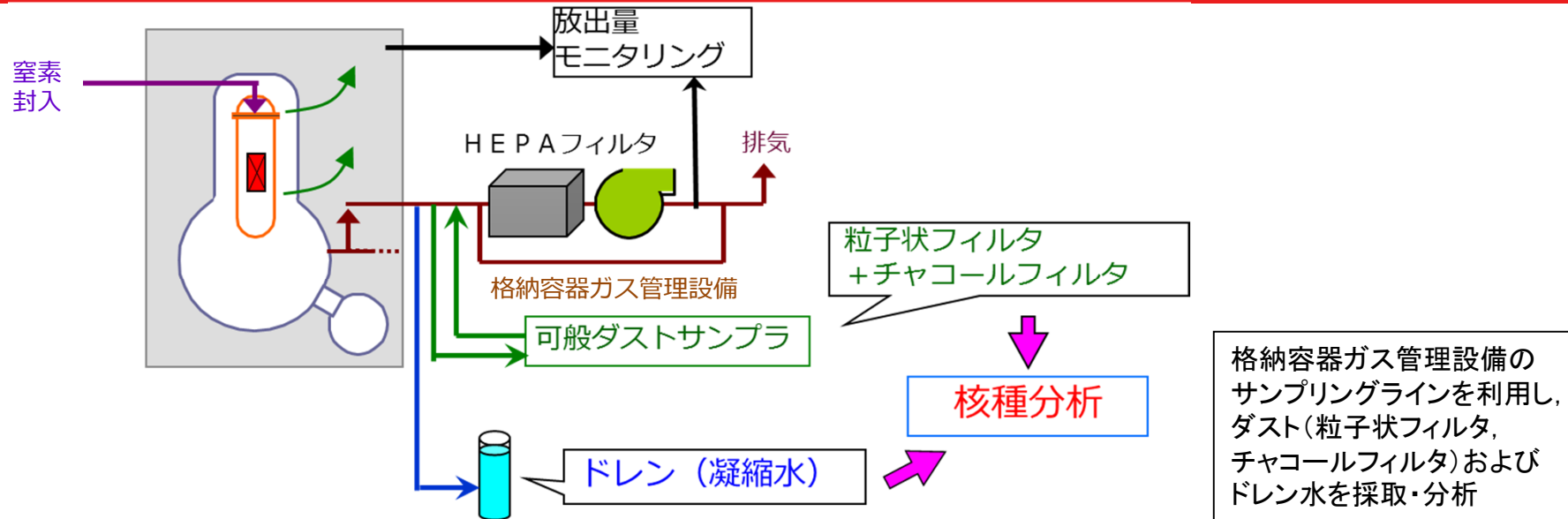
分析結果 [Bq/cm ³]	ドレン水 (2017年2月15日)	ドレン水 (2013年4月22日)	ドレン水 (2013年4月23日)
Co-60	3.0 E -02	ND(<5.0E-02)	6.8E-02
Sb-125	2.1 E -01	1.8E+00	6.3E-01

【参考】 1号機 原子炉建屋滞留水分析結果



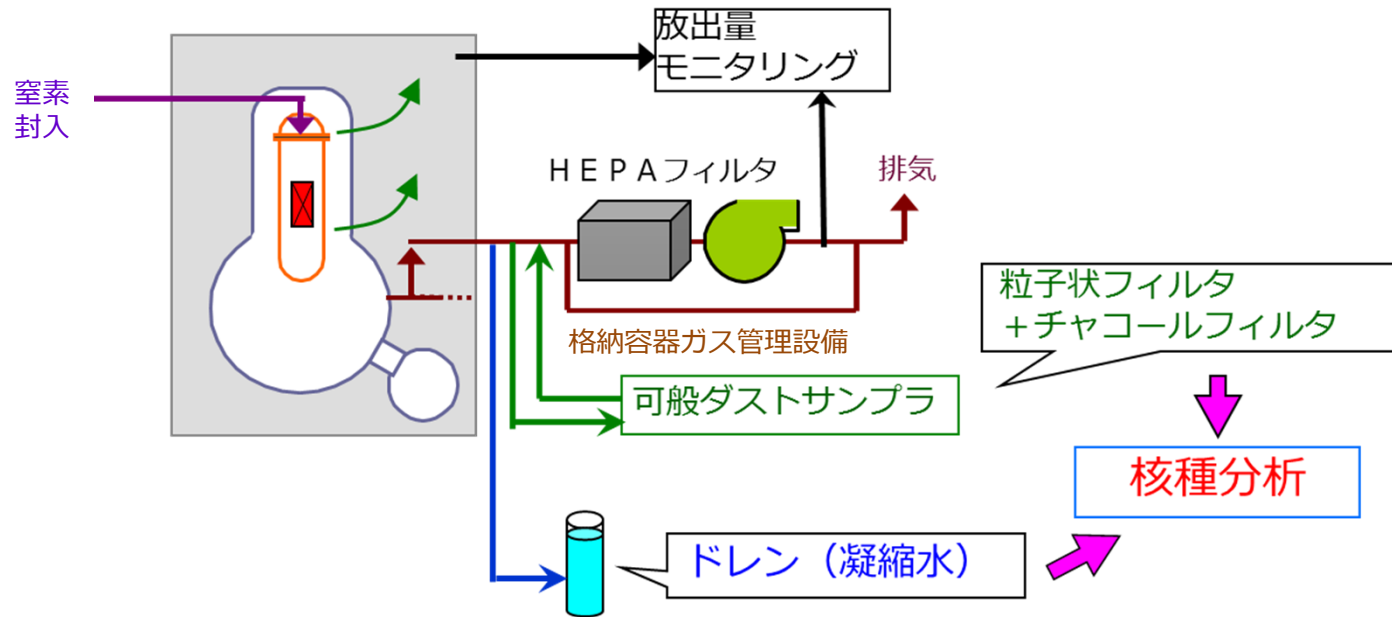
分析結果 [Bq/L]	2016年 12月8日 (注水量低減前)	2017年 3月7日 (注水量低減後)	参考 2013年2月
Cs-134	4.7E+06	8.1E+06	7.4E+07
Cs-137	3.1E+07	5.4E+07	1.5E+08
Sr-90	1.1E+07	7.6E+06	5.3E+07
トリチウム	7.9E+05	1.0E+06	2.8E+06

【参考】1号機 格納容器ガス(ダスト,ドレン)分析結果



分析結果 [Bq/cm ³]	粒子状フィルタ		チャコールフィルタ		ドレン水	
	2016年 12月7日	2017年 3月16日	2016年 12月7日	2017年 3月16日	2016年 12月7日	2017年 3月16日
Cs-134	2.6E-05	2.5E-06	ND ($<1.4E-07$)	ND ($<1.9E-07$)	1.8E+01	7.1E+00
Cs-137	1.7E-04	1.8E-05	3.3E-07	ND ($<1.6E-07$)	1.2E+02	5.1E+01
Sr-90	/	/	/	/	2.7E+01	分析中
全α	2.3E-08	分析中	/	/	ND ($<8.6E-03$)	ND ($<8.6E-03$)
トリチウム	/	/	/	/	9.9E+02	9.9E+02

【参考】1号機 格納容器ガス分析結果(2013年)



分析結果 [Bq/cm ³]	2013年5月10日			2013年5月13日		
	粒子状 フィルタ	チャコール フィルタ	ドレン水	粒子状 フィルタ	チャコール フィルタ	ドレン水
Cs-134	7.7E-5	1.2E-6	2.0E+1	6.4E-5	ND(<7.8E-7)	1.9E+1
Cs-137	1.6E-4	2.0E-6	4.3E+1	1.3E-4	ND(<7.6E-7)	4.2E+1
全α			ND (<1.0E-2)			ND (<1.0E-2)
トリチウム			1.1E+03			1.2E+03

ヒューマンエラーによる重要な安全確保設備の 停止（2件）の原因と再発防止対策について （実施状況）

2017年3月30日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要

2016年12月4日及び2016年12月5日に発生したヒューマンエラーによる重要な安全確保設備の停止（以下の2件の事象）に対する個々の事象に対する再発防止対策の実施状況及び他の重要設備への水平展開について次頁に以降に示す。

- ▶ 2・3号機使用済燃料代替冷却設備停止事象(以下, SFP停止事象)
- ▶ 3号機復水貯蔵タンク原子炉注水ポンプの停止事象(以下, CST炉注停止事象)

2. SFP停止事象の再発防止対策の実施状況<短期的対策>

対策	実施時期
<p>a. 共用二次系のバウンダリを二重化するため、弁下流側が開放部となる箇所に閉止栓等を取り付けた。また、暫定対策として共用二次系に設置しているコック式ハンドル型の弁ハンドルを結束バンドにより固定した</p>	<p>実施済 (2016.12.16)</p>
<p>b. 試運転中も含めて、共用二次系の弁に対する注意喚起表示（タグ）の使用を徹底した</p>	<p>実施済 (2016.12.5)</p>
<p>c. 所員及び協力企業各社に対して、本事象をもとに誤接触により重要設備を停止させるリスクについて事例周知した</p>	<p>実施済 (2016.12.13)</p>
<p>d. 一部運用を開始している共用二次系のパラメータ監視項目・頻度等を明確にし、共用二次系の設備移管が完了するまで、当直員によるパラメータ監視を強化した</p>	<p>実施済 (2016.12.7) 設備移管完了 (2016.12.28)</p>
<p>e. 共用二次系のパラメータ監視項目や警報発生時の対応手順等を社内マニュアルに定め、SFP代替冷却系の異常発生時における判断を明確にした</p>	<p>実施済 (2016.12.28)</p>

2. SFP停止事象の再発防止対策の実施状況<中長期対策>

対策	実施時期
a. 弁の意図しない操作によりSFP代替冷却設備の系統水が漏えいしないよう、容易に操作可能なコック弁に対して、 治具による固定等の物理的防護策 を実施した	実施済 (2017.2.23)
b. 重要設備において工事完了前に 一部の設備を先行して運用開始 する場合には、設備移管後の運用と同等の管理（当直管理）となるよう、 社内マニュアルを改訂 する	2017年4月中旬 改訂予定
c. 共用二次系の 系統圧力変動を早期に検知するための警報 を新たに設定した	実施済 (2017.1.27)
d. SFP代替冷却設備に対して、 燃料冷却機能を維持することを前提とした設備的な対策 を検討・実施する	2017年6月末頃 までに方針決定予定 2018年6月末頃 までに対策実施予定
e. 共用二次系に異常が発生した場合の 通報要否・公表区分を取り決め 、「通報・公表基準」に反映した	実施済 (2017.2.28)

3. CST炉注停止事象の再発防止対策の実施状況〈短期的対策〉



対策	実施時期
a. 当該制御盤の 操作スイッチレバー を全て取り外した（1～3号機）	実施済 (2016.12.16)
b. 操作スイッチ近傍に 接触禁止の注意喚起表示 を設置した また、制御盤周辺に立入禁止エリアの表示や簡易柵を設置する等の 立入制限措置 を講じた	実施済 (2016.12.16)
c. 現場設備近傍に トラブル等発生時の連絡体制 を掲示した	実施済 (2016.12.16)
d. 運転中のポンプが停止し、予備のポンプが起動していない場合には、集中監視室からの 遠隔操作にて速やかに予備のポンプを起動させる手順 に変更した	実施済 (2016.12.12)
e. 所員及び協力企業各社に対して 、重要設備に対するリスク及びトラブル等発生時の 連絡ルール を再周知するとともに、 本事象に対する事例検討 を実施した	実施済 (2017.1.31)
f. 重要設備を 運転状態で保全作業 する場合には、当社工事監理員が以下の対応を取るよう所内関係部門に依頼した ① 現場作業に立会い 、工事監理及びトラブル等発生時の 連絡体制を強化 ② 安全事前評価 または作業前の危険予知活動に参加し、 重要設備に対するリスク検討 及び トラブル等発生時の連絡体制確認 を実施	実施済 (2016.12.13)
g. 原子炉注水設備を 運転状態で保全作業 する場合には、 当直での監視 にも注意を払うよう 当直長に周知 した	実施済 (2016.12.12)

3. CST炉注停止事象の再発防止対策の実施状況〈中長期対策〉



対策	実施時期
<p>a. 意図しない操作により重要設備が停止しないよう、制御盤や操作スイッチに対して、更なる物理的防護策を検討・実施する</p>	<p>2017年6月末までに実施予定</p>
<p>b. トラブル等発生時に直ちに現場から復旧班長に連絡できるよう、緊急連絡先を記載したシールを作成し、現場作業時に使用するヘルメットに貼り付ける</p>	<p>実施済 (2017.3.27より貼付開始)</p>
<p>c. 重要設備の保全作業について以下の対応を社内マニュアルに盛り込む ①重要設備については、可能な限り運転状態で保全作業しないよう、設備保全部門と運転管理部門にて調整する ②重要設備を運転状態で保全作業する場合には、運転管理部門を交えた事前検討会にて設備保全部門が実施すべき事項や作業管理内容を審議する</p>	<p>実施済 (2017.3.23)</p>
<p>d. CST炉注設備を運転状態で保全作業する場合における監視方法の明確化等、運転監視体制の改善策を検討・実施する。また、改善策を社内マニュアルに反映する</p>	<p>実施済 (2017.3.27)</p>
<p>e. CST原子炉注水ポンプ起動・停止時インターロックの見直し等、人為的なミスによりCST原子炉注水設備が停止しないよう、設備面での対策を検討・実施する なお、原子炉注水機能の強化（信頼度向上）を目的として、CST原子炉注水設備が異常停止した場合におけるバックアップ設備の自動起動など、原子炉注水設備全体に対するシステム設計見直し等の検討も合わせて実施する</p>	<p>2017年6月末までに方針決定 2018年6月末までに実施予定</p>

4. 他の重要設備への水平展開方針

両事象については、いずれも人的過誤により燃料冷却機能を有する重要設備が停止するに至った。今回のような人的過誤により、安易に重要設備が機能喪失することがないように、両事象に共通する以下の問題点に対して、**他の重要設備も含めて水平展開**を実施する。

- 設備的な問題点

人的過誤の発生を前提とした重要設備に対する物理的防護や識別・注意喚起表示が不十分であった。

- 人的な問題点

重要設備近傍で作業することに対する当社社員、協力企業作業員への現場教育や、重要設備を運転した状態で保全作業する場合の当社工事監理・監視体制が不十分であった。

4. 他の重要設備への水平展開方針

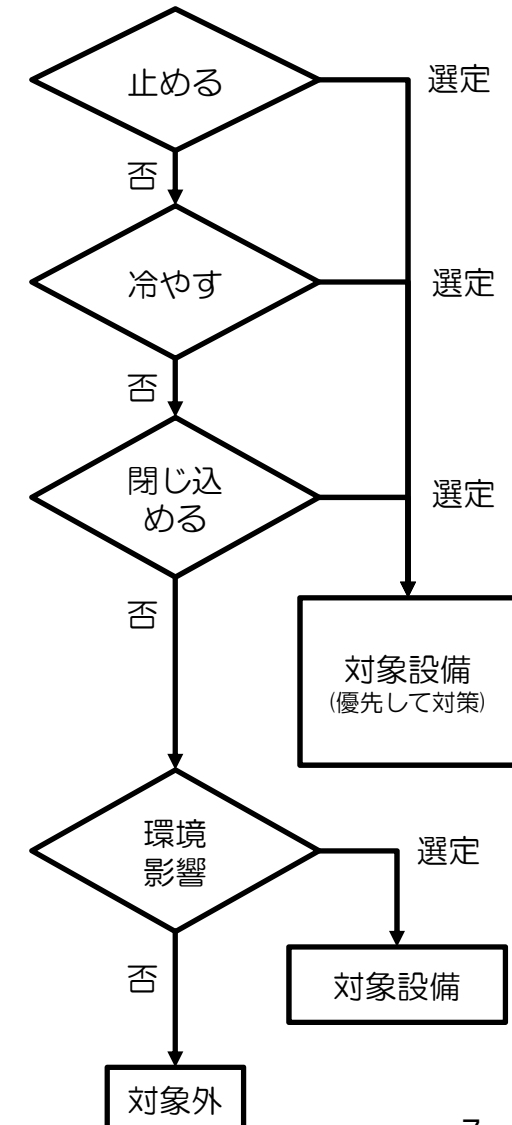
- 水平展開にあたっては、原子力安全確保の考え方である「止める、冷やす、閉じ込める」の機能に該当する**重要設備**（下表太枠）及び**重要設備に電源を供給する設備を優先して実施する。**

原子力安全の考え方	期待する機能	該当設備・系統
止める	未臨界維持・管理	ほう酸水注入設備 原子炉格納容器ガス管理設備
冷やす	デブリ燃料及び使用済燃料の冷却維持	原子炉注水設備 使用済燃料プール冷却系
閉じ込める	格納容器での放射性物質の封じ込め・放出管理	原子炉格納容器ガス管理設備 窒素ガス分離装置

- 機能低下により、発電所敷地外へ環境影響を及ぼす、または監視機能に影響を及ぼす設備について対策を実施する。

放射性物質の状態	期待する機能	該当設備・系統
液体	汚染水を漏らさない・汚染源に水を近づけない	汚染水処理設備、貯留設備 サブドレン・地下水バイパス排水前タンク、陸側遮水壁冷凍機回り、排水路放射線モニタ
気体(ダスト)	敷地外放出監視機能の維持	モニタリングポスト ダスト放射線モニタ

＜選定フロー＞



5. 設備に対する水平展開

対策		実施時期
設備に対する水平展開	<p>a. 物理的防護策 意図しない操作により重要設備が機能喪失しないよう、現場の操作スイッチ、弁、計器類に対して物理的防護策を検討・実施する (重要設備、重要設備に電源を供給する設備、重要設備以外の対象設備に展開)</p>	<p><重要設備> 2017年6月末頃までに実施予定</p> <p><重要設備以外> 2017年7月以降開始予定</p>
	<p>b. 識別・注意喚起表示 重要設備の制御盤にある操作スイッチ、プッシュボタン等に重要設備の識別表示や接触禁止等の注意喚起表示を設置する (重要設備、重要設備に電源を供給する設備、重要設備以外の対象設備に展開)</p>	<p><重要設備> 2017年6月末頃までに実施予定</p> <p><重要設備以外> 2017年7月以降開始予定</p>
	<p>c. インターロックの見直し等 人為的ミスにより重要設備が機能喪失しないよう、ポンプ起動・停止時におけるインターロックの見直し等、重要設備の運転を維持することを前提とした設備的対策を検討・実施する (重要設備に展開)</p>	<p>2017年6月末頃までに方針検討</p> <p>2018年6月末頃までに実施予定</p>

6. 人に対する水平展開（教育）

対策		実施時期
人 に 対 す る 水 平 展 開 （ 教 育 ）	<p>a. 危険体感教育の充実 今回発生した事象をパネルに掲示して説明するとともに、現場の狭隘な環境や機器を模擬した設備を設置し、軽微な接触により本事象のような事が起こりえることを対象者に体感させ、重要設備近傍で作業することに対する基本動作の徹底に努める</p>	2017年5月 から実施予定
	<p>b. 工事監理員研修の充実 「工事監理員研修」において、現場で実際の設備を前にした工事監理員の振る舞いに関する研修を盛り込み、設備安全に関する基本動作の徹底に努める また、「危険体感教育」、「振る舞いに関する研修」については、工事監理員の資格要件にする</p>	2017年5月 から実施予定
	<p>c. 現場出向前 C B A ※及び現場危険予知活動の充実 運転員が重要設備近傍で作業する場合には、現場出向前に「接触等による重要設備への影響」を踏まえたC B Aを実施するとともに、作業前に現場 K Y を実施し、危機意識の向上を図る また、上記の内容を社内マニュアルに反映する ※ C B A とは、Check Before Actionの略で、「行動する前にはその内容を今一度確認」といったヒューマンエラー防止活動</p>	実施済 (2017.3.3)

6. 人に対する水平展開（教育）

対策		実施時期
人に対する水平展開（教育）	<p>d. 設備安全に関する事前点検の徹底 重要設備を運転した状態で保全作業を実施する場合、作業前の現場確認にて設備保全部門が協力企業作業員とともに「設備安全に関する点検項目」を用いた事前点検を実施し、重要設備に対する必要な作業管理を確認することとし、その旨を社内マニュアルに反映する</p>	実施済 (2017.3.23)
	<p>e. 作業内容に応じた運転監視の充実 重要設備を運転した状態で保全作業を実施する場合、設備異常の早期発見が可能となる具体的な監視方法（監視対象パラメータ、監視頻度、監視体制等）を検討する また、上記の内容等を記載した社内マニュアルを新たに作成する</p>	実施済 (2017.3.27)
	<p>f. 作業班長教育の充実 現在実施している作業班長教育に、重要設備の運転中作業に伴うリスクに対する意識を向上するための教育も合わせて実施していくと共に、作業班長による班員に対する教育・指導の強化・充実を図る。</p>	2017年5月 から実施予定

2・3号機SFP代替冷却設備停止事象について

I - 1. 概要・時系列

<概要>

2016年12月4日、1号機使用済燃料プール（以下、「SFP」）代替冷却系1次系のFPCポンプ軸受冷却水配管のベント弁（全閉）にパトロール中の当直員が誤って接触（推定）し、ベント弁1個が微開となった。当該配管は1～3号機共通の二次系冷却設備（以下、「共用二次系」）に接続されており、共用二次系の系統水がベント配管から流れ出た。その後、系統圧力低下の警報が発生したため、共用二次系を手動で停止した。

なお、事象発生時の共用二次系は、1号機は使用前検査に向け試運転中、2、3号機については運用中であった。

<時系列>

12月4日（日）

8:30～ メーカーにて試運転を実施後、共用二次系の運転状態が安定していることを確認し、現場を撤収

11:45頃

15:00頃 当直員がFPCポンプ(A)付近の定例パトロールを実施
（当該ベント弁に接触（推定）し、系統圧力が徐々に低下）

22:39 当直員が共用二次系「循環ポンプ(A)吸込圧力低」警報発生を確認

22:52 当直員がポンプ(A)を手動停止

22:53 当直員がポンプ(B)を手動起動、共用二次系「循環ポンプ(B)吸込圧力低」警報発生を確認

22:59 当直員がポンプ(B)を手動停止

12月5日（月）

0:08 共用二次系による2・3号機SFP代替冷却系1次系の冷却を継続できない（冷却停止）と判断

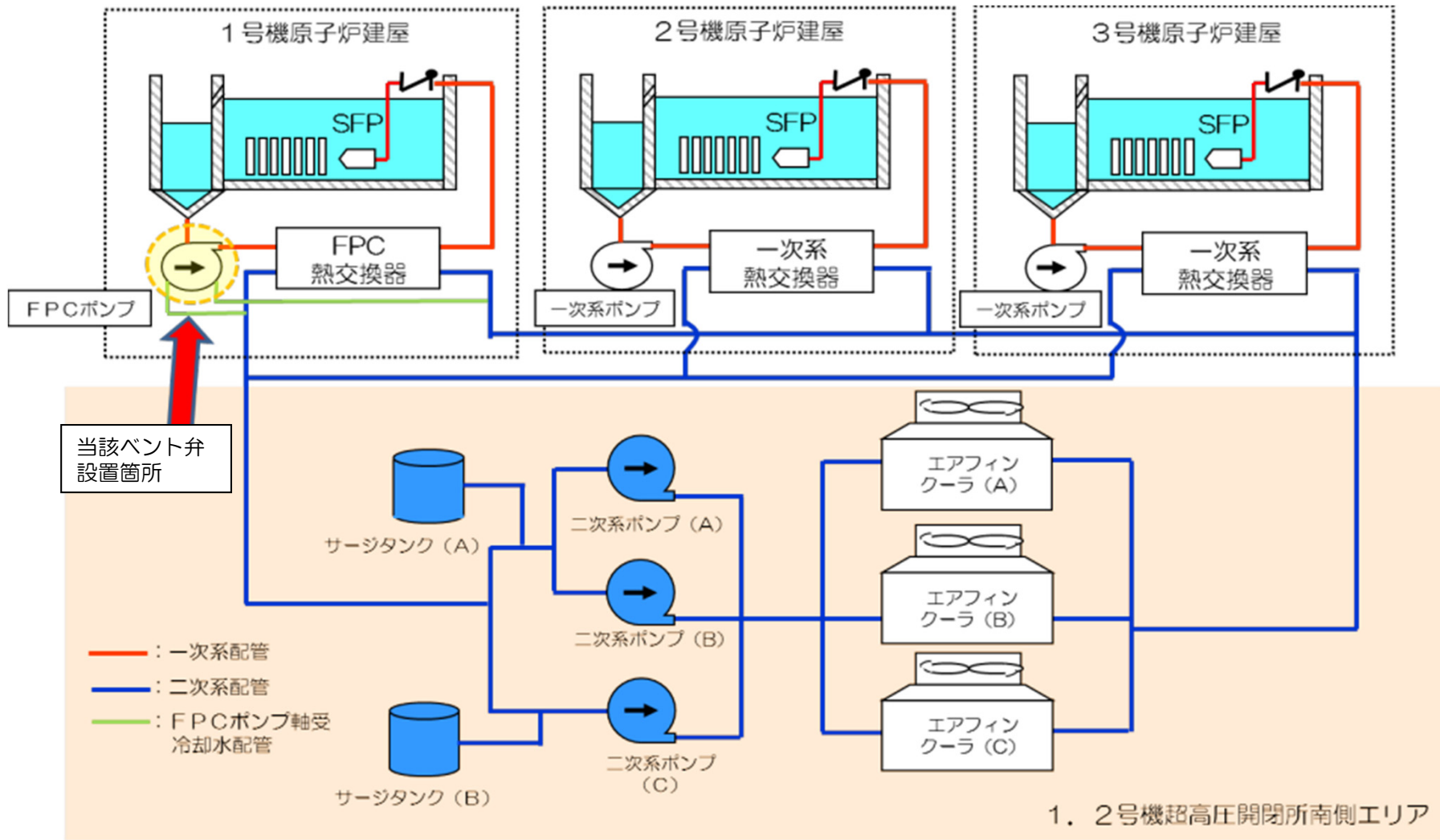
0:08頃 当直員が現場確認したところ、当該ベント弁が「微開」となっており、仮設ベントホースを通じてポリタンクから共用二次系の系統水（ろ過水）が溢れていることを確認。当該ベント弁を「全閉」

3:20～ 共用二次系の水張り・ベント操作実施、循環ポンプ・AFC起動

5:14

5:27 2・3号機SFP代替冷却系1次系の冷却再開

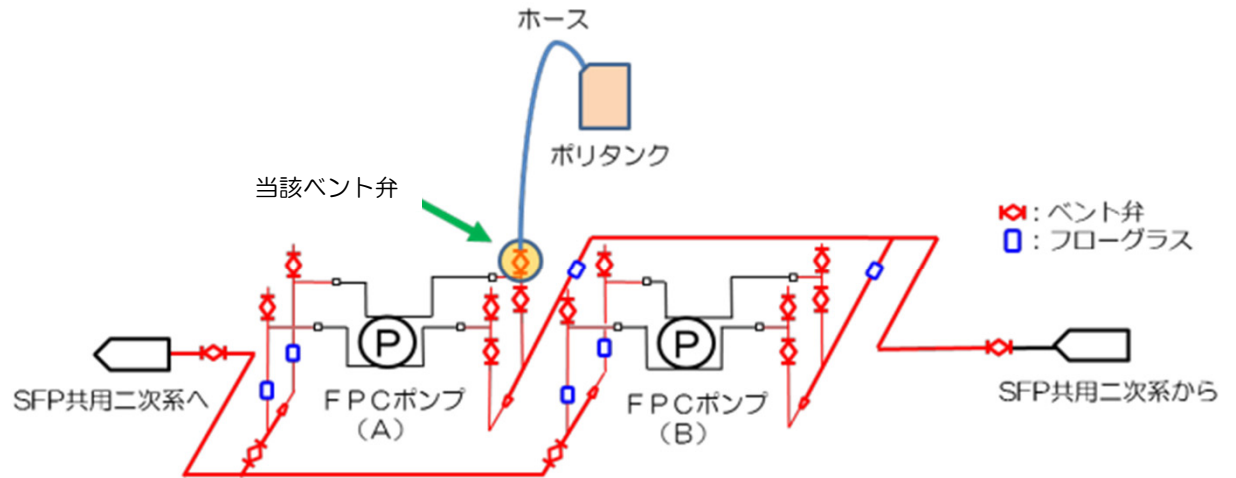
I-2. SFP代替冷却系 系統図



I - 3. 現場状況



当該ベント弁



軸受冷却水配管ベント状況



軸受冷却水配管ベント後状況

3号機 C S T 原子炉注水ポンプの停止事象について

Ⅱ－1．概要・時系列

<概要>

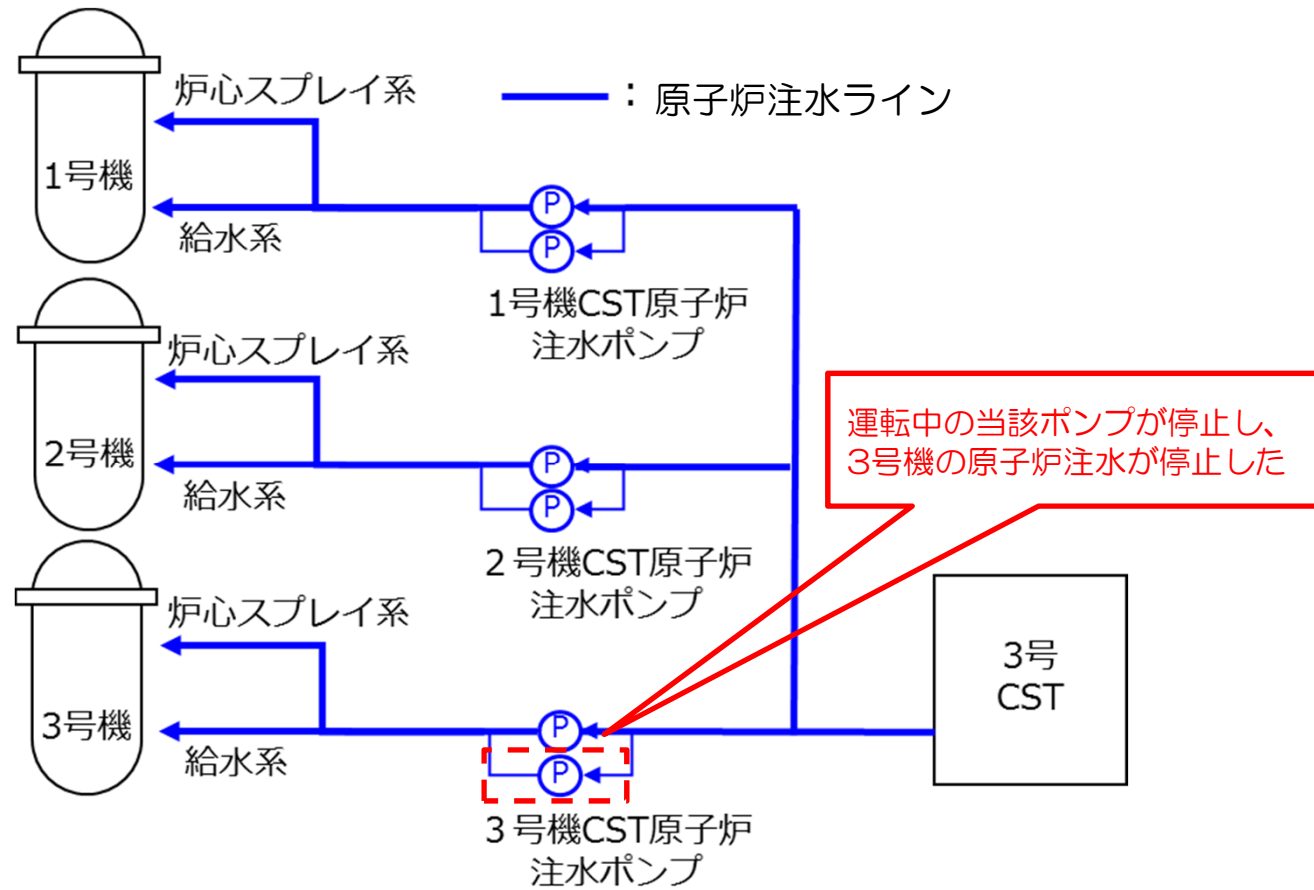
2016年12月5日10時02分頃、3号機CST原子炉注水設備の計器点検作業（以下、「当該作業」）中に、作業員が運転中の原子炉注水ポンプ（B）（以下、「当該ポンプ」）の操作スイッチカバーに誤って左腕付近の防護服を引っ掛けた。これにより、CST原子炉注水設備制御盤（以下、「当該制御盤」）から操作スイッチカバーが外れ、操作スイッチが停止側に動作し、当該ポンプが停止した。

<時系列>

2016年12月5日(月)

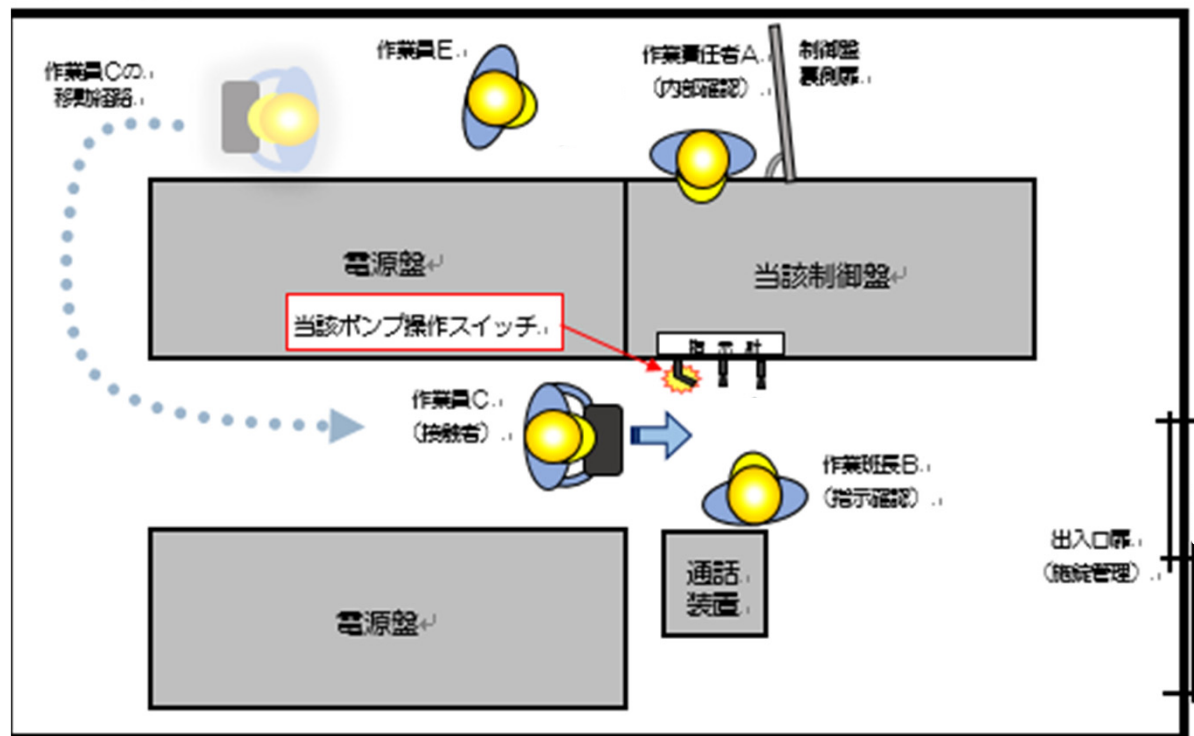
- 8：55 計器点検作業開始
- 10：00頃 作業終了後の片付け作業に着手
- 10：02 片付け作業中の作業員（以下、「作業員C」）が当該ポンプの操作スイッチカバーに左腕付近の防護服を引っ掛けたことにより、運転中の当該ポンプが停止
- 10：02 作業責任者及び作業班長は当該ポンプの運転状態表示ランプが「緑色」（停止）であること、「#3 CS系注水ライン供給圧力低」及び「#3 FDW系注水ライン供給圧力低」警報が発生したことを確認
- 10：10 作業責任者から連絡を受けた工事担当者が当社工事監理員に当該ポンプが停止した可能性があることを連絡
当社工事監理員が状況確認のため当該制御盤に移動
- 10：24 状況を確認した当社工事監理員から設備保全箇所GMに連絡
- 10：28 設備保全箇所GMから当直長に連絡
- 10：30 当直長はCST原子炉注水ポンプが全台停止していることを確認したことから、LCO逸脱を宣言
- 10：59 当直員が現場機器状態に異常がないことを確認後、CST原子炉注水ポンプ（A）を起動し、原子炉への注水を再開
- 11：00 当直長がLCO逸脱からの復帰を宣言

II-2. CST原子炉注水設備 系統図

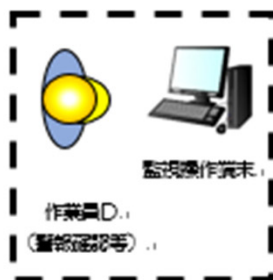


II-3. 現場状況

当該作業現場



集中監視室内



作業員Cは、当該制御盤前で計器指示を確認していた作業班長の視界を遮らないよう体勢を前屈みにした状態で、作業班長と当該制御盤の間をすり抜けようとした。その際、当該ポンプの操作スイッチカバーに左腕付近の防護服を引っ掛け、当該ポンプを停止させた。