

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	12月			1月				2月			3月	4月	備考
				17	24	31	7	14	21	28	4	11	18	上	中	
循環注水冷却	原子炉関連	循環注水冷却	(実 績) ・【共通】循環注水冷却中(継続) ・【2号】CS系注水ラインの一部PE管敷設作業 2017/10/30~2017/12/27 試験・検査等 2017/12/14~2017/12/27 ・【2号】CS系注水ラインの一部PE管化に伴う給水系のみによる注水 切替工事 2017/12/18~2017/12/25 (予 定) ・【3号】CS系注水ラインの一部PE管敷設作業 2018/3/5~2018/4/17 試験・検査等 2018/4/上旬~2018/4/中旬 ・【3号】CS系注水ラインの一部PE管敷設に伴う給水系のみによる注水 切替工事 2018/4/上旬~2018/4/中旬 ・【2号】給水系注水ラインの改造作業 2018/2/13~2018/3/23 試験・検査等 2018/3/中旬~2018/3/下旬 ・【2号】給水系注水ラインの改造に伴うCS系のみによる注水 切替工事 2018/2/下旬~2018/3/下旬 ・【3号】給水系注水ラインの改造・切替 2018/4/中旬~2018/6/上旬 ・【共通】処理水バッファタンク取替工事の準備工事 2018/1/29~2018/8/下旬	【1, 2, 3号】循環注水冷却(滞留水の再利用) 【2号】CS系注水ラインの一部PE管敷設作業 試験・検査等 切替工事 (給水系のみによる注水)	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、作業等に必要な条件に合わせて、原子炉注水流量の調整を実施 【3号】CS系注水ラインの一部PE管敷設作業 試験・検査等 切替工事 (給水系のみによる注水) 【2号】給水系注水ラインの改造作業 試験・検査等 切替工事 (CS系のみによる注水) 【3号】給水系注水ラインの改造・切替 実施時期調整中 【共通】処理水バッファタンク取替に伴う準備工事	・1~3号機CS系注水ラインの一部PE管化に伴う 実施計画変更認可申請(2017/3/6) →一部修正申請(2017/5/25) →認可(2017/5/26) ・2号/3号機給水系注水ラインの改造に伴う 実施計画変更認可申請(2017/6/30) →認可(2017/9/22) ・処理水バッファタンク取替に伴う 実施計画変更認可申請(2017/12/18)										
			(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												
			(実 績) ・【1号】サ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)	検討・設計・現場作業 【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】サプレッションチャンバへの窒素封入												
原子炉格納容器関連	原子炉格納容器関連	PCVガス管理	(実 績) ・【共通】PCVガス管理システム運転中(継続)	【1, 2, 3号】継続運転中												
			(予 定) ・1F-2/3号機 PCVガス管理設備用制御盤二重化工事 【2号】 ・PCVガス管理システム A系停止 (実施時期調整中) ・PCVガス管理システム B系停止 (実施時期調整中) ・PCVガス管理システム 両系停止 (実施時期調整中) 【3号】 ・PCVガス管理システム A系停止 (実施時期調整中) ・PCVガス管理システム B系停止 (実施時期調整中) ・PCVガス管理システム 両系停止 (実施時期調整中) ・【3号】PCVガス管理システム水素モニタ警報回路改造に伴う水素モニタ(A/B)停止 (実施時期調整中)	現場作業 【2号】制御盤二重化工事に伴うPCVガス管理システム停止 実施時期調整中 【3号】制御盤二重化工事に伴うPCVガス管理システム停止 【3号】警報回路改造に伴う水素モニタ停止 実施時期調整中												

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	12月			1月				2月				3月	4月	備考
				17	24	31	7	14	21	28	4	11	18	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	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>【共通】循環冷却中(継続)</li> <li>【2号】SFP循環冷却設備電源及び盤リプレイスに伴うSFP二次系停止 2018/1/16~1/20</li> </ul> <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>【1号】FPCポンプ(A)本格点検に伴うSFP一次系停止 2018/2/1~3/12</li> <li>【2号】SFP循環冷却設備電源及び盤リプレイスに伴うSFP一次系停止 1回目 2018/1/29~2/3 2回目 2018/2/12~2/21 3回目 (実施時期調整中)</li> <li>【3号】SFP循環冷却設備配管塗装に伴うSFP一次系停止 2018/1/31~2/8</li> </ul>	現場作業	<p>【1, 2, 3号】循環冷却中(2017/11/30~2018/3/末まで凍結防止のため、二次系共用設備工アフィンクーラーのファンを停止運用中)</p> <p>【2号】電源及び盤リプレイスに伴うSFP二次系停止 実績反映</p> <p>【1号】FPCポンプ(A)本格点検に伴うSFP一次系停止 追加 最新工程反映</p> <p>【2号】電源及び盤リプレイス作業に伴うSFP一次系停止 追加 最新工程反映</p> <p>【3号】配管塗装に伴うSFP一次系停止 追加 最新工程反映</p> <p>【2号】電源及び盤リプレイス切替に伴うSFP一次系停止 実施時期調整中</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"> <li>【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)</li> </ul>	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"> <li>【共通】プール水質管理中(継続)</li> </ul>	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>												

# 使用済燃料プール水温の評価式の変更について

2018年2月1日

---

**TEPCO**

東京電力ホールディングス株式会社

- 設備点検等で使用済燃料プール（以下、SFP）循環冷却設備停止時において、使用済燃料の崩壊熱のみを考慮したSFP水温評価を実施してきたが、東北太平洋沖地震から6年以上が経過し、使用済燃料の崩壊熱は大幅に減少している。
- この状況から、自然放熱を考慮したSFP水温評価を検討し、以下の通り実機にて確認した結果、SFP水温が安定すること及び従来評価に含まれていた過度な保守性がなくなり実温度に近い評価ができることを確認した。
  - 1号機：2017年7月における冷却停止試験（熱交換器バイパス運転）
  - 2号機：2017年8月における冷却停止試験（二次系通水停止運転）
  - 3号機：2017年10月における一次系停止作業
- 以上のことから、2018年2月1日より1～3号機SFP冷却停止時の水温評価を自然放熱を考慮した新評価式に変更する。

## 2. 新評価式

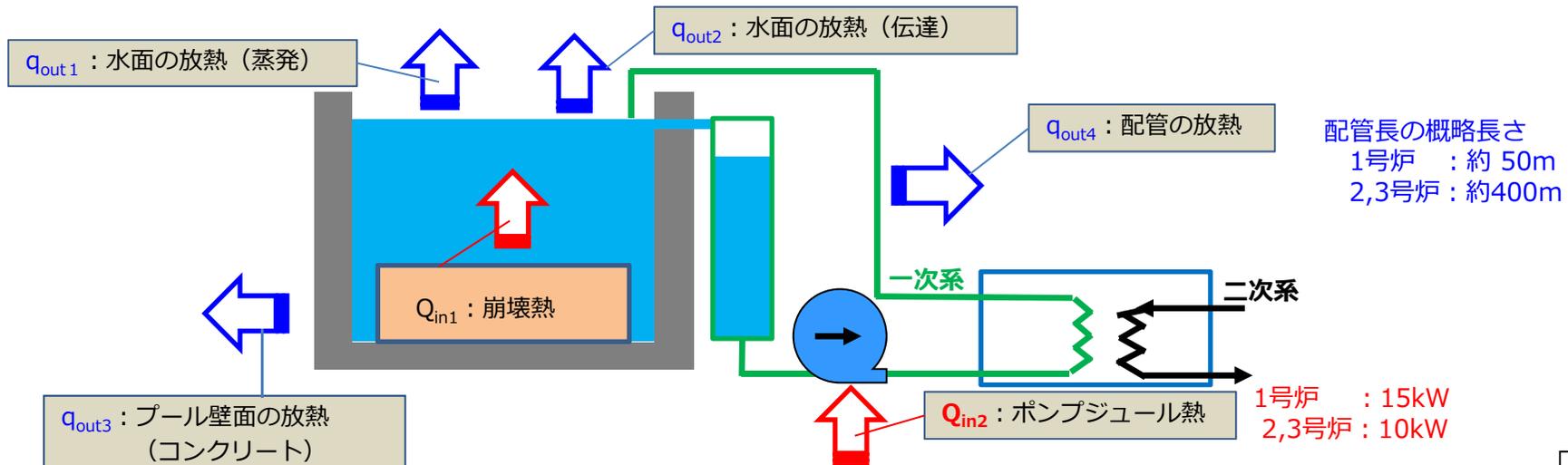
新評価式には、従来式（放熱未考慮）に以下の項目を加味して評価を行う。また、評価式の項目は、一次系の運転状態に応じて定まる。

✓ **プールの放熱**

✓ 一次系の運転時は、**ポンプジュール熱（入熱）**、**配管放熱を考慮**

**SFP水温評価式** 
$$\Delta T \text{ (}^\circ\text{C/h)} = \frac{Q_{in1} + Q_{in2} - q \text{ (kcal/h)}}{W \text{ (kg)} \times C \text{ (kcal/}^\circ\text{C/kg)}}$$

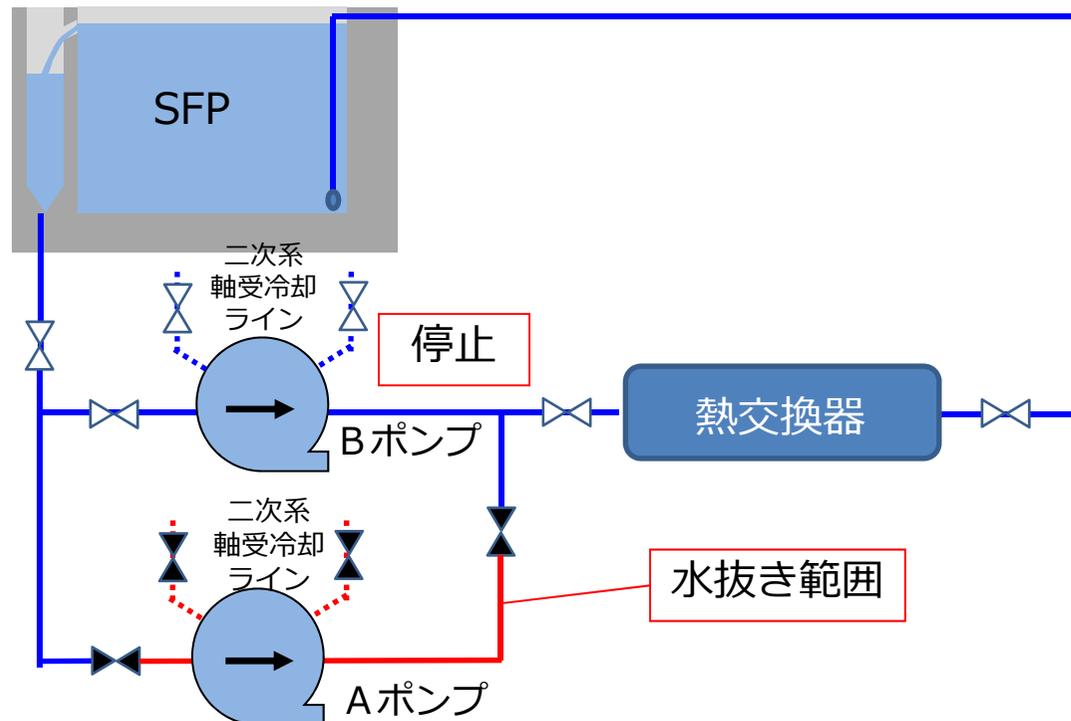
- Q<sub>in1</sub> : 崩壊熱
- Q<sub>in2</sub> : ポンプジュール熱（入熱）** 【ポンプ出力（効率考慮）を使用】
- W : SFP水量
- C : 冷却材の比熱
- q : 放熱 (q<sub>out1</sub> + q<sub>out2</sub> + q<sub>out3</sub> + q<sub>out4</sub>)**
- q<sub>out1</sub> : 水面の放熱（蒸発） 【気温+風速を使用】
- q<sub>out2</sub> : 水面の放熱（伝達） 【気温を使用】
- q<sub>out3</sub> : プール壁面の放熱（コンクリート） 【気温を使用】
- q<sub>out4</sub> : 配管の放熱 【気温+SFP温度を使用】



## (参考) 1号機SFP一次系ポンプ電動機点検手入工事概要

- 系統全停期間：2018年2月1日～2018年3月12日
- 長期点検計画に基づき1号機SFP一次系ポンプA及び電動機Aの本格点検を実施  
点検時は誤接触防止のため、ポンプBを停止（系統全停作業）

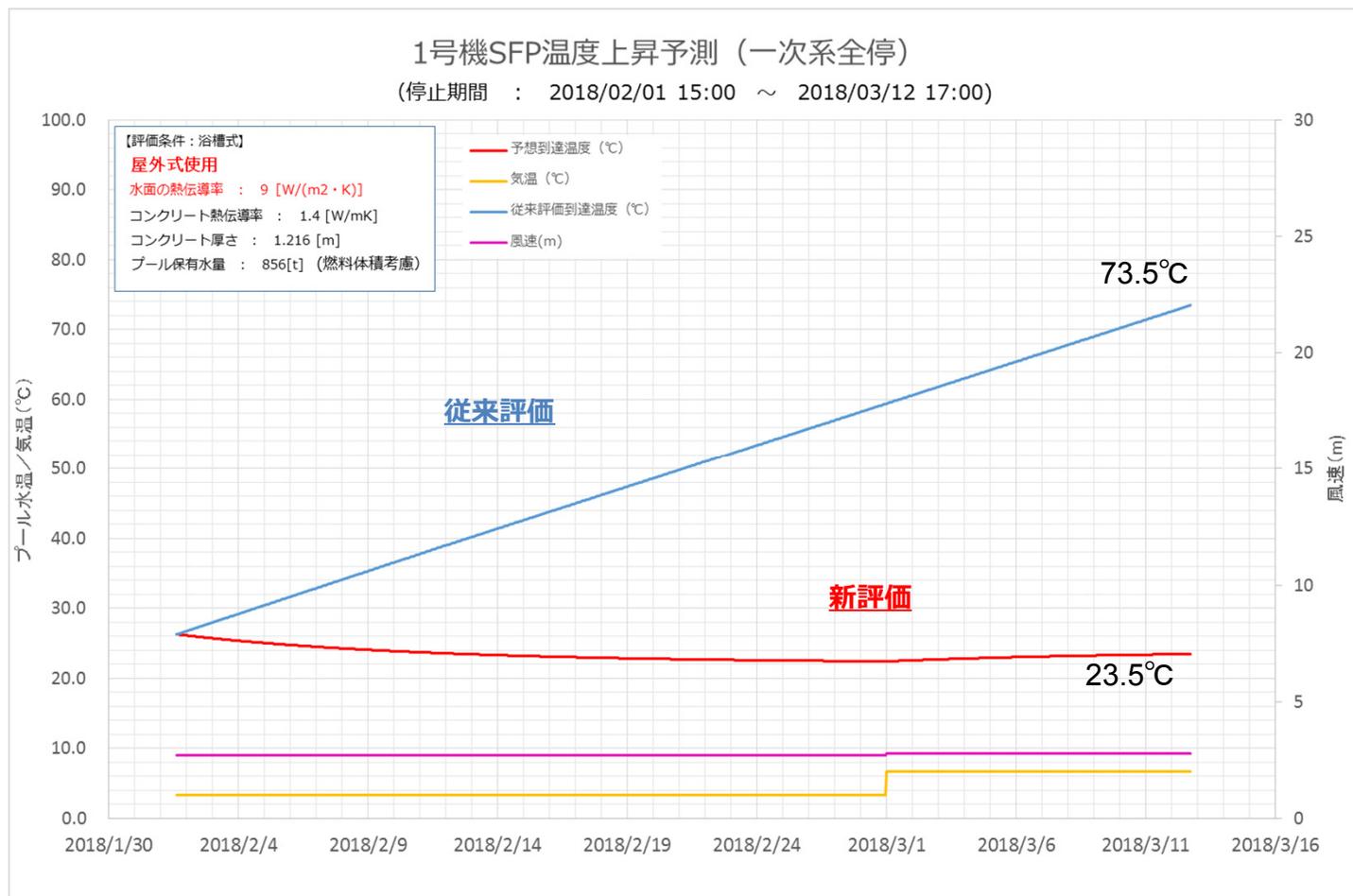
【アイソレ概略図】



# (参考) 1号機SFP一次系ポンプ電動機点検時の温度評価

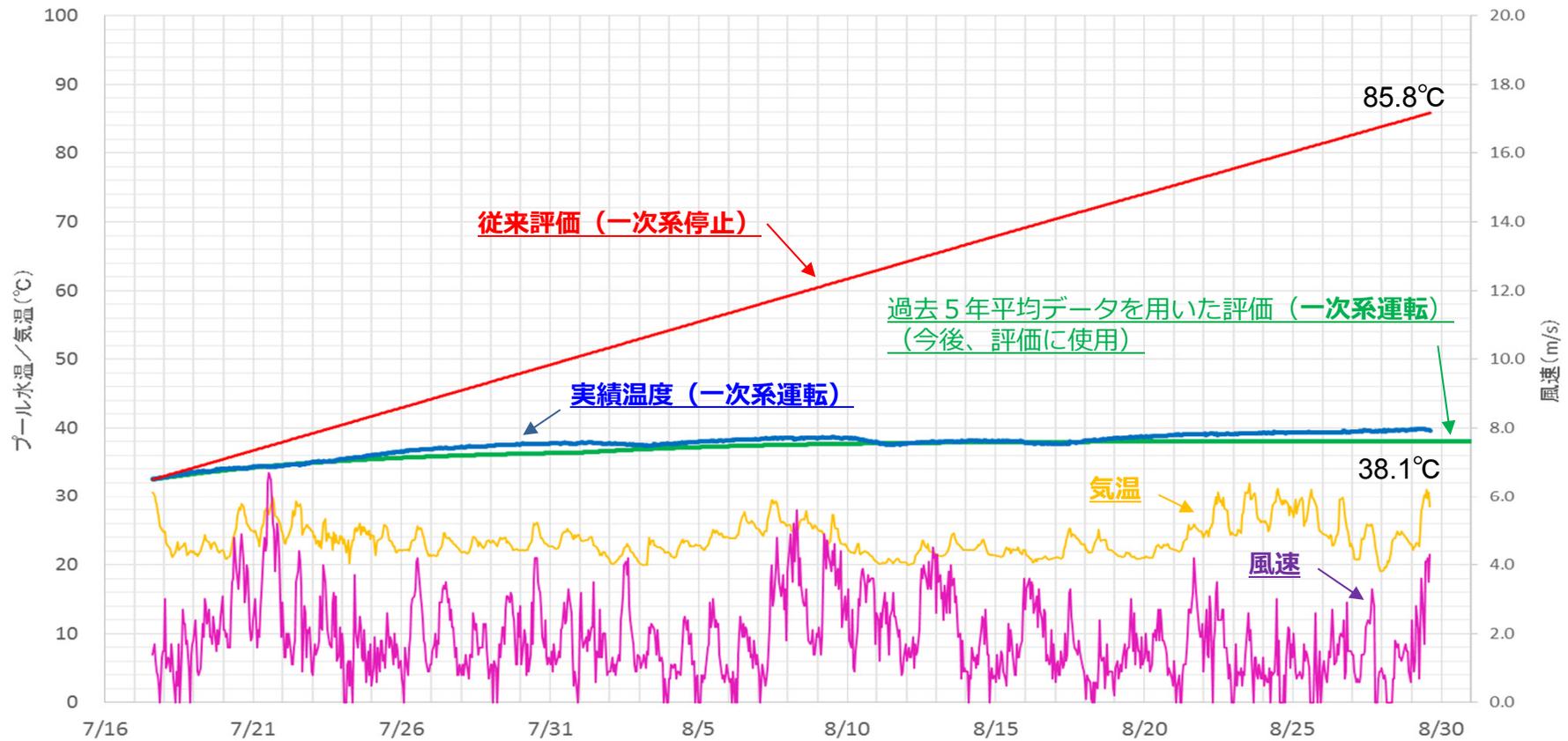
## ◆ 評価条件

- 評価期間 2018年2月1日～2018年3月12日
- 初期温度 : 26.3℃(H30.1.31時点)
- 気象条件 (外気温) : 過去5年の月別平均値(2月:3.3℃, 3月:6.7℃) が24時間継続と仮定
- 気象条件 (風速) : 過去5年の月別平均値(2月:2.7 m/s, 3月:2.8m/s) が24時間継続と仮定



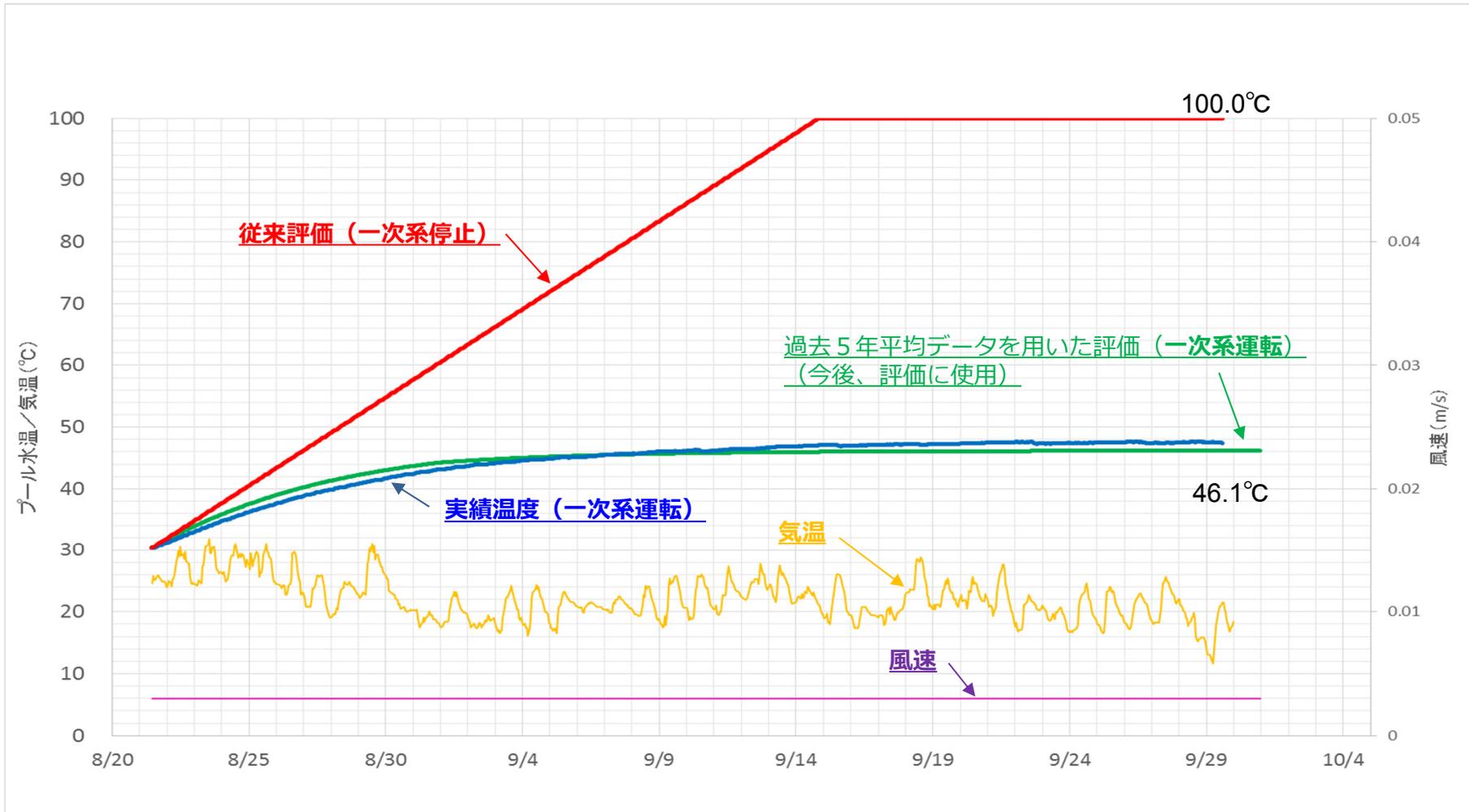
# (参考) 1号機冷却停止試験 (熱交バイパス運転) 結果

- **実績温度 (一次系運転)** と **過去5年平均値を用いた評価 (一次系運転)** との比較  
→ **評価値が最大2℃以内で一致**



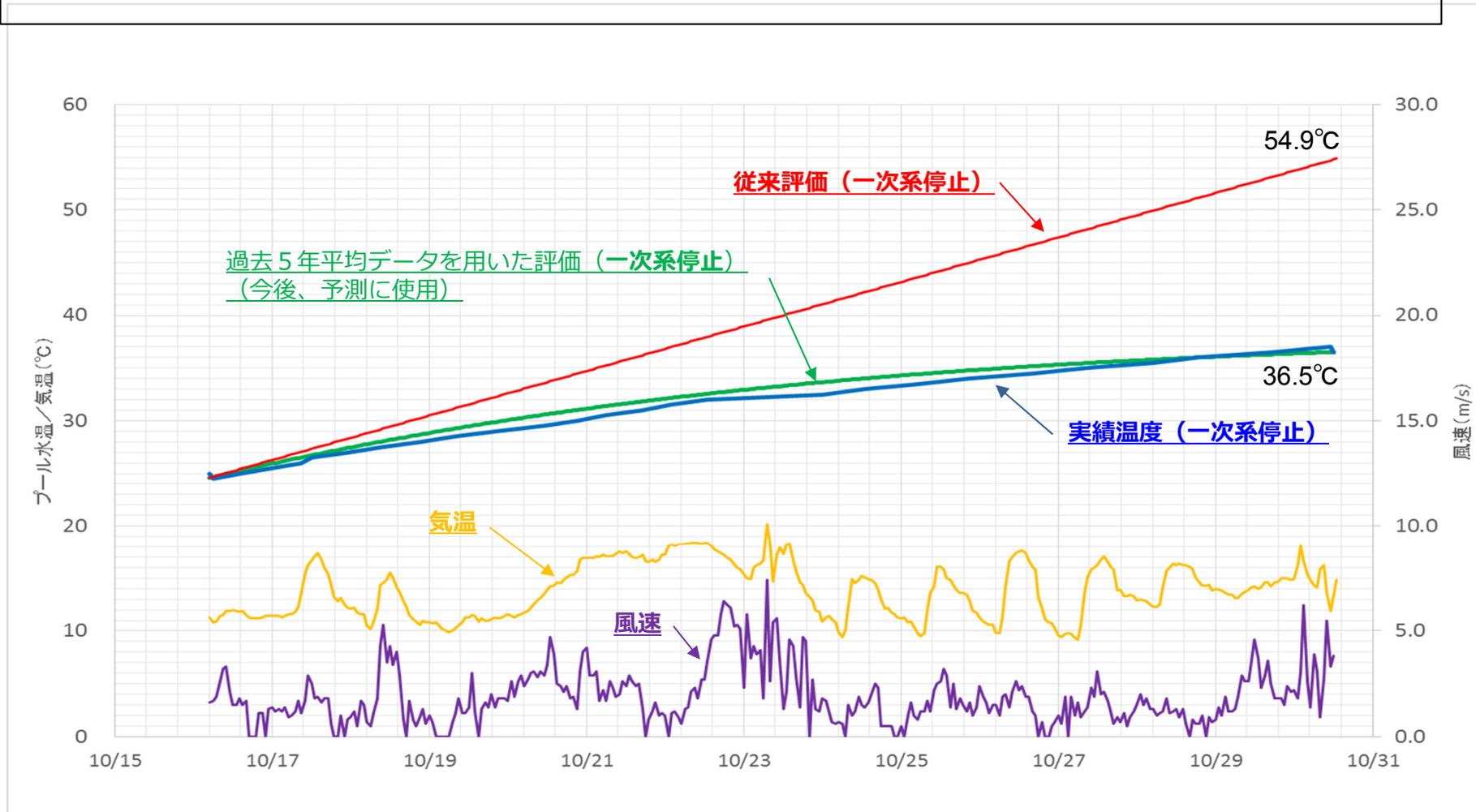
# (参考) 2号機冷却停止試験 (二次系通水停止) 結果

- 実績温度 (一次系運転) と 過去5年平均値を用いた評価 (一次系運転) との比較  
→ **評価値が最大2°C以内で一致**



# (参考) 3号機炉冷却停止時の測定結果 (一次系停止)

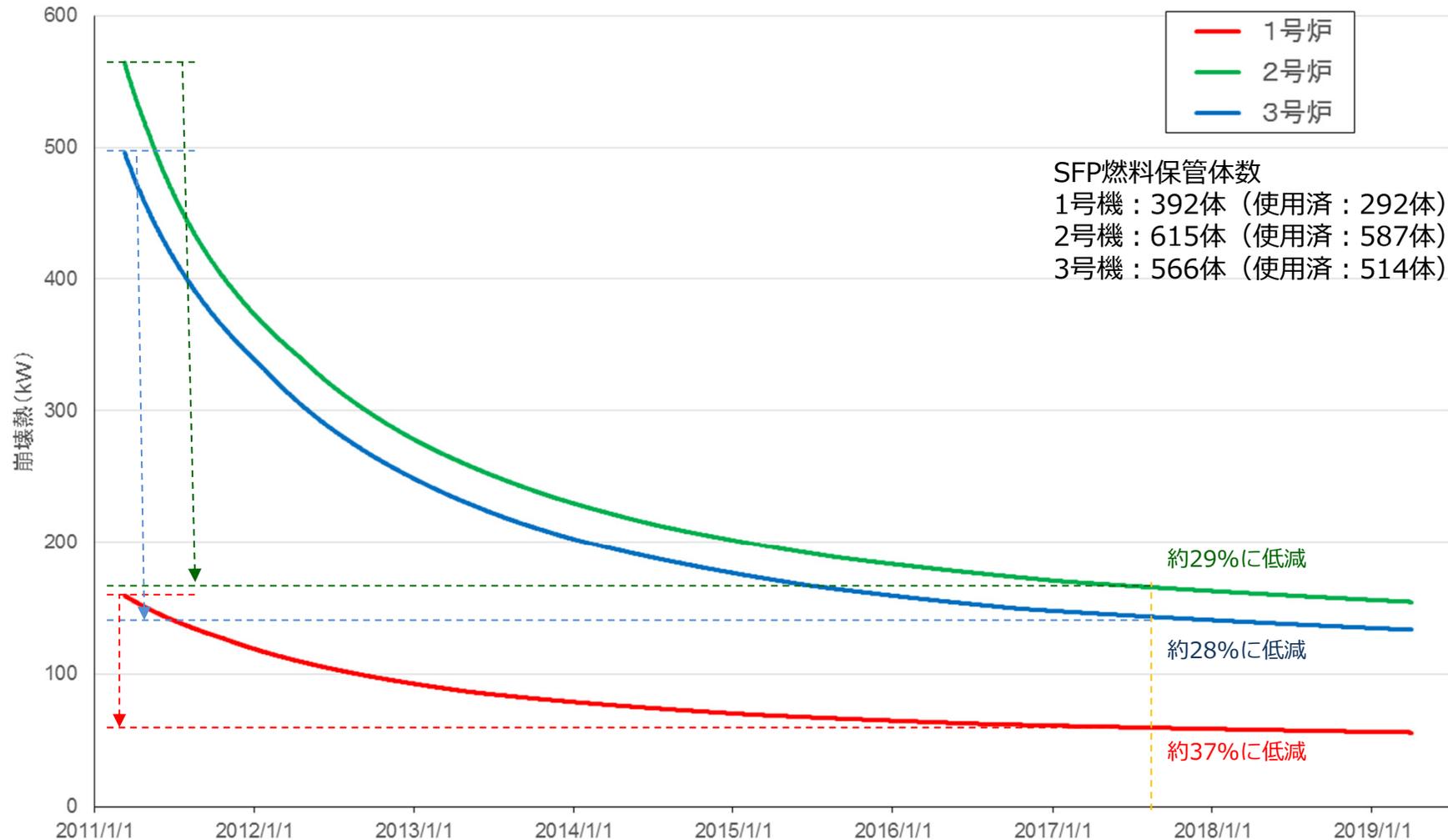
- 実績温度 (一次系停止) と 過去5年平均値を用いた評価 (一次系停止) との比較  
→ **評価値が最大2℃以内で一致**



## (参考) 崩壊熱の推移

- ▶ 1～3号機使用済燃料の崩壊熱は震災直後と比較すると大きく低下している

### 崩壊熱推移(2011.3.11～2019.3.31)



# 安全確保設備等の近傍での現場作業時のリスク抽出及び 対応の検討について

2018年2月1日

**TEPCO**

---

東京電力ホールディングス株式会社

# 1. 概要

2017年12月13日に受領した指導文書『安全確保設備等の近傍での現場作業時のリスク抽出及び対応の検討について』に対し、次頁以降に検討結果を報告する。

(指導内容) ※一部抜粋

実施計画に基づく予防処置の取組みが適切に機能しているか再点検するとともに、安全確保設備等の停止等を引き起こす可能性のある現場作業時のリスクを予め抽出し、運転管理及び作業管理の両面から対策を講じることで、運転管理上のリスクの顕在化を防ぐため、下記のとおり対応を求める。

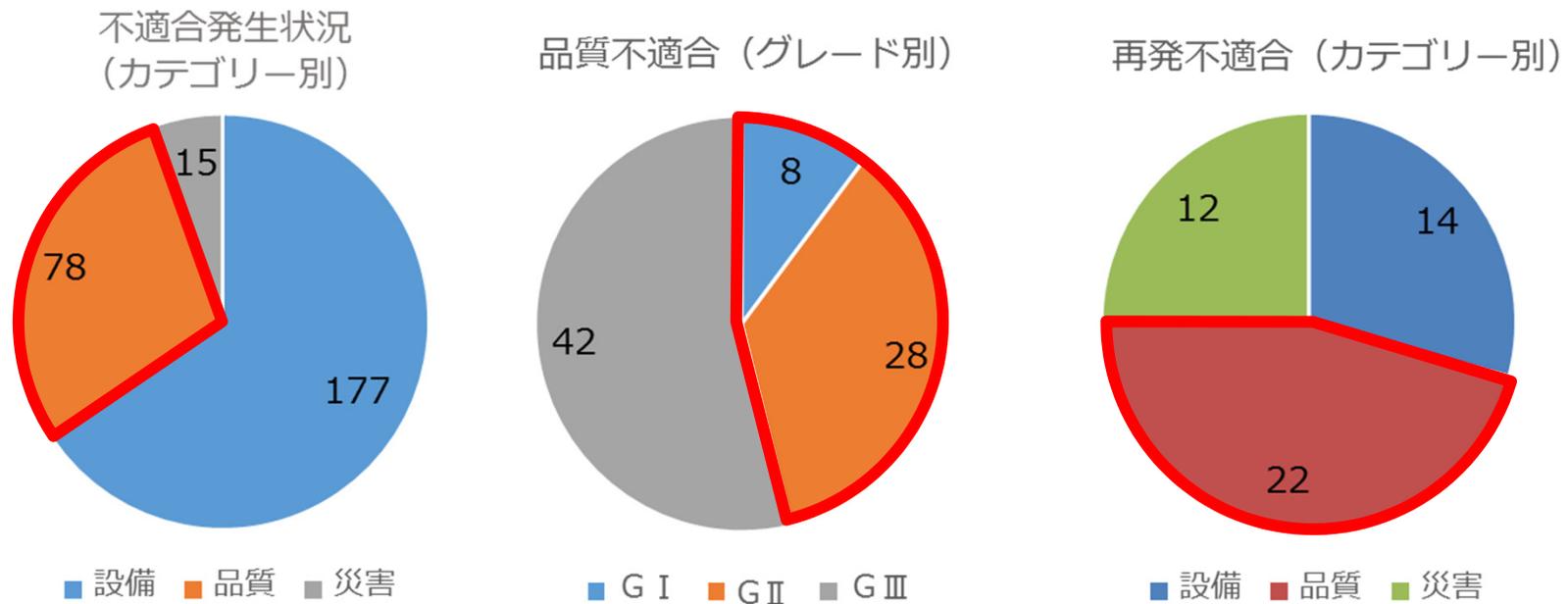
- 予防処置の取組みに関する再点検結果
- 安全確保設備等の近傍において計画している現場作業を対象として、安全確保設備等の停止等を引き起こす可能性のあるリスクを抽出し、その対応についての検討結果

上記について、平成30年1月31日までに報告すること。

予防処置の取り組みに関する再点検結果

## 2. 不適合の分析

今年度（2017年12月末時点）の不適合発生状況は以下



- 品質に係る不適合は全270件中78件（G I / G II は36件）
- 高グレード（G I / G II）の品質に係る不適合36件のうち、現場作業に伴い設備に影響があったものは10件
- 品質不適合は再発不適合の割合が高い（全48件中22件）

## 【参考】設備に影響のあった高グレード（G I / G II）品質不適合 **TEPCO**

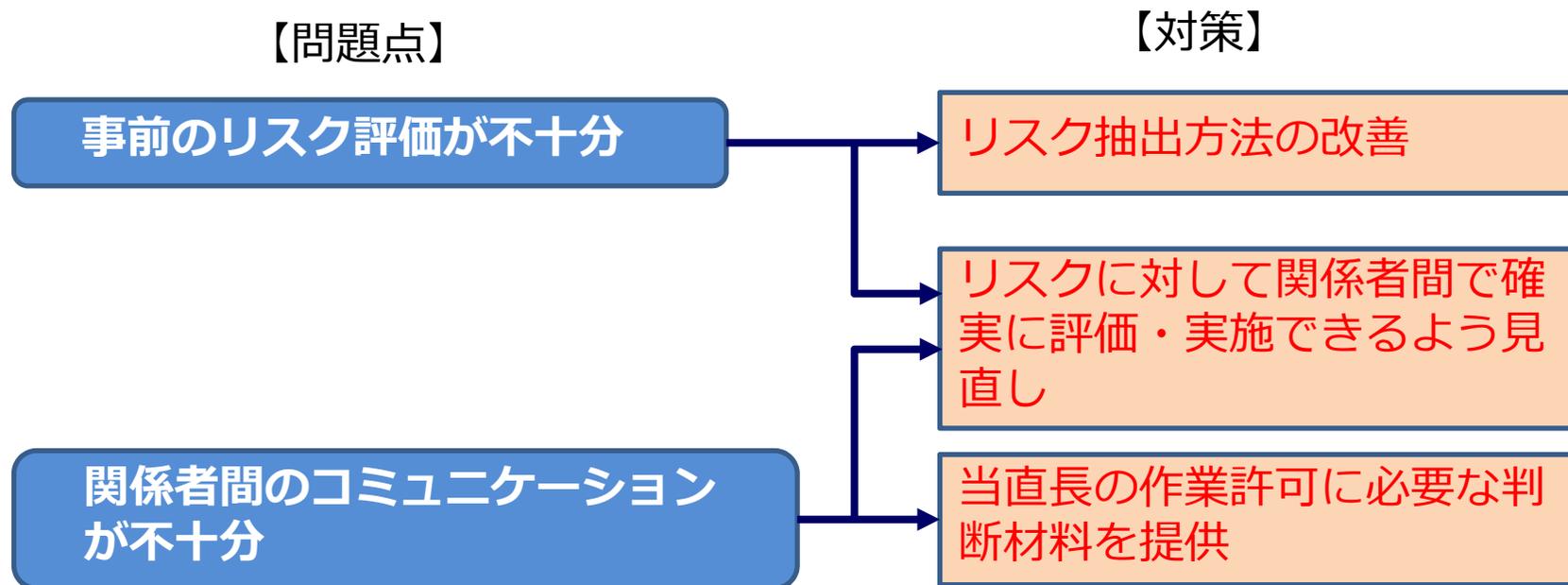
件名	発生日	グレード	要因
2号機 PCVガス管理設備粒子除去フィルタドレンラインの損傷	5月19日	G II	リスク抽出不足
6号機FPCポンプ（B）誤停止について	6月5日	G II	リスク抽出不足
バックホウ移動中における通信光ケーブル損傷について	6月22日	G II	リスク抽出不足
キャスク仮保管設備 主幹電源誤操作による警報発生について	6月26日	G II	操作ミス
サブドレンピットNo.51水位低下事象におけるLCO事象	8月2日	G I	リスク抽出不足 関係者とのコミュニケーション不足
汚染水処理設備（SARRY）起動不可	9月12日	G II	手順書不備
共用プール設備（A）系計装品点検中におけるスキマサージタンク水位「高/低」警報等の発生について	10月18日	G II	リスク抽出不足
非常用窒素ガス分離装置の試運転時における弁の誤操作について	11月8日	G II	関係者コミュニケーション不足
2号機PCVガス管理システム監視機能喪失の件	11月20日	G I	リスク抽出不足 関係者コミュニケーション不足
3号機使用済燃料プール循環冷却設備一次系ポンプトリップ事象について	11月27日	G I	リスク抽出不足

## 2. 不適合の分析

高グレード※の品質不適合のうち現場作業に伴い設備に影響があったものについては、「リスクの抽出」や「関係者のコミュニケーション」の弱さに起因するものが多くみられる。

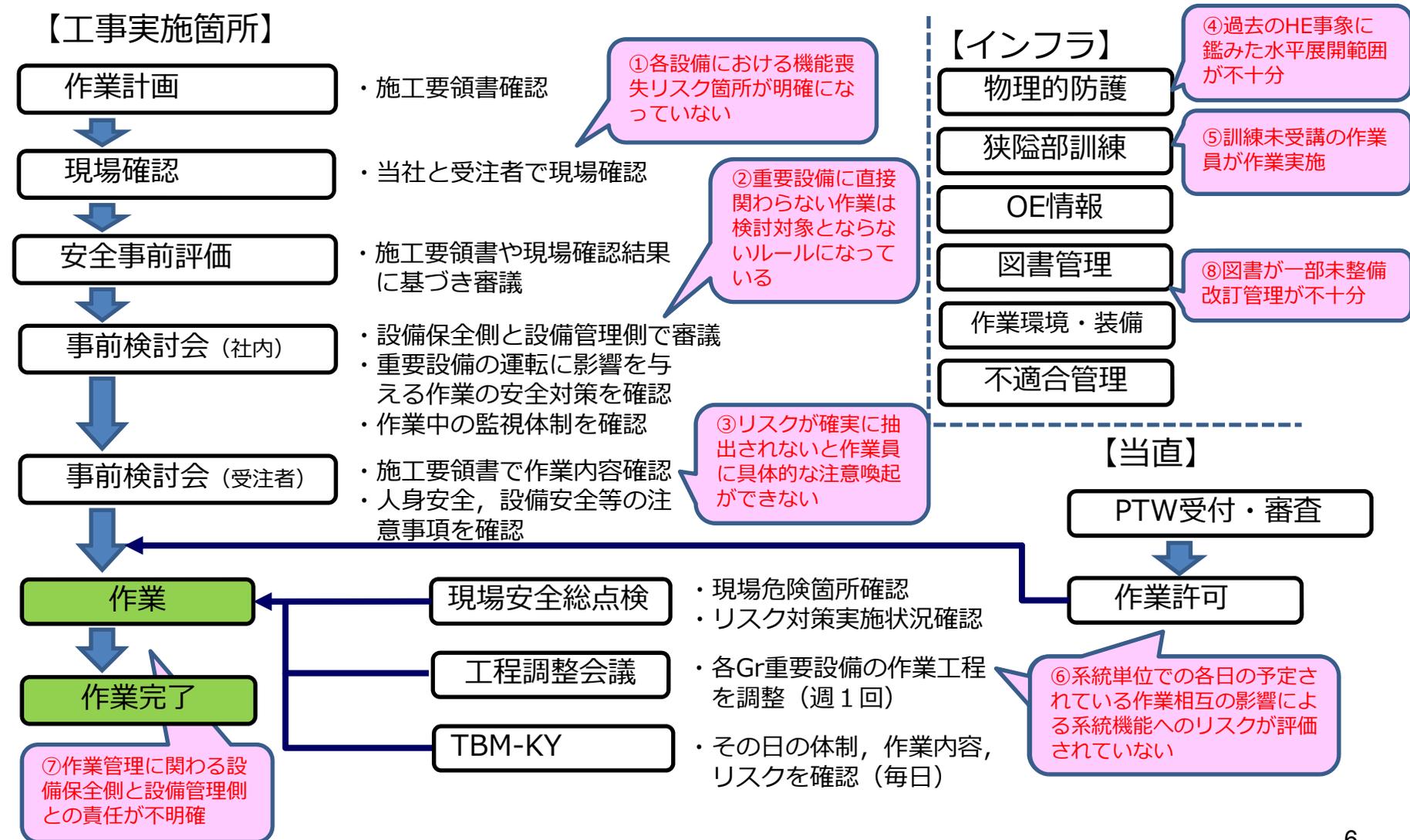
今後、設備に影響のある品質不適合を防止するためには、これら弱さについての改善が必要。

※高グレード：GI, GII



### 3. 作業に伴う設備安全確保のための業務プロセス（問題点）

「リスク抽出不足」「関係者間のコミュニケーション不足」の観点で、現状の設備安全確保のための業務プロセス上に問題点を落とし込む



## 4. 設備安全確保の業務プロセスの見直し

事前に確実にリスクが抽出され、その結果に基づく作業上のリスク評価結果及び系統運転状態に応じた作業影響のリスク評価結果をもって、作業許可を行う当直長が責任をもって作業実施可否判断ができる仕組みへ見直す

### [リスク抽出段階]

- ・ 社会的影響に関わる設備※のリスク箇所を明確にしたリスクマップを作成、現場事前点検にて具体的な作業手順や作業員動線を含む作業エリアのリスクを抽出  
※冷却設備, 水処理設備, 放射線計測設備, 電源設備 (外部, 所内電源)

### [リスク評価段階] (安全事前評価, 工程リスク会議)

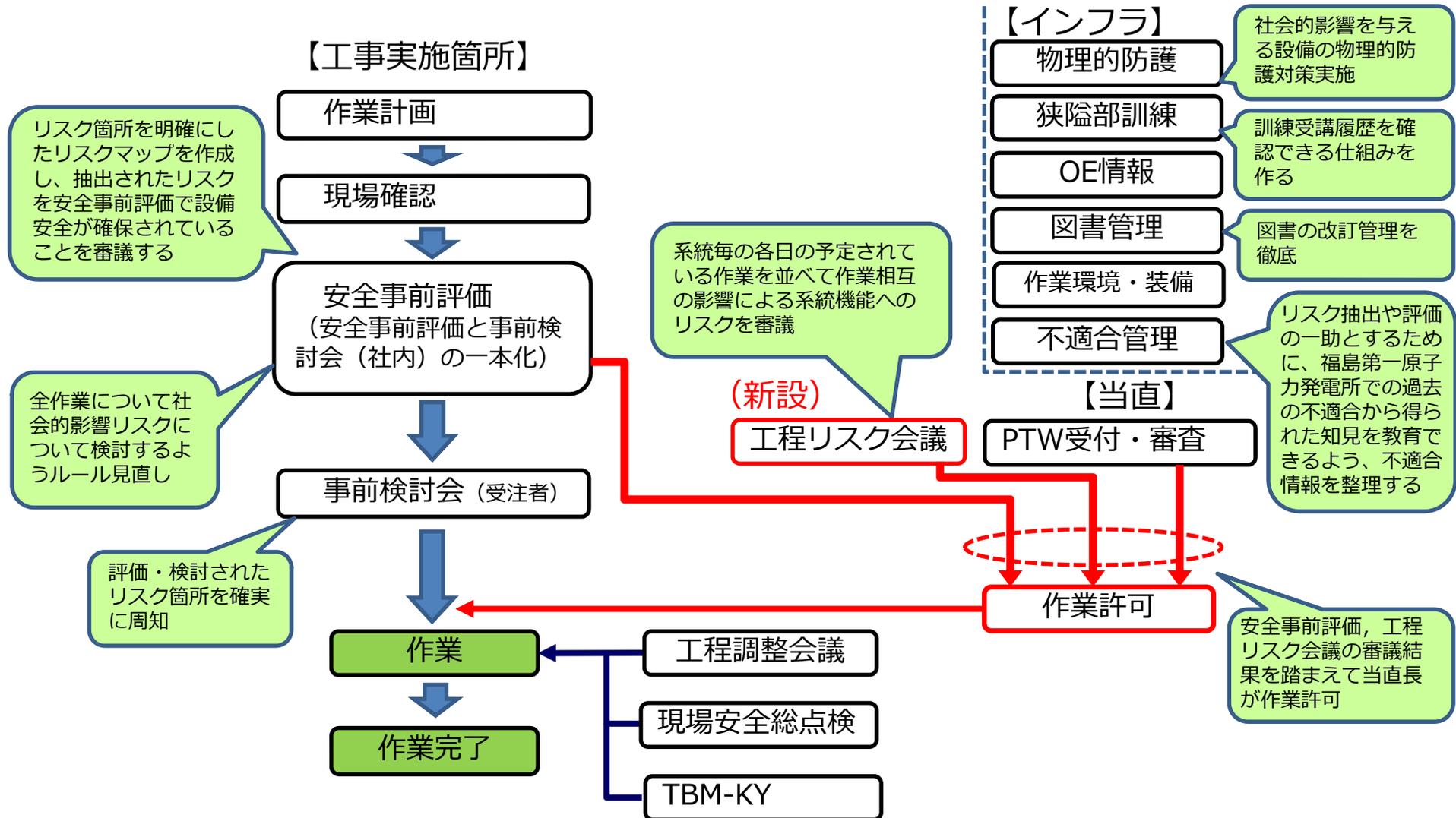
- ・ 抽出されたリスクに基づき安全事前評価を実施
- ・ 系統毎の工程リスク会議を新設し、各日の予定されている作業を並べ作業相互の影響による系統機能へのリスクを審議

### [作業許可段階]

- ・ 安全事前評価, 工程リスク会議の審議結果を踏まえて当直長が作業許可

また, 社会的影響に関わる設備のリスク箇所に対し, 物理的対策・注意喚起表示を行う

# 5. 作業に伴う設備安全確保のための業務プロセス（改善策）



今後、人身災害を含めた不適合防止の観点で、作業開始から完了に至るすべての段階において作業環境を踏まえ、より安全側の処置がされるべく業務プロセスを改善する

## 6. 両事象※<sup>1</sup>共通要因の予防処置として今後実施する事項

※<sup>1</sup> 2号機原子炉格納容器ガス管理設備の運転上の制限逸脱事象（11月20日 発生）、  
3号機使用済燃料プール循環冷却設備一次系ポンプ停止事象（11月27日 発生）

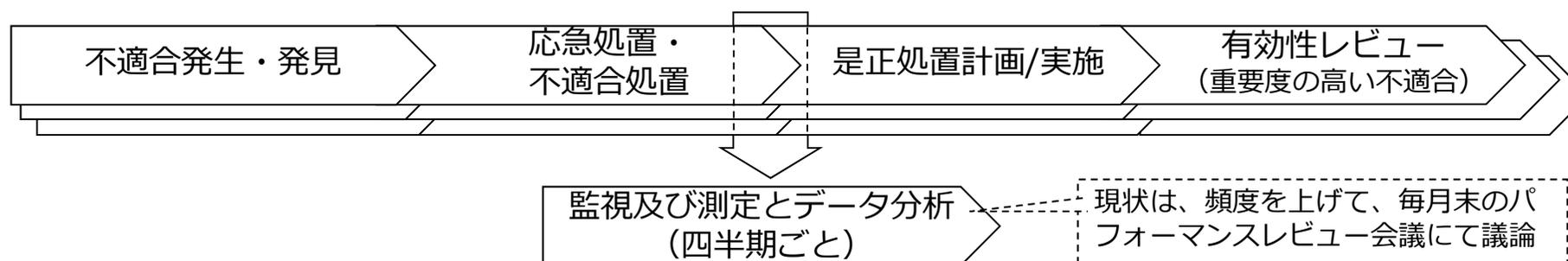
要因	対策	実施内容・時期	
【設備面】	重要設備停止に至る要因を網羅的に抽出した結果について、物理的防護を実施 ※注意喚起表示については実施済	物理的防護の実施	2018.3
	物理的防護、注意喚起表示を社会的影響（通報対象）リスクを有する設備へ展開	設備停止に至る要因抽出	2018.3
		注意喚起表示の取付	2018.3
		物理的防護の実施	2019.3
【管理面】	各設備について社会的影響（通報対象）リスクがある箇所を系統図及び配置図に落とし込んだリスクマップを作成	リスクマップの作成	2018.3
	社会的影響（通報対象）リスクがある場合は、安全事前評価をBランク※ <sup>2</sup> として実施、受注者が実施する事前検討会においてもリスクマップ等を用いて、リスクを具体的に説明	安全事前評価ガイド改訂	2018.2
	構内作業に従事するものは、狭隘部訓練受講を必須とする。 （受講期限を明確に提示し、重要設備の作業から訓練実施。また、順次社会的影響（通報対象）リスクを有する設備の作業に展開）	企業への周知	2018.2
	重要系統について、系統毎の各日の予定されている作業を並べて作業相互の影響による系統機能へのリスクを審議	工程リスク会議の追加	2018.3
	作業管理ガイド改訂を行い、所内周知及び運用開始 ・作業判断フロー見直し（重要設備近傍作業の追加） ・チェックシートによる狭隘部訓練の実績確認 など	作業管理ガイド改訂	2018.2

※<sup>2</sup> 安全事前評価を実施するのに際し、ガイドで定めている工事ランクのうち、3H（初めて・変化・久しぶり）作業、および工事主管GMが作業安全及び設備安全上重要な工事と判断するもの

## 7. 不適合管理プロセスと再発不適合低減へ向けた取り組み (1/2) **TEPCO**

### ○不適合管理プロセス

発電所において発生した不適合は、その重要度に応じ不適合処置・是正処置等を実施することにより、原子力安全及び設備・業務の信頼性を確保



### ○有効性レビューについて

- 高グレード不適合については、対策の評価などを確認する有効性レビューを是正処置の完了から6ヶ月後を目途、或いは、処置の効果を確認するために適切な時期に実施
- 2016年12月に発生した2件のHE事象では有効性レビュー未実施  
(是正完了時期：2018年6月)

⇒ 今般、有効性レビューの実施前に類似不適合が発生したことを踏まえ、複数の対策を実施する場合には、対策ごとの有効性レビューを適切な時期に設定し、速やかに改善のサイクルを回す (2018年2月までに運用開始)

## 7. 不適合管理プロセスと再発不適合低減へ向けた取り組み (2/2) **TEPCO**

---

### ○不適合低減の取り組み

- 今年度発生したヒューマンエラー不適合の約3割が過去の類似事象の再発であり、その原因は是正処置の立案の際の検討不足
  - ⇒ 再発不適合低減の取り組みを強化中
    - ・ 不適合が再発と判定した場合、その再発要因※を深掘り、是正処置計画を立案
      - ※「原因の深掘り不足」「水平展開不足」「対策実行不足」
    - ・ 上記の再発不適合か否かの判定、及び再発要因を踏まえた是正処置計画について、発電所長以下の発電所幹部の出席する場にて審議（2017年7月～）
- 上記の取り組みにより、更なる再発不適合を防止するだけでなく、過去に類似事象のない不適合に対しても再発させないための効果的な対策の立案につなげる

## 【参考】

# 2号機原子炉格納容器ガス管理設備の運転上の制限逸脱事象（1 / 2） **TEPCO**

### ○事象概要

- 2017年11月20日、2号機原子炉格納容器ガス管理設備（PCVガス管理設備）において、希ガス放射線モニタBの出口弁が「全閉」したことに伴い、短半減期核種の放射能濃度が監視できない状態となり運転上の制限（第24条 未臨界監視）を逸脱
- 状況確認及び聞き取り調査の結果から、当該弁が「全閉」になったことに対する明確な原因の特定には至らなかったが、当時の状況から誤接触による可能性が高いと推定
- 本来回収されているべき過去の作業タグが取り付けられていたことから誤操作についても完全には否定できない

### ○問題点

問題点	直接要因	背後要因
物理的防護対策が不十分【設備面】	当該弁に対し物理的防護が為されていなかった	不適合の直接的な事象のみを想定していたため、通常運転（A/B並列運転）において系統機能が満足できる機器を対象から除いた
設備安全に対するリスク抽出が不十分【管理面】	ケーブル布設作業が機能喪失に至る作業とは思わなかった	社会的影響に係わるリスク箇所が明確になっていなかった 教育訓練実績を確認する仕組みがなく、狭隘部訓練が必須であると考えてなかった
片系停止作業に対するリスク感度が不足【管理面】	A系停止時にB系運転中の設備近傍で影響を与えるような作業を行った	工事実施箇所は系統状態や日々の作業に応じたリスク評価ができていなかった
タグに関する運用管理の不備【管理面】	保全箇所が実施するセルフ操作タグの回収に関するルールが徹底されていなかった	・工事監理員はタグの回収ルールを理解していなかった ・タグ回収不可の場合のルール、責任が不明確であった
	巡視において、未回収タグが発見できなかった	設備管理箇所は設備の管理状態と現場状態が整合しているという観点で巡視ができていなかった

【参考】

2号機原子炉格納容器ガス管理設備の運転上の制限逸脱事象（2 / 2） **TEPCO**

○対策

問題点	対策	実施内容・時期	
物理的防護対策が不十分【設備面】	全ての設備の各機器を対象に設備状態に関わらず機能喪失リスクを評価し、社会的影響を与える設備は物理的防護対策等の実施	各機器の機能喪失リスク評価	2018.3
		物理的防護・注意喚起表示の実施	2019.3
設備安全に対するリスク抽出が不十分【管理面】	社会的影響に係わる設備のリスク箇所を明確にしたリスクマップを作成し、リスクマップを用いて具体的な作業手順、作業員動線をもとに確認する。また、抽出されたリスクを安全事前評価で設備安全が確保されていることを審議する。	リスクマップの作成	2018.3
		運用開始	2018.3
片系停止作業に対するリスク感度が不足【管理面】	系統毎に日々の作業を並べて作業相互の影響によるリスクを評価する工程リスク会議を新設し、設備管理箇所を含めて作業可否を判断する	運用開始	2018.3
協力企業との関わり【管理面】	狭隘部訓練は、構内作業に従事する作業員は必須とし、企業に再度周知する	運用開始	2018.3
	作業員の訓練実績を確認するように、作業着手前チェックシートの見直しを実施する	作業着手前チェックシートの見直し	2018.2
タグに関する運用管理の不備【管理面】	工事監理員及び当直員に「タグ運用」の研修の実施	「タグ運用」の教育	2018.3
	タグが汚染等により、回収できない場合は、控えタグに消込等の識別をおこない控えタグを設備管理箇所に返却するルールにする	運用開始	2018.3
	設備管理箇所は設備の管理状態と現場状態の定期的な整合確認の実施	運用開始	2018.3

## 【参考】

# 3号機使用済燃料プール循環冷却設備一次系ポンプ停止事象（1 / 2） **TEPCO**

### ○事象概要

- 2017年11月27日、運転中の3号機使用済燃料プール（SFP）において系統隔離弁の「閉」信号によりSFP循環冷却設備一次系ポンプ(B)が停止し、冷却が中断
- 系統隔離弁の「閉」信号が発信された原因は、当該弁近傍での塗装作業中に、作業員が「閉」位置検出スイッチ(以下、リミットスイッチ)に接触したことによるものと推定

### ○問題点

	直接要因	背後要因
物理的防護対策が不十分 【設備面】	当該リミットスイッチに対し物理的防護が為されていなかった	バウンダリ保護および操作スイッチ誤接触の観点で対策を実施したため、対策範囲が限定的であった
設備安全に対する事前点検が不十分 【管理面】	当該塗装作業を重要設備近傍作業として管理強化する作業対象としていなかった	重要設近傍作業でも管理強化対象外と判断できるルールになっていた
		社会的影響に係わるリスク箇所が明確になっていなかった  教育訓練実績を確認する仕組みがなく、狭隘部訓練が必須であると考えてなかった

【参考】

3号機使用済燃料プール循環冷却設備一次系ポンプ停止事象（2 / 2） **TEPCO**

○対策

問題点	対策	実施時期	
物理的防護対策が不十分【設備面】	全ての設備の各機器を対象に設備状態に関わらず機能喪失リスクを評価し、社会的影響を与える設備は物理的防護対策等の実施	各機器の機能喪失リスク評価	2018.3
		物理的防護・注意喚起表示の実施	2019.3
設備安全に対するリスク抽出が不十分【管理面】	全ての設備に対して社会的影響に係わる設備のリスク箇所を明確にしたリスクマップを作成し、系統全体を網羅的にリスクを抽出	リスクマップの作成	2018.3
	全作業について社会的影響リスクについて検討を実施するように作業管理の判断フロー及び実施事項を見直す	運用開始	2018.3
		運用開始	2018.2
協力企業との関わり【管理面】	作業エリアに社会的影響に係わる設備のリスク箇所がある場合、当社監理員は受注者が実施する事前検討会で注意箇所を図面・写真を用いて具体的に説明し、周知徹底する	運用開始	2018.2
	狭隘部訓練は、構内作業に従事する場合は必須とし、企業に再度周知する	運用開始	2018.2
	作業員の訓練実績を確認するように、作業着手前チェックシートの見直しを実施する	作業着手前チェックシートの見直し	2018.2

配管計装線図を元にリスクを抽出しエリアマップに落とし込む

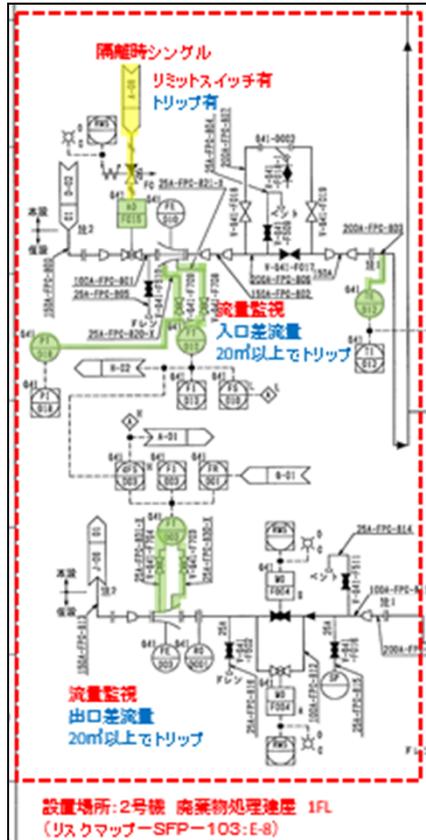


図1：配管計装線図（リスク箇所の洗い出し）

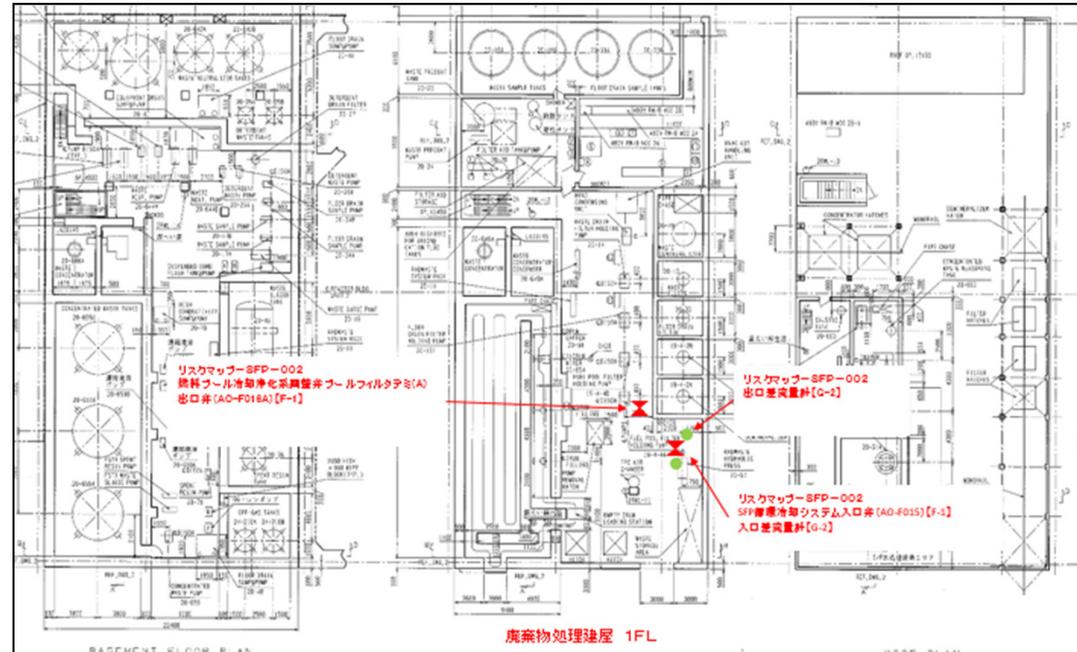


図2：リスクマップイメージ

配管計装線図にて洗い出されたリスク箇所を  
エリアマップに落とし込む

## 【参考】

### ヒューマンエラーによる重要な安全確保設備の停止事象 (2件)の再発防止対策(水平展開)

- ▶ 2・3号機使用済燃料代替冷却設備停止事象(2016年12月4日発生)
- ▶ 3号機復水貯蔵タンク原子炉注水ポンプの停止事象  
(2016年12月5日発生)

## 【参考】重要設備への水平展開方針

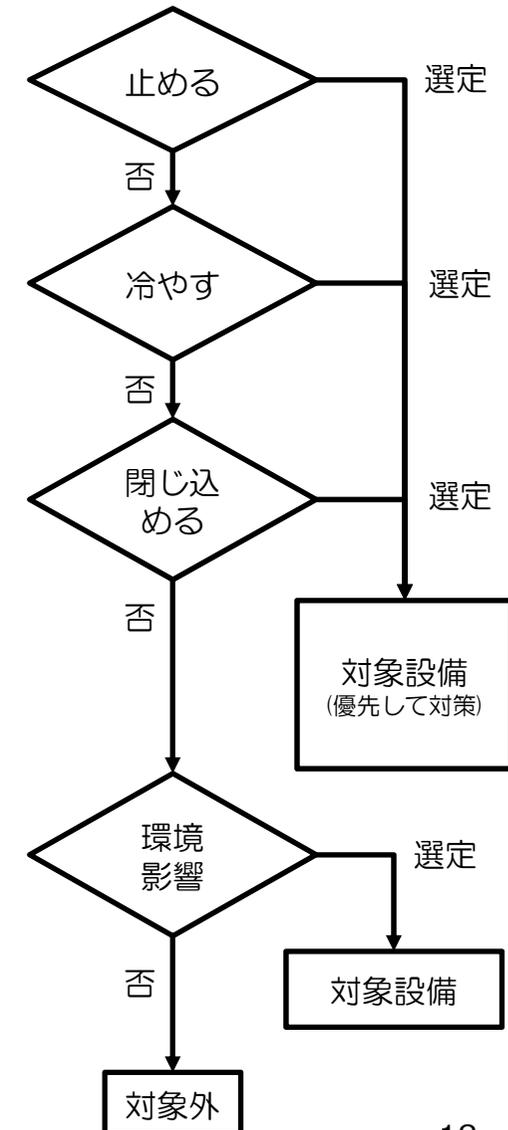
- 水平展開にあたっては、原子力安全確保の考え方である「止める、冷やす、閉じ込める」の機能に該当する重要設備（下表太枠）及び重要設備に電源を供給する設備を優先して実施する

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＞



対策	
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>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>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>

## 【参考】人に対する水平展開（教育）

対策	
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>
	<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>
	<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</p>
	<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>
	<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>
	<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>

安全確保設備等の近傍において計画している現場作業を対象として、安全確保設備等の停止等を引き起こす可能性のあるリスクの抽出、その対応についての検討結果

## 1. 実施または計画している現場作業の設備安全点検方針

「2号機原子炉格納容器ガス管理設備の運転上の制限逸脱事象」が発生した11月20日以降、現場作業が実施または計画されている件名について、安全確保設備等の停止等を引き起こさないようリスク抽出、及びそのリスクについての対応が適切に為されていることを点検する。

- ・ 対象：重要4設備（原子炉注水設備，原子炉格納容器ガス管理設備，使用済み燃料プール冷却設備，窒素ガス封入設備）※  
※：近傍作業含む
- ・ 単位：作業許可申請書 単位
- ・ 期間：11月20日以降，作業が実施または計画されている件名
- ・ 確認：各件名について，「作業に伴う設備安全確保のための業務プロセス」で挙げられている問題点に対して適切な対応が為され設備停止等を引き起こす可能性のあるリスクが低減していることを確認する。

## 2. 点検結果 (1 / 3)

### ● 点検対象

全作業許可申請書 272件中、122件 (5グループ)

### ● 点検結果

No.	問題点 (弱点)	設備安全確保の活動 (例)
①	各設備における機能喪失リスク箇所が明確になっていない	<ul style="list-style-type: none"><li>作業着手前にリスクマップを用いて現場確認し、接触防止の注意喚起表示を実施 ⇒漏れなくリスクを抽出するためにはリスクマップの活用が有効</li><li>作業着手前に重要設備に影響を与える箇所について設備関係箇所と現場確認</li><li>現場事前点検にて具体的な作業手順や作業員の動線を含む作業エリアのリスクを抽出</li></ul>
②	重要設備に直接かかわらない作業は検討対象とならないルールとなっている	重要設備の近傍で作業をする場合も管理強化対象として事前検討会を実施
③	リスクが確実に抽出されないと作業員に具体的な注意喚起ができない	事前検討会の場で、リスクマップや現場写真を用いて、注意エリアや重要設備を全作業員に対して視覚的に注意した

## 2. 点検結果 (2 / 3)

No.	問題点 (弱点)	設備安全確保の活動 (例)
④	過去のヒューマンエラー事象からの水平展開の対象から漏れていた (物理的防護が未実施の重要設備がある)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ リスクマップ等で確認した重要設備で、作業干渉があるものについては、物理的防護を実施 ⇒物的防護の取付・取外しの際、誤接触させる恐れがあるものについては、事前に設備を停止した</li> <li>・ 停止可能な設備については全停し、設備停止リスクのない状態で作業実施</li> </ul>
⑤	狭隘部訓練未受講の作業員が作業実施	チェックシートを作成し、作業員の受講履歴を確認
⑥	系統単位で日々の作業を網羅的に確認、及び設備管理箇所へ情報提供する体系的なプロセスがなかった	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 当直との工程調整において、重要設備の停止時期に合わせて作業ができるものについては、設備を停止して作業を実施</li> <li>・ 重要設備改造作業の際にパラメータ監視強化をするとともに系統に関わる作業を禁止した</li> </ul>
⑦	作業管理に関わる設備保全側と設備管理側との責任が不明確	事前に設備保全側と設備管理側で作業調整を実施
⑧	図書の一部が未整備、改訂管理が不十分	最新図書を使用

## 2. 点検結果（3 / 3）

### ● 点検における気づき事項

- ・現場作業において、漏れなくリスクを抽出するためには、リスクマップを活用し確認することが有効であった。
- ・リスクマップや現場写真を用いて、事前検討会の場で注意エリアや重要設備を具体的に示すことは、全作業員に視覚的に注意ができるため効果的である。
- ・物理的防護を実施する際は、取付・取外し時に誤接触させ、重要設備を停止させるリスクがあることから、事前に停止を検討する必要がある。

### ● まとめ

作業に伴う設備安全確保のための業務プロセスで挙げられている問題点（弱点）について点検を実施した結果、適切な対応が為され、設備安全上のリスクが低減していることを確認した。

今後、設備安全確保のための業務プロセスへの改善策を反映し、的確に実施することで、同様な事象が発生しないよう努めていく。

# 2号機 CS系のPE管化工事に伴う 燃料デブリ冷却状態への影響について

2018年2月1日

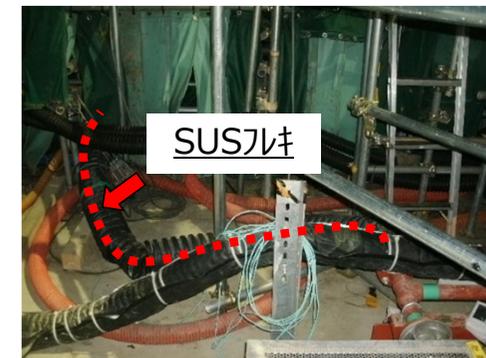
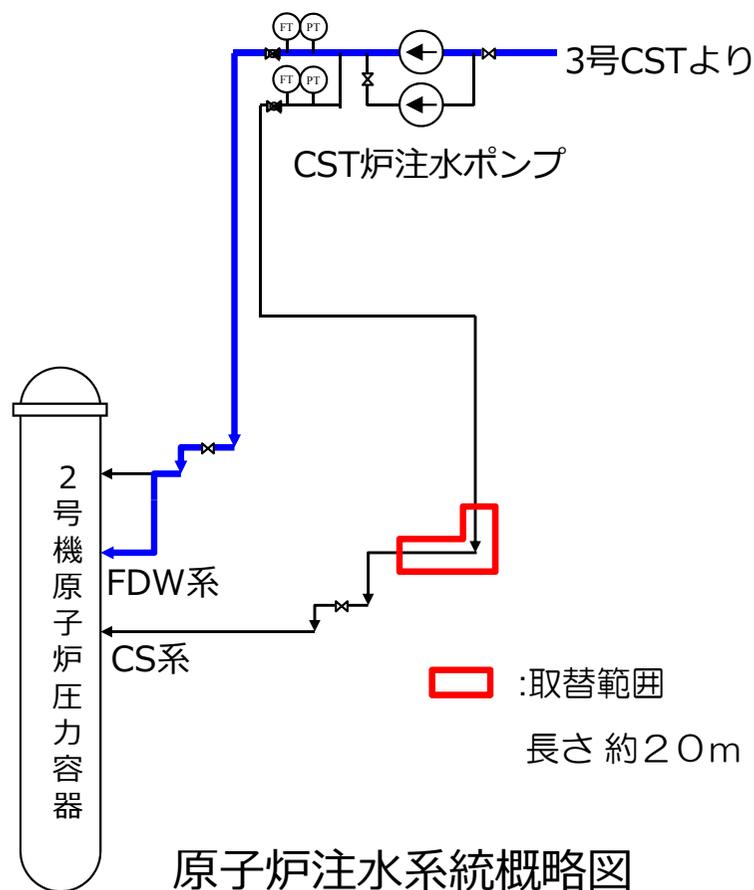
---

**TEPCO**

東京電力ホールディングス株式会社

# 1. 概要

- 2号機 原子炉注水設備の炉心スプレイ系（CS系）ラインについて、信頼性向上の観点から、SUSフレキシブルチューブをポリエチレン管（PE管）に取り替える工事を実施した。
- 工事中、12/18～12/25の期間はFDW系単独での運転となったが、8/22～8/29においてFDW系による単独注水試験を実施しており、当該運転状態でも燃料デブリの冷却状態に問題がみられないことは事前に確認済みである。
- 本資料では、本番工事に伴う燃料デブリの冷却状態への影響等について報告する。



取替前のフレキシブルチューブ



新規PE管施工後

## 2. 2号機における燃料デブリ冷却状態への影響

### ■ 操作実績

#### <CS系単独注水への切り替え>

- ・ 操作日 : 平成29年12月18日(月)
- ・ FDW系 : 1.5 → 3.0 [m<sup>3</sup>/h]
- ・ CS系 : 1.5 → 0.0 [m<sup>3</sup>/h]
- ・ 総流量 : 3.0 → 3.0 [m<sup>3</sup>/h]

#### <FDW系およびCS系による注水への切り替え>

- ・ 操作日 : 平成29年12月25日(月)
- ・ FDW系 : 0.0 → 1.5 [m<sup>3</sup>/h]
- ・ CS系 : 3.0 → 1.5 [m<sup>3</sup>/h]
- ・ 総流量 : 3.0 → 3.0 [m<sup>3</sup>/h]

### ■ 燃料デブリ冷却状態への影響

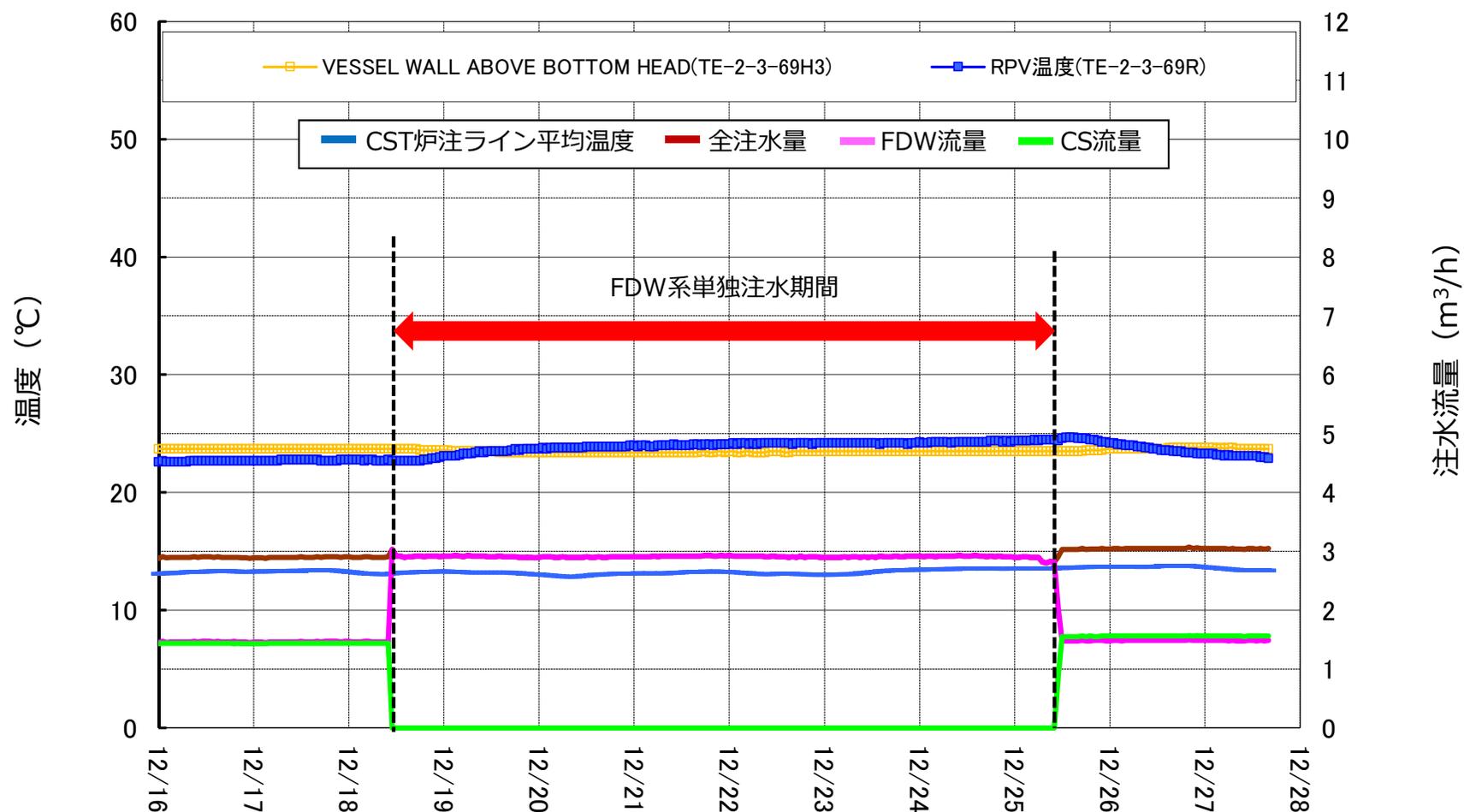
監視パラメータとしていた原子炉圧力容器底部温度、格納容器温度、格納容器ガス管理設備ダストモニタのいずれの指示値にも「FDW系単独注水に切り替えたこと」「PE管化したCS系を運用したこと」に伴う有意な変化はなく、原子炉の冷却状態に異常がないことを確認した。

### 3. 2号機 監視パラメータの推移 (1/3)

#### ■ 監視パラメータ

※ FDW単独注水期間中10℃以上の温度上昇がみられた場合、FDW系注水量の増加を実施

監視パラメータ	判断基準
原子炉圧力容器底部温度	65℃以下および試験前からの温度上昇が10℃※未滿
原子炉への注水量	必要な注水量が確保されていること

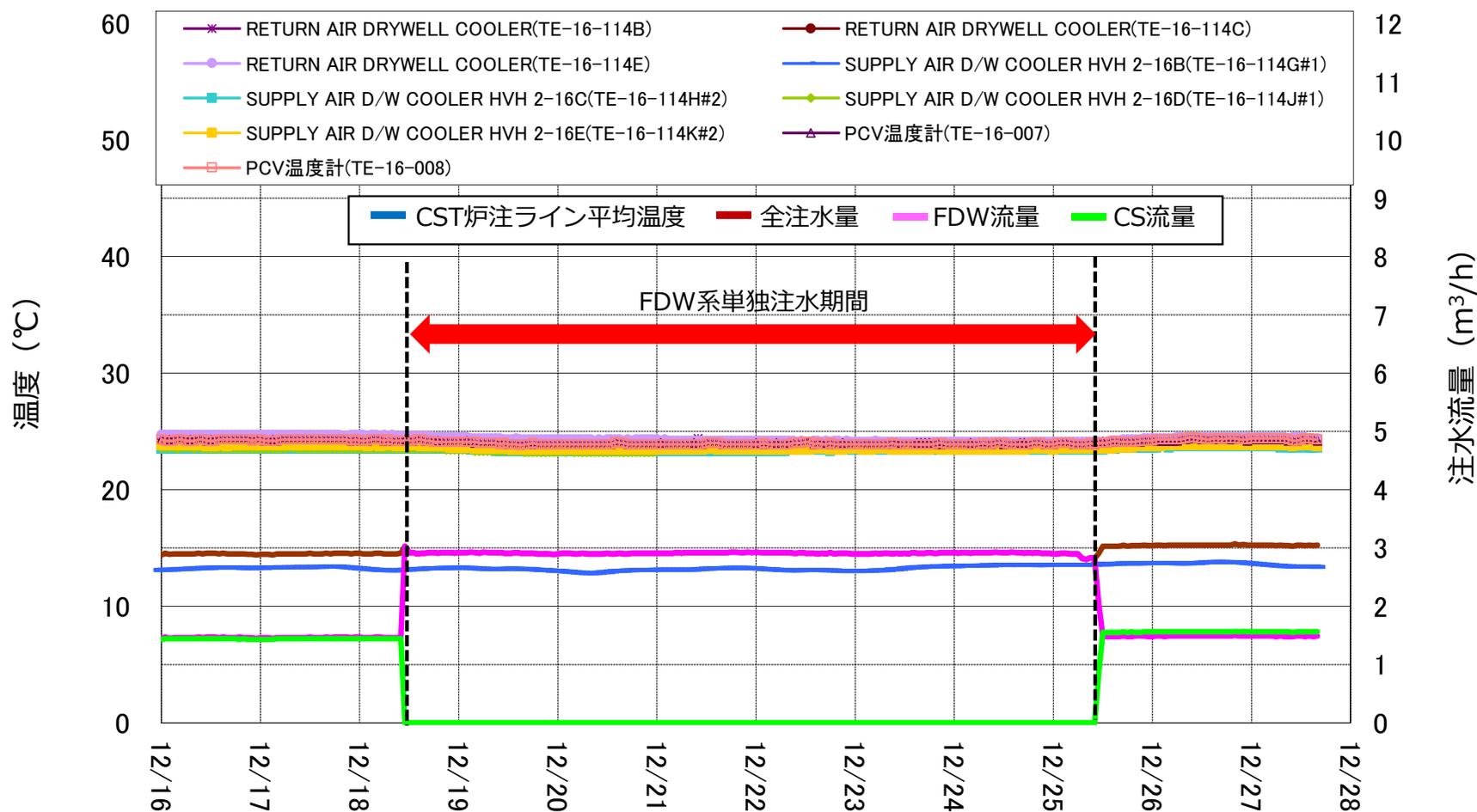


### 3. 2号機 監視パラメータの推移 (2/3)

#### ■ 監視パラメータ

※ FDW単独注水期間中10℃以上の温度上昇がみられた場合、FDW系注水量の増加を実施

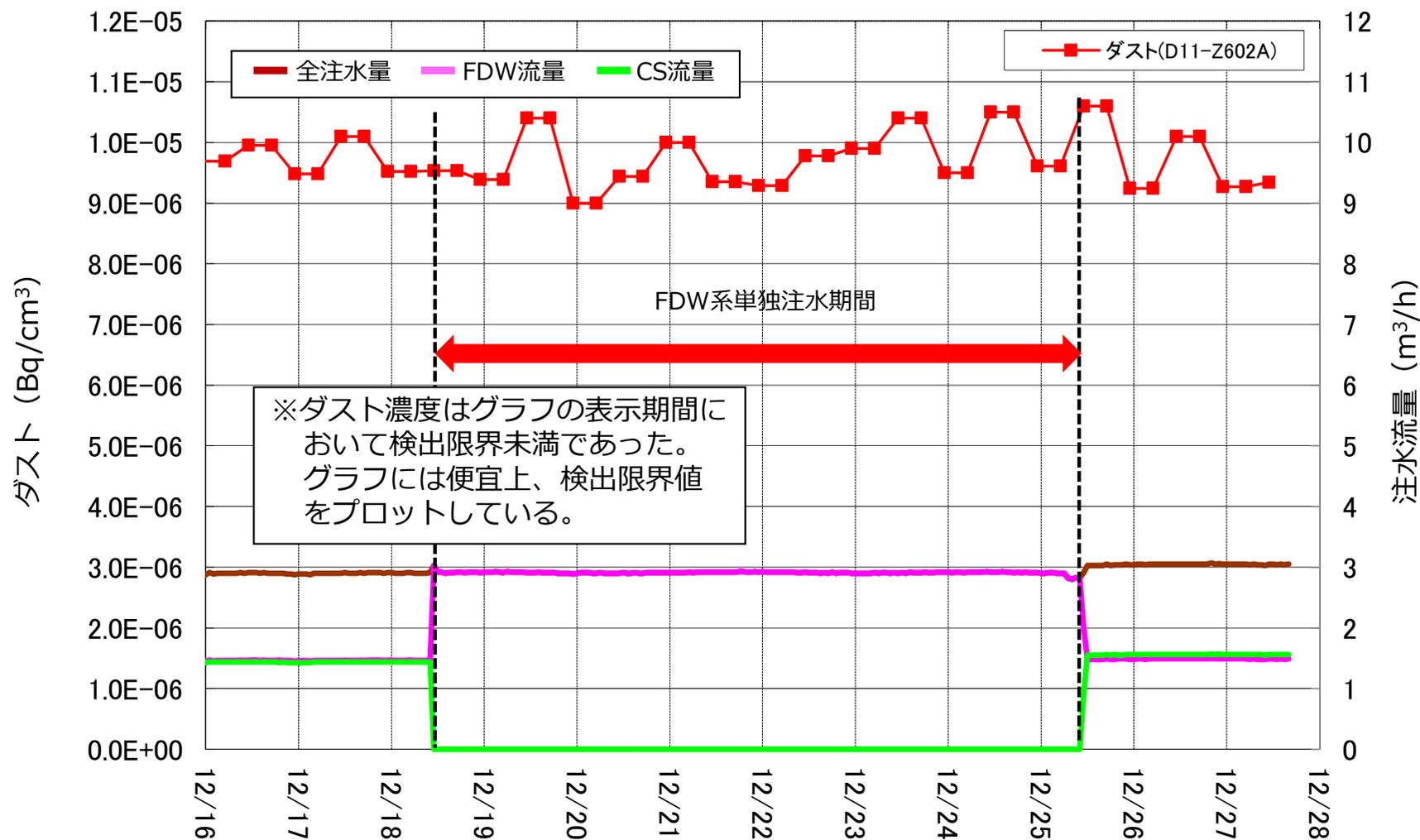
監視パラメータ	判断基準
格納容器内温度	65℃以下および試験前からの温度上昇が10℃※未満
原子炉への注水量	必要な注水量が確保されていること



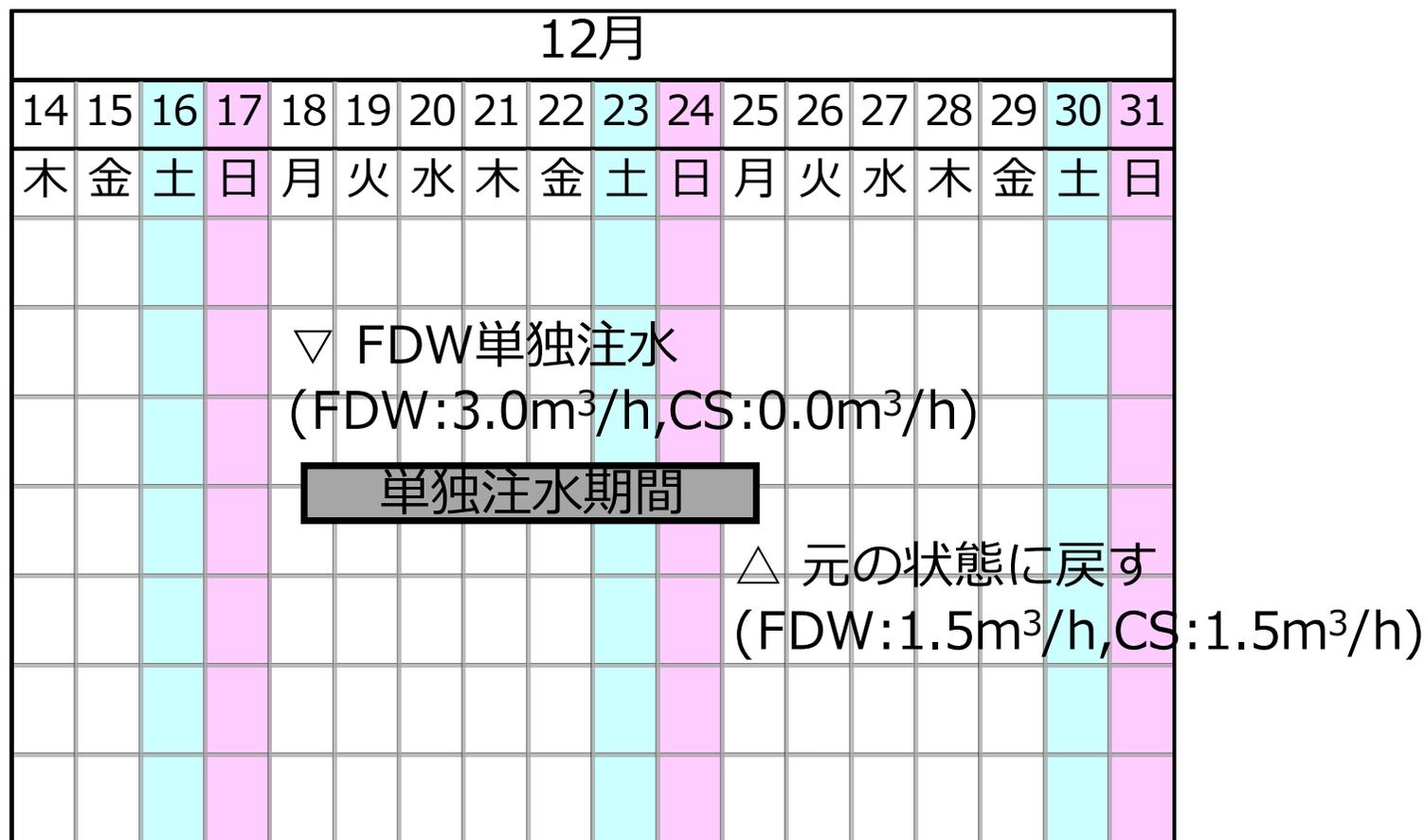
### 3. 2号機 監視パラメータの推移 (3/3)

#### ■ 監視パラメータ

監視パラメータ	判断基準
格納容器ガス管理設備ダストモニタ	有意な上昇が継続しないこと

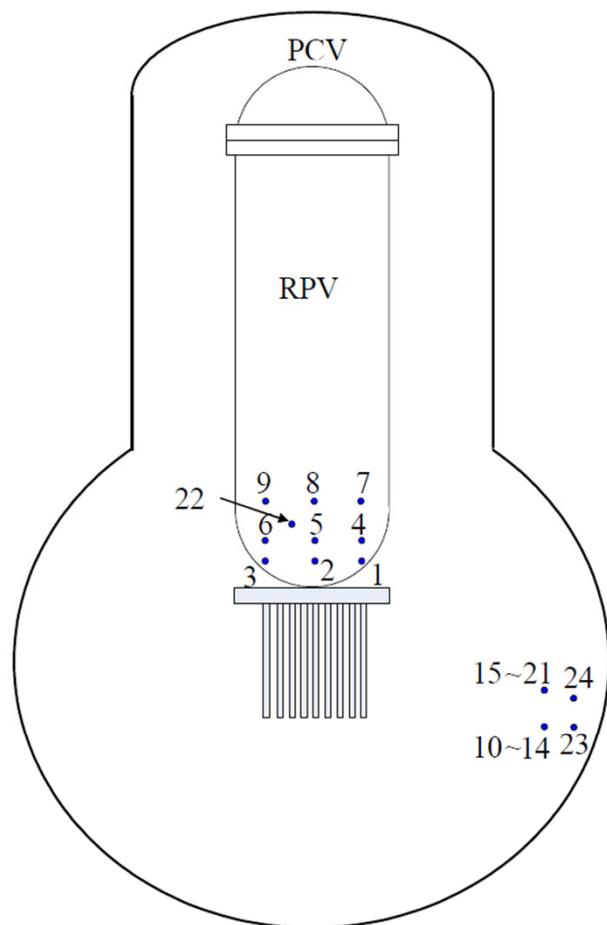


# 4. スケジュール (FDW単独注水期間)



※元の状態に戻した後の1日間は、監視パラメータの監視を強化。

# 5. 温度測定点 (2号機)



(\*)平成 28 年 1 月 27 日現在

No	計器名	保安規定の監視対象計器(*)
1	vessel bottom head (TE-2-3-69L1)	—
2	vessel bottom head (TE-2-3-69L2)	—
3	vessel bottom head (TE-2-3-69L3)	—
4	vessel bottom above skirt jct (TE-2-3-69F1)	—
5	vessel bottom above skirt jct (TE-2-3-69F2)	—
6	vessel bottom above skirt jct (TE-2-3-69F3)	—
7	vessel wall above bottom head (TE-2-3-69H1)	—
8	vessel wall above bottom head (TE-2-3-69H2)	—
9	vessel wall above bottom head (TE-2-3-69H3)	○
10	return air drywell cooler (TE-16-114A)	—
11	return air drywell cooler (TE-16-114B)	○
12	return air drywell cooler (TE-16-114C)	○
13	return air drywell cooler (TE-16-114D)	—
14	return air drywell cooler (TE-16-114E)	○
15	supply air D/W cooler(TE-16-114F#1)	—
16	supply air D/W cooler(TE-16-114G#1)	○
17	supply air D/W cooler(TE-16-114H#2)	○
18	supply air D/W cooler(TE-16-114J#1)	○
19	supply air D/W cooler(TE-16-114K#2)	○
20	PCV 温度(TE-16-114W#1)	撤去済
21	PCV 温度(TE-16-114W#2)	撤去済
22	RPV 温度(TE-2-3-69R)	○
23	PCV 温度(TE-16-007)	○
24	PCV 温度(TE-16-008)	○