

循環注水冷却スケジュール

区分	種別	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		
			22	1	8	15	22	29	5	12	19	26	1	8	15	22	29	5	12				
循環注水冷却	循環注水冷却	(実績) ・【共通】循環注水冷却中(継続) ・【2号】CST原子炉注水設備計装品点検(2/17、3/2) ・【3号】CST原子炉注水設備計装品点検(2/18、2/27) ・【1号】建屋内滞留水排水設備設置工事に伴う所内共通分電盤3D停止(2/24)	<p>【1、2、3号】循環注水冷却(滞留水の再利用)</p> <p>【2、3号】CST原子炉注水設備計装品点検</p> <p>【1号】建屋内滞留水排水設備設置工事に伴う所内共通分電盤3D停止</p> <p>原子炉・格納容器内の腐蝕熱評価、温度、水素濃度に応じて、また、作業等に必要となる条件に合わせて、原子炉注水流量の調整を実施</p> <p>略語の意味 CS：炉心スプレイ系 FDW：給水系 CST：復水貯蔵タンク RPV：原子炉圧力容器 PCV：原子炉格納容器 TIP：移動式炉心内計測装置 JPSSL：ジェットポンプ計装配管</p>																				・CST原子炉注水設備計装品点検に伴い、電源アイソレによる待機号機の不得機となる。 ・所内共通分電盤3D停止に伴い、1・2号機CST炉注ポンプ電源アイソレによる待機号機の不得機となる。
	循環ループ縮小	(実績) ・循環ループ縮小工事に関する設備の検討・設計・機器手配 ・準備工事 ・設置工事等(2/23~)	<p>検討・設計・機器手配</p> <p>準備工事</p> <p>設置工事等</p> <p>設置工事は既設設備に影響を及ぼさない範囲で搬入・据付を開始。また、準備工事は設置工事等開始以降も並行して実施</p>																				・建屋内PCV電源設備の設置に係る実施計画変更認可申請(H26.7/28) ・H27年度上期を目標に運用開始予定
	1号機緊急用原子炉注水点の設置	(実績) ・機器手配	<p>機器手配</p>																				
	2号機RPV底部温度計修理	(実績) ・【2号】RPV底部温度計の交換 -温度検出器引抜(モックアップ試験の検討・実施) -温度計挿入モックアップ(2/23~3/6) -温度計設置(3/13)(完了)	<p>挿入工法検討(材料選定)・現地作業準備・習熟訓練</p> <p>習熟訓練</p> <p>温度計挿入(含準備)</p> <p>実績反映</p>																				・3/13設置完了
	海水腐食及び塩分除去対策	(実績) ・CST室素注入による注水溶存酸素低減(継続) ・ヒドラジン注入開始(H25.8/29~)	<p>CST室素注入による注水溶存酸素低減</p> <p>ヒドラジン注入開始</p>																				
原子炉格納容器関連	室素充填	(実績) ・【1号】サブレーションチャンバへの室素封入 -連続室素封入へ移行(H25.9/9~)(継続) ・【共通】非常用室素ガス分離装置本格点検(2/17~3/2) (予定) ・【1号】ジェットポンプ計装ラックからの室素封入ライン追設(4月：時期調整中)	<p>【1、2、3号】原子炉格納容器 室素封入中</p> <p>【1、2、3号】原子炉圧力容器 室素封入中</p> <p>【1号】サブレーションチャンバへの室素封入</p> <p>【共通】非常用室素ガス分離装置本格点検</p> <p>【1号】ジェットポンプ計装ラックからの室素封入ライン追設</p> <p>準備作業</p> <p>本工事</p> <p>実施時期調整中</p>																				●非常用室素ガス分離装置本格点検 ・青旗作業(計画的な運転上の制限への移行)として実施予定(2/17~3/2) ・非常用室素ガス分離装置分電盤点検(H27年度へ移行) ・1号機ジェットポンプ計装ラックからの室素封入ライン追設に伴う実施計画変更認可申請(H27.1/16)
	PCVガス管理	(実績) ・【共通】PCVガス管理システム運転中(継続) ・【1号】建屋内滞留水排水設備設置工事に伴う所内共通分電盤3D停止(2/24)	<p>【1、2、3号】継続運転中</p> <p>【1号】建屋内滞留水排水設備設置工事に伴う所内共通分電盤3D停止</p>																				・2号機PCVガス管理設備の配管撤付・機器ユニット撤去が実施に伴う実施計画変更認可申請(H26.7/31) ・所内共通分電盤3D停止に伴い、1・2号機PCVガス管理システム電源アイソレによる待機号機の不得機となる。

循環注水冷却スケジュール

格納容器 設備	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	
			1	8	15	22	29	5	12	19	26	1	8	15	22			
格納容器設備関連	PCV内部調査	(実績) ・【3号】PCV内部調査・常設監視計器設置 - PCV内部調査の実施方針検討(継続)	検討・設計・現場作業	【3号】PCV内部調査・常設監視計器設置 実施方針検討 調査装置設計・製作														・H27.10CX-53ヘネよりPCV内部調査を予定する。 ・3号機PCV内部調査に係る実施計画変更届可申請(H27.9/11)
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) ・【2、3、4号】 - SFP循環冷却設備電動弁他作動確認(系統全停) 4号:2/24、3号:2/25、2号:2/26 ・【3号】 - 燃料プール内ガレキ撤去作業(系統全停)(2/25、3/3) (予定) ・【3号】 - 燃料プール内ガレキ撤去作業(系統全停)(H26.4/23~未定) ※作業期間中、定期的に冷却系統を運転 4月上旬(実施時期調整中) ※操作巻戻し事象によりH26.8/29から中断していたが、 H26.12/17より作業再開	現場作業	【1、2、3、4号】循環冷却中 【3号】燃料プール内ガレキ撤去作業(系統全停) 【2~4号】SFP循環冷却設備電動弁他作動確認														・作業期間中においては、定期的に冷却系統を運転しプール温度の低下をはかる。ガレキ撤去作業の進捗ならびに使用済燃料プール温度により系統全停期間は適宜見直す。 ・SFP浄化設備に係る実施計画変更届可申請(H26.9/31)
	使用済燃料プールへの注水冷却		現場作業	【1、2、3、4号】蒸発量に応じて、内部注水を実施 【1、3、4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と塩分除去)	(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														

# 2号RPV底部温度計の 挿入作業結果について

2015年3月26日  
東京電力株式会社



東京電力

---

# 1. 設備概要と作業内容

## ■設備概要

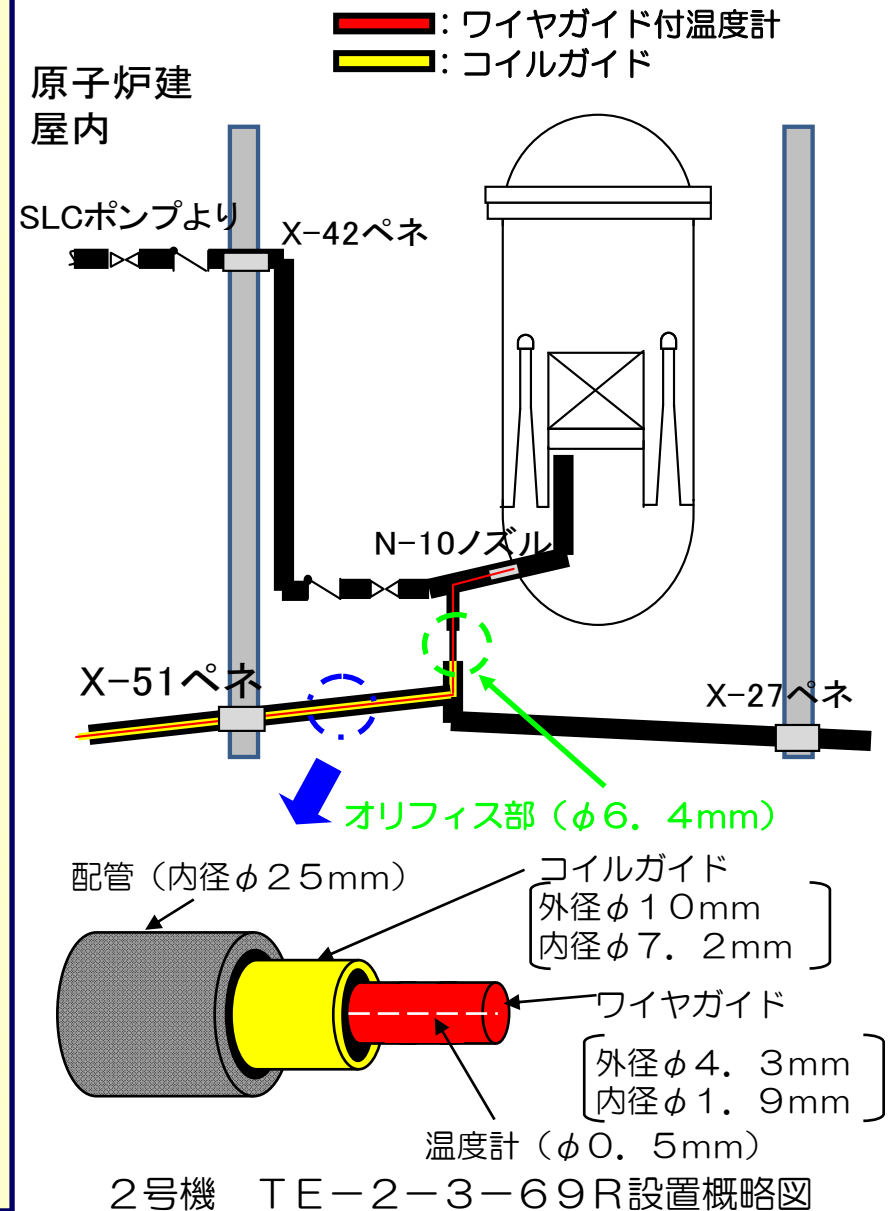
- 既設SLC計装配管を利用して、X-51<sup>レ</sup>側からX-27<sup>レ</sup>側へ繋がるT分岐後のオリフィス部までコイルガイドを挿入し、以降ワイヤガイド(温度計付き)をN-10ノズル付近まで挿入されている。

## ■事象の経緯

- 当該温度計は、H26.2.19点検時の誤電圧印加により破損と判断。
- 温度計交換のためH26.4.17に引き抜きを実施したが引き抜けず。発錆等による引き抜き抵抗増加が原因であると推定された。
- モックアップ配管を製作して発錆試験を行い、引き抜き抵抗増加の再現および緩和対策検討を実施。ワイヤガイド発錆が原因と推定された。
- 錆除去剤の使用可否(水素発生量評価)を含む引き抜き力緩和対策を検討した結果、水素発生量の少ない錆除去剤を用いて引き抜き力緩和効果が得られることをフルスケールモックアップにて確認。
- H27.1.14より錆除去剤注入を行い、H27.1.19に故障温度計の引き抜きを完了。

## ■作業内容／結果

- H27.3.13、同配管に新規コイルガイド／ワイヤガイド(温度計付き)を挿入し、**問題なく設置できた。**



## 2. 温度計再挿入作業結果

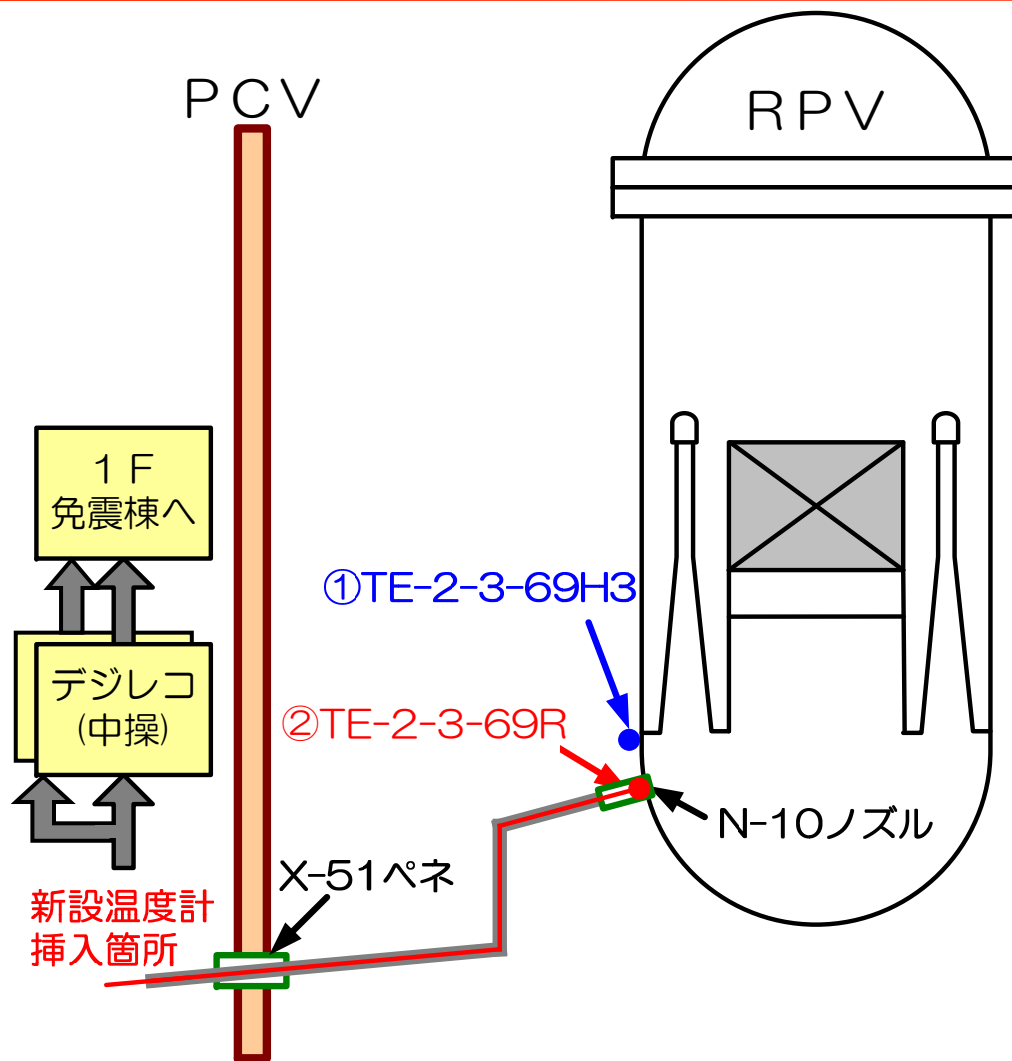


表1. 既設温度計と新設温度計の指示値

①TE-2-3-69H3 (RPV底部ヘッド 上部温度計)	②TE-2-3-69R (新設温度計)
20.9℃	20.2℃

3/13 14:00現在

表2. 新設温度計の直流抵抗値

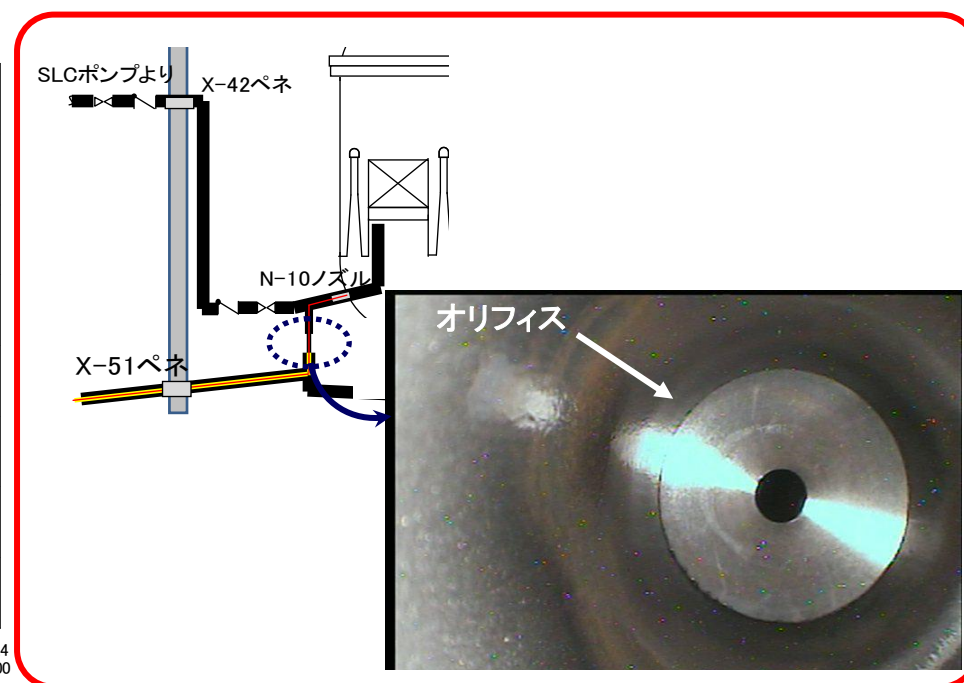
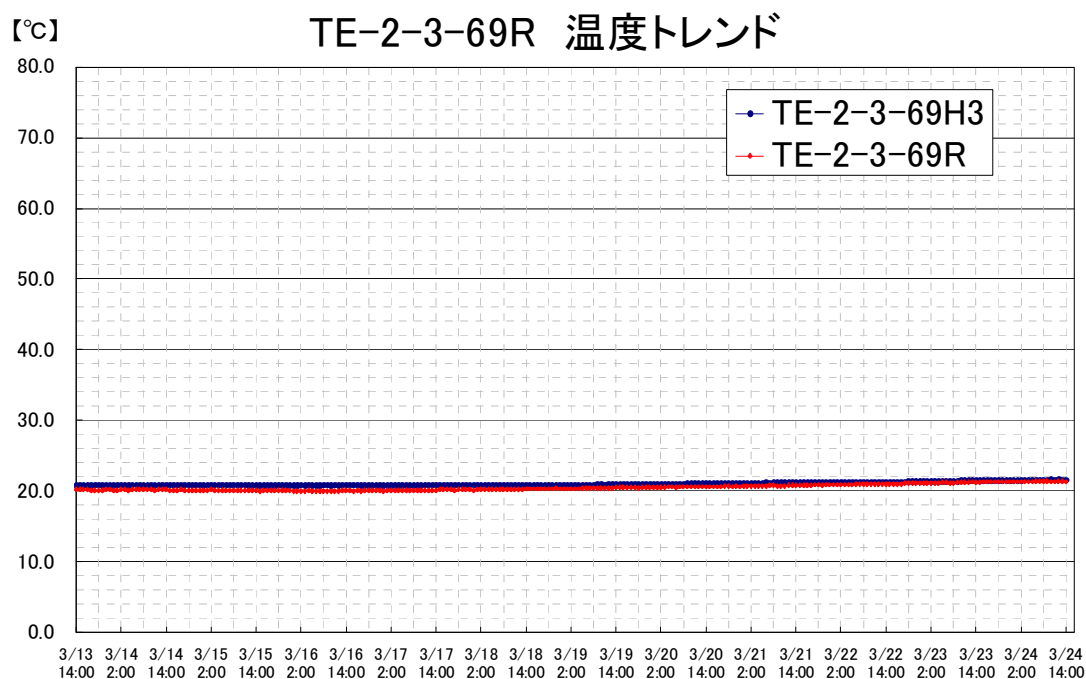
計器名称	挿入前	挿入後
新設温度計	1,600Ω	1,602Ω

【実績線量 (3.12 / 3.13)】

- 協力企業 最大線量：1.25 / 0.78mSv (計画線量：3.0mSv/日)
- 東電 最大線量：0.68 / 0.54mSv (計画線量：2.4mSv/日)

### 3. 今後の新設温度計評価について

- 設置後1ヶ月を目安に、既設のRPV底部温度計の指示値との相関、原子炉への注水状況や外気温変動等の状況に応じた挙動を示しているかの確認を実施。
- 冷却状態の監視に使用できると判断される場合、実施計画Ⅲ章18条の冷温停止状態監視温度計に選定（及び24条の臨界監視温度計に選定）する予定。



【参考①】温度トレンド(評価中)

【参考②】内視鏡画像  
(コイルガイドオリフィス到達確認時)

## 参考資料【検討結果その1】モックアップ結果から得られた推定原因

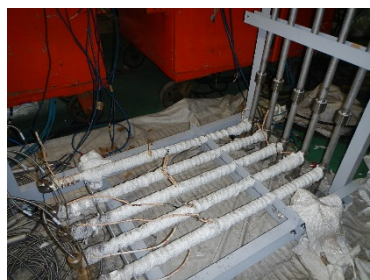
### ■モックアップ試験体の製作結果

- ・試験体A(試験片)及び試験体B(一部配管を模擬したモックアップ試験体)にて発錆させたところ、錆の発生は確認されたが固着(引抜不可事象)は再現されなかった
  - ⇒給水・加熱の発錆加速を繰り返し実施したが、再現できず
  - ⇒一方で、試験体Bを発錆させることにより引抜力の増加は確認されたため、1/1スケールのモックアップ試験体にて引抜不可事象再現を試みた結果、200Nで引き抜けない状況の再現ができた



試験体A発錆の状態

再現せず



試験体B発錆試験状況

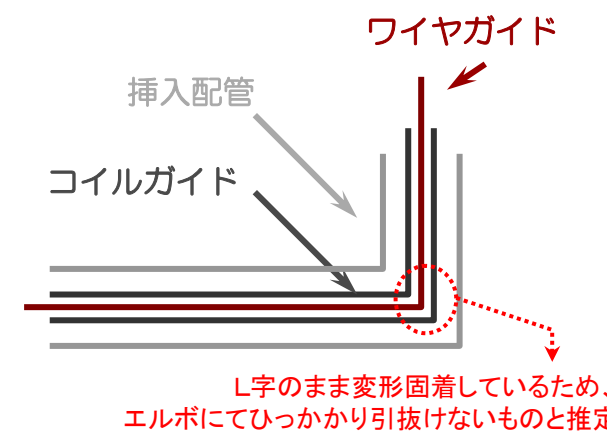


再現

1/1フルモックアップ試験体発錆試験状況

### ■モックアップ試験にて得られた知見

- ・錆びたワイヤガイドがL字のまま変形固着していることにより、エルボ部でひっかかり引き抜くことができないものと推定
  - ⇒実機では発錆による固着、または錆による摩擦増加も併発している可能性は否定できないが、いずれのモードでも、「錆除去」により解消され、引抜可となるものと推定された

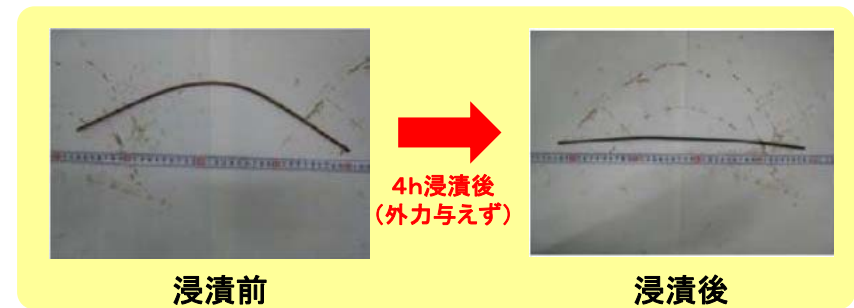


# 参考資料【検討結果その2】モックアップ結果から得られた適用工法について

## ■引抜き緩和工法の適用検討および効果の確認結果

### (1) 要素試験

- ・種々錆除去剤を浸漬した結果、水素がほぼ発生しない  
**錆除去剤が確認された**
- ・発錆し、変形固着したワイヤガイドを錆除去剤に浸漬させることで、外力を与えず変形が解消することを確認した



### (2) 錆除去剤浸漬による引抜き緩和効果の確認結果

モックアップ試験体に**中性錆除去剤を浸漬**させ、引抜き緩和効果を確認した結果、以下を確認した

- ・150Nで引抜き出来ない状態  
⇒ 24h浸漬後、100N以下で引抜可
- ・**200Nで引抜き出来ない状態**  
⇒ **24h×2回浸漬後、100N以下で引抜できた**

#### ●知見①

錆除去剤への浸漬時間をかければより錆除去効果を得られる可能性が高い  
(内視鏡による目視確認結果からも上記可能性が高い)

#### ●知見②

錆除去剤のドレン色について、錆除去効果が確認された場合変色しており、程度に差異があることを確認





# 福島第一原子力発電所 1号機の PCV温度上昇について

平成27年3月26日  
東京電力株式会社



東京電力

---

# 経緯と目的

- 平成26年12月18日から25日にかけて、一部のPCV温度計(HVH温度計：TE-1625H,J,K)指示値について、緩やかな温度上昇を確認。
- 当該事象は、大気圧の上昇に合わせて発生。
- 過去にも同様の事象が確認されており、大気圧の上昇するタイミングで発生しやすいことが分かっている。
- 過去の分析結果に最新のデータを含め、これまでの分析結果を取り纏め報告。

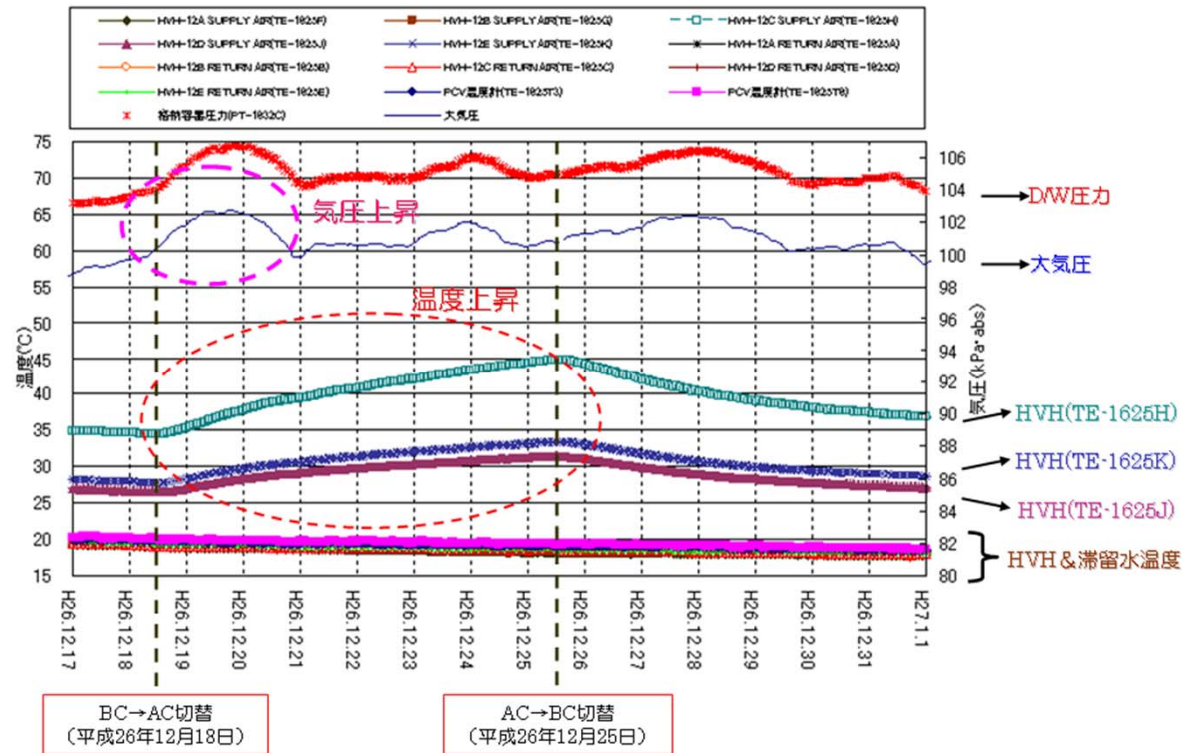


図 HVH温度および大気圧の推移

# 大気圧とHVH温度の比較

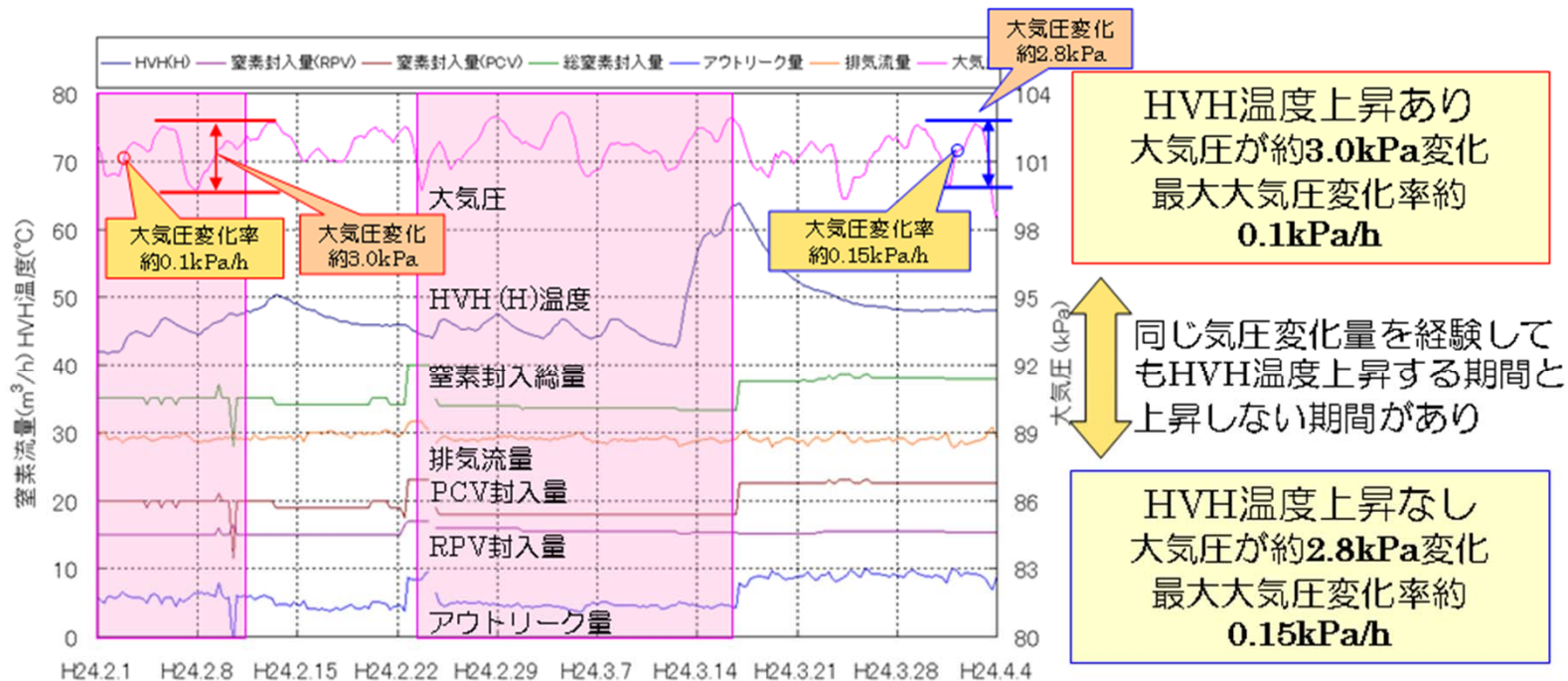


図 窒素封入量、排気流量、HVH温度および大気圧の推移      : HVH温度上昇と大気圧上昇が連動した期間

- 大気圧上昇に伴いHVH温度上昇する期間が存在。
  - 一方で、同程度の気圧上昇時にHVH温度上昇しない期間が存在。
- 大気圧上昇を伴わず温度上昇するケースは限定的（S/C窒素封入時、窒素供給停止時、その他）。
- 大気圧の上昇に伴うHVH温度の上昇は、窒素封入量又は排気流量の変更後に発生。  
→ 大気圧の上昇時に着目し、窒素封入量・排気流量・HVH温度変化の関係を整理。

# 窒素封入量とHVH温度上昇の比較

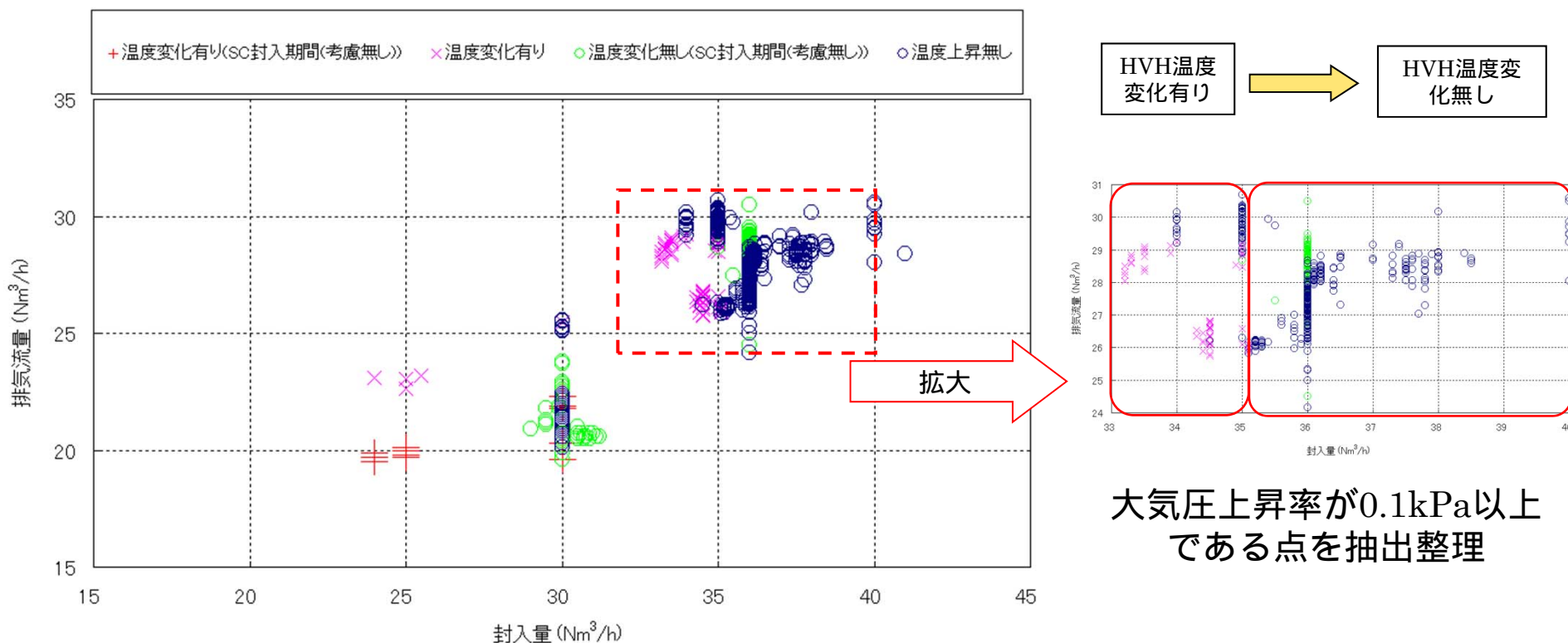


図 HVH温度変化時および無変化時の窒素封入量および排気流量

■ 窒素封入量 $36\text{Nm}^3/\text{h}$ 以上とすることで，HVH温度上昇は発生しないと評価。

- 窒素封入量 $36\text{Nm}^3/\text{h}$ 以上では，大気圧の上昇により，HVH温度が上昇した実績はなし。
- 窒素封入量 $35.1\text{Nm}^3/\text{h}$ 以下では，排気流量 $30\text{Nm}^3/\text{h}$ 未満でHVH温度上昇傾向あり。(排気流量は $30\text{Nm}^3/\text{h}$ 未満の領域)

# 窒素封入量とHVH温度上昇の比較(S/C窒素封入量考慮)

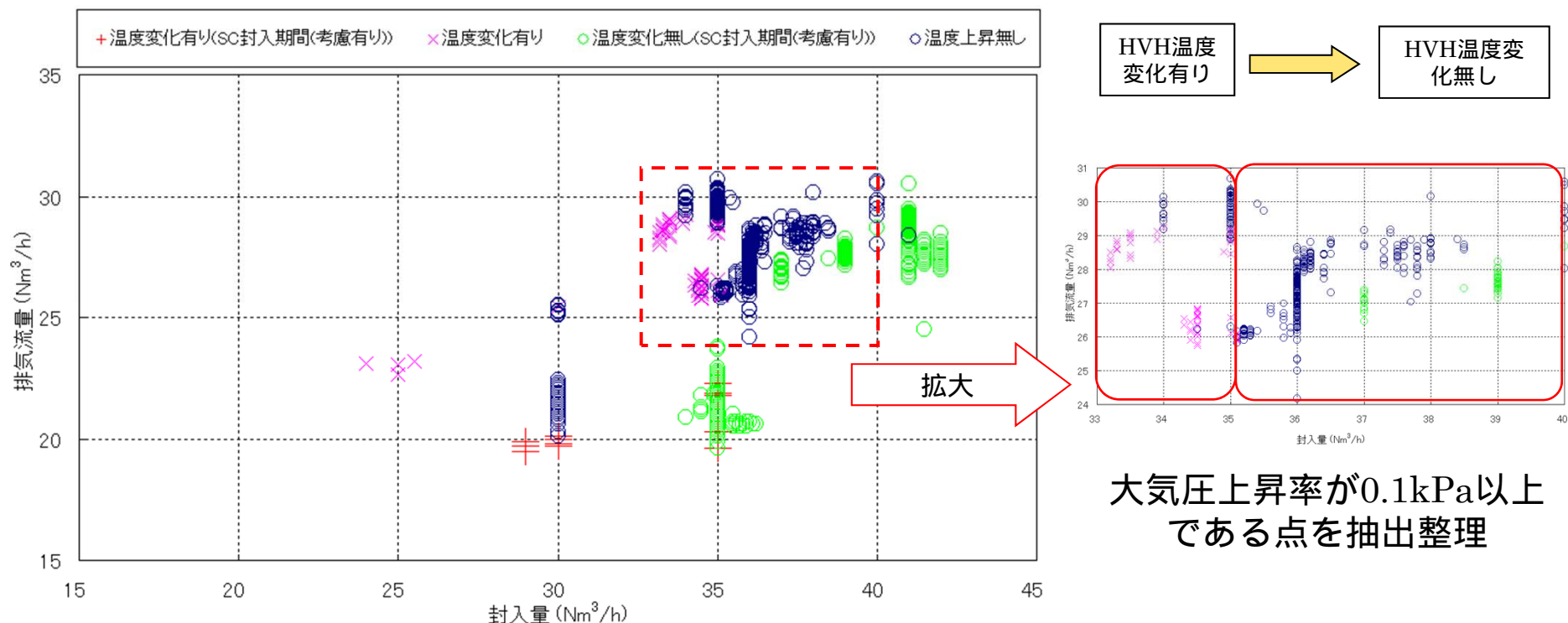
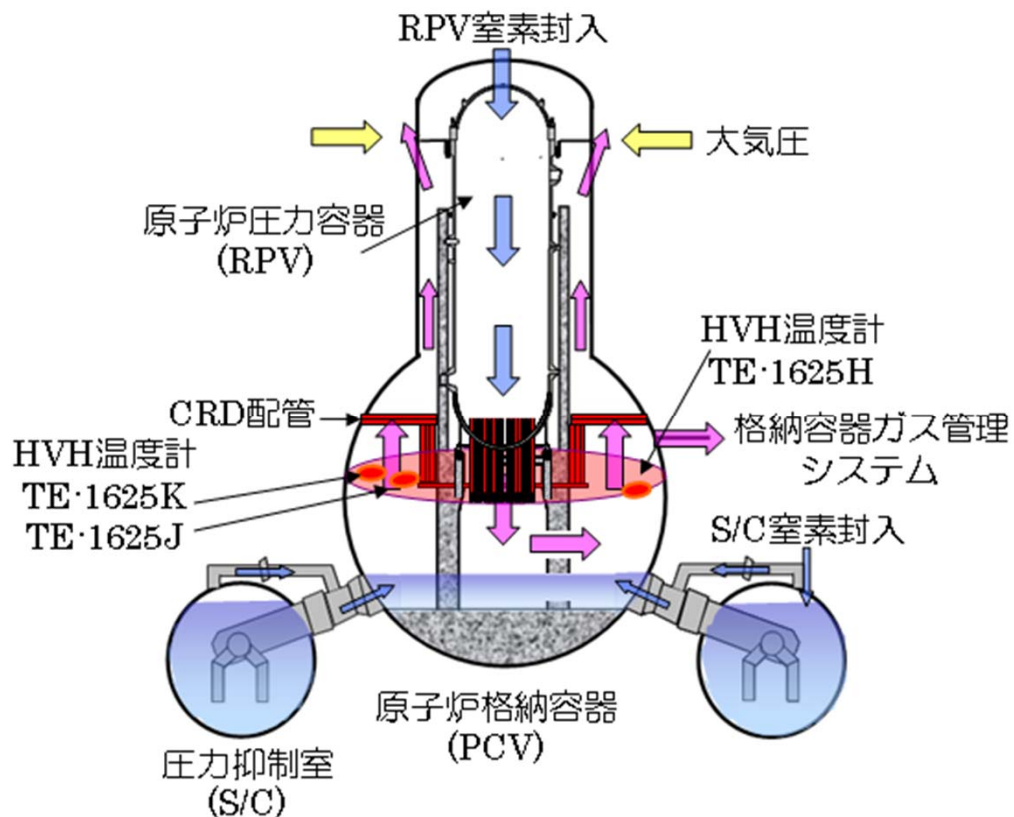


図 HVH温度変化時および無変化時の窒素封入量および排気流量

■ S/Cへ窒素を封入した期間でも、窒素封入量を $36\text{Nm}^3/\text{h}$ 以上とすることでHVH温度上昇がなくなると評価。

- 実績よりS/Cへ窒素を封入した期間においても、窒素封入量を $36\text{Nm}^3/\text{h}$ 以上とすると、大気圧が上昇しても、HVH温度は上昇していない。

# HVH温度計指示値変動メカニズムについて



- ペDESTAL内のCRD配管近傍に熱源が存在し、熱伝達、熱伝導によりCRD配管周辺が加熱と推定。
- 大気圧の上昇時にPCVからのアウトリークが減少することから、ペDESTAL外のCRD配管周辺の流れが滞りHVH温度計指示値が上昇すると推定。
- ペDESTAL外のCRD配管周辺の流れが増加・安定すると、温度が高い領域が小さくなり、HVH温度計の指示値が安定すると推定。

# まとめ

---

- これまでの分析から、PCV内のHVH温度を安定させるためには、窒素封入量を $36\text{Nm}^3/\text{h}$ 以上とすることが必要と評価。
  - ジェットポンプ計装ラックラインを用いたRPVへの窒素封入整備が終了した段階で試験を今後検討。
    - ◆現状、RPVへの窒素封入量は最大値の $30\text{Nm}^3/\text{h}$ 。
  - 排気流量を増加させることによっても、炉内のガスの流れが増加・安定すると推定。
- 引き続き、窒素ガス分離装置(PSA)の切換時には、監視を行いデータを蓄積していく。

# 【参考】大気圧とHVH温度の関係

## ■大気圧の上昇とHVH温度の上昇が連動した期間を以下の条件で抽出

●6時間当たりのHVH温度上昇率が0.5 以上かつ大気圧上昇率が0.1kPa以上である期間が集中している期間

- ◆ H23 12/26 ~ H23 12/27
- ◆ H24 2/2 ~ H24 2/12
- ◆ H24 2/24 ~ H24 3/16
- ◆ H24 8/14 ~ H24 8/23
- ◆ H24 9/24 ~ H24 10/21
- ◆ H25 10/9 ~ H25 10/16
- ◆ H26 12/18 ~ H26 12/19

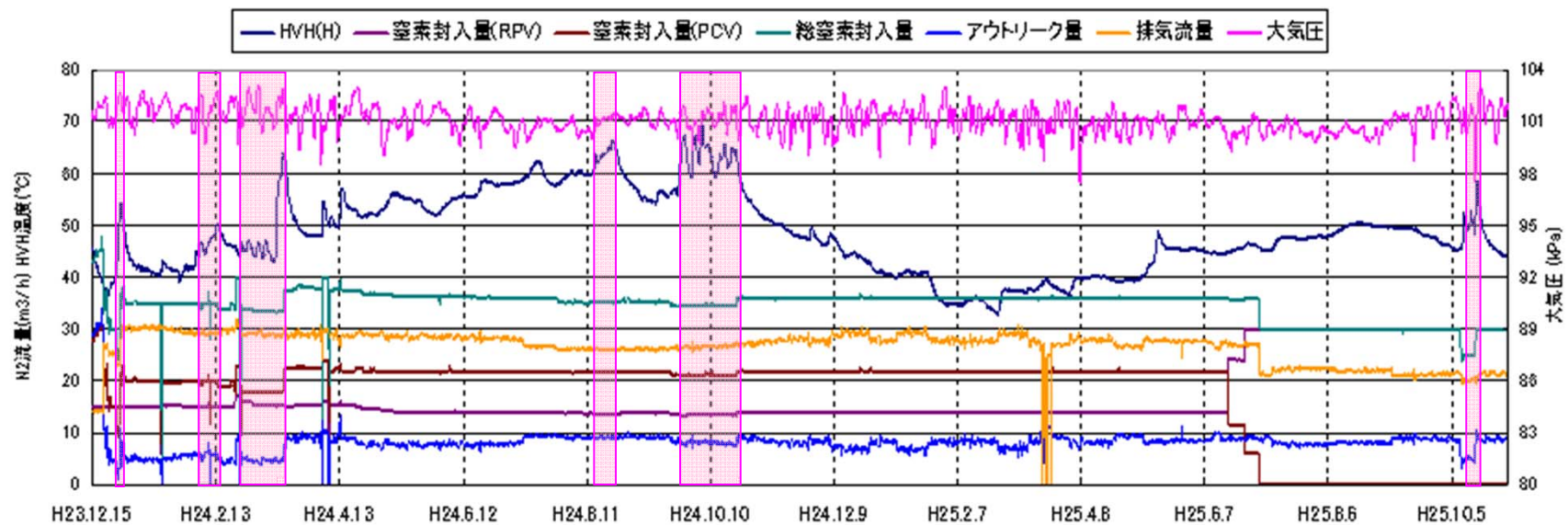


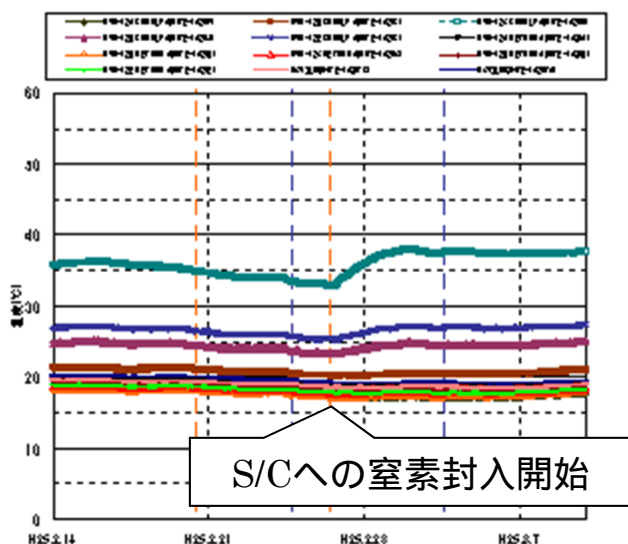
図 窒素封入量、排気流量、HVH温度および大気圧の推移  HVH温度の上昇と大気圧の上昇が連動した期間



# 【参考】窒素封入ライン変更前後のHVH温度の動き

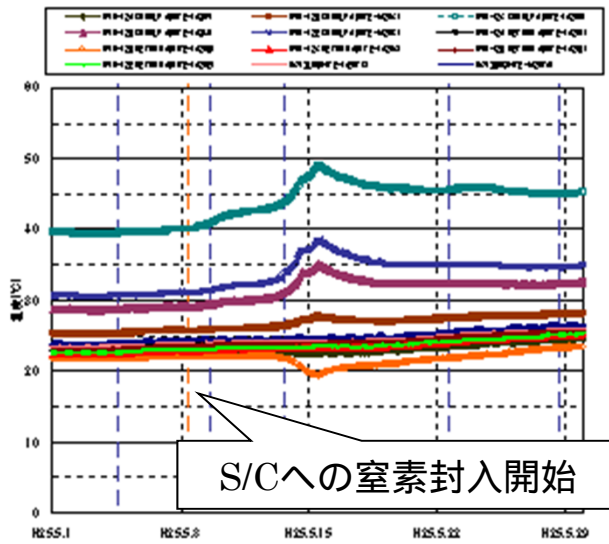
RPVへの窒素封入に一本化したことでHVH温度計周辺のガスの流れが安定・増加し、炉内の温度の高い領域が小さくなったと推定。

## PCVとRPVの2ラインからの窒素封入中



S/Cへの窒素封入開始

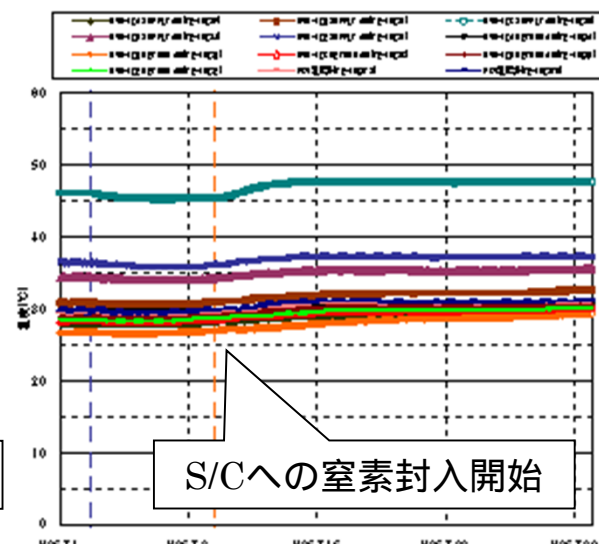
平成25年2月26日のS/C窒素封入時、一部のHVH温度は最大5 上昇した



S/Cへの窒素封入開始

平成25年5月8日のS/C窒素封入時、一部のHVH温度は最大8.7 上昇した

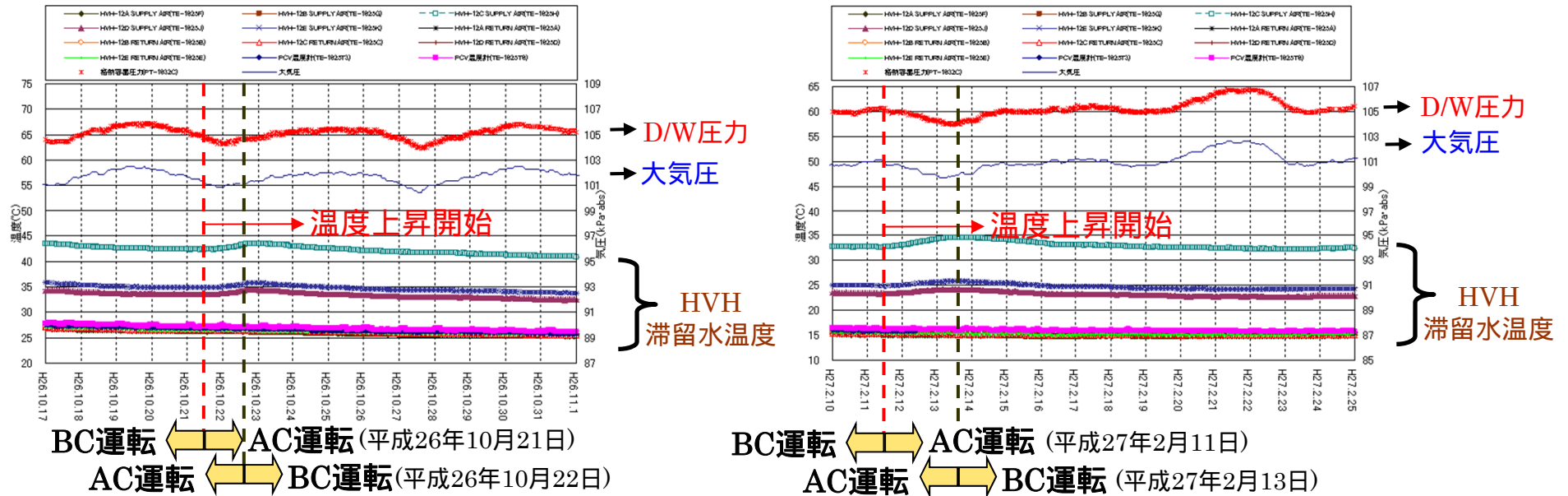
## RPVへの窒素封入一本化後



S/Cへの窒素封入開始

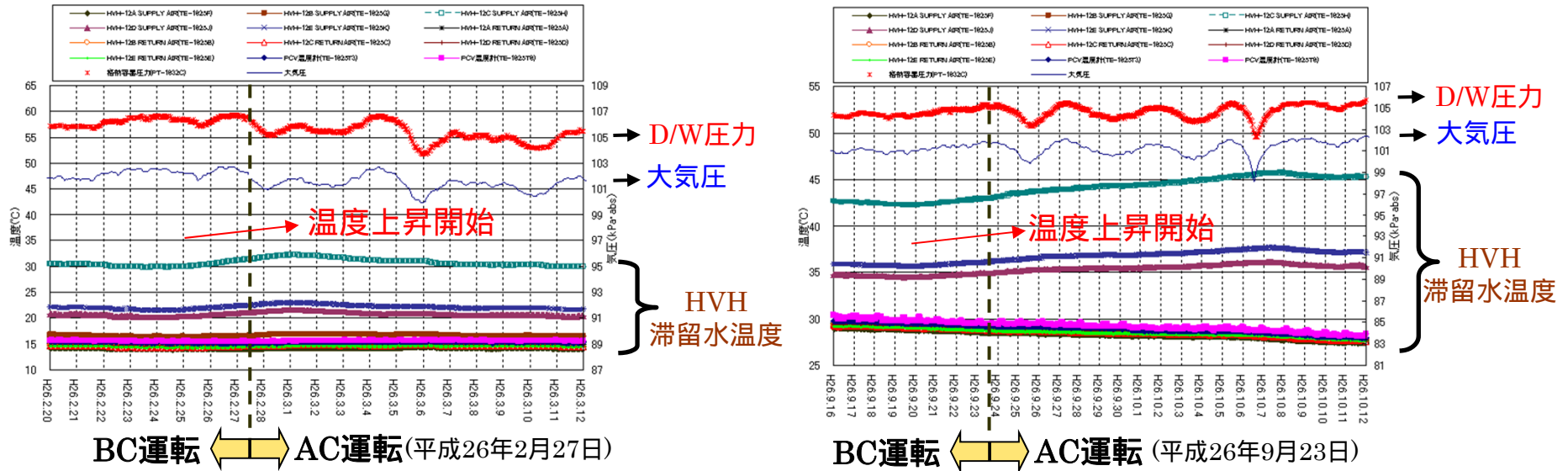
平成25年7月9日のS/C窒素封入時、一部のHVH温度は最大2.5 上昇した

# 【参考】過去のPSA運転切替時の温度挙動実績



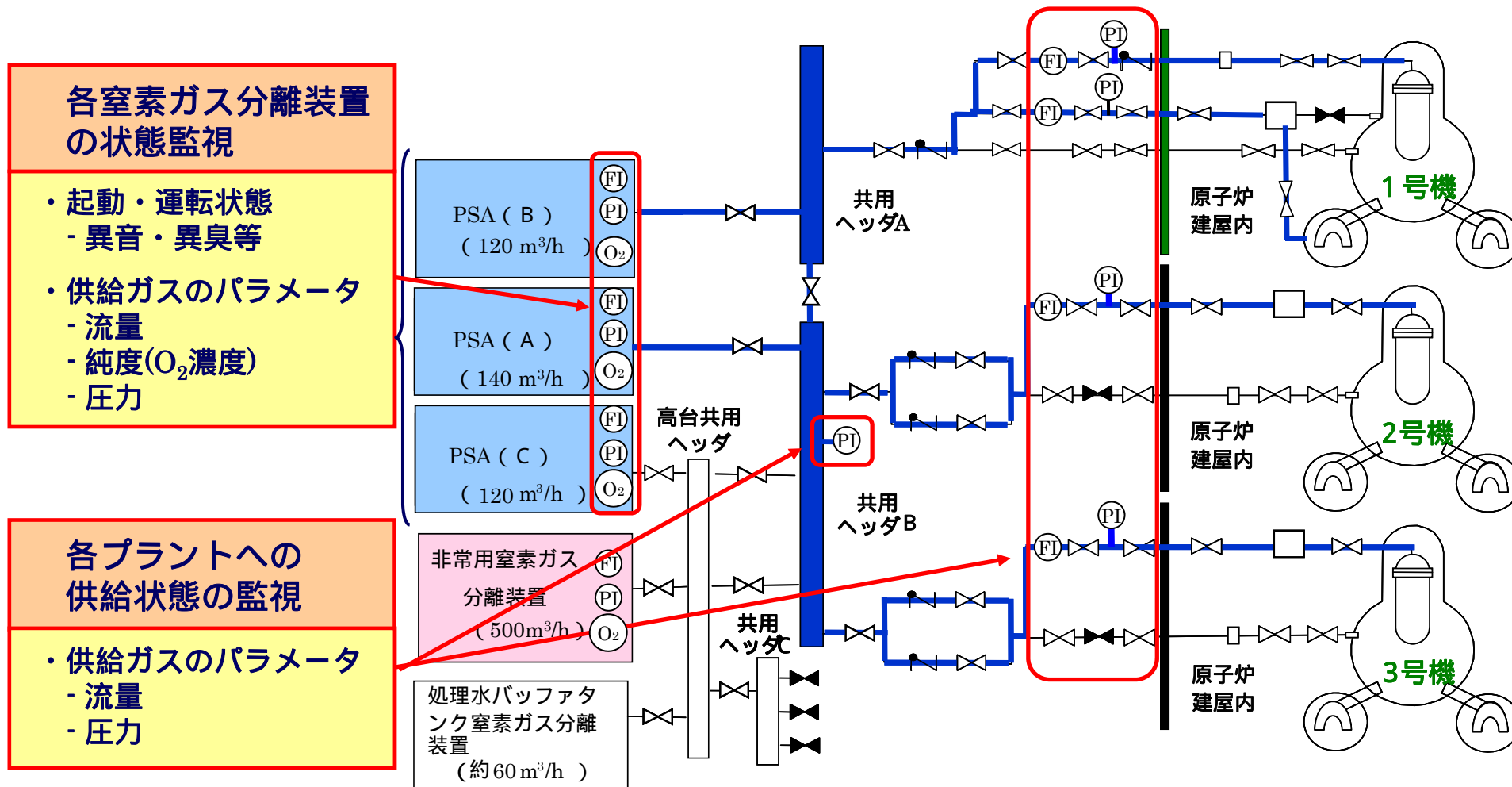
AC号機切替のタイミングで温度上昇が発生する場合。  
 気圧の上昇は無いが、PSA切替によりHVH温度計周辺のガスの流れに変化があったものと推定。

# 【参考】過去のPSA運転切換時の温度挙動実績



BC号機運転中のタイミングで温度上昇が発生。

# 【参考】PSA切替時 監視項目



を窒素ガス分離装置切替前後に監視することで、各プラントへ正常に窒素ガスが供給されていることを確認。

# 福島第一原子力発電所 1号機 原子炉注水系に関わる対応について

2015年 3月26日

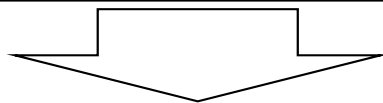
東京電力株式会社



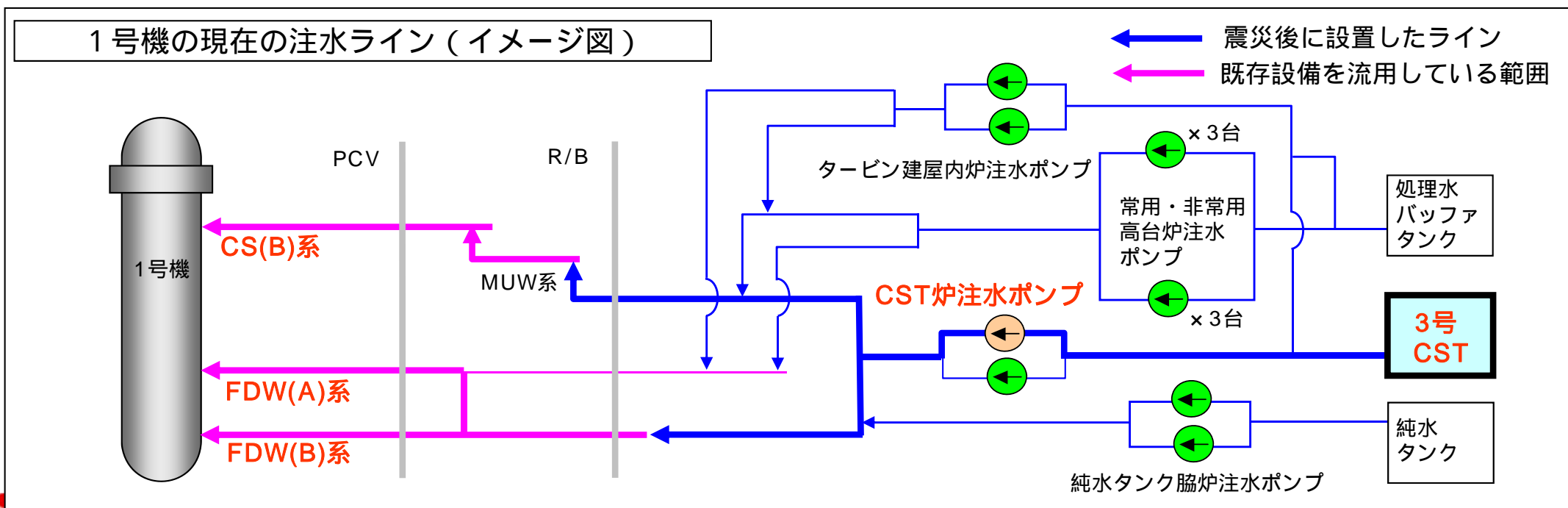
東京電力

---

- 1号機CST炉注水系運転中、2013年9月から12月に掛けて、CS系の系統圧力上昇が確認された。圧力上昇は突発的なものではなく、経年的に増加。
- 事象発生箇所の圧力上昇調査を行っていたが、事故後に設置したラインに異常は確認されず、原因特定までは至らなかった（参考1）。



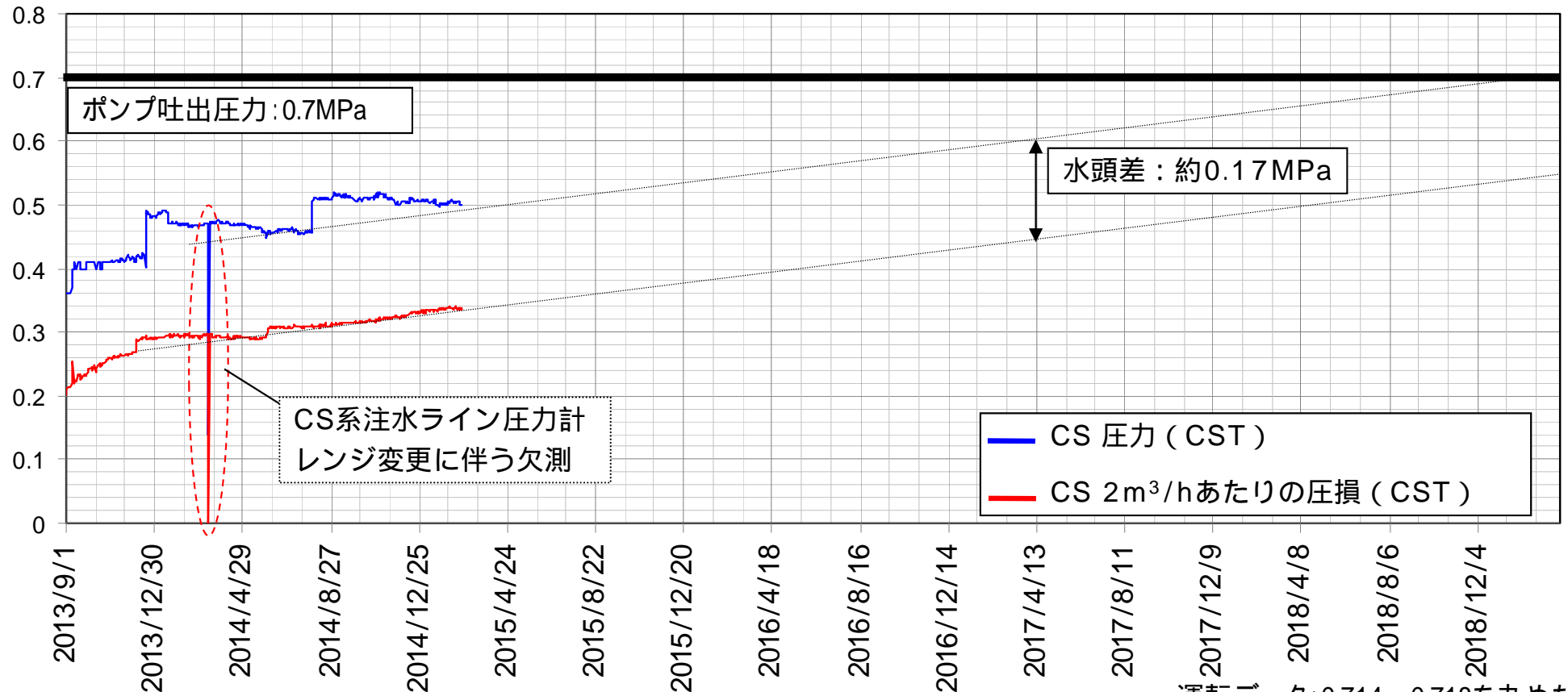
これらの状況を踏まえ、  
継続的なCS系圧力動向の監視及び緊急用原子炉注水点の設置を検討。



## 2 . CS系圧力の動向について

- CST炉注水系運転開始当初（2013年9月～12月）の圧力上昇傾向が大きかったが、2014年に入って圧力上昇が鈍化・安定している。
- 今年度の圧力上昇傾向が継続した場合、2018年末頃には現状のCS系ラインの運用注水量（ $2.0\text{m}^3/\text{h}$ ）確保が困難になると予測

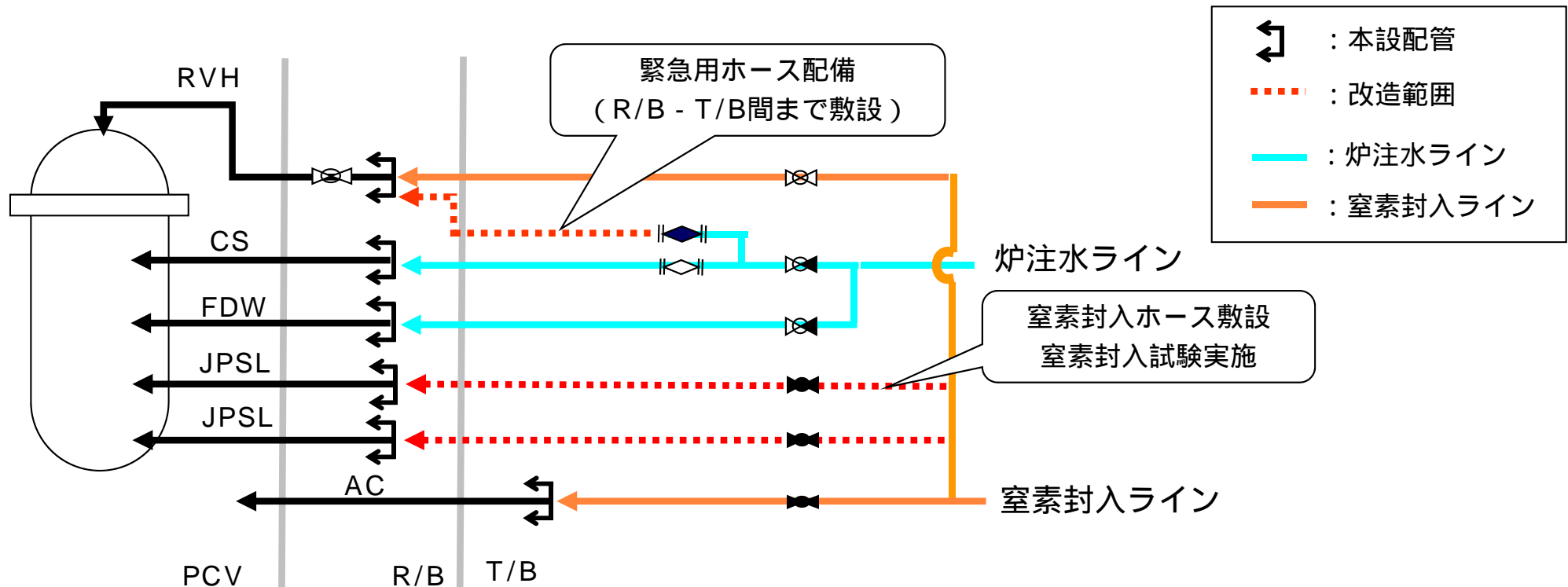
なお、1号機はFDW系ライン単独で冷却していた実績があり、CS系ラインでの注水が不能となっても冷却機能（崩壊熱の除去）の維持は可能。



運転データ: 0.714 ~ 0.718を丸めた値

# 3 . 緊急用原子炉注水点に関わる対応について

- 実施可能な対応を検討した結果、炉注水に使用可能なライン（大口径）への繋ぎ込みは、高線量エリアでの配管切断・溶接等の作業が発生し、至近の実施が困難（参考2）
- 万が一の際、緊急の対応として現在の窒素封入ライン（RVH系）を用いた注水を行うこととし、それに向けて以下の対応を実施
  - 緊急注水用として、窒素封入ライン（RVH系）に接続可能な緊急用ホースを配備（一部敷設）
  - ジェットポンプセンシングライン（JPSL）を用いた窒素注入の封入可能性試験及びライン敷設

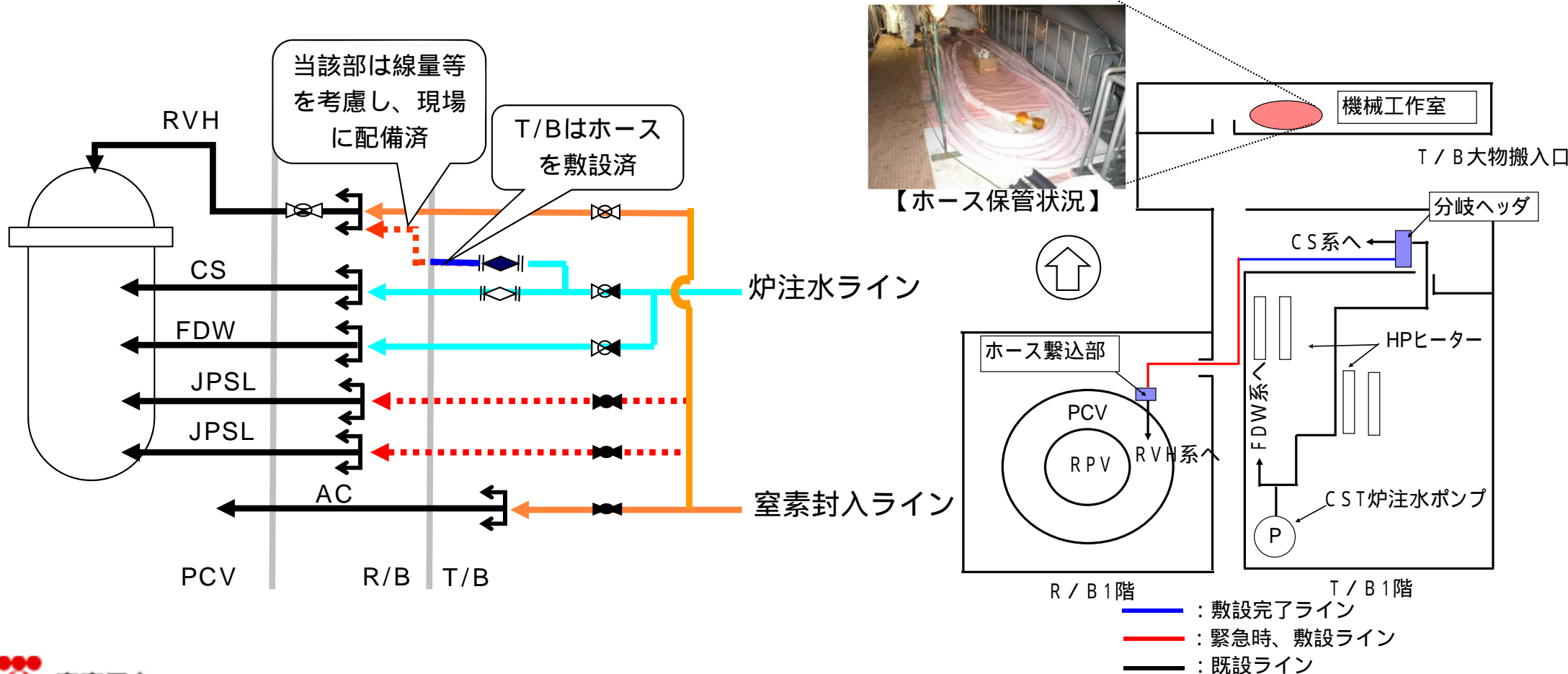




## 3-1. これまでの対応（炉注水ライン）

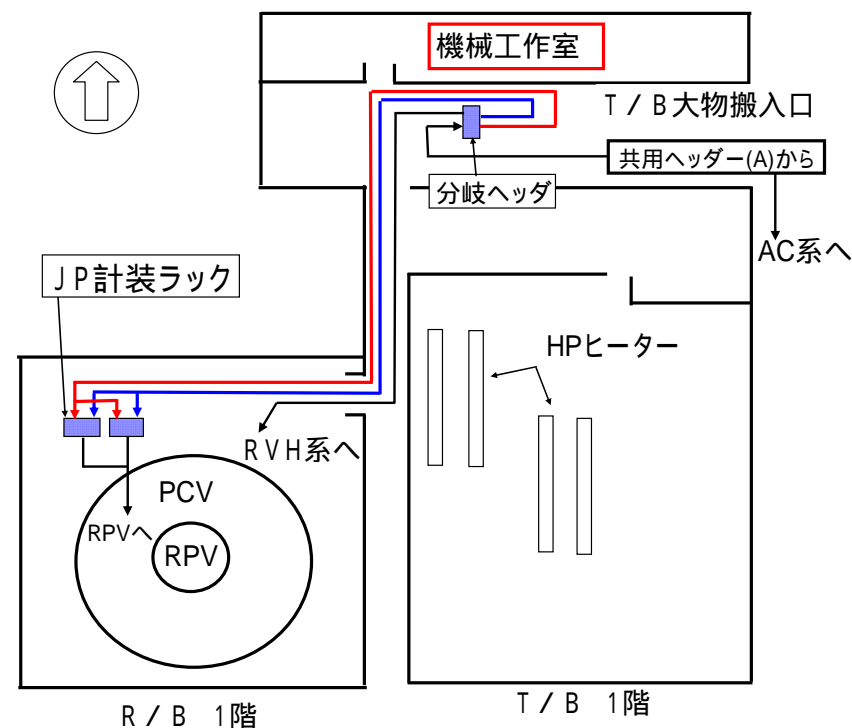
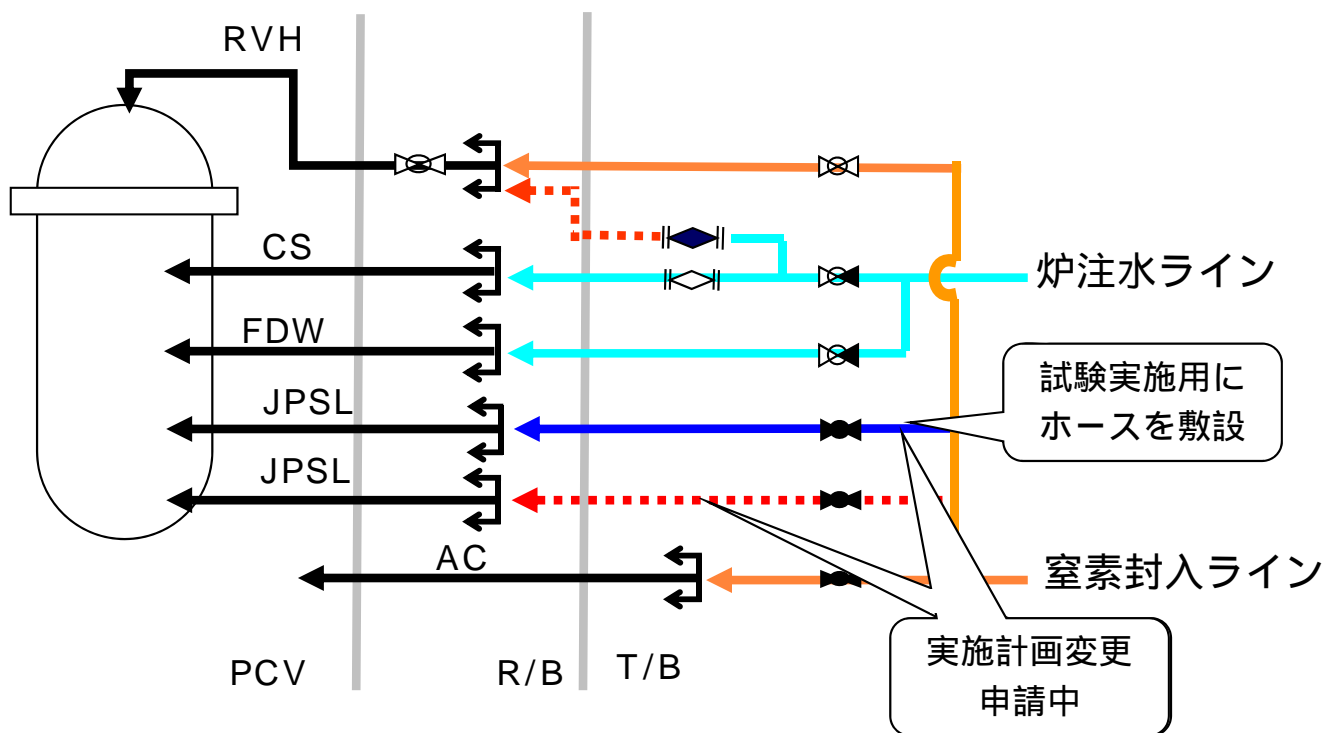
- CST炉注水ライン分岐部より、比較的線量の低いT/B内のホース（SUSフレキ）は敷設済み（2014年6月23日完了）
- 万が一の際の自主保安的な対応として、RVH系からの炉注水が必要となった場合には、R/B内のホースを敷設し、窒素封入ラインとの繋ぎ換えを行うことを考慮する。

緊急時に新たに敷設するホースは、現場近傍（T/B 1F 機械工作室）にて保管中。



## 3-2 . これまでの対応（窒素封入ライン）

- 緊急時、現在使用している封入ライン（RVH系）からの切替可否を判定するべく、JPSLを用いた窒素封入試験を実施。  
窒素封入量の管理目標値 $11\text{Nm}^3/\text{h}$ に対し、 $19\text{Nm}^3/\text{h}$ の封入が可能であることを確認。（2014年8月20日～27日）
- 多重化を目的に、更に1ラインを追加するべく、実施計画の変更申請中。



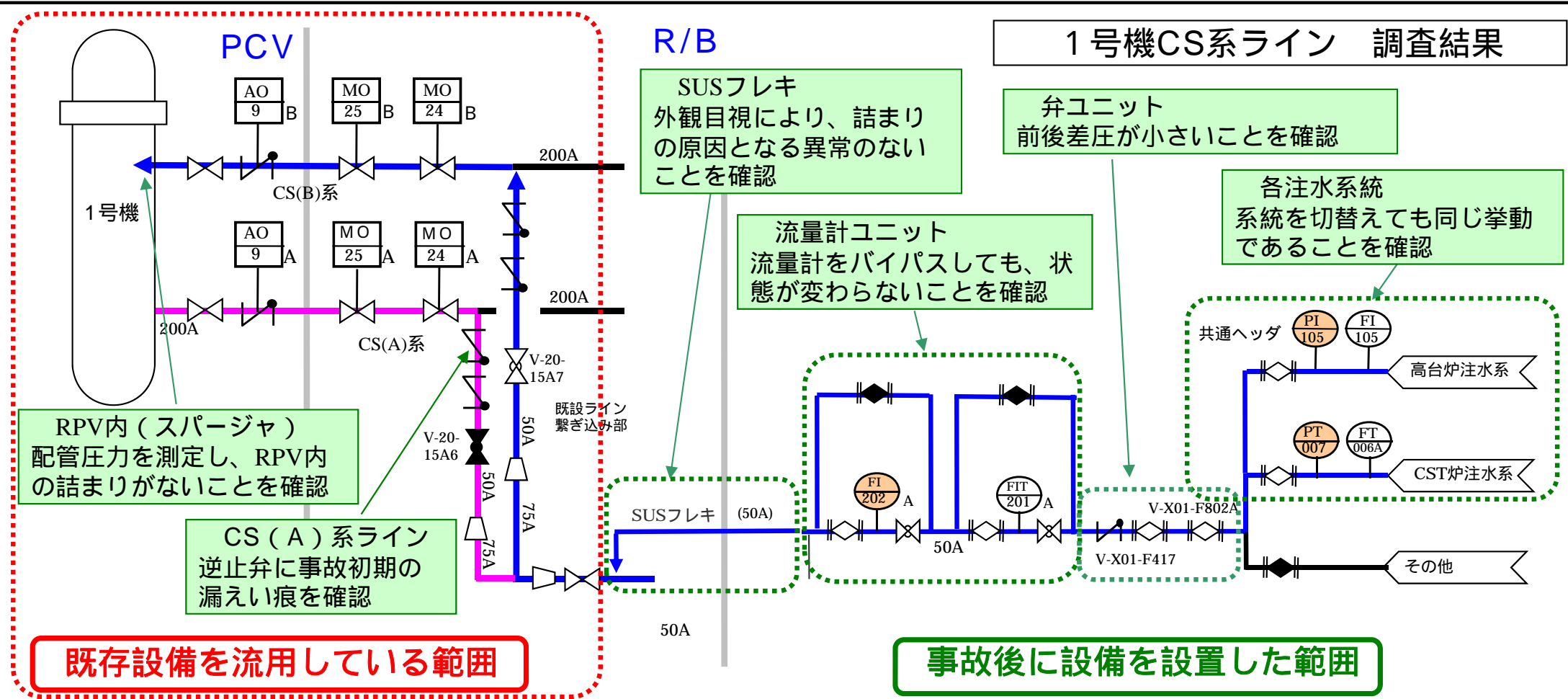
- : 試験用敷設ライン
- : 追加予定ライン（実施計画変更申請中）
- : 既設ライン

## 4 . 今後の対応について

- CS系の系統圧力上昇は、CST炉注水系運転開始当初（2013年9月～12月）と比較し、2014年に入って鈍化・安定しているが、今後も圧力動向の継続監視を行う。
- 恒久対策として、新規注水点設置に向けた対応を検討していく。検討にあたっては、現場線量・施工性・確保可能流量等を踏まえて選定する。
- 万が一、必要な注水量が確保できなくなった際は、RVH系注水ラインへの切替による炉注水も考慮する。
- ただし、以下の理由から、出来る限りCS系での注水を継続する。
  - 崩壊熱の低減等もあり、冷却に必要な炉注水量は低下していること
  - RVH系ラインを炉注水に用いた後、窒素封入ラインとして再使用することに懸念（液体 気体への切替）があること
- 他号機・他系統の圧力上昇傾向は、1号CS系と比較すると軽微もしくは確認されていないが、現場の除染状況等も踏まえつつ、2,3号機についても新たな注水点設置を検討する。

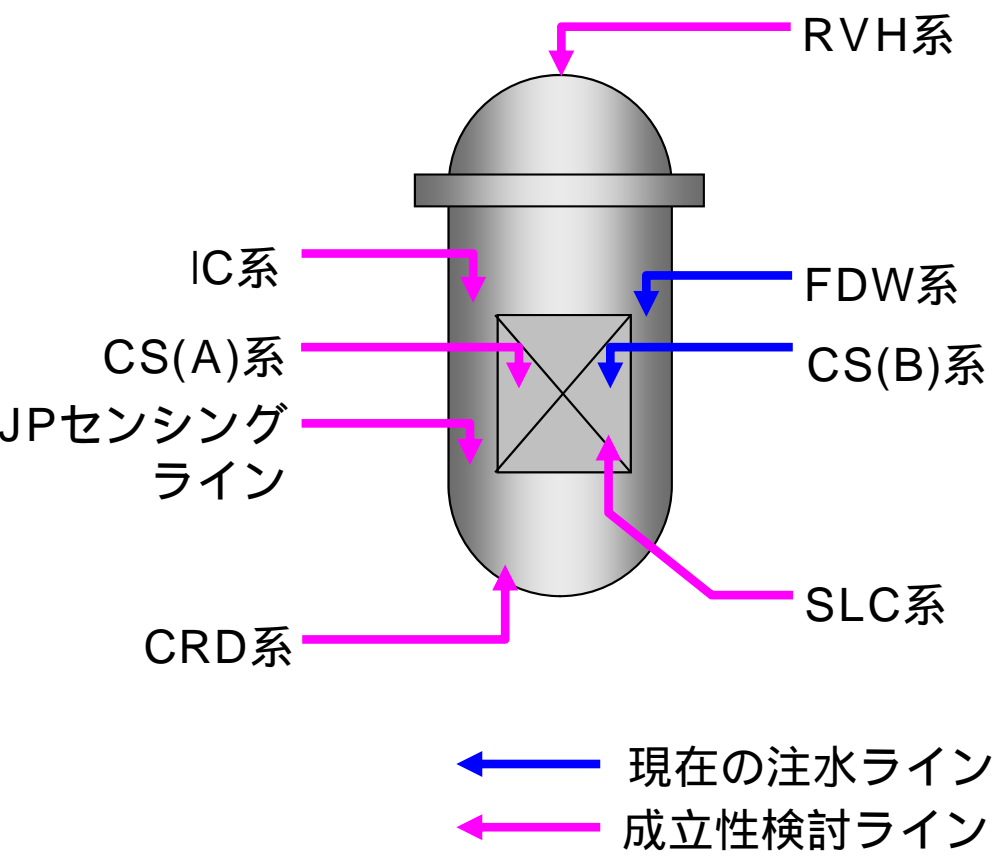
# (参考1) CS系ライン原因調査結果

- 事故後に設置した配管等を調査した結果、圧力上昇の要因となる事象は確認されず。
- 既存設備を流用している範囲は、高線量 (数10 ~ 数100mSv/h) で詳細な調査・対策が困難
- 既存設備の過去の調査状況等を確認した結果、CS(A)系ラインの使用が困難



# ( 参考 2 ) 新たな注水点の技術的成立性検討

- 現状、炉注水に使用可能なラインとして、CS ( A ) 系、RVH系、JPセンシングライン、SLC系等が考えられるが、注水流量確保に向けたライン ( 大口径 ) への繋ぎ込みは、高線量エリアでの配管の切断・溶接等の作業を伴うため、至近で実施することが困難。

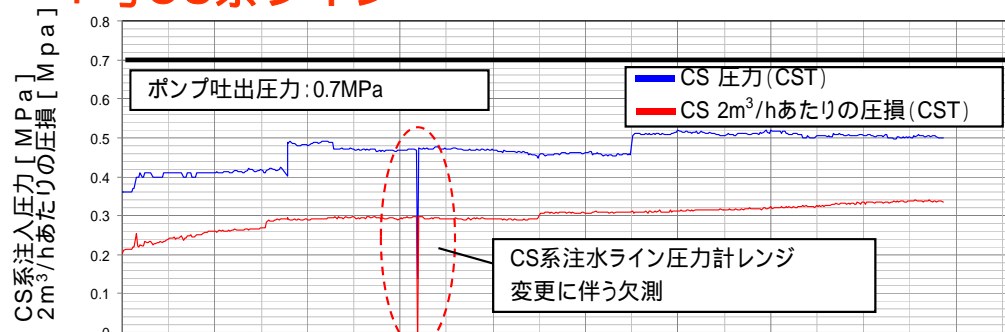


新たな注水点の候補 ( イメージ図 )

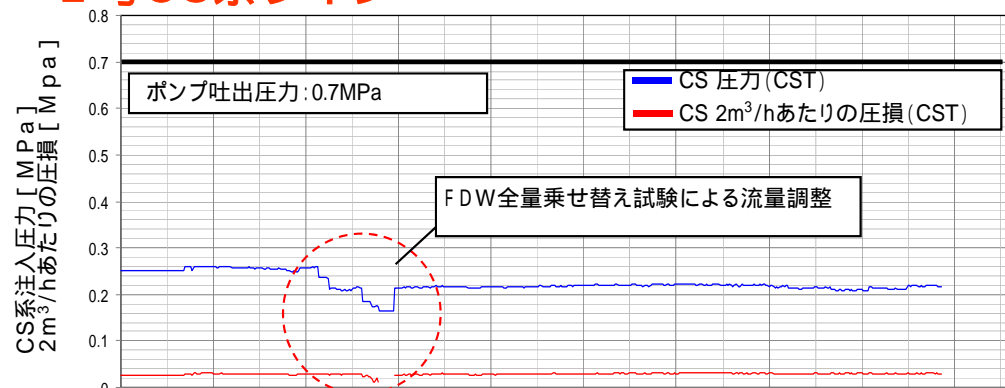
注水点候補	作業エリアの線量レベル	備考
CS ( A ) 系	40mSv/h	漏洩痕の確認された弁 ( フランジ部 ) の修理、線量低減が必要
RVH系	4 ~ 6mSv/h	窒素封入ラインの変更が伴い、機器設置だけでなく耐震補強等を含む工事が必要
JPセンシングライン	10mSv/h	流量確保のため、小口径配管の複数使用が必要で、異物による閉塞リスクの懸念あり
SLC系	未調査	溶融による配管閉塞の懸念あり
IC系	20 ~ 50mSv/h	PCV隔離弁の開操作が必要であり、設置階が高く ( 4F )、配管等の設置困難
CRD系	約10mSv/h	溶融による配管閉塞の懸念あり

# (参考3) 各号機各系統の圧力動向

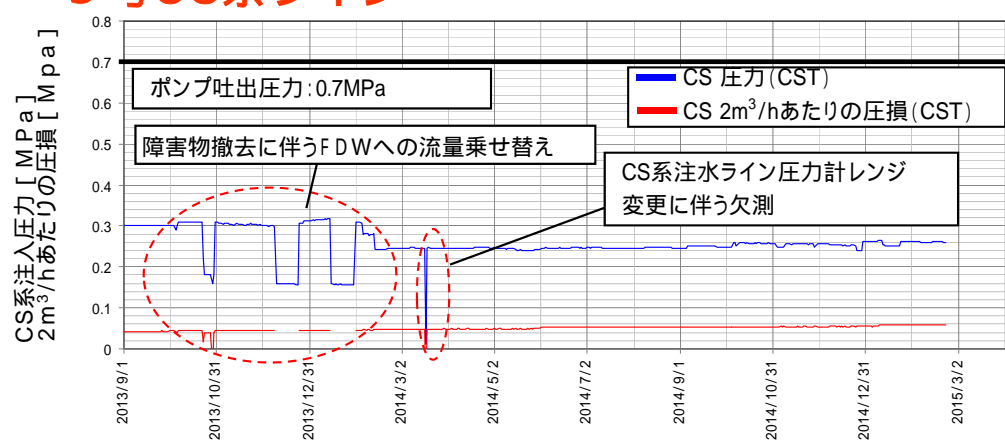
## 1号CS系ライン



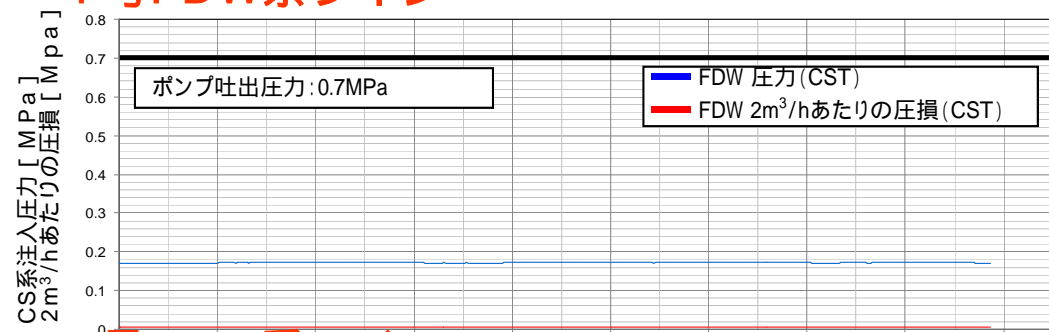
## 2号CS系ライン



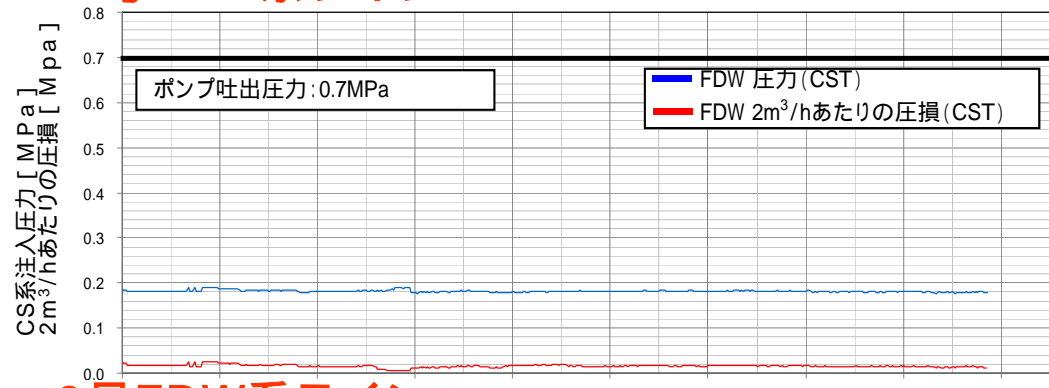
## 3号CS系ライン



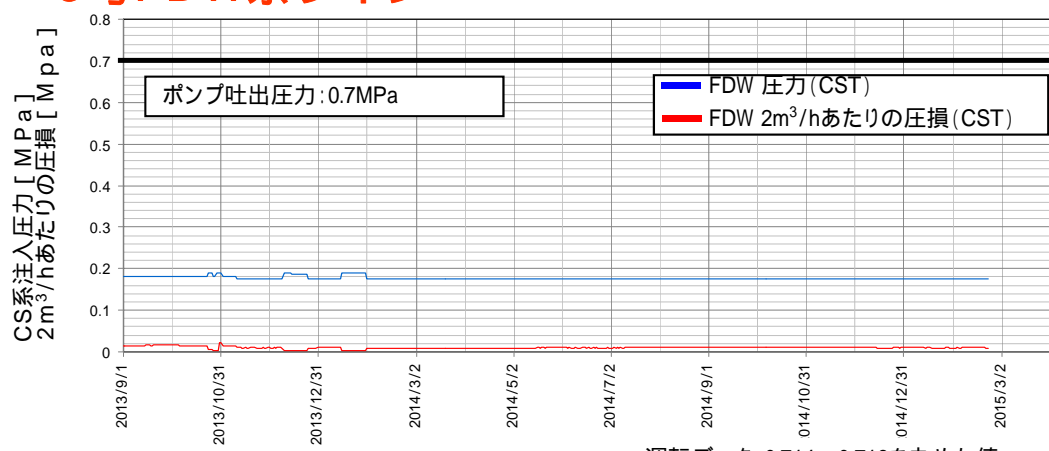
## 1号FDW系ライン



## 2号FDW系ライン



## 3号FDW系ライン



運転データ: 0.714 ~ 0.718を丸めた値