

3号機 燃料デブリ冷却状況の確認試験の実施について

2020年1月30日

TEPCO

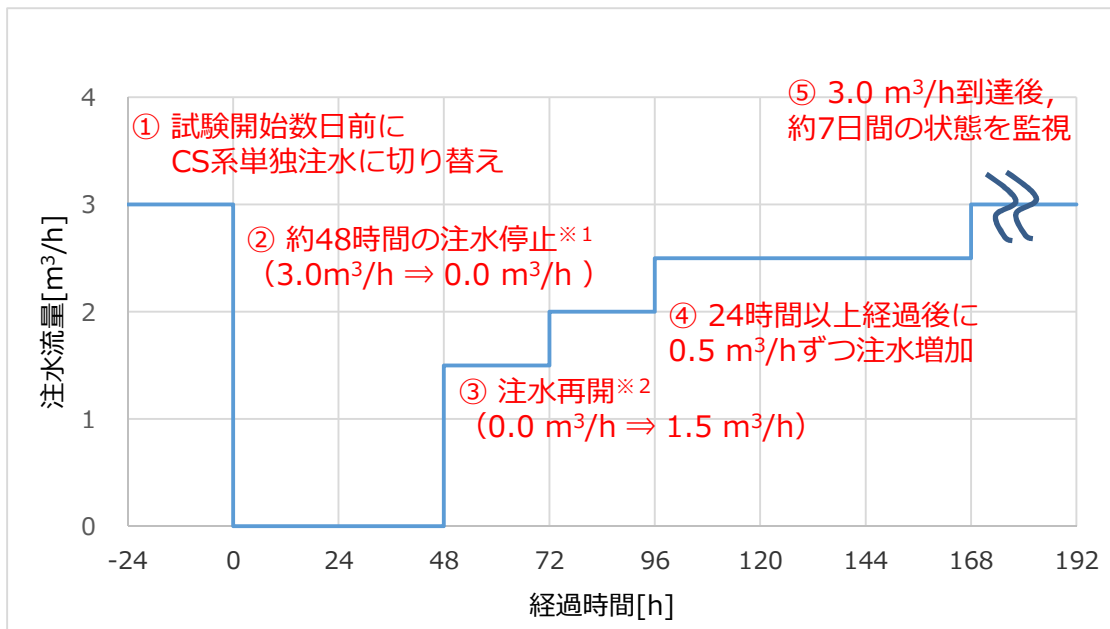
東京電力ホールディングス株式会社

- 緊急時対応手順の適正化などを図ることを目的に、1, 2号機において原子炉への注水を一時的に停止する試験を実施。気中への放熱なども考慮したより実態に近い熱バランス計算による温度評価の正確さを確認した。
(1号機：2019年10月, 2号機：2019年5月)
- 3号機においても同様に、緊急時対応手順の適正化などを図ることを目的とした注水停止試験を実施していく方針。※
- 今回、3号機における注水停止試験を2020年2月3日から開始することとしたので、その具体的な計画を報告する。
 - 3号機の原子炉への注水を2日程度（約48時間）停止する計画。
 - 試験実施に伴い、1・2号機の原子炉注水量を3.0m³/hから4.5m³/hに増加させる。

※ 廃炉・汚染水対策チーム会合事務局会議（2019年8月29日）

3号機における注水停止試験の手順概要

- 原子炉注水を約48時間停止※¹し、温度上昇等の影響を確認。
- 炉注設備の流量下限を考慮し、1.5m³/hで注水を再開※²。その後、24時間以上経過した後に0.5m³/hずつ、試験前の3.0m³/hまで戻す。



実施計画上の扱い（運転上の制限）

※1 原子炉の冷却に必要な注水量を確保せず、運転上の制限(第18条)を計画的に逸脱することから、第32条第1項を適用（安全措置A）

※2 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(第18条)を計画的に逸脱することから、実施計画第32条第1項を適用（安全措置B）

(A) 原子炉注水の停止

原子炉の冷却に必要な注水量を確保せず、運転上の制限(第18条)を計画的に逸脱することから、第32条第1項の適用が必要。



安全措置(A)	• 温度監視の強化 • 異常な温度上昇に備えた、速やかな注水再開の準備 • 温度上昇の傾向によっては注水停止時間の短縮を検討、実施する。
---------	--

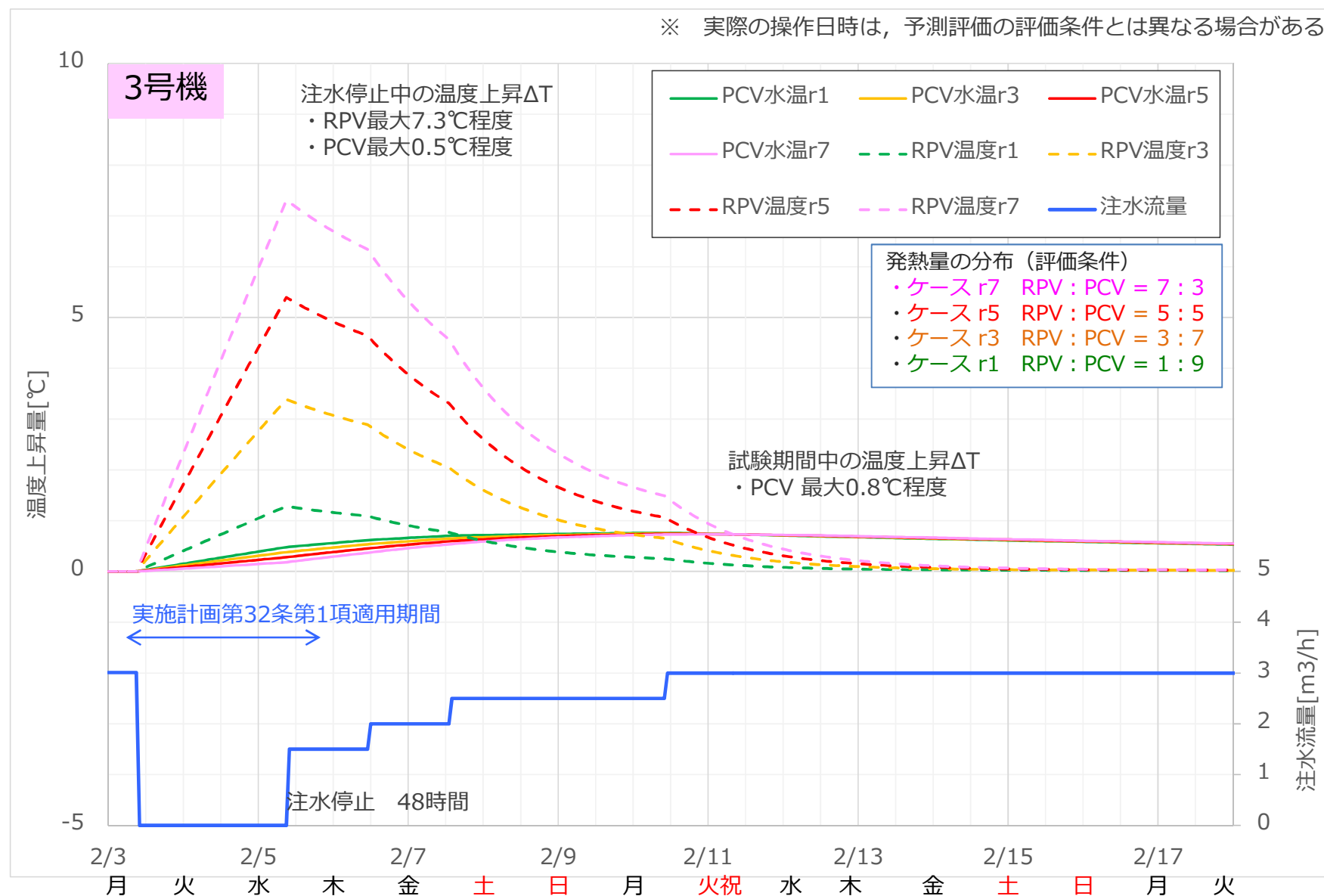
(B) 原子炉注水の再開

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(第18条)を計画的に逸脱することから、第32条第1項の適用が必要。



安全措置(B)	• ガス管理設備希ガスモニタによる未臨界の監視 • ホウ酸水注入の準備 • Xe135を有意に検出した場合にホウ酸水を注入
---------	---

(参考) 3号機 試験期間中の温度上昇予測評価



注水停止の影響評価（温度変化，未臨界，ダスト）

影響評価		影響緩和策
温度変化	- 注水停止に伴う除熱減少により，RPVやPCVの温度が上昇する - 熱バランス評価により温度上昇は約7.3℃以下と評価しており，注水停止試験による温度上昇は限定的	- 想定外の温度上昇に備え，RPV，PCVの温度変化を慎重に監視。 - 異常な温度上昇を確認した場合，速やかな注水再開や注水量増加等の措置を実施。
再臨界	注水再開時に1m³/hを超える注水増加を伴うものの，注水量を現在の状態に戻す操作であり、未臨界維持に与える影響はない	- ガス管理設備の希ガスモニタを監視。 - Xe-135を有意に検出した場合，ホウ酸水の注入等の措置を実施。
ダスト等の放出量増加	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、注水停止試験による放出量増加はない	- 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，速やかな注水再開や注水量増加等の措置を実施。

- 3号機 燃料デブリ冷却状況の確認試験を2/3から開始予定。

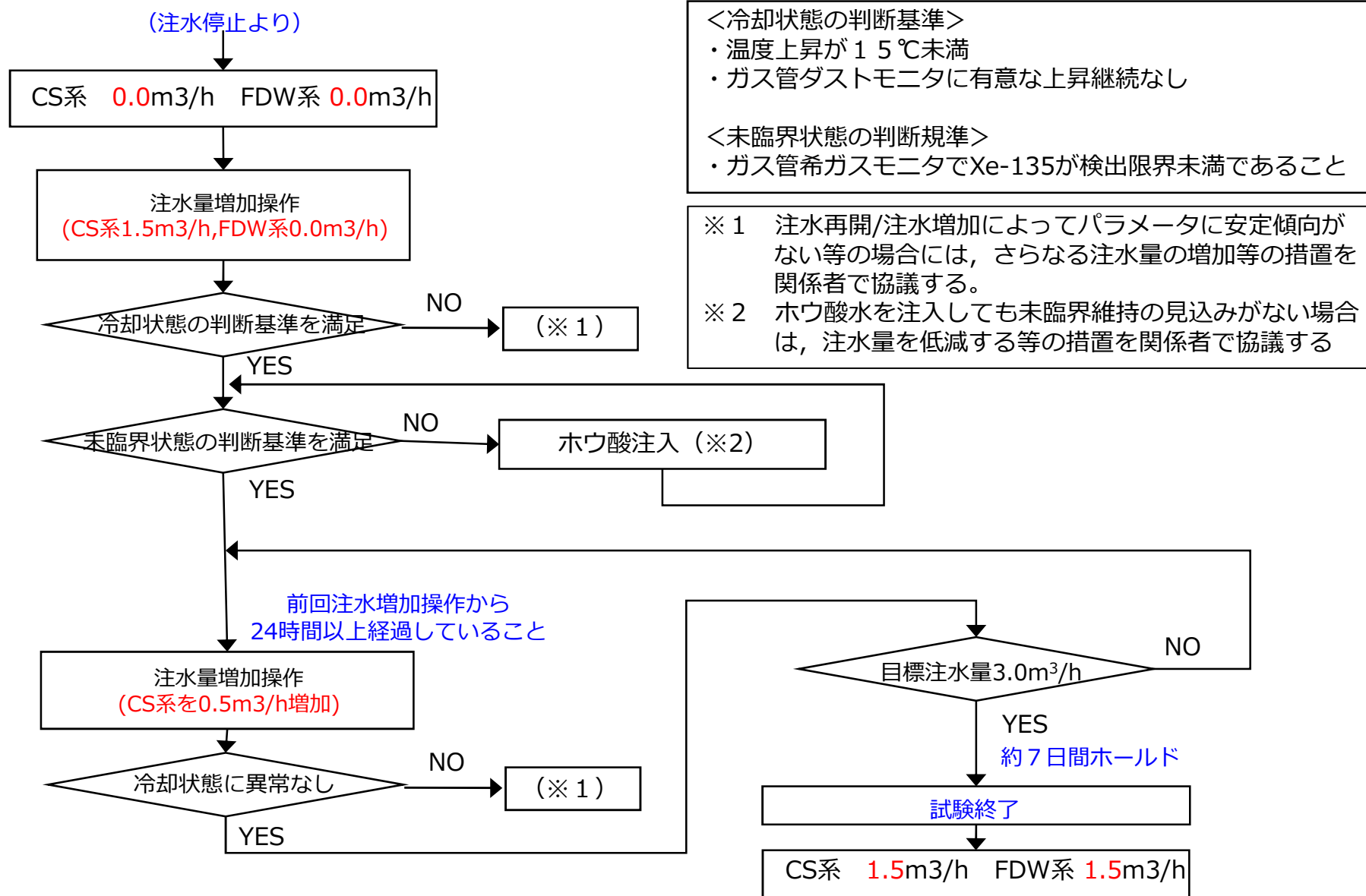
試験工程	2020年1月	2020年2月
3号機	CS系 単独注水 1/29~1/31	燃料デブリ冷却状況の確認試験 (2/3~2/17) CS系・FDW系 注水 注水停止：2/3 注水再開：2/5 2/17
1・2号機	注水流量増加 (3.0 → 4.5m³/h) 1/29~1/31	注水流量低下 (4.5 → 3.0m³/h) 2/10

(実際の操作日は現場状況により変更となる場合がある)

TEPCO



(参考) 注水再開フロー (3号機)



(参考) 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 (注水量停止時)

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) 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。

(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 Xe-135濃度	毎時	毎時	検出限界未満であること※2

※2 Xe-135は通常検出限界未満である。(通常値： $2.2 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^3$)
 運転上の制限である 1Bq/cm^3 に余裕があっても、2系同時に検出限界を超えた場合には、確実な未臨界維持のためホウ酸水を注入する。(片系のみの場合は、計器故障の可能性も含めて判断する)

(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、格納容器内水位

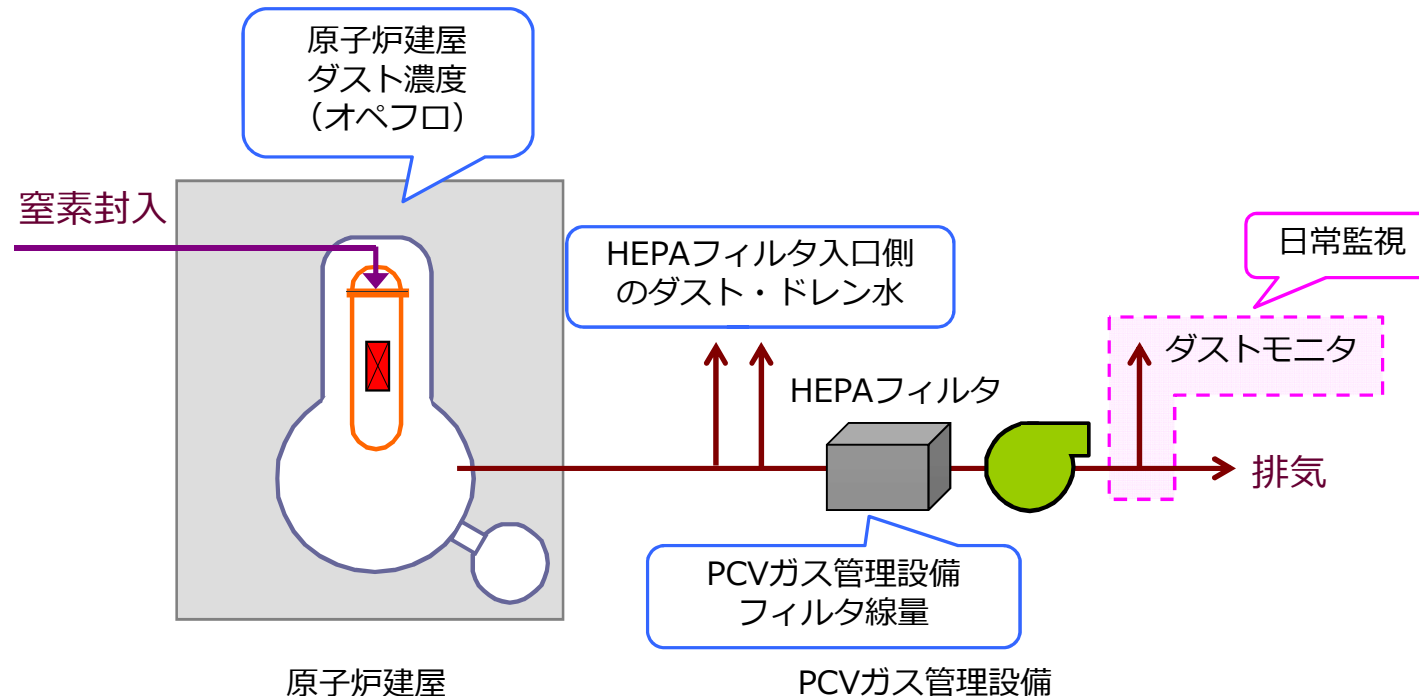
(参考) 監視パラメータ逸脱時の対応

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		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	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	- 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) その他採取するデータ等

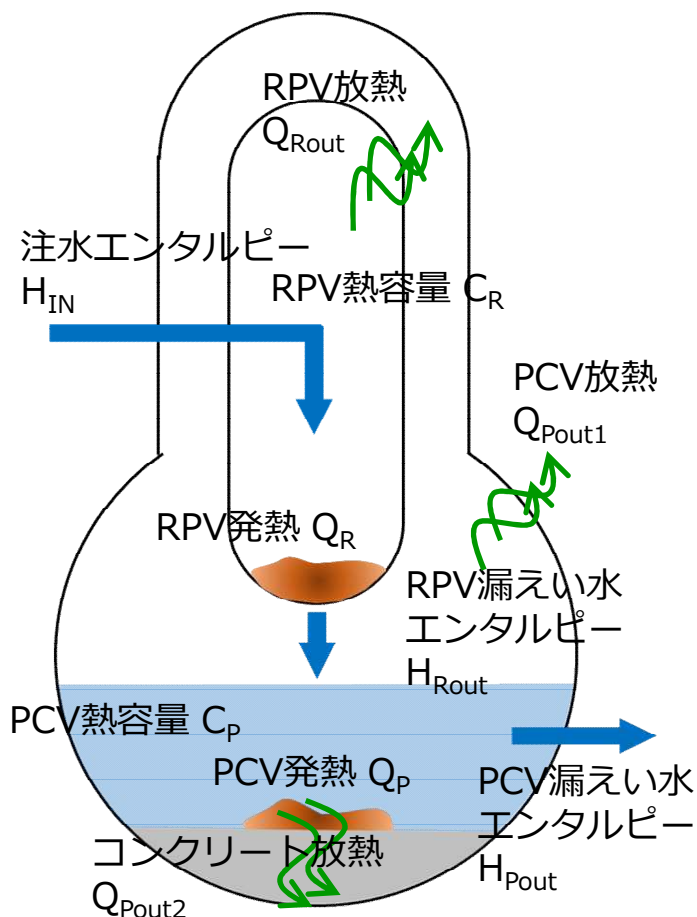
- 原子炉冷却状態や炉内挙動などの評価に資するデータ拡充の観点から、原子炉注水の停止前および停止中において、関連するプラントパラメータの取得や、試料の採取・分析を予定。

- PCVガス管理設備 フィルタユニット表面線量
- PCVガス管理設備 HEPAフィルタ入口側のダスト
- 原子炉建屋ダスト濃度（オペフロ）
- PCVガス管理設備 HEPAフィルタ入口側のドレン水



(参考) RPV/PCV温度の計算評価 (熱バランス評価)

- 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

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

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

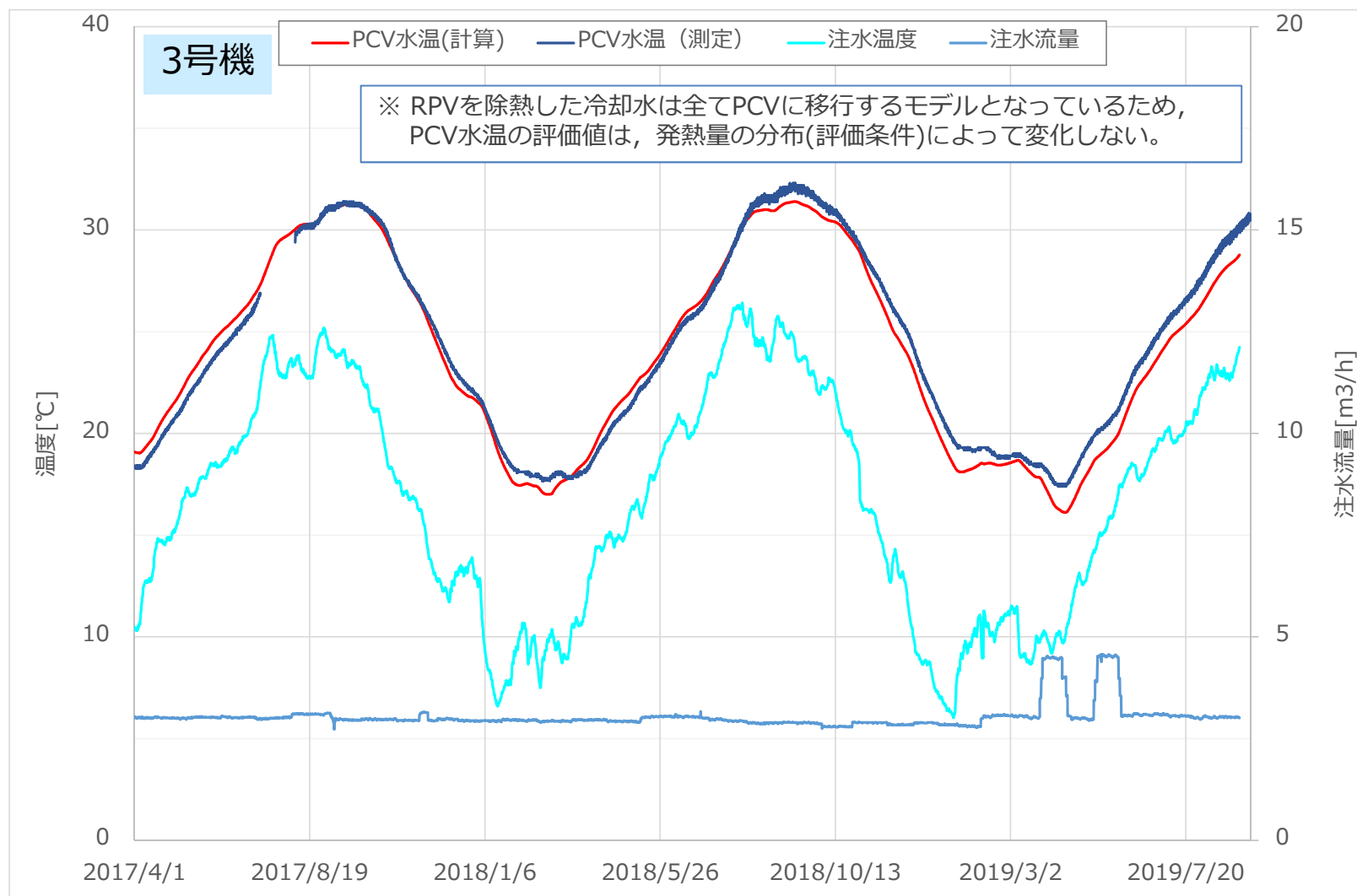
(2) PCVのエネルギー収支と温度変化の計算式

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

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

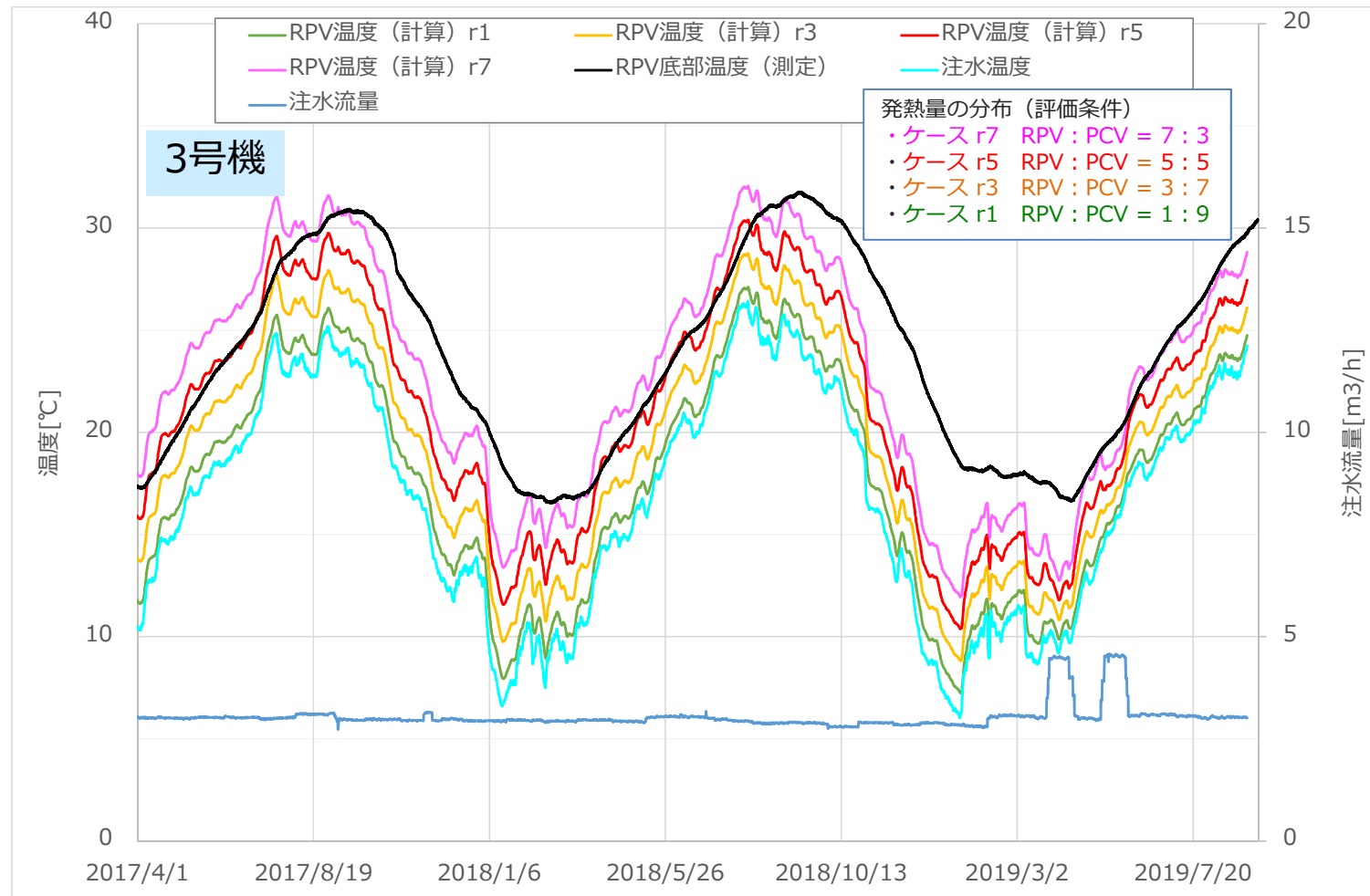
(参考) 3号機PCV温度の計算結果 (熱バランスモデル)

- 計算したPCV水温が、実績のPCV水温（新設温度計）を概ね再現



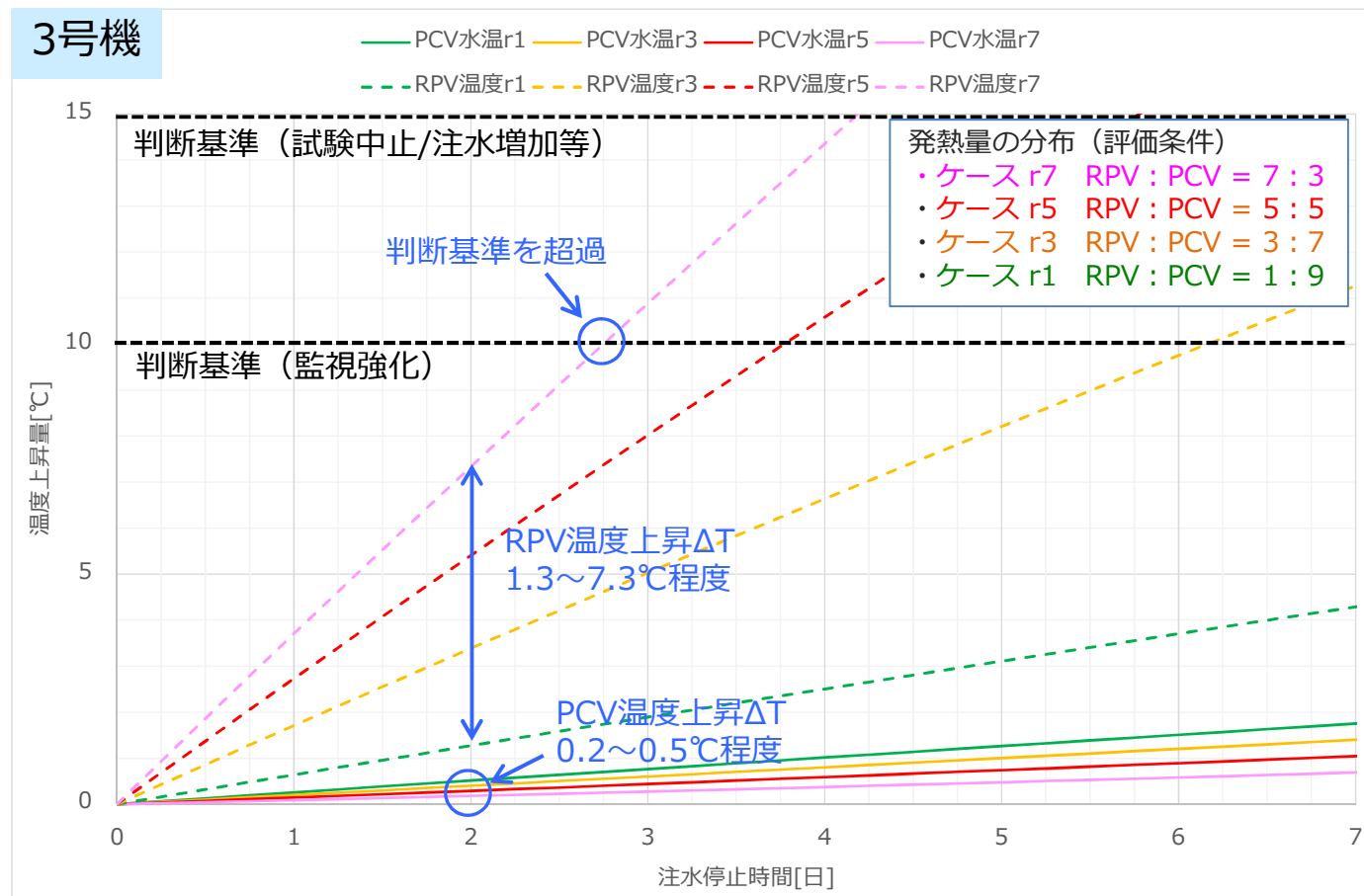
(参考) 3号機RPV温度の計算結果 (熱バランスモデル)

- これまで3号機の燃料デブリの大部分はPCVに存在と推定。
- しかしながら、熱バランスモデルによる温度評価では、RPVの発熱量の評価条件が小さいと、RPV温度の計算値は低めとなり、RPVの発熱量が多い方が測定値に近い傾向。
- また、計算値の方が注水温度の変化に対する温度応答が早い傾向。



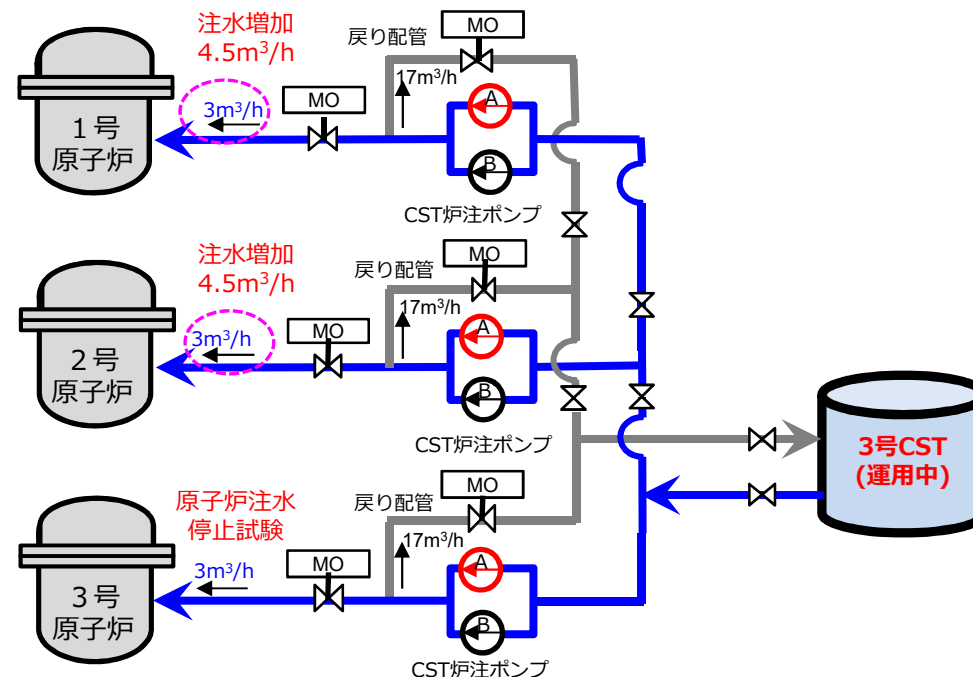
(参考) 3号機の注水停止時の温度上昇評価

- 原子炉注水を48時間停止する場合の温度上昇は、RPV底部で1.3～7.3℃程度、PCV水温で0.2～0.5℃程度と評価。
- これまでの炉内状況推定からはRPV内に燃料デブリが多く残っているとは考えにくいものの、熱バランス評価ではRPVの温度上昇が大きくなる可能性を示す結果もあることから、今回試験の注水停止時間はおよそ2日程度（約48時間）とする。



(参考) 3号機試験に伴う、1・2号機の原子炉注水量増加

- 現在の原子炉注水量は、注水ポンプの定格流量よりも大幅に少なく、ポンプ吐出流量の大部分は水源の3号CSTに戻している。
- 1～3号機のCST戻りの配管は1ラインに合流しているため、各号機の戻り流量・圧力のバランスを調整をしながら運転する必要がある。
- そのため、3号機の原子炉注水停止試験にあたっては、1・2号機の注水量を $3.0\text{m}^3/\text{h}$ から $4.5\text{m}^3/\text{h}$ に増加させた状態で試験を実施する。



(参考) 3号機 注水停止時のPCV水位変化の推測

- 注水停止により3号機のPCV水位は低下すると評価。
- 約2日（約48時間）の停止では水位計L2には至らないと想定される。

