

1号機燃料デブリ冷却状況の確認試験の結果（速報） について

2019年10月31日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

■ 試験目的

- ✓ 緊急時対応手順の適正化などを図ることを目的とする。
- ✓ そのため、注水停止試験を行い、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。

■ 試験概要

- ✓ 2019年10月15日～10月17日にて約49時間注水を停止。試験期間中の炉内状況は安定して推移
 - RPV底部温度やPCV温度の温度上昇量は小さかった
 - ダスト濃度や希ガス(Xe135)等のパラメータに異常なし

最大温度上昇量

	RPV底部	PCV
注水停止中 (10月15日11:00～10月17日12:00)	0.2℃	0.6℃
試験期間中 (10月15日11:00～10月30日14:00時点)	0.4℃	0.7℃

■ 今後について

- ✓ 実際の温度上昇と予測との差異や、温度計の挙動の違い、PCV水位の変動、原子炉注水停止前後に採取した放射線データなどを評価予定
- ✓ 3号機については、今回の試験結果をふまえ、2019年度中を目途に実施

- 1号機の原子炉注水を約49時間停止、注水停止中のRPV、PCVの温度上昇率は0.01℃/h程度であり異常な温度上昇は確認されていない

<操作実績>

- 2019年10月15日 10:41～10:54 3.0 m³/h → 0.0 m³/h
- 2019年10月17日 11:37～11:48 0.0 m³/h → 1.5 m³/h
- 2019年10月21日 10:09 1.6 m³/h → 2.1 m³/h
- 2019年10月23日 10:03 2.1 m³/h → 2.5 m³/h
- 2019年10月24日 14:09～14:19 2.5 m³/h → 3.0 m³/h

<注水停止中のPCVの温度上昇率(2019年10月15日～10月17日)>

温度上昇率	温度計指示値	温度計
0.01℃/h程度	26.5℃ (10月15日11:00) → 27.0℃ (10月17日12:00)	TE-1625T7

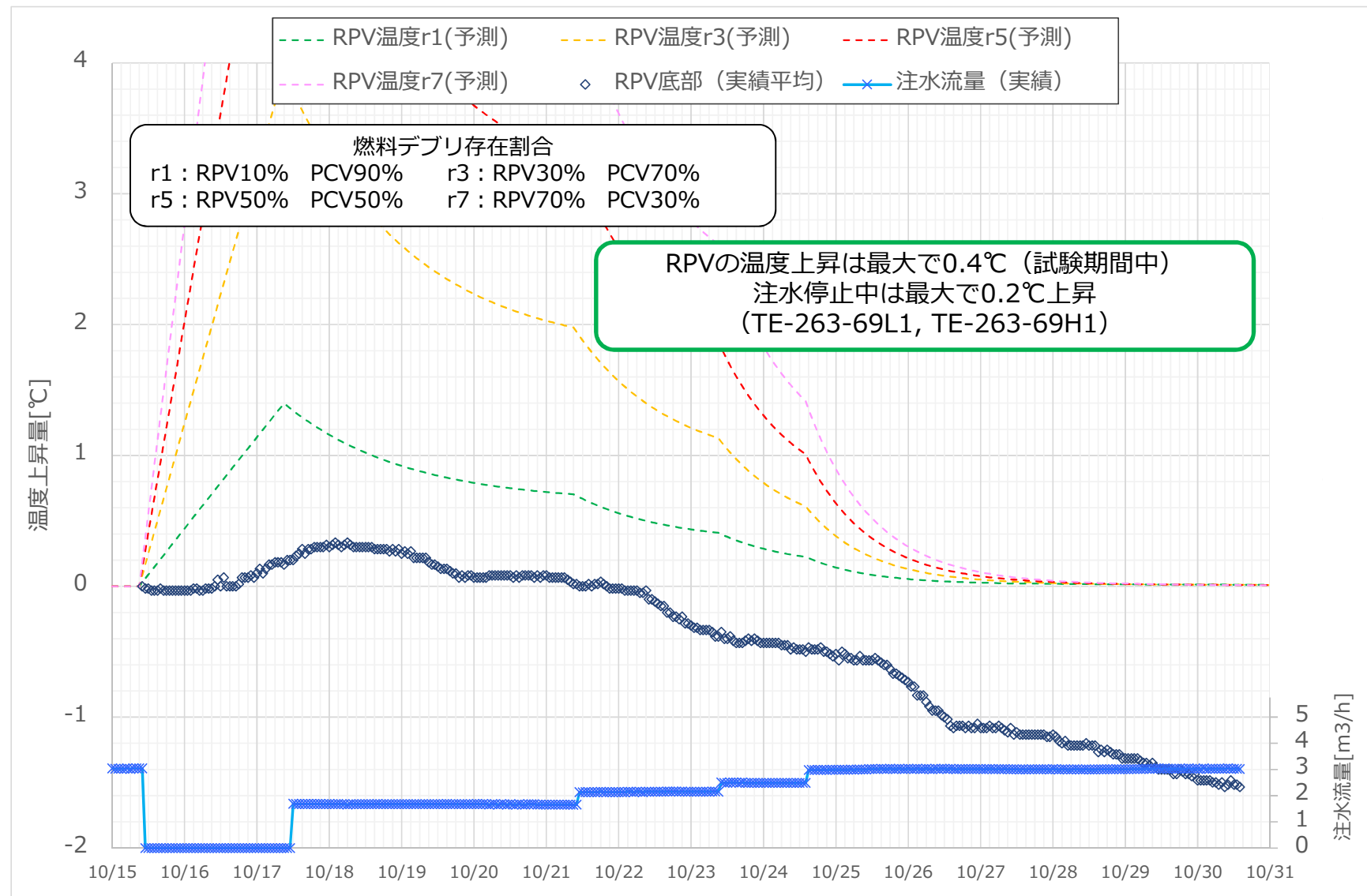
<原子炉の冷却状態>

- RPV底部温度やPCV温度の挙動は、温度計毎にばらつきはあるが、試験継続の判断基準（温度上昇15℃未満）を満足。

<その他のパラメータ>

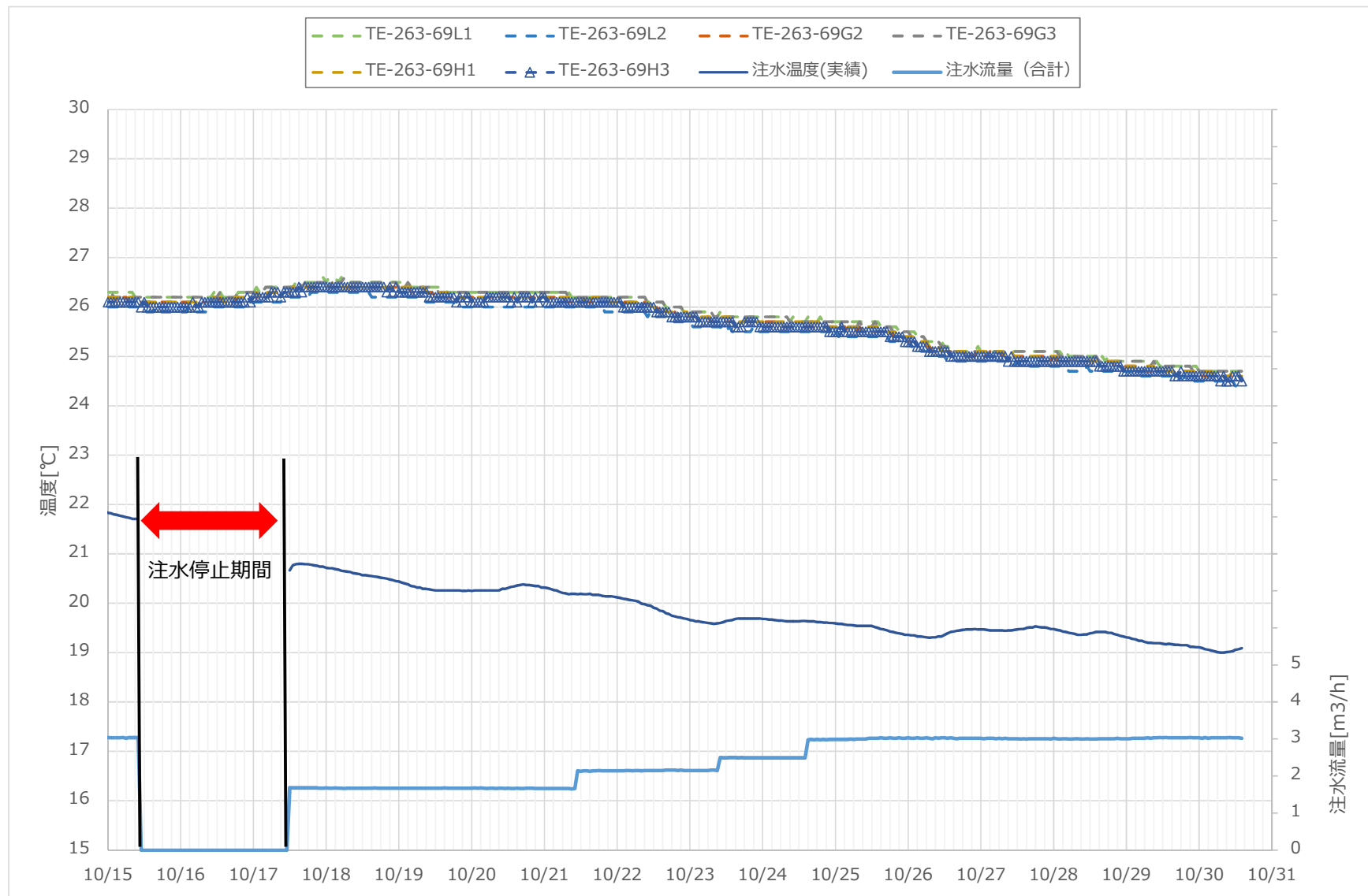
- PCVガス管理設備のダスト濃度に有意な上昇なし
- PCVガス管理設備の短半減期希ガス（Xe-135）は、原子炉注水量増加後も有意な上昇なく原子炉は未臨界を維持

RPV底部温度の推移（温度変化）

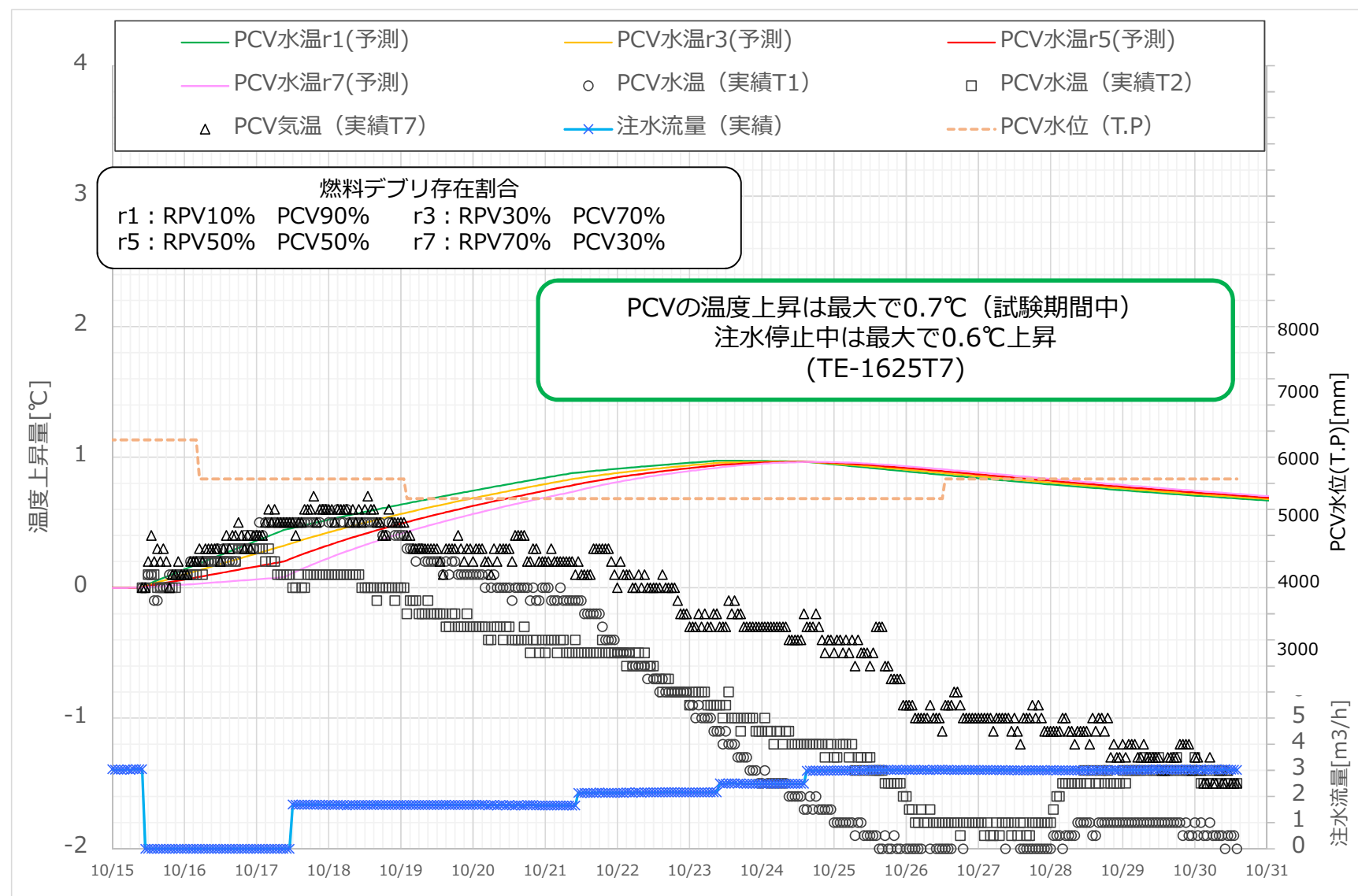


※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載

RPV底部温度の推移（実測値）

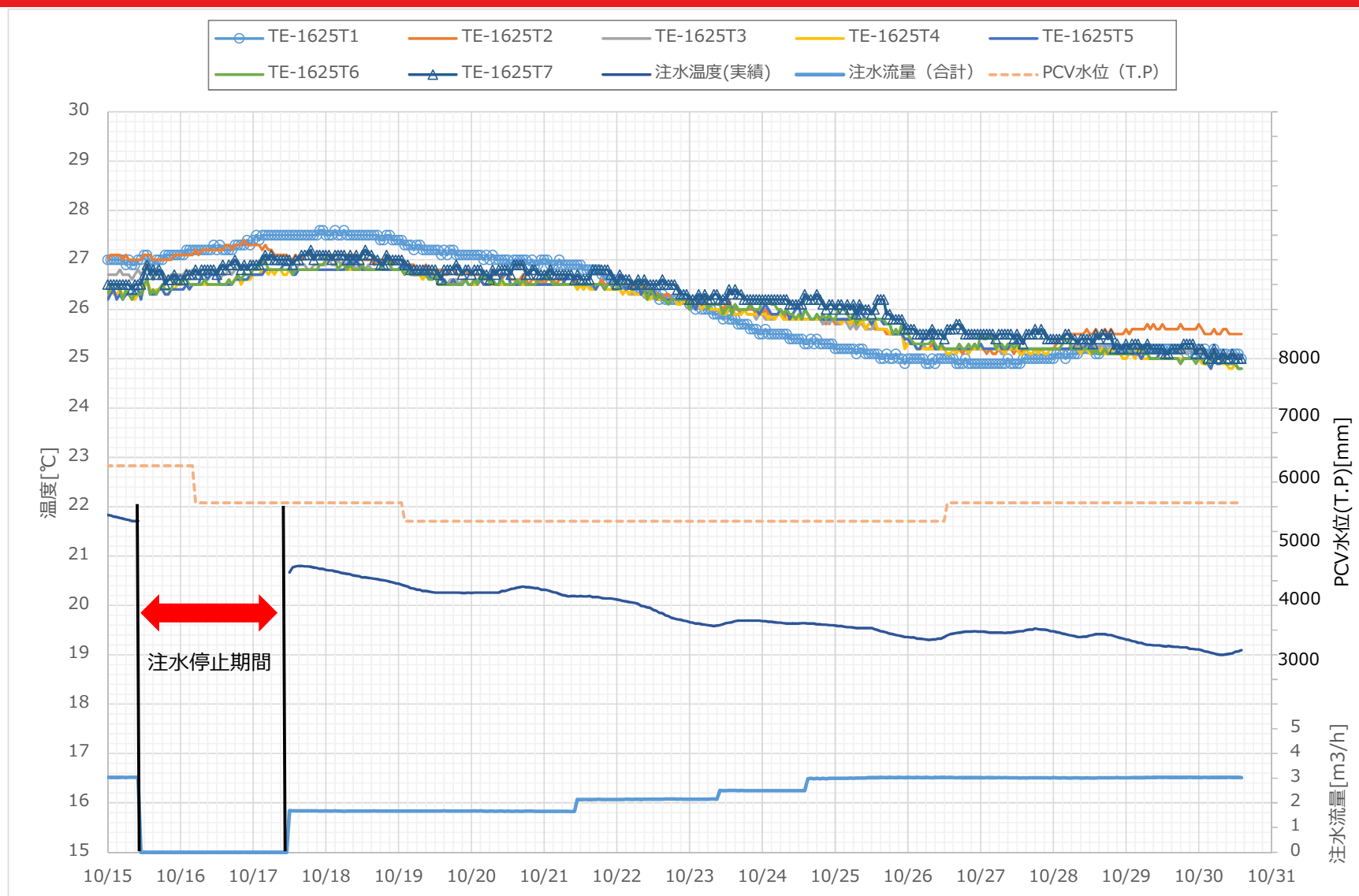


PCV温度の推移 (温度変化)



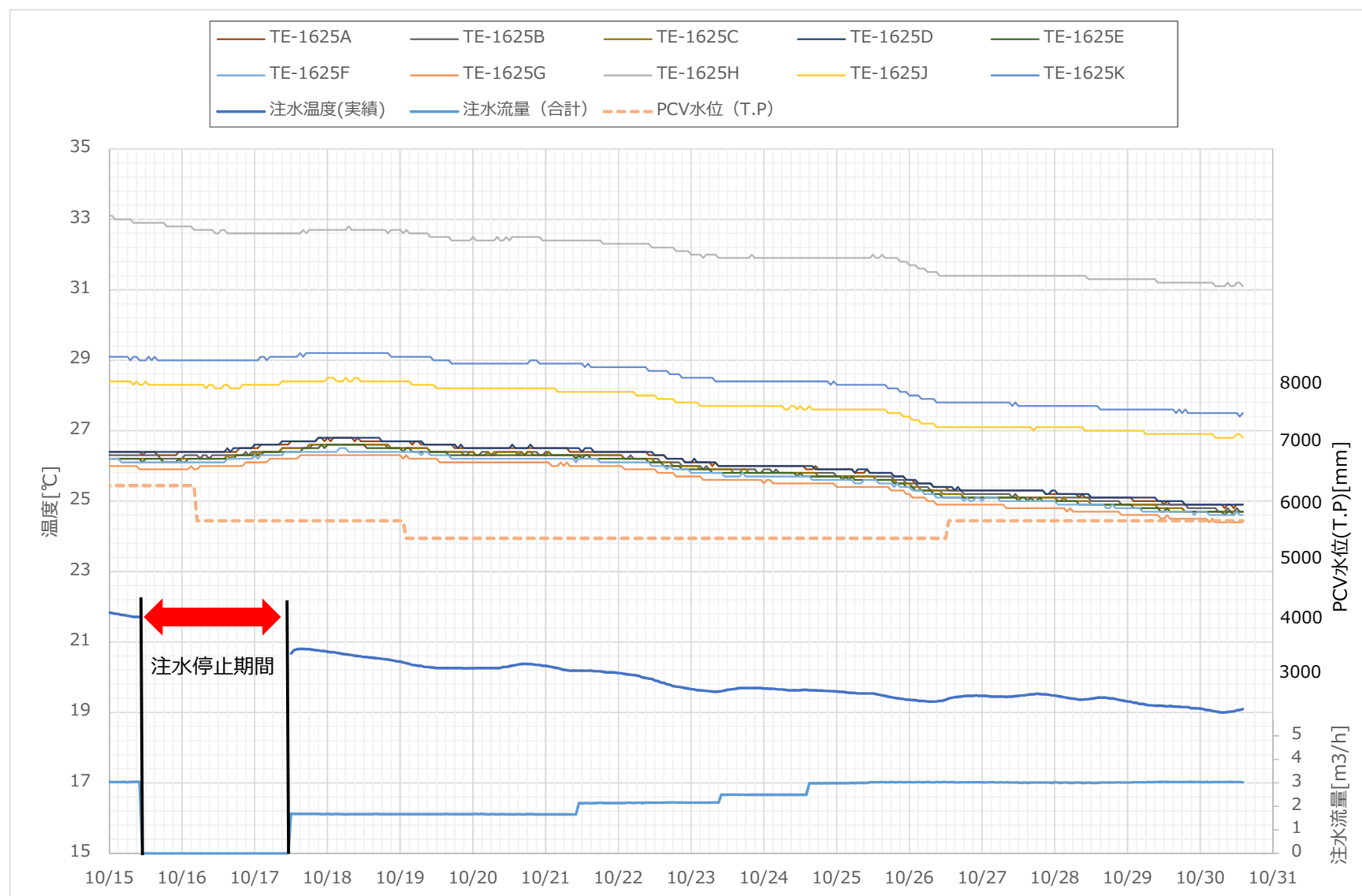
※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載 ・PCV水位は水没している上端の水位計を記載 5

PCV温度(新設)の推移 (実測値)



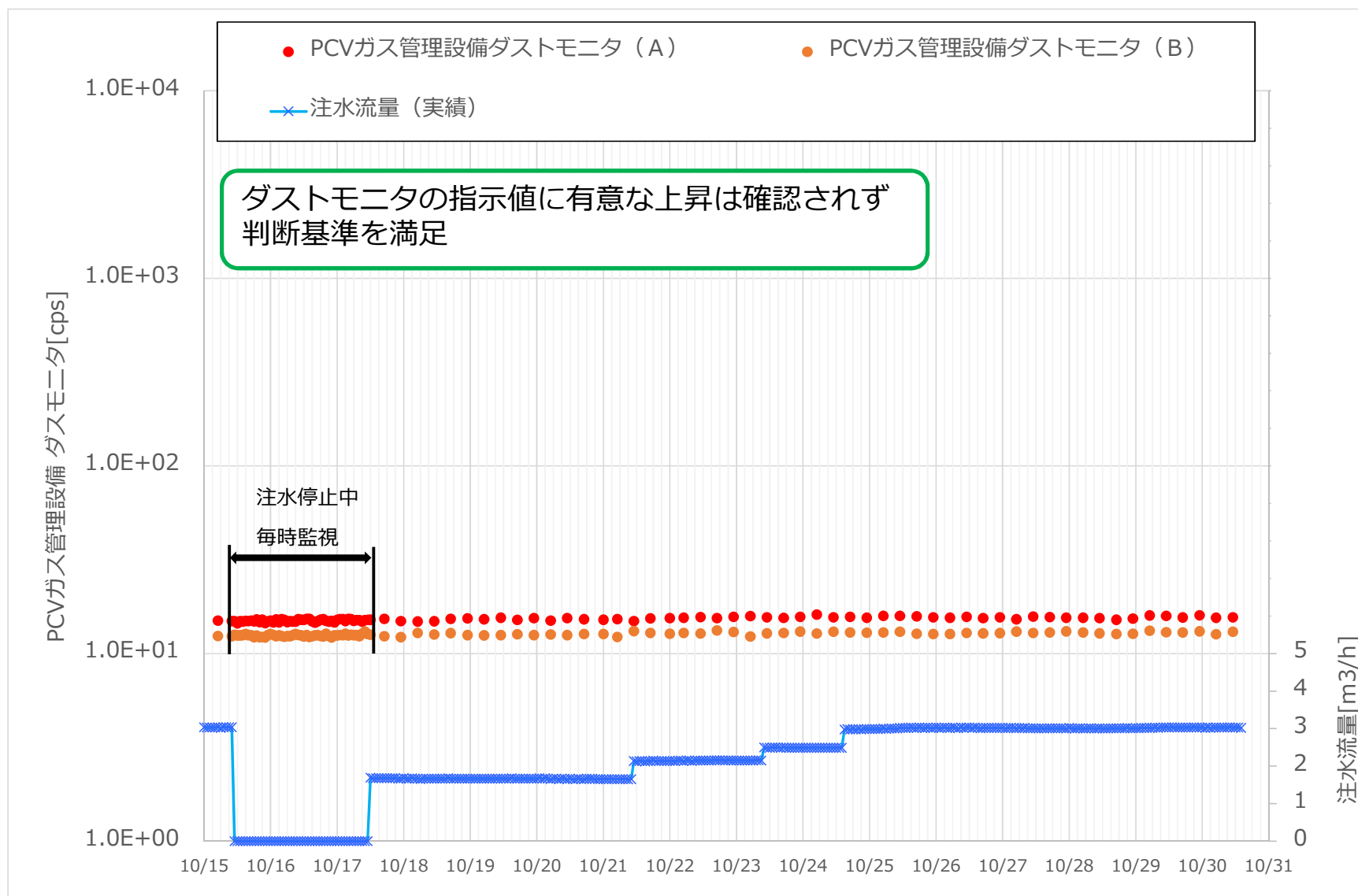
・ PCV水位は水没している上端の水位計を記載 6

PCV温度(既設)の推移 (実測値)

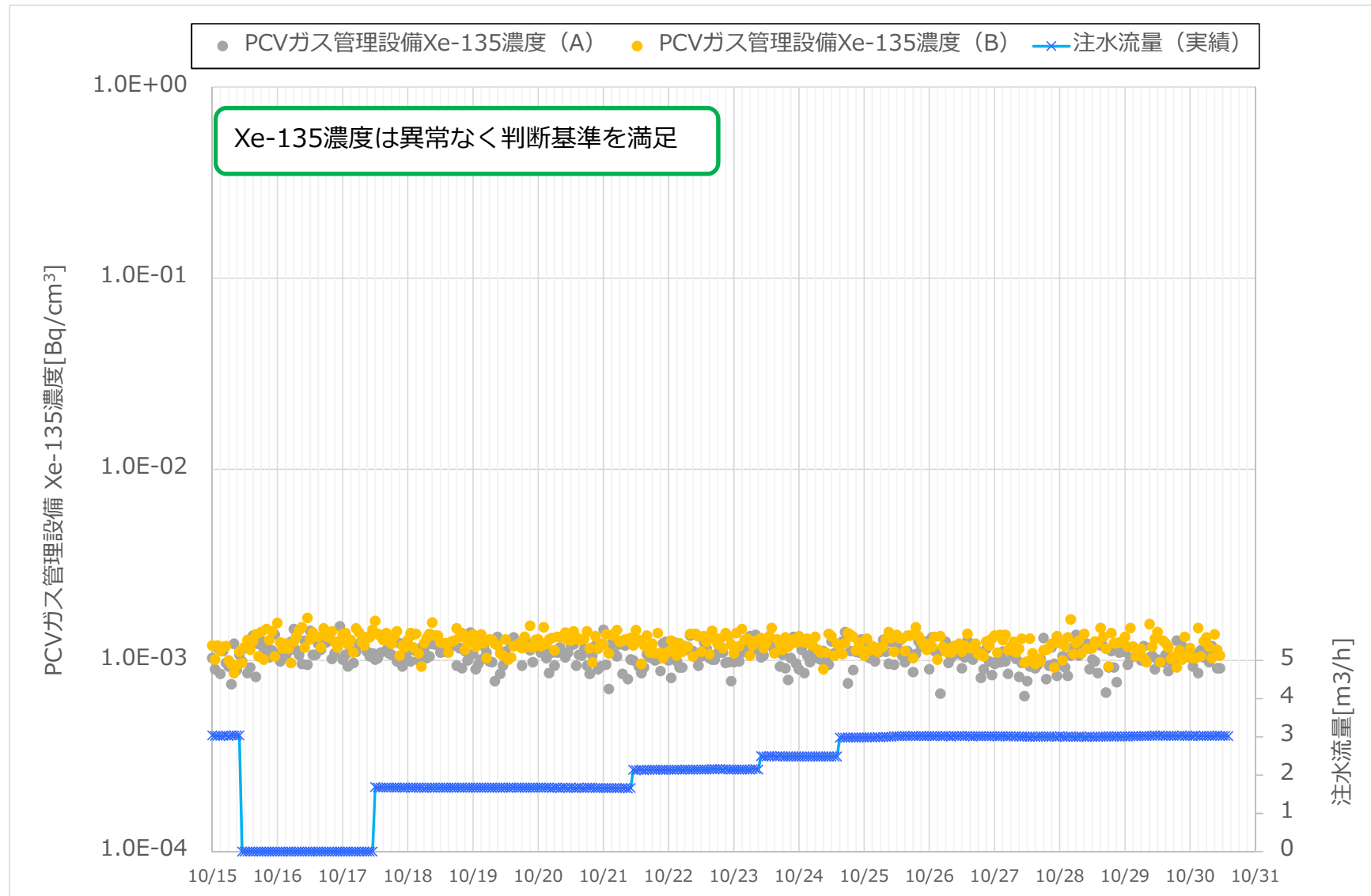


・ PCV水位は水没している上端の水位計を記載

PCVガス管理設備 ダスト濃度の推移

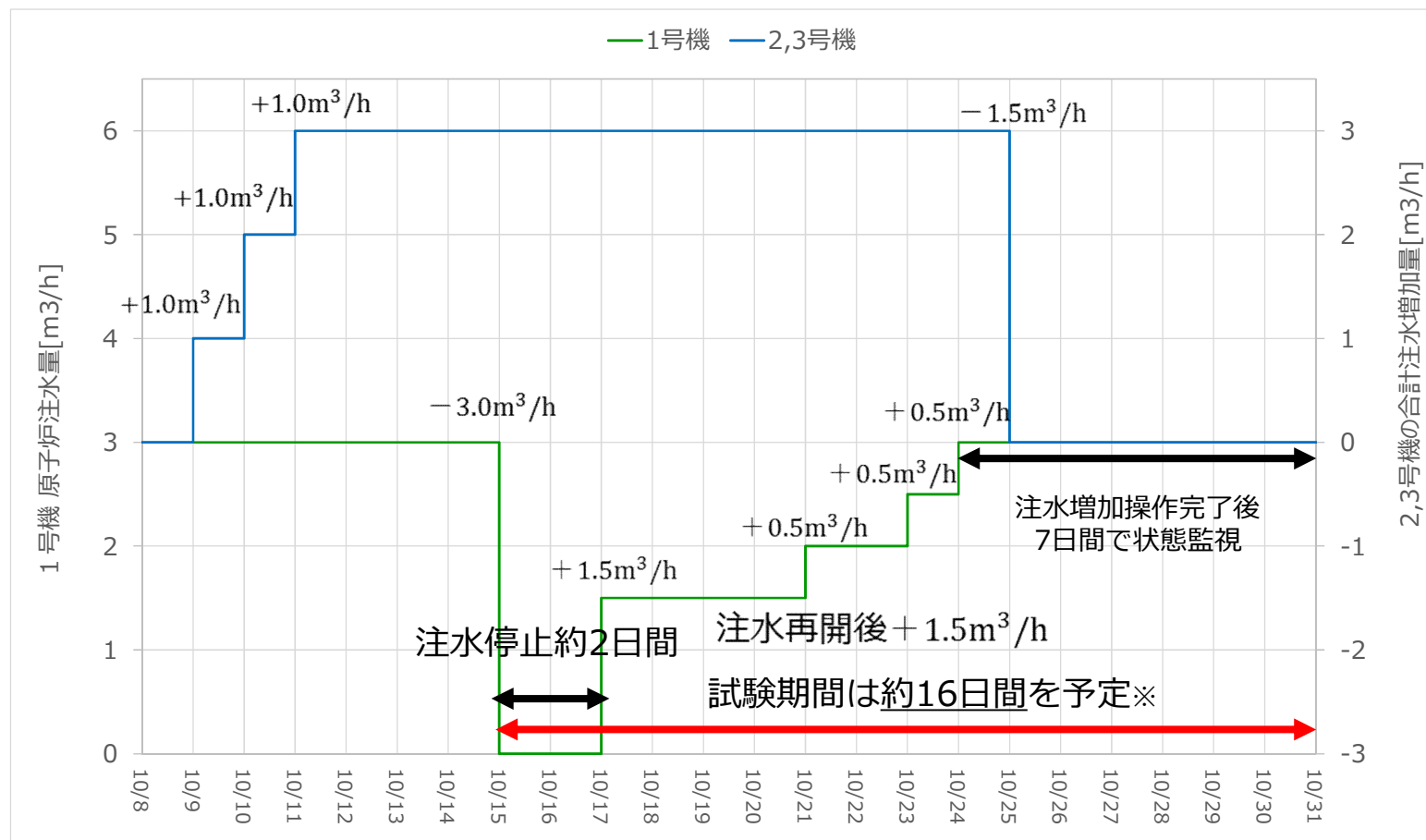


PCVガス管理設備 希ガス(Xe135)の推移



試験スケジュールについて

■ 試験のスケジュールは下記の通り



※ 試験における原子炉注水の停止・再開にあたり、実施計画18条（原子炉注水系）の運転上の制限「原子炉の冷却に必要な注水量の確保」および「任意の24時間あたりの注水量増加幅：1.0m³/h以下」を満足しなくなることから、実施計画第32条第1項を適用し、予め定める必要な安全措置を実施したうえで、計画的にLCO外に移行した。

(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	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

- ・ 原子炉圧力容器上部温度、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15℃未満※1
原子炉格納容器内温度	毎時	6時間	温度上昇が15℃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	通常値の10倍未満であること※2

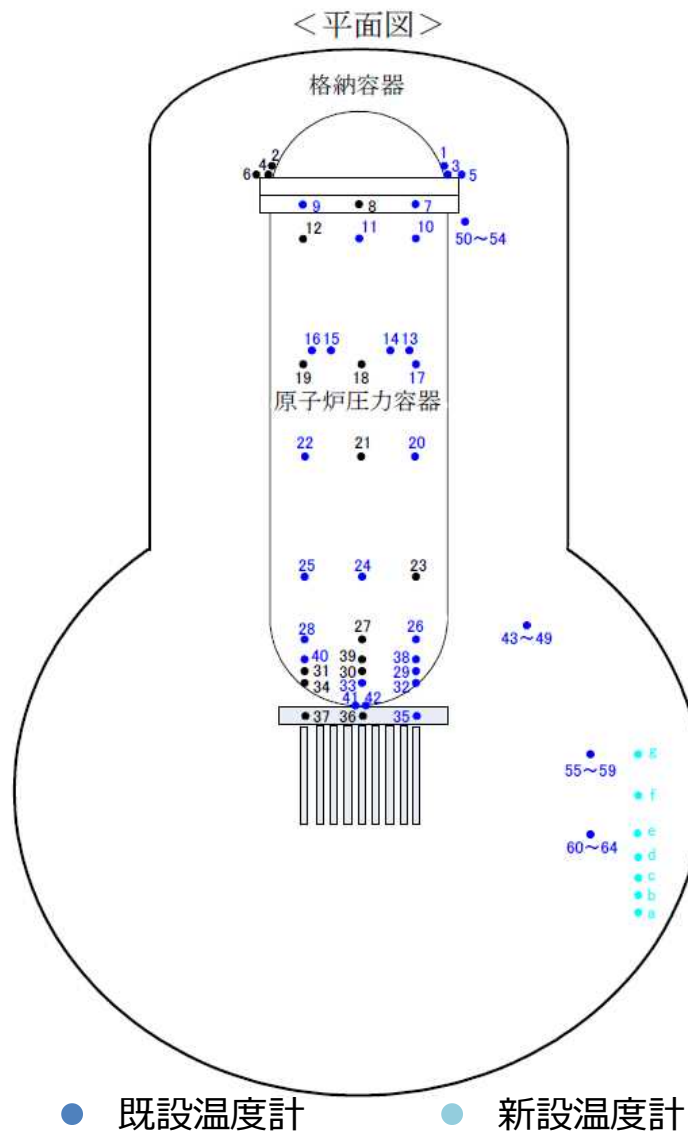
※2 Xe-135の通常値は1号機は $1.0 \times 10^{-3} \text{Bq/cm}^3$ 程度である。

運転上の制限である 1Bq/cm^3 に余裕があっても、2系同時に上昇した場合には、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) 1号機 監視温度計



■ RPV底部温度計(監視温度計)

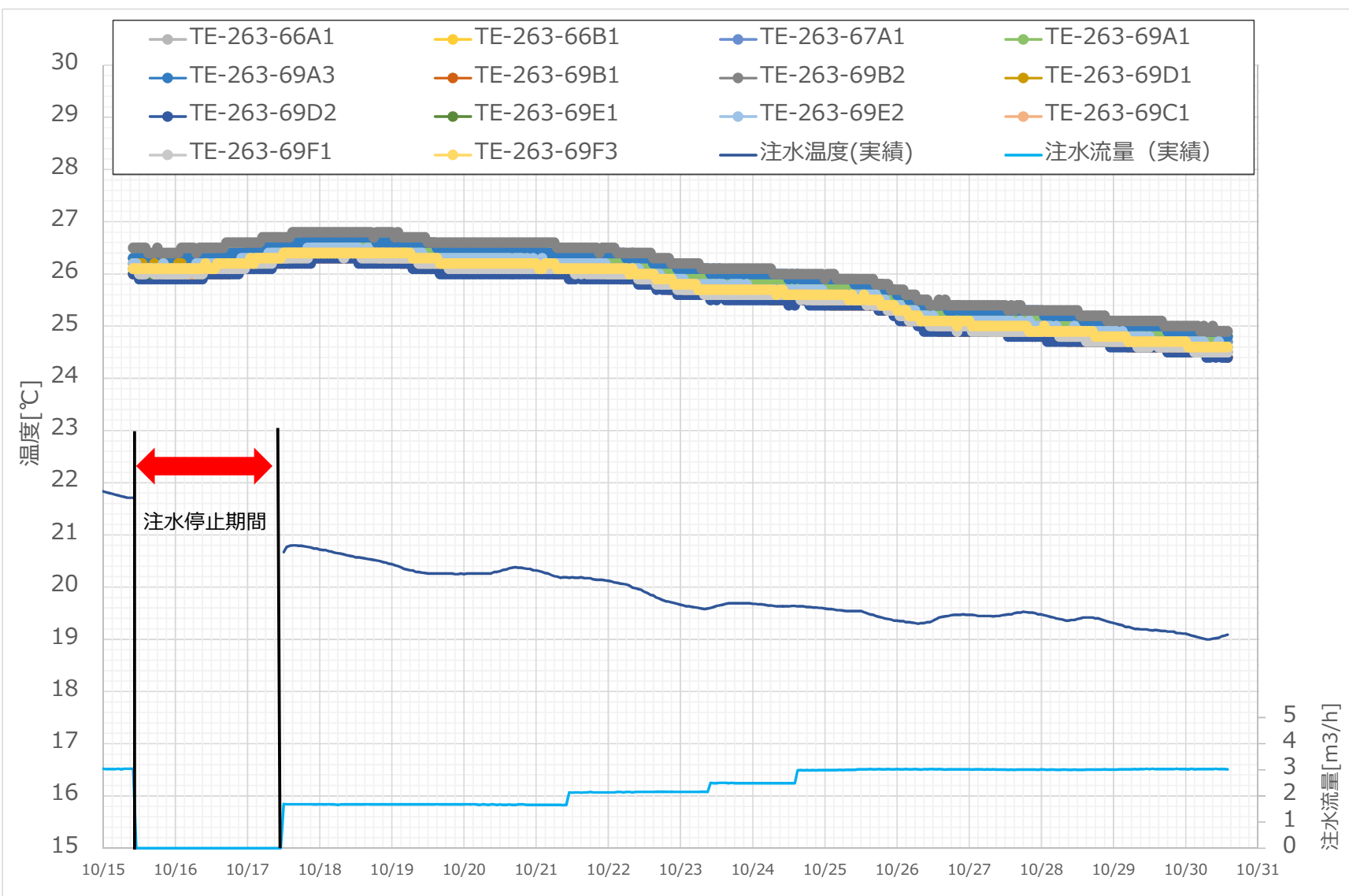
サービス名称	Tag No.	No.
VESSEL DOWN COMER	TE-263-69G2	24
	TE-263-69G3	25
原子炉 SKIRT JOINT 上部	TE-263-69H1	26
	TE-263-69H3	28
VESSEL BOTTOM HEAD	TE-263-69L1	32
	TE-263-69L2	33

■ PCV温度計(監視温度計)

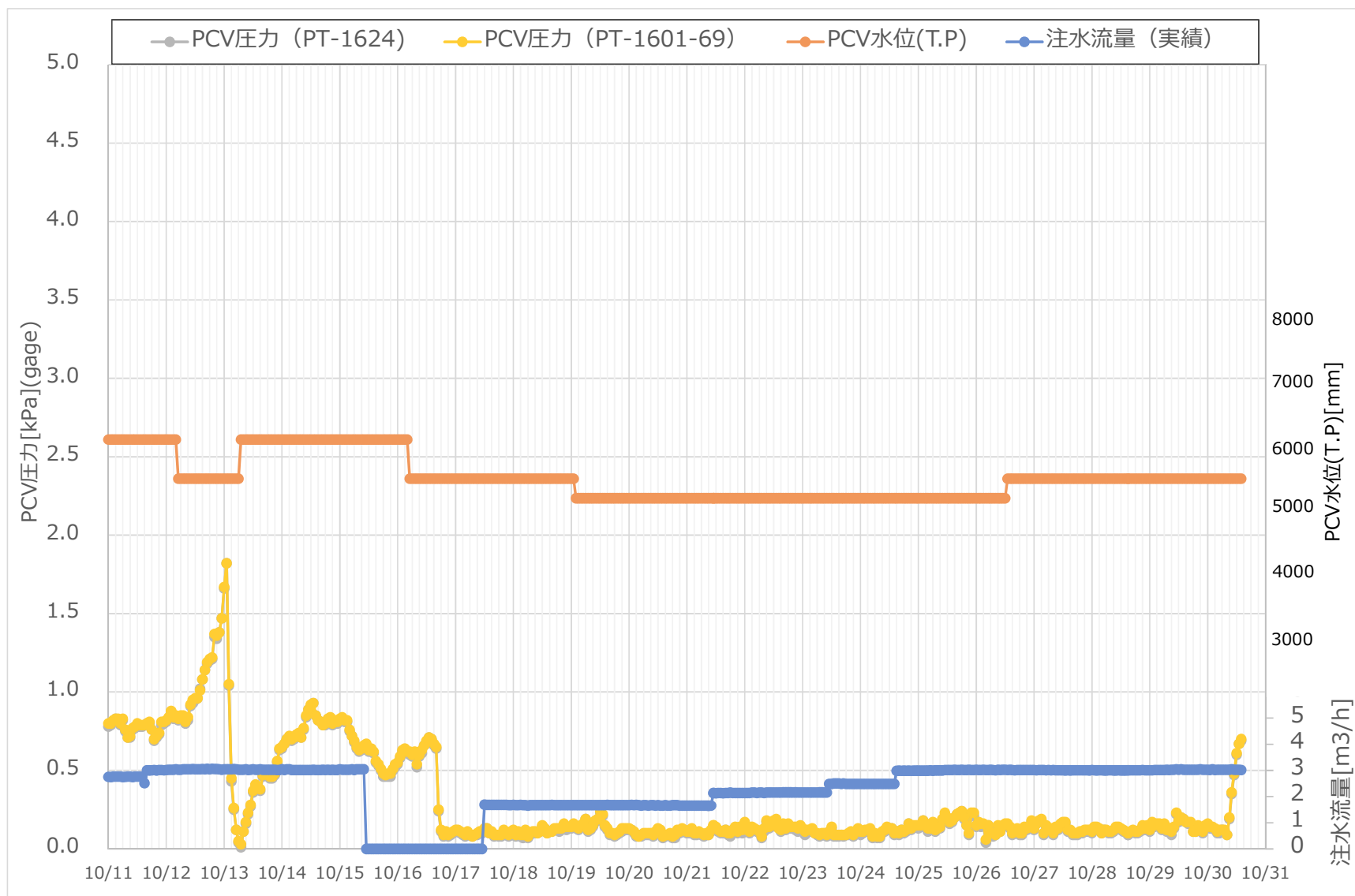
サービス名称	Tag No.	No.
HVH-12A~E SUPPLY AIR	TE-1625F~H,J,K	55~59
HVH-12A~E RETURN AIR	TE-1625A~E	60~64
PCV温度	TE-1625T1,T5,T7	a,e,g

監視温度計：温度計の評価及び点検結果、指示値の日々の変動幅、連続性や経年劣化、事故影響より温度監視に適していると判断され 13 温度計

(参考) RPV上部温度の推移



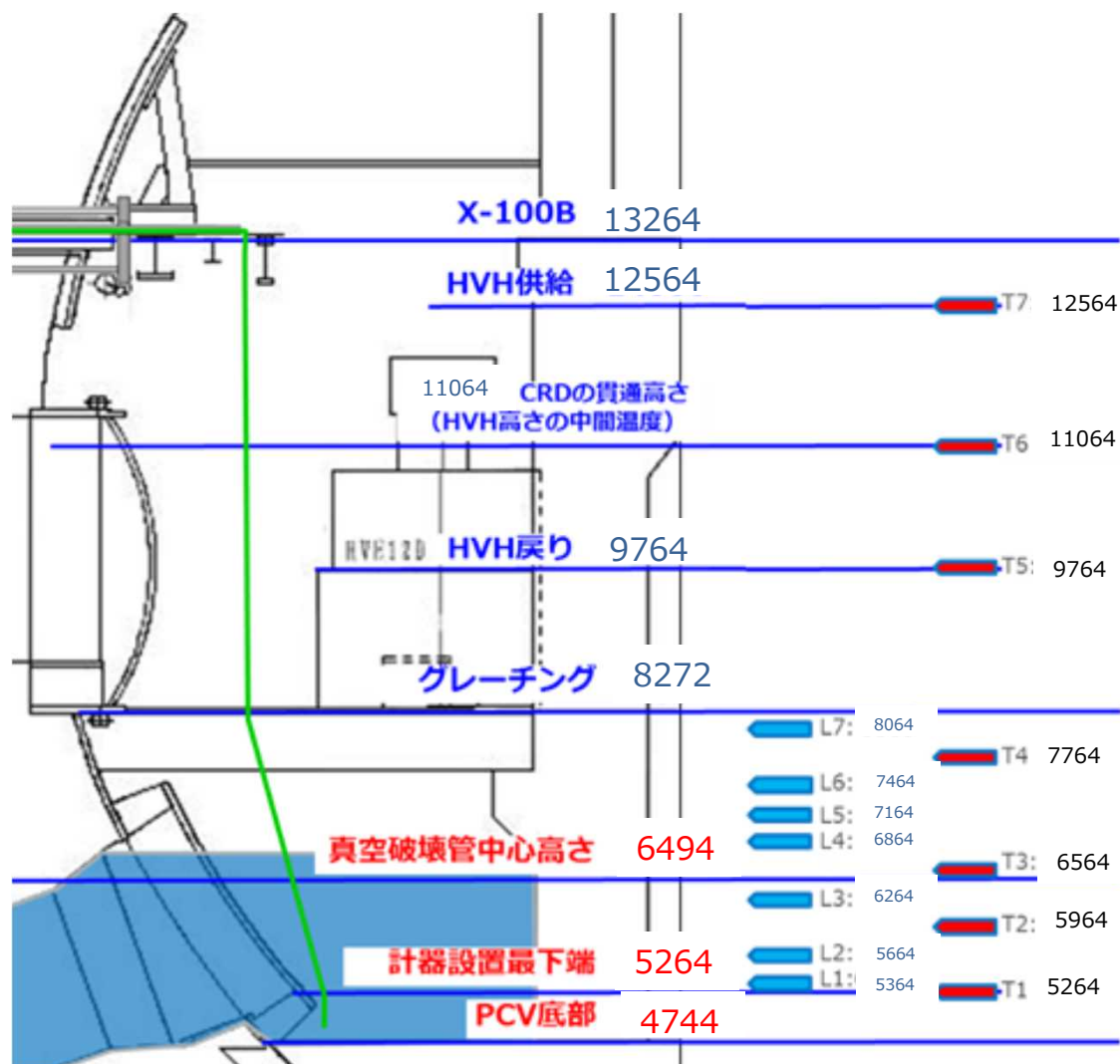
(参考) 1号機PCV圧力と水位の推移



・ PCV水位は水没している上端の水位計を記載 水位はT.Pで記載

(参考) 1号機 水位計設置位置

- 1号機のPCV水位計については接点式の水圧計を設置



高さはT.Pで記載



- 炉内挙の評価、データ拡充の観点から、追加的に関連パラメータの取得、試料採取・分析を実施（分析・評価実施中）

- 追加取得パラメータ

下記のパラメータについて、原子炉注水停止とその前後を含む期間（10月11日～31日）記録し評価を行う

- 1号原子炉格納容器ガス管理設備HEPAフィルタユニット表面線量率
- 1号原子炉格納容器ガス管理設備仮設連続ダストモニタ
- 1号原子炉建屋オペレーティングフロアの連続ダストモニタ

- 試料採取および分析

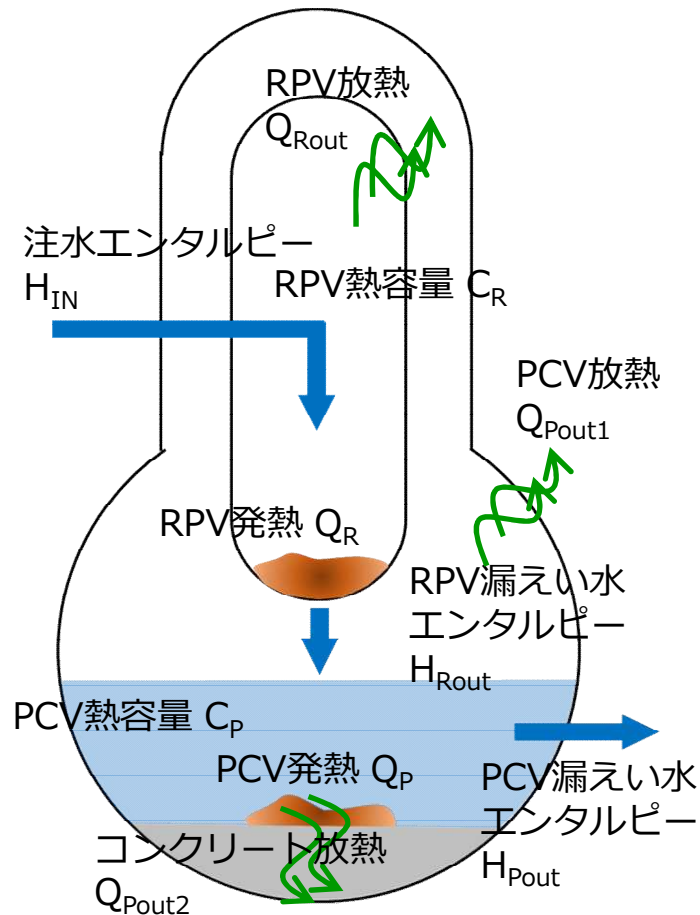
原子炉注水停止前、原子炉注水停止後を対象として、下記試料を採取し核種分析評価を行う

分析結果から原子炉注水停止がPCV内の環境へ与える影響を評価する

- 1号原子炉格納容器ガス管理設備仮設連続ダストモニタのダスト
- 1号原子炉格納容器ガス管理設備HEPAフィルタ入口側抽気ガスのドレン水

(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

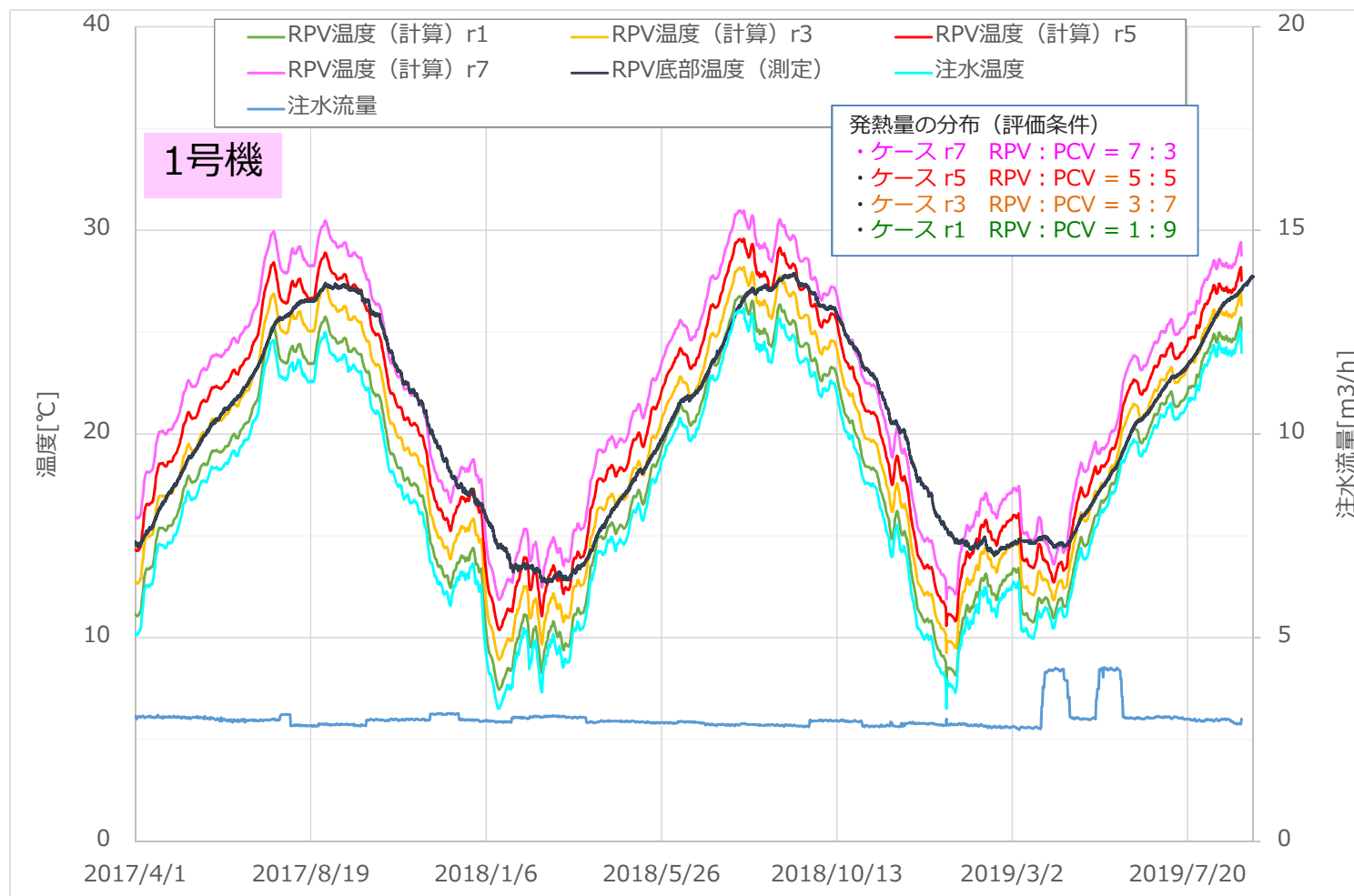
$$H_{Rout} + Q_P + Q_{Rout} - Q_{Pout1} - Q_{Pout2} - H_{pout} - C_P \times \Delta T_P = 0$$

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

（参考） 1号機RPV温度の計算結果（熱バランモデル）

TEPCO

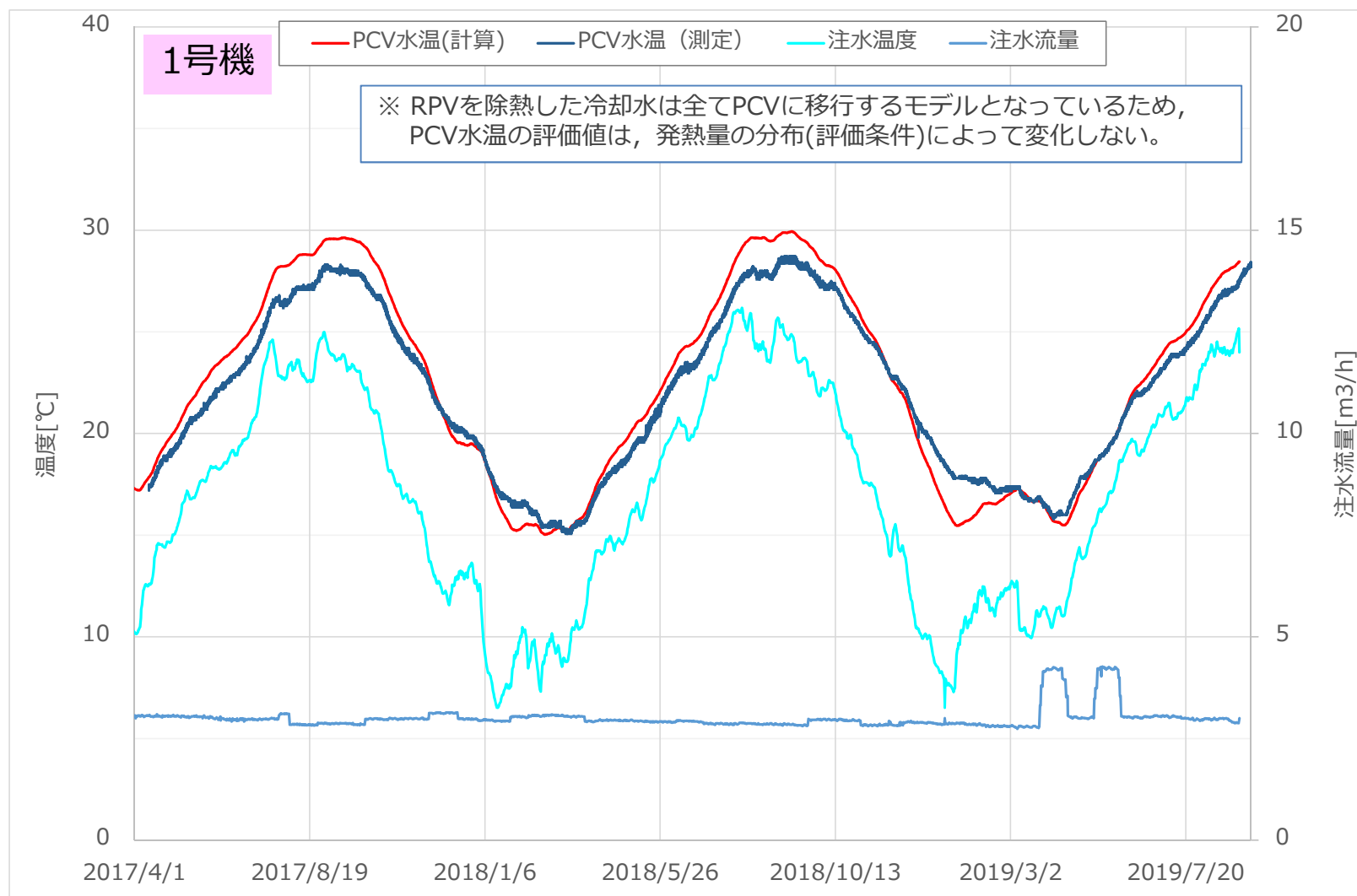
- これまで1号機の燃料デブリの大部分はPCVに存在と推定。
- しかしながら、熱バランモデルによる温度評価では、RPVの発熱量の評価条件が小さいと、RPV温度の計算値は低めとなり、RPVの発熱量が多い方が測定値に近い傾向。
- また、計算値の方が注水温度の変化に対する温度応答が早い傾向。



(参考) 1号機PCV温度の計算結果(熱バランスモデル)

TEPCO

- 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) 1号機試験に伴う、2・3号機の原子炉注水量増加

TEPCO

- 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、1号機の原子炉注水停止試験にあたっては、2・3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。

