

# 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29日

The logo for TEPCO (Tokyo Electric Power Company) is displayed in red, bold, uppercase letters. A thick red horizontal line is positioned below the date and logo.

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。その後、現在まで炉内状況は安定している
  - 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28日15:00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 m<sup>3</sup>/h → 0.0 m<sup>3</sup>/h
- 2019年10月17日 11:37～11:48 0.0 m<sup>3</sup>/h → 1.5 m<sup>3</sup>/h
- 2019年10月21日 10:09 1.6 m<sup>3</sup>/h → 2.1 m<sup>3</sup>/h
- 2019年10月23日 10:03 2.1 m<sup>3</sup>/h → 2.5 m<sup>3</sup>/h
- 2019年10月24日 14:09～14:19 2.5 m<sup>3</sup>/h → 3.0 m<sup>3</sup>/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
<b>0.01℃/h程度</b>	26.5℃ (10月15日11:00) → 27.0℃ (10月17日12:00)	TE-1625T7

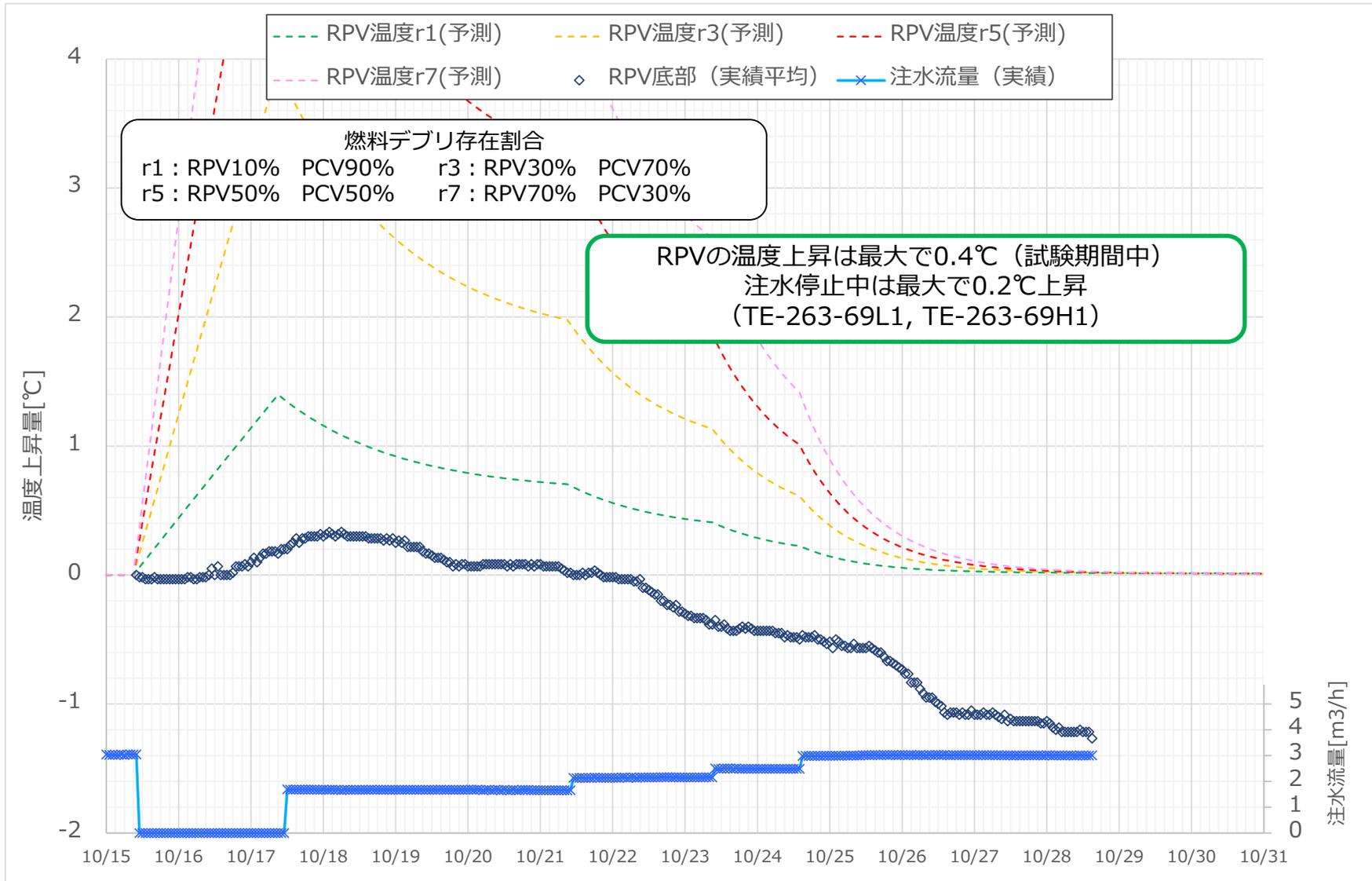
## <原子炉の冷却状態>

- 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）を満足中。

## <その他のパラメータ>

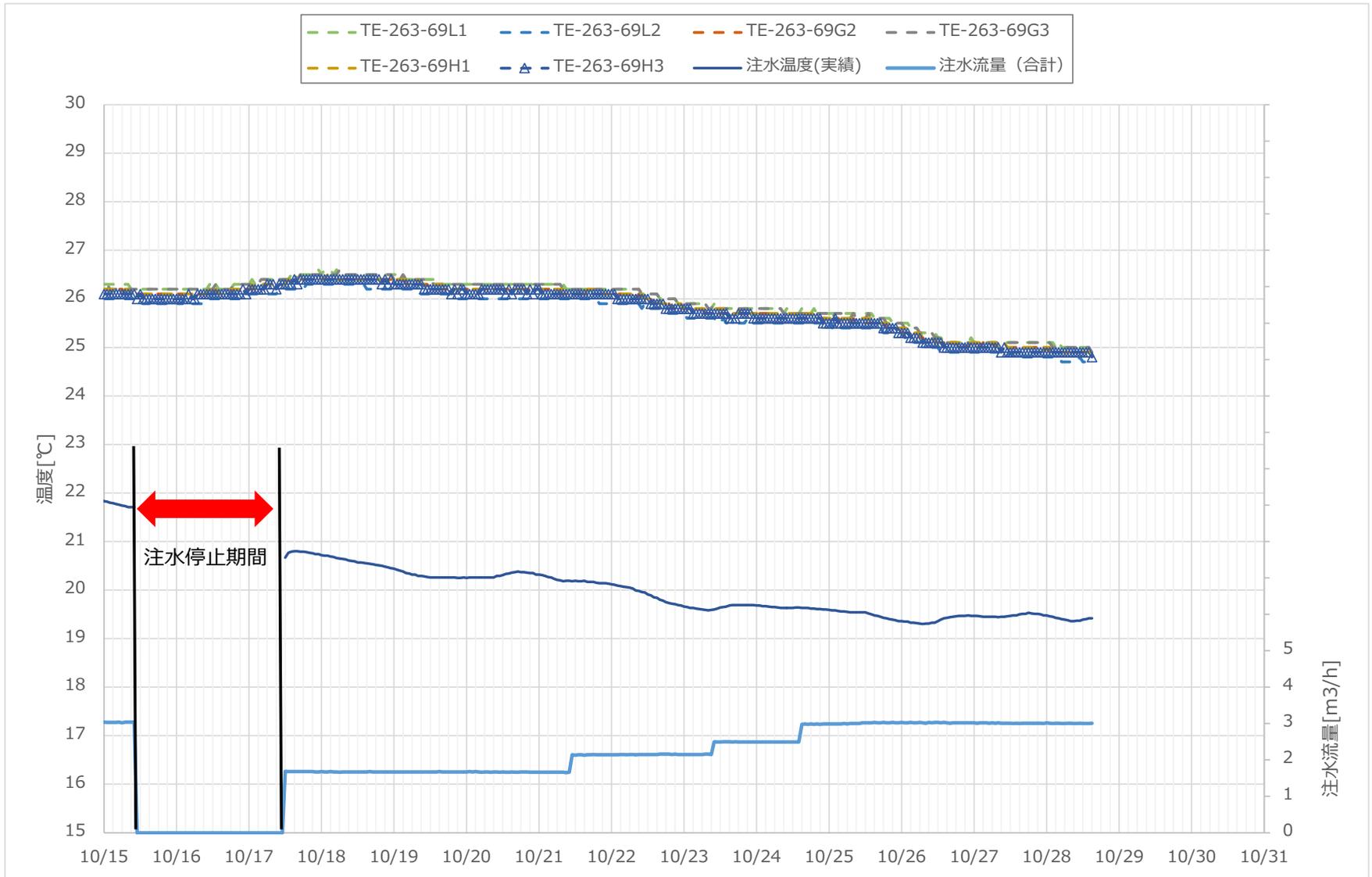
- PCVガス管理設備のダスト濃度に有意な上昇なし
- PCVガス管理設備の短半減期希ガス（Xe-135）は、原子炉注水量増加後も有意な上昇なく原子炉は未臨界を維持

# RPV底部温度の推移（温度変化）

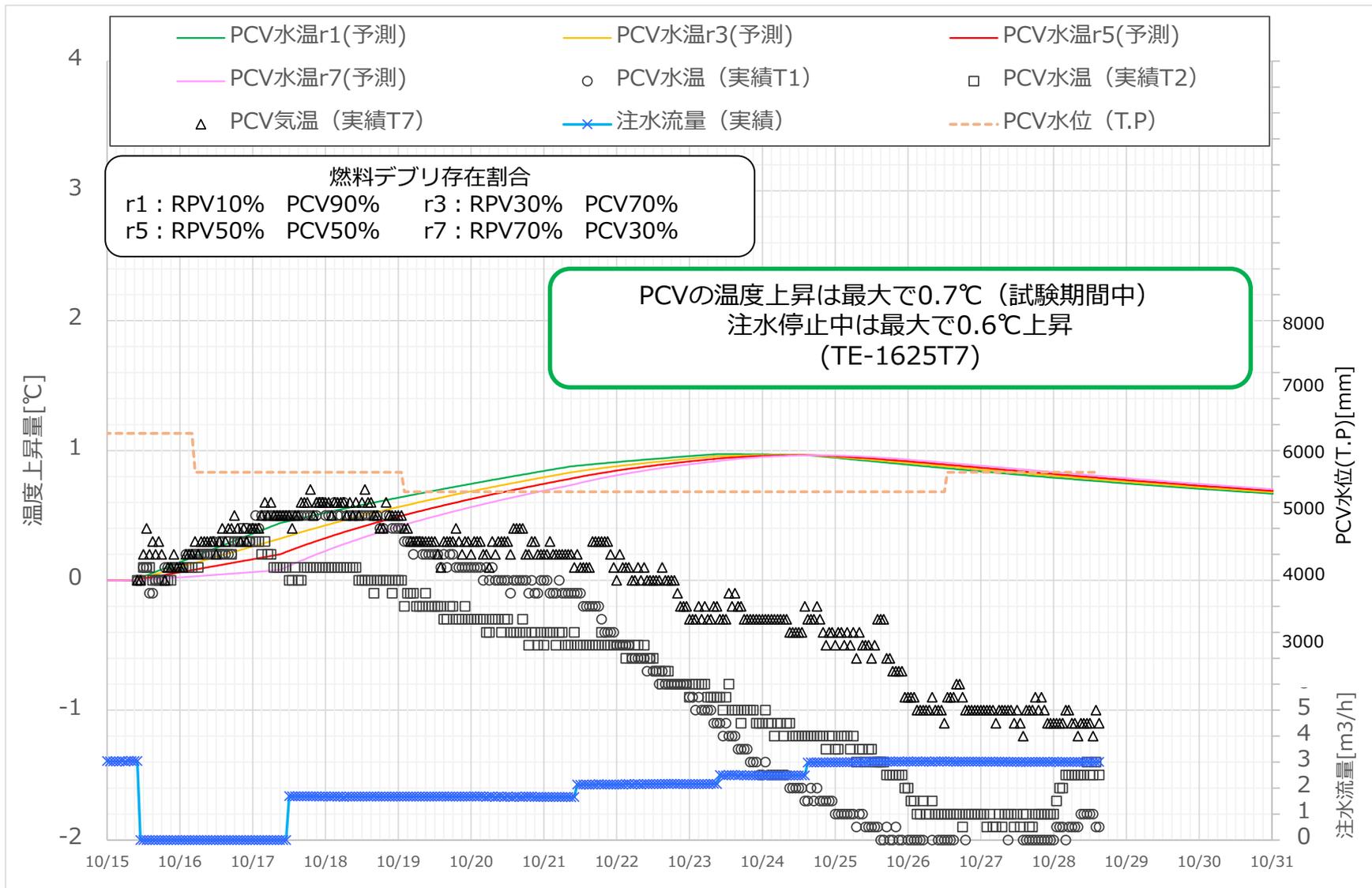


※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載

# RPV底部温度の推移 (実測値)

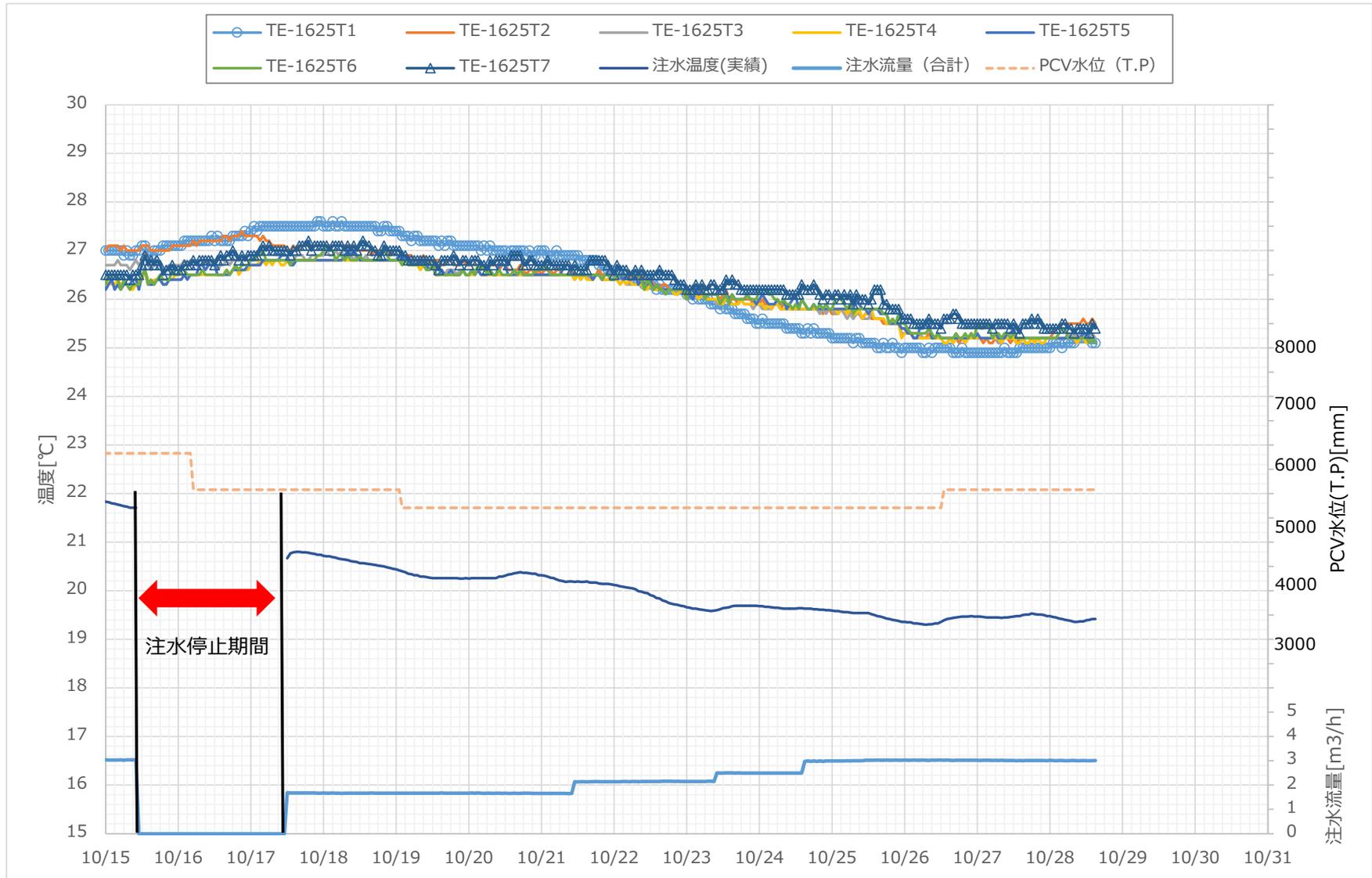


# PCV温度の推移 (温度変化)



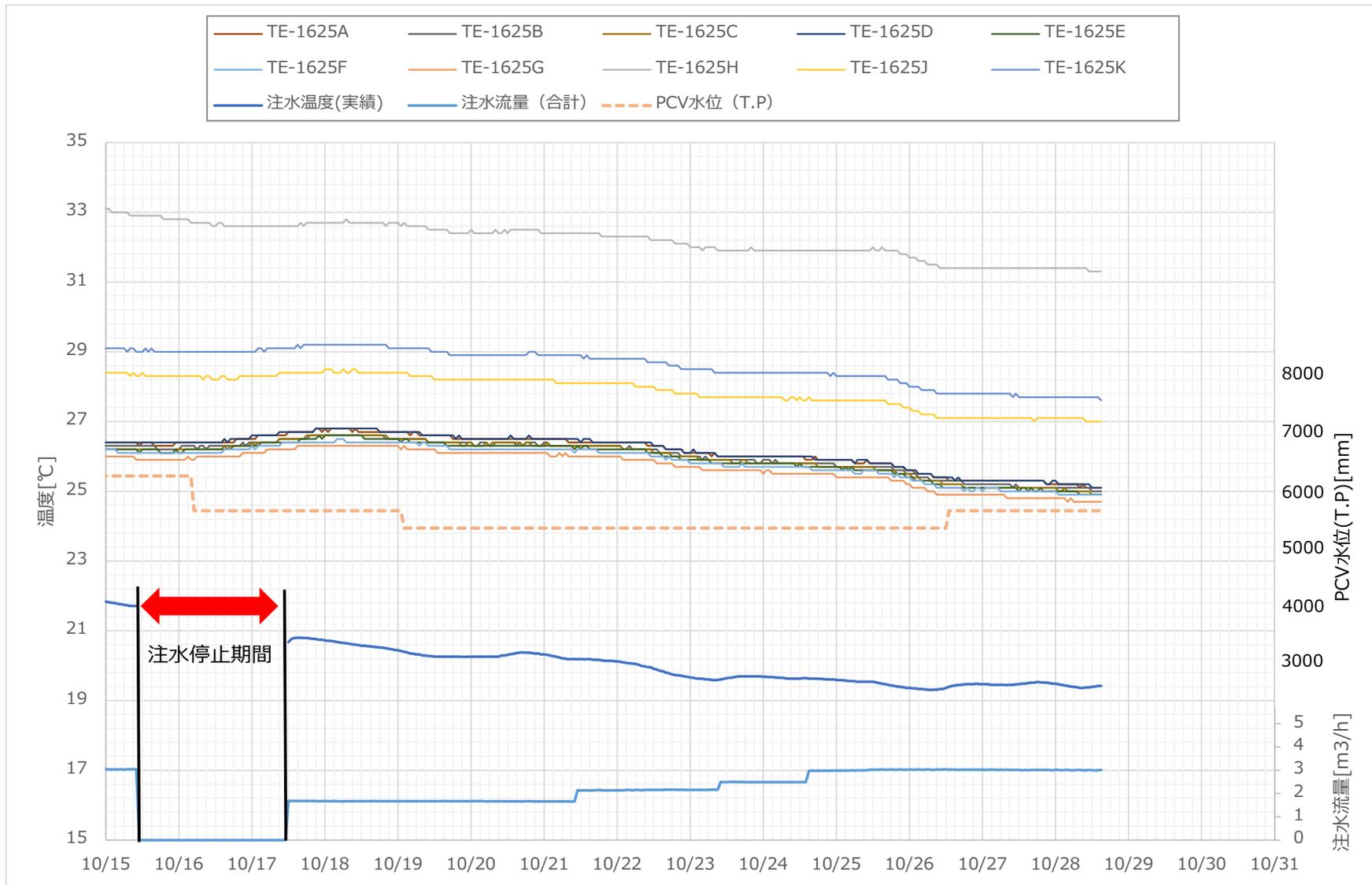
※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載 ・PCV水位は水没している上端の水位計を記載

# PCV温度(新設)の推移 (実測値)

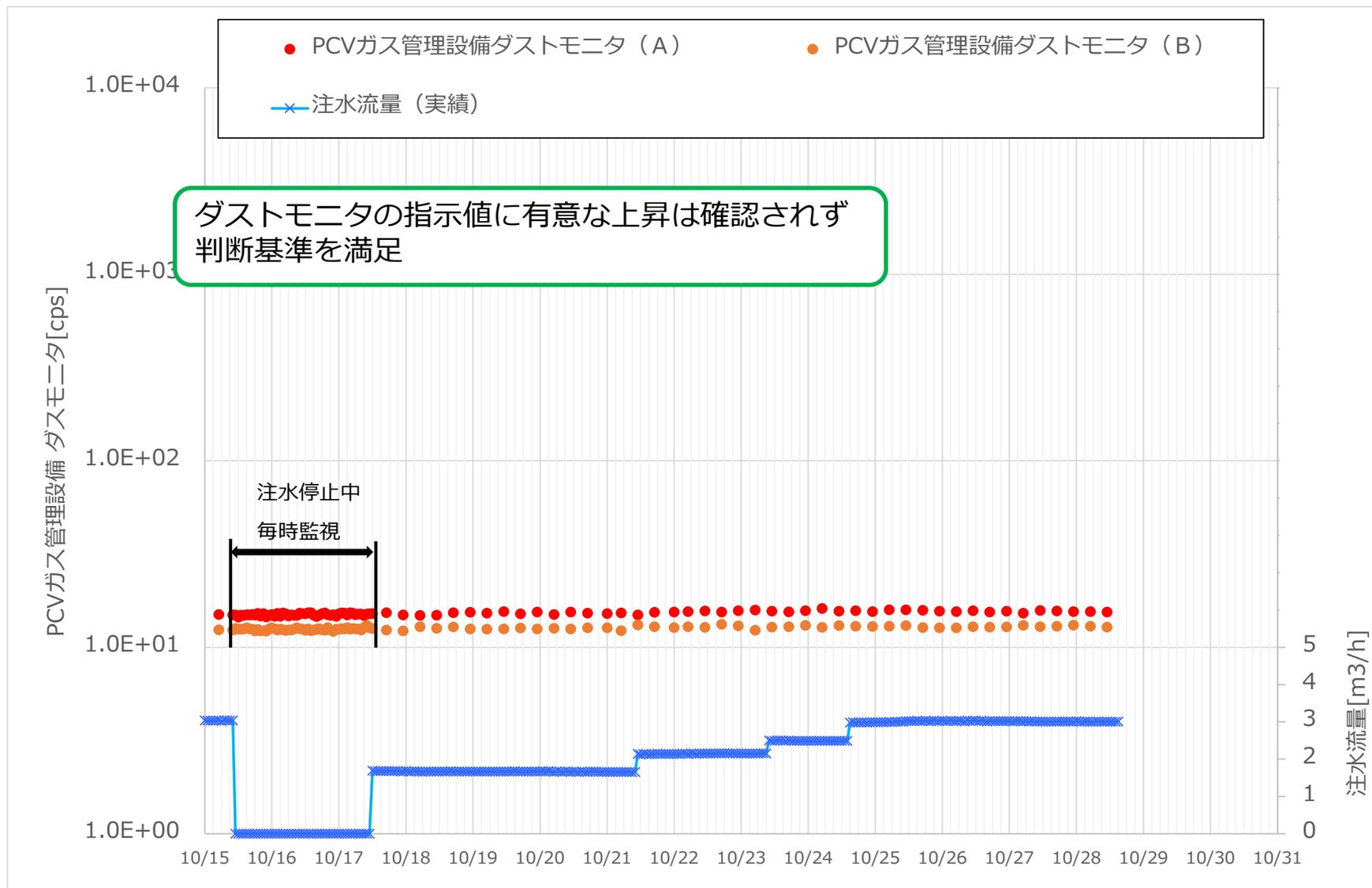


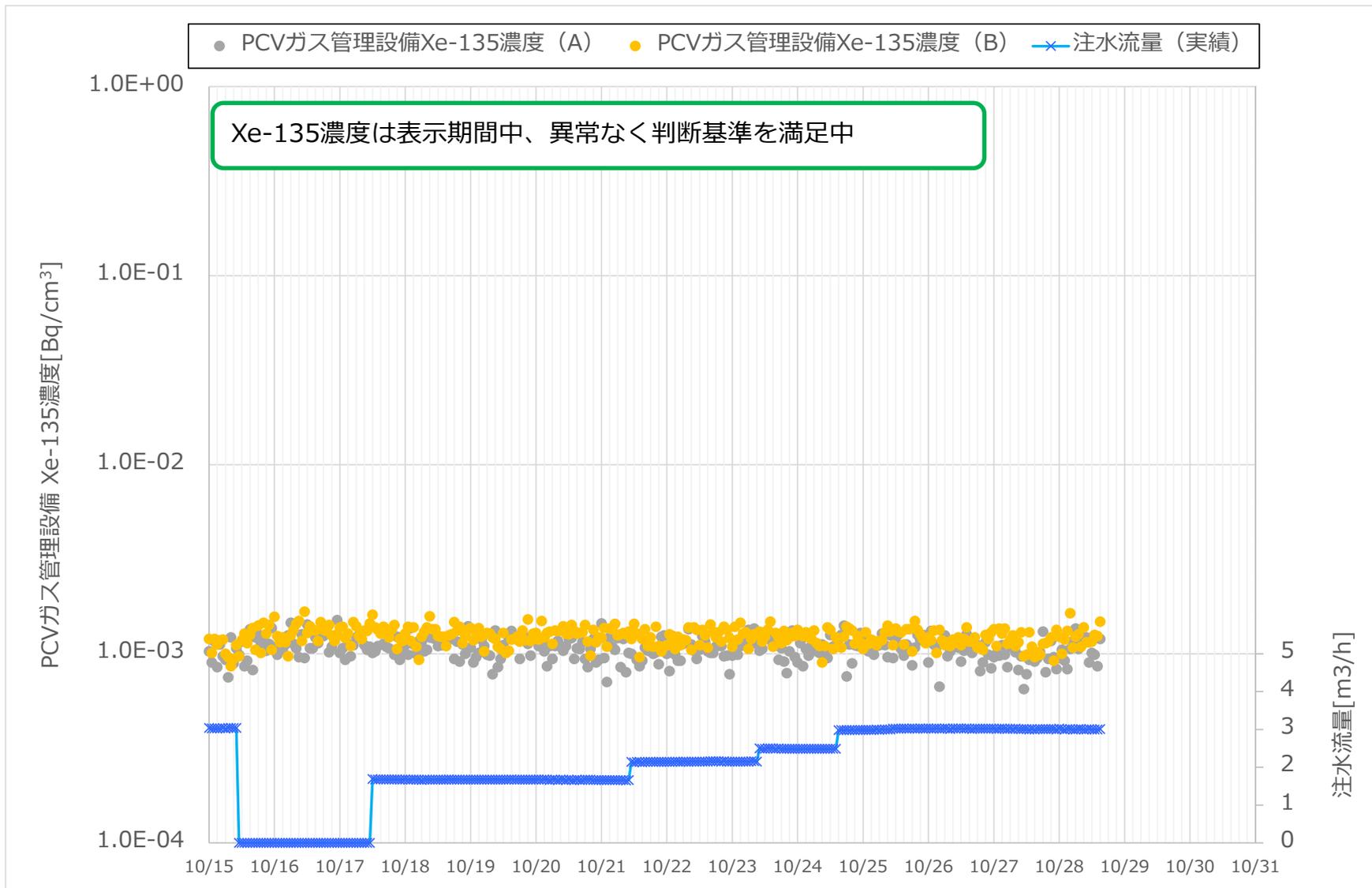
・ PCV水位は水没している上端の水位計を記載 6

# PCV温度(既設)の推移 (実測値)

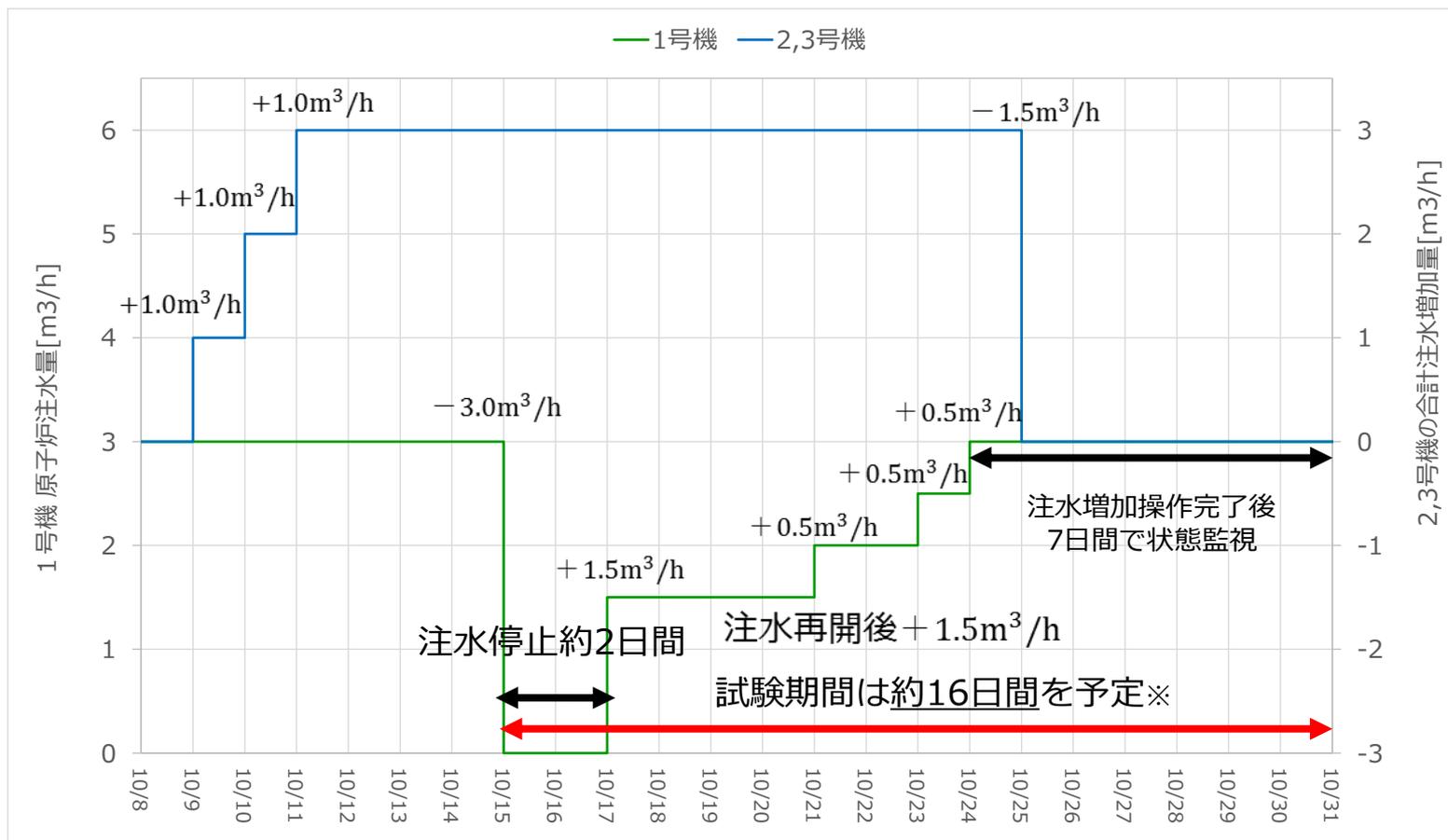


・ PCV水位は水没している上端の水位計を記載





## ■ 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：1.0m<sup>3</sup>/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1.5m<sup>3</sup>/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

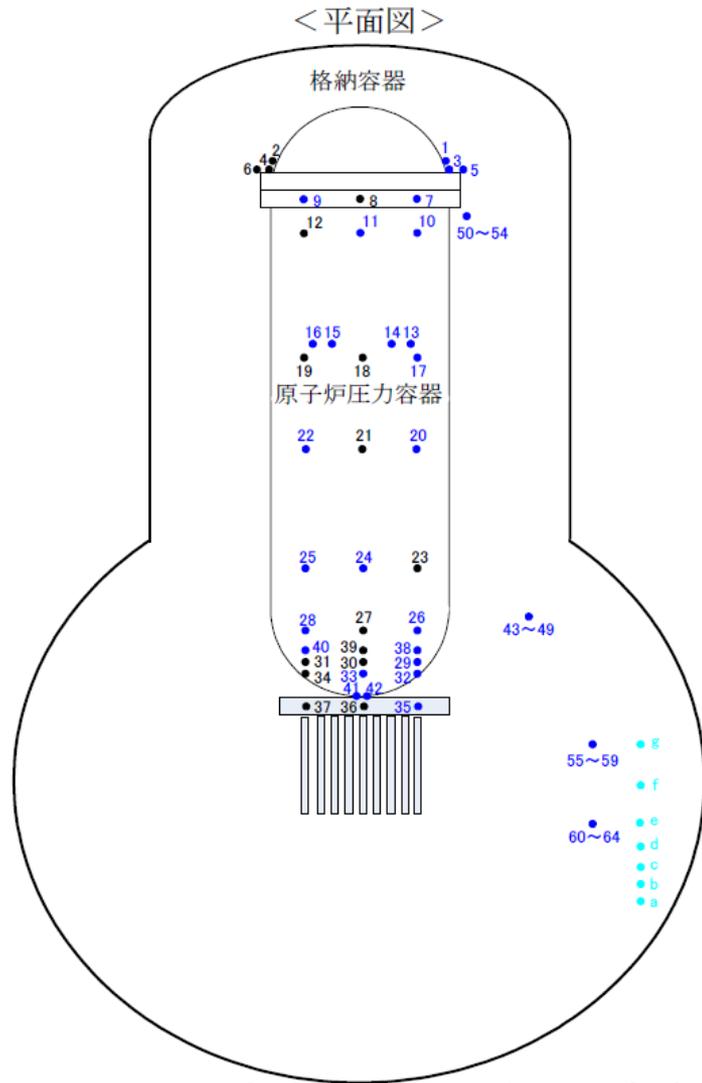
- 注水変更操作から24時間は速やかにホウ酸水を注入できる体制を維持

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	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 $1 \text{Bq/cm}^3$ 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



- 既設温度計
- 新設温度計
- 監視・評価対象外

■ RPV底部温度計(監視温度計)

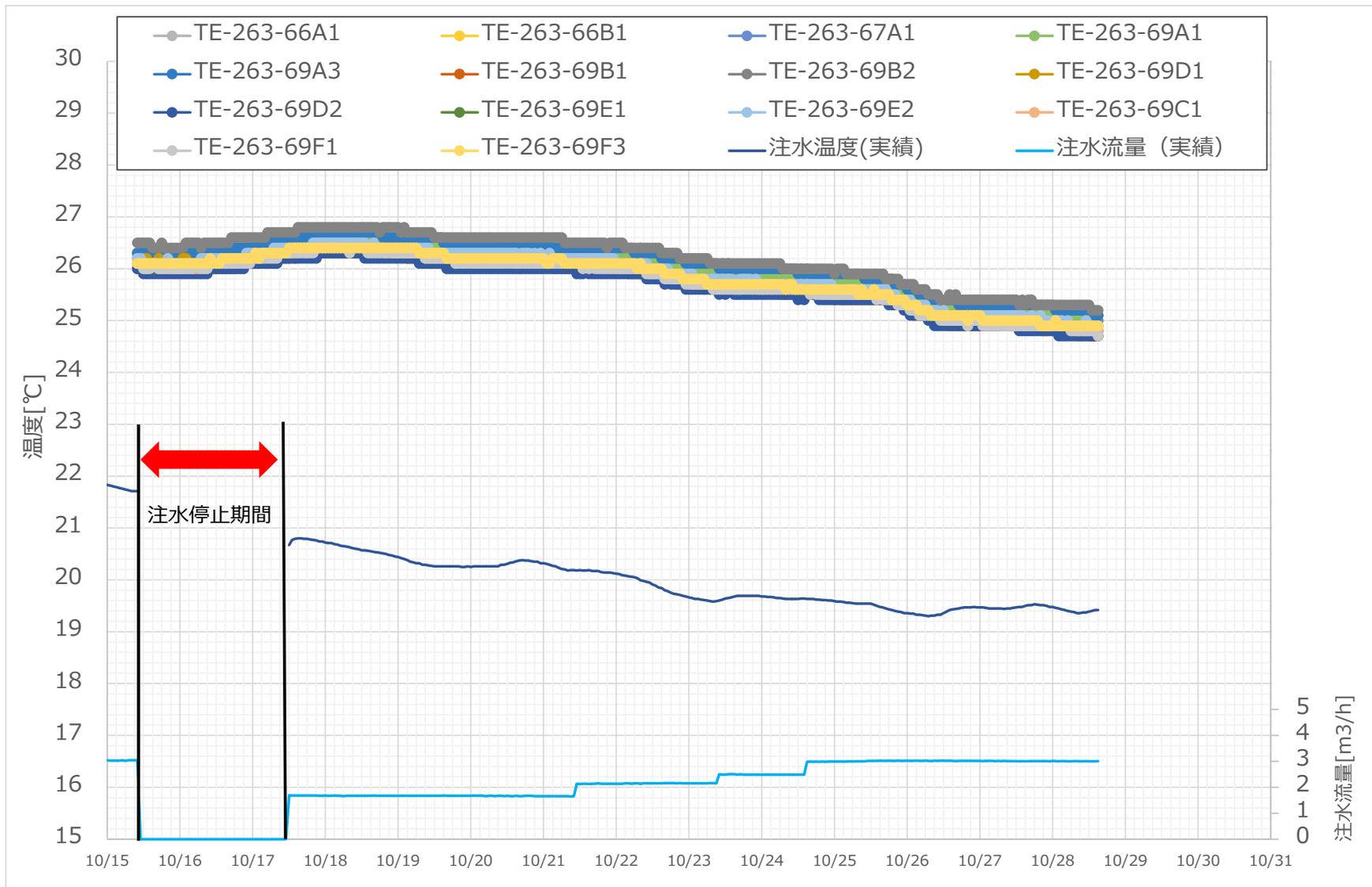
サービス名称	Tag No.	No.
VESSEL DOWN COMER	TE-263-69G2	24
	TE-263-69G3	25
原子炉 SKIRT JOINT 上部	TE-263-69H1	26
	TE-263-69H3	28
VESSEL BOTTOM HEAD	TE-263-69L1	32
	TE-263-69L2	33

■ PCV温度計(監視温度計)

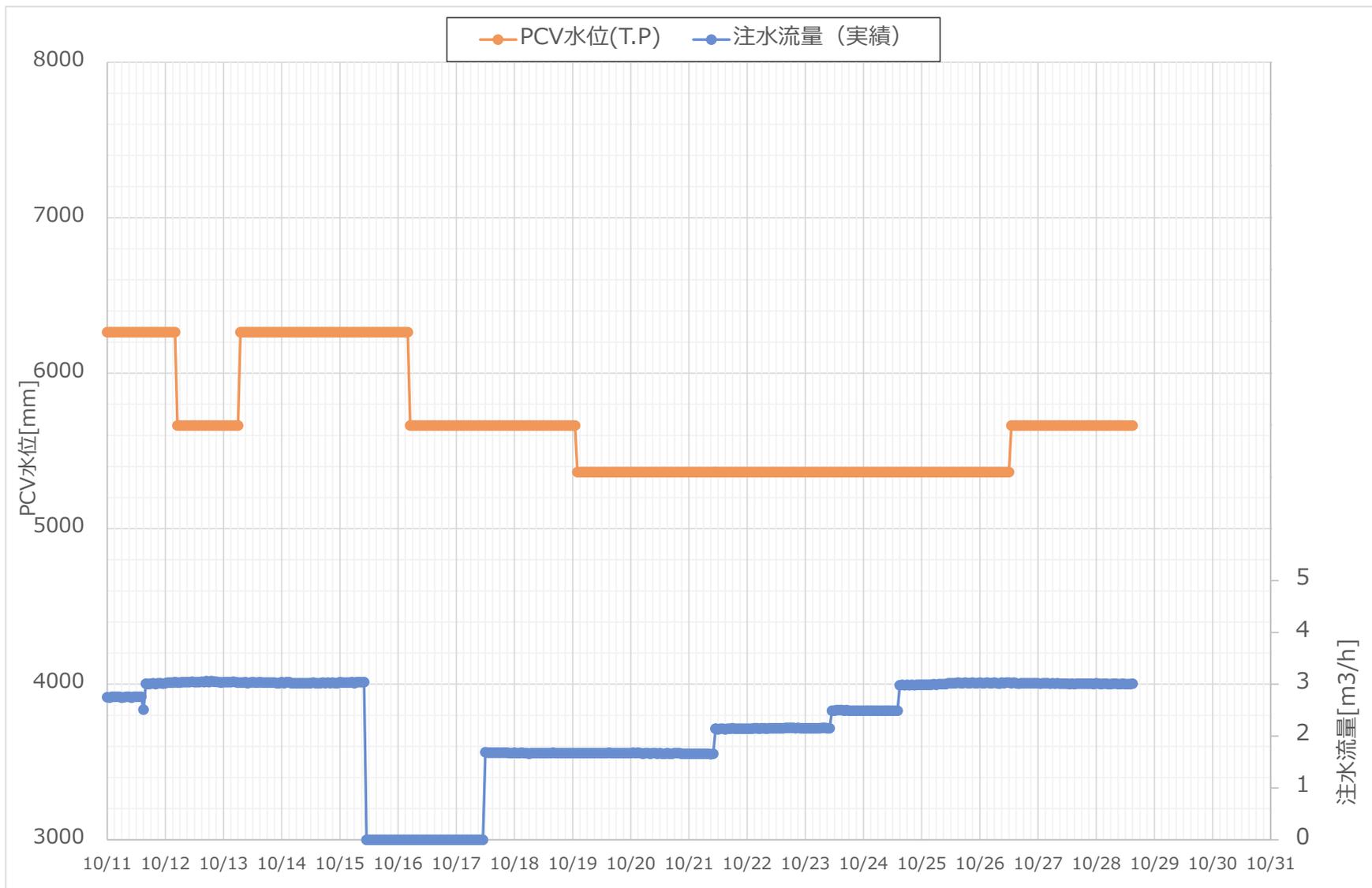
サービス名称	Tag No.	No.
HVH-12A~E SUPPLY AIR	TE-1625F~H,J,K	55~59
HVH-12A~E RETURN AIR	TE-1625A~E	60~64
PCV温度	TE-1625T1,T5,T7	a,e,g

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た温度計

# (参考) RPV上部温度の推移

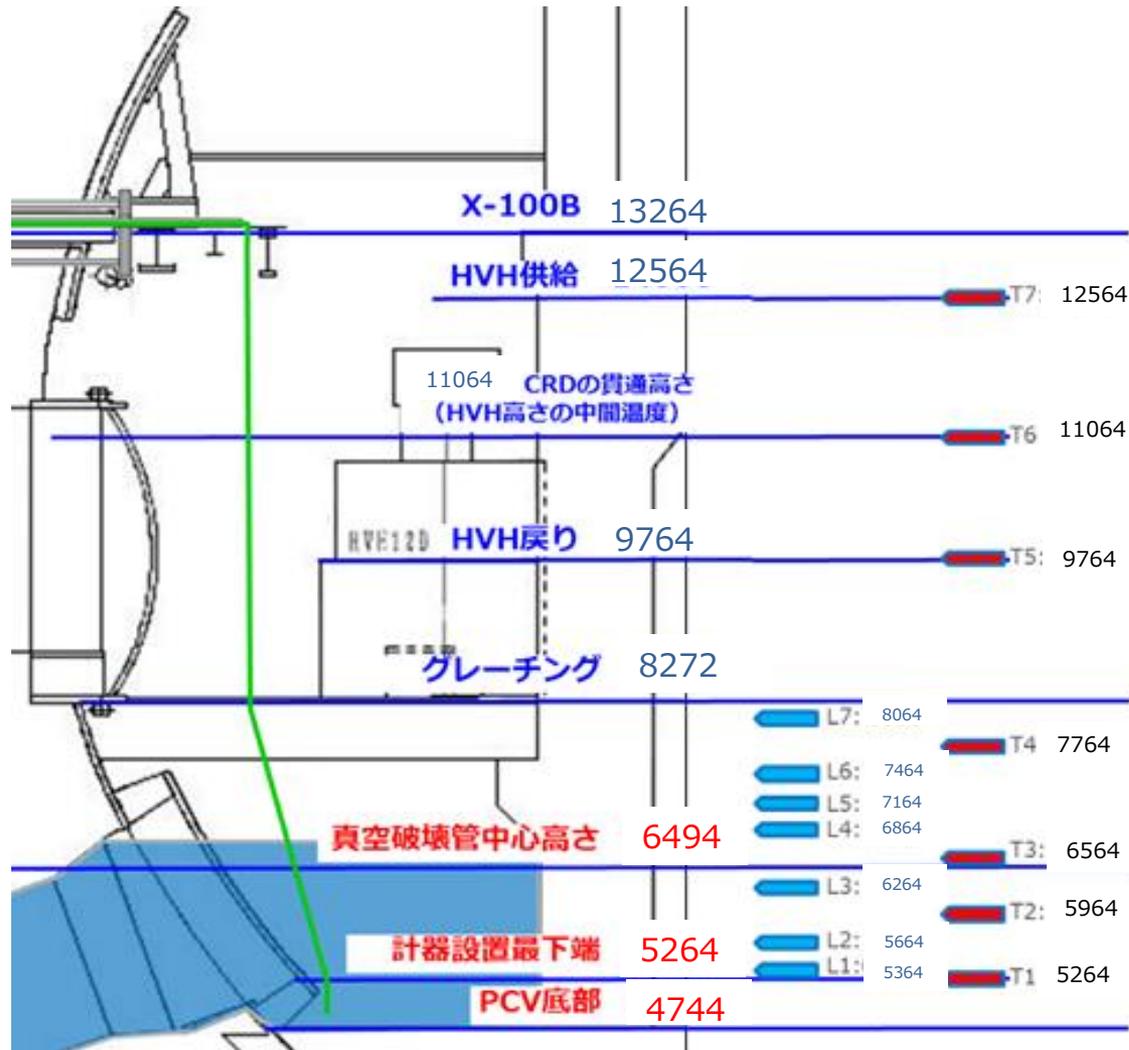


# (参考) 1号機PCV水位の推移



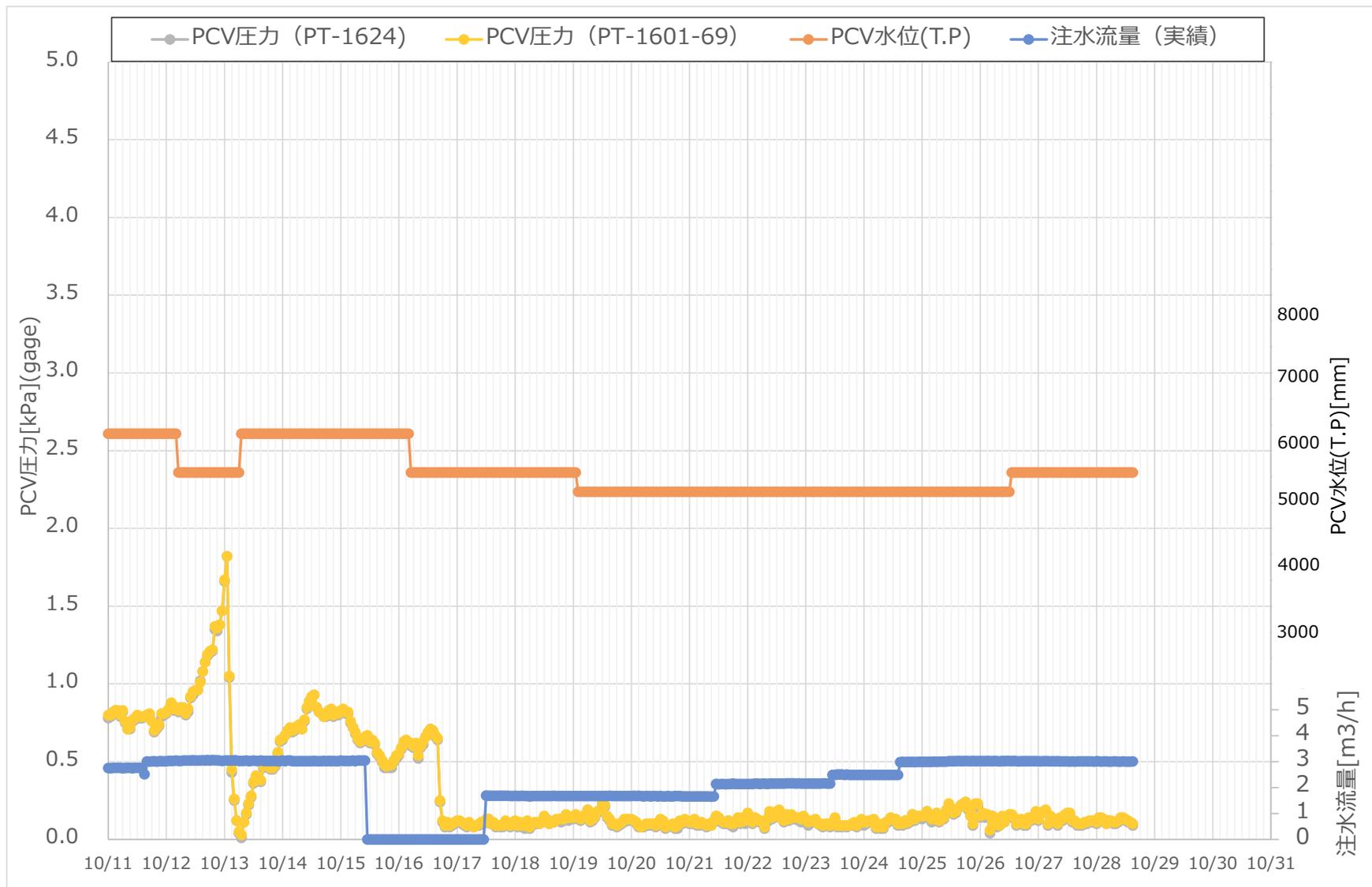
・ PCV水位は水没している上端の水位計を記載 水位はT.Pで記載 15

■ 1号機のPCV水位計については接点式の水位計を設置

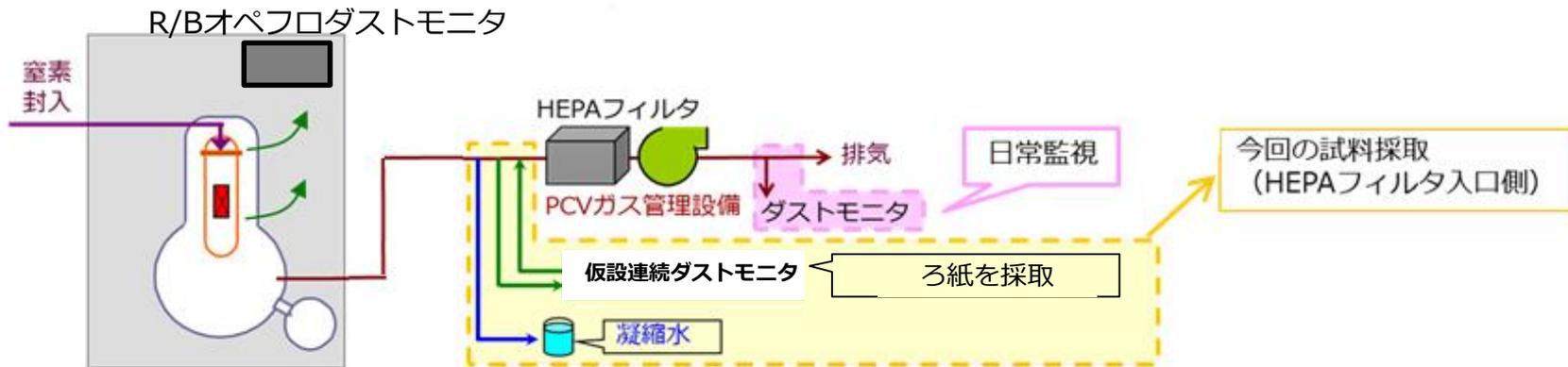


高さはT.Pで記載

# (参考) PCV圧力の推移



・ 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 17



- 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・分析を実施する

- 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

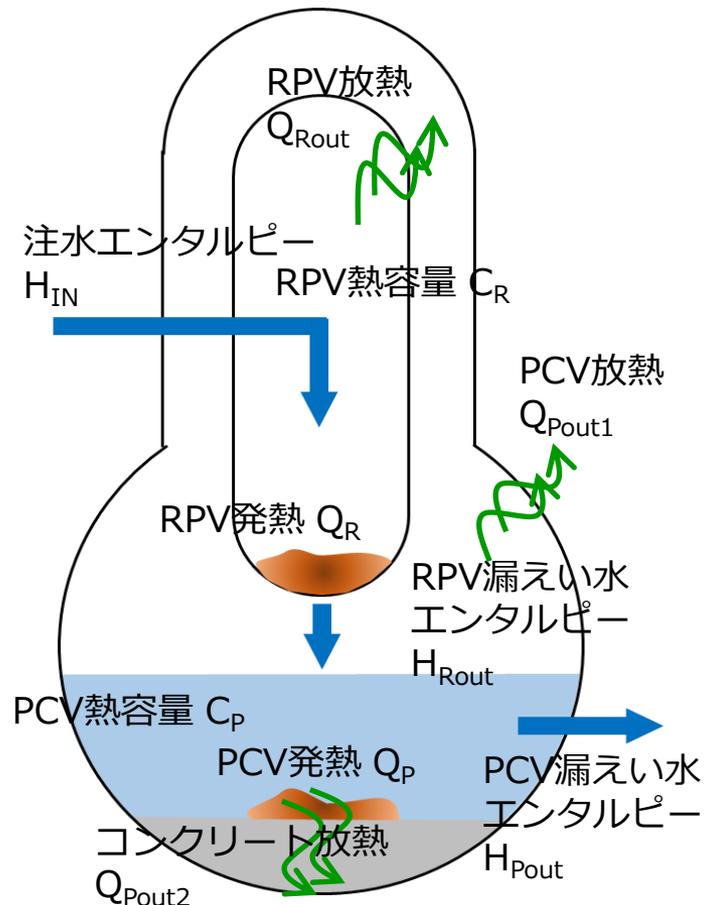
原子炉注水停止前、原子炉注水停止後を対象として、下記試料を採取し核種分析評価を行う

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

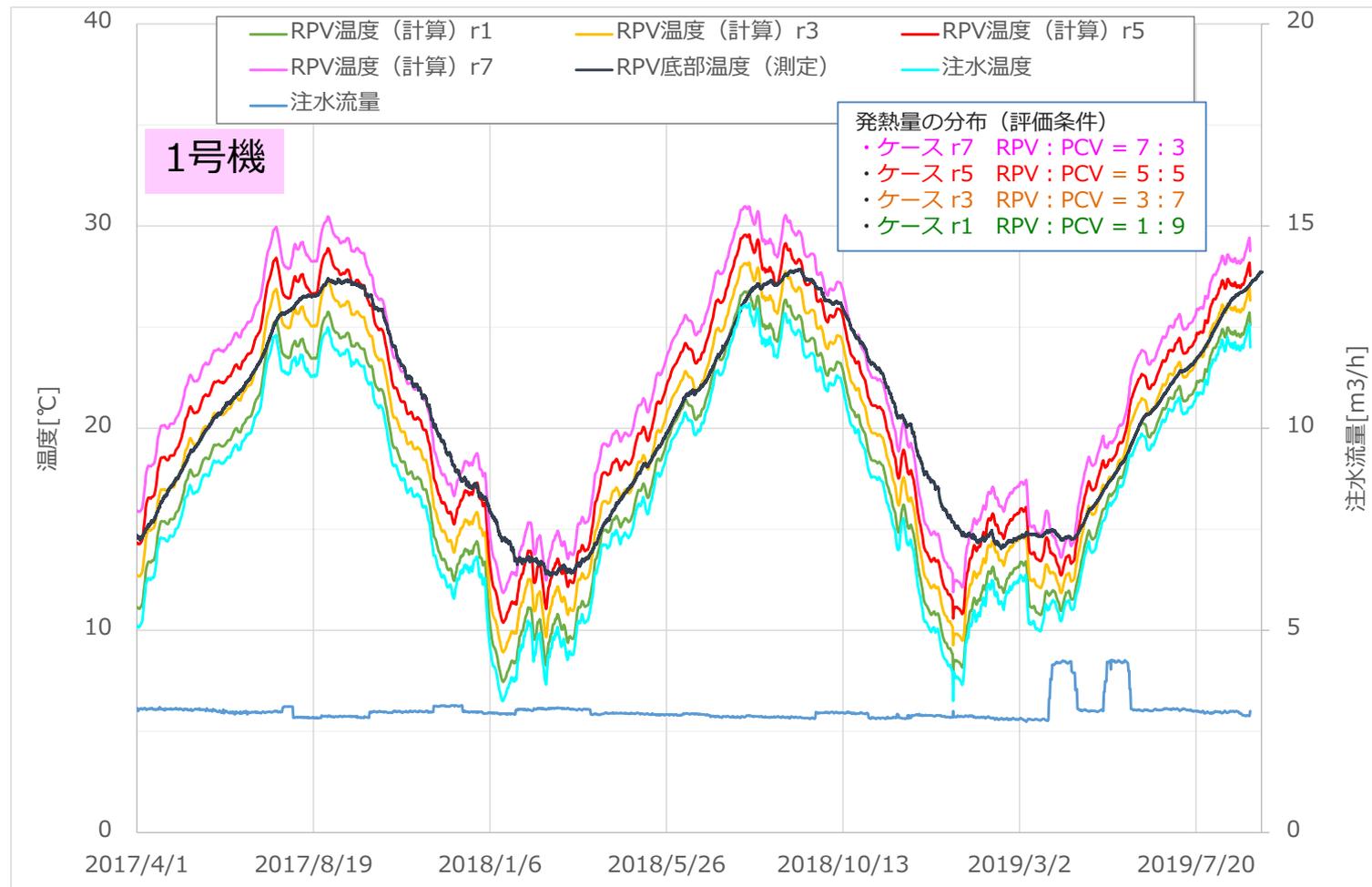
$$H_{Rout} + Q_P + Q_{Rout} - Q_{Pout1} - Q_{Pout2} - H_{pout} - C_P \times \Delta T_P = 0$$

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

# (参考) 1号機RPV温度の計算結果 (熱バランスモデル)



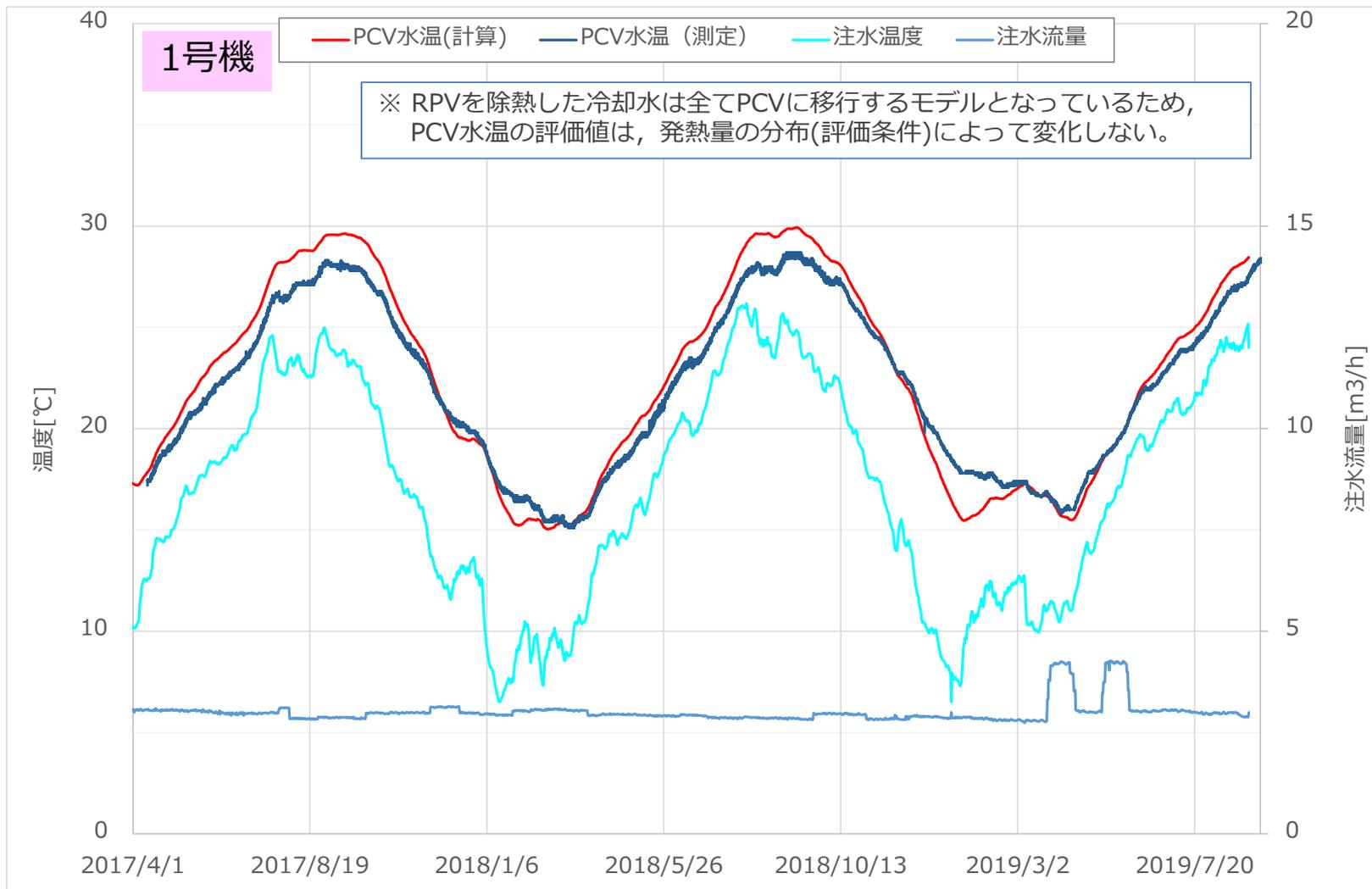
- これまで1号機の燃料デブリの大部分はPCVに存在と推定。
- しかしながら、熱バランスモデルによる温度評価では、RPVの発熱量の評価条件が小さいと、RPV温度の計算値は低めとなり、RPVの発熱量が多い方が測定値に近い傾向。
- また、計算値の方が注水温度の変化に対する温度応答が早い傾向。



# (参考) 1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) 1号機試験に伴う、2・3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、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3.0m<sup>3</sup>/hから4.5m<sup>3</sup>/hに増加させた状態で試験を実施する。

