

3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

2020年2月20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

- ✓ 2020年2月3日～2月5日にて約48時間注水を停止。その後、注水を再開しパラメータを監視。試験期間中の炉内状況は安定して推移し、判断基準を満足した。
 - RPV底部温度、PCV温度に温度計毎のばらつきはあるが概ね想定の範囲内で推移。
 - ダスト濃度や希ガス(Xe135)濃度等のパラメータに有意な変動なし。

最大温度上昇量

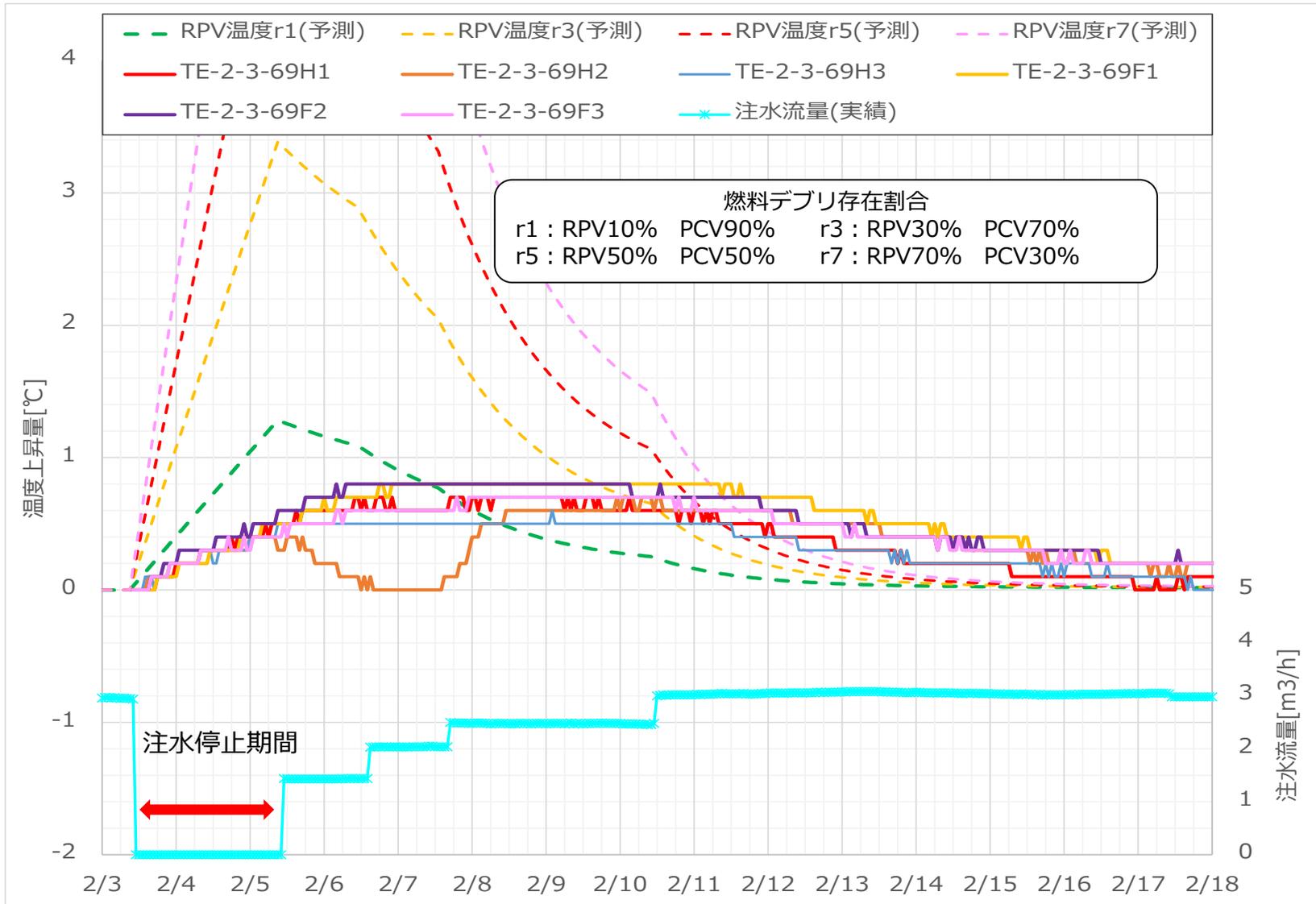
| | RPV底部 | PCV |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| 注水停止中 (2月3日10:00～2月5日10:00) | 0.6℃ (約0.01℃/h)※ | 0.7℃ (約0.01℃/h)※ |
| 試験期間中 (2月3日10:00～2月17日10:00) | 0.8℃ | 1.2℃ |

※ () 内は温度上昇率

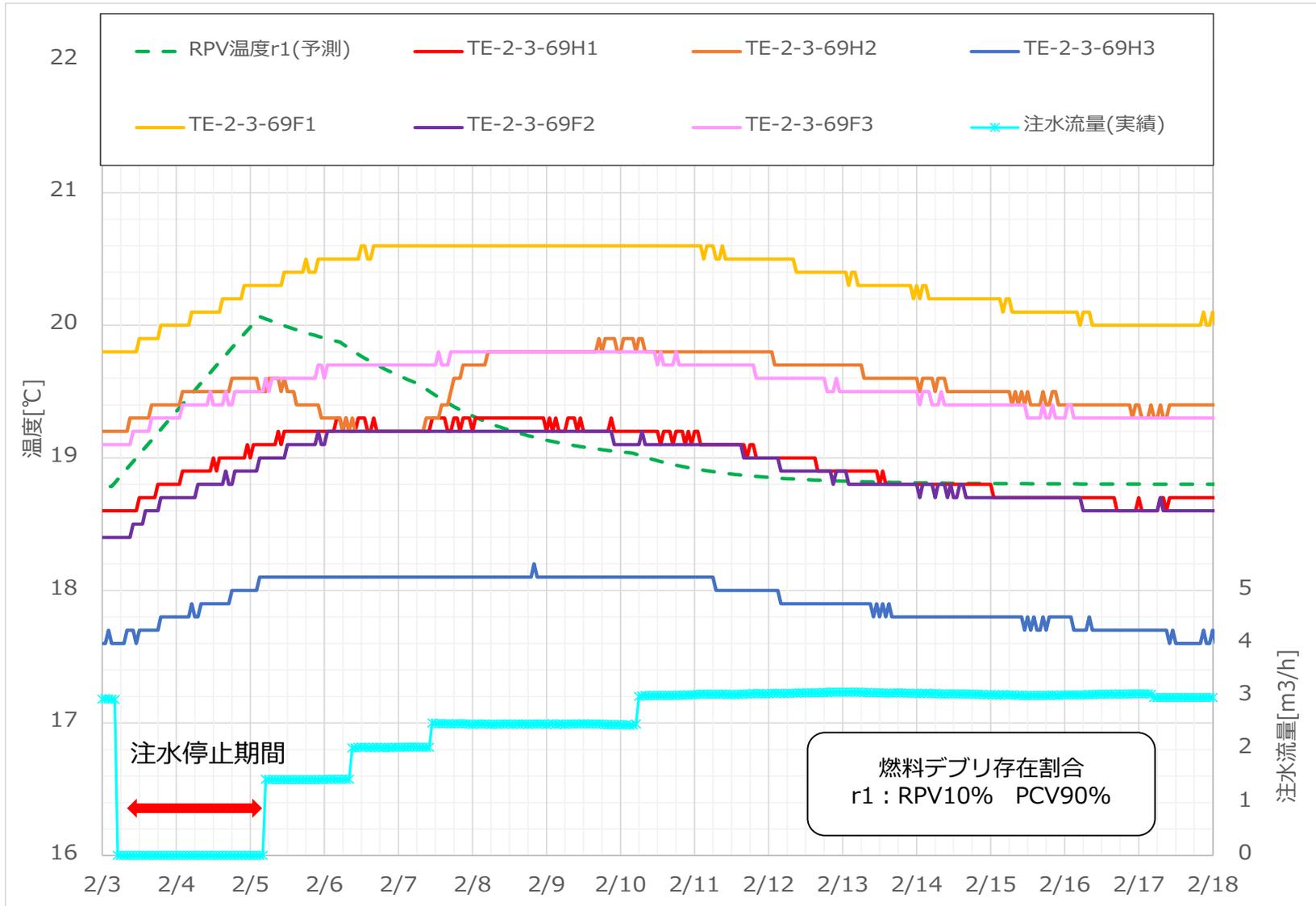
■ 今後について

- ✓ 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。
- ✓ 緊急時対応手順等への反映を検討していく。

RPV底部温度の推移 (試験開始からの相対値)

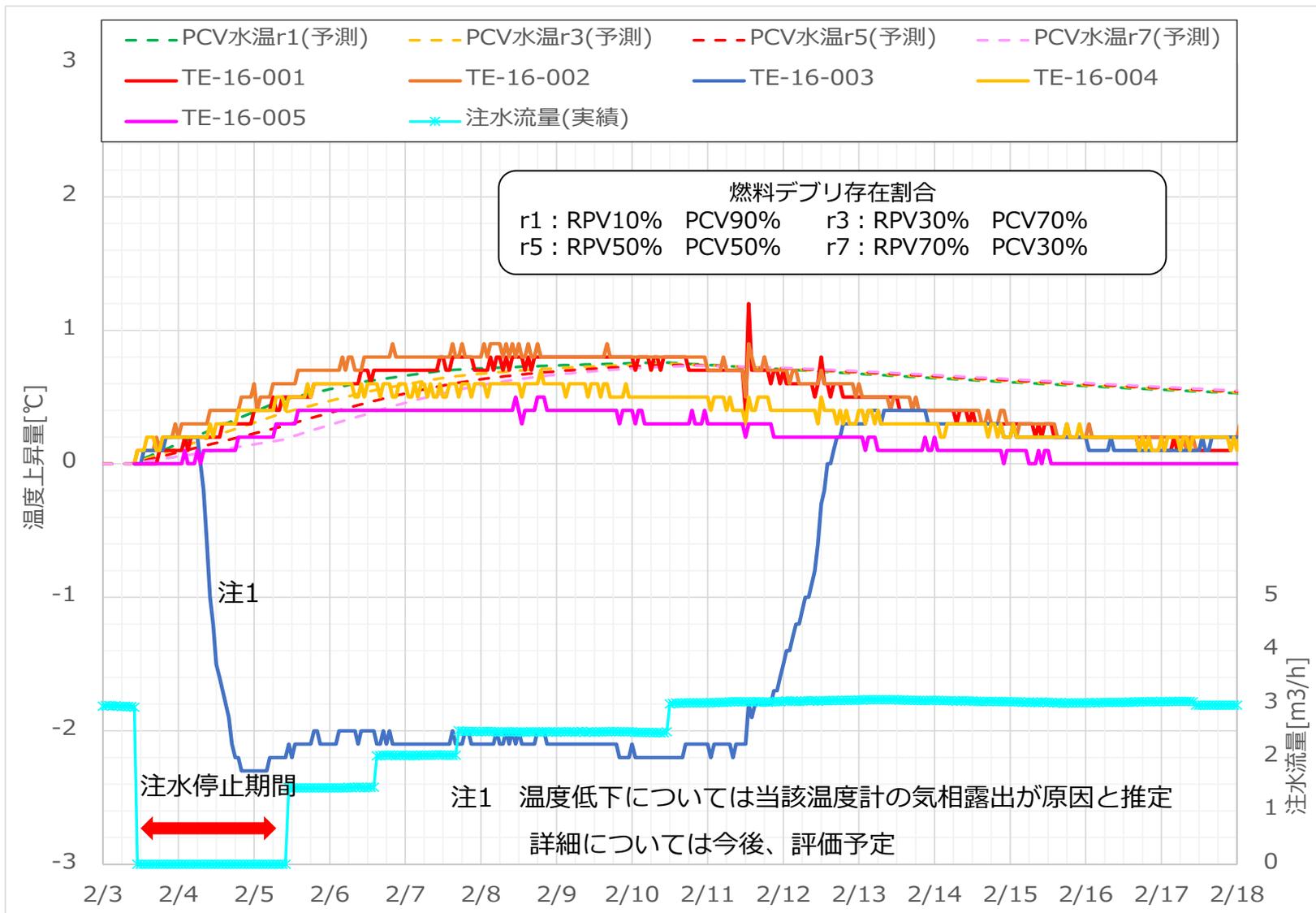


RPV底部温度の推移 (実測値)

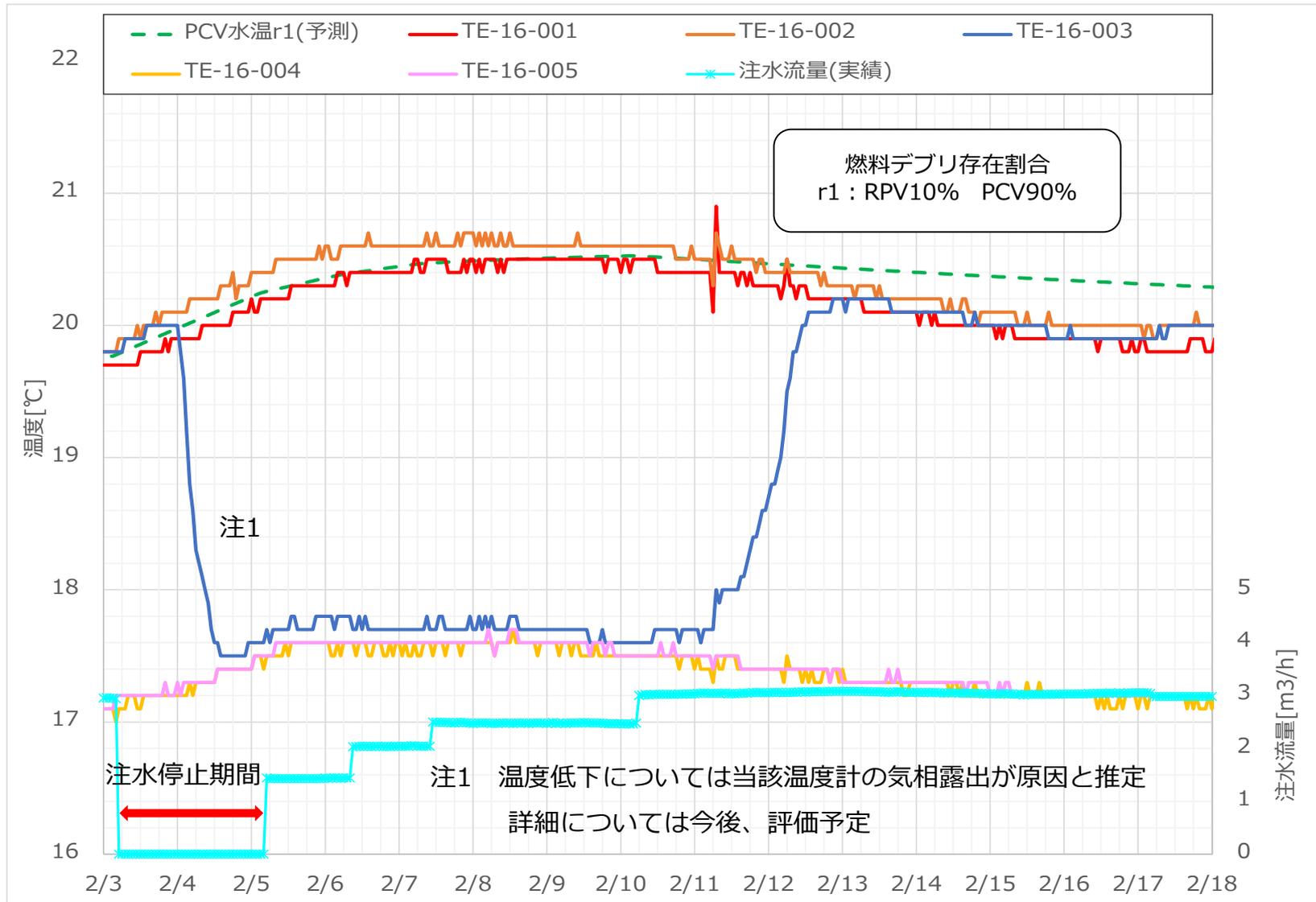


※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載

PCV温度(新設)の推移 (試験開始からの相対値)

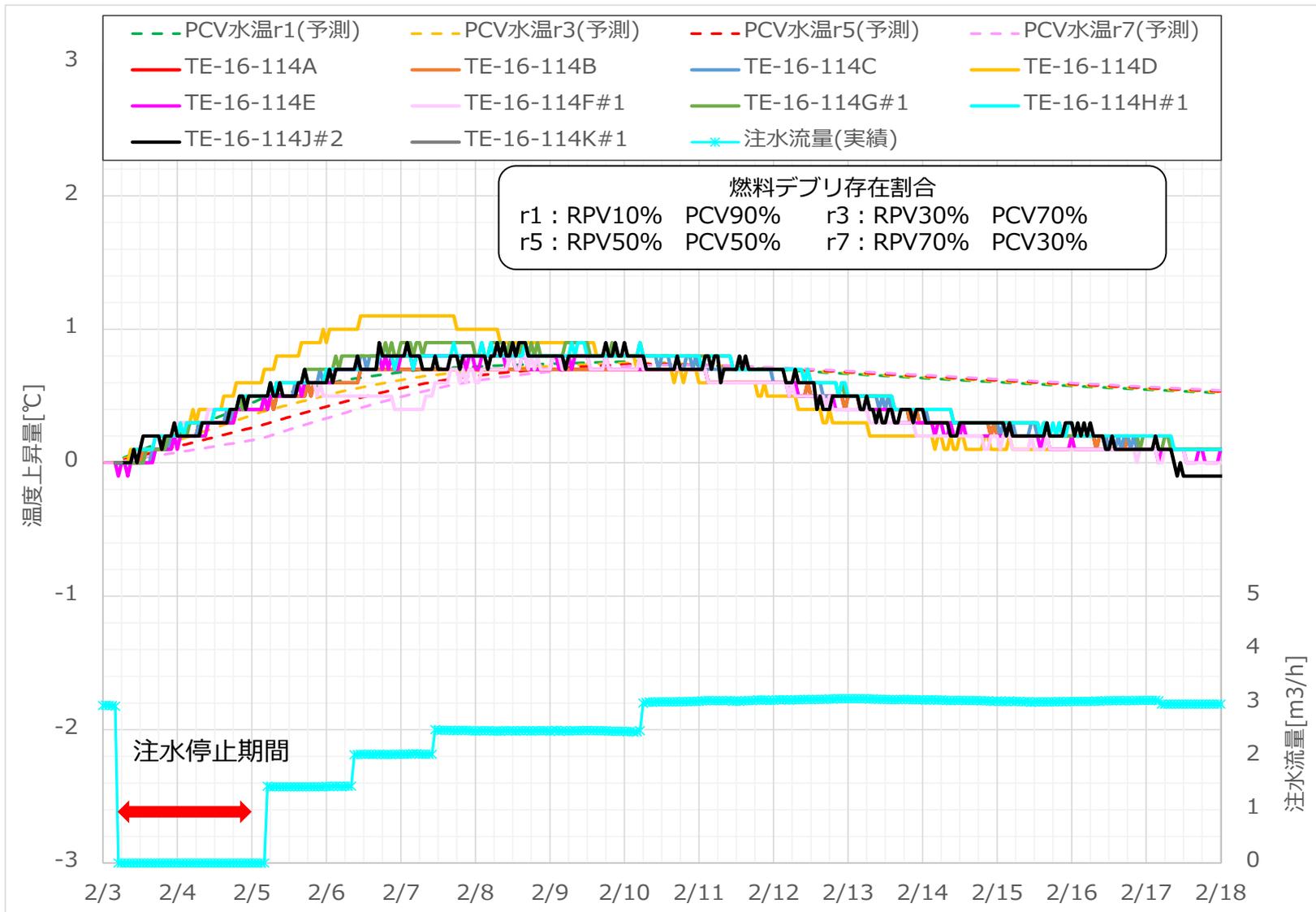


PCV温度(新設)の推移 (実測値)

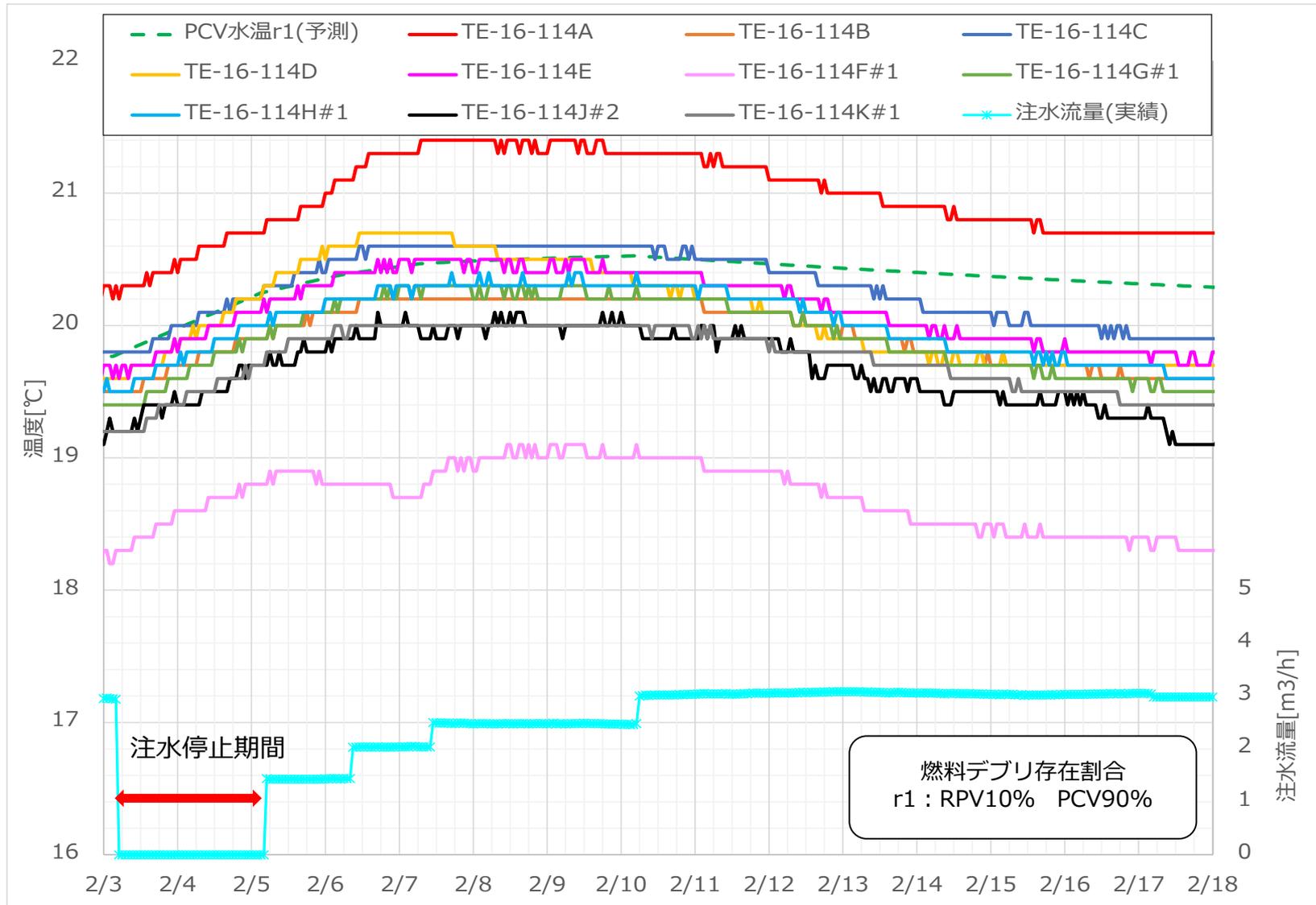


※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載

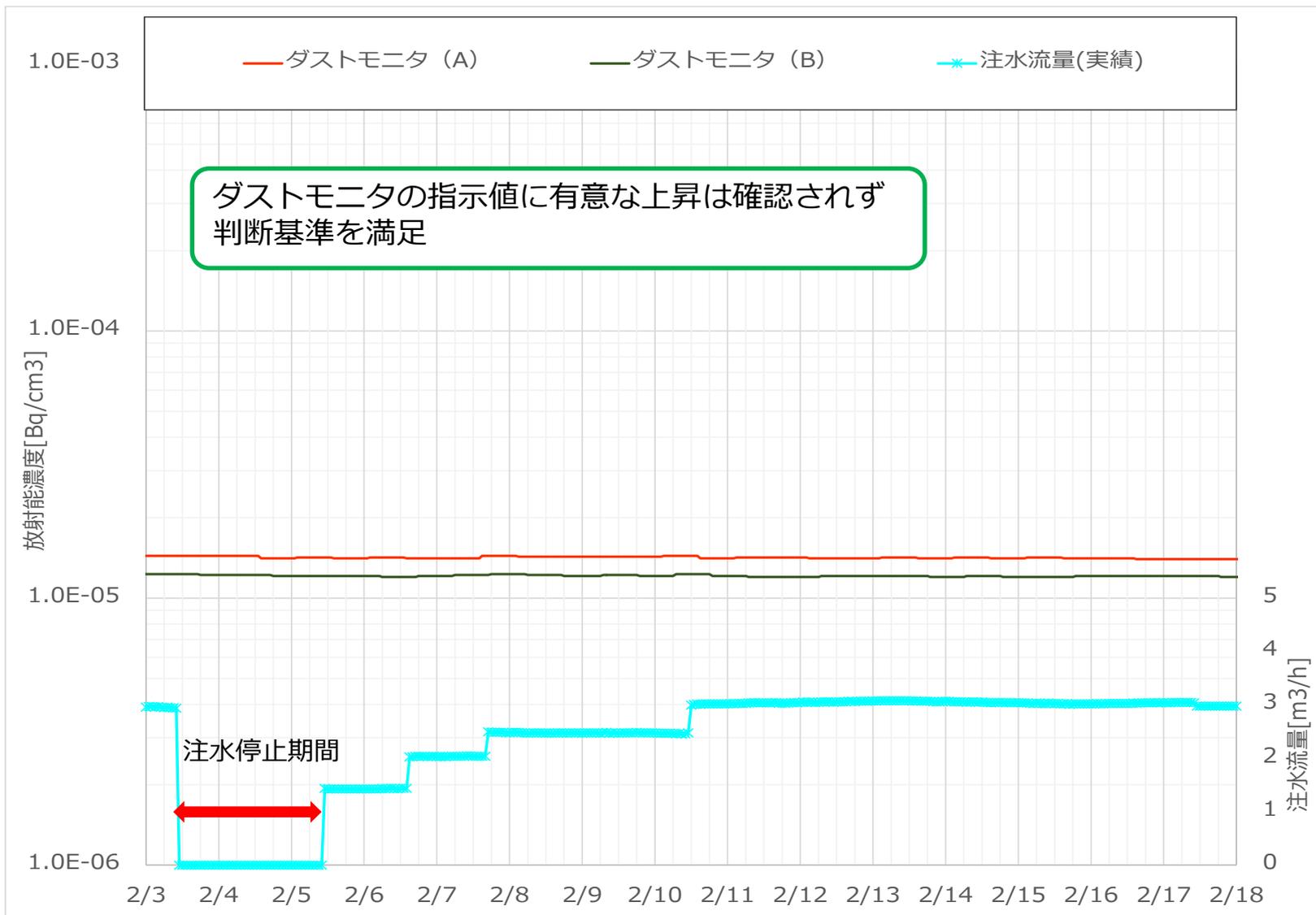
PCV温度(既設)の推移 (試験開始からの相対値)

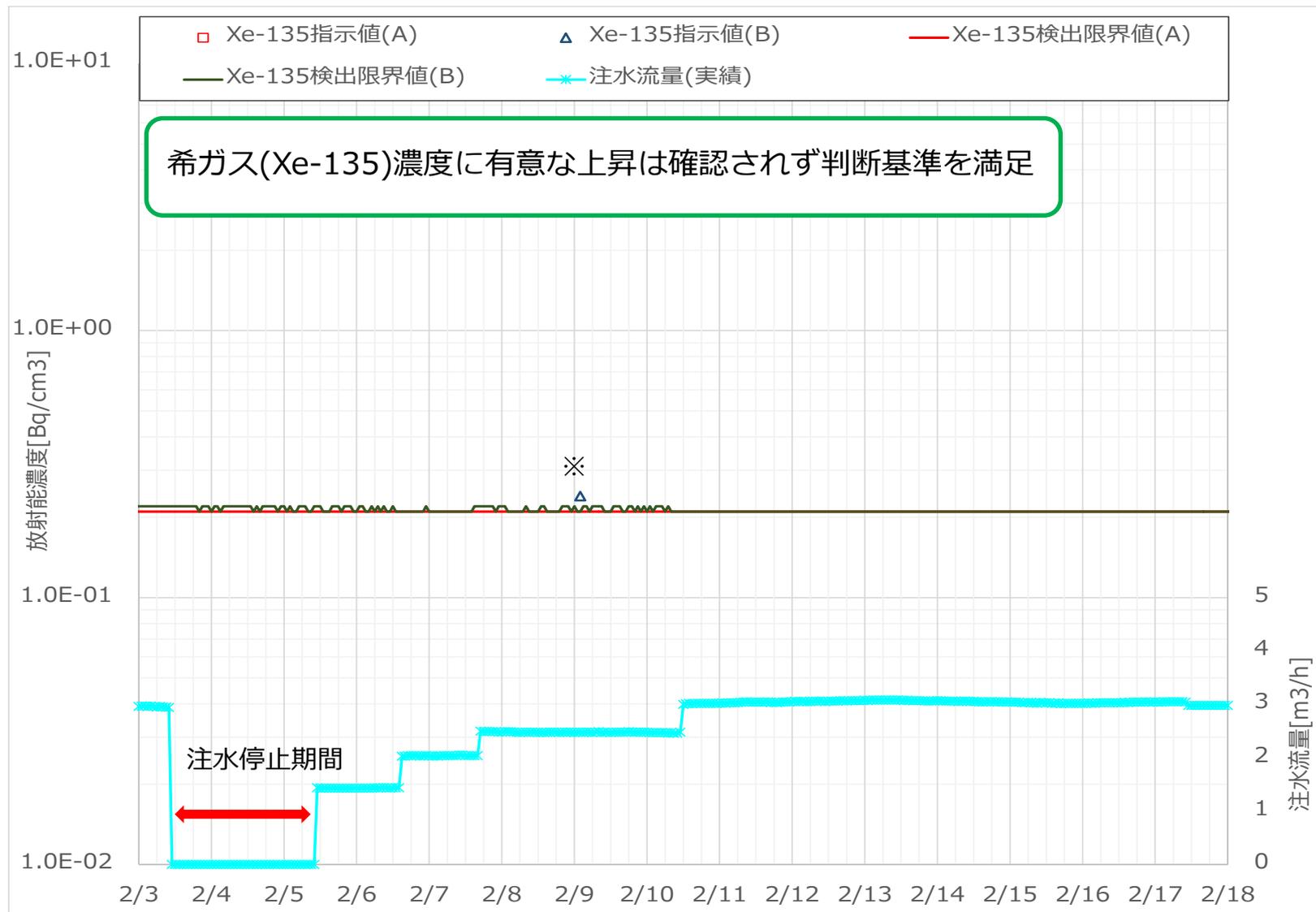


PCV温度(既設)の推移 (実測値)



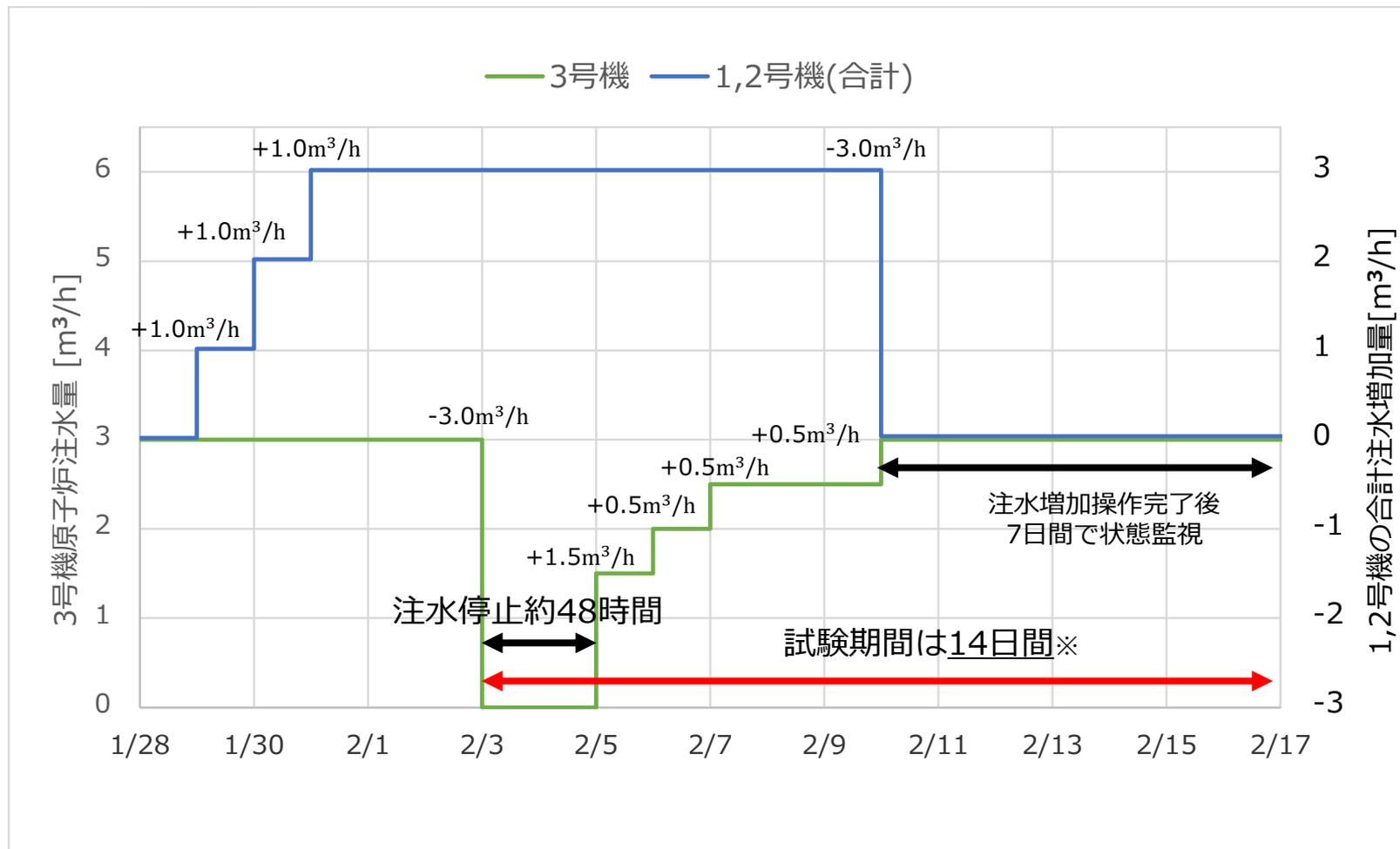
※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載





※B系(片系)で一点のみ指示を確認。放射能濃度の計算上、稀に生じる事象であり、Xe-135濃度の上昇を示すものではない(過去に類似事象あり)

■ 操作実績は下記の通り



※ 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30℃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

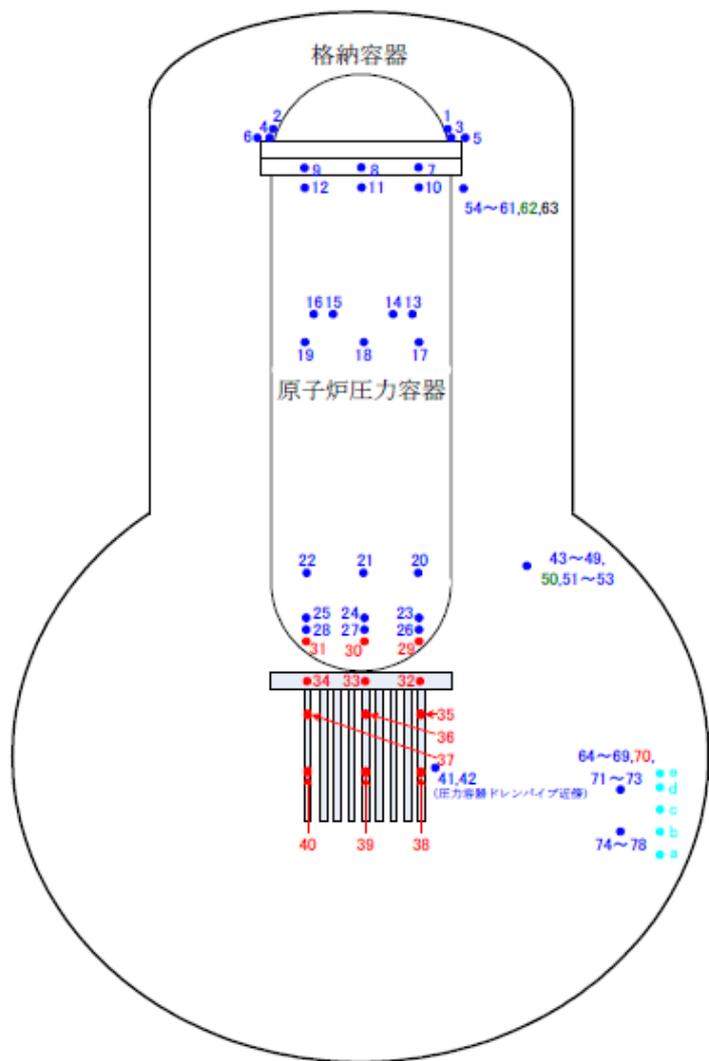
- 注水変更操作から24時間は速やかにホウ酸水を注入できる体制を維持

| 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
- 故障温度計

■ RPV底部温度計(監視温度計)

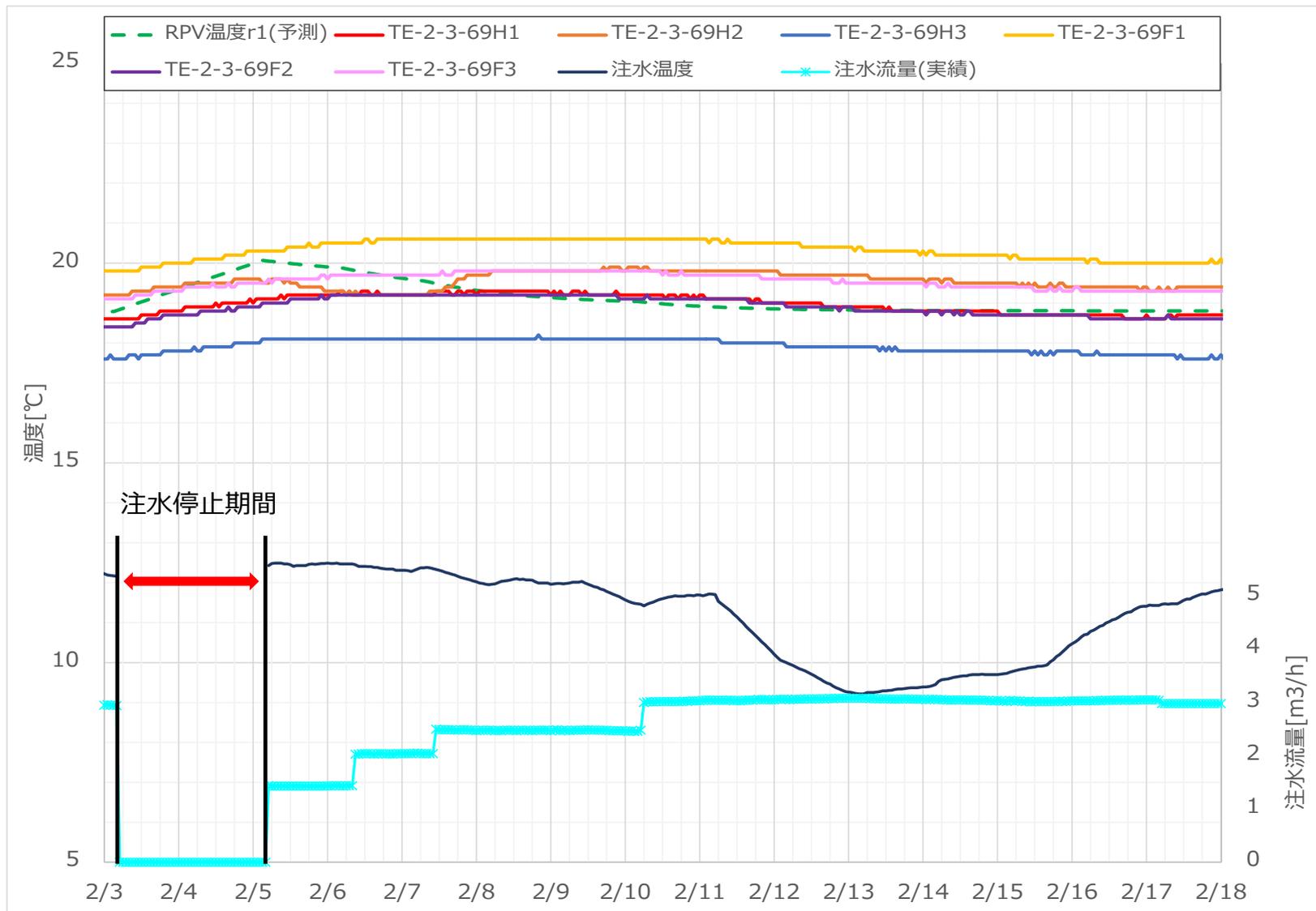
| サービス名称 | Tag No. | No. |
|---------------------|-------------|-----|
| RPV底部ヘッド 上部温度 | TE-2-3-69H1 | 20 |
| | TE-2-3-69H2 | 21 |
| | TE-2-3-69H3 | 22 |
| スカーツジャンクション 上部温度 | TE-2-3-69F1 | 23 |
| | TE-2-3-69F2 | 24 |
| | TE-2-3-69F3 | 25 |

■ PCV温度計(監視温度計)

| サービス名称 | Tag No. | No. |
|-------------------|--------------------------------------|------------------------|
| 格納容器空調機戻り 空気温度 | TE-16-114A~E | 74~78 |
| 格納容器空調機 供給空気温度 | TE-16- 114F#1,G#1, H#1,J#2,K#1 | 64,66, 68,71, 72 |
| PCV温度 | TE-16-001~005 | a~e |

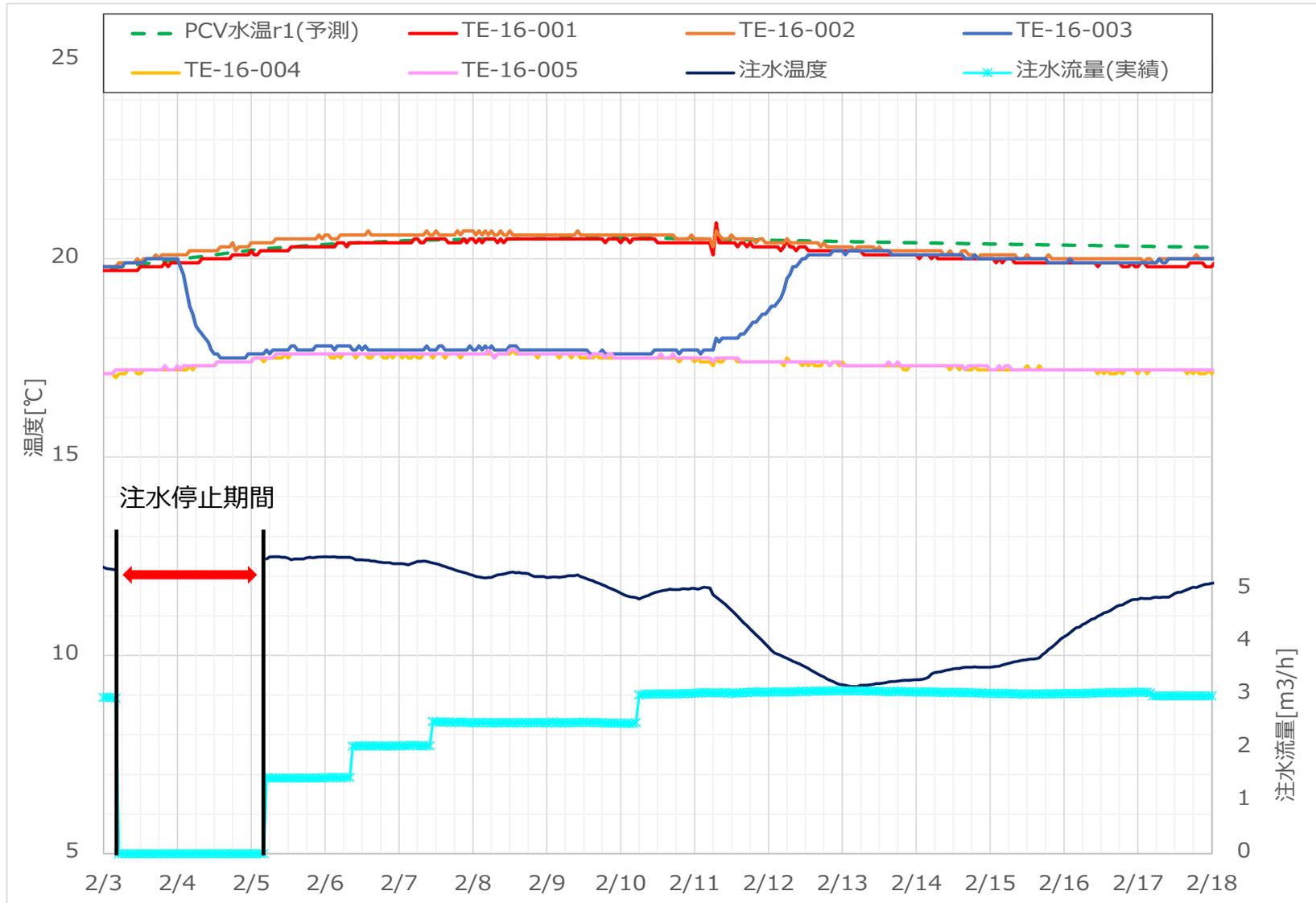
監視温度計：温度計の評価及び点検結果、指示値の日々の変動幅、連続性や経年劣化、事故影響より温度監視に適していると判断され 13 温度計

(参考) RPV底部温度の推移 (注水温度)



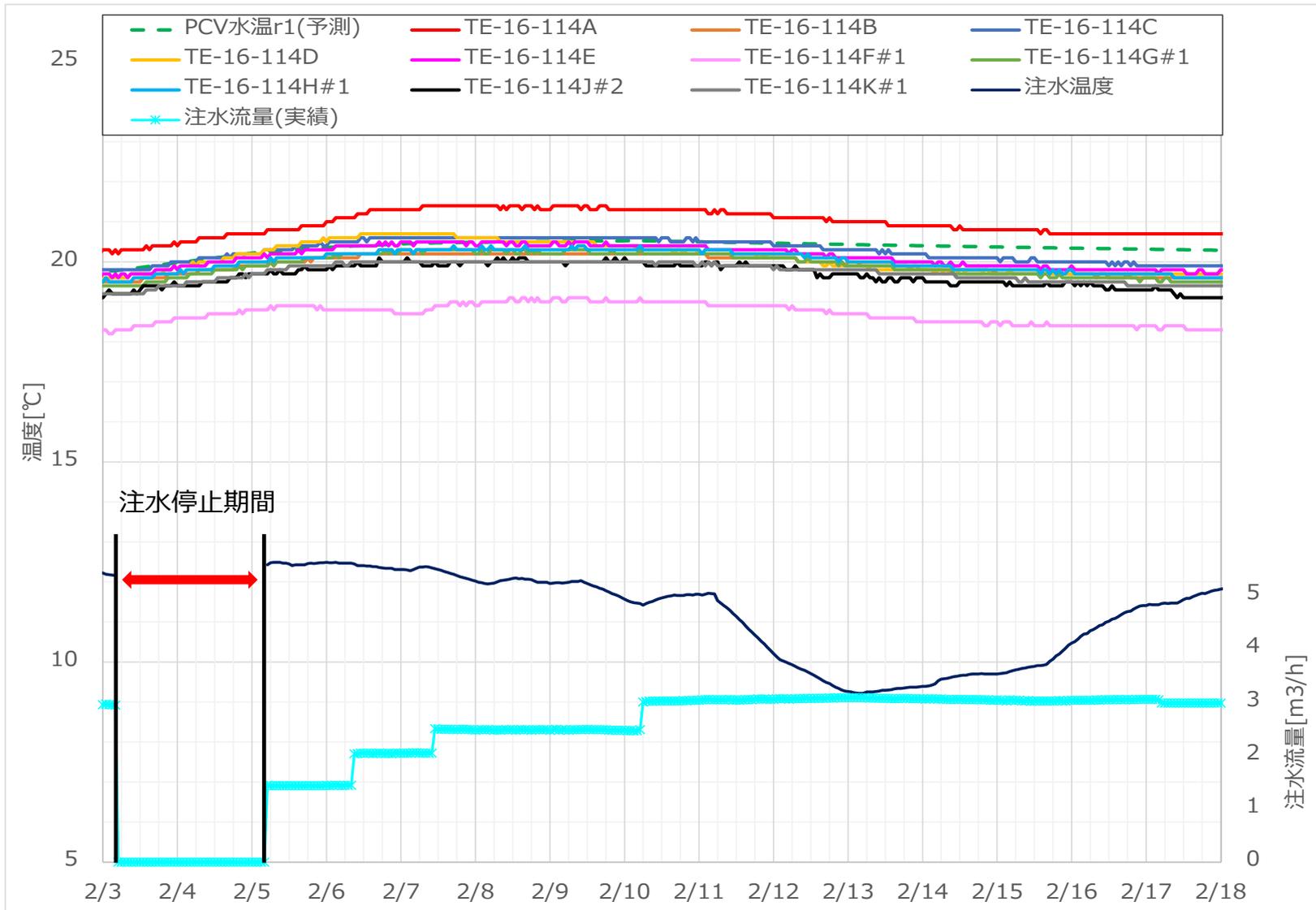
※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載

(参考) PCV温度 (新設) の推移 (注水温度)



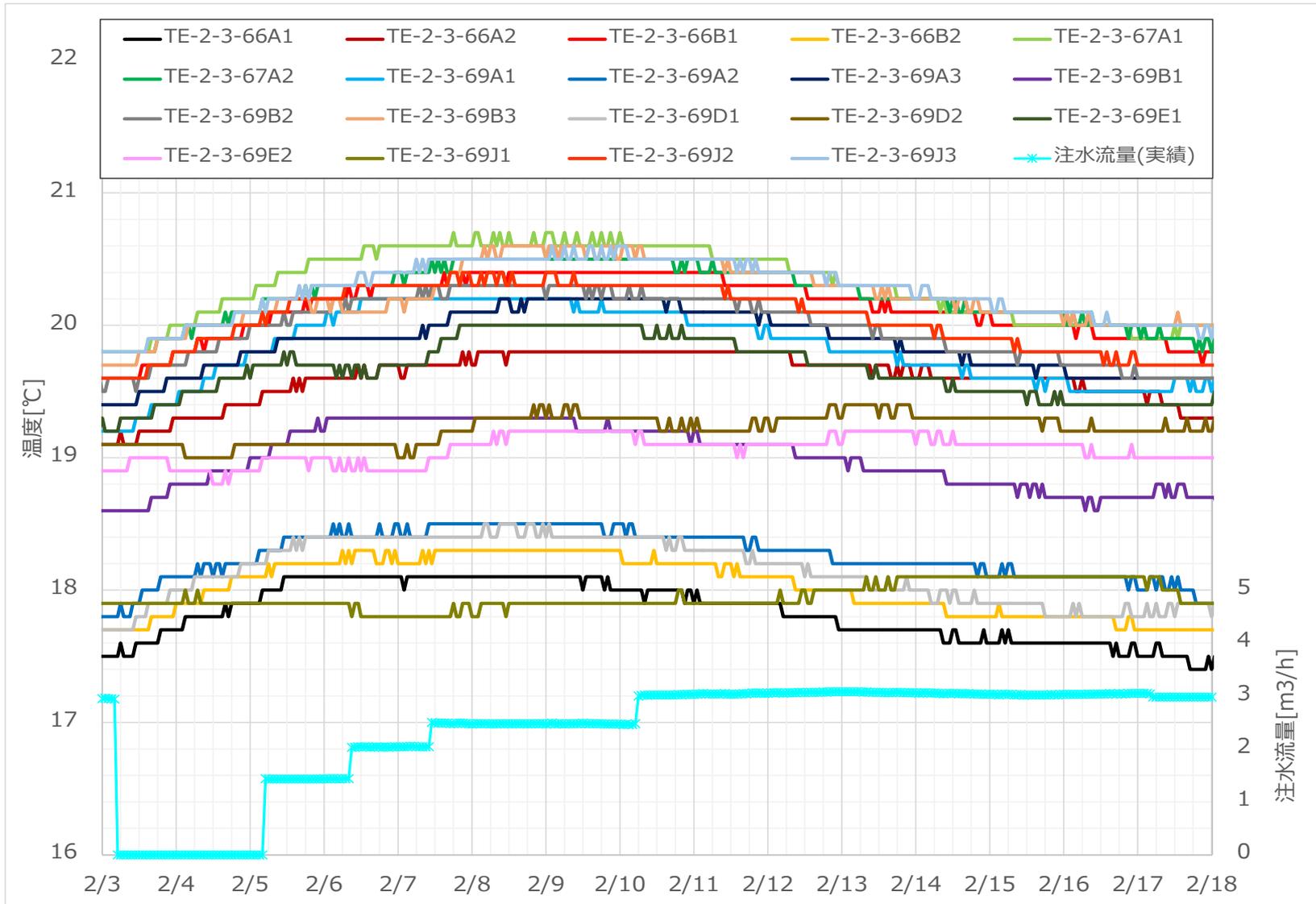
※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載

(参考) PCV温度 (既設) の推移 (注水温度)

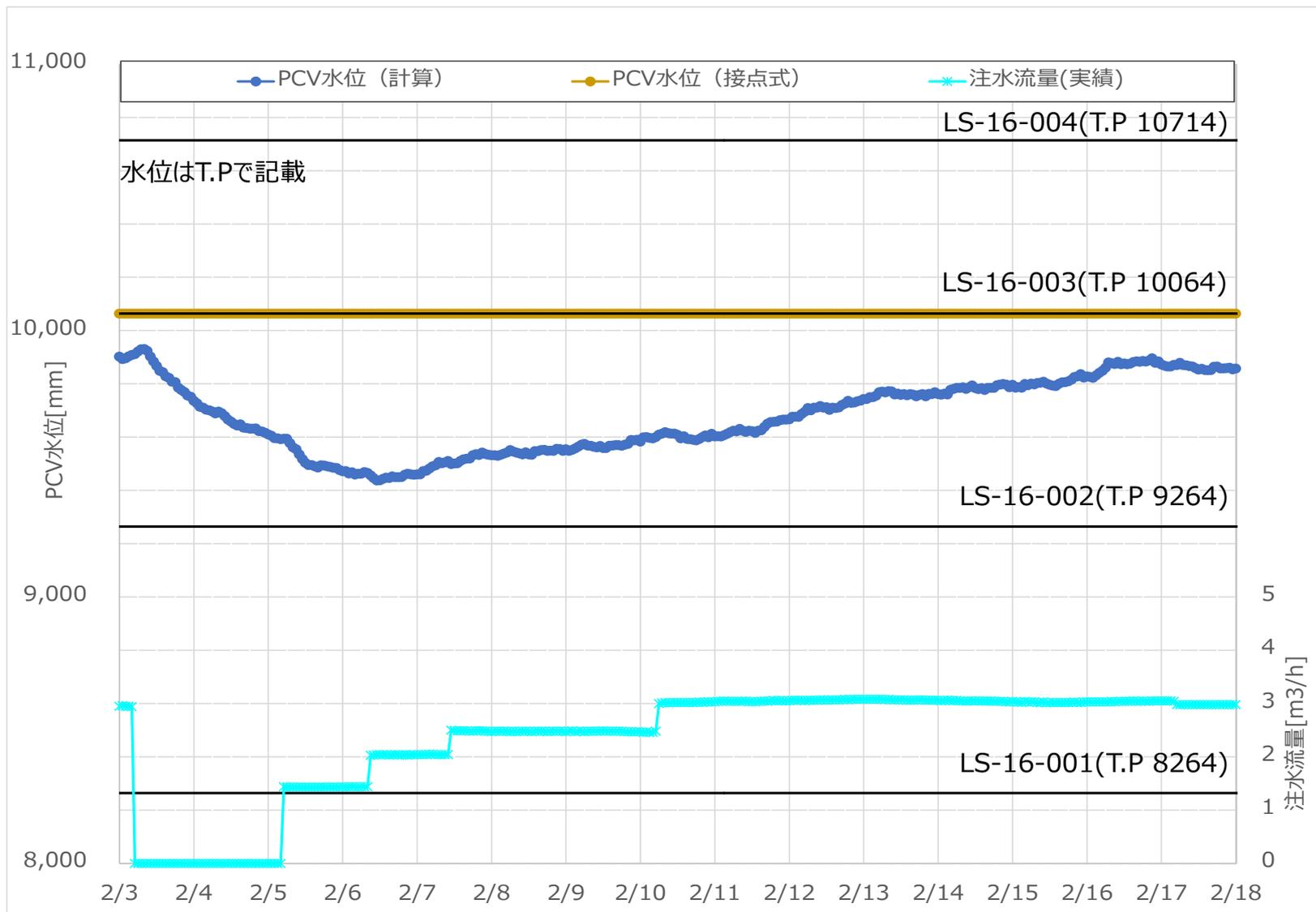


※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載

(参考) RPV上部温度の推移 (実測値)

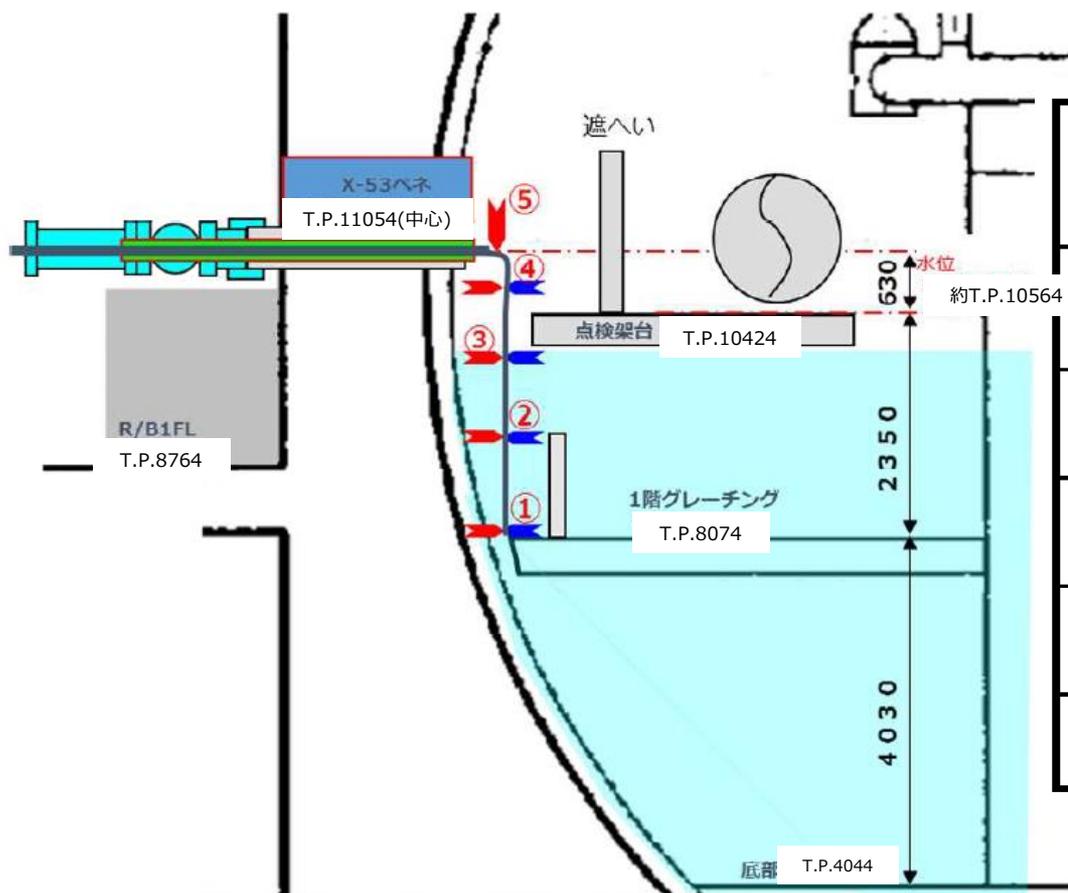


(参考) 3号機PCV水位の推移



・ 計算水位はD/W圧力とS/C圧力の差圧より算出 ・ PCV水位 (接点式) は水没している上端の水位計の値を記載

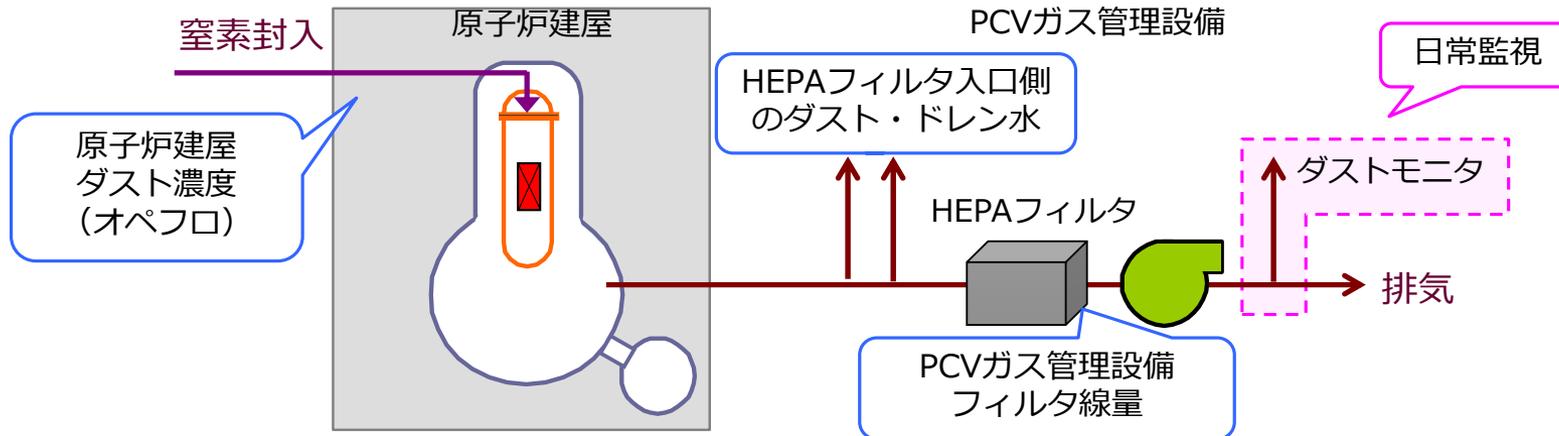
■ 3号機のPCV水位計については接点式の水水位計を設置



| 計器位置 | 設置計器 | | 設置位置 (T.P) |
|------|-----------|-----------|------------|
| | 温度計 | 水位計 | |
| ⑤ | TE-16-005 | — | 約10964 |
| ④ | TE-16-004 | LS-16-004 | 約10714 |
| ③ | TE-16-003 | LS-16-003 | 約10064 |
| ② | TE-16-002 | LS-16-002 | 約9264 |
| ① | TE-16-001 | LS-16-001 | 約8264 |

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を記録し評価を行う

- 3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
- 3号原子炉建屋オペレーティングフロアのダスト

- 試料採取および分析

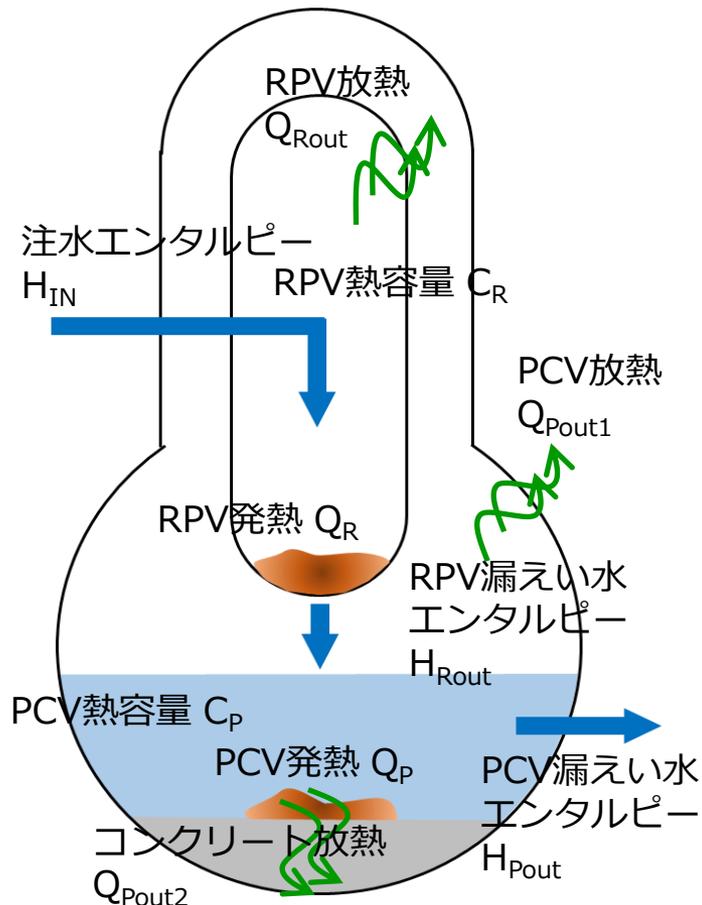
原子炉注水停止前、原子炉注水停止後を対象として、下記試料を採取し核種分析評価を行う

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

- 3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ダスト
- 3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

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

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

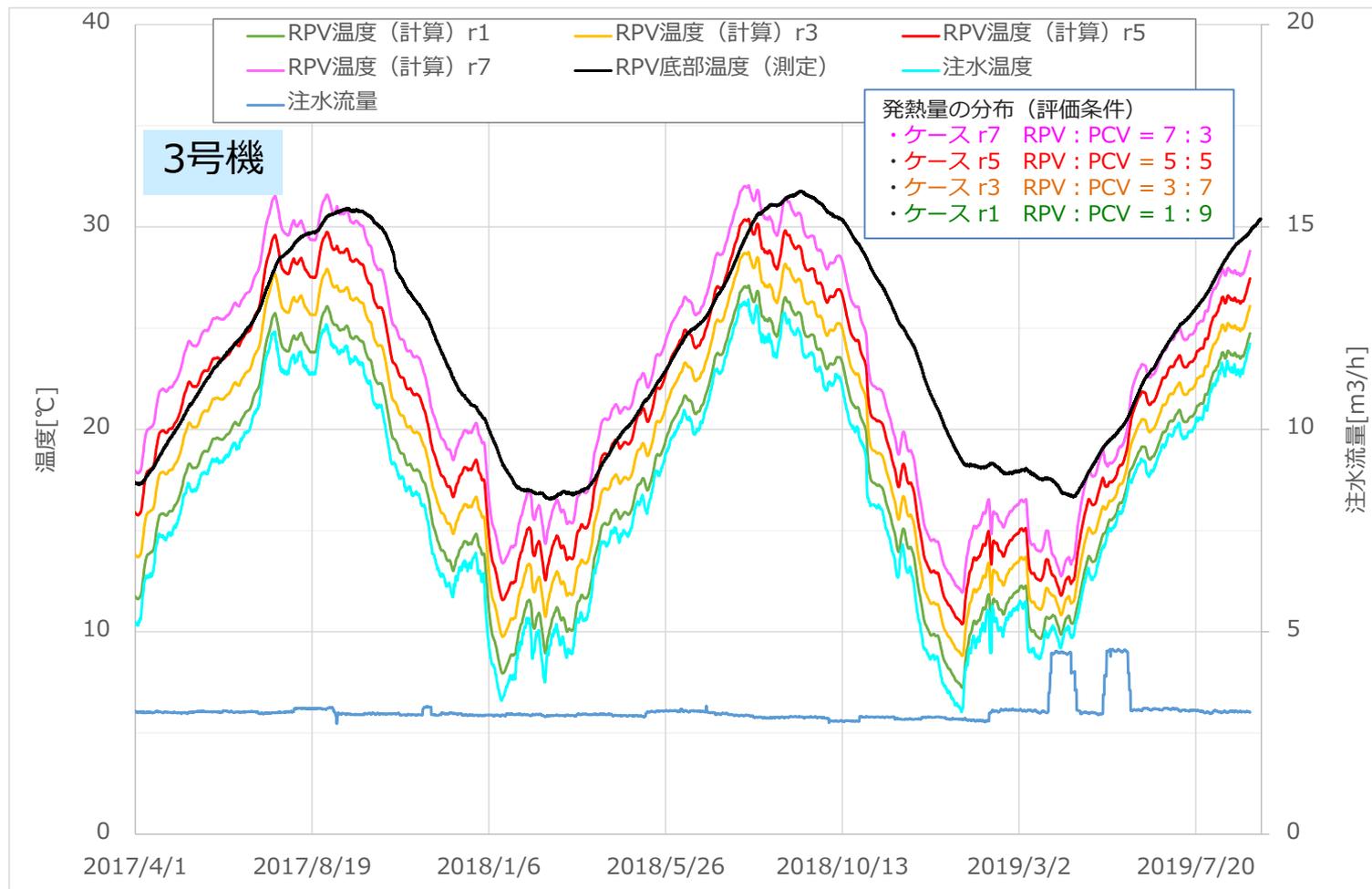
(2) PCVのエネルギー収支と温度変化の計算式

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

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

(参考) 3号機RPV温度の計算結果 (熱バランスマデル)

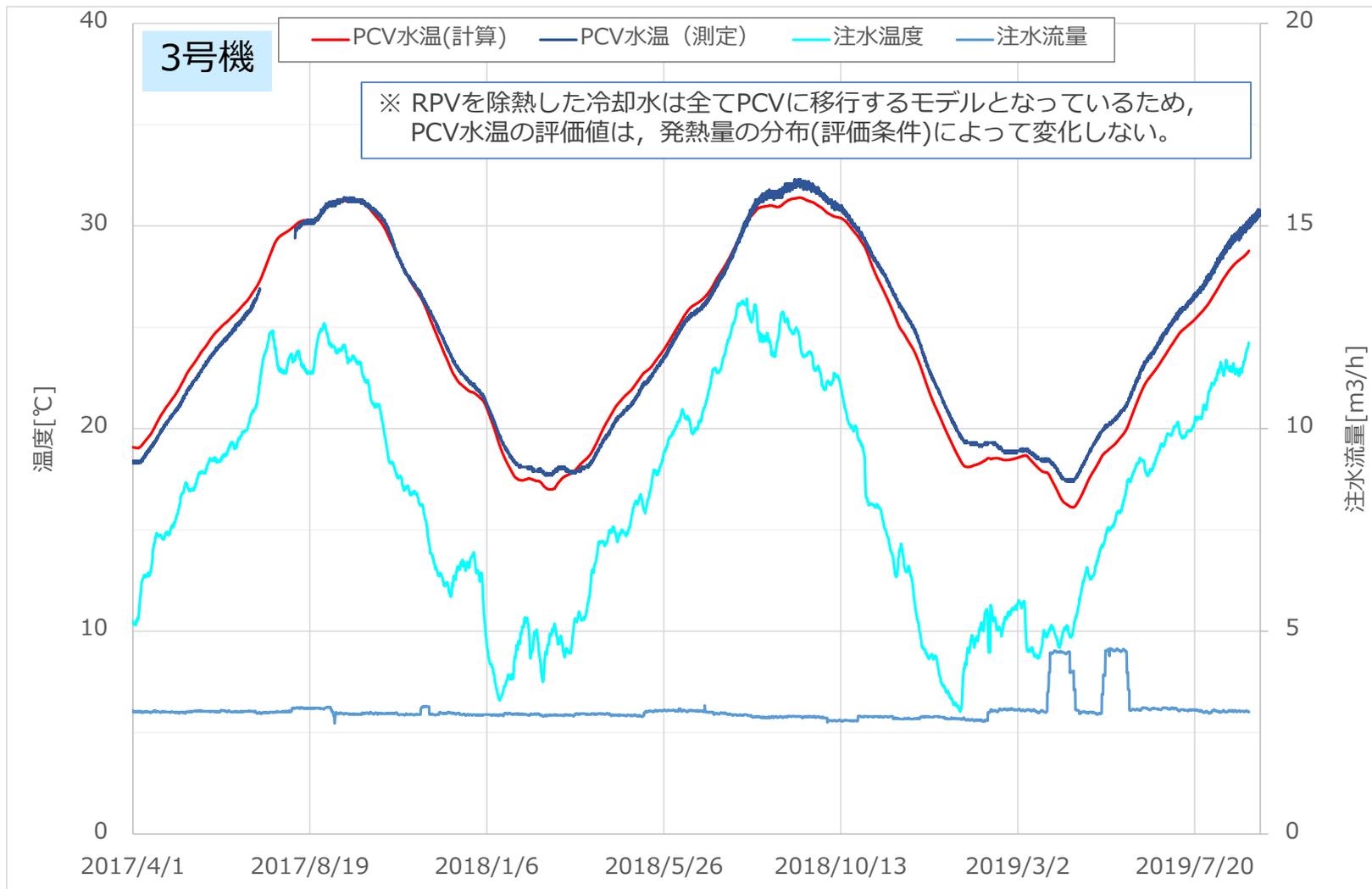
- これまで3号機の燃料デブリの大部分はPCVに存在と推定。
- しかしながら、熱バランスマデルによる温度評価では、RPVの発熱量の評価条件が小さいと、RPV温度の計算値は低めとなり、RPVの発熱量が多い方が測定値に近い傾向。
- また、計算値の方が注水温度の変化に対する温度応答が早い傾向。



(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。

