

3号機原子炉注水停止試験結果

2022年7月28日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

■ 試験目的等

- 前回の原子炉注水停止試験（7日間停止：2021年4月）において、注水再開直前までPCV水位の低下が継続し、PCVからの漏洩が経験水位以下にあることを確認。
 - デブリ取り出し時の安全確保のためにも漏えい箇所を把握していくことが重要。
 - また、将来のデブリ取り出し工法の具体化を検討中であるが、燃料デブリの空冷の可否や水冷時の最低注水量を見極めていくことが重要。
- 今後、PCVの耐震健全性確保のため、段階的にPCV水位を低下させていく計画。



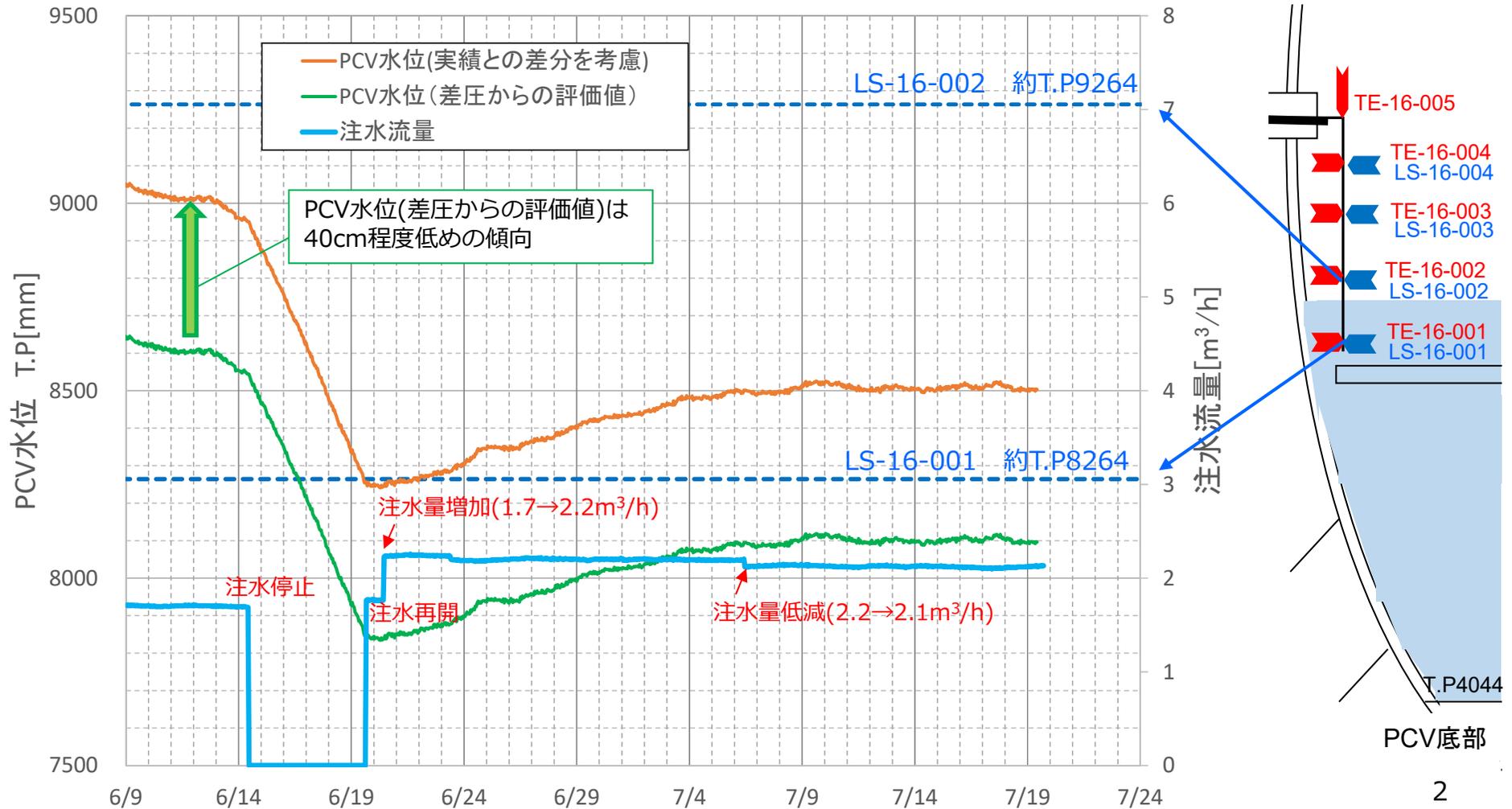
- 以下を目的に前回より長い期間での注水停止試験（注水停止：最長3ヶ月）を行う。
 - PCV水位低下途中での漏えい有無の把握（今後の燃料デブリ取り出し関連作業に資する情報の取得）
 - 長期の注水停止時の影響確認（温度・ダスト・PCV水位変化の知見を拡充し、今後の原子炉への注水に関する運用の検討）
- PCV水位がPCV新設温度計/水位計下端（TE-16-001/LS-16-001設置高さ：T.P8264）を下回った場合、PCV水温の確認ができなくなるため、試験終了して注水を再開する。

■ 試験結果概要

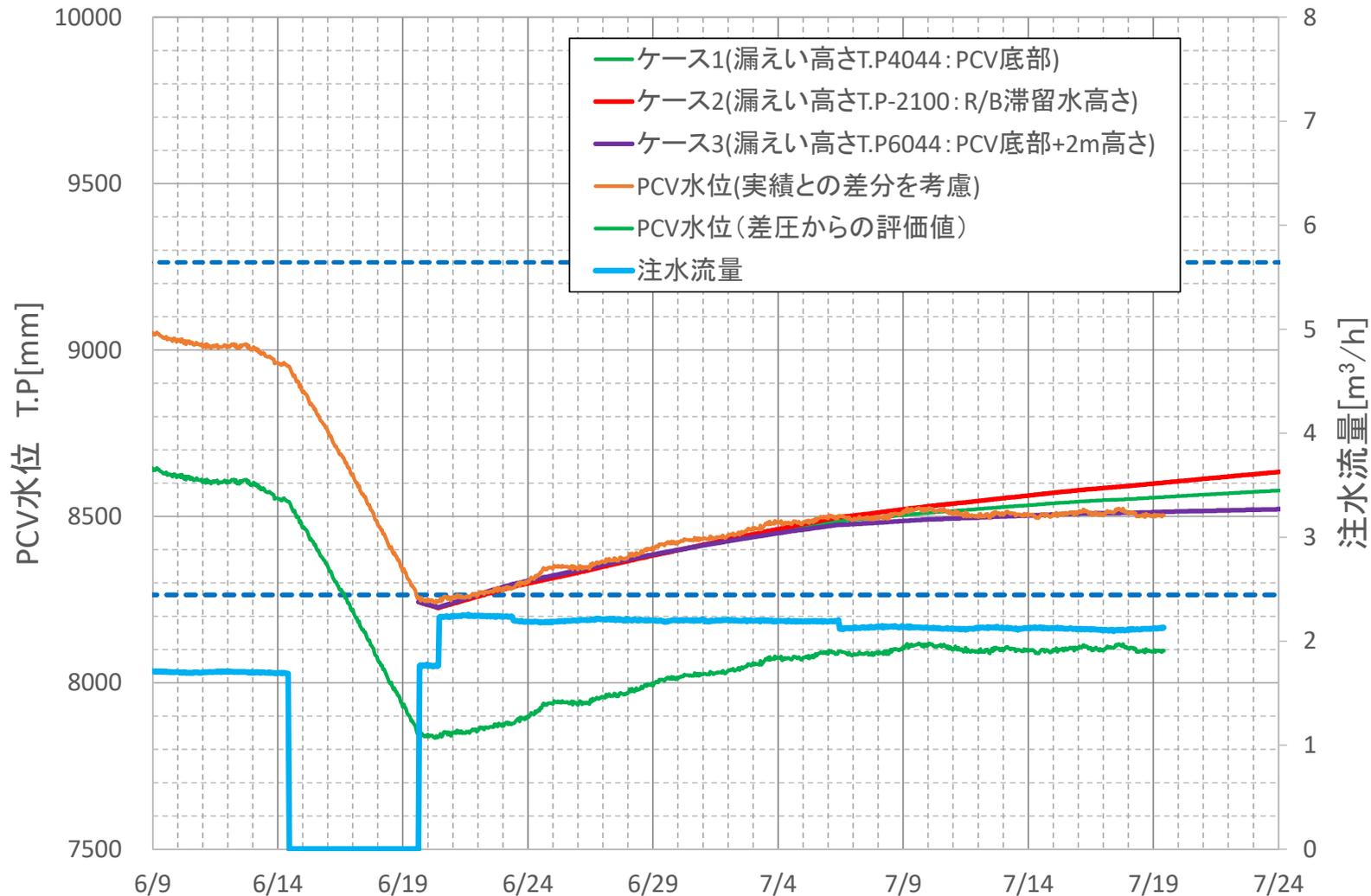
- 注水停止：2022年6月14日～6月19日。（7月19日10:00試験終了）
 - 注水停止：2022年6月14日10:30
 - 注水再開：2022年6月19日15:35（注水量1.7m³/h）
 - 注水量増加：2022年6月20日10:32（0.5m³/h増加：注水量2.2m³/h）
- PCV水位は、注水停止後、概ね一定の傾きで低下し、6月19日にPCV新設温度計/水位計下端を下回ったと判断したことから、注水を再開。その後、水位の低下は概ねおさまったものの、回復傾向がみられないことから、6月20日に注水量を増加。
- 7月6日に注水量を2.1m³/hに低減、PCV水位が概ね安定したことから7月19日試験終了。
- RPV底部温度、PCV温度に、大きな上昇等はなく推移。一部の温度計で低下傾向を確認。
- ダスト濃度等に有意な変動なし

PCV水位変化の実績

- PCV水位は、注水停止後、概ね一定の傾きで低下し、6月19日にPCV新設温度計/水位計下端を下回ったと判断したことから、注水を再開（注水量1.7m³/h）。
- その後、水位の低下は概ねおさまったものの、回復傾向がみられないことから、6月20日に注水量を増加（流量2.2m³/h）。
- 7月6日に注水量を2.1m³/hに低減し、PCV水位はT.P8500付近で安定。



- 注水再開後の水位の挙動について、漏えい箇所（1箇所を想定）の高さを仮定し、注水再開後の実績にあうように漏えい口(cm²)を設定。
- ケース3(漏えい高さPCV底部+2m高さ)の仮定が、実績に近い挙動となる。



(参考) PCV水位の評価条件 (注水再開後の実績に基づく評価) **TEPCO**

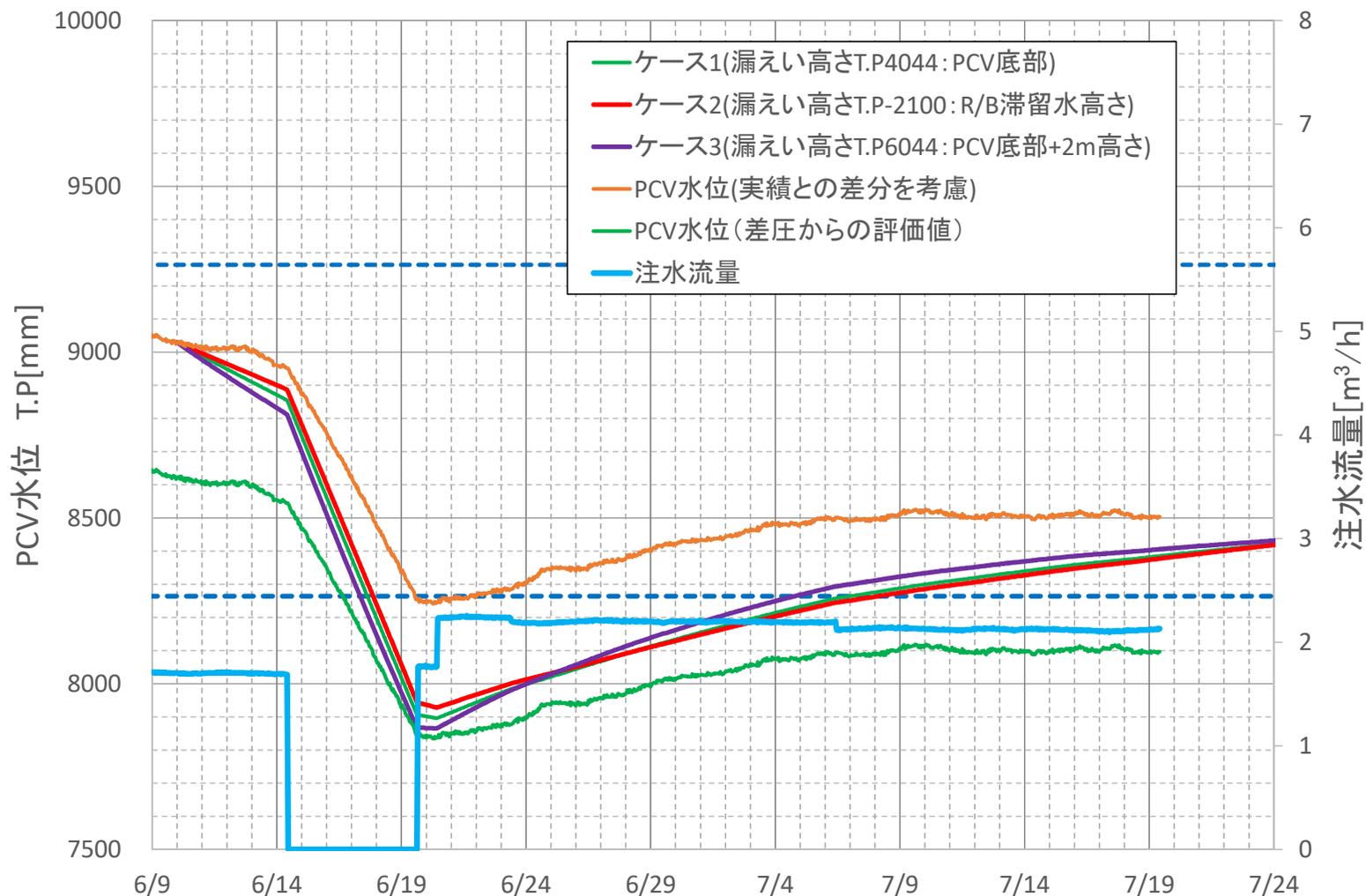
- 前頁のケース1～3の設定した漏えい口等は下表のとおり。
- 下表のケース1～3は、漏えい高さ等の仮定に応じて、実績の水位挙動を再現するようにパラメータを設定した値であり、実際の漏えい箇所を示すものではない。

	ケース1	ケース2	ケース3
	PCV底部からの漏えいを仮定	R/B滞留水高さからの漏えいを仮定	PCV底部よりも高い位置からの漏えいを仮定
漏えい高さ (T.P)	4044 (PCV底部)	-2100 (PCV底部から-6.144m)	6044 (水位2m)
漏えい口 (cm ²)	0.611	0.391	0.845

- PCV水位評価式： $Q = \sqrt{2g(H - h)} \times S$ (水の粘性等は考慮していない)
漏えい量：Q、重力加速度：g、PCV水位：H、漏えい高さ：h、漏えい口面積：S
- PCV内の水量は、水位以下のPCV体積からペDESTAL(コンクリート)の体積を除いた体積を用いて算出 (その他のPCV内機器等の体積は除いていない)。

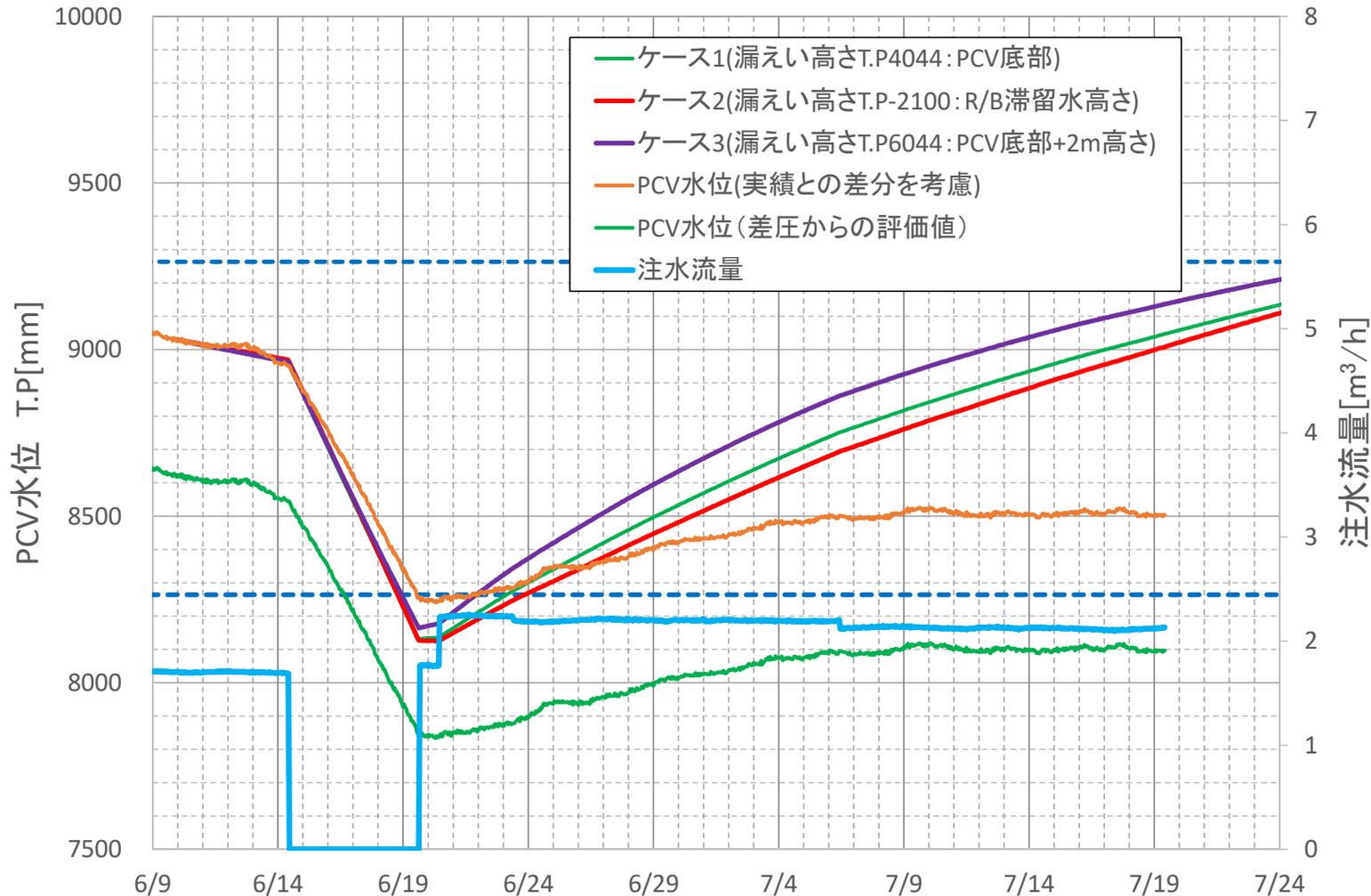
PCV水位評価 注水停止前後①

- 前段の評価で仮定した漏えい高さ・漏えい口で、注水停止前からの挙動を評価。
- 注水停止前及び注水停止中の低下の傾きが大きくなり、実績の挙動との差が大きくなる。



PCV水位評価 注水停止前後②

- 前段の評価で仮定した漏えい高さに対して、注水停止前のPCV水位低下の傾きにあうように漏えい口を設定。
- 注水停止前・注水停止中は、ある程度、実績に近くなるが、注水再開後の実績とは差が生じる。



(参考) PCV水位の評価条件 (注水停止前の実績に基づく評価) **TEPCO**

- 前頁のケース1～3の設定した漏えい口等は下表のとおり。
- 下表のケース1～3は、漏えい高さ等の仮定に応じて、実績の水位挙動を再現するようにパラメータを設定した値であり、実際の漏えい箇所を示すものではない。

	ケース1	ケース2	ケース3
	PCV底部からの漏えいを仮定	R/B滞留水水位高さからの漏えいを仮定	PCV底部よりも高い位置からの漏えいを仮定
漏えい高さ (T.P)	4044 (PCV底部)	-2100 (PCV底部から-6.144m)	6044 (水位2m)
漏えい口 (cm ²)	0.53	0.35	0.69

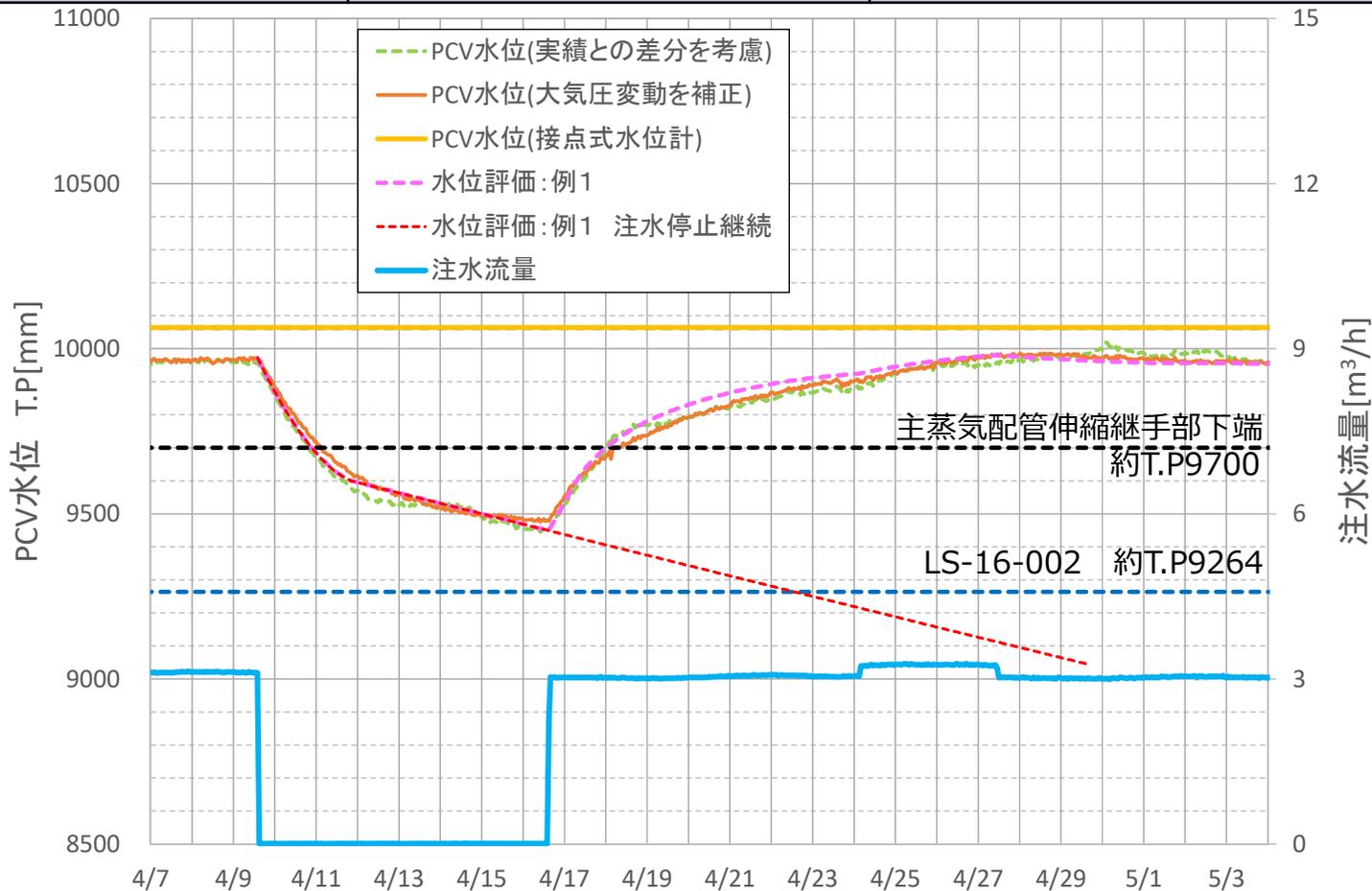
- PCV水位評価式： $Q = \sqrt{2g(H - h)} \times S$ (水の粘性等は考慮していない)
漏えい量：Q、重力加速度：g、PCV水位：H、漏えい高さ：h、漏えい口面積：S
- PCV内の水量は、水位以下のPCV体積からペDESTAL(コンクリート)の体積を除いた体積を用いて算出 (その他のPCV内機器等の体積は除いていない)。

- PCV水位は、注水停止後、概ね一定の傾きで低下したことから、漏えい箇所は、注水停止中に経験したPCV水位の範囲にはなく、LS-16-001設置位置（PCV底部から約4.2m）よりも比較的低い位置にあることが推定される。
- 注水再開後のPCV水位変化に対しては、ケース3（漏えい高さPCV底部+2m高さ）の仮定が、実績に近い挙動となる。
- 一方、注水停止前～注水停止中～注水再開後のPCV水位変化に対しては、今回の仮定での評価では、差が生じることが確認できた。差が生じる要因としては、下記などが挙げられるが、今後の水位変化等も含めて、引き続き検討していく。
 - 評価で用いたPCV内の水量の差による影響
（PCV内機器等の体積、PCV接続配管、S/Cの保有水等）
 - 漏えい口の形状や圧力損失による影響
 - 原子炉注水の流量計の誤差による影響

(参考) 2021年度 試験時の水位評価(PCV底部)

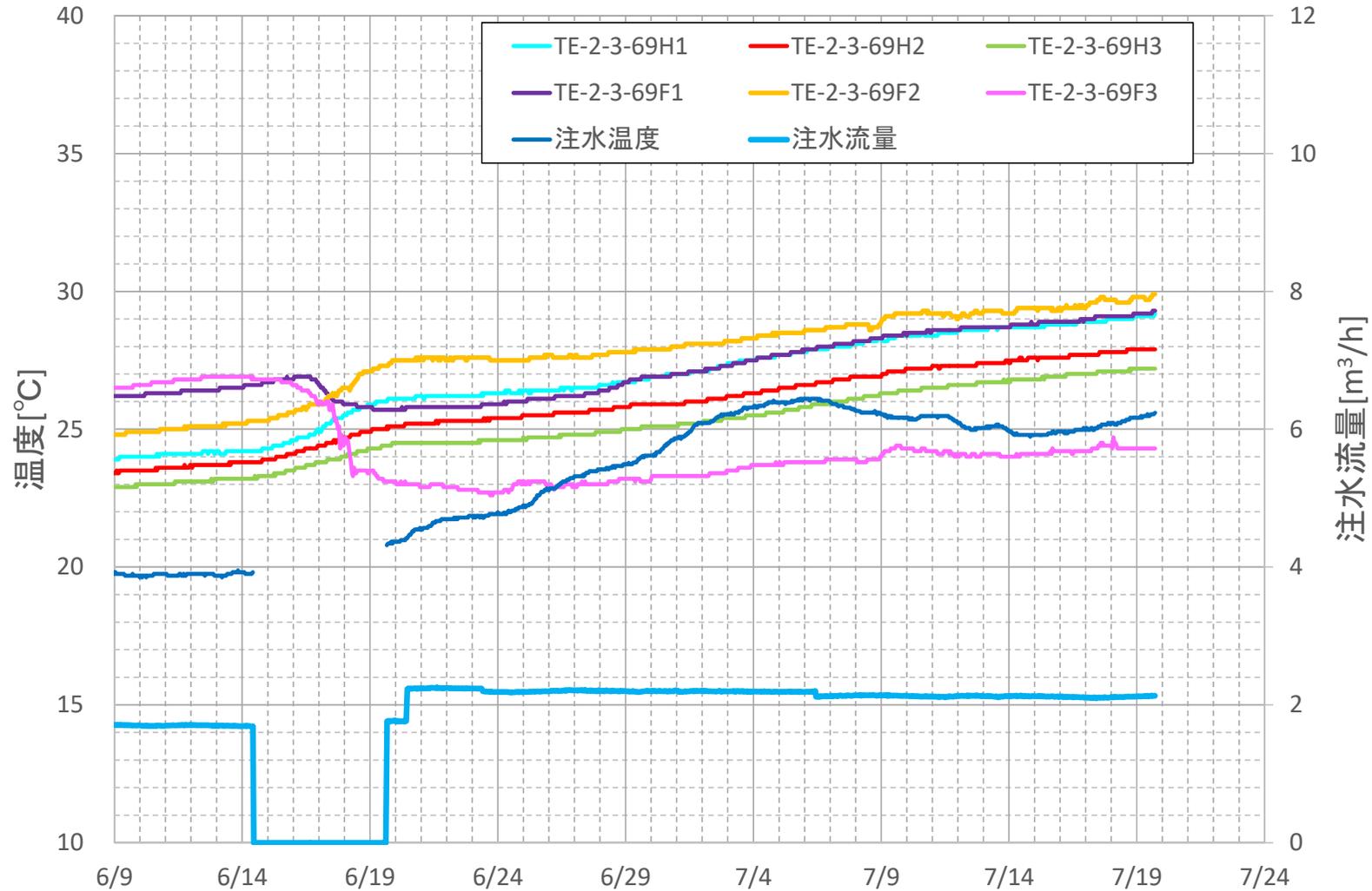
■ 昨年度試験時のPCV底部からの漏えいを仮定した際は、漏えい口0.1cm²。

	水位評価：例 1	
	主要な漏えいを仮定	PCV底部からの漏えいを仮定
漏えい高さ(T.P)	9600	4044(PCV底部)
漏えい口(cm ²)	2.8	0.1



RPV底部温度の推移

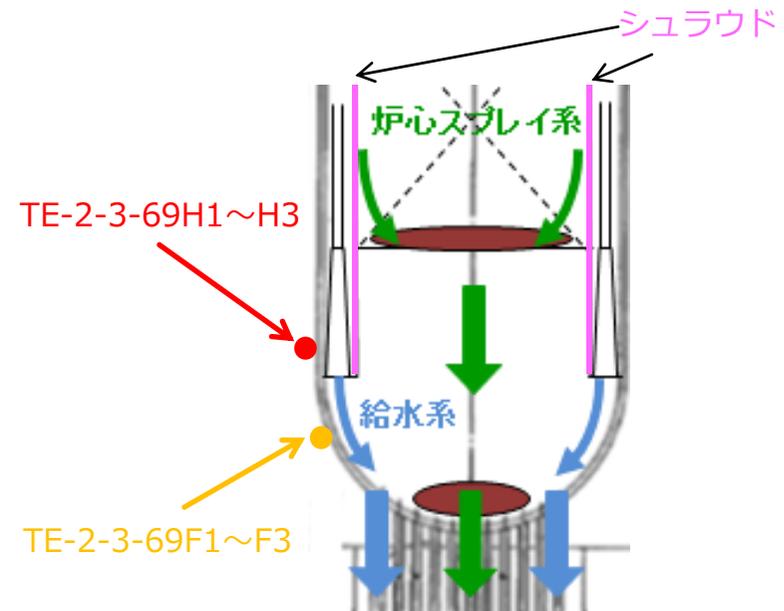
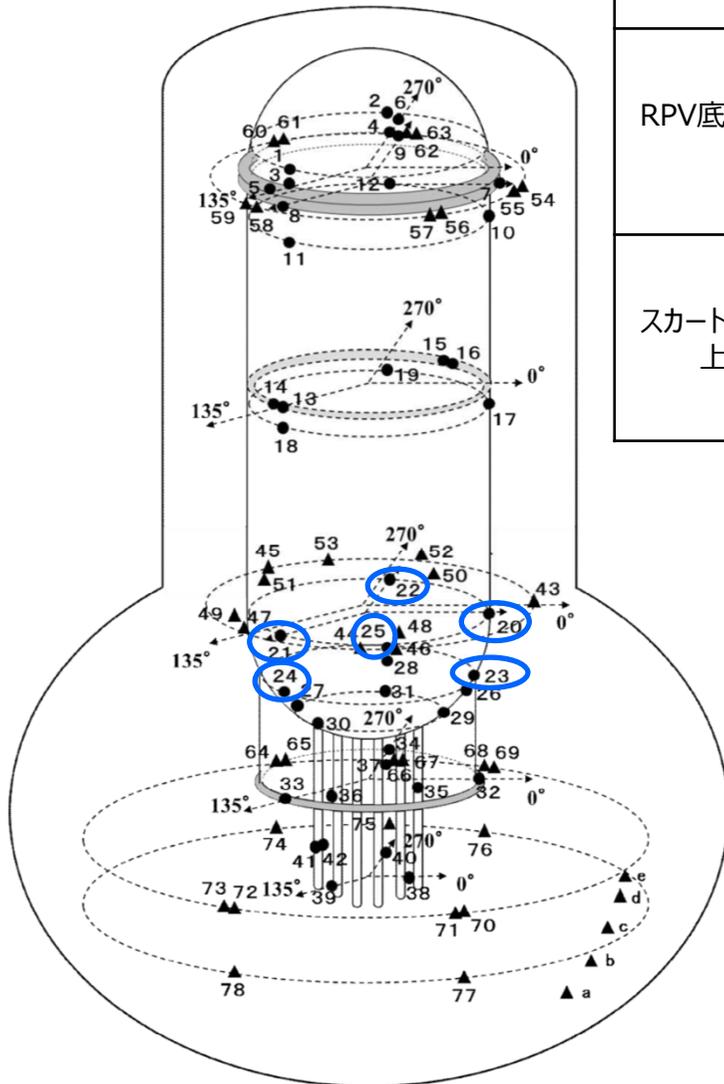
- 注水停止後、RPV底部温度は、緩やかに温度上昇。
- TE-2-3-69F1・69F3が、注水停止中に低下を確認。



(参考) RPV底部温度の設置位置

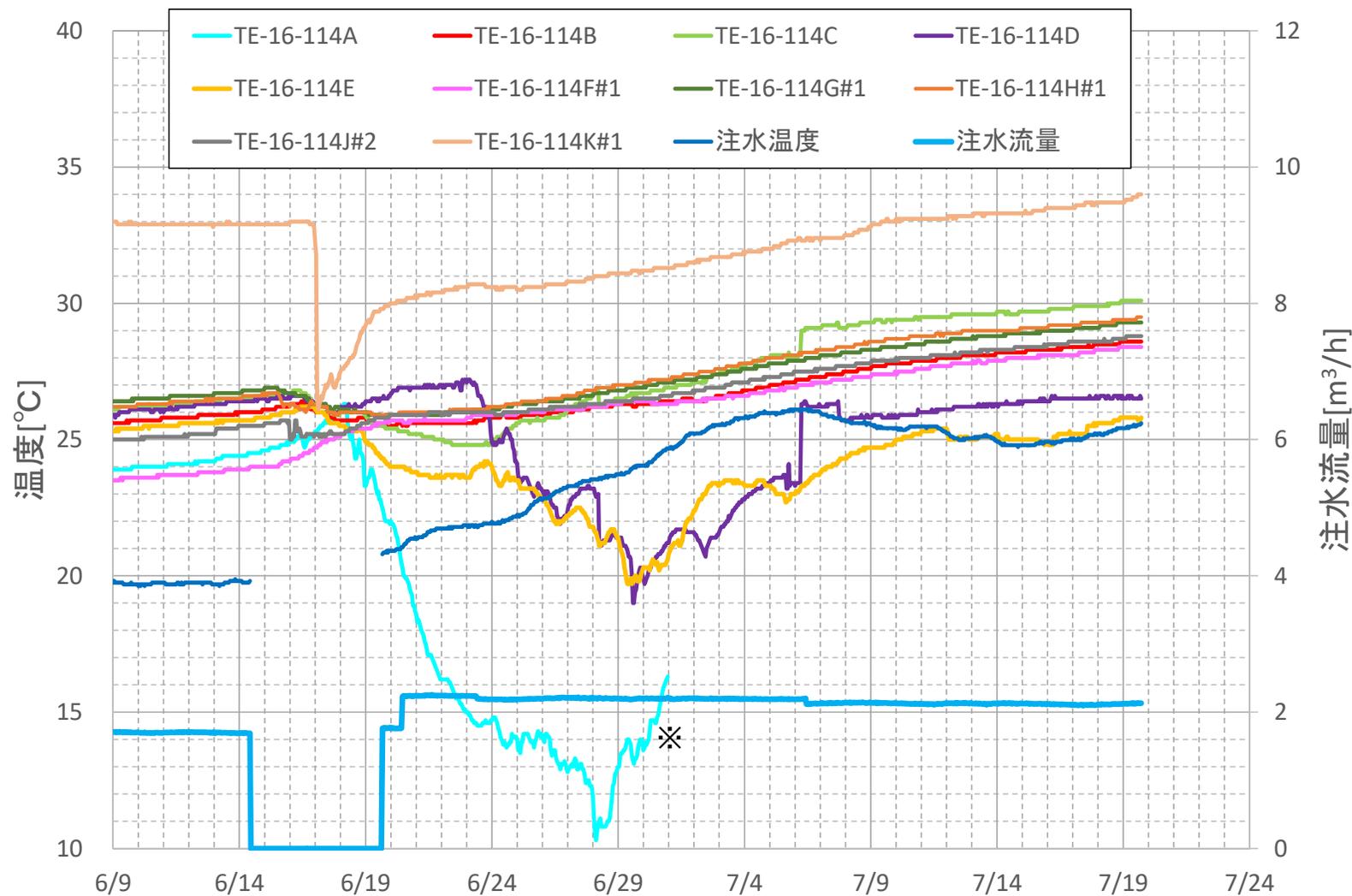
■ RPV底部温度計

サービス名称	Tag No.	No.	設置位置 (T.P)	設置方向
RPV底部ヘッド上部温度	TE-2-3-69H1	20	約15800	0°
	TE-2-3-69H2	21		135°
	TE-2-3-69H3	22		270°
スカートジャンクション上部温度	TE-2-3-69F1	23	約14460	0°
	TE-2-3-69F2	24		135°
	TE-2-3-69F3	25		270°



(参考) PCV温度(既設)の推移

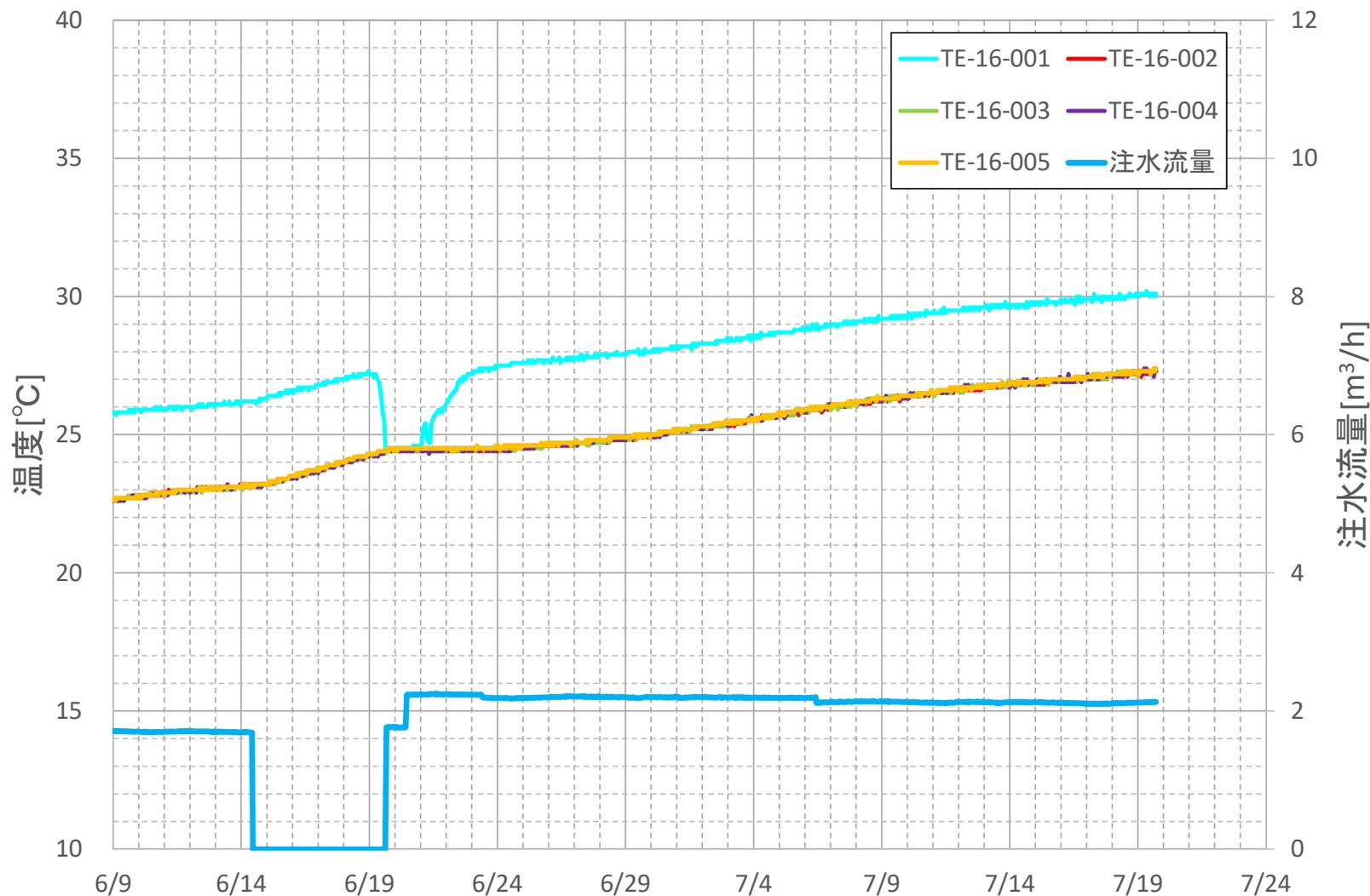
- 注水停止中、PCV温度(既設)は、複数の温度計において、低下するなどの傾向を確認。



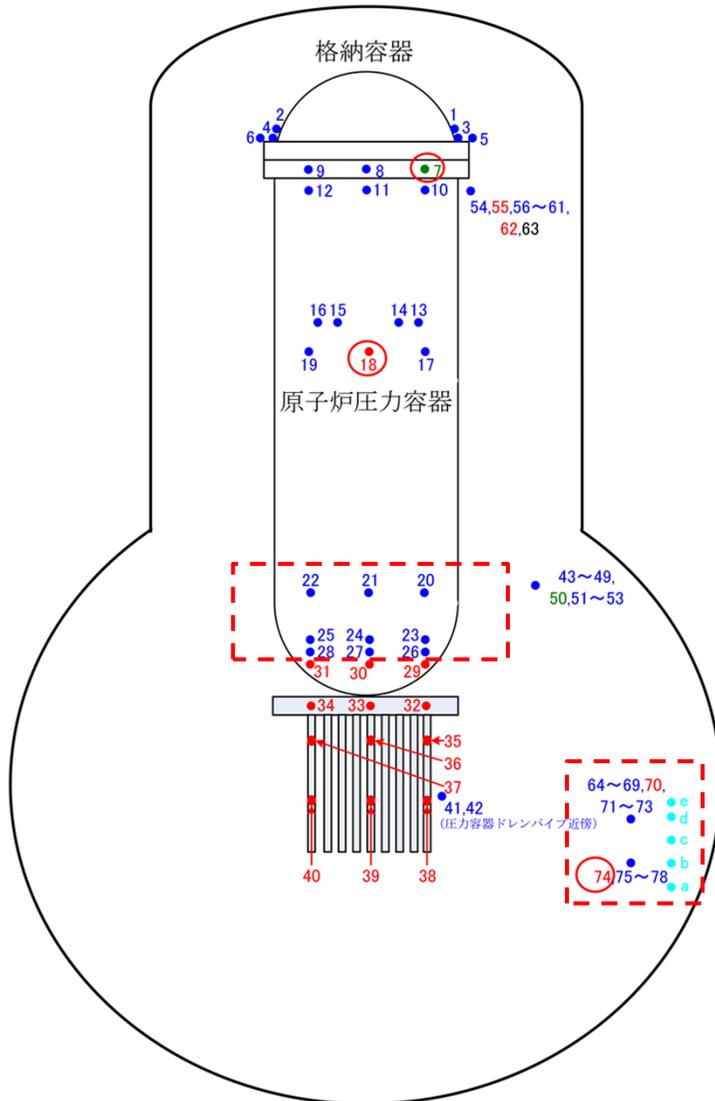
※TE-16-114A: 「監視に使用」→「故障」と評価

(参考) PCV温度(新設)の推移

- 注水停止中、温度は緩やかに上昇。
- TE-16-001は、気相露出で温度低下し、水没に伴い温度上昇。



(参考) 3号機 温度計配置図 (RPV底部温度、PCV温度)



- 既設温度計 ● 新設温度計
- 監視・評価対象外 ● 参考に使用

■ RPV底部温度計

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
スカート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

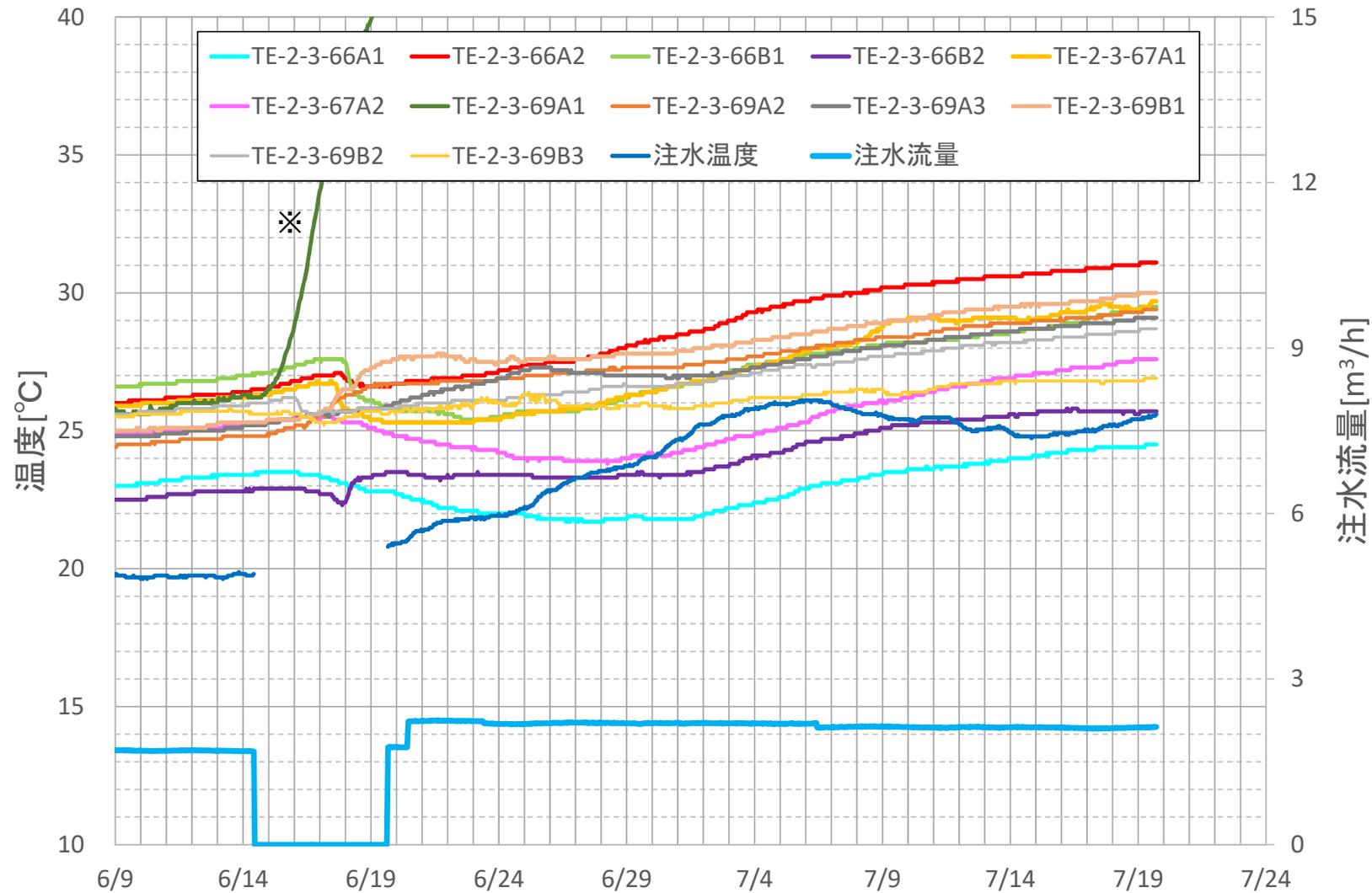
■ PCV温度計

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

※TE-16-114A: 「監視に使用」→「故障」と評価

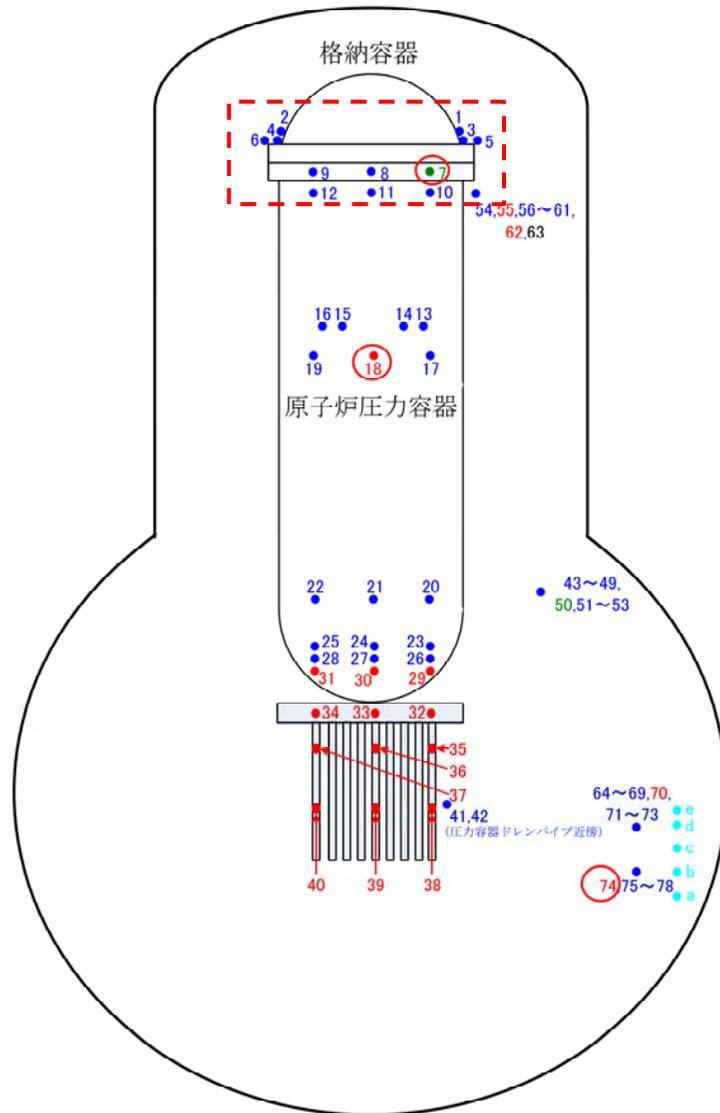
(参考) RPV上部温度の推移

- 注水停止中、RPV上部温度は、複数の温度計において、低下するなどの傾向を確認。



※TE-2-3-69A1: 「監視に使用」→「参考に使用」と評価

(参考) 3号機 温度計配置図 (RPV上部温度)



- 既設温度計 ● 新設温度計
- 監視・評価対象外 ● 参考に使用

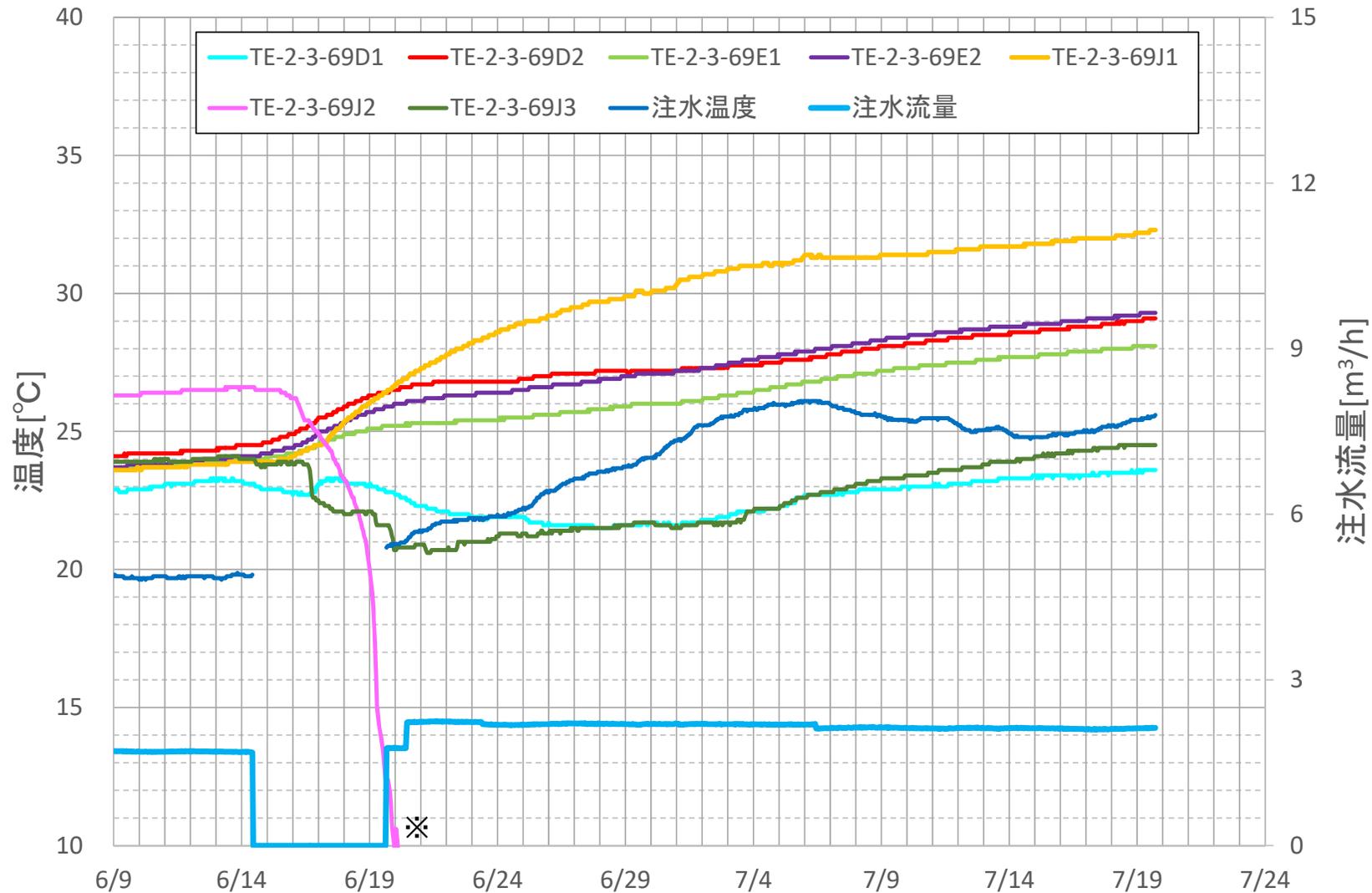
■ RPV上部温度計

サービス名称	Tag No.	No.
RPV上蓋フランジ周辺温度	TE-2-3-66A1	1
	TE-2-3-66A2	2
RPV上蓋フランジ温度	TE-2-3-66B1	3
	TE-2-3-66B2	4
RPVスタッドボルト温度	TE-2-3-67A1	5
	TE-2-3-67A2	6
RPVフランジ温度	TE-2-3-69A1※	7
	TE-2-3-69A2	8
	TE-2-3-69A3	9
RPVフランジ周辺温度	TE-2-3-69B1	10
	TE-2-3-69B2	11
	TE-2-3-69B3	12

※TE-2-3-69A1: 「監視に使用」→「参考に使用」と評価

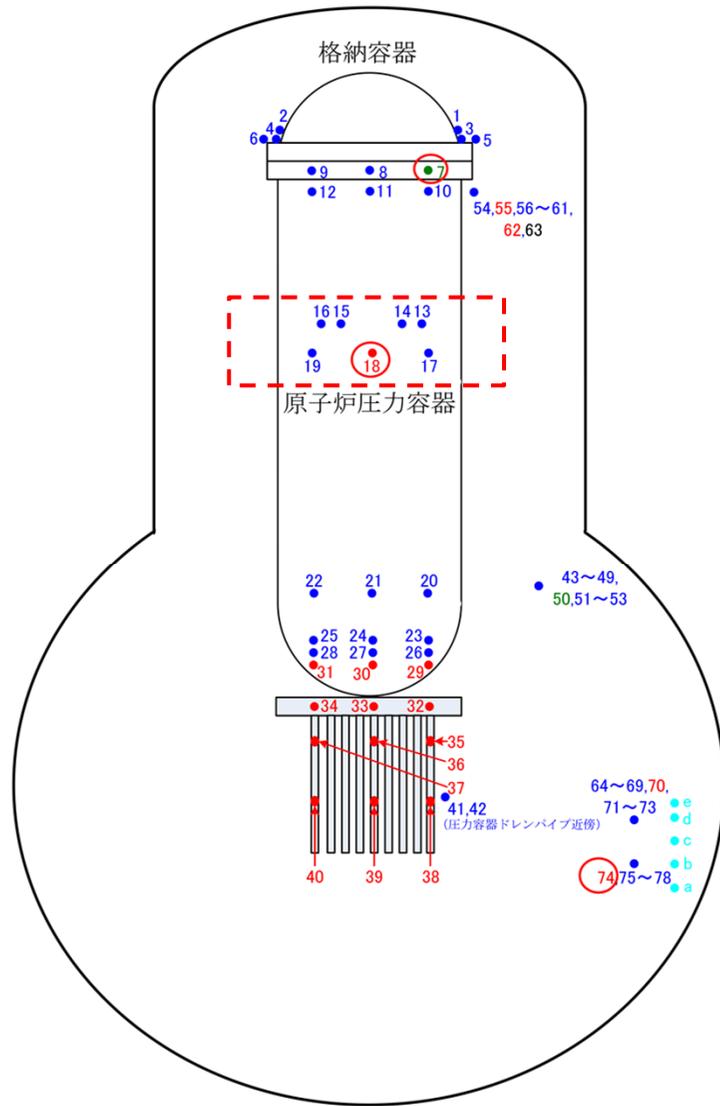
(参考) 給水ノズル周辺温度の推移

- 注水停止中、給水ノズル周辺温度は、複数の温度計において、低下するなどの傾向を確認。



※TE-2-3-69J2:「監視に使用」→「故障」と評価

(参考) 3号機 温度計配置図 (給水ノズル周辺温度)



■ RPV給水ノズル周辺温度計

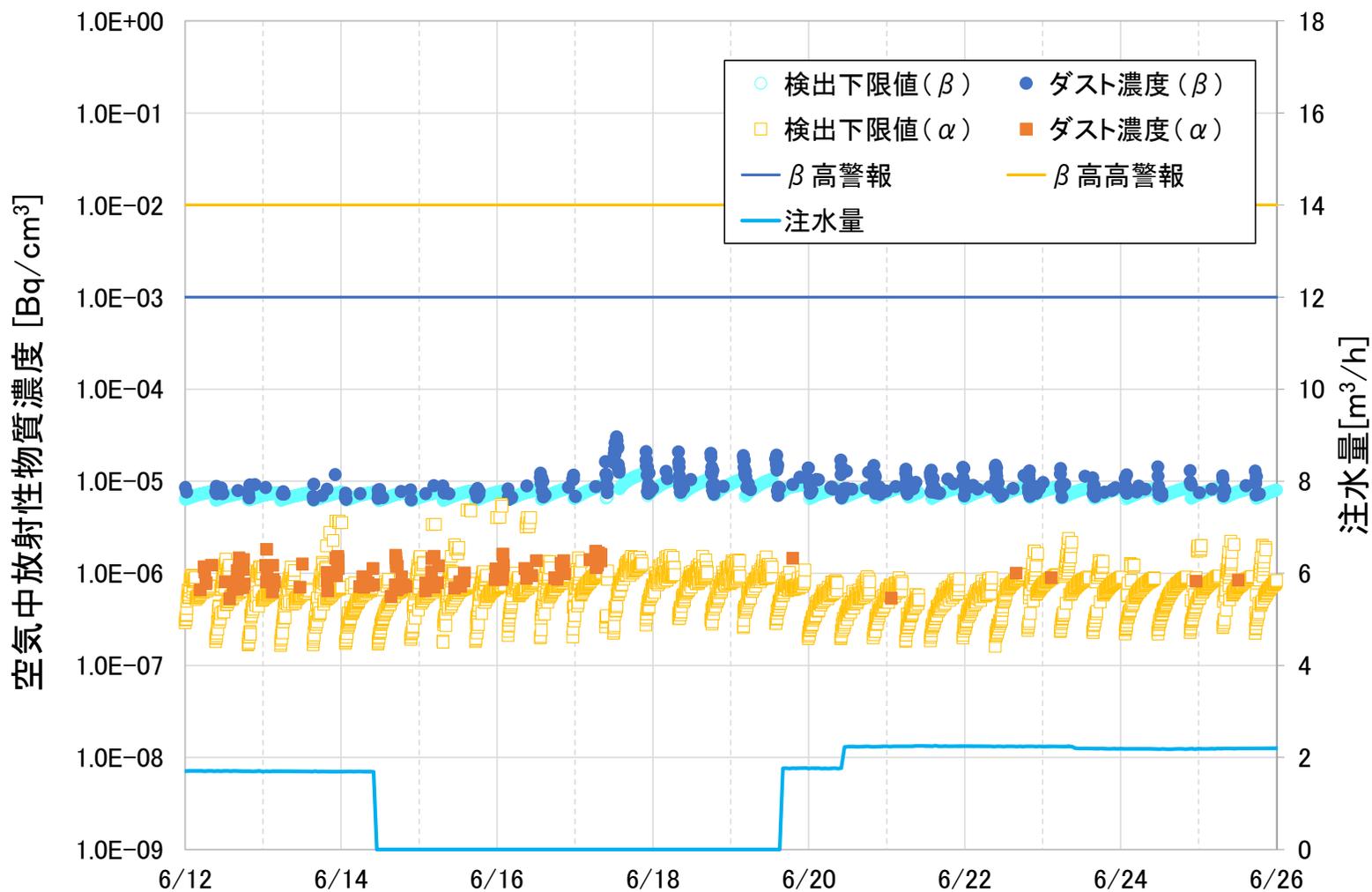
サービス名称	Tag No.	No.
RPV給水ノズルN4B温度	TE-2-3-69D1	13
	TE-2-3-69D2	14
RPV給水ノズルN4D温度	TE-2-3-69E1	15
	TE-2-3-69E2	16
RPV給水ノズル下部温度	TE-2-3-69J1	17
	TE-2-3-69J2※	18
	TE-2-3-69J3	19

※TE-2-3-69J2: 「監視に使用」→「故障」と評価

- 既設温度計
- 新設温度計
- 監視・評価対象外
- 参考を使用

- RPV・PCV温度計について、複数の温度計で注水停止中に温度が低下するなどの傾向が確認された。
- 温度変化の要因としては、注水停止中の5日間でPCV水位がT.P8950付近からT.P8264付近まで低下したことに関連して、以下の要因などが考えられるが引き続き、監視・検討していく。
- PCV水位の低下に伴い、PCV内の気体の流れに変化が生じ、温度推移に影響した可能性。
 - PCV水位低下に伴い、ペDESTALの開口箇所には到達し、気体の流れに影響した可能性。（CRD交換レール用開口の上部はT.P8770付近、ダクトに繋がる開口の上部はT.P9060付近）
 - 今回の注水停止試験において、PCVガス管理システムHEPA上流に連続ダストモニタを設置したが、6月17日付近を境に、 β が若干上昇し、 α の検出頻度が少なくなる傾向を確認しており、気体の流れの変化による影響の可能性。（次頁にグラフ）
- PCV水位の低下に伴い、これまで水没していた箇所（端子台等）が気相露出するなどの環境変化による電氣的な影響で指示値が変動した可能性。

- 連続ダストモニタの指示値は、6月17日頃から若干の上昇（ β ）があるが、大きな上昇なし。また、6月17日頃から α の検出頻度が少なくなる傾向。



採取試料の分析結果 ダスト



- 3号PCVガス管理設備HEPAフィルタ上流側ダストを採取。
- 注水再開後の試料で全αを検出。今回の試験において、PCVガス管理設備HEPAフィルタ上流に連続ダストモニタを設置したが、全αについて、同程度の値は検出されており、有意な上昇ではない。

(単位 : Bq/cm³)

分析項目	半減期	前々回試験前	前々回注水停止中	前回試験前	前回注水停止中	前回注水再開後	今回試験前	今回注水再開後
		2020.1.31 採取	2020.2.4 採取	2021.3.23 採取	2021.4.15 採取	2021.4.21 採取	2022.6.10 採取	2022.6.21 採取
全α	-	ND (<9.8E-09)	ND (<1.3E-08)	ND (<8.8E-09)	2.8E-07	2.5E-08	ND (<1.0E-08)	1.1E-08
全β	-	ND (<2.7E-07)	ND (<2.7E-07)	6.2E-07	3.0E-06	1.0E-06	1.3E-06	1.6E-06
Cs-134	約2年	ND (<1.1E-07)	ND (<1.1E-07)	ND (<2.5E-07)	1.2E-07	ND (<2.1E-07)	5.9E-08	ND (<2.1E-07)
Cs-137	約30年	ND (<9.9E-08)	2.5E-07	1.4E-06	2.7E-06	1.3E-06	2.7E-06	1.7E-06
その他 γ核種※1	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

※1 Cr-51、Mn-54、Co-58、Fe-59、Co-60、Ag-110m、Sb-125、I-131、Ce-144、Eu-154、Am-241

採取試料の分析結果 凝縮水



- 3号PCVガス管理設備HEPAフィルタ入口側凝縮水を採取。

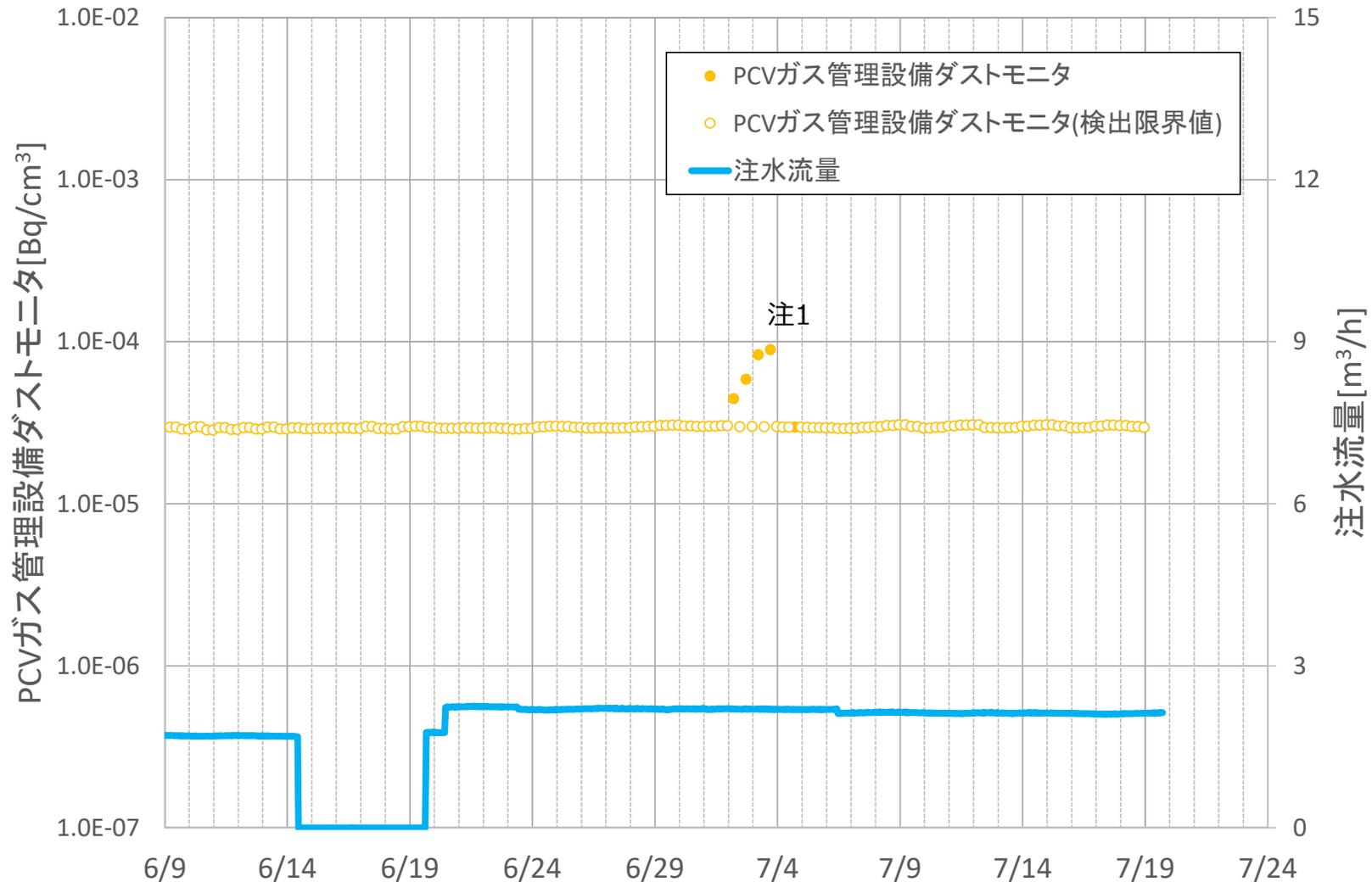
(単位 : Bq/cm³)

分析項目	半減期	前々回試験前	前々回注水停止中	前回試験前	前回注水停止中	前回注水再開後	今回試験前	今回注水再開後
		2020.1.31 採取	2020.2.4 採取	2021.3.23 採取	2021.4.15 採取	2021.4.21 採取	2022.6.10 採取	2022.6.21 採取
全α	—	ND (<7.9E-03)	ND (<7.9E-03)	1.5E-02	ND (<1.6E-03)	ND (<1.6E-03)	ND (<1.7E-03)	ND (<1.8E-03)
全β	—	4.5E+00	4.5E+00	5.2E+01	2.0E+01	2.0E+01	2.1E+01	1.9E+01
H-3	約12年	7.0E+02	6.9E+02	3.9E+02	3.4E+02	3.5E+02	3.0E+02	3.3E+02
Sr-90	約29年	4.4E+00	4.5E+00	2.5E+00	2.2E+00	2.6E+00	7.6E-01	6.3E-01
Cs-134	約2年	2.6E-01	2.7E-01	2.3E+00	8.8E-01	7.0E-01	4.8E-01	4.4E-01
Cs-137	約30年	3.8E+00	4.0E+00	5.1E+01	2.0E+01	1.7E+01	1.6E+01	1.5E+01
Co-60	約5年	8.2E-03	1.7E-02	3.6E-02	3.6E-03	3.5E-03	4.1E-03	ND (<3.6E-03)
Sb-125	約3年	6.2E-02	1.1E-01	4.0E-01	ND (<8.7E-02)	ND (<8.3E-02)	ND (<8.8E-02)	ND (<8.5E-02)
その他 γ核種 ※1	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

※1 Cr-51、Mn-54、Co-58、Fe-59、Ag-110m、I-131、Ce-144、Eu-154、Am-241

PCVガス管理設備 ダスト濃度の推移

- 本設ダストモニタの指示値に有意な上昇なし。



注1 定例的なBG測定による一時的な変動であり実際にPCV内のダスト濃度が上昇したことを示すものではない。

【試験結果】

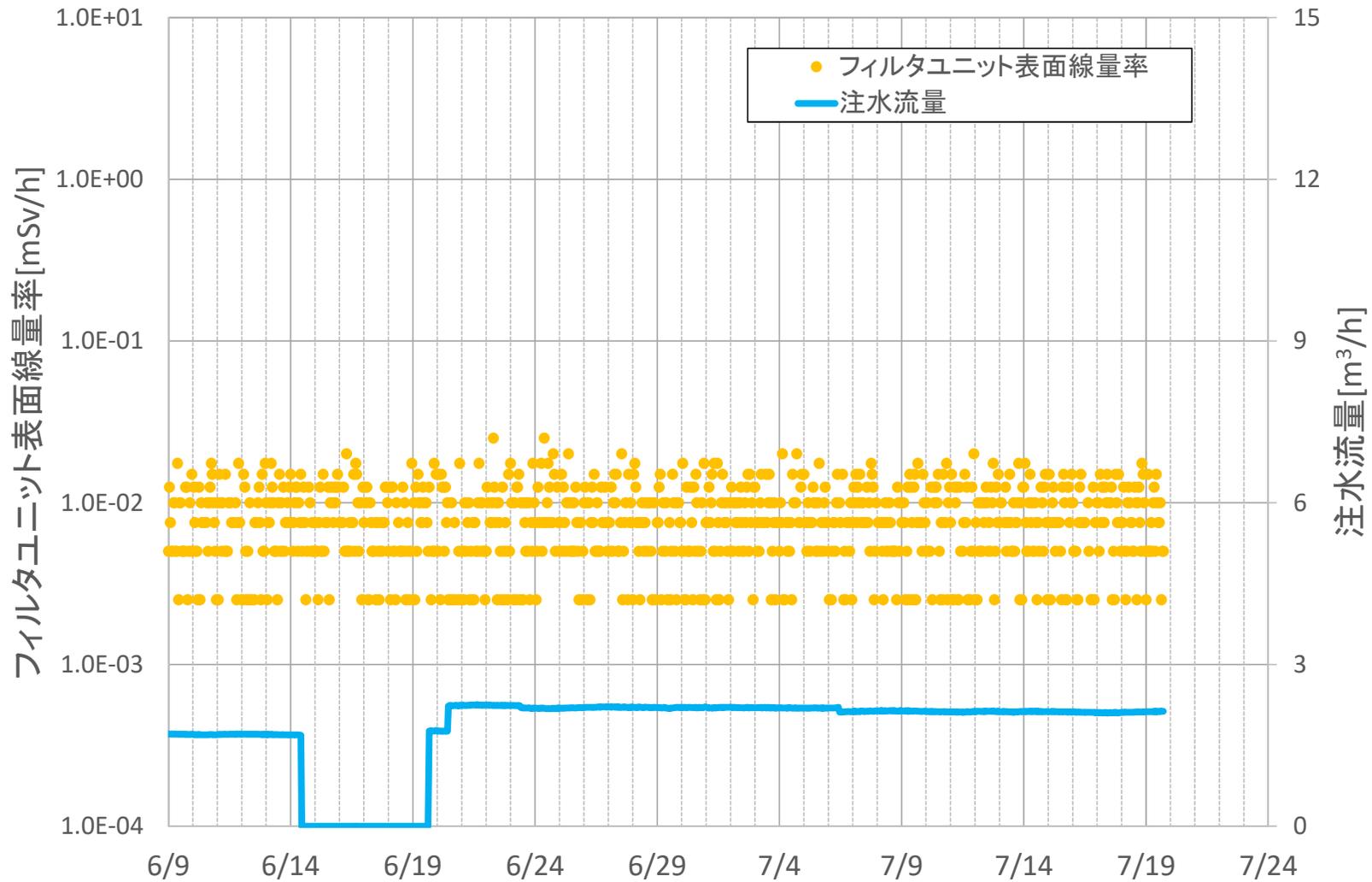
- PCV水位は、注水停止後、概ね一定の傾きで低下し、6月19日にPCV新設温度計/水位計下端を下回ったと判断したことから、注水を再開。その後、水位の低下は概ねおさまったものの、回復傾向がみられないことから、6月20日に注水量を増加。
- 7月6日に注水量を2.1m³/hに低減し、PCV水位はT.P8500付近で安定。
- PCV水位の低下傾向などから、漏えい箇所は、注水停止中に経験したPCV水位の範囲にはなく、LS-16-001設置位置（PCV底部から約4.2m）よりも比較的低い位置にあることが推定される。
- 今回の試験では、注水停止期間5日間となり、長期間の停止による影響確認には至らなかった。
- RPV・PCV温度に、大きな上昇等はなく推移。一部の温度計で低下傾向を確認。PCV水位の低下に伴い、PCV内のダストの流れに変化が生じた影響などが考えられるが、引き続き、監視・検討していく。

【今後】

- 今回の試験において、漏えい箇所はLS-16-001設置位置（PCV底部から約4.2m）に比べ、比較的低い位置にあることが推定される。今後、現在よりも低い位置までの計器設置やPCV水位低下に向けた注水量低減・停止等を検討していく。

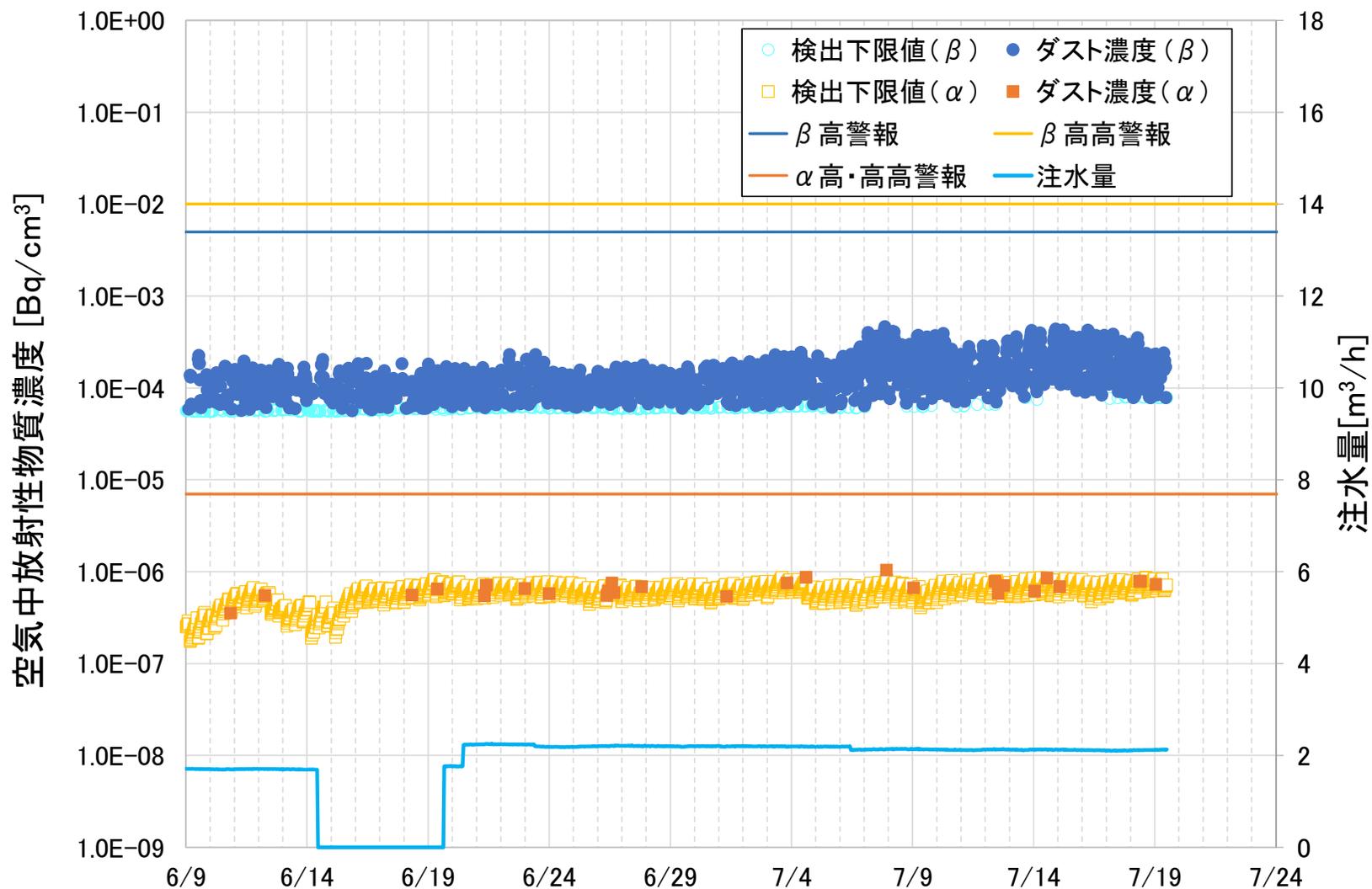
（PCV新設温度計/水位計は、ペネからPCV内に挿入したものであるが、挿入途中に干渉物（グレーチング等）があり、水中で干渉物を回避しながら計器を低い位置まで設置することは困難であった。）

- フィルタユニット表面線量率に有意な上昇なし。



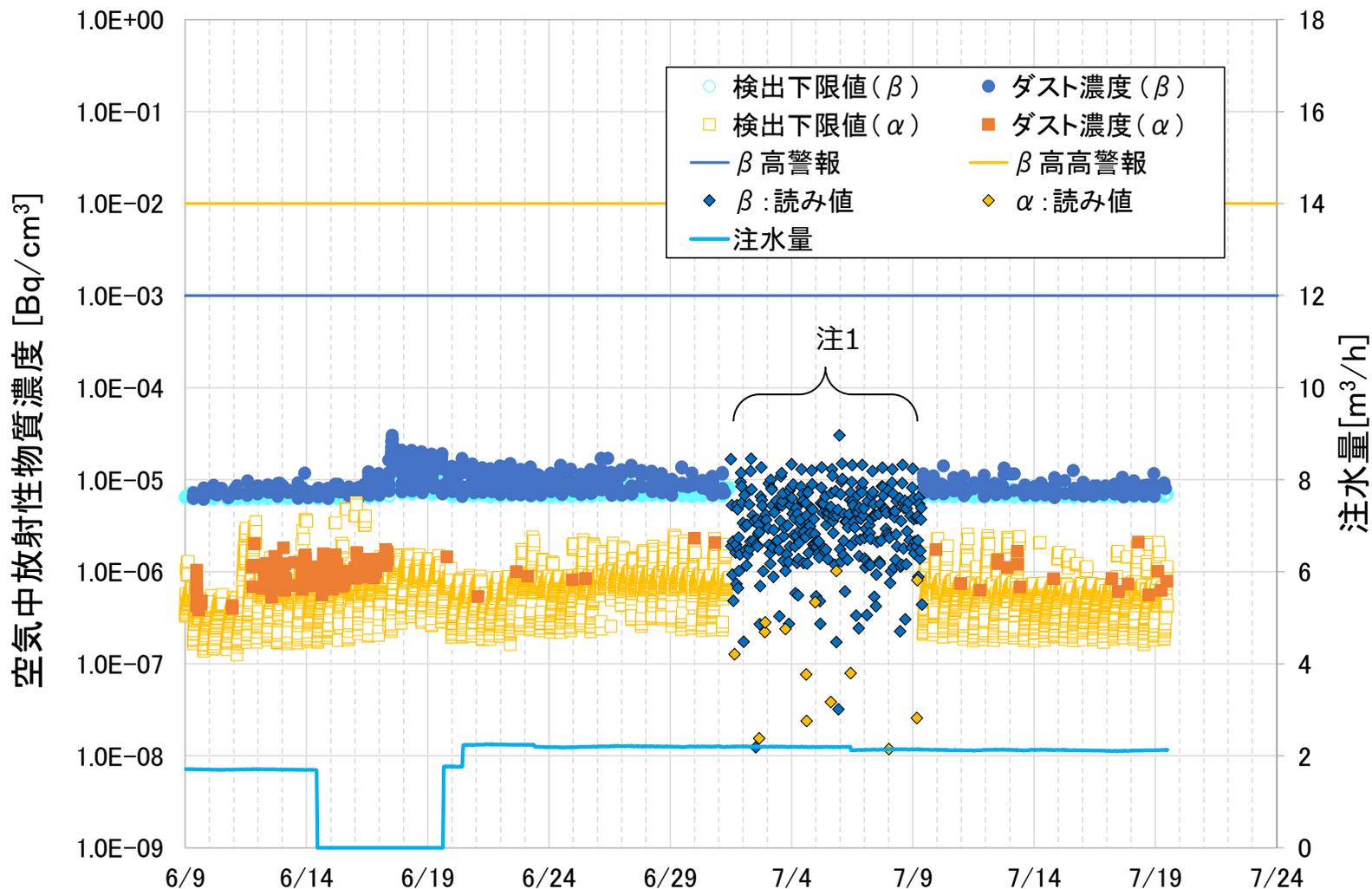
(参考) R/B 1階 ダスト濃度の推移

■ 連続ダストモニタの指示値に有意な上昇なし。



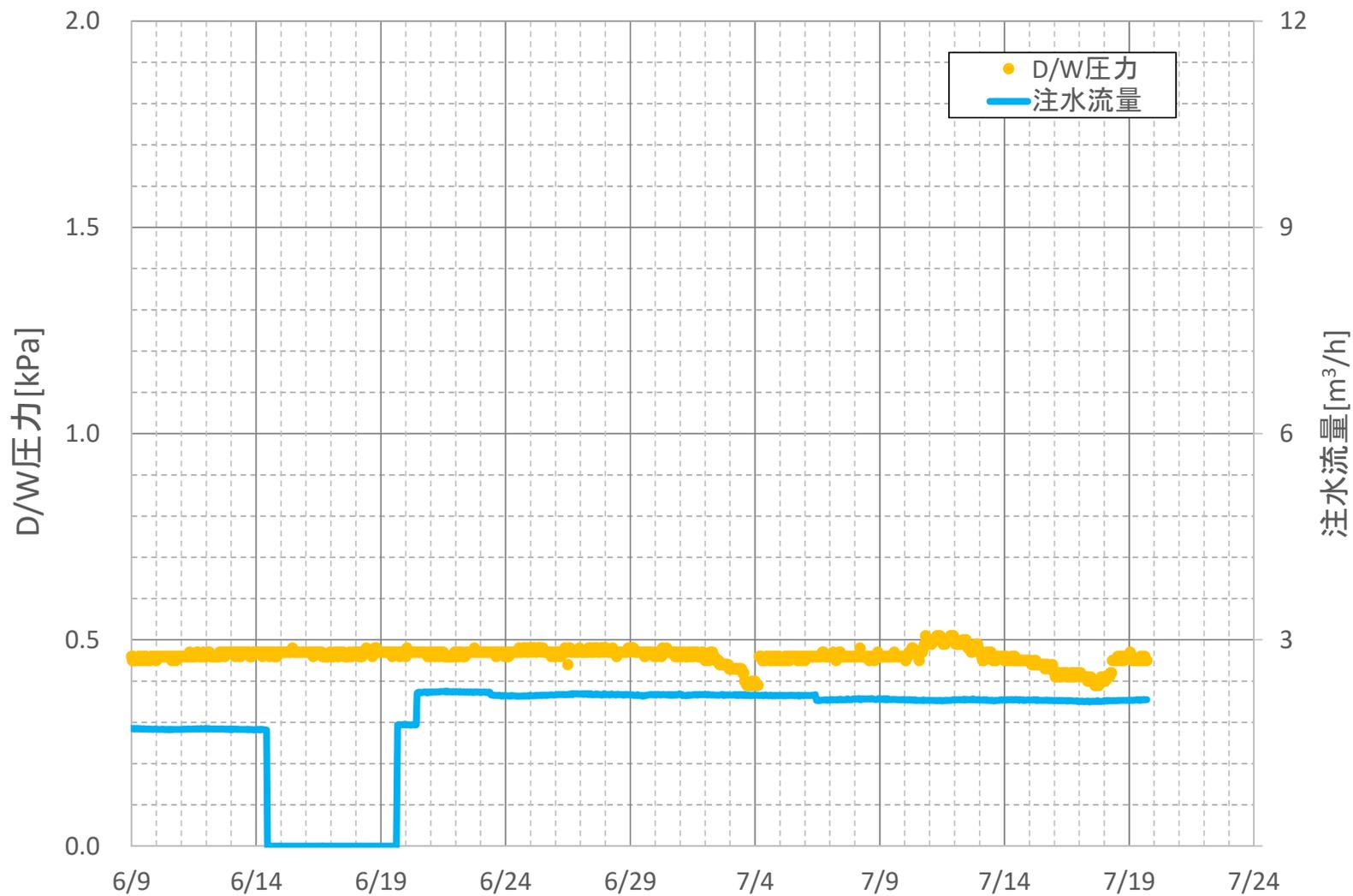
(参考) P C Vガス管理設備H E P A上流 ダスト濃度の推移 **TEPCO**

- 連続ダストモニタの指示値に有意な上昇なし。



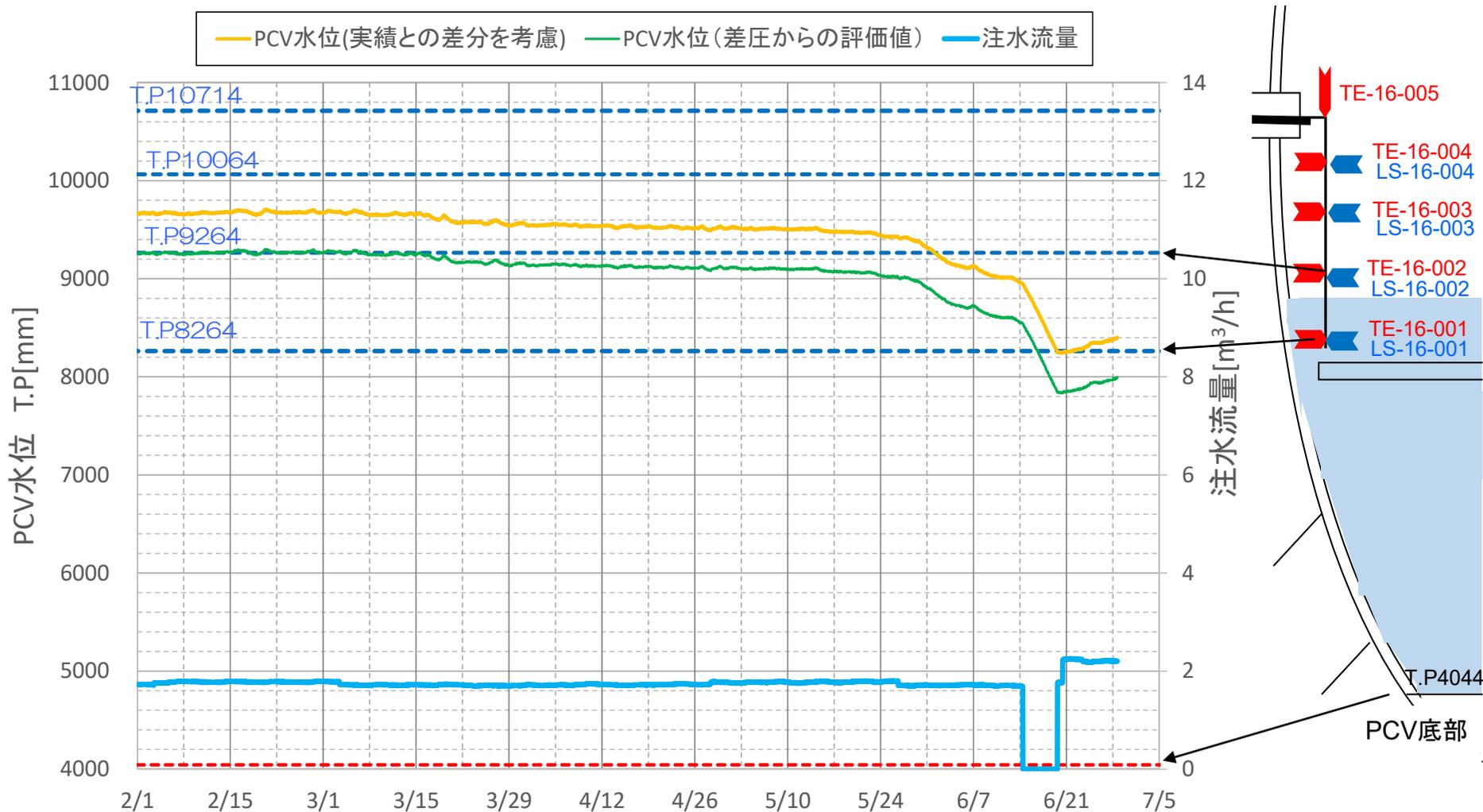
注1 現場採取データ欠測のため、遠隔監視での読み値 (β 濃度、 α 濃度) をプロット。

(参考) D/W圧力の推移



(参考) PCV水位の変化 (長期傾向)

- 3月16日に発生した地震以降、3号機のPCV水位は緩やかな低下が継続しており、6月1日付近に温度計TE-16-002/水位計LS-16-002の設置高さを下回ったと考えている。



(参考) PCV新設温度計の推移

