

循環注水冷却スケジュール (1/2)

項目	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後6ヶ月の予定	スケジュール												備考																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
			5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月以降																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
循環注水冷却	(実 績) ・【共通】循環注水冷却中(継続) ・【1号】CS系原子炉注水配管点検 ・1号機 FDW系のみによる注水へ切替 2021/5/18~6/4 (予 定) ・【2、3号機】タービン建屋内炉注水系による運転確認 ・2号機 2021/9月中旬 ・3号機 2021/9月上旬 ・【2、3号機】原子炉注水量の低減 ・2号機 2021/7/14~9/16 ・3号機 2021/8/18~10/13	【1、2、3号】循環注水冷却(浄置水の再利用) 【1号】FDW系のみによる注水へ切替 実績反映 【2、3号機】タービン建屋内炉注水系による運転確認 実施時期調整中 【2、3号機】原子炉注水量の低減 【2号機】 【3号機】 原子炉-格納容器内の前導熱評価、温度、水素濃度に応じて、また、作業等に必要に応じて、原子炉注水流量の調整を実施	5/18	5/19	5/20	5/21	5/22	5/23	5/24	5/25	5/26	5/27	5/28	5/29	5/30	5/31	6/1	6/2	6/3	6/4	6/5	6/6	6/7	6/8	6/9	6/10	6/11	6/12	6/13	6/14	6/15	6/16	6/17	6/18	6/19	6/20	6/21	6/22	6/23	6/24	6/25	6/26	6/27	6/28	6/29	6/30	7/1	7/2	7/3	7/4	7/5	7/6	7/7	7/8	7/9	7/10	7/11	7/12	7/13	7/14	7/15	7/16	7/17	7/18	7/19	7/20	7/21	7/22	7/23	7/24	7/25	7/26	7/27	7/28	7/29	7/30	7/31	8/1	8/2	8/3	8/4	8/5	8/6	8/7	8/8	8/9	8/10	8/11	8/12	8/13	8/14	8/15	8/16	8/17	8/18	8/19	8/20	8/21	8/22	8/23	8/24	8/25	8/26	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1	9/2	9/3	9/4	9/5	9/6	9/7	9/8	9/9	9/10	9/11	9/12	9/13	9/14	9/15	9/16	9/17	9/18	9/19	9/20	9/21	9/22	9/23	9/24	9/25	9/26	9/27	9/28	9/29	9/30	10/1	10/2	10/3	10/4	10/5	10/6	10/7	10/8	10/9	10/10	10/11	10/12	10/13	10/14	10/15	10/16	10/17	10/18	10/19	10/20	10/21	10/22	10/23	10/24	10/25	10/26	10/27	10/28	10/29	10/30	10/31	11/1	11/2	11/3	11/4	11/5	11/6	11/7	11/8	11/9	11/10	11/11	11/12	11/13	11/14	11/15	11/16	11/17	11/18	11/19	11/20	11/21	11/22	11/23	11/24	11/25	11/26	11/27	11/28	11/29	11/30	12/1	12/2	12/3	12/4	12/5	12/6	12/7	12/8	12/9	12/10	12/11	12/12	12/13	12/14	12/15	12/16	12/17	12/18	12/19	12/20	12/21	12/22	12/23	12/24	12/25	12/26	12/27	12/28	12/29	12/30	12/31	1月1日	1月2日	1月3日	1月4日	1月5日	1月6日	1月7日	1月8日	1月9日	1月10日	1月11日	1月12日	1月13日	1月14日	1月15日	1月16日	1月17日	1月18日	1月19日	1月20日	1月21日	1月22日	1月23日	1月24日	1月25日	1月26日	1月27日	1月28日	1月29日	1月30日	1月31日	2月1日	2月2日	2月3日	2月4日	2月5日	2月6日	2月7日	2月8日	2月9日	2月10日	2月11日	2月12日	2月13日	2月14日	2月15日	2月16日	2月17日	2月18日	2月19日	2月20日	2月21日	2月22日	2月23日	2月24日	2月25日	2月26日	2月27日	2月28日	2月29日	2月30日	3月1日	3月2日	3月3日	3月4日	3月5日	3月6日	3月7日	3月8日	3月9日	3月10日	3月11日	3月12日	3月13日	3月14日	3月15日	3月16日	3月17日	3月18日	3月19日	3月20日	3月21日	3月22日	3月23日	3月24日	3月25日	3月26日	3月27日	3月28日	3月29日	3月30日	3月31日	4月1日	4月2日	4月3日	4月4日	4月5日	4月6日	4月7日	4月8日	4月9日	4月10日	4月11日	4月12日	4月13日	4月14日	4月15日	4月16日	4月17日	4月18日	4月19日	4月20日	4月21日	4月22日	4月23日	4月24日	4月25日	4月26日	4月27日	4月28日	4月29日	4月30日	4月31日	5月1日	5月2日	5月3日	5月4日	5月5日	5月6日	5月7日	5月8日	5月9日	5月10日	5月11日	5月12日	5月13日	5月14日	5月15日	5月16日	5月17日	5月18日	5月19日	5月20日	5月21日	5月22日	5月23日	5月24日	5月25日	5月26日	5月27日	5月28日	5月29日	5月30日	5月31日	6月1日	6月2日	6月3日	6月4日	6月5日	6月6日	6月7日	6月8日	6月9日	6月10日	6月11日	6月12日	6月13日	6月14日	6月15日	6月16日	6月17日	6月18日	6月19日	6月20日	6月21日	6月22日	6月23日	6月24日	6月25日	6月26日	6月27日	6月28日	6月29日	6月30日	7月1日	7月2日	7月3日	7月4日	7月5日	7月6日	7月7日	7月8日	7月9日	7月10日	7月11日	7月12日	7月13日	7月14日	7月15日	7月16日	7月17日	7月18日	7月19日	7月20日	7月21日	7月22日	7月23日	7月24日	7月25日	7月26日	7月27日	7月28日	7月29日	7月30日	7月31日	8月1日	8月2日	8月3日	8月4日	8月5日	8月6日	8月7日	8月8日	8月9日	8月10日	8月11日	8月12日	8月13日	8月14日	8月15日	8月16日	8月17日	8月18日	8月19日	8月20日	8月21日	8月22日	8月23日	8月24日	8月25日	8月26日	8月27日	8月28日	8月29日	8月30日	8月31日	9月1日	9月2日	9月3日	9月4日	9月5日	9月6日	9月7日	9月8日	9月9日	9月10日	9月11日	9月12日	9月13日	9月14日	9月15日	9月16日	9月17日	9月18日	9月19日	9月20日	9月21日	9月22日	9月23日	9月24日	9月25日	9月26日	9月27日	9月28日	9月29日	9月30日	10月1日	10月2日	10月3日	10月4日	10月5日	10月6日	10月7日	10月8日	10月9日	10月10日	10月11日	10月12日	10月13日	10月14日	10月15日	10月16日	10月17日	10月18日	10月19日	10月20日	10月21日	10月22日	10月23日	10月24日	10月25日	10月26日	10月27日	10月28日	10月29日	10月30日	10月31日	11月1日	11月2日	11月3日	11月4日	11月5日	11月6日	11月7日	11月8日	11月9日	11月10日	11月11日	11月12日	11月13日	11月14日	11月15日	11月16日	11月17日	11月18日	11月19日	11月20日	11月21日	11月22日	11月23日	11月24日	11月25日	11月26日	11月27日	11月28日	11月29日	11月30日	12月1日	12月2日	12月3日	12月4日	12月5日	12月6日	12月7日	12月8日	12月9日	12月10日	12月11日	12月12日	12月13日	12月14日	12月15日	12月16日	12月17日	12月18日	12月19日	12月20日	12月21日	12月22日	12月23日	12月24日	12月25日	12月26日	12月27日	12月28日	12月29日	12月30日	12月31日

略語の意味
 CS: 炉心スプレイ
 CST: 従水貯蔵タンク
 PCV: 原子炉格納容器
 SFP: 使用済燃料プール

1号機 原子炉格納容器における水位低下の対応状況について

2021年6月24日

TEPCO

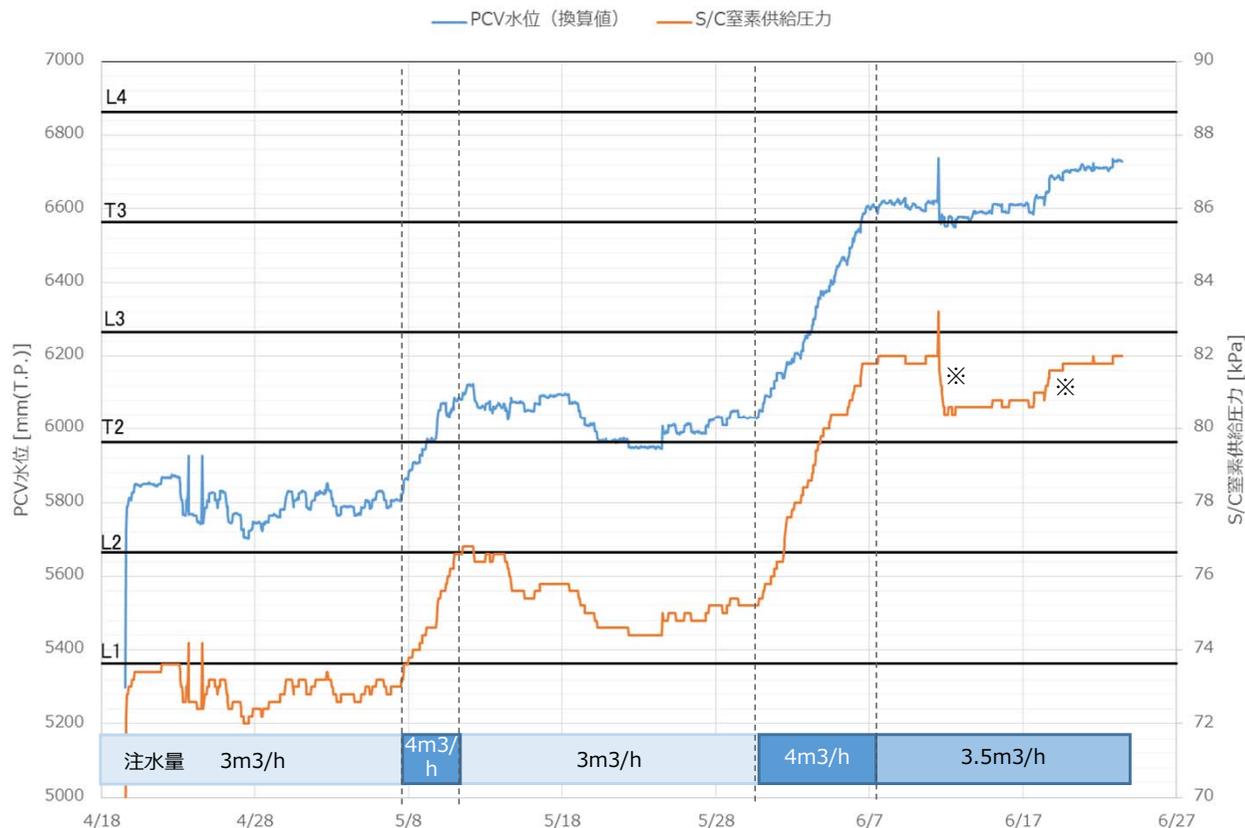
東京電力ホールディングス株式会社

- 1号機原子炉格納容器（PCV）水位については、2月13日の地震以降、緩やかに低下傾向が継続
- 1号機のPCV水位の測定は、一定の間隔（30cm）で設置された水位計や温度計にて評価しており、連続的に監視する手段がなかったことから、連続した水位監視のために圧力計を追設して、水位評価によりPCV水位の傾向把握が可能か検証を実施
- その間、PCV水位については、水位監視の観点から温度計T2～水位計L2の範囲で水位を維持することとし、注水量（ $3\text{m}^3/\text{h}$ 、 $4\text{m}^3/\text{h}$ ）を変更し、水位変動の傾向についても把握
- その後、追設した圧力計による水位評価については、検証した結果、注水量の増加、減少に応じたPCV水位の傾向把握（水位の上昇・下降傾向）が可能と評価したことから、6月4日より運用を開始
- また、6月7日より、PCV水位を安定させるため、注水量 $3.5\text{m}^3/\text{h}$ に変更して傾向を監視中
今後、PCV水位の傾向を見ながら、注水量を微調整して水位を安定させていく。また、PCV水位の安定状態を確認（1か月程度）し、安定したと判断した場合は、監視強化は解除する予定
- なお、PCV水位低下以降、PCV内温度や原子炉格納容器ガス管理システムの放射能濃度などのパラメータ等に有意な影響はなく、PCVから漏洩した水は、原子炉建屋で受けており、建屋外への漏洩がないことを確認している。

追設した圧力計による水位評価の検証結果

- 水位監視の観点から温度計T2～水位計L2の範囲で水位を維持することとし、注水量（3m³/h、4m³/h）を変更これまで、計3回の一時的な注水量の増加を実施
- 注水量の変更に合わせて、追設した圧力計を用いた水位評価の検証を行い、注水量の増加、減少に応じたPCV水位の傾向把握（水位の上昇・下降傾向）が可能と評価したことから、6/4に本運用を開始
- なお、6/7に注水量を3.5m³/hに調整後、追設した圧力計による水位評価を用いてPCV水位の傾向を監視中であるが、横ばい傾向を示している。

1号機 新設した圧力計によるPCV水位評価

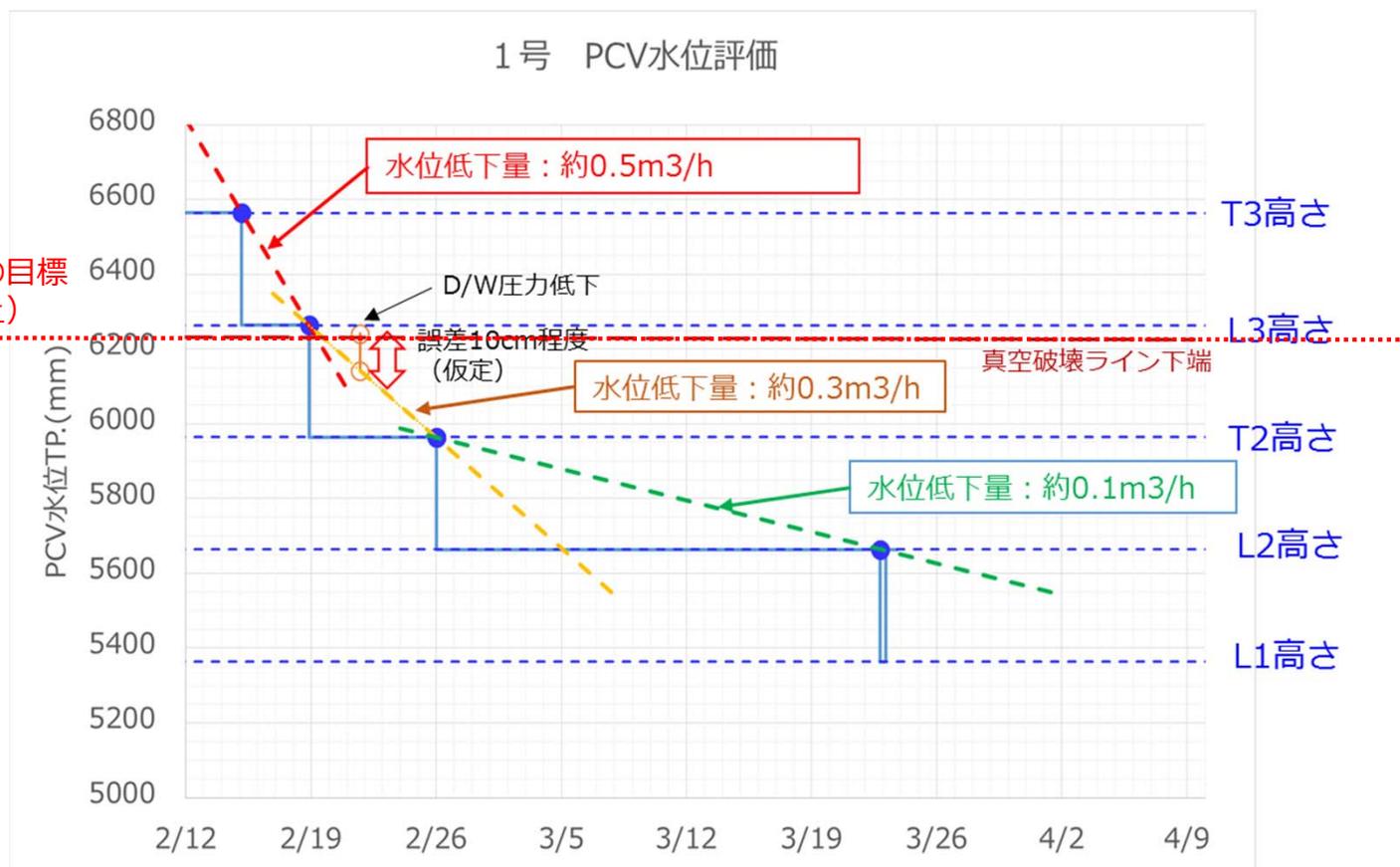


※ デブリ取り出しに向けたPCV関連作業のためのPCV圧力の減圧操作および作業の影響

PCV水位を安定させるための注水量（3.5m³/h）の設定根拠

- デブリ取り出しに向けたPCV関連作業のため、漏えい箇所があると推定している真空破壊管ベローズ下端付近以上にPCV水位を当面（2022年度上期）維持する計画
- PCV水位低下の実績から、水位低下量※評価し、注水量を3.5m³/hとして設定（従来の注水量3.0m³/hに、温度計T3～水位計L3の水位低下量（約0.5m³/h）を考慮）

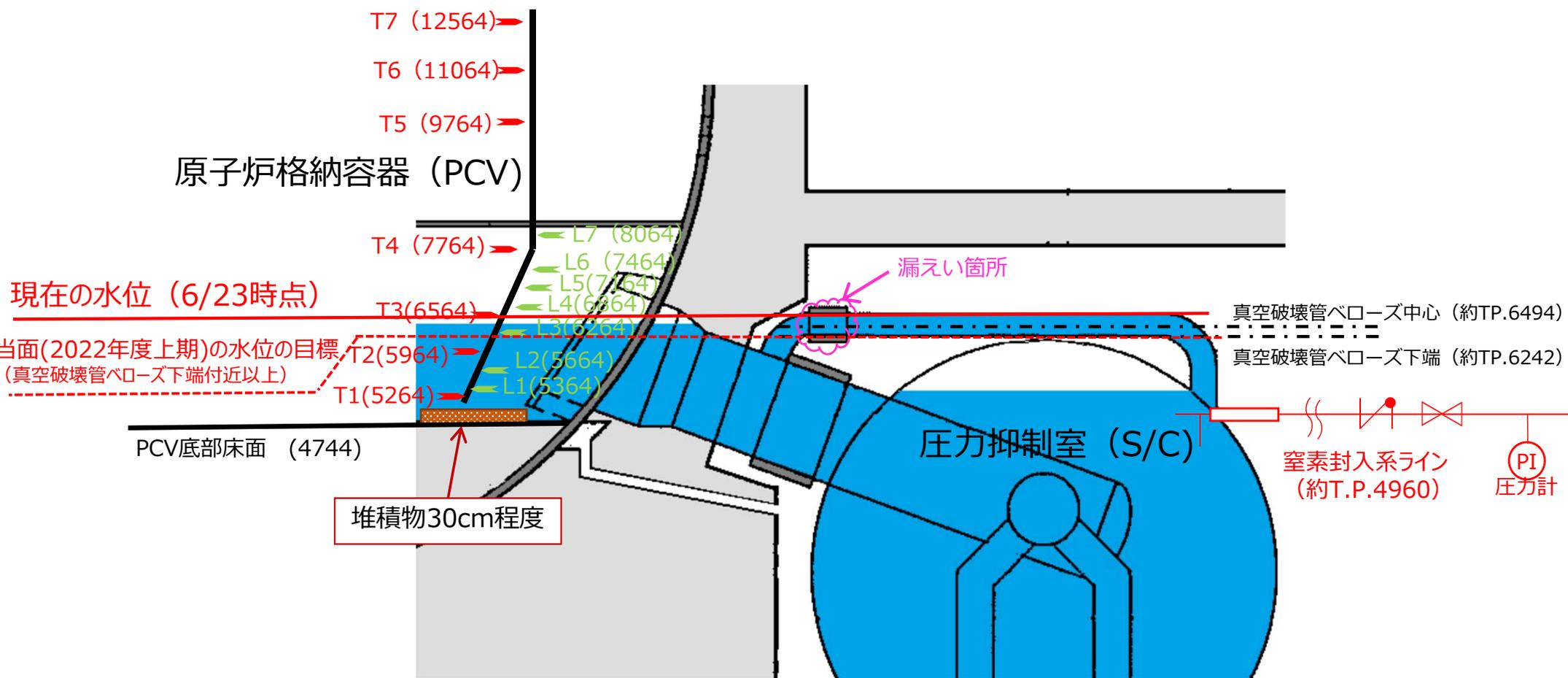
当面（2022年度上期）の水位の目標
（真空破壊管ベローズ下端付近以上）



※ PCV水位の低下速度とPCV平面積（PCV内機器等は未考慮）から水位低下量を概算評価
なお、PCV水位は水位計または温度計の各区間毎に直線的に低下したものと評価

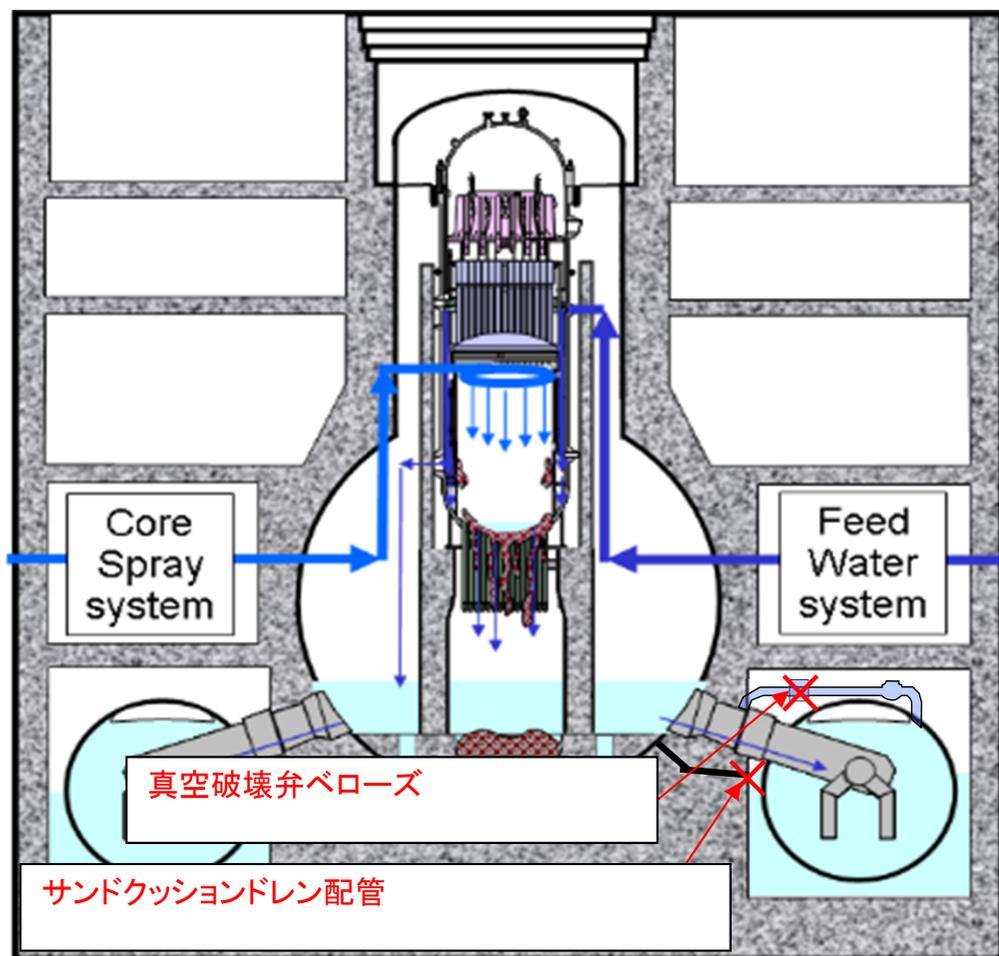
現状のPCV水位と当面のPCV水位の目標

- 当面（2022年度上期）のPCV水位の目標は真空破壊管ベローズ（伸縮継手）下端より上に設定



1号機 PCV水位低下の原因の想定について

- これまで、以下の箇所からの漏えいがあることを確認。



＜今回確認された事実＞

- 真空破壊弁ベローズについては、当該付近でPCV水位低下傾向が緩やかになることを確認
- PCV水位が真空破壊弁ベローズ付近となった以降も水位が低下が継続

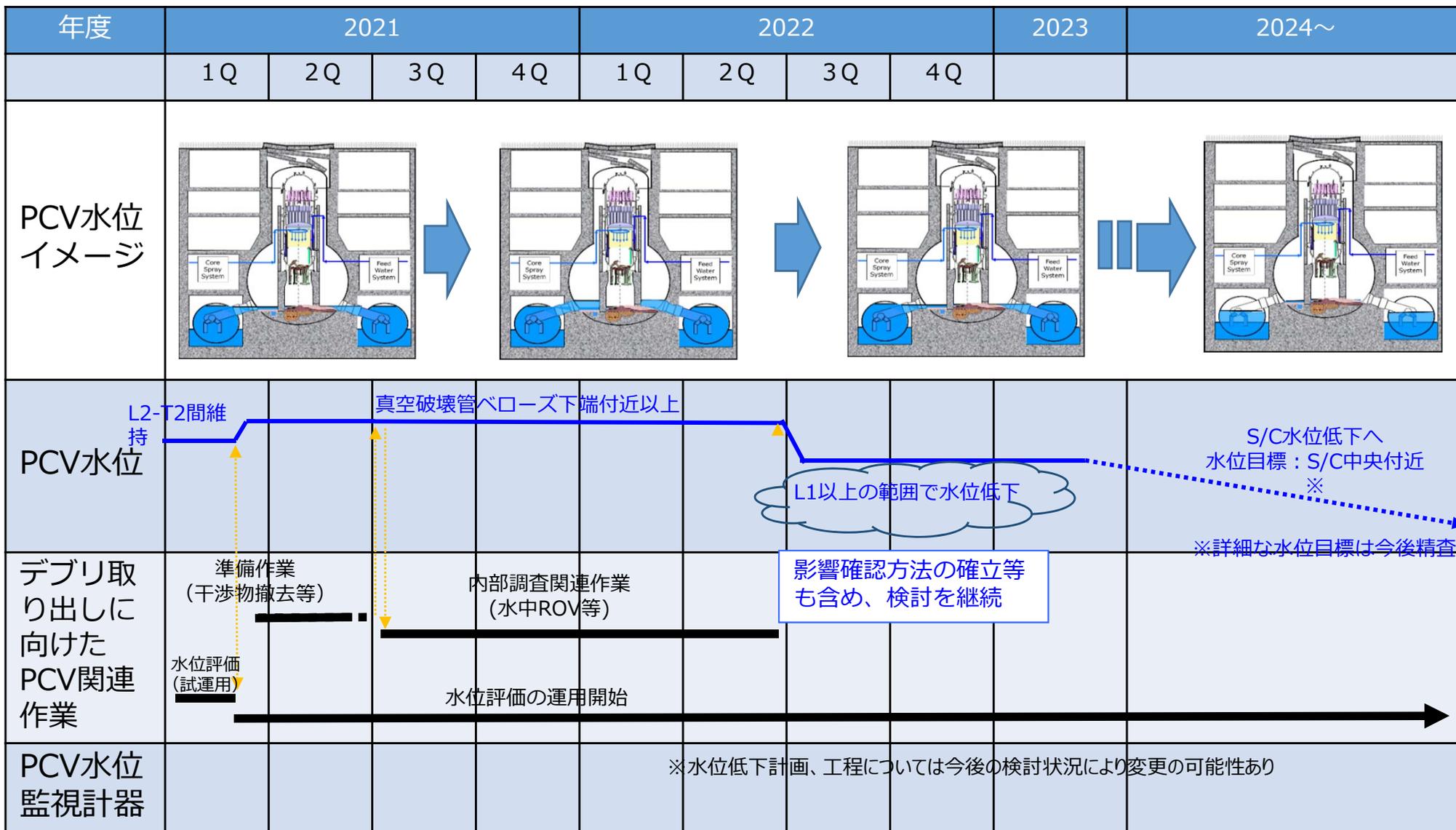


PCV水位より下に新たな漏えい箇所が発生した可能性を否定できないものの、地震による既存の漏えい箇所の状態の変化による影響が大きい可能性

- PCV水位計L2の動作が不安定であったことも踏まえ、今後、追設した圧力計による水位評価結果を活用しながら、知見拡充していく。

(参考) 1号機 PCV水位低下計画について

- 当面（2022年度上期）は、デブリ取り出しに向けたPCV関連作業のため、漏えい箇所があると推定している真空破壊管ベローズ下端付近以上にPCV水位を維持（作業中におけるPCV圧力変動回避の観点等による）
- その後、原子炉圧力容器(RPV)温度、PCV温度を確認しながら、段階的にPCV水位を低下させ、最終的には、圧力抑制室（S/C）水位の低下を目指していく。

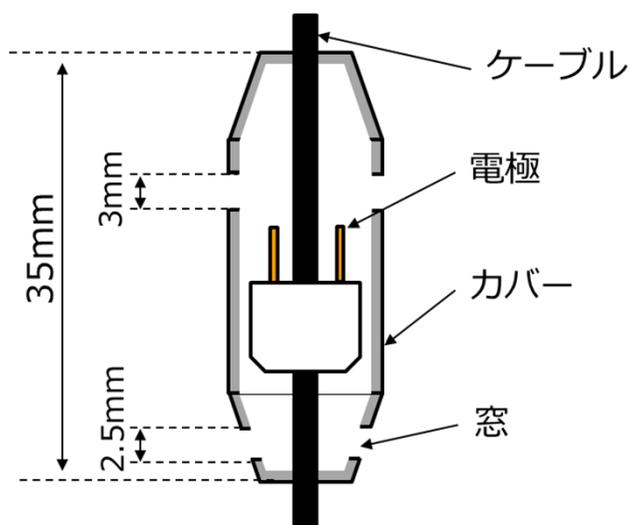


(参考) PCV水位計L2の指示変動事象について

- 接点式のPCV水位計L2がON/OFFを繰り返す挙動を確認したことから、調査を実施
- その結果、レベルスイッチ (LS) の設定値や動作確認に問題なし。センサー側の抵抗値が変動していることを確認した。

<調査内容等>

- LS動作確認およびセンサー側の抵抗測定を実施
- 水位計のON/OFFに伴ってセンサー側の抵抗値が変動しているが、変動の原因は不明
- 水位計は断続的にON/OFFしているため、断線などの明らかな不具合ではない。

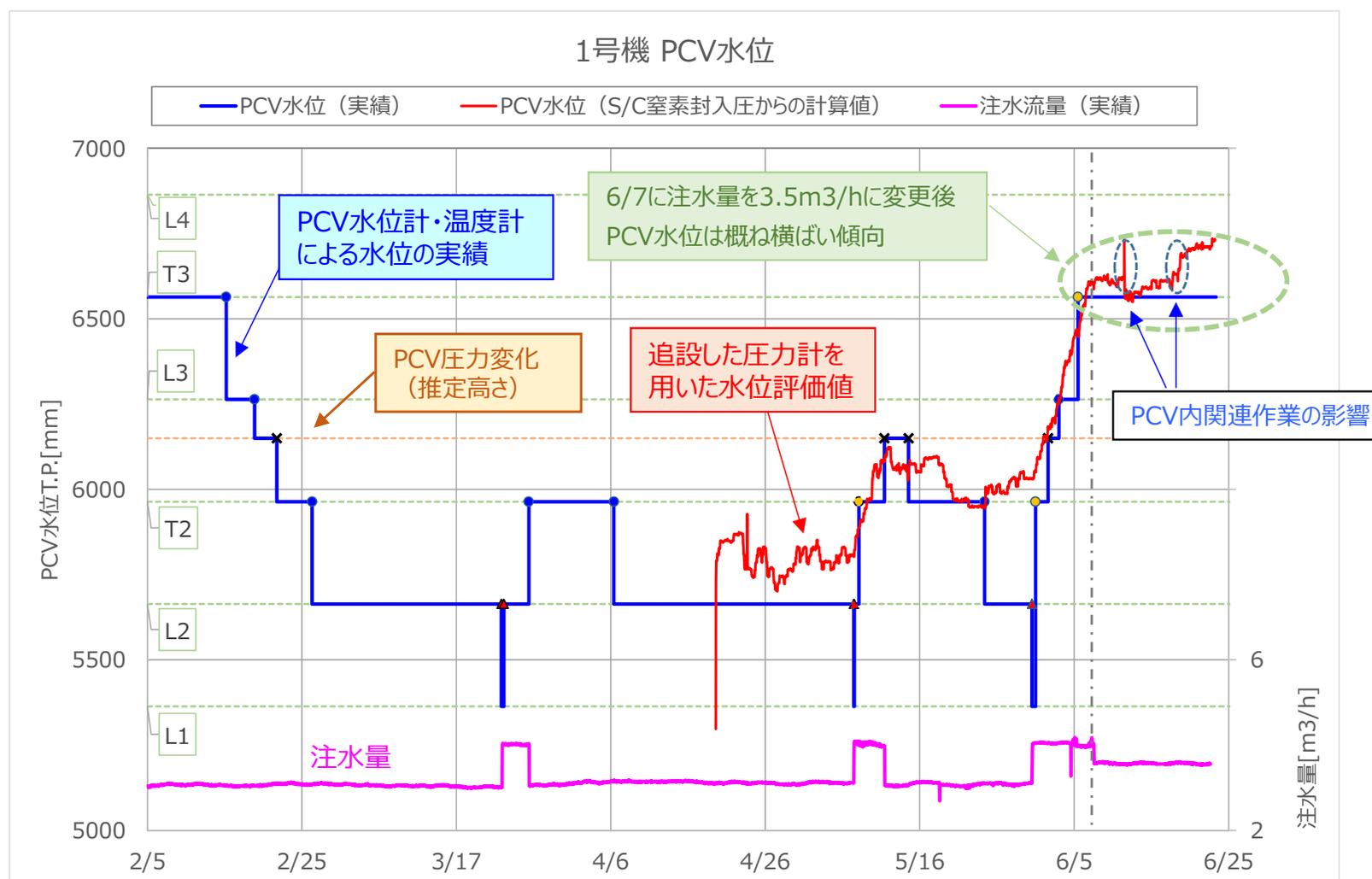


【PCV水位計センサー部の構造】

PCV水位計はカプセル状の構造であり、水位上昇に伴って窓からカバー内に水が浸入し電極が水没することで接点がON、また、水位低下に伴いカバー内の水が窓から排出され、電極が露出することで接点がOFFとなる

(参考) 追設した圧力計による水位評価とPCV水位計、温度計の挙動

- 追設した圧力計による水位評価とPCV水位計、温度計の挙動を比較した結果、一部の期間を除き概ね同等の傾向
- なお、一部の期間で、評価値と測定値の乖離が見られている。PCV水位計L2のON/OFFを繰り返す挙動が影響している可能性があるが、詳細は不明



2・3号機 原子炉注水量の低減について

2021年6月24日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 注水停止試験の実績やRPV・PCVの温度評価より、現在の注水量は安定冷却維持の観点では余裕があり、注水量の低減が可能である。
- また、地下水流入量の抑制による建屋滞留水発生量の減少に伴い、淡水生成可能量も減少していくことから、淡水を水源とした注水量の低減が必要である。
- そこで、PCV水位が安定している2・3号機について1.7m³/hを目標に注水量の低減を実施する。注水量の低減にあたっては、設備上の制約から、CS系またはFDW系の単独注水によって実施する。
- 低減後の注水量によっては設備トラブル等により緊急で注水系統切替の際、運転上の制限に抵触する可能性があることから2ステップで実施していく。

	1号機[m ³ /h]	2号機[m ³ /h]	3号機[m ³ /h]	総量[m ³ /日]
現在の注水量		3.0	3.0	約228
注水低減 (STEP1)	約3.5 (変更なし)	2.5 (0.5減)	2.5 (0.5減)	約204 (24減)
注水低減 (STEP2)		1.7 (1.3減)	1.7 (1.3減)	約166 (62減)

- なお、1号機については、PCV水位安定化のために注水量を増加しており、今後のPCV関連作業、PCV水位低下の検討とあわせて注水量低減を検討していく。

注水量の低減目標（1.7m³/h）の根拠

■ 低減後の注水量

- ✓ 2・3号機ともに夏季の必要な注水量※は最大で1.2m³/hとなる見込み。
- ✓ 必要な注水量1.2m³/hに対し、運用上の余裕0.5m³/hを考慮し、低減後の注水量の目標を1.7m³/hとする。

	2号機	3号機
必要な注水量	1.2m ³ /h	1.2m ³ /h
運用上の余裕	0.5m ³ /h	0.5m ³ /h
低減後の注水量の目標	1.7m ³ /h	1.7m ³ /h

※ 実施計画Ⅲ第1編第18条の運転上の制限において「原子炉の冷却に必要な注水量が確保されていること」と定められている。なお、必要な注水量を一時的に下回った場合においても、24時間以内に必要な注水量を確保することで運転上の制限逸脱とはならない。

STEP1 (2.5m³/h) の低減目標の根拠

- 実施計画Ⅲ第1編第18条で運転上の制限として「任意の24時間あたりの注水量増加幅：1.5m³/h以下」と定めている。
- 注水量によっては緊急で高台炉注設備へ切り替える場合、3.5m³/h以上で切り替えが必要となることから、上記運転上の制限に抵触する可能性がある。
- 一方、これまでの注水停止試験において、注水再開時に3.0m³/hの注水増加を実施し、未臨界維持を確認したことから、当該運転上の制限について、実態に即した適正化（1.5m³/hから3.0m³/hに変更）が可能と評価している。
- そこで、まずは現状の運転上の制限の範囲内で実施可能な2.5m³/hを目標に注水量の低減を段階的に実施するとともに、STEP2については、実施計画の適正化後に実施していく計画。

	CST炉注系	高台炉注系	実施計画を満足
STEP 1	2.5 m ³ /h	+1.0m ³ /h → 3.5m ³ /h	OK
STEP 2	1.7m ³ /h	+1.8m ³ /h → 3.5m ³ /h	NG (<u>実施計画変更後はOK</u>)

- CS系・FDW系の両系注水をCS系またはFDW系単独注水に切り替える。
- 注水量をSTEP1で2.5m³/hへ、STEP2で1.7m³/hへ低減し、パラメータを1ヶ月程度監視、安全上の問題がないことを確認する。
- なお、STEP2については緊急で高台炉注設備へ切り替える際、運転上の制限に抵触する可能性があるため、当該運転上の制限の適正化後に実施する。※

	現状	STEP1		STEP2	
		CS系単独	FDW系単独	CS系単独	FDW系単独
CS系	1.5m ³ /h	2.5m³/h	0.0m ³ /h	1.7m³/h	0.0m ³ /h
FDW系	1.5m ³ /h	0.0m ³ /h	2.5m³/h	0.0m ³ /h	1.7m³/h

※ 高台炉注設備へ切り替える場合、3.5m³/h以上で切り替えが必要となることから、実施計画Ⅲ第1編第18条の運転上の制限「任意の24時間あたりの注水量増加幅：1.5m³/h以下」を満足する範囲内で切り替えを実施する。なお、上記運転上の制限については「3.0m³/h以下」に適正化予定。

- 過去の注水停止試験の実績，RPV・PCVの温度評価の検討状況から注水量を低減した場合でも，安定的に原子炉を冷却できると評価している。
- しかし，注水量2.5m³/h以下における単独注水で長期的に運用した実績がないことから，試運用期間を設け，注水量低減，単独注水による影響を確認する。
- 以下の監視パラメータを2・3号機ともCS系，FDW系で各1ヶ月程度監視する。

監視パラメータ	判断基準
RPV底部温度	65℃以下，温度上昇量が20℃未満 (15℃以上で監視強化)
PCV温度	
PCVガス管理設備 ダストモニタ	有意な上昇が継続しないこと

- 注水停止，注水量低減の実績から，短期的（1週間程度）には注水量低減による大きな影響はないと評価。
- RPV・PCVの温度評価結果では，注水量を1.5m³/hへ低減した場合でも温度上昇は小さく，実施計画Ⅲ第1編第18条の運転上の制限である80℃に対し，十分な余裕を確保可能。
- 2・3号機については，注水量低減によるPCV水位低下の影響は限定的と評価

	2号機	3号機
注水量低減実績	CS系単独1.5m ³ /hで約7日間 (2019年4月)	CS系単独1.5m ³ /hで約1日間 (2020年2月)
注水停止実績	約3日間 (2020年8月)	約7日間 (2021年4月)
RPV・PCVの温度評価	RPVで約6℃，PCVで約4℃ 温度上昇を考慮しても夏季最大で 41℃程度と評価	RPVで約2℃，PCVで約8℃ 温度上昇を考慮しても夏季最大で 43℃程度と評価
PCV水位への影響	現状のPCV水位はPCV底面より約 30cm程度であり，注水量低減による 水位低下はないと評価	2021年4月に実施した注水停止試験 の結果から，主たる漏えい箇所はMS ライン高さ付近にあることがわかつたため，注水量低減による大きな水位低下はないと評価

スケジュール

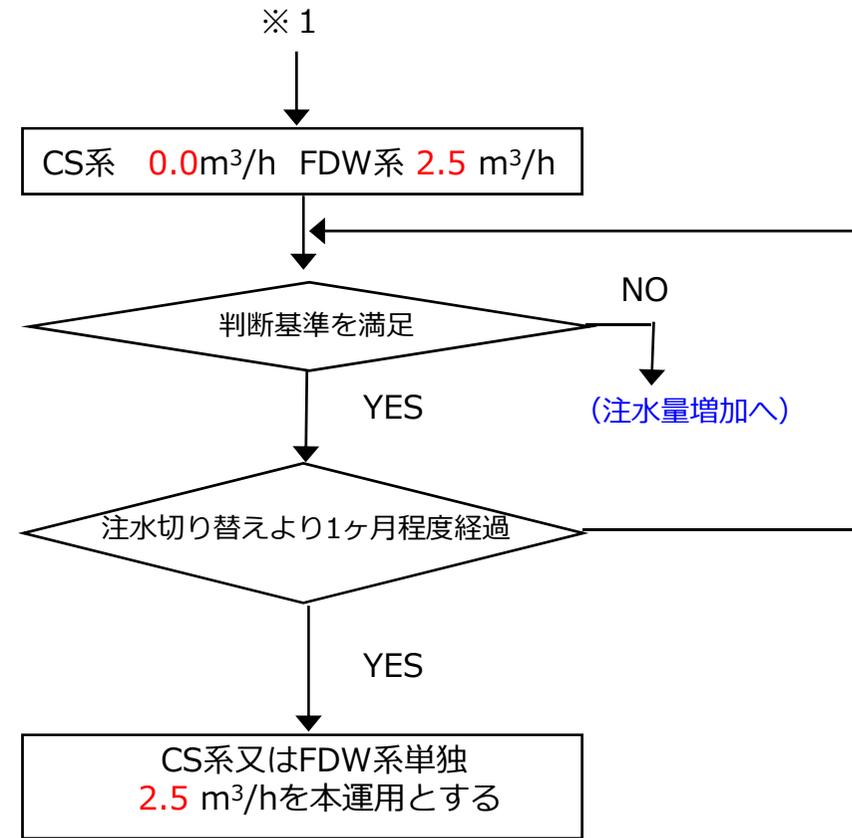
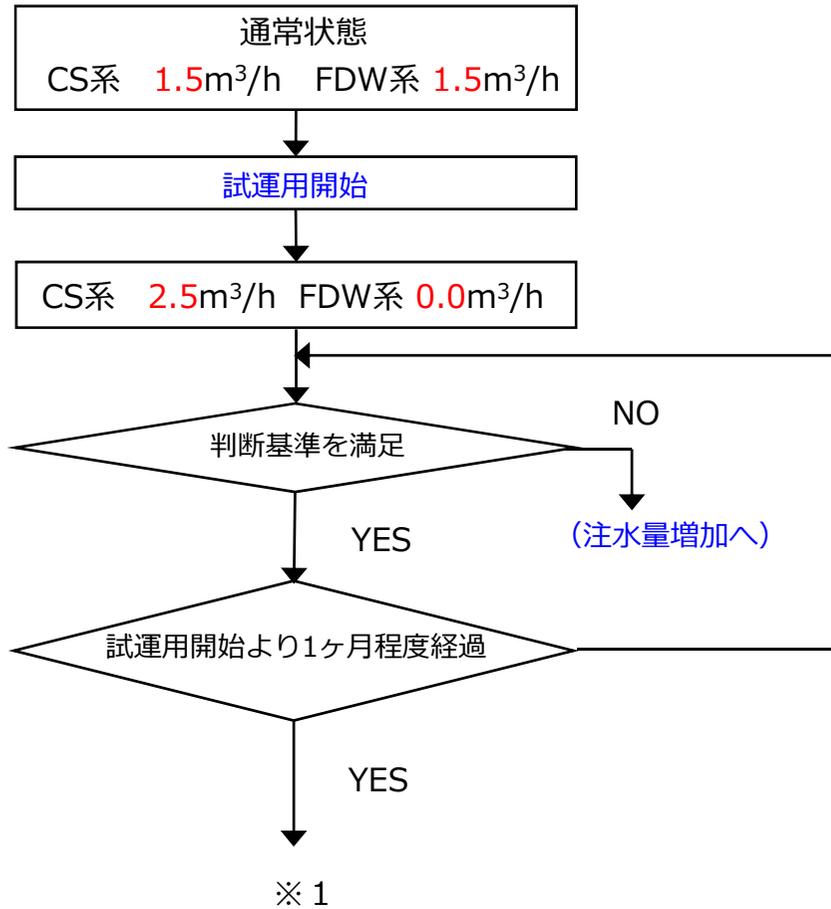


- STEP 1 (2.5m³/h) について2号機は7月より, 3号機は8月より開始予定。
- STEP2については実施計画Ⅲ第1編第18条の運転上の制限を適正化後, 速やかに実施予定。*

	6月	7月	8月	9月	10月	11月
工程	7/14 (CS系単独注水, 注水量低減) CS系 : 1.5→2.5m ³ /h FDW系 : 1.5→0.0m ³ /h		8/17 (FDW系単独注水) CS系 : 2.5→0.0m ³ /h FDW系 : 0.0→2.5m ³ /h			
		▼ 2号機 ▼		9/16	本運用開始	
		8/18 (CS系単独注水, 注水量低減) CS系 : 1.5→2.5m ³ /h FDW系 : 1.5→0.0m ³ /h		9/15 (FDW系単独注水) CS系 : 2.5→0.0m ³ /h FDW系 : 0.0→2.5m ³ /h		
			▼ 3号機 ▼		10/13	本運用開始

※ 高台炉注設備へ切り替える場合, 3.5m³/h以上で切り替えが必要となることから, 実施計画Ⅲ第1編第18条の運転上の制限「任意の24時間あたりの注水量増加幅 : 1.5m³/h以下」を満足する範囲内で切り替えを実施する。
 なお, 上記, 運転上の制限については「3.0m³/h以下」に適正化予定。

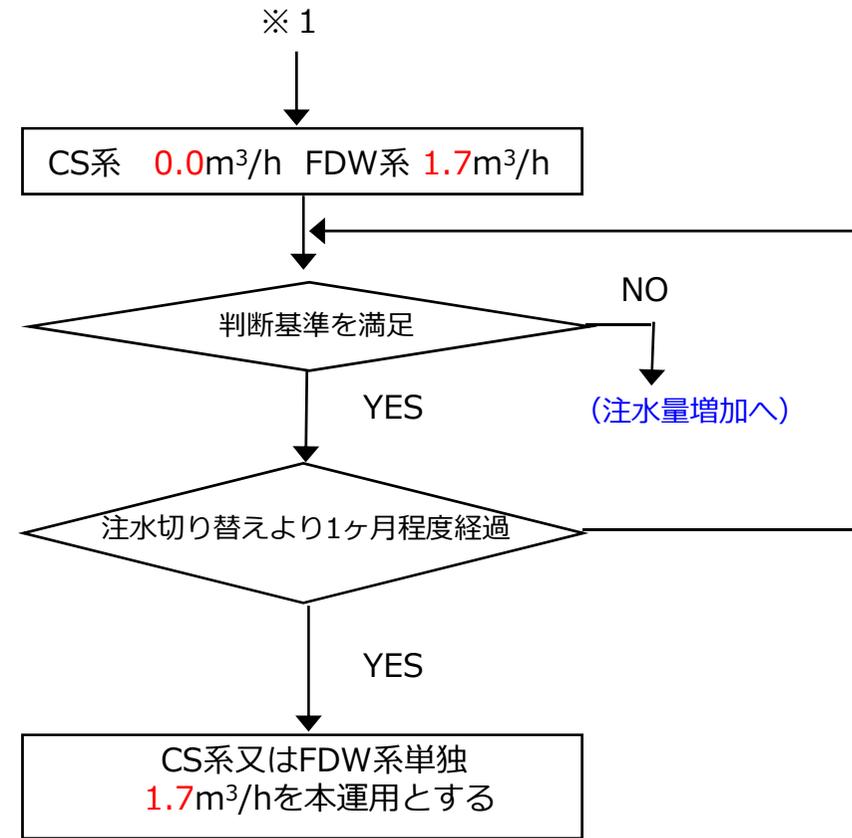
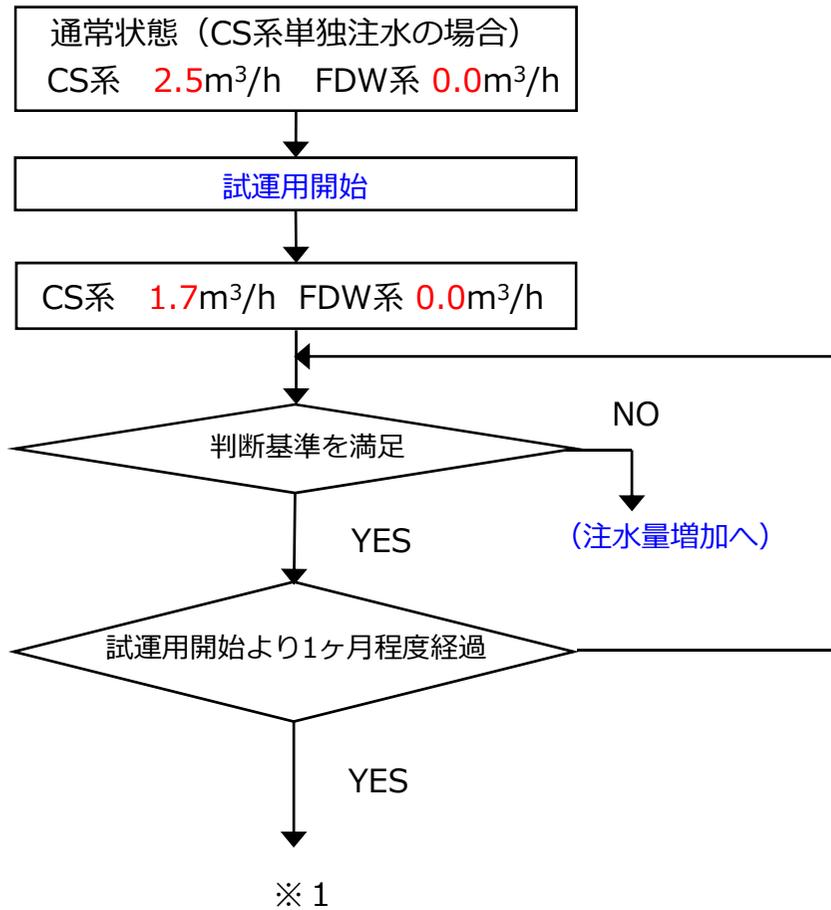
(参考) 注水量低減フロー (STEP1)



＜冷却状態の判断基準＞

- ・ 65℃以下および温度上昇量が20℃未満 (15℃以上で監視強化)
- ・ ガス管ダストモニタに有意な上昇継続なし

(参考) 注水量低減フロー (STEP2)

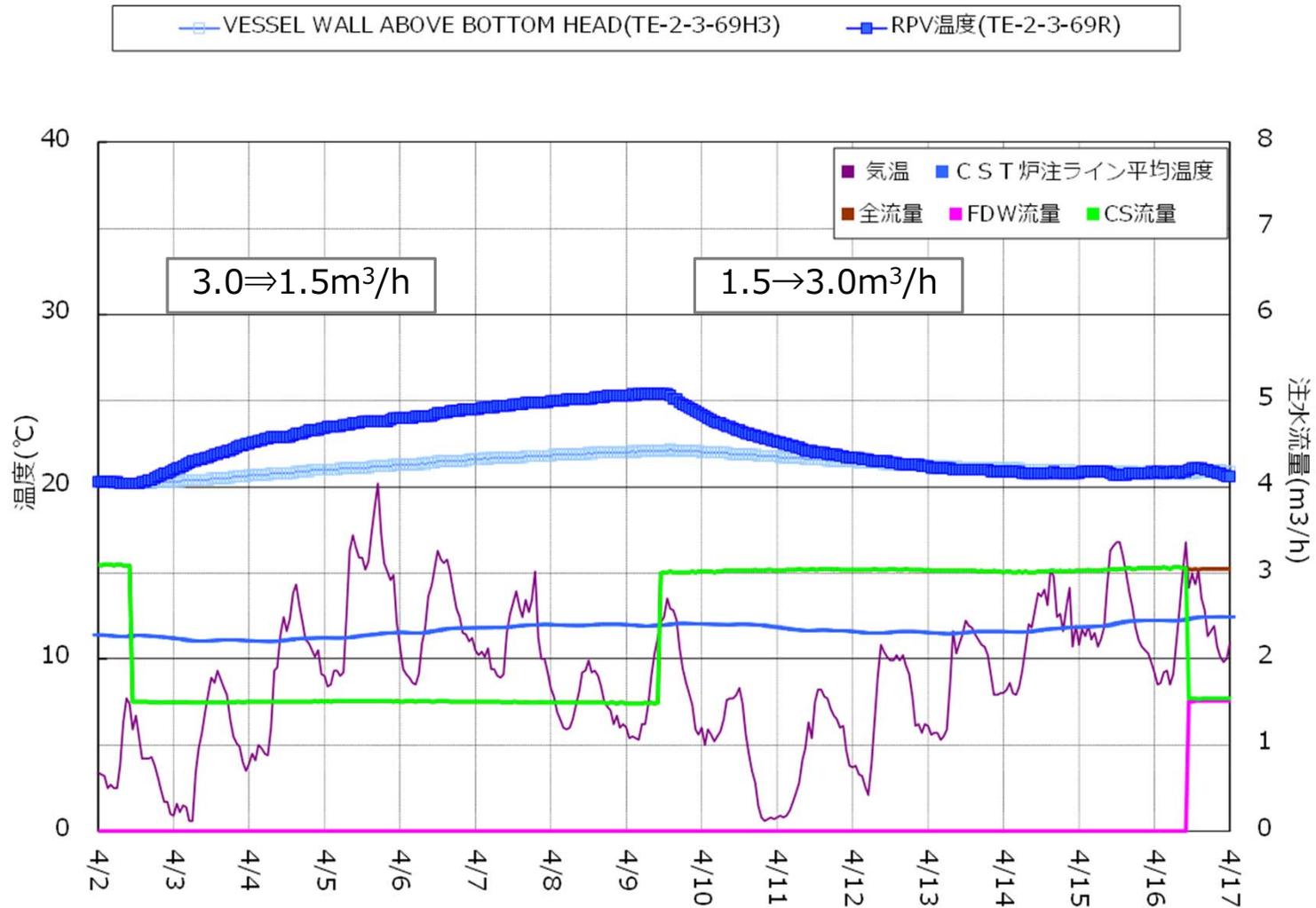


<冷却状態の判断基準>

- ・ 65℃以下および温度上昇量が20℃未満 (15℃以上で監視強化)
- ・ ガス管ダストモニタに有意な上昇継続なし

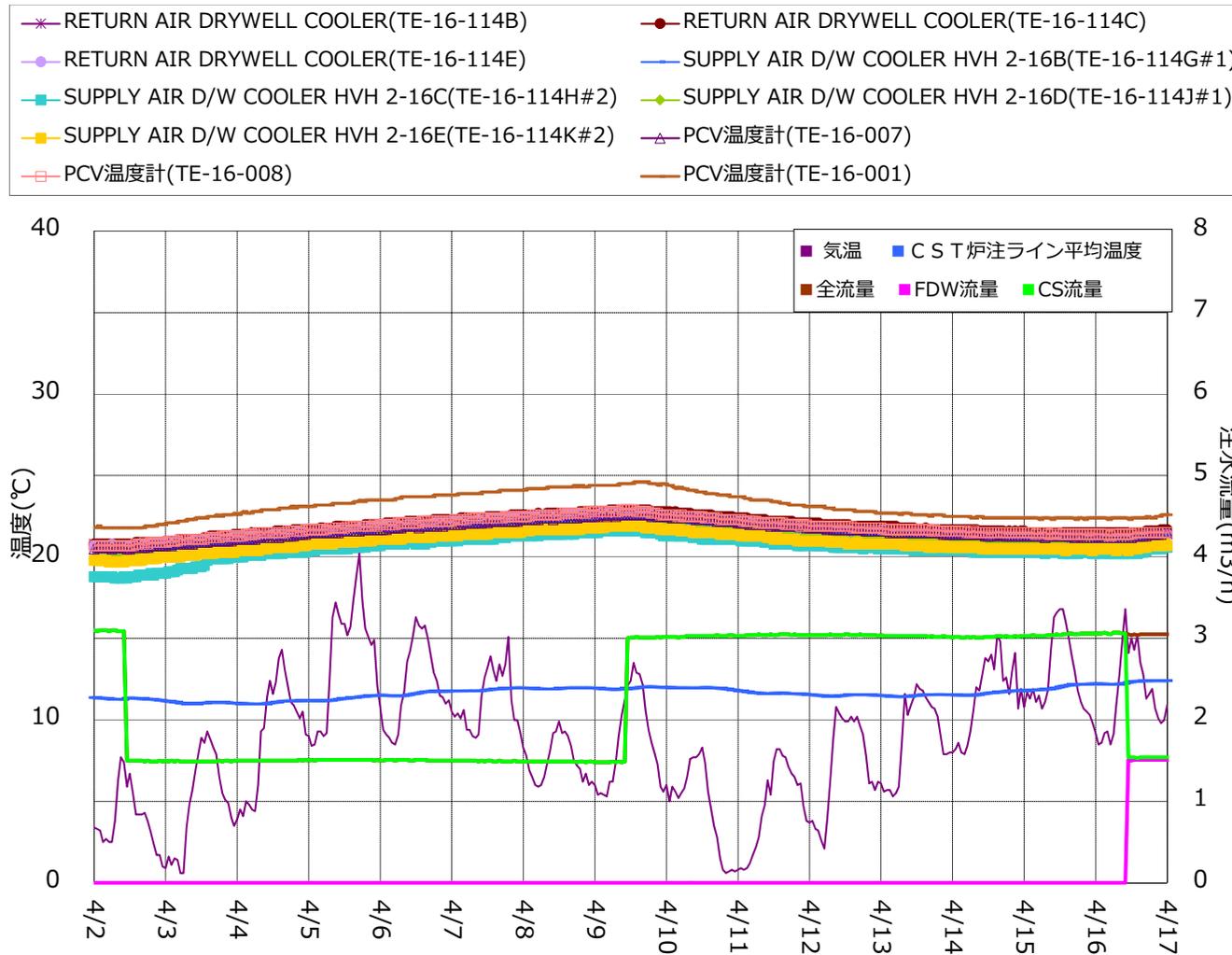
(参考) 2号機 CS系注水量1.5m³/h時RPV底部温度の推移

■ 約1週間、注水量を1.5m³/hに低減した場合の温度は最大で25.4℃程度。



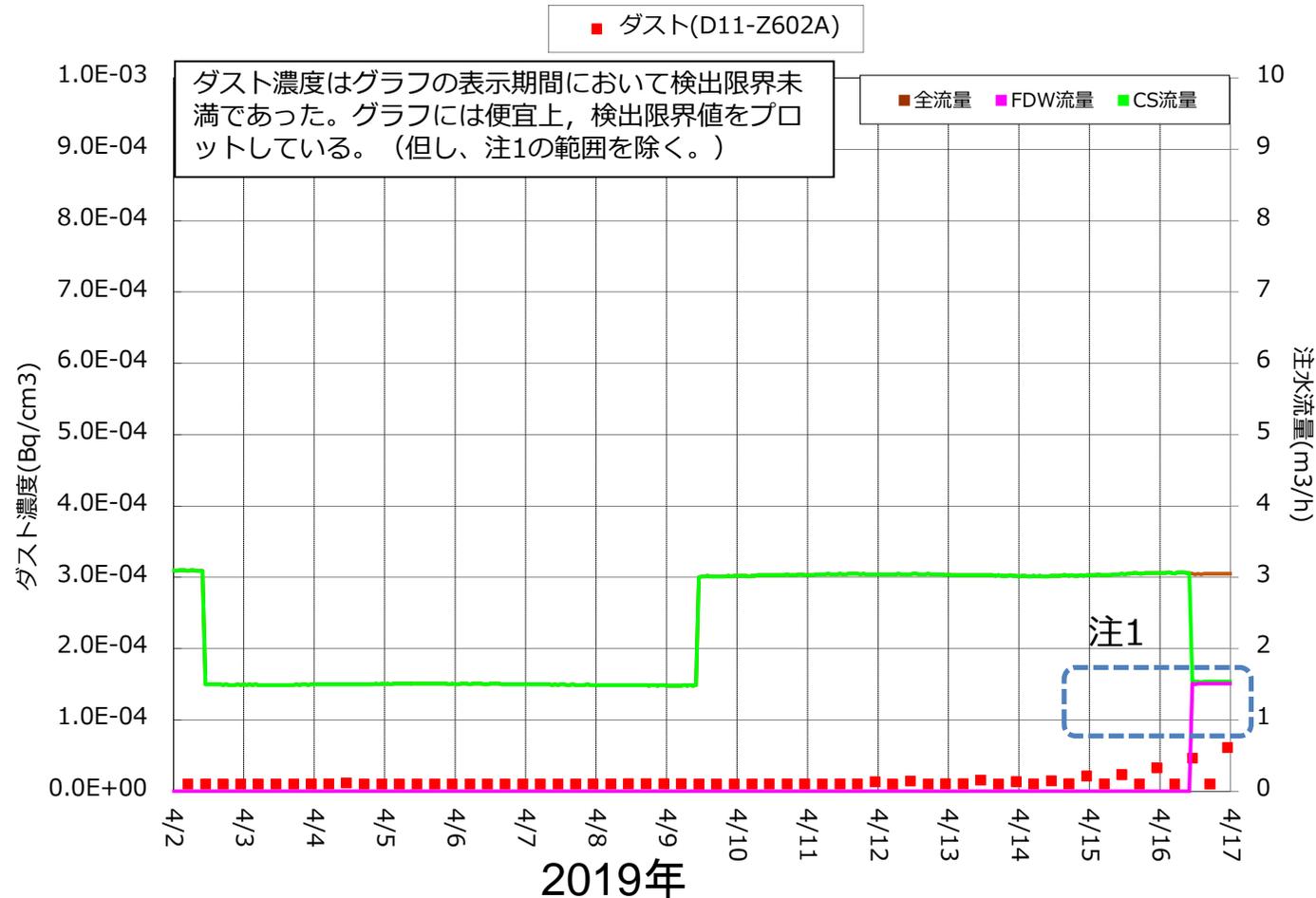
(参考) 2号機 CS系注水量1.5m³/h時PCV温度の推移

■ 約1週間、注水量を1.5m³/hに低減した場合の温度は最大で25℃程度。



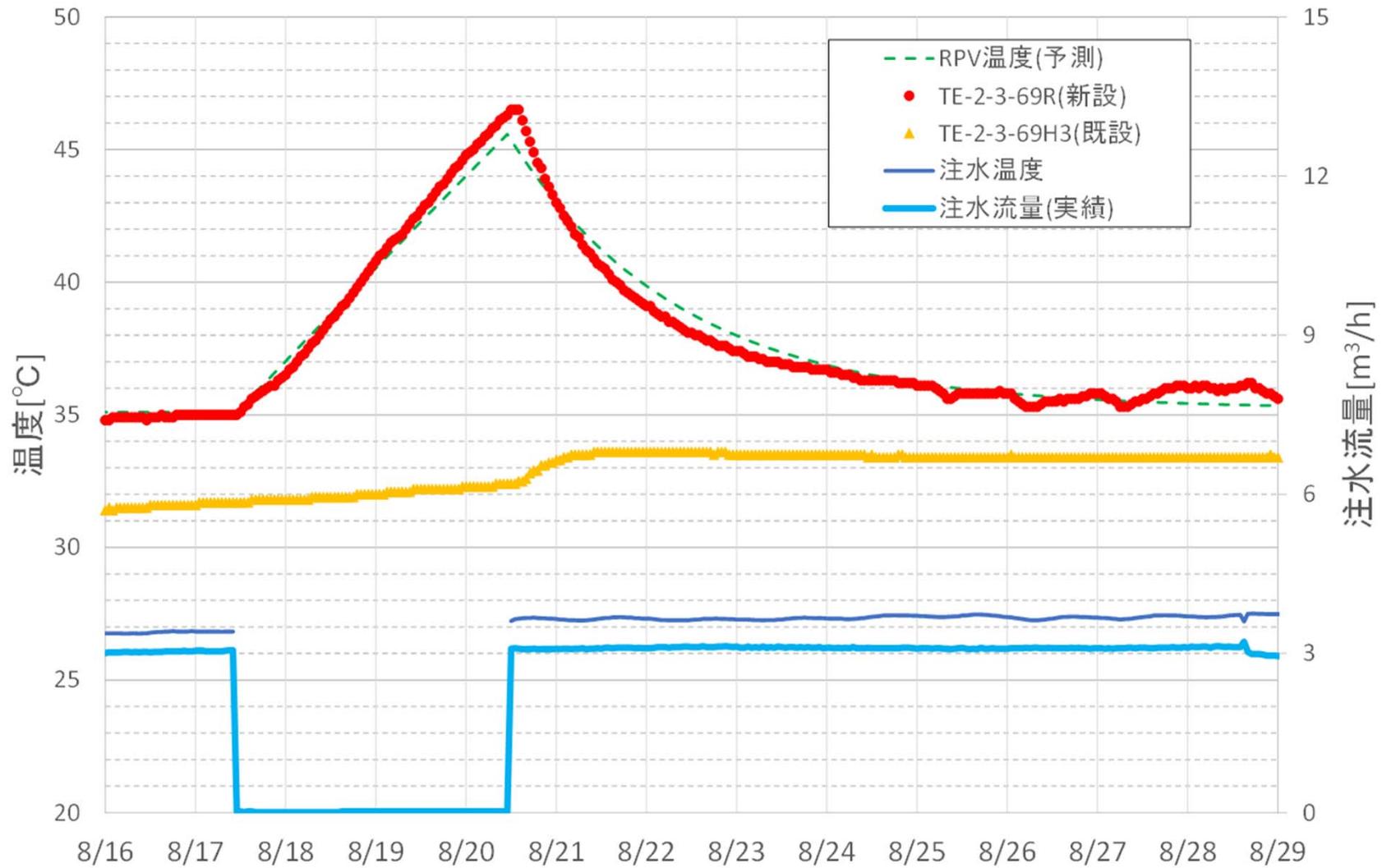
(参考) 2号機 CS系注水量1.5m³/h時ダスト濃度の推移

- 約1週間、注水量を1.5m³/hに低減した場合のPCVガス管理設備ダストモニタの指示には有意な上昇はなかった。

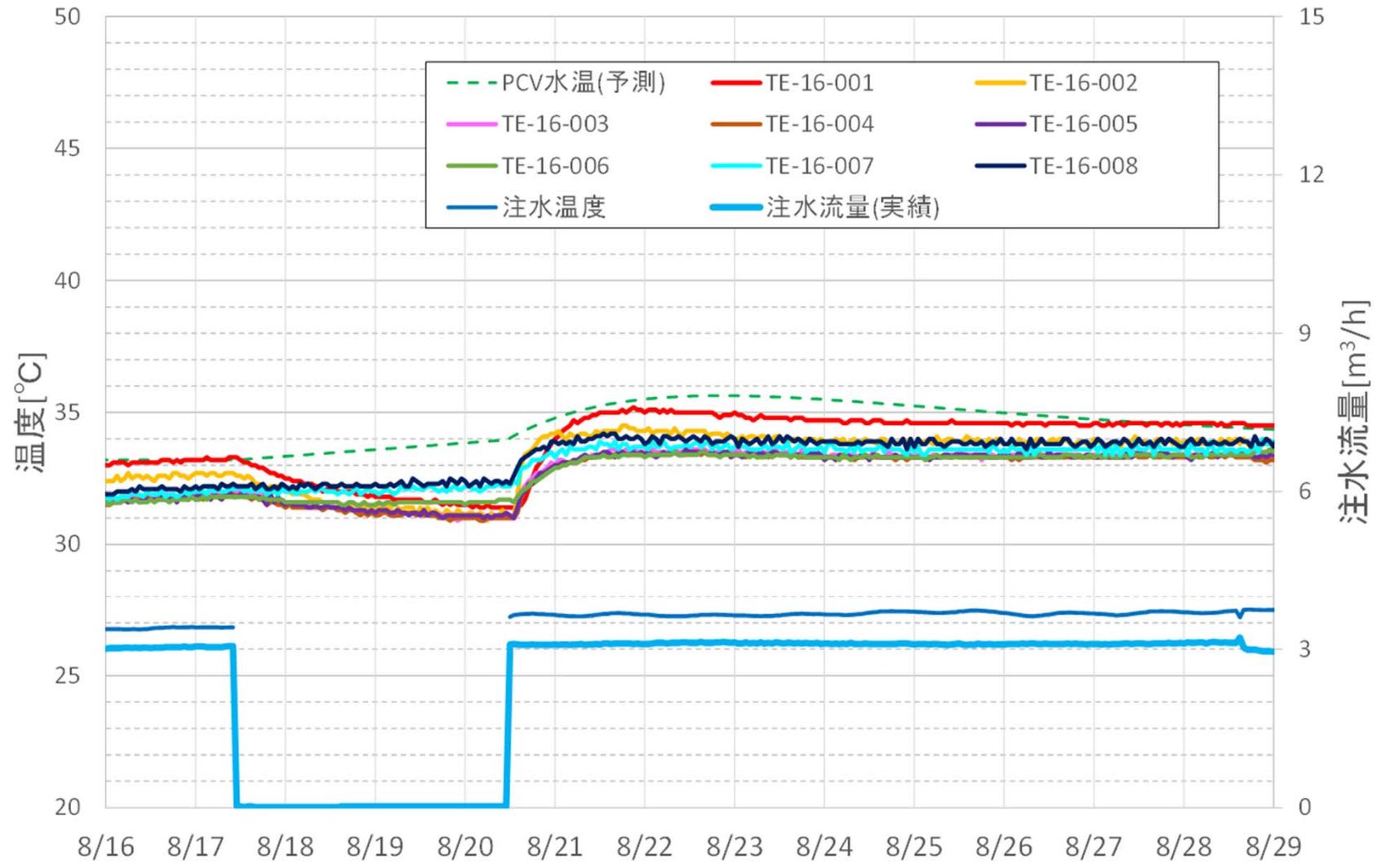


注1 定例的なBG測定による一時的な変動であり実際にPCV内のダスト濃度が上昇したことを示すものではない。

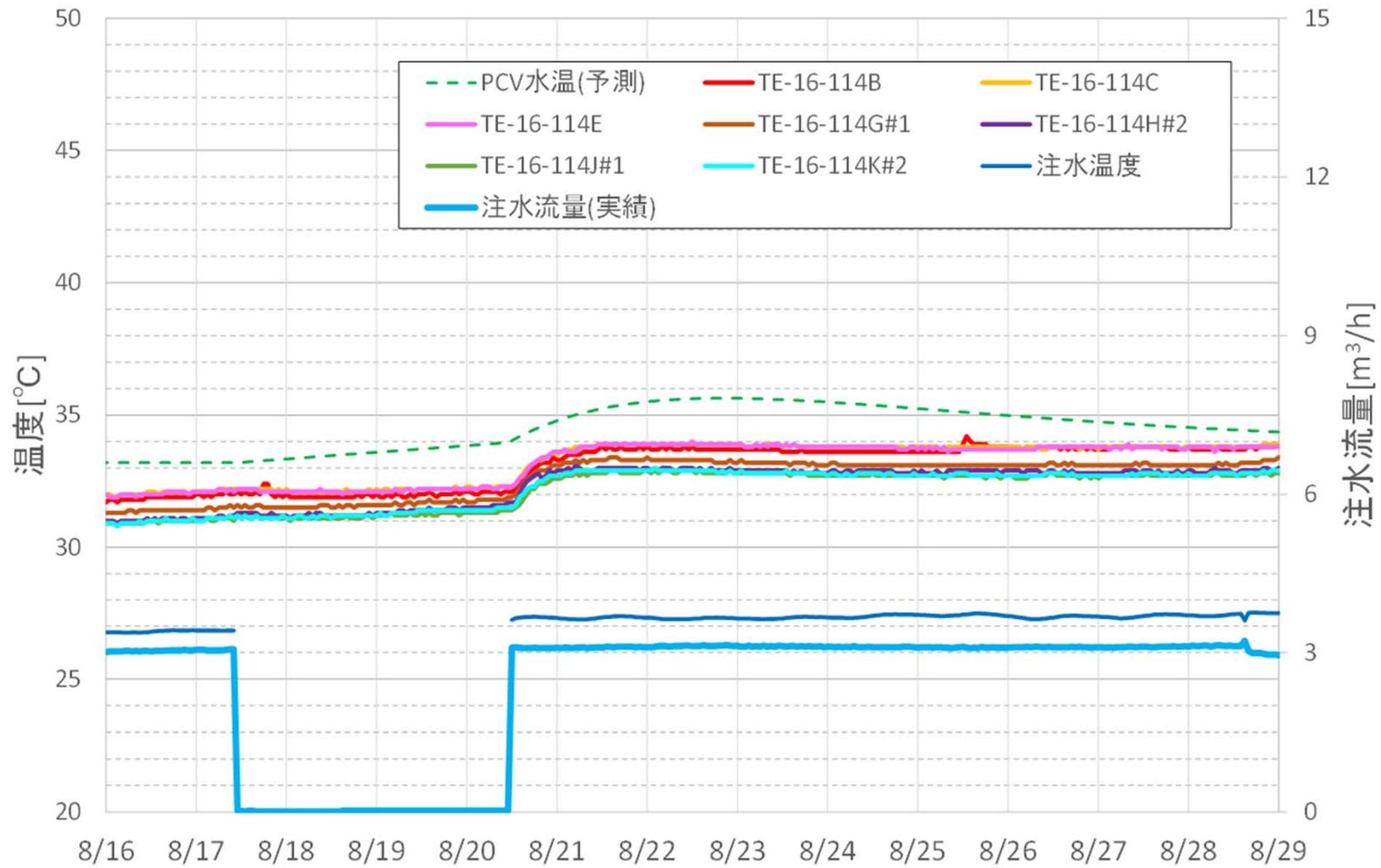
(参考) 2号機 原子炉注水停止試験時のRPV底部温度の推移



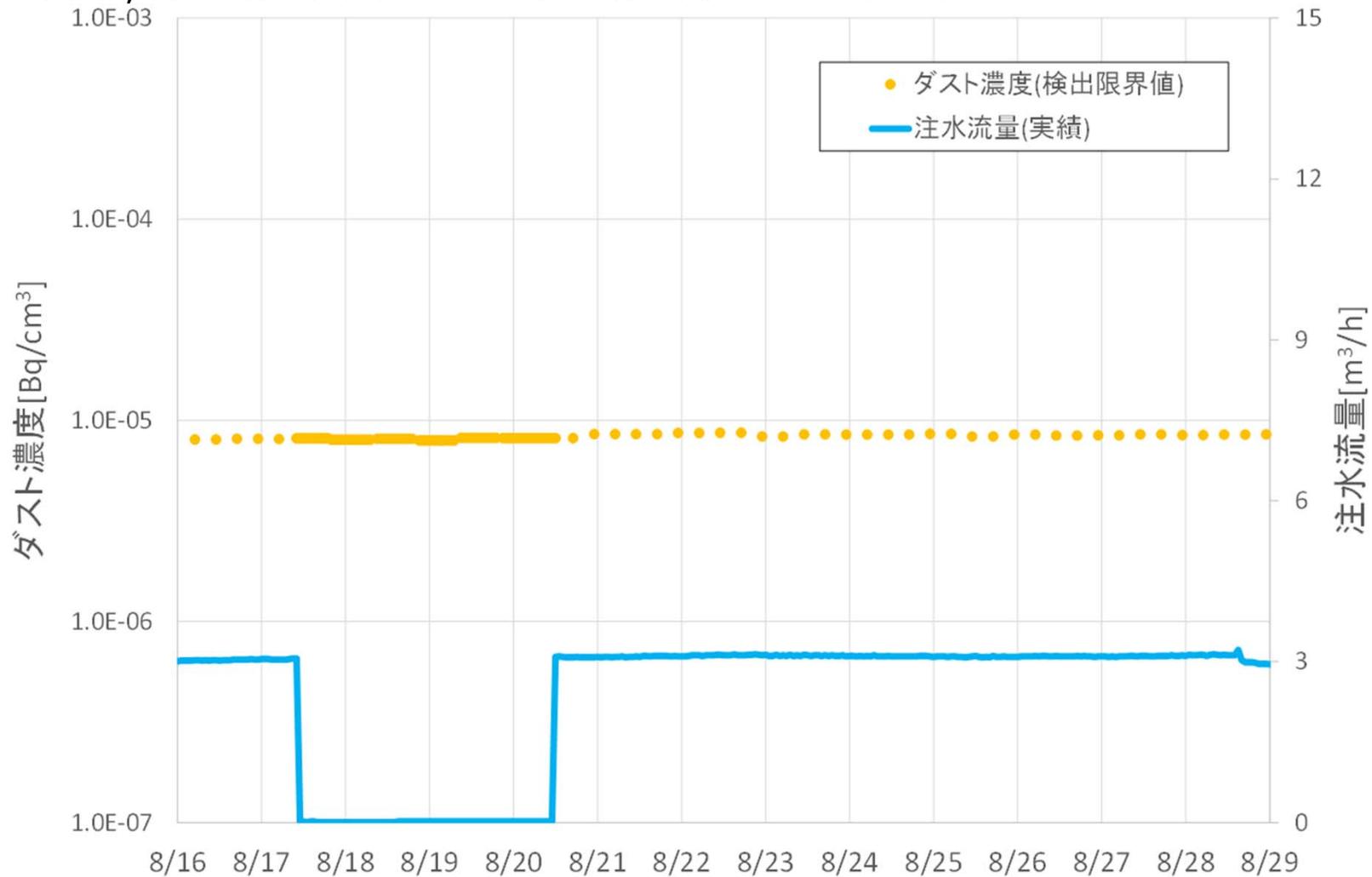
(参考) 2号機 原子炉注水停止試験時のPCV温度（新設）の推移 **TEPCO**



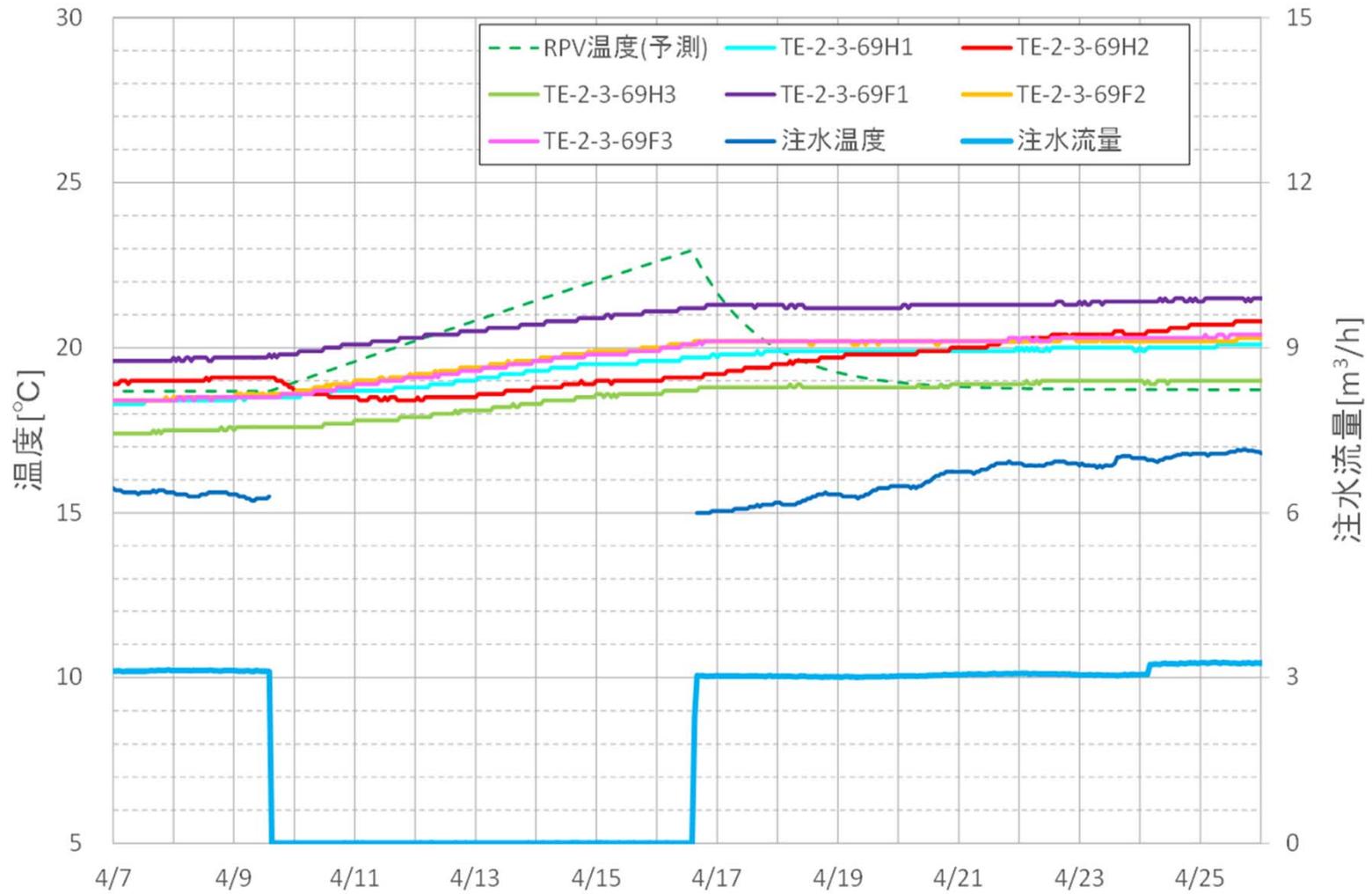
(参考) 2号機 原子炉注水停止試験時のPCV温度(既設)の推移 **TEPCO**



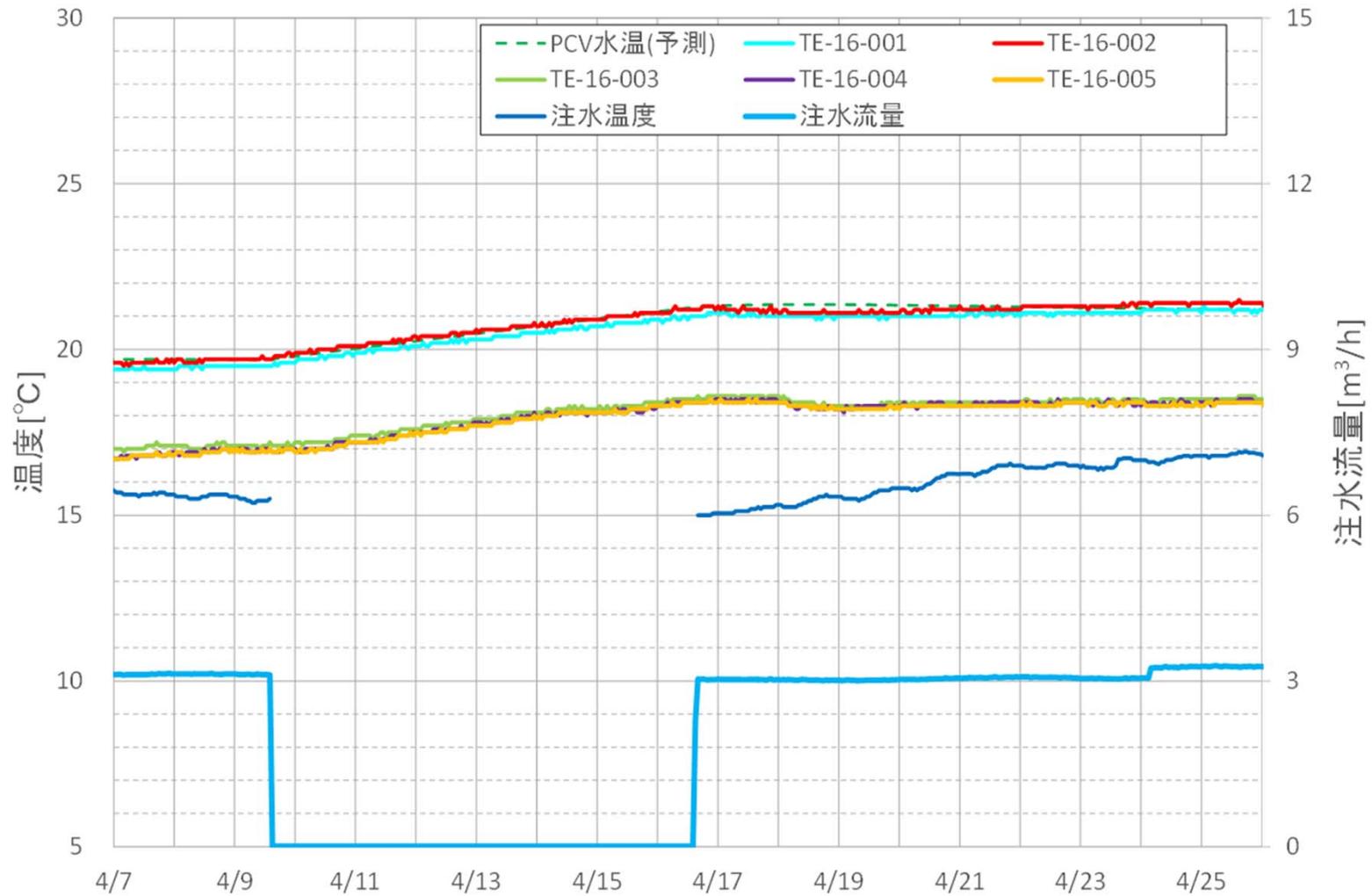
- ダストモニタの指示値に有意な上昇なし。
(期間中, 検出限界未満であり検出限界値をプロット)



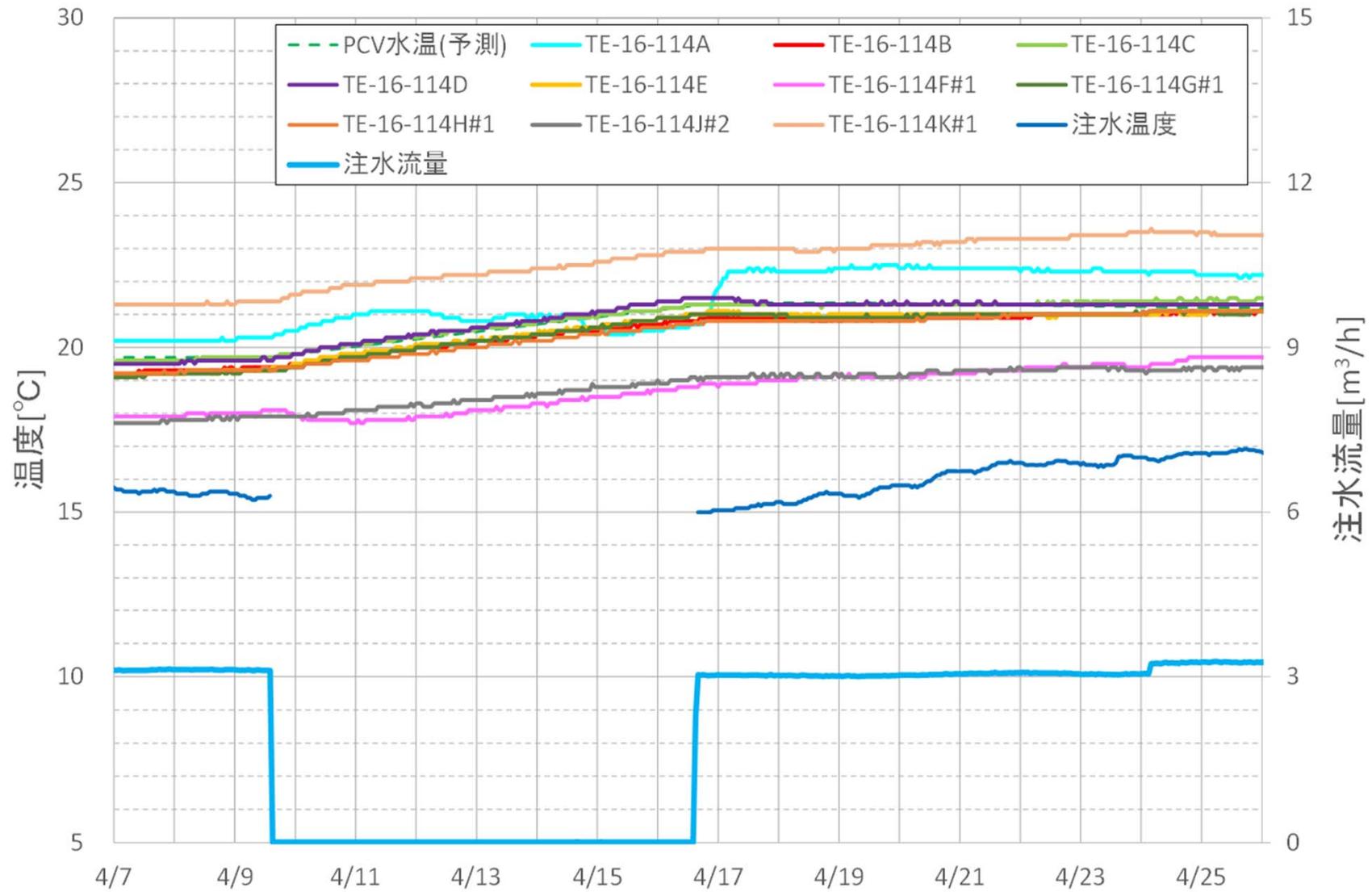
(参考) 3号機 原子炉注水停止試験時のRPV底部温度の推移



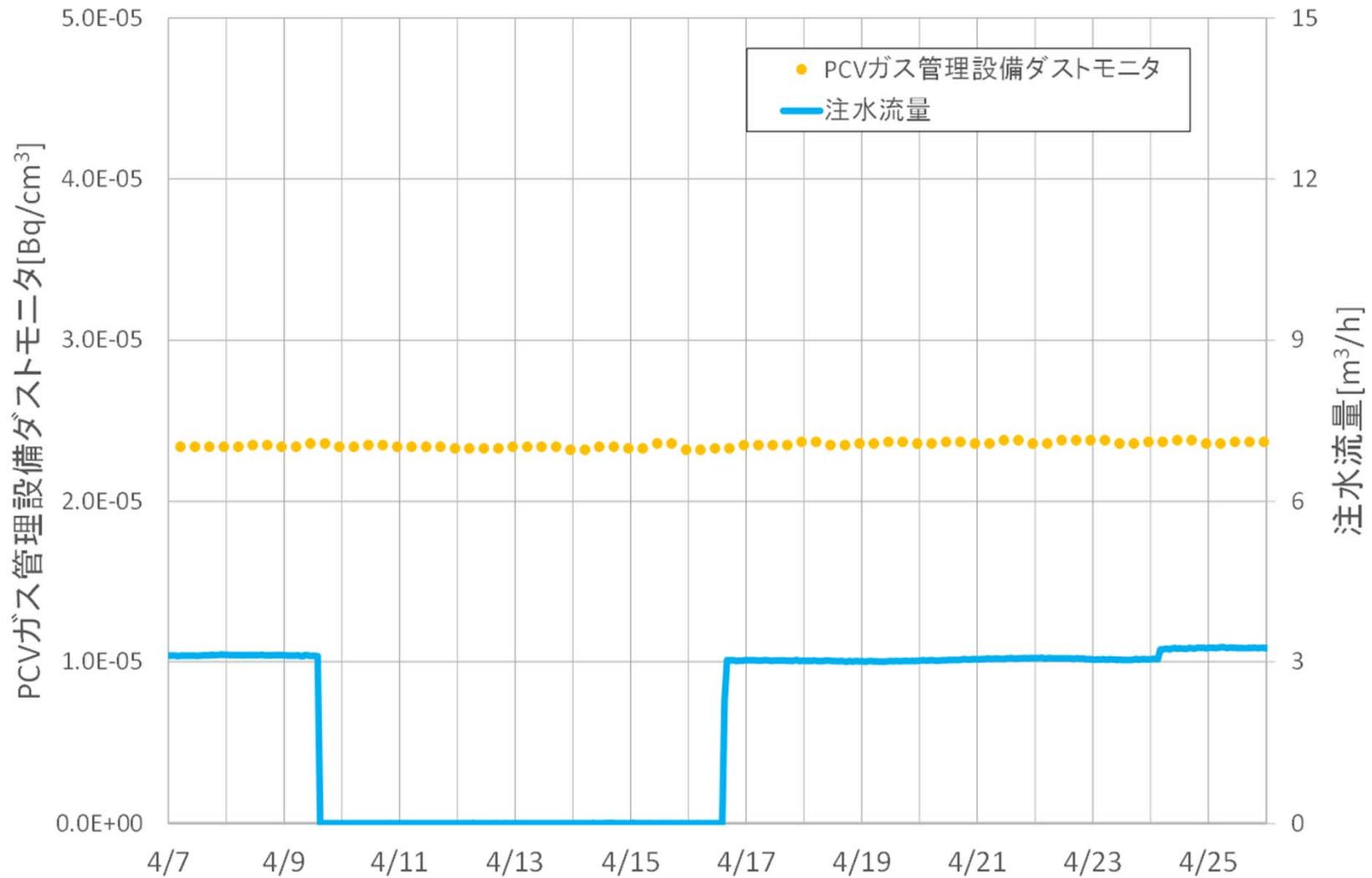
(参考) 3号機 原子炉注水停止試験時のPCV温度(新設)の推移 **TEPCO**



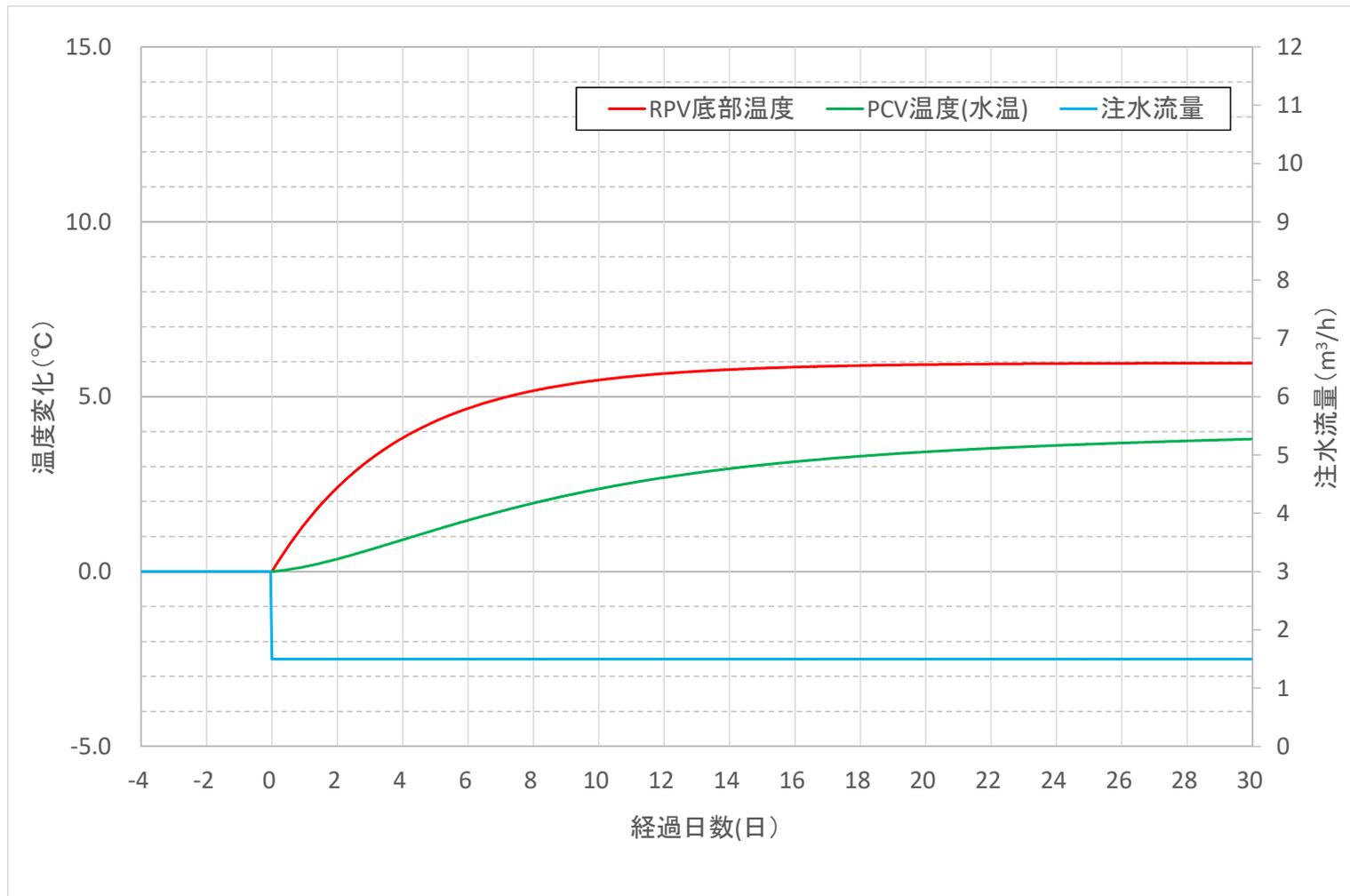
(参考) 3号機 原子炉注水停止試験時のPCV温度(既設)の推移 **TEPCO**



(参考) 3号機 原子炉注水停止試験時のダスト濃度の推移

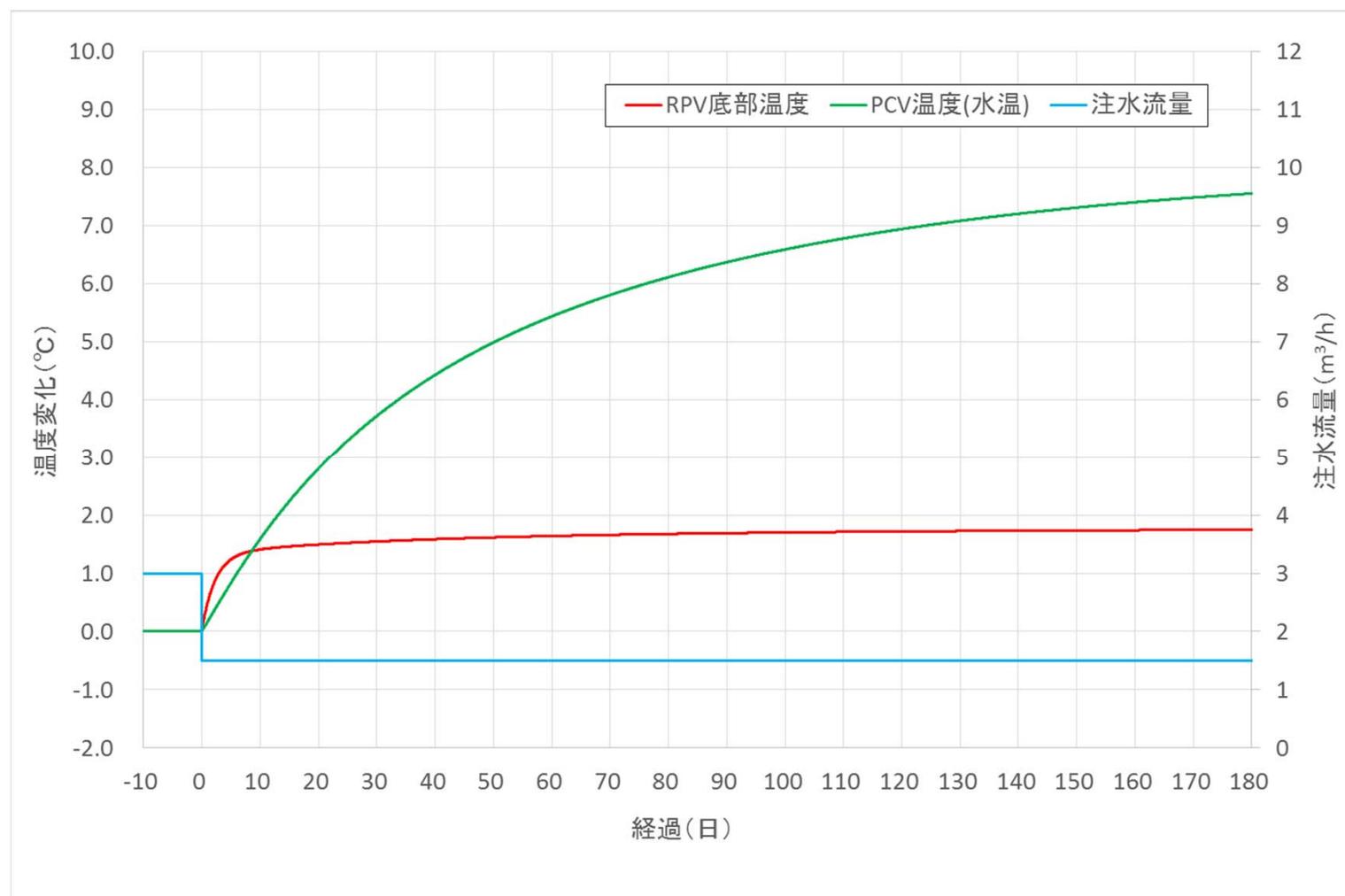


(参考) 2号機 注水量1.5m³/hの温度上昇評価



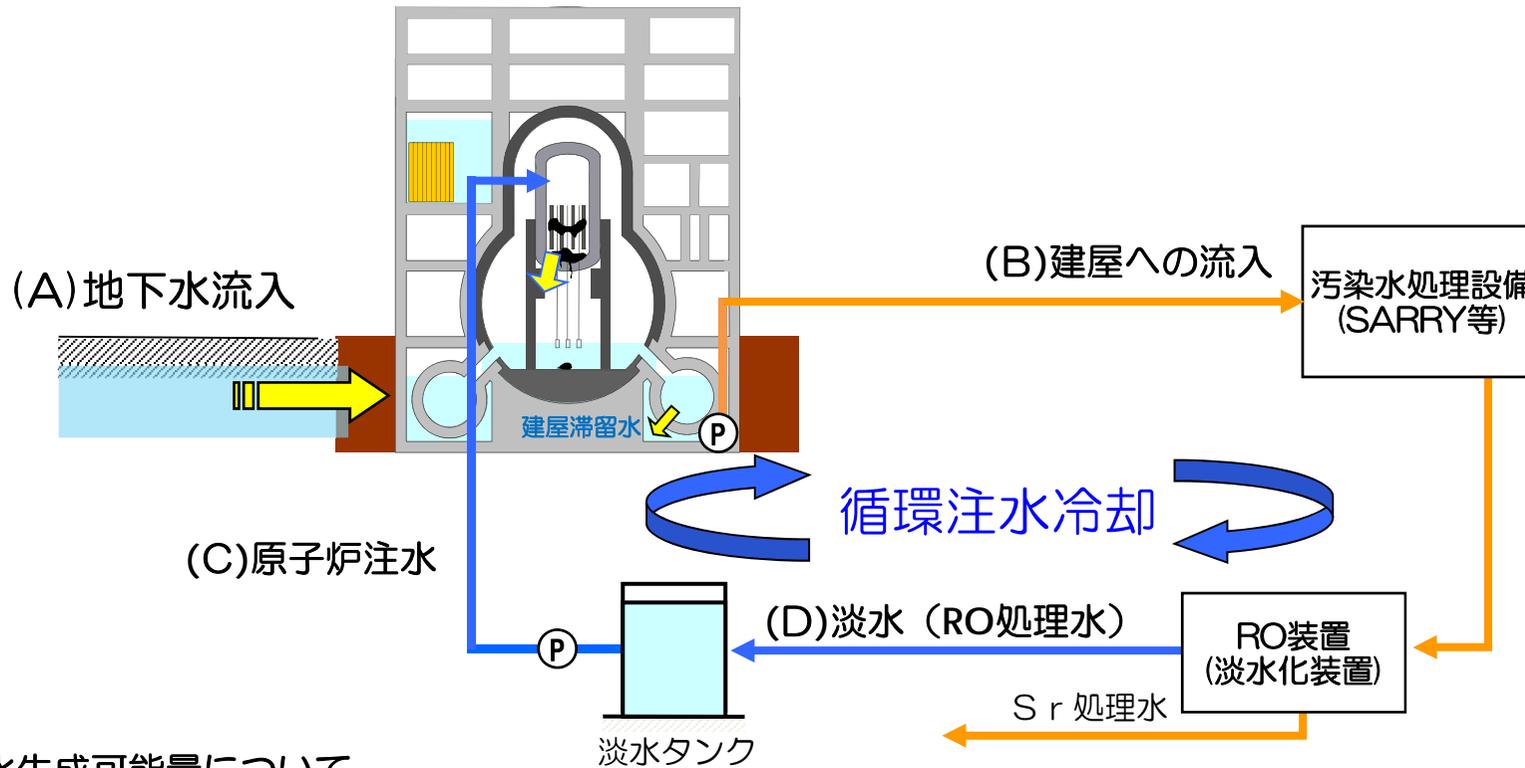
- 1.5m³/hに低減することによる温度変化量：RPV底部で6°C程度の予測。
- 過去の実績では片系注水で2°C程度の温度上昇あり。（3.0m³/h注水時）
- 夏季のRPV底部温度：3.0m³/h注水で最大35°C程度 →1.5m³/hで最大41°C程度と予測。

(参考) 3号機 注水量1.5m³/hの温度上昇評価



- 1.5m³/hに低減することによる温度変化量：PCVで8°C以下の予測。
- 過去の実績では片系注水では大きな温度変化なし。(3.0m³/h注水時)
- 夏季のPCV温度：3.0m³/h注水で最大35°C程度 →1.5m³/hで最大43 °C程度と予測。

(参考)地下水流入量と淡水生成可能量の関係



◆淡水生成可能量について

- 淡水（RO処理水）は、原子炉注水に地下水流入を加えた建屋への流入分をRO装置によって処理生成する。そのため、淡水生成可能量は以下のとおり算出する。

$$(B) \text{建屋への流入量} = (A) \text{地下水流入量} + (C) \text{原子炉注水量}$$

$$(D) \text{淡水生成可能量 (RO処理水)} = (B) \times [\text{RO淡水化率}(\%)] \quad \text{※}58\% \sim 73\%$$

⇒ 上記の式から地下水流入量の減少に伴い、淡水生成可能量も減少していく。

3号機原子炉注水停止試験結果

2021年6月24日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要

■ 試験目的（3号機：注水停止7日間）

- ✓ 注水停止により、PCV水位が主蒸気配管伸縮継手部下端を下回るかどうかを確認する。

(補足)

- 2019年度の試験では、PCVからの漏えいを確認している主蒸気配管伸縮継手部下端までPCV水位は低下しなかった
- PCV水位の低下有無や低下速度等を踏まえ、今後の注水のありかたを検討していく

■ 試験結果概要

- ✓ 注水停止：2021年4月9日～4月16日までの7日間。(4/23試験終了)

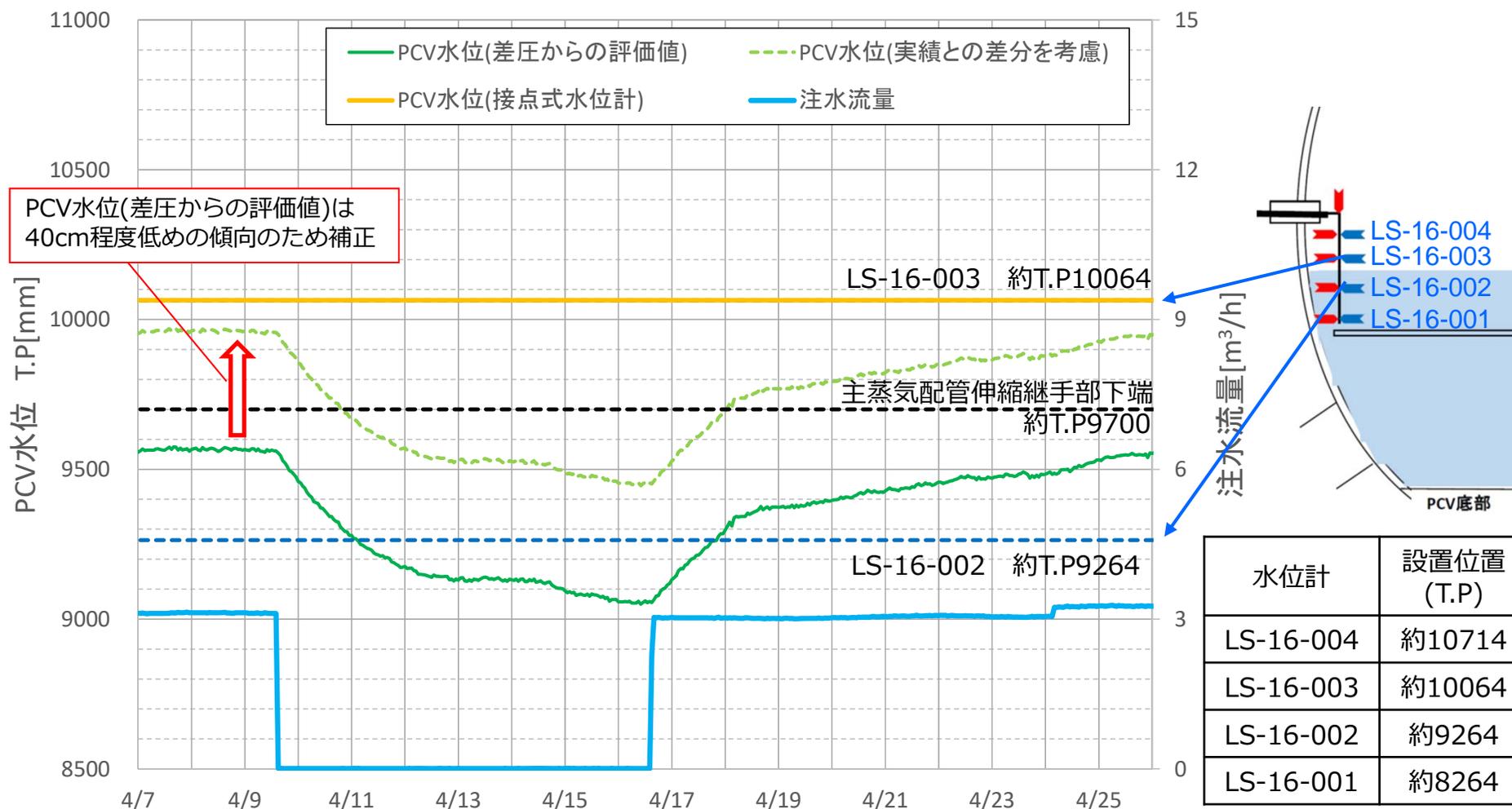
注水停止：2021年4月9日14:39

注水再開：2021年4月16日15:24

- PCV水位は、注水停止後、4月13日頃までは低下幅が大きかったが、以降の低下は緩やかとなる傾向であった。
(差圧からの評価値で約50cm程度、PCV水位が低下)
- PCV水位は、主蒸気配管伸縮継手部下端を下回っているが、当該高さ付近で低下傾向が緩やかとなっており、主要な漏えいは当該高さ付近に存在すると考えられる。
- RPV底部温度、PCV温度に、温度計毎のばらつきはあるが概ね予測の範囲内で推移。
- ダスト濃度や希ガス（Xe135）濃度に有意な変動なし。

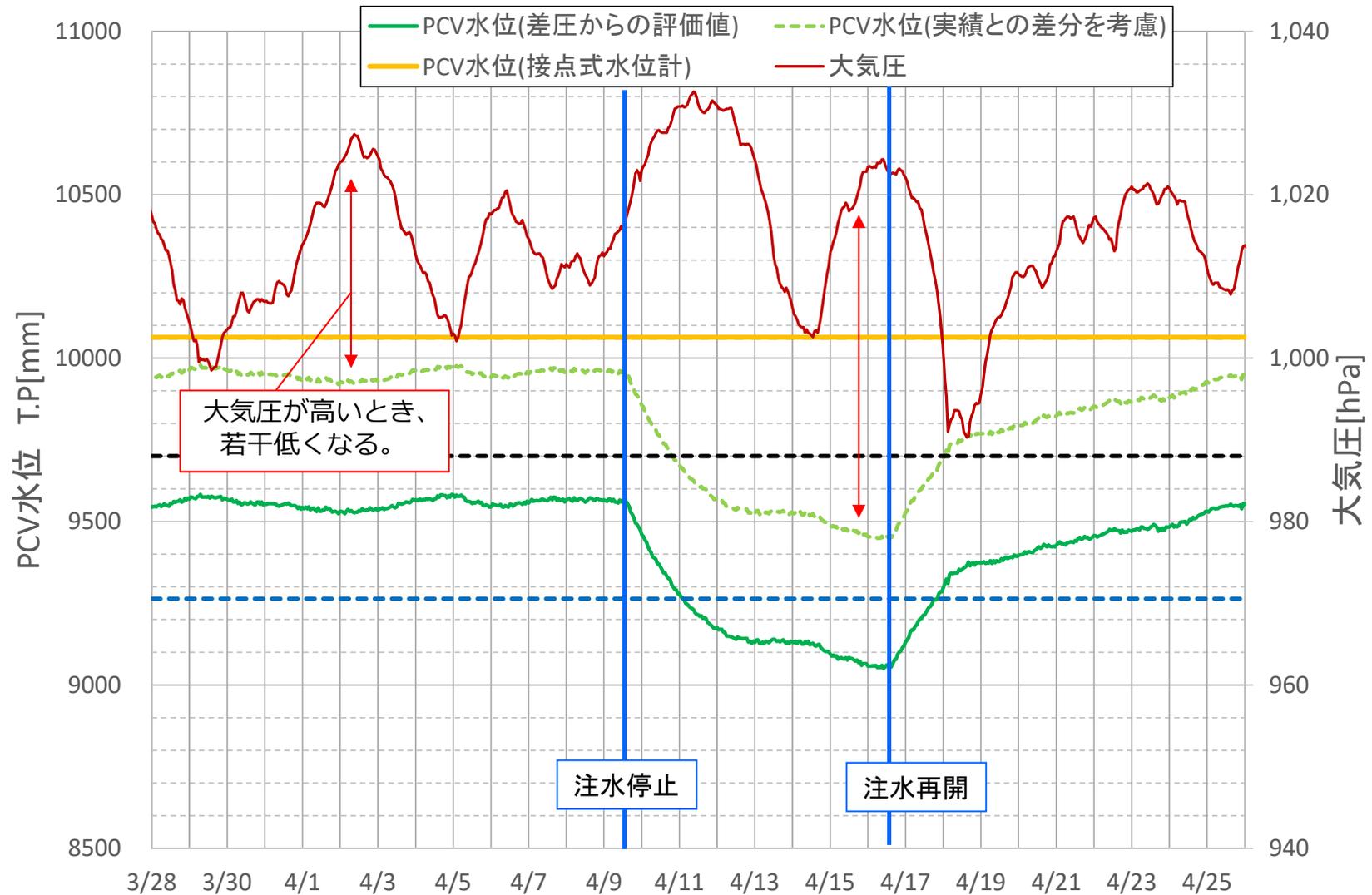
2-1. PCV水位の挙動

- 注水停止後、PCV水位は、4月13日頃までは低下幅が大きかったが、以降の低下は緩やかとなる傾向。（差圧からの評価値で約50cm程度、PCV水位が低下）



【参考】PCV水位変化と大気圧変化

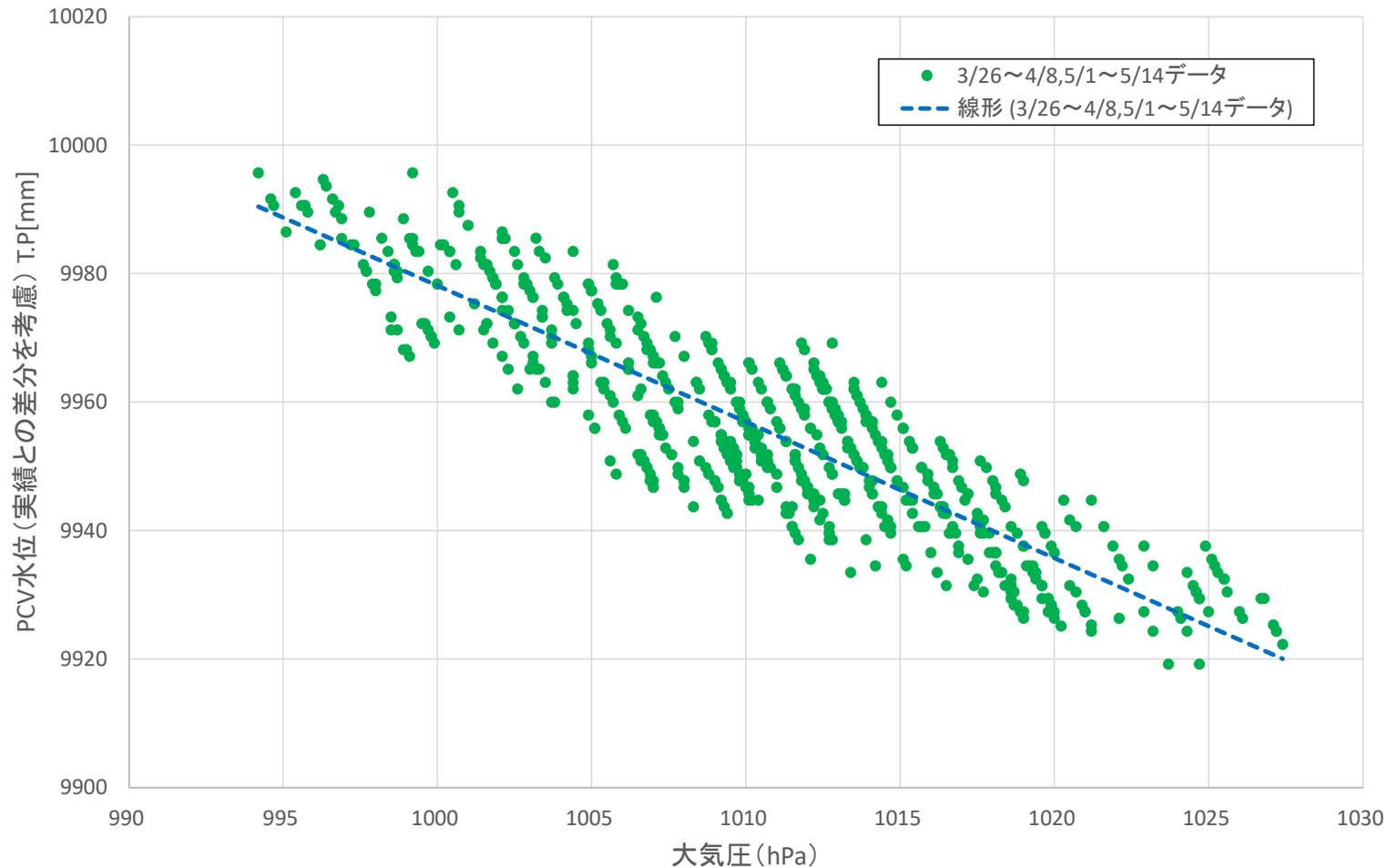
- 大気圧が高いときに、評価値のPCV水位が若干低くなる。



2-2. PCV水位（差圧からの評価値）と大気圧の相関

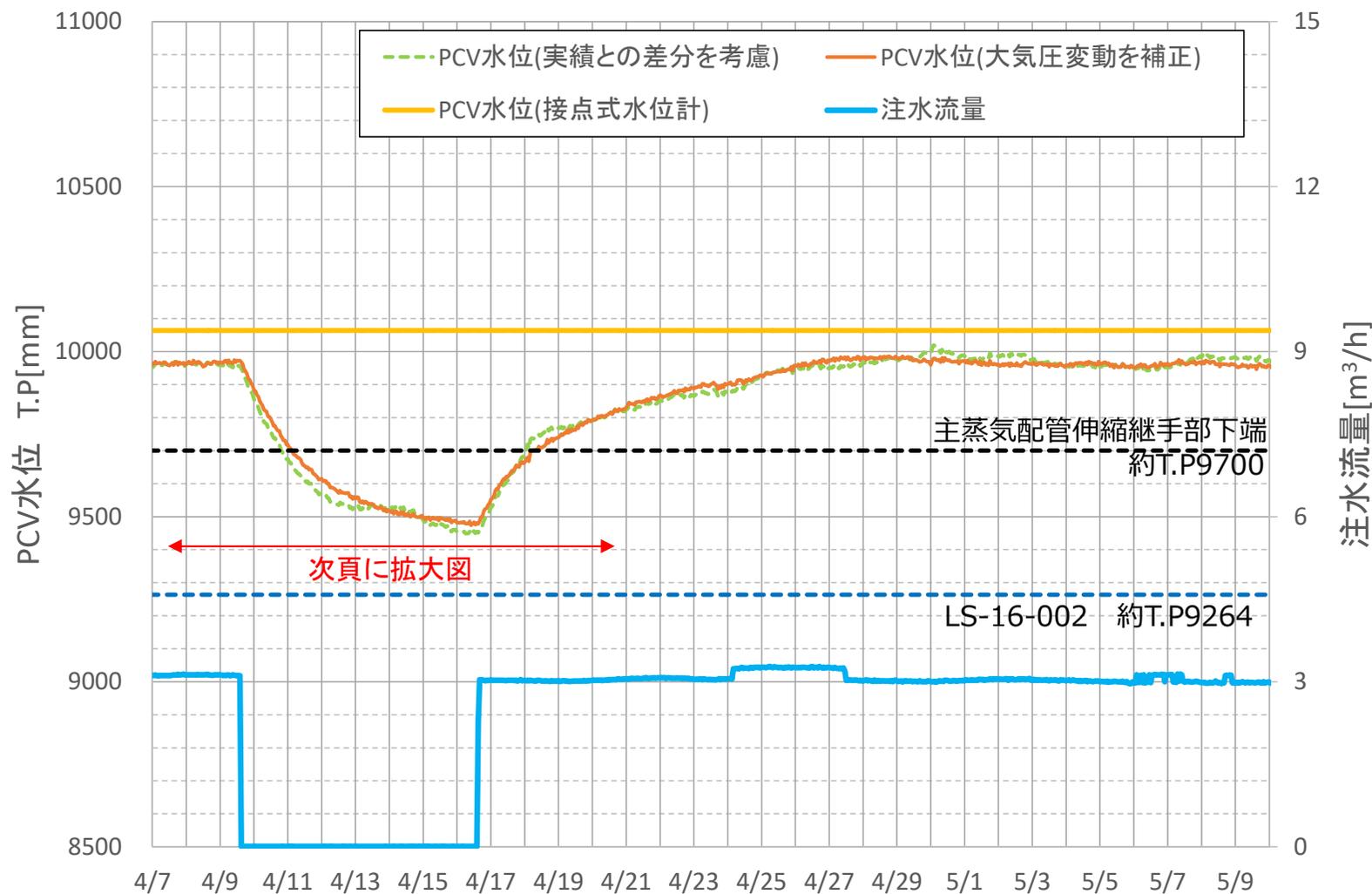
- 注水停止試験前の2週間（3/26～4/8）及び、注水再開後PCV水位安定後の2週間（5/1～5/14）のPCV水位と大気圧の相関を確認。
- 大気圧変動とPCV水位に相関があることを確認。

相関(大気圧、PCV水位評価値)



2-3. 大気圧変動を補正したPCV水位の挙動 (1 / 2)

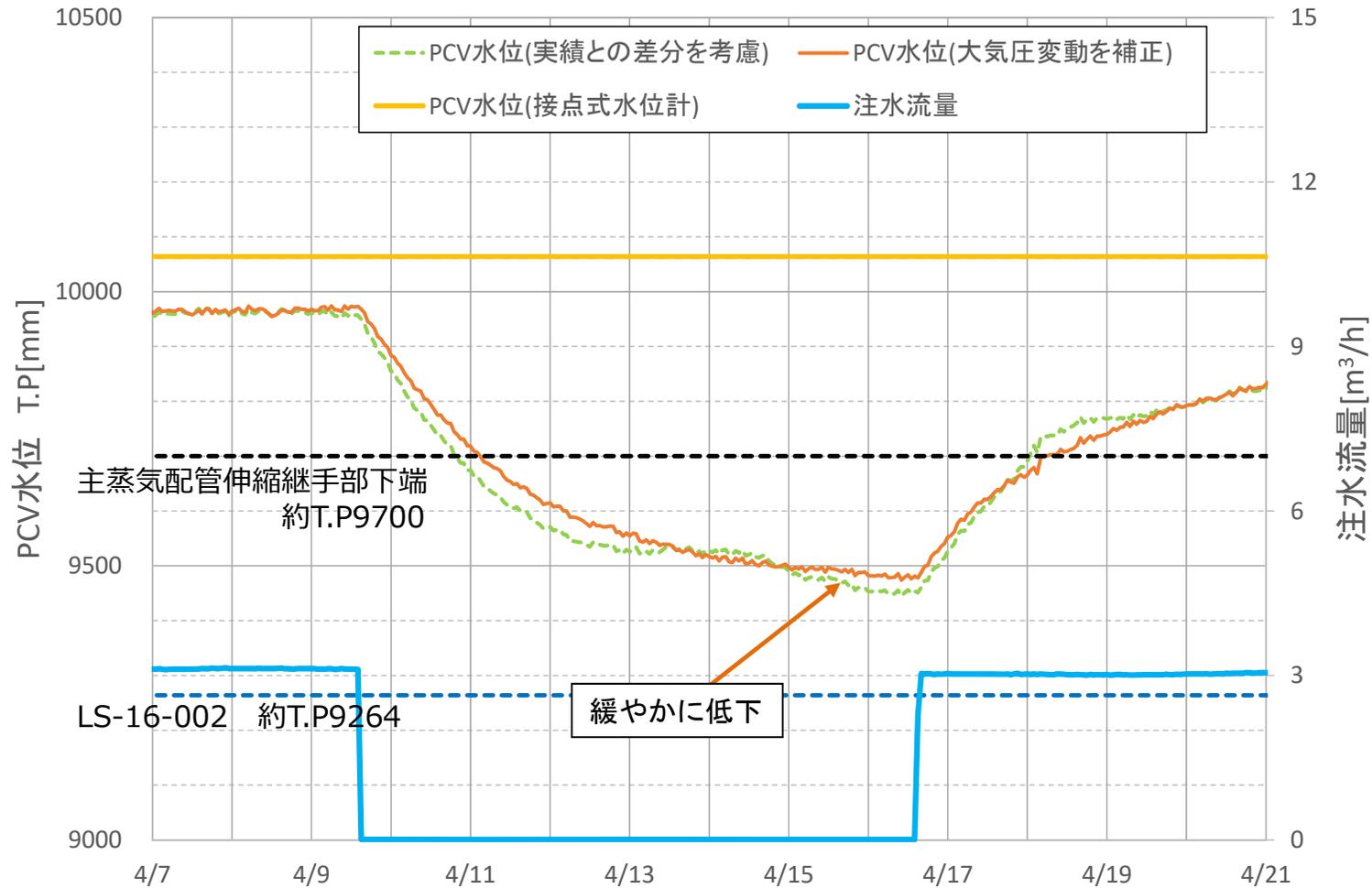
- 大気圧とPCV水位の相関から、注水停止中のPCV水位変化の補正を実施。(次頁に注水停止期間の拡大図を掲載)



※大気圧1010hPaを基準に補正

2-4. 大気圧変動を補正したPCV水位の挙動 (2 / 2)

- 大気圧変動によるPCV水位の変化を補正したところ、注水再開直前まで、PCV水位は緩やかに低下していたと考えられる。

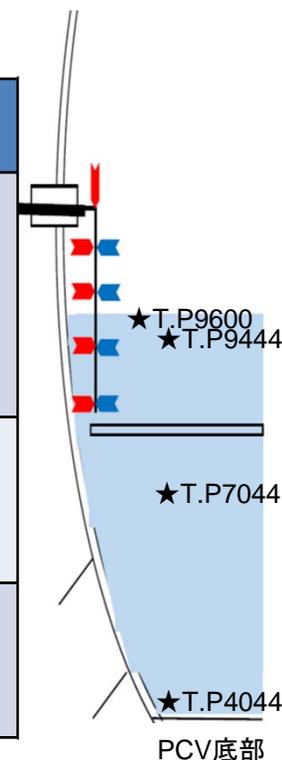


※大気圧1010hPaを基準に補正

2-5. PCV水位の評価

- 注水再開直前まで、PCV水位は緩やかに低下していたと考えられることから、漏えい高さ等を仮定して、水位の挙動を評価した。
- 下表の例1～例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る（実際の漏えい箇所を示すものではない）。

	水位評価：例1		水位評価：例2		水位評価：例3	
	主要な漏えいを仮定	PCV底部からの漏えいを仮定	主要な漏えいを仮定	今回の経験水位よりも少し下からの漏えいを仮定	主要な漏えいを仮定	例1と例2の間の高さからの漏えいを仮定
漏えい高さ (T.P)	9600	4044 (PCV底部)	9600	9444 (水位5.4m)	9600	7044 (水位3m)
漏えい口 (cm ²)	2.8	0.1	2.25	0.8	2.7	0.14



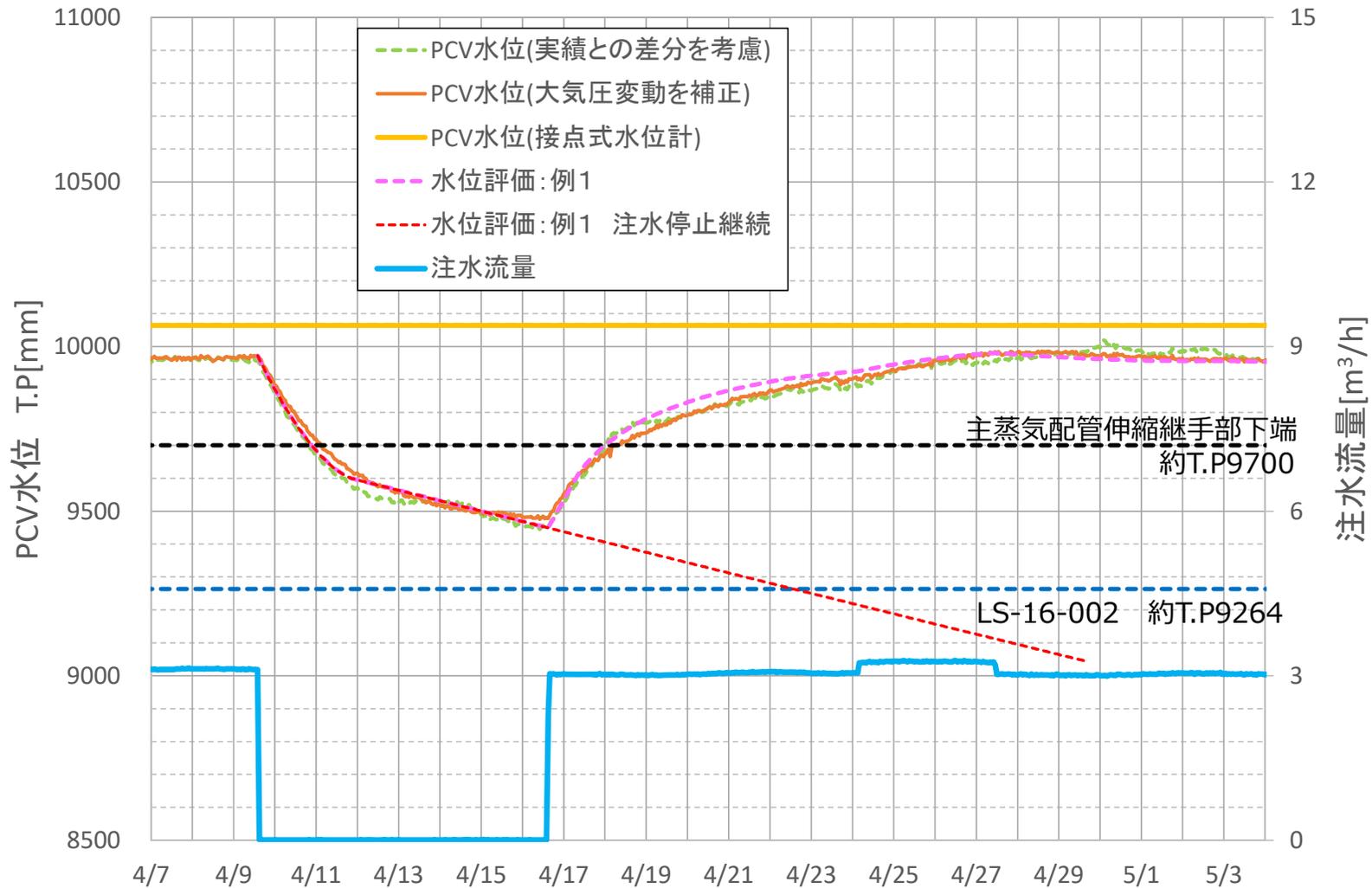
- PCV水位評価は、下記の式により評価

$$Q = \sqrt{2g(H - h)} \times S$$

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
 なお、水の粘性等は考慮していない。

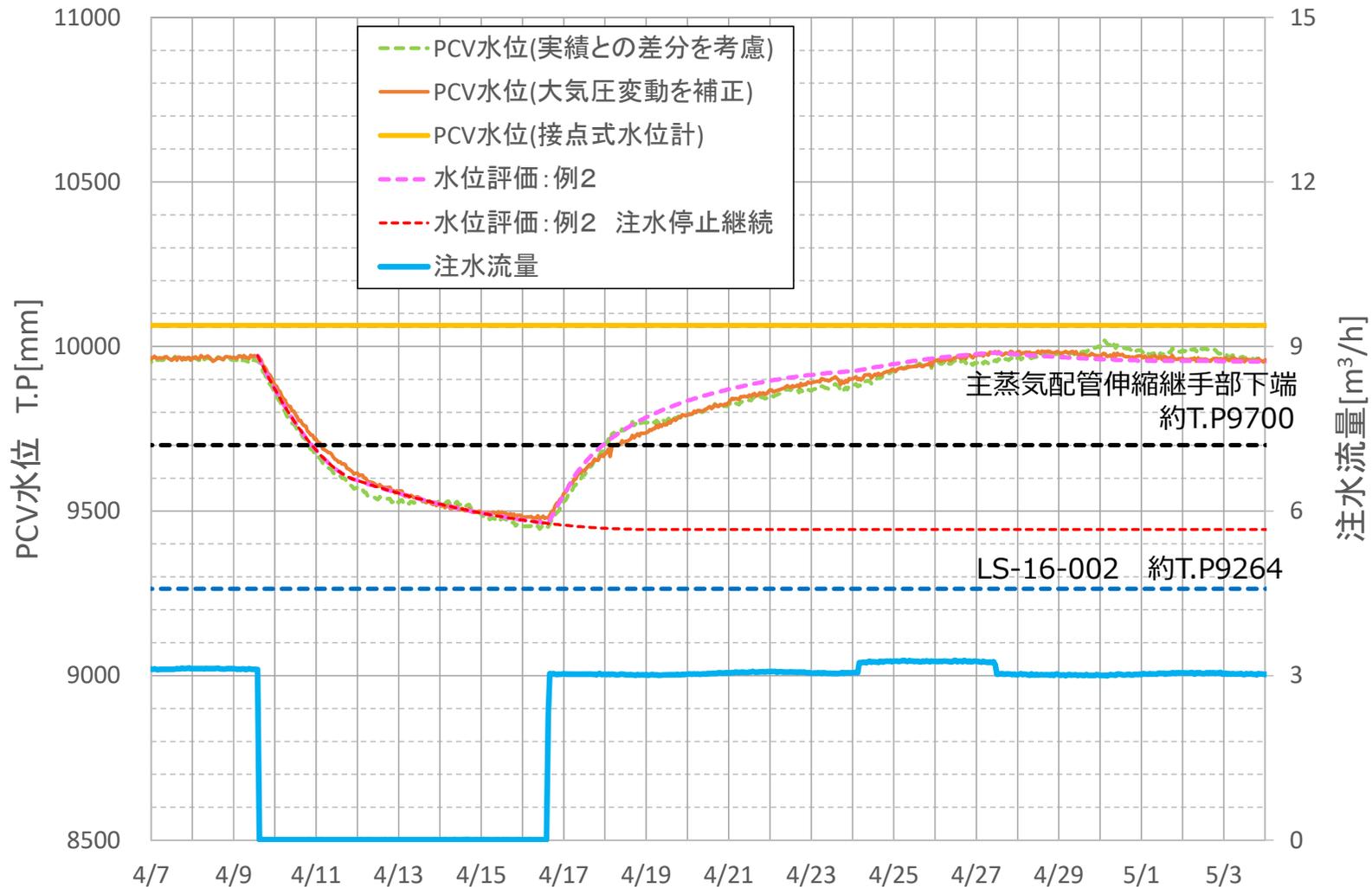
2-6. 水位評価 例1

- PCV底部 (T.P4044) からの漏えいを仮定。ある程度、実績水位の再現が可能。ただし、注水再開後の水位上昇が若干早い。



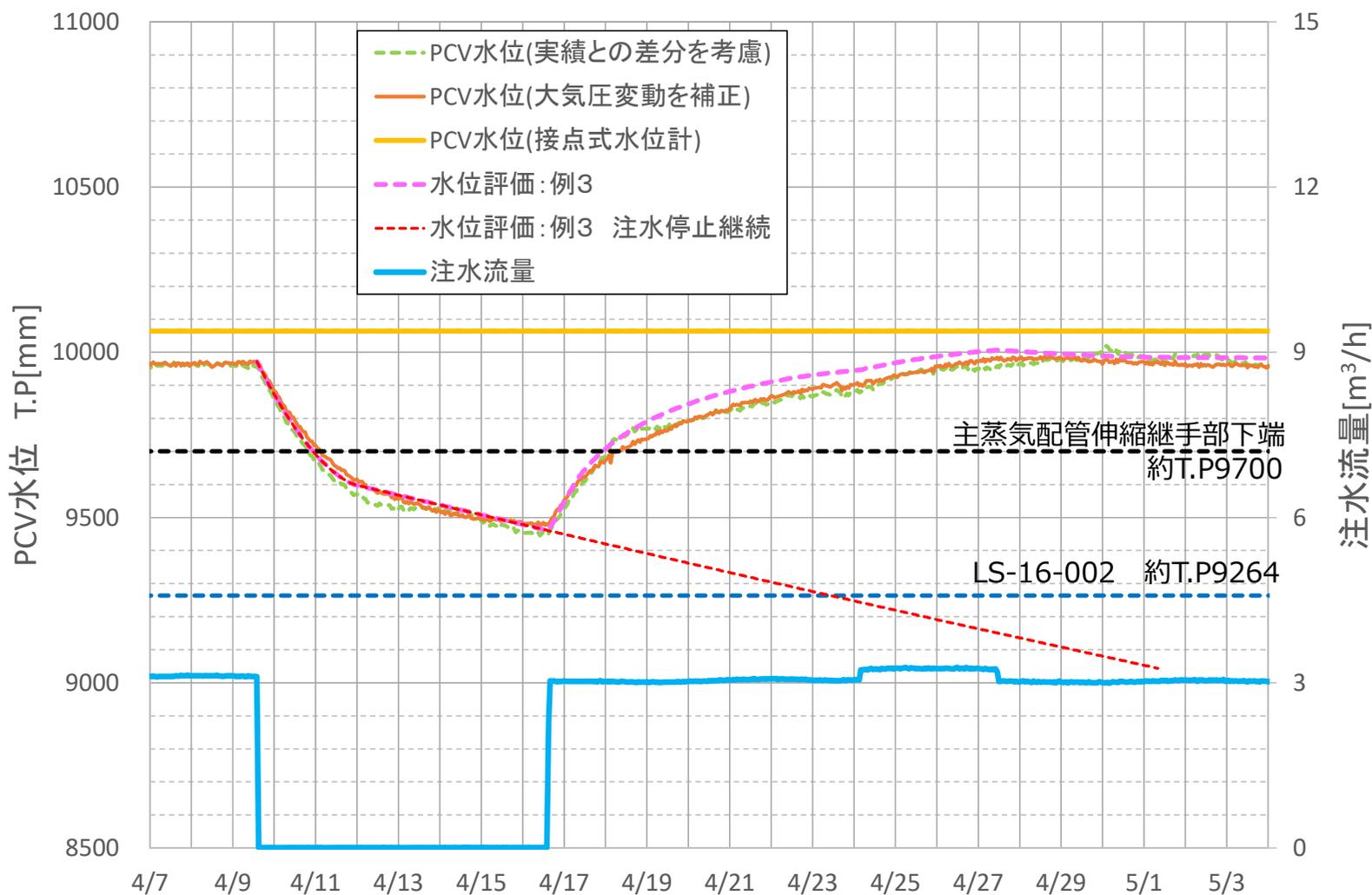
2-7. 水位評価 例2

- 今回の経験水位よりも少し下 (T.P9444) からの漏えいを仮定。ある程度、実績水位の再現が可能。ただし、注水再開後の水位上昇が若干早い。
- 例1及び例3 (次頁) と比較して、注水停止後半の推移の再現がよい。



2-8. 水位評価 例3

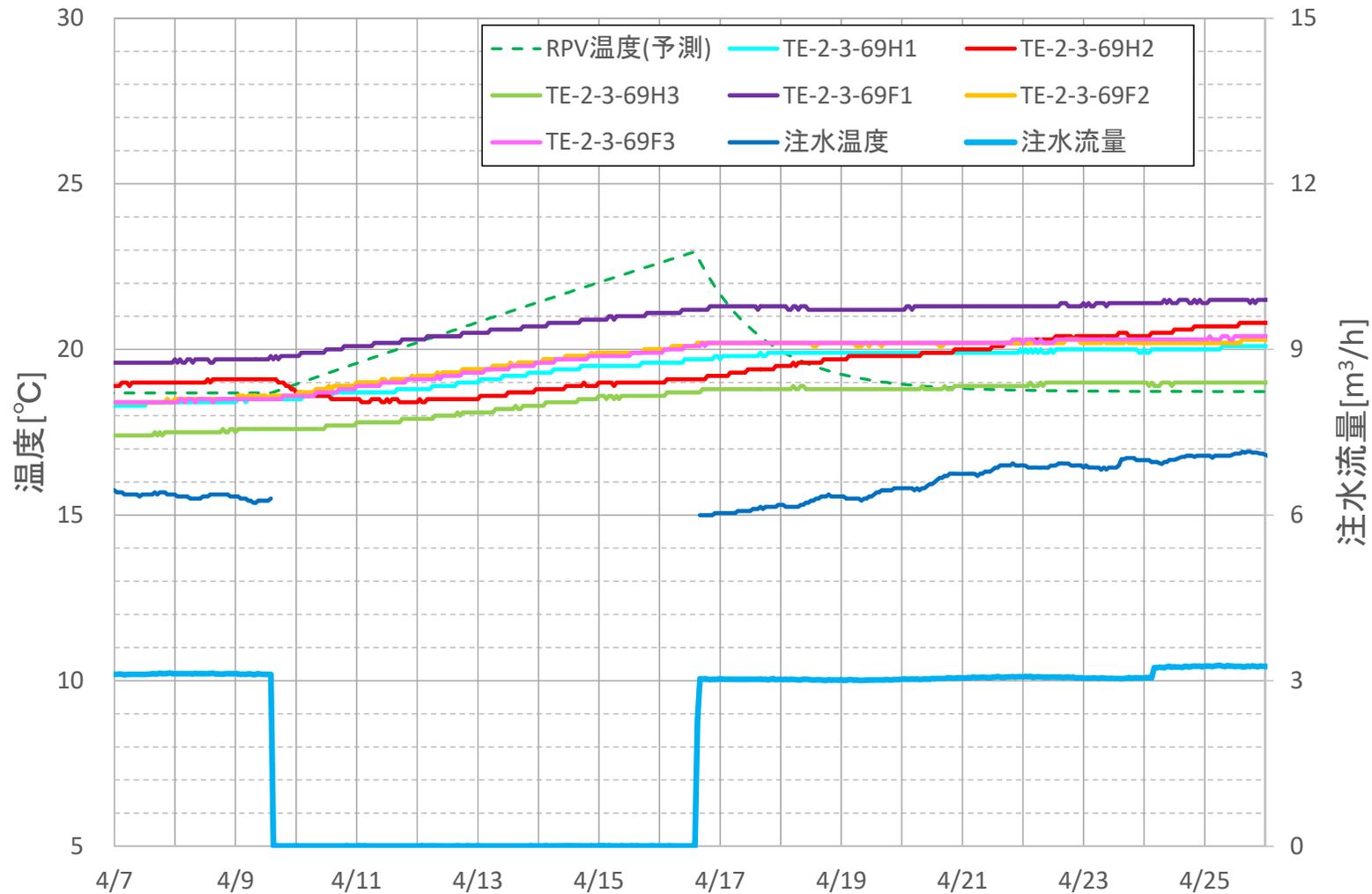
- 例1と例2の間の高さ (T.P7044) からの漏えいを仮定。ある程度、実績水位の再現が可能。ただし、注水再開後の水位上昇が若干早い。



- PCV水位は、主蒸気配管伸縮継手部下端を下回っているが、当該高さ付近で低下傾向が緩やかとなっており、主要な漏えいは当該高さ付近に存在すると考えられる。
- 大気圧変動によるPCV水位の変化を補正したグラフから、注水再開直前までPCV水位は緩やかに低下していたと考えられる。
- T.P9600からの主要な漏えいの仮定と、今回の水位低下範囲よりも下部からの漏えいの仮定（例1～例3）により水位評価を行い、いずれのケースでもある程度の実績水位の再現は可能であることを確認。
 - なお、注水停止中の後半に関して、実績では低下傾向が緩やかになっているが、当該挙動の再現は例2に近い。
 - 注水再開後の挙動に関して、いずれのケースでも、水位上昇が早くなっている。この差分の可能性として、例えば、T.P9600に仮定した主要な漏えいの漏えい口が、実際には縦(高さ)方向に細長く広がっているなど、高さに応じた漏えいが存在するなどが考えられる。

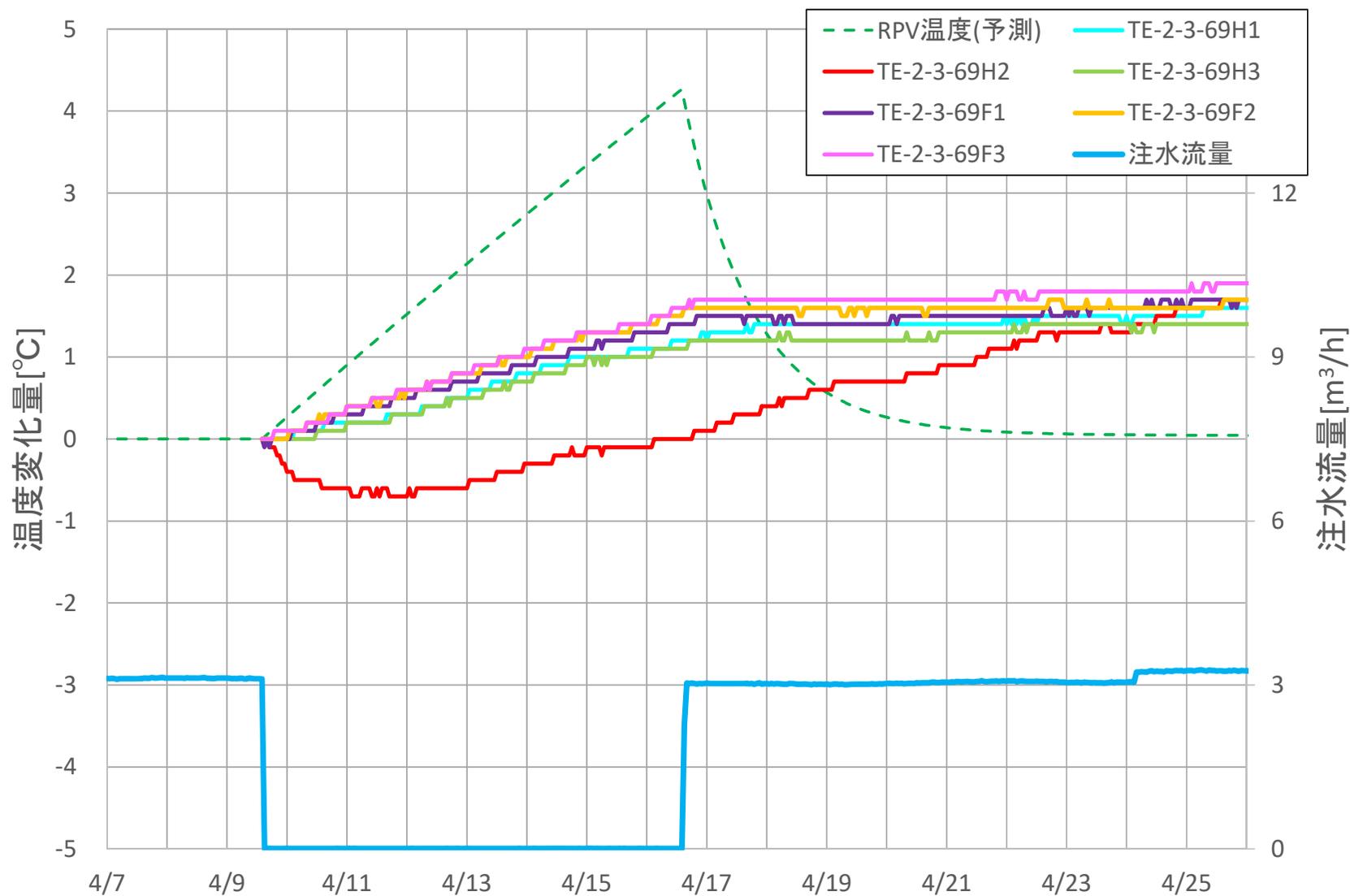
3-1. RPV底部温度の推移 (実測値)

- RPV底部温度の上昇は、小さい。
- TE-2-3-69H2が、注水停止後に低下。



※予測温度は試験開始時の実績温度(RPV底部温度計の平均値)を基準としている

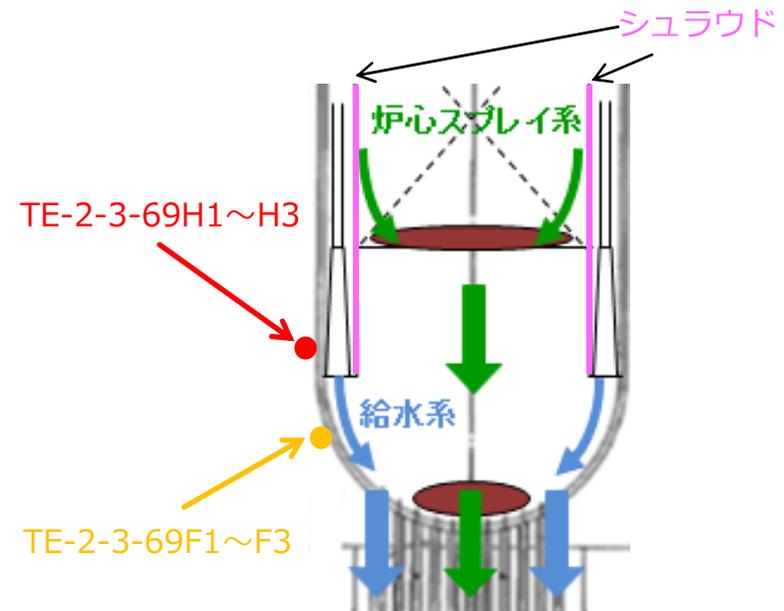
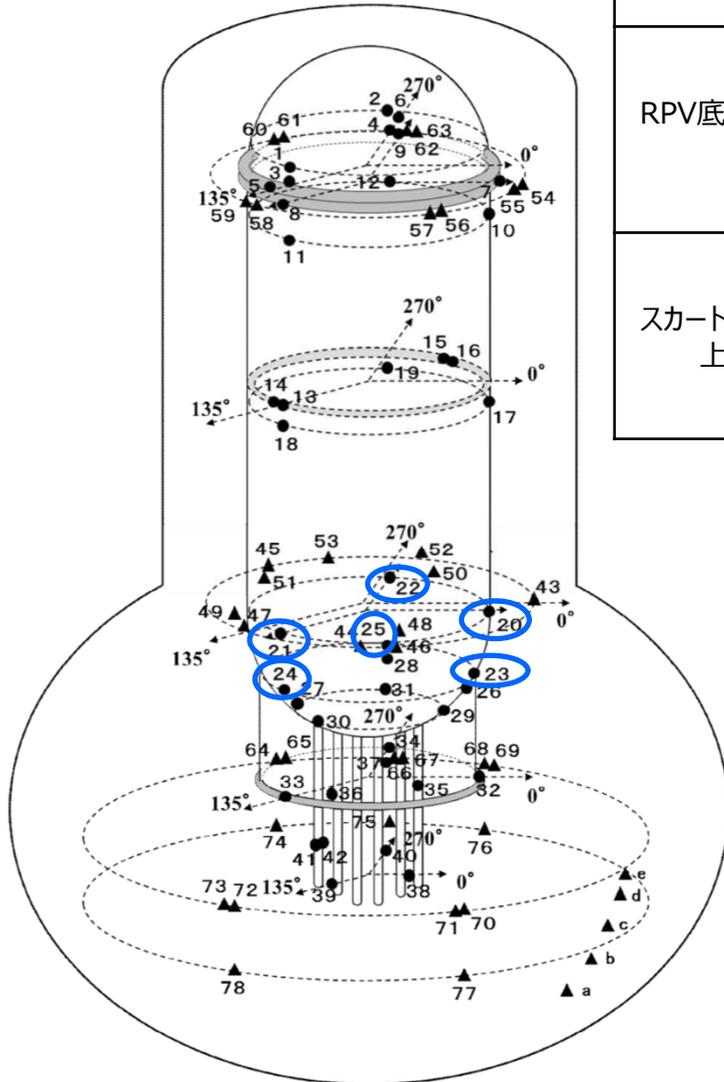
【参考】RPV底部温度の推移（試験開始からの温度変化量）



【参考】RPV底部温度の設置位置

■ RPV底部温度計

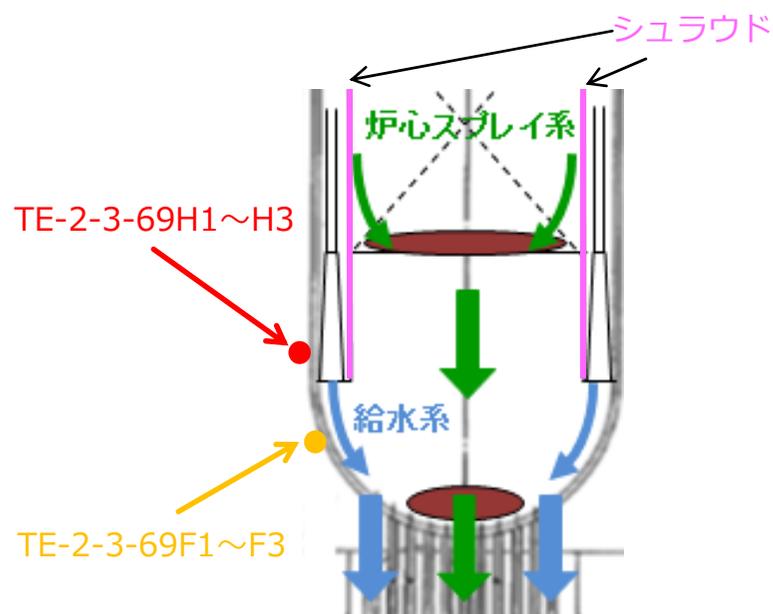
サービス名称	Tag No.	No.	設置位置 (T.P)	設置方向
RPV底部ヘッド上部温度	TE-2-3-69H1	20	約15800	0°
	TE-2-3-69H2	21		135°
	TE-2-3-69H3	22		270°
スカートジャンクション上部温度	TE-2-3-69F1	23	約14460	0°
	TE-2-3-69F2	24		135°
	TE-2-3-69F3	25		270°



3-2. RPV底部温度 (TE-2-3-69H2) の挙動について

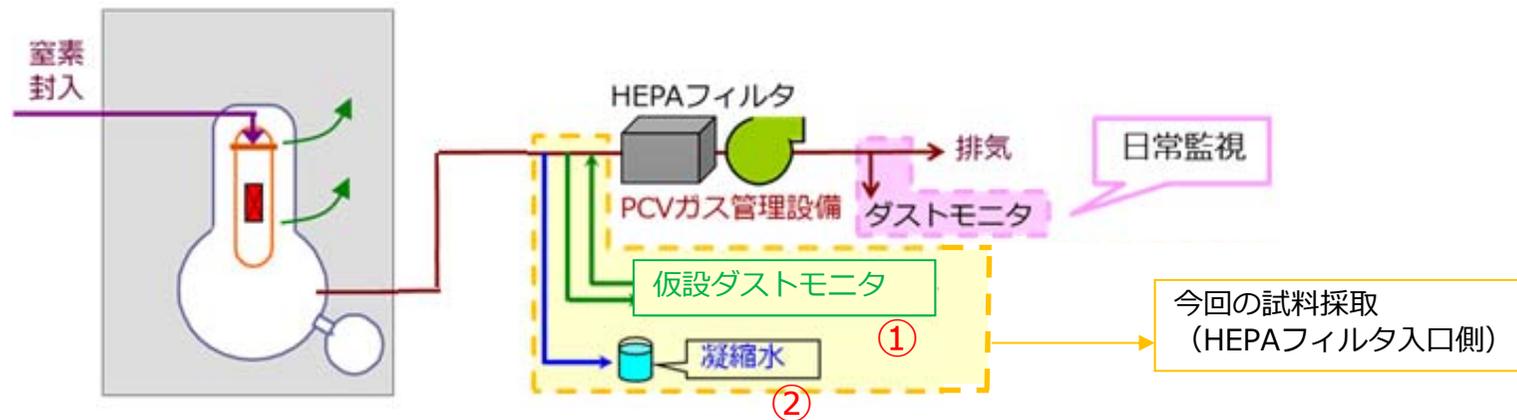
- RPV底部ヘッド上部温度 (TE-2-3-69H2) で、注水停止後に温度が低下。4月13日以降は、温度が緩やかに上昇し、注水再開後も温度上昇が継続した。

- TE-2-3-69H2の挙動は炉内の水の流れや空気の流れの影響を受けている可能性がある。
- 注水停止等で、温度挙動が変化していることから、炉内で局所的な水溜まりが形成され、溜まり水がデブリ等の熱源により温められ蒸発・対流している可能性がある。



4-1. 注水停止中の試料採取・分析

- 炉内挙動を評価するためのデータ拡充の観点から、原子炉注水停止試験前及び試験中に、PCVガス管理設備のHEPAフィルタを通過する前の①ダスト、②凝縮水を採取し分析。



4-2. 採取試料の分析結果 ①ダスト

- 3号PCVガス管理設備HEPAフィルタ入口側ダストを採取。
- 注水停止中、注水再開後の試料で全αの検出を確認。
- HEPAフィルタ通過後のダストモニタの指示値に有意な上昇なし。(19ページ)

(単位 : Bq/cm³)

分析項目	半減期	前回試験前	前回試験中	今回試験前	注水停止中	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
全α	—	ND ($<9.8E-09$)	ND ($<1.3E-08$)	ND ($<8.8E-09$)	2.8E-07	2.5E-08
全β	—	ND ($<2.7E-07$)	ND ($<2.7E-07$)	6.2E-07	3.0E-06	1.0E-06
Cs-134	約2年	ND ($<1.1E-07$)	ND ($<1.1E-07$)	ND ($<2.5E-07$)	1.2E-07	ND ($<2.1E-07$)
Cs-137	約30年	ND ($<9.9E-08$)	2.5E-07	1.4E-06	2.7E-06	1.3E-06
その他 γ核種※1	—	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

4-3. 採取試料の分析結果 ②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。

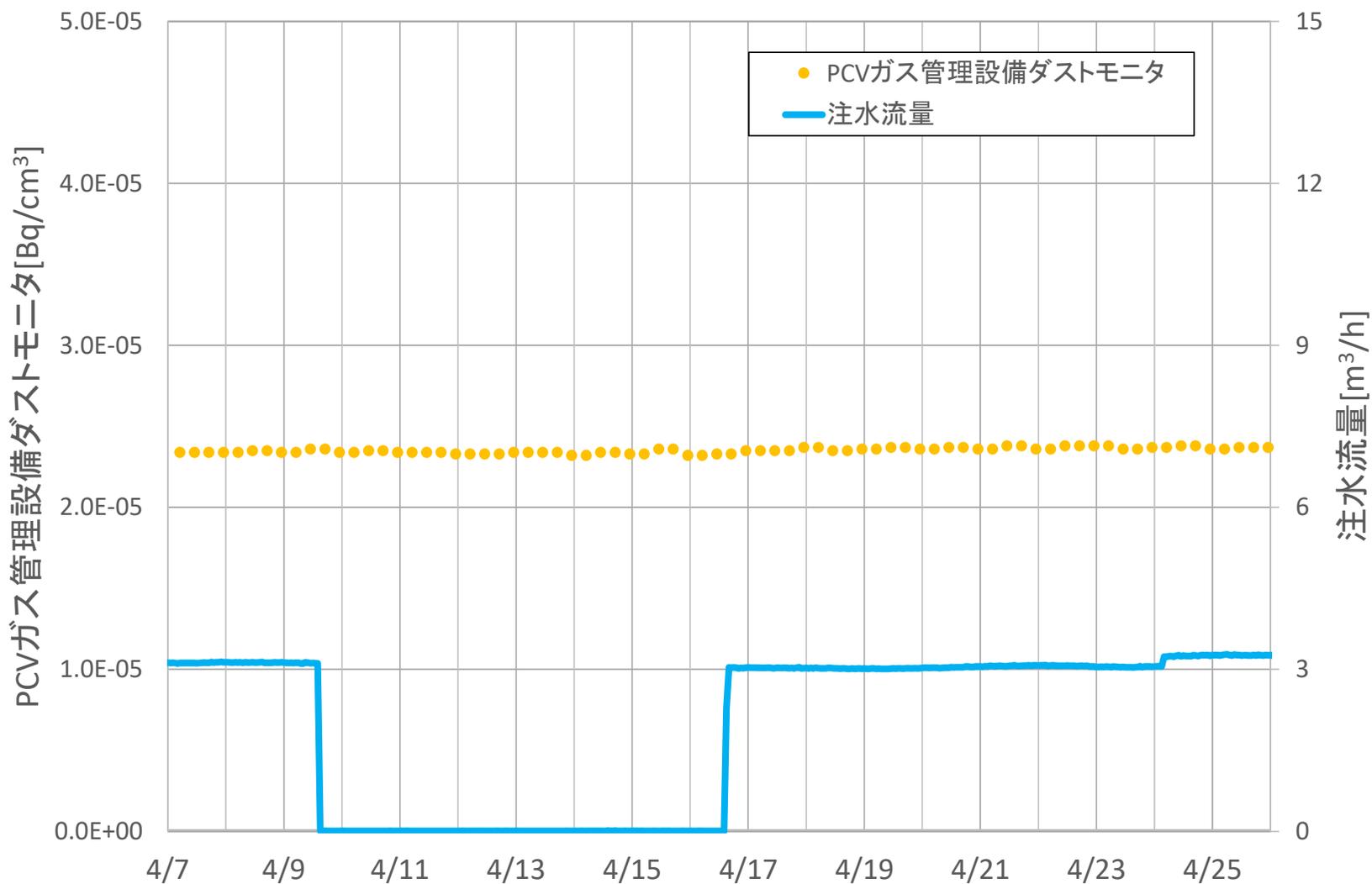
(単位 : Bq/cm³)

分析項目	半減期	前回試験前	前回試験中	今回試験前	注水停止中	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
全α	—	ND ($<7.9E-03$)	ND ($<7.9E-03$)	1.5E-02	ND ($<1.6E-03$)	ND ($<1.6E-03$)
全β	—	4.5E+00	4.5E+00	5.2E+01	2.0E+01	2.0E+01
H-3	約12年	7.0E+02	6.9E+02	3.9E+02	3.4E+02	3.5E+02
Sr-90	約29年	4.4E+00	4.5E+00	2.5E+00	2.2E+00	2.6E+00
Cs-134	約2年	2.6E-01	2.7E-01	2.3E+00	8.8E-01	7.0E-01
Cs-137	約30年	3.8E+00	4.0E+00	5.1E+01	2.0E+01	1.7E+01
Co-60	約5年	8.2E-03	1.7E-02	3.6E-02	3.6E-03	3.5E-03
Sb-125	約3年	6.2E-02	1.1E-01	4.0E-01	ND ($<8.7E-02$)	ND ($<8.3E-02$)
その他 γ核種※1	—	ND	ND	ND	ND	ND

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

【参考】PCVガス管理設備 ダスト濃度の推移

- ダストモニタの指示値に有意な上昇なし。



5. 注水停止試験結果 まとめ

【試験結果】

- PCV水位は、主蒸気配管伸縮継手部下端を下回っているが、当該高さ付近で低下傾向が緩やかとなっており、主要な漏えいは当該高さ付近に存在すると考えられる。
- 大気圧変動によるPCV水位の変化を補正したグラフから、注水再開直前までPCV水位は緩やかに低下していたと考えられる。
- RPV底部温度、PCV温度に、温度計毎のばらつきはあるが概ね予測の範囲内で推移。
- ダスト濃度に有意な変動なし。

【今後】

(建屋滞留水抑制の観点)

- 注水停止中のPCV水位低下状況を踏まえて、今後の注水のあり方を検討していく。

(検討内容)

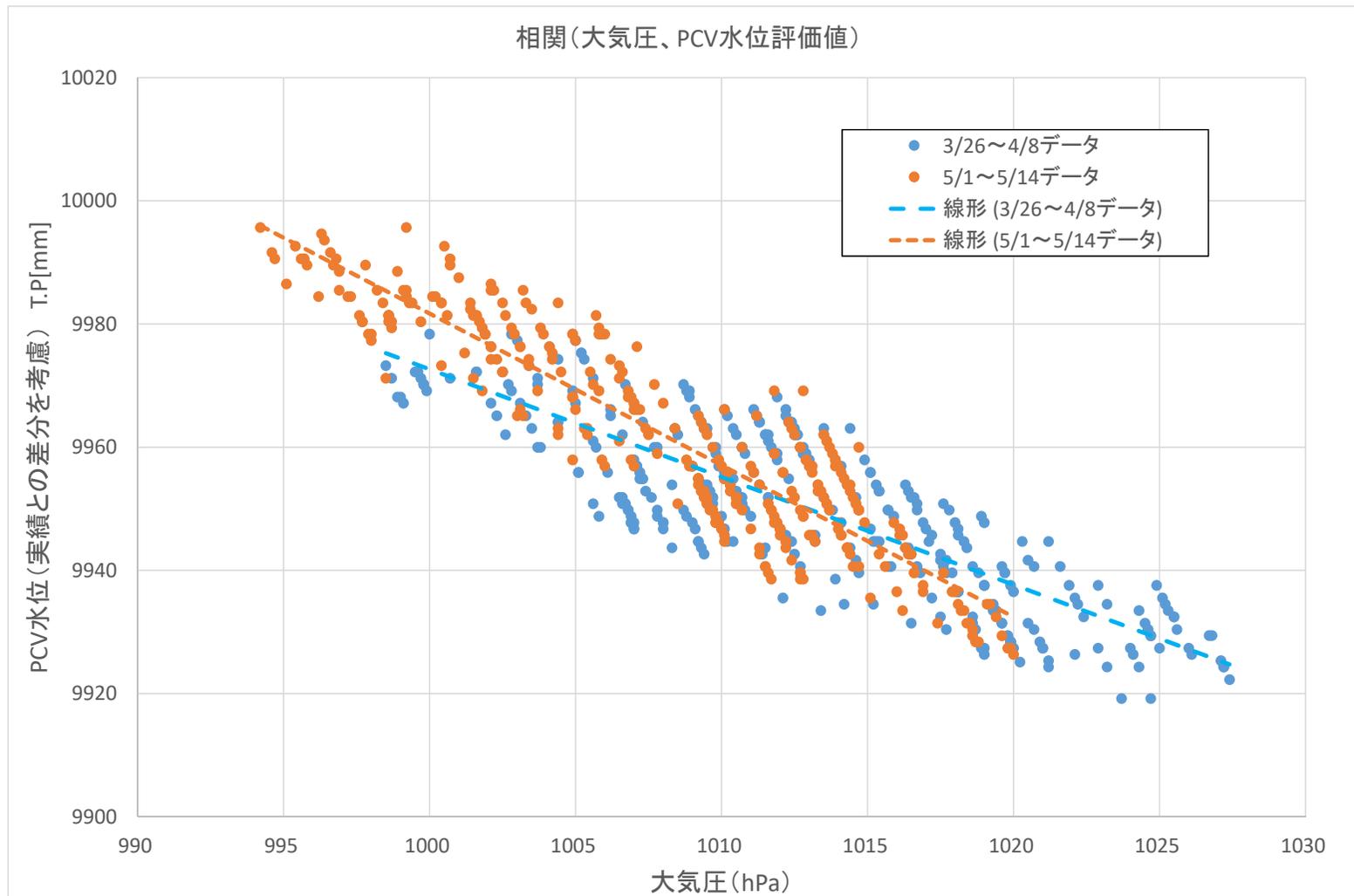
- PCV (MSIV室) からの漏えい量を長期にわたって、現状よりも抑制していくこと
- 短期的には、現在の注水量3m³/hから減らしていくこと
- 並行して、今回の注水停止期間よりも長く注水を止めることについて、温度やダストへの影響を踏まえつつ計画していくこと

(PCV水位低下計画の観点)

- 注水停止時の水位低下は緩やかであることから、注水停止による大幅な水位低下は有効ではなく、S/Cからの取水によりPCV水位低下を進めていく。20

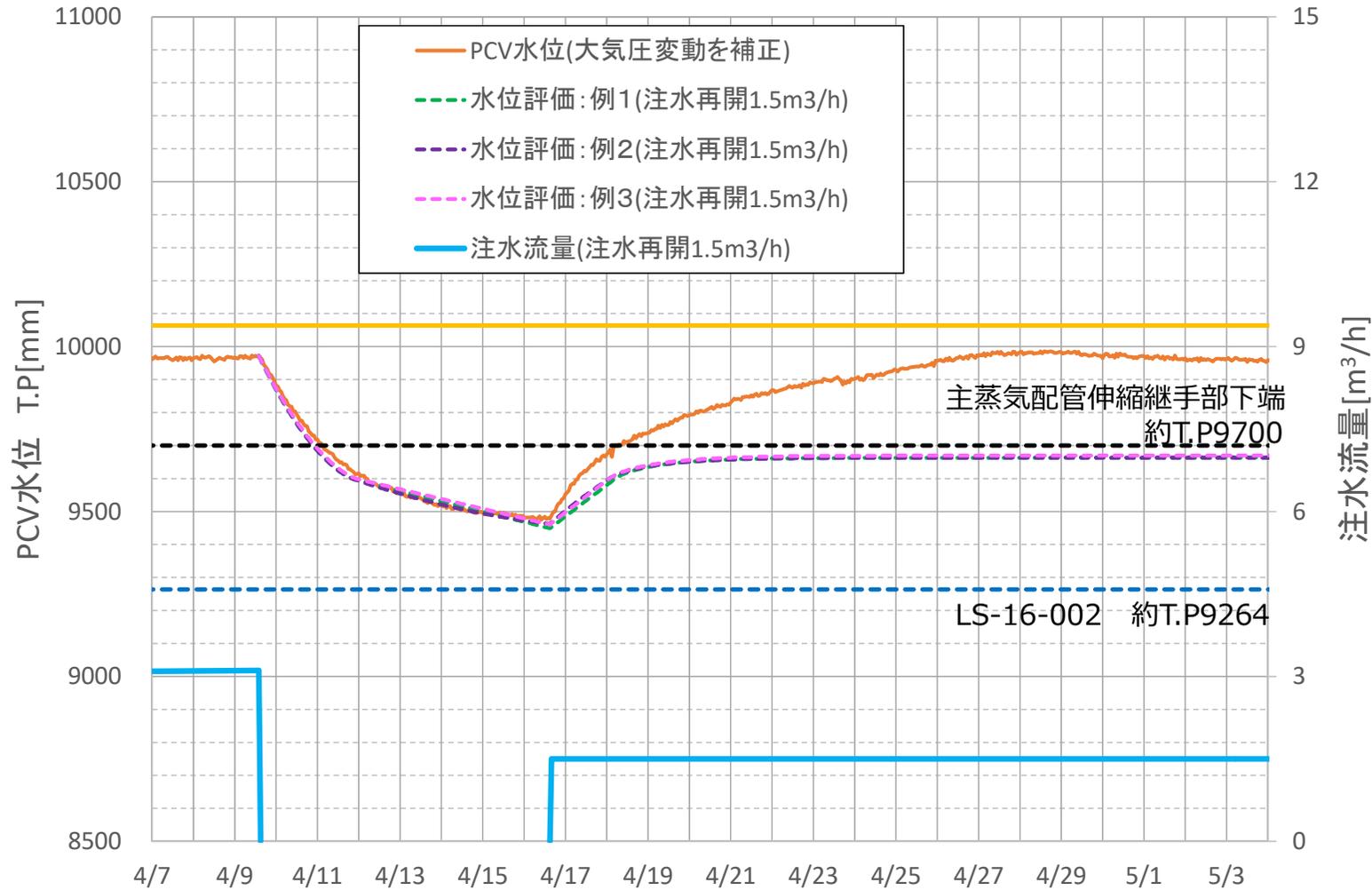
【参考】 PCV水位（差圧からの評価値） と大気圧の相関

- 注水停止試験前の2週間（3/26～4/8）と、注水再開後PCV水位安定後の2週間（5/1～5/14）のPCV水位と大気圧の相関を比較
- 試験前後で、若干の差はあるものの、相関の傾向に大きな変化がないことを確認

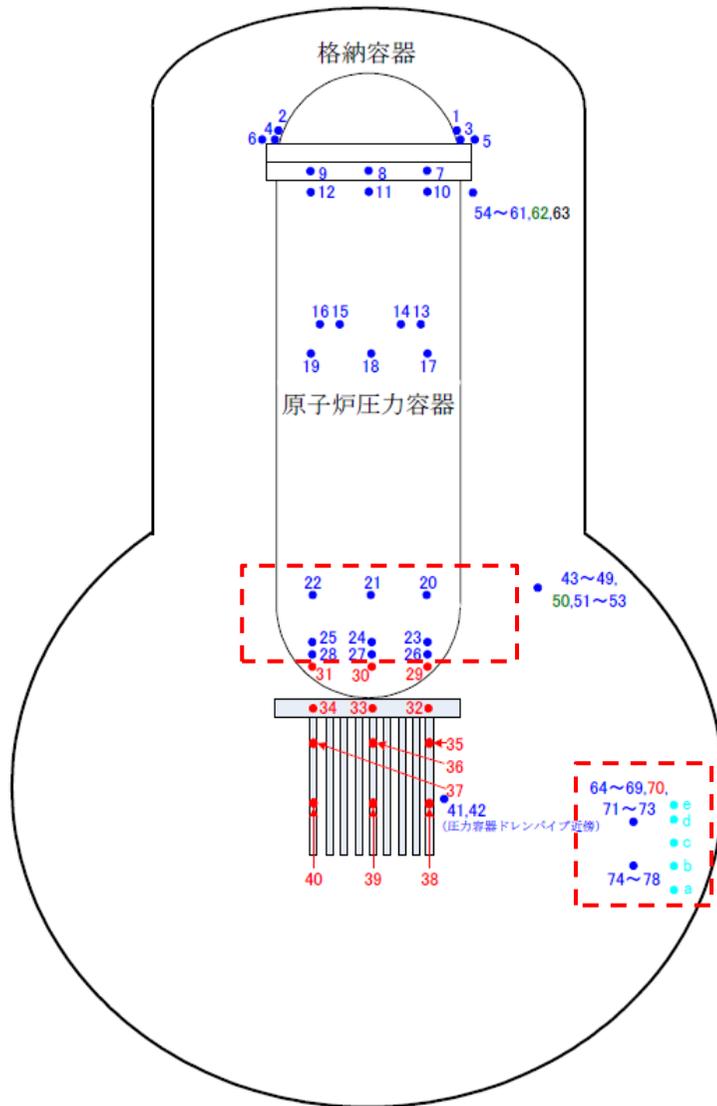


【参考】水位評価 注水再開1.5m³/h

- 例1～例3について、注水再開1.5m³/hとした場合の挙動を評価。
- いずれのケースでも、水位は低下継続とならずT.P9700付近で安定する。



【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

■ RPV底部温度計

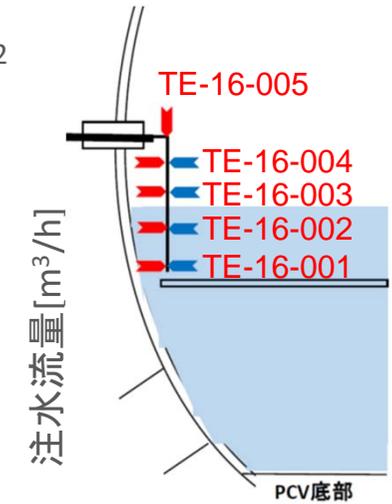
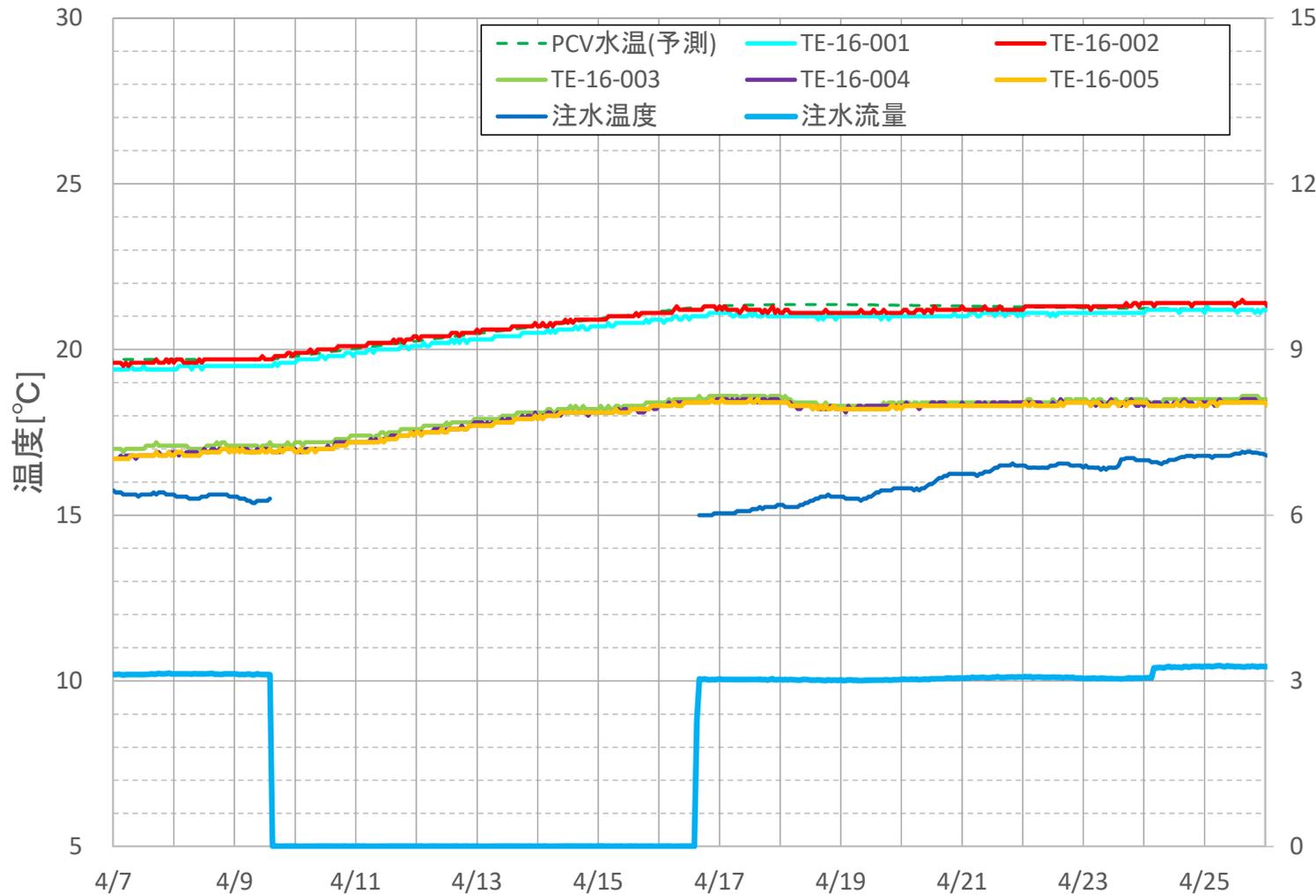
サービス名称	Tag No.	No.
RPV底部ヘッド上部温度	TE-2-3-69H1	20
	TE-2-3-69H2	21
	TE-2-3-69H3	22
スカートジャンクション上部温度	TE-2-3-69F1	23
	TE-2-3-69F2	24
	TE-2-3-69F3	25

■ 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

【参考】PCV温度(新設)の推移 (実測値)

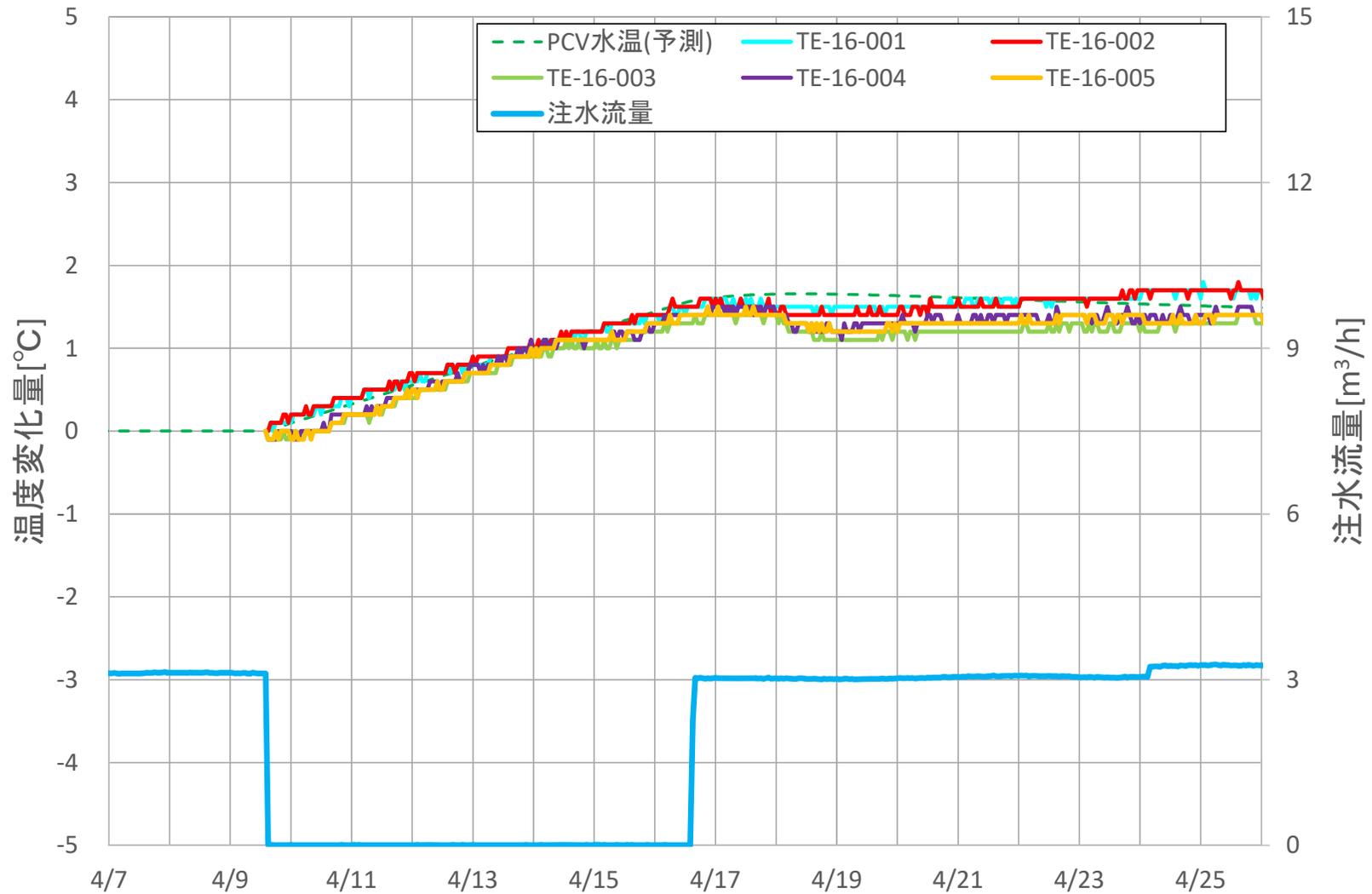
■ 注水停止後、緩やかに温度上昇。



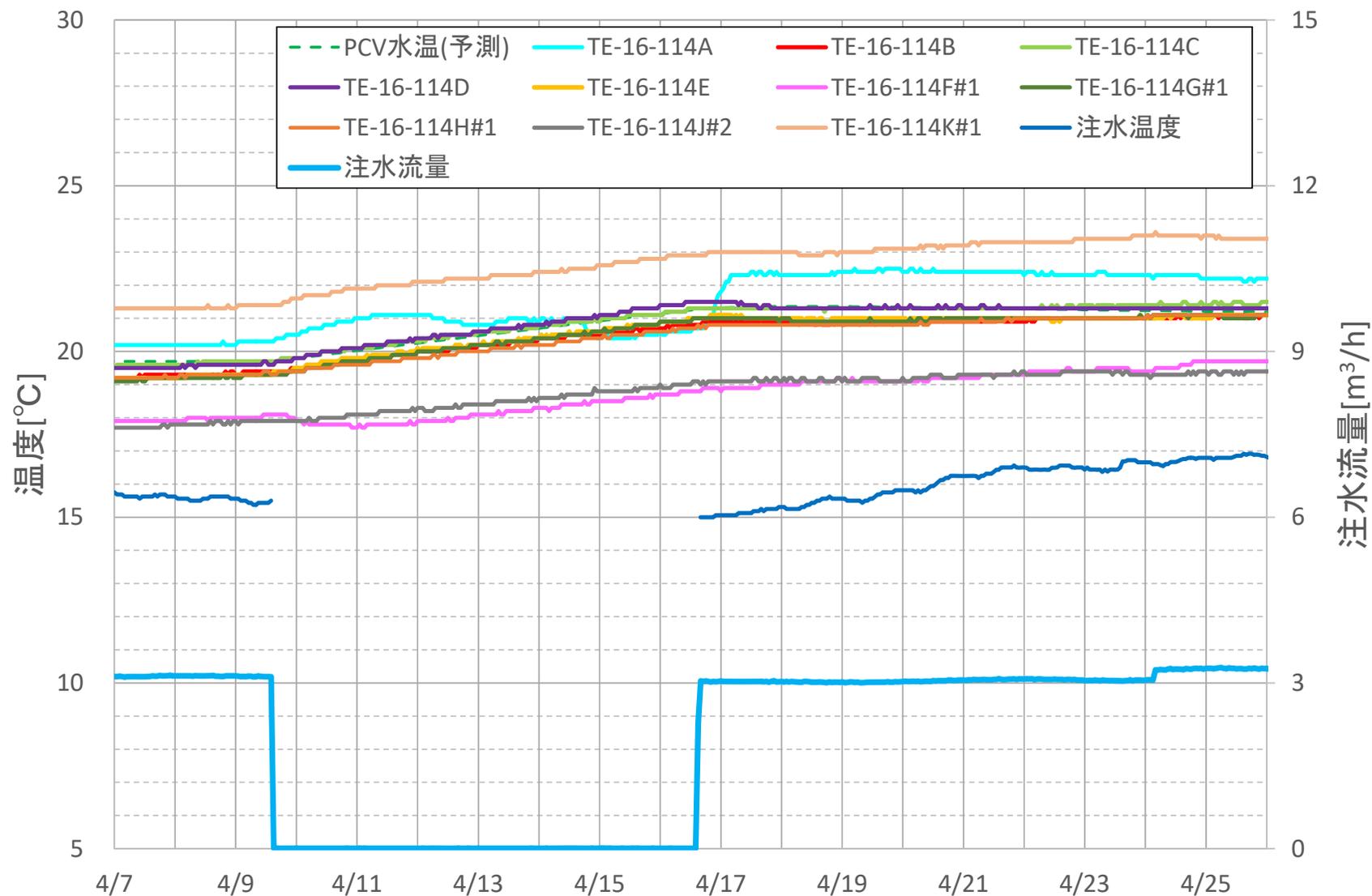
温度計	設置位置 (T.P)
TE-16-005	約10964
TE-16-004	約10714
TE-16-003	約10064
TE-16-002	約9264
TE-16-001	約8264

※予測温度は試験開始時の実績温度(TE-16-002)を基準としている

【参考】PCV温度(新設)の推移 (試験開始からの温度変化量)

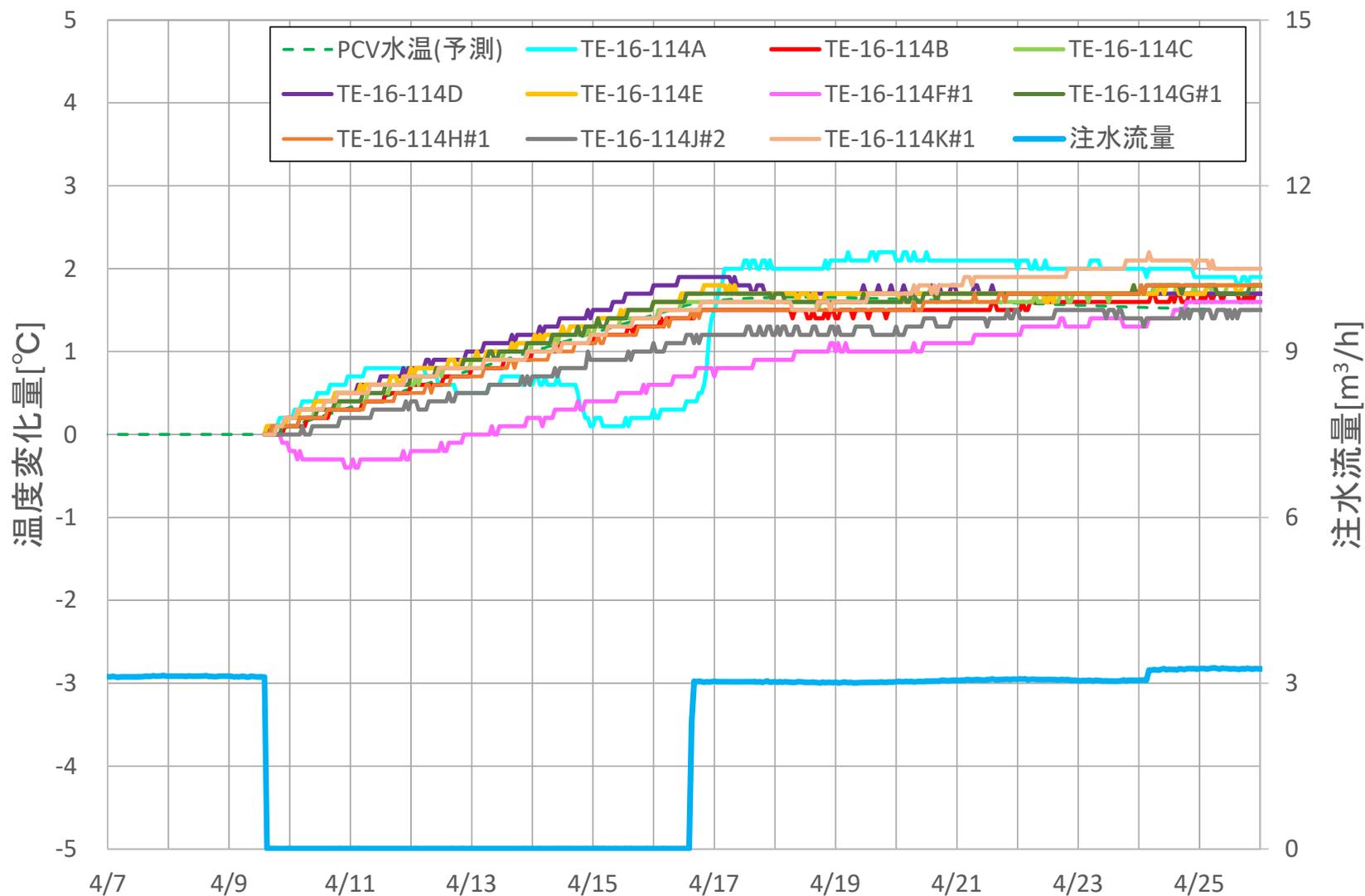


【参考】PCV温度(既設)の推移 (実測値)

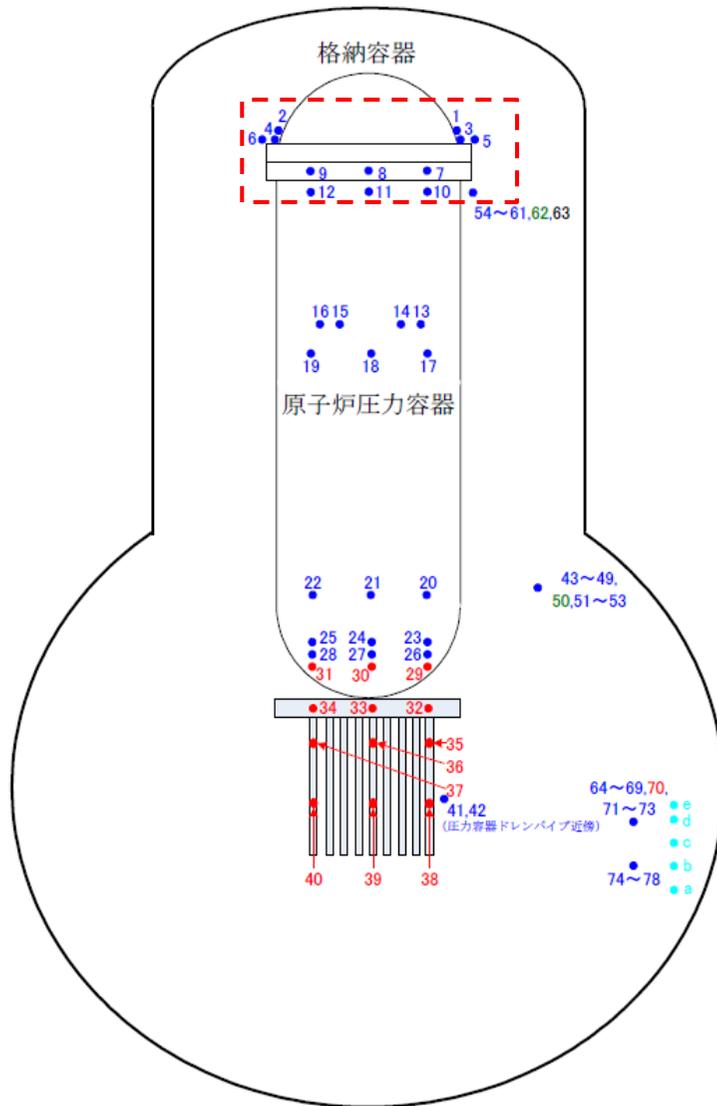


※予測温度は試験開始時の実績温度(TE-16-002)を基準としている

【参考】PCV温度(既設)の推移 (試験開始からの温度変化量)



【参考】 3号機 温度計配置図 (RPV上部温度)

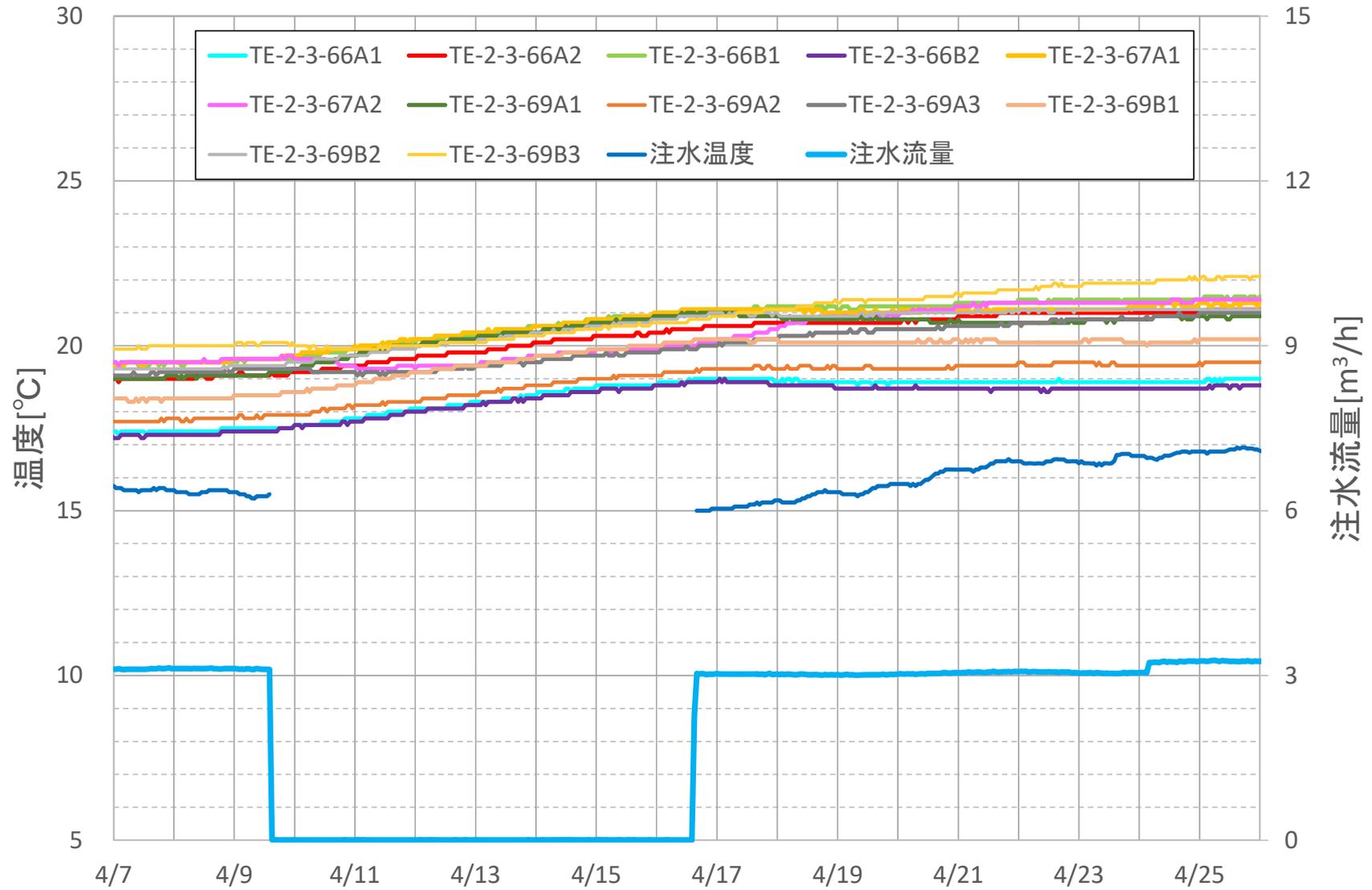


■ RPV上部温度計

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

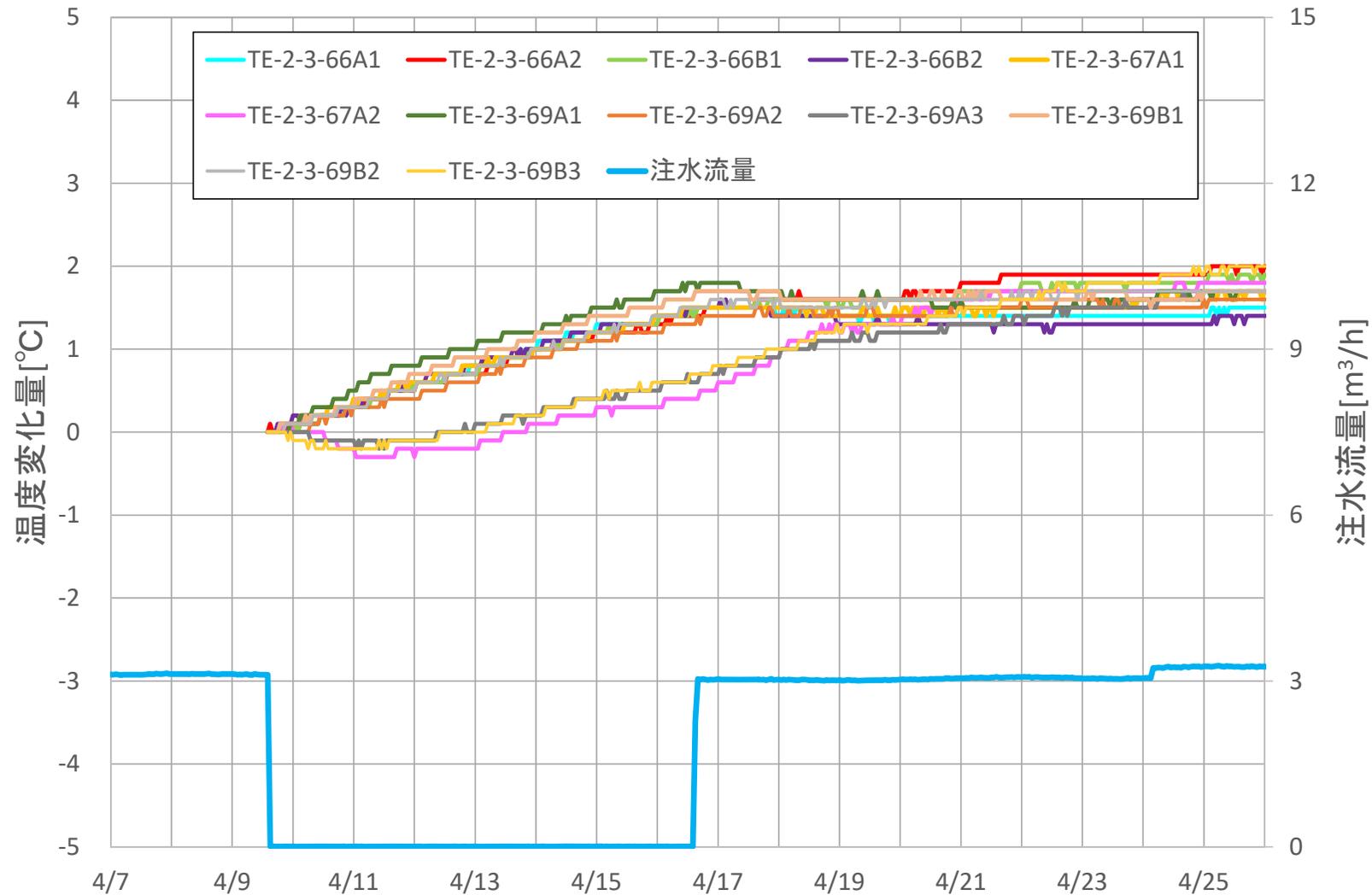
- 既設温度計
- 新設温度計
- 監視・評価対象外

【参考】 RPV上部温度の推移 (実測値)

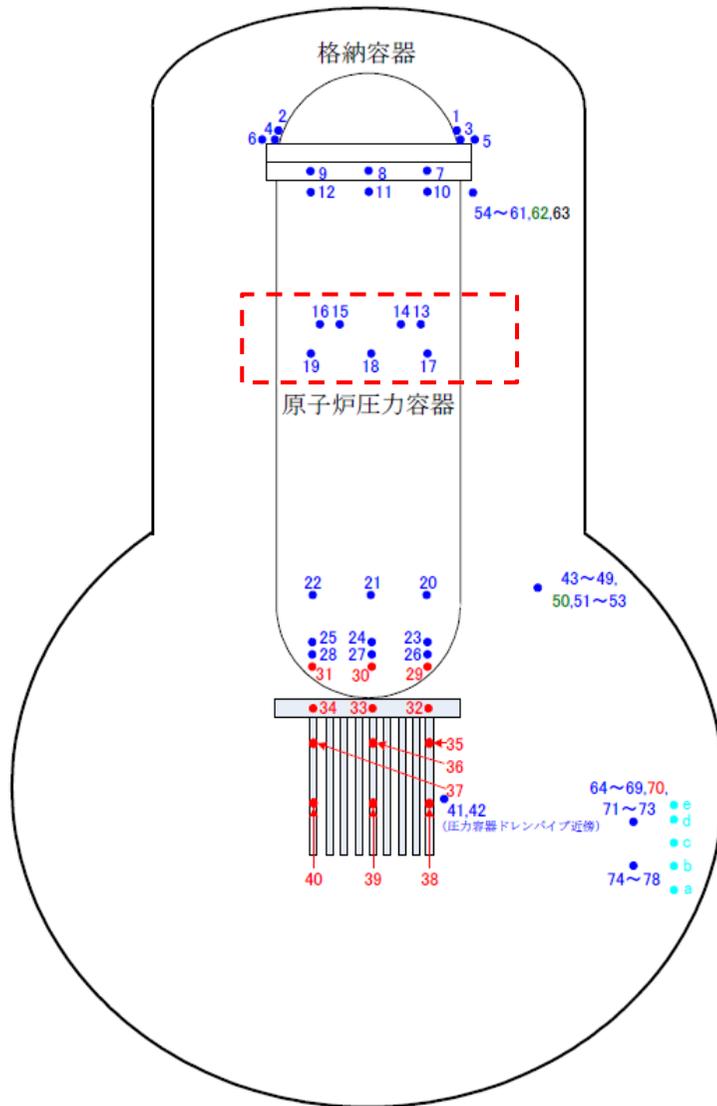


【参考】 RPV上部温度の推移（試験開始からの温度変化量）

- 一部の温度計では注水停止後、温度が低下した後に温度が上昇。RPV・PCV内における気体の流れ等による影響の可能性。



【参考】 3号機 温度計配置図 (給水ノズル周辺温度)

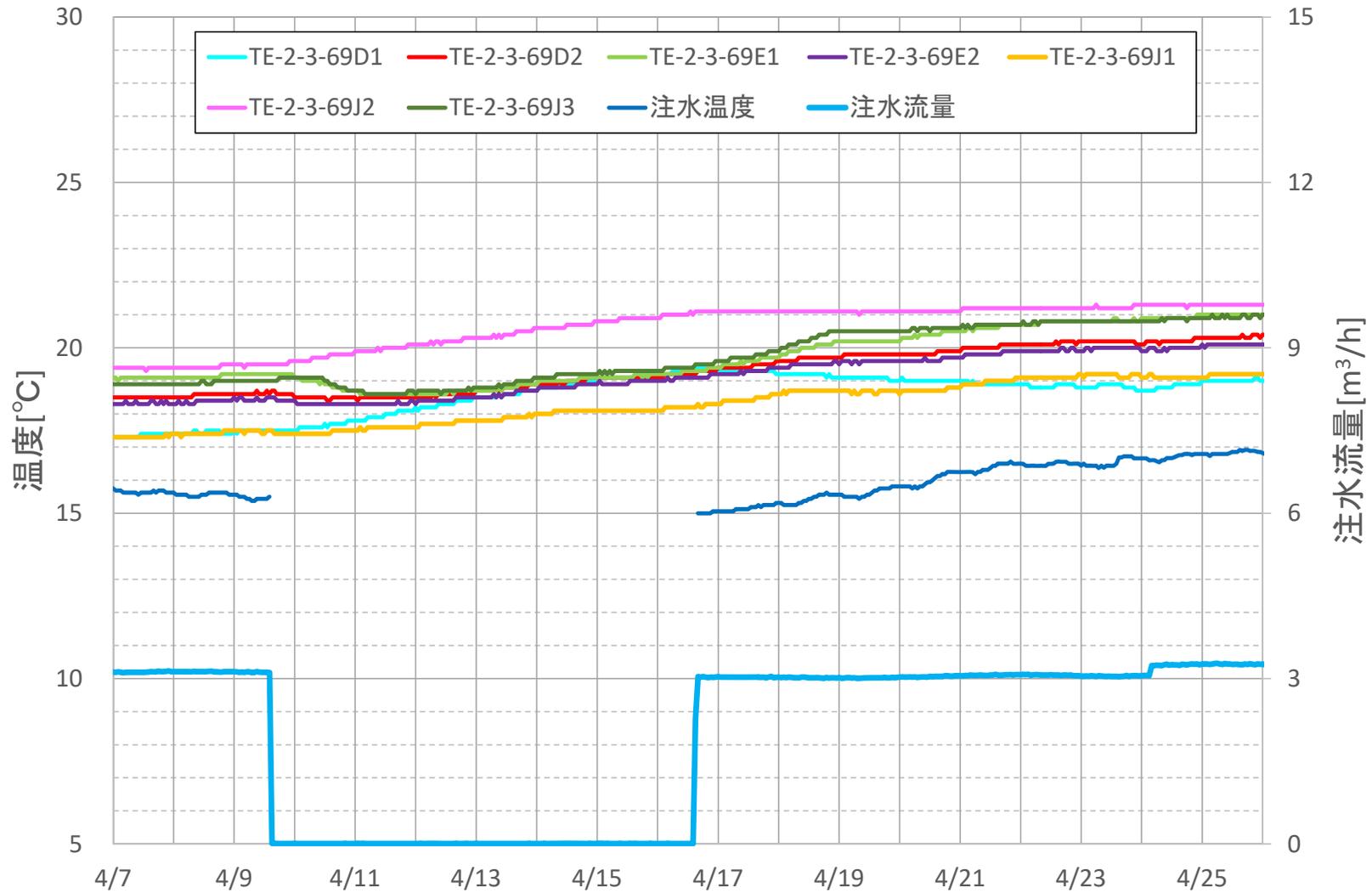


- 既設温度計
- 新設温度計
- 監視・評価対象外

■ RPV給水ノズル周辺温度計

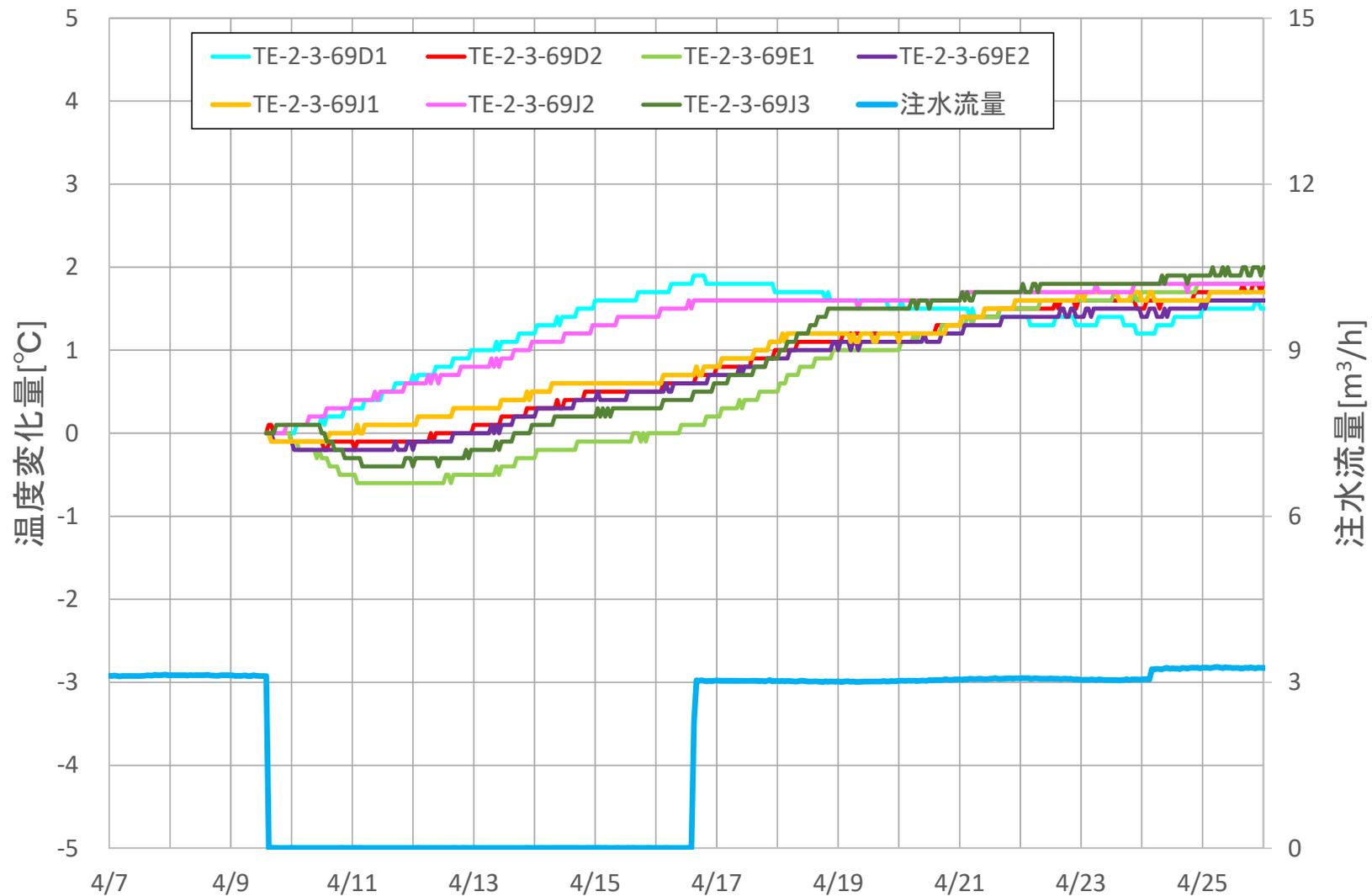
サービス名称	Tag No.	No.
RPV給水ノズルN4B温度	TE-2-3-69D1	13
	TE-2-3-69D2	14
RPV給水ノズルN4D温度	TE-2-3-69E1	15
	TE-2-3-69E2	16
RPV給水ノズル下部温度	TE-2-3-69J1	17
	TE-2-3-69J2	18
	TE-2-3-69J3	19

【参考】給水ノズル周辺温度の推移（実測値）



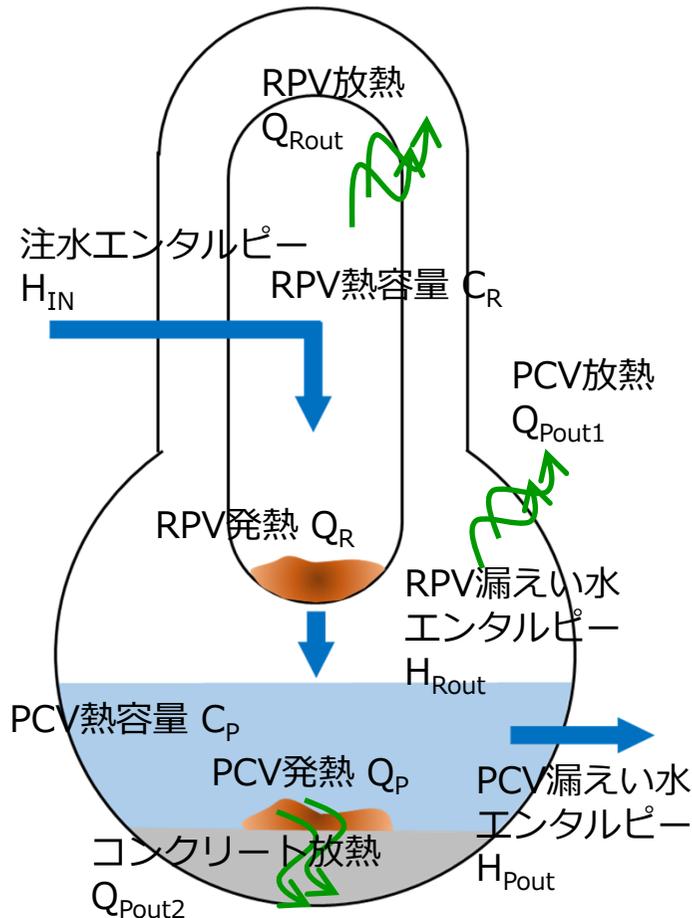
【参考】 給水ノズル周辺温度の推移 (試験開始からの温度変化量)

- 一部の温度計では注水停止後、温度が低下した後に温度が上昇。RPV・PCV内における気体の流れ等による影響の可能性。



【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

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

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