

2号機燃料デブリ冷却状況の確認試験について

2019年5月20日



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
 - ✓ 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

- STEP 1（注水量低減・増加）
 - ✓ 2019年4月2日～4月16日に実施
 - ✓ RPV底部温度やPCV温度の温度上昇は概ね予測どおり
 - ✓ ダスト濃度や希ガス(Xe135)等のパラメータも異常なし

- STEP 2（注水停止）
 - ✓ 2019年5月13日に短時間の注水停止を実施（試験は5月24日終了予定）
 - ✓ 注水停止中のRPV底部の温度上昇率は0.2℃/h以下であり予測と同程度
 - ✓ 現在までのRPV底部温度やPCV温度の温度上昇は概ね予測どおり
 - ✓ 現在までのダスト濃度や希ガス(Xe135)等のパラメータも異常なし

- 今後について
 - ✓ 実際の温度上昇と予測との差異や、温度計の設置位置による挙動の違いなどを評価
 - ✓ 他号機での試験等、追加試験を検討

冷却性確認試験の目的

- 現在、1～3号機の原子炉内には安定的に注水している。また、炉内に残る燃料デブリの崩壊熱は大幅に減少している
- 一方で、原子炉内への注水が停止した場合の温度評価にあたっては、燃料デブリの崩壊熱のみを考慮し、自然放熱による温度低下等は考慮していない状況



原子炉注水の低減や停止試験を通じて、燃料デブリの冷却状況を把握するとともに、気中への放熱も考慮した実態に近い温度評価（熱バランス評価）の正確さを確認し、緊急時対応手順の適正化などの改善に繋げる。

①緊急時対応手順の適正化

原子炉注水が停止した場合の温度変化を把握することで、もっと緊急性の高い他の対応にリソースを割くなど、より適正な復旧対応の手順に見直すことが可能となる。

	温度上昇率	RPV底部温度が80℃* ¹ に達する時間* ²
現在の評価	約5℃/h	約10時間
見直し中の評価	約0.2℃/h	約12日

*1 実施計画上の運転上の制限

*2 初期温度30℃としたとき

②運転・保守管理上の改善

原子炉注水設備のポンプ切替時に注水量に極力変化がないようにするための複雑な操作から、片方を止めた上でもう片方を起動するというシンプルな操作に見直すなど、運転・保守上の改善（ヒューマンエラーの低減など）が見込まれる。

冷却性確認試験の内容

STEP 1 (注水量低減・増加)

- 原子炉注水量を $3.0\text{m}^3/\text{h}$ から $1.5\text{m}^3/\text{h}$ に減らし、冷却条件の変化が与える影響を確認する
- 注水停止後の注水再開にあたり、設備上必要となる $1.5\text{m}^3/\text{h}$ の注水量増加幅の影響を確認する

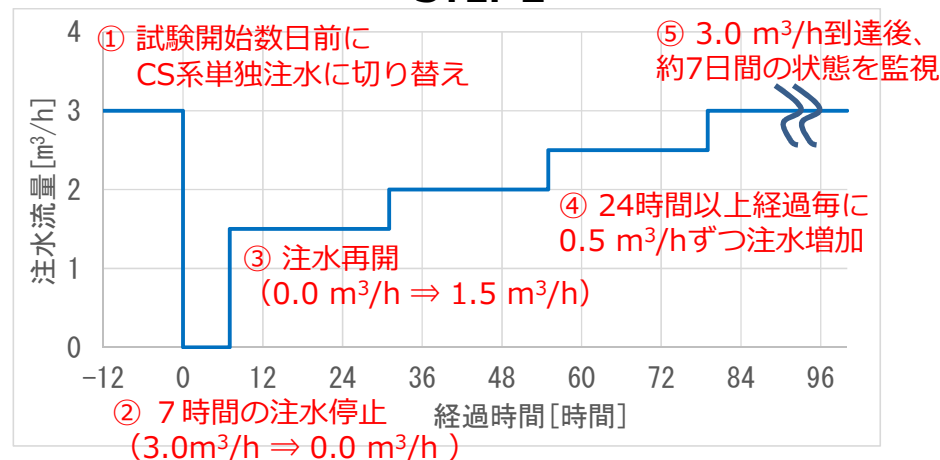
STEP 1



STEP 2 (注水停止)

- 原子炉注水の一時的な停止と再注水によっても、予め評価したとおり安全上の影響がないことを確認する

STEP 2



STEP 1 の結果

- 2号機の原子炉注水量を3.0m³/hから1.5m³/hまで低減、および1.5m³/hから3.0m³/hに増加し、原子炉の冷却状態に異常がないことを確認

<操作実績>

- 2019年4月2日 10:05～10:51 3.1 m³/h → 1.5 m³/h
- 2019年4月9日 10:07～10:43 1.4 m³/h → 3.0 m³/h

<原子炉の冷却状態>

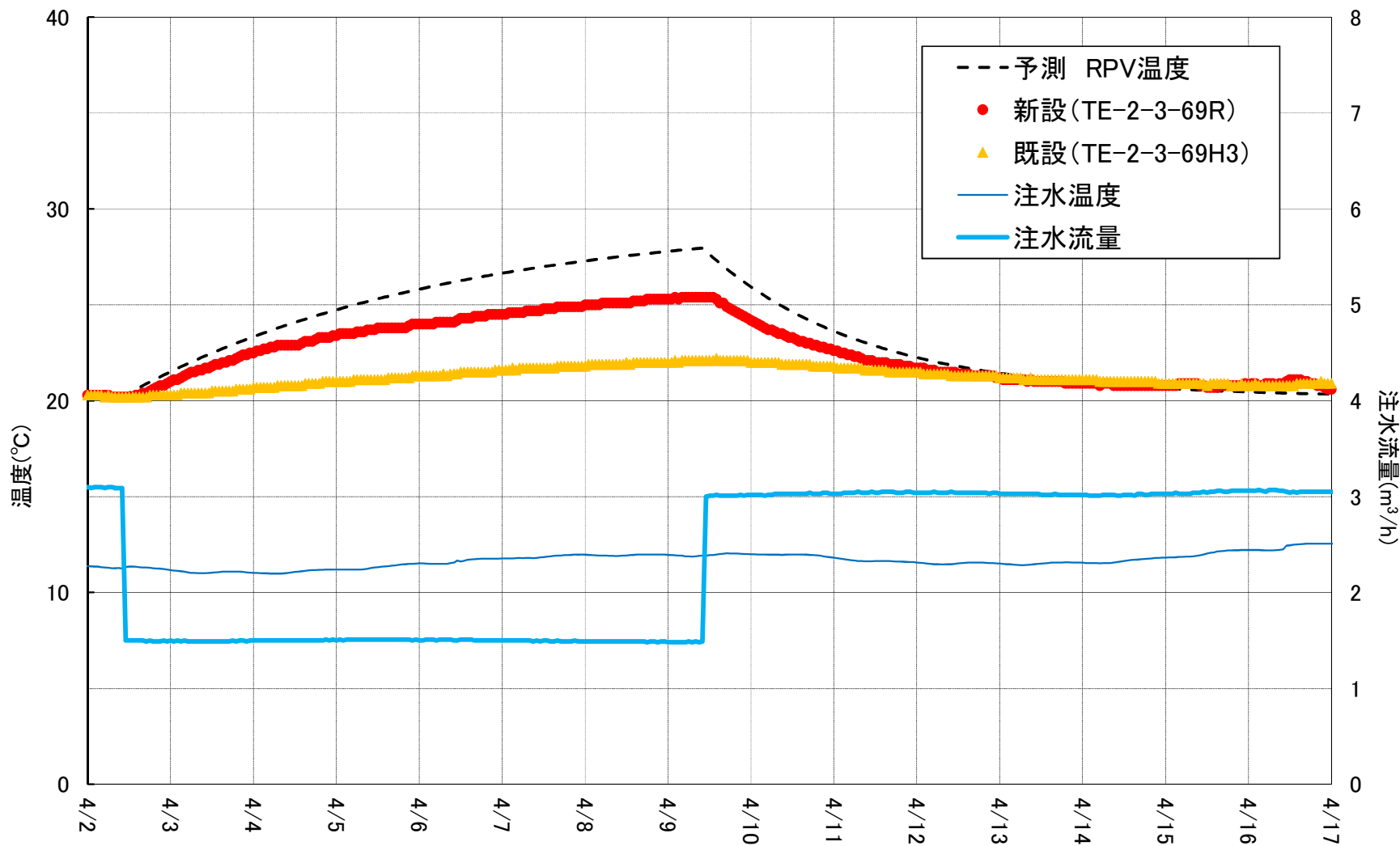
- RPV底部温度やPCV温度の挙動は、温度計毎にばらつきはあるが、概ね予測どおりであり、試験継続の判断基準（温度上昇15℃未満）を満足。

	温度上昇量	指示値	温度計	備考
RPV底部温度	5.2℃	20.2→ 25.4℃	TE-2-3-69R	上昇量、指示値最大
PCV温度	2.8℃	18.8→21.6℃	TE-16-114H#2	上昇量最大
	2.1℃	20.8→ 22.9℃	TE-16-114C	指示値最大

<その他のパラメータ>

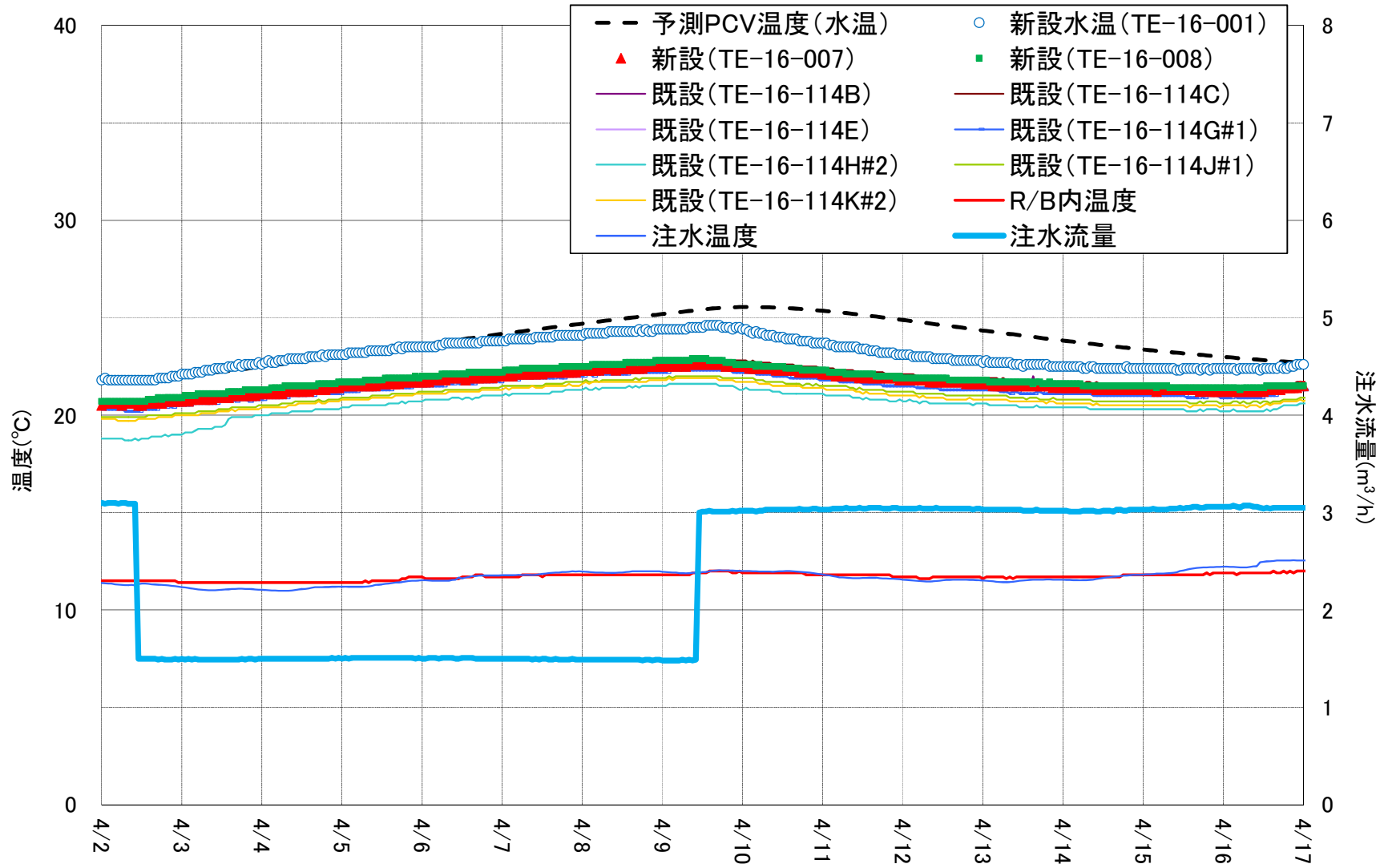
- PCVガス管理設備のダスト濃度に有意な上昇なし
- PCVガス管理設備の短半減期希ガス（Xe-135）は、原子炉注水量増加後も有意な上昇なく原子炉は未臨界を維持

STEP1 RPV底部温度の推移



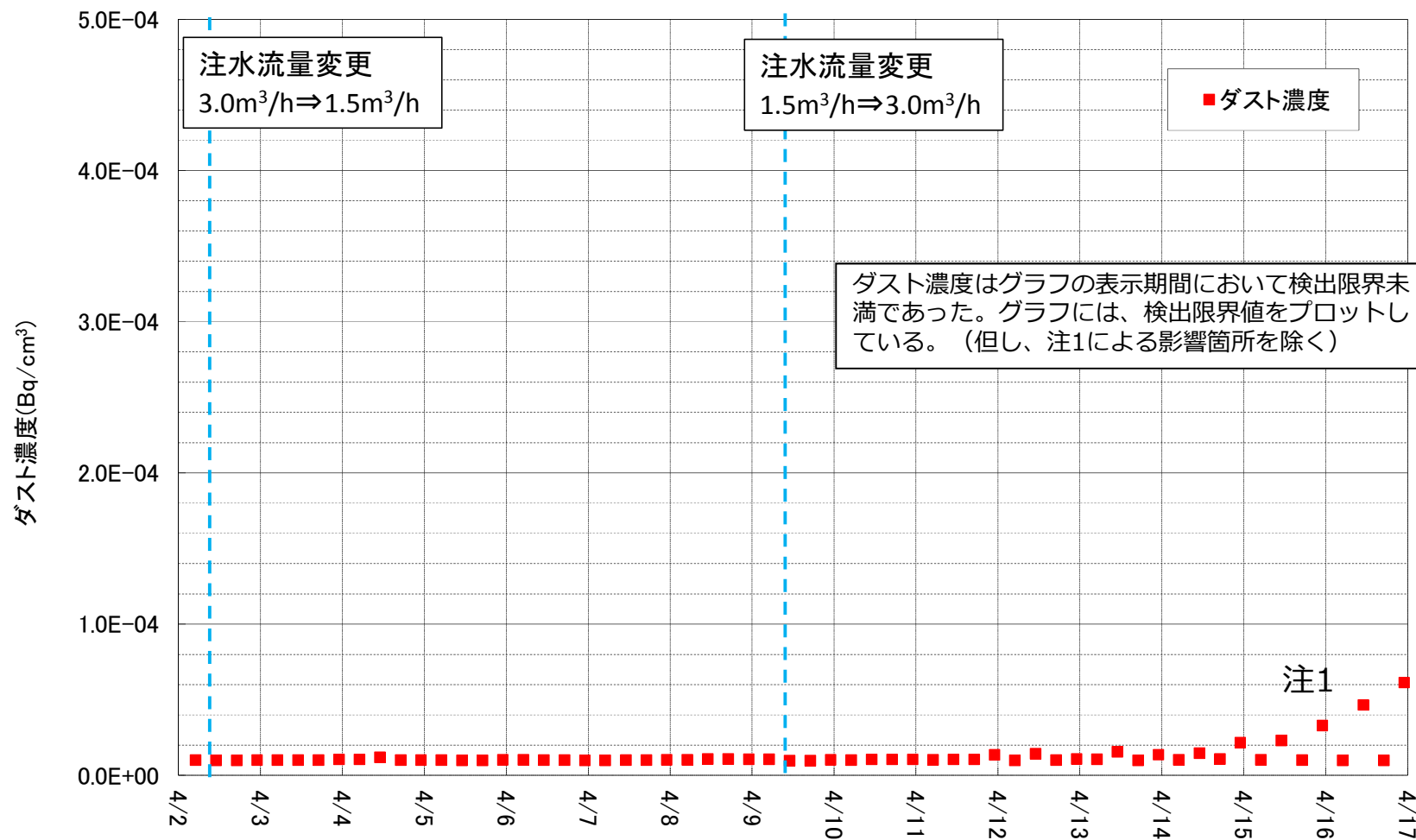
※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載

STEP 1 PCV温度の推移



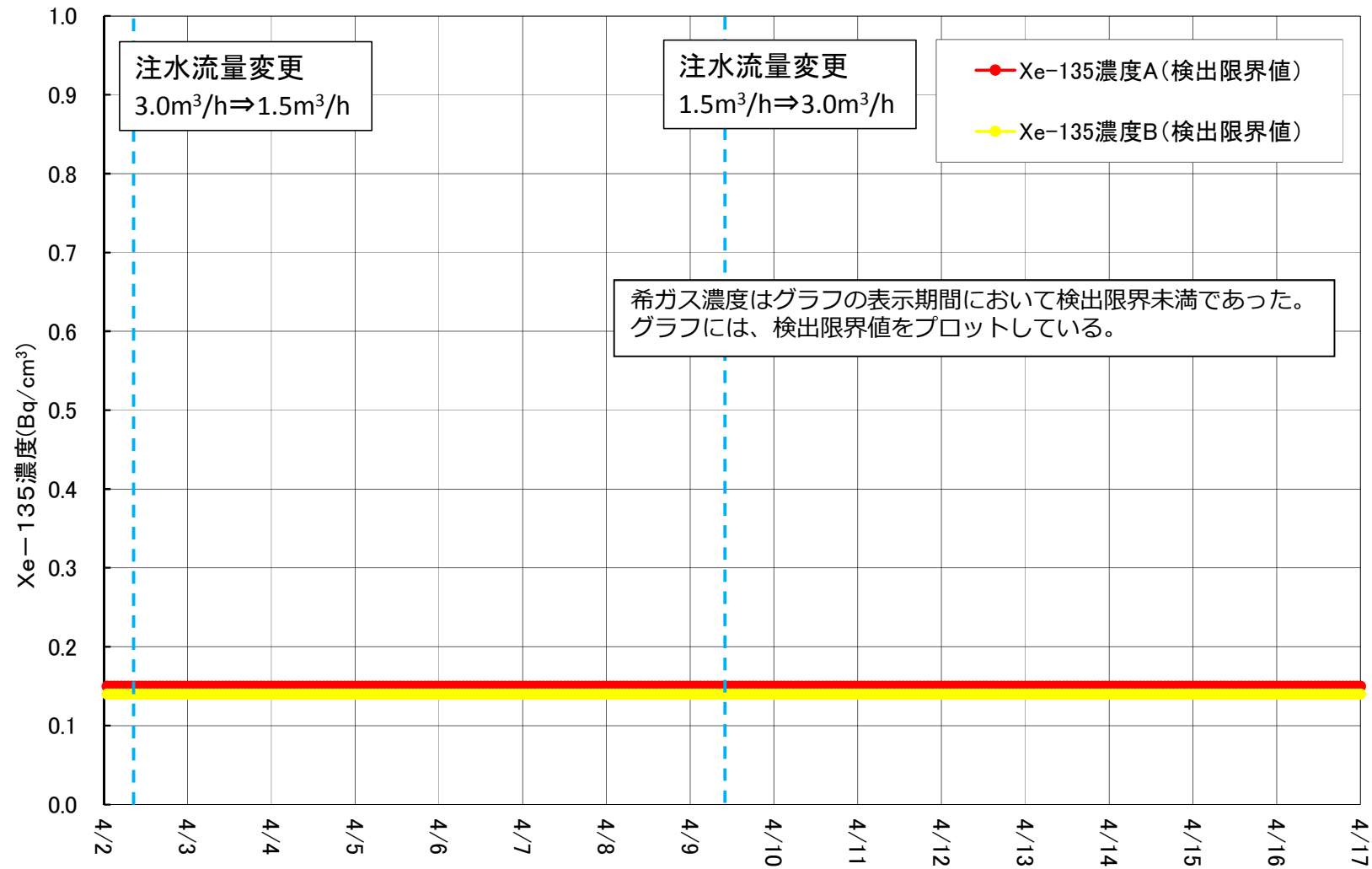
※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載

STEP1 PCVガス管理設備 ダスト濃度の推移



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。

STEP1 PCVガス管理設備 希ガス(Xe135)の推移



STEP 2の結果（速報）

- 2号機の原子炉注水を短時間停止し、注水停止中のRPV底部の温度上昇率は0.2℃/h以下と予測と同程度であることを確認

<操作実績>

- 2019年5月13日 10:11～10:40 3.0 m³/h → 0.0 m³/h
- 2019年5月13日 18:17～18:54 0.0 m³/h → 1.5 m³/h
- 2019年5月15日 10:03～10:18 1.5 m³/h → 2.0 m³/h
- 2019年5月16日 13:36～13:58 2.0 m³/h → 2.5 m³/h

<注水停止中のRPV底部の温度上昇率>

温度上昇率	温度上昇量	指示値	温度計	備考
0.2℃/h以下	1.0℃	24.5→25.5℃	TE-2-3-69R	指示値は10時と18時の定時データ

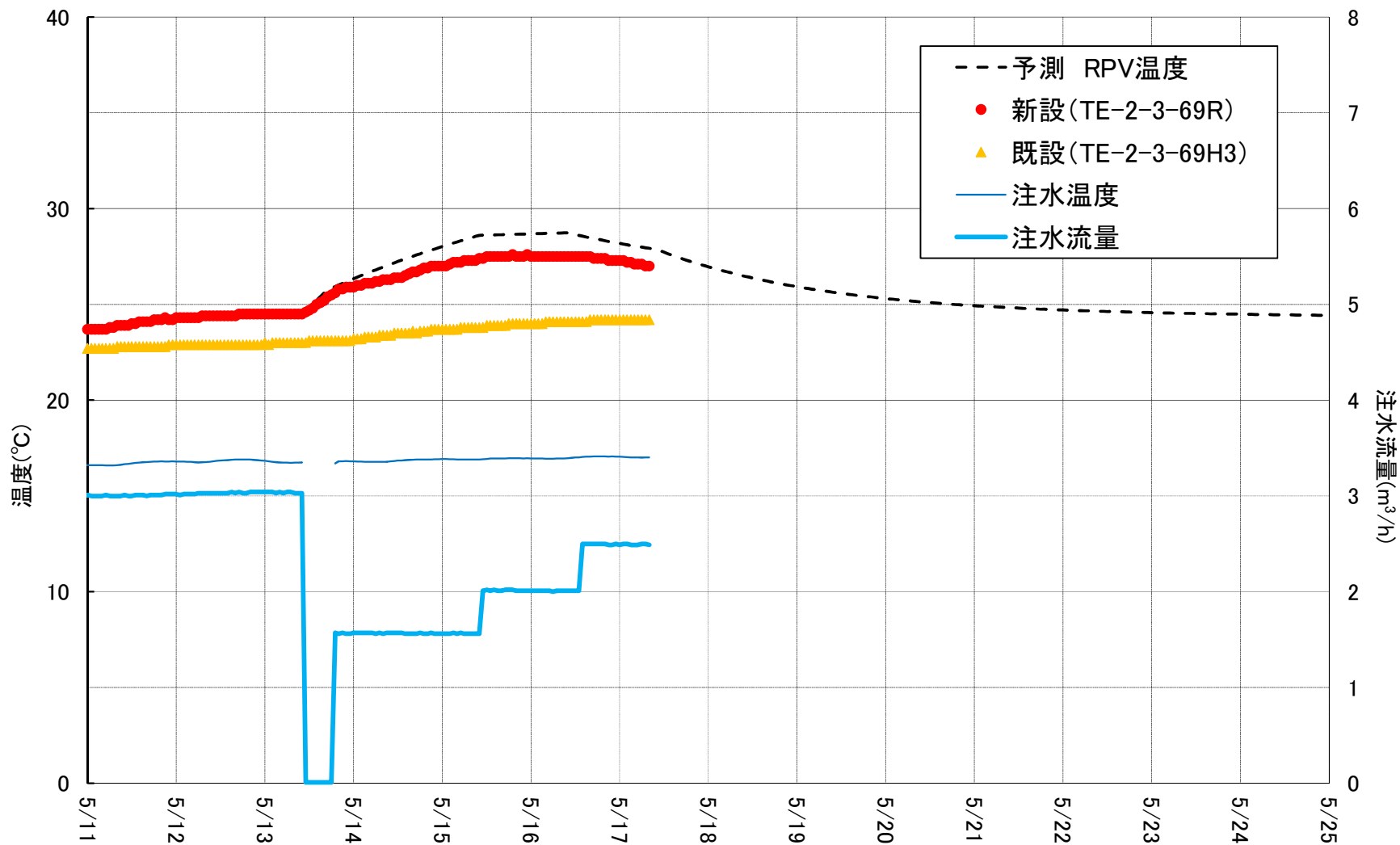
<原子炉の冷却状態>

- 現在までの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、概ね予測どおりであり、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>

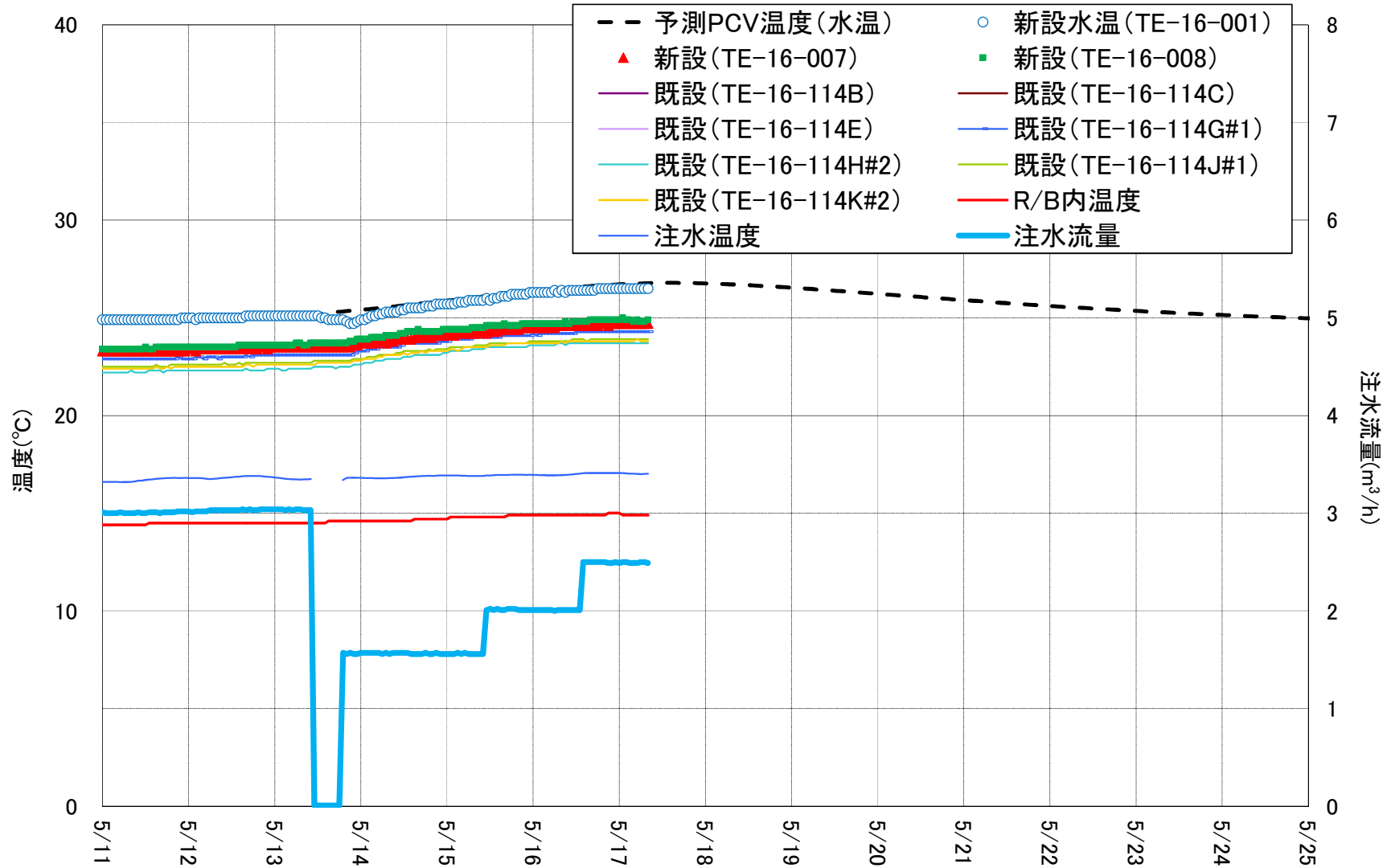
- 現在までのPCVガス管理設備のダスト濃度に有意な上昇なし
- 現在までのPCVガス管理設備の短半減期希ガス（Xe-135）は、原子炉注水量増加後も有意な上昇なく原子炉は未臨界を維持

STEP2 RPV底部温度の推移



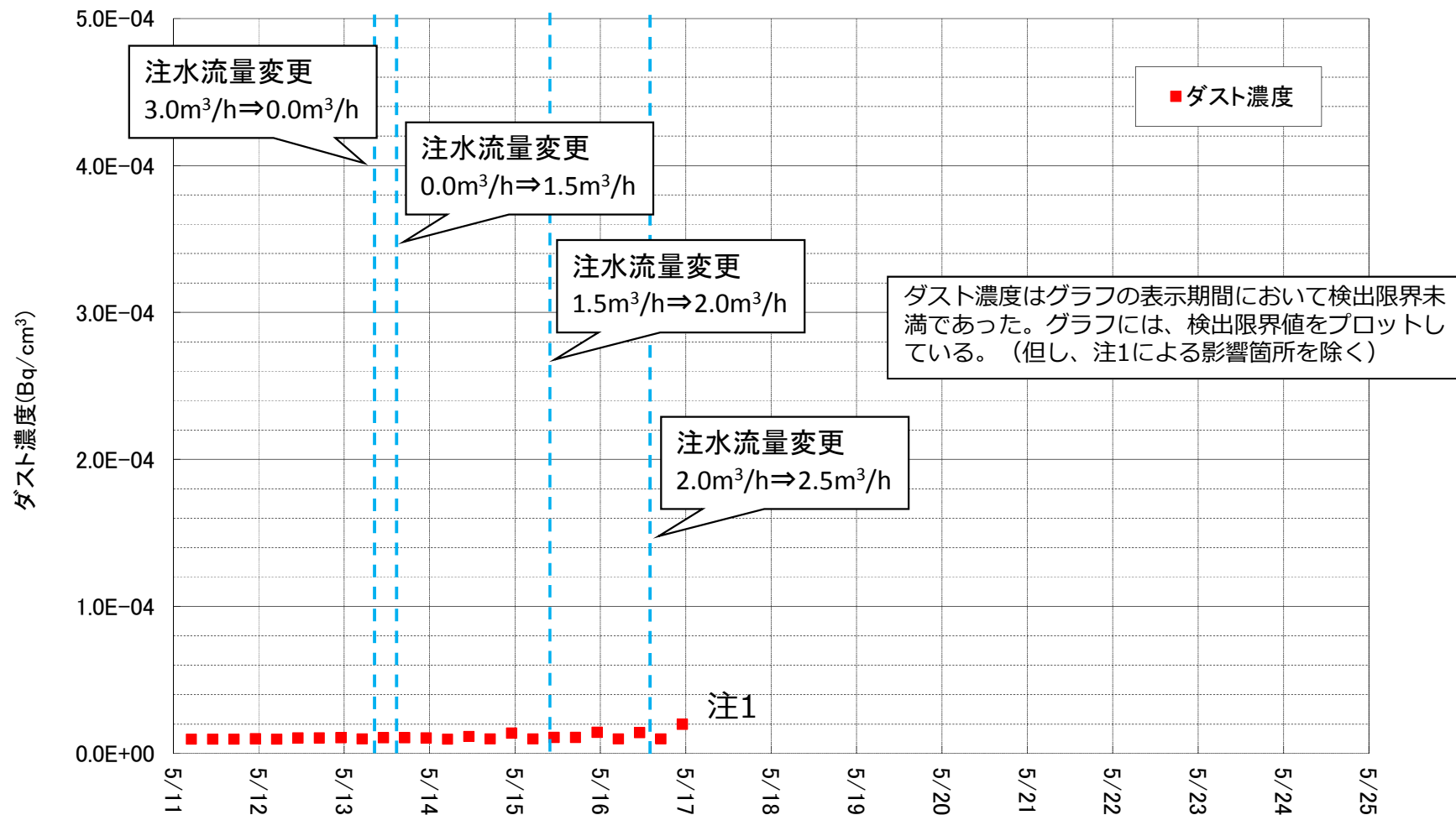
※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載

STEP2 PCV温度の推移



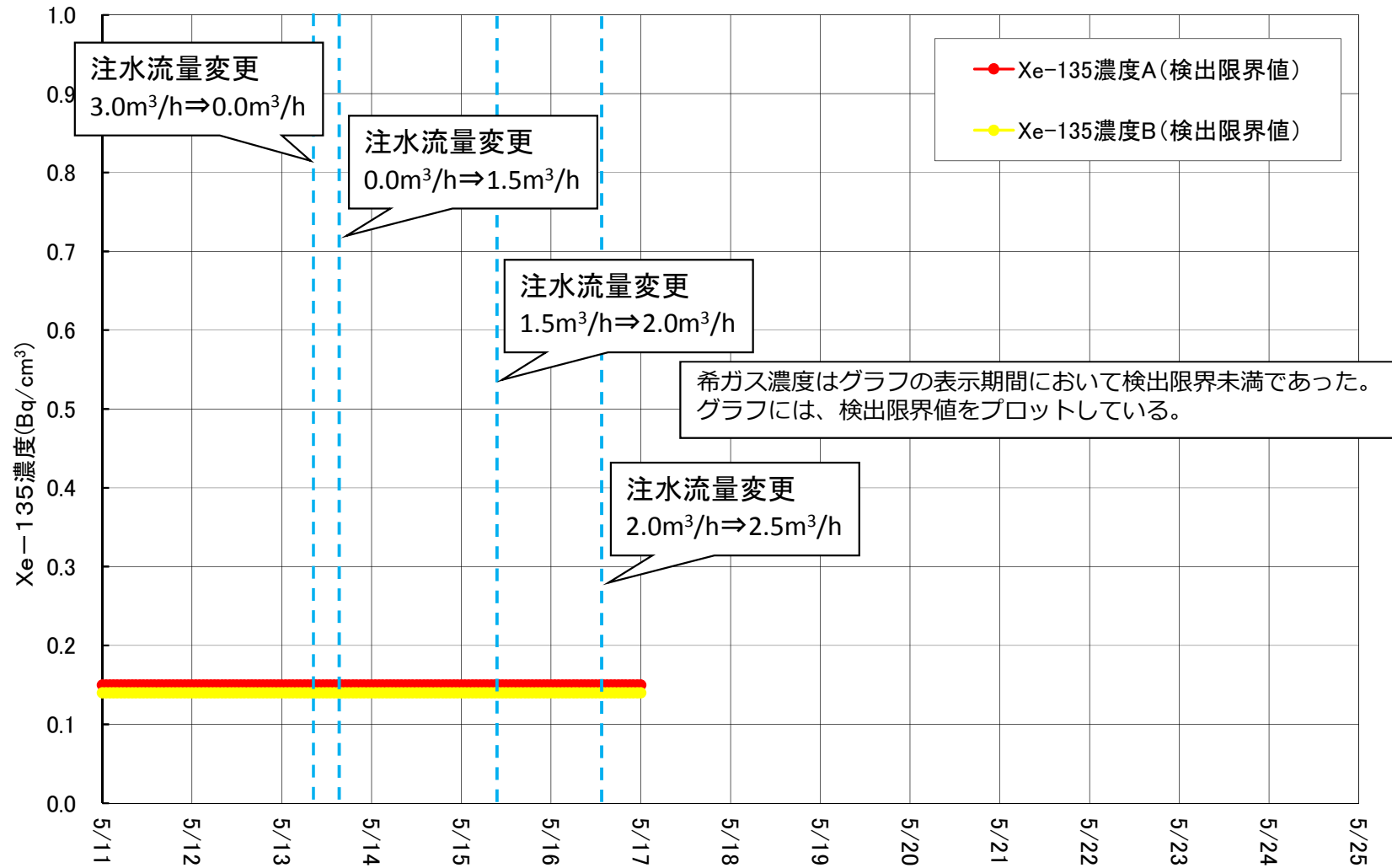
※予測温度は試験開始時の実績温度を基準として記載

STEP2 PCVガス管理設備 ダスト濃度の推移

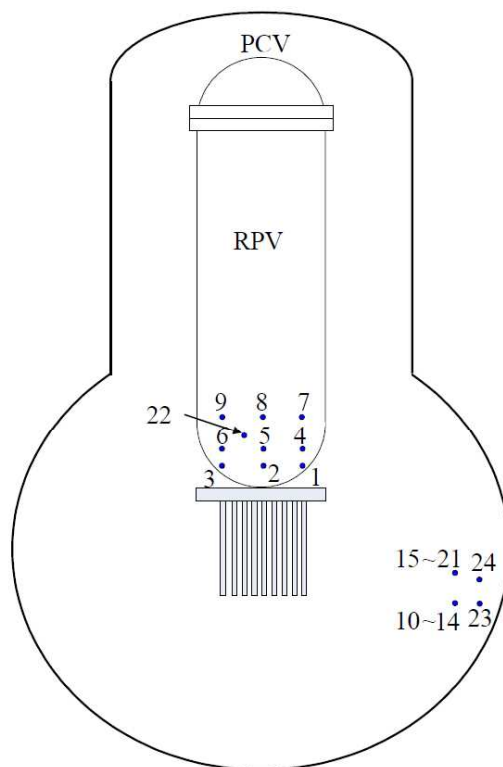


注1 定例的なBG測定による一時的な変動であり実際にPCV内のダスト濃度が上昇したことを示すものではない。

STEP2 PCVガス管理設備 希ガス(Xe135)の推移



(参考) 2号機 温度計設置位置 (RPV底部、PCV)



No	計器名	保安規定の監視対象計器(*)
1	vessel bottom head (TE-2-3-69L1)	—
2	vessel bottom head (TE-2-3-69L2)	—
3	vessel bottom head (TE-2-3-69L3)	—
4	vessel bottom above skirt jct (TE-2-3-69F1)	—
5	vessel bottom above skirt jct (TE-2-3-69F2)	—
6	vessel bottom above skirt jct (TE-2-3-69F3)	—
7	vessel wall above bottom head (TE-2-3-69H1)	—
8	vessel wall above bottom head (TE-2-3-69H2)	—
9	vessel wall above bottom head (TE-2-3-69H3)	○
10	return air drywell cooler (TE-16-114A)	—
11	return air drywell cooler (TE-16-114B)	○
12	return air drywell cooler (TE-16-114C)	○
13	return air drywell cooler (TE-16-114D)	—
14	return air drywell cooler (TE-16-114E)	○
15	supply air D/W cooler(TE-16-114F#1)	—
16	supply air D/W cooler(TE-16-114G#1)	○
17	supply air D/W cooler(TE-16-114H#2)	○
18	supply air D/W cooler(TE-16-114J#1)	○
19	supply air D/W cooler(TE-16-114K#2)	○
20	PCV 温度(TE-16-114W#1)	撤去済
21	PCV 温度(TE-16-114W#2)	撤去済
22	RPV 温度(TE-2-3-69R)	○
23	PCV 温度(TE-16-007)	○
24	PCV 温度(TE-16-008)	○

RPV底部温度計
(既設)

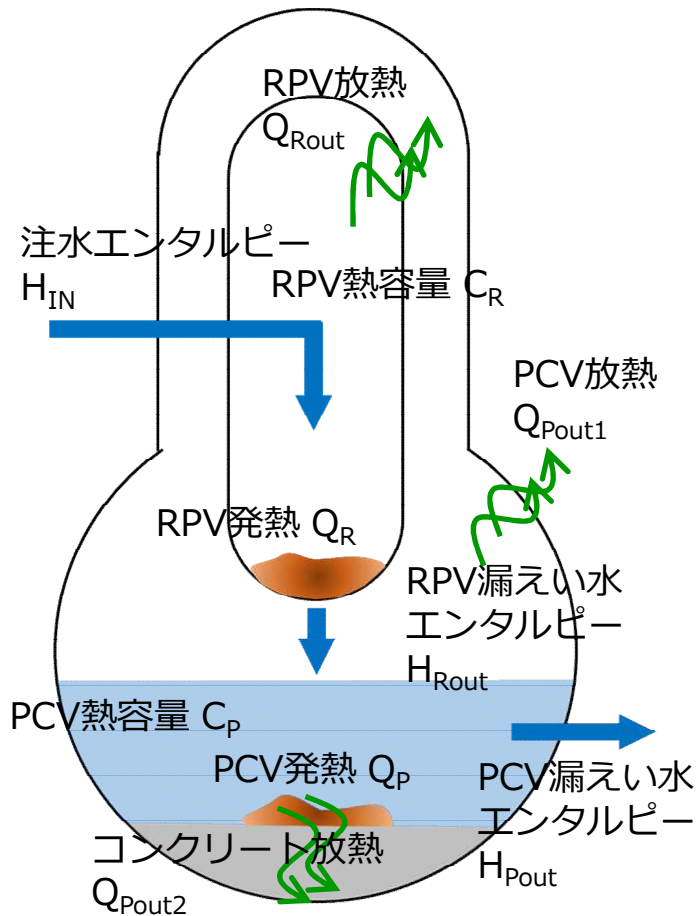
PCV温度計
(既設)

RPV底部温度計
(新設)

PCV温度計
(新設)

(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

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

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

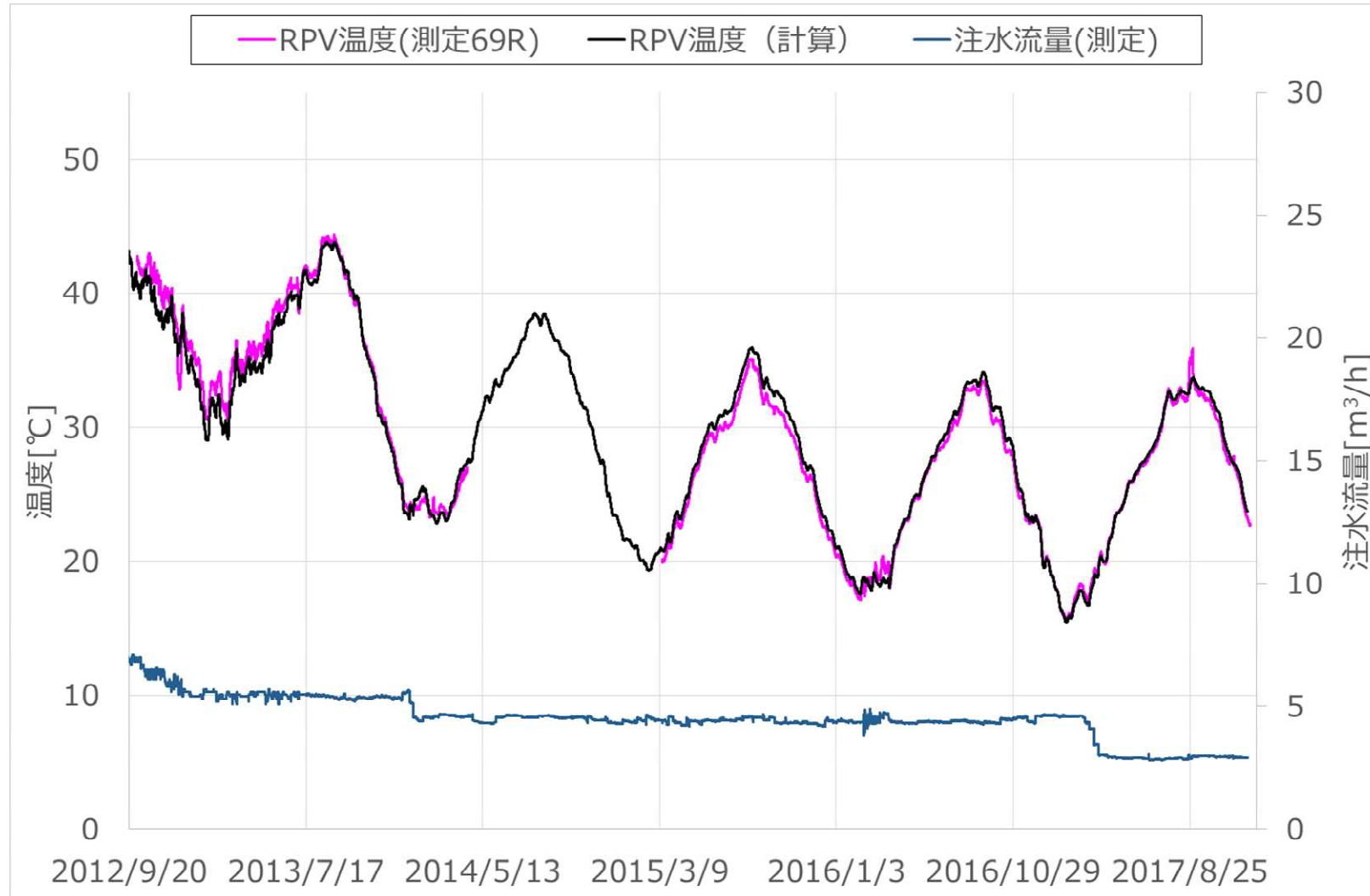
(2) PCVのエネルギー収支と温度変化の計算式

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

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

(参考) 熱バランスモデルによる2号機RPV温度の評価結果

- 評価条件には仮定が含まれるものの、計算したRPV温度が、実績のRPV底部温度（新設温度計）のトレンドを概ね再現した。



(参考) 熱バランスモデルによる2号機PCV水温の評価結果

- 評価条件には仮定が含まれるものの、計算したPCV水温が、実績のPCV水温（新設温度計）のトレンドを概ね再現した。

