

福島第一原子力発電所 1～3号機 原子炉注水量低減について

2017年5月22日



東京電力ホールディングス株式会社

1. 原子炉注水量低減の状況について

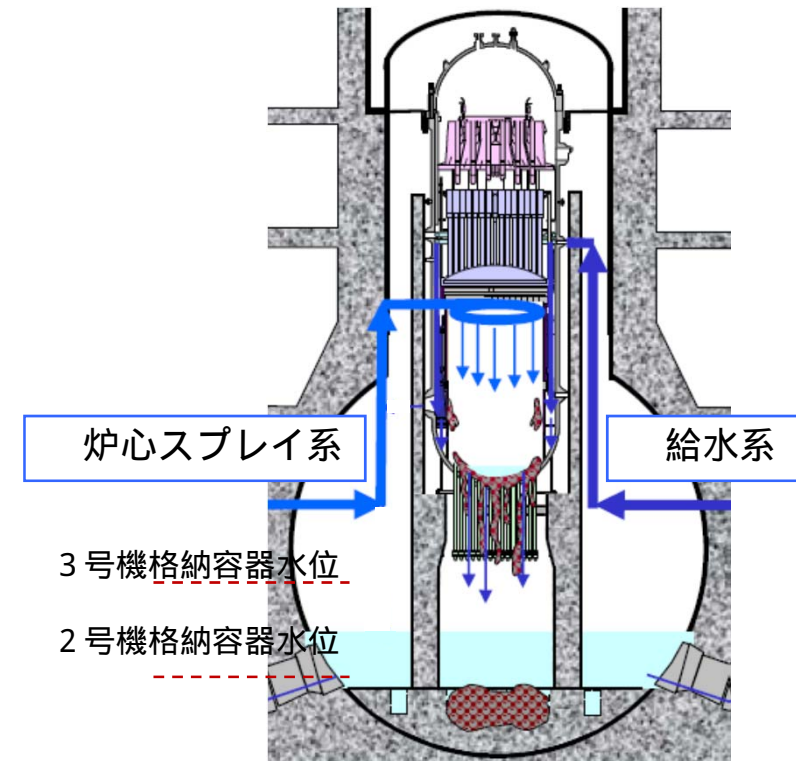
汚染水処理設備の余剰分を確保する一つの手段として、1～3号機の原子炉注水量を $3.0\text{m}^3/\text{h}$ に低減を実施した。

- ダストモニタ指示値に、大きな変動はなく、原子炉压力容器底部温度、格納容器内温度等の上昇は当初想定範囲内であった。しかしながら、原子炉压力容器底部温度及び格納容器内温度に若干の上昇があったことから、その要因について考察を実施する。
- 原子炉建屋地下の滞留水のサンプリングを実施した。

実際の注水流量は日常的な流量変動等により異なる場合がある

2. 原子炉冷却の概要

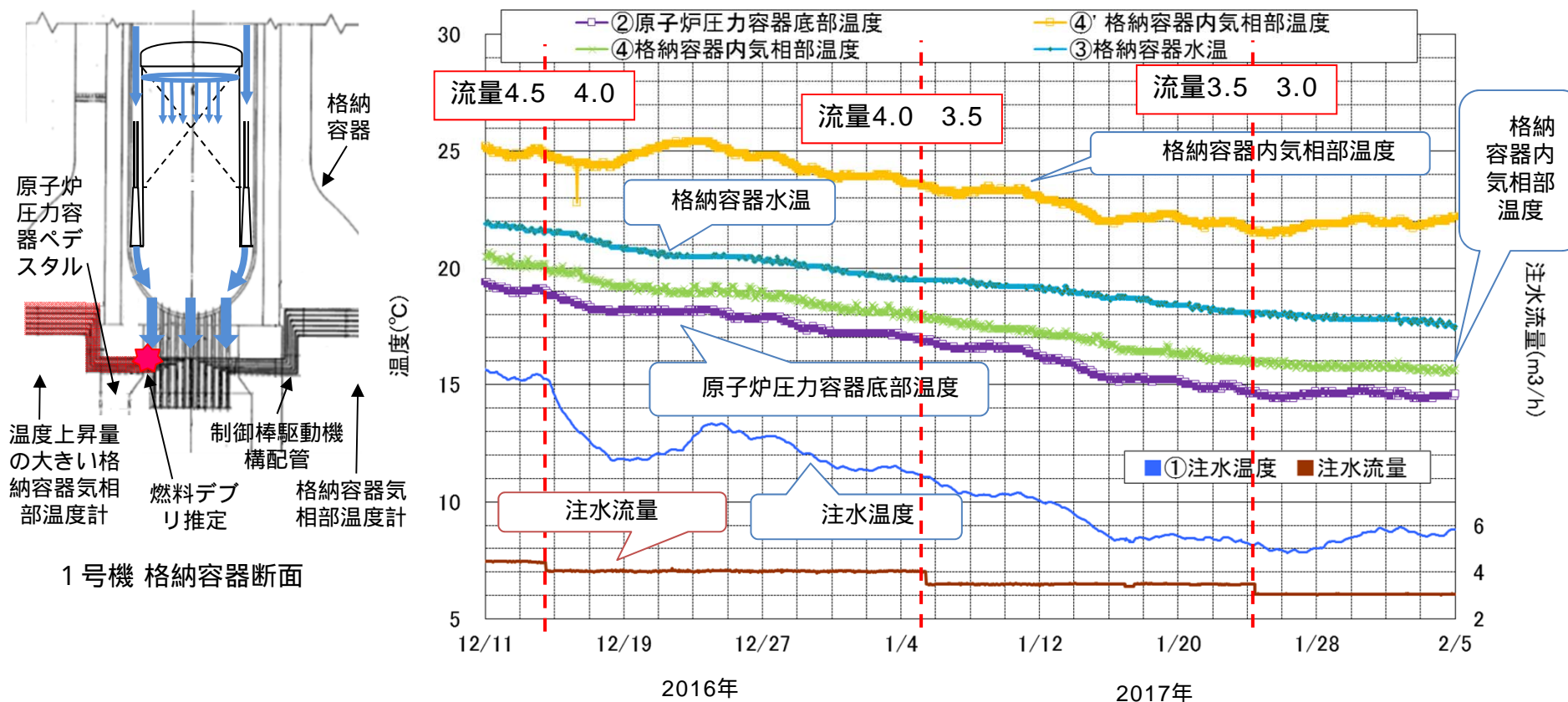
- 事故により燃料は溶融し，燃料デブリは原子炉圧力容器底部または格納容器底部に落下していると推定している。
 - 中間にある構造物に付着している燃料デブリも存在すると想定している。
- これらの燃料デブリを冷却するため，炉心スプレイ系，給水系から注水している。
- 冷却状態については，以下の温度計で監視している。
 - 注水温度
 - 原子炉圧力容器底部温度
 - 格納容器水温
 - 格納容器内気相部温度



炉心状態のイメージ
(1号機)

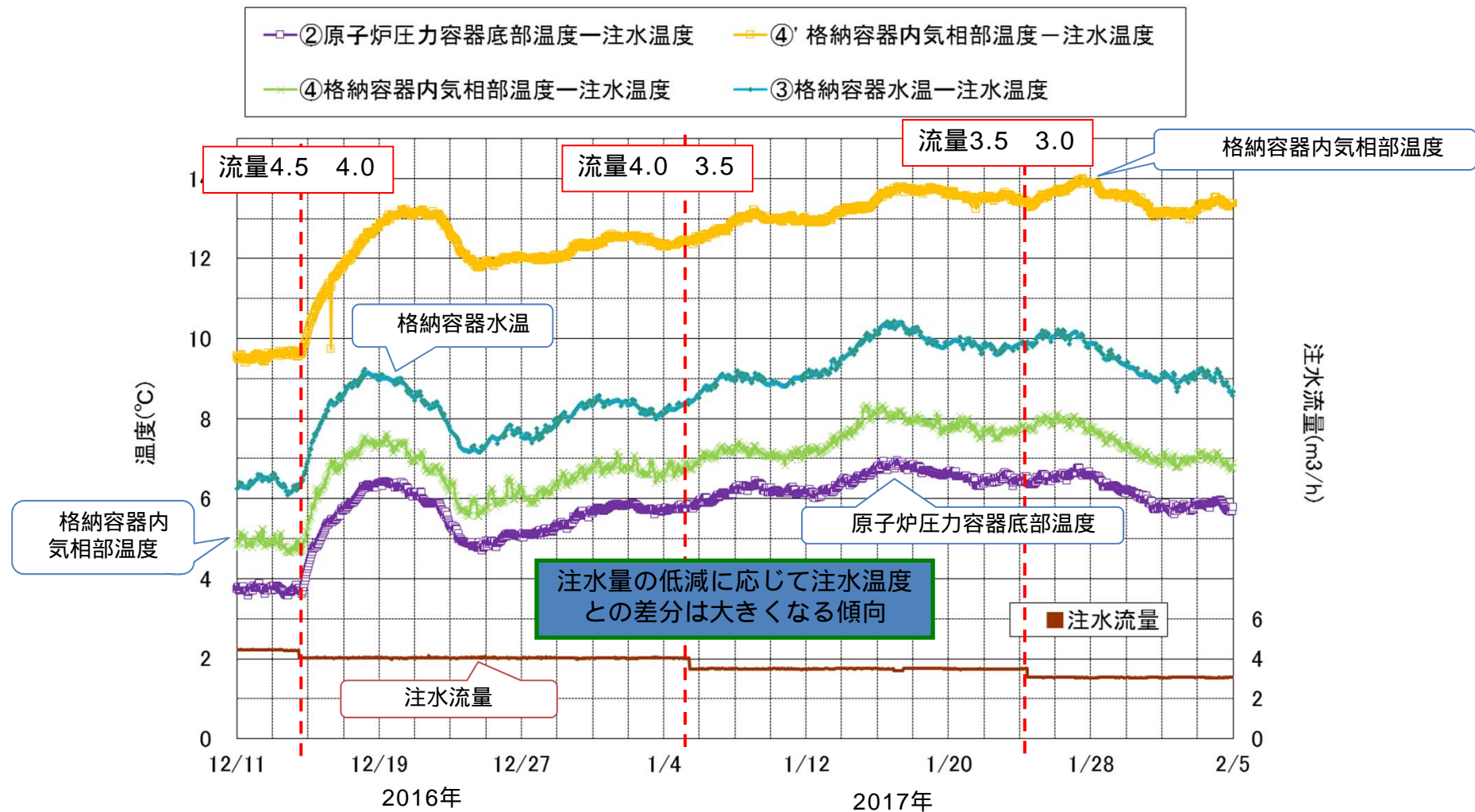
3.1 1号機 温度の推移 (2016年12月～2017年2月)

- 一部の格納容器内気相部温度 () が他の格納容器内気相部温度 () と比較して温度の上昇量が大きく、温度そのものも高い。
当該温度計に近い、原子炉圧力容器ペDESTAL内の構造物 (制御棒駆動機構配管) に燃料デブリが存在する可能性がある。



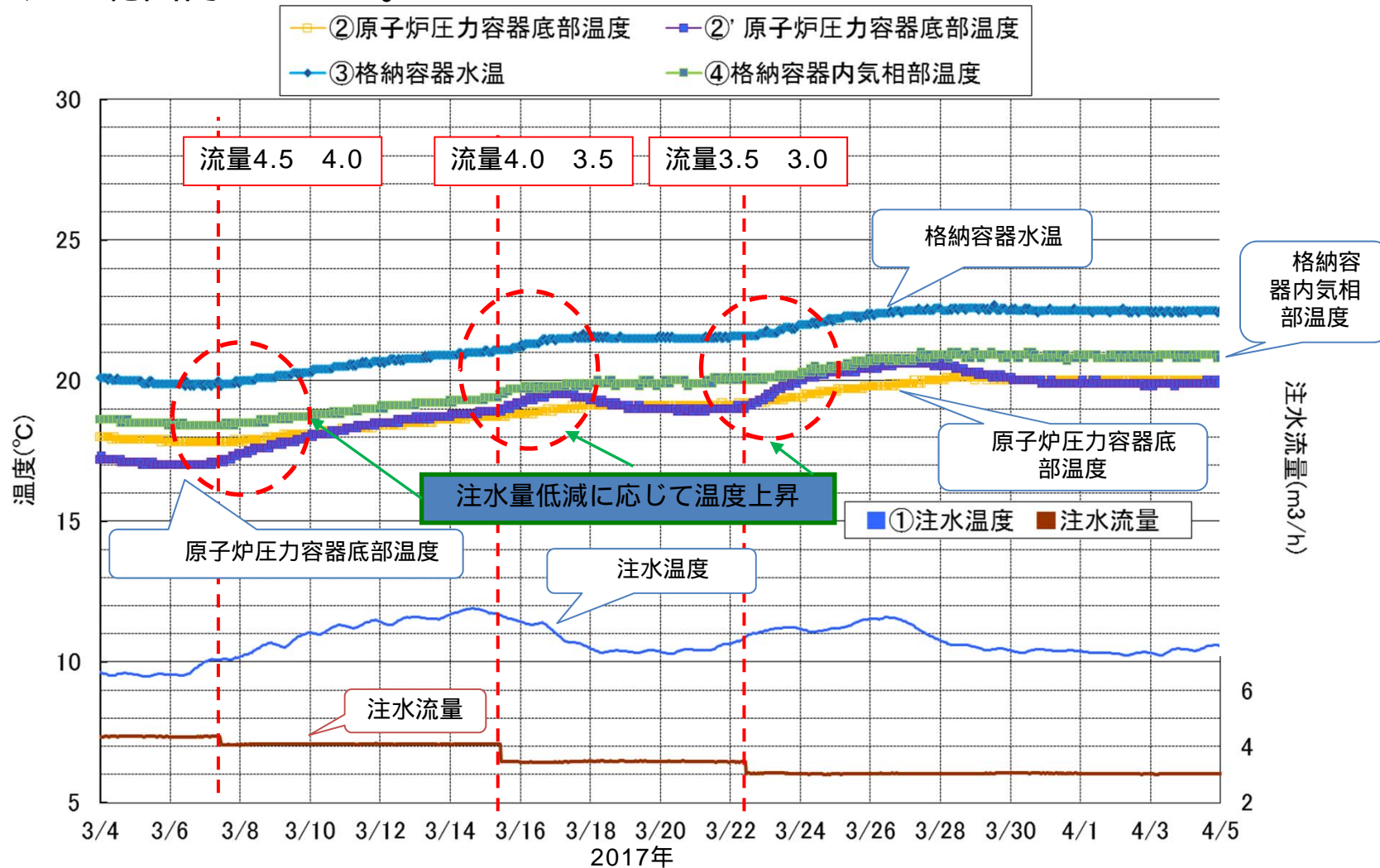
3.2 1号機 温度の差分の推移 (2016年12月～2017年2月)

- 格納容器内気相部温度，格納容器水温，原子炉压力容器底部温度と注水温度の差分は，注水量の低減に応じて大きくなる傾向であることから，注水の影響が確認でき，その影響は当初想定範囲内であった。



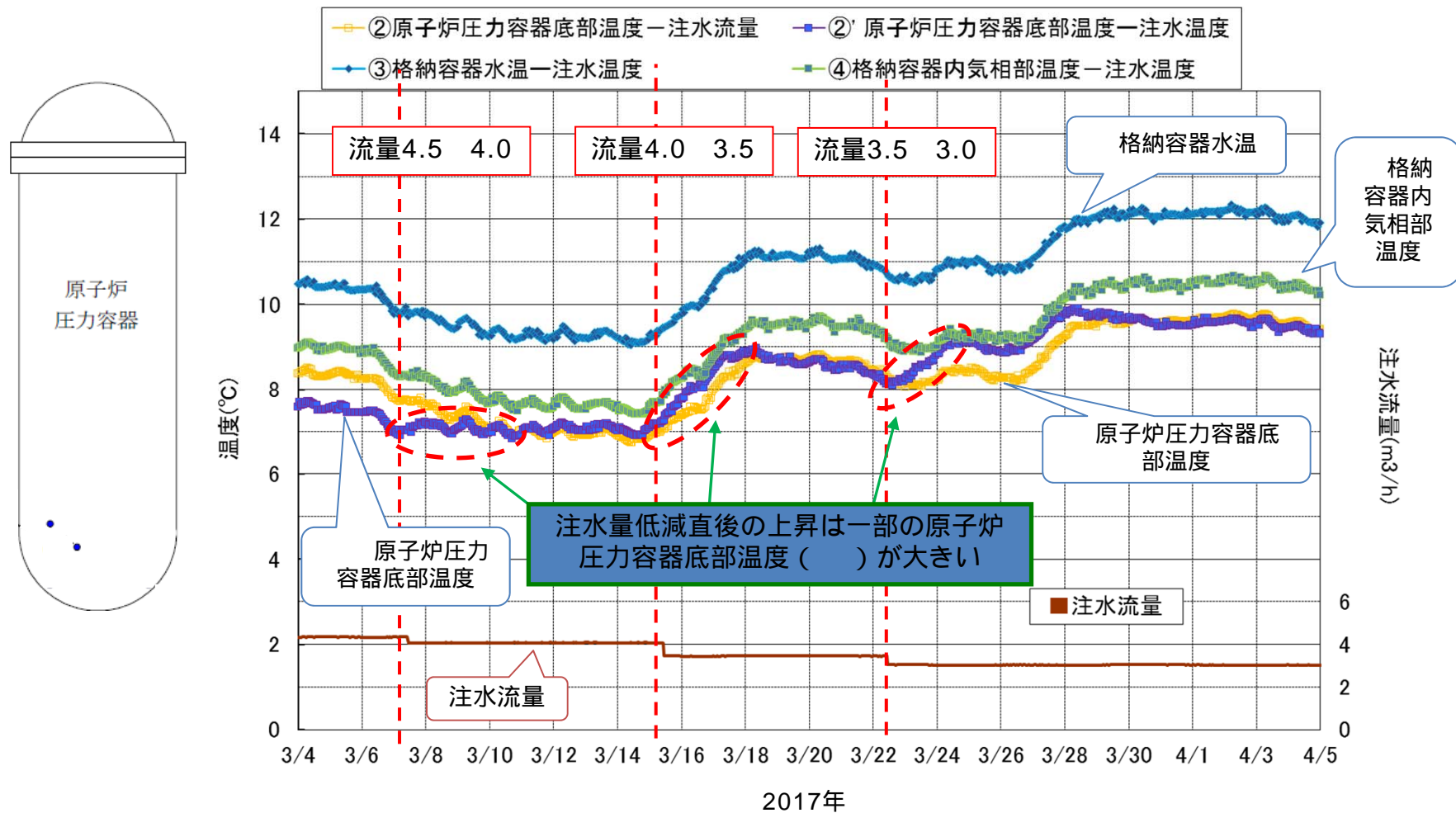
3.3 2号機 温度の推移 (2017年3月～4月)

- 注水量の低減に応じて格納容器内気相部温度，格納容器水温，原子炉压力容器底部温度が上昇していることから，注水の影響が確認でき，その影響は当初想定範囲内であった。



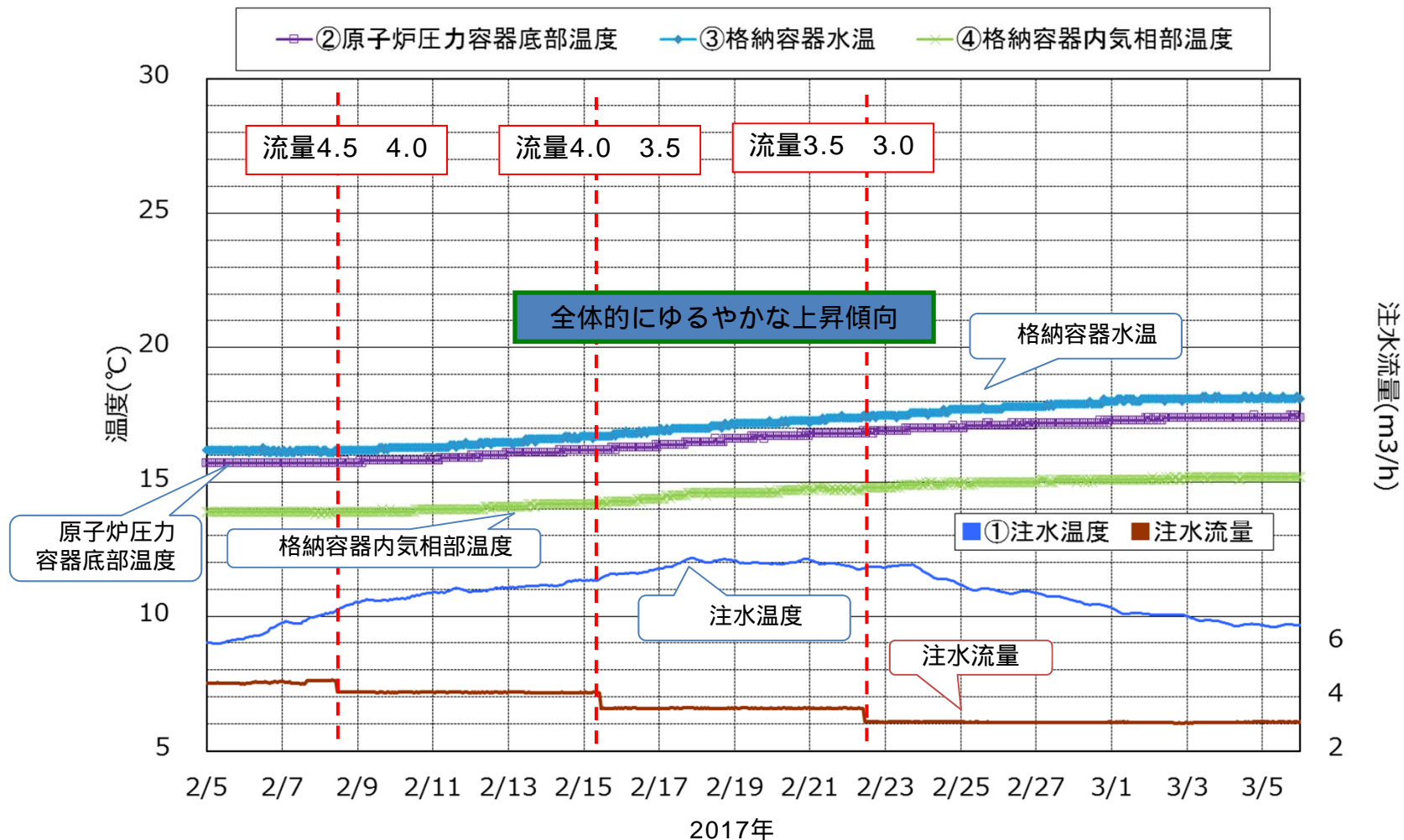
3.4 2号機 温度の差分の推移 (2017年3月～4月)

- 一部の原子炉圧力容器底部温度 () は、注水量の低減直後の上昇が格納容器気相部、格納容器水温より大きいことから、原子炉圧力容器底部に燃料デブリが存在する可能性がある。



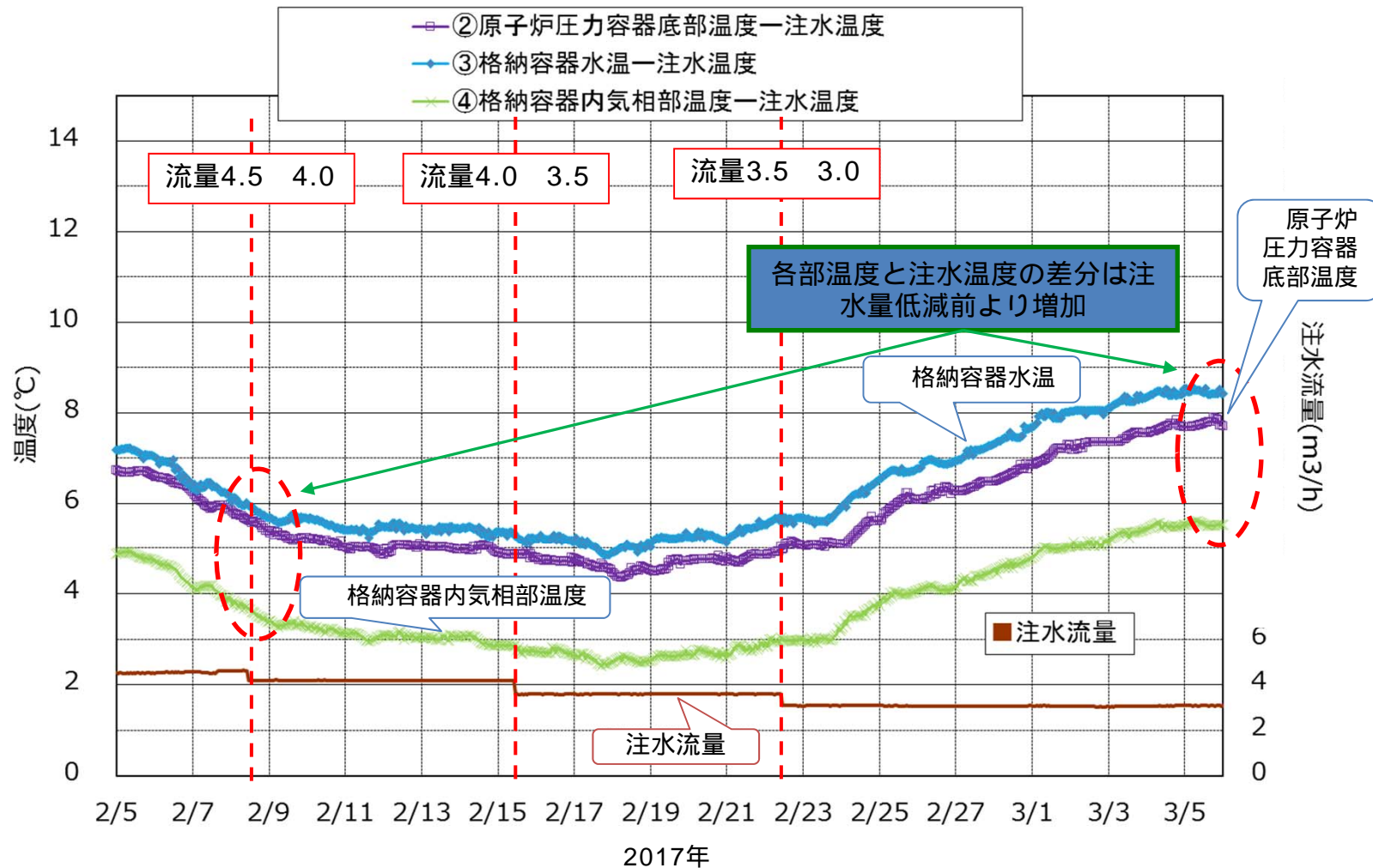
3.5 3号機 温度の推移 (2017年2月~3月)

- 格納容器水温が原子炉压力容器底部温度より高いことから、格納容器に燃料デブリの一部が存在する可能性がある。



3.6 3号機 温度の差分の推移 (2017年2月~3月)

- 格納容器内気相部温度，格納容器水温，原子炉压力容器底部温度と注水温度の差分は，注水量の低減に応じて大きくなる傾向であることから，注水の影響が確認でき，その影響は当初想定範囲内であった。



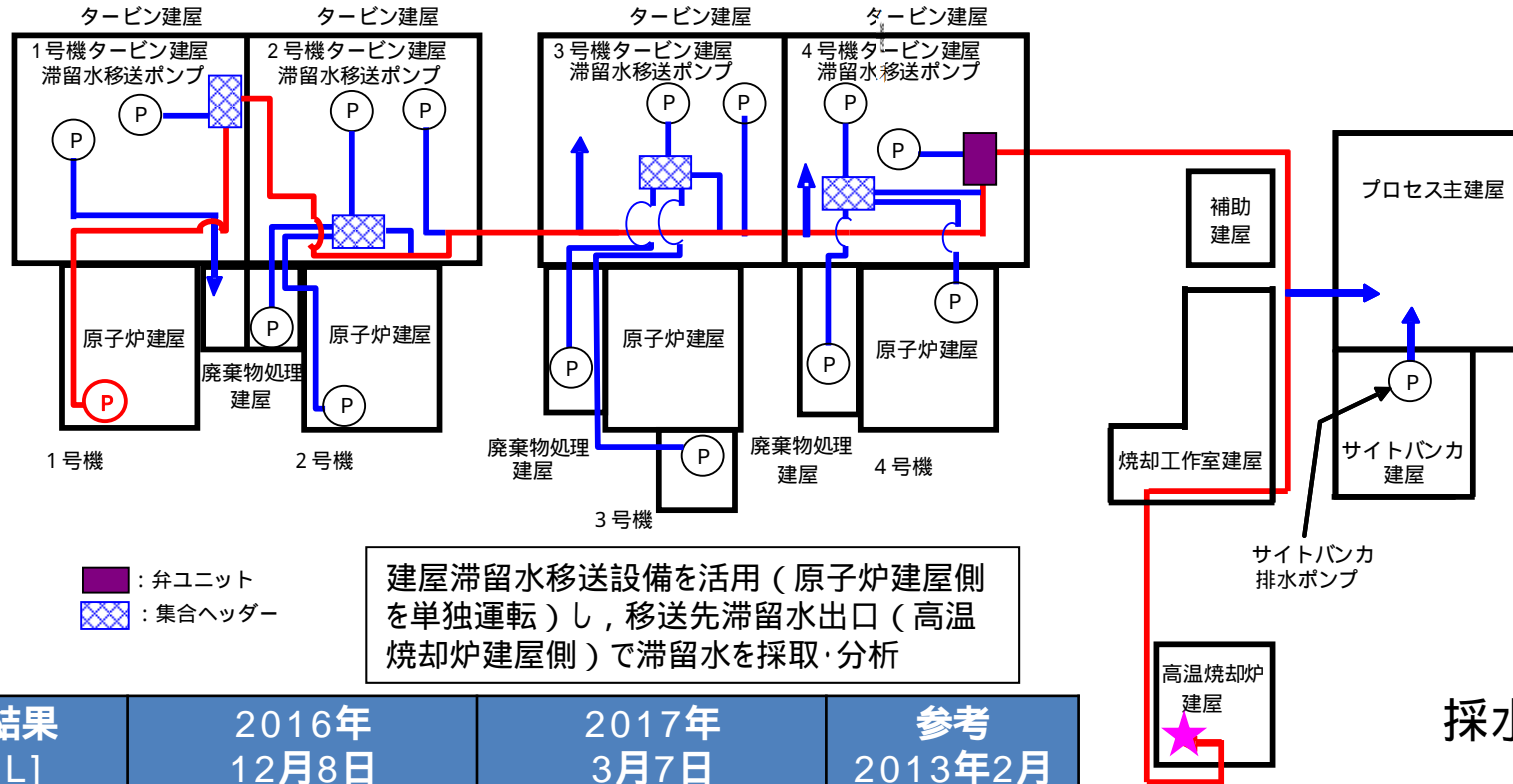
3.7 注水量低減による温度変化について（まとめ）

- 原子炉压力容器底部温度，格納容器内温度の指示値の変動は，事前に想定した範囲内（7℃以内）であり，安定した冷却状態を維持している。
 - 1～3号機について，注水量低減に応じて原子炉压力容器底部温度，格納容器内温度が上昇していることから，注水に応じた変動があることを確認した。
 - ✓ 1号機については，これまでと同様に，一部の格納容器内気相部温度が他の格納容器内気相部温度と比較して上昇量が大いことを確認した。原子炉压力容器ペDESTAL内の構造物（制御棒駆動機構配管）に燃料デブリが存在する可能性がある。
 - ✓ 2号機については，これまでと同様に，注水量低減直後から原子炉压力容器底部温度の上昇割合が大いことから，原子炉压力容器底部に燃料デブリが存在する可能性がある。
 - ✓ 3号機については，原子炉压力容器底部温度が格納容器内温度よりも高かった時期があることから，原子炉压力容器底部に燃料デブリがあると推定していた。今回は，格納容器水温は原子炉压力容器底部温度より高いことが確認されたため，格納容器にも燃料デブリの一部が存在する可能性があるかと推定した。

4.1 1号機 原子炉建屋滞留水分析結果

- 注水量低減前後で、セシウム濃度は1.7倍程度に増加，ストロンチウム濃度は0.7倍程度に減少，トリチウム濃度は1.3倍程度に増加している。

濃度の変動要因について調査中

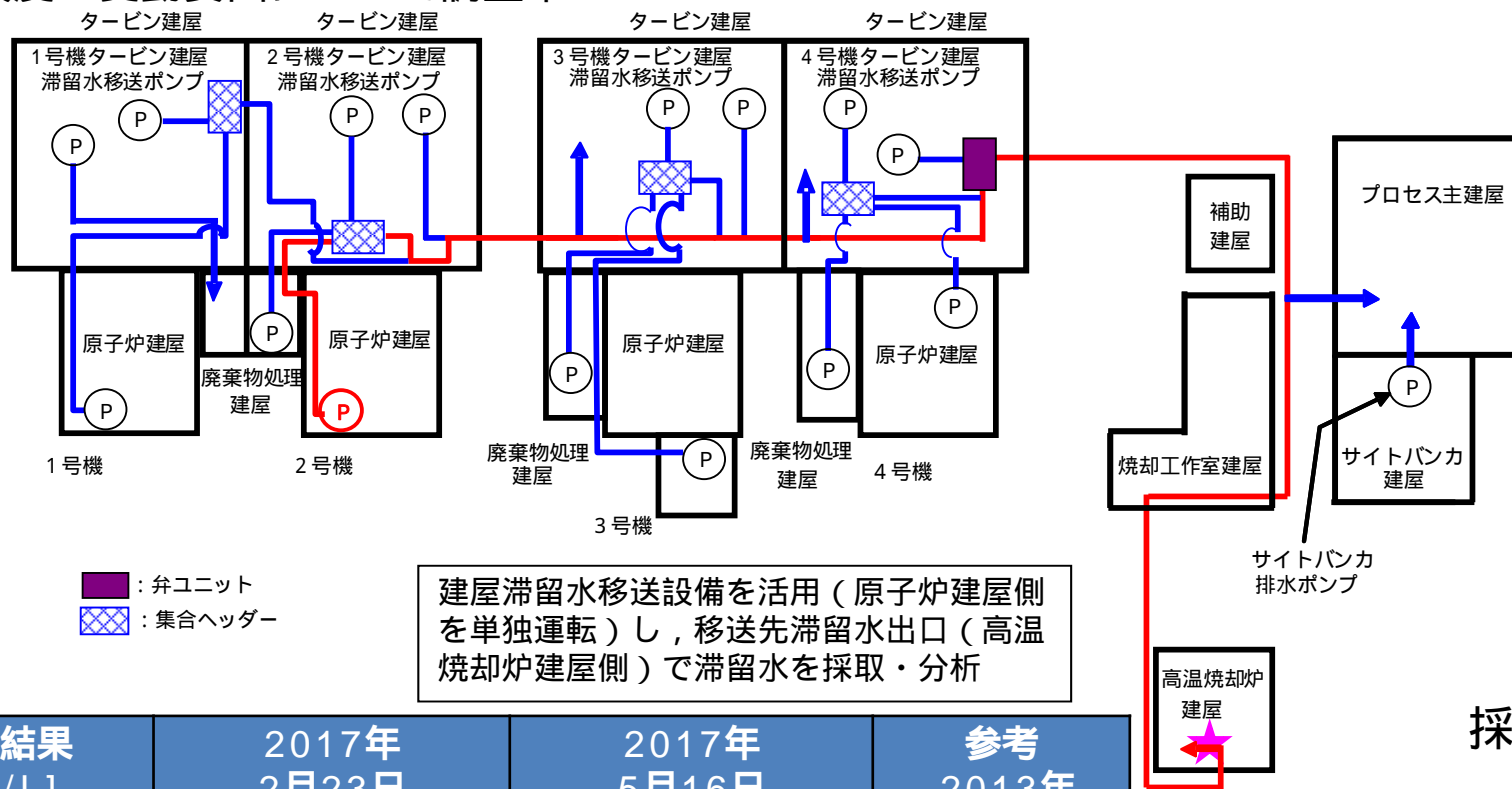


分析結果 [Bq / L]	2016年 12月8日 (注水量低減前)	2017年 3月7日 (注水量低減後)	参考 2013年2月
Cs-134	4.7E+06	8.1E+06	7.4E+07
Cs-137	3.1E+07	5.4E+07	1.5E+08
Sr-90	1.1E+07	7.6E+06	5.3E+07
トリチウム	7.9E+05	1.0E+06	2.8E+06

4.2 2号機 原子炉建屋滞留水分析結果

- 注水量低減前後で，セシウム濃度は0.5倍程度に減少，トリチウム濃度は1.3倍程度に増加している。

濃度の変動要因について調査中

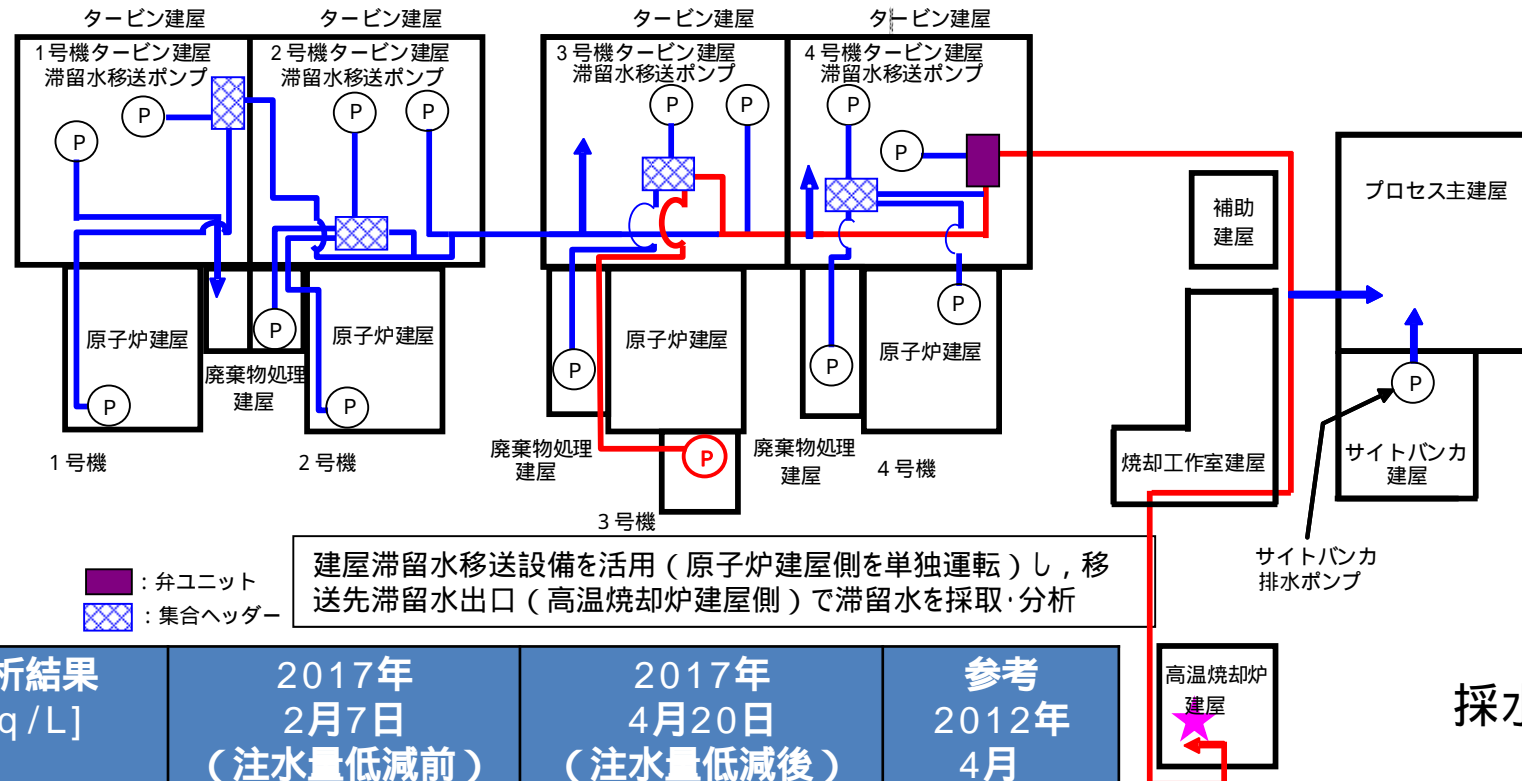


分析結果 [Bq/L]	2017年 2月23日 (注水量低減前)	2017年 5月16日 (注水量低減後)	参考 2013年 4月
Cs-134	2.8E+06	1.4E+06	1.3E+07
Cs-137	1.8E+07	9.9E+06	2.4E+07
Sr-90	1.8E+07	分析中	9.7E+07
トリチウム	2.6E+05	3.5E+05	1.1E+06

採水場所

4.3 3号機 原子炉建屋滞留水分析結果

- 注水量低減前後で，滞留水濃度はほとんど変化がない。
タービン地下滞留水も注水量低減前後で大きな濃度変化はなく，要因について調査中



分析結果 [Bq/L]	2017年 2月7日 (注水量低減前)	2017年 4月20日 (注水量低減後)	参考 2012年 4月
Cs-134	6.7E+07	6.6E+07	5.8E+07
Cs-137	4.3E+08	4.5E+08	7.9E+07
Sr-90	4.0E+07	3.4E+07	
トリチウム	5.0E+06	5.7E+06	

採取場所：トーラス室

採水場所

5. 原子炉注水量のさらなる低減について（1/2）

現状の注水量3.0m³/hにて、冷却状態が安定していることを確認できている。また、2017年6月時点の崩壊熱から算出した、冷却に必要な注水量は下表の通りであり、現状の注水量に対して余裕がある。

< 評価結果 >	1号[m ³ /h]	2号[m ³ /h]	3号[m ³ /h]
原子炉压力容器底部温度を80 以下に冷却するために必要な注水量 (2017.6時点の崩壊熱)	1.2	1.5	1.5

原子炉冷却は、通常は炉心スプレイ系、給水系の両系から注水する運用としている。現状の注水量3.0m³/hから低減するためには、以下のような課題がある。

低減方法	概要	課題
片系単独注水の実施	原子炉注水を炉心スプレイ系または給水系の片系のみとする。(現状の設備構成上の流量下限値は炉心スプレイ系,給水系共に1.5m ³ /h) なお、これまでにそれぞれ1週間程度の片系単独注水の実績あり。	長期間注水を停止している片系の定期的な運転確認が必要 (注水を停止している系統の状態把握が必要)
両系注水を維持	設備の改造を行い、両系注水を維持。 < 設備の改造内容案 > <ul style="list-style-type: none"> ・ 流量計の取替 ・ オリフィスの追加 ・ 流量調整電動弁の取替 なお、設備改造時に実施計画の変更も必要	設備の改造には1年程度必要な見込み。

5. 原子炉注水量のさらなる低減について（2/2）

- 注水量を3.0m³/hからさらに低減するには，片系単独注水であれば，現状の設備で速やかに注水量の低減が可能である。
- これまでに，下表の通り，各号機注水量4.0m³/h～5.5m³/hでの炉心スプレイ系または給水系による単独注水の実績があり，原子炉の冷却状態が安定していたことを確認している。
 - ▶ P25以降の片系単独注水時の温度等推移実績参照
- 現在の崩壊熱はこれまでに実施した片系単独注水時よりも低く，現状の注水量3.0m³/hにて片系単独注水を行ったとしても，冷却は可能であると評価している。よって，注水量3.0m³/hにて片系単独注水を行い冷却状態を確認する。
- 2017年度に，配管取り替え工事に伴い，1～3号機の給水系，及び2，3号機の炉心スプレイ系の単独注水を計画していることから，この時期に合わせて注水量3.0m³/hの片系単独注水を実施し，その結果を踏まえ，さらなる注水量の低減を検討していく。
 - ▶ 片系単独注水時に温度が上昇した場合でも，片系の状態にて過去実績程度まで注水量を増加することで冷却が可能である。

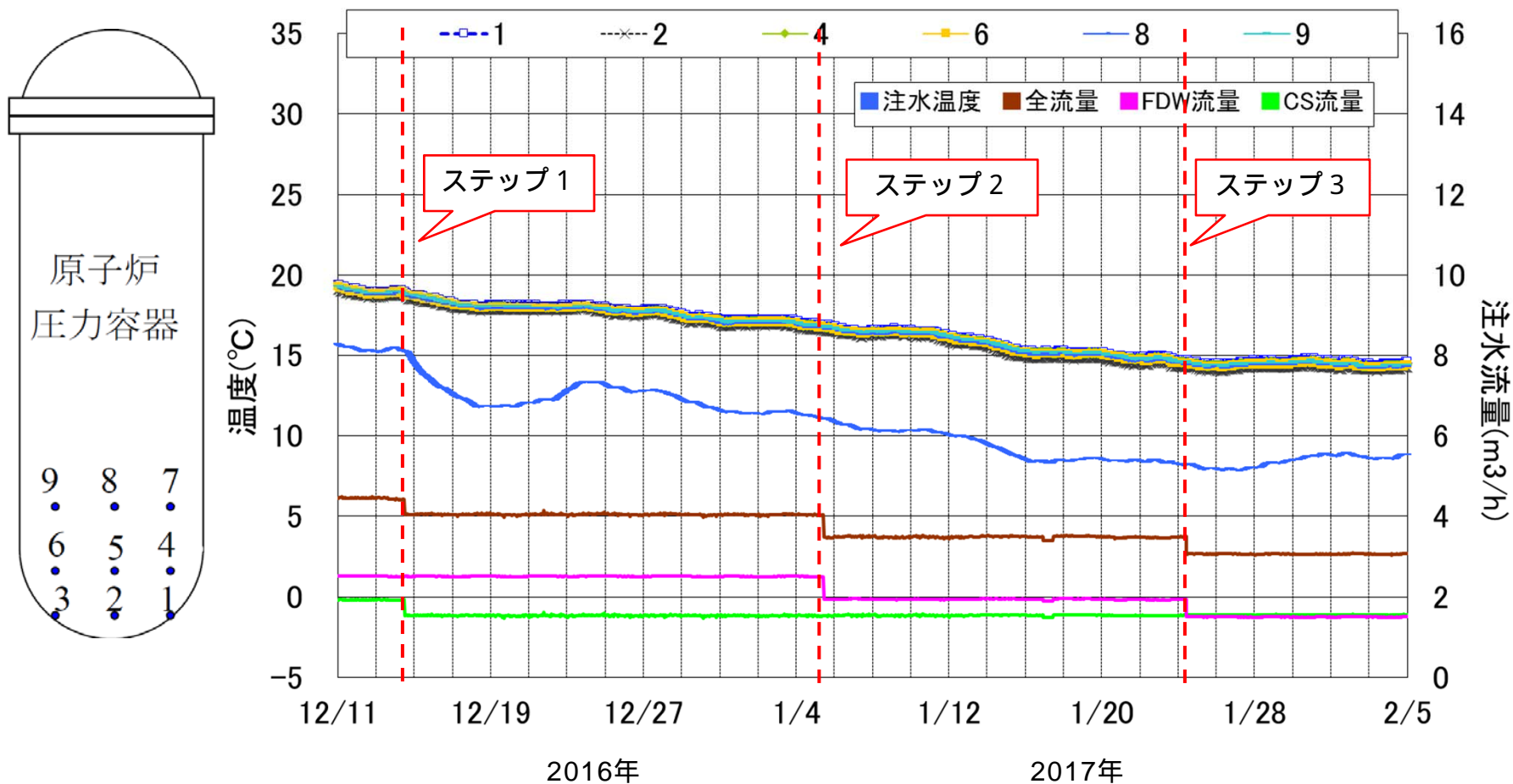
崩壊熱及び注水量	1号[kW]	2号[kW]	3号[kW]
炉心スプレイ系 単独注水実績	/	< 2013年3月時点 > 崩壊熱 約280kW 注水量 5.5m ³ /h	< 2013年3月時点 > 崩壊熱 約270kW 注水量 5.5m ³ /h
給水系 単独注水実績	< 2011年12月時点 > 崩壊熱 約470kW 注水量 4.0m ³ /h	< 2014年2月時点 > 崩壊熱 約190kW 注水量 4.5m ³ /h	< 2014年1月時点 > 崩壊熱 約190kW 注水量 5.5m ³ /h
2017年6月時点 (予定)	崩壊熱 約70kW 注水量 3.0m ³ /h	崩壊熱 約90kW 注水量 3.0m ³ /h	崩壊熱 約90kW 注水量 3.0m ³ /h

【参考】福島第一原子力発電所1～3号機
注水低減時の温度等推移実績

TEPCO

【参考】 1号機 原子炉压力容器底部温度の推移 (2016年12月～2017年2月)

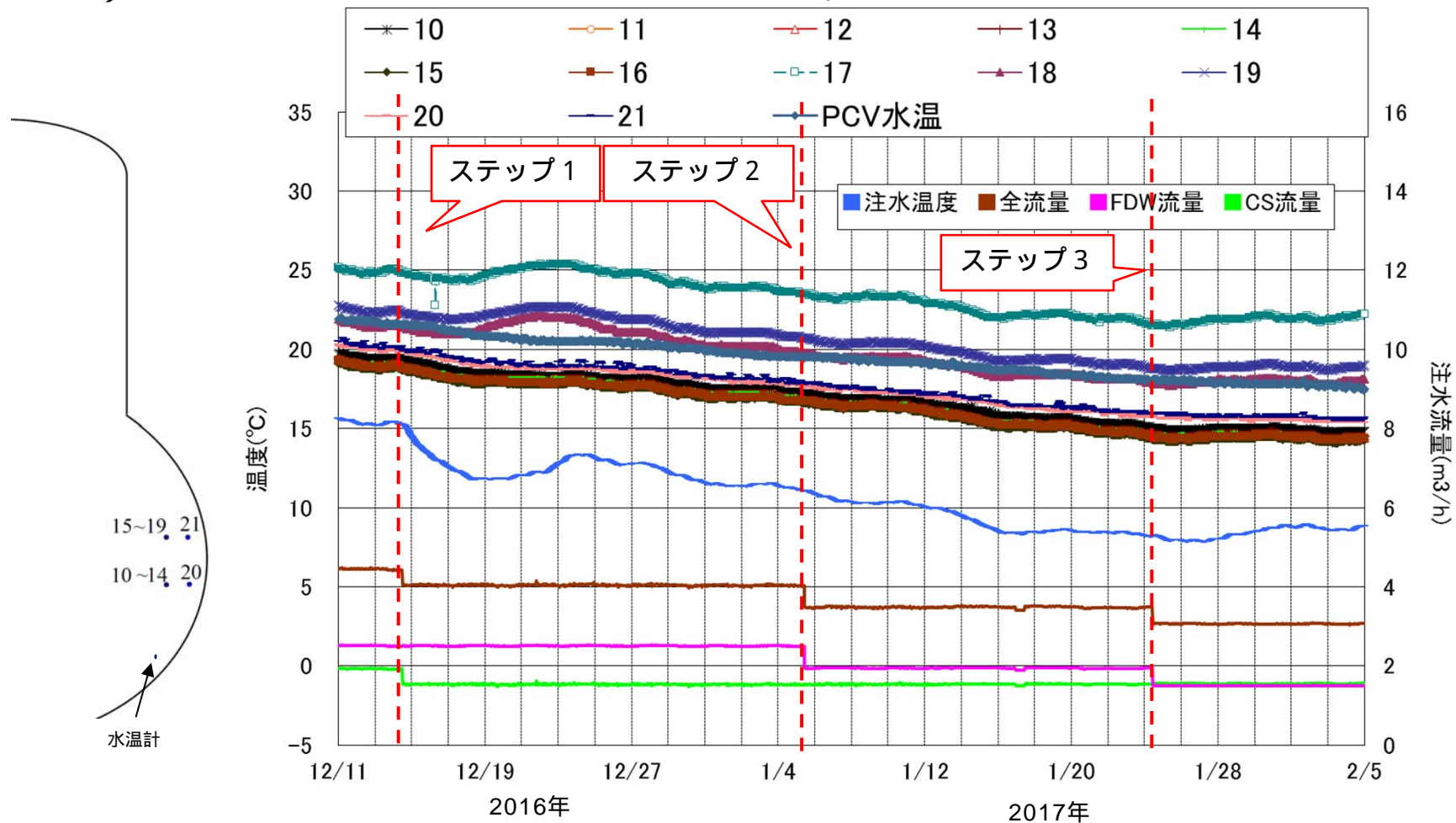
注水量低減に伴う温度上昇量が，気温低下等に伴う注水温度の低下量より小さかったため，注水量低減後，原子炉压力容器底部温度は低下したと評価した。



【参考】 1号機 格納容器内温度の推移 (2016年12月～2017年2月)

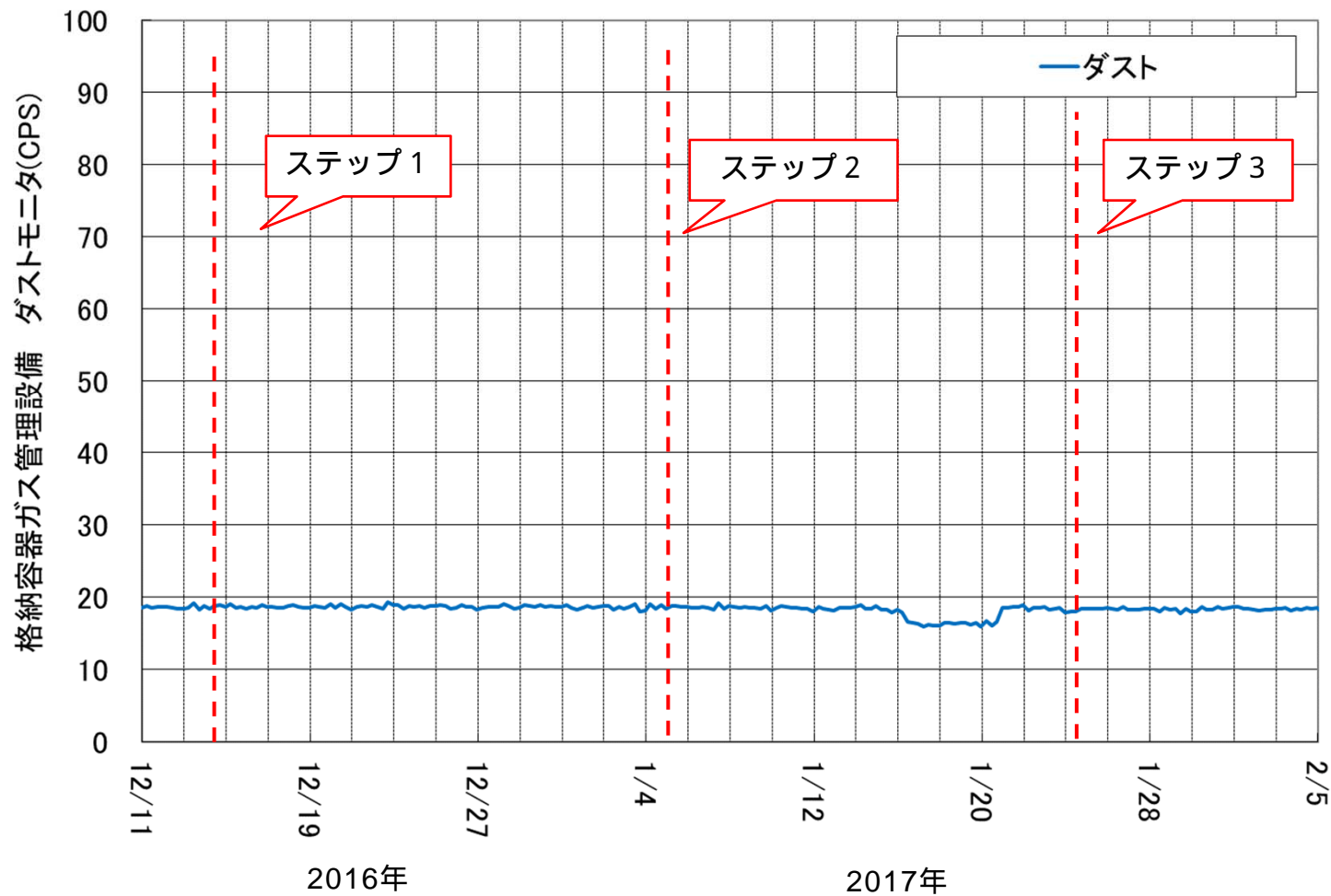
一部の格納容器内気相部温度（17,18,19）が他の格納容器内気相部温度と比較して温度の上昇量が大きく、温度そのものも高い。

当該温度計に近い、原子炉圧力容器ペDESTAL内の構造物（制御棒駆動機構配管）に燃料デブリが存在する可能性がある。



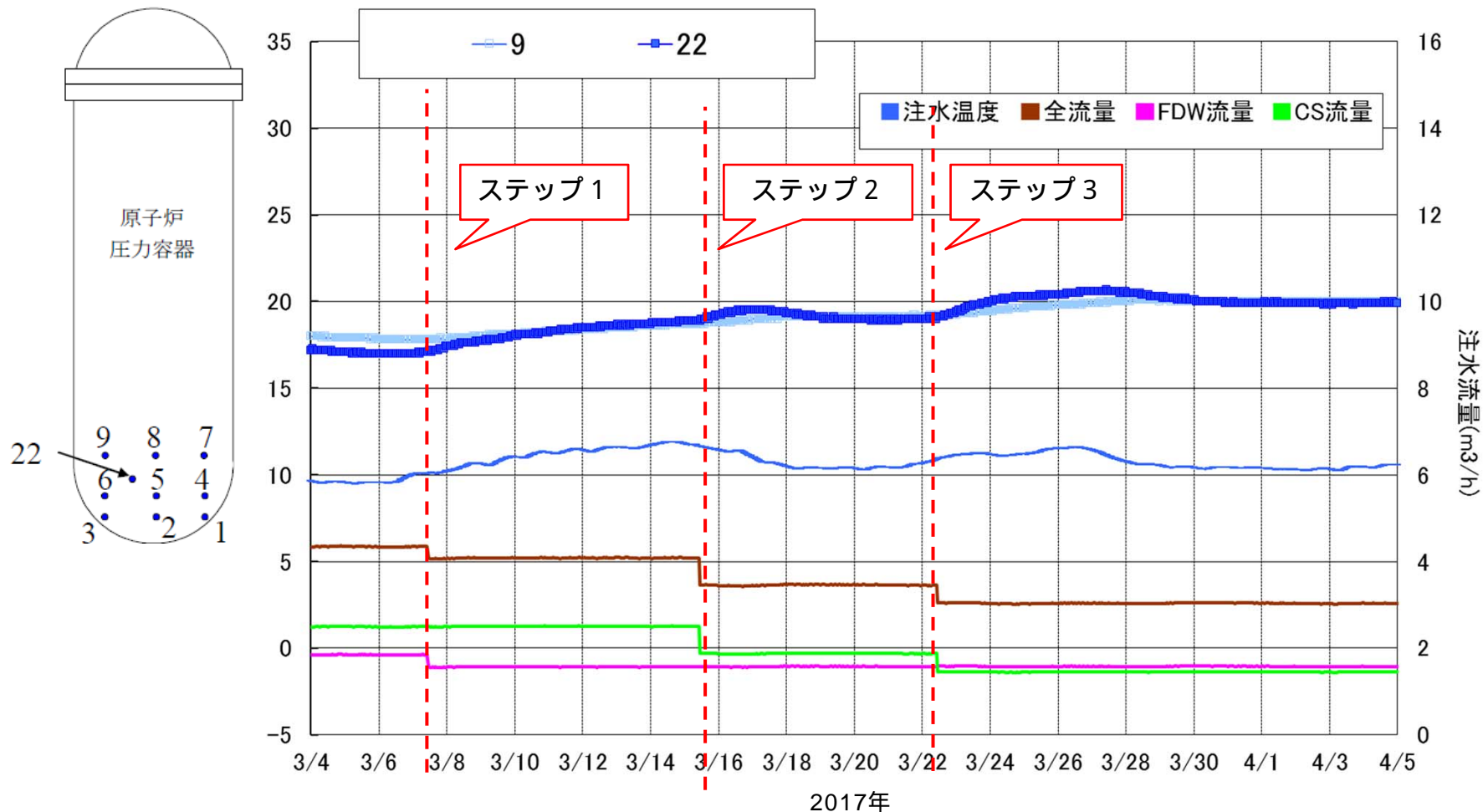
【参考】 1号機 ダストモニタ指示値の推移 (2016年12月～2017年2月)

格納容器ガス管理設備のダストモニタ指示値に上昇なく，異常はなかった。



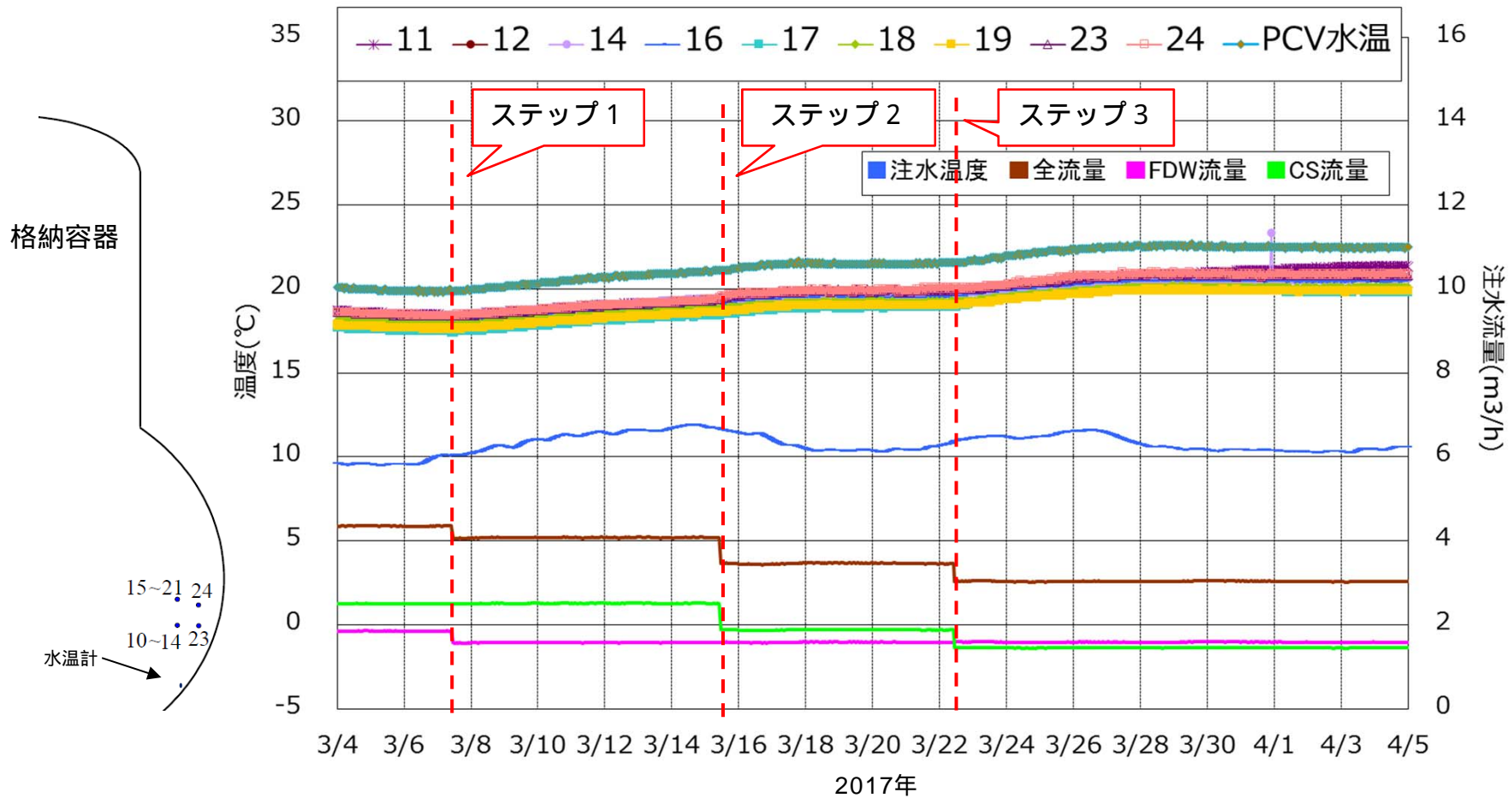
【参考】 2号機 原子炉压力容器底部温度の推移 (2017年3月～4月)

注水量の低減に応じて比較的すぐに温度上昇を確認した。また、一部の原子炉压力容器底部温度(22)について、注水量の低減直後の上昇が大きいことから、原子炉压力容器底部に燃料デブリが存在する可能性がある。



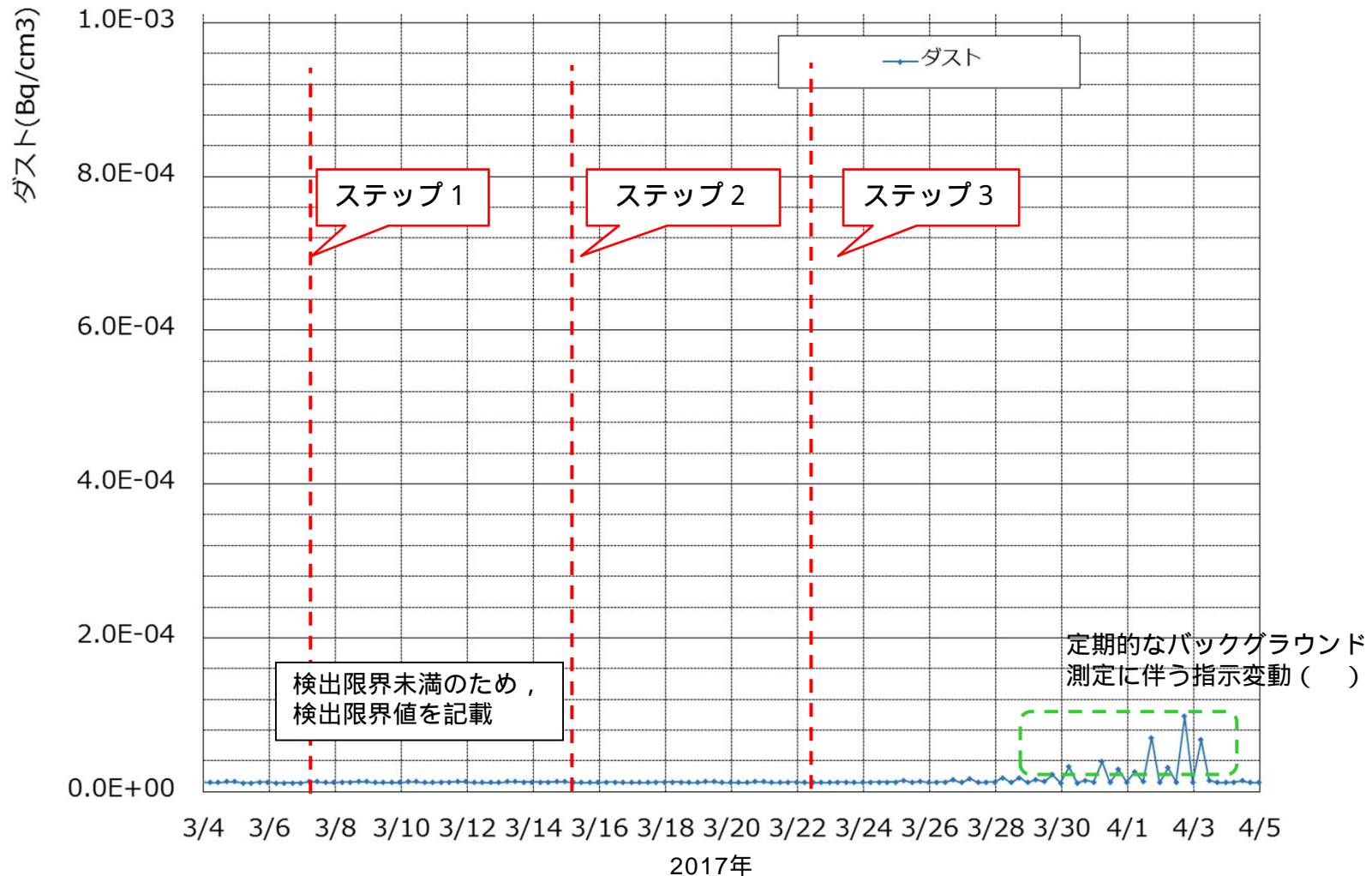
【参考】 2号機 格納容器内温度の推移 (2017年3月～4月)

注水量の低減に応じて格納容器内温度が上昇していることから，注水の影響が確認でき，その影響は当初想定範囲内であった。



【参考】 2号機 ダストモニタ指示値の推移 (2017年3月～4月)

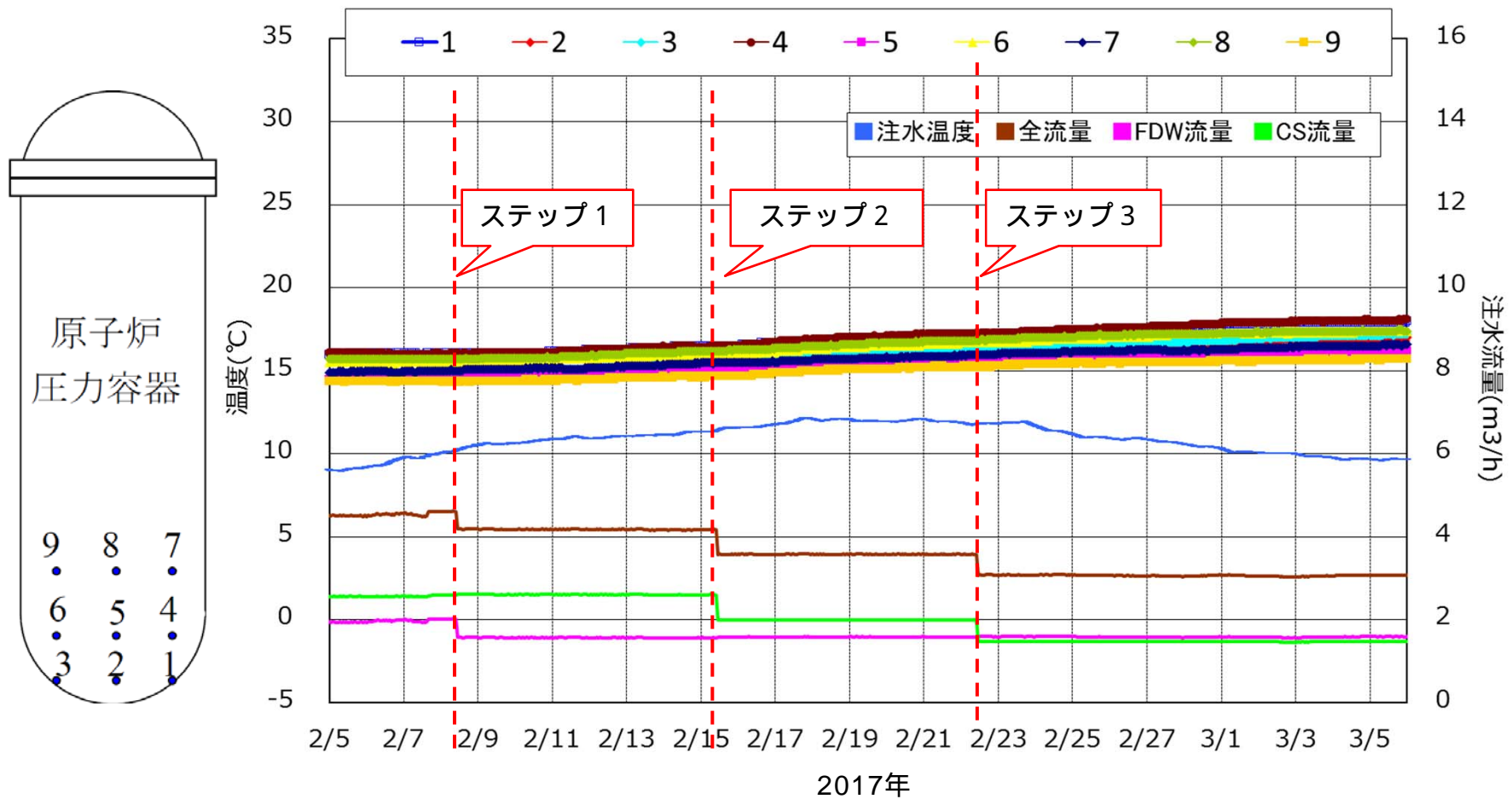
格納容器ガス管理設備のダストモニタ指示値に上昇なく，異常はなかった。



ダストモニタは定期的にバックグラウンドを測定している。(約12時間毎)
2号機では，計算上，バックグラウンド測定直後の指示値が高くなるが，実際のダスト濃度変化ではない。

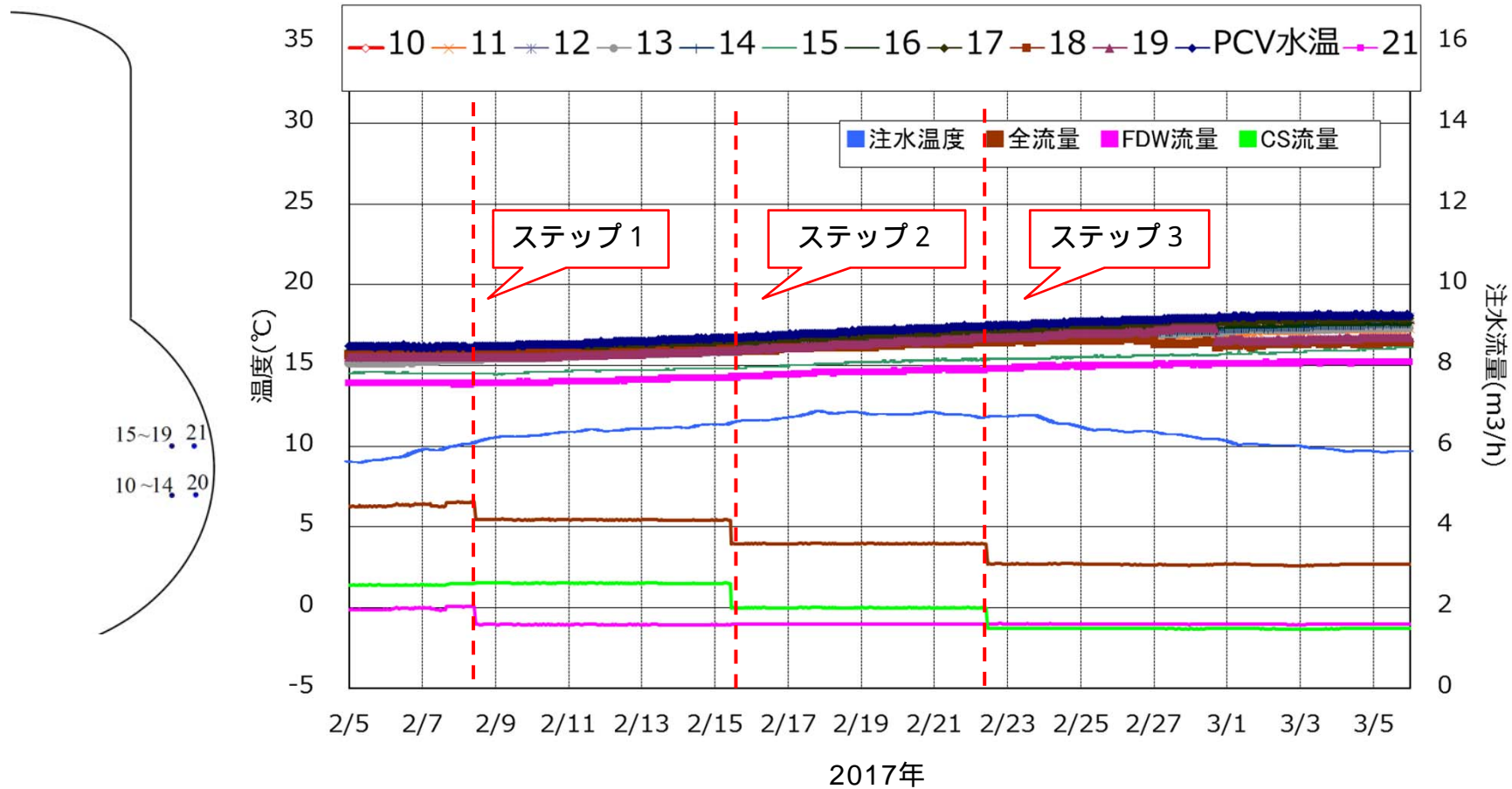
【参考】 3号機 原子炉压力容器底部温度の推移 (2017年2月～3月)

原子炉压力容器底部温度に温度分布があり，格納容器温度と概ね同等の温度で推移している。



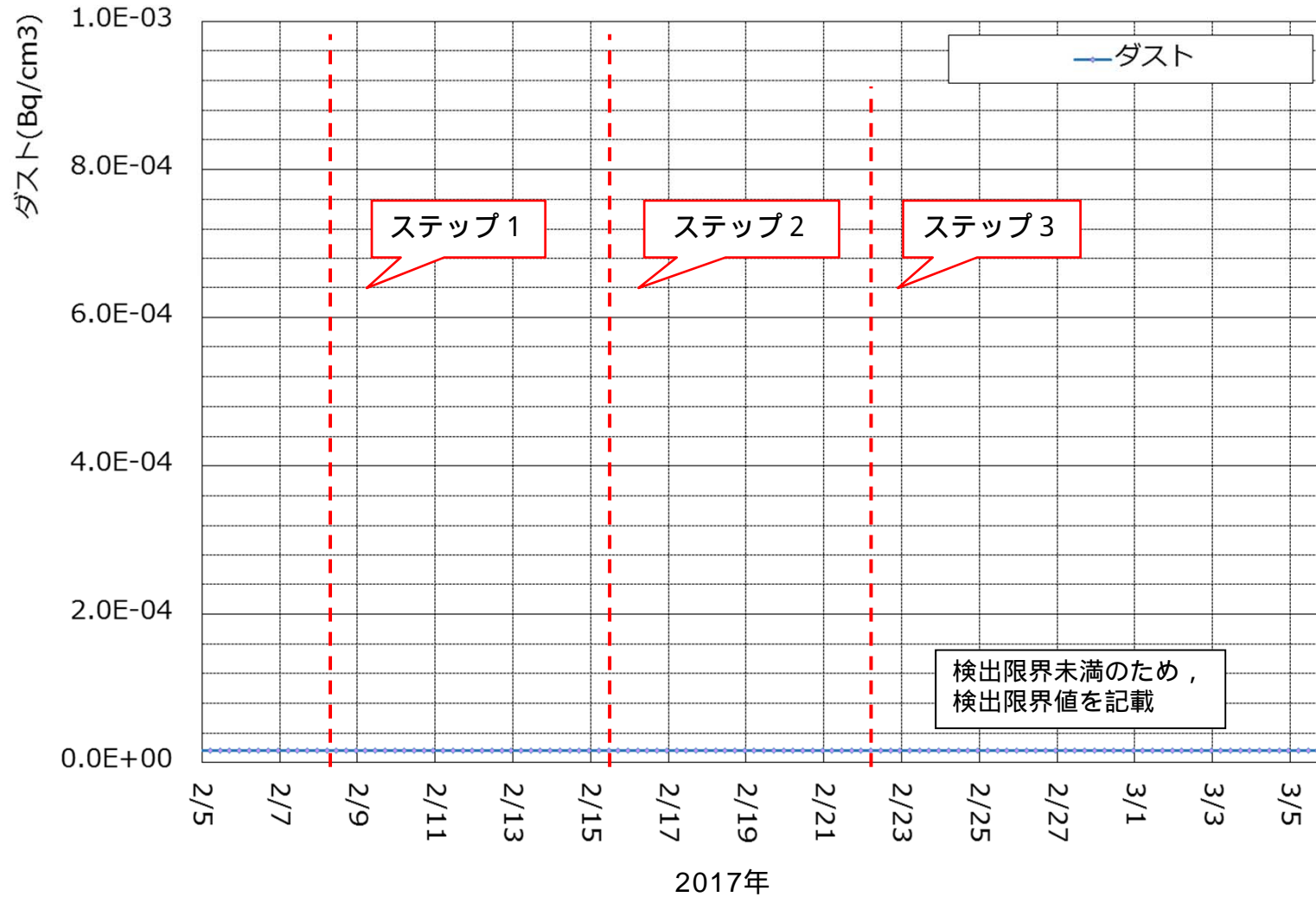
【参考】 3号機 格納容器温度の推移 (2017年2月～3月)

原子炉圧力容器底部温度と同様，温度分布があり，原子炉圧力容器底部温度と概ね同等の温度で推移している。



【参考】 3号機 ダストモニタ指示値の推移 (2017年2月～3月)

格納容器ガス管理設備のダストモニタ指示値に上昇なく，異常はなかった。

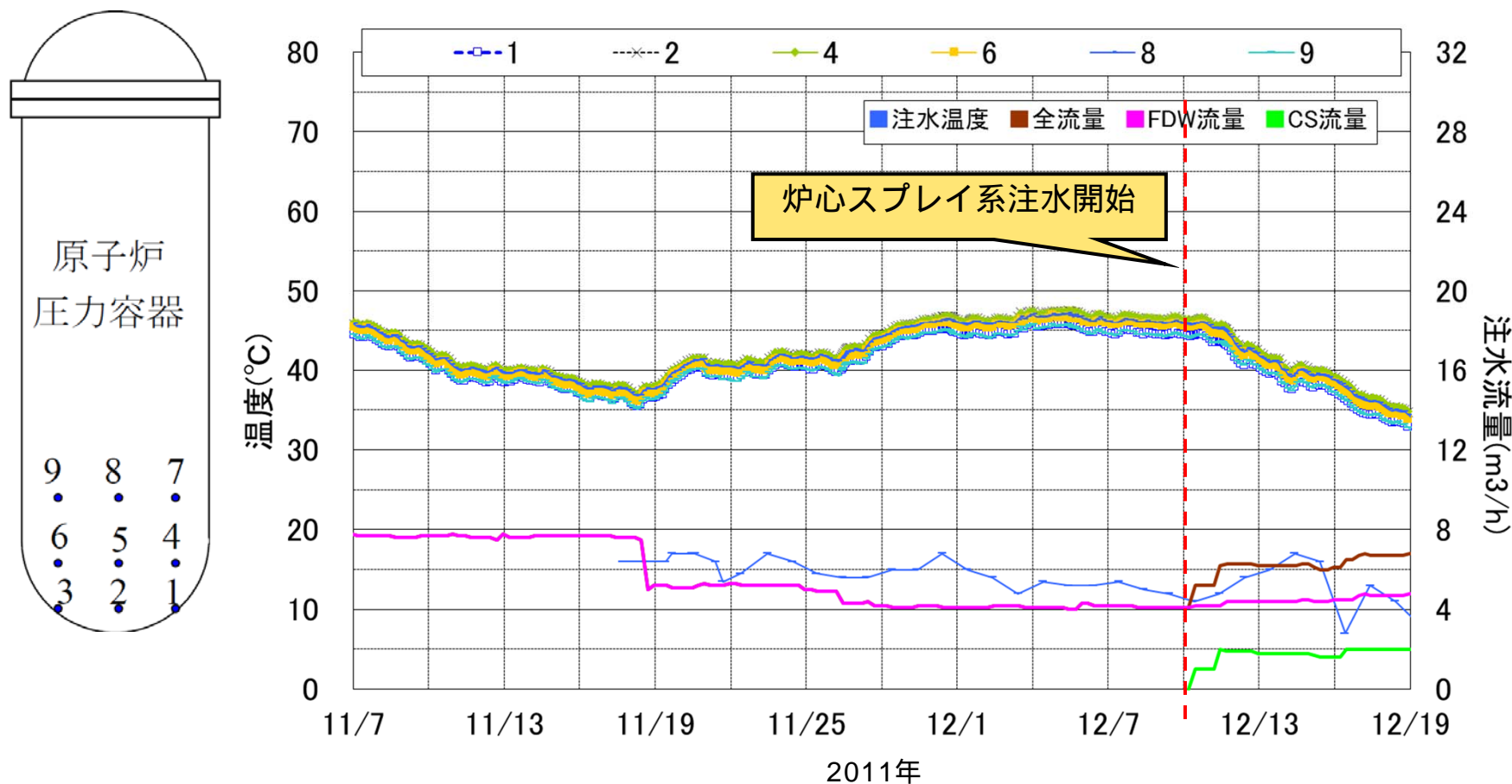


【参考】福島第一原子力発電所1～3号機
片系単独注水時の温度等推移実績

TEPCO

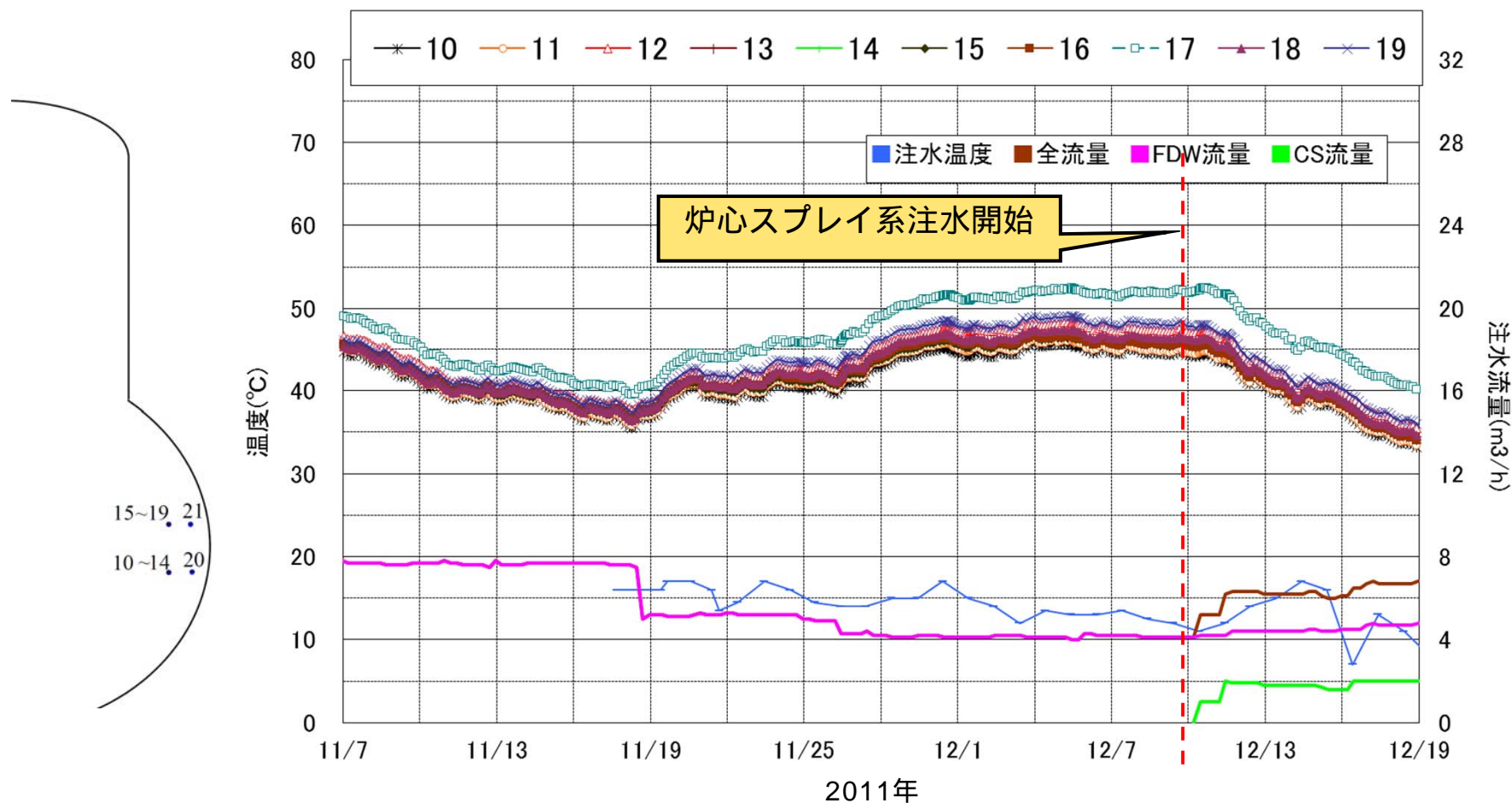
【参考】1号機給水系単独注水時の原子炉压力容器底部温度 (2011年12月)

給水系単独の注水時においても，流量に応じた温度変化があるものの，温度は上昇しつづけることはなく安定していたことから，給水系単独での冷却は可能と評価。



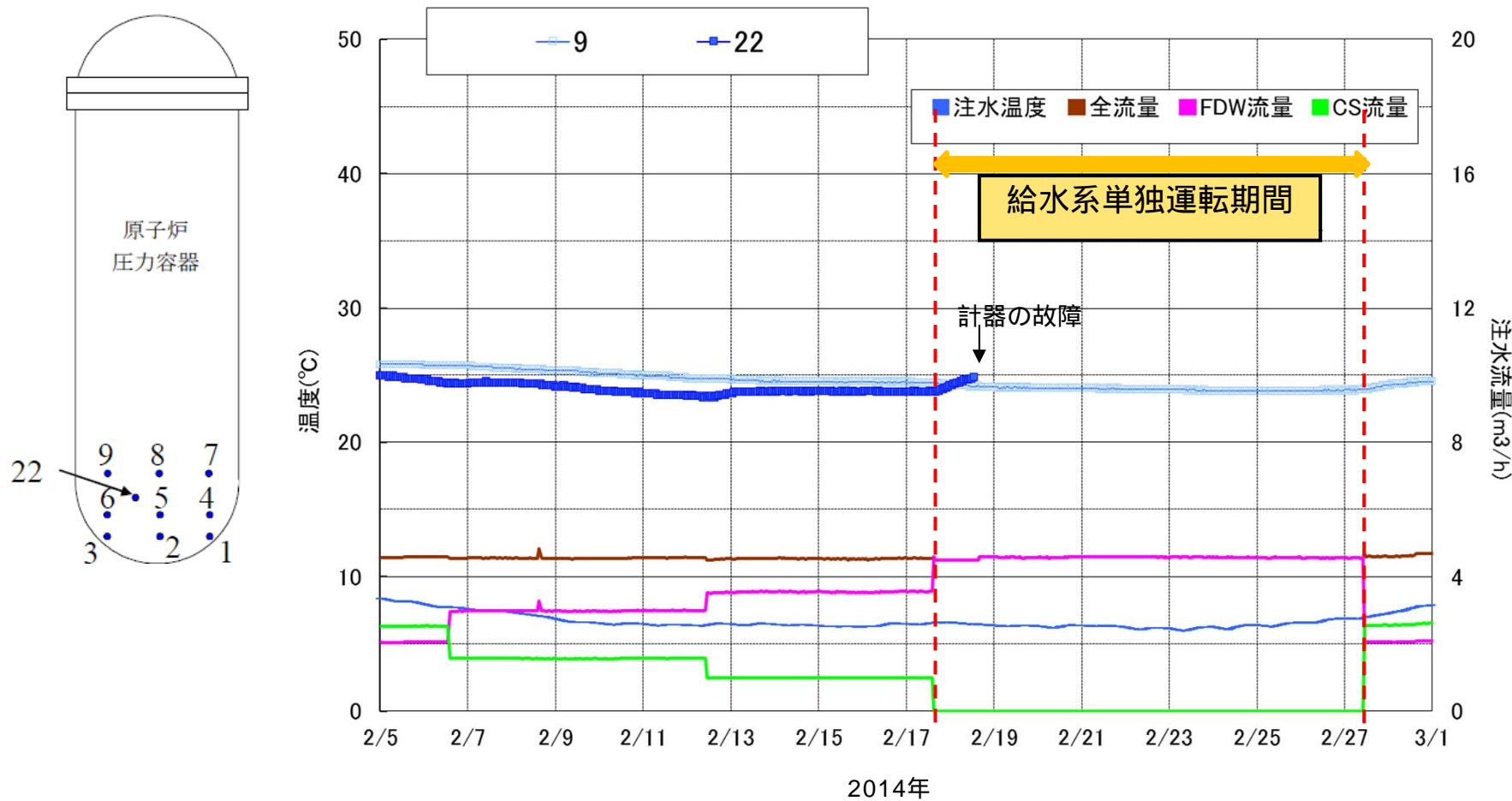
【参考】1号機給水系単独注水時の格納容器温度 (2011年12月)

給水系単独の注水時においても、流量に応じた温度変化があるものの、温度は上昇しつづけることはなく安定していたことから、給水系単独での冷却は可能と評価。



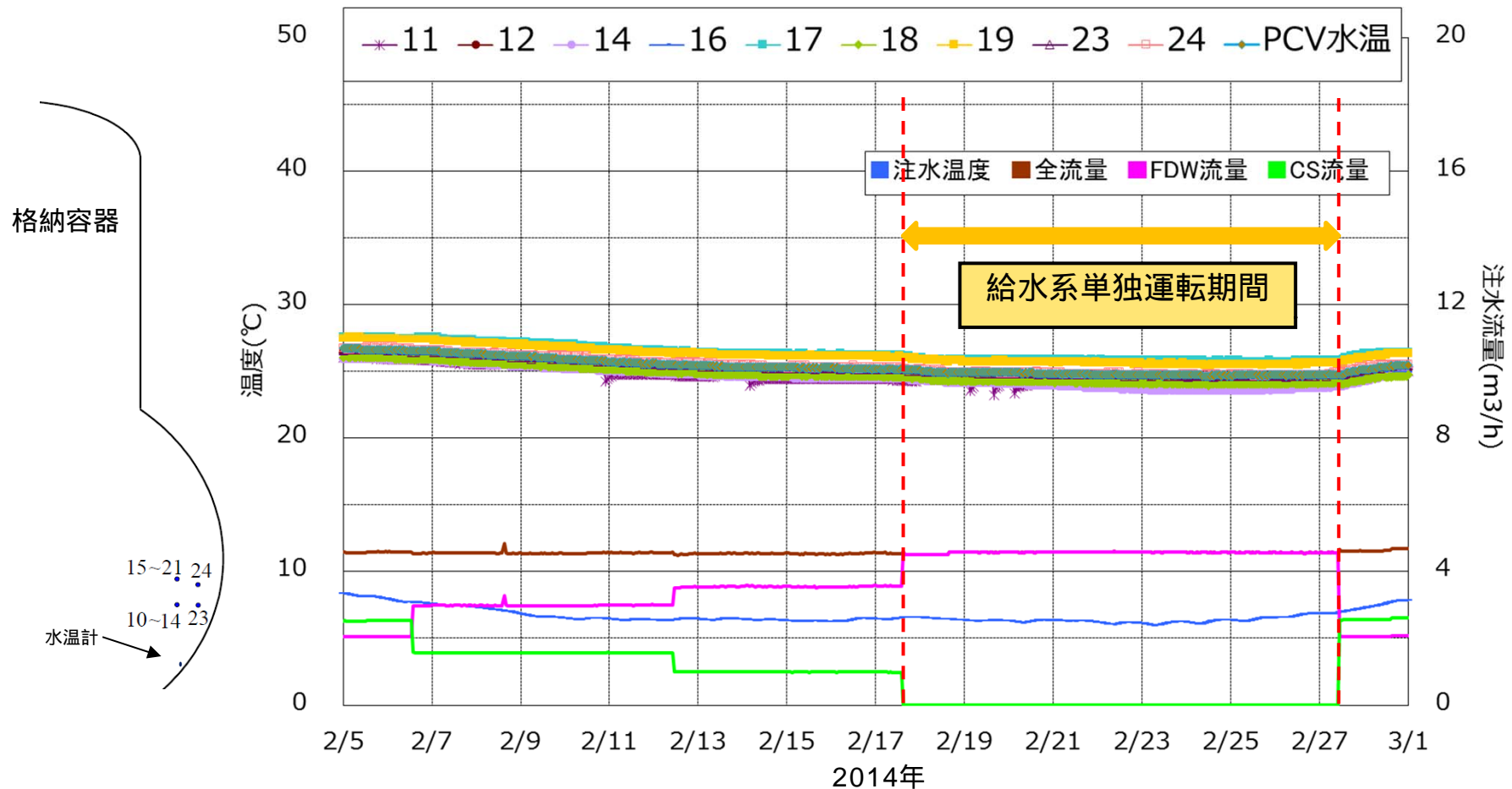
【参考】2号機給水系単独注水時の原子炉圧力容器底部温度 (2014年2月)

一部の温度計に注水の変更の影響と考えられる若干の指示変動があったが、温度が上昇しつづけることはなく安定していたことから、給水系単独での原子炉冷却は可能と評価。



【参考】2号機給水系単独注水時の格納容器温度（2014年2月） **TEPCO**

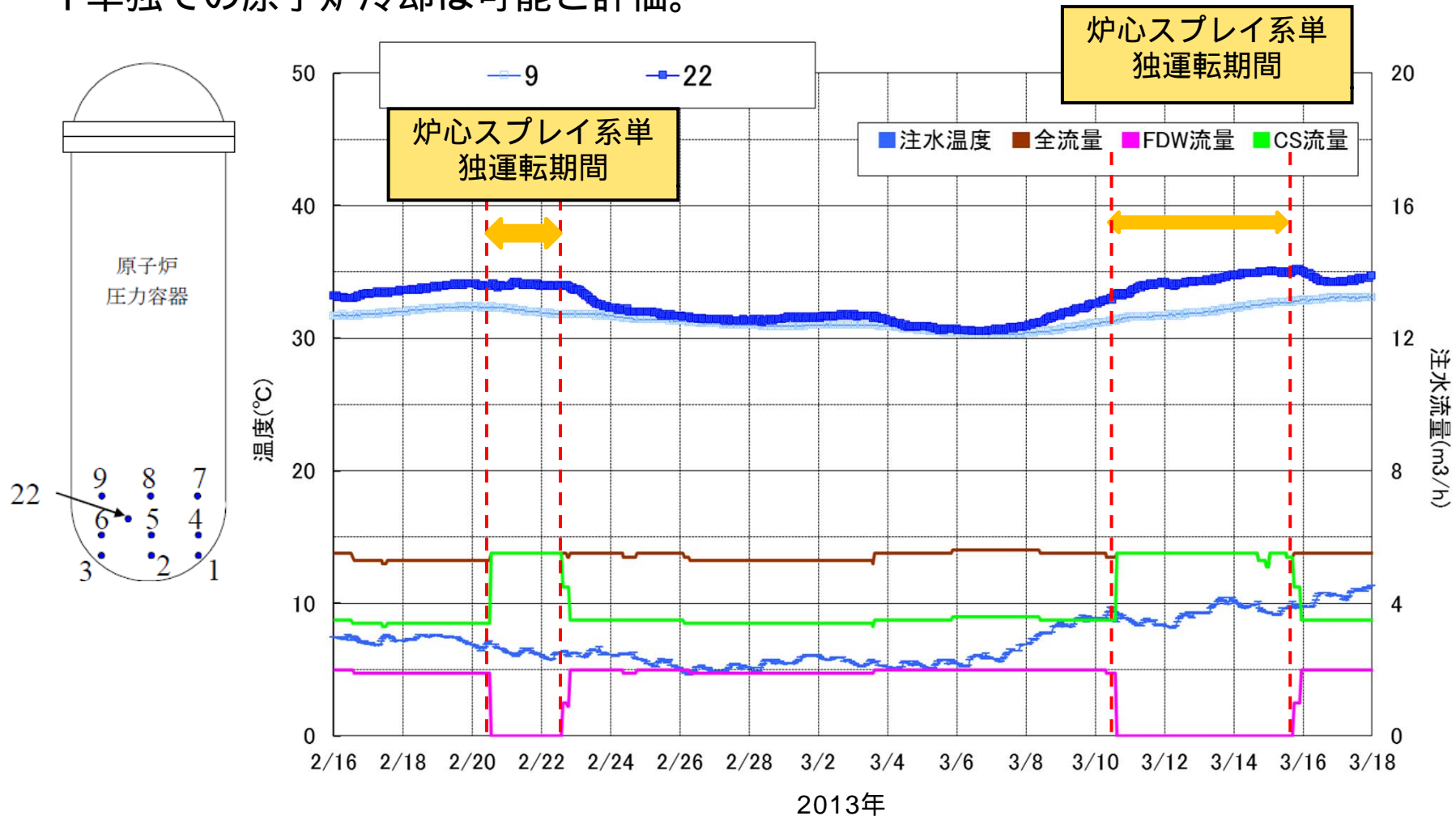
一部の温度計に注水の変更の影響と考えられる若干の指示変動があったが、温度が上昇しつづけることはなく安定していたことから、給水系単独での原子炉冷却は可能と評価。



【参考】2号機炉心スプレイ系単独注水時の原子炉压力容器底部温度 (2013年2～3月)

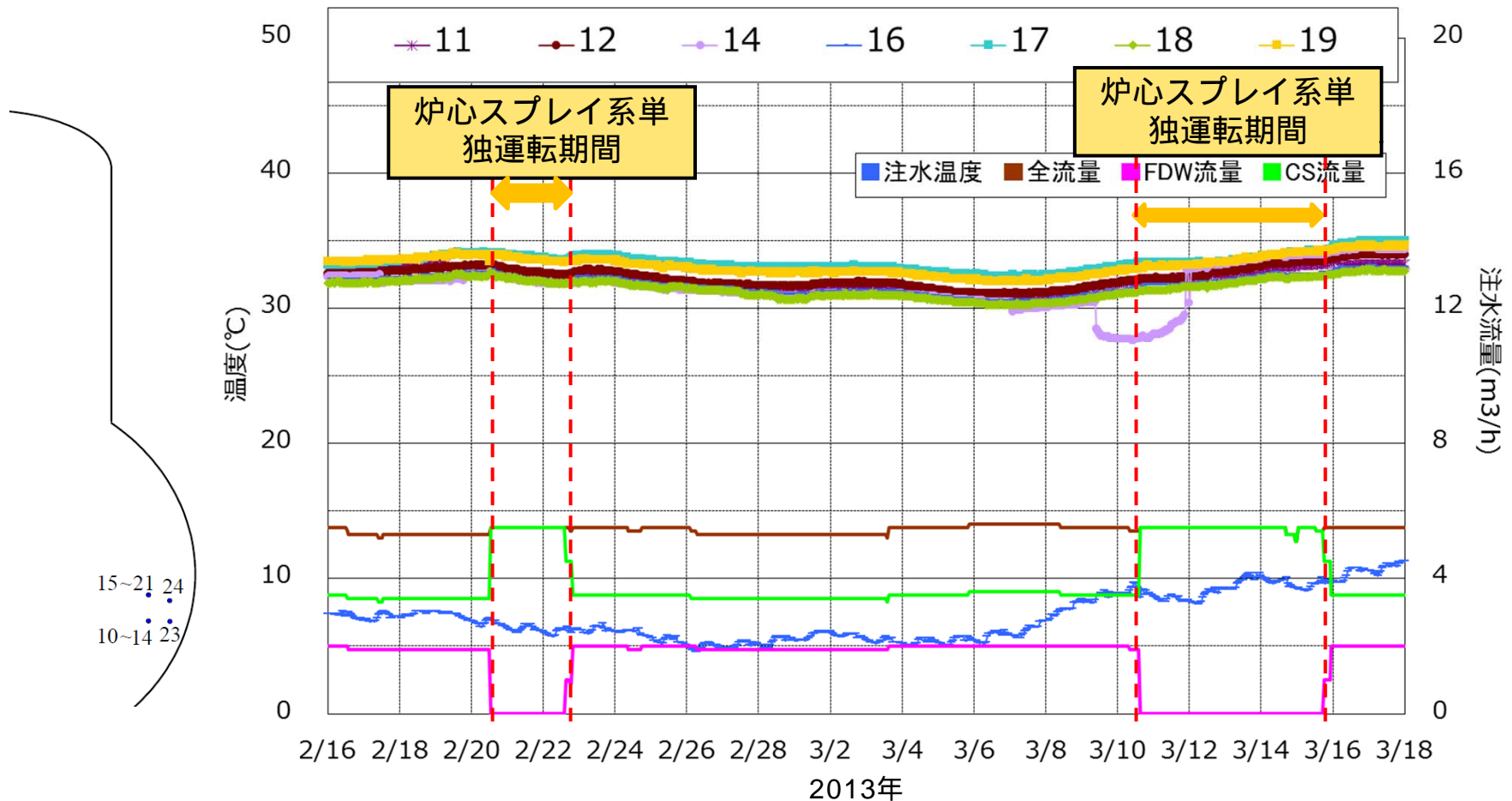


炉心スプレイ系単独注水（約6日間）時に，新設温度計の温度変動が大きいことを確認したが，温度が上昇しつつあることはなく安定していたことから，炉心スプレイ単独での原子炉冷却は可能と評価。



【参考】2号機炉心スプレイ系単独注水時の格納容器温度 (2013年2~3月)

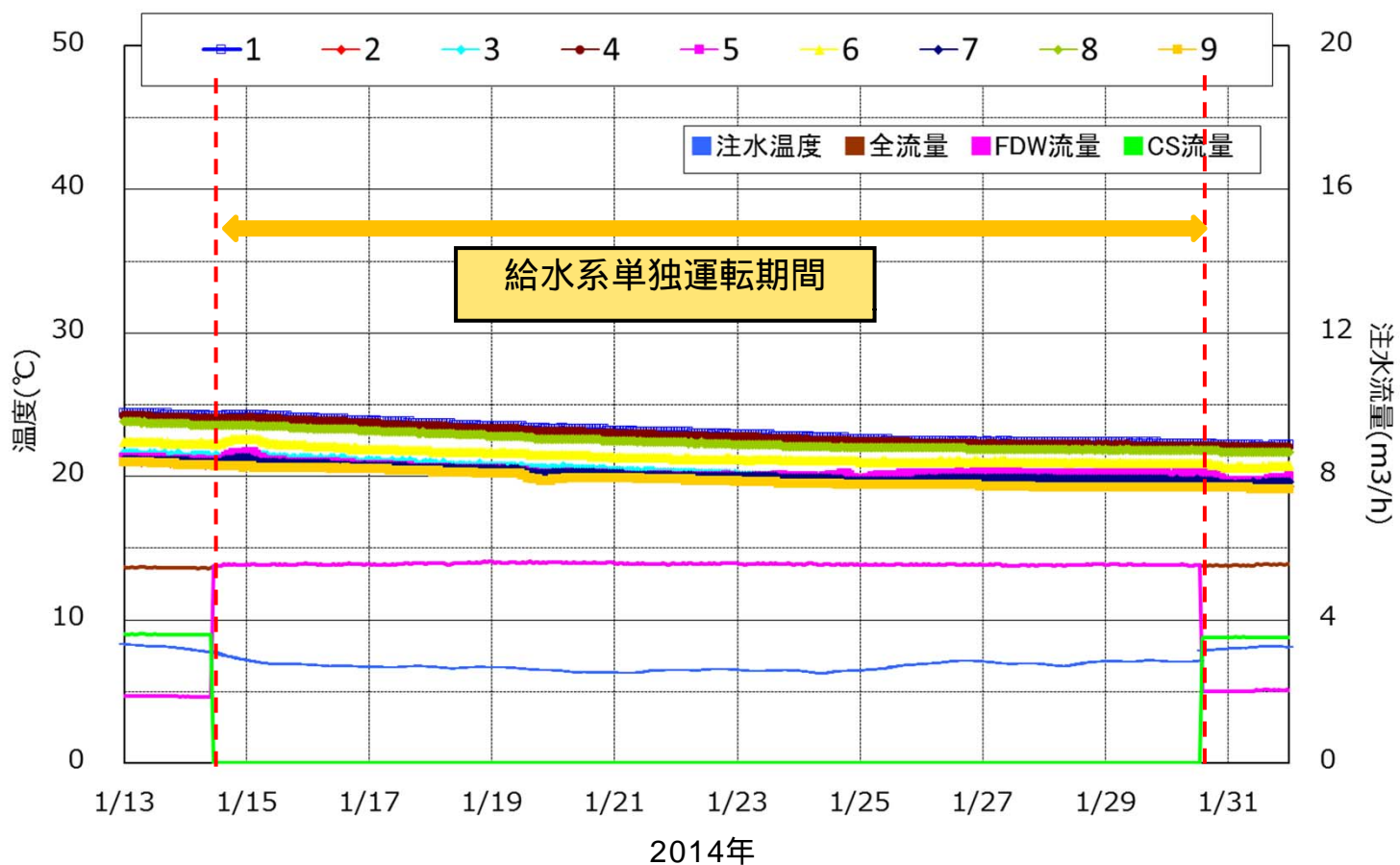
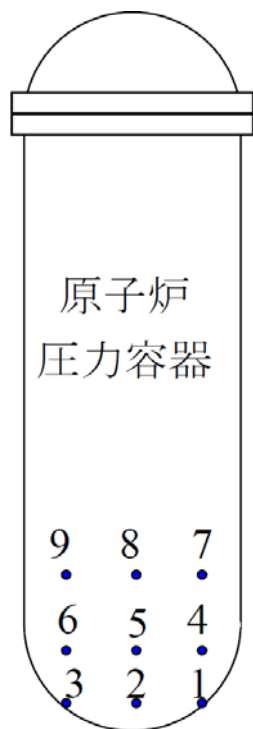
炉心スプレイ系単独注水（約6日間）時に，一部の温度計に若干の指示変動を確認したが，温度が上昇しつづけることはなく安定していたことから，炉心スプレイ単独での原子炉冷却は可能と評価。



15~21 24
10~14 23

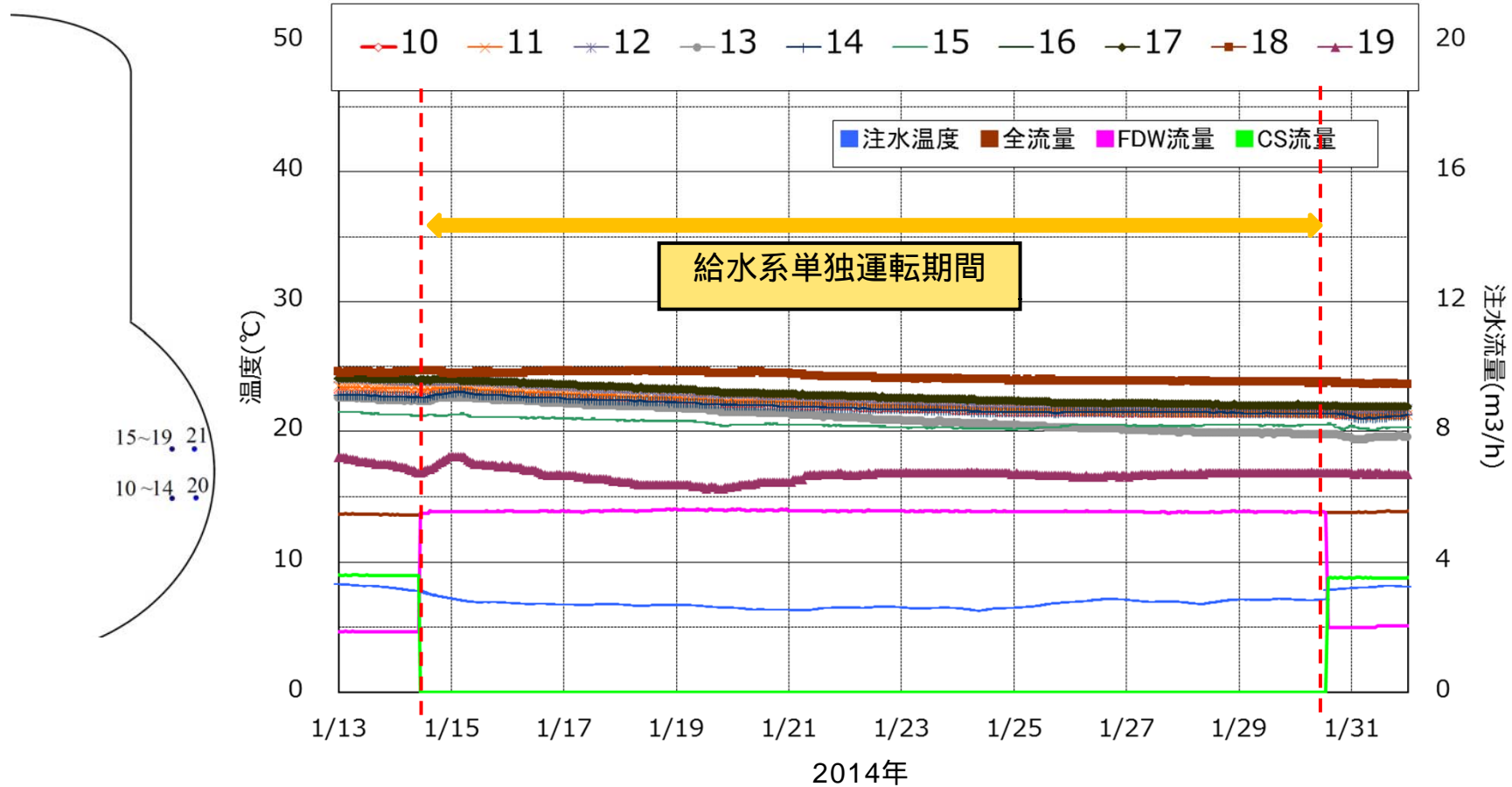
【参考】3号機給水系単独注水時の原子炉压力容器底部温度 (2014年1月)

給水系単独注水（約16日間）期間中，温度の大きな変動はなく，安定していたことから，給水系単独での原子炉冷却は可能と評価。



【参考】3号機給水系単独注水時の格納容器温度 (2014年1月)

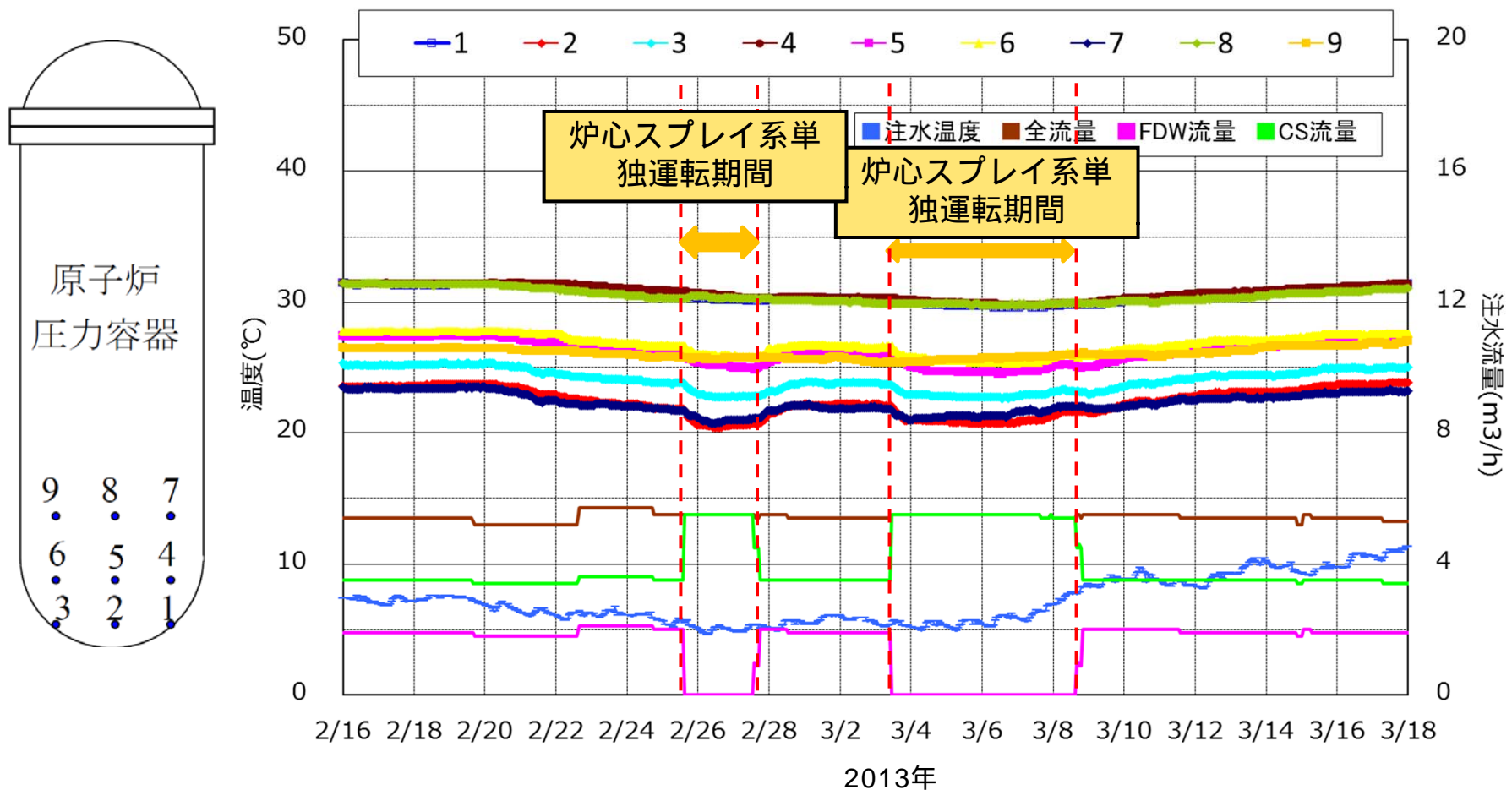
給水系単独注水（約16日間）期間中，温度の大きな変動はなく，安定していたことから，給水系単独での原子炉冷却は可能と評価。



【参考】3号機炉心スプレイ系単独注水時の原子炉压力容器底部温度 (2013年2～3月)



炉心スプレイ系単独注水（約6日間）時に，温度計に若干の指示変動を確認したが，温度が上昇しつづけることはなく安定していたことから，炉心スプレイ系単独での原子炉冷却は可能と評価。



【参考】3号機炉心スプレイ系単独注水時の格納容器温度 (2013年2～3月)

炉心スプレイ系単独注水（約6日間）時に，温度計に若干の指示変動を確認したが，温度が上昇しつづけることはなく安定していたことから，炉心スプレイ系単独での原子炉冷却は可能と評価。

