

1号機原子炉格納容器の水位低下について

2024年2月29日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 1号機の原子炉格納容器水位低下の方針

- 1号機の原子炉格納容器（PCV）の耐震性向上策として、段階的に水位の低下を行うことを計画中。
 - 水位の低下にあたっては、燃料デブリの冷却状態確認等、安全性を確保しながら、2号機と同じ様な掛け流しの環境とすることを想定。
 - PCV水位は、運転プラントにおける通常水位付近である、圧力抑制室（S/C）中央付近を目標として設定。
- PCV水位低下のためには、現状より低い位置のPCV水位計測を可能とする必要があったことから、現状のPCV温度計/水位計より低い位置に水位計※1を設置。

※1 S/C 原子炉冷却材浄化系（CUW）配管 バブラ式水位計

- PCV水位低下の方法として、PCVの比較的低い高さ（S/C底部付近）にあると想定している液相漏洩口からの漏洩を利用し、原子炉注水量低減により行っていくことを計画※2。

※2 漏洩口の場所や規模については不確かさがあることから、漏洩を利用した水位低下にて目標水位（S/C中央付近）に到達しない場合には、そこまでの水位低下の過程で得た各パラメータの挙動もふまえ、PCV水位の長期的な管理・扱いについて検討する。

2. PCV水位低下時の影響について (1/2)

- PCV水位低下時の影響として、以下の原子力安全上のリスク・課題を想定。
 - **PCV水位がドライウェル（D/W）底部の堆積物の高さを下回ることの影響の可能性**
PCV水位がD/W底部にある堆積物の高さを下回ると、冷却状態の変化が想定され、またダスト飛散状況にも影響を与える可能性
 - **建屋滞留水への影響の可能性**
S/C内部の高濃度汚染水の排出が進むことにより建屋滞留水の放射能濃度が上昇し、処理設備（サリー、キュリオン）に影響を与える可能性
 - **PCV内環境への滞留ガス(水素)の影響の可能性**
S/Cにつながる配管（HPCI、CS系統）内にガス（水素）が滞留していた場合、S/C水位を低下する過程で、水素が配管外（PCV内）へ移行する可能性
- 上記の影響を考慮し、以下の方針で対応を検討。
 - **ホールドポイント（HP）を設け段階的にPCV水位の低下を行う。**
現在水位～S/C中央部までの間に8つのHPを設け、原子力安全上のリスクに異常がないことを各パラメータ（P.8）で確認しながら、水位低下を進める。

➤ PCV水位がD/W底部の堆積物の高さを下回ることの影響の可能性

1号機では2020年に実施した原子炉注水停止試験の過程で、ペデスタル外側の堆積物が気相に出る高さまでPCV水位を下げた経験があるが、温度等の各パラメータに大きな変動がないことを確認している。

今回PCV水位を低下させていく過程で、ペデスタル内の堆積物の一部が気相に出ることが想定される。注水のかけ流しによる冷却は継続するものの、温度等、各パラメータに異常がないことを確認しながら、水位低下を行う。

なお、燃料デブリが圧力容器底部に多くあると推定している2号機において、注水した水は圧力容器内で水位形成することなく、燃料デブリは注水のかけ流しにより冷却されている状態と考えられるが、十分に冷却できている。1号機でPCV水位が下がりペデスタル内部の堆積物がかけ流しの状態となっても、定性的には2号機同様に冷却が可能と考える。

➤ 建屋滞留水への影響の可能性（参考1）

1号機のS/C内包水は放射能濃度が高いことを確認している。そのため、水位低下に伴い建屋滞留水の放射能濃度が上昇するなど、処理設備(サリー、キュリオン)に影響を与える可能性も考えられる。

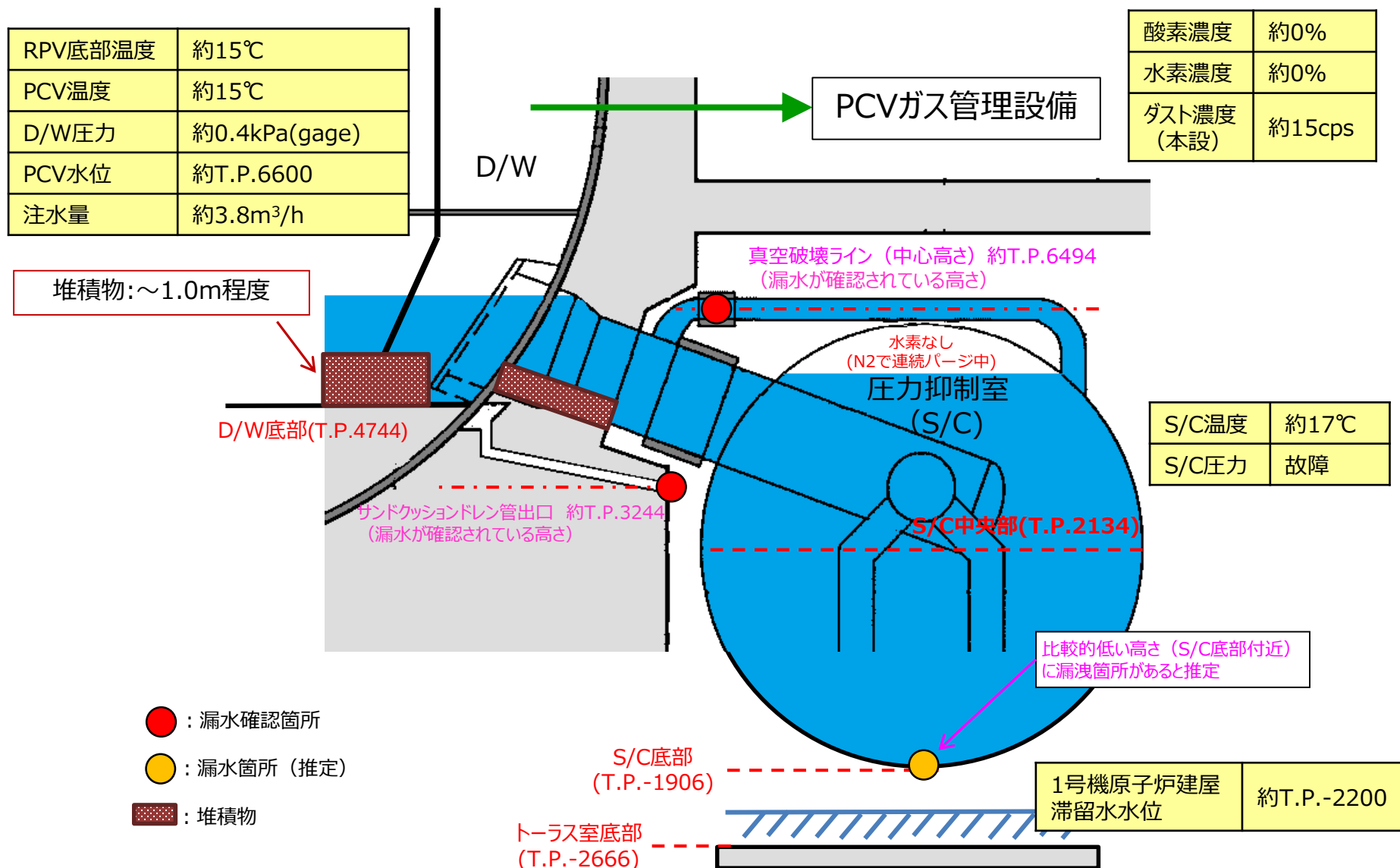
過去の運転実績を踏まえ、処理設備の運転に影響がない運用・管理が可能であるが、水位低下の過程でHPを設け段階的に水位を下げることで、建屋滞留水の放射能濃度の監視頻度を増やすことで、処理設備への影響の有無を確認すると共に運転に影響しないよう対応する。

➤ PCV内環境への滞留ガス（水素）の影響の可能性（参考2）

S/C内に水封されている滞留ガスの想定容量（配管容積）は、PCV容積に比べ、少量であり、PCV内の可燃性限界を超える可能性は低いと推定。（S/C上部から窒素封入中）

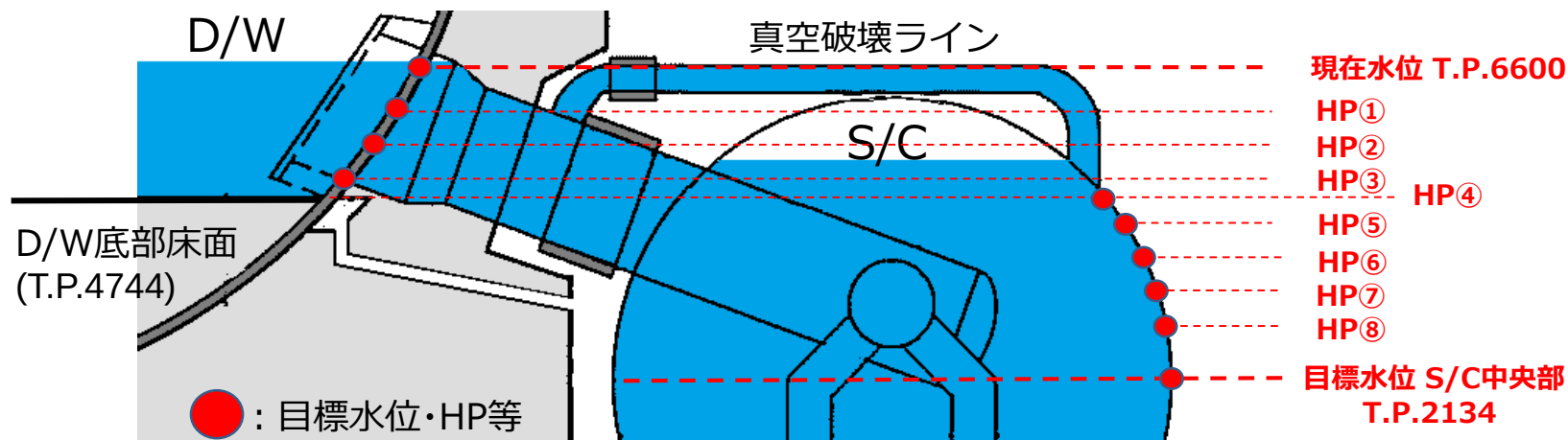
3. 現在の1号機の状態と漏洩箇所（推定含む）

➤ 2024年2月現在の1号機の各パラメーターと漏洩箇所（推定含む）を以下に示す



4. ホールドポイント（HP）の位置について

- 現在水位～S/C中央部までの間に、以下 8 つのHPを設け、慎重に水位を低下させる。
（HP②までは過去に経験済みの水位）



水位低下ステップ

	現在水位 T.P.6600 (S/C底部から約8.5m)	
D/W水位低下	HP①	S/C底部から約7.9m (気相露出した真空破壊ライン損傷部がD/Wと連通)
	HP②	S/C底部から約7.4m (ペDESTAL外堆積物高さ> PCV水位) (D/W底部から+70cm)
	HP③	S/C底部から約7.1m (ベント管下端高さ (ペDESTAL内堆積物高さ> PCV水位)) (D/W底部から+42cm)
S/C水位低下	HP④	S/C底部から約6.7m (D/W底部の高さ)
	HP⑤	S/C底部から約6.2m
	HP⑥	S/C底部から約5.7m
	HP⑦	S/C底部から約5.2m
	HP⑧	S/C底部から約4.7m
	目標水位 (S/C中央部) T.P.2134 (S/C底部から約4.0m)	

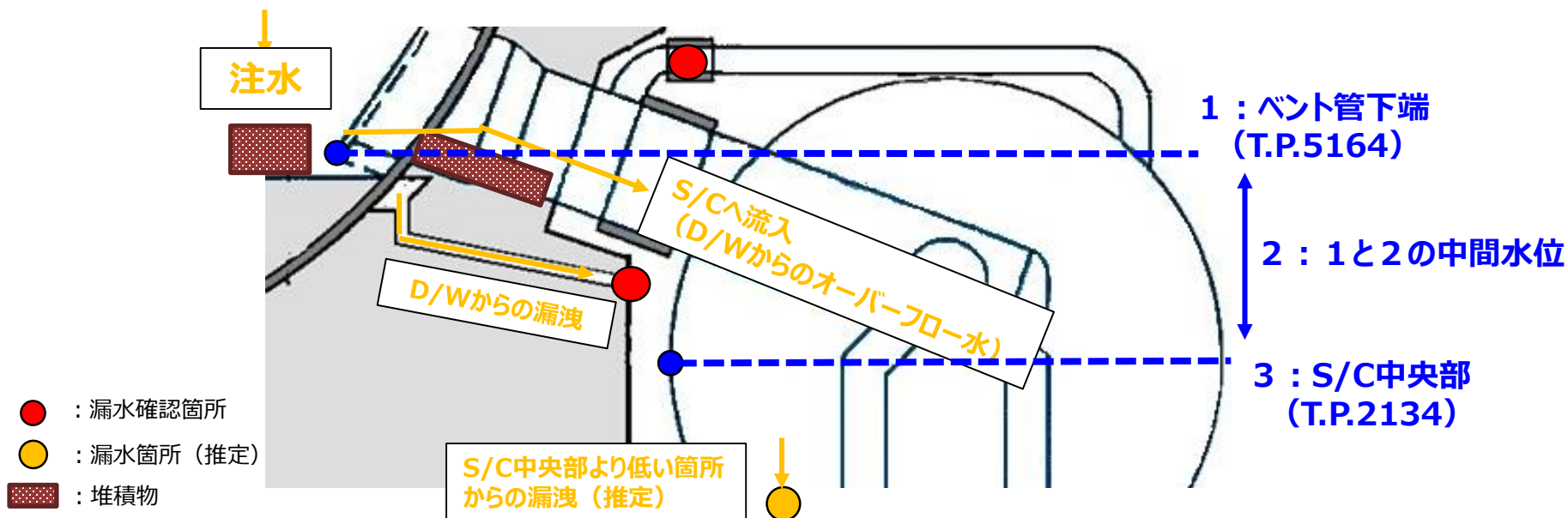
約
50cm

刻みで水位低下する

5. 水位低下後の状態について (S/C)

■ PCV水位低下後のS/C水位について

- S/C側に想定される状態としては、以下のケース1～3が考えられる。

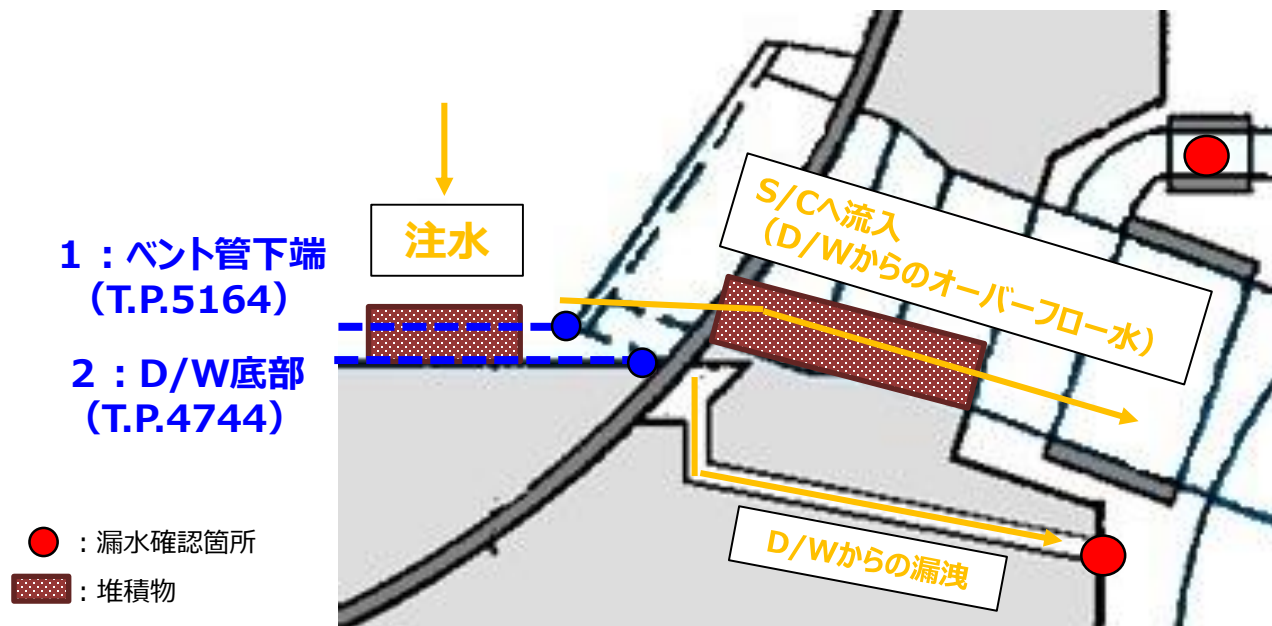


ケース	水位低下後の状態	漏洩の条件	理由
S/C ケース 1	ベント管下端高さで 水位低下終了	- D/Wからの漏洩が大きい - S/Cからの漏洩無し又は漏洩が小さい	低減した注水量ではD/WからS/Cにオーバーフローせず、D/W底部まで水位が低下した段階で水位低下が止まる。
S/C ケース 2	D/W底部～S/C中央部の 途中で水位低下終了	- D/Wからの漏洩が小さい - S/Cの漏洩口は中央部より高いところ or S/C中央部より低い箇所の漏洩が小さい	D/Wからの漏洩が微小であることから、注水の一部がS/Cにオーバーフローする。ところが、漏洩口の位置がS/C中央部以上であったり、S/Cからの漏洩量がオーバーフローした水量に対して十分でなくなると、水位低下が止まる。
S/C ケース 3	S/C中央部まで水位低下	- D/Wからの漏洩が小さい - S/C中央部より低い箇所の漏洩が大きい	D/Wからの漏洩が微小であることから、注水の一部がS/Cにオーバーフローする。S/C中央部より低いところからの漏洩が支配的であることから、S/C中央部まで水位が低下できる。

6. 水位低下後の状態について (D/W)

■ PCV水位低下後のD/W水位について

- D/W側に想定される状態としては、以下のケース1、2が考えられる。



ケース	水位低下後の状態	漏洩の条件	理由
D/W ケース1	ベント管下端高さで 水位低下終了	D/Wからの漏洩が小さい	D/Wからの漏洩が小さいことから、注水の一部がS/Cにオーバーフローする。
D/W ケース2	D/W底部高さで 水位低下終了	D/Wからの漏洩が大きい	D/Wからの漏洩が大きいことから、注水した水の量では、D/W内に水位が形成されない。

7. 水位低下における監視パラメータについて

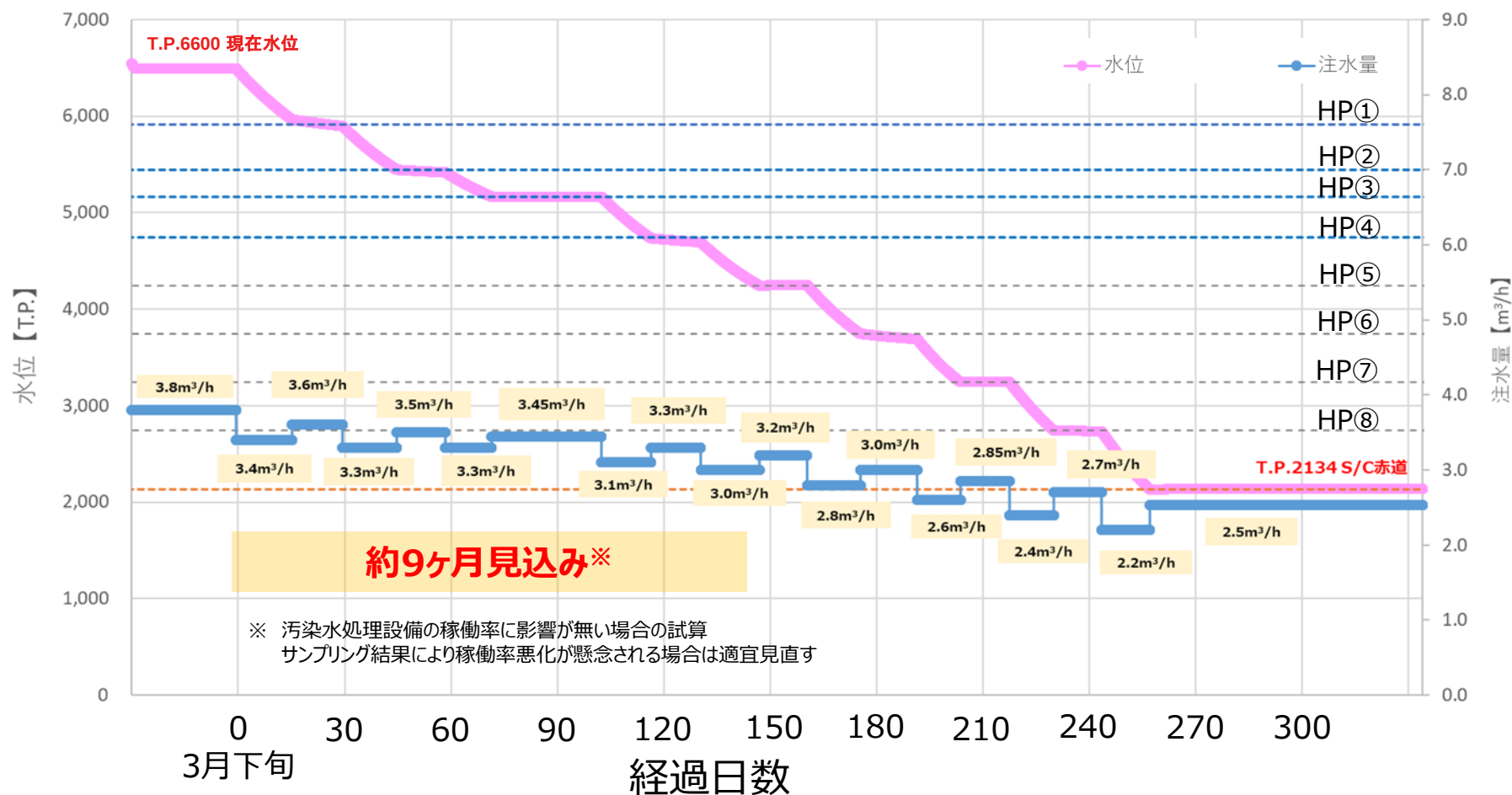
- PCV水位低下にあたり、以下パラメータを重点的に監視していく。
- 各パラメータの監視の結果、問題となる変化が確認された場合は、PCV水位低下作業の中断、または前HPの水位に戻す等の対応を実施することで、PCVの機能や、建屋滞留水の処理設備の運転に影響しないよう対応する。

監視強化 パラメータ	監視頻度※	
	水位低下から 水位安定まで	水位安定 確認後
原子炉注水量	毎時	
RPV底部温度		
PCV温度	毎時	6時間毎
S/C温度		
PCV水位		
PCVガス管理設備 水素濃度		
PCVガス管理設備 酸素濃度		
PCV圧力		
PCVガス管理設備 ダスト濃度(HEPAフィルター上流)_仮設		
PCVガス管理設備 ダスト濃度(HEPAフィルター下流)_本設		
1号機原子炉建屋滞留水放射能濃度	水位低下当初1週間毎、 パラメータの傾向に応じ見直し	
1号機原子炉建屋内連続ダストモニタ	毎時	6時間毎

※ PCV水位低下実績（パラメータ変動の傾向）を踏まえ、監視頻度を見直す可能性あり

8. 水位低下の工程について

- 水位低下は、水位を低下させる期間と、HPにて影響を確認する期間を交互に繰り返し進める。
期間はそれぞれ約 2 週間を予定（PCV水位がペDESTAL内の堆積物高さを下回ると考える「HP③」のみ一ヶ月）
- 一部の漏洩については場所や規模を特定できていないため、工程には不確かさがある。実際の水位低下にあたっては、水位計指示や監視パラメーターを確認しながら、都度、適切な注水量に調整する。
- 水位低下にあたり、原子炉注水量以外の運転状況（N₂封入量等）については、監視パラメータに異常がみられない限りは、原則変更しない。



9. PCV水位低下関連作業の工程

- 1号機のPCV水位低下は3月下旬開始を予定。
- PCV水位低下を実施するにあたり、PCVパラメータに変化が確認され、今後のPCVの維持に懸念があるような状況が確認された場合、PCV水位低下を中断するなど、慎重な対応をしていく。

号機	2023年度	2024年度
	3月	
1号機	PCV水位低下 (3月下旬予定) 	完了時期は水位低下の 進捗に応じて適宜見直し

- 下表の通り、特にS/Cでは過去※1、高濃度の汚染水が確認されており、これが希釈されず処理設備に移送された場合、設備に影響を与える可能性がある。
- 処理設備の運用に影響がないよう建屋滞留水の放射能濃度を監視しながら水位低下を行う。
- なお、S/C中央部付近まで水位を低下させることができた場合、PCV（D/W及びS/C）から排出される水量は、D/Wで約590m³、S/Cで約2000m³である。

1号機D/W及びS/CのCs-137濃度

	D/W	S/C	(参考) 滞留水濃度
Cs-137 (Bq/L)	3.47×10^7	3.64×10^9	10 ⁷ オーダー

※1 D/W:2012.10.12採取データ
S/C:2023.11.17採取データ

1号機PCV（D/W及びS/C）の総放射能※2の評価

PCV内包水の総放射能		PCV内包水(m ³)	D/W内包水(m ³)	S/C内包水(m ³)
Cs-137(Bq)	約 1.52×10^{16} (1.52京Bq)	約4770	約590	約4180

※2 総放射能の算出に当たり、PCV内の濃度勾配、内包水の水量算出、測定時期による濃度の違い等のため、評価値には不確かさがある

1. ② 滞留水素によるPCV内の水素濃度の上昇リスク

- 滞留水素がPCVに流入し、一定時間かけて一様に拡散した場合を想定して、PCV内全体の水素濃度が可燃限界（4%）になるために必要な滞留水素の体積を概算した。その結果、保守的な評価であるが、1号機は77m³程度、また、2、3号機は、106m³程度の滞留水素の体積が必要。
- 一方、滞留水素のPCV内へ流入を考えた場合、流入経路の水素濃度は、局所的には可燃限界（4%）を上回ると想定。
 - PCV内の可燃リスクを低減する観点から、酸素濃度を水素の可燃限界に至らないよう管理しておくことが必要と考える。

PCV内の水素濃度が可燃限界（4%）に到達するための滞留水素の体積の概算
(PCV内に一様に水素の拡散を想定、局所的な濃度に着目した評価ではない)

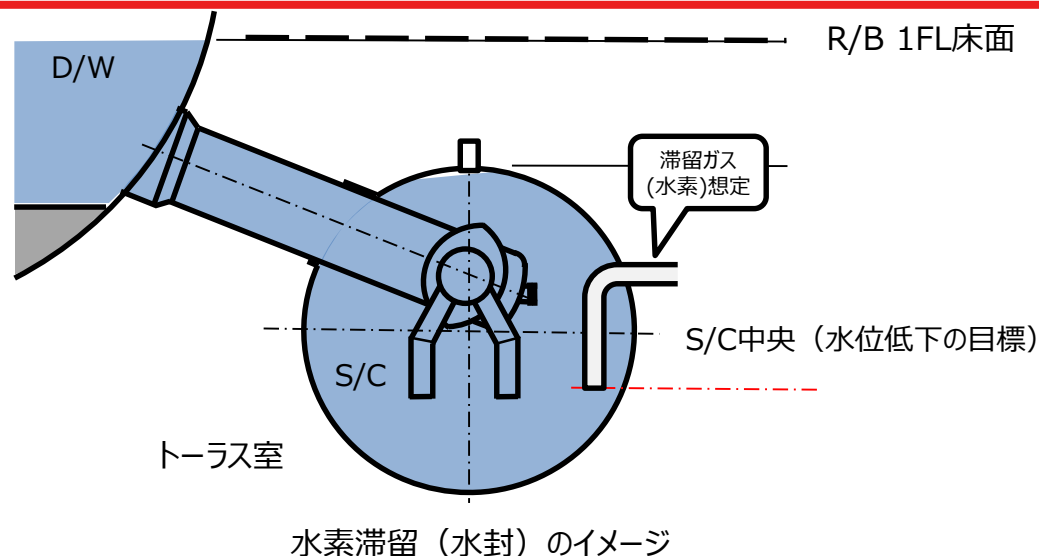
		1号機	2号機	3号機
PCV気相部体積 (m ³)※		約1,900	約2,600	約2,600
PCVの水素濃度が可燃限界（4%）に至るために必要な滞留水素の体積 (m ³)	滞留水素濃度67% (水の放射線分解を想定)	約118	約161	約161
	滞留水素濃度100% (事故初期の水素を想定)	約77	約106	約106

※ 評価条件

PCV水位が赤道付近と想定した場合の保守的な評価
「実施計画 II 特定原子力施設の設計、設備 2.2 原子炉格納容器内窒素封入設備 添付資料-5
表-1 原子炉格納容器及び原子炉压力容器気相部体積について」より引用
特に1,2号機の水位は、現状、上記よりも低く、保守的な条件である。

(参考) 2023年6月5日 1F技術会合(第10回)「PCV閉じ込め機能強化に関する検討状況について(PCV内の水素爆発)」(抜粋)

- S/C中央以下の水位低下時に、水封されている滞留ガス(想定)が開放される可能性がある。(当該配管の接近・パージ作業難)
- 水封されている滞留ガスの想定容量(配管容積)は、PCV容積に比べ、少量であり、PCV内の可燃性限界を超える可能性は低いと考えられる。
- S/C内配管下端近傍において、徐々にPCV水位低下するなどの対応が必要。



【補足】

PCVパラメータへの影響が想定される系統のプロセス配管 (S/C内配管端部で10B以上)について評価
(配管口径10B以下の配管は影響が小さいと想定)

水素滞留(水封)が想定される系統配管内のガス容量

	系統	配管名	ガス容量 (配管内容積、()呼び径:機器→S/C開放下端)	配管下端位置	S/C中央位置
1号機	HPCI	タービン排気ライン	2.5m ³ (16B→20B)	TP: 24	TP: 2134
	CS (A/B)	テストライン戻り	A系 : 0.64m ³ /B系 : 0.47m ³ (6B→12B)	TP: 939	

【参考】

PCVの水素濃度が可燃性限界(4%)に至るために必要な滞留水素の容積77m³相当となる配管の長さ

例 : 500A/STD管 (O.D. 508mm/t 9.5mm)の場合、約409m (1m当たり容積が、187.8L/m。77,000(L)/188(L/m) = 409.57(m))

(参考3) 1号機 常設PCV水位計（接点式）の運用開始について **TEPCO**

- 2023年12月に取り替え作業を実施した常設PCV水位計（接点式）について、2024年1月に水位表示の一部（L2）が正しく表示されない事象を確認
- 原因調査の結果、水位計から水位有無の信号を検知する機器（以下、検知器）の検知感度の調整が必要であることを確認
- 検知器は水位計が水没したことによる電気抵抗変化を検知する仕組みであり、水位計を新品に交換したことにより、水位計の抵抗が変化し、これまでの検知感度で信号を検知しなくなったものと推定
- 水位有無を正しく検知できるよう、検知器の感度を調整した上で、2月2日午前0時から常設PCV水位計および温度計を運用開始

