

1号機 P C V水位低下計画について

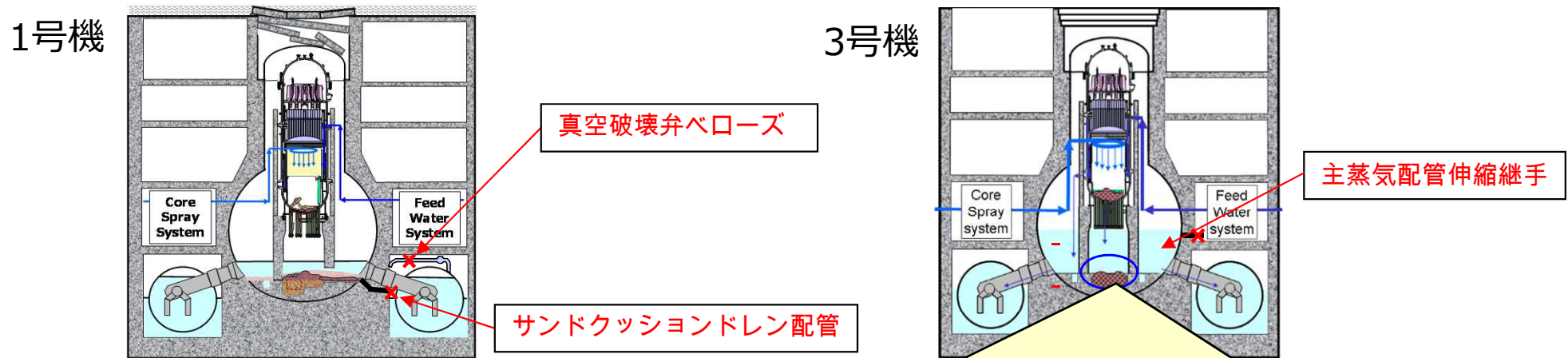
2021年4月19日



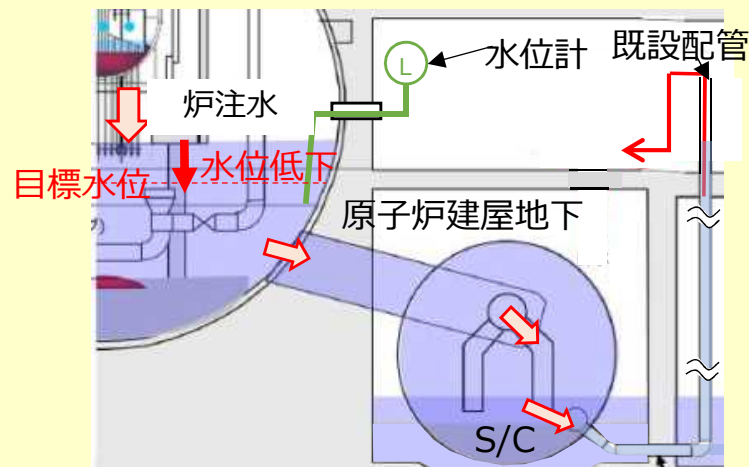
東京電力ホールディングス株式会社

1. PCV水位低下に向けた1 / 3号機の状況について

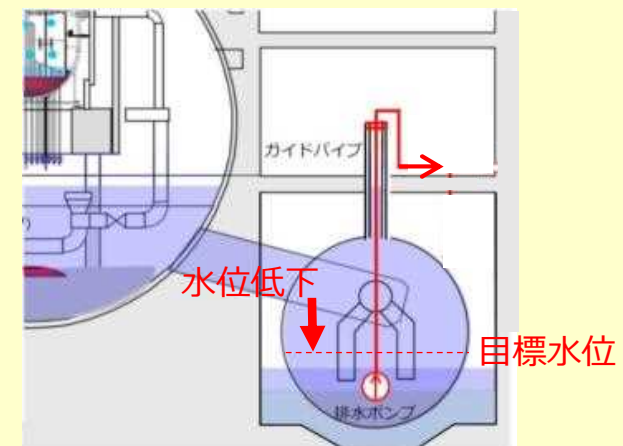
- 1 / 3号機のPCV水位が高く、PCV (S/C) の耐震性向上を図るため、PCV水位の低下を検討。
- PCV水位の低下にあたっては、燃料デブリの冷却状態確認等、安全性を確保しながら、2号と同じ様な掛け流しの環境とすることを想定。
- 3号機は段階的に水位を低下することを計画しているが、今回、1号機の対応についてご報告。



ステップ1 (目標水位: R/B1階床面以下)



ステップ2 (目標水位: S/C下部)



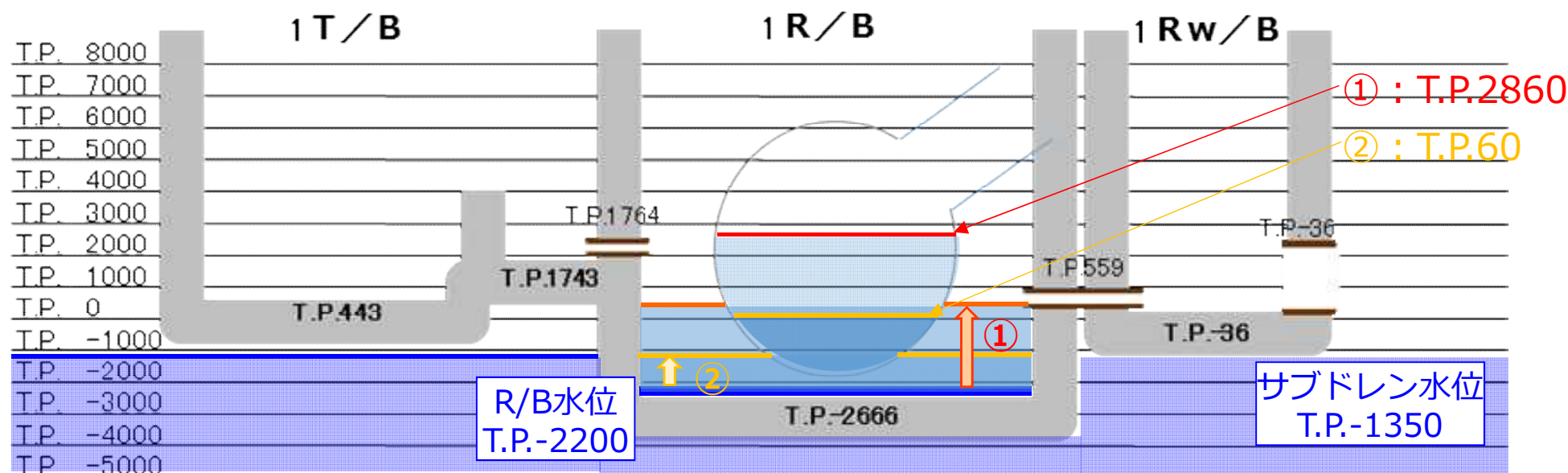
2. 1号機 PCV水位低下の目的と目標について

- 1号機 PCV水位低下については、段階的にS/C水位を低下させることを計画※¹。
 - a. 目的：将来的に地震または劣化等によりS/Cが損傷した場合においても、内包水の系外への流出を抑制
 水位：①S/C内包水が漏えいしても、漏えいがR/B内に留まる（T.P.2860※²：S/C中央付近）
 ②S/C内包水が漏えいしても、建屋-サブドレン水位の逆転なし（T.P.60※²：S/C下部）
 時期：①2023年～ ②2030年度～
 - b. 目的：燃料デブリ取り出し期間に亘ってS/Cをバウンダリとして使用するため、構造健全性(耐震性)を維持
 水位：燃料デブリ取り出し※³に関わる工法と合わせて検討
 時期：燃料デブリ取り出し※³に関わる工程と合わせて検討
- 現時点において、S/C内包水の瞬時の流出という仮定に加え、保守的な条件で建屋水位が上昇しても、建屋水位はR/B1階床面を下回り、建屋外に直接流れ出ないことを確認済み。

※¹ 建屋-サブドレン水位逆転防止に向けた機動的対応の成立性も検討。

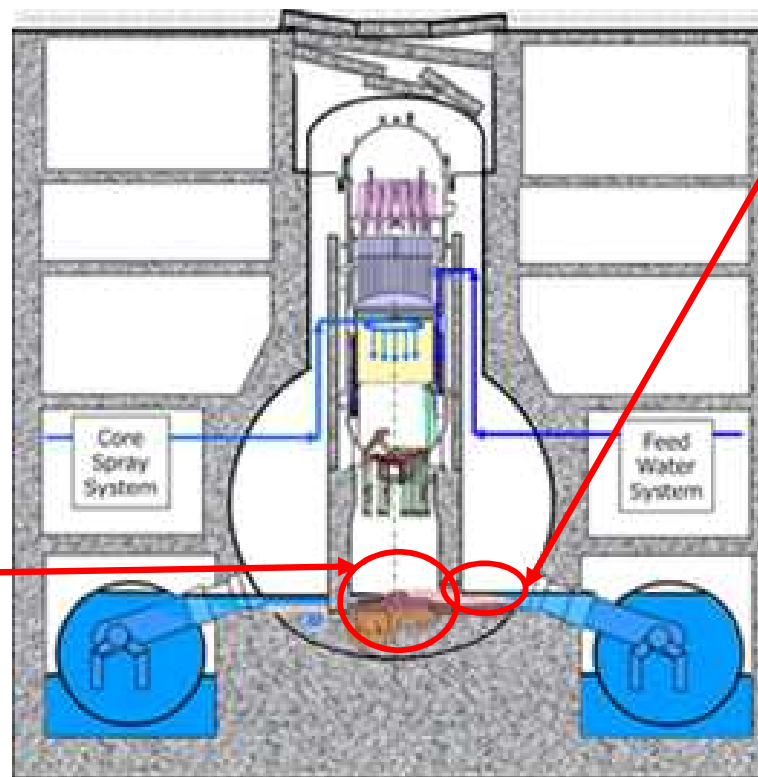
※² 2022年度以降の計画に基づいて算定（数値は、今後も精査）：サブドレン水位 T.P.-1350程度、1号R/B水位 T.P.-2200程度

※³ 1/3号機の取り出し規模の更なる拡大



3. 1号機 PCV (D/W) 内の状況

- 1号機のペDESTAL内の調査は未実施であるが、PCV内の状態推定やミュオン測定の結果から、**溶融した燃料の大部分がペDESTALへ落下している**と推定。
- 3号機のペDESTAL内には2～3 m程度の堆積物が確認されており、1号機も同様に堆積している可能性。
- 1号機のペDESTAL外に堆積物（30cm程度）があることを確認。
- 一部の燃料デブリは、**ペDESTAL外まで広がって堆積（開口部：作業員アクセス口を通じて）**している可能性。



ペDESTAL内（内部調査は未実施）

- ✓ PCV内の状態推定やミュオン測定の結果から、溶融した燃料の大部分がペDESTALへ落下していると推定
- ✓ ミュオン測定結果および3号機の内部調査実績から、2～3 m程度の堆積物がある可能性。

ペDESTAL外（内部調査は一部実施済）

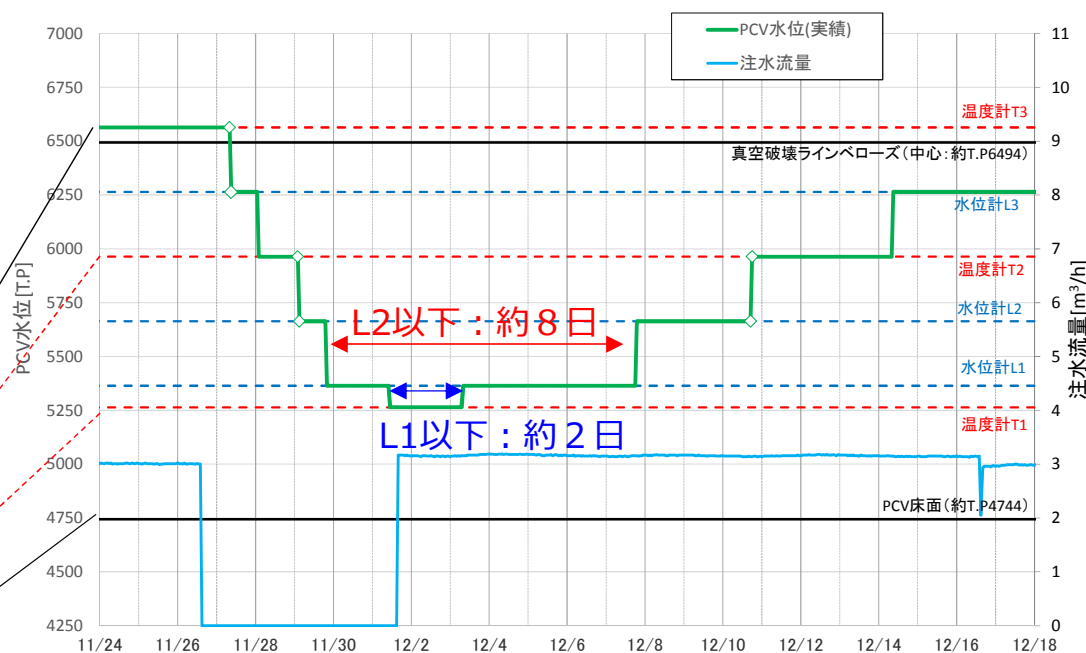
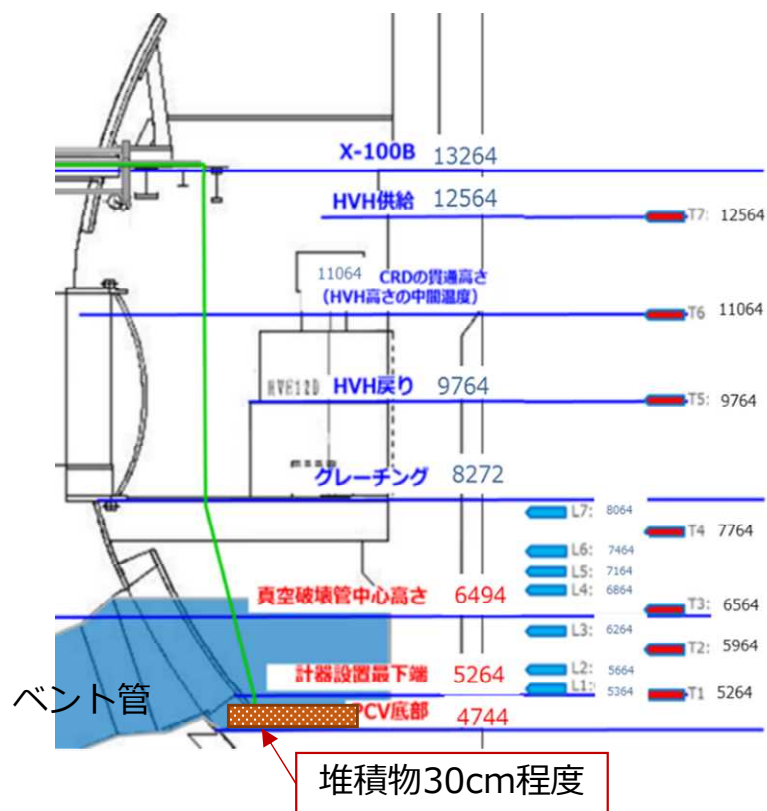
- ✓ 過去の調査(2015年)で堆積物を30cm程度確認



過去にPCV新設温度計・水位計設置時の画像

4. 1号機 PCV (D/W) 水位低下時の影響

- PCV (D/W) の水位を低下させた場合、ペDESTアル内・外に堆積した燃料デブリの一部が露出し、温度やダスト濃度が上昇する可能性。
 - 2020年に実施した注水停止試験において、水位はL2以下で約8日、L1以下で約2日を経験させても、ダスト濃度上昇等がないことを確認。当該試験で水位計L1を切っており、注水を継続してれば当該付近までPCV水位を低下させても問題ない可能性。
 - PCV (S/C) 水位を低下させる場合、PCV水位はPCV底部より30cm程度（ベント管付け根部下端）となるため、その状態で温度やダスト濃度等に問題がないことを確認することが必要。
- ➡ 既存計器（最下端）はPCV底部より50cm程度の高さにあり、PCV水位低下による影響確認方法の確立（更に低い位置への計器設置等）が必要。



2020年 注水停止試験時のPCV水位

5. 1号機 PCV (D/W) 水位低下に向けた方針について

- 1号機のPCV (D/W) 水位を低下させた場合、ペDESTAL内・外に堆積した燃料デブリの一部が露出し、温度やダスト濃度が上昇する可能性があり、PCV関連パラメータを監視しつつ、慎重に低下させることが重要。
- 1号機は、注水量3m³/hの状態ではPCV水位が水位計(L2)を下回り、また、注水量増加(4m³/h)することで、T2まで水位回復することを確認。(この状態で温度、ダスト濃度に異常な上昇がないことは確認済み)
- 現在、温度計や接点式の水位計で水位を確認しているが、連続した水位監視のための計器追設(S/Cの窒素封入ラインへの圧力計追設)も検討中。



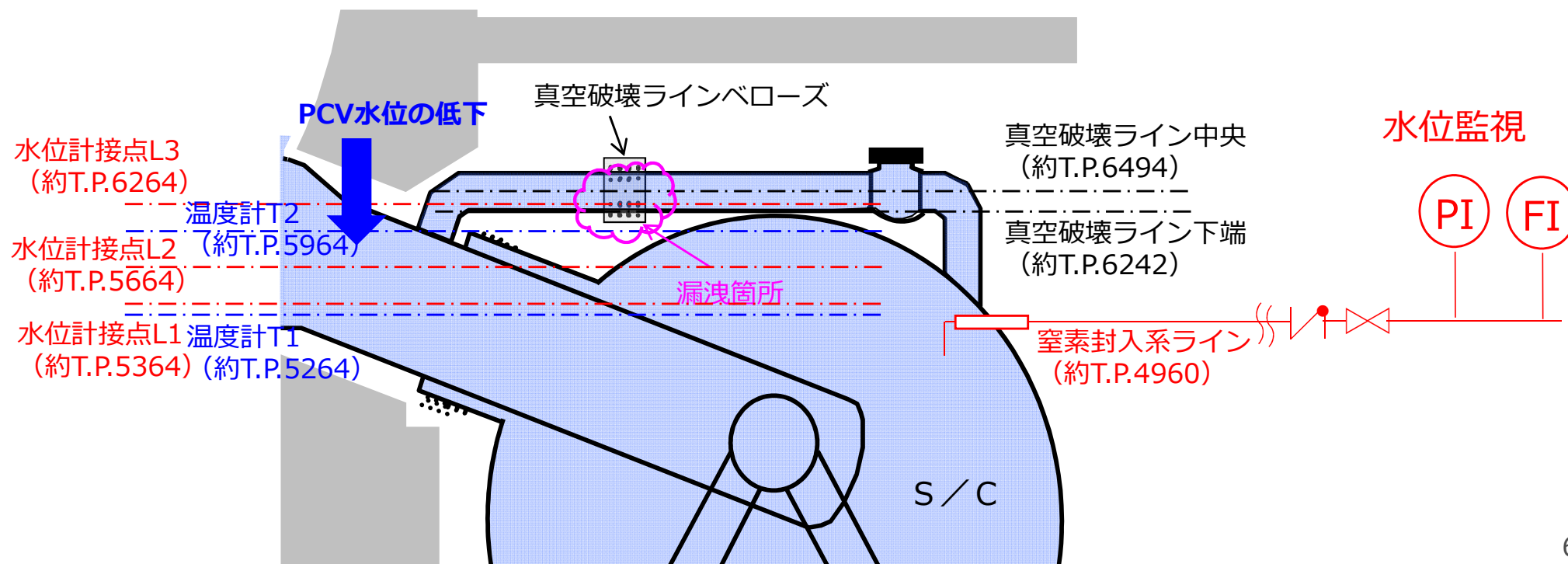
上記を踏まえ、以下の対応を検討。

- ①当面の水位は、監視確保の観点からL2-T2間で維持。
- ②連続した水位監視のための圧力計追設後、水位評価。
→接点式の水位計等との比較のため流量調整により、状況変化を確認予定。
- ③連続した水位監視が可能なことを確認後、L1-L2間での維持に変更。(水温確認のために温度計(T1)より上を維持)
- ④水中ROVによる内部調査を行う際は、水位を回復させ、終了後に元の水位(③)に戻す。
(影響確認方法の確立を踏まえつつ、注水量低減・停止等によるPCV水位低下を検討)

※圧力計による連続した水位監視ができない場合も、温度、ダストに異常な上昇がないことを確認しながら既存計器での水位低下を検討

6. 1号機 水位監視計器強化に関わる対応について

- S/Cへの窒素封入ラインに圧力計を追設し、系統圧力を評価することで水位トレンドの確認ができないか、検討中。当該対応の実施状況は以下の通り。
 - 既設S/C窒素封入ライン出口圧力は、系統の圧力損失分が大きく、水位評価の精度向上のため、既存の流量計を交換の上、流量低減を実施し、系統圧損の流量依存性を確認（3月19日）。
 - 水位計としての精度向上のため、低レンジの圧力計を追設（3月29日）。
 - 今後、当該計器を水位計として用いる妥当性を確認するため、接点式水位計との比較や温度・圧力による水位換算式の補正を行い、運用開始することを計画(5月上旬以降)。
- なお、水位を連続的に監視する伝送化は、別途検討中。



7. 1号機 PCV水位の更なる低下に向けた対応案

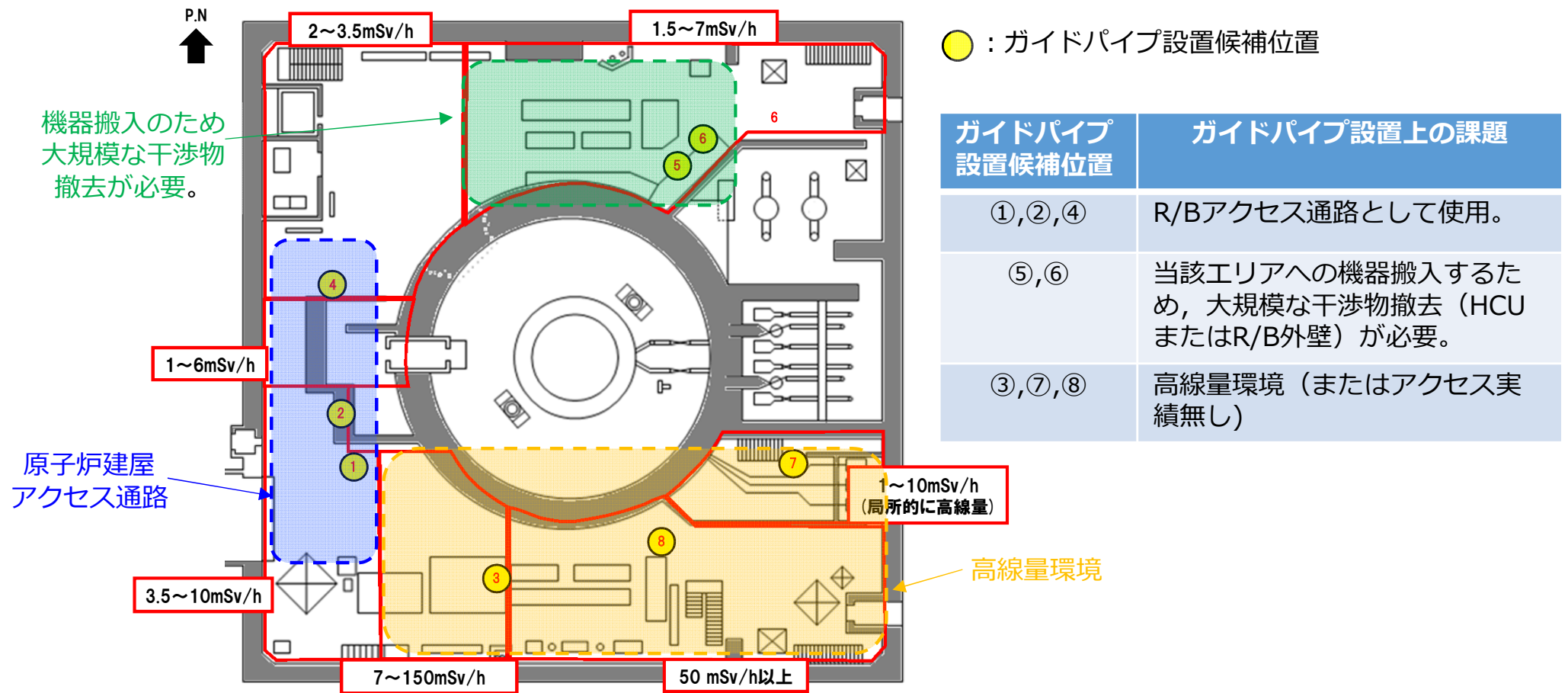
- S/Cから取水（排水）するのに、以下の方法が考えられるが、建屋内のスペース、線量等が3号機と異なっており、1号機の状態を踏まえた対応を選択することが必要。

	ガイドパイプを用いた水位低下	①既設配管を活用した水位低下	②炉注水停止	③ドレン配管施工
イメージ図				
耐震性向上の有効性(水位低下範囲)	○ (S/C下部)	△ (S/C中心程度まで)	× (S/C水位は低下しない可能性あり)	○ (S/C下部)
技術成立性	未定	△	○	未定
実施可能時期	未定	2023年度以降	長期間の炉注停止時期は未定	未定
安全・運用上の懸念	・ポンプによる水位制御により、プラント状態に応じた対応が可能	・ポンプによる水位制御により、プラント状態に応じた対応が可能	・燃料デブリに対する冷却性低下 ・温度上昇に伴うダスト濃度の上昇	・地下階は高線量(10 ² mSv/hオーダー)であり、アクセス性が悪く操作性(非常時の対応)やメンテナンス性等に課題あり

8-1. 1号機 PCV (S/C) 水位低下に向けた課題について

- 1号機にて、地下階の干渉物位置等からガイドパイプ設置候補位置を検討中。
- 建屋内の設置スペースや線量等の観点から、ガイドパイプによるPCV (S/C) からの取水は、早期実現に向けた課題が大きい。

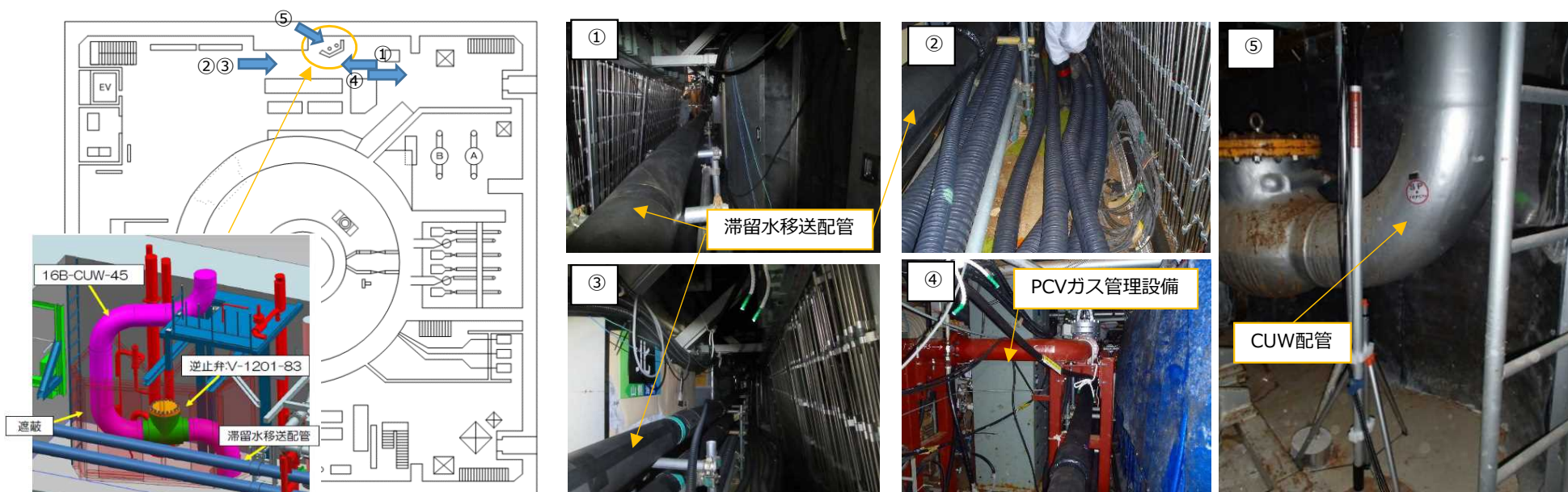
➡ 3号機とは違う形でのPCV (S/C) 水位低下も検討。



1号機原子炉建屋のガイドパイプ設置候補位置(①~⑧) 及び原子炉建屋内の環境線量状況

8-2. 既設配管を用いたPCV (S/C) 取水の検討状況

- PCV(S/C)に接続する既設配管のうち、以下条件を考慮した結果、冷却材浄化(CUW)系配管を用いた取水方法のみが候補として抽出。
 - 取水箇所からPCV(S/C)まで、「閉状態で操作困難な弁」や「流路を阻害する方向に設置された逆止弁」が無いこと。
 - ポンプ揚程の観点から、取水箇所(高さ)は原子炉建屋1階以下であること。
 - 取水箇所周辺で撤去困難な干渉物が無く、作業可能な環境線量(10mSv/h以下を目安)であること。
 - 当該の取水箇所は狭隘環境であり、付近の重要設備(滞留水移送配管等)に影響が無いように工事する必要があり、被ばく低減のための線量低減の検討も行っていく。
- ➡ 既設配管(CUW配管)を用いた取水について、今後も現場作業成立性の検討が必要。



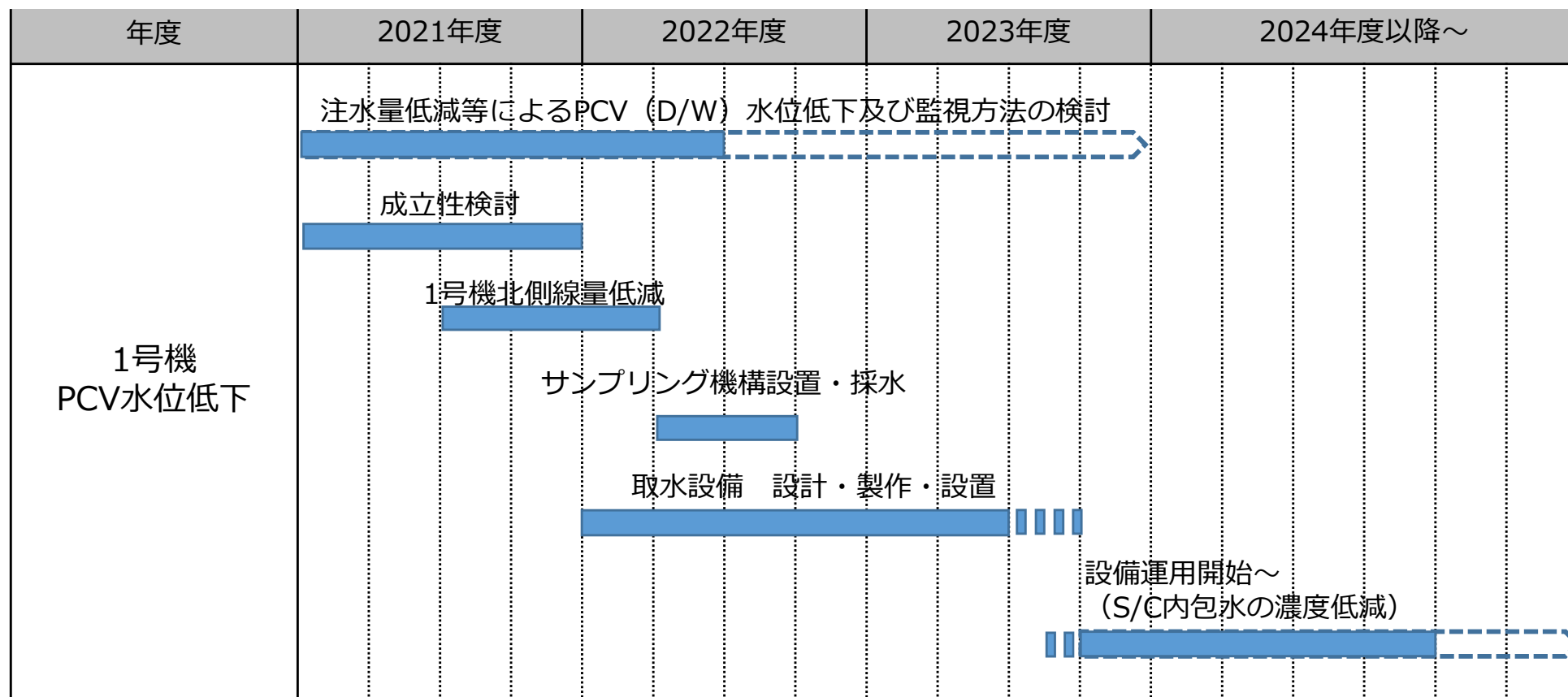
1号機冷却材浄化(CUW)系配管周りの現場状況について

9. 1号機 PCV (S/C) 水位低下に向けて必要な対応について

■ 以下を踏まえ、PCV (S/C)水位低下に向けた対応を検討予定。

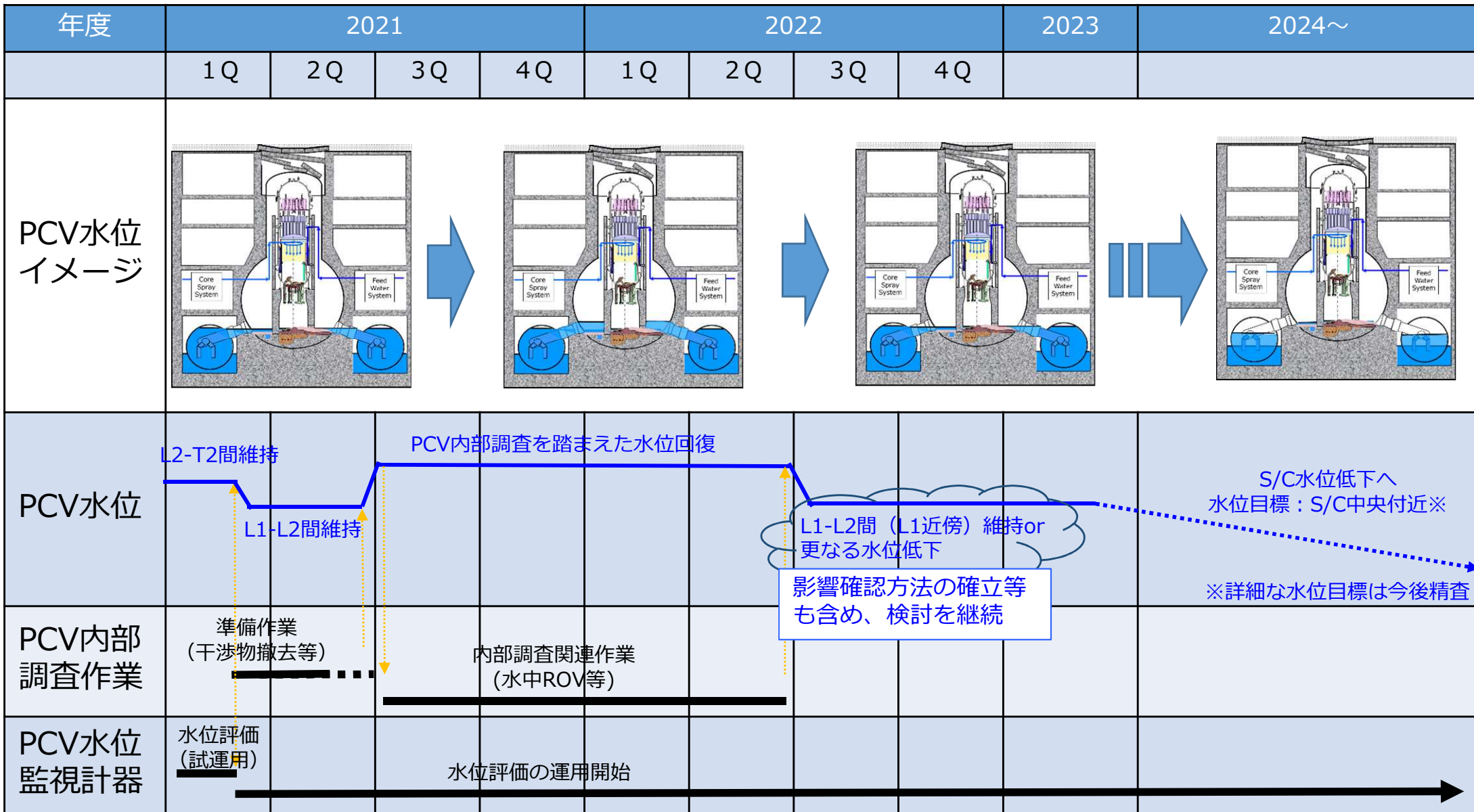
- 既述のPCV (S/C)取水の成立性検討を行うと共に、設置エリア周辺の環境改善。
- 1号機のPCV (S/C) 水位低下する設備等を設計するにあたり、取水するS/C内包水の水質の把握（サンプリング機構設置・採水）。

なお、注水量低減等によるPCV (D/W) の水位低下を検討すると共に、水位低下時のD/Wの水位・温度の監視方法も、並行して検討を行う。



10. 1号機 PCV水位低下計画について

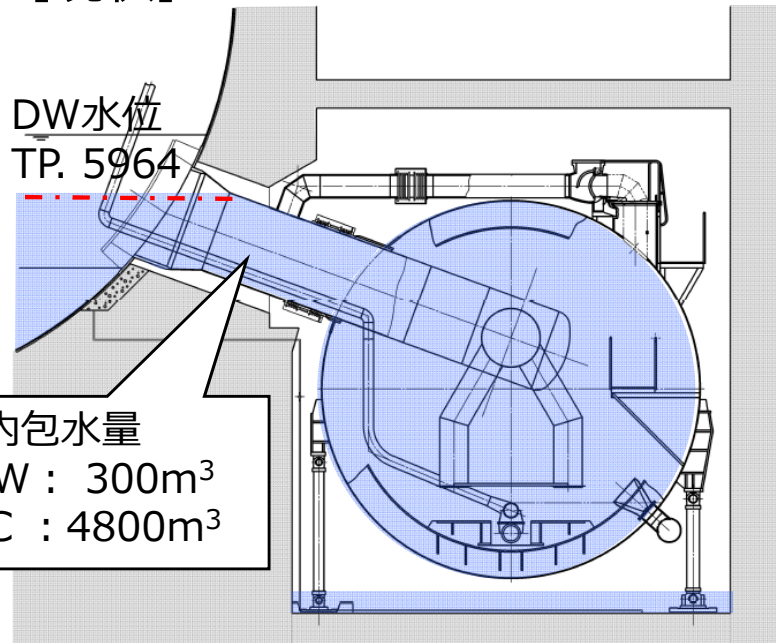
- 1号機PCV (D/W) 水位低下に関わる方針及びPCV (S/C) 水位低下に向けて必要な対応も踏まえ、以下の計画での対応を検討。



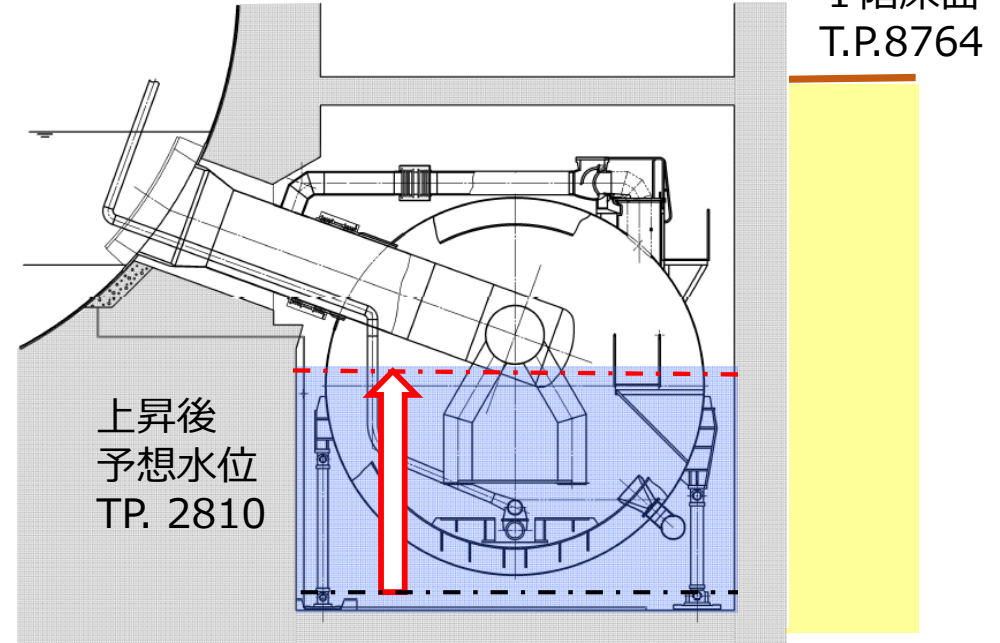
【参考】 S/C内包水の建屋への流出を仮定した場合の影響評価について **TEPCO**

- 現時点の建屋水位に対し、S/C内包水の瞬時の流出という仮定に加え、以下の保守的な条件で評価しても、建屋水位がR/B1階床面レベルを下回り、建屋外に直接流れ出ない。
 - 建屋滞留水の移送停止
 - 建屋の連通がなく、R/B内のみで水位が上昇

【現状】



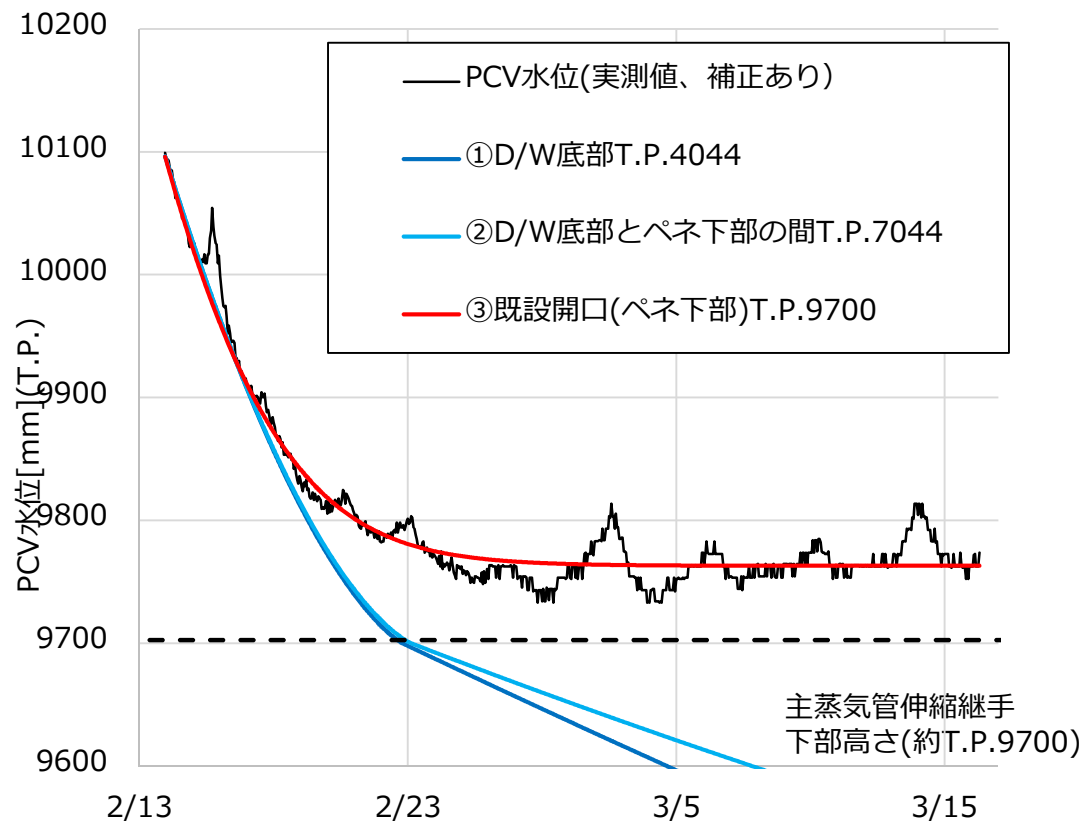
【評価結果】



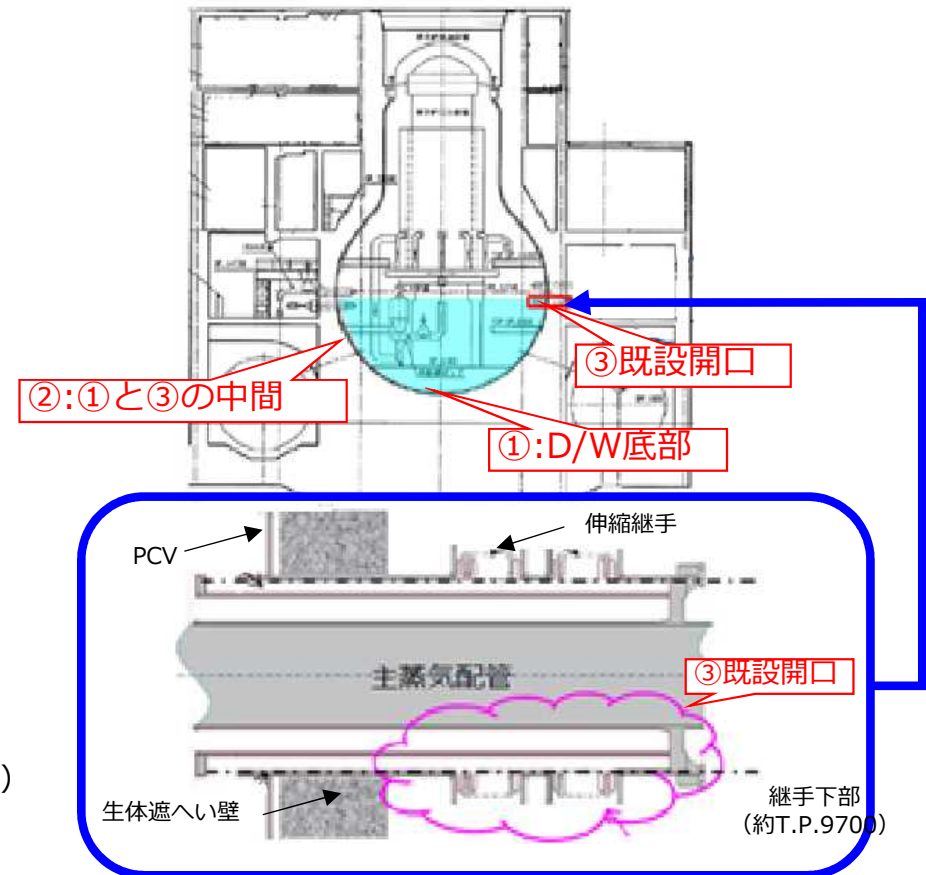
現時点の建屋水位	T.P.-2000程度
上昇後の予想水位	T.P.2810程度（1号R/B）
原子炉建屋1階床面	T.P.8764

【参考】水位トレンドから推定可能な知見について

- 水位トレンドを把握している場合、損傷位置を仮定し、PCV水位低下速度にフィットする開口を設定することで、水位変化の挙動を予測することが可能。
- 3号機において、水位安定位置（主蒸気管伸縮継手下部を想定）の開口を仮定した場合と、D/W底部に開口を仮定した場合の水位挙動は以下の通り。



PCV水位実測値と仮定した開口毎の水位の挙動



仮定した開口（左グラフ①～③）位置について

➡ 3号機の水位挙動実績から考えると、主蒸気管伸縮継手下部の影響が大きいと想定。

【参考】1号機 水中ROV調査の必要性について

- 1号機の水中ROV調査は、ペDESTAL外の大範囲とペDESTAL内の調査を行うことにより、堆積物回収手段・設備の検討と堆積物回収、落下物解体・撤去などの工事計画に係る情報収集を目的とする
- 潜水機能付ボート型アクセス・調査装置については、機能毎に6種類

実施項目	必要性	作業の流れ（イメージ）
<p>＜ガイドリング取付＞ ジェットデフレクタにガイドリングを取付ける</p>	<p>各ROVに有線で接続されるケーブルが構造物と干渉するのを回避するために必要</p>	
<p>＜詳細目視＞ ペDESTAL内にアクセスし、CRDハウジング、燃料デブリ堆積物等の目視調査</p>	<p>燃料デブリ取出し工法の検討と作業性の安全確保のために、ペDESTALの健全性確認は必要</p>	
<p>＜堆積物3次元形状測定＞ 堆積物の高さ分布を調査</p>	<p>燃料デブリ取出し工法の検討と装置設計へのインプット情報入手のために、堆積物の高さ調査は必要</p>	
<p>＜堆積物厚さ測定＞ 堆積物の厚さとその下の物体の状況を計測し、燃料デブリの高さ、分布状況を推定</p>	<p>装置設計へのインプット情報、臨界監視検討のために、燃料デブリの高さ、分布状況の調査は必要</p>	
<p>＜中性子束測定＞ デブリ検知センサを堆積物表前に投下し、各種分析と中性子束測定によりデブリ含有状況を確認</p>	<p>装置設計へのインプット情報、臨界監視検討のために、燃料デブリの高さ、分布状況の調査は必要</p>	
<p>＜堆積物少量サンプリング＞ サンプリング装置を堆積物表面に投下し、サンプリングを行う</p>	<p>燃料デブリ取出し工法の検討と装置設計へのインプット情報入手のために、堆積物のサンプリング調査は必要</p>	

※：堆積物の厚さや燃料デブリの有無及び厚さは未知だが、説明のためイメージとして記載

【参考】PCV（S/C）取水に用いる既設配管の抽出について

- PCV(S/C)に接続する既設配管のうち、以下の条件①に該当するものを以下表に記載。条件②で取水箇所が地下階のものは対象外とし、条件③環境線量及び作業性等を考慮し、CUW系配管を抽出

①取水箇所からPCV(S/C)まで「閉状態で操作困難な弁」や「流路を阻害する方向に設置された逆止弁」が無いこと。

②ポンプ揚程の観点から、取水箇所(高さ)は原子炉建屋1階以下であること。取水箇所が地下階となる配管へのアクセスは、建屋床の穿孔作業が必要。

③取水箇所周辺で撤去困難な干渉物が無く、作業可能な環境線量(10mSv/h以下を目安)であること。

系統	PCV(S/C)貫通孔	②取水箇所(高さ)	ポンプ設置場所	③環境線量[mSv/h]	備考(作業性等)
AC系	X-202	地下階	1階南東	~5	
	X-205	1階	1階北西	~3	S/C窒素封入に使用中。(水位計追設予定)
FCS系	X-218	地下階	1階南	>100	—
	X-227	1階	1階北西	~3	取水箇所からS/Cまでの配管経路に複数の曲がり部が存在し、取水ホース及び水位計の設置が困難。
HPCI系	X-220	地下階	1階南西	>100	
	X-221	地下階			
CCS系	X-210A	1階	1階北	~10	取水箇所からS/Cまでの配管経路に分岐や複数の曲がり部が存在し、取水ホース及び水位計の設置が困難。
	X-210B	1階	1階南	>100	
	X-211A	地下階	1階北	~10	
	X-211B	地下階	1階南	>100	
CUW系	X212	1階	1階北	~5	取水箇所から取水箇所からS/Cまでの配管経路の曲がり部は1カ所

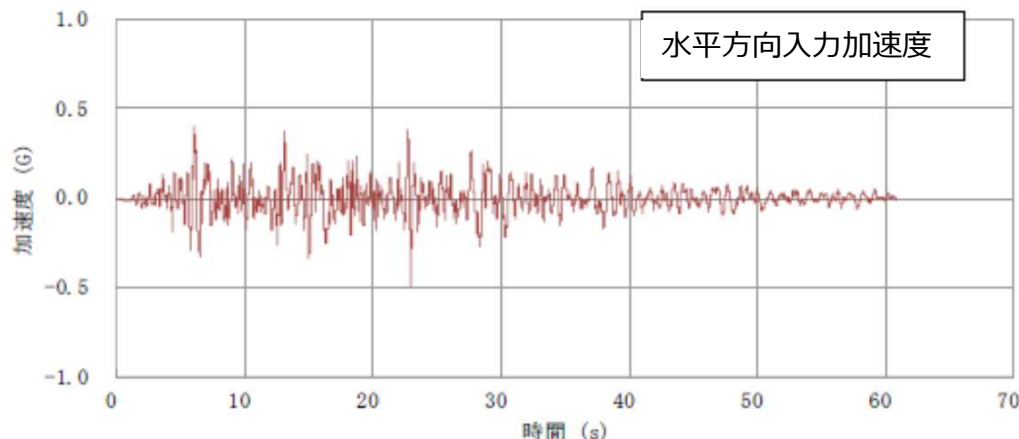
【参考】1号機 耐震評価結果について (1/2)

【評価条件】

- 基準地震動Ss(600gal) に対する評価を実施。
- 震災後20年(2031年)の劣化(腐食減肉)を考慮。
- S/C周囲の建屋滞留水はないものとして評価。

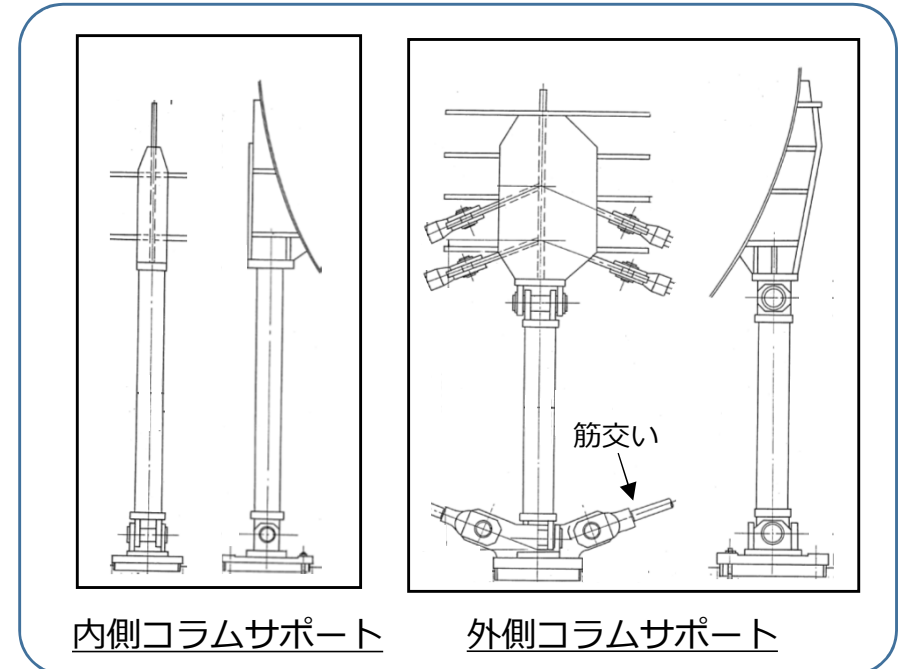
【評価方法】

- 現状の実力を評価する観点で、規程や規格(注)に準拠しつつ、以下の手法で実施。
 - ①耐震評価が厳しい部位についてS/C支持機能維持を確認するため、S/C全体のFEMモデルを構築し、コラムサポートの弾塑性特性から限界変位量を算定。
 - ②FEMモデルに地震波を直接入力して時刻歴応答解析を実施し、最大変位量と限界変位量を比較して耐震性を評価。

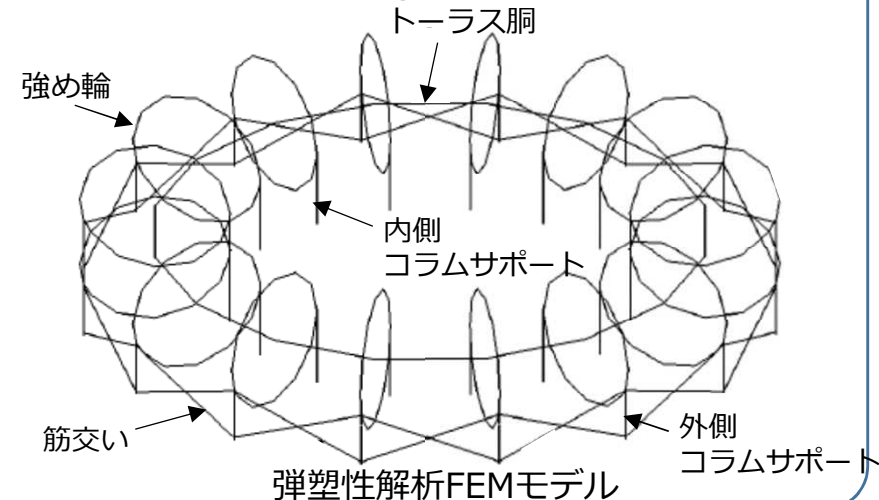


基準地震動における床面の加速度時刻歴 (上記は水平方向)

(注) 評価手法(弾塑性解析) は原子力発電所耐震設計技術規程に、許容値は発電用原子力設備 維持規格に準拠。



- トーラス胴, サポート部を弾塑性要素でモデル化
- 腐食減肉量(20年)を部材剛性に反映



【参考】 1号機 耐震評価結果について (2/2)

- 震災後20年(2031年) までの腐食減肉を考慮した条件で、耐震上最も厳しい部位(コラムサポート)の最大変位量は、限界変位量(許容量)を超えず、サポートの支持機能は維持され、S/C本体の耐震性に問題がないことを確認。

対象部位	①限界変位量 (許容値)	②最大変位量	裕度(①/②)
内側コラムサポート	35.2mm	24.4mm	1.44
外側コラムサポート	35.3mm	24.1mm	1.46

1号機PCV (S/C) 耐震評価結果

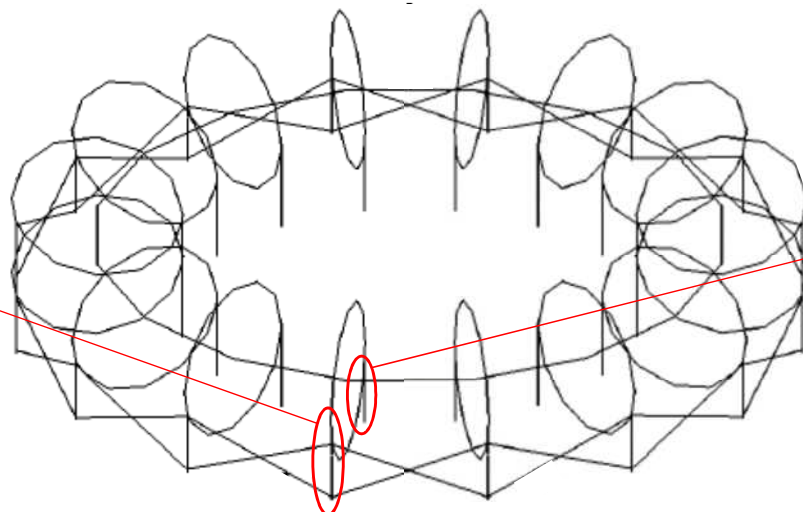
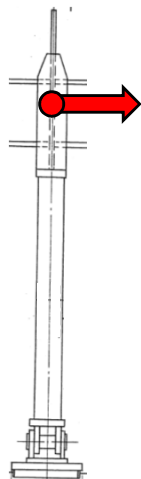


震災後20年(2031年) までに、PCV水位低下による耐震性向上を図る。

主要変形箇所拡大イメージ

主要変形部位：内側コラムサポート

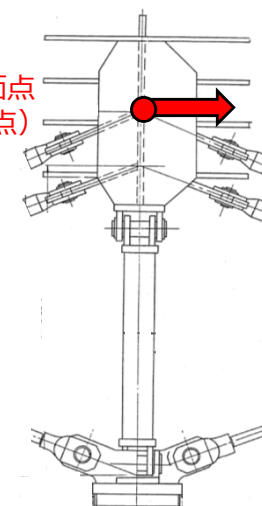
変位量評価点
(S/C接合点)



S/C弾塑性解析FEMモデル

主要変形部位：外側コラムサポート

変位量評価点
(S/C接合点)



■ 原子炉建屋滞留水への流入評価について

- 地震前後の1～3号機原子炉建屋滞留水の水位トレンドを評価し、PCV水位低下に伴う漏えい水の原子炉建屋滞留水への移行の有無を確認。
- 評価は簡易評価として、滞留水移送ポンプ停止時の水位上昇の傾きから、建屋の基本面積をかけて1時間あたりの流入量換算値を計算し、①地震前、②地震後、③2/15の降雨の影響が収まった後（2/17以降）で比較して、傾向として原子炉建屋滞留水への流入量換算値に変化があったかの確認を実施。

流入量換算値 [m ³ /h] (カッコ内は地震前との差)	①地震前	②地震後	③降雨影響後（2/17以降）
【1号機】原子炉建屋	3.06	3.56 (+0.50)	3.31 (+0.25)
【2号機】原子炉建屋	6.42	5.87 (-0.55)	6.42 (±0.00)
【3号機】原子炉建屋	6.06	6.72 (+0.66)	5.96 (-0.10)

■ 評価結果について

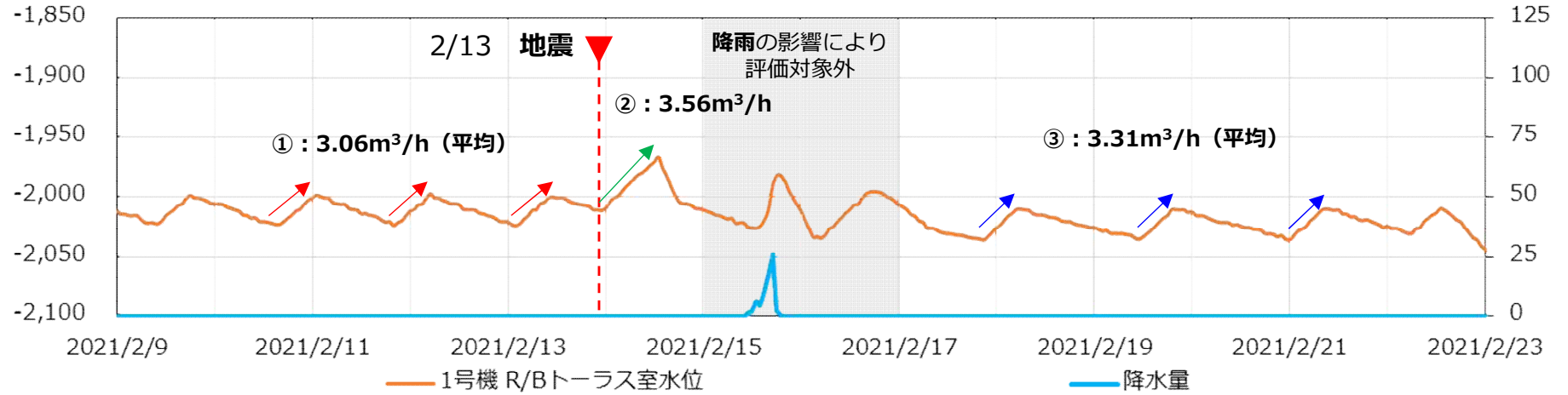
- 【1号機】流入量換算値が②地震後で+0.50m³/hと増加し、③降雨影響後は増加量の半分程度。
- 【2号機】流入量換算値が②地震後で-0.55m³/hと減少しているが、以前より水位が上昇すると同様な傾向が確認されており、③降雨影響後で元に戻っていることから、地震前後で大きな変化はなかったものと推測（建屋地下の想定面積の誤差による）。
- 【3号機】流入量換算値が②地震後で+0.66m³/hと増加し、③降雨影響後は①地震前と比べて若干減少しているが誤差の範疇でほぼ同等と推測。

■ まとめ

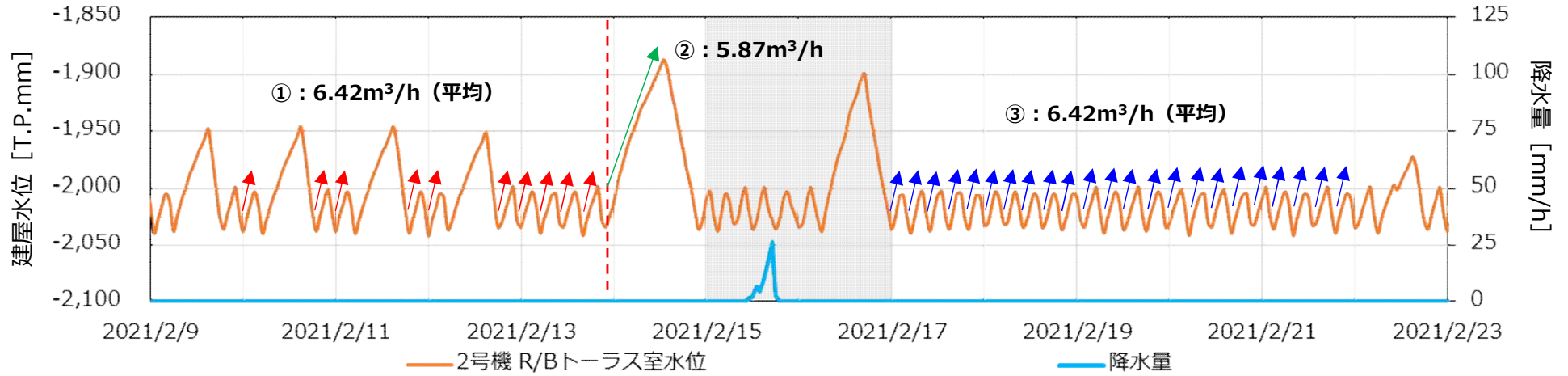
- 地震後のPCVの低下速度から、1号機で0.5m³/h程度、3号機で0.8m³/h程度で移行したと推定。
- 1、3号機の地震後に流入量換算値の増加量は、上記移行量に近いことから、PCV水位低下に伴う漏えい水は原子炉建屋滞留水へ移行したと想定。

【参考】 1～3号機原子炉建屋の滞留水水位トレンド

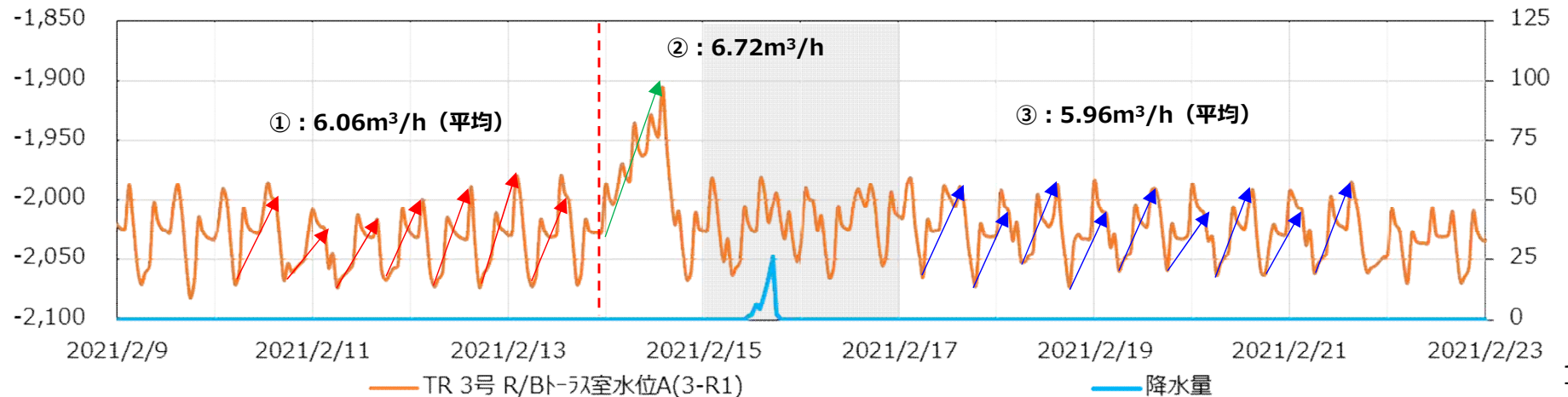
1号機



2号機

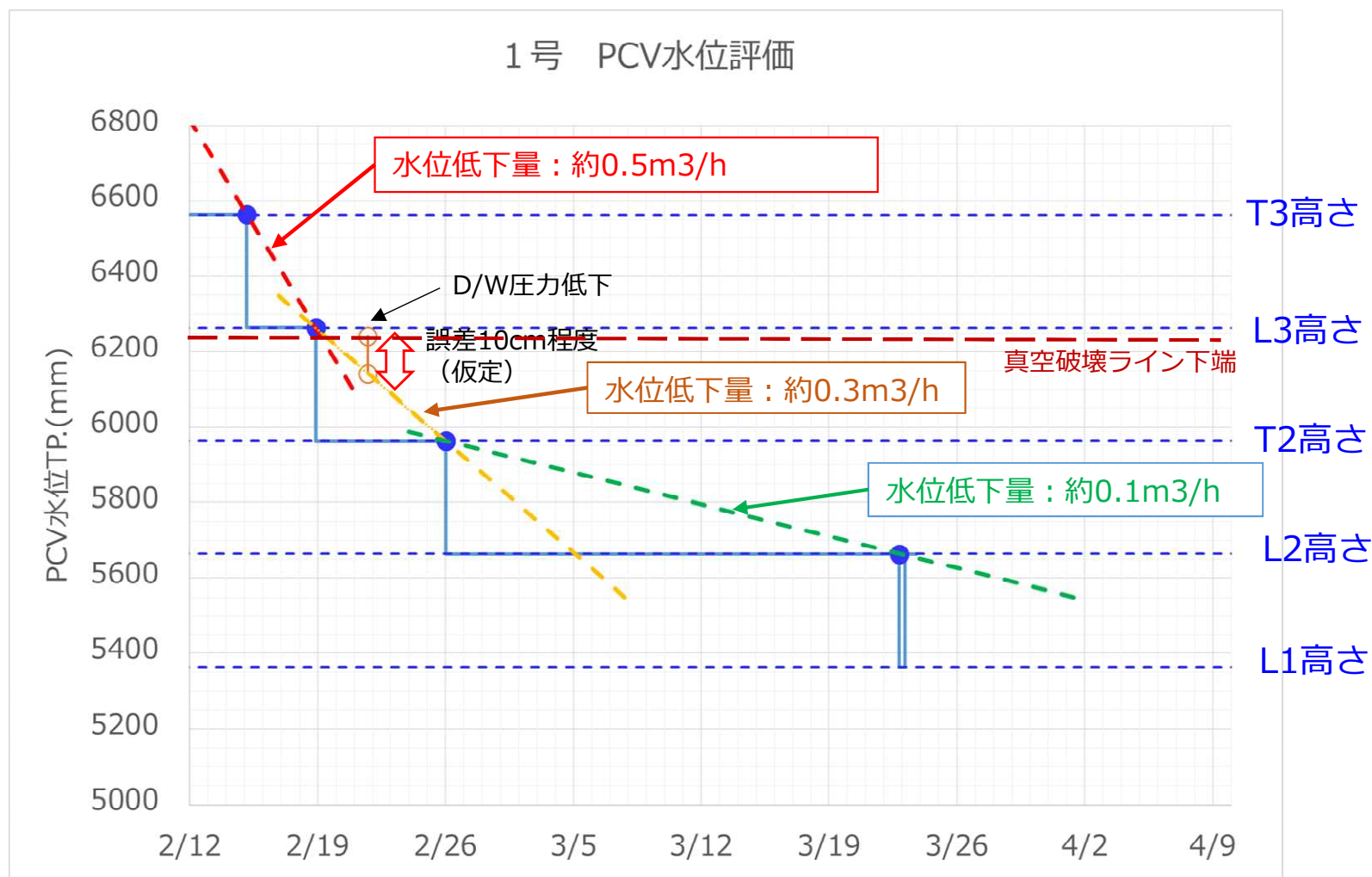


3号機



【参考】 1号機PCV水位低下量について（概算値）

- PCV水位の変化とPCVの断面積から、漏洩した水の量を簡易的に評価※1し、1時間当たりの漏洩量を概算。
- 初期のPCV水位の低下量は、約0.5m³/h※2程度と評価。

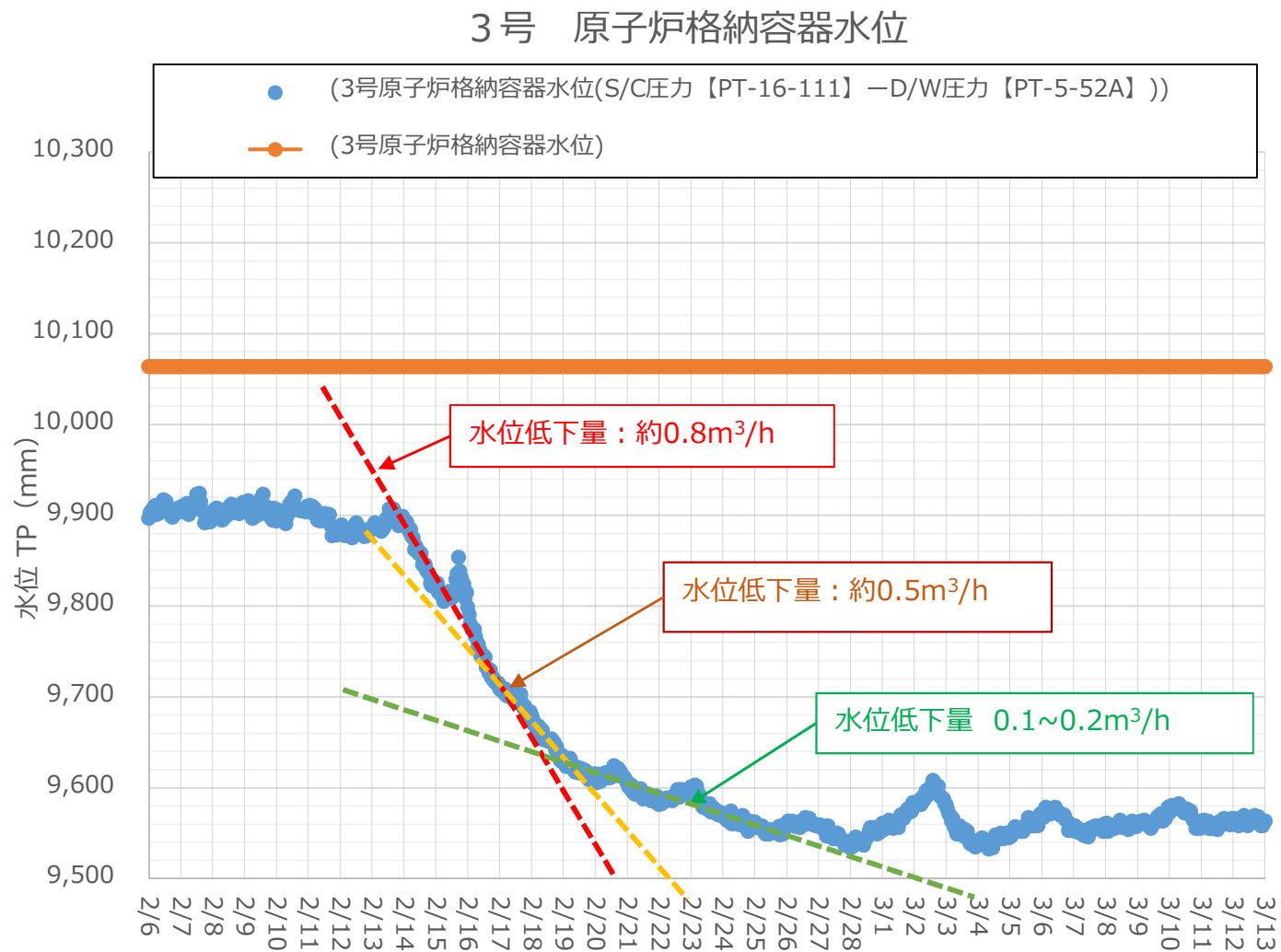


※1 PCV内の機器等は未考慮

※2 PCV水位が直線的に低下したものとして評価

【参考】 3号機PCV水位低下量について（概算値）

- PCV水位の変化とPCVの断面積から、漏洩した水の量を簡易的に評価※し、1時間当たりの漏洩量を概算。
- 初期のPCV水位の低下量は、約 $0.8\text{m}^3/\text{h}$ 程度と評価。



※ PCV内機器等は未考慮