

1号機原子炉格納容器の漏洩箇所 の推定

2022年9月12日



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(以下:PCV)の漏洩箇所

- 1号機ではこれまでの調査により、真空破壊ラインベローズおよびサンドクッションドレン配管の外れ箇所の2カ所からの漏洩が確認されており、PCV水位/注水量/漏洩量のバランスを考慮すると、漏洩箇所は上記2カ所以外にも存在すると想定している。

● 2021年2月13日及び2022年3月16日の地震による対応

- 地震発生後、PCV水位低下傾向が確認されたことから、注水量を増加させてPCV水位を安定させている。

これらの状況を踏まえ、実績の注水量を元に、炉注水停止試験や長期的なPCV水位の実績を再現するようなPCVの漏洩高さや漏洩面積を推定した。

評価期間	2017年4月～	2021年2月13日～	2022年3月16日～
評価期間 1 ・ 漏洩口の高さを仮定(不明箇所) ・ 漏洩口の面積設定			
評価期間 2 ・ 漏洩口の面積調整			
評価期間 3 ・ 漏洩口の面積調整			
PCV水位安定時の炉注水量 (接点式水位計：L3接点時)	約3.0m ³ /h	約3.5m ³ /h	約4.0m ³ /h

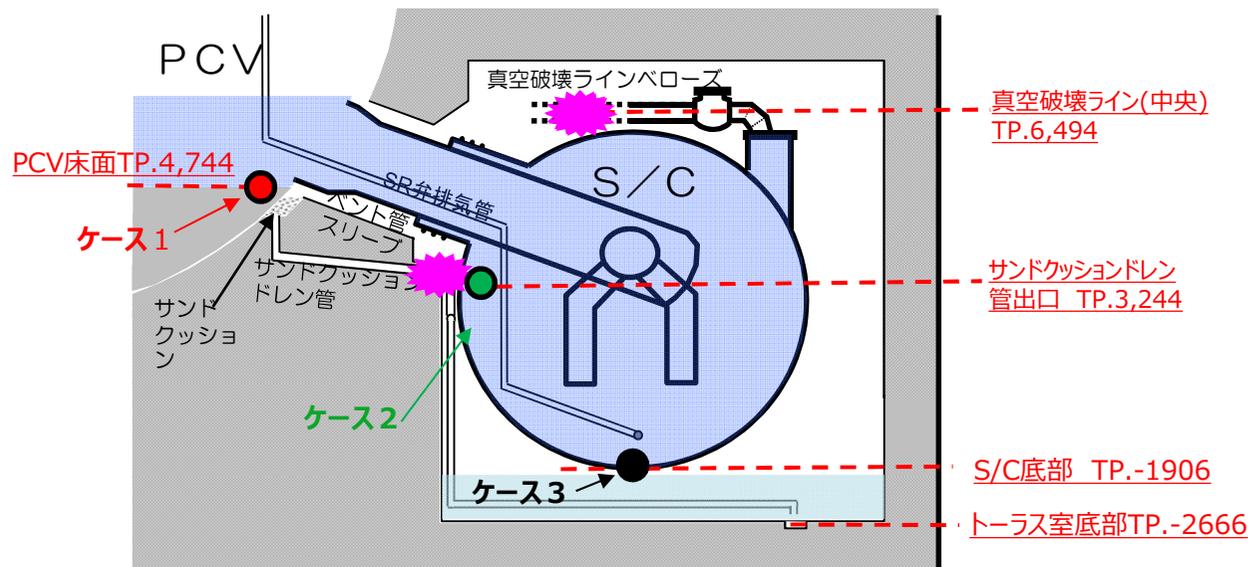
- 確認されている漏洩箇所（真空破壊ラインベローズ、サンドクッションドレン管の配管外れ箇所）に加えて、さらにPCV床面またはS/Cに1か所の漏洩（不明箇所）を仮定
- 各漏洩高さにおいて、実際のPCV水位(接点式レベルスイッチ等)を概ね再現するような漏洩面積※を推定

※ サンドクッションドレン管の配管外れ箇所については、配管からの漏洩であり漏洩量が少ないことから、調査時の漏洩量:0.15m³/hから、漏洩面積:0.055cm²で一定と設定

計算式

$$S = \frac{V}{\sqrt{2g(H-h)}}$$

- S : 漏洩面積 (m²)
- V : 漏洩量 (m³/s)
- H : PCV水位 (m)
- h : 漏洩高さ (m)
- g : 重力加速度 (9.8m/s²)
- ※流体抵抗等は考慮せず



★ 既に調査で確認されている漏洩高さ ○ PCV床面またはS/C（不明箇所）の漏洩高さの設定（3ケース）

<分析のアプローチ>

①PCV床面またはS/C（不明箇所）の漏洩面積

- 漏えい箇所が複数あることから、まずは、2019年と2020年に実施した注水停止試験時において、PCV水位が真空破壊ラインベローズ未満となる期間で漏洩面積を推定（仮定した漏洩高さは3ケース **ケース1：PCV床面**、**ケース2：サンドクッションドレン管の配管外れ箇所**、**ケース3：S/C底部** を設定）

②真空破壊ラインベローズからの漏洩面積

- ①で評価した漏洩面積を考慮した上で、真空破壊ラインベローズを上回る期間において、真空破壊ラインベローズの漏洩面積を評価し、長期期的なPCV水位データの再現性を確認

<評価期間 1>

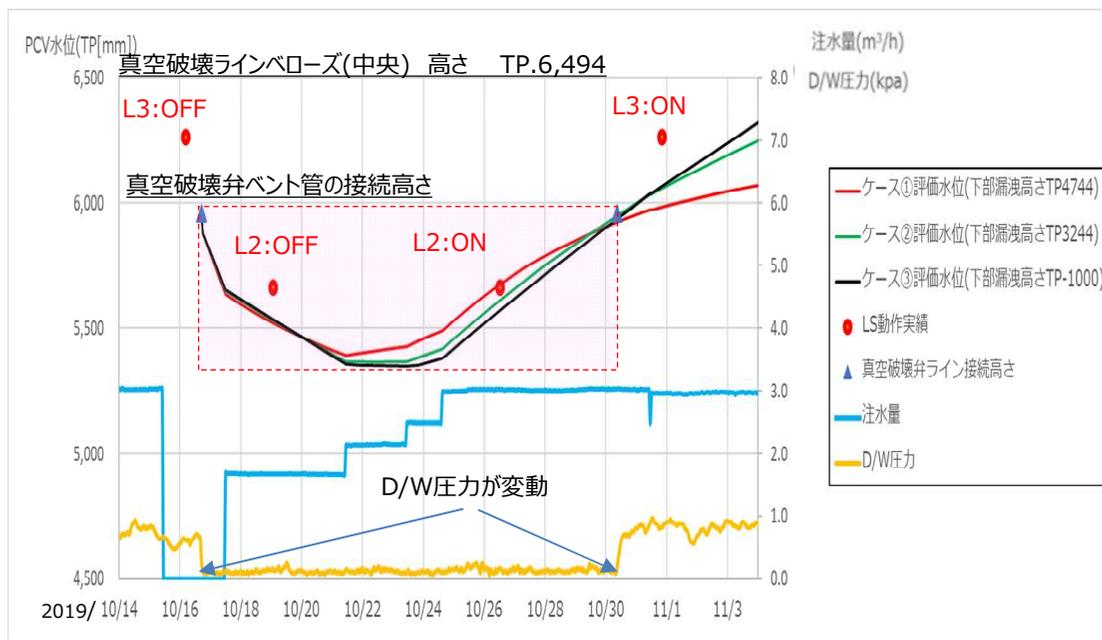
2017年4月～2021年2月

①PCV床面またはS/C（不明箇所）の漏洩面積の評価(1/2)

2019年注水停止試験時のPCV水位挙動に基づく推定



- PCV水位が上部の漏洩箇所である真空破壊ラインベローズを下回る期間において、仮定したPCV床面またはS/C（不明箇所）の漏洩面積をそれぞれ評価
- 具体的には、2019年注水停止試験時のPCV水位の実績から、PCV水位が真空破壊弁ベント管の接続高さ（D/W圧力の変動あり）になるように漏洩面積を評価



ケース	仮定	調整
	①不明箇所漏洩高さ	①不明箇所漏洩面積
1	PCV床面高さ (TP.4744)	1.45cm ²
2	サンドクッションドレン管の配管外れ箇所高さ (TP.3244付近)	0.87cm ²
3	試験時のS/C室滞留水水位 (TP.-1000)	0.52cm ²

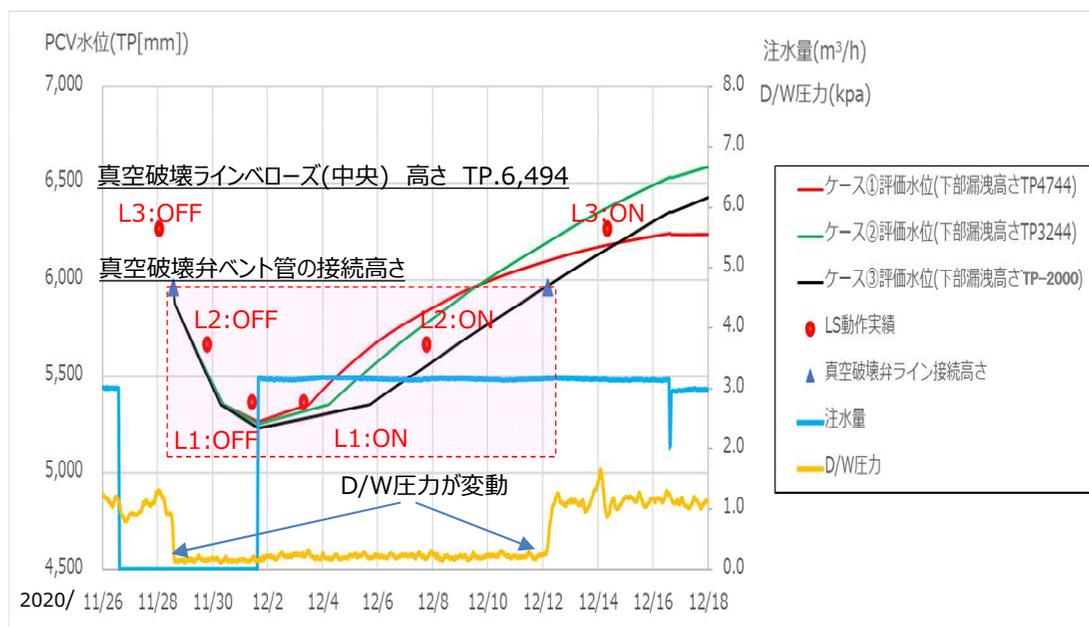
※過去に漏洩が確認されているサンドクッションドレン管の配管外れ箇所からの漏洩は別途考慮(2013年の調査結果から漏えい量:0.15m³/h⇨漏洩面積:0.055cm²(一定))

<考察>

- PCVの実績水位の再現性は、ケース1と比較して、ケース2、ケース3の方が良い。

①PCV床面またはS/C（不明箇所）の漏洩面積の評価(2/2)
 2019年注水停止試験時の推定に基づく2020年注水停止試験の再現性確認

- 2019年注水停止試験データを再現するように設定した漏洩高さや漏洩面積を用いて、2020年の注水停止試験データで同様に再現性を確認



ケース	①不明箇所漏洩高さ	①不明箇所漏洩面積
1	PCV床面高さ (TP.4744)	1.45cm ²
2	サンドクッションドレン管の配管外れ箇所高さ (TP.3244付近)	0.87cm ²
3	試験時のS/C室滞留水水位 (TP.-2000)変更	0.52cm ²

※過去に漏洩が確認されているサンドクッションドレン管の配管外れ箇所からの漏洩は別途考慮(2013年の調査結果から漏えい量:0.15m³/h⇨漏洩面積:0.055cm²(一定))

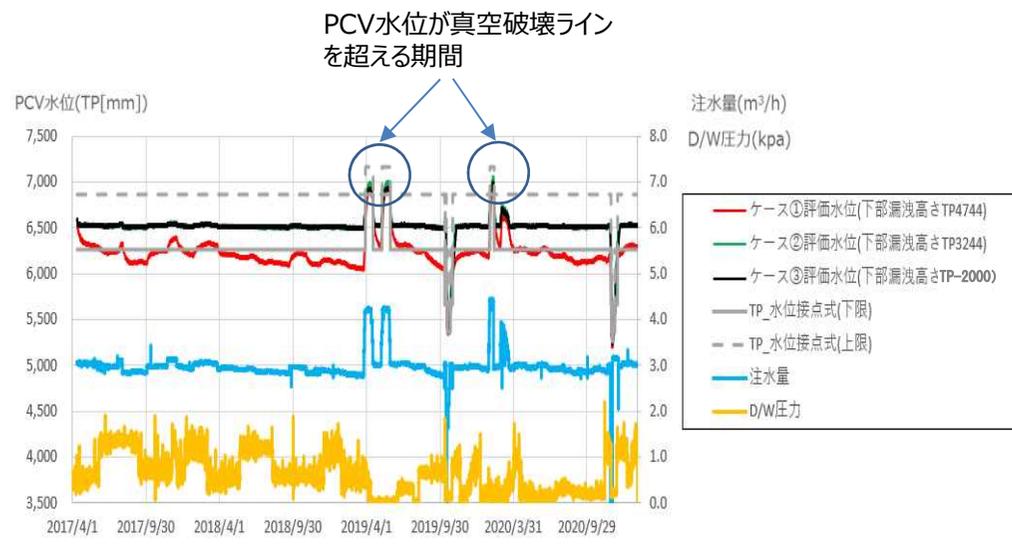
<考察>

- 漏洩高さが1番低いケース3(漏洩高さTP-2000)の再現性が良い。

②真空破壊ラインベローズからの漏洩面積の評価 長期的なPCV水位挙動に基づく推定

- 注水停止試験の評価から推定した「①PCV床面またはS/C（不明箇所）の漏洩面積」に加えて、PCV実績水位が真空破壊ラインベローズを超える期間の水位を再現するよう、「②真空破壊ラインベローズからの漏洩面積」を設定し、長期的なPCVの実績水位(接点式レベルスイッチ等)の再現性を確認

追加設定



ケース	①不明箇所漏洩高さ	①不明箇所漏洩面積	②真空破壊ラインベローズ漏洩高さ	②真空破壊ラインベローズ漏洩面積
1	PCV床面高さ (TP.4744)	1.45cm ²	真空破壊ライン (中央) TP.6494	0.50cm ²
2	サンドクッションドレン管の配管外れ箇所高さ (TP.3244 付近)	0.87cm ²		1.20cm ²
3	試験時のS/C室滞留水水位 (TP.-2000)	0.52cm ²		1.50cm ²

※過去に漏洩が確認されているサンドクッションドレン管の配管外れ箇所からの漏洩は別途考慮(2013年の調査結果から漏えい量:0.15m³/h≒漏洩面積:0.055cm²(一定))

<考察>

- 3ケースともに、「②真空破壊ラインベローズからの漏洩面積」を設定することで、真空破壊ライン（TP6494（中央高さ））以上の水位挙動を概ね再現
- 一方、長期的なトレンドの評価では、ケース1では、PCVの実績水位(接点式LS)の範囲外になる期間が発生したため、漏洩箇所は比較的低い位置にあると評価

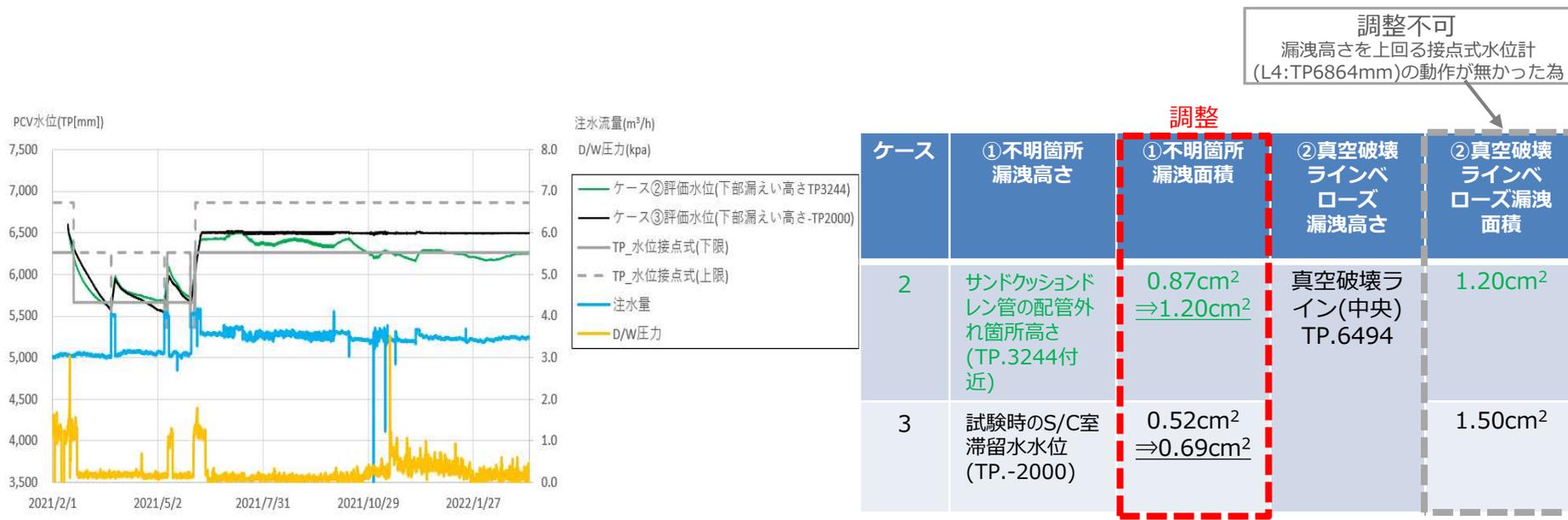
⇒以降はケース2,3のみ評価

<評価期間 2 : 2021年2月13日地震後>
2021年2月～2022年3月

2021年2月13日以降の漏洩面積の評価 長期的なPCV水位挙動に基づく推定



- 評価期間 1 で設定した「①PCV床面またはS/C（不明箇所）の漏洩面積」および「②真空破壊ラインベローズからの漏洩面積」を基に、地震後のPCV水位計挙動(接点式レベルスイッチ等)を再現するように 漏洩面積を調整



※過去に漏洩が確認されているサンドクッションドレン管の配管外れ箇所からの漏洩は別途考慮(2013年の調査結果から漏えい量:0.15m³/h⇔漏洩面積:0.055cm²(一定))

<考察>

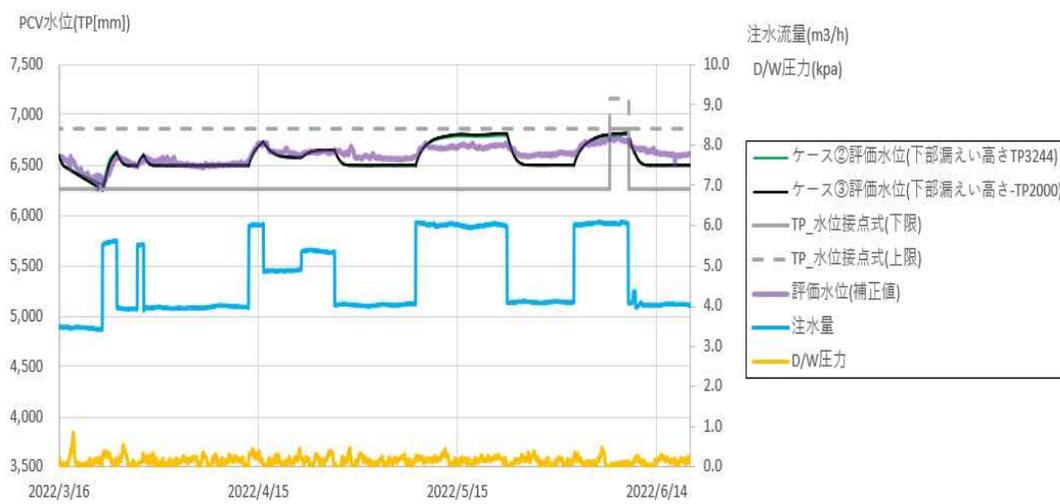
- ケース2、ケース3ともに、地震後の2021年2月～2021年6月の期間では、「①PCV床面またはS/C（不明箇所）の漏洩面積」を増加させる事で、概ねPCV実績水位(接点式LS)の挙動を再現。
- 一方、ケース2の長期なトレンドでは、PCV実績水位(接点式LS)の範囲外になる期間が発生

<評価期間 3 : 2022年3月16日地震後>
2022年3月～

2022年3月16日以降の漏洩面積の評価 長期的なPCV水位挙動に基づく推定



- 評価期間2で設定した「①PCV床面またはS/C（不明箇所）の漏洩面積」および「②真空破壊ラインベローズからの漏洩面積」を基に、再度、地震後のPCV水位計挙動(接点式レベルスイッチおよび評価水位)を再現するように漏洩面積を調整



ケース	①不明箇所漏洩高さ	調整	
		①不明箇所漏洩面積	②真空破壊ベローズ漏洩面積
2	サンドクッションドレン管の配管外れ箇所高さ (TP.3244付近)	1.20cm ² ⇒ 1.25cm²	真空破壊ライン (中央) TP.6494 1.20cm ² ⇒ 2.40cm²
3	試験時のS/C室滞留水水位 (TP.-2000)	0.69cm ² ⇒ 0.78cm²	1.50cm ² ⇒ 2.40cm²

※過去に漏洩が確認されているサンドクッションドレン管の配管外れ箇所からの漏洩は別途考慮(2013年の調査結果から漏えい量:0.15m³/h⇔漏洩面積:0.055cm²(一定))

<考察>

ケース2およびケース3のいずれも、地震後の「①PCV床面またはS/C（不明箇所）の漏洩面積」と「②真空破壊ラインベローズからの漏洩面積」を増加させる事で、概ねPCV水位(接点式LS及び評価水位)を再現

まとめ（1号機）

- PCV床面またはS/C（不明箇所）からの漏洩については、漏洩高さを低く設定したケースほど再現性が良いことを確認
 - 再現性の良さ：ケース3(TP.-2000)>ケース2(TP.3244)>ケース1(TP.4744)
- 今回の評価結果から、不明箇所の漏洩高さをケース3と仮定すると漏洩箇所の面積は下記の通りと推定

〈ケース3での漏洩面積の推移〉

	評価期間1 2017年4月～	評価期間2 2021年2月13日～2022年3月16日	評価期間3 2022年3月16日～
真空破壊ラインベローズ	1.50cm ²	(1.50cm ²) 当該期間では漏洩高さを上回る水位(L4) 以上が無かった為、調整できず参考値	2.40cm ² 漏洩量：約0.24m ³ /h※
サンドクッションドレン管（外れ箇所） （漏洩面積は一定として評価）	0.055cm ²	0.055cm ²	0.055cm ² 漏洩量：約0.16m ³ /h※
S/C底部 （不明箇所）	0.52cm ²	0.69cm ²	0.78cm ² 漏洩量：約3.60m ³ /h※

※ 評価期間3の漏洩量は、注水量が約4.0m³/h、PCV水位がTP.6497付近で安定時の評価

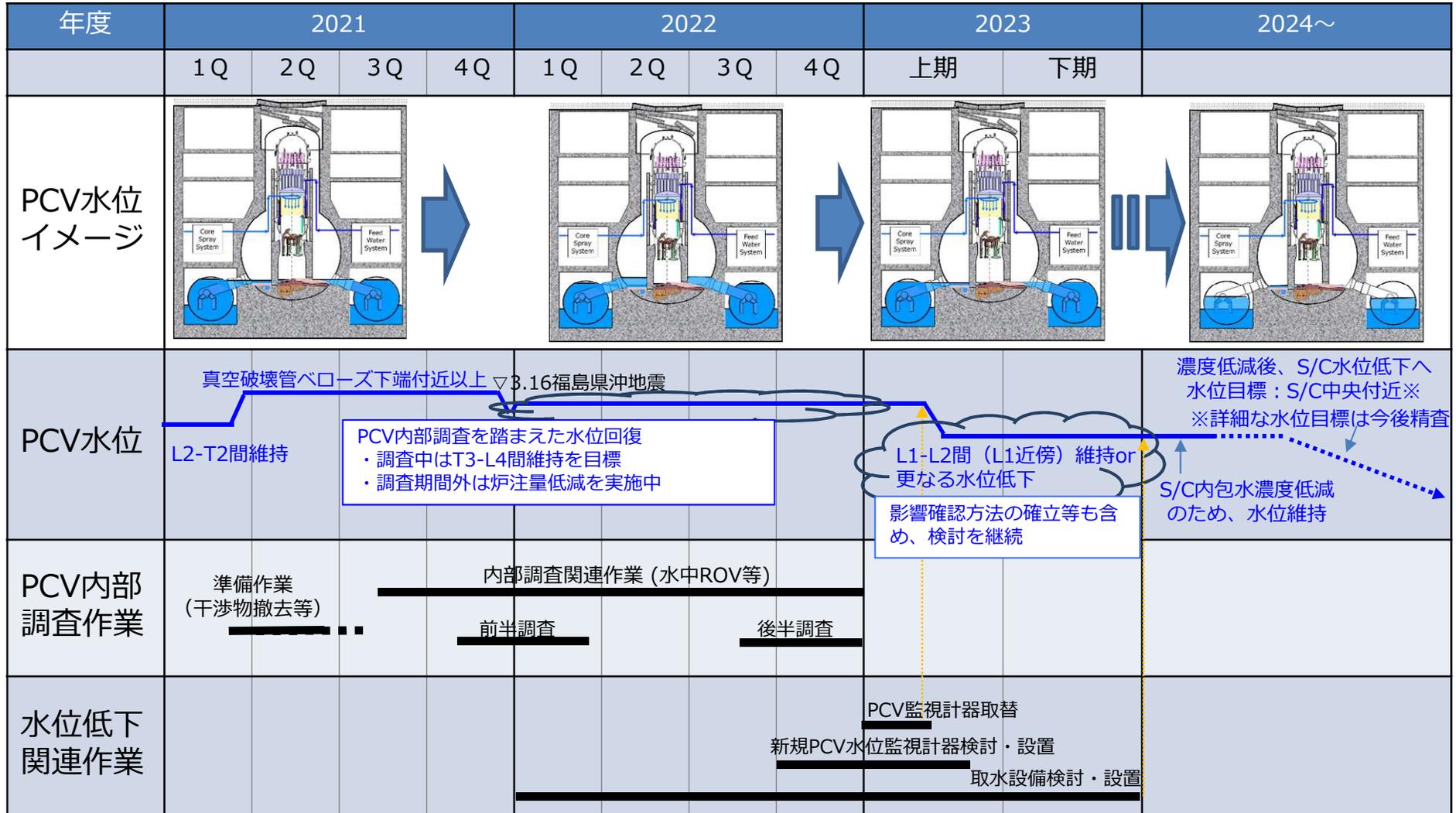
【今後の対応】

- 今回の評価によって、比較的低い高さ（S/C底部付近等）に漏洩箇所がある可能性が抽出された。
- 今後、PCV内部調査後に計画しているPCV水位低下の中で、PCV水位の挙動を確認し、漏洩箇所の特定に向けた評価を継続して行く。
- また、今回評価で得られた知見を、今後の水位低下計画の具体的な検討に活用していく。

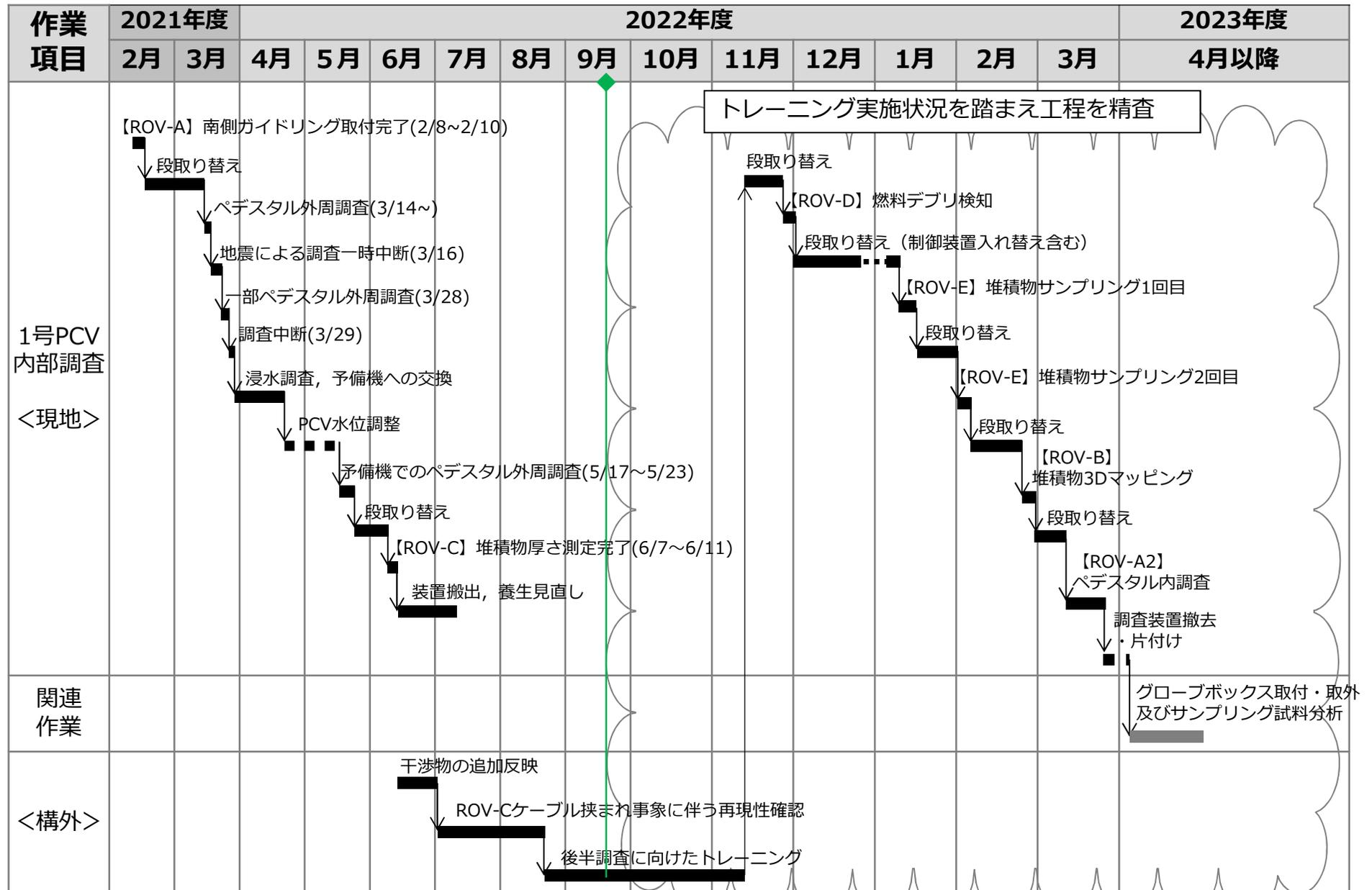
(参考) 1号機 PCV内部調査後のPCV水位低下の取り組み



- 当面（2022年度）は、デブリ取り出しに向けたPCV内部調査作業のため、調査期間中はT3-L4間を目標にPCV水位を維持し、調査期間外は炉注量低減を実施中
- 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) 1号機PCV内部調査全体工程



(注) 各作業の実施時期については計画であり、現場作業の進捗状況によって時期は変更の可能性あり。

<参考> 3号機 原子炉格納容器の漏洩箇所 の推定

● 3号機PCVの漏洩箇所

- 過去の調査により、主蒸気隔離弁（以下、MSIVという）室内2箇所より漏洩が確認されている。
 - ・MSIV（D）伸縮接手部（2014年調査：約TP.9700 鉛筆2～4本）
 - ・MSIV（A）配管下部に波面を確認（漏洩箇所、漏洩量は特定できず）（2021年調査）
- 注水停止試験（2022年6月～7月）時に、PCV水位が一定の傾きで低下したことから、PCV下部の漏洩箇所は試験で経験した水位（PCV底部から約4.2m 約TP8264）よりも比較的低い位置にあることが推定されている。

● 2021年2月13日及び2022年3月16日の地震による対応

地震発生後、PCV水位低下傾向が確認されたことから、注水量を増加させてPCV水位を安定させている。

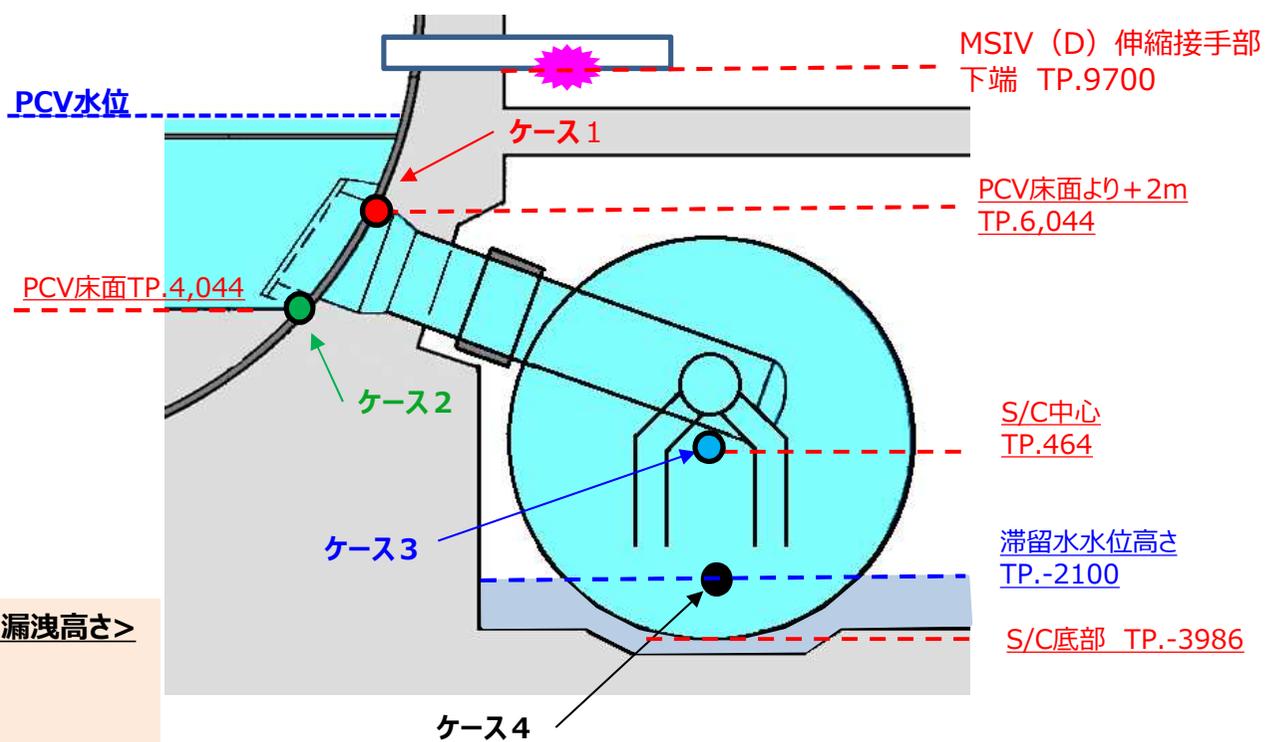
3号機については、至近の注水停止試験（2022年6月～7月）の実績トレンドから、不明箇所の漏洩高さを設定し、漏洩面積を評価した。

- ・各漏洩高さにおいて、実際のPCV水位（計算値+400mm（実績より補正））を概ね再現するような漏洩面積を推定
- ・PCV水位は、調査で漏洩が確認されているMSIV室の高さより低い水位の評価となる。

計算式

$$S = \frac{V}{\sqrt{2g(H-h)}}$$

S : 漏洩面積 (m²)
 V : 漏洩量 (m³/s)
 H : PCV水位 (m)
 h : 漏洩高さ (m)
 g : 重力加速度 (9.8m/s²)
 ※流体抵抗等は考慮せず



- <仮設定したPCVまたはS/C（不明箇所）の漏洩高さ>**
- 以下の4ケースを設定
- ケース1 PCV床面より+2m
 - ケース2 PCV床面
 - ケース3 サプレッションプール中心
 - ケース4 滞留水水位高さ

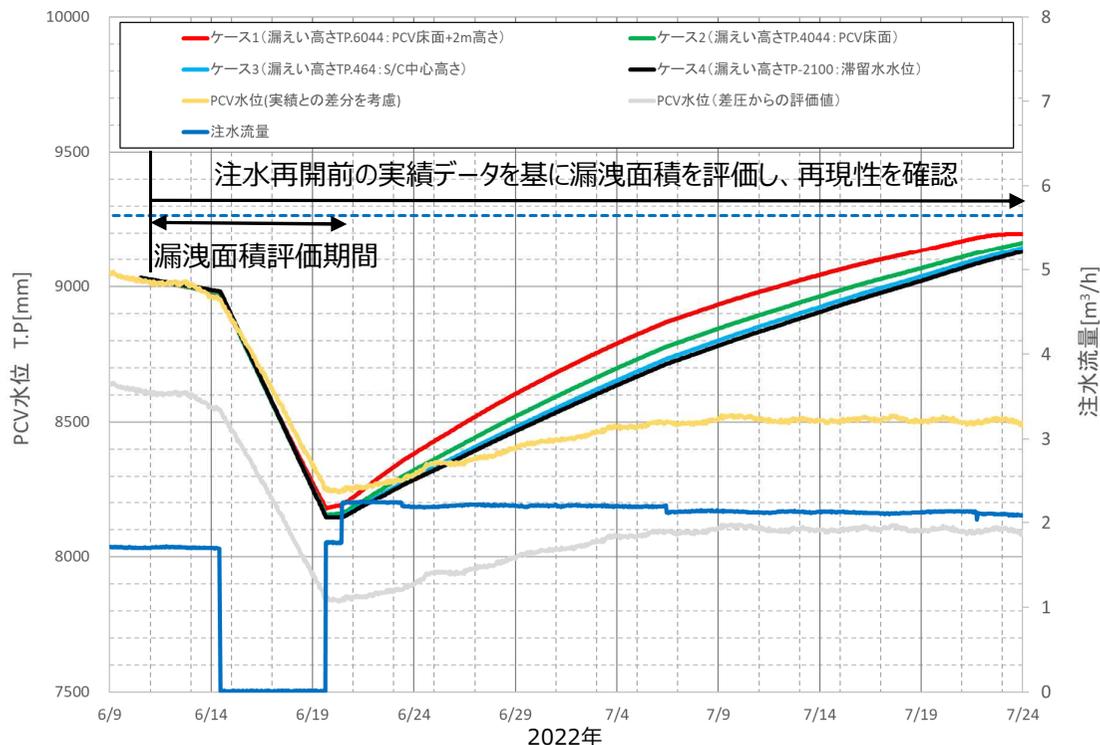
- ★ 既に調査で確認されている漏洩高さ
- PCVまたはS/C（不明箇所）の漏洩高さの設定（4ケース）

PCVまたはS/C（不明箇所）の漏洩面積の評価①

注水停止試験における注水再開前の実績データに基づく評価



- 注水再開前の実績データを基に、仮定したPCVまたはS/C（不明箇所）の漏洩面積をそれぞれ評価し、再現性を確認



ケース	仮定	調整
	不明箇所 漏洩高さ	不明箇所 漏洩面積
1	PCV床面より+2m (TP.6044)	0.69cm ²
2	PCV床面 (TP. 4044)	0.53cm ²
3	S/C中心 (TP.464)	0.40cm ²
4	滞留水水位 (TP. -2100)	0.35cm ²

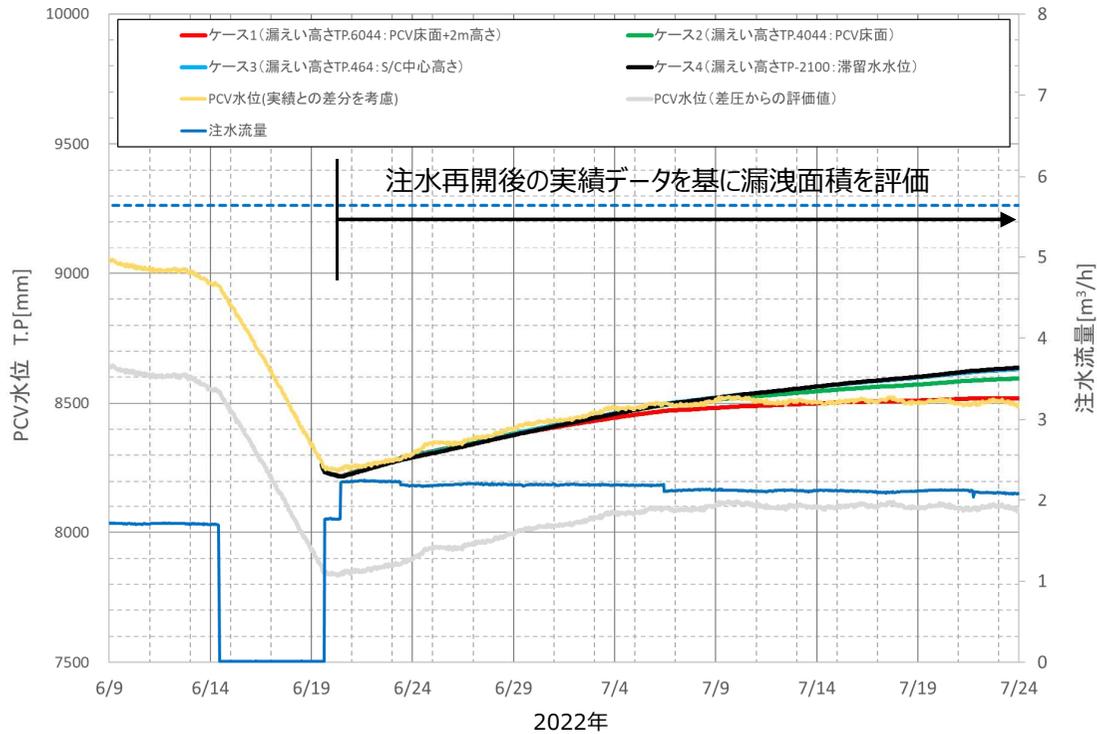
<考察>

- 注水停止中にはある程度、実績に近くなるが、注水再開後の実績データとは差が生じた。

PCVまたはS/C（不明箇所）の漏洩面積の評価②

注水停止試験における注水再開後の実績データに基づく推定

- 注水再開後の実績データを基に、PCVまたはS/C（不明箇所）の漏洩面積を評価



調整

ケース	不明箇所漏洩高さ	不明箇所漏洩面積
1	PCV床面より+2m (TP.6044)	0.85cm ²
2	PCV床面 (TP. 4044)	0.61cm ²
3	S/C中心 (TP.464)	0.45cm ²
4	滞留水水位 (TP. -2100)	0.39cm ²

<考察>

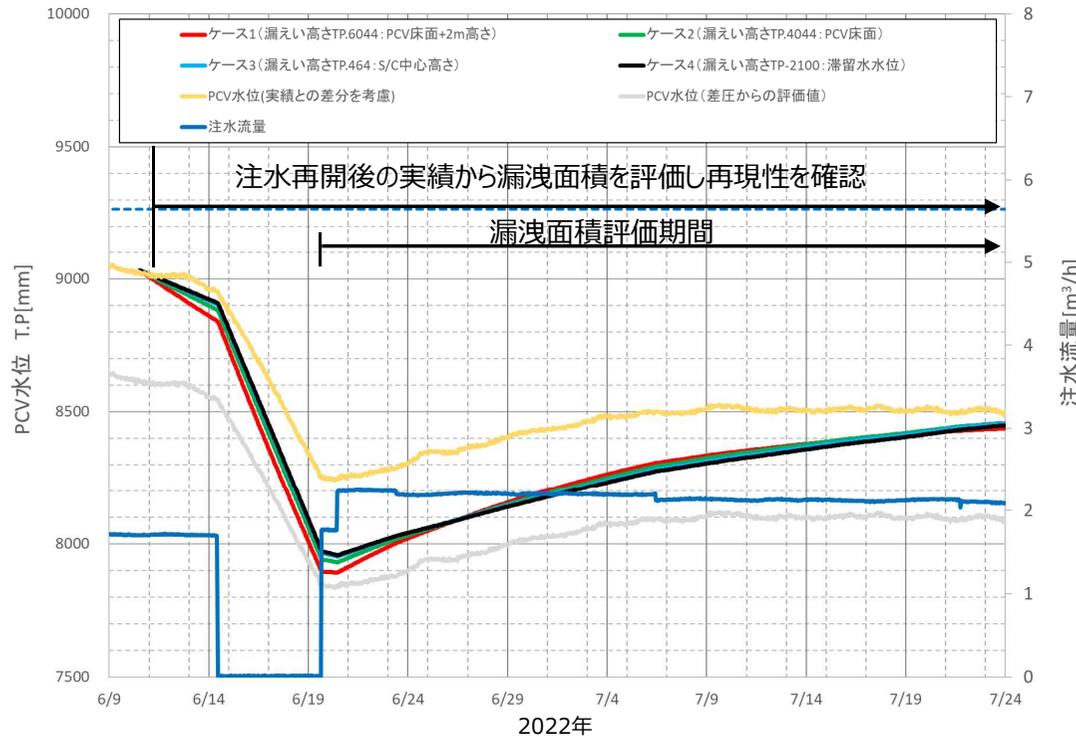
- 注水再開後の実績トレンドを基に、評価した結果、**ケース1**が実績に近い挙動となった。

PCVまたはS/C（不明箇所）の漏洩面積の評価③

注水停止試験における注水再開後の実績データに基づく再現性確認



- 注水再開後の実績データを再現するように設定した漏洩面積を用いて、注水停止前から再現性を確認



ケース	不明箇所漏洩高さ	不明箇所漏洩面積
1	PCV床面より+2m (TP.6044)	0.85cm ²
2	PCV床面 (TP. 4044)	0.61cm ²
3	S/C中心 (TP.464)	0.45cm ²
4	滞留水水位 (TP. -2100)	0.39cm ²

<考察>

- 4 ケースともに、注水停止前、注水停止期間中の低下の傾きが大きくなり、実績トレンドとの差が大きくなった。
- 漏洩高さによる再現性に大きな差はなかった。

- 今回の仮定による評価では、注水停止前～注水停止中～注水再開後を通して実績トレンドを再現する結果は得られなかった。
- また、仮設定した漏洩高さについて、それぞれ、漏洩面積を評価した結果、実績トレンドの再現性に有意な差が無く、漏洩高さの推定につながるような結果が得られなかった。

仮定した漏洩高さ毎の漏洩面積の評価結果
 （それぞれ1箇所漏洩を想定した場合の漏洩面積）

	注水再開前の 実績データに基づく評価	注水再開後の 実績データに基づく評価
PCV床面より+2m (TP.6044)	0.69cm ²	0.85cm ²
PCV床面 (TP. 4044)	0.53cm ²	0.61cm ²
S/C中心 TP.464	0.40cm ²	0.45cm ²
滞留水水位 (TP. -2100)	0.35cm ²	0.39cm ²

【今後の対応】

- 新設水位計設置以降に計画しているPCV水位の低下の中で、PCV水位の挙動を確認し、漏洩箇所の特定向けた評価を継続して行く。

(参考) 3号機PCV水位低下の取り組み

