

# 建屋滞留水処理等の進捗状況について

2022年3月31日

---

**TEPCO**

東京電力ホールディングス株式会社

## 1-1. 概要

- 循環注水を行っている1～3号機原子炉建屋（R/B）については、2022～2024年度内に、R/B滞留水量を2020年末の半分程度（約3,000m<sup>3</sup>程度）に低減する計画。
- 比較的高い全α濃度（2～5乗Bq/Lオーダー）が確認されているR/B滞留水については、性状分析等を進めている。現在得られた分析の結果を踏まえ、α核種を除去することができる設備の設計を進めているところ。
- 1～4号機建屋滞留水を一時貯留しているプロセス主建屋（PMB）、高温焼却炉建屋（HTI）の床面露出に向けて、その機能を引き継ぎ、滞留水を一時貯留するタンクの設置を計画しているところ。

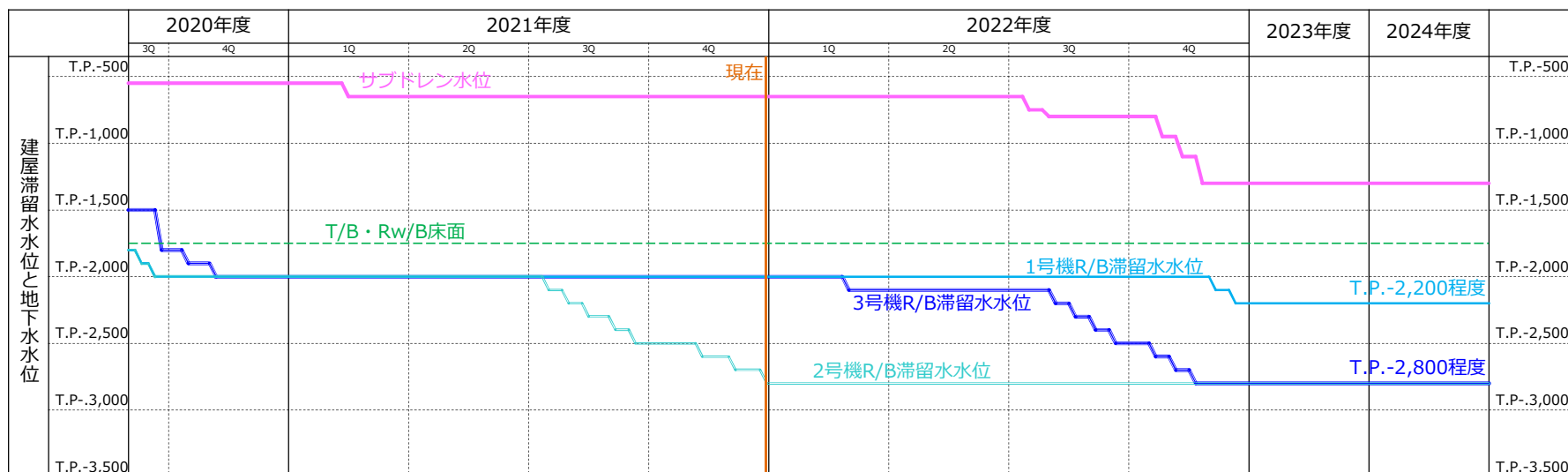
## 1-2. 今後の建屋滞留水処理計画

- 循環注水を行っている1～3号機R/Bについて、2022～2024年度内に、R/B滞留水量を2020年末の半分程度（約3,000m<sup>3</sup>程度）に低減する。
  - 建屋滞留水の水位低下は、ダストの影響の確認や、R/B下部に存在するα核種を含む高濃度の滞留水を処理することによる急激な濃度変化による後段設備への影響を緩和するため、建屋毎に2週間毎に10cm程度のペースを目安に水位低下を実施中。
  - 現在、2号機の水位低下を優先※<sup>1</sup>して目標水位までの水位低下を完了済(現在までにD/W圧力やダスト濃度などの監視パラメータに異常がないことを確認)。引き続き、来年度以降に1、3号機の水位低下を実施する計画。
- プロセス主建屋（PMB）、高温焼却炉建屋（HTI）については、極力低い水位を維持※<sup>2</sup>しつつ、ゼオライト土嚢等の回収目標である2024年内の作業完了以降にPMB、HTIの床面露出を行う計画。

※1 水位低下に伴うS/C開口部の気中露出の可能性があることから、D/W圧力やダスト濃度などのパラメータを監視しながら、慎重に水位低下を実施する計画。【廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合(2021/8/26)で報告済】

※2 PMBはT.P.-1200程度、HTIはT.P.-800程度（水深1.5m程度）で水位を管理。なお、大雨等による一時的な水位変動の可能性あり。

今後の1～3号機R/B水位低下計画案



## 【参考】 滞留水量と滞留水中の放射性物質について

- 建屋滞留水処理における滞留水量と放射性物質量の推移を以下に示す。
- 建屋滞留水処理は計画的に進め、建屋滞留水量を段階的に低減させている。

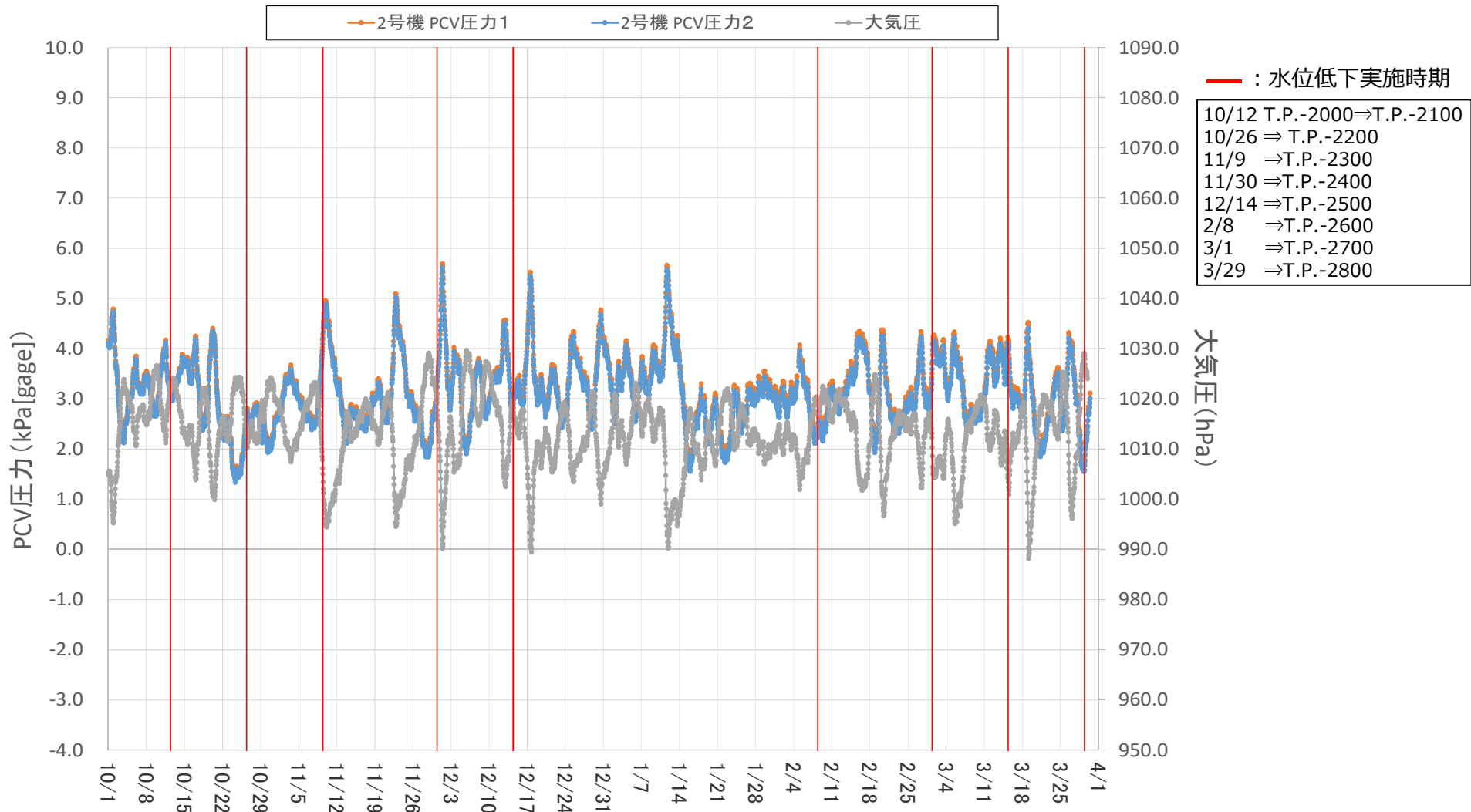
		2019.03(実績)		2022.02(現在)	
号機	建屋	滞留水量	放射性物質量※	滞留水量	放射性物質量※
1号機	R/B	約 1,800 m <sup>3</sup>	1.4E14 Bq	約 600 m <sup>3</sup>	3.1E13 Bq
	T/B	床面露出維持		床面露出維持	
	Rw/B	床面露出維持		床面露出維持	
2号機	R/B	約 3,200 m <sup>3</sup>	1.1E14 Bq	約 1,300 m <sup>3</sup>	4.2E13 Bq
	T/B	約 3,100 m <sup>3</sup>	5.0E13 Bq	床面露出維持	
	Rw/B	約 800 m <sup>3</sup>	1.3E13 Bq	床面露出維持	
3号機	R/B	約 3,300 m <sup>3</sup>	5.7E14 Bq	約 2,000 m <sup>3</sup>	3.8E13 Bq
	T/B	約 3,300 m <sup>3</sup>	1.6E14 Bq	床面露出維持	
	Rw/B	約 800 m <sup>3</sup>	3.9E13 Bq	床面露出維持	
4号機	R/B	約 3,200 m <sup>3</sup>	2.9E12 Bq	床面露出維持	
	T/B	約 3,000 m <sup>3</sup>	2.7E12 Bq	床面露出維持	
	Rw/B	約 1,200 m <sup>3</sup>	1.1E12 Bq	床面露出維持	
集中Rw	PMB	約 11,000 m <sup>3</sup>	4.4E14 Bq	約 4,100 m <sup>3</sup>	9.7E13 Bq
	HTI	約 3,100 m <sup>3</sup>	1.7E14 Bq	約 2,200 m <sup>3</sup>	4.2E13 Bq
合計		約 37,700 m <sup>3</sup>	1.7E15 Bq	約 10,200 m <sup>3</sup>	2.5E14 Bq

※ Cs-134 Cs-137 Sr-90の合計値

## 【参考】 2号機原子炉建屋水位低下時のPCV圧力



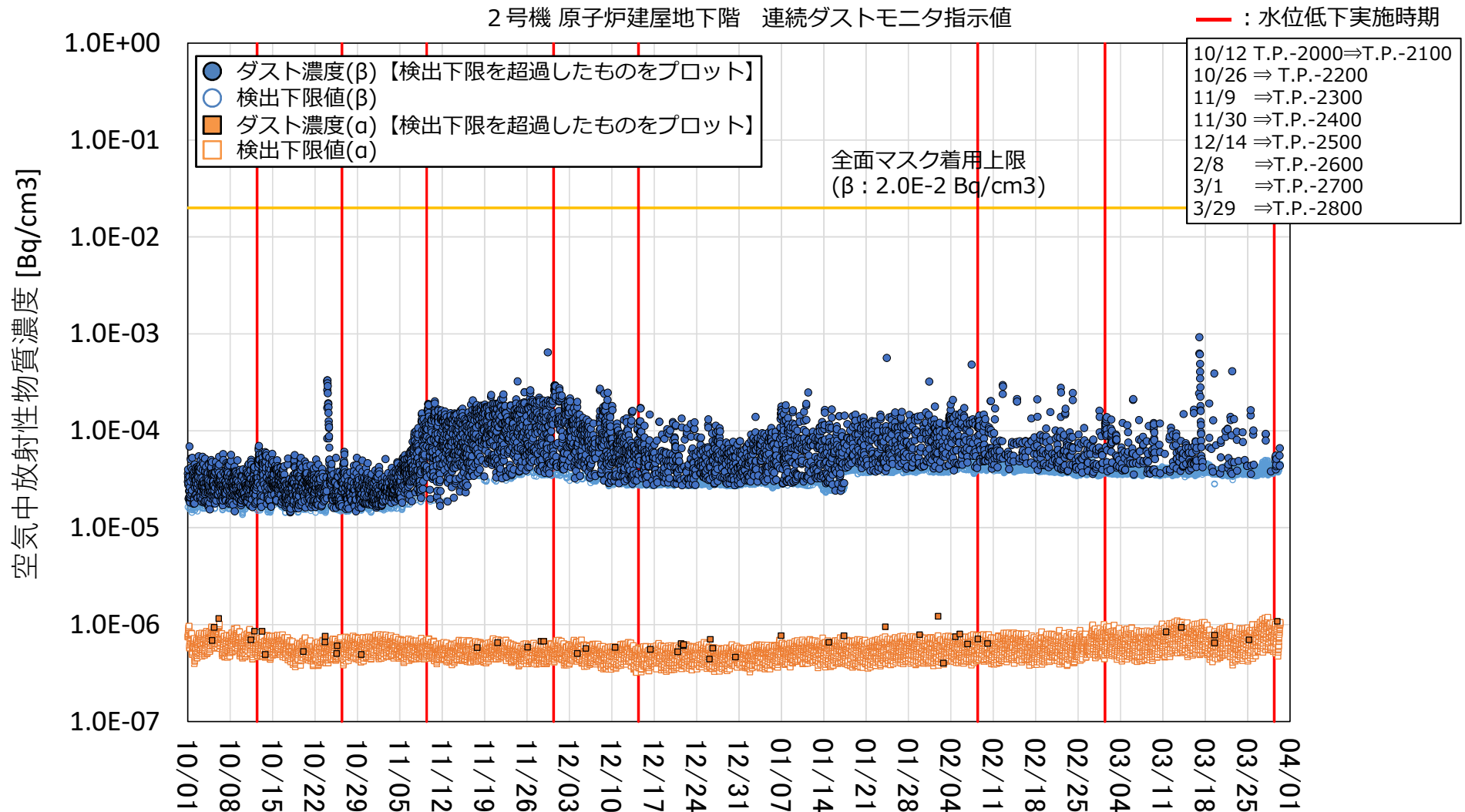
- 2号機原子炉建屋の水位低下に伴い、PCV圧力に異常はない（気圧変化に応じて若干変動してるが通常の挙動である）ことから、期間中にS/C開口部の気中露出はしていないと判断。



# 【参考】 2号機 原子炉建屋 地下階ダスト濃度データ



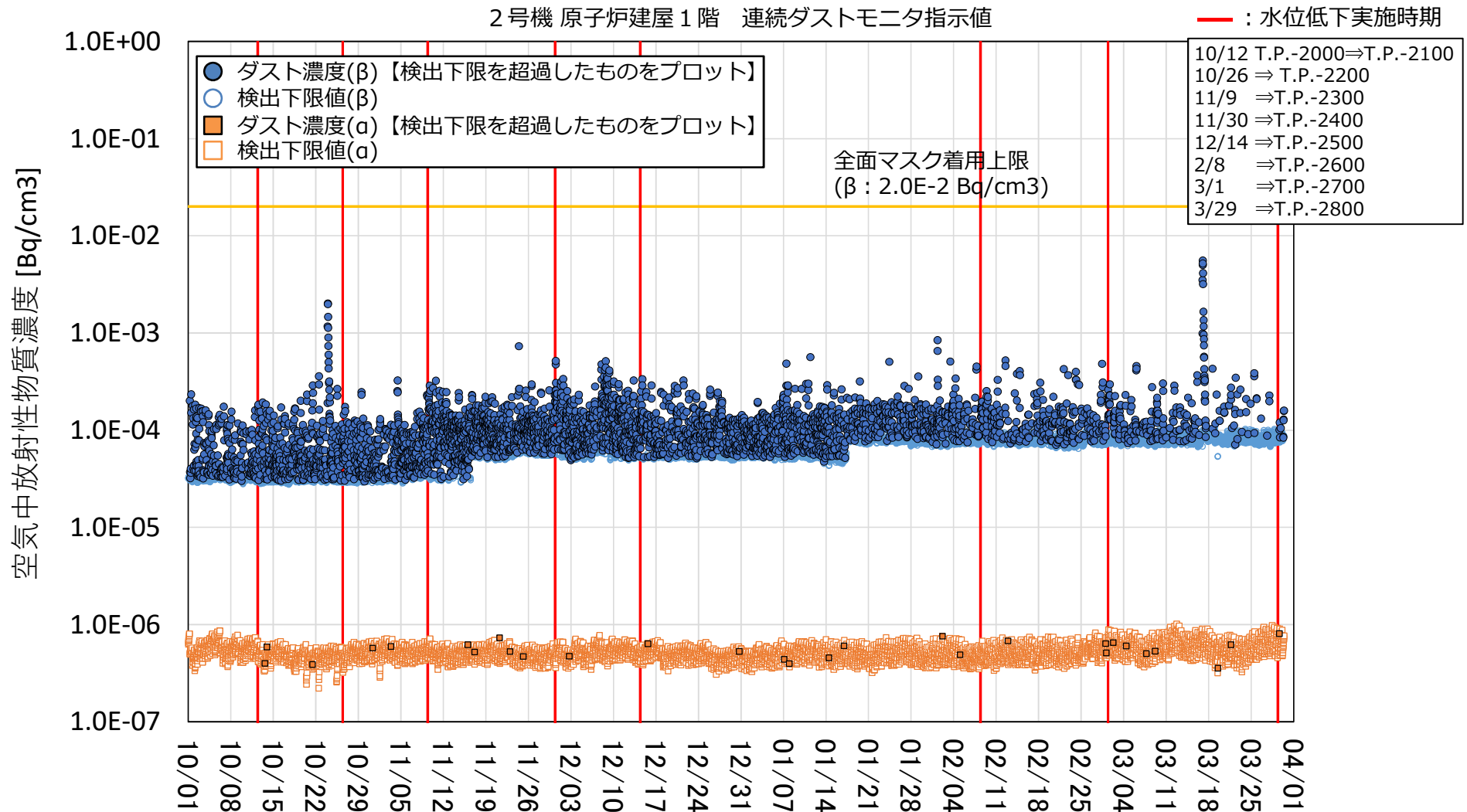
- 水位低下期間中において全面マスクの着用上限以下で推移しており、有意なダスト濃度上昇は確認されていない。



# 【参考】 2号機 原子炉建屋 地上1階ダスト濃度データ



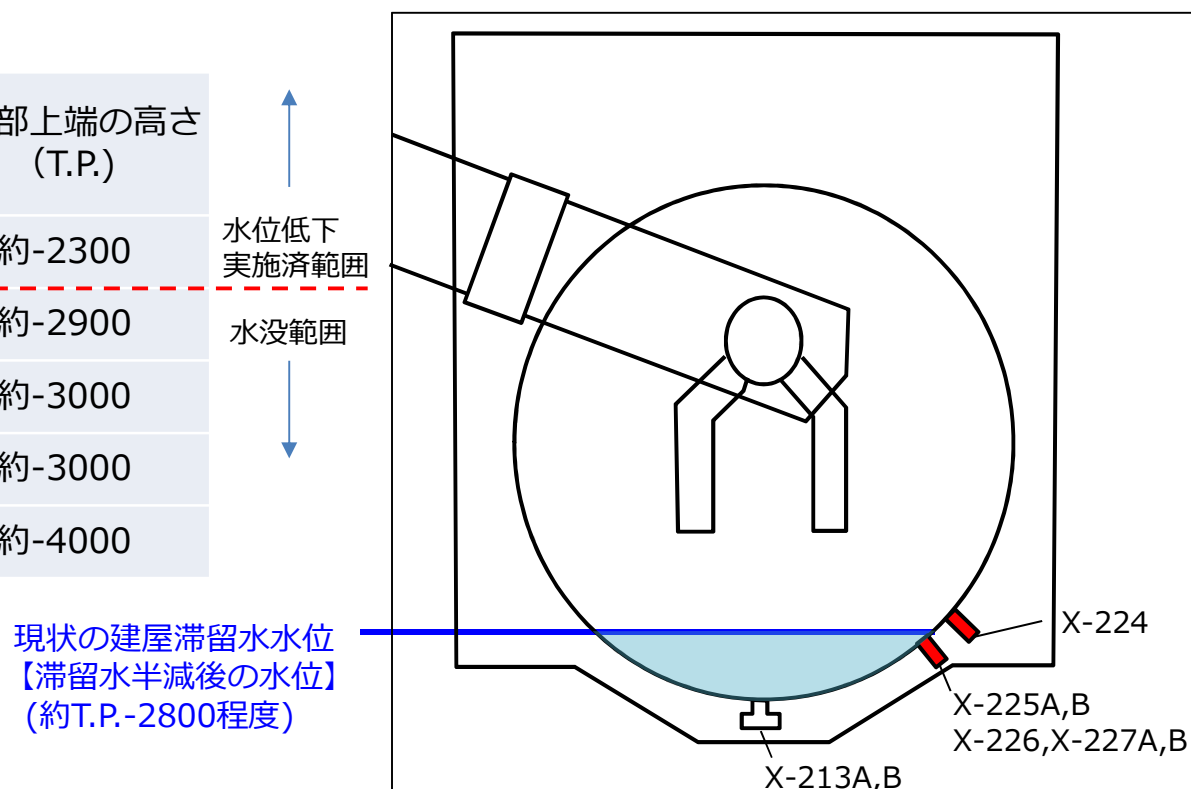
- 水位低下期間中において全面マスクの着用上限以下で推移しており、有意なダスト濃度上昇は確認されていない。



## 【参考】 2号機PCV (S/C下部) に接続する配管について

- これまでの原子炉建屋滞留水の水位挙動より、原子炉への注水の大部分はトーラス室へ流れ出ている可能性が高い。
- 2号機PCV気相部の圧力が比較的高いことから、PCV(S/C)開口は、現在、水没している範囲にあることが想定され、開口部はS/C接続配管にある可能性が高いと想定。
- 現在、水没している範囲にあるPCV(S/C下部)に接続している主な配管は以下の通り。今回のT.P.-2800までの水位低下後において、最も高い位置のRHRポンプ吸込配管はT.P.-2900程度となる。

S/C貫通部 (S/C接続部)	用途	貫通部上端の高さ (T.P.)
X224	RCICポンプ吸込配管	約-2300
X225A, B	RHRポンプ吸込配管	約-2900
X226	HPCIポンプ吸込配管	約-3000
X227A, B	CSポンプ吸込配管	約-3000
X213A, B	ドレン (閉止板)	約-4000



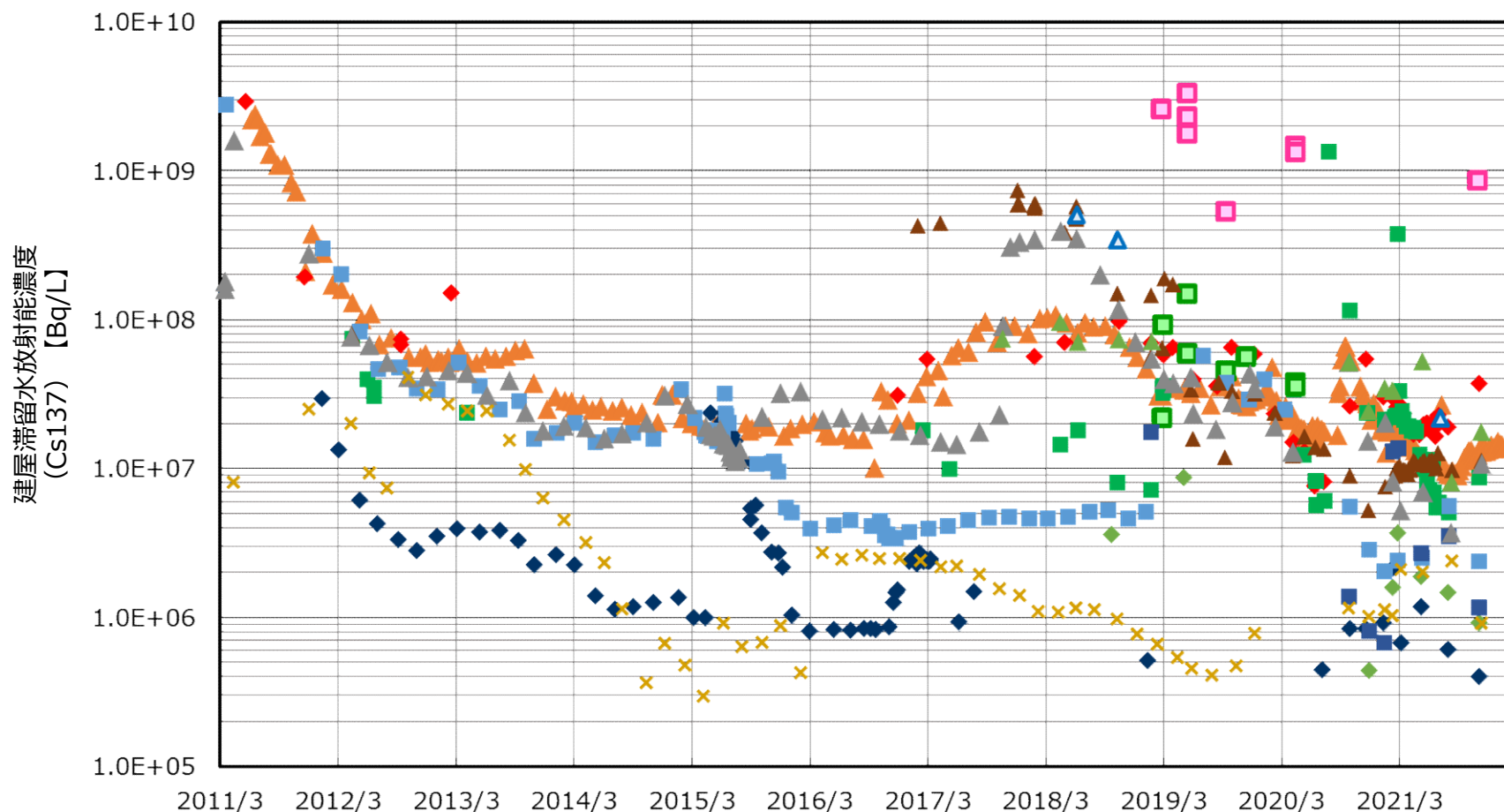


# 【参考】 1~4号機における建屋滞留水中の放射能濃度推移



以下に1~4号機における建屋滞留水中の放射能濃度推移を示す。

- ▲ プロセス主建屋
- 2号機R/B
- 2号機Rw/B
- ▲ 3号機Rw/B
- ◆ 1号機R/B
- 2号機R/B 深部(トレンチ上部)
- ▲ 3号機R/B
- × 4号機T/B
- ◆ 1号機T/B
- 2号機R/B 深部(トレンチ最下部)
- ▲ 3号機R/B 深部
- ◆ 1号機Rw/B
- 2号機T/B
- ▲ 3号機T/B



各建屋における建屋滞留水の放射能濃度測定値

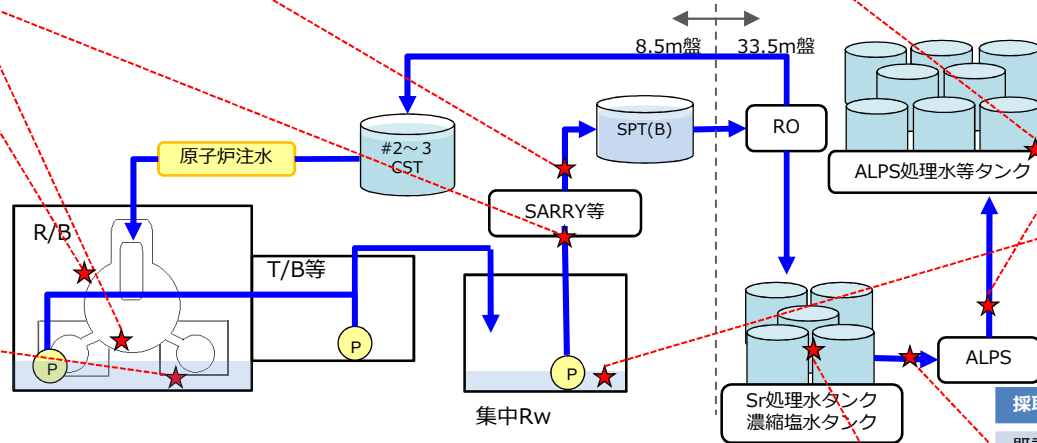
# 【参考】 建屋滞留水中のα核種の状況

- R/Bの滞留水からは比較的高い全α（2～5乗Bq/Lオーダー）が検出されているものの、セシウム吸着装置入口では概ね検出下限値程度（1乗Bq/Lオーダー）であることを確認。
- 全α濃度の傾向監視とともに、α核種の性状分析を進め、α核種の低減メカニズムの解明を進める。
- 今後、R/Bの滞留水水位をより低下させていくにあたり、全α濃度が上昇する可能性もあることから、PMB, HTIの機能を引き継いだ一時貯留タンクの設置や、汚染水処理装置の改良も踏まえた、α核種拡大防止対策を検討中。

採取箇所	分析日	全α濃度	採取箇所	分析日	全α濃度	採取箇所	全α濃度	採取箇所	分析日	全α濃度
SARRY入口	2022/2/4	4.9E+01	SARRY出口	2022/2/4	3.1E-01	G1S,G3,G6,G7,H1~5,H4N,H6(I),H6(II),J1~J7,K1~K4,B,B南エリア	<1.0E-01	既設ALPS出口	2021/12/9	<5.7E-02
SARRY II 入口	2022/1/11	1.4E+01	SARRY II 出口	2021/12/6	7.4E-01			増設ALPS出口	2022/1/17	<7.2E-02

採取箇所	分析日	全α濃度
3PCV	2015/10/22	2.1E+03
3MSIV室	2021/7/8	1.7E+06

採取箇所	分析日	全α濃度
1R/B	2019/6/3*1	2.2E+02
	2021/11/12	2.7E+02
2R/B	2020/2/13*2	7.9E+01
	2020/6/30*1	3.2E+04
3R/B	2021/11/8*1	2.0E+05
	2019/3/7*2	4.5E+05
	2021/7/13	5.4E+05
	2021/11/19	4.8E+03



採取箇所	分析日	全α濃度
PMB	2019/4/9	4.1E+01
	2022/1/27	2.5E+01
HTI	2019/4/10	3.0E+01
	2022/1/28	5.8E+01

採取箇所	分析日	全α濃度
既設ALPS入口	2021/12/9*3	2.8E-01
増設ALPS入口	2022/1/17	6.5E+00

採取箇所	分析日	全α濃度
濃縮塩水タンク上澄み	2021/7/21	1.8E+01
濃縮塩水タンク底部*4	2021/7/21	5.3E+03

現状の全α測定結果 [Bq/L]

\*1: 採集器を用いた底部付近でのサンプリング  
 \*2: ポンプを用いた底部付近でのサンプリング  
 \*3: タンク残水処理中でのサンプリング  
 \*4: タンク解体時の底部残水を集めた水

## 各建屋滞留水の全αの放射性物質質量評価 [Bq] ※1

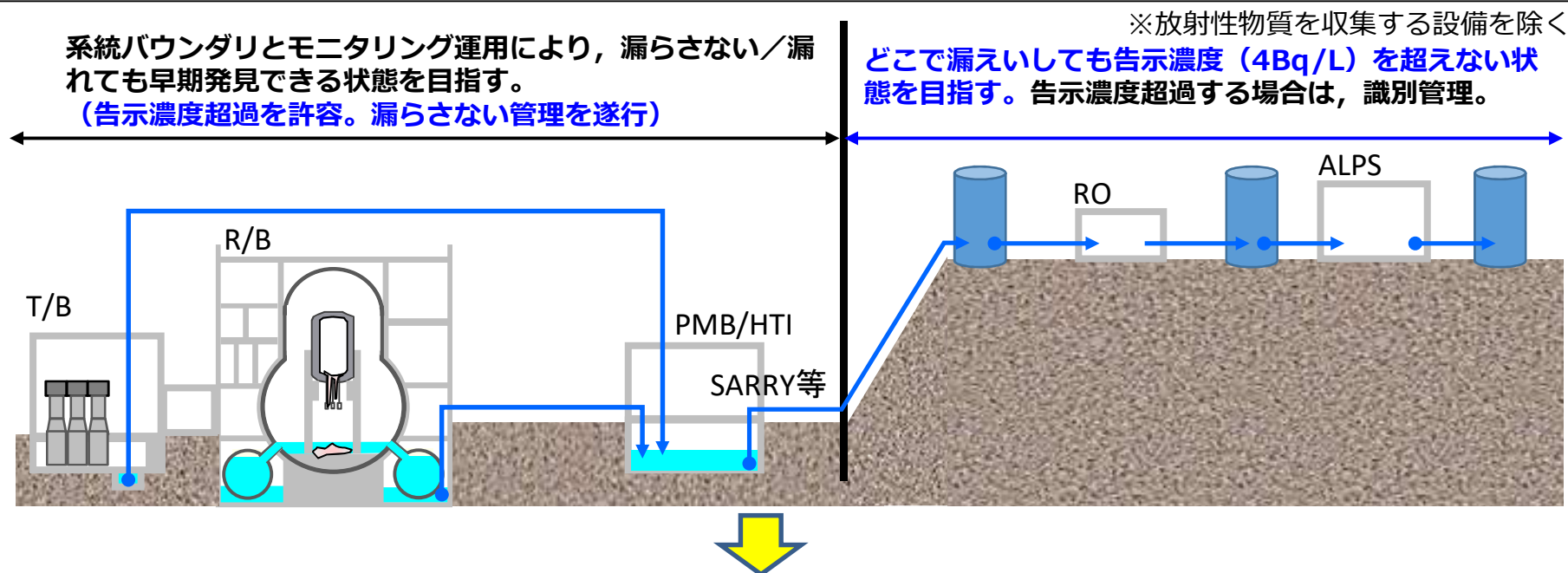
1号機R/B	2号機R/B	3号機R/B	PMB	HTI	合計
1.7E+08	4.8E+07	9.2E+09	9.8E+07	1.3E+08	9.7 E+09

※1 最新の分析データにて評価をしているが、今後の全αの分析結果によって、変動する可能性有り

## 2.a核種除去設備の検討状況

## 2-1. α核種管理の目指すべき状態

- ① **8.5m盤：α汚染拡大リスクの最小化が図れた状態**
  - ・ 漏らさない系統構成と早期発見を目指した状態監視（βγ汚染と同じ）
  - ・ 各建屋滞留水の定期モニタリングによるα放射能濃度の把握
  - ・ 8.5m盤から33.5m盤へのα汚染移行抑制措置。水処理設備の最下流(SARRY)の系統内濃度を告示濃度(4Bq/L)未満とする。
- ② **33.5m盤：α汚染管理が要らない状態※**
  - ・ 目標値を超過して保管する場合は、系統/設備を識別管理する



α核種の粒径として、概ね数μm以上のものと計測されており、同程度のフィルタを設置することにより告示濃度(4Bq/L)を満足できるものとする。今後の水質の変化等を考慮して、0.02μm程度のフィルタを設計上想定していく。

## 2-2. α核種除去設備の方針について

### ■ 目的

- 8.5m盤の汚染水処理設備の処理装置の出口α核種濃度（全α濃度）を告示濃度限度【4Bq/L】未滿となるようα核種除去設備を設置する。

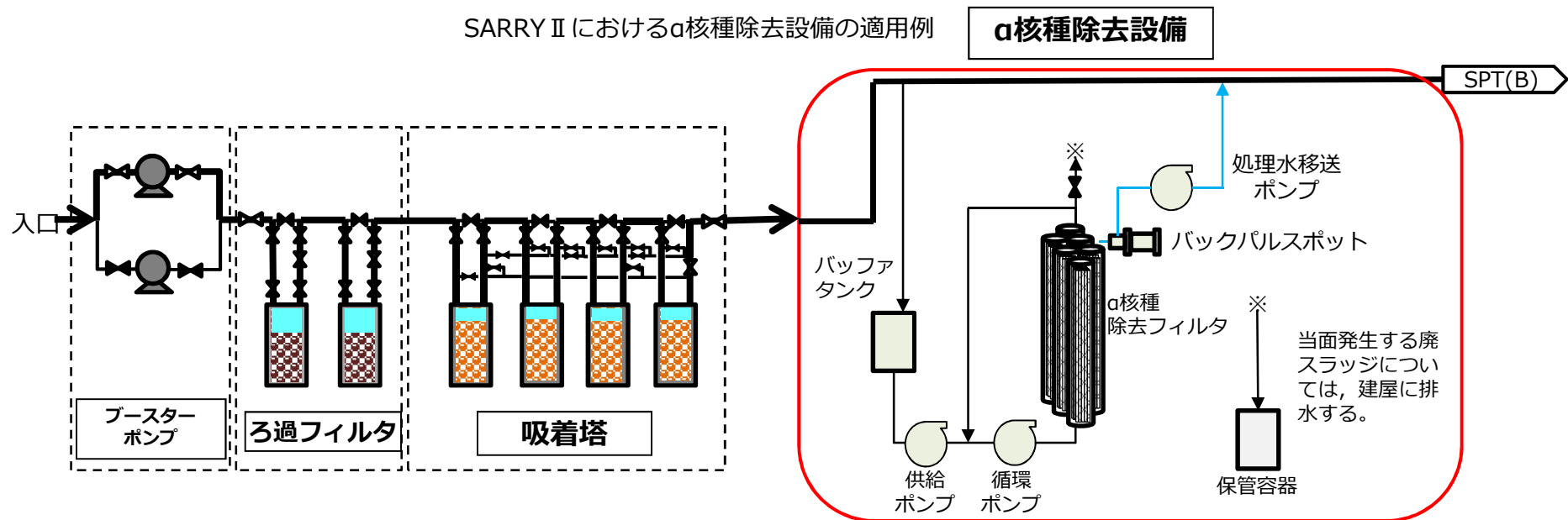
### ■ 基本設計方針

#### 【設置対象】

α核種除去設備はSARRY/SARRY II に設置

#### 【設備構成】

α核種除去設備は下図の通りの設備構成とすること



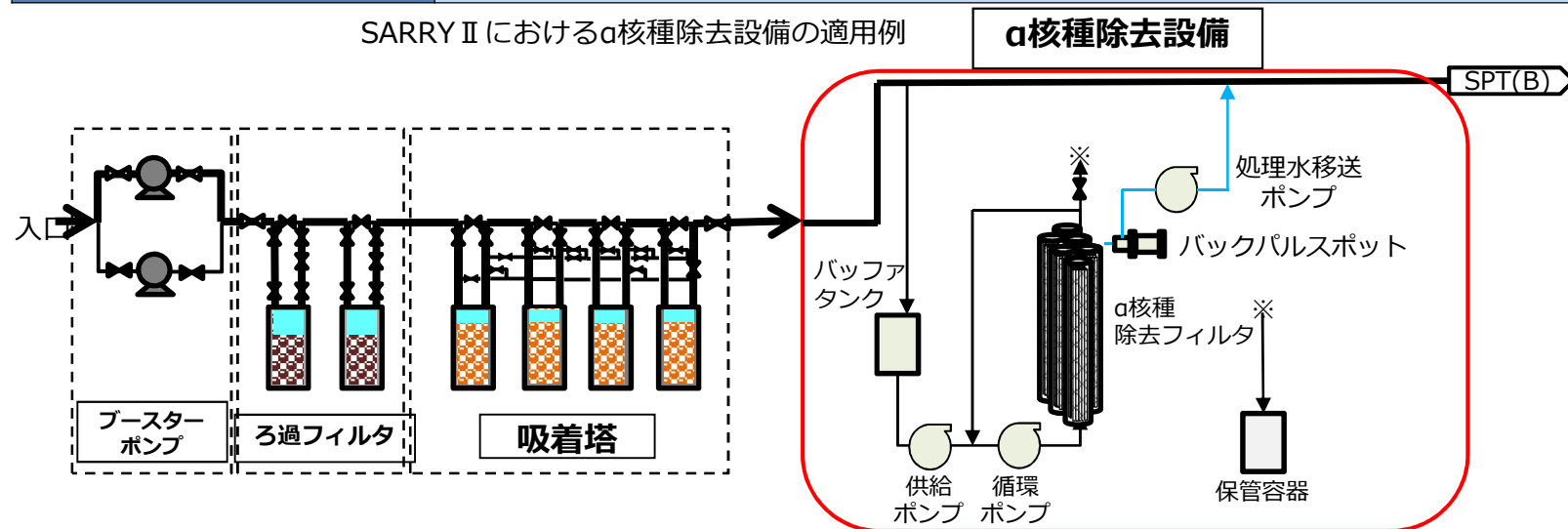
## 2-3. α核種除去設備の仕様について

- α核種除去設備の仕様については、以下のとおり

α核種除去設備仕様（案）

項目	仕様
フィルタ材質	セラミック
フィルタ除去径	0.02μm程度
フィルタ洗浄方法	逆洗
フィルタろ過方式	クロスフロー式
フィルタケーシング材質	SUS316L
フィルタ面積	約90~180m <sup>2</sup> (SARRY約410本), 約50~90m <sup>2</sup> (SARRY II約205本) (詳細検討中)
処理量	600m <sup>3</sup> /日以上(SARRY運用処理量), 360m <sup>3</sup> /日以上(SARRY II運用処理量)
フィルタ設置場所	8.5m盤の既設建屋内 高温焼却炉設備建屋(HTI), サイトバンカ建屋, プロセス主建屋(PMB)などの集中Rw建屋から選定
フィルタ設置箇所	SARRY, SARRY IIの各々の後段
環境温度	66℃
遮へい	機器表面線量1mSv/h以下
耐震クラス	B+

SARRY II におけるα核種除去設備の適用例



## 2-4. 今後のスケジュール

※新型コロナウイルス感染拡大等による製造業への影響が懸念され、今後、工程が変動する可能性がある

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度以降
設備設計 (基本設計)	α核種除去方法の確立 ▼			
設備設置 (詳細設計含む)				
滞留水処理				性能評価 ■■■■
実施計画				

## 【参考】 3号機R/B滞留水他α核種等評価分析結果（速報）



- 前回2号機R/B滞留水より採取した水は、U, Pu, Am, Cmともに多くは数μm以上の粒子として存在している。  
なお、廃炉・汚染水対策事業でのTEM等の結果ではZr, Fe, Crを含むUO<sub>2</sub>で存在しているものと推定している。
- 今回3号機ではR/B滞留水の分析に加え、その上流となるMSIV室より採取した水、下流となるタンク下部より採取した水の分析を行った。

### 分析結果

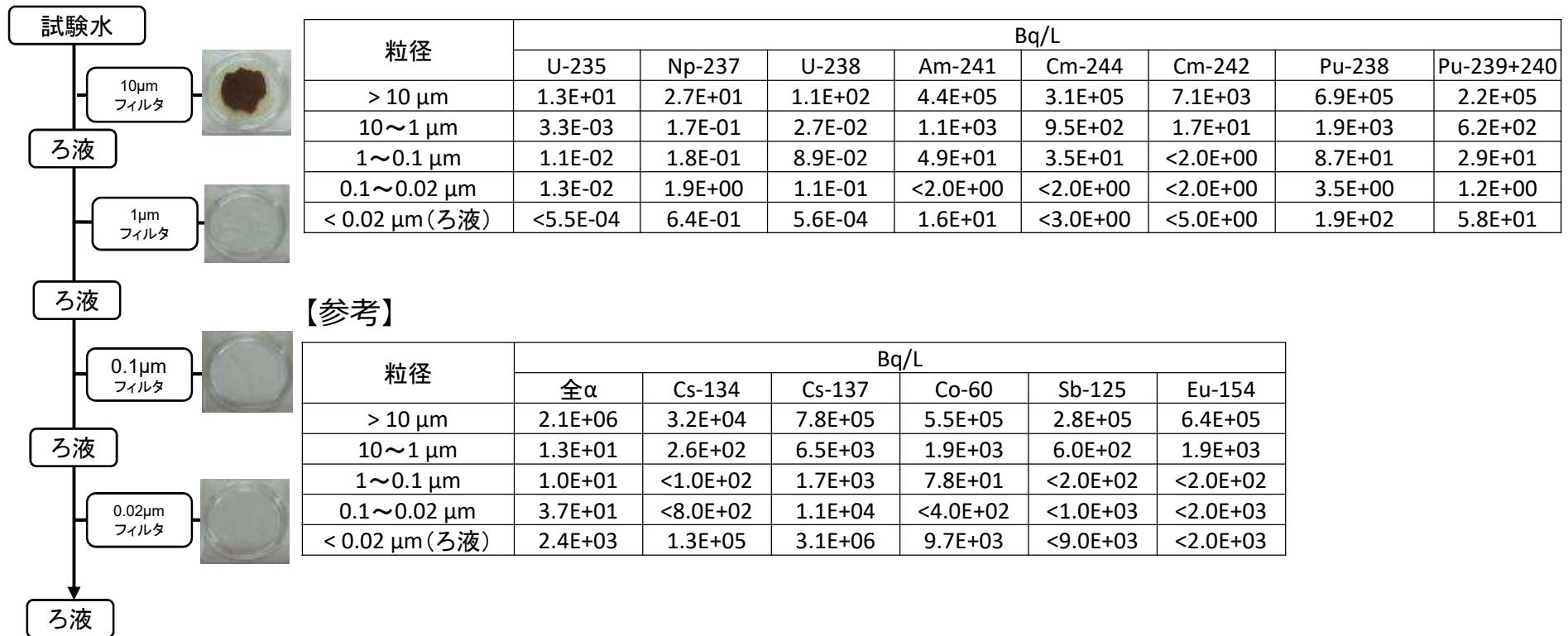
単位：Bq/L

種類	分析日	全α濃度	Cs-137	Cs-134	全β濃度	Sr-90	H-3
3号機MSIV室	2021/7/8	1.7E+06	5.8E+06	1.8E+05	4.9E+07	9.5E+06	2.6E+05
3号機R/B滞留水	2021/7/13	5.4E+05	2.2E+07	8.5E+05	5.2E+07	1.5E+07	3.2E+05
Eエリア残水	2021/7/21	5.3E+03	1.3E+06	5.8E+04	4.7E+08	2.8E+08	8.8E+05



# 【参考】 3号MSIV室の試料のα核種等評価分析について

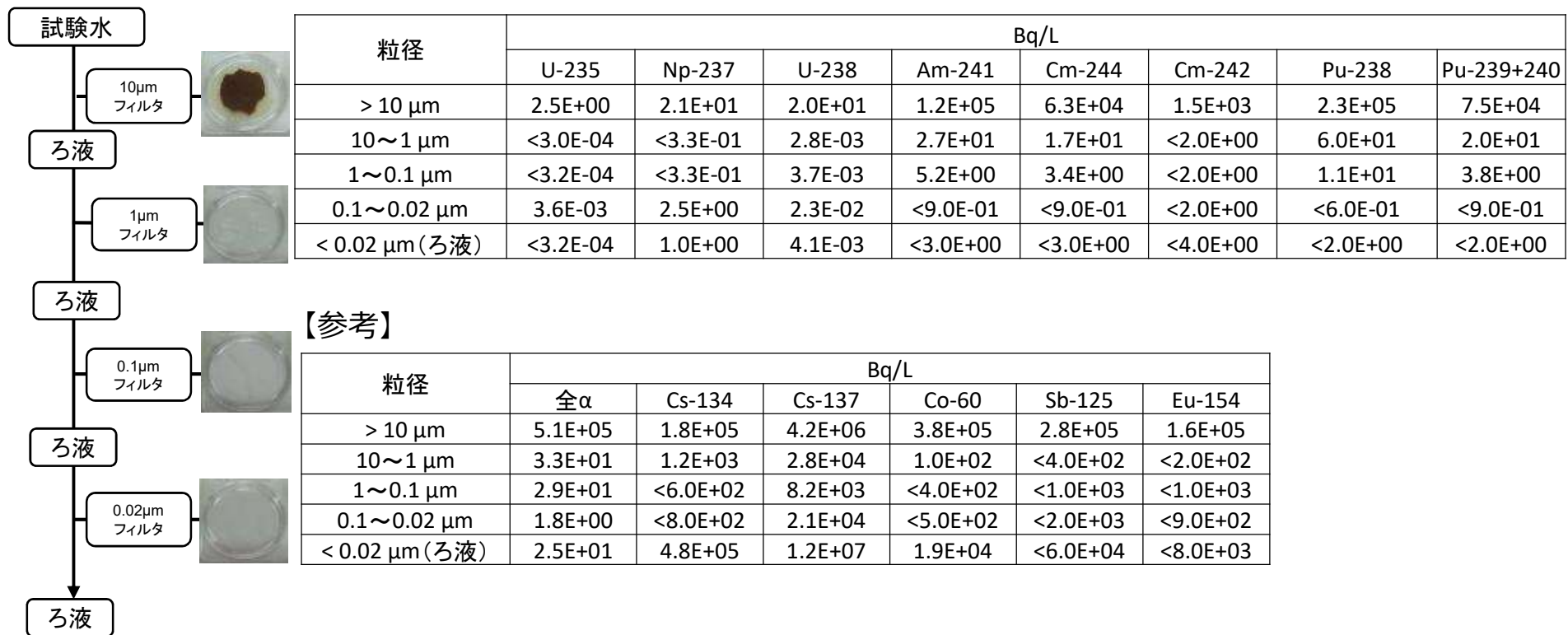
- 試験水に対し、段階的なフィルタを設け、各フィルタでの回収物とろ液に対し分析を実施。
- 0.02μmのろ液でもAmやPuは告示濃度以上となっている。（なお、0.02μm未満のα核種を含め、前段のSARRY吸着塔とフィルタで総合的に告示濃度以下を目指す計画。）



本資料の内容においては、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID）の成果の一部を活用しております。

# 【参考】 3号R/B滞留水の試料のα核種等評価分析について

- 試験水に対し、段階的なフィルタを設け、各フィルタでの回収物とろ液に対し分析を実施。
- 0.02μmまでろ過すると前回分析している2号R/B滞留水と概ね同様な粒径分布となっている。

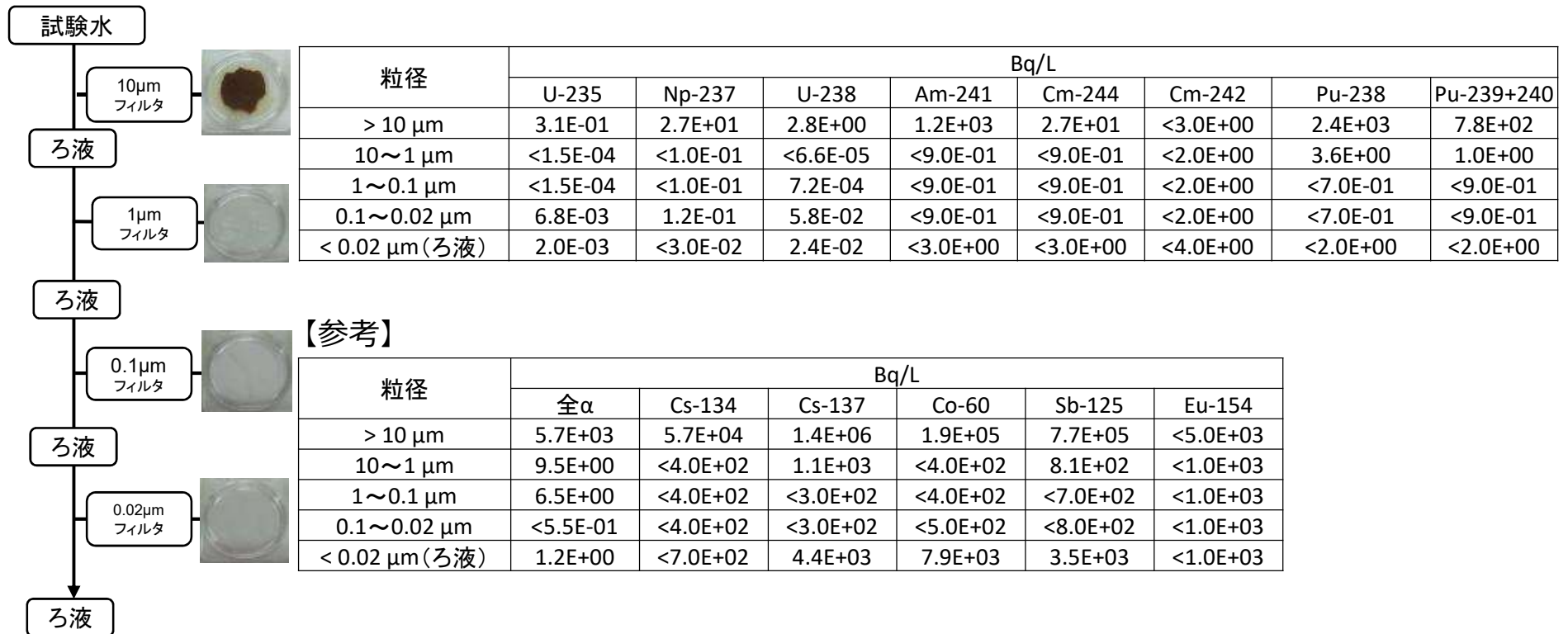


本資料の内容においては、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID）の成果の一部を活用しております。

# 【参考】 Eエリアタンク残水の試料のα核種等評価分析について



- 試験水に対し，段階的なフィルタを設け，各フィルタでの回収物とろ液に対し分析を実施。
- MSIV室や3号R/B滞留水から下流のEエリアタンクについては，0.02μmろ液では告示濃度以下となっている。



本資料の内容においては，技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID）の成果の一部を活用しております。

## 【参考】 元素分析について

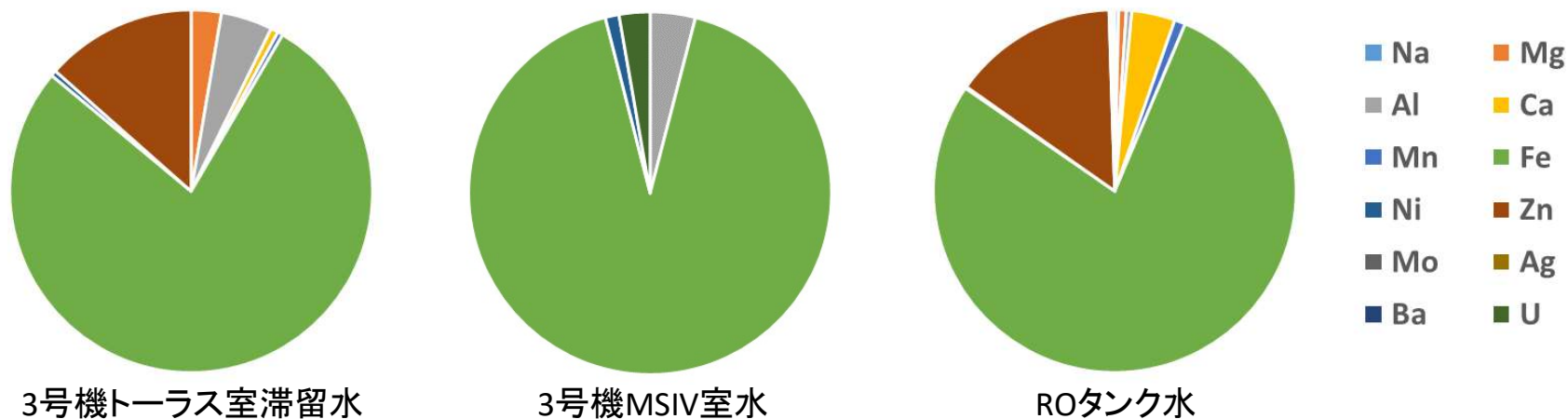
- どの試料もFeが一番大きな元素組成となっている。
- 3号機トーラス室滞留水とROタンク水はZnの元素組成を含んでいる。

孔径10μmフィルター回収物の元素組成<sup>\*1,2</sup> [単位:%]

	Na	Mg	Al	Ca	Mn	Fe
3号機トーラス室滞留水	ND	2.7	4.6	0.7	0.5	77.6
3号機MSIV室水	ND	ND	4.0	ND	ND	92.0
ROタンク水	0.3	0.7	0.5	3.9	1.0	78.3
	Ni	Zn	Mo	Ag	Ba	U
3号機トーラス室滞留水	0.5	13.5	ND	ND	ND	ND
3号機MSIV室水	1.2	ND	ND	ND	ND	2.8
ROタンク水	0.1	14.7	0.1	0.2	0.2	ND

\*1 「ND」は不検出

\*2 検出された元素の合計を100%として算出



孔径10 μm フィルター回収物元素組成<sup>\*3</sup>

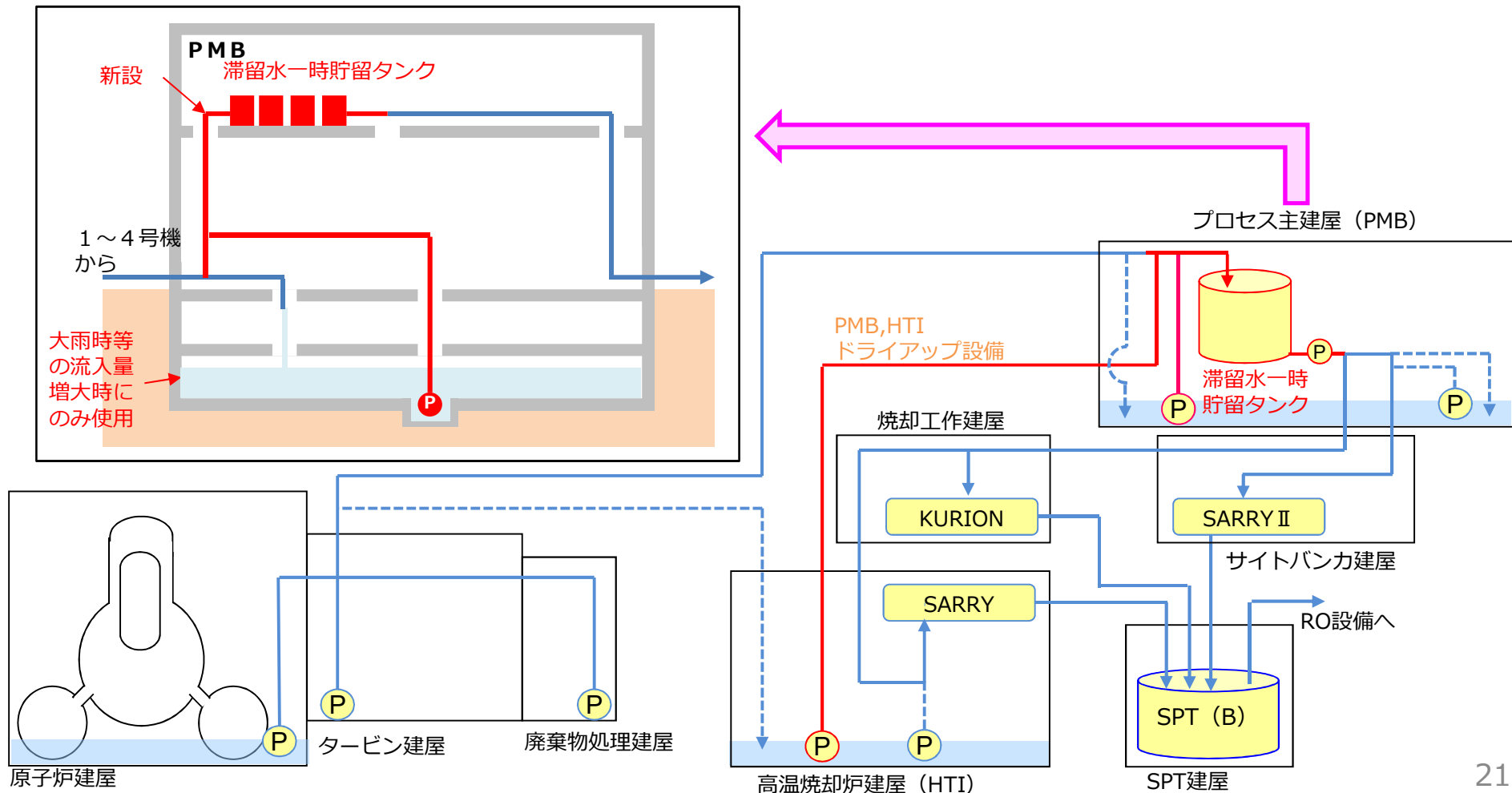
\*3 検出された元素の合計を100%として算出。

### 3.建屋滞留水一時貯留タンクの検討状況

### 3-1. プロセス主建屋，高温焼却炉建屋の滞留水一時貯留タンク概要

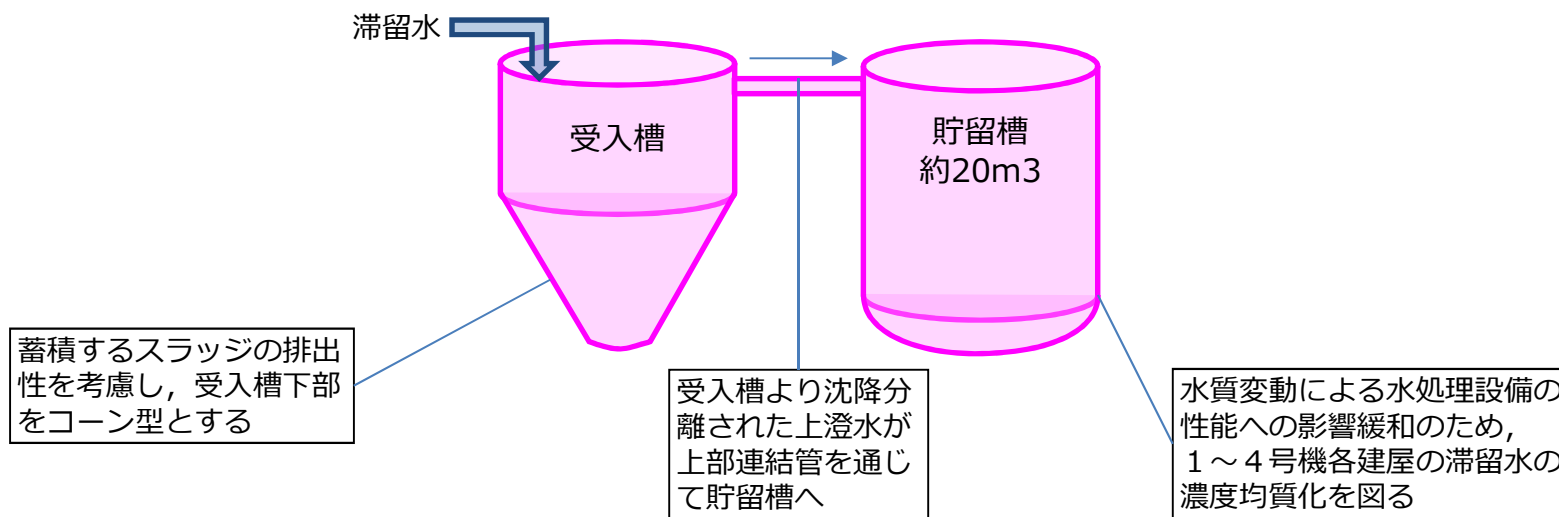
■ 滞留水一時貯留タンクは，PMB,HTIの下記の機能を引き継ぐよう，設計・検討を進めている

- 建屋滞留水の受入
- 処理装置(KURION,SARRY,SARRY II)を安定稼働させるための滞留水のバッファ
- 各建屋滞留水の濃度均質化
- スラッジ類の沈砂



## 3-2. 滞留水一時貯留タンクの設計検討状況

- 滞留水中に含まれるスラッジの沈降分離機能を有する受入槽，貯留機能を有する貯留槽をそれぞれ1基ずつ設置する設備構成とする。
  - 設置場所：PMB（4階）
  - 容量：10～20m<sup>3</sup>+20m<sup>3</sup>×2系統  
(大雨等に伴う1～4号機建屋への流入量増大などの緊急時にはPMBまたはHTIへ一時貯留する可能性がある)



タンク構成（1系統あたり）

- 受入槽に蓄積するスラッジ等はPMB地下に当面の間，排出することを想定
- 作業員の被ばく低減，敷地境界線量や周辺作業に放射線影響を考慮し，機器周辺の線量当量率が1mSv/h以下となるように適切に遮へいを設ける設計とする
- 漏えい拡大防止のためにタンク周囲に堰を設ける設計とする
- タンク内面が乾燥してダストが発生することを想定し，タンクベントには，フィルタを設置する方針とする

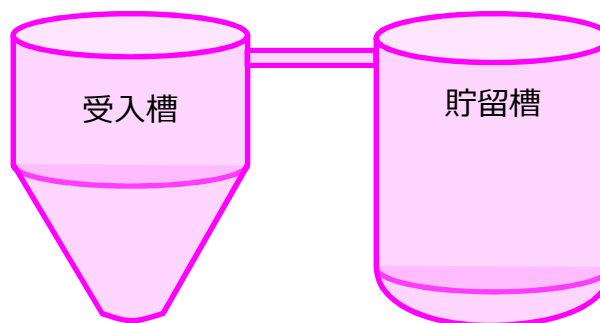




## 【参考】 滞留水一時貯留タンク仕様の検討状況

### ■ タンク仕様の検討状況は以下の通り。

- スラッジ蓄積等による腐食環境を踏まえた耐食性，滞留水の放射能濃度を踏まえた耐放射線性を考慮し，適用材料を選定。
- 現場設置エリア【PMB4階】の状況や搬入などを踏まえてタンクサイズを設定
- 今後，構造強度・耐震性【耐震クラスはB+クラスを想定し，検討中】，規格適合性，製造性，使用前検査等の対応を踏まえた配慮などの検討により詳細な構造等の設計を進めていく。



受入槽仕様（案）

名称		仕様	
種類	-	たて置円筒形	
容量	m <sup>3</sup> /h/個	10~20	
最高使用圧力	MPa	静水頭	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴内径	mm	3100
	胴板厚さ	mm	12
	円錐部板厚さ	mm	12
	高さ	mm	4000
材料	胴板	-	炭素鋼+内面ライニング または樹脂
	円錐部板	-	

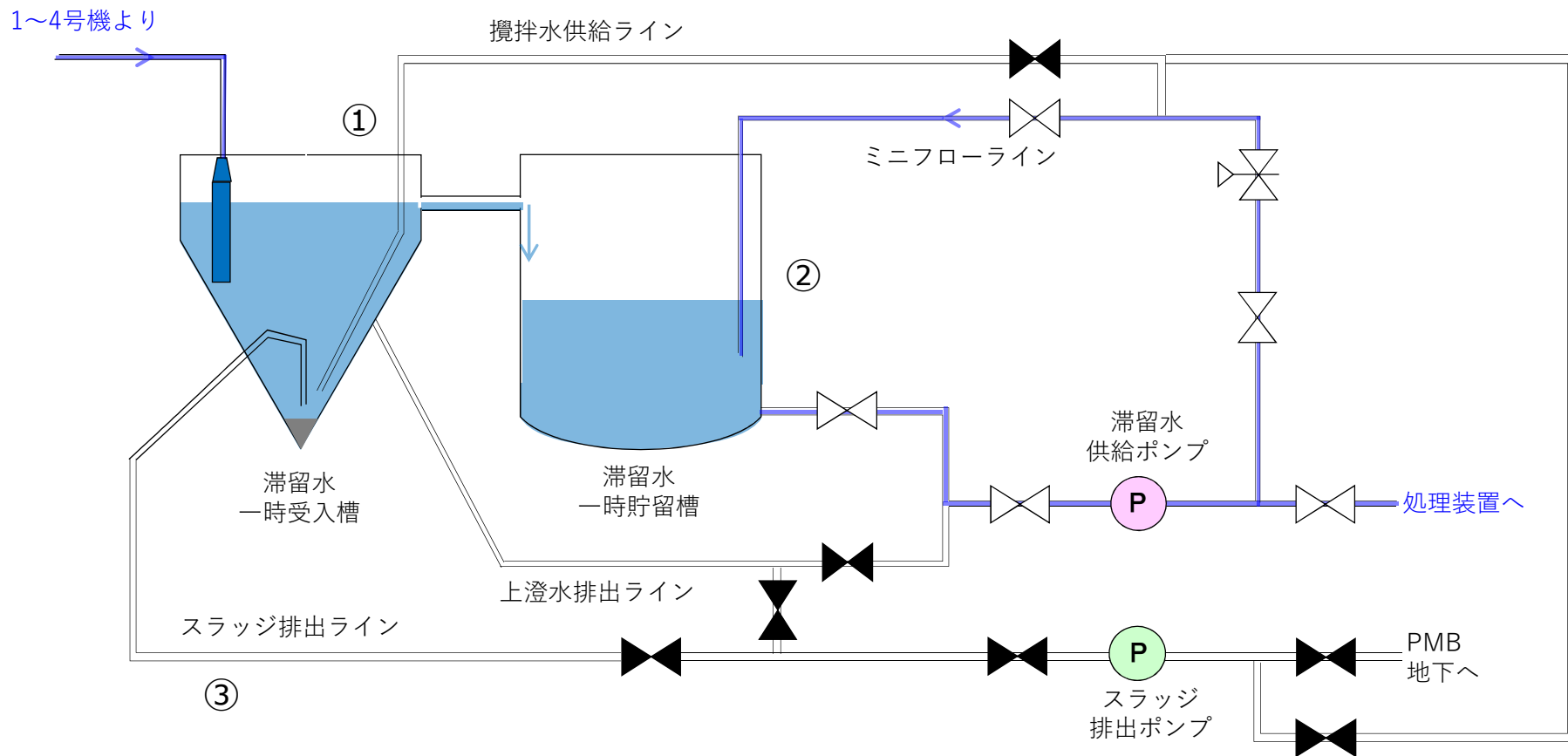
貯留槽仕様（案）

名称		仕様	
種類	-	たて置円筒形	
容量	m <sup>3</sup> /h/個	20	
最高使用圧力	MPa	静水頭	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴内径	mm	3100
	胴板厚さ	mm	12
	鏡板厚さ	mm	12
	高さ	mm	4000
材料	胴板	-	炭素鋼+内面ライニング またはSUS316L
	鏡板	-	

## 【参考】 滞留水一時貯留タンクの概略系統図

### ■ 滞留水一時貯留タンクの滞留水受払いフロー

- ① 受入槽で沈降分離させて上部連結管を通じて上澄水を貯留槽へ
- ② 貯留槽にて一時貯留し、処理装置へ移送
- ③ 受入槽に沈降したスラッジ等は必要に応じて当面の間PMB地下に排出



# α核種分析状況について 追加報告

2022年4月27日

---

**TEPCO**

東京電力ホールディングス株式会社

# 1. α核種性状分析の進捗状況報告



- 前回2号機R/B滞留水より採取した水は、U, Pu, Am, Cmともに多くは数μm以上の粒子として存在している。  
なお、廃炉・汚染水対策事業でのTEM等の結果ではZr, Fe, Crを含むUO<sub>2</sub>で存在しているものと推定している。
- 今回3号機ではR/B滞留水の分析に加え、その上流となるMSIV室より採取した水、下流となるタンク下部より採取した水の分析を行った。

## 分析結果

単位：Bq/L

種類	全α濃度	Cs-137	Cs-134	全β濃度	Sr-90	H-3
2号機R/B滞留水 (2020.6.30採取)	3.2E+04	1.4E+09	7.6E+07	1.5E+09	—	3.0E+06
3号機R/B滞留水 (2021.7.13採取)	5.4E+05	2.2E+07	8.5E+05	5.2E+07	1.5E+07	3.2E+05
3号機MSIV室 (2021.7.8採取)	1.7E+06	5.8E+06	1.8E+05	4.9E+07	9.5E+06	2.6E+05
Eエリア残水 (2021.7.21採取)	5.3E+03	1.3E+06	5.8E+04	4.7E+08	2.8E+08	8.8E+05

## 2. フィルタ回収物の元素組成

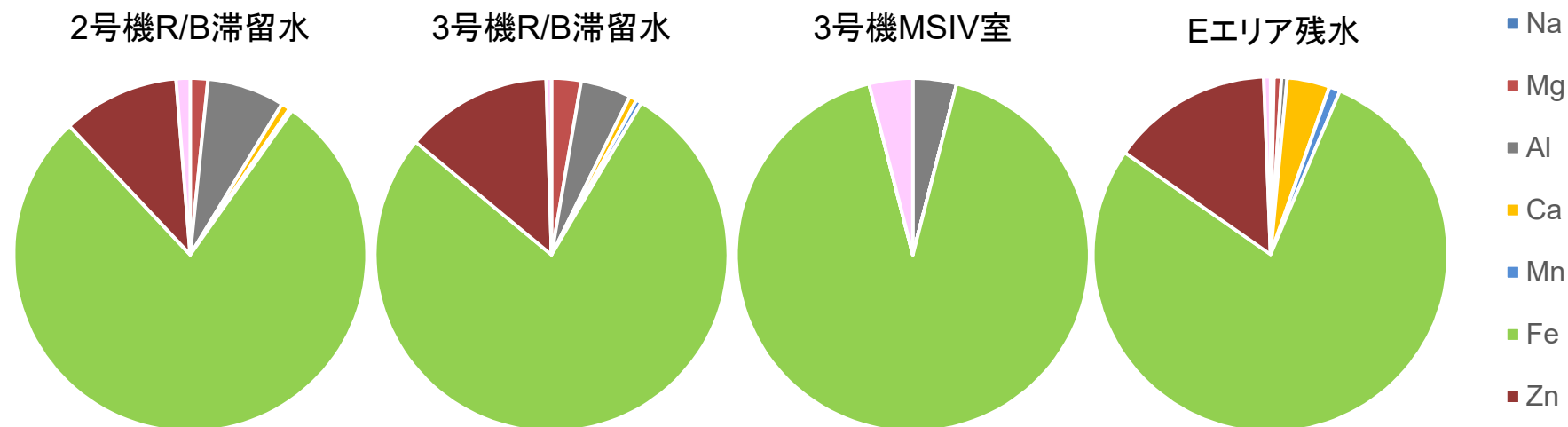
- 孔径10 $\mu$ mフィルターに回収された固体を溶解して元素濃度を分析した。
- R/B滞留水については、2号機, 3号機とも同程度の組成比率であった。
- 2号機, 3号機R/B滞留水及びEエリア残水とも主に鉄成分が確認されている。
- 2号機, 3号機R/B滞留水とEエリア残水については, Znの濃度がFeに次いで高い。

孔径10 $\mu$ mフィルター回収物の元素組成 [単位: %]

	Na	Mg	Al	Ca	Mn	Fe	Zn	その他
2号機R/B滞留水	ND	1.6	7.1	0.8	0.3	78.2	10.7	1.3
3号機R/B滞留水	ND	2.7	4.6	0.7	0.5	77.6	13.5	0.5
3号機MSIV室	ND	ND	4.0	ND	ND	92.0	ND	4.0
Eエリア残水	0.3	0.7	0.5	3.9	1.0	78.3	14.7	0.6

\* 「ND」は不検出

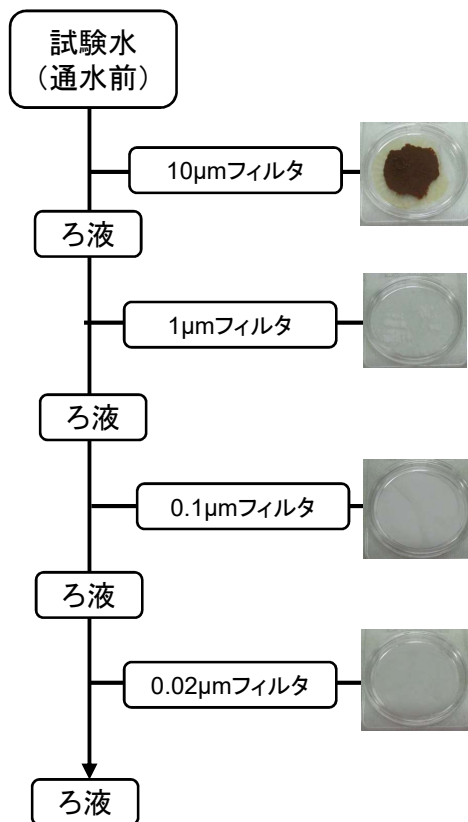
\* 検出した元素から比率を算出



本データは廃炉・汚染水対策事業による成果を含む

### 3. α核種のフィルタによるろ過結果

■ 2号機, 3号機R/B滞留水について, 0.02μmフィルタまで通水すると, 全α核種濃度は1万分の1になることが確認された。



全α核種濃度の比較[単位:Bq/L]

通水	2号機	3号機
試験水 (通水前)	3.2E+04	5.4E+05
10μmフィルタで通水 (回収物)	3.7E+04	5.1E+05
0.02μmフィルタで通水 (ろ液)	2.2E+00	2.5E+01

本データは廃炉・汚染水対策事業による成果を含む

## 4. α核種元素分析（1 / 2）

2号機と同様に3号機についても、SEM-EDXによるU含有微粒子を検出し、α核種の形状元素分析を実施した。10μmフィルタにて捕捉された粒子の代表を示す。

2号機R/B滞留水

粒子番号	粒径 /μm	U, Zr 存在量比 * / %	SEM像	U マッピング像
P1	4.4	71.9		
P2	2.8	94.2		
P3	2.6	84.4		
P4	2.4	69.4		

3号機R/B滞留水

粒子番号	粒径 /μm	U, Zr 存在量比 * / %	SEM像	U マッピング像
P1	6.2	14.7		
P2	4.2	17.8		
P3	4.1	19.5		
P4	3.4	98.4		

\*U/(U+Zr)により算出

- 2号機，3号機とも粒径の傾向は変わらなかった。
- Uの他，Zr, Zn, Ni, Fe, Mn, S, Si, Al, Mg, Naなどが共存元素として検出された。
- Uが全体に分布している粒子をU粒子とみなした。

## 4. α核種元素分析 (2 / 2)

0.2μmフィルタにて捕捉された粒子の代表を示す。

2号機R/B室滞留水

粒子番号	粒径 /μm	U, Zr 存在量比 * / %	SEM像	U マッピング像
P1	4.0	70.4		
P2	1.1	72.1		
P3	0.9	31.0		
P4	0.6	86.6		

3号機R/B滞留水

粒子番号	粒径 /μm	U, Zr 存在量比 * / %	SEM像	U マッピング像
P1	6.2	99.3		
P2	4.4	100.0		
P3	4.3	89.6		
P4	4.3	86.3		

\*U/(U+Zr)により算出

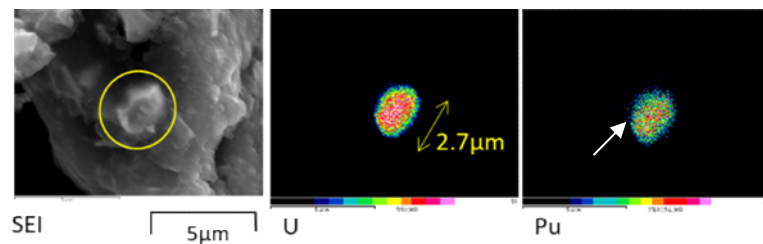
- ・ 2号機, 3号機とも粒径の傾向は変わらなかった。
- ・ Uの他, Zr, Zn, Fe, Mn, S, Si, Al, Mgなどが共存元素として検出された。
- ・ Uが全体に分布している粒子をU粒子とみなした。



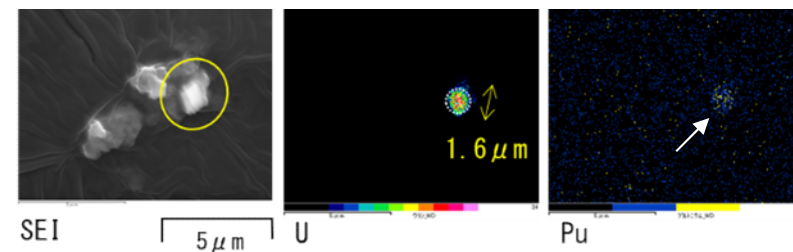
## 5. 3号機R/B滞留水の元素マッピング

- 3号機R/B滞留水, 3号MSIV室, Eエリア残水のろ過物に対して元素マッピングを実施
  - Puを含有するU粒子を確認した。
  - 今後, 観測されたU粒子に対し, TEMを実施し化学状態を確認する。

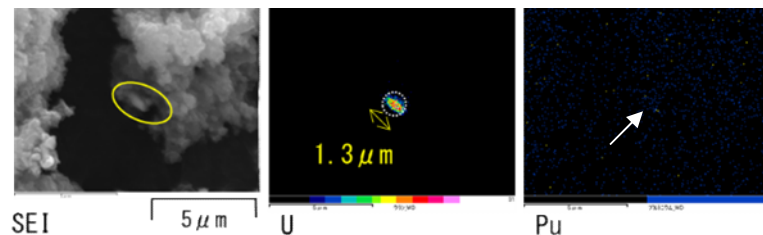
U粒子① (Pu有)



U粒子② (Pu有)



U粒子③ (Pu有)



## 6. 今後の予定

現在、以下について7月頃までに実施予定。

### ■ イオン状態の確認

【目的】 R/B滞留水の中にイオン状のものがあるか確認する。

【実施内容】 イオン交換樹脂の吸着確認を実施する。

### ■ $\alpha$ 核種の溶出確認

【目的】 フィルタで補足した $\alpha$ 核種が溶出しないことを確認する。

【実施内容】  $\alpha$ 核種を捕捉したフィルタに対し、浸漬試験を実施する。

### ■ TEMによる化学状態の分析

【目的】  $\alpha$ 核種を含む粒子中の元素の化学状態を推測する。

【実施内容】 元素マッピングで確認したU粒子に対し、TEMを用いた微細組織観察を実施し、化学状態を確認する。

今後は、1号機R/B建屋、プロセス建屋(PMB)、高温焼却建屋(HTI)の滞留水の採取等を行い、知見を拡げていく。

## α核種除去に向けた検討状況のご報告

2021.1.28

**TEPCO**

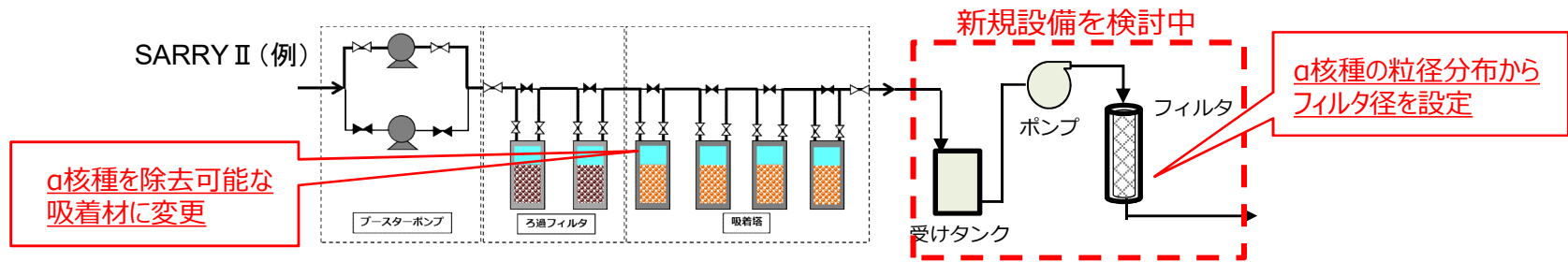
---

東京電力ホールディングス株式会社

# 1. α核種の性状確認状況および今後の対策

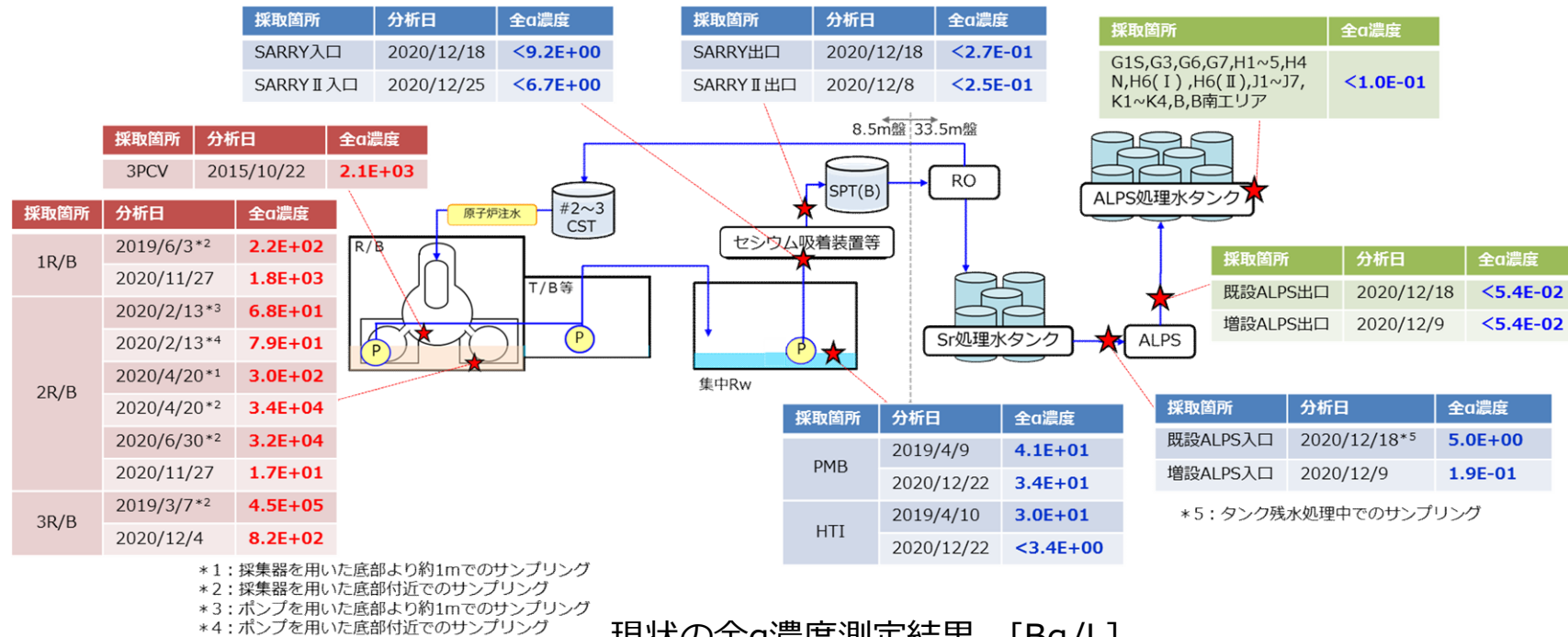
- 2,3号機R/Bで比較的高濃度のα核種が確認された滞留水について、0.1μmのフィルタでのろ過試験を実施。大部分のα核種はフィルタで除去できるが一部は滞留水中に残ることを確認。
  - 一部のα核種については0.1μm以下の粒子状、またはイオン状にて存在していると想定。
- α核種対策として現在、2号機R/Bの滞留水を用いて以下の分析・試験を実施中。
  - **α核種の核種分析および粒径分布の分析** ➡ **進捗状況ご報告**
  - イオン状α核種の除去能力確認のための吸着材試験 ➡ 現在使用しているSARRY吸着材等で浸漬試験を実施し、α核種の低減を確認  
通水試験の準備中
- 上記結果を踏まえ、既存水処理設備に対し、粒子・イオン双方に対する設備の改造を検討。
  - 粒子：α核種の粒径にあったフィルタの導入
  - イオン：α核種除去能力のある吸着材の導入

	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度以降
原子炉建屋 建屋滞留水水位低下	[Blue bar spanning 2020-2022]			
α核種粒径分析	[Blue bar]	継続して適宜実施予定	[Blue bar]	[Blue bar]
α核種吸着材試験 (浸漬試験)	[Blue bar]			
α核種吸着材カラム試験		[Blue bar]		
既存設備改造	[Blue bar]	[Blue bar]	[Blue bar]	[Blue bar] α核種の粒径にあったフィルタの導入 →今後の廃炉作業に伴う滞留水水質変化にも対応
建屋滞留水処理				[Blue bar] PMB,HTI建屋水位低下



## 2. 建屋滞留水中のα核種の状況

- R/Bの滞留水からは比較的高い全α濃度（2～5乗Bq/Lオーダー）が検出されているものの、セシウム吸着装置入口では概ね検出下限値程度（1乗Bq/Lオーダー）であることを確認。
- 全α濃度の傾向監視とともに、α核種の性状分析等を進め、α核種の低減メカニズムの解明を進める。
- 今後、R/Bの滞留水水位をより低下させていくにあたり、全α濃度が上昇する可能性もあることから、PMB, HTIの代替タンクの設置や、汚染水処理装置の改良も踏まえた、α核種拡大防止対策を検討中。



### 各建屋滞留水の全αの放射性物質質量評価 [Bq] ※1

1号機R/B	2号機R/B	3号機R/B	PMB	HTI	合計
1.1 E+09	2.7 E+07	6.6 E+08	7.6 E+07	-※2	1.9 E+09

- ※1 最新の分析データにて評価をしているが、今後の全αの分析結果によって、変動する可能性有り。
- ※2 検出下限値以下。

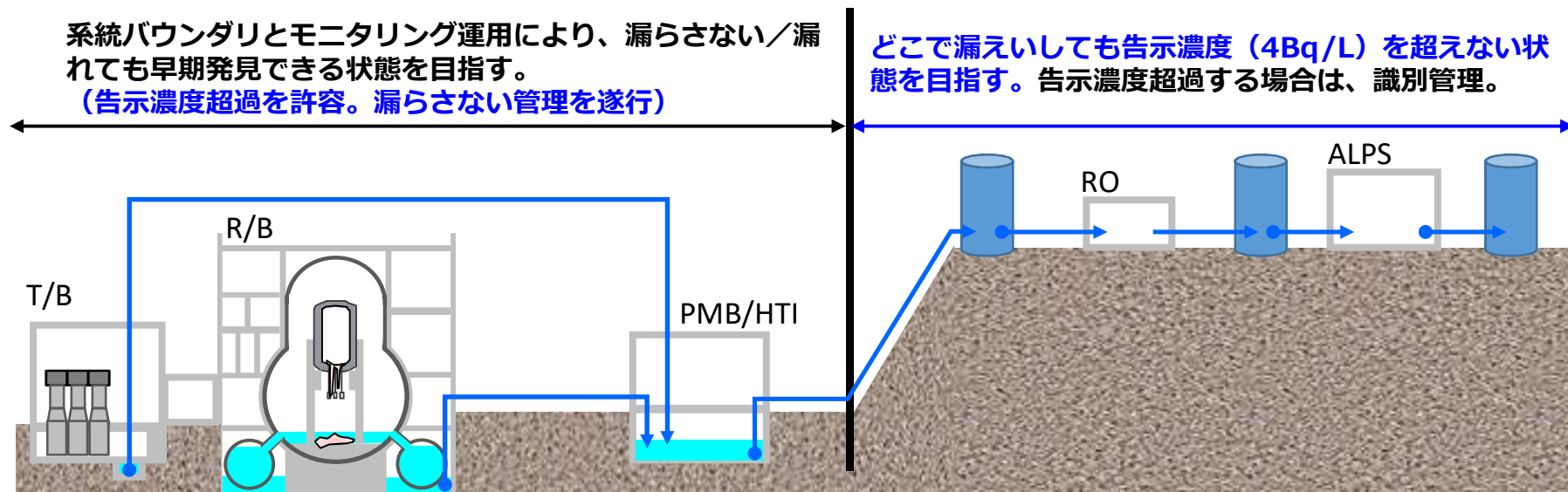
### 3. 目指すべき状態

#### ➤ ①8.5m盤：α汚染拡大リスクの最小化が図れた状態

- 漏らさない系統構成と早期発見を目指した状態監視（βγ汚染と同じ）
- 各建屋滞留水の定期モニタリングによるα放射能濃度の把握
- 8.5m盤から33.5m盤へのα汚染移行抑制措置。水処理設備の最下流(SARRY)の系統内濃度を告示濃度(4Bq/L)未満とする。

#### ➤ ②33.5m盤：α汚染管理が要らない状態

- 目標値を超過して保管する場合は、系統/設備を識別管理する



8.5m盤内でα核種を管理するためSARRY、SARRY IIでα核種を除去できる状態を目指す。

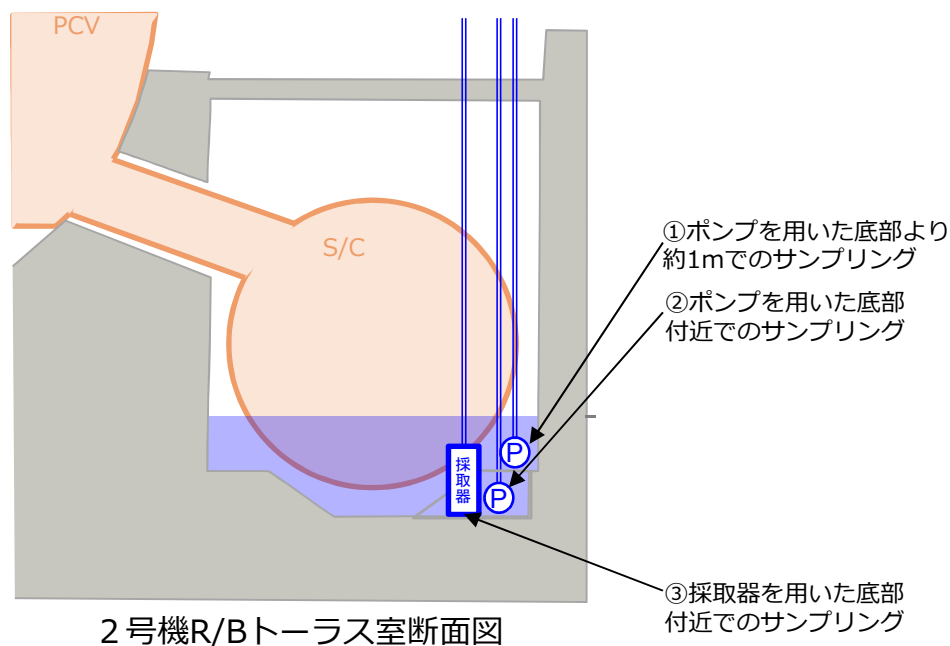
## 4. 進捗状況ご報告

- α核種対策として現在、2号機R/Bトーラス室の滞留水を用いて以下の分析・試験を実施している。今回は採取器を用いた底部付近でのサンプリングを実施し、ポンプで採取した水よりもα核種濃度が濃い水で核種分析を実施した。

### 2号機R/Bトーラス室の滞留水採取

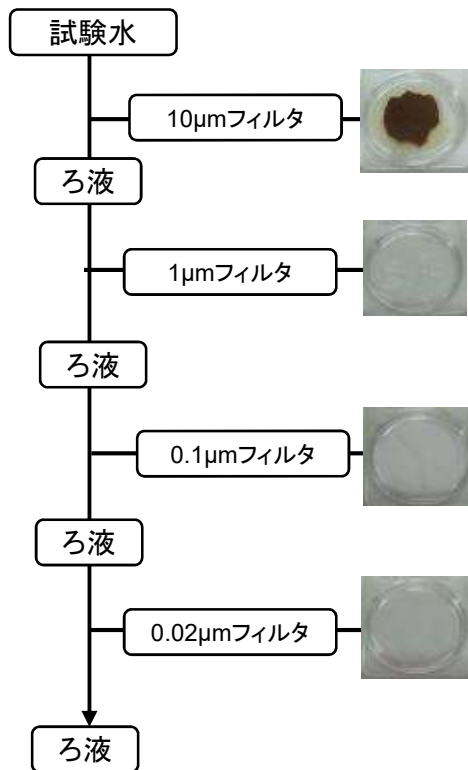
番号	種類	全α濃度(Bq/L)	Cs-137(Bq/L)	塩化物イオン濃度(ppm)	全β(Bq/L)	採取方法
①	ポンプで採取した水 (2020.2.13採取)	6.8E+01	1.3E+09	13,875ppm	1.5E+09	ポンプを用いた底部より約1mでのサンプリング
②		7.9E+01	1.3E+09	13,875ppm	1.6E+09	ポンプを用いた底部付近でのサンプリング
③	採取器で採取した水 (2020.6.30採取)	3.2E+04	1.4E+09	20,200ppm	1.5E+09	採取器を用いた底部付近でのサンプリング

- ご報告内容
  - ①α核種分析
  - ②α核種元素分析



## 4-① α核種分析

- 試験水に対し、段階的なフィルタを設け、各フィルタでの回収物とろ液に対し分析を実施。
- フィルタ径の選定にあたっては、ALPSで使用しているクロスフローフィルタが0.02μmであることから本試験でも0.02μmまでを採用することとした。



粒径	Bq/L						
	U-235	U-238	Am-241	Cm-244	Cm-242	Pu-238	Pu-239+240
> 10 μm	7.2E-01	5.7E+00	1.7E+04	1.3E+04	5.6E+01	5.2E+03	1.8E+03
10~1 μm	<6.0E-04	1.3E-03	<2.0E+00	<2.0E+00	<2.0E+00	<6.0E-01	<6.0E-01
1~0.1 μm	<6.0E-04	1.7E-03	<2.0E+00	<2.0E+00	<2.0E+00	<5.0E-01	<6.0E-01
0.1~0.02 μm	3.0E-03	2.4E-02	<1.0E+00	<2.0E+00	<2.0E+00	<6.0E-01	<9.0E-01
< 0.02 μm (ろ液)	<9.0E-04	1.9E-03	7.7E-01	<5.0E-01	<6.0E-01	1.4E+00	<5.0E-01

### 【参考】

粒径	Bq/L			
	全α	Cs-134	Cs-137	Co-60
> 10 μm	3.7E+04	1.7E+06	3.2E+07	1.7E+06
10~1 μm	<2.0E+00	2.2E+04	4.4E+05	<8.0E+02
1~0.1 μm	<2.0E+00	<7.0E+02	3.2E+03	<5.0E+02
0.1~0.02 μm	<2.0E+00	5.9E+03	1.1E+05	5.6E+02
< 0.02 μm (ろ液)	2.2E+00	7.0E+07	1.4E+09	5.5E+04

Uを除くデータは廃炉・汚染水対策事業による成果

α核種の粒径として、概ね数μm以上のものと推測され、同程度のフィルタを設置することにより、告示濃度(4Bq/L)を満足できると考える。



フィルタ設備のメッシュ径の設計に反映



## 【参考】フィルタ回収物の元素組成

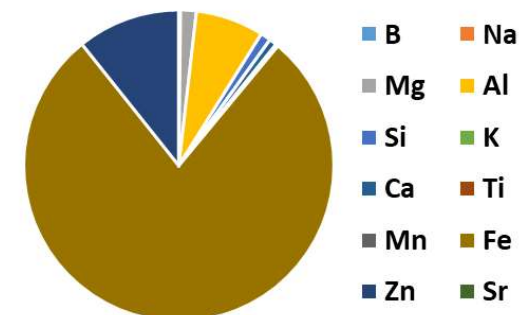
- 孔径10 $\mu$ mフィルタ回収物について硝酸溶液で溶解し、元素濃度を分析した。
- 主に鉄成分に海水由来の元素が確認されている。

フィルタ回収物の元素濃度\*2 [単位：mg/mL]

	B	Na	Mg	Al	Si	K
採取器で採取した水 (2020.6.30採取)	$4.6 \times 10^{-3}$	ND	$4.2 \times 10^{-2}$	$1.8 \times 10^{-1}$	$2.7 \times 10^{-2}$	ND
ポンプで採取した水*1 (2020.2.13採取)	ND	$1.3 \times 10^{-1}$	$1.1 \times 10^{-2}$	ND	ND	ND
	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn	Sr
採取器で採取した水 (2020.6.30採取)	$2.0 \times 10^{-2}$	ND	$6.4 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^0$	$2.8 \times 10^{-1}$	ND
ポンプで採取した水*1 (2020.2.13採取)	$5.4 \times 10^{-3}$	ND	ND	$1.3 \times 10^{-3}$	ND	ND

フィルター回収物の元素組成\*2 \*3 [単位：%]

	B	Na	Mg	Al	Si	K
採取器で採取した水 (2020.6.30採取)	0.18	ND	1.6	7.1	1.1	ND
ポンプで採取した水*1 (2020.2.13採取)	ND	88.2	7.3	ND	ND	ND
	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn	Sr
採取器で採取した水 (2020.6.30採取)	0.79	ND	0.25	78.2	10.7	ND
ポンプで採取した水*1 (2020.2.13採取)	3.6	ND	ND	0.8	ND	ND



\*1 孔径1及び10  $\mu$ mフィルタ回収物の合計値。ろ過後に洗浄していないため、海水成分による影響の可能性はある。

\*2 「ND」は不検出。

\*3 検出された元素の合計を100%としている。

## 4-② α核種元素分析(1)

SEM-EDXによるU含有微粒子を検出し、α核種の形状元素分析を実施した。以下に検出された粒子の代表を示す。

(1)粒径10μm以上の分析結果

粒子番号	粒径/μm	U, Zr 存在量比 */ %	SEM像	U マッピング 像
P1	4.4	71.9		
P2	2.8	94.2		
P3	2.6	84.4		
P4	2.4	69.4		

(2)粒径0.2~10μmの分析結果

粒子番号	粒径/μm	U, Zr 存在量比 */ %	SEM像	U マッピング 像
Q1	4.0	70.4		
Q2	1.1	72.1		
Q3	0.9	31.0		
Q4	0.6	86.6		

\*U/(U+Zr)により算出

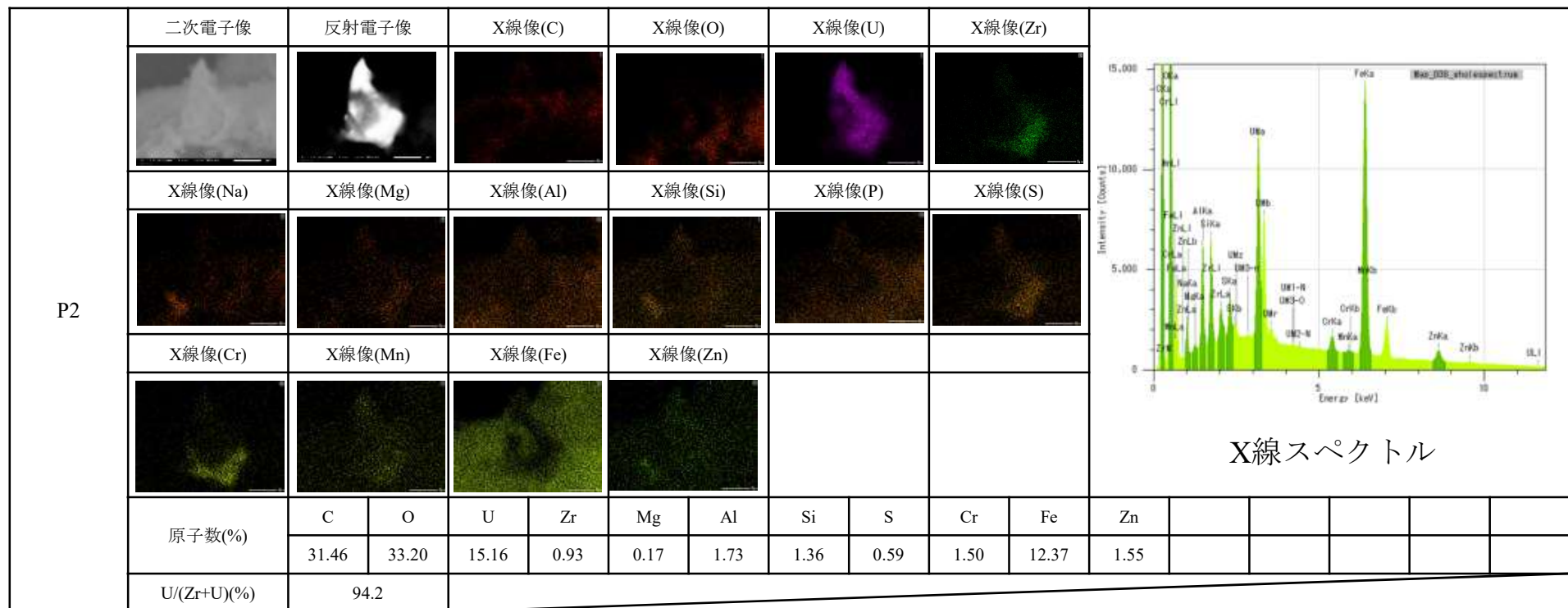
- ・大きなフィルタ孔径にかかわらず、粒径0.5~4.4μm程度のU含有粒子が検出された。  
⇒大きな粒子が多いため、ケーキろ過となっていると考えられる。
- ・Uの他、Zr, Zn, Ni, Fe, Mn, Cr, S, Si, Al, Mg, Naなどが共存元素として検出された。

- ・粒径0.6~4.0μm程度のU含有粒子が検出された。
- ・浅部と深部を混合した試料の場合と比較しても、粒径に大きな違いはない。
- ・Uの他、Zr, Zn, Fe, Mn, Cr, S, Si, Al, Mg, Naなどが共存元素として検出された。

## 4-② α核種元素分析(2)

前ページP2の粒子について元素組成を分析した。

SEMの元素分析結果



・ Uの他、O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cr, Mn, Fe, Znなどが共存元素として検出された。

α核種元素分析(1)(2)の結果、U粒子を捕捉すると、他の含有元素も捕捉することになるため、これらの元素が保管時に問題ないか検討する。(少量であるがAlが存在する等)

## 5. 現在の検討結果

- 今回採取した水は、U、Pu、Am、Cmともに多くは数 $\mu\text{m}$ 以上の粒子として存在している。  
なお、廃炉・汚染水対策事業でのTEMの結果ではZr、Fe、Crを含む $\text{UO}_2$ で存在しているものと推定している。
- $\alpha$ 核種の粒径として、概ね数 $\mu\text{m}$ 以上のものと推測され、同程度のフィルタを設置することにより告示濃度(4Bq/L)を満足できるものと考えられる。今後の水質の変化、保守性等を考慮して、ALPSクロスフィルタのメッシュ径である0.02 $\mu\text{m}$ 程度のフィルタを設計上想定していく。
- 今回は2号機R/Bの滞留水を採取し、分析・試験を実施し、今後のフィルタ設計の指標を検討した。今後、1、3号機R/Bの滞留水の採取等を行い、知見を拡げていく。

## 【参考】イオン状α核種の除去能力確認のための吸着材試験

- 福島第一原子力発電所で使用実績のある吸着材、または新規にα核種除去が期待される吸着材に対しα核種吸着試験（浸漬試験）を実施。
- 測定結果として、すべての吸着材でα核種の低減が確認できた。
- SARRYの流速を考慮し、通水試験の準備を進めているところである。

		全α(Bq/L)
吸着材	2R/B試験水（原水）	3.2E+04
	2R/B試験水（0.1μmろ過）	2.0E+02
	A（0.1μmろ過）	<3.0E+00
	B（0.1μmろ過）	<2.4E+00
	C（0.1μmろ過）	<3.8E+00
	D（0.1μmろ過）	<3.8E+00
	E（0.1μmろ過）	<2.8E+00
	F（0.1μmろ過）	<2.8E+00
	G（0.1μmろ過）	<2.8E+00
	H（0.1μmろ過）	<2.0E+00
	I（0.1μmろ過）	<3.0E+00
	J（0.1μmろ過）	<3.0E+00
	K（0.1μmろ過）	<3.0E+00
	L（0.1μmろ過）	<3.0E+00

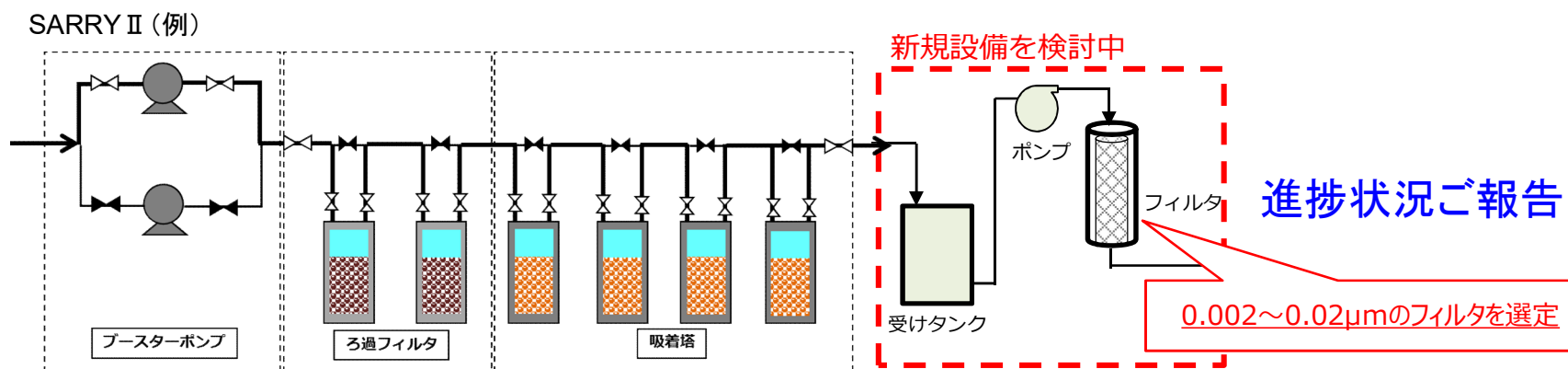
← 現在SARRYで使用中の吸着材。  
この評価結果より、現時点でもα核種を捕捉している可能性がある。

## 【参考】α核種除去に向けた設備改造

- 本結果より、ALPSクロスフィルタのメッシュ径である0.02μm程度のフィルタを設計上、検討した。
- SARRY II の処理流量25m<sup>3</sup>/hを通水するのに必要なフィルタ孔径とモジュール数の関係は以下のとおりとなる。

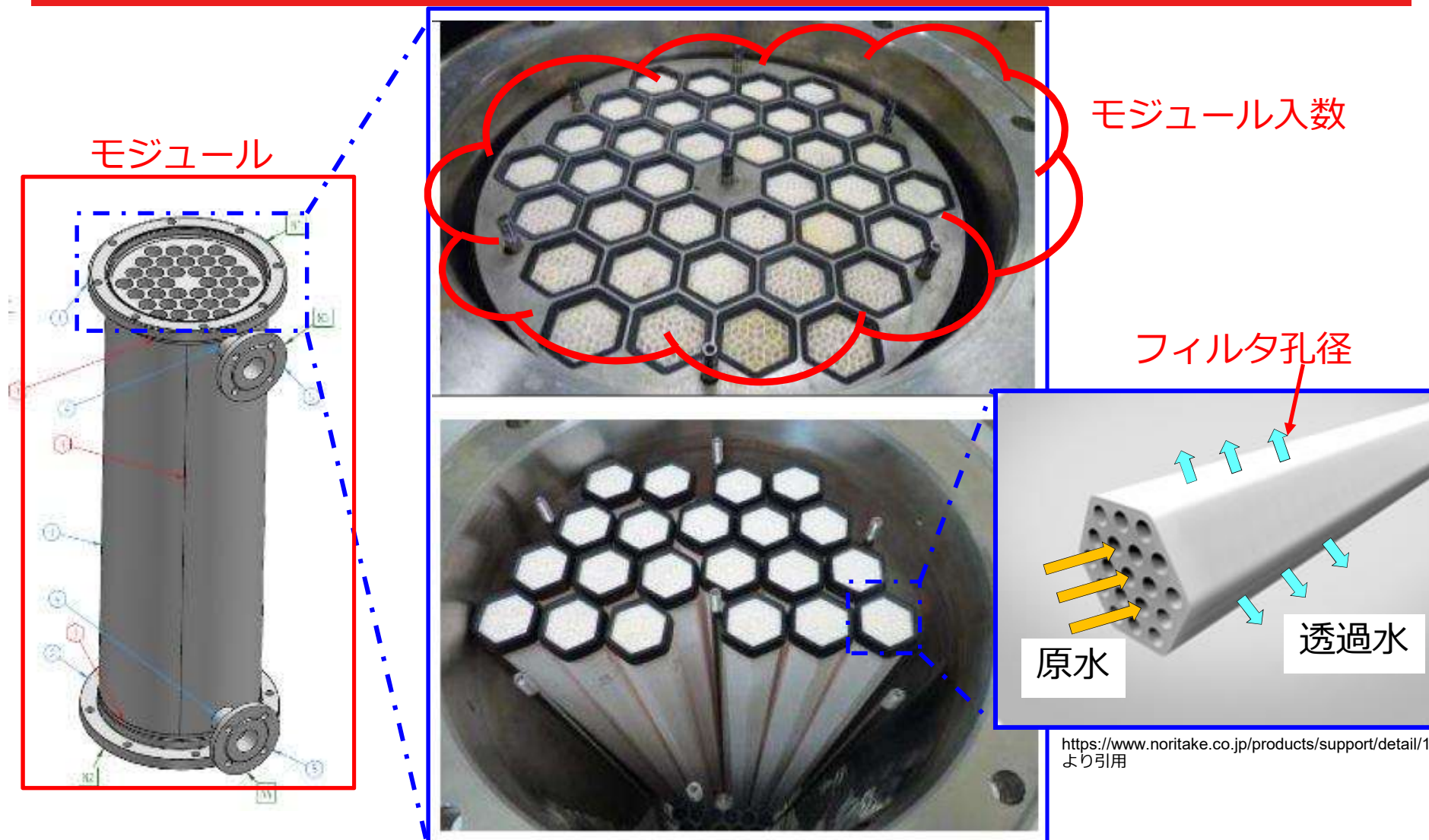
フィルタ孔径(μm)	0.002	0.01	0.1
フィルタ本数	3571	205	102
モジュール入数	37	37	37
モジュール数	97	6	3

- 限界までフィルタ孔径を小さくするとモジュール数が97となり、設備規模が膨大となり設置ができない。(ALPSの10倍以上の規模感)  
フィルタの除去率と現場設置の実現性を踏まえ、0.002~0.02μmのフィルタを選定する。



α核種除去に向けた設備改造のイメージ図

【参考】 ALPSで導入しているクロスフロー方式のセラミックフィルタ



■ ALPSではフィルタ孔径 $0.02\mu\text{m}$ を採用しており、現在までALPS出口で $\alpha$ 核種は検出されていない。