

# 建屋滞留水処理等の進捗状況について

2022年9月29日

**TEPCO**

---

東京電力ホールディングス株式会社

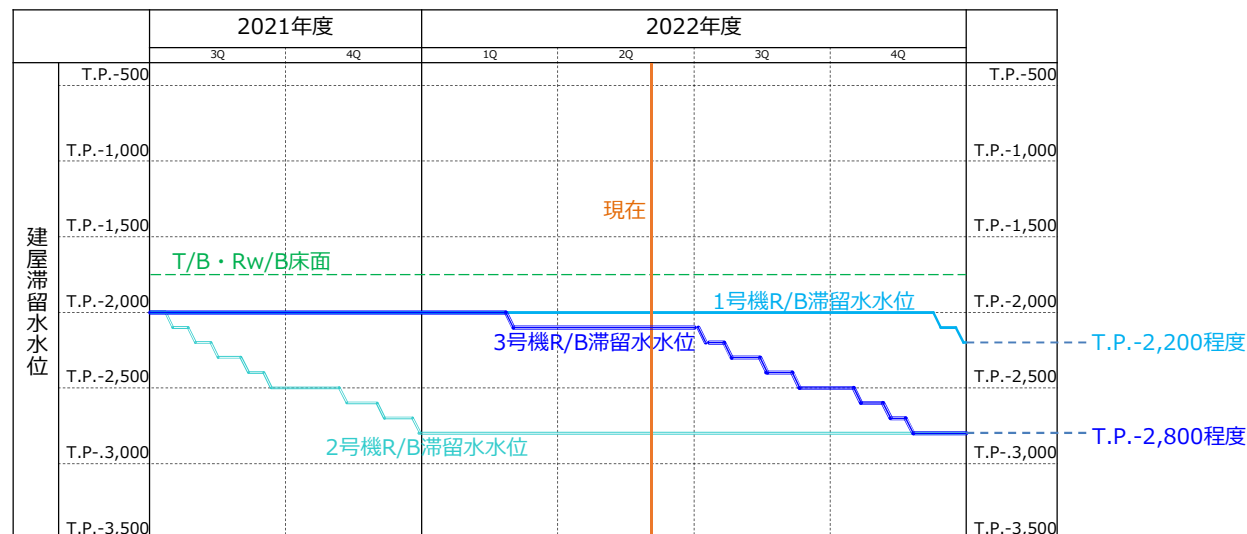
# 1. 概要

- 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、現在得られた試験や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。

## 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処理に伴う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。
  - 2号機は目標水位まで水位低下を完了済。現在、3号機の水位低下を実施中。その後、1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>1</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 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。  
至近の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質量について

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

		2019.03(実績)		2022.09(現在)	
号機	建屋	滞留水量	放射性物質質量※	滞留水量	放射性物質質量※
1号機	R/B	約 1,800 m <sup>3</sup>	1.4E14 Bq	約 650 m <sup>3</sup>	9.8E12 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 1,150 m <sup>3</sup>	9.6E13 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 1,850 m <sup>3</sup>	1.9E14 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 6,150 m <sup>3</sup>	1.2E14 Bq
	HTI	約 3,100 m <sup>3</sup>	1.7E14 Bq	約 2,550 m <sup>3</sup>	1.0E14 Bq
合計		約 37,700 m <sup>3</sup>	1.7E15 Bq	約 12,350 m <sup>3</sup>	5.2E14 Bq

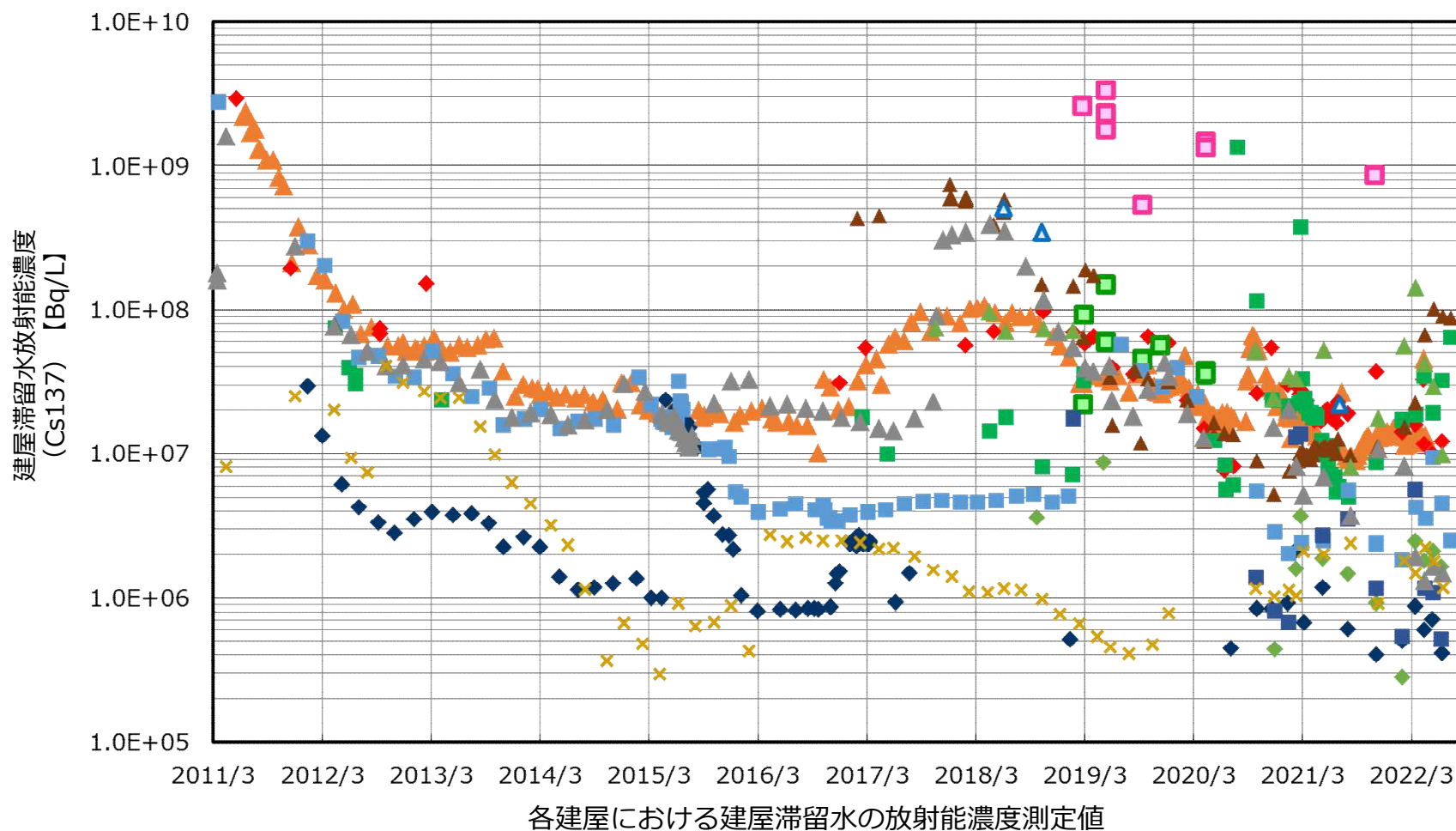
※ Cs-134 Cs-137 Sr-90の合計値

# 【参考】 1~4号機における建屋滞留水中の放射能濃度推移



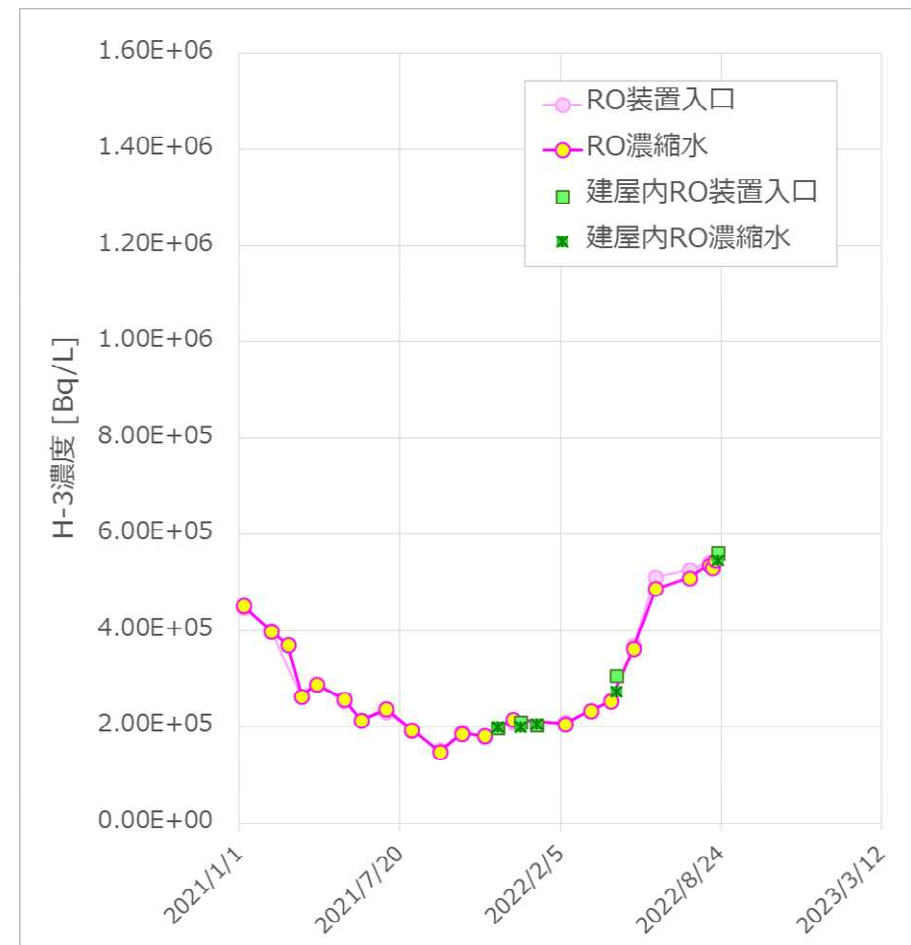
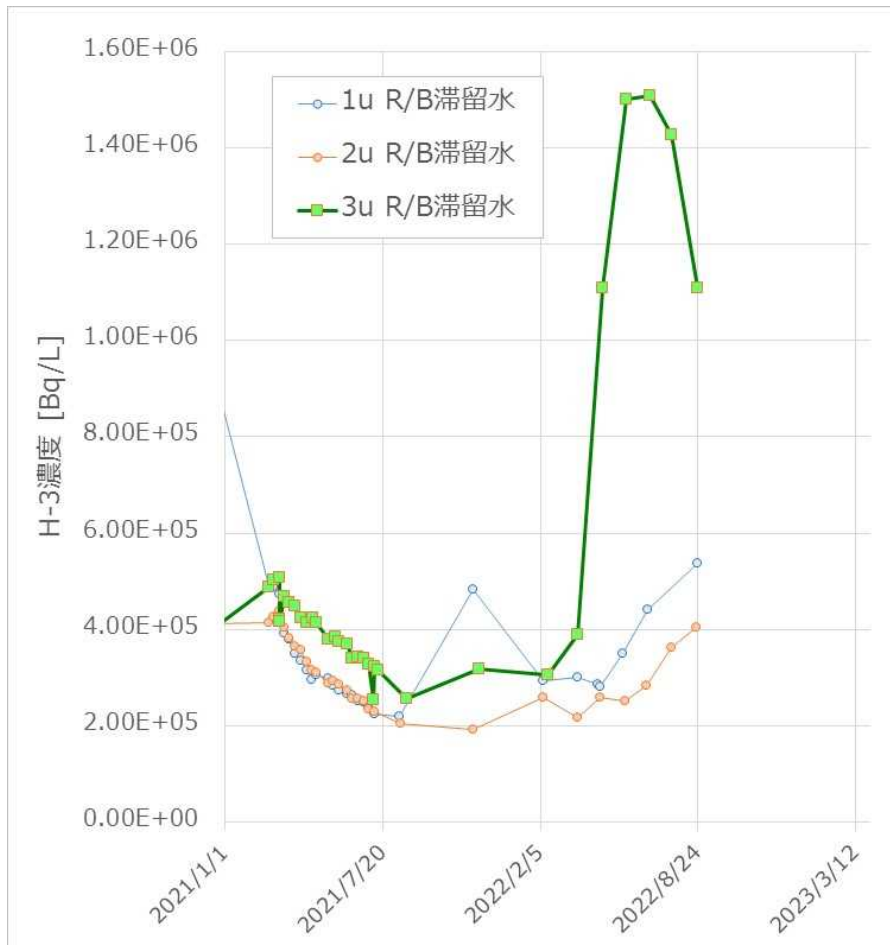
1~4号機における建屋滞留水中の放射能濃度推移を示す。

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



## 【参考】 3号機原子炉建屋滞留水のトリチウム濃度

- 3号機原子炉建屋滞留水のトリチウム濃度は、3月の地震後に上昇したものの、至近では下降傾向となっている
- 一方、RO装置入口濃度は若干の上昇傾向があり、監視継続中。



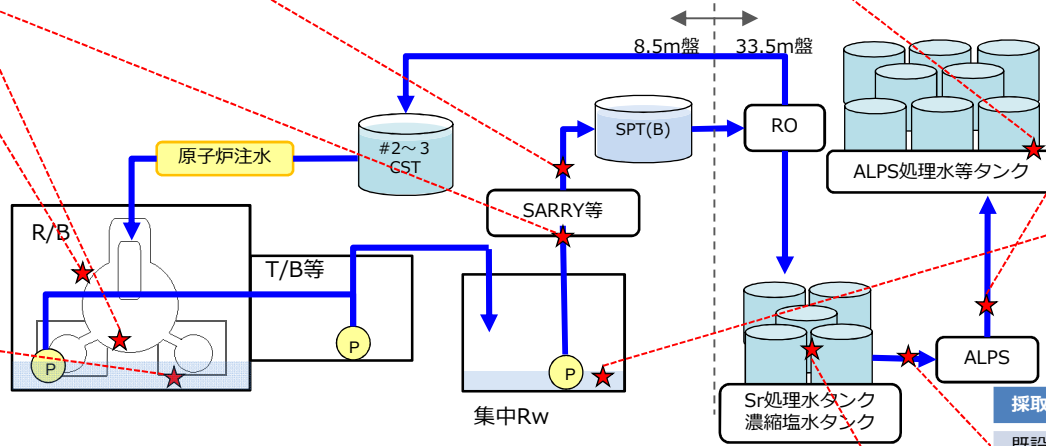
# 【参考】 建屋滞留水中のα核種の状況

- 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	2022/8/23	1.4E+01	SARRY出口	2022/8/23	<4.2E-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	2022/8/12	<7.2E-02
SARRY II 入口	2022/7/25	1.0E+01	SARRY II 出口	2022/7/25	6.1E-01			増設ALPS出口	2022/7/21	<5.7E-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	2022/4/19*1	2.2E+04
	2022/8/23	7.3E+02
2R/B	2020/6/30*1	3.2E+04
	2021/11/8*1	2.0E+05
3R/B	2022/8/22	2.2E+01
	2021/7/13*1	5.4E+05
	2021/11/19	4.8E+03
	2022/8/24	4.2E+02



採取箇所	分析日	全α濃度
PMB	2019/4/9	4.1E+01
	2022/4/21	4.1E+03
HTI	2019/4/10	3.0E+01
	2022/4/22	1.3E+04

採取箇所	分析日	全α濃度
既設ALPS入口	2022/8/12*2	8.2E-01
増設ALPS入口	2022/8/4	9.0E-01

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*3	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 : タンク残水処理中でのサンプリング  
 \* 3 : 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

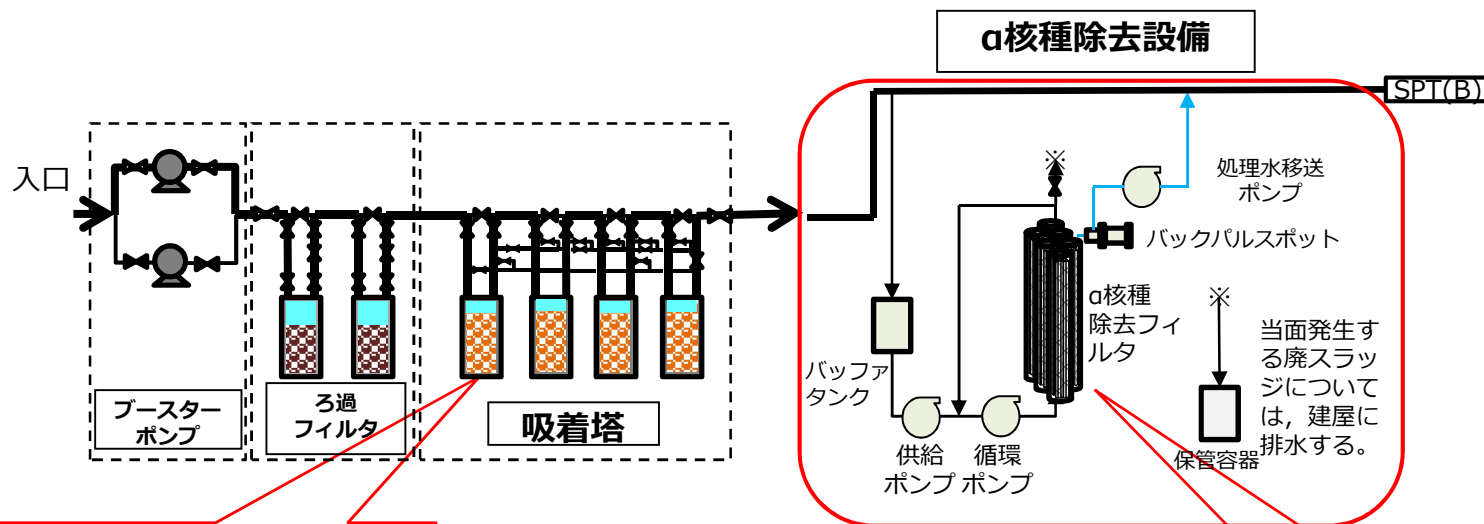
1号機R/B	2号機R/B	3号機R/B	PMB	HTI	合計
2.2E+07	2.8E+07	3.6E+08	3.0E+08	9.8E+07	8.1E+08

※ 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

## α核種除去設備の設計状況

### 3-1. α核種除去設備について

- 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，分析や特性試験を実施し，α核種を除去する設備の設計を進めている。なお，α核種除去設備（フィルタによる除去）は，吸着塔での放射性核種除去により設備の線量上昇を抑え，フィルタ詰まりを軽減する目的で，処理装置（SARRY他）の後段に設置することで検討している。
- 設備設計にて実施している各種試験の進捗状況を報告する。
  - イオン状α核種の除去能力確認のための吸着材通水試験
  - 粒子状α核種の除去能力確認のためのフィルタ通水試験
- 3号機R/Bの滞留水等の分析の進捗結果を報告する。



イオン状α核種の除去能力確認のための吸着材通水試験

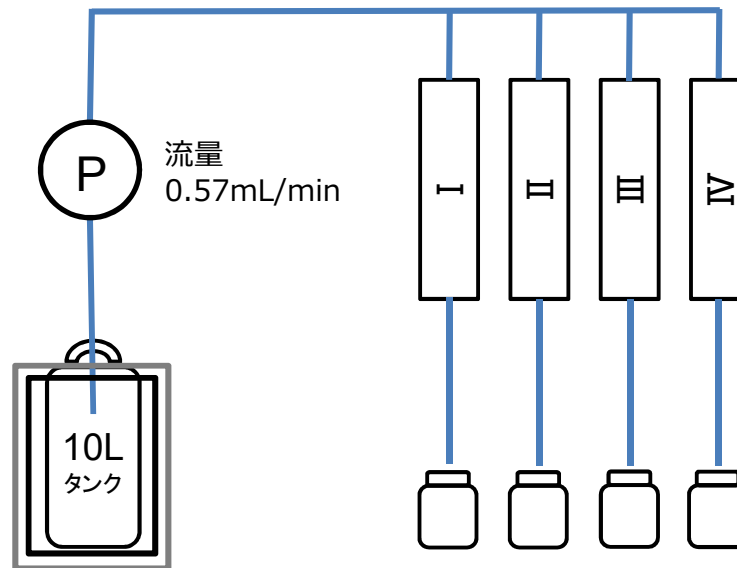
SARRY II におけるα核種除去設備の適用例

α核種の核種分析からフィルタ径を設定

## 3-2. 吸着材通水試験 (1/2)

- 前回、浸漬試験を実施し、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ついて確認し、いずれの吸着材もイオン状α核種の低減を確認できた。
- 今回はSARRYの流速を考慮し、いずれの吸着材もα核種の低減を確認できたことから、使用実績のある吸着材を選定して吸着材通水試験を実施した。

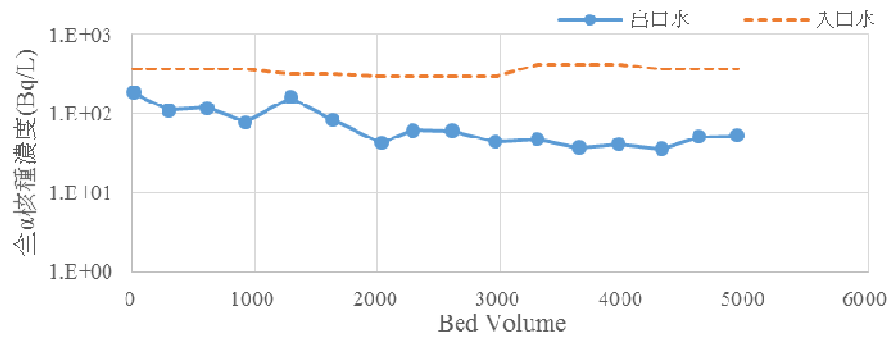
項目	内容
試験水	3号機原子炉建屋滞留水【トールス室】
吸着材	福島第一原子力発電所で使用実績のある吸着材から選定
吸着材充填量	2.4mL
通水流量	空間速度(SV)14.3/hr (0.57mL/min)
通水期間	Bed Volume 5000 (14.6日) $\text{Bed Volume} = \text{流量} / \text{容器容量}$



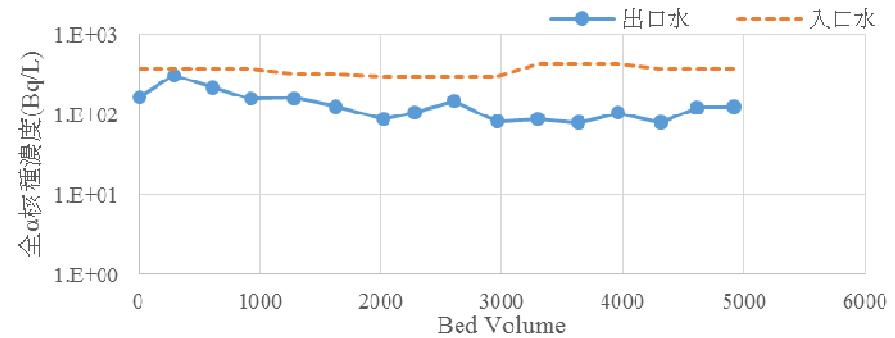
吸着材通水試験概要

### 3-2. 吸着材通水試験 (2/2)

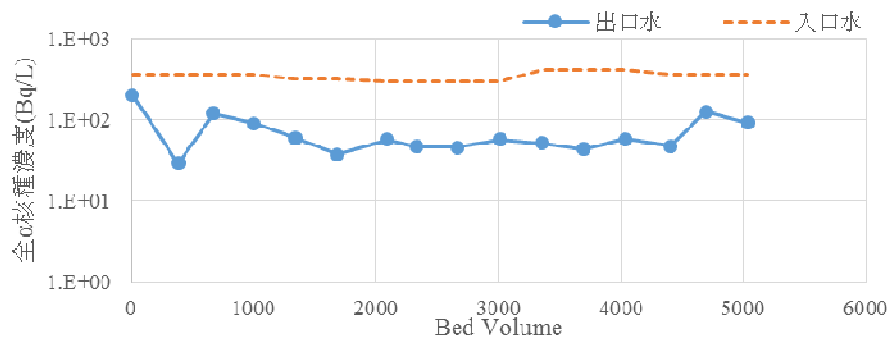
- 通水試験結果より，現在SARRYで使用している吸着材含め選定した吸着材において，イオン状のα核種を除去している可能性があることが分かった。
- 以上の結果より，現在SARRYで使用している吸着材でイオン状α核種を除去できると考えられ，現在の吸着材を使用することで設計を進めていく。なお，粒子状α核種などが存在し，除去できないものもあるため，これまで通りフィルタと併合して設計していく。



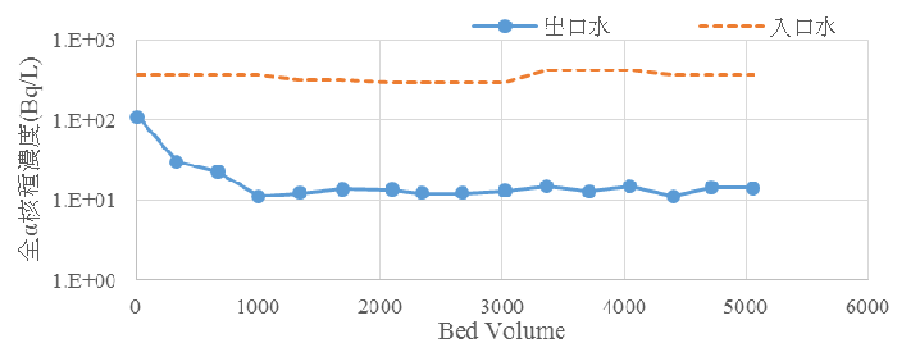
I (現在SARRYで使用中の吸着材)



II



III



IV

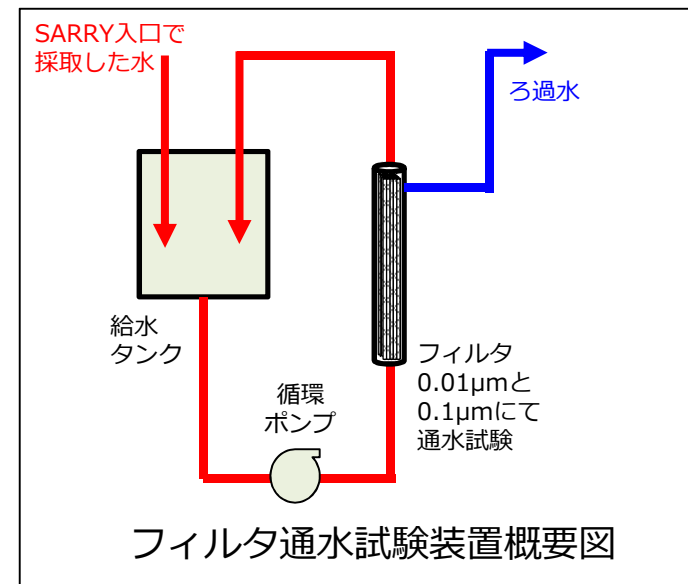
### 3-3. フィルタ通水試験（概要）

- 粒子状α核種の除去能力を確認するため、これまでに得られた滞留水の分析結果を踏まえて、フィルタ試験装置を用いて、通水試験を実施した。
- フィルタ通水試験装置は、現在設計中のα核種除去設備と同様に、給水タンク、循環ポンプ、フィルタで構成され、クロスフィルタ方式にてろ過を実施する。
- 給水タンクにSARRY入口で採取した水を供給し、循環ポンプにてフィルタに通水することでろ過水を抽出し、SARRY入口で採取した水とろ過水との全α核種濃度を比較する。
- フィルタの径は実機で使用を検討している $0.01\mu\text{m}^*$ と、比較のため $0.1\mu\text{m}$ を選定した。

※フィルタ径は $0.02\mu\text{m}$ 程度で検討していたが、今回実機の仕様より $0.01\mu\text{m}$ で通水試験を実施した。



フィルタ通水試験装置写真



### 3-3. フィルタ通水試験（結果）

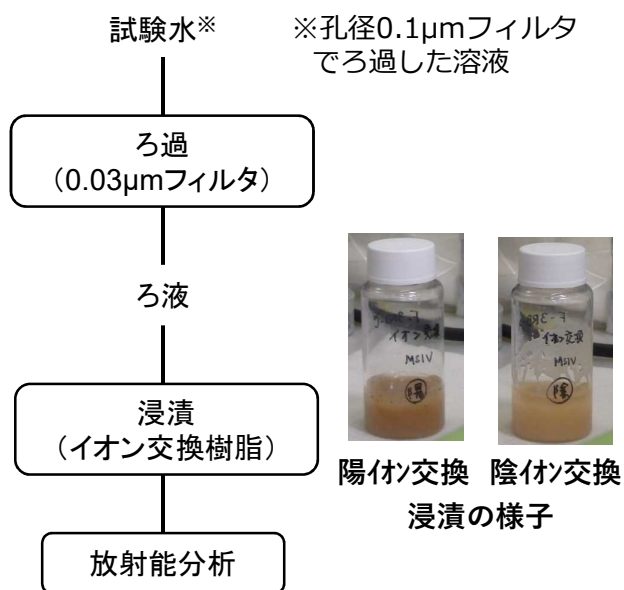
- 試験の結果を以下の表に示す。
- 試験前のSARRY入口で採取した水の全α核種濃度が低いものの、0.01μmフィルタにより除去されることがわかった。なお、0.1μmフィルタでも、今回の試験では明確な効果はないが除去されていた。
- Cs-134,137については0.01μmおよび0.1μmフィルタで除去されていないが、イオン状で存在しているので、前段の吸着塔で除去することができる。
- 今後、現在の設備構成を踏まえて、0.01μmフィルタで運転した際のフィルタ寿命を確認するため、SARRYの下流側にフィルタ通水試験を設置し、通水試験を実施する。

全α核種濃度の比較

分析水	全α核種濃度 [Bq/L]	Cs-134 [Bq/L]	Cs-137 [Bq/L]	SS [mg/L]
SARRY入口で採取した水	4.7E+00	7.1E+05	2.6E+07	<1
0.1μmフィルタで通水したろ過水	4.0E+00	7.0E+05	2.5E+07	<1
0.01μmフィルタで通水したろ過水	<3.0E+00	6.8E+05	2.4E+07	<1

### 3-4. 滞留水の分析結果（イオン状態の確認）

- 滞留水中のα核種の性状を確認するため、3号機MSIV室での採取水を用いて、孔径0.03μmフィルタのろ過前後の溶液、及び、陰・陽イオン交換樹脂接触後の回収液についてPu分析を実施した。なお、他の核種についても今後確認する。
  - 孔径0.03μmフィルタのろ過前（①）と後（②）で、Pu濃度はほぼ変化なかった。
  - 陰イオン交換樹脂接触前（②）と後（③）で、Pu濃度はほぼ変化なかった。
  - 陽イオン交換樹脂接触前（②）と後（④）で、Pu濃度は $10^0$ (Bq/L)オーダーまで減少した。
- ⇒Puの一部は陽イオンで存在している



	分析水	Pu-238 [Bq/L]	Pu-239+240 [Bq/L]
①	0.03μmろ過前	$1.4 \times 10^3$	$5.0 \times 10^2$
②	0.03μmろ過後	$1.5 \times 10^3$	$4.9 \times 10^2$
③	陰イオン交換後	$1.6 \times 10^3$	$5.6 \times 10^2$
④	陽イオン交換後	$3.5 \times 10^0$	$1.5 \times 10^0$

### 3-5. まとめおよび今後の予定

- イオン状α核種について、吸着材通水試験を実施し、現在SARRYで使用中の吸着材にて除去できることを確認した。
- 粒子状α核種について、フィルタ通水試験を実施し、検討しているフィルタにて、全α核種濃度を低減できることを確認した。引き続き、フィルタの性能を確認していく。
- データは少ないが、既存設備の吸着材及び検討中のフィルタにて、α核種を除去できる見込みがあり、引き続き、詳細設計を進めていく。
- なお、1号機R/B建屋、プロセス建屋(PMB)、高温焼却建屋(HTI)の滞留水について分析を行い、知見を拡げていく。

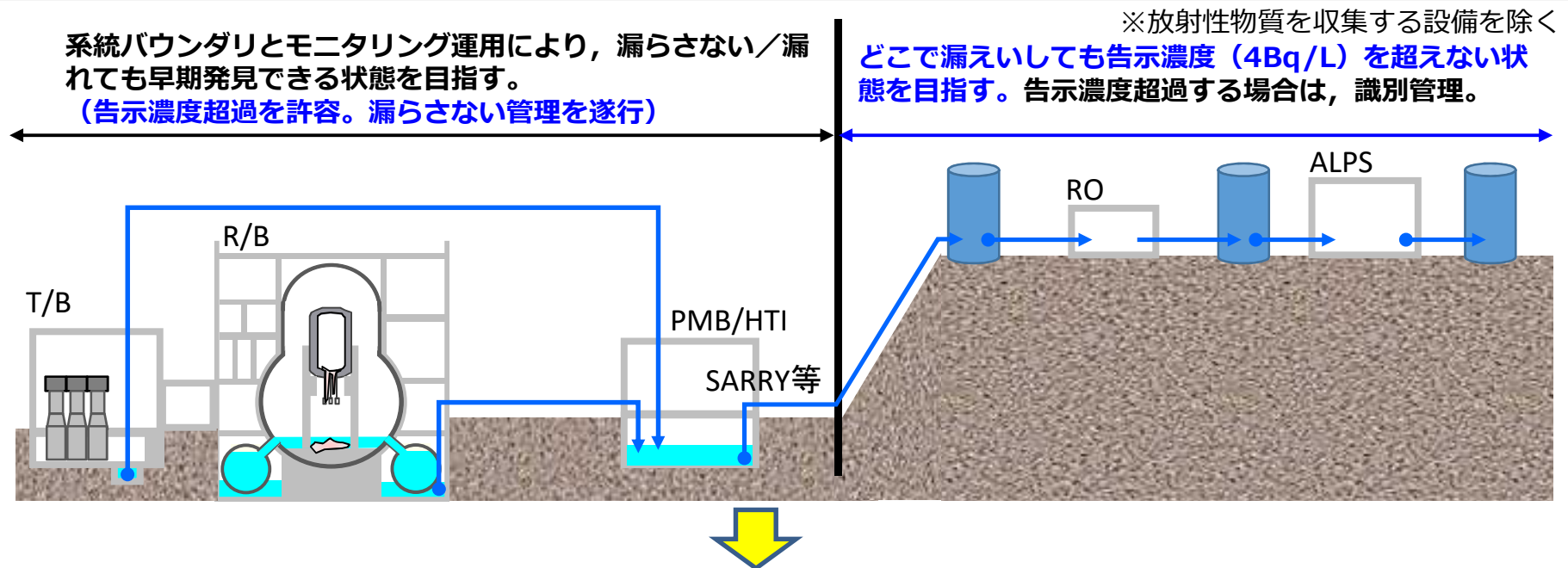
	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度以降
設備設計 (基本設計)	α核種除去方法の確立 ▼			
設備設置 (詳細設計含む)				
滞留水処理				性能評価 ■■■■
吸着材通水試験				
フィルタ通水試験				
核種分析		3号機 R/B滞留水他 ▼	1号機 R/B滞留水他 ▼	

# 【参考】α核種管理の目指すべき状態

第100回廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合事務局会議抜粋



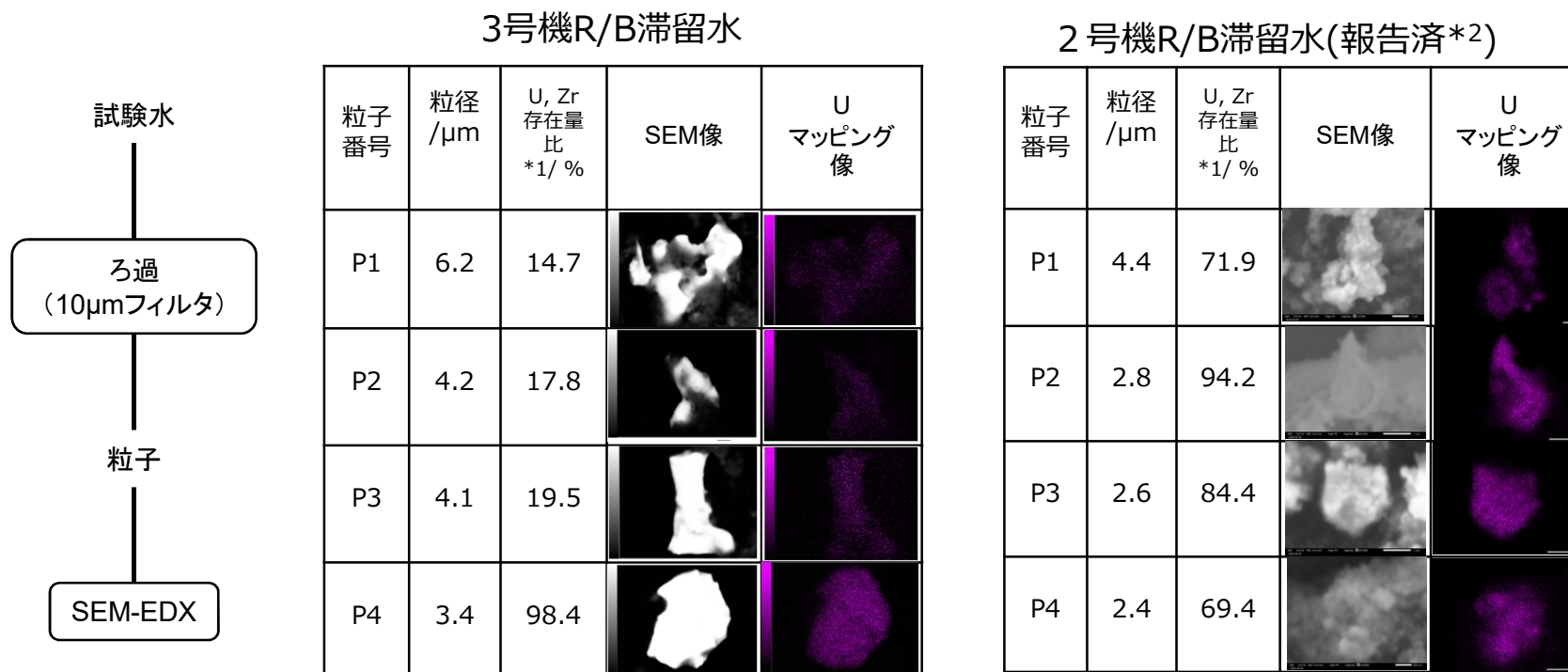
- ① **8.5m盤：α汚染拡大リスクの最小化が図れた状態**
  - ・漏らさない系統構成と早期発見を目指した状態監視（βγ汚染と同じ）
  - ・各建屋滞留水の定期モニタリングによるα放射能濃度の把握
  - ・8.5m盤から33.5m盤へのα汚染移行抑制措置。水処理設備の最下流(SARRY)の系統内濃度を告示濃度(4Bq/L)未満とする。
- ② **33.5m盤：α汚染管理が要らない状態※**
  - ・目標値を超過して保管する場合は、系統/設備を識別管理する



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。

## 【参考】分析の進捗結果（α核種元素分析（1 / 2））

- 3号機R/B滞留水について、2号機と同様に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、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。

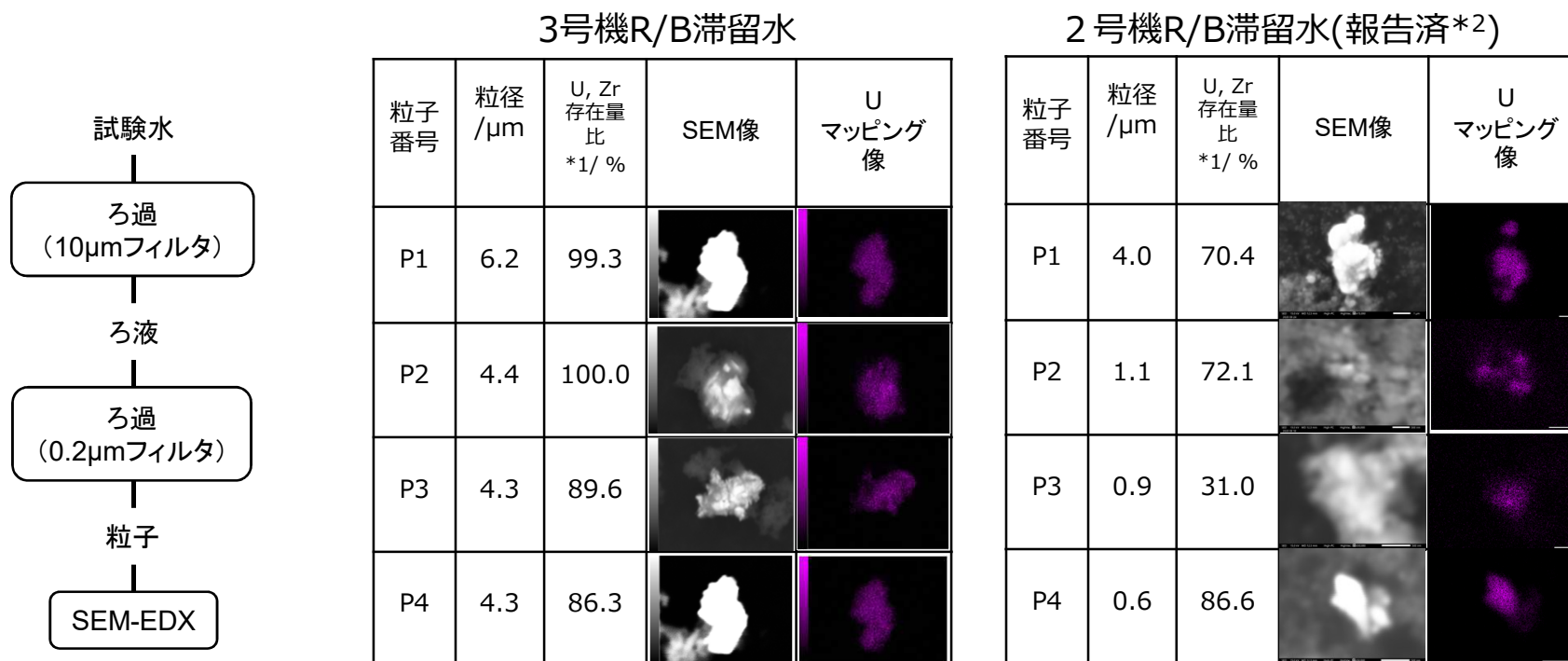


\*1 U/(U+Zr)により算出

\*2廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議（第86回）

# 【参考】分析の進捗結果（α核種元素分析（2/2））

- 3号機R/B滞留水について、0.2μmフィルタにて捕捉された粒子の代表を示す。
- 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。

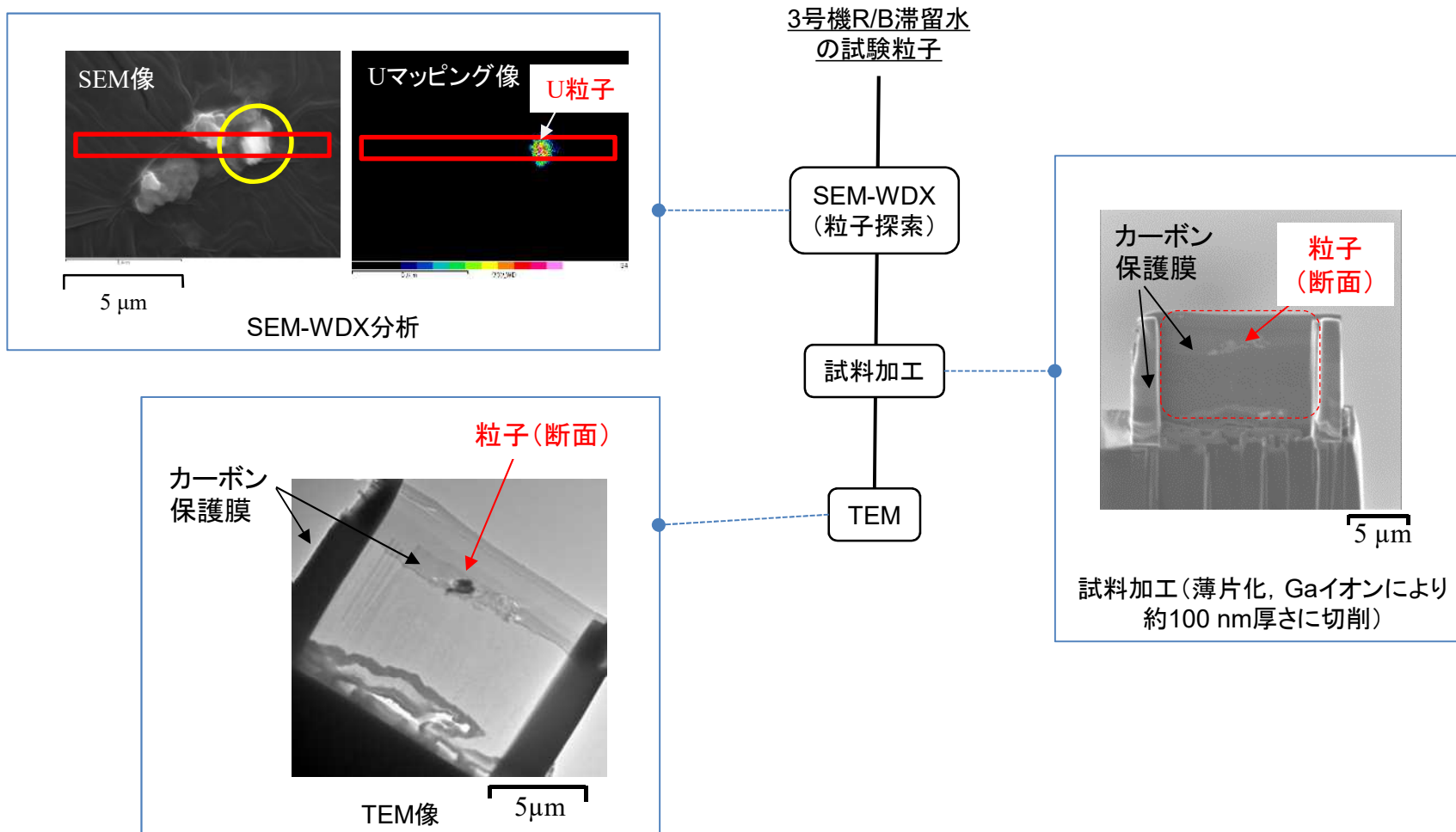


\*1 U/(U+Zr)により算出

\*2 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議（第86回）

# 【参考】分析の進捗結果（TEMによる化学状態の分析）

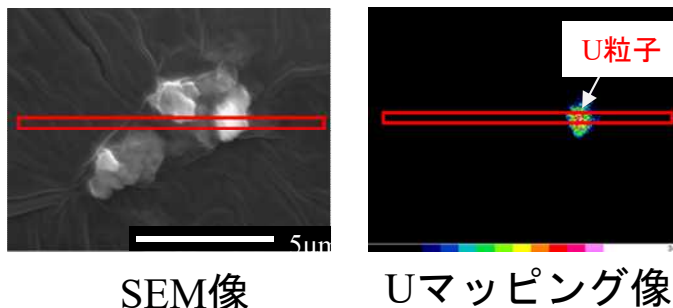
- 3号機R/B滞留水について、 $\alpha$ 核種を含む粒子中の元素の化学状態を確認した。
- 元素マッピングで確認したU粒子に対し、TEMを用いた微細組織観察を実施し、化学状態を確認した。



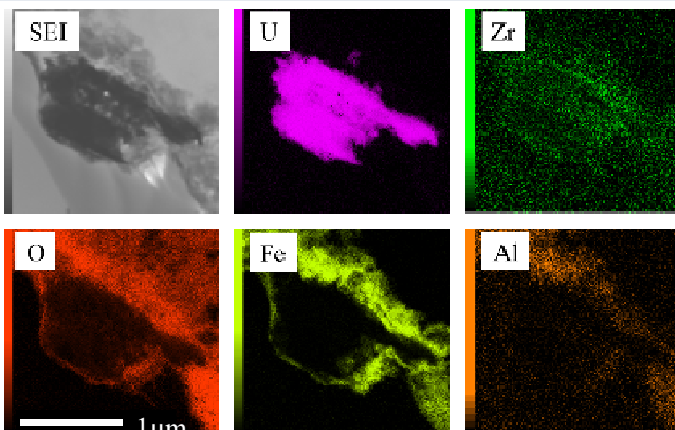
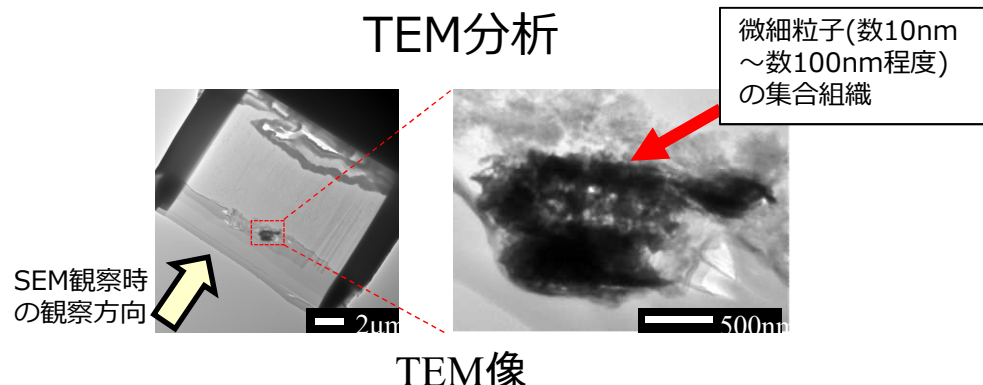
# 【参考】分析の進捗結果（TEMによる化学状態の分析）

- 3号機R/B滞留水に含まれるU粒子は2号R/B滞留水と同様に立方晶構造（c-UO<sub>2</sub>）で構成されていると推定される。

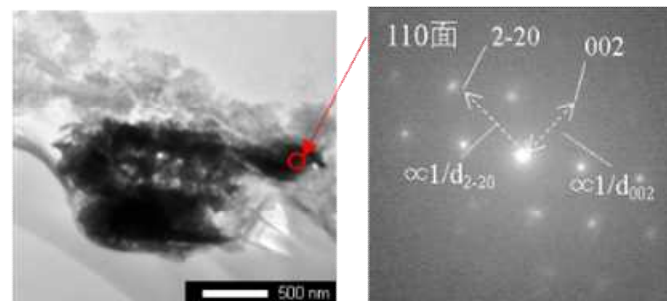
## SEM-WDX分析



## TEM分析



TEM-EDS元素マッピング  
Zr/(U+Zr)比（固溶度）：2.8 %

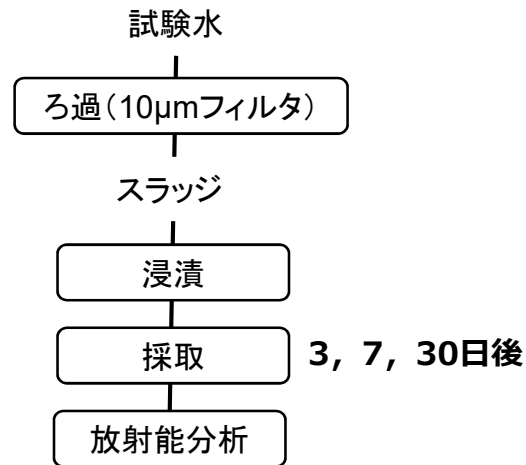


電子回折図形  
 $d_{2-20} = 1.95\text{\AA}$  (UO<sub>2</sub>理論値: 1.93\AA)     $d_{002} = 2.74\text{\AA}$  (UO<sub>2</sub>理論値: 2.74\AA)  
 面間隔：c-UO<sub>2</sub>と一致

## 【参考】分析の進捗結果（α核種の溶出確認）

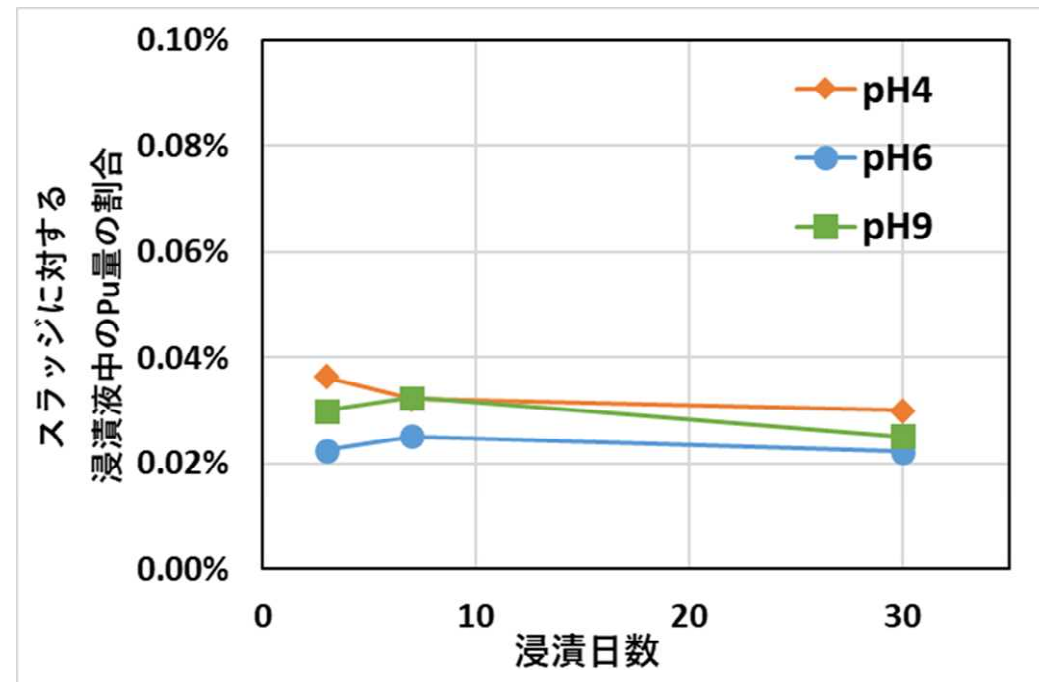
- 3号R/B滞留水について、α核種の溶出確認を実施した。
- 浸漬液中のPu量は浸漬条件（pH）によらず浸漬後3, 7, 30日後でほぼ変わらなかった。
- 浸漬液中のPu量は、浸漬に供したスラッジ中のPu量に対して0.02～0.04 %程度であり、α核種捕捉後のフィルタからの溶出の影響は小さいと考えられる。
- U,Np等についても現在確認中である。

### 【フロー】



### 【浸漬条件】

液性		
1	pH4	硝酸溶液
2	pH6	純水
3	pH9	NaOH溶液



# 【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

第86回廃炉・汚染水対策チーム会合事務局会議抜粋



- 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】 3号機R/B滞留水他α核種等評価分析結果

- 今回分析で用いた3号機R/B滞留水，3号機MSIV室の核種分析結果は以下のとおりである。

核種分析結果

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
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