

# 建屋滞留水処理等の進捗状況について

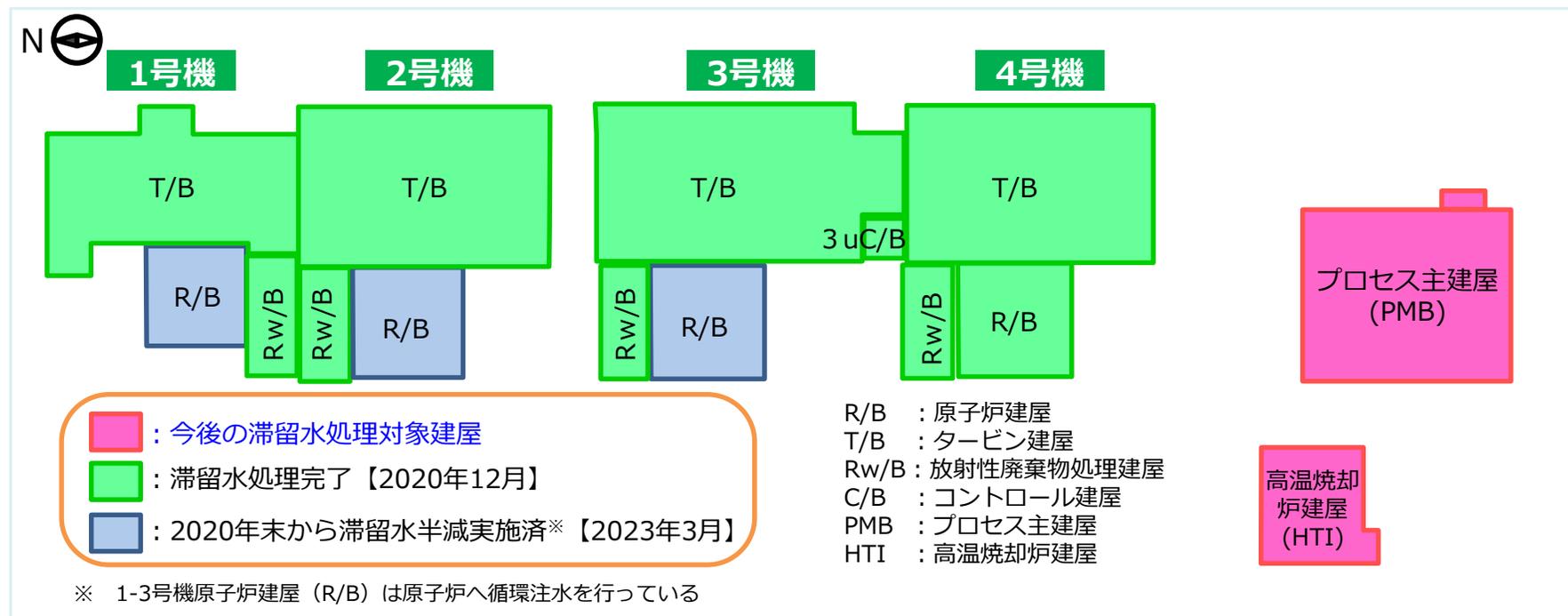
2024年 6月27日

**TEPCO**

---

東京電力ホールディングス株式会社

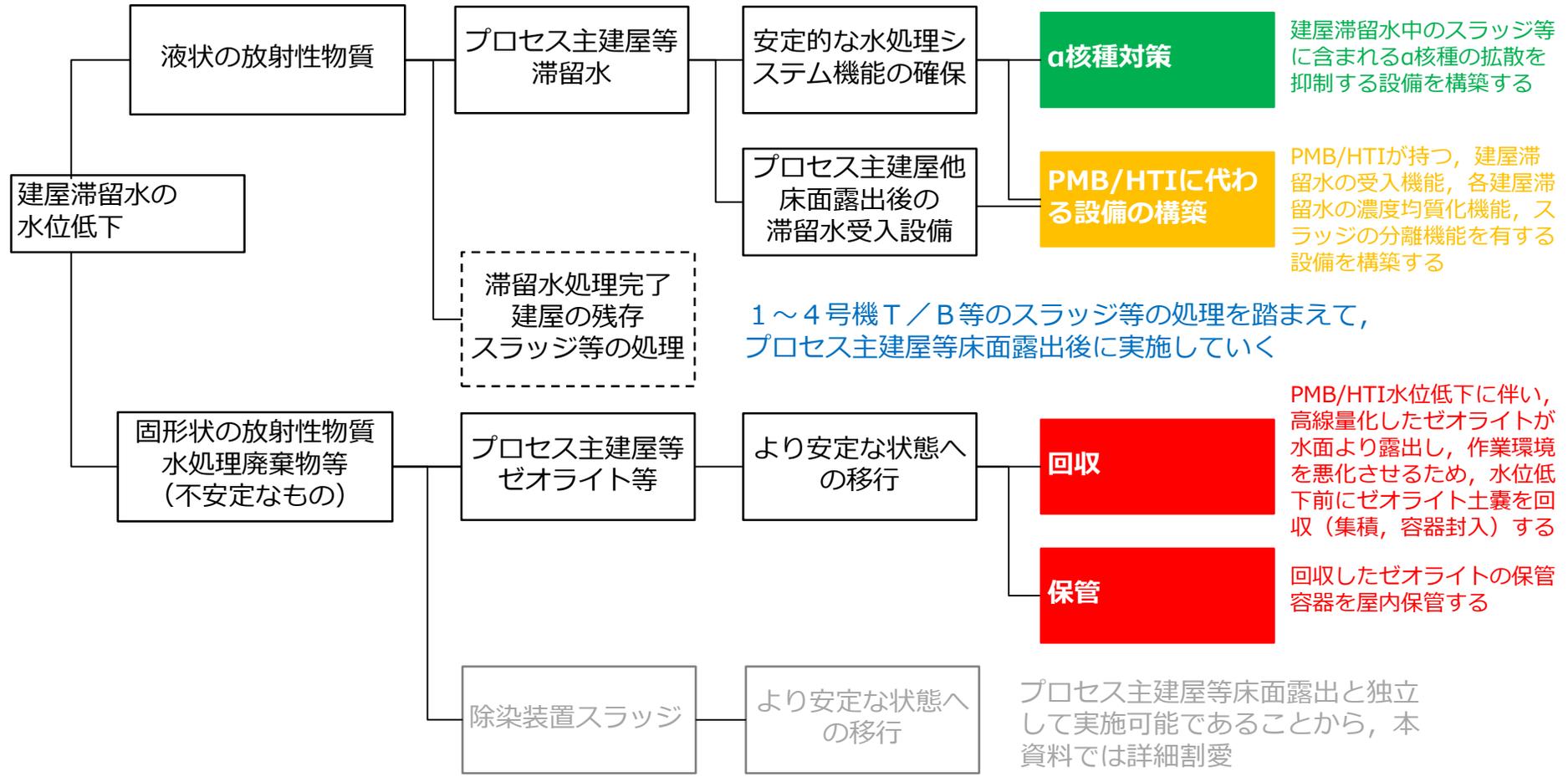
- 福島第一における液体状の放射性物質に関するリスク低減を目的として、2020年12月に「1～4号機タービン建屋(T/B)、放射性廃棄物処理建屋(Rw/B)等の建屋内滞留水処理完了」、2023年3月に「循環注水を行っている1～3号機原子炉建屋(R/B)滞留水を2020年末の半分程度に低減」を実施済み。
- 今後、プロセス主建屋(PMB)と高温焼却炉建屋(HTI)の滞留水について、床サンプルへ滞留水移送設備を設置し、処理を進めるが、『ゼオライト土嚢等の処理』、『1～4号機建屋滞留水を受入する設備の設置』、『α核種対策』の完了後に床面露出に向けた水位低下を実施する。



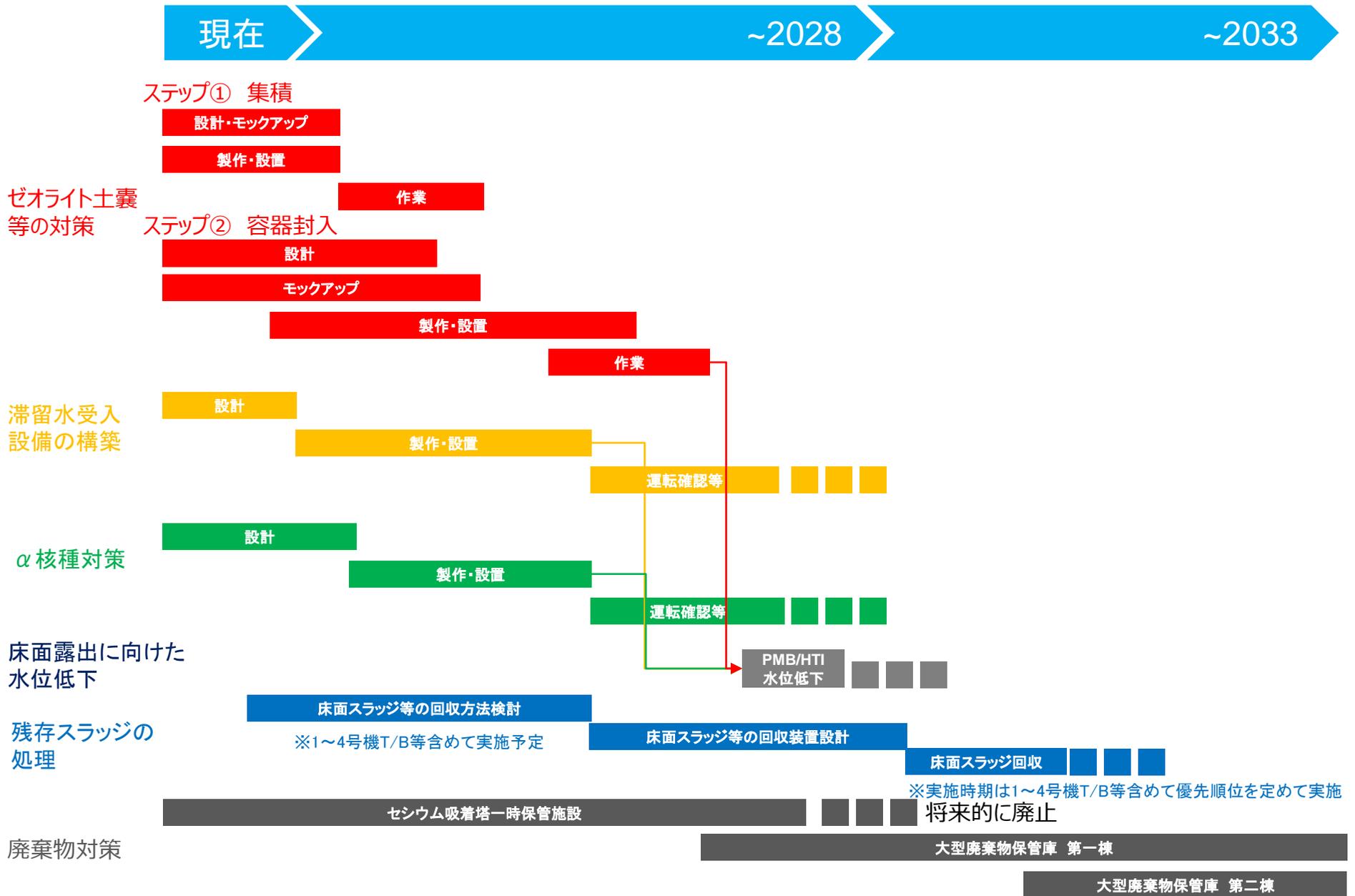
敷地平面図

# プロセス主建屋等におけるリスク低減活動の全体像（1 / 2）

■PMB/HTIの滞留水については、今後、床サンプルへ滞留水移送設備を設置し、処理を進めるが、ゼオライト土嚢の処理、1-4号機建屋滞留水を受入する設備の設置、α核種対策の開始後に床面露出に向けた水位低下を実施する。



# プロセス主建屋等におけるリスク低減活動の全体像 (2 / 2)

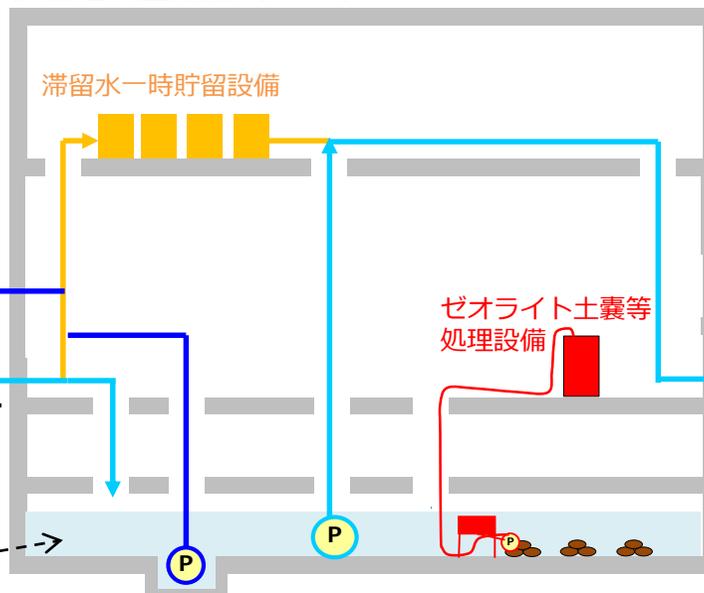


# 【参考】PMB/HTIにおける滞留水処理に関する設備

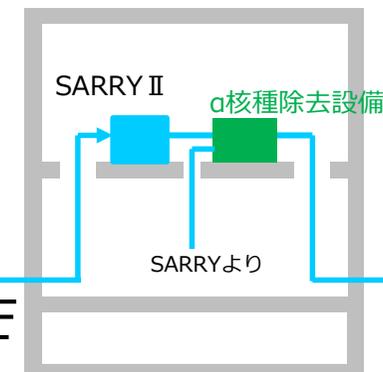
■ PMB/HTIにおける滞留水処理に関する設備の系統構成は以下の通り。

- 滞留水移送設備・SARRY等 (既設)
- 滞留水移送設備 (新設)
- ゼオライト土嚢等処理設備 (新設)
- 滞留水一時貯留設備 (新設)
- α核種除去設備 (新設)

## プロセス主建屋 (PMB)

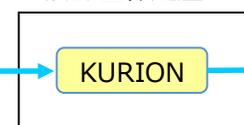


## サイトバンカ建屋\*

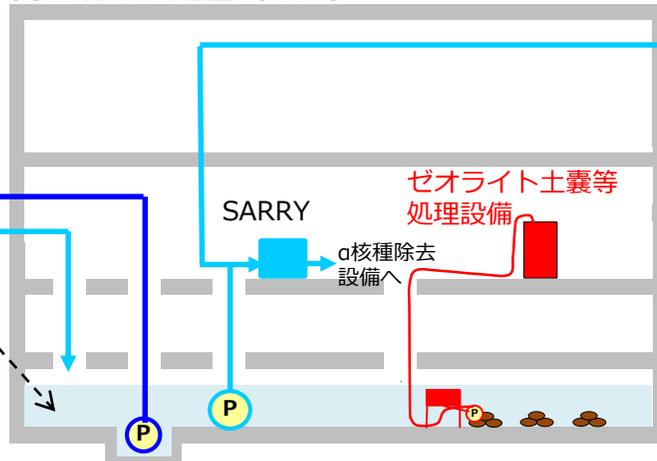


※ サイトバンカ建屋の地下階に建屋滞留水はない

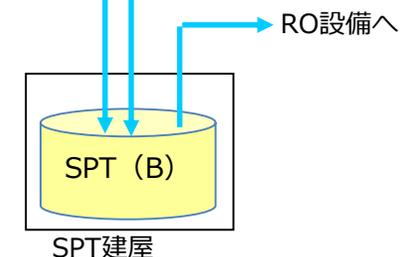
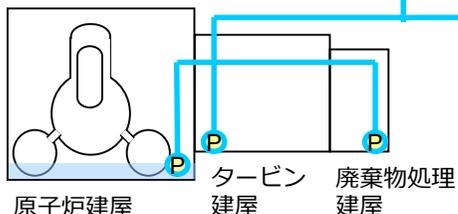
## 焼却工作建屋



## 高温焼却炉建屋 (HTI)



ゼオライト土嚢等処理,  
滞留水一時貯留設備,  
α核種除去設備の設置後に  
水位低下を開始する。



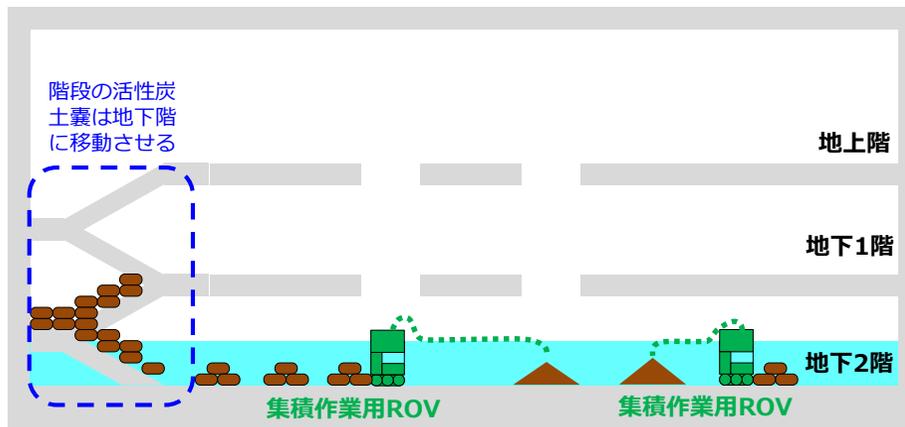
## ゼオライト土嚢等処理の検討状況

# 1. 処理方法の概要

- PMBとHTIの最下階(地下2階)における高線量化したゼオライト土囊・活性炭土囊は、リスク低減のために回収を計画。回収は、水の遮へい効果が期待できる水中回収を軸に検討を進めている。
- ゼオライト土囊等の回収作業は、“集積作業”と“容器封入作業”の2ステップに分け、作業の効率化を図る。
- なお、土囊袋は劣化傾向が確認されており、袋のまま移動できないことから、中身のゼオライト等を滞留水とともにポンプで移送する方式を基本とする。

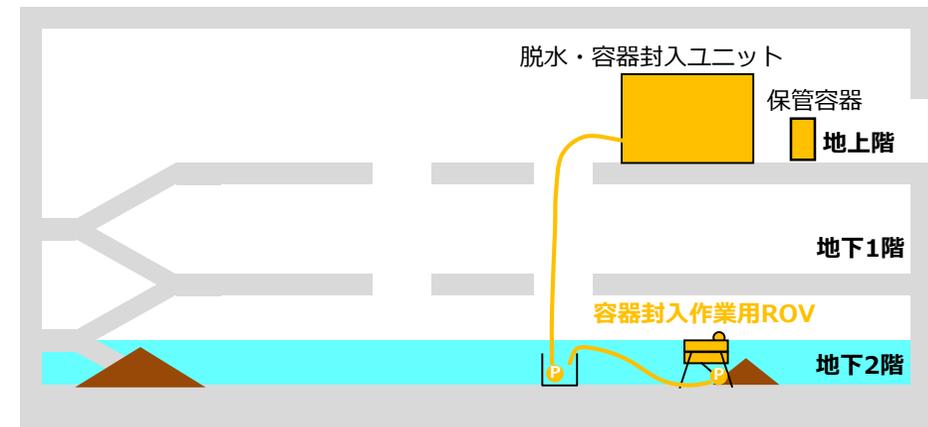
## ステップ① 集積作業

- ✓ ゼオライト土囊等について、作業の効率化による工期の短縮（完了時期の前倒し）を目的に、容器封入作業の前に集積作業を計画する。
- ✓ 集積作業用ROVを地下階に投入し、ゼオライトを吸引し、集積場所に移送する。
- ✓ 階段に敷設されている活性炭土囊は、水流を用いて、遠隔で地下階に移動させる。



## ステップ② 容器封入作業

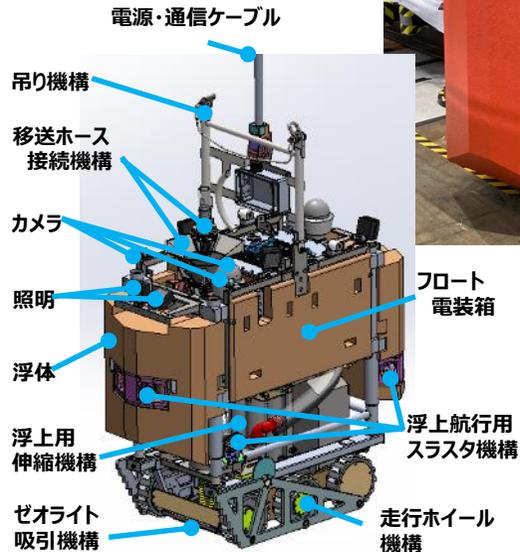
- ✓ 集積されたゼオライト等を容器封入作業用ROVで地上階に移送し、建屋内で脱塩、脱水を行ったうえで、金属製の保管容器に封入する。
- ✓ 保管容器は33.5m盤の一時保管施設まで運搬する。



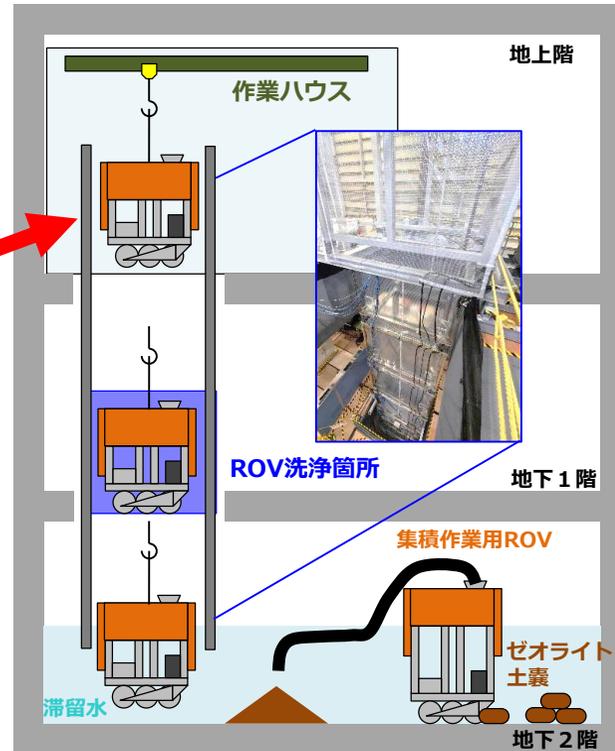


# 【参考】ステップ①集積作業の進捗状況

- 集積作業は、実規模モックアップ試験にて得られた知見から改良を重ね、2024年度から着手予定。汚染水や高線量のゼオライトを取扱作業であること、狭隘な地下階で高線量の物を遠隔で回収する難しい作業であることから、準備作業時の線量低減や開口部における被ばく低減、除染作業の遠隔化など現場の安全対策を強化し、段階を踏みながら慎重に進めていく。集積作業で得られた知見は、容器封入作業にも反映予定。
- 2024年度よりHTIで試験的に集積作業を実施し、実際の現場でのスラッジ類の舞い上がりや濁り等、現場作業の知見を積極的に収集予定。現場作業で得られた知見を反映した後、継続的な集積作業を実施予定。



集積作業用ROV



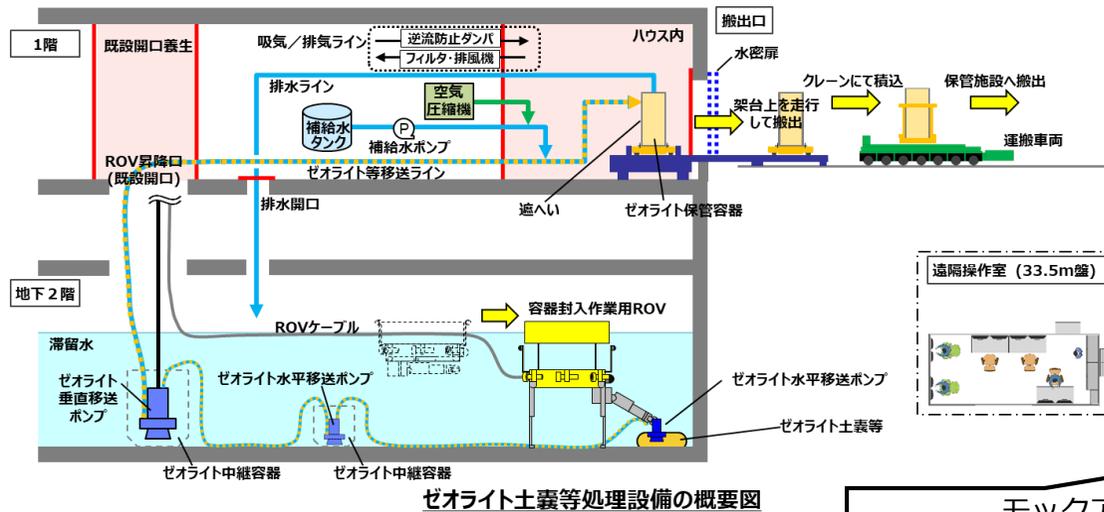
集積作業用ROV洗浄装置の概要



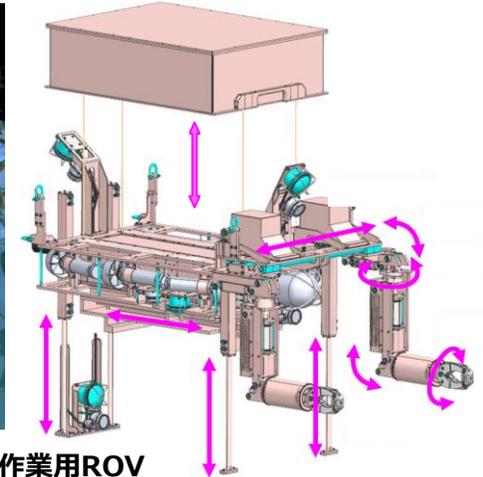
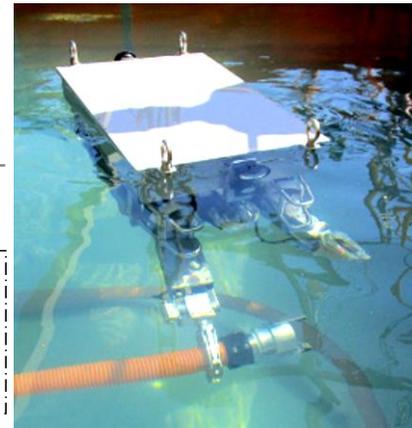
モックアップ設備  
(JAEA 楡葉遠隔技術開発センター)

# 【参考】ステップ②容器封入作業の進捗状況

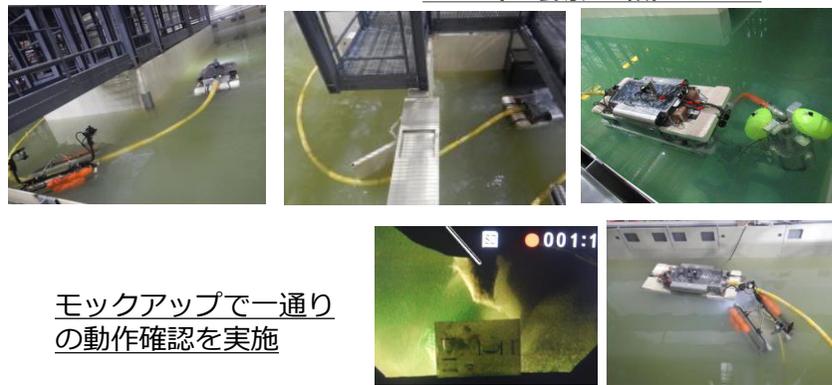
- 容器封入作業は、モックアップで得られた知見の反映を踏まえた設計検討の実施、先行する集積作業で得られた知見を反映する等、安全性・信頼性を高めたうえで、2025年度から着手予定。
  - 2023年9月に実施した実規模モックアップ試験の結果、基本コンセプトに問題が無いことを確認したものの、濁水による視界不良、保管容器のレベル確認方法等、更なる改良点も確認。
  - その後、小規模のモックアップを繰り返し実施し、濁水中の視認性等、容器封入作業用ROV等の改良を重ねている。今後、スケールを大きくしたモックアップ設備を設置し、確認していく予定。



ゼオライト土壌等処理設備の概要図

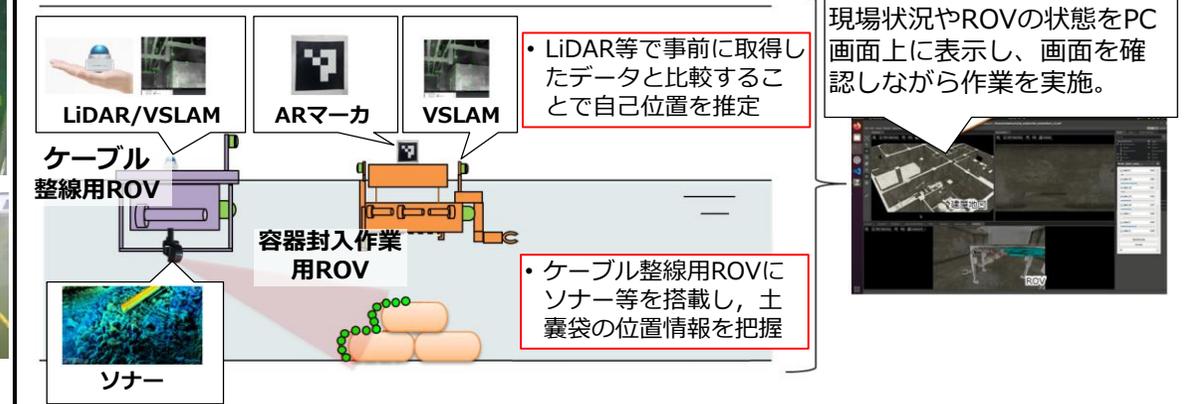


容器封入作業用ROV



モックアップで一通りの動作確認を実施

## モックアップで確認された濁水の発生による視認性の課題への対応



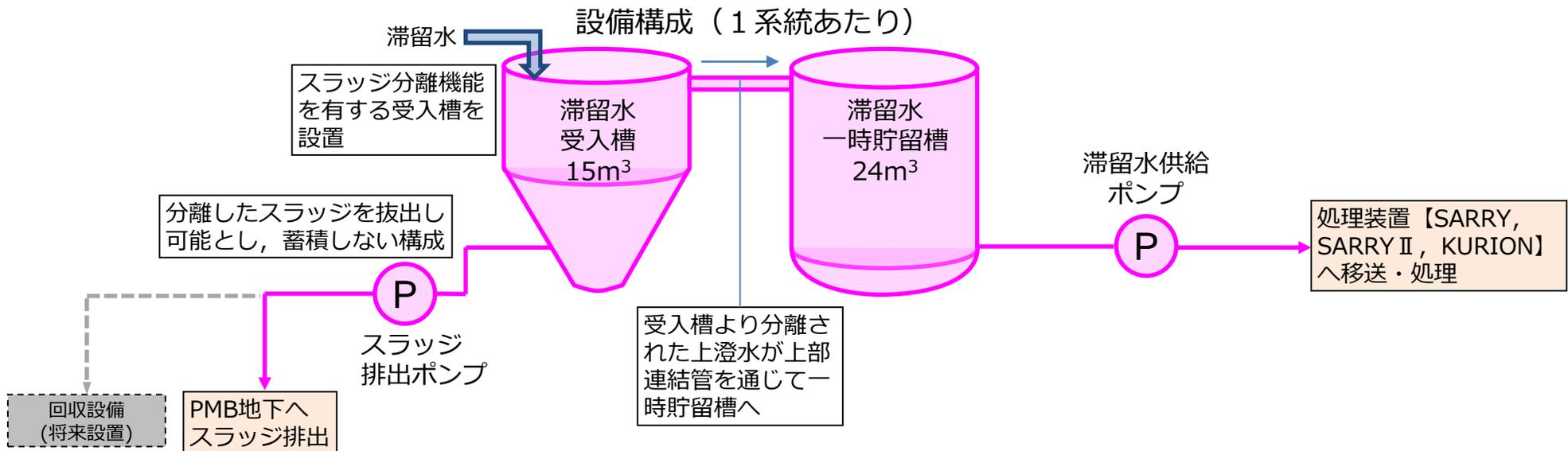
## 建屋滞留水一時貯留設備の検討状況

# 1. 滞留水一時貯留設備の概要

- 滞留水中に含まれるスラッジの分離機能を有する受入槽，一時貯留機能を有する一時貯留槽をそれぞれ1基ずつ設置する設備構成とする。
- 滞留水は一時貯留槽から処理装置【SARRY, SARRY II, KURION】へ滞留水供給ポンプにて移送して処理を実施する。これに伴い滞留水供給ポンプの設置および移送ラインの設置(既設配管改造含む)をする。

◆ 容量：【受入槽: 15m<sup>3</sup>+一時貯留槽: 24m<sup>3</sup>】×2系統

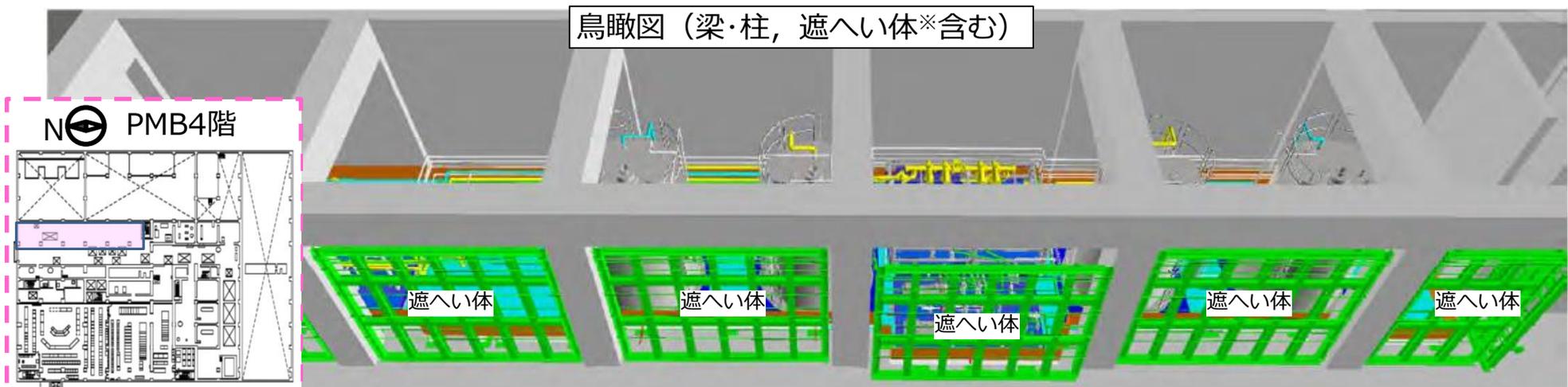
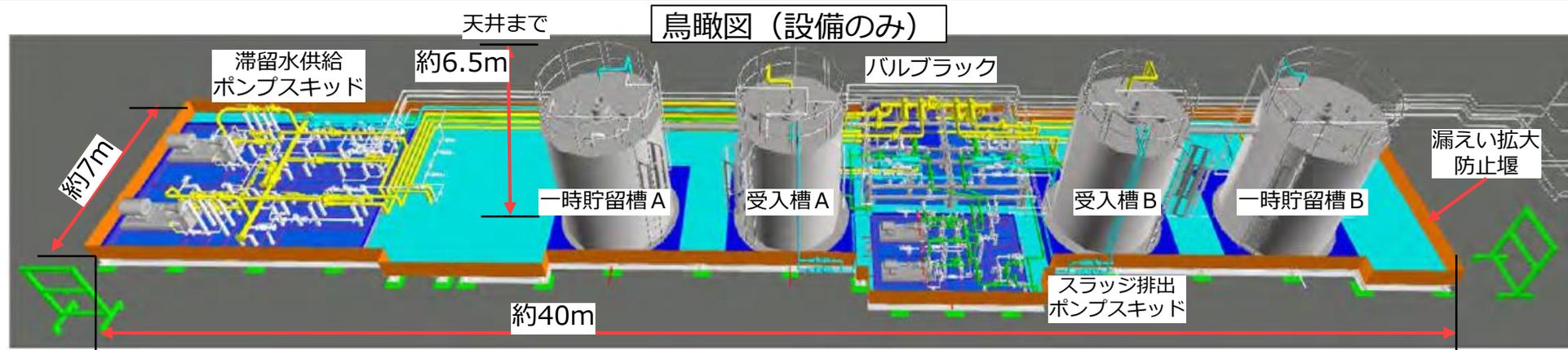
(大雨・台風等に伴い1~4号機建屋からの滞留水移送量が処理容量を超えた場合などの緊急時には、PMBまたはHTIへ受入・一時貯留する)



- 受入槽に蓄積されたスラッジ等は、PMB/HTIの建屋滞留水の早期処理のため、回収設備の設置に向けて検討していくが、当面の間はPMB地下に排出することとする。これに伴い、スラッジ排出ポンプおよび受入槽からPMB地下への移送ラインを設置する。

## 2. 滞留水一時貯留設備の設置イメージ

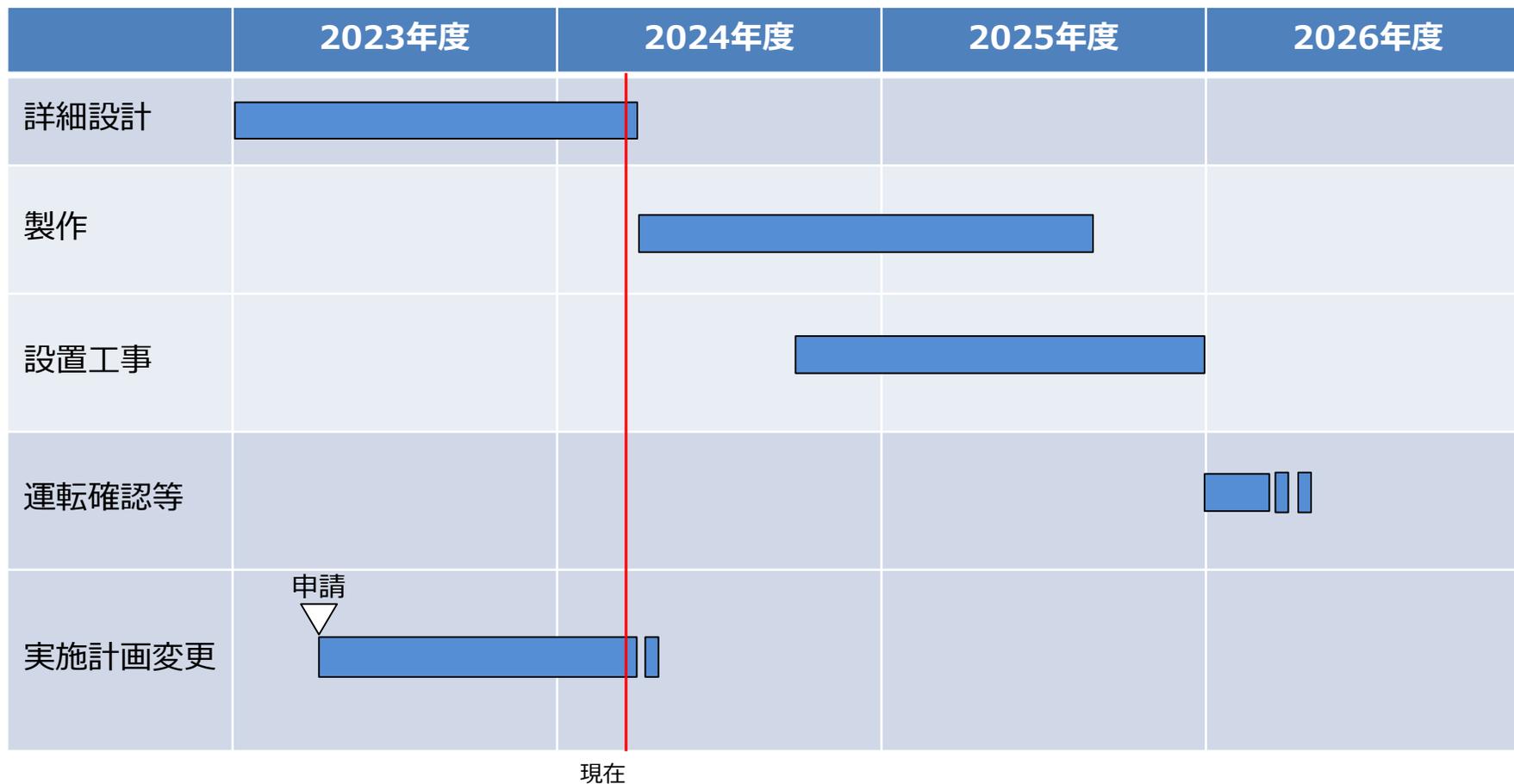
- 滞留水一時貯留設備の主要な機器類はPMB4階北東エリアに設置する。
- 機器類からの漏えいに備えて、設置エリアを覆う漏えい拡大防止堰を設置し、機器等の内包水が全量流出(80m<sup>3</sup>程度)した場合においても全量が堰内に留まり、堰外へ漏えいすることがない設計とする。仮に堰容量を超えて溢水した場合においても、既設床ファンネル等を経由してPMB地下階に排出される。



※ 遮へい体は緑色の枠組部分に鉛板を設置する構造 (上図では鉛板は図示していない状態)

### 3. スケジュール

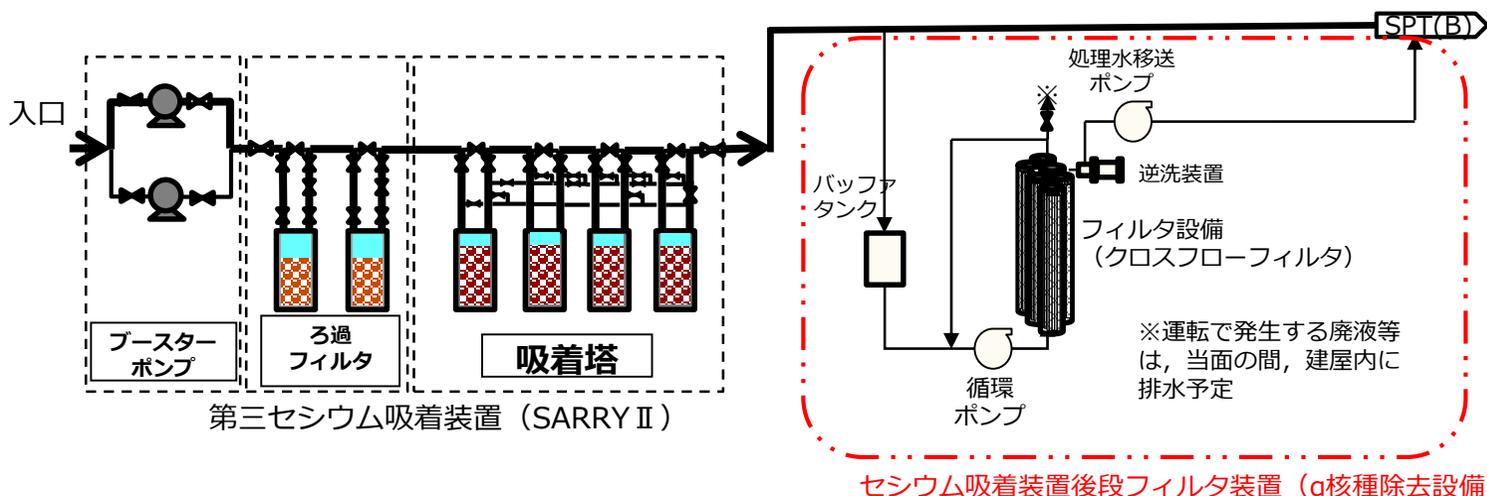
■ 滞留水一時貯留設備については、現在、詳細設計検討中で、以下のスケジュールで進めていく。



## α核種対策の検討状況

# 1. 設備概要

- 原子炉建屋(R/B)内滞留水（全 $\alpha$ 核種濃度：2~5乗Bq/Lオーダー）について、分析や特性試験を実施し、 $\alpha$ 核種を低減させる設備設計を進めている。なお、新設設備（フィルタによる拡大抑制）は、吸着塔での放射性核種の拡大抑制により設備の線量上昇を抑えるとともに、フィルタ閉塞を軽減できるよう、処理装置（SARRY他）の後段への設置を検討中。
- 建屋内滞留水の分析や試験を実施し、滞留水中の $\alpha$ 核種は数 $\mu\text{m}$ 程度の粗大粒子として大部分が存在しているため、フィルタによる捕捉は有効である。また、わずかではあるが、イオン状として存在するものは吸着材による捕捉も可能である。なお、フィルタについては、多核種除去設備で実績があるクロスフローフィルタ（CFF）方式を採用し、建屋内滞留水の分析結果を踏まえて、フィルタ孔径を設定。
- 検討結果を踏まえた設計にて、実液によるフィルタ性能試験にてフィルタ閉塞事象が確認された。
- これより、フィルタ閉塞緩和対策を検討して、効果が確認された対策について、設計へ反映し、実施計画変更申請に向けた詳細設計を進めている。

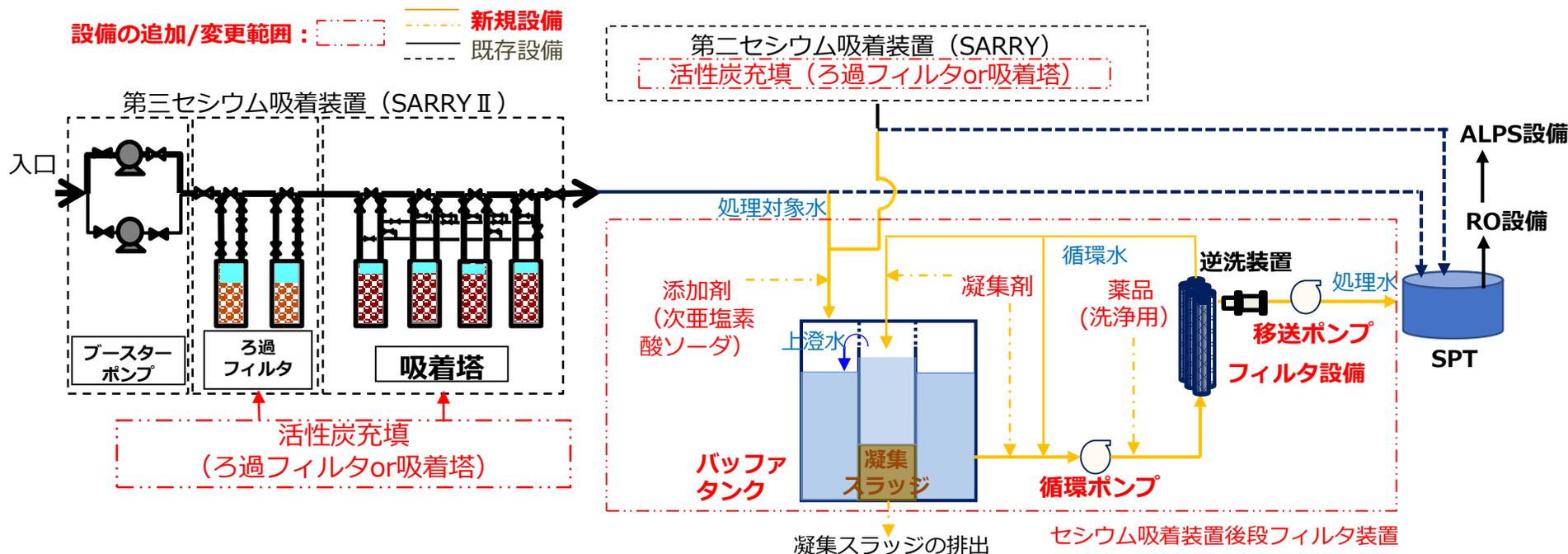


新設設備の概略系統

## 2. α核種除去運用開始に向けた設備設計

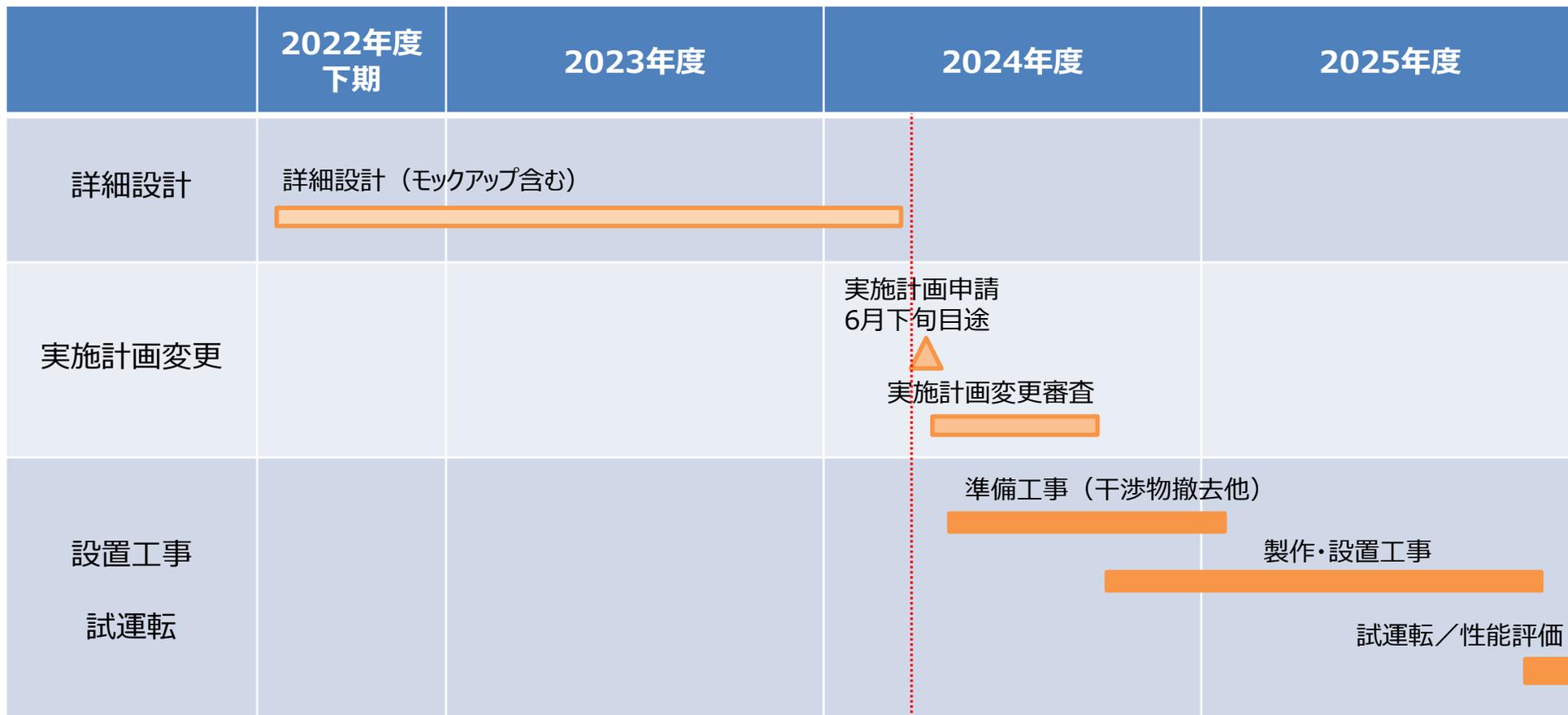
- α核種除去運用に向けて、実液によるフィルタ通水試験における対策検討の結果、前処理（添加剤及び凝集剤の添加）プロセスの追加にて効果が確認できたことから、機器設計に反映する。
- 当該設備の発揮性能は、処理対象水の水質に影響することから、実機導入後の水質状況を踏まえ、水処理二次廃棄物の発生量を抑制し、α核種の拡散抑制を図り、最適な運用条件を確認していく。
- 凝集剤添加により水処理二次廃棄物が発生するため、運転開始当初は、廃棄物発生量を抑制する目的で、廃棄物発生量が少ない活性炭と次亜塩素酸ソーダ添加の効果をj確認していく。その後、フィルタ閉塞等で長期運転に影響を与える場合、凝集剤添加を試み、最適な運転条件を見定めていく。
- 新設設備は、サイトバンカ建屋にSARRYとSARRY IIの共用設備とし、耐震B+クラス機器※にて設計する。
- ALPSの身体汚染やHTIからの水漏れ事象等のHE防止の観点も踏まえて設備を設計する。

※：事故時の敷地境界線量への影響を5mSv以下とすることでB+クラスと位置づける。なお、サイトバンカ建屋は耐震Bクラスのため、建屋の一部について耐震性向上対策を実施。



### 3. スケジュール

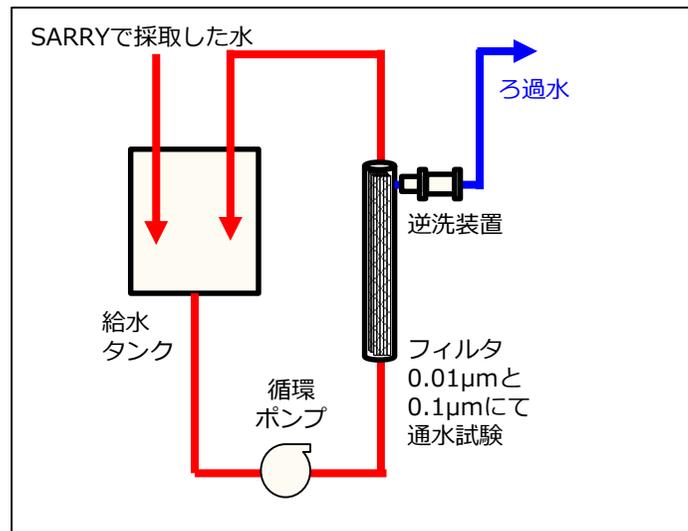
- フィルタ閉塞事象に対する追加対策を設備設計に反映し、実施計画変更申請を実施する。
- 当該設備の設置にあたり、干渉する機器（除染装置スラッジ用タンク）の撤去について、実施計画変更が認可されたことから、準備が整い次第、作業を進めていく。



現在

# 【参考】フィルタ通水試験概要

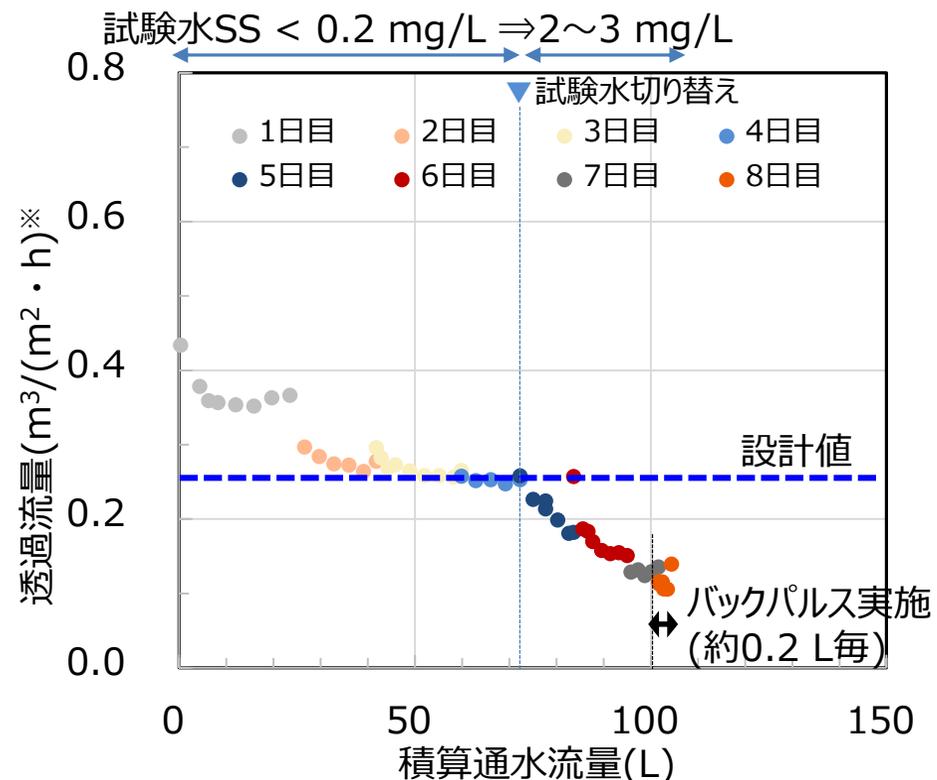
- 現在設計中の設備構成を踏まえて、0.01 $\mu\text{m}$ 及び0.1 $\mu\text{m}$ フィルタで運転した際のフィルタ透過流量（フィルタ閉塞）を確認するため、SARRYで採取した水をフィルタ通水試験装置にて試験を実施。なお、フィルタ孔径については、建屋内滞留水の分析結果から、 $\alpha$ 粒子は数 $\mu\text{m}$ 程度であることから、それより小さい0.01 $\mu\text{m}$ フィルタと0.1 $\mu\text{m}$ フィルタを選定。
- フィルタ通水試験装置は、現在設計中の $\alpha$ 核種除去設備の設備構成を踏まえ、給水タンク、循環ポンプ、フィルタ、逆洗装置で構成し、採取した水をクロスフロー方式にてろ過を実施。



フィルタ通水試験装置概要図



フィルタ通水試験装置写真

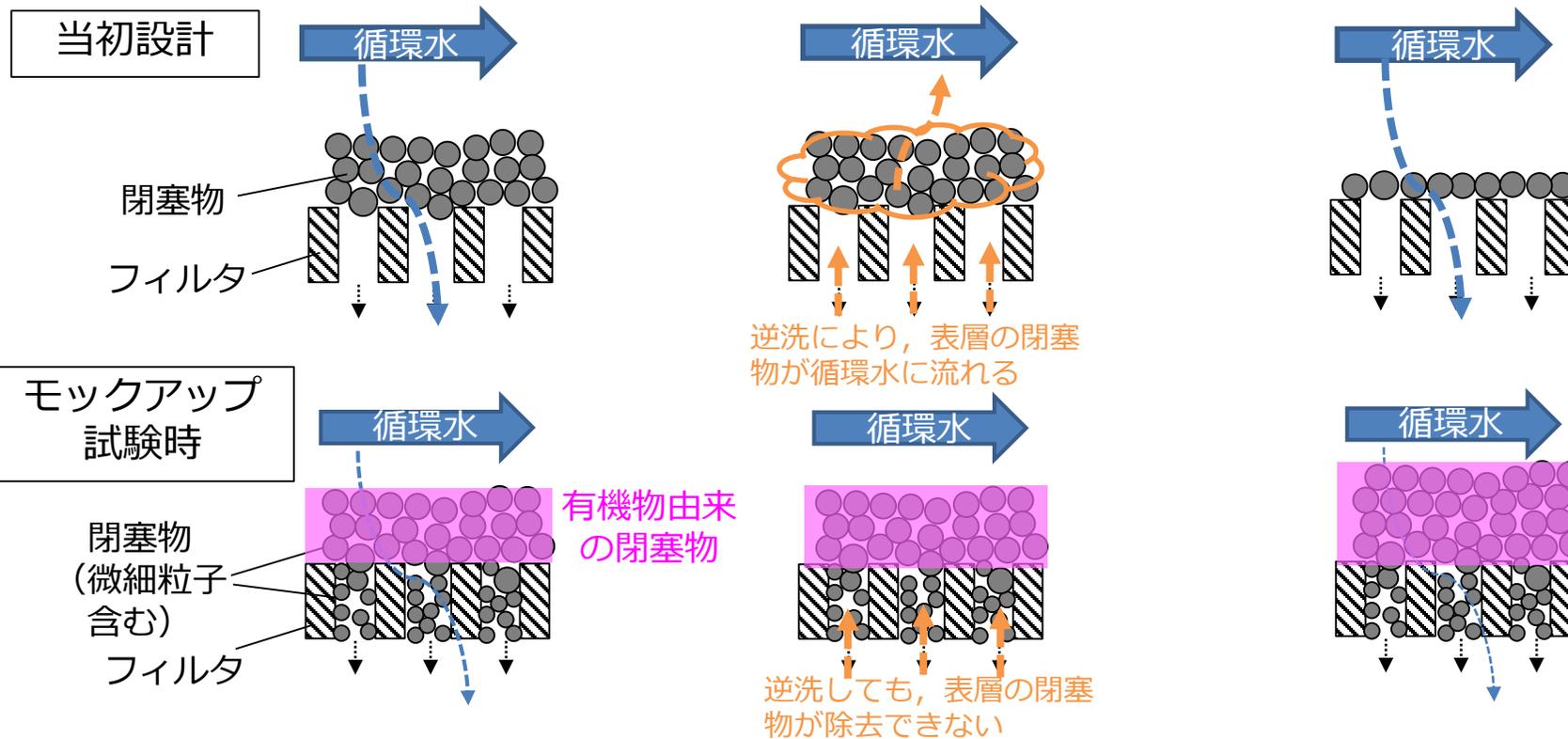


孔径 (0.01 $\mu\text{m}$ ) における透過流量の推移

※標準透過流量：水温25 $^{\circ}\text{C}$ 、入口圧力0.2MPaに規格化した透過水量

# 【参考】フィルタ閉塞事象の推定メカニズム

- これまでの要因調査結果を踏まえて、フィルタ閉塞のメカニズムは以下の通り推定。
- 当初設計として、滞留水の分析結果を踏まえて、フィルタ表層に閉塞物は生じるものの、逆洗にて透過流量が回復可能なCFFを用いて、廃棄物低減も可能な設計を進めた。
- 実液中には、SS濃度にて確認されない微細粒子（有機成分や吸着材の微細粒子等）が含まれており、それがフィルタの孔径部や表層部に付着し、逆洗しても粘性が高い有機成分等の影響で有効な効果が得られず、フィルタ表層や孔部の閉塞が進行していく。



## 【参考】フィルタ閉塞対策検討結果

- フィルタ閉塞要因を踏まえ、前処理や凝集沈殿の追加により、フィルタ閉塞事象に対する対策は有効であることを確認できたため、設備設計に反映。更なる長期安定運転に向けた運用面での確認を行い、今後の水質変化に対応していく。
- 活性炭及び次亜塩素酸による前処理を追加した対策において、通水可能量が2倍以上まで向上したことを確認。
- 塩化第二鉄を用いた凝集沈殿を追加した対策において、フィルタ孔径が小さい0.01 $\mu\text{m}$ にて通水可能量が2倍以上まで向上したことを確認。
- 閉塞が発生した際には、薬品洗浄にて機能回復が図れることを確認。

対策項目	目的	効果（フィルタ通水試験）		懸案事項	設備反映要否
		有機物対策	微粉対策		
フィルタ孔径拡大	微細粒子の閉塞緩和	△ (0.01 $\mu\Rightarrow$ 2 $\mu$ ) 3倍程度の延伸を確認		$\alpha$ 核種除去は可能だが閉塞はある	$\alpha$ 核種を4Bq/L未満まで低減できる0.01 $\mu$ をベースとし、閉塞緩和のため孔径拡大も継続検討していく
循環水の清浄	不純物低減	△ ろ過水量の回復を確認		循環水の不純物低減により若干の効果があるが、建屋内への排水が多くなる	ろ過水の洗浄ライン（排水ラインも含む）の追設を検討
洗浄用薬品	洗浄用薬品について酸性及びアルカリ性の効果確認をする	○ 有機物除去効果を確認		機器への影響確認要	閉塞時の機能回復のために、洗浄ラインを設置
活性炭	有機物の捕捉	○ フィルタ孔径拡大効果の2倍以上の延伸を確認	-	既存設備への影響確認要	既存他設備（空の吸着塔又はろ過フィルタ）への設置を実施
次亜塩素酸添加	有機物の付着高効果緩和	○ フィルタ孔径拡大効果の2倍以上の延伸を確認	-	機器への影響確認要	フィルタ閉塞緩和のため、添加剤（次亜塩素酸ソーダ）注入ラインを追設
凝集剤の添加	吸着材微粉の凝集によるフィルタ捕捉	○ 2倍以上の延伸を確認し、長期使用の効果を確認予定		廃棄物発生量の増加	フィルタ閉塞緩和のため、凝集剤（塩化第二鉄）注入ラインを追設

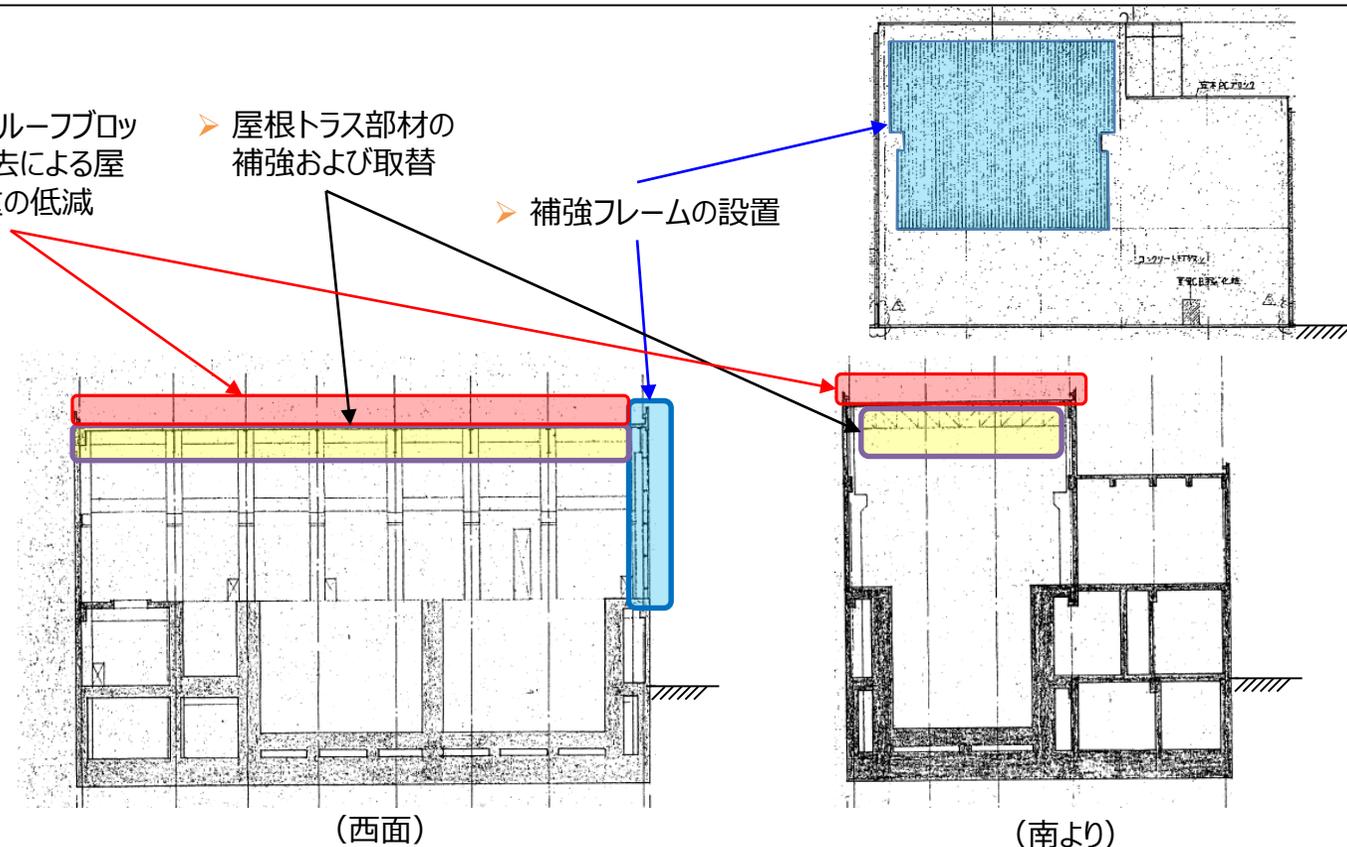
## 【参考】 サイトバンカ建屋の耐震性向上

- サイトバンカ建屋に、セシウム吸着装置後段フィルタ装置（耐震B+クラス想定）の設置を計画。
- サイトバンカ建屋は、耐震Bクラスの建屋であるが、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震や、2021年2月13日／2022年3月16日の福島県沖地震のような震度6弱以上の地震でも建屋は損傷しておらず、耐震B+クラス相当の耐震性があると考えている。
- 他方、当該設備の設置等で建屋を継続使用するため、耐震性を更に向上させていく。また、地震時の落下物から既設設備（SARRY II）を防護する対策も併せて実施予定。

➤ 屋上のルーフブロックの撤去による屋根荷重の低減

➤ 屋根トラス部材の補強および取替

➤ 補強フレームの設置



サイトバンカ建屋の耐震性向上対策（案）

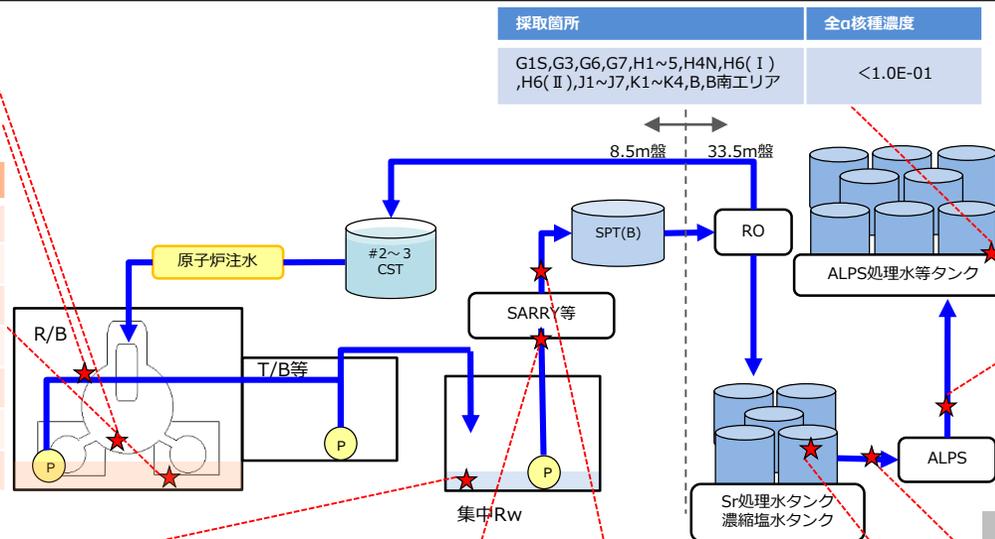
# 【参考】原子炉建屋滞留水の性状分析

- 原子炉建屋（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核種の性状分析等を進め、α核種の低減メカニズムの解明を進める。
- 現在1~3号機のR/Bの滞留水の性状分析結果について、α核種は粒径10μm以上の粗大粒子に99%以上存在していることを確認している。
- なお、SARRY出口・SARRY II 出口のCs137の濃度と、その先の既設RO-3入口・建屋内RO入口の濃度のオーダーは2~3乗Bq/Lオーダーで変わらないことから、フィルタ通水試験で確認された吸着材の下流への影響は小さいと考えている。

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

採取箇所	分析日	全α核種濃度
1R/B	2022/4/19*1	2.2E+04
	2024/6/5	2.9E+01
2R/B	2020/6/30*1	3.2E+04
	2021/11/8*1	2.0E+05
3R/B	2024/5/16	1.5E+01
	2021/7/13*1	5.4E+05
	2024/2/21	7.5E+02

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



採取箇所	分析日	全α核種濃度
PMB	2022/4/21*1	4.1E+03
	2024/5/27	1.6E+01
HTI	2022/4/22*1	1.3E+04
	2024/3/21	1.4E+02

採取箇所	分析日	全α核種濃度
SARRY入口	2024/2/1	2.5E+01
SARRY II 入口	2024/6/6	3.8E+01

採取箇所	分析日	全α核種濃度
SARRY出口	2024/2/1	<3.0E-01
SARRY II 出口	2024/6/6	2.5E+00

採取箇所	全α核種濃度
G1S,G3,G6,G7,H1~5,H4N,H6( I ),H6( II ),J1~J7,K1~K4,B,B商工リア	<1.0E-01

採取箇所	分析日	全α核種濃度
既設ALPS出口	2024/3/25	<7.1E-02
増設ALPS出口	2023/5/2	<5.9E-02

採取箇所	分析日	全α核種濃度
既設ALPS入口	2024/3/25	5.7E-01
増設ALPS入口	2023/5/2	1.1E+00

採取箇所	分析日	全α核種濃度
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*2	2021/7/21	5.3E+03

現状の全α核種濃度測定結果 [Bq/L]

- 1号機R/B滞留水中において、U、NpやPuなどの $\alpha$ 核種は粒径 $10\mu\text{m}$ 以上の粗大粒子に99%以上存在していることを確認し、これまでに分析した2号機および3号機と同じ傾向にあることを確認した。なお、移送されることにより、粗大粒子が細分化され、徐々に粒径が小さいものとなっていく傾向があることを確認した。
- 滞留水中の固形分の中には、Uを含む粒子が存在し、これまでに分析した2号機と3号機と同じ傾向にあることを確認した。また、3号機R/B滞留水と同様に立方晶構造 ( $c\text{-UO}_2$ ) で構成されていると推定される。
- 滞留水中のイオン状態の確認の結果、U-238は陽イオン交換性と陰イオン交換性があることを確認した。陽イオン交換する成分については $\text{UO}_2^{2+}$ 、陰イオン交換する成分については配位子との錯体として存在していると推定する。Puは陽イオン性があることを確認した。Pu $^{4+}$ として存在していると推定する。溶出確認の結果、捕捉後のフィルタからの $\alpha$ 核種の溶出の影響は小さいと考える。
- 以上より、滞留水中の $\alpha$ 核種は数 $\mu\text{m}$ 程度の粗大粒子として大部分が存在しているため、フィルタによる捕捉は有効であると考え。また、わずかではあるが、イオン状として存在するものは吸着材による捕捉も可能であると考え。なお、引き続き、 $\alpha$ 核種の動向は監視つつ、必要な対策を講じていく。

## 【参考】 1号機R/B滞留水の性状分析

- 1号機R/B滞留水の性状分析について、過去に分析した2号機や3号機のR/B滞留水の性状とは大きく異なっておらず、これまでと同様な性状であることを確認。

### 核種分析結果

単位：Bq/L

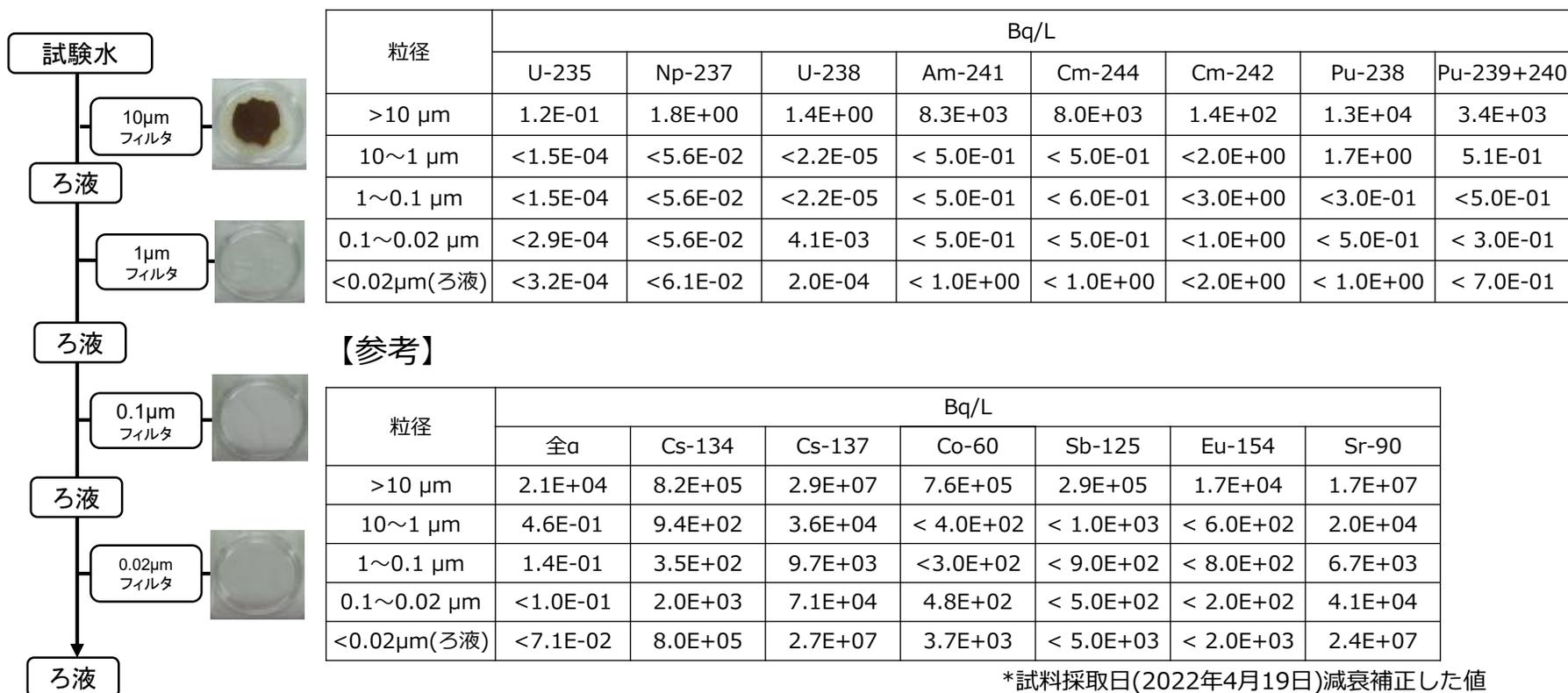
種類	分析日	全α核種濃度	Cs-137	Cs-134	全β核種濃度	Sr-90	H-3
1号機R/B滞留水	2022/4/19	2.2E+04	3.3E+07	8.9E+05	1.0E+08	2.0E+07	2.9E+05
2号機R/B滞留水 <sup>*1</sup>	2020/6/30	3.2E+04	1.4E+09	—	1.5E+09	—	—
3号機MSIV室 <sup>*2</sup>	2021/7/8	1.7E+06	5.8E+06	1.8E+05	4.9E+07	9.5E+06	2.6E+05
3号機R/B滞留水 <sup>*2</sup>	2021/7/13	5.4E+05	2.2E+07	8.5E+05	5.2E+07	1.5E+07	3.2E+05

\*1第86回廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議にて公表

\*2第106回廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議にて公表

# 【参考】 1号機R/B滞留水の性状分析

- 1号機R/B滞留水の性状分析について、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。
- 10 $\mu$ mフィルタにてほぼ捕捉され、0.02 $\mu$ mフィルタまで通水すると、全 $\alpha$ 核種濃度は検出限界以下になることを確認。



本資料の内容においては、廃炉・汚染水・処理水対策事業による成果の一部を含みます。