

## ゼオライト土嚢等処理の検討状況について

2022年 4月18日

---



東京電力ホールディングス株式会社

## 【前回（第98回特定原子力施設監視・評価検討会（2022年3月14日））のご説明内容】

- プロセス主建屋（PMB）、高温焼却炉建屋（HTI）の地下2階（最下階）において、建屋滞留水中の放射性物質を吸着するために設置したゼオライト土嚢・活性炭土嚢が高線量となっていることから、水の遮へい効果が期待できる水中回収を軸として検討を進めている。
- ゼオライト土嚢等については、2023年度内に回収作業に着手する計画。早期作業着手と作業効率化を目的とし、回収作業を“集積作業”と“容器封入作業”に分けて実施。
- 集積及び容器封入作業はROV等を活用し、それぞれの建屋内で行う。容器封入後は33.5m盤の一時保管施設へ輸送し、保管する計画。
- PMB・HTIは同時に作業を実施せず、順番に作業を行う。2024年内の作業完了を目標とし、その後はPMB・HTIの床面露出を行う。

## 【今回のご説明内容】

- 前回頂いた主なコメントは下記の通りであり、現在の対応方針を回答する。
- 実施計画の申請にあたり、耐震設計や閉じ込め機能の考え方については、これまでの監視・評価検討会の議論を踏まえた申請内容とすること。
- 設計の手戻りが生じないように、設計概略を実施計画申請前に監視・評価検討会で説明すること。  
⇒「1. ゼオライト土嚢等処理設備の設計方針について」にてご説明
- 現場の作業環境における回収装置の信頼性を確保するとともに、不調時の対応方針を確保すること。
- 容器封入作業における脱水率やフィルタの健全性維持等、先行事例のノウハウを確認するとともに、実証実験（モックアップ）を実施すること。  
⇒「2. モックアップの実施方針」にてご説明

## 1. ゼオライト土嚢等処理設備の設計方針について（1 / 3）

【第98回特定原子力施設監視・評価検討会（2022年3月14日）で頂いたコメント】

- 実施計画の申請にあたり、耐震設計や閉じ込め機能の考え方については、これまでの監視・評価検討会の議論を踏まえた申請内容とすること。
- 設計の手戻りが生じないよう、設計概略を実施計画申請前に監視・評価検討会で説明すること。

■ 詳細設計については、今後実施していく計画であるが、耐震クラス設定や閉じ込め機能等については、下記の方針で検討を進めていく。

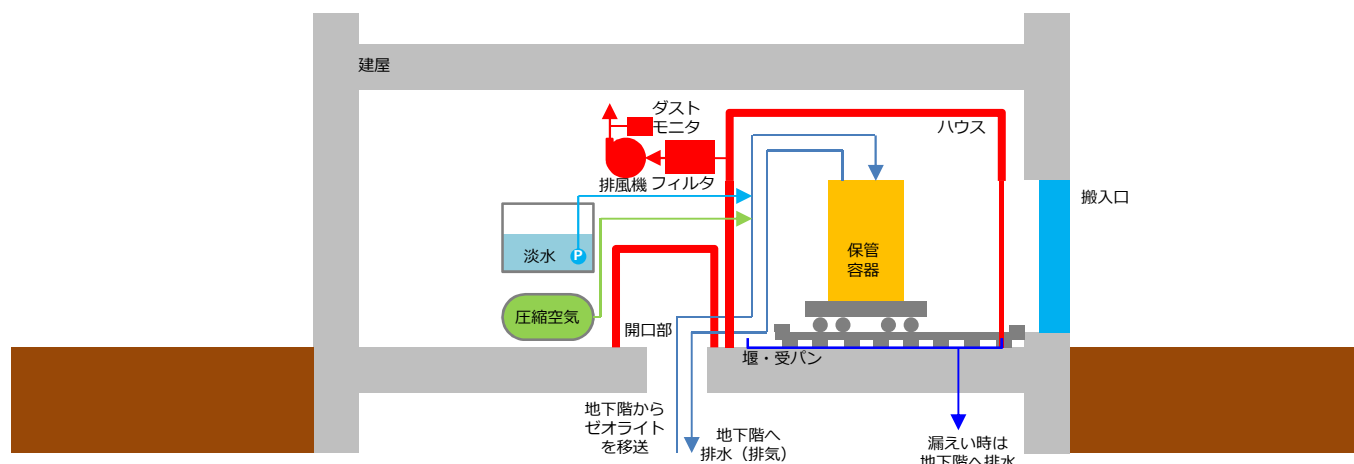
- 耐震クラスの設定：Bクラス

- ✓ 設備の耐震クラスの設定は、地震による安全機能喪失により、公衆（敷地境界）への放射線影響をもとに設定する方針となっており、地上階に設置予定の容器封入装置等に対して設定する。
- ✓ 詳細設計は今後実施していくが、事故シナリオを設定したうえでの、敷地境界への放射線影響については5mSv/事象以下となるように設計する計画。また、設備の供用期間は短期であることから、耐震クラスはBクラスに設定する。

## ● 閉じ込め機能

✓ 建屋内での作業を前提として、下記の方針で進めていく予定。

- ゼオライト土嚢等の容器封入作業は密封状態で行う計画（ゼオライト土嚢等を封入する際は、閉じられた配管内および容器内で作業は完結させることを基本とし、開放部ができないようにする）。
- バウンダリとして、容器封入作業エリアはハウスを設置し、地下階への開口部も閉塞する。また、建屋内作業となるため、建屋自身もバウンダリとなる。
- 圧縮空気等はフィルタを介した排気、または地下階への排気を計画。
- ハウスにはフィルタ付き排風機を設ける等、万が一、放射性物質を含む気体が漏えいした場合の拡散を防止する。また、作業時のダスト濃度管理も行う。
- 万が一、放射性液体の漏えいが発生した場合に備え、作業エリアに受け、または堰を設け、漏えいした放射性液体を地下階へ戻す等、漏えい拡大防止措置を講ずる。



脱水・封入設備のイメージ

- その他の主な設計方針

- ✓ 容器の設計

- 容器は既存の水処理装置等の容器と同等の設計とし、長期保管考慮して設計を進める。
  - 耐腐食性を有する材料（ステンレス材等）を使用
  - 表面線量は作業員の被ばく低減を考慮し、1~4mSv/h程度となるように遮へいを設置する（上面も含めて遮へいを設置し、遮へいの上から操作を実施することで、作業における被ばくの低減が可能とする）。
  - 保管時は水素ベントできる構造とし、可燃性ガスの滞留を防ぐ。
  - 崩壊熱による過熱を防ぐよう設計する。 等

- ✓ ROVの設計

- 作業時に発生する濁りを考慮し、濁水中でも作業できるように設計する。
- 異常発生時に地上階へ回収可能な対策を講じる。
- 異物の吸い込みを防止し、閉塞を防ぐ構造とする。 等

## 2. モックアップの実施方針について（1 / 2）

【第98回特定原子力施設監視・評価検討会（2022年3月14日）で頂いたコメント】

- 現場の作業環境における回収装置の信頼性を確保するとともに、不調時の対応方針を確保すること。
- 容器封入作業における脱水率やフィルタの健全性維持等、先行事例のノウハウを確認するとともに、実証実験（モックアップ）を実施すること。

■ モックアップは段階を踏まえ、下記の通り、実施していく計画。

### <ステップ① 集積作業>

- これまで、集積作業においては、遠隔での水槽内のゼオライト移送作業が問題なく実施できることを確認している。
- 今後はより現場環境を模擬した1F構外でのモックアップを実施したうえで、1F現場での試運転を実施し、集積作業へと進んでいく。

### <ステップ② 容器封入作業>

- 容器封入作業について、ROVを用いた遠隔操作はこれまでの作業経験がある手法を活用する方針であることから、これまでは下記の要素を確認している。
  - ✓ 容器封入後の脱水時間、通気時間と脱水率について条件の検証
  - ✓ 淡水による塩分の除去率の検証
  - ✓ 高低差を模擬したゼオライト移送 等
- 今後、詳細設計を進めるにあたり、下記のモックアップ（国内含む）を実施していく計画。
  - ✓ 地下階の環境を模擬したROVの動作検証
  - ✓ 収納容器等、実スケールでの動作検証
  - ✓ トラブル等、通常動作ではない動作の検証 等



## 2. モックアップの実施方針について (2 / 2)

- 1 F 他作業において、モックアップを実施したうえでも現場作業時に不具合が確認されている例については、要因を確認し、本作業にも反映していく。
- また、現場投入前には作業員のトレーニングを重ねることで、トラブルの防止に努める。
- なお、ゼオライト土嚢等の回収装置等は部品の放射線劣化等が想定されることから、予め予備品を準備したうえ、事後対応にならないようなメンテナンス計画を立てていく。また、予備機一式も準備し、万が一の回収装置等の不具合に備える。

<ステップ①>集積に関する現在のモックアップ状況



試験機の水槽内への移動風景



試験機の水槽での要素試験



ゼオライト土嚢集積前の状況



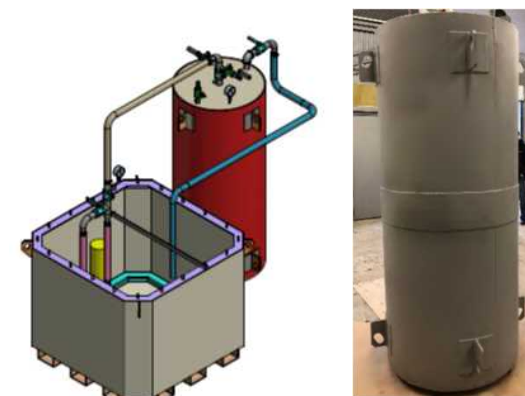
ゼオライト吸引の要素試験



集積後のゼオライト※1

※1 試験装置の関係上、容器内で集積

<ステップ②>容器封入に関する現在のモックアップ状況



保管容器に関する要素試験

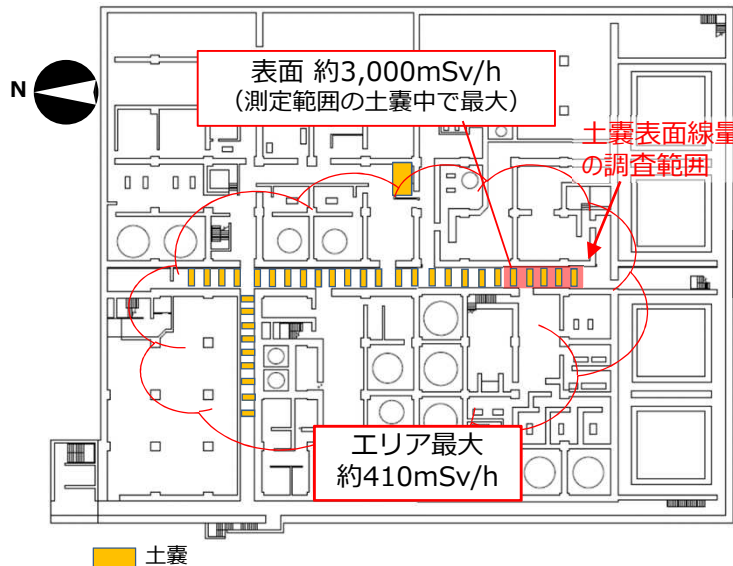


ゼオライトの圧送に関する要素試験

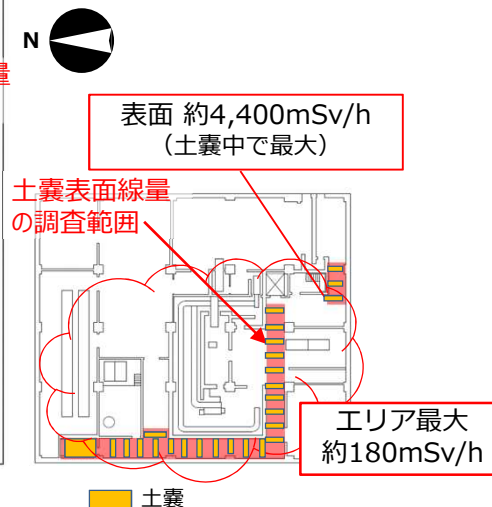
※2 最下階から地上階までは約12m

## 【参考】プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋最下階の現状

- PMB, HTIはゼオライト土嚢・活性炭土嚢を最下階に敷設した後、建屋滞留水の受け入れを実施しており、現在は高線量化している。
  - これまでの調査により判明した最下階の状況は以下の通り。
    - PMB, HTIの最下階の敷設状況をROVで目視確認済（下図参照）。
    - 土嚢袋は概ね原形を保っているが、劣化傾向があり、一部の袋に破損がみられる状況。
    - 確認された土嚢表面の線量はPMBで最大約3,000mSv/h, HTIで最大約4,400mSv/h。
    - 空間線量は、水深1.5m程度の水面で、PMBは最大約410mSv/h, HTIは最大約180mSv/h。
    - ゼオライト土嚢は主に廊下に敷設され、セシウムを主として吸着しているため表面線量が非常に高い状況。活性炭土嚢は主に階段に敷設されており、多核種を吸着。
- ➡ 水の遮へい効果が期待できる水中回収を軸として、検討を進めている。



PMBにおける土嚢と環境線量



HTIにおける土嚢と環境線量

### ゼオライト土嚢等の推定敷設量

建屋	種類	推定敷設量
PMB	ゼオライト	約 16 t
	活性炭	約 8 t
HTI	ゼオライト	約 10 t
	活性炭	約 7.5 t



## 【参考】プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋最下階の調査

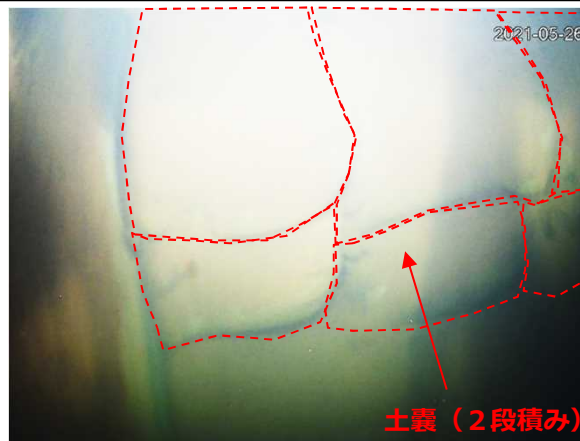


- ゼオライト土嚢等の敷設位置と作業に干渉する物の有無等を詳細に確認するため、ボート型ROVにて調査を実施（2021年5月～8月）。

➡ ゼオライト土嚢等を敷設した全域の調査・視認が出来た。一部、土嚢袋は破損しているものの、概ね土嚢の原型は保持していることを確認。一部、干渉物があることも確認。



① 最下階の様子（PMB）（水上）



② 最下階の様子（HTI）（水中）

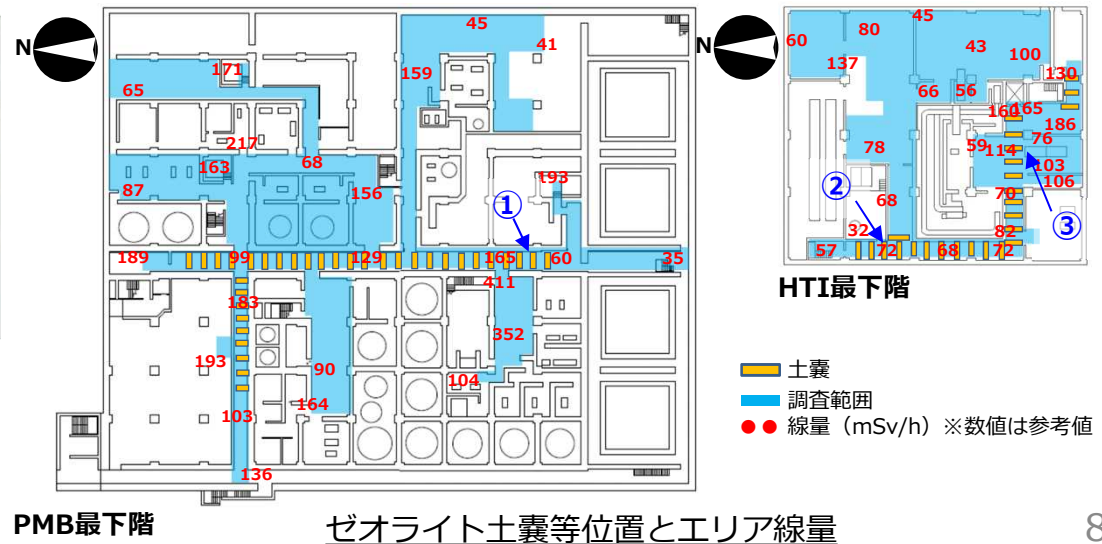


③ 干渉物の例（HTI）



### 調査に使用したボート型ROV

- ・市販水中ROVをボート化改造（内製化）
- ・カメラと線量計を追設し、水面上と水面下を同時撮影
- ・水面を航走し、水中の濁りを抑制

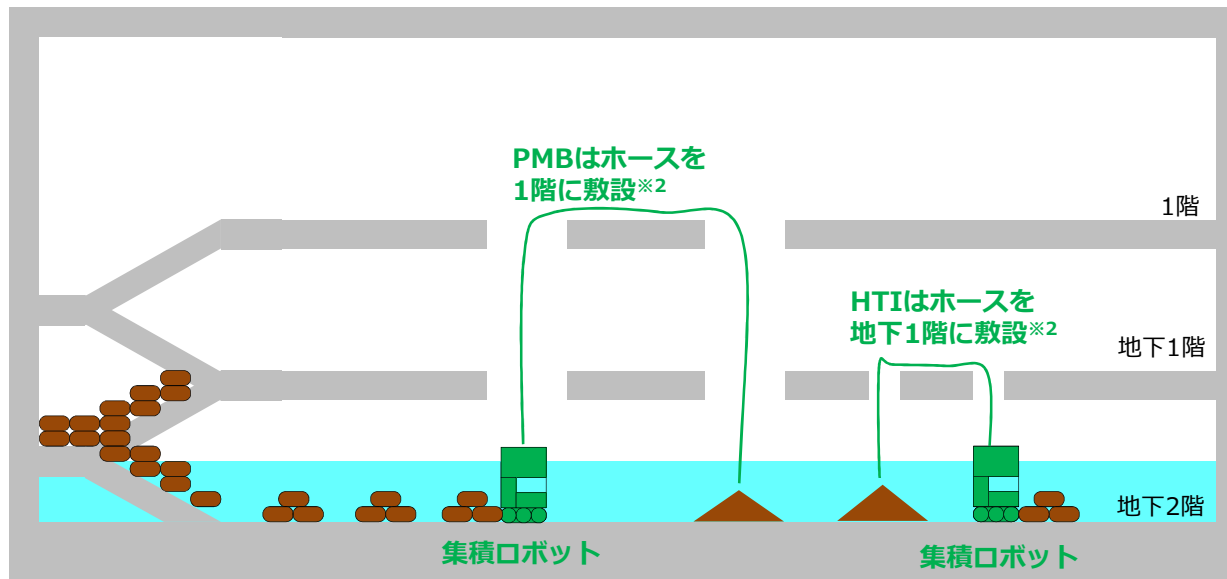


## 【参考】処理方法の概要（1 / 2）

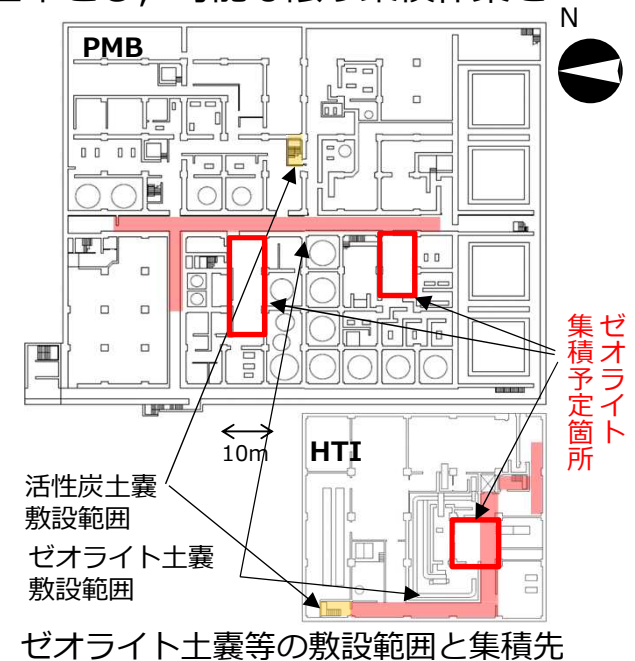
- PMB・HTIの最下階のゼオライト土嚢等は回収作業を“集積作業”と“容器封入作業”に分け、作業の効率化を図ることを計画

### ステップ① 集積作業

- ✓ ゼオライト土嚢等について、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。
- ✓ 集積ロボット（ROV+ポンプ）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。
- ✓ 建屋地下階から建屋地下階へのゼオライト移動であり、地上階での作業がほとんどないこと※<sup>1</sup>から、作業の早期着手が可能。
- ✓ 並行して準備を進めている容器封入作業を開始するまでの期間を基本とし、可能な限り集積作業を行う。



ゼオライトの処理イメージ



ゼオライト土嚢等の敷設範囲と集積先

※1 地上階でのダスト対策，線量低減対策等が不要であり，作業難易度が比較的高くない

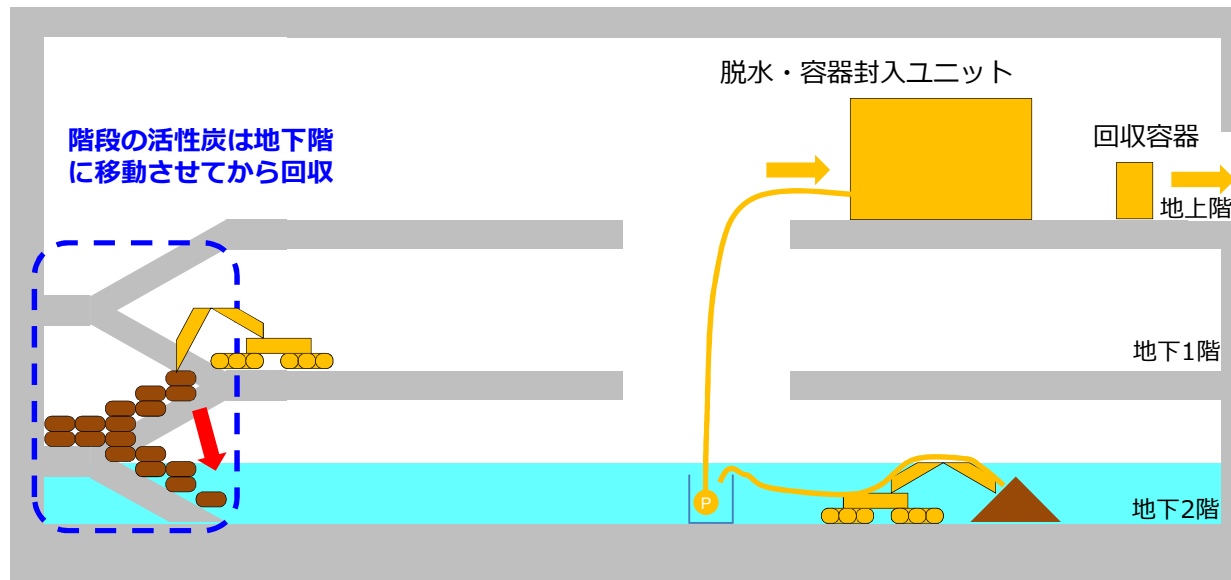
※2 PMB地下1階は高線量環境のため作業員の立入が出来ないが，HTI地下1階は比較的線量が低く，作業員の立入が可能

## 【参考】処理方法の概要（2 / 2）

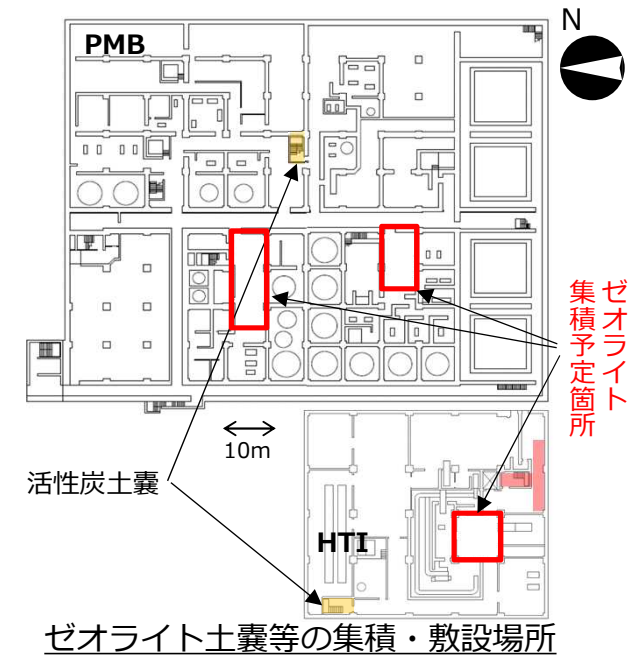
### ステップ② 容器封入作業

- ✓ 集積されたゼオライト※を回収ロボット（ROV+ポンプ）で地上階に移送し、建屋内で脱塩、脱水を行ったうえ、金属製の保管容器に封入する。その後は33.5m盤の一時保管施設まで運搬する計画。
- ✓ 階段に敷設されている活性炭土嚢はROVを用いて、地下階に移動させた後、上記と同様に回収する。

※ ゼオライト土嚢は概ね集積される計画であるが、干渉物があるエリア等、限られた期間内では一部集積できない可能性もあることから、回収ロボットは広範囲で作業することを前提に検討を進めている。



ゼオライトの処理イメージ



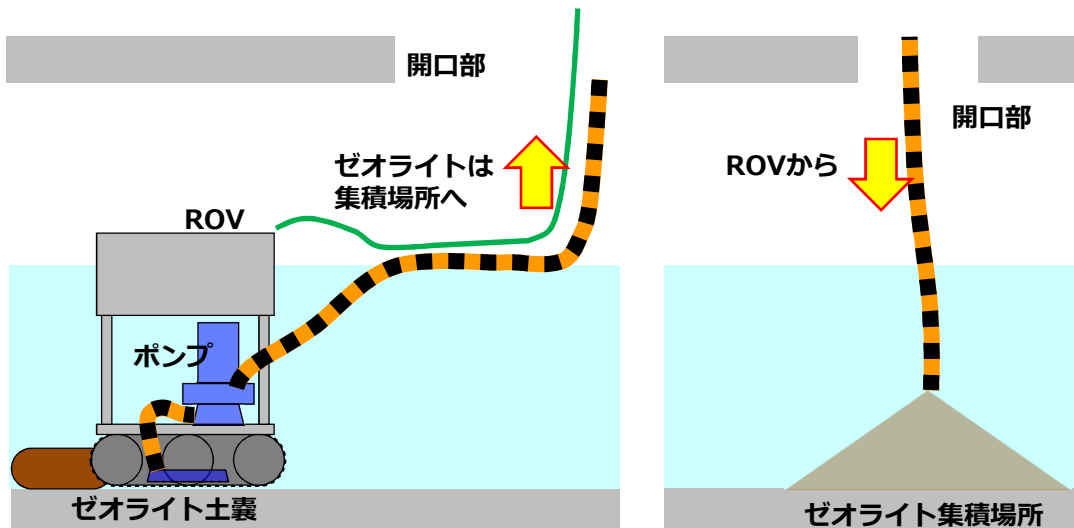
ゼオライト土嚢等の集積・敷設場所

## 【参考】 <ステップ①集積作業> の検討状況

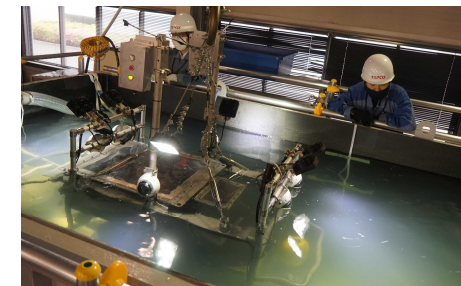
- 集積ロボット（ROV+ポンプ）でゼオライトを吸引し，集積予定の場所まで移送する。
  - ✓ 試作機を作り，モックアップ（水槽内のゼオライト集積）を実施。モックアップ用水槽内のゼオライトは，遠隔で移送可能なことを確認している。
  - ✓ 今後，現場を模擬した環境で，より実機に近い試作機を製作したうえで，現場作業を実施する計画。



開発中の試作機



最下階における集積方法

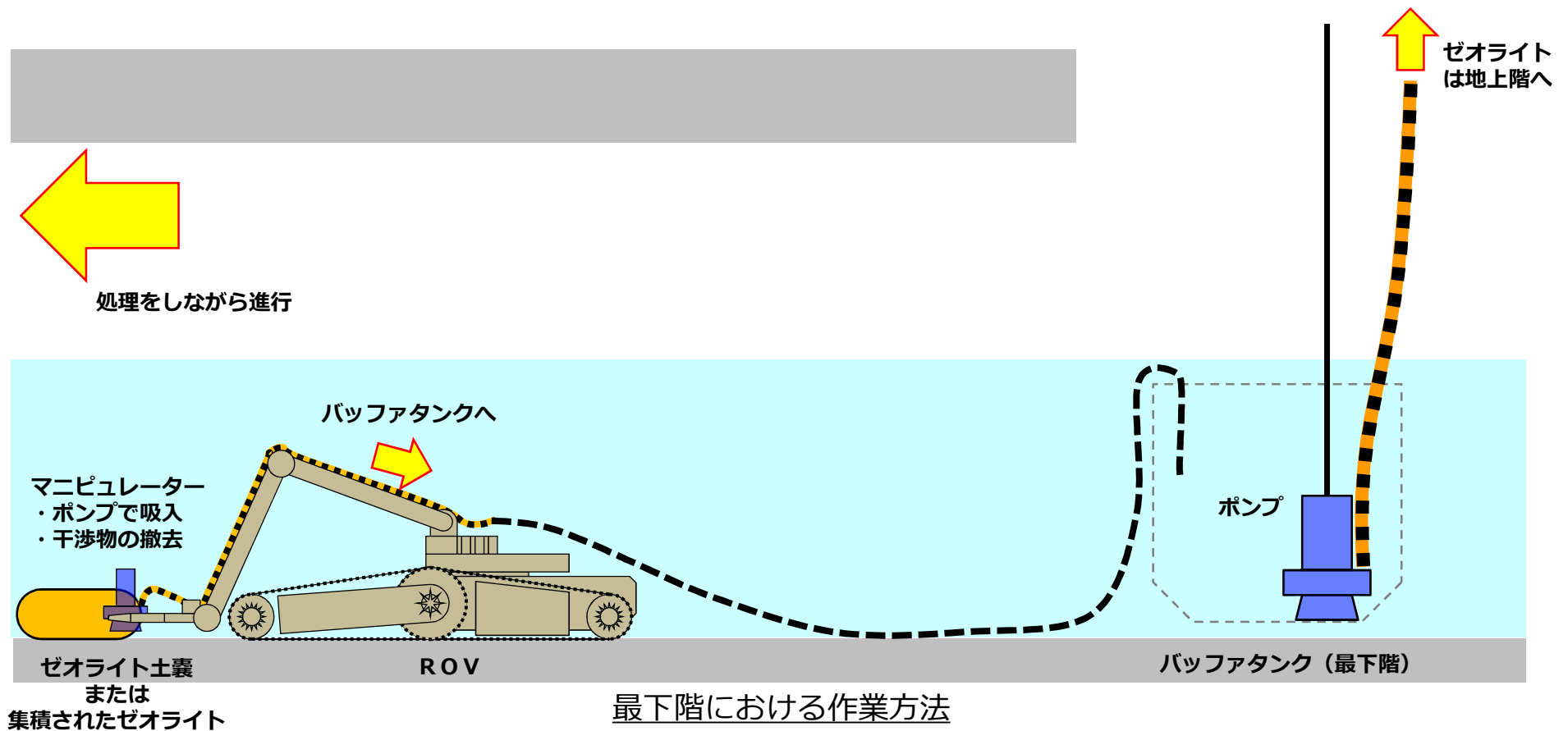


水槽で試験中の試作機

## 【参考】 <ステップ②容器封入作業> の検討状況 (地下階作業)



- 回収ロボット（小型ポンプを搭載したマニピュレーター付きROV）を使用し、マニピュレータでの干渉物の撤去や、ROVに搭載する小型ポンプを利用してゼオライトをバッファタンク（最下階）まで移送する。
- バッファタンクから大型のポンプで地上階に移送する。

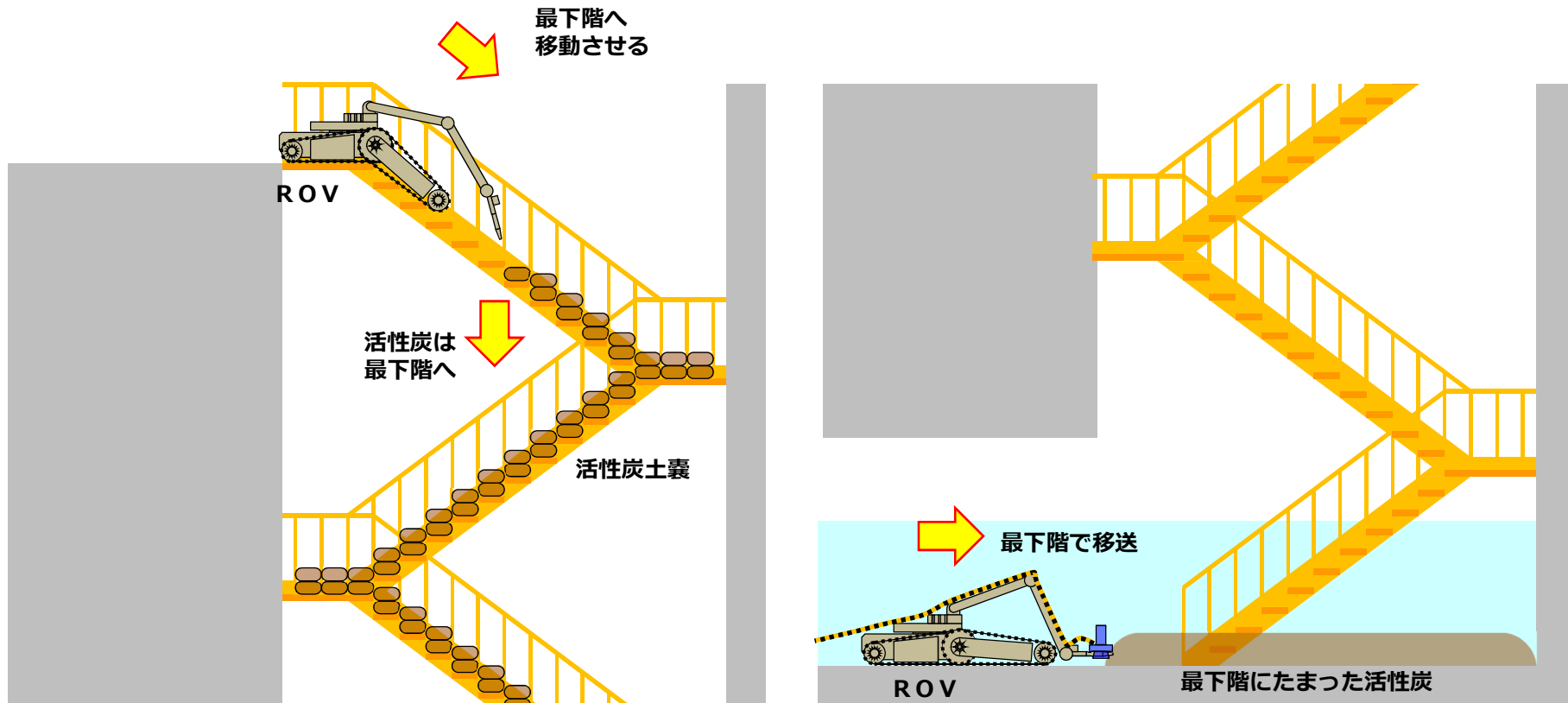




## 【参考】 <ステップ②容器封入作業> の検討状況 (階段作業)



- 階段部においては、地上階からROVを利用して、土嚢袋を最下階に移送し、最下階に積もった土嚢を最下階からROVで移送する。



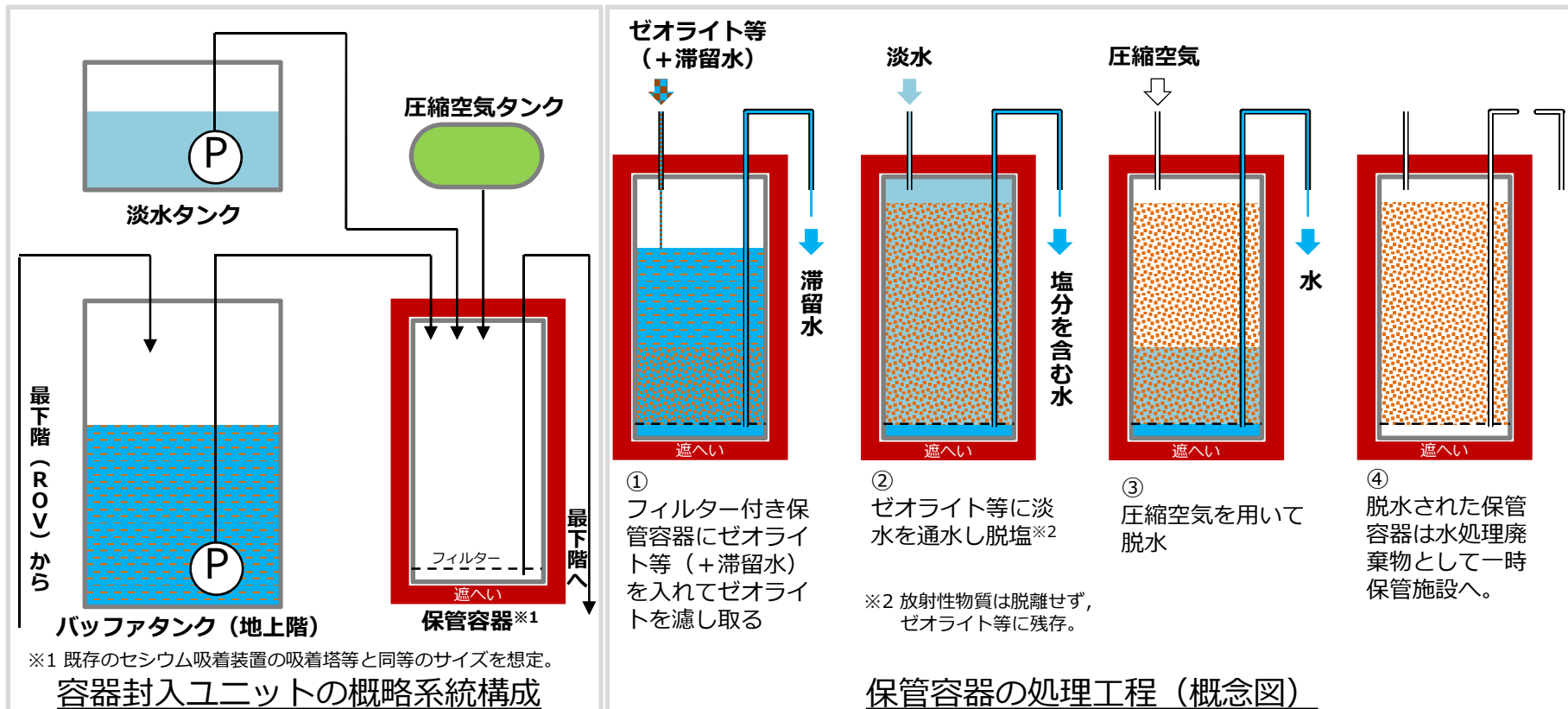
階段における作業方法



## 【参考】 <ステップ②容器封入作業> の検討状況（地上階作業）



- ゼオライト等は滞留水と共に地上階へ移送され、建屋内に準備したフィルターが装備されている遮へい付保管容器に入れて脱水する。
- 滞留水中に残留する塩分による容器の腐食を防ぐため、封入後に淡水を通水して塩分を除去し、圧縮空気等を利用して脱水する。
- 脱水後の保管容器は建屋外へ搬出し、33.5m盤の一時保管施設へ輸送する。



## 【参考】スケジュール



- ゼオライト土嚢等処理は以下に留意し，HTI，PMBの順番で作業を実施する計画。
  - 大雨等の緊急時，PMBまたはHTIを滞留水貯槽として使用する可能性を否定できないため，ゼオライト土嚢処理は片方ずつ実施（PMBとHTIを同時に作業しない）。
  - 地下1階に作業員が立ち入ることができ，土嚢等の敷設面積も小さいことから比較的作業が容易と想定されるHTIから作業を開始し，次にPMBでの作業を実施する。
- 集積作業は2023年度上半期からスタートし，並行して進めている容器封入作業開始までの期間で実施。
- 回収作業の完了時期は集積作業なしを前提とした場合，HTIは2024年度上半期，PMBは2024年内を計画しているが，集積作業の実施による早期完了を目指していく。

※ 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

		2022年度	2023年度	2024年度	
回収作業	ステップ① 集積	詳細設計			
		モックアップ			
		製作・設置			
		作業(HTI)	▲長納期品先行手配 		
		作業(PMB)			
	ステップ② 容器封入	詳細設計			
		モックアップ			
		製作			
		設置	▲長納期品先行手配 		
		作業(HTI)			
	作業(PMB)				
	実施計画				
		▲実施計画変更申請			