

ゼオライト土嚢等処理設備における 実規模モックアップについて

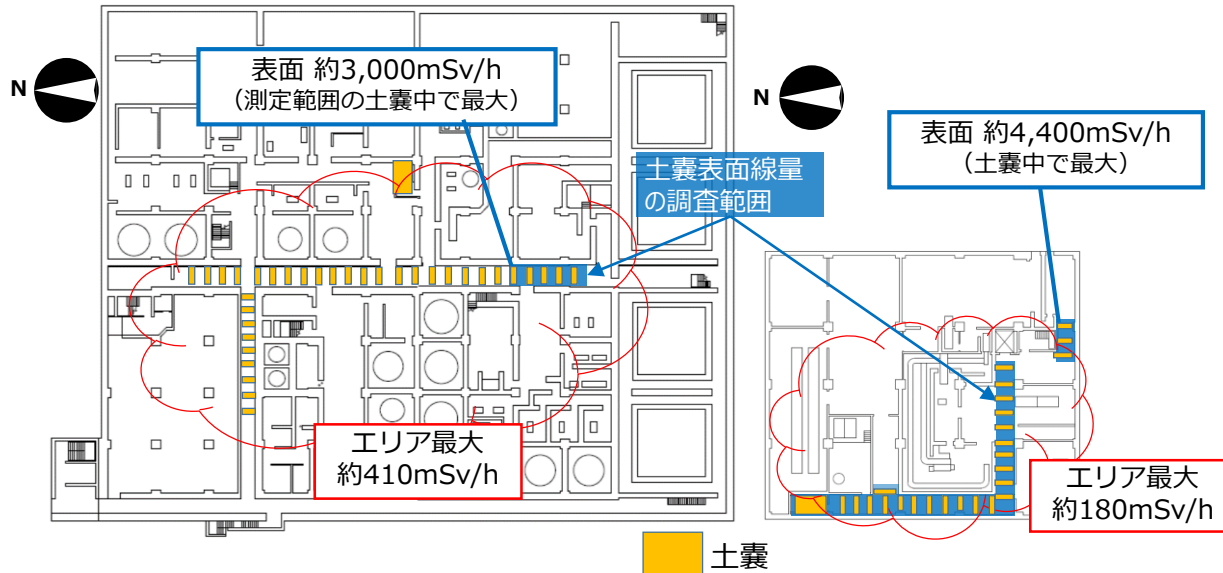
2023年 10月 26日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 【背景】ゼオライト土嚢等の現状

- プロセス主建屋（以下、PMB）、高温焼却炉建屋（以下、HTI）はゼオライト土嚢・活性炭土嚢（以下、ゼオライト土嚢等）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3,000[mSv/h]、HTIで最大約4,400[mSv/h]
 - 空間線量は、水深1.5[m]程度の水面で、PMBは最大約410[mSv/h]、HTIは最大約180[mSv/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・結果

TEPCO

- 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、2023年10月）。

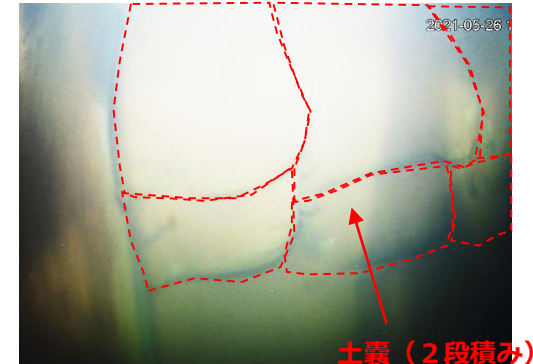
➡ ゼオライト土嚢等を敷設した全域の調査・視認が出来た。一部、土嚢袋は破損しているものの、概ね土嚢の原型は保持していることを確認。一部、干渉物があることも確認。



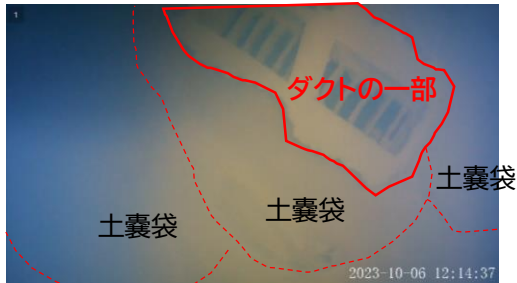
① 最下階の様子(HTI・水上)*1



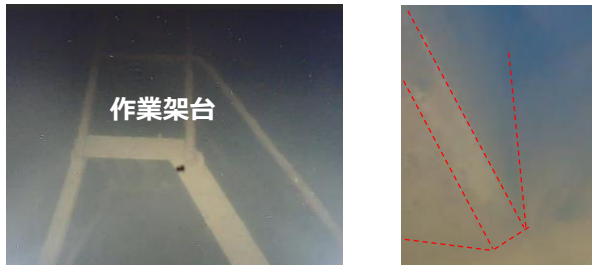
② 最下階の様子(HTI・水上)*2



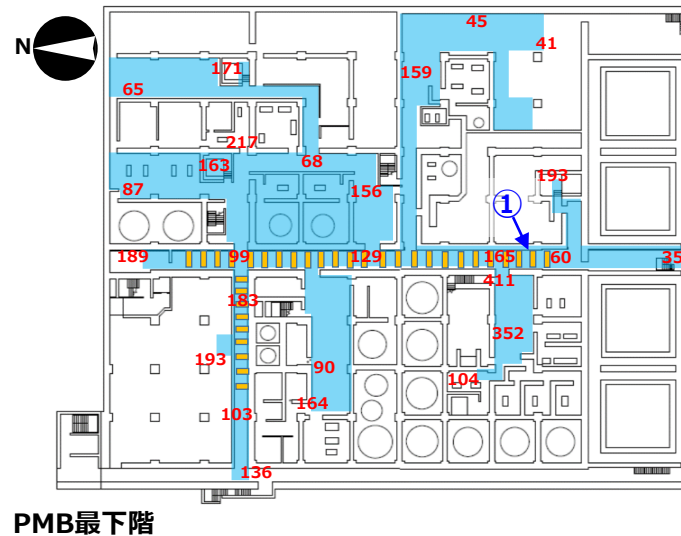
③ 最下階の様子(HTI・水中)*1



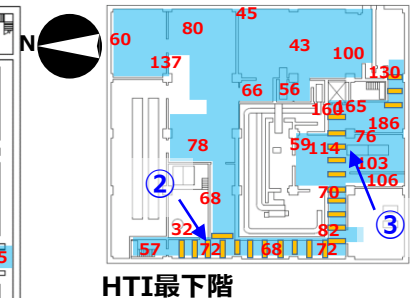
④ 干渉物の例(HTI)*2



⑤ 干渉物の例(HTI)*1 ⑥ 角部の状態(HTI)*2



PMB最下階



HTI最下階

■ 土嚢
■ 調査範囲
● 線量 (mSv/h)
※数値は参考値

*1: 2021年5月～8月

*2: 2023年10月

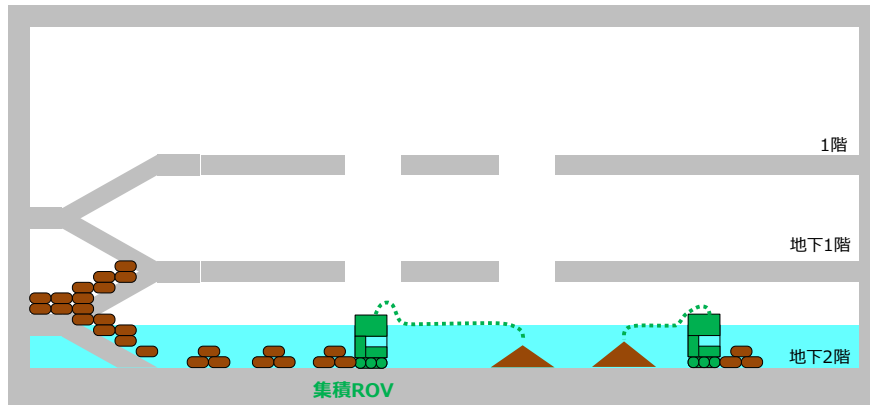
ゼオライト土嚢等位置とエリア線量*1

1. 【背景】処理方法の概要

- PMB, HTIの地下2階における高線量化したゼオライト土嚢・活性炭土嚢は、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。
- 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**”の2ステップに分け、作業の効率化を図る計画。
- なお、土嚢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

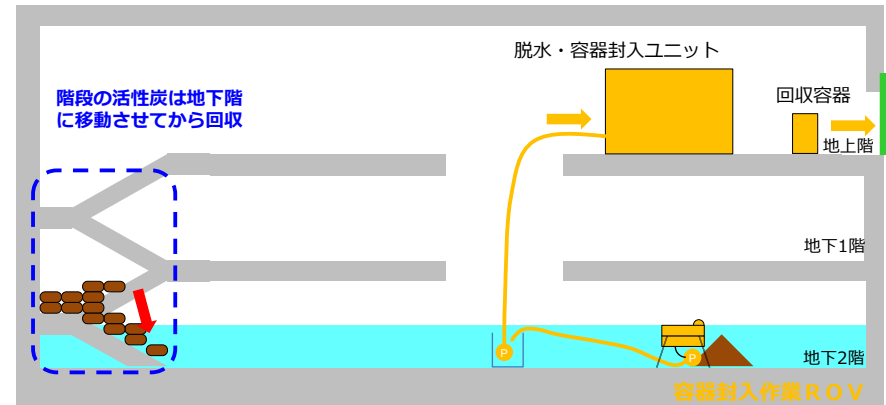
- ✓ ゼオライト土嚢等について、作業の効率化による工期の短縮（完了時期の前倒し）を目的に、容器封入作業の前に集積作業を計画。
- ✓ 集積作業用ROVを地下階に投入し、ゼオライトを吸引し、集積場所に移送する。



今回モックアップ試験での確認ステップ

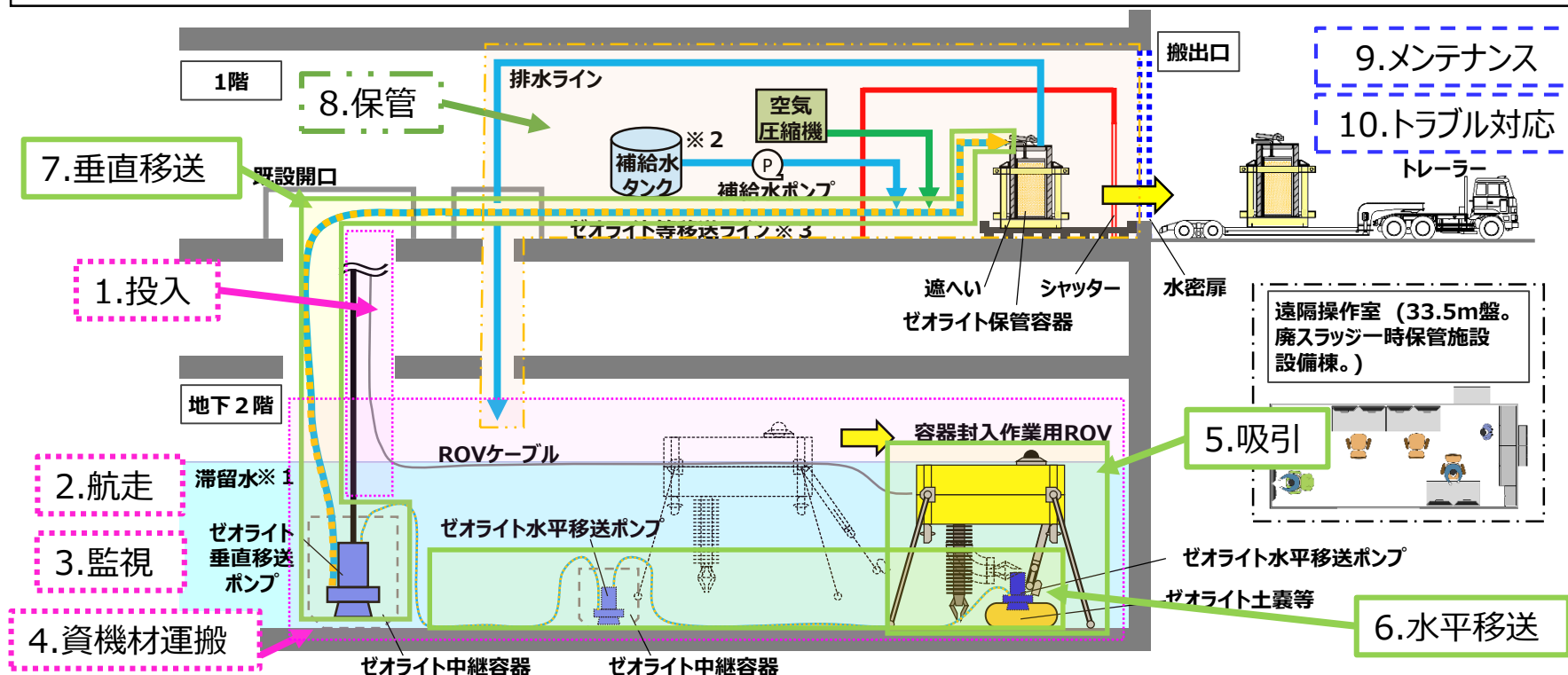
ステップ② 容器封入作業

- ✓ 集積されたゼオライトを容器封入作業用ROVで地上階に移送し、建屋内で脱塩、脱水を行ったうえ、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。



2. 容器封入作業の現場作業概要

- プロセス主建屋（以下、PMB）、高温焼却炉建屋（以下、HTI）の最下階に敷設しているゼオライト土壌・活性炭土壌（以下、ゼオライト土壌等）について、地下階に容器封入作業用ROVを投入し、ゼオライト水平移送ポンプ及びゼオライト垂直移送ポンプでゼオライト等を地上階のゼオライト保管容器に回収し、33.5m盤の一時保管施設まで搬出する。
- ゼオライト保管容器内部にはフィルタが装備されており、補給水及び空気圧縮機を用いゼオライト等の脱塩（建屋滞留水に含まれる塩分の除去）、脱水を実施する。また、ゼオライト等の移送作業後、ゼオライト等移送ラインはフラッシングを実施する。



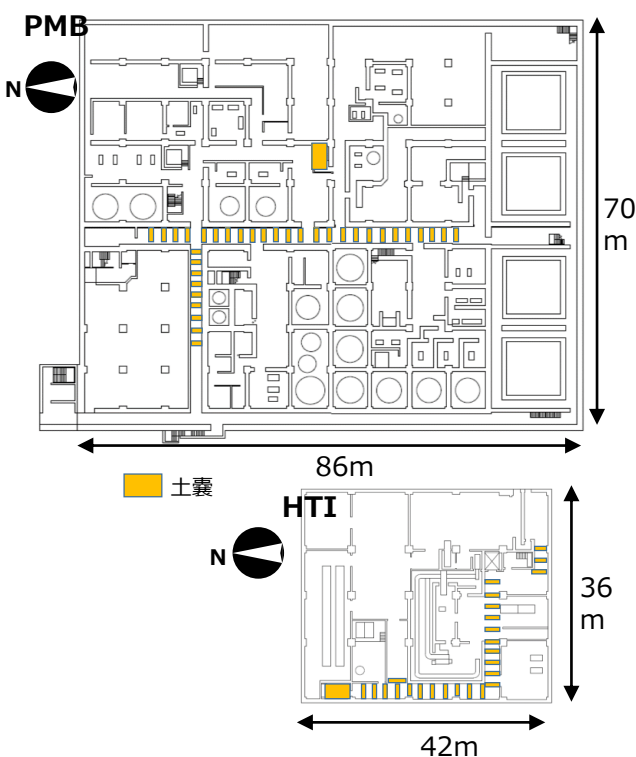
※1 建屋水位は、建屋最下階（地下2階）における作業性を踏まえ、水位1.5m程度に維持する計画。そのため作業中の建屋は基本的に建屋滞留水の受入、移送を停止し、他方の建屋において建屋滞留水の受入、移送を実施する。

※2 補給水タンク水として、RO処理水（ ^{137}Cs : 10^1 Bq/Lオーダー）もしくはろ過水の使用を計画する。

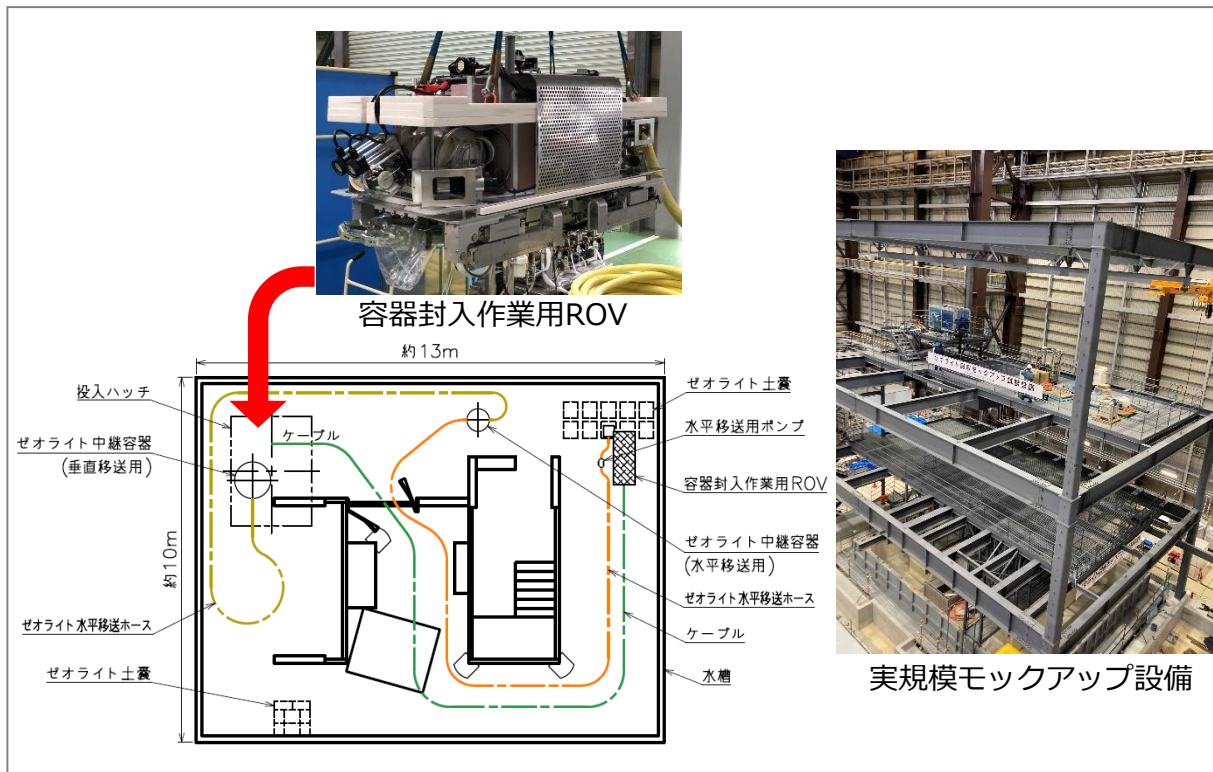
※3 ゼオライト等を移送するポンプにはストレーナがついており、異物が詰まった場合等に備え、逆洗が可能な設備構成とする。

3-1. 実規模モックアップ概要

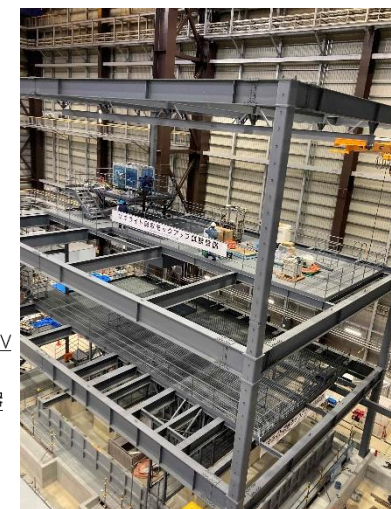
- ゼオライト土嚢等処理設備（容器封入作業）に関するROVのモックアップについて、日本原子力研究開発機構(JAEA)楢葉遠隔技術開発センターにて実施する。なお、集積作業に関するROVのモックアップも当該施設で実施している。
- 上階(地下1階, 地上1階)を模擬した架台を設置(高さは実スケール)
- 現場調査で確認された干渉物, 劣化した土嚢袋等を再現し, 現場環境を模擬。



1 F 現場（実際の土嚢配置）



実規模モックアップ



実規模モックアップ設備

3-2. モックアップにおける確認項目・結果（1）

- 今回、主にケーブルマネジメント、一連のROVの遠隔動作、想定トラブル対応について、実規模モックアップを実施した。
- 必要な要素については、一通り確認を実施しており、大きなトラブル等は無く、コンセプトについて問題が無いことを確認した。

1.投入



ROVの動作に合わせ、ケーブル送り、巻き上げ機能を確認

2.航走



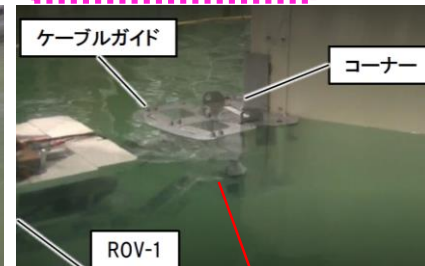
航走し5回曲がりが可能であることを確認

3.監視



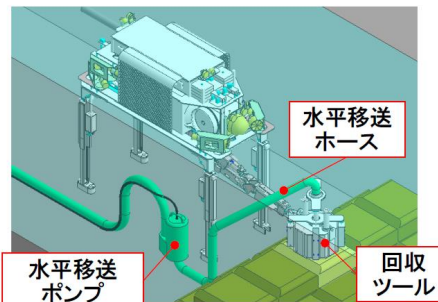
ケーブル余長の牽引補助をしながらの航走ができることを確認

4.資機材運搬

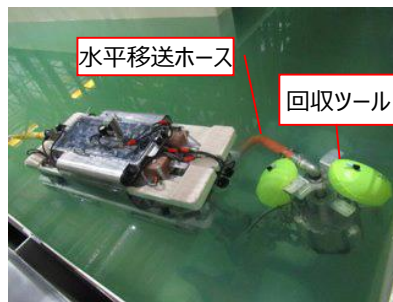


資機材をROVが把持、運搬、設置できることを確認

5.吸引



6.水平移送



7.垂直移送



ゼオライト吸引時の作業概要（イメージと試験様子）

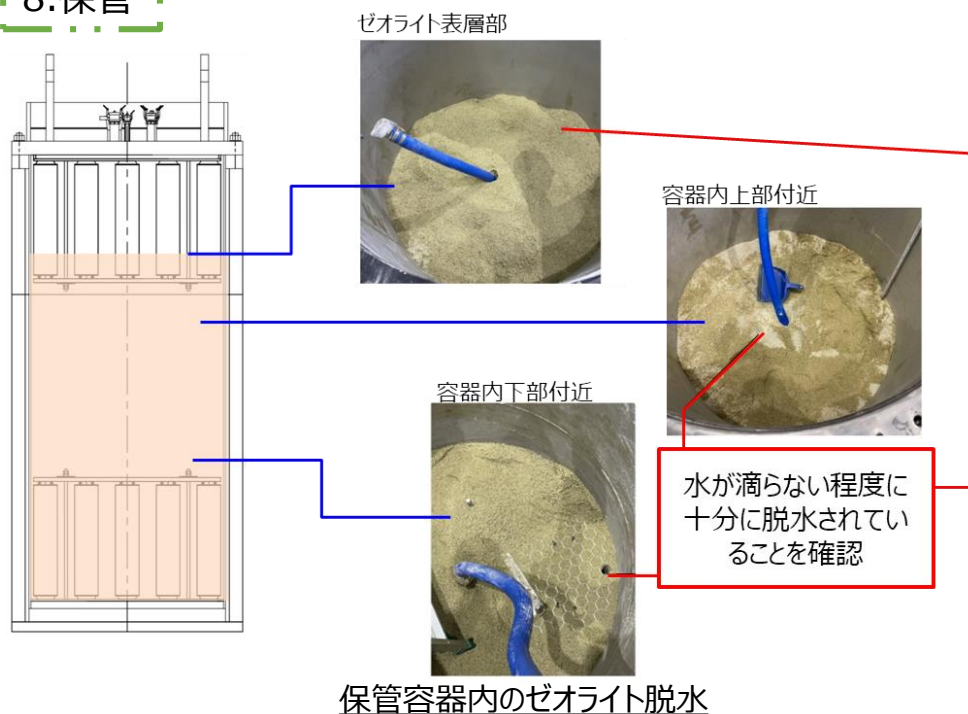
回収ツール吸引前

回収ツール吸引後

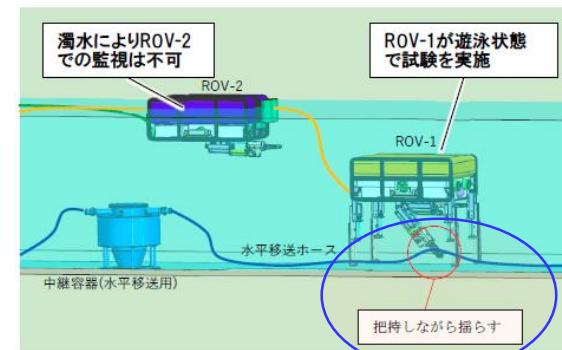
土嚢袋を切開し、閉塞することなく劣化土嚢袋内のゼオライトを吸引、移送出来ることを確認

3-2. モックアップにおける確認項目・結果 (2)

8. 保管



9. メンテナンス

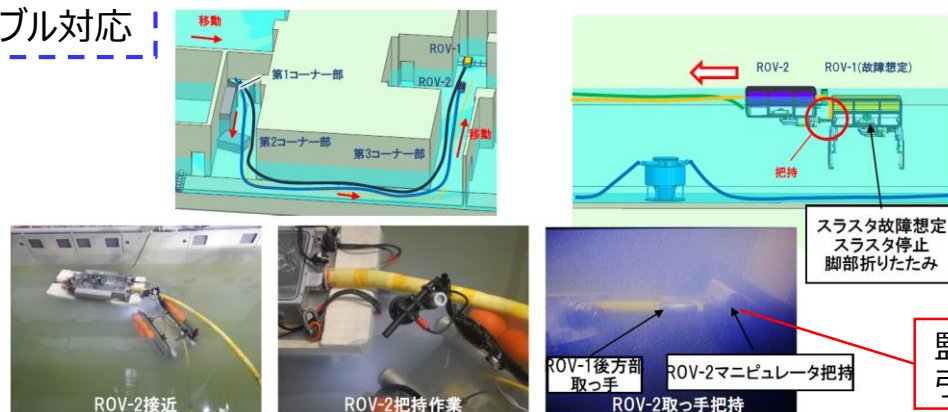


メンテナンス確認試験



ROVアームにて移送ホースを把持し、上下/左右に揺らすことが可能であることを確認

10. トラブル対応



ROVの強制引き戻し

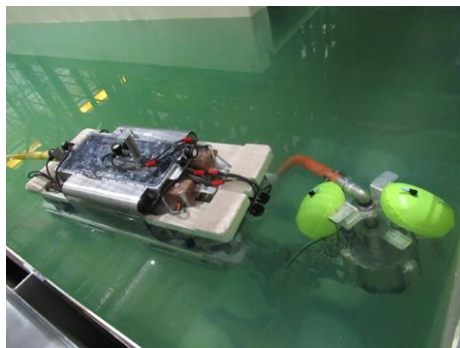
監視用ROVで作業用ROVを把持して牽引回収できることを確認

3-3. モックアップで確認された課題や修正点

- 実規模モックアップで確認された課題や修正点については、フィードバックを実施した上で、現場作業の安全性と確実性を高めるため、引き続きモックアップを実施する。

確認された主な事象と対応方針

事象	- 作業の影響で濁水が発生。 - 濁水環境内では100mm程度まで近づかないと視認できなかったものの、気中カメラで相互監視をしながら作業を実施。
原因	濁水が発生しにくいように、部分的に土嚢袋を切断しゼオライト吸引を進める手法にて検討を進めているものの、繰り返し作業においては濁水が発生を抑制することが困難。
対応方針	- 濁水の発生を考慮して、耐放射線性を考慮の上、ソナー等、カメラ以外の確認方法についても検討を進める。なお、モックアップにおいては、ソナーを用い、前方の壁や干渉物については確認が容易であったが、土嚢袋の判別は困難であったため、より適したソナー等を選定する方針。 - 濁水の低減・拡散防止方法等について検討を進める。



ゼオライト回収作業前



ゼオライト回収作業後（濁度上昇）



前方に物体があることのみ
確認可能

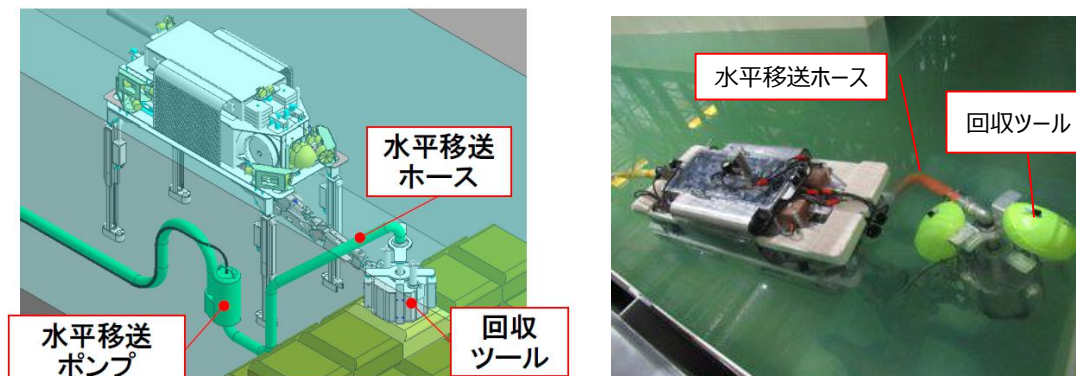
障害物

ソナーの確認結果

5. 吸引

3. 監視

試験	ゼオライト回収（作業状態の監視，回収ツールをROVで把持，移動，設置、濁水の発生時にゼオライト土嚢の吸引後の状況を確認）
結果	濁水中においてもゼオライト回収ツールの位置合わせ，ゼオライト土嚢袋切断，水平移送ポンプによるゼオライト回収・移送，ROV浮上/航走が可能であることを確認。 ROVにて土嚢袋を切開し、配管が閉塞することなく劣化土嚢袋内のゼオライトを吸引、移送可能であることを確認。



ゼオライト回収時の作業概要（イメージと試験様子）



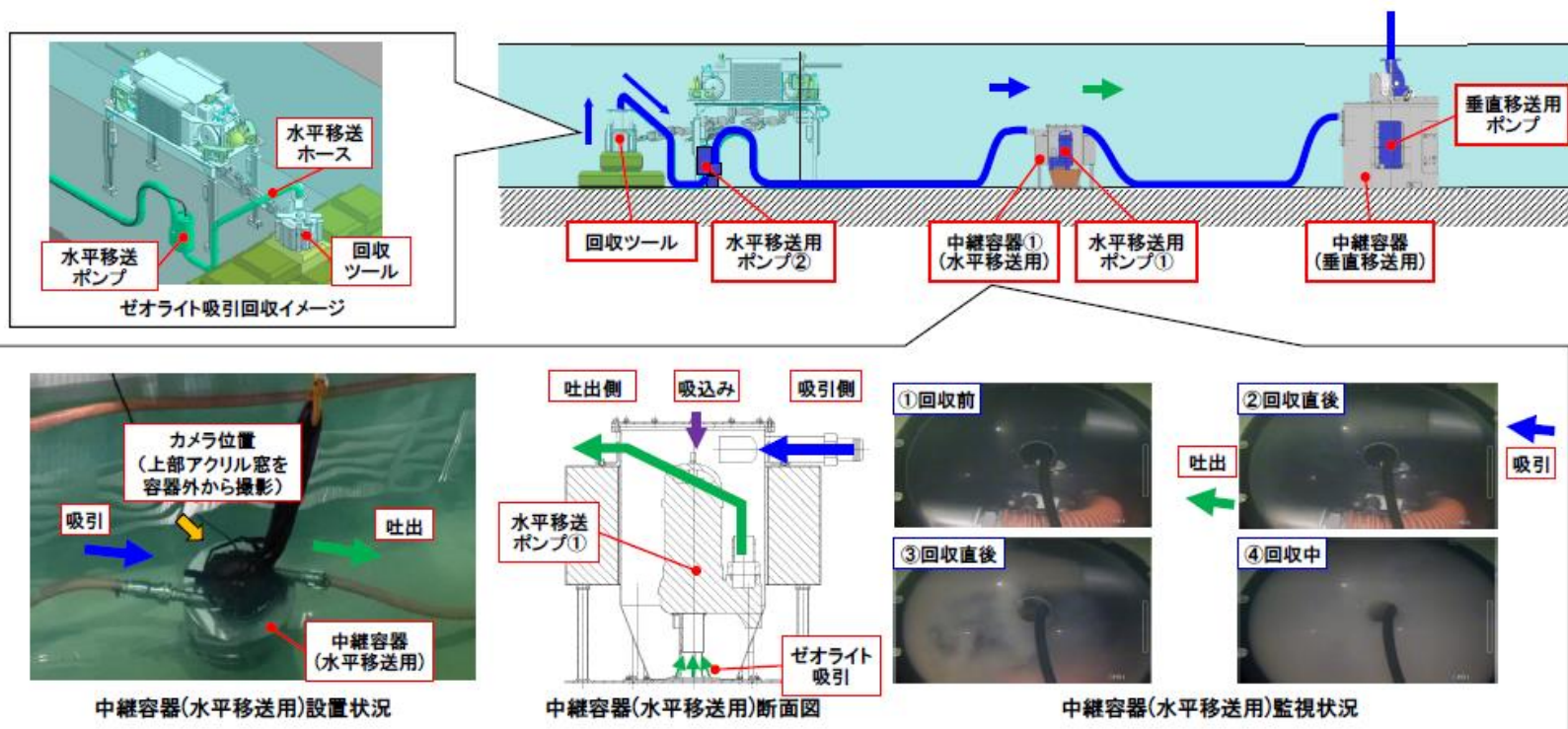
回収ツールでの土嚢袋の視認状況

回収ツールでの土嚢袋を吸引中の状況

ゼオライト回収時の様子

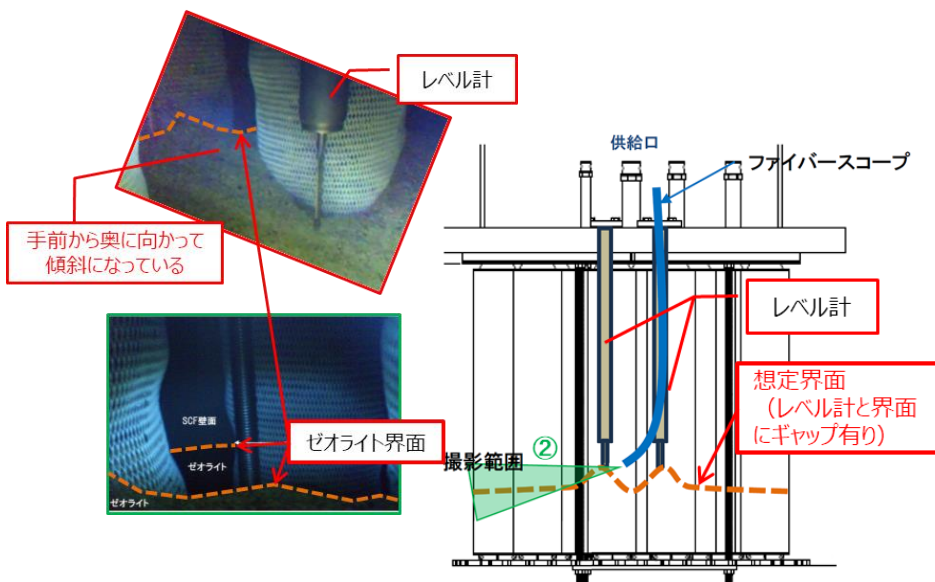
6. 水平・垂直移送

試験	ゼオライトの水平移送 中継容器でのゼオライトの移送濃度の低減 地上階への垂直移送
結果	移送時の流量、圧力に大きな変動はなく、配管閉塞なく移送できていることを確認。 地上階ゼオライト移送ラインにおいても、閉塞せずに移送できていることを確認。



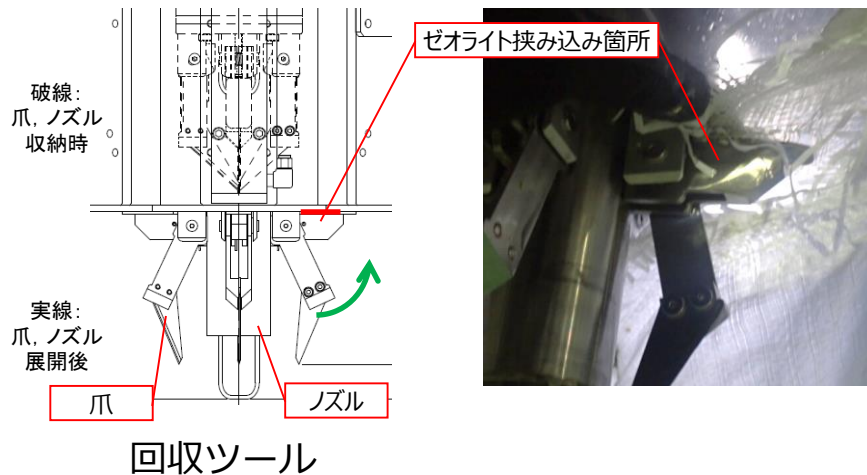
ゼオライト界面の状況

- ゼオライトの保管容器への充填時に、レベル計の検知ランプが点灯した後、消灯したことを確認
- ゼオライト界面が波打っているような状況であることを確認。ゼオライト界面の凸部が検知プローブに触れて一度は検知するものの、入口からの水流により凸部が崩れ、検知プローブとゼオライトが接触していない状態となったと推定
- この事象を考慮したレベル計の設置位置とすること等の対策を検討。



回収ツールのノズルへのゼオライト噛みこみ

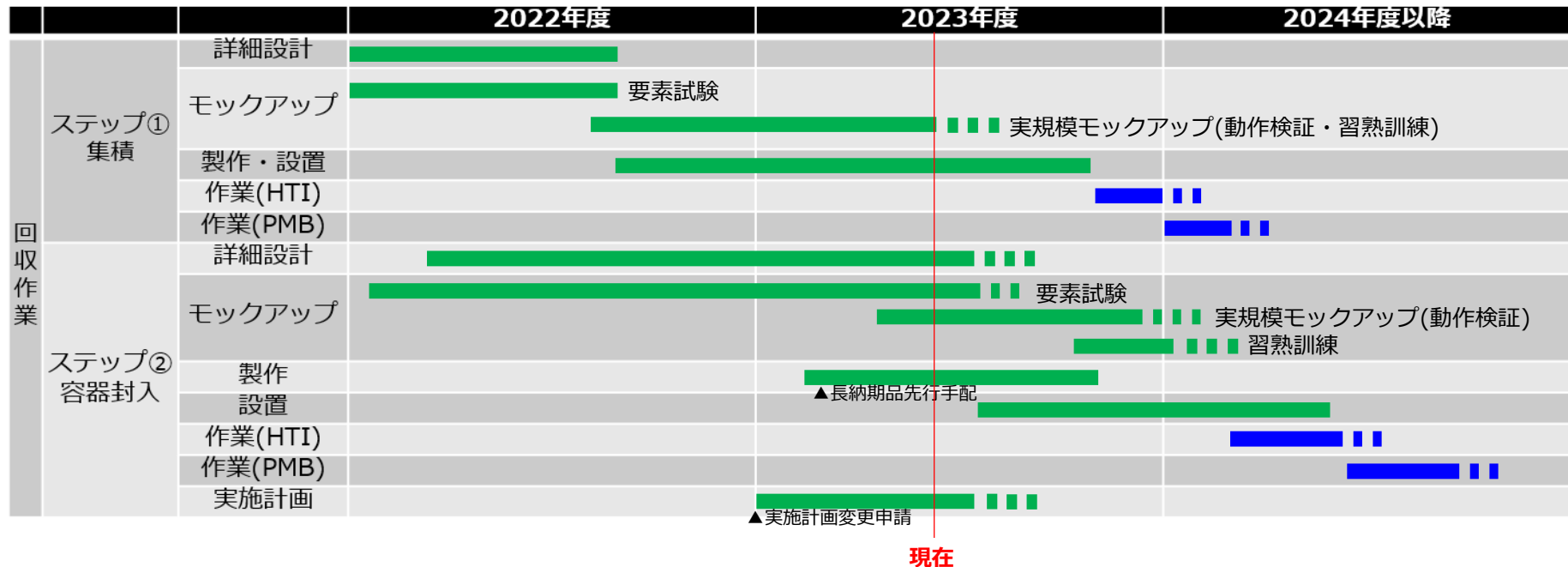
- ゼオライト回収後、回収ツールのノズルを上昇しようとしたところ、上昇しなかった。
- 回収ツールの爪にゼオライトが噛みこんでおり、ノズルの上昇を妨げたため、回収ツール構造の見直しを検討

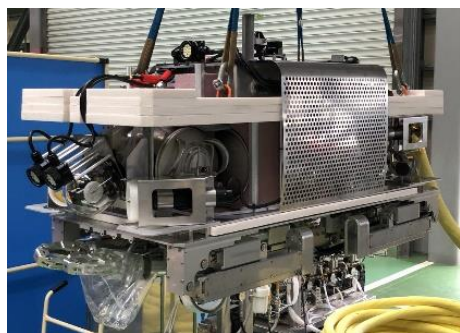


【参考】スケジュール

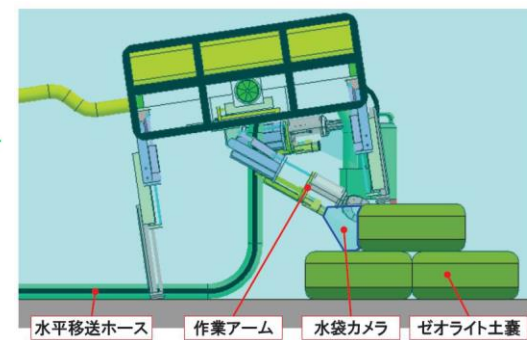
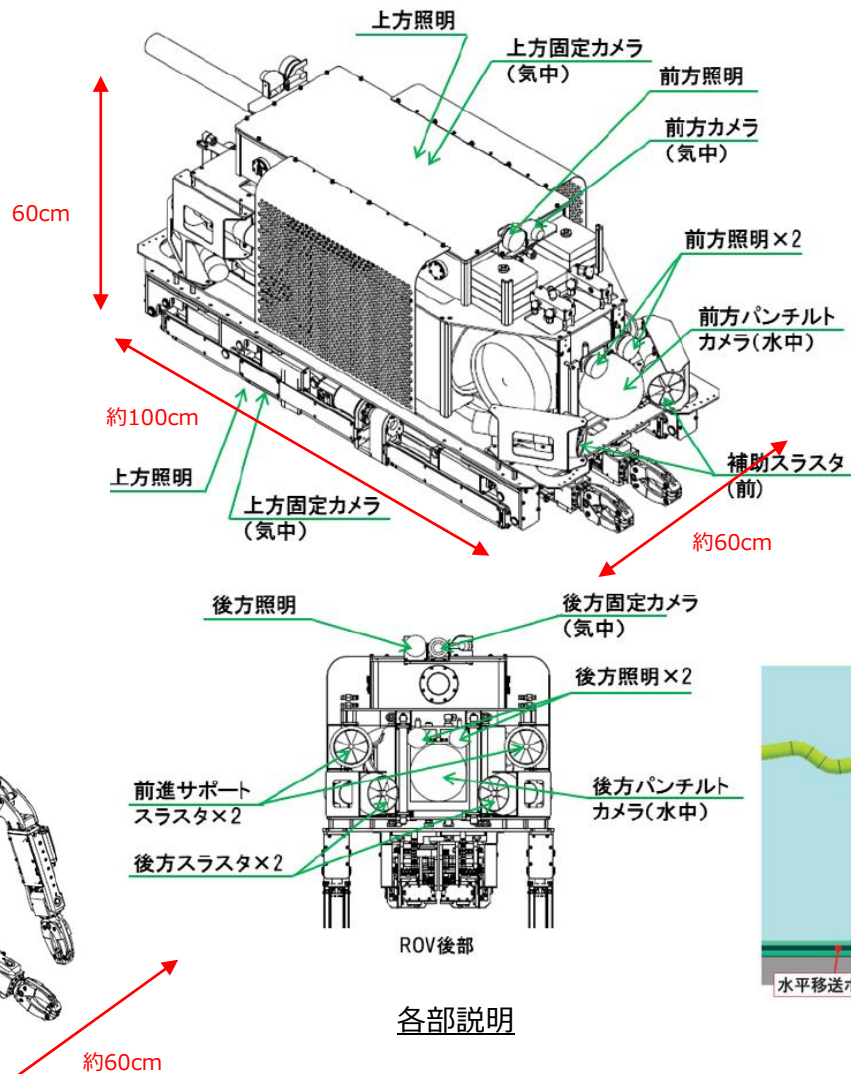
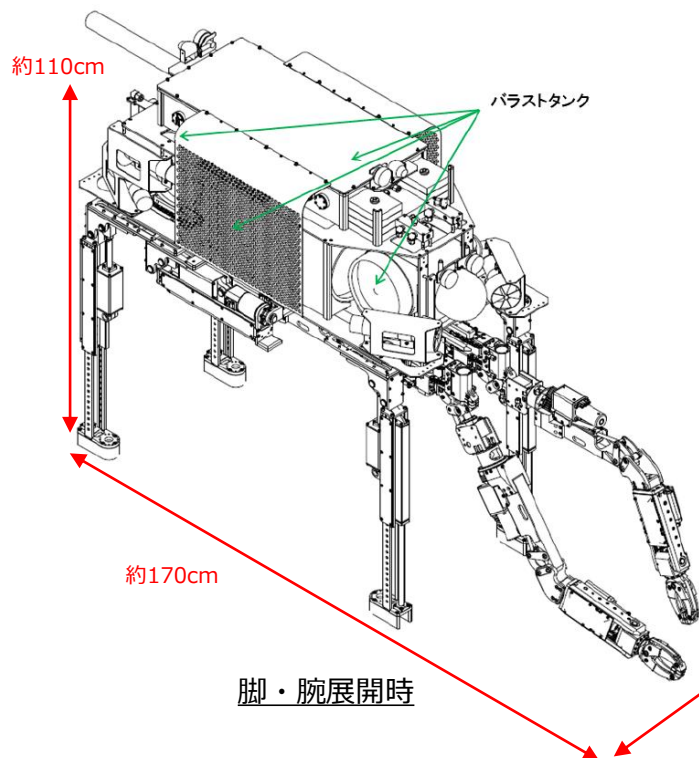
TEPCO

- 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、ゼオライト土嚢等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、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ており、2023年度から開始予定。
- 容器封入作業については、2023年9月に実施予定の実規模モックアップ試験の中で得られた知見、今後の現場調査で得られた知見や、2023年度から開始する集積作業によって得られた知見等を反映し、現場作業の安全性と確実性を高めて作業を実施する。2024年度以降となる見込みであるが、可能な限り早期に実施していく。





ROV写真（脚腕格納時）

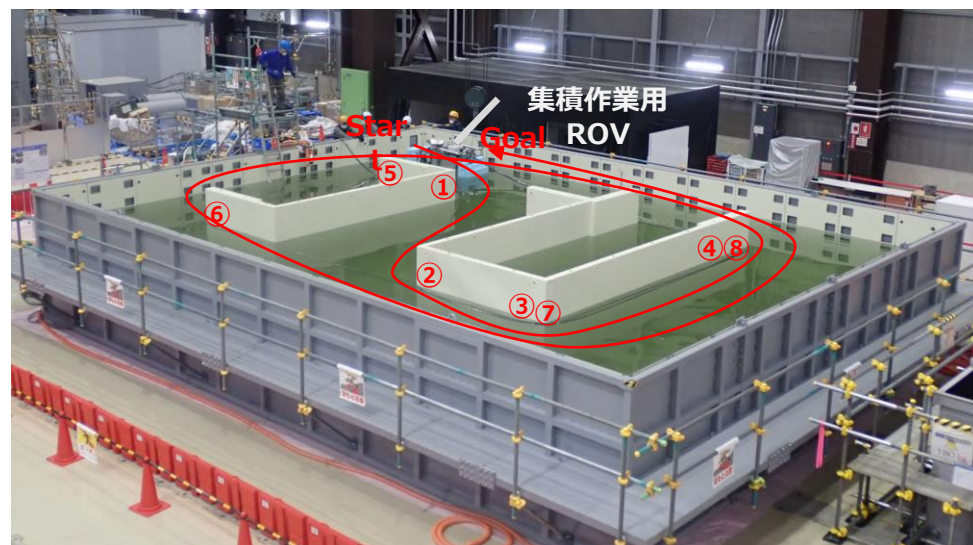


作業のイメージ

- 集積作業に関するモックアップを日本原子力研究開発機構(JAEA)櫛葉遠隔技術開発センターにて実施中。
 - 現場（地下2階）を模擬した水槽を使用。水平方向は実スケールより小さいものの、重要な確認項目である曲がり角におけるケーブルマネジメントについては、周回させることによって、現場と同じ回数を確認予定。
 - 上階(地下1階，地上1階)を模擬した架台を設置(高さは実スケール)。
 - 現場調査で確認された干渉物，劣化した土嚢袋等を再現し，現場環境を模擬。
 - 主にケーブルマネジメント，一連のROVの遠隔動作，想定トラブル対応を検証する予定。



モックアップ架台全体図



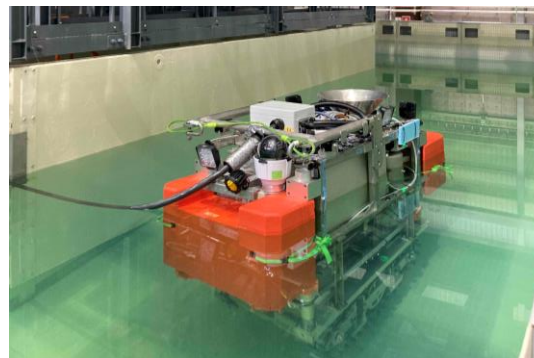
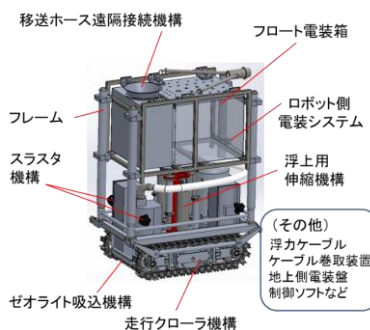
ROV電源ケーブル引き回し試験風景

①～⑧の角を電源ケーブル引き回し、ケーブルの壁面角部影響を確認する試験を実施

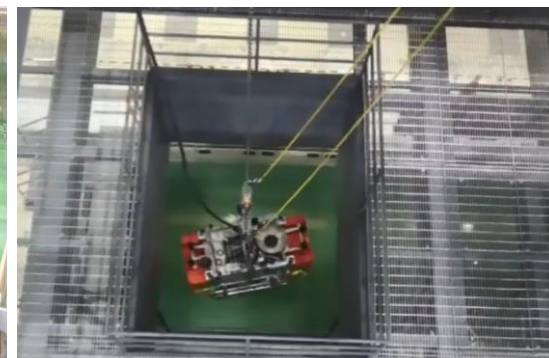
- 集積作業用ROVは改良を加えながら開発を進め、現在、実規模モックアップを実施中。現場適用に向けた最終調整の段階であり、2023年度から1F現場での作業着手予定。



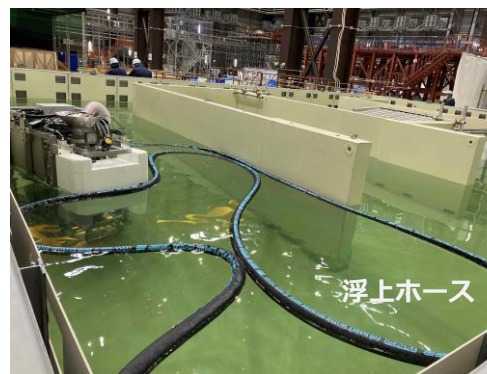
集積作業用ROV



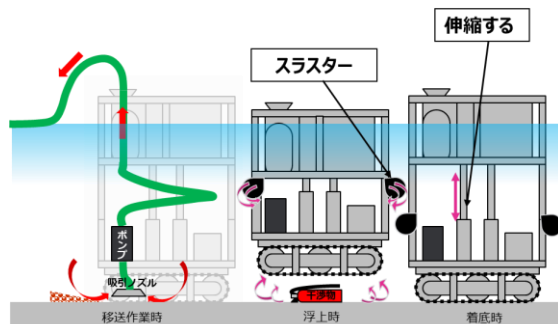
ROV航走試験



ROV投入試験



移送ホース



- ✓ 基本的には着底してクローラで走行するが、大型の干渉物等はスラスタにて浮上して回避する。
- ✓ ゼオライト等は、底部の吸引ノズルから吸引する。
- ✓ ホース・ケーブルは浮上する物を使用し、干渉物への引っかかりの抑制や、引っ張り抵抗を低減する。