

ゼオライト土嚢等処理の検討状況について

2022年10月26日

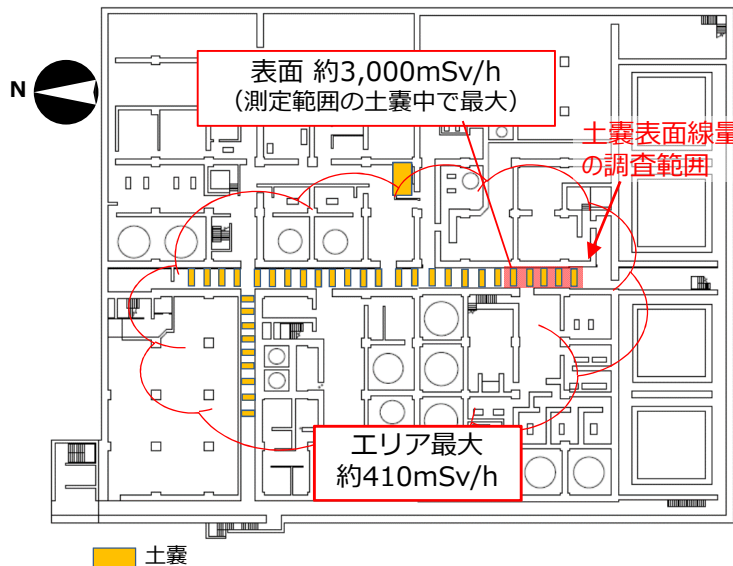


東京電力ホールディングス株式会社

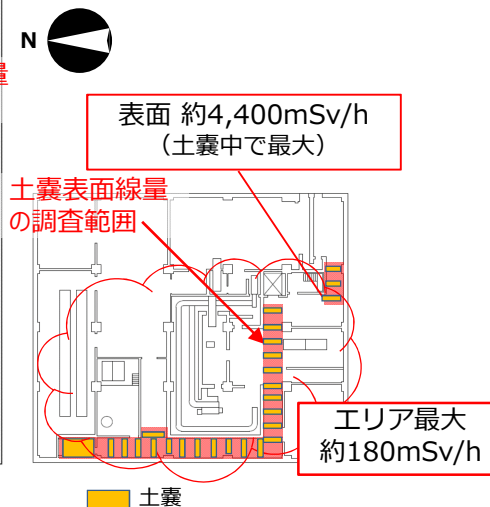
- ゼオライト土嚢等の処理について、頂いている下記コメントに対し、現在の対応方針を回答する。
 - ① ゼオライト取り出し時の遮へい設計，閉じ込め設計などの安全設計について示すとともに，設計諸元の設定など設計から製作などのプロセスにおいて重要な事項を決めるタイミングを整理して全体スケジュールとして示すこと
 - ② 回収機器の信頼性向上，不調時の代替機確保，実証実験により明らかとなる課題の解決などの実現方策を具体化すること
 - ③ 核燃料施設等の閉じ込め機能に係る基準要求のうち出来ないもの及びその理由を示すとともに，設備設計に際しては，どのような不具合が発生しうるのか，不具合が発生した場合にどう対応するのかについても網羅的に評価すること
 - ④ 脱水等の運用方法や実現性，保管年数，再取り出し等を十分に考慮した上で，保管容器の具体的な設計を検討すること

1. ゼオライト土嚢等の現状

- プロセス主建屋（PMB）、高温焼却炉建屋（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3,000mSv/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

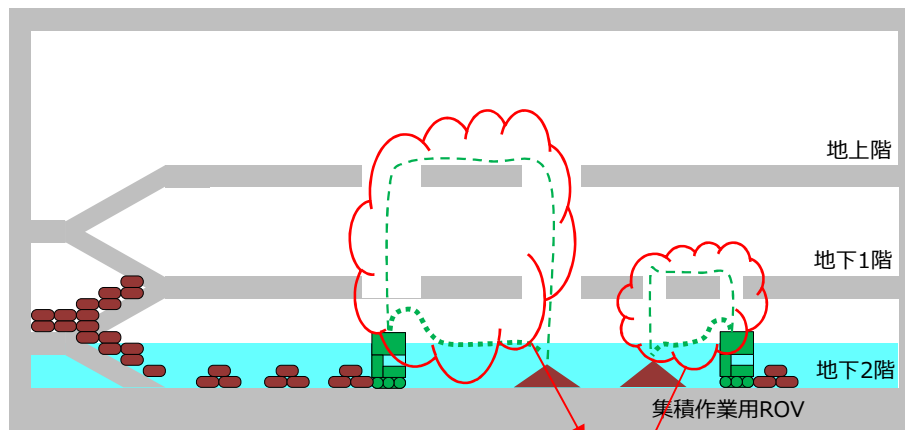
建屋	種類	推定敷設量
PMB	ゼオライト	約 16 t
	活性炭	約 8 t
HTI	ゼオライト	約 10 t
	活性炭	約 7.5 t

2. 処理方法の概要

- 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。
- 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

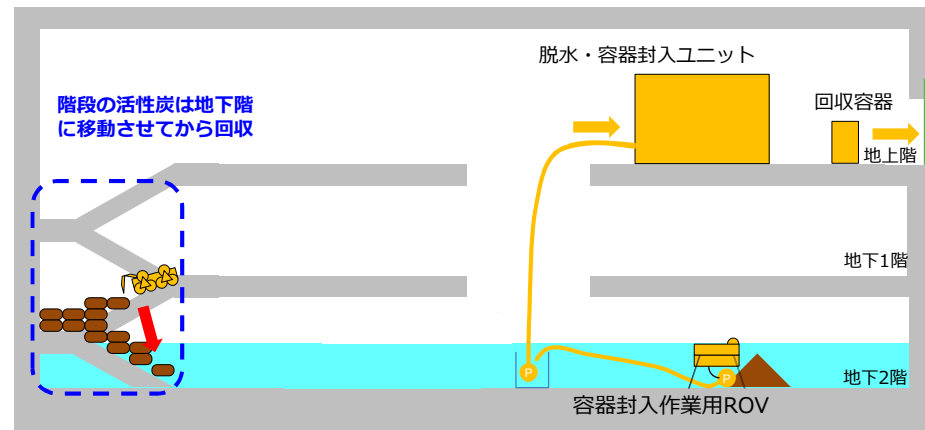
- ✓ ゼオライト土嚢等について、作業の効率化による工期の短縮（完了時期の前倒し）を目的に、容器封入作業の前に集積作業を計画。
- ✓ 集積作業用ROVを地下階に投入し、ゼオライトを吸引し、集積場所に移送する。



移送経路は地下案も含めて検討中

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。



3. ゼオライト土嚢等処理設備の安全設計について（1 / 3）

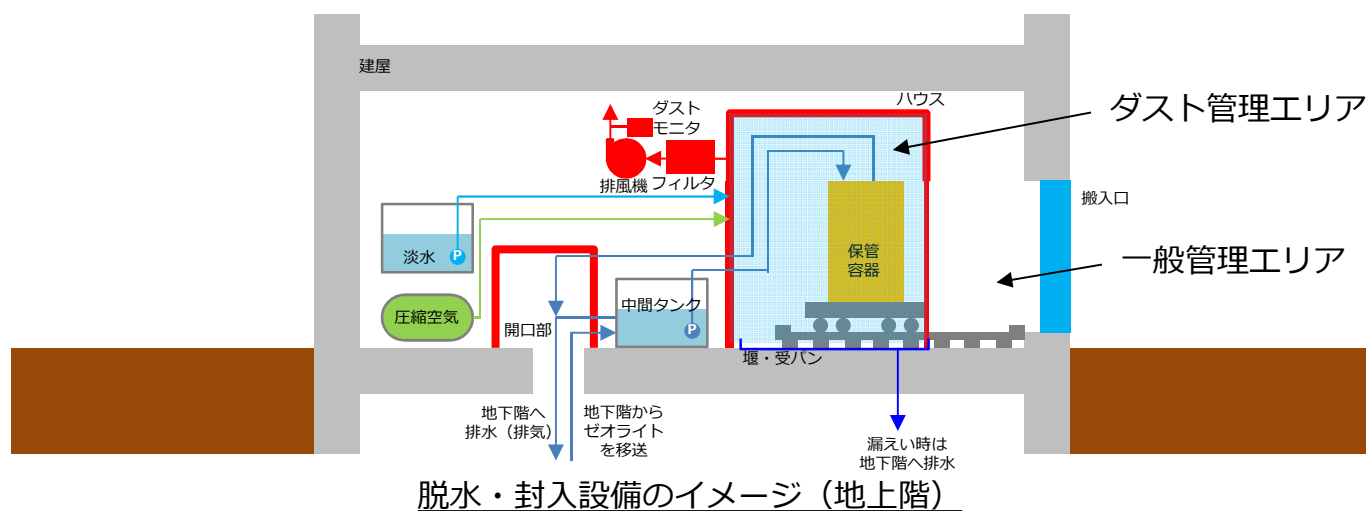
【第98, 99回特定原子力施設監視・評価検討会で頂いたコメント】

- ① ゼオライト取り出し時の遮へい設計，閉じ込め設計などの安全設計について示すとともに，設計諸元の設定など設計から製作などのプロセスにおいて重要な事項を決めるタイミングを整理して全体スケジュールとして示すこと。
- 「1Fの耐震設計における地震動とその適用の考え方」を踏まえた地震動の設定や「使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則」に準拠する閉じ込め機能等の設計検討を進めている。
- 安全設計（耐震クラス）
 - 「1Fの耐震設計における地震動とその適用の考え方」を踏まえた地震動を設定することを基本とするが，当社見解については，「施設・設備の耐震クラス分類の考え方に関する意見（資料3-1）」を参照。
 - 保管容器1基あたりに内包する放射性物質量は最大で14乗Bqオーダー（主にCs-137）と想定。地震により安全機能を失った際の公衆被ばく線量については，Ss900に対する遮へい・閉じ込め機能の維持の程度が見込める場合は考慮していく。
- 安全設計（遮へい設計）
 - 被ばくに対する考慮として，機器表面は数mSv/h程度となるように設計する
 - ゼオライト移送を実施する下記の範囲については遮へいを実施する
 - ✓ 配管：トラフ内に設置してトラフに遮へいを設置
 - ✓ 中間タンク：遮へいを設置
 - ✓ 保管容器：遮へいを設置（保管容器と一体で設計）
 - また，保管容器への封入は建屋内で行う予定であることから，敷地境界に対しては建屋遮へいも期待できる。

3. ゼオライト土嚢等処理設備の安全設計について (2 / 3)

■ 安全設計 (閉じ込め機能)

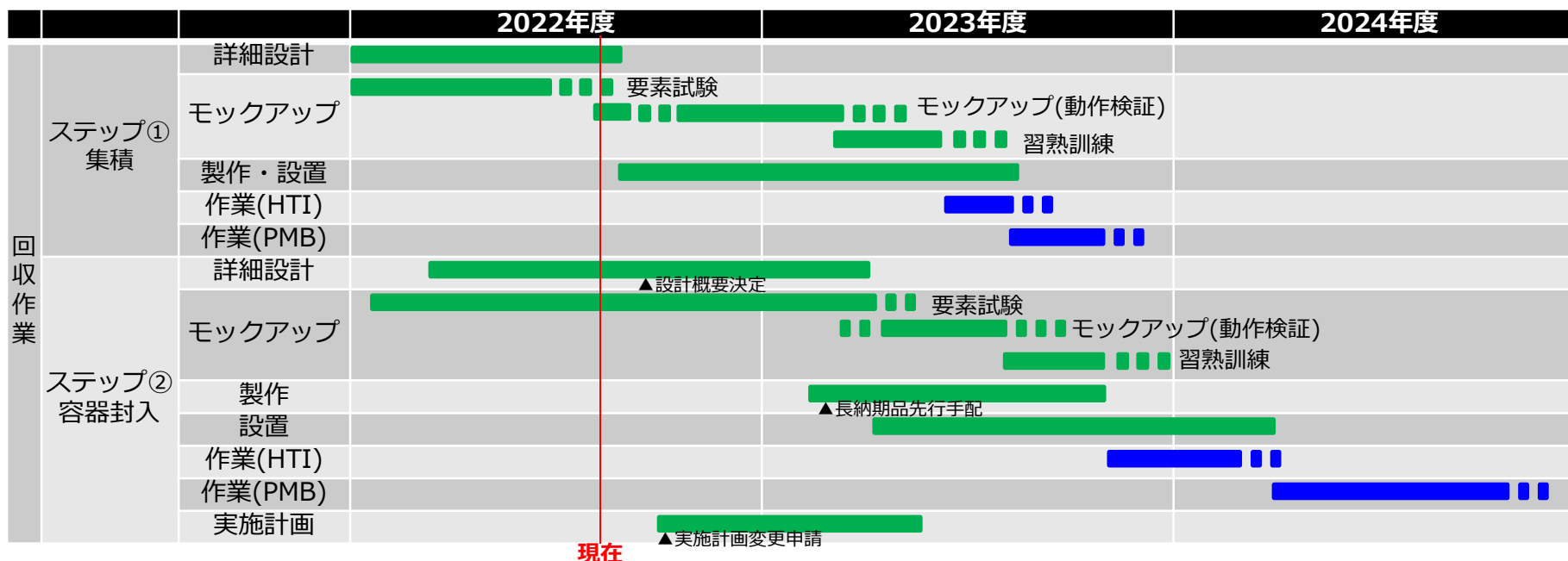
- ゼオライト等の移送は建屋内かつ配管・容器内で行う計画であり、開放状態でゼオライト等を直接扱うことはしない。
 - ROV等の遠隔機器を点検する際は、遠隔で除染を行った後に実施する。
- ⇒ 容器取り付け取り外しの作業のある箇所はダスト管理エリアとし、ハウス・排風機・ダストモニタを設置する。また、排風機による常時負圧を基本とし、電源も常用2系統とする。



3. ゼオライト土嚢等処理設備の安全設計について (3 / 3)

■ 重要な事項を決めるタイミング

- 集積作業は、2022年10月の実規模モックアップを通じて改良を実施し、2023年度内作業着手を目指していく。
- 容器封入作業については、実施計画変更申請を2022年12月頃に予定しており、現状、基本設計が完了し、詳細設計を進めているところであるが、類似案件の実実施計画審査状況も踏まえ、適宜設計を見直ししている。設計の見直し状況によっては、申請時期が延びる可能性もあるが、全体計画としては、長納期品の手配関係がクリチカル工程となる見込みで、実施計画変更申請の審査期間はサブクリチカルとなる見込み。
- 「重要な事項を決めるタイミング」については、主には主要機器の発注をかけるタイミングになると想定される。具体的にはROV等が考えられるが、長納期品でもあるため、早期に認識を合わせておきたい。面談等で適宜、ご説明させて頂きたい。



4. ゼオライト土嚢等処理設備の信頼性向上について

【第98回特定原子力施設監視・評価検討会で頂いたコメント】

- ② 回収機器の信頼性向上, 不調時の代替機確保, 実証実験により明らかとなる課題の解決などの実現方策を具体化すること。

■ 回収機器の信頼性向上について

- 実環境を模擬したモックアップを実施し, 検証していく計画
- 3号機使用済燃料取り出し, 1号機PCV内部調査, 1/2号機SGTS配管撤去等, 先行例で得られた知見を反映

■ 不調時の代替機確保について

- 長納期品となる部品類を予め確保しておく等, 不調時の対応期間が長期化しないように準備

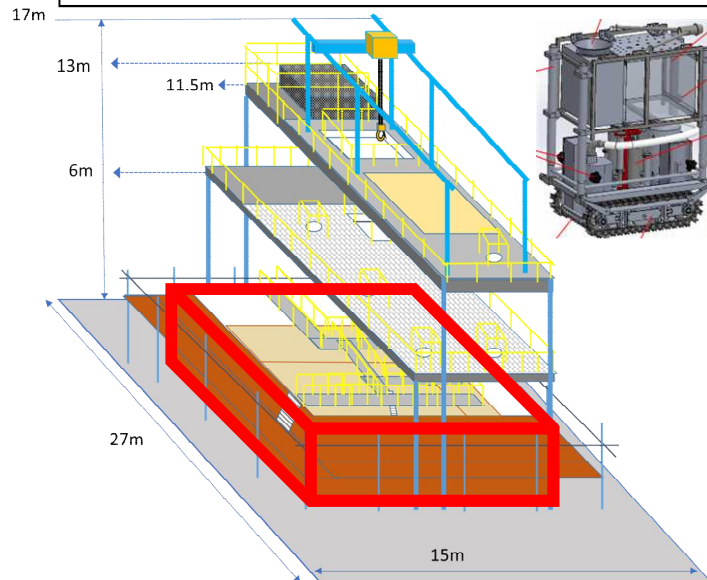
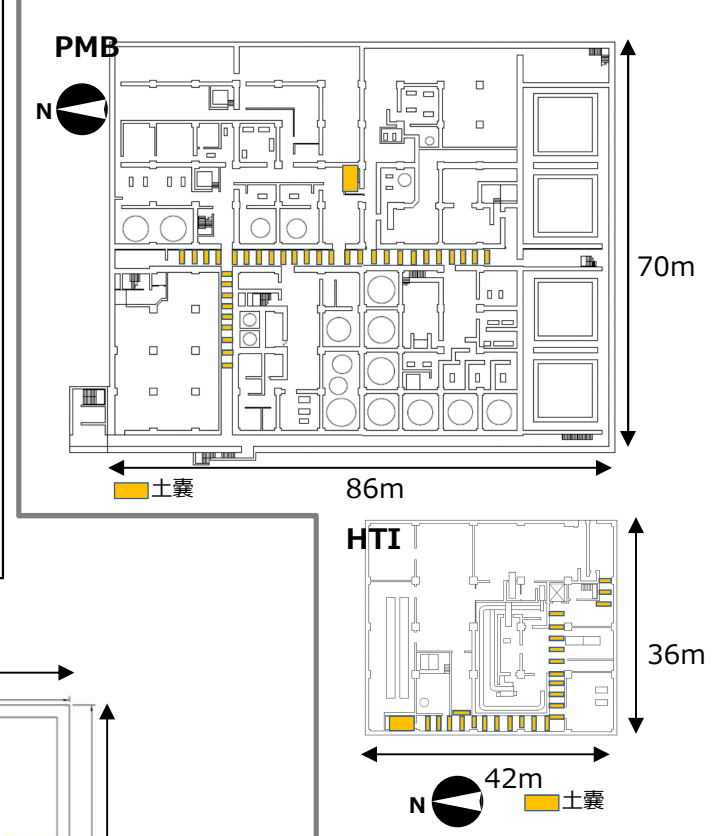
■ 実証実験により明らかとなる課題の解決について

- モックアップでは実環境を再現し, 一連の動作確認に加え, トラブルを想定した動作確認も検証していく。

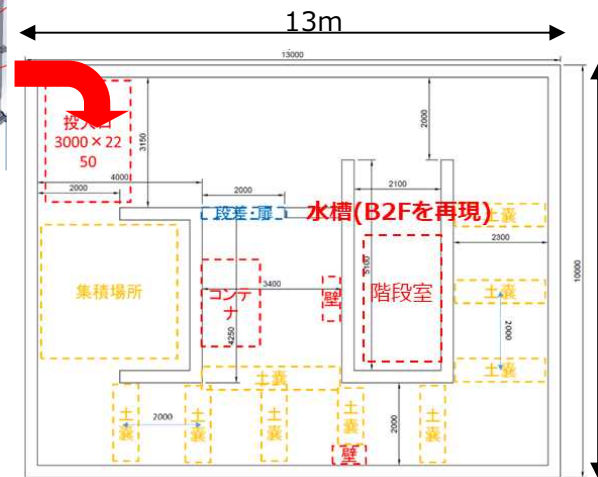
【参考】実規模モックアップ実施概要

- 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) 楢葉遠隔技術開発センターにて実施中。なお、容器封入作業に関するROVのモックアップも当該施設で実施予定。
 - 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。

実際の土嚢配置



モックアップ設備全体のイメージ



モックアップ水槽のレイアウト



モックアップ水槽

【参考】プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋最下階の調査

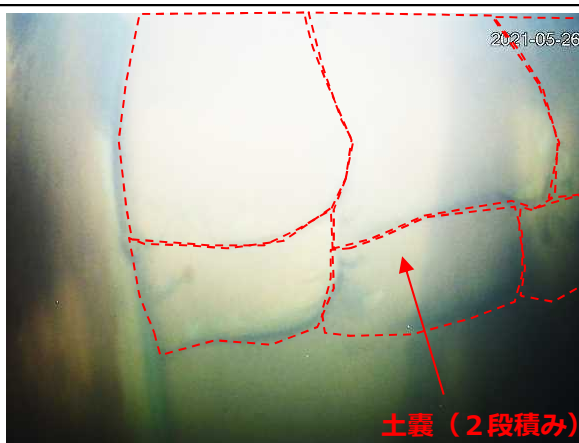


- ゼオライト土嚢等の敷設位置と作業に干渉する物の有無等を詳細に確認するため、ボート型ROVにて調査を実施（2021年5月～8月）。

➡ 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)

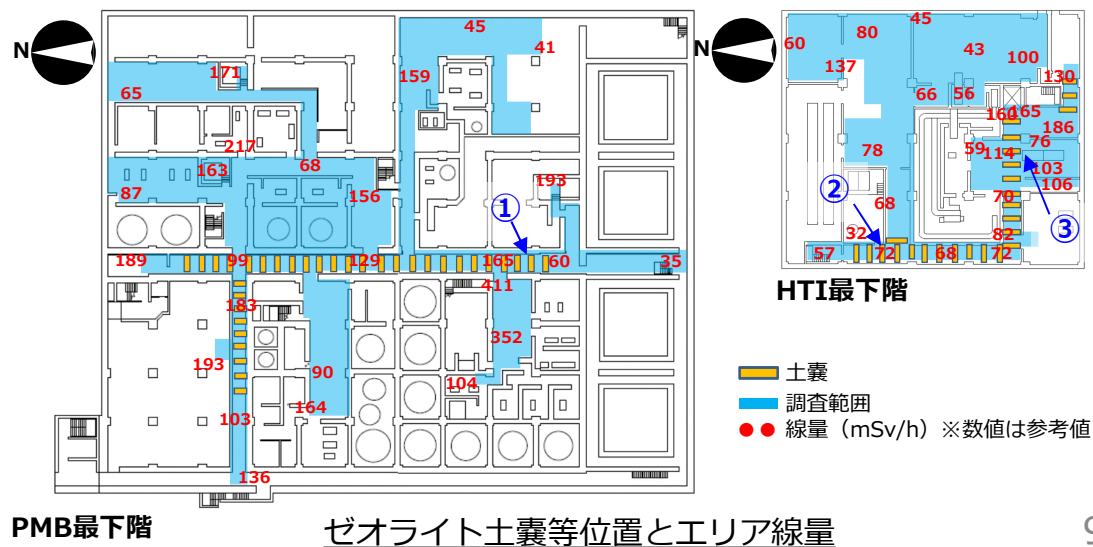


③ 干渉物の例 (HTI)



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



5. ゼオライト土嚢等処理設備の閉じ込め機能等不具合対応について（1 / 2） **TEPCO**

【第99回特定原子力施設監視・評価検討会で頂いたコメント】

- ③ 核燃料施設等の閉じ込め機能に係る基準要求のうち出来ないもの及びその理由を示すとともに、設備設計に際しては、どのような不具合が発生しうるのか、不具合が発生した場合にどう対応するのかについても網羅的に評価すること

- 核燃料施設等の閉じ込め機能に係る基準要求のうち、準拠出来ないものはないと考えているが、類似案件（ALPSスラリー安定化等）の審査状況等を鑑みて対応していく。

例) 閉じ込めの機能（第二条）：5ページ参照

遮蔽（第三条）：適切な遮へいを実施

- 不具合が発生した場合の対応方針

- 想定される不具合シナリオと対応方針は以下の通り。なお、それぞれの対応方針については、モックアップの中で確認していく予定。

- ✓ ROVの故障

故障時は浮上できるような構造とし、ケーブル等で牽引して回収する。

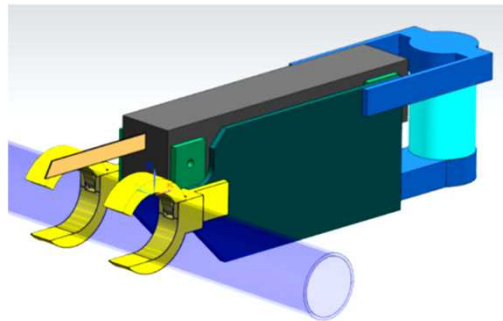
- ✓ ケーブルの引っ掛かり

コーナー部分にはケーブルガイドを設置するなど、設計上ケーブルが引っかからないような構造とするが、万が一、引っ掛かった場合は、別途準備したROVを用いて対処する。

（次頁に続く）

5. ゼオライト土嚢等処理設備の閉じ込め機能等不具合対応について (2 / 2) **TEPCO**

- ✓ 配管からの漏えい
2重ホースを使用する等, 漏えいを防止する構造したうえで, 遮へい付きのトラフ内に設置する方針。万一漏えいした場合は, トラフ内に留まる構造とし, 漏えいの拡大を防ぐ。回収対応については, 高線量が予想されることから, ロボットにて遠隔で実施する。
- ✓ 配管の詰まりによる閉塞
ゼオライトで配管閉塞しないよう, 固液比を制御して移送する計画。なお, これまでの要素試験では配管閉塞は確認されていないが, 万が一, 閉塞した場合は, 逆洗が可能な設備構成とする, ロボットにて遠隔で加振を加える等, 閉塞を解消する対策を準備する。それでも閉塞が解消されない場合は, 遠隔ロボットを用いて配管を切断, 除去する。



閉塞対応配管切断治具



<https://www.flir.jp/>

遠隔対應用ロボット (例)

6. 容器の設計方針について

【第99回特定原子力施設監視・評価検討会で頂いたコメント】

- ④ 脱水等の運用方法や実現性，保管年数，再取り出し等を十分に考慮した上で，保管容器の具体的な設計を検討すること

■ 保管容器の現在の設計方針を以下に示す。

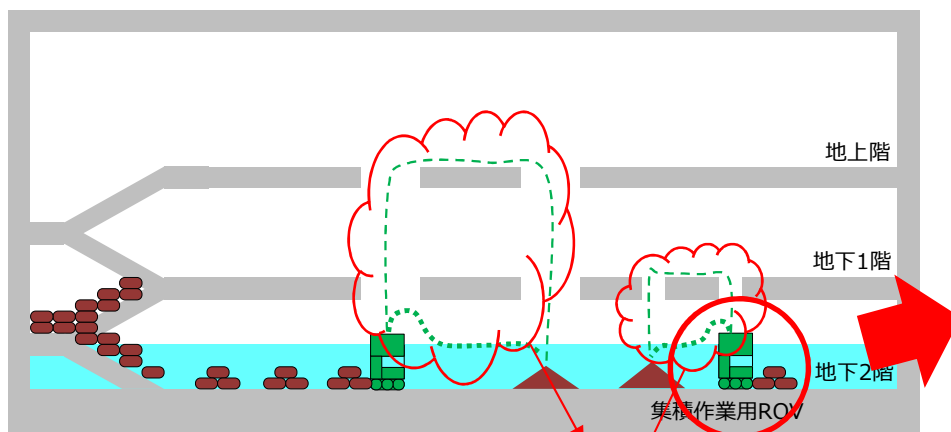
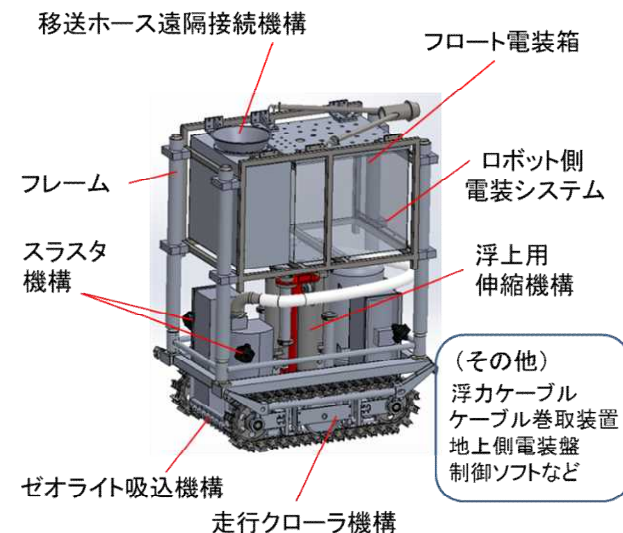
仕様

構造	縦置き円筒形
内容量	1m ³ 程度（内包する放射性物質量は最大で14乗オーダーと想定（Cs-137が主））
材質	ステンレス もしくは 炭素鋼（+ライニング）
備考	<ul style="list-style-type: none">● 容器で脱塩・脱水を実施● 30年程度の保管期間（耐腐食性の材料を使用，若しくは十分な腐食代を考慮）● 表面線量は作業員の被ばく低減を考慮し，数mSv/h以下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）● 崩壊熱による過熱を防ぐよう設計する● 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● 形状は既存の吸着塔と同形状● 中間的な保管形態であるため，再度の取り出しを考慮● 転倒・落下による内容物の漏出を防ぐ

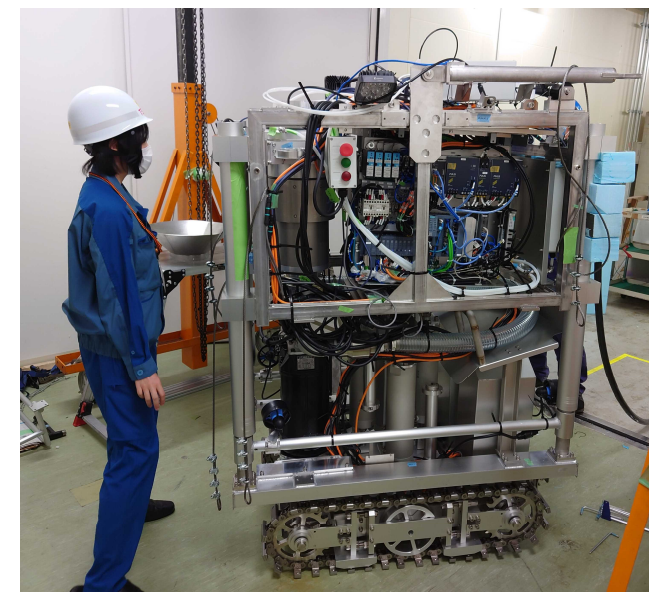
【参考】集積作業用ROVの設計

■ クローラー走行型ROVで、浮上機構を持つ構造

仕様	
外形寸法	長さ 1300mm × 幅900mm × 高さ2200mm (着底時) 長さ 1300mm × 幅900mm × 高さ1700mm (浮上時)
装置重量	600kg以下
ケーブル長	100m程度
備考	<ul style="list-style-type: none"> ● 基本的にはクローラーで走行するが、大型の干渉物等は浮上して回避する ● 移送作業時は、クローラーで走行しながら底部の吸引ノズルから吸引する ● 作業用ROVの他、作業監視用ROVを別に用意し、ケーブルの絡まりを防止する ● 非常時は浮上する構造で、ケーブル等で牽引して回収できる



移送経路は地下案も含めて検討中
集積作業概要

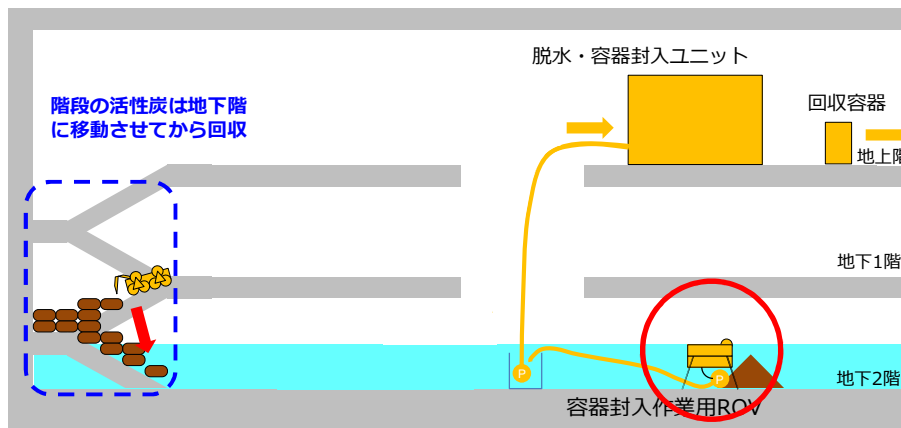


製作中の集積作業用ROV

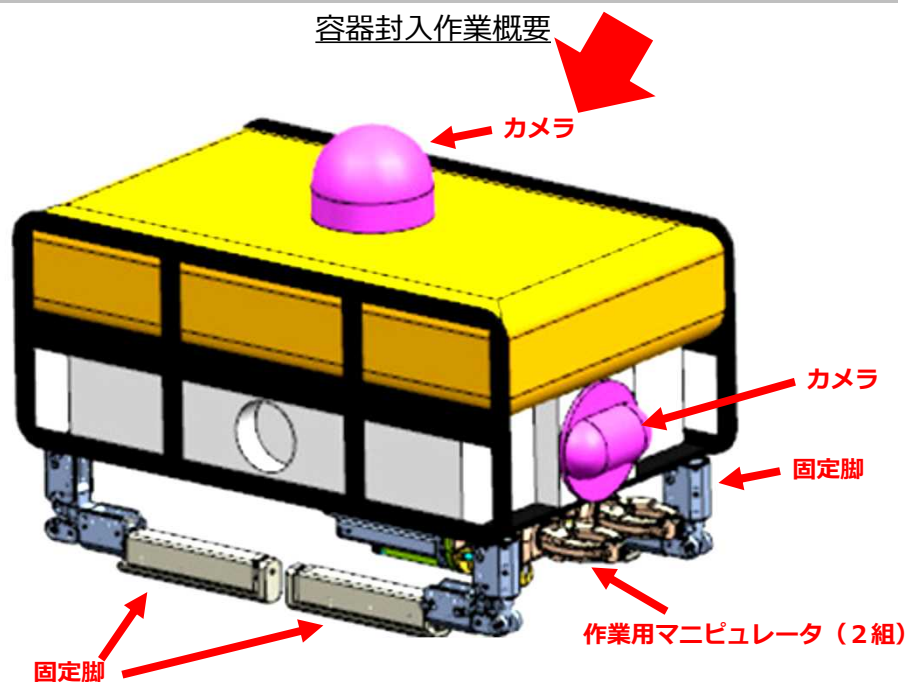
【参考】 容器封入作業用ROVの設計（1 / 2）

■ 潜水型ROVで、作業用マニピュレータと固定脚を持つ構造

仕様	
外形寸法	長さ 1000mm × 幅600mm × 高さ 551mm（水面移動時）
装置重量	120kg程度
可搬重量	水面移動時 10kg
作業アーム仕様	20kg（アーム1本で10kg×2本）
ケーブル径	直径60mm
ケーブル長	110m
備考	<ul style="list-style-type: none"> ● 浮上した状態で水面をスラストで移動することで、床面の状態に左右されずに移動できる ● 移送作業時など作業時は、固定脚を展開した上で浮力調整をして沈み、自重で場所を固定する ● 資材運搬、移送配管接続作業、移送作業をマニピュレータを使用して実施する ● 作業用ROVの他、ケーブル整線専用のROVを別に用意し、ケーブルの絡まりを防止する ● 非常時は浮上する構造で、ケーブル等で牽引して回収できる

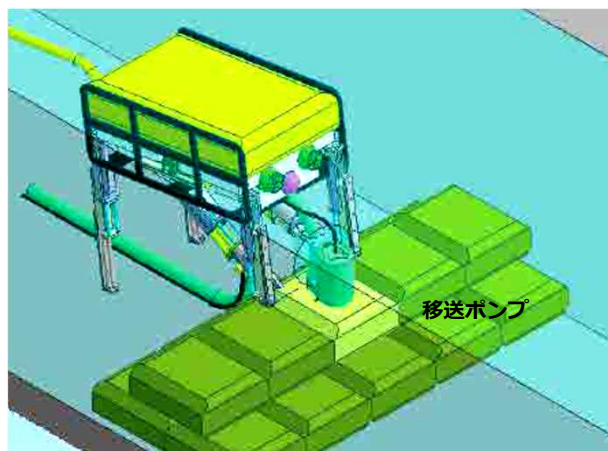


容器封入作業概要

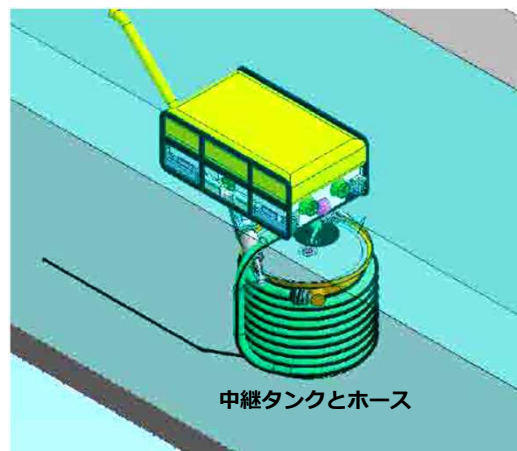


容器封入作業用ROVイメージ

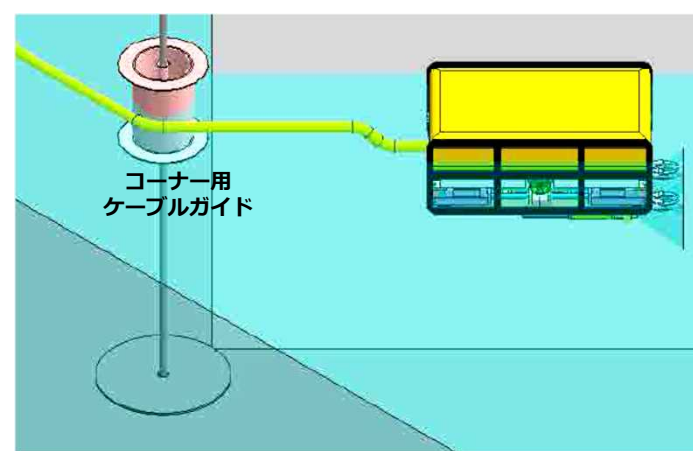
- ゼオライトの移送
 - ゼオライトは移送用小型ポンプを作業用ROVで操作し、ゼオライトを移送する
- 資材運搬
 - 潜水型ROVであり、ROV本体のペイロードが小さいことから、資材は小分けにしてROVで運搬する
- コーナーにはケーブルガイドを設置
 - コーナーでケーブルが引っ掛からないよう、ガイドを設置する



ゼオライト移送



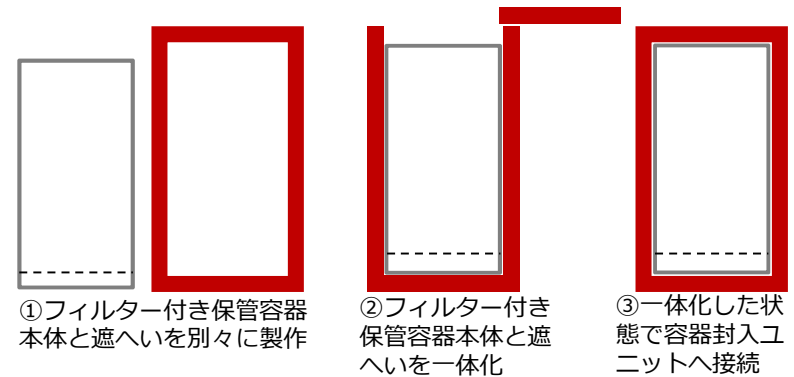
資材運搬



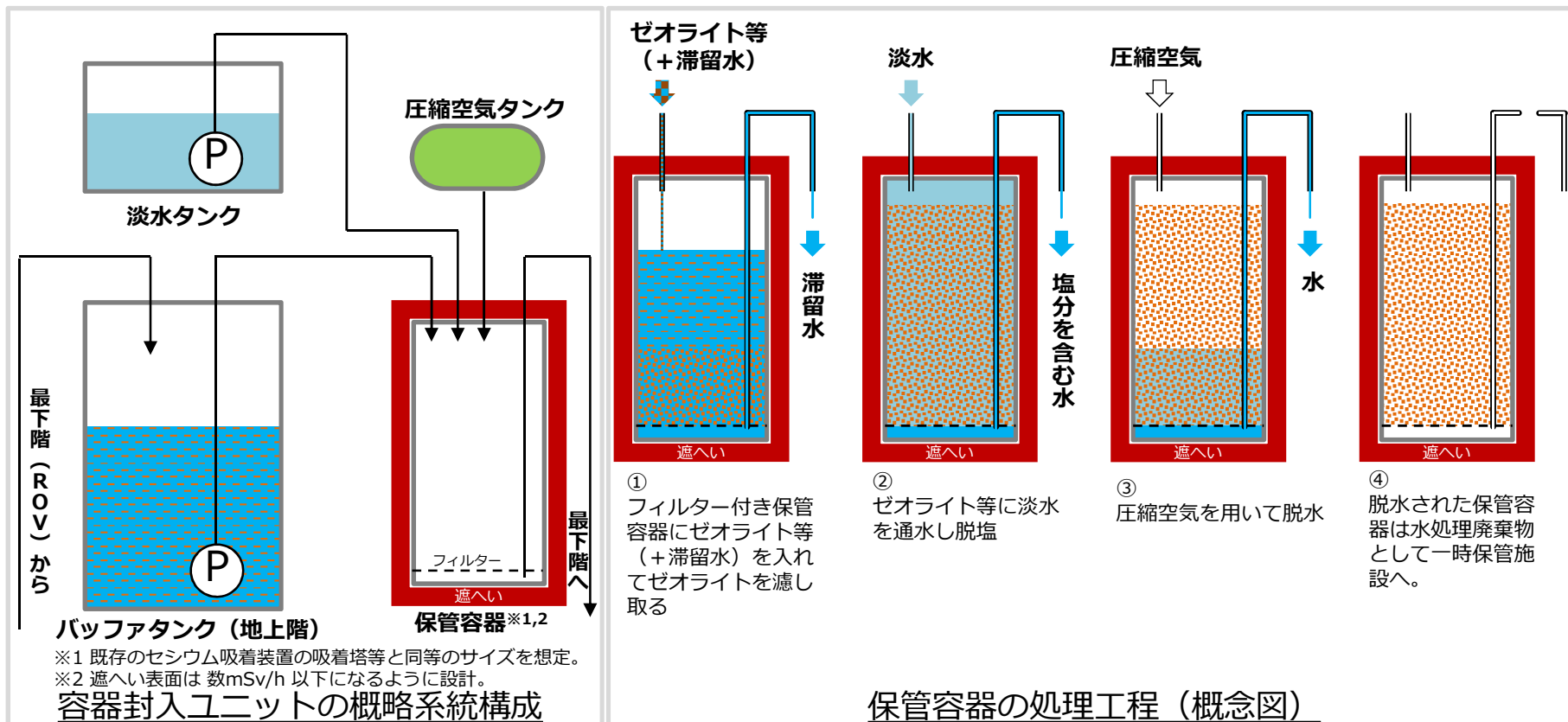
コーナー通過

【参考】 容器の検討状況

- 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。
- ゼオライト等を容器に封入した後は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（第一 or 第四施設）へ輸送する。

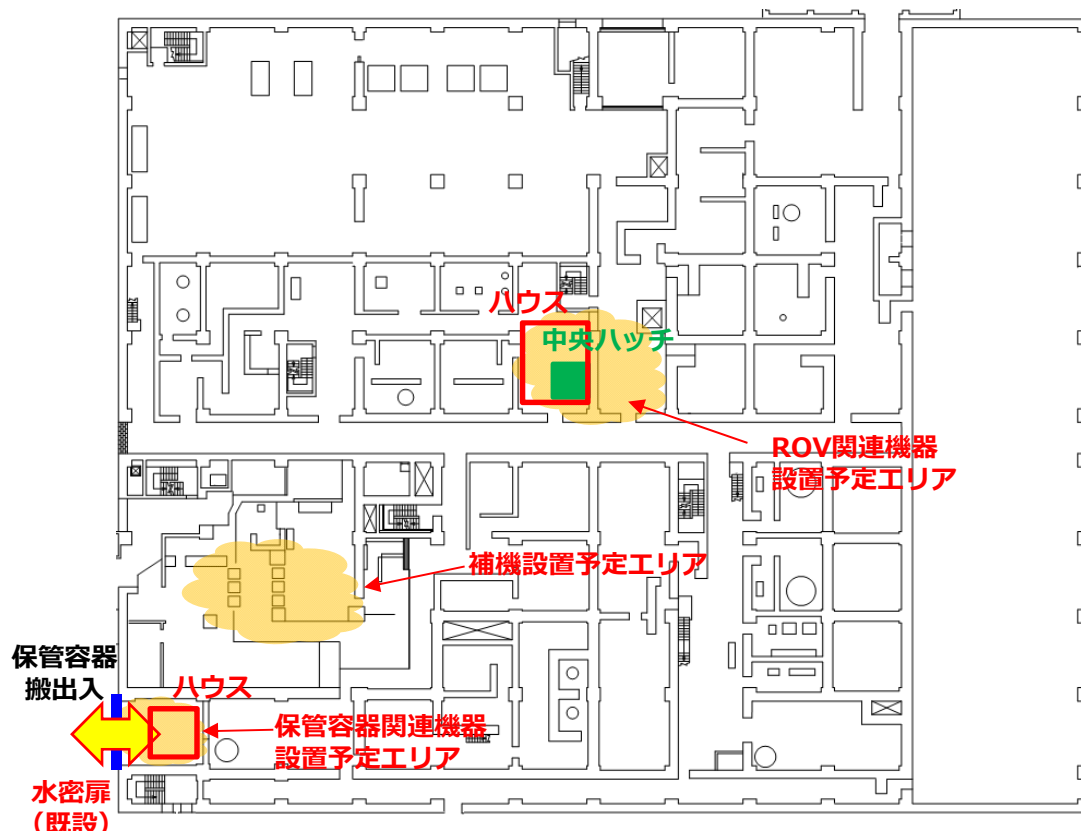


保管容器と遮へいの構造（概念図）



【参考】PMBの設置計画

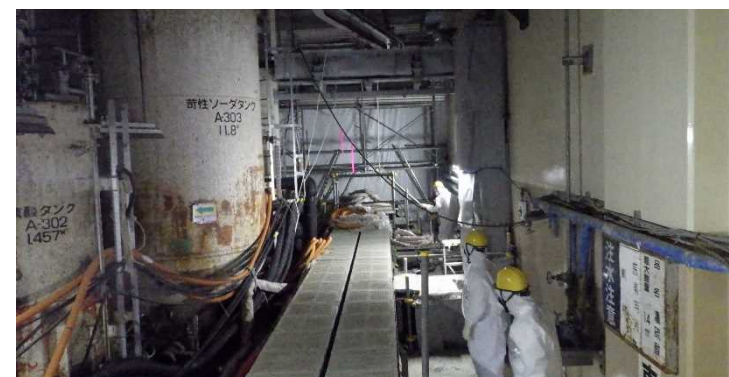
- 機器はPMB中央のハッチ周辺と北西部に分けて設置する
 - ROVは中央のハッチから投入。なお、滞留水移送ポンプ等は設置されていない。
 - 保管容器の搬出入は、建屋北西の既設の水密扉から実施。



中央ハッチ付近 (ROV投入箇所)



補機設置予定エリア付近

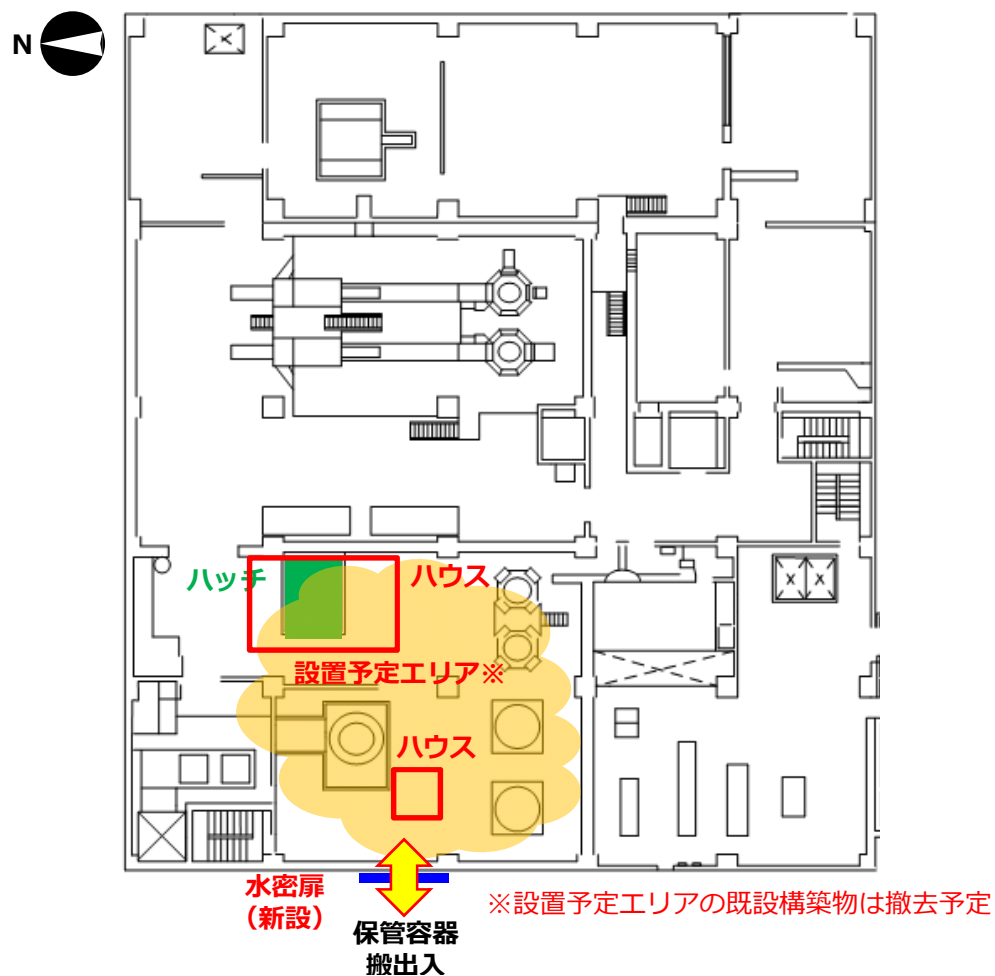


建屋北西付近 (容器搬出入箇所)

【参考】 HTIの設置計画

■ 機器は建屋西側に設置する

- ROVの投入は北西のハッチから実施。当該ハッチは建屋唯一のハッチであり、滞留水移送ポンプも設置されているが、干渉を回避しながら、作業実施予定。
- 保管容器の搬出入は、建屋西側の水密扉（新設）から実施予定。



ハッチ付近 (ROV投入箇所)



建屋西側付近 (容器搬出入箇所)

- 現在想定している作業員の作業環境は以下の通り
 - ROVの投入・ROVの回収・保管容器の取付・保管容器の取外は数名程度の作業員による有人作業。
 - エリア線量は1mSv/h以下，保管容器表面線量は数mSv/h程度と想定している。
 - 保管容器の交換作業は，配管の脱着をカムロック式にすることで作業時間を短縮できる構造として，作業員の被ばく影響を抑える。なお，作業時間は最大1時間程度を想定している。