

ゼオライト土嚢等処理の検討状況について

2023年1月18日

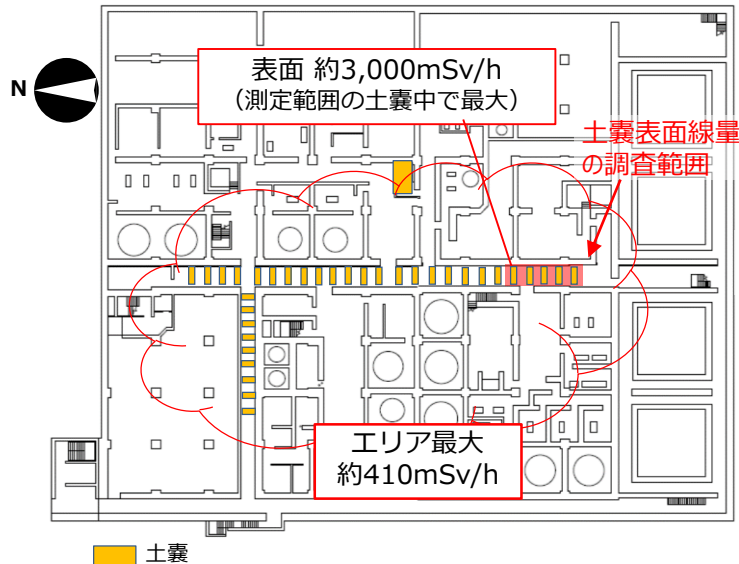
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

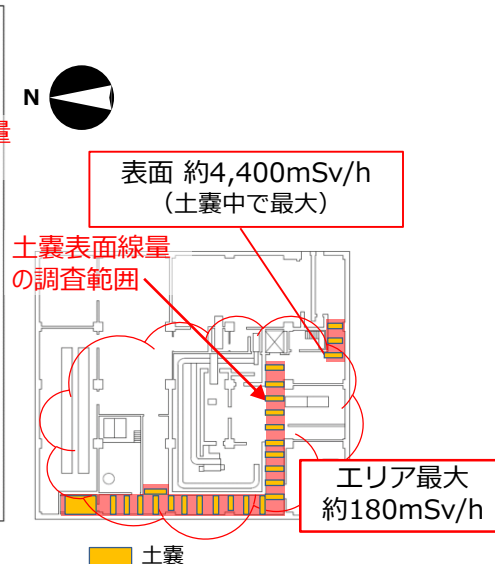
※今後の設計進捗で記載内容が変わる可能性があります

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

【参考】プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋最下階の調査

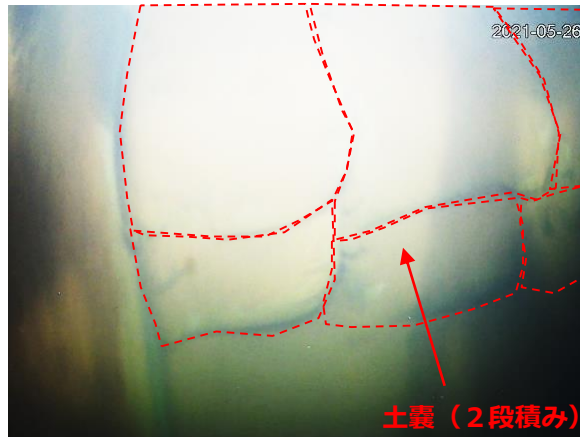


- ゼオライト土嚢等の敷設位置と作業に干渉する物の有無等を詳細に確認するため、ボート型ROVにて調査を実施（2021年5月～8月）。

➡ 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)

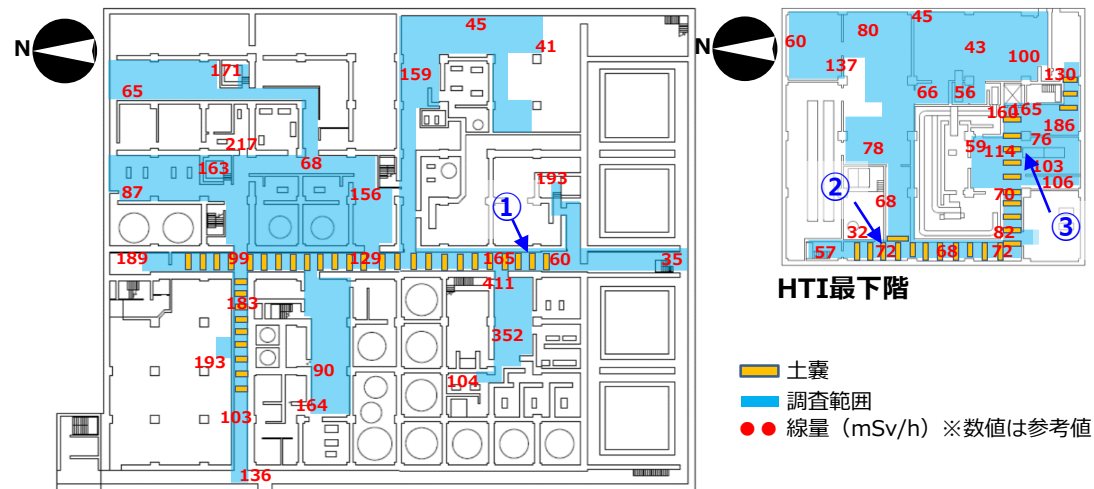


③ 干渉物の例 (HTI)



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、水面上と水面上を同時撮影
- ・ 水面を航走し、水中の濁りを抑制



PMB最下階

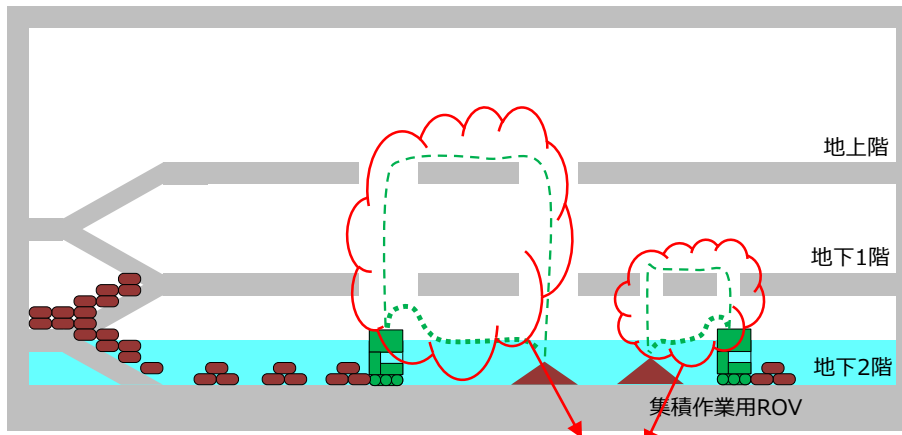
ゼオライト土嚢等位置とエリア線量

2. 処理方法の概要

- PMB・HTIの最下階のゼオライト土囊等は回収作業を“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

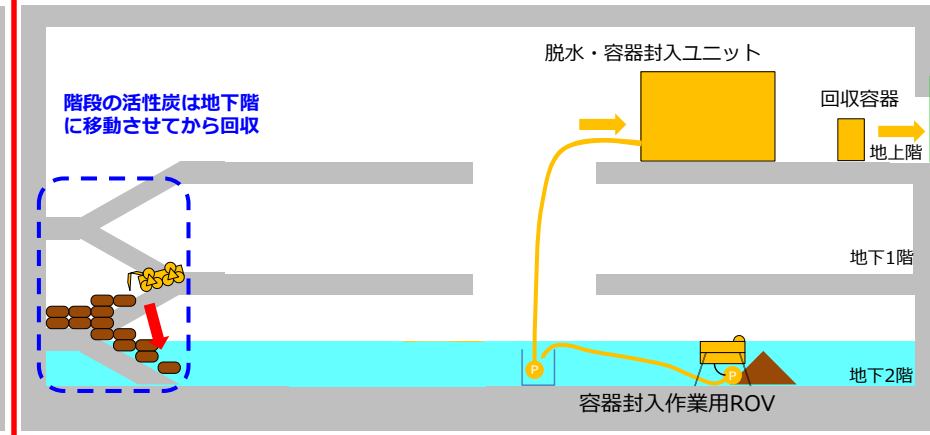
- ✓ ゼオライト土囊等について、作業の効率化による工期の短縮（完了時期の前倒し）を目的に、容器封入作業の前に集積作業を計画。
- ✓ 集積作業用ROVを地下階に投入し、ゼオライトを吸引し、集積場所に移送する。



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、脱水を行ったうえで、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囊は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。



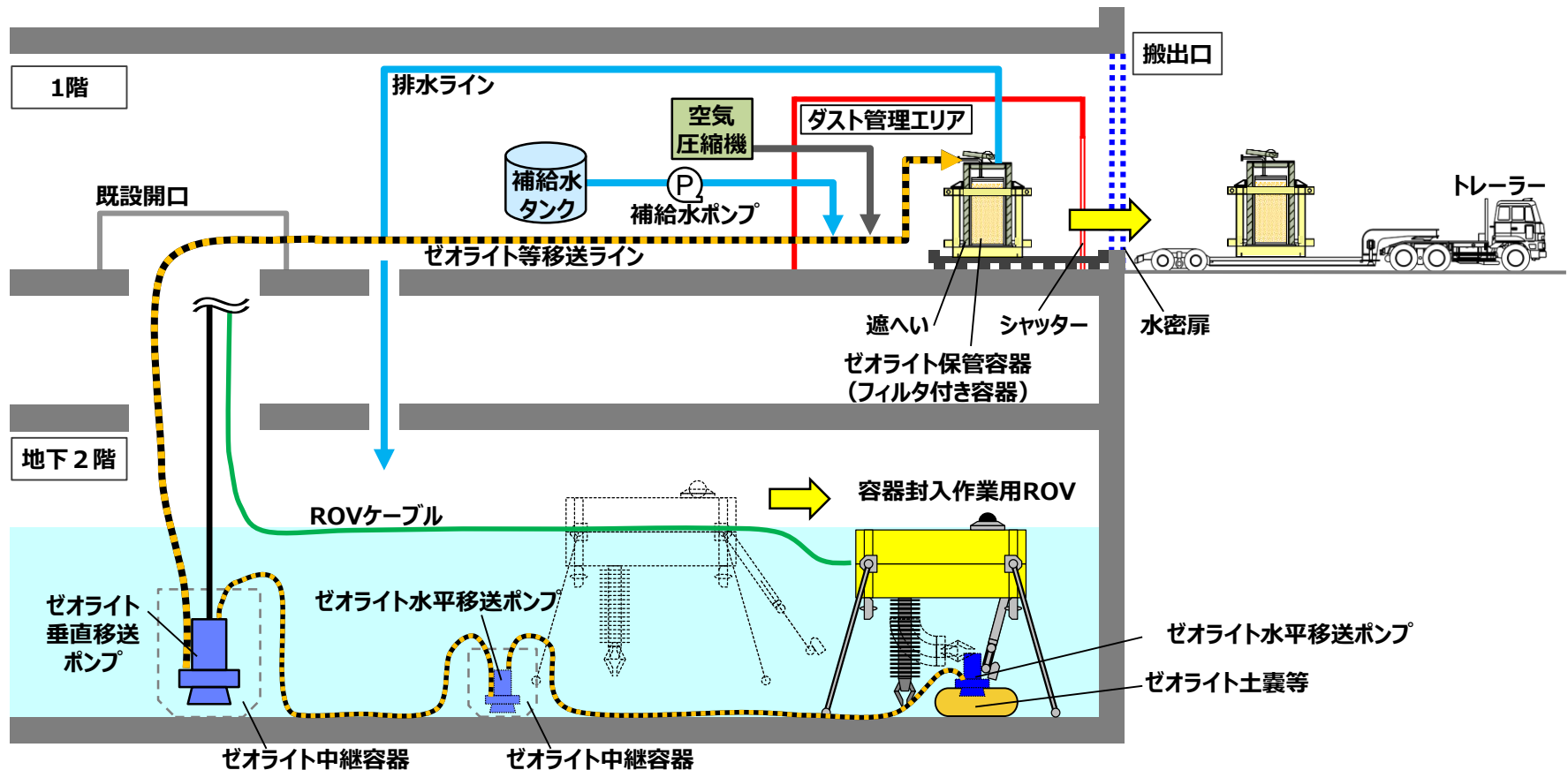
3. 措置を講ずべき事項の該当項目の整理

目次	作成対象項目	理由
I. 全体工程及びリスク評価について講ずべき措置	○	
II. 設計, 設備について措置を講ずべき事項		
1. 原子炉等の監視	-	
2. 残留熱の除去	-	
3. 原子炉格納容器雰囲気監視等	-	
4. 不活性雰囲気維持	-	
5. 燃料取出し及び取り出した燃料の適切な貯蔵・管理	-	
6. 電源の確保	-	
7. 電源喪失に対する設計上の考慮	-	
8. 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理	△	
9. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理	-	
10. 放射性気体廃棄物の処理・管理	-	
11. 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等	○	
12. 作業員の被ばく線量の管理等	○	
13. 緊急時対策	○	
14. 設計上の考慮		
① 準拠規格及び基準	○	
② 自然現象に対する設計上の考慮	○	
③ 外部人為事象に対する設計上の考慮	○	
④ 火災に対する設計上の考慮	○	
⑤ 環境条件に対する設計上の考慮	○	
⑥ 共用に対する設計上の考慮	○	
⑦ 運転員操作に対する設計上の考慮	○	
⑧ 信頼性に対する設計上の考慮	○	
⑨ 検査可能性に対する設計上の考慮	○	
15. その他措置を講ずべき事項	-	
III. 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項	-	
IV. 特定核燃料物質の防護のために措置を講ずべき事項	-	
V. 燃料デブリの取出し・廃炉のために措置を講ずべき事項	-	
VI. 実施計画を策定するにあたり考慮すべき事項	-	
VII. 実施計画の実施に関する理解促進	-	
VIII. 実施計画に係る検査の受検	-	

作成中

容器封入作業

- 集積作業にて集積されたゼオライト等をフィルタ付容器（以下 保管容器）に回収し、33.5m盤の一時保管施設まで搬出する。
- 地下階には2種類のROVを投入し、ポンプでゼオライト等の回収を実施し、地上階の保管容器まで移送する。
- 保管容器では脱塩，脱水を実施する。




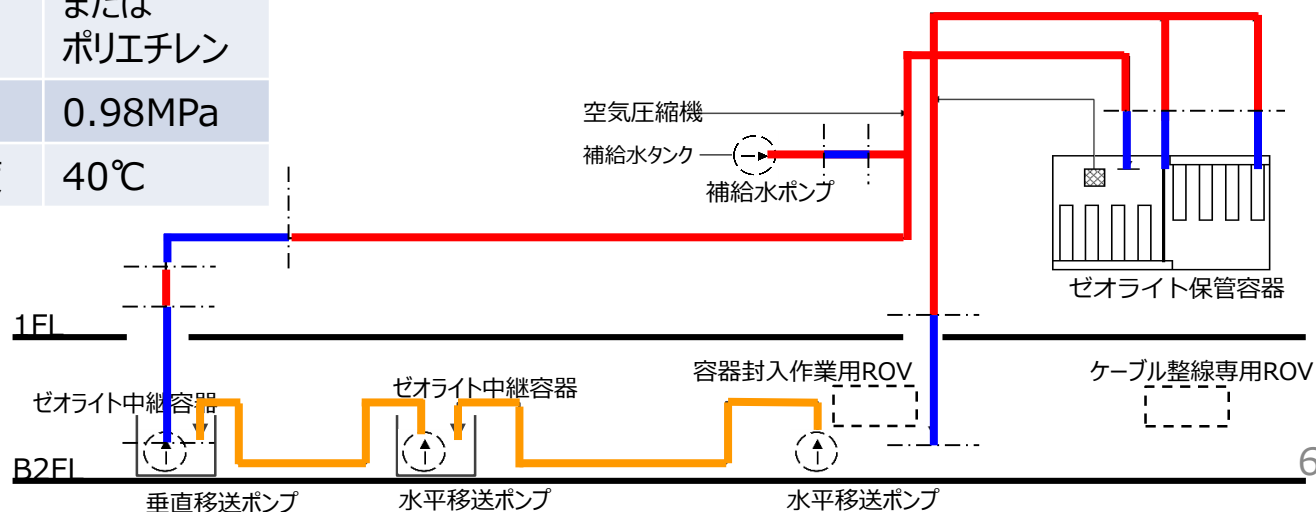
5. 系統概略図 (1/2)

■ 追設する配管の仕様は、下表に示す通り。

名称		仕様	
耐圧ホース 	呼び径	40A相当, 50A相当	
	材質	合成ゴム	
	最高使用圧力	0.98MPa	
	最高使用温度	40℃	

名称		仕様	
水中ホース 	呼び径	50A相当	
	材質	合成ゴム	
	最高使用圧力	0.98MPa	
	最高使用温度	40℃	

名称		仕様	
鋼管 または PE管 	呼び径	40A相当, 50A相当, 80A相当	
	材質	C/S または ポリエチレン	
	最高使用圧力	0.98MPa	
	最高使用温度	40℃	



5. 系統概略図 (2/2)

■ 追設する機器の仕様は、下表に示す通り。

名称	仕様	
・垂直移送ポンプ	台数	1台
	容量	13m ³ /h
	揚程	12m

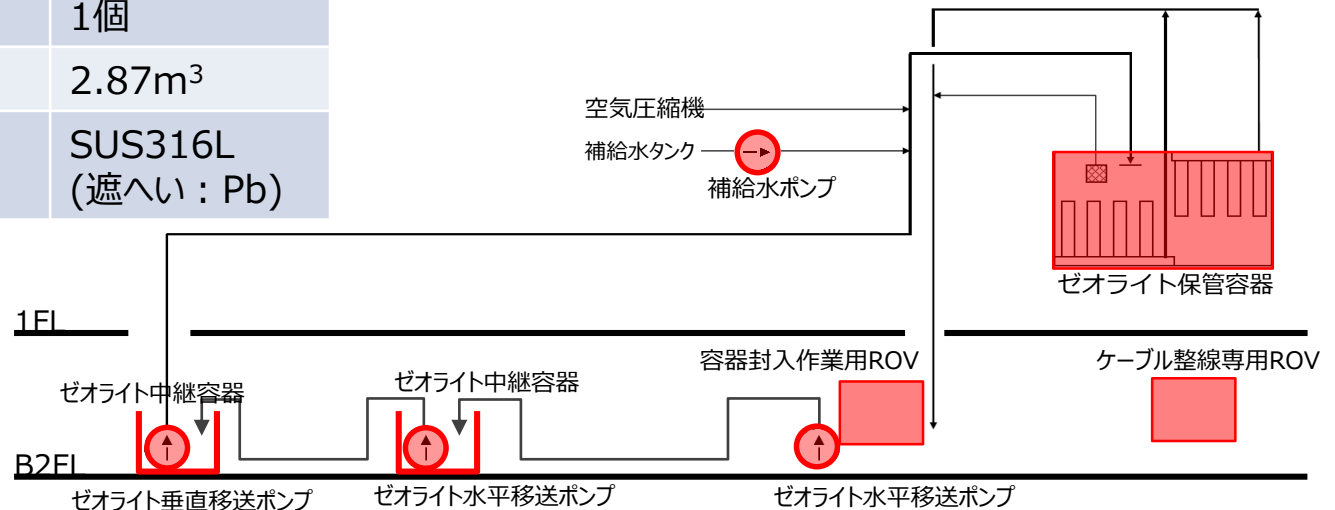
名称	仕様	
・補給水ポンプ	台数	1台
	容量	20m ³ /h
	揚程	70m

名称	仕様	
・ゼオライト保管容器	個数	1個
	容量	2.87m ³
	材料	SUS316L (遮へい：Pb)

名称	仕様	
・容器封入作業用ROV	台数	1台
・ケーブル整線専用ROV	台数	1台以上

名称	仕様	
・ゼオライト中継容器	個数	1個以上

名称	仕様	
・水平移送ポンプ	台数	1台以上

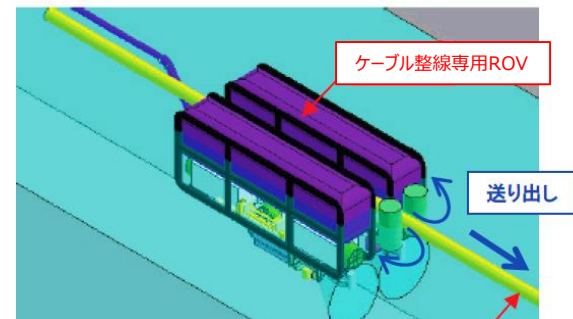
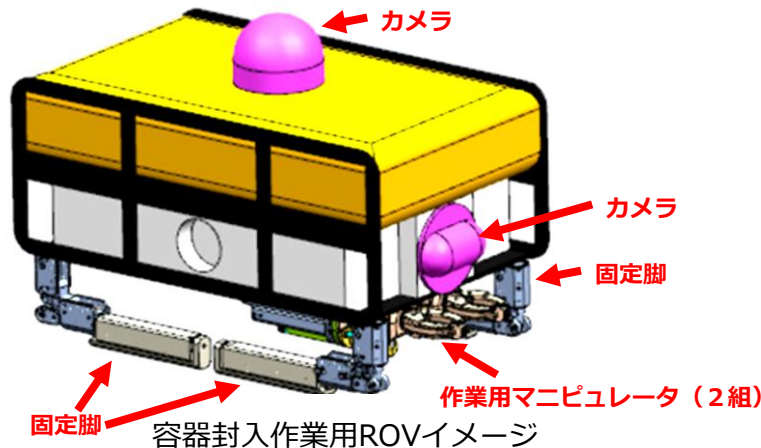


【参考】 容器封入作業用ROVの設計

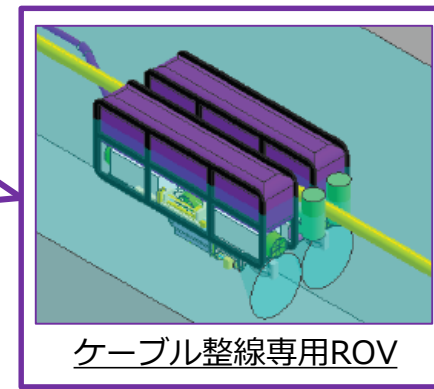
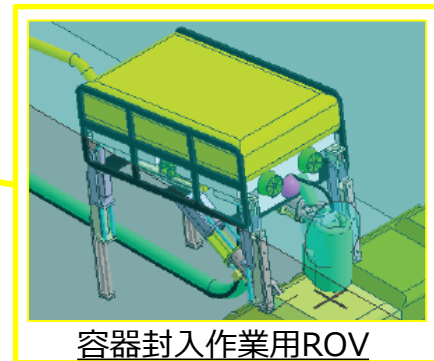
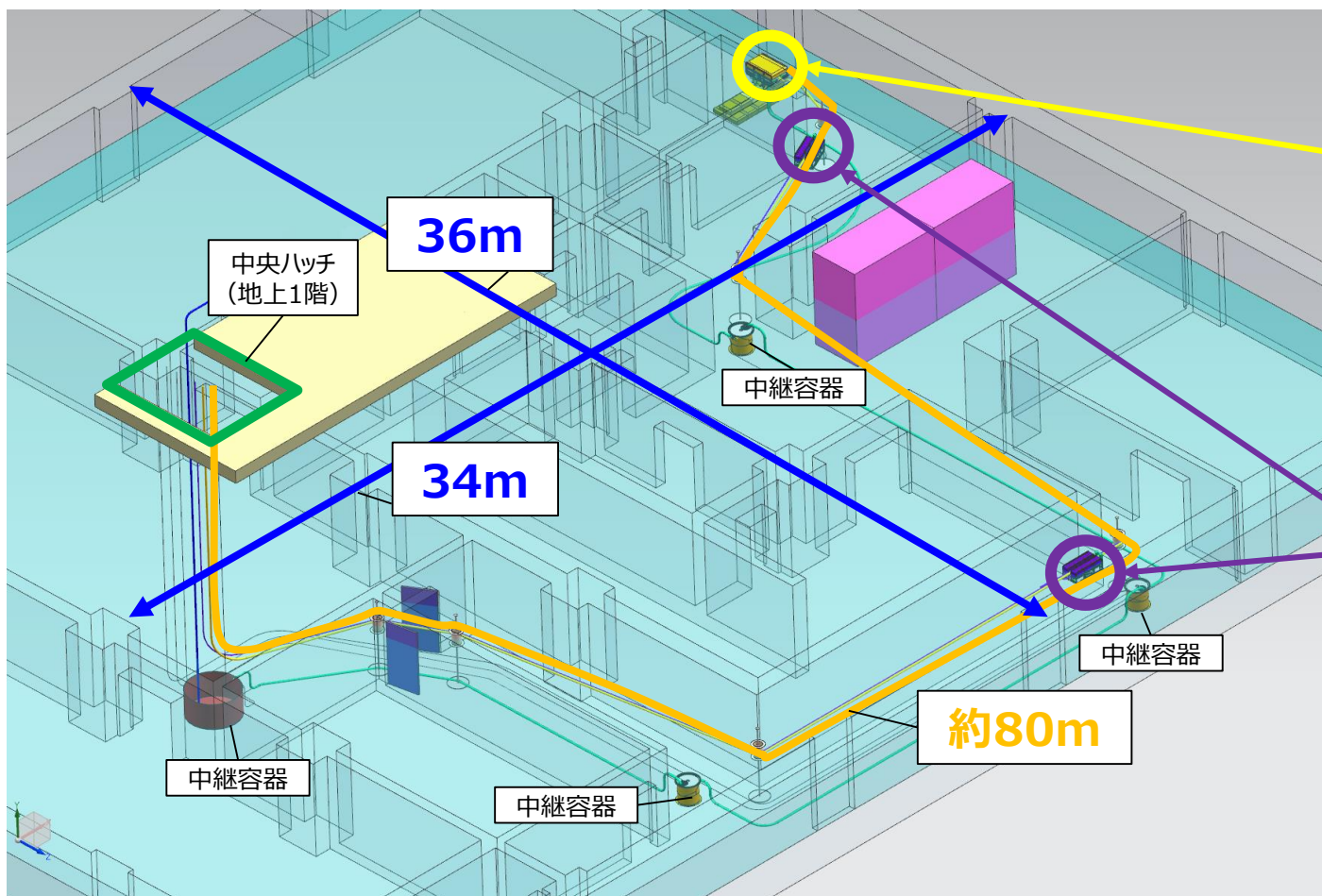
■ 潜水型ROVで、作業用マニピュレータと固定脚を持つ構造

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



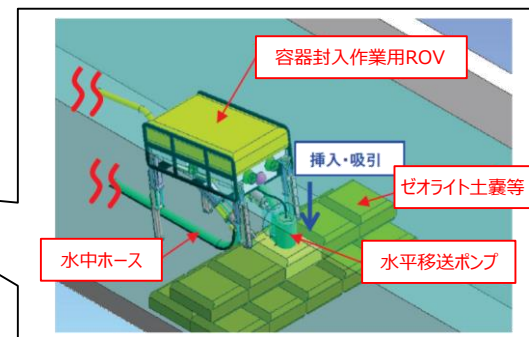
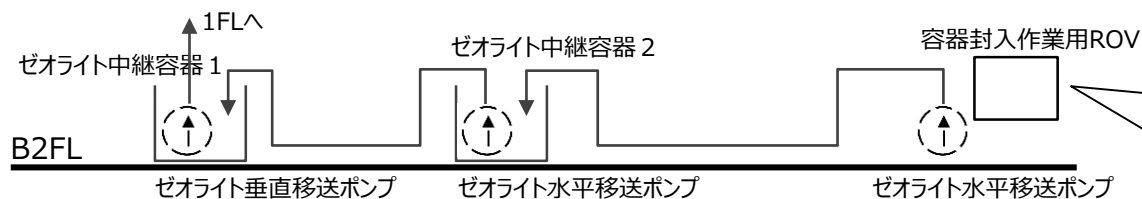
ケーブル整線専用ROVイメージ



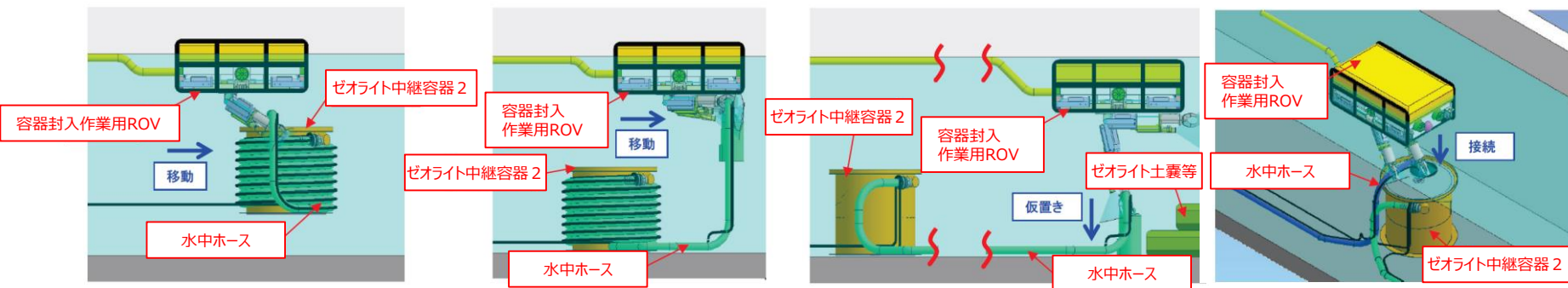
HTI最下階(地下2階)の例

ゼオライト等移送方法

- ゼオライト等を水平移送ポンプにてゼオライト中継容器 2 へ移送
 - ゼオライト水平移送ポンプにてゼオライト中継容器 2 のゼオライト等をゼオライト中継容器 1 まで移送
 - ゼオライト垂直移送ポンプにてゼオライト中継容器 1 のゼオライト等を地上階へ移送
- ※ ROV本体のパ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

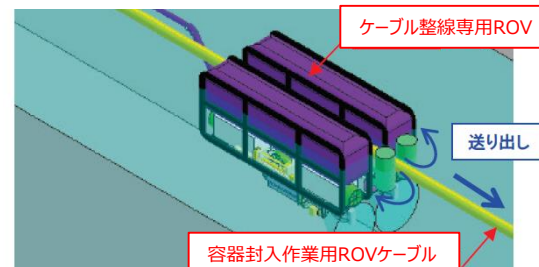


ゼオライト中継容器及び水平移送ポンプの布設方法



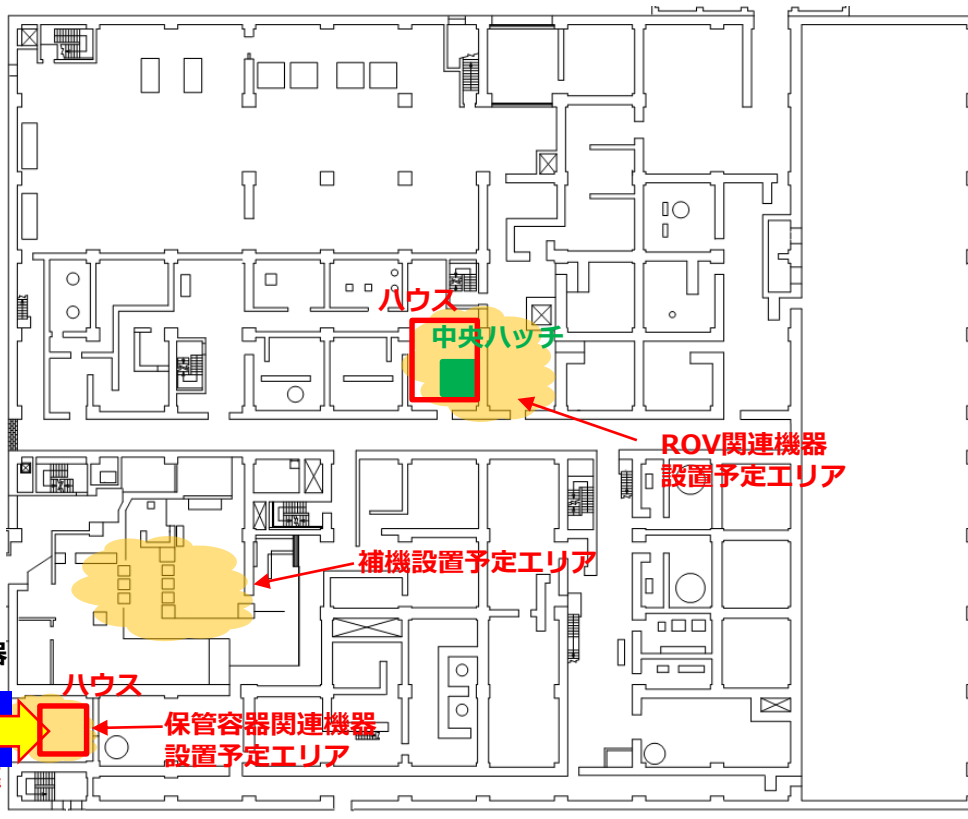
ケーブル管理

- 容器封入作業用ROVのケーブルが最大100m程度となることから、ケーブル整線専用ROVでケーブルを整え、送り出す



【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

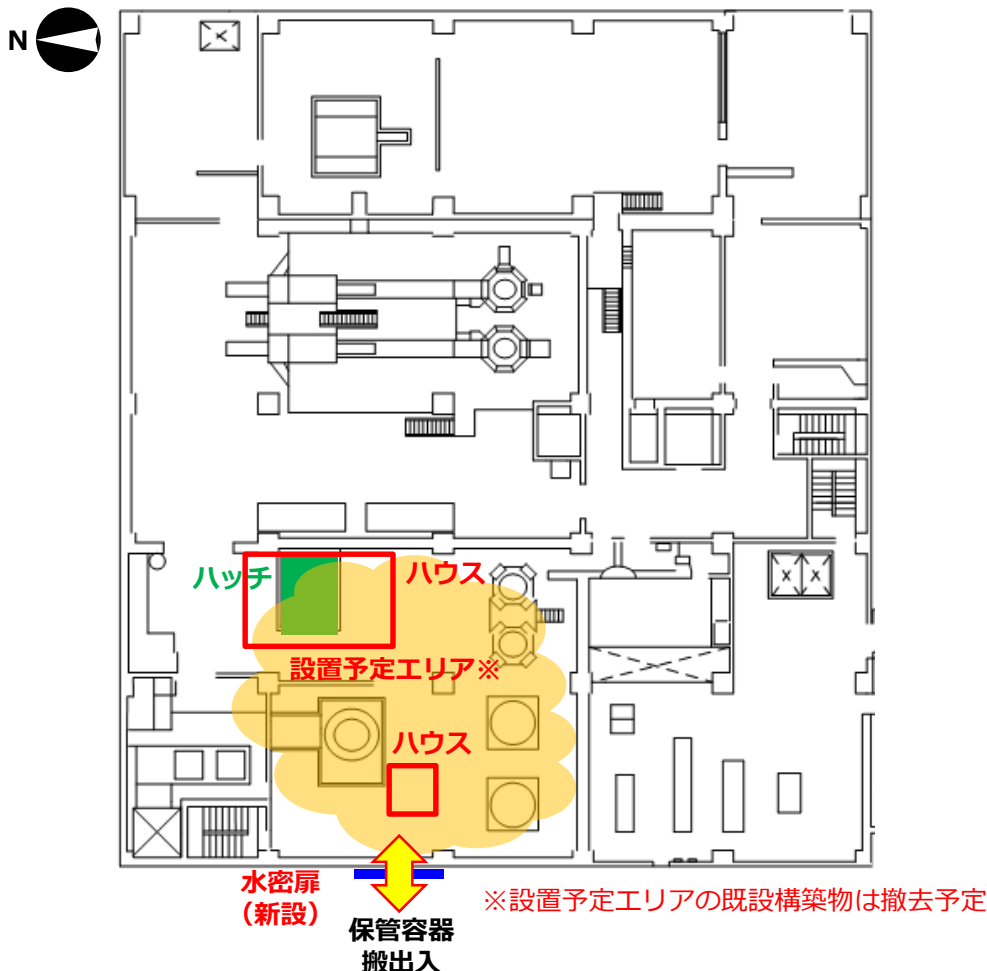


建屋北西付近（容器搬出入箇所）

【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。



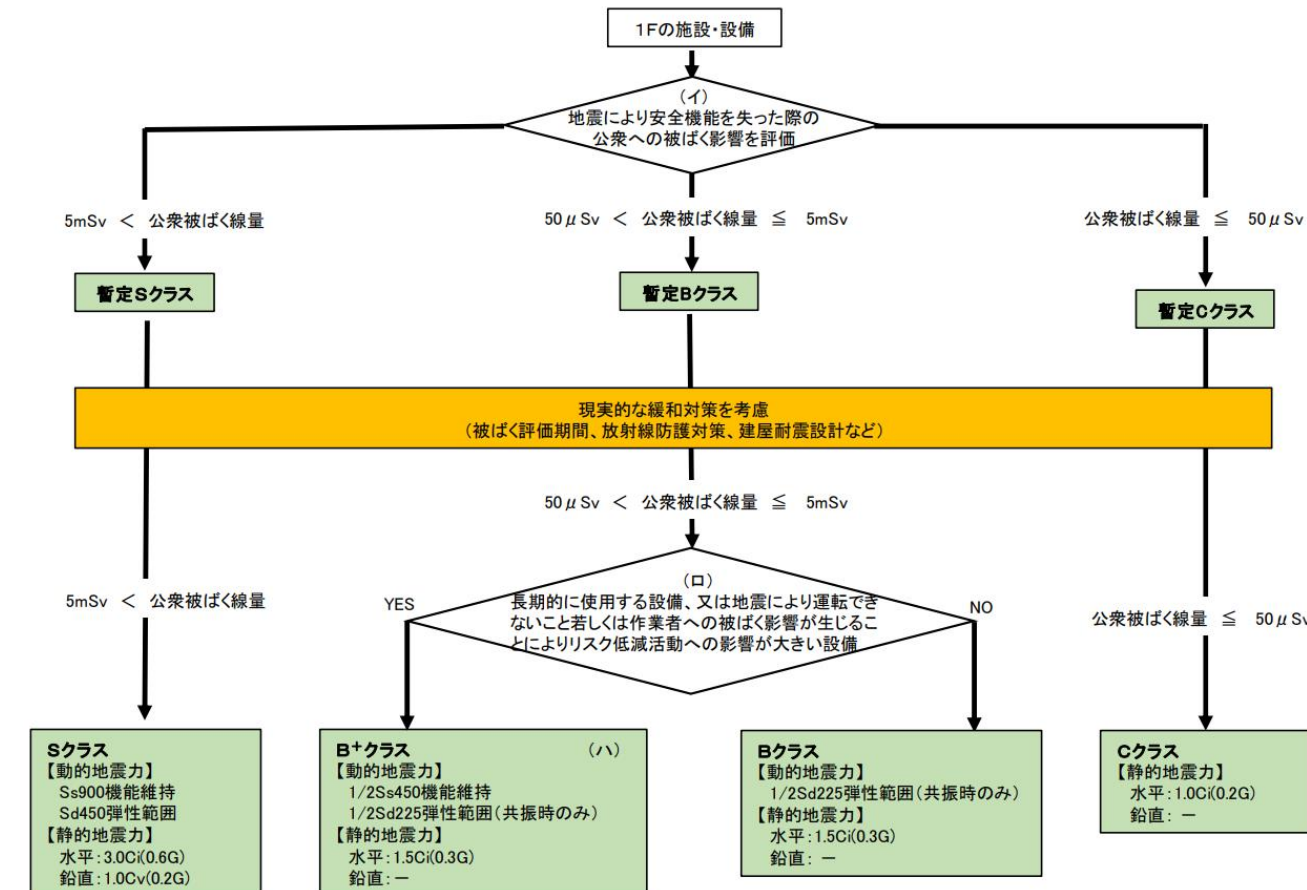
ハッチ付近（ROV投入箇所）



建屋西側付近（容器搬出入箇所）

6. 耐震クラスについて (1 / 3)

- 「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」より耐震クラスは「Bクラスと設定」



設計の進捗、廃炉活動への影響、供用期間などを考慮した上で、施設・設備に適用する地震動及び必要な対策(耐震性の確保や代替策など)を判断 (二)~(ト)

6. 耐震クラスについて (2 / 3)

1 - ①インベントリに基づく評価

地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響

・地震により安全機能（遮蔽機能・閉じ込め機能）を失った際の公衆被ばく影響が、1週間（7日間）継続した際の公衆被ばく評価を実施。

- 直接・スカイシャイン線量：● mSv (暫定値)
- 大気拡散による被ばく線量：● mSv(暫定値)
- 公衆被ばく線量(上記合計)：● mSv(暫定値)

$50\mu\text{Sv} < \text{公衆被ばく線量} \leq 5\text{mSv}$

耐震クラス分類は、『暫定●クラス』

1 - ②現実的な評価

現実的な緩和対策を考慮

・現実的な緩和対策を考慮した際の公衆被ばく評価を実施。

- 直接・スカイシャイン線量：● mSv (暫定値)
- 大気拡散による被ばく線量：● mSv(暫定値)
- 公衆被ばく線量(上記合計)：● mSv(暫定値)

$50\mu\text{Sv} < \text{公衆被ばく線量} \leq 5\text{mSv}$

当該設備の供用期間

・当該設備の供用期間は、『短期的』（1年程度）に使用することを見込んでいる。

2：施設・設備の特徴に応じた評価

『Bクラス』

6. 耐震クラスについて (3 / 3)

- ゼオライト土嚢処理設備の安全機能（遮蔽機能・閉じ込め機能）については、前述までの評価で耐震クラス『B』と設定している。その他設備の耐震クラス設定については、建屋・機器が健全な状況で機能喪失した場合の公衆被ばく線量により設定する。

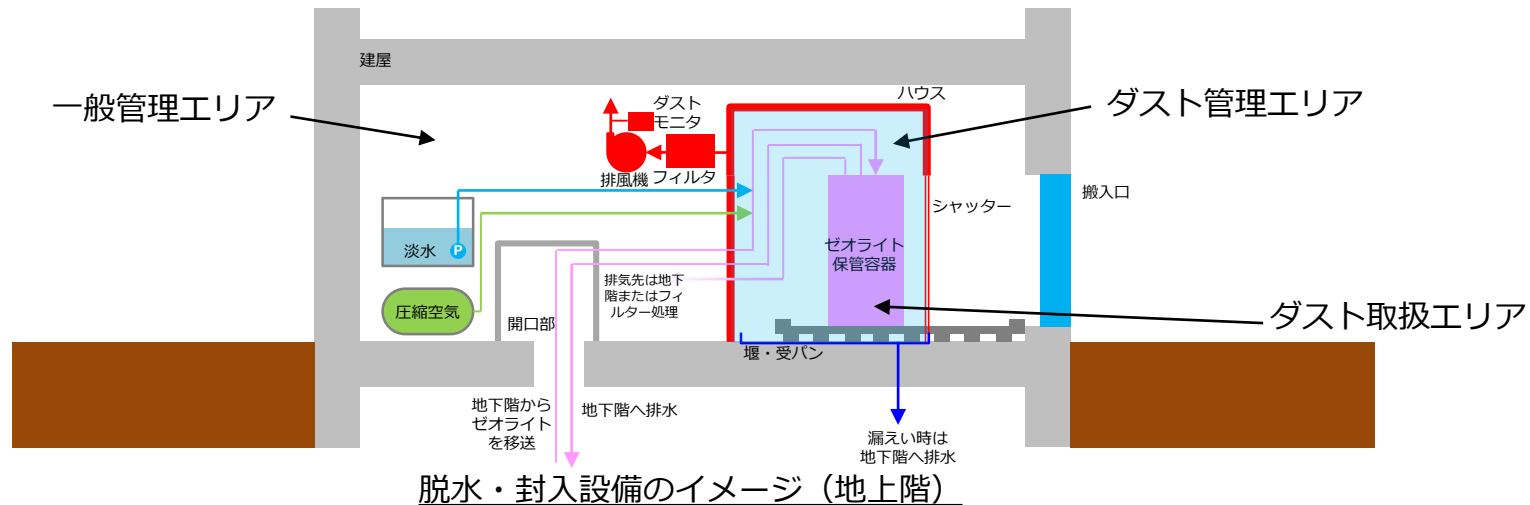
設備名称	耐震上の安全機能	耐震クラス	当該設備が機能喪失した場合の公衆被ばく線量（7日間）
主要ライン (地上階の配管・ 回収容器)	<ul style="list-style-type: none"> ・遮蔽機能 ・閉じ込め機能 ・隔離機能 	B	<input type="checkbox"/> 直接・スカイシャイン線量：●mSv(暫定値) <input type="checkbox"/> 大気拡散による被ばく線量：●mSv(暫定値) <input type="checkbox"/> 公衆被ばく線量(上記合計)：●mSv(暫定値) 50 μ Sv < 公衆被ばく線量 ≤ 5mSv
換気空調設備 (隔離ダンパ含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・なし 	C	耐震上の安全機能に関わらない設備。 耐震上の要求以外に、作業時の安全確保の為に備える機能（閉じ込め・隔離機能・放出管理）の耐震クラス分類は、『C』とする。
電源・計装設備	<ul style="list-style-type: none"> ・なし 	C	耐震上の安全機能に関わらない設備。 耐震上の要求以外に、作業時の安全確保の為に備える機能（閉じ込め・放出管理）の耐震クラス分類は、『C』とする。
その他, 安全機能 に関わらない設備 (圧縮空気・ろ過 水供給)	<ul style="list-style-type: none"> ・なし 	C	安全機能に関わらない設備。 耐震クラス分類は、『C』とする。

※地下階の機器（ROV・ゼオライト中継容器・ポンプ・ホース等）についてはノンクラスとする。

7. 閉じ込め機能について

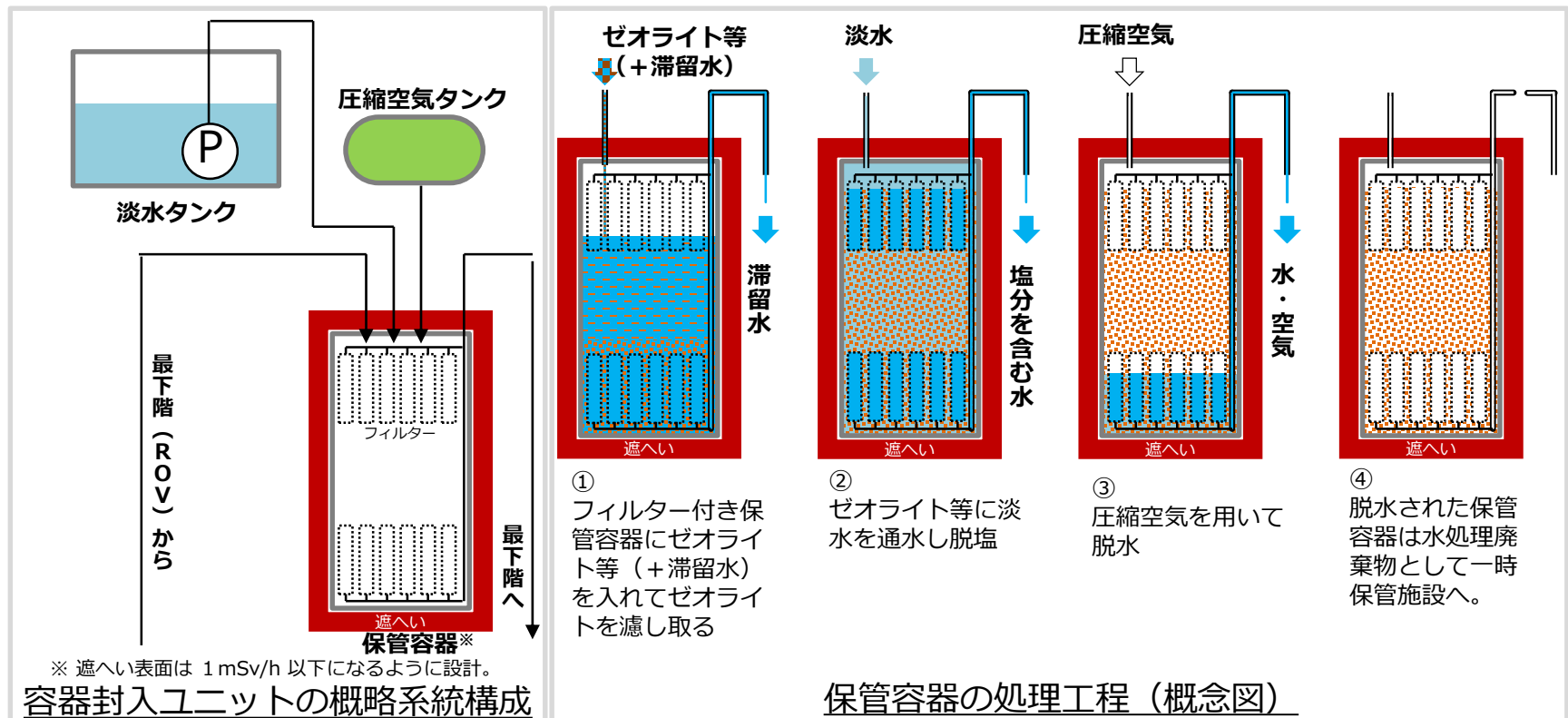
■ 閉じ込め機能の考え方は以下の通りとする。

	閉じ込め機能の考え方
負圧管理方針	<ul style="list-style-type: none"> ● 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わないことから、作業エリア（ハウス内）はダスト管理エリアとする。なお、機器内はダスト取扱エリアとする。 ● ダスト管理エリアは負圧を維持する設計とし放出管理を行うものとする。保管容器へのホース着脱時は弁閉などの隔離措置を講じる。
常時負圧維持	<ul style="list-style-type: none"> ● 上記の取り扱いを原則とするが、設備内のシャッター扉等の開閉により、エリア間に圧力差を維持出来ない場合は、事前にダストモニタで汚染がないことを確認の上で開閉する。 <p>＜電源に対する考え＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 異なる二系統の常用電源から受電できる構成とし、片系停止時においても受電元を切替えが可能な設計とする。 <p>＜非常用電源の在り方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 非常用電源については、空調設備が機能喪失した場合に備え、隔離ダンパを設置し、換気空調設備停止時の公衆被ばく影響評価を行い不要と考えている。



9. 容器について (1 / 2)

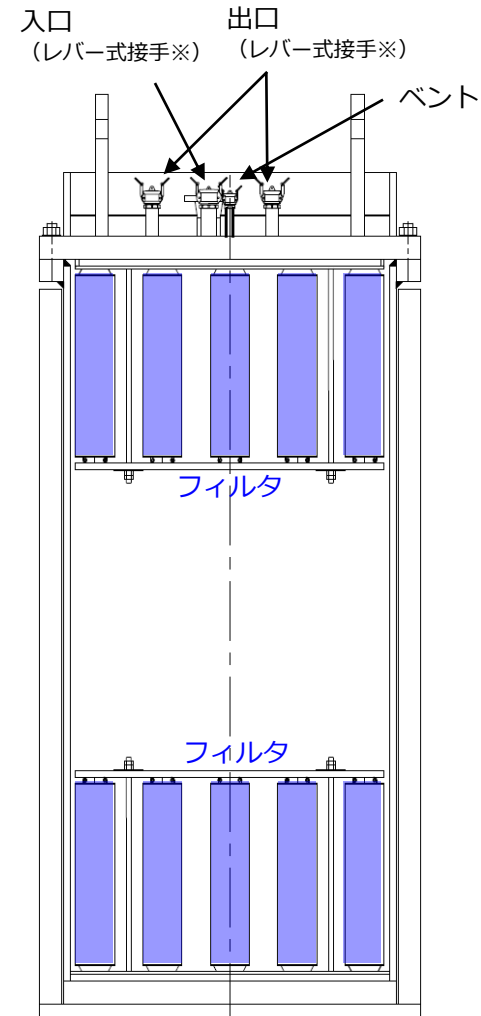
- ゼオライト等は滞留水と共に地上階へ移送され、建屋内に準備したフィルターが装備されている遮へい付保管容器に入れて脱水する。
- ゼオライト等を容器に封入した後は淡水を通水して塩分を除去し、圧縮空気等を利用して脱水する。
- 脱塩、脱水後の保管容器は建屋外へ搬出し、33.5m 盤の一時保管施設（第一 or 第四施設）へ輸送する。
- 発生数は50~100基程度、1本あたり約4~7E14Bq程度のインベントリ量となる見込み。



9. 容器について (2 / 2)

仕様

構造	縦置き円筒形
材質	SUS316L + 鉛遮蔽
重量	22.9 t
高さ	3632mm
直径	1492mm
容量	2.87m ³
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，1 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● PMB・HTIへはフォークリフトで搬出入

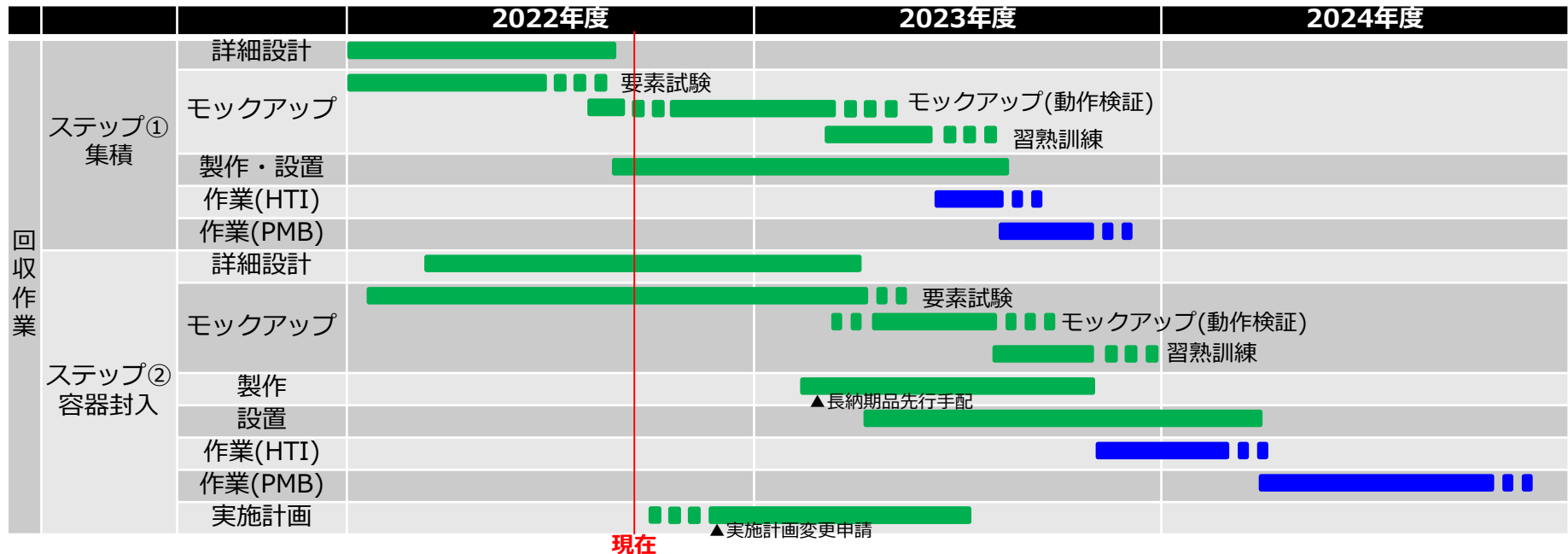


※接続を解除すると自動的に開口部が閉まる

【参考】スケジュール

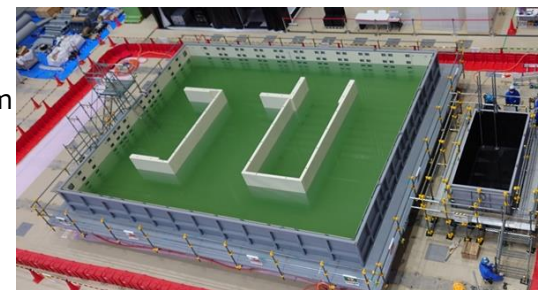
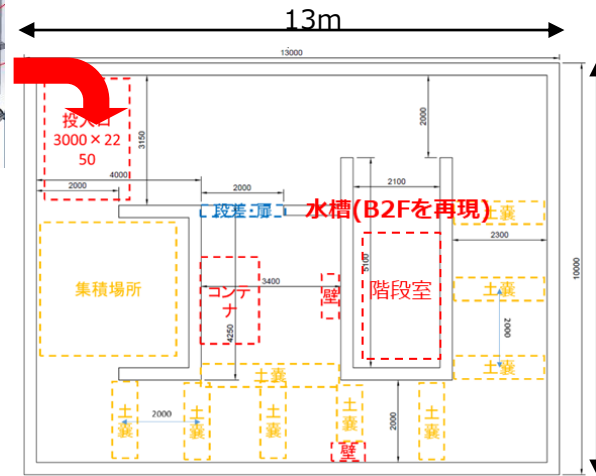
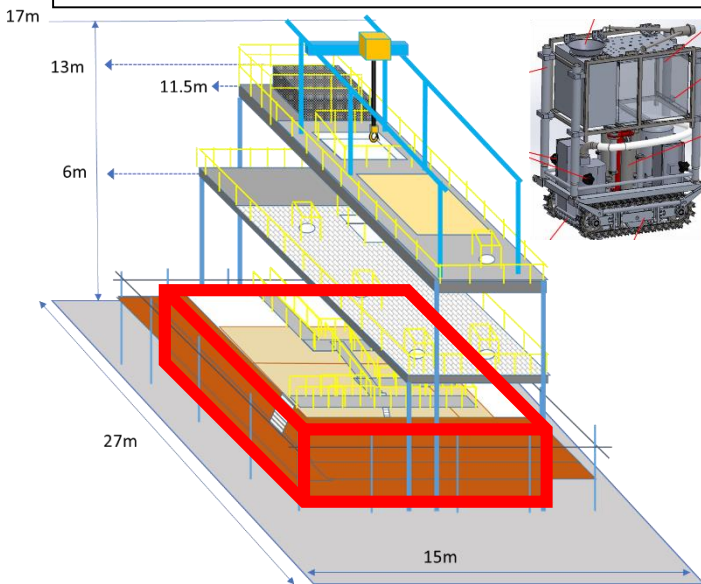
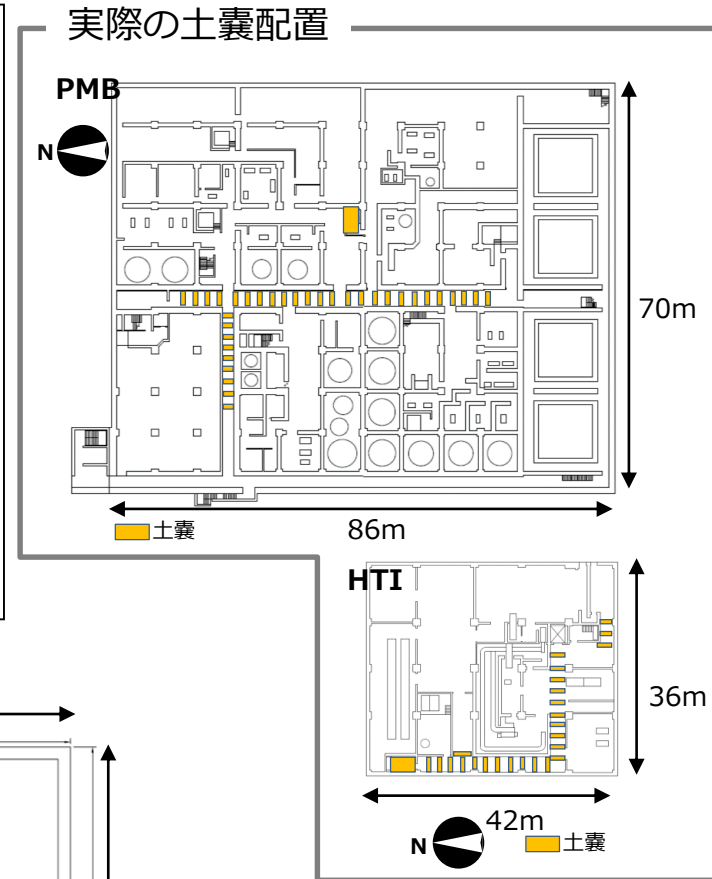


- 集積作業は、2022年10月の実規模モックアップを通じて改良を実施し、2023年度内作業着手を目指していく。プロセス主建屋等ゼオライト等の回収着手については2023年度内開始目標に変更はない。
- 容器封入作業については、実施計画変更申請を2023年3月頃に予定しており、現状、基本設計が完了し、詳細設計を進めているところであるが、類似案件の実実施計画審査状況も踏まえ、適宜設計を見直ししている。実施計画変更申請については、技術会合の中で設計について議論させていただいた上で変更申請していく。なお、全体計画としては、長納期品の手配関係がクリチカル工程となる見込みで、実施計画変更申請の審査期間はサブクリチカルとなる見込み。



【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) 梶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。



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