

ゼオライト土嚢等処理の検討状況について

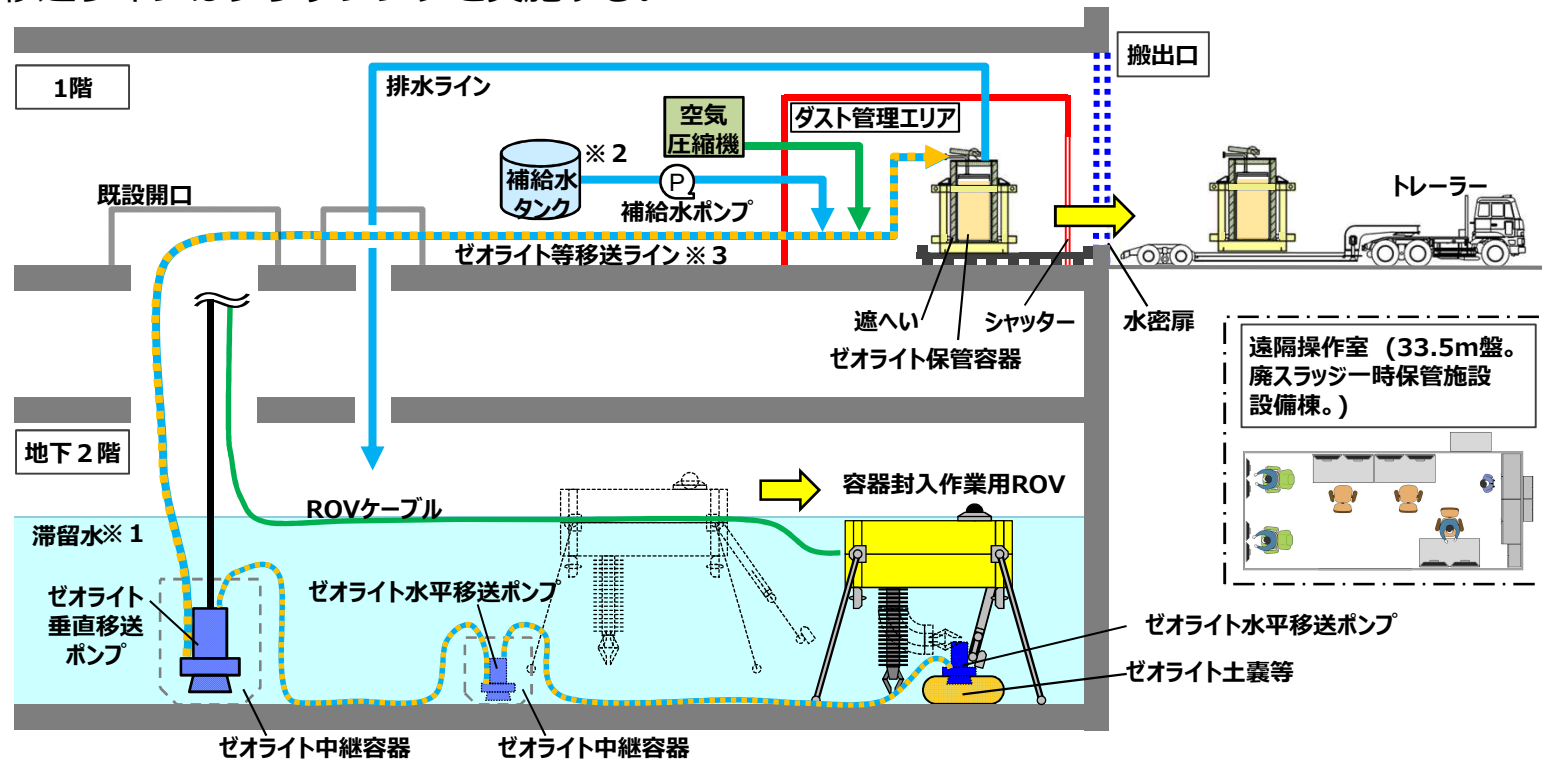
2023年 2月 1日



東京電力ホールディングス株式会社

1. 作業概要


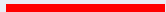
- プロセス主建屋（以下、PMB）、高温焼却炉建屋（以下、HTI）の最下階に敷設しているゼオライト土囊・活性炭土囊（以下、ゼオライト土囊等）について、地下階に容器封入作業用ROVを投入し、ゼオライト水平移送ポンプ及びゼオライト垂直移送ポンプでゼオライト等を地上階のゼオライト保管容器に回収し、33.5m盤の一時保管施設まで搬出する。
- ゼオライト保管容器内部にはフィルタが装備されており、補給水及び空気圧縮機を用いゼオライト等の脱塩（建屋滞留水に含まれる塩分の除去）、脱水を実施する。また、ゼオライト等の移送作業後、ゼオライト等移送ラインはフラッシングを実施する。



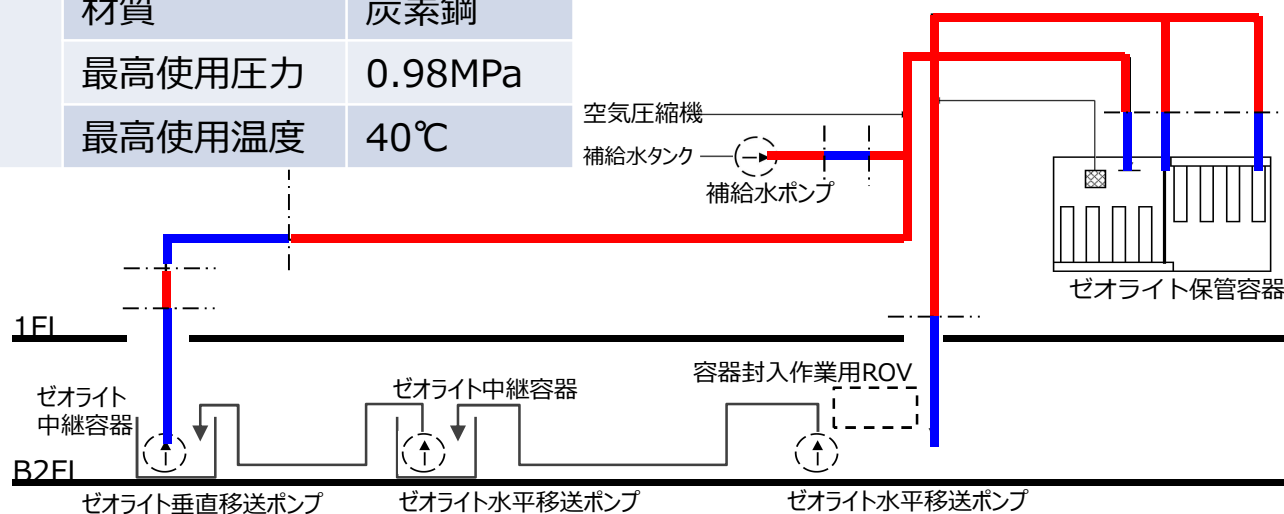
- ※1 建屋水位は、建屋最下階（地下2階）における作業性を踏まえ、水位1.5m程度に維持する計画。そのため作業中の建屋は基本的に建屋滞留水の受入、移送を停止し、他方の建屋において建屋滞留水の受入、移送を実施する。
- ※2 補給水タンク水として、RO処理水（ ^{137}Cs :10¹ Bq/Lオーダー）もしくはろ過水の使用を計画する。
- ※3 ゼオライト等を移送するポンプにはストレーナがついており、異物が詰まった場合等に備え、逆洗が可能な設備構成とする。

2. 系統概略図 (1/2)

■ 設置する配管の仕様は、下表に示す通り。

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

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℃



2. 系統概略図 (2/2)

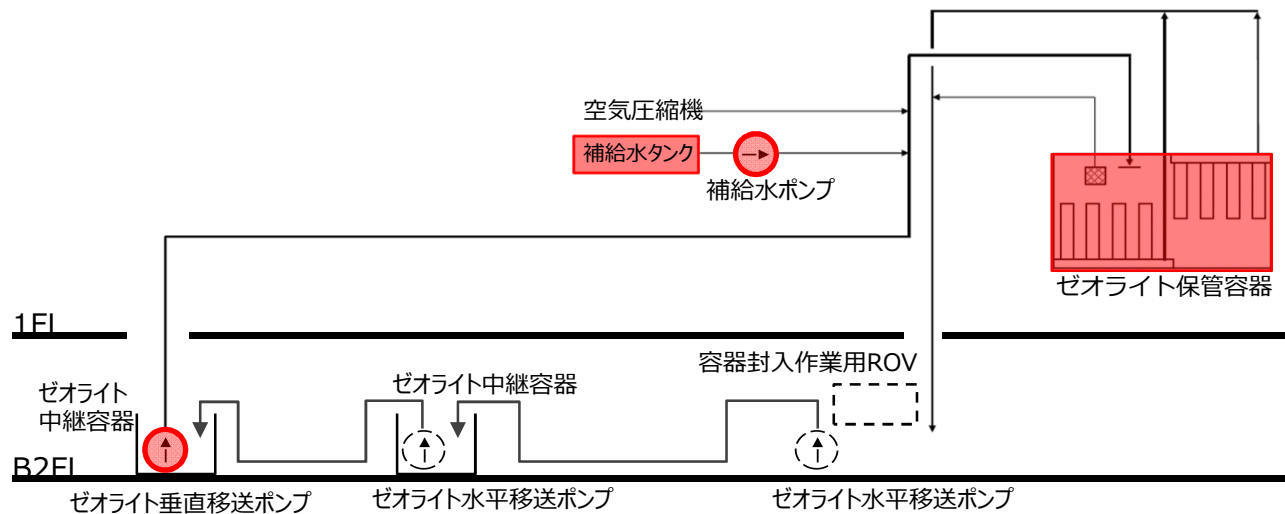
■ 設置する機器の仕様は、下表に示す通り。

名称	仕様	
・ゼオライト垂直移送ポンプ	台数	1台
	容量	13m ³ /h
	揚程	80m

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相当 (遮へい：Pb)

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

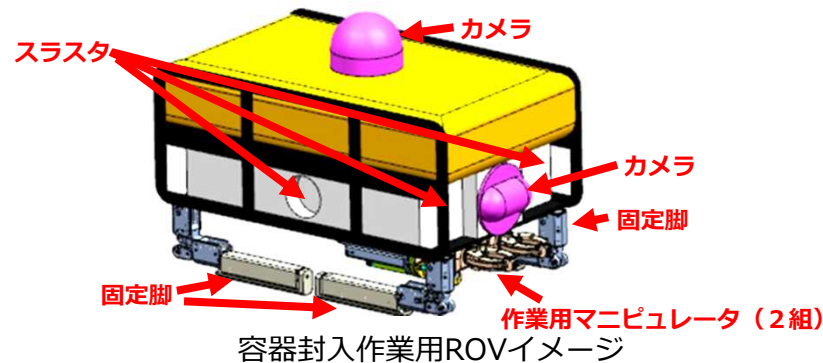
名称	仕様	
・補給水タンク	個数	1台
	容量	3m ³
	材料	SUS304



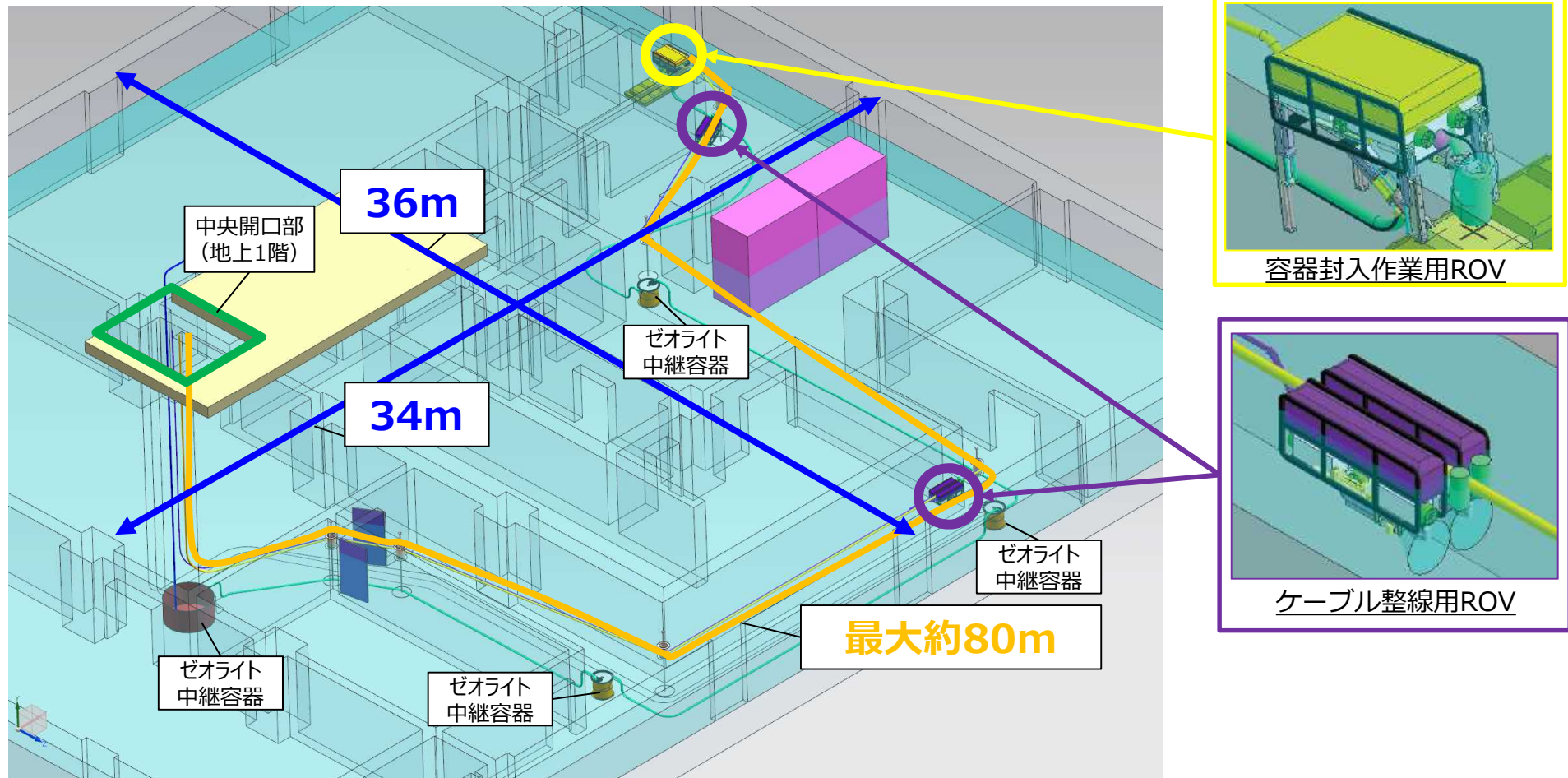
【参考】 容器封入作業用ROVの設計

■ 潜水型ROVで、作業用マニピュレータと固定脚を持つ構造

要求機能と仕様		
要求機能	機能	<ul style="list-style-type: none"> ● 建屋滞留水中のゼオライト等へアクセス可能であること。 ● ROV がポンプ等を把持して地下 2 階を移動できること。 ● 作業用マニピュレータで土嚢袋を破き、把持したポンプ等でゼオライト等の吸引作業を実施すること。
	補足	地下階のみで作業するROVであり、万が一トラブルが発生しても地上階等、公衆への被ばく影響には影響しない
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
	作業用マニピュレータ仕様	20kg (作業用マニピュレータ1本で10kg×2本)
	ケーブル径	直径60mm
	ケーブル長	約100m
	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



【参考】 地下階での作業状況

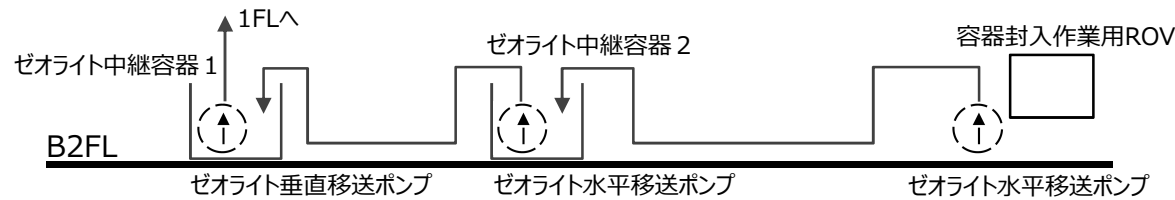


HTI最下階(地下2階)の例

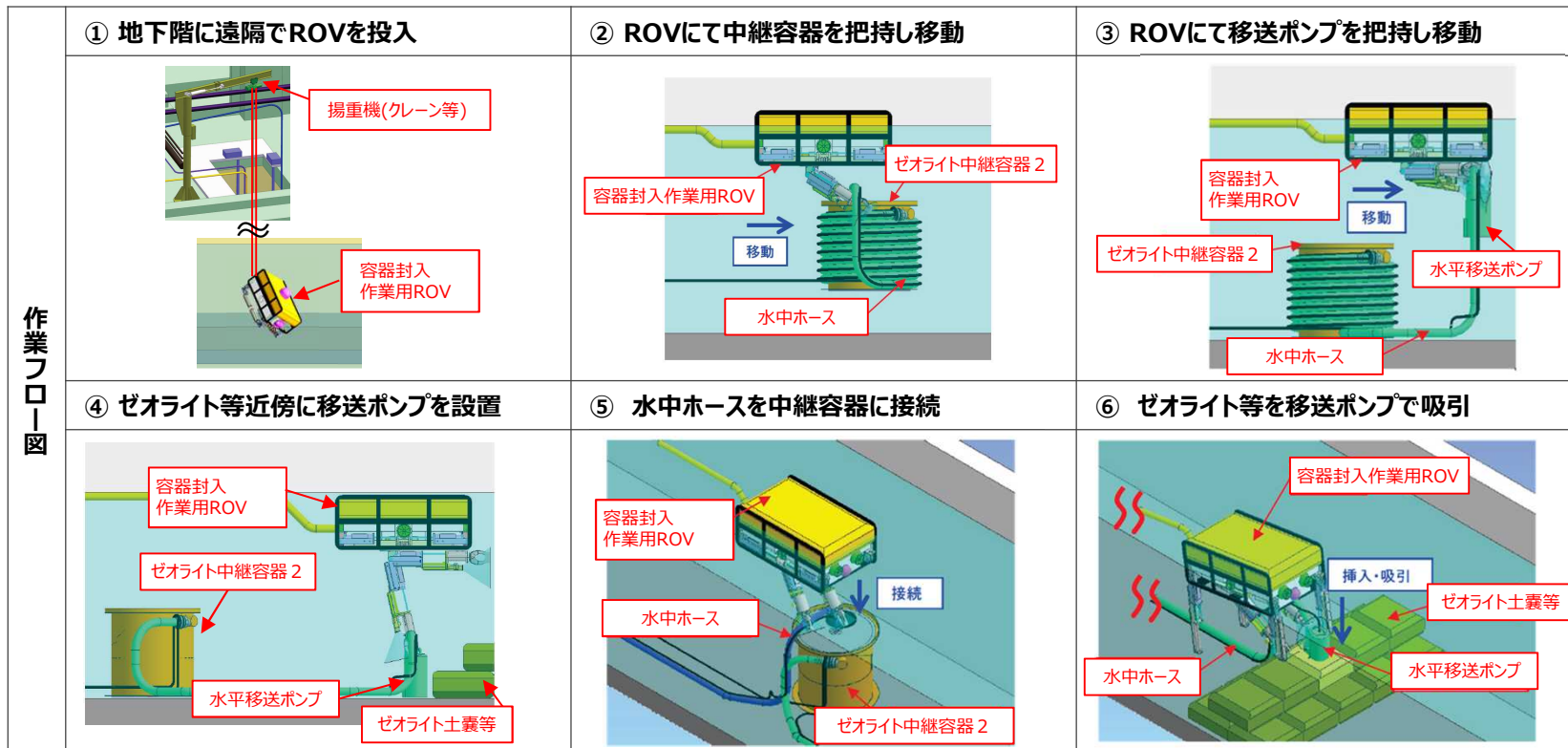
【参考】地下階での作業状況（ゼオライト等移送方法）

- ゼオライト等をゼオライト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

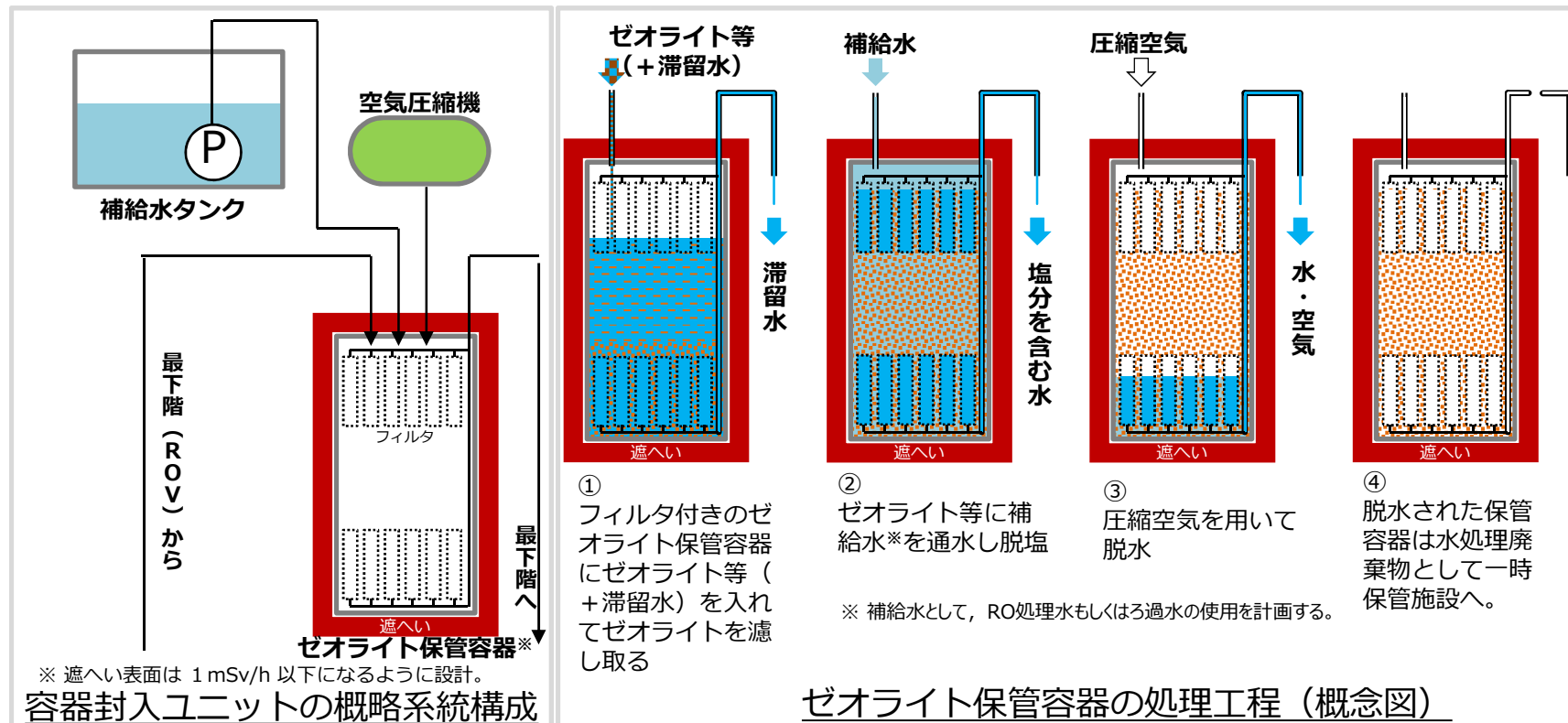


名称	仕様	
ゼオライト中継容器	個数	1個以上
	容量	100L~1m ³
	材料	SUS
ゼオライト水平移送ポンプ	個数	1台以上
	容量	~5m ³ /h
	揚程	~10m



3. ゼオライト保管容器の設計 (1 / 2)

- ゼオライト等は滞留水と共に地上階へ移送され、フィルタが装備されている遮へい付のゼオライト保管容器に入れて脱水し、ゼオライト等のみが封入された状態とする。
- ゼオライト保管容器に封入した後は補給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、脱水後のゼオライト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40基程度、1本あたり約8E14Bq程度の放射性物質質量となる見込み。



【参考】ゼオライト等の放射性物質質量について

- ゼオライト等の放射性物質質量は、主たる核種で分析ができているCs-134, Cs-137について、以下の計算式で算出している。

$$[\text{各建屋のゼオライト土嚢等放射性物質質量}] = [\text{各建屋の設置量}] \times [\text{各建屋のゼオライト・活性炭放射能濃度}]$$

※各建屋のゼオライト、活性炭放射能濃度は分析データを引用。

ゼオライト等の放射性物質質量評価

建屋	種類	放射性物質質量 (Cs-134,Cs-137,Sr-90)	評価に使用した設置量(記録による)	評価に使用した分析データ			
				Cs-134	Cs-137	Sr-90	サンプリング日
PMB	ゼオライト	2.6E15 Bq	16t	8.5E6 Bq/g	1.4E8 Bq/g	1.1E7 Bq/g	2020/2/12
	活性炭	9.2E12 Bq	8t	3.3E4 Bq/g	5.4E5 Bq/g	5.8E5 Bq/g	2020/11/27
HTI	ゼオライト	1.6E15 Bq	10t	PMB同等と仮定	PMB同等と仮定	PMB同等と仮定	-
	活性炭	8.7E12 Bq	7.5t	PMB同等と仮定	PMB同等と仮定	PMB同等と仮定	-
合計		4.2E15 Bq	-	-	-	-	-

※分析データは脱水状態

ゼオライト保管容器 (2.87m³) 1本あたり約8E14Bq程度の放射性物質質量

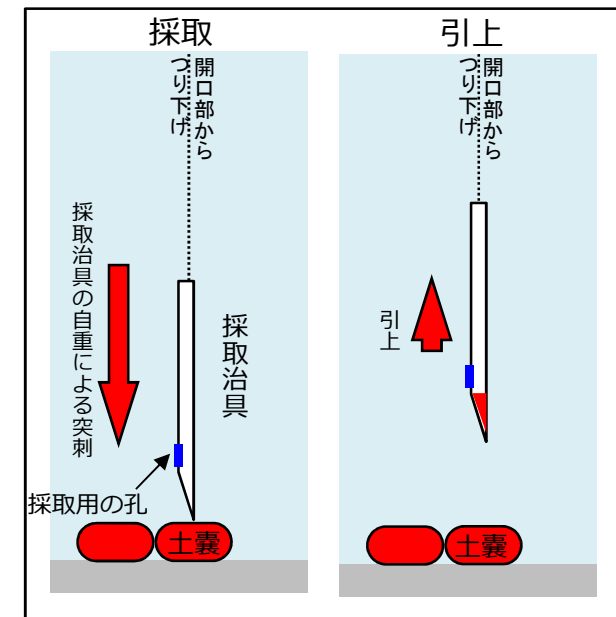
- $2.87[\text{m}^3] \times 10\text{E}6 \times 1.79[\text{g}/\text{cm}^3]: (\text{比重}^*) \times 1.6\text{E}8[\text{Bq}/\text{g}] (\text{Cs-134,137,Sr-90濃度}) = 8.19\text{E}14[\text{Bq}]$

*MSDSより

【参考】ゼオライトの分析結果

- PMB地下階に設置されたゼオライト土嚢・活性炭土嚢について、詳細なサンプリングと分析を実施。分析の結果、Cs-137の放射能濃度[Bq/g]は8乗オーダーあることを確認。

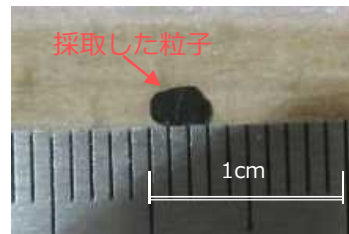
分析項目	放射能濃度[Bq/g]*		【参考】建屋滞留水放射能濃度[Bq/cc] (採取日:2020/2/25)
	ゼオライト (採取日:2020/2/12)	活性炭 (採取日:2020/2/27)	
Cs-134	(8.5±0.1)E+06	(3.3±0.1)E+04	1.7E+03
Cs-137	(1.4±0.1)E+08	(5.4±0.1)E+05	2.8E+04
Sr-90	(1.1±0.1)E+07	(5.8±0.1)E+05	5.4E+03
Pu-238	ND	(1.6±0.1)E+00	-
Pu-239 + Pu240	ND	(5.2±0.3)E-01	-
Am-241	(2.4±0.6)E-01	(5.6±0.1)E+00	-
Cm-244	ND	(1.8±0.1)E+00	-



ゼオライトサンプリングの採取方法



ゼオライト土嚢から採取した粒子
(拡大) (2020/2/12)



活性炭土嚢から採取した粒子
(拡大) (2020/2/27)

	採取した粒子の表面線量率	
	ゼオライト	活性炭
γ+β	1.3 mSv/h程度	0.025 mSv/h程度

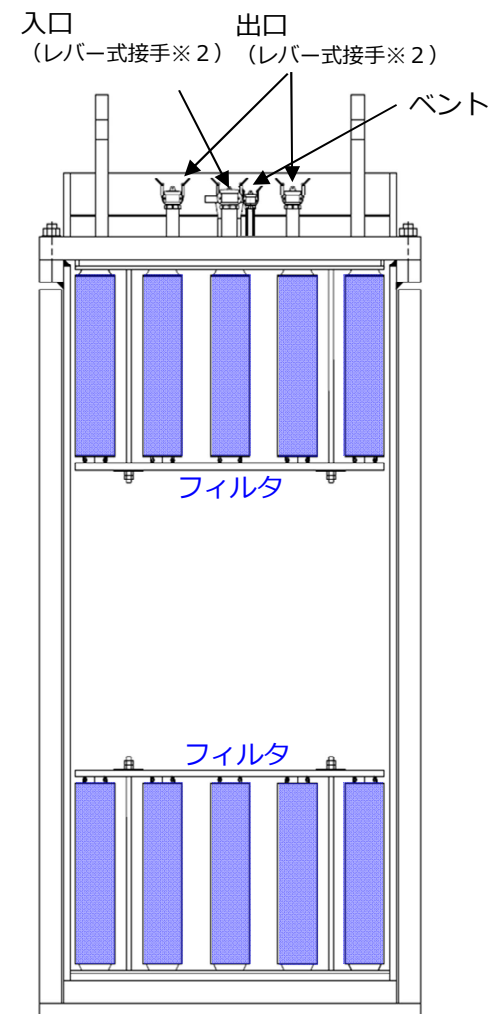
* 廃棄物試料の分析結果(土嚢活性炭) (廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議 (第91回) より) 本データは廃炉・汚染水対策事業による成果



PMB最下階平面図

3. ゼオライト保管容器の設計 (2 / 2)

仕様			
構造	縦置き円筒形	高さ	3632mm
材質	SUS316L相当 + 鉛遮蔽	直径	1492mm
重量	22.9 t	容量	2.87m ³
要求機能	<ul style="list-style-type: none"> ● ゼオライト保管容器内で脱塩・脱水を実施 ● 長期の保管期間（30年程度）を考慮すること（耐腐食性の材料を使用） ● ゼオライト保管容器の表面線量率は、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こと（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こと ● 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こと ● 再度の取り出しを考慮すること ● 転倒・落下による内容物の漏出を防ぐこと※1 ● PMB・HTIヘフォークリフト等で搬出入可能なこと 		
備考	<ul style="list-style-type: none"> ● ゼオライト回収容器は、米国で放射性物質が含まれるスラッジ回収等、多数の適用実績を有する容器の設計をもとに、本ゼオライト土嚢回収作業の作業性、一時保管施設の構造等を考慮して設計した 		



※1 FEM解析による落下解析評価を実施予定。ゼオライト保管容器の最大つり上げ高さの12.5mからの垂直落下、斜め落下を考慮し、地面と衝突した時の容器構造材の応力・ひずみをFEM解析により評価する。保管容器の遮へい体を考慮し、充填率は100%を想定する。

※2 接続を解除すると自動的に開口部が閉まる構造

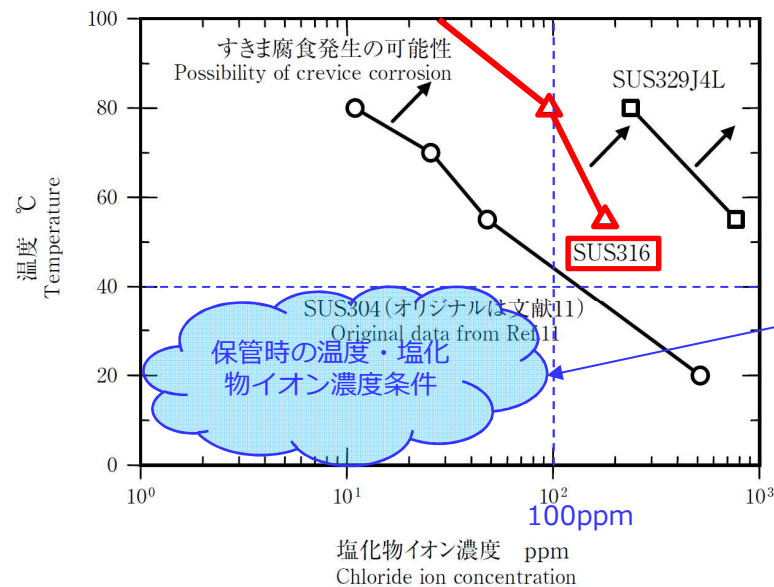
【参考】ゼオライト保管容器の材料について

■ 耐腐食性の検討

- ゼオライト保管容器に回収したゼオライト等については、表面に建屋滞留水が付着しているため、補給水（RO処理水又はろ過水）を容器内に通水して表面を洗い流して脱塩して保管する。

※現状、建屋滞留水の塩化物イオン濃度は100ppm程度

	温度	湿度	酸素濃度	塩化物イオン濃度	内容物
保管時の環境条件	～40℃	～100%	大気同等	～100ppm	ゼオライト/活性炭



- ✓ SUS316は、保管時の環境条件である温度～40℃及び塩化物イオン濃度～100ppmの条件では、すきま腐食が発生する可能性は低い。
- ✓ なお、ステンレス鋼の局部腐食形態（孔食，すきま腐食，SCC）のうち，最も発生しやすいのは「すきま腐食」であるため，「すきま腐食」が発生しない環境条件では，「孔食」も「SCC」も発生しない。

耐すきま腐食可使用限界温度及び塩化物イオン濃度条件(SUS316の例)*

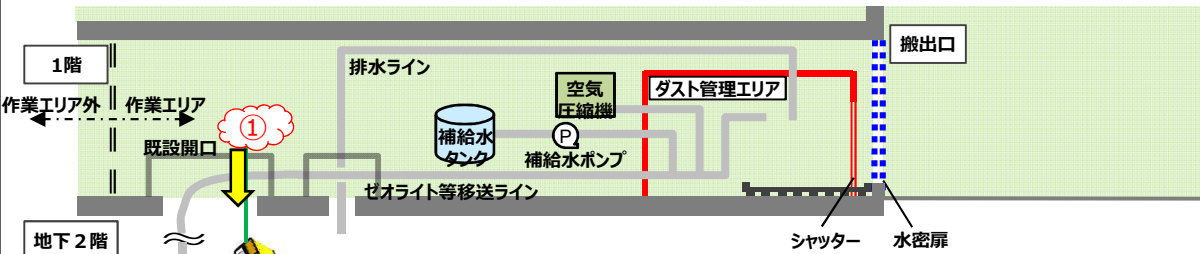
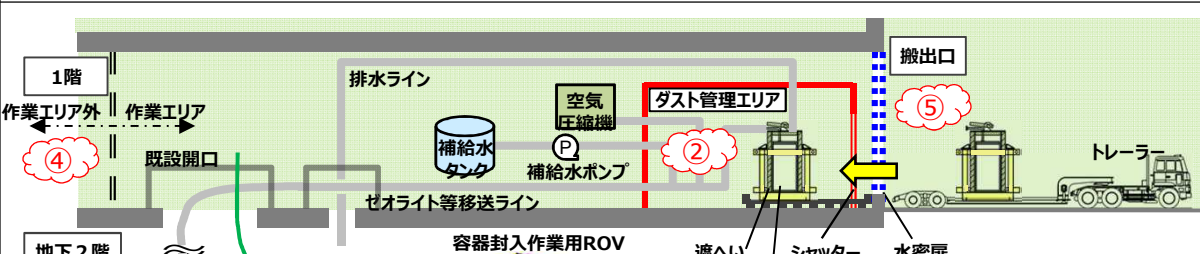
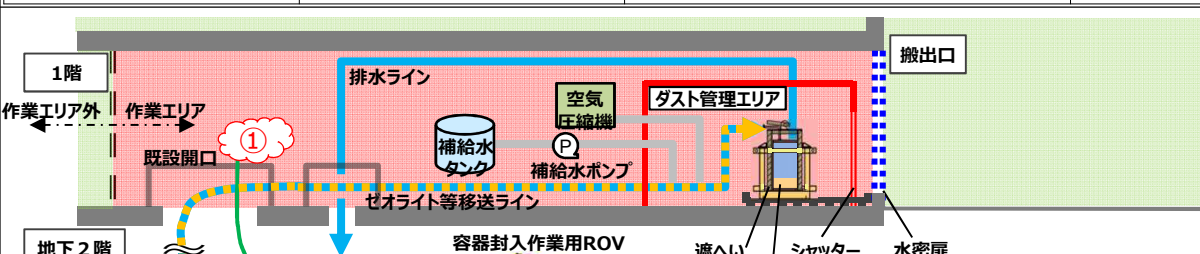
*宮坂 松甫「腐食防食講座－海水ポンプの腐食と対策技術－」第5報：ステンレス鋼及びニレジスト鉄の腐食と対策技術

【参考】地上階での作業状況（1 / 3）

現場作業可能エリア

入域規制エリア



作業手順 (想定被ばく線量)	線量率 (想定) エリア線量率 ①作業用ROV投入口近傍, ②ゼオライト保管容器近傍, ③ゼオライト等移送ライン近傍, ④回収設備作業エリア外 (建屋内), ⑤保管容器搬出口近傍 (建屋外), ⑥遠隔操作室								
1. 容器封入作業用ROVの投入 (約7.0 mSv・人)	 <table border="1" data-bbox="1048 587 2011 691"> <tr> <th>作業エリア</th> <td>①作業用ROV投入口近傍</td> <td>⑥遠隔操作室</td> </tr> <tr> <td>線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量</td> <td>0.5mSv/h*1hr* 14人 → 7mSv・人</td> <td>1μSv/h*1hr*14人 → 0.014mSv・人</td> </tr> </table>	作業エリア	①作業用ROV投入口近傍	⑥遠隔操作室	線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量	0.5mSv/h*1hr* 14人 → 7mSv・人	1μSv/h*1hr*14人 → 0.014mSv・人		
作業エリア	①作業用ROV投入口近傍	⑥遠隔操作室							
線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量	0.5mSv/h*1hr* 14人 → 7mSv・人	1μSv/h*1hr*14人 → 0.014mSv・人							
2. ゼオライト保管容器の搬入 (約2.2 mSv・人)	 <table border="1" data-bbox="517 962 2011 1074"> <tr> <th>作業エリア</th> <td>②ゼオライト保管容器近傍</td> <td>④回収設備作業エリア外(建屋内)</td> <td>⑤保管容器搬出口近傍 (建屋外)</td> </tr> <tr> <td>線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量</td> <td>0.1mSv/h*2hr*10人 → 2mSv・人</td> <td>0.03mSv/h*0.5hr*10人 → 0.15mSv・人</td> <td>0.015mSv/h*0.5hr*10人 →0.075mSv・人</td> </tr> </table>	作業エリア	②ゼオライト保管容器近傍	④回収設備作業エリア外(建屋内)	⑤保管容器搬出口近傍 (建屋外)	線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量	0.1mSv/h*2hr*10人 → 2mSv・人	0.03mSv/h*0.5hr*10人 → 0.15mSv・人	0.015mSv/h*0.5hr*10人 →0.075mSv・人
作業エリア	②ゼオライト保管容器近傍	④回収設備作業エリア外(建屋内)	⑤保管容器搬出口近傍 (建屋外)						
線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量	0.1mSv/h*2hr*10人 → 2mSv・人	0.03mSv/h*0.5hr*10人 → 0.15mSv・人	0.015mSv/h*0.5hr*10人 →0.075mSv・人						
3. ゼオライト保管容器へゼオライト等と建屋滞留水の移送, 及び建屋滞留水の排水 (約2.0mSv・人)	 <table border="1" data-bbox="891 1337 2011 1457"> <tr> <th>作業エリア</th> <td>①作業用ROV投入口近傍</td> <td>⑥遠隔操作室</td> </tr> <tr> <td>線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量</td> <td>0.5mSv/h (移送前準備) *2hr*2人 → 2mSv・人</td> <td>1μSv/h*11hr*2人 → 0.022mSv・人</td> </tr> </table>	作業エリア	①作業用ROV投入口近傍	⑥遠隔操作室	線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量	0.5mSv/h (移送前準備) *2hr*2人 → 2mSv・人	1μSv/h*11hr*2人 → 0.022mSv・人		
作業エリア	①作業用ROV投入口近傍	⑥遠隔操作室							
線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量	0.5mSv/h (移送前準備) *2hr*2人 → 2mSv・人	1μSv/h*11hr*2人 → 0.022mSv・人							

【参考】地上階での作業状況（1 / 3）

現場作業可能エリア

入域規制エリア



作業手順 (想定被ばく線量)	線量率 (想定) エリア線量率 ①作業用ROV投入口近傍, ②ゼオライト保管容器近傍, ③ゼオライト等移送ライン近傍, ④回収設備作業エリア外 (建屋内), ⑤保管容器搬出口近傍 (建屋外), ⑥遠隔操作室	
<p>4. ゼオライト保管容器への回収完了及び補給水による配管フラッシング (約0.01 mSv・人)</p>		<p>⑥遠隔操作室 線量率・作業時間・人 → 0.006mSv・人</p>
<p>5. ゼオライト等の脱塩 (補給水によるゼオライト等の洗浄) (約0.02 mSv・人)</p>		<p>⑥遠隔操作室 線量率・作業時間・人 → 0.018 mSv・人</p>
<p>6. ゼオライト等の脱水 (圧縮空気によるゼオライト等の脱水) (約0.04 mSv・人)</p>		<p>⑥遠隔操作室 線量率・作業時間・人 → 0.044 mSv・人</p>

【参考】地上階での作業状況（3 / 3）

現場作業可能エリア

入域規制エリア



作業手順 (想定被ばく線量)	線量率 (想定) エリア線量率 ①作業用ROV投入口近傍, ②ゼオライト保管容器近傍, ③ゼオライト等移送ライン近傍, ④回収設備作業エリア外 (建屋内), ⑤保管容器搬出口近傍 (建屋外), ⑥遠隔操作室											
7. 容器封入作業用ROVの引き上げ (約10.5 mSv・人)	<table border="1" data-bbox="987 598 2022 703"> <tr> <th>作業エリア</th> <td>①作業用ROV投入口近傍</td> <td>⑥遠隔操作室</td> </tr> <tr> <td>線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量</td> <td>0.5mSv/h*1.5hr* 14人 → 10.5mSv・人</td> <td>1μSv/h*1.5hr*14人 → 0.021mSv・人</td> </tr> </table>				作業エリア	①作業用ROV投入口近傍	⑥遠隔操作室	線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量	0.5mSv/h*1.5hr* 14人 → 10.5mSv・人	1μSv/h*1.5hr*14人 → 0.021mSv・人		
作業エリア	①作業用ROV投入口近傍	⑥遠隔操作室										
線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量	0.5mSv/h*1.5hr* 14人 → 10.5mSv・人	1μSv/h*1.5hr*14人 → 0.021mSv・人										
8. ゼオライト保管容器の搬出 (約30.3 mSv・人)	<table border="1" data-bbox="568 970 2022 1083"> <tr> <th>作業エリア</th> <td>②ゼオライト保管容器近傍</td> <td>④回収設備作業エリア外 (建屋内)</td> <td>⑤保管容器搬出口近傍 (建屋外)</td> </tr> <tr> <td>線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量</td> <td>1mSv/h*2hr*10人 → 20mSv・人</td> <td>0.03mSv/h*1hr*10人 → 0.3mSv・人</td> <td>1mSv/h*1hr*10人 → 10mSv・人</td> </tr> </table>				作業エリア	②ゼオライト保管容器近傍	④回収設備作業エリア外 (建屋内)	⑤保管容器搬出口近傍 (建屋外)	線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量	1mSv/h*2hr*10人 → 20mSv・人	0.03mSv/h*1hr*10人 → 0.3mSv・人	1mSv/h*1hr*10人 → 10mSv・人
作業エリア	②ゼオライト保管容器近傍	④回収設備作業エリア外 (建屋内)	⑤保管容器搬出口近傍 (建屋外)									
線量率・作業時間・人 → 想定被ばく線量	1mSv/h*2hr*10人 → 20mSv・人	0.03mSv/h*1hr*10人 → 0.3mSv・人	1mSv/h*1hr*10人 → 10mSv・人									
9. 以降, 手順1～8の繰り返し												

【参考】PMBの設置計画

- 機器はPMB中央の開口部周辺と北西部に分けて設置する
 - 容器封入作業用ROVは中央の開口部から投入。
なお、滞留水移送ポンプ等は設置されていない。
 - ゼオライト保管容器の搬出入は、建屋北西の既設の水密扉から実施。



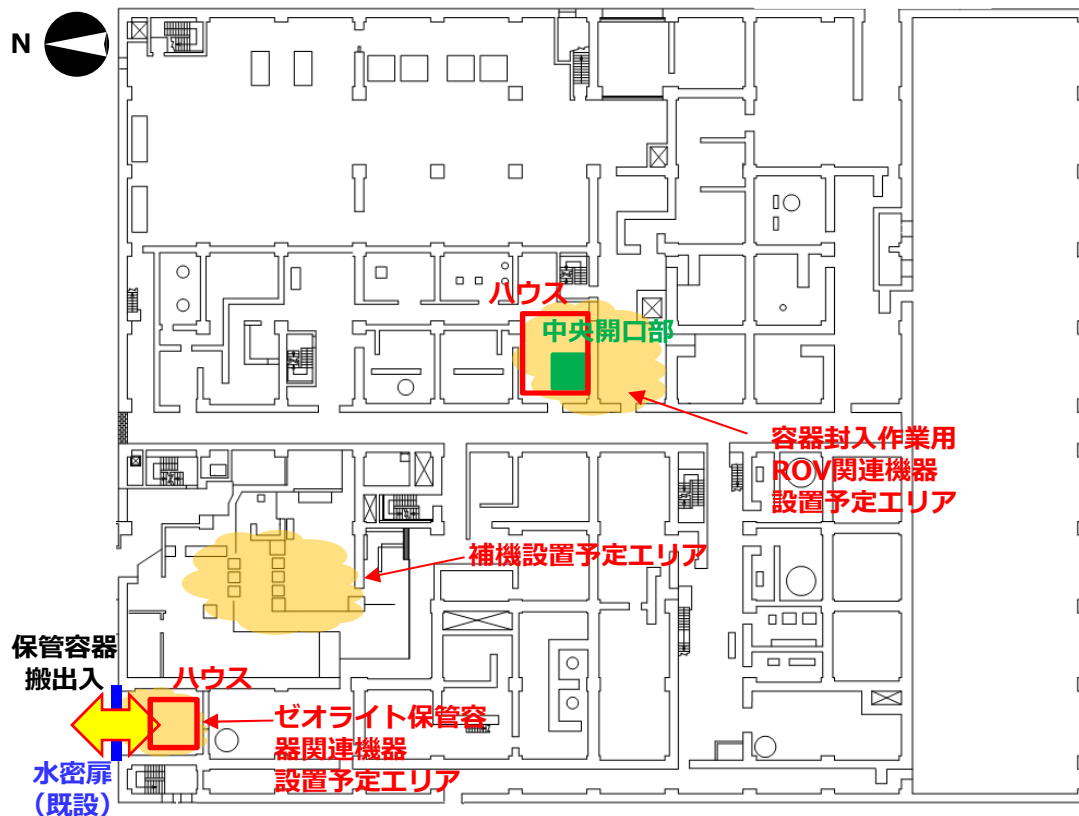
中央開口部付近（容器封入作業用ROV投入箇所）



補機設置予定エリア付近

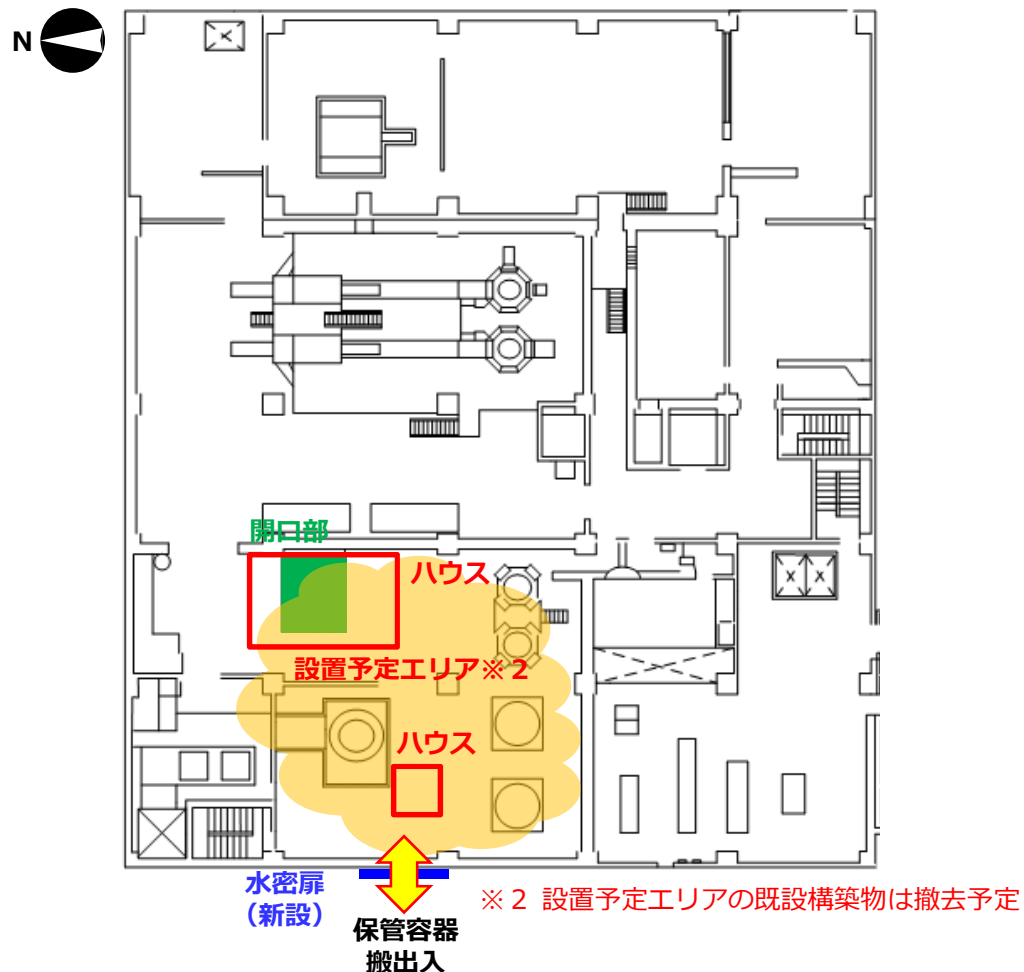


建屋北西付近（ゼオライト保管容器搬出入箇所）



【参考】HTIの設置計画

- 機器は建屋西側に設置する
 - 容器封入作業用ROVの投入は北西の開口部から実施。当該開口部は建屋唯一の開口部であり、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。
 - ゼオライト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。



開口部付近（容器封入作業用ROV投入箇所）



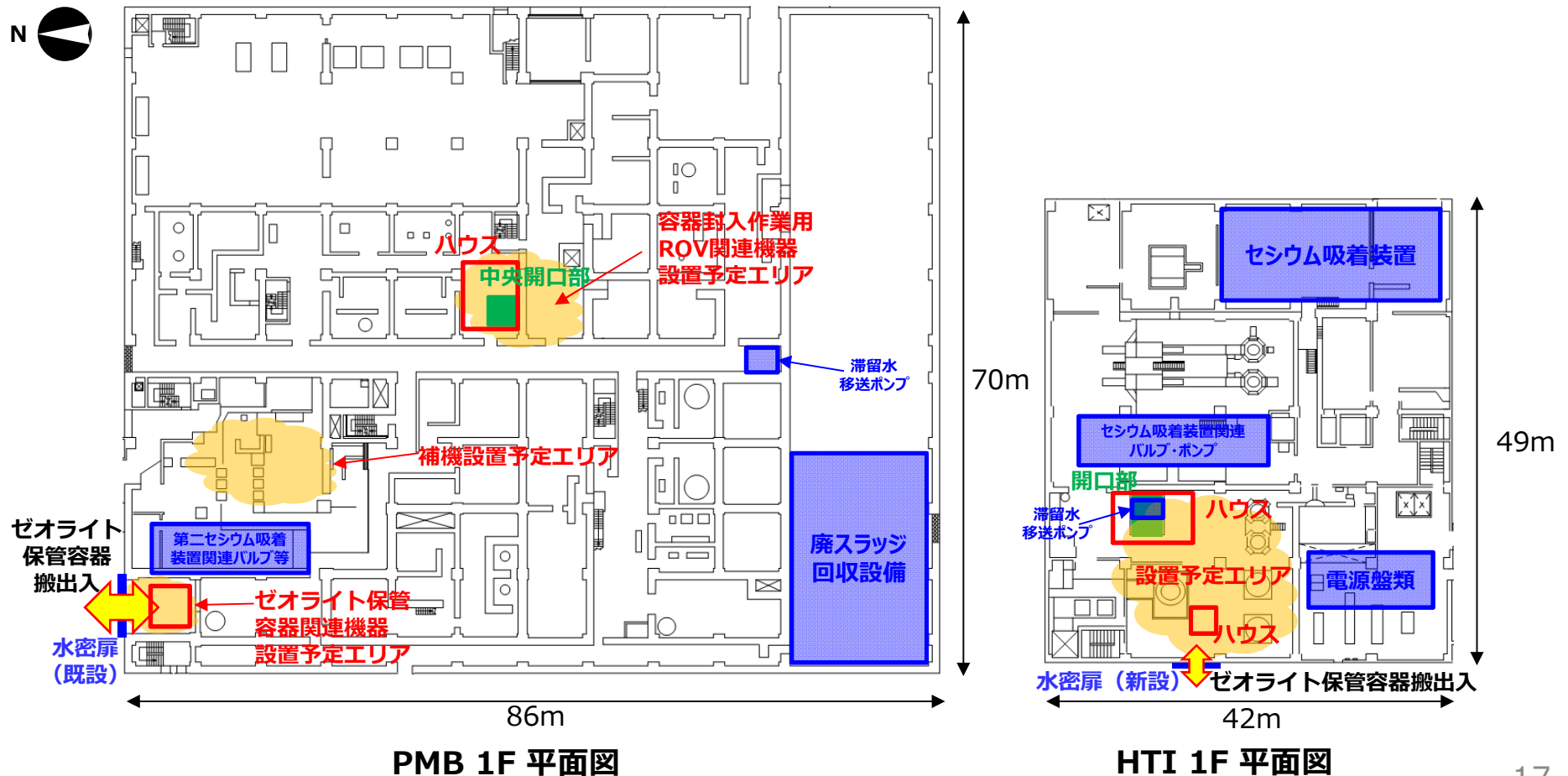
建屋西側付近（ゼオライト保管容器搬出入箇所）

【参考】 設置する設備と周辺の設備

■ 設置する設備の周辺には以下の機器が存在

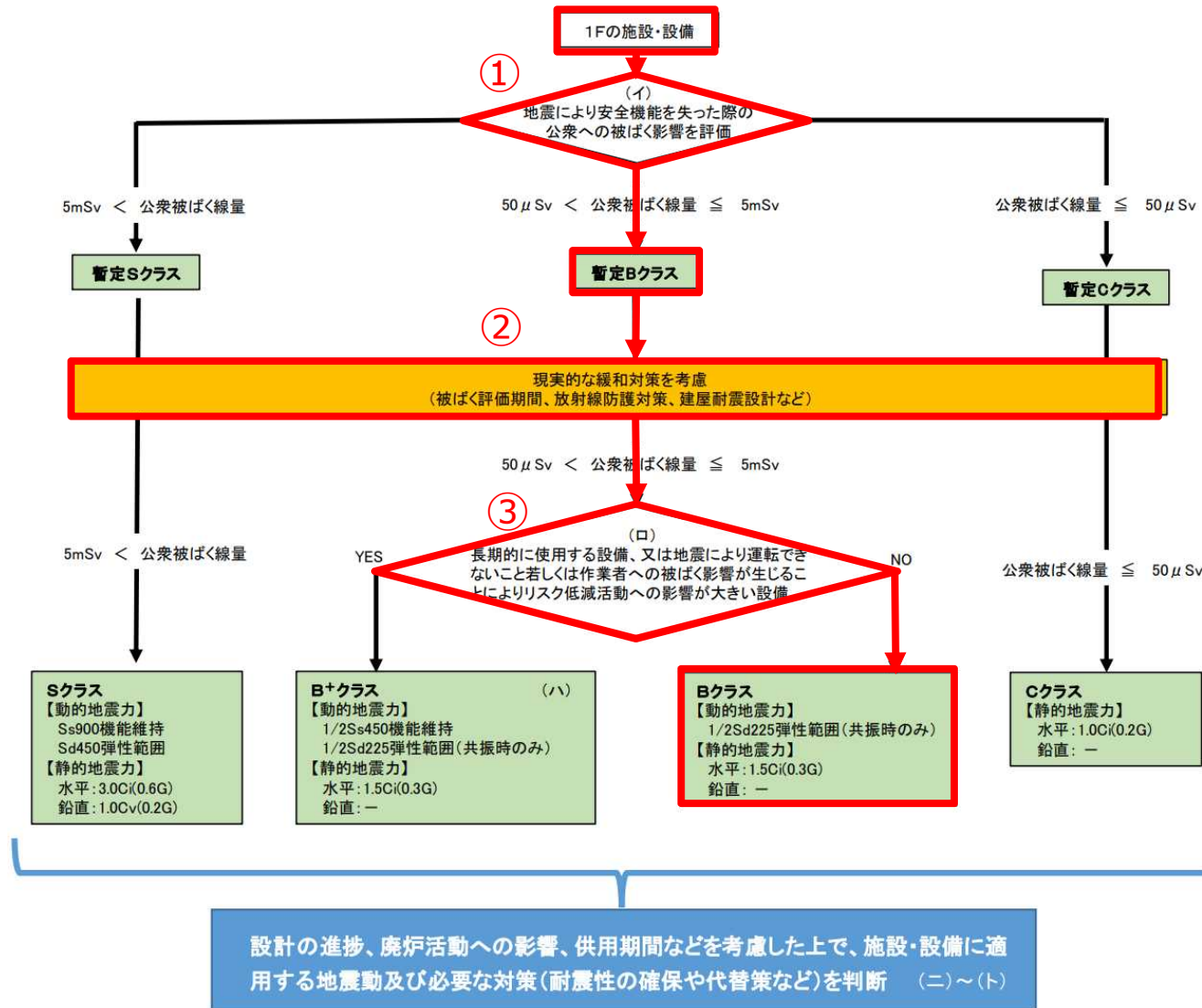
- PMB : 第二セシウム吸着装置関連バルブ等
- HTI : 滞留水移送ポンプ・セシウム吸着装置関連バルブ・ポンプ・電源盤類

上記については、通常の運転時は人が立ち入ることは基本的になく、切り替え操作時等のみ操作を行う。



4. 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」



4. 耐震クラスについて (2 / 3)

① 放射性物質に基づく評価（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：1.1mSv（暫定値）
- 大気拡散による被ばく線量：0.1mSv（暫定値）
- 公衆被ばく線量（上記合計）：1.2mSv（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Bクラス』

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。（現時点はゼオライト保管容器からの漏えい量のみ考慮（22頁参照））


- 直接・スカイシャイン線量：0.5mSv（暫定値）
- 大気拡散による被ばく線量：0.05mSv（暫定値）
- 公衆被ばく線量（上記合計）：0.55mSv（暫定値）

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

※今後、8.5m盤と33.5m盤の間ののり面の遮蔽効果を含める予定であり、上記暫定値より評価値は低下する見込み。また、PMB・HTI建屋は既設のBクラス建屋であるが、Ss900での耐震性について評価し、建屋による遮へい・閉じ込め機能を考慮することを検討中。

③ 当該設備の供用期間とリスク低減活動への影響

- 『短期的』（各建屋半年、合計1年程度）に使用することを見込んでいる。
- 地震により運転できないこと、若しくは、作業員への被ばく影響が生じることによりリスク低減活動への影響は小さく、廃炉作業に大きな影響はない。

 施設・設備の特徴に応じた評価：『Bクラス』

4. 耐震クラスについて (3 / 3)

- ゼオライト土嚢等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、その他設備が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・ゼオライト保管容器)	<ul style="list-style-type: none"> ・遮蔽機能 ・閉じ込め機能 ・隔離機能 	B	<ul style="list-style-type: none"> □ 直接・スカイシャイン線量：0.5mSv (暫定値) □ 大気拡散による被ばく線量：0.05mSv(暫定値) □ 公衆被ばく線量(上記合計)：0.55mSv(暫定値) 50 μ Sv < 公衆被ばく線量 ≤ 5mSv
ハウス	<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）の耐震クラス分類は、『C』とする なお、地震により損傷を受けた場合にも主要ラインに影響を及ぼさない設計とする。
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。

【参考】 公衆被ばく線量評価（安全機能を失った際の条件）

■ 評価に用いた放射性物質質量

- 地震により安全機能を失った際の条件として、設備全体の最大放射エネルギーとなる以下の状態にて評価を行う。
- ゼオライト土嚢等処理はHTI、PMBの順番で作業を実施し、2建屋同時には実施しないため、1建屋を評価条件とする。（なお暫定評価における2建屋の評価条件は同じ）
 - ・ゼオライト保管容器：1基全容量分※
 - ・ゼオライト移送配管：0（ゼオライト移送／脱塩／脱水後フラッシングを行うため）

※建屋には1基のみ設置。全量充填した時点で建屋外に搬出する計画。

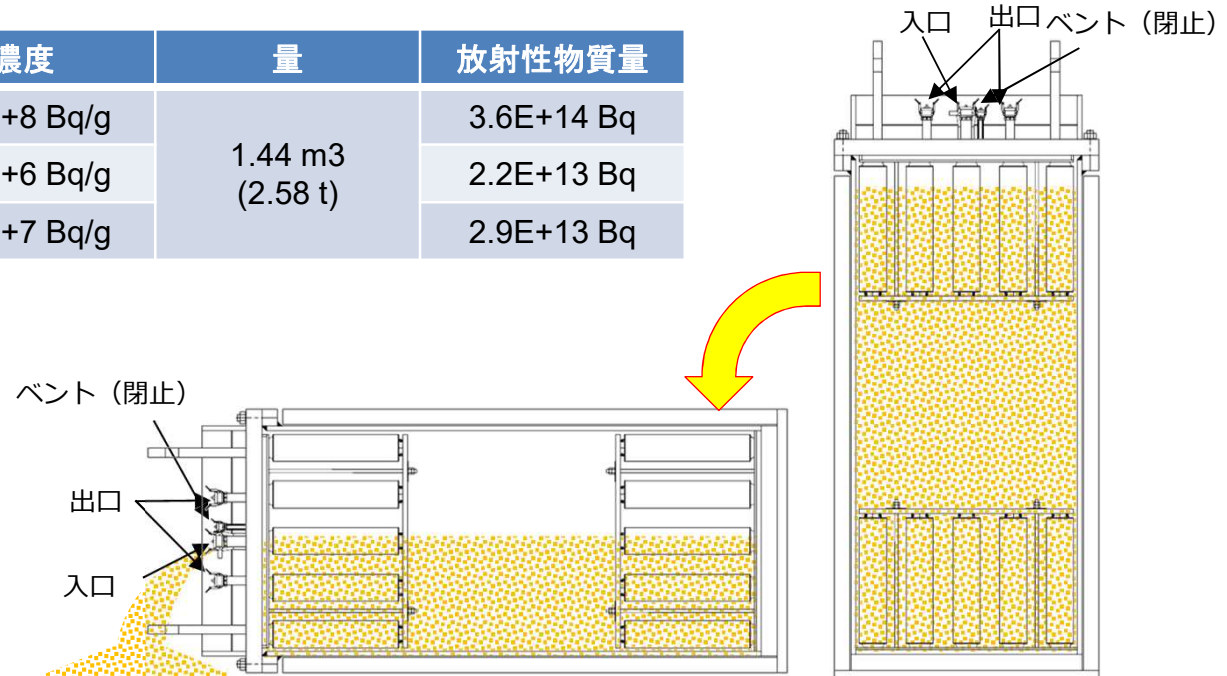
核種	濃度	量	放射性物質質量
Cs-137	1.4E+8 Bq/g	2.87 m3 (5.14 t)	7.2E+14 Bq
Cs-134	8.5E+6 Bq/g		4.4E+13 Bq
Sr-90	1.1E+7 Bq/g		5.7E+13 Bq

【参考】 公衆被ばく線量評価（現実的な評価条件）

■ 評価に用いた放射性物質質量

- 現実的な評価条件として、設備全体の最大放射性物質質量となる以下の状態にて評価を行う。
- ゼオライト土嚢等処理はHTI, PMBの順番で作業を実施し、2建屋同時には実施しないため、1建屋を評価条件とする。（なお暫定評価における2建屋の評価条件は同じ）
- ゼオライト保管容器からの漏出は、容器が横倒しになる場合を想定。保管容器上面中央にある、入口部から保管容器内の半量が漏出したと仮定する。
 - ・ ゼオライト保管容器：半容量分
 - ・ ゼオライト移送配管：0（ゼオライト移送／脱塩／脱水後フラッシングを行うため）

核種	濃度	量	放射性物質質量
Cs-137	1.4E+8 Bq/g	1.44 m ³ (2.58 t)	3.6E+14 Bq
Cs-134	8.5E+6 Bq/g		2.2E+13 Bq
Sr-90	1.1E+7 Bq/g		2.9E+13 Bq



- 公衆被ばく評価は、以下の条件にて評価する。
 - 直接線・スカイシャイン線，大気拡散何れの評価についても，評価値が保守側となるよう適切に評価点・評価条件を設定する。
 - 機器の安全機能（遮蔽機能・閉じ込め機能）が喪失し，放射性物質が漏えいする事故シナリオを想定する。
 - 公衆被ばく評価値は以下の値を合算して算出する。なお，実際には建屋ならびに機器による安全機能（遮蔽機能・閉じ込め機能）が期待できるため，公衆被ばく評価値は低減すると考える。
 1. 直接線・スカイシャイン線による公衆被ばく評価（MCNP）
 2. 大気拡散による公衆被ばく評価（WDOSE2_TEPSYS）
 - 2－1. クラウドシャインによる外部被ばく
 - 2－2. グランドシャインによる外部被ばく
 - 2－3. クラウドの吸入による内部被ばく

【参考】 公衆被ばく線量評価（直接線＋スカイシャイン線）

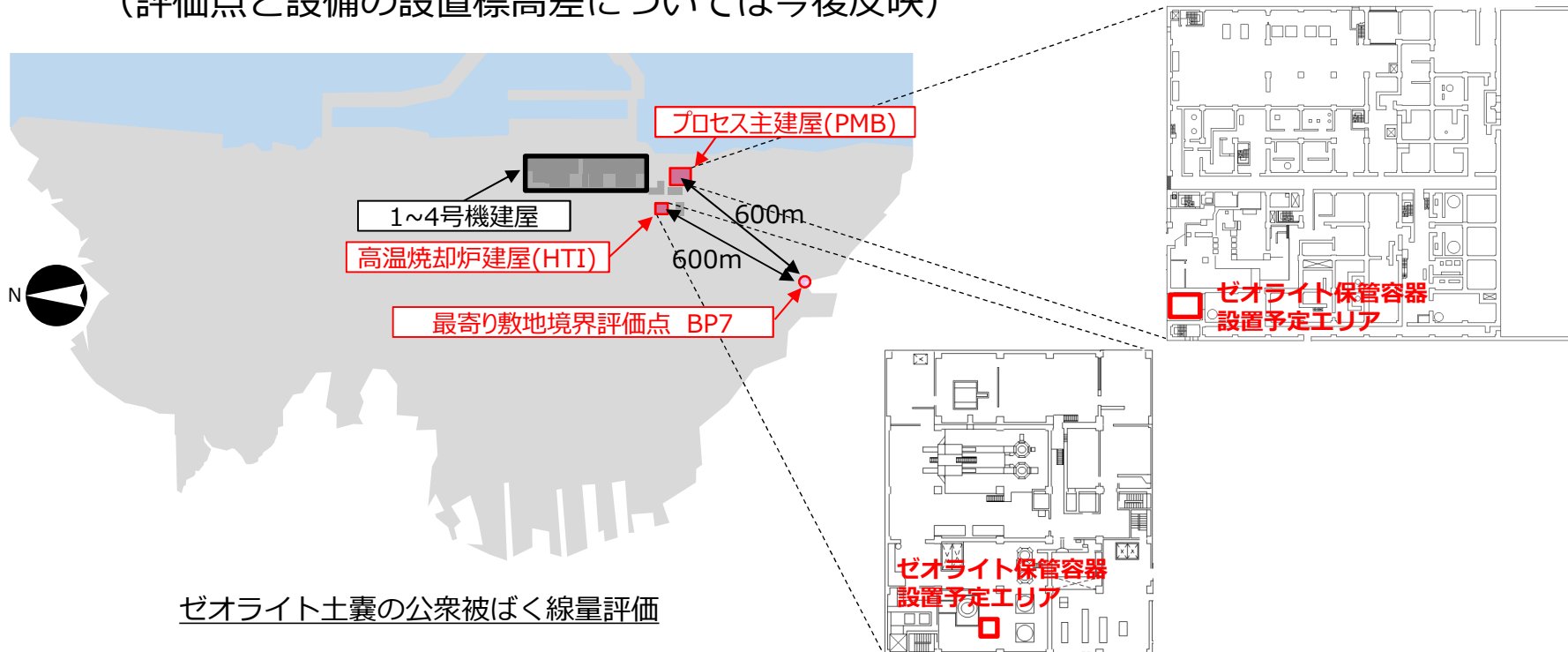
■ 評価に用いた放射性物質質量

核種	濃度	量	放射性物質質量
Cs-137	1.4E+8 Bq/g	2.87 m ³	7.2E+14 Bq
Cs-134	8.5E+6 Bq/g	(5.14 t)	4.4E+13 Bq

※Sr-90(5.7E+13 Bq)の制動放射の影響については今後評価に反映していく。

■ 設備位置，評価点

- 敷地境界での評価点は本設備から最も近いBP7とし，設備からの距離600mとした。
(評価点と設備の設置標高差については今後反映)



ゼオライト土囊の公衆被ばく線量評価

■ 被ばく経路

クラウドシャインによる外部被ばく，グランドシャインによる外部被ばく，及びクラウドの吸入による内部被ばくの3経路にて評価を実施した。

- ・クラウドシャインによる外部被ばく： γ 線， β 線
- ・グランドシャインによる外部被ばく： γ 線+ β 線
- ・クラウドの吸入による内部被ばく：－

■ 評価モデル（暫定評価）

- ゼオライト土嚢等処理設備の設置建屋（PMB,HTI）の近傍建屋からダストが放出された評価結果を活用し，暫定的に評価した。

■ 評価点

- 敷地境界での評価点は本設備から最も近いBP7とした。

【参考】 公衆被ばく線量評価（大気拡散）

- 評価点高さ
 - 0mとした。
- 放出核種
 - Sr-90, Cs-137, Cs-134と, 放射平衡を形成する娘核種（Cs-137/Ba-137m, Sr-90/Y-90）も評価対象核種とした。
- 建屋巻き込み
 - 被ばく対象が敷地境界（一般公衆）であることから, 建屋巻き込みは考慮しない。
（建屋巻き込みによる初期広がりを考慮すると, 相対濃度と相対線量が小さくなる。
安全側の評価となるよう, 建屋巻き込みは考慮しない。）
- 実効放出継続時間
 - これまでの許認可申請における異常時の敷地境界線量評価の条件に合わせ1時間とした。
- 気象データ
 - 原子炉設置変更許可申請書（6号原子炉施設の変更） 添付書類6に記載の気象データである「1979年4月1日～1980年3月31日（1979年度）」の気象データを使用した。

【参考】 公衆被ばく線量評価（大気拡散）



- 大気拡散の評価に用いている放射性物質の放出量は、DOE, NRCにおいても標準的な評価手法（DSA, ISA）として採用されている「五因子法」により評価した。

$$\text{放射性物質放出量} = \text{MAR} \times \text{DR} \times \text{ARF} \times \text{RF} \times \text{LPF}$$

MAR：事象によって影響を受ける可能性のある 放射性物質の総量（インベントリ）(Material At Risk)
 DR：事象の影響を受ける割合(Damage Ratio)
 ARF：事象の影響を受けたもののうち雰囲気へ放出され浮遊する割合 (Airborne Release Fraction)
 RF：肺に吸入され得る微粒子の割合(Respirable Fraction)
 LPF：環境中へ漏えいする割合(Leak Path Factor)

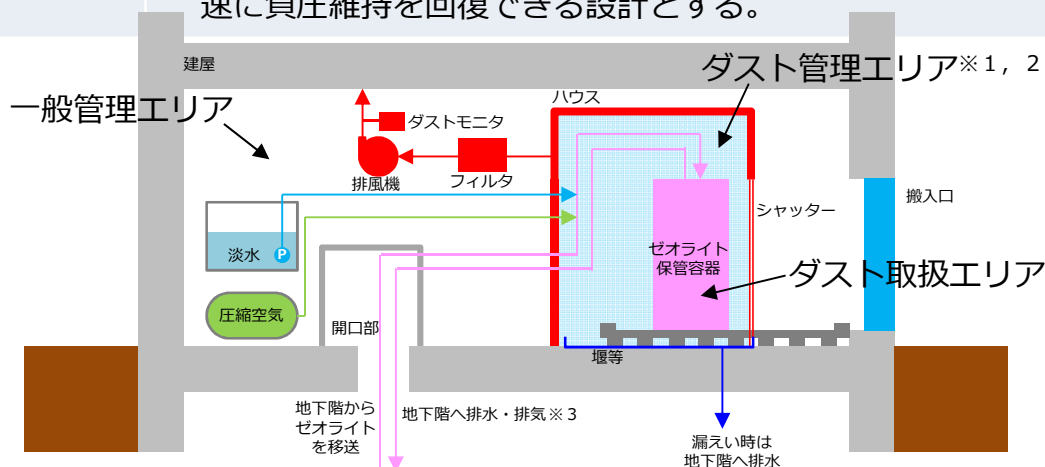
項目		単位	数値	注記
MAR	設備全体が保有する放射性物質	Cs-137	Bq	7.2E+14
		Cs-134	Bq	4.4E+13
		Sr-90	Bq	5.7E+13
DR		—	1	地震ではインベントリ全体が影響を受けるものとして1を設定
ARF	総放出割合	—	1.17E-04	落下時の飛散率+静置時の飛散率×放出期間
	落下時の飛散率	—	5.0E-05	出典※1より ゼオライトは砂状であるが、保守的にスラリーとして評価。
	静置時の飛散率	1/h	4.0E-07	出典※1より 屋内における均質な堆積物として評価
	放出期間	h	168	放出期間(7day)×24(h)
RF		—	1	微粒子の大きさによる変数であるため1と設定
LPF		—	1	保守的に1と仮定
放射性物質放出量		Cs-137	Bq	8.44E+10
		Cs-134	Bq	5.16E+09
		Sr-90	Bq	6.68E+09

※1：U.S. Department of Energy, AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES, Volume I - Analysis of Experimental Data, DOE-HDBK-3010-94 December 1994

5. 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。また、事前に十分なフラッシングを行い配管内のゼオライトを洗浄することで、飛散の対策を行う。 <p>※ 既存建屋（PMB, HTI）内は既存の排気装置により外部からの気流が形成されていることを確認しているためこれを流用する。</p>
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。 ● 排気設備については、動的機器の2系列化による機能の信頼性確保を図る。 <p>＜電源に対する考え＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 異なる二系統の所内高圧母線から受電でき、非常用所内電源とも接続できる構成とし、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、作業員の被ばく低減の観点から、可搬型非常用発電機を接続可能な設計とすることで迅速に負圧維持を回復できる設計とする。



脱水・封入設備のイメージ (地上階)

- ※ 1 ハウス区画の合計開口面積，開口部風速を考慮の上，負圧を維持可能な排気風量の設計とする。
- ※ 2 耐圧ホースは2重ホースを使用する等，漏えいを防止する構造とする。配管接続部は堰等の内部に設置し，万一漏えいした場合は，漏えいの拡大を防ぐ。堰等の内部に漏えい検知器を設置し，漏えいの早期検出が可能な設計とする。
- ※ 3 ゼオライト等の脱水時に発生する排水，排気については地下階へ排出する。排出時の地上階への影響評価を実施の上，作業への影響がない設計とする。また地上階については，常時ダストモニタで監視し，地上階への影響がないことを確認する。

- ゼオライト土嚢等処理設備については，使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則に沿って設計する方針であり，閉じ込め機能については以下の通り。

使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈	ゼオライト土嚢等処理設備での対応方針
<p>第2条（閉じ込めの機能）</p> <p>1 第2条に規定する「限定された区域に適切に閉じ込める」とは，放射性物質を系統又は機器に閉じ込めること，又は放射性物質が漏えいした場合においても，フード，セル等若しくは構造物の管理区域内に保持することをいう。上記の「セル等」とは，セル，グローブボックスその他の気密設備のことをいう。</p> <p>2 使用施設等について，第2条に規定する「閉じ込めることができるもの」とは，以下の各号に掲げるものをいう。</p> <p>一 放射性物質を収納する系統又は機器は，放射性物質の漏えいを防止できる設計であること。また，内包する物質の種類に応じて適切な腐食対策が講じられていること。</p> <p>二 放射性物質が漏えいした場合に，その漏えいを確認することができること。また，漏えいが確認された場合，その拡大を防止することができること。</p> <p>三 放射性物質を気体又は液体で扱う系統及び機器は，放射性物質の逆流により，放射性物質が拡散しない設計であること。換気設備においても同様とする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ゼオライト土嚢等処理設備では，ダスト管理エリアを設定することにより放射性物質を限定された区域に適切に閉じ込める設計とする。 ※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ため，機器内のみダスト取扱エリアとする。 ・ゼオライトを貯留する容器は内包物が漏れ又はこぼれにくい構造とし，かつ，液体が浸透しにくい材料とする。また，腐食に強い材料を使用する。 ・ゼオライトを取り扱う区域は線量計，漏えい検知器，監視カメラ等を設置することにより漏えいを確認できる設計とする。また，ゼオライトを取り扱う区域には受けパンを設置することにより漏えいの拡大を防止する。 ・ゼオライトを取り扱う場所については必要に応じて逆止弁を設置する。また排気系統には隔離ダンパを設置することにより逆流を防止する設計とする。

使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈	ゼオライト土嚢等処理設備での対応方針
<p>四 セル等の内部を負圧状態に保つ必要がある場合，当該セル等の内部は常時負圧に保たれていること。</p> <p>五 フードは，局所排気設備により開口部の風速を維持できるものであること。</p> <p>六 使用施設の内部の壁，床その他核燃料物質等によって汚染されるおそれのある部分は，平滑であり，突起物，くぼみ及び仕上材の目地等のすきまの少ない構造とすること。</p> <p>七 使用施設の内部の壁，床その他核燃料物質等によって汚染されるおそれのある部分の表面は，気体又は液体が浸透しにくく，かつ，腐食しにくい材料で仕上げること。</p> <p>八 上記一から七までの規定に加え，プルトニウムを含む溶液又は粉末，使用済燃料，高レベル放射性廃棄物及び六ふっ化ウランを取り扱う使用施設においては，以下の各号に掲げる設計上の対策が講じられていること。</p> <p>①プルトニウムを含む溶液又は粉末，使用済燃料及び高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器は，原則として，セル等に収納されること。また，セル等は，放射性物質の取扱量や使用の方法に応じて，液体状の放射性物質が漏えいした場合に，その漏えいを検知し，漏えいの拡大を防止するとともに，漏えいした放射性物質を安全に回収・処理等を行うことができる設計であること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ゼオライト土嚢等処理設備内は「ダスト管理エリア」「通常エリア」と区域設定し，ダスト管理エリア<通常エリアとなるように負圧を維持する。 ※ハウス等バウンダリのための設備は，機能しない場合でも公衆への被ばく影響が小さいことから，耐震上の安全機能に関わらない設備で，作業時の安全確保の為に備える設備である。そのため，可能な限り負圧を維持することを基本とする。 ・ゼオライト土嚢等処理設備においてフードは使用しないため対象外 ・ゼオライト土嚢等処理設備においてはハウス内について，可能な限り準用した設計とする。 ・ゼオライト土嚢等処理設備においてはハウス内について，可能な限り準用した設計とする。 ・ゼオライトを取り扱う区域は線量計，漏えい検知器，監視カメラ等を設置することにより漏えいを確認できるようにする。また，ゼオライトを取り扱う区域には受けパンを設置することにより漏えいの拡大を防止する。

使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈	ゼオライト土嚢等処理設備での対応方針
<p>② プルトニウムを含む溶液又は粉末，使用済燃料及び高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器，核燃料物質を非密封で大量に取り扱う系統及び機器，セル等並びにこれらを収納する構築物は，以下の事項を満足する排気系統を有すること。</p> <p>a) 排気系統は，放射性物質の漏えいを防止できる設計であり，かつ，逆流を防止できる設計であること。</p> <p>b) プルトニウムを含む溶液又は粉末，使用済燃料及び高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器，核燃料物質を非密封で大量に取り扱う系統及び機器，セル等並びにこれらを収納する構築物は，原則として，換気機能により常時負圧に保たれていること。また，それぞれの気圧は，原則として，構築物，セル等，系統及び機器の順に低くすること。</p> <p>c) 排気系統には，フィルタ，洗浄塔等の放射性物質を除去するための系統及び機器が適切に設けられていること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 排気系統には隔離ダンパを設置することにより逆流を防止できる設計とする。 ・ ゼオライト土嚢等処理設備は「ダスト管理エリア」「通常エリア」と区域設定し，ダスト管理エリア<通常エリアとなるように負圧を維持し，排気系統の動的機器は多重化により常時負圧を維持することを基本とする。 ・ 排気系統にはHEPAフィルタを設置し排気濃度は告示濃度以下となるようにする。

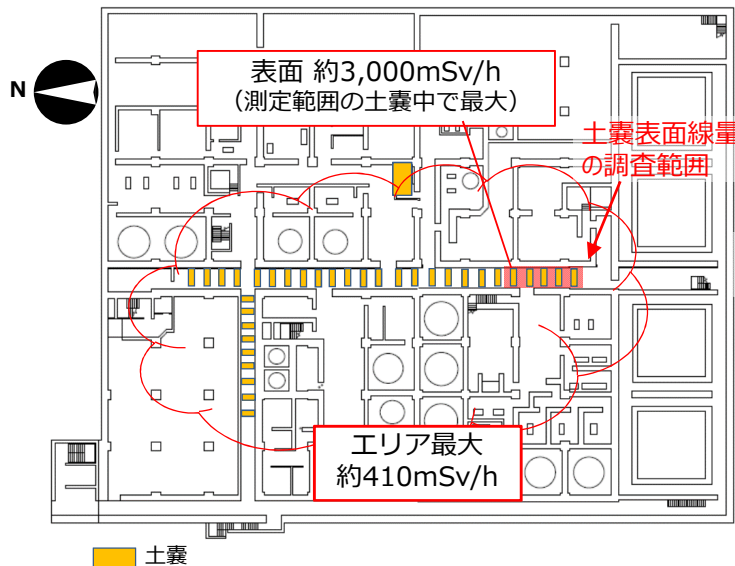
使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈	ゼオライト土嚢等処理設備での対応方針
<p>③（六ふっ化ウランに関する記載のため省略）</p> <p>3（貯蔵施設に関する記載のため省略）</p> <p>4（廃棄施設に関する記載のため省略）</p> <p>5（保管廃棄施設に関する記載のため省略）</p> <p>6 第2条について，使用施設等は，設計評価事故時においても可能な限り前述の負圧維持，漏えい防止，逆流防止等の必要な機能が確保されるよう設計されており，設計評価事故時において，公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないよう，事故に起因して環境に放出される放射性物質の量を低減させる機能を有する設計であること。</p>	<p>・ゼオライト土嚢等処理設備においては，「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」に基づき，事故時の評価をした上で，耐震Bクラスとして設計する。</p>

6. 監視評価検討会で頂いたコメント

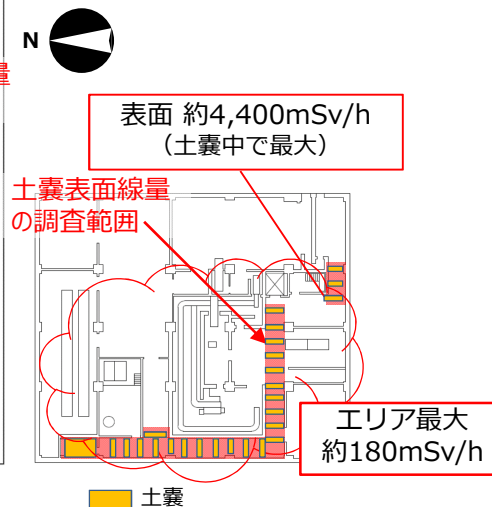
	監視評価検討会で頂いたコメント	回答
①	回収機器の信頼性向上，不調時の代替機確保，実証実験により明らかとなる課題の解決などの実現方策を具体化すること。（第98回）	不具合対応について，現状の対応方針を38～39頁にてお示ししているが，今後モックアップなどにおいて確認していく。
②	核燃料施設等の閉じ込め機能に係る基準要求のうち出来ないもの及びその理由を示すとともに，設備設計に際しては，どのような不具合が発生するのか，不具合が発生した場合にどう対応するのかについても網羅的に評価すること。（第99回）	使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈の閉じ込め機能の現状の整理を，29～32頁でお示ししている。不具合対応については①を参照。
③	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。（第99回）	ゼオライト保管容器の現在の設計は7～10頁でお示ししている。
④	実施計画申請の際には，核燃料施設等に対する規制基準に対して整理して説明すること，また，要素試験やモックアップのスケジュールと申請内容との関係，PMBとHITで使用される設備の特性，搬出等運用面を含めたCs-137以外の核種についても，分析結果に応じて閉じ込め機能等における考慮を示すこと	核燃料施設等に対する規制基準に対しての閉じ込め機能の整理は②参照。モックアップのスケジュールについては34頁に記載しているが今後精査してお示していく。Cs-137以外の核種も含めた分析結果は，9頁にお示ししており，主たる核種はCs-137であることを確認している。
⑤	ストロンチウムが含まれる場合遮蔽設計に制動放射の影響を考慮すること，また約100基発生としている保管容器の保管施設についても適切な遮蔽設計を行うこと	Sr-90による制動放射を含めた線量影響評価は今後実施予定。

【参考】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

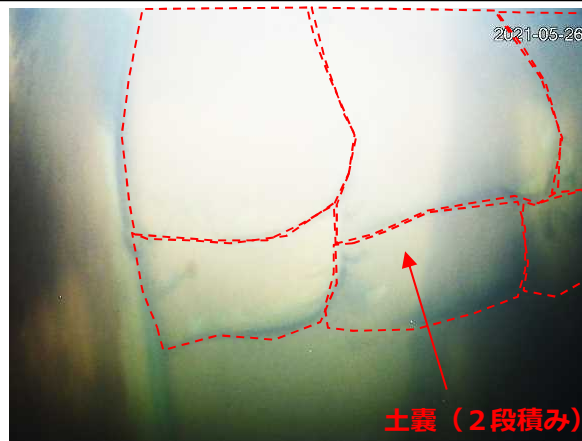


- ゼオライト土嚢等の敷設位置と作業に干渉する物の有無等を詳細に確認するため、ボート型ROVにて調査を実施（2021年5月～8月）。

➡ 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。



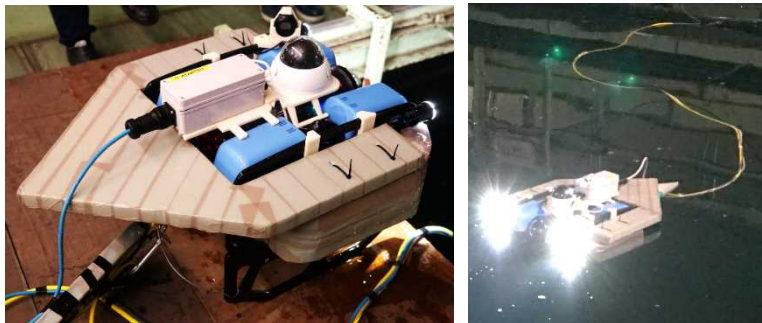
① 最下階の様子（PMB）（水上）



② 最下階の様子（HTI）（水中）

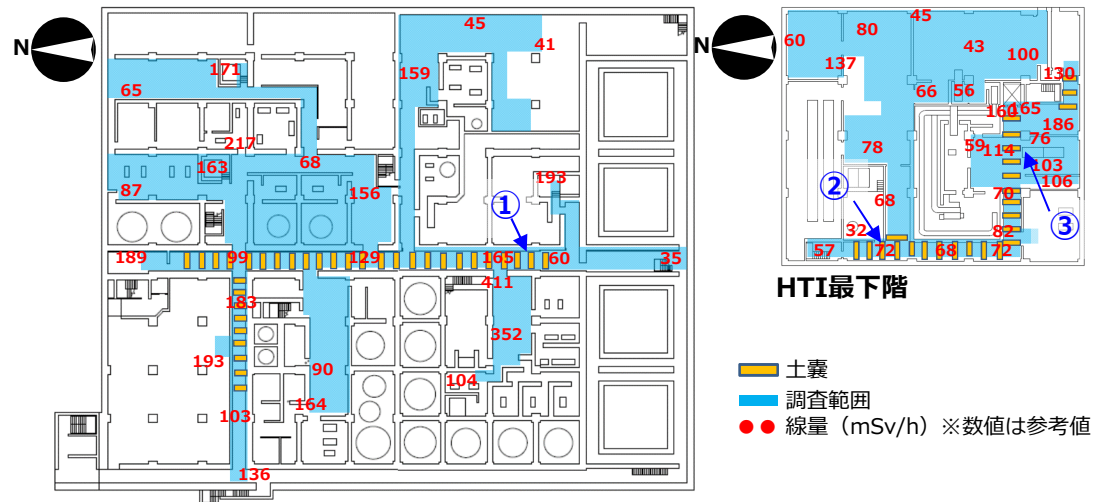


③ 干渉物の例（HTI）



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、水面上と水面下を同時撮影
- ・水面を航走し、水中の濁りを抑制



PMB最下階

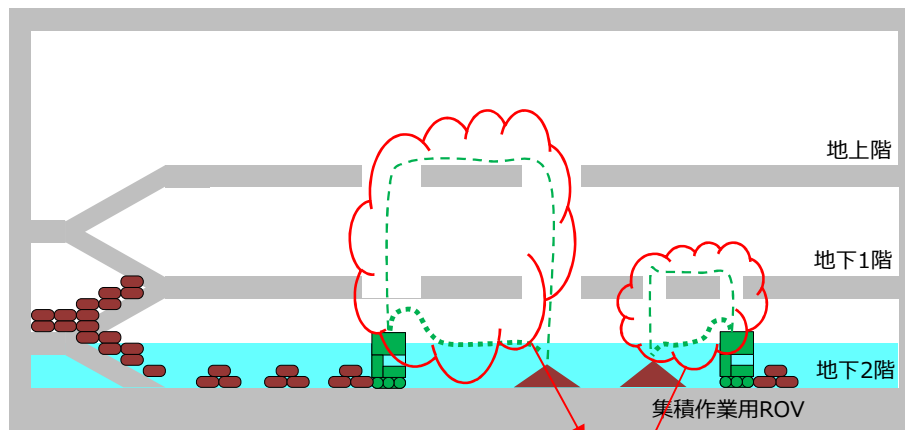
ゼオライト土嚢等位置とエリア線量

【参考】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

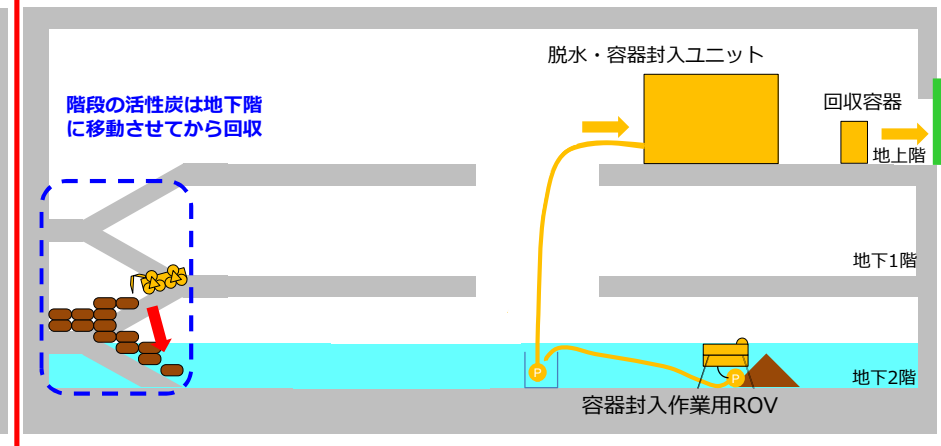
- ✓ ゼオライト土嚢等について、作業の効率化による工期の短縮（完了時期の前倒し）を目的に、容器封入作業の前に集積作業を計画。
- ✓ 集積作業用ROVを地下階に投入し、ゼオライトを吸引し、集積場所に移送する。



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。



【参考】 閉じ込め機能等不具合対応について（1 / 2）



【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

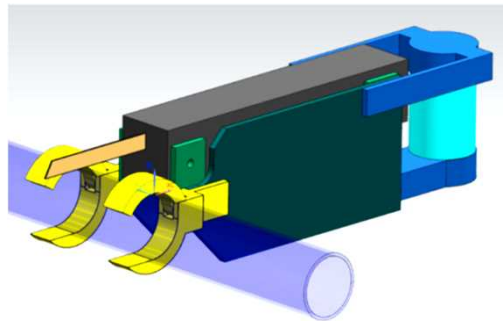
コーナー部分にはケーブルガイドを設置するなど、設計上ケーブルが引っかからないような構造とするが、万が一、引っ掛かった場合は、別途準備したROVを用いて対処する。

（次頁に続く）

【参考】閉じ込め機能等不具合対応について（2 / 2）



- ✓ 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

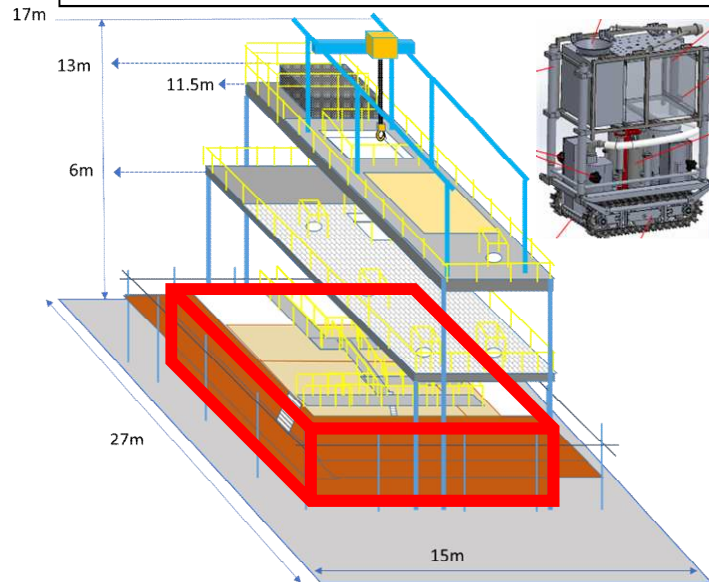
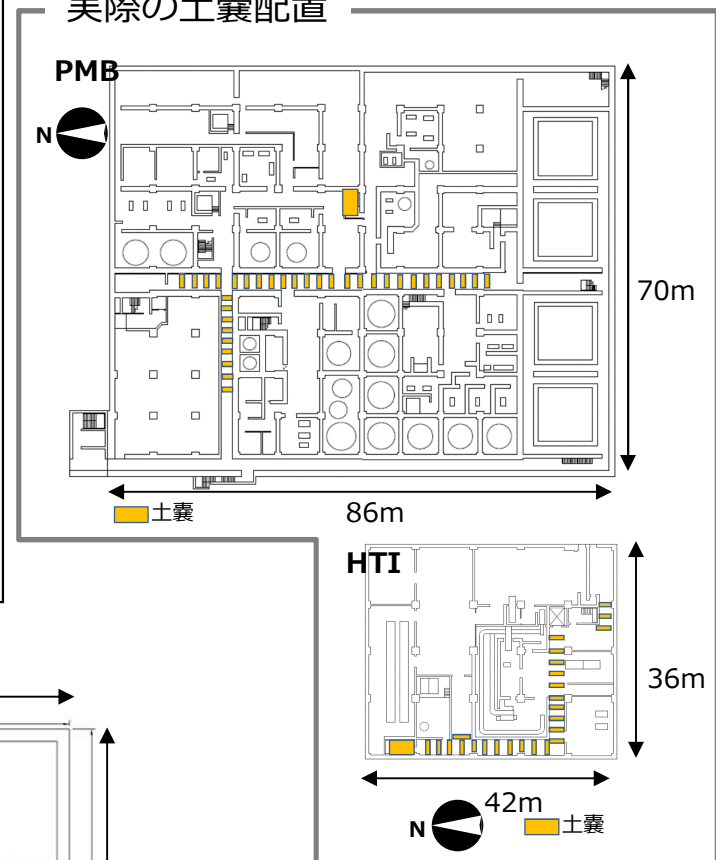
<https://www.flir.jp/>

遠隔対應用ロボット（例）

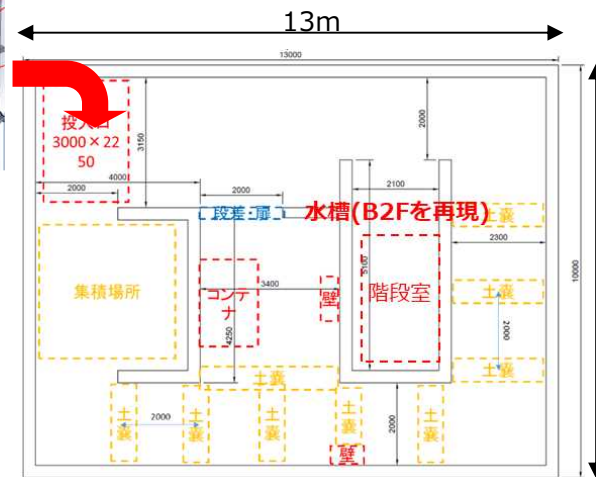
【参考】実規模モックアップ実施概要

- 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。

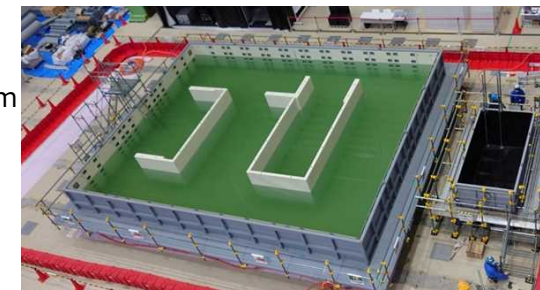
実際の土嚢配置



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