

ゼオライト土嚢回収に向けた取組みについて



TEPCO

2021年3月8日

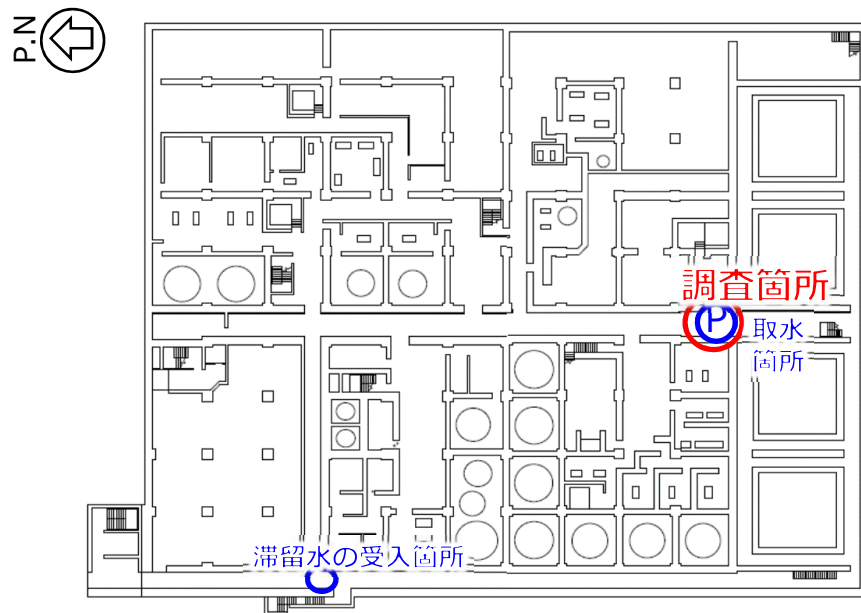
東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要

- 2018年12月にプロセス主建屋（PMB）及び高温焼却炉建屋（HTI）の床面までの線量を調査し、高い空間線量率を確認。2019年度に、PMBとHTIにおいて詳細調査を実施し、以下を確認。
 - 高線量の主要因はゼオライト土嚢の可能性が高いことを確認。
 - 土嚢表面の最大線量はPMBで約3,000mSv/h HTIで約4,400mSv/hあり、一部の土嚢は破損していることを確認。
 - 活性炭と考えられる黒い粒の存在も確認。
- ゼオライト土嚢等の回収・取り出し方法について、高線量の物質を扱うことから、実現性の高い方法をとるため、国内外の知見・実績をベースにした概念検討を実施。水中回収することで検討を進める。
 - ゼオライト土嚢等は、滞留水がある状態において回収し、ゼオライト土嚢処理後に、滞留水を水抜きすることで検討を進めていく。
 - ゼオライト土嚢等の水中回収については、遠隔重機・ROV等による直接回収とし、地上階に直送して脱水、保管容器に充填する方針。
- 滞留水処理の実施時期については、工程を精査の上、ゼオライト等の処理後できるだけ早い時期に実施する方針。
 - 現在、概念検討にて工法の絞り込みを実施中。来年度から開始する基本設計により、具体的な検討を進めていく。

2. 2018年度に実施したプロセス主建屋及び高温焼却炉建屋最下階の線量調査 **TEPCO**

- 2018年12月にプロセス主建屋（PMB）及び高温焼却炉建屋（HTI）の床面までの線量を調査したところ、最下階に高い空間線量率を確認。
- 高い空間線量率が確認された要因として、1～4号機と同様、滞留水に浸水した機器や配管、スラッジ等および、過去に設置したゼオライト土嚢による影響と考えられた。
- 建屋水位の低下に伴い、線量がさらに上昇することの懸念から、2019年度に詳細調査を行い、原因確認等を実施した。



PMB最下階平面図

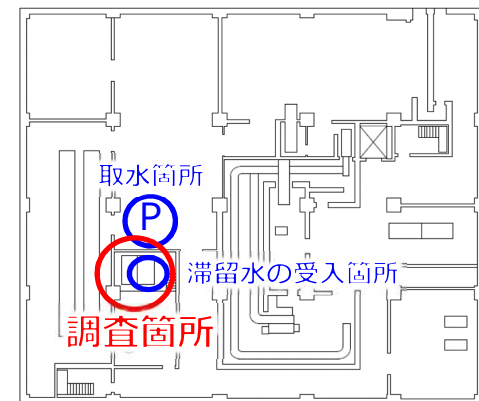


PMBの土嚢状態（設置時）



HTIの土嚢状態(設置時)

	最大空間線量率
PMB	約2600 mSv/h
HTI	約830 mSv/h

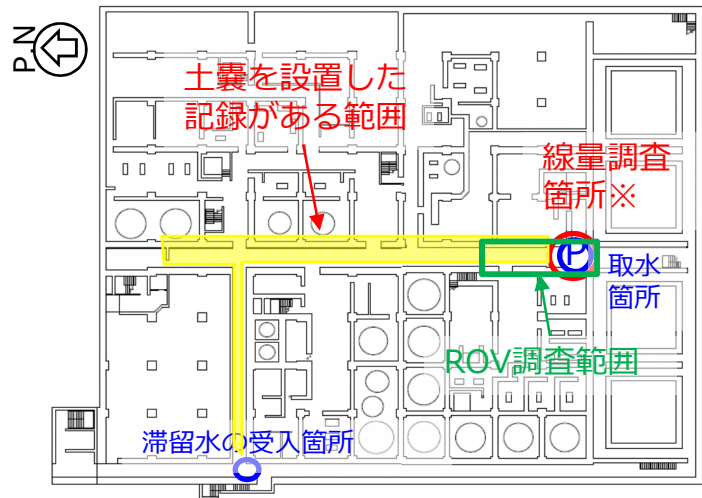


HTI 最下階平面図

3. 2019年度に実施したプロセス主建屋及び高温焼却炉建屋最下階の詳細調査 **TEPCO**

- 2019年度に、実施プロセス主建屋（PMB）と高温焼却炉建屋（HTI）の地下階のゼオライト土囊について、詳細調査を実施した。結果の概要は以下の通り。

	PMB	HTI
調査期間と範囲	2019/9/5～2019/9/9 投入箇所から北方へ約12m	2019/12/3～2020/3/11 地下階全域を完了
線量傾向	間隔を置いて設置された土囊の頂上は線量率が高く、土囊の間では線量率が低下することから地下階で確認された高線量の主要因はゼオライト土囊の可能性が高いことを確認	
最大線量	約3,000mSv/h	約4,400mSv/h
土囊の状況	一部が破損	PMBより土囊袋の損傷の程度が大きい
その他	設置記録：ゼオライト16t、活性炭10t	ゼオライトの他、活性炭と考えられる黒い粒の存在も確認 設置記録：ゼオライト10t、活性炭7.5t



PMB最下階平面図 ※ROVもここから投入



PMBの土囊状態(現在)



破損している土囊(現在)

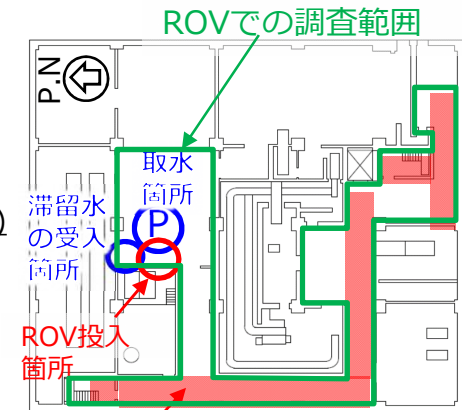


HTIの土囊状態(現在)

※土囊袋が破れており、中身が直接見える状況



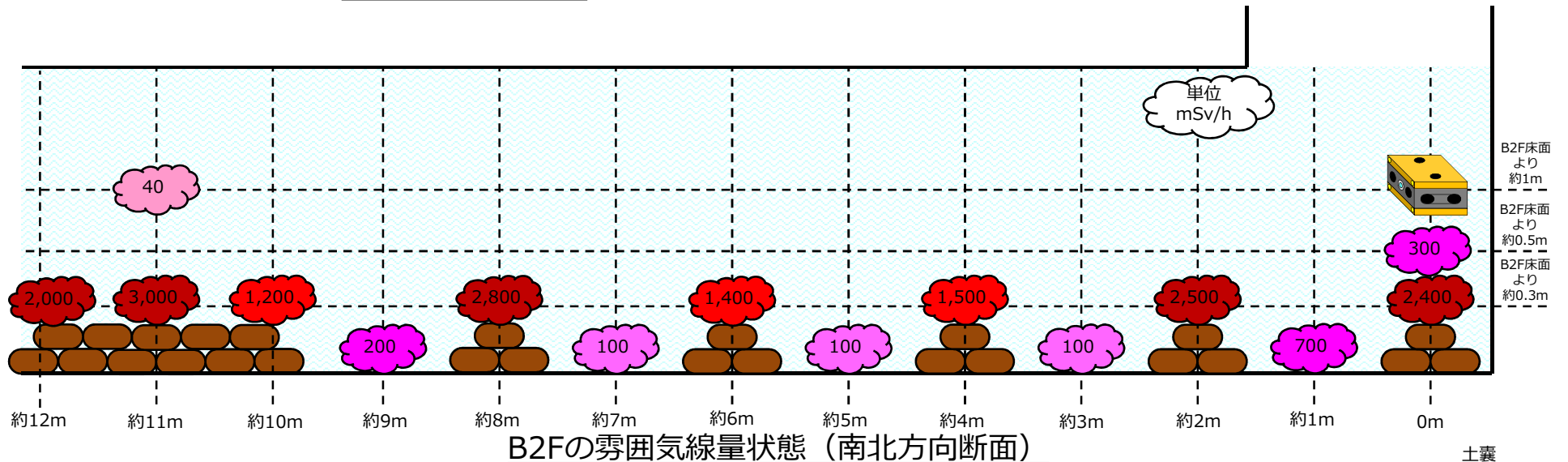
HTIの活性炭と考えられる黒い粒(現在)



土囊の存在を確認した範囲

HTI最下階平面図

【参考】PMBの地下階調査結果（詳細）



【参考】ゼオライト等のサンプリング結果について

- PMB地下階に設置されたゼオライト土囊については、サンプリングと分析を実施。分析の結果、Cs137の放射能濃度[Bq/g]は8乗オーダーであり、滞留水に比べ3~4桁高い濃度であることを確認。
- 地下階の高線量の主要因として、ゼオライト土囊の存在が寄与していることを確認。



ゼオライト土囊から採取した粒子
(拡大) (2020/2/12)

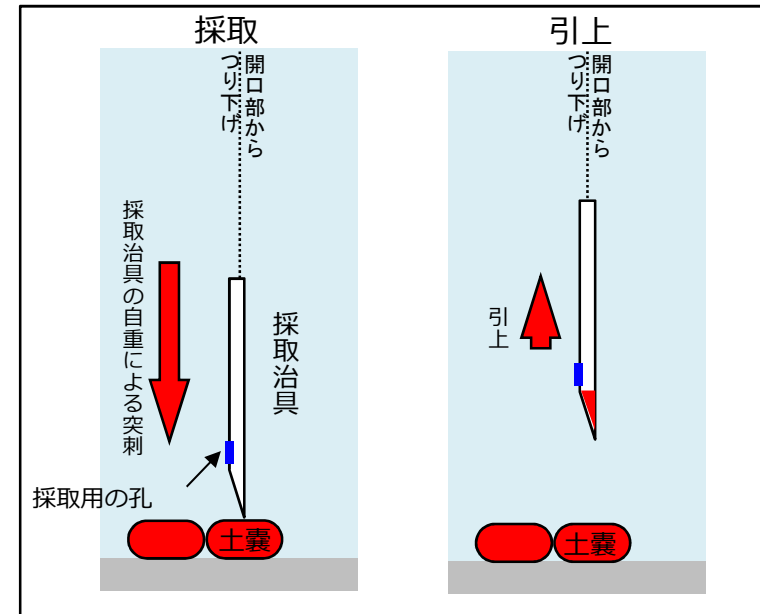
採取した粒子の表面線量率	
γ+β	1.3 mSv/h程度
分析項目	
放射能濃度 [Bq/g]	
Cs134	8.0E+06
Cs137	1.3E+08



活性炭土囊から採取した粒子
(拡大) (2020/2/27)

採取した粒子の表面線量率	
γ+β	0.025 mSv/h程度
分析項目	
放射能濃度 [Bq/g]	
Cs134	3.3E+04
Cs137	5.5E+05

- 参考) PMB滞留水 (2020/2/25採水)
- ・ Cs134 : 1.7E+06 Bq/L (1.7E+03 Bq/cc)
 - ・ Cs137 : 2.8E+07 Bq/L (2.8E+04 Bq/cc)
- 参考) ゼオライト比重 : およそ0.6~1.8 g/cm³
活性炭比重 : 0.35 g/cm³以上



ゼオライトサンプリングの採取方法



PMB最下階平面図

4. 既存の技術を踏まえた工法の整理

- ゼオライト土嚢等の回収・取り出し方法については、約4,400 mSv/hの極めて高い表面線量を持つ物体を扱う必要があることから、既存の技術をベースにした実現性のなるべく高い方法を採用する必要がある。国内外の知見・実績をベースにした概念検討を実施し、実現性の高い方法を検討。
- 現時点の検討状況では、以下の4パターンの工法に集約される。

No.	オプション	概要	No.	オプション	概要
1	【水中回収】 1. 1Fに設置した容器までポンプで回収し、B2Fからゼオライトを直送し、脱水 2. ゼオライト対策完了 3. 滞留水処理(床面露出)		3	【地下階仮置き】 1. B2FゼオライトをROVを用いB2F容器へ回収 2. 滞留水処理(床面露出) 3. B2F容器を1Fへ回収 4. ゼオライト対策完了	
2	【気中回収】 1. 滞留水処理(床面露出) 2. B2Fゼオライトを遠隔口ポットを用いB2F容器へ回収 3. B2F容器を1Fへ回収 4. ゼオライト対策完了		4	【固化】 1. B2Fグラウト充填 2. ゼオライト対策完了 3. 滞留水処理(床面露出)	

※仮置き場所とハンドリング性の観点から遮蔽無しを想定

5. 工法の評価

- 前ページの4パターンの工法の評価を以下の通り実施。
- 以下により、水中回収が有力と評価する。

項目	技術の信頼性		放射線安全		廃棄物管理	工期		総合評価
	実績	安定性(故障しにくさ・故障時のリカバリ)	被ばく	ダスト	廃棄物発生量	滞留水を処理するまで	ゼオライトを処理するまで	
① 水中回収	多数の適用実績がある	水遮蔽による故障率の低下 浮力を利用した故障時の回収難度の低下	水遮蔽あり	水中のため、ダストは空中に飛散しにくい	対象物以上には増加しない	ゼオライト土嚢等の回収完了後に水抜き可能となるため時間を要する	作業手順は単純であるため、かかる時間は短いと想定	○
② 気中回収	気中で大量の高線量物を扱う事例は見当たらない	故障した場合、大型の救援機器が必要	水遮蔽がなくなり線量率が上昇し、被ばく量が増大するとともに、作業性も悪化する	対象物を気中で直接扱うため、ダストが空中に大量に飛散する可能性があり、大規模な対策が必要で、作業性も悪化する	対象物以上には増加しない	ゼオライト土嚢等の回収完了前に水抜きするが、事前の作業は必要無いため、早期に実施可能	作業手順は単純であるため、かかる時間は短いと想定	△
③ 地下階仮置き	気中で大量の高線量物を扱う事例は見当たらない (仮置き容器の回収時)	地下階での複雑な作業が必要となり、トラブル時にリカバリが困難となる	水遮蔽がなくなり線量率が上昇し、被ばく量が増大するとともに、作業性も悪化する (仮置き容器の回収時)	床面露出後の地下階で、仮置き容器を扱うため、ダストが空中に飛散しやすく、大規模な対策が必要で、作業性も悪化する	仮置き容器分増加する	仮置き完了後に水抜き可能となるため時間を要する	一度仮置きした物を回収するため、作業手順が多く時間を要する	×
④ 固化	多数の適用実績がある	地下階での遠隔作業は不要	固化剤による遮蔽あり	水中で固化されるため、ダストは空中に飛散しにくい	固化剤の分だけ大きく増加する	固化後に水抜きとなるが、固化のみのため、早期に実施可能	建屋ごと固化しているため、回収が困難となりかなりの時間を要する	×

6. 今後のゼオライト土嚢等の対応方針

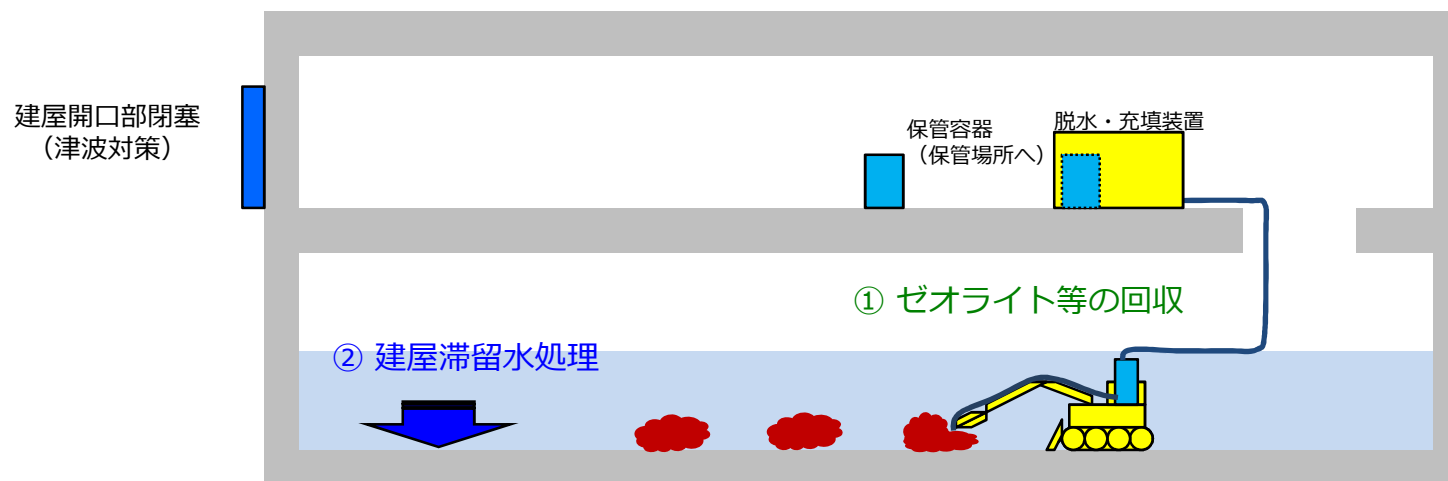
■ PMB及びHTIの地下階に確認された高線量のゼオライト土嚢等、及び建屋滞留水について、前ページの理由から、下記の順番で処理する方針で検討を進めていくこととする。

- ① ゼオライト土嚢等は、滞留水がある状態において回収
- ② 滞留水の水抜き（最下階床面露出状態の維持）

■ ゼオライト土嚢等の水中回収については、遠隔重機・ROV等による直接回収とし、地上階に直送して脱水、保管容器への充填する方針で検討を進めていく。

※技術の信頼性が高いと考えられる水中回収工法であるが、PMB・HTIに特有な以下の状況に留意して工法の検討を進める。

- 開口の少なさ・狭さに起因するアクセスの難しさへの適応
- 広大な回収範囲への適応
- 暗さや水質などによる視界の不良への適応
- 劣化した土嚢袋への対応



ゼオライト土嚢等の対応方針の概念図

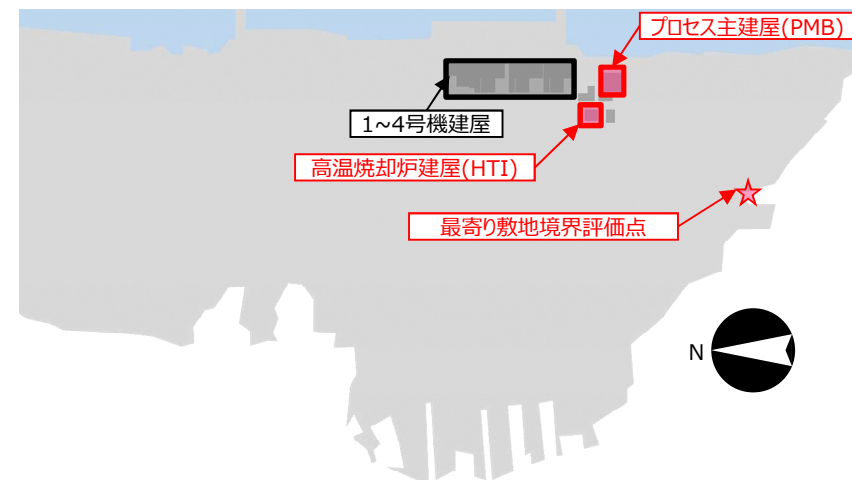
【参考】ゼオライト土嚢の線量評価

- PMB及びHTI地下階のゼオライト土嚢等を水中回収して行くに当たり，作業時(水深1m程度を想定)と，仮に回収作業をせずに床面露出した場合について，地上階の開口部，最寄り敷地境界評価点における線量影響を評価。
 - 回収作業時および床面露出時，最寄り敷地境界評価点における実効線量は， $10^{-5}\text{mSv/y} \sim 10^{-3}\text{mSv/y}$ オーダーの増加であり，敷地境界線量にはほとんど影響しないことを確認。
 - PMBについて，回収作業時，現在の線量率に加え，一階開口部で3.2 mSv/h上昇。現在の開口部における線量率の実測値は10 mSv/h程度であることから，作業する上で大きな影響とはならない。一方で床面露出時，現在の線量率に加え，一階開口部で370 mSv/h上昇。現在の開口部における線量率の実測値は10 mSv/h程度であることから，380 mSv/h 程度まで上昇する可能性がある。
 - HTIについて，回収作業時，現在の線量率に加え，一階開口部で1 mSv/h上昇。現在の開口部における線量率の実測値は10 mSv/h程度であることから，作業する上で大きな影響とはならない。一方で床面露出時，現在の線量率に加え，地下一階開口部で110 mSv/h上昇。現在の開口部における線量率の実測値は10 mSv/h程度であることから，120 mSv/h 程度まで上昇する可能性がある。

最地下階(B2F)床面に設置したゼオライト土嚢露出時の線量評価 (参考値)

建屋	線量率評価箇所		線量率増分	
			作業時	床面露出
PMB	1F	廊下	0.16 $\mu\text{Sv/h}$	18 $\mu\text{Sv/h}$
		開口部	3.2 mSv/h	370 mSv/h
	最寄り敷地境界評価点	10^{-4} mSv/yオーダー	10^{-3} mSv/yオーダー	
HTI	1F	廊下	3 $\mu\text{Sv/h}$	600 $\mu\text{Sv/h}$
		開口部	57 $\mu\text{Sv/h}$	5.9 mSv/h
	B1F*	廊下	40 $\mu\text{Sv/h}$	4.1 mSv/h
		開口部	1 mSv/h	110 mSv/h
最寄り敷地境界評価点	10^{-5} mSv/yオーダー	10^{-3} mSv/yオーダー		

※ HTI B1Fは作業エリアとして立ち入る可能性があることから線量評価を実施



7. 今後のゼオライト土嚢等の対応スケジュール

- 滞留水処理の実施時期については、工程を精査の上、ゼオライト等の処理後のできるだけ早い時期に実施する方針。
- 現在、概念検討にて工法の絞り込みを実施中。来年度から開始する基本設計により、具体的な検討を進めていく。

		2020年度	2021年度	2022年度	2023年度以降	2031年
実施計画変更		現在		▽申請		
ゼオライト土嚢等の対策	概念検討	■				
	基本設計		■			
	詳細設計			■		
	製作設置				■	
	回収作業					■
【参考】α核種対策 (汚染水処理装置の安定運転) ※	代替タンク設置	■	■	■	■	■
	水処理装置改良	■	■	■	■	■
建屋滞留水 (PMB,HTI) 処理					床面露出に向けた水位低下	■

※α核種対策については、ゼオライト等の対策と直接関連する作業ではないが、両方とも滞留水処理に関連する作業であるため参考に記載する。

【参考】既存技術の調査（1 / 4）

- 高線量の物質を扱うことから、国内・海外から広く既存の技術を調査。
- 適用可能性のある要素技術の一部については以下の通り。

気中回収技術



遠隔除染装置

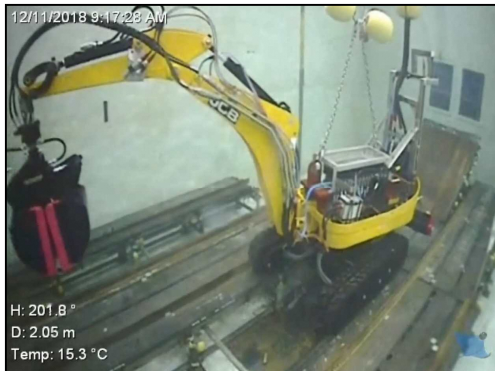
- 2・3号原子炉建屋除染，1号機タービン建屋地下階除染にて使用実績あり（気中）
- 高圧ジェットによる壁面散水・ブラシにより除染
- 回収物はブローアにより100m程度移送



気中回収ROV

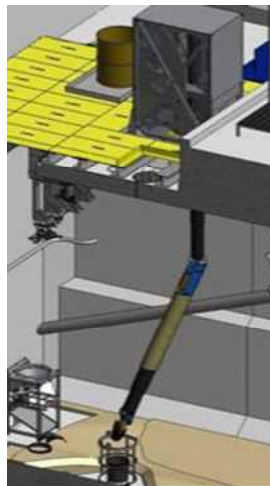
- 仏マルクールサイトにおけるスラッジ回収実績あり
- バケツで床面のスラッジをすくい取る遠隔重機との組み合わせ
- 気中ではあるが遮蔽や飛散防止のため，多少の水がある状態での作業

水中回収技術



水中遠隔回収クローラーROV

- 英セラフィールドのレガシーポンドにおけるスラッジ回収作業実績あり
- 水中重機と水中ポンプの組み合わせ



遠隔回収アーム

- 英マグノックス炉廃炉に使用
- ポンド内の5m³のスラッジと固体廃棄物を遠隔アームで回収



水中遠隔回収ROV

- 英セラフィールドの燃料貯蔵ポンドにおける高線量スラッジ回収作業実績あり（最大水深6m）



水中遠隔重機

- 英米仏露等で広く使用実績あり
- 人型ロボットと組み合わせたシステムも開発中



フィルタリング容器



高性能容器（HIC）

- 多核種除去設備にて使用中
- 保管だけでなく固液分離も可能



固体回収フィルタ容器（SCF）

- アメリカにて使用実績あり
- 遮蔽機能付きフィルタ容器で、そのまま保管容器として使用可能

セシウム吸着装置（KURION）吸着塔容器

第三セシウム吸着装置（SARRY2）吸着塔容器

- 1Fにて使用中