

幌延 URL におけるベントナイト系充填材の除去回収実証試験 機械的除去技術（オーガ方式）

大成建設（株） 正会員 城 まゆみ 本島 貴之 磯 さち恵
（公財）原環センター 正会員 白瀬 光泰 小林 正人
（国研）日本原子力研究開発機構 正会員 中山 雅

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業では、廃棄物が最終処分施設に搬入された後においても、安全な管理が合理的に継続される範囲内で、最終処分施設閉鎖までの間の廃棄体搬出の可能性（回収可能性）を確保することが基本方針で要求されている¹⁾。現時点で有望な処分概念（定置方式）の1つである横置き・PEM方式では、PEM定置後の処分坑道との隙間に対し、ベントナイト系材料で構成される隙間充填材が施工される²⁾。回収可能性の技術的実現性の観点では、廃棄体（PEM容器）を傷つせずに周囲の隙間充填材を除去する技術の開発が期待されている。既往の研究では、塩水³⁾や淡水による流体的な除去や機械的な除去技術⁴⁾などの研究が進められている。本稿では図1に示す開放部（黄色の部分）を対象とした機械的な除去技術として、原位置（幌延URL、深度350m）における実規模実証試験で選定したオーガ方式による機械的除去技術の結果について報告する。

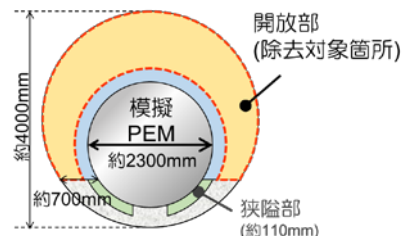


図1 除去対象箇所



(a) オーガ側面（软管付き）



(b) オーガ断面
図2 アタッチメント式オーガ

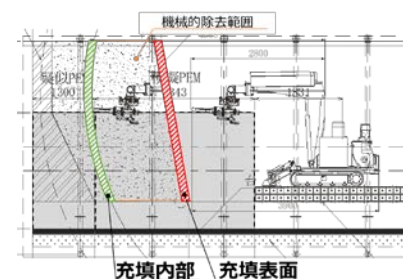


図3 サンプリング箇所

2. 対象構造物および適用技術

除去対象となる隙間充填材は、Na型ベントナイト（クニゲルV1：クニミネ工業製）とケイ砂（3号+5号）を乾燥質量比50%：50%とし、目標乾燥密度を1.6Mg/m³、目標含水比15.8%に調整したベントナイト混合土を吹付け方式で充填したものである。機械的除去技術（装置）には、電動バックホウ（ZX-20U）にアタッチメント式のオーガ（φ20cm×h30cm、図2）とバキュームを取付け、掘削と回収を同時に行える機構とした。

3. 機械的除去試験の目的および概要

本実証試験は、模擬PEMと坑道との隙間に充填された隙間充填材（ベントナイト系材料）を対象として、模擬PEMとの「縁切り」および「撤去」を連続してできる技術を開発・整備し、実際の地下環境で技術的実現性を確認することを目的としている。装置の開発・整備では、開放部のうち、模擬PEM近傍30cm程度を除いた範囲を除去対象とした。試験中には、除去対象物の状態を確認するため、図3に示す「充填表面」および「充填内部」の所定の位置においてサンプリングを行い、含水比を測定した。また、これまでに実施してきた機械的除去技術に関する地上での要素試験⁴⁾を基に、オーガによる「掘削（ほぐし）」と、バキュームによる掘削物の「撤去」を一連の作業とした複数の除去手順（掘削の方向、孔間距離、オーバーラップなどの項目を組合わせた手順）による試験を実施し、効率的な除去手順を調査した。次節では、機械的除去の主たる作業である「掘削（ほぐし）」と「撤去」の個々の能力（実証試験結果）について報告する。

キーワード 高レベル放射性廃棄物、ベントナイト混合土、機械的除去技術、オーガ、回収可能性
連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 大成建設株式会社原子力本部 TEL 03-5381-5315

4. 機械的除去試験の結果

表 1に充填表面および充填内部の含水比を示す. 除去前の充填表面では, 今回の地下環境条件では乾燥が進み, 充填直後の 16.4%から 6.8%まで低下したことがわかる. 一方, 充填内部の含水比は 16.2%であり, 充填時に設定した含水比と同程度の値であった. これより, 外気と直接接しない, 充填表面から 1m 程度奥の箇所では, 充填直後の含水状態を保っていることが確認できた.

次に, 図 4に示すように「掘削 (ほぐし)」および「撤去」の作業量を確認した. オーガの「掘削 (ほぐし)」の能力を把握するため, 当該オーガの鞘管を外した状態で, 9 孔 (縦 3×横 3) を連続して掘削し, 1 分あたりの掘削 (ほぐし) 量を計測した. 今回の条件では掘削 (ほぐし) 能力は最大で 5.6kg/min であった. また掘削物の「撤去」能力 (バキュームの吸引能力) については, 充填表面の含水比に近い 9.8%では 72kg/min, 充填時含水比相当の 15.4%では 57kg/min であり, 吸引効率も低含水比の材料の方が良い結果となった. 1 分あたりの掘削 (ほぐし) 量に対して, バキュームの 1 分あたりの能力に十分余裕があることから, 機械的除去技術の効率化を図るためにはオーガ掘削の効率 (単位時間あたりの掘削量) を向上させる必要がある. 一方で, 図 5 に示すように掘削量 (ほぐし) は, オーガから直接吸引される量と, 吸引されずに除去装置の外にこぼれる量に分けられる. 図 6 に示すように, 掘削 (ほぐし) 量の約半分を占めているこぼれ量が, 作業効率を律速していることがわかる. 各日の掘削量に差はあるが, 本試験で予定した約 4.1t (乾燥密度 1.6Mg/m³, 含水比 16%として算出した体積は約 2.2m³) の除去対象物の掘削に約 1 週間を要した. 時間を要する原因の一つに, 人力によるこぼれ量の除去作業が挙げられる. 除去作業の効率化には, 掘削効率の向上に加え, 「撤去」の効率化や「こぼれ量を減少させる方法」等もポイントとなる. 最後に, 地下の原位置での除去試験前後の状況を図 7 に示す.

5. まとめ

実際の地下環境における今回の試験によって, オーガを用いた掘削 (ほぐし) とバキュームによる吸引を組み合わせた方法により, 隙間充填材の除去が可能であることが確認できた. 今後の課題としては, より効率的に掘削できるオーガの断面形状やサイズ, こぼれ量を減らすための装置の構造の検討等が挙げられる. 本報告は, 経済産業省からの委託事業「平成 31 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分にに関する技術開発事業 (可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発)」の成果の一部である⁵⁾.

参考文献 1) 経済産業省: 特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針, 平成 27 年 5 月 22 日閣議決定. 2) 原子力発電環境整備機構, 包括的技術報告: わが国における安全な地層処分の実現—適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築—(レビュー版)【本編・付属書】, NUMO-TR-2018-03, 2018,3. 3) 例えば, Kalbantner, P. and Sjölof, R. : Techniques for freeing deposited canisters Final report, SKB TR-00-15, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co., 2000. 4) 白瀬光泰, 小林正人, 磯さち恵, 本島貴之: ベントナイト系材料を対象とした機械的除去技術(オーガ方式)の整備, 土木学会第 74 回年次学術講演会, 2019,9. 5) 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター, 平成 31 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分にに関する技術開発事業(可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発)報告書, 2019.

表 1 充填表面および充填内部の含水比

	充填表面		充填内部
	2018 年度 (充填直後)	2019 年度 (除去直前)	2019 年度
平均 (%)	16.4	6.8	16.2

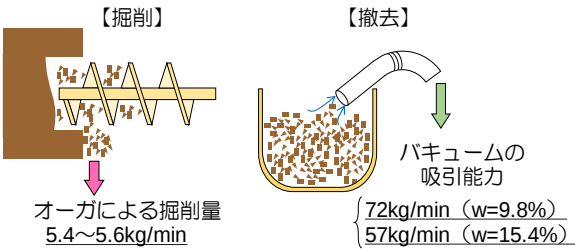


図 4 「掘削 (ほぐし)」と「撤去」の定義および数量

表 2 除去の能力

除去ステップ	使用機械	能力 (kg/min)	備考
掘削(ほぐし)	オーガ	5.4~5.6	w=16.2%
撤去	バキューム	72	w=9.8%
		57	w=15.4%

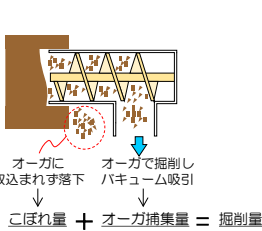


図 5 掘削量

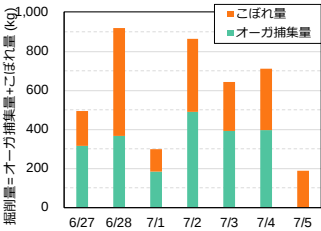


図 6 日ごとの掘削量と内訳



図 7 掘削状況 (左: 掘削直前, 右: 掘削後)