

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 流体的除去技術（ウォータージェット方式）

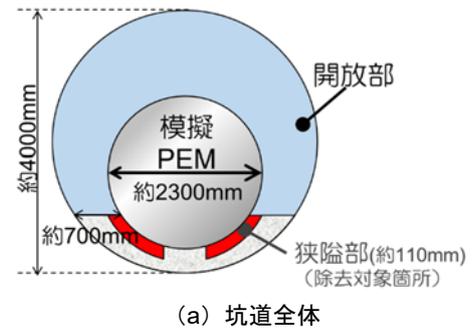
大成建設（株） 正会員 本島 貴之 城 まゆみ 磯 さち恵 壇 英恵
（公財）原環センター 正会員 白瀬 光泰 小林 正人
（国研）日本原子力研究開発機構 正会員 中山 雅

1. はじめに

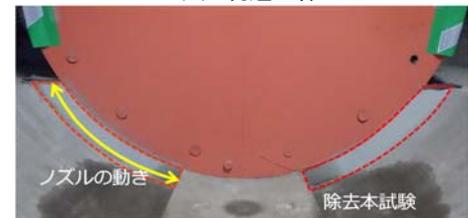
高レベル放射性廃棄物の地層処分事業では、廃棄物が最終処分施設に搬入された後においても、安全な管理が合理的に継続される範囲内で、最終処分施設閉鎖までの間の廃棄体搬出の可能性（回収可能性）を確保することが基本方針で要求されている¹⁾。現時点で有望な処分概念（定置方式）の1つである横置き・PEM方式では、PEM 定置後の処分坑道との隙間に、ベントナイト系材料で構成される隙間充填材が施工される²⁾。回収可能性の技術的実現性の観点では、廃棄体（PEM 容器）を傷つけずに周囲の隙間充填材を除去する技術の開発が期待されている。これまでに、そのような技術の1つである流体的除去法として、塩水による土粒子の凝集現象に着目した低水圧除去³⁾に関する研究が進められている。一方、塩水利用が制限される条件に留意して、淡水による除去技術の技術開発を進めてきた⁴⁾。本稿では、同技術に関する、模擬廃棄体（模擬 PEM）を用いた原位置試験（幌延 URL、深度 350m）における実規模実証試験の結果について報告する。

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：クミネ工業製）を高密度に圧縮成型後、Fuller 曲線になるように粒度調整し、スクリーコンベアにより乾燥密度 1.37Mg/m^3 以上となるように充填したものである。除去の対象箇所を図 1（赤色部分）に、適用したウォータージェットによる流体的除去技術（装置）を図 2 に示す。本装置では、稼働範囲が 360 度の振り子にウォータージェットのノズル部を取付けた構造としており、図 1 に示す円弧状の狭隘部だけでなく、模擬 PEM の外周に付着したベントナイト系材料の除去も可能としている。また、模擬 PEM の奥行き方向（模擬 PEM 側面）にも稼働が可能な構造である。使用したノズルはトルネードと配管清掃用の 2 種類である。各ノズルとその噴射形態と切削断面を図 3 に示す。トルネードノズルは主に模擬 PEM と除去対象物の縁切り、配管清掃用ノズルは除去対象物の切削屑の除去への適用を想定したものである。



(a) 坑道全体

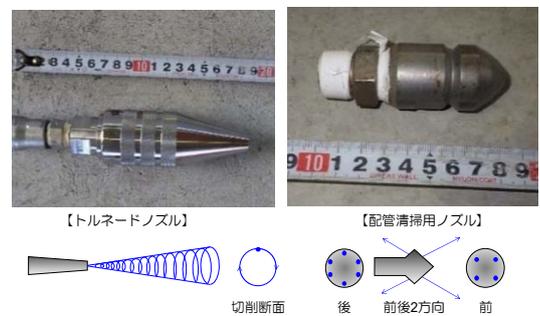


(b) 対象箇所拡大

図 1 除去対象箇所



図 2 振り子式除去装置



(a) トルネード

(b) 配管清掃

図 3 使用ノズルの噴射方向と切削断面

キーワード 高レベル放射性廃棄物、吹付け、ベントナイト混合土、PEM

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

3. ウォータージェット方式による流体的除去試験の概要と結果

地下での実証試験に先立ち、地上試験を実施した。これにより、装置の特性（噴射圧は 20MPa における最適な移動速度や除去効率）や効率的な除去手順（トルネード⇒配管清掃①⇒配管清掃②）を確認・整備した⁵⁾。なお、除去物は模擬 PEM 手前に設置したバキュームで回収が可能である。

地下での実証試験の状況を図 4 に示す。ノズルの先端と除去対象物との離隔は 40cm である。図 5 に、PEM1 体分の隙間充填材（狭隘部）の除去作業に要した時間について、段取り替え（ノズルの替えやランス送りのためのモーターの移動等）の時間を含めたサイクルタイムを示す。今回の条件における狭隘部片側の除去に要した総時間は合計で 3 時間 41 分であった。

そのうち段取り替えに、約 1 時間を要している。一方、段取り替えの時間を除いた除去作業（縁切り、および切削屑の除去）に要した時間は 2 時間 43 分であった。これは、地上試験によって確認された実施時間

（2時間 45分）と同程度である。図 6(a)に配管清掃用ノズルによる 1 回目の除去後、(b)に 2 回目の除去後の状況を示す。1 回目の除去後にはベントナイト系材料の切削屑がコンクリート表面に残留していたが、2 回目の除去によってほぼすべて除去されたことがわかる。

また、除去物の回収については、除去対象物が液性限界以上の含水比であれば流動化⁴⁾することに着目し、回収ホースを用いた「除去物の吸引」によって、除去作業から連続的に行える装置構成とした。本試験の結果、回収ホース内を詰まらせることなく吸引捕集が可能であることを確認した。

4. まとめ

本試験の目的は、模擬 PEM 周囲に充填されたベントナイト系材料を、模擬 PEM に損傷を与えにくい方法で除去するための技術を開発・整備し、その実現性を実際の地下環境で技術実証することである。今回、ウォータージェットによる除去技術と除去物の吸引による回収技術を組み合わせた技術（装置）を適用し、その実現性を確認した。本試験では、除去物を連続的に吸引捕集することが可能であったが、除去対象物の仕様を変更した場合においては、除去物の吸引捕集が除去作業の律速になり得ると考えられる。また、段取り替え（ノズルの替えやランス送りのためのモーターの移動等）を含めた除去作業を回収に要する作業時間とすると、今回の除去試験では、段取り替えの作業時間を短縮することで、回収作業の更なる効率向上を見込めることを確認した。これらの結果から、今後の地下環境における回収作業の迅速化に向けた、技術の高度化ための課題を把握することができた。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：特性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 Sjöлом, R. :Techniques for freeing deposited canisters Final report, SKB TR-00-15, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co., 2000。 4) 小林正人，白瀬光泰，磯さち恵，本島貴之：ベントナイト系材料を対象とした流体的除去技術（ウォータージェット方式）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 30 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分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，2019,3。



図 4 除去前とノズル切換え時の状況

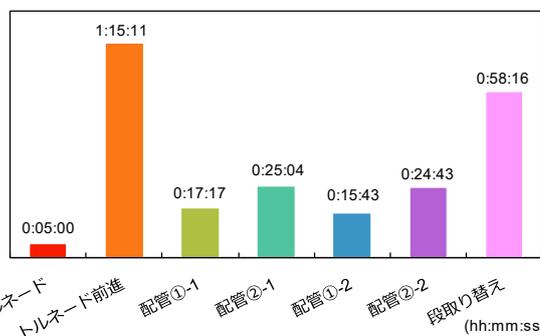


図 5 狭隘部除去時のサイクルタイム



図 6 配管清掃ノズルによる除去後の状況