

廃棄体回収のための塩水を利用した緩衝材除去技術

(公財)原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 ○中島均, 非会員 朝野英一
清水建設(株) 正会員 張至鎬, 正会員 沖原光信, 正会員 戸栗智仁, 正会員 石井卓

1. はじめに： 高レベル放射性廃棄物処分において、定置した後も閉鎖に至るまでの間は、廃棄体の回収の可能性を維持しておくことが重要である¹⁾。緩衝材除去技術は廃棄体を回収するために不可欠な技術である。著者らは、塩水(NaCl 溶液)を利用し、緩衝材をスラリー化して除去する方法が有望な方法であると考え、研究を進めている^{2) 3)}。本報では、緩衝材除去技術の実現可能性を示すために、実際の 1/14 程度の規模の4種類の模擬実験を実施したので報告する。

2. 塩水を利用した緩衝材除去技術の概要： 塩水を利用した緩衝材除去技術は、緩衝材の表面に比較的低い圧力で塩水を噴射し、スラリー化して除去する方法である。廃棄体を破損する可能性が低いことや作業性がよいことなどが利点である。緩衝材、すなわち締め固めたベントナイトは塩水(NaCl 溶液など)に接触すると容易に分解(崩壊)するため、比較的低い圧力でスラリー化できるという特性を利用している。取り除いたベントナイトスラリーを固液分離し、塩水を再利用すれば、緩衝材除去により発生する廃棄物を減量できることも利点である。

3. 着目点と実験ケース： 緩衝材除去技術は、緩衝材の様々な状態に適用できる必要がある。定置方式の違いと飽和状態の違いに着目した。定置方式は、縦置き方式と横置き方式に大別できる。飽和状態は廃棄体の回収が実施される時期に関係する。定置直後の緩衝材は不飽和状態であるが、時間の経過とともに再冠水が進行し、飽和に近づく。除去効率は緩衝材が飽和に近づくにつれて低下することが指摘されている⁴⁾。このような観点で、表1に示す4つの緩衝材除去実験を行った。除去方法は緩衝材の状態によって工夫が必要であり、少しずつ異なる。

表1 緩衝材除去実験の緩衝材条件と除去方法

実験 No.	緩衝材条件		除去方法	
	定置方式	飽和状態	強制乾燥	事前浸漬
実験1	縦置き	不飽和	—	する
実験2				しない
実験3	横置き	不飽和	—	しない
実験4		飽和	する	噴霧

3. 実験方法： 処分孔または処分坑道を模擬したアクリル円筒(φ 160mm×H230mm)中にブロック状の緩衝材を入れ、その中心に模擬廃棄体を設置した。アクリル円筒の設置向きを変えて処分方式の違い(縦置き、横置き)を表現した。緩衝材はベントナイト 70%にケイ砂 30%を配合した材料で乾燥密度 1.6Mg/m³とした。緩衝材の飽和状態は、不飽和は飽和度 46%、飽和は飽和度 95%とした。廃棄体はステンレス円柱(φ 50mm×H130mm:1.7kg)で模擬した。

実験方法は実験ケースによって少しずつ異なるが、基本的な方法は次のとおりである。加圧

(0.1~0.6MPa)した 4wt%塩水を、1000mL ずつノズル(口径 1.2mm または 2.0mm)から噴射し、段階的に緩衝材を除去する方法とした。除去された緩衝材スラリーは固液分離し、塩水の濃度が変化していないことを確認し、実験に再利用した。分離した固体分は乾燥させて重量を測定し、噴射段階毎の除去量を求めた。例として、図1に実験1の実験概念を示す。

4. 縦置き定置方式を対象とした緩衝材除去実験(実験1と実験2)： 緩衝材表面を事前に塩水に浸漬させると緩衝材が軟質化し除去効率がよい²⁾。事前浸漬の有無で、図2に示すように除去領域を変える必要があると考えた。事前浸漬する場合は、緩衝材を平坦に除去でき、廃棄体を回収しやすい。一方、事前浸漬しない場合は、除去効率の悪さから、廃棄体直近部のみを除去する概念となる。実験1と実験2で、事前浸漬の有無に着目した緩衝材除去実験を実施した。実験1ではノ

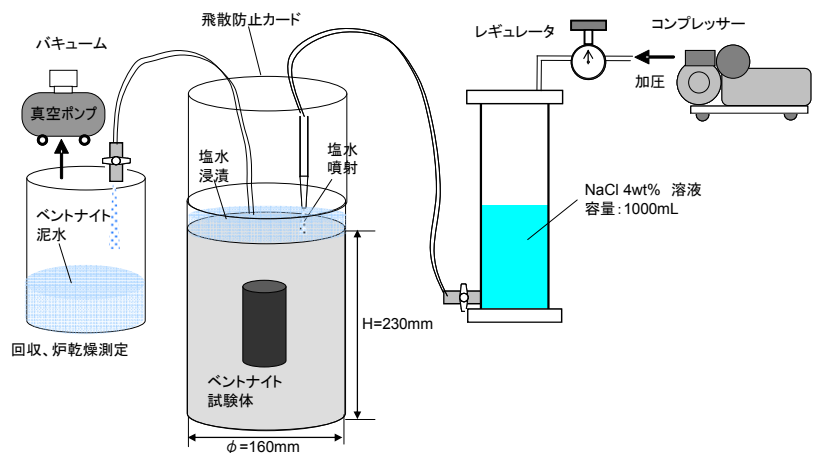


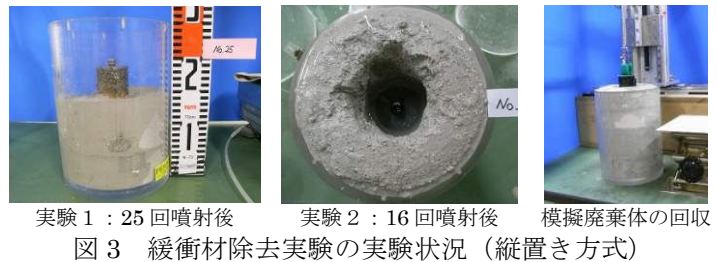
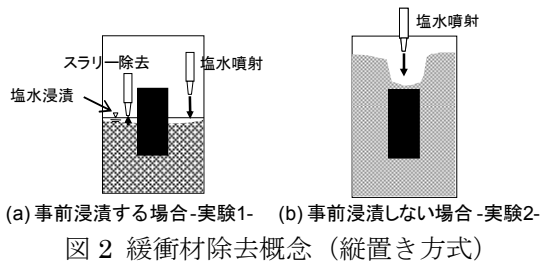
図1 緩衝材除去実験の実験概念（縦置き方式の場合）

キーワード：放射性廃棄物、回収、再取り出し、緩衝材除去、塩水、ベントナイト

連絡先：〒104-0052 東京都中央区月島1丁目15番7号 パシフィック・メソ月島8階、TEL:03-3534-4546、FAX:03-3534-4567

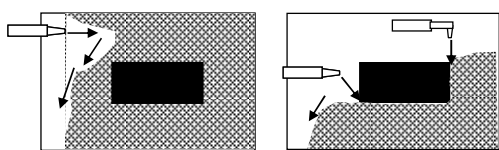
ズル径 2.0mm、塩水圧力 0.1～0.4MPa とし、小さい流速でも緩衝材が除去できることを確認した。実験2ではノズル径 1.2mm、塩水圧力 0.6MPa とし、比較的大きい流速で廃棄体直近部をねらって緩衝材を除去する方法の実現性を確認した。噴射1回あたりの所用時間は 1～2 分であり、実験2では加えて事前浸漬時間に 10 分を要した。図 3 に実験状況を示す。

実験1では 33 回の噴射で廃棄体の底面まで緩衝材を平滑に除去することができた。緩衝材の全重量 5956g に対して、除去量の合計は 5337g であった。実験2では 35 回の噴射で廃棄体を回収できる状態まで緩衝材を除去することができた。除去量の合計は 1283g であった。実験1では噴射圧力を上げて除去効率が向上しないことや、浸漬時間を長くしても効果が小さいことがわかった。また、実験2では緩衝材除去の進展につれて、除去した場所にできる凹みに残留した塩水が浸漬効果を発揮し、次第に除去効率が上がっていくことなどがわかった。



5. 横置き定置方式を対象とした緩衝材除去実験(実験3と実験4)：横置き方式では塩水の事前浸漬が構造上困難である。廃棄体の回収性と安定性の確保を考慮すると、図 4 に示すような除去が望ましい。廃棄体上部の緩衝材を除去することで廃棄体の回収性を確保し、廃棄体下部の緩衝材を残すことで廃棄体の安定性を確保する。実験3では実験2と同様な噴射条件(圧力 0.6MPa, ノズル径 1.2mm)で、緩衝材除去の効率や廃棄体回収の実現性などを確かめた。図 5 に実験状況を示す。噴射 1 回あたりの除去量は実験2と同等であるが、廃棄体の上部の緩衝材の除去量を多くしたため、廃棄体を回収するために要した噴射回数は 69 回、除去量の合計は 2810g であった。

実験4では飽和した緩衝材を対象とした。飽和した緩衝材は非常に分解しにくいので、各噴射の前に緩衝材表面を温風ドライヤーで乾燥させる工程を入れた。さらに乾燥後に塩水を霧吹きで噴霧する工程を入れた。一例として噴射 1 回あたりに要する時間は乾燥 30 分、噴霧 5 分、噴射およびスラリー除去1分である。噴射条件は実験3と同じであるが、廃棄体の直近部のみの除去を試みた。噴射回数は 44 回、除去量の合計は 1750g で、廃棄体を回収することができた。実験3よりも少ない噴射回数となったのは、乾燥した緩衝材表面に塩水が浸入しやすくなることや、塩水噴霧が事前浸漬の効果を発揮したものと考えられる。なお、縦置き方式で緩衝材が飽和の場合の緩衝材除去実験は、張ら⁵⁾が報告している。



6. 塩水の再利用：緩衝材の除去により取り除かれたベントナイトスラリーを固液分離し、得られた塩水の濃度をイオンクロマトグラフィーにより同定した結果、初期濃度である 4%からほとんど変化していないことを確認した。

7. まとめ：実際の 1/14 程度の規模の緩衝材・模擬廃棄体を用いた実験系で、4つの緩衝材除去実験を行った。実験は塩水を再利用しながら実施した。その結果、縦置き方式や横置き方式、飽和した緩衝材や不飽和状態の緩衝材の様々な状態における緩衝材除去技術の適用の見通しを得るとともに、塩水の再利用の見通しも得た。なお、本報告は、経済産業省からの委託による「高レベル放射性廃棄物処分関連：処分システム工学要素技術高度化開発」の成果の一部である。

【参考文献】 1) 原子力安全委員会：高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の考え方について（第 1 次報告），2000。
2) 岩佐健吾、石井卓、張至鎬、沖原光信、齋藤亮、鈴木啓三：廃棄体回収に関わる塩水を利用した緩衝材の分解除去方法の検討，原子力バックエンド研究，Vol. 16, No. 1, 2009。 3) (財)原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 20 年度 処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第 1 分冊）—遠隔操作技術高度化開発—(2/2)，2010。 4) 張至鎬、岩佐健吾、石井卓、沖原光信：塩水を利用した緩衝材除去方法の検討(4)―供試体の初期飽和度に着目した浸漬分解実験―，日本原子力学会 2008 秋の大会予稿集，p. 729, 2008。 5) 張至鎬、石井卓、沖原光信、戸栗智仁、岩佐健吾、齋藤亮：塩水を利用した緩衝材除去方法の検討(6)―小規模模擬緩衝材の除去実験（飽和条件）―，日本原子力学会 2009 秋の大会予稿集，p. 631, 2009。