

## 回収技術の高度化開発（その2）： 塩水 WJ による緩衝材除去速度の向上

（公財）原環センター 正会員  
清水建設（株）正会員

○岡田裕之介 小林正人  
矢萩良二 中島均 戸栗智仁

### 1. はじめに

第一段階の技術開発で整備した緩衝材除去システム<sup>1)</sup>は、塩水を低圧で噴射し電解質溶液による緩衝材の崩壊効果を利用したものである。この流体的除去技術（湿式）を使用した実寸大の試験では、オーバーパック（以下、OP）1体の回収時の除去作業に約77時間を要した。今回報告する第二段階では、除去時間を短縮するため噴射水の高圧化による緩衝材の物理的切削能力を高めるための技術開発を実施している。高圧流体による除去装置の整備、運転条件の設定、除去能力の定量的な把握に資するため、噴射要素試験を実施し、噴射ノズルの選定、ノズルワーク、切削効率の低下に繋がる噴射離隔や切削水の深度などの情報を収集した。本報では、これらを踏まえた具体的な除去作業手順、ならびに製作した高圧噴射リングについて報告する。

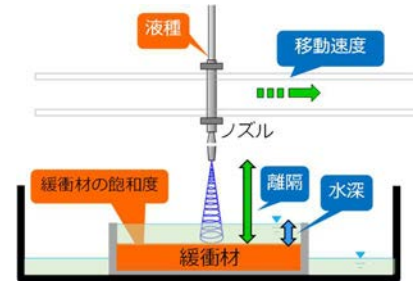


図-1 噴射試験概要図

表-1 噴射要素試験の前提条件

項目	内容	備考
流量	約 30 L/min	20 MPa 使用時
噴射ノズル	トルネードノズル	離隔 25 cm、50 cm、75 cm のとき 噴射円 10 cm、20 cm、30 cm
緩衝材配合	ケイ砂 30 wt% 混合クニゲル V1	ケイ砂 3号:5号 =50 wt%:50 wt%
緩衝材密度	1.6 Mg/m <sup>3</sup>	乾燥密度

表-2 噴射要素試験(1)の試験ケース

ケース	液種	離隔 (cm)	水深 (cm)	移動速度 (cm/min)	噴射方向	飽和度 (%)
1	水道水	25	5	50	垂直	60
2	水道水	25	5	50	垂直	80
3	塩水 4%	25	5	50	垂直	60
4	塩水 4%	25	5	50	垂直	80
5	塩水 4%	25	5	100	垂直	80
6	塩水 4%	25	10	50	垂直	80
7	塩水 4%	50	5	50	垂直	80
8	塩水 4%	75	5	50	垂直	80
9	塩水 4%	50	5	50	斜め 45°	80

### 2. 噴射要素試験の概要

本試験は噴射ノズルを緩衝材の上方で移動させ、緩衝材を除去するものである（図-1）。試験パラメータは、除去装置の噴射条件の設定を目的に、先ず「液種、緩衝材の飽和度」について基本的な確認を行い、次いで「緩衝材上の水深、緩衝材と噴射ノズルとの離隔、噴射ノズルの移動速度、噴射方向」の検討を行った。また、本開発の目的は除去時間の短縮であり、主な判定指標は「時間あたりの除去（切削）量」と「スラリー化した除去生成物の状態」とした。流体的除去技術は、流体を噴射して緩衝材をスラリー化し、吸引などの方法により除去生成物を取り除く技術である。したがって、除去生成物が大きな塊状の場合には、吸引が困難となり技術的成立性が低いと判定される。なお、噴射圧力は OP に対する安全性、噴射流量は H26 年度実証試験時のリユース設備規模等<sup>2)</sup>を前提条件として設定した。噴射ノズルは、噴射リングが降下するためのスペースの確保を目的に、面的切削が可能なトルネードノズルを選定した。

また、本開発の目的は除去時間の短縮であり、主な判定指標は「時間あたりの除去（切削）量」と「スラリー化した除去生成物の状態」とした。流体的除去技術は、流体を噴射して緩衝材をスラリー化し、吸引などの方法により除去生成物を取り除く技術である。したがって、除去生成物が大きな塊状の場合には、吸引が困難となり技術的成立性が低いと判定される。なお、噴射圧力は OP に対する安全性、噴射流量は H26 年度実証試験時のリユース設備規模等<sup>2)</sup>を前提条件として設定した。噴射ノズルは、噴射リングが降下するためのスペースの確保を目的に、面的切削が可能なトルネードノズルを選定した。

### 3. 噴射要素試験の結果

3D スキャナを用いて計測した時間あたりの除去量の結果を図-2 に示す。試験パラメータのうち、顕著に除去量に影響した要素は「離隔」「水深」であり、除去装置の設計にあたってはノズルと緩衝材との離隔、緩衝材上の水深を適切に管理する機構が求められる。また、スラリー化した除去生成物の状態に顕著に影響した要素は「液種」であり、電解質溶液を用いない場合には塊状除去物の発生が見られ、吸引ノズルの詰まり対策

キーワード 放射性廃棄物、回収、緩衝材除去、流体的除去技術、塩水

連絡先 〒104-0044 東京都中央区明石町 6-4 コフレイ明石町ビル 12 階 (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター Tel : (03)6264-2111

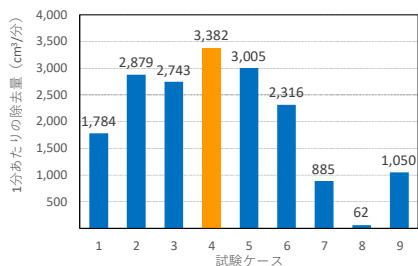


図-2 噴射要素試験の時間あたり除去（切削）量



図-3 ケース4の試験結果

等の検討が必要となる。以上より、時間あたりの除去量が最も多く、除去性生物全体がスラリー化するケース4（図-3）の条件を、除去装置動作の基本となる噴射条件に設定した。ケース9（斜め噴射）は、OP周囲の緩衝材のうち把持部付近の除去を想定したパラメータであるが、離隔の増加により除去量が顕著に低下したこと、またケース7との比較では噴射方向に対する除去量に顕著な違いは見られないものの局所的な除去が顕著であったことから、把持部の緩衝材除去に関する個別の対策が求められる結果となった。

表-3 把持部の除去効率向上対策の試験ケース（寸法は図-4 参照）

ケース	液種	離隔 (cm)	必要切削深度 (cm)	移動速度 (cm/min)	噴射方向	飽和度 (%)
10	塩水 4%	5	48	50	垂直	80
11	塩水 4%	46	43	50	垂直	80
12	塩水 4%	63	19	50	垂直	80

ケース9（斜め噴射）は、OP周囲の緩衝材のうち把持部付近の除去を想定したパラメータであるが、離隔の増加により除去量が顕著に低下したこと、またケース7との比較では噴射方向に対する除去量に顕著な違いは見られないものの局所的な除去が顕著であったことから、把持部の緩衝材除去に関する個別の対策が求められる結果となった。

4. 把持部の除去効率向上対策

OP 把持部付近の緩衝材除去時間の短縮を目的とした試験を実施した。OP 把持部付近は噴射リングが降下するエリアではないため、スペース確保（面的切削）という条件は不要となる。そこで、噴射ノズルに直噴ノズルを使用し、離隔に対する切削能力の減衰を確かめつつ適用性を探ることとした。

試験ケースは、OP 把持部付近で考えられる除去状況から、離隔または必要切削深度が大きくなるケースと、両者の和が最大となるケースを抽出して設定した（表-3）。試験結果の一例として、噴射回数あたりの除去深さを図-3 に示す。どのケースにおいても1回目が最も深く切削され、以降徐々に除去深さの増加が小さくなった。また、離隔の異なる各ケースで除去深さに顕著な差が見られないことから、離隔の違いによる除去量の低下は小さいことが分かった。この結果から、OP 把持部付近の緩衝材除去に対して直噴ノズルが効果的であることが確認できた。

5. まとめと今後の展開

OP 把持部付近の除去作業手順を図-5 に示す。OP 側部緩衝材をトルネードノズルで除去し、噴射リングを降下させながら OP 下端まで除去を進める計画である。要素試験結果から設計条件を設定して製作した噴射リングを図-6 に示す。また、要素試験で取得した時間あたりの除去量から試算した結果、OP 底部までの除去時間を約 3.5 時間と推定した。今後、実寸大の緩衝材除去試験を実施して除去時間の短縮という目的の達成を確認するとともに、流体的除去技術を用いた除去作業の迅速化の方法論の検証及び裏付ける技術データを取りまとめる。加えて、遠隔操作に向けた状態監視技術などの整備に資する知見を収集する。本報告は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「令和3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（JPJ007597）（回収可能性技術高度化開発）」の成果の一部である。

【参考文献】 1) RWMC：平成26年度地層処分技術調査等事業（地層処分回収技術高度化開発）報告書，2015。

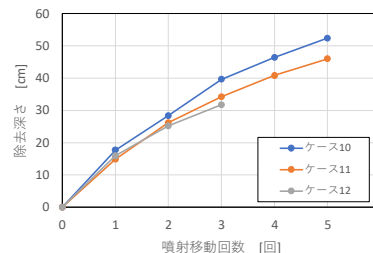


図-4 噴射要素試験(2) 噴射回数あたりの除去深さ

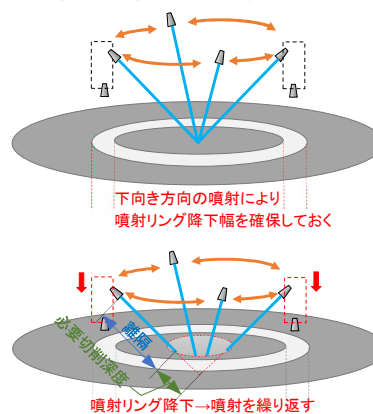


図-5 OP 把持部付近の除去作業手順



図-6 製作した噴射リングの性能確認