

処分技術オプションの検討

(2) スウェーデン SKB の KBS-3H MPT 参画による横置き・PEM 方式の適用性検討

原子力発電環境整備機構 正会員 ○藤山 哲雄, 加来 謙一, 北川 義人
Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) Magnus Kronberg

1. 背景・目的 別報(1)で述べたように, 原子力発電環境整備機構(以下, 機構)では, 人工バリア施工に関する3つの技術オプションの検討を2011年より開始した. その一つである PEM 方式(地上で廃棄体と緩衝材を組立てた一体型モジュールを処分坑道へ搬送・定置する方式)は, スウェーデン SKB の KBS-3H の概念に類似している. そこで, PEM 方式の実現性や日本の処分概念への適用性検討を目的に, SKB のエスポ岩盤研究所で実施された実規模の多目的試験 KBS-3H Multi Purpose Test (以下, MPT) に参画した. MPT 参画により, 処分技術オプション選定に向けて, 搬送・定置などに関する多くの有用な知見を取得した.

2. KBS-3H および MPT の概要**(1) KBS-3H の概要**

SKB では, 2011年3月に豎置き処分概念 KBS-3V に基づいて立地・建設の許可申請を行っている. 一方, 代替処分概念として, 坑道掘削量を低減できる横置き処分概念 KBS-3H についても別途検討を進めている(図1). KBS-3H では, キャニスタと緩衝材を鋼製シェルの中にパッケージ化した「スーパーコンテナ」を定置する方式を採用しており, NUMO が検討を進めている PEM 方式と類似している(別報(1)参照).

KBS-3H は, 2001年に検討を開始しており, 2003年までに各種の室内試験や解析的検討を踏まえて基本設計を完了, 2004~2007年の実証検討フェーズにて, エスポ岩盤研究所の地下220mに長さ95mの試験坑道を掘削し(図2), スーパーコンテナの定置装置の製作および実証試験を実施した. また, 緩衝材を確実に均一に膨潤させるため, 定置後に人工注水する方式(DAWE^{*})を提案した. この後, KBS-3H の設計仕様を概ね確定し, 2011年から, システムとしての成立性を実規模大で検証する目的で, MPT の計画に着手している.

(2) MPT の概要

※DAWE: Drainage, Artificial Watering and air Evacuation

MPT の試験概要を図3に示す. MPT では, スーパーコンテナ1体およびその前後に緩衝材ブロック(厚さ50cmのベントナイトブロックを6~8個連結したユニット)を3セット定置する. 坑道入口部にはプラグを設置し, 背面をベントナイトペレットで充填する. その後, 人工的に注水して坑道内を冠水させ, 注水パイプならびに坑道内のエア抜きパイプを撤去する. 注水後は, 緩衝材の浸潤挙動や膨潤圧, 岩盤に作用する土圧・水圧等をモニタリングする. MPT では, KBS-3H の主要な構成要素を組み合わせた実規模の試験を行うことで, 現段階における設計の妥当性と構成要素の機能とともに, 製作・定置等に関する実施能力を検証する.

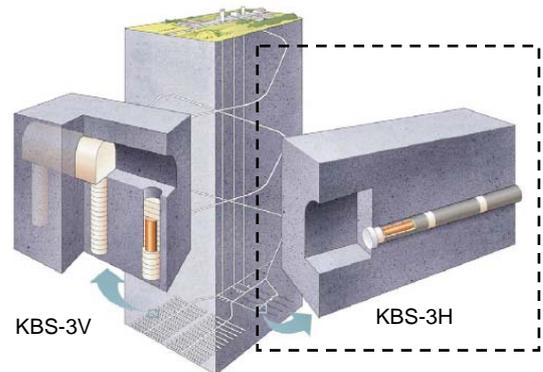


図1 KBS-3 概念図¹⁾を編集



図2 試験坑道の状況¹⁾を編集

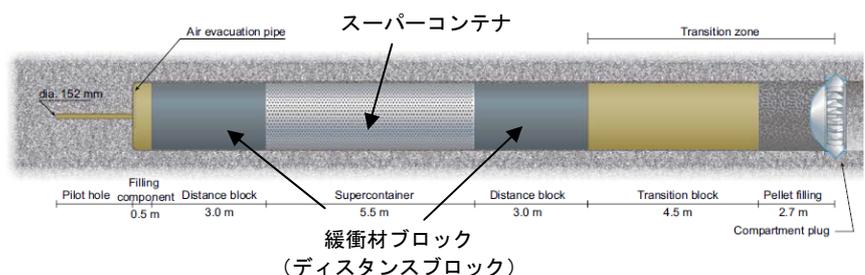


図3 KBS-3H MPT の概要図²⁾を編集

キーワード: 処分技術オプション, 人工バリア, PEM 方式, KBS-3H, 実規模試験

連絡先: 〒108-0014 東京都港区芝 4-1-23 三田 NN ビル 原子力発電環境整備機構 技術部 TEL03-6371-4004

表 1 MPT の主な実施工程と機構職員の駐在時期

MPTの主要な実施項目	2012年				2013年											
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
①定置装置改良・テスト走行	定置装置の改良, ダミーブロックを用いたテスト走行				BTブロックテスト走行											
②ベントナイトブロック等の製作	プラグ製作		BTブロック製作		BTブロック製作											
③計測センサー準備, 坑道内準備	センサー手配, 坑道湧水量定常計測				坑道内整備, 計測センサー類埋設など											
⑤緩衝材ブロック・スーパーコンテナ組立					ディスプレイブロック組立				スーパーコンテナ, ディ스플레이ブロック組立							
⑥定置試験													定置試験			
⑦モニタリング													継続中: 期間未定			
機構職員の駐在	2.5ヵ月								2.5ヵ月				3.5ヵ月			

3. 試験の実施

MPT は, 2011 年 6 月より開始された. 機構は, 2012 年 10 月より, MPT の主要な実施項目に合わせて現地に職員を駐在させた (表 1).

- ・ 定置装置 (図 4) については, 定置精度の向上等を目的とした改良, およびコンクリート製ダミーブロックやベントナイトブロックを用いたテスト走行を繰り返し実施し, 装置の完成度を高めた. この過程で, 機構は定置装置の特性や構造に関する詳細な知見を得た.
- ・ ベントナイトブロック製作では, ブロックの品質管理方法等について貴重な知見を得た.
- ・ 緩衝材ブロックやスーパーコンテナの組立については, 地上施設にて設計上の所要精度を確保した組立を行った. この過程で, 計測センサー埋設を含む効率的な組立作業のノウハウや知見等を取得した.
- ・ これらを踏まえて, 2013 年 11 月に開始した定置試験本番では, 重量約 46t のスーパーコンテナおよび重量約 18t の緩衝材ブロック 3 セットを, 岩盤との隙間 42mm の条件にて, 大きなトラブルが発生することもなく, 定置装置を用いて所定の位置に搬送・定置することができた.



図 4 定置装置全景 ¹⁾を編集

4. 処分技術オプション選定に関する考察

MPT への参画を通して, 機構の処分技術オプション選定に向けて得られた主な知見を以下に整理する.

- MPT では, 岩盤との隙間 42mm という狭いクリアランスで問題なく定置した. 改良と検証を重ねた現段階の SKB の搬送・定置技術に大きな問題は見当たらず, 狭い坑道での定置技術は実現性があると言える.
- 定置装置は, 坑道のわずか 5mm の凹凸で走行不可となる (SKB も坑道の平滑性に対する要求水準を ±5mm 以内と規定). また, 定置装置の構造上, 坑道底面をまとまった湧水が流れる場合, 有孔のスーパーコンテナ内の緩衝材ブロックを濡らさないよう定置装置を稼働することは困難である.
- 有孔スーパーコンテナと人工注水による緩衝材構築の成立性は, 今回の試験範囲だけでは評価ができず, MPT のモニタリング結果や今後予定されている解体試験の結果等を待って判断する必要がある.

以上を踏まえると, 岩盤とのクリアランスが小さい坑道における搬送・定置技術は, 図 2 に示すような無支保で平滑な坑道を掘削でき, かつ坑道への湧水量が少ない岩盤条件において成立するものであり, わが国の適用に対しては, 地質環境特性の違いや, 確実な湧水抑制技術の実現可能性を考慮する必要がある.

一方で, 機構 ³⁾が有望な PEM の基本形とした「坑道断面を大きく取り, 無孔 PEM を汎用機械であるクレーン等を用いて定置する PEM システム」は, 坑道の平滑性に対する要求精度や湧水量抑制に対する要求レベルを相対的に低くできる可能性がある. したがって, 日本の地質環境を考えた場合, MPT 参画で得られた上記の知見は, 現時点の機構の PEM 開発の方向性が妥当であることを支持していると言える.

5. 今後の課題

SKB が今後の課題としている深度 450m におけるグラウト技術の実現性, 坑道を高精度で掘削するための技術開発成果も含め, 機構が設定した PEM 基本形の最終評価を実施し, 処分技術オプションの選定に反映する.

参考文献 1) Jorma Autio et al. (2008):KBS-3H Design Description 2007, R-08-44, 2) SKB(2013):RD&D Programme 2013, TR-13-18, 3) 鈴木ら(2013): PEM システムの基本形の検討 (その 5), 第 68 回土木学会全国大会年講