

カナダ URL におけるベントナイトプラグの閉鎖性能評価試験

鹿島建設㈱技術研究所 正会員 ○升元 一彦，笹倉 剛

核燃料サイクル開発機構 正会員 藤田 朝雄

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物処分場の操業時に地下深部に掘削した坑道をそのままの状態に放置しておいた場合、坑道やその周辺ゆるみ域が核種の卓越移行経路になり、処分場に求められるバリア機能に有意な影響を及ぼす可能性がある。この処分システムに影響を及ぼす要因を取り除く方策として、操業時に使用された坑道への埋め戻し材やプラグの設置、坑道周辺のゆるみ域へのグラウト注入といったシーリング技術の適用が考えられている。本報告では、カナダ AECL (Atomic Energy of Canada Ltd.) の URL (Underground Research Laboratory) で実施されたシーリング技術に関する原位置試験の内、ベントナイトプラグの性能評価結果について報告する。

2. トンネルシーリング試験の概要

トンネルシーリング試験は、AECLと核燃料サイクル開発機構の共同研究としてカナダ URL で実施されたシーリング技術の性能確認のための原位置試験である。図-1に試験概要を示す。本試験は、ベントナイトブロックを積み上げて構築したベントナイトプラグと低 pH コンクリートによるコンクリートプラグの実規模レベルでの施工性確認と各プラグの止水性能評価を主な目的として実施された。プラグの性能評価試験として、2つのプラグに挟まれた区間に最大4MPaの水圧を作用させる圧入試験とトレーサーを圧入するトレーサー試験を実施しており、圧入試験ではプラグ周辺に生じる高動水勾配により、プラグ内の湿潤過程やプラグもしくはプラグ周辺の岩盤を通過してきた湧水状況を評価し、トレーサー試験ではトレーサーの移行状況をモニタリングし、各試験の結果から止水性能の評価を行った。以下に、圧入試験とトレーサー試験の結果を示す。

3. 圧入試験結果

チャンバー内の圧力は段階的に加圧しており、また 4MPa 到達後、温度が止水性能に与える影響を見るために最大 55℃ の温水を圧入した。ベントナイトプラグからの湧水は、図-2 に示すようにプラグの最下流面において区間ごとに計測しており、この結果からいずれの期間においても湧水の約 95%がプラグ周辺部から湧出していることが分かった。図-3 には試験期間におけるチャンバー内の圧力、温度、ベントナイトプラグからの総湧水量を示す。加圧初期の 800kPa への昇圧段階において湧水量が大きくなっているのは、ベントナイトが十分膨潤しない段階で水圧を作用させたため、プラグと岩盤の境界部に卓越した水みちが生じたことによるものである。その後、ベントナイトの膨潤により水みちは閉塞され、湧水量は急激に減少した。また、昇圧過程においては、一時的に湧水量の増加はあるものの圧力一定状態では湧水量は安定するといった傾向が見られた。なお、2002 年 3 月以降湧水量が乱れているのは、排水パイプの目詰まりを除去する作業を行ったためである。

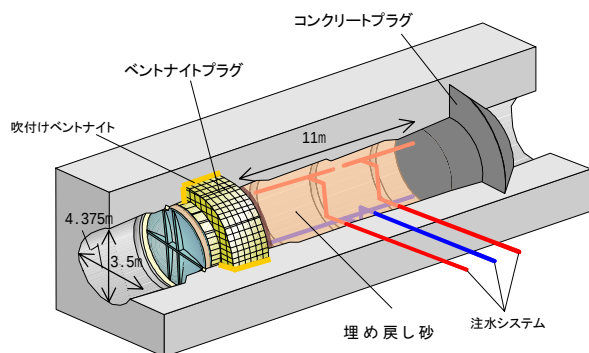


図-1 トンネルシーリング試験の概要

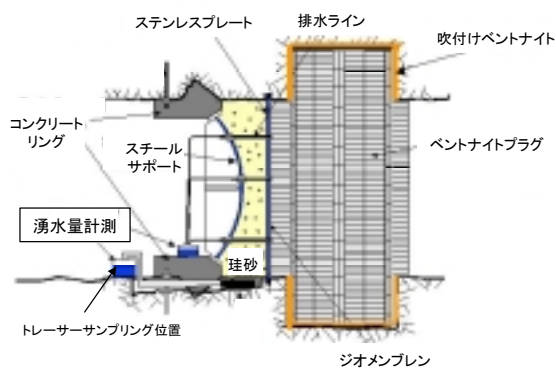


図-2 ベントナイトプラグ断面と湧水量計測位置

キーワード：高レベル放射性廃棄物，ベントナイトプラグ，トレーサー試験

連絡先：サイクル機構，〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33 TEL029-282-1111 FAX029-282-9295

本試験結果を表-1に示すように5つのフェーズに分けて検討する。各々のフェーズにおけるベントナイトプラグからの平均湧水量から、プラグ全体の透水性を計算した結果が図-4である。フェーズⅠは圧入した水の温度が異なることから、温度上昇による水の粘性の増加を考慮に入れ15℃相当になるように補正を行っている。フェーズⅡとⅢは透水性がほぼ同じであるが、フェーズⅣはベントナイトブロックが飽和されていない期間であることから、湧水量が実際の浸透量より少なく計測されている可能性がある。フェーズⅤからⅠにかけて透水性が減少している理由としては、ベントナイトの膨潤により、プラグと岩盤との境界部の閉塞が進行したことが考えられる。また、フェーズⅠにおいて湧水量がやや減少する傾向が見られる理由としては、昇温による岩盤の膨張によりゆるみ域の亀裂が閉塞したことや、ゆるみ域とプラグとの境界部がさらに閉塞したことが考えられる。しかし、これらの透水性の違いは1オーダー以内であり、いずれのフェーズにおいても安定した止水性能を発揮していることが分かる。

4. トレーサー試験結果

トレーサー試験は、トレーサーの種類、時期を変えて全4回試験を行った。表-1には実施時期を、図-5には各々の試験における最下流面における実測トレーサー濃度のブレイクスルーカーブを示す。トレーサーの投入については、いずれの試験も前報¹⁾に示した方法のとおりである。

今回、温度上昇がプラグの止水性能に与える影響を評価するため、チャンバー内の温度を上昇させた時のトレーサー試験4について、トンネル軸に対する2次元軸対象モデルによる移流分散解析を実施した。昇温によりプラグ周辺のゆるみ域の透水性が変化すると仮定して、これをパラメーターにして解析を行った。その結果、図-6に示すように昇温によるゆるみ域の透水性の変化を考慮しなくても実測のブレイクスルーカーブと比較的良好一致することから、50℃程度の温度上昇ではプラグの止水性能に与える影響は小さいことが分かった。

5. おわりに

現在、プラグ解体時にサンプリングしたベントナイトや岩盤サンプルの分析を進めているおり、これにより圧入試験、トレーサー試験時のプラグの挙動を確認する予定である。

参考文献 1) 升元, 原, 杉田, 藤田, 古市: カナダ地下実験施設における閉鎖技術の検証試験, 土木学会第55回年次学術講演会, CS-184, 2000.

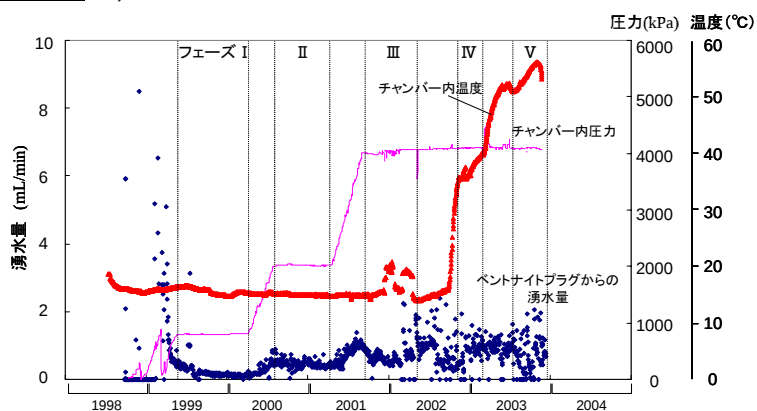


図-3 圧入試験結果

表-1 各フェーズにおける湧水量の整理結果

フェーズ	I	II	III	IV	V
注水圧 (kPa)	800	2,000	4,000	4,000	4,000
流量安定時期	1999年5月 ～2000年4月	2000年7月 ～2001年4月	2001年9月 ～2002年5月	2002年11月 ～2003年3月	2003年7月 ～2003年12月
ベントナイトプラグ直近の温度 (°C)	15	15	15	35-40	50-55
平均湧水量 (mL/min)	0.18	0.46	0.55	0.88	1.07
トレーサー試験	トレーサー試験1		トレーサー試験2		トレーサー試験3 トレーサー試験4

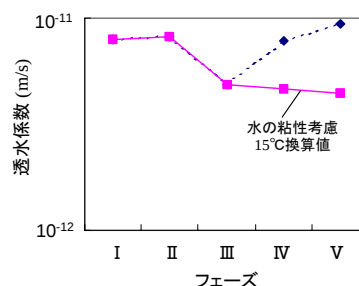


図-4 各フェーズにおける透水性の比較

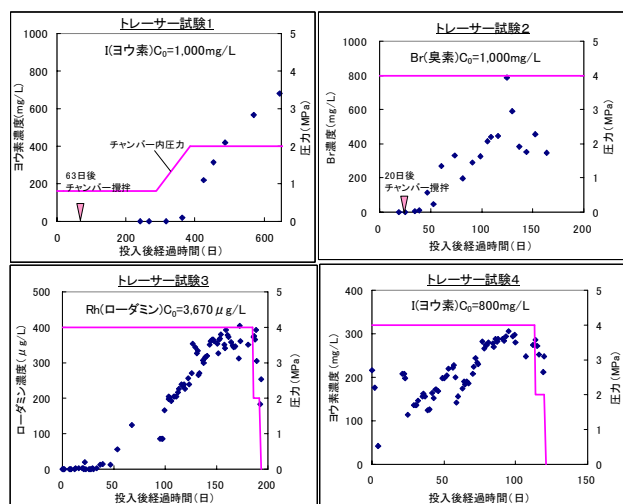


図-5 トレーサー試験結果

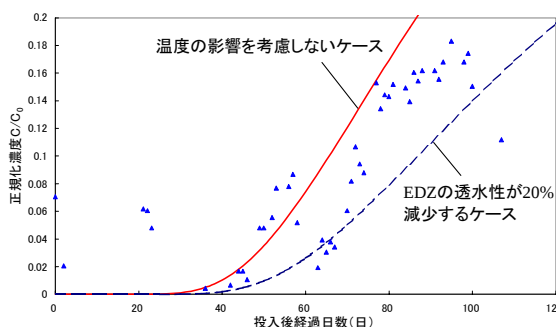


図-6 移流分散解析結果（トレーサー試験4）