

カナダ地下実験施設（URL）における閉鎖技術の検証試験 — 実規模プラグにおけるトレーサー浸潤試験 —

鹿島建設㈱ 技術研究所 正会員 升元 一彦

核燃料サイクル開発機構 正会員 原 啓二 杉田 裕 藤田 朝雄

鹿島建設㈱ 原子力室 正会員 古市 光昭

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物処分場の操業後の埋め戻し段階においては、廃棄物を地下深部の処分場に運び込む時に利用したトンネルや立坑が放射性廃棄物の人間の生活圏への通路とならないように埋め戻しておく必要がある。現況のコンセプトとしては、適切な埋め戻し材を充填し、プラグやグラウトを組み合わせることが考えられている。カナダの地下実験場（URL, Underground Research Laboratory）においてAECL（Atomic Energy of Canada Ltd.）と核燃料サイクル開発機構の共同研究として実施中のトンネルシーリング試験は、それら閉鎖技術の性能確認のための原位置試験である。本プロジェクトは、国際共同プロジェクトとして日本の核燃料サイクル開発機構、カナダのAECLの他にフランスからANDRA、アメリカからWIPPが参加している。トンネルシーリング試験の施工概要については前報¹⁾で報告した。今回はプラグ設置後の水の圧入試験と引き続いて実施されたトレーサー試験について、ベントナイトプラグ側の結果を中心に報告する。

2. 圧入試験

圧入試験は、実スケールで施工したベントナイトプラグとコンクリートプラグに挟まれたチャンバー内に注水システムを使って水を圧入し、各プラグや周辺岩盤への水の浸透状況からシーリング技術の性能評価を行うものである（図 - 1）。ベントナイトプラグは締固めたベントナイトブロックを積み重ねて構築されているため、ベントナイトブロックの膨潤によりブロック間の間隙をなくし一体化させることを目的に、昇圧時には低い

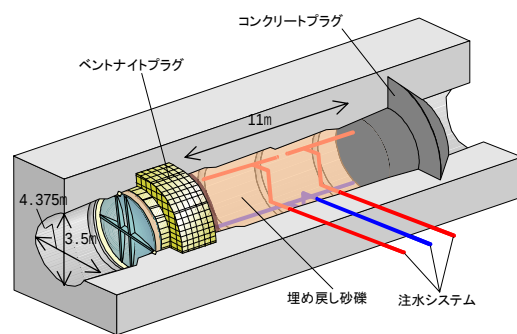


図 - 1 トンネルシーリング試験の概要

圧力からステップ状に圧力を作用させた。1998年9月から試験を開始し、1999年5月に800kPaに到達するまでベントナイトプラグ側から4回湧水が認められ、その度にチャンバー内の圧力が低下した。ベントナイトプラグ内部に設置したセンサーの反応から、プラグの天盤付近が湧水の主要な水みちになったことが推定できた。これらの湧水は、ベントナイトブロックが膨潤し閉鎖性能を十分発揮する前に、急速に注水し圧力を上昇させたために発生したと考えられたため、1999年4月以降は昇圧速度を低下させた。図 - 2 は 1999年4月以降の昇圧状況とベントナイトプラグ側からの湧水量の経時変化を示したものである。湧水量は減少し続けており、全てのベントナイトプラグ内部の土圧計で圧力が増加していることから、ベントナイトブロックの膨潤によりベントナイトプラグの閉鎖性能が発揮されていると判断できた。

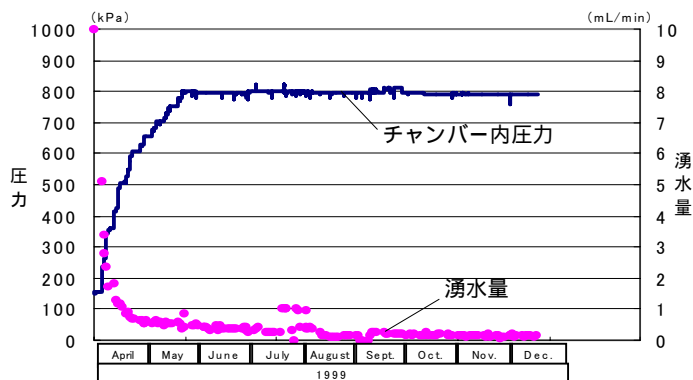


図 - 2 昇圧状況とベントナイトプラグからの湧水量

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 TEL029-287-3247 FAX029-287-3704

3. トレーサー試験

3.1 トレーサー試験の概要

トレーサー試験では、NaI と染料であるウラニン（Na-fluorecein）を緊急時に用いる予備タンクに溶かし込み、この予備タンクから注入を行った。トレーサーの投入方法として、一度チャンバー内の水を抜いた後でトレーサー水を注入する方法と、チャンバー内の水圧 800kPa を低下させずに短時間でチャンバー内の水をトレーサー水に置換させる方法の 2 つが考えられる。前者では、プラグ周辺に不飽和部が生じる、粘土プラグが除荷により変形を生じる、といった不具合が発生する可能性があることから後者を採用した。具体的なトレーサー投入方法としては、立坑のスタンドパイプを利用して排出パイプから常に 800kPa の圧力が作用するようにして、高压ポンプを用いて 1 日で注入を行った（図 - 3）。トレーサーの投入直後に、トレーサーがチャンバーの底盤付近に溜まっている現象が観測されたが、注入に使ったパイプとポンプを用いてチャンバー内の水を攪拌させることによりチャンバー内でのトレーサー濃度をほぼ均一にした。トレーサーのサンプリングは、粘土プラグ、コンクリートプラグの外側に設置したサンプラーと間隙水圧計測用の水平ボーリング孔を用いて行った。水平ボーリングからのサンプリングは、ベントナイトプラグ側の HGT-8 と HGT-10 を用い、計測区間の最もプラグよりの区間から、サンプリング毎に低下した間隙水圧が回復するのを待って、ポンプによるサンプリングを行った（図 - 3）。

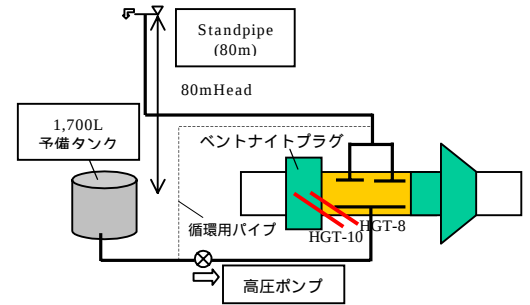


図 - 3 トレーサーの投入方法

3.2 トレーサー試験解析結果

トレーサーのベントナイトプラグ側の移行状況を把握するために移流分散解析を実施し、モデル化に際してはベントナイトプラグからの湧水量とプラグ周辺岩盤内で計測されている間隙水圧分布を反映させた。プラグ周辺のゆるみ域の透水係数は周辺坑道での透水試験等の結果を基に、健岩部に比べて 2 オーダー大きい場合（case1）と 3 オーダー大きい場合（case2）を設定した。解析は、初めに非定常浸透流解析を実施してから 150 日後にトレーサーを投入して移流分散解析を行った。

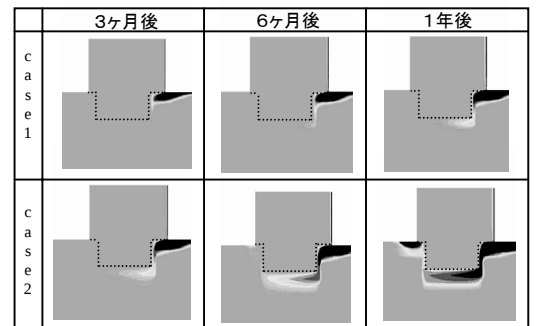


図 - 4 トレーサー試験解析結果

解析結果を図 - 4 に示す。トレーサーは岩盤壁面のゆるみ域から浸入し、吹き付けベントナイト部、プラグ周辺のゆるみ域を卓越的に浸透するという結果が得られた。また、case1 では、1 年経過後においてもトレーサーはプラグの半分程度の位置までしか到達していないが、case2 では、6 ヶ月後にトレーサーはすでにプラグの反対側に到達していることがわかった。

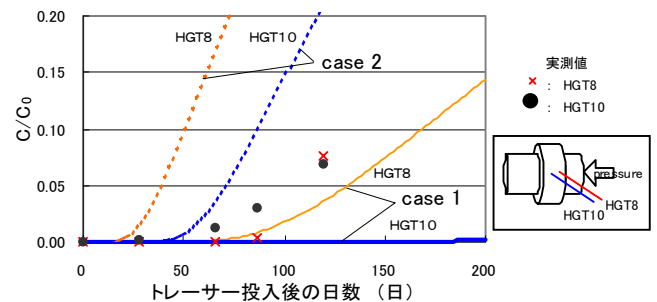


図 - 5 解析結果と実測値の比較

3.3 トレーサー試験途中結果

これまでに間隙水圧計測用の水平ボーリングから 4 回のサンプリングと分析を実施した。前節の解析により求められるブレイクスルーカーブと実測濃度をプロットしたものを図 - 5 に示す。実測濃度は、case1 と case2 の中間にプロットされ、実際のトレーサーの移行状態は 2 つのモデルの間であることが推定できた。

4. おわりに

今回、高レベル放射性廃棄物処分場に適用される閉鎖技術の実証試験として圧入試験とトレーサー試験を実施し、プラグや周辺岩盤内の水やトレーサーの挙動を把握できた。これらの試験は現在も継続中であり、今後実測結果とモデル計算との比較により検証していく予定である。

参考文献 1) 升元，藤田，杉田：カナダ URL におけるトンネルシーリング試験，土木学会第 54 回年次学術講演会， -A280，p.560-561，1999。