

地層処分システムにおける閉鎖要素の相互影響を考慮した 坑道交差部における水理解析

日本原子力研究開発機構 正会員 藤田朝雄 非会員 川上 進
 原子力発電環境整備機構 正会員 杉田 裕 正会員 高橋美昭
 検査開発(株) 非会員 酒井裕一

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分システムにおける閉鎖要素（埋め戻し材、止水プラグなど）には、処分場の長期安全性に対する重要な役割が期待されており、安全評価や設計を行うためには、処分場の閉鎖性能を理解することが重要である。そのため、地層処分システムに求められる閉鎖性能の考え方を提示するとともに、閉鎖要素の設計要件を明確にしていく必要がある。処分場地下施設のパネルを構成する全ての処分坑道は、主要坑道、連絡坑道およびアクセス坑道を介して地上に繋がっている。これは、埋め戻された坑道そのものが人工バリアからの放射性核種の移行経路となる可能性があることを示している。人工バリアの健全性を確保し、地層処分システムが適切に機能することを保証するためには、従来の廃棄体を中心とした長期安全性に特化した評価だけでなく、人工バリアや人工バリア周辺に存在する閉鎖要素といった構成要素をも考慮した評価が必要である。これまでの性能評価は、処分場が適切に閉鎖されるものとして核種移行等の評価を行い¹⁾、そこには将来の技術開発まで視野に入れて閉鎖が着実に行われることを見込んでいた。一方、閉鎖要素に関しては、埋め戻し材や粘土プラグといった個別の性能の検討までにとどまっており、ようやく実規模での実際の坑道環境における性能に関する知見が得られてきたところである²⁾。本検討では、このような観点から、処分場に存在すると考えられる構成要素を設定し、実際のデータに基づく物性値を考慮した水理解析を実施し、要素間の相互影響や埋め戻し材、粘土プラグ等の止水効果の概略的な把握を試みた。

2. 解析条件

本検討では、地層処分システムに求められる閉鎖性能を検討する第一段階として、処分坑道と主要坑道の交差部を対象とし、人工バリアの設置される処分パネル内で人工バリアと他の構成要素（埋め戻し材と止水プラグ）との接触点に着目した（図1）。岩種は堆積岩、人工バリア定置方式は横置き方式を想定し、考慮する構成要素は、処分坑道、主要坑道、坑道周囲の掘削影響領域（EDZ）、支保工、人工バリア（廃棄体及び緩衝材）、強度プラグ（コンクリート）、埋め戻し材、止水プラグ（粘土）および岩盤とした。また、閉鎖材料の透水係数（表1）及び粘土プラグの設置位置をパラメータとした。動水勾配は0.01とし、処分坑道に直交（直交動水勾配）および平行（平行動水勾配）に作用させた場合の2通りを対象とした。解析には移流分散解析ソフト・Dtransu-3D-EL³⁾を用い、3次元で実施した。埋め戻し材や粘土プラグの効果について、コンクリートプラグの処分坑道側表面での通過流量で評価した。

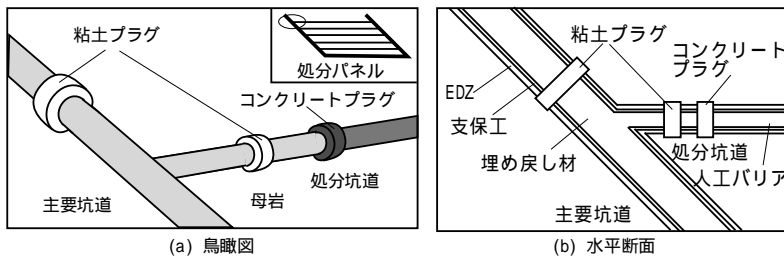


図1 処分坑道と主要坑道の交差部の構成要素

表1 解析用の透水係数(単位:m/s)

ケース ^{*1}	粘土プラグ	埋め戻し材	コンクリート材料	その他
C-13-O,P	なし	10 ⁻⁵	10 ⁻¹³	緩衝材: 10 ⁻¹² EDZ: 10 ⁻⁶ 母岩: 10 ⁻⁸
C-9-O,P			10 ⁻⁹	
C-5-O,P			10 ⁻⁵	
B-11-O,P	なし	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹	
B-8-O,P			10 ⁻⁸	
B-5-O,P			10 ⁻⁵	
P-2-O,P	10 ⁻¹³ (主要・処分)	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	
P-1-O,P	10 ⁻¹³ (主要)			
P-0-O,P	なし			

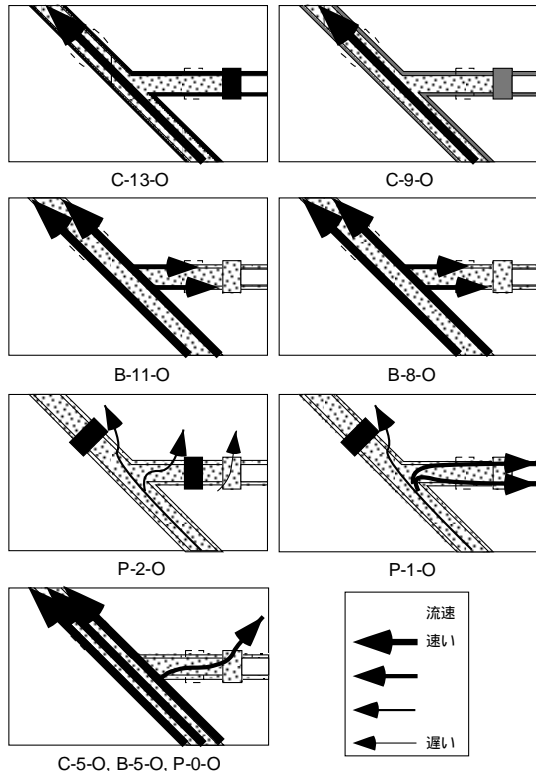
*1: 各欄右端のO,Pはそれぞれ、「処分坑道に直交の動水勾配」、「処分坑道に平行の動水勾配」を表す。

キーワード：高レベル放射性廃棄物，閉鎖技術，プラグ，埋め戻し材，水理解析

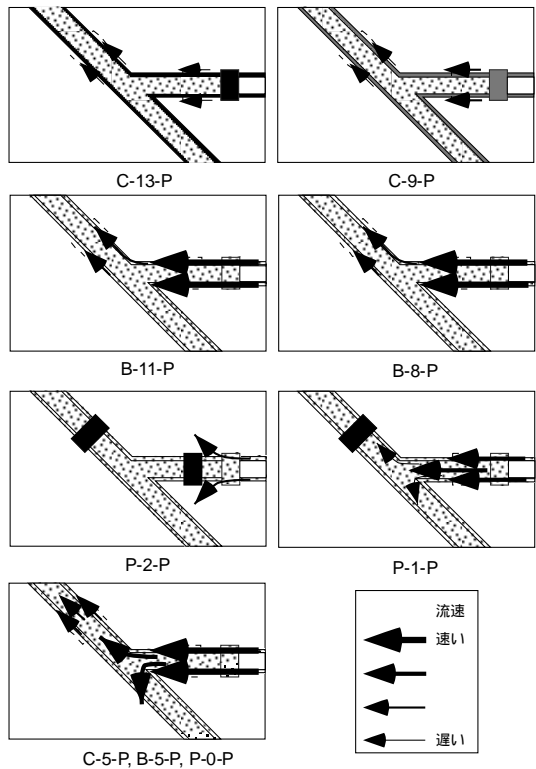
連絡先：原子力機構，〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33 TEL029-282-1111 FAX029-287-9328

3. 解析結果

解析より得られた地下水流動のパターンを図2に示す。図2(a)の直交動水勾配下の結果は、水の出入りの評価断面で流れが発生する場合においても、その方向は主要坑道から処分坑道に向かう流れであり、一方、平行動水勾配下の結果（図2(b)）は、コンクリートが健全な場合を除き、全てのケースにおいて評価断面で流れが発生し、その方向は処分坑道から主要坑道に向かうものであった。



(a) 直交動水勾配下



(b) 平行動水勾配下

図2 地下水流動の模式図

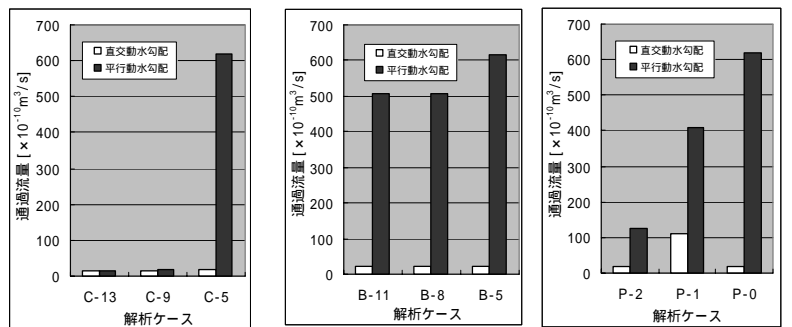
コンクリートプラグ処分坑道側表面での通過流量の比較を図3に示す。コンクリート材料の透水性影響の比較（図3(a)）においては、コンクリートが健全な C-13 や C-9 の条件では、動水勾配の方向によらず通過流量はほぼ同じ値であった。これに対し、コンクリートの変質・劣化を想定した C-5 になると、平行動水勾配の条件下では、通過流量が突出して大きくなった。埋め戻し材料の透水性影響の比較（図3(b)）における通過流量は、動水勾配の方向によらず埋め戻し材料の透水性の影響は小さく、また全てのケースで平行動水勾配下の場合が顕著であった。プラグ設置影響の比較（図3(c)）において、動水勾配が平行の場合の通過流量は、プラグの設置数に対応して増減し、粘土プラグを処分坑道にも設置する P-2 のケースでは直交動水勾配下と平行動水勾配下との差は小さくなった。

4. おわりに

以上の結果から、コンクリートプラグの透水性、動水勾配の方向、粘土プラグの設置数および位置は、全体の地下水流動および通過流量等に大きく影響することがわかった。これらの知見より、処分場のレイアウトを設計する際には動水勾配の方向を十分考慮するとともに、処分システム全体の安全性を確保した閉鎖システムを構築するためにはコンクリートの影響を十分に考慮した検討が必要である。

参考文献

- 1) サイクル機構, JNC TN1400 99-020 (1999).
- 2) サイクル機構, JNC TN1400 2005-015 (2005).
- 3) Nishigaki et al., Proc. of the 1st Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics, pp.1375-1380 (2001).



(a)コンクリート材料比較 (b)埋め戻し材料比較 (c)プラグ設置比較

図3 各ケースの通過流量