

併置処分における相互影響回避に向けた解析的検討

鹿島建設株式会社 正会員 ○羽根 幸司 奥津 一夫 森川 誠司
 関西電力株式会社 森本 恵次 稲継 成文 鈴木 究

1. はじめに

TRU 廃棄物の地層処分の合理化に向け、これを高レベル放射性廃棄物 (HLW) 処分施設の近傍に埋設する“併置処分”(図-1 参照)の技術的成立性が検討されている¹⁾。併置処分において懸念される相互影響(熱・水理・力学・化学等に関する両施設間相互の影響機構)のうち、TRU 廃棄物に起因する硝酸塩の化学的影響が最もクリティカルであると想定されている。これに関し、既往研究¹⁾では2次元等価連続体モデルによる物質移行解析の結果、両施設の離間距離を数百 m 程度とれば問題ないとの見通しが得られている。本検討では、より詳細な議論として、両施設のパネルを地下水流向に平行に配置する計画を想定し、さらに調査段階では想定し得なかった断層の存在が建設段階において判明し、これが両施設の処分坑道を短絡して有意な水みちとなる可能性を考慮する(図-2 参照)。この場合の対策として、両施設の離間距離を大きくとるほか、坑道の断層交差位置近傍に水理プラグを設置することが工学的対策として考えられる。本報では、上記の断層やプラグをモデル化した解析により、硝酸塩の影響が問題となる水理地質条件、及び水理プラグの効果について検討した。

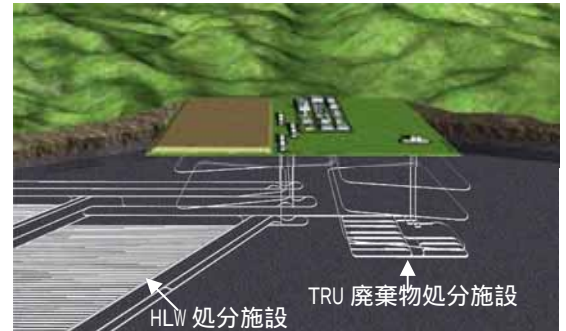


図-1 併置処分イメージ(参考文献²⁾に加筆)

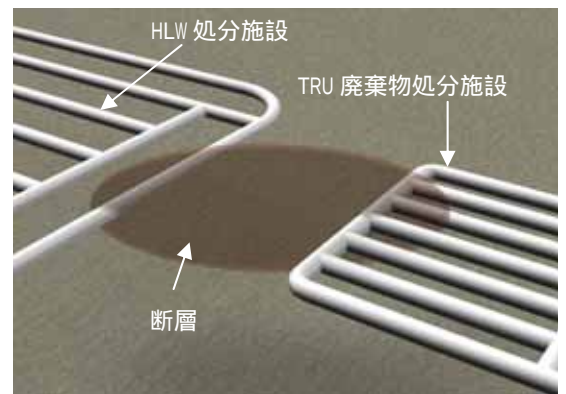


図-2 両施設を貫通する断層のイメージ

2. 検討条件

堆積岩及び結晶質岩を対象とし、堆積岩を均質一様な多孔質媒体、結晶質岩を亀裂ネットワークでモデル化した。3次元亀裂ネットワーク解析コード：FracMan / MAFIC³⁾を用い、パーティクルトラッキング法による物質移行解析を実施した。検討にあたり、まず既往研究¹⁾と等価な解析条件のもとで同等の解析結果が得られることを確認し、その後以下の解析を実施した。

Step1：HLW 処分坑道下流側の硝酸塩濃度に着目した物質移行解析(図-3 及び表-1 参照)

Step2：上記の解析結果として、着目する硝酸塩濃度が閾値(0.1[mol/L])を上回るケースにおいて、プラグを設置する効果の確認

本検討では、HLW・TRU の処分坑道は各々地下水流向に平行な1本をモデル化し、各断面を10m×10mの矩形に置換した。なお、坑道周囲のEDZは考慮しない。境界条件は、モデル底面(対称面)を不透水、それ以外の境界面を水頭固定とした。さらにモデル全体での巨視的な動水勾配として $i=0.01$ を与え、堆積岩におけるマトリク

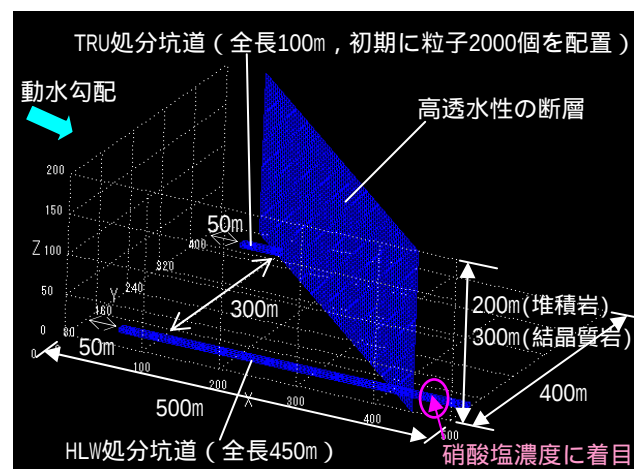


図-3 解析モデル(坑道離間距離 300m のケース)

キーワード 放射性廃棄物地層処分、併置処分、相互影響、工学的対策、物質移行解析

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株)土木設計本部 TEL 03-6229-6724

ス間隙率は0.3とした。なお、結晶質岩の亀裂に関する統計パラメータ(頻度,半径,方向,透水量係数分布,開口幅)は,HLW 第2次とりまとめ⁴⁾を参考に設定した。堆積岩については,母岩を透水係数の等価な格子状の亀裂群に置き換えてモデル化した。Step2で考慮するプラグは,HLW 処分坑道の断層交差位置の下流10mに設置し,透水係数を 1×10^{-11} [m/s]と設定した。

表-1 解析ケース(堆積岩・結晶質岩共通,計72ケース)

パラメータ	設定値
母岩の透水係数 [m/s]	1×10^{-10} , 1×10^{-9} , 1×10^{-8} の3ケース
断層の透水量係数 [m^2/s]	1×10^{-8} , 1×10^{-7} , 1×10^{-6} の3ケース
HLW 処分坑道の透水係数 [m/s]	母岩と同等 $\sim 1 \times 10^{-6}$ の3~5ケース
坑道の離間距離 [m]	200, 300 の2ケース

3. 解析結果

Step1の解析結果例として,代表ケースにおける粒子の軌跡を図-4に示す。Step1において硝酸塩濃度のピーク値が0.1[mol/L]を上回るケースと,このケースに対してプラグを設置した場合(Step2)の硝酸塩濃度のピーク値を表-2に示す。今回の解析結果より,以下のことが示された。

- ・ 埋戻し後のHLW 処分坑道の透水係数が小さければ(処分坑道への地下水流入量が小さければ),硝酸塩はHLW 側にほとんど到達しない。
- ・ 母岩の透水係数が比較的大きい場合は,断層の透水量係数によらず硝酸塩の大部分は下流側へ移行しHLW 側に到達しない。母岩の透水係数が比較的小さく,かつ断層の透水量係数が大きくなると,硝酸塩がHLW 側へ到る割合は大きくなる。
- ・ 今回の解析条件下では,プラグ設置による効果が確認された。

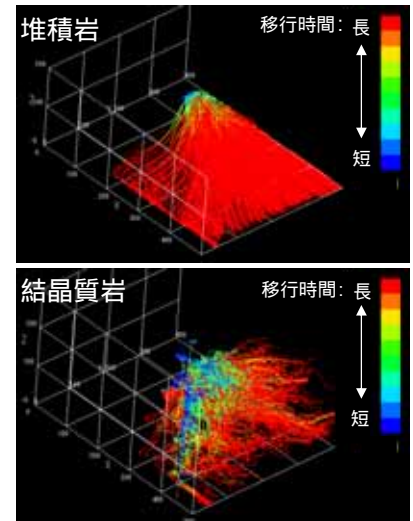


図-4 粒子の軌跡(例)

表-2 硝酸塩濃度が閾値を上回るケース及びプラグの設置効果

岩種	母岩の 透水係数 [m/s]	断層の 透水量係数 [m^2/s]	処分坑道の 透水係数 [m/s]	離間距離 [m]	硝酸塩濃度ピーク値 Step1(プラグなし) [mol/L]	硝酸塩濃度ピーク値 Step2(プラグ設置) [mol/L]
堆積岩	1×10^{-10}	1×10^{-8}	1×10^{-6}	200	0.20	0
結晶質岩	1×10^{-10}	1×10^{-6}	1×10^{-6}	300	0.79	0.07
結晶質岩	1×10^{-10}	1×10^{-7}	1×10^{-6}	200	0.65	0.09
結晶質岩	1×10^{-10}	1×10^{-6}	1×10^{-6}	200	0.55	0.09

4. まとめ

併置処分においてTRU 廃棄物に起因する硝酸塩がHLW 側に影響を及ぼす可能性に着目し,物質移行解析を実施した。その結果,仮に高透水性の断層が存在しても,処分坑道を地下水流向に平行に配置し,かつ200m~300m 程度の離間距離をとれば,埋戻し後の処分坑道の低透水性を適切に担保することによって硝酸塩の影響は問題にならない見通しが得られた。また,プラグ設置による効果も期待できる見通しが得られた。今後,より詳細な議論を行うためには,統計的に十分なりアライゼーション数の解析の実施が必要であると考えられる。

なお,本報告内容は,電力共通研究「合理的なTRU 廃棄物処分概念の構築に関する研究(その2)」の成果の一部である。また,本検討に際しては東京大学 長崎教授に助言を頂いた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 電気事業連合会,核燃料サイクル開発機構:TRU 廃棄物処分技術検討書-第2次TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ-,2005年9月
- 2) 原子力発電環境整備機構:地層処分を行う低レベル放射性廃棄物(TRU 廃棄物)について,2008年4月
- 3) Golder Associates:FractMan7 Manual,2008
- 4) 核燃料サイクル開発機構:わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第2次取りまとめ-,1999年11月