

沿岸域堆積岩における水理・物質移行特性に関する一考察

鹿島建設(株) 技術研究所 正会員 須山泰宏, 升元一彦, 阿部泰典, 戸井田克

1. 目的

高レベル放射性廃棄物の最終処分施設建設地選定に際しては、安全評価に基づく検討が必要と考えられる。その過程で、「接近シナリオ」と「地下水シナリオ」の双方において長期的な安全性確保の検討を進めることが不可欠となる。多重バリアシステムにより地下水シナリオにおける安全性を考えた場合、人工バリアからの核種放出率と、天然バリア中の核種移行遅延による減衰効果の検討を行う必要がある。そのため、原位置調査においては、核種放出率に影響を与える岩盤の水理特性に加え、核種移行遅延による減衰効果に影響を与える岩盤中の物質移行特性の把握も不可欠となる。今回、実施事例が少ない沿岸域堆積岩サイトにおいて調査手法を構築するため、2度の物質移行試験(Phase 1 と Phase 2)を行い、Phase 1 の結果から推定した水理及び物質移行特性を、Phase 2 の結果を用い検証・評価を行った。その結果から推定に必要な調査・実施項目等に関する検討を行ったので、以下に報告する。

2. 物質移行試験及び推定水理地質構造モデルの概要

物質移行試験は、海岸沿いの砂岩泥岩の互層からなる岩盤(第三紀堆積岩)を対象に実施した。地層の走向は、ほぼ東西方向を示しており、北に70~80°の高角で傾斜している。地下水位はほぼGL-3.0mに位置しており、岩盤の一軸圧縮強度は数N/mm²~数十N/mm²である。物質移行試験に用いたボーリング孔は、長さ約35~40m、孔径150mmであり、試験区間には100mmのストレナー(長さ1m)を設置している。

物質移行試験は、2つのボーリング孔間(No.2孔とNo.3孔)で実施した(図-1参照)。物質移行試験区間は、事前の調査(コア観察,孔間応答試験等)で水みちと考えられる区間(Phase 1)とそれとほぼ直交する区間(Phase 2)で実施した。Phase 1は、一定濃度のトレーサーを連続的に注水井3-bから注水(H=10m)し、水みちと考えられる観測井2-cと近傍の観測井2-dで観測を行った。また、Phase 2は、一定濃度のトレーサーを連続的に注水井2-aから注水(H=12m)し、揚水井3-bで揚水(H=-2m)し観測を行った。トレーサーには非吸着性の塩水(NaCl)を使用し、塩水の濃度比(c/c_0)はボーリング孔内で測定した電気伝導度を基に、算出した。それぞれの試験結果(観測井の圧力応答,観測値(トレーサー移動状況))を図-2~4に示す。図-2より、観測井の全水頭が試験当初減少しており、注水により水理場が多少変化していることが伺える。

Phase 1の圧力応答,注水量及びトレーサー移動状況結果を、数値解析的に検討し推定した水理地質構造モデル¹⁾は、均質なモデル化対象領域に12.5cmの水みちを有するものであった(水みちの透水係数 $k=10^{-4}$ m/s,均質な周辺岩盤部の透水係数 $k=10^{-7}$ m/s,有効間隙率 $n_e=0.2$,比貯留係数 $S_s=10^{-6}$ 1/m)。解析結果を表-1,図-3に示す。分散長については、0.5mから5.0mの範囲で実際の観測結果を網羅することができている。しかし、実際の観測値は、トレーサーの注入終了後も徐々に増加しており、バックグラウンドとしてのトレーサー濃度(電気伝導度)の変化が生じていると考えられるため、分散長の特定は行っていない。

3. 水理地質構造モデルの検証

水理地質構造モデルの検証は、Phase 1の試験結果(注入量・揚水量及び観測値(トレーサー移動状況))を用いた解析によって行った。解析はPhase 2の検討と同様に、モデル化対象領域には自然の地下水流動がない(動水勾配がない)と仮定した。そのため解析は、モデル化(モデルの水みちの設定)のし易さを考慮し、図-1に示す対象領域を約65°時計回りに回転させて設定している。解析領域は、X方向60m、Y方向40m、Z方向50m(3次元)とし、上部境界及び側方境界は、固定水頭境界(透水境界条件)、下部境界は、不透水境界条件とした。水理特性を表す注水量及び揚水量の観測値と解析結果を比較したものを表-2に示す。同表より、注入量はほぼ一致しており、また、揚水量は解析結果が観測値の2倍程度であり、妥当な値と考えられる。物質移行特性を表すトレーサー移動

キーワード：高レベル放射性廃棄物,安全評価,岩盤,堆積岩,物質移行試験
連絡先：鹿島技術研究所,〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 TEL0424-89-7081 FAX0424-89-7083

状況については、一例として、分散長を 5m とした場合の解析結果を図-4 に示すが、観測値とは完全に一致していない。観測値と解析結果の違いは、観測値では注入部のトレーサー濃度よりかなり低い値でピークが確認されているが、解析結果では推定した水理地質構造モデルの注入部 2-a 付近が均質な場であると考えているため、トレーサーがほぼ同心円状に拡散し、揚水部 3-b のトレーサー濃度が投入しているトレーサー濃度まで増加し続ける点にある。観測値においてかなり低い値でピークを示している原因は、水理特性には顕著な影響を与えない僅かな水みち（不均質性）が Phase 区間に存在しているためと考えられる。

4.まとめ

今回、推定した水理地質構造モデルを検証した結果、岩盤の水理特性については十分に良い結果が得られた。つまり、事前の調査で主要な水みちを探索し、その水みちにおいて物質移行試験を行うことにより、試験区間の物質移行特性の把握に加え、その周辺岩盤の水理特性の把握ができたということになる。このことは、水理特性の把握における、複数点でのトレーサー移動状況のモニタリングの有効性を示している。ただし、物質移行特性については、周辺岩盤において十分に良い結果が得られなかった。このことから、物質移行特性を把握する際に、評価すべき区間で試験を行うことが必要であることを再確認できたとともに、水理特性の把握に顕著な影響を与えない岩盤の不均質性の評価の必要性も確認できたと考えられる。ただし、不均質性を把握するためには、その推定に含まれる不確実性の評価も不可欠となる。

今後、より精度の高い物質移行特性の把握を行うために、岩盤の詳細な不均質性を評価できる水みち探索手法の高度化に加え、不均質性の推定に含まれる不確実性の評価も行っていきたいと考えている。

参考文献

1) 須山泰宏, 升元一彦 他: 沿岸域堆積岩における物質移行特性の数値解析的検討, 第 31 回岩盤力学に関するシンポジウム, 2001.

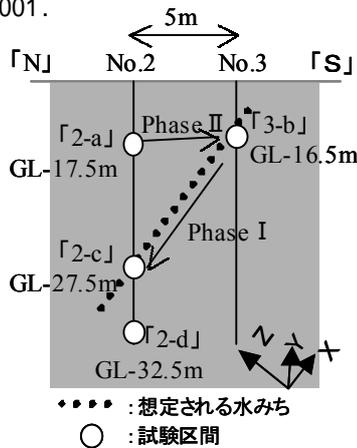


図-1 物質移行試験位置及びモデル化対象領域

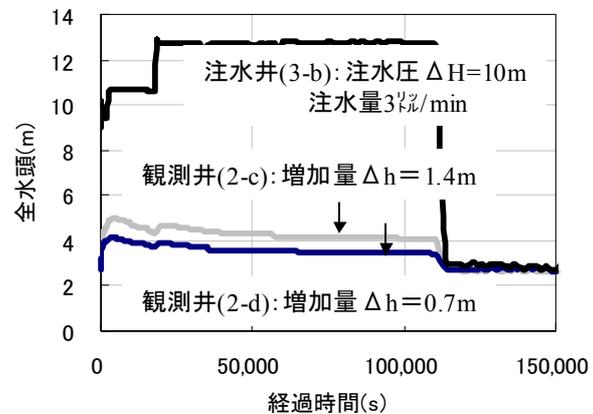


図-2 Phase I での観測井の圧力応答

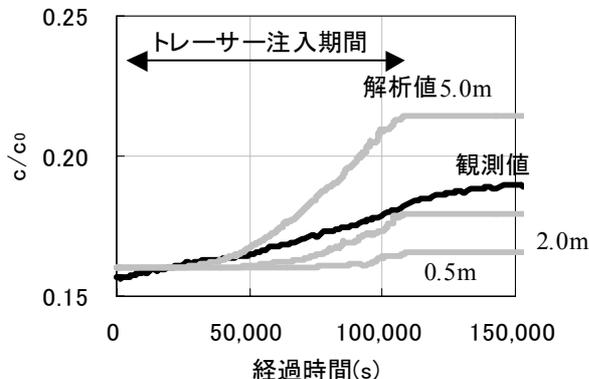


図-3 Phase I での物質移行試験及び解析結果 (観測井 2-c) (トレーサー移動状況)

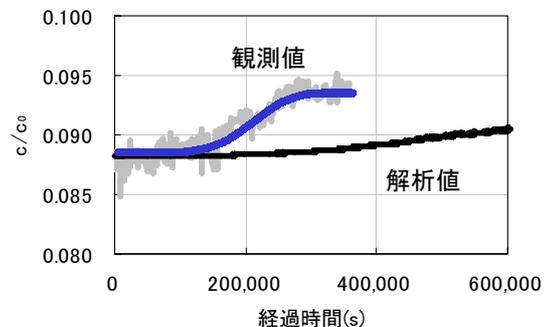


図-4 Phase II での物質移行試験及び解析結果 (揚水井 3-b) (トレーサー移動状況)

表-1 Phase I での試験及び解析結果

	増加量(2-c)	増加量(2-d)	注水量(3-b)
観測値	1.4m	0.7m	3 L/min
解析値	1.35m	0.89m	8 L/min

表-2 Phase II での注水量・揚水量

	注水量(2-a)	揚水量(3-b)
観測値	0.38 L/min	1.0 L/min
解析値	0.36 L/min	2.4 L/min