

不連続性岩盤における地下水流動場の評価手法について
ー決定論的割れ目と地球統計学的手法のハイブリッド型モデリングー

(財)原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 ○三好 悟, 吉村 公孝
(株)大林組 正会員 安藤 賢一, 橋本 秀爾
(株)ダイヤコンサルタント 非会員 堀尾 淳

1. はじめに

不連続性岩盤における地下水流動では割れ目内の流動が支配的であると考えられることから、その地下水流動特性を把握するために、地下水の移行経路となる割れ目を取り出し、割れ目ネットワークをモデル化することが広く行なわれている。広域スケールを対象とした地下水流動場の評価では、規模の小さい割れ目までを含めてモデル化し地下水流動の数値解析を行なうことは現実的には物理的制約のため難しい。例えば、スウェーデンの Simpevarp 地点では、割れ目に関する情報の信頼度を評価した上で、信頼度が高く規模の大きい割れ目を決定論的にモデル化し、その他の部分を、信頼度がそれより低い割れ目の確率論的特性を基に、割れ目の空間分布や透水性に関する様々な前提条件を設定した上で等価不均質連続体として詳細にモデル化している (SKB, 2005)。ここでは、SKB と同様に信頼度の高い割れ目を決定論的にモデル化し、それ以外の部分について、ボーリング孔で計測した透水量係数の分布を基に、地球統計学的手法を用いてモデル化するハイブリッド型手法により地下水流動場を構築した上で、物質移行解析を行い SKB による計測結果と比較することによって、このモデリング手法の適用性を検討した。

2. 検討条件

スウェーデンの Simpevarp 地点は、スウェーデン南東部の海岸に位置しており、基盤岩として花崗岩質の岩盤が卓越している。ここでは、Simpevarp 地点におけるサイト評価データシリーズ 1.2 (Simpevarp1.2) のうち、表-1 に示すものを用いた。なお、ボーリングデータは、KAV01 孔、KLX01 孔、KLX02 孔、KSH01 孔、KSH02 孔および KSH03 孔を利用した。これらのボーリング孔の位置と、検討スケールを図-1 に示す。今回の検討は、広域スケールを対象に行った。

3. モデル化手法

Simpevarp 地点の地下水流動場の評価では、対象領域を、堆積層 HSD (Hydraulic Sediment Domain)、信頼度の高い透水性割れ目 HCDs (Hydraulic Conductive Domains)、そして、母岩 HRDs (Hydraulic Rock Domains) の 3 つに区分してモデリングしている。ここでは、HSD はモデル化せず、HCDs は SKB の設定を用いた。また、HRDs

表-1 検討に用いたデータの概要

分類	内容
地形	地形 (DEM データ)
地質	岩種, 破碎帯分布・性状, 割れ目分布・性状
水理・水質	水系分布, 集水域分布、透水性, 水理地質区分 (HSD, HCDs, HRDs), 地下水位, 地化学 (水質), 同位体データ, トリチウムデータ, 塩分濃度分布・変遷
その他	温度, 海水準変動, ボーリング孔位置および孔跡

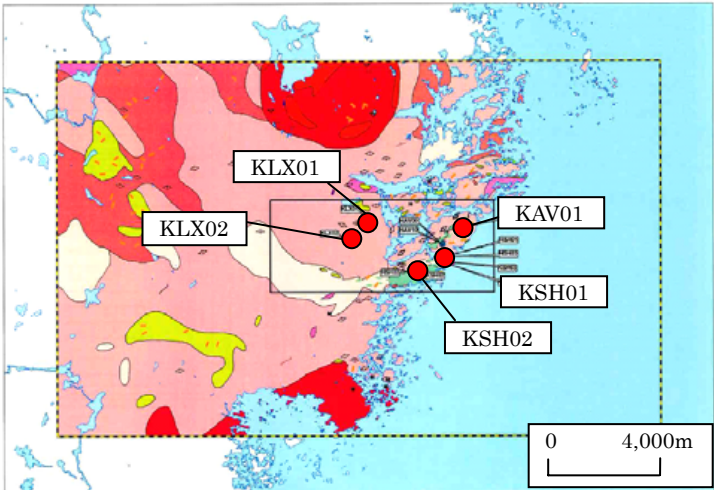


図-1 Simpevarp 地点のボーリング孔位置とモデリングスケール (丸：ボーリング孔位置、実線：ローカルスケール、破線：広域スケール)

キーワード：地球統計学、割れ目、等価連続体、SKB、高レベル放射性廃棄物

連絡先：〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-8-10 (財)原子力環境整備促進・資金管理センター TEL 03-3504-1490

について、確率論的割れ目を用いず、以下に述べるように、深度依存性を考慮した上で、距離相関性評価に基づき地球統計学的に透水係数分布を構築した。

4. 地球統計学的手法による地下水流動場の評価

100m 区間毎の平均透水係数の深度分布をみると深度依存性が認められる。この関係を数式で表現して、深度依存性の傾向を除去した後、全方向バリオグラムを図-2 に示すように計算した。透水係数の対数値の経験セミバリオグラムは以下の式により計算した。

$$\gamma = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (\log K(x) - \log K(x+h))^2$$

ここで、 $N(h)$ は組合せ数、 x は位置、 $K(x)$ は位置 x で計測された透水係数、 h は組合せデータ間の分割距離を示す。図-2 に示した理論バリオグラムのフィッティング結果に基づき、シーケンシャルガウシアンシミュレーションにより 10 リアライゼーションを発生させた。例として、KLX02 孔における透水係数の計測値と上記のリアライゼーションでの分布との比較を図-3 に示した。計測値が推定値の範囲内に分布していることがわかる。

5. 物質移行解析

上記で得られた 10 個のリアライゼーションそれぞれについて、三次元ハイブリッド解析コード：CONNECTFLOW を用いて物質移行解析を実施した。解析条件は SKB, 2005 にならった。KLX02 孔における塩分濃度の計測値と解析の結果を図-4 に示した。解析結果は、すべてのリアライゼーションで同様の傾向を示すが、計測値は深度 1000m 程度まで淡水によるフラッシングが見られ、そこから深度 1500m 程度までに急に塩分濃度が上昇している。これらの相違は、境界条件として与えた底部の塩分濃度によるものと考えられる。

以上により、ここで用いたモデリングおよび解析手法の適用性は認められる。さらに、沿岸部での広域の地下水流動場をより精度よく評価するためには、深部の塩分濃度等の計測が重要であると言える。

なお、本報告は、経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等」の成果の一部である。

参考文献 1) SKB, Regional hydrogeological simulations, - Numerical modelling using CONNECTFLOW Preliminary site description Simpevarp site - version 1.2, R-05-12, 2005.

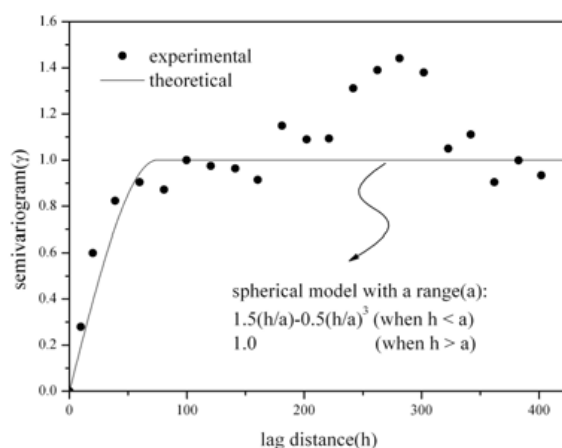


図-2 経験セミバリオグラムを理論セミバリオグラムでフィッティングした結果

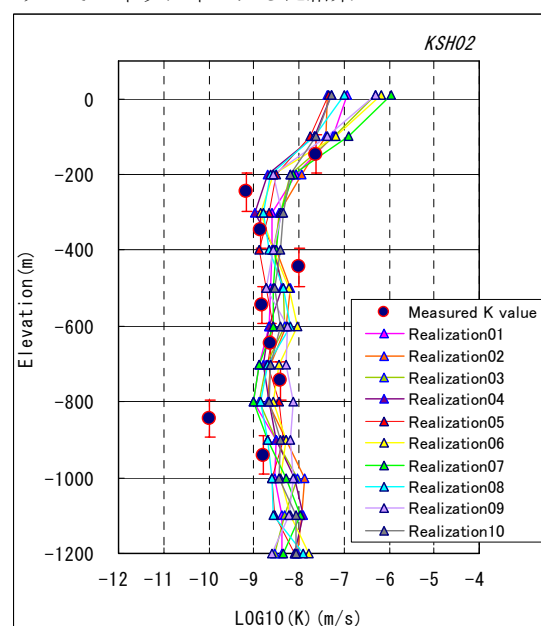


図-3 KSH02 孔における透水係数計測値と地球統計学的推定値の分布の比較

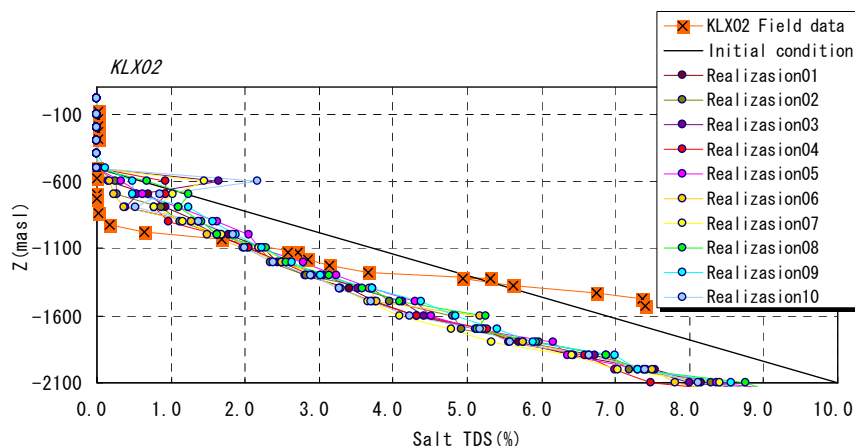


図-4 KLX02 孔における塩分濃度 (TDS) の計測値とリアライゼーションごとの物質移行解析の結果