

沿岸域における複数の塩水成分を考慮した密度流解析による地下水流動の評価について

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
 大成建設（株） 正会員 ○井尻 裕二, 本島 貴之

1. はじめに

沿岸域を対象とした高レベル放射性廃棄物地層処分の安全評価においては、降水を起源とする内陸側の淡水と海側の塩水の密度差に起因した密度流により形成される地下水流動および地下水化学環境を長期にわたって評価することが重要な課題である。しかし、密度流は非常に緩慢なため、隆起・沈降・浸食などの地殻変動や海水準変動などの長期変動の影響を受けやすく¹⁾、場の理解を非常に難しくしている。そこで、場を理解するためには、沿岸域では内陸側の地下深部に年代の古い塩水が分布することが多いことから、地下水化学や地下水年代などの過去からの変遷に係わる情報をうまく評価に取り入れることが重要となってくる。そこで、本研究では、イギリスのセラフィールドを対象として複数の成分の異なる塩水を考慮した密度流解析を実施し、地下水流動評価に及ぼす影響について検討したので報告する。

2. 解析条件

セラフィールドは、イギリス西海岸に位置し、安全評価を目的として調査が実施され 27 本のボーリング孔で様々なデータが取得されている²⁾。地層は、図 1 および表 1 に示すように第四紀層から最下位にオルドビス紀ボロデール凝灰岩層 (BVG 群) まで堆積し、内陸部では BVG 群の下方に花崗岩が分布している。解析に用いた各地層の透水係数および実流速の算定に用いた有効間隙率を表 1 に示す。地下水は、陸側浅部に淡水、深部に年代の古い塩水、海側浅部に現海水、深部に高濃度塩水 (ブライン) が分布している。解析は、図 1 に示す地下水流動方向に沿った 2 次元鉛直断面を用いた。陸側は海岸線から 13,550m の標高 530m の分水嶺を、海側は海岸線から 8,750m の地点を側方境界とし、下方は標高 -3,500m を境界とし、断面中には計 8 本の断層をモデル化した。解析は、全ての塩水を陸側深部の塩水 1 成分だけとした場合と塩水、現海水、ブラインの塩水 3 成分を考慮した場合の 2 ケース実施することとした。後者の場合の境界条件は、地表面は水位固定の淡水、陸側側方境界は静水圧固定の淡水、海底部は海水圧固定の海水濃度固定 (塩素イオン濃度 19,400mg/L)、海側側方境界は、ブライン圧固定のブライン濃度固定 (塩素イオン濃度 108,000mg/L)、下方は不透水境界とし、初期条件は、陸側深部の塩水 (塩素イオン濃度 13,400mg/L) で飽和とした。塩水 1 成分の解析では、境界条件は全て陸側深部の塩水で同じ条件とした。

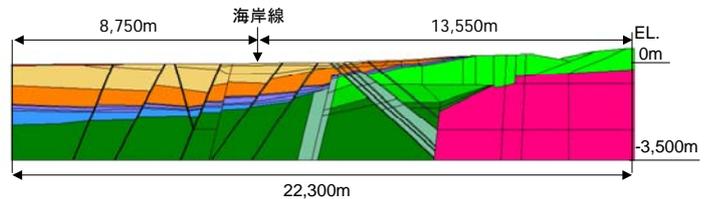


図 1 地層構造

表 1 透水係数一覧

地質	透水係数(m/s)	有効間隙率(-)
第四紀層	1.03×10^{-5}	0.2
三畳紀カルダー砂岩	1.39×10^{-7}	0.1
三畳紀セントヒース砂岩	4.15×10^{-8}	0.1
二畳紀ブロッサム角礫岩	2.86×10^{-8}	0.02
石炭紀石灰石	6.78×10^{-8}	0.005
BVG 群フリングホル層	1.13×10^{-10}	0.01
BVG 群プレス層	2.20×10^{-12}	0.01
BVG 群その他	4.95×10^{-10}	0.01
花崗岩	1.02×10^{-8}	0.02
断層	1.09×10^{-10}	0.1

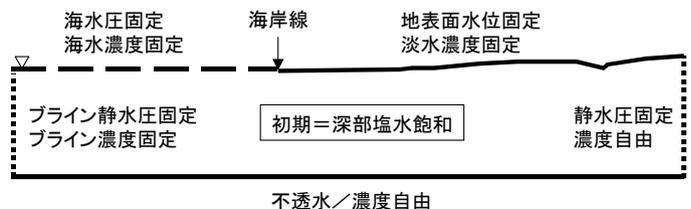


図 2 境界条件

キーワード 密度流, セラフィールド, 高レベル放射性廃棄物地層処分

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-2-5-1 大成建設（株）原子力本部 TEL 03-5381-5315

3. 解析結果

塩水1成分および3成分の場合の経過時間100万年後の密度分布をそれぞれ図3および図4に、4本のボーリング孔BH-2, 3, 8, 10Aでの密度分布実測値との比較結果を図5に示す。塩水3成分の場合、密度の大きいブラインが内陸側まで浸入し、ボーリング孔での密度分布が実測値と同じような傾向を示す。

セラフィールドで処分場対象領域となっていた海岸線から陸側の2,750m地点から250m間隔で並んだ6地点の深度約500m(図3, 4参照)から地表までの移行経路を抽出し、各移行経路の長さおよび移行時間を算出した結果を図6に示す。安全評価で必要となる処分場周辺の地下水流動場は、図3, 4からもわかるように地表付近で現海水やブラインの影響は小さく、淡水と深部塩水が支配的な領域と考えられる。にもかかわらず、塩水1成分と3成分では、移行経路長や移行時間が大きく異なることから、沿岸域の地下水流動の評価にあたっては、たとえ地下浅部であっても成分の異なる塩水を別々に考慮することが重要であることが示された。

4. まとめ

密度流解析の結果、沿岸域においては現海水や化石海水など成分の異なる塩水を別々に取り扱うことによって地下水流動場をより精度よく把握できることが示された。また、成分の異なる塩水が混合した領域では塩分濃度だけでなく同位体比などの地下水化学や地下水年代も混合割合に応じて変化することから、複数の塩水を別々に取り扱うことによってより細かな実測値との対比が可能となるため、沿岸域の地下水流動評価には非常に有効である。今後は、得られた知見を踏まえて沿岸域における調査計画を策定していく予定である。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。解析を手伝ってくれた地層科学研究所の細野賢一氏に謝意を表す。

参考文献 1) Groen et al., J. of Hydrology, 234, 1-20, 2000. 2) Nirex Science Report S/97/012, 1997.

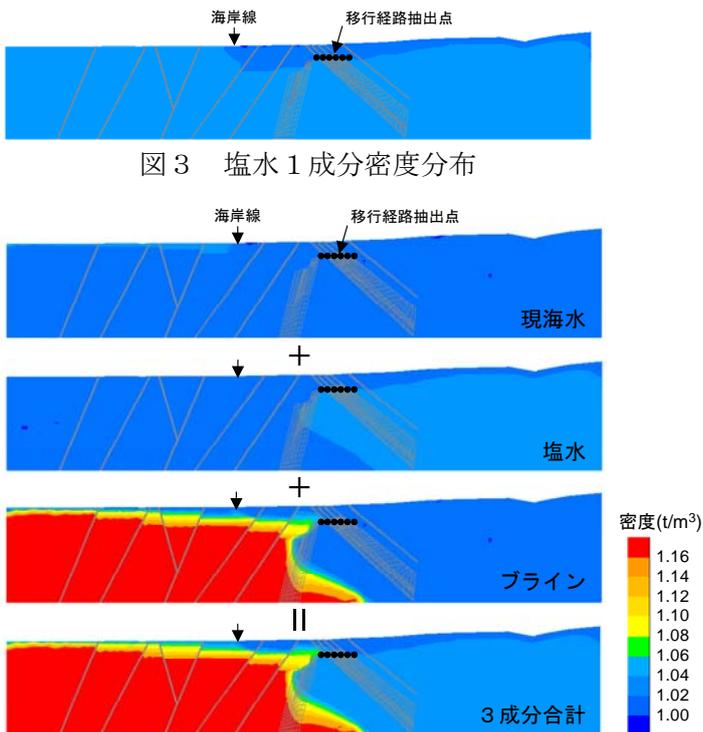


図4 塩水3成分密度分布

図3 塩水1成分密度分布

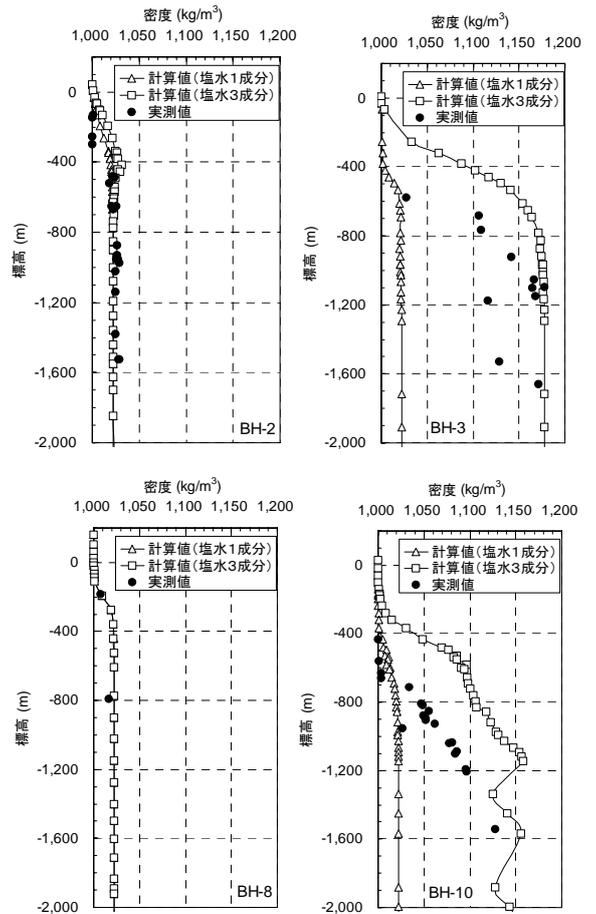


図5 密度分布の計算値と実測値

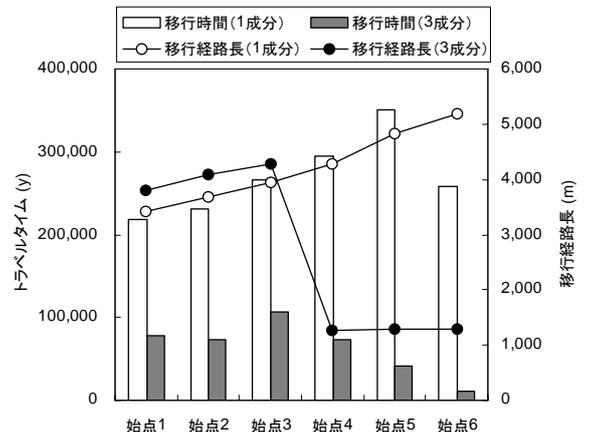


図6 移行経路長および移行時間の比較