

## 沿岸サイトの長期地下水流動評価と粒子追跡線に係る検討

鹿島建設(株) 正会員 ○羽根幸司 田部井和人 升元一彦 フェロー会員 森川誠司  
(株)地層科学研究所 古林慧一  
(国研) 産業技術総合研究所 正会員 丸井敦尚

### 1. はじめに

高レベル放射性廃棄物地層処分の長期安全性に関する検討では、現在から数十万年後までの長期にわたる地下水流動の変遷を予測評価する必要がある<sup>1)</sup>。このため、海水準等の経時的に変化する境界条件を与えた非定常解析や、さらにその結果に基づいて、地下水粒子の移行経路/移行時間を求める粒子追跡線解析が実施される。このような非定常地下水流動解析や粒子追跡線解析における境界条件の切替え時間の間隔(以下、タイムステップ)の設定については、これまで必ずしも十分な事例が報告されていない。そこで、本報では仮定の沿岸サイトを対象に水理地質構造モデルを構築し、タイムステップを変化させた複数ケースの広域沿岸密度流解析、およびこれに基づく粒子追跡線解析を実施した結果について報告する。

### 2. 解析条件

急峻地形を有する仮定の沿岸サイトに対し、約40km×40km×深さ4kmの矩形領域を対象に地質構造モデルを作成した(図-1)。これに既往の調査事例等を参考に設定した岩盤物性値(表-1)を割り当て、解析モデルを作成した。境界条件として、海底面およびモデル下端面に水深相当の圧力を与え、塩分比濃度を海水100%とした。陸域地表には降雨境界として5.5mm/dayを与え、塩分比濃度は0%とした。また、モデル上端面と側面および底面は流量および分散流束を0とした。動的境界条件となる海水準変動については、現在の海岸線を最海進時の位置にあるとみなし、変動幅120m、10万年で海退、2万年で海進すると設定した。なお、本解析では隆起侵食は考慮していない。現在の海岸線を固定した洗い流し解析を事前に実施し、この平衡状態を初期条件として、現在から12万年の非定常解析を実施した。海岸線の位置を切替えるタイムステップは表-2に示す4ケースとし、解析コードはConnectFlow(ver12.2)を使用した。

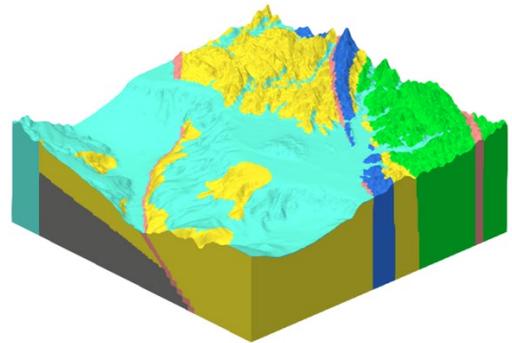


図-1 地質構造モデル

表-1 解析物性値

地層	透水係数[m/s]	有効間隙率[-]	比貯留係数[1/m]
古第三紀付加体	$5 \times 10^{-7}$	0.04	$2 \times 10^{-6}$
新第三紀堆積岩	$3 \times 10^{-7}$	0.25	$6 \times 10^{-6}$
新第三紀火成岩	$2 \times 10^{-7}$	0.06	$3 \times 10^{-6}$
第四紀火成岩	$2 \times 10^{-6}$	0.1	$2 \times 10^{-5}$
第四紀堆積岩	$9 \times 10^{-6}$	0.29	$6 \times 10^{-5}$
断層	$1 \times 10^{-7}$	0.5	$1 \times 10^{-5}$

表-2 解析ケース

ケース	タイムステップ	
case1	海退時 $\Delta t=10000$ 年, 海進時 $\Delta t=2000$ 年	(全20ステップ)
case2	海退時 $\Delta t=5000$ 年, 海進時 $\Delta t=1000$ 年	(全40ステップ)
case3	海退時 $\Delta t=2500$ 年, 海進時 $\Delta t=500$ 年	(全80ステップ)
case4	海退時 $\Delta t=1250$ 年, 海進時 $\Delta t=250$ 年	(全160ステップ)

### 3. 地下水流動解析

解析結果の例として、各ケースの12万年後の代表断面における比濃度分布を図-2に示す。図に示す通り、タイムステップの異なるケース間の結果に違いは見られず、同様に全水頭、地下水流速についても代表時間断面毎の結果に差は見られなかった。参考までに別途実施した遠浅地形のサイトによる検討<sup>2)</sup>ではタイムステップの違いによって解析結果に無視できない違いがみられ、これとは対照的であった。この理由として、本検討の対象サイトの海底勾配が急峻なため、タイムステップが比較的粗くてもその間に移動した海岸線の平面的な投影距離が短いことによると考えられる。

キーワード： 地層処分, 地下水流動評価, 密度流, 粒子追跡線解析

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

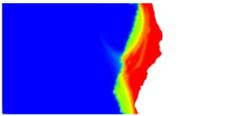
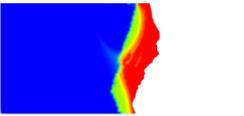
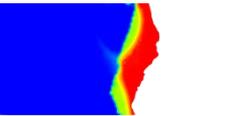
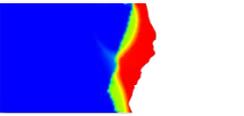
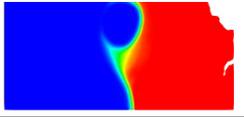
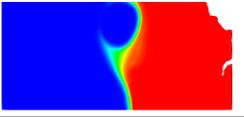
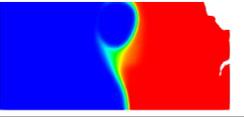
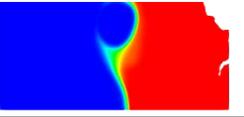
		最終ステップの比濃度分布			
標高		case1 : 全 20 ステップ	case2 : 全 40 ステップ	case3 : 全 80 ステップ	case4 : 全 160 ステップ
浅部 : EL-100m					
深部 : EL-1000m					

図-2 地下水流動解析結果の例

#### 4. 粒子追跡線解析

次いで、上記で最もタイムステップの小さい case4 の解析結果を用いて、粒子追跡線解析において時間刻みの異なる 4 ケース（時間刻み  $\Delta t$  の取り方は表-2 同様）のステップ解析を実施した。ここでは、ある時刻における地下水場を定常状態と仮定して地下水粒子の移行経路を次の時刻（ $\Delta t$  経過後）まで計算し、次のステップでは前ステップの粒子の到達点を出発点として同様の計算を繰り返す方法を採用した。地下数百 m に複数の粒子出発点を配置して粒子追跡線解析を実施したところ、粒子の出発点の位置によっては時間刻みの設定の違いで移行経路に有意な違いがみられる場合があった。このような例として粒子追跡線を比較したものを図-3 に示す。このような違いは、抽出したステップでの流速分布（時間刻みに応じた遠い過去の流速分布）を使用した定常解析を行ったため、海岸線位置の変化による密度流に起因した地下水流動場の経時変化が比較的大きい場合に生じたものと考えられる。

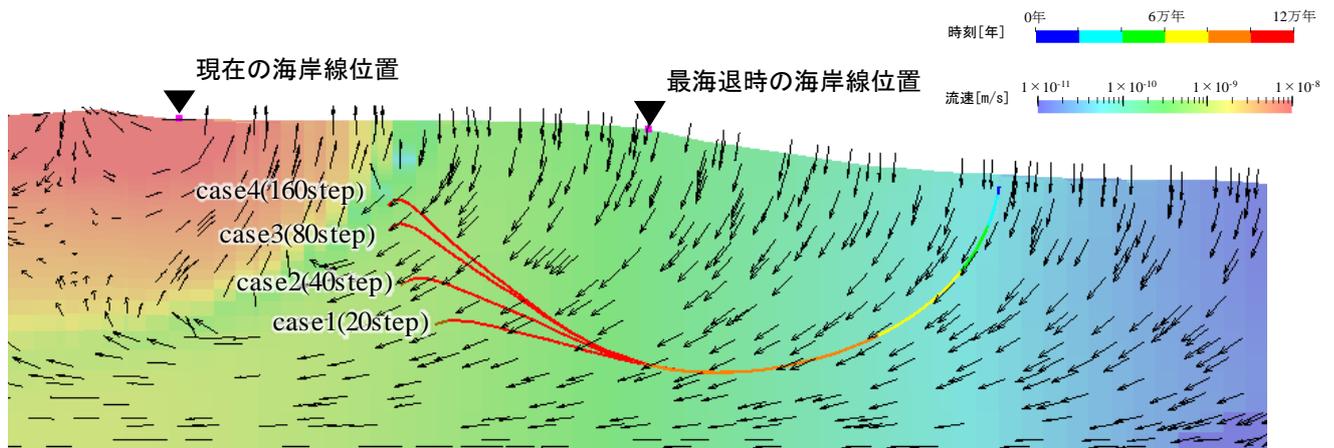


図-3 粒子追跡線の比較

#### 5. おわりに

仮想サイトを対象に、海水準変動を考慮した広域沿岸の地下水流動解析を実施し、各時間断面の地下水理場を定常と仮定したステップ解析により粒子追跡線解析を行った。この方法を用いる場合、本検討から、同じサイトでも粒子出発点の位置によっては得られる地下水移行経路が時間刻みの設定によって異なる場合があることが判った。したがって、評価の信頼性向上に向けては、予め異なる時間刻みでその違いの影響を調べる等の慎重な対応が求められる可能性が示唆された。

#### 参考文献

- 1) 原子力発電環境整備機構 (2021), 包括的技術報告: わが国における安全な地層処分の実現—適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築—, NUMO-TR-20-03
- 2) 森川ほか, 海水準変動を考慮した三次元密度流解析モデルに関する二, 三の検討, 土木学会第 76 回年次学術講演会概要, 2021