

沿岸海底下の地下水流動の安定性に関する数値解析的検討

(財)電力中央研究所 長谷川琢磨、五十嵐敏文、田中靖治
東京電力 土 宏之 小野文彦

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分では、地下水流速が小さい方が安全評価上有利である。このため、内陸部に比べ動水勾配が小さく、地下水流速が小さいことが期待される沿岸海底下が処分候補地として有望視されている。しかしながら、長期にわたる地下水流動の安定性を直接的に評価することは困難なため、地下水年代測定や地下水流動解析等の間接的な方法を組み合わせて評価していく必要がある。このため、本検討では、天然起源の放射性核種の移行現象を評価することにより、沿岸域での地下水流動の安定性を数値解析的に検討した。

2. 地下水の滞留時間評価方法

地下水の長期的安定性を評価するためには、地下水に含まれる天然起源の放射性核種(⁴H, ¹⁴C etc)の放射性崩壊を用いる方法がもっとも有望であると考えられている¹⁾。⁴Hでは、岩石中に含まれるウランとトリウムが崩壊することによる濃度の上昇に着目し、¹⁴Cでは、放射性崩壊による濃度変化に着目して、地下水の滞留時間を決定する。¹⁴Cの放射性崩壊による濃度変化を式(1)に、濃度から推定される滞留時間を式(2)に示す。

$$C = C_0 e^{-\lambda t} \quad (1) \quad t = \frac{1}{\lambda} \ln \left[\frac{C_0}{C} \right] \quad (2)$$

ここに、Cは¹⁴Cの濃度、C₀は¹⁴Cの初期濃度、λは崩壊定数、tは経過時間である。従って、解析的に地下水の滞留時間を評価する際には、崩壊性の核種を想定し、その濃度の分布から、式(2)を用いて滞留時間を評価することが可能であると考えられる。

3. 数値解析モデル

沿岸海底下における地下水流動の安定性を検討するために、図1に示すサイトについて塩水の密度を考慮した鉛直2次元地下水流動解析を実施した²⁾。その際、地下水流動の安定性を評価する上で重要と考えられる海水準の変動³⁾を考慮した。この地下水流動の境界条件を図2に示す。また、地下水の滞留時間を評価するための崩壊性の核種は、地表面および海から供給されるものとして、地表面部を濃度1に設定した。但し、地下水が流出するところでは濃度は固定せず、濃度勾配を0とする境界条件とした。また、ここで想定した崩壊性核種の半減期は、10,000年として濃度分布を計算した。

4. 解析結果

海岸線位置が図2の 現況海水準位置で地下水流動の定常状態を求めた。この結果、得られた塩分濃度分布と地下水流速分布を図3に示す。なお、塩分濃度は海水の塩分濃度を1とした相対濃度で表示した。図3より、塩淡境界を境に、淡水側と塩水側で地下水流速の絶対値が変化し、塩水側の方が2オーダー程度小さくなっていることが明らかになった。また、淡水域では地表面の地形勾配が急な部分で、比較的速い流速が発生している。図4は、図3の地下水流動の基で、定常状態の崩壊性核種の濃度分布を計算し、算出した地下水の滞留時

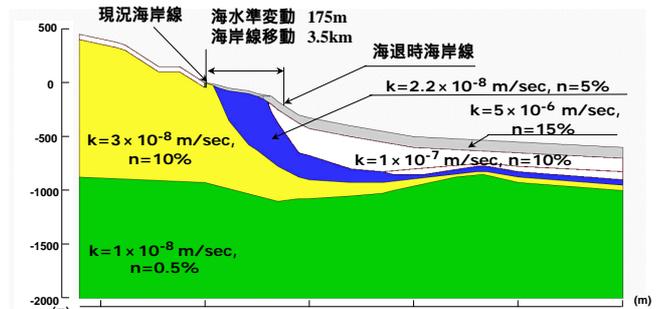


図1 解析に用いた地質区分図および物性値

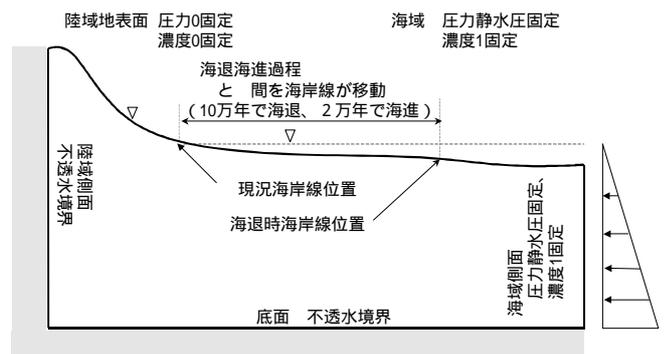


図2 境界条件の概念図

キーワード：地下水流動、沿岸海底下、滞留時間、放射性廃棄物処分、海水準変動、数値解析
連絡先：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL:0471-82-1181 FAX:0471-82-5934

間の推定値である。この結果は、ほぼ地下水流速の絶対値分布に一致しており、淡水域では、地表面部の地下水流速が速くなるところで千年以下であり、それ以深では、数千年オーダーとなっている。一方、塩水域では海岸線に近い部分と海底面付近を除き、数十万年以上オーダーとなっている。

次に、図2の海退海進過程での解析では、図3と図4の現況海岸線での定常解析結果を初期条件として、海退海進を繰り返す非定常解析を実施した。24万年後の塩分濃度分布と地下水流速分布を図5に、塩分濃度分布と崩壊性核種の濃度分布から求めた滞留時間を図6に示す。海退海進過程では、陸域の地下水流速分布にはほとんど影響がないものの、海岸線が移動するため塩淡境界が広がる傾向がある。この海退海進による塩淡境界位置の変化により、沿岸域では定常解析に比べ地下水流速がやや速くなる。また、地下水の滞留時間もこの地下水流速分布に一致して、塩淡境界付近の海域で滞留時間がやや短くなる傾向にある。

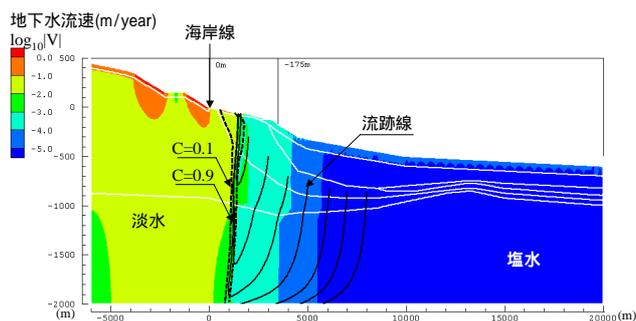


図3 現況海岸位置での地下水流速分布

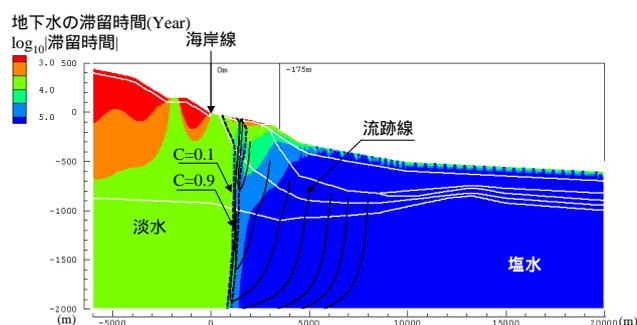


図4 現況海岸位置での滞留時間の評価結果

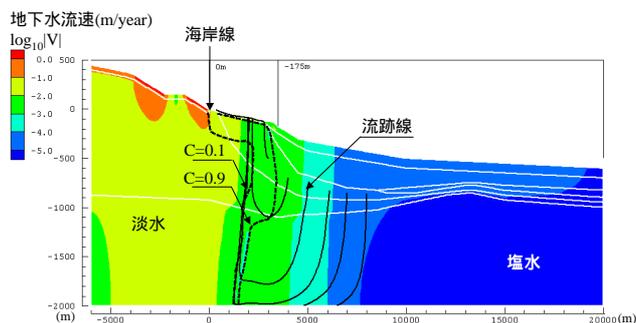


図5 海退海進過程での地下水流速分布

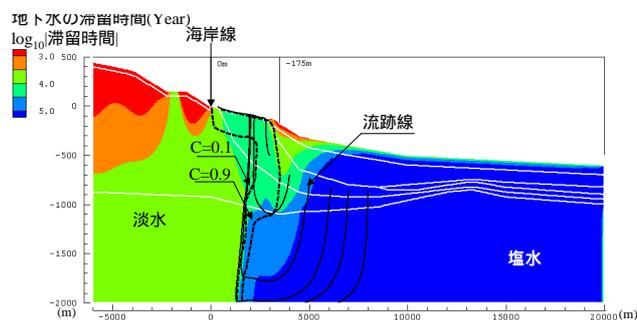


図6 海退海進過程での滞留時間の評価結果

5.まとめ

沿岸付近の地下水流動の安定性を数値解析的に評価する手法として、崩壊性物質の移行挙動を評価する方法を行い、地下水流動の安定性を評価した。推定した滞留時間は、地下水流速の絶対値分布ともほぼ整合性がとれており、妥当ではないかと考えられる。この結果から、塩水域は海退海進により変化する可能性があるものの、淡水域に比べて地下水流速が小さくなる可能性が示された。また、このようなアプローチは、今後実測値を用いて地下水流動解析と地化学情報との整合性を検討する上で有益ではないかと考えられる。

本報告は電力10社による電力共通研究「高レベル廃棄物処分における候補岩体の水理特性評価研究」の成果の一部を紹介したものである。

参考文献 1)例えば、五十嵐敏文他：地下水学会、地下水モデリングのためのデータ解析手法の基礎、地下水学会誌、Vol. 42, No.3, pp.243～262, 2000. 2)長谷川琢磨他：沿岸海底下の地下水流動状況に関する検討、第55回土木学会年次学術講演会概要集、CS-137, 2000. 3)核燃料サイクル開発機構：地層処分研究開発第2次取りまとめ(分冊1)、pp.II-165～189, 1999.