

沿岸域の地下水流動解析における定常・非定常解の比較検討

大成建設 (株)
(国研) 産業技術総合研究所
(株) 地圏環境テクノロジー

○八木 啓介 (正会員), 井尻裕二 (フェロー会員)
丸井 敦尚 (非会員)
多田 和広 (非会員), 柿澤 展子 (非会員)

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物地層処分の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する必要があるため, 海水準変動等の経時的に変化する境界条件(動的境界条件)を与えた非定常解析による検討が行われている^(例えば,1). 非定常解析は地下水流動の変遷を詳細に表せるが, そのため条件設定は複雑かつ, 多くの不確実性を含むものとなる. 一方で, 着目したある時刻の地下水流動場が仮に定常状態であるとし, 一定の境界条件(静的境界条件)で地下水流動解析を行い, 得られた定常解を用いて地下水流動場を表現した検討についても多くの研究事例がある^(例えば,2). 静的境界条件の設定は, 変遷過程を直接表さないため単純化できる利点があるが, 着目地点の状態変化が緩やかである場合は変遷過程の影響が強くなり, 解の信頼性は低くなる. そこで本検討では, 沿岸域の地下水流動解析において定常解と非定常解で求められた塩淡水境界を比較することで, 定常解と非定常解の関係および適用性について考察を行った.

2. 解析モデルと解析条件(動的境界条件, 静的境界条件, 初期条件)

既往の検討³⁾で地質構造モデルを構築した富士川河口域を着目地点とし, 検討を簡易にするために鉛直 2 次元モデルとした. 地質は表土層を含めて 5 区分, 物性値は既往の調査事例等で得られたものを参考に表 1 に示す値を用いた. 境界条件, 海底面には水深相当の圧力を与え, 塩分比濃度を

表 1 解析に用いた物性値

地質名称	透水係数[m/sec]	有効間隙率[-]	比貯留係数[m ⁻¹]
表土層	$k_h=k_v=1.0 \times 10^{-4}$	0.4	6.97×10^{-4}
沖積砂礫	$k_h=k_v=2.0 \times 10^{-6}$	0.2	
古富士泥流層	$k_h=1.0 \times 10^{-6}$ $k_v=1.0 \times 10^{-8}$	0.1	
更新世堆積岩	$k_h=1.0 \times 10^{-6}$ $k_v=1.0 \times 10^{-7}$	0.15	
新第三紀堆積岩	$k_h=k_v=1.0 \times 10^{-8}$	0.05	7.06×10^{-6}

* 地表から 1m は表土層としてモデル化した.

海水 100%とし, 陸域地表には降雨境界として気象庁が公開しているメッシュ平年値を参考に地域別に 4.0~4.8 mm/day を与え, 塩分比濃度は 0%とした. また, 側面, 底面は流量, 分散流束を 0 とした. 非定常解を得るための動的境界条件となる海水準変動は, 現在の海水準(標高 0m)を海退過程の最海進時から -5m の位置にあるとして, 変動幅を 120m, 10 万年で海退するモデルを用いた. なお, 本解析では隆起は考慮していない. 解析対象期間は現在から最海退までの 9.6 万年後とした. 定常解を得るための静的境界条件は最海退時を想定し EL.-115m の位置を海岸線とした. 初期条件は, いずれも現在の地下水流動場を再現した解析結果を用いた.

3. 解析結果

最海退時点の非定常解と最海退時の海水位を静的境界条件として与えた定常解について, 塩淡水境界を比較したものを図 1 に示す. この図より更新世堆積岩の分布域以浅では定常解と非定常解がほぼ一致しているが, 新第三紀堆積岩の分布域では定常解の塩

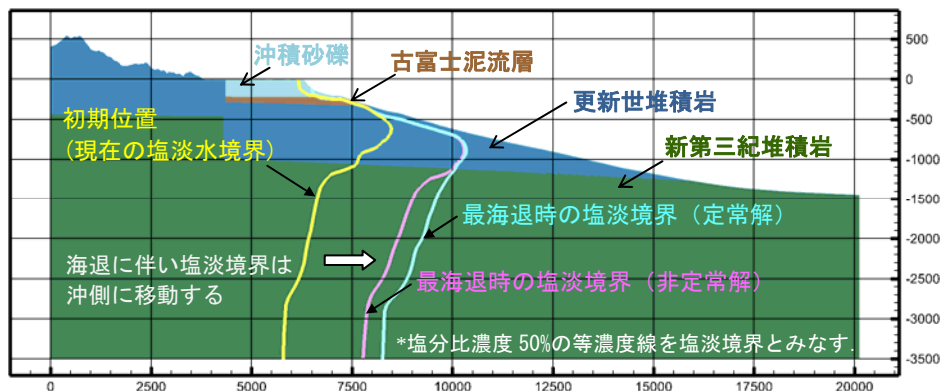


図 1 定常解と非定常解の最海退時における塩淡水境界の比較

キーワード 地下水流動解析, 沿岸域, 塩淡水境界, 海水準変動

連絡先 〒163-0606 新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル 29 階 大成建設(株)原子力本部 yg-kis00@pub.taisei.co.jp

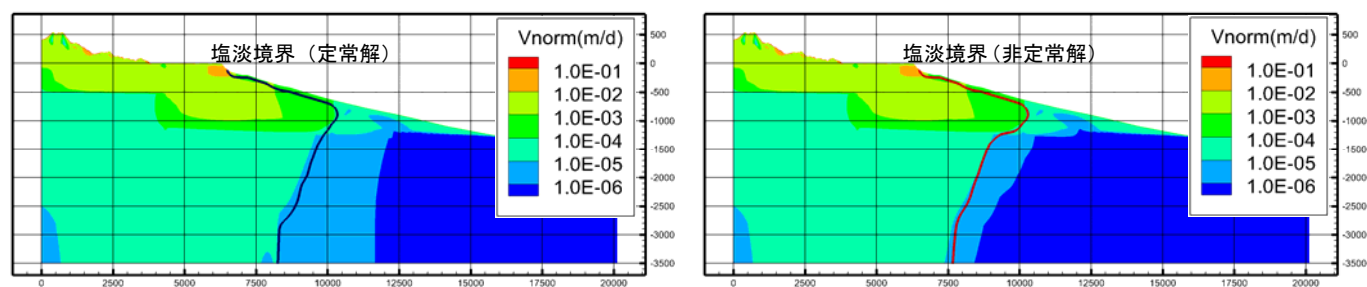


図 2 定常解 (左) と非定常解 (右) の最海退時におけるダルシー流速ノルム分布

淡水境界は非定常解と比較して、沖側に生じる結果となった。また、更新世堆積岩の分布域と新第三期堆積岩分布域のダルシー流速を見ると更新世堆積岩分布域では約 10^{-3} m/day, 新第三紀の堆積岩分布域では約 10^{-4} m/day と 1 桁の差があった (図 2 参照)。

本検討では、海退に伴い海底が露出し陸化した地表に降雨が涵養することで地下水中の塩分が洗い出される過程をシミュレーションしている。定常解で示される塩淡水境界は、最海退時の海岸線の位置で塩水と淡水の分布が一定になった時点、つまり、塩水の洗い出しが完了した時点での解である。これに対し、非定常解で示される塩淡水境界は、初期状態（塩水洗い出し前）と定常解（塩水洗い出し完了後）の間に存在するが、洗い出しの進度に応じて位置は変化すると考えられる。

本解析結果においては更新世堆積岩分布域以浅では定常解と非定常解が一致する結果となったが、地表面に近く透水係数も新第三紀堆積岩より高いため、地形勾配、降雨涵養による圧力変化の影響を受けやすく、海退に伴い淡水が塩水を押し出す方向に流速の大きな流れが生じることにより、洗い出しの進度が速いと考えられる。このような場所では非定常解との差が小さくなることから定常解の適用性は高いと言える。

4. まとめ

沿岸域の地下水流動解析で得られる定常解と非定常解の関係および適用性について検討した。定常解と非定常解に生じる塩淡水境界の差は、海退に伴う海岸線の移動速度と洗い出しの進度に関連し、海岸線の移動速度が大きい場合、地下の流動場が定常状態に至るよりも、境界条件が変化する方が早いため、定常解と非定常解に差が生じる。海底地形の勾配が小さい地域では海退時における海岸線の移動速度は大きくなるが、これに加え、本解析では検討していない隆起作用を考慮した場合、隆起量が大きい地域では、海退時の海岸線の移動速度が大きくなるため、隆起量の評価は今後の検討課題である。

上記を踏まえ、沿岸域の地下水流動解析で設定する条件と定常解と非定常解の関係についてまとめたものを表 2 に示す。条件設定が簡易な定常解を用いる方が効率的であるか、あるいは変遷過程を示すことのできる非定常解析が適しているかは、これらの条件を基に定常解と非定常解との間にどのような差が生じるかを判断したうえで決定すべきと考えられる。

表 2 沿岸域の地下水流動解析における塩淡水境界の定常解と非定常解の関係について

条件	定常解と非定常解の関係性
涵養量, 透水係数	流速はこれらの条件に比例する。そのため、涵養量と透水係数が大きい場合は定常解と非定常解の差は小さくなる可能性が高くなる。
海底地形勾配	勾配が小さい遠浅な地形の場合は、流速も小さく海退時に海岸線が大きく沖側へ移動する。勾配が大きいほど流速は大きく、海退時に海岸線の移動距離は小さくなるため定常解と非定常解の差は小さくなる可能性が高くなる。
海退速度	隆起量が大きい地域では、相対的に海退速度は大きくなる。 海退速度と比例して海岸線の移動速度も大きくなるため定常解は非定常解より沖側に生じる可能性が高くなる。

¹⁾登坂(2002): 地質時間にわたる塩淡水漸移帯の形成過程と形態変化に関する数値解析的検討 (その2) -動的境界条件下における検討-, 応用地質第 43 巻 第 5 号 pp.306-315 ²⁾Joyce etc (2010): Groundwater flow modelling of periods with temperate climate conditions-Forsmark, SKB R-09-20 ³⁾八木ら(2016): 駿河湾沿岸域を対象とした 3 次元地下水流動シミュレーション, 日本地下水学会 2016 年春季講演会予稿(投稿中)