

海岸地下水の塩水化挙動

岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
 備竹中工務店 正会員 清水 孝昭
 日本道路公団 正会員 菅 信二
 岡山県 正会員○藤井 晋一

1. はじめに

沿岸部の陸地側の地下水への塩水の浸透状況に関しては塩水層上現象として、古くよりGhyben-Herzbergの仮定より論議されているが、この仮定は、あくまで静力学的平衡の上に成立しており、この仮定が成り立つ範囲にだけ適用できる。一般に地下水は、連続的に流動していて、不動の海水の上に流動する淡水がのって動力学的平衡が成り立っている。地下水の勾配は小さいので、近似的に静力学的平衡が成立しているように見えるが、勾配の大きな揚水井周辺や海岸線付近ではくいちがいがみられてくる¹⁾。

そこで、本研究では、海岸地下水の塩水化に対して、沿岸部の地盤内での動水勾配によって塩水楔の挙動を、密度勾配を考慮した解析手法により数値解析し、沿岸部の地下水の浸透に境界条件がどの様に影響するかを解析した。

2. 解析条件

図-1に本解析の対象となる海岸帯水層モデルを示す。領域は陸部を2000m、海部を2000m、下部境界を海面下1000mとした。図-2には境界条件を挙げる。ABは定水位、低濃度($C=0.0$)、BCは不透水境界、CDは定水位、低濃度($C=1.0$)、DEAは不透水境界とした。表-1に解析に用いた物性値を示す。また、陸部の動水勾配については、海岸帯水層モデルの左端の水位が、MSL+1m, 10m, 20m, 40m, 80mとして5つのケースで解析し検討した。

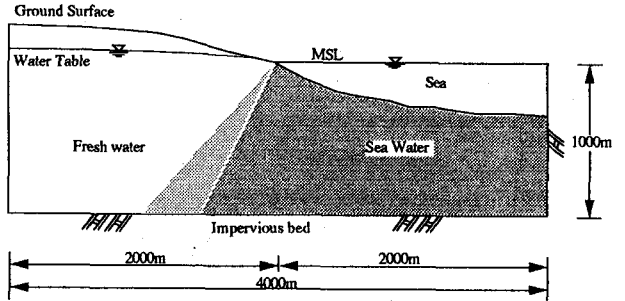


図-1 自然状態における海岸帯水層 (陸部2000m、海底部2000m)

3. 結果と考察

帯水層内の濃度分布を見ると、本解析では、塩水と淡水が混合流体として取り扱っているため、淡塩境界という取り扱いは無理なので、濃度 $C/C_0=0.5$ の等濃度線の100年後のコンターラインを対象として比較した。その比較を図-3に示す。この図より左端の水位が高いと淡水が海部側の帯水層に浸入し、逆に左端の水位が低いと塩水が陸部側の淡水領域に浸入していることがわかる。また、塩水と淡水が混合している遷移領域では、陸部の動水勾配による陸部から海部へ向かう地下水の流動の影響を受けて塩水が巻き込まれて引き上げられるような流れが存在することがわかる。

図-4は、左端の水位がMSL+20mのときとGhyben-Herzbergの仮定による、各淡塩境界の位置を比

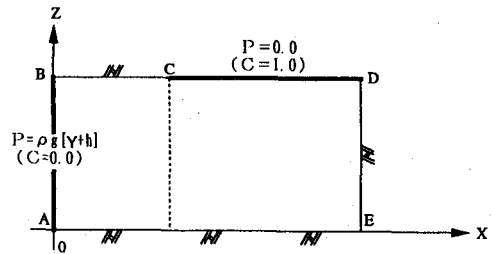


図-2 境界条件

表-1 物性値

透水係数	$k = 1.0 \times 10^{-4} \text{ (m/sec)}$
間隙率	$\varepsilon = 0.30$
淡水の密度	$\rho_f = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
塩水の密度	$\rho_s = 1025 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
塩水の濃度	$C = 0.0357$
分子拡散係数	$D = 6.6 \times 10^{-10} \text{ (m}^2\text{/sec)}$
縦分散値	$A_L = 360 \text{ (m)}$
横分散値	$A_T = 36 \text{ (m)}$
比貯留係数	$S_s = 1.0 \times 10^{-3} \text{ (m}^{-1}\text{)}$

較した図である。この図より明らかにGhyben-Herzbergの仮定による境界面は、数値解析と異なる。この理由は、一般に海岸帯水層の地下水は、塩水と淡水が混合し境界面が画然と存在せず、連続的に流動しているので動力学的平衡が成立する。そのため静力学的平衡の上に成立するGhyben-Herzbergの仮定では、実際の現象を説明できないものと考えられる。次に、自然状態における海岸帯水層内での地下水の流速分布について検討する。図-5は、左端の水位を変えて海面下500mの場所の動水勾配の変化を示したものである。この結果、左端より4000mの地点での動水勾配を比べると左端の水位が高い方が流速が大きいことがわかる。ただ、海岸線（左端より2000m）付近の動水勾配を比べると、左端の水位がMSL+1mの方が、左端の水位がMSL+10m, 20mのときに比べ流速が早くなっているが、これは、左端の水位がMSL+10m, 20mでは海岸線付近で淡水と塩水が混合している遷移領域があるため流速が一時的に遅くなっていると考えられる。

また、左端の水位がMSL+40m, 80mのときの動水勾配の変化を見ると途中その値が急激に落ちているところがある。図-3と図-5を比較すると、動水勾配の落ちているところで淡水と塩水の遷移領域が存在していることがわかる。この付近では、塩水が淡水の海底部へ向かう流れの影響で巻き上げられているが、そのために淡水側（淡塩境界より左側）より塩水側（淡塩境界より右側）の動水勾配の方が、小さな値となったと考えられる。

4. 結論

本研究の解析結果を以下に簡単にまとめる。

(a) 陸部の動水勾配が大きな値であると淡水と塩水の境界は、海底部に押し出され淡水が沿岸の海底より湧水している事がわかった。

(b) 陸部の動水勾配により陸地から海に向かう地下水流動が存在する。その際、淡塩境界においては、淡水域での地下水流動の影響を受けて塩水が巻き込まれて引き上げられるような流れが存在することがわかった。また実際的には、動力学的平衡が成立するためGhyben-Herzbergの仮定は成立しないことがわかった。

参考文献

- 1) 山本 荘毅;「新版 地下水調査法」、第10.4章、塩水化、pp. 435~443。

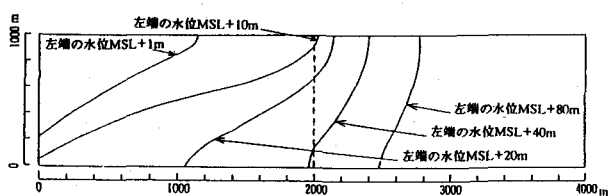


図-3 100年後の濃度分布図

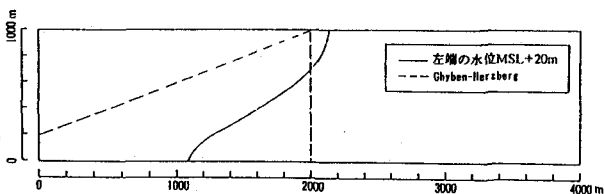


図-4 左端の水位MSL+20mの濃度分布 ($C/C_0=0.5$) とGhyben-Herzbergによる濃度分布

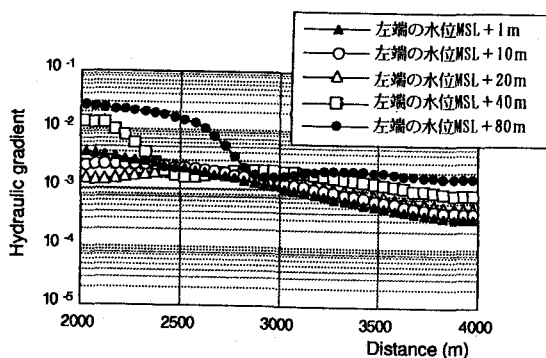


図-5 左端の水位変化による自然状態における海側の帯水層の動水勾配分布