

佐賀大学大学院工学系研究科 学生会員○杉田公和

佐賀大学大学院工学系研究科 正会員 柴 錦春

佐賀大学低平地沿岸海域研究センター 正会員 日野剛徳

1. はじめに 有明海沿岸低平地域には第四系が厚く堆積しており、地球温暖化に伴う海面上昇により、地盤中への海水侵入が懸念されている。また、当地の地盤調査の結果、一部の地域で上部更新統に属する三田川層（砂礫層）で高い塩濃度が測定されている¹⁾。本報では、佐賀低平地における完新統・上部更新統の塩濃度分布パターンおよびこのメカニズムについて、数値解析により検討した結果を述べる。

2. 現在の塩濃度の垂直分布パターン 図-1に示す有明海北西岸低平地におけるボーリングの調査結果から、実測の塩濃度分布は次の2つのパターンに分けることができる²⁾。パターン1は、完新統から上部更新統にかけて、塩濃度があたかも深さ方向に増加する三角形分布形状のものであり、パターン2は、同地層群において弓状かつ

地域ごとに複雑な深さ分布を示すものである。地域的にみると、芦刈地区を境とする東西で塩濃度の深さ方向の分布特性は異なり、完新統および上部更新統における地盤環境の変化がその地盤工学的性質に及ぼす影響が異なることが推定される。考えられる影響要因としては、雨水の浸入、地下水の流動、地下水の汲み上げ、濃度勾配に基づく拡散、海水侵入、等であろう。



図-1 塩濃度分布の地域特性

3. 2次元移流拡散解析による検討

(1) 初期条件 解析モデルについて、有明海北岸低平地を南北に横断するボーリング調査の柱状図を用い、図-2に示す2次元解析用のモデル図を作成した。モデルは4層の粘土層（赤色部分）と4層の砂層（青色部分）からなる。モデルの左側を山地、右側を海域として水頭を与え、左から右に地下水の流動が生じるように設定した。

初期条件として、山地側に水頭 5m を与え、海側に水頭 0m を与えた。有明海の海面変動は約 1 万年前から始まり、約 6,000 年前にピークを迎え、今日の海面に至ったと考えられている³⁾。この知見に基づいて、シミュレーション期間 (T) は 6,000 年間とした。現在の有明海水の塩濃度は通常 20~30g/L である⁴⁾。有明海沿岸低平地域においては、完新統に属する有明粘土層の初生環境時の間隙水の塩濃度は、少なくとも 20g/L は有していたと考えられる。これより、全層の初期塩濃度は 20g/L と仮定した。地表面の濃度は 0g/L と設定した。有効拡散係数 (D) は 0.0254(m²/year) を基準とした。粘土層の透水係数は 1.0×10⁻⁹(m/s)⁵⁾、間隙率は 0.7 とした。砂層の透水係

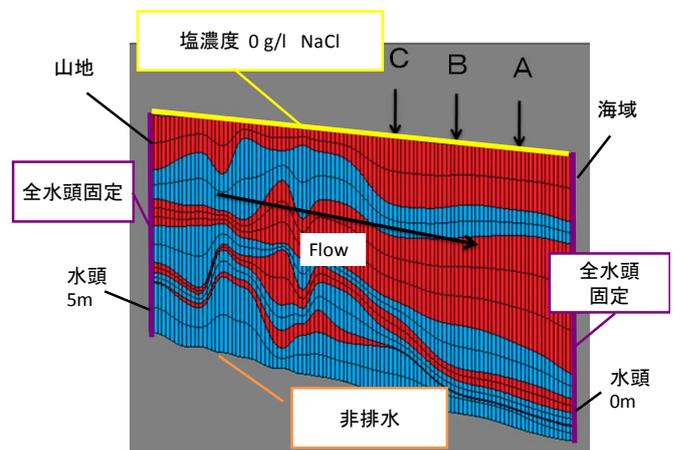


図-2 2次元解析における断面図

数 (k_s) は $1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-5} (\text{m/s})^5$, 間隙率は 0.4 とした. 地下水の過剰くみ上げの影響を検討する際は, 地盤沈下が明らかになってきた 1970 年代からと考え (T) は 30 年間とした. 想定した影響要因は次の 5 つである: 1) 拡散のみによる影響; 2) 1) に雨の浸入による影響がある場合; 3) 地下水流動による影響; 4) 地下水の過剰くみ上げによる影響; 5) 地下水の過剰くみ上げによる海水侵入の可能性.

(2) 解析結果 拡散の影響に関する結果を図-3 に示す. 地表における拡散効果により濃度低下が認められるが, 下部の濃度にはさほど影響が認められない. 図-3 より, すべての地点で三角形分布の形状を示すことが見てとれる. 雨水浸入の影響に関する結果を図-4 に示す. モデル最上部に雨水の浸入速度を指定した. 拡散のみの場合より全体的に塩濃度が減少していることが見てとれる. 地下水流動の影響に関する結果を図-5 に示す. 地下水流動を大きくするために, 山地側の水頭を 20m とした. 地下水流動が大きくなると, 塩濃度の低下が認められる. k_s が大きくなると塩濃度の低下がより進行する. 地下水の過剰くみ上げの影響に関する結果を図-6 に示す. 地下水のくみ上げにより砂層へ淡水が流入してくるので, モデル下部(上から 4 層目)の砂層を塩濃度 0g/L と仮定した. 5970 年間の拡散解析の後, T=30 年のくみ上げ解析を行うと, 弓状に似た結果が求められた. 砂層の塩濃度低下

により, 濃度拡散が盛んになり弓状になると考えられる. 海水侵入の可能性について, 地下水の過剰くみ上げにより砂層中の水圧が低下し, 海水侵入の可能性があると考えられる.

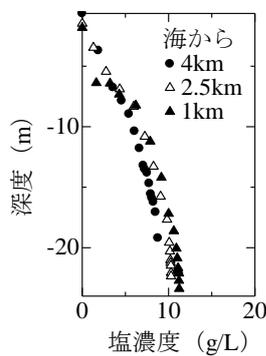
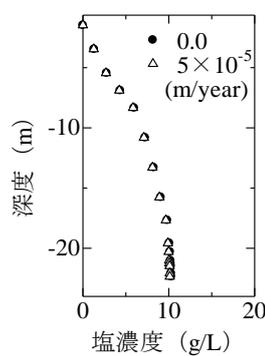
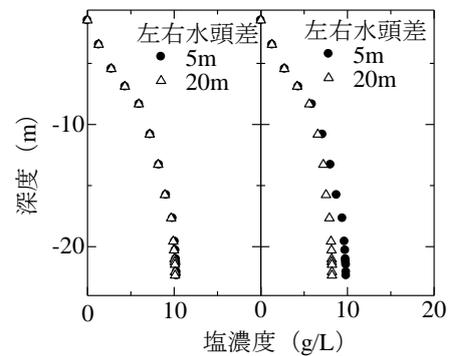


図-3 拡散の影響



$k_s = 10^{-6} (\text{m/s})$

図-4 雨水の影響



$k_s = 10^{-6} (\text{m/s})$ $k_s = 10^{-5} (\text{m/s})$

図-5 地下水流動の影響

この影響を検討するために, 地盤中には塩濃度 0g/L を与え, 地下水をくみ上げる層が海と連続していると仮定し, 海側に塩濃度 20g/L を与えた. 図-7 に, 海からは 1km の地点, モデル図上では 4 層目の砂層から地下水をくみ上げ行い, 地下水位が 10m 低下したと仮定した結果を示す. 地下水低下位置が海に近い場合は, 30 年間の解析でも海水侵入が確認できる. さらに, 50 年間と解析期間が長くなるとその影響が大きくなる. 有明海北西岸低平地には嘉瀬川, 六角川などが存在し, これらの河川を海水が逆流し上流域まで海水の影響が及ぶので, これらのような河川を通じて周辺の地盤に海水が侵入する可能性がある.

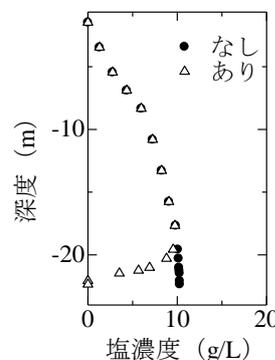


図-6 地下水くみ上げの影響

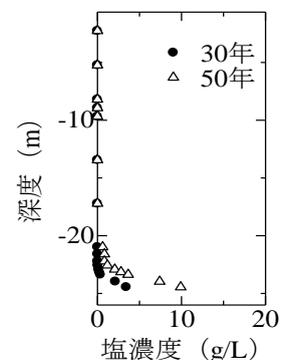


図-7 海水侵入の影響

4. おわりに 有明海北西岸低平地における完新統から上部更新統にわたる塩濃度の垂直分布には 2 つのパターンが認められ, これらのパターンに関する形成メカニズムは次のようにまとめられる. 三角形分布形状を呈したパターン 1 に至るメカニズムは, 拡散と雨水の流入が主因の場合に形成される. また, 海および河川周辺の地盤には海水侵入の可能性が考えられる. 弓上分布形状を呈したパターン 2 に至るメカニズムは, 拡散, 雨水の流入および地下水の過剰くみ上げによる鉛直方向への拡散の相互主因の関係により形成される.

謝辞 本研究に用いた一連のデータは, 佐賀県・有明海沿岸道路整備事務所の提供による. また, 本研究の実施に際しては, (独) 日本学術振興会・平成 23 年度科学研究費補助金・基盤研究 (B) (一般)・課題番号 23360204 (研究代表者: 日野剛徳) の一部が充てられた. 記して感謝の意を表します.

参考文献: 1) 松本ら: 平成 21 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, pp.515-516, 2010. 2) 日野ら: 低平地研究, No.18, pp.5-11, 2009. 3) Shimoyama et al.: Rekihaku Journal, Vol.81, pp.249-266, 1999. 4) 辻ら: 土木学会第 53 回年次学術講演海講演概要集, 3-A, pp.2-3, 1998. 5) 土質工学ハンドブック: 土質工学会, p70, 1982.