

有明粘土層における塩分溶脱メカニズムの解析的検討

佐賀大学理工学部 学生員○佐藤 潤子 同大学院 学生員 鶴田健太郎
同低平地研究センター 正会員 日野 剛徳 同 正会員 柴 錦春

1. はじめに

先の研究¹⁾で、季節的な地下水揚水の地下水位の周期的な変動により、図-1に示すような粘土中間隙水と帯水層中地下水の混合現象が塩分溶脱現象の原因であると指摘した。本報告では、そのメカニズムを立証するための一手段として、地下水揚水が盛んになり始めた 1950 年代から現在にかけて塩分濃度の変化を解析的に検討し、その結果と現在の塩分濃度分布を定性的に比較する。この結果に基づいて地盤内にどのような水の流れが生じ、短期間で塩分溶脱現象が生じたのか考察する。

2. 塩分濃度の深度分布特性

図-2に有明海の湾奥部に広がる筑紫平野を示す。先の研究²⁾で、有明粘土中間隙水の年代は比較的新しい(約 50~100 年)ことが示唆された。このことから、過去 50 年程度の期間で塩分溶脱現象が起こったと推測できる。現在の塩分濃度深度分布を図-3に示す。この図から、佐賀地区(F, G)では深度が大きくなるにつれて塩分濃度が大きくなっている。白石地区(A, B, C, D, E)では有明粘土層の下部で塩分濃度が減少している。このように、塩分溶脱現象には地域性が認められる。

3. 塩分溶脱メカニズムの解析的検討

解析プログラム pollute を用いて、次の 4 ケースで検討を行った。

- (1) 拡散のみにより塩分溶脱する場合
- (2) 鉛直下方に流れを与える場合
- (3) 鉛直下方に流れを与えず、有明粘土層中に在する砂層(アカホヤ火山灰層)に水平方向の流速を与える場合
- (4) (3) のパターンに鉛直下方に流れを与える場合

解析モデルおよびパラメーターを図-4に示す。粘土層の厚さを 20m、帯水層の厚さを 5.0m に設定した。また、塩分濃度に関する初期条件として、図-5に示す西川副地区のデータを用いた。この地点は堤防の外側に位置し、人為的な地下水揚水の影響を受けにくいため、図-3で示した地点より高い塩分濃度を保持している。この塩分濃度分布を地下水揚水の影響を受け塩分濃度が低下する前の濃度分布と仮定した。

図-6 から図-9 にそれぞれの解析による結果を示す。図-6 から、拡散の影響のみで検討した場合は、100 年間程度では塩分濃度の低下はほとんど見られない。粘土の堆積環境を考えると、拡散による塩分濃度の

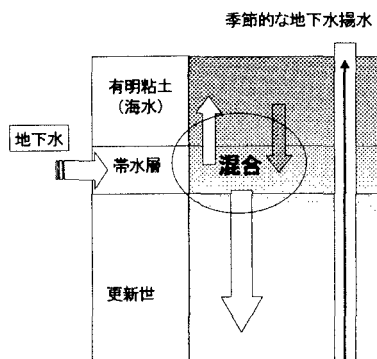


図-1 混合メカニズムの模式図

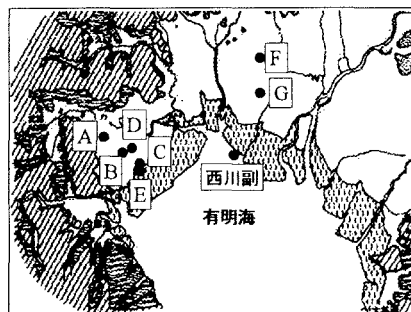


図-2 筑紫平野の平面図

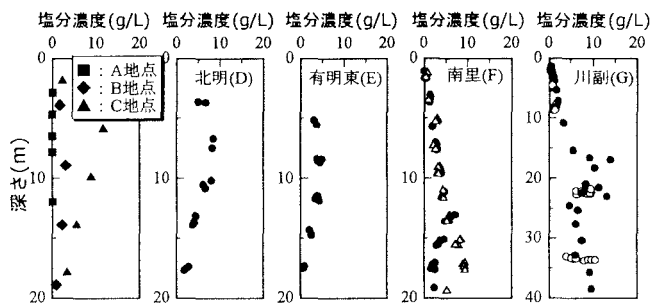


図-3 佐賀低平地各地点における現在の塩分濃度

低下は 1000 年以上の長期にわたる検討が必要であるのかもしれない。ケース 2 においては 10^{-8}cm/s から 10^{-6}cm/s の範囲の流速の鉛直下方に流れを与えた。その結果、 10^{-7}cm/s オーダーの流速を与えた場合、図-7 に示すように現在の塩分濃度分布と定性的に近い分布となった。

ケース 3 では、有明粘土中に存在する鬼界-アカホヤ火山灰 (k-Ah) の薄層をモデル地盤に導入し、水平方向へ流速 10m/yr の流れを与えた。

(鉛直下方に流れを与えていない)。図-8 から砂層近傍では塩分濃度は低下するが、全体的には塩分濃度は低下しないことがわかる。

一方、ケース 4 においては 10^{-8}cm/s から 10^{-6}cm/s の範囲の流速で鉛直下方の流れを与えた。その結果、 10^{-7}cm/s オーダーの流速を与えた場合、図-9 に示すように、ケース 2 よりも塩分濃度が低下し、現在の塩分濃度分布と定性的に近い分布となることがわかった。

以上の検討結果から、拡散現象および砂層の影響という要因だけでは短期間の塩分溶脱現象は説明できないことがわかった。有明粘土は粘土のみならず粘土質シルトを含むものであり、多くの場合、その透水係数は 10^{-6}cm/s ~ 10^{-8}cm/s の範囲に分布している。またシルトや砂の層が多数夾在しているために、完全な粘土層と比較して速い流速が生じる可能性はある⁴⁾。このような流速を鉛直下方に与えることにより、定性的にはあるが、現在の塩分濃度分布に近づくことがわかった。

4. 結論 塩分溶脱現象の解析的検討から、粘土層内に鉛直下方の流れを与えた場合は、定性的に現在の塩分濃度分布に近づくことがわかった。このことは地下水揚水の影響による粘土中間隙水と

帯水層中地下水の混合現象は塩分溶脱現象の原因であるという図-1 の概念を支持するものと考え。今後、その混合メカニズムに一層近い条件設定における解析的検討を行ってきたい。

謝辞 本研究の遂行に際し、佐賀県環境生活局 八谷陽一郎博士には多大のご厚意をいただいた。また同大学理工学部 三浦哲彦教授には厚い御指導をいただいた。記して感謝の意を表します。

参考文献 1) 鶴田ら:佐賀低平地における有明粘土層の塩分溶脱メカニズムに関する一考察,学術講演概要集Ⅲ・A314,2001 2) 日野ら:同位元素の測定に基づく海成粘土中地下水の年代・起源に関する研究,第35回地盤工学研究発表会/D-4, pp1539-1540,2000 3) Shackelford, C.D. and Rowe, R.K.:Contaminant transport modelling, Report of the ISSMFE Technical Committee TC 5, on Environmental Geotechnics, pp13, 1997 4) 三浦ら:有明粘土層の堆積環境とその鋭敏性について,土木学会論文集 No. 541/Ⅲ-35, 119-131, 1996

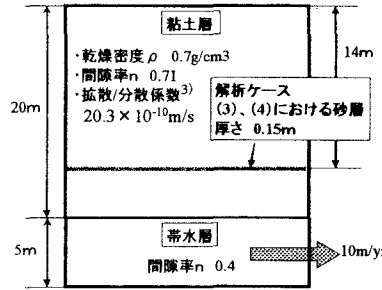


図-4 解析モデルおよびパラメーター

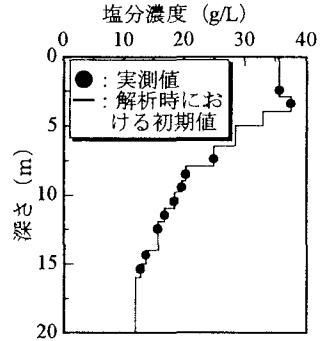


図-5 初期塩分濃度

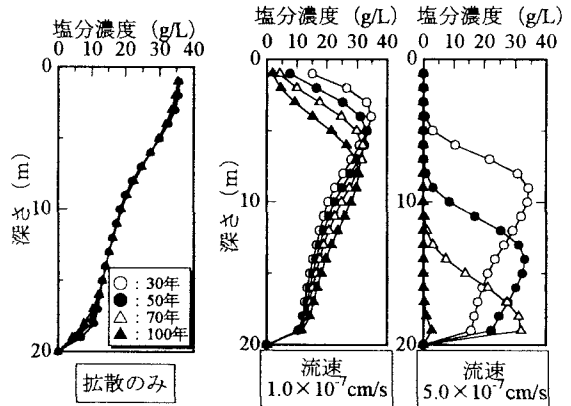


図-6 ケース 1 の解析結果 図-7 ケース 2 の解析結果

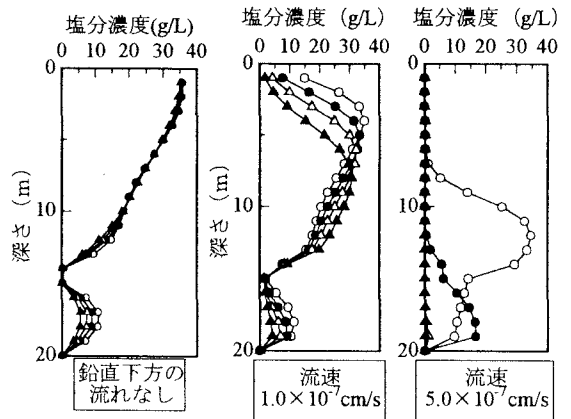


図-8 ケース 3 の解析結果 図-9 ケース 4 の解析結果