

沖積平野の帯水層中の塩水楔の挙動解析

九州大学工学部	学生員	西里	雅範
九州産業大学工学部	正会員	細川	土佐男
九州大学工学部	正会員	神野	健二
九州大学工学部	正会員	大枝	良直
GEOSCO	正会員	堤	敦

1.はじめに

沖積平野の帯水層に侵入している塩水は、陸域からの淡水補給と地表面からの水田灌漑水、及び降雨の涵養条件に応じて微妙な平衡状態を保っている。そのため、井戸の過剰揚水あるいは、建設工事などにより、塩水楔の侵入が進行して種々の塩害を生ずることがある。したがって、塩水楔の挙動の解析は、地下水環境を保全する上で重要である。本研究では、九州大学が移転を計画している福岡市西区の元岡地区を対象に、塩水侵入の現状と鉛直断面の混合特性について報告する。

2.解析対象地区

図-1には解析の対象となる地域を、また各ボーリング孔B10-6、B7-2、B10-2、B7-1における深度(m)と電気伝導度($\mu\text{m}/\text{cm}$)との関係を図-2に示している。

3.電気伝導度に関する考察

まず、混合幅と境界面の深度について考察してみると、各井戸において顕著な違いが見られる。このように場所によって電気伝導度に違いがある理由としては、複雑な地層の構造によるもの、農業用水や飲料用水としての人為的な揚水、自然の水文学的な変動などにより、地下水位が攪乱されることが考えられる。また、海からの距離が離れるほど境界面の深度が深くなっているが、これは塩水楔の形状によるものが主な原因である。また、混合幅に違いが見られる原因としては、境界面近傍、特に境界に沿って流れる淡水域の移流速度が挙げられる。B7-2では自由地下水面でも電気伝導度は高いものの、境界面での混合幅が狭い。これは、境界面下方より供給される塩分が、淡水域の地下水流により素早く輸送されるためと考えられる。

一方、B10-6あるいはB10-2では、混合幅が狭い。これは境界上の淡水域の移流速度が小さく、下方より供給される塩分が分子拡散により境界上方まで拡散するためと考えられる。このような状況は、混合幅が季節変動する他事例でも見られる。以上のように、各点における深度と電気伝導度の関係が空間的あるいは時間的に変動するから、境界面の深度についての大局的な把握とともに、塩分濃度が問題となる農業用水及び飲料用水に対する挙動解析が必要となる。

では、混合幅が狭い。これは境界上の淡水域の移流速度が小さく、下方より供給される塩分が分子拡散により境界上方まで拡散するためと考えられる。このような状況は、混合幅が季節変動する他事例でも見られる。以上のように、各点における深度と電気伝導度の関係が空間的あるいは時間的に変動するから、境界面の深度についての大局的な把握とともに、塩分濃度が問題となる農業用水及び飲料用水に対する挙動解析が必要となる。

4.解析対象断面

塩水楔の挙動の解析を行うに当たって今回対象とする断面は、図-1に太線で示すように、B・2、B10-1、B10-2、B7-1を通り水崎川に至るまでの長さ1290m、深度GL-50mの断面である。各井戸のボーリング柱状図と表-1

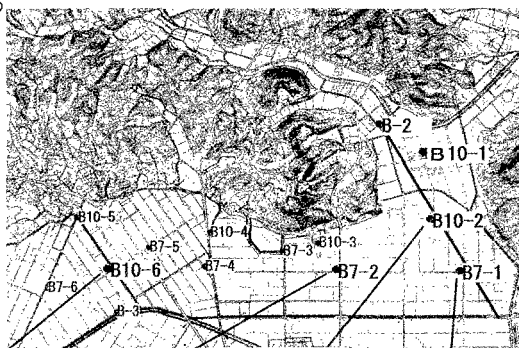


図-1 解析対象地区

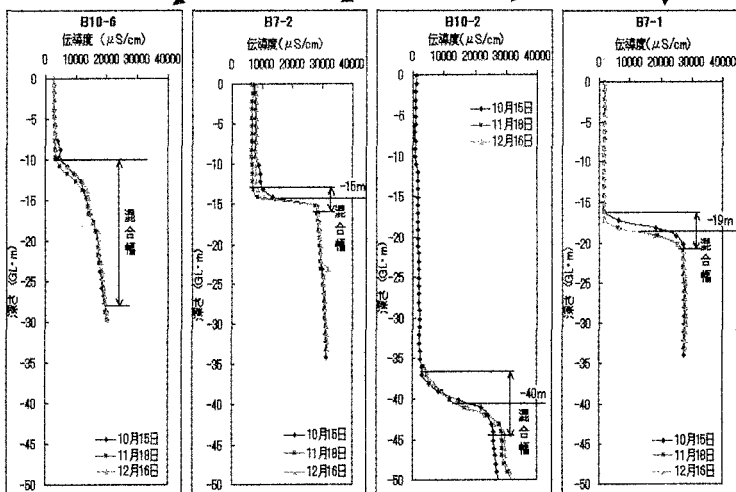


図-2 各ボーリング井戸の電気伝導度の変動

に示す透水係数の値から、地質断面を6つの層に分けた。

5.モデル化^{1), 2)}

基礎式としては地下水の流れについては断面2次元の不飽和-飽和浸透流の式を、また塩分濃度については移流分散方程式を適用した。分散係数に関連する縦及び横方向の分散長については、今後詳細に検討するものとして、ここではとりあえず全地層一律に $\alpha_L=50.00\text{cm}$ 、 $\alpha_T=5.00\text{cm}$ ($=\alpha_L/10$ の値)を与えた。これらの値については、今後再現状況を見ながら確定したいと考えている。計算領域を x、y 方向に 259 節点および 221 点に分割した。差分間隔は鉛直方向は 25cm、水平方向は 500cm である。当面の目的が現状の混合状

況を再現することにあるから、塩分濃度の件初期条として予め水崎川境界より 600m ほど三角形状に侵入しているものとして計算を開始している。その結果、三角形形状が下方に凸に変形するとともに楔の先端が内陸部の方に進んだ。図-4 に示すように B10-2 と B7-1 の電気伝導度のグラフを重ねて侵入状況を予測してみるとおおむね 50%の深度は一致しているが、与えた境界条件の下で今後どの程度進行するのか、あるいは地表面からの涵養の影響はどのようになるのかなどについては、さらに検討を加える必要がある。図-5 は境界面近傍 (x=500m~1290m 区間) での流況の詳細図であるが、塩水側では内陸への流れが、また淡水側では海側への流れが計算されているとともに、境界に沿う流れも認められる。今後は地層の効果など濃度分布が再現できる分散長を推定することが必要となる。

6.まとめ

今後は他の断面についても詳しい解析を加え、現地の地下水保全のための対策あるいは確保策等について検討する予定である。

謝辞：本研究を遂行するに当たり、九州大学大学移転推進室および関係機関にはご協力いただきましたことを感謝いたします。

参考文献

- 1) 初井和朗、細川土佐男、神野健二、伊藤敏朗：海岸帯水層における鉛直塩分濃度分布に基づく横方向分散定数の推定方法、土木学会論文集第 411 号 /II-12、1989
- 2) 細川土佐男、初井和朗、神野健二：現地ボーリング孔内の塩分濃度実測値に基づく横方向分散定数の推定と数値シミュレーション、水工学論文集第 36 巻、1992

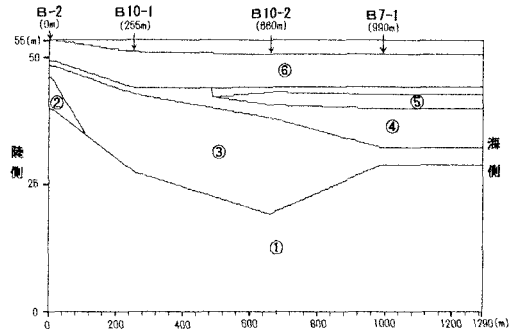


図-3 解析対象断面図

表-1 透水係数 (cm/s)

①	②	③	④	⑤	⑥
4.30 $\times 10^{-4}$	2.02 $\times 10^{-3}$	1.40 $\times 10^{-4}$	1.00 $\times 10^{-3}$	1.87 $\times 10^{-5}$	4.00 $\times 10^{-5}$

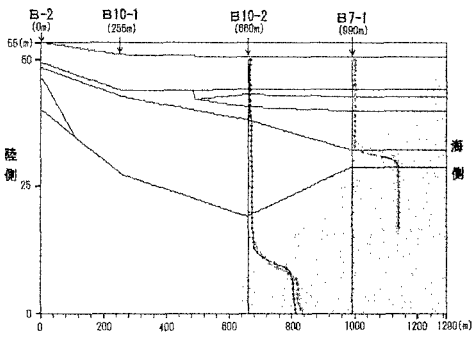


図-4 現在の塩水楔の予想侵入状況

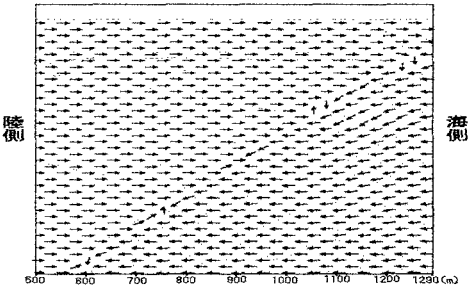


図-5 境界面付近の地下水流れ