海岸帯水層における地下水開発に伴う塩分混入量の予測モデル開発

九州大学工学部　学生会員　小原　直樹　　J-POWER 株式会社　非会員　毛利　哲明
九州産業大学工学部　正会員　細川　土佐男　　九州大学工学研究院　正会員　広城　吉成
フジコンサルタント株式会社　正会員　堤　敦　　九州大学工学研究院　正会員　神野　健二

1. はじめに

地下水は，一般に表流水に比べて水質が優れており，水温も一年を通して一定で，飲料水のみならず工業用水・農業用水としても好適な条件を備えている．九州大学の新キャンパス建設地の福岡市西区元岡及び桑原地区には，背後に大きな流域がないので，地下水は生活用水及び農業用水源として重要な役割を果たしている．したがって，将来にわたって地下水源を守るとともに渇水時に備えるためには,揚水に伴う塩水楔の挙動を予測するとともに,ある程度の塩分混入に対しては脱塩プラントによる淡水化も視野に入れることが必要ではないかと考えられる．本研究では現地における塩水化の現状と地下水揚水に伴う塩水混入の予測モデルについて検討する．

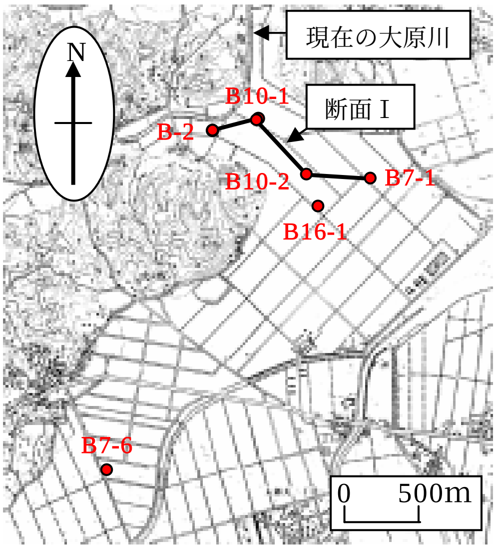

図-1　解析対象地区

2. 現地塩水化の実状と水理地盤特性

2.1.対象地区の塩水化の状況

上記の解析を行う地域を**図-1** に示す．図中に示す B-2，B7-6，B10-1，B10-2，B7-1 は電気伝導度の深度分布を観測するための井戸である．**図-2** には，B7-1，B7-6 における電気伝導度の鉛直分布の時系列である．**図-2** 上段の白抜き棒グラフは月ごとの降水量を示している．一方，下段の灰色棒グラフは「九州大学移転先周辺の農業用水取水量調査業務報告書(平成 9 年 3 月福岡市大学移転対策部)」により与えており，元岡地区における施設園芸の揚水量は約 180,000m^3/年と推計されている．これによると，B7-6 では揚水による影響と考えられる電気伝導度の変動が顕著であることが窺える．B7-1 では，明瞭な淡塩境界が観測されており，この近辺に揚水井戸がないことが静穏な境界を示す要因になっている．**図-3** は B16-1 に新たに 100m 深度の観測孔を設置し深度方向

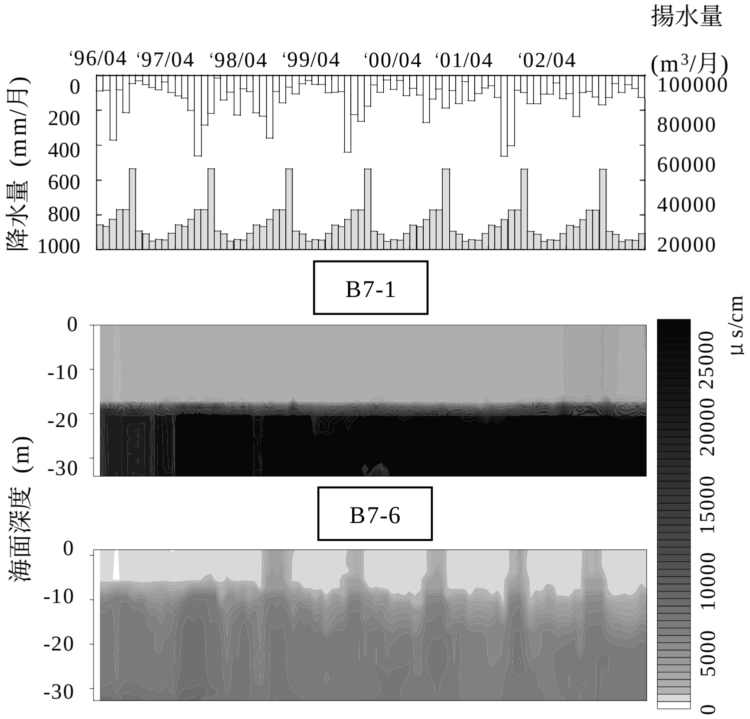

図-2　電気伝導度分布

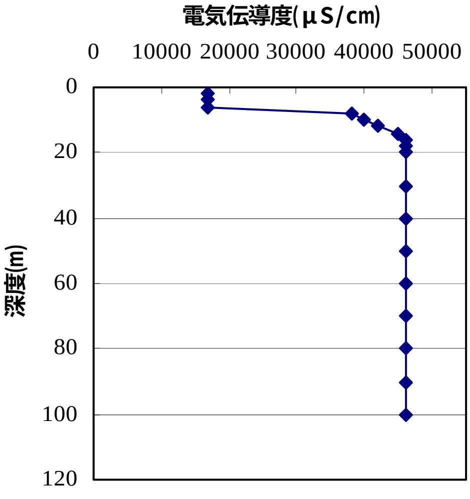

図-3　B16-1 の電気伝導度の分布

の電気伝導度分布を示したもので，海域の電気伝導度54,000μS/cm に比べて若干低いものの，鉛直方向には変化の少ない分布となっている．

2.2.断面Ⅰに沿う水理地盤の概要

図-4 は図-1 に示す断面Ⅰの推定水理地盤である．**図-4** 中の①～⑧は**表-1** に示した土質区分である．透水係数は断面Ⅰ中の B-2，B10-1，B10-2，B7-1 の 4 つのボーリングコアから得られたデータを現地透水試験により測り，それぞれを平均したものである．図から判るように，②，③，⑤の地層で透水係数が他層に比べて大きい．これより主たる帯水層は②，③，⑤と考えられる．一方，⑦および⑧は加圧層の役割を果たすと考えられる．

3. 室内実験による取水に伴う塩水混入の状況と適用するモデル

図-1 に示す断面Ⅰの上流側の集水面積はおよそ 230ha である．現在の大原川は近年になって河道の方向を変更したものであり，旧河道（南東方向，断面Ⅰに沿う方向）の存在が想定される断面Ⅰではある程度の地下水の集水量を期待できる．しかし，**図-2** からも明らかなように，塩水楔の侵入が認められることからこの地点において地下水を揚水する場合には，塩分の混入は避けがたい．この場合，揚水地下水中の塩分濃度が低ければ最近の脱塩技術により淡水を得ることは検討に値する．そこで，塩水侵入状況を見るために既往の実験写真（**写真-1**）および数値解析モデルの妥当性について考察を加えた．既往の数値解析によれば [2]，室内実験に対する地下密度流～移流分散方程式は十分な精度を有しており，現地への適用は可能であると考える．

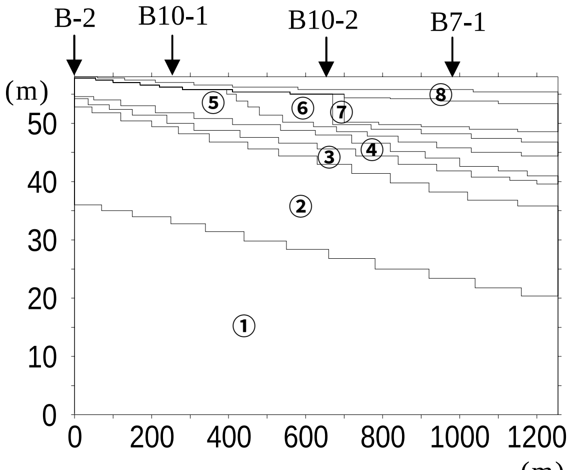

図-4 解析断面

表-1 各層における透水係数

	透水係数(cm/sec)
⑧表土	1.9×10E-5
⑦粘性土	8.1×10E-5
⑥砂質土	9.7×10E-4
⑤砂	2.8×10E-3
④粘土	1.9×10E-5
③砂礫	2.7×10E-3
②風化土	2.8×10E-4
①風化岩	9.9×10E-5

写真-1 取水による塩水侵入実験

4. 塩分混入を認めた上での地下水取水可能性について

写真-1 から想定されるように集水暗渠への塩分の混入は避けられないものの，塩水楔の先端が暗渠よりもさらに上流へ侵入することはないと考えられる．したがって，仮に複数の取水施設を設置しても上流の居住域へ塩水楔が侵入する可能性は低い．塩分混入が避けられない取水井戸についてのみ脱塩を実施すれば，他の揚水井戸への塩分混入を抑えることができよう．

5. 終わりに

上記の考察を検証するためには現地調査データを基に解析を行う必要がある．このために，断面Ⅰではまず二次元断面における数値解の再現状況を確認するとともに，取水による地下水流動が三次元的に発生することも想定した解析を行う必要がある．計算精度は与える物理パラメータの精度に大きく依存するので，現地での揚水試験を実施しながらモデルの開発と揚水計画を行いたい．

参考文献

1) 大橋伸行，広城吉成，神野健二，新井田浩：降雨浸透および地下水揚水の影響を受ける沿岸低地部帯水層における淡水～塩水境界の挙動特性，地下水学会誌掲載予定，平成 17 年

2) 中川　啓，細川土佐男，岩満公正，広城吉成，神野健二：汀線近傍の暗渠排水に伴う海岸帯水層中の淡水と塩水の混合挙動に関する研究，水工学論文集，第 46 巻，pp.181-186，平成 14 年 2 月