

黄河河口域における地下水測水調査の目的と意義

宮岡邦任（三重大）・谷口真人（地球研）・小野寺真一（広島大）
徳永朋祥（東京大）・陳建耀（地球研）・G. Liu(OUC)

1. 地下水・海域グループの研究目的と意義

黄河河口域における河川水・地下水・海水の相互関係の解明を大きな目標に挙げている地下水・海域グループにおいて、具体的な研究目的としては、以下の4項目をあげている。

- (A) 渤海湾・黄海での海底地下水湧出量とそれに伴う物質負荷量を明らかにする
- (B) 陸域物質の海洋への負荷過程と海水再循環過程における物質交換及び負荷過程を明らかにする
- (C) 黄河－地下水相互作用を明らかにし、黄河断流が地下環境に与える影響を明らかにする
- (D) 黄河流域地下水高塩分濃度の起源と塩淡水境界面変動を明らかにする

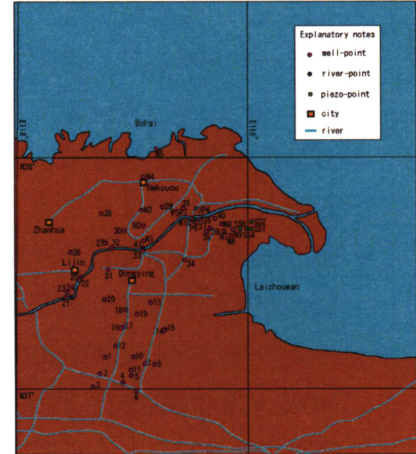


図1 測水地点の分布

いずれの項目も、陸域における地下水に関する種々の情報が解析のためには不可欠であり、2003年9月8日～22日にかけて実施した地下水測水調査は、比較的降水の多い時期における地下水の物理化学的特性の実態解明を目指した。今年度は対照的に降水量の少ない5月に調査を行う予定であったが、SARSの影響により次年度に持ち越された。本発表では、これらの測水調査実施の目的と意義を紹介し、さらに9月に実施した測水調査の結果を示し、今後の課題の提示を行った。

2. 測水調査にあたっての問題点と調査項目

今回、測水調査を実施するにあたり、いくつかの問題点が生じている。特に重要な問題は、地形図の入手がほぼ不可能なため、現地における測水地点の地盤標高の把握が極めて困難なことである。現時点で地下水面等高線図の作成ができないため、地下水流動形態が容易に把握できない状況にある。この問題を解決すべく、現地ではGPSによる位置確認と平行してGPSに内蔵されている気圧高度計による各地点における気圧と標高を記録してきているので、後にCTDダイバー気圧補正用ロガーにてデータを回収中の気圧との比較から標高の補正を試みようと考えている。しかし、GPSによる標高データを見る限り、原因不明の誤差があまりにも大きすぎるため、正確な値を算出できる可能性は極めて低いと考えられる。質疑の時間に名古屋大・樋口氏から、衛星データからの標高推定が可能かもしれないとのコメントを頂き、後日メールにて gtopo30 (30秒grid)のデータセット (標高分解能: 0.5m) を送信頂いた。これを基に標高の推定を行う予定である。

測水調査では、現地において電気伝導度、水温、酸化還元電位、溶存酸素、pHを測定するとともに、溶存イオン(Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻)・重金属・栄養塩・δ¹⁸O・δD・¹⁴C・¹⁵Nの分析用に必要量の採水を適宜実施した。

3. 地質構造構造からみた帯水層の推定

図2に、黄河左岸側の旧流路沿いに掘削したボーリング孔(図1)の地質柱状図を示す。各ボーリング孔は、深度20mまで掘削されており、NO.1が黄河に一番近く(上流)、NO.5に向けて海岸方向(下流)に位置している。緑で示したところは、スリットが切られている部分である。スリットは砂質あるいはシルト質の部分に切られており、これらの層が帯水層として機能していることがわかる。また、これらの層の間には粘土層が堆積しているが、上流から下流にかけて、粘土層の連続性は非常に悪い。このことは、黄河がこの地域において蛇行を繰り返している間に、以前に堆積した層を浸食しながら、新たな堆積を行っていたことを示すものである。このような堆積状況の傾向は、黄河の右岸側に掘削したNO.6~10の側線でも同様であった。従って、黄河デルタ地域において浅層部分の帯水層は、複数に分かれている可能性は低いと考えることができる。

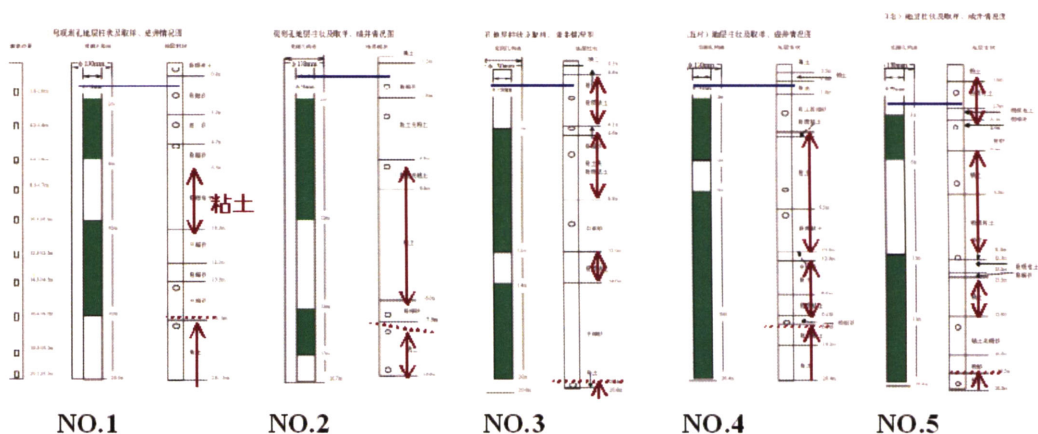


図2 北側測線におけるボーリング孔の地質柱状図

4. 2003年9月の測水調査報告

図1に測水地点の分布を示す。地点数は、民家井戸40地点、観測用ボーリング孔10地点、黄河2地点である。井戸深度は浅いもので5m前後、深いもので510mである。深井戸は主に南部に集中して分布している。

上述したように地下水面等高線図による地下水流動形態の把握ができない状況なので、電気伝導度の分布から地下水の流動形態を推測してみる(図3)。黄河の左岸側では黄河に最も近いボーリング孔NO.1付近で非常に高い値を示す地域がある。NO.3付近では20mS/cm程度の値まで低くなるが、海岸付近に向かって再び値は高くなる。NO.1に近い黄河の電気

伝導度は 0.8mS/cm 程度なので、この付近において旧流路沿いに黄河河川水からの涵養は電気伝導度の値を見る限りではあり得ない。

黄河右岸側では、地形の傾斜方向（W-E）に沿って値の高い地域と低い地域が交互に分布する。この分布形態は、地下水の流動方向について2通りの解釈ができる。一つは黄河からの浸透水が旧流路に沿って地下水を涵養し、この地域の地下水の電気伝導度を下げているといった解釈であり、もう一つは地形の傾斜方向に沿って地下水が流動しており、灌漑期（雨季）と非灌漑期（乾季）とで地下水の水質に地域的の差異を生じさせていると考えられるという解釈である。

図4は、井戸深度と電気伝導度の関係を示したものである。深度50m以深の比較的深い井戸の電気伝導度は低い値を示している。これらの深井戸は、南部地域に集中して分布している。一方で海岸に近い井戸は、相対的に高い値を示している。

深度3~7mの井戸において、青い点線で囲んで示したような、黄河河川水から涵養を比較的強く受けていると考えられる地点があることがわかる。しかし、このように明らかに

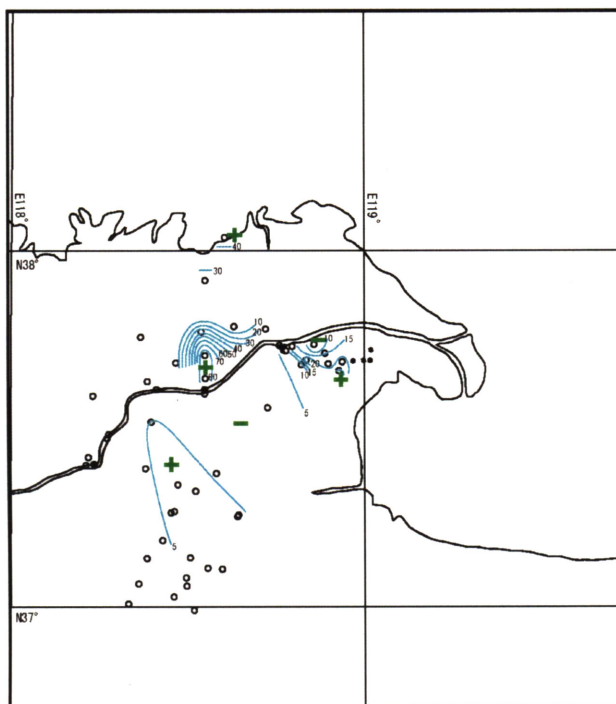


図3 電気伝導度の分布

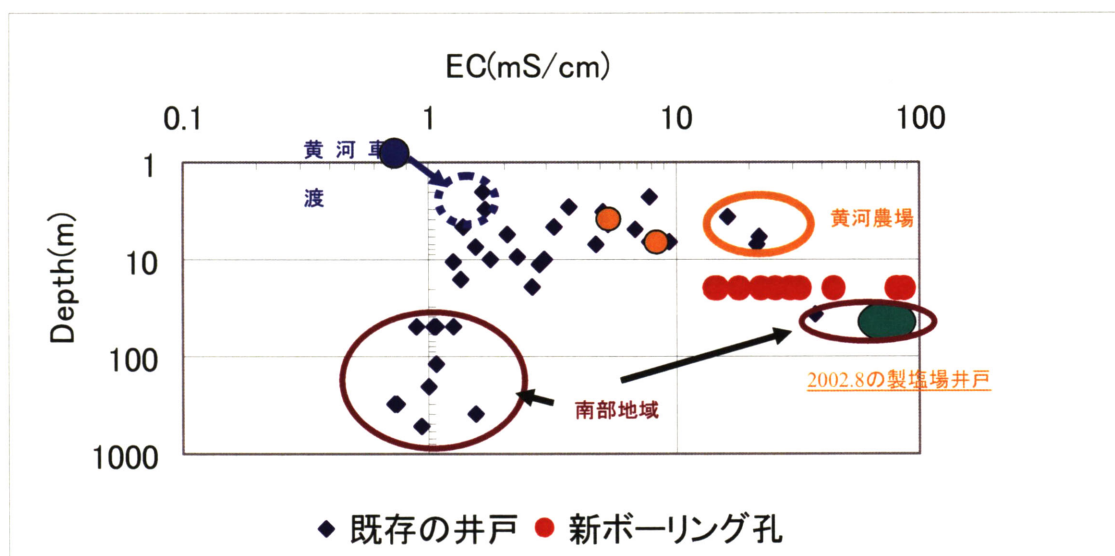


図4 井戸深度と電気伝導度の関係

黄河河川水の影響を受けていると考えられる地点はごくわずかであり、全体的には黄河河

川水と周辺地下水との交流関係は明確には認められない。

南部地域には、電気伝導度の低い地域とは別に、値の高い地域も同様の深度において分布している。また、今回は採水を実施していないが、この地域の海岸よりには製塩場があり、昨年8月の予備調査時には深度50m程度の井戸の電気伝導度の値は80mS/cmという高い値を示していた。このように、同じ地域における同一の深度においても水質濃度の異なる地下水が分布していることから、起源や流動系の異なる地下水の存在が考えられる。

図5は、黄河の右岸側の地域において、海岸からの距離、井戸深度および電気伝導度の関係の分布をみたものである。この図から、内陸かつ深度が深くなるほど電気伝導度は低くなる傾向があることがわかる。また海岸から50km付近に値の高い地域がある。高い値を呈している製塩場は海岸

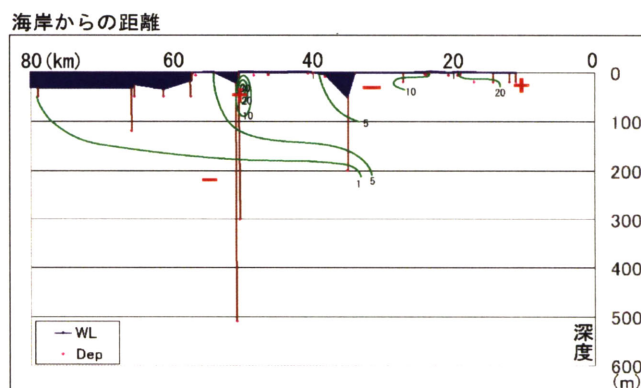


図5 電気伝導度の鉛直分布

から10～15kmほどに位置しており、内陸50km付近で高濃度の値が示された深度とほぼ同じことから、過剰な揚水によって海岸方向から高濃度の地下水が、くさび状に進入した可能性がある。

5. まとめ

現段階では、以下のことが推定された。

- ・電気伝導度など水質濃度の分布傾向から、黄河の旧流路に規制された地下水流動系が存在することが推定される。
- ・旧流路に沿って掘削したN1～N5の地質柱状図では、局所的な粘土層などの堆積が認められることから、本地域では黄河流路が活発に変更しており、複雑な内部地質構造を呈していることが示唆される。しかし粘土層に代表される難透水層の分布は比較的連続性は無いと見られ、少なくとも現在対象としている井戸深度程度の規模では、帯水層は同一と考えても良さそうである。
- ・深井戸と浅井戸の水質が異なることから、滞留時間のことなる地下水流動系が複数存在することが考えられる。このことは海岸部において湧出する地域によって海水の水質形成に何らかの影響を及ぼしていることが考えられる。

以上のことから、今後、陸域における地下水の広域3次元的な流動系の解明は、地下水－海水の相互作用を考える上で重要な情報が提供できることが期待される。