

黄河河口域における夏季地下水測水調査報告

中山映美*1・谷口真人*2・小野寺真一*3・宮岡邦任*4・徳永朋祥*5・陳建耀*2・劉貫群*6

1. はじめに

本研究グループでは、黄河河口域の堆積環境の変化と最近の急激な水循環変化が、黄河デルタにおける地下水・河川水・海水相互作用に与える影響の解明を目的としている。本報告では、地下水に焦点をあて、測水データから陸域における地下水環境を把握することを目的とした。

2. 地域概要

Fig. 1 に調査対象地域位置図を示す。対象地域は黄河デルタ地帯の中心で、海拔 2～10m、西部には黄河扇状地帯、山地を望む。下流域では、断流の影響で土砂が主川道に集中するため、河床高が上がり、堤外地よりも高く、堤外地は平野よりも高くなっており、その結果天井川を形成している。また、数十年前中国政府は水路整備のため、それまで北上し渤海湾に注いでいた黄河の河口を、Fig. 1 における地点 41 付近において流路を東に延長し、莱州湾に河口を移動した。土壌はソーダアルカリ分を多く含む。気候は温帯モンスーンに属し、降水期は夏である。年間平均降水量は 500～1000 ミリを記録し自然災害が多い。また、ところどころに製塩所があり、塩産地として有名である。

3. 研究方法

調査は 2003 年 9 月 10 日～20 日に東営市内の民家および国の井戸、河川水を対象に

測水調査を行った。浅井戸 (<20m) 26 地点、ボーリング孔 (=20m) 10 地点、深井戸 (>20m) 9 地点、河川 2 地点について現地でも電気伝導度、水温、pH、RpH、ORP、DO、水面・井戸底の深度を測定するとともに、化学分析用に採水を行った。各項目の測定方法は、電気伝導度(YOKOGAWA MODEL SC82)、水温(缶付き温度計)、pH(YOKOGAWA MODEL 82)、ORP(HORIBA)、DO(DKK-110)、水面・井戸底(YAMAYOMILLION 水面計)、主要 7 成分(ION ANALYZER IA-100)、 HCO_3^- (pH4.8 アルカリ度)である。

4. 調査結果

4-1 水温・pH・ORP

Fig. 2 に水温-井戸深相関図を示す。浅井戸では深度が増すごとに低く、深井戸では深度が増すごとに水温が高くなった。Stallman(1963)によると、同一深度の地下温度は涵養域でより低温、流出域でより高温となる。今回は井戸の標高データが不明であるため、同深度での比較は難しい。

また、一般に海岸部は広域地下水流動系の流出域であるため、海岸に近づくほど地下の温度は高くなると予想した。Fig. 3 に浅井戸等水温線図を示す。右岸側では上流から莱州湾に向けて地下水温は高くなる。一方、左岸側ではそういった傾向は見られない。理由のひとつとしては、黄河河口の移動によって、周辺の水循環が変化し、安定した状態でないことが予想された

*1 三重大大学院 Grad.Mie Univ. *2 総合地球環境学研究所 Research Institute for Humanity and Nature

*3 広島大 Hiroshima Univ. *4 三重大 Mie Univ. *5 東京大 Tokyo Univ. *6 中国海洋大学 Ocean Univ. of China

一方、pHにおいても同様の分布・相関傾向がみられた。

また、ORPにおいては深度20m以浅でpH7.0以下のサンプルはマイナスのORP値を示した。全体的に、pH値が上がるにつれてORP値も上昇した。

4-2 電気伝導度

Fig. 4に伝導度-井戸深相関図、Fig. 5に浅井戸における伝導度分布、Fig. 6に伝導度-pH相関図を示す。浅井戸では深度が増すとともに伝導度が上昇する傾向が顕著である。分布図では左岸側ボーリング孔で沿線的に値が高くなった。一方、右岸側では上流から下流に向けて高い値を示す部分と低い値を示す部分が交互に現れた。Fig. 6では、浅・深井戸ともにpH値が高くなると伝導度は低下した。また、pH値が7.6以上になると伝導度の低下現象はなくなった。

4-3 トリニニアダイアグラム

Fig. 7にトリニニアダイアグラムを示す。キーダイアグラムをみると、深井戸における HCO_3^- の割合が比較的高く、浅井戸およびボーリング孔、河川近傍の地点においては HCO_3^- の存在比率が低い。Cl⁻濃度に注目すると、値は測水地点41を基点として海側では高く、陸側では低くなる傾向があらわれた。

また、Cationの組成をみると Na^+k^+ がrichであるものとそうでないものに分類することができた。ここで $\text{Na}^+\text{k}^+/\text{all cation}50\%$ でボーダーとすると、 $\text{Na}^+\text{k}^+\geq 50$ には、ボーリング孔および河川近傍の全て、浅井戸13地点と深井戸2地点が含まれ、 $\text{Na}^+\text{k}^+< 50$ には浅井戸12地点と深井戸6地点が含まれた。さらに、Fig. 8に黄河右岸に

おけるCl⁻濃度鉛直分布を示す。海岸線から25kmあたりの沿岸地点では、深度が増すごとにCl⁻濃度が減少するのに対して、内陸ではところどころ浅層部において濃度の高い地点が見られ、等値線の形状に乱れが生じた。

5. 考察

以前黄河は地点41付近から北上していたことから、左岸側ボーリング孔沿いは黄河の旧流路に位置していることが示唆される。Fig. 7において、浅井戸は Na^+k^+ がrichであるものとそうでないものに分類できた。 Na^+k^+ とCl⁻の関係は、Cl⁻濃度が高いほど Na^+k^+ がrichになる傾向にある。また、伝導度の値から、Cl⁻濃度が高い地点は海水の影響があると考えられる。左岸側ボーリング孔沿いにおいて、直線状にCl⁻濃度が高くなっているのは、旧河道の名残から水が流動しやすい状態となっており、海水の浸入が容易であるためである可能性が大きい。一方で、右岸側では近年、大規模な河道変遷が行われていないので、沿岸から内陸に向かって次第にCl⁻濃度が変化しそうである。しかし、Cl⁻濃度が突然高濃度になる地点が出現する。その浅井戸では、黄河流域全体の大きな流動の影響よりも、地域特有の要素が強く働き、その結果内陸においてもCl⁻濃度が高い地点が存在するのではないかと考える。

6. まとめ

浅井戸における分布図から、黄河の右岸と左岸では、別の流動系が存在する可能性が考えられた。とりわけ、旧河道付近に位置する左岸側ボーリング孔においては、河道に影響される形で流動系が形成され

ていることが示唆された。

また、内陸において Cl^- 濃度や伝導度が
高い値を示す地点については、土地利用や
地下構造等の情報を照合することで明ら
かになるものと思われる。

今後は、定期的に測水を行ない、流動系
をより詳細に把握する。それらの結果は本
地域における地下水・河川水・海水相互作
用の解明を検討する材料となるであろう。

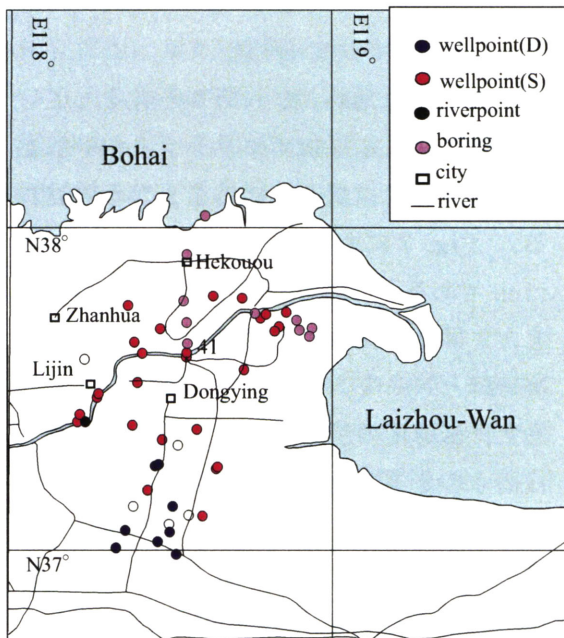


Fig.1 調査対象地域位置図

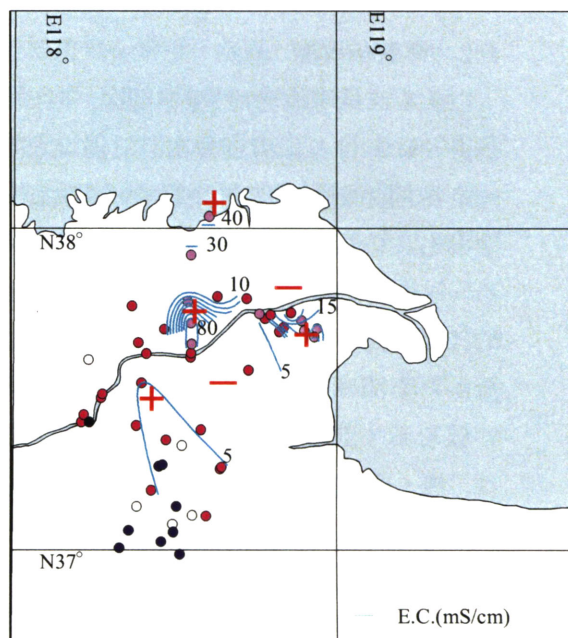


Fig.5 浅井戸電気伝導度分布

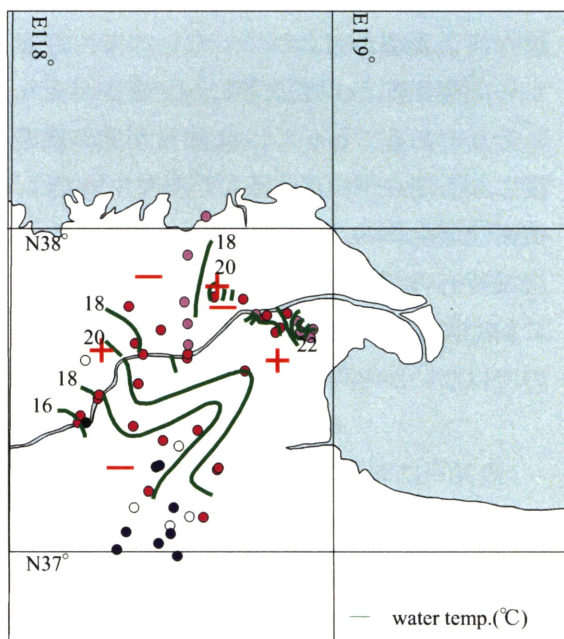


Fig.3 浅井戸等水温線図

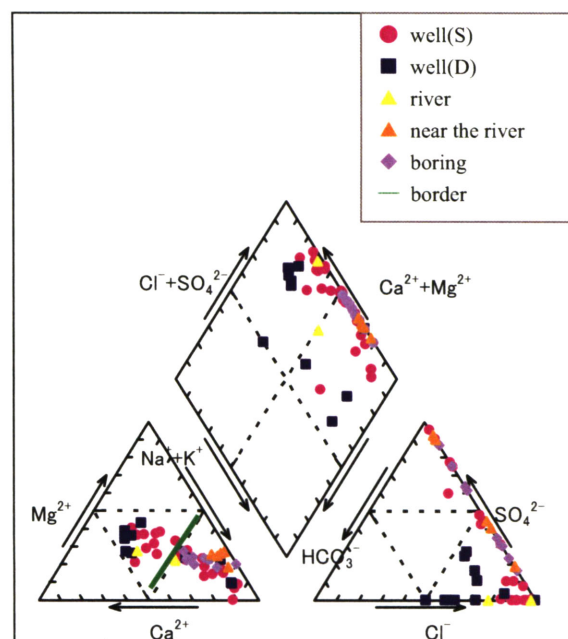


Fig.7 トリリニアダイアグラム

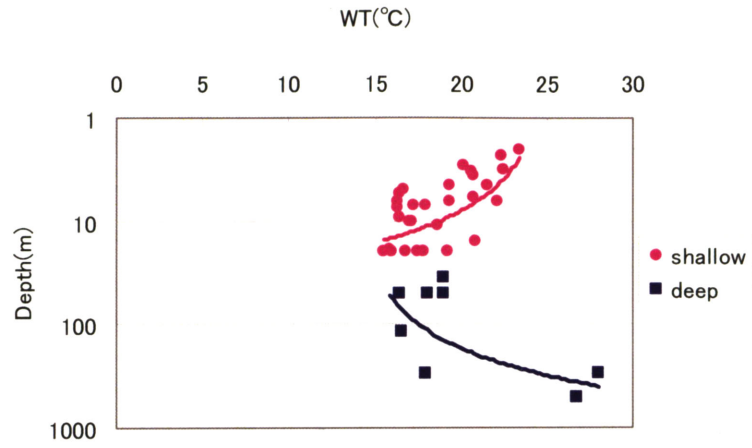


Fig.2 水温 - 井戸深相関図

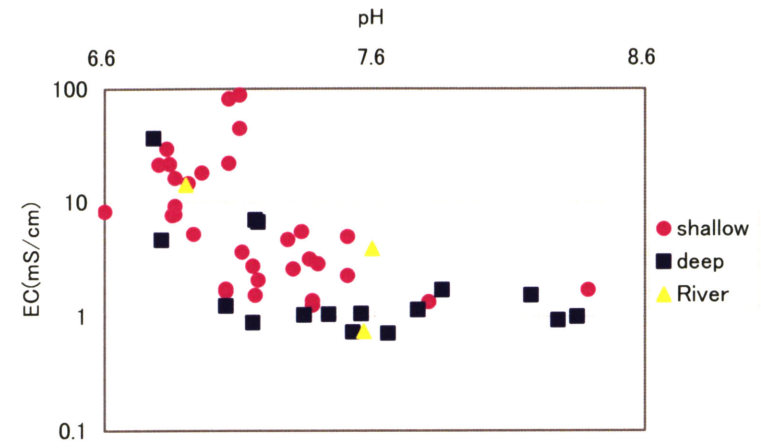


Fig.6 電気伝導度 - pH 相関図

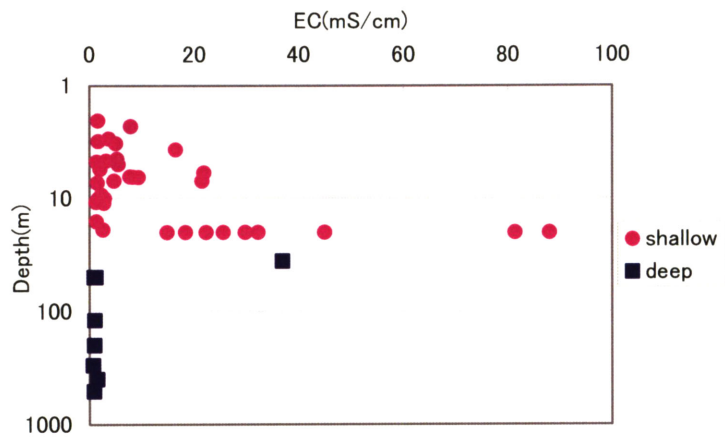


Fig.4 電気伝導度 - 井戸深相関図

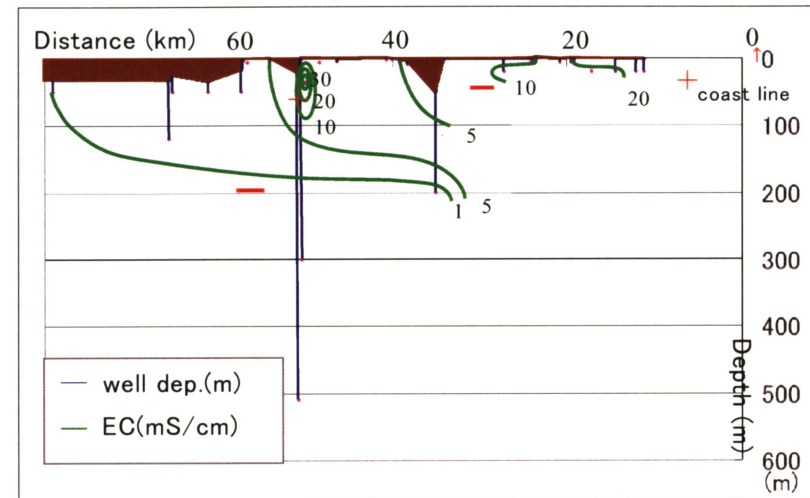


Fig.8 右岸における Cl 濃度鉛直分布