

## 黄河河口域沿岸における海底地下水湧出量の定量的評価

石飛智稔<sup>1</sup> 谷口真人<sup>1</sup> 陳建耀<sup>2</sup> 小野寺真一<sup>3</sup> 斎藤光代<sup>4</sup>

<sup>1</sup>総合地球環境学研究所 <sup>2</sup>中山大学地理科学與規劃学院

<sup>3</sup>広島大学総合科学部 <sup>4</sup>広島大学生物圏科学研究科

### 1. はじめに

本プロジェクトの目的の一つは『河川および地下水による渤海湾への物質負荷量の評価』である。その目的を達成するためには、陸から海への地下水流出量の定量的評価を行うことが必要である。そこで黄河流域から渤海湾への地下水流出量の定量的評価を行うために、黄河河口域沿岸において海底からの地下水湧出量の測定を行った。研究手法はシーページメータを用いた地下水湧出量の測定およびCTセンサーによる湧出水の電気伝導度の測定であり、測定期間は2004年9月16日～21日、2005年5月2日～5月7日と2回の観測を行った。測定地点については、2本の測線を設け（Line-A、Line-B）、各測線において500m毎に5地点ずつ測器の設置を行い（A1～A5（陸より500m、1000m、1500m、2000m、2500mの地点）、B2～B6（海岸線より1000m、1500m、2000m、2500m、3000mの地点）測定を行った（図1）。

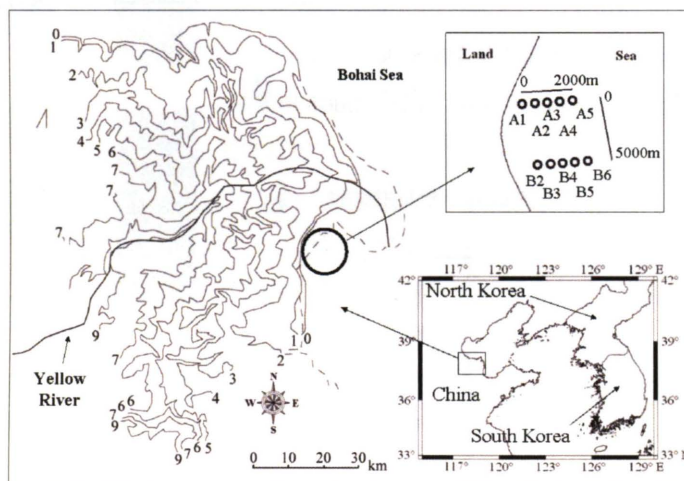


図1. 調査地域概要図

### 2. 測定結果

測定の結果、測定を行った全地点において地下水湧出が確認された。それらの結果の平均値を図2に示す。それを見ると各地点の地下水湧出量は地点により大きく異なり、沖へ向かうほど湧出量は減少するなどの傾向は見られない。特に高い湧出量が得られている地点は、A2（海岸から1000m）、A4（2000m）である。また図2の結果より、陸から3250mまでの距離を対象として、単位海岸線あたりの地下水湧出量の算出を行った。方法は、得られた地下水湧出量のそれぞれの値に、その測定地点が対応する距離を乗じて（A1であれば750m、A2であれば500m（2004年9月）、図3参照）、それらを合計し単位海岸線あたりの湧出量を算出した（図3）。その結果、2004年9月にはラインAでは1905.3m<sup>3</sup>/d、ラインBでは1035.1m<sup>3</sup>/dという結果が、また、2005年5月にはラインAでは1324.9m<sup>3</sup>/d、ラインBでは646.4m<sup>3</sup>/dという結果がそれぞれ得られた。2004年9月と2005年5月の結果を比較すると、全体的に2004年度の方が高い湧出量が得られている。図4は2003年9月から2005年9月までの黄河流量（利津）であるが、2005年5月よりも2004年9月の方が流量は大きい。またデルタ班では黄河デルタ地域の複数の井戸において地下水位の連続測定を行っているが、その結果も黄河流量と同様に、2004年9月の方が高い水位を示している。これらの影響により、2004年9月の方が高い海底地下水湧出量が得られたものと考えられる。また、ラインAとラインBの結果を比較すると、2004年9月・2005年5月ともにラインAの方が高い湧出量が得られている。この原因については未だ明らかにされていないが、地下水流出に影響を与える要因としては、湾の形状や波などの要因が考えられるため、そのような要因の影響を受けやすい地点にあるか否かによるもの

と推測される。

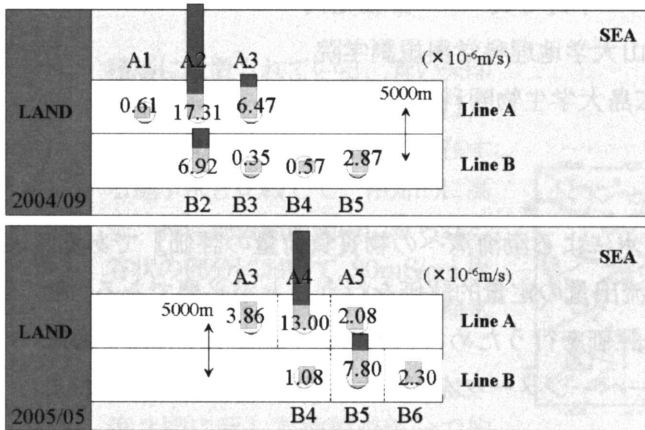


図 2. 地下水湧出量測定結果

(上図 - 2004 年 9 月、下図 - 2005 年 5 月)

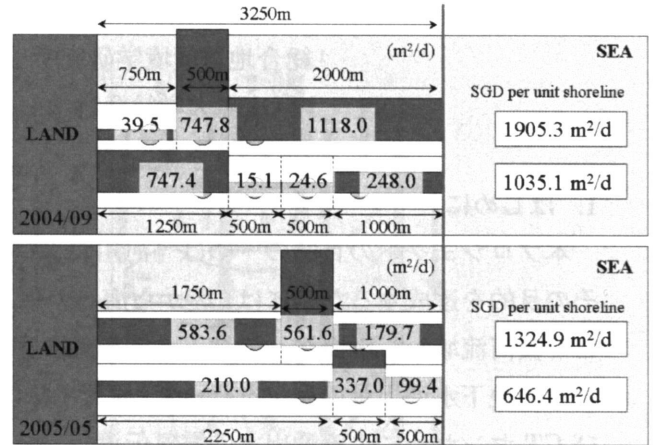


図 3. 単位海岸線あたりの地下水湧出量

(上図 - 2004 年 9 月、下図 - 2005 年 5 月)

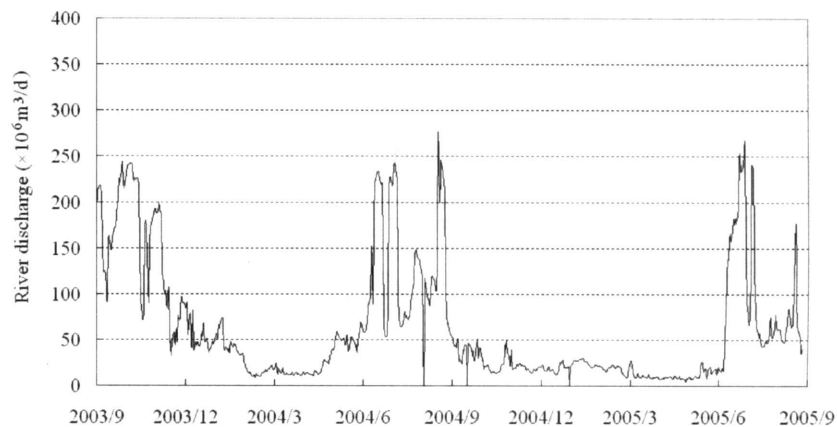


図 4. 黄河流量 (利津)

### 3. 黄河デルタからの地下水湧出量

次に、図 3 で得られた単位海岸線あたりの地下水湧出量に黄河デルタの海岸線の長さを乗じて、黄河デルタ全域沿岸の地下水湧出量の評価を行った。黄河デルタの海岸線の長さを 113km (地図から読み取った値) とし、地下水湧出量を乗じた結果を表 1 に示す。表 1 より 2004 年の地下水湧出量は  $116,963,136 \sim 215,302,968 \text{ m}^3/\text{d}$  程度、2005 年は  $73,028,736 \sim 149,718,672 \text{ m}^3/\text{d}$  程度と推定される。黄河流量 (利津) については、2004 年 9 月の平均値は  $58,406,400 \text{ m}^3/\text{d}$ 、2005 年 5 月は  $12,512,392 \text{ m}^3/\text{d}$  であり、その値と地下水流出量を比較すると地下水流出量の方が大きい。このように地下水流出量の方が大きくなる理由としては、この値には再循環水が含まれることが挙げられる。海底からの湧出水には陸域由来の地下水に加え、海水が海底下に潜り再び海洋中へと湧出する再循環水が含まれることが近年の研究により明らかにされている (Taniguchi.,2002)。従って、上述の地下水流出量の値は海底直下からの水輸送量であり、陸域からの水輸送量として考えるためには、湧出水の陸域地下水成分と再循環水成分の分離を行わねばならない。そこで、湧出水・海水・陸域地下水の電気伝導度の値を用いて、湧出水を陸域地下水成分と再循環水成分に分離し、2004 年 9 月における陸域由来地下水のみの湧出量を算出した。その結果を図 5 に示す。図 5 中の上図は湧出量の平均値を、また下図は単位海

岸線あたりの湧出量をそれぞれ示す。またそれらの値を用いて、黄河デルタからの陸域由来地下水流出量の値を算出した結果を表 2 に示す。その結果、黄河デルタからの地下水湧出量は 1,750,054～5,142,766m<sup>3</sup>/d 程度と考えられる。この結果と 2004 年 9 月の黄河流量の平均値を比較すると、黄河流量に対する地下水流出量の割合は 2.9～8.5%程度と考えられる。Taniguchi et al (2002) では河川流出量に対する地下水流出量の割合のレビューを行っている。それによるとその割合は数%～10%程度と推測されており、今回の結果もその程度の値を示している。

|        | 計算に用いた湧出量の結果 | 黄河デルタからの地下水流出量 |
|--------|--------------|----------------|
| 2004/9 | Line A       | 215,302,968    |
|        | Line B       | 116,963,136    |
| 2005/5 | Line A       | 149,718,672    |
|        | Line B       | 73,028,736     |

表 1. 黄河デルタからの地下水湧出量 (単位 m<sup>3</sup>/d)

|        | 計算に用いた湧出量の結果 | 黄河デルタからの地下水流出量 |
|--------|--------------|----------------|
| 2004/9 | Line A       | 1,750,054      |
|        | Line B       | 5,142,766      |

表 2. 黄河デルタからの地下水湧出量 (単位 m<sup>3</sup>/d)

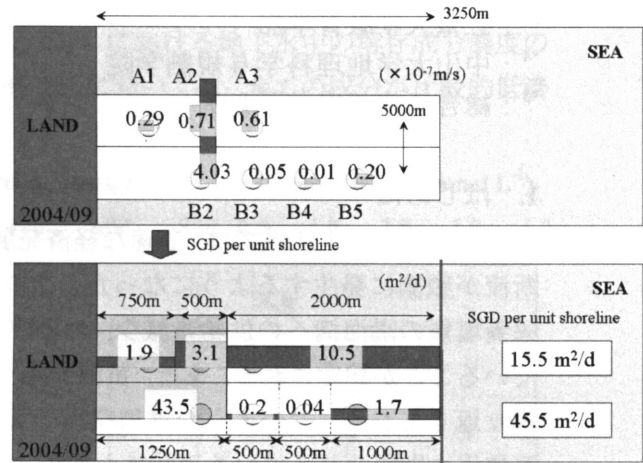


図 5. 陸域由来地下水湧出量 (2004 年 9 月)  
(上図 - 平均値、下図 - 単位海岸線あたりの湧出量)

#### 4. まとめおよび今後の課題

今回の報告のまとめは以下の通りである。

- ・ 海底からの地下水湧出量の定量的評価を行った
- ・ 黄河デルタ全域沿岸での海底からの地下水流出量を推定し、黄河流量 (利津) との比較を行った
- ・ 黄河デルタからの陸域由来地下水の流出量を推定し、黄河流量 (利津) との比較を行った

また今後の課題としては、まず測定精度の向上が挙げられる。広大な黄河デルタに対して、地下水湧出量の直接測定を行った地点はわずかに 2 測線である。この 2 測線は堆積作用が進む地域に位置し、今後、侵食作用が進む地域のように他の特徴的な地域での測定を行いたい。また、測線中で測器の設置は 500m 間隔毎であり、広い間隔での設置を行ったのみである。この点については、光ファイバー温度レーダーによる測定を行い、対処したいと考えている。夏季であれば、海水温と地下水温の温度差により、海底面温度に地下水湧出の影響が表れることが予想される。この測器は 1m 毎に温度を測定する測器であり、従ってシーページメータによる湧出量の直接測定と、この温度測定を組み合わせることにより、より密で精度の高い評価が期待される。その他、海班の測定結果との比較が挙げられる。再循環水を含む海底直下からの地下水湧出量に、物質輸送の点を考慮し物質フラックスの評価を行い、海班との比較を行う予定である。また、陸域由来地下水湧出量より物質フラックスを行い、陸から海への物質輸送の点についても評価を行う予定である。

#### 参考文献

Taniguchi, M., W.C. Burnett, J.E. Cable, J.V. Turner. (2002) Investigation of submarine groundwater discharge. *Hydrol. Process.* 16, 2115-2129.