

## デルタ地下水調査結果の総括とまとめに向けて

谷口真人（総合地球環境学研究所）

### 1. はじめに

黄河プロジェクトのデルタ地下水班の役割は、黄河流域の最下流にあるデルタ地域における水と物質の移動を、黄河断流および渤海湾との関係から明らかにすることにある。2003年から2006年にかけて計5回の集中的な観測(内2回は渤海調査班と合同観測)を行い(図1)、モニタリングシステムによる地下水連続測定、利津での河川水調査・分析(中国側に依頼)、沿岸・河口での調査(フロリダ州立大学との共同)とあわせて、現在解析を行っている。来年、最終年度を迎える黄河プロジェクトの、デルタ班としての総括と成果の取りまとめを念頭に、これまでの結果を整理し、最終年度に行うべき項目を検討した。

### 2. 河川水・地下水・海水相互作用

黄河流域デルタ地域は、河川水・地下水・海水が接する地域であり、黄河断流がデルタ地域の環境に与える影響を明らかにする上で、3者の流動方向、大きさなどを明らかにすることが重要である。これまでの調査の結果、黄河河川水から地下水への水の流動、黄河デルタから渤海への地下水流出が認められた(図2)。また、デルタ内で新たにボーリングを行い、水文地質状況を明らかにした(図3)。さらに新たに設けたモニタリング用観測井を用いた地下水連続測定により、黄河河川水と周辺地下水の連続性を解析することによりから、黄河下流域の **impact zone** が少なくとも両岸 40km に及んでいることが水理的・水質的連続性から明らかになった(図4)。このことは、地形学的流域界を超える水と物質の移動を示しており、海への地下水流出もふくめて、下流域におけるトランスバウンダリー現象として一般化できる概念であると考えられる。

### 3. デルタから渤海への水・物質輸送

プロジェクト期間中これまで計3回にわたり、渤海への沿岸地下水流出状況の調査を行った。この調査は黄河断流を想定して、流量の異なる時期を選定して行われた。2004年9月(通常流量)のデルタ沿岸域での地下水流出量調査と利津での黄河河川流量との比較から、デルタから渤海湾への地下水流出量は河川流出量の3-8%であることが明らかになった(河川水：地下水=15:1、図5、図6)。一方、2005年5月(河川流量が2004年9月の5分の1)の調査では、渤海への地下水流出量自体は2004年9月(通常流量)の3分の2と少ないものの、河川水と地下水との割合は3:1程度と地下水流出の重要性が増すことが明らかになった。つまり河川流出と地下水流出の渤海への影響については、断流時には地下水の寄与率が通常時よりも大きくなるといえる。

一方、地下水流出および河川流出に伴う物質負荷に関しては、それぞれの水フラックスとそれぞれの濃度の積から求められる。水フラックスを河川水：地下水=100:5とし

た時の、各溶存成分の河川水と地下水の割合を評価すると、シリカの負荷に関しては、河川水：地下水＝１００：６０、総リンの負荷は河川水：地下水＝１００：５０となり、地下水寄与率がこれまで考えられた以上に大きいことなどが明らかになった。

#### ４．測定手法の統合

デルタ域における河川水・地下水・海水相互作用研究においては、様々な評価手法を同じ研究対象地域で行うことで、評価方法の統合化を図ることが試みられた。地球物理的探査手法としては、GPS を用いた地下水面の詳細評価方法の確立、比抵抗法による間隙水の塩分濃度分布評価、地下水流出量計による直接地下水流出量の測定、光ファイバーによる地下水流出地点の特定、地下水位の連続測定による黄河河川水と地下水との圧力伝播からインパクトゾーンの特定などを行った。また、地球化学的評価方法としては、各種安定同位体・放射性同位体の測定による水の起源と滞留時間の評価、溶存成分の化学分析による陸域から海域への物質負荷量の評価、ポーリングおよび間隙水の解析による堆積環境の推定などである。これらの手法は、それぞれが新しい測定手法であるばかりでなく、同じ研究対象地域で異なる手法を併用することで明らかになったことも多い。このことはプロジェクト研究の「手法」の確立方法・評価方法としてとりまとめを行う。

#### ５．まとめにむけて

これまでの調査結果を踏まえて、最後のデルタ班・渤海班合同調査を企画する。特に沿岸から 7－8 km を中心にした陸・海相互作用の解明と窒素負荷評価に特化した調査を行う。成果の公表に関しては、これまでもすでにいくつかの成果を国際誌に投稿しているが、未整理のデータを解析して投稿するとともに、さらに最後のまとめとして、デルタ班と渤海班の成果の統合（渤海班のモデルへのデータ提供）、デルタとエスチュアリー成果の統合（データの相互交換による異なる手法の相互評価）を行い、その成果を国際学術誌に投稿する。さらに、統合測定手法と黄河デルタ地下水の特徴を強調した教科書の分担執筆を行い、プロジェクトのまとめのひとつとする。

	Bohai	(3) Estuary	(2) Yellow R.	(1) Groundwater
May, 2003				General survey (GS)
Jul., 2003				10 boreholes
Sep., 2003				GS, CTD, resistivity
Apr., 2004				Maintenance of CTD
Sep., 2004	Obs.	Obs.	Observation	Seepage, resistivity, WQ
Dec., 2004			Observation	
May., 2005	Obs.	Obs.	Observation	Seepage, Thermo R, WQ
Jun., 2005			Observation	
Sep., 2005			Observation	Maintenance of CTD
Dec., 2005			Observation	
Mar., 2006				Maintenance of CTD
Sep., 2006		Obs.		Seepage, Thermo R, WQ
2007 ?				

Red: Japan Blue: China

図1 黄河プロジェクトデルタ班の調査時期と調査項目

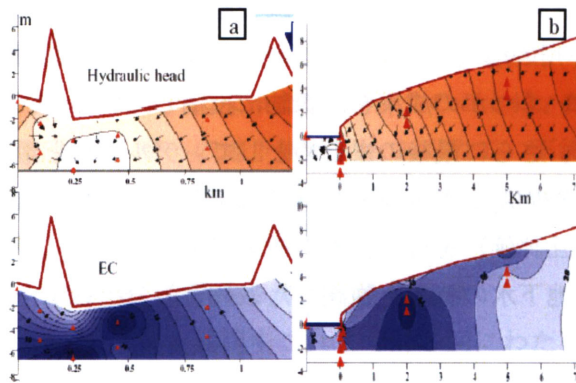


Fig.4 Hydraulic head and electric conductivity (a) near the Yellow River (RS) and (b) near the Bohai Sea (SS). The Yellow River is located at the right of Fig 4a. and Bohai sea is located at left of Fig. 4b



Fig.1 Topographic and groundwater table map and locations of observation sites.

図2 黄河河川水・地下水・海水相互作用

図3 黄河デルタ水文地質



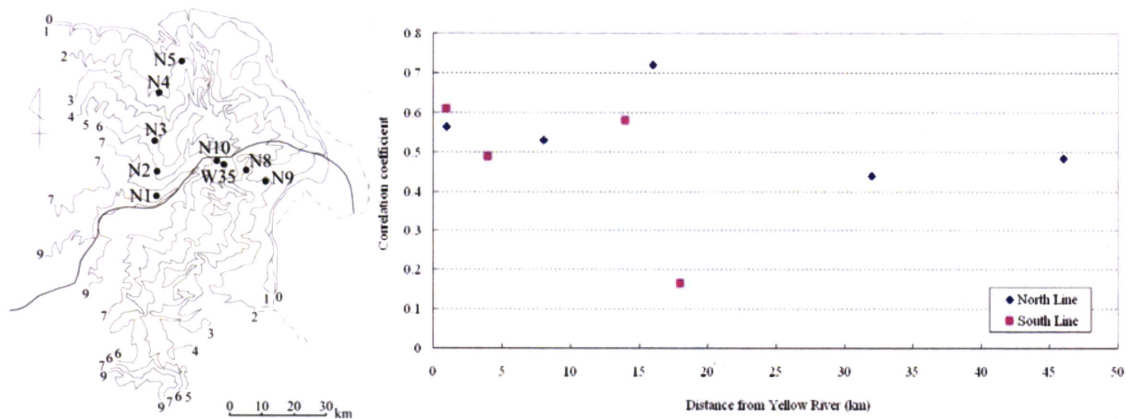


図4 インパクトゾーンの特定

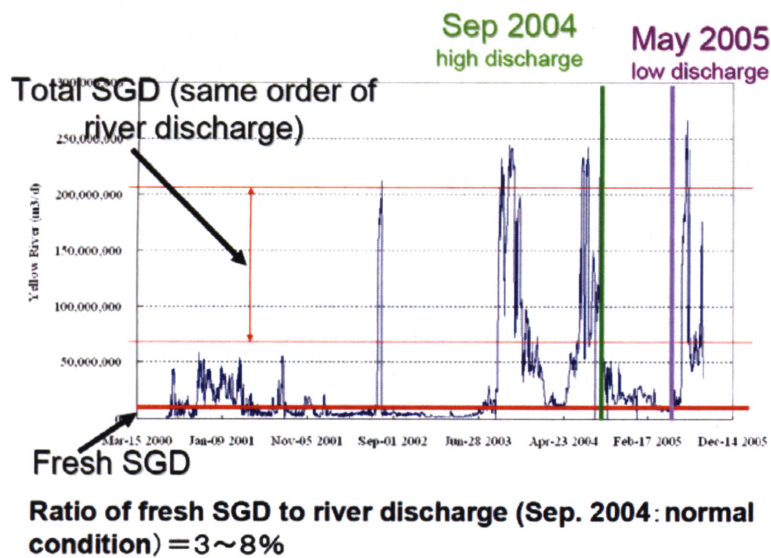


図5 デルタから渤海への地下水流出 (SGD:全地下水流出、Fresh SGD:淡水地下水流出成分)

デルタスケールでの地下水流出 (淡水成分)

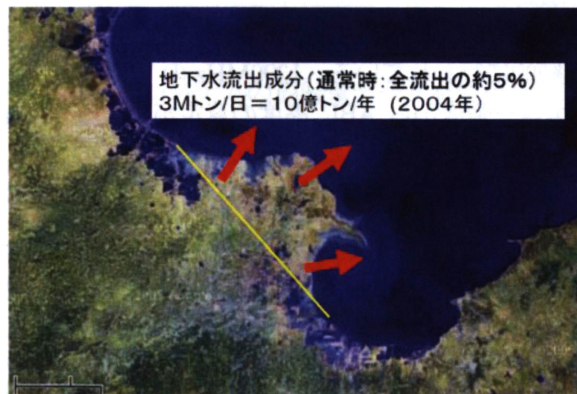


図6 デルタスケールでの地下水流出(淡水成分)