

大阪大学 工学部 研究員 崔 成烈
大阪大学 工学部 学正員 湯 浅泰三

(株)建設技術研究所 正員 福島博文
八戸大学 工学部 正員 福田修三
大阪大学 工学部 正員 西辻啓二

1. はじめに

陸奥湾湾口部で行ったADCPおよびSTDによる縦断ならびに横断方向の計測結果を報告した(中辻他, 1996)。重要な結果は、①塩分の鉛直方向分布の縦断方向変化から内部波的存在が認められた。②横断面方向では東西流速成分が南北流速成分にも匹敵するような非常に複雑な流れになっている。③密度や塩分の分布も上述した流れと強い成層化の影響を受けて複雑な分布を呈している。そこで、本研究ではこのような流況下で湾口部での物質輸送はどのように行われているのかを推算するために塩分フラックスを算出し、総体的なフラックスの流入出や塩分フラックスの各成分の寄与率について検討してみた。

2. 調査位置および計測内容

陸奥湾は本州最北に位置し、約10kmの湾口を介して津軽海峡に繋がっている閉鎖性の湾である。湾に注ぐ一級河川はない。また、多くの中小河川からの流入量も少ない。湾内への水供給と水交換は主として津軽海峡の外海水によって行われている。湾内では栽培漁業が盛んである。加えて、青森市、野辺地町、陸奥市の3市町からの汚濁水流入と、上述した閉鎖性のために水質悪化が懸念されている。

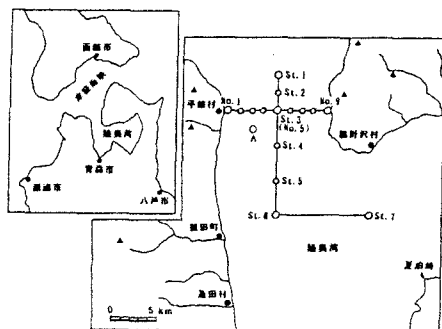


図-1 計測地点

計測は日潮不等の小さい8月下旬の大潮期(1995年

8月29日, 30日)に実施した。前日の28日は低気圧の通過

のため、強風が吹き、白波が高かった。観測時の気象は

無風あるいは北よりの微風で、波浪もなく風状態であった。29日に湾口断面に直交する縦断計測を湾外から湾内に向かって、また、翌30日に湾口部横断面計測を行った。流速測定にはADCP(600kHz)を使用し、水深ピッチ1mでデータのサンプリングを行った。また、水温と塩分の測定はSTDを用いて、水深0.2mピッチの計測を行った。縦断計測は、東経140° 43.5'を計測線に、北緯41° 12'から41° 4'までの約15km(St. 1~St. 6)までと、湾中央寄りのSt. 7の計7地点で鉛直分布の計測を実施した(図-1)。ADCPによる流速計測は船を各測点で停留させ、データを約3分間採集し平均化処理を施した。また、STDによる計測は流速計測するときに合わせて同時に実施した。湾口の横断方向の計測は北緯41° 10'の西岸から東岸までの約10kmの区間としNo. 1からNo. 9の9測点を設けた。ADCPによる流速計測は約5km/hの速度で航行しながら連続的に片道1時間の計測を6.5往復、計13回実施した。また、STDによる計測は別船を使い、往路は奇数番号の各測点で予め船を待機させ、ADCPによる計測に合わせてデータの採集を行った。このようにして得られたデータは不等間隔のデータなので、フラックスの計算に当たっては、これらを等間隔のデータに変換して扱っている。

3. 海水交換—フラックスの計算

フラックスとは単位時間間に単位断面を通過した物質質量と定義されるので、本研究での塩分フラックス(F_{lux} ; F)は塩分(Salinity; S)と流速(Velocity; V)の積として与えられる。また、流速および塩分はその変動周期によって以下のように三つの成分に分けられる。

$$v = \bar{v} + V + v' \quad s = \bar{s} + S + s' \quad (1)$$

ここで、右辺第一項は残差流に該当する時間平均成分、第二項は潮汐周期成分、そして第三項は乱れ成分である。このような成分分解は調和解析を用いるべきであるが、本研究でのデータ期間が半日周期であり、計測データの平均値は残差流とは異なってくるので、残差流の計算には藤原ら⁽¹⁾の方法に従った。さらに、これらの各項を空間平均($\langle \rangle$ で表す)とそれからの偏差(添字dで表す)に分解すると、上記の流速・塩分は

$$v = \langle v \rangle + v_d + \langle V \rangle + V_d + \langle v' \rangle + v'_d \quad s = \langle s \rangle + s_d + \langle S \rangle + S_d + \langle s' \rangle + s'_d \quad (2)$$

と分けられて、一潮汐間湾口断面を通過した塩分フラックスの時間空間平均、 $\langle F \rangle$ は

$$\begin{aligned} \langle vs \rangle &= \langle (\langle v \rangle + v_d + \langle V \rangle + V_d + \langle v' \rangle + v'_d) (\langle s \rangle + s_d + \langle S \rangle + S_d + \langle s' \rangle + s'_d) \rangle \\ &= \langle v \rangle \langle s \rangle + \langle v_d s_d \rangle + \langle V \rangle \langle S \rangle + \langle V_d S_d \rangle + \langle v' \rangle \langle s' \rangle + \langle v'_d s'_d \rangle \end{aligned} \quad (3)$$

と表すことができる。上式の右辺第一項は移流項であり、他の項は分散項である。さらに、分散項は第二項の残差流シア項、第三項の表面潮汐項、第四項の内部潮汐項、第五項および第六項の乱れ項に定義される。

4. 考察および結論

図-2および図-3はそれぞれ一潮汐平均して得られた湾口断面での残差流と塩分フラックスを示している。網掛けで示す流入領域は南流、つまり流入を示している。図-2の残差流の断面内分布から分かるように、主な流入は平館の西岸から1~3kmの全水深であり、流出は湾口中央部から東岸に渡って分布している海表近傍である。このことは図-3の塩分フラックスの等値線からも明らかである。塩分フラックスの等値線は残差流の分布とほとんど似た分布を示しており、総体的なフラックスの流入出バランスは-190.31psu・m/secで、流入フラックスが流出を上回っていることが分かる。

また、表-1は式(3)で示した塩分フラックスの南北成分と東西成分の内訳を表している。記号①~④はそれぞれ残差流のシア、表面潮汐、内部潮汐、および乱れ分散によるフラックスである。その結果、湾口断面での分散は東西・南北ともに残差流のシアによる分散が支配的であり、乱れ成分の貢献も認められる。また、表面潮汐と内部潮汐による分散の寄与はほんのわずかである。

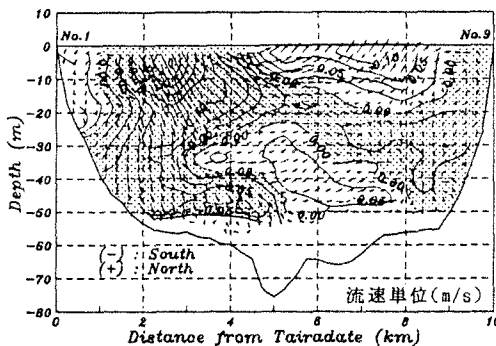


図-2 湾口部における残差流の断面分布

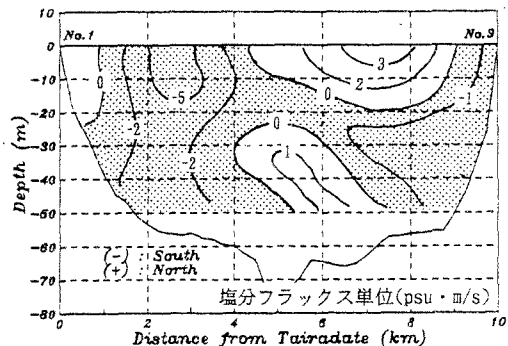


図-3 潮汐平均塩分フラックスの断面分布

表-1 塩分フラックス成分の比較

(単位: psu・cm/s)

区分 成分	東西			南北		
	-(西向)	0	+(東向)	-(流入)	0	+(流出)
① 残差シア			0.1887	0.6587		
② 表面潮汐	0.0013					0.0063
③ 内部潮汐			0.0160			0.0098
④ 乱れ	0.0084					0.0624

参考文献 (1) 杉山陽一・藤原建紀・中辻啓二・福井真吾(1995): 海岸工学論文集、42巻、pp.1096-1100.