

大阪大学工学部 学生員 ○神田典昭

大阪大学大学院 正会員 西田修三

大阪大学大学院 学生員 藤本裕昭

## 1. はじめに

河口部感潮域では、潮汐や波浪に加えて風や降雨、気圧変動などの様々な外的因子が複雑に作用して強い非定常性を示し、その流動と塩分拡散現象の詳細は未だ十分に明らかにされていない。河口域では漁業をはじめ活発な生産活動が営まれているとともに、汽水性水域の特徴とも思える多様な生態系が存在し、流動・拡散現象の解明は、利水と水環境の両面から必要とされている。

これまでの研究で底層に塩水の存在する二層流の塩分拡散量は、一般にリチャードソン数  $Ri$  と関係付けられた連行係数  $E$  によって算定が可能であり、 $E = CRi^{-3/2}$  ( $C$  はそれぞれの流れ場において決定される係数) の関係にあることが確認されている。しかし、実河川における表層塩分濃度はリチャードソン数に反映される河川流量の他に、風等の気象因子の影響を受けて大きく変化することが観測されている。そこで、本研究では河川感潮域（石狩川河口域）において現地観測を実施し、その流動と塩分拡散現象の実態を把握するとともに、塩分拡散に及ぼす風の効果を定量的に明らかにすることを目的とした。

## 2. 観測概要

表 - 1 観測概要

1998/6/30～1998/7/23 の期間、石狩川の河口域から上流 22.6km に及ぶ各地点において表 - 1 に示すようなデータを採取した。

ここでは、KP11.7～KP14.5 の 2.8km 区間のデータを用いた塩分拡散現象の解析結果と考察について報告する。

| 観測地点   | 観測項目                  |
|--------|-----------------------|
| 河口     | 水位                    |
| KP4.4  | 塩分濃度、風、水位、境界面位置       |
| KP11.7 | 塩分濃度、水温               |
| KP14.0 | 塩分濃度、水温               |
| KP14.5 | 塩分濃度、流速分布、水温、濁度、境界面位置 |
| KP15.0 | 風、水位                  |
| KP26.6 | 風、境界面位置               |

## 3. 観測結果

図 - 1 は KP14.5 地点（全水深約 8m）における河川水と海水の境界面位の経時変化である。7/9～7/18 まで境界面が欠測している。これは 7/9 の降雨出水により塩水が後退し、この期間 KP14.5 地点には塩水層が存在しなかったことを意味している。

図 - 2 は KP14.5 地点で ADCP により計測された流速分布から求めた上層、下層の平均流速である。上層、下層とも潮汐に対応した周期的な変動を示している。

7/9 の出水時には上層流速が急激に変化し、1m/s を超える流速が生じていることがわかる。

図 - 3 は KP14.5～KP11.7 の 2.8km 区間で生じた表層塩分濃度の増加量とその期間の風向、風速をあわせて示したものである。ここで風向は 16 方位（北が 16、北

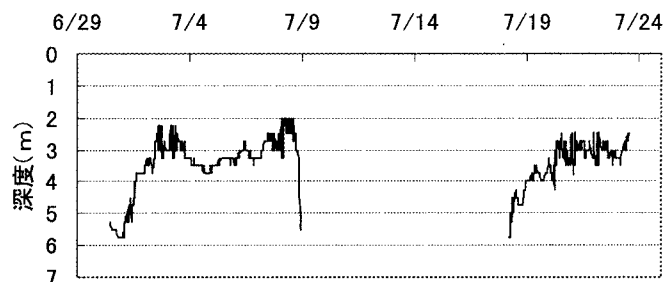


図 - 1 境界面位置

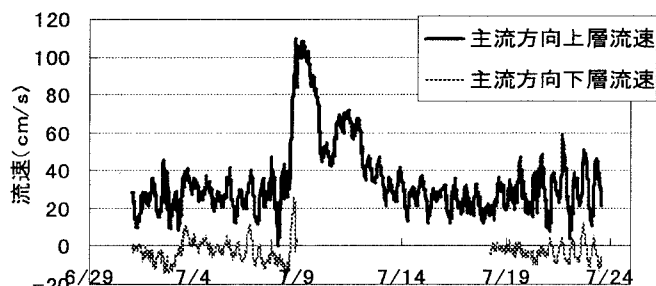


図 - 2 平均流速

北東が 1) を表し、河川流と対比するため通常の風向と異なり吹送方向で表している。

顕著な塩分増加量がみられる時には風速が大きな値を有するとともに、卓越する風向の存在もみてとれる。

#### 4. 連行係数

図 - 4 は風速と連行係数の関係を示したものである。本研究の観測域では河川に沿った風が卓越して吹く傾向があったため、河川の流下方向に吹く風（順風）と反対方向に吹く風（逆風）に大別して示している。逆風の場合、風速の増加に伴う連行係数の顕著な変化は見られないが、順風の場合、風速の増加に伴い連行係数も増加する傾向にあることがわかる。

淡塩水の連行係数は一般に  $E = CRi^{-3/2}$  ( $C$  は場の特性値) のようにリチャードソン数の  $-3/2$  乗に比例すると考えられ、塩水くさびの解析では無次元パラメタ  $C$  ( $= ERi^{3/2}$ ) は一定値として扱われてきた。図 - 5 は実測結果より求めた  $C$  と、風速  $W$  を代表速度  $U$  (上層流速) で割った無次元風速との関係を示したものである。これより  $W/U$  の増加に伴い  $C$  も増加の傾向を示し、一定値とはならないことがわかる。図中の実線は風速を考慮した連行係数の表現式

$$E = \alpha [1 + \beta (W/U)^3]^{4/3} Ri^{-3/2}$$

を用いて得られた近似曲線である。低風速時の散乱はあるものの、ほぼ傾向は一致している。ちなみに  $\alpha$ 、 $\beta$  はそれぞれ 0.0001、0.0005 と得られた。

#### 5. 表層塩分濃度の予測

上記の連行係数の近似式に KP14.5 地点の物理量を代入して得られた KP11.7 地点の表層塩分濃度の予測値と実測値を比較したのが図 - 6 である。相関係数  $R^2$  は 0.937 と高い相関を示し、十分な予測が可能であることがわかる。

#### 6. おわりに

本研究により河口二層流場においては、風による連行作用は極めて大きく無視できないことがわかった。そして、風速を加味した連行係数の算定式により表層塩分濃度の予測が可能であることも示した。今後、河道形状や吹送距離等を考慮した解析と予測式の構築を進めるつもりである。

#### 参考文献

- 1) 西田修三 他：水工学論文集，第 40 巻，pp487 - 492，1996
- 2) 吉田静男 他：水工学論文集，第 37 巻，pp299 - 304，1993

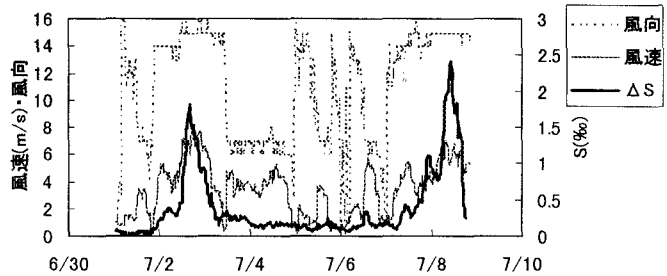


図 - 3 塩分増加量と風向・風速

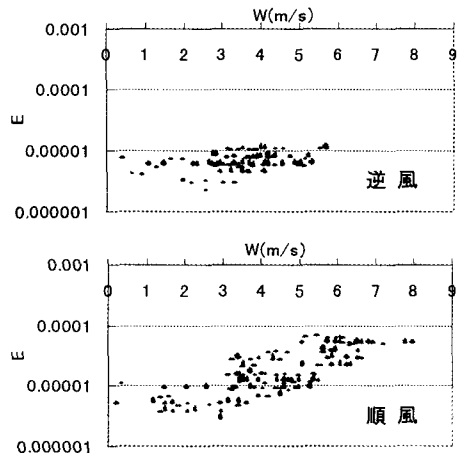


図 - 4 風速と連行係数

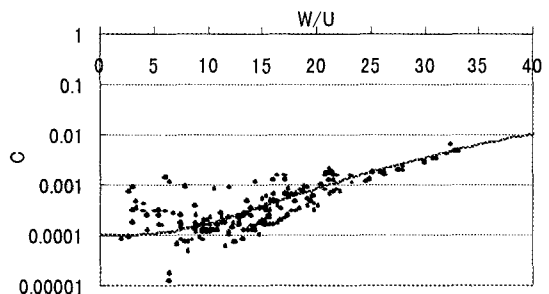


図 - 5 連行パラメタと無次元風速

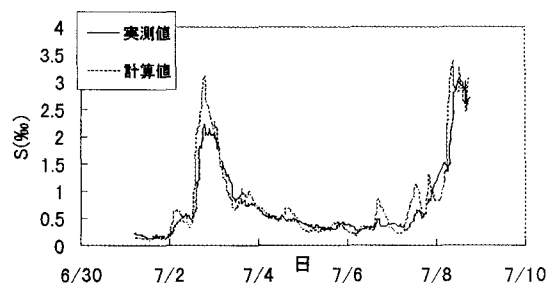


図 - 6 表層塩分濃度