

## 内川の西側感潮域における塩淡水 2 層密度流の水利特性

富山県立大学工学部 学生会員 ○笹川幸寛  
富山県立大学工学部 正会員 手計太一

## 1. はじめに

密度流は密度の異なる物質間で密度差をなくそうとして起きる流下・混合現象である<sup>1)</sup>。

密度流現象の中でも河口付近の河川水と海水との密度流は、潮位や河川の流速、流量、淡水と塩水の密度差などで大きく変化し複雑であり、河川への塩水遡上は多くの環境問題を引き起こすことが良く知られている<sup>2), 3), 4)</sup>。そのため、個々の河川感潮域における流動や水質の特性を詳細に調査する必要がある。

以上を鑑み、本研究では内川西側における塩淡水 2 層密度流の水利特性を明らかにする。

## 2. 観測対象

図-1 は内川と観測値の概略図である。本研究で対象とする内川は富山県東部の射水市の新湊を流れる庄川右支川の 1 つである。富山新港の開発で上流、下流ともに富山湾に接続し、海水が滞留して水質汚濁、悪臭が発生している。1981 年からは、庄川からポンプ揚水し人工的な流れを作り水質改善を試みているが、抜本的な改善には至っていないのが実情である。観測箇所の藤見橋、宝くじ橋共に川幅は 6 m、二の丸橋付近の川幅は 20 m である。また、水路は矩形断面で、内川の河床勾配はほとんどない。

## 3. 観測機器

本研究では超音波ドップラー多層流向流速計(ADCP; Teledyne RD Instruments 社製)を用いている。ADCP はドップラー効果を利用して 3 次元的に水中の流速を計測できる機器である。

## 4. 観測方法

西内川の藤見橋、宝くじ橋地点は ADCP を取り付けた小型ボートを河川の中央部に設置し観測した。東内川においては、二の丸橋付近に接岸している商業船を借り、その船尾に ADCP を取り付けたボートを係留し観測した。

天文潮位に応じて定期的に、また 3 日間から 6 日間程度連続で観測を行った。

観測は 2012 年 2 月から 12 月までの約 10 ヶ月間に、潮位の状況に応じて 14 回実施した。

ADCP の計測設定条件は表-1 の通りである。

## 5. 観測結果と解析結果

## 5. 1 塩水楔の特徴

内川ではポンプ揚水が停止する 17 時から塩水が楔状に遡上する。楔の形状は潮位によって変化が見られた。大潮時の上げ潮下げ潮、小潮時の上げ潮下げ潮の 4 つに分類し比較した。代表例として大潮の上げ潮は 2012 年 6 月 4 日、大潮の下げ潮は 2012 年 9 月 2 日、小潮の上げ潮は 2012 年 5 月 15 日、小潮の下げ潮は 2012 年 6 月 27 日の観測結果を図-2 に示す。図中の赤色系は順流、青色系は逆流を示している。小潮よりも大潮時の塩水遡上の楔の高さが大きいことや小潮時には塩水楔が侵入する前に全層で逆流が見られた。このような現象は大潮にはあまり確認されなかった。

## 5. 2 塩水楔の遡上速度

図-3 は塩水楔の遡上速度と潮位の関係を月別に比較した。遡上速度は春から夏にかけて上昇し、夏から冬にかけて減少する傾向がある。遡上速度と潮位を比較すると、潮位が上昇すると遡上速度も増加し、潮位が低下すると遡上速度も減少することがわかる。

また、塩水遡上が 2 地点の観測値を通過した時の潮位差と遡上速度を比較した(図-4)。潮位が極小値、極大値に近づくほど遡上速度は大きくなるという傾向がある。



図-1 内川と観測地点の概略図

キーワード 密度流 ADCP 塩水楔 塩水遡上

連絡先 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180 富山県立大学 TEL0766-56-7500 E-mail : s917012@st.pu-toyama.ac.jp

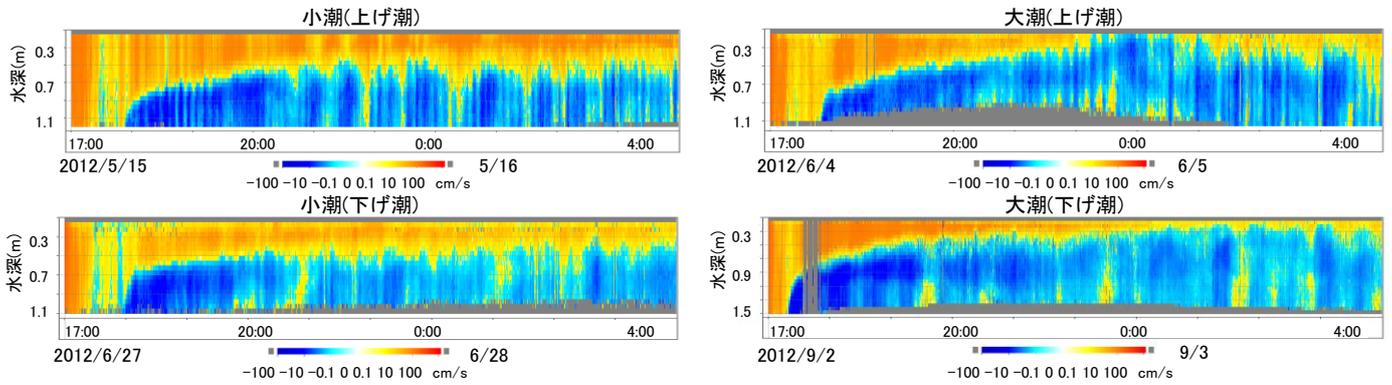


図-2 ADCP を用いて観測した鉛直方向の流速分布と時系列

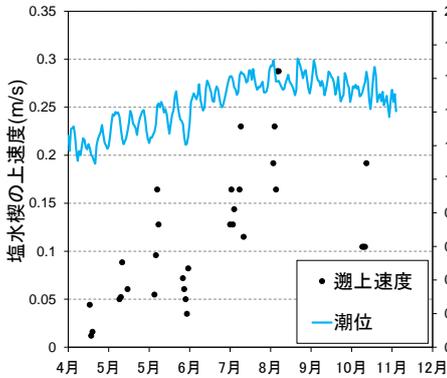


図-3 潮位と塩水楔の遡上速度

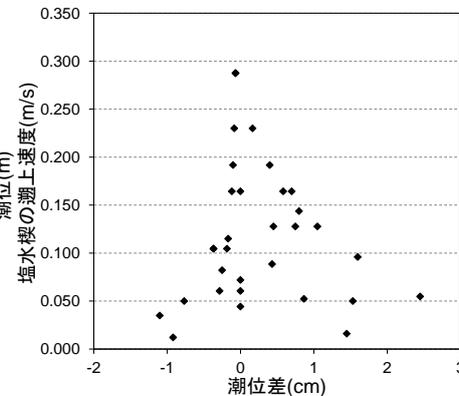


図-4 潮位差と塩水楔の遡上速度との関係

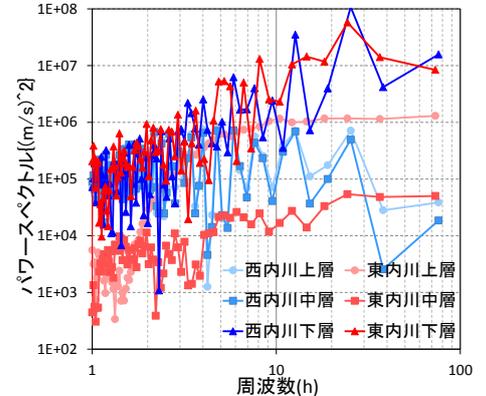


図-5 流速の周期特性

表-1 ADCP の計測設定条件

計測モード	11
計測層厚	0.05 m
計測層数	50
アンサンブルタイム	1.04 sec
ウォーターピング数	3
ボトムトラック機能	on
ボトムピング数	3
固定観測における流速誤差の標準偏差	0.77 cm/s
計測コーディネーション	アース コーディネート

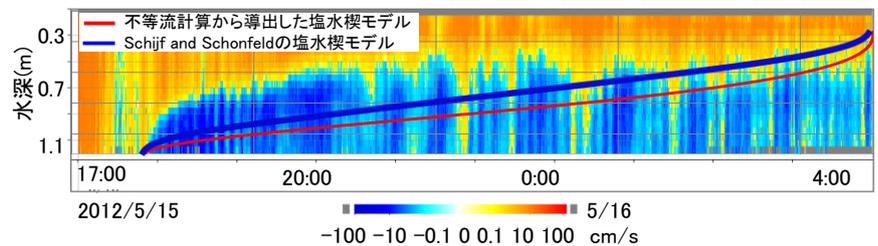


図-6 観測値とモデルの塩水楔形状の比較

### 5. 3 周波数解析

西内川の上層, 中層, 下層の代表流速を水深 20 cm, 60 cm, 110 cm, 東内川上層, 中層, 下層の代表流速を水深 20 cm, 80 cm, 160 cm とし流速の FFT 解析を行った(図-5). 西内川も東内川も下層に強い周期性が認められた. 西内川は 12, 24 時間周期が認められた. これらは潮位変動とポンプ揚水の時間に因るものと考えられる. また, 東内川は 24 時間周期が認められた. 東内川にはポンプ揚水の影響はないので, これは潮位変動に因るものと考えられる. さらに東内川には 8 時間周期も認められたが, この要因は明らかになっていない.

### 5. 4 塩水楔モデルの比較

不等流式から導出した塩水楔形状と Schijf and Schonfeld モデルと観測値を比較した(図-6). 観測値は代表例として 2012 年 5 月 15 日の流速コンター図を使用した. 不等流計算で導出した塩水楔モデルは図中の赤色の線で示し, Schijf and Schonfeld モデルは青色の線で示

した. 2 つのモデルを比較すると, 塩水部分の水深が異なることがわかる. 次に, モデルと観測値を比較すると, 楔の先端の形状が大きく異なっている. また, 観測値は楔が侵入してから約 3 時間のところから塩水部分の水深に変化がないのに対し, モデルは楔先端から末端までだらかにか水深が増加する形状になっている.

### 参考文献

- 1) 田中清: 河口密度流について(I), 水理講演会論文集, 第 4 回, pp.31-32, 1960.
- 2) 小野寺真一, 齋藤光代, 清水裕太, 大西晃輝, 吉川昌志: 感潮河川における河川-地下水交流及び栄養塩負荷, 水文・水資源学会 2012 研究発表会要旨集, pp.116-117, 2012.
- 3) 手計太一, 奥川光治, 坂本正樹, 安田郁子: 海水と浄化用水が複雑に交差する内川の水環境に関する基礎的研究, 水工学論文集, 第 55 巻, pp.S1663-S1668, 2011.
- 4) 手計太一: 内川感潮域における塩水遡上時の水理特性, 土木学会論文集 B1, Vol.68, No.4, pp.1\_1327-1\_1332, 2012.