

40. 内川西側感潮域における鉛直流速分布と富山湾潮位の関係

笹川 幸寛^{1*}・手計 太一²

¹富山県立大学大学院工学研究科環境工学専攻（〒939-0398 富山県射水市黒河5180）

²富山県立大学工学部環境工学科准教授（〒939-0398 富山県射水市黒河5180）

* E-mail: sasakawish@gmail.com

河川感潮域では複雑な流動に起因する固有の問題が発生しているため、それぞれの河川感潮域に応じた水理現象を解明しなければならない。本研究では富山県射水市新湊を流れる庄川右支川の一つである内川を対象とした。内川は富山新港の開港により上流と下流が海に接続したことと、海と並行して流れていることもあり海水が滞留し、水質・悪臭問題が発生した。本研究の目的は、内川西側感潮域における流動や水質の特性を明らかにすることである。ADCPを利用した長期的な流動調査の結果、西内川において確認されている塩水遡上の特性と富山湾潮位との関係を明らかにした。

Key Words : salt wedge, two layered flows, tidal area, ADCP

1. はじめに

密度流とは密度の異なる二つの海水や河川、空気の間などで発生する流下・混合現象であり、密度流現象の中でも河口付近で発生する河川水と海水による密度流はとても複雑である。河川感潮域では河川の流量や流速、淡水と塩水の密度差、潮汐の影響を強く受けるため流動が複雑であり、海水とともにプランクトンや甲殻類、魚類が侵入するので食物網も複雑である。

そのため、河川感潮域では多くの問題を引き起こすことが良く知られている。遡上してきた海水が農業用水路に侵入し農作物に大きな被害をもたらしたり、塩水を取水し工場の精密な機械が停止するなど多くの取水問題や環境問題が発生している。

また、密度流現象の境界面が混合せず安定するためには、フルード数やレイノルズ数、塩淡密度差など様々な条件が関係しており、河川感潮域における水理特性は極めて複雑である¹⁾。そのため、個々の河川感潮域について固有の流動・水質特性を詳細に調査する必要がある。

例えば、感潮域における魚の大量斃死問題²⁾、広域地下水との相互作用³⁾、実河川における成層密度流の水理特性に関する研究⁴⁾などが挙げられる。

手計ら^{5), 6)}は富山県射水市新湊を流れる内川を対象に、感潮域における水環境や流動に関する調査を



図-1 内川西側感潮域と観測値の概略図

実施している。その結果、西内川においては人工的な流動のため、生物がほとんどいない環境になっていることを明らかにしている。また、夜間のポンプ停止中における水質悪化や悪臭の発生を報告している。

以上を鑑み、本研究では富山県射水市新湊を流れる内川の西側感潮域におけるADCPを利用して長期計測した塩水楔の水理学的特徴と潮位変動の関係を明らかにすることを目的としている。

2. 観測対象

図-1は内川西側感潮域と観測値の概略図である。本研究で対象とする内川西側感潮域（西内川）は富山県西部に位置する射水市の新湊を流れる庄川右支川の一つの内川の西側感潮域である。内川は海に平行して流れていること、河床勾配がほとんどないこと、流速がとても小さいことが特徴である。1968年に富山新港が開港されたことが原因で内川は上流、下流ともに富山湾に接続した。また、内川は中間の奈呉ノ浦でも海に接続し、奈呉ノ浦を境に西内川と東内川に分けられる。西内川では奈呉ノ浦から塩水が遡上している。1981年からは、庄川の水をポンプ揚水して人工的な流れを作り水質改善を試みているが、抜本的な水質改善には至っていない。

内川は流路延長が約0.7 kmの西内川、約1.5 kmの東内川の合計2.2 kmの2級河川に登録されている。観測は庄川分岐点から約500 mに位置する西内川の藤見橋地点で行った。藤見橋地点の川幅は6 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. 観測機器と観測方法

(1) 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（図-2）。ADCP は専用のポートに取り付け、水に浮かべ観測した。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。

ADCP は実河川における有用性が確認されており、これにより測定条件の厳しい実河川での利用も期待されている。

(2) 観測方法

奈呉ノ浦から庄川方向に流路延長約260 mの西内川の藤見橋に図-3のようにADCPを取り付けた小型ボートを河川の中央部にワイヤで係留し定点観測した。天文潮位に応じて定期的に、また3日間から6日間程度連続で定点観測を行った。

ADCPの計測設定条件は表-1の通りである。

4. 観測結果

西内川ではポンプ揚水が停止する17時過ぎから毎日塩水が楔状に遡上する。図-4は2012年8月6日16時から2012年8月10日8時までのADCPによる観測結果の

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-2 ADCP



図-3 藤見橋地点での観測風景

4日間の流速コンター図（下図）と同時刻の富山湾の潮位変化（気象庁・富山市）（上図）である。下図の縦軸は水深、横軸は時間を表しており色の濃さは流速を表している。流速の範囲は-0.2 m/s～0.5 m/sの範囲を表しているが、モノクロではわかりづらいので以下で示す。毎日9時から17時まで全層で安定した色となっている。これは9時から17時まで稼働しているポンプ揚水の影響であり、流速はプラスの値を示している。ポンプ揚水が停止する17時から翌日の9時まで下層と上層で色が違う。これは上層の流速は約0.03 m/sのプラスの値を示し、中層から下層にかけては約-0.15 m/sのマイナスの値を示す。つまり、中層から下層にかけて逆流が発生していることを示している。また、水深約1.5 m以上の灰色は河床を表し、水深は約1.5 mであることがわかる。上図の横軸はコンター図と同時刻の時間、縦軸は潮位変化であり、潮位変化量は約10cmである。これは、夏季の小潮の潮位変化である。また、図-5も図-4と同様に示す。時間軸は2013年2月26日16時から3月1日8時までの3日間を示している。図-5でも同様にポンプが停止した17時から楔状の逆流が発生していることがわかる。図-5では上層から下層まで全層で逆流が発生している。また、水深約1 m以上の灰

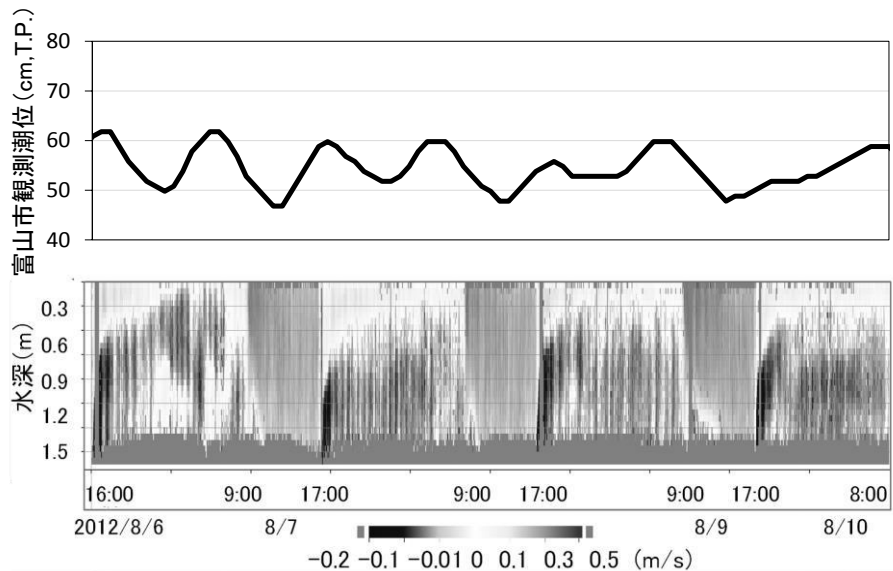


図-4 2012年8月6日16時から8月10日8時までの富山市観測潮位（上図）と観測結果（下図）

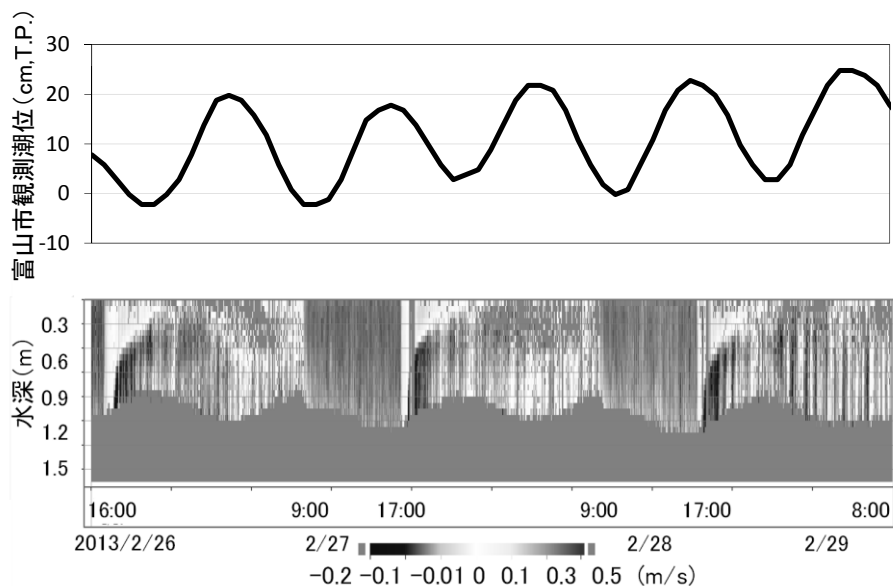


図-5 2013年2月26日16時から3月1日8時までの富山市観測潮位（上図）と観測結果（下図）

色が河床を示し、水深は約1 mである。上図は同時刻の潮位変化を示し、変化量は約20 cmである。これは冬季の大潮を表す。比較すると潮位変動に応じて内川の水深も大きく変動していることがわかる。

5. 結論

ADCPによる長期観測と富山湾の潮位変化の関係を示した。西内川では毎日下層に逆流が発生している。小潮時は西内川の水深があまり変化せず、大潮時は水深が大きく変動している。また、逆流が生じる高さも大潮時の方が大きい。さらに、潮位の低い冬季より潮位の高い夏季の方が水深が大きくなる。

以上から、西内川の流動は接続する富山湾の潮位変化に強く影響している。

参考文献

- 1) 嶋祐之, 推貝博美: 密度流の境界面の安定に関する実験, 水理講演論文集, 第4回, pp. 35-36, 1959.
- 2) 二瓶泰雄, 山口紘栄, 柏田仁: 魚大量斃死時における河川感潮域の DO 環境特性, 海岸工学論文集, 第56巻, pp. 1021-1025, 2009.
- 3) 駒井克昭, 中下慎也, Touch Narong: 河川感潮域における河床間隙水と広域地下水の循環機構に関する研究, 海岸工学論文集 第56巻, pp. 1156-1160, 2009.
- 4) 大橋行三, Suharnoto Yuli: 肱川感潮域における2成層密度流の水理特性--観測資料に基づく成層特性の解析, 農業土木学会論文集, 174, pp. 83-93, 1994.
- 5) 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. S 1663-S 1668, 2011.
- 6) 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. I_1327-I_1332, 2012.