

河川感潮域における流れの三次元構造と土砂動態の解明

熊本大学 学生会員 田中慎也 佐賀大学 正会員 平川隆一
熊本大学 正会員 大本照憲

1. はじめに

河川感潮域においては塩水の侵入により密度の不均一分布に伴って圧力場が形成され、河川感潮域に特徴的な密度流が生成される。このように淡水と海水の混じり合う河川感潮域は塩分濃度が空間的にも、時間的にも大きく変化する特異な環境である。Ridd¹⁾らはオーストラリア北部のノーマンビー川の河口域において、上げ潮時において水面を浮遊するマングローブの葉が河道中央に収束しながら上流方向へ遡上し、下げ潮時にはマングローブの葉が側岸部へ発散しながら流下する現象を(図-1、2)、水平方向に生ずる不安定な塩水の密度差が河道中央で対を成す密度循環流の発生の支配要因となることを指摘したが、塩分濃度、懸濁物質濃度の測定では水面付近と底面付近だけの横断方向の移動観測によるものであり、また横断面内の流速測定はある数点の定点観測によるため十分な河道内部の流況の現象の把握や解明には至っていない。

また大本らは²⁾は熊本市の南東部に位置する江津湖において安定な密度清掃を形成した下江津湖において湖水より水温の低い河川流が流入したことにより水平温度勾配が生じ、その結果として水平対流が発生し、鉛直循環流を形成していることを、超音波ドップラー流速計(ADCP)を用いた計測によって捕らえることに成功し、さらに水平対流が湖底近傍の水質に有意な影響を与えることを明らかにした。

一方で開水路流れにおける二次流の存在は古く Prandtl が指摘し、主として内部・外部摩擦との関連で詳細な検討が進められてきた。特に60~70年代以降の計測器の進歩に伴い、様々な断面形状を有する開水路流れにおいて、二次流を含む三次元構造が明らかとされている。^{3),4),5)}大本ら⁶⁾は二次流が生ずる最も基本的な流れと言われるアスペクト比が2の矩形開水路開水路流れへ直接数値シミュレーション(DNS)を適用し、固体および水面隅角部という境界条件の種類、ならびに

側壁の傾斜角を変えて二次流構造の解明を行なうとともに、渦構造の抽出法を用い管状旋回渦を直接観察することで、開水路隅角部の三次元乱流構造について考察した。これらの検討は、点計測法および流れの可視化法を駆使した室内実験による成果であるが、それに対して実河川における検討例は極めて少ない。これは、実河川では必要な労力が多大であることに加えて、計測機器とそのアプリケーションが十分に確立していなかったことが指摘される。

そこで本研究では河川感潮域において横断面内の流れ場を定量的に把握するため ADCP によって河道の単一断面において横断方向に多数回往復して計測を行い、同時に流れ場に影響を与える支配因子の把握を目指し塩分濃度と土砂濃度の横断方向移動観測を行い、流れの三次元構造と土砂動態の検討を行った。

2. 観測地点および観測方法概要

観測地点は、唐人川(熊本市玉名町)の河口より3.9km付近で、川幅が46mから成り兩岸堤防がほぼ直線に近い河川において台形断面形状から成る低水路が緩やかに蛇行する河道特性を持つ複断面河道が直線に近い河道を選定した。(写真-1)

流れの測定は、平成21年5月20日(小潮)の観測では Stream Pro ADCP(写真-2)を用いて、側線を張り、横断方向に多数回往復させ曳航観測した。表-1に SP-ADCP の計測条件を示す。計測線における横断面内の土砂濃度については ADCP から流速と同時に得られる水中散乱体からの反射強度を利用して懸濁粒子の濃度が推定できる。本研究では、Compact-CTD(JFE アレック社製)と ADCP を同時観測し、ADCP の超音波反射強度から濁度への校正式を算出した。

また塩分濃度の測定は平成21年12月12日(小潮)に実施し塩分濃度計(YSI ナノテック社製、600QS)をボートに舷側に固定し横断方向に移動観測を行った。

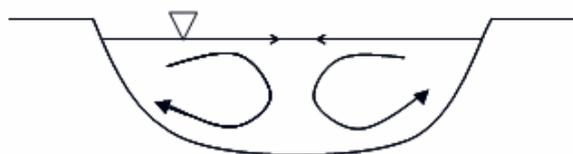


図-1 上げ潮時の横断面内の収束流

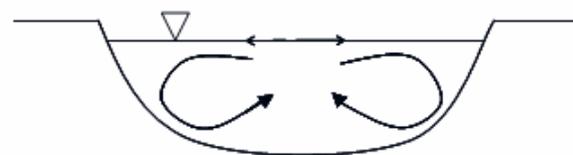


図-2 下げ潮時の横断面内の発散流

表-1 SP-ADCP の計測条件

設定層数	20層
設定層厚	15cm
最大測定距離	3m
測定精度	±1.0%又は±0.2cm/s
測流範囲	±2m/s
周波数	2.0MHz
ビーム数	4ビーム



写真-1 観測地点の概要



写真-2 Stream Pro ADCP

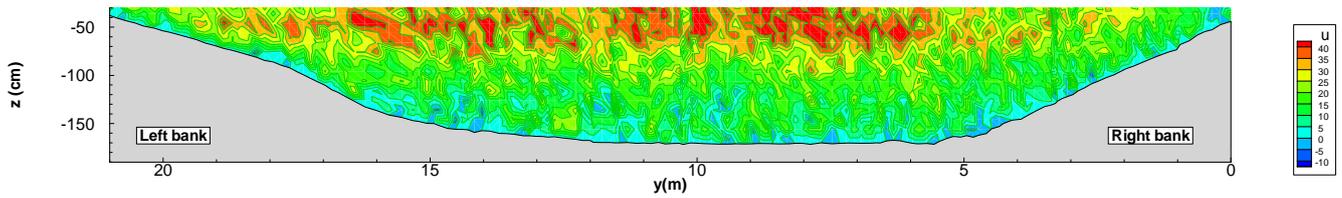


図-3 下げ潮時における主流速 u の等値線

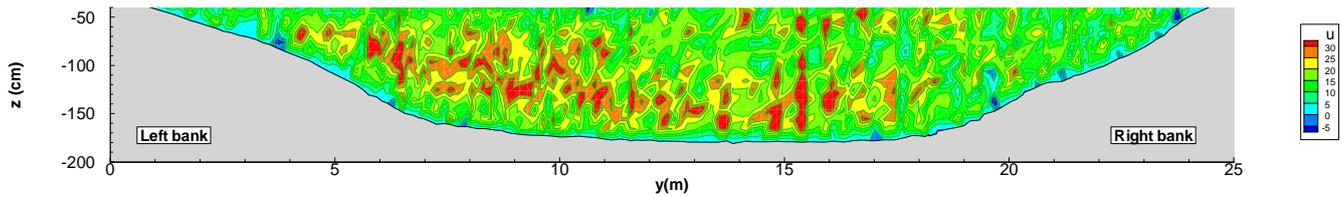


図-4 上げ潮時における主流速 u の等値線

3. 横断面内流況

図-3, 4に下げ潮時また上げ潮時の主流速 u の等値線を示す。下げ潮時の主流速 u の等値線に注目すると水面近傍で主流速 u は大きくなり側面、底面付近では摩擦の影響を受け比較的小さな値となっている。上げ潮時の主流速 u の等値線においては、矩形断面開水路流れでは特徴的な現象であった水面下に降下した最大流速点が存在した。これは内部で形成される循環流が生じていることが示唆される。

5. おわりに

今後の課題としては、本研究で計測した塩分濃度と土砂濃度が横断面内の流れ場に及ぼす影響を検討することにより横断面内の流況特性を把握する。

参考文献

- 1) P.V.Ridd, T.Stieglitz and P.Larcombe: Density-driven Secondary Circulation in a Tropical Mangrove Estuary, Estuarine, Coastal and Shelf Science (1998) 47, 621-632
- 2) 大本照憲、矢北孝一、福島博文 : 湧水を伴う湖沼の水平対流と水質特性、水工学論文集、第45巻、2001.2
- 3) Nezu, I. and Rodi, W.: Open-channel flow measurements

with a Laser Dppler anemometer, J. Hydr. Eng., Vol.112, No.5, pp.335-355,1986

- 4) Tominaga, A. and Nezu, I.: Turbulent structure in compound open-channel flows, J. Hydr. Eng., Vol.117, No1,pp.21-41,1991
- 5) Shiono, K. and Muto, Y.: Complex flow mechanisms in compound meandering channels with overbank flow, J. Fluid Mech., Vol.376,pp.221-261,1998
- 6) 大本照憲、林俊一郎、本田逸郎 : 直接数値シミュレーションによる開水路隅角部の三次元乱流構造の解明、土木学会論文集、No.810/II - 74、59 - 78、2006.2