

# 菊池川河口域における流れと物質輸送について

## FLOW PATTERN AND SEDIMENT TRANSPORT IN THE KIKUCHI RIVER MOUTH

大本照憲<sup>1</sup>・平川隆一<sup>2</sup>

Terunori OHMOTO and Ryuichi HIRAKAWA

<sup>1</sup>正会員 工博 熊本大学教授 工学部環境システム工学科 (〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39番1号)

<sup>2</sup>正会員 博(工) 佐賀大学助手 理工学部都市工学科 (〒840-8502 佐賀市本庄町1番地)

In the Kikuchi River, which is located in the northern part of Kumamoto prefecture, sediment deposition at the estuary has become a serious social problem in recent years. In this study, in order to grasp the present situation of sediment transport in the Kikuchi River estuary, the flow velocity was measured along the water-route and across the river by Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) in the period of spring tide. Furthermore, automatic water sampler was placed on the river side to extract suspended solids and nutrient salts from the stream water.

The results showed that flow velocity was transversely uniformed at flood tide. Furthermore, the transport of the suspended solids was activated in the period of the strongest flood current.

*Key Words : Tidal river, River estuary, ADCP, Field measurement*

### 1. はじめに

海水と淡水が混合する河川感潮域は、塩分濃度が時空間的に大きく変化する流れ場である。そのため汽水域の生物にとっては、淡水や海水のみの流れ場とは大きく異なり特異な生息場所となっており、浸透圧の大きな変化に耐えうる生物のみが生息可能なため、生物種の数は一般的に少ない。また、河口・沿岸域においては、上流から運ばれる家庭雑排水、畜産・水田等農業廃水に含まれる栄養塩が凝集・沈殿、堆積、流動するために、水質に加えて底質も汚染されやすい環境となる。

近年、干満差の大きい有明海に注ぐ熊本県最北端の一級河川である菊池川河口域においては、河床低下が著しく、沿岸域に堆積した潟土が潮流に乗って干潮域の河岸に堆積しやすい傾向にある。このため、河口域では自然浄化能が低下し、生物の生育環境が著しく劣化したことが指摘されている。

河川の感潮域に関するこれまでの研究<sup>1), 2), 3)</sup>では、対象河口の干満差は1 m 程度であり、有明海に注ぎ込む河川に比べると小さい。白川においては定点観測の研究<sup>4)</sup>が行われている。

本研究は、干満差の大きい菊池川河口域の水環境において重要な要素となる平水時における潟土の輸送・沈降・堆積の諸過程を検討し、生物の生息・生育環境に与える影響を明らかにする。そのために、

底質が最も活発に移動する大潮時の上げ潮および下げ潮における流れ場の詳細な時空間構造の計測にはADCPを用いた。また、浮遊物質濃度の計時変化特性に対して自動採水器を、塩分濃度と水温の観測にはSTDを用い、菊池川河口域の平水時における流れおよび土砂輸送特性について検討を行った。

### 2. 観測地点および計測方法

現地計測の平面図を図-1に示す。計測線は、横断面内の流況に対して図-2に示すように、河口から1.4 km ~ 2.6 km の1.2 km 区間を200 m の等間隔で7計測線を設定した。この区間を計測対象とした理由は、河口から約1.9 km上流に位置する新大浜橋直下流の砂州上でのシジミの成長が比較的良好であり、また新大浜橋近傍では河川再生事業が計画され、その事前調査も兼ねているためである。

計測には、曳航型ADCP (RDI社: ワークホース 1200 kHz) と濁度計および多項目水質計を、船の舷側に取り付けている。

また定点観測として、新大浜橋付近の右岸に自動採水器および多項目水質計を設置し、土砂濃度、塩分および水温を計測した。調査日は、平成15年11月8日と9日および12月9日と10日の2回であり、いずれも大潮時であった。

なお、座標系は新大浜橋右岸根付け部を原点とし

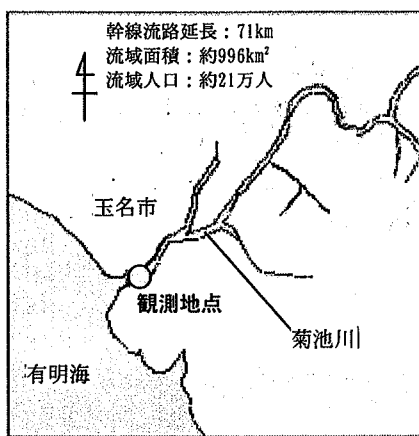


図-1 菊池川概要

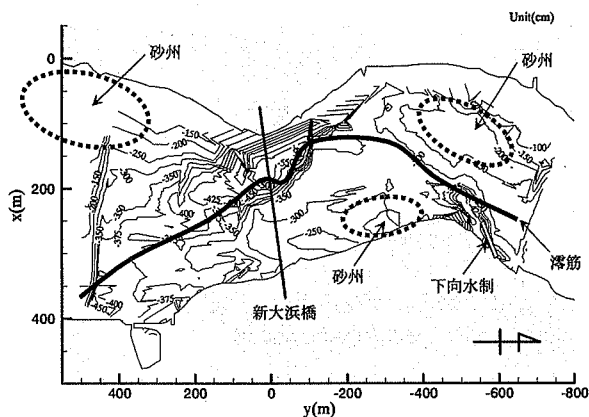
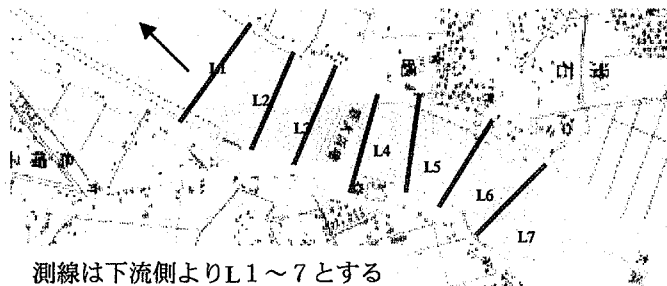


図-3 菊池川河口域の水深分布



測線は下流側よりL1～7とする

図-2 流速計測位置 (横断方向)

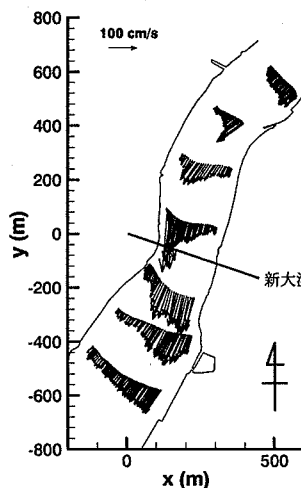


図-4 平面流速ベクトル  
(下げ潮時)

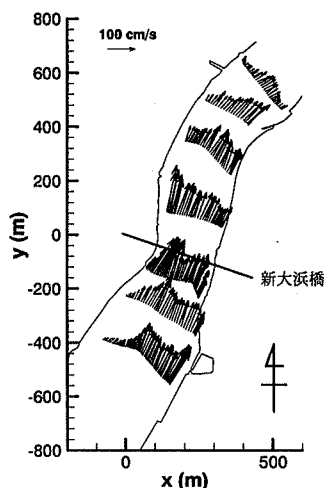


図-5 平面流速ベクトル  
(上げ潮時)

て、東向きをx軸、北向きをy軸としている。

### 3. 計測結果

#### (1) 河床形状

図-3 に河口から1.4 km ～2.6 km の1.2 km 区間における、ADCPによって得られた水深の分布を示す。図の右側が上流であり、横軸は新大浜橋からの南北方向の距離を表している。これより、計測範囲の上流側では左岸に設置された下向水制によって水制先端部に洗堀が生じ、下流へ伸びているのが分かる。座標中央部の新大浜橋近傍では、その直上流の右岸は湾曲部外岸の水衝部で、且つ、凸状に張り出して川幅を狭めている。この右岸凸部の先端部直上流で洗堀が起きており、水深は計測範囲内で最も大きく6 m に達している。計測範囲の最も下流側では左岸に極大洗堀深が生じている。極大洗堀深が生じているいずれの横断面においても、対岸側では砂州の影響で浅くなっている事が見て取れる。以上の結果よりこの区間においては、河床は一様ではなく、左右交互に極大洗堀深が生じている事が確認された。

#### (2) 流況特性

ADCPによる横断面流況の計測結果を基に、水深平均化された平面流況を図-4, 5 に示す。下げ潮時において水深平均流速は、滞筋部の蛇行の影響を強く

受け、側線L-1～3では左岸側で、側線L-4および5では右岸側で、L-6では左岸側で流速が大きいことが分かる。これらの箇所は図-3 において極大洗堀深が生じていた箇所と一致している。一方上げ潮時においては、水深平均流速は、下げ潮時に比べて滞筋の蛇行の影響を強く受けておらず相対的に横断方向に一樣に近い。なお、側線L-2および3は、シジミの生育環境が良好であることが報告されている場所であるが、他の場所に比べて流速の大きいことが分かる。下げ潮時に比べて、上げ潮時の方で水深平均流速が横断方向に一樣化したのは、上げ潮時の方が河床形状の影響を受け難いためである。理由としては、塩水および土砂の濃度は上げ潮時で大きく、両者は河床地形の影響を強く受け、滞筋部に沿って遡上する。このため、上げ潮時においては、河床地形の流れへの影響は下層の高濁度水塊および塩水によって緩和されたことが考えられる。

各計側線の横断面流況を図-6～9 に示す。図中の右側が右岸側、左側が左岸側である。

主流速は、計側線L-1では下げ潮時に表層で大きく右岸側底層では逆流速が認められ、上潮時には左岸側の主流部で大きいことが分かる。

計側線L-2では、下げ潮時に左岸側の滞筋部の底層で逆流速が生じており塩水遡上が認められ、表面流速は右岸側で大きな値を示していることが注目される。一方、上潮時の主流速は、鉛直方向に大きな

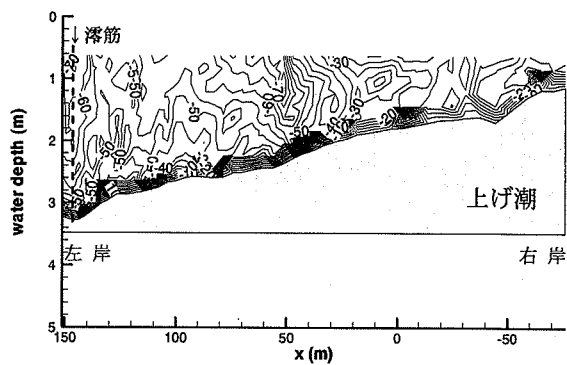
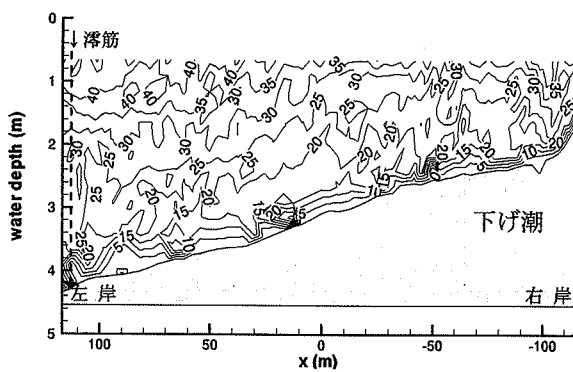


図-6 主流速の等値線 (L-1)

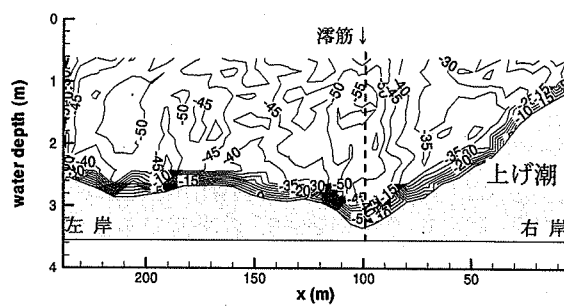
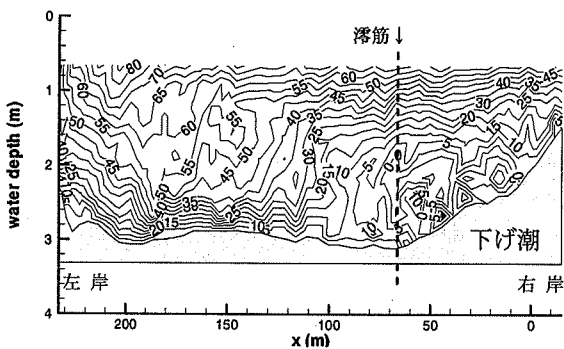


図-7 主流速の等値線 (L-2)

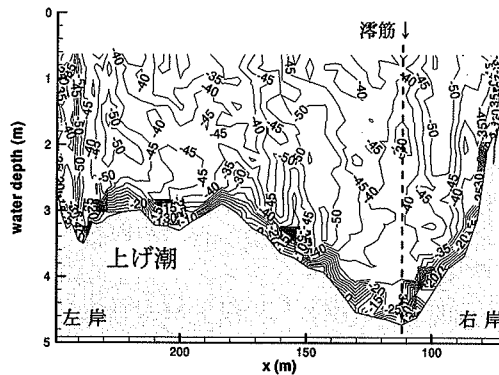
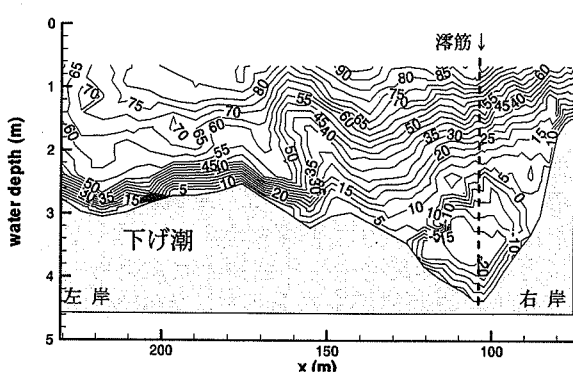


図-8 主流速の等値線 (L-3)

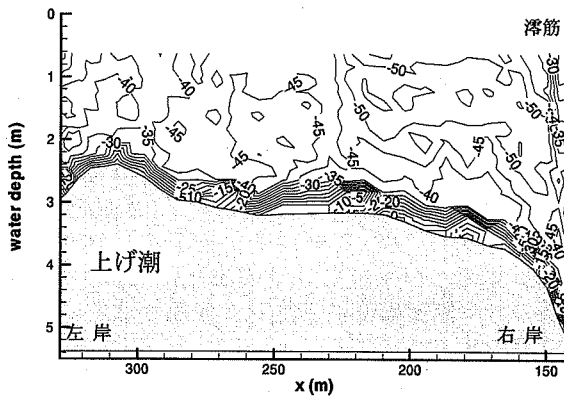
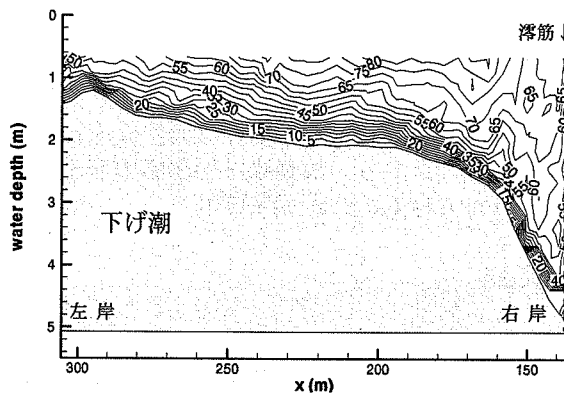


図-9 主流速の等値線 (L-4)

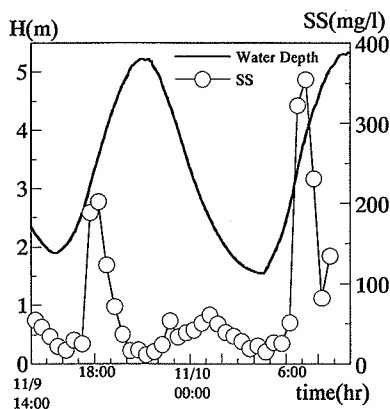


図-10 浮遊物質濃度の経時変化

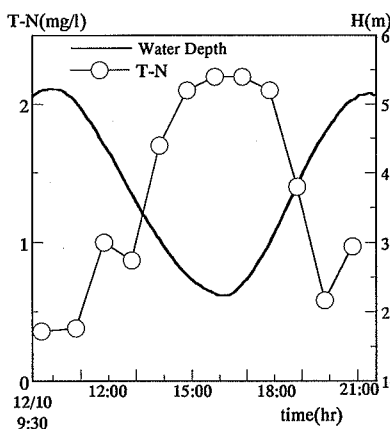


図-11 全窒素の経時変化

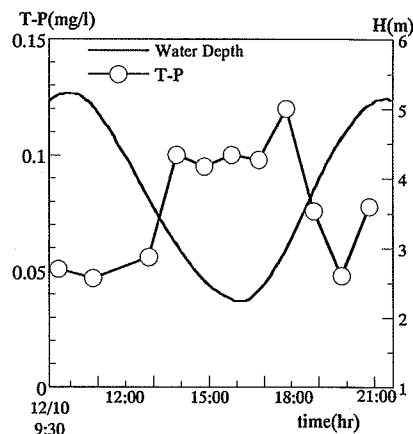


図-12 全リンの経時変化

変化を示さず、滞筋部および左岸側で大きな値を示すことが分かる。

計測線L-3は、計測線L-2の下げ潮時と同様に右岸近傍の底層で逆流速を示し、表面付近で極大流速を示す。一方、上潮時において流速は鉛直および横断方向にかなり一様な分布を示すことが認められる。計測線L-3は、流下方向に河道幅が拡大傾向にあり、下げ潮時においては全般的に減速流であり、上潮時には加速流と成る。このため上潮時に流れは上流方向に加速傾向を有し、このため流れは一様化したことが考えられる。一方、下げ潮時においては逆に減速傾向にあり、下層において逆流が生じたものと予想される。なお、上潮時において流れが加速流となり底面での流速が大きいため、河床における底質の堆積が生じ難い。河床材料がL-3において比較的粒径が大きいのはこのためである。

計測線L-4は、滞筋部の曲率半径が最も小さい位置に当り、下げ潮および上潮時とも右岸側に極大流速が現れている。但し、側線L-1～3の場合と同様に、下げ潮時には表面流速が大きく、上潮時には鉛直方向に一様であり、詳細に見れば、極大流速点は水面下に没している所もある。下げ潮最強流に近い時刻では、逆流速は現れていない。

なお、計測線L-5～7の結果の掲載は今回割愛したが、いずれの計測線においても下げ潮時には上層に極大流速が現われ、下層において逆流速は認められなかった。

### (3) 浮遊物質の変動特性

図-10には、平成15年11月9日・10日の大潮時における定点観測によって得られた、浮遊物質濃度(SS)と水位(H)の経時変化を示す。自動採水器の吸水部および水位センサの設置位置は、測線L-4近傍の右岸側滞筋部に当たり、河床から約50 cmの高さである。

浮遊物質濃度は、上げ潮時において水面勾配の極大値に近い上げ潮最強流時の前後1時間において大きな値を示し、最強流時においてSSは極大値200 mg/l と350 mg/l にまで達していることが分かる。それ以外の時刻では、概ね50 mg/l 以下である。こ

のことから、渦土を含む浮遊物質は上げ潮最強流に載って遡上し、その濃度は下げ潮時には相対的に低いことが認められた。図より計測位置の滞筋部では上げ潮および下げ潮間で潮汐の非対称性は顕著では無く、また、図-4および5から水深平均流速についても顕著な差は無い。上げ潮時における流れの鉛直方向の一様化に伴う河床近傍の主流速の増大が浮遊物質濃度を増大したことが考えられる。

### (4) 栄養塩の時間変化の特性

図-11, 12には平成15年12月10日の定点計測より得られた溶存態全窒素、溶存態全リンおよび水位の時系列変化を示す。溶存態の全窒素は、水位の減少に伴って濃度が上昇傾向を示し、干潮時には極大値が2.2 (mg/l)、満潮時には極小値で0.4 (mg/l) である。一方、溶存態の全リンについても全般的には類似の傾向が見られるが、上げ潮最強流時に極大値の0.12 (mg/l) に達している。平成5年度に設定された旧環境庁による生活環境の保全に関する環境基準によれば、年間を通じて底生生物が生息できる限度(生物生息環境保全)として、全窒素1 (mg/l) 以下、全リン0.09 (mg/l) 以下とある。干満差の大きく、潮流の強い菊池川河口域であっても、干潮時には可成り富栄養化の程度が高いことが認められる。なお、本論では懸濁態の全窒素および全リンについては計測していない。山本・末次<sup>5)</sup>によれば、有明海における底質は、溶存態栄養塩の供給源となることが示されている。図-10から浮遊物質は大量に上流の河川感潮域に輸送され、その多くは河岸低速領域に堆積していることから、栄養塩は懸濁態の形態で上流に輸送されていることが示唆される。

## 4. 結論

本研究では、干満差の大きい河川感潮域における流れ場と浮遊物質および栄養塩の時空間的な変化を詳細に把握するために、菊池川河口域においてADCP等を用いた現地計測を行った。その結果、以下のような知見が得られた。

1) 菊池川河口域の水深平均流速は、下げ潮時には

滞筋部の蛇行の影響を受け、極大洗堀深が生じているところで流速は速くなっているが、上げ潮時には下げ潮時に比べて滞筋部の蛇行の影響を強く受けておらず、相対的に横断方向に一様化する。

- 2) 潟土を含む浮遊物質の輸送は、上げ潮最強流時の前後1時間において最も多く350 mg/l 程度であり、下げ潮時の平均値の約7倍であることが明らかになった。このことより、潟土は干潟から河口へと遡上していることが実証された。
- 3) 干満差の大きく、潮流の強い大潮時においても菊池川河口域では、干潮時には濃度の高い栄養塩が検出された。

#### 参考文献

- 1) 川西登, 本宮和照: 河川感潮域における乱流と水質の鉛直構造の変動特性, 海岸工学論文集, 第49巻, pp.346-350, 2002.
- 2) 安達貴浩, 衛門久明, 橋本彰博, 高橋大吉: 那珂川河口域における塩水侵入の現地観測ならびに数値シミュレーション, 河川技術論文集, 第8巻, pp.489-494, 2002.
- 3) 鈴木伴征, 石川忠晴, 横山勝英: 河川感潮域におけるエスチュアリー循環の現地計測と数値計算, 河川技術論文集, 第9巻, pp.259-264, 2003.
- 4) 横山勝英, 宇野誠高, 森下和志, 河野史郎: 超音波流速計による浮遊土砂移動量の推定法, 海岸工学論文集, 第49巻, pp.1486-1490, 2002.
- 5) 山本浩一, 末次忠司: 筑後川河口部における底質中の形態別栄養塩の分布特性に関する研究, 水工学論文集, 第49巻, pp.1417-1422, 2005.

(2005. 4. 7 受付)