

河川感潮域に設置された水制群周辺の 流れと物質輸送について

FLOW PATTERN AND SEDIMENT TRANSPORT AROUND THE SPUR DIKES IN THE TIDAL ESTUARY

大本照憲¹・平川隆一²
Terunori OHMOTO and Ryuichi HIRAKAWA

¹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)

²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 around spur dikes at bend 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 : Spur dike, Tidal river, River estuary, ADCP, Field measurement

1. はじめに

菊池川は、その源を熊本県阿蘇郡深葉山に発し、阿蘇外輪山の溪流を集め、菊池市を流下して迫間川、合志川、岩野川等の支川を合わせつつ菊池盆地を貫流して、山鹿市の下流より狭窄部に入りさらに和仁川、江田川等の支流を合わせて玉名平野に出て、玉名市において支川木葉川、繁根木川を合わせて有明海に注ぐ。

流域は熊本、大分の両県にまたがり、その形状は楕円形をなし、主要支川が山鹿市上流の菊池盆地で合流する流域面積996km² (山地部786km² (79.0%) 平野部210km² (21.0%))、幹線流路延長71kmを有する熊本県最北端の一級河川である。

近年、菊池川においては、下流の汽水域の河床低下による砂浜の減少、ヤマトシジミの減少、そしてガタ土の堆積が、河川環境の変化としてもっとも深刻な問題である。

これまでの測量結果より、昭和38年から昭和56年にかけて河床低下が大きく進んでおり、特に下流域の河床低下が約2mと著しくなっている。また、河口から約2kmの大浜地区にはかつて広大な砂浜と松林が広がっていたが、現在は砂浜が消失している。砂浜が存在していたかつて

の菊池川河口域の代表的な生物であり、地元の人々の生活とも密着していたヤマトシジミは20年ほど前から大幅に減少している。

河口域におけるガタ土の堆積に関しては、定点観測による経年変化を示す写真や堆積厚さを示すデータがない。ガタ土の堆積状況を写真-1および2 (平成16年12月撮影) に示す。水制間や砂州の上にガタ土が堆積している。また、地元で長年暮らす古老のヒアリング調査では、菊池川河口域には「砂洲が多く見られ、豊富な砂があった」、「元々は白砂が多く、黒いガタ土はなかった」などの意見を得ることができた。数値的に過去との比較を行うことは難しいが、住民の河岸近傍の景観に対する印象によれば、河床低下および河岸のガタ土堆積は約40年前とは異なる環境をつくりだしていることが示唆される。

筆者らはこれまで、河川再生事業が行われている菊池川河口から1.6k~2.7kの範囲で、平水時における流れ場と物質輸送を明らかにしてきた¹⁾。

本研究では、干満差の大きい菊池川河口域の、特に湾曲部に設置された水制群周辺の水環境において重要な要素となる平水時における濁土の輸送および堆積の諸過程を明らかにすることを目的とする。

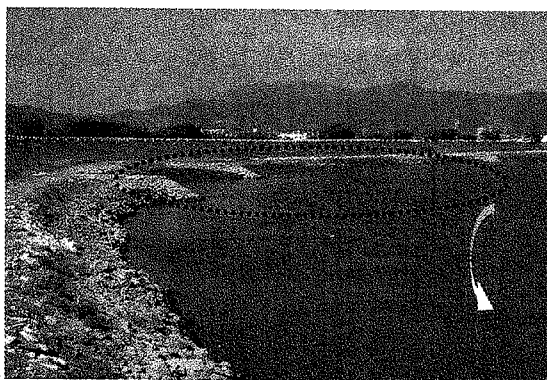


写真-1 河口から約4kmの右岸のガタ土

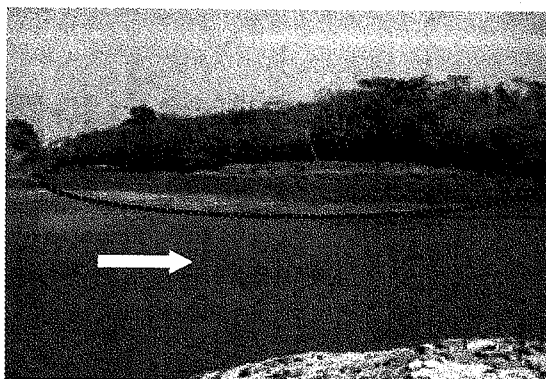


写真-2 河口から約5kmの左岸のガタ土

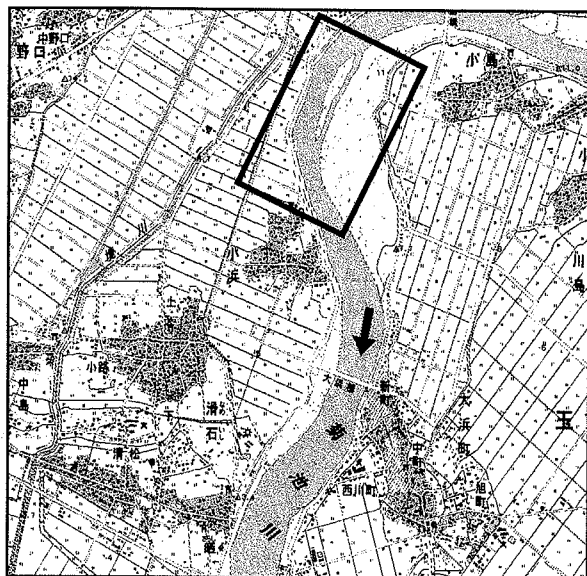


図-1 計測区間を含む周辺地図

2. 計測地点および計測方法

計測対象地域は、河口より4.2km～5.2kmの図-1に示す1km区間であり、図-2に示すように200m等間隔で6計測線を選定した。この区間を計測対象とした理由は、河口と比べ左岸にガタ土が多く堆積していることと、右岸に設置された水制の流況への影響を調べるためである。水制は、先端が平均満潮位になるよう20分の1勾配で堤防に取り付く形態で、約800mの区間に8基設けられている。河口より4.3km上流に設置された水制の先端を定点観測位置とした。

計測は、河床形状および詳細な流れの平均的特性を検計するために、平成16年4月20日、4月21日および12月14日、15日、27日、28日の大潮時に自動採水器を設置し、土砂濃度、塩分、水温および栄養塩（全窒素、全リン）を計測した。また、曳航型ADCPを用いて下げ潮および上げ潮最強流における横断面内の三次元流速場の把握を行った。

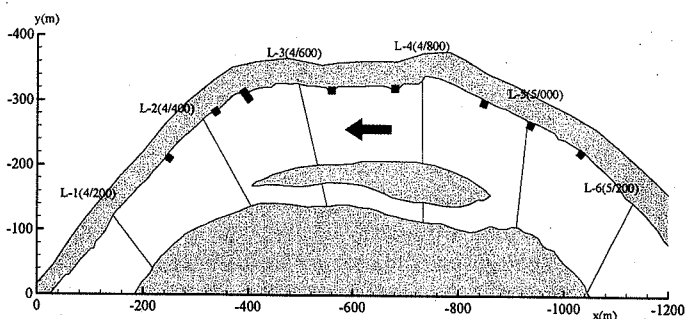


図-2 計測線（河口より4.2km～5.2km）

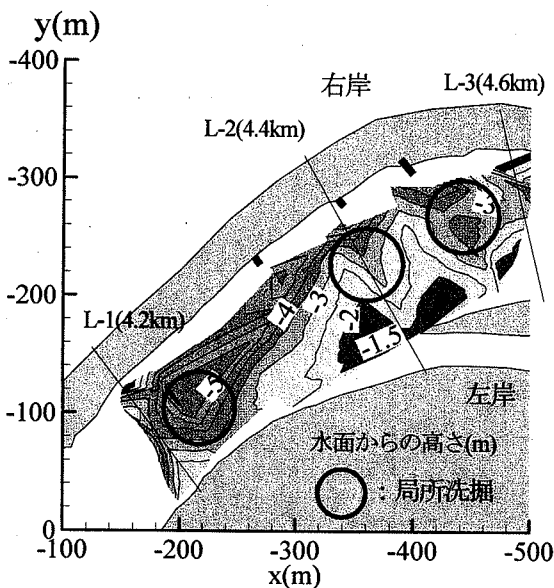


図-3 水制設置箇所周辺の河床形状

3. 計測結果

(1) 河床形状

計測から得られた4.2km～4.6km区間の河床形状を図-3に示す。ここでは、水制設置箇所周辺の水深分布とした。また、水制域内の河床は欠測部となっている。

全般的には右岸側に沿って水深は深く、左岸側は浅い。水制によって曲がりの影響は緩和されてはいるものの、局所的に右岸側に3箇所ほど水制先端部に大きな深掘れ

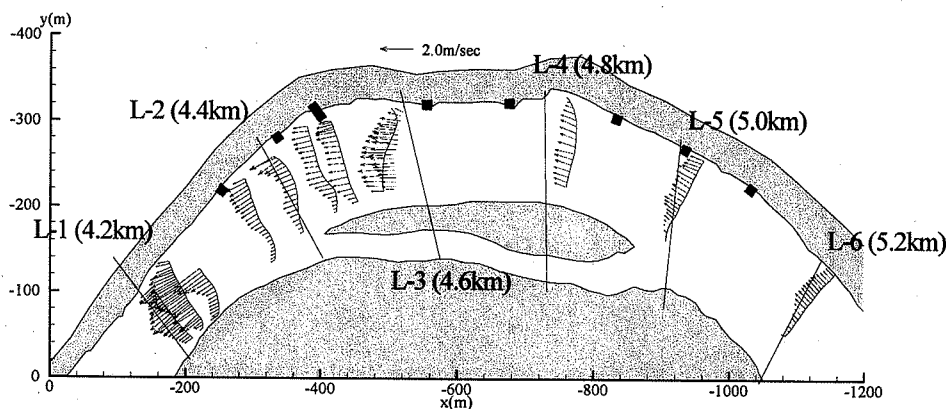


図-4 平面流速ベクトル (下げ潮時)

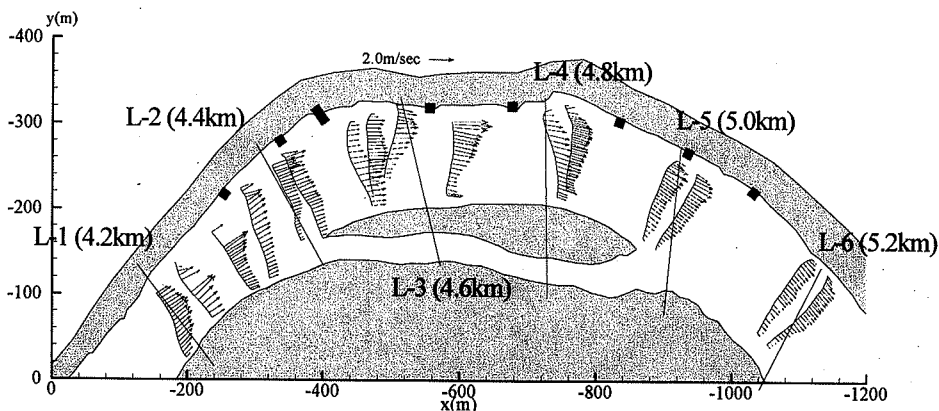


図-5 平面流速ベクトル (上げ潮時)

が発生していることが分かる。また目視観察により、右岸に在る島近傍の水際部におけるガタ土の堆積は特に顕著であった。

(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-1～6では右岸側で大きく、左岸側で小さいことが分かる。流速の大きい箇所は極大洗堀深が生じていた箇所と対応している。水制工による水刳ねや側岸部の流速低減は、計測範囲では見られない。一方上げ潮時においては、水深平均流速は、下流から1, 2, 4, 5, 7基目の水制先端付近で水刳ね効果による物と思われる流速増加が見られるが、下げ潮時に較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様に近い。下げ潮時に較べて、上げ潮時の方が水深平均流速が横断方向に様化したのは、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、左側が左岸側に当たり、流速値は流下方向を正とした。

主流速は、全般的には上げ潮時に一様化し、下げ潮時には表面近傍で大きく下層で小さい鉛直方向に大きなせん断を受けた空間分布である。

さらに詳細に見れば、計側線L-1 (4.2km) では上げ潮時および下げ潮時の何れにおいても相対的に右岸に較べて左岸側で流速が大きく、特に下げ潮時には左岸側表層で大きな値を示していることが分かる。また、滞筋部に当たる右岸から30～40m離れた位置および70m位置において主流速は大きな値を示し、右岸から50～60m離れた位置において極小値を示している。このことから、滞筋部に当たる右岸から30～40m離れた位置および70m位置において下降流、右岸から50～60m離れた位置において河道の湾曲による地形性の上昇流の発生が示唆される。

計側線L-2 (4.4km) では、計側線L-1 (4.2km) と同様に上げ潮時には主流速分布は一様化し、下げ潮時には表面近傍で大きくことは共通している。しかしながら、右岸側は湾曲部外岸で深掘れが発生しているにも関わらず右岸側で高速流とはなっておらず、下げ潮時には右岸から約100m離れた位置に最大流速が現れていることは、

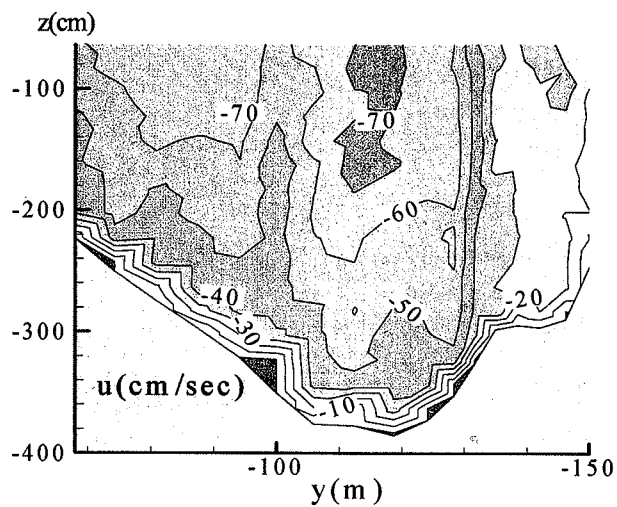


図-6 流速成分uの等値線
L-1 (上げ潮時)

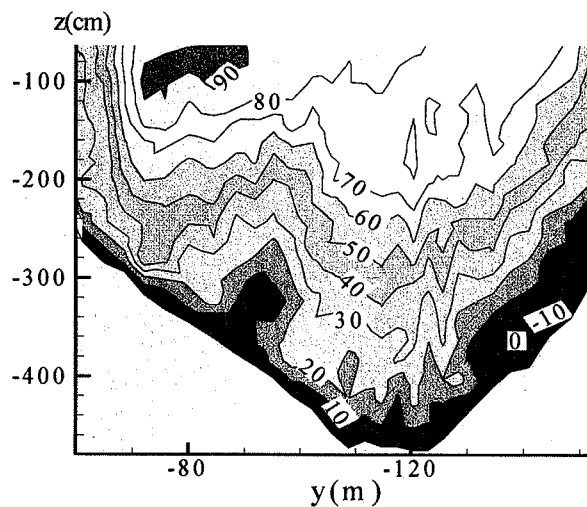


図-7 流速成分uの等値線
L-1 (下げ潮時)

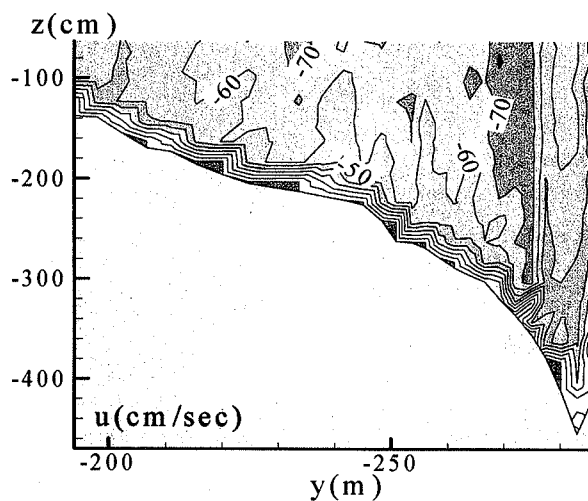


図-8 流速成分uの等値線
L-2 (上げ潮時)

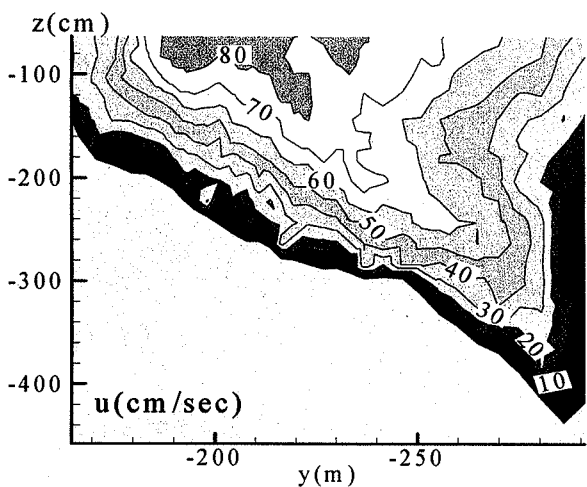


図-9 流速成分uの等値線
L-2 (下げ潮時)

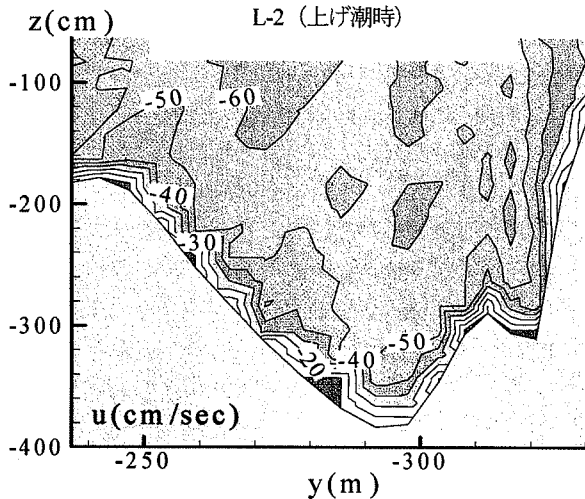


図-10 流速成分uの等値線
L-3 (上げ潮時)

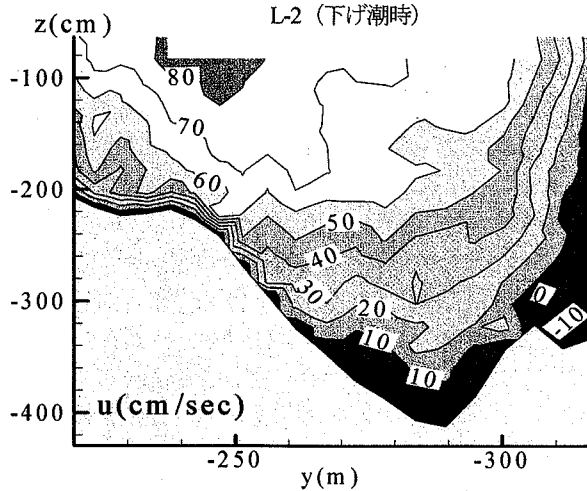


図-11 流速成分uの等値線
L-3 (下げ潮時)

特に注目される点である。右岸滞筋部底面に沿った塩水進入、さらにはL-2より上流側の水制による右岸側の流速低減効果および対岸に向けての水捌ね効果が影響した

ことが考えられる。

計測線L-2 (4.4km) と同様に、図-10および11に示す計測線がL-3 (4.6km) や、L-4 (4.8km) ～L-6 (5.2km)

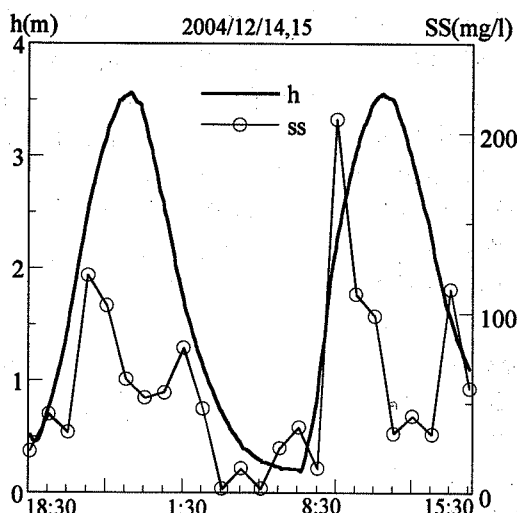


図-12 土砂濃度と水位の計時変化
(2004年12月14, 15日)

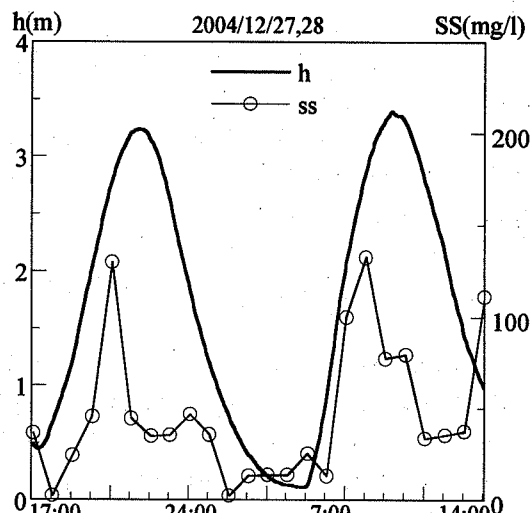


図-13 土砂濃度と水位の計時変化
(2004年12月27, 28日)

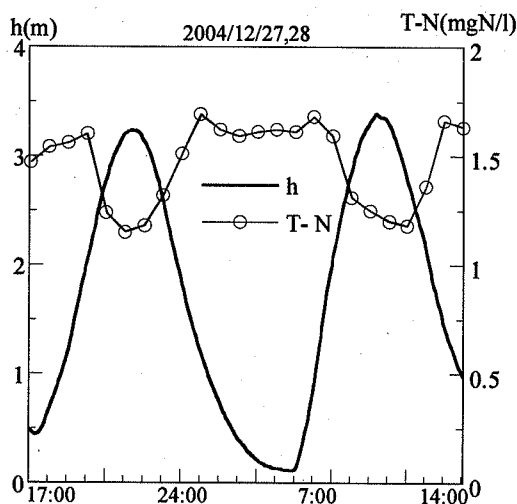


図-14 全窒素と水位の計時変化

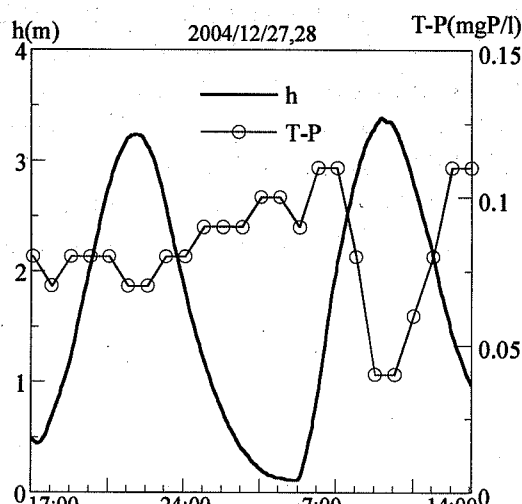


図-15 全リンと水位の計時変化

においても右岸側は湾曲部外岸で深掘れが発生しているにも関わらず、右岸側で高速流とはなっておらず、下げ潮時には左岸側表面において最大流速が現れていた。

(3) 水質特性

図-12および13は、平成16年12月14日、15日および12月27日、28日の大潮時における定点計測より得られた浮遊物質濃度の経時変化を示したものである。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-1近傍の右岸側水制先端部の河床から約50 cmの高さである。

浮遊物質濃度は、上潮時において水面勾配の極大値に近い上潮最強流時の前後1時間において大きな値を示し、最強流時では両日ともSS(Suspended Sediment)は極大値200mg/lにまで達している。それ以外の時刻では、概ね10~500mg/lである。濁土を含む浮遊物質は上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る。

浮遊物質と同じ時刻・場所から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図-14および15に示す。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1.6mg/l、満潮時には極小値で1.2mg/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0.10mg/lに達している。なお、本研究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。しかし山本・末次²⁾によれば、有明海における底質は溶存態栄養塩の供給源になることが示されている。図-12および13から、浮遊物質は大量に上流の河川感潮域に輸送され、その多くは目視観測により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、菊池川河口域の特に水制群周辺において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) 河口より4.2km～5.2km区間の水制群設置位置では、上げ潮時には主流速分布は一様化し、下げ潮時には主流速は空間変化が大きくなることが分かった。また、右岸側の湾曲部外岸で深掘れが発生しているにも関わらず、右岸側で高速流とはなっておらず、下げ潮時には右岸から約100m離れた位置に最大流速が現れていた。この原因として右岸滞筋部底面に沿った塩水進入、さらには右岸に設置された8基の水制群による右岸側の流速低減効果および対岸に向けての水勿ね効果が影響したことが考えられる。
- 2) 河口より4.2km～5.2km区間における浮遊物質濃度は、上潮時において水面勾配の極大値に近い上潮最強流時の前後1時間において大きな値を示し、最強流時にはSSは極大値200mg/lにまで達していた。それ以外の時刻では、概ね10～500mg/lであった。潟土を含む浮遊物質は上潮最強流に載って遡上し、その濃度は下げ潮時においては相対的に低いことが認められた。また、溶存態全窒素、溶存態全リンおよび水

位の時系列変化から溶存態の全窒素は、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1.6mg/l、満潮時には極小値で1.2mg/lであった。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たが、上げ潮最強流時に極大値の0.10mg/lに達していることが分かった。

今後は、ガタ土の堆積厚を把握し、水制域内の流れ場を計測することによって、より河岸近傍の流れと土砂堆積の関係を明らかにしていく予定である。

謝辞：本研究を行うに当たり、国土交通省菊池川河川工事事務所より貴重な資料を提供いただいた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 大本照憲，平川隆一：菊池川河口域における流れと物質輸送について，河川技術論文集，第11巻，pp333-337，2005。
- 2) 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。

(2006. 4. 6 受付)