肱川河口におけるADCPを用いた流況および地形変動観測

Measurement of Flow and Topography Change Using ADCP around Hiji River Mouth

中田正人¹•伊福 誠²•木村一郎³•原槇利幸⁴

Masato NAKATA, Makoto IFUKU, Ichiro KIMURA and Toshiyuki HARAMAKI

In this study, the flow and the topography change around the river-mouth bar are clarified by the measurement using ADCP. At the offshore side of river-mouth bar, the clockwise circulation is significant and the river-mouth bar advances toward the offshore. The growth rate of river-mouth bar is controlled by the sandy shoal which is formed at the terrace. After stopping the extraction of sediment at the offshore side of the river-mouth bar, the secular change of the sediment volume is approximately constant. Judging from this result, it is supposed that the sediment budget around the river-mouth bar is related to the extraction of sediment.

1. はじめに

近年,ドップラー流速分布計を用いた乱流計測や流量 計測に関する研究が行われるようになってきた(川西ら, 2002;佐藤ら,2004).著者らは,水準測量やADCPとRT K-GPSで構成した観測システムを用いて,これまで流れ が砂州地形形成に及ぼす影響について検討してきた(伊 福ら,1995,1996;中田ら,2007).本研究では,砂州周 辺の潮流と河川流の相互の流れと地形計測を行うことに よって,出水前後の土砂の堆積状況を詳細に把握して, 土砂移動が砂州の消長や周辺地形に及ぼす影響について 検討を行い,河口周辺の土砂管理に役立てようとするも のである.観測場所は,愛媛県南西部に位置する一級河 川である肱川の河口部である(図-1).



図-1 観測位置

2. 観測システム

(1) システム概要

水深と3次元流速を多層で計測できる観測システムを

1止 会 員	(株)エイトコンサルタント プロジェクト部
2 正 会 員	愛媛大学大学院教授 理工学研究科
3	(株)エイトコンサルタント 技術部

使用して観測を行った.システムに使用したADCPは, SonTek/YSI社の1 MHzで測定レンジ±10m/s,精度±1 %を,GPS受信機は基準局・移動局ともにTrinble社MS-750を使用した.RTK-GPSの精度は平面座標±2cm以内, 鉛直座標±3cm以内である.

(2) 観測方法

ADCP観測システムにより砂州周辺およびその沖合の 図-2に示す1,600x1,000 mの領域を設定し,上げ潮時・ 下げ潮時の潮流最強時間帯を中心に1計測当り約2時間で それぞれ測線間隔50mの測線上を約2m/sで移動しながら, 計測点の位置座標と1層厚0.5mで多層の3次元流速を5秒 間隔で連続計測した.また,上げ潮時と下げ潮時で測線 を25m ずらすことで測線間隔は25mとなり,地形計測 の精度を上げている.ADCPで観測が不可能な浅水部と 砂州においては,干潮時間帯にRTK-GPSにより歩行し ながらサンプリング1sで陸上測量を行い,効率性と観測 精度を高めた.





(3) 観測期間

当観測場所では、これまで2002年から観測を継続して きた.2007年からは、観測領域を拡大し2007年9月25~ 26日に沖側400mの1,000x1,000mを、2008年1月10~13日 に沖側1,000mの1,600x1,000mを大潮期において地形と同 時に流況観測をした、全域において可能な限り流速の速 い状態を観測できるようにするため,干潮・満潮時間の 1時間後から計測を開始し,約2時間で測線上を移動して 観測した.

3. 解析結果

(1) 河川流量

肱川流域のうち、中流域である大洲第二水位観測所の H-Q曲線式より2007年までの河川流量を算出した(図-3)、 台風上陸が10個を記録した2004年は、2,000m³/s以上の出 水が3回あり、2005年9月7日にも3,100 ton/s以上の出水 が3回あり、その内8月31日は3,200m³/s、2005年9月7日に も3,100m³/sの流量を記録している。



図-3 河川流量

(2) 風向風速

風向・風速については,波浪推算の基礎資料とするため,対象地点近傍の長浜アメダス(図-1)のデータを用いて整理した.



図-4 風配図(2002年~2007年:通年)

現地観測を行った2002年~2007年の風向・風速を通年, 季別にとりまとめ通年の風配図を図-4に示す.なお,季 節の区分は,冬季を1月~3月,春季を4月~6月,夏季を 7月~9月,秋季を10月~12月とした.通年の風向をみる と風速4.9 m/s以下は,全体の頻度も高く風向はS方向, 次いでNE方向に多いことがわかる.風速5.0~9.9m/sも 風速4.9m/s以下と同様な傾向を示すが,風速10m/s以上 になると頻度は少なく,風向もNNE方向,W方向に多い. 季別風向をみると,夏季は山から海に向けて吹き降ろす 4.9m/s以下のS方向(肱川沿いに吹き降ろされた風は観 測地点のある肱川河口右岸側ではS方向に偏向する)の 弱風が15%を占めるが,秋季においては,同じS方向で も5.0~9.9m/sの頻度が増えている.また,冬季は,季節 風によりNW方向の頻度が増えている.

(3) 来襲波浪

肱川河口部に来襲する波浪について、その地形条件よ り図−5に示すWSW~NNEを抽出し、現地観測を行った 2002年~2007年の長浜における風資料からSMB法を用 いて推算し、波向・波高を通年、季別にとりまとめた. 図−6および7は、それぞれ方位別波浪来襲頻度および波 浪波向頻度、波向別平均波高・周期である。

通年の波浪波向頻度図から、長浜における卓越波向は、 NNEおよびWであり、波高は、吹送距離の長短からNNE 方向は1.0m未満、W方向は1.0~2.0mが卓越する.季別 では、NおよびNNE方向の波浪出現頻度が高く、秋季か



図-5 対象波向



図-6 方位別波浪来襲頻度(2002年~2007年:全体)



図-7 波向別平均波高·周期(2002年~2007年:全体)

ら冬季にかけて季節風の影響によりNWおよびW方向の 波浪出現頻度が高くなるとともに、W方向においては、 2.0~3.0m未満の波高出現頻度も高くなっている.また、 対象波浪の周期は、出現頻度が高い波高0.5~1.25mにお いては、3.0~4.0sであり、対象期間の最大波高3.41m (2004年10月20日)に対応する周期は6.0s程度である.

図-8の時系列図より,2002年,2003年は,波高も最大で1.2m程度と小さく波向も分散しているが,2004年以降は,毎年10月~4月にかけてWSWおよびNNEから最大で2.8m程度の波浪が来襲している.



図-8 波高•波向時系列

(4) 流況

a) 上げ潮時

上げ潮時における底層付近の流況は、図-9に示すよう に河ロテラス沖合で沖浦漁港防波堤以南の海岸線に並行 な南から北へ向かう流れを示すが、河ロテラス上では、 漁港防波堤北端から陸方向に向きを変え河ロテラス上に 拡散して流れている。また、河ロテラス上の河口砂州沖 側では、そのまま北上する流れと河道内へ向かう流れに 分流し、河道内へは主として河口砂州発達側の右岸側沿 いに遡上している。





b) 下げ潮時

下げ潮時における底層付近の流況は、図-10に示すように北東から南西に向かって流れ、離岸堤沖側付近から 河口テラス上に回り込みがみられるものの、多くは港湾 護岸および堆積地形に沿って沖向きの流況を示している. また,河川流は主に澪筋部を流下し,沖浦漁港防波堤北 端で潮流と交わる流況を示している.このように,現状 地形における低水時の河口テラス上では,周辺構造物お よび河口テラス地形の影響を受け,上げ潮時の北向きの 流れが卓越しており,河口テラス上に堆積している土砂 を離岸堤方向および河口砂州中央部へと岸向きに輸送す る流れが顕著になっている.また,河口砂州中央部から 先端部にかけては,河口砂州の延伸と深く関わっている 時計回りの流れが卓越している.



図-10 底層付近の流速ベクトル(下げ潮時)

(5) 地形変化

広川河口における河床・海底地形図について 2003年
11月のものを図-11に、2006年1月のものを図-12に、
2007年1月のものを図-13に、2008年1月のものを図-14
示す.これらの深浅図から、沖側600m程度まで河口デ
ルタが形成され中心はやや北に偏心し、ほとんどその範
囲に変化がないことがわかる。河口テラス上では、2004
年9月の出水後に河口砂州がフラッシュされて沖側に堆
積し、図-12以降には河口沖側200mの河口テラス上に、
「くの字」状の堆積の帯が形成されている。また、「くの
字」状の堆積部は、年々陸側に向きを変え延伸している。
広川河口部の河床変動(断面変化)について、断面変化
がままい新見近土橋上流報(-200)な上が図 11 中の実

が大きい新長浜大橋上流部(x=270m)および図-11中の実 線で示す澪筋に着目して検討した.

澪筋沿いの河川縦断変化を図−15に示す.縦断距離x= -200m~x=320mにかけて変化が大きく、その前後はあま り変化していないことがわかる.河口砂州の発達は、x= 270mで最も大きく2003年11月~2004年3月にかけ大きく 成長したが、2004年8月に大きく洗掘され、その翌年の 2005年7月にも大きく洗掘されているのがわかる.

また,洗掘量は,新長浜大橋橋脚部のx=200m付近が 最大でその沖合い100m(x=100m)付近では堆積し,その 沖側の突堤部(x=0m)で洗掘される傾向にある.

河口砂州の消長が顕著なx=270m付近の河川横断変化 を図-16に示す.2003年11月~2004年3月にかけて横断方



図-11 河床·海底地形図(2003年11月)



図-12 河床·海底地形図(2006年11月)



図-13 河床·海底地形図(2007年11月)



図-14 河床・海底地形図(2008年1月)

向にも河口砂州が発達し,右岸から左岸方向に約50 m 延伸したが,2004年8月には約50mの後退,9月にも約50 m後退し,その後は,比較的安定している.また,横断 変化はy=350 mからy=500 mで大きく澪筋部は比較的安 定している.



図-15 河床縦断図



図-16 河床横断図

通常の肱川河口の地形変化は、「くの字」状の堆積が なかった時は、平時の時計回り循環流と冬季波浪により 新長浜大橋右岸上流部に河口砂州が大きく発達し、夏季 の出水によりその河口砂州が削り取られていたが、「く の字」状の堆積が生じた後は、同じような傾向にはある ものの河口砂州の発達は小さい.「くの字」状の堆積は、 図-12~図-14に示すように河口テラス沖側に堆積した土 砂が秋季から冬季にかけて卓越するWあるいはNNE (NNE方向は屈折の影響を受けN方向からの来襲となる) 方向からの波浪により変形されたものである.

「くの字」状の堆積が生じた後の地形変化について, 図-17に2007年3月~2007年9月の地形差分を,図-18に 2007年9月~2008年1月の地形差分を示す.河口砂州の消 長は,夏季の出水でフラッシュされ沖側に堆積し(図-17), その土砂が冬季波浪により巻き上げられ,岸側へ輸送さ れるとともに,潮汐に伴う沿岸流の時計まわりの循環流 との相互作用により,河口砂州が発達している(図-18). 2005年7月以降河口砂州の発達が小さくなっている要因 としては,「くの字」状の堆積後,卓越する冬季波浪に より輸送された土砂が波浪の卓越方向と直角に堆積し, この堆積が天然の潜堤効果を発揮して,岸側への伝播波 を減衰させ土砂の輸送を抑えるためと考えられる.



図-17 地形差分図(2007年3月~2007年9月)



図-18 地形差分図(2007年9月~2008年1月)

(6) 海砂利採取による影響

図-1に示す観測範囲から北に約1 km離れた海域に, 海砂利採取許可区域が設定され,1978年10月から2005年 3月までに累計29,600,000 m³の許可量で採取が行われて いる. 観測領域内の全体土砂量の経年変化を調べ,土砂 収支と海砂利採取量との関連を調べた(図-19).

観測領域内では,2005年3月の海砂利採取終了以降, 土砂量はほぼ同一で推移していることから,海砂利採取 は河ロテラスの土砂収支と関連があるのではないかと考 える.

4. 結論

本研究による主要な結論は以下の通りである.

(1) 潮流と河川流の相互作用で、河口砂州前面では砂 州の成長する方向に向いて時計回りの沿岸流が卓越し ている。



- (2) 河川は、下げ潮時は澪筋を中心に流下し、上げ潮時は河口砂州発達側の右岸寄りの遡上流れとなっている。
- (3) 出水による河口砂州のフラッシュで、河口テラス 上には同心円状に土砂が堆積し、冬季のNE~WSWの 卓越波向に直交するように「くの字」地形に変形して いる.
- (4) 河口テラス上に堆積した土砂が、冬季波浪により 河口砂州へ土砂を供給している。
- (5) 河口テラス上に形成されたバー地形の潜堤効果に より,河口砂州の成長速度が抑制されることがわかっ た.
- (6) 海砂利採取が禁止されて行われなくなってからの 河口土砂量の経年変化はほぼ同一で推移していること から、土砂収支に海砂利採取の影響が関わっているこ とが推測される.

謝辞:本研究は,科学研究費(基盤研究(B) No.17360230, 代表者:真野 明)の補助を受けて行ったことを記し, 謝意を表します。

参考文献

- 伊福 誠・三好栄一(1995):出水による肱川河口砂州周辺の 流れと地形変化,海岸工学論文集,第42巻,pp.601-605.
- 伊福 誠,三好栄一(1996):出水に伴う肱川河口砂州の崩壊 とその後の回復過程,海岸工学論文集,第43巻,pp.616-620.
- 川西 澄・鳥居義仁(2002):高解像度ドップラー流速分布計 による感潮河川における乱流境界層の観測,水工学論文 集,第46巻, pp.815-820.
- 佐藤慶太・二瓶泰雄・木水 啓・飯田祐介(2004):洪水流観 測への高解像度超音波ドップラー流速分布計の適用〜江 戸川を例にして〜,水工学論文集,第48巻,pp.763-768.
- 中田正人・伊福 誠・塩見政博(2007): ADPのボトムトラック機能を用いた砂州周辺の流れと地形計測,水工学論文集,第51巻, pp. 1069-1074.