

舞鶴工業高等専門学校 学生員○小倉 涼
 舞鶴工業高等専門学校 高垣元輝
 舞鶴工業高等専門学校 正会員 三輪 浩
 明石工業高等専門学校 正会員 神田佳一
 明石工業高専専攻科 学生員 田口敦士

1. まえがき 平成16年10月の台風23号以降、由良川河口部ではそれまで両河岸から発達していた砂州が右岸側のみとなり、開口部が左岸側に移動している（図-1）。このため、河川流が左岸側に偏奇し、河岸侵食の進行による護岸流出や隣接する海岸施設にも影響を及ぼすなど、河川防災上の問題が指摘されている。また、出水や波浪に対する砂州地形の応答特性が明らかでなく、河口閉塞による水位上昇も懸念されている。本文では、由良川河口地形の動態解明の一環として、河口砂州の定期測量結果を基に、河川流量や冬季波浪との関連において、その経年的特性を抽出して河口砂州の変動特性との関連性を把握する。また、平面二次元数値計算によって、砂州周辺の流れの制御について検討する。



図-1 河口砂州(平成23年7月)

2. 由良川河口砂州の変動特性 河口砂州形状の経年変化を把握するために、GPSを用いた地形測量を毎月実施している。図-2に平成24年1月から平成25年2月までの河口砂州の面積変化を示す（■記号）。冬季の2月から秋季の11月にかけて砂州面積は減少しているが、それ以降は増加に転じていることがわかる。図-3は平成24年1月から平成25年1月までの福知山での流量変化¹⁾である。また、図-4に同期間の経ヶ岬における有義波高の変化²⁾を示す。平成23年の5月と9月に2000～3000m³/s程度の出水があり、砂州面積はかなり減少した³⁾。しかし今年は顕著な出水はないにも関わらず、夏季から秋季にかけて砂州面積は明確な減少傾向を示している。一方、冬季になって砂州面積が増加しているのは有義波高の影響であり、平成23年の観測結果と共通している。砂州の形状変化をより詳細に把握するため、図-5に示すように、GPSで測量した砂州形状に対して基準線X、Yを設け、その基準線から川側および海側の砂州の最も突出している地点までの距離をTx、Lyとし、これらを砂州の特性長とした。これにより、河川流と潮流による砂州変形の傾向を見ることができる。図-2（○、△記号）より、Lyは観測期間を通じて大きな変化はみられないが、Txは11月以降減少傾向にある。これは波浪の侵入によるものであると推察されるが、海底地形の変化も影響している可能性があり、今後詳細な検証が必要である。なお、Txの減少にも関わらず

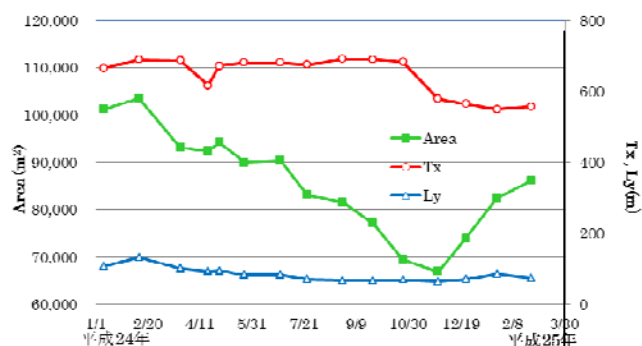


図-2 砂州面積と砂州特性長

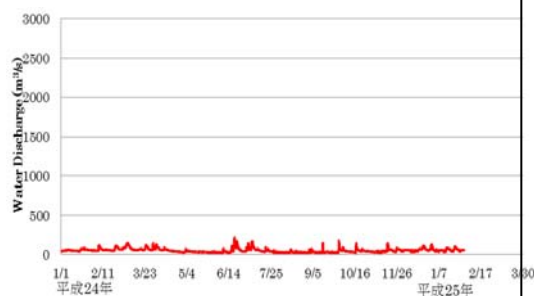


図-3 福知山における河川流量

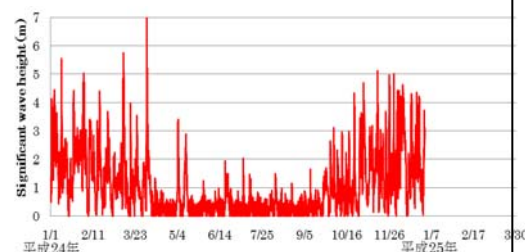


図-4 経ヶ岬における有義波高

砂州面積が増加しているのは、砂州南側への土砂堆積によるものであり、 L_y の負の方向に砂州が伸張したためである。

3. 模型実験と再現計算 水制による砂州周辺の流れの制御方法を検討するため、長さ8.4m、幅1mの水路を用いて固定床実験が実施された。水路下流端から1.1～3.0mの区間に1/400スケールの河口砂州模型を設置し、通水中の水位とPIV解析による表面流況の計測を行ったものである。また、流れを制御するために長さ30cm、幅4cm、高さ1cmの水制を下流側 $\pi/3$ の設置角度で左岸に取り付け、水制の効果も検討された。図-6に流量 $Q=1.0$ l/s（現地流量 $Q=3,200\text{m}^3/\text{s}$ に相当）、下流端水位 $H_0=8.0\text{cm}$ の条件下で、水制工がない場合と3基設置した場合の表面流速ベクトルを示す。一方、流れの計算にはNays2D⁴⁾を使用した。基礎式は平面2次元流れの連続式と運動方程式であり、一般曲線座標系が用いられている。計算領域は横断方向99分割、縦断方向320分割（ $\Delta x=\Delta y=0.01\text{m}$ ）とした。計算では移流項はCIP法、乱流場はゼロ方程式モデルを用いた。なお、マンニングの粗度係数は $n=0.020$ とした。

4. 再現計算による砂州周辺の流れ 実験と同じ条件下で通水した場合の水深平均流速ベクトルを図-7に示す。水制工がない場合、左岸方向上流からの流れは比較的速い速度で開口部に直接流れ込む流れ込み、右岸方向上流からの流れは砂州を乗り上げながら開口部方向に偏奇している。このような特性は数値計算においても確認できる。また、水制工を設置すると、とくに左岸上流から開口部への流速が低下し、水制がない場合に左岸に沿っていた主流が砂州側に移動する。数値計算では主流の移動は明確ではないものの、水制工下流の流速低下は再現されている。なお、水制工設置による主流の移動によって砂州の侵食促進が期待できる。

6. あとがき 顕著な出水が起きなくても砂州面積は減少することが判明した。この原因に関しては周辺地形の変動も考慮して検討する必要がある。また、水制工の効果については、おおむね実験の傾向を再現することができた。今後は移動床についても検討を行う予定である。最後に、本研究の一部は国土交通省平成23年度河川砂防技術研究開発公募 地域課題分野(河川)（研究代表者 神田佳一）の補助を受けて実施された。記して謝意を表します。

参考文献 1) 国土交通省:水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp/>) 2) 気象庁:波浪観測記録 (<http://www.jma.go.jp/jp/wave/>) 3) 三輪ら:第67回土木学会年次学術講演会講演概要, 2012. 4) 一般財団法人北海道河川財団:iRICproject (<http://i-ric.org/ja/>)

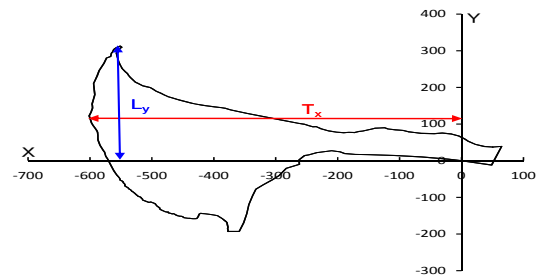


図-5 砂州特性長

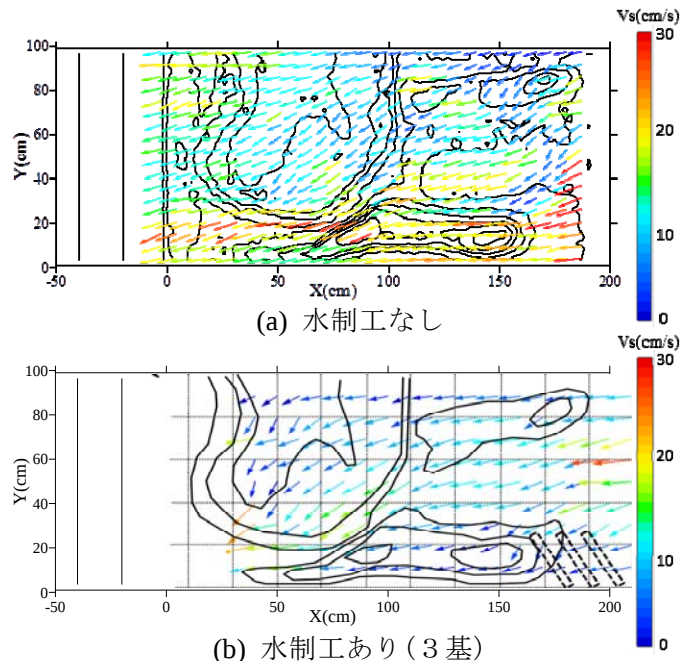


図-6 表面流速ベクトル測定結果

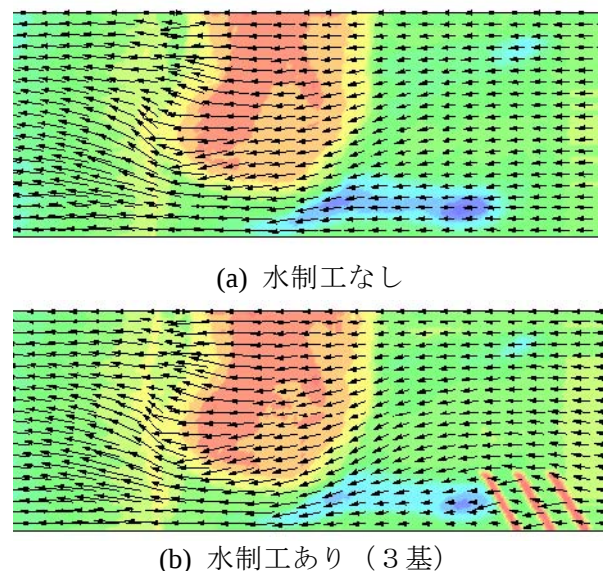


図-7 平均流速ベクトル計算結果