

舞鶴工業高等専門学校 学生員 〇山崎琴音
 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 学生員 越智尊晴
 明石工業高等専門学校 学生員 村上秀香
 明石工業高専 専攻科 学生員 孝子綸図
 明石工業高等専門学校 正会員 神田佳一

1. まえがき 由良川の河口砂州は2004年10月の台風第23号以降、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(a)）。2013年9月の台風第18号によって大規模な砂州の侵食が発生した（図-1(b)）が、依然として河川流は左岸側に偏奇しており、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とその制御法の検討の一環として、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、平面二次元河床変動計算によって、水制による砂州制御の効果について検討する。



(a) 2011年11月 (b) 2014年9月
 図-1 由良川河口砂州

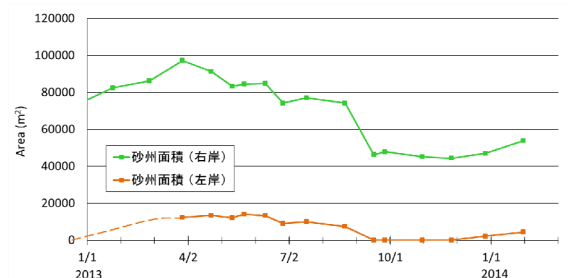


図-2 砂州面積の変化

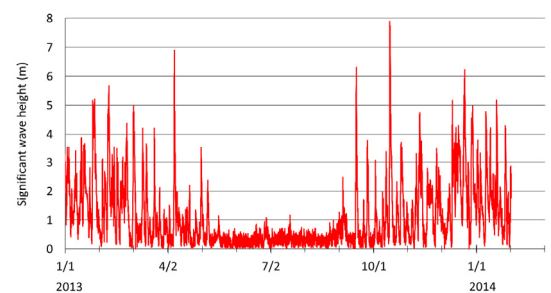


図-3 有義波高(経ヶ岬)

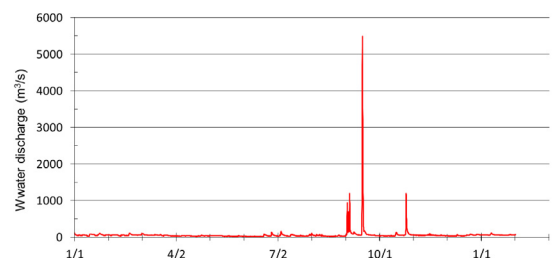


図-4 河川流量(福知山)

2. 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ほぼ毎月実施している。図-2に2013年1月から2014年1月までの河口砂州の面積変化を示す。なお、2012年12月から左岸側にも砂州が形成され始めた（測量は2013年3月から開始）。同図より、冬季の1月から4月にかけて砂州面積は増加傾向を示し、4月以降9月まで漸減傾向を示していることがわかる。図-3に同期間の経ヶ岬（河口より北方約30km）における有義波高の変化¹⁾を示す。これまでの検討で2.55 m以上の有義波高が砂州の発達に影響することが判明²⁾しており、高波浪による漂砂量の増加が砂州面積の増加に寄与していると考えられる。したがって、左岸側の砂州形成や2013年12月以降の砂州面積の増加も冬季の高波浪による漂砂量の増加が寄与しているといえる。図-4は同期間の福知山（河口より上流約37km）での流量変化³⁾を示している。2013年6月下旬に130m³/s程度（平水流量の3～4倍）の出水があり、この時期の面積減少はこの出水によるものであると推察される。また、2013年9月に発生した台風第17号および第18号の影響でそれぞれ約1200m³/sと約5500m³/sの出水があった。これにより、左岸側の砂州は消滅し、右岸側の砂州面積は出水前の約60%に減少した（図-1(b)）。今後、出水前後の深淺測量結果をもとに河床変動に及ぼす出水規模の影響を

検討する必要がある。

図-5は砂州形状の変化を示したものである。2013年1月～4月の右岸側砂州の面積増加は、北西部の発達によるもので漂砂の影響を反映している。また、6月の出水による面積減少は砂州西部の砂嘴部であることがわかる。なお、昨年12月以降、面積は増加傾向にあるが、現時点では砂州形状の有意な傾向は見いだせない。

3. 水制による砂州制御の実験と計算

水制による砂州の制御方法を検討するため、著者らは長さ8.75m、幅2.88mの矩形水路を用いて移動床実験を実施している⁴⁾。水路に1/150スケールの河口砂州を整形し、対岸に幅1cm、高さ12cm、長さ30cm(Type A)または60cm(Type B)の水制模型を下流側

$\pi/3$ の角度でそれぞれ3基設置し、流量 $Q=10\sim10.8$ l/s（現地換算2800～3000 m^3/s に相当）を通水して砂州および開口部の河床変動を追跡したものである。一方、流れの計算にはNays2D⁵⁾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。計算領域は砂州周辺の長さ5.68m、幅2.84mの区間を縦断方向142分割、横断方向71分割（ $\Delta x=\Delta y=0.04m$ ）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、流砂量式は芦田・道上式を用いた。なお、砂粒子の平均粒径 $d_m=0.3mm$ 、マニングの粗度係数 $n=0.02$ とした。

4. 砂州制御の効果 実験と同じ条件で通水したときの流速ベクトルと河床変動状況を図-6に示す。水制がない場合は河岸沿いの流れが卓越し、開口部の深掘れが進行する。水制を設置した場合（Case 2）はこれによって流れが砂州側に偏奇し、この流れが砂州を侵食することがわかる。また、これに伴って開口幅が広がっている。水制が長くなる（Case 3）とこの傾向はより強くなるとともに、水制の直下流で河床低下が抑制されていることがわかる。なお、砂州上の流れは、水制による水位上昇に伴うものであると考えられる。

6. あとがき 2013年9月の出水によって砂州およびその周辺の海底地形はかなり変化したと推測され、深浅測量結果をもとに河床変動に及ぼす出水規模の影響を検討する必要がある。また、水制の効果については、おおむね実験の傾向を再現することができた。今後は流量条件の影響を明らかにする他、トレンチ掘削の効果等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) 気象庁：波浪観測記録 (<http://www.jma.go.jp/jp/wave/>) 2) 神田ら：国交省平成23年度河川砂防技術研究開発公募 研究成果報告書、2012。 3) 国土交通省：水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp/>) 4) 越智ら：土木学会関西支部年次学術講演会講演概要、2014 5) 一般財団法人北海道河川財団：iRICproject (<http://i-ric.org/ja/>)

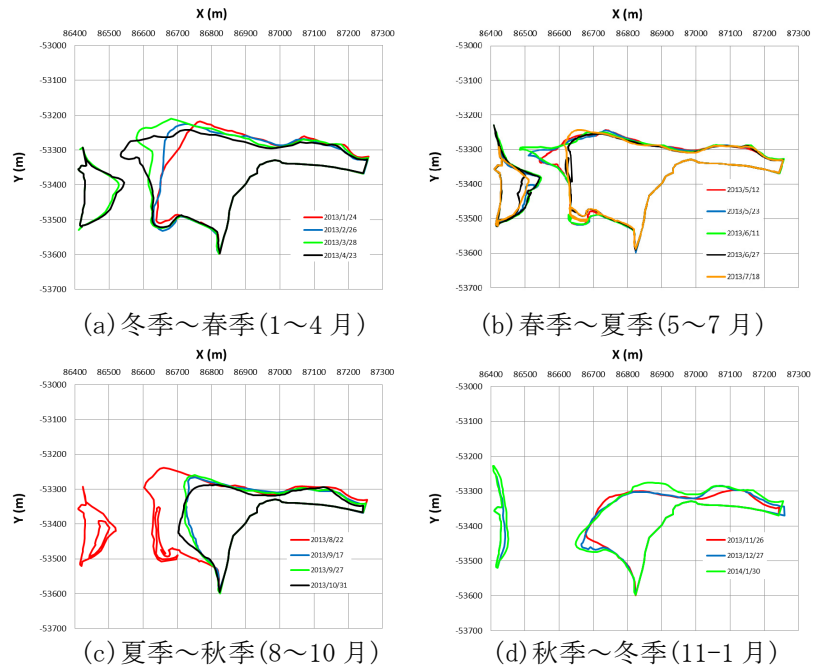


図-5 砂州形状の変化

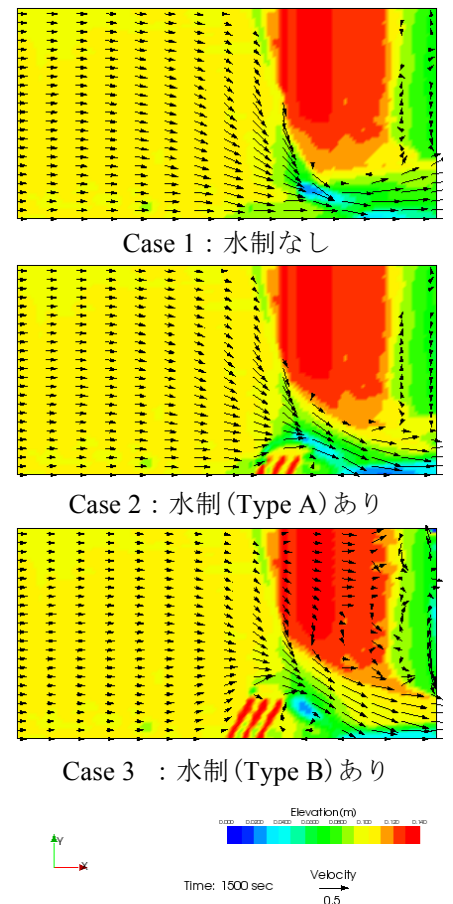


図-6 水制による流れの偏奇と砂州の侵食