

舞鶴工業高等専門学校	学生員○林 京介
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専攻科	学生員 越智尊晴
明石工業高等専門学校	学生員 田中達也
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号による出水によって大きく侵食され、その後右岸側のみが発達するようになった。このため、開口部が左岸側に固定（図-1(a)）し、出水時の河岸侵食が懸念されてきた。2013年9月の台風第18号の来襲で約 $5400\text{m}^3/\text{s}$ の出水があり、大規模な砂州の侵食が発生（図-1(b)）た。しかし、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、河口砂州の経年的特徴を河川流量や波浪との関連から抽出してその変動特性を把握する。また、平面二次元河床変動計算によって、トレンチによる砂州の侵食促進効果について検討する。



(a) 2011年11月 (b) 2013年9月
図-1 由良川河口砂州

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定期的実施した。図-2に2014年1月から2015年1月までの河口砂州の面積変化を示す。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、その後7月頃まではほぼ一定値を維持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2.55m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、本観測においても冬季の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。2014年8月の台風第11号で約 $1800\text{m}^3/\text{s}$ の出水があり、その直後に福知山市周辺の集中豪雨で約 $3500\text{m}^3/\text{s}$ の出水があった。これらにより、左岸側の砂州は消滅し、右岸側の砂州面積は約20%減少した。なお、10月に台風第19号が発生し、約 $1500\text{m}^3/\text{s}$ の出水があったが、砂州面積への有意な影響は認められない。

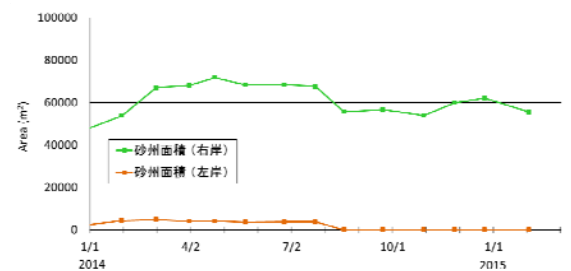


図-2 砂州面積の変化

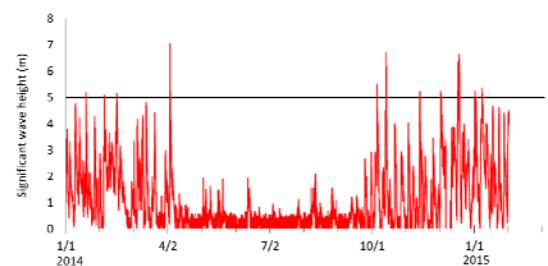


図-3 有義波高(経ヶ岬)

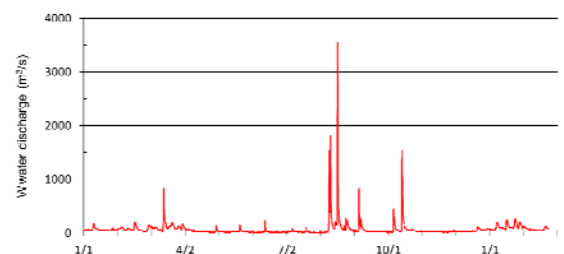


図-4 河川流量(福知山)

図-5は砂州形状の変化を示したものである。2014年1月～4月の右岸側砂州の面積増加は、砂州北部の発達によるもので漂砂の影響を反映している。また、8月の2度の出水による面積減少は砂州西側の突出部であることがわかる。さらに、11月以降の冬季の面積増加は砂州の西側への延伸によるものであり、昨冬の傾向とは異なっている。ただし、この原因は現時点では不明である。

3. トレンチ掘削による砂州制御の効果

砂州部にトレンチを掘削し、これによる砂州の侵食促進効果を検討するため、移動床実験と数値計算を実施した。実験は長さ8.75m、幅2.88mの矩形水路に1/150スケールの河口砂州を整形、その横断方向中央部に幅10cm、深さ2cmのトレンチを掘削し、流量 $Q = 10.3 \sim 17.7$ l/sおよび下流端水位 $h_d = 12.0 \sim 14.4$ cmで通水して砂州および開口部の河床変動を追跡した。なお、設定した流量は現地換算で $2800 \sim 4900 \text{ m}^3/\text{s}$ に相当する。また、下流端水位の設定は潮位の影響を検討するためである。一方、数値計算にはNays2D⁴⁾を用いた。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77分割($\Delta x = \Delta y = 0.04 \text{ m}$ 、トレンチ周辺のみ $\Delta y = 0.02 \text{ m}$)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、流砂量式は芦田・道上式を用いた。なお、砂粒子の平均粒径 $d_m = 0.3 \text{ mm}$ 、マンニングの粗度係数 $n = 0.02$ とした。

4. 砂州制御の効果 低潮位の実験結果と計算結果を図-6に示す。まず、実験結果をみると、小流量のCase 1ではトレンチ周辺の侵食が進行し、その幅が拡大していることがわかる。しかし、開口部周辺を除いてそれら以外の砂州部の侵食は明確

ではない。実験の観察でも砂州部の冠水は認められなかった。一方、大流量のCase 2ではトレンチから開口部側の砂州がほぼ消失しており、トレンチの顕著な効果が認められる。この実験では砂州は冠水し、砂州の表層侵食も確認されている。計算結果に関しては、小流量での砂州の側岸侵食は再現されているものの、トレンチ周辺の侵食の再現性は十分ではない。一方、大流量ではトレンチ周辺の顕著な侵食とこれに伴う砂州の侵食状況は再現されているといえる。なお、下流端水位は潮位変動と関係しており、潮位の高低に砂州の侵食が影響を受けることも実験と計算で確認している。

6. あとがき 2013年および2014年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、トレンチの効果については、その特性を把握することができた。今後はトレンチの大きさの影響を明らかにする他、現地地形を対象とした解析を行う予定である。

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：国交省河川砂防技術研究開発制度 地域課題分野公募(河川) 成果報告書, 2014. 3) 国土交通省：水文水質データベース(<http://www1.river.go.jp/>) 4) 一般財団法人北海道河川財団：iRICproject(<http://i-ric.org/ja/>)

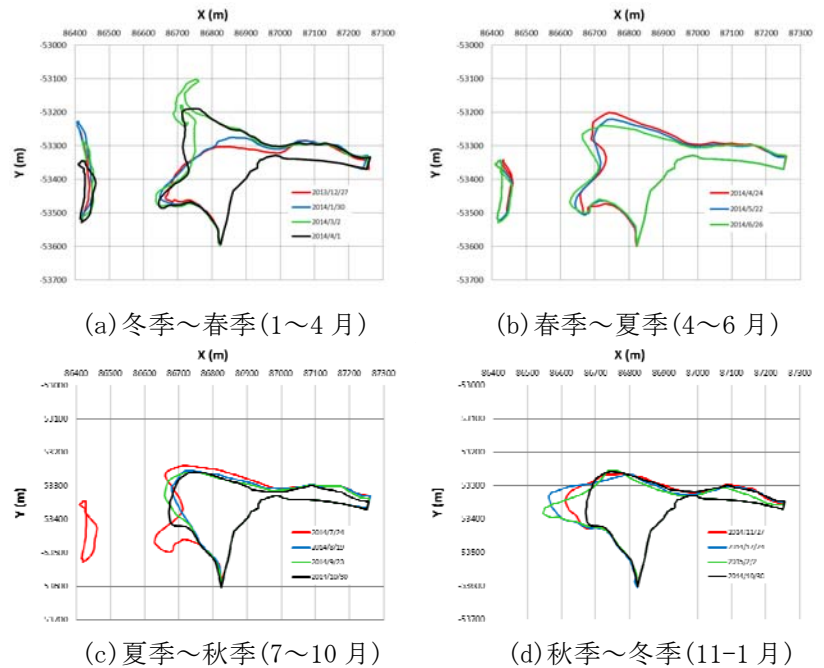


図-5 砂州形状の変化

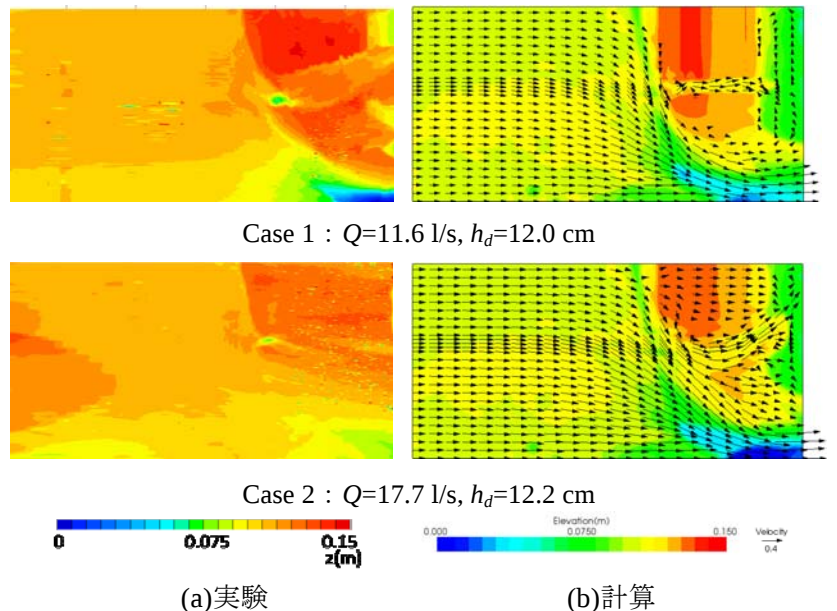


図-6 トレンチ設置による砂州の侵食状況