

第Ⅱ部門

由良川河口砂州の動態観測と水制による砂州の侵食促進効果

舞鶴工業高等専門学校
明石工業高等専門学校専攻科
舞鶴工業高等専門学校
明石工業高等専門学校

学生員○川口はな
学生員 越智尊晴
正会員 三輪 浩
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号による出水以降、開口部が左岸側に集中し、右岸側のみ発達している（図-1(a)）。2013年9月の台風第18号では約 $5400\text{m}^3/\text{s}$ の出水があり、大規模な砂州の侵食が発生した（図-1(b)）。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は明らかでなく、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、水制による砂州の侵食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2016年2月までの河口砂州の面積変化を示す。同図より、全体として冬季から春季にかけて砂州面積は増加傾向、夏季から秋季にかけて減少傾向にあることがわかる。ただし、2015年8月以降は短期的な砂州面積の増減が認められる。図-3に2014年1月から2016年1月までの経ヶ岬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、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考えられる。図-4は波高と同期間の福知山での流量変化³⁾を示している。2014年8月の台風第11号とその直後の福知山市周辺の集中豪雨により、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。また、2015年7月の台風第11号による右岸側の砂州面積の減少量は約8%であった。

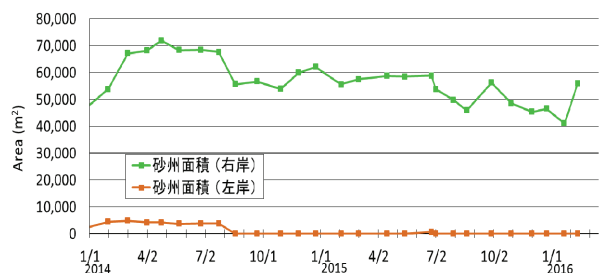


図-2 砂州面積の変化

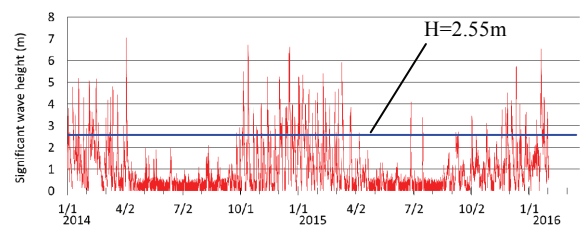


図-3 有義波高(経ヶ岬)

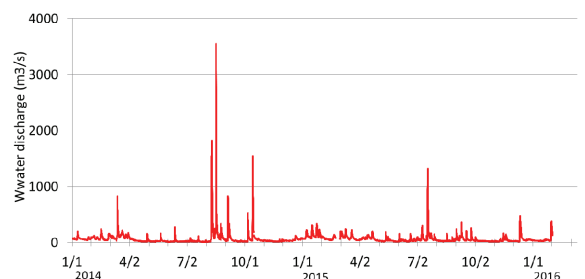


図-4 河川流量(福知山)

図-5は2015年2月以降の砂州形状の変化を示したものである。2月～5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、7月以降の面積減少は7月の出水による砂州西側の侵食が原因であることがわかる。それ以降、砂州西側は南方向へ砂嘴を形成し、それが発達を続けており、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、現在分析中である。

3. 水制設置による砂州制御の効果 河岸に水制を設置ことによる砂州の侵食効果を検討するため、移動床実

験⁴⁾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，その対岸に長さ0.6m，幅0.01m，高さ0.12mの水制を河岸に対して上流側に60°の角度で設置し，流量 $Q=12.1\sim17.9$ l/sおよび下流端水位 $h_d=12.8\sim13.5$ cmで通水して砂州および周辺の河床変動を追跡した。なお，設定した流量は現地換算で $3,300\sim4,900\text{m}^3/\text{s}$ に相当する。一方，数値計算にはNays2DH⁵⁾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る。計算領域は長さ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，粒子径，比重は移動床実験と同じとし，マンニングの粗度係数は $n=0.02$ とした。

4. 砂州制御の効果 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では砂州側に偏奇した流れが砂州の開口部側を洗掘するが，砂州の陸地側へは及んでいないことがわかる，一方，大流量のCase 2では砂州の大部分が侵食されているが，これは水制よりも流量増加の影響であると考えられる。計算結果に関しては，Case 1での砂州の開口部側の侵食と砂州陸地側の残存傾向は再現されている。一方，Case 2では水制周辺の砂州の侵食と大流量による砂州陸地側の侵食状況は再現されている。ただし，より厳密には砂州周辺は過大侵食であり，砂州陸地側は過小侵食となっており，必ずしも実験結果と合致しておらず今後の課題である。図-7は水制工の有無による流量毎の下流端水位と砂州侵食量の関係を示したものである。図中には実験結果もプロットされている。同図より，下流端水位が低いほど砂州の侵食量は大きい，下流端水位が大きくなるほど流量の影響は小さくなり，このような状況は水制工を設置するとより顕著となることがわかる。

6. あとがき 2013年に加え，2014年と2015年の出水によって砂州面積は大きく減少したのに対して，冬季波浪による砂州面積の増大は比較的小さい。波高の経年変化に大きな相違は認められないので，海底地形の影響の可能性はある。今後，この点に着目した検討が必要である。また，水制工の効果については，基本的な傾向は再現できた。しかし，より詳細な点で過大が残され，改善点に関する検討が必要となった。

参考文献 1) 気象庁：波浪観測記録(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>) 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年3月。 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：平成28年度土木学会関西支部年講， 5) 一般財団法人北海道河川財団：iRICproject(<http://i-ric.org/ja/>)

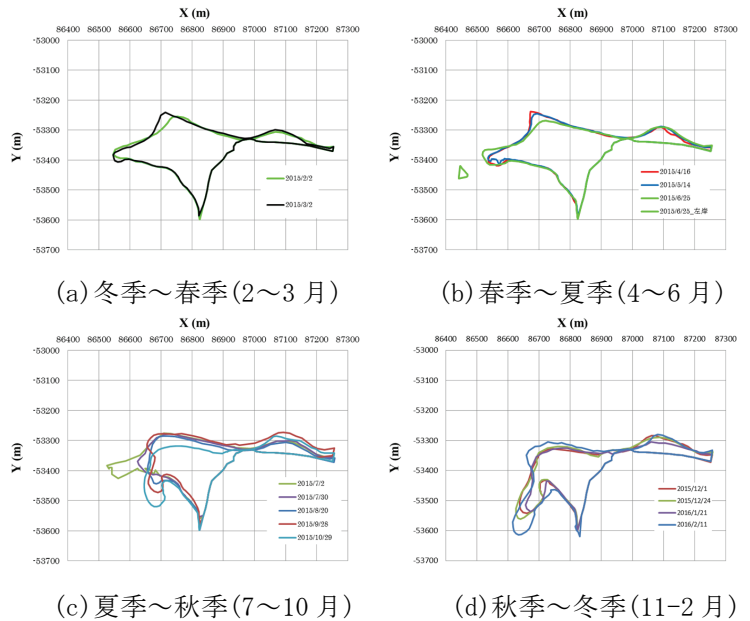


図-5 砂州形状の変化(2015年)

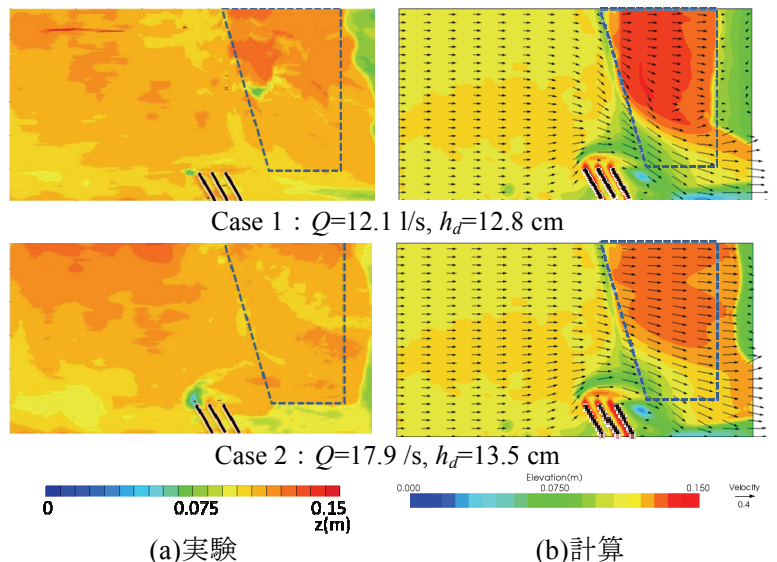


図-6 水制設置による砂州の侵食状況

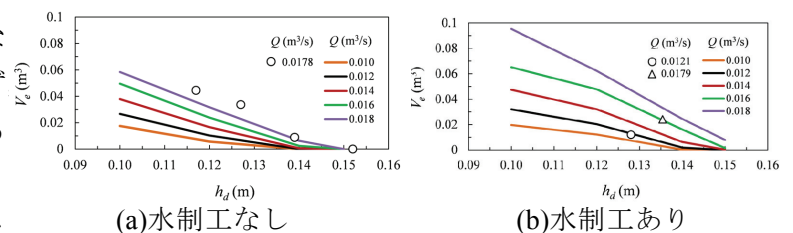


図-7 河口侵食量と下流端水位の関係