

由良川河口地形の変動特性と侵食規模の推定

舞鶴工業高等専門学校 正会員 ○三輪 浩
 大鉄工業株式会社 出野幸一
 明石工業高等専門学校 正会員 神田佳一

1. まえがき 由良川では、河川流と海岸波浪の影響によって河口砂州が発達している。とくに、2004年10月の台風23号以降は、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失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を検討するための一環として、河口砂州の定期測量結果から、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を把握する。また、平面二次元河床変動計算によって、流量規模と砂州の侵食規模の関係を検討する。



図-1 由良川河口砂州(2011年7月)

2. 由良川河口砂州の動態 河口砂州形状の経年変化を把握するため、GPSを用いた地形測量を行った。図-2に2010年5月から2012年2月までの砂州面積の変化を示す(■記号)。全体として、2011年1月から3月の冬期に砂州面積は増加しており、同年5月から9月の夏期に減少していることがわかる。図-3は福知山(河口より上流約37km)でのハイドログラフ¹⁾である。砂州面積が減少した5月から9月に大きな出水が3回あり、これによって砂州が侵食されたと考えられる。図-4に経ヶ岬(河口より北方約30km)における有義波高の変化²⁾を示す。砂州面積が増加した冬季は有義波高も増加傾向にあり、活発な漂砂により砂州が発達したものと推察される。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それぞれTx、Lyとし、これらを砂州の特性長と定義した。これにより、河川流と波浪による砂州変形の傾向がより明確に評価できる。図-2(○、△記号)より、Txは波浪が大きい秋期から冬期にかけて上昇傾向にあり、3度の出水があった春期から夏期にかけて低下傾向にあることがわかる。最も大きな減少は2011年9月の3回目の出水の後で、4月時点と比べて開口部が約135m広がっている。これにより、川側は出水の影響を受けることが確認される。一方、Lyの変化は、顕著な出水がなかった2010年の春期から夏期には目立った変化は認められないが、出水があった2011年の春期から夏期に上昇し、秋期から冬期に低下する傾向がある。砂州が最も海側に突出したときのLyは285mである。Lyは冬期に減少傾向にあることから、波浪が

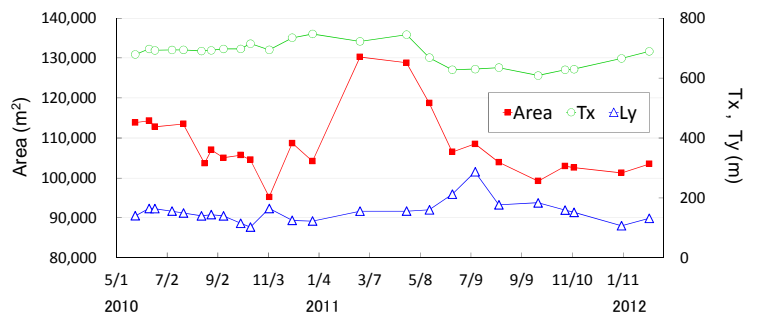


図-2 砂州面積と砂州特性長

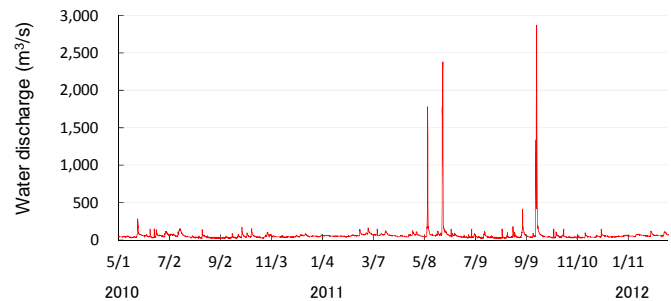


図-3 ハイドログラフ(福知山)

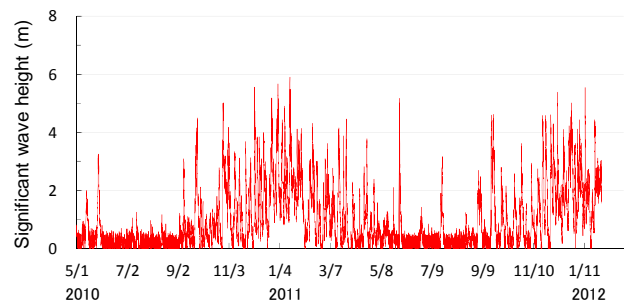


図-4 有義波高(経ヶ岬)

キーワード 河口砂州, 現地観測, 洪水, 波浪, 河床変動計算
 連絡先 〒625-8511 京都府舞鶴市白屋 234 TEL:0773-62-5600

影響していることが確認される. このように, 砂州は夏期の出水によって西側側岸部が侵食され, 海側に延伸する一方, 冬期の波浪によって海側側岸部が侵食され, 西側側岸部に延伸すると考えられる.

3. 河口砂州周辺の地形特性と流れ特性 図-6にトータルステーション(砂州部)およびADCP(河川部)によって計測された河床位と流速ベクトルを示す. 開口部の左岸側および開口部から約1.5km上流の右岸側で海拔-6.5mを超える深掘れ流路が形成されており, この区間で右岸から左岸に低水路が蛇行状に発達していることがわかる. また, 流速ベクトルもこのような地形に沿ったものとなっており, とくに開口部では0.5m/s~0.8m/s程度の大きな値となっている. なお, 計測は平水時に行ったものであり, 流速は潮汐によってもかなり変動すると考えられる. 今後, 洪水時の流況についても検討する必要がある.

4. 数値計算 河床変動計算にはNays2D (iRICプロジェクト³⁾)を使用した. 流れの基礎式は平面二次元の連続式と運動方程式である. 掃流砂量式は芦田・道上式と長谷川の式が用いられている. さらに, 浮遊砂の浮上量式はItakura・Kishiの式である. その他, 河床変動計算に必要な式群を一般座標系に変換してプログラムが構築されている. 計算領域は河口から上流3.0kp, 下流0.6kpの区間とし, 横断方向に25分割, 縦断方向に150分割(3.0kp~2.0kpは50m間隔, 2.0kp~-0.6kpは20m間隔)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, 砂州および河床の砂は現地調査結果から平均粒径0.3mmの一樣砂とした.

5. 砂州の侵食規模と流量規模の関係 河床変動計算は, 一定流量($Q_w=1000\text{ m}^3/\text{s}\sim 3000\text{ m}^3/\text{s}$ まで $500\text{ m}^3/\text{s}$ 刻みで5ケース)を3時間通水し, 流量規模と砂州の侵食規模との関係を調べた. 図-7に通水前(元地形)の値で基準化された砂州面積と砂州高さの時間的変化を示す. まず, 砂州面積の変化をみると, $Q_w=2000\text{ m}^3/\text{s}$ になると面積は徐々に減少することがわかる. また, $Q_w=2500\text{ m}^3/\text{s}$ でも同程度の変化傾向を示している. $Q_w=3000\text{ m}^3/\text{s}$ では面積が顕著に減少し, 約75%まで低下する. 一方, 砂州高さの変化をみると, $Q_w=2000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上で流量規模に応じて砂州高さは減少している. ただし, 砂州高さは1時間程度の早い段階での減少量が大きく, それ以降の減少は相対的に小さい. 図示はしていないが, 砂州体積は流量規模に応じて単調に減少しており, これと砂州面積の変化傾向を考え合わせると, 砂州高さに与える流量の継続効果は相対的に小さいといえる. また, 面積変化では $Q_w=2000\text{ m}^3/\text{s}$ と $2500\text{ m}^3/\text{s}$ では同様の変化傾向を示し, 高さ変化では $Q_w=2500\text{ m}^3/\text{s}$ と $3000\text{ m}^3/\text{s}$ が同様の傾向を示していることから, 河口砂州の侵食構造に及ぼす面積と高さの変化機構は流量規模によって異なっている可能性があり, 砂州の変動制御の観点から今後詳しく検討する必要があると考えている.

6. あとがき 由良川の河口砂州は冬季波浪による砂州面積の増加と出水による砂州面積の減少に特徴づけられ, これらが開口幅に影響を与えていることがわかった. また, 河床変動計算によって砂州の侵食規模と流量の関係が示された. 今後も砂州形状の計測を継続するとともに, 数値解析の精度を向上させ, 河口砂州の制御方法の検討につなげる予定である. 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, www1.river.go.jp/, 2) 気象庁: 波浪観測記録, www.jma.go.jp/jp/wave/, 3) iRICproject: i-ric.org/ja/

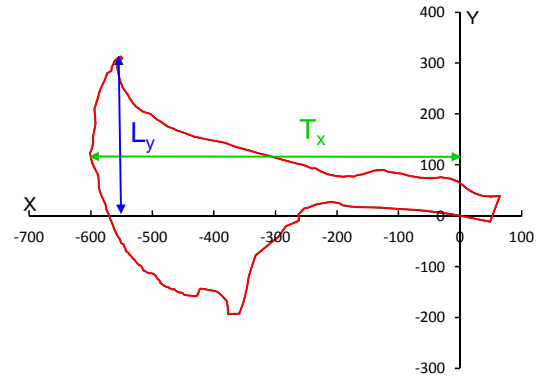


図-5 砂州特性長

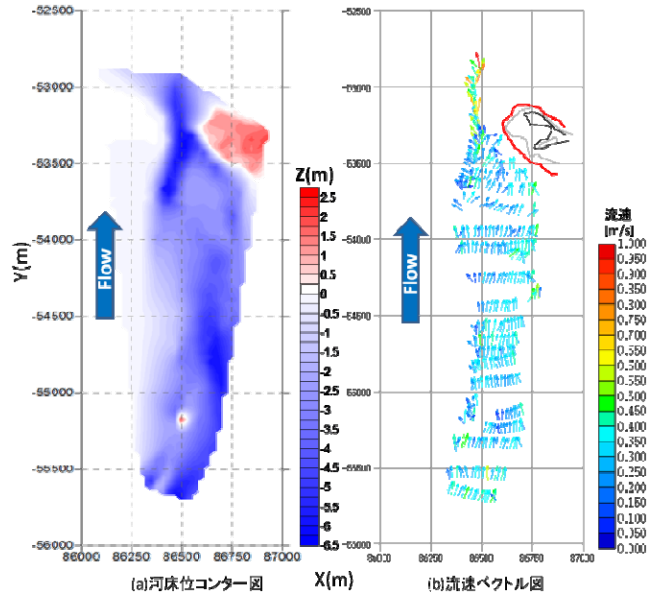


図-6 砂州周辺の河床位と流速ベクトル(2011年10月)

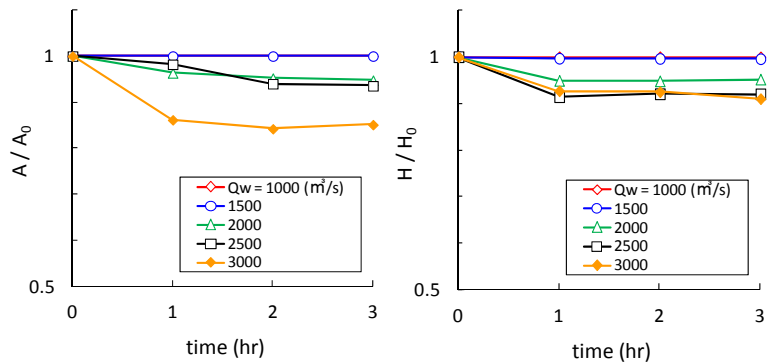


図-7 砂州面積および砂州高さの時間的変化