

## 急流河川の交互砂州上における流動形態とその数値解析

宇都宮大学大学院 学生会員 ○齋藤 祐輔  
 宇都宮大学大学院 正会員 池田 裕一  
 宇都宮大学大学院 正会員 飯村 耕介

## 1. はじめに

鬼怒川では、平成13年9月の出水において中流部の河岸が局所的に大きく侵食された。このときの流量は $2200\text{m}^3/\text{s}$ で当時の計画高水流量 $4000\text{m}^3/\text{s}$ に対して十分余裕があったにもかかわらず、東北新幹線橋梁付近で横断方向に約100mの侵食が発生した<sup>1)</sup> (写真-1)。この区間は急勾配の交互砂州河道で砂州波高が大きく、中規模出水では砂州形状の影響を強く受けて局所的に射流域が発生し<sup>2)</sup>、大きな侵食が発生する可能性がある。これは治水安全上、極めて重要な問題である。

このような流動形態については、さまざまな実験的検討がなされてきたが<sup>3)4)5)</sup>、解析的な取扱いは無であった。そこで本研究では、これまでの実験結果を整理したうえで、数値解析を実施し、射流域の発生条件を検討することにする。

## 2. 実験の概要

実験には、全長16m、水路幅0.5mの水路を用いた。そのなかにさらに幅の狭い小水路を設置し、交互砂州地形を成形した。泉ら<sup>5)</sup>・菊池ら<sup>4)</sup>の実験における砂州形状を図-1に示す。橋本・池田<sup>3)</sup>の実験では、幅と波長は異なるが、図-1とほぼ似た形状を用いている。水路幅、砂州の波長・波高は、表-1に示す通りである。そして水路勾配と流量を変えて実験し、流動形態を判別し、水深・流速測定を行った。ここで、シリーズ2(菊池ら)とシリーズ3(泉ら)の河床形状は全く同じだが、泉らの研究では流動形態を1つ増やして判別しているため、別シリーズとした。

## 3. 流動形態

実験により以下の4通りの流動形態が確認できた<sup>5)</sup>。

## ・流動形態A(写真-2)：

砂州地形に沿って下降しながら局所的に射流域が発生し、砂州地形の向きの影響も受けて側岸に流れが集中する形態。

## ・流動形態B(写真-3)：

流動形態Aと同様に局所的な射流域が発生するが、砂州地形の向きの影響はさほど受けず、縦断的に流下する形態。

## ・流動形態C(写真-4)：

局所的な射流域は目視では確認できないものの水面が揺動しながら流下する形態。弱い波状跳水が時折

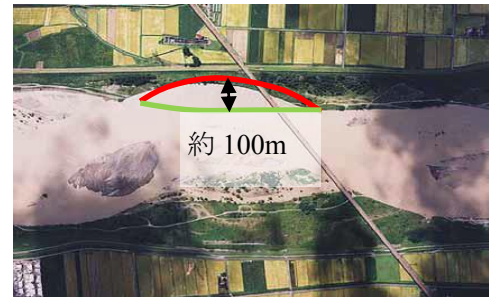


写真-1 鬼怒川における侵食被害（平成13年9月）

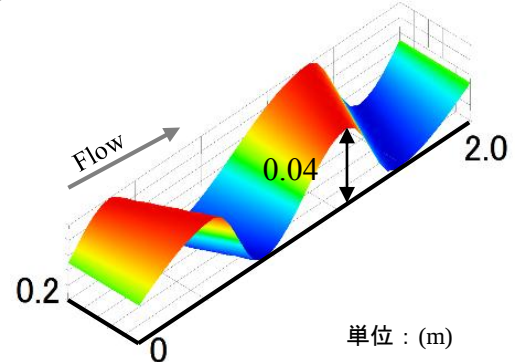


図-1 実験区間河床形状

表-1 砂州形状の諸元

| シリーズ | 水路幅<br>(cm) | 波長<br>(cm) | 波高<br>(cm) | 参考文献              |
|------|-------------|------------|------------|-------------------|
| 1    | 25          | 200        | 4          | 橋本ら <sup>3)</sup> |
| 2    | 20          | 100        | 4          | 菊池ら <sup>4)</sup> |
| 3    | 20          | 100        | 4          | 泉ら <sup>5)</sup>  |

発生し、流動形態BとDの遷移領域に当たる。

## ・流動形態D(写真-5)：

局所的な射流域は発生せず、全体的に常流状態で流下する形態。

図-2,3にそれぞれ流動形態Aと流動形態Dの(実験水路の勾配に平行な面に対する)相対水位コンター図を示す。砂州地形が下降する800~840cmで水位の縦断方向変化が見られ、AではDに比べて横断方向の変化も強いことがわかる。このときの流速ベクトルを図-4,5に示す。写真-2,5の染料の動きと同様に、Aでは砂州地形の向きの影響を受けて左岸側に流れが集中しているのに対して、Dはおおよそ全体として縦断方向に流れているのがわかる。Aのほうが流量が小さいが、水路勾配に砂州前縁部の下り勾配も加わって、高速領域が形

キーワード 常射混在 交互砂州

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学 TEL028-689-6214

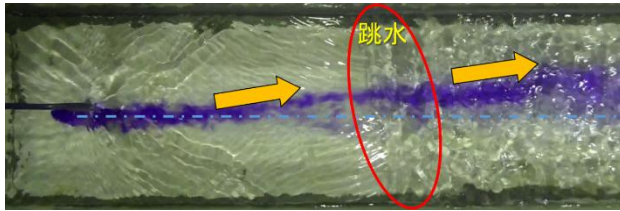


写真-2 流動形態 A (水路勾配 1/200, 流量 4.0ℓ/s)

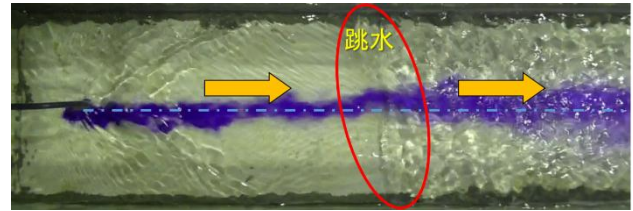


写真-3 流動形態 B (水路勾配 1/400, 流量 4.0ℓ/s)

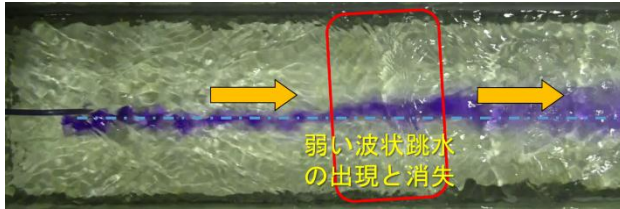


写真-4 流動形態 C (水路勾配 1/500, 流量 4.0ℓ/s)

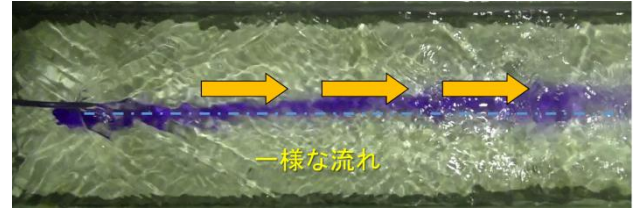
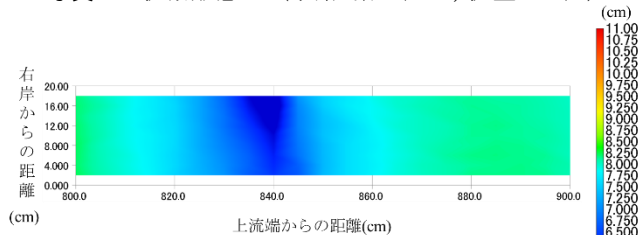
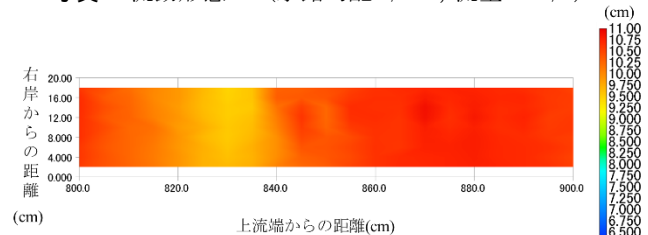
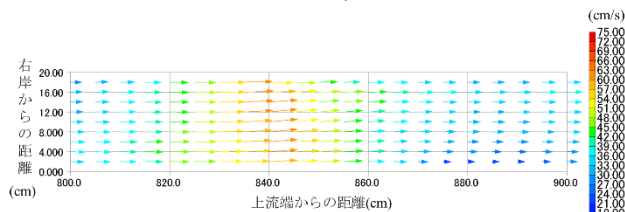
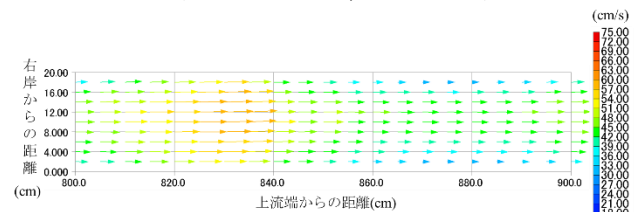


写真-5 流動形態 D (水路勾配 1/700, 流量 7.0ℓ/s)

図-2 流動形態 A 相対水位測定の結果の例  
(水路勾配 1/200, 流量 4.0ℓ/s)図-3 流動形態 D 相対水位測定結果の例  
(水路勾配 1/700, 流量 7.0ℓ/s)図-4 流動形態 A 流速ベクトルの例  
(水路勾配 1/200, 流量 4.0ℓ/s)図-5 流動形態 D 流速ベクトルの例  
(水路勾配 1/700, 流量 7.0ℓ/s)

成されていることがわかる。

図-6 は、3 シリーズの実験結果をまとめて、流動形態の現れ方を水路勾配と単位幅流量で整理したものである。凡例の「1-」「2-」「3-」は、それぞれシリーズ 1, 2, 3 の実験結果であることを意味している。これを見ると、水路勾配が大きく流量が小さいと流動形態 A が現れやすく、逆の条件では流動形態 D が現れる傾向が全体として見受けられるが、やはり波長の異なるシリーズ 1 が他の 2 ケースとは異なる傾向を見せており、波長・波高比のようなパラメータも重要であることがわかる。

#### 4. 数値解析

以上の点を踏まえて、iRIC-Nays2DH を用いて数値解析を行う。実験結果との適合性を検討した後、実験よりも広い範囲の勾配、流量を与え、また地形パラメータも変化させて数値実験を行う。解析結果は当日報告する。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省下館河川事務所：下館河川事務所河川概要 2010
- 2) 古川・須賀・池田・岩崎：砂州前縁部における常流射流混在流れの構造に関する基礎的研究，水工学論文集，Vol.49, pp.523-528, 2005.

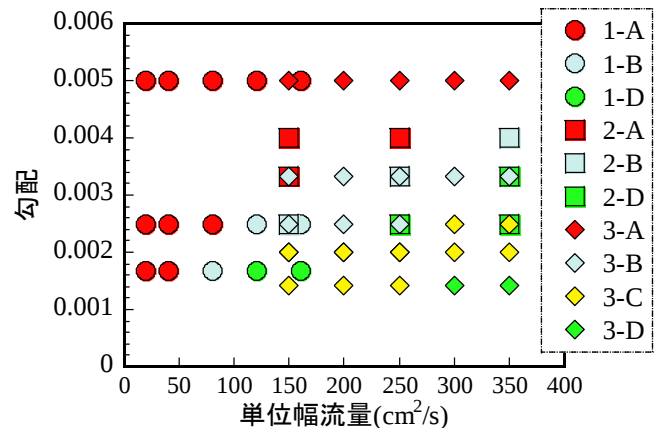


図-6 流動形態の発生状況

- 3) 橋本・池田：交互砂州における常流射流混在流れの流動形態の発生状況に関する基礎的研究，土木学会第 40 回関東支部技術研究発表会，2013.
- 4) 菊池・池田・飯村耕介・泉：交互砂州地形における常流射流混在流れの発生条件に関する基礎的研究，土木学会第 42 回関東支部技術研究発表会，2015.
- 5) 泉・池田・飯村・橋本：交互砂州上での流動形態が側岸浸食に与える影響に関する実験的研究，土木学会第 44 回関東支部技術発表会，2017.