

## 混合粒径の自由砂州条件における砂州内部の鉛直分級について

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○矢野 雅昭  
 北見工業大学教授 社会環境工学科 正会員 渡邊 康玄  
 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 平井 康幸

### 1. はじめに

砂州地形は、平水時に砂州頂部から前縁部の深掘れにかけて動水勾配が局所的に急となるため、浸透流が発生し、シロザケなどの産卵環境に寄与していると考えられる<sup>1)</sup>。浸透流に関係する透水係数には、河床材料の粒径が影響することから、河川中・上流部の混合粒径河床においては、粒度構成の空間分布を把握することが重要である。砂州地形の分級に関する既往研究には、平面的な河床材料の粒度分布や、単一粒径砂州との波長・波高の違いに関するものがある<sup>2)</sup>。また、混合粒径の小規模河床波を対象にした既往研究では、鉛直方向にも分級が生じることが指摘されている<sup>3)</sup>。砂州地形においても鉛直方向に粒度構成が異なる部分が実河川での掘削により確認されているが<sup>4)</sup>、河道内における横断的な構造については明らかではない。

本研究は、自由砂州条件における深度方向の分級状態を水理模型実験により明らかにすることを目的としたものである。また、河川中・上流部では護岸がなされていることが多いことから、河岸粗度の影響にも着目した。

### 2. 方法

#### 1) 実験水路・ケース

実験に用いた水路の移動床部の延長は 20.0m、幅 0.45m、水路勾配 1/100 である。実験ケースは表-1 に示すとおりで、ケース 1,2 は水理条件がともに交互砂州の発生条件であるが流量が異なる条件となっている。ケース 2,3 は河岸粗度が異なり、ケース 2 は平滑なガラスもしくは塗装板の壁面であり、過去の実験から Manning 粗度が 0.01 程度と想定される。ケース 3 では河岸に平均粒径 0.77mm の珪砂を張り付けており、Manning-Stricker 式<sup>5)</sup>の粗度 ks にこの粒径の 2 倍を代入した場合、Manning 粗度は 0.014 となる。河床材料は平均粒径がそれぞれ 1.53, 0.77, 0.16mm である珪砂を 15 : 70 : 15 の割合で混合したものをを用い、河床に厚さ 8cm で敷き均した。この河床材料の粒径加積曲線を図-1 に示すが、25, 50, 75%粒径はそれぞれ 0.26, 0.35, 0.56mm である。

#### 1) 計測

通水中に 30 分間隔で、水路下流端から 10m 上流までに発生した砂州の先端位置と波高の計測を行った。また、隣り合う砂州の先端位置の流下方向位置の差から半波長

も算出した。波高計測は、通水中は迅速に行う必要があるため、ここでは計測を簡易化し、波高の定義を砂州先端付近の砂州頂部と淵の高低差として計測した。このため、一般に使用されている波高よりやや小さな値を示す。通水中は水路下流端から 4~8m の範囲を上空からビデオ撮影した。また、水路下流端から 4.5, 6.5m 上流の位置において、右岸側のガラス壁面越しに河床側面の撮影も行った。

通水終了後に砂州が発生した水路下流部の、表-1 に示す位置に 5 測線を設定し、各測線の右岸から 4.5, 13.5, 22.5, 31.5, 41.5cm の位置で河床材料のコア採取を行った。採取に使用した器具は Blom and Ribberink<sup>4)</sup>が用いたものを参考に作成し、縦横 5×5cm、厚さ 10cm のコアを採取できる構造とした。採取したコアは河床面から 3cm 深部までを厚さ 5mm 間隔でスライスし、ふるい分け分析を行い、25, 50, 75%粒径を算出した。

### 3. 結果と考察

#### 1) 砂州の平均半波長・波高の時間変化

通水中に計測した半波長・波高の平均値の時系列変化を図-2 に示す。流量が小さいケース 1 では、通水終了時の半波長・波高の平均値がそれぞれ 3.03m, 1.8cm であり、流量が多いケース 2 (半波長 1.65m, 波高 1.2cm), ケース 3 (半波長 2.00m, 波高 1.1cm) よりも大きかった。河岸粗度が異なる条件のケース 2,3 は同程度の半波長、波高であった。このことから砂州が形成されるような川幅が広い条件では、河岸粗度は砂州地形に大きく影響しな

表-1 実験ケース

ケース	勾配	河岸粗度 (Manning 粗度)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	移動床時 通水時間	河床材料採取断面 (水路下流端からの位置(m))
1	1/100	0.010	0.00265	7:00	3.400, 4.275, 5.150, 6.025, 6.900
2	1/100	0.010	0.00344	5:45	3.250, 3.750, 4.250, 4.750, 5.250
3	1/100	0.014	0.00344	6:00	3.425, 3.925, 4.425, 4.925, 5.425

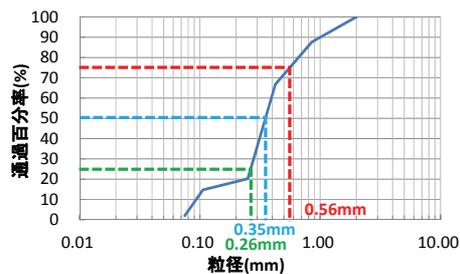


図-1 初期河床の粒度分布

キーワード 砂州, 混合粒径, 鉛直分級

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号 寒地土木研究所 水環境保全チーム TEL011-841-1696

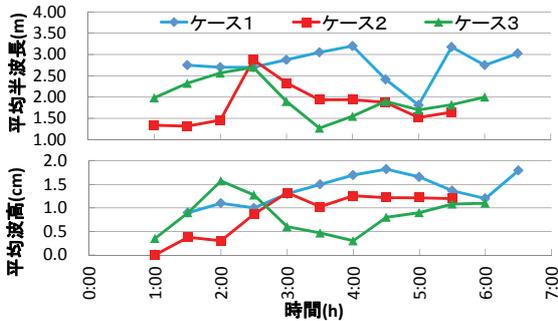


図-2 砂州半波長・波高の時間変化

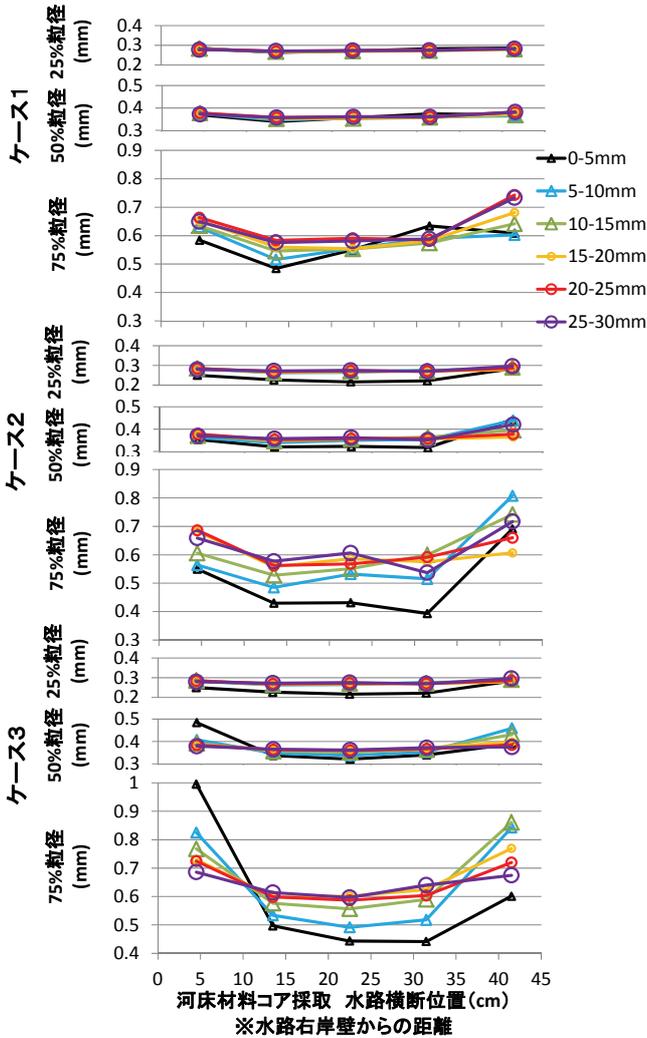


図-3 水路横断位置と深度による粒径 ※5 測線の平均値

いことが考えられる。

2) 砂州内部の鉛直粒度分布

通水終了後の河床面から 3cm 深部までの河床材料を 5mm 間隔の厚さで粒度分析し、各ケースの 5 測線を水路横断位置で区分して平均値を算出した。結果を図-3 に示すが、ケース 1 では 25、50%粒径に深度方向の大きな違いはないが、75%粒径では水路側壁部の深層である 20-25、25-30mm が、表層の 0-5、5-10mm よりも大きかった。ケース 2 の右岸でも同様の傾向が確認される。75%粒径が大きいことは、混合された珪砂の内の大粒径が多く含まれ、図-4 上に示すような粗粒層を形成していると考えられる。

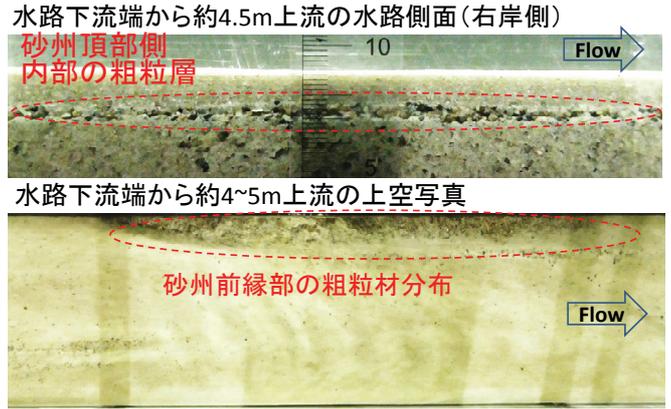


図-4 通水終了後の河床状況 (ケース 2)

このように深部に粗粒層が形成される機構には、①偏流の影響で掃流力が低下した箇所への粗粒分の堆積、②砂州移動時における、前縁部の急勾配部に土砂が崩れ落ちる際に、粗粒材が細粒材よりも速く深部に到達する作用<sup>3)</sup>、③「②」と同時に起きる表層粗粒部の砂州内部への埋没、が影響したと考えられる。

図-3 に示すとおりケース 2 の左岸側 (右岸壁から 40.5cm) では表層の 0-5、5-10mm の 75%粒径が 20-25、25-30mm と同程度か、それ以上に大きい。これは、通水終了時、砂州前縁部の深掘れの河床面に粗粒材が堆積<sup>2)</sup>している状況 (図-4 下) を示している。ケース 3 では側壁部の 5-10、10-15mm の 75%粒径が 20-25、25-30mm よりも大きく、ケース 2 と傾向が異なる。これは図-2 下から確認されるとおり、ケース 3 では通水開始 2 時間の波高が最大であり、このときに 20-25、25-30mm の粗粒層が形成されたと考えられる。また、その後の波高が減退した際に 5-10、10-15mm の粗粒層が形成されたと考えられる。

3. まとめ

本研究では砂州地形の鉛直分級に着目し、自由砂州条件で水理模型実験を行った。その結果、側壁部に粗粒層が形成されることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 矢野雅昭・渡邊康玄・杉原幸樹・渡邊和好・矢部浩規：豊平川中流部のシロザケの産卵場における砂州地形に起因する浸透流の把握，河川技術論文集，第 20 巻，pp133-138, 2014, 6.
- 2) 竹林洋史・江頭進治：混合砂河床における砂州の動態，水工学論文集，第 45 巻，pp727-732, 2001. 2
- 3) Blom A. and Ribberink J.S., : Vertical sorting in bed form: Flume experiments with a natural and trimodal sediment mixture, water resources research, vol.39, no.2, 2003.
- 4) 忠津哲也・下条康之・内田龍彦・福岡捷二：混合粒径からなる砂州と河川横断構造物周辺の河床変動解析法に関する研究，河川技術論文集，第 17 巻，pp95-100,2011,7.
- 5) 土木学会 水理公式集. 社団法人 土木学会,1999.