

# ADCP で計測された河床面移動速度を用いた 掃流砂量算定手法に関する実験的研究

高知工業高等専門学校 学生会員 ○上原有稀 高知工業高等専門学校 正会員 岡田将治  
高知工業高等専門学校 学生会員 松山海人

## 1. はじめに

河川中の土砂は水の流れによって移動している。流れが急な箇所では水から受ける力が大きいいためより多くの土砂が移動しやすく、反対に流れが緩やかな箇所では土砂が堆積しやすい。このように河川の流れは、土砂移動とそれに伴う河床変動との相互作用により形成されており、治水・利水・生態系の保全を行う上でこれらの関係を把握することが重要である。岡田・萬矢ら<sup>1)</sup>は実河川における土砂の移動現象に関する研究として、ADCP（超音波ドップラー多層流向流速計）を用いて計測された鉛直流速分布から摩擦速度および掃流砂量を推定する手法について検討し、その有効性を確認したが、濁りの強い河川ではこの手法が適用できないことを後の研究<sup>2)</sup>で指摘している。本研究室ではこの課題に対して、高濁度時においても ADCP を用いて計測される河床面移動速度  $V_b$  を用いた手法<sup>3)</sup>（以下  $V_b$  法と示す）を提案している。しかし、現時点では種々の水理条件下において実際の洪水時の掃流砂量と比較した事例が少なく、十分な精度検証が行えていない。そこで本研究では、水理条件を任意に設定できる移動床実験水路において、ADCP 計測および下流端のトレイに堆積した掃流砂量の実測を行い、本手法の精度検証を行う。

## 2. 実験方法

本研究では、図-1 に示す幅 0.45m、水路長 7.00m の可変勾配式開水路を使用した。下流方向を向き水路の右側面はコンクリートブロック、左側面はガラスである。土砂移動を考慮するため、コンクリートブロックを使用して移動床区間を設定し、その区間内に 5 号珪砂（代表粒径 0.35mm）を 3.15m 敷き詰めた。計測区間より上流側では流れを安定させるためにコンクリートブロックを 2.05m 設置した。水路床勾配は 1/500～1/30、流量は最大 1600L/min の範囲で設定でき、水路下流端の堰を調整して自由に水深を変化させ、ADCP を水路断面中央に設置して河床面移動速度の計測を行った。

$V_b$  法によって推定される掃流砂量を ADCP の計測範囲を通過した掃流砂量と定義すると、トレイに堆積する実測掃流砂量も同様の範囲で比較する必要があるため、図-2 に示すように、ADCP のビーム幅に合わせてトレイの幅を 9cm ごとに仕切り、トレイ中央の③番の区間を ADCP 計測範囲に設定した。また  $V_b$  法推定値と実測値について掃流砂量の時間変化を比較するため、実験中にトレイの撮影を行い、画像解析によって作成した 3D 地形モデルから堆積土砂量を推定した。

撮影枚数はトレイ中の各区間に等間隔で 5 枚ずつ、計 25 枚である。表-1 に詳細な本実験条件を示す。本研究の実験条件は、2 ケースともに土砂移動を目測で確認できる条件で実験を行った。

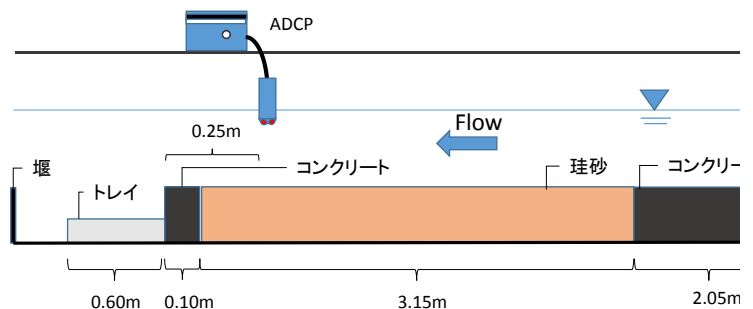


図-1 実験水路の全体（縦断）図

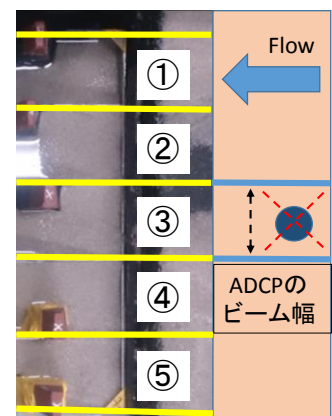


図-2 ADCP 計測とトレイによる  
掃流砂採取の詳細図

表-1 実験条件

|       | 流量(l/min) | 水深(cm)     | 計測時間(min) |
|-------|-----------|------------|-----------|
| Case1 | 1585      | 16～14.25   | 62.2      |
| Case2 | 1570      | 17.5～15.75 | 61.4      |

3. 実験結果

図-3 に写真測量によって地上で計測した掃流砂量と、トレイに堆積した土砂の質量と土粒子密度から算出した掃流砂量の比較図を示す。写真測量によって計測した掃流砂量と直接採取掃流砂量の値のバラつきが約±20%と小さかった。このことから、写真測量によって計測される掃流砂量を実測値として十分扱えることができ、実験中に写真を撮影することで、土砂の直接採取を行わなくとも掃流砂量の時間変化を表せる。地上計測の結果からは、写真測量で掃流砂量を計測する有効性は確認できたため、今後、実際に写真測量を行う水中で計測での精度検証や、掃流砂の間隙比についての考察等を行っていく必要がある。

図-4 に Vb 法を用いた推定掃流砂量と、写真測量から算出した実測掃流砂量、それぞれの時間変化を示す。実際の計測時間より短い時間のデータのみとなっている理由は、掃流砂量の堆積量が顕著となり、堆積土砂を写真内に捉えられなかったためである。Case1, Case2 とともに推定値より実測値の方が大きい傾向がある。全体的に推定値より実測値の方が大きい傾向にあるのに対して、計測時間 10 分の場合では両ケース、実測値が推定値より小さくなった。この原因として、ADCP で計測される河床面移動速度に対応した珪砂が、まだ下流端に設置しているトレイに堆積され始めていないことが考えられる。今後は、ADCP で計測される河床面移動速度に対応した珪砂の実測を行うため、時間誤差を考慮する必要がある。

表-2 に両ケースの時間変化ごとの実測値と推定値の倍率を示す。時間が経過するごとに両ケースの倍率は同じように大きくなっていることが確認できる。

4. おわりに

写真測量によって計測した掃流砂量と直接採取した掃流砂の質量、土粒子密度から計算した掃流砂量のバラつきが小さく、推定値と比較を行うための実測値の計測方法として適用できることが確認できた。そして掃流砂量の推定値と実測値の時間変化を示すことができ、Case1, Case2 でそれぞれ同様の傾向が示された。今後、推定値と実測値の関係をさらに明瞭にするため、種々な実験条件で実験を行っていく。

参考文献

1) 萬矢敦啓, 岡田将治, 江島敬三, 菅野裕也, 深見和彦: ADCP を用いた摩擦速度と掃流砂量の算定手法, 水工学論文集, 第 54 巻, pp.1068-1098, 2010.

2) 岡田将治, 和泉征良, 竹内慈永, 萬矢敦啓, 橋田隆史: ADCP と RTK-GPS の実測データに基づく掃流砂量推定手法の考察, 水工学論文集 B1(水工学), Vol.70, No.4, I\_631-I\_636, 2014

3) 小関博司, 萬矢敦啓, 工藤俊, 橋田隆史, 岩見洋一: 実河川における掃流砂量と有効摩擦速度の評価方法, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.73, 2017, 登載決定

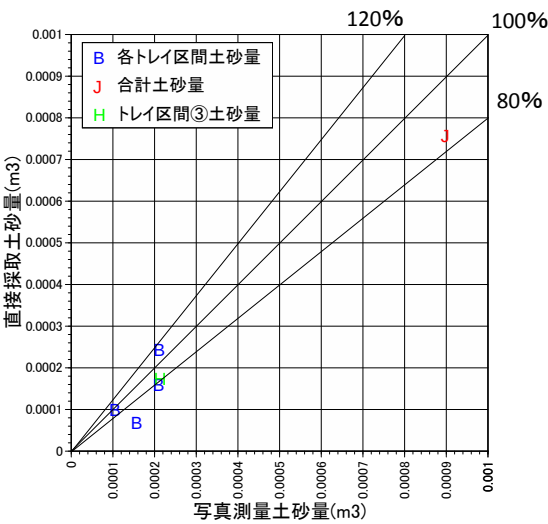


図-3 写真測量によって計測した掃流砂量と直接採取計測した掃流砂量

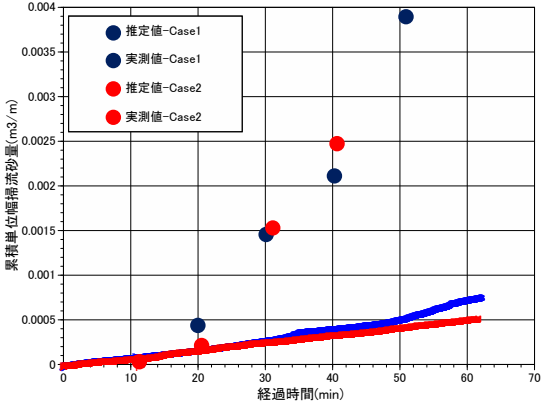


図-4 掃流砂量の時間変化

表-2 掃流砂量倍率:トレイ区間③(写真測量)/Vb 法 (ADCP)

|       | 10 分  | 20 分 | 30 分 | 40 分 | 50 分 |
|-------|-------|------|------|------|------|
| Case1 | 1.07  | 2.41 | 5.15 | 5.11 | 7.51 |
| Case2 | 0.002 | 1.05 | 5.65 | 7.13 |      |