

流砂量観測機器と 採取方式の開発

No. 152

国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所長

なんば まさゆき
難波 政行

技術課長

はやし ひでかず
林 秀一

技術課

さとう みわ こ
佐藤美和子

1. はじめに

河川が運ぶ土砂は、土石流・土砂流の発生や堆積・洗掘を繰り返すことでさまざまな問題を引き起こしている。これらの問題を解決するには、流砂系全体の土砂動態を把握し、総合的な土砂管理を実施する必要があるが、土砂動態を計測する技術に関しては未だ確立されていない部分が多い。

そこで、北陸技術事務所では土砂動態把握のため、河川を流れる流砂（掃流砂、浮遊砂）を採取する機器開発に平成11年度から着手した。平成12年度には、「姫川」をモデル河川に開発機器による土砂採取実験を行い、データ採取・解析を行った。

今回は、開発した機器の紹介と姫川の土砂動態について、これまで観測した3カ年度分のデータから得られた結果を報告するものである。

2. 開発機器と採取方式

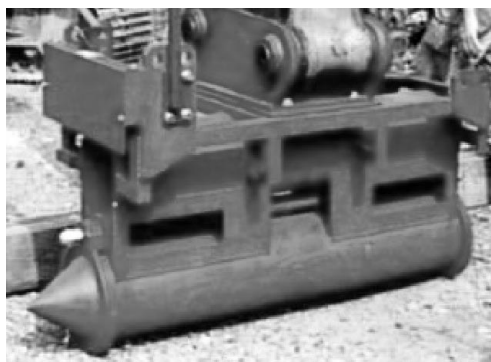
(1) 開発機器の概要

1) 掃流砂採取機器

ゲートを閉める操作は、リモコンによる遠隔操作で行う。

① 丸 型

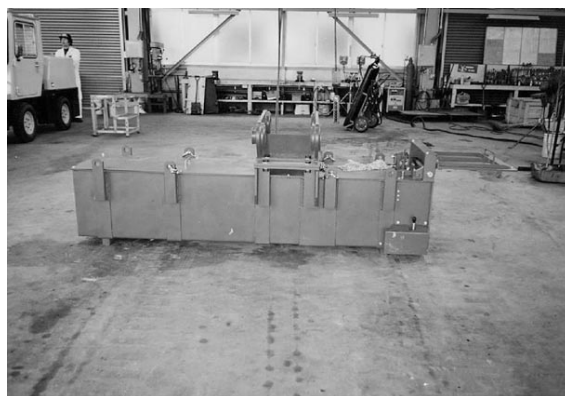
直径が250mm（丸型小〔写真—1〕）と500mm（丸型大）円柱型タイプ。



写真—1 掃流砂採取機器：丸型小

② 角 型

一辺が250mm（角型小〔写真—2〕）と500mm（角型大）角柱型タイプ。

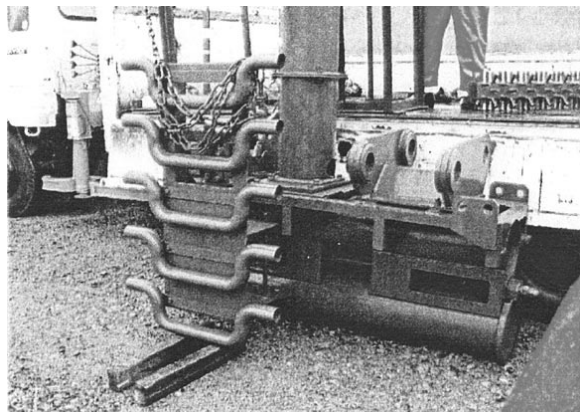


写真—2 掃流砂採取機器：角型小

2)浮遊砂採水機器

① 凹型円筒管

鉛直方向の浮遊砂を同時に採水するため、凹型に加工した直径50mmの管を鉛直方向に250mm間隔に設置した〔写真—3〕。



写真—3 浮遊砂採水機器：凹型円筒管

② 自吸式エンジンポンプ

橋の上からアルミ製の採水棒（中に耐圧ホースを通す）の先端を水中につけ、任意の水深の採水を行う（国総研開発）。

(2) 採取方式の概要

(1)の採取機器を取り付け、次の方法で土砂を採取する。

① ケーブルクレーン式〔写真—4〕

左右岸からケーブルを張り、横断方向の任意の位置で上下させて採取する。

② バックホウ式〔写真—5〕

バックホウのアーム先端に採取機器を装着し、川底に沈め採取する。

③ トラッククレーン式

バックホウでは届かない流心位置での採取に使用する。トラッククレーンで採取機器を吊り下げて川底に沈め採取する。



写真—4 ケーブルクレーン式



写真—5 バックホウ式

3. 調査方法

(1) 土砂採取方法

2で開発した機器、方式で洪水時における掃流砂および浮遊砂の採取が可能であることを確認するため、姫川において現地試験を行うこととした。試験箇所は表—1に示す11カ所である。

表—1 現地試験場所

試験場所（上流→下流）		流砂量の採取 方法と機器	採取試料	
No.	位置		掃流砂	浮遊砂
①	平川	バックホウ丸型（小）	○	○
②	松川	バックホウ丸型（小）	○	○
③	姫川本川（大抜の沢合流点下流）	バックホウ丸型（小）	○	○
④	中谷川	バックホウ丸型（小）	○	○
⑤	浦川	ケーブルクレーン丸型（大）	○	○
⑥	姫川本川（来馬河原）	バックホウ丸型（小）	○	○
⑦	大所川	バックホウ角型（小）	○	○
⑧	姫川本川（小滝川合流点下流）	バックホウ丸型（小）	○	○
⑨	根知川	自吸式ポンプ	—	○
⑩	姫川本川（中山橋上流）	バックホウ丸型（小）	○	○
⑪	姫川本川（国道8号下流）	トラッククレーン丸型（小）	○	○

試験は、各地点同時刻に観測を行い、過去の現地採取検証結果から、採取時間は30秒、観測間隔は2時間で採取を行った。浮遊砂に関しては水深方向に25cm 間隔に採水管を設け、水深方向に同時に採水を行った。

(2) 流砂量（土砂濃度）算出方法〔図—1〕

開発した機器の採取方法は、定常状態で流れる流砂の一部分を切り取って採取する方法である。

流速と浮遊砂の移動速度はほぼ等しく、掃流砂の移動速度は遅い。そのため、掃流砂量と浮遊砂量を合計する場合には、時間の概念を取り入れた処理が必要となり、掃流砂と浮遊砂を単位時間当たり、幅当たりの流砂量単位として算出した。掃流砂の算出方法の一例を以下に示す。

〔例〕 表面流速 $V_1 = 2.0 \text{ m/sec}$

水深 $h = 1.0 \text{ m}$

採取器の幅 $b = 0.25 \text{ m}$ （角型小）

採取時間 $t = 30 \text{ sec}$

採取掃流土砂 $W = 3.0 \text{ kg}$

土砂の比重 $\sigma = 2.6 \text{ g/cm}^3$

① 採取土砂重量を土砂の比重で割り、容積に換算。

$$\text{容積}(W_1) = 3.000 / 2.6$$

$$= 1.154 \text{ cc}$$

$$= 0.001154 \text{ m}^3$$

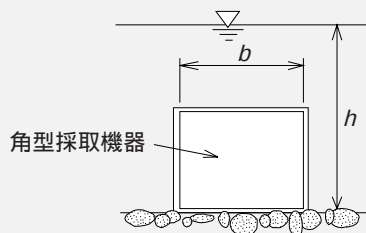
② 採取装置幅・採取時間30秒当たりの通過流量を求める。

$$\text{総流量}(q) = b \times h \times V_1 \times t$$

$$= 0.25 \times 1.0 \times 2.0 \times 30$$

$$= 15 \text{ m}^3$$

③ ①/②で容積濃度を求める。



図—1 模式図（掃流砂）

$$\text{容積濃度}(P) = W_1 / q \times 100$$

$$= 0.001154 / 15 \times 100$$

$$= 0.0077\%$$

(3) 流量算出方法

姫川流域では流量観測所が少ないため、本川・支川の流量配分を決めることが困難であり、各地点で計測した水深、流速、流路幅から各地点ごとの流量を算出した。

4. 調査結果

(1) 流量と流砂量の関係特性

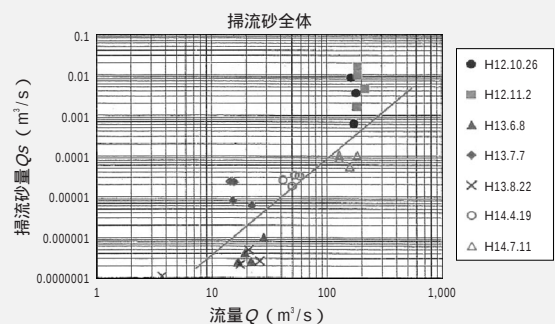
流量と流砂量の相関関係を次式⁽¹⁾で求めた。また、掃流砂と浮遊砂は移動速度が異なるため、個々に分けて整理した方が相関関係が明確になることがわかった。代表的な例を図—2、3に示す。検討結果は以下のとおりである。

【関係式】 $Q_s = B \times Q^A \dots\dots(1)$

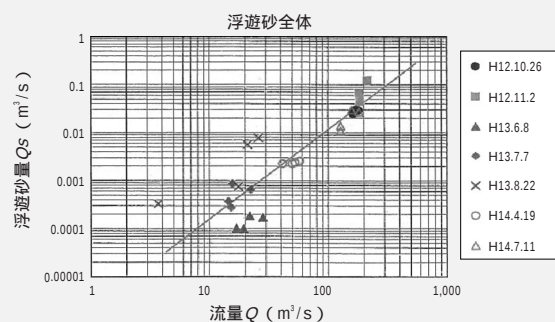
Q_s : 流砂量 (m^3/sec)

Q : 流量 (m^3/sec)

$A \cdot B$: 係数



図—2 流量と掃流砂量の相関関係図（中山橋）



図—3 流量と浮遊砂量の相関関係図（中山橋）

- ・ 姫川本川筋の流量と流砂量の相関は良い。
- ・ 支川の中でも、土砂移動が活発な浦川と大所川は比較的相関が良い。その他の支川は相関は良くない。
- ・ 中谷川、浦川、来馬河原、大所川、中山橋地点では、同程度の流量で比べると年々掃流砂量が減少傾向にある。この理由として、平成7年の大洪水から5～7年が経過、河床が安定化の方向に進みつつあると考えられる。

(2) 粒径別土砂濃度分布

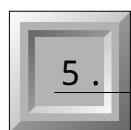
現地試験より採取した掃流砂はふるい分け試験を行い、浮遊砂はレーザー回析法によって粒度分析を行った後ふるい分けによって粒径別に整理し、水深方向における土砂濃度を整理した。浮遊砂については、以下の傾向が見られた。

- ・ 支川に比べると本川筋の浮遊砂濃度は下層ほど大きくなる傾向があり、同じ本川筋でも下流になるほどその傾向が明確になっている。
- ・ 粗度係数が大きくて流速が速く、水深が小さい支川などでは土砂の巻き上がり等により土砂濃度は必ずしも下層の方が大きくなるとは限らない。

(3) 流砂量採取機器の検証

3年間の観測データの解析結果から、観測地点ごとに流砂量の特性が異なること、全体的な傾向として既往の流砂量式による流砂量と比べて掃流砂量が少ないことがわかってきた。その原因は流砂量採取機器の特性に起因するものではないかという懸念がでてきたことから、水路実験による検証を行った。

これまで掃流砂は採取器幅を30秒前後で通過すると思われていたが、実験の結果2秒前後で通過している可能性が高いため、これまでの単位時間当たりの考えでは採取した掃流砂量は実際よりも少なくなっていることがわかった。



5. まとめ

(1) 流量と流砂量の関係

本川筋では相関が高く、支川では相関が低かつ

た。これは本川筋は比較的水深が大きく勾配が緩かなため流況の乱れが小さかったこと、一方急勾配で水深が小さい支川は河床粗度が大きく流況が乱れているため観測データにばらつきが見られ、相関が低くなったと推定される。

(2) 粒径別土砂濃度分布

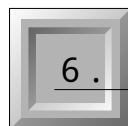
流速が速く、水深が小さい河川では出水時の土砂の巻き上がり等により土砂濃度分布は必ずしも下層ほど大きくなっているとは限らず、姫川では土砂濃度分布が垂直に立つ（上下の差が小さい）傾向が認められた。

(3) 採取時間

水路実験よりこれまでの採取時間30秒では掃流砂は採取器幅を通過している可能性が強いことがわかった。これは水路実験による結果であるため、今後現地で同実験を行い、採取時間の修正が必要になると思われる。

(4) 調査・解析マニュアル（案）の作成

本調査成果として、これまで得られた土砂採取方式や解析手法などをとりまとめ、他の現場サイドでも参考使用できる調査・解析マニュアル（案）を作成した。



6. 今後の課題

(1) 流量精度の向上

現在は各観測地点の水深、流速、流路幅の実測値から求めたハイドロ中の一部分の値であり、洪水ハイドロの作成は姫川下流域の山本橋流量観測所から流域面積比で換算しているが、今後は簡易水位計の設置等による流砂量観測地点の流量観測精度の向上が必要である。

(2) 現地でのデータ蓄積

本調査は3カ年でのデータ蓄積で求められた結果である。今後はより大きな流量時のデータを蓄積するとともに採取時間などの観測手法の精度や解析精度の向上を図り、各観測地点の土砂動態特性の判断資料としていくことも必要である。