

山地流域の土砂供給量推定に向けた流量-流砂量関係の変動評価

京都大学大学院工学研究科 ○岩崎大和

京都大学防災研究所 山野井一輝, 川池健司, 小柴孝太

国土交通省国土技術政策総合研究所 山越隆雄

1. はじめに

山地流域では、流量などの水理量のみからは予測できない複雑な土砂流出の実態がある。降雨などの外力によって土砂が河道に供給されることで、同程度の流量であっても異なる流砂量が見られる場合がある。一方で、その土砂供給の量や粒径分布等を予測する一般的な手法は確立していない。また、ハイドロフォンや濁度計などの流砂観測機器が各地の直轄砂防事務所によって約 90 か所に登って設置¹⁾されており、すでに複数年分のデータが各地点で蓄積されている。このデータを、流量・流砂量の関係性やその変動性に着目して分析することで、各流域の土砂供給特性が横断的に議論できる可能性がある。

そこで本研究では山地流域の土砂供給量の一般的な推定手法の確立を最終的な目的とし、流量・流砂量の関係の変動特性の評価手法を構築した。次に全国の 22 観測地点を対象に(図 1)、どの程度流量と流砂量関係の変動性が表れているかについて横断的に考察した。

2. 流量-流砂量関係の変動性の定量化手法

本研究では、ある流量に対する掃流砂の流出しやすさを定量的に評価するための指標として、相当粒径を定義した。相当粒径とは、河床を単一粒径と仮定し、流量、掃流砂量のデータを既知の値として掃流砂量式に代入した際に、最小二乗法を用いて逆推定をして得られた粒径のことを指す。相当粒径が小さいほど、同流量に対して掃流砂が流出しやすい状態となる。最小二乗法を用いた非線形関数の最適化には SciPy ライブラリの `curve_fit` 関数を用いた。最適化には 1 日ごとに平均した流量と掃流砂量のデータを与えて計算を行うものとし、相当粒径は 1 日の掃流砂の流出しやすさを表す指標として扱う。

設定した条件は以下の通りである。まず、最適化フィッティングには芦田道上式を用いた。芦田道上式内の限界摩擦速度は岩垣式によって評価されるが、ハイドロフォンの検知範囲が概ね 0.303 (cm) 以上とみなせるため、場合分けを簡易化して、

$$u_{*c}^2 = 80.9d$$

とした。また、相当粒径による曲線をよりわかりやすく点群の分布を代表する位置に描画できるよう、1 日ごとの流量・流砂量の値の平均値(1 日単位の観測点群の重心)を `curve_fit` 関数に与えた。

浮遊砂の流出しやすさの定量化には、流量との相関関係を経験的に近似した式、

$$Q_s = \alpha \times Q^2$$

より、比例定数 α を用いて評価した。これは、赤沼ら²⁾が魚野川水系芋川流域の竜光地点においてこの式を用いて流量と浮遊砂量の関係を把握した例に基づき、ウォッシュロード量を対象とした式ではあるが、浮遊砂に援用している。相当粒径と同様に、最小二乗法を用いた最適化には `curve_fit` 関数を用い、最適化には 1 日ごとに平均した流量と浮遊砂量のデータを与えて計算を行った。上式は複数の出水イベントの平均的な輸送量特性を表していると言えるが、ここでは比例定数 α は 1 日の掃流砂の流出しやすさを表す指標として扱う。

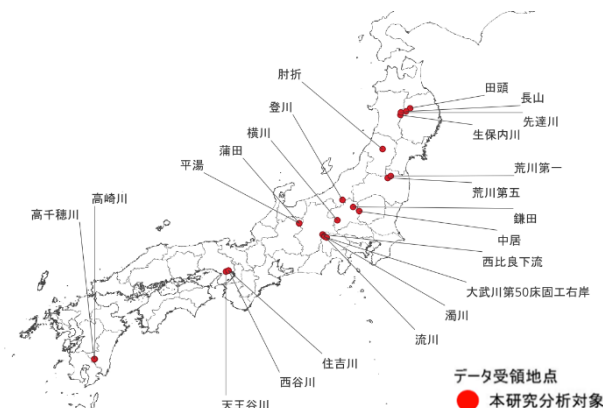


図 1 流砂観測データ受領地点と分析対象地点¹⁾

3. 複数流域を対象とした変動性の考察

まず、掃流砂に関して検討した結果を示す。図3は神通川水系足洗谷流域において計測されたデータのうち、2018年6月29日から同年7月10日までの1出水イベント程度の期間を対象に、流量と掃流砂量の関係と、フィッティングした相当粒径の値を示したものである。この手法を用いることで、当該期間の相当粒径が、4.5~8.0 (cm) の範囲で変動したことが分かった。7月5,6日頃の出水によって掃流砂量が増加し一旦細粒化したが、その後7月9日の出水では掃流砂量の増加がみられず粗粒化する傾向が確認できた。これは、河道への土砂供給や上流からの細粒分の輸送による影響と考えることができる。

次に、浮遊砂については比例定数 α の標準偏差をとり、どのようなバラつきが見られるかの検討を行った。ここでは、富士川水系釜無川流域の4地点、西比良下流・流川・濁川・大武川右岸(図3)に着目した結果を示す。図-4に示した通り、流域面積と比例定数のバラつきに逆相関が見られた。これは、流域面積が小さいほど、同流量時の浮遊砂量の変動性が大きいことを表しており、一般的な山地河川の性質と矛盾しないことが確認できた。

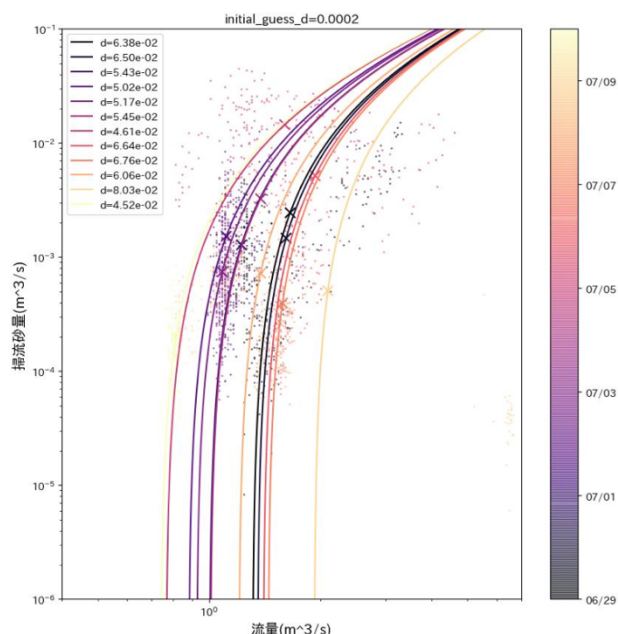


図2 足洗谷地点の流量-流砂量関係。データ群が観測日ごとにカラースケールに従って色分けされている。また、図内のバツ印は各日のデータ群の重心を表す。



図3 釜無川流域4地点地図 3)より作成

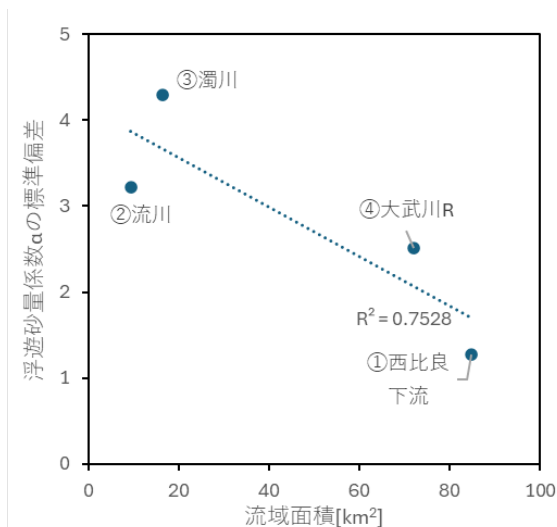


図4 4地点の流域面積と標準偏差

4. 今後の課題

本研究では、相当粒径や浮遊砂比例定数を定義し土砂流出量の変動の考察を目的に、掃流砂量を対象とした出水中の相当粒径の変化と、浮遊砂量係数の標準偏差と流域面積の関係性について分析した。いずれも定性的には、土砂供給等の影響による土砂流出の変動性が確認された。今後はこの変動性と上流域の地質や気候条件等がどのような関係性を持つかについて、多角的に考慮していきたい。

参考文献

- 1) 桜井ら, 国総研資料, 第887号
- 2) 赤沼ら, 砂防学会研究発表概要集, 2020
- 3) 萬徳ら, 砂防学会研究発表概要集, 2019