

手取川上流域における流砂観測データに基づく流域内の土砂動態に関する考察

日本工営株式会社 ○松田悟, 木佐洋志, 松永一慶, 大島温志
国土交通省 金沢河川国道事務所 甚田隆光, 杉崎亮太, 中野光

1. はじめに

山地河道における流砂水文観測の目的には、流域の土砂動態の概況把握・監視、砂防基本計画の策定・砂防事業の効果評価、天然ダム形成時などの危機管理、総合的な土砂管理手法の検討が挙げられている¹⁾。手取川上流域においても総合土砂管理等の観点から種々の手法で土砂モニタリングが実施されてきた²⁾。また、周辺地域の土砂生産の発生や土砂災害の切迫性把握に活用できる指標として「流量や流砂量の急激な変化」、「流量と流砂量の変化」が挙げられており¹⁾、それぞれの観測地点での土砂動態の把握・検討が進められている。一方で流域間での流砂の特性の比較に着目し、土砂輸送能³⁾と比流出土砂量の関係について検討がなされている事例⁴⁾がある。

手取川上流域で蓄積された流砂量観測データを基に既往研究と同様の手法で土砂流出特性を整理・比較した。また、土砂輸送能の整理に用いる雨量について雨量観測所のデータの他、流域内での降雨分布の影響を考慮して解析雨量データを用いた検討も加えた結果を示す。

2. 手取川上流域における流砂観測の状況

2.1 観測箇所概要

手取川上流では2箇所（白峰床固群、瀬戸砂防堰堤、2026年4月時点）で、掃流砂観測を実施しており、取得したデータを基に移動礫の量と質（粒径）の把握を試みている。白峰床固群と瀬戸砂防堰堤は、各々下流のダム領域（手取川ダム）への流入、下流の河川領域への流入を把握できる位置にある（図-1）。



図-1 流砂観測所位置

2.2 流砂観測項目

手取川上流域では、表-1に示す通りパルス式ハイドロフォン・掃流砂観測柵・圧力式水位計等による流水・流砂観測を実施しており、データは1分毎の計測値をデータロガーに記録している。パルス式ハイドロフォンで得られるパルス数から、掃流砂観測柵の計測値を基にした校正式を用いて掃流砂量を推定している。白峰床固群（図-2）では、上流の風嵐水位観測所での流量観測結果を基に作成したH-Q式を、瀬戸砂防堰堤（図-3）では、水理模型実験⁵⁾を基に作成されたH-Q式を用いて流量を求めている。瀬戸砂防堰堤は、2門透過部でそれぞれ透過部直上で観測を実施しているが、右岸側は2022年8月出水による断線により現在は観測停止している。

表-1 手取川流域の掃流砂観測地点諸元

観測地点	観測機器	流域面積 (km ²)	河床勾配	水通し幅 (m)	代表雨量観測所
白峰床固群	ハイドロフォン、水位計、掃流砂観測柵	139	1/70	60	風嵐
瀬戸砂防堰堤	ハイドロフォン、水位計、掃流砂観測柵、底面流速計、濁度計	187	1/82	透過部幅 6m×2門	尾口

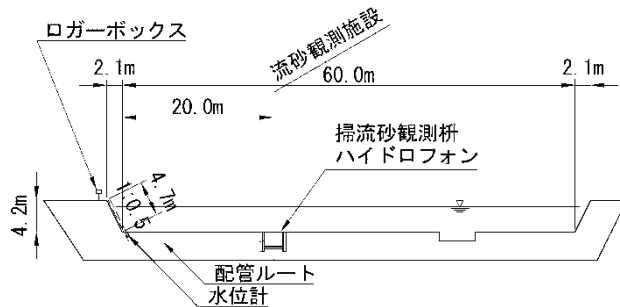


図-2 白峰床固群観測所

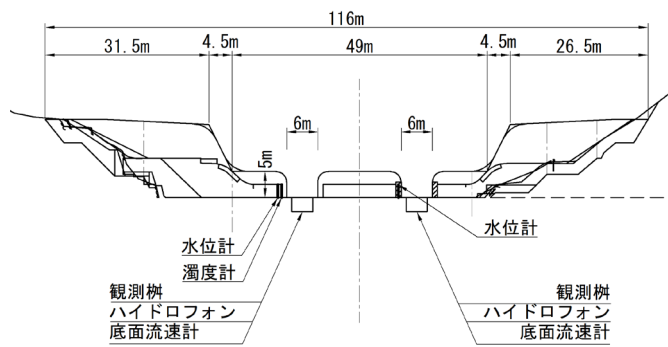


図-3 瀬戸砂防堰堤観測所

3. 比流出土砂量と土砂輸送能の関係整理方法

3.1 比流出土砂量の整理

既往の研究において、1出水当たりの掃流砂量 (Q_b) 比流出土砂量 (Q_b/A) と土砂輸送能 (ARI , A :流域面積, R :雨量, I :河床勾配) の関係を整理して複数の流域の土砂流出特性を検討している。整理されている観測データは合成音圧方式によるハイドロフォンを用いた掃流砂観測データで15分インターバルで計測された単位幅掃流砂量のデータ [$m^3/s/m$] を基に整理されており、水通し幅を考慮した出水時の掃流砂量 n のピーク値 [m^3/s] の15分間の積算土砂量を流域面積 A で除して比流出土砂量を算出している。

本発表で対象としている観測箇所はパルス式であり、合成音圧方式と異なるが1分毎のパルス数のデータを基にした単位幅掃流砂量 [$m^3/s/m$] のデータとして、水通し幅を考慮したピークの土砂量 [m^3/s] を15分の積算値として整理した。

3.2 土砂輸送能の整理

土砂輸送能 ARI は、流域面積と期間内雨量、観測地点での河床勾配を乗じて算出している。このため、同一観測地点内での ARI の大小は期間内雨量によって決まる。本発表で扱う観測地点の代表雨量観測所としては表-1に示す通りである。各流域内には他にも複数の雨量観測所があるものの冬季の観測局閉鎖等のデータがない期間を有することから年間を通じた継続的な観測データの蓄積がある最寄りの観測点を代表観測所とした。

3.3 解析雨量を用いた土砂輸送能の整理

既往研究と同様の手法で比流出土砂量と土砂輸送能の関係を整理した結果、ある程度流量や流砂量が観測されている出水時においても、代表雨量観測所での雨量が小さい事例が散見された。代表雨量観測所は通年で観測されている箇所を選定しており手取川各流域出口付近に位置している。このため、出水の要因となる流域内に降る雨量の評価方法の一つとして、解析雨量データを基に降雨分布の影響を踏まえた土砂輸送能の整理を実施した。使用した解析雨量データは一般財団法人気象業務支援センターが提供しているデータ（1 km 四方メッシュ、30 分間隔）を用いた1 出水の期間の浦川における雨量分布の例を図- 4 に示した。この例の場合上流域での雨量が多い分布となっており、雨量観測所（風嵐）で観測された雨量との差が生じる。

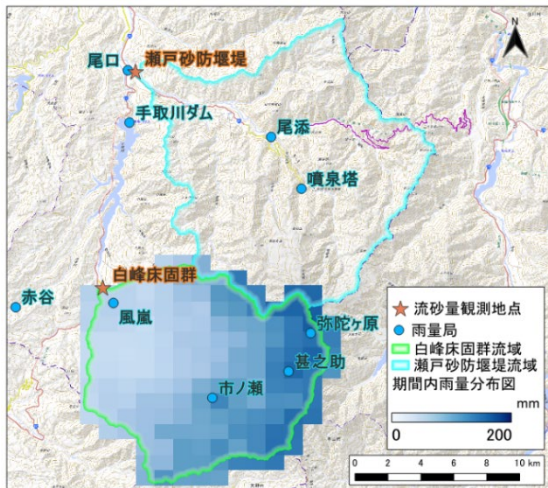


図- 4 白峰床固群上流域の雨量分布
(2020年6月30日出水の例)

流域全体の傾向を考慮する観点から各観測地点の流域を一部でも含む各メッシュの降雨量積算値をメッシュの合計面積で除した値を流域内に降った雨として整理した。この時の降雨の期間としては、流域内に降った雨量が 0.5 mm 以上になってから降雨後 0.5 mm 以下になり 4 時間継続するまでを 1 降雨の期間として設定した。この期間設定は連続して生じる降雨もあり、解析雨量で一部のメッシュで何かしらの値が出ていると期間の区切りが出来ないことから便宜上既往研究での設定時間より短い設定とした。

4. 各流域の特性比較

土砂輸送能と掃流成分土砂量の関係を図-5 および図-6 に示す。瀬戸砂防堰堤では、土砂輸送能が大小に寄らず比流出土砂量の最大値が $0.2 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 付近で分布しており、透過型砂防堰堤の効果として堰上げによるピーク時の土砂流出が抑制されていると考えられる。左右岸の透過部で土砂量が異なるのは、堰堤上流の湾曲する河道の影響で土砂の堆積形状が異なることによるものと考えられる。一方で、白峰床固は土砂輸送能の大小に対応して比流出土砂量も増減する傾向がみられる。また、比流出土砂量は瀬戸砂防堰堤よりも大きい。左右の図の違いは、土砂輸送能の指標で使用する雨量データのの違いで、解析雨量を用いると各箇所土砂輸送能が小さいエリアでの分布となるが、分布形状傾向は同程度である。

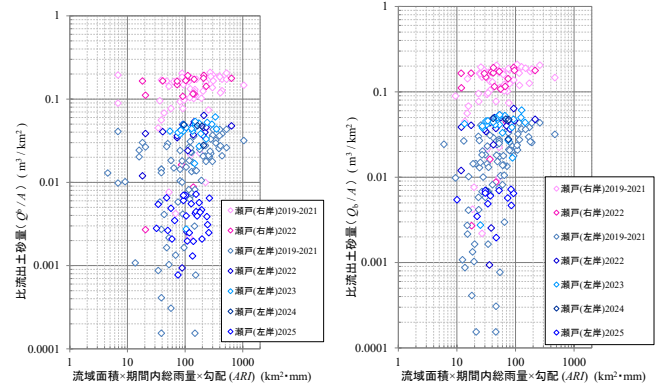


図- 5 瀬戸砂防堰堤における土砂輸送能と掃流成分土砂量
(左：雨量観測データ使用, 右：解析雨量データ使用)

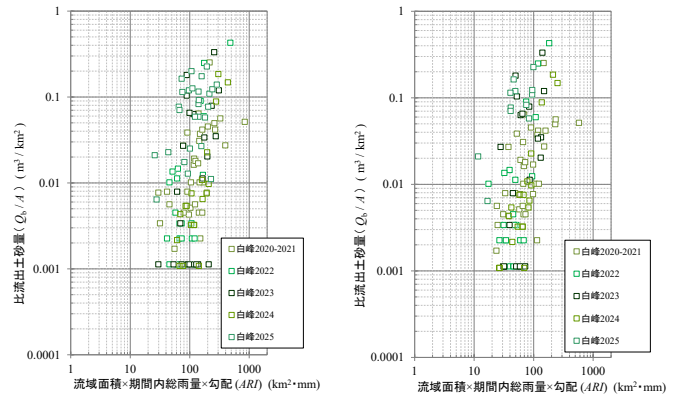


図- 6 白峰床固群における土砂輸送能と掃流成分土砂量
(左：雨量観測データ使用, 右：解析雨量データ使用)

5. おわりに

流域ごとの特性の比較ができるような形での土砂動態の分析に着目し、手取川流域での流砂量観測結果に基づいて土砂輸送能に対する土砂流出量を検討した。また、雨の指標として解析雨量を用いた土砂輸送能と観測雨量を用いた土砂輸送能では、土砂輸送能の違いはあるものの横にスライドさせたように同様の分布を示していた。近年の局地的豪雨等の発生など、降雨の分布で偏りが生じる可能性はあるため、雨量観測所のデータのみならず、解析雨量による整理も雨に対しての土砂動態の検討手段の一つとなりうる。

流砂量観測データの使い道の一つとして観測データの危機管理的な活用が期待される。土砂生産・流出イベントが下流でどのような影響がいつ生じるか観測データから把握することも重要であるが、その事例は多くないことから、流域内での面的な雨の情報（いつ・どこで・どんな）も含めた出水イベント時のデータの蓄積により土砂動態の考察を深めることにつながると考えられる。

【参考文献】

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所, 国総研資料第 686 号, 2012. (題目省略, 以下同様)
- 2) 福島将史・杉崎亮太・松田悟・林聖也・木村詩穂, 令和 4 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 289-290, 2022.
- 3) 芦田和男・奥村武信, 自然災害科学資料解析研究 4, p. 85—91, 1977
- 4) 木村詩穂・内田太郎・田中健貴・井内拓馬・桜井亘・杉山実・田方智・松田悟・伊藤隆郭, 砂防学会誌, Vol.70, No.6, p.46-53.
- 5) 二俣秀・森田賢治・宮本憲治・田方智・貝塚和彦・杉山実・伊藤隆郭 平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 338-339 2011.