揖斐川上流における出水時流砂観測結果による土砂動態傾向の把握

国土交通省中部地方整備局　越美山系砂防事務所　吉野 睦　片桐 知治　山本 一兆※1　小関 輝明※2　田中 直
日本工営株式会社　吉田 宇男　森田 威孝　西 陽太郎　○流川 遥平
※1現　木曽川下流河川事務所　※2現　富士砂防事務所

1. はじめに

揖斐川流域の坂内、白川観測所（図 1）では、土砂動態特性の把握等を目的として、掃流砂はハイドロフォン、浮遊砂は濁度計を用いて観測を実施している。既往研究により、濁度計は粒径 0.2 ㎜程度以上の粒子に対する反応が悪いこと[1)2)]が指摘されている。そこで、上記 2 観測所で使用している濁度計の応答を確認するため、平成 29 年 8、10 月に出水時の観測を実施し、採水試料と計測値の比較をした。また、出水時に鉛直方向の浮遊砂濃度に違いが認められる事例[2)]が報告されており、従来実施していたバケツによる表面採水では流砂量を正確に把握できていない可能性があるため、白川観測所で深度別の採水を実施した。

坂内観測所では、平成 23 年以降、約 7 年間のデータが蓄積できており、平成 29 年には 24 時間雨量が 1/30 年確率程度と、観測開始以降最大の出水を記録した。観測期間中の流域の土砂動態傾向を把握することを目的として、年間および月別の流砂量を集計し、その特徴や気象データとの関係性を評価した。

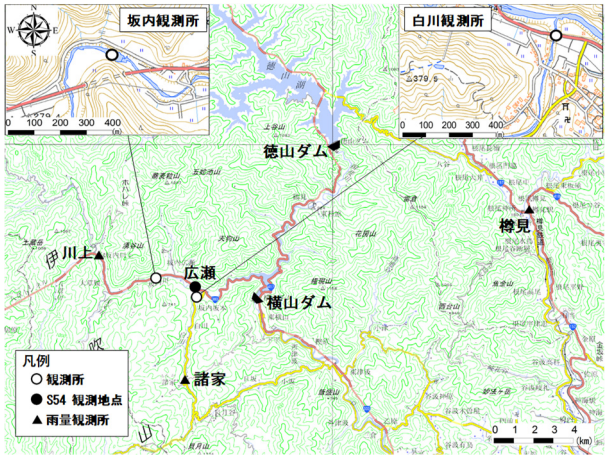

図 1　観測地点位置図
国土地理院数値地図 200,000「岐阜」、25,000「美濃広瀬」

2. 観測地点の概要

2.1 坂内観測所

坂内観測所は，揖斐川右支川の坂内川本川の砂防堰堤に位置する（図 1）。流域面積は 93km²、堆砂敷の河床勾配は 1/183(=0.3°)、堰堤水通し幅は 35m、代表粒径 D60 は 1.8cm である。観測所上流の地質は、主に中古生代美濃帯の堆積岩である。観測機器として水位計、濁度計、ハイドロフォンが平成 23 年より稼働中である。昭和 54 年 10 月に坂内観測所から約 3 ㎞下流の広瀬地区にて出水時のバケツ採水が実施されている（図 1）。

2.2 白川観測所

白川観測所は、坂内川右支川の白川の下流端、床固工に位置する（図 1）。流域面積は 31km²、堆砂敷の河床勾配は 1/37(=1.5°)、堰堤水通し幅は 15m、代表粒径 D60 は 6.0cm である。観測所上流の地質は中生代の花崗岩が主体である。観測機器として水位計、濁度計、ハイドロフォン、流速計が稼働中である。

3. 平成 29 年出水時流砂観測の概要

平成 29 年 8 月 7～8 日と 10 月 22～23 日に観測を実施した。川上観測所における 8 月 7～8 日の 24 時間雨量は 292 ㎜、10 月 22～23 日は 220 ㎜であった。

バケツ採水、浮子による流速計測、水深計測を、30～60 分程度の間隔で行った。採水試料は、浮遊物質量試験及び粒度分析を行った。粒度分析はレーザー回折/散乱法[3)]を使用した。浮遊物質量（SS）分析は、ろ過重量法[4)]で実施した。加えて、白川観測所では濁度計センサー付近（河床から 15 cm付近）の採水をポンプにて実施した。観測結果の整理にあたり、芦田（1985）[5)]を参照し、粒径 0.2㎜ 未満を Washload、それ以上を浮遊砂とした。

4. 平成 29 年出水時観測結果

4.1 濁度計による浮遊砂（粒径 0.2 ㎜以上）の検知

既往研究[2)]において使用されている濁度計は OBS-3+という機種であるが、坂内・白川観測所は、検出窓の洗浄のためワイパーが搭載されている TS-Mx-A 型である。

浮遊砂量と濁度計電圧値の関係を図 2 に示す。坂内、白川観測所で感度が異なる。また、同電圧の場合、白川観測所で 8 倍、坂内観測所で 4 倍程度の浮遊砂量の差が生じている。両観測所ともに浮遊砂のおおよその傾向は把握できるが、正確な量を計測することは困難と考えられる。

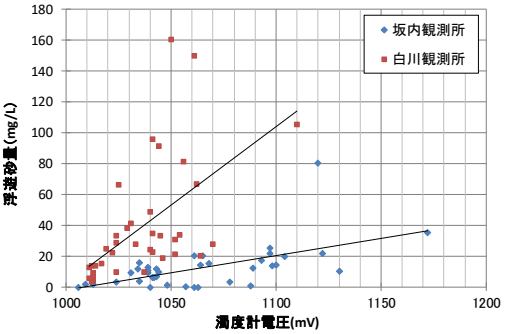

図 2　濁度計計測値と浮遊砂量

4.2 深度別採水の結果

白川観測所で実施した深度別採水の結果を図 3 に示す。Washload は、バケツ・ポンプの量比がほぼ 1：1 となり、深度による量の差はない。浮遊砂量は、出水前半にポンプ採水の方がバケツ採水と比較して 2 倍程度の浮遊砂量となったが、浮遊砂量が多い時の量比は 1：1 に近く、深度による流砂量の差は少ないといえる。過年度に実施された坂内観測所における深度別採水結果[6)]も流砂量に大きな違いは見られないとしているため、本発表の対象流域では、深度別の Washload 量に差はないとして流砂量を算出した。

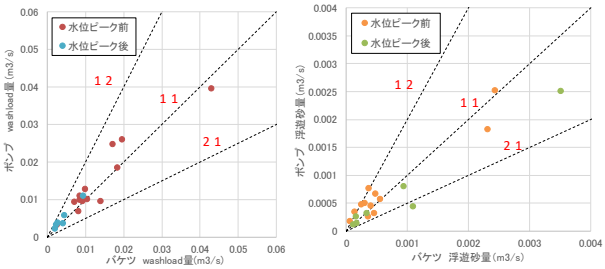

図 3　深度別の採水結果（左：Washload　右：浮遊砂）

5. 坂内観測所の土砂動態傾向

5.1 流量と Washload、浮遊砂の関係

図 4 に流量と Washload 量の関係を示す。Washload 量は、流量のべき乗に対して概ね10^{-5}～10^{-6}倍であることが示された。昭和 54 年の観測結果（広瀬）も、同傾向であり、当時と現在で流出傾向に大きな差がないことが推測される。

一方、浮遊砂量と流量の関係（図 5）を見ると Washload 量との関係と比較してばらつきが大きく、同流量でも浮遊砂量に 100 倍以上の差がつく場合があった。これは坂内観測所の場合、1 出水中の流量のピーク前に浮遊砂量が大きく、後半に少なくなる傾向が影響していると考えられる。

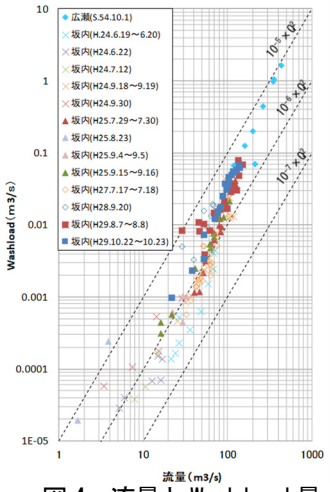

図 4　流量と Washload 量

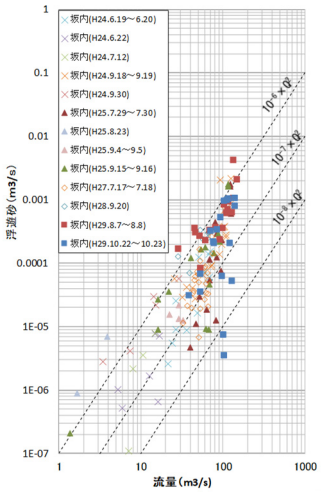

図 5　流量と浮遊砂量

5.2 土砂動態傾向の把握

平成 23 年以降の年間の掃流砂量および Washload 量を比較した（表 1）。掃流砂量はハイドロフォンの観測データ、Washload 量は前項で流量との相関が示されたため、流量より推定した。なお、浮遊砂量は観測機器からの推定が困難なため、算出していない。 Washload は年間約 500～9,000 m^3が流下しており、掃流砂は約 600～22,000m^3が流下している。融雪期の土砂移動が年間の流砂量のうち大きな割合を占めることがあり、平成 27 年は年間の流砂量の 8 割程度が融雪期に流下している。また、年間降水量の増減は、浮遊砂・Washload 量の増減と必ずしも一致していない。

表 1　年別の流砂量

	掃流砂量 (m^3)	washload量 (m^3)	掃流砂＋washload量 (m^3)	年間に占める2～4月の流砂量	年間降水量 (mm)
H23	14,082	3,984	18,067	9%	3,716
H24	11,578	4,779	16,358	67%	3,427
H25	5,409	2,886	8,295	18%	3,267
H26	608	7,905	8,513	1%	2,980
H27	21,914	5,495	27,409	78%	3,201
H28	2,542	532	3,075	43%	2,571
H29	18,520	9,461	27,981	29%	3,780

土砂動態の傾向を詳細に把握するため、月別の流砂量に着目した。平成 26、29 年の流砂および気象データを図 6 に示す。平成 26 年 8 月は大規模な出水が発生しているが、掃流砂量が約 200m^3である。一方、平成 29 年 8 月は掃流砂量が約 8,000m^3と、40 倍の差があった。また、平成 29 年 8 月と 10 月を比較すると、同規模の出水が生じているが、10 月の掃流砂量は 8 月の 1/4 程度である。

平成 26 年と 29 年の積雪量に注目すると、26 年は積雪が少なく、3～4 月の融雪出水による流砂量が少ないことがわかる。坂内観測所の上流域は、冬季の積雪・融雪により河道付近に土砂が供給され、それが夏季の出水により流下することが伺える。また、出水が複数回生じると、流域内の移動可能な土砂が前回の出水によって流下しているため、初回と比較して掃流砂量が小さくなる傾向がある（図 7）。

近年流域の状況は安定しており、今後荒廃状況が変化しない限りこの傾向が続くと考えられる。また、Washload 量は積雪量との関係が現状確認できないことを踏まえると、流出にあたり渓岸侵食等の積雪・融雪の関係しない土砂供給形態が存在する可能性がある。

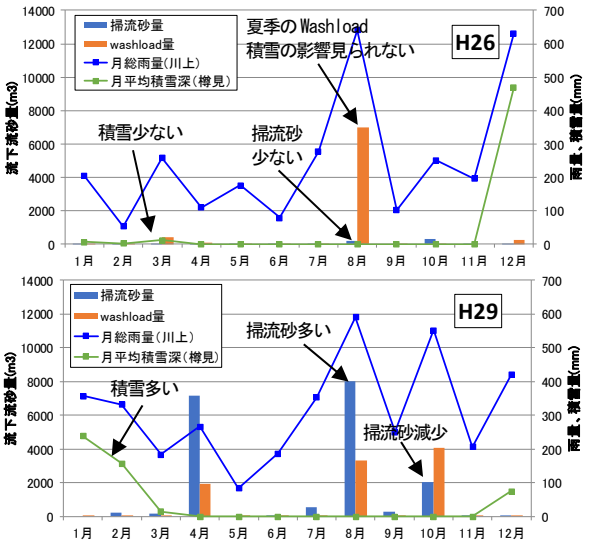

図 6　月別の流砂量と積雪深

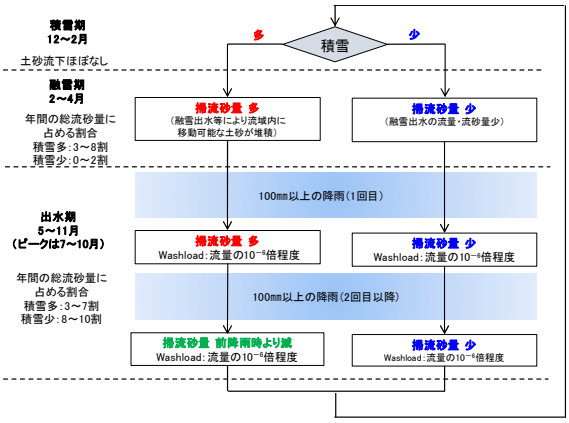

図 7　坂内川流域の土砂動態フロー

6. まとめ

坂内・白川観測所における出水時観測結果より、濁度計は 0.2 mm以上の粒径を正確に計測できないこと、白川観測所では深度別の浮遊砂・Washload 量に差がない事が確認された。

また、坂内観測所の平成 23 年以降の観測データの解析により、年別の土砂動態傾向を把握した。流砂量は年により 9 倍程度の差が生じている。また、融雪期の流砂量が年間の 8 割程度を占める場合がある。月別のデータに着目すると、掃流砂量と Washload 量の増減は一致しておらず、掃流砂量は流域の積雪量が影響している可能性がある。より精度の高い土砂動態を把握するために、今後、粒径 0.2 mm以上の浮遊砂量の計測方法を確立する必要がある。

【参考文献】

1)横山（2002）土木学会論文集 No. 698
2)小菅ほか（2015）砂防学会研究発表会概要集 B-22～23
3)地盤工学会（2007）土質試験の方法と解説 第 2 編 4.6.2(4)
4)環境省（1971）環告第 59 号付表 9
5)芦田ほか（1985）流砂の水理学　第 4 章 p.142
6)松田ほか（2014）砂防学会研究発表会概要集 A-138～139