

天竜川上流域で実施した流砂量観測の分析（続報）

国土交通省中部地方整備局 天竜川上流河川事務所 吉田桂治、岡本明、藤田隼平、榊直人
株式会社コルバック 吉村暢也、○遠藤哲雄
株式会社建設技術研究所 家田泰弘、井内拓馬、清野真義、中西宏彰

1. はじめに

天竜川上流域では、支川の与田切川流域および小渋川流域において、移動土砂の時系列的な実態を把握するために流砂量観測を実施している。使用している観測装置と観測開始年を表-1、観測位置図を図-1 に整理した。

表-1 天竜川上流域での流砂量観測

観測箇所	観測開始 (蓄積年)	観測装置	設置位置
与田切川	2006.1 (18)	水位計、濁度計、流速計、 ハイドロフォン、 トロンメル施設(2000/9より) ¹⁾	砂防堰堤 水通し部
小渋川（大河原、 鹿塩川、生田）	2015.4 (8)	水位計、濁度計、流速計、 ハイドロフォン	床固工 水通し部
天竜川本川宮ヶ瀬	2010.7 (13)	水位計、濁度計、浮遊砂サ ンプラー	護岸位置

(蓄積年)：2023.12 末までの観測データ蓄積年数

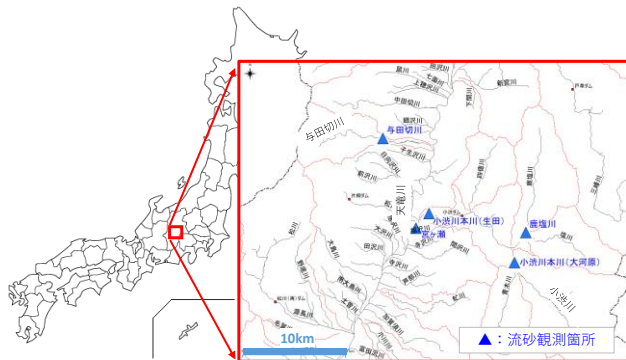


図-1 観測位置図

観測は、与田切川流域にて2000年9月からトロンメル施設を使用した観測を開始した。このトロンメル施設は、水深方向3深度位置の掃流砂と浮遊砂・ウォッシュロードについて、土砂試料を直接採取して連続的に観測する施設¹⁾である。

その後、2006年1月から音響を利用したハイドロフォン観測装置をトロンメル施設と併用して試験的に観測を開始し、2015年に現地水路実験²⁾を実施してその結果とトロンメル施設の観測値を用いてハイドロフォンの掃流砂量に換算する校正式を作成した。また小渋川流域においても現地水路実験²⁾を実施して校正式を作成してハイドロフォンによる流砂量観測を開始(2015/4)した。

2. 流砂量観測データの観測精度検討

観測に使用している装置は、浮遊砂・ウォッシュロード量については濁度計、掃流砂量についてはハイドロフォンを使用して計測している。しかし、濁度計については計測値に粒径依存性、ハイドロフォンについては流砂の非衝突等の課題³⁾があることが分かっている。このことから天竜川上流域での観測では、課題を考慮してトロンメル施設による観測値および現地試験等を実施して校正式を作成している²⁾。

今回、その校正式から推定した流砂量について、LPデータと小渋ダムバイパス運用時の流入土砂量等を利用して検証を行った。

(1) 与田切川流域のLPデータによる検証

経年的にLPデータを取得している与田切川流域を対象として、LPデータ差分解析結果と除石実績から流砂観測箇所への流下土砂量を推定して、その値と流砂量観測データを比較することにより検証した。比較は、飯島第6堰堤が満砂した前後の2期間に分けて行った。

比較した結果を表-2に示す。この結果によると、満砂前は流砂観測データの方が約1.39倍大きく、満砂後は0.95倍となり、平均的には大きな誤差が生じていないことが確認できた。

表-2 LP差分と流砂観測値比較、与田切川

	年平均流砂量[m ³ /年]	
	満砂前 2010(H22)~2018(H28)	満砂後 2018(H28)~2023(R4)
LPデータ差分解析+除石量 ①	18,000	57,000
流砂量観測データ ②	25,000	54,000
②/①	1.39	0.95

*土砂量は見かけ土砂量（空隙率0.4）で整理

*飯島第6堰堤が満砂した2018年の前後を分けて整理

*LPデータ撮影月と除石量集計月が異なることから1年ごとの比較ができない。また、LPデータを撮影していない年もあるので、2期間の平均的な値で比較した

(2) 小渋ダムバイパス運用時の流入土砂量による検証

小渋ダムにおいて2016年から土砂バイパスを運用しており、ダム流入地点（桶谷橋）の流入土砂量をLQ式(R3版)から推定している。そのダム流入土砂量と上流側で計測している大河原観測箇所（小渋川本川, A=134.8km²）と鹿塩川観測箇所(A=52.3km²)の計測値を比較することにより検証を行った。また、残留域として塩川流域(A=36.8km²)があるが今回考慮していない。

比較した結果を図-2に示す。この比較図が示すように流砂観測データの方が約3割小さい傾向にあるが、大きな差異は生じないことが確認できた。

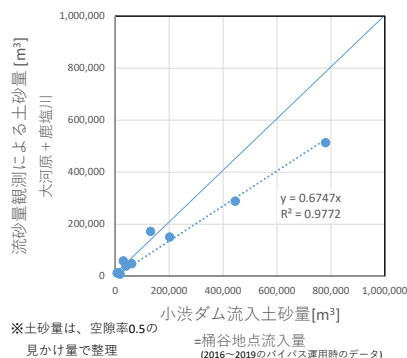


図-2

小渋ダム流入土砂量と流砂観測値との比較

3. 土砂生産イベント発生時の土砂動態

与田切川流域の飯島第6堰堤(H=35.5m)が満砂状態となった2018年の観測データをもとに土砂動態の分析を行った。分析は、流量と流砂量(浮遊砂・ウォッシュロード量、掃流砂量)とのヒステリシス特性より行った。また、流砂観測箇所は、飯島第6堰堤より約4.5km下流の地点である。

(1) オンボロ沢での崩壊発生時(2018年5月)

図-3の左図に示す流量と掃流砂量との関係は、大きな傾向変化は生じていないが、右図に示す浮遊砂・ウォッシュロード量との関係においては反時計回りにループを描く傾向となっている。

これは、飯島第6堰堤が未満砂状態なので掃流状の土砂は堰堤で捕捉され、細粒土砂は堰堤を通過して観測地点まで到達したことを示していると考えられる。このことから、土砂コントロール機能が大きい砂防施設があっても、浮遊砂・ウォッシュロード量を計測すれば上流域の土砂イベントを検出できる可能性があると考えられる。

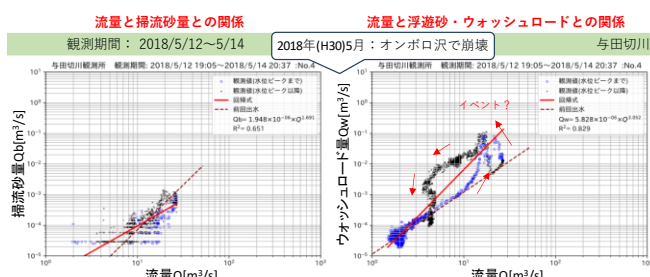


図-3 流量と流砂量との関係、2018/5

(2) 飯島第6堰堤の満砂時の出水(2018年9月)

堰堤満砂後は、図-4に示すように流量と浮遊砂・ウォッシュロード量との関係は大きな傾向変化は生じていないが、掃流砂量との関係に傾向変化が生じるようになっていく。これは、掃流状の流砂が飯島第6堰堤を通過して観測箇所まで到達するようになったことを示していると考えられる。

このように観測データから上流域の土砂動態を推測できる可能性があることが分かった。

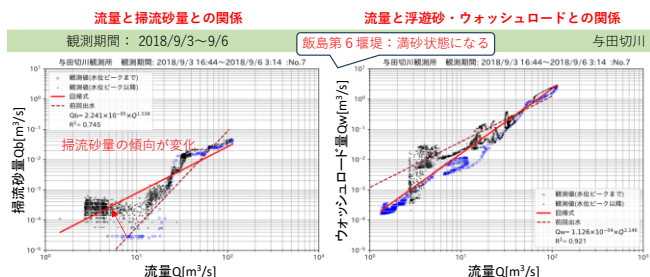


図-4 流量と流砂量との関係、2018/9

4. トロンメル施設による流砂観測の成果概要

トロンメル施設は、流砂の土砂試料を直接採取することにより掃流砂、浮遊砂、ウォッシュロードの土砂量と粒度分布のデータを得ている。得られたデータより、濁度計およびハイドロフオンの土砂量換算の校正式作成に利用した他、移動土砂全体の粒度分布の実態、浮遊砂・ウォッシュロードの土砂濃度鉛直分布の実態に関する基礎データを蓄積した。

(1) 移動土砂全体の粒度分布

濁度計およびハイドロフォン観測装置には、粒径に

関する感度が存在し、使用機種によるが0.2mm~3mmの範囲で感度が低下しているようである⁴⁾⁵⁾。このことから実際に流下している流砂量の内、感度が低下している粒径範囲の割合をトロンメル観測実績から分析した。

2018年以降のデータを分析した結果、採取試料には粒径1mm付近の割合が多く、感度が低下する粒径0.2mm~3mmの重量割合は約40%であり、感度が低下する粒径範囲の割合が大きいことが分かった。なお、使用している校正式は、濁度計については粒径補正⁵⁾、ハイドロフォンについては感度が低下する影響²⁾を考慮したものを使用している。

(2) 浮遊砂・ウォッシュロードの濃度鉛直分布

浮遊砂の土砂濃度は、鉛直分布を有しており下層ほど土砂濃度が大きくなる傾向にある。しかし、鉛直分布の実態を観測した実績が少なく、鉛直分布の推定方法が課題となっている³⁾。そこで今回、トロンメル観測結果より鉛直分布の実態を分析した。

分析には2018年以降のデータを使用し、観測によるSS値とラウス式による計算値を比較した。比較分析した結果、2020年の観測データによると土砂濃度に鉛直分布を有しており、かつラウス式によく一致することが分かった。他の出水においても同様の傾向であった。

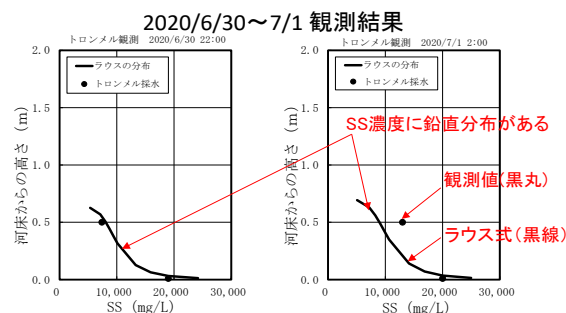


図-5 SSの鉛直分布

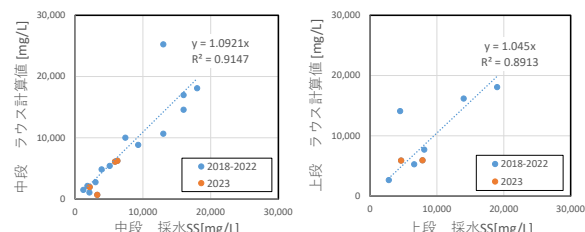


図-6 採水SSとラウス式との比較

5. おわりに

- ・流砂量観測により得られるデータは、センサー感度が低下する粒径範囲の影響を考慮した校正式を使用すれば大きな誤差は生じず、少なくとも1桁以上の誤差は生じないことが確認できた。
- ・トロンメル施設による観測データは、今年度までの観測で蓄積された55出水分のデータから土砂移動実態の把握に活用できると考える。
- ・今回実施した観測手法は、センサーの劣化等により欠測となる可能性がある手法である。今後はCCTV画像等を利用した欠測の少ない代替手法を検討する予定である。

参考文献 1) 中谷ら：砂防学会誌, Vol. 69, No. 5, P43-46、2) 吉村ら：砂防学会研究発表会 (R4), R4-15、3) 岡本ら：砂防学会研究発表会 (H29), Pb-58、4) 井内ら：砂防学会誌, Vol. 69, No. 3, P4-14、5) 横山：土木学会論文集, No. 698, 2002. 2