

天竜川上流域で実施した流砂量観測の分析

国土交通省中部地方整備局 天竜川上流河川事務所 佐藤保之^{*1}、高木将行^{*2}、藤田隼平
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、清野真義、井内拓馬、中西宏彰、伊藤巧、西尾潤太
(*1 現所属 北陸地方整備局 富山河川国道事務所 *2 現所属 国立研究開発法人 土木研究所)

1. はじめに

天竜川上流域の支川与田切川および小渋川では、流砂量の時系列的な実態を把握する目的で流砂水文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水文観測

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 (17)	水位計、濁度計、流速計、 ハイドロフォン、 トロンメル施設 ¹⁾	砂防堰堤 水通し部
小渋川 (大河原、 鹿塩川、生田)	2015.4 (7)	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 (12)	水位計、濁度計、浮遊砂サ ンプラー	護岸位置

(蓄積年) : 2022. 12 末までの観測データ蓄積年数

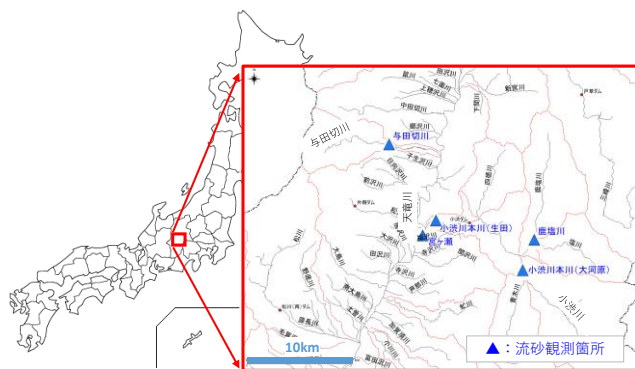


図-1 観測位置図

観測は、水位計・流速計の他、浮遊砂濃度の観測として濁度計、掃流砂量の観測としてハイドロフォンを用い、また掃流砂量の横断的な分布特性を把握するために与田切川(2013 年以降)と大河原でハイドロフォンを横断的に3基設置した。また上記の他に、与田切川で土砂試料を鉛直方向の3深度位置から直接採取するトロンメル観測施設¹⁾による観測を実施。宮ヶ瀬では、浮遊砂・ウォッシュロードの粒度分布の把握として浮遊砂サンプラーによる試料採取および分析を実施した。

観測データ蓄積は、与田切川の17年間のデータ蓄積をはじめ各箇所約10年程度が蓄積された。

今回、蓄積した観測データを用いて下記に示す分析を行い、その結果を紹介するものである。

- ・掃流砂量の横断的な分布
- ・浮遊砂容積濃度の鉛直分布
- ・与田切川の17年間の流砂量の経年的変化

2. 掃流砂量の横断的な分布

与田切川と大河原において、水通し部の横断方向3箇所ハイドロフォンを設置して、掃流砂量の横断的

な分布を観測して、その観測結果を分析した。

2.1 与田切川観測箇所

水通し幅 50mで当初河道中央付近に中州土砂が形成されており、その後、2018.2に中州土砂を除去した。

観測による掃流砂量は、当初中州土砂の影響で左岸側に集中しており単位幅掃流砂量が横断方向平均値に対して約2倍であった。その後中州土砂を除去したことにより掃流砂量は中央付近に集中するようになった。また2020年以降になると左岸側付近に若干の土砂堆積が生じて流れが右岸側に転じ掃流砂量の右岸側の割合が増加する傾向となった(図-2、-3 参照)。

掃流砂の横断的な流れは、中州土砂等の堆積物の影響を強く受けているようで、0.5~2.0 倍の範囲で変化していることが分かった。

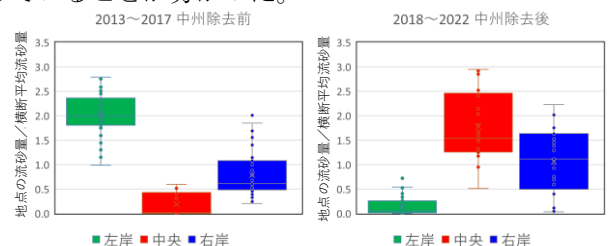


図-2 各横断的地点の単位幅掃流砂量, 与田切川

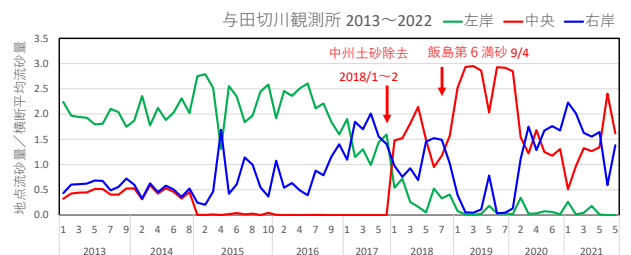


図-3 単位幅掃流砂量の横断分布の時系列, 与田切川

2.2 大河原観測箇所

水通し幅 60mで約300mの直線河道である。床固の右岸側に魚道工があり平時流水は右岸側に固定される構造となっている。また、明確な中州土砂は形成されていない。

観測による掃流砂量は、魚道工のある右岸側に集中する傾向にあり、横断方向の平均単位幅掃流砂量の1~2倍であった(図-4 参照)。また、出水によっては中央付近が卓越するケースもある(図-5 参照)。1出水中の横断分布の変化を見ると、水位が低い時は魚道工のある右岸側が卓越し、水位が上昇すると中央付近が卓越するケースが比較的多かったが明確な傾向は示せなかった。

以上より、河道に中州土砂が形成されていない直線区間であっても、横断方向の平均掃流砂量に対して0.5~2.0 倍の範囲で変化していることが分かった。また、水深による傾向変化は今後の課題と考える。

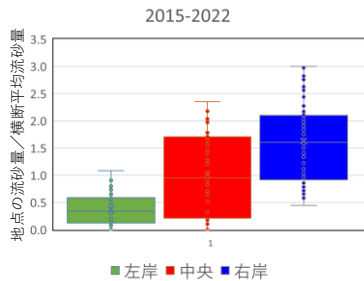


図-4 各横断の地点の単位幅掃流砂量，大河原

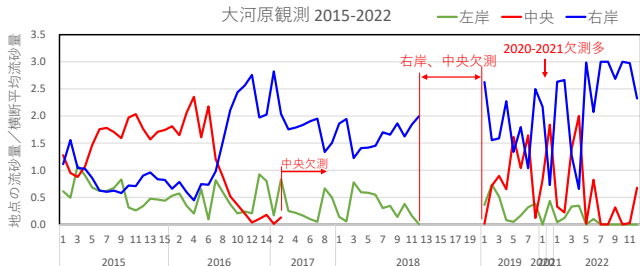


図-5 単位幅掃流砂量の横断分布の時系列，大河原

3. 浮遊砂容積濃度の鉛直分布

観測による浮遊砂量の推定は、濁度計を用いて1深度の浮遊砂濃度を観測して、それに流量を掛け合わせて推定する方法が通常行われている。しかし、この方法は、浮遊砂濃度の鉛直分布を均一と仮定しているが、その実態は砂防領域で観測した実績が少なくもあり十分に確認されたものでない²⁾。

そこで今回、与田切川のトロンメル観測施設¹⁾を利用して鉛直方向の3深度（上段h=1m、中段h=0.5m、下段h=0）の浮遊砂試料を直接採取して、浮遊砂濃度の鉛直分布を分析した。分析は、上流側の飯島第6堰堤（H=40m）が満砂した2018.9.4以降のデータを用いた（それ以前のデータでは鉛直分布はほぼ均一であった²⁾）。

3.1 浮遊砂の鉛直分布

飯島第6堰堤満砂直後の2018.10.1出水時の観測では、明確な浮遊砂濃度の鉛直分布は生じなかったが、2020.7.1出水以降の観測では均一とならず鉛直分布を有する結果となった（図-6参照、浮遊砂濃度をSSで評価した）。

3.2 理論値との比較

浮遊砂濃度の鉛直分布について、ラウスの分布式による値を理論値として、観測値と理論値との比較を行った。また理論値の計算には基準高の浮遊粒径が必要となるので、トロンメル下段の捕捉土砂試料の粒度分布を使用した。比較した結果を図-7に示す。この結果によると決定係数 $R^2=0.89\sim0.91$ と良好な関係となり、浮遊砂の粒度分布が分かれば鉛直分布の推定が可能であることが分かった。粒度分布の推定は今後の課題である（浮遊砂サンプラーの粒度分布を利用するなど）。

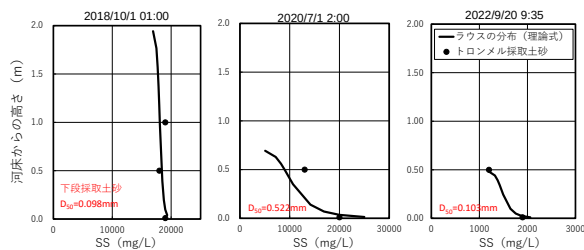


図-6 浮遊砂濃度の鉛直分布、与田切川

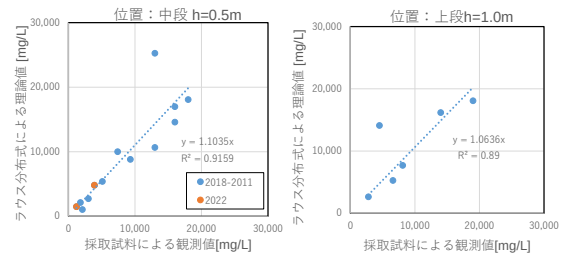


図-7 浮遊砂濃度の観測値と理論値との比較

4. 与田切川の17年分の流砂観測データの分析

与田切川流域においては、2006.2に堰堤高40mの飯島第6堰堤が完成し、その翌月の2006.3に下流側の坊主平砂防堰堤にてハイドロフォンによる時系列的な流砂量観測が開始された。その後12年が経過した2018.9の台風21号の影響で飯島第6堰堤が満砂状態となり、現在はそれから約4年が経過した状態にある。

今回、飯島第6堰堤完成から満砂後4年が経過するまでの17年間の観測データを用いて、土砂動態の経年変化を分析した。土砂動態の時系列的な特性は、1出水ごとの流量と流砂量との関係から評価することとし、両者を対数変換し線形回帰式の傾き b と切片 a を求め、傾き b で評価した³⁾。

$$\log_{10} Q_s = b \cdot \log_{10} Q + \log_{10} a$$

ここに、 Q_s ：流砂量（掃流砂量）

Q ：流量、 a ：係数（切片）、 b 係数（傾き）

上式の傾き b を1出水ごとに時系列的に整理した結果を図-8に示す。なお、浮遊砂については濁度計設置が2016.9で観測期間が短いので今回紹介を省略した。

図-8に示す時系列図を見ると、飯島第6堰堤完成後から傾き b が減少傾向となっており2014年が最小となっている。その後、増加傾向に転じて満砂状態となった2018.9を境に一定値となっている。

このように、堰堤高40mの砂防堰堤竣工から満砂するまでの間の流量に対する流下する掃流砂量の実績値を得ることができた。



図-8 流量と掃流砂量との関係の経年変化、与田切川

5. おわりに

- ・掃流砂流の横断分布と浮遊砂濃度の鉛直分布について、今回観測データから実態の1例を把握することができた。今後は、今回のような詳細な観測（横断3箇所やトロンメルなど）ではコストがかかるので、簡易な方法を検討する予定である。
- ・長期間の観測データは、今後、施設配置計画や土砂氾濫シミュレーション等に対する活用方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, P43-46、2) 岡本ら，砂防学会研究発表会 (H29), Pb-58、3) Jonathan A. W et al.：2015, Hydrological Processes