

常願寺川における流砂・水文観測と計測結果の活用の課題

北陸地方整備局 立山砂防事務所 三輪 賢志^{*1}, 長谷川 真英^{*2}, 川合 康之^{*3}

^{*1} 国土交通省大臣官房, ^{*2} 北陸地方整備局, ^{*3} 北陸地方整備局利賀ダム工事事務所
日本工営(株) ○長山 孝彦, 古谷 智彦, 朝原 康貴, 伊藤 隆郭
京都大学名誉教授 水山 高久, 藤田 正治

1. 結論: 立山砂防事務所では、常願寺川において縦断的に流砂・水文計測機器一式を配置、流砂観測のデータをリアルタイムに砂防事務所に集めて集中管理し、山地河川における流水と流砂の実態把握を行ってきた。

このような流砂観測が立山砂防事務所管内で開始後からおよそ 20 年、縦断的な計器配置による観測が開始されてから、およそ 10 年が経過し、流砂観測の成果と課題が明らかになりつつある。そこで、現時点での計測成果の状況と活用に向けた課題について報告する。

2. 観測設備の配置と構成

2.1. 観測設備の配置

観測設備の配置は、それぞれ観測目的を設定し配置している(図-1)。常願寺川流域は、上流より真川と湯川が合流し常願寺川となり、千寿ヶ原で称名川と常願寺川本川が合流する。この流域単位の土砂動態を捉えることを目的とし、これら合流部と砂防領域下流端に機器を配置した。また、妙寿シャッター砂防堰堤の土砂捕捉・流出調整効果を捉える位置付けで、妙寿堰堤の前後(七郎堰堤・妙寿堰堤・空谷堰堤)を観測点として位置付け、英即聞きを配置している。

2.2. 観測設備の構成: 観測設備の構成は、掃流砂・細粒成分(浮遊砂)、水理条件を捉える計測機器で構成されている(図-2)。掃流砂観測は、パルス式ハイドロフォンを基本とし、津之浦下流堰堤にはキャリブレーションを行うことを目的とした観測枡が設置されている。ただし、ハイドロフォンの形式については、掃流砂移動により破壊されやすい場所についてはロバストタイプとしてプレート型・肉厚パイプ型(立山モデルとして肉厚 10.2mm の特殊版)を配置し、壊れにくい場所(主に下流側)では通常タイプ(肉厚 3mm のパイプ)を設置している。細粒成分を対象としては、濁度計を設置している。水理条件の把握には、水位計(水圧式もしくは超音波式)と流速計(底面電磁式もしくは超音波式)を設置している。底面流速計は掃流砂量を推定する場合に底面流速との親和性が高いことが採用理由だが、数年にわたる計測より、石礫の衝突で故障することが多かったことから、アタッチメント交換式で設置する等の工夫を行っている。

3. 観測より得られた成果: 継続した流砂観測を行った結果、土砂移動特性(土砂移動ポテンシャルや伝搬性等)、粒径別流砂量、等が把握可能なことが示された。また一方で流砂計測の限界、浮遊砂計測の困難さといった課題も詳らになった。

3.1. 土砂移動特性: 流量と流砂量の計測結果と掃流砂量式で算出される理論値を比較することで¹⁾、現状の土砂移動ポテンシャルを示すことが出来る。掃流砂の場合は理論値で算出される流砂量に対して観測値が乖離していれば、通常時(計測時)の土砂移動ポテンシャルが低く、比較的安定した流砂環境であることが示唆される。今年度の観測実績についても、例年と変わらず理論値よりも 2~3 オーダー低い状況が確認された(図-3)。

一方、細粒成分に関しては、これまで他流域で計測されている流量と浮遊砂成分の関連性を比較²⁾、常願寺川は細かい土砂が卓越している河川であることが確認されている(図-4)。2021 年度後半~2022 年度の観測では、観測値は得られているものの、図に示すようにこれまでの計測範囲より逸脱した極めて小さな値が得られている。データは取得しているが確かな値が得られていないため、その後観測機器交換の判断を行った。また流域を通した観測結果を横並びに比較することで、ピーク流量・流砂

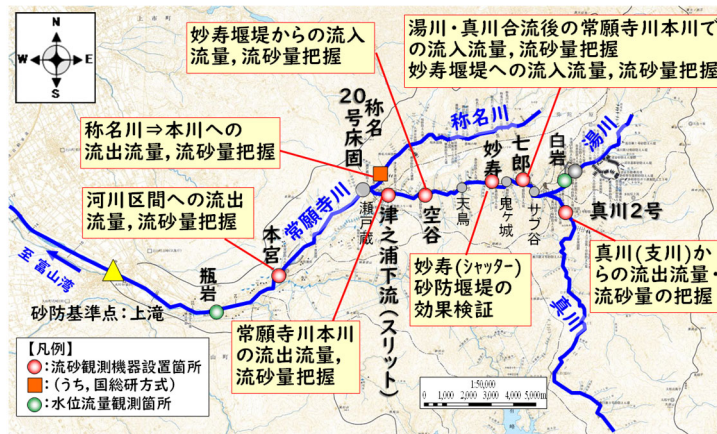


図-1 常願寺川における流砂観測箇所と目的



図-2 流砂観測設備の基本構成

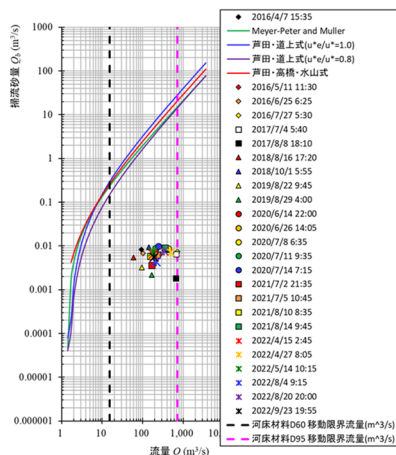


図-3 掃流砂量と流量の関係

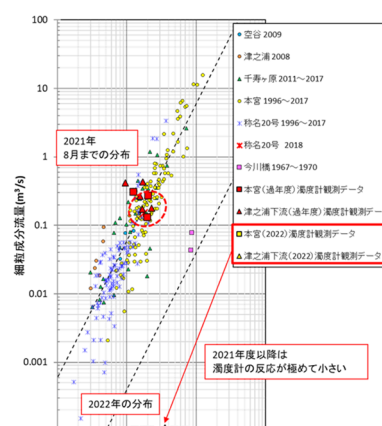


図-4 細粒成分と流量の関係

量計測値の発現時のずれの読み取りができ、土砂移動の伝搬性が把握可能となった。それぞれの観測地点（砂防堰堤）間の距離から試算すると大凡 200m/min で土砂移動が下流へ伝播している事が示唆された。

3.2. 粒径別流砂量：直接観測柵に堆積した土砂の粒度分布を用いる方法や、ハイドロフォンの音響波形データ・底面流速計などの流速計測データを用いて推定する方法で、土砂の粒径別の流砂量が算出可能となった。2022 年出水のうち、観測柵の計測により粒径が分かっている出水は 4/15 と 9/23 でこのうち 4/15 について比較結果を示す(図-6)。この比較では、音響波形データより推定する手法でも、流速の与え方（流速計利用もしくは理論式の利用）で観測柵実測値の約 2 倍の精度での予察が可能となっている。

動的観測である掃流砂計測では、一出水中の流砂粒径の経時変化を示すことが可能となった。また本報告では、ハイドロフォンの形式（通常タイプ・プレート型や肉厚型のロバストタイプ）の構造の差異により、出力される電圧値の特徴が異なることが考えられることから、運動量と電圧値の相関を現地試験により検証し、流域を通した計測機器での粒径別流砂量の算出を行った。上流側に位置する妙寿堰堤と、津之浦下流堰堤での事例を示すが、いずれも出水前半には細粒成分の土砂流出が計測され、その後遅れて粗粒成分が流下している。また上流域（妙寿堰堤）では流砂移動の継続時間は短く、卓越粒径が津之浦下流堰堤地点よりも大きい（19mm）ことが把握されている（図-7）。

3.3. 流砂計測の限界：掃流砂観測（音響法）は、通常時の流砂計測を行う計測適地の選定と、流況に応じた計測機器の配置などで、安定した流砂量計測が出来るようになってきた。しかし流量・流砂量が増大した際には、計測値が飽和し限界となる（図-8 左）。ロバストタイプでは計測感度が鈍くなるため、この計測限界値が高くなるのが観測を通して示されたが、代わりに小粒径のものが検知され難くなる（図-8 右）。また、音圧値（電圧値）でも、運動量が一定規模を越えた場合に、頭打ちとなる事が確認された(図-9)。

4. 結論：常願寺川においては、流砂観測システムを用いた縦断的な観測体制が構築された。一方で、掃流砂観測における音響法の限界が明らかとなり、この計測限界を越えない出水規模程度までの流砂量計測は行なえることが示された。計測限界を上回る計測には、測量等による出水前後計測や、荷重計等による他の観測手法との組み合わせ、さらには全流砂計測等で対処出来る可能性はある。また今後は、流砂量計測を進めて連続的な流砂量情報を蓄積し、これらの流砂量観測成果を活用してゆくことが有効である。活用方法としては、出水や掃流砂移動のタイミング、流砂量等を、土砂洪水氾濫解析を初めとした再現・予測解析で活用することや、出水中の土砂流出実態を下流側に提供することで、土砂洪水対策や下流域を含む流域治水に活用する等が上げられる。また、縦断的な流砂観測を行うことは、流域内でも土砂移動が活発な区間と不活性な区間を特定することを可能とするため、流砂環境の保全管理にも活用することが可能となる。今後、流砂・水文観測の成果を保全管理に連携させることも視野に入りたい。

参考文献：1) 三上幸三ら：砂防学会誌, Vol.66, No.5, p.42-48, 2013. 2) 川合康之ら：平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集, (B),p.40-41,2016. 3) 後藤健ら：平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集(B),p.66-67,2014.

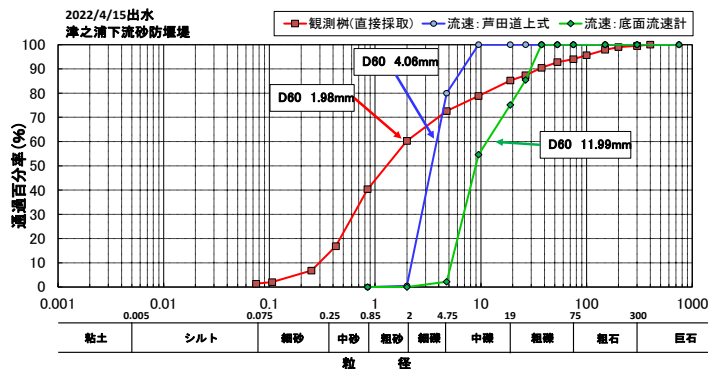


図-6 粒径別流砂量の算定結果

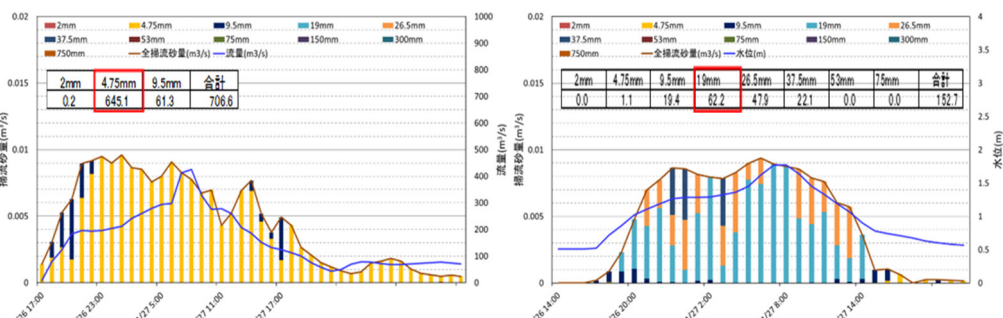


図-7 粒径別流砂量の時間的変化（左：津之浦下流堰堤 右：妙寿堰堤）

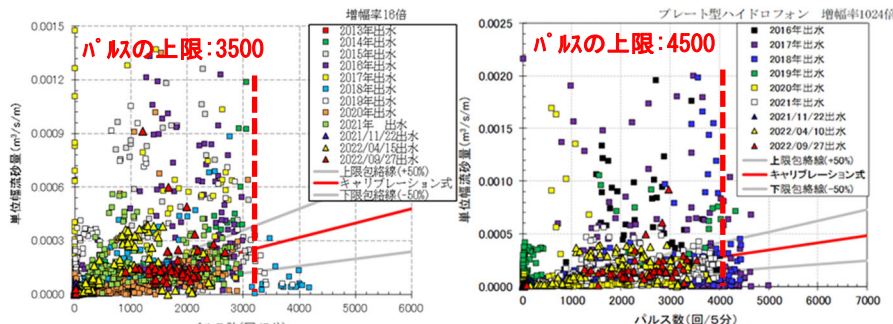


図-8 パルス式ハイドロフォンでの計測上限回数（左：通常タイプ 右プレート型）

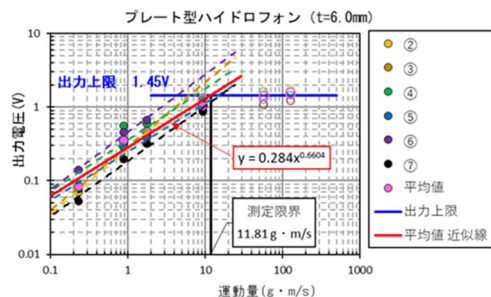


図-9 パルス式ハイドロフォンでの音圧値（電圧値）計測上限（プレート型の例）