

常願寺川の砂防領域における流砂・水文観測とその活用

北陸地方整備局 立山砂防事務所 石田孝司, 中田圭一^{*1}, 村元陽介, 大崎恵慎^{*2}
 日本工営(株) ○長山 孝彦, 古谷 智彦, 伊藤 隆郭
 京都大学名誉教授 水山 高久^{*3}, 藤田 正治
 信州大学 堤 大三, 京都大学 宮田 秀介

*1 北陸地方整備局松本砂防事務所, *2 北陸地方整備局能登復興事務所, *3 故人

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いる。

立山砂防事務所管内では、流域を通した縦断的な計器配置による流砂観測が2008年に開始されてから、およそ15年が経過し、流砂観測の成果と観測限界などの課題が明らかとなった。そこで、計測成果の状況と今後の活用に向けた方策案について報告する。

2. 観測設備の配置と構成

2.1. 観測設備の配置: 既報¹⁾の通り、観測設備の配置は、地点毎に観測目的を設定している(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。この流域単位で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ている。加えて、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ために、妙寿堰堤の前後(七郎堰堤~空谷堰堤)で観測を行っている。

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用の観測枡が設置されている。ハイドロフォンの形式は、流砂により破壊されやすい場所(主に上流側)についてはハスタタイプとしてプレート型・肉厚パイプ型(肉厚10.2mmの特殊鋼管)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の鋼管)を設置している。細粒成分を対象としては、濁度計(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。

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(土砂移動のポテンシャルや伝搬性等)、粒径別流砂量等が把握できるが、一方で流砂計測の限界、浮遊砂計測の困難さなどの課題も明らかになった。

3.1. 土砂移動特性と計測限界: 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²⁾、現状の土砂移動ポテンシャルを整理できる。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観測枡による計測と対比可能な出水が4回計測され、キャリブレーション値の蓄積が行われた(図-3)。大凡、例年と変化無い観測値が計測されている。2023年度の出水でもパルス数は3500回/5分付近が観測の最大値であった。このキャリブレーション式を用いた場合、理論値よりも2~3オーダー低い状況がプロットされるのが確認されている(図-4)。パイプハイドロフォンによる流砂計測は、パルス値と観測枡の捕捉量の対比によりキャリブレーション値が設定されるため、掃流砂量が0.01m³/s付近で頭打ちとなっている。

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³⁾、常願寺川はこれまでの傾向通り細かい土砂が卓越している河川である

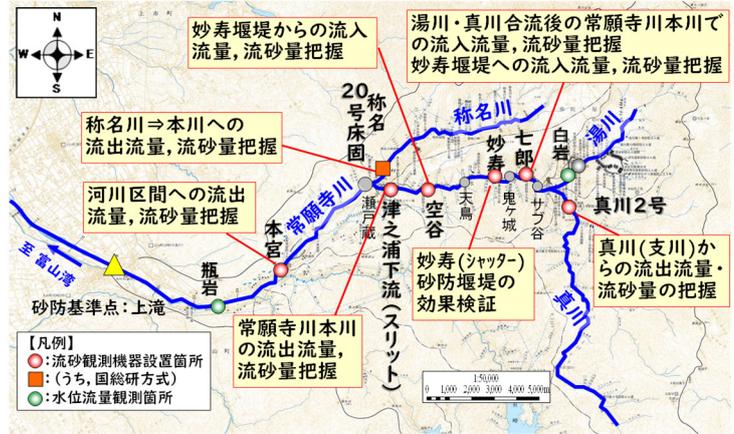


図-1 常願寺川における流砂観測箇所と目的



図-2 流砂観測設備の基本構成

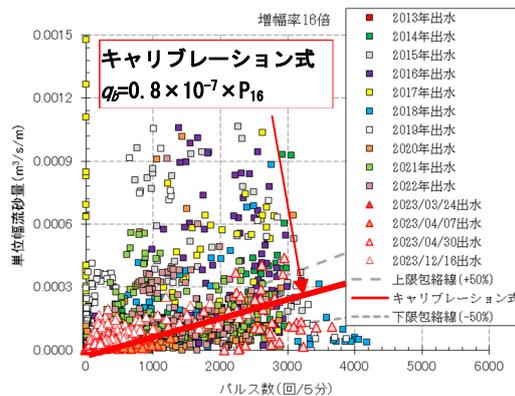


図-3 今年度の観測値を追加したキャリブレーション値

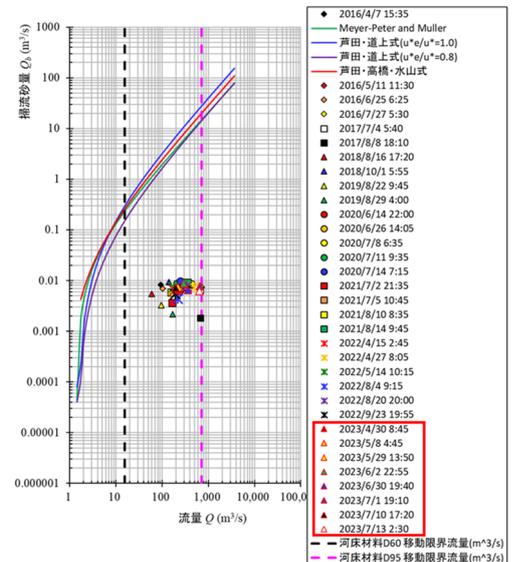


図-4 掃流砂量と流量の関係

ことを確認している(図-5)。

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、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ている。これまでのキャリブレーション結果を活用し、流域を通しての粒径別流砂量の算出が可能となった。例えば2023年出水のうち、5/29出水での粒径別流砂量の時間変化を河川縦断に応じて対比が可能となっている(図-6)。上流側に位置する七郎堰堤と、津之浦下流堰堤での事例を示すが、出水初期に大粒径のものが流下すること、下流側での計測のほうが上流側よりも細粒になる傾向が計測されている。

3.3. 流砂観測の限界と代替手法: 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、ハイドロフォンによる観測では計測値が飽和し限界となるため土砂移動がテンシタルが正確に反映されないことが明らかとなった。また既報¹⁾の通り、ロバスタイプ(プレート型・肉厚パイプ型)では感度が変わるため、計測限界値は高くなるが、小粒径のものが検知され難くなる。同様に音圧値(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ている。

一方で、荷重計を用いた観測は通過土砂の重量を計測する方法であり、総量を把握する手法⁴⁾が試行されている。理論的な流砂量式で算出される値と同オーダーの有効な観測値が得られる結果が示されつつある(図-7)。

3.4. 流砂観測の分担について: 流砂に関する概念図を図-8に示す。小規模出水時には、掃流砂はほぼハイドロフォンで計測され、浮遊砂もウォッシュロード成分で代替できるが、中規模～大規模出水時には、その観測限界を超えるため、荷重を用いた手法等の別の計測手法にて分担することが望ましいと考えられる(図-9)。流砂量観測は、全国で多くの観測が行われているが、常願寺川も含めた流砂・水文観測箇所の大半は、異常な土砂生産を経験していないことや土砂移動の不連続性より、必ずしも出水時の土砂移動は計測されていないのが現状である。今後、

対象現象の規模・粒径の違いによって計測手法を分担することより、これまで得られなかった、まずは総量のデータ、次に質(粒径や時系列)のデータが蓄積されることが望まれる。

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、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ることで総量の把握を行える可能性が示唆されつつある。今後は、有効な流砂量情報を蓄積し、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、量等を、土砂・洪水氾濫対策で生じる河積阻害に起因した氾濫災害を予測するに際して検証データとして用いることや、出水中の土砂流出実態を下流の河川海浜側に提供すること等、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れたい。

参考文献: 1) 三輪賢志ら: 令和5年度砂防学会研究発表会概要集, p.127-128, 2023. 2) 三上幸三ら: 砂防学会誌, Vol.66, No.5, p.42-48, 2013. 3) 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. 4) 木佐ら: 令和5年度砂防学会研究発表会概要集, p.125-126, 2023.

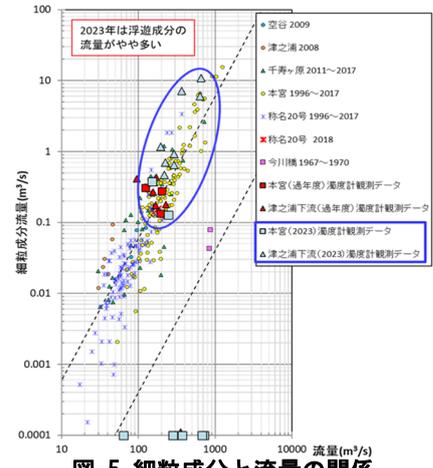


図-5 細粒成分と流量の関係

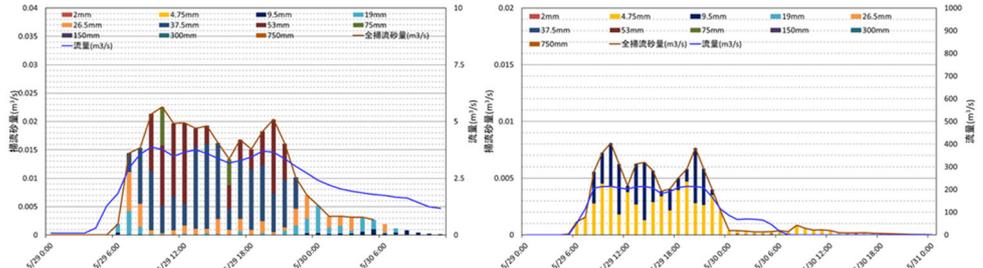


図-6 粒径別流砂量の時間的変化 (左:七郎堰堤 右:津之浦下流堰堤)

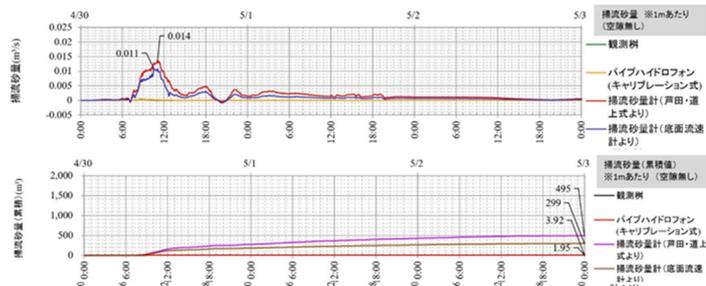


図-7 重量式掃流砂量計による計測結果(例):津之浦下流堰堤



図-8 流砂の概念図 (左:小規模出水時 右:中～大規模出水時)

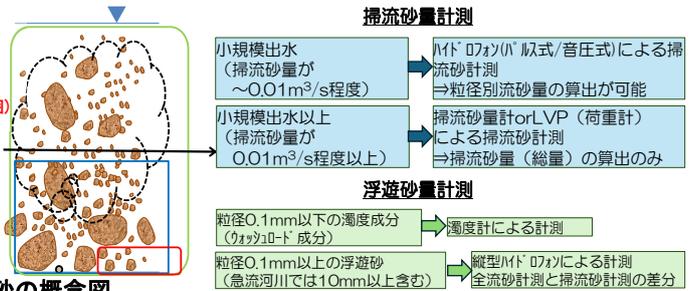


図-9 流砂計測の分担(案)