

常願寺川の砂防領域における流砂・水文観測とその活用

日本工営(株) 長山 孝彦, 伊藤 隆郭, 松田 悟, ○古谷 智彦
 京都大学名誉教授 藤田 正治 信州大学 堤 大三, 京都大学 宮田 秀介

1. 結論: 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。

常願寺川流域を対象として, 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 17 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~津之浦下流堰堤)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, ハ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柵が設置されている。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)についてはハース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柵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)。新たに追加した観測データも, 例年と変化無い観測値が計測されて, ハルス数としては 3500 回/5 分付近が観測の最大値となった。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, ハルス値と観測柵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, 掃流砂量に変換したとき 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とを比較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ことを確認している(図-5)。

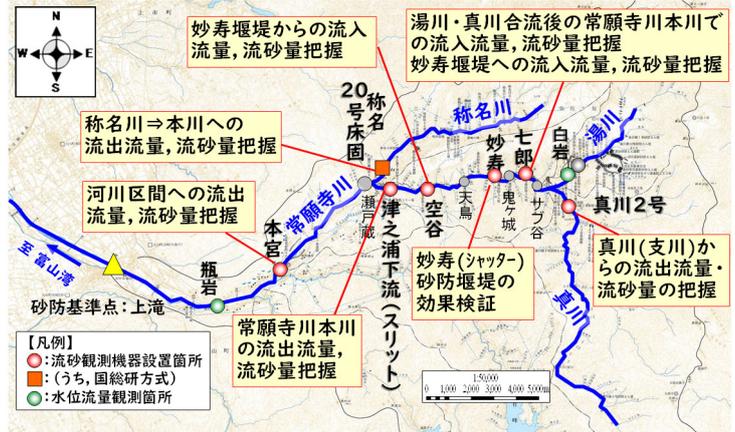


図-1 常願寺川における流砂観測箇所と目的



図-2 流砂観測設備の基本構成

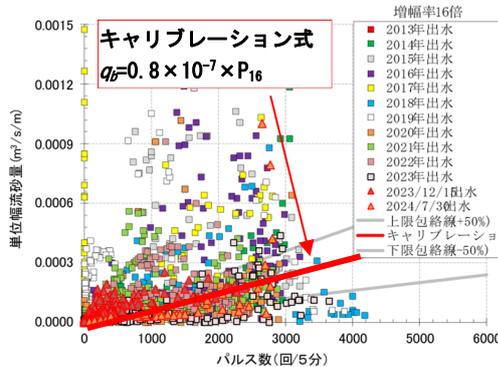


図-3 今年度の観測値を追加したキャリブレーション値

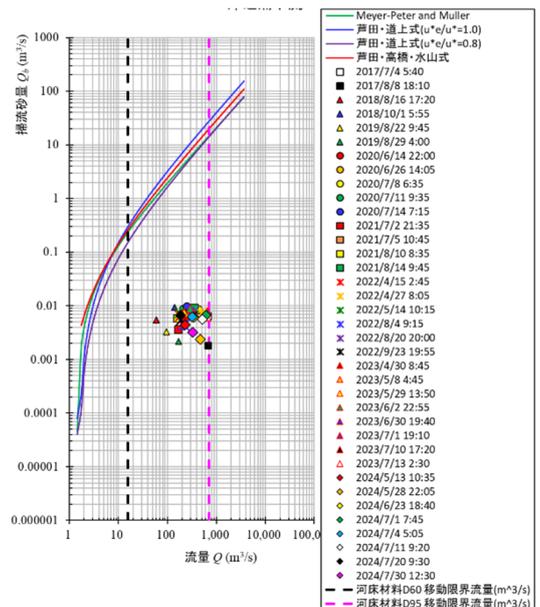


図-4 掃流砂量と流量の関係

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、ハンド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(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、ハンド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ポテンシャルが正確に反映されないことも明らかとなりつつある。また既報¹⁾の通り、ホバスタイプ(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、小粒径の礫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. 全流砂観測の計画: 掃流砂量の観測限界の改善や、観測そのものが困難な浮遊砂の移動量の把握のための試みとして、出水中の全土砂を堆積させる方法を考案している(図-8)。これは、別途数値計算により出水時の土砂移動を再現し、細粒土砂が沈降するのに十分な水路長を検討しており、今年度の出水において掃流砂・浮遊砂の移動量と粒度分布の調査を予定している。水路の満砂以降はこれまで同様機器による継続的な観測が必要となるが、全流砂観測によって把握した調査結果との比較検証によって、他の観測機器の精度向上が期待される。

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、全流砂観測等の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、流砂環境の保安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安全管理に連携させることも視野に入れたい。

参考文献: 1) 石田孝司ら: 令和6年度砂防学会研究発表会概要集, p.61-62, 2024. 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.

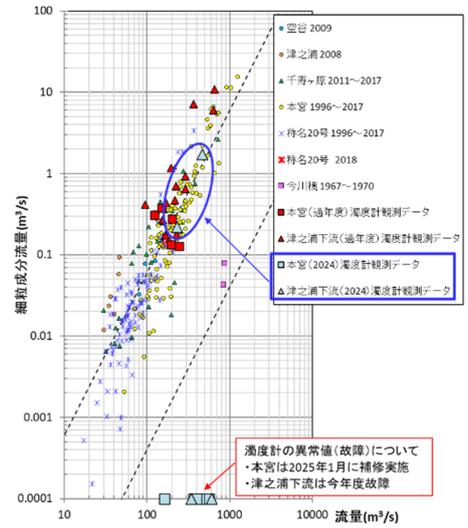


図-5 細粒成分と流量の関係

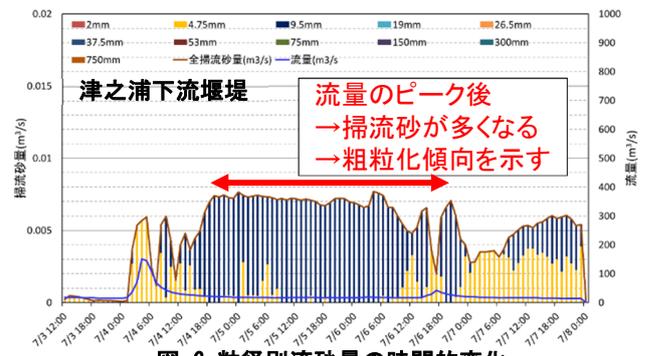


図-6 粒径別流砂量の時間的变化

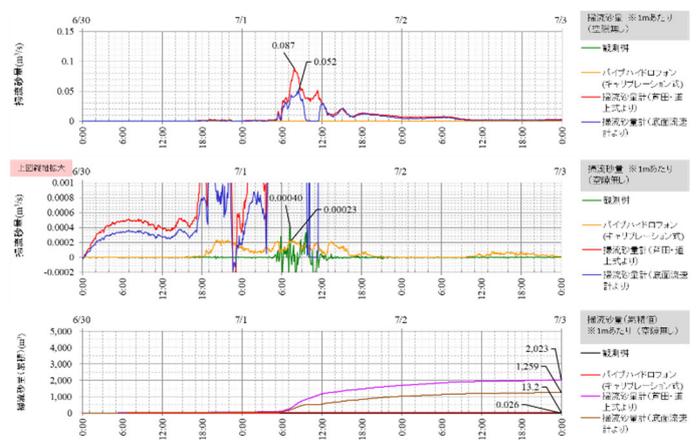


図-7 重量式掃流砂量計による計測結果(例): 津之浦下流堰堤

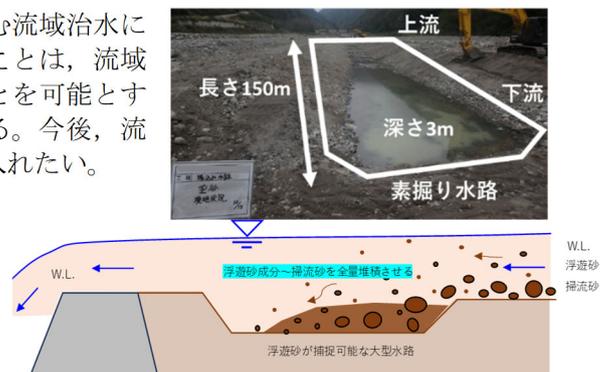


図-8 掃流砂・浮遊砂全量把握のイメージ