

六甲山系における濁度計を用いた流量-浮遊砂量関係の検討

国土交通省 近畿地方整備局 六甲砂防事務所 小竹利明・前田竜治・菊森誠*・和泉美智子

京都大学 小杉賢一朗, 筑波大学 内田太郎

国土防災技術株式会社 ○永田葉子

* 現：姫路河川国道事務所

1. はじめに

六甲山系では、出水時に浮遊砂観測（主に表面（バケツ）採水）を行い、その結果から各溪流の流量(Q)–浮遊砂量(Qs)関係（以降 Q-Qs 関係）を求め、通過浮遊砂量を算出している。これまでの検討から流域の状況変化（植生・荒廃など）は Q-Qs 関係に影響を与えると考えられる。ただし、表面採水による浮遊砂観測は観測・試料分析にかかる労力が大きく、多くの溪流で継続的に実施することが難しい。そのため崩壊などによる一時的な流出状況の変化を反映させにくいという問題がある。

そのため、連続観測が可能な濁度計を用いることにより、浮遊砂観測を実施することなく、詳細な Q-Qs 関係の変化について把握が可能であるか検討を行った。

2. 濁度値から浮遊砂量への換算

これまでに実施した表面採水による浮遊砂濃度と濁度値を比較することにより、浮遊砂濃度と濁度値の応答関係について検討を行ってきた¹⁾。また、センサーごとの応答の違いを確認するために、微粒な土砂を用いた検定を実施した。その結果、浮遊砂濃度と濁度値は線形の関係を示し、以下の式で表すことができることが判明した。

浮遊砂濃度(mg/L)=濁度値/応答割合

この応答割合は濁度計の種類ごとに概ね同程度の値となるが、古い濁度計など応答が小さくなっているものもある。なお、濁度値の単位は機種により NTU、FNU、ppm などが用いられている。

本稿で検討した3観測所の濁度計の仕様および検討に

用いる応答割合などを整理し表1に示す。宇治川観測所、安場観測所の応答割合は機種ごとの標準的な値としたが、安場に設置されている ClariVUE10 はまだ観測データが少なく、応答割合は今後も検討する必要がある。大谷観測所の濁度計は機種の標準では応答割合が 0.4 程度であるが、0.25 とかなり応答が小さくなっている。

このようにして求めた濁度値による浮遊砂濃度 C、流量 Q、土粒子の密度を 2.65g/cm³ として、浮遊砂量 (Qs = CQ/ (2.65×10⁶)) を算出した。

表 1 検討に用いた濁度計の仕様と応答割合

観測所	濁度計	単位	製造年	応答割合	備考
大谷	OBS-3+	NTU	2007	0.25	2021～2023年 検定結果より
宇治川	OBS-3+	NTU	2012	0.40	
安場	ClariVUE10	FNU	2022	0.60	

3. 過去の表面（バケツ）採水との比較

安場観測所と宇治川観測所は 2019 年まで浮遊砂観測（表面採水）を実施していた。両観測所の 2023 年の主な出水時の流量と濁度観測結果を図1に示す。このデータから流量–浮遊砂量関係を求め、2019 年までの浮遊砂観測による Q-Qs 関係に重ね図2に示す。ただし、宇治川観測所の 6/2 出水時の濁度計は出水初期のみの応答であるため検討から省いている。濁度値は取得した 15 分ごとのデータを前後のデータで移動平均をとり、流量と対応した濁度を示すデータを抽出して浮遊砂量を算出し、1 時間ごとのデータをプロットした。

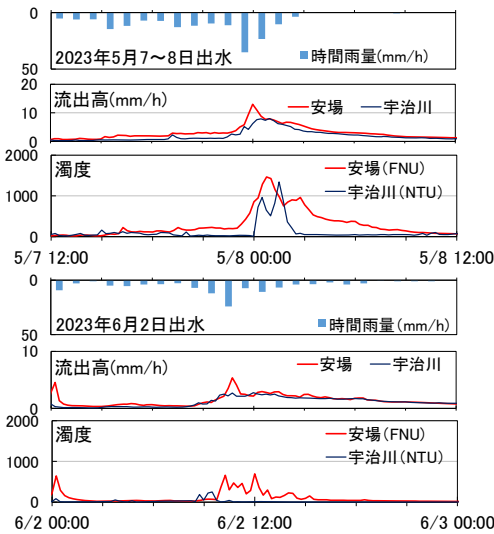


図 1 濁度計観測結果（2023 年出水時）

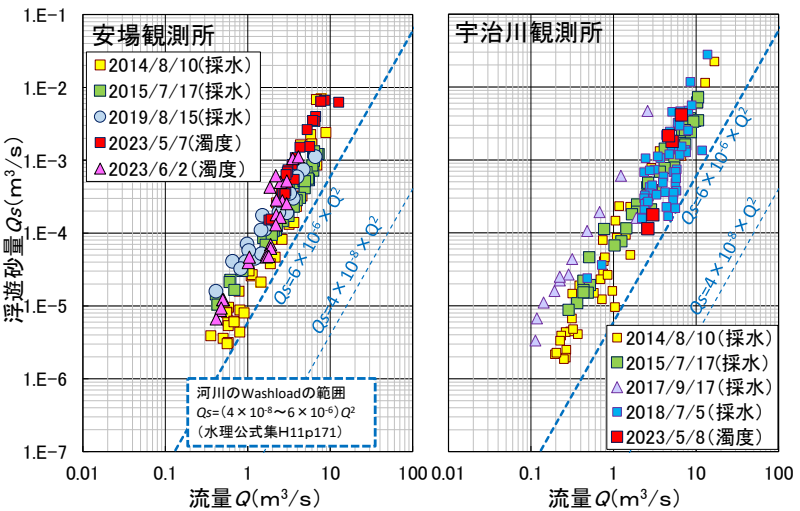


図 2 安場観測所と宇治川観測所の Q-Qs 関係

宇治川観測所の 2017 年の浮遊砂観測結果は他の年度の観測結果と Q - Q_s 関係が大きく異なっている。これは約 3km 上流の宇治川堰堤で発生した土砂流出が影響している可能性が高い (写真 1)。このように流域内で土砂移動が発生すると Q - Q_s 関係は変化すると考えられる。

今年度の濁度値を用いた Q - Q_s 関係はこれまでと大きな変化は見られず、これまでの浮遊砂観測結果による Q - Q_s 関係を用いて通過浮遊砂量算出を行うことに問題はないと考えられる。

4. 土砂流出があった流域の Q - Q_s 関係の変化

2021 年 5 月に住吉川の小峰ヶ原堰堤で土砂流出があり、下流ではかなりの河川の濁りが確認された (写真 2)。

小峰ヶ原堰堤の 1.3km 下流の大谷観測所は、過年度の浮遊砂観測結果があり、現在も濁度計を含む流砂観測を実施している。過年度の浮遊砂観測結果による Q - Q_s 関係と 2021~2023 年の土砂流出後の濁度計による Q - Q_s 関係を図 3 に示す。

図 3(a)は 2021 年の小峰ヶ原堰堤土砂流出前の表面採水による浮遊砂観測結果から求めた Q - Q_s 関係である。これを見ると 2011~2019 年のデータは Washload 上限値 ($Q_s=6 \times 10^{-6} Q^2$) にほぼ平行にプロットされ、出水による違いは小さい。これに対し、1979 年の浮遊砂観測結果²は同じ流量に対し、浮遊砂量は 10 倍程度の値を示している。図 3(b)は小峰ヶ原堰堤の土砂流出以降の出水時の濁度計観測値 (応答割合 0.25) を用いた浮遊砂量をプロットしたものである。土砂流出直後は 1979 年と同程度の浮遊砂量であるが、徐々に少なくなり、2023 年の出水時は 2011~2019 年と同程度になってきている。



写真 1 宇治川堰堤の堆積状況変化

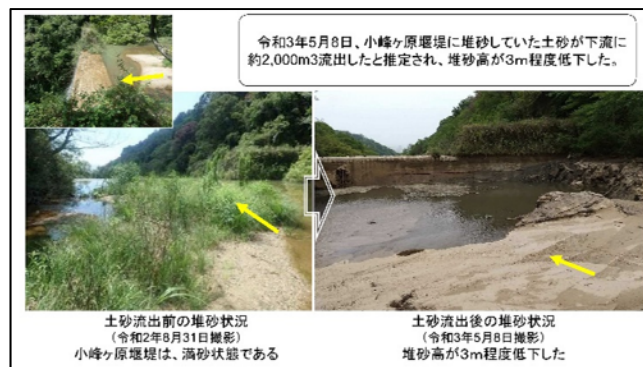
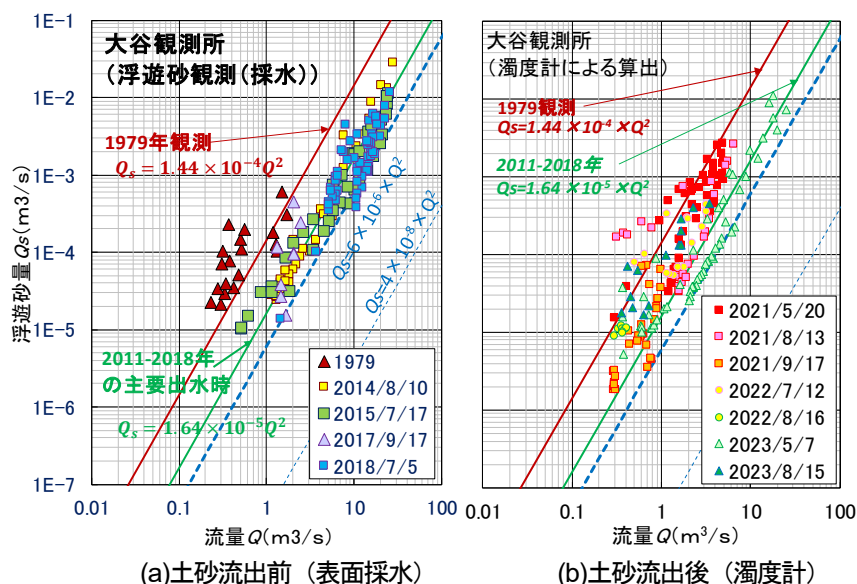


写真 2 小峰ヶ原堰堤の土砂流出状況³

5. まとめ

濁度値と浮遊砂濃度の関係性を把握することにより、浮遊砂観測を実施しなくても Q - Q_s 関係を把握し、 Q - Q_s 関係に現れる流域状況の変化を確認することができた。今回の検討は砂防堰堤からの土砂流出を対象としているが、崩壊、土石流による溪流の荒廃の評価についても有用と考えられる。 Q - Q_s 関係を用いる利点として、流域の変化をある程度定量的に表すことができ、濁度計の課題であるノイズや異常値の影響を小さくすることができることにある。

濁度計観測は、機種や浮遊砂の粒径による応答の違い、濁度センサーの劣化 (出力低下) の把握、センサーの設置方法、ノイズの除去など検討が必要な課題が多い。また、表面採水による Q - Q_s 関係と比較するとデータのばらつきが大きいケースが多く見られ、通過浮遊砂量算出の精度確保のためには定期的に表面採水の併用についても検討が必要である。



(a) 土砂流出前 (表面採水)

(b) 土砂流出後 (濁度計)

図 3 土砂流出前後の Q - Q_s 関係

¹ 戎谷ら (2022) : 六甲山系における浮遊砂濃度と濁度値の関係、令和 4 年度砂防学会発表会概要集、p.547-548

² 建設省河川局砂防部砂防課・建設省土木研究所 (1980) : 砂防河川の土砂動態に関する研究、第 34 回建設省直轄技術研究会、p.641-674

³ https://www-2.kkr.mlit.go.jp/scripts/cms/rokko/infoset1/data/pdf/info_3/20210514_01.pdf