

六甲山系における浮遊砂濃度と濁度値の関係

国土交通省 近畿地方整備局 六甲砂防事務所 光永健男・辻田英幸*1・橋本広稔*2・田村仁志*3

京都大学 水山高久 小杉賢一朗

国土防災技術株式会社 土佐信一・永田葉子・○戎谷 遵

*1 現：近畿地方整備局河川部 *2 現：大戸川ダム工事事務所 *3 現：国営明石海峡公園事務所

1. はじめに

六甲山系では、出水時に主にバケツ採水を用いた浮遊砂観測を 2011 年度より実施している¹⁾。バケツ採水による方法は、浮遊砂濃度を安定して観測することができ、得られた浮遊砂濃度は流量観測結果ともよく対応するが、人為による観測手間がかかるため、多くの流域で継続的に観測を行うには限度があり、さらに採水後の試料分析にかかる労力も大きい課題がある。

一方、濁度計は常時観測が可能で、テレメータによる遠隔監視もでき、維持管理の労力も小さいが、土粒子の粒径が粗くなるにしたがって濁度値の応答性が悪くなる²⁾ため、濁度値と浮遊砂濃度は一致しないことが多い。また、濁度計の機種により濁度値の単位が異なり、同じ浮遊砂濃度の濁水でも機種によって得られる濁度値が異なるなどの問題がある。

本稿では、六甲山系に設置されている三種類の濁度計より、(1)濁度計の機種ごとの濁度値と浮遊砂濃度の関係、(2)濁度計の出力低下状況、の把握と検討を行った結果を報告する。

2. 検討に用いた濁度計

六甲山系に設置されている濁度計を表 1 に示す。「濁度計 1」の OBS-3+ (Campbell Scientific 社製) は多くの観測所に設置されているが、製造中止となった。このため 2021 年度より「濁度計 2」の ClariVUE10 (Campbell Scientific 社製) を設置し、観測を行っている。「濁度計 3」は高濃度まで観測できる機種であり、記録方式等の違いで製品名が異なるが、センサーの仕様はほぼ同一であるため、本稿では区分せず濁度計 3 として扱う。

表 1 六甲山系で運用されている濁度計

本稿での名称	型式	製造	観測上限と単位	基数
濁度計1	OBS-3+	Campbell Scientific	4,000 NTU	7
濁度計2	ClariVUE10		4,000 FNU	2
濁度計3	INFINITY-Turbi	JFE アドバンテック	100,000 ppm	1
	ATU-75W			1
	ATU-75W2			1

3. 濁度計の機種ごとの濁度値と浮遊砂濃度の関係

出水時にバケツ採水による表面採水で得られた浮遊砂濃度と、そのときの濁度計による濁度値の関係について整理した。

複数回の出水イベントで得られた全データを用いて対比すると、浮遊砂濃度と濁度値は正の相関関係を示すが、出水によってはバラツキが大きいものも含まれた。

このため、バラツキが小さく相関が高い出水イベント ($r > 0.7$) のデータのみを用いて、浮遊砂濃度と濁度値の関係をプロットして図 1 に示す。浮遊砂濃度に対する濁度値の応答は、濁度計 1 で 0.4 倍、濁度計 2 で 0.6 倍、濁度計 3 で 1 倍と、濁度計の機種ごとに異なる結果が得られた。

ただし濁度計 1 と濁度計 3 は観測期間が長く、観測箇所も複数あるためデータ数が多いのに対し、濁度計 2 は観測開始の 2021 年度からまだ日が浅く、データ数が少ないという違いがある。

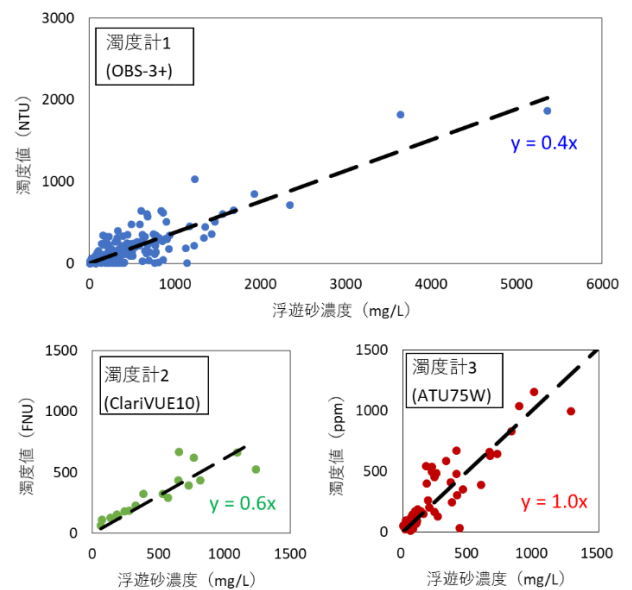


図 1 浮遊砂濃度と濁度値の関係 (バラツキが小さい観測データのみを用いた結果)

次に、濁度計 1 と濁度計 2 を同じ箇所に設置して観測した結果を図 2 に示す。図 2 は、バケツ採水は実施していないため、浮遊砂濃度との対比ではなく、機種異なる濁度計による濁度値を単純に比較したものである。

図 2 では、濁度計 1 は濁度計 2 の 0.4 倍程度となっているが、前掲図 1 においては (傾きの比 $0.4 \div 0.6$ より) 0.67 倍程度と、異なる倍率になっている。

これは以下の理由によると考えられる。ここで、六甲山系で出水時に採取された浮遊砂の粒径の例を図 3 に示す。

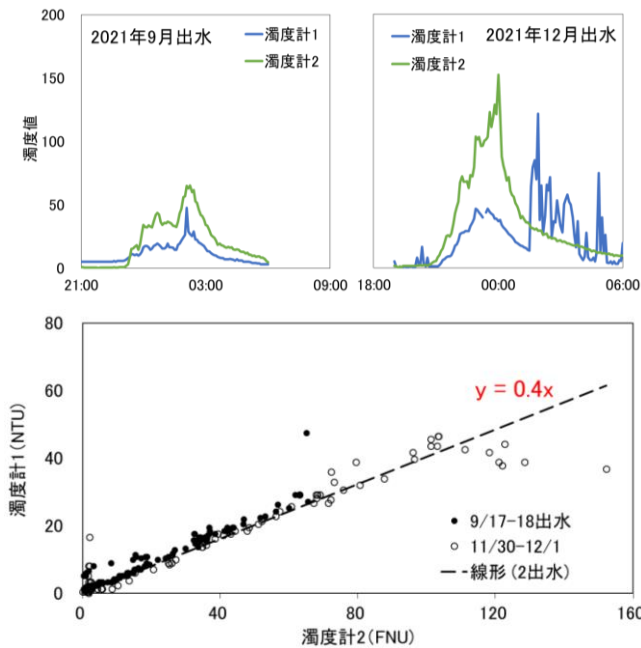


図 2 濁度計 1 と濁度計 2 の同時観測結果

図 3 の「濁度計 2 観測箇所 (2021. 11. 30)」は他のサンプルに比べて粗い粒径分布を示しており、特に粗い浮遊砂が観測された出水イベントかつ観測箇所であった。

ちょうどこの出水時に、同じ箇所で観測された結果が図 1 の濁度計 2 のグラフである。冒頭で触れたとおり、濁度計は粗い粒径に対して応答が小さくなる傾向があるため、この影響の違いを受けて濁度計 1 と濁度計 2 の倍率の違いが生じたと考えられる。

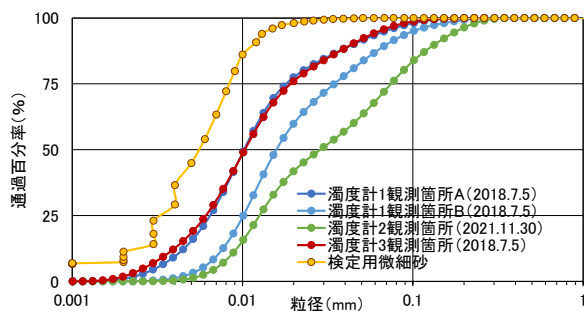


図 3 六甲山系の浮遊砂の粒径の例

4. 濁度計の出力低下状況

製造から 5 年、10 年、15 年経過した濁度計 1 について、既往実験²と同一条件で比較できるように、微細砂 ($D_{50} = 0.006\text{mm}$ 、粒径分布は図 3 に掲載) を用いて検定を行った結果を図 4 に示す。

検定液の SS 濃度に対する濁度計の濁度値の応答は、0 年経過 (製造直後) で約 0.5 倍であったが、5 年、10 年、15 年と稼働年数を経るにしたがって倍率が低下し、それぞれ 0.4 倍、0.4 倍、0.2 倍となった。このことは、濁度

センサーの出力が経年で低下する可能性があるのと同時に、濁度値から浮遊砂量を換算する際に、新品時に定めた換算係数のままでは浮遊砂量を過小評価する恐れがあることも示唆している。

一方で、経過年数に関わらず、SS 濃度に対する濁度値はほとんど直線上に乗る線形の応答を示しており、定期的なキャリブレーションで換算係数を見直せば、浮遊砂量を適切に換算できる可能性も示されている。

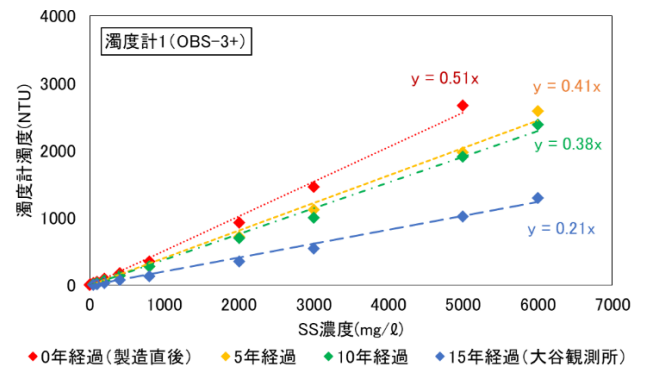


図 4 経過年数の異なる濁度計の応答状況

5. 濁度観測の留意点

濁度値と浮遊砂濃度の関係を検討した結果、浮遊砂の粒度分布の違いを考慮する必要があるものの、濁度計の機種ごとに関係 (応答) が異なることが分かった。濁度計を設置する際には、濁度計の応答特性を把握した上で観測を行う必要がある。また濁度計の選定時には、その観測箇所が発生し得る最大の浮遊砂濃度を測定可能な仕様の機種を選択する必要がある。これについては、これまで多く用いられてきた濁度計 1 (OBS-3+) は 0~4,000NTU で浮遊砂濃度 0~1 万 mg/L が測定できたのに比べ、後継機の濁度計 2 (ClariVUE10) では 0~4000FNU で浮遊砂濃度 0~7 千 mg/L と、測定可能な浮遊砂濃度が低くなってしまいう可能性があり、かつ特殊な通信仕様を有する専用データロガーが必要となるなど、注意が必要である。

また、製造からの経過年数の違いによって濁度計の出力が低下している例が確認された。経年劣化によるものかは不明であり、継続的な検定が必要である。ただし出力は低下しても、浮遊砂濃度と濁度値の応答に線形性が保たれていれば、検定によって換算係数の補正は可能である。

今回、微細砂を用いた濁度計の検定は、検定液濃度を 9~10 通りの多段階に分けて行ったが、より少ない濃度段階で検定することによって、高頻度かつ多くの観測箇所での劣化状況を把握しやすくなり、濁度値から浮遊砂濃度を換算する際の精度向上に役立つと考える。

¹ 田村ら (2018) : 六甲山系における山地河川の浮遊砂の計測と特性, 砂防学会誌 71 巻 1 号 p3-14

² 田村ら (2016) : 六甲山系における浮遊砂観測の課題と対応, 砂防学会誌 69 巻 4 号 p3-9