

渡良瀬川流域における流砂量観測の取り組み

関東地方整備局渡良瀬川河川事務所 荒井満, 守谷武史^{*1}, 杉田毅, 熊木正, 小野崇寛^{*2}
 日本工営株式会社 ○阿部翼, 松岡暁, 朝原康貴, 碓屋(保谷)智之, 木佐洋志, 伊藤隆郭
 (*¹ 現 利根川ダム統合管理事務所, *² 現 関東地方整備局河川部地域河川課)

1. はじめに

現在、渡良瀬川管内では、足尾銅山跡地荒廃地からの土砂流出把握や、脆弱な火山性地質を有する流域の流出土砂量の把握を目的として、管内4箇所(図1)で流砂量観測が実施されている。木村(2022)では、渡良瀬川における流砂量観測の現状と蓄積されてきた流砂量観測データを基に土砂動態の経年変化や出水時の土砂流出特性を示した¹⁾。

経年的に流砂量観測データ取得を進める中で渡良瀬川管内では、浮遊砂を観測するための濁度計についてH22年より年1回程度キャリブレーションを行い濁度計の精度検証を行っている。本稿では渡良瀬川管内における経年的に蓄積された濁度計計測結果と直接採水分析結果(土砂濃度)による土砂濃度結果の比較結果について報告する。

2. 実施方針

(1) 観測箇所

本検証の対象となる観測場所は足尾砂防堰堤である。足尾砂防堰堤は足尾銅山跡地荒廃地からの土砂流出把握を目的としており、流域内の基幹堰堤として重要な観測地点であり、出水時にはバケツを用いた浮遊砂の直接採水が実施されてきた。なお、濁度計によるデータは経年的に蓄積されており、出水時の流量と浮遊砂量の関係を毎年比較しているが(図2), キャリブレーション手法を統一することで、濁度の経年変化の把握が可能となる。

(2) 使用したデータ

2017年～2019年に足尾砂防堰堤下流の銅橋にて実施された出水時採水結果と、採水と同時刻の濁度計(OBS-3+)の計測値を用いた。対象とした出水は、2017/10/22, 2018/9/4, 2018/9/30-10/1, 2019/9/9, 2019/10/12(令和元年台風19号)である。本観測地点では、OBS-3+が設置されていたが、機器更新を行う際にOBS-3+の生産が終了していたことから、後継器としてNEP-5000が用いられている。それぞれの機器の計測方法は表1に示す通りである。

表1 それぞれの濁度計の計測方法

機器名	計測方法
OBS-3+	浮遊子からの後方散乱光で計測し、サンプルの濃度やサンプル中の浮遊砂粒子の濃度を求める。
NEP-5000	浮遊粒子により散乱される近赤外光の内、90° 散乱光が受光部により計測される。

(3) 検証方法

濁度計は、出力電圧値をキャリブレーション式に当てはめることで容積土砂濃度に変換される。キャリブレーション式は、二次曲線関係のキャリブレーション式²⁾と濁度計の計測原理に則した線形関係のキャリブレーション式³⁾が用いられる。本検証は現地土砂より、一次式および二次式のキャリブレーション式を作成し、出水時採水の分析結果との比較を実施する。それぞれの変換式は下記のとおりである。

二次曲線のキャリブレーション式: $C=AV^2+BV$

線形関係のキャリブレーション式: $A=0$ として, $C=BV$

ここで, C :容積土砂濃度(cm^3/cm^3), V =濁度計の出力電圧値(V), A , B は検定係数である。本稿では上記式を用いて、濁度計から算出された容積土砂濃度と出水時に採水した試料の土砂濃度を比較した。

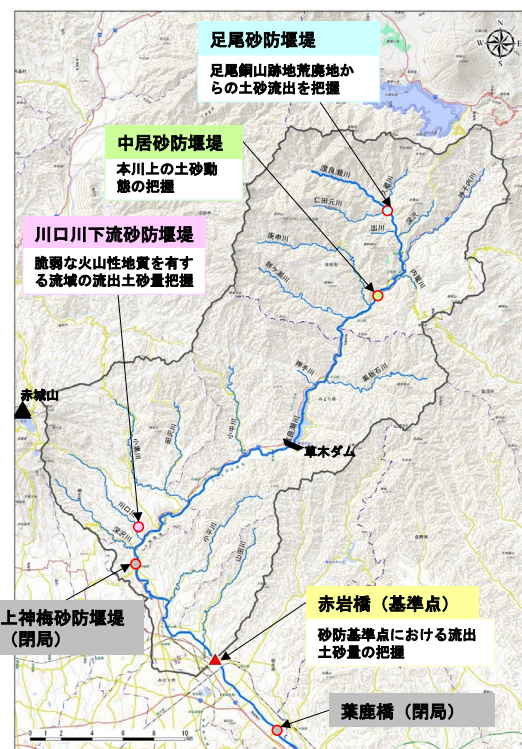


図1 渡良瀬川管内の流砂量観測箇所

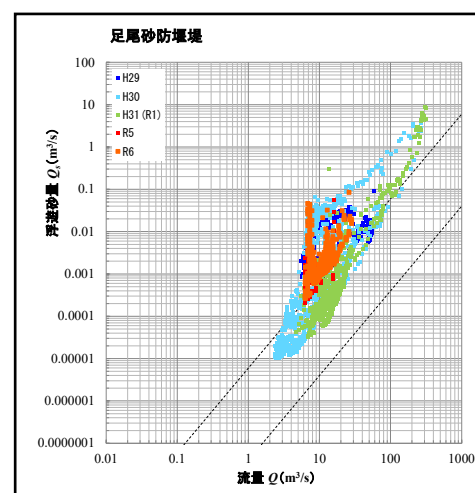


図2 流量・浮遊砂量の関係

3. 結果

(1) 比較結果(二次式)

図3に示す通り、2次式で作成されたキャリブレーション式は土砂濃度が、 $0.0001\text{cm}^3/\text{cm}^3$ 未満の低濃度の際に両者の乖離は小さく、概ね同じオーダーの土砂濃度となった。逆に直接採水による土砂濃度が高濃度となると、乖離が10倍を超えるケースが出てくる。例えば、令和元年台風19号(+)に着目すると濁度計の電圧出力からキャリブレーション式で換算された土砂濃度は最大で40倍程度となった。また、採水による土砂濃度がより高濃度 ($0.0005\text{ cm}^3/\text{cm}^3 \sim 0.0012\text{ cm}^3/\text{cm}^3$) のときに、濁度計による土砂濃度が特に大きい値を示す。

(2) 比較結果(一次式)

図3に示す通り、1次式で作成されたキャリブレーション式は、特に採水による土砂濃度が高濃度 ($0.0005\text{ cm}^3/\text{cm}^3 \sim 0.0012\text{ cm}^3/\text{cm}^3$) のときに、乖離が小さくなる結果となった。特に2017年/10/22出水(●)では、概ね $C=C_s$ の線形上にプロットされることが確認された。

4. 考察

高濃度領域での濁度計と採水の土砂濃度の乖離の理由の一つとして、図4のとおり、低濃度条件でのキャリブレーション結果から、作成されたキャリブレーション式(二次式)であり、計測電圧値が大きい範囲で土砂濃度を過大に評価したことが推測される。一次式によるキャリブレーション式から算出された容積土砂濃度は出水時採水結果から算出された容積土砂濃度と比較すると数倍のひらきはあるものの、計測原理に基づく一次式として扱うことで濁度計を使った浮遊砂量の計測精度向上に資するものと推測される。

5. まとめと今後の展望

本稿では渡良瀬川管内足尾砂防堰堤を対象に、経年的に蓄積された濁度計計測結果と直接採水分析結果を比較した。濁度計の計測原理をふまえて、過年度の濁度計キャリブレーションデータから一次関数の近似式を作成した。また、出水時の直接採水結果との比較により濁度計のキャリブレーション式の式形が浮遊砂の観測精度に与える影響を考察した。二次式と比較し、採水結果との乖離が数倍程度小さくなる結果を得たことから濁度計による連続観測データの実態把握(実測値との差や程度)、流砂量の観測精度の向上が期待される。解消されない数倍の乖離の要因は、濁度計の計測箇所と採水箇所の違い、深度の違いなどが想定され、今後検証が必要な課題である。また、足尾砂防堰堤は3川の合流地点に位置しており、取得されるデータの特性はそれぞれの河川からの影響を受けているため、今後精査が必要となる。さらに、後継機種での土砂濃度と濁度計出力との線形性の把握は、変更前後の観測データの連続性確保に資すると考えられる(図4)。近年は大きな出水が確認されていないため、出水時採水結果との比較ができていない。今後も、出水時の採水結果との比較等を行い、浮遊砂観測精度の検証や観測精度向上の取り組みを継続していく必要がある。

【参考文献】

- 1) 木村ら, 2022, 渡良瀬川における流砂量観測の現状と土砂動態の把握, 令和4年砂防学会発表会概要集, p.661-662,
- 2) 岡本ら, 2012, 山地河道における流砂水文観測の手引き(案), 国総研資料, 第686号,
- 3) Campbell SCI., Inc., OBS-3+ and OBS300 Suspended Solids and Turbidity Monitors, Instruction Manual,

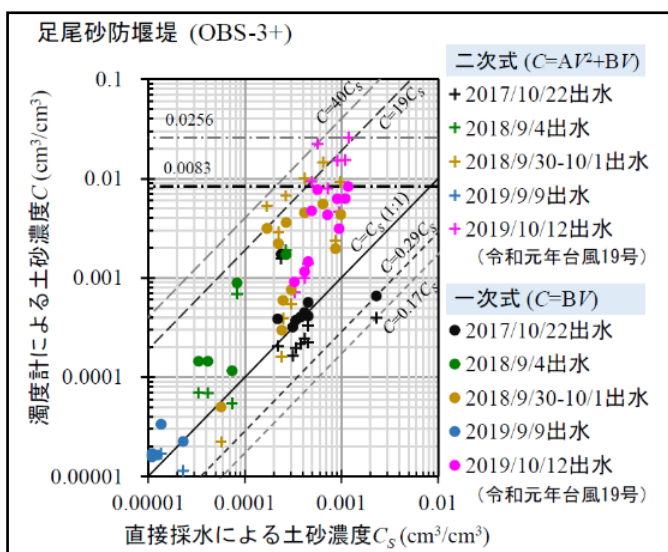


図3 濁度計と採水による土砂濃度比較

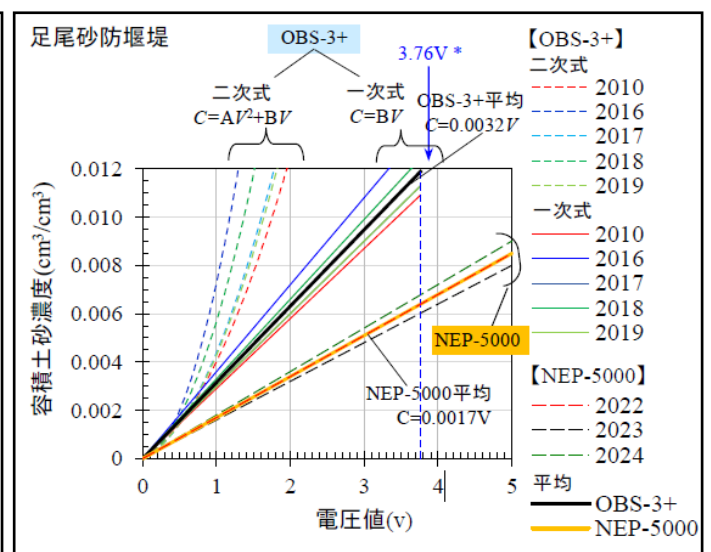


図4 濁度計のキャリブレーション式の経年変化