

鷗川・沙流川流域における高濃度濁度計を用いた浮遊土砂観測

寒地土木研究所 ○阿部孝章・水垣滋・鳥谷部寿人・丸山政浩・村上泰啓・石谷隆始

1. はじめに

近年、河川上流域から沿岸部までを通じた「水系一貫土砂管理」の必要性が認識されている。上流域で生産された浮遊土砂は、中流域における貯水池堆砂問題を引き起こすだけでなく、洪水時には最下流域・沿岸域でも漁業へ甚大な被害を及ぼすことがある。そのため、浮遊土砂流出のメカニズムを明らかにし、下流への供給量を正確に把握する技術の確立が社会的な要請となっている。一般に、浮遊土砂濃度の計測には濁度計が用いられ、測定値をSS濃度[mg/L]に換算して浮遊土砂量の評価を行う。通常、測定濁度[ppm]とSS濃度には線形の関係があるとされるが、これは低濁度領域における傾向であり、もしこの傾向を高濁度領域でも仮定するとSS濃度が極端に過小評価されてしまうという事例¹⁾が報告されている。

以上を念頭に置き、本研究では高濁度条件下においても浮遊土砂濃度を精度良く推定する手法の開発を目的とした。そこで高濃度濁度計を用いた観測を2010年を通じて実施し、出水時には現地採水によってSS濃度を算定した。その上で測定濁度と出水時の流量からSS濃度を推定する式を提案した。また、SS濃度推定式の現地観測結果への適用事例として、時期の異なる二つの出水時の浮遊土砂輸送形態について検討を行った。

2. 研究方法

調査対象流域は、出水時に非常に高濃度のSSを輸送する北海道日高地方の鷗川流域及び沙流川流域とし、各河川中流部に水位・濁度観測点を1つずつ設けた(図-1: 鷗川・富内橋及び沙流川・貫気別橋)。富内橋より上流の流域面積は722.5 km²、貫気別橋より上流では290.5 km²である。流域内の地点によって年降水量は大きく変化し、鷗川流域では1050~1370 mm、沙流川流域では980~1300 mm(1998~2007年平均値)である。高濃度濁度計は富内橋地点にATU3-8M、貫気別橋地点にATU75W-USB(い

ずれもJFEアドバンテック社製)を設置し、流量観測と共に継続的な濁度観測を行った。濁度測定時の使用センサーはいずれも赤外後方散乱方式であり、使用波長は880 nmである。カオリン検定により得られた測定可能レンジは、ATU3-8Mでは200~20,000 ppm、ATU75W-USBでは0~100,000 ppmである。また、SS濃度は各地点で出水時に表面採水を行って求めた。

3. 結果と考察

3.1 濁度・流量に基づくSS濃度の推定式

測定濁度[ppm]から浮遊土砂量を求めるにはSS濃度を推定する式が必要となる。まず融雪期の4出水、夏期の1出水時の表面採水で得られたSS濃度を、その時の濁度に対してプロットすると図-2のようになった。前述のように、濁度とSS濃度の間で線形関係を仮定すると、例えば波線の丸で囲んだ部分(富内橋では1,200 ppm以上、貫気別橋では8,000 ppm以上)のSS濃度は大幅に過小評価されることとなる。そこで、直線関係からのずれと出水規模との関係を見るため、測定濁度とSS濃度の比(SS/Tb)を取り流量Qに対してプロットすると、図-3のように線形に近い関係があることがわかった。これは流量に応じて流送土砂の粒径範囲が変化することと、濁度計の測定値に粒径依存性があること²⁾が複合的に関与しているものと考えられる。

使用した濁度計の検定はカオリン粘土で行われているので、もし仮に浮遊土砂がカオリンと同一の粒径組成であればSS/Tb=1となる(図-3に示した波線)。SS/Tbが1より小さい小流量の領域ではカオリンより粒径の小さい浮遊土砂が、SS/Tb>1となる流量の条件ではカオリンよりも粒径の大きい土砂が流れているものと考えられる。本研究ではこのような浮遊土砂の粒径効果を反映させるため、単純に観測点ごとに図に示した流量Qの2次式を作成し

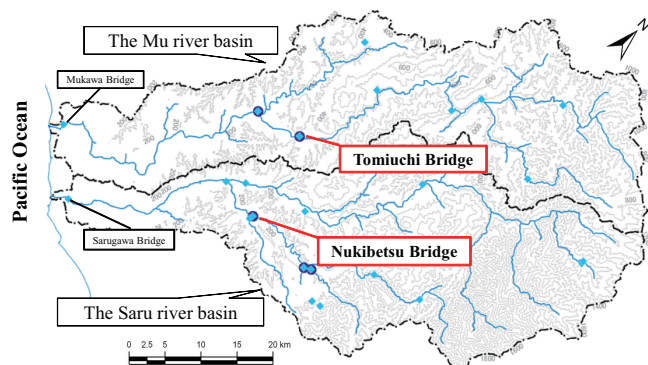


図-1 調査対象流域と観測点

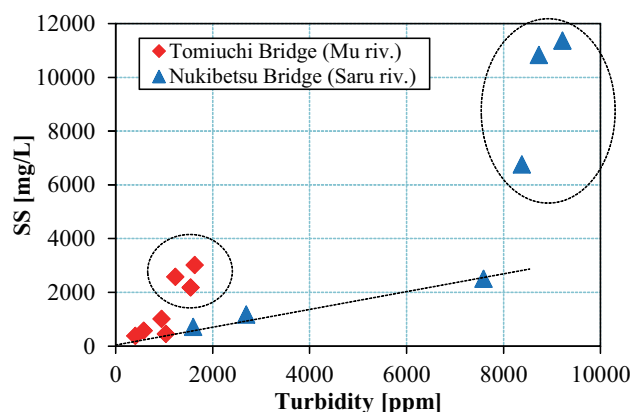


図-2 富内橋(鷗川流域)と貫気別橋(沙流川流域)で観測した濁度[ppm]とSS[mg/L]の関係

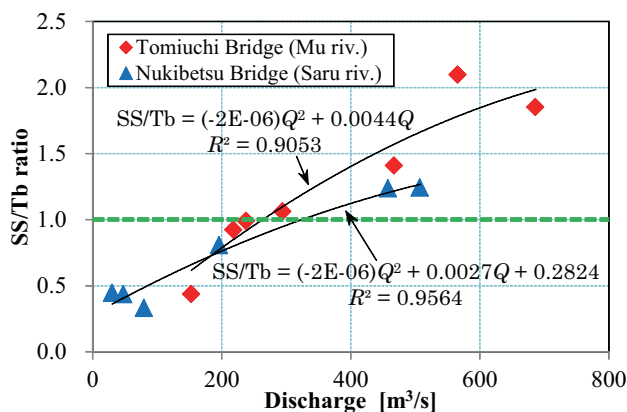


図-3 流量とSS濃度・濁度比の関係

た。この式を用い、測定流量と濁度からSS濃度の推定を行った。

3.2 春期・夏期出水イベントへの適用事例

本研究で着目したのは、2010年3月21日の融雪出水（総雨量は鶴川流域・福山で47、沙流川流域・豊糠で24mm）と8月11日の出水（同126、203mm）である。図-4に、富内橋・貫気別橋における出水中の流量とSS濃度の関係を示した。黒で塗りつぶしたマーカーが流量上昇期、白いマーカーが下降期を表している。

富内橋（鶴川）について、融雪期（3月）出水のピーク流量 $Q_{\max}$ は $156.2 \text{ m}^3/\text{s}$ 、夏期（8月）は $685 \text{ m}^3/\text{s}$ であった。3月出水のヒステリシスは反時計回りのループを描いているが、8月出水ではSS濃度にして 780 mg/L の第1ピークがあった約20時間後に流量ピークとSS濃度ピークがほぼ同時に現れた。融雪期と夏期では出水による浮遊土砂輸送の供給源が異なる可能性はあるが、いずれの出水でも流量ピークはそれぞれ1つであるのに対し、SS濃度ピークは2つ現れた。SS濃度の第1ピークは河道に堆積していた土砂の再移動に由来すると推測されるが、第2ピークは降雨が誘因となった土砂供給によるものと考えられる。

貫気別橋（沙流川）について、3月出水の $Q_{\max}$ は $44.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 、8月出水では $531.7 \text{ m}^3/\text{s}$ であった。総じて富内橋に比してSS濃度は数倍のオーダーであり、これは流域の土砂生産プロセスや地質条件が大きく異なることを示していると考えられる。ヒステリシスはいずれも反時計回りに分類されるが、8月出水のループ形状は非常に複雑であり、流量ピークは2回、SS濃度ピークは3回、明瞭に出現している。特にSS濃度ピーク時は $12,200 \text{ mg/L}$ と非常に高濃度の濁水となっているが、ピーク流量時には比較的粒径の大きい土砂も輸送されていると考えられる。

以上の結果から、鶴川・沙流川流域で融雪期・夏期のいずれのケースでもSS濃度ピークは複数回現れることが確認できた。その要因は河床に堆積した土砂の再移動、融雪期の降雨による土砂生産、夏期の

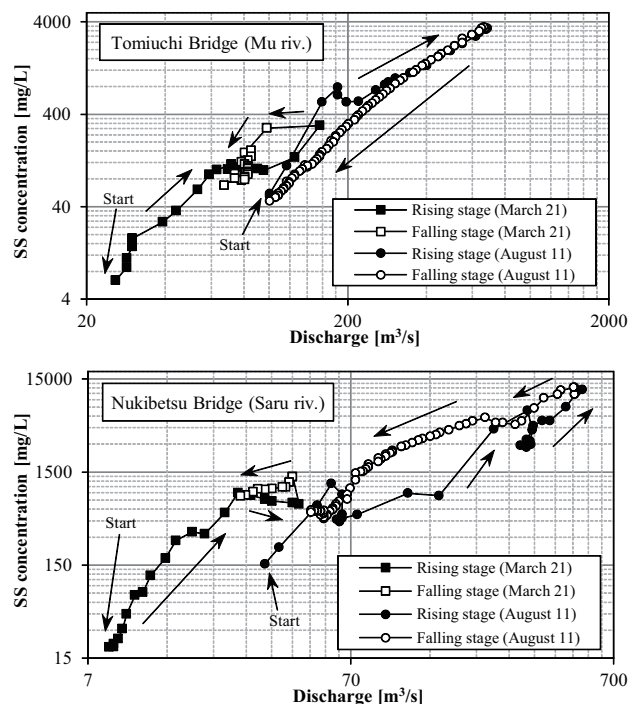


図-4 融雪期・夏期出水時におけるSS挙動のヒステリシス；富内橋（上段）及び貫気別橋（下段）

強雨による河道近傍斜面からの土砂供給、あるいは水位上昇に伴う高水敷からの土砂の巻き上げと様々な形態が存在すると考えられる。

4. まとめ

下流域への土砂輸送はその多くが浮遊土砂の形態であるため、浮遊土砂濃度の精度良い観測が流出土砂量の適切な把握・評価へとつながる。本研究で用いた濁度計で計測可能な粒径の上限が現状では不明確であり、特に高濁度領域においてSS濃度の誤差は大きくなる可能性がある。濁度計測値と粒径依存関係を明らかにした上での、より詳細な検討が必要であろう。流域の土砂生産・流出特性を明らかにしていくためには、今後もこのような濁度モニタリングを継続し、降雨・土砂流出・流送過程のデータを蓄積して流域ごとに統計的な検討を加えていく必要がある。これらの知見とトレーサ手法³⁾による浮遊土砂の生産源推定とを併せて検討することで、より高度で合理的な土砂管理計画への貢献が期待される。

参考文献

- 1) 横山勝英, 藤塚慎太郎, 中沢哲弘, 高島創太郎, 多点濁度観測による筑後川水系のSS流出・輸送特性に関する研究, 水工学論文集, 第52巻, pp. 553-558 (2008).
- 2) 横山勝英, 濁度計の粒径依存特性と現地使用方法に関する考察, 土木学会論文集, No. 698, II-58, pp. 93-98 (2002).
- 3) 水垣滋, 村上泰啓, 大塚淳一, 内田太郎, 鶴川・沙流川流域における浮遊土砂の観測, 砂防学会誌, Vol. 63, No.3, pp. 60-64 (2010).