

## 4. 観測技術の課題

ここでは、濁度計およびハイドロフォンによる観測手法の課題について、レビューし、データを分析するうえでの留意点を整理した。

### 4.1 濁度計による浮遊砂観測の課題

濁度計を用いた浮遊砂観測の課題として、

- ① 濁度計が日射やゴミなど様々な環境の影響を受けるため、環境変動が大きい山地河川では継続的に良好なデータを取得することが困難である場合があること
- ② 濁度計で計測される濁度と土砂濃度の関係は粒径によって異なるため、濁度から土砂量に換算するにあたっては、粒径の影響を評価する必要があること
- ③ 粒径が大きいと土砂濃度によらず濁度がほとんど一定になるため、粗い粒径の土砂濃度観測が困難であること
- ④ 浮遊土砂濃度は鉛直分布があるため、1深度の濁度計の計測では通過した浮遊土砂量に変換することが難しいこと

などが指摘されている<sup>1)</sup>。

#### 1) 観測環境の影響

濁度計に不具合が出る要因は、センサー面の汚れ、日射、水泡、落ち葉・ゴミなどのセンサーへの付着、河床変動、機器の劣化など色々指摘されてきている<sup>1)</sup>。国総研資料 No.886「山地河川における流砂水文観測データ（平成21年～25年度）」のデータを取りまとめるにあたって、「山地河道の流砂水文観測における濁度計観測実施マニュアル（案）」に基づき観測環境の影響によりデータに異常があると考えられるデータは除去した。

#### 2) 粗い粒径の影響

六甲砂防事務所では、六甲山系の河道・山腹斜面に分布する土砂より作成した0.075mm～2.0mmの6つの粒径の異なる試料とカオリン粘土を用いて、濁度計により計測した濁度と土砂濃度の関係を室内実験により計測した<sup>2)</sup>。図4.1.1に結果の一例を示す。図4.1.1から、粗い粒径については土砂濃度が上がっても、濁度がほとんど反応しないことが分かる。粒径が0.1mmより大きくなると土砂濃度の上昇に対する濁度の変化が顕著に小さくなり、粒径が1mmより大きくなると土砂濃度の増減に関わらず濁度はほぼ一定の値になった。このことから、濁度は主として0.1mm以下の粒径の浮遊砂・ウォッシュロードに反応していると考えられる。

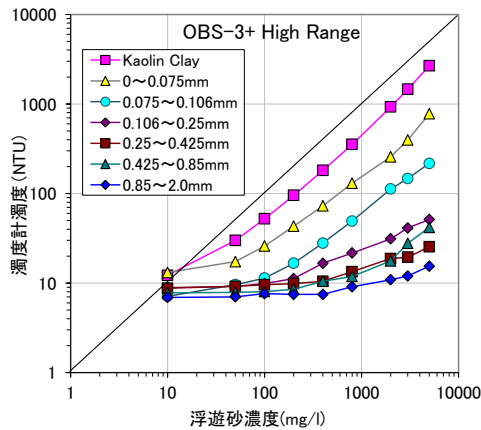


図 4.1.1 濁度計(OBS-3+)の検定試験結果<sup>1)</sup>

### 3) 粒径依存性の影響

従来<sup>3)</sup>から知られているように粒径の違いにより同じ濁度であっても、土砂濃度が1オーダー以上異なる(図 4.1.1)<sup>1)</sup>。混合粒径の濁度は各粒径の濁度の和として算出できることが確認されてきている<sup>3)</sup>ことから、岡本ら(2013)は実際の山地河川で計測された浮遊砂、ウォッシュロードの粒度分布を用いて、粒度分布の変化が濁度—土砂濃度関係に及ぼす影響について試算した<sup>4)</sup>。粒度分布は直轄砂防事務所で実施された浮遊砂サンプラーによる浮遊砂の粒径調査結果のうち<sup>5)</sup>、粒度分布の時間変化が最も大きかった福島県土湯観測所のデータを用いた(図 4.1.2)<sup>5)</sup>。岡本ら(2013)は観測期間中最も中央粒径が粗かったケース、細かかったケース、中間的なケースの3ケースについて試算した。粒径ごとの濁度—土砂濃度関係は図 4.1.1の結果に基づき粒径ごとの直線により定式化した。図 4.1.3に示すように試算の結果、同じ濁度であっても粒度分布の違いにより、最大5倍程度土砂濃度が違う可能性が考えられることが示された。

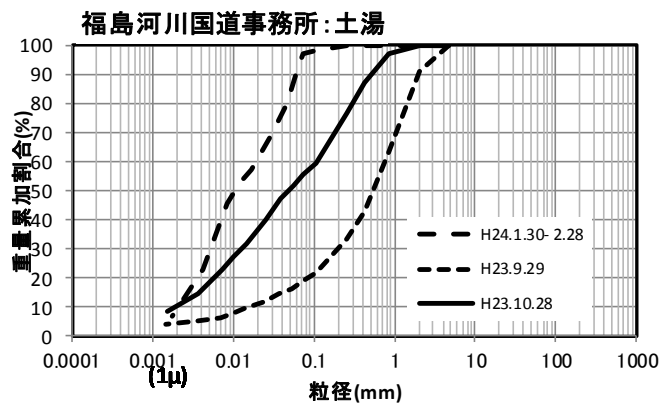


図 4.1.2 阿武隈川水系土湯観測所における浮遊砂サンプラーにより計測された粒度分布<sup>5)</sup>

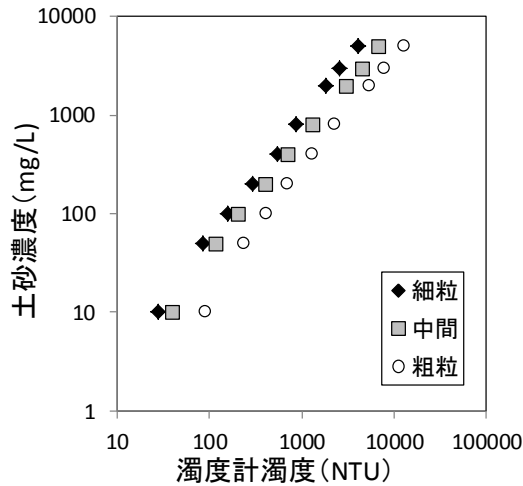


図 4.1.3 粒度分布の変化が濁度—土砂濃度関係に及ぼす影響の試算結果<sup>3)</sup>

#### 4) 鉛直分布の影響

浮遊土砂は鉛直方向に濃度分布がある場合が多く、1 深度で計測している現行の手法では、場所によっては河道全体を代表していない可能性も考えられる。

田村ら (2014, 2015) は六甲山地の山地河川において浮遊砂の鉛直分布を図 4.1.4 に示す多段式浮遊砂採取装置を用いて浮遊砂の鉛直分布の観測を行った<sup>2), 6)</sup>。その結果、田村ら (2015) は流域内が広く荒廢地が分布する白水谷において明瞭な鉛直分布があることを確認した (図 4.1.5)<sup>2)</sup>。また、ハイドロフォンを鉛直方向に設置した常願寺川における観測においても流砂量が鉛直方向に分布していることが確認されている<sup>7)</sup>。一方、田村ら (2014) は概ね森林に覆われている芦屋川においても多段式浮遊砂採取装置を用いた観測を行い浮遊砂の鉛直分布が小さかったことを報告した (図 4.1.6)<sup>6)</sup>。今後はデータを蓄積し、鉛直方向の濃度分布の影響を評価する手法を構築していく必要がある。



図 4.1.4 多段式浮遊砂採取装置 (白水谷流砂観測所) 複数の深度で採水する<sup>2)</sup>

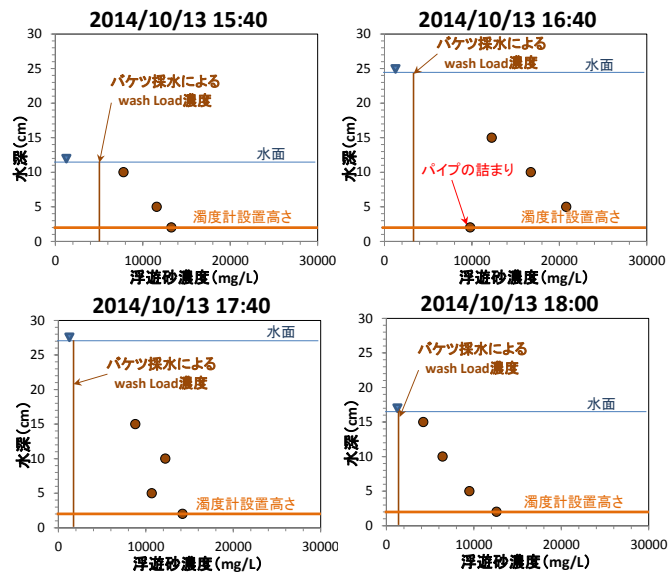


図 4.1.5 多段式浮遊砂採取装置により計測した白水谷流砂観測所における浮遊砂濃度の鉛直分布<sup>2)</sup>

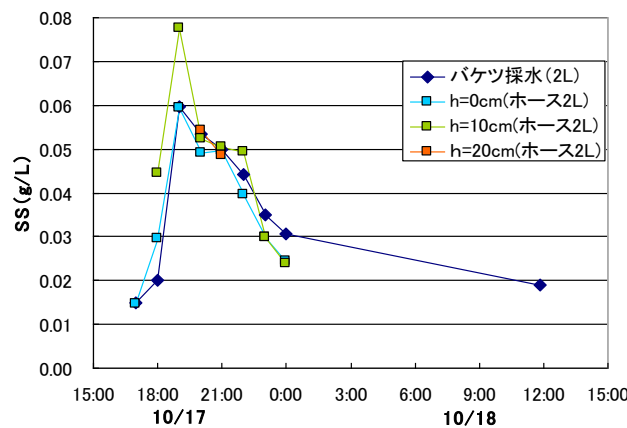


図 4.1.6 多段式浮遊砂採取装置により計測した芦屋川における浮遊砂濃度の鉛直分布<sup>6)</sup>  
 図中の h は河床からの高さ

### 5) 考察

以上の結果を踏まえて簡単に考察する。濁度計を用いた浮遊砂観測については、2つの整理方針が考えられる。

1つ目は、0.1mm以下のいわゆるウォッシュロードを計測していると割り切る考えである。この場合、ウォッシュロードの場合、鉛直方向の分布は比較的小さいと考えられるため、鉛直方向の濃度分布の影響は小さいと考えられる。ただし、この場合、粒径の大きい浮遊砂による流砂量は観測できていないため、総流砂量の算出のためには別の手法を用いる必要があると考えられる。実際、田村ら(2015)では白水谷において直接的な採水(流れ全体を採取)結果と河床近傍に設置した濁度計による観測結果を比較し良好な相関が見

られたことが報告した<sup>2)</sup>。なお、このときバケツ採水においても採取された土砂は0.1mm以下のいわゆるウォッシュロードが大半であり、バケツ採水は流れの状態を乱すため粒径の粗い浮遊砂は十分に採取できないことが考えられた。

2つ目は、浮遊砂サンプラー等により、浮遊砂・ウォッシュロードの粒度分布を求め、粒度分布を考慮した濁度—土砂濃度関係から、濁度から土砂濃度へ変換することが考えられる。3)で示したように粒度分布の違いにより最大5倍程度の差が見込まれるものの、粒度分布の時間変化が少ない流域・時期においては、ある程度の精度で流砂量が推定できる可能性が考えられる。ただし、この場合、理論式等による鉛直分布の考慮が必要となると考えられる。2章で示したデータの整理にあたっては、2つ目の方針に従い整理を行ったが、濃度の鉛直分布の影響は考慮できていない。

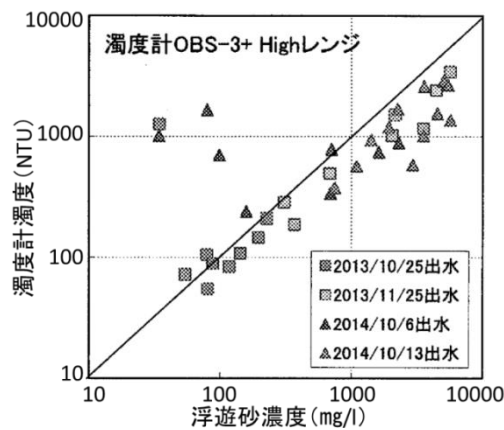


図 4.1.7 白水谷流砂観測所におけるバケツによる表面採水から求めた浮遊砂濃度と濁度計濁度の関係<sup>2)</sup>

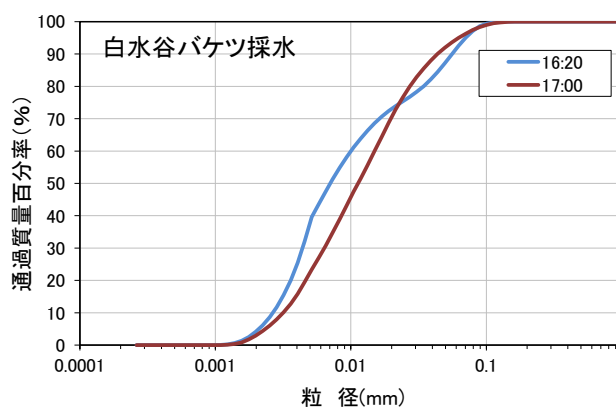


図 4.1.8 白水谷流砂観測所におけるバケツによる表面採水から求めた浮遊土砂の粒度分布 (2014年10月13日)<sup>2)</sup>

【参考文献】

- 1) 山地河道の流砂水文観測における濁度計観測実施マニュアル（案），国土技術政策総合研究所資料 第792号（平成26年）
- 2) 田村圭司・久保正和・内田太郎・水山高久・小杉賢一郎・小菅尉多・永田葉子（2015）：六甲山系における濁度計と浮遊砂観測，平成27年度砂防学会研究発表会概要集，B22-B23.
- 3) 横山勝英（2002）：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，698(II-58)，93-98.
- 4) 岡本敦・内田太郎・林真一郎・木下篤彦・水垣滋・吉村暢也・小菅尉多（2013）：山地河道における濁度計を用いた流砂観測の課題と対応，平成25年度砂防学会研究発表会概要集，B22～B23.
- 5) 岡本敦・内田太郎・林真一郎・吉村暢也・鶴田謙次（2013）：浮遊砂サンプラーを用いた浮遊砂粒径に関する調査，平成25年度砂防学会研究発表会概要集，A226-A227.
- 6) 田村圭司・内田太郎・森東哲郎・日野健・小菅尉多・木下篤彦（2014）：六甲山系における水文・流砂観測，砂防学会誌，66(6)，82-86.
- 7) 西川 一・西村友之・伊藤隆郭・長山孝彦・後藤 健・矢下誠人・水山高久・藤田正治・宮本邦明（2015）：津ノ浦下流砂防堰堤における掃流砂・浮遊砂・ウォッシュロードの観測，平成27年度砂防学会研究発表会概要集，B60-B61.