

### 3. 濁度計観測に関する留意事項

#### 3.1 設置前の留意事項

濁度計を設置する前には、設置場所の現地調査を行い、調査目的および設置場所に適した濁度計を選定し、濁度計の機種および設置場所に適した保護ケースを準備する。また濁度計は設置前にキャリブレーションを行う。

#### 【解説】

濁度計の選定および保護ケースについては、2.2「濁度計の種類」および 3.2「観測場所選定時・設置時の留意事項」を考慮して適切な機種を検討する。濁度計のキャリブレーションについては、「山地河道における流砂水文観測の手引き（案）」の 4.3.2 に従い実施することを基本とする。

なお、キャリブレーションに用いるサンプル土砂の粒径区分は、「山地河道における流砂水文観測の手引き（案）」の参考資料 3 や横山（2002）も参照すること。

濁度計の出力は、粒径数 $\mu\text{m}$ 以下（粘土）の粒子に強く依存するため、粒径 0.075 mm 以下のサンプル土砂については、レーザー回折・散乱式粒度分布測定装置により詳細な粒径分布を把握しておくことが望ましい。

#### 【参考文献】

山地河道における流砂水文観測の手引き（案）：国土技術政策総合研究所資料 No.686, 2012 年 4 月

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, Vol. 698, II-58, pp. 93-98.

## 3.2 観測場所選定時・設置時の留意事項

### 3.2.1 設置場所および設置高に関する留意事項

設置場所および設置高は、観測結果に不具合が生じる原因（2.3 参照）となりうる事態が生じないように留意する。

#### 【解説】

濁度計の設置場所および設置高は、「山地河道における流砂水文観測の手引き（案）」の 4.3.3 に従い実施することを基本とする。浮遊砂濃度は深さ方向に違いがあることが考えられることから、水深が常時十分にあり、精度の高い浮遊砂量の観測が必要な場合については、深さ方向に複数の濁度計を設置することが考えられる。

設置場所および設置高を決定するにあたっては以下の項目に留意する。

- ① 濁度計が土砂の堆積により埋没するおそれがない位置に設置する。
- ② 濁度計の設置高は検出面が常時流水に浸る高さで、河床と検出面との距離が 20 cm 以上確保できることが望ましい。十分な水深が確保できない場合は、できる限り水深の大きい場所を選定し、河床と検出面との距離が 5 cm 以下となる場所には設置しない。なお、河床変動に応じて濁度計の設置高を変更できるよう、濁度計の取り付け金具を可変式にすることが望ましい。
- ③ 濁度計の検出面に直射日光が当たらない場所に設置する。
- ④ コンクリート面など日射の反射が生じるおそれのある箇所近傍に濁度計を設置しない。
- ⑤ ごみ、落ち葉などが濁度計に絡まりにくい場所に設置する。

上記の①～⑤の条件を満たす場所が観測候補地周辺にない場合、濁度計が埋没するとその後、埋没が解消されない限り、継続的に結果が得られなくなるので①の条件を確保することを優先する。

濁度計設置位置以下に水位が低下すると、濁度計は正しく濁度を計測できない。さらに、細かい土砂が濁度計に付着する場合がある。このような場合、再び、水位が濁度計設置位置以上になった場合でも、しばらく、付着した土砂がすぐには洗い流されないため、異常値を示す場合がある。そのため、②に示したように、濁度計は検出面が常時流水に浸る高さに設置することが望ましい。ただし、水位がいったん濁度計設置位置以下に下がった場合であっても、その後の出水で水位が濁度計設置位置以上になった場合、正常に観測できる場合も

ある。このため、①の条件、②の条件の両方を満たすことが困難な場合、①の条件を優先する。

また、③～⑤については、適切な場所がない場合は、3.2.2 で示すように設置方法によって解決できる場合がある。

**【参考文献】**

山地河道における流砂水文観測の手引き（案）：国土技術政策総合研究所資料  
No.686, 2012年4月

### 3.2.2 設置方法に関する留意事項

濁度計の設置にあたっては、観測結果に不具合が生じる原因（2.3 参照）となる事態が生じないように留意し、設置方法を決定する。

#### 【解説】

設置方法を決定するにあたっては、以下の項目に留意する。

- ① 濁度計設置場所に十分な水深（20 cm 以上）を確保できない場合、濁度計のセンサー面が河岸、河床に向かないように設置する。
- ② その場合、濁度計のセンサー面に直射日光および反射光が当たらないように設置する。
- ③ ごみ、落ち葉などが濁度計に極力絡まらないように設置する。
- ④ データ回収時・定期保守時に濁度計のセンサー面の状態が確認しやすいように設置する。
- ⑤ 豪雨時に濁度計の流失、ケーブルの破断が生じないように設置する。

良好な観測結果が得られている箇所の具体的な設置手法を参考資料 4 に示す。

### 3.3 観測期間中の留意事項

観測期間中には、直接採水を行い、濁度計のキャリブレーションを行うことが望ましい。

#### 【解説】

濁度計による流砂観測の精度を向上させるため、濁度計を用いた観測期間において、出水時に直接採水を行い、浮遊砂、ウォッシュロードの濃度、粒径を計測することが望ましい。直接採水により浮遊砂、ウォッシュロードの濃度を計測した場合は、直接採水から得られた濃度と濁度計の出力値から得られた濃度が大きく異なる場合等、必要に応じて、観測前に行ったキャリブレーション式の係数の見直しを行う。

### 【参考】様々な濁度と SS 濃度の関係式

一般に、山地河川では、出水中の河川水の SS (Suspended Solid ; 浮遊物質, または懸濁物質) に浮遊砂やウォッシュロードが含まれることが多い。流砂観測において SS 流出量を評価するには、SS 濃度 (mg/L) に流量を乗じて算出する。濁度計で観測された濁度値から SS 濃度を推定するには、濁度と SS 濃度の関係式を構築する必要があるが、濁度と SS 濃度の関係は、とくに濁度が高い範囲でばらつくことが多く、かならずしも相関がよくない。その原因の一つとして、濁度の粒径依存性が指摘されており (横山、2002)、実際の出水時に SS の粒度分布が均一でないことに起因している可能性がある (水垣ら、2012, Abe ら、2012)。

①浮遊砂・ウォッシュロードが多様な粒径で構成されている場合に、粒径を考慮して濁度から SS 濃度 (mg/L) に変換する方法 : (横山、2002)

$$SS = T_b / \alpha \sum_{i=1}^k \frac{P_i}{d_i^n}$$

SS: 浮遊土砂の重量濃度 [mg/L]、 $T_b$ : 濁度 [ppm または FTU]、 $\alpha$ : 係数で 3.1 で示したキャリブレーション等により決定、 $k$ : 粒度分布の分割数、 $P_i$ : それぞれの粒径階  $i$  の重量比、 $d_i$ : 粒径階  $i$  の代表粒径 [mm]

②粒径に流量依存性がある場合に、濁度から SS 濃度を推定する方法 : 水垣ら (2012)、Abe ら (2012)

濁度成分 (浮遊砂・ウォッシュロード等) の粒径は、流量 (流速) に比例して大きくなる可能性がある。その場合、SS 濃度に対する濁度の応答は小さくなるため、SS 濃度と濁度との比 ( $SS/T_b$  比) を流量の関数で回帰することで、濁度計による SS 濃度の推定精度が向上する場合がある。

$$SS = T_b(aQ^2 + bQ + c)$$

$$SS = T_b(aQ + b)$$

SS: 浮遊土砂の重量濃度[mg/L]、 $T_b$ : 濁度 [ppm, FTU]、 $Q$ : 流量 [ $m^3/s$ ]、 $a, b, c$ : 係数で、観測期間中の直接採水による観測結果に基づき決定する。

### 【参考文献】

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, Vol. 698, No. II-58, pp. 93-98.

水垣 滋・阿部 孝章・丸山 政浩 (2012) : 濁度計による高濃度濁水中の浮遊土砂濃度推定法, 寒地土木研究所月報, Vol. 706, pp. 12-19.

Abe T., Mizugaki S., Toyabe T., Maruyama M., Murakami Y., Ishiya T. (2012) : High range turbidity monitoring in the Mu and Saru river basins: All-year monitoring of hydrology and suspended sediment transport in 2010, International Journal of Erosion Control Engineering, Vol. 5, No. 1, pp. 70-79.

### 3.4 データ回収時・定期保守時の留意事項

データ回収時・定期保守時には以下の点について留意する

- ① 濁度計のセンサー面を清掃する。清掃にあたっては、センサー面を傷つけないようにする。
- ② データの出力値の異常の有無を確認する。

#### 【解説】

「山地河道における流砂水文観測の手引き（案）」の 4.3.4 に従い実施することを基本とする。

濁度計のセンサー面が汚れると、濁度計は正常に計測できない。そこで、データ回収時には必ず、濁度計のセンサー面の状態を確認し、汚れが見られる場合、布で拭くなど清掃する。

データの回収時には、出力値の異常の有無を確認する。出力値の異常の有無を確認できるように、回収前に通常時の出力値の範囲を把握しておくことが重要である。

また、センサーが経年的に劣化するなど、出力値と濁度の関係が、経年的に変化する可能性が考えられる。そこで、出水期前など、概ね 1 年に 1 度、濁度計を取りはずし、キャリブレーション等を行い、出力値に変化が無いか確認することが望ましい。また、現地で設置されている濁度計のケーブルにある程度余裕がある場合は、濁度計を固定している留め金はずして引き出し、現地で出力値に変化が無いか確認することが望ましい。

濁度計の出力値の確認にあたっては、あらかじめ計量しておいたカオリン粘土等を用いて、現地で簡易に濁度計のキャリブレーションを行うことが考えられる。ただし、バケツ等を用いて実施する場合は、バケツの大きさが小さいとバケツ壁面の影響を受けるおそれがあることに注意する。また、現地でキャリブレーションを行う場合は、日光が当たらないように留意する。

#### 【参考文献】

山地河道における流砂水文観測の手引き（案）：国土技術政策総合研究所資料  
No.686, 2012 年 4 月



**【参考】 デジタルカメラによるセンサー部の光学系の異常の確認**

現在、使用されている濁度計の多くは、センサー光として赤外線（波長 865 nm 周辺）が使用されている。そのため、人間の目では、センサー光を確認することはできないが、一般的なデジタルカメラであれば、センサー光を撮影可能である。すなわち、光学系の故障があり、センサー光が発光されていない場合は、デジタルカメラで撮影した場合でも、光は写らない。

なお、光量が少ないので、接写する必要がある。



写真-1 デジタルカメラによるセンサー部の撮影例

**【参考】 現地でキャリブレーションを行う際の直射日光、反射光の遮蔽**

現地でキャリブレーションを行う際は、直射日光、反射光をセンサー感部に受けないように留意する必要がある。写真-2のように直射日光、雪による反射光を遮蔽する容器（バケツ）を用いることにより、濁度計の出力値のバラツキを小さくすることができる。



（北海道開発局 帯広開発建設部）

写真-2 直射日光、雪による反射光を遮蔽する容器を用いた現地でのキャリブレーション

### 3.5 データ回収後の留意事項

#### 3.5.1 異常値の有無の確認および分析

データ回収後は速やかにデータを図化し異常の有無を確認する。データの異常があった場合は、異常の種類について分析する。

#### 【解説】

濁度計のデータの異常の有無は以下の観点で確認を行う。

- ① 降雨、水位上昇に対して、濁度の上昇が確認されない。
- ② 降雨、大きな水位変動が生じていないにもかかわらず、濁度に大きな変動が見られる。
- ③ 低水時に流水がほとんど濁っていないにもかかわらず、比較的高い出力値が見られる。

なお、具体的な異常データの例は参考資料2にまとめた。

次に、データの異常が見られた場合、異常の種類について分析する。分析の観点は以下に示す。

#### (1) 異常値の出現するタイミング

異常値の出現するタイミングについて、以下の観点で整理する。

- a. 異常値が観測期間中、継続的に見られる。
- b. 異常値が観測期間中の特定の時期以降、継続的に見られる。
- c. 異常値が観測期間中の特定の時期以降、しばらく継続して解消される。
- d. 異常値が一時的に出現する。
  - d1 異常値が洪水時に出現する。
  - d2 異常値が低水時に出現する。
  - d3 異常値がランダムに出現する。

#### (2) 異常値のパターン

異常値のパターンについて、以下の観点で整理する。

- A. ほぼ一定値（若干の変動はある）が継続的に出現する。
  - A1 ほぼゼロに近い値が継続的に出現する。
  - A2 レンジオーバーの値が継続的に出現する。
  - A3 ゼロ、レンジオーバー以外の値が継続的に出現する。
- B. 大きな変動が見られる。
- C. 日周変動などほぼ周期的な変動が見られる。

### 3.5.2 異常への対応

異常値の有無の確認および分析（3.5.1）の結果に従い、異常の原因について考察し、異常を解消するように観測の改善を図る。

#### 【解説】

濁度計の代表的な異常事例について、以下に示す。

#### (1) 観測期間中、継続的に一定値が見られる（3.5.1 の分類における a-A）

濁度計の故障により、一定値を出力することがある。一定の出力が観測期間中、継続的に見られる場合は、初期不良または設置時に故障した可能性が高い。このような症状の場合、濁度計をいったん取り外し、機器が正常に作動するか動作確認を行い、正常に作動しない場合は濁度計の修理、交換を行う。

#### (2) 観測期間中の特定の時期以降、継続的に一定値が見られる（3.5.1 の分類における b-A）

##### 1) ゼロに近い値を示す（3.5.1 の分類における b-A1）

濁度計が土砂に埋没するとゼロに近い値が継続的に出現する可能性がある。また、濁度計および記録部の故障、ケーブル断線によりゼロ出力となる可能性が考えられる。また、流砂等の外力と関係なく、経年劣化によりゼロ出力となる場合もある。そこで、このような症状の場合、まず、濁度計が土砂で埋没していないか確認する。その上で、埋没していない場合、濁度計をいったん取り外して動作確認を行い、正常に作動しない場合は濁度計の修理、交換を行う。また、濁度計が正常に作動する場合は、記録部の動作確認、ケーブルの断線の有無を確認する。

##### 2) レンジオーバーを示す（3.5.1 の分類における b-A2）

濁度計の故障により、基準電圧をそのまま出力することがある。このとき、出力値はレンジオーバーする。このような症状の場合、濁度計をいったん取り外して動作確認を行い、機器が正常に作動するか確認し、正常に作動しない場合は濁度計の修理、交換を行う。また、濁度計が正常に作動する場合は、記録部の動作確認、ケーブルの断線の有無を確認する。

河床・流路変動等により濁度計が埋没した場合にも、濁度値が継続してレンジオーバーする可能性がある。（しばらく継続して解消する場合もある。その場合は c-A2。）このような症状の場合、まず、濁度計が土砂で埋没していないか確認する。

##### 3) ゼロ、レンジオーバー以外の一定値を示す（低水時にもかかわらず、ゼロに

近づかない) (3.5.1 の分類における b- A3)

濁度計の故障により、一定値を出力することがある。このような症状の場合、濁度計をいったん取り外し動作確認し、機器が正常に作動するか確認し、正常に作動しない場合は濁度計の修理、交換を行う。

また、センサー面の汚れが生じると低水時にもかかわらず、比較的高い出力値が継続する。このような場合は、センサー面の汚れを疑い、濁度計のセンサー面を点検・センサー面の清掃を行う。それでも正常に戻らない場合は、濁度計をいったん取り外して動作確認を行い、正常に作動しない場合は濁度計の修理、交換を行う。また、濁度計が正常に作動する場合は記録部の動作確認、ケーブルの断線の有無を確認する。

河床・流路変動等により濁度計が干上がったたり埋没したりして通水がない場合にも、一定値を出力することがある。(しばらく継続して解消する場合もある。その場合は c-A3。)このような症状の場合、まず、濁度計が土砂で埋没していないか確認する。

(3) 異常値が観測期間中の特定の時期以降、しばらく継続して一定値が解消される (3.5.1 の分類における c-A)

1) ゼロに近い値を示す (3.5.1 の分類における c-A1)

濁度計が土砂に埋没するとゼロに近い値が継続的に出現する場合がある。いったん土砂に埋没した場合であっても、その後の出水により、土砂の埋没が解消されると、濁度計の出力値は正常に戻る。また、このような場合、洪水の最中に急に、出力値が低下するケースが多い。そこで、洪水時においても濁度計の応答が見られない時がある場合は、データ解析時 (3.6 参照) に留意する。また、濁度計の設置高の見直しを検討する。

ただし、低水時に濁度が低い場合は、継続的にゼロに近い値が出力される場合があるので、異常かどうかの判断は、洪水時にも継続的にゼロ出力が続くかどうかで判断する必要がある。

2) ゼロ、レンジオーバー以外の一定値を示す (3.5.1 の分類における c- A3)

濁度計にゴミや落ち葉等が絡まった場合や土砂等がセンサー面に付着した場合に、出力値がゼロよりかなり大きい値が低水時にもかかわらず継続的に出現する場合がある。さらに、その後出水等により、ゴミや落ち葉、付着していた土砂等が流出すると、濁度計の出力値は正常に戻る。また、ゴミや落ち葉、土砂等がセンサー面に絡まったり、付着したりした場合の出力値は必ずしも一定の値ではなく、細かい時間的ばらつきが見られる場合が多い。また、土砂等のセンサー面への付着は、3.2.1 に示したように、水位が低下し、

濁度計が乾燥した状態になった際に土砂も乾燥し、水位再上昇後にしばらく異常が継続するケースが多い。また、ゴミや落ち葉等が濁度計に絡まる現象はどちらかというと洪水時に多く、洪水終了後継続的に高い出力値が継続するケースがある。

このような期間のデータについては、データ解析時(3.6参照)に留意する。また、濁度計のゴミや落ち葉等が原因と考えられる場合は、ゴミや落ち葉等が絡まりにくい設置手法を検討する。一方、センサー面への土砂等の付着が原因と考えられる場合は、濁度計が土砂による埋没のおそれのない範囲で、濁度計の設置高を検討する。

#### (4) 異常値が一時的に出現する

##### 1) 洪水時に短期的に水位変動に追随しない(一定値、大きな変動)(3.5.1の分類におけるd1)

洪水時に濁度計にゴミや落ち葉等が絡まった場合、水位変動があるにもかかわらず、出力値が一時的にほぼ一定値になる、または、大きな変動を伴うケースがある。このような場合、ゴミや落ち葉等が絡まりにくい場所への移設または設置方法を検討する。

##### 2) 低水時に日周変動が見られる(3.5.1の分類におけるd2-C、d3-C)

濁度計に直接、日射が当たる、または、コンクリート面などからの反射光が当たる場合、低水時の濁度が低い状況でも、比較的高い値が出力されるケースがある。このような場合、日中に出力値が大きくなる日周変動が見られる。このような場合、日射・反射光の影響が小さい場所への移設または設置方法を検討する。

##### 3) ランダムにパルス状の異常値が発生(3.5.1の分類におけるd3)

河道内や河道周辺における工事や排水など、人為的な影響が原因となっているケースがある。その場合、工事時期や農地・民家等からの排水経路・時期を確認し、データ解析時の参考とする。

### 3.6 データ解析時の留意事項

データ解析時には、異常値の有無の確認および分析（3.5.1）において、異常値として確認された期間については、解析に含めないように留意する。

#### 【解説】

山地河道における濁度計を用いた観測においては、技術的な課題が少なくない。そのため、観測期間を通じて、正常なデータを取得するのは、必ずしも容易ではない。そこで、観測データを有効に活用するにあたっては、データが正常に取れている期間とデータの異常が見られる期間を分離することが望ましい。また、概ね正常に観測されている期間であっても、パルス状に異常値が認められる場合もある。

観測に異常が見られる期間のデータであっても、部分的に正常に観測されているデータの値を類推することが可能なデータは参考値として使用してもよい。

