

ISSN1346-7328
国総研資料 第792号
平成26年3月
ISSN0386-5878
土研資料 第4284号
平成26年3月

国土技術政策総合研究所資料

Technical Note of National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 792

March 2014

土木研究所資料

Technical Note of Public Works Research Institute

No. 4284

March 2014

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 危機管理技術研究センター 砂防研究室

蒲原 潤一・内田 太郎・林 真一郎

土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム

矢部 浩規・渡邊 和好・水垣 滋

Manual for field observation using turbidity meter at mountain river

National Institute for Land and Infrastructure Management, Research Center for Disaster Risk Management

Erosion and Sediment Control Division

Jun'ichi Kanbara, Taro Uchida, Shin-ichiro Hayashi

Public Works Research Institute, Civil Engineering Research Institute for Cold-Region

Watershed Environmental Engineering Research Team

Hiroki Yabe, Kazuyoshi Watanabe, Shigeru Mizugaki

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

独立行政法人 土木研究所

Incorporated Administrative Agency

Public Works Research Institute

Copyright © (2014) by N.I.L.I.M and P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director-General of N.I.L.I.M. and Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、国土交通省国土技術政策総合研究所所長、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、国土技術政策総合研究所所長、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

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）

蒲原 潤一*・内田 太郎**・林 真一郎**・矢部 浩規***・渡邊 和好***・水垣 滋***

Manual for field observation using turbidity meter at mountain river

Jun'ichi Kanbara*, Taro Uchida**, Shin-ichiro Hayashi**, Hiroki Yabe***, Kazuyoshi Watanabe***, Shigeru Mizugaki***

概 要

本資料は、山地流域における流砂水文観測のうち、山地河道における濁度計を用いた浮遊砂等の観測手法に関する標準的な手法、課題についてとりまとめたものである。資料のとりまとめにあたっては、既往の観測事例の分析、濁度計の性能および異常データに関する基礎的な実験を行った。

キーワード：山地河道、流砂水文観測、濁度計、浮遊砂

Synopsis

This report presents standard methods and current problems of field observation for suspended sediment using turbidity meter at mountain river. We conducted analysis of existing dataset and laboratory experiments for accuracy and unusual data of turbidity meter.

Key Words: mountain river, hydrologic and sediment transport observation, turbidity meter, suspended sediment

*国土技術政策総合研究所 危機管理技術研究センター 砂防研究室長 Head, Erosion and Sediment Control Division, Research Center for Disaster Risk Management, National Institute for Land and Infrastructure Management

**国土技術政策総合研究所 危機管理技術研究センター 砂防研究室 Erosion and Sediment Control Division, Research Center for Disaster Risk Management, National Institute for Land and Infrastructure Management

***土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム Watershed Environmental Engineering Research Team, Civil Engineering Research Institute for Cold-Region, Public Works Research Institute

はじめに

背景

山地河道において、流砂の実態を把握することは、①砂防基本計画の策定、②総合的な土砂管理方針の検討、③国土監視などの上で、極めて重要である。特に、近年、数値計算（河床変動計算）を用いて、砂防基本計画等の検討が進められてきているが、数値計算を実施する上で、各流域・水系が有している特徴を適切に入力・設定することが重要である。また、上流域の土砂生産やそれにとともなう土砂の流出状況の変化を監視することは、総合的な土砂管理のみならず、天然ダム等の大規模土砂災害に対する危機管理、流域監視の観点からも重要である。また、河川砂防技術基準（調査編）の改訂作業が平成 23 年度までに進められ、これにおいても、標準的な調査として、山地河道における流砂水文観測が位置づけられた。その上で、平成 24 年に、国土技術政策総合研究所では、「山地河道における流砂水文観測の手引き（案）」をとりまとめ、山地河道における標準的な流砂水文観測手法を示した。

濁度計を用いた観測の目的

「山地河道における流砂水文観測の手引き（案）」において、1 つの標準的な手法として、濁度計を用いた連続観測をあげた。特に、濁度計による浮遊土砂観測は、連続観測に適するなど、その他の採水等による直接計測より有利な面がある。そのため、山地河道における濁度計による観測は、

(1)砂防計画の検討上重要な土砂生産・移動のタイミングの把握

(2)年間および出水時の浮遊土砂（浮遊砂およびウォッシュロード）の通過量の把握

(3)流域監視（観測場所より上流域の土砂生産の有無の監視等）

のために、有用な情報が得られると考えられる。

濁度計を用いた観測の課題と現状

山地河道は、①無降雨時に水深が小さい、②水深の変動幅が大きい、③土砂移動が激しい場合がある、④浮遊土砂に数 mm オーダーの粒径が含まれるなど、濁度計の観測に適さない要素がある。そのため、全国的に直轄砂防事務所を中心に濁度計観測が行われつつあるものの、観測期間を通じて、正常なデータを取得できているとは言い難い面がある。

また、本マニュアルにも記載したように、測定結果が浮遊土砂の粒径の影響を非常に強く受けるため、粒径変化により同じ濁度であっても、土砂濃度が異なる場合がある。さらに、濁度計は細かい土砂に対して非常に感度が高いため、

浮遊土砂であっても、粗い粒径の濃度変化に対する濁度計の感度は一般的に低い。そのため、前述の(1)、(3)の目的には、濁度計を用いた観測は有効であるものの、前述の(2)に示した浮遊土砂の通過量の観測には、適さない場合もある。そこで、浮遊土砂の粒径変化が大きい流域や粗い粒径の占める割合が大きい流域において、浮遊土砂の通過量の把握を目的とする場合は、直接採水による観測など様々な手法を検討する必要がある。

本マニュアルの内容と構成

本マニュアルは、濁度計を用いた連続観測における技術的な課題について現時点における知見を基に整理し、濁度計を用いた観測を実施する際の手法についてとりまとめたものである。本マニュアルは、1. 総説、2. 濁度計に関する基本事項、3. 濁度計に関する留意事項から構成されている。

本マニュアルは、主として、

- 1) 濁度計を用いた観測計画の立案時に参考にする場合、
- 2) 既に連続観測を実施している場合で、観測データの質を向上させることを目的に参考にする場合

の2つの局面を想定して、作成した。2)の局面で用いる場合に参考にするべき項目は、特に「3.3 観測期間中の留意事項」に取りまとめた。

なお、本マニュアルをとりまとめるにあたっては、京都大学防災研究所・堤 大三准教授、国土交通省関東地方整備局・鈴木啓介課長補佐（現 内閣府沖縄開発事務局）、国土交通省近畿地方整備局・木下篤彦建設専門官（現（独）土木研究所）、国土交通省北海道開発局帯広開発建設部・川邊和人上席治水専門官、沼田英治治水専門官、（一財）砂防・地すべり技術センター・嶋 大尚課長代理、（株）コルバック・吉村 暢也室長、日本工営（株）・田方 智課長、（株）建設技術研究所・村上正人副技師長、（株）地圏総合コンサルタント・山下伸太郎部長、（株）建設環境研究所・富田邦裕部門長、国土防災（株）・小菅尉多部長、JFE アドバンテック（株）・宇都宮玲氏らからの多大な協力を得た。

【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

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 砂防研究室

（独）土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム

平成 26 年 3 月

目次

1. 総説	1
2. 濁度計に関する基本事項	2
2.1 濁度計の原理、機能と測定範囲	2
2.2 濁度計の種類	4
2.3 観測結果に不具合が生じる原因	5
3. 濁度計観測に関する留意事項	6
3.1 設置前の留意事項	6
3.2 観測場所選定時・設置時の留意事項	7
3.2.1 設置場所および設置高に関する留意事項	7
3.2.2 設置方法に関する留意事項	9
3.3 観測期間中の留意事項	10
3.4 データ回収時・定期保守時の留意事項	13
3.5 データ回収後の留意事項	15
3.5.1 異常値の有無の確認および分析	15
3.5.2 異常への対応	16
3.6 データ解析時の留意事項	19
参考資料	
参考資料 1 濁度計の基礎情報	22
参考資料 2 濁度計による観測における異常データの例	23
参考資料 3 濁度計観測における異常データに関する基礎実験	32
参考資料 4 良好な観測が継続されている箇所の濁度計の設置例	37
参考資料 5 濁度計のキャリブレーションについて	38
【国総研資料 No.686 引用】	39

1. 総説

本マニュアルは、山地河道における濁度計を用いた流砂観測を対象とする。

【解 説】

本マニュアルは、「山地河道における流砂水文観測の手引き（案）」に従い、濁度計による流砂観測に関する技術的な課題と対応についてまとめたものである。

山地河道における流砂観測全般については、「山地河道における流砂水文観測の手引き（案）」を参照することとし、「山地河道における流砂水文観測の手引き（案）」に記載した濁度計に関する観測の技術的な課題について補足するものである。

【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

2. 濁度計に関する基本事項

2.1 濁度計の原理、機能と測定範囲

山地河道における流砂観測に用いる濁度計の測定原理、主な機能と測定範囲は、

- ① 測定原理を赤外後方散乱光方式または赤外透過光方式とする。
- ② 機能を自記式で連続データの蓄積が可能なものとする。
- ③ 観測対象箇所が生じうる濁度を計測可能なものとする。

【解 説】

濁度計の基礎情報については参考資料 1 にまとめた。

濁度計の出力値は、測定原理や機種による違いはあるが、赤外線後方散乱光方式の濁度計では、比表面積に比例（粒径に反比例）するため、一般的に粒径が概ね 0.42 mm 以下の細粒土砂の濃度と相関が高く、概ね 0.42 mm 以上の粒径の土砂に対しては明瞭な相関が見られない場合がある（横山、2002）。山地河道において、場合によっては数 mm オーダーの粒径の土砂まで浮遊砂として流下する場合がある。特に、ウォッシュロード等細かい粒径土砂が多く含まれる場合、粗い粒径の濃度変化に対する濁度計の感度が一般的に低いため、浮遊砂濃度と濁度との相関が低くなる可能性がある。

また、濁度計は、機種によって測定可能なレンジが異なる。そのため、観測箇所の状況から、観測対象箇所が生じうる濁度を計測可能な機種を採用することが望ましい。

濁度計は、測定原理や機種、測定対象とする水の濁度にもよるが、センサー面から概ね最大 20 cm の範囲の細粒土砂による濁度を計測している。一方、山地河道における浮遊砂・ウォッシュロードの濃度分布については、不明な点が少なくないが、鉛直方向に分布している可能性が考えられる。

以上のような濁度計の測定範囲、山地河道の浮遊砂の特性に留意し、設置、観測および解析を行うことが望ましい。

【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, II-58, pp. 93-98.

【参考】濁度の単位について

濁度を表わす単位には、以下のようなものがある。

- FTU (Formazin Turbidity Unit): ホルマジン標準液により規定された単位で、精製水1リットル中にホルマジン1 mgを含むときの濁りに相当するものを1FTU（あるいはホルマジン（度））とする。（規格：JIS K0801「濁度自動計測器」）
- NTU(Nephelometric Turbidity Unit): 米国環境保護局の規格 EPA 180.1 によって規定された、ホルマジン濁度標準液とした単位。FTUに相当する。
- ppm： 100 万分の1を意味する、割合を示す単位。現在は、濁度の単位として用いることは一般的でないが、濁度計の機種によっては ppm 表示のものがあり、カオリン標準液を濁度標準液として規定された度（カオリン）^{1)、2)}に相当する。

1) JIS K0101「工業用水試験方法」、2) 日本水道協会「上水試験方法」

【参考文献】

平野順子（2013）：濁度計の測定方式と濁度標準液，かんぎきょう，Vol. 127, pp. 18-19.

Anderson, C.W. (2005): Turbidity (ver. 2.1): U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A6., sec. 6.7, September 2005, accessed Feb 19, 2014, from <http://pubs.water.usgs.gov/twri9A6/>.

U.S. Environmental Protection Agency (1993): Methods for the determination of inorganic substances in environmental samples: Cincinnati, Ohio, U.S. Environmental Protection Agency EPA/600/R-93/100, 178 p.

2.2 濁度計の種類

濁度計の種類には、測定方向、データロガーの方式により

- ① センサーの測定方向： 鉛直方向、水平方向
- ② データロガー： センサー・ロガー一体（内蔵）型、センサー・ロガー分離型

がある。

【解 説】

濁度計の種類・基礎情報については参考資料 1 にまとめた。

2.3 観測結果に不具合が生じる原因

観測結果に不具合を生じさせる主な原因は、

- ① 機器の故障
- ② 濁度計の保守点検の不足
- ③ 不適切な観測環境

である。

【解 説】

① 機器の故障

機器の故障により、濁度計の出力値に異常が生じる場合がある。異常値が出力される代表的な機器の故障は以下のとおりである。

- ・ 濁度計の故障・劣化
- ・ 記録部（データロガー）、電源など周辺機器の故障
- ・ ケーブルなど接続機器の断線

② 濁度計の保守点検の不足

濁度計の保守点検の不足により、濁度計の出力値に異常が生じる場合がある。異常値が出力される代表的な状況は以下のとおりである。

- ・ センサー面の汚れ（ただし、ワイパー機能を有する濁度計を用いることで解消できる場合がある。）

③ 不適切な観測環境

観測環境により、濁度計の出力値に異常が生じる場合がある。異常値が出力される代表的な環境は以下のとおりである。

- ・ 土砂堆積（濁度計が土砂に埋没）
- ・ 水位低下（水面が濁度計設置位置以下に低下）
- ・ ゴミや落ち葉（濁度計にゴミや落ち葉が絡みつく）
- ・ 直射日光、反射光（濁度計のセンサー面に直射日光、反射光が当たる）

なお、濁度計観測における異常データの例を参考資料 2 に、異常データに関する基礎的な実験結果を参考資料 3 に示す。

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 μm 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る場所がない場合は、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の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場合が多い。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]、 α : 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場合がある。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場合がある。（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場合が多い。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ころ洪水時に多く、洪水終了後継続的に高い出力値が継続する場合がある。

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、大きな変動を伴う場合がある。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場合がある。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場合がある。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。

参考資料

参考資料 1 濁度計の基礎情報

参考資料 2 濁度計による観測における異常データの例

参考資料 3 濁度計観測における異常データに関する基礎実験

参考資料 4 良好な観測が継続されている箇所の濁度計の設置例

参考資料 5 濁度計のキャリブレーションについて

参考資料 1 濁度計の基礎情報

現在一般的に用いられている濁度計に関する基礎的な情報を以下にまとめた。

濁度計測部	方式 光源 波長 検出範囲 精度	赤外後方散乱光方式または赤外透過光方式 LED、光ファイバーなど 850～880 nm 機種によって異なる 例 ¹⁾ 0～3000 FTU、0～4000NTU、0～100,000 ppm ±1～5%
センサー部仕様	設置水深 自動洗浄	0.1～500 m（機種によって異なる） ワイパー、超音波洗浄など自動洗浄機能がついているものがある
計測装置仕様	記録部 出力信号 電源 サイズ 重量 使用温度	データロガー一体型と別途データロガーとの接続が必要なものがある アナログ 4-20mA DC12V、AC100V、リチウム電池など φ：概ね 40～80 mm 長さ：概ね 160～370 mm 機種によって異なる 0℃付近から 40℃程度くらいのものが一般的
備考	主な用途	工場取水・排水等、河川・ダム・海洋等の濁度計測等

1) 濁度の単位については、2.1 に示した。

参考資料 2 濁度計による観測における異常データの例

以下に、本マニュアルの 3.5.2 で示した、濁度計の異常データの例について示す。

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)

設置直後から出力はゼロのままで、水位上昇が生じているにもかかわらず一切応答しない。

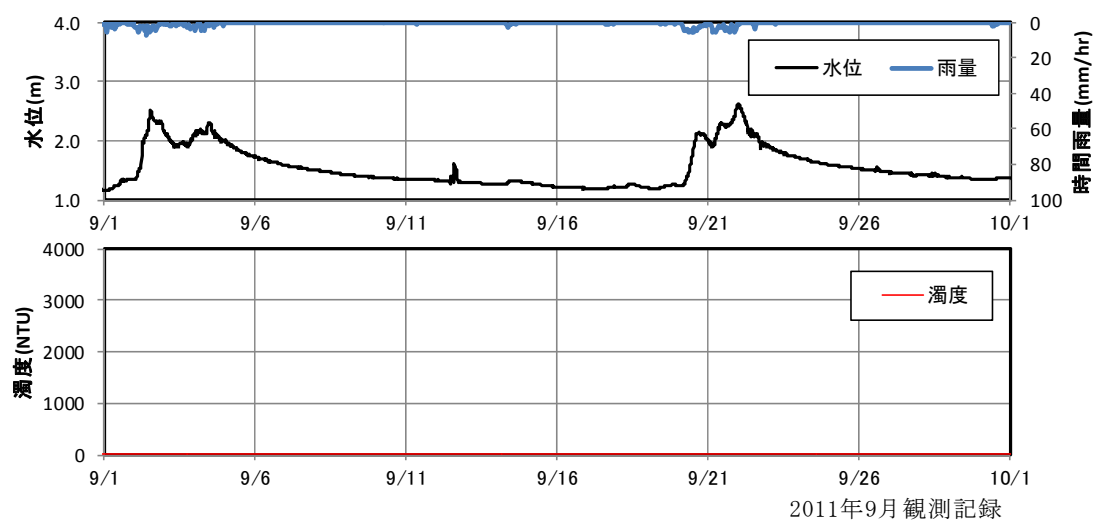
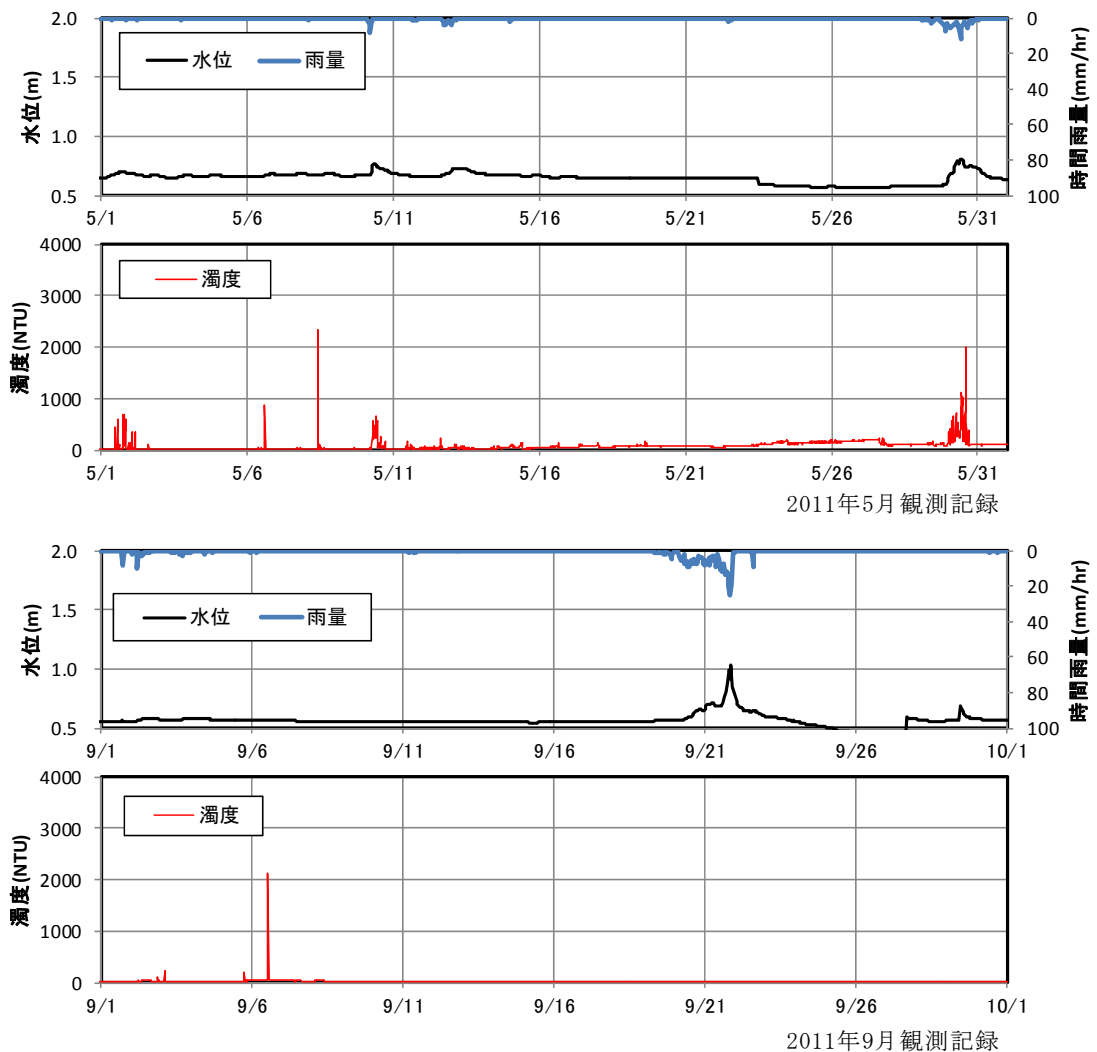


図-1 観測期間中、継続的に一定値が見られる異常データの例

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)

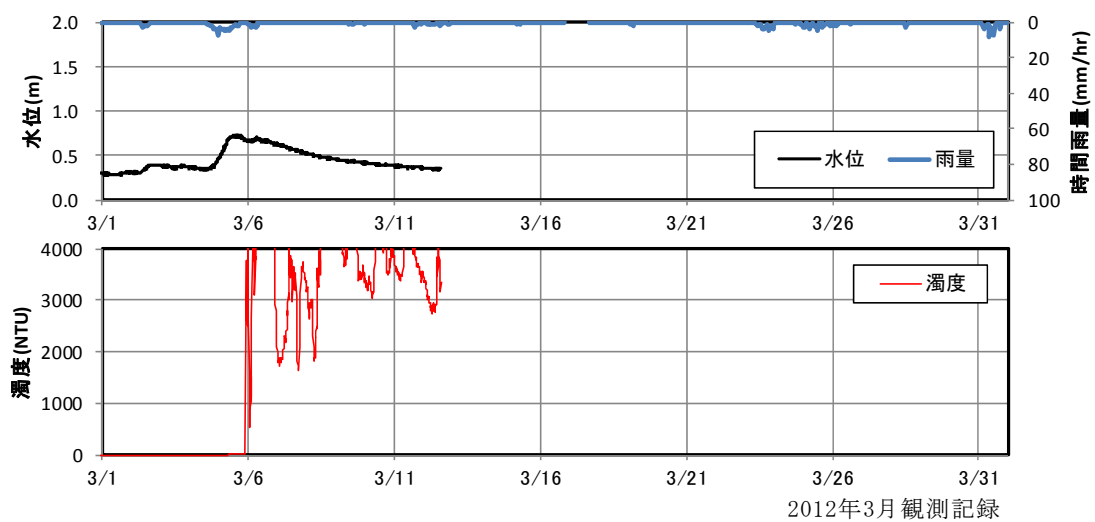
5月の出水などは比較的良好なデータが得られたにもかかわらず(下図、上段)、9月21日の出水時に濁度計の値が応答しておらず、出力がゼロに近い値が継続している(下図、下段)。



図ー2 観測期間中の特定の時期以降、継続的にゼロに近い値を示す異常データの例

② レンジオーバーを示す (3.5.1 の分類における b-A2)

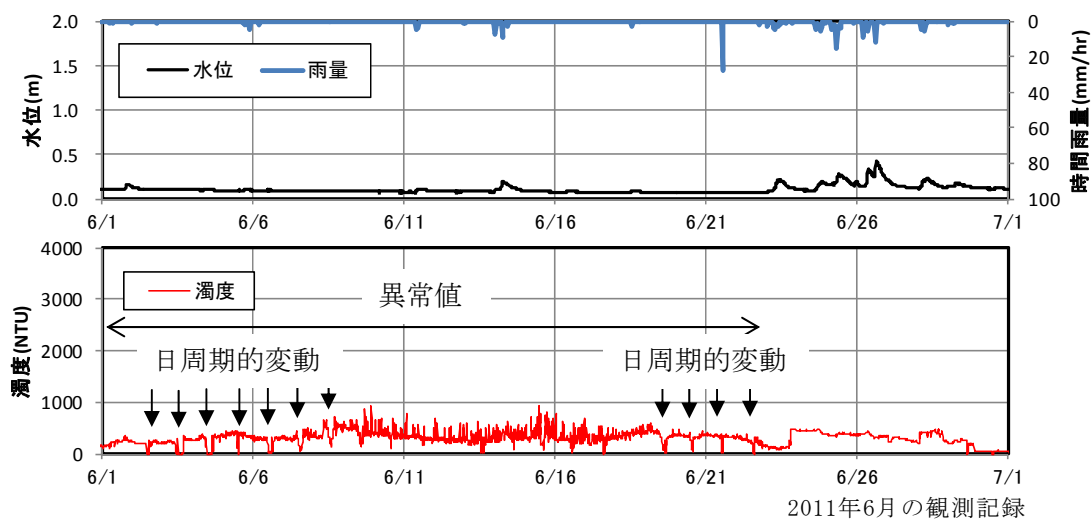
3月6日以降、継続的にレンジオーバーの値 (4,000 NTU 以上) となった。



図ー3 観測期間中の特定の時期以降、レンジオーバーを示す異常データの例

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）

流量が小さいにもかかわらず、濁度がゼロに近づかない。また、一部日周期的な変動も見られる。

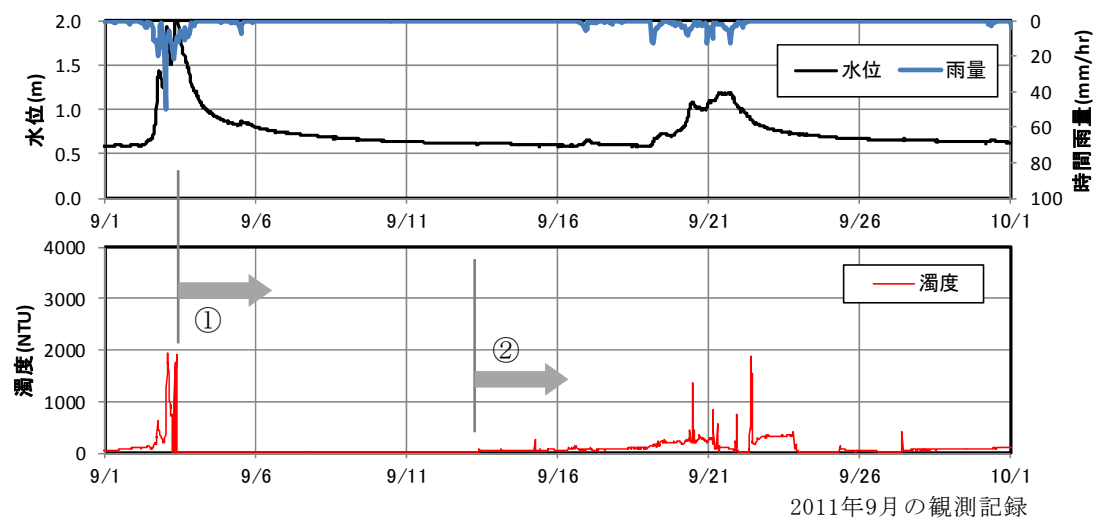


図一4 観測期間中の特定の時期以降、低水時にもかかわらず、ゼロに近づかない異常データの例

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)

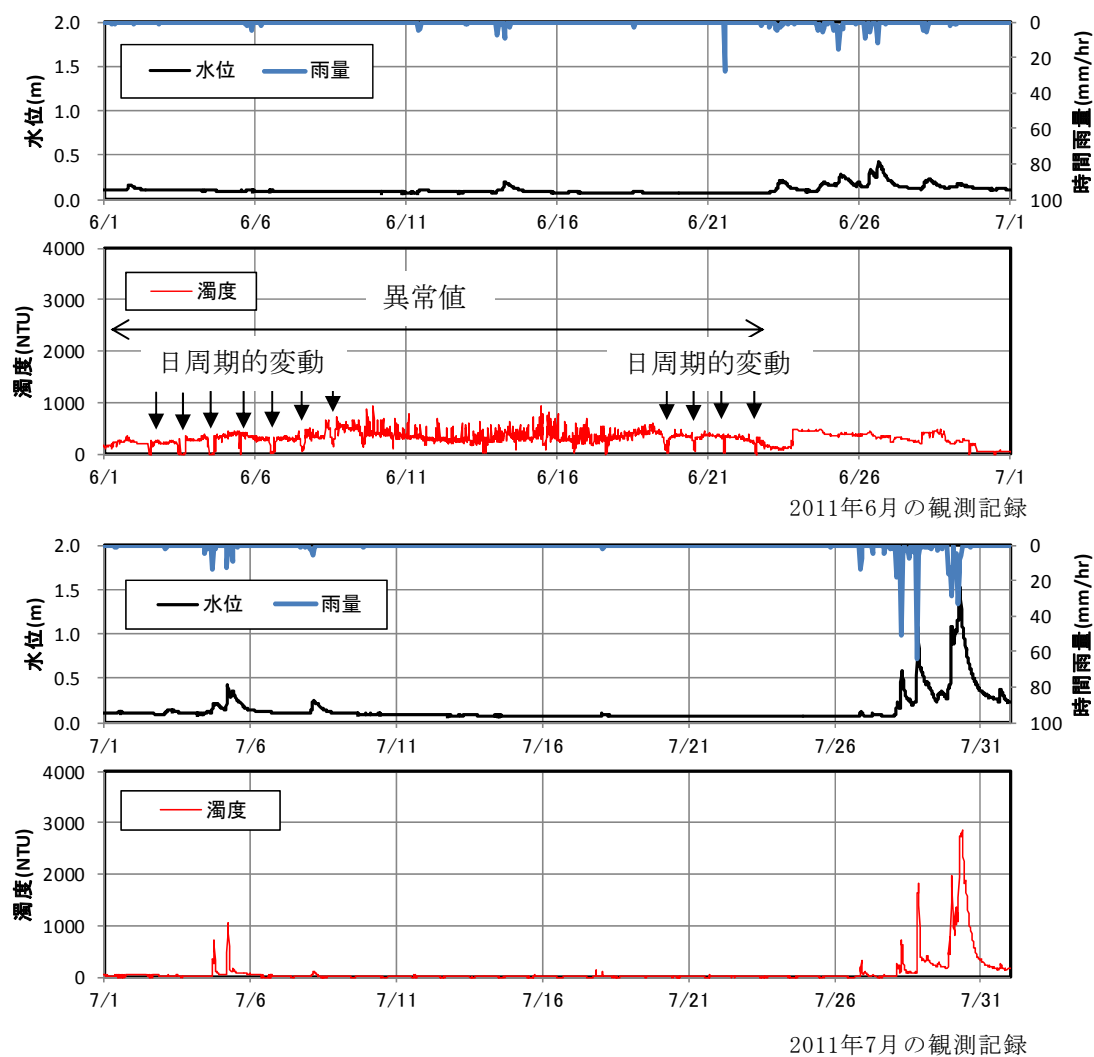
9 月前半の出水で出水途中にもかかわらず、急激に濁度がゼロになった (下図、矢印①以降)。ただし、9 月 20 日前後の次の出水では、概ね良好なデータが得られている (下図、矢印②以降)。



図一5 観測期間中の特定の時期以降、しばらく継続してゼロに近い値を示した後、解消された異常データの例

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)

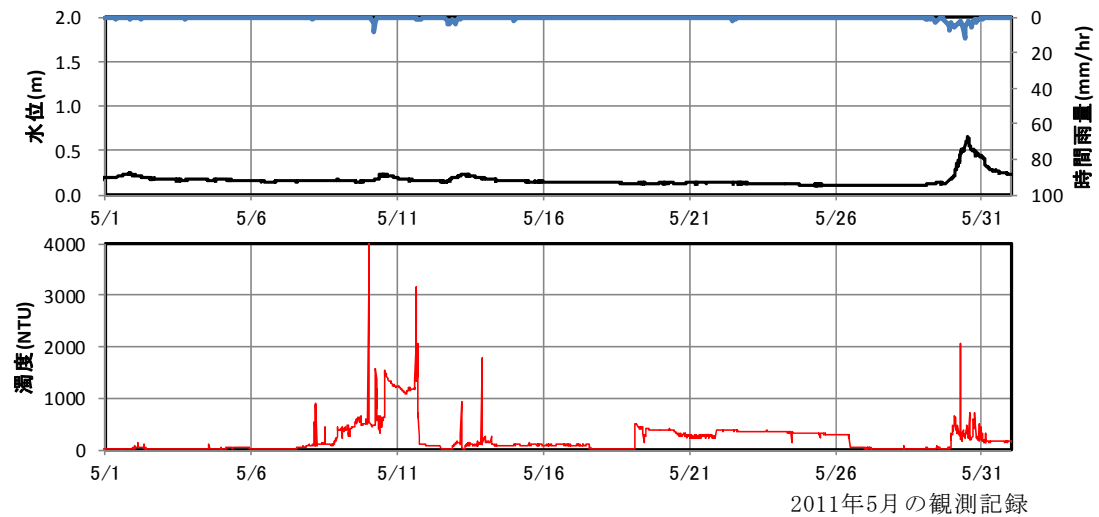
6 月の前半は、低水時に概ね一定の値の異常値がみられ、一部、日周期的な変動も確認される (下図、上段)。一方で、7 月以降の出水では、概ね良好なデータが得られている (下図、下段)。



図ー6 観測期間中の特定の時期以降、しばらく継続して一定値を示した後、解消された異常データの例 (上の図は図ー4 の再掲)

4) 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)

5月10日ごろの小規模出水時では大きな変動を示しているが、その後の5月30日ごろの出水では正常に観測されている。



図ー7 洪水時に短期的に水位変動に追従しない異常データの例

5) 異常値が一時的に出現する

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)

5 月の中下旬は日周変動が見られる (下図、上段)。7 月以降は概ね良好なデータが取得されている (下図、下段)。

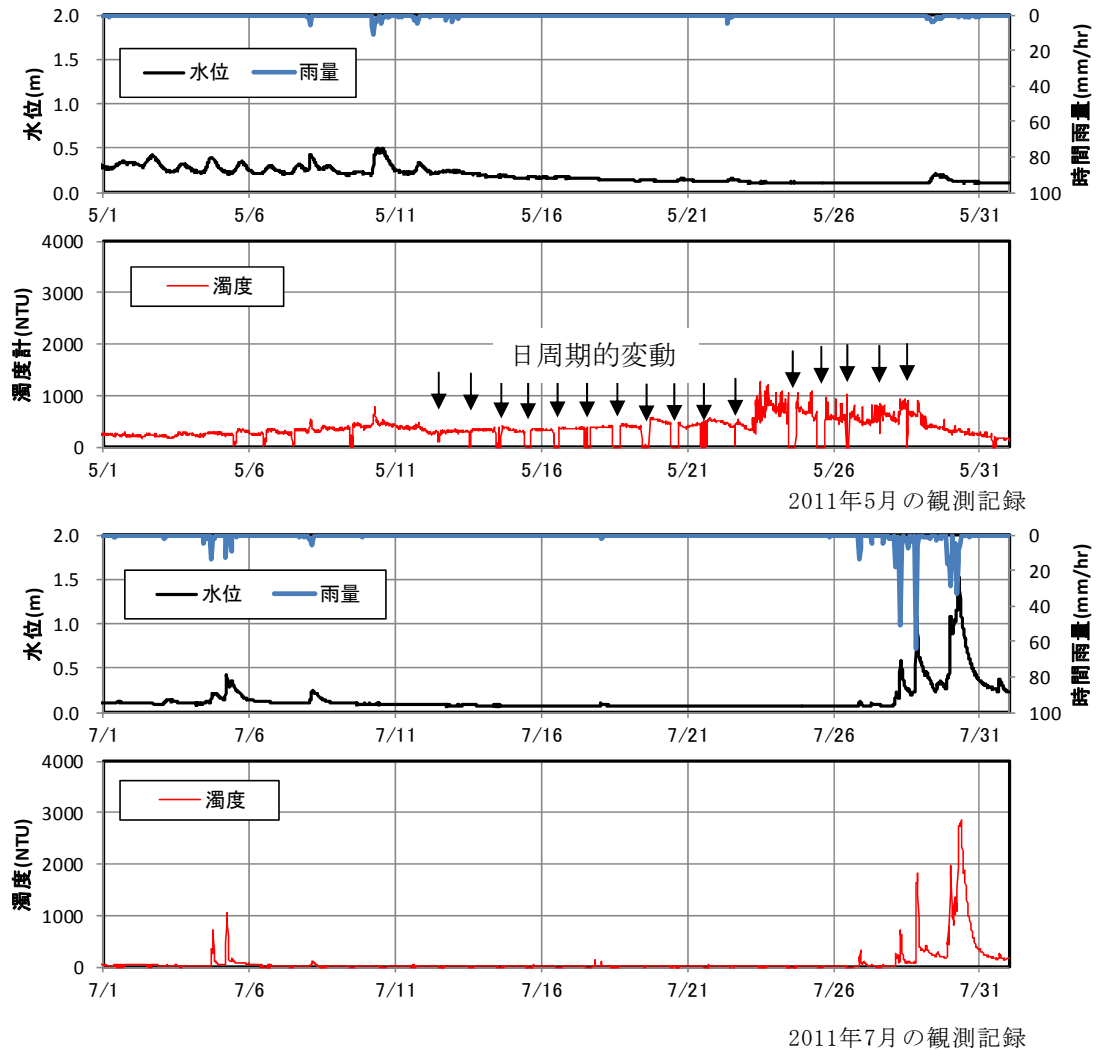
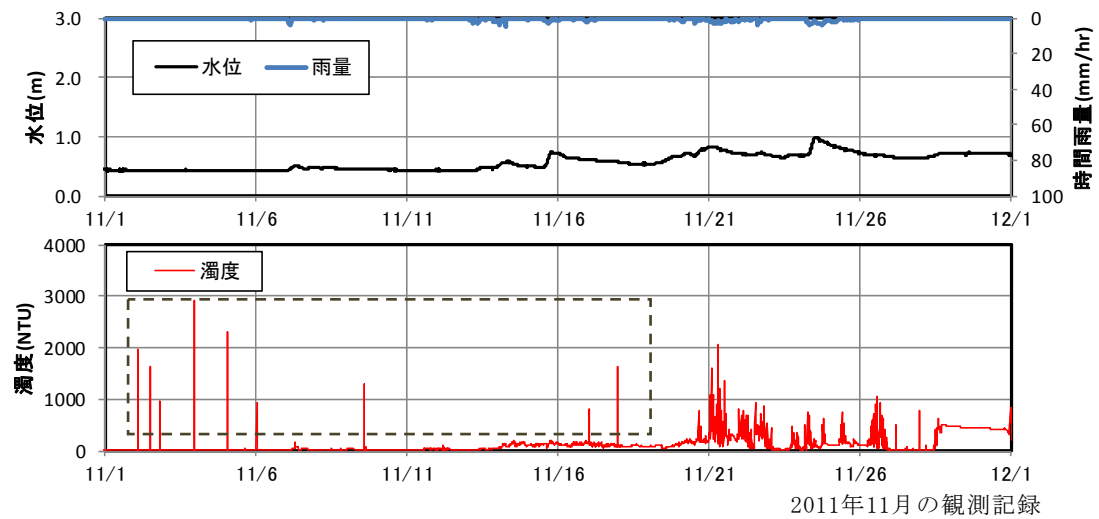


図-8 低水時に日周変動が見られる異常データの例

6) 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)

ランダムにパルス状のノイズが見られる (図中の点線枠)。

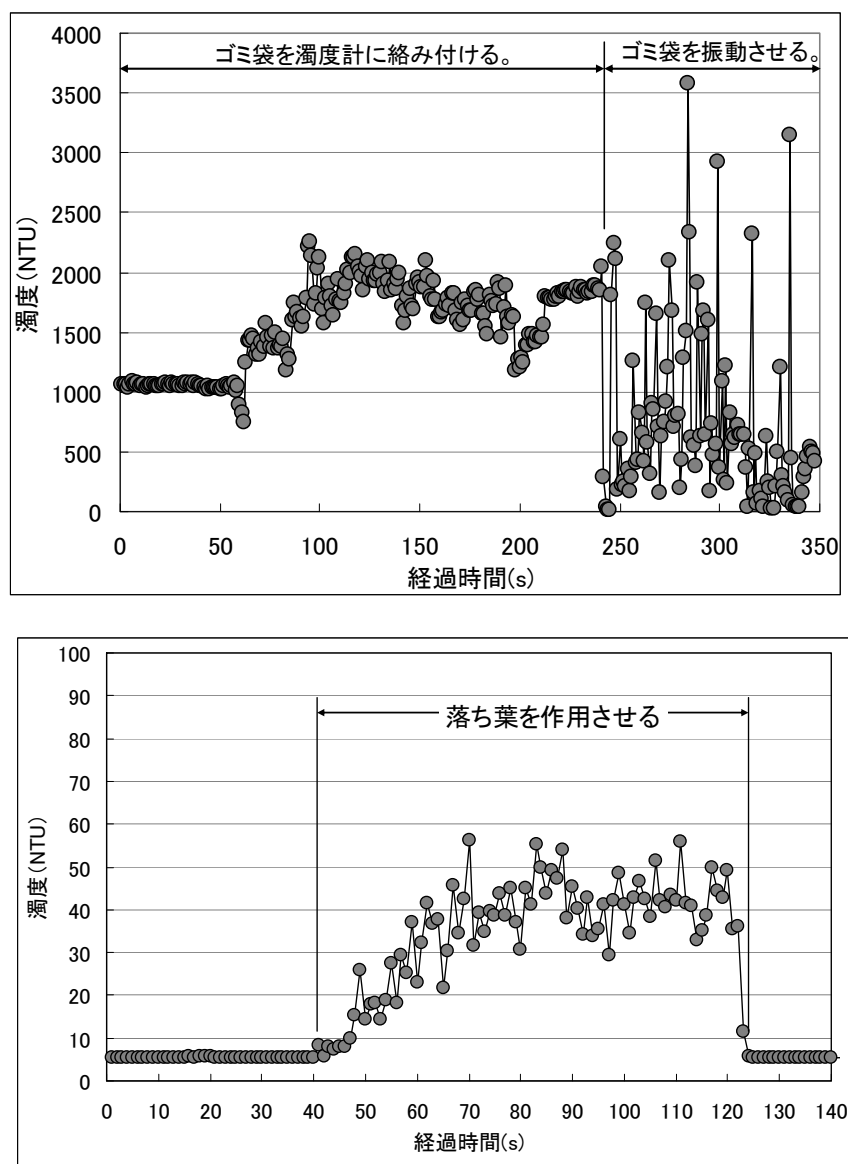


図ー9 ランダムにノイズが入る異常データの例

参考資料 3 濁度計観測における異常データに関する基礎実験

1) ゴミおよび草本・落ち葉等が濁度計に作用した時の濁度計応答実験結果

濁度計センサー面付近にゴミ及び草本・落ち葉等が絡まっている事例を良く見かける。ここでは、買物袋（白いビニール袋）を濁度計センサー面に作用させた時および落ち葉を作用させた時の濁度計の応答を計測した。結果は、図－1のとおりである。



図－1 濁度計にゴミ袋、落ち葉を作用させた時の濁度計濁度の応答結果、上：ゴミ袋、下：落ち葉

図－1 より、以下のことがいえる。

1. 濁度計のセンサー面にゴミ袋（白いビニール袋、買物袋）を絡み付ける

と濁度値は高くなる。ただし、安定した濁度値を示す。

2. ゴミ袋が流水で振動することを想定してゴミ袋を振動させると、濁度データは大きく振動して応答する。
3. 濁度計のセンサー面に落ち葉を作用させた場合は、濁度値は少し振動しながら、40～50 NTU となる。

2) 気泡（泡）を作用させた時の濁度計応答実験結果

山地河川に設置する濁度計には、流れが射流で相対水深の小さい場合は、気泡（泡）が作用することが想定される。また、砂防堰堤の直下に設置した場合は落下水により気泡が発生し、作用することが想定される。

そこで、濁度計に気泡が作用した場合の濁度計の応答を計測した。結果は図-2 のとおりである。

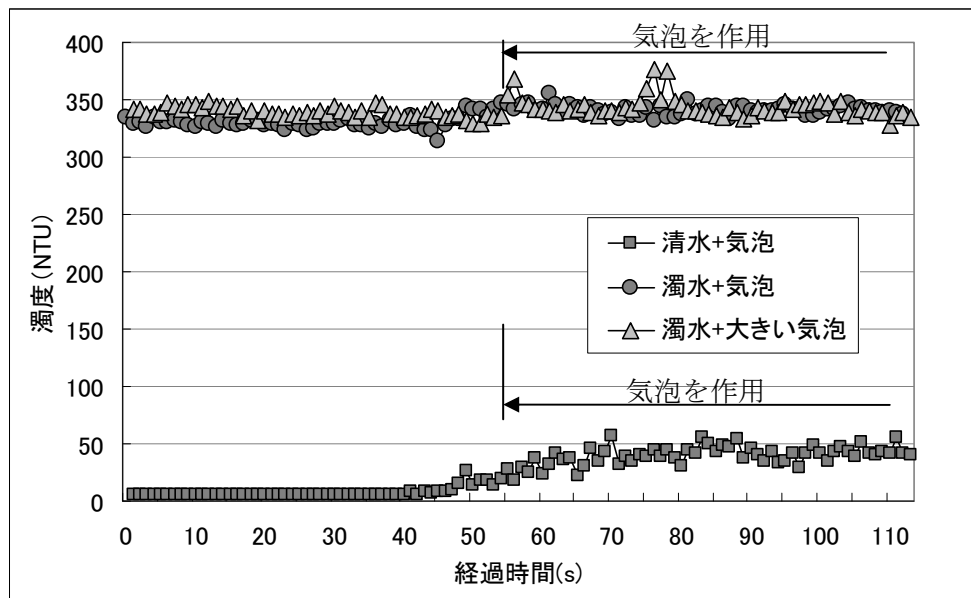


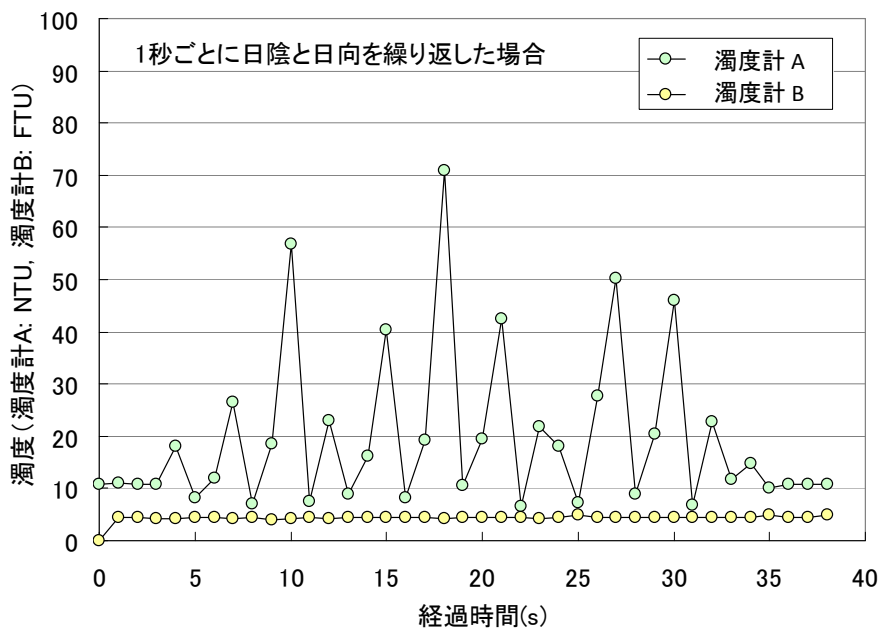
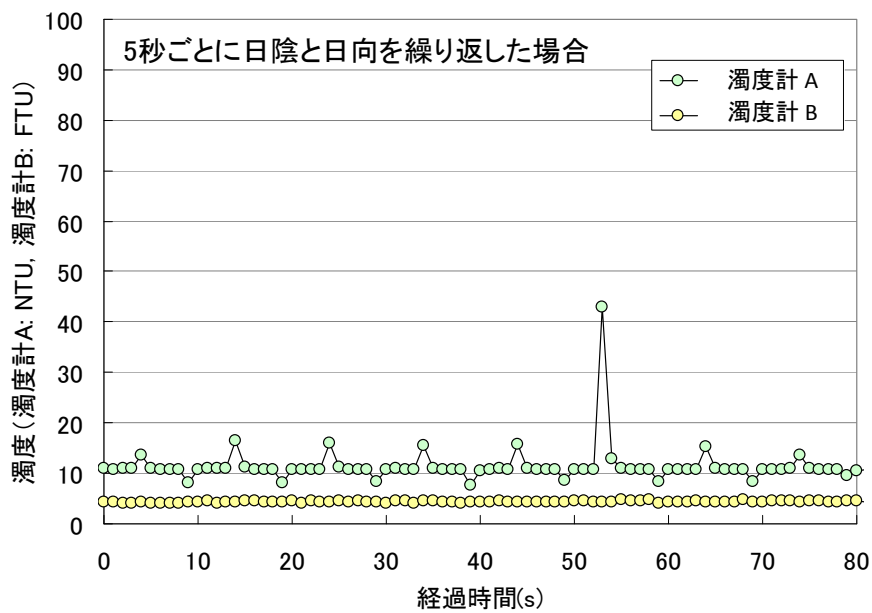
図-2 濁度計に気泡を作用させた場合の応答結果

図-2 より認められる特徴は以下のとおりである。

1. 濁度計に気泡を作用させると濁度値は多少高くなる。
2. 清水中よりも濁水中の方が濁度計の気泡による影響は少ない。
3. 気泡で濁度計の濁度値が大きくばらつくことはない。

3) 直射日光を作用させた時の濁度計応答実験結果

濁度計は太陽光の影響を受けると考えられる。濁度計のセンサー面に太陽光を直接作用させたり、日陰にしたりを繰り返す実験を行った。結果は図-3 のとおりである。



図－3 濁度計センサー面に太陽光を直接当てたり日陰にしたりを 5 秒毎及び 1 秒毎に繰り返した時の濁度計の応答結果

図－3 より読み取れる特徴は以下のとおりである。

1. 太陽光を濁度計センサー面に直接当てたり、日陰にしたりを 5 秒間隔で繰り返しても濁度計はそれほど応答しない。
2. 太陽光を濁度計センサー面に直接当てたり、日陰にしたりを 1 秒間隔で

繰り返すと、赤外後方散乱光方式の濁度計 A はノイズを発生するが、最大 70 NTU 程度である。

3. 赤外透過光方式の濁度計 B においてはほとんど影響がない。

次に、水面下の濁度計に太陽光を当てた状態で水面を揺らした場合の濁度計濁度の応答結果は、図-4 のとおりである。

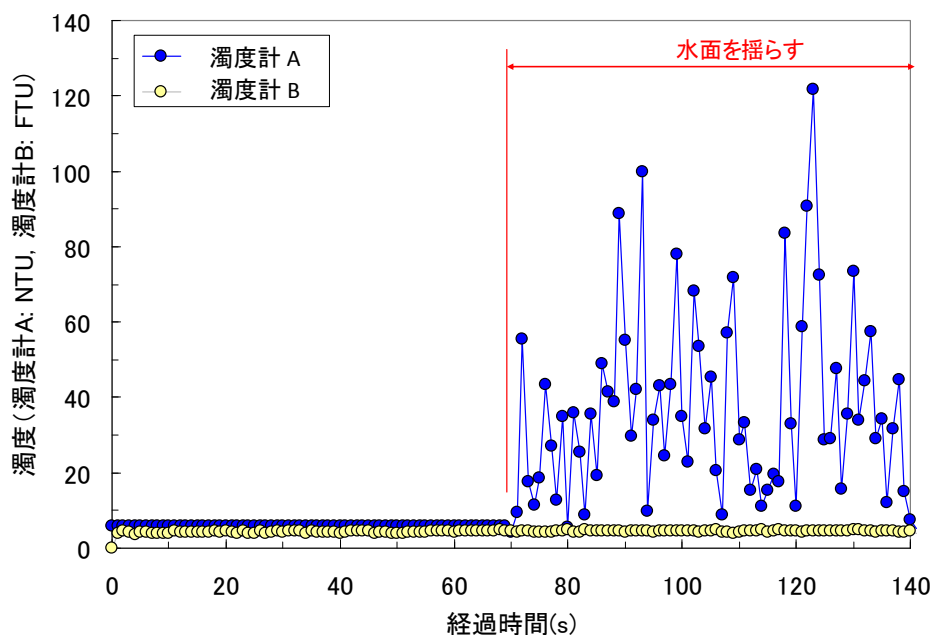


図-4 水面下の濁度計に太陽光を当て、水面を揺らした場合の濁度計の応答結果

図-4 より以下のことがわかる。

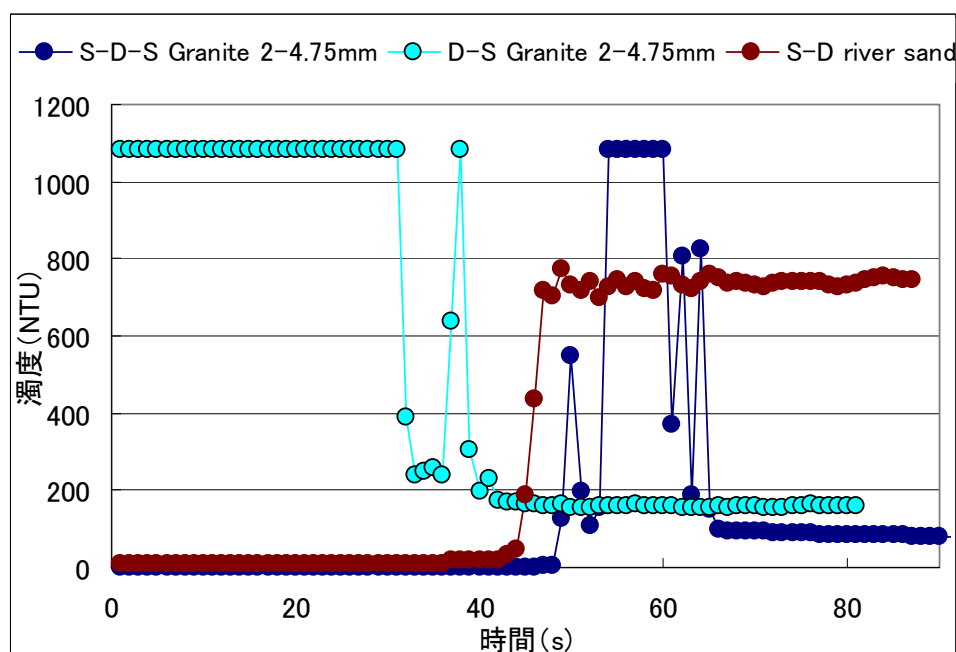
1. 水面下の濁度計 A (赤外後方散乱光方式) に太陽光を当てても濁度計濁度値はほとんど変化しないが、その状態で水面を波立たせると濁度計濁度値は 0~120NTU の範囲でばらつく。
2. 一方、濁度計 B (赤外透過光方式) においてはほとんど影響がない。

4) 土砂で埋没する時の濁度計応答実験結果

山地河川においては、濁度計を河床付近に設置すると、土砂流出により埋没することがしばしば認められる。そこで、以下に想定した 3 ケースについて実験を行い、濁度計がどのような応答を示すか調べた結果を図-5 に示す。

1. 濁度計センサー面が露出している状態から、花崗岩地帯の 2.0~4.75mm の砂礫を堆積させて濁度計センサー面を埋没させ、再び侵食により濁度

- 計センサー一面を露出させた場合（S-D-S 実験）。
2. 花崗岩地帯の 2.0～4.75mm の砂礫を堆積させて濁度計センサー一面を埋没させた状態から、侵食により濁度計センサー一面を露出させた場合（D-S 実験）。
 3. 濁度計センサー一面が露出している状態から、川砂（砂岩、礫岩、火成岩等）を堆積させ埋没させた場合（S-D 実験）。



図－5 濁度計が埋没した時の濁度計の応答結果

図－5 より読み取れる特徴は以下のとおりである。

1. 濁度計が埋没すると濁度計の濁度値は急上し、一定値を示すようになる（S-D-S 実験、 S-D 実験）。
2. 濁度計が埋没した時の濁度計の濁度値は、埋没材料によって異なった値を示す（S-D-S 実験、 D-S 実験、 S-D 実験）。
3. 砂礫で埋没した濁度計が侵食により露出すると、濁度値は低下し、通常の測定値を示すようになる（S-D-S 実験、 D-S 実験）。

参考資料 4 良好な観測が継続されている箇所の濁度計の設置例



図ー1 濁度計保護ケースの事例（1）

注）保護ケースの穴の大きさは、10～20 mm 程度が用いられることが多い。

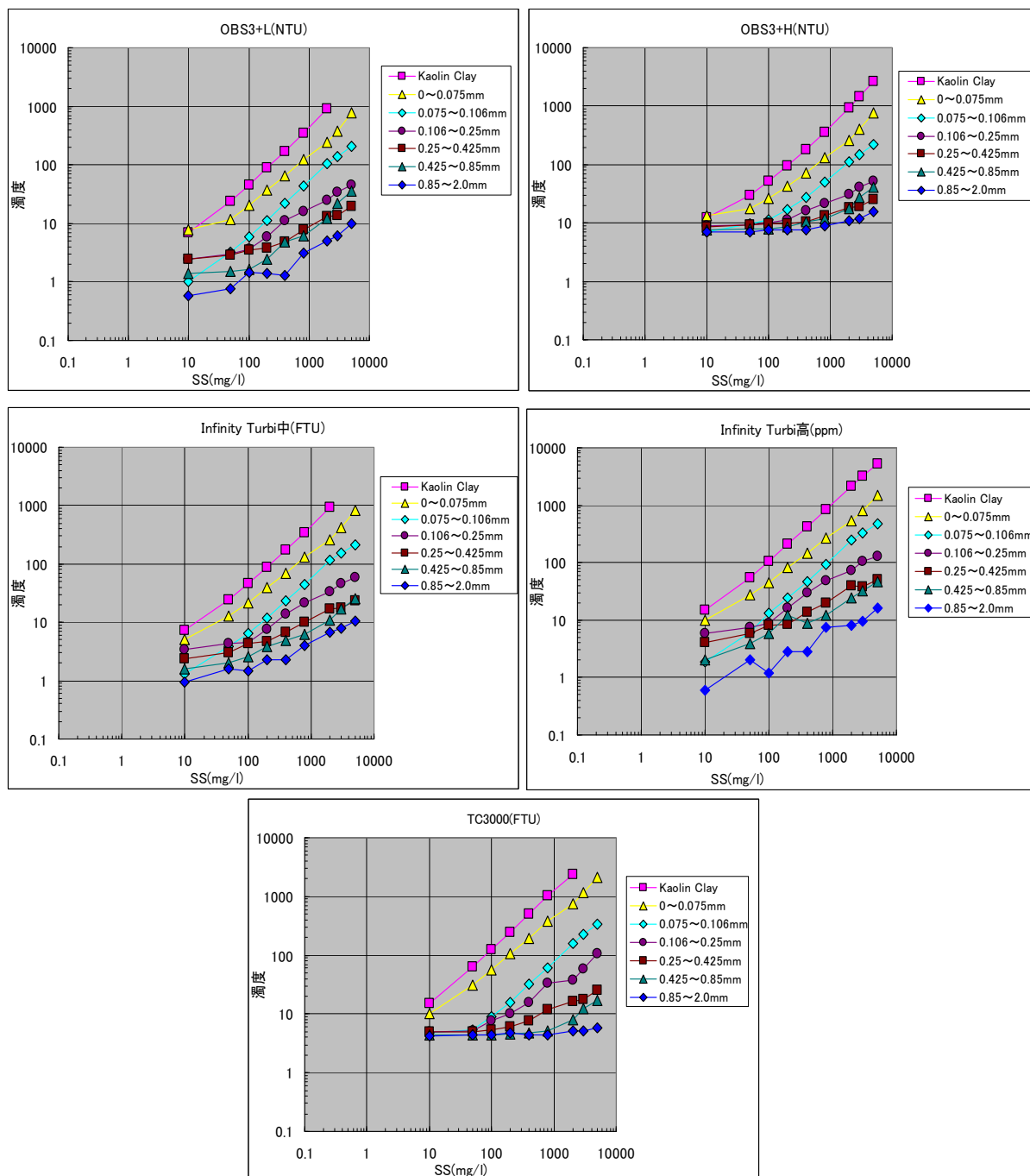


図ー2 濁度計保護ケースの事例（2）

注）保護ケースを設置する場合、センサーの検出面が保護ケースの方を向くと、濁度計の出力値が保護ケースの影響を受けることになる。そのため、保護ケースを設置する場合は、濁度計の検出面の方向をよく確認して、設置する必要がある。

参考資料5 濁度計のキャリブレーションについて 【国総研資料 No. 686 引用】

「山地河道における流砂水文観測の手引き（案）」の 4.3.2 で実施する濁度計のキャリブレーション結果の例を示す。なお、本試験は国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所において実施されたものである。



図ー1 土砂濃度（横軸）と濁度（縦軸）の関係の例

【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

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 792 March 2014

土木研究所資料

TECHNICAL NOTE of PWRI

No. 4284 March 2014

編集・発行 国土技術政策総合研究所
独立行政法人 土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地

国土技術政策総合研究所 企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675

〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6

独立行政法人 土木研究所 企画部 業務課 TEL 029-879-6754