

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.686

April 2012

山地河道における流砂水文観測の手引き(案)

岡本 敦
内田太郎
鈴木拓郎

Manual on hydrologic and sediment measurements on mountainous river

Atsushi OKAMOTO
Taro UCHIDA
Takuro SUZUKI

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

山地河道における流砂水文観測の手引き(案)

岡本 敦* 内田太郎** 鈴木拓郎**

Manual on hydrologic and sediment measurements on mountainous river

Atsushi OKAMOTO* Taro UCHIDA** Takuro SUZUKI**

概要

山地河道における流砂水文観測は、流域の流出特性、土砂動態を把握する上で、重要である。一方、山地河道は流量の変化は短時間に急激に生じること、洪水時には粒径の大きい礫が移動しうること、河床変動が激しいことなどの特徴を有する。そこで、本手引きはこのような特徴を有する山地河道における流砂水文観測に関する基本的な考え方および手法をとりまとめた。

キーワード 流砂観測、水文観測、山地河道、掃流砂、浮遊砂

Synopsis

Hydrologic and sediment measurements on mountainous rivers are important for clarifying runoff characteristics and sediment dynamics at headwaters. While, there are several characteristics of hydrologic responses and sediment dynamics on mountainous rivers, likes rapid change of water level, large sediment movement during storm flow periods, large river bed change and so on. So, here we compiled basic concepts and methods for hydrologic and sediment measurements on mountainous rivers

Key Words; Sediment measurement, Hydrologic measurement, Mountainous river, Bedload, Suspended load

*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 Management

**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 Management

はじめに

山地河道において、流砂の実態把握、降雨に対する流出の応答を把握することは、砂防基本計画の策定、総合的な土砂管理方針の検討などの上で、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なる。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。

一方、山地河道は流量の増減が急激に生じ、流砂の形態も複雑であるため、連続的な流砂水文観測を実施することが難しいとされてきた。そのため、山地河道を対象とした流砂水文観測手法をとりまとめた資料は限られている。

そこで、国土技術政策総合研究所では、平成 20 年度から 22 年度にかけて、プロジェクト研究「国土保全のための総合的な土砂管理手法に関する研究」を実施し、山地河道における流砂観測手法について検討を行った。本資料は、国土技術政策総合研究所における検討やこれまでの全国の直轄砂防事務所を中心とする流砂観測、水文観測の取り組みを基に、山地河道における流砂水文観測の考え方、現時点における標準的な手法について取りまとめたものである。

山地河道における流砂水文観測の手引き (案)

平成 24 年 4 月

国土交通省国土技術政策総合研究所砂防研究室

目 次

1. 本手引きの対象	1
2. 共通事項	
2.1 目的	2
2.2 観測場所	3
2.3 基礎情報の取得	4
2.4 観測項目	5
2.5 観測期間と計測間隔	6
3. 水文観測	
3.1 目的	7
3.2 観測場所	8
3.3 観測方法	
3.3.1 概要	9
3.3.2 観測の実施及び機器の保守	10
4. 浮遊砂観測	
4.1 目的	11
4.2 観測場所	12
4.3 観測方法	
4.3.1 概要	13
4.3.2 濁度計のキャリブレーション	14
4.3.3 濁度計の設置	15
4.3.4 濁度計による観測の実施及び機器の保守	16
4.3.5 浮遊砂の粒径調査	17
4.3.6 浮遊砂量の算出	19
5. 掃流砂観測	
5.1 目的	20
5.2 観測場所	21
5.3 観測方法	
5.3.1 概要	22
5.3.2 観測の実施及び機器の保守	24
5.3.3 掃流砂量の算出	26
【参考資料 1】 流砂水文観測地の基礎情報の整理様式	28
【参考資料 2】 国総研作成の流砂量変換プログラム	30
【参考資料 3】 濁度計のキャリブレーションについて	32
【参考資料 4】 砂面計による河床変動量観測	33

1. 本手引きの対象

本手引きは、山地河道における流砂水文観測を対象とする。

【解 説】

ここでいう流砂水文観測は、河道において連続的に流砂量及び流量を観測することをいう。

山地河道における流砂水文観測は、流域の流出特性、土砂動態を把握する上で、重要である。一方、山地河道は流量の変化が短時間に急激に生じること、洪水時には粒径の大きい礫を含む幅広い粒径の土砂が移動しうること、河床変動が激しいことなど、下流の沖積河川とは異なる特徴を有する。そこで、本手引きは上記のような特徴を有する山地河道における流砂水文観測に関する基本的な考え方及び手法をとりまとめたものである。

本手引きは、現地における直接的な流砂水文観測を対象としたものである。山地域における流砂の実態を把握するにあたっては、本手引きで示した観測に加えて、未満砂の砂防堰堤や副堰堤の堆砂測量に基づく期間内の掃流砂量の計測や貯水池の堆砂データに基づく掃流砂量及び浮遊砂量の推定も考えられる。砂防堰堤の堆砂測量、貯水池の堆砂データに基づく調査も本手引きに示す調査と並行して実施することを基本とする。

2. 共通事項

2.1 目的

山地河道における流砂水文観測は、①流域の土砂動態の概況把握・監視、②砂防基本計画の策定・砂防事業の効果評価、③天然ダム形成時などの危機管理、④総合的な土砂管理手法の検討のために実施する。

【解 説】

①流域の土砂動態の概況把握・監視

国土保全・国土管理の観点から、単位面積あたりの年間流出土砂量等を把握するとともに、土砂が出やすい溪流を把握し、計画的な砂防事業の推進、施策に活用する。

さらに、リアルタイムで流砂水文観測データが入手可能な場合、流量・流砂量の急激な変化や流量と流砂量の関係の変化から周辺地域における土砂生産の発生や土砂災害の切迫性の把握に活用できる。なお、リアルタイム流砂水文観測データを用いた土砂生産の発生や土砂災害の切迫性の把握のためには、閾値の設定が重要となるため、直ちにリアルタイムで流砂水文観測データが得られなくても、将来的なリアルタイムの流域監視のために、流砂水文観測データを蓄積する。

②砂防基本計画の策定・砂防事業の効果評価

砂防基本計画の策定や砂防事業の効果評価を行う際に実施する流出解析及び河床変動計算の係数（流出率、河道の粗度係数、粒径、流砂計算に用いる堆積速度係数など）の設定するために必要な情報を得るために、洪水時の水位、流速、流量、浮遊砂量、掃流砂量を観測する。

③天然ダム形成時などの危機管理

天然ダム形成後の越流開始時期予測のために実施する流出解析における係数（流出率、有効雨量など）を設定するために、降雨に対する流出の応答を観測する。

また、リアルタイムで流砂水文観測データが入手可能な場合、流量の減少から上流域の天然ダム形成を覚知することができる、さらに、形成後の越流開始時期予測のための河道閉塞箇所への流入流量の推定に活用できる。

④総合的な土砂管理計画の策定への活用

総合的な土砂管理手法の検討のために必要な山地流域から下流河川への流砂量・流砂の粒径を把握するために、長期的な流出土砂量及び流出土砂の粒径に関する観測を行う。また、流砂量調査結果は、流砂量年表として取りまとめる。

2.2 観測場所

観測場所は、砂防基本計画の基準となる地点（砂防基準点、補助基準点）や、流域の監視、砂防基本計画の策定、総合的な土砂管理手法の検討のため重要な地点（基幹砂防堰堤、保全対象上流、ダム貯水池上流、主要支川出口等）とする。

【解 説】

観測場所の選定にあたっては、比較的河床変動が小さく、横断構造物のある地点を基本とする（3.2、4.2、5.2 参照）。また、土石流など大きな礫が高濃度で流下するような区間は避けることを基本とする。

観測場所の選定にあたっては、前項の目的に合致した観測地点を選定する必要がある。すなわち、①の流域の土砂動態の概況把握・監視は、流域を面的に監視するために、主要支川や本川を縦断的に監視できるように観測場所を選定することが望ましい。②の砂防基本計画の策定・砂防事業の効果評価を主たる目的とする観測は、砂防基準点およびその上流における補助基準点、基幹砂防堰堤、保全対象上流、主要支川出口等を観測場所を選定することが望ましい。一方、④の総合的な土砂管理計画の策定への活用を主たる目的とする観測は、総合的な土砂管理手法の検討のため重要な砂防基準点、ダム貯水池上流などを観測場所を選定することが望ましい。また、②砂防基本計画の策定・砂防事業の効果評価に用いる流出解析及び③天然ダム形成時などの危機管理における流出解析のパラメータの同定にあたっては、地質、流域面積等の影響を受けることが考えられることから、地質、流域面積を考慮して（複数の観測点を設定する場合は異なる地質の流域にするなど）、観測場所を選定する。

観測場所の選定にあたっては、既設の流量等の観測施設を有効に活用することが効率的である。さらに、観測場所数は、長期間にわたって観測を実施する必要があることから、維持管理の可能な数とする。観測場所数を絞り込むにあたっては、例えば、支川流域については地形、地質、位置など類型化等し、類型ごとに観測場所を選定する等が考えられる。

2.3 基礎情報の取得

流砂量と流量を検討するための基礎情報となる河床材料調査、河道の縦横断測量を実施する。

【解 説】

観測機器で計測したデータから流砂量や流量を算出するため、あらかじめ観測地点近傍の河床材料の粒度分布と河道の縦横断形状（河床勾配、河幅、河積）を取得しておく。また、観測期間中に河床材料や河道の縦横断形状が大きく変わる出水等があった場合、その都度、河床材料調査、河道の縦横断測量を実施する。

なお、取得した情報は巻末の参考資料 1 に示す様式に整理することを基本とする。

2.4 観測項目

山地流域における流砂水文観測においては、水及び土砂の動態を把握するために、流量観測及び流砂量観測を実施する。

【解 説】

流砂量については、浮遊砂量及び掃流砂量について観測する。

2.5 観測期間と計測間隔

観測は、平常時から洪水時までの流出特性・土砂動態を把握することが重要であるため、継続的に年間を通じて実施する。また、計測間隔は、洪水時の流出特性、土砂動態を把握できるように適切に設定する。

【解 説】

砂防基本計画の策定、総合的な土砂管理手法の検討、流域監視・危機管理のための情報収集等、多様な目的に観測結果を活用するためには、平常時から洪水時までの幅広い条件下における流出特性・土砂動態の把握や長期的な流砂量（例えば、年間の総流砂量）及びその変動（例えば、年間の総流砂量の年々変動）に関するデータ取得が必要となるため、欠測なく長期間連続的に観測することを基本とする。

洪水時の水及び土砂の変動は流域面積などにより異なる。そこで、計測間隔は、各観測地点で洪水時の流出特性、土砂動態を把握できるように適切に設定する。なお、計測間隔は機器別に設定してもよい。ただし、計測間隔は機器によって違いを持たせる場合であっても、流砂量算定にあたっては濁度計または掃流砂量計と水位計及び流速計のデータは同期している必要があるため、濁度計または掃流砂量計と水位計及び流速計データが同じ時間間隔になるように変換する必要がある。

【参 考】積雪地の観測について

水位計、流速計、掃流砂量計、濁度計による観測は、融雪時の土砂移動を計測するために、冬季においても観測を継続する。そのため、データロガーを現地に設置する場合は、冬季でもデータ回収が可能な地点に設置する。なお、冬季に積雪で観測地点に頻繁に行くことが困難な場合には、可能な限りデータロガーの容量を増やすことで冬季のデータ回収を減らす等の対応を実施する。同様に、浮遊砂のサンプリングについては、観測頻度を減らして対応する。

3. 水文観測

3.1 目 的

水文観測は、流域の流出特性・河道の水理特性を把握するために実施する。

【解 説】

降水量は、地上雨量計及びレーダ雨量計のデータについて収集することを基本とする。

流量は、土砂の移動をコントロールする最も重要な外力の 1 つであるため、流域の流出特性の把握は土砂動態を予測する上で重要な情報である。また、河道の水理特性も河道における土砂移動に大きく影響を及ぼす要素の 1 つである。そのため、砂防基本計画の策定や総合的な土砂管理手法の検討において、流域の流出特性・河道の水理特性は重要な情報となる。さらに、天然ダムが生じた際の越流時期を推定するための重要な情報にもなりうる。

また、浮遊砂量は、浮遊砂濃度に流量を乗じて求めることから、流量データは浮遊砂量算出において、必要不可欠である。

3.2 観測場所

水文観測は、2.2 で設定した地点で実施する。

【解 説】

流量は、水位データから水深を求めた上で、算出するため、河床変動等によって観測場所の河道の横断形状が変化する場合は、精度の高いデータが得られない。したがって、水文観測場所は、可能な限り河床変動の小さい地点が望ましい。

3.3 観測方法

3.3.1 概要

水文観測においては、連続観測により、流量の時系列データを得る。

【解 説】

流量を連続して把握するために、水位計を用いて水位の連続観測を実施する。さらに、超音波式流速計等を用いて、水位計と同期した流速の連続的なデータを収集することで、連続した流量データを取得する。流量の算出については、水位から算出した流積に断面平均流速を乗じて算出する。流積は、水位と河道の横断形状から算出する。表面流速が計測されている場合は、流量の算出にあたって、断面平均流速に換算する必要がある。なお、流速観測が困難な場合は、洪水時や平常時において流量観測を実施するなどし、水位（H）を流量（Q）に変換するための水位と流量の関係式（H-Q 式）を作成する。

【参 考】 観測地点に既往の水位・流量観測所がある場合

既に流量観測所がある場合には、新たに水位計及び流速計の設置する必要はない。

既に水位観測のみが実施されている場合は、流速計を設置することを基本とする。ただし、流速計の設置が困難な場合は、流量観測等を実施し、水位を流量に変換できる水位と流量の関係式（H-Q 式）を作成する。

【参 考】 水位計電圧値から水位への換算方法

一般に、水位計の出力値（電圧値）（V）から水位（H）の関係は下記の式のような関係になる場合が多く、水位計ごとにキャリブレーション式を作成しておく。

$$H=AV+B$$

A 及び B は係数

【参 考】 表面流速から断面平均流速への換算方法

表面流速（v）からの断面平均流速（V）への換算は、以下の方法とする。

$$V=v\times\alpha$$

α は更生係数で、浮子による流速計測（浮子測法）に準じて設定する。

（参考文献）改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 第3章流量調査参照

3.3.2 観測の実施及び機器の保守

水位観測及び流速観測は、連続的に年間を通じて実施する。水位及び流速のデータの回収及び観測機器の保守は、原則として出水ごととし、出水がなくとも1か月に1回程度の頻度で実施する。

【解 説】

水位及び流速のデータ記録間隔は、集水面積や河道長によって、流出特性が大きく異なるため、観測地点の流出特性を考慮して1～15分間隔程度とする。

水位計・流速計のデータを回収した後、速やかに流量を算出する。算出した流量の時系列データを図化・確認し、機器の不具合等について確認する。

データの回収時には水位計及び流速計の出力値を確認する。異常値と判断される場合には、センサー部、ケーブル及びロガーの状態を確認し、問題が発生している場合には、速やかに対処する。

【参 考】観測データの図化

観測データは雨量データとともに、時系列に整理し、図化する。

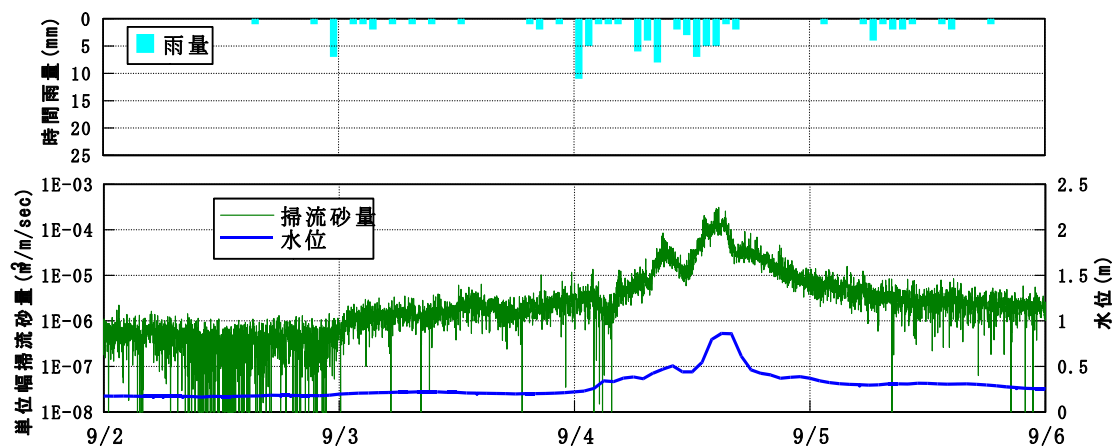


図1 図化のイメージ

ここでは水位と掃流砂量の図を例示したが、水位、流速、濁度などの測定値および流量、浮遊砂量、掃流砂量などの算出値をそれぞれ同様な時系列データを図化し、データの異常がないか確認する。

4. 浮遊砂観測

4.1 目 的

浮遊砂観測は、年間及び出水時の浮遊砂量を把握するとともに、濁りの発生時刻及び程度を把握するために実施する。

【解 説】

浮遊砂観測は、2.1 に示した目的のために、年間及び出水時の浮遊砂等（場合によっては、浮遊砂及びウオッシュロード）の量の把握、粒径別の浮遊砂量の把握のために実施する。また、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）に資するよう、濁りの発生時刻及び程度を把握するために実施する。

4.2 観測場所

浮遊砂観測は、2.2 で設定した地点で実施する。

【解 説】

浮遊砂量は、濁度計を用いて計測した浮遊砂濃度に流量を乗じて算出するため、浮遊砂観測は水文観測と同じ場所で行う必要がある。

4.3 観測方法

4.3.1 概要

浮遊砂観測においては、濁度計による連続観測で計測した浮遊砂濃度の時系列データに水文観測により得られた流量の時系列データを乗じることにより浮遊砂量の時系列データを得る。濁度計による計測結果（出力値）を浮遊砂濃度に換算するにあたっては、濁度計のキャリブレーションを予め行っておくことが必要となる。また、濁度計の出力値を浮遊砂濃度に換算するには浮遊砂の粒径に関する情報が必要となる。

【解 説】

浮遊砂観測は以下の流れで実施する。

- ① 現地材料等を用いて濁度計の出力値（電圧値）を浮遊砂の容積土砂濃度に変換するためのキャリブレーションを実施する。
- ② 現地に濁度計を設置し、濁度計による濁度の連続観測と水文観測を実施する。
- ③ ②と並行して、現地で採水し浮遊砂を採取する。
- ④ 採取した浮遊砂を用いて、粒度分布を把握する。
- ⑤ ①で求めた濁度計の出力値と浮遊砂濃度の関係式と、④で計測した粒度分布を用いて、浮遊砂濃度を算出する。
- ⑥ 粒径別の浮遊砂濃度に水文観測で求めた流量を乗じて、浮遊砂量を算出する。

4.3.2 濁度計のキャリブレーション

濁度計は、設置する前に、濁度計の出力値（電圧値）を浮遊砂の容積土砂濃度に変換するためのキャリブレーションを実施する。

【解 説】

濁度計ごとに出力値と浮遊砂濃度関係が異なる可能性があるため、設置する全ての濁度計について、出力値と浮遊砂濃度関係を求めておく。濁度計の出力値と浮遊砂濃度の関係は、浮遊砂の粒径の影響を受けることから、複数の粒径について、濁度計の出力値と浮遊砂濃度の関係を求める。また、キャリブレーションに使用する土砂は、観測地点近傍の細粒土砂を用いることを基本とする。なお、微細土砂については、現地材料を用いることは困難である場合もあるので、その場合は市販の材料を用いることとする。

キャリブレーションの例を巻末の参考資料 3 に示す。

【参 考】濁度計のキャリブレーションに用いるサンプル土砂

濁度計のキャリブレーションに用いる粒径は例えば、下記 3 種類の粒径区分が考えられる。

2mm 以下の土砂（2mm ふるい通過した土砂の全て）

0.075mm 以下（0.075mm ふるい通過した土砂の全て）

0.005mm 以下（0.005mm ふるい通過した土砂の全て）

【参 考】濁度計の出力値と浮遊砂の容積濃度の関係式

濁度計の出力値（ V ）から浮遊砂の容積土砂濃度（ C ）に変換する式は、一般的に次式が用いられる。

$$C=AV^2+B$$

ここで、 A 、 B はキャリブレーションで求める係数。

なお、濁度計に付属するキャリブレーション式は、NTU という単位に変換する式が示されている場合が多く、この式は容積土砂濃度への変換には使用できない。

（参考文献）平成 16 年新潟県中越地震後における浮遊砂量の観測、小山内信智・水野秀明・清水武志・沖中健起・原楨利幸、国土技術政策総合研究所資料、第 278 号 2006

4.3.3 濁度計の設置

濁度計は浮遊砂を観測する機器のため、掃流砂が移動する層より上方に設置する。

【解 説】

濁度計は、堰堤の袖や護岸など設置及び保守が容易な位置に設置することが望ましい。

また、濁度計は、水没していない状況が続いた場合、センサー検出面が汚れるなどし、再び水没した場合でも正しいデータが取得できないおそれがあるため、常時水没している高さに設置する。さらに、濁度計は、浮遊砂を観測する機器のため、掃流砂が移動する層より上方に設置する必要がある。そのため、河床変動状況と渇水時の水位を考慮して決定する。なお、河床変動が小さいと考えられる場合は、河床の代表粒径程度を掃流砂が移動する層厚と見なすことができる。

センサー検出面が汚れたり、浮遊物や藻等が付着した場合には、出力結果と浮遊砂濃度の関係が変化するため、濁度計は流れが淀まないような地点に設置することが望ましい。濁度計を流れの淀む場所に設置せざるを得ない場合、流速、水深などから、流れが淀んでいるおそれがない期間を選択し、データを活用するなどのデータの品質に注意することが望ましい。

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。

【参 考】設置時の出力値

濁度計設置時には、出力値（電圧値）に異常がないか確認する。濁度計の出力値は、一般に清水では概ね 0V となる。

4.3.4 濁度計による観測の実施及び機器の保守

濁度計による観測は、連続的に年間と通じて行う。濁度計のデータの回収及び保守は、原則として出水ごととし、出水がなくとも1か月に1回程度の頻度で実施する。

【解 説】

濁度計のデータを記録する間隔は、浮遊砂量は土砂濃度と流量の積により算出することから、流量データと同じ間隔とすることを基本とする。既設の水位計等を用いる場合で、水位計等の計測間隔が長い場合には、水位・流量の観測を土砂濃度の変化に応じた1～15分程度の計測間隔とすることが望ましい。

データの回収時には濁度計の出力値を確認する。清水で概ね0Vとならない場合や、最大値がキャリブレーションの最大値以上の数値となる場合には、センサー検出面、ケーブル及びロガーの状態を確認する。濁度計は、センサー検出面が汚れたり、浮遊物や藻等が付着した場合には、正確なデータが得られないことから、データの回収時にはセンサー検出面の点検・清掃を実施する。なお、清掃を実施してもセンサー検出面の汚れが取れない場合には、再度キャリブレーションを実施して、濁度計の出力値と浮遊砂の容積濃度の関係式を作成する必要がある。

4.3.5 浮遊砂の粒径調査

浮遊砂観測においては、濁度計の出力値を浮遊砂の容積濃度に換算するため及び粒径別の浮遊砂量を求めるために、浮遊砂を採取し、粒径を計測する。

【解 説】

浮遊砂の採取は、直接採水する方法と浮遊砂サンプラーを用いる手法がある。

直接採水は、出水時及び平水時にポンプ等により直接採水する。ポンプ等により直接採水を実施する場合は、濁度計の近傍で実施することが望ましい。ただし、平水時の浮遊砂濃度が極めて低いなど、平水時の浮遊砂の直接採水による採取が困難な場合は、平水時の採水は実施しなくてもよい。

浮遊砂サンプラーを設置する場合は、浮遊砂サンプラーは濁度計の近傍に設置する。また、浮遊砂サンプラーは、掃流砂が移動する層より上方に設置することとし、飲み口は濁度計のセンサー検出面の高さに合わせることが望ましい。浮遊砂サンプラーの回収は、出水時には平常時と比較して浮遊砂の粒径が変化するため、出水時ごとに実施することを基本とする。出水がない場合でも、平時の浮遊砂の粒径を把握するため 2～6 か月程度ごとに回収する。

直接採水する方法と浮遊砂サンプラーを用いて採取した試料は、土砂の体積を計測し、速やかに土の粒度試験(JISA 1204)を実施し、粒径加積曲線を作成するとともに、土粒子の密度試験(JISA 1202)を実施する。なお、採取した土砂量が少ない場合や粒径がふるい目以下の場合には、SS 分析と沈降試験（またはレーザー分析試験）を実施して粒径と土砂量（体積）を計測する。

なお、浮遊砂の粒径調査は、当該観測点の洪水時や平水時における浮遊砂の標準的な粒径が確認されれば、観測を中止してもよい。

【参 考】浮遊砂採取機器・サンプラー

浮遊砂採取機器・サンプラーは各種考案されている。例として、自吸式ポンプ、Time-integrated sampler などがある。一般に、採取口は浮遊砂の粒径の 5 倍程度とすることが望ましい。

自吸式ポンプは、ポンプ吸込口から伸びるホースを固定した棒を流水中に挿入し採水する。

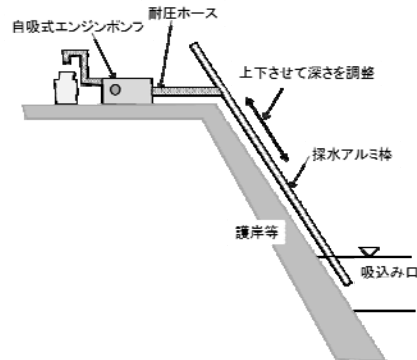


図2 自吸式ポンプのイメージと写真

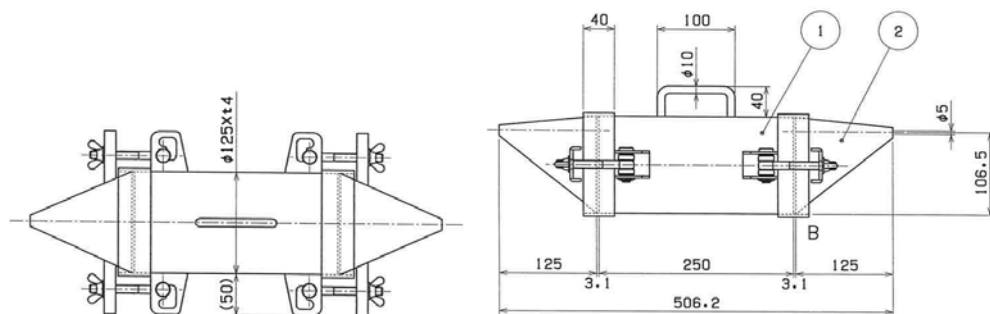


図3 Time-integrated sampler の構造の例

(参考文献) 貯水池土砂管理ハンドブック—流域対策・流砂技術・下流河川環境 Gregory L. Morris・Jiahua Fan・岡野 眞久 (監修)、Reservoir Sedimentation 研究会 (翻訳)、角 哲也、技報堂、2010

健全な水循環系・流砂系の構築に関する研究、国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告 第 16 号、2007

Time-integrated sampler の浮遊砂採取効率に関する水路実験、小山内信智・水野秀明・沖中健起・原槇利幸、国土技術政策総合研究所資料、第 266 号、2005

4.3.6 浮遊砂量の算出

浮遊砂量は、水文観測結果、濁度計による観測結果、粒径調査結果及び濁度計の出力値と浮遊砂の容積濃度の関係式より算出する。

【解 説】

濁度計のデータを回収した後、速やかに浮遊砂量を算出する。算出した浮遊砂量の時系列データを図化・確認し、機器の不具合等について確認する。浮遊砂量の算出が速やかに実施することが困難な場合であっても、濁度の時系列データをデータ回収後、速やかに図化・確認し、機器の不具合等について確認する。

濁度計の出力値を浮遊砂の容積濃度に変換する際には、浮遊砂の粒径の調査結果を基に、予め求めた濁度計の出力値と浮遊砂の容積濃度の関係式のうちから、変換に用いる関係式を適切に選定する。また、各時刻の浮遊砂量は、当該時刻の浮遊砂の容積濃度に同時刻の流量を乗じて算出する。さらに、浮遊砂の粒度分布に関する調査結果がある場合は、粒径別の浮遊砂量を算出することが望ましい。

【参 考】現地観測による濁度計のキャリブレーション

前項でポンプ等を用いて直接採水し、浮遊砂濃度を計測した場合、濁度計による濁度の計測結果と浮遊砂濃度を比較することが可能となる。

5 掃流砂観測

5.1 目 的

掃流砂観測は、年間及び出水時の掃流砂量を把握するために実施する。

【解 説】

掃流砂観測は、2.1 に示した目的のために、年間及び出水時の掃流砂量の把握のために実施する。

5.2 観測場所

掃流砂観測は、2.2 で設定した地点で実施する。

【解 説】

掃流砂観測においては、機器の設置が比較的容易な横工等の河川横断工作物があることが望ましい。また、機器が土砂で埋没すると計測できないことから、土砂が堆積する箇所は避けることが望ましい。

5.3 観測方法

5.3.1 概要

掃流砂観測においては、掃流砂量計による連続観測で計測した単位幅あたりの掃流砂量の時系列データに川幅を乗じることにより掃流砂量の時系列データを得る。

【解 説】

連続的に掃流砂量を観測する代表的な手法としては、音響式掃流砂量計を用いた手法がある。その他の手法としては、掃流砂観測ピットを用いた手法などがある。観測ピットを用いた手法はメンテナンスに多大な労力を要するものの、粒径分布の把握が可能となるといった利点がある。

また、両手法を併用することにより、音響式掃流砂量計のキャリブレーションが可能となり、掃流砂量の観測精度が向上することが期待される。両手法を併用する場合は、当該箇所における掃流砂の標準的な粒径が確認され、音響式掃流砂量計のキャリブレーションに十分な幅広い流量条件におけるデータが得られた場合、観測ピットによる観測を中止しても良い。

【参 考】音響式掃流砂量計

音響式掃流砂計にはハイドロフォンと呼ばれるマイクを内蔵した金属管が一般的に用いられている。掃流砂が金属管に衝突する際の音響データを取得・解析することにより、間接的に掃流砂量を観測する計測器である。

(参考文献) 音響法 (ハイドロフォン) による流砂量の連続計測, 水山高久・野中理伸・野中伸久 : 砂防学会誌, Vo.49, No.4, pp.34-37, 1996

【参 考】掃流砂観測ピット

掃流砂観測ピットとは、掃流砂量を直接継続的に観測するために図に示すように河床に掃流砂が堆積するように柵を設け、柵内に堆積する土砂を柵の底部に設置したロードセルにより計測することによって掃流砂量の連続観測を行う装置のことを言う。

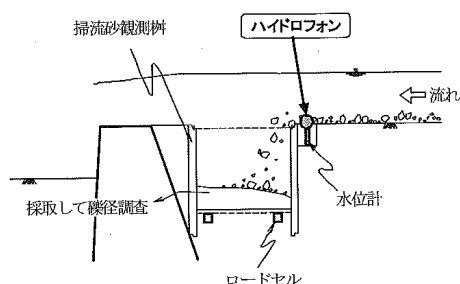


図4 観測ピットイメージ (縦断)

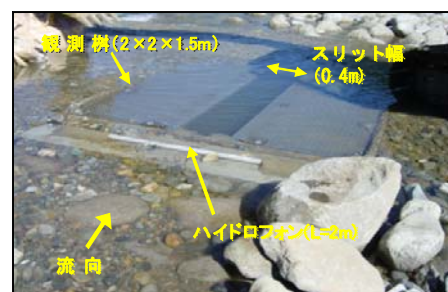


図5 観測ピットの事例

(参考文献) ピット掃流砂計測装置のハイドロフォンのキャリブレーションへの適用。水山高久・里深好文, 砂防学会誌, Vo.56, No.3, pp.55-56, 2003

【参 考】音響式掃流砂量計のキャリブレーション

音響式掃流砂量計のキャリブレーションは、①観測ピットを用いた観測との併用より行う方法と②現地に人工水路を設置して行う手法がある。①では、観測ピットによる計測結果と音響式掃流砂量計の計測結果を比較する。

②では、現地に人工水路を設置し、水路への投入土砂量と音響式掃流砂量計の計測結果を比較する。なお、用いる人工水路は可能な限り縮尺を大きくし、流れる礫径、水深・流速が現地に近い状況で実施する。

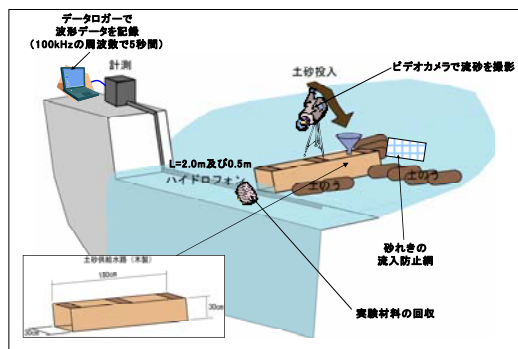


図 6 人工水路のイメージ



図 7 人工水路の例

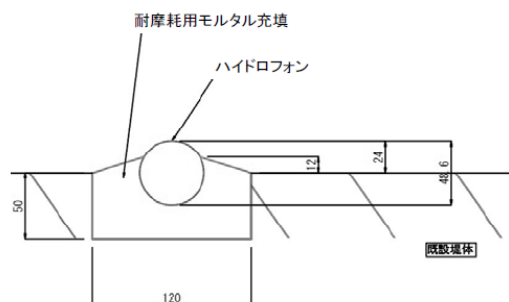


図 8 音響式掃流砂量計の固定の例

- (参考文献) 流砂等計測システム（六甲住吉型）と観測事例，星野和彦・酒井哲也・水山高久・里深好文・小杉賢一郎・山下伸太郎・佐光洋一・野中理伸，砂防学会誌，Vol. 56 No. 6，pp. 27-32，2004
- 流砂観測データベースシステムの構築とハイドロフォンの観測事例，鈴木拓郎・水野秀明・小山内信智・高橋健太・山下伸太郎：平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集、2011

5.3.2 観測の実施及び機器の保守

掃流砂量計による観測は、連続的に年間を通じて行う。掃流砂量計のデータの回収及び保守は、原則として出水ごととし、出水がなくとも1か月に1回程度の頻度で実施する。

【解 説】

掃流砂量計のデータを記録する間隔は、15分より短い間隔とし、データロガーの容量、データ回収の頻度、掃流砂量の時間変化の程度を考慮して決定する。

データの回収時には掃流砂量計の出力値を確認する。異常値と判断される場合には、センサー、ケーブル及びロガーの状態を確認する。

掃流砂量の連続観測の代表的な手法である音響式掃流砂量計を用いた観測については以下の通り実施する。

(1) 機器の設置

音響式掃流砂量計は、管に礫が衝突することによる音から流砂量を算出するため、河床面よりも3～5cm程度高く設置することとし、横断方向についてはできる限り水平に、縦断方向についてはできるかぎり河床勾配に合わせるように設置する。なお、河幅が広い場合や滞筋が変化する場合には、複数配置することも可能である。

また、音響式掃流砂量計は河川構造物などの横工に設置することを基本とする。しかし、音響式掃流砂量計の設置に適した横工がない場合は護床ブロックを用いても良い。ただし、出水時に移動しないブロックとする。なお、護床ブロックは、粗度が周囲の河床に合う程度のものを選定することが望ましい。

(2) 機器の保守

音響式掃流砂量計は、掃流砂がほとんどない場合であっても、水流等の影響で値が出力される場合がある。機器設置時、データ回収時等において、平水時の音響式掃流砂量計の出力値を確認しておき、データ回収時に通常の平水時の出力値を大きく超えるまたは下回る場合には、管の状態、ケーブル、ロガーの状態を確認し、メンテナンスを実施する。また、音響式掃流砂量計は河床に設置する金属管が著しく変形した場合、正しく掃流砂量を計測できないため、データ回収時には機器の破損状況について確認する。

【参 考】音響式掃流砂量計の機器設置に関する留意事項

機器の選定

音響式掃流砂量計は河床に設置する管が著しく破損すると、正しく掃流砂量を計測できないため、粒径が大きい流砂が生じるおそれがある箇所においては、観測の可否、機器の選定（管の厚みなど）について事前に検討することが望ましい。

配管

音響式掃流砂量計のケーブルの配管については、水位・濁度計の配線を一緒に入れても基本的には問題ない。ただし、ノイズが生じる可能性もあるので、留意する。

5.3.3 掃流砂量の算出

掃流砂量は、掃流砂量計による観測結果を基に単位幅の掃流砂量を算出した上で、川幅を乗じて算出する。

【解 説】

掃流砂量計のデータを回収した後、速やかに掃流砂量を算出する。算出した掃流砂量の時系列データを図化・確認し、機器の不具合等について確認する。

掃流砂量の連続観測の代表的な手法である音響式掃流砂量計を用いた観測結果の単位幅の掃流砂量への変換については以下の通りである。

(1) 一般事項

音響式掃流砂量計の計測結果を単位幅の掃流砂量に変換する手法としては、①音圧による手法と②パルスによる手法がある。ただし、音響式掃流砂量計の計測結果を掃流砂量に変換する方法は今後改良される可能性があることから、今後現在の解析方法よりも精度の高い方法が開発された場合に対応するために、解析結果だけではなく現地観測した生データ（電圧データ）も保存しておくことが望ましい。

(2) 音圧による手法

音圧による手法に基づく単位幅の掃流砂量への変換は、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より配布されている解析プログラムを用いる。また、掃流砂の平均粒径も算出できる。

(3) パルスによる手法

パルスによる手法に基づく単位幅掃流砂量の変換のためには、まず音響式掃流砂量の計測結果をパルス数に変換する必要がある。パルス数から単位幅掃流砂量への変換にはキャリブレーション式を用いる。キャリブレーション式には、パルス数のみから流砂量に変換する方式とパルス数以外に流量などの別の水理量を用いる方式がある。

【参 考】音響式掃流砂量計の掃流砂量への変換手法に関する参考文献

音響式掃流砂量計の変換手法については、以下の文献が参考となる

- (参考文献) 音圧データを用いたハイドロフォンによる掃流砂量計測手法に関する基礎的研究, 鈴木拓郎・水野秀明・小山内信智・平澤良輔・長谷川祐治: 砂防学会誌, Vol. 62, No. 5, pp. 18-26, 2010
- 流砂等計測システム(六甲住吉型)と観測事例, 星野和彦・酒井哲也・水山高久・里深好文・小杉賢一郎・山下伸太郎・佐光洋一・野中理伸: 砂防学会誌, Vol. 56, No. 6, pp. 27-32, 2004
- 北陸地方における間接法推定流砂量と年堆砂資料との比較分析, 中谷洋明, 砂防学会誌, Vol. 61, No. 3, pp. 3-14, 2008

【参考資料 1】 流砂水文観測地の基礎情報の整理様式

流砂水文観測地の基礎情報の整理の様式を以下に示す。

様式 1 観測実施箇所情報

新設・既設	新設・既設			
観測点の種類	計画基準点・補助基準点・その他			
本川名	〇〇〇川			
支川名	—			
地区名	〇〇県〇〇市〇〇〇町			
観測点の名称	〇〇地点			
観測項目	水位計	有・無	観測期間	年 月 ~
	濁度計	有・無	観測期間	年 月 ~
	掃流砂計	有・無	観測期間	年 月 ~
	流速計	有・無	観測期間	年 月 ~
	ピット計	有・無	観測期間	年 月 ~
	* 水位計など周辺の既設観測所のものを利用する場合には、その旨を記載する			
緯度経度	緯度: 経度:			
観測地点周辺	※写真を添付			
				
	〇〇砂防堰堤右岸より		〇〇砂防堰堤左岸より	
				
	上流より		下流より	
	【留意事項】 ①設置箇所の上流側と下流側を撮影する。 ②可能であれば左右岸を撮影、及び左右岸からの写真を撮影。 ③橋脚や護岸、護床ブロック、横工等の構造物があれば撮影。 ④滞筋が写らない場合は別途滞筋を撮影。 ⑤川幅が広い場合は分割して撮影。 ⑥既設の水位観測所がある場合は撮影。 ⑦貯水池内の場合は上流側と下流側を撮影。			

流域面積	〇〇km ²																																													
河床勾配	〇〇°																																													
平均年最大流量	〇〇m ³ /m																																													
平均流量	〇〇m ³ /m																																													
H-Q式	Q=〇(H+△) ² （式形は問わない。左記に無理に合わせる必要はない）																																													
マンニングの粗度係数の範囲	〇〇－〇〇																																													
	ハイドロフォン設置位置 上流側写真位置 下流側写真位置 流下断面 断面図位置模式図 水位－流量関係 流下断面模式図 流量－粗度係数関係 <table><thead><tr><th>流量 (m³/s)</th><th>断面積 (m²)</th><th>平均流速 (m/s)</th><th>水位 (m)</th><th>粗度係数</th></tr></thead><tbody><tr><td>10.5</td><td>25.8</td><td>0.50</td><td>0.87</td><td>0.050</td></tr><tr><td>14.8</td><td>30.6</td><td>0.52</td><td>1.01</td><td>0.034</td></tr><tr><td>18.7</td><td>33.2</td><td>0.60</td><td>1.08</td><td>0.032</td></tr><tr><td>19.2</td><td>32.7</td><td>0.63</td><td>1.06</td><td>0.028</td></tr><tr><td>35.1</td><td>41.7</td><td>0.87</td><td>1.31</td><td>0.030</td></tr><tr><td>35.8</td><td>42.2</td><td>0.87</td><td>1.32</td><td>0.028</td></tr><tr><td>41.7</td><td>44.5</td><td>0.97</td><td>1.38</td><td>0.035</td></tr><tr><td>241</td><td>144</td><td>1.67</td><td>3.03</td><td>0.022</td></tr></tbody></table> 備考 ・左記データの計測方法を記載する ・流量の算出方法を記載する （例えば、表面流速を計測して平均流速に換算後に流下断面を乗じる、など） ・H-Q式の設定根拠（過程）を記載する	流量 (m ³ /s)	断面積 (m ²)	平均流速 (m/s)	水位 (m)	粗度係数	10.5	25.8	0.50	0.87	0.050	14.8	30.6	0.52	1.01	0.034	18.7	33.2	0.60	1.08	0.032	19.2	32.7	0.63	1.06	0.028	35.1	41.7	0.87	1.31	0.030	35.8	42.2	0.87	1.32	0.028	41.7	44.5	0.97	1.38	0.035	241	144	1.67	3.03	0.022
流量 (m ³ /s)	断面積 (m ²)	平均流速 (m/s)	水位 (m)	粗度係数																																										
10.5	25.8	0.50	0.87	0.050																																										
14.8	30.6	0.52	1.01	0.034																																										
18.7	33.2	0.60	1.08	0.032																																										
19.2	32.7	0.63	1.06	0.028																																										
35.1	41.7	0.87	1.31	0.030																																										
35.8	42.2	0.87	1.32	0.028																																										
41.7	44.5	0.97	1.38	0.035																																										
241	144	1.67	3.03	0.022																																										
河床材料調査	粒径加積曲線																																													

【参考資料 2】 国総研作成の流砂量変換プログラム

(1) 入力欄の記入について

付帯情報の入力欄が空欄の場合は解析できないため、必ず入力する。

なお、使用機器の欄については、チェックボックスをチェックした観測機器にのみ入力を行う。

(2) チャンネル番号の入力

観測データの並び順を入力する（左側から 1、2、3、4）。データロガーのチャンネル番号ではないので注意する（例えば、データロガーのチャンネル 3、4 のみに計器が接続されている場合は、チャンネル番号は 1、2 を入力する）。

(3) 水位計の定数 A、定数 B の入力

水位計キャリブレーション式の係数を入力する。

$$H=AV+B \quad H=\text{水位、} V=\text{水位計電圧値}$$

(4) 濁度計の定数 A、定数 B の入力

濁度計キャリブレーション式の係数を入力する。

$$C=AV^2+BV \quad C=\text{土砂容積濃度、} V=\text{濁度計電圧値}$$

なお、濁度計キャリブレーション式は 3 つの粒径区分（2mm 以下、0.075mm 以下、0.005mm 以下）ごとに作成し、その中から、サンプラー内の粒径分析をもとに選択する。

(5) 掃流砂量計のマイクの入力感度、アンプ倍率

マイクの入力感度は製品ごとの仕様であり、メーカーに確認する（設置したマイクの仕様に記載、単位は db）。

アンプ倍率は、プリアンプの倍率とメインアンプの倍率をそれぞれ入力とする。

(6) HQ 曲線の定数 a、定数 b

現時点では、HQ 曲線の係数を入力する。

$$Q=a(H+b)^2 \quad Q=\text{流量、} H=\text{水位}$$

（ただし、今後は式形は固定しない方針）

(7) 観測をしていない機器がある場合の入力

使用した機器のみ、使用機器欄のチェックボックスをチェックし、入力を行う。

(8) 1 つの観測地点に複数の同じ機器を設置した場合の入力方法

基本的に 1 観測地点で、水位、濁度計、掃流砂量計 1（2.0m）、掃流砂量計 2（0.5m）を設置することを想定しており、同じ機器を複数設置する（例えば、濁度計 2 台や掃流

砂量計 2 式) は考慮していない。

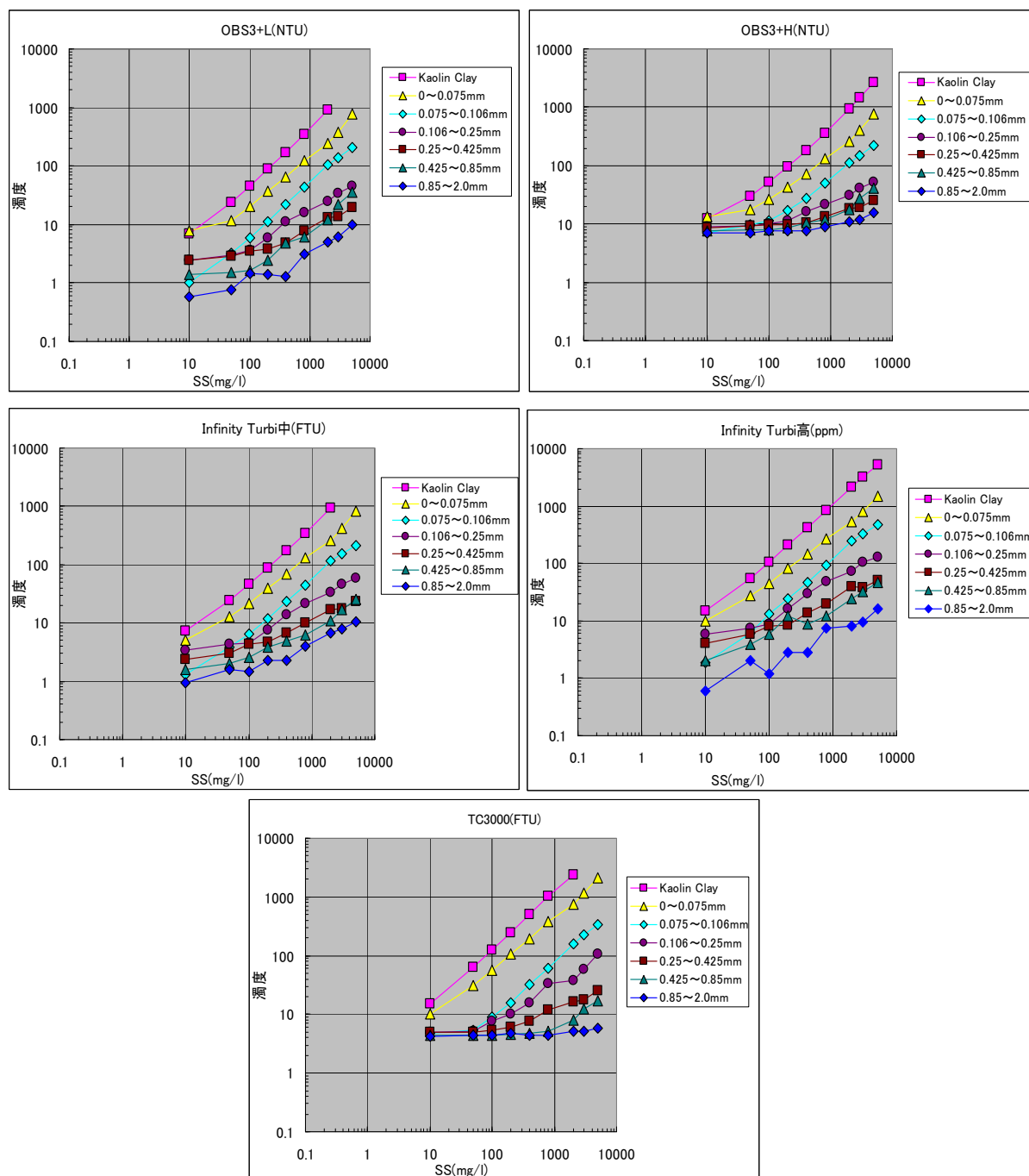
濁度計 2 台や掃流砂量計 2 式を設置した場合には、観測所基本情報の観測所名を追加して対応する。

(9) 掃流砂観測結果について

解析結果は単位幅掃流砂量であるため、全掃流砂量に換算するには、川幅を乗じる必要がある。

【参考資料3】 濁度計のキャリブレーションについて

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。



参考図1 土砂濃度（横軸）と濁度（縦軸）の関係

【参考資料 4】 砂面計による河床変動量観測

砂面計は、河床変動の時間的変化を観測する装置であり、測量では把握することができない洪水中の河床変動状況（河床上昇・低下）が観測可能となる。一般的には、水衝部となる箇所や河床の上昇や低下に伴う被災の可能性の高い箇所において、河床変動状況を把握・監視するために設置する。

砂面計は、河床が変動しても機器が破損・流出しないように、河床に設置した H 鋼に固定し使用する。



（姫川、須沢地先）



（姫川、山本橋地点）

参考写真 1 砂面計の設置状況（姫川）

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

N o . 686

April 2012

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

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

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675