

ISSN 1346 - 7328

国総研資料 第266号

平成 17 年 10 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.266

October 2005

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

Experimental study on sampling efficiency of suspended load with time-integrated sampler

Nobutomo OSANAI

Hideaki MIZUNO

Takeki OKINAKA

Toshiyuki HARAMAKI

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 and Transport, Japan

## 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\*\*\*

### Experimental study on sampling efficiency of suspended load with time-integrated sampler

Nobutomo OSANAI\*, Hideaki MIZUNO\*\*, Takeki OKINAKA\*\*, Toshiyuki HARAMAKI\*\*\*

#### 概要

従来、山地流域ではバケツ、ホース、サンプラーといった器具を流水中に投入して採取した水を分析し、粒径別の浮遊砂量を計測してきた。ところが、最近の観測において、流速が5 m / 秒程度以上になると、器具は乱れによる力を受け、流水中に安定して沈まないという事例が見られた。そのような不具合を解消するために、本研究は予め水中に固定する採取器 (Time-integrated Sampler) に着目した。この採取器は小流域の渓流を流れる浮遊砂の採取を目的として開発されたものである。そこで、本研究では大・中流域の河川を流れる浮遊砂の採取効率を検証することを目的として、水路実験を行なった。その結果、採取効率は流速が速いほど高くなり、また、土砂重量濃度が高いほど高くなることが分かった。また、採取器内が満砂しない限り、採取効率は変わらないことが分かった。

キーワード：浮遊砂、観測機器、土砂移動モニタリング

#### Synopsis

In mountain drainage basins, water sampled by inserting tools such as buckets, hoses, or samplers into flowing water has been analyzed and its suspended load content by grain diameter has been measured. But recent observations have included cases where, if the flow speed was 5m/second or faster, subjecting the tool to the force of turbulence, it could not be stably lowered into the flowing water. To resolve such problems, this study focused on a sampler that is fixed in the water in advance (time-integrated sampler). This type of sampler was developed to sample suspended load flowing in torrents in small drainage basins. This research was a channel experiment performed to verify its suspended load sampling efficiency in rivers flowing in large and medium size drainage basins. The results have revealed that the higher the flow speed and the higher the sediment concentration, the higher its sampling efficiency. It also revealed that as long as the sampler is not filled with sand, its sampling efficiency does not change.

Key Words: Suspended load, sampler, monitoring of sediment transport

\* 危機管理技術研究センター砂防研究室室長 Head, Erosion and Sediment Control Division Research Center for Disaster Risk 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 Risk Management  
\*\*\* 前危機管理技術研究センター砂防研究室交流研究員 Former Guest Research Engineer, Erosion and Sediment Control Division Research Center for Disaster Risk Management

## 目次

1 . はじめに	．．． 1
2 . 水路実験	．．． 3
2 . 1 浮遊砂採取器 (Time-integrated sampler) の概要	．．． 3
2 . 2 実験装置	．．． 4
2 . 3 実験条件及び手順	．．． 7
2 . 4 実験結果の概要	．．． 9
3 . 考察	．．． 13
3 . 1 流速 (水路の勾配) が採取効率に及ぼす影響	．．． 13
3 . 2 土砂重量濃度が採取効率に及ぼす影響	．．． 14
3 . 3 採取時間が採取効率に及ぼす影響	．．． 15
4 . 結論	．．． 18
5 . おわりに	．．． 18
参考文献	．．． 19
巻末資料	

## 1. はじめに

河床の上昇、ダム貯水池の堆砂、海岸線の後退といった、土砂移動に伴う地形の変化が、土砂災害・洪水災害・海岸災害などのリスクを高めたり、生態系の成育の場や景観などに影響を及ぼしたりしている。そのような問題は砂防・ダム・河川・海岸といった流砂系の各領域が連携すれば、各領域が単独で対策を講じるよりも、効率的に解消できる場合もある。このように、各領域が連携して問題を解消することが、「流砂系の総合的な土砂管理」と呼ばれている<sup>1)</sup>。

流砂系の総合的な土砂管理では、問題が解消するような「望ましい土砂移動」を設定して、その土砂移動と現状の土砂移動を比較して、過不足を補う対策を実施することになる。つまり、問題が生じている区間において、現状の土砂移動量が望ましい土砂移動に対して過小である場合は必要とされる質（粒径）の土砂量を的確に供給し、過多である場合は必要とされない質（粒径）の土砂量を的確に除去することになる<sup>2)</sup>。

このような枠組みの中で、土砂移動モニタリングは二つの重要な役割を担う。一つは「望ましい土砂移動」を設定する際に必要となる、河床変動計算等の数値計算の検証用データを蓄積することである。もう一つは、「現状の土砂移動」を把握することである。特に、砂防の領域では、山地部から平野部に流出する土砂量を把握する必要があることから、山地部を浮遊砂の形態で移動する土砂に着目する必要がある。

従来、山地流域ではバケツ、ホース、サンプラーといった器具を流水中に投入して採取した水を分析し、粒径別の浮遊砂量を計測してきた<sup>3)</sup>。また、著者らは水路実験に基づいて、観測に用いる器具の適用範囲を明らかにしてきた。ところが、著者らが平成16年度に安倍川流砂系において浮遊砂量や掃流砂量を計測した際、流れの表面流速が5 m / 秒を超えたため、器具が流水中で安定し

にくくなったり、流水中に沈みにくくなったりした（写真 - 1）。著者らが行なってきた観測事例<sup>3)</sup>等から、浮遊砂は出水時に多く流れてくることが分かっており、現状の土砂移動を把握するためには、出水時にも安全にかつ安定的に計測できる器具の開発・改良が求められるようになった。

そこで、本研究では、小流域の溪流を対象として開発された浮遊砂採取器（Time-integrated sampler）<sup>4)</sup>を、大・中流域の河川に適用できるように改良する際に必要となる基礎資料を収集することを目的として、水路実験を行なった。具体的には、流速の速い条件下における細砂を含む流砂の採取効率を、水路実験によって検証した。なお、この浮遊砂採取器は予め水中に固定されたものである。そのため、出水中に流水に沈める必要がなく、前述の不具合を解消できると期待できる。以下に概要と実験で得られたデータを報告する。

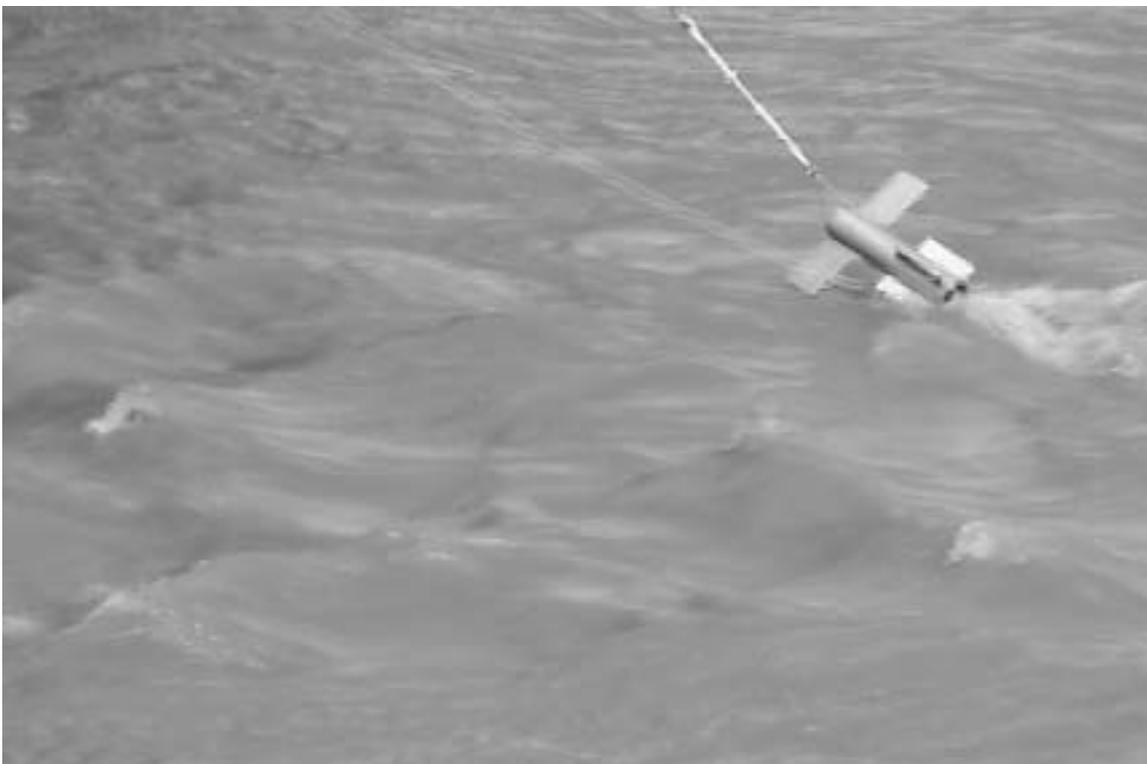


写真 - 1 流水中で不安定な状況になった浮遊砂採取器

## 2. 水路実験

### 2.1 浮遊砂採取器 (Time-integrated sampler) の概要

浮遊砂採取器 (Time-integrated sampler) は小流域の溪流を流れる浮遊砂を採取することを目的に開発されたものである。また、シルト成分程度の粒径の浮遊砂を対象として採取することを想定している。流域面積が  $2 \text{ km}^2$  程度の溪流に設置され、実際に土砂移動モニタリングを行った実績もある<sup>4)</sup>。

浮遊砂採取器は本体部と流入口、流出口から構成される。本体部は円筒形の筒で、両端に蓋を閉めてある。流入口と流出口は蓋に取り付けたチューブのことで、その直径は本体部の筒の直径と比べてかなり小さい。流水は流入口から入り、本体部を通過して、流出口より排出される。流水が本体部に流れ込んだ際、流速が著しく低下することと、流入口付近と流出口付近に死水域が形成されるため、流水に含まれる土砂は本体部内で沈降し堆積する<sup>4)</sup>。

既往の研究成果によると、浮遊砂採取器が浮遊砂を採取する効率は3～7割程度であることと、流速が速くなるにつれて、効率は低下することなどが報告されている<sup>4)</sup>。しかし、それは、 $1.00 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$  程度の重量濃度で最大粒径  $1 \times 10^{-2} \text{ cm}$  程度の土砂を含む流水を、 $0.6 \text{ m/秒}$  以下の流速で、ポンプを用いて流入口に直接注入した実験の結果に基づいたものである。したがって、著者らが土砂移動モニタリングを行っている安倍川などの実際の河川に適用するにあたり、既往研究<sup>4)</sup>で対象とした条件よりも厳しい条件、すなわち  $0.6 \text{ m/秒}$  以上といった速い流速、 $1 \times 10^{-2} \text{ cm}$  以上といった大きい粒径、といった条件の下で浮遊砂採取器の採取効率が流水中の土砂重量濃度、および、採取時間といった要因から受ける影響を把握しておく必要がある。

そこで、本研究では、後述する表 - 1 に示すケースについて水路実験を行い、採取効率がどのように変化するかを検証した。

## 2.2 実験装置

図 - 1 は実験に用いた浮遊砂採取器である。本体部は直径 10 cm (内径) のアクリル製の筒であり、アクリル製の蓋で両端を閉じたものである。流入口と流出口は同じ形状で、直径 0.4 cm (内径) のアクリル製の筒である。

写真 - 2 は実験に用いた濁度計である。濁度計は D & A Instrument 社製の OBS - 3 で、長さ 18 cm、直径 3 cm の円筒形である。濁度計は計測した濁度に応じて、0 ~ 5 V の電圧で計測値を出力する。図 - 2 は濁度計から出力された電圧と土砂重量濃度の関係を計測した結果である。図 - 2 から最小二乗法により線形近似した式は式 (1) のようになり、土砂重量濃度は濁度計から出力された電圧値より推定できる。

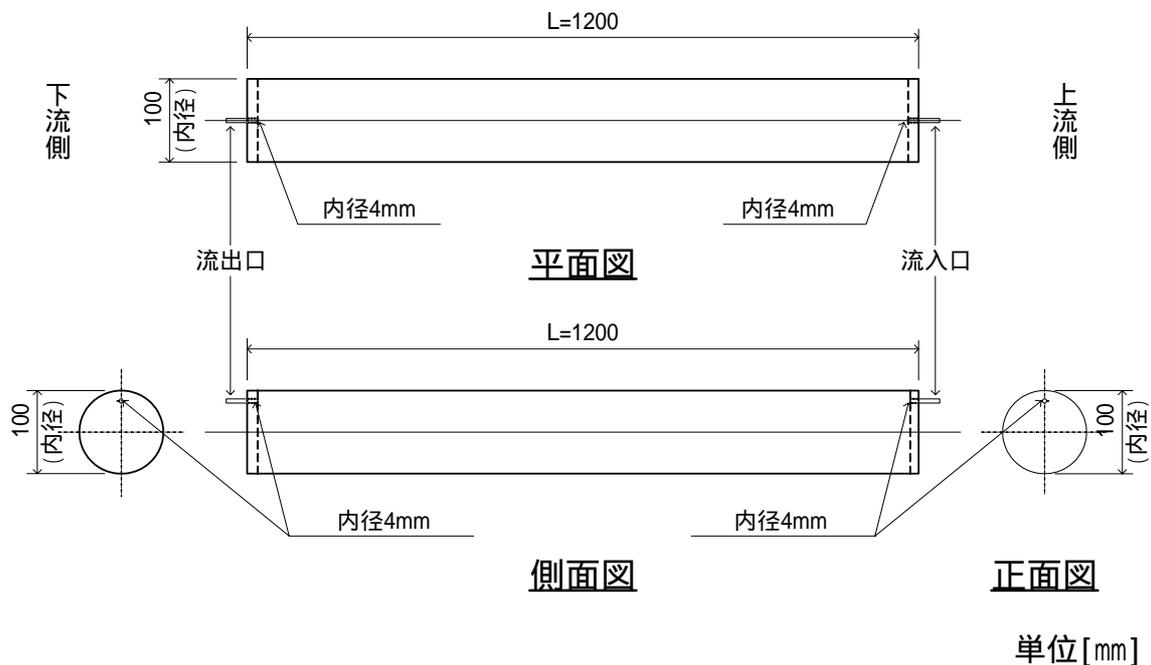


図 - 1 浮遊砂採取器 (Time-integrated sampler)



写真 - 2 濁度計

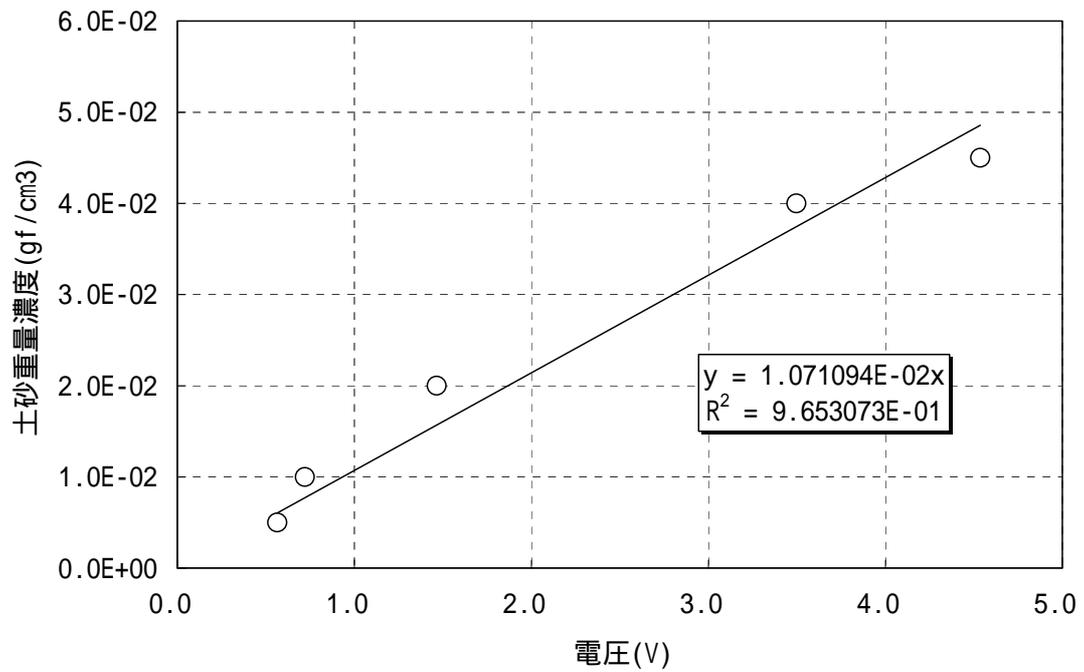


図 - 2 濁度計の出力値（電圧）と土砂重量濃度の関係

$$C_w = 1.07109 \times 10^{-2} V \quad \dots (1)$$

ここで、 $C_w$  : 土砂重量濃度 [  $g / cm^3$  ]  $V$  : 濁度計により出力された電圧値 [  $V$  ] である。式 ( 1 ) の相関係数は  $R^2 = 0.97$  である。なお、図 - 3 に関する実験の方法及び結果は参考資料に詳しく記載したので、そちらを参照していただきたい。

図 - 3 は実験装置の配置図である。実験に用いた水路は幅 50 cm、深さ 50 cm、長さ 1000 cm の形状で、ガラス板の側壁、土砂を貼り付けた板の床から構成されている。また、水路の勾配はチェンブロックにより任意に設定できる。水路の下流端に貯水槽を設置した。貯水槽の中には水中サンドポンプを設置し、水路の上流端に濁水を供給した。水中サンドポンプと水路の上流端の間はサクシオンホースで接続した。浮遊砂採取器は水路の下流端から上流に 150 cm の位置に、水路床上に固定した。濁度計は浮遊砂採取器の上流端より 10 cm 程度上流側の側壁に、浮遊砂採取器の流入口と同じ高さに設置し、ケーブルでデータロガーと接続した。また、濁度計とほぼ同じ位置にピトー管を設置した。

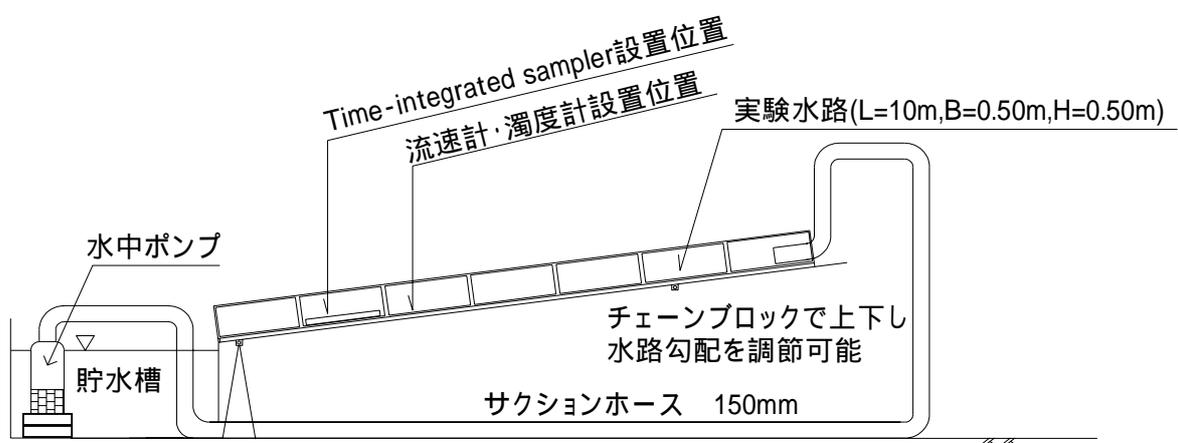


図 - 3 実験装置

## 2.3 実験条件及び手順

表 - 1 は実験の条件を示したものである。流速が採取効率に及ぼす影響を検討するために、1 / 50 , 1 / 100 , 1 / 200 の3種類の勾配を設定した。流水の土砂重量濃度が採取効率に及ぼす影響を検討するために、 $4.11 \times 10^{-2} \text{ gf/cm}^3$ 程度 (15000 ppm程度)、 $2.33 \times 10^{-2} \text{ gf/cm}^3$ 程度 (8500 ppm程度)、 $1.37 \times 10^{-2} \text{ gf/cm}^3$ 程度 (5000 ppm程度) の3種類を設定した。以上のケースでは、採取時間を3時間と設定した。さらに、採取時間が採取効率に及ぼす影響を検討するために、勾配が1 / 50かつ土砂重量濃度15000 ppm程度についてのみ、3時間、6時間の2ケースを設定した。以上、11ケースの条件について実験を行った。

表 - 1 実験ケース

実験ケース	水路の勾配	流水中の 土砂重量濃度 (目標値) (gf/cm <sup>3</sup> )	採取時間 (hours)
1-1	1/50	$4.11 \times 10^{-2}$	3
1-2	1/100	$4.11 \times 10^{-2}$	3
1-3	1/200	$4.11 \times 10^{-2}$	3
2-1	1/50	$2.33 \times 10^{-2}$	3
2-2	1/100	$2.33 \times 10^{-2}$	3
2-3	1/200	$2.33 \times 10^{-2}$	3
3-1	1/50	$1.37 \times 10^{-2}$	3
3-2	1/100	$1.37 \times 10^{-2}$	3
3-3	1/200	$1.37 \times 10^{-2}$	3
4-1	1/50	$4.11 \times 10^{-2}$	1
4-2	1/50	$4.11 \times 10^{-2}$	6

図 - 4 は実験に用いた土砂をふるい分けと沈降分析で求めた粒度分布曲線である。実験に用いた土砂は東北珪砂 8 号で、その粒径の最大値は  $4.25 \times 10^{-2}$  cm、平均値は  $1.98 \times 10^{-2}$  cm である。

実験を行った手順は次のとおりである。浮遊砂採取器を水で満たし、流入口と流出口に栓をする。その浮遊砂採取器とピトー管を水路内の所定の位置に固定する。水中ポンプを稼動し、清水を循環させる。流水の土砂重量濃度が所定の値になるまで、土砂を水路内に投入する。データロガーの記録を開始し、浮遊砂採取器の栓を外す。30分毎にピトー管を用いて流速を計測する。所定の採取時間が経過した後、データロガーの記録と水中サンドポンプを停止する。浮遊砂採取器内に堆積した土砂を回収し、乾燥重量と粒度分布を計測する。なお、データロガーは1分間隔で濁度計から出力される電圧値を記録するように設定した。

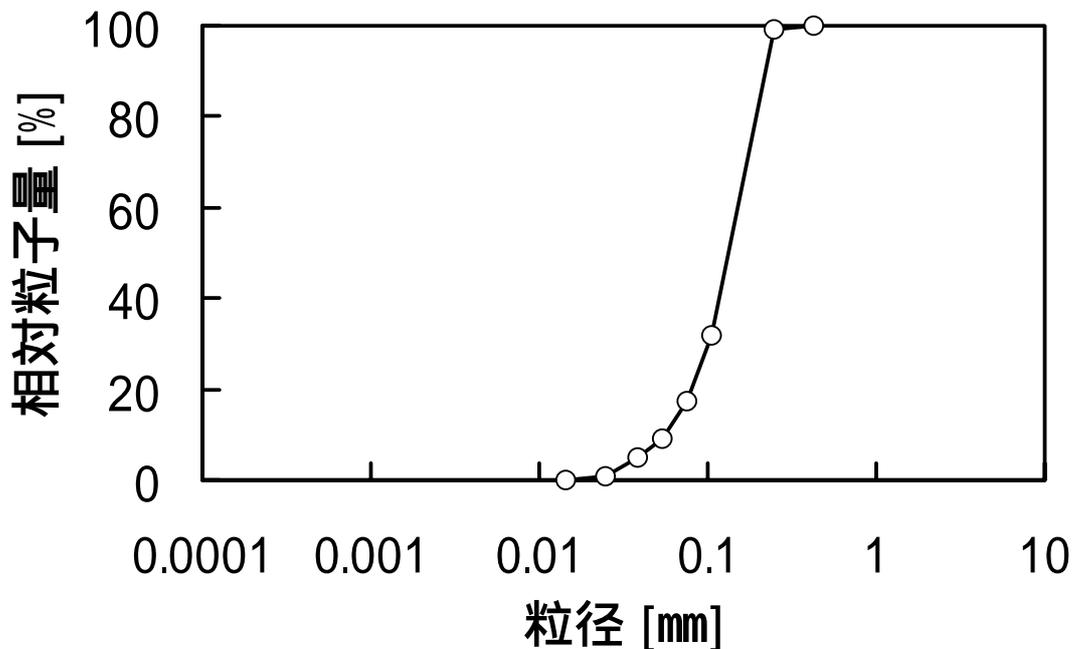


図 - 4 実験に用いた土砂の粒度分布

## 2.4 実験結果の概要

表 - 2 は各ケースで計測された土砂重量濃度、流速、採取した土砂の乾燥重量、浮遊砂採取器を通過した浮遊砂の乾燥重量、および、浮遊砂の採取効率を示したものである。

流速は採取時間内で計測した値の平均値とした。その値は勾配 1 / 50 の場合 (case1-1,2-1,3-1,4-1,4-2) で 105.1 cm / 秒から 124.1 cm / 秒、勾配 1 / 100 の場合 (case1-2,2-2,3-2) で 71.5 cm / 秒から 90.8 cm / 秒、勾配 1 / 200 の場合 (case1-3,2-3,3-3) で 83.1 cm / 秒から 98.6 cm / 秒の範囲であった。

土砂重量濃度は採取時間内で計測した値の平均値とした。その値は  $4.11 \times 10^{-2} \text{ gf} / \text{cm}^3$  程度の場合 (case1-1,1-2,1-3,4-1,4-2) で  $4.03 \times 10^{-2} \text{ gf} / \text{cm}^3$  から  $4.63 \times 10^{-2} \text{ gf} / \text{cm}^3$ 、 $2.33 \times 10^{-2} \text{ gf} /$

表 - 2 実験結果

実験ケース	流水中の流速 (cm/s)	流水中の土砂重量濃度 (gf/cm <sup>3</sup> )	浮遊砂採取器の採取土砂重量 (gf)	通過土砂重量 (gf)	採取効率
1-1	124.1	0.0436	3475	5066	0.686
1-2	71.5	0.0412	2548	4285	0.595
1-3	98.6	0.0433	2292	4406	0.520
2-1	105.1	0.0232	1494	3439	0.434
2-2	90.8	0.0234	1270	2513	0.505
2-3	86.9	0.0231	867	2445	0.354
3-1	117.3	0.0153	929	2262	0.411
3-2	86	0.0138	292	1431	0.204
3-3	83.1	0.0143	273	1455	0.187
4-1	115.7	0.0463	1282	2309	0.555
4-2	119.4	0.0403	7203	11956	0.602

cm<sup>3</sup>程度の場合 (case2-1,2-2,2-3) で  $2.31 \times 10^{-2} \text{ g f / cm}^3$  から  $2.34 \times 10^{-2} \text{ g f / cm}^3$ 、 $1.37 \times 10^{-2} \text{ g f / cm}^3$  程度の場合 (case3-1,3-2,3-3) で  $1.38 \times 10^{-2} \text{ g f / cm}^3$  から  $1.53 \times 10^{-2} \text{ g f / cm}^3$  の範囲であった。各ケースの土砂重量濃度は概ね表 - 1 に示した目標値になった。

浮遊砂採取器を通過した浮遊砂の乾燥重量は、流水中に含まれる土砂のうち流入口の範囲を通過したものとし、式 ( 2 ) により算出した。

$$W_p = \sum_n (C_{wi} \times A \times U_i \times \Delta t) \quad \dots (2)$$

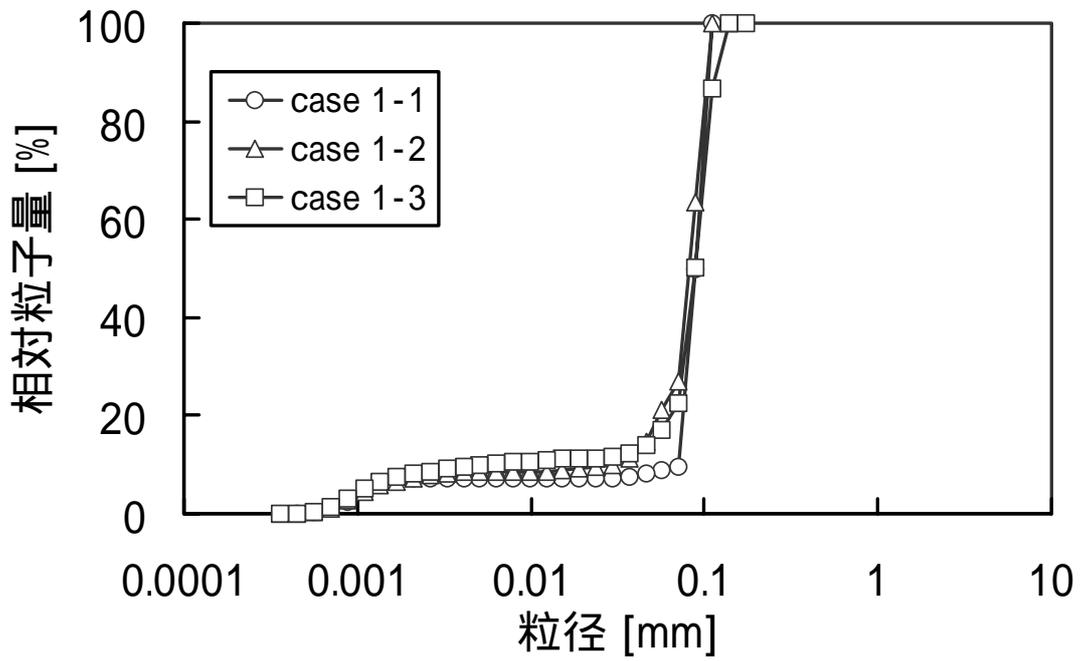
ここで、 $C_{wi}$  : 濁度計で計測した、時刻  $i$  における土砂重量濃度 [ g f / cm<sup>3</sup> ]  
 $A$  : 浮遊砂採取器の流入口の面積 [ cm<sup>2</sup> ]  $U_i$  : ピトー管で計測した、時刻  $i$  における流速 [ cm / 秒 ]  $t$  : 時刻  $i-1$  と時刻  $i$  の間隔 [ 秒 ] である。

浮遊砂の採取効率 は式 ( 3 ) により算出した。

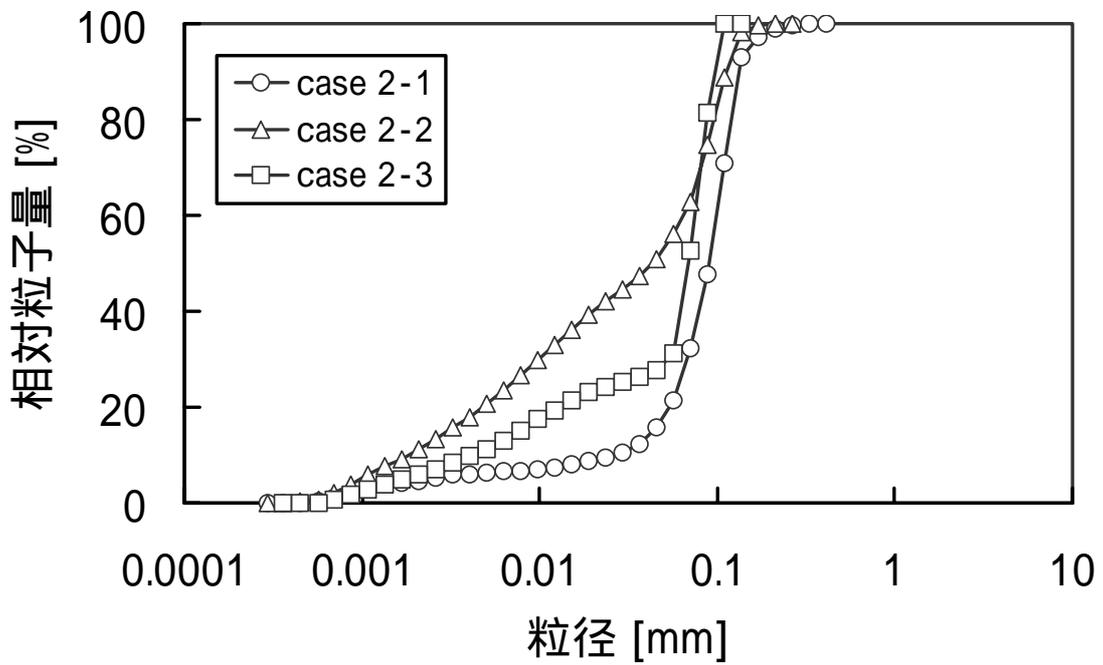
$$R = \frac{W_D}{W_p} \quad \dots (3)$$

ここで、 $R$  : 浮遊砂の採取効率、 $W_D$  : 採取した土砂の乾燥重量 [ g f ]  $W_p$  : 浮遊砂採取器を通過した浮遊砂の乾燥重量 [ g f ] である。採取効率は 0 . 6 8 6 から 0 . 1 8 7 の範囲となった。流水の土砂重量濃度が高いほど、また、水路の勾配が急になるほど、採取効率は高くなる傾向を示した。採取時間の違いによって、採取効率は顕著な差を示さなかった。

図 - 5 は浮遊砂採取器内に堆積した土砂をレーザーカウンターで求めた粒度分布である。粒度分布には顕著な傾向が見られないが、捕捉された土砂の大部分は  $0.71 \times 10^{-2} \sim 1.38 \times 10^{-2} \text{ cm}$  であった。

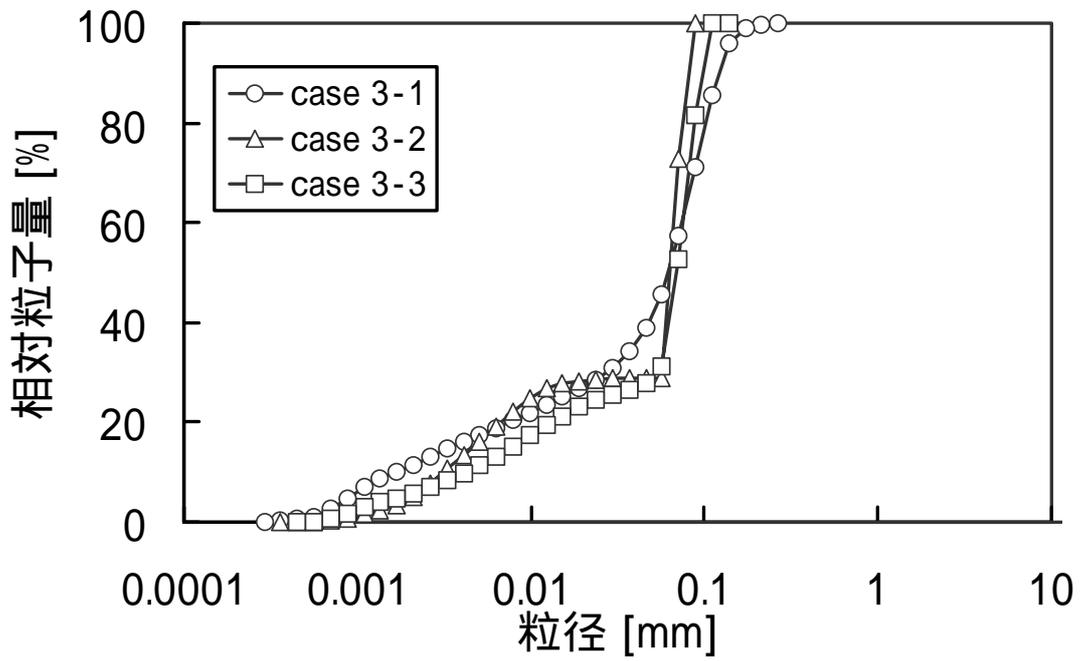


(a) case1 シリーズ

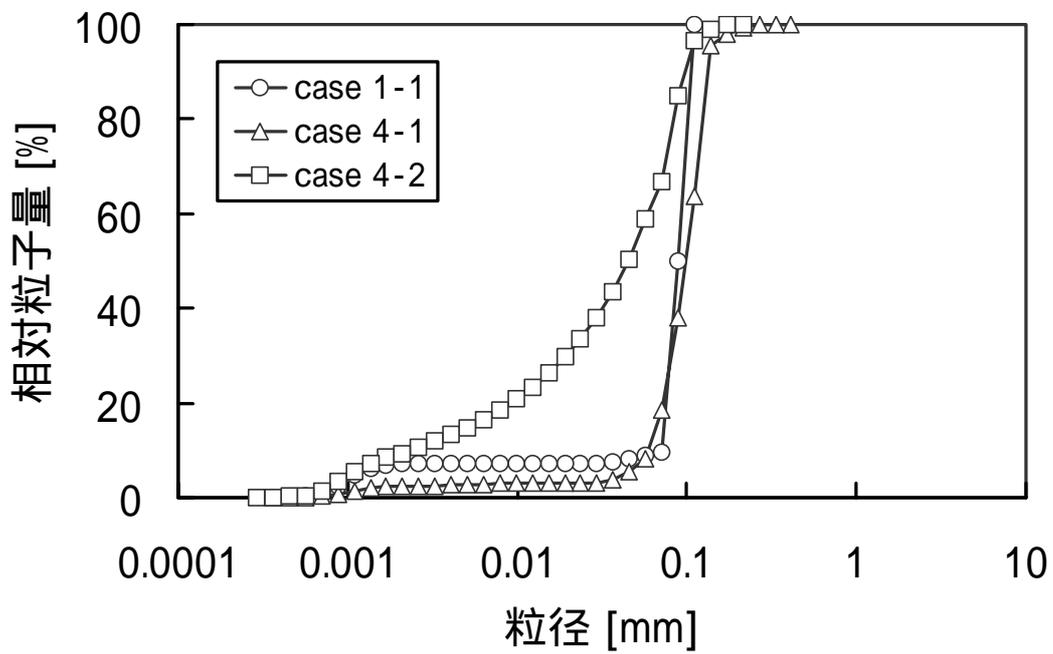


(b) case2 シリーズ

図 - 5 浮遊砂採取器内に堆積した土砂の粒度分布 ( 1 / 2 )



(C) case3 シリーズ



(D) case4 シリーズ

図 - 5 浮遊砂採取器内に堆積した土砂の粒度分布 ( 2 / 2 )

### 3. 考察

#### 3.1 流速（水路の勾配）が採取効率に及ぼす影響

図 - 6 は X 軸に流速、Y 軸に採取効率をプロットしたもので、表 - 1 に示した流水の土砂重量濃度毎に凡例を付けたものである。15000 ppm、8500 ppm、5000 ppm のいずれの場合においても、流速が速くなるほど、採取効率は高くなった。このような傾向が現れた理由は次のように考えられる。流速が速くなるほど、粒径の大きい土砂が流水に含まれるため、その土砂が浮遊砂採取器内に入ると沈降しやすくなる。その結果、より多くの土砂が本体部で沈降したため、採取効率が向上したと考えられる。

また、この傾向は既往研究成果<sup>4)</sup>と逆の現象である。既往研究成果では、流速が異なるケースであっても、浮遊砂採取器に流し込まれた土砂の粒度分布が一定であったため、実験のケースの間で土砂の沈降速度に差がなかった。その

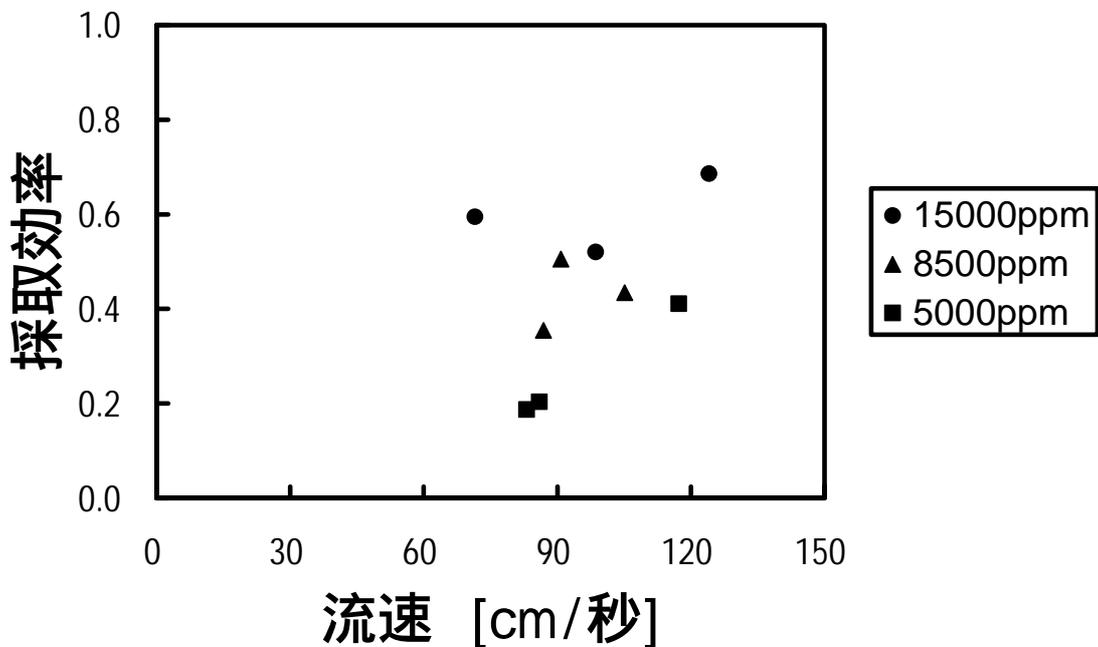


図 - 6 流水の速度と採取効率の関係

結果、流速が遅いほど、採取効率が高くなったと考えられる。一方、著者らの実験では、同一の粒度分布の土砂を水路内に投入したものの、水路の勾配が急なほど、粒径の大きい土砂が浮遊砂として流れたため、実験のケースの間で土砂の沈降速度に差が生じた。その結果、前述のように、流速が速いほど、採取効率が高くなったと考えられる。

実際の河川では、流速が速くなるほど、浮遊砂の粒径は大きくなると考えられることから、本実験の結果のような傾向が生じると考えられる。

### 3.2 土砂重量濃度が採取効率に及ぼす影響

図 - 7 は X 軸に土砂重量濃度、Y 軸に採取効率をプロットしたもので、表 - 1 に示した水路の勾配毎に凡例を付けたものである。1 / 50 , 1 / 100 , 1 / 200 のいずれの場合においても、流水中の土砂重量濃度が高くなるほど、

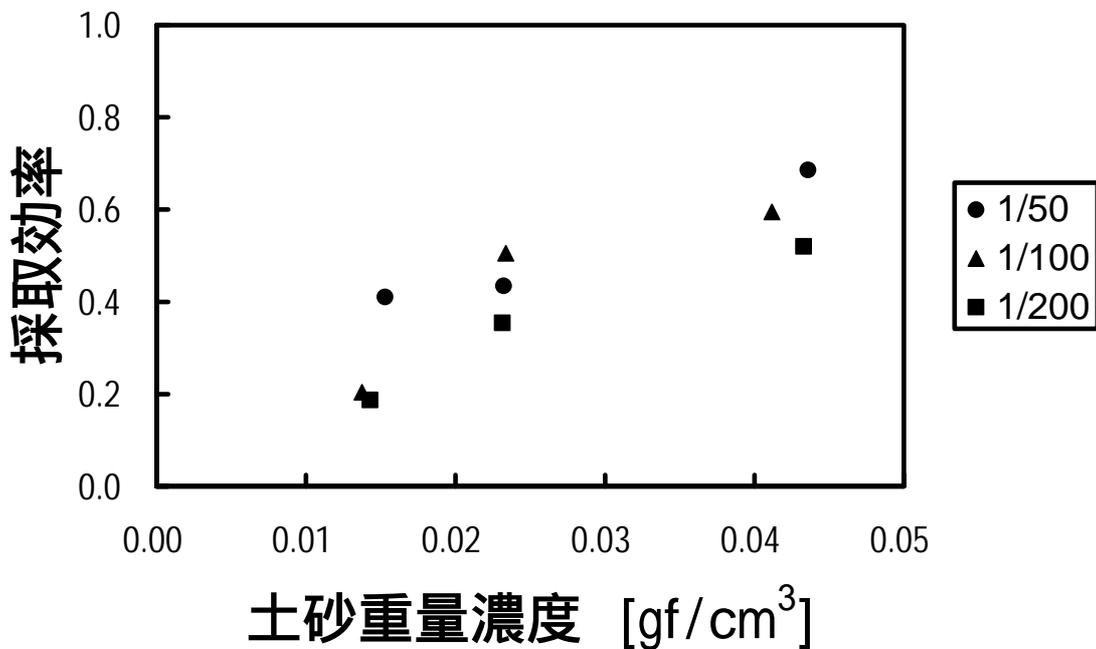


図 - 7 流水中の土砂重量濃度と採取効率の関係

採取効率は高くなった。土砂重量濃度が高いほど、流水中に含まれる、粒径の大きな土砂の絶対量が多くなり、浮遊砂採取器内に沈降した土砂量が多くなったと考えられる。特に、既往の文献<sup>4)</sup>でも指摘されているように、粒径の大きい土砂が沈降する際、その空隙に含まれる流水や土砂も同時に沈降する。そのため、土砂重量濃度が高くなるほど、採取効率が高くなったと考えられる。

### 3.3 採取時間が採取効率に及ぼす影響

図 - 8 は X 軸に採取時間、Y 軸に採取効率をプロットしたものである。浮遊砂採取器内が土砂で一杯にならないように、採取時間は決めたものである。今回の実験の条件下では、採取効率は採取時間に関係なく、概ね 0.55 ~ 0.65 の範囲に入っていた。

図 - 9 は case1-1、4-1、4-2 の各実験ケースにおける、観測終了時の堆砂域を示したものである。土砂は浮遊砂採取器内の上流側から堆積して堆砂肩を形成し、その堆砂肩が時間の経過に伴って下流側に伝播したことが分かる。このことから、浮遊砂採取器内の流速は堆砂肩の下流側において急激に遅くなったため、土砂が堆積したと推測される。また、浮遊砂採取器内に形成される死水域 ("Dead-zone") が採取効率に大きく影響を及ぼすことが報告されている<sup>4)</sup>。以上のことを勘案すると、今回の条件下では、浮遊砂採取器内の流速は堆砂肩の下流側で常に急激に遅くなっていたため、採取効率は採取時間に関係なく、概ね同じ値になったと考えられる。

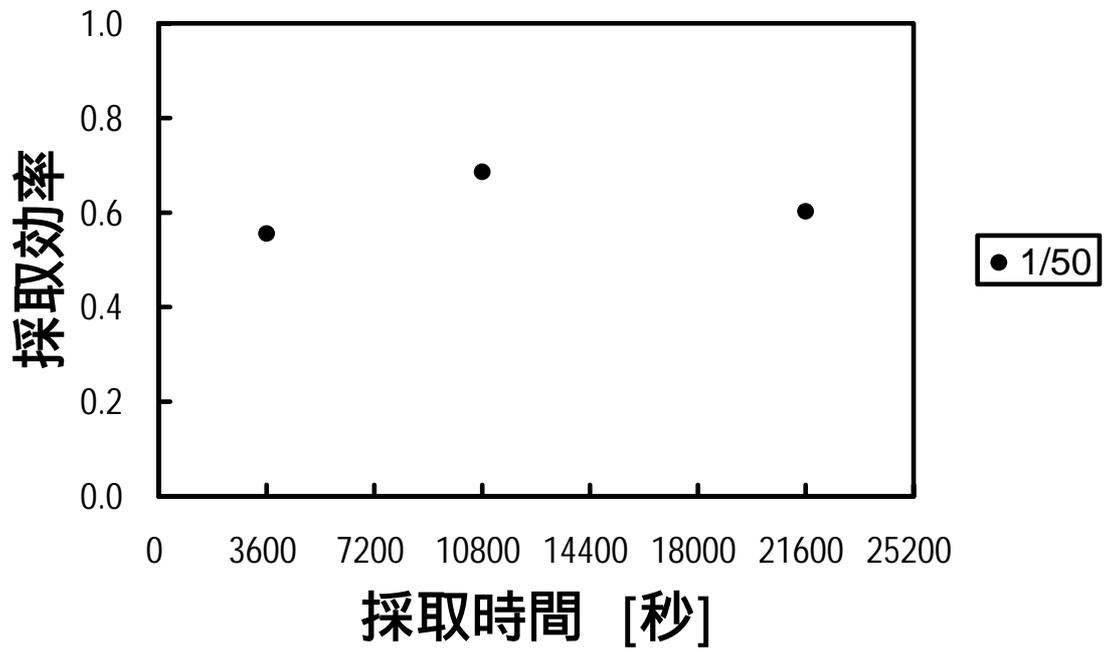
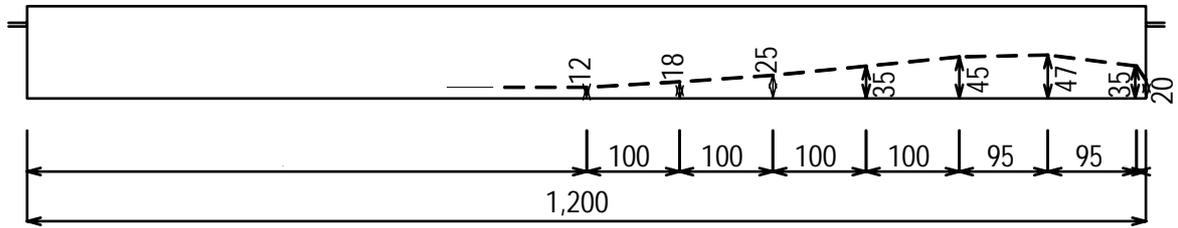
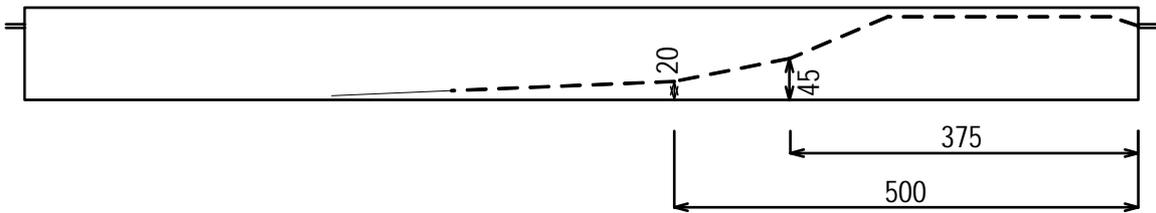


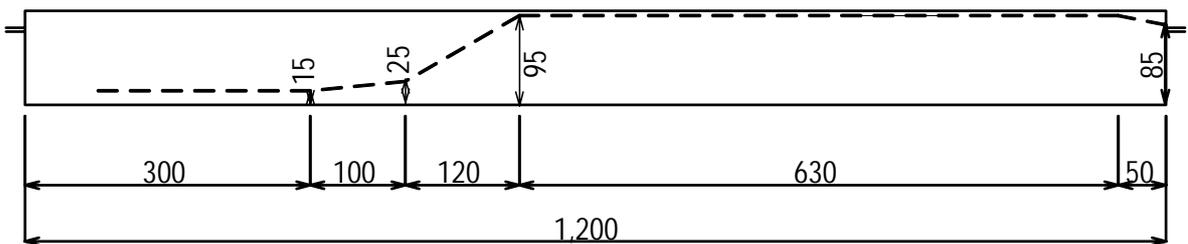
図 - 8 採取時間と採取効率の関係



(a) case 4-1 (採取時間 : 1 時間)



(b) case 1-1 (採取時間 : 3 時間)



(c) case 4-2 (採取時間 : 6 時間)

図 - 9 浮遊砂採取器内の堆砂状況

#### 4 . 結論

以上の実験結果を取りまとめると以下のようなになる。

- ( 1 ) 浮遊砂採取器 ( Time-integrated Sampler ) の採取効率は 0 . 1 8 7 ~ 0 . 6 8 7 となった。
- ( 2 ) 流水の流速が速くなるほど、採取効率は高くなった。
- ( 3 ) 流水の土砂重量濃度が高くなるほど、採取効率は高くなった。
- ( 4 ) 浮遊砂採取器の中が満砂しない間では、採取効率は採取時間に大きな影響を受けなかった。

#### 5 . おわりに

本研究では、小流域の溪流における浮遊砂量の計測用に開発された浮遊砂採取器 ( Time-integrated Sampler ) を、中・大流域の河川における浮遊砂の計測に適用することを目的として、その採取効率が流速と土砂重量濃度、採取時間から受ける影響を確認するために、水路実験を実施した。その結果、採取効率は流速が速くなるほど、また、土砂重量濃度が高くなるほど、向上することが分かった。特に、流速が速く、土砂重量濃度が高い場合には、採取効率が7割程度となった。

本実験で用いた浮遊砂採取器の大きさは実験水路の大きさなどから、小さい物となっている。今後は、実際の河川区間で観測するための、最適な大きさを検討していきたいと考えている。

本実験の実施に当り、筑波大学大学院の恩田助教授より多大なご協力とご助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 河川審議会総合政策委員会総合土砂管理小委員会(1998):「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」報告、17pp.
- 2) 国土交通省河川局砂防部砂防計画課、国土交通省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、北海開発局建設部河川計画課、各地方整備局河川部河川計画課、沖縄総合事務局開発建設部河川課、独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ(2002):流砂系における土砂移動実態に関する研究、平成15年度国土交通省国土技術研究会概要集
- 3) 例えば、水野秀明(2004):流砂系における土砂移動実態に関する研究、土木技術資料、vol.46, No.3, p.14-17
- 4) Phillips J. M., Russell M. A., and Walling D. E. (2000): Time-integrated sampling of fluvial suspended sediment: a simple methodology for small catchments, Hydro Process, 14, p.2589-2602

卷末資料

資料1 実験野帳

### 浮遊砂サンプラー機能検証実験 実験野帳

実験実施日:	2004/11/10	ポンプ始動日時:	2004/11/10 8:40
記入者:	原楨・古賀	ポンプ停止日時:	2004/11/10 16:52
実験case:	3-3		
水路勾配(目標):	1 / 200	土砂供給時間(1回目):	9:03 [ 1 袋]
水路勾配(実測):	3.6 / 1000 【トータルステーションによる計測】	土砂供給時間(2回目):	11:41 [ 2/3 袋]
濁度(目標):	LOW	土砂供給時間(3回目):	[ 袋]
濁度(実測):	4995.0 ~ 5673.5 (ppm) 【濁度計による計測】	土砂供給時間(4回目):	[ 袋]
濁度計計測ファイル名:	平成17年02月17日 case3-3.xls	土砂供給時間(5回目):	[ 袋]
サンプラー上流側水深:	20.0 (cm)	サンプラー採取開始日時:	2004/11/10 13:50
サンプラー下流側水深:	- (cm)	サンプラー採取終了日時:	2004/11/10 16:50

#### ピトー管 計測水深

計測日時	静圧管水位(cm)	動圧管水位(cm)
2004/11/10 13:52	69.0	72.5
2004/11/10 14:20	69.0	72.7
2004/11/10 14:50	69.1	72.5
2004/11/10 15:20	69.2	72.7
2004/11/10 15:50	69.3	72.8
2004/11/10 16:20	69.3	72.8
2004/11/10 16:50	-	-

注)

水位は0.1cm単位で記載する。

計測中ビデオ(DVD)で水位を撮影する。

時刻は濁度計の時刻を記入する。

### 浮遊砂サンプラー機能検証実験 実験野帳

実験実施日:	2004/11/11	ポンプ始動日時:	2004/11/11 8:49
記入者:	原楨・水野	ポンプ停止日時:	2004/11/11 14:49
実験case:	3-2		
水路勾配(目標):	1 / 100	土砂供給時間(1回目):	9:17 [ 1/3 袋]
水路勾配(実測):	9.8 / 1000 【トータルステーションによる計測】	土砂供給時間(2回目):	[ 袋]
濁度(目標):	LOW	土砂供給時間(3回目):	[ 袋]
濁度(実測):	4918.4 ~ 5245.5 (ppm) 【濁度計による計測】	土砂供給時間(4回目):	[ 袋]
濁度計計測ファイル名:	平成17年02月17日 case3-2.xls	土砂供給時間(5回目):	[ 袋]
サンプラー上流側水深:	21.0 (cm)	サンプラー採取開始日時:	2004/11/11 11:45
サンプラー下流側水深:	14.0 (cm)	サンプラー採取終了日時:	2004/11/11 14:45

#### ピトー管 計測水深

計測日時	静圧管水位(cm)	動圧管水位(cm)
2004/11/11 11:45	69.9	73.6
2004/11/11 12:24	69.8	73.7
2004/11/11 12:58	69.8	73.7
2004/11/12 13:17	69.4	73.0
2004/11/11 13:49	69.6	73.3
2004/11/11 14:15	69.8	73.6
2004/11/11 14:47	69.6	73.4

注)

水位は0.1cm単位で記載する。

計測中ビデオ(DVD)で水位を撮影する。

時刻は濁度計の時刻を記入する。

### 浮遊砂サンプラー機能検証実験 実験野帳

実験実施日:	2004/11/12	ポンプ始動日時:	2004/11/12 9:10	
記入者:	原楨・水野	ポンプ停止日時:	2004/11/12 17:01	
実験case:	3-1			
水路勾配(目標):	1 / 50	水供給時間(1回目):	11:18 ~ 11:40 【貯水槽満水】	
水路勾配(実測):	1 / 52.5	水供給時間(2回目):	13:14 ~ 13:35 【オーバーフロー】	
濁度(目標):	LOW	水供給時間(3回目):	13:40 ~ 13:46 【オーバーフロー】	
濁度(実測):	5246.3 ~ 5908.7 (ppm) 【濁度計による計測】	水供給時間(4回目):	[            ]	
濁度計計測ファイル名:	平成17年02月17日 case3-1.xls	水供給時間(5回目):	[            ]	
サンプラー上流側水深:		18.5 (cm)	サンプラー採取開始日時:	2004/11/12 14:00
サンプラー下流側水深:		13.0 (cm)	サンプラー採取終了日時:	2004/11/12 17:00

#### ピトー管 計測水深

計測日時	静圧管水位(cm)	動圧管水位(cm)
2004/11/12 14:00	69.3	76.8
2004/11/12 14:30	68.7	76.8
2004/11/12 15:04	69.3	75.0
2004/11/12 15:38	68.9	75.8
2004/11/12 16:09	69.2	76.2
2004/11/12 16:30	68.8	76.2
2004/11/12 17:00	69.0	75.6

注)

水位は0.1cm単位で記載する。

計測中ビデオ(DVD)で水位を撮影する。

時刻は濁度計の時刻を記入する。

### 浮遊砂サンプラー機能検証実験 実験野帳

実験実施日:	2004/11/15	ポンプ始動日時:	2004/11/15 9:47
記入者:	原楨・古賀	ポンプ停止日時:	2004/11/15 16:51
実験case:	2-1		
水路勾配(目標):	1 / 50	土砂供給時間(1回目):	9:59 [ 1 袋]
水路勾配(実測):	1 / 52.5	水供給時間(1回目):	13:14 ~ 13:35 [ 満水]
濁度(目標):	MIDDLE	土砂供給時間(2回目):	10:37 [ 1/2 袋]
濁度(実測):	8085.9 ~ 8922.4 (ppm) 【濁度計による計測】		
濁度計計測ファイル名:	平成17年02月17日 case2-1.xls		
		- 供給時間(-回目):	[ ]
		- 供給時間(-回目):	[ ]
サンプラー上流側水深:	18.0 (cm)	サンプラー採取開始日時:	2004/11/15 13:47
サンプラー下流側水深:	13.0 (cm)	サンプラー採取終了日時:	2004/11/15 16:47

#### ピトー管 計測水深

計測日時	静圧管水位(cm)	動圧管水位(cm)
2004/11/15 13:48	69.6	75.3
2004/11/15 14:15	69.5	74.4
2004/11/15 14:46	69.0	75.3
2004/11/15 15:11	69.3	75.0
2004/11/15 15:51	69.5	74.9
2004/11/15 16:18	69.0	74.8
-	-	-

注)

水位は0.1cm単位で記載する。

計測中ビデオ(DVD)で水位を撮影する。

時刻は濁度計の時刻を記入する。

### 浮遊砂サンプラー機能検証実験 実験野帳

実験実施日:	2004/11/16	ポンプ始動日時:	2004/11/16 9:06
記入者:	原楨	ポンプ停止日時:	2004/11/16 14:59
実験case:	2-2		
水路勾配(目標):	1 / 100	土砂供給時間(1回目):	9:19 [ 1/2 袋]
水路勾配(実測):	9.8 / 1000	- 供給時間(-回目):	[ ]
濁度(目標):	MIDDLE	- 供給時間(-回目):	[ ]
濁度(実測):	7989.1 ~ 9119.0 (ppm) 【濁度計による計測】	- 供給時間(-回目):	[ ]
濁度計計測ファイル名:	平成17年02月17日 case2-2.xls	- 供給時間(-回目):	[ ]
サンプラー上流側水深:	20.5 (cm)	サンプラー採取開始日時:	2004/11/16 11:51
サンプラー下流側水深:	13.5 (cm)	サンプラー採取終了日時:	2004/11/16 14:55

#### ピトー管 計測水深

計測日時	静圧管水位(cm)	動圧管水位(cm)
2004/11/16 11:52	69.6	73.8
2004/11/16 12:27	69.7	73.8
2004/11/16 12:56	69.7	73.9
2004/11/16 13:22	69.7	74.0
2004/11/16 13:51	69.6	73.8
2004/11/16 14:21	69.5	73.8
2004/11/16 14:57	69.3	73.4

注)

水位は0.1cm単位で記載する。

計測中ビデオ(DVD)で水位を撮影する。

時刻は濁度計の時刻を記入する。

### 浮遊砂サンプラー機能検証実験 実験野帳

実験実施日:	2004/11/17	ポンプ始動日時:	2004/11/17 9:54
記入者:	原楨	ポンプ停止日時:	2004/11/17 16:46
実験case:	2-3		
水路勾配(目標):	1 / 200	土砂供給時間(1回目):	10:10 [ 1/4 袋]
水路勾配(実測):	3.6 / 1000 【トータルステーションによる計測】	- 供給時間(-回目):	10:15 [ 1/4 袋]
濁度(目標):	MIDDLE	- 供給時間(-回目):	13:00 [ 1/4 袋]
濁度(実測):	8005.4 ~ 9020.9 (ppm) 【濁度計による計測】	- 供給時間(-回目):	[            ]
濁度計計測ファイル名:	平成17年02月17日 case2-3.xls	- 供給時間(-回目):	[            ]
サンプラー上流側水深:	20.5 (cm)	サンプラー採取開始日時:	2004/11/17 13:35
サンプラー下流側水深:	14.5 (cm)	サンプラー採取終了日時:	2004/11/17 16:43

#### ピトー管 計測水深

計測日時	静圧管水位(cm)	動圧管水位(cm)
2004/11/17 13:36	69.1	73.2
2004/11/17 14:10	69.1	73.0
2004/11/17 14:38	69.0	72.8
2004/11/17 15:10	69.0	72.8
2004/11/17 15:43	68.8	72.6
2004/11/17 16:11	68.9	72.6
-	-	-

注)

水位は0.1cm単位で記載する。

計測中ビデオ(DVD)で水位を撮影する。

時刻は濁度計の時刻を記入する。

### 浮遊砂サンプラー機能検証実験 実験野帳

実験実施日:	2004/11/18	ポンプ始動日時:	2004/11/18 9:00	
記入者:	原楨	ポンプ停止日時:	2004/11/18 14:30	
実験case:	1-1			
水路勾配(目標):	1 / 50	土砂供給時間(1回目):	9:05 [ 5/4 袋]	
水路勾配(実測):	1 / 52.5	水供給時間(1回目):	9:05 ~ 9:23 [ 満水]	
濁度(目標):	HIGH	土砂供給時間(2回目):	10:47 [ 1/4 袋]	
濁度(実測):	14851.0 ~ 17084.9 (ppm) 【濁度計による計測】		水供給時間(2回目):	10:28 ~ 10:35 【オーバーフロー】
濁度計計測ファイル名:	平成17年02月17日 case1-1.xls		- 供給時間(- 回目):	[ ]
サンプラー上流側水深:	18.5 (cm)	サンプラー採取開始日時:	2004/11/18 11:24	
サンプラー下流側水深:	13.5 (cm)	サンプラー採取終了日時:	2004/11/18 14:25	

#### ピトー管 計測水深

計測日時	静圧管水位(cm)	動圧管水位(cm)
2004/11/18 11:25	67.8	76.0
2004/11/18 12:04	68.5	76.0
2004/11/18 12:26	68.5	76.0
2004/11/18 12:56	68.7	76.2
2004/11/18 13:33	68.4	76.1
2004/11/18 13:40	68.0	76.1
2004/11/18 14:25	67.7	76.2

注)

水位は0.1cm単位で記載する。

計測中ビデオ(DVD)で水位を撮影する。

時刻は濁度計の時刻を記入する。

### 浮遊砂サンプラー機能検証実験 実験野帳

実験実施日:	2004/11/19	ポンプ始動日時:	2004/11/19 7:40
記入者:	原楨	ポンプ停止日時:	2004/11/19 11:52
実験case:	1-2		
水路勾配(目標):	1 / 100	土砂供給時間(1回目):	7:51 [ 1/4 袋]
水路勾配(実測):	9.8 / 1000	水供給時間(1回目):	7:58 [ 1/2 袋]
濁度(目標):	HIGH	- 供給時間(-回目):	[ ]
濁度(実測):	14238.6 ~ 16805.6 (ppm) 【濁度計による計測】		
濁度計計測ファイル名:	平成17年02月17日 case1-2.xls		
		- 供給時間(-回目):	[ ]
		- 供給時間(-回目):	[ ]
サンプラー上流側水深:	20.0 (cm)	サンプラー採取開始日時:	2004/11/19 8:46
サンプラー下流側水深:	14.0 (cm)	サンプラー採取終了日時:	2004/11/19 11:46

#### ピトー管 計測水深

計測日時	静圧管水位(cm)	動圧管水位(cm)
2004/11/19 8:47	68.9	73.5
2004/11/19 9:15	69.0	72.0
2004/11/19 9:45	69.0	71.3
2004/11/19 10:14	69.0	71.2
2004/11/19 11:46	69.0	71.2
2004/11/19 11:23	69.0	71.2
2004/11/19 11:42	69.1	71.2

注)

水位は0.1cm単位で記載する。

計測中ビデオ(DVD)で水位を撮影する。

時刻は濁度計の時刻を記入する。

### 浮遊砂サンプラー機能検証実験 実験野帳

実験実施日:	2004/11/19	ポンプ始動日時:	2004/11/19 14:37
記入者:	福嶋・原楨	ポンプ停止日時:	2004/11/19 19:27
実験case:	1-3		
水路勾配(目標):	1 / 200	土砂供給時間(1回目):	14:54 [ 1/2 袋]
水路勾配(実測):	3.6 / 1000 【トータルステーションによる計測】	水供給時間(1回目):	15:56 [ 1/4 袋]
濁度(目標):	HIGH	- 供給時間(- 回目):	[ ]
濁度(実測):	14811.9 ~ 16904.8 (ppm) 【濁度計による計測】	- 供給時間(- 回目):	[ ]
濁度計計測ファイル名:	平成17年02月17日 case1-3.xls	- 供給時間(- 回目):	[ ]
サンプラー上流側水深:	21.0 (cm)	サンプラー採取開始日時:	2004/11/19 16:20
サンプラー下流側水深:	14.5 (cm)	サンプラー採取終了日時:	2004/11/19 19:20

#### ピトー管 計測水深

計測日時	静圧管水位(cm)	動圧管水位(cm)
2004/11/19 16:21	68.4	73.3
2004/11/19 16:54	68.4	73.3
2004/11/19 17:20	68.2	73.3
2004/11/19 18:00	68.2	73.2
2004/11/19 18:20	68.2	73.2
2004/11/19 18:50	68.3	73.2
2004/11/19 19:16	68.3	73.2

注)

水位は0.1cm単位で記載する。

計測中ビデオ(DVD)で水位を撮影する。

時刻は濁度計の時刻を記入する。

### 浮遊砂サンプラー機能検証実験 実験野帳

実験実施日:	2004/11/23	ポンプ始動日時:	2004/11/23 14:27
記入者:	原楨	ポンプ停止日時:	2004/11/23 16:24
実験case:	4-1		
水路勾配(目標):	1 / 50	土砂供給時間(1回目):	14:28 [ 1/2 袋]
水路勾配(実測):	1 / 52.5	水供給時間(1回目):	14:30 [ 満水]
濁度(目標):	HIGH	- 供給時間(-回目):	[ ]
濁度(実測):	15996.9 ~ 17704.9 (ppm) 【濁度計による計測】		
濁度計計測ファイル名:	平成17年02月17日 case4-1.xls		
		- 供給時間(-回目):	[ ]
		- 供給時間(-回目):	[ ]
サンプラー上流側水深:	18.0 (cm)	サンプラー採取開始日時:	2004/11/23 15:20
サンプラー下流側水深:	13.0 (cm)	サンプラー採取終了日時:	2004/11/23 16:20

#### ピトー管 計測水深

計測日時	静圧管水位(cm)	動圧管水位(cm)
2004/11/23 15:22	68.7	75.2
2004/11/23 15:42	68.5	75.5
2004/11/23 16:00	68.7	75.5
2004/11/23 16:20	68.7	75.7

注)

水位は0.1cm単位で記載する。

計測中ビデオ(DVD)で水位を撮影する。

時刻は濁度計の時刻を記入する。

### 浮遊砂サンプラー機能検証実験 実験野帳

実験実施日:	2004/11/24	ポンプ始動日時:	2004/11/24 14:37	
記入者:	福嶋・原楨	ポンプ停止日時:	2004/11/25 19:40	
実験case:	4-2			
水路勾配(目標):	1 / 50	土砂供給時間(1回目):	10:04 [ 3/4 袋]	
水路勾配(実測):	1 / 52.5	【トータルステーションによる計測】	- 供給時間(-回目):	10:04 [ 満水]
濁度(目標):	HIGH		- 供給時間(-回目):	[ ]
濁度(実測):	13171.4 ~ 16605.8 (ppm) 【濁度計による計測】		- 供給時間(-回目):	[ ]
濁度計計測ファイル名:	平成17年02月17日 case4-2.xls		- 供給時間(-回目):	[ ]
サンプラー上流側水深:	18.0 (cm)	サンプラー採取開始日時:	2004/11/24 13:30	
サンプラー下流側水深:	13.0 (cm)	サンプラー採取終了日時:	2004/11/24 19:32	

#### ピトー管 計測水深

計測日時	静圧管水位(cm)	動圧管水位(cm)
2004/11/24 13:30	68.9	75.6
2004/11/24 14:00	69.0	75.6
2004/11/24 14:32	69.2	75.6
2004/11/24 15:00	68.8	75.6
2004/11/24 15:32	68.9	75.7
2004/11/24 16:01	68.5	76.7
2004/11/24 16:35	68.7	76.7
2004/11/24 17:00	68.2	75.7
2004/11/24 17:28	68.8	75.7
2004/11/24 18:09	67.8	75.6
2004/11/24 18:30	67.7	75.5
2004/11/24 19:02	68.0	75.6
2004/11/24 19:28	67.5	75.0

注)  
 水位は0.1cm単位で記載する。  
 計測中ビデオ(DVD)で水位を撮影する。  
 時刻は濁度計の時刻を記入する。

資料2 レーザーカウンターの結果

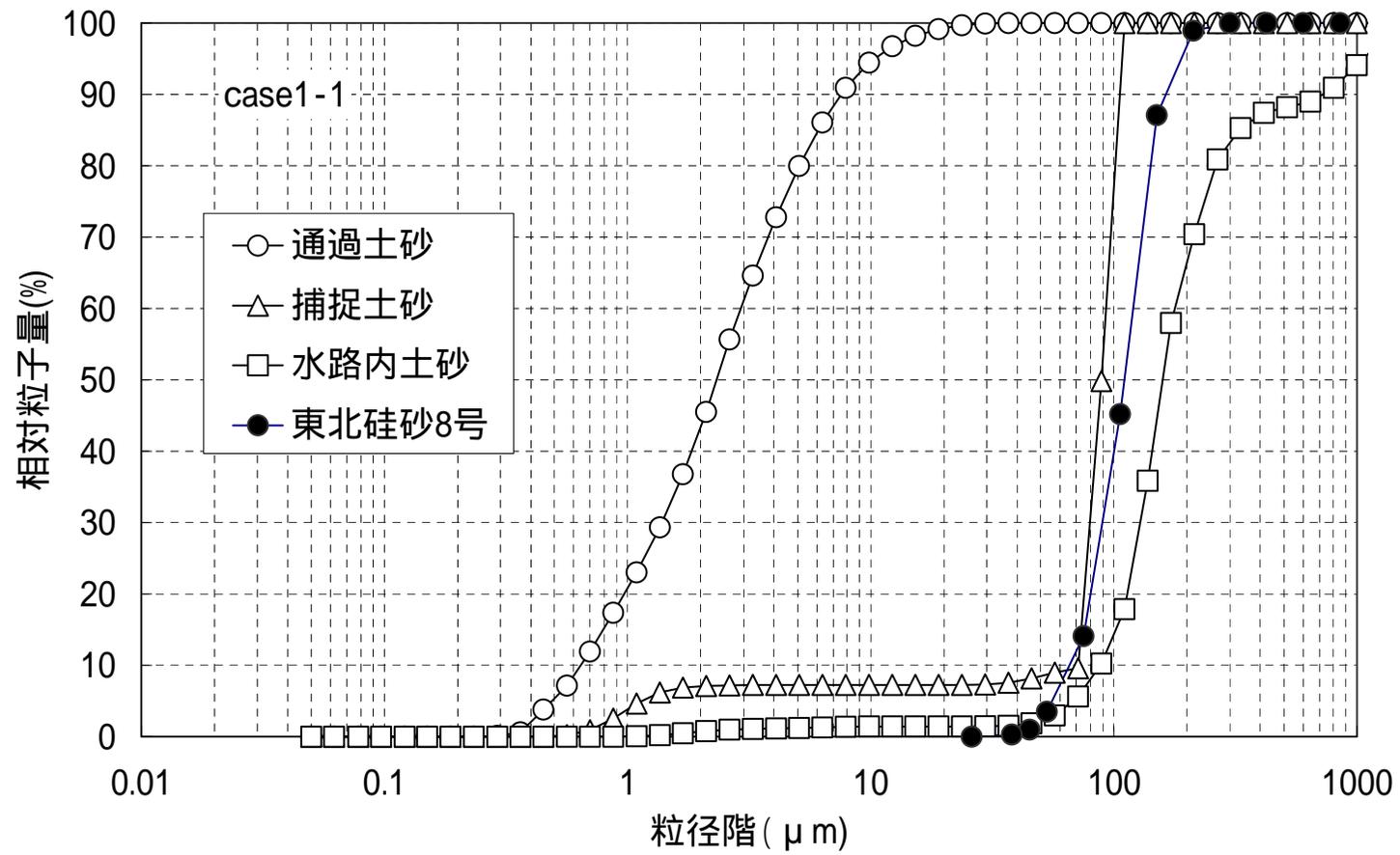


図-2.1 土砂の粒度分布 (case1-1)

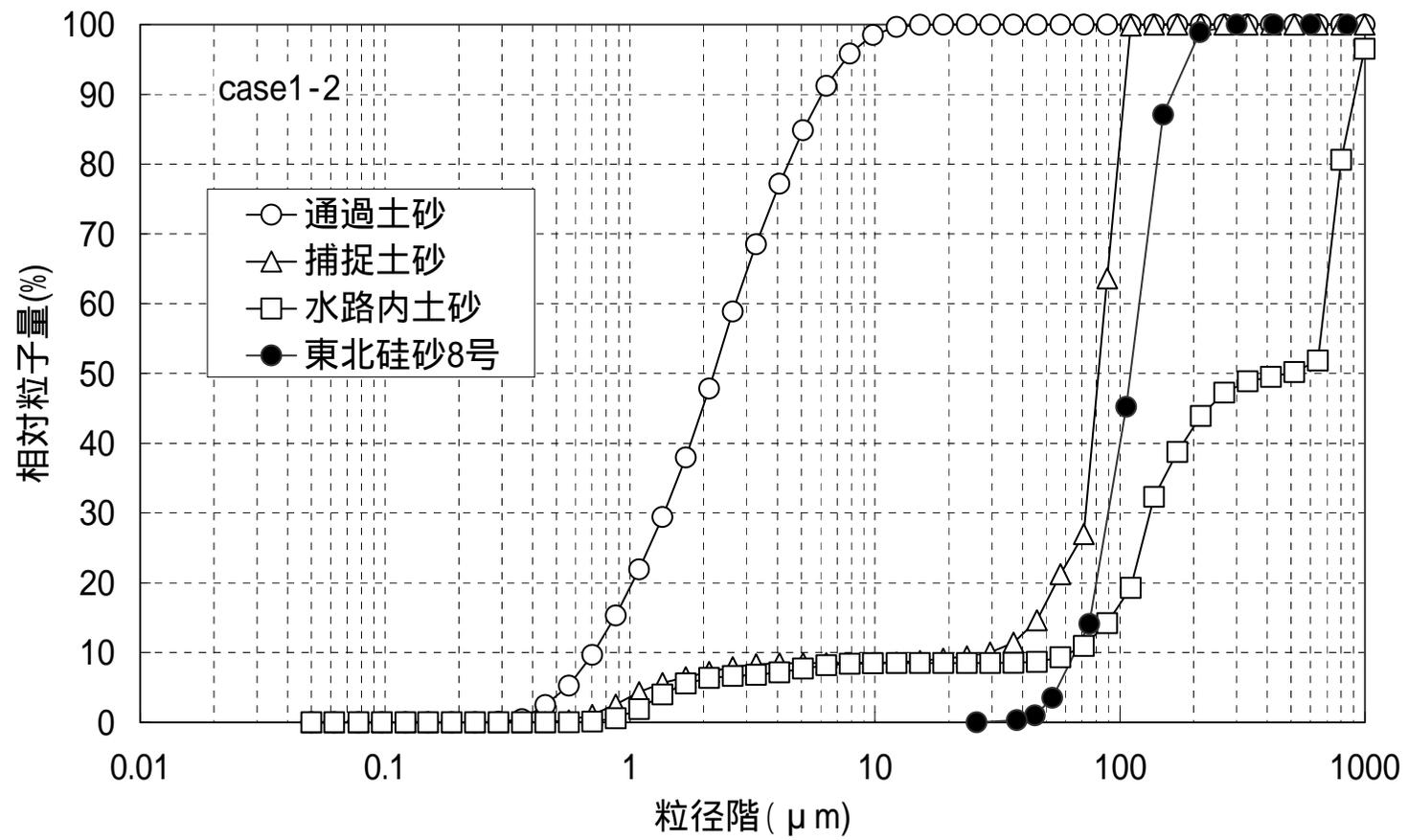


図-2.2 土砂の粒度分布 (case1-2)

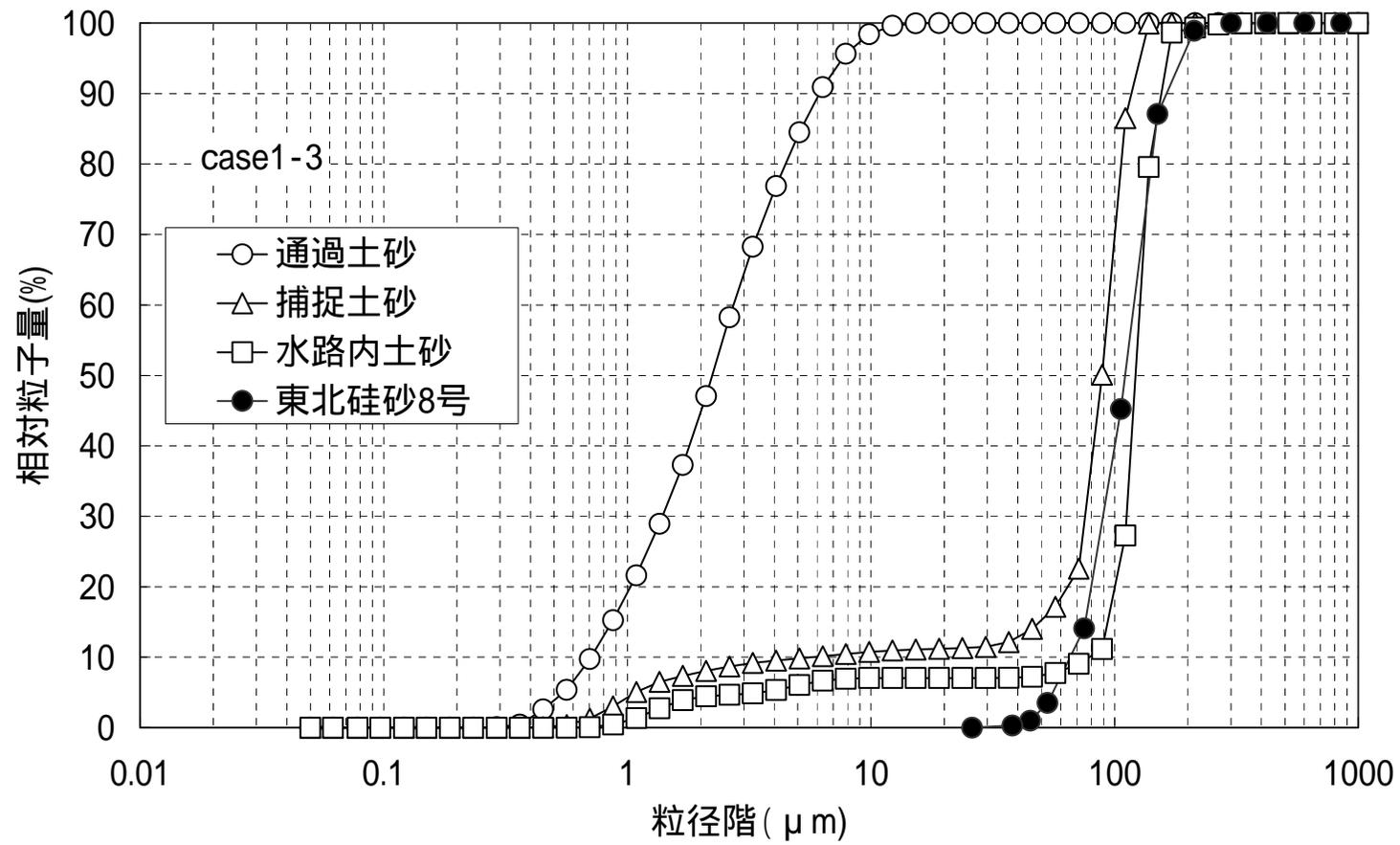


図-2.3 土砂の粒度分布 (case1-3)

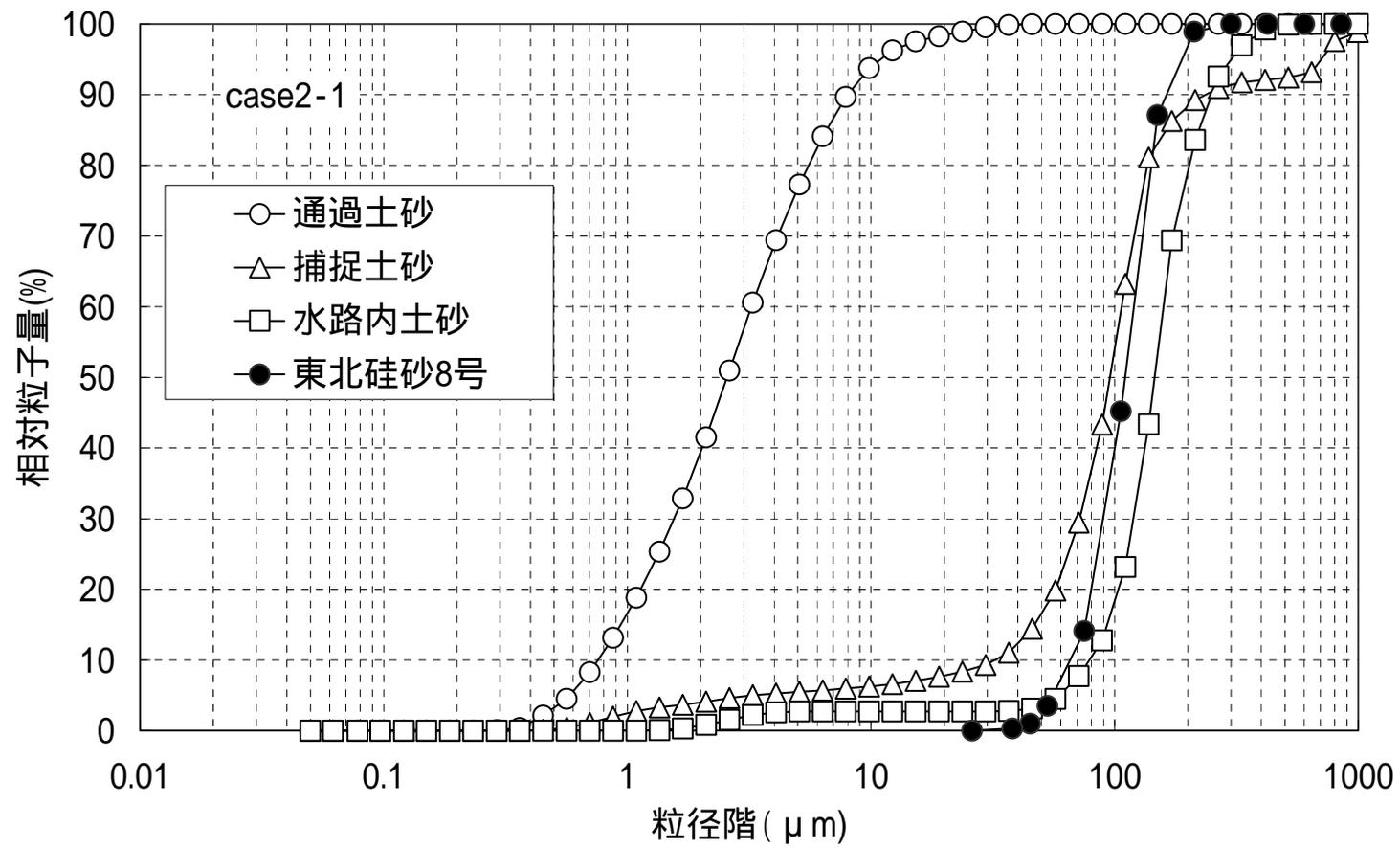


図-2.4 土砂の粒度分布 (case2-1)

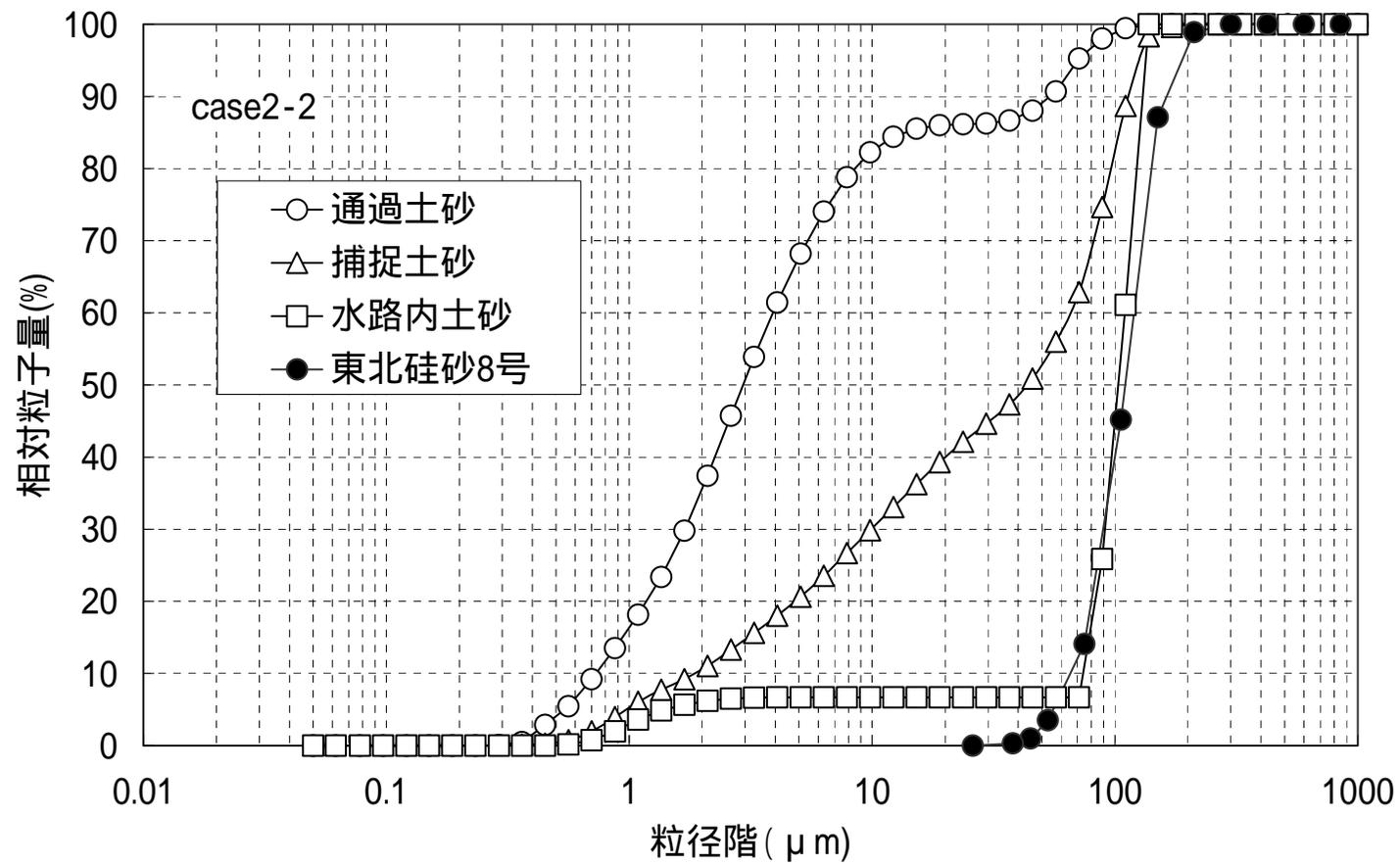


図-2.5 土砂の粒度分布 (case2-2)

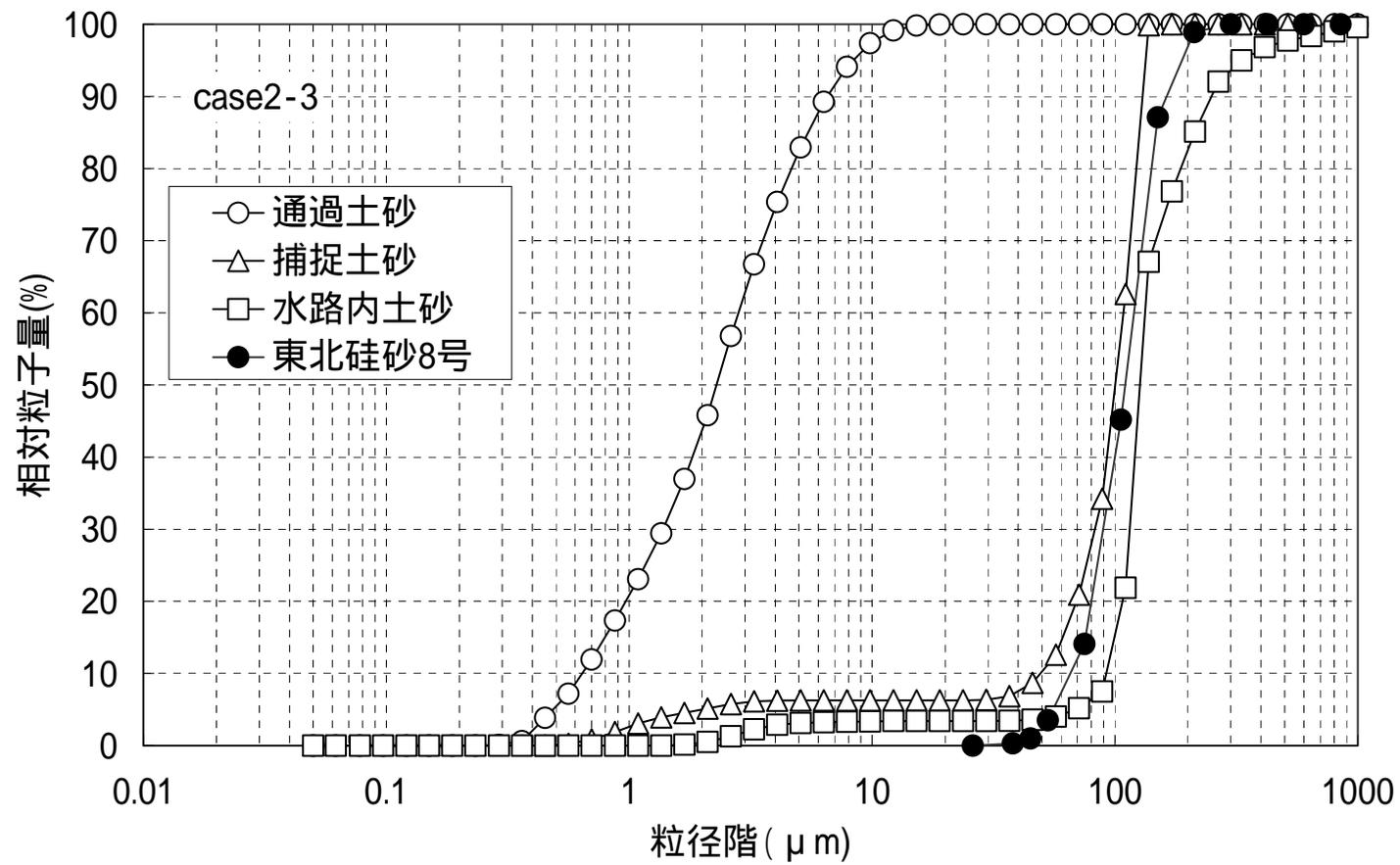


図-2.6 土砂の粒度分布 (case2-3)

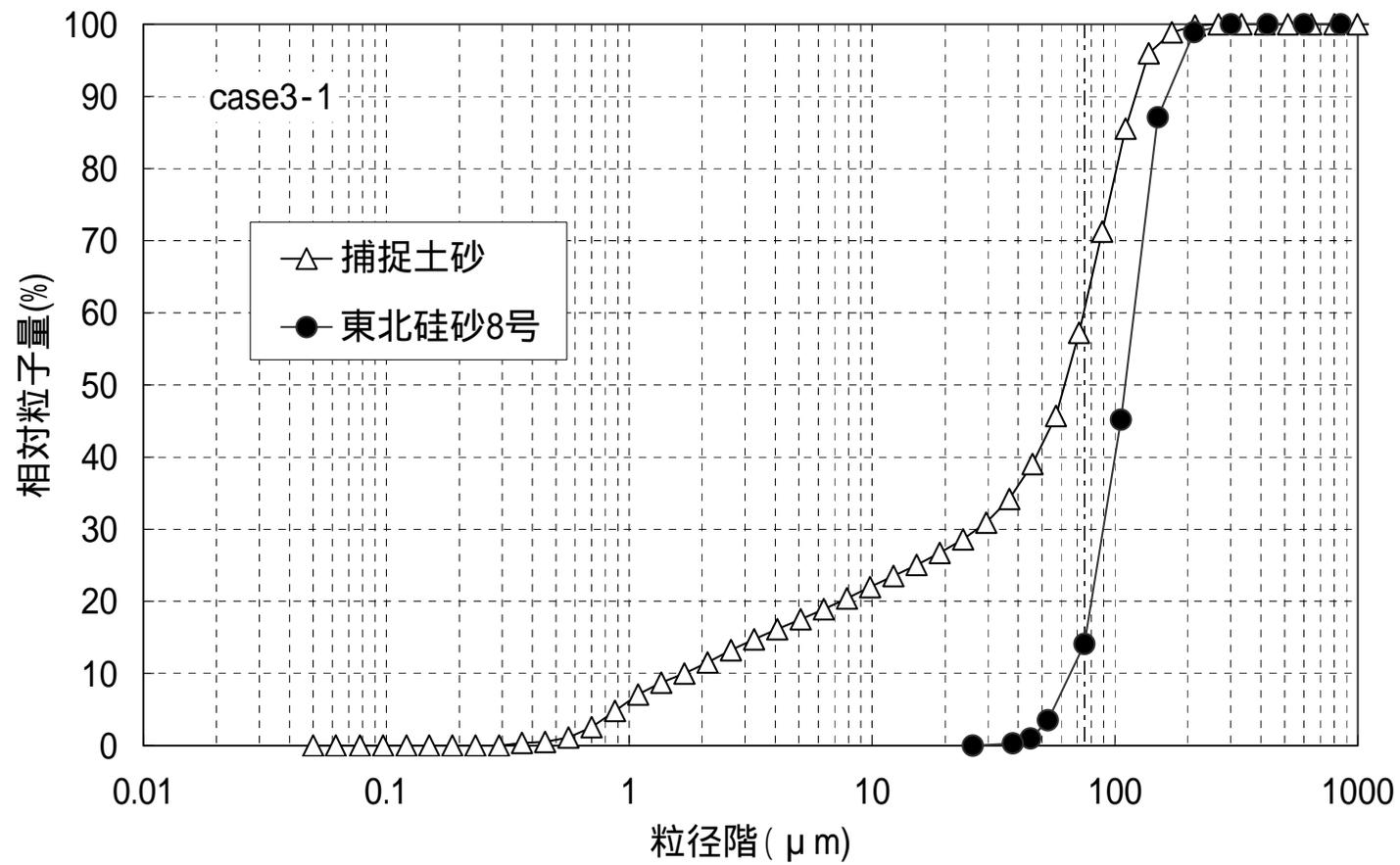


図-2.7 土砂の粒度分布 (case3-1)

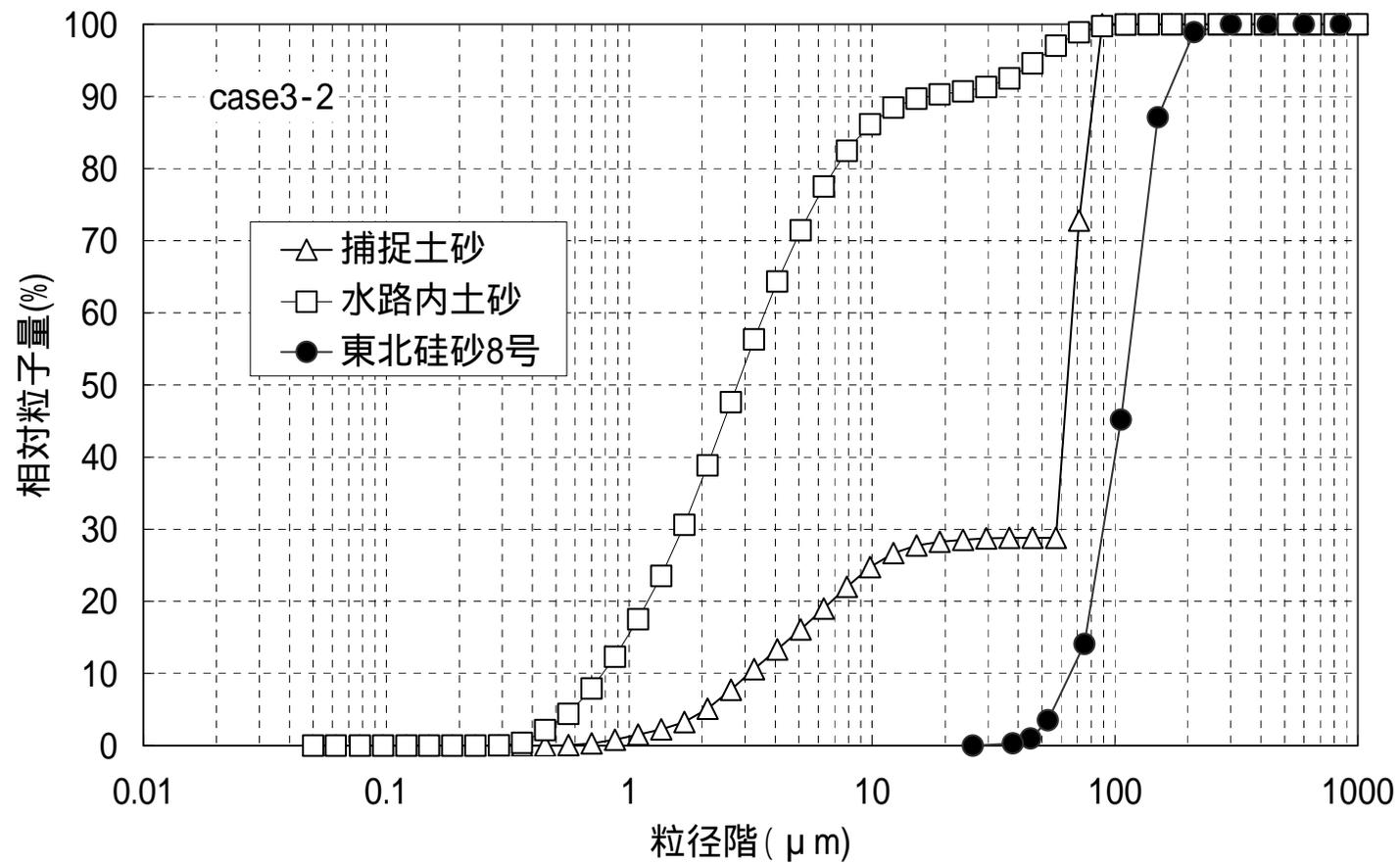


図-2.8 土砂の粒度分布 (case3-2)

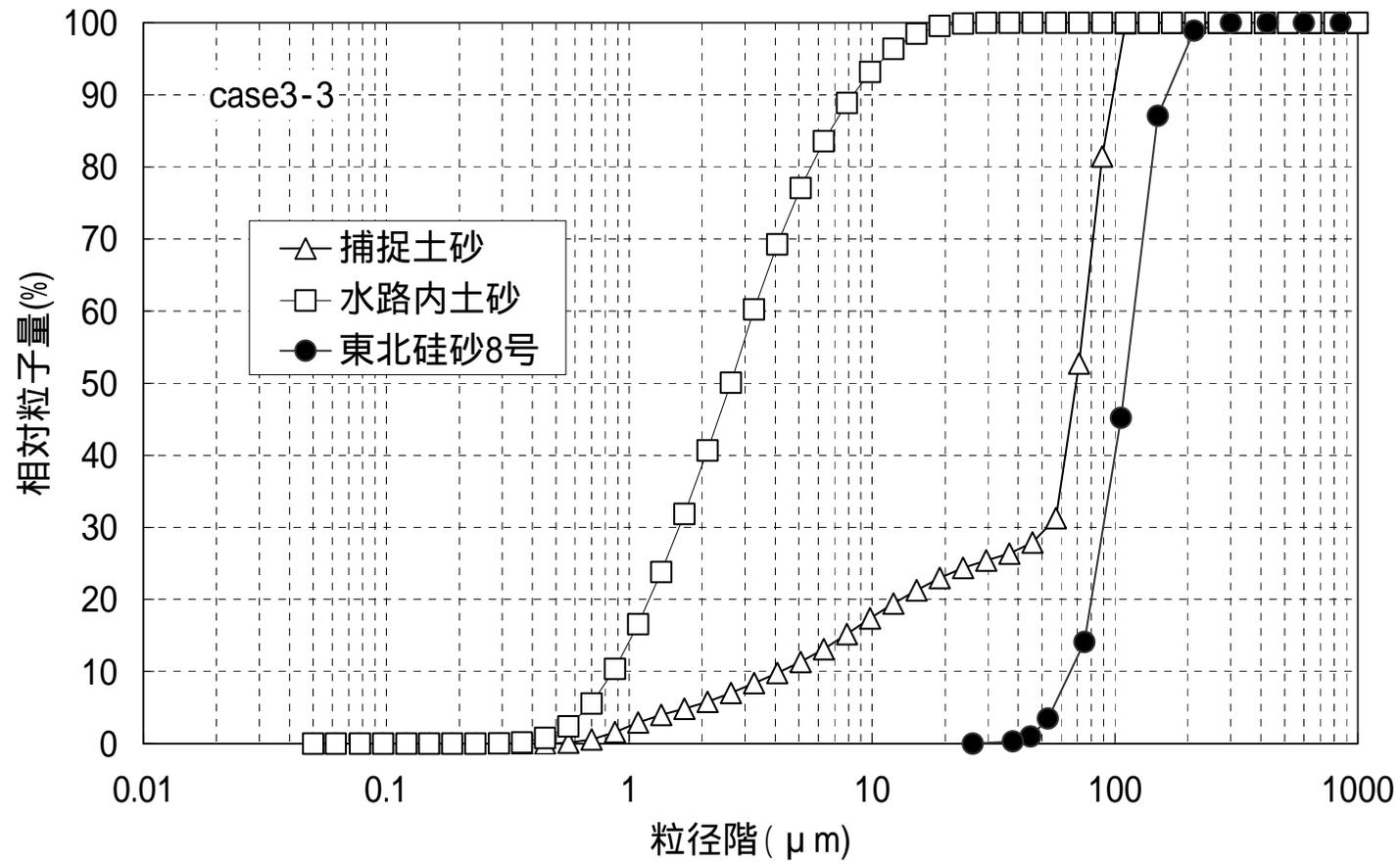


図-2.9 土砂の粒度分布 (case3-3)

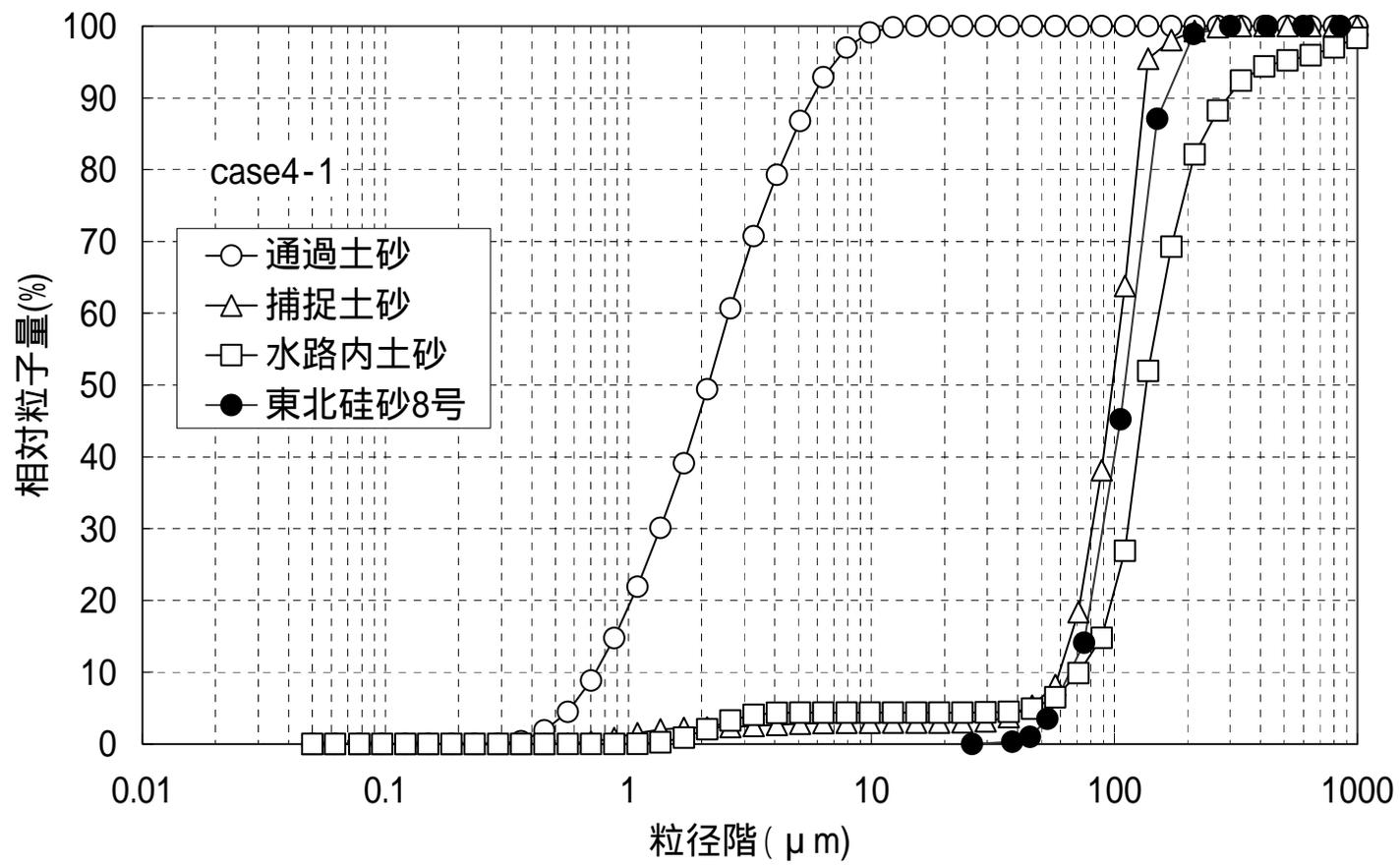


図-2.10 土砂の粒度分布 (case4-1)

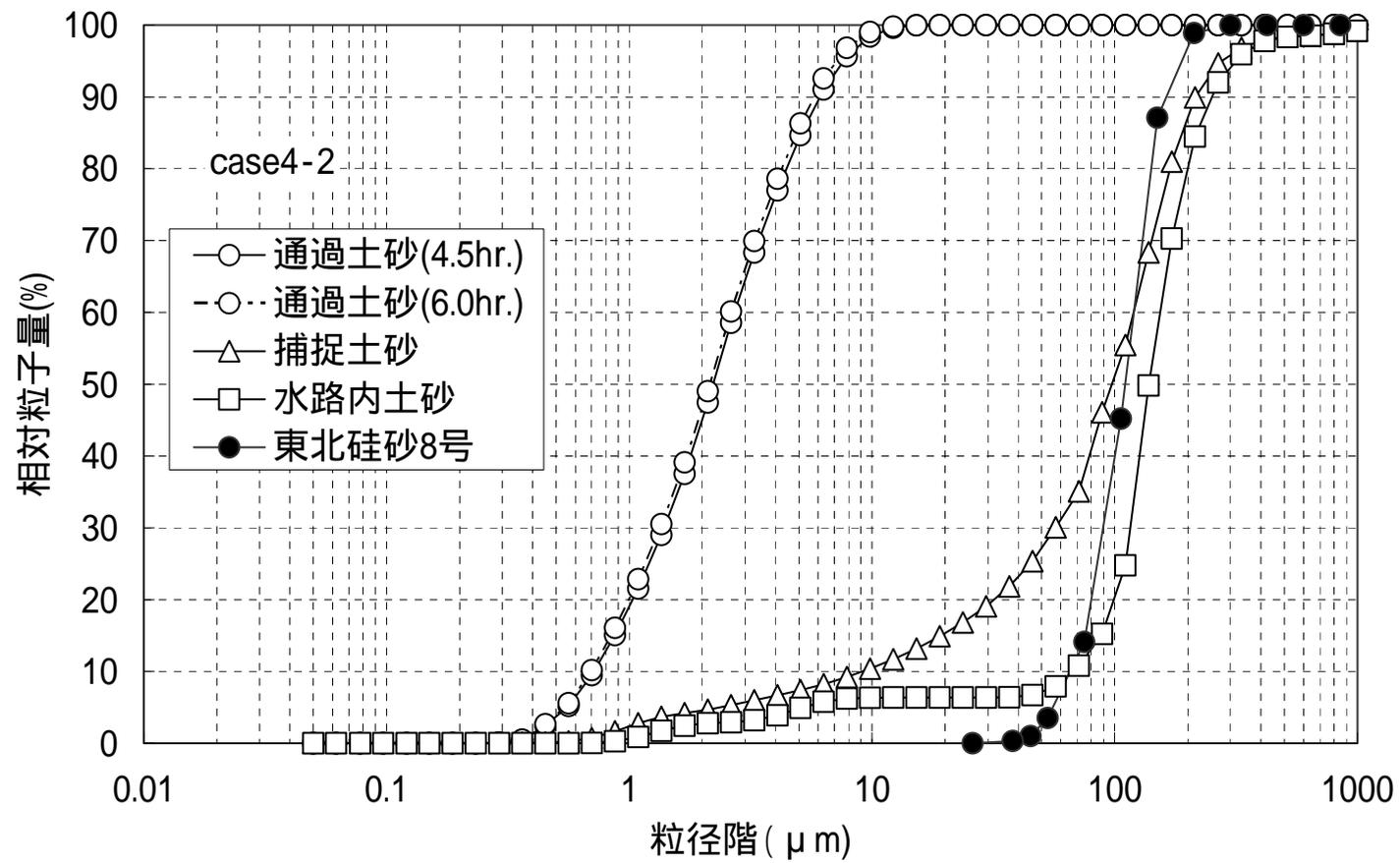


図-2.11 土砂の粒度分布 (case4-2)

資料3 東北珪砂 8号キャリブレーション資料

### キャリブレーション実施方法

キャリブレーションに使用した水と土砂の量を表-3.1 に示す。

実験で使用した水は水道水、土砂は水路実験で使用した東北硅砂 8 号を使用した。

あらかじめ計測した水と土砂を 1L ビーカーに入れ、マグネチックスターラー(写真-3.1)で攪拌しながら、ビーカー内の土砂濃度を濁度計で 3 分間計測した。

キャリブレーションから得られた電圧と土砂濃度の関係を図-3.1~3.3 に示す。

表-3.1 東北硅砂 8 号キャリブレーション一覧表

No.	水量	土砂重量	土砂容量	土砂濁度	土砂重量濃度	土砂濃度	土砂容積濃度	電圧	備考
-	V1(cm3)	t(g)	(cm3)	(ppm)	gf/cm3	(%)	(%)	(V)	-
1	1000	5.00	1.852	1,848	0.0050	0.185	0.002	0.565	
2	1000	10.00	3.704	3,690	0.0100	0.369	0.004	0.721	
3	1000	20.00	7.407	7,353	0.0200	0.735	0.007	1.465	
4	1000	40.00	14.815	14,599	0.0400	1.460	0.015	3.498	
5	1000	45.00	16.667	16,393	0.0450	1.639	0.017	4.535	



写真-3.1 キャリブレーション実施状況写真

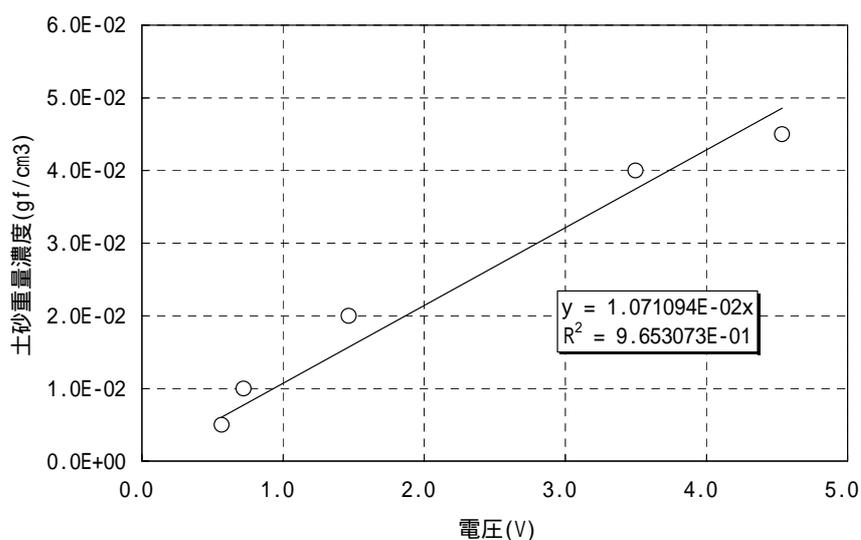


図-3.1 電圧(V) - 土砂重量濃度(gf/cm³)の関係図

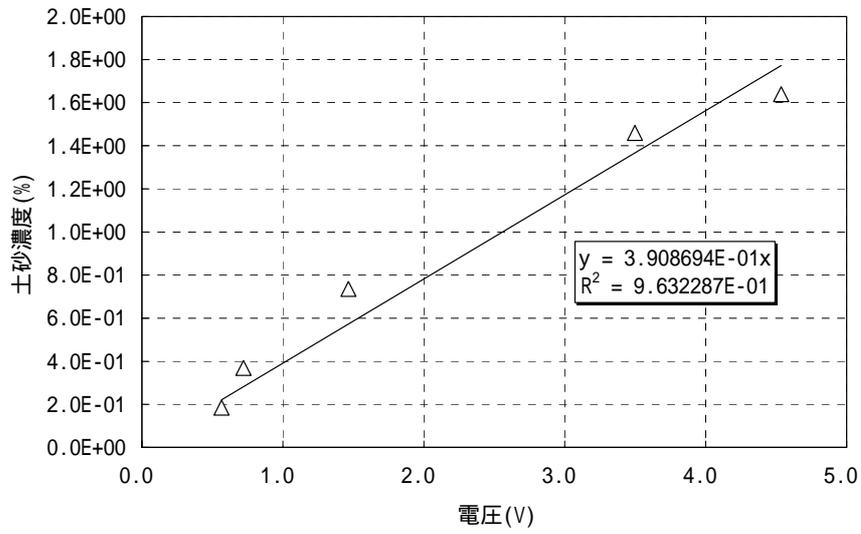


図-3.2 電圧(V) - 土砂濃度(%)の関係図

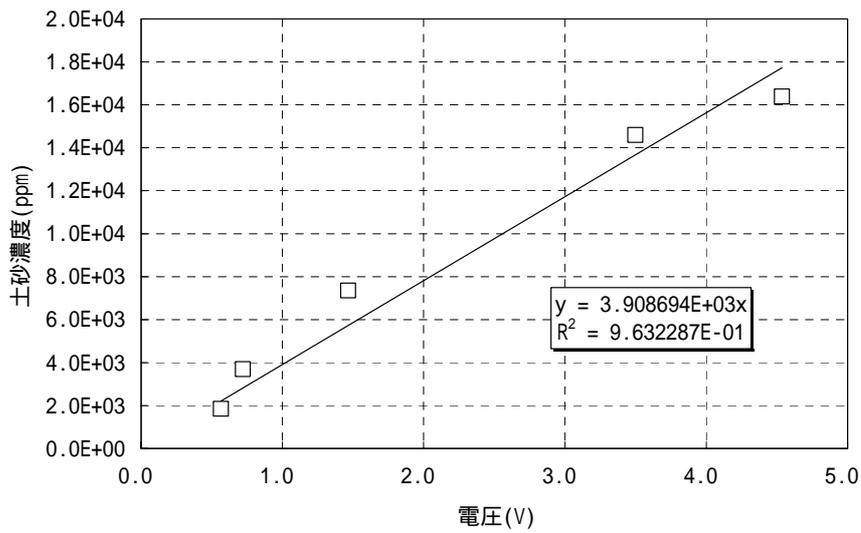


図-3.3 電圧 - 土砂濃度(ppm)の関係図

以上より、

$$V_c = 1.071094 \times 10^{-2} x \dots\dots\dots (1)$$

$$c = 3.908694 \times 10^{-1} x \dots\dots\dots (2)$$

$$c_p = 3.908694 \times 10^3 x \dots\dots\dots (3)$$

式(1) ~ (3)が成り立つ。

ここで、 $V_c$  : 土砂重量濃度(gf/cm<sup>3</sup>)、 $x$  : 電圧(V)、 $c$  : 土砂濃度(%)、 $c_p$  : 土砂濃度(ppm)

である。

#### 資料4 計測時間内の土砂濃度

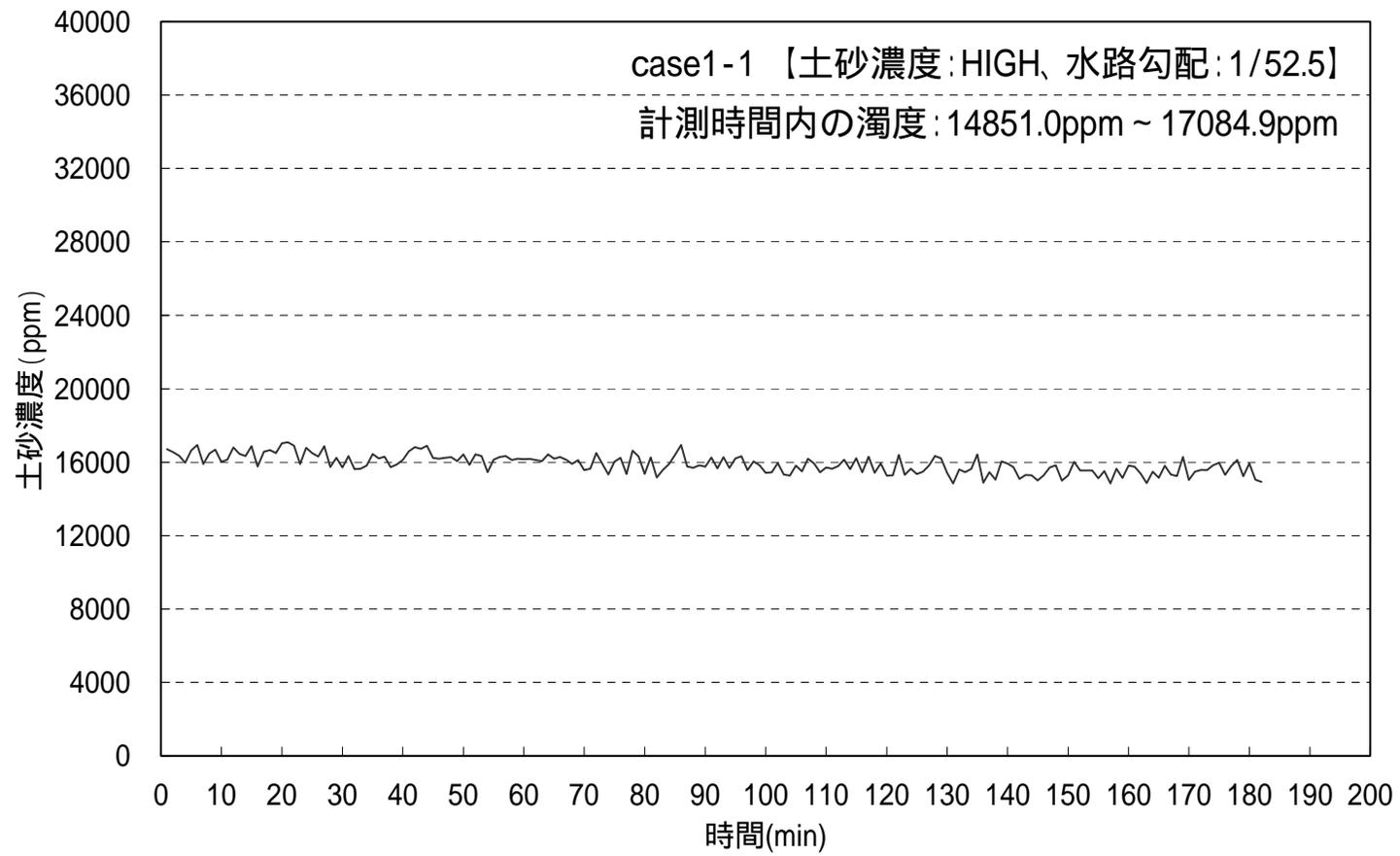


図-4.1 計測時間内土砂濃度 (case1-1)

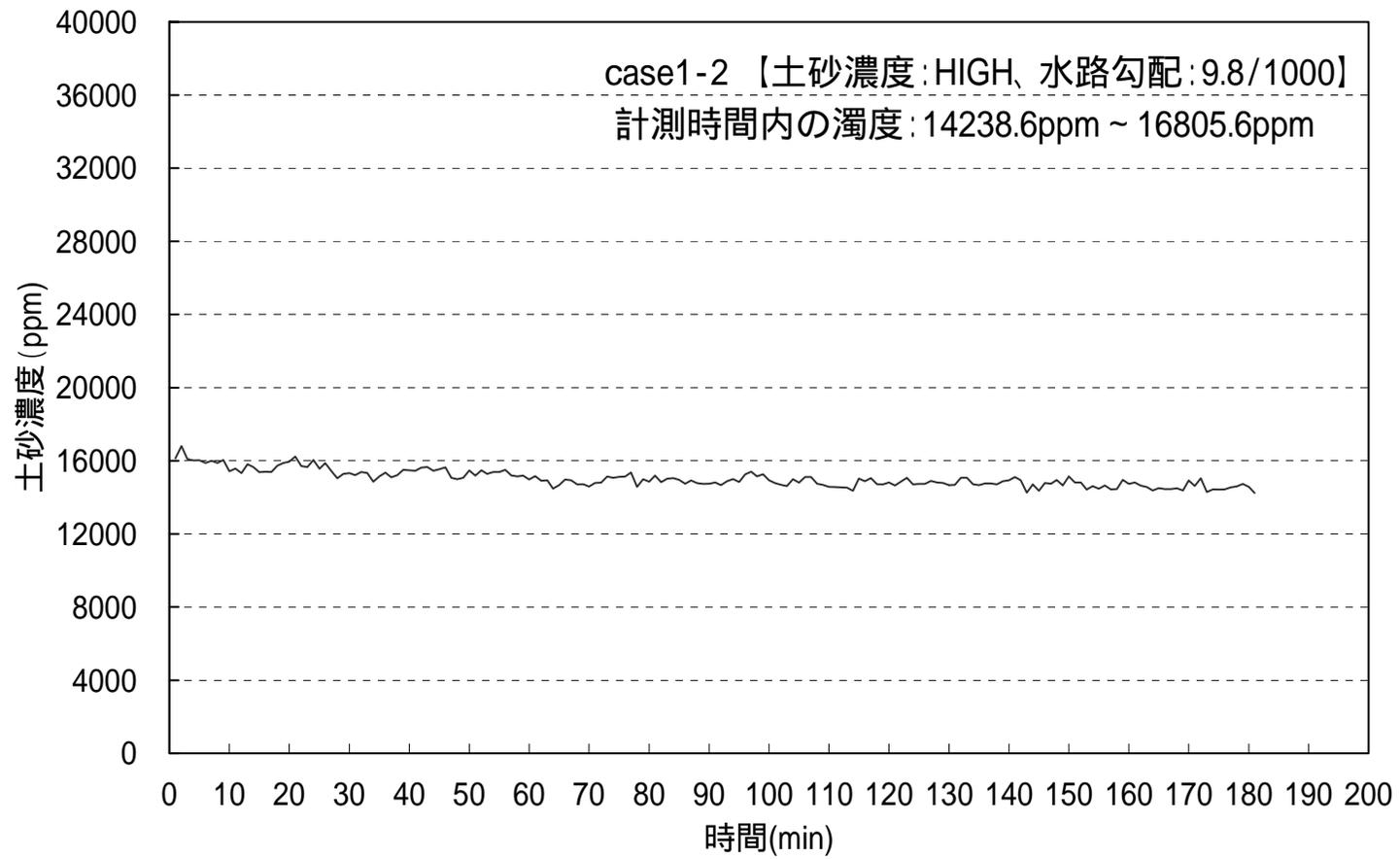


図-4.2 計測時間内土砂濃度(case1-2)

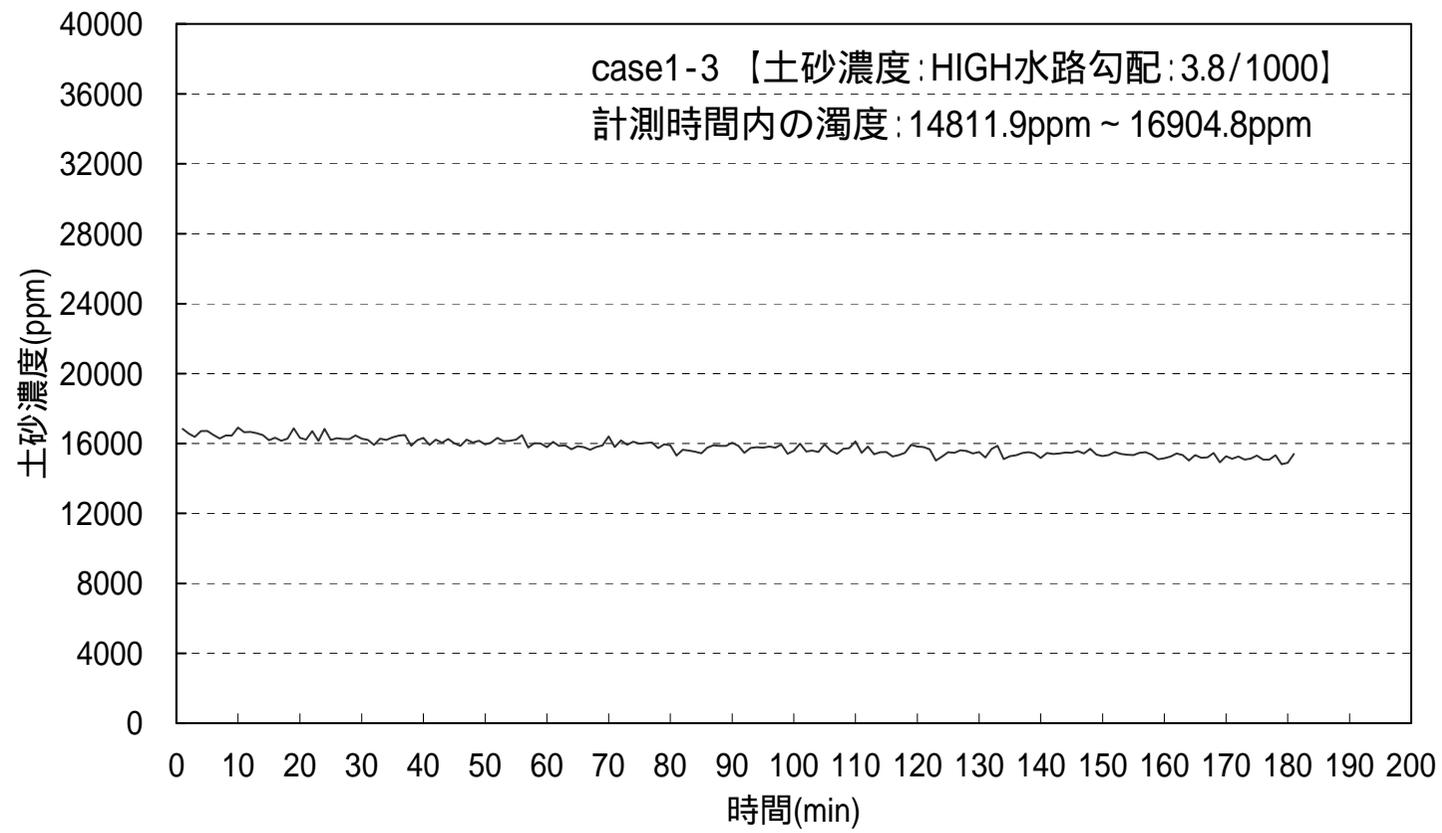


図-4.3 計測時間内土砂濃度 (case1-3)

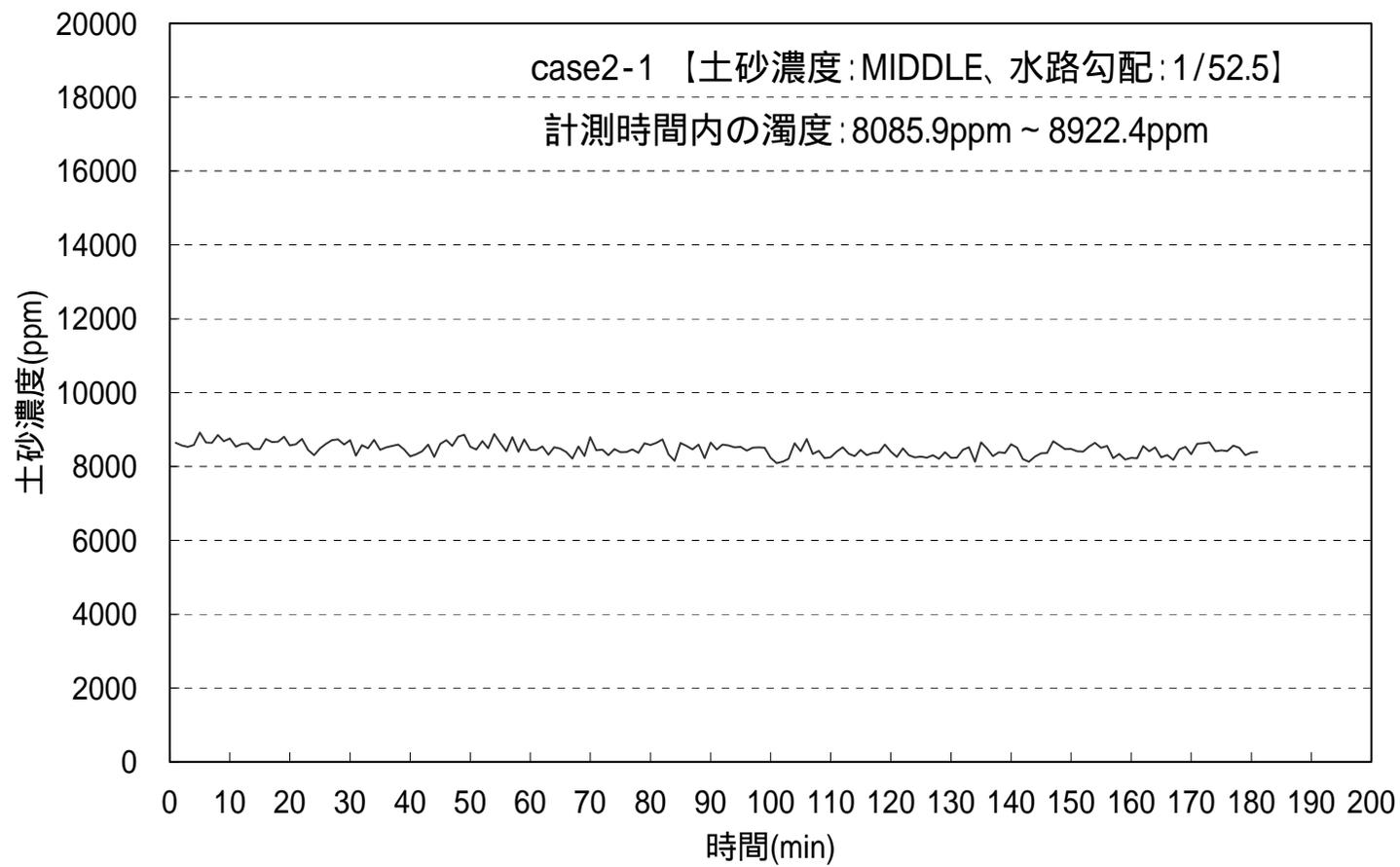


図-4.4 計測時間内土砂濃度 (case2-1)

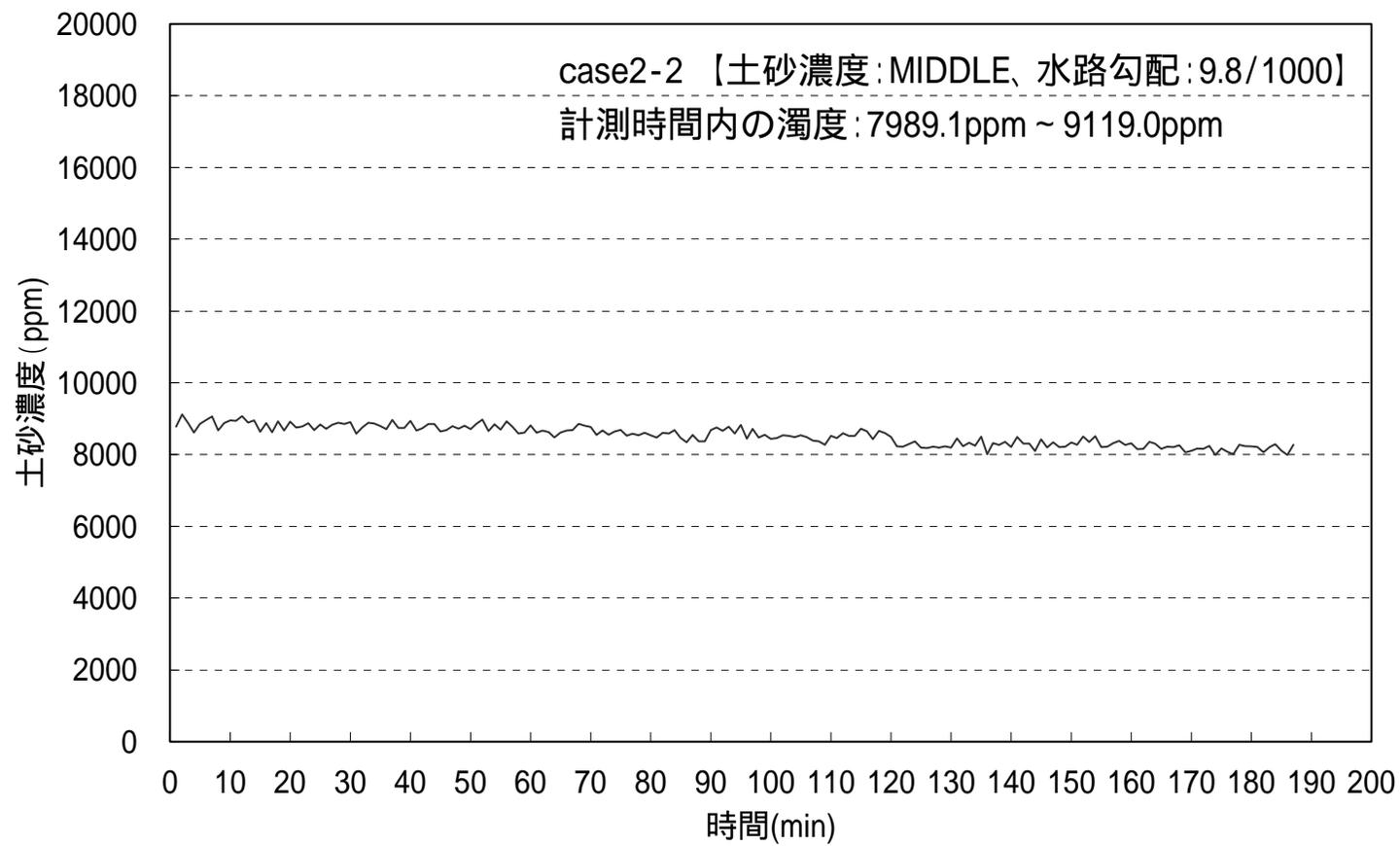


図-4.5 計測時間内土砂濃度 (case2-2)

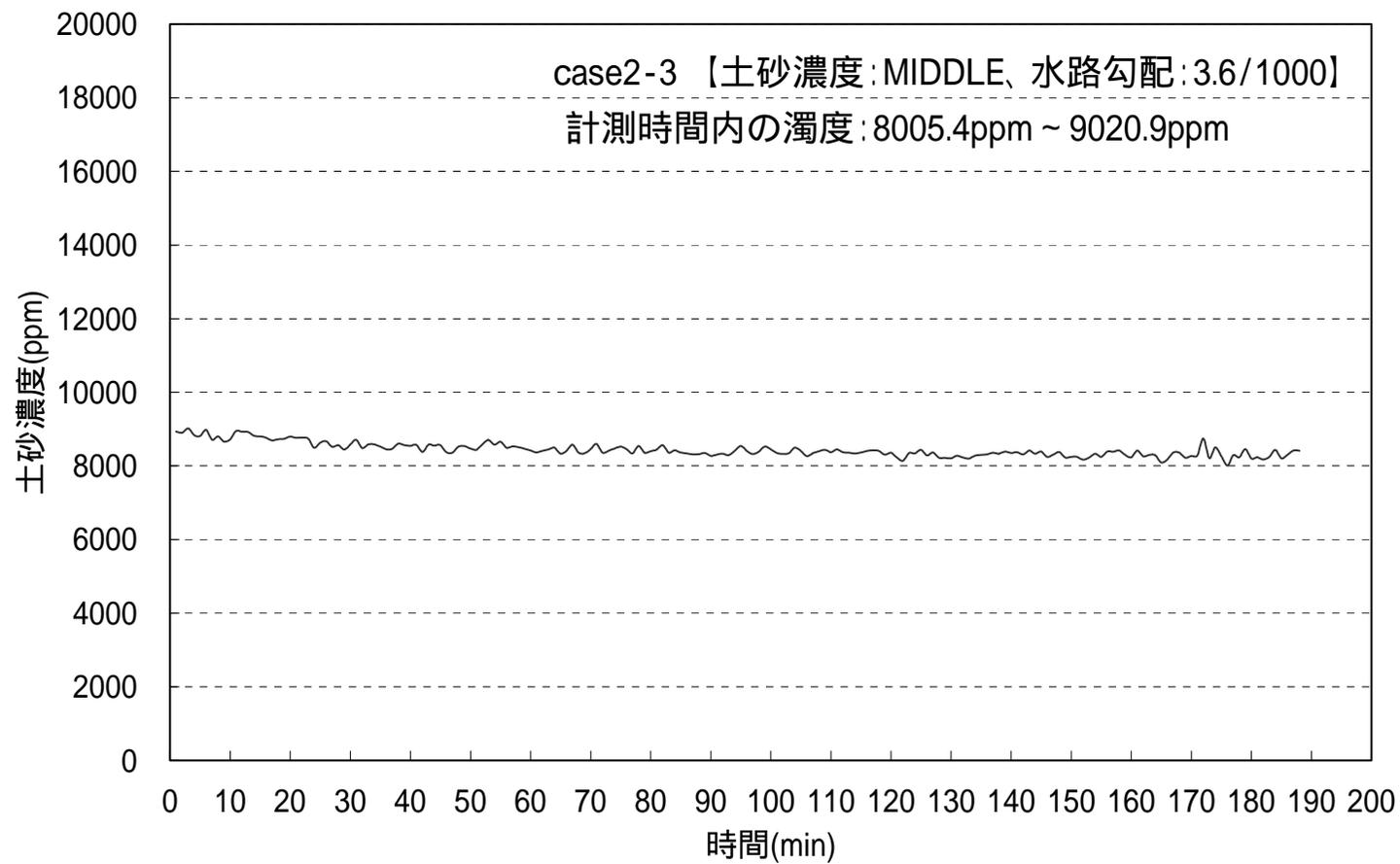


図-4.6 計測時間内土砂濃度 (case2-3)

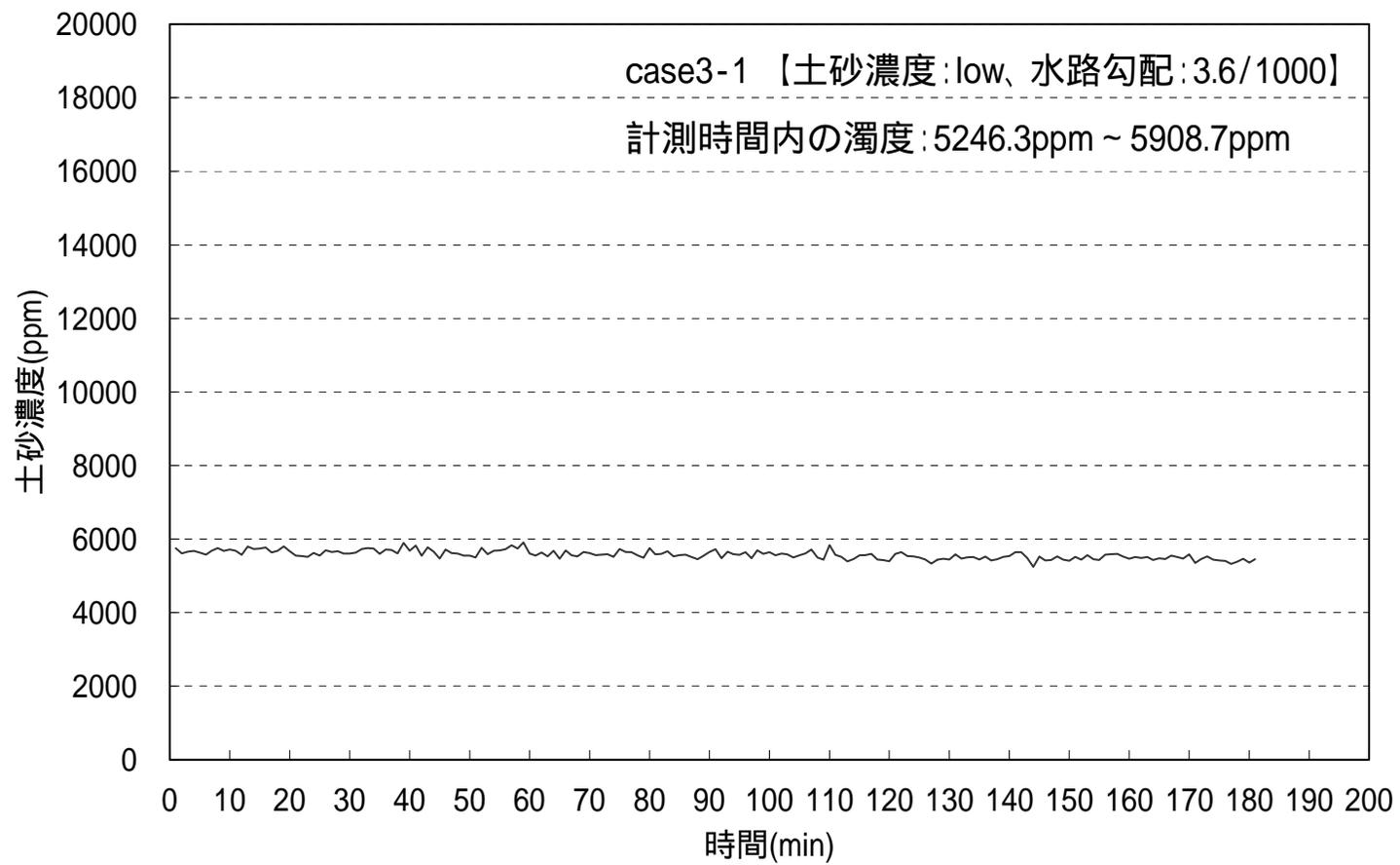


図-4.7 計測時間内土砂濃度 (case3-1)

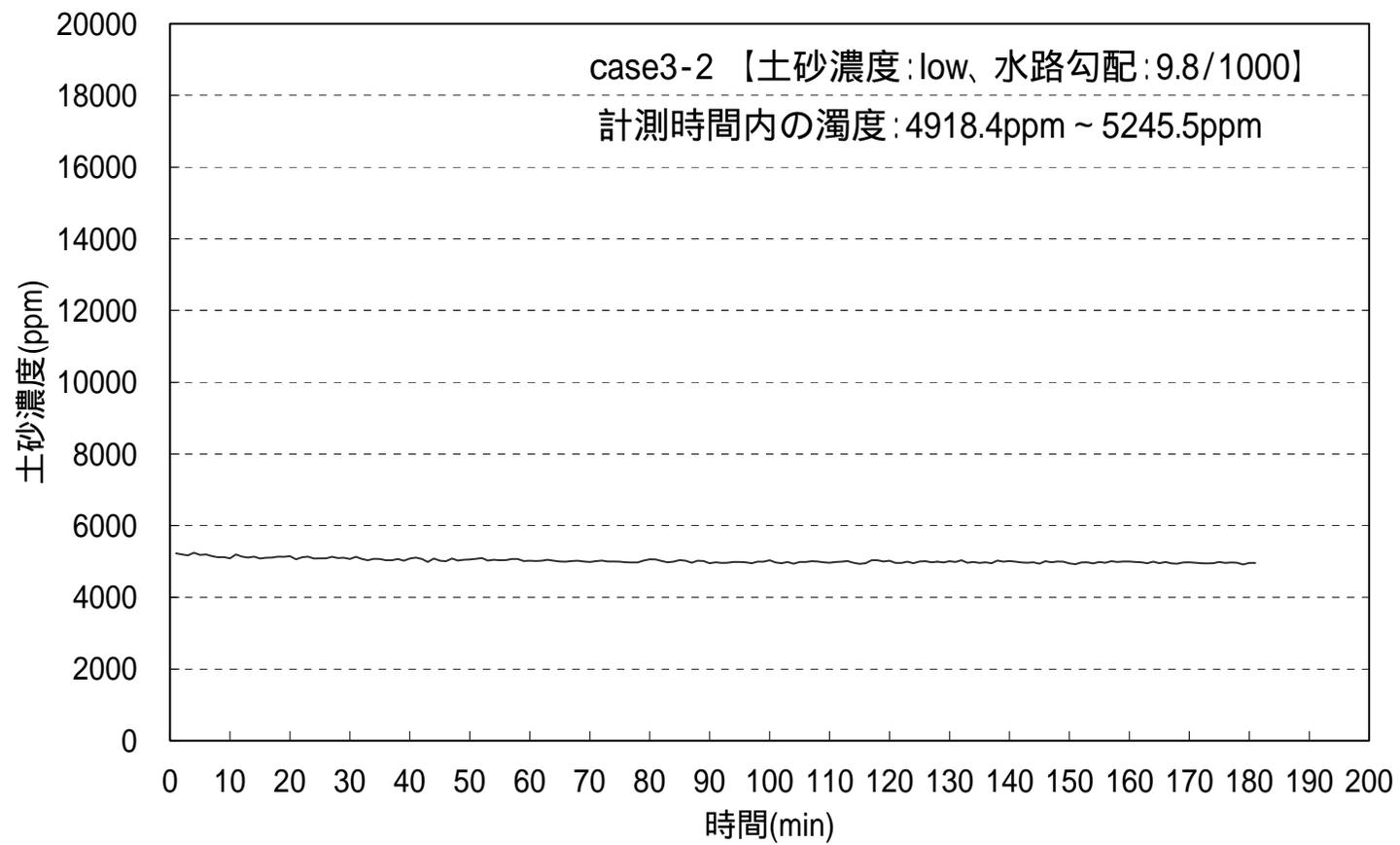


図-4.8 計測時間内土砂濃度 (case3-2)

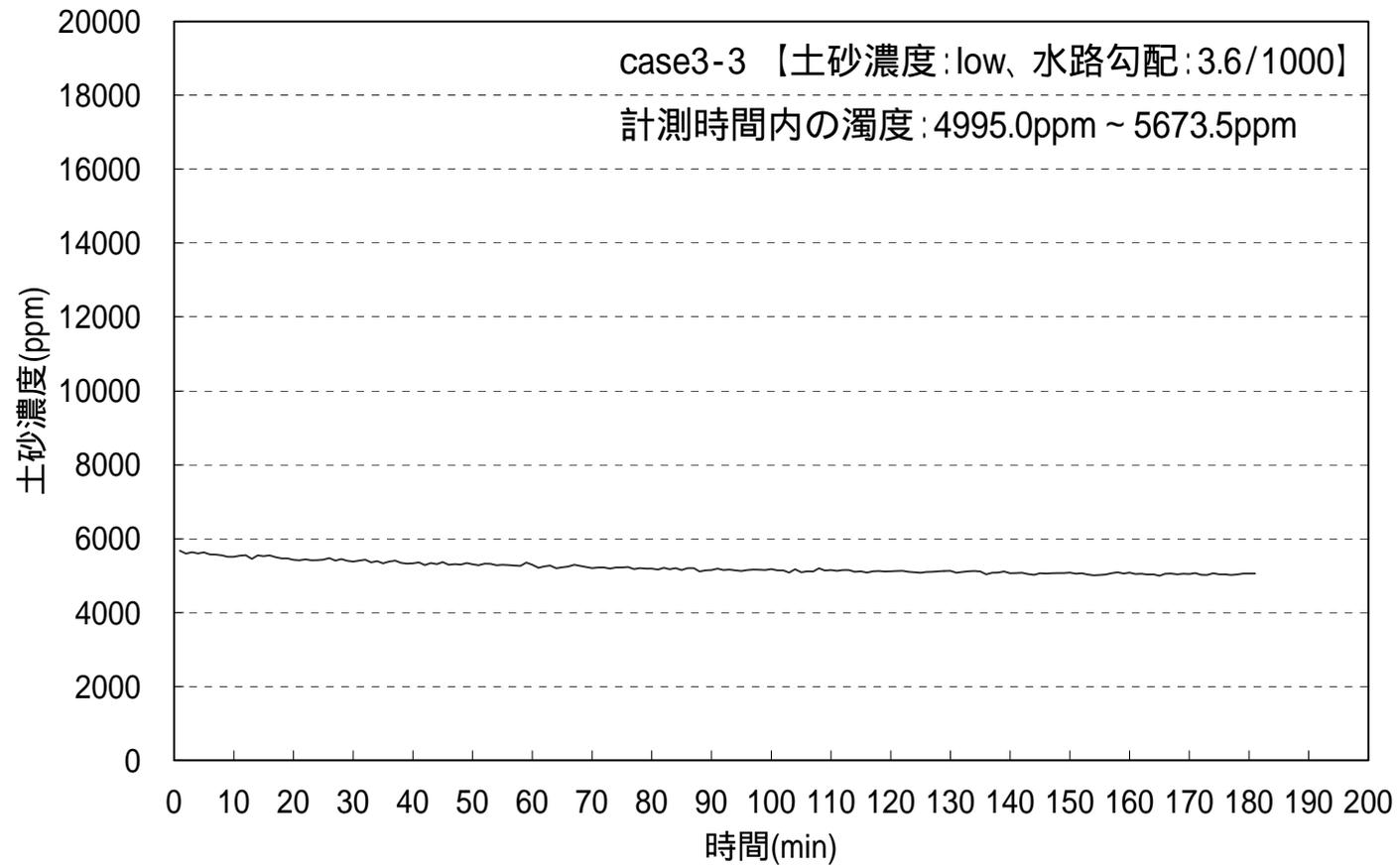


図-4.9 計測時間内土砂濃度(case3-3)

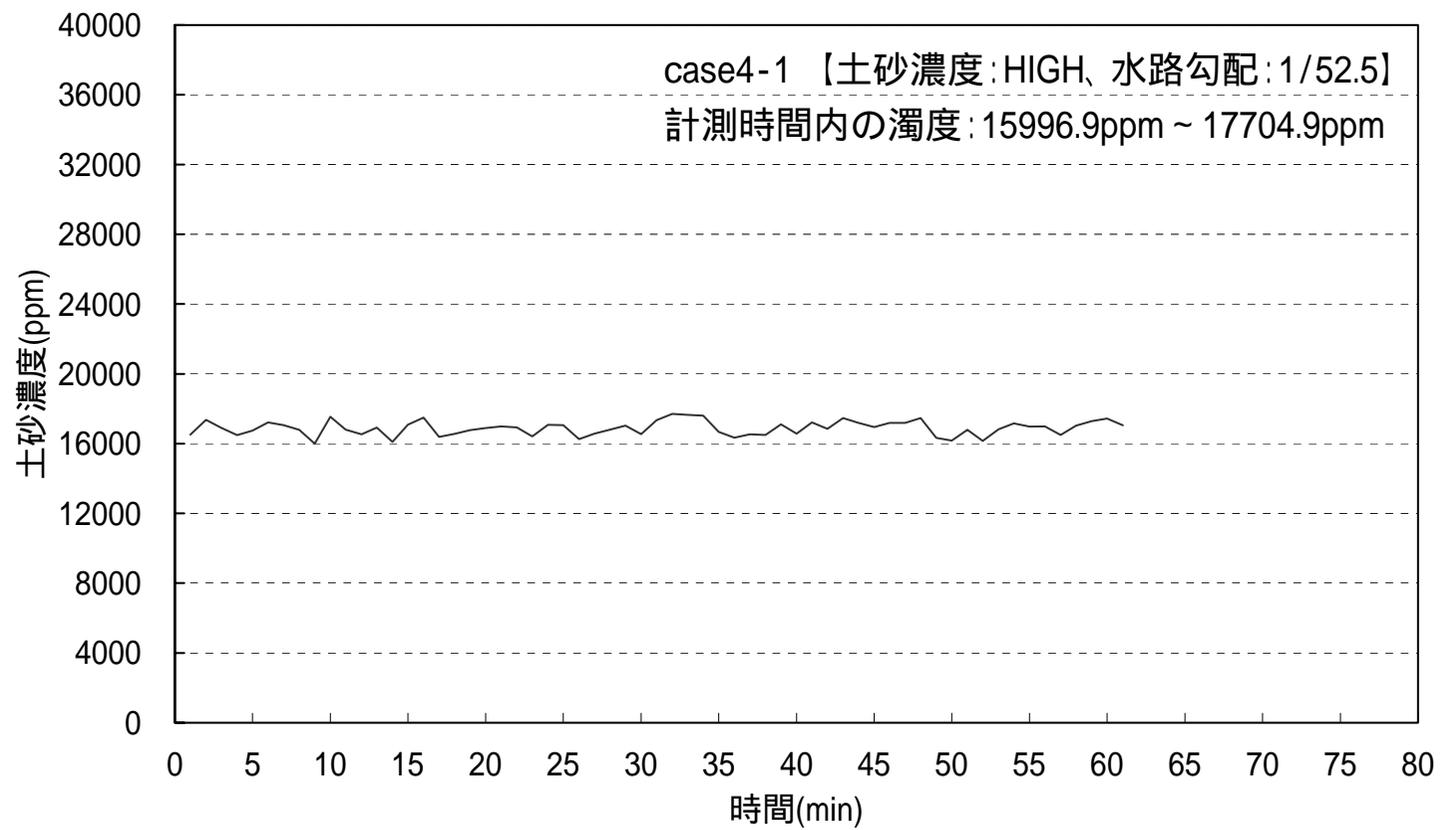


図-4.10 計測時間内土砂濃度(case4-1)

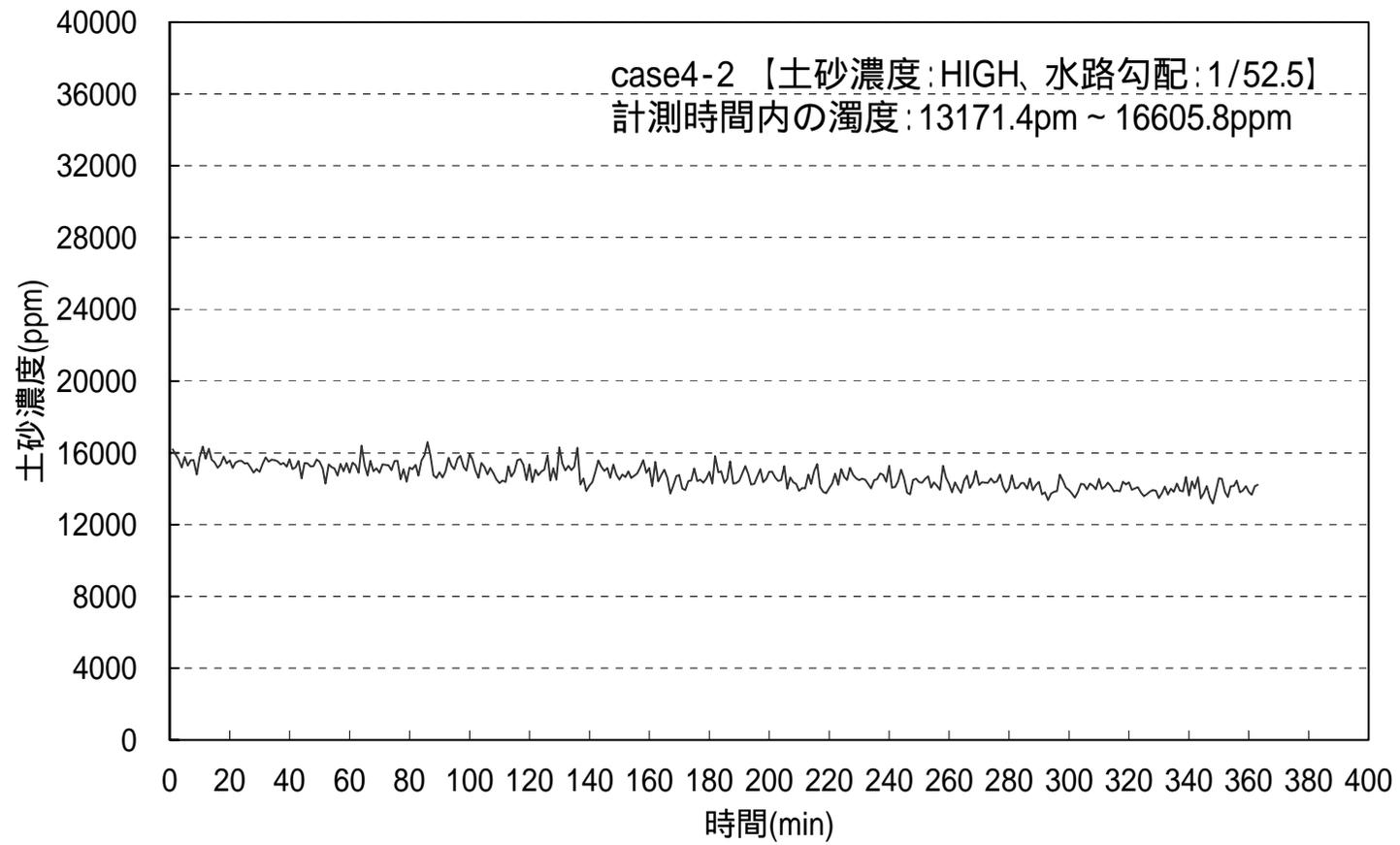
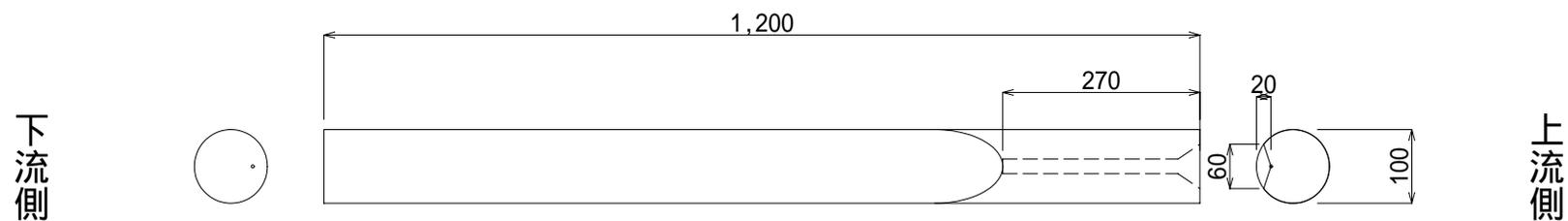


図-4.11 計測時間内土砂濃度(case4-2)

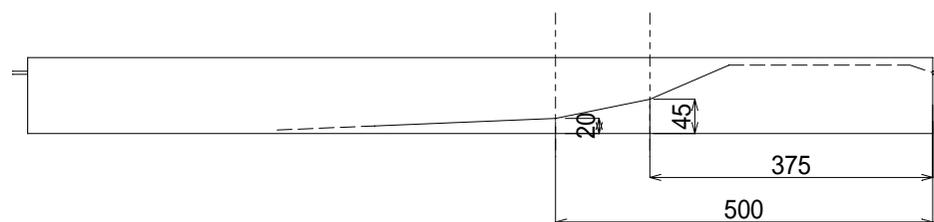
資料5 計測終了後の Time-Integrated sampler 内堆砂図

case1-1 Time-integrated sampler 土砂捕捉状況 (i=1/10)

平面図

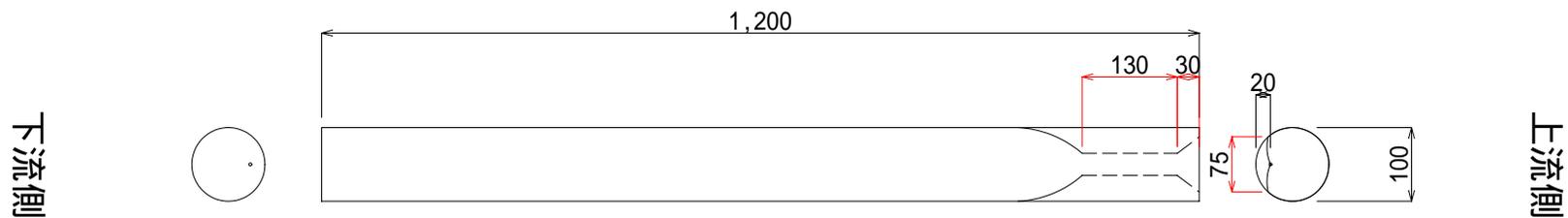


側面図

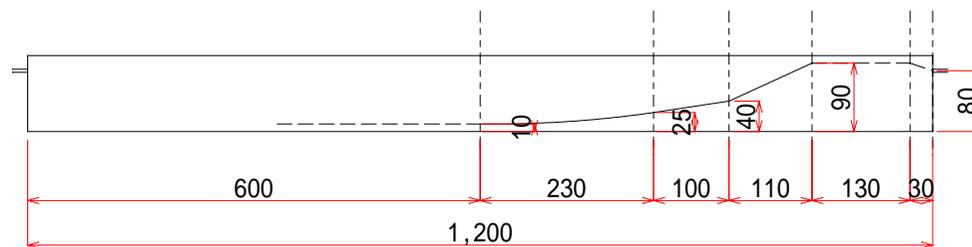


# case1-2 Time-integrated sampler 土砂捕捉状況 (i=1/10)

## 平面図

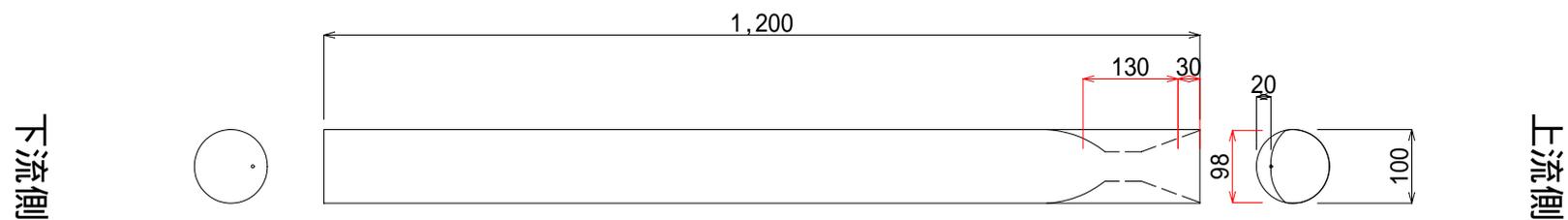


## 側面図

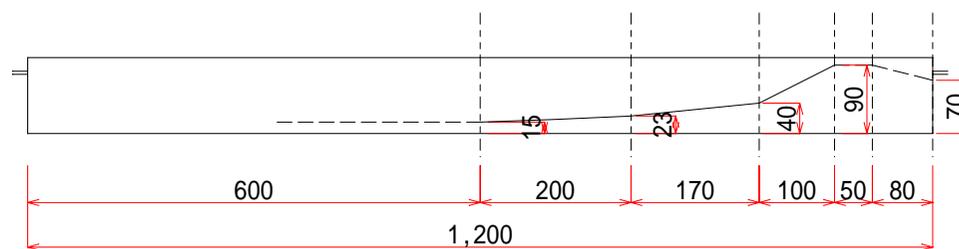


# case1-3 Time-integrated sampler 土砂捕捉状況 (i=1/10)

## 平面図

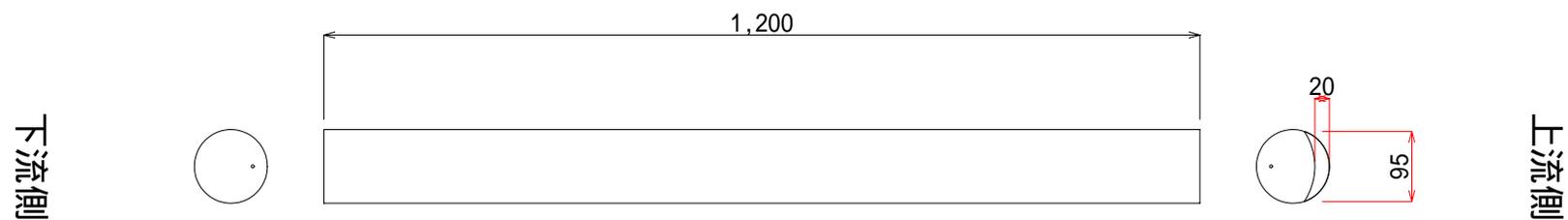


## 側面図

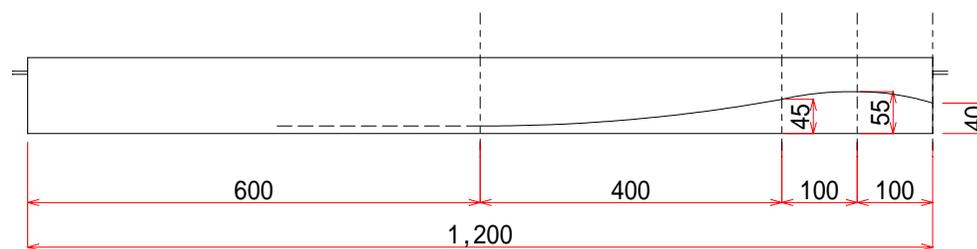


# case2-1 Time-integrated sampler 土砂捕捉状況 (i=1/10)

## 平面図

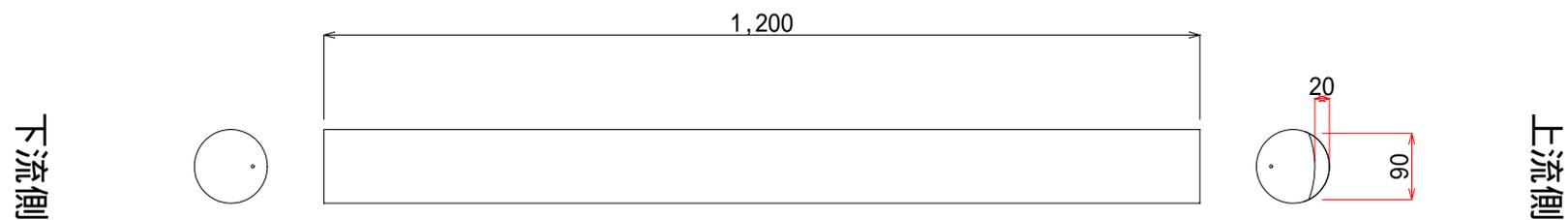


## 側面図

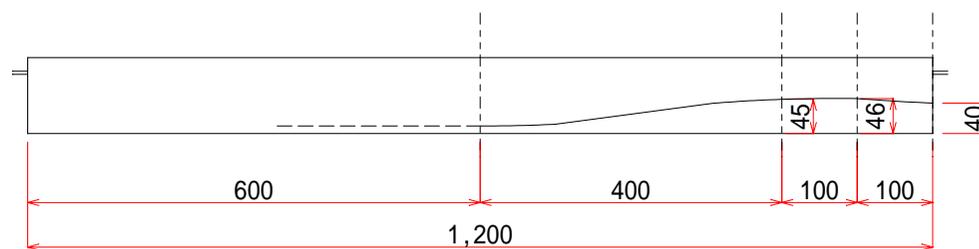


# case2-2 Time-integrated sampler 土砂捕捉状況 (i=1/10)

## 平面図

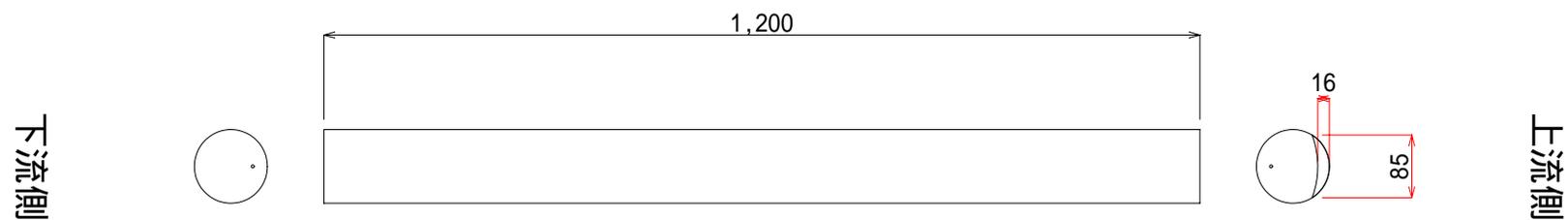


## 側面図

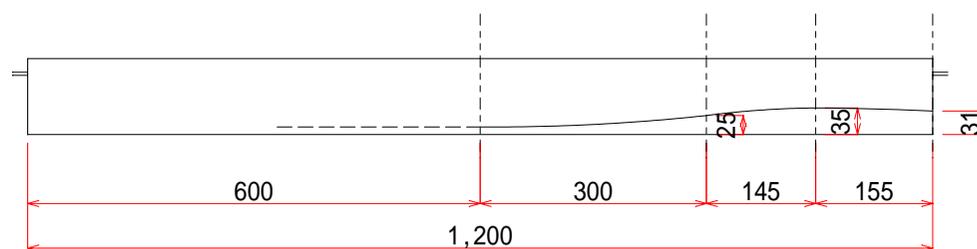


# case2-3 Time-integrated sampler 土砂捕捉状況 (i=1/10)

## 平面図

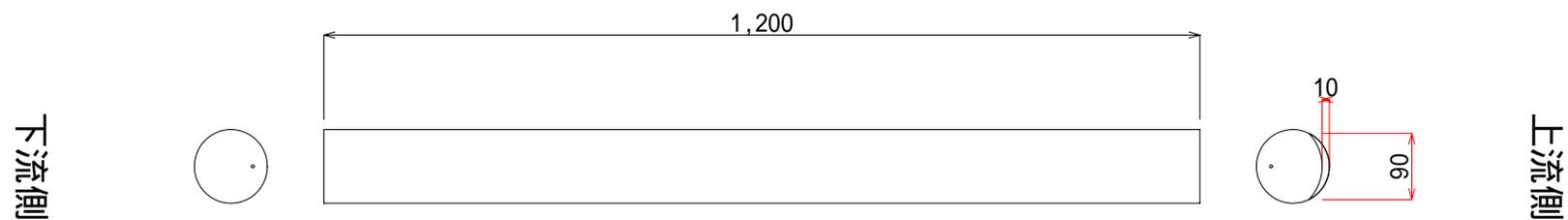


## 側面図

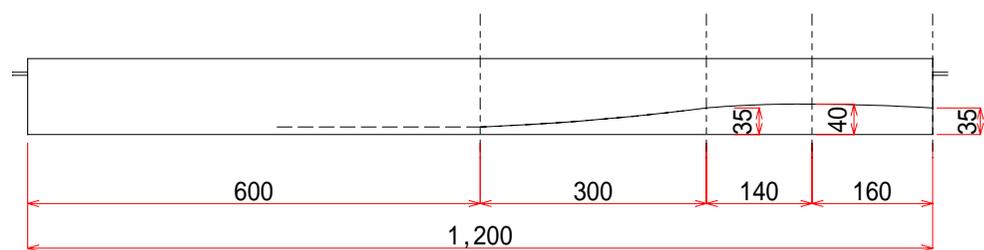


# case3-1 Time-integrated sampler 土砂捕捉状況 (i=1/10)

## 平面図

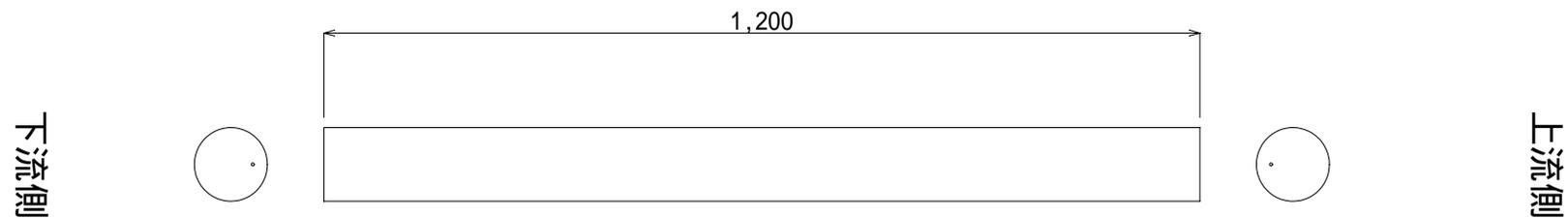


## 側面図

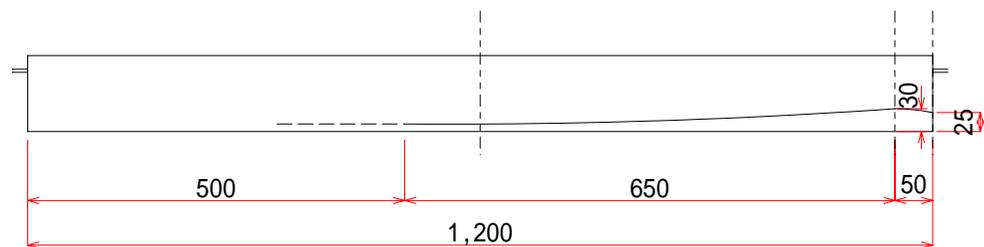


# case3-2 Time-integrated sampler 土砂捕捉状況 (i=1/10)

## 平面図

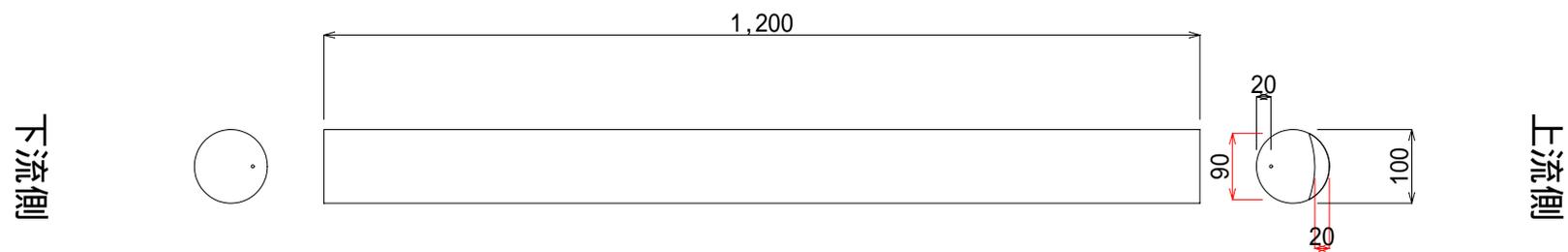


## 側面図

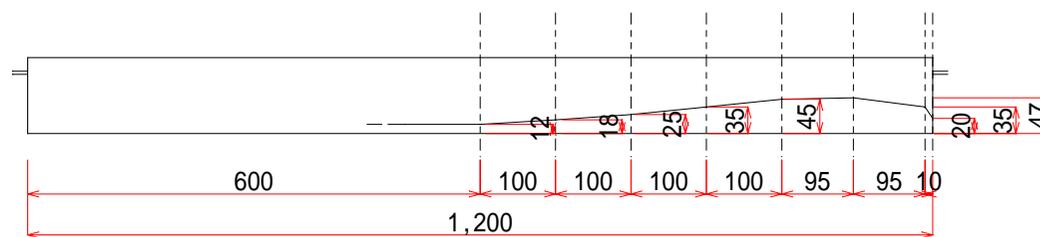


# case4-1 Time-integrated sampler 土砂捕捉状況 (i=1/10)

## 平面図

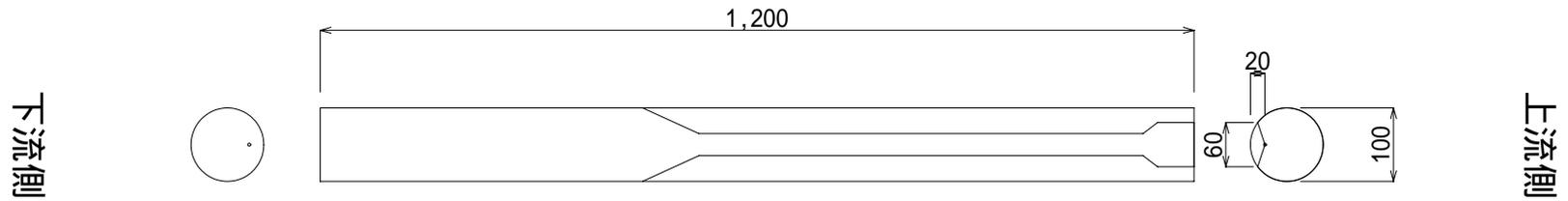


## 側面図

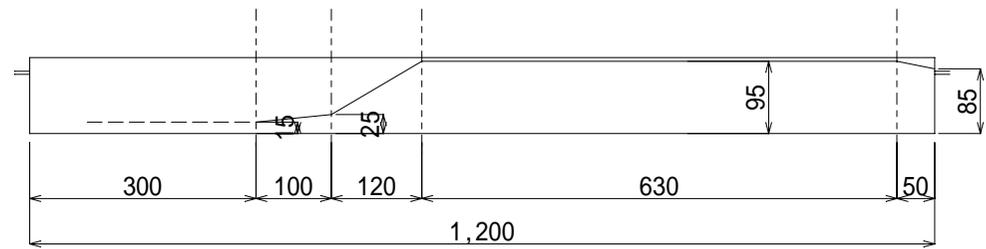


case4-2 Time-integrated sampler 土砂捕捉状況 (i=1/10)

平面図



側面図



---

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

N o . 266                      October 2005

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 TEL029-864-2675