

## 第〇部門

## 浮遊砂サンプラーを活用した河川流下物大量回収のための適用条件の検討

立命館大学大学院 学生員 ○民田 純一

立命館大学理工学部 正会員 佐藤 圭輔

## 1. はじめに

豪雨時に河川内で濁水が発生することにより、河床変動やダムの堆砂、富栄養化や赤潮などが発生する。それらを改善するためには、浮遊砂の発生源や汚濁物吸着特性などを分析することが重要となる。しかし、河川内の浮遊砂を大量に回収し、分析する必要がある、多大な時間と労力を要する。そこで、長期的に河川に設置することで大量の浮遊砂の採取が可能な浮遊砂サンプラーが開発された。

浮遊砂サンプラーは、本体部分である塩化ビニルパイプの両端に呑み口となるアルミパイプを差し込み、蓋をした簡単な構造となっている。流入する河川水の流速を浮遊砂サンプラーの流入部分であるアルミパイプから本体部分である塩化ビニルパイプの断面積を急激に大きくすることで低下させ、河川水とともに流入した浮遊砂の沈降を促し、浮遊砂を効率よく取得する(図1)。河川への現地適用を想定し、本稿では実験水路にて、浮遊砂サンプラーの捕集効率(水路内濃度と浮遊砂サンプラー内濃度を比較した濃縮率)を求め、浮遊砂サンプラーの性能分析を行う。

## 2. 実験方法の検討

実験水路の最下流に水槽を設け(図2)、珪砂9号(粒径0.4~300 $\mu$ m)を混入させ、水槽内に濁水を作成し、水路内と水槽内の濃度を一定に保つよう努めた。結果、概ね一定の流砂濃度条件を設定することができた。水槽内の濁水を、2種類のポンプ(Pondy、工進; SUPERACE、寺田製作所)を用いて8時間循環させた。その水路内流速は約10cm/sとし、水路内と水槽内の浮遊砂の濃度を濁度(NTU)で確認した(図3)。

## 2. 1 粒径別による実験

珪砂9号を25 $\mu$ m未満と25 $\mu$ m以上75 $\mu$ m未満にふるい分けし、2種類の粒径で比較した。8時間循環安定後の水路内濃度は25 $\mu$ m未満の時には約80.15(mg/L)、25 $\mu$ m以上75 $\mu$ m未満の時には、約61.20(mg/L)であった。

## 2. 2 呑み口の大きさ別による実験

珪砂9号の25 $\mu$ m未満時に、浮遊砂サンプラーの呑み口が4mm、8mm、11mmの3種類を比較した。各呑み口での8時間循環安定後の水路内濃度は、呑み口4mm時約80.15(mg/L)、呑み口8mm時約72.15(mg/L)、呑み口11mm時約81.35(mg/L)であった。

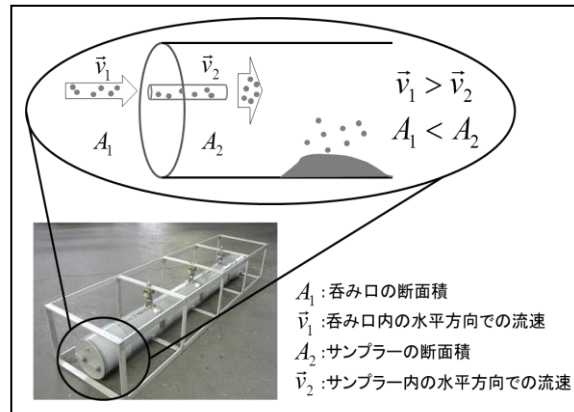


図1 浮遊砂サンプラーで採取原理

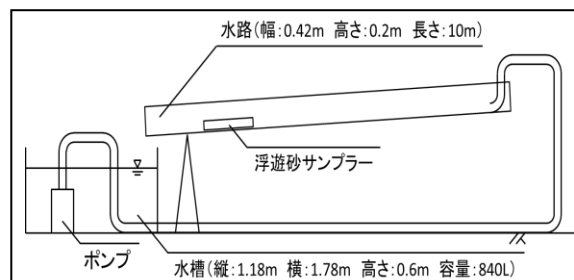


図2 実験水路概略図

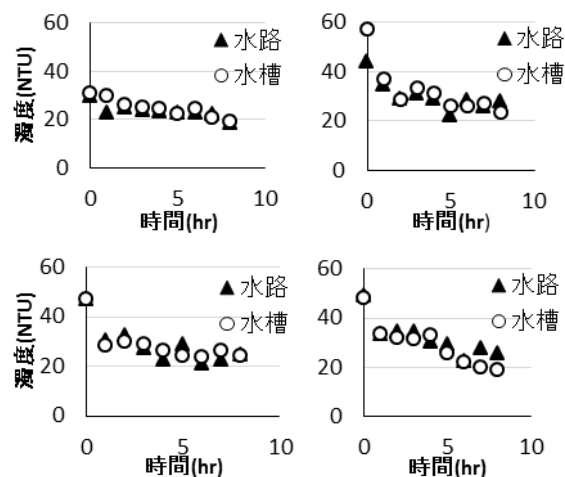


図3 濁度の経時変化(粒径25 $\mu$ m以上75 $\mu$ m未満で呑み口4mm時(左上)、粒径25 $\mu$ m未満で呑み口4mm時(右上)、呑み口8mm時(左下)、呑み口11mm時(右下))

キーワード ; 浮遊砂サンプラー、浮遊砂、粒径、呑み口、捕集効率、採取効率

〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学 理工学部 TEL 077-561-2804 FAX 077-561-2667

### 3. 結果と考察

#### 3. 1 呑み口からの流入量の算定

浮遊砂サンプラー内に塩化ナトリウムを投入し、浮遊砂サンプラー内の電気伝導率を約 1700 $\mu$ S/cm に設定した。実験水路にサンプラーを設置後、流出入口を開放し、サンプラー内の電気伝導率の変化をモニタリングすることで、流入水量（交換速度）を算定した(式 1)。

流入量と流出量は同一で、反応速度は 0 と仮定し、呑み口別に流入量を算定した結果を表 1 にまとめた。さらに、水路内流速で呑み口に流入する時の流入量を計算流入量（流入量 B）とし、実際の流入量を計算流入量で割った割合を表した。流入量は呑み口の面積に比例して大きくなるが、呑み口が小さくなると流入損失の効果により、大きく減じられることがわかった。

$$V \frac{C_{t+1} - D_{t+1}}{dt} = q(C_t - D_t) - rV \quad (1)$$

$C_t$  : 浮遊砂サンプラー内濃度 ( $\mu$ S/cm  $\cdot$  L)、 $D_t$  : 水路内濃度の差 ( $\mu$ S/cm  $\cdot$  L)、 $q$  : 浮遊砂サンプラーへの流入量(L/hr)、 $t$  : 時間(hr)、 $V$  : 浮遊砂サンプラー内容積(L)、 $r$  : 反応速度( $\mu$ S/cm  $\cdot$  hr)

表 1 呑み口別流入量と理想流入量と損失係数

| 呑み口          | 4mm  | 8mm   | 11mm  |
|--------------|------|-------|-------|
| 流入量A(L/hour) | 1.76 | 21.65 | 34.47 |
| 流入量B(L/hour) | 4.52 | 18.45 | 34.88 |
| 損失係数         | 0.39 | 1.17  | 0.99  |

※流入量Aは、実測流入量。流入量Bは、水路内流速でサンプラー内に流入した時の流入量。

#### 3. 2 採取効率と捕集効率の算定

採取効率  $S(-)$  は、一度浮遊砂サンプラー内に流入した浮遊砂をどれだけ保持できるか(回収率)を表す指標(式 2)である。一方で、水路とサンプラー内の浮遊砂濃度比（濃縮倍率）を捕集効率と呼ぶ。浮遊砂サンプラーの性能分析の際には、設置時間の他に、流入量(流出量)と採取効率を考慮した捕集効率  $H_t(-)$  による判断が有効である。

$$S = \frac{C_t \times V}{D_t \times q \times t} \quad (2)$$

$$H_t = \frac{C_t}{D_t} = \frac{q \times t}{V} S \quad (3)$$

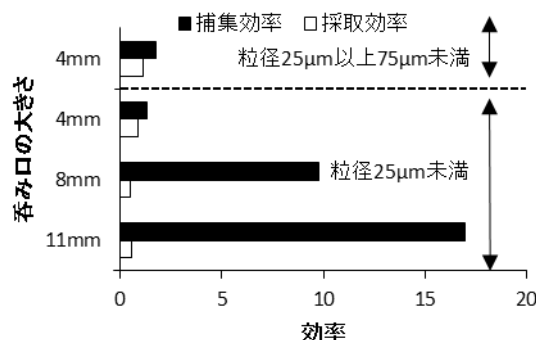


図 4 各実験での捕集効率と採取効率

#### 3. 3 実験水路での結果

粒径別による捕集効率では、粒径 25 $\mu$ m 以上 75 $\mu$ m 未満の方が粒径 25 $\mu$ m 未満よりも大きくなった(図 4)。粒径の大きな珪砂の方が、沈降速度(粒径 25 $\mu$ m 時は、 $5.7 \times 10^{-4}$ (cm/s)、粒径 75 $\mu$ m 時は約  $5.0 \times 10^{-3}$  (cm/s))が速く、このことが採取効率に影響した結果と言える。呑み口の大きさの違いによる実験結果では、呑み口が大きくなるほどサンプラー内の流速が速くなるため、流入した砂が沈降する前に、サンプラー内を通過してしまう可能性がある。これにより、呑み口が大きくなるほど、採取効率は下がる。一方、今回の実験では、呑み口が大きくなるほど、サンプラー内への流入量が多いため、採取効率の差を大きく超えて捕集効率も大きくなった(図 4)。

これらの実験より、実河川での浮遊砂サンプラーの適用を考慮すると、沈降速度が速い粒径の大きな流砂が取得しやすく、さらに河川流速により、流入量と採取効率に変化する。このことより、河川流下物の条件を考慮すれば、効率よく浮遊砂の採取ができる浮遊砂サンプラーの最適な呑み口を選択することができる。

### 4. 結論

今回の実験では、出水時での浮遊砂濃度で単一粒径の浮遊砂を想定した場合、呑み口 11mm が最適な呑み口であった。しかし、河川流速が速い場合や粒子径がより小さい場合は、呑み口の大きさを小さくし、採取効率をあげる必要もある。実河川の浮遊砂サンプラーの適用には、河川流速、浮遊砂濃度や粒度分布、設置場所、設置時間の検討が必要である。

#### 参考文献

小山内信智、水野秀明、沖中健起、原横利率；Time-integrated sampler の浮遊砂採取効率に関する水路実験、国土技術政策総合研究所資料、平成 17 年 10 月、古賀聡子、恩田裕一、飯島英夫；長期浮遊砂サンプリングのための簡易サンプラーの実験的検証、筑波大学陸域環境研究センター報告 No.5 109～114、2004