

## 流れ中の土砂の粒度分布や濃度が堆積物の土砂濃度に及ぼす影響に関する研究

知立市 (前: 筑波大学大学院) ○寺田竜馬  
筑波大学大学院 佐藤光平  
筑波大学生命環境系 内田太郎

## 1. 研究の背景

近年、我が国では豪雨による土石流が頻発しており、それに伴い、毎年日本各地で甚大な被害が発生している。人命やインフラを守る為にも、土石流対策は極めて重要となっている。土石流対策を検討する上での重要な情報の1つに、堆積物の土砂の体積分率  $C_*$  がある。一般的に、堆積物中の土砂の体積分率  $C_*$  は、現地観測での情報が限られており、0.5~0.6 程度の一律の値として扱われることが多い(水山ら、1987 など)。

しかし、堆積物中の土砂の体積分率  $C_*$  は土粒子の配列により規定されていると考えられる(中尾・藤田、1995 など)。そして、土粒子の配列は、土砂の粒度分布や流れ中の土砂体積分率  $C$  によって規定されている可能性が考えられる。そのため、このような規定要因が変化すれば、堆積物の土砂の体積分率  $C_*$  の値は変化することが予想される。ところが、従来の土石流堆積過程に関する水路実験や数値シミュレーションなどでは、堆積物の土粒子の配列に着目したものは少なく、土石流堆積物中の土砂の体積分率  $C_*$  に及ぼす土砂の粒度分布や流れ中の土砂体積分率  $C$  の影響は十分に検証されてきたとは言えない。

以上から、本研究の目的は、流れ中の土砂の粒度分布や体積分率  $C$  が堆積物中の土砂の体積分率  $C_*$  に及ぼす影響を定量的に評価することである。

## 2. 方法

## 2.1 実験器具, 材料

実験装置(内径 7.8 cm, 高さ 10.0 cm) に、水 200 cm<sup>3</sup>、単一粒径の土砂(平均粒径  $d=0.2, 0.5, 1.5$  mm) または混合2粒径の土砂( $d=0.2, 1.5$  mm) を投入し、攪拌機(AS ONE 製 HIGH-POWER MIXER SM-103) により十分攪拌することにより、土砂と水が一体的に流動する状態を再現した。攪拌時の土砂体積分率  $C$  は、0.05 ~ 0.33 の範囲で設定した。次に攪拌を停止し、堆積物及び容器底面に設置したマンメータ(内径 6.0 mm) の様子をカメラ(HC-VX992MS) により撮影した。

## 2.2 実験条件

本研究では、以下の2つの実験を行った。

1つ目に、流れ中の土砂体積分率  $C$  および粒度分布が堆積物中の土砂の体積分率  $C_*$  に与える影響を確かめるため、流れ中の土砂体積分率  $C$  および粒度分布の異なる条件において、堆積物中の土砂の体積分率  $C_*$  の測定を行った。本実験は、以後「集団堆積実験」と呼称する。実験の条件は表-1 のとおりである。

2つ目に堆積物中の土砂の体積分率  $C_*$  の鉛直分布の測定を試みた。実験は単一粒径( $d=0.2$  mm) の土砂を集団堆積させ、流れ中の土砂体積分率  $C$  の影響を分析した。白色と黒色の土砂を体積分比 11:1 で混合した土砂の堆積物を、側面からビデオカメラで撮影し、撮影した画像に2値化処理をした。ここで、画像を構成する画素は、黒色粒子に相当するものは黒色、その他は白色で表示される(図-1)。次に、画像の黒色の画素数を、画像の全画素数で除することで、撮影箇所における黒色粒子の面積割合を算出した。最後に、各撮影箇所の黒色粒子の面積割合を比較した。実験の条件は、表-2 のとおりである。

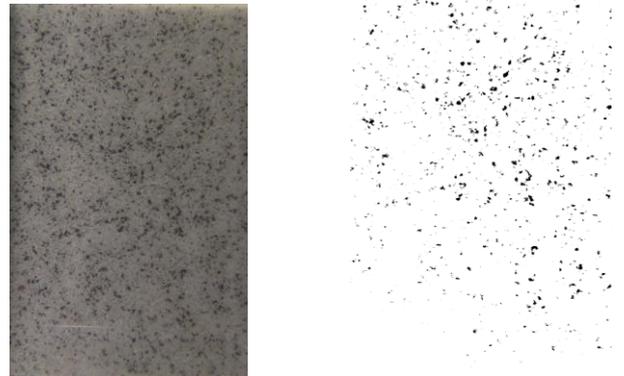


図-1 2値化した画像の例

表-1 1つ目の実験の条件  
(上表: 単一粒径, 下表: 混合2粒径)

粒径(mm)	攪拌時の土砂濃度 C	攪拌速度(rpm)
0.2	0.05 ~ 0.33	300 ~ 719
0.5	0.05 ~ 0.26	310 ~ 600
1.5	0.10 ~ 0.21	520 ~ 719

混合比(V1.5:V0.2)	攪拌時の土砂濃度 C	攪拌速度(rpm)
0:10 ~ 10:0	0.10	350 ~ 600
0:10 ~ 10:0	0.21	420 ~ 719
0:10 ~ 5:5	0.31	570 ~ 719

表-2 2つ目の実験の条件

粒径(mm)	攪拌時の土砂濃度 C	攪拌速度(rpm)
0.2	0.07 ~ 0.33	370 ~ 719

### 3. 結果

#### 3.1 堆積物中の土砂の体積分率 $C_*$

単一粒径の場合、攪拌後の堆積物の土砂の体積分率  $C_*$  は、平均粒径  $d=0.2, 0.5 \text{ mm}$  において、攪拌時の土砂濃度  $C$  が  $0.10$  以上の時はほぼ一定の値を示したが、 $C$  が  $0.10$  以下の時は、堆積物中の土砂の体積分率  $C_*$  は攪拌時の土砂体積濃度  $C$  が小さい程大きな値となった。(図-2) 平均粒径  $d=1.5 \text{ mm}$  では、攪拌時の土砂体積濃度  $C$  によらず、堆積物中の土砂の体積分率  $C_*$  はほぼ一定の値を示した。

混合2粒径の場合、攪拌時の土砂体積濃度  $C$  によらず、混合比 ( $V_{15}:V_{02}$ ) =  $0:10 \sim 5:5$  の範囲では  $V_{15}$  が大きい程、 $C_*$  は大きな値を示した。混合比 =  $5:5 \sim 7:3$  の範囲で頭打ちになり、混合比 =  $7:3 \sim 10:0$  の範囲では  $V_{15}$  が大きい程、 $C_*$  は小さな値を示した(図-3)。なお、本概要には土砂濃度  $C$  が  $0.10$  のときのを記載した。

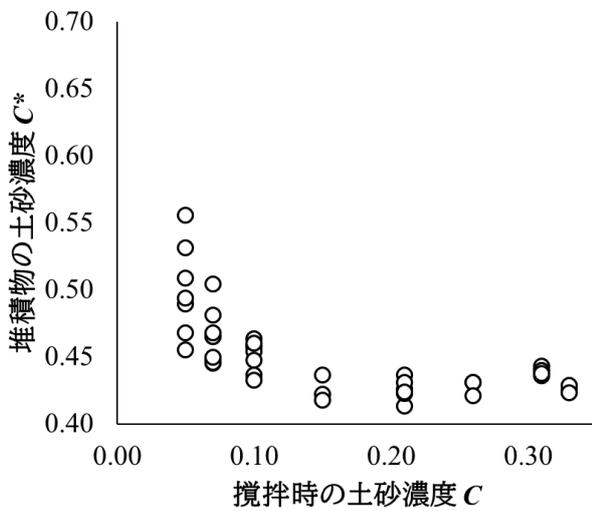


図-2  $C_*$ の測定結果  
(単一粒径, 平均粒径  $d=0.2 \text{ mm}$ )

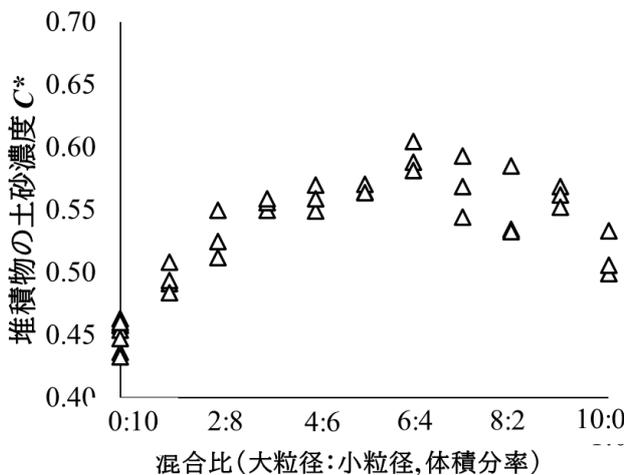


図-3  $C_*$ の測定結果  
(混合2粒径, 攪拌時の土砂体積濃度  $C=0.10$ )

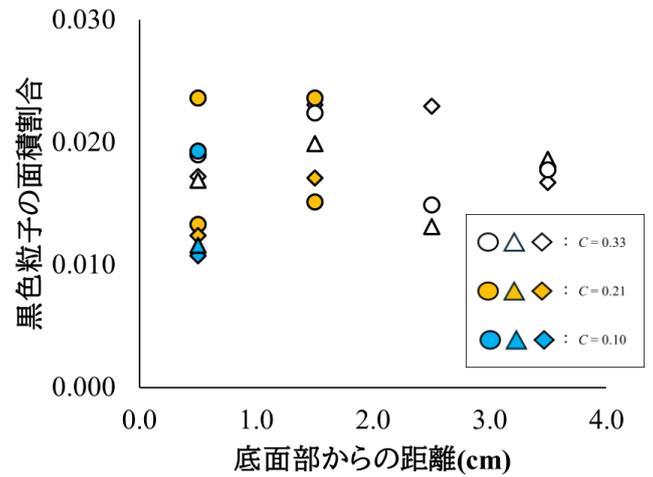


図-4 黒色粒子の面積割合の鉛直分布

#### 3.2 黒色粒子の面積割合

いずれの実験ケースにおいても、黒色粒子の面積割合は  $0.011 \sim 0.024$  となり、各ケースでばらつきはあるものの、堆積物は鉛直方向においてほぼ同様の体積分率となっていることが確認できた(図-4)。

### 4. 考察と結論

本研究を通して、攪拌時の土砂体積濃度  $C$  に応じて、堆積物の土砂の体積分率  $C_*$  の値は変化することが分かった。その傾向は、粒度分布によらず攪拌時の土砂体積濃度  $C$  の大きさに大まかに分類することができ、 $C < 0.10$  の場合は、 $C$  が小さくなるほど、堆積物の土砂の体積分率  $C_*$  は大きくなった。一方で、 $C > 0.10$  の場合は、堆積物の土砂の体積分率  $C_*$  は一定の値を示した。

本研究で計測できた堆積物の土砂の体積分率  $C_*$  の最大値は、単一粒径で平均粒径  $d=0.2 \text{ mm}$ 、攪拌時の土砂体積濃度  $C=0.05$  における平均値  $0.49$  であり、この値は同じ平均粒径の  $C=0.10 \sim 0.33$  における堆積物の土砂の体積分率  $C_*$  の値と比較すると、 $15\%$ 程度大きな値である。

また、本実験では単一粒径条件で画像の2値化処理を用いて、黒色粒子の面積割合から堆積物側面部の体積分率の鉛直分布を測定を試みたが、鉛直方向で明瞭な違いは見ることができなかった。

#### 参考文献

1. Jon J. Major, Gravity-Driven Consolidation of Granular Slurries: Implication for Debris-Flow Deposition and Deposit Characteristics, Journal of Sedimentary Research, 2000
2. Nishiguchi, Y., Uchida, T., Long-Runout-Landslide-Induced Debris Flow: The Role of Fine Sediment Deposition Process in Debris Flow Propagation, AGU, 2022