

勾配変化点における土石流等の 堆積速度に関する研究

立命館大学 理工学部 環境都市工学科

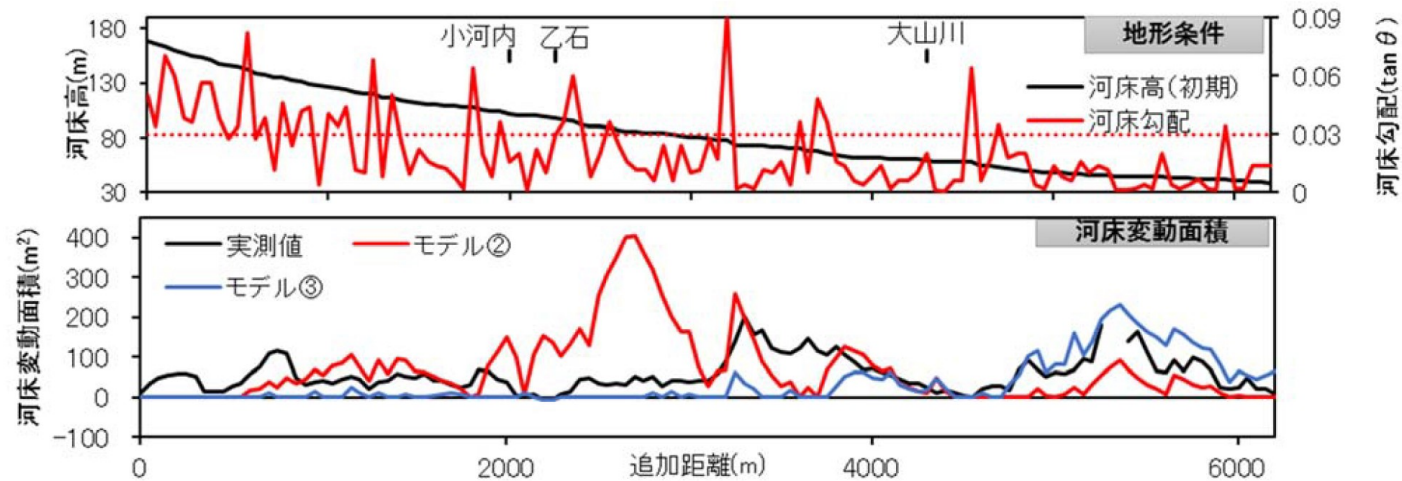
流域デザイン研究室

榊原颯輝

土砂・洪水氾濫

大量の細粒土砂が広い範囲に堆積する。

停止するはずの変化点よりさらに下流側に細粒土砂が堆積している。



中村ら, 豪雨時の山地河川における多量の細粒土砂を含む土砂動態計算(2019年度砂防学会研究発表会)

現行の計算モデルでは、急勾配と緩勾配の勾配変化点で実現現象以上の河床上昇（堆積）が計算される

仮説

混合粒径の土石流では粗粒土砂の挙動の影響で、細粒土砂は勾配変化点で堆積しにくい。

異なる粒径の混合により細粒土砂の輸送を容易にしているのではないか。

混合粒径の土石流を考える際、（侵食）堆積速度は、粒径階ごとに堆積速度を計算しそれらを足し合わせることで求めている。

堆積速度式 ($C_\infty < C$) のとき

$$i_b = \sum_{k=1}^n i_{bk} \quad i_{bk} = \frac{C_k}{C_\infty} i_b \quad i_b = \delta_d \frac{C_\infty - C}{C_*} \frac{q}{h}$$

堆積過程は、異なる粒子間の相互作用や細粒土砂の液相化の影響を受けるのでは？

粒径階ごとに堆積速度を足し合わせるのは現象を正しく表現できているのか？

本研究では、

混合粒径で流した時、勾配変化点付近の堆積過程が粒径階ごとの堆積速度の足し合わせで表現できるような現象か検証することを目的とする。

最終的なゴールとして、

混合粒径の土石流の堆積速度や堆積の様子について調べ、堆積の物理モデルの構築を目指す。

急勾配区間と緩勾配区間をつくり土砂を流して、定常状態の堆積速度を測定する。

実験条件

- 急勾配 : 水路を15, 10, 7度で変化 (粗度係数 $n=0.0158\text{m}^{-1/3}/\text{s}$)
- 緩勾配 : 1度(長さ1m) (1度になるように急勾配ごとに装置を作製)
- 流量 : 1.25L/s
- 流す土砂 :

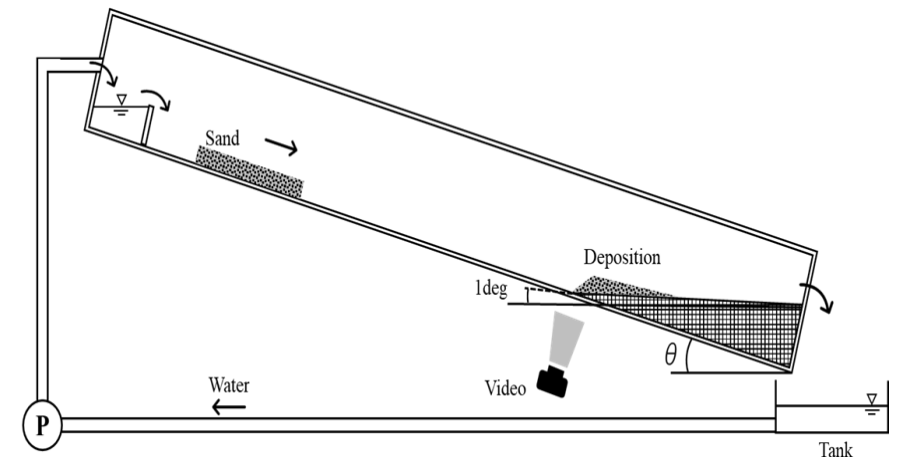
	粗粒土砂(珪砂1号(4mm))	細粒土砂(珪砂5号(0.4mm))
case1	100%	0%
case2	75%	25%
case3	50%	50%
case4	25%	75%
case5	0%	100%

単位体積重量 : $2.421\text{g}/\text{cm}^3$

全体量は8kg

実験内容

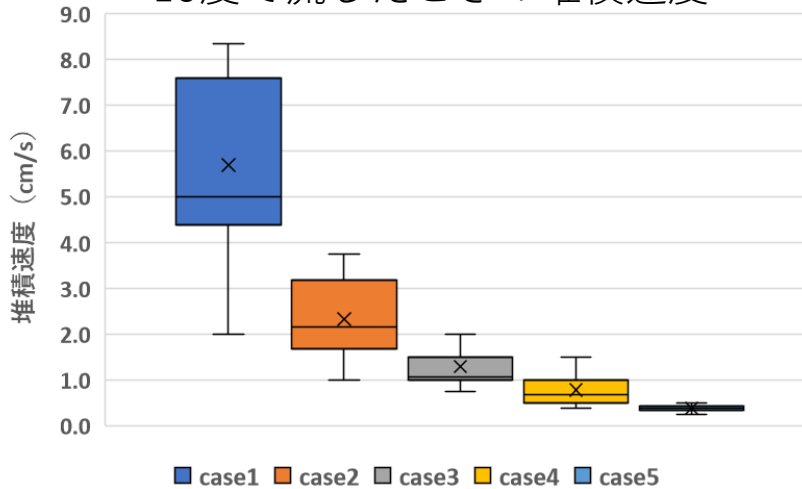
- ビデオカメラで勾配変化点付近の堆積厚を撮影し堆積速度を求める。
- 各ケースの平衡土砂濃度を求める



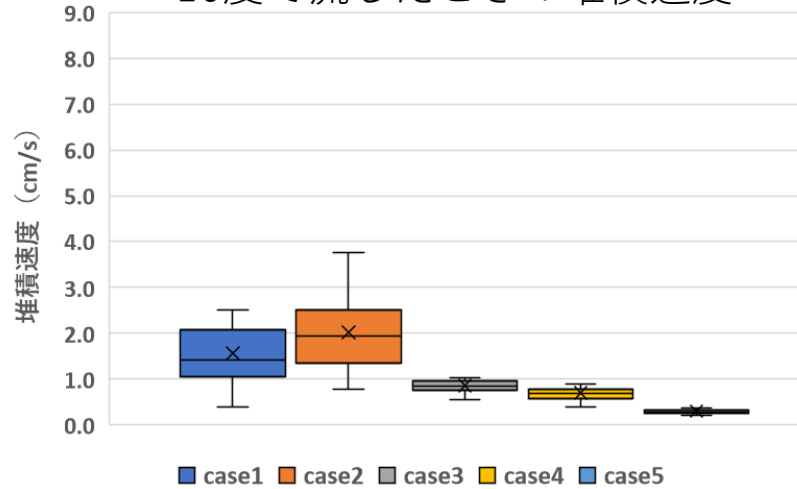
実験から得られた堆積速度

	粗粒土砂(珪砂1号(4mm))	細粒土砂(珪砂5号(0.4mm))
case1	100%	0%
case2	75%	25%
case3	50%	50%
case4	25%	75%
case5	0%	100%

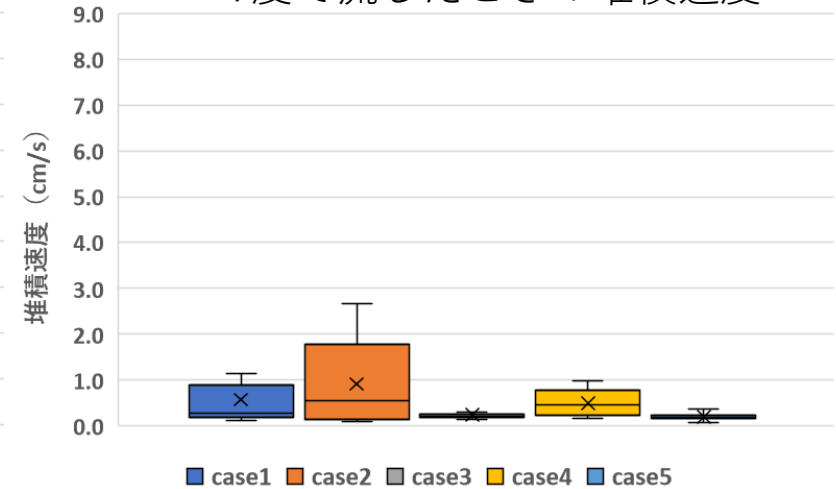
15度で流したときの堆積速度



10度で流したときの堆積速度



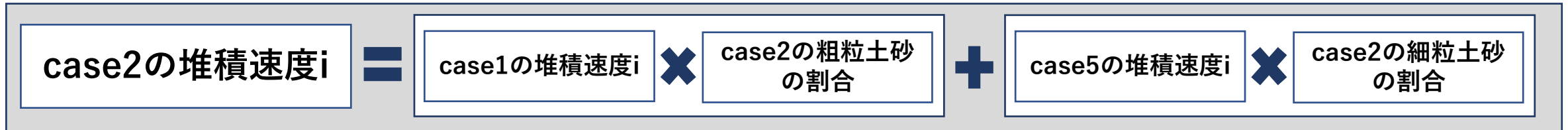
7度で流したときの堆積速度



勾配15° では、粗粒土砂の割合が増えるほど堆積速度が大きくなる。
 勾配10° では、case1,2とcase3,4,5で堆積速度に若干の違いが見られた。
 勾配7° では、混合割合に関係なく堆積速度に大きな差異は見られない。

実測値と粗粒土砂・細粒土砂の割合から足し合わせた値との比較

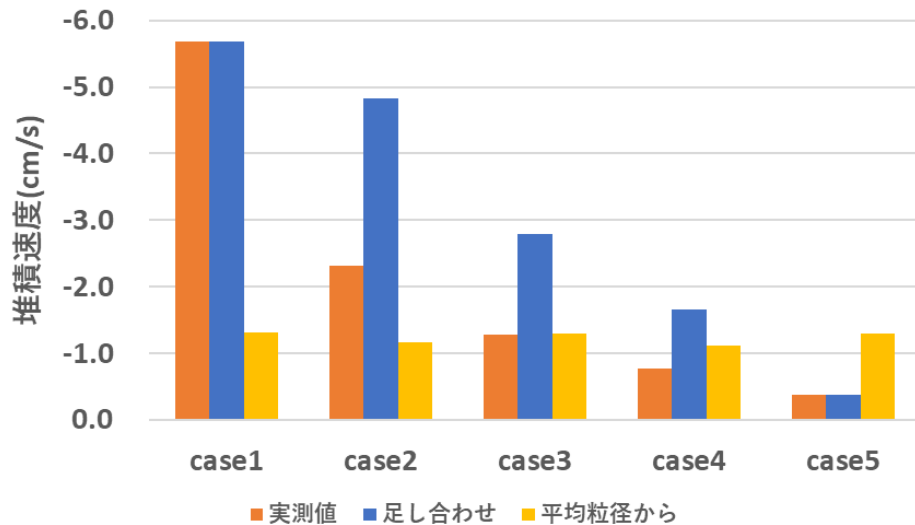
足し合わせ：



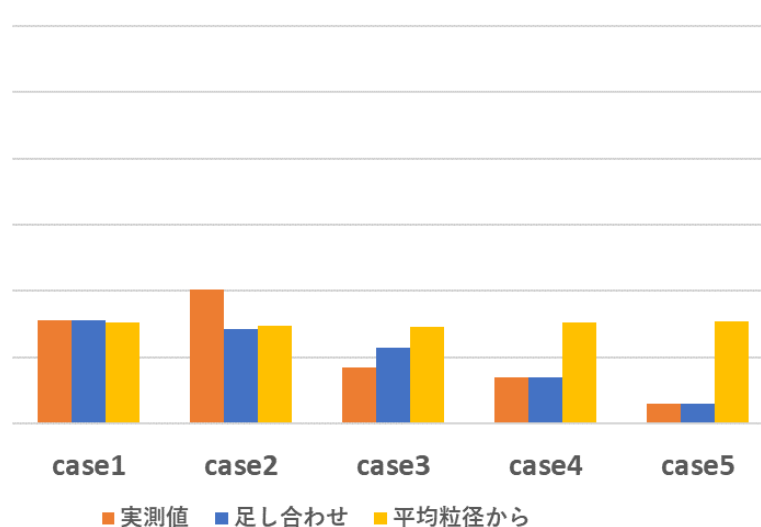
平均粒径から求めた値

$$i_b = \delta_d \frac{C_\infty - C q}{C_*} \frac{1}{h}$$

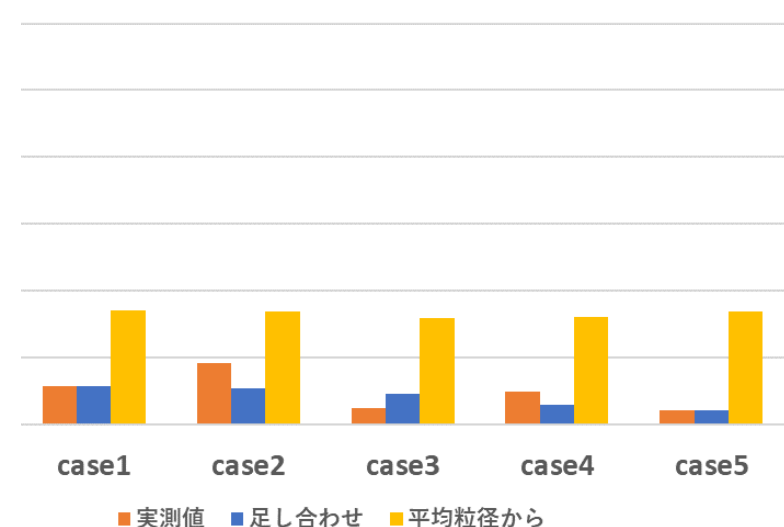
15度で流したときの堆積速度



10度で流したときの堆積速度



7度で流したときの堆積速度



勾配10 case5(細粒土砂のみ)



勾配10 case3



流れ始め、粗粒土砂は堆積するが、
(撮影範囲では)
細粒土砂の堆積は
見られない。



細粒土砂は下流側
へ移動している。

堆積の様子

15° case3の様子



粒径ごとに分離して堆積
また、大きな縦渦（跳水）
の発生後に細粒土砂の堆積
が顕著になる。

10° case3の様子



細粒分は粗粒分の間隙へあ
まり入り込まず表層に堆積。

粗粒土砂が堆積している間
は細粒土砂は堆積しにくい。

結論

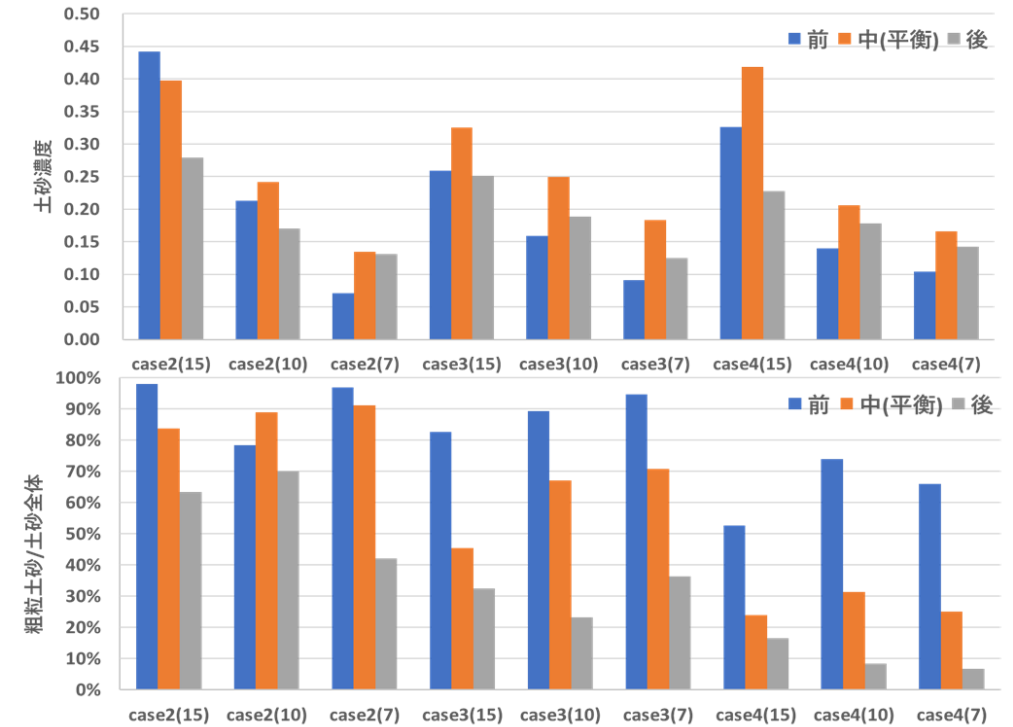
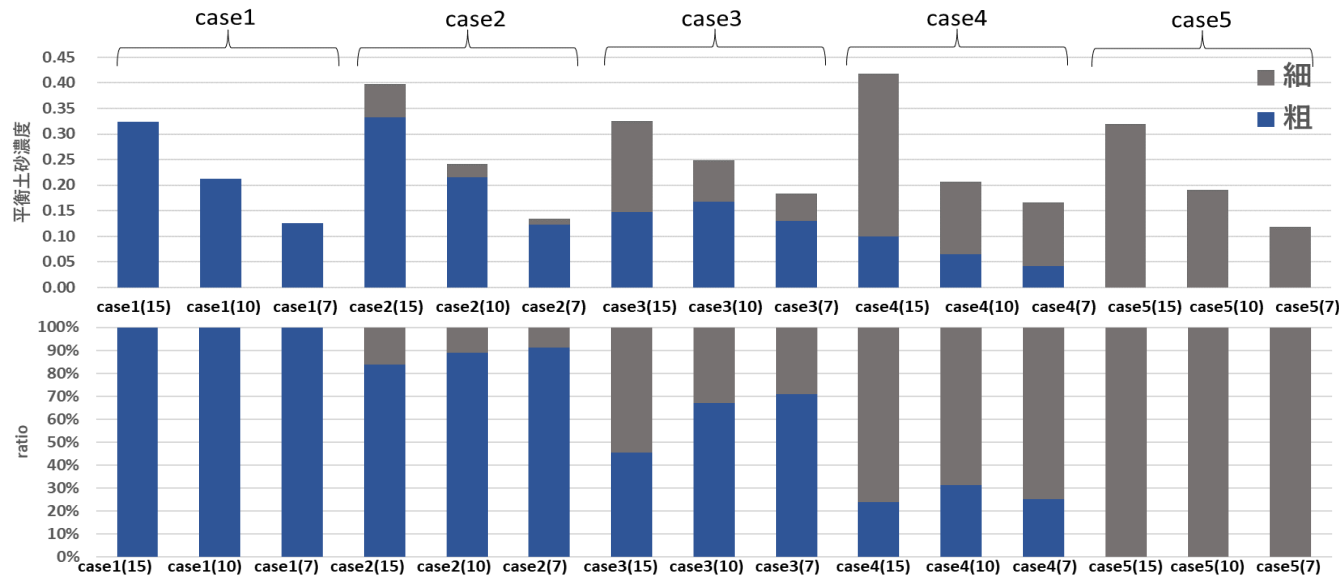
- ✓ 混合粒径では単一粒径の時とは異なる堆積形態をみせた。
(単一粒径を流した時に比べ、混合粒径は山なりに堆積し、堆積位置は下流側に前進、堆積開始時間は少し遅い。)
- ✓ 混合粒径の堆積は粒径ごとの足し合わせで表現できるような形態ではないように思われる。細粒土砂は粗粒土砂が堆積するまで堆積が始まらない。その間、底面付近を移動する粗粒土砂によって、細粒土砂はベルトコンベアのように下流側に移動してる。

課題・今後の予定

- ✓ 勾配変化点付近で堆積せず流下する細粒土砂の量測定する。
- ✓ 堆積の縦断方向の粒度分布を調べる。
- ✓ ビデオカメラでは土砂の細かい動きまで見ることができなかったので、ハイスピードカメラで撮影する。

ご静聴ありがとうございました。

各ケースの平衡土砂濃度と粗粒分と細粒分の割合



先頭部に粗粒土砂が多く含まれ、流れるにつれて粗粒土砂の割合は小さくなる。
→分級している

元の河床勾配に対して堆積する一次的なものと地形変化によって勾配が変化した二次的なものがある。



15° case2 堆積により地形が大きく変化