



高濃度下の土粒子の沈降・流下について

国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部 砂防研究室 内田太郎



豪雨時の山地流域の土砂移動





豪雨時の山地流域の土砂移動





出水に前に比べて出水 後に河床材料が細粒化





豪雨時の山地河川の浮遊土砂

- □斜面崩壊や渓岸崩壊により大量な細粒 土砂が直接的に渓流にもたらされる。
- □極めて濃度の高い状態になる可能性が 考えられる。
- □河床はアーマーコート化などにより十分 に浮遊土砂になる材料がない場合が多い。

山地河川の土砂移動形態



NILIM



様々な条件に適用可能なモデルの作成





モデル作成上の課題 □土砂流領域の砂礫移動層厚の算出方法 □土石流や土砂流領域の砂礫移動層におけ る細粒土砂のフェーズシフトする条件 □土砂流領域の水流層中の細粒土砂の表 現 □高濃度浮遊砂流の表現 □泥流への遷移 細粒土砂に起因する課題 □砂防施設等の効果の表現 など





□高濃度下における土粒子の沈降速度に関する実験

□急勾配水路における高濃度浮遊砂流下に 関する実験



高濃度な浮遊土砂の沈降

□高濃度下では、粒子の沈降速度(w₀['])が 清水中の沈降速度(w₀)に比べて、低下す る可能性が指摘されてきた。

□中でも、高橋・里深(2002)では以下の式が提案されてきた。

$$w_0' = (1 - C)^{\beta} w_0$$

□しかしながら、係数βについては十分な情 報がない。

□実験により、検証する。













土砂沈降管のスケールの影響





0.25-0.43 mm
043-0.85 mm
0.85-2.0 mm
2.0-4.8 mm







- 0.25-0.43 mm
- □ 0.43-0.85 mm
- △ 0.85-2.0 mm
- 2.0-4.8 mm



沈降速度低下の原因(予想)

上昇流の影響

遅い粒子に制約される影響



Coarse sediment cannot pass fine sediments









$$W_0' = W_0 - q$$

 $W_0' = W_0 - \frac{q}{1 - C}$

W0 は濃度0の時の沈降速度

$$W_0' = \frac{1}{1+C}W_0$$

または

$$W_0' = \frac{1-C}{1+C}W_0$$



上昇流の影響





遅い粒子に制約される影響





遅い粒子に制約される影響



濃度の上昇にともないw0の最小値から想定される沈降速度に近づく



高橋・里深(2002)のβの推定 β=4



- 0.25-0.43 mm
- □ 0.43-0.85 mm
- △ 0.85-2.0 mm
- 2.0-4.8 mm

高濃度な浮遊土砂の沈降に関するまとめ

 □従来の予想通り、高濃度下では、粒子の 沈降速度(w₀['])が清水中の沈降速度(w₀)
 に比べて、低下した。

□低下の程度は、水・土砂の入れ替わりによる上昇流の影響と遅い粒子による全体の 沈降速度が制約を受ける影響によりある 程度説明つく範囲であった。

□高橋・里深の提案式で概ね表現でき、これ に従うと、βは3~5程度が適当であった。



高濃度な浮遊砂の流下

□高濃度な浮遊砂流の浮遊砂量の推定手
 法を検討する。

□特に、高濃度下で沈降速度が低下が、濃度の鉛直分布、基準面濃度に及ぼす影響を検討する。

平野ら(1997) 水路勾配 0.6度~6度 粒径 0.17~0.55mm 水深 2.3~4.7cm 輸送濃度 0.007~0.19



平野ら(1997)急勾配水路における浮流砂濃度分布に関する研究



平野ら(1997)の濃度分布



平野ら(1997)急勾配水路における浮流砂濃度分布に関する研究

江頭ら(1992)

水路勾配 3度および7度 粒径 0.16mm 水深 0.95~1.28cm 輸送濃度 0.002~0.218



江頭ら(1992)泥流に関する研究:応力構造



ラウス分布による再現

ラウス分布に従い河床から*z*の高さの濃度*c*(*z*)を以下の式で表す。

$$\frac{c(z)}{c_0} = \left(\frac{a}{h-a}\frac{h-z}{z}\right)^Z \quad Z = \frac{w_0}{\beta\kappa u_*}$$

 c_0 は基準面濃度、hは水深、aは基準面の高さ、 w_0 は沈降速度、 β は係数、 κ は浮遊砂流のカルマン 定数(志水の提案式により算出)、U*は摩擦速度



平野ら(1997)のラウス分布による再現





江頭ら(1992)のラウス分布による再現



平野ら(1997)の基準面の推定



平野ら(1997)急勾配水路における浮流砂濃度分布に関する研究



平野ら(1997)のラウス分布による再現 基準面高さを補正





江頭ら(1992)のラウス分布による再現 基準面高さを補正 0.05→0.1





江頭ら(1992)の流速分布計測に基づく カルマン定数の推定結果



江頭ら(1992)のラウス分布による再現 基準面高さを補正 0.05→0.1 カルマン定数の補正



江頭ら(1992)の流速分布計測に基づく カルマン定数の推定結果





高濃度な浮遊砂流の濃度分布に関する まとめ

□集団沈降の影響を評価することにより濃度分 布が大きく変化し、過去の実験結果に近づく。

□集団沈降の影響を評価した上で、基準面高さ、 カルマン定数を設定すると運動量と土粒子の 拡散係数に大きな差がないと仮定しても濃度 分布はある程度説明できる。

□基準面高さを0.05、カルマン定数を<0.4以下 とした場合、βを2程度とすると概ね実験地に近 づく。



高濃度な浮遊砂流の輸送濃度に関する 検討

- □浮遊砂の輸送濃度は、基準面濃度と濃度分布 と流速分布から輸送濃度を算出する。
- □基準面濃度の算出式は、複数提案されてきて いる。
- □しかし、上記の方法が高濃度の浮遊砂流に適用可能であるかどうかについては十分な検討事例があるとは言い難い。



追加実験の装置











輸送濃度の評価





輸送濃度 1 評価結果 (計算結果 0.1 平野ら 2ケース 江頭ら 2ケース 追加実験 9ケース 輸送濃度 0.01 \mathbf{O} Ό 0.001 0.1 0.01 1 輸送濃度(実験結果)





高濃度な浮遊砂流の輸送濃度に関する 検討

- □単独沈降速度、志水のカルマン定数を用い、 芦田・道上式を用いて基準面濃度、ラウス分布 を用いると、高濃度条件下の浮遊砂流の輸送 濃度は1/10程度に評価される。
- □集団沈降を考慮すると、輸送濃度は2倍程度に なる。
- □ガルシア・パーカーの式を用いて集団沈降を考 慮すると、概ね実験の輸送濃度に近づく。





- □高濃度下では、上昇流、遅い粒子による制約等を受けて相当程度、沈降速度は低下する。
- □集団沈降による沈降速度の低下を考慮する と、浮遊砂の鉛直分布はある程度記述でき る。
- □高濃度下では、基準面濃度式や沈降速度の取扱いなどにより、輸送濃度が1/10程度に算出される場合もある。



気になる点・課題

□河床に浮遊砂の材料がない場合の基準面 濃度式の適用? □ 摩擦速度算出時の比重の値 清水でいいのか? □高濃度条件下の基準面濃度式。基準面濃 度の上限値。 □高濃度条件下の拡散係数。 □集団・混合粒径の沈降速度

