

泥流の流速分布・濃度分布に関する実験的研究

京都大学防災研究所 正員 江頭 進治
 河川環境管理財団 正員 芦田 和男
 三菱総合研究所 正員 田野中 新
 京都大学大学院 学生員 佐藤 隆宏

1. はじめに 微細砂濃度の広い領域にわたり流速分布・濃度分布等について水路実験を行い、泥流と浮遊砂流との相違点や泥流の応力構造を検討している。

2. 実験条件及び方法 実験は、幅10.5cm、長さ4.0m、可変勾配の矩形断面開水路で行う。水路床には実験に使用した微細砂が貼り付けてある。水路上流端には、プロペラ式攪拌器を取り付けた水槽が設置されており、ここに給水、給砂を定常的にを行い、所定濃度の泥流をつくり、水路に供給する。実験に用いた微細砂は中央粒径 $D_{50}=0.016\text{cm}$ 、内部摩擦角 $\phi_s=33.6^\circ$ 、密度 $\sigma=2.63\text{g/cm}^3$ である。測定項目は、濃度による水深の変化(実験1)、濃度の垂直分布(実験2)、流速の垂直分布(実験3)である。実験1では、泥流の流量を一定にし、濃度のみを変化させて、濃度による水深、つまり流水抵抗の変化を測定した。実験2では、鉛直方向に1.0mmごとに内径2.0mmの鋼管を配置した装置で各層ごとに泥水を採取して、濃度の垂直分布を測定した。実験3では、コマ送り速度250コマ/秒で泥流中に流したトレーサーを撮影した。このデータを用いて、トレーサーの拡散状況を測定した。

3. 実験結果の考察 図-1は、実験1より h/h_0 と濃度 C との関係を見たものである。ここに、 h_0 は清水流の水深である。実線は浮遊砂流に関する志村¹⁾の研究による計算値である。計算値は、濃度の増加にともない漸減するのに対し、実験値は、濃度が10数パーセントまでは顕著な変化を示さないが、さらに濃度が増加すると急激に増大している。図-2は、清水流の実験から、 $Ar=8.5$ としたときの $ks(=0.113)$ をもとめ、これを泥流に適用して得られるカルマン定数と濃度の関係を示したものである。なお、図2の実線も志村の浮遊砂流の研究による計算値である。

以上の結果は、壁面乱流の理論にしたがえば、濃度の増加に伴い乱れのスケールが大きくなることを示している。

図-3は、濃度分布を $z=1.0\text{mm}$ の測定値 C_0 で無次元化したものである。図中の点線は $\kappa=0.4$ 及び静水中の粒子沈降速度 $w_0=1.83\text{cm/s}$ としたときのラウス分布である。実線は実験値に一致するように $Z=w_0/\kappa U_*$ を定めて得られるラウス分布である。実験結果より、濃度の低い領域では乱流拡散型の分布を示すものの、高い領域では一様化することがわかる。また、ラウス分布を一致させるためには、拡散係数を大きくしなければならないことがわかる。

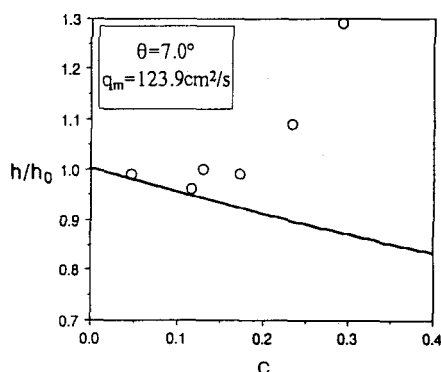


図-1

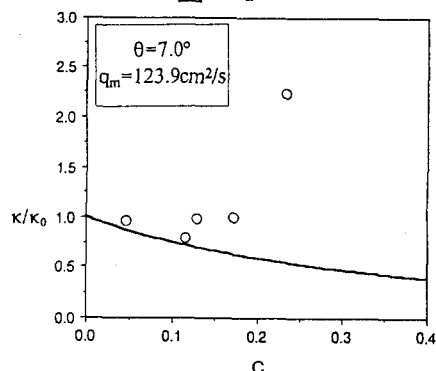


図-2

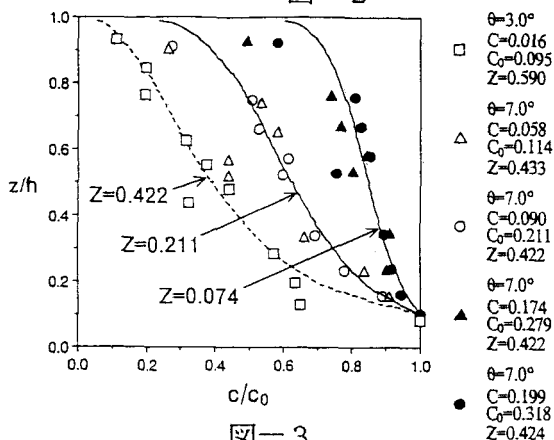


図-3

Shinji EGASHIRA, Kazuo ASHIDA, Shin TANONAKA, Takahiro SATO

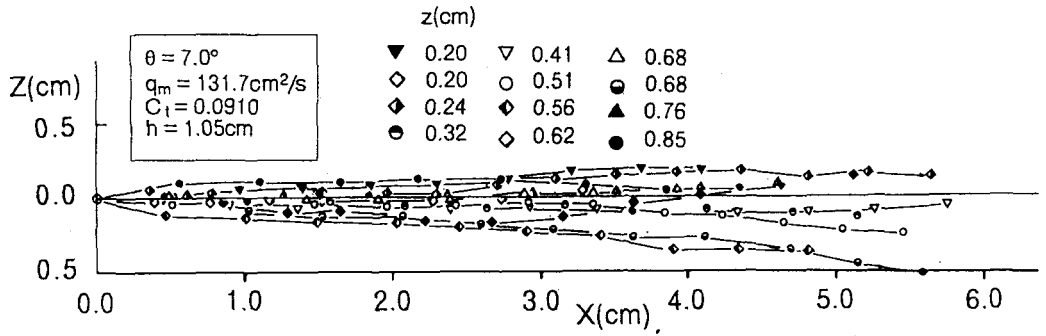


図-4 (a)

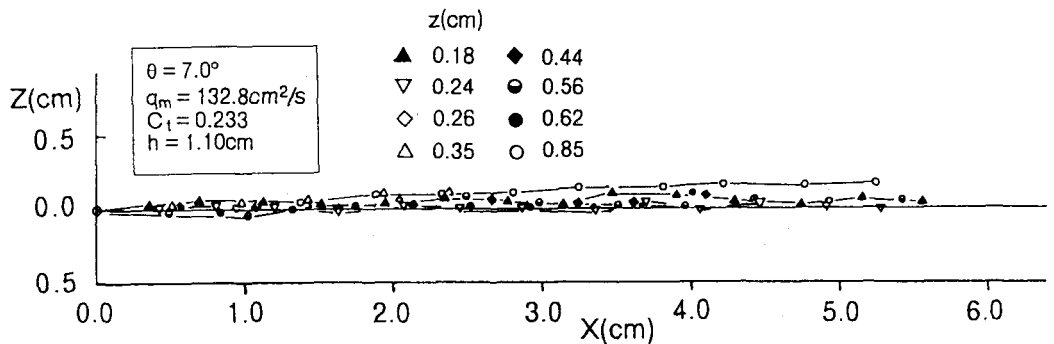


図-4 (b)

図-4 (a),(b) は、泥流に流した各トレーサーの運動軌跡の最初の点を同じ位置にして軌跡を描いたものであり、トレーサーの拡散状況を示した一例である。図-5 は、図-4 の結果に基づいて得られる、拡散係数と濃度の関係である。これらによれば、泥流は、濃度の低い領域では乱流的挙動を示すが、濃度の増加とともに乱流拡散が急激に減少し、層流的挙動を示す。

以上のように、図-1, 2, 3 は高濃度領域において乱れが大きくなることを示しているが、図-5 はそれとは逆のことを示している。このことは従来の浮遊砂流の研究では考慮されていなかった別の形の応力が必要であることを示している。

4. おわりに 本研究の条件下における実験では、高濃度領域において水深が急激に増大することが示された。このことは、壁面乱流の理論に従うと乱れの増大を示している。また、濃度分布の検討からも高濃度領域では拡散係数を大きくとる必要があることが示された。しかし、トレーサーの拡散状況は、これらとは逆に、濃度が増加するに伴い乱流拡散が急激に減少することを示している。このことは、従来の浮遊砂流の研究では考慮されていなかった別の形の応力が必要であることを示唆している。

最後に、本研究を進めるにあたり、近畿大学理工学部江藤剛治教授のグループで開発されたビデオ装置を使わせていただいた。ここに記して深謝します。

参考文献 (1) 志村博康：浮遊砂を有する水流の諸特性について，土木学会論文集、46 号 (1957)

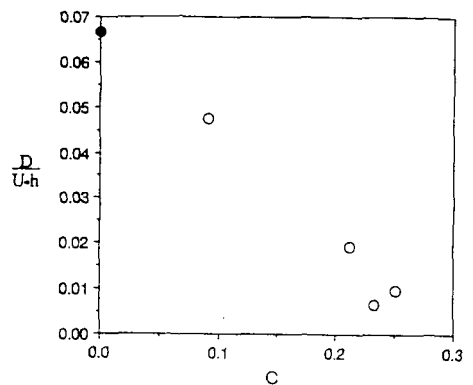


図-5