

海底乱泥流による底泥の巻き上げ特性に関する実験

Experiments on entrainment of sediment into suspension by turbidity currents

北海道大学工学部土木工学科 学生員 新岡真治 (Masaharu Niioka)
北海道大学工学部土木工学科 正員 泉典洋 (Norihiro Izumi)

1. はじめに

海洋の底面付近で高濃度の浮遊土砂を含んだ流れが発生すると、密度流が形成される。これが乱泥流(turbidity current)の正体であり、その流れが何らかの要因によって海底を流下するときに海底からの土砂の巻き上げや海底への土砂の堆積、上層からの水の供給によって浮遊土砂濃度が変化する。この濃度差が乱泥流を加速させたり減速させたりする。つまり流下に伴って海底からの土砂の巻き上げが底面への土砂の堆積を上回る場合は加速、下回る場合は減速となる。このため、時として乱泥流は継続的な加速を受け非常に速くまで流下することがある。このとき海底の浸食を引き起こす。これが海底峡谷の形成に深い関係があるとされている。

Parker and Garcia は実際に実験によって乱泥流を発生させ、その流れと海底の浸食との関係を明らかにしている。しかし実験に用いたのは実際の海底の土砂ではない。はたしてそれが海底の土砂で同じような現象が起きるのであろうか。私の知る限りにおいて過去に海底の土砂を利用して巻き上げ実験した例はない。ゆえに今回は実際の土砂を用いて、従来の研究と同様のデータが得られるかを検証することを本研究の目的とする。

2. 実験概要

今回使用する水路は、高さ 15cm、幅 8cm、長さ 200cm の長方形断面の管路である。(図-1, 2 参照)

水路には流速と濃度、水温を測定するために水路の上部に穴の開いた五箇所の観測点を設けている。観測点は上流側から A, B, C, D, E とする。

河床全体に海底で採取してきた泥を一様に敷き、ポンプを利用して水を流す。流速はバルブにより調整可能で、最大で 40cm/sec 程度の流速を得られる。

今回管路を用いたのは採取した底泥の量が少量のため、実験に使用する水路の大きさにはおのずと限界があり、また小さな水路でも流入部、流出部から受ける流れの影響を小さくするためである。

実験手順としては、まず水路によく混ぜ均一にした泥と水を入れ空気を抜いた状態から最大流速の状態にし、すべての泥を巻き上げる。そして流速を落とし、泥の堆積と巻き上げが平衡状態になるまで一定に保つ。その状態になったら各観測点で流速と濃度、水温を調べる。はじめにすべての泥を巻き上げるのは、粘性の高い底泥を河床全体に一様に堆積させるためである。

今回の実験を行うにあたって、流入部、流出部の影響が水路内にどれほど出ているかを調べるため、水路に水だけを入れて各観測点において鉛直方向に 5mm 間隔で流速

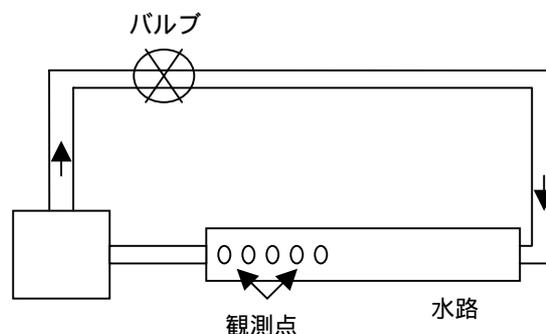


図-1 実験装置

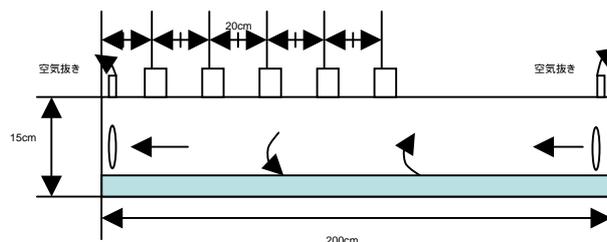


図-2 実験水路

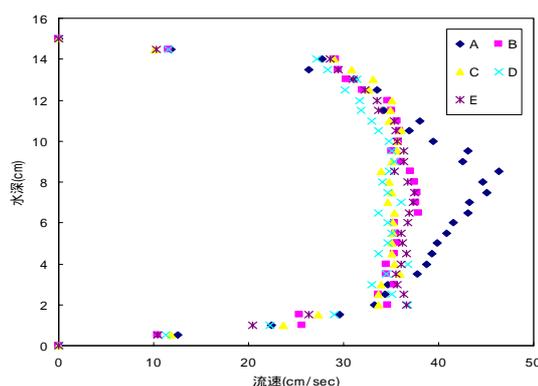


図-3 各観測点における流速分布

を測定した。水深は底面を 0mm とし鉛直方向上向きを正としている。(図-3 参照)

図-3 の結果から、観測地点 A 以外はほぼ流速分布は同じ形状をしていて流出部による影響がないといえる。よって A 以外で流速、濃度、水温を計測した。

3. 実験データの整理

実験で得られた流速と濃度、水温の結果を表にまとめた。表における断面平均流速は、観測点 C で鉛直方向に 5mm 刻みの 15s 平均で測ったものである。濃度は水深

断面平均流速	水温	濃度	レイノルズ数	底面せん断力	摩擦速度	管摩擦係数	滑面判定
36.890	40	5.964	58501	3.432	1.852	0.02018	0.017
30.197	42.8	5.037	47887	2.404	1.550	0.02109	0.021
25.831	42.6	4.476	40963	1.822	1.350	0.02185	0.024
18.545	42.2	3.916	29409	1.014	1.007	0.02359	0.032
17.750	40.6	3.381	28148	0.938	0.969	0.02384	0.033
11.563	40.8	3.253	18336	0.442	0.664	0.02644	0.049
7.741	41.3	3.045	12275	0.219	0.468	0.02927	0.070

75mm の位置の泥水を採取し、得られたものである。水温

表 実験データ

は観測点からデジタル温度計を挿入し調べたものである。

今回の実験の目的は流速と巻き上げ量の関係式を求めることなので、濃度と流速の関係が以下の式で与えられるものとする。

$$E = \alpha U^n$$

E : 濃度, α, n : 実験で与えられる係数, U : 流速

表から横軸を流速, 縦軸を濃度で両対数グラフにプロットしたものが図-4 である。近似直線を利用すると、 E は流速が 1cm/sec のときの濃度であり, n は近似直線の傾きであるから

$$\alpha = 1.1, n = 0.239$$

となる。

混合距離理論を用いた対数法則を利用し、実験から得られたデータから底面せん断力を求める。その際に水路が滑面なのか、それとも粗面なのかによって用いる式が変わってくるので、まずはその判定から行う。以下の条件を満たせば水路は滑面とみなせる。

$$\frac{5\nu}{v_*}$$

ν : 泥の直径 (cm), ν : 動粘性係数 (cm²/sec),

v_* : 摩擦速度 (cm/sec)

また、摩擦速度は

$$v_* = u_m \sqrt{\frac{\lambda}{8}}$$

u_m : 断面平均流速 (cm/sec), λ : 管摩擦係数

となる。水路が滑面であると仮定すると、管摩擦係数を求める式は以下のように与えられる。

$$\lambda = [2 \log(\text{Re} \sqrt{\lambda}) - 0.8]^{-2}$$

またこの式の適用条件は

$$3 \times 10^3 \leq \text{Re} \leq 10^7$$

Re : レイノルズ数,

繰り返し計算により管摩擦係数を求め、以下の式より

底面せん断力 τ_0 を求める。

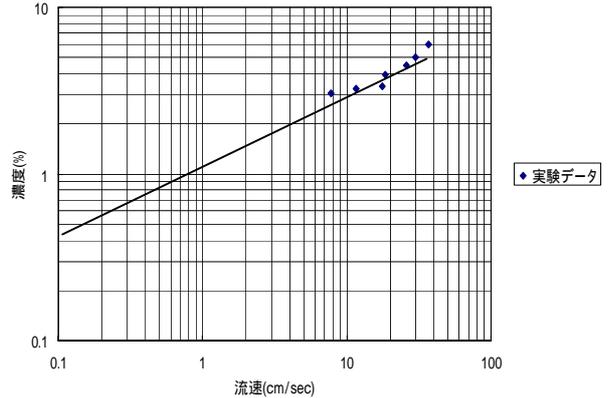


図-4 流速変化による濃度

$$\tau_0 = \frac{1}{8} \lambda \rho u_m^2$$

ρ : 水の密度

以上のデータを整理したものを表に示す。今回使用した粒子は泥なので、表の最小の値(0.017cm)より小さいのは明らかであり、条件を満たしているため、この水路は滑面とみなせる

またレイノルズ数も適用条件内にあることが確認できる。よって滑面の仮定は正しいということになるので底面せん断力は表の通りになる。

4. 考察

図からもわかるように、流速が増加するとそれに比例して濃度、つまり巻き上げ量も増加していることがわかる。そのことから、実際の土砂を利用して同様のデータを得ることができた。

しかし n の値が小さすぎるのは問題である。可能性としては、実験データの不足や実験方法の見直しが考えられる。また今回の実験では塩分濃度の影響を考慮していない。採取してきた泥にも塩分が含まれているため、塩分濃度がどれほどの影響を与えるか検証する必要があるかもしれない。

5. 参考文献

- 1) 泉典洋 : 乱泥流による海底峡谷の形成理論, 土木学会論文集, No.712
- 2) 泉典洋, 山口健治 : 大陸棚上から大陸斜面を流下する乱泥流の運動特性