

岩手大学工学部 学生員 〇谷藤康浩 学生員 藤川浩一
正員 海田輝元 正員 大沼正郎

1. はじめに 河口、湖等の半閉鎖水域に堆積した底泥は、水流により巻き上げられ水質環境に種々の悪影響を与えている。しかしながら、底泥の巻き上げ機構や巻き上げ量の予測については、まだ充分には解明されていないのが現状である。本研究は以上の観点に基づき、比較的粘土分を多く含む試料について開水路を用いて種々の含水比の底泥について一定剪断応力下での巻き上げ実験を行ない、上記の点について検討したものである。

2. 実験装置及び方法 実験に用いた水路の概略をFig-1に示す。水路は可変勾配の循環式開水路(長さ6m、幅20cm)があり、上流端から3~5m部分に試料を数回凹部(深さ5cm)を有する。試料としては、市販力オリソ(Engelhard ASP600, $G_s = 2.66$, $D_{50} = 0.64\mu m$)を用いた。実験に際しては含水比をあらかじめ調整した試料を1様に数き、所定の剪断応力下で実験を行なった。なお、実験継続時間は3時間とした。採水は経時的に下流タンクで行ない、孔径 $0.1\mu m$ のメンブレンフィルターを用いてSSを測定した。実験終了時、ヌアサンプラーによって試料を層別採取し、固体分率の鉛直分布を測定した。巻き上げられた試料の粒度分布は顕微鏡写真による粒径測定から求めた。なお、実験中における試料の物性変化を防ぐため、実験は水温、泥温とも $10 \pm 1^\circ C$ のもとで行なった。試料の含水比 w は353% 396% 441% 608%とし、各々の含水比の試料について C (掃流力)を3種類変えて行なった。

3. 実験結果及び考察 Fig-2にSSの経時変化を示す。いずれの場合も巻き上げ速度(図中の曲線の勾配)は、時間の経過とともに低下し、3時間程度経過した段階ではSSはほぼ一定あるいは若干低下している。濃度が変化しない状態は、巻き上げと沈降が平衡状態にあるのではなく、巻き上げが起きていることとは筆者らの研究で必ずしも明らかになっていない。Fig-3に本研究で用いた試料の含水比 w と限界掃流力 C との関係を示す。 C は w の増加に伴い減少し、本実験での w の範囲内では $0.06 \sim 0.16 N/m^2$ 程度であった。掃流力を C で無次元化し、 $(\frac{C}{C_c} - 1)$ と初期巻き上げ速度 E との関係を示したのがFig-4にある。ここで E はFig-2でも ∞ における各々の曲線の勾配から算出した。両者の関係は両対数紙上で直線関係を示し、 $E(\%/min) = 110(\frac{C}{C_c} - 1)^{2.3}$ --- (1) で表わし得る。

次に巻き上げ速度の時間的低下について考えてみる。まず巻き上げられた底泥の粒度分布の時間変化を測定したのがFig-5である。粒度分布の時間変化はほとんどない。従って、逐次的巻き上げは起こっており、底泥はflocあるいはmassとして巻き上げられていると考えられる。また、実験終了時に巻き上げられずに残存する試料の固体分率の鉛直分布を測定した一例を示したのが、Fig-6である。下層部での固体分率の増加は圧密によるものがある。しかし表層部はこれらの関係が逆転し、 C が大きい程固体分率も若干大きくなる

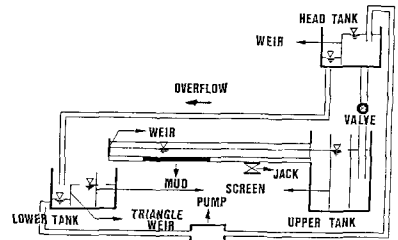


Fig-1 Experimental Apparatus

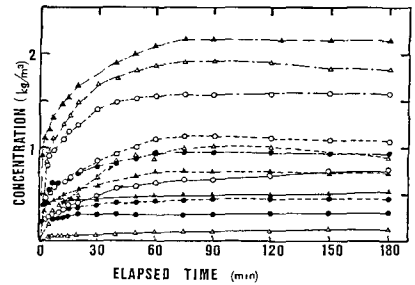


Fig-2 Variation of Suspended Sediment Concentration with Elapsed Time

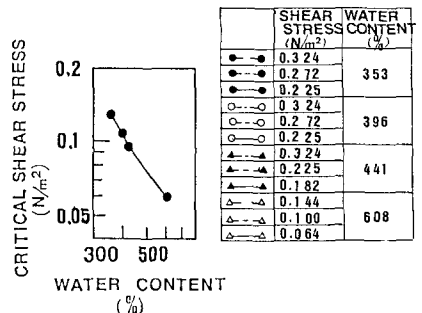


Fig-3. Relationship between Critical Shear Stress and Water Content

っている。従、この事は表層部の底泥が水流の剪断作用により何らかの変化を受けていることを示唆しているものと考えられる。しかし、この程度の固体分率の増加だけでは、巻き上げ速度の時間的低下あるいは巻き上げの停止を説明し得ず、底泥が水流により剪断を受け、粒子の配向性の変化も関与していると考えられる。次に、前述のFig-2における $t=0$ での接線とSS一定値の直径との交点の横座標を巻き上げ継続時間 τ とし、この τ と境界掃流力との関係を示したのがFig-7である。両者は両対数紙上ではほぼ1の勾配を有する直線となり、同一の τ では τ が大きい方が短い時間で巻き上げが終了することと示している。以上より、底泥が剪断を受けることにより特に底泥表層部は、巻き上げに対する抵抗力が時間の経過とともに増加すると考えられる。今、底泥が巻き上げられ始めてから、ある時間経過した時点での境界掃流力と $\tau_{c(t)}$ とし、 $\tau_{c(t)}$ が底泥の変形速度 $\frac{\partial u}{\partial y}$ の積分値に比例して増加すると仮定する。

即ち、 $\tau_{c(t)} = \alpha \int_0^t \frac{\partial u}{\partial y} dt + \tau_{c0}$
但し、 τ_{c0} は $t=0$ における境界掃流力であり、 $t > \tau_{c0}$ とする。

巻き上げのfluxとしては前述の式(1)が使えるものとし、ある時間までの底泥の移動距離 $S(t)$ とすれば、

$$\int_0^t \frac{\partial u}{\partial y} dt = \frac{\partial S(t)}{\partial y} \quad \text{----- (2)}$$

$S(t)$ はアニリンブルーで着色したカオリンを用いた実験($w=44\%$, $\tau=0.225 \text{ N/m}^2$)の場合、水路幅の4分の点ではFig-8のような、 α の値を変化させた場合の計算値をFig-9に示す。巻き上げの過程は、短時間の場合には比較的良く表現し得る。しかしながら、長時間の場合はさらに検討を要する。

4. おわりに

比較的含水比の高い底泥の巻き上げ機構を解析する場合、底泥自体が剪断を受けることによる底泥自体の変形あるいは移動を考慮する必要がある事が明らかになった。本研究では、底泥の移動量に比例して底泥の境界掃流力が時間の経過とともに増加するとして解析を行なった。しかしながら、未だ不十分であり今後さらに検討して行きたい。

参考文献

- 1) 海田ら底泥の巻き上げと泥降に関する基礎的研究
第17回衛生工学シンポジウム P.42~48, 1981.1

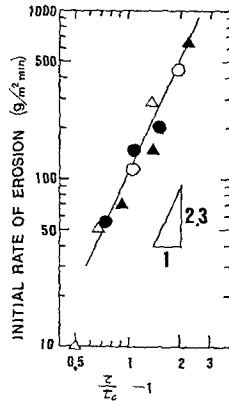


Fig-4. Relationship between Initial Rate of Erosion and dimensionless Shear Stress

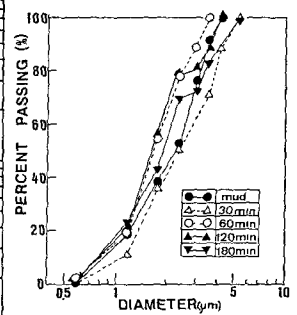


Fig-5 Variation of grinding distribution

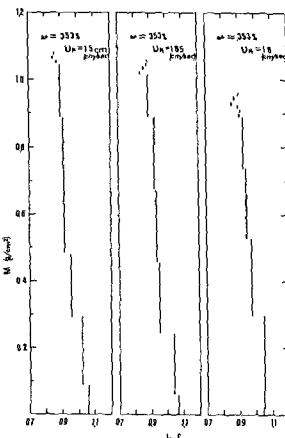


Fig-6. Vertical distribution of Solid Fraction

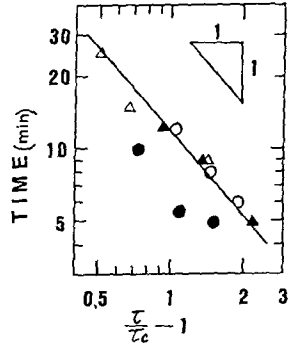


Fig-7 Relationship between Time and dimensionless Shear Stress

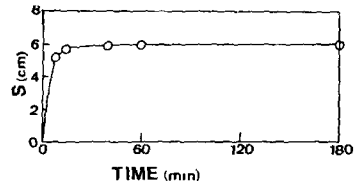


Fig-8. Relationship between Distance and Time

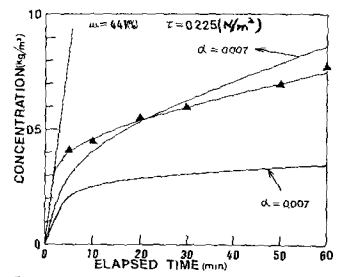


Fig-9. Variation of Suspended Sediment Concentration