

(6) 底泥の巻き上げと沈降に関する基礎的研究

九州大学 工学部 ©海田 輝之

同 楠田 哲也

同 栗谷 陽一

同 則松 秀晴

1 はじめに

沿岸域、河口感潮部、河川、湖沼等に堆積した底泥は、様々な水質環境問題の源になっている。底泥からの栄養塩類や重金属類の溶出の問題、あるいは洪水時や潮汐等により底泥自体が巻き上げられる事による水質汚染や底泥に吸着された有害物質の水域への回帰の問題等がある。従来、これらの問題に対して各分野で多くの研究が行なわれている。底泥自体の巻き上げについては、底泥の限界掃流力や巻き上げ速度を次元解析や密度流とのアナロジーからの無次元量^{1), 2)}、底泥のビンガム降伏値やペーン試験値^{3), 4)}で表示しようと試みられている。しかしながら、底泥の構成物質、水温、間隙水中の塩類濃度の相異等により底泥の物性が変化するため複雑となり明確なメカニズムの解明には至っていないのが現状である。また、底泥の流水下での沈降特性⁵⁾についても Etterらの研究があるものの、砂粒の様な非凝集性粒子の沈降と異なり現象は複雑であり、未知の部分が多い。本研究は以上のような観点に基づき、まず、剪断流下での底泥の種々の沈降特性を実験的に明らかにするとともに、一般的な濃度減少曲線を表わす式を導いた。次に、感潮部での底泥の輸送特性を明らかにする第一歩として、周期的に掃流力を変化させた実験を行ない、底泥の巻き上げ-沈降特性について検討したものである。

2 実験装置及び方法

実験に用いた円形回転水路の概略を図-1に示す。水路は外径110cm、内径90cm、深さ25cmの亚克力製回転水路と発泡スチロール製リングよりなっており、両者は独立に回転できるようになっている。この様な水路では遠心力による半径方向の二次流が生じるが、本研究では水路とリングを逆方向に回転させることにより、底面付近で二次流が0になるようなリングと水路の回転速度の操作曲線をあらかじめ求めた。底面剪断応力 τ はリングに働く剪断応力 τ_r を測定し、次式より求めた。 $\tau = \frac{A_r}{A_b + A_w} \tau_r$ 、但し、 A_r :リング面積、 A_b :底面積、 A_w :壁面積、である。沈降単独の実験は水深を15cmに保ち、所定の濃度の粘土懸濁液を十分に攪拌した後、所定の剪断応力の下で行なった。実験時の水深基準のレイノルズ数は $(2 \sim 8) \times 10^4$ であった。剪断応力が周期的に変動し巻き上げと沈降が繰り返される実験では、初期粘土濃度 40 g/l で充分攪拌した後、所定の時間静止沈降して底泥を形成し、実験を行なった。実験時の実水深は15cmとした。試料として、カオリン(Engelhard, ASP 600)及び福岡市中洲地下鉄工事現場で採取した土(以下粘性土と称す)を用いた。これら二種の試料のJIS A1204による粒度分布を図-2に、

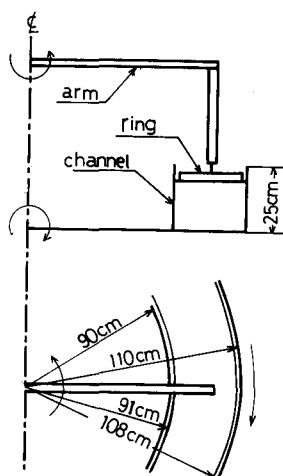


図-1 円形回転水路

物性値を表-1に示す。カオリンを用いた実験では、比重1.025の塩水中下(並塩を使用)で行ない、粘性土の場合には水道水を使用した。また、実験中における試料の物性変化を防ぐため、すべての実験は $22.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ の恒温室内で行なった。サンプリングは

表-1 試料物性値

	比重	平均径 μm	液性限界 (%)	塑性限界 (%)
カオリン	2.66	0.64	65	36
粘性土	2.73	9	70	34

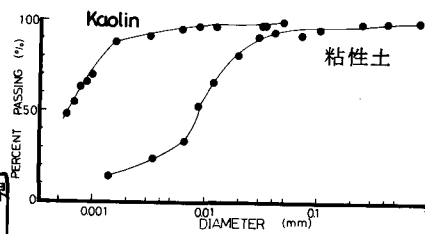


図-2 試料粒度分布

底泥界面上8cmのところで行なった。SSの測定には孔径 $0.1\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターを使用した。また、懸濁液の顕微鏡写真をプロジェクターで拡大し、浮遊状態にある底泥の粒度分布を体積粒度分布として求めた。この時の粒子の測定個数は1サンプルにつき200個以上とした。但し、この方法では粒径 $1\mu\text{m}$ 以下の粒子は測定されない。

3 実験結果及び考察

3-1 底泥の自然沈降

図-3は底泥として使用したカオリン及び粘性土の界面沈降曲線を示したものである。初高及び初期濃度は異なるが、両汚泥ともほぼ5時間経過後から圧密沈降を示し、50時間を経れば底泥厚さはほぼ一定となる。また、堆積した底泥の鉛直方向の固体分率の分布を示したのが図-4である。図中の数字は堆積時間を示している。底泥は堆積時間が長くなるに従って圧密されること、同じ堆積時間では下層にいくに従って固体分率が増加することがわかる。図-5には堆積した底泥(粘性土)の粒度の鉛直分布の一例を示す。この粒度分布は層別に採取した試料を攪拌した後測定したものである。粒度分布は底泥下層の方が広く、しかも最大径、平均径とも大きくなっている。この様な固体分率の範囲では、ビンガム降伏値と固体分率は図-6に示すように両対数紙上で直線関係にあり、このことは自然堆積した底泥(本研究の場合、1回の回分沈降であり、現場での底泥の堆積状況はさらに複雑である)では、鉛直方向の底泥の強度と粒度の変化を考慮しなければならない事を示唆している。

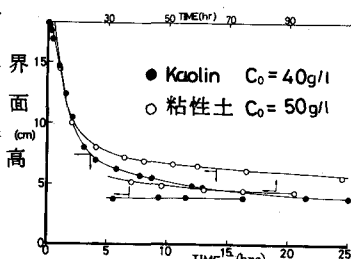


図-3 界面沈降曲線

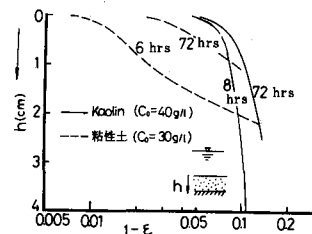


図-4 底泥の鉛直方向の固体分率

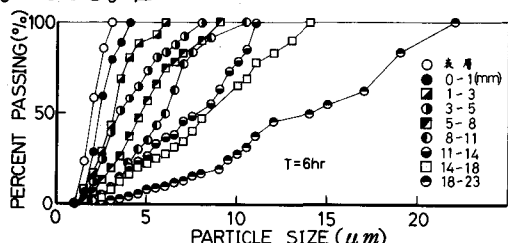


図-5 底泥の鉛直方向の粒度分布(自然堆積)

3-2 剪断流下での底泥の沈降特性

3-2-1 初期濃度を变化させた場合の底泥の沈降特性

初期濃度を 1g/L , 2g/L , 4g/L , 8g/L として剪断応力が 0.05N/m^2 の下での沈降実験の結果を図-7に示す。いずれの場合も界面沈降は起こらなかった。この図から沈降のパターンは初期濃度にかかわらずほぼ相似であり、最終的には一定値に落ちついているのがわかる。また、最終的に浮遊状態にあるSS濃度と初期濃度の比 $\frac{C_\infty}{C_0}$ は 0.06 前後で一定となっている。この事は浮遊状態にある底泥の粒度分布が初期濃度の相異にかかわらず同一であることを示している。換言すれば、 C_{00} が剪断応力(Sediments-Carry-Capacity)により決められるものではないことを示している。

3-2-2 種々の剪断応力の下での底泥の沈降特性

図8-1、図8-2は初期濃度 2g/L で5段階の剪断応力の下での濃度の時間変化を示したものである。図8-1は粘性土、図8-2はカオリンの場合である。顕微鏡下の観察では、粘性土の場合にはフロク化はほとんどなく、カオリンの場合には若干フロク化していた。濃度は時間の経過とともに減少し、その減少率も時間とともに小さくなり最終的には変化しなくなっている。3-2-1の場合と同様に $\frac{C_\infty}{C_0}$ の値を求め剪断応力 τ との関係を示すと図-9のようになる。沈降の場合、非常に小さな掃流力の場合でも微小な粒子の沈降は妨げられるため、すべての粒子が沈降する限界の掃流力を

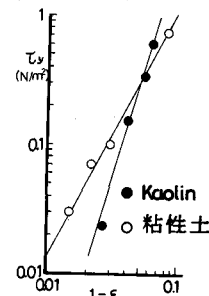


図-6 $1-\epsilon$ と τ_y との関係

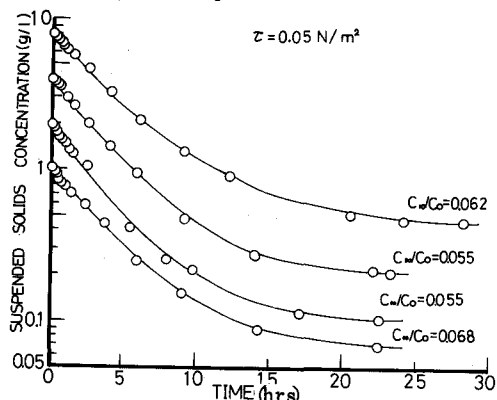


図-7 初期濃度が異なる場合の濃度の経時変化

求めるのは極めて困難である。しかしながら、実用上図-9から急激に $\frac{C_{\infty}}{C_0}$ の値が減少するところの剪断応力の外挿値を全沈降限界掃流力 τ_{ed} とする。この値は底泥の種類等により異なるが、本研究で用いたカオリンでは 0.05 N/m^2 、粘性土では 0.025 N/m^2 となった。

次に、図8-1の粘性土の濃度の減少状況を浮遊状態にある底泥の粒度分布の時間変化からみたのが図10-1, 2, 3である。粒度分布と濃度の時間変化は良く対応しており、 $\tau=0.4 \text{ N/m}^2$ では初期を除いてはほぼ一定であるが、 $\tau=0.075$ 、 0.05 N/m^2 では時間の経過とともに最大径、平均径とも減少し、最終的には一定となっている。さらに濃度が変化しなくなった時点においては各掃流力に対して沈降し得ない最大の粒子が存在し、最大径として $\tau=0.4 \text{ N/m}^2$ の場合 $15 \mu\text{m}$ 、 0.075 N/m^2 で $12 \mu\text{m}$ 、 0.05 N/m^2 、 $7 \mu\text{m}$ 程度になっていることがわかる。

ここで沈降した粒子の再浮上の可能性について検討してみる。粒子に凝集性がないとすると、実験時の掃流力は沈降した粒子の巻き上げの限界掃流力より十分に大きくなっている。この様な微細粒子では、 $u_* \sqrt{v}$ (u_* : 摩擦速度, v : 沈降速度) は、 $u_* = 1 \text{ cm/sec}$, $d = 10 \mu\text{m}$ として $v \approx 0.01 \text{ cm/sec}$ で、 10^2 程度になり、掃流形式を経ずに浮遊状態に移行すると考えられる。しかしながら、図-10において最大径、平均径とも減少しており再浮上した様子はない。このことをさらに明確にするため、初期濃度 3% で剪断応力が 0.075 N/m^2 の下で濃度が一定になった時点で剪断応力を 0.05 N/m^2 に低下し、その後元の 0.075 N/m^2 にもどした時の濃度の時間変化を示したのが図-11である。図から明らかな様に、元の剪断応力にもどしても濃度は元の値にまで回復していない。一方、図-9 剪断応力と $\frac{C_{\infty}}{C_0}$ との関係

カオリンを底泥とした場合(4%重量濃度、3日間沈降)の巻き上げの限界掃流力は 0.071 N/m^2 であり、先に示した沈降の限界掃流力 τ_{ed} (カオリンでは 0.05 N/m^2)より大きくなっている。これら両者のことは沈降時には重力のみが作用し、巻き上げ時には重力と凝集力が作用し、いったん沈降堆積した底泥は再浮上にくい事を示している。実用のために、無次元濃度と無次元掃流力 $\frac{\tau - \tau_{ed}}{\tau_{(C_{\infty}/C_0 = 0.5)} - \tau_{ed}}$ ($\tau_{(C_{\infty}/C_0 = 0.5)}$ は $\frac{C_{\infty}}{C_0}$ が0.5になる τ のことである)との関係を示すと図-12のようになり、底泥の種類に関係なく一本の曲線上にのることがわかる。即ち、

剪断応力を変えた幾つかの trial tests から $\frac{C_{\infty}}{C_0} = 0.5$ になる剪断応力 τ と τ_{ed} を知ると他の場合の $\frac{C_{\infty}}{C_0}$ が推定できることになる。

次に無次元濃度 $\frac{C - C_{\infty}}{C_0 - C_{\infty}}$ の時間変化について検討を加える。図-7、図-8を基に時間 τ と $\frac{C - C_{\infty}}{C_0 - C_{\infty}}$ の関係を片対数紙上にとると、直線にはならず下に凸の形とな

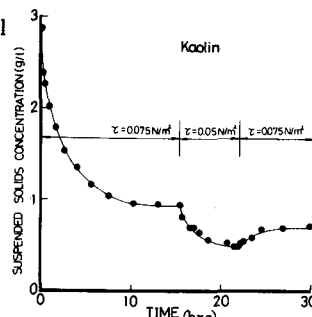


図-11 濃度の経時変化

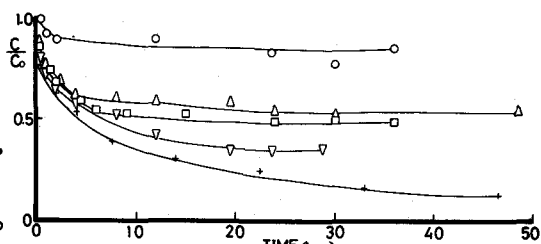


図-8-1 濃度の経時変化 (粘性土)

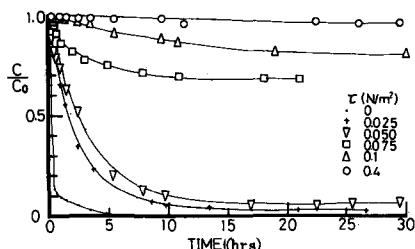


図-8-2 濃度の経時変化 (カオリン)

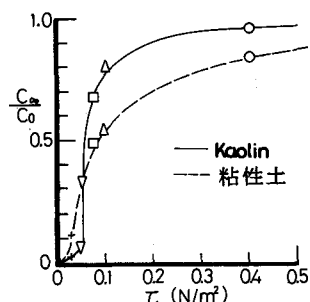


図-9 剪断応力と $\frac{C_{\infty}}{C_0}$ との関係

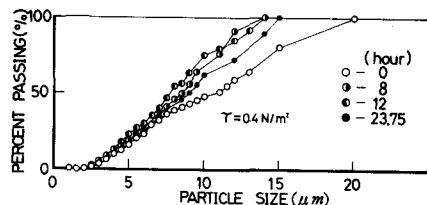


図-10-1 粒度分布の経時変化

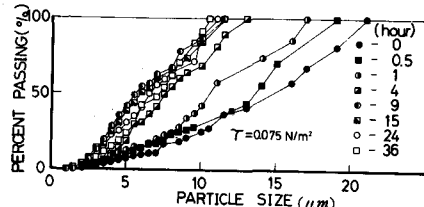


図-10-2 粒度分布の経時変化

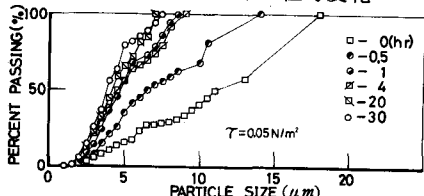


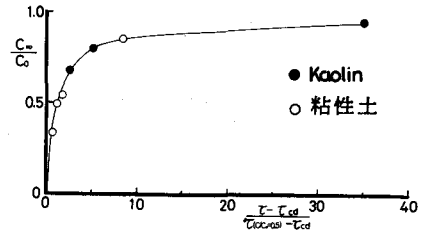
図-10-3 粒度分布の経時変化

る。このことは $\frac{C-C_0}{C_0-C_\infty}$ は e^{-at} ($a=\text{const.}$ する) のようには減少せず見かけ上 a が時間経過とともに小さくなっていく事を示している。

ここでは、先に述べた剪断流下での沈降特性を加味して、一定剪断応力下での底泥の沈降過程を表わす式を求める。まず、水路主流部は拡散・混合が充分に行なわれるため鉛直方向濃度分布は検出されなかった。このため、物質保存式は、

$$H \frac{\partial \bar{c}(d)}{\partial t} + v(d) c \Big|_{z=0} = 0 \quad (1)$$

図-12 剪断応力と濃度との関係 (無次元)



となる。ここで、 H :水深、 $\bar{c}$:水深方向平均濃度、 d :粒径、 v :沈降速度である。式(1)の左辺第2項の $vc|_{z=0}$ の代りに近似的に $v\bar{c}$ が使えるものとし、さらに $v \sim \alpha d^n$ (2)

とおく。ここで $n=1$ or 2 で、 $n=1$ の時 $[\alpha]=T^{-1}$ 、 $n=2$ の時 $[\alpha]=L^{-1}T^{-1}$ の次元をもつ。剪断応力が全ての底泥が沈降する限界掃流力 τ_{cd} より大きいと、上述したように粒子群の一部が水中に浮遊したまま保たれることになる。この効果を取り入れるため、ある剪断応力に対応してある粒径 d_c が存在し、 $d < d_c$ となる粒子は沈降せず、さらに、 $d \geq d_c$ の粒子もその沈降速度が減少すると考える。つまり、 $v = \alpha (d^n - d_c^n)$ (3) とおく。結局(1)式は

$$\frac{\partial \bar{c}(d)}{\partial t} + \frac{\alpha}{H} (d^n - d_c^n) \bar{c} = 0 \quad d \geq d_c \quad (4-1)$$

$$\frac{\partial \bar{c}(d)}{\partial t} = 0 \quad d < d_c \quad (4-2)$$

を解くことになる。初期条件として $t=0$ で、 $\bar{c} = \bar{c}(d, 0)$ とすれば(4)式は

$$\bar{c} = \bar{c}(d, 0) \exp \left\{ -\frac{\alpha}{H} (d^n - d_c^n) t \right\} \quad d \geq d_c \quad (5-1)$$

$$\bar{c} = \bar{c}(d, 0) \quad d < d_c \quad (5-2)$$

となる。ここで、濃度分布関数 $\bar{c}$ でなく、全体としての濃度 C を考えると

$$C = \int_0^\infty \bar{c} dd = \int_0^{d_c} \bar{c} dd + \int_{d_c}^\infty \bar{c} dd = C_\infty + \int_{d_c}^\infty \bar{c}(d, 0) \exp \left\{ -\frac{\alpha}{H} (d^n - d_c^n) t \right\} dd \quad (6)$$

となる。本実験で用いた粘性土では、図-10に示した様に粘土粒子の累加体積は d^2 に比例している。従って、体積分分布は d に比例している。よって、 $\bar{c}(d, 0)$ として $\bar{c}(d, 0) = \beta d$ $[\beta] = [\bar{c}] L^{-2}$ (7) とし、初期最大粒子の粒子径を d_1 、また、粒子の沈降速度は Stokes 式によるとして $n=2$ におくと

$$C = C_\infty + \int_{d_c}^{d_1} \beta d \exp \left\{ -\frac{\alpha}{H} (d^2 - d_c^2) t \right\} dd = C_\infty + \frac{\beta H}{2\alpha t} [1 - \exp \left\{ -\frac{\alpha t}{H} (d_1^2 - d_c^2) \right\}] \quad (8)$$

一方、初期の全濃度は

$$C_0 = \int_0^{d_1} \bar{c}(d, 0) dd = \frac{\beta}{2} d_1^2 \quad (9)$$

(9)式を(8)式に代入し、整理すると

$$\frac{C - C_\infty}{C_0 - C_\infty} = \frac{H}{\alpha d_1^2 t} [1 - \exp \left\{ -\frac{\alpha t}{H} (d_1^2 - d_c^2) \right\}] \quad (10)$$

$$\text{無次元化時間として} \quad \tau = \frac{\alpha}{H} d_1^2 t \quad (11)$$

を導入し、(11)式を用いて(10)式を再整理すると

$$\frac{C - C_\infty}{C_0 - C_\infty} = \frac{1}{\tau} [1 - \exp \left\{ -\left(1 - \frac{C_\infty}{C_0}\right) \tau \right\}] \quad (12)$$

さらに

$$\tau' = \frac{C_0 - C_\infty}{C_0} \tau = \frac{\alpha}{H} d_1^2 \frac{C_0 - C_\infty}{C_0} t = \frac{\alpha}{H} (d_1^2 - d_c^2) t \quad (13)$$

とおくと (12) 式は,

$$\frac{C - C_{\infty}}{C_0 - C_{\infty}} = \frac{1}{\tau'} [1 - e^{-\tau'}] \quad (14)$$

となる。実用上はある τ tests から $\frac{C - C_{\infty}}{C_0 - C_{\infty}}$ が e^{-1} になる濃度と時間がわかれば、この実時間を無次元化の基準時間として (14) 式より濃度が推定できる。本研究でのカオリン及び粘性土を用いた一定剪断応力下での沈降実験において、 $n=2$ として (14) 式を用いた表示を図-13に示す。無次元時間が長くなるに従って若干 $\frac{C - C_{\infty}}{C_0 - C_{\infty}}$ の値が小さめになっているが、底泥の種類や剪断応力の相異にかかわらず、濃度の時間変化は一本の曲線で表わされており、(14) 式の妥当性は明らかである。

3-3 周期的に掃流力を変化させた場合の巻き上げと沈降

実際の感潮部における流速や掃流力の時間変動はかなり複雑であるが、ここでは流速を周期 680 分の正弦関数の絶対値に従って周期運動させた。掃流力は図-4 に示した様に、最大掃流力を 0.15 N/m^2 として周期的に変動する。但し、実験装置の能力上、掃流力は図-14 の値から 5 % 程度増減し、また最小の掃流力は 0 になっておらず 10^{-4} N/m^2 程度であった。図-15, 16 に試料としてカオリンを用い、初期静止堆積時間を 8 時間とした場合の濃度の経時変化及び濃度と掃流力との関係を示す。同様に図-17 に初期静止時間 72 時間の場合の例を示す。図中の数字は何回目の tidal cycle かを示している。これらの図から、底泥は掃流力の増減に従って巻き上げ～沈降を繰り返す事が理解される。濃度の最大値は、各 tidal cycle において最大掃流力 0.15 N/m^2 の時に生じず、位相の遅れがあることがわかる。このため、図-16, 17 に示すように掃流力と濃度との関係は、これらの図上で反時計回りのループを描くようになる。また、懸濁物の最小濃度は各 tidal cycle とも 200 mg/l 程度であり、次の tidal cycle までに巻き上げられた底泥はほとんど全てが沈降してしまうことがわかる。このように、掃流力が周期的に変動し、巻き上げと沈降を繰り返す場合には、以下に示す 4 つの限界掃流力が存在すると考えられる。即ち、①巻き上げ開始の限界掃流力 τ_{ce1} ②ある程度底泥が巻き上げられている時の新しい底泥面についての限界掃流力 τ_{ce2} ③掃流力が最大

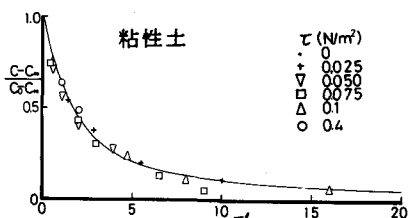


図-13-1 濃度の経時変化 (無次元)

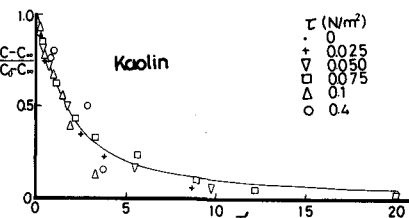


図-13-2 濃度の経時変化 (無次元)

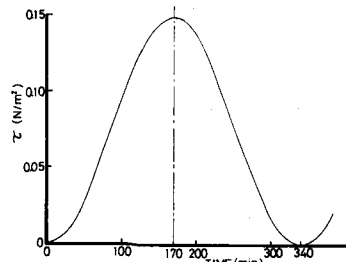


図-14 掃流力の経時変化

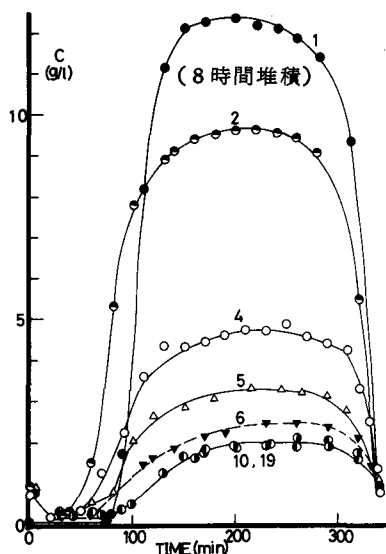


図-15 濃度の経時変化

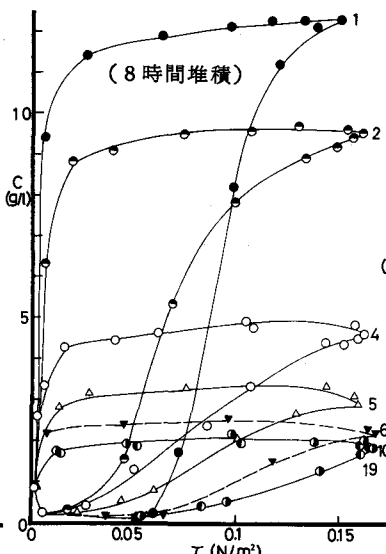


図-16 濃度と掃流力との関係

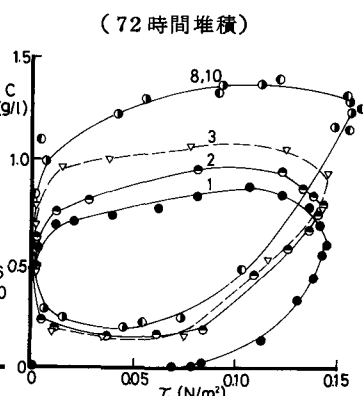


図-17 濃度と掃流力との関係

の時に巻き上げられた底泥のうち、最も粗い粒子が沈降を開始する限界掃流力 τ_{cd1} ④工学的に全ての粒子が沈降してしまうとみなせる限界掃流力 τ_{cd2} である。今、 $\tau_{cd1} < \tau_{ce2}$ の場合を考える。この場合、掃流力が τ_{ce1} より大きくなると濃度が増加し始め、掃流力が最大掃流力に達した後減少して τ_{ce2} になるまで濃度は増加し τ_{ce2} で最大値になる。その後、掃流力が τ_{cd1} になるまで濃度は一定値を保つ。さらに掃流力が減少すると濃度も低下し、掃流力が τ_{cd2} より小さくなると急激に濃度は低下する。その後、次の tidal cycleに入り、次の τ_{ce1} が τ_{cd1} より大きければ、掃流力が τ_{cd1} から τ_{ce1} までの間、濃度は低い値のまま一定を保つ。一方、 $\tau_{cd1} > \tau_{ce2}$ の場合は、掃流力が τ_{ce2} の時に濃度は必ずしも最大とはならず、粗い粒子の沈降と細かい粒子の巻き上げとのバランスにより最大濃度が決められる。従って、濃度一定となる掃流力の範囲はなくなる。本研究の場合、濃度は最大値になってから、掃流力が低下するに従ってゆるやかに減少しており、後者の場合に相当すると考えられる。

次に、tidal cycleの経過にともなう、濃度の増減について検討する。初期静止堆積時間が8時間の場合、図-15から わかるように、最大濃度は、10回目の tidal cycleまでは徐々に低下し、その後は、ほぼ同一の値となっている。一方、 τ_{ce1} は第1回目を除いて、10回目までは増加し、その後は、ほぼ同じ値になっている。これらは、tidal cycleを繰り返す事により、底泥は巻き上げられにくくなる事を示している。この原因の一つとして、いったん巻き上げられた底泥は、次の tidal の τ_{ce1} に達すまで十分に沈降時間があり、この間の圧密の程度に差があることが考えられる。一般に、同一初高で初期濃度が異なる場合の沈降で、圧密沈降に入っていれば、同じ経過時間の時には、汚泥の表層は、初期濃度の低い方が、空隙率は小さくなる。本研究においても、表2に示すように前回の tidal cycleで巻き上げられた底泥1 grが、次の巻き上げの τ_{ce1} の時にしめるみかけの体積を求めると、tidal cycleが増加するにつれて圧密の程度が大きくなっており、このため、tidal cycleの回数が増えるに従って巻き上げられにくくなると考えられる。他の原因として、底泥界面におけるarmoring現象も考えられ得る。一方、初期沈降時間が72時間の場合、実験開始時の底泥は圧密が進んでおり、8時間の場合に較べ最大巻き上げ濃度は小さくなっているが、この濃度は、tidal cycleにより増加する傾向にある。これは、一定掃流力で長時間巻き上げ実験を行なった場合、濃度は僅かずつ増加することから、⁸⁾各tidal cycleの掃流力が大きい時、前の tidal cycleで沈降した底泥の他に、新たな底泥層が巻き上げられているためである。また、初期静止堆積時間が異なる二つの場合とも図-16と図-17 からみる限り、最終的には最大濃度は2g/l程度ではほぼ同じ値になっているが、 $t \rightarrow \infty$ となった場合の最大濃度については、今のところ明らかでない。

次に、底泥が巻き上げ-沈降を繰り返すことによる巻き上げられた底泥の粒度分布の変化について検討する。初期静止沈降時間が8時間の場合の各 tidal cycleでの平均径の時間変化を図-18に、各tidal cycleで濃度がピークの時の粒度分布を図-19に示す。ただし、これらはフロックとしての粒度分布ではなく、試料を分散させた時のものである。これらより、平均径は沈降時の濃度が低下する時には tidal cycleの違いによりさほど差はないが、巻き上げ開始時から濃度がピークになる時に tidal cycleの回数が増えるに従って小さくなり、また、濃度がピークの時の平均径、最大径は tidal cycleが進むに従って小さくなっているのがわかる。

以上のことから、掃流力が周期的に変動する閉鎖場での底泥の輸送現象は次のようであると考えられる。まず、掃流力が低下するに従って、浮遊状態にある底泥のうち粗い粒子あるいは粗い粒子群から細か

表 - 2

tidal cycle	cm/g
1	—
2	22
4	14
5	9.5
6	微小
10	—
14	—
19	—

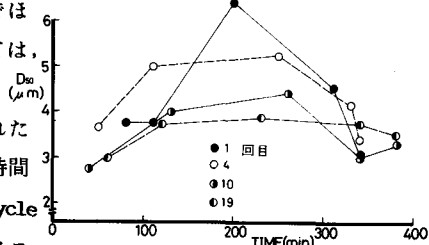


図-18 平均径の経時変化

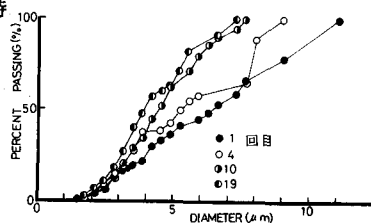


図-19 ピーク時の粒度分布

い粒子(群)が徐々に沈降し、次の tidal cycle の τ_{ce1} になるまで圧密を受ける。次第に掃流力が増加するに従って底泥は巻き上げられる。この時、底泥表層に波動が起きれば、粗い粒子(群)もある程度巻き上げられるが、前述した圧密の影響や、巻き上げ時には底泥の深さ方向に徐々に巻き上げられず細かい粒子(群)が選択的に巻き上げられるため、⁹⁾ 前回の tidal cycle 時に巻き上げられたような粗い粒子(群)は巻き上げられにくくなる。これを繰り返すため、巻き上げと沈降にかかわる底泥は次第に細かい粒子(群)に限られてくると考えられる。従って、tidal cycle を何回も繰り返している場で、巻き上げと沈降を繰り返している底泥の力学的物性は一般的なものが存在する可能性がある。

4 おわりに

本論文では、試料としてカオリン及び粘性土を用いて底泥の巻き上げと沈降について、その基本的特性を検討した。一定剪断応力下での底泥の沈降過程及び最終濃度の予測は、ある程度行なえる事が明らかになった。しかしながら、なお実験によりパラメーターを決定しなければならず、さらには、パラメーター自体が現象とどのように関係しているか等は、まだ検討の余地が残されている。また、周期的に掃流力が変動する場での底泥の輸送については、底泥の巻き上げ、沈降、圧密、それらを繰り返すことによって生じる粒子のふるい分け等の現象を明らかにし、浮遊物濃度の挙動を4つの限界掃流力を用いて説明した。しかし、実際の場への適用については、さらに検討が必要であり、今後研究を続けて行きたい。

最後に、本研究を行なうにあたり御協力下さった、古賀憲一助手、石原達弘君に感謝致します。なお、本研究の一部は、文部省科学研究費補助(一般研究(c))を受けて行なったものである。

<参考文献>

1. 大坪, 村岡, 高野: 粘性土の限界掃流力について, 土木学会第 16 回衛生工学シンポジウム講演論文集 pp. 140~145, 1980, 2
2. 滝, 岡: 粘性を有する底泥の巻き上げ現象に関する実験的研究, 土木学会第 35 回年次学術講演会講演概要集, 第 II 部門 pp. 772~773, 1980, 9
3. 小暮, 首藤: 貯水池における濁度物質の堆積と洗掘, 土木学会第 24 回水理講演会講演論文集 pp. 265~270, 1980, 2
4. 栗谷, 楠田, 海田: 底泥の巻き上げに関する基礎的研究, 土木学会第 15 回衛生工学シンポジウム講演論文集 pp. 21~26, 1979, 1
5. Raudkivi, A.J. and Hutchison, P.L. : Erosion of Kaolinite Clay by Flowing Water, Proc. Roy. Soc. London, A 337, PP. 537-554 (1974)
6. Etter, R.J. and Hoyer, R.P. : Depositional Behavior of Kaolinite in Turbulent Flow, J. ASCE HY. 6 PP. 1439-1452 (1968)
7. 土木学会 水理公式集, pp. 213
8. 楠田, 海田: 底泥の攪乱, まき上げ, 回帰, 第 1 回富栄養化問題シンポジウム概要集, 国立公害研究所, 1980
9. 海田, 楠田, 栗谷: 底泥の巻き上げと沈降に関する基礎的研究(Ⅱ), 土木学会第 35 回年次学術講演会講演概要集, 第 II 部門 pp. 770~771, 1980, 9