

九州大学 工学部 学生員 ○丸野 幸一

正員 栗谷 陽一

正員 楠田 哲也

正員 古賀 恵一

Iはじめに 河川懸濁部、沿岸海域における微粒子の挙動を把握することは、水質環境保全上、必要不可欠なことである。従来から、これら水域での微粒子の拡散、巻き上げ、沈降特性について数多くの研究がなされている。しかし、微粒子の沈降現象について微粒子の凝集性まで考慮して沈降特性を検討した例は、皆無に等しい。この観点に基づき、筆者らは、塩水中における微粒子の凝集特性¹⁾、静止流体中での凝集沈降特性²⁾について検討を加えてきた。今回は特に、実際水域での水理特性を考慮する意味で、剪断場における凝集性微粒子の沈降特性について実験的検討を加え、若干の知見を得たので報告する。

II実験装置と方法 実験装置は、図-1のような10cm×10cm×3mのアクリル製の角筒を用いた。この攪拌槽は、支点を中心として水平状態から鉛直まで回転可能となっている。攪拌翼は外径1.6cmのステンレスパイプに、外径が7.6cmになるよう十字型の翼を取り付けたもので全長29cmである。微粒子の沈降重量を秤量するための沈降皿(面積=52cm²)を筒下部に設けている。直視天秤と沈降皿を連結する白金線は、攪拌軸のパイプ中を通っている。実験に用いた試料は、筑後川から採取した底泥で($\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ 、発熱減量=10.3%)、水糲を行い、塩水に1週間以上浸したものである。実験は以下のようにして行った。初めに、筒に比重1.025の塩水を満し、一昼夜放置し、筒の内外の温度差が生じないようにしておく。微粒子を形成するため、まず、筒を水平にし、注入口より濃度50ppmになるよう濁管を注入し、一定の攪拌強度(50sec⁻¹)で、130分間、攪拌を行う(予備

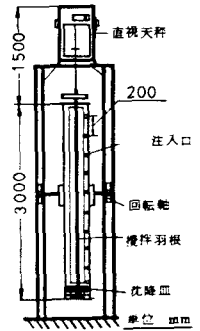


図-1

実験から、攪拌時間130分で、粒子が最大成長限度に達することを確認)。その後、直に筒を鉛直にし、天秤と沈降皿を連結する。所定の剪断強度を得るための攪拌を行う(その攪拌強度を以下 G_s で示し、この強度は前述の攪拌強度より充分小さい強度である)。成長した粒子(以後、この粒子を成長フロックと称す)の平均径が、最大に達する付近で、沈降重量を読みとる。この場合、翼の回転により、沈降皿に堆積した微粒子の巻き上げが生じるため、読みとりは攪拌を停止して行った(停止時間は、3~4分程度で、その間30秒毎に数回読みとる)。再び、攪拌を始める。微粒子の粒径分布、沈降速度を得るため、筒の最下部において、直接撮影を行う。ただし、沈降速度を得るための接写を行う場合も、前述の様に攪拌を停止して行った。以上の実験は、筒内外の温度差による筒内の対流を防ぐために恒温室で行われた。

III実験結果と考察 図-2に、各々の G_s における体積平均径 D_{50} の時間変化を示す。この図から最大平均径をみると、 $G_s=5$ が最大であり、 $G_s=7, 10, 20$ の順に小さくなっている。すなわち、 G_s が小さい程、最大平均径が大きくなること分かる。 $G_s=0.25$

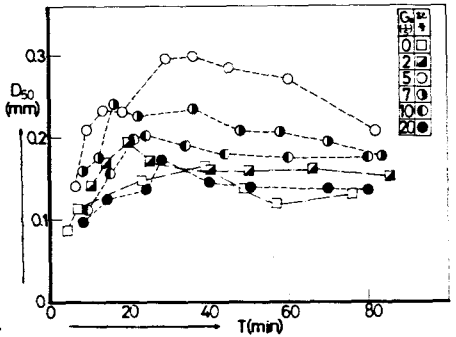


図-2

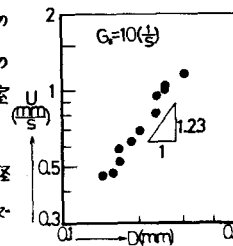


図-3

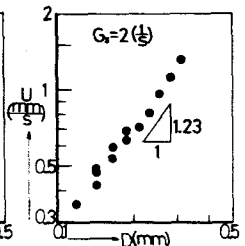


図-4

のもとでは、 $G_0=5s'$ の時よりも大きくなる筈であるが、小さくなっている。この理由は、水深3mの筒の高さが不足していて、成長フロックが最大径に達する前に沈降したためと思われる。また、平均径の成長速度については、 $G_0=5s'$ を境にして、その様相が異なっている。すなわち、 $G_0=$

$5s'$ より大きい場合には、 G_0 の大きい程、成長速度が小さくなっており、 $G_0=5s'$ より小さい場合には、 G_0 の小さい程、小さくなっている。このことから、 $G_0=5, 7, 10, 20s'$ の場合、成長初期段階においても、ある程度の破壊が生じているものと考えられる。実際河川での剪断速度は、本実験で行ったものよりさらに大きいことが多く、成長段階における粒子の破壊が充分生じうるものと思われる。図-3、図-4に、 $G_0=2s'$ 、 $G_0=10s'$ における各々の沈降速度と粒径の関係を示す。これらの図から、沈降速度と粒径は、ほぼ $U \sim D^{1.23}$ となり、この関係は G_0 に依存しないことが分る。図-5に、静止状態($G_0=0$)で沈降させた場合の沈降重量の時間変化を示す。20~60分付近で沈降重量の増加速度($\Delta W/\Delta t$)が最大で、その値はほぼ一定値1.5mg/分となっている。所定の G_0 のもとでも同様にして、平均径が最大に達する付近で $\Delta W/\Delta t$ を求め、この $\Delta W/\Delta t$ は、沈降フラックス $f(=C_0 U_c)$ 、ここで C_0 は初濃度、 U_c は沈降の質量平均速度を用いると、次式で表わされる。

$$\Delta W/\Delta t = f \times A \times (1 - \rho_s/\rho_c) \quad (\rho_s: \text{塩水密度}, \rho_c: \text{底泥の密度}, A: \text{沈降皿面積})$$

図-6に、 U_c と G_0 の関係を示す。これから、 G_0 が大きくなる程、 U_c が小さくなり、ほぼ $U_c \sim G_0^{-1}$ の関係を示すことが分る。図-7に、 U_c と D_{50} の関係を示す。図-3、図-4において、沈降速度と粒径との関係は、ほぼ $U \sim D^{1.23}$ となっていたが、この図では、 $U_c \sim D_{50}^{2.7}$ となっており、 $U_c \sim D_{50}^{1.23}$ になっていない。図-8に、平均径の沈降速度 U_c と U との関係を示す。ここで、 U_c は、まず、粒径分布から最大平均径を求め、図-3、図-4を用いて、その粒径に対応する沈降速度を求める。今回は最大平均径として、体積平均径と個数平均径(接写で求めているので50 μm 以下は測定できない)の双方に対応する沈降速度を求めた。図-8から、いずれの G_0 でも、 U_c の方が U に比べ小さくなっており、 G_0 が大きくなる程、差が大きくなっている。つまり、体積平均径を基準とすれば、 $G_0=5s'$ においては、ほぼ2倍、 $G_0=20s'$ においては、ほぼ3倍、 U_c の方が小さくなっている。 U_c が U に比べ小さくなり、その差が G_0 の大きくなる程、顕著になる理由として、 G_0 の大きい程、沈降しにくい。すなわち、極めて微細な粒子が少量に存在していることが考えられる。このように G_0 の大きい程、微細粒子が多く残存している理由の一因として、前述したような成長期における破壊が考えられよう。今後、塩水濃度、濁質濃度、水深を変えた実験を行ない、検討を進めていきたい。最後に、本研究は、55年度文部省科学研究費(奨励研究(A))の補助を受けて行ったものである。

$$\Delta W/\Delta t = f \times A \times (1 - \rho_s/\rho_c) \quad (\rho_s: \text{塩水密度}, \rho_c: \text{底泥の密度}, A: \text{沈降皿面積})$$

図-6に、 U_c と G_0 の関係を示す。これから、 G_0 が大きくなる程、 U_c が小さくなり、ほぼ $U_c \sim G_0^{-1}$ の関係を示すことが分る。図-7に、 U_c と D_{50} の関係を示す。図-3、図-4において、沈降速度と粒径との関係は、

ほぼ $U \sim D^{1.23}$ となっていたが、この図では、 $U_c \sim D_{50}^{2.7}$ となっており、 $U_c \sim D_{50}^{1.23}$ になっていない。図-8に、平均径の沈降速度 U_c と U との関係を示す。ここで、 U_c は、まず、粒径分布から最大平均径を求め、図-3、図-4を用いて、その粒径に対応する沈降速度を求める。今回は最大平均径として、体積平均径と個数平均径(接写で求めているので50 μm 以下は測定できない)の双方に対応する沈降速度を求めた。図-8から、いずれの G_0 でも、 U_c の方が U に比べ小さくなっており、 G_0 が大きくなる程、差が大きくなっている。つまり、体積平均径を基準とすれば、 $G_0=5s'$ においては、ほぼ2倍、 $G_0=20s'$ においては、ほぼ3倍、 U_c の方が小さくなっている。 U_c が U に比べ小さくなり、その差が G_0 の大きくなる程、顕著

になる理由として、 G_0 の大きい程、沈降しにくい。すなわち、極めて微細な粒子が少量に存在していることが考えられる。このように G_0 の大きい程、微細粒子が多く残存している理由の一因として、前述したような成長期における破壊が考えられよう。今後、塩水濃度、濁質濃度、水深を変えた実験を行ない、検討を進めていきたい。最後に、本研究は、55年度文部省科学研究費(奨励研究(A))の補助を受けて行ったものである。

〈参考文献〉

- 1) 楠田古賀重谷「塩水中における粘土粒子の凝集」用水と廃水(1978年 Vol. 20 No. 3)
- 2) 黒川古賀重谷楠田「塩水中における微細粒子の凝集沈降特性について」54年度土木学会西部支部講演集

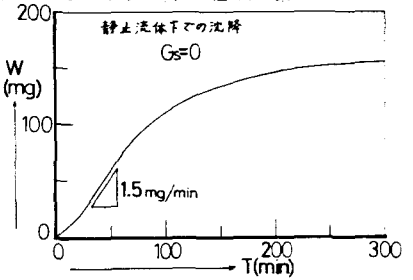


図-5

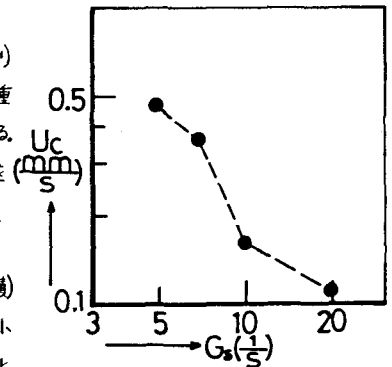


図-6

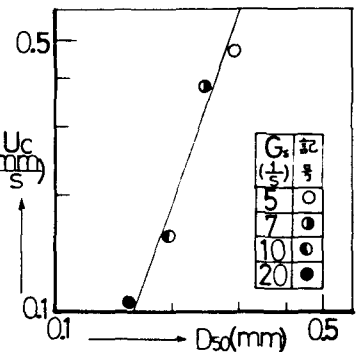


図-7

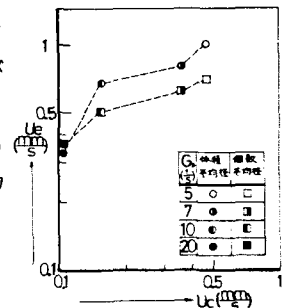


図-8