

九州大学工学部 学生員 島岡 隆行

九州大学工学部 正員 栗谷 陽一

九州大学工学部 正員 楠田 哲也

九州大学工学部 正員 古賀 憲一

1. まえがき 海域における物質の輸送現象を明らかにすることは、水質の浄化及び保全を計る上で重要である。輸送問題の中で鉛直輸送問題、特に沈降輸送問題については、現象が複雑なため、各専門分野での研究が続けられているが、まだ基礎的な事実すら完全に得られていないのが現状であろう¹⁾。本研究は、以上の観点に基づき、静止した海水中における微粒子の凝集沈降現象及び残留濁度特性について実験的に検討を加えたものである。

2. 実験装置と方法 実験に用いた沈降筒は、図-1に示す高さ1 mのアクリル製の角筒(10 cm×10 cm)である。沈降筒は、回転軸を中心として鉛直状態から水平状態まで回転可能である。沈降筒は、攪拌槽も兼ねており、十字型の攪拌翼(ステンレス製)をステンレスパイプに設けている。微粒子の沈降重量を得るための沈降皿を最下部に設け、沈降皿と直視天秤を直結する白金線は、攪拌軸のパイプの中を通っている。海水(比重1.025)は、福岡県宗像郡津屋崎沿岸(沖合400 mの地点)から採水した。海水から懸濁質を除去するために、粒状活性炭および0.45 μmのグラスフィルタで濾過した。濁質としては、市販カオリンASP-600(比重2.66, 平均径0.6 μm)を海水に1週間以上浸したものをを用いた。実験方法としては、まず鉛直に保った沈降筒に海水を満たし一昼夜放置し、予め室温と液温の温度差が生じないようにしておく。つぎに、筒を水平にし、所定の攪拌強度($G=100 \text{ sec}^{-1}$)で攪拌を行いつつ注入口より濁質を注入する。攪拌時間は、10分間とした。攪拌終了後、筒を鉛直にし(この時を沈降開始時刻とする)、天秤と沈降皿をすばやく連結し、所定の時間間隔で沈降重量を読み取る。終了時に残留濁質量を得るための採水を行う。以上の操作も、初期濃度を変えて行う。

3. 結果と考察 図-2, 3に、単位面積当りの沈降重量 W_s/A の時間変化を示す。図-2に示す例は、初期濃度が低い場合($C_0=0.0229 \text{ g/l}$ と $C_0=0.0449 \text{ g/l}$)であり、上に凸のゆるやかな形状で W_s/A が増加しており、凝集の影響が顕著には表われていないことがわかる。図-3に示す例は、濃度が高い場合($C_0=1.5 \text{ g/l}$ と $C_0=2.09 \text{ g/l}$)である。これは、S字型の形状をしており、凝集効果による沈降フラックスの増加(10分~30分付近)が認められる。図-3に示す曲線は、大略的に次の3段階に分けられる。①の部分は、下に凸の曲線で、攪拌終了時の微粒子群が、凝集により成長しつつ沈降している時である。②の部分は、直線的に W_s/A が増加していることから、成長した粒子群が、その粒度分布径を変えることなく沈降している状態である。この時期は、等濃度平衡期と称されている。③の部分は、沈降フラックスが、時間と共に減少している。この時期は、濃度減少期と称されている。図-4に、等濃度平衡期の沈降フラックス($J = \frac{d(W_s/A)}{dt}$)と初期濃度 C_0 の関係を示す。沈降フラックス J は、初期濃度 C_0 にほぼ比例しているようである。また図-3に示した等濃度平衡期の直線部分の延長線と時間軸との交点を凝集時間(t_c)と称し、それと初期濃度 C_0 との関係を図-4に示

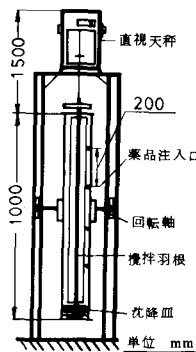
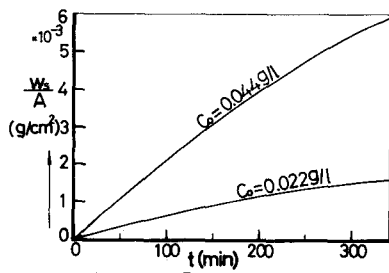
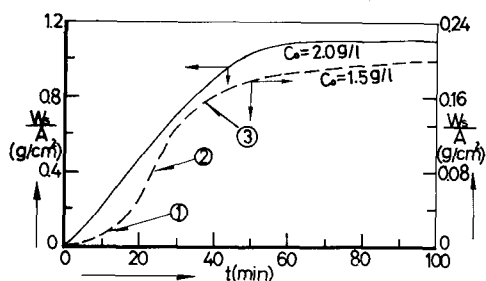


図-1. 実験装置

図-2. W_s/A の時間変化図-3. W_s/A の時間変化

す。 t_c と C_0 の関係は、ほぼ $t_c \sim C_0^{-1}$ となるようである。図-5に、単位面積当りの残留濁質量 W_r/A の時間変化を示す。 W_r/A の時間変化は、初期濃度により、概ね、2つのグループに分けられるようである。すなわち、高濃度の場合($C_0=0.2$ g/l ~ 2.0 g/l)と低濃度の場合($C_0=0.022$ g/l $\sim C_0=0.079$ g/l)である。高濃度の場合 W_r/A は、まず次式 $W_r/A = 1 - W_{w0}/w_0 (t - t_c)$ (W_{w0} :初期質量, w :フロックの質量濃度, U_a :平均沈降速度)に従い、比較的急速に沈降することが認められる。濃度減少期に入ると、 W_r/A は両対数紙上で直線的に減少し、初期濃度によらず同一時間の残留濁質量は、ほぼ同一であることがわかる。一方、低濃度の場合も濃度減少期では、両対数紙上でほぼ直線的に減少しているが、高濃度のグループと異なる点は初期濃度の低い程、濃度減少期の残留濁質量が高くなっていることである。このことは、沈降開始時における粒径分布の差異及びこれに伴う凝集時間、沈降に伴う凝集が、大きく関与しているものと思われる。つぎに、初期濃度を $C_0 = 0.044$ g/lと $C_0 = 1.5$ g/lとした時の残留濃度分布の時間変化を図-6, 7に示す。図-6において60分から210分までの間に、沈降筒下部に濃度の最小値が存在し、濃度の反転層が認められる。しかし、図-7に示す例では濃度の反転層は認められない。以上のことから、低濃度の場合には、凝集沈降によって成長した粒子が極めて微細な粒子を多数捕捉しつつ沈降しており、一方、高濃度の場合には、凝集沈降に伴う粒子の捕捉はさほど生じておらず成長あるいは残存粒子がただ単に沈降している状態に近いものと考えられる。残留濁質量の時間変化(特に濃度減少期)や濃度分布反転層の有無が初期濃度によって異なる原因として、市販カオリンの持つ均質化された粒径分布、粒子の性状(特に凝集性)が考えられよう。

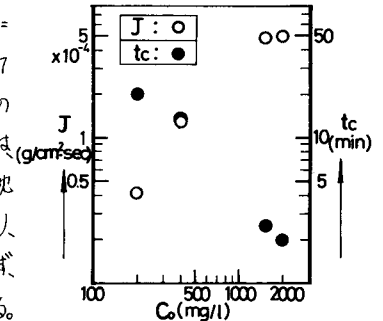


図-4. J, t_c と C_0 の関係

すなわち、初期濃度が高い場合、極めて短時間の凝集時間で平衡状態に近い分布形が生じ、それらが短時間に沈降し、引き残された残存粒子があまり凝集することなく、速い速度で沈降しているものと考えられる。一方、初期濃度が低い場合、凝集時間が長いため、沈降に伴う凝集効果が顕著に現れたものと考えられる。当然のことであるが、このような現象は、均一分布及び均質な性状を有する粒子に生じ易いものと思われる。自然界の粒子の場合は、粒子の粒径分布の幅も広く、表面活性凝集性の分布もあるので本研究に示した結果とは若干異なることが予想されよう。特に、

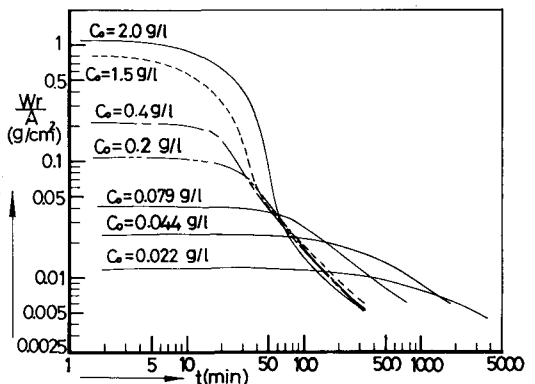


図-5. W_r/A の時間変化

残留濁質量 W_r の時間変化についてみれば、凝集性の悪い微細な粒子が残留濁質量に影響を及ぼすので、初期濃度が異なっても濃度減少期に入ると、残留濁質量の時間変化は、ほぼある特定の曲線に収束していくものと思われる。このことは、現在河川感測部の底泥を用いて実験を継続中であり、ある程度の実験事実を得ている。詳細については、今後の検討課題としたい。

図-6. 残留濁度分布の時間変化 ($C_0 = 0.044$ g/l)

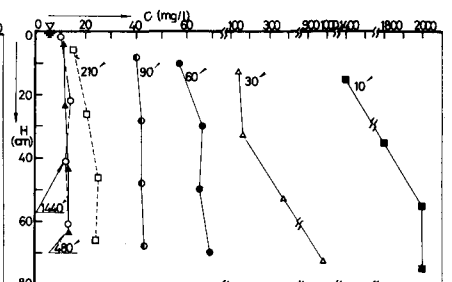


図-7. 残留濁度分布の時間変化 ($C_0 = 1.5$ g/l)

参考文献) 1) 古賀, 栗谷, 楠田, 蕨; 塩水中における微粒子の凝集沈降特性に関する基礎的研究, 第35回土木学会年譚, 1980, 9, P.766-767

2) 栗谷, 楠田, 古賀; 凝集沈降に関する基礎的研究(II), 第14回衛生工学研究討論会, 1978, 1, P.59-64