

大阪市立大学工学部 正会員 小田一紀 大阪市立大学大学院 学生員 宋 元平
 大阪市立大学大学院 学生員 〇芝村 圭 大阪市立大学工学部 松田政裕

1. はじめに 河川上流部から流れてきた土粒子は、河口に達すると海水中の塩分により凝集し、沈降速度を増して多くは河口域に堆積する。この現象は、河口域沿岸の地形、水質、生態系に大きな影響を及ぼしている。海水中の塩分により土粒子がフロックを形成することは以前から知られてるが、現象が複雑なこともあって、塩分による凝集に着目した研究例は少ない。既往の研究^{1),2),3)}によるとフロックの形成は、攪拌強度、濁質濃度、塩分の3条件に大きく依存していることが分かっている。本研究では、河口域における土粒子の凝集・沈降過程を解明するために、この3条件を支配因子としてフロックの形成過程を実験によって調べた。実験では、濁質濃度は既往の研究と比べて大きな値にまで、また、攪拌強度は既往の研究と比べて小さな値にまで設定した。

2. 既往の研究結果^{1),2),3)} 楠田ら、安立の実験的研究によると、フロック形成過程においてほぼ以下のことが見出されている。

- ・攪拌強度が $11.6 \sim 45.9(\text{sec}^{-1})$ の間では²⁾、フロックの終局粒径は攪拌強度の増加に伴い小さくなる。
- ・濁質濃度が大きいほど終局粒径は小さくなるが、終局粒径に早く達する。
- ・塩分が大きいほどフロックの終局粒径は大きくなる。

3. 攪拌強度 攪拌強度は、攪拌翼の回転数だけでなく、攪拌翼の形状や面積、媒体の体積等の影響も受けるため、回転数だけでは表すことができない。そのため、一般にはCamp⁴⁾により提唱されたG値により表されている。G値は次式で定義される。

$$G = \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu}} \quad (1)$$

ε_0 : 媒体の単位体積、単位時間あたりのエネルギー消費量
 μ : 媒体の粘性係数

さらに、平板型の攪拌翼をもつ攪拌機の場合、 ε_0 は次式で求められる。

$$\varepsilon_0 = \frac{A\gamma C_D \{2\pi r(1-k)S\}}{2V_0} \quad (2)$$

A : 攪拌翼の進行方向に垂直な投影面積
 γ : 媒体の単位体積重量

r : 攪拌翼重心と回転軸間の距離

k : 水のともまわり係数

S : 攪拌翼の回転数

C_D : 攪拌翼の抗力係数

4. 実験方法 実験は、平板型の攪拌翼2枚を持つ攪拌機を用いて行った。また、土粒子として市販のカオリンを用い、実験に先立ち24時間以上蒸留水に浸漬させてよく水になじませた。このカオリンを蒸留水に懸濁させた懸濁液50(mL)を直径8.5(cm)のビーカー中の塩水450(mL)に加えて500(mL)とし、これを所定の攪拌強度で攪拌してフロックを形成させた。攪拌開始から所定の時間が経過するごとに、スプーンでサンプリングした試料をプレパラート上に取り、これを顕微鏡下で写真撮影した。そして撮影した写真をスキナーで読みとり、画像解析ソフトで各粒子映像の面積を求め、求めた面積から粒子投影面積と等しい面積を持つ円の直径(円相当径)を算出した。サンプリング粒子数は100~200個であった。本研究では算術平均により求めた粒径を代表径とした。上と同じ方法で求めた本実験で用いたカオリンの初期平均粒径 D_0 は $9.26(\mu\text{m})$ であった。

5. 実験条件 実験は、攪拌強度 $G=7.2, 17.0, 28.1(\text{sec}^{-1})$ 、濁質濃度 $C_t=25, 50, 100, 500, 1000(\text{mg/l})$ 、塩分 $C=5, 15, 25, 35(\text{g/l})$ の合計60ケースを行った。凝集が生じるには粒子同士の衝突が必要であり、そのためにはある程度の攪拌強度が必要である。逆に攪拌強度が大きすぎると、フロックの破壊が生じ、得られるフロックは小さくなってしまふ。この境目の攪拌強度がおよそどのくらいか求めるため、本研究では攪拌

強度を既往の研究で用いられた値よりも低い値を含む7.2~28.1(sec⁻¹)に設定した。

6. 実験結果 図-1に平均粒径の経時変化の一例を示す。フロック成長式を式(3)のように仮定し、グラフにこの式をカーブフィットさせることによりD₁、αの値を求めた。式(3)においてtを無限大にすることによりフロックの終局粒径D_{max}=D₁+D₀を求めた。前述のように安立の研究²⁾において、濁質濃度が大きいほど終局粒径に早く達することが分かっているが、今回の実験ではそのような傾向は見られなかった。

$$D = D_1(1 - e^{-\alpha t}) + D_0 \quad (3)$$

D₁ : 粒径係数(μm) D₀ : 初期平均粒径(μm)
α : フロック成長速度(min⁻¹) t : 攪拌時間(min)

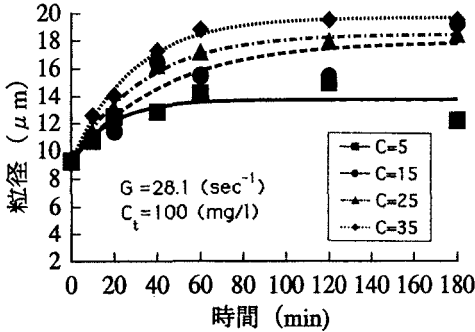


図-1 平均粒径の経時変化

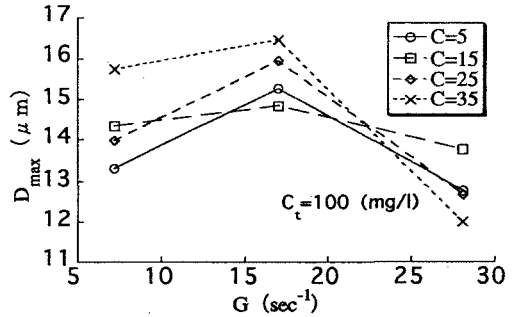


図-2 終局粒径と攪拌強度の関係

図-2は攪拌強度が終局粒径に及ぼす影響を示したもので、攪拌強度が7.2(sec⁻¹)から17.0(sec⁻¹)の範囲ではフロックの終局粒径は攪拌強度の増大とともに大きくなり、17.0(sec⁻¹)から28.1(sec⁻¹)の範囲では攪拌強度の増大とともに小さくなる傾向が見られる。前者の傾向は、楠田ら、安立の研究では見出されていなかった。

図-3は濁質濃度が終局粒径に及ぼす影響を示したもので、濁質濃度が大きいほどフロックの終局粒径は小さくなる傾向が見られる。また、図-4は塩分が終局粒径に及ぼす影響を示したもので、塩分が大きいほどフロックの終局粒径は大きくなる傾向が見られる。図-3、図-4の実験結果は楠田ら、安立による結果と傾向的に一致していた。

7. 結論 既往の研究結果で見られたフロック終局粒径と濁質濃度、塩分との関係が本研究の実験範囲においても同様に見出された。また、攪拌強度に関しては、今回の実験結果と安立のそれを総合すると、終局粒径は攪拌強度が7.2~11.6(sec⁻¹)の間でピーク値を示す可能性があり、今後さらに実験が必要である。

参考文献

- 1) 楠田哲也・古賀憲一・栗谷陽一：海水中における粘土粒子の凝集，用水と廃水，Vol.20，No.3，1978，pp.31～36。
- 2) 安立重昭：海水中におけるベントナイトのフロック形成について，港湾技研資料，No.421，1982。
- 3) 安立重昭：海水中におけるベントナイトのフロック形成について（その2），港湾技研資料，No.464，1983。
- 4) T.R.Camp：Flocculation and flocculation basins，Proc.of ASCE，Vol.79，No.283，1953，pp.10～19。

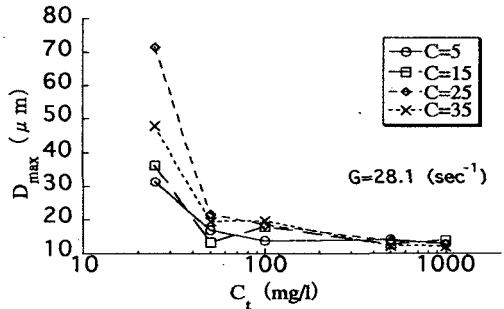


図-3 終局粒径と濁質濃度の関係

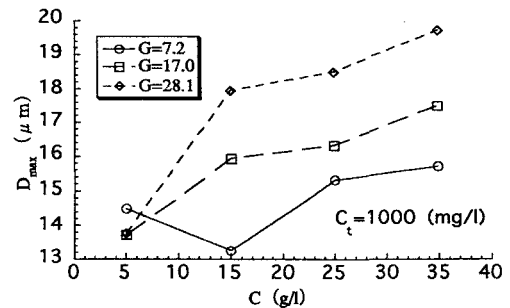


図-4 終局粒径と塩分の関係