

II-398

塩水中におけるカオリンのフロック形成過程に関する室内実験

大阪市立大学工学部 正会員 小田一紀 大阪市立大学工学部 学生員 宋 元平
 大阪市立大学工学部 学生員○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。楠田ら¹⁾および安立^{2),3)}はベントナイトを用いて凝集過程に関する室内実験を行っている。彼らの研究によると、①攪拌強度が11.6~45.9(sec⁻¹)の間では、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²⁾、②濁質濃度が50~500(mg/l)の間では、濁質濃度の増加に伴いフロックの終局粒径は小さくなるが終局粒径に早く達する、③塩分が0~40(g/l)の間では、塩分の増加に伴いフロックの終局粒径は大きくなるということが分かっている。しかし、楠田らの実験は実験条件数が少なく、また、安立は攪拌強度が比較的大きい領域でしか実験を行っていない。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、楠田ら、安立の実験よりも多くの実験パターン数で同様の実験をカオリンを用いて行うことにより、フロックの形成過程を調べた。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. 攪拌強度 Camp⁴⁾は、単位時間当りの粒子の衝突回数、すなわち粒子の凝集速度は流れ場における剪断力によってなされる仕事量に関係することを理論的に見出している。楠田ら、安立の室内実験では、この攪拌強度を用いて実験結果を整理している。このときの攪拌強度は次式で定義されている。

$$G = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu}} \quad (1) \quad \begin{array}{l} \epsilon_0: \text{媒体の単位体積、単位時間あたりのエネルギー消費量} \\ \mu: \text{媒体の粘性係数} \end{array}$$

3. 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。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(m)を直径8.5(cm)のビーカー中の塩水450(m)に加えて500(m)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ャナーで読みとり、画像解析ソフトを用いて各粒子の投影面積を求め、得られた面積と等しい粒子投影面積を持つ球の直径(円相当径)を算出した。算出に用いたサンプリング粒子数はいずれのケースも100~200個であった。これらのサンプリング粒子径の算術平均によって得られた粒径を平均粒径とした。本実験で用いたカオリンの初期平均粒径 D_0 を上述の方法で計測すると9.26(μm)であった。

4. 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。しかし、攪拌強度が大きすぎるとフロックが破壊し、得られるフロック粒径は小さくなってしまう。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。

5. 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(2)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 D_1 、 α の値を求めた。式(2)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 $D_{\text{max}}=D_1+D_0$ 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

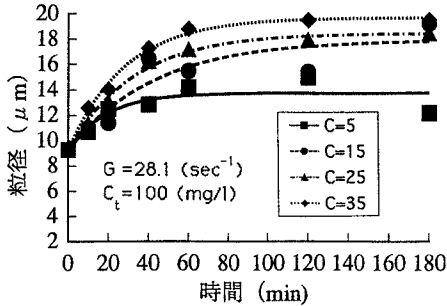
凝集、塩分、濁質濃度、攪拌強度、終局粒径

〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138 電話・FAX (06)-605-2733

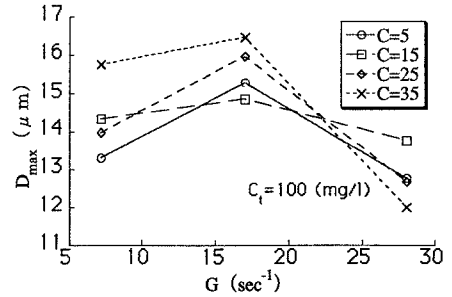
きいほど終局粒径に早く達することが確認されているが、今回はそのような傾向は見られなかった。

$$D = D_1(1 - e^{-\alpha t}) + D_0 \quad (2)$$

D_1 : 粒径係数(μm) D_0 : 初期平均粒径(μm)
 α : フロック成長速度(min^{-1}) t : 攪拌時間(min)

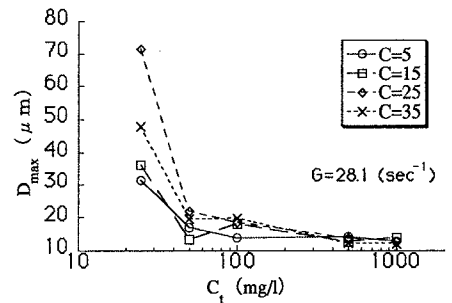


図－１ 平均粒径の経時変化



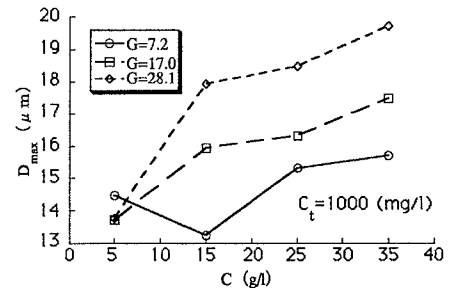
図－２ 攪拌強度と終局粒径の関係

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 $7.2(\text{sec}^{-1})$ のフロックの終局粒径は $17.0(\text{sec}^{-1})$ の終局粒径よりも小さくなり、 $17.0(\text{sec}^{-1})$ のフロックの終局粒径は $28.1(\text{sec}^{-1})$ の終局粒径よりも大きくなる傾向が見られる。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 $7.2 \sim 11.6(\text{sec}^{-1})$ の間でピーク値を示す可能性がある。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。このような濁質濃度および塩分と終局粒径との定性的傾向は、楠田ら、安立による結果と一致している。



図－３ 濁質濃度と終局粒径の関係

6. 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。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 $7.2 \sim 11.6(\text{sec}^{-1})$ の間でピーク値を示す可能性がある。また、楠田ら、安立の実験結果と比べて、今回の実験では小さな粒径の値が得られ、定量的な違いがみられた。これは、ベントナイトとカオリンの違いが原因だと考えられ、今後さらに実験が必要である。



図－４ 塩分と終局粒径の関係

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.