

粘土フロック懸濁液の界面沈降に及ぼす試料濃度効果と塩濃度効果

Effects of volume fraction and ionic strength on settling velocity of flocculated clay suspensions

祖父江亮介*
(Sofue Ryosuke)
木之瀬紘一**
(Kinose Kochi)

中石克也**
(Nakaishi Katsuya)
樽屋 啓之***
(Taruya Hiroyuki)

大井節男***
(Ooi Setsuo)

1. はじめに

界面沈降現象を利用して固液分離操作が行われているが、凝集フロックの界面沈降については定量的解析がほとんどなされていない。本報告では、自己相似構造をもつフロック特性を界面沈降速度式に導入し、試料濃度効果の特異性を示し、試料濃度と沈降速度との関係を用いてフロック構造を決定する。さらに、フロックの界面沈降に及ぼす塩濃度効果を示す。

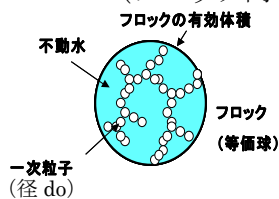
2. 実験方法

供試粘土はカオリナイトとし、 H_2O_2 による有機物処理、 Na^+ 置換、 $3\mu m$ 以下への粒径調整を行った。試料濃度効果測定での凝集条件は $NaCl$ 濃度 $0.2mol/l$ とし ($25^\circ C$ 、 $pH10$)、試料濃度は 0.2% ~ 1.0% とした。塩濃度効果測定では $NaCl$ 濃度 $0.01mol/l$ ~ $0.5mol/l$ 、試料濃度 0.3% 、 0.4% とした。沈降測定は、直前に超音波分散 5 分間またはスターラー攪拌 5 分間、転倒攪拌 20 回を行い、界面移動を $0.01mm$ 精度の顕微鏡で読み取った。

3. 自己相似フロックの界面沈降速度式

[自己相似構造] 自己相似フロックの構造特性はフラクタル次元 D と膨潤比 α で表される。次元 D とフロックの大きさを表す指標としての膨潤比 α は次式で定義される。

$$\begin{aligned} (\text{フロック内一次粒子数}) &\propto (\text{フロック径})^D \\ (\text{膨潤比 } \alpha) &= \frac{(\text{フロックの有効体積})}{(\text{フロック内の全粒子体積})} \end{aligned}$$



[フロックの沈降モデル] ①フロックは自己相似構造 (フラクタル次元 D 、膨潤比 α) ②フロックは等価剛体球 (フロック内は不動水) ③界面沈降速度 U_f は --- $U_f = U_{fo}(1 - \Phi_f)^{4.65}$ ここで、フロックの体積濃度 Φ_f は試料粒子の体積濃度 Φ の α 倍 ($\Phi_f = \alpha \Phi$)、単一フロック沈降速度 U_{fo} はストークス沈降式より、

$$U_{fo} = \frac{1}{18\eta} (\rho_s - \rho_w) \cdot g \cdot d_o^2 \alpha^{\frac{D-1}{3-D}}$$

で表される。これらの式から自己相似フロックの界面沈降速度 U_f は $U_f(\alpha, \Phi, D)$ あるいは $U_f(\Phi_f, \Phi, D)$ の形で求まる。

4. 界面沈降と試料濃度

4-1 フロック懸濁液の界面沈降速度 U_f

界面沈降過程で最大の沈降速度をフロック沈降速度 U_f と定義する(図 1)。濃度 1.0% までの試料濃度増加はフロック沈降速度 U_f を減少させた。

4-2 フロック沈降の特異性

試料濃度 Φ を一定に保ち、フロック成長(α)を変化させ、沈降速度 U_f とフロック体積濃度 Φ_f の関係をみた。理論曲線 $U_f(\Phi_f)$ は一定の $\Phi_f(=\Phi_{fo})$ で沈降速度のピーク (U_{fmax}) を持った。沈降体積から算定したフロック体積濃度 Φ_f と沈降速度 U_f との関係を示す実測値はこのピークの近傍にあり、ピーク直線 $U_f(\Phi_{fo})$ と交差した (図 2)。

*茨城県境土地改良事務所

**茨城大学

***農村工学研究所

4-3 フロック界面最大沈降速度 U_{fmax}

試料濃度 Φ の時、最大沈降速度 U_{fmax} はフロ
ック濃度 Φ_{fo} で生ずる。このフロク体積濃度
 Φ_{fo} は次式に示すように次元 D のみで決まる。

$$\Phi_{fo}(D) = B / (4.65 + B), \quad B = (D - 1) / (3 - D)$$

ここで次元 $D=2.38$ (超音波)、 2.39 (スターラー)
と定め、理論曲線 $U_{fmax}(\Phi)$ と実測値 $U_f(\Phi)$
を比較した(図3)。実測曲線は理論曲線に下か
ら接するという条件がほぼ満たされている。

5. フロク界面沈降と塩濃度効果

一般的に塩濃度増加は凝集を促進するため、
沈降が速くなる。しかし、本結果は塩濃度の増
加とともに沈降が遅れ(図4)、沈降速度 U_f は
ほぼ指数関数的に減少した(図5)。

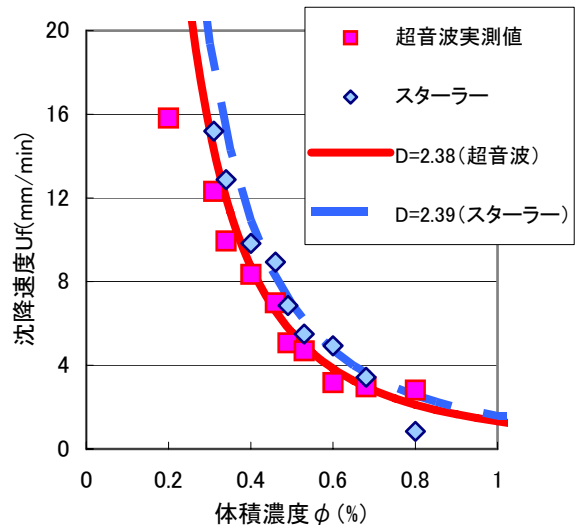


図3 沈降速度と試料濃度 Φ

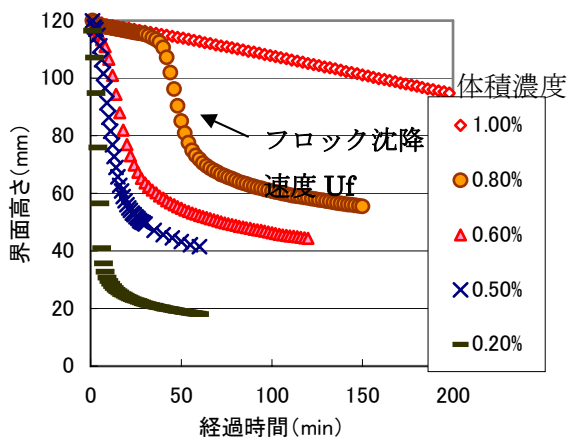


図1 界面沈降曲線と試料濃度

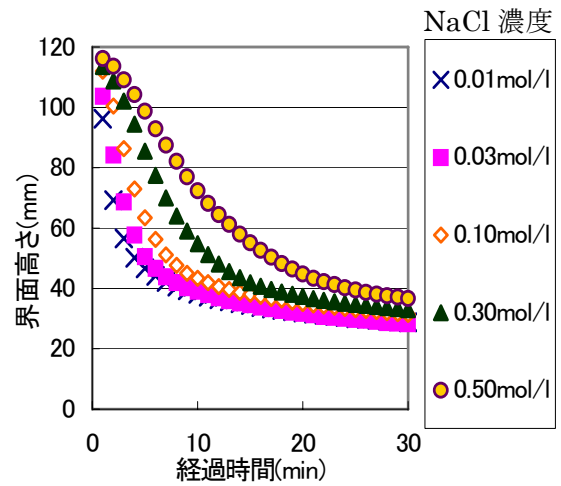


図4 試料濃度0.3%における塩濃度効果

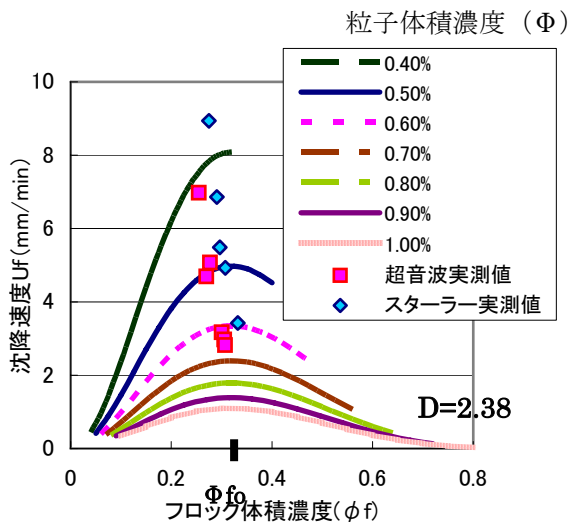


図2 界面沈降速度とフロク体積濃度 (Φ_f)

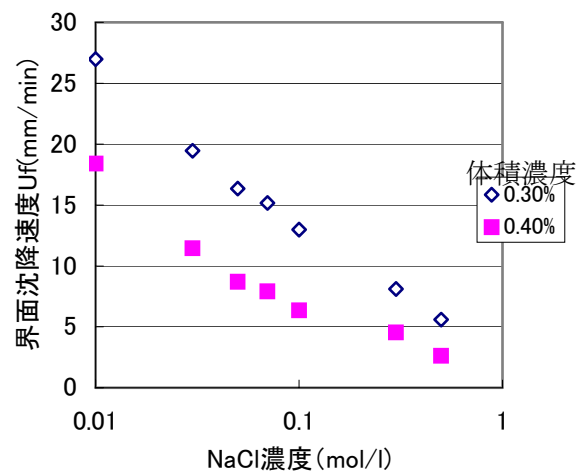


図5 沈降速度 U_f に及ぼす塩濃度効果