

フロック懸濁液の界面沈降に及ぼす試料濃度と凝集の効果

Effects of volume fraction and coagulation on settling velocity of flocculated clay suspensions

海老原 央嗣* 中石 克也** 大井節男***
(Ebihara Takashi) (Nakaishi Katsuya) (Ooi Setsuo)

1. はじめに

懸濁液中の粘土粒子は、内部に水を含んだフロックの状態で存在する。また、粘土粒子の沈降はこのフロックの大きさと試料濃度によって変化する。そのため、土壌の流出防止には、フロックの状態や試料濃度と沈降との関係を知る必要がある。そこで、本研究では試料濃度と凝集が界面沈降に与える効果について明らかにする。

2. 実験方法・解析方法

実験 試料は粒径 3 μm 以下の Na カオリナイトを用い、沈降測定は pH10、NaCl 濃度 0.2mol/l で、内径 63.3mm の 300ml トールビーカー内でおこなった。フロック径は、1) 超音波分散、2) スターラー攪拌の 2 つの方法で調整し、試料濃度を変えて界面沈降速度を測定した。初期のゆっくりとした界面沈降と圧密沈降を計測するため、測定装置として 1/100mm 精度の読み取り顕微鏡を用いた。

解析 本研究ではフロック内に水がどれだけ含まれるかを表す指標として膨潤比を定義した。この膨潤比は、沈降体積(最疎充填を仮定)

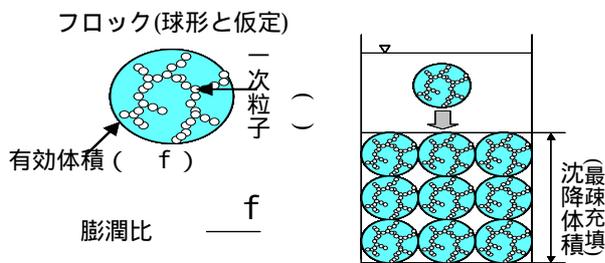


図 1 (a) フロックの膨潤比

(b) 沈降体積

*水資源機構

**茨城大学

***農業工学研究所

キーワード

界面沈降速度

試料濃度効果

凝集効果

カオリナイトフロック

から求めた(図 1)。また、既存の研究では最終沈降体積から膨潤比を求めていたが、自重による破壊を考慮し、本研究では沈降直後の体積から膨潤比を求めた(図 3)。さらに、この膨潤比を用いて沈降速度を求める式を提示し、実際の沈降速度と比較した。

3. 実験結果

3-1 界面沈降に及ぼす濃度と凝集の効果

沈降様式 界面沈降は緩速沈降から始まり、急速沈降、圧密沈降へと移行する。試料濃度の増加は界面沈降を遅らす。スターラー攪拌(フロック成長)も界面沈降を遅らす(図 2)。

試料濃度効果 攪拌法に関わらず濃度増加とともに沈降体積から求めた膨潤比は減少した(図 3)。

膨潤比と沈降速度 スターラー攪拌はフロック成長を促すため、超音波分散よりも膨潤比は大きかった(図 3)。膨潤比が大きいとき、1) 急速沈降速度の増加(低濃度)、2) 急速沈降速度の減少(高濃度)、3) 緩速沈降速度の減少、という効果が見られた。

3-2 急速沈降速度の解析

急速沈降速度 U_{fast} を膨潤比と試料濃度を用いて算定する式を提示した。

$$U_{fast} = \frac{1}{18} (\rho_s - \rho_w) \cdot g \cdot d_o^2 \frac{D-1}{3-D} (1 - \phi)^{4.65}$$

[
:膨潤比、 :体積濃度、 :水の粘性係数
do:一次粒子径(256nm)、D:フラクタル次元(2.35)]

*水資源機構

**茨城大学

***農業工学研究所

キーワード

界面沈降速度

試料濃度効果

凝集効果

カオリナイトフロック

なお、本式は (ア) 沈降速度と試料濃度との関係を表す式 (Michaels & Bolger 式) (イ) ストークス沈降式、(ウ) フロックを自己相似構造とする式、を用いて導出した。本式に沈降体積から求めた膨潤比 を代入した結果と実際の沈降速度との一致は非常に良かった (図 4)。また、この式を用いることで濃度 0.7% での Ufast の逆転現象 (図 4) も実証できた。試料濃度が一定のとき、低濃度では膨潤比 が大きいと沈降速度は速くなるが、高濃度では逆に遅くなる (図 5)。

3-3 緩速沈降速度の結果と解析

濃度の増加にともない緩速沈降速度 U_{slow} は減少した。また、同一濃度では、膨潤比が大きいほど U_{slow} は遅くなった (図 6)。膨潤比 が大きいほど、ネットワーク構造を作りやすく、壁面抵抗が大きくなる。その結果、沈降速度が遅くなると考えられる。

4. まとめ

1) 濃度が増加すると沈降体積から求めたフロックの膨潤比は減少する (膨潤比は一定ではない)。2) 膨潤比の変化とフロックの自己相似構造とを含む界面沈降式を提示した。3) 急速沈降速度 U_{fast} は、この界面沈降式と沈降直後の膨潤比から算定できる。

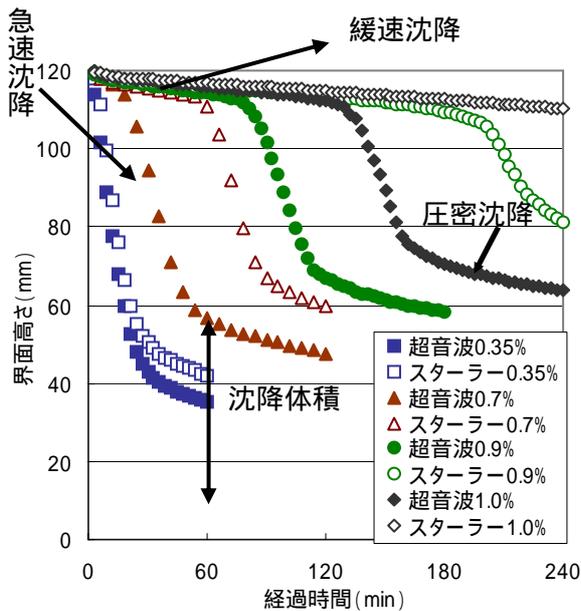


図2 試料濃度と攪拌法の効果

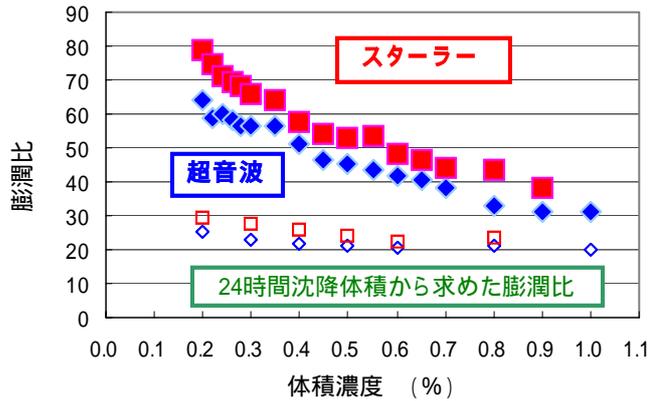


図3 膨潤比 に及ぼす濃度効果
Effect of volume fraction on swelling ratio

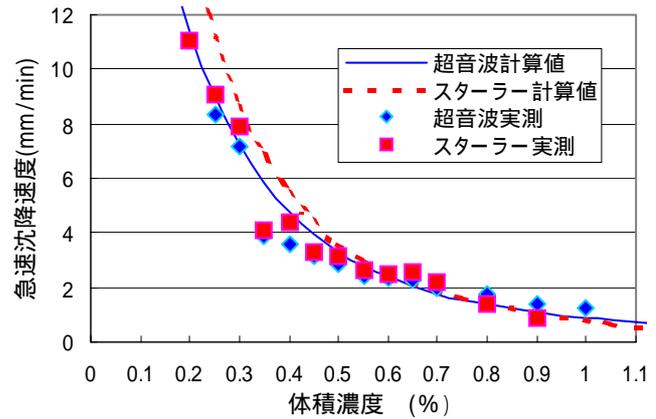


図4 提示式による計算値と実際の沈降速度

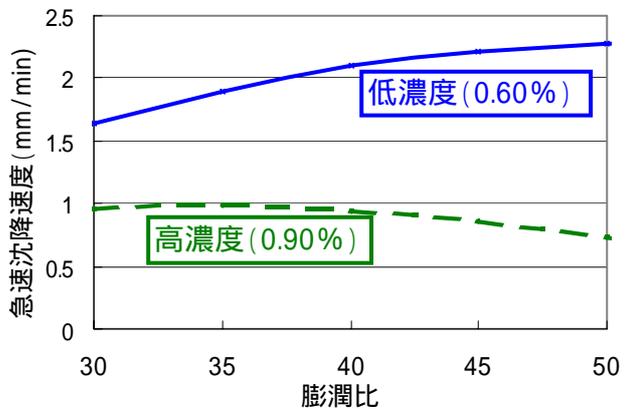


図5 試料濃度一定の時の沈降速度と膨潤比の関係
Effect of swelling ratio on U_{fast}
(constant volume fraction)

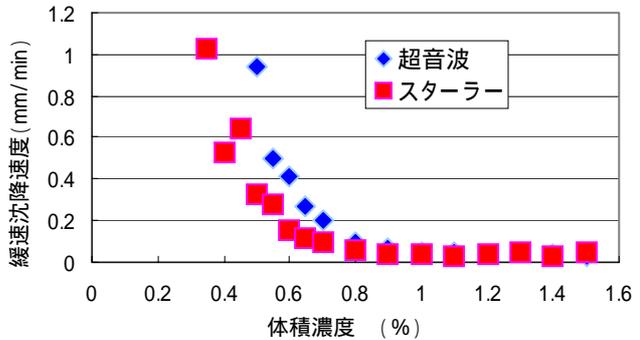


図6 緩速沈降速度に及ぼす濃度効果と凝集効果
Effects of volume fraction and coagulation on U_{slow}