

粘土フロックの沈降特性

The sedimentation properties of clay floccs

高橋直也* 中石克也** 大井節男***

Naoya Takahashi Katsuya Nakaishi Setsuo Ooi

1. はじめに

土壌懸濁液中の土粒子は、内部に水を取り込んだ凝集体（フロック）の状態が存在する。従って、土粒子が沈降したときの沈降体積も、このフロックの体積（水を含む）で決まる。しかし、フロックは壊れやすいため、自重圧密による破壊や界面沈降過程での粘性破壊が考えられ、これらが沈降体積を決めている可能性がある。そのため、本研究では、界面沈降過程が沈降体積に及ぼす影響について調べ、試料濃度がフロックの界面沈降状態を大きく変化させ、沈降体積にも影響を与えることを明らかにした。

2. 試料調整と実験方法

38 μm のふるいを通過させた特性の異なる 3 種類の沖縄土壌(国頭マージ、ジャーガル、島尻マージ)を使用した。試料濃度(体積分率)は 0.005 ~ 0.05 の 10 段階とした。凝集剤として NaCl を用いた。沈降体積の測定には、高い精度が得られるように読取顕微鏡(精度 0.01mm)を使用した。沈降管として 200m のビーカーを使用し、各々のビーカーに対して界面高さと同体積の関係についての検量線を作り、これを用いて沈降体積を求めた。

3. フロックの膨潤率

フロックは内部に水を含んでいるため、一次粒子の体積よりも大きな体積を示す(図 1)。そこで、一次粒子の体積分率 f_0 に対するフロックの体積分率(有効体積分率) f_f の比率を膨潤率 $R = f_f / f_0$ として定義する。膨潤率は、図 1 に示すようにフロックが最疎充填(0.52)で沈降していると仮定して、沈降体積からフロックの体積を算定することによって求めた。

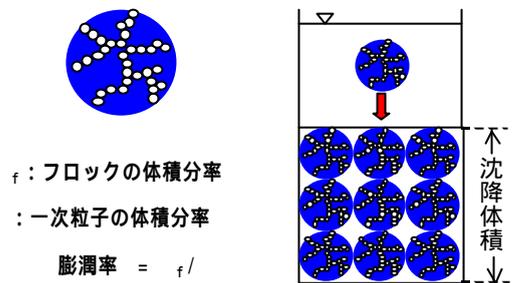


図 1 フロックの膨潤率と沈降体積

4. 結果と考察

[沈降体積] 図 2 に島尻マージについての沈降体積の測定結果を、膨潤率(有効体積)と体積分率との関係で示す。膨潤率は、 R の増加に伴って減少していく。さらに、1 日後から 16 日後では、 $R = 0.025$ 付近での減少の仕方に差が見られる。1 日後と 16 日後の膨潤率 R の変化量を ΔR とすると、 $R < 0.025$ の領域では小さく、 $R > 0.025$ では

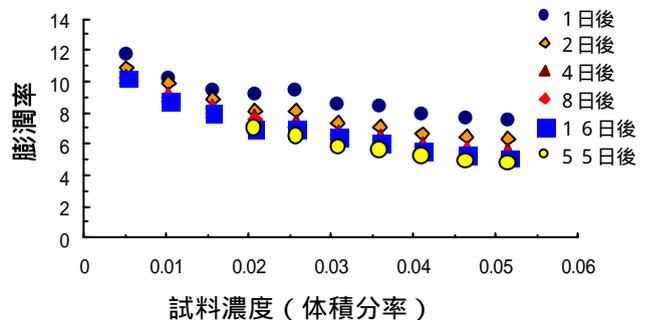


図 2 沈降体積の膨潤率 (島尻マージ)

*株式会社パシコン筑波リサーチ Pacicon Tsukuba Research、**茨城大学農学部 Ibaraki University、*** (独)農業工学研究所 National Institute for Rural Engineering
キーワード 沈降体積、フロック、界面沈降速度

大きくなっている。以上の事実は、明らかに沈降体積が試料濃度に依存することを示している。国頭マージ、ジャーガルでも同様の傾向を示した。

[界面沈降速度] 沈降体積が試料濃度に依存する要因として、界面沈降過程の影響が考えられる。そこで、沈降開始直後からの経過時間と界面高さの関係を詳細に調べた。図3に国頭マージの測定結果を示すが、試料濃度によって沈降現象が大きく異なっている。すなわち、体積分率 = 0.02 以上の濃度では、はじめ沈降が遅いが、途中から速くなっている。また、の増加とともに、沈降速度の変化する点までの時間が長くなっている。一方、0.02 では、遅い沈降が見られなくなり、沈降開始直後から速い速度で沈降する。このような現象は、島尻マージ、ジャーガルにも共通して見られた。

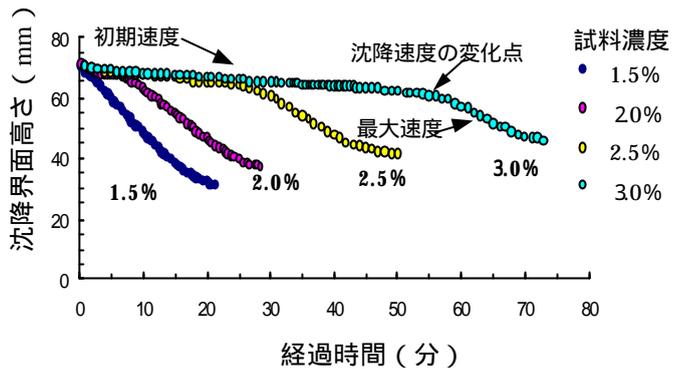


図3 沈降界面高さとの経過時間 (国頭マージ)

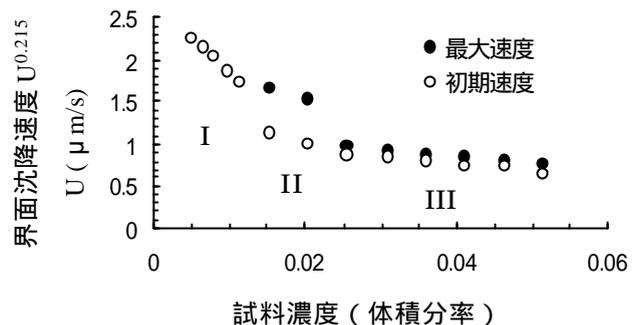


図4 界面沈降速度Uとの試料濃度 (島尻マージ)

[界面沈降速度と体積分率の関係] 図3の界面高さとの経過時間の関係を Michaels & Bolgerの実験式 ($U^{0.215} (1 -)$)¹⁾を用いて整理する。ここで、沈降の遅い区間での速度を初期速度、速い区間の中で最も速い速度を最大速度と定義し、界面沈降速度Uの値として用いた。図4に島尻マージの結果を示す。 $U^{0.215}$ との関係は、全ての試料濃度範囲で一つの直線にならず、初期速度が最大速度となる領域、初期速度と最大速度の差が大きい領域、初期速度と最大速度の差が小さい領域に分かれる。国頭マージ、ジャーガルについても同様の結果が得られた。このように界面沈降速度に着目することによって、土壌懸濁液の界面沈降様式が3領域に分かれるという普遍的な現象を見つけることができた。

[沈降体積と界面沈降速度の関係] 島尻マージについて、沈降体積に基づく膨潤率及び膨潤率の変化量は、少なくとも2つの領域に分かれている(図2)。この2領域の境界が界面沈降速度(図4)の領域の境界と対応することから、界面沈降様式が沈降体積を支配しているといえる。なお、薄い試料濃度領域における沈降体積の測定精度を上げることによって、沈降体積と領域の境界との対応も可能になる。

5. まとめ

読取顕微鏡を用いて、高い精度で沈降体積、界面沈降速度を測定した結果、土壌懸濁液の沈降特性について興味ある結果が得られた。すなわち、沈降体積(膨潤率)は試料濃度に依存するが、この要因の一つとして界面沈降速度が重要であることが分かった。さらに、界面沈降速度と体積分率の関係から、試料濃度によって界面沈降様式が3領域に分かれる普遍的な現象が見出された。そして、沈降体積は、この界面沈降様式に支配されることが明らかになった。

引用文献 1) A.S.Michaels and J.C.Bolger: I&EC FUNDAMENTALS, VOL1, N01, P24-33(1962)

2) 宮原和己, 大坪正美, 中石克也, 足立泰久: 粘土科学 40(3), p.179-184(2001)