

モンモリロナイトフロックのフラクタル構造 Fractal Structure of Montmorillonite Floc

小林俊也*¹ 足立泰久*²

Kobayashi Shunya Adachi Yasuhisa

1. はじめに モンモリロナイト懸濁液の流動特性は、懸濁液の凝集・分散状態によって一変するが、凝集状態ではさらに詳細に見ると、表面に吸着するイオン種やその濃度にも強く依存する。これは形成されるフロックの構造と強度が化学的環境に応じ変化するためである。

そこで本研究では、モンモリロナイトの吸着イオンとして標準的な Na と Ca について、各凝集条件下に対応する単一フロックの沈降実験を行い、フロック構造を記述するフラクタル次元とフロック構造の単位を整理する。

2. 沈降実験 フロックの最終沈降速度 V は、フロックが非透水の球形粒子であることを仮定すれば

$$V = \frac{g}{18\mu} \Delta\rho d_0^{3-D} D_f^{D-1} \quad (1)$$

と表すことができる。ここで g は重力加速度、 μ は溶媒の粘度、 $\Delta\rho$ は一次粒子と溶媒との密度差、 d_0 は単粒子径、 D はフラクタル次元、 D_f はフロック径である。 D_f の関数として V を測定し、両対数グラフにプロットすることで、その傾きからフラクタル次元 D を求めることができる。

3. 結果 フロックの沈降速度 V をイオン種、pH 条件ごとに塩濃度の関数として Fig.1 に示す。

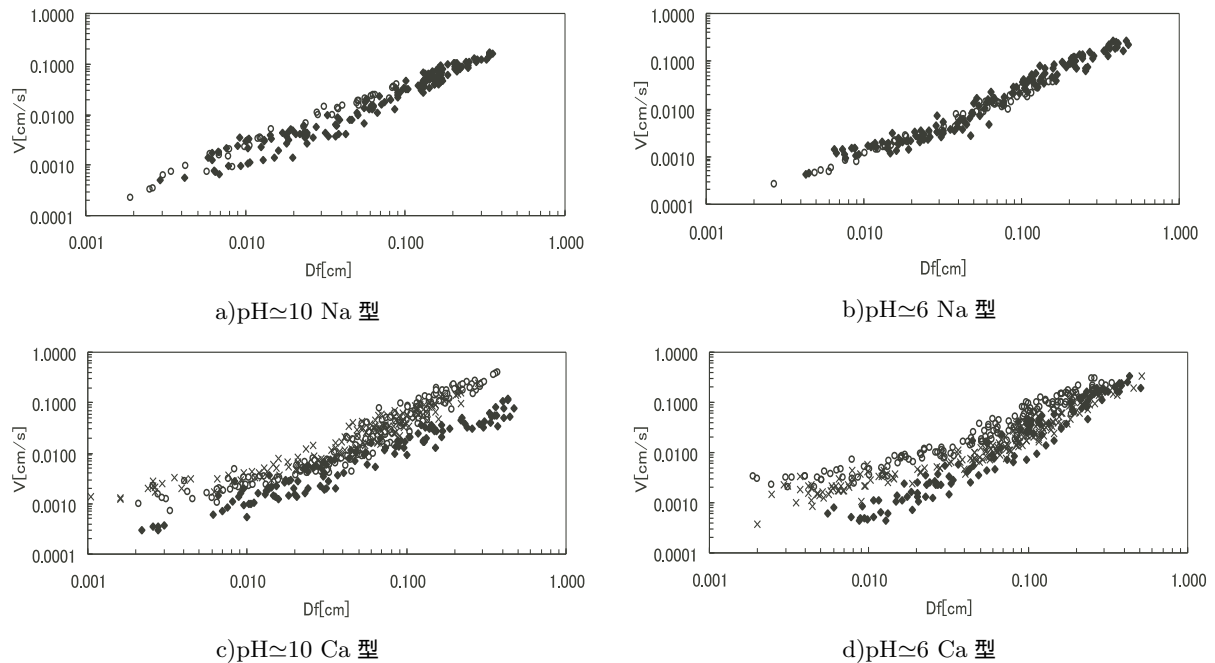


Fig.1: V vs. D_f . \bullet :1.0M, \circ : 1.0×10^{-1} M, \times : 1.0×10^{-3} M

4. 考察

4.1 フラクタル次元 (1) 式に述べたとおり、プロットの傾きはフラクタル次元から 1 を引いた値に比例する。各試料ともに化学的な条件の違いによってプロットの傾きやパターンが変化する。また Fig.1 に示すように、多

*1 筑波大学大学院環境科学研究科 Graduate School of Environmental Science, University of Tsukuba

*2 筑波大学大学院生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Science, University of Tsukuba

キーワード: モンモリロナイト, 流動特性, フラクタル次元

くの試料ではフロック径 0.05cm 付近を境にフラクタル次元が増加することが明らかとなった．この変化は我々の過去のデータ (Miyahara *et al.*, 2002) に対し新たなものとして加えられるべきである．

図から求めた各試料のフラクタル次元 D を Table1 に示す．Na 型 1.0M, pH10 の 0.05cm 以下のフロックのフラクタル次元 1.98 は Miyahara *et al.* の求めた 1.96 と一致した．

Tab. 1: fractal dimension

D		Na 型 1.0M	Na 型 0.1M	Ca 型 1.0M	Ca 型 0.1M	Ca 型 0.001M
pH10	$D_f=0.05[\text{cm}]$ 以上	2.32	2.26	2.50	2.32	2.09
	$D_f=0.05[\text{cm}]$ 以下	1.98	2.26	2.08	1.75	1.46
pH6	$D_f=0.05[\text{cm}]$ 以上	2.38	2.26	2.43	2.22	2.29
	$D_f=0.05[\text{cm}]$ 以下	1.94	2.26	2.16	1.67	1.81

4.2 フロック構造の単位 次にフロック径と沈降速度の関係を整理するために (1) 式における比例定数と及びフラクタル次元の関係に着目しプロットを行った (Fig.2)．なお、図に示されている a は (1) 式の内、既知の定数部分を除去した値、すなわち

$$a = \Delta\rho d_0^{3-D} \quad (2)$$

である．この図に示されているように Ca 型 0.1M 以下の塩濃度の試料はその他の試料と比べて a の値が大きく、足立ら (1999) が示したカオリナイトフロックの a の値の範囲と一致する．(2) 式に示すように、 a の値はフロックを構成する 1 次粒子の大きさ $\Delta\rho$ 及びその周囲の流体との比重差 d_0 の関数であるが、今 D の値がほぼ 2 であることを考えれば、 a は近似的に $\Delta\rho$ と d_0 の積に比例する．すなわち、Ca 型 0.1M 以下の塩濃度の試料はその他の試料と比べて $\Delta\rho$ と d_0 の積が大きいので、フロック構造の単位が特異的であると解釈できる．

小林と足立 (2005) は Na 型と Ca 型の最終沈降体積の試料の色を比較すると、Ca 型が顕著に白濁し、その色が濃くなったことを述べたが、これは 0.1M 以下の Ca 型のフロック構造の単位が白色のカオリナイトのフロック構造の単位に近づいたためと解釈できる．また、流動実験において、凝集状態にある試料の中で 0.1M 以下の Ca 型のみ pH によって粘度が大きく変化することを示したが、これも 0.1M 以下の Ca 型のフロック構造の単位のためと考えられる．

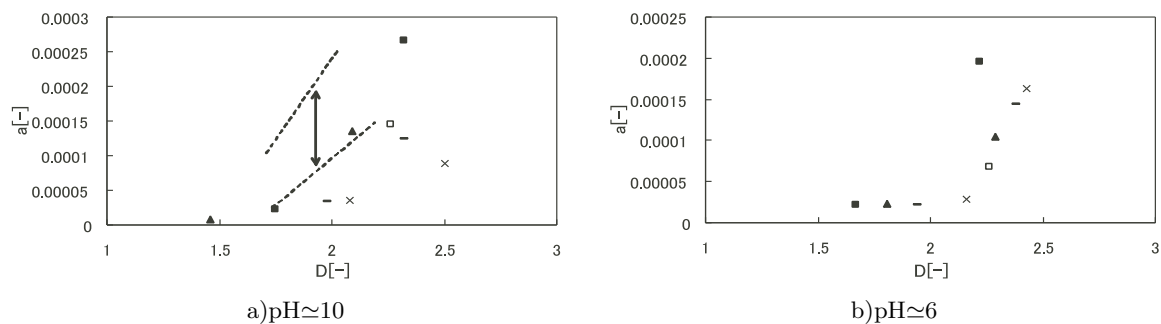


Fig.2: a vs. D . \blacksquare :Na 型 1.0M, \square :Na 型 1.0×10^{-1} M, \times :Ca 型 1.0M, \blacktriangle :Ca 型 1.0×10^{-1} M, \circ : 1.0×10^{-3} M, \cdots :足立ら

参考文献

- 足立泰久, 田中良和, 大井節男 (1999): アルミニウム塩によって凝集したカオリナイトフロックの構造に関する研究, 農土論集, **203**, 45-51
- 小林俊也, 足立泰久 (2005): 螺旋状毛細管型粘度計の開発とそれをを用いたモンモリロナイト懸濁液の流動特性, 農業土木学会論文集, **238**, 79-84
- Miyahara, K., Adachi, Y., Nakaishi, K. and Ohtsubo, M. (2002): Settling velocity of a sodium montmorillonite floc under high ionic strength, *Colloids and Surfaces A*, **196**, 87-91