

フロック形成を考慮した沖縄土壌の粒度計測 Measurement of Soil Particle Distribution Considering Formation Flocs

加藤 貴久
Kato Takahisa

足立 泰久
Adachi Yasuhisa

1. はじめに

土壌中のコロイド画分は比表面積が大きく、粒子表面に汚染物質を濃縮する。従って、汚染物質の輸送を評価する立場から、コロイド画分の量的評価が必要である。通常、土壌中のコロイド粒子は互いに凝集しあいフロックを形成する。現行の粒子沈降による土壌の粒度分析法では、フロック形成は考慮されておらず、土粒子の密度は一定として扱われている。しかし、フロック内部は大きな間隙を有し、その密度は径の関数として変化するためこの扱いには問題がある。本研究では、フロック形成による土粒子の密度変化が、粒度分析法(本研究ではピペット法)に及ぼす影響を、写真撮影から求めた粒度分布と比較することにより解析し、フロックの形成を考慮した粒度分析の改善方法を提案する。

2. 理論

液体中を沈降する粒子の速度 v は Re 数 1 以下の層流状態であれば、Stokes の抵抗則を用いて

$$v = gD_f^2(\rho_f - \rho_w) / 18\mu \quad (1)$$

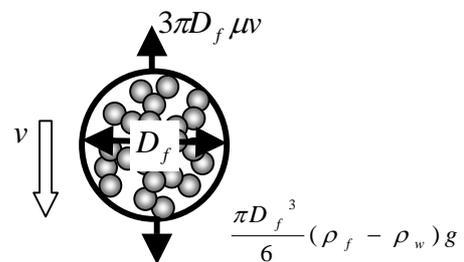


図1. 液体中を沈降する粒子

となる。ここで ρ_f 、 ρ_w 、 μ 、 D_f 、 g はそれぞれ粒子の真密度、水の密度、粘性係数、フロック直径、重力加速度である。 $\rho_f - \rho_w (= \rho_e)$ は沈降に有効な密度(有効密度)で、粒子が均一な素材である場合は一定であるが、フロックの場合には粒径の関数(密度関数)として変化する。

土壌に適応されてきた従来のピペット法では ρ_e を粒径に対して一定とおいて、一定距離 L を沈降する時間 t と粒径 D_f とを対応させているが、フロックでは間隙の発達によって ρ_e は一定とならず、上に述べた密度関数を組み込んだ扱いの必要性があると考えられる。

3. 実験

試料は、沖縄県恩納村のサトウキビ畑で採取した赤土を用いた。この赤土を意図的に凝集させるため CaCl_2 (0.1M, pH=6.3) で、また分散させるために過酸化水素水で有機物を除去した後にヘキサメタリン酸 (0.1g/l, pH=5.8) でそれぞれ処理した。フロックの有効密度を測定するため沈降管内でフロックを沈降させ、沈降速度と粒径を測定し、有効密度を(1)式に基づいて算定しその粒径依存性を求め、密度関数とした。

粒径分布は顕微鏡写真から直接測定したものと、沈降管におけるピペット法の結果を比較した。従来の方法として土粒子の密度を $2.6(\text{g}/\text{cm}^3)$ を用いた。ピペット法で有効密度の粒径依存性を考慮するものとして粒径に対する沈降時間を求める際に有効密度に密度関数を用いた。

* 筑波大学理工学研究科 Graduate School of Science and Engineering, University of Tsukuba

** 筑波大学農林工学系 Institute of Agricultural and Forest Engineering, University of Tsukuba

キーワード：密度関数、粒度分布、ピペット法、フロック

4. 結果と考察

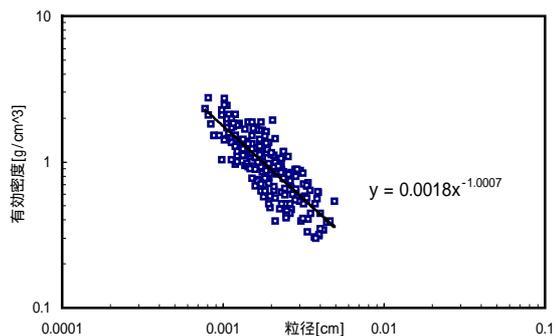
図2は赤土フロックの粒径と有効密度の関係を示したものである。分散・凝集処理下でともに粒径が大きくなるに従い有効密度が小さくなる関係がわかる。分散処理を行い外見上度粒子は分散しているように見えても図のように凝集状態と同様の関係があることから、フロックとしての構造を保持していることがわかる。このことは、化学処理を施した土壌の分散様式を考える上で重要かつ興味深い現象である。また、土壌フロックに示された密度関数は、密度一定として行う現行の粒度分析法の問題点を指摘している。

図3は赤土の粒径に対する重量分布を示したものである。写真撮影から得られた結果と現行のピペット法で得られた結果には粒径0.02mm以上の範囲に大きな差があることがわかる。特に凝集処理では、フロックが多く存在することが反映されその差が大きい。このことから用いる試料にフロックが存在するとき、現行のピペット法では正確な粒度分布が求められないと判断できる。また、ピペット法に有効密度の粒径依存性を考慮したものは写真撮影で得た結果と近い値を示した。このことから、フロック成分の量的測定を行う際には密度関数が重要な役割を果たすと考えられる。

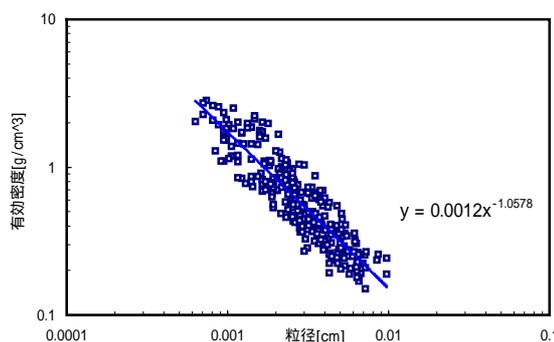
分散処理において懸濁液を長時間静置させておいたところ、濁りが消えなかった。この現象は試料の分散剤に対する過敏な反応特性だと考えられ、その特性が図3.(a)の0.01mm以下の領域で現れ、写真撮影の測定結果との大きな差を生じさせているものと考えられる。そのため分散剤などを用いる場合は、試料の化学的な特性も検討する必要があると言える。

[謝辞]

実験試料の入手において大澤和敏博士、小林幹佳博士の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

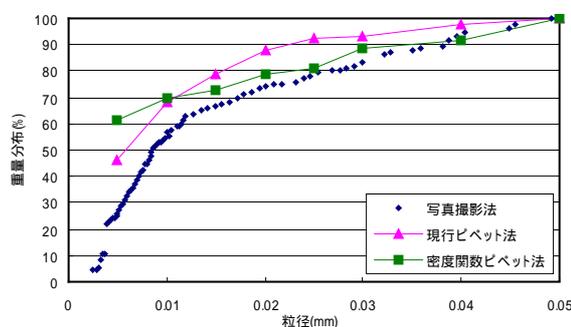


(a)ヘキサメタリン酸分散処理

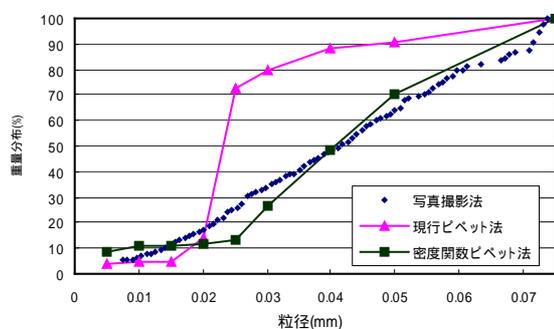


(b)CaCl₂凝集処理

図2. 赤土の粒径と有効密度の関係



(a)ヘキサメタリン酸分散処理



(b)CaCl₂凝集処理

図3. 赤土の粒度分布