

土壌中の粘土の気流による分離法

柏 木 大 安⁽¹⁾

は し が き

土壌中から粘土を分離して集める方法は、従来すべて土壌を水中に懸濁し、ストークスの法則を適用して静置時間と水深から所要の粒径のものを得ている。この場合、ストークスの法則の適用に関しては、土壌粘土が不規則な形と荷電をもっているにもかかわらず十分目的にかなうものであることは電子顕微鏡写真等からも明らかである。しかし、土壌を水中に懸濁し長時間安全な分散状態を保たしめるためには、補助的手段を必要とする場合が多い。すなわち塩酸による塩類の洗脱、過酸化水素による有機物の分解、アルカリ、酸およびある種のナトリウム塩等の分散剤の添加、定温の保持である。

これらの補助的手段は元来土壌の粒径組成をしらべる場合、土壌の粒団を破壊し、粒径の異なる各部分ができるだけ完全に分離しようとする目的のためのものであつて、粘土の性質を研究するために、その一部を分離採取すればよい場合の方法としては必ずしも目的にかなつたものとはいひ難い。さらにアルカリまたは酸の添加が腐植はもとより粘土自身にもかなりの作用を及ぼしていることも考へうる。

また、わが国に広く分布する火山灰土壌、洪積層土壌の一部のものは補助的手段を用いても分散のきわめて困難なものがかかり存在している。

以上の観点から土壌に及ぼす化学的な影響をできるだけ少なくし、また水中分散の難易にかかわりなく、粘土を分離採取する方法として、乾燥土壌を空气中に分散し、煙霧質にした状態で粒径淘汰を行なう方法を試みた。試行の結果、十分実用に供しうる見とおしを得たので報告する。

実 験 方 法

空气中における粒子の沈降はストークスの法則によるものとする。これは風洞実験に供する煙の粒径を測定する場合に用いられており、粒径、風速ともに小さい場合に適用される¹⁾²⁾。

空气中の粒子の沈降速度は、ストークスの式

$$V = \frac{2}{9} g \frac{(D-d)}{\eta} r^2$$

g : 重力の加速度, η : 液体の粘度, $(D-d)$: 固体の比重 (D) と液体の比重 (d) との差,

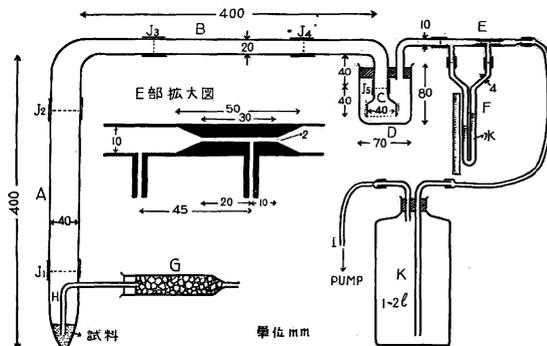
r : 球の半径

$$\eta = 180 \times 10^{-6} \text{ (ポアズ)}$$

$$D - d = 2.5$$

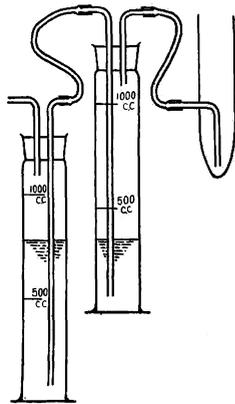
とおけば、径 2μ の粒子で、 $r \approx 0.3 \text{ mm/sec}$ となり、水中の沈降速度の約 100 倍である。たとえば 10μ の粒子では、 $r \approx 7.5 \text{ mm/sec}$ であり、 10 mm/sec の上昇気流中ではこの程度の粒子は気流につれて上昇することになる。

(1) 前農林技官、土壌調査部・農学博士



A: 縦管, B: 横管, C: 絹布を張つた粘土採取管, D: 受器, E, F: 空気の流量計, G: 空気乾燥管, H: 空気吸入管, I: 吸引ポンプ, J₁₋₅: ガラス管連結用ゴム管, K: 圧力溜
第1図 粘度分離装置全図

水平方向に動く気流中での粒子の沈降について考えると、粒子はすべて下降しながら水平方向に運ばれるわけで、運ばれる距離によって粒径の淘汰が行なわれる。いま 2μ の粒子について見れば 20 mm の高さから底面にまで下降するには約 66 秒かかり、 2 cm/sec の水平方向気流中では約 130 cm 運ばれることになる。すなわち 20 mm 、長さ 100 cm 程度のガラス管を横位置に置き、土壌の煙霧質を十分ゆるやかな速度で通過させれば、粘土の部分の淘汰分別が行なわれる可能性があることになる

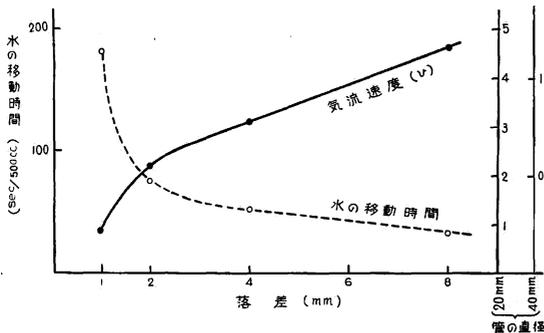


第2図 気流速度の測定に用いる水の移動装置

しかし実際には気流が完全に直線的に流れることは期待できず、いくぶん乱流となるものと考えられるから、 2μ 以下の粒子が集められる条件は実験的に求める必要がある。試行に用いた装置は第1図のごときのものでガラス製である。

図中 J_1, J_2, J_3, J_4, J_5 はそれぞれ太いゴム管で接続される箇所を示し、試料の出入、洗浄および管長の変更等に便利にしてある。Kは圧力溜である。

縦管Aの底部に土壌試料を入れ、ソーダライム管Gを付し、Iを吸引装置につないで減圧にすれば、空気はGで乾燥し、H管から試料を吹き上げる。煙霧状に空気中に分散した粘土はA管を上昇し横管Bの底面に沈降する。きわめて小さい部分はCに至り、Cの底にゴム輪を用いて張つた絹布の上にとまる。絹布は「もみ」が適当であつた。

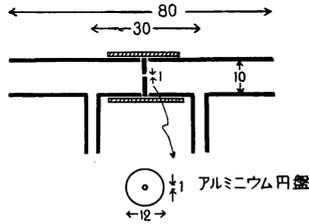


第3図 第1図の装置を用いた場合の気流速度とF管の落差との関係

E部は空気の流速計である。このEを用いてB管中の気流速度を求める方法は次のとおりである。まず容積 1 l のシリンダーを2本連通管とし、片方に水 1 l あまりを入れる。これを第2図のごとく装置のF管の端につける。

Iからサッカーで空気を排除しF中の水の落差(h)を目盛により一定に保ちながら、a管からb管へ水を移動させる。この際a管をしいに上げて両管水面を一致さ

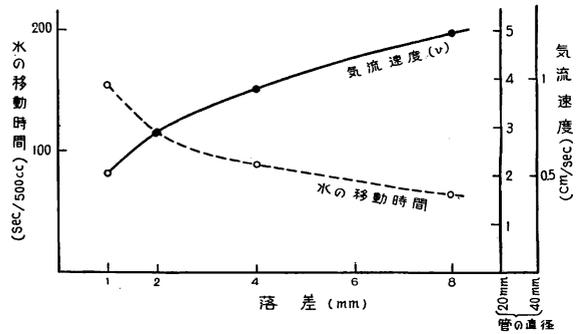
せながら行なう必要がある。水がある量(1000 cc または 500 cc) aからbへ移動する時間を計れば、一定時間内に装置中を流れる空気の容積を知ることができ、各管の断面積からその管中の気流速度(v)を算出する。



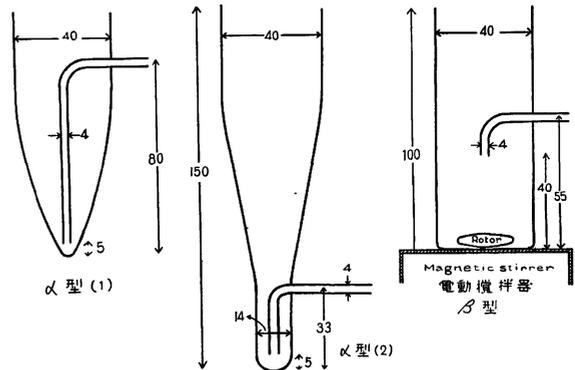
第4図 簡易化した流量計の一部

第1図の装置で行なった場合のF部の水の落差 (h) と気流速度 (v) との関係は第3図に示すとおりである。縦軸は 500 cc の水の移動した秒数と、これから算出した管中の気流速度であり、横軸は落差である。この結果から $h=2\text{ mm}$ の場合、B管の直径が 20 mm では $V=2\text{ cm/sec}$ 、 $h=6\text{ mm}$ では $V=4\text{ cm/sec}$ 程度であることがわかる。

なお、E部は第1図の様式のほか第4図のごとく簡易化したものでも精度は落ちるが実用上差つかえなく使用できる。すなわち、毛细管の代わりに細孔をもつた円盤によりF管中の落差を生ぜしめるものである。第4図の設計のもので測定した落差と気流速度の関係は第5図のとおりである。



第5図 第4図に示した簡易装置を用いて測定した気流速度とF管の落差との関係



第6図 A管底部の型

また、A管の底部の形態は土壌の気中分散の良否に関係が深いので、形を種々に変えて実験に供した。そのうち適当と思われたものの設計を第6図に示した。

すなわち一般の土壌では、 α 型の(1)、(2)いずれかの型で十分目的を達しうるが、土壌が軽い(フワフワしている状態)場合は気流速度をかなり大きくしないと試料中に細かい気孔ができ試料の吹上げが行なわれ難い状態になることがある。この場合にはB型の方が適当であつて、この型では気流速度は十分小さくしうる。

上記の装置を用い横管Bおよび絹布C上に集められる粘土の粒径を調べるために、B管の長さ、気流速度をそれぞれ変えて2、3の土壌試料について実験を行なった。

供試土壌は 105°C で1~2時間乾燥し、乳鉢中でゴム栓または指でよくすりつぶし、できるだけ粒団をこわして実験に供した。

他に国際土壌学会法に準じた水中分散法により同一土壌を処理し両者の取量を比較した。

粒径の分布は顕微鏡により、Ocular micrometer を用いて測定した。

実験結果および考察

実験の結果は第1表のとおりである。

第 1 表

試料 (5.0g)	分 離 法					最大粒 の 径 μ	多数粒 の 径 μ	収量 mg	備 考
	分 散 媒	気流(V) 速 度 cm/sec	所 要 時 間	A 管 底 部 的 管 形	B 管 採 取 位 置 cm				
B ₁ (林試苗畑 土壌表層土)	水+アムモニア 空 気	4	4 日 4 日 1 時間	α		2 3	2> 2>	41 93	
	〃	〃	〃	〃	0—10	20	5>	339	
	〃	〃	〃	〃	25—35	10	3>	246	
	〃	〃	〃	〃	50—60	5	2>	70	
	〃	〃	〃	〃	75—85	5	2>	65	
	〃	〃	〃	〃	100—	3	2>	62	
	〃	2	〃	〃	0—10	5	2>	189	
	〃	〃	〃	〃	10—25	5	2>	115	
〃	〃	〃	〃	40—	2	2>	57		
553 (長崎赤松林 黄色土)	水 空 気	4	4 日 30 分	α		2 20	2> 2>	910 375	
	〃	〃	〃	〃	0—20	10	2>	89	
	〃	〃	〃	〃	20—40	10	2>	89	
	〃	〃	〃	〃	40—60	5	2>	51	
	〃	〃	〃	〃	60—80	3	2>	4	
〃	〃	〃	〃	80—	3	2>	35		
T301 (木ボドゾル B 層)	水+アムモニア 空 気	4	4 日 4 日 1 時間	α		2 10	1> 2>	102 175 843	
	〃	〃	〃	〃	0—10	10	2>	418	
	〃	〃	〃	〃	10—20	10	2>	218	
	〃	2	30 分	α	40—	5	2>	218	
	〃	6	〃	β	40—	2	2>	46	
	〃	〃	〃	〃	0—10	10	2>	164	磁気攪拌器使用
	〃	〃	〃	〃	10—25	10	2>	113	〃
	〃	〃	〃	〃	25—40	7	2>	71	〃
	〃	〃	〃	〃	40—	3	2>	131	〃
	〃	2	1 時間	β	0—10	10	3>	98	〃
	〃	〃	〃	〃	10—25	5	2>	43	〃
	〃	〃	〃	〃	25—40	3	2>	20	〃
〃	〃	〃	〃	40—	2	2>	10	〃	

表中最大粒の径とは検鏡の際視野に現われた粒子のうち最大と思われるものの直径である。B 管の 10 cm 程度まではかなり多数存在するが、10 cm 以上のところではきわめて少数であつた。多数粒の径とは視野一面に見られ、検鏡試料の大部分を占めるとされるものの直径である。

まず試料 B₁ では、V=4 cm/sec では B 管の 100 cm のところでもやや大きな粒子が混入しているが、V=2 cm/sec では 40 cm 以上ですべて径 2 μ 以下の粒子のみとなる。この場合の収量はほぼ水分散法の場合と同程度であり、所要時間ははるかに短くて済む。

試料 T301 の場合も以上とほぼ同様のことがいいうる。試料 553 の黄色の土壌では他の試料に比べて収量が著しく低い。これは肉眼的に見ても砂の部分がきわめて少なく、総体にフワフワした状態にあるもので、F 管から吹き上げる空気によつて細かい気孔ができるために土壌の攪乱が起りにくいからであると考えられる。この場合棒の端にゴムを付けたもので常に A 管底部をたたいて気孔をくずすような操作をすれば、土壌の気中分散が連続的に行なわれるが、いささかめんどうである。このような試料では、たとえば金剛砂、石英砂等を混入してさらさらした度合を増すことができれば好つごとと考えられるが、今後検討をすすめたいと考えている。

A 管底部を β 型とし磁気攪拌装置を用いる方法は気流速度を小さくした場合に有効と考えたが V=2 cm/sec 程度ではかえつて α 型の方が能率が良かった。

また各土壌とも粘土の径を 10 μ 以下とすれば、V=4 cm/sec でも B 管の入口付近にたまることになり

取量はきわめて良くなる。

以上のことから第1図の装置を用いて径 2μ 以下(または 10μ 以下)の粘土を土壤中から分離採取することができ、時間的にも、また収量の点からも、かなり有利な点があることを認めることができた。またこの方法で得られる粘土は乾燥状態にあるが試薬等による化学的な影響を全く受けていないという特徴がある。

総 括

土壤中から粘土を分離する方法としては従来水中に土壤を分散して行なっていたが、分散が困難な場合や、粘土が化学的作用を受けること等のふつごうがあつた。この方法では十分ゆるやかな気流中に土壤を分散し、そのはこばれる距離によつて粒径の淘汰を行なうものである。

装置は第1図のようなものである。すなわちA管の底部に乾燥土壤を入れ、Iより減圧にすれば、土壤は吹き上げられ微細な部分がB管に沈下する。 2μ 以下の粘土はC部の絹布上に集められる。

本法では、土壤 $5g$ を用い気流速度 2 cm/sec で約1時間後、水分散法とほぼ同程度の収量を得た。

本法により、集められた粘土は、化学的処理を全く受けていない特徴があり、時間的にも有利である。

文 献

- 1) 枝山大三：航空研究所報告 7, 307 (1933)
- 2) 三宅修三： “ ” 10, 86 (1935)

The Isolation of Clay Fraction of Soils by Air Flow

Hiroyasu KASHIWAGI

(Résumé)

The clay fraction has been isolated by dispersing soil samples in water. This, however, is not always satisfactory. Some clay does not come into dispersion, and some clay chemically decomposes through the pre-treatment.

The author has investigated a new method to isolate the clay fraction by dispersing soil particles in the slow stream of the air, and by letting them travel a certain distance. The procedure will be described according to the equipment illustrated in Fig. 1.

Air-dried soil samples are put in the bottom of Tube A and I is connected to the vacuum pump. Soil particles are blown out by the air which comes in at H, and small particles are precipitated on the horizontal part of Tube B. Particles smaller than 2μ are caught on the silk screen at C.

The amount of clay fractions obtained is almost the same as that of the water dispersion method when 5 *gr.* of soil samples are treated for one hour at the speed of 2 *cm/sec.* by air stream.

The clay fractions obtained by this method have the merit of being free from chemical treatment, and this method, moreover, is time-saving.