

熟化過程における土壌の分散特性

開田土壌の熟化機構に関する研究 [I]

小橋英夫・長堀金造・種村親志

Dispersion Characteristics of Soil in the *Jukuka** Process

Studies on *Jukuka* of Soil after Land Reclaimed
to Paddy Fields [I]

Hideo KOBASHI, Kinzo NAGAHORI and Chikashi TANEMURA

The authors have studied the *Jukuka* process from the view-points of soil physics, soil mechanics and chemistry.

It is important to recognize the grain size distribution as one of the physical indices.

At first we investigated the deflocculating agents and the initial water contents of samples which dispersed the soil particles best.

We used four kinds of deflocculating agents, NaOH, $(\text{NaPO}_3)_6$, HCl and NH_4OH , and the samples presented here were two kinds of volcanic ash sub-soil and two kinds of non-volcanic ash sub-soil. Each of them is composed of soils before land reclaimed to paddy fields, two years later, five years later and ten years later (in case of volcanic ash sub-soil eight years later).

In this mechanical analysis, we used the Hydrometer method. Therefore the results obtained are as follows. In the volcanic ash soil the dispersion is affected by the initial water contents comparatively and the highest dispersed soil contains about 10-15% more clay than the lowest one, as shown in Fig 1, Fig 3. Concerning Kanto loam (volcanic ash soil), HCl showed the best dispersion before land reclaimed to paddy fields, but $(\text{NaPO}_3)_6$ showed best later, as shown in Fig 1. On the other hand in the non-volcanic ash soil the dispersion efficiency does not differ with their initial water contents, and most particles are dispersed by $(\text{NaPO}_3)_6$ and NaOH, as shown in Fig 5.

ま え が き

著者らは開田土壌の熟化機構を土壌物理的、力学的、化学的側面から究明しているが、その物理的指標の1つに粒径分布がある。粒径が 74μ より大きな粒子についてはフルイ分析が可能であり 74μ 以下の細粒土については必ず水分析を行なう必要がある。細粒土分析の方法は数種類あるが正確さの点から、ピペット法 (Pipette method) と比重計法 (Hydrometer method) が多く用いられており、両方法とも分析の基本となるのは STOKES の法則である。Pipette 法は比重計法よりも正確な値を与えるとされているが、その操作は熟練を必要とし、また手数が

*The area immediately after land reclaimed to paddy fields has low productivity, and physical soil properties are non-stable, but several years later this condition changes into a stable one. We call this process *Jukuka*.

かかるため、わが国では JIS 規格において土の粒度分析に比重計法を採用している。また分析に用いる試料は一般に空気乾燥したものである。しかし、火山灰土や有機質土は空気乾燥することによって自然の湿潤状態と比較して実験に差異のあることは、今までに実証されている¹⁾²⁾。例えば粒度分析結果を利用して三角座標より土性を判定するとき、湿潤土は粘土質ロームの分類に該当するが、空気乾燥するとロームまたは砂質ロームとなりその他の実験結果と関連しないことがある。他方非火山灰土では湿潤土でも乾燥土でも実験結果に差異を示さない。故に粒度分析に用いる試料は自然状態の土の性質を代表するように土を構成している主要鉱物に応じて調整することが必要となってくる。

分散剤については土の粒度試験方法 (JIS A1204) でケイ酸ナトリウム結晶 ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) の溶液 20 cc または苛性ソーダ (NaOH) の 1 規定液 10 cc を用いることに定めているが、これらの分散剤はあらゆる土に有効ではないことが実証され、土によって塩酸 (HCl) やヘキサメタリン酸ソーダ (NaPO_3)₆ が分散に効力を発揮することがある¹⁾。

そこで粒度分析を行なうとき分散剤と土の初期含水比 (実験に使用する土の含水比) が分散にいかなる影響を与えるかを火山灰土と非火山灰土を供試土として 4 種類の分散剤を使用してその特性を究明した。

I. 実験方法

実験に用いた試料は火山灰土と非火山灰土で各々 2 カ所より表土を採取した。採取地点は次の通りである。

- 火山灰土 茨城県新治郡出島村 (関東ローム赤ボク)
 岡山県真庭郡八束村 (蒜山ローム黒ボク)
- 非火山灰土 岡山県上房郡賀陽町大和
 岡山県高梁市松原町陣山

上記 4 カ所より供試土として採取した各試料は原土ならびに開田後 2 年目、5 年目、10 年目 (関東ローム、蒜山ロームは 8 年目) の 4 種類である。採取した試料は火山灰土では含水比 110% 前後、非火山灰土では含水比 30% 前後であるが、これらを徐々に空気乾燥させ実験を行なった。

分散剤としては 4 種類を用いたが、その種類ならびに添加量は次の通りである。

苛性ソーダ (NaOH)	1N	10cc
ヘキサメタリン酸ソーダ ($(\text{NaPO}_3)_6$)	0.4N	30cc
塩酸 (HCl)	1N	10cc
アンモニア水 (NH_4OH)	1N	10cc

なお本実験では全試料を過酸化水素 6% 溶液で酸化し、細粒土の測定は比重計法を用いて水温 $22^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$ の範囲で実験を行なった。供試土重量は火山灰土で 30 g、非火山灰土で 50 g とした。

II. 実験結果と考察

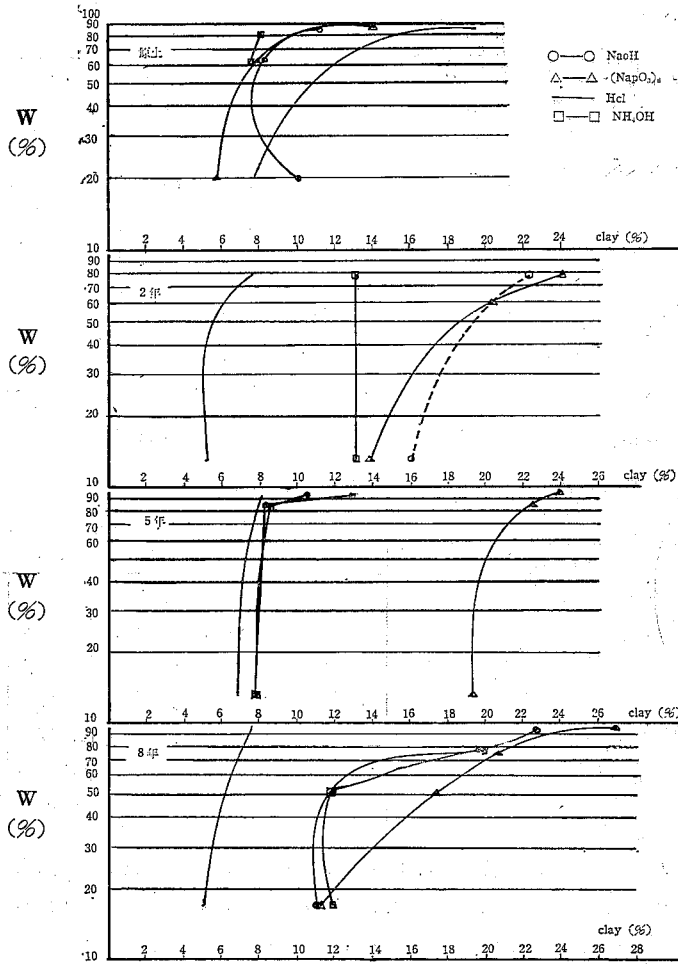
火山灰土と非火山灰土では分散特性が全然異なり、分散の難易を粘土量の多少で判定すると、非火山灰土では湿潤状態の土でも空気乾燥した土でも初期含水比の違いによる分散性能の差異はほとんどない。一方火山灰土は初期含水比の違いによって分散性能が大いに異なり、同

じ火山灰土でも関東ロームと蒜山ロームとでは分散性能にかなり差異のあることが明らかとなった。なお本実験で用いる粒径区分は JIS A 1204 にもとづき砂 $2\text{mm} \sim 0.074\text{mm}$ 、シルト $0.074\text{mm} \sim 0.005\text{mm}$ 、粘土 0.005mm 以下とする。

1 関東ロームについて

おのおの分散剤を用いて関東ロームについて行なった実験結果を図1～2に示す。

図1 初期含水比と分散剤別粘土量（関東ローム）

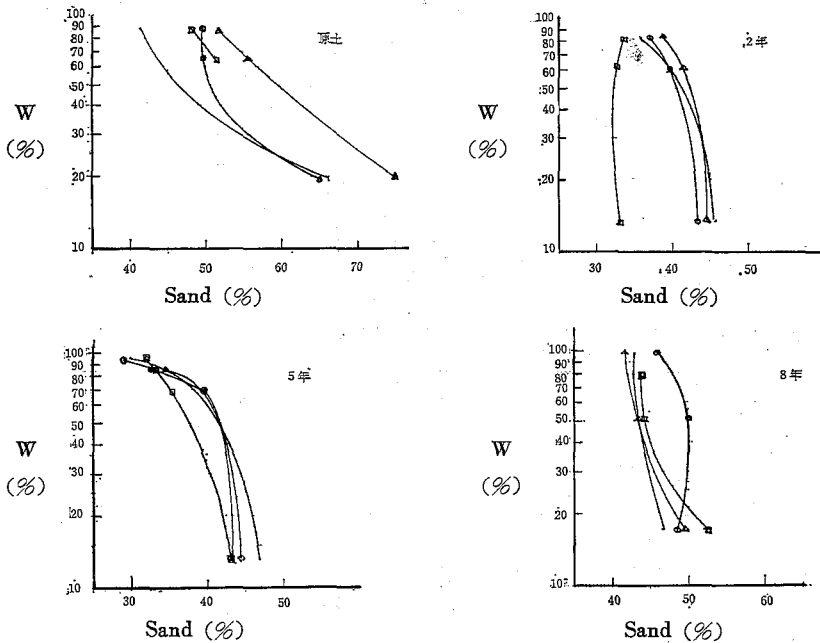


図において縦軸に初期含水比 (w) を横軸に粘土量 (Clay) または砂量 (Sand) をとる。実験に用いた初期含水比において最良の分散効果をあげた分散剤ならびにそのときの粘土量を表示すると表1のとおりである。

原土は HCl による分散が良い結果を示しているが2年目以後は NaPO_3 による分散が最良で、HCl によるものは綿毛状態を呈している。5年目は NaPO_3 による分散以外は綿毛現象を呈し2年以後の土壌では肥料や土壌管理の相違によって分散性能にかなり差異を生ずることを示している。

関東ロームでは HCl 分散が最良であり、他の分散剤との差は著しい¹⁾と言われているが、既

図2 初期含水比と分散剤別砂量 (関東ローム)



第1表 おのおのの含水比において最良の分散をした分散剤と粘土量 (関東ローム)

	初期含水比	分散剤	粘土量		初期含水比	分散剤	粘土量
原土	83%	HCl	19.8%	5年	94%	(NaPO ₃) ₆	26.0%
	66	HCl	12.4		86 or 66	(NaPO ₃) ₆	22.0
	20	(NaPO ₃) ₆	9.8		13	(NaPO ₃) ₆	19.0
2年	80	(NaPO ₃) ₆	24.0	8年	97	(NaPO ₃) ₆	26.5
	61	(NaPO ₃) ₆	20.5		79	(NaPO ₃) ₆	20.5
	13	NaOH	13.0		51	(NaPO ₃) ₆	17.2
					17	NaOH	11.8

耕地の土壌を供試土として分析する場合には必ずしも HCl が最良とは言い得ない。

図2には初期含水比と砂量を年次別に示している。原土と2年目以後の土壌では乾燥過程における砂量増加の状態に明瞭なる差異がある。原土は乾燥による含水比の減少に従い粒子の結合が強固となり、分散剤の添加や攪拌では完全に分散出来ないが、これに比して2年目以後の土壌では有機物やイオンの影響により分散剤の添加や攪拌で粒子間の結合力をかなり緩和することが考えられる。

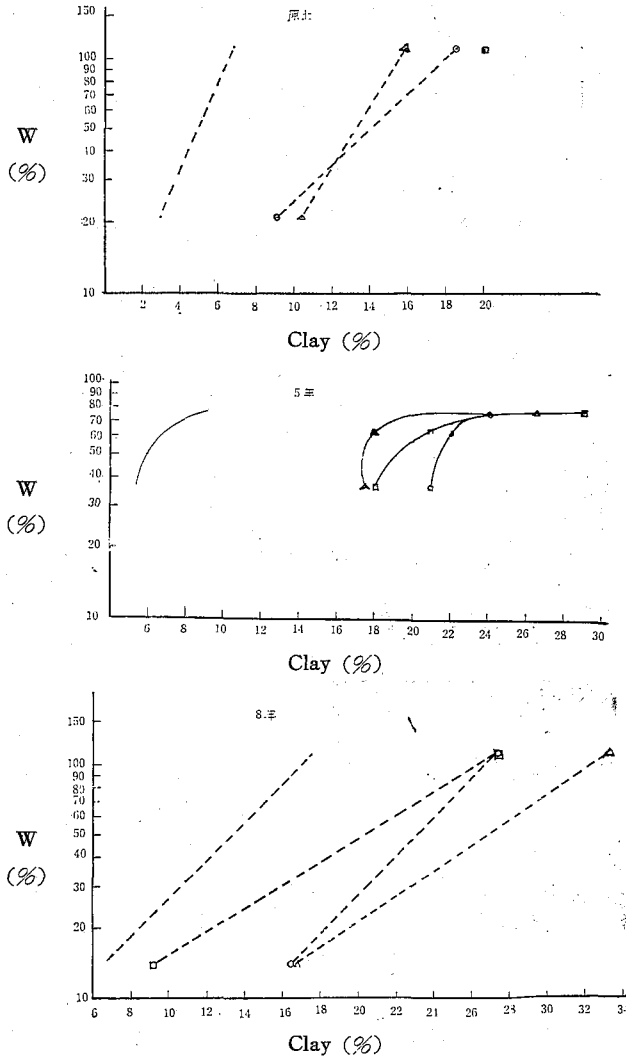
初期含水比の最高と最低における粘土量ならびに砂量の差は、粘土量では約10~15%高含水比で多く、砂量は原土で約25%, 2年目以後の土壌では約5~15%低含水比で多くなっている。

2 蒜山ロームについて

蒜山ロームでは NH₄OH と (NaPO₃)₆ による分散が良い結果を示しており HCl はどの年次においても好分散を示さない。蒜山ロームの実験では初期含水比が 100%前後と 20%前後の2点のみを分析したため、この中間における傾向は把握出来ないので一応2点間を破線で結び、5

年目については3点を実線で結んだ結果が図3である。

図3 初期含水比と分散剤別粘土量（蒜山ローム）



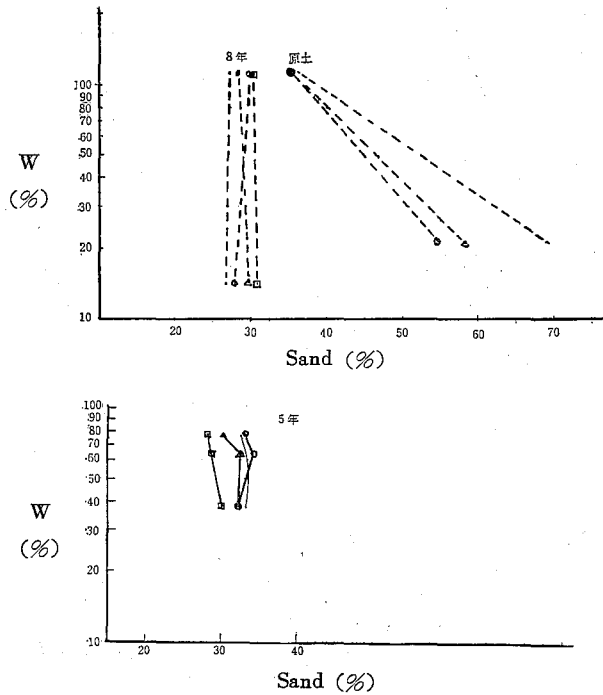
実験に用いた初期含水比とその含水比において最良の分散効果をあげた分散剤ならびに粘土量を表示すると表2の通りである。

第2表 おのおのの含水比において最良の分散をした分散剤と粘土量（蒜山ローム）

	初期含水比	分散剤	粘土量		初期含水比	分散剤	粘土量
原 土	111%	NH_4OH	20%	5 年	65%	NaOH	20.0%
	21	$(\text{NaPO}_3)_6$	10.4		37	NaOH	21.0
2 年	103	$(\text{NaPO}_3)_6$	29.0	8 年	111	$(\text{NaPO}_3)_6$	33.8
5 年	77	NH_4OH	29.0		14	$(\text{NaPO}_3)_6$	16.6

次に図4に示した砂量については関東ロームと同じように原土では乾燥によって固結を呈し分散剤を加え攪拌しても分離しない結果を示し、2年目以後の土壤と顕著な差異を示している。

図4 初期含水比と分散剤別砂量



蒜山ロームでは初期含水比の最高と最低における粘土量の差異は約10~15%であり、砂量は原土で約20%, 2年目以後の土壤では約5%の差異を示している。

3 非火山灰土について

大和, 陣山地区の非火山灰土では初期含水比の違いによる分散の差異はほとんど認められず, 分散剤としては $(\text{NaPO}_3)_2$ が全般に良好なる分散を示している。

大和の試料について開田年次別に初期含水比と各分散剤による分散結果を示したのが図5である。

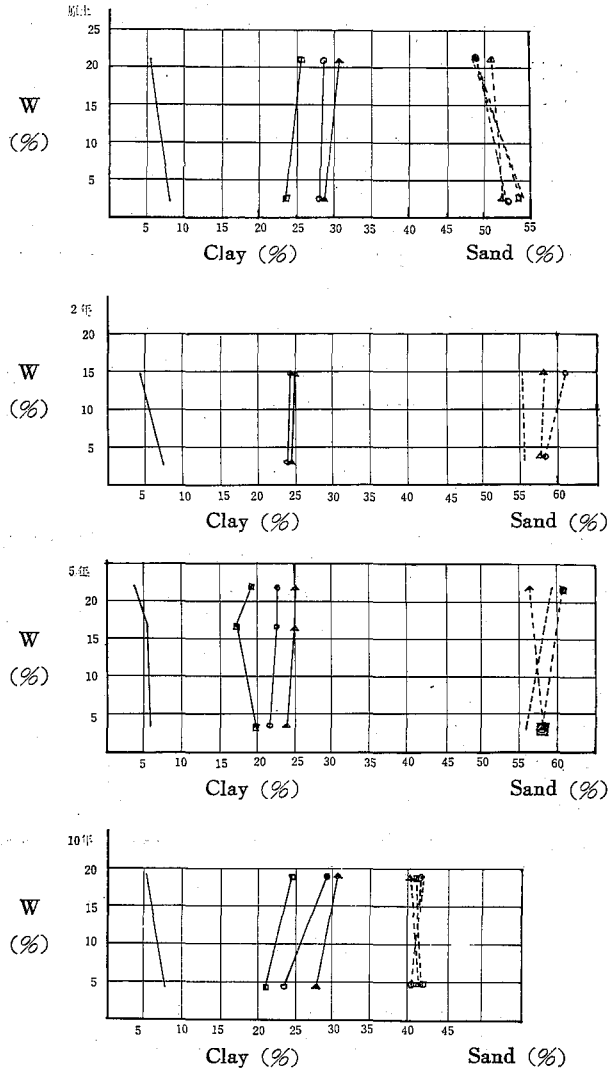
$(\text{NaPO}_3)_2$ に次いで NaOH が好分散を示しており, 陣山の土についてもほぼ大和と同様である。しかし陣山原土では NaOH が最良の分散を示している。大和ならびに陣山の実験に用いた初期含水比とその含水比において最良の分散効果をあげた分散剤ならびに粘土量を表示すると表3の通りであり, 初期含水比の違いが粘土量に大きな影響を与えない。

次に初期含水比の違いによる砂量変化の状態を図5に破線で示した。

図では原土において含水比の減少に伴う砂量増加の傾向を示しているが, 火山灰土の原土ほど顕著なものではない。開田後2年目以後の土壤では初期含水比の違いによる砂量の変化はほとんど無いと言ってよい。

以上は開田された4カ所の表土を採取して粒度分析した結果を示したのであるが, 未耕地の土壤と既耕地の土壤では土壤の含有成分がかなり異っているため, 粒度分析における分散剤の効果にかなり差異のあることを明瞭に示している, そして開田土壤の経年的特徴は開田年数が

図5 初期含水比と分散剤別粘土量，砂量（大和）



第3表 おのこの分散剤において最良の分散をした分散剤と粘土量（大和・陣山）

	初期含水比	分散剤	粘土量		初期含水比	分散剤	粘土量
大和原土	21%	(NaPO ₃) ₆	30.3%	10年	19	(NaPO ₃) ₆	30.5
	2.3	(NaPO ₃) ₆	28.4		4.6	(NaPO ₃) ₆	27.9
2年	15	(NaPO ₃) ₆	25.0	陣山原土	23.7	NaOH	31.0
	3	(NaPO ₃) ₆	24.8		3.5	(NaPO ₃) ₆	26.4
5年	22	(NaPO ₃) ₆	25.0	2年	26	(NaPO ₃) ₆	36.4
	17	(NaPO ₃) ₆	25.0		4	(NaPO ₃) ₆	35.8
	3.4	(NaPO ₃) ₆	24.0				

進むに従い粘土量が増加する傾向を示し、特にその傾向は火山灰土で顕著なものがある。本実験により明らかとなった要点を挙げれば次の通りである。

- イ. 火山灰土のような **Allophane**⁹⁾ を主とする粘土鉱物は試料を湿潤状態で調整することが必要である。ロームは乾燥によって固い結合を起し、分散剤の添加や攪拌では容易に分散出来ないことを示している。
- ロ. 火山灰土、特に関東ロームの分散剤として **HCl** が最良の性能を示すと言われているが、必ずしも最良の分散を示すとは言えない。特に既耕地の土壤を分析する際には数種の分散剤による実験を行なうことが必要であり、本実験では原土で **HCl** が開田後の土壤では $(\text{NaPO}_3)_6$ が良い結果を示しているし、蒜山ロームでは $(\text{NaPO}_3)_6$ と共に NH_4OH が良好なる分散効果をあげている。
- ハ. 非火山灰土では試料は湿潤状態でも乾燥状態でも分散効果に大差はなく、分散剤としては $(\text{NaPO}_3)_6$ が最良である。しかし **NaOH** も $(\text{NaPO}_3)_6$ と近似した性能を持っているので、そのいずれを使用しても分散効果に大きな差異はない。

III. あ と が き

開田土壤の熟化を研究する過程において、粒度分析に種々の疑問をいただき一連の実験を行ない若干の結論を得たので、ここに取纏めたものである。粒度分析の分散に関しては近年種々問題点も提起されている⁴⁾ が、特にロームの分散については未解決の点多々ある。ロームの分散剤としては一般に **HCl** が良好であり、分散程度は添加 **HCl** 量に関係し、分散剤の量が多くなると少なくても分散は悪い¹⁾ とされている。本実験でも関東ロームは原土で **HCl** が好分散を示し他の分散剤はほとんど綿毛化している。しかし、開田後の土壤では **HCl** が綿毛現象を呈し、他の分散剤が好分散を示していることは粒度分析の分散に土壤中のイオンの影響を無視出来ないことを示している。

非火山灰土では初期含水比が分散に及ぼす影響はほとんど無く、分散剤として $(\text{NaPO}_3)_6$ または **NaOH** を使用すればよい。

参 考 文 献

- 1) 多田・山崎 (1963); 関東ロームの粒度分析 農土研別冊 5 17—23
- 2) 山崎・八幡・須藤 (1963); 関東ロームの物理的性質 農土研別冊 7 1—13
- 3) 高橋 浩 (1967); 粘土の鉱物的性質 粘土ハンドブック P.48—50
- 4) 土の試験法に関するシンポジウム (1966) 土と基礎 96 6—15