

南関東の累積性火山灰土の土壤微細形態学的解析 (III) — 薄片中の粒子の解析 —

平山良治*

HIRAYAMA, Ryoji*: A Micromorphological Study of Some Volcanic Soils (III)
— Analysis of Particles with Large Thin Section —

土壤は厳密に言えば同一層中においても均質性には限りがある。著者は出来る限り層位内の平均的な性状を把握するために、大型の土壤薄片を用いてメソ形態学的解析を行ってきた。

本論文は、第1報(平山 1995)第2報(平山 2002)に引き続き、大型の土壤薄片を使用して、過去の土壤生成作用がどのような形で累積した火山灰土の基質に残されているかを、薄片中に特異的に観察された粒子を中心にメソ形態学的に調べた。

試料 一大型土壤薄片

第1報で報告した層位の薄片を使用(平山 1995)。

層位は、IIa層(奈良・平安時代に相当)、IIb層(縄文時代に相当)、III層(ソフトローム層)、IV層上部(ハードローム層上部)、IV層下部(ハードローム層下部)、V層(第一暗色帯)、VI層(広域テフラである始良テフラを含む層位、以下AT包含層と称す)、VII層(第二暗色帯上部)、IX層(第二暗色帯下部)、それにXIII層(武蔵野ローム層)である。

薄片の観察と画像解析

土壤薄片は、第1報、第2報と同様、偏光顕微鏡観察それに画像解析を行った。一次鉱物および粒子は偏光実体顕微鏡で観察した白黒画像解析および色抽出によるカラー画像解析を行った。粒子の形状には偏光実体顕微鏡の描画装置でスケッチした。

結 果

第1報で述べたように薄片中の特徴のある粒子は、赤褐色系、黒色系それに灰色系の三つに分けられた。

赤褐色系の粒子は、大半が赤スコリアと呼ばれているものである。非常に風化を受けているものから、ほとんど受けていないものまで、いろいろな風化段階の粒子が認められた。黒色系のものは、赤褐色系同様に黒スコリアと呼ばれている。風化は余り受けておらず、土壤基質との境は明瞭である。灰色系の粒子はラピリに相当すると考えられる。前2者と比べて小さい粒子が多いが、時には大きいものも存在する。この粒子は、時に一次鉱物を包埋している。

これらの粒子を画像解析で抽出し、計測したものを表1に示した。

*国立科学博物館 筑波研究資料センター 筑波実験植物園. Tsukuba Botanical Garden, National Science Museum, Tsukuba, 305-0005.

Table 1. Number and max. particle area of characteristic particles on the thin section

Layer	Reddish-brown particles		Black particles		Gray particles	
	Number /10 mm ²	Max. particle mm ²	Number /10 mm ²	Max. particle mm ²	Number /10 mm ²	Max. particle mm ²
IIa	0.95	4.18	—	—	—	—
Iib	0.24	8.82	—	—	—	—
III	0.69	19.32	2.01	37.77	0.43	1.16
IV Upper	1.67	6.25	2.63	13.61	1.27	4.43
IV Lower	4.00	22.70	3.07	37.74	0.52	38.5
V	4.18	24.31	3.37	13.61	1.10	2.92
VI	3.36	18.04	7.25	38.93	1.46	8.57
VII	3.79	7.81	4.36	23.73	1.27	2.19
IX	2.99	12.75	3.80	6.80	1.45	4.18
XIII	1.68	6.53	1.09	1.44	1.35	1.36

赤褐色系の数を測定した。1平方ミリメートル当たりの個数は、上層三層で非常に少なく(0.95, 0.24, 0.69), IV層下部とV層で、4.00, 4.18と多くなり、VI層で減少し(3.36), またVII層で3.79と増加した。IX層は2.99に減少し、IV層の上部とXIII層はそれぞれ1.67, 1.68であった。これらの粒子の最大値を調べた。最大値は、V層の24.31 mm²で、続いて大きいのはIV層下部の22.70 mm²である。これらの層は、粒子数の多さとも一致している。VI層は18.04 mm²で、粒子数との関係は前者と同じである。III層の19.32 mm²とIX層の12.75 mm²は粒子数は多くないのに大きな粒子が存在した。特にIII層は顕著であった。VII層では粒子数は多いが、7.81 mm²と小さい値であった。他の層は、IIa層, Iib層, IV層上部それにXIII層はそれぞれ4.13, 8.82, 6.25, 6.53で、小さい値であった。

赤褐色の粒子の薄片中の分布を調べ、図1に示した。

IIa層は、全体に均一に分散しているが、弱い環状分布を呈している。Iib層は、IIa層と同様であるが、さらに弱度の環状を呈している。III層は、量は少ないが大きな粒子がみられる。全体に均一に分散しているが、弱い環状分布を呈している。IV層上部は、全体に均一に分散しているが、環状分布を呈している。IV層下部は、大きな粒子が存在する。全体に均一に分散し、環状分布を呈している。V層は大きな粒子が存在する。全体に均一に分散しているが、上記の層より一回り直径の小さな環状分布を呈している。VI層は大きな粒子が全体に分散し、大小合わせた全粒子も、全体に均一に分散している。小さな環状分布を呈している。VII層は大きな粒子はなく、全体に均一に分散している。部分的に環状分布を呈している。IX層は中央部に弱い集中がみられる。しかし、全体にも分布している。一部に環状分布を呈している。XIII層は小さな粒子が全体に均一に分散している。部分的に環状分布を呈している。赤褐色系の粒子は、層位内では比較的均質に分散している。

これら赤褐色系の粒子を階層別に調べ、図2に示した。

最多頻度が、0.5 mm²以下にある層位は、IIa層, Iib層, III層それにXIII層である。そのほかの層位すべて0.5~2.0 mm²に最多頻度がある。2.0 mm²以下の粒子が大半であることを示している。

これらの赤褐色系粒子をさらに詳細に調べてみると、色調によりいくつか分類できる。ただし、これら色調は、使用する光学顕微鏡と光源により変化する。著者の顕微鏡で分類したものを表2に示した。IIa層, Iib層, III層は、多少オレンジ気味のオウド色の粒子が主体である。IIa層, Iib層は、この粒子が87%, 94%と非常に多い。III層は少なくなり、59%であった。IIa層, Iib層は、この粒子と淡い黄色のものがそれぞれ13%, 6%であった。III層はこの粒子はなく、赤褐色

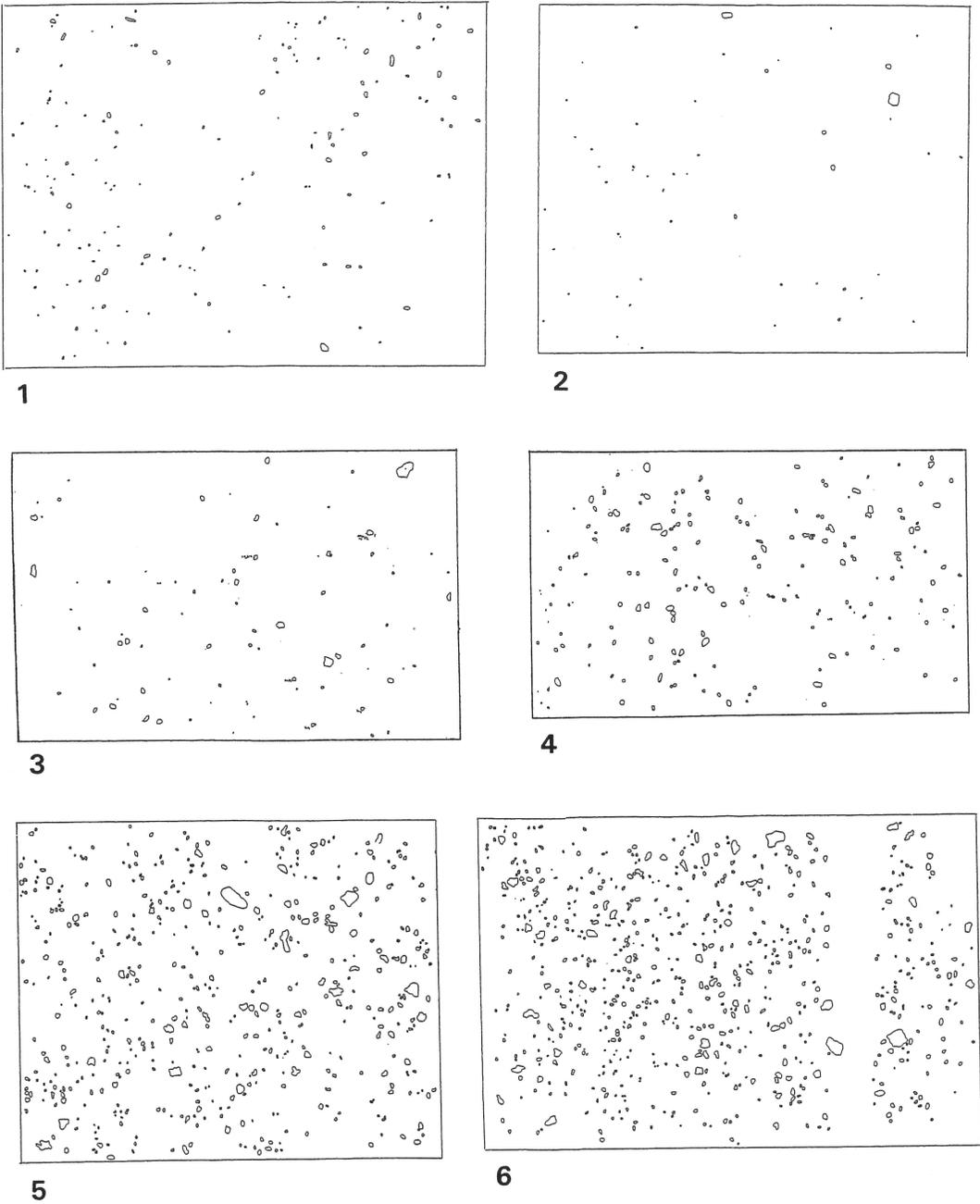
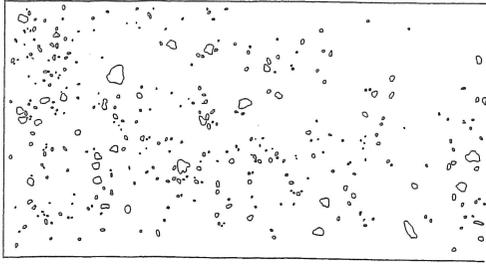


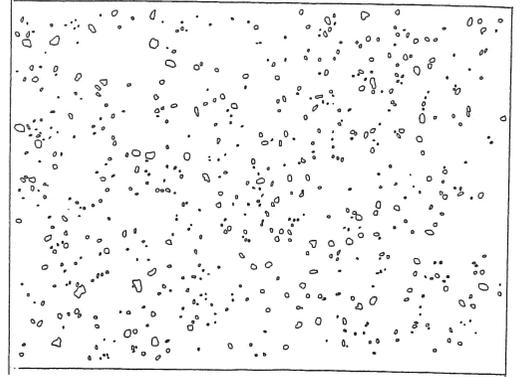
Fig. 1. Reddish-brown particles on the thin section. 1. Iia layer (The Nara and The Heian Periods); 2. Iib layer (The Jomon Periods); 3. III layer (Soft Loam); 4. IV Upper layer (Upper layer of Hard Loam); 5. IV Lower layer (Lower layer of Hard Loam); 6. V layer (The 1st Black Band).

で強い風化を受けている粒子が38%，この層位から下層にでてくる赤褐色粒子が3%含まれていた。IV層からIX層までは、ほぼ同じ構成で、III層の赤褐色と同じ粒子が70%以上であった。

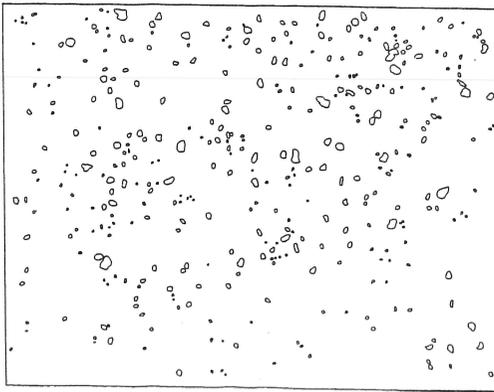
この赤褐色の粒子に、気泡が小さく密で外形のはっきりしているコーヒー色の粒子が随伴している場合がある。IV層上部では16%，IV層下部では20%，V層では23%，VI層では21%，VII層



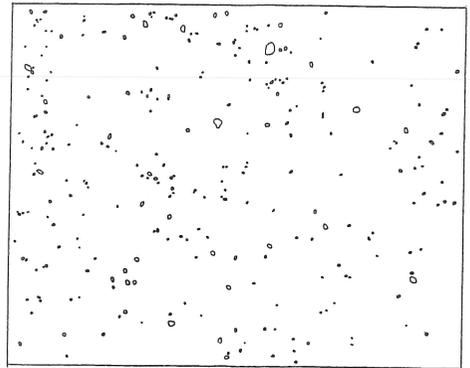
7



8



9



10

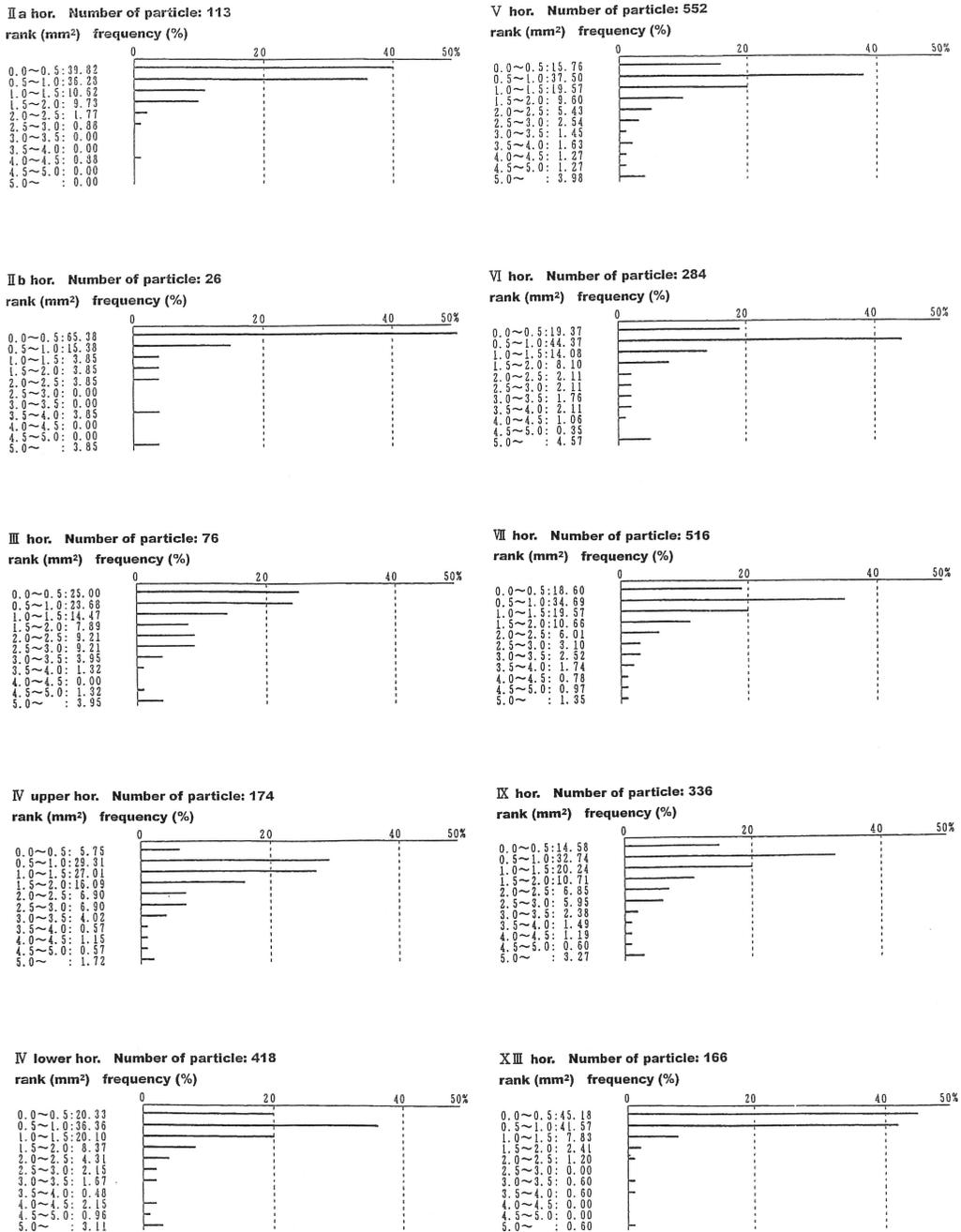
Fig. 1. -(continued)-. 7. VI layer (AT contained layer); 8. VII layer (Upper part of The 2nd Black Band); 9. IX layer (Lower part of The 2nd Black Band); 10. XIII layer (The Musasino Loam).
*Frame width ca. 100 mm.

では25%, IX層では26%であった。IV層上部からV層までは、これらの粒子のほかに、風化が進んでいるが鮮やかなオレンジ色の粒子が存在した。IV層上部では16%, IV層下部では2%, V層では1%であった。IV層上部にはさらに褐色の粒子が2%あった。XIII層は、上層とまったく趣を異にし、小さい粒子が多い。この層の粒子の主体は、赤色味の強い褐色の粒子でこれが68%, 強度に風化した茶褐色粒子が24%, それに褐色の粒子が8%であった。

表1に示した黒色系の粒子の単位あたりの数量と最大値は次のようであった。単位あたりの数量は、VI層が最大で7.25, VII層では4.36, IX層では3.86であった。IV層下部では3.07, V層では3.37であった。III層とIV層上部ではそれぞれ2.01, 2.63と少なくなるが、XIII層はさらに減少し、1.09であった。最大粒子は、一番数量の多いVI層で、 38.93 mm^2 が最大であった。III層とIV層下部が続ぎ、 37.77 mm^2 と 37.74 mm^2 で、粒子数とは一致しなくなる。数が多かったVII層では 23.73 mm^2 と小さくなる。IV層上部では 13.61 mm^2 , V層では 13.61 mm^2 であった。数量の多いIX層では非常に小さくなり、 6.80 mm^2 で、XIII層はさらに小さくなり、 1.44 mm^2 であった。

黒色系の粒子の分布図を図3に示した。

Ila, I Ib層は、基質と同色であるために観察が出来なかった。III層は、大きな粒子がいくつか



見られるが、全体に均質に分散し、部分的に環状分布を呈している。IV層上部も全体に均質に分散し、環状分布を呈している。IV層下部は、大きな粒子が目立つが全体に分散し、部分的に環状を呈している。V層は部分的に密度が高い部分がある。全体にも分散して存在し、環状分布が認められる。IV層は密に粒子が存在し、大きな粒子も認められる。全体に均質に分散し、部

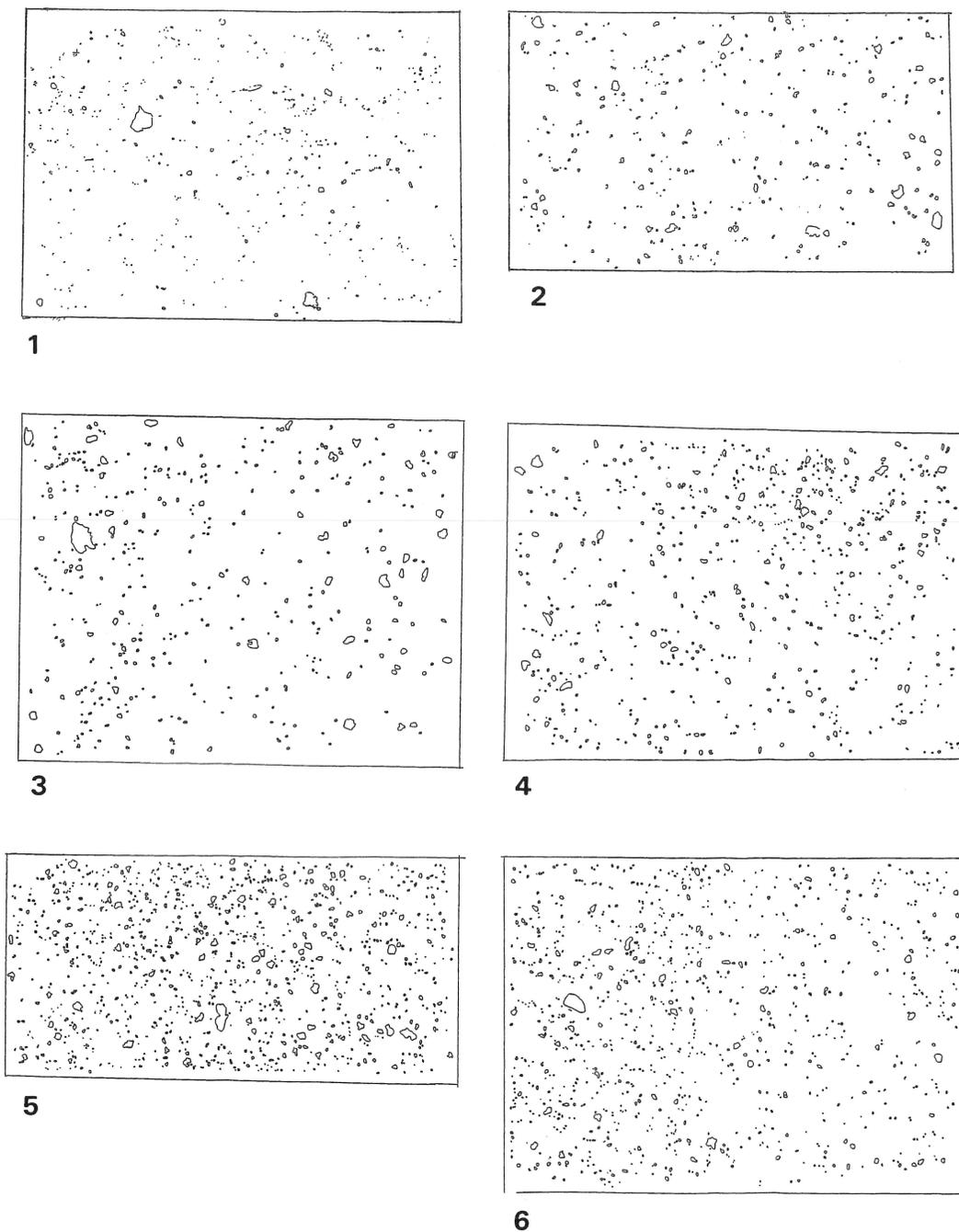


Fig. 3. Black particles on the thin section. 1. III layer (Soft Loam); 2. IV Upper layer (Upper layer of Hard Loam); 3. IV Lower layer (Lower layer of Hard Loam); 4. V layer (The 1st Black Band); 5. VI layer (AT contained layer); 6. VII layer (Upper part of The 2nd Black Band).

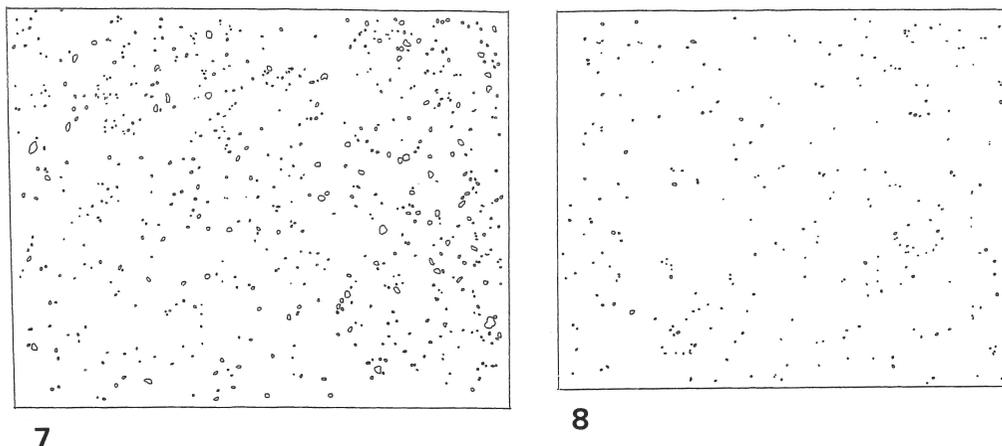


Fig. 3. -(continued)-. 7. IX layer (Lower part of The 2nd Black Band); 8. XIII layer (The Musasino Loam).

*Frame width ca. 100 mm.

Table 2. Variety and frequency of reddish-brown particles on the thin section

Layer	Particle	Frequency (%)
IIa	Orangeish ocher	87%
	Pale yellow	13%
IIb	Orangeish ocher	94%
	Pale yellow	6%
III	Reddish-Orangeish ocher	94%
	Strong weathered Reddish-brown	38%
	Reddish-brown	3%
IV Upper	Reddish-brown	67%
	Orange colored	16%
	Coffee-colored	16%
	Others	2%
IV Lower	Reddish-brown	78%
	Coffee-colored	20%
	Orange colored	2%
V	Reddish-brown	76%
	Coffee-colored	23%
	Orange colored	1%
VI	Reddish-brown	79%
	Coffee-colored	21%
VII	Reddish-brown	75%
	Coffee-colored	25%
IX	Reddish-brown	74%
	Coffee-colored	26%
XIII	Strong reddish brown	68%
	Strong weathered Reddish-brown	24%
	Brown	8%

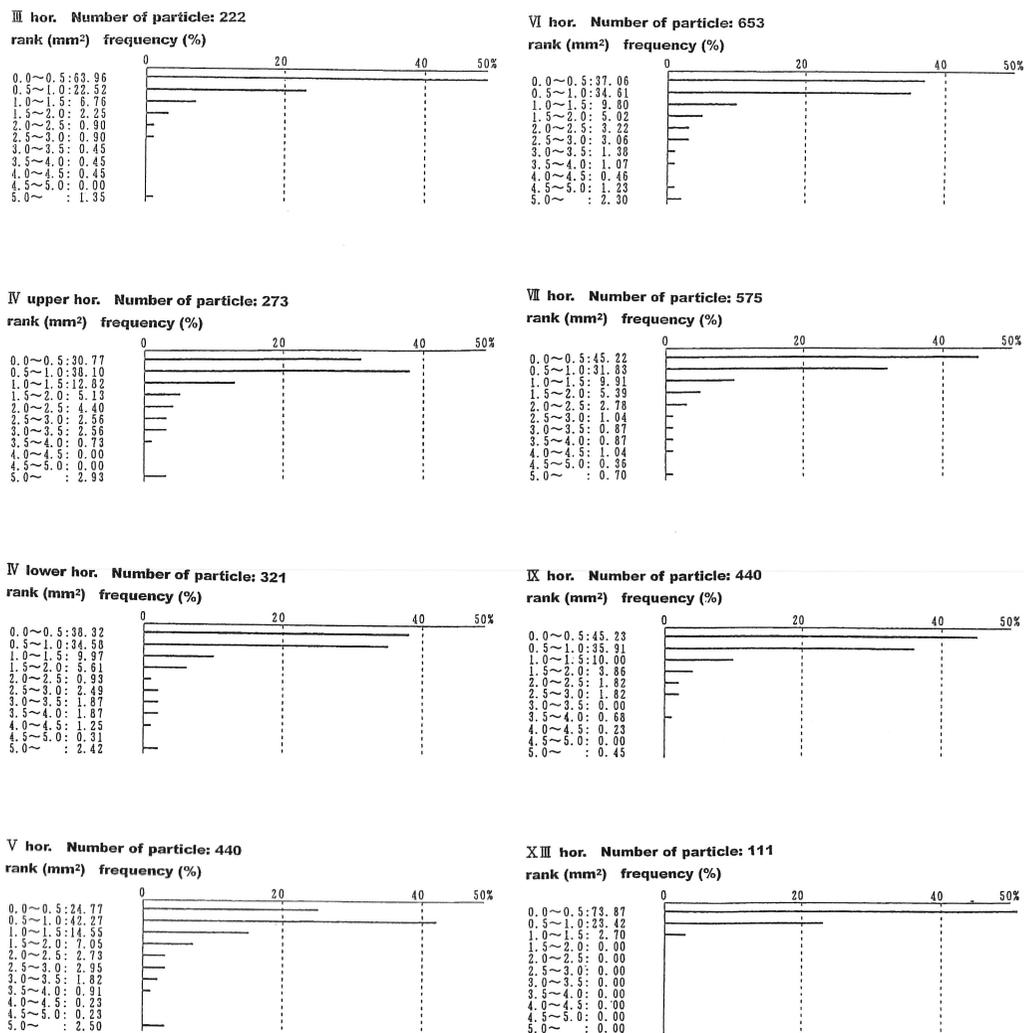


Fig. 4. Frequency of black particles on the thin section.

Table 3. Variety and frequency of Black particles on the thin section

	Black porous particles		Dark-brownish porous particles	
	Number	%	Number	%
III	183	92	6	8
IV Upper	162	87	24	13
IV Lower	75	83	15	17
V	100	85	17	15
VI	200	93	15	7
VII	85	82	19	18
IX	108	87	16	13
XIII	95	92	8	8

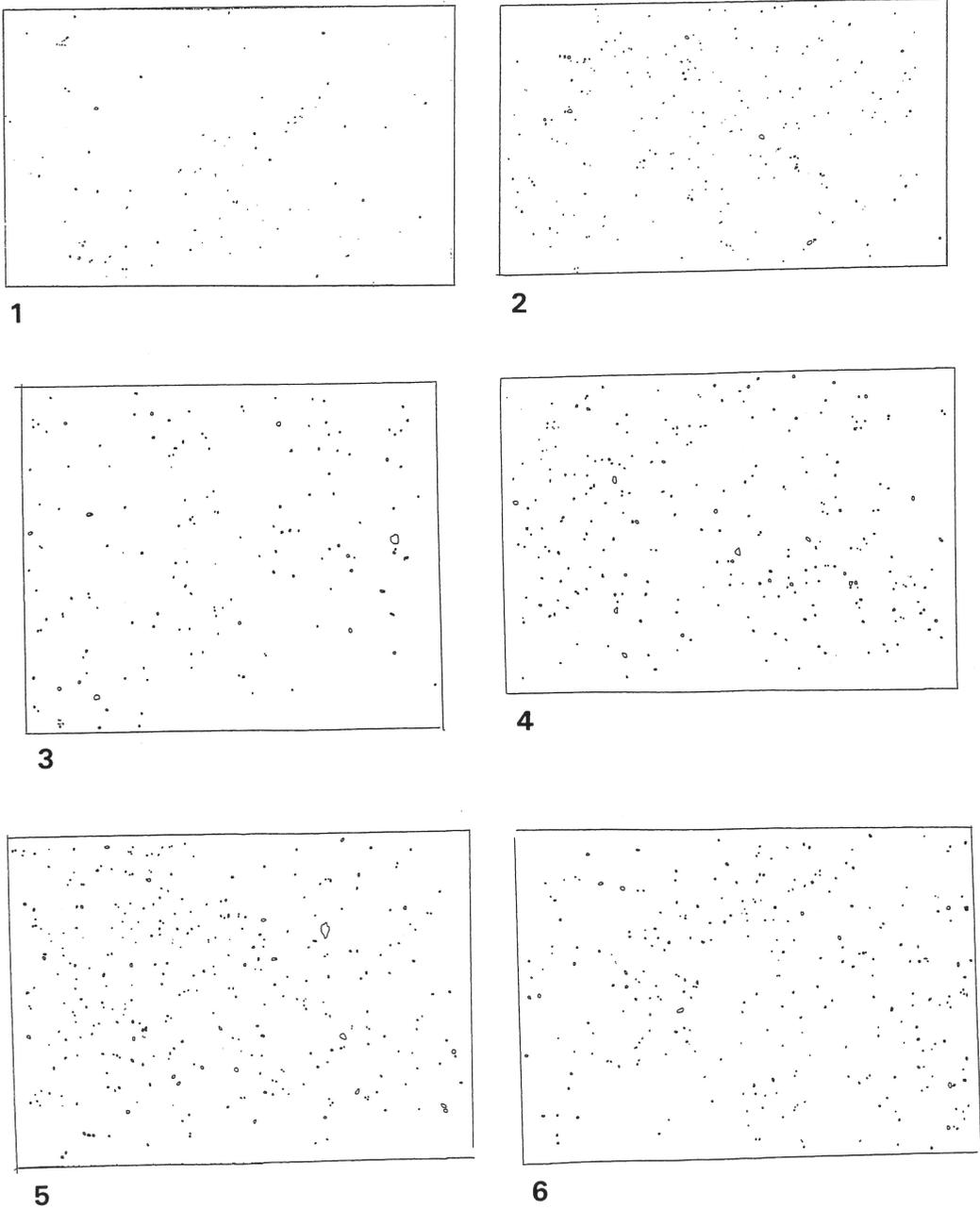


Fig. 5. Gray particles on the thin section. 1. III layer (Soft Loam); 2. IV Upper layer (Upper layer of Hard Loam); 3. IV Lower layer (Lower layer of Hard Loam); 4. V layer (The 1st Black Band); 5. VI layer (AT contained layer); 6. VII layer (Upper part of The 2nd Black Band).

部分的に環状構造が認められる。V層は部分的に密度が高い。全体にも分散して存在し、環状分布が認められる。VI層は小さな粒子が全体に分散し、環状分布が認められる。VII層は非常に小さい粒子が粗で、全体に均質に分散し、環状分布が認められる。IX層は小さな粒子が全体に分散している。環状分布が認められる。XIII層は、非常に小さい粒子が粗に全体に均質に分散してい

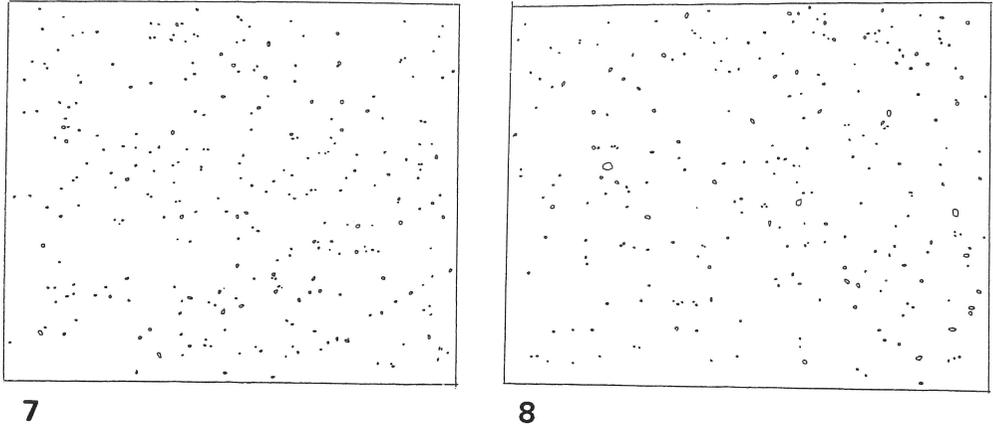


Fig. 5. -(continued)-. 7. IX layer (Lower part of The 2nd Black Band); 8. XIII layer (The Musasino Loam).

*Frame width ca. 100 mm.

る。環状分布が認められる。

黒色系の粒子を階層ごとに頻度分布を調べ、図4に示した。

最も出現頻度の高い階層が、 0.5 mm^2 以下にある層位は、III層、IV層下部、VI層、VII層、IX層、それにXIII層である。IV層上部とV層は、 $0.5 \sim 1.0 \text{ mm}^2$ で最多頻度を示した。しかしながら、全層とも 1.5 mm^2 以下で80%以上を占めている。XIII層は100%が 1.5 mm^2 以下であった。全体に非常に小さい粒子が多い。

黒色系の粒子も赤褐色粒子と同様に詳細に観察すると、大きく二つに分けられた。ほぼ黒色で多孔質のものと、黒色味の強い濃褐色で多孔質である。これらの結果を表3に示した。黒色系の粒子は、80%以上が黒色の粒子であった。IV層下部が83%、VII層が82%と低い割合で、V層が85%、IV層上部は87%、IX層も87%であった。III層とXIII層は92%と高く、VI層は93%とさらに高い値であった。

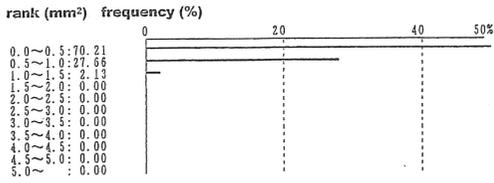
表1に示した灰色系の粒子の単位あたりの数量と最大値は次のようであった。単位当たりの数量は、VI層が最大で1.46、IX層では1.45で、XIII層がつづき、1.35と他の粒子とは異なった。IV層上部とVII層では1.27、V層では1.10であった。

もっとも少ない層は、III層とIV層下部で、それぞれ0.43、0.52であった。最大粒子は、一番数量の少ない層のIV層下部で 38.50 mm^2 と非常に大きいものであった。続いて数の多い、VI層で 8.57 mm^2 、IV層上部で 4.43 mm^2 、IX層で 4.18 mm^2 であった。V層では 2.92 mm^2 でVII層では 2.19 mm^2 と小さくなる。XIII層は数量は比較的多いが、さらに小さくなり、 1.36 mm^2 であった。III層は数量も少ないが、最大粒子も小さく、 1.16 mm^2 であった。

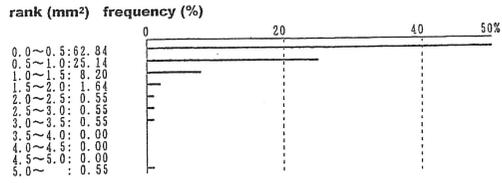
灰色系の粒子の分布図を図5に示した。

IIa、IIb層は、基質と同色であるために観察が出来なかった。III層は、中央部に集中している。環状分布はほとんど認められない。IV層上部は、全体に分散している。環状分布が認められる。IV層下部は、全体に分散し、環状分布が認められる。V層では、上層と同様な分布を示している。VI層は、大きな粒子がやや顕著で、分布自体は全体に分散し、環状分布を呈している。VII層は、全体に均質に分散し、環状分布も認められる。IX層は、大きな粒子がやや顕著で、分布自体は全体に分散し、環状分布を呈している。XIII層は、黒色粒子ほど他の層に比べて量が少なくなっているが、小さい粒子が多く、全体に均質に分布し、環状分布を呈している。

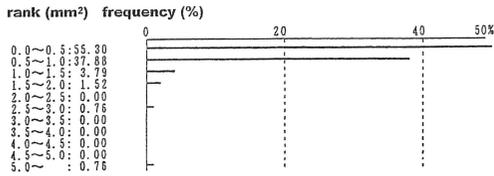
III hor. Number of particle: 47



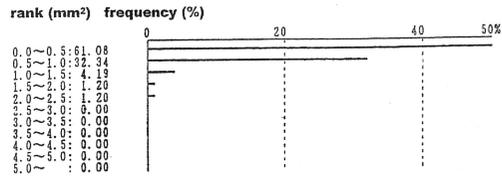
VI hor. Number of particle: 183



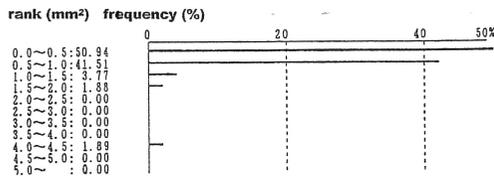
IV upper hor. Number of particle: 132



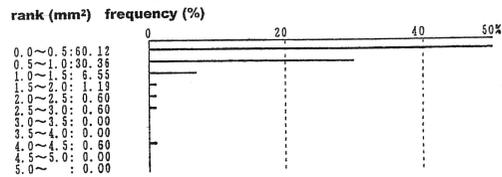
VII hor. Number of particle: 167



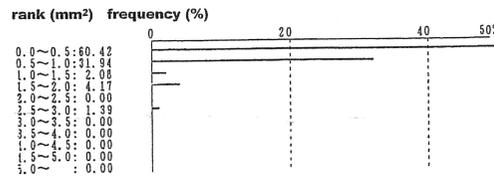
IV lower hor. Number of particle: 53



IX hor. Number of particle: 168



V hor. Number of particle: 144



XIII hor. Number of particle: 138

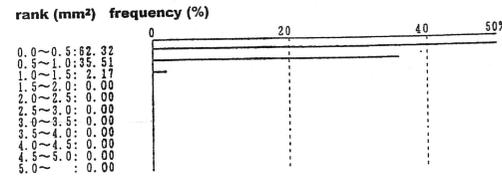


Fig. 6. Frequency of gray particles on the thin section.

灰色系の粒子の大きさごとの頻度を調べ、図6に示した。

1.0 mm²以下の粒子が、ほとんどの層で90%以上を占めた。しかし、VI層は88%で、1.0~1.5 mm²が8%あった。0.5 mm²以下の粒子はIII層で70%であった。IV層上部とIV層下部は55%と50%、他の層は60%~62%であった。灰色系の粒子は、ほとんどが1.0 mm²以下の均質な粒子といえる。

考 察

粒子の層位内分布についても、堆積性であるはずが、帯状に分布していない。大きくみれば層間で帯状分布している。層位内では、均質分散であった。そのうえ、3種類の粒子とも、発達程度の差こそあれ、環状構造を取っている。均質に降ったならば、均質にランダムになるはずである。何等か団粒化を起こすものがあるのだろうか。また、孔隙の環状構造とも、なにか関係が

あるのであろうか。確かに、第2暗色帯は過去の表層であったことは確かめられている。

3種類の粒子を調べた。これらは一般には、スコリアと呼ばれているが、完全に同定はしていない。この中で、赤褐色の粒状物では、量においては、IIa層、IIb層からIV層上部つまりハードローム層上部までの第1群と、その下、IV層下部（ハードローム層下部）、V層（第一暗色帯）、VI層（AT包含層）、VII層（第二暗色帯上部）、IX層（第二暗色帯下部）までを第2群、それにXIII層（武蔵野ローム層）の第3群の3つに区分できる。色調の違いによる構成区分は、IV層上部が第2群になる他は、これと同じ区分となる。ただし、上部層の中では、さらにIII層が含有物の違いによって区分できる。ソフトローム層はここでハードローム層と質的に異なっている。IV層上部は、量は少ないが、構成物では第2群にはいる。つまり中間的な性質を帯びていることを示している。第3群は内容構成的にも独立している。これに黒色粒子群を加味すると、AT包含層であるVI層が量の多さで区分でき、第2群を細分できる。また、VI層より上部のIV層下部（ハードローム層下部）とV層（第一暗色帯）では、赤褐色の粒子が黒色の粒子を数で上回っているが、VI層より下部の、VII層（第二暗色帯上部）とIX層（第二暗色帯下部）では逆に黒色粒子数が多くなっている。このように、特色のある粒子を使って層位区分が出来、かつ今までの層位区分と何等不都合なく整合性が取れた。

これら粒子の大きさがどの粒子を取っても非常に小さいものが多い。実際の断面調査で多い少ないは記載するが、野外での認識以上に多い。もっと丁寧にこれら粒子だけに的を絞って、詳細に調べる必要がある。

おわりに

土壌微細形態学的手法による堆積性火山灰の研究は、始まったばかりである。一連の報告書で述べたように、微細形態学的記載法になじみがなくても研究できるような、メソ形態学的手法も導入した。薄片から得られた情報が、現在までの堆積学による層位区分との間に、なにも不都合はなく非常によい整合性が取れた。この手法が他の領域に非常に有効であることを示している。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、東京農工大学坂上寛一氏に貴重な助言をいただいた。記して謝意を表す。

Summary

I aimed to clarify the micromorphological and mesomorphological character of soils of volcanic ash origin.

The result of observation of characteristic particles with the large thin section was as follows. In reddish-brown particles, 2 mm² or less dominated in all layer. Distribution pattern of reddish-brown particles of any layer was scatter and circular pattern. In black particles, 1.5 mm² or less were majority and 1.0 mm² or less were majority in gray particles. Distribution pattern of black and gray particles were scatter and circular pattern.

Layers could divided roughly into 3 groups by characteristic particles. The first group mainly consists of reddish-brown were IIa, IIb, III and IV (upper). The second group were IV (lower), V, VI, VII and IX. The third group was XIII. In addition, 1st group could subdivide to IIa and IIb, III and IV (upper),

2nd group could subdivide to IV (lower), V, VI and VII, IX further with black and gray particle.

文 献

- 平山良治, 1995. 南関東の累積性火山灰土の微細形態学的解析 (I) - 大型薄片によるメソ形態学的観察 -. 筑波実験植物園研報 **14**: 47-54.
- , 2002. 南関東の累積性火山灰土の微細形態学的解析 (II) - 大型薄片による孔隙の解析 -. 筑波実験植物園研報 **21**: 143-149.