

## 南関東の累積性火山灰土の土壤微細形態学的解析 (II) —大型薄片による孔隙の解析—

平山良治\*

HIRAYAMA, Ryoji\*: A Micromorphological Study of Some Volcanic Soils (II)  
— Analysis of Voids 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、先報に引き続き、大型の土壤薄片を用いて、薄片中に観察される孔隙をメソ形態学的に調べた。同時に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解析した。

### 試料 —大型土壤薄片

先報に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。

### 薄片中の画像解析による孔隙の分析

土壤薄片の孔隙や、粒子を測定する場合は、従来はポイントカウント法が多く採用された。近年、Bullock and Murphy (1980) などの報告にあるように、画像解析による測定法が利用されるようになった。ポイントカウント法と画像解析法の違いは、画像解析法は、個数測定以外にも不定型のを定量的に取り扱える事であり、かつ粒子ならその形状や大きさの違いも瞬時に測定が出来ることである。さらに他の元素分析手段、例えば蛍光元素分析とのデータ共有、画像の重ね合わせなどにより応用範囲が広がり、今までにない情報が得られる事である。

薄片から孔隙率を求める方法は、平山 (1992) の方法で行った。

薄片を実体顕微鏡の透過光でカメラ撮像し、その画像をパソコンに取り込む。取り込んだ画像に各種の画像補正処理をした後、薄片中の孔隙に値する輝度値で2値化処理する。2値化処理した数値を計測すると孔隙率が得られる。輝度値とは真っ黒で光を通過さない場合が0で100%光を通過した場合が255とし、この間を255段階に区分してある値である。孔隙を示す輝度値は薄片の状態によりいろいろな値を示す。孔隙以外もいろいろな黒白の濃淡を示している。これをモニター画面と実体鏡をながめながら実際の孔隙の縁を確認して決める。たとえば孔隙は224以上の輝度値を示し、他の土壤物質はより低い値を示したとする。孔隙割合を求めるためには、孔隙の輝度

\*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.

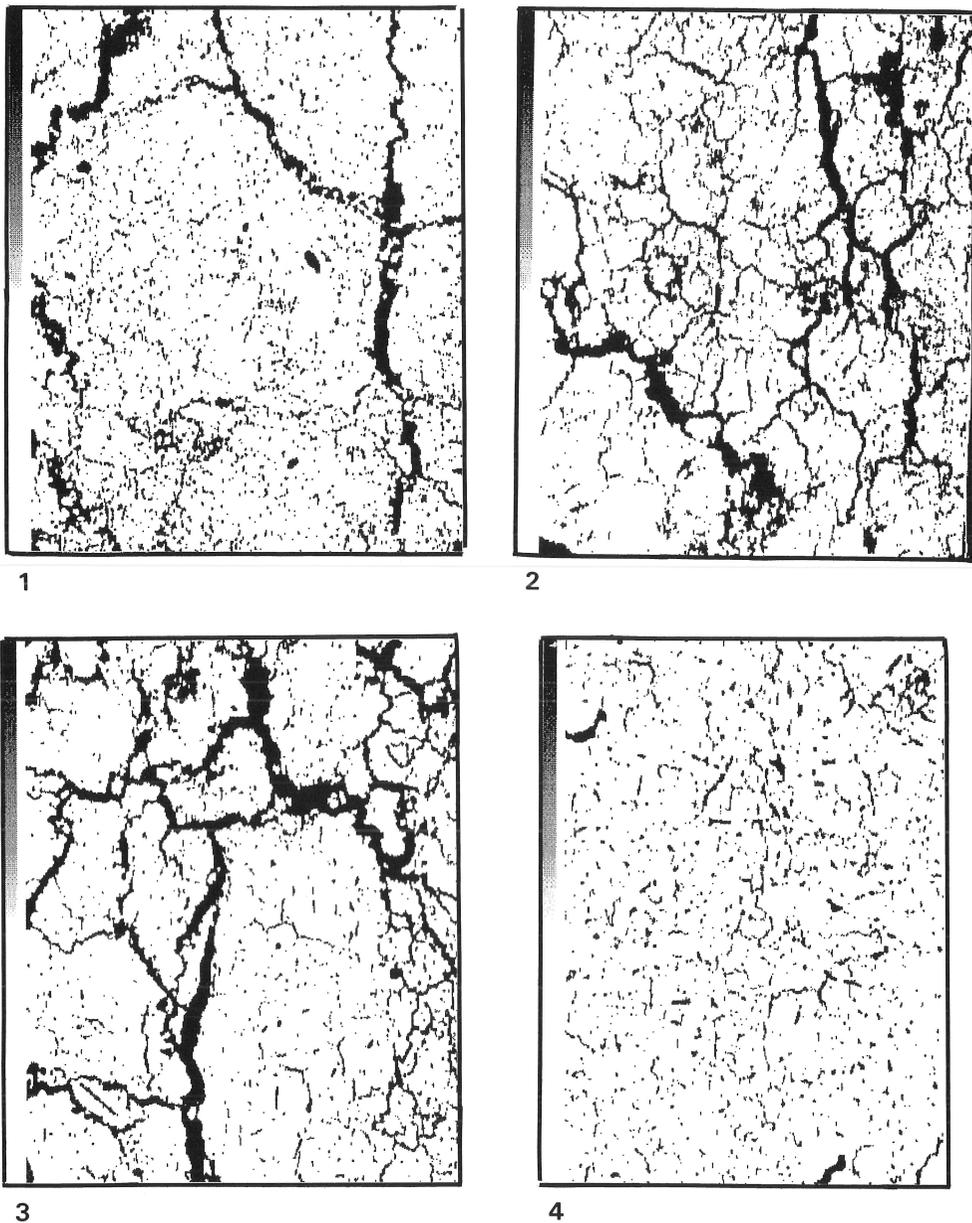


Fig. 1. Voids on the thin section. 1. IIa layer (The Nara and The Heian Periods); 2. Iib layer (The Jomon Periods); 3. III layer (Soft Loam); 4. IV Upper layer (Upper layer of Hard Loam).

値224から1を引いた値をしきい値とし、224から255までをすべて255（白色表示で孔隙部分）、223から0までを0（黒色部分で土壤物質部分）にした。このとき白と黒の画像ができるが、これを2値化処理という。一般には、得られた2値化画像は他の計測処理をするために白と黒を反転させる。反転させた画像の内黒色の部分（輝度値0）が即求める孔隙である。この画像から、統計処理解析を行い、最大孔隙、最小孔隙、最多出現孔隙、それに平均値などを求めた。

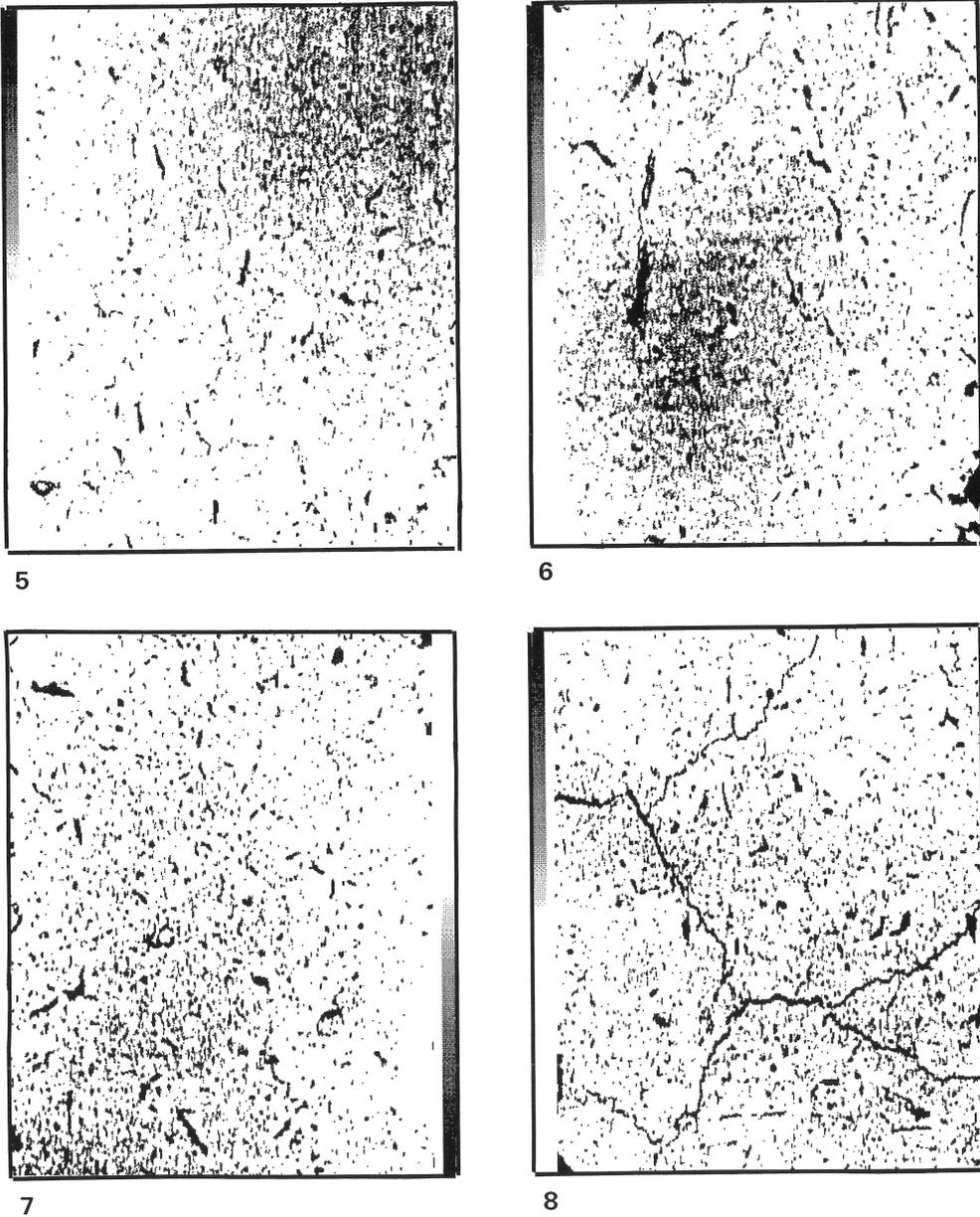


Fig. 1. -(continued)-. 5. IV Lower layer (Lower layer of Hard Loam); 6. V layer (The 1st Black Band); 7. VI layer (AT contained layer); 8. VII layer (Upper part of The 2nd Black Band).

## 結 果

先報(平山 1995)で示した土壌薄片から、孔隙を算出し分布状態を図1に示した。この図は画像処理したもので、黒い部分が孔隙を表している、数十 $\mu\text{m}$ の大きさの孔隙まで計測してある。分布状態を見てみる。IIa層、IIb層それにIII層は基本的に同じで、大きな孔隙があり、その孔隙で囲まれたベッドに小さな孔隙が分布している。さらに小さなベッドを形成するよ

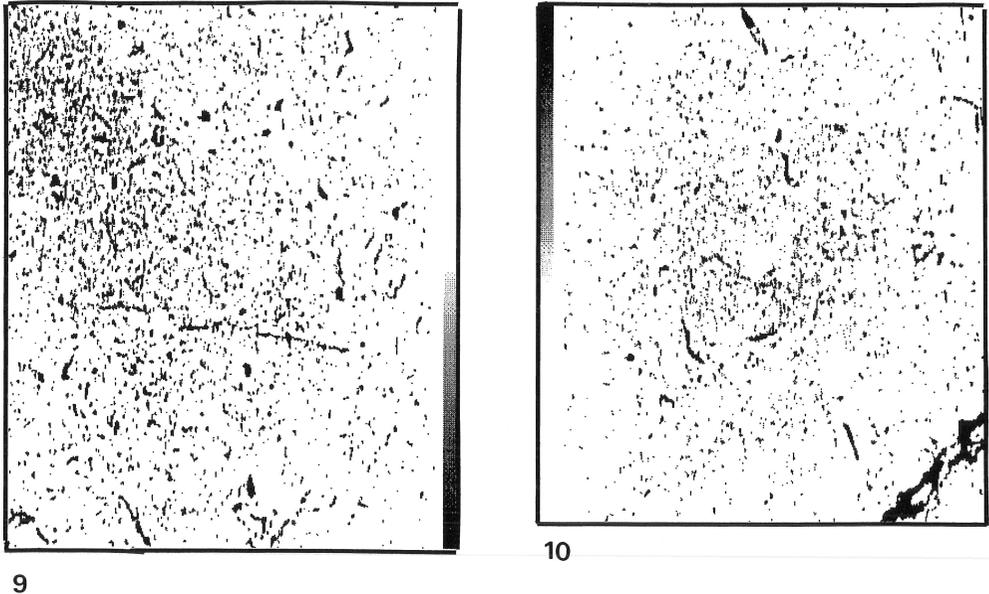


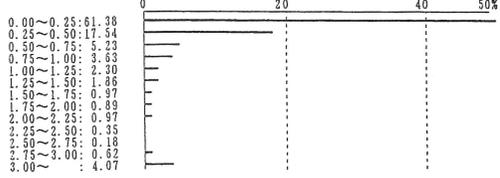
Fig. 1. -(continued)-. 9. IX layer (Lower part of The 2nd Black Band); 10. XIII layer (The Musasino Loam).  
\* Frame width ca. 100 mm.

Table. 1. A volume, number and maximum volume of void on large thin section

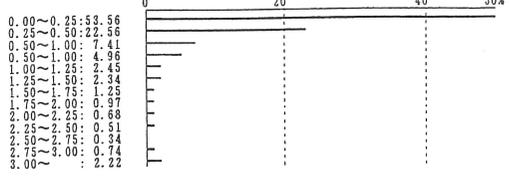
Horizon	Volume	Number per 10 mm <sup>2</sup>	Maximum volume mm <sup>2</sup>
	%		
IIa	17.5	18.5	216
IIb	24.5	13.0	539
III	24.6	10.1	1130
IV uper	10.0	15.5	26
IV lower	12.0	18.4	34
V	11.4	22.9	359
VI	12.2	20.5	17
VII	11.0	23.1	50
IX	9.2	23.2	12
XIII	6.6	19.7	50

うに環状に分布している。IV層からXIII層までは、小さい孔隙が小さい環状をつくるように分布している。この孔隙分布図から、数値計測したものを表1に示した。孔隙量は、IIb層とIII層で約24%とIIa層で17%と表層において高い値を示した。ハードローム層であるIV層から第2暗色帯までは10%前後であった。XIII層が6.6%と低い値となった。孔隙数を見ると、10 mm平方の平均値であるが、ソフトローム層のIII層がもっとも少なく10.1個で、IIb層、IV層が13.0と15.5個である。第2暗色帯が最も多く23個である。他は20個前後である。個数が一番少なかったIII層は、最大孔隙も非常に大きく、1130 mm<sup>2</sup>と大きい。IIa層、IIb層が大きくそれぞれ、216 mm<sup>2</sup>、539 mm<sup>2</sup>であった。V層の最大孔隙が大きく359 mm<sup>2</sup>であった。他は最大50 mm<sup>2</sup>で、それ以下の小さい孔隙が主体であった。これらの孔隙を大きさごとに階級に分けてみた。それが図2

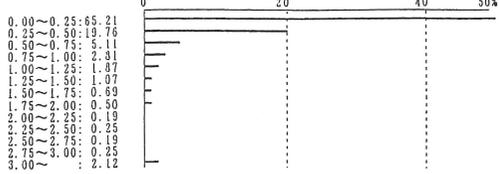
II a hor. Number of void: 1604  
rank (mm<sup>2</sup>) frequency (%)



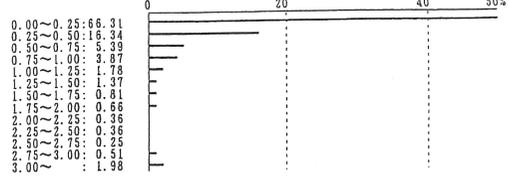
V hor. Number of void: 1965  
rank (mm<sup>2</sup>) frequency (%)



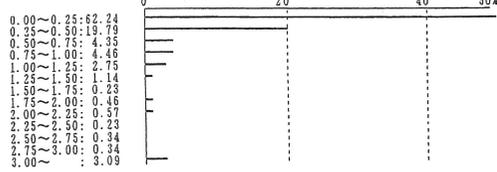
II b hor. Number of void: 1129  
rank (mm<sup>2</sup>) frequency (%)



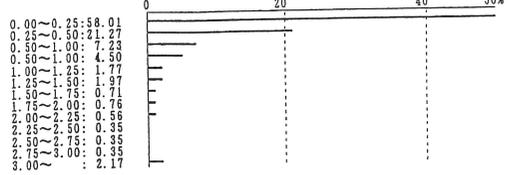
VI hor. Number of void: 1755  
rank (mm<sup>2</sup>) frequency (%)



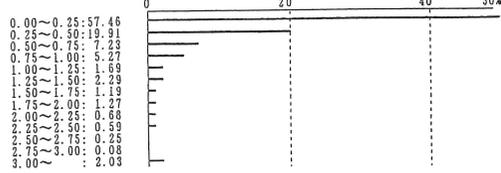
III hor. Number of void: 874  
rank (mm<sup>2</sup>) frequency (%)



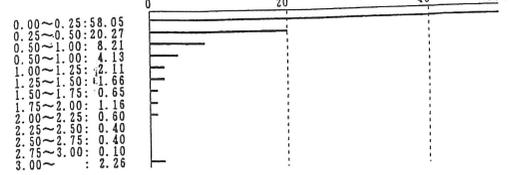
VII hor. Number of void: 1979  
rank (mm<sup>2</sup>) frequency (%)



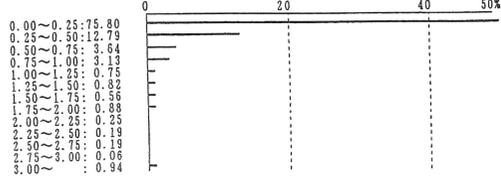
IV upper hor. Number of void: 1180  
rank (mm<sup>2</sup>) frequency (%)



IX hor. Number of void: 1988  
rank (mm<sup>2</sup>) frequency (%)



IV lower hor. Number of void: 1595  
rank (mm<sup>2</sup>) frequency (%)



XIII hor. Number of void: 1584  
rank (mm<sup>2</sup>) frequency (%)

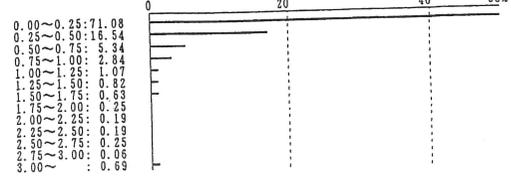


Fig. 2. Frequency of voids on the thin section.

である。各層位ともほとんどが $2\text{ mm}^2$ 以下の小さい孔隙である。特に $0.25\text{ mm}^2$ 以下の孔隙が、どの層位でも50%以上であった。IV層の下部とXIII層は70%以上であった。

## 考 察

先報でも述べたように、孔隙も土壌生成作用の重要な要因である。堆積性の火山灰土壌での孔隙の出来かたを考えると、粒子が寄り集まった間隙に出来る、いわゆる単純パッキング孔隙。それら粒子が寄り集まった粒団間間隙に出来るパッキング孔隙。さらに生物によるチャンネル孔隙。土壌構造面などに発達する面状孔隙。生成機構ははっきりしないが、ガスの放出や、内容物が溶解などして出来た、バグ孔隙とチャンバー孔隙である。

IIa層、IIb層、III層では、パッキング孔隙、バグ孔隙それにチャンネル孔隙が主体で、XIII層になるとチャンネル孔隙とバグ孔隙が主体であった。

累積性の火山灰の特徴として、過去の堆積状態が上からの圧力のみで重なり合っているはずである。その圧力が、土壌の基質ひいては孔隙にどのような形で現れるかが問題である。寺沢(1984)によると、垂直方向に圧力を受けた場合、影響が強く出てくるのは、水平方向にスケルトンの接近が認められるし、垂直方向では、孔隙の縮小が比較的少ない傾向があるとしている。また、黒ボク土の場合、細粒団が押し固められて粗粒団に成長したことが考えられるとし、輪郭のはっきりした粗孔隙が見られるとしている。

圧縮を受けた孔隙はどのようになるか？ 非常に小さい孔隙などはあまり変化がないと考えられ、大きな孔隙は圧縮を受けて小さくなると考えられる。このとき団粒の本来の形態に関係してくる。火山性の土壌は本来表層で見られるように孔隙が大きくパッキング孔隙やチャンネル孔隙が主体であるが、圧密を受けると小さくなり、孔隙の形状が本来の形から判別しにくい形状になるのではないだろうか。今回の孔隙の大きさから見て、ほとんどの層位で微小な孔隙が増加していることで証明が出来たことになるのではないだろうか。細孔隙は外部からの影響を受けにくいと考えられる。

約10 mのXIII層の深さになると、現生の植物の根も余り考えられないし、動物もさほど生存しているとは考えにくい。現生ではなく、過去の痕跡が残っている可能性が高い。つまり化石化した孔隙である。圧密プラス時間が関係して、孔隙などが化石化してくるが、それらはどのようなものになるのであろうか？ 今回の研究では、各層位とも、孔隙の分布に遍在は認められなかった。むしろ環状分布のパターンを取ることが多かった。環状形態で考えるならば、パッキング孔隙であると理屈が簡単である。前述のごとく、圧密が加わると粗粒団になる、すなわち粗粒団の周りに細孔隙が残る。時間が関与しても細孔隙が環状に残ることは推定できる。チャンネル孔隙は、パッキング孔隙の化石型と同様な二次元を示すか問題である。圧密を受けた場合、細線状になり、三次元的に展開しないと形状は認識できない可能性が高い。やはり実験的に、例えばチャンネル孔隙が圧密を受けて場合ごとの様に変化するか、三次元的空間把握の出来る研究が必要である。

## おわりに

前報でも書いたように、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。この報告書では、微細形態学的記載法に準拠して、孔隙の形態を画像解析法を導入して調べた。薄片から得られた孔隙の情報が、現在までの孔隙と多少異なり、非常に細孔隙の多いパターンを示した。今後の詳細なマトリックスを含む孔隙の解析行わなければならない。

## 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. These thick soils, called 'Kanto Loam', are distributed in the Tokyo district of Japan.

The result of observation of voids with a large thin section was as follows.

Any layer has small voids below  $2 \text{ mm}^2$ . In void below  $0.2 \text{ mm}^2$ , any layer was 50% or more. Lower part of IV and XIII layer were 70% or more. IIa, IIb and III layer have mainly some packing void, bugh void and channel void. XIII layer mainly has some channel void and bugh void.

The distribution pattern of void of any layer showed the scatter and circular patterns.

## 文 献

- Bullock, P. and C. P. Murphy, 1980. Towards the quantification of soil structure. *J. Microscopy* **120**: 317-328.  
平山良治, 1992. 土壌薄片による土壌三相分布の測定の試み. *土壌の物理* **64**: 21-26.  
———, 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.  
寺沢四郎, 1984. 各種のインパクトを受けた土壌の物理性と微細形態の特徴. *農技研報* **B36**: 233-267.