

南関東の累積性火山灰土の土壤微細形態学的解析 (I) —大型薄片によるメソ形態学的観察—

平山良治*・坂上寛一**

HIRAYAMA, Ryoji* and Kan'ichi SAKAGAMI** : A Micromorphological Study of Some
Volcanic Soils (I) — Mesomorphological Study with Large Thin Section —

火山灰土を土壤微細形態学的に観察した例は非常に少ない。河井 (1969) は、Kubierna (1938) と Brewer (1964) によるファブリックの分類を日本の火山灰土に適用させ、充填状、細粒状、団粒状、粗粒状、泡沫状、平滑状それに固結状の7つのファブリックに分類し、火山灰土の土壤分類に使用した。田淵 (1963) は関東ローム層の土壤間隙の研究に土壤薄片を使用した。川崎 (1962) は、非常に精密な薄片を作って関東ローム層が外的影響を受けたときの微細構造の変化を調べた。しかし、火山灰土を累積性のものとして土壤学的に研究した土壤微細形態学的研究は皆無である。黒部 (1963) は暗色帯が埋没した過去の表土であることを報告した。さらに多くの研究者によりいわゆる関東ロームが埋没した多くの土壤の累積したものであることが明らかにされた (関東ローム研究グループ 1965)。しかしながら、過去の土壤生成作用がどのような時期にどのような強さで作用したかは必ずしも明らかにされていない。

土壤微細形態学は、数十倍から数百倍の光学顕微鏡で観察するために土壤中ですでに起こった微小な生成過程を推測できる。よって、過去に起こった微小な変化を推測するのに必須の解析法である。土壤微細形態学的に過去の土壤生成作用を判断する基準は、現在起こっている土壤生成作用として明らかにされたものを援用することになる。即ち、化石 (埋没) 土壤層中で次のような変化が認められたときにその層位は過去のものであることが判明する。1) 鉱物や岩石片が風化しているか新生の鉱物ができている、2) 有機物に変性している、3) 種々のものが溶けだしているかまたは沈澱している、4) ポドゾル化が見られる、5) 粘土などが移動している、6) グライ化している、7) 鉄などが富化されている、などである。しかしながらこれらの判断は一般にレス起源のヨーロッパの土壤に適用ができるが、日本の火山灰土に直接適用できるか否かは検討の余地がある。

また、土壤調査などで記載するマクロ形態学とこれら微細形態学的観察には多少の隔りがある。これらをつなぐためには、中間の倍率での観察が必要不可欠である。よって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ため著者は出来る限り大型の土壤薄片を用いて平均的な性状を把握するような実験、つまりせいぜい数十倍の倍率で観察するメソ形態的な観察と実験を提唱する。

本論文は、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メソ形態学的に調べることである。

* 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.

** 東京農工大学 農学部, 〒183 東京都府中市幸町3-5-8. Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology.

調査地点とその立地

武蔵野台地西縁の府中市に位置する都立府中病院構内の武蔵台遺跡内で調査、試料採取をした。武蔵野台地は、青梅付近から東方に広がる台地で、多摩川、入間川、それに荒川の3河川に囲まれた台地である。この台地の西縁には、この台地と多摩川沿いの立川段丘とを分けている国分寺崖線が存在している。この国分寺崖線直下の立川段丘面を野川が流れている。野川は国分寺市恋ヶ窪付近に源を発し崖線沿いの湧水を集め、世田谷付近で仙川となり二子玉川付近で多摩川に合流している小さな川である。野川の上流である調査地付近は崖線上の窪地であるハケが多く、遺跡の多くはこれらハケを取り囲むように存在している。府中市の都立府中病院の遺跡もこれに当たる。都立府中病院の周囲には、縄文時代の遺跡である恋ヶ窪遺跡、羽根沢遺跡、花沢遺跡など多くの遺跡が存在している。

土壌の採取法

都立府中病院における土壌断面を図1に示した。

試料土壌の採取の方法は、土壌断面に型枠を当て、型枠の外側を鋭利なナイフで切り込みながら型枠を押し込んで型枠内の土壌が壊れないようにして採取した。採取層位は、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X層（武蔵野ローム層）である。

土壌薄片作成法

採取した土壌は実験室に持ち帰り、急冷凍乾燥法で脱水し、不飽和ポリエステル樹脂を真空浸潤法で注入し数ヶ月静置し、完全固化を待つ。固化した後80×120×50mmのブロックにダイヤモンドカッターで切断する。必要とする試料面も切断しておく。試料面を平面研削盤で研磨する。研磨するときの砥石は、GC#320を使用した。試料にもよるが研磨の最終仕上げは#600で行った。試料ブロックは超音波洗浄機で洗浄したのち乾燥させる。片面を試料と同じように研磨した100×150×1.5mmのスライドガラスを用意する。スライドガラスを試料の研磨面に透明のエポキシ樹脂で接着する。接着するとき樹脂が均等に広がるように数キロの重石をかける。スライドガラス面に試料を約500μm厚残してダイヤモンド切断機で切断する。平面研削盤で30μmの厚さまで研削する（平山 1983, 1991）。

結 果

作成した土壌薄片をPlate 1-1からPlate 3-10まで示した。これら薄片をメソ形態学的に観察した結果は以下のものであった。観察方法は、記載方法がないために、Bullock, P. et al. (久馬ら 1989) の記載方法を流用準拠した。

薄片中に見られる土壌構造を見てみると、奈良・平安時代の文化層にあたるIIa層では、大きな粒団と小さい軟粒子が中程度以下の大きさの孔隙によって無数に分かれた軟粒状構造を示している。孔隙と粒団はパッキング構造を示している。密な粒状物が多数分布している。縄文時代の文化層にあたるIIb層では、前者と異なり大きな孔隙に区切られた大きな粒団が主体である。

大型薄片によるメソ形態学的観察

その中にパッキング孔隙のより圧縮された状態のものがあり、また圧縮された粒状物が多く存在するようになる。ソフトローム層と呼ばれるⅢ層では、巨大な孔隙が縦横に走っている。植物の根の跡も確認できる。構造はパッキング孔隙からチャンネル孔隙が複合して存在している。いわゆるハードローム層と呼ばれるⅣ層の上部では、大きな孔隙はほとんど見られず細かなチャンネルが存在している。土壤構造はチャンネル構造が主体でパッキング構造が一部に見られる。ハードローム層（Ⅳ層）の下部では、上部とほとんど同じ傾向にあるが、スコリアと思われる多孔質の特異的な粒子が多数存在していた。第一暗色帯のⅤ層では、ハードローム層の下部とほぼ同じ傾向にある。ただバグ孔隙も見られるようになった。AT包含層のⅥ層では、第1暗色帯などほとんど同じであるがスコリアの種類が多く変質の少ないスコリアが目だつようになる。第二暗色帯の上部であるⅦ層では、前層とほぼ同じ状態である。過去の植物根の跡らしき孔隙がみられるがはっきりと断定はできない。第二暗色帯の下部であるⅨ層では、連続した孔隙がまったくなく、ゆるく結合した構造による亀裂のみである。そのほかは前層と同じだが植物根の跡らしき孔隙はみられない。Ⅶ層（第二暗色帯上部）とⅨ層（第二暗色帯下部）のグラウンドマスの細粒質部分のb-ファブリックが明らかに認められ、他の認められない層位と異なった。武蔵野ローム層にあたるⅩ層では、さらに孔隙は少なくなり孔隙の形も凹凸のないなめらかな壁面を持つようになった。グラウンドマスも灰色を帯びた細粒質でスコリア等の粒子との相対関係は、ポーフィリックで他の層とは異なった。各層位間では、グラウンドマスの色と孔隙の形状、分布状態で明瞭に区分できた。

前述したように、薄片中で岩石フラグメントではないスコリアなど特徴のある粒子が存在していた。これらを詳細に観察してみると、赤褐色系、黒色系それに灰色系の三つに分けられた(Plate 3-11)。

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、色も赤褐色から黄色までいろいろな粒子が認められた。

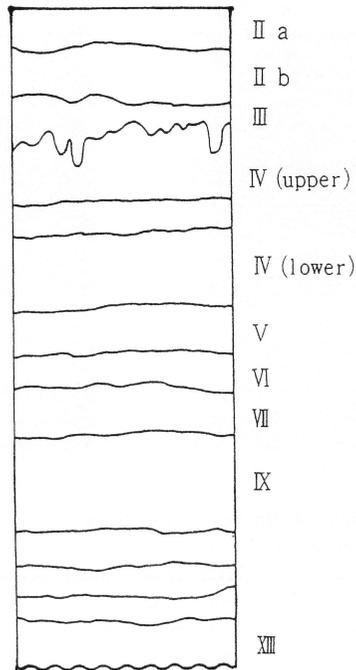


Fig. 1. Sketch of soil layers of Futyu Tokyo.

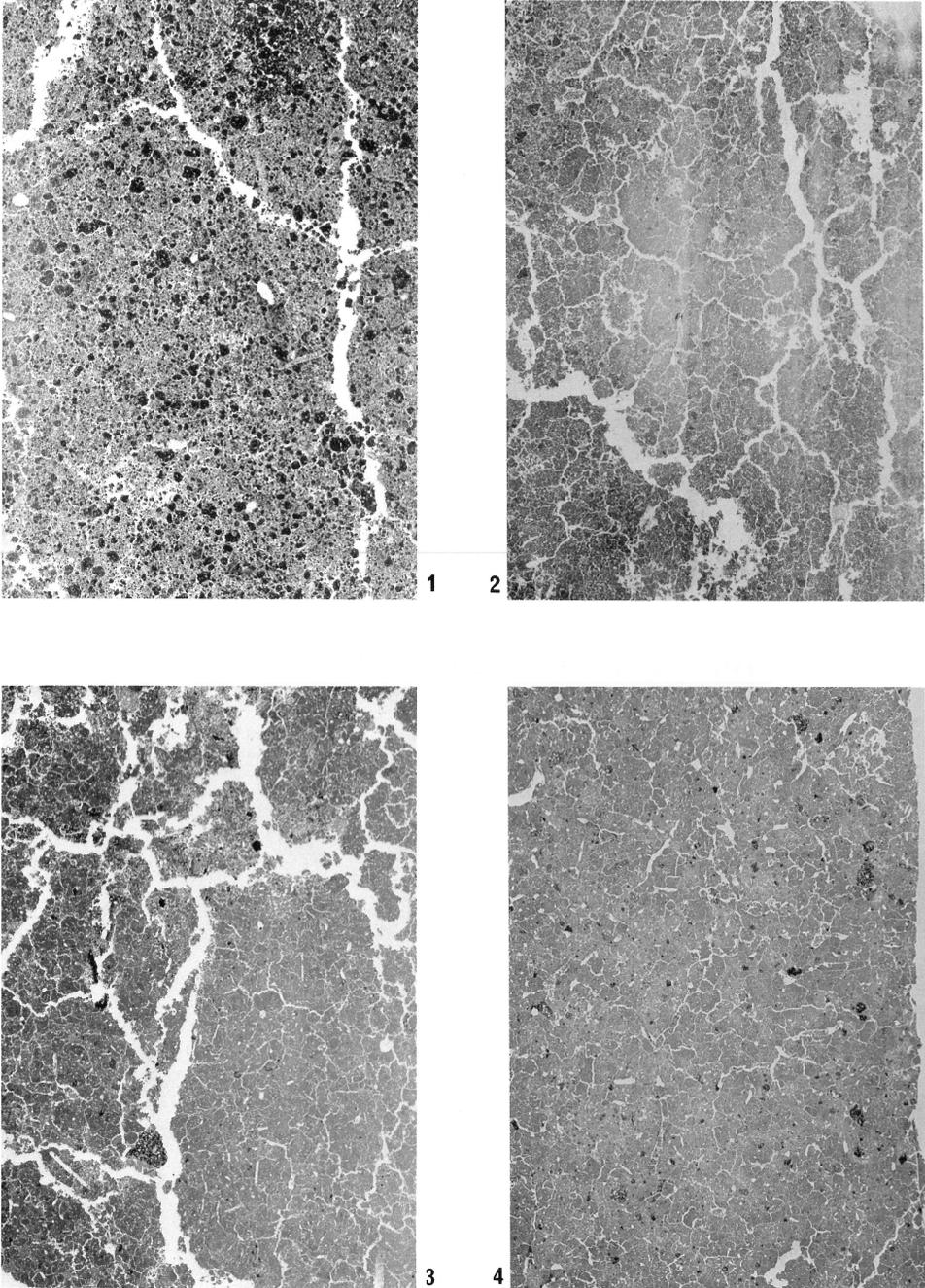
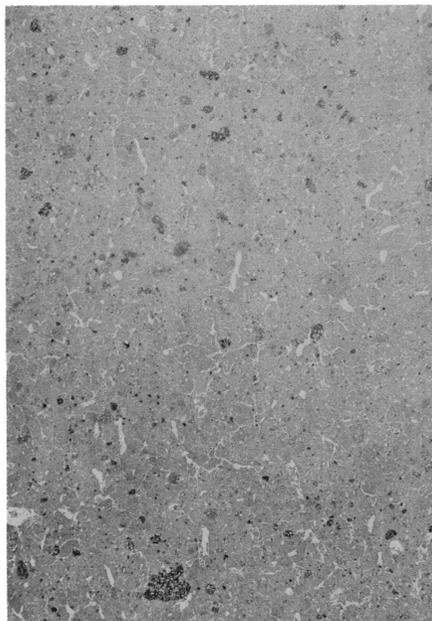
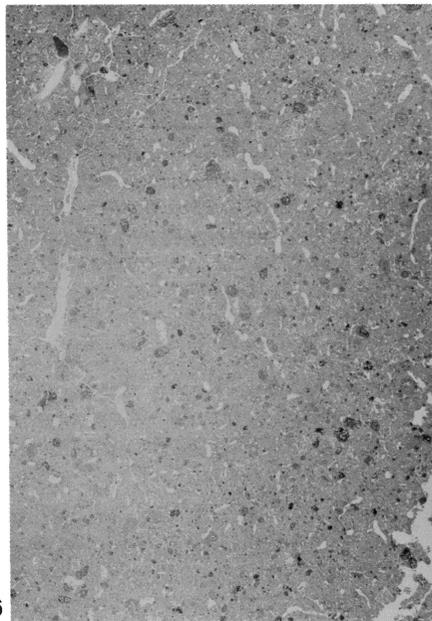


Plate 1.

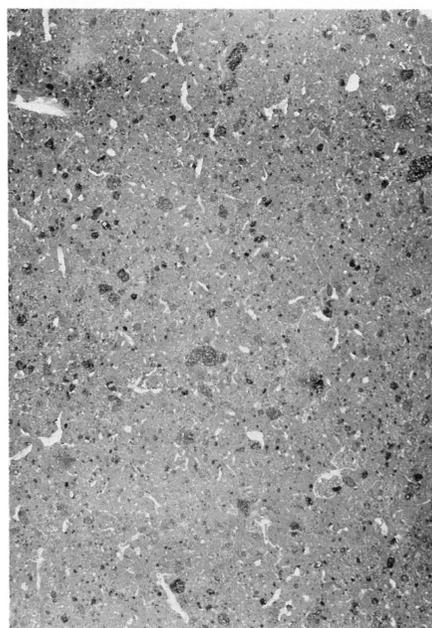
- 1 Thin section of IIa layer (The Nara and The Heian Periods).
Frame width 70mm. PPL.
- 2 Thin section of IIb layer (The Joumon period).
Frame width 70mm. PPL.
- 3 Thin section of III layer (Soft Loam).
Frame width 70mm. PPL.
- 4 Thin section of Upper part of IV layer (Upper layer of Hard Loam).
Frame width 70mm. PPL.



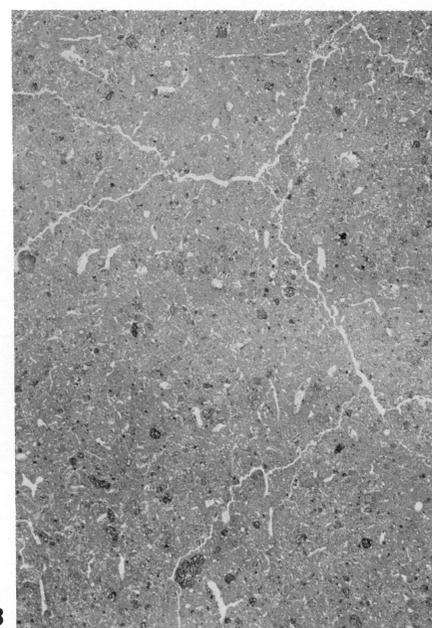
5



6



7

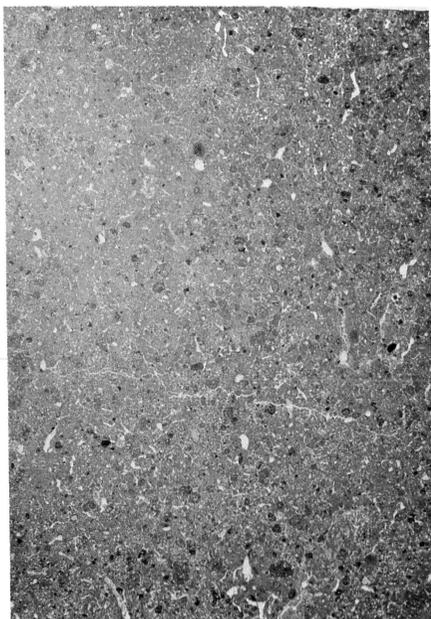


8

Plate 2.

- 5 Thin section of Lower part of IV layer (Lower layer of Hard Loam). Frame width 70mm. PPL.
- 6 Thin section of V layer (The First Black Band). Frame width 70mm. PPL.
- 7 Thin section of VI layer (AT contained layer). Frame width 70mm. PPL.
- 8 Thin section of VII layer (Upper part of The Second Black Band). Frame width 70mm. PPL.

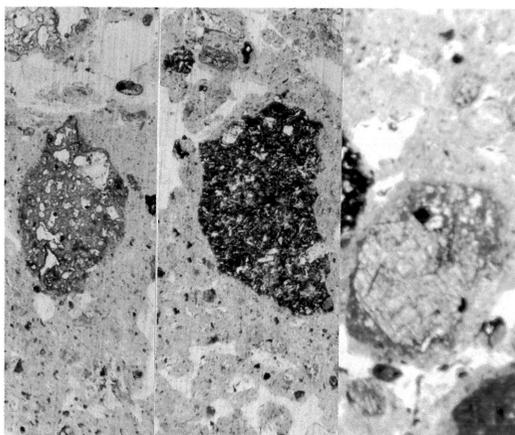
黒色系のものは、赤褐色系同様に黒スコリアと呼ばれている。風化は余り受けておらず土壌基質との境は明瞭である。灰色系の粒子は、ラピリに相当すると考えられる。前者と比べて小さい粒子が多いが、時には一次鉱物を包埋している大きい粒子も存在する。大きさは、どの粒子を取ってみても非常に小さい粒子も非常に多く、観察には倍率を上げる必要がある。全ての層位において多寡はあるが観察された。層位内での分布や数も均質ではなかった。



9



10



11

Plate 3.

- 9 Thin section of IX layer (Lower part of The Second Black Band).
Frame width 70mm. PPL.
- 10 Thin section of XIII layer (The Musasino Loam).
Frame width 70mm. PPL.
- 11 Characteristic particles of thin sections, reddish-brown particles, black particles and grey particles.
Particle diameter, about 500 μ m. PPL.

考 察

土壤微細形態学的手法でアプローチすると、目で観察するマクロ的現象まで至らない土壤生成過程のいろいろな現象が観察できるはずである。土壤生成過程で出来る現象の結果を、土壤微細形態学的には、ペドフィーチャーと定義している(久馬ら 1989)。これらは、土壤生成作用による粘土の移動であったり、鉄マンガン等の濃縮や、新生粘土鉱物の集積であったり、動物による糞の残骸や、生活痕跡、それに植物の根の残渣などであったりする。これらペドフィーチャーだけでなく孔隙も土壤生成作用の重要な要因である。堆積性の火山灰土壤での孔隙の出来かたは、次のような例が考えられる。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。また、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。これら粒団とは無関係に出来る、生物によるチャンネル孔隙がある。さらに、土壤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、ガスが放出されたり、内容物が溶解などして出来た、バグ孔隙とチャンネル孔隙がある。しかしながら、微細形態学的観察では土壤全体を把握することは困難であり、分析的方向へと流れがちになる。そこで、目で観察する断面観察すなわちマクロ形態学的観察で土壤全体を総合して考える必要が出てくる。しかし、一般的には微細形態学的観察のときはマクロ形態学的観察は、よほどその必要性を的確に示していないと明確には出てこなくなる。それらの橋渡しとして、メソ形態学的観察、つまり、10倍からせいぜい100倍程度までの観察による、マクロ形態学的と微細形態学的との中間の観察が必要になる。しかしながら未だメソ形態学的観察の方法は示されていない。

メソ形態学的な土壤薄片での観察では、典型的なペドフィーチャーは確認出来なかった。第2暗色帯での植物根残渣だけである。これらの観察には、もっと高倍率の偏光顕微鏡を使った微細形態学的観察が必要である。孔隙では、IIa層、IIb層、III層にパッキング孔隙、バグ孔隙それにチャンネル孔隙などがある。XIII層になるとチャンネル孔隙とバグ孔隙が主体である。チャンネル孔隙は、生物起源である。XIII層の深さになると、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。現生ではないかもしれない。過去のチャンネル孔隙の遺構なら、生成された当時と現在では時間的な関係と地層がこの深さであるから土圧の関係などどの様に関係してくるのか不明である。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。むしろ円状分布のパターンを取ることが多かった。円状形態で考えるならば、パッキング孔隙の残存型と考えた方が理屈が簡単である。パッキング孔隙の残存型がチャンネル孔隙と同様な二次元を示すか問題がある。三次元的空間把握の出来る研究が必要である。そうすれば、チャンネル孔隙ならば、一つの線状になるし、パッキング孔隙ならば球状配置を取る可能性が高い。

特徴のある3種類の粒子は、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、マクロ形態での観察より非常に多い。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。

微細形態学的には、VII層(第二暗色帯上部)とIX層(第二暗色帯下部)のグラウンドマスの細粒質部分のb-ファブリックが他の層位と異なった。過去の表層であることと、関係するのか疑問であるが、現在の表層との関連をもっと詳細に研究しなければならないだろう。

おわりに、土壤微細形態学的手法による累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良い整合性が取れた。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。しかしながらメソ形態学的観察と記載方法を確立させるためには、もっと多くのマクロ、メソ、ミクロ(微細)の三者関係を種々の状態で調べる必要がある。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、東京農工大学教授浜田竜之介氏に貴重な助言をいただいた。記して謝意を表する。

Summary

We 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. They consist of many soil layers including buried surface horizons. We studied horizons characteristic of the upper layer of Tachikawa Loam (buried about 30,000 years ago) including the present surface horizon, the buried surface horizon, the soft loam horizon, the hard loam and the buried horizon containing 'Aira' volcanic ash.

The result of observation of thin section was as follows. There were large amount of porosity values in a horizon near the present surface. The lowest horizon had the smallest porosity. The surface horizon had the vugh and chamber voids. The lowest horizon had the channel voids. Characteristic particles of thin sections, scoria and mineral grains, could be divided roughly into three groups. The first group consisted of reddish-brown particles. The second group consisted of black particles. The third group consisted of grey particles. The distribution and relative proportions of the three groups was different in each horizon.

文 献

- Brewer, R., 1964. *Fabric and Mineral Analysis of Soils*. 1-482, Jhon Wiley & Sons, New York.
- 平山良治, 1983. 巨大サイズの土壌薄片の作成法について. 筑波実験植物園研究報告 2: 47-54.
- , 1991. 土壌薄片作成のための脱水法. 森林立地 33(1): 19-24.
- 関東ローム研究グループ, 1965. 関東ローム—その起源と性状—, 1-378, 築地書館・東京.
- 河井完示, 1969. 火山灰土壌(アンド土壌)の微細形態に関する研究. 農業技術研究所研究報告 B 20: 70-154.
- 川崎逸男, 1962. 新しい堆積層と外的営力との関係—関東ローム層を顕微鏡で見た組織と地形からみた外的営力との関係. 千葉大文理学部紀要 3(4): 585-653.
- Kubiena, W.L., 1938 *Micropedology*. 1-243, Ames. Iowa, USA.
- 黒部隆, 1963. 立川ローム層の腐植に関する生成学的研究. 土肥誌 34: 181-184.
- 久馬一剛・八木久義・平山良治・田村憲司治・三浦憲蔵・中井信・山本真也・三浦覚, 1989. 土壌薄片記載ハンドブック (Bullock, *et al*, 1985, *Handobook for soil thin section description* の翻訳). 1-176, 博友社・東京.
- 田淵公子, 1963. 土壌薄片の観察による土壌間ゲキの研究—関東ロームと磐田原赤黄色土—. 農業土木研究別冊7: 21-31.