

筑波実験植物園の土壤の物理的性質

—植栽基盤の水分環境とその改良法に関する研究(その1)—

遠藤良太*・平山良治**・多田 敦*

ENDO, Ryota*, HIRAYAMA, Ryoji** & TADA, Atsushi*: Physical Properties of Soil in Tsukuba Botanical Garden

1. ま え が き

本研究は、植栽基盤の好適水分環境を知り、基盤の合理的造成・整備方法を整理又は開発することを目的とするもので、筑波実験植物園平山良治技官、筑波大学農林工学系岸上定男教授、多田敦助教授、大学院生遠藤良太の共同研究である。

本報告は、関東ローム地帯のうち、淡色黒ボク土上に位置する国立科学博物館筑波実験植物園の北東斜面において、植栽基盤の土壤物理的性質を調査した結果であり、本報告の調査測定、とりまとめを遠藤、平山、多田が行ったものである。

2. 測点の概況と調査方法

測点の概況：調査地点は Fig. 1 のとおりで、植物園敷地の東側に位置し、比高約 4 m の北東に面した斜面の最高位部、中間、最下位部の 3 点とし、上から A, B, C 地点と符す。A 点はほぼ研究棟の面にあり、B 点は斜面中間の小道上方、C 点の下方は園外周道路をはさんで標高約 0.5 m 下って水田に至るもので、地形と土壤分布の関係とそれが植栽基盤の水分環境に及ぼす影響を検討できる。この斜面は、等高線はほぼ平行であるが、A-C 線から北へ 50 m 離れて C 点との比高約 150 cm の築山がある。各測点から約 2 m 離れて、イヌガヤが植栽されている。なお、A-B 点の標高差 114.5 cm、水平距離 32 m、B-C 点の標高差 266.0 cm、水平距離 50 m である。

A, B, C 点における地下水位からみた環境は、昭和57年1月11日から11月15日までの測定結果によると、A 点は最も地表より浅い時に 50 cm、深い時には 172.5 cm あり、年間80回の測定値の平均は 137 cm で、最上端にあるにもかかわらず測点中最も地下水位が浅い。B 点は最も浅い時は、地表より 41.5 cm であったが、測定不能な 190 cm 以下に達することが測定中過半数を占め、3 点中最も地下水位が深い。C 点は最も浅いときは、地表より 61 cm で A, B 点より深い、常時地下水位は 180~190 cm と 3 点の中間の値をもつ。地形上からみると、最も乾燥すると考えられる A 地点の地下水位が最も高く、最も地下水位が高いと考えられる C 地点では中間の地下水位を示した。このことは、表層より 2 m 以下の土層断面の調査及び粘土層上での地下水の流動方向に関するさらに詳細な検討の必要性を示唆している。

調査方法と項目：A, B, C 3 点に試抗を掘り、土層断面調査及び土壤物理性の分析試料を層位別

* 筑波大学農林工学系、茨城県新治郡桜村天王台 1-1-1 Institute of Agricultural and Forestry Engineering, University of Tsukuba, 1-1-1 Tenodai, Sakura-mura, Niihari-gun, Ibaraki Prefecture 305.

** 国立科学博物館筑波実験植物園 Tsukuba Botanical Garden, National Science Museum, Ibaraki Prefecture.

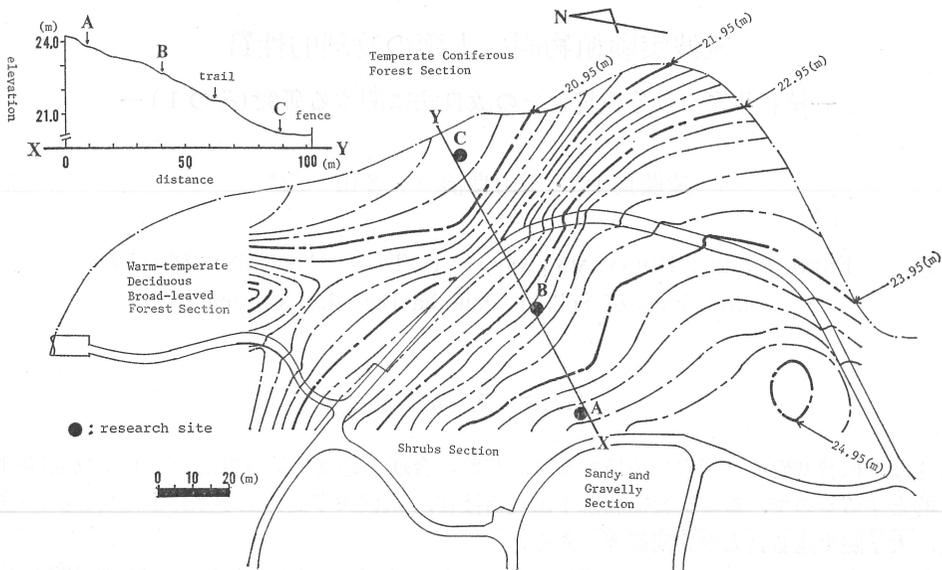


Fig. 1. The topographical map showing the three research sites (1981, Nov.).

に採土した。各点では直径約 5 cm、高さ 5 cm の 100 cm³ サンプラーで 3 個ずつの不攪乱試料と攪乱した袋試料を採取し、室内で次に示す項目について常法により分析した。採土日は晴天が数日続き、表層が比較的乾燥している時期で、A 点では 56 年 11 月 18 日、B 点では 11 月 19 日、C 点では 11 月 20 日に行った。また、各点の近くには地下水位観測井とテンションメータ（深さ 10, 20, 35, 50, 100 cm）が布設してある。測定項目は三相分布、仮比重、含水比、透水係数、pF 試験一空隙分布（pF 0~0.8 は土柱法、pF 1.0~3.0 は加圧板法、pF 3.0~4.2 は遠心法）、真比重等である。

3. 土壌断面の記載

各地点の土壌断面記載は、以下のとおりである。

1) 調査地点 A

地形：緩斜面上部

植生：筑波実験植物園植栽区画の低木林低地性にあたり、植栽されて 3 年目である。イヌガヤ、モチツツジ等がある。

断面形態：

- A₁. 0~10 cm, 暗褐色 (7.5YR3/4) の CL, 発達中度の亜角塊状構造, 軟, 細根富む, 乾, 層界平坦判然。
- A₂. 10~20 cm, 暗褐色 (7.5YR5/6) の CL, 発達中度の亜角塊状構造, 軟, 細根含む, 大根あり, 乾, 層界波状漸変。
- A₃. 20~40 cm, 褐色 (7.5YR4/4) の CL, 発達中度の亜角塊状構造, 軟, 細根含む, 乾, 層界波状判然。
- BC₁. 40~65 cm, 褐色 (7.5YR4/5) の LiC, 発達弱度の亜角塊状構造, 軟, 細根含む, 乾, 層界波状明瞭。
- BC₂. 65~100 cm, 褐色 (7.5YR4/4) の LiC, 発達弱度の亜角塊状構造, 軟, 細根あり, 乾,

層界平坦明瞭。

C. 100~120 cm, 明褐色 (7.5YR5/6) の HC, カベ状構造, 軟, 湿, 層界不規則判然。

IIAg. 120 cm~, 明褐色 (7.5YR6/6) の HC, カベ状構造, 軟, 湿, 赤褐色 (5YR4/6) の雲状斑あり, その下は, 黄色味がかった粘土に変わる。

2) 調査地点 B

地形: 緩斜面中部

植生: 植物園植栽区画は温帯性針葉樹林, 植栽前はクヌギ等の二次林, 植栽されて3年目, モミ, ツガが主である。

断面形態:

A₁. 0~3 cm, 黒褐色 (7.5YR3/2) の CL, 発達中度の細粒状および小亜角塊状構造, 軟, 細根富む, 乾, 層界平坦明瞭。

A₃. 3~22 cm, 黒褐色 (7.5YR3/2) の CL, 発達中度の小亜角塊状構造, 軟, 細根中根富む, 乾, 層界波状明瞭。

IIA₁. 22~50 cm, 黒色 (7.5YR2/1) の CL, 発達中度の中亜角塊状構造, 軟, 細根中根含む, 乾, 層界波状渐变。

IIA₂. 50~60 cm, 暗褐色 (7.5YR3/4) の CL, 発達中度の中亜角塊状構造, 軟, 細根含む, 乾, 層界波状判然。

IIA₃. 60~100 cm, 極暗褐色 (7.5YR2/3) の LiC, カベ状構造, 軟, 細根あり, 乾, 層界平坦明瞭。

IIBC₁. 100~120 cm, 褐色 (7.5YR4/4) の HC, カベ状構造, 軟, 細根あり, 乾, 層界波状判然。

IIBC₂. 120 cm~, 明黄褐色 (10YR6/6) の HC, カベ状構造, 軟, 以下 2 m まで同じ,

3) 調査地点 C

地形: 平坦地

植生: 植栽区画は温帯性針葉樹林, 植栽前は畑地として使用, 植栽されて3年目のウラジロモミ等である。

断面形態:

Ap. 0~10 cm, 暗褐色 (7.5YR3/2) の CL, 発達中度の小亜角塊状構造, 軟, 細根富む, 乾, 層界平坦渐变。

A₃. 10~46 cm, 暗褐色 (7.5YR3/2) の CL, 発達中度の中亜角塊状構造, 軟, 細根富む, 中根含む, 虫孔あり, 乾, 層界平坦明瞭。

IIA₁. 46~70 cm, 黒色 (7.5YR2/1) の CL, 発達弱度の中亜角塊状構造, 軟, 細根含む, 乾, 層界波状渐变。

IIA₂. 70~95 cm, 黒褐色 (7.5YR2/2) の CL, カベ状構造, 軟, 細根含む, 乾, 層界波状判然。

IIA₃. 95~117 cm, 黒褐色 (7.5YR2/2) の LiC, カベ状構造, 乾, 層界平坦明瞭。

IIBC. 117 cm~, 極暗赤褐色 (5YR2/3) の HC, カベ状構造, 軟, 乾, 検土杖にて, 明褐色 (7.5YR5/8) のものが 150 cm 程度に Gley 斑を供って存在した。

4. 調査地点の土壌の物理性

(1) 深さ方向の三相分布と間隙分布

測点の土壌物理性は Table 1 に示すとおりである。Fig. 2 は3測点について、深さ方向に三相分布、及び pF 1.8, pF 3.0, pF 4.2 における水分割合を表わしたものである（このとき開放される間隙割合は100% マイナスよみ値%で読みとれる）。各点とも表層は下層より固相率が大きい特徴があり、地表より 20~90 cm の深さで最も固相率が低下している。C 点の粘土層の固相率は48%以上と大きく、これより上層の黑色火山灰層では小さい。

次に間隙割合についてみると、まずローム層では粘土層より全般的に各 pF 値に対する開放される間隙割合が多く、仮比重や固相率と同様に両者の差は明瞭である。pF 1.8 の粗間隙割合（重力で排水され空気が入ると考えられる間隙量で湿害を避けるために必要）は、A, B 点では下層にいく程減少する傾向を示すが、C 点では、ローム層の最下部（地表から 117 cm）まで粗間隙割合があまり減少しておらず、他の2点より下層まで粗間隙の発達程度がよい。有効水分（植物に有効となる水分で pF 1.8 から pF 3.0 の間隙割合であらわされる）をみると、3点とも深くなる程やや減少している。

(2) A, B, C 点の土壌物理性の違い

次に3点の大まかな違いをみるため、火山灰土部分と粘土部分に分け、A, B, C 点を比較した。Fig. 3 は、火山灰土部分と粘土部分について各々の真比重、仮比重、固相率、透水係数を図化したものである。

火山灰土部分についてみると、真比重の分布領域は、A 点が B, C 点より明らかに大きく、土壌断面の土色や腐植と対比して区分できる。従って、腐植含量の違いが、真比重の差にあらわれていることも推定されるが、これが全ての因子かどうかは腐植含量、一次鉱物、粘土鉱物などの検討が必要であろう。なお、地形および基盤整備による履歴などを考慮すると A 点は残積性、B, C 点は再堆積性と考えられ、これらが違いの原因となってあらわれたものと推定される。

次に仮比重と固相率は、A, B, C の順に大きい傾向をもって3点が少しずつずれており、各点の関係は真比重の区分とは違って A 対 B, C とは区別できない。飽和透水係数の分布は、仮比重や固

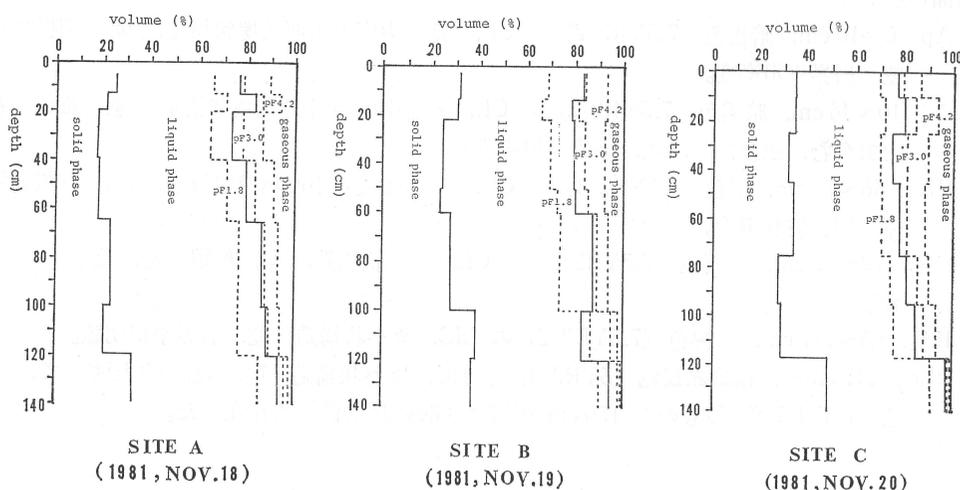


Fig. 2. The three phases and pore distribution of soil at site A, B, C.

Table 1. The physical properties of soil on research sites.

Site	Depth (cm)	Solid phase (%)	Liquid phase (%)	Gaseous phase (%)	Porosity (%)	Specific gravity	Apparent specific gravity (g/cm ³)	Coefficient of water conductivity (cm/sec)	Pore distribution porosity (%)				Moisture ratio (%)
									< 1.8	1.8-3.0	3.0-4.2	4.2 <	
A	7.5-12.5	25.1	51.2	23.7	74.9	2.76	0.694	8.7×10^{-4}	10.6	11.1	13.0	39.2	73.99
	15.0-20.0	21.3	61.9	16.8	78.7	2.86	0.610	2.9×10^{-5}	6.0	7.8	15.5	46.6	101.52
	32.5-37.5	17.6	55.5	26.9	82.4	2.78	0.488	5.2×10^{-4}	13.6	8.3	13.6	42.8	114.19
	52.5-57.5	18.2	61.6	20.2	81.8	2.84	0.516	4.9×10^{-4}	8.4	8.2	12.3	48.6	119.29
	92.5-97.5	23.2	63.2	13.6	76.8	2.77	0.643	2.1×10^{-4}	6.5	5.5	11.3	52.0	98.15
	107.5-112.5	20.9	67.4	11.7	79.1	2.89	0.604	5.2×10^{-4}	5.4	5.5	13.7	52.5	111.50
	125.0-130.0	32.6	61.4	6.0	67.4	2.82	0.918	3.2×10^{-4}	1.5	2.3	10.7	51.7	66.55
B	7.5-12.5	31.0	52.1	16.9	69.0	2.53	0.785	9.6×10^{-4}	6.9	9.3	15.4	34.1	66.27
	15.0-20.0	30.7	47.5	21.8	69.3	2.72	0.835	6.2×10^{-4}	7.7	11.3	15.3	28.8	56.94
	32.5-37.5	24.5	55.2	20.3	75.5	2.61	0.636	2.5×10^{-4}	7.9	8.3	14.3	38.4	86.89
	52.5-57.5	23.5	56.6	19.9	76.5	2.72	0.640	1.5×10^{-4}	7.9	6.9	12.6	42.3	88.95
	92.5-97.5	28.2	59.9	11.9	71.8	2.75	0.777	3.4×10^{-4}	5.7	5.1	15.2	43.3	77.65
	107.5-112.5	38.7	45.1	16.2	61.3	2.86	1.108	1.4×10^{-5}	1.6	2.9	8.3	37.7	40.87
	125.0-130.0	37.0	58.1	4.9	63.0	2.78	1.027	5.2×10^{-6}	0.2	1.9	6.9	52.8	52.29
C	2.5-7.5	34.3	42.3	23.4	65.7	2.61	0.896	2.2×10^{-3}	14.0	7.2	9.8	32.5	47.11
	12.5-17.5	34.4	45.5	20.1	65.6	2.62	0.904	3.0×10^{-4}	6.3	9.8	12.8	30.8	50.31
	32.5-37.5	31.7	42.8	25.5	68.3	2.62	0.832	5.1×10^{-4}	10.7	8.6	11.2	30.4	51.40
	47.5-52.5	34.0	43.3	22.7	66.0	2.50	0.850	1.1×10^{-3}	11.9	7.9	10.1	31.1	51.71
	82.5-87.5	27.4	53.0	19.6	72.6	2.68	0.734	1.8×10^{-3}	10.1	4.9	11.2	40.1	72.13
	97.5-102.5	28.8	55.3	15.9	71.2	2.73	0.787	1.1×10^{-3}	7.1	5.0	12.5	41.4	70.22
	125.0-130.0	48.3	49.4	2.3	51.7	2.75	1.329	1.7×10^{-6}	0.2	2.0	6.9	43.0	37.22

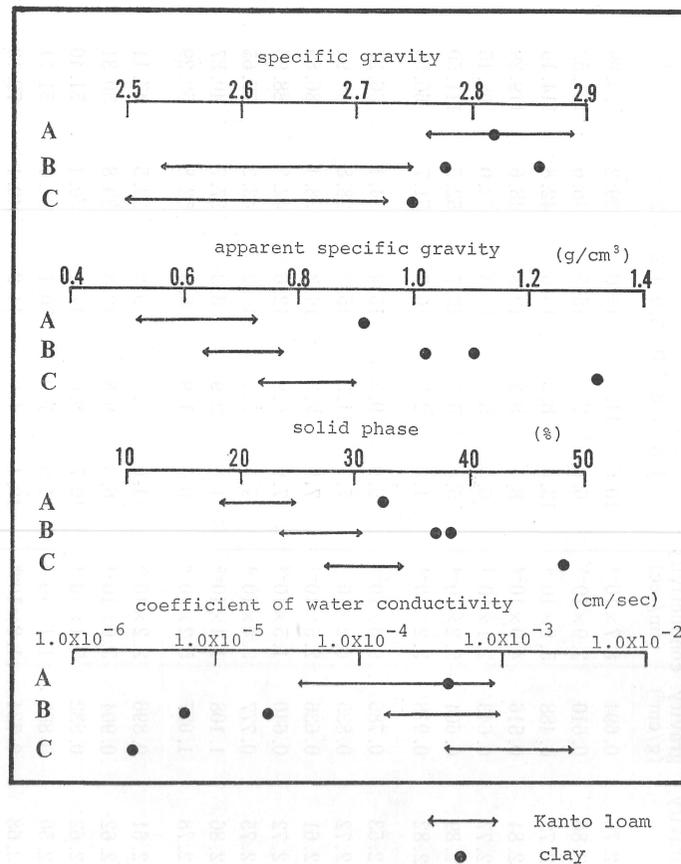


Fig. 3. Comparison of ranges of specific gravity, apparent specific gravity, solid phase, coefficient of water conductivity, between Kanto loam and clay layers.

相率の最も大きいC点で 10^{-3} cm/sec のオーダーをもつ部分があり最も大きく、A、B点では 10^{-4} cm/sec ~ 10^{-5} cm/sec のオーダーで小さい。Fig. 3 をみると土の充てん度合と透水係数の良否が逆の関係にあるようにみえる。これは土の充てん度合よりも孔隙の大きさに関連しており、C点では大間隙量が多いことに起因しているようである (Table 1)。なお、腐植含量との関連の検討も必要であり今後の課題である。

下層の粘土層は、仮比重及び固相率が火山灰土層よりはるかに大きく、その順序はA、B、Cの順に大きくなっており、特にC点で大きい。B、C点の粘土層の透水係数は 10^{-5} ~ 10^{-6} cm/sec のオーダーで、難透水性土壌の値を示し水通しが悪いが、A点では 10^{-4} cm/sec と10~100倍の透水性を示しており、これがこの点で一般的傾向であるかどうかは検討の要がある。しかし粘土層では、仮比重や固相率が増大し、密に充てんされるほど透水係数は小さくなっている。

5. 植物園火山灰土の位置づけ

植物園の土壌は以上のような土壌物理性を持つが、これを農水省果樹試験場の周辺の調査結果 (関谷他, 1970) 及び南、北関東ロームの調査結果 (山崎他, 1963, 多田他, 1965) や世界各地の火山灰土の物理性 (前田他, 1983) と比較しながら位置づけてみる。

(i) 谷田部地区の火山灰土である淡色黒ボク土の大部分は宮が崎統に属する。その土壌物理性は、仮比重で $0.5\sim 0.6\text{ g/cm}^3$ であり、本調査地点の火山灰土の仮比重は $0.5\sim 0.9\text{ g/cm}^3$ ではほぼ同じであるが、A, B, C 点とも表層ではその値が高く $0.6\sim 0.9\text{ g/cm}^3$ に及び、よくしまっている層ももち合わせることを示している。これを南・北関東の火山灰土の仮比重 $0.45\sim 0.66\text{ g/cm}^3$ と比べても上と同じことがいえる。一方、世界各地のデータをみると、火山灰土仮比重は 0.85 g/cm^3 以下とされているが、 $0.85\sim 0.98\text{ g/cm}^3$ に属する火山灰土も出現しており、上限値を変更することが論議されている。当植物園の値もこの範囲に入るものもあり、火山灰土の中では仮比重の値が高い方に属するといえよう。

固相率をみると、谷田部地区では $17\sim 22\%$ で A 点はこれに近いが、B, C 点は 30% をこえる層もあり、ほぼ同じ層とやや高い層が混在する。南・北関東ロームの値は $20\sim 25\%$ であり、これとの比較でもほぼ同じ値をもつものとやや大きいものがある。

飽和透水係数は C 点はほぼ 10^{-3} cm/sec のほか、A, B 点はほぼ 10^{-4} cm/sec であるが、谷田部地区では $10^{-3}\sim 10^{-4}\text{ cm/sec}$ で値は両者でほぼ同じ、南・北関東ロームでは 10^{-2} cm/sec のオーダーであるので、それより $1\sim 2$ オーダー低い。また pF 4.2 以上の高 pF 水分が多いことは火山灰土として特徴的である。

真比重が 2.7 をこえて大きいのは、関東ローム下層土の特徴であるとともに腐植層が薄いのは、南・北関東ローム層との著しいちがいといえよう。

気相率は調査時には 20% 近く又はそれ以上であり、湿害が心配なほどではないが、表層でややしまっている等、他のロームとちがう面もあり今後検討してみたい。

6. ま と め

- (1) 筑波実験植物園の土壌物理性と土壌断面形態の調査結果をとりまとめた。
 - (2) 仮比重、固相率 (100から引けば間隙率)、飽和透水係数、間隙分布 (pF-水分曲線) は Table 1, Fig. 2, 3 のようにまとめられ、淡色黒ボク土の特徴的値といえる。
 - (3) 植物園のデータを谷田部地区のデータ及び南・北関東ローム (主に立川ローム及び武蔵野ローム) や世界各地の火山灰土の値と比較した。
- 以上は植物園内部のすべての値ではなく水分環境のちがいが著しいと考えられる北東斜面の調査であり、今後代表地点の土壌調査及び水分環境調査が必要である。

謝 辞

当調査に当っては、黒川造園長は測点を提供して下さり、共同研究の場を認めて下さった。共同研究においては、筑波大岸上定男教授、植物園矢野義治主幹に種々御意見をたまわった。また室内試験に当っては、安部征雄講師はじめ研究室のメンバーの協力もあった。記して感謝する次第である。

Summary

The authors researched both the physical properties of soil and the soil profiles for edaphological soil management at the north-east slope of the Tsukuba Botanical Garden. The slope was covered with the Kanto loam……a volcanic ash soil distributed in the

Kanto District, Japan. The results of this research were summarized as follows;

1. Morphological characteristics common to the Kanto loam were found in three soil profiles at research sites.
2. Solid phase of the Kanto loam in the garden were small, about 18-34%. Porosity were about 66-75% in the surface soil and 66-82% in the subsoil (B-C horizon). It was to be noted that the subsoil of the Kanto loam had such a high porosity in spite of its low humus (light color) (Table 1, Figs. 2, 3).
3. Apparent specific gravity were about 0.5-0.9 g/cm³ (Table 1, Figs. 2, 3). Those values were characteristic. Apparent specific gravity of the top soils were upper limit of those of volcanic ash soils in the world, but the subsoil had the standard values of volcanic ash soils.
4. Soil moisture contents were high, especially the soil had a large quantity of non-free water (connected to soil particles by a force greater than pF 4.2) (Table 1, Fig. 2).
5. The deeper layer of the slope was clay layer. They had larger solid phase, lower porosity, larger apparent specific gravity and lower coefficient of water conductivity than those of the Kanto loam, or the upper layers (Table 1, Fig. 3).

引用文献

- 前田 隆, 相馬尅之, 1983. 火山灰土の物理性と工学性, 99-140. 日本土壤肥科学会編, 火山灰土. 博友社.
- 関谷宏三, 青葉幸二, 小畑 仁, 鈴木勝征, 1970. 6-3号団地調査報告書. 89-118. 昭和44年度農林団地諸調査報告書, 農林水産技術会議事務局, 施設計画室.
- 多田 敦, 山崎不二夫, 竹中 肇, 安富六郎, 田淵公子, 1965. 関東ロームにおける新时期ロームと古期ロームの物理的性質の比較. 農業土木学会論文集 14: 67-70.
- 山崎不二夫, 八幡敏雄, 須藤清次, 1963. 関東ロームの物理的性質, 農業土木研究, 別冊 7: 1-14.