

園芸用土の物理性に関する研究 II. 鹿沼土の土壤構造と水分特性について

矢橋晨吾*・雨宮 悠*・高 錫九*・水庭千鶴子*・高橋 悟**

(*緑地環境工学研究室)

(**東京農業大学農業水利学研究室)

Studies on the Physical Properties of Horticultural Soils II. Characteristics of the Soil Structure and Soil Water Retentivity of Kanuma-tsuchi

Shingo YABASHI*, Yu AMEMIYA*, Seukkoo KOH*, Chizuko MIZUNIWA*
and Satoru TAKAHASHI**

(*Laboratory of Green Space Environmental Technology)

(**Laboratory of Irrigation and Drainage, Tokyo University of Agriculture)

ABSTRACT

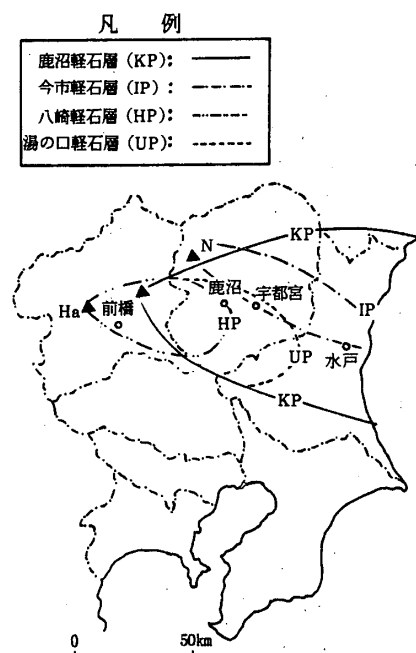
The Kanuma-tsuchi (weathered lapilli) is usually said to have good water retentivity and conductivity conditions as a horticultural soil. The results, however, show a little bit of differences among the samples from the different natural deposit layers.

Both samples from the most upper and lower layers have a larger particle-size diameters, and higher conductivities than other mid-layer samples. But, the data from the natural wetness and specific surface shows the argillization advances in lower layers. The water retentivity, pore-size distribution and conductivity show the granulation advances in mid-layer. The water retentivity of Kanuma-tsuchi is very good for horticultural use because of the high available water existence.

緒 言

ローカルソイルである鹿沼土は園芸用土、特にサツキ類の培土にとって不可欠のものとして全国的に知られている。その存在形態は第1図 [1, 2, 3] に示すとおり栃木県鹿沼市付近を中心として分布する火山噴出物である浮石、すなわち軽石質火山砂礫の風化した黄褐色の粒状土である。粒子形状を外観すれば、親指大の土塊から小豆大の範囲にあるが、さらにシルト粒子に近い細粒分も多少なりとも含まれており、これら大小の粒子が強固に結合した状態で存在している。相対的に粗粒分が多い割には自然含水比が高いという特徴をもっている。

本報は前報 [5] に引き続き園芸用土の物理性を追求する一連の研究であり、鹿沼土の自然含水比、真比重、粒径特性及び三相分布等の基本的性質を踏まえて土壤構造と水分特性の関係を明らかにするものである。



第1図 鹿沼土の分布

調査地、供試土及び実験方法

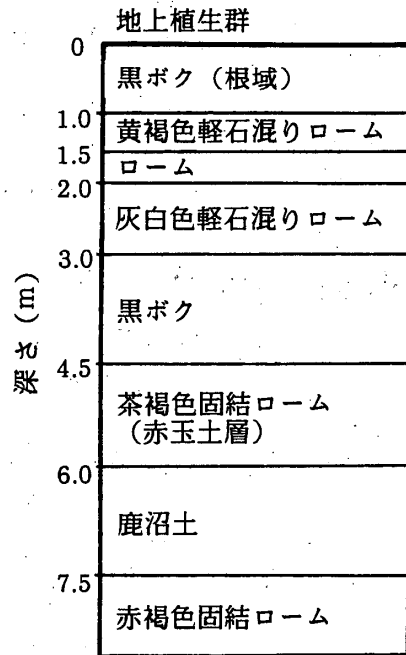
現地調査は栃木県鹿沼市武子地区（市の中心から北へ4 km, 東北自動車道鹿沼 I. C から北西へ8 km に位置する）のサツキ苗圃が隣接する自然植栽に覆われた未利用斜面を対象とした。パワーシャベルで露頭部を出現させ、第2図に示す土壤断面を設定した。サンプリングは上部から各層別に、不攪乱土及び攪乱土を採取し、土壤断面の観察とともに、硬度を測定した。下層に存在する鹿沼土の厚さは約1.5mとなっていたが、上部の土層を排土して鹿沼土の表面を露出させた。その表面から深さ方向に0, 10, 20, 30, 50, 70, 90cmの各層において、不攪乱土（定容積サンプラーによる）及び攪乱土を採取し、各種の土壤物理性試験に供することにした。

供試土の基本物理量を求め、さらに間隙構造及び水分特性を明らかにする目的で、以下の測定を実施した。三相分布は実容積測定器により、また比表面積はMONOSO, RB社製のBET型比表面積計を用い、さらに間隙量はポアサイザ9310水銀ポロシメータ（島津製）を使用して測定した。腐植含量はチューリン法により、またpF水分特性については、pF 0~2.3は吸引法、pF 2.4~4.2は遠心法によった。さらに通気性は通気性測定装置を用いて測定した。なお、鹿沼土の間隙構造は電子顕微鏡を通して撮影し、視覚的な検討も行った。

現地調査並びに実験結果と考察

(1) 土壤断面

第2図に示したとおり採土地の土壤断面は表層より1 mまでは黒ボクが堆積しており、多数の植物根が混入している。続いて黄褐色の軽石混りローム層となり徐々にロームのみの層へ移行するが、その下の約1 m厚は灰白色の軽石混りローム層となり、これが再び約1.5 m厚の黒ボク層へと続いている。その下の約1.5 m厚は一般に赤土といわれている茶褐色の固結ロームが現れるが、現地における聞取り結果から判断して、これが赤玉土のものである。その下の約1.5 mの層が鹿沼土となっていて、その分布の様相は、土色、外観的な土壤構造など鹿沼土特有の鮮明な存在形態を示している。鹿沼土の下は鮮明な赤褐色の固結ロームに移行していく。このように鹿沼土層上部に成層している土壤断面は赤城山をはじめ周辺火山の何度かの噴火・降灰が影響してかやや複雑な様相を呈している。自然状態の鹿沼土はかなり堅固（山中式土壤硬度計による硬度は平均30mmである）に結合しているものの、多孔質の団粒構造が発達しており、水分を多量に含んでいる。これは、降雨や他からの浸入水が途



第2図 鹿沼土採取地の土壤断面

中の土層を浸透して、多孔質で団粒構造が発達している鹿沼土層の中へ流入しているものと推測される。鹿沼土はすぐ下の固結層も関与して地下水槽的な機能を発揮していることも考えられる。

(2) 供試土の基本物理量

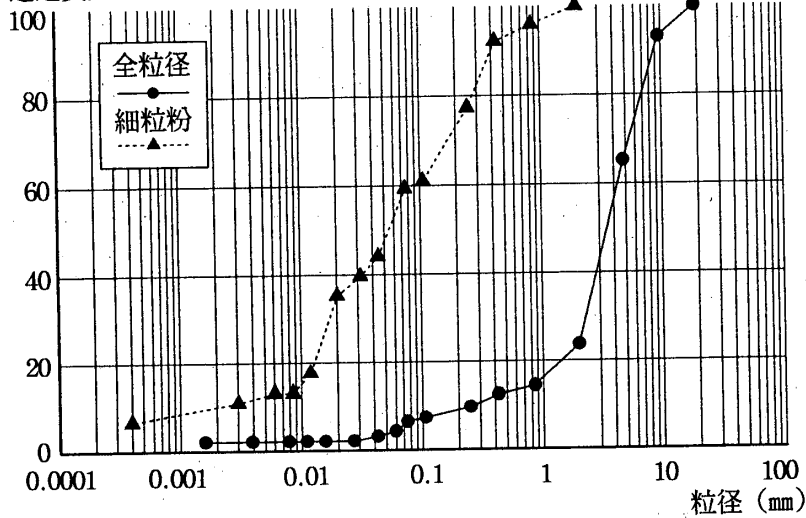
現地土壤の基本的性質を把握するため、攪乱土を対象として、自然含水比、粒度組成、比表面積、真比重、腐植含量、強熱減量等を求めた。さらに不攪乱土により三相分布、pF水分特性、通気係数、間隙特性等を測定し、結果を第1表、第3図、第4図、第5図並びに第6図に示した。

以下に第1表に基づき、鹿沼土の基本物理量の特徴について検討してみる。自然含水比は深さによって相違はあるものの、216.2~315.2%と全体的に他の非火山性の鈹質土と比較して高い値である。また、おおむね深い層になるほど大きい値となっている。粒度組成については代表として表層土及び2.0mm以下の細粒分を取り上げ分析結果を粒径加積曲線として第3図に示した。図から鹿沼土は破碎されやすい土であるとはいえ、自然状態のものは2.0mm以上の粗大粒子が約77%存在し、明らかにレキ質土であるとともに、若干の微細粒子とともに中間径の粒子も適度に含まれており、均等係数(Uc)が17.2であることから判断して粒度分布の良い土であるといえる。比表面積は168.7~207.0m²/gの範囲にあり、粗粒分が多い割には比較的大きい値である。真比重は

第1表 鹿沼土の基本物理量

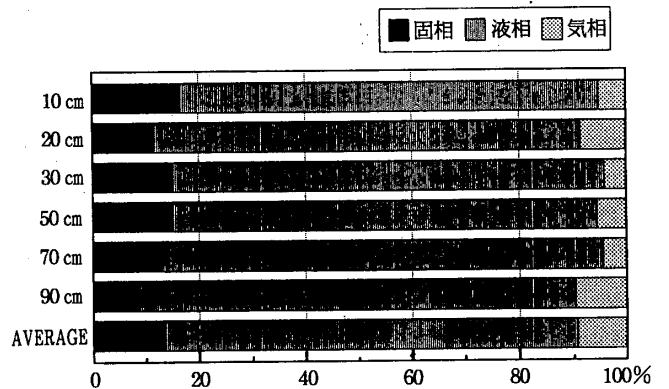
土層深 (cm)	自然含水比 wn (%)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	比表面積 ss (m ² /g)	真比重 Gs	腐植含量 ha (%)	強熱減量 Lig (%)	通気係数 Ka (cm/sec)	透水係数 K (cm/sec)
0	216.1	0.329	168.7	2.375	0.095	9.10	7.422	1.969×10^{-2}
10	234.3	0.367	172.3	2.379	0.105	8.96	1.987	1.614×10^{-5}
20	245.1	0.370	185.1	2.385	0.113	9.05	2.177	8.825×10^{-4}
30	235.4	0.385	190.3	2.390	0.128	9.56	1.567	7.198×10^{-5}
50	250.1	0.380	195.1	2.380	0.135	9.75	1.324	4.179×10^{-5}
70	275.3	0.330	201.8	2.388	0.147	9.58	2.493	1.613×10^{-4}
90	335.2	0.300	207.0	2.365	0.158	9.93	9.799	8.110×10^{-3}

通過質量百分率 (%)



第3図 鹿沼土の粒径加積曲線

2.365~2.390で平均値は2.380であり、軽石質の火山性土であることも関与してやや小さい値である。土壤有機物含量のインデックスとしての腐植含量及び強熱減量は腐植含量が0.095~0.158%であって極めて小さい値であることに對して、強熱減量は9.10~9.93%と無機質土としてはかなり大きい値である。この比較的高い強熱減量値は有機物含量というよりも、鉱物粒子に強く吸着されている結晶水の値であり、これが比較的大きいと判断される。すなわち、鹿沼土の風化度がかなり進んでいるものといえよう。これについては、鹿沼土が粗粒分に富ん



第4図 鹿沼土の三相分布

でいる一方で、容易に破碎され、細粒子化することの裏付けであろう。第4図に示した三相分布については、固相率が小さく、液相の割合が大きいためからも鹿沼土はこれまでいわれているように

火山灰特有の多孔質土壤で自然状態では多量に水分を保持するものであることがわかる。

(3) コンシステンシー特性

鹿沼土の自然粒度は粒径2.0mm以上の粗粒分が全体の77%余りあることから、たとえ、公的法によって0.425mmフルイ通過分を対象土として液性限界や塑性限界を求めようとしても、おおむね非塑性(NP)となる。しかし、容易に破碎されて、細粒化することから、乳鉢にてすりつぶし、練り返した試料を対象とすれば明らかにコンシステンシーが現れる。第2表は生土と風乾

土を対象としたすりつぶし・練り返し試料から求めたコンシステンシーである。

生土、風乾土ともに一般土に比べてその値は大きく、粘土に近づいていることをうかがわせる。また、同じ土試料でありながら、生土と風乾土との間に乾燥履歴が現れ、典型的な火山灰土である関東ロームと類似の性状 [6] を示すことが明かとなった。また、こうした人為操作によって、容易に粘性土化することは鹿沼土の特徴の一つでもあり、土壌構造の問題、すなわち、通気性・透水性がいずれの場合も他の一般土に比べて大きいという従来の見方に対して注意することが重要であることを示唆しているものといえよう。

(4) 保水特性

すでに三相分布で述べたとおり、自然状態にある鹿沼土は液相の割合が極めて大きい。

第5図は鹿沼土層の各層別に表したpF水分曲線である。最も深い層である90cm層の保水性が最大値を示し、順に70cm, 50cmの層へと浅くなるにしたがって小さくなり、深さ30cm~0cmの4層は接近した曲線形状をしていることから、これらの層の保水性には大差がないものと判断される。しかし、他の鉍質土に比べた場合全層にわたって保水性が大きいことは明かである。鹿沼土の土層別粒度分布は深いほど粗粒分が増加するといわれている。また、粒径別に求めたpF水分特性において大粒

第2表 鹿沼土のコンシステンシー

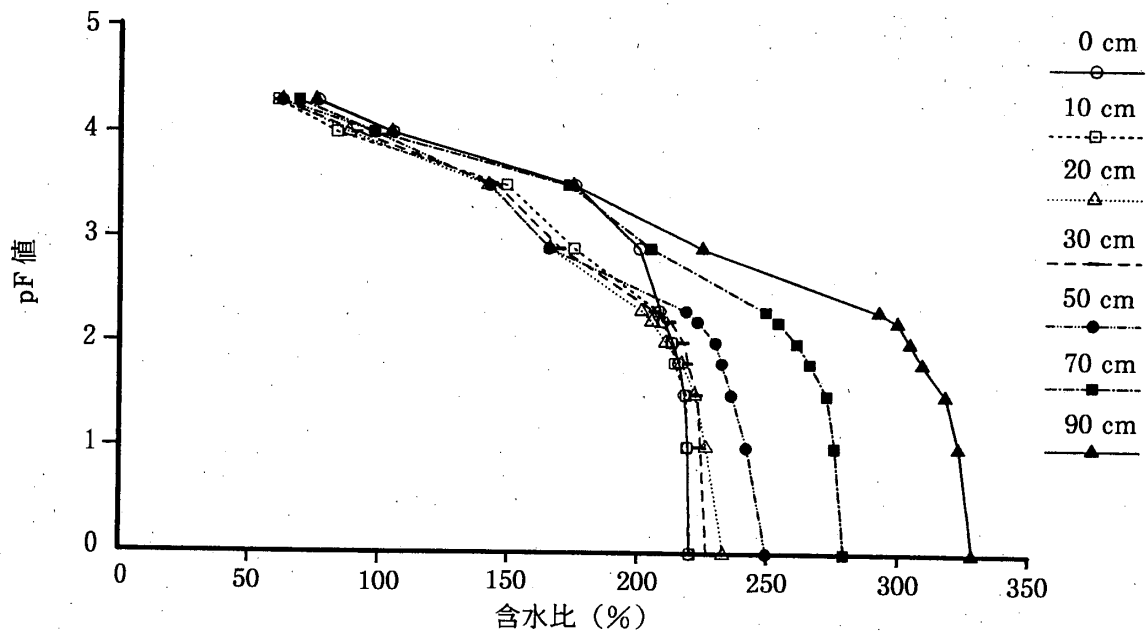
供試土 \ コンシステンシー	液性限界 W _L (%)	塑性限界 W _p (%)	塑性指数 Ip
生土	132.5	108.1	24.4
風乾土	110.5	94.4	16.1

径ほど保水性の大きいことが明らかになっている [5]。ことから、ここで求めた土層別の保水性が深い層ほど大きいという結果は、粒度と保水性の関係とも一致することになる。前掲の第3図に示した鹿沼土表面の粒度分布でさえ、粒径2.0mm以上の粗粒分が全体の約77%を占めることから、深い層はさらに粗粒分が増加するとともに保水性も増加するものと推測される。

いずれにしても鹿沼土は一般に保水性の高いことがわかったが、同時に土層別に差があることも事実であり、園芸用土として利用する場合、粒径の大きいものを求めようとすれば、深い土層から採取することが得策となろう。

(5) 通気性と透水性

鹿沼土の通気性をみるために、各層から採取した土の



第5図 鹿沼土のpF水分曲線

通気試験を行い、深さと通気係数の関係を第1表に示した。深さと通気係数の値とは一定の傾向を示していないが、その範囲は1.324~9.799 (cm/sec) となっており、土層別の差がかなり大きいといえる。すなわち、表層と最深の90cm層の通気係数がかなり大きい値を示し、中間層の深さ10cm~70cm層が2.0cm/sec前後となり、各々に若干の数値差が見られる。従って、これらの値を他の非火山性土との通気係数5.0cm/secと比較した場合、表層と下層は大きく、中間層は小さいということになる。このことは間隙特性のインデックスの一つである通気係数からみる限り、中間層は閉塞間隙が相対的に多く存在していることが推測されるが、不攪乱土を供試体としていることから自然状態の土壤構造の複雑性がここに少なからず関係していることも考えられる。最大値は最深の90cm層が示している。この90cm層は保水性も最大であり、単粒子径及び団粒径ともに他の層に比べて大きい値をもっていることと多少なりとも関係あるものと考えられる。

次に、通気性と大いに関係のあるといわれている透水性について考察してみる。第1表から、飽和透水係数が $k = 1.969 \times 10^{-2} \sim 4.179 \times 10^{-6}$ cm/secの範囲にあり、土層別の差が極めて大きいことがわかる。なお、透水性と土層深との関係については通気性と同様一定の傾向が認められない。すなわち、表層と最深の90cm層が中間層に比べてかなり大きい。しかし、この点を除外すれば、辛うじて、通気係数の大小と透水係数のそれとはほぼ一致していると判断される。

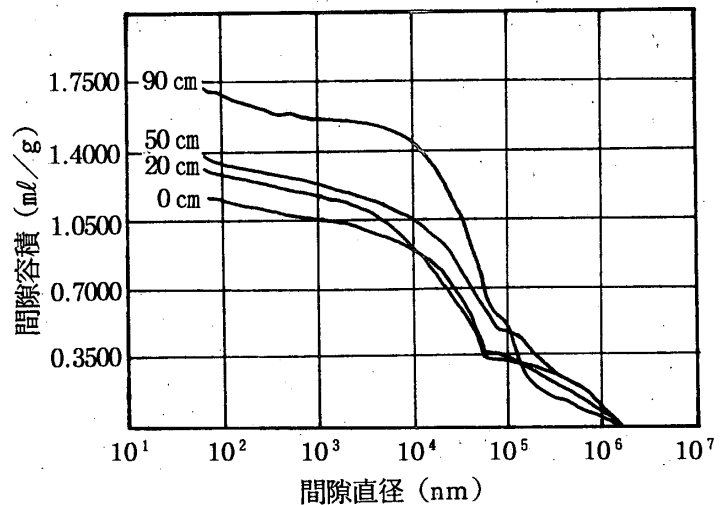
透水係数が $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-6}$ cm/secのオーダーを示す中間層の深さ10, 30及び50cm層は自然状態ではかなり堅固に締まった断面を呈しており、山中式土壤硬度計による硬度はいずれも30mmに近い値を示した。こうした点を考慮すれば、鹿沼土は保水性にすぐれていると同時に、通気性及び透水性も大きいとの見方に問題があるが、しかし実際に利用される鹿沼土は攪乱土であるから、自然の土壤断面が示す値を実用面の判断基準にする必要性はあまり大きくないものとする。

(6) 間隙特性

各土層から代表的に深さ0, 20, 50及び90cm層の4試料を選びポロシメータによる試験を行い、その結果を第6図に示した。

図から土層が深くなるに従って全細孔体積が大きくなっていることが明かである。ここでは前述の保水特性の結果と対比させ、以下のとおり考察した。

ここに示されるように、土層が浅いほど、換言すれば含まれる粒径が小さくなるにしたがい、全間隙が減少す



第6図 鹿沼土の間隙量曲線

るのは、試料の単位質量あたりに含まれる細孔質粘土量が相対的に減少していること、また、絶対量は変化しても間隙径分布の相対的な変化の様式はほぼ同じと考えられることから、小粒径の試料には無機的一次鉱物の含まれる度合いが粒径の変化に伴い多くなるということである。従って、当然このことは水分保持曲線にも影響し、粒径の小なる試料、すなわち浅い土層に存在する試料の保水性が低下することを意味する。

(7) 電子顕微鏡写真から見た間隙特性

鹿沼土の間隙構造を視覚的に検討するため、粒径2.0mm以上の粒子を水平方向と垂直方向に切断し、日本電子工業製のJSM-35走査型電子顕微鏡を使用し、加速電圧10Kv直接倍率100倍で撮影したものが第7図及び第8図である。



第7図 鹿沼土の電子顕微鏡写真
(水平方向の断面)



第8図 鹿沼土の電子顕微鏡写真
(垂直方向の断面)

第7図に示した水平方向の写真は、管状の間隙が多数束ねられている構造であることが明らかである。すなわち、細管が通気試験並びに透水試験の範囲内において連通しておれば、当然通気係数及び透水係数は大きくなり、1つの細管の一部でも閉塞していればその数に応じて小さくなることが考えられる。第8図の垂直方向で見た場合の写真から判断しては、大小の間隙径から構成された間隙がほぼ並行して存在し、中にはくびれているものも認められる。従って、間隙構造は必ずしも単純ではないものと判断される。

摘 要

以上の結果を総合的にまとめると以下のとおりになる。

保水性及び通気性・透水性が良好であることは植物の生育にとって重要な条件であり、従来鹿沼土がこれらの条件を満たすものと一般にいわれてきた。しかし、今回実施したいくつかの実験並びに測定結果から、鹿沼土の存在形態、攪乱・不攪乱の差、さらに生土と風乾土の違い

等調査の対象となる供試土の様相によって多少なりとも値に差の出ることも明かである。すなわち、実用面においては、その取扱い方法によって性状に差異が現れることを認識することが肝要である。さらに本調査・研究から深い層に存在する鹿沼土、すなわち、大粒径の鹿沼土ほど多量に粗間隙および微細間隙を持ち、保水性を高める。一方、鹿沼土粒子が形成する団粒間の大小の間隙が通気性に大きく寄与していることが保水特性並びに通気性の測定結果より明らかになった。しかし、自然構造における存在条件によっては非火山性の鉱質土と比較してこれらの間隙量が圧倒的に多いとはいえないものもある。従って保水性と通気性・透水性の関係が少なくとも自然構造にある鹿沼土においては全てにわたって良好であることは断定できないことがわかった。

今日、採取したものは風乾させ袋詰めにされて、園芸店において販売されているが [4]、以上のことを考慮に入れ、今後鹿沼土を合理的に利用するには、粒径及び間隙により分類し、植物により使い分ければ一層の効果が得られるものと考えられる。

引用・参考文献

- [1] 関東ローム研究グループ (1965) : 関東ローム, その起源と性状, 築地書館, 189.
- [2] 鈴木敬他3名 (1983) : 鹿沼土の物理構成とその性質について, 宇大農学報, 12(1), 1-10.
- [3] 富田平四郎・鈴木敬 (1985) : 鹿沼土の物理的・力学的特性, 土と基礎, 332, 21-26.
- [4] 矢橋農吾 (1989) : 園芸と土, 土と基礎, 383, 97-98.
- [5] 矢橋農吾ら (1992) : 園芸用土の物理性に関する研究 1. 鹿沼土の間隙構造と水分特性, 千葉大園学報 46, 129-134.
- [6] 山崎不二夫・竹中肇 (1965) : 風乾がアッタベルグ限界に及ぼす影響, 農土論集, 14, 46-48.