

土と農業

4. 鹿沼土はなぜ園芸用に使われるか

たなか 弥寿男*

4.1 まえがき

鹿沼土は今から約5万年ほど前の赤城山が噴火した折に群馬、茨城、栃木の各県一帯に運ばれた浮石質火山砂礫が堆積風化したものであり写真—4.1のように関東ローム層の間に挟まれ層状に堆積している。鹿沼地方では地表下1.5~2.0m程度の掘削によって鹿沼土層に達することができ、層厚は1.5m程度で埋蔵量は1億トンと推定されている。鹿沼土は親指大から小豆粒大の粒径からなり、乾燥時は白色に近い淡黄色を呈し、水分を吸収すると鮮黄色を呈す、多孔質粘土粒塊の集合で団粒構造をなし、粒塊の間は大孔隙をもち、多量の水を吸収し保水性に富むなどの特長をもち、土性は砂礫土と埴土（日本農学会法による土性区分で細土中の粘土含量50%以上の土）の両性質を兼ねそなえるといわれている。鹿沼土なる名称は通称で学術用語では鹿沼軽石と定められている。鹿沼土とはいっ頃から使われたか定かでないが、一説によると鹿沼地方は昔からさつき、つつじなどの花木類の栽培が盛んな所で、その育苗や培養土に、「あかつち」、「えぞつち」と呼ばれていた土を使用して好成績を挙げている事実に着目したさつき栽培の先覚者として、全国的に著名な埼玉県安行の園芸家松本新蔵氏が大正5年（1916年）頃「あかつち」をさつきの培養土として使用し、最もすぐれていることを確認し、鹿沼地方産出土すなわち鹿沼土と名付けて全国のさつき愛好家に推奨されて以来、広く鹿沼土なる名称が使われるようになったといわれている。また園芸用土以外にも最近の日本経済新聞のニュースによれば、元宇都宮大学田中甫教授の指導によって鹿沼土を300~400℃で加熱し主要粘土鉱物のアロフェン量を増加させ水分の吸水機能を拡大させた汚水浄化剤の開発が進められており、遠からずして鹿沼土が公害防止に一役買うことになるばかりか、この地方の地場産業育成に大きな役割を果たしそうな情勢でもある。

4.2 鹿沼土はどんな土か

土木、建築の分野では土構造物や地盤上の構築物を設置する場合には、土の理工学性を十分検討してより安全で経済的な構造を計画設計するのが一般的であり、このためには土質力学の力を駆使してその対応が検討される。農林業

*東京農業大学教授 農学部農業工学科



写真—4.1 鹿沼土堆積の状況

の分野でも土は生産の母体であり、植物を^{つちか}培い、はぐくむという意味で土壌なる用語が使われているが、農業では古来から多収穫は土造りにありといわれ、農民は昔から朝露を踏んで草を刈り、家畜の飼料とし厩堆肥を造り有機物の給源とし土造りにいそしんで来たが、土と作物栽培の関係は土壌学の力を借りて土壌診断を行い、肥料設計がなされ、栽培管理上適切なメニューが作られ、これに従って合理的栽培管理がなされる仕組みが採られている。園芸植物である花木類の栽培についても原則的には何ら異なるところがないはずであるが、さつき、つつじなどの花木類の盆栽園芸家の中には往々にして栽培の秘訣なるものを持ち、自然を矯正し人工的な姿を創造する一種の芸術作品を創り出し逸品として自慢するものがあるが、逸品を創り出す秘訣なるものは恐らく土選びと栽培の水管理がその鍵であろうと推測される。鹿沼土はこの芸術作品をつくり出すに最も適した性質を持つために広く使われるのであろうが、本稿を執筆するに当たって鹿沼土の本性を調べたが、意外に科学的な面の究明は十分なされていないことが分かった。そこで筆者らが東京都下および近郊の園芸店で市販されている袋詰め鹿沼土と鹿沼市域から採取した鹿沼土についてその性状を確かめた結果を紹介する。

講座

4.2.1 鹿沼土の基本的な物理性

基本的物理性を探るため比重、粒度、構造や集合状態を知る尺度である比表面積や主要粘土鉱物であるアロフェン含有量および電子顕微鏡による構造様式の観察などを行った結果は以下のとおりである。

① 比重 自然堆積の鹿沼土、市販袋詰鹿沼土ともに平均の比重は2.4~2.6の範囲にあり、軽石質の土としては比較的大きな比重を持つ土といえよう。また標準ふるいでふるい分けた粒径ごとの比重を測定した結果は、粒径が小さくなるに従って比重の値は大きくなる傾向を示した。

② 粒度 粒度分布は表-4.1のとおりであるが加積曲線上の60%粒径は3.2mm、30%粒径で1.8mm、さらに10%粒径では0.75mmであったが、均等係数は4.27、曲率係数1.35、2.0mm以上の粗粒部分が約70%を占める粒度で構成されている。

③ 比表面積 比表面積の測定結果は150~200 m²/g程度の範囲であり、ほかの土に比較して高い値を得たが粒径が大きいほど比表面積も大きい値を示し、粒径が小さくなるにつれ比表面積は減少した。このことは一般の土の粒径と比表面積の関係が粒径が小さくなれば比表面積は大きい値となるのに反して逆に大きくなることは鹿沼土の特長といえよう。

④ 粒径と比表面積およびアロフェン含有量の関係 鹿沼土の物理性、特に保水性などと密接な関係をもつアロフェン含有量を粒径別に測定した結果を図-4.1に、また粒径別比表面積とアロフェン含有量の関係を図-4.2に示したが、粒径が大きいほど比表面積もアロフェン含有量も高いことがわかった。

⑤ 鹿沼土の構造 鹿沼土の構造を垂直方向と水平方向の2方向について電子顕微鏡で検鏡し、その構造を観察したが写真-4.2(a)および写真-4.2(b)は構造状態を示すもので、垂直方向の構造は管状の孔隙が幾つも重なり合っている様子が見られ、また水平方向では大小の円の孔隙がぎっしりと並んでいる様子が観察される。孔隙の表面はざらざらした感じがうかがい知られた。これから鹿沼土の構造は大小の円柱状の丸い孔隙をもち、その表面はざらざらした孔隙がいくつも重なり合った構造を持っていることが判明した。

以上のような事柄から鹿沼土の物理的特性を要約すると、全般的な比重は比較的大きく、粒径が小さくなるにつれて構成鉱物の影響を受けて比重は大きな値となり、粒度は粗粒部分の2.0mm以上の粒径が約70%を占め均等度も良好な土である。また比表面積は粗粒部分が大きく細粒部で小さい値を得た。これらの事柄は、ほかの土に比較してこの土の特異性を物語るものと考えられる。主要粘土鉱物であるアロフェンの含有量も2.0mm以上の粗粒部分で50%以上の含有量を持つ土であり、構造も垂直方向に大小の円形の孔隙がいくつも重なりあった表面のざらざらした構造の

表-4.1 鹿沼土の粒度分布

粒径(mm)	19.1	9.52	4.76	2.00	0.84	0.42	0.25	0.105	0.074
通過率(%)	100	96.07	77.16	32.40	10.91	6.86	3.72	1.99	0.99

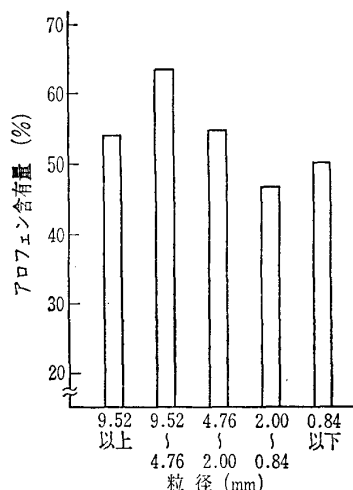


図-4.1 鹿沼土の粒径別アロフェン含有量

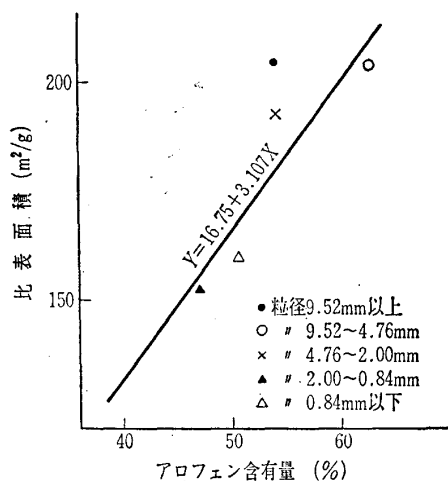
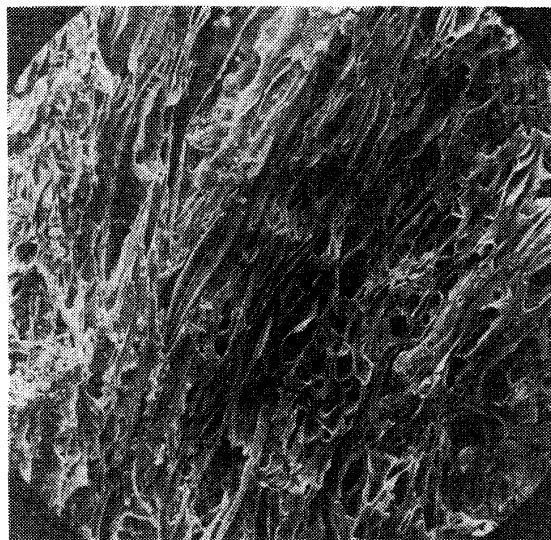


図-4.2 鹿沼土粒径別比表面積とアロフェン含有量の関係

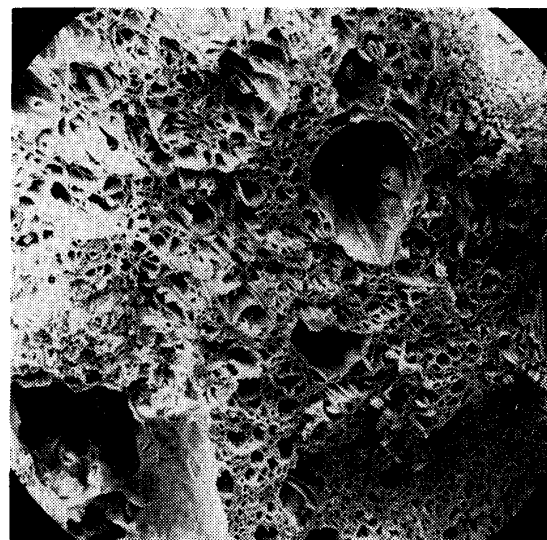
土であることが明らかになった。

4.2.2 鹿沼土の水分保持特性

土中水の形態は重力水、毛管水、吸着水および結合水の4形態に分けられ、重力水は重力の作用で容易に移動出来る水分であり、この水分は農作物生育にとっては過湿の状態にあり、生育を阻害するので悪水とも称され排水を行うべき水分である。毛管水は毛管張力によって土中に保持されている水分である。吸着水は土粒子中に吸着保持されている水分であり、結合水は土粒子に化学的に結合している水分であるため農作物は吸収利用出来ない水分である。したがって農作物生育に利用される土中水分は毛管水と吸着水の一部である。土中水のうち農作物が吸収利用する水分を農学では有効水分と称し、かんがい工学では有効水分を与えるための水利計画がたてられる。有効水分はさらに農作物が吸収利用する場合の難易によって易有効水分と難有効水分に分けられ、容易に吸収利用できる易有効水分量を与えるために土中水分の調節管理が行われる。実際の対照の土については土の水分保持力、すなわち毛管張力を常用



(a) 垂直割り



(b) 水平割り

写真-4.2 鹿沼土の構造 200倍電子顕微鏡写真

対数で表した pF 値を測定し、これから pF 値と土中水分の関係を示す pF-水分曲線を描いて有効水分の範囲が求められる。有効水分の範囲は pF 1.5~pF 4.2 の水分とされており、これ以上の高 pF 値を示す土中水分の状態では農作物は水を吸収利用出来なくて枯死するとされている。

また易有効水分は pF 1.5~pF 3.0 の間の水分量、難有効水分は pF 3.0 以上 pF 4.2 までの水分量と定められている。花木類を中心とした園芸植物の栽培にとっても、この土中水との関係は原則的には何ら変わらないはずであると思われるが、特にさつき、つつじなどの花木類の自然の姿を鉢物として作り出す盆栽は一種の芸術品であり、園芸家や愛好家の中には独特の栽培法により逸品を作り出して自慢する天狗さんが多いが、天狗さんにその秘訣をきいて見るとどうもその秘訣は栽培中の水の管理にあるようにうかがえ、水分管理を容易に行う土は鹿沼土が最適であるとの答えが返って来た。そこで鹿沼土の水分保持性を知るため pF 水分を測定した結果を図-4.3 に示すが、これから判断されるこの土の水分状態は、全粒径の最大含水量(pF 0 付近)は 216%、有効水分の範囲である pF 1.5 から pF 4.2 の水分量は 204% から 93.8% の含水比であった。また粒径別の pF 水分量は 2.0 mm 以上の粗粒部分の土と 2.0 mm 以下の細粒部分の土では明らかに pF 水分量が異なる含水比を示し、また最大含水量も同じ傾向にあった。先に述べたように、この土の粒度分布は 2.0 mm 以上の粗粒土が 70% 以上で構成されている点などから見ても、この土の水分保持量は粗粒分の保水性に強く左右され、保水性も高いことがうかがわれ、このことが鹿沼土の保水性の特長とも考えられる。粗粒部分は先の電子顕微鏡写真にも示したように円形管状の孔隙が縦に重なり合った構造を持ち、その表面はざらざらした状態であり、このような構造の土が飽和し脱水するまでの機構を知るために鹿沼市の地先から採取した土を使って凍結融解試験を行い、凍結、

融解による水分変化を確かめた。試験は標準締固めを行い密度を一定にした供試土を作成し、これを 24 時間水浸飽和させた後、冷凍庫に移し、凍結温度を -1°C 、 -5°C および -10°C の 3 段階として凍結させた後冷凍庫から取り出し、融解を待って更に凍結融解を繰り返した後、それぞれの供試土の pF 水分量を測定して水分状態の変化を見た。凍結、融解の繰返し回数は 1, 7, 15 回として測定した結果を図-4.4 に示した。鹿沼土の凍結温度と pF 水分の関係は、標準土の pF 水分量を規準にして見ると有効水分量の下限である pF 1.5 以下の含水量、すなわち低 pF では凍結温度にはあまり支配されないような結果となったが、有効水分の範囲である pF 1.5, pF 4.2 の水分量は凍結温度の影響を強く受け、凍結温度が低温になるに従って、水分量は低下し -10°C にいたっては標準の全粒径の pF 水分量より水分量は減少した。このことは鹿沼土の構造、孔隙、粒度と深いかかわりあいを持ち、管状、多孔の粗粒部分を多く含む鹿沼土を水浸飽和させ孔隙を水で満たし供試土を凍結

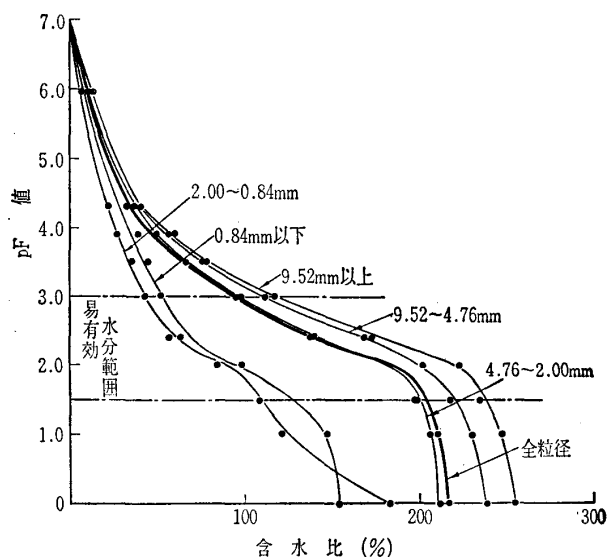


図-4.3 鹿沼土の pF 水分曲線

講座

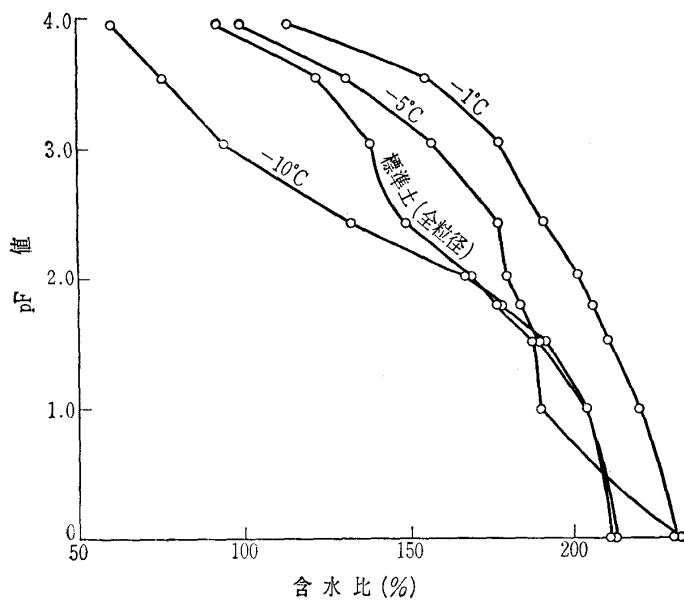


図-4.4 鹿沼土の凍結温度と pF 水分の関係

させると、結氷に間隙水が使われ、融解時の解氷によって間隙水に一部還元されるが、このように凍結と融解による水分の還元が可逆的に行われる間は、凍結温度が低温になっても pF-水分量は増加し、非可逆的になる温度では水分の減少をみることになる。以上のことから鹿沼土の水分特性は有効水分量の範囲が広く、その値は粗粒部分で著しく多いことが明らかになったが、このことは凍結、融解試験によっても証明することが出来た。したがって鉢物の栽培は一般の土に栽培される場合と異なり、土中水の管理調節は鉢土（培用土）の水分保水機構に影響を受けることになるので、鹿沼土のこのように保水性に富むことと、粗粒分多く孔隙に富む構造は植物生育上の条件である通気、通水、保水性などを満足させる土であるといえる。つぎに火山灰土の主要粘土鉱物であるアロフェンは、火山灰土の保水性と密接な関係を持ち、引いては理工学性を左右するが鹿沼土の場合はどうであろうか。アロフェンの含有量と pF 1.5, pF 3.0 間の易有効水分との関係を調べた結果 図-4.5 のような値を得た。アロフェン含有量は全体的には 50% 程度以上の含有を示し、粒径が大きくなるにつれてその含有量も多い傾向にあり、アロフェン含有量と水分量の間には高い相関性があることが認められた。このことは鹿沼土が保水性に富むことにアロフェンが大きく寄与しているといえる。

4.3 鹿沼土はなぜ園芸用土に使われるか

以上鹿沼土の基本的物理性について、構造、土中水の保

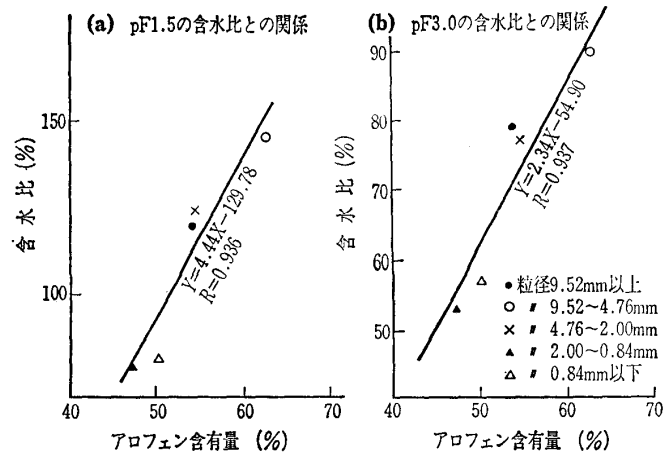


図-4.5 アロフェン含有量と有効水分量の関係

水機能と、それに大きく影響を与える主要粘土鉱物アロフェン含有量などの諸項目を確かめ、鹿沼土の特長の幾つかを明らかにすることができたが、要約すると比重は比較的大きく細粒土になるに従って大きい傾向をもつこと、粒度分布は粗粒部分が 70% 程度もあり、比較的均等度が良い土であること、電子顕微鏡での観察では縦方向に管状の円柱構造が幾重にも重なりあい、その表面はざらざらした構造を持つようで、したがって孔隙の多い土といえよう。また保水性と密接な関係をもつ粘土鉱物のアロフェン含有量も 50% 程度以上と高い含有を持ち、また比表面積も大きな値を示し特に粗粒部分が大きく、このことはほかの土が細粒部分ほど比表面積は大きいといわれているのに対して、この土の特長といえる。植物が土中水を吸収利用しうる有効水分量について見ると、その含水量の範囲は広く粗粒部分ほど含水量が多いことなどを挙げることができよう。植物生育にとっては土の通気性、透水性および保水性が良好でなければならぬとされているが、鹿沼土はその構造、孔隙量、比表面積およびアロフェン含有量、有効水分量などの特長からこの植生にとっての必須条件を十分に満たすことのできる土であるために、園芸用土の代表として今日広く鹿沼土が使われるのだろうと推察する。

参考文献

- 1) 辻元 正：盆栽の土づくり，農山漁村文化協会，
- 2) 前田 隆・相馬尅光：日本の特殊土壌 火山灰土(3) 粗粒火山灰土，農業土木学会誌51巻11号，1983.
- 3) 前田 隆ら：北海道における火山性土の物理的性質の研究，農業土木学会論文集(31)，1970.
- 4) 軽部重太郎：アロフェンの物理的性質と微細構造，農業土木学会論文集(107)，1983.
- 5) 北川靖夫：土壌中のアロフェンおよび非晶質無機成分の定量の研究，農業技術研究所報告B(29)，1977.