

鹿沼土の話② ー鹿沼土を観察してみる

地下 まゆみ¹⁾・徐 維那²⁾・須藤 定久³⁾・高木 哲一⁴⁾

1. はじめに

前報(徐ほか, 2019)で、^{かぬまつち}鹿沼土の成因・産状、そして採掘から製品までについて紹介しました。本報では、鹿沼土をじっくり観察してみることにします。

鹿沼土は園芸用土としての優秀性は高く評価されており、肉眼で見ても多孔質なものですので、通気性・保水性が良いことは理解できます。しかし、肥料を逃さないといった性質、一般に「吸着能」と呼ばれる性質はどこから生まれるのでしょうか。

鹿沼土の主成分鉱物は「アロフェン」といわれていますが、過去の研究を辿っていくと、そのことを最初に明記したのは菅野(1959)のようです。アロフェン(Allophane)とは、新版地学事典(地学団体研究会編, 1996)によれば「非晶質の含水珪酸アルミニウム。火山灰や軽石の風化によって生成する非晶質粘土もアロフェンと呼ばれ、土壤中に広く産する。イモゴライト・ハロイサイト・ギブサイトとしばしば共生する。X線回折では、0.32 nm, 0.225 nm 付近に中心を持つ幅広い弱い回折線が認められる。密度 2.75 g/cm³, 直径 3.5 ~ 5.5 nm の中空球状の粒子からなり、球壁は多孔質で欠陥をもったカオリンまたはイモゴライト構造を有すると推定されている。」とされています。

近年では、化学分野でアロフェンの吸着能が注目され、合成されたアロフェンの不純物除去などへの利用が研究されているようです。吸着能に富むものといえば、ゼオライトや珪藻土が連想されます。これらには、極微細な空隙が無数にあり、これが吸着に大きく関係しているといわれています。鹿沼土のアロフェンにも、このような構造があるのでしょうか。まずは肉眼での観察から始めてみます。

2. ロームと鹿沼土を肉眼で観察

採掘場の壁からロームと鹿沼土の塊を崩さないように慎重に採取し、ビニール袋に密封して持ち帰りました。その試料を取り出し、まず肉眼で観察してみました。

(1) ローム(赤玉土)

ロームは、乾燥した表面に亀裂が入り、割れた角張った塊が採取されました(写真1左)。粘土質のロームが固結・乾燥して、日干し煉瓦のように硬くなっています。

ちなみに、これを乾燥・破碎すると、概ね径 2 cm 以下の粒子となります。これを粒度別に篩い分けると赤玉土となります。粒度別に、大粒 10-18 mm, 中粒 5-10 mm, 小粒 2-5 mm (写真1右)、などに分けて販売されていま



写真1 ローム 左：採取・乾燥された塊 右：破碎・篩い分けされた「赤玉土」。スケールは 5 cm.

1) 大阪大谷大学教育学部教育学科 〒584-8540 大阪府富田林市錦織北3丁目1-1

2) 東京理科大学理工学部経営工学科 〒278-8510 千葉県野田市山崎2641

3) 客員研究員、産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

4) 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

キーワード：鹿沼土、軽石、X線回折、熱分析、電子顕微鏡、吸着能

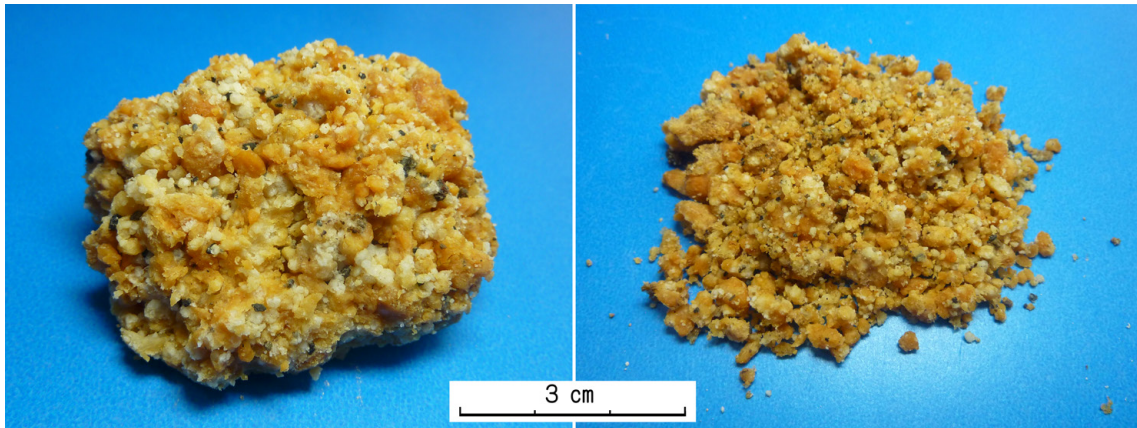


写真2 鹿沼土 左：採掘された塊 右：乾燥すると次第にばらけた。

す。3割ほどの腐葉土を混ぜて、「万能の土」として販売されるものもあるようです。ただ赤玉土の粒子は、鹿沼土に比べて潰れやすく、時がたつと粘土質土となり水はけが悪くなります。このため軽く焼成して強度を高めたものもあり、これは硬質赤玉土として販売されています。

(2) 鹿沼土

鹿沼土は、軽石が密に集まり、軽石どうしがくっつきあった状態で塊をつくり、たっぷりと水分を含んで、美しい淡いオレンジ色をなしていました。径1 cmほどの軽石が密に集合し、空隙はあるのですが、かなり硬く締まっていて、指先を差し込むことはできません(写真2左)。

このような塊状の試料を、室内に放置すると、徐々に乾燥が進み、色が淡くなり、塊には亀裂が入り、容易にばらけるようになります(写真2右)。

大きめの軽石を取り出し、カッターナイフで2つに切断しますが、きれいな切断面が見られません。割っても、きれいな切断面は見られません。そこで、古い筆の先で切断面をなでると、軽石に特有な繊維状構造がうっすらと浮きあがってきました(写真3)。

3. より詳しい観察へ

より詳しい観察を行うにあたって、鹿沼土を水^{すいひ}簸してみました。鹿沼土を水中でもみほぐすと、泥水となり、粗い粒子は水底に沈みます。アロフェンや粘土鉱物は微粒子ですので、沈まずに懸濁液中に残ります。そうして、泥水から微粒子を回収し褐色の粘土状物質を水簸物(懸濁液から回収した固体を乾燥させたもの)として、これも観察してみることになりました。アロフェンの特徴をより明瞭に見ることができると考えたからです。

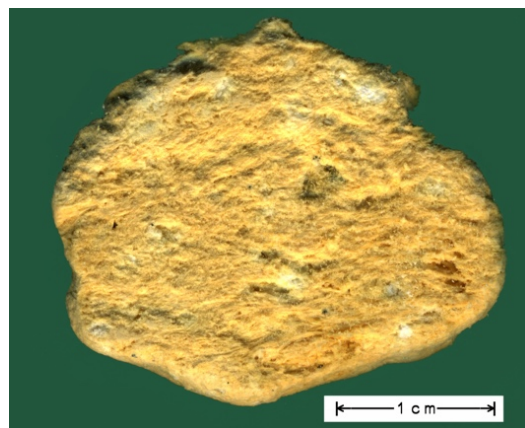


写真3 軽石の断面

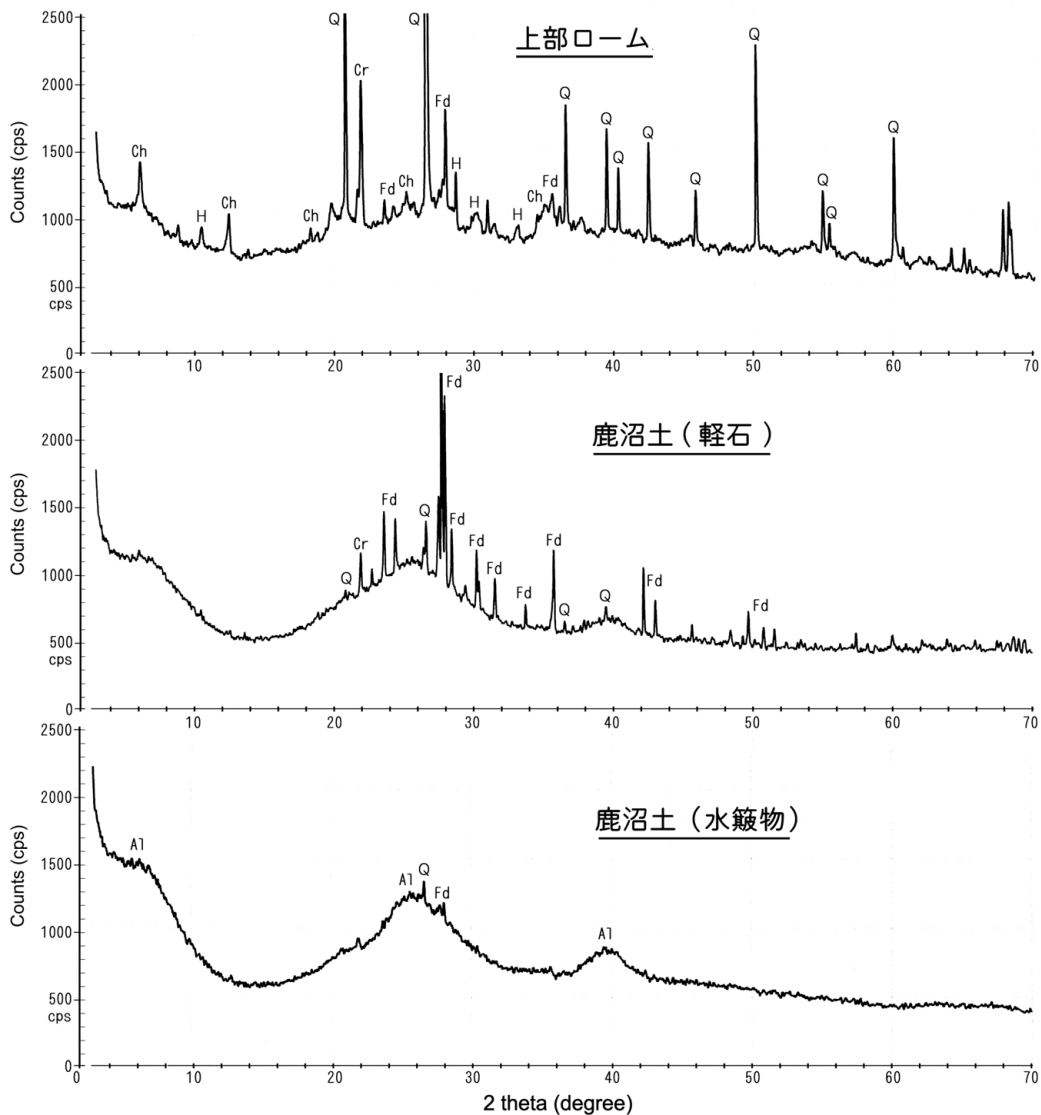
(1) X線回折試験

X線回折試験とは、粉末試料にX線を照射した時に得られる回折パターン上のピークの位置や強度から鉱物を同定したり、結晶の原子配列の規則性を観察したりする手法です。試料の回折パターンを第1図に示します。

ロームでは、やや高いベースラインと石英や長石、クリストバライト、緑泥石などのピークが認められます。鹿沼土では、ベースラインがより高くなり、長石や石英、クリストバライトなどのピークが認められますがそれらの強度は低くなっています。鹿沼土の水簸物のX線回折パターンでは、6°、26°、40°付近にブロードなピークがあり、ほんの小さな石英や長石のピークが認められました。このブロードなピークがアロフェンのピークの様です。月村(1995)を参考に推定した非晶質物質(アロフェン、火山ガラス、水酸化鉄など)のおおよその割合は、ローム層で70%、鹿沼土で90%、鹿沼土の水簸物はほぼ100%となります。

(2) 熱分析試験

この試験は、粉末試料を常温から高温(1,000℃以上)



第1図 ロームと鹿沼土のX線回折パターン

測定条件：機種：リガク Smart Lab，電流・電圧：40 kV, 200 mA，X線：CuK α ，スキャンスピード：10°/分，スキャンステップ：0.02°，
 検出器：高速1次元検出器，入射スリット：2.209 mm，受光スリット1：8.000 mm，受光スリット2：13.000 mm
 鉱物名 Al: アロフェン，Q: 石英，Fd: 長石，Cr: クリソパライト，Ch: 緑泥石，H: ハロイサイト。

まで加熱し、鉱物が分解して水や炭酸ガスなどが逸散する温度や物質の量を観測し、物質の状態を知ろうという試験です。石英や長石などの鉱物は、加熱しても大きな変化を起こしませんので、アロフェンの情報が得られるはずですが、結果を第2図に示します。

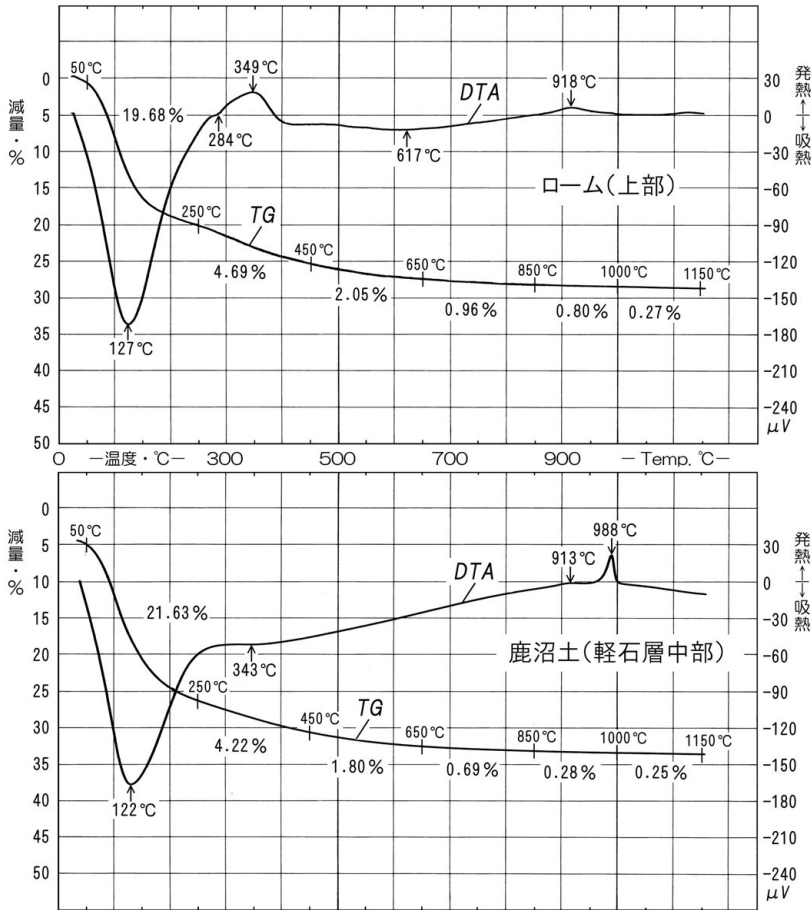
ロームでは127℃付近に吸熱反応が、350℃付近には発熱反応が見られます。前者はハロイサイトの脱水に伴うもので、脱水は800℃付近まで続いているようで、その量は、29%弱となっています。後者はロームに含まれる炭質物が燃焼したことを示しているようです。鹿沼土では122℃に吸熱反応が、988℃に発熱反応が見られます。前者に伴う脱水は、やはり800℃付近まで続き、そ

の量は29%弱と、ロームと同様な値を示しています。後者は、アルミナの相変化に起因するものとされています(Mackenzie, 1970)。

2つの試験結果から、見えてきたのは、「非晶質の含水珪酸アルミニウム」、「火山灰や軽石のガラス質部が、風化作用を受けて粘土鉱物に変わり始めた姿」のようです。

(3) 電子顕微鏡観察

鹿沼土の粒子を、走査型電子顕微鏡で観察してみます。鹿沼土は元々赤城火山からの噴出物(軽石)ですので、高温のマグマの破片が空中で発泡したり引きちぎられたりして、一般にスポンジのような形をしています(写真4A)。



第2図 ロームと鹿沼土の熱分析パターン
機種：リガク Thermo plus EVO2 試料重量：50 mg, 昇温速度：20°C/分. DTA：示差熱曲線, TG：熱重量曲線.

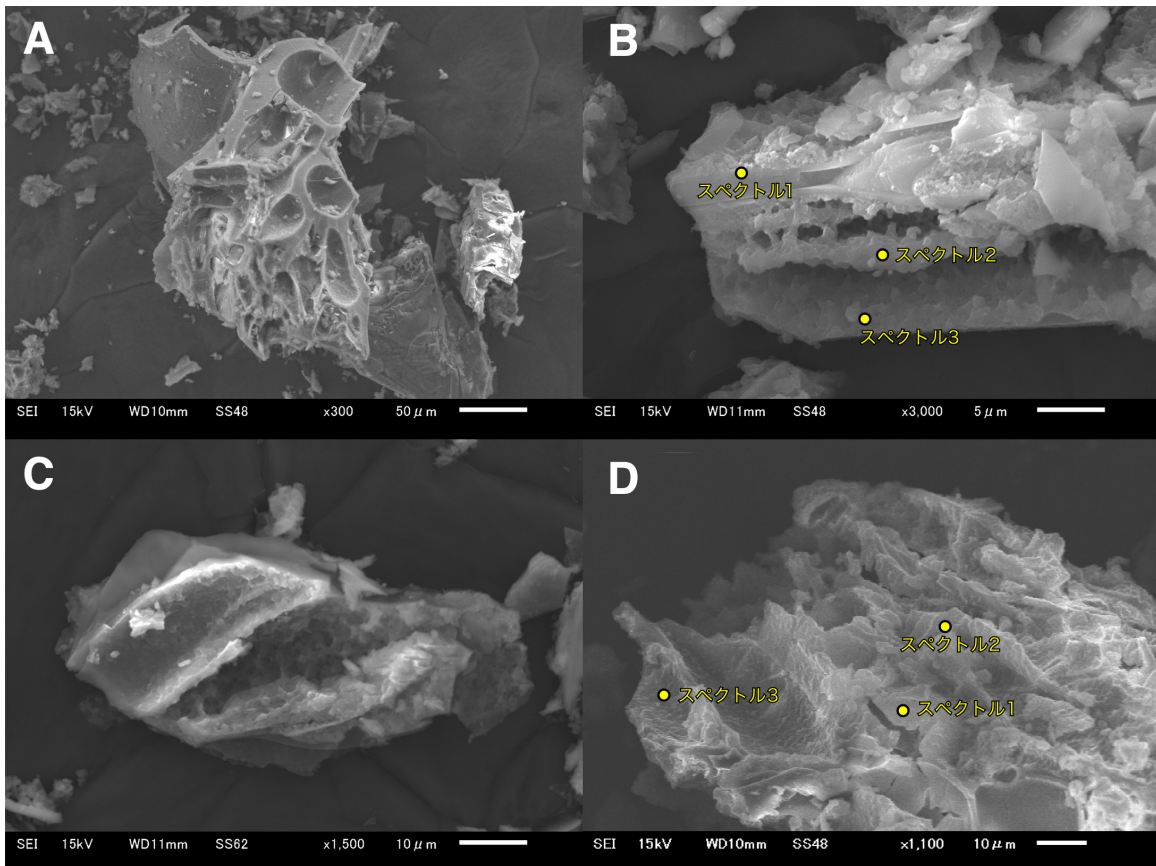


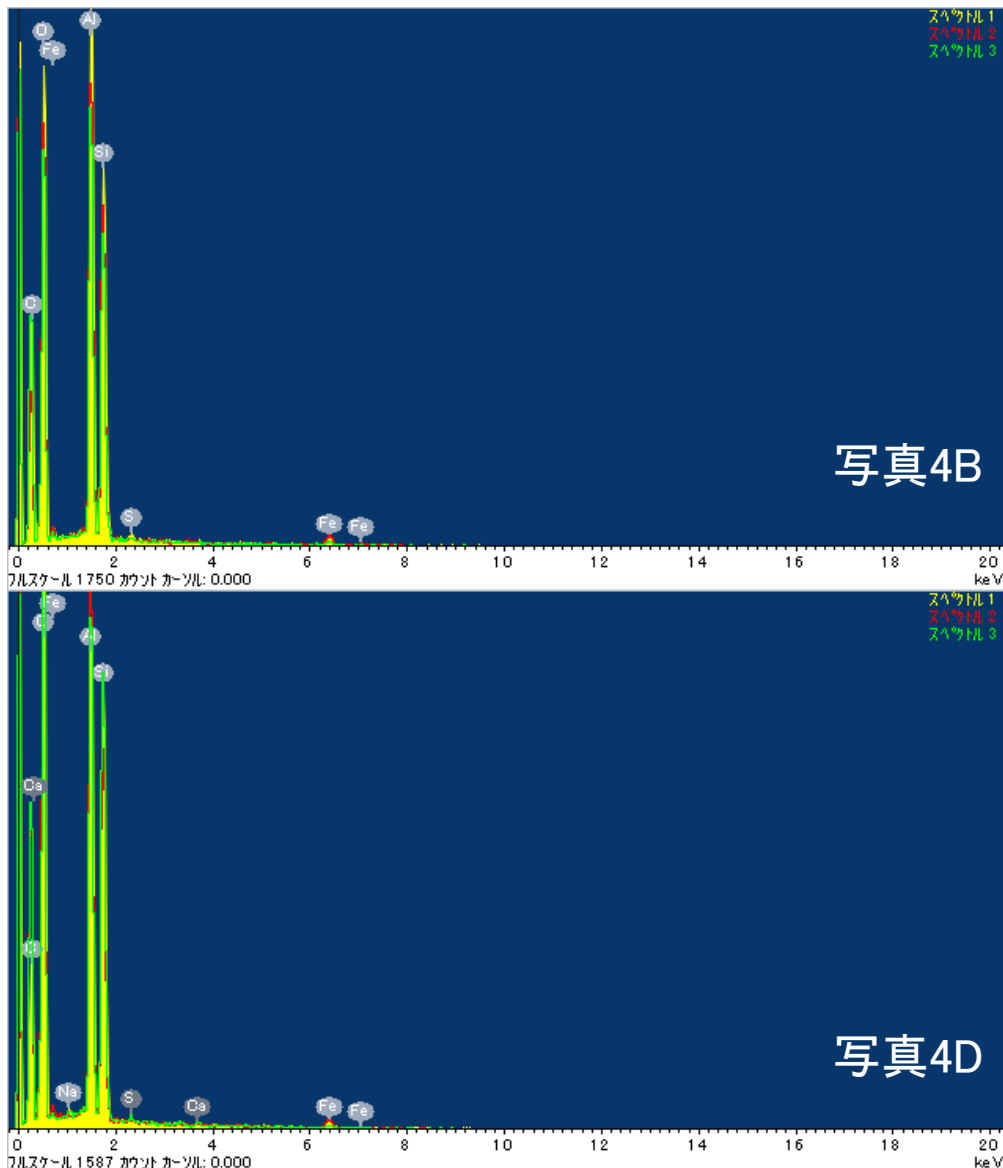
写真4 走査型電子顕微鏡による鹿沼土の二次電子線像。
機種：JEOL JSM-6610LV 加速電圧・電流 15 kV, 10 nA

これらは、マグマが急冷固化した火山ガラスですので、普通、滑らかな表面をしています。ところが、粒子の表面を1,000倍以上に拡大してみますと、表面に1 μm 以下のザラザラした突起やゴツゴツした塊が沢山できているのが観察されます(写真4B, C, D)。写真4B, 4Dの丸印部分を、エネルギー分散型X線分光法で定性分析してみますと、Al, Siと酸素を主成分とし少量のFe, Ca, Na, Sを含む、おおよそアロフェンと一致する化学組成を示します(第3図)。個々のアロフェン粒子は、小さすぎて走査型電子顕微鏡で直接観察することはできませんが、径0.2~0.5 μm 程度の集合体を作りやすいことから(例えば、Wada, 1967)、これら微小な突起や塊は主にアロフェンでできていると推測されます。このような、人間の腸にも似た凹凸

の表面組織が、鹿沼土の比表面積を大きく増やし、アロフェン自体の性質も相まって、吸着能の向上に貢献しているのは間違いなさそうです。

4. おわりに

今回は、鹿沼土を詳しく観察し、地中での風化作用により火山ガラス(軽石)がアロフェン化していく様子を垣間見ることができました。鹿沼土は、赤城火山からの距離や鹿沼市周辺の地形、噴出した軽石の量と性質、3万年という堆積時間と適度な地下水環境による風化作用など、いくつもの天然条件が重なって形成された貴重な資源です。鹿沼土が、その独特な特性を生かし、園芸用途のみならず



第3図 エネルギー分散型X線分光法による鹿沼土表面の定性分析結果
機種：Oxford Instruments X-Max 50 mm², INCA Energy

吸着材として化学工業、環境保全用途などに幅広く利用されることを期待しています。

なお、本報を執筆するにあたり、(株)大張の皆様には試料を快く提供していただきました。宮腰久美子氏には、各種分析に際して技術的な支援をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

文 献

地学団体研究会編(1996) 新版地学事典. 平凡社, 1443p.

菅野一郎(1959) 日本火山灰土及び軽石類の粘土鉱物.

粘土科学の進歩(1), 第1回粘土科学討論会報告集(粘土研究会編), 213-233, 技報堂.

Mackenzie, R. C. (1970) Simple phyllosilicates based

on gibbsite and brucite-like sheets. In Mackenzie, R. C. ed., *Differential Thermal Analysis, volume 1 Fundamental aspects*, Academic Press, London, 491-537.

徐 維那・須藤定久・高木哲一(2019) 鹿沼土の話① - 採掘から製品まで. GSJ地質ニュース, **8**, 301-307.

月村勝宏(1995) 非晶質からのX線散乱. 地質ニュース, no.496, 10-25.

Wada, K. (1967) A structural scheme of soil allophane. *American Mineralogist*, **52**, 690-708.

JIGE Mayumi, SEO Yuna, SUDO Sadahisa and TAKAGI Tetsuichi (2020) Kanuma soil, its mineralogical properties.

(受付: 2020年4月22日)