

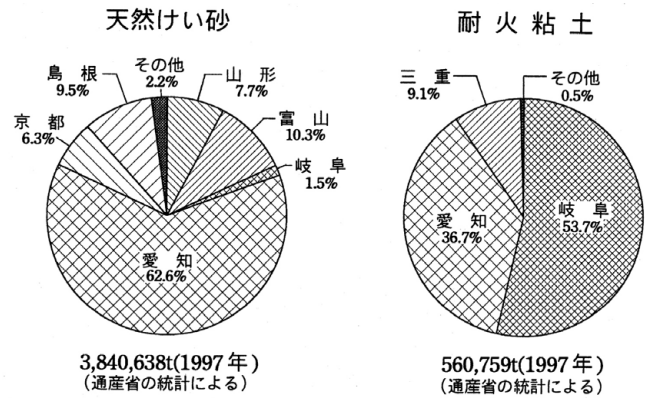
愛知県瀬戸地区の窯業原料資源の成因に関する考察 —その1・その多様性を考える—

須藤 定久¹⁾・宮腰 久美子²⁾・高木 哲一³⁾

1. 瀬戸地区の窯業原料形成の背景

愛知県瀬戸市周辺(以下、瀬戸地区)から岐阜県東部(多治見市、土岐市、瑞浪市、恵那市にわたる範囲、以下、東濃地方)にかけての地質概要と両県の産出鉱物の関係については、以前解説したことがありますが(須藤・内藤, 2000a, b), 簡単におさらいをしたいと思います(第1図)。

東濃地方の窯業原料を堆積した盆地の周囲の地質は、中古生界や新第三系が多く、花崗岩類はごく一部です。このような地質を反映して、周囲から集積された微細な粘土や木片などが静かな水域に堆積して形成された「木節粘土」などの粘土が多く産出し、珪砂の産出はごく少量です。一方、愛知県側では盆地の周辺部はほとんど花崗岩類からなっており、花崗岩から供給される石英や長石類から形成された珪砂・粘土が多く産出しました(第2図)。ただし、



第2図 天然珪砂と耐火粘土の県別産出量

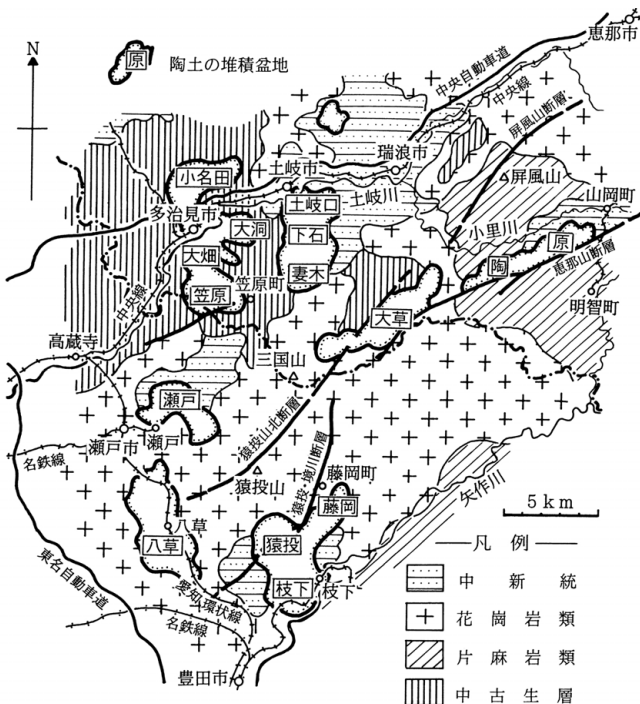
岐阜県側でも愛知県に近い土岐市大草地区、瑞浪市陶地区、恵那市山岡町原地区では周囲に花崗岩や片麻岩が分布し、愛知県側と同様、珪砂と粘土の両方を産出していました。

2. 瀬戸地区の窯業原料の多様性

瀬戸地区には様々な窯業原料資源があり、それぞれが有効活用されてきました。例えば、珪質資源としては珪砂が、粘土質資源としては木節粘土や蛙目粘土・白土等があり、珪砂と粘土が混じったシラワキもあります。これらはいずれも堆積成鉱床と考えられています(例えば、種村, 1964)。

珪砂: 石英粒が卓越するやや厚い地層として産出し、洗浄・篩い分けして利用されています。瀬戸地区の珪砂はシリカの外にカリやソーダ分を適度に含み使い勝手が良いことから、瓶ガラスの原料として重用されています。

木節粘土: 薄い地層として産出し、粘土中に木片が混じって産出するので木節粘土と呼ばれ、浅い水域～湿地のような環境で堆積したものと考えられています(第3図上)。採掘後、洗浄され木片が除去されます。次に水簸により、微砂(微粒な砂分)が除去されて可塑性の高い木節粘土に精製され、複雑な陶磁器や芸術作品を造るのに必須の原料として珍重されています。



第1図 愛知県北部～岐阜県東部の基盤岩と堆積盆地

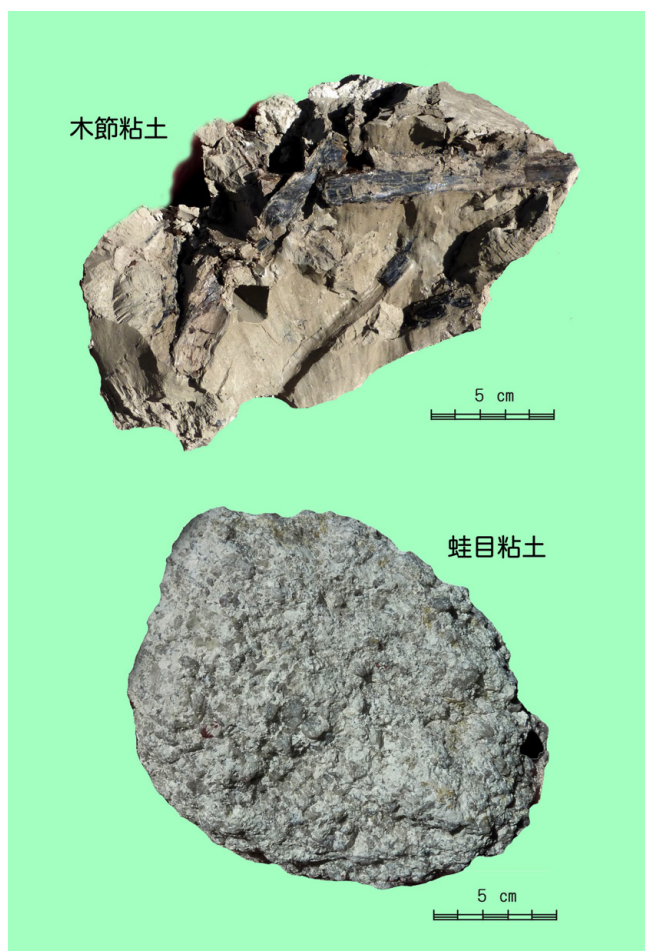
1) 産総研 地質調査総合センター元職員
2) 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門
3) 産総研 地質調査総合センター連携推進室

キーワード: 蛙目粘土, 木節粘土, 珪砂, 白土, 瀬戸, 東濃, 窯業原料, 耐火粘土

白土：カオリン質粘土のみがやや厚い層をなして産出するもので、水簸により微砂を除去した後、使いやすい陶磁器用粘土として利用されています。

蛙目粘土：粘土の中に粗い石英粒が点在して産出するもので、これが雨に濡れると、粘土から突き出た丸い石英粒が、まるで蛙の目玉のように見えることから蛙目粘土と呼ばれています(第3図下)。蛙目粘土は採掘後、水簸されて泥水と石英粒に分けられます。泥水から回収されたカオリン質粘土は狭義の蛙目粘土に、石英粒は蛙目珪砂になります。蛙目粘土は、適度な可塑性を有することから、食器などの大量生産に欠くことのできない原料となっています。一方、蛙目珪砂は不純物が少ないことから高級ガラスに使われることが多く、例えば山岡町原地区の蛙目珪砂はかつてブラウン管など電気ガラスの原料として重用されていました。

筆者の一人須藤は以前、蛙目粘土などの形成プロセスについて考察し、「堆積成鉱床ではなく、続成鉱床と考えるべきではないか」との考えを示したことがあります(須藤, 2017)。本報ではこの問題について議論したいと思います。



第3図 典型的な木節粘土，蛙目粘土試料(共に岐阜県産)の写真

3. 蛙目粘土は本当に堆積成鉱床なのか？

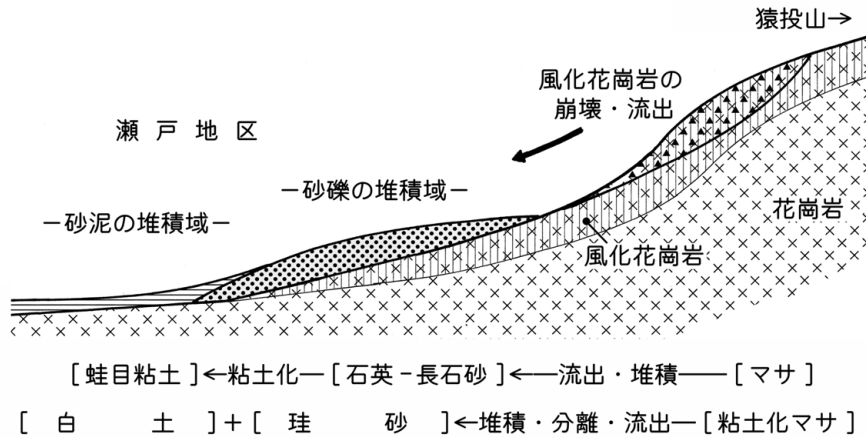
瀬戸地区に産する珪砂や粘土類は、その性状や粒度から、いずれも花崗岩に由来する原物質から形成されたと考えてよさそうです。猿投山^{さなび}から三国山へ延びる山塊を造る花崗岩から、石英や長石類が供給されたに違いありません。石英や長石から、珪砂・蛙目粘土・白土といった多様な資源が形成されるのは何故なのでしょう。

まず蛙目粘土の形成過程を中心に考えてみます。粘土と石英粒をコップの水に入れてかき混ぜれば、たちまち石英砂と泥水に分離してしまいます。蛙目粘土のように不淘汰な石英粒と粘土を均質に堆積させるにはどんな状況を考えてよいのでしょうか。不淘汰な堆積物の成因としては、乱泥流が考えられます。しかし、蛙目粘土の地層は、一般に整然とした産状を示し、乱泥流を想定するには無理があります。石英粒と粘土を均質に静々と堆積させることは、筆者らにはうまく説明できません。蛙目粘土は古くから堆積成鉱床とされ、筆者らもそれに疑いすら抱いていませんでした。しかし、より合理的な説明ができる成因はないのでしょうか。以下、まず各資源の成因について考え、それらの相互関係についても考え直してみます。

4. 花崗岩の風化を考える

花崗岩の風化についてまず考えてみます。花崗岩の風化には、物理的風化と化学的風化が知られています。花崗岩が物理的風化を受けると、温度や圧力の変化により、かみ合っていた結晶がばらばらになり、砂状の「真砂土・まさ」となります。一方、長石類や雲母などが、酸性の雨水や地下水などの影響を受け、徐々に粘土鉱物へと変化する化学的風化も重要です。

まず猿投山を中心とする花崗岩の表面で、物理的風化が進んでいた場合、大雨により、真砂が西方に流出することになります。流れ下る過程で比重の大きい雲母や鉄鉱物は分離し、物性が近い石英と長石類が混ざって流下し、山麓に砂層を形成すると予想されます(第4図)。一方、化学的風化が進んでいた場合には、石英粒を多量に含む泥水となって流下し、山麓に石英砂が、そしてより低位置に粘土が堆積すると予想されます。この場合、山麓に形成された石英砂は珪砂であり、低位置に堆積した粘土層は白土ということになります。



第4図 風化花崗岩の流出・堆積のイメージ

5. 蛙目粘土の成因を考える

石英と長石類が堆積してできた砂層は、現在どうなっているのでしょうか。窯業原料の中に石英・長石質の砂の記載は見当たりません。おそらくほとんど存在していないでしょう。一方、石英が多量に含まれる点では蛙目粘土が思い浮かびます。もし、堆積後に化学的風化が進み、長石類がカオリン質粘土に変わり、粘土中に石英粒が点在する蛙目粘土に変化したとすればどうでしょうか。石英・長石質の砂の行方がうまく説明できますし、石英と粘土が均質に堆積した問題も合理的に解決できます。

長石類の粘土化の程度は様々であり、その度合いにより、「粘土(白土)」と「石英+粘土化しなかった長石」に分離することもあるはずで、例えば、瀬戸市珪鉬山産の珪砂を水洗した場合、珪砂分(径0.15 mm以上)が約85%、残りの15%は微砂や粘土でした。同鉬山の別の珪砂では珪砂分(径0.15 mm以上)が54%、残りの46%が微砂～泥分でした。いずれも、珪砂分中に点々と白色の不規則形の長石片(ほとんどカリ長石)が見られました。原岩である猿投山の花崗岩は、石英、斜長石、カリ長石をほぼ1:1:1で含みますので、この産状は、珪砂に元々混ざっていた斜長石のほぼ全て、カリ長石も大半が、続成作用により粘土化したことを示しています。

珪砂に微砂～粘土分が多量に混ざっている場合、微砂～粘土分が緻密な状態であれば蛙目粘土、乾燥してサラサラした砂状であれば粘土混じり珪砂と呼ばれ、両者は本質的に同じものと言えます。一般に瀬戸地区では、蛙目粘土は中～東部に見られ、西部ではほとんど見られません。この違いは、中～東部と西部では堆積後の環境が異なっていた、すなわち、前者は滞水域で粘土化したのに対し、後者

は比較的乾燥した地表条件下で、地下水により粘土化したといった差があったとすれば説明が可能です。

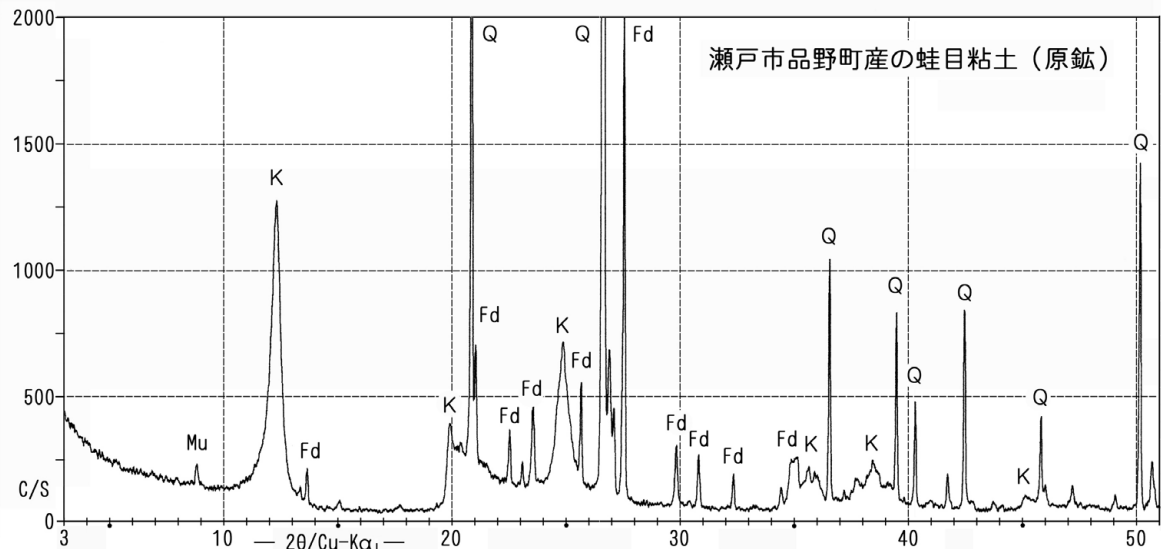
花崗岩の風化殻がそのまま残存しているものは、カオリンと石英からなる「さば」(呈色により「青さば」「黄さば」「白さば」などと呼ばれます)となり、これも蛙目粘土と似た外観を示す可能性があります(例えば、Jige *et al.*, 2018)。最近、「青さば」を研究する中で、やや詳しく露頭を観察する機会を得ましたが、すべての場合で、「さば」には花崗岩の組織が残存していました。これらの詳細については、別報で報告します。

6. 蛙目粘土の特徴を調べる

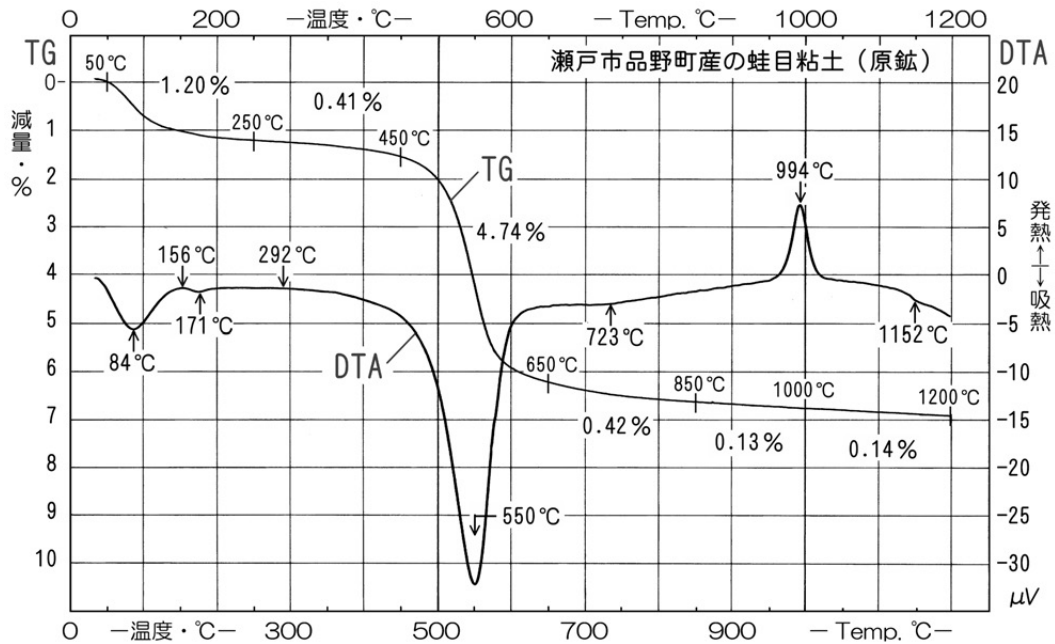
産業技術総合研究所中部センター・瀬戸分室(現在は閉鎖)に保管されていた試料に、典型的な木節粘土や白土・蛙目粘土がありましたので、これについてのX線回折試験や示差熱-重量分析を行い、鉱物学的特徴を調べてみました。

X線回折試験: X線回折パターン(第5図)は、蛙目粘土が石英と比較的結晶度の良いカオリナイトを主体とし、少量の長石類・雲母を含むことを示しています。この結果は、続成作用による長石類のカオリン化が進行中であったと解釈することができます。

示差熱-重量分析: 示差熱-重量分析パターンから、蛙目粘土は、カオリンの含有量が50%前後で、一部にハロイサイトが混じる低温型のカオリナイトであると推定されます(第6図)。長石類が堆積後に続成作用によってカオリン鉱物に変化するとすれば、一般にハロイサイトを経て、カオリナイトへと変化するのが普通です(例えば、清水, 1972)。この試験結果は、カオリンが長石類から続成作用により生成されたという考えに調和的です。



第5図 瀬戸市品野町産の蛙目粘土のX線回折パターン
 鉱物名略号はQ:石英, K:カオリン, Fd:長石, Mu:白雲母



第6図 瀬戸市品野町産蛙目粘土(原鉱)の示差熱-重量分析パターン
 試料重量 50 mg, 昇温速度 20°C/分. TG: Thermalgravimetry (熱重量分析), DTA: Differential Thermal Analysis (示差熱分析)

7. 今後の課題

本報では、瀬戸地区～東濃地方に見られる様々な窯業原料について見直し、その成因について花崗岩の風化、花崗岩風化物の流出・堆積の観点から考えてみました。そして、蛙目粘土については、堆積成鉱床ではなく、続成鉱床であると推論しました。

最近、蛙目粘土に関する詳細な研究が少しずつ行われるようになってきました(例えば、葉田野ほか, 2021; Takagi

et al., 2021)。今後、珪砂・粘土鉱床の後背地や供給経路、続成作用における粘土鉱物の変化プロセスなど、多く課題が解明されることを期待します。

謝辞: 本研究を進めるにあたり、愛知県陶磁器工業協同組合、愛知県珪砂鉱業協同組合、岐阜県窯業原料協同組合、合資会社丸藤鉱山の皆様には大変お世話になりました。ここに深く御礼申し上げます。

文 献

- 葉田野 希・吉田孝紀・笹尾英嗣 (2021) 中新統～更新統瀬戸層群の陸成層と陶土. 地質学雑誌, **127**, 345-362.
- Jige, M., Takagi, T., Takahashi, Y., Kurisu, M., Tsunazawa, Y., Morimoto, K., Hoshino, M. and Tsukimura, K. (2018) Fe-kaolinite in granite saprolite beneath sedimentary kaolin deposits: A mode of Fe substitution for Al in kaolinite. *American Mineralogist*, **103**, 1126-1135.
- 清水 洋 (1972) 風化および続成過程におけるカオリン鉱物の変化. 粘土科学, **12**, 63-73.
- 須藤定久 (2017) 瀬戸の土, 美濃の土, あれこれ. 東洋陶磁学会第 45 回大会研究発表要旨, 2p.
- 須藤定久・内藤一樹 (2000a) 瀬戸市周辺の陶磁器と窯業原料資源. 地質ニュース, no. 552, 30-41.
- 須藤定久・内藤一樹 (2000b) 東濃の陶磁器産業と原料資源. 地質ニュース, no. 553, 33-41.
- Takagi, T., Shin, K. -C., Jige, M., Hoshino, M. and Tsukimura, K. (2021) Microbial nitrification and acidification of lacustrine sediments deduced from the nature of a sedimentary kaolin deposit in central Japan. *Scientific Reports*, **11**, 3471.
- 種村光郎 (1964) 愛知県瀬戸地域の粘土および珪砂鋳床の地質学的鉱物学的研究. 地質調査所報告, no. 203, 42p.
-
- SUDO Sadahisa, MIYAKOSHI Kumiko and TAKAGI Tetsuichi (2023) Discussion on the genesis of kaolin deposits in the Seto district, Aichi Prefecture -Part 1, Considering its variety-.
-

(受付：2023 年 1 月 6 日)