別刷り

Shigeki Mayama (2012) Algae for industrial materials. 4. Diatomite for industrial material. p.759-763. ***In*** Watanabe, M. M. et al. (eds) ***Handbook of Algae -Their Diversity and Utilization***. NTS Inc., Tokyo.

珪藻土

東京学芸大学　　真山　茂樹

「藻類ハンドブック」(2012年7月24日　株式会社エヌ・ティー・エス 刊)

第 4 節　工業材料としての珪藻土

珪藻土

1 はじめに

珪藻の細胞壁は、非晶質の水和した二酸化珪素（$SiO_2 \cdot nH_2O$、しばしばシリカ、水和珪酸とも呼ぶ）でできている。この「殻」には、珪藻細胞がシリカミネラリゼーションの際に利用したポリペプチド[1]と長鎖ポリアミン[2]も含有されるが、その量はごく微量であり、殻の成分のほとんどは化学的に安定な無機物質である。珪藻細胞のうち有機物質の部分は、死後、分解されるが、無機物質の殻は溶解しない限り水底に堆積する。今日、地球上で珪藻が担う光合成量は、全体の 20～25% と推定されている[3][4]ことからもわかるように、珪藻の生物量は膨大である。したがって、海底や湖沼に堆積する珪藻遺骸の量も膨大である。そして、これが永い年月をかけて殻の集合層を形成したものを珪藻土（diatomite）と呼んでいる。珪藻土は多孔質体である珪藻殻を大量かつ安価に提供できるため、今日、さまざまな産業分野で使用されている。

2 日本の鉱床

海底および湖底で形成された珪藻土は、それぞれ地殻変動による隆起と湖水位の低下により今日の珪藻土鉱床を形成した。日本における海成珪藻土は、約 1,000 万年前に生じたもので、北海道から秋田、能登、隠岐島へかけて日本海側に分布している。また、各地に存在する湖成珪藻土のほとんどは、火山の噴火により生じた堰止め湖に発生した珪藻が堆積したもので、約 15 万年～30 万年前の比較的新しい鉱床である（**図 1**）。これらの鉱床のうち、工業的に大規模採掘を行っているのは鷹巣（秋田県 綴子（つづれこ））、八束（やつか）（岡山県蒜山（ひるぜん））、九重・庄内（大分県）である。いずれも、表土を除去した後、露天掘りで採掘している（**図 2**）。採掘直後の珪藻土は 50～80% の水分を含むため、工場で熱風乾燥し、さらにロータリーキルンを使用して 1,000～1,100℃ で焼成し、純度の高いさらさらの粉末状態で製品出荷する[5]。また、焼成時に融剤を加えて珪藻殻を部分的に融かすことにより、性質を変化させた製品も生産している。稚内で産出する珪藻土は変成作用により岩石化したもので珪藻頁岩と呼ばれている。細孔容積が大きいことが特徴で吸湿性が高い。能登半島でも古くから珪藻土の採掘は行われているが、ここで産出する珪藻土は含有する粘土成分が多いため、練り製七輪に多用されるものの、後述する工業材料にはあまり用いられていない。

3 世界の鉱床と生産量

珪藻土が鉱床として初めて発見されたのは 1836 年もしくは 37 年、ドイツのルネブルガー・ハイデであった。ここの珪藻土は、第一次世界大戦の頃までは世界の需要の大半をまかなっていたが、現在、鉱山は廃鉱となっている。今日、最大の珪藻土産出国である米国で、最初に珪藻土鉱床がニューヨーク州のウエストポイントで発見されたのは 1839 年であるから、珪藻土の産業としての歴史はそれほど深いものではない[6]。

珪藻土は世界の各地に存在し、量を問わなければ 5 大陸すべてで生産されている。珪藻土は古いものでは中生代白亜紀からのものがあるが、年代が古すぎると多孔質構造が崩壊するため製品としての質が悪くなる。また、東南アジア、南米、オーストラリアなどでは稼働していない鉱床も多いため、稼働中の鉱床は地域的に偏在している（**図 3**）。

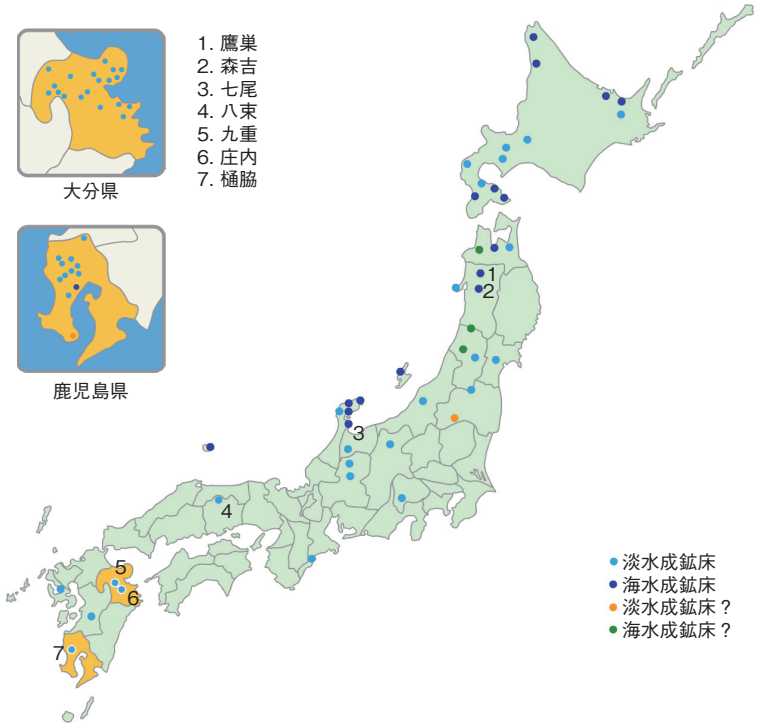

図 1　日本の珪藻土鉱床

図 2　八束（岡山県）にある珪藻土鉱山

世界における珪藻土の年間総生産量は 220 万 t であり[7]、その半分強を米国と中国で占めている（**図 4**）。カリフォルニアのロンポックにある鉱床は世界最大であり（**図 5**）、最も厚い部分では 200 m を超す。中国の臨江地区の鉱床では坑道堀が行われている。今日、ヨーロッパで生産量が多いのはデンマークである。日本の生産量は年間 11 万 5,000 t であり、これは国内需要の 90% 以上をまかなえる量である。

4 用途

古代ギリシャでは水に浮く軽量レンガとして使用された珪藻土であるが、その後も、壁材やレンガ、研磨材として利用されていた。工業的に大量に利用されるようになったのは、1866 年のノーベルによるダイナマイトの発明以降となる。彼は爆発力の強いニトログリセリンを珪藻土粉末にしみ込ませることで爆薬の固

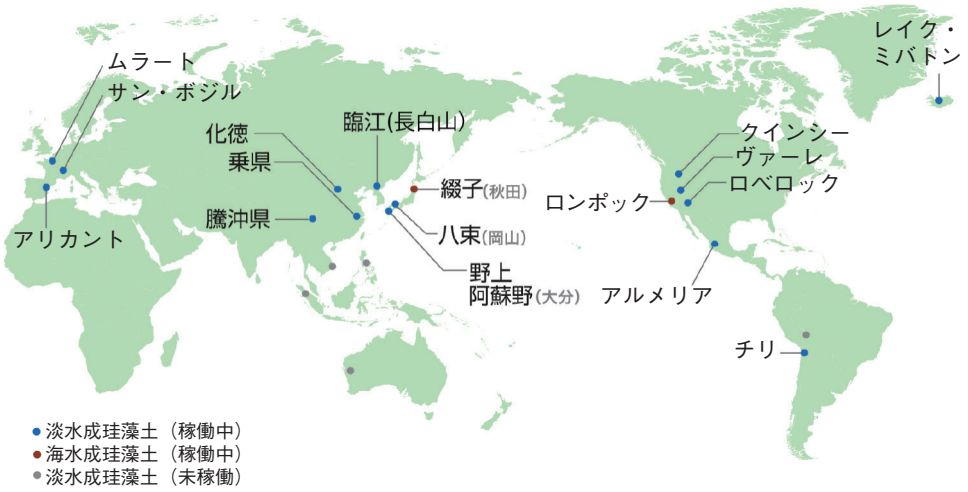

図 3　世界の珪藻土鉱山

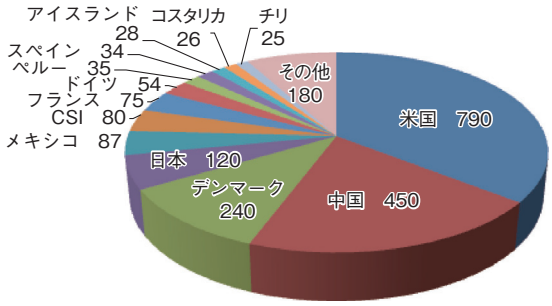

図 4　国別年間珪藻土生産量(2010 年、単位：千 t)

図 5　ロンポックの珪藻土鉱山

形化に成功したのであった。

4.1　濾過助剤

今日、珪藻土は濾過助剤としての用途が最も多い。濁度の高い懸濁液を濾過し、清澄な濾液を得る場合、スクリーンの上に珪藻土の層を形成してから原液を通すと、効率良く濾過ができる。珪藻土の層がないと、スクリーンがすぐ目詰まりするが、珪藻土層があると、珪藻土表面を残渣ごと削り落とすことができるので、スクリーンを洗浄せずに連続的な濾過が可能となる。また、ボディーフィードといって、原液中に珪藻土を少量混ぜて濾過を行うと、珪藻土層の表面には、懸濁固形分と助剤とが混在した、空隙率が高く濾過抵抗の少ない状況が常に生じるため、いっそう効率の良い濾過ができる[5]。

濾過助剤はビール、清酒、醤油、砂糖、ジュース、清涼飲料水、化学調味料、食油、ワインなどの製造で食品工業ではなくてはならないものとなっている。また、珪藻土は不活性であるため、メッキ液、潤滑油、アルギン酸、酵素、抗生物質の製造で使われるほか、クリーニング液、工業排水、水泳プール、温泉、浴場水の濾過でも使用される。

また、ゴミ焼却場では、焼却後の煙から有害成分を除去するため、珪藻土を使用した気体を濾過する集塵機が利用されている。

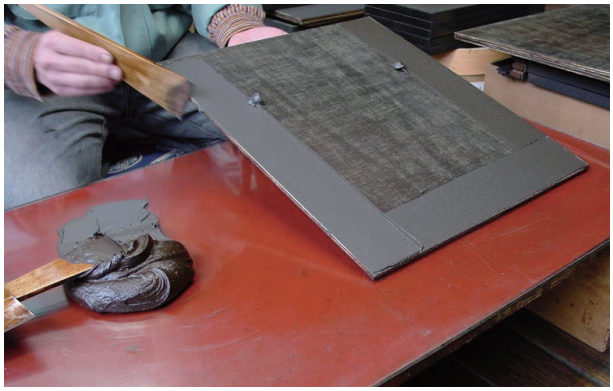

図 6　輪島塗では、地の粉と呼ばれる珪藻土を膠（にかわ）で練ったものを下塗りに使用する

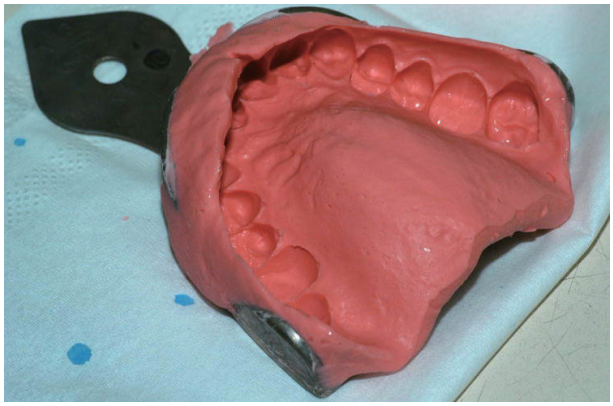

図 7　珪藻土を用いた歯科印象剤
乾燥後も縮まないため正確な歯型が得られる。

4.2　フィラー

充填剤、増量剤とも呼ばれるが、実際は珪藻土を添加することで加えられた物質の性質や機能が変化するため、これらの呼称はふさわしくない。塗料に加えると、つや消し効果が出るほか、塗装の厚みが付けやすくなる。また、下塗り塗料に加えた場合、上塗りの塗料が噛みつきやすくなるため、強固な塗装ができる。伝統工芸の輪島塗漆器が丈夫なのは、地塗りに能登の珪藻土を使用しているためである（**図 6**）。

シリコーンゴムや合成ゴムにも補強剤、硬度調整剤として珪藻土フィラーが使われているほか、紙に配合し、風合いやインクの吸湿性を調整するためにも使われている。また、歯科治療では歯型を取るための印象剤として、珪藻土とアルギン酸を配合したものが使用されている（**図 7**）。

4.3　担体

珪藻土はさまざまな触媒や活性成分を表面に固定させることで、その機能を効果的に発現する担体として用いられている。水素化プロセスで使用されるニッケル珪藻土触媒、硫酸製造で使用される酸化バナジウムを担持した触媒、ガスクロマトグラフで使用されるシリルカ剤で不活性化処理した担体などが知られている[5]。また、農薬では薬効成分を珪藻土に担持させることで、凝集化しにくく、かつ流動性、分散性の優れた製品を作ることができる。また、珪藻土は表面粗度が大きいため微生物の付着が容易であるため、発酵などの微生物反応系では有用な担体となる。酸化チタンなどの光触媒を珪藻土多孔質体に固定化すれば、触媒を効率的に利用し、分離回収を容易に行うことができる[8]。酸化チタン光触媒担体を漉（す）き混んだ障子紙は空

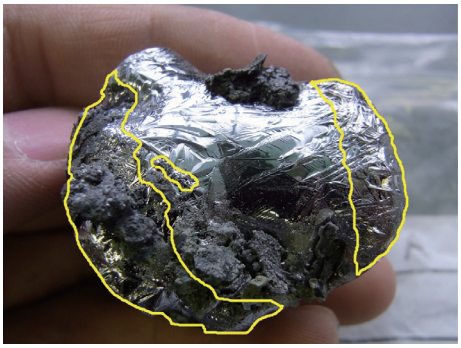

図 8　使用済み珪藻土濾過助剤から作られた金属シリコン（中央部が高純度部分）

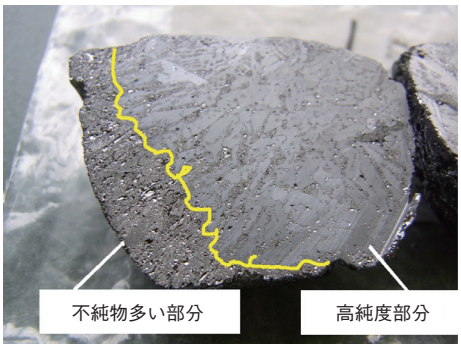

図 9　使用済み珪藻土濾過助剤から作られた金属シリコンの断面

気清浄と脱臭に対し効果がある。

4.4　保温材・建材

耐火・断熱・遮音に優れた軽量ボードが作られている。断熱レンガは工業窯炉の材料として使用されている。また、この性質を利用しているのが、家庭などで使用する七輪コンロである。近年では調湿性、消臭性のある壁材としても広く知られるようになった。

4.5　吸収剤、土壌改良材、研磨剤など

海外では化学物質を運搬する際など、漏れによる周囲汚染を防止するため、吸収剤として珪藻土の用途が多い。また、珪藻土は多孔質構造が適度な空間を与えるため土壌改良材としても用いられている。そのほか、研磨剤としての利用、節足動物の防虫剤（少量の蜜などと混ぜた粉末を散布する）としての利用などが知られている。

5 新用途への可能性

近年、食品工業で濾過助剤として使用された珪藻土から純度 99% 以上の金属シリコンを生産する方法が考案されている[9]。今日、半導体の原料となる金属シリコンは、中国から材料となる珪石を輸入し、コークスと混ぜ炉内で生産しているが、これを使用済みの残渣が付いた状態の珪藻土と、もみ殻を混ぜて炉内で生産するのである（**図 8、9**）。従来、使用済み珪素土は産業廃棄物になる場合が多かったが、この方法によりリサイクルできる。また、生産コストも安いため、今後の技術的発展が期待される。

また、中性子など放射線遮蔽のためにも珪藻土は優良な材料となる。化石燃料に代わるエネルギー源として、核燃料は絶えず引き合いに出されるものであるが、同時に、事故が起きた場合の放射線被害も深刻な問題である。珪藻土に水を含ませることで効果的な放射線遮蔽が可能である[10]。

〈真山　茂樹〉

【引用・参考文献】

1）N. Kröger, R. Deutzmann and M. Sumper : *Science*, **286**, 1129 (1999).　2）N. Kröger, S. Lorenz, E. Brunner and M. Sumper : *Science*, **298**, 584 (2002).　3）E. V. Armbrust, J. A. Berges, C. Bowler, B. R. Green, D. Martinez et al. : *Science*, **306**, 79 (2004).　4）D. G. Mann : *Phycologia*, **38**, 437(1999).　5）神笠諭：粉体工学会誌, **39**, 114 (2002).　6）T. P. Dolley : Diatomite, in Minerals yearbook 2000, pp. 25. 1–25. 4, U. S. Geological Survey (2000).　7）R. D. Crangle Jr. : Diatomite, in Mineral commodity summeries 2010, pp. 52–53, U. S. Geological Survey(2010).　8）神笠諭：化学装置，**41**(7)，83 (1999).　9）国立大学法人秋田大学（出願人），村上英樹（発明者）：微細炭化珪素、微細窒化珪素、金属シリコン、塩化珪素の製造方法特許公開 2010–155761(2010).　10）村上英樹：原子力，**51**(10)，64 (2005).