

■ シリーズ特集 ■

明日を支える資源 (29)

珪藻土の現状と将来

Present Status and Prospect of Diatom Earth

高 世 晃*

Akira Takase

はじめに

珪藻土は、珪藻とよばれる植物性プランクトンの遺骸が長い年月にわたって海底または湖底に沈積し、そのもつ有機物が分解消失し、珪酸を主体とした微細な殻が集積して地層を形成した一種の化石堆積物である。

珪藻土は、その多孔質構造など独特の性質によって古くから利用され、今日いよいよその用途が拡大多様化しつつある。古くはギリシャ・ローマ時代にコンスタンチノーブルの聖ソフィヤ寺院に採用された円天井軽量建材が今に残っており、17世紀にはヨーロッパでパン粉に、日本の東北地方でソバ粉に混ぜられたと伝えられる。日本最古の記録とされるのは、1662年輪島漆器の地下塗料に同地の珪藻土が採掘されたというものである。珪藻土の需要を一躍全世界に広げたのは、1866年ノーベルのダイナマイトにニトログリセリンの吸収剤として採用されたことである。このように、珪藻土は建材、増量剤、吸収剤として古くから引続き利用されると共に、近年汚過助剤の主流となり、さらにその応用分野を拡げつつある貴重な資源である。

この珪藻土は地球上に広く分布し、日本にも比較的豊富に存在しているが、その地質鉱床、物理・化学的性質、応用分野、加工技術にわたっての関連性を究明する調査研究はなお不十分で、特質ある資源を比較的低い付加価値のまま消費していると考えられる。むしろこれからその研究開発を期すべき資源である。

1. 珪藻および珪藻土

1.1 珪藻

珪藻は、水中で繁殖する隠花植物の一部門である下等単細胞藻類で、その大きさは種類によって数 μ から数mmにわたるが、20 μ 位のものが最も多い。珪藻は、

ふつうの植物と同じく細胞核を原形質が包み、それを細胞膜がおおっている。この細胞膜を珪藻殻とよんでいる。珪藻殻には細胞の内外を通ずる無数の細孔があり、これから水を取り入れ、溶けている栄養分を吸収する。細孔は一般に0.1 μ より大きく1 μ に達することもある。さらに珪藻殻の表面にはミクロな小突起もある。これらが他の材質では求めることのできない工業上有用な性質を珪藻土にあたえ、保温材、汚過助剤、充填剤、吸収剤などに広く使用されるゆえんである。

珪藻の種類はきわめて多く約15,000種以上に分類されている。淡水、鹹水いずれにも棲息し、生育環境によってその性状が異なるのは当然で、たとえば珪藻殻の形状は、円板状、舟形、紡錘形、棒状など様々である。珪藻は堆積しやすく、地球上の珪藻土は中生代末～新生代に形成され鉱業の対象となっている。

1.2 珪藻土

この鉱業の対象となる珪藻土は、珪藻が海底や湖底に沈積し、長い年月の間に体内の原形質その他の有機物が分解し、珪酸を主体とした珪藻殻が集積して鉱物堆積層を形成したものである。

珪藻土の品質を決定するのは、珪藻殻の性状と混入する不純物の程度であり、これらは千差万別であるから、天然の珪藻土の性状をよく研究して適合する用途を見出し、また加工して変化適合させることが珪藻土活用の要諦である。

(1) 化学組成

純粋な珪藻は珪酸と化合水からなり、 SiO_2 96%、 H_2O 4%とされるが、この珪酸は主として非結晶質珪酸であり、石英などの結晶質珪酸とは異なり苛性アルカリ水溶液に溶解する。これを高温で焼成すると次第に結晶質に転移し不溶性となる。苛性アルカリに対する他は化学的に安定である。

珪藻土は沈積当時に砂、火山灰、粘土類を混合しているので、珪酸の定量に当っては可溶性珪酸の測定により、珪藻土と砂などの珪酸を区別することが多い。

*北秋珪藻土燐腐巣工場

〒018-33 秋田県北秋田郡鷹巣町穰子字市六10

現在工業的に利用されている珪藻土の全珪酸品位は80%以上がふつうであり、その60~90%が可溶性珪酸である。

さらにアルミナ、鉄分、硫酸分、有機物などを伴うのがふつうであり、これらの品位は製品用途によって制約をうけることがあり、可溶性珪酸と共に珪藻土選択の条件となる。

(2) 比重

純粋な珪藻土の真比重は大体2.1~2.3であるが、加熱によって変化する。

かさ比重は珪殻の形態および大きさ、不純物の程度などによって支配されるが、ふつう0.2前後（JIS-K 5101による測定値）である。

珪藻土を濾過助剤として使用する際、形成されるケーキのかさ比重は助剤の適否を決定する一要素であるが、加工製品で0.25~0.4の範囲にある。

(3) pH

天然の珪藻土は微酸性でpH 4~6の範囲のものが多いが、加工によって変わり焼成製品では10位のものもある。

(4) 色

珪藻土には白色度90以上の純白色のものから、乳白、黄白、黄、淡灰、灰緑色など様々な色を呈し、一般に層の上部ほど色が淡く、下部ほど濃くなる傾向がある。

工業上、白いもの必ずしも優れた珪藻土とはかぎらないが、建材、充填剤など製品用途によっては白色度が重要な条件となることも多く、加工技術とあいまって白い製品となる珪藻土の選択が問題となる。

(5) 熱的諸性質

珪藻土は珪酸を主成分とするから、かなりの耐火性を有する。一般に900~1,200℃で収縮しはじめ、1,700℃前後で溶けはじめる。

(6) 吸収性・吸着性

珪藻土は第一の特性多孔質により自重の1.5~4.0倍の水を吸収することができる。吸収性の大きいものほど概して軽量で純良なものである。

吸着性は一般に乏しいとされているが、ある種の物質に対してはかなりの吸着性を示す。

以上のように、珪藻土は様々な興味ある特性をもち、それが加工条件あるいは粒度構成などによって変化するので、有効に使用するにはそれぞれの目的用途に応じた特性研究が綿密に行われなければならない。

2. 珪藻土の地質鉱床および分布

珪藻土は、アメリカをはじめカナダ、ヨーロッパ、オーストラリア、アフリカ、中国などに広く分布しており、世界の需要量は年間200万t程度と推定される。これに対し日本の需要量は年間約20万tで、その90%程度は国内資源で充当している。

日本の珪藻土鉱床も、北海道から九州まで広く各地に分布しており、その数は20道府県に100ヶ所以上といわれるが、現在稼行中の鉱山は20程度である。

このうち北海道の鉱床は大部分が第三紀層中に存在し、広範囲にわたり厚大な鉱床を形成しているが、第三紀は火山活動の激しかった時代であり、鉱床中に火山灰を混在することが多く、現在本格的に採掘されているものはない。

本州では、東北、北陸、山陰地方など裏日本に賦存するものは主として第三紀海成層、青森、宮城、福島、栃木、岐阜、岡山県など表日本に近いものは主として第四紀湖成層に属するものが多い。第四紀のものは第三紀のものにくらべ堆積層がうすく分布もせまく、鉱床は一般に軽質柔軟で完全な珪藻殻を含むことが多く、良質であるが鉱量は少ない。現在、秋田、石川、岡山県で盛んに採掘されている。

九州地方の珪藻土は、いずれも第四紀湖成層に属するもので、大分県を中心に稼行されている。四国に分布がみられないが、その地質が古生層~中生層であることからうなずける。

3. 珪藻土の用途

珪藻土は特異な多孔質構造の珪藻であることより、建材、濾過助剤、吸収剤、充填剤その他多方面にわたって、独特の用途をもっている。

珪藻土製品の種類は、その用途により乾燥度、粒度、粒子表面の性質などが異なるが、大別して乾燥品（一次品）と焼成品（二次品）がある。乾燥品とは、通常35~75%もの水分を有する珪藻原土を加熱乾燥して水分%とし、加えてメッシュ域に粉碎したもので、建材、保温材、肥料用などに使用されている。一方焼成品とは、乾燥品をさらに700~1,200℃の高温で焼成して粒子（多孔質）表面を精製したもので、焼成の際用途に応じて薬品添加したもの（融剤焼成品）と無添加のもの（無添加焼成品）とにわかれ、濾過助剤、充填剤、触媒担体などに使用されている。

(1) 建材

最近の建築ブームによって珪藻土の需要が最も伸びているのがこの分野であり、特に珪酸カルシウム板

(珪カル板)である。これはセメント、石灰、珪藻土あるいは石綿を適当な比率で混合し、水を加えて成形、オートクレーブ中の高温高压の水蒸気雰囲気中で反応させ固結圧延した保温、吸音、軽量、耐火建材であり、珪藻土は珪酸の供給材として珪カル板の特性の主流となっている。ここに求められる珪藻土の品質は、白色度、粒度構成、 SiO_2 品位である。

その外、珪藻土を主体として他に石綿などの鉱物繊維を配合した保温材は、保温性が極めて良いことで知られている。

(2) 吸収剤

珪藻土の液体吸収性が極めて大きいことを利用して、農薬、肥料、アルコール、溶解アセチレン、液体燃料、液体酸素、消火剤、医薬液などの吸収剤として広く使用されている。

一般に珪藻殻の大きいものほど吸収性が大きく、乾燥品、焼成品を問わず、被吸収液の種類に応じて適切な粒度分布、かさ比重が決められる。珪藻純度(可溶性珪酸)の高いことが望まれる。

(3) 戸過助剤

珪藻土の特性(多孔質、化学的安定など)を最も良く活かして、現在その全需要の40~50%を占める。

戸過助剤をスラリーに混入することによって、微粒の固体またはコロイド状物質などを接着または包含させ、戸過抵抗を減じ、戸材の目詰まりを防止し、高効率の戸過を助長する。

戸過助剤として具備すべき要件は、かさ比重が小さく、透過抵抗が小さく、沈降の傾向が少なく、希望する清澄度の戸液が得られ、かつ戸液に対して化学的に安定なことである。

現在戸過助剤としては、珪藻土、パーライト、炭素、セルローズ、石綿などかなりのものが適宜選択使用されているが、珪藻土が最も広く使用されている。

日本において、戸過助剤として珪藻土を使用したのは、昭和5年昭和化学工業(株)が岡山県で精糖向けに製造したのがはじめであるが、現在では油脂、薬品、酒、ビール、果汁、醤油、水、金属抽出液、合成樹脂、抗生物質など広範囲にわたり、珪藻土はあらゆる戸液に適合する唯一の材質といえる。最近では複合機能をもつ助剤、他物質を加えた助剤、成形戸材など、より高機能化された助剤の開発へと進んでいる。

国内ではラジオライト(昭和化学工業)、シリカ(中央シリカ)、ゼムライト(白山工業)、オブライト(北秋珪藻土)などの商品名で製造販売されており、

販売量は昭和62年、72,000 tにおよび、国内産珪藻土で殆んどをまかなっている。

(4) 触媒担体

珪藻土の多孔質、大きい表面積、耐酸・耐熱性、小伝導率などの性質を利用したものに触媒担体としての用途があり、硫酸製造、有機物の接触酸化・還元、炭化水素の水素添加などに広く応用されている。

触媒を高度に分散させるためには、珪藻土はなるべく純良のもので表面積が大きいことが必要であり、不純物としての鉄、硫黄分は一部を除き特に好ましくない。

(5) 充填剤

珪藻土はいわゆる“Paper-Aids”として製紙工業における原木中のピッチ障害を防止する目的に大量に使用されてきた。現在では、塗料の伸びを良くする目的でペイント、ラッカー、エナメルなどに利用される外、硬質ゴム、石けん、接着剤、合成樹脂、シリコンゴムなど、この分野での利用が急速に拡大している。

この分野では、特に良質で純度の高い微細な珪藻土が要求され、またそれぞれの用途に応じて、かさ比重、pH、吸収性、色などに比較的厳しい制約をうけることが多く、国内需要量の相当部分を輸入品にたよらざるを得ない現状であるが、国産メーカーの研究・技術の向上により逐次国産品に代替されつつある。

(6) 保温材および断熱レンガ

珪藻土の古くからの用途であり、珪藻土コンロは優良な焼焼器として今も広く使用されている。また断熱レンガは鉄鋼、化学、電力、窯業などの部門で、各種汽罐、高熱炉に挿入して熱効率を上げるのに役立っている。

これらに適合する珪藻土は、適当な粘土分(アルミナなど)を含有しているものである。

4. 珪藻土の生産と需給

珪藻土は鉱業法による法定鉱物ではないので、生産量の詳細は明らかでない。またその加工業界は相互連絡が余りなく、製品用途が比較的多岐にわたっているため、総合的に需給の詳細を示す統計資料も欠いている。従って珪藻土の生産と需給の全体を明らかにすることは困難である。

前述したように、世界的には年間200万 t程度生産されていると推定され、その30%はアメリカが占め、特にカリフォルニアのLompoc鉱床に據るJohns-Manville社は世界最大のメーカー(商品名: Cellite)

として、またGrefco社もDicariteの商品名で、それぞれ良質の珪藻土を世界に供給しており、日本も輸入している。次いでソ連、デンマーク、日本、西ドイツ、オーストラリアなどが主な生産国である。中国も東北地区をはじめ相当の資源を有し輸出へ積極的努力を拂っている。

日本も比較的珪藻土資源に恵まれ、需要共に全世界の10%程度のシェアを占めている。日本の生産および販売に関する数少ない資料を表1および表2に示す。

表1 日本の地区別珪藻土生産量(昭63年)(単位:t)

合計	東北	中部	中国	九州
208,594	63,152	30,949	27,068	87,425

通産大臣官房調査統計部編、資源統計年報

表2 日本の珪藻土用途別販売内訳(昭63年)

(単位:t)

合計	耐火物	無機薬品用	農業用	建材用	戸過用	その他
174,003	12,281	754	7,047	47,409	72,109	34,403

通産大臣官房調査統計部編、資源統計年報

5. 珪藻土の採掘および加工

5.1 採掘

珪藻土を採掘する場合は、目的とする用途に対する珪藻殻の適否、不純物含有量の変化などを十分に調査する必要がある。

その採掘は殆んど露天掘りで、日本の場合個々の採掘場の規模が小さく、ふつうバックホウ、ブルドーザ、ダンプトラック各1台を1~2名で扱い、月間1,000t(湿量)位の採掘(加工々場までの運搬を含む)を行っている。

全国で20ヶ所位の採掘場があり、一部加工メーカー直営のものもあるが、大抵は各産地々許の零細個人業者の手で行われている。これらは業種としては砕石業に属し、砕石法の適用をうけ各県知事の監督下にある。採掘した珪藻土(水分35~75%)はそのままか、場合によっては一旦乾燥棚に並べて大気乾燥して水分半減の上、加工製造工場に搬入する。この原土代は2,000~3,500円/t(湿量)位と推定される。秋田県鹿角地区での例によると、加工製造5工場(年間製品販売量約45,000t)へ10採掘場から原土を供給している。国内での珪藻土採掘業者は、通産省統計によれば、秋田10、宮城1、石川4、岡山1、島根2、大分県4、合計22を数える。

5.2 加工

珪藻土加工々場の工程の概要を示せば図-1のようであるが、細部については様々であり、各工場共機密にしている。

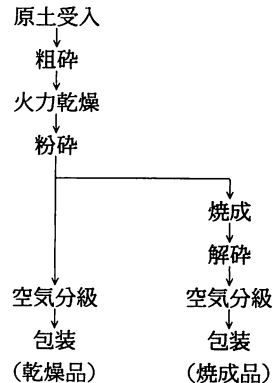


図-1 珪藻土加工々場工程

相当の水分をもつ採掘原土は粉碎、乾燥されて完全な粉末状にしたのち、くり返し分級が行われ、粗いおよび細かい不純物粒子を分離する。さらに粒度をそろえてそのまま製品とするか(乾燥品)、これをロータリーキルンへ送って500~1,200℃の温度で焼成する。焼成の際にソーダ灰などの融剤を加えたもの(融剤焼成品)と加えないもの(無添加焼成品)とがある。焼成したクリンカーはさらに粉碎(解砕)、分級をくり返して粒度を調整する。このように、乾燥、焼成、融剤焼成という三つの方法の選択と分級による粒度の調

表3 珪藻土加工製品の例

一般的性質		物性		化学成分(%)						
		PH	真比重	水分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Igloss
乾燥品	4	2.20	10%以下	83.0	6.0	1.9	0.5	0.6	7.0	
焼成品	8.5	2.20	2%以下	84.0	5.5	1.9	0.5	0.6	0.5	

乾燥品		粒度(mesh) %				適用例
銘柄	かさ比重	+100	+200	+325	-325	
1100	-	63.0	10.0	8.0	19.0	脱臭剤
1200	0.19	5.0	6.0	11.0	78.0	固着防止剤・農薬担体
1200A	0.16	-	3.0	6.0	91.0	建材(珪カル板)
1300	0.12	-	-	0.3	99.7	保温材
1300A	0.16	-	0.2	3.8	96.0	保温材・農薬担体 バクテリア培養基

焼成品		比重		透過率(ガラスシ-)	粒度(μ) %				適用例
	粉体かさ	ケ-ク	+44		+30	+20	-20		
W3050	0.24	0.40	2.2	32.0	21.0	9.0	38.0	高速濾過	
W3020	0.22	0.40	1.2	25.0	9.0	12.0	54.0	一般濾過	
W3020特	0.20	0.40	0.7	16.0	8.0	11.0	65.0	精密濾過	
W3005	0.14 ~0.15	-	-	平均粒径 6 μ				充填剤	
W3005K	0.12 ~0.13	-	-	平均粒径 3 μ				充填剤・解凍担体	

北秋珪藻土製:製品(オブライト)カタログ

整とによって、細かいものから粗いものまで何段階かの製品が製造される。製品は通常クラフト紙袋10～20kg入またはフレキシブルコンテナ数百kgに包装し出荷される。工場製品の一例を表3に示す。

珪藻土製品の価格は、もちろん品種品質に応じて様々であるが、一般に乾燥品で15,000～20,000円/t、焼成品で50,000～100,000円/t、輸入品は国産品より1～2割高いといわれている。

日本の珪藻土加工工場は工程・規模によって様々であり、その詳細は明らかでないが、人員は数名かや数十名、生産能力は月間数百～千数百tにわたる。国内メーカーは、10企業、工場は秋田6、宮城1、岡山1、島根1、大分3、合計12を数える。

6. 珪藻土の今後

日本の珪藻土産業は、古くから地場産業的に発展してきたもので、現在も唯一例外の昭和化学工業㈱を除いてはいずれも小規模経営である。またその生産量も、需要分野での変動はあるものの全体としてはここ20年間位殆んど変化していない。

今後については、たとえば秋田県中小企業経営指導センターが昭和63年度に行った同県鷹巣地区珪藻土関係企業からのアンケート調査によると、今後5年間の珪藻土需要の伸びは数量では3.2%、販売額で1.3%と推定している。需要分野別では、現在主力の汚過助剤は減り(-5%)、建材(+28%)、その他(+70%)が増えるとしている。その他の内容はこの報告では明らかにされていないが、充填剤はじめ化学部門での素材としての伸びを予測しているものと思われる。いずれにせよ珪藻土の用途は、汚過助剤から他の分野へより多様化しつつ移行する傾向にある。涙過助剤としても前述したようにより高機能化の方向をとろうとしているのである。

以上のように、珪藻土産業はこのままではそれ程伸長するとは予測されず、従って新たな使途開発を必要とし、珪藻土の特性からみてその可能性もあると考えられるが、現在では各企業共将来に向け新たな展開の意図はあるものの、これが先行尚不透明感から、第一段階としての情報収集に力を注いでいる所で、公的試験研究機関、大学、商社および関連企業へのアプローチが活発化しつつある。また、たとえば秋田県では秋田大学と協同してゼオライトに次いで珪藻土の使途開発をとり上げ調査研究中である。

日本の珪藻土は殆んど全国的に賦存し、その埋蔵量

も莫大なものといわれる。しかしその品質は種々で、金属鉱床が対象金属品位で評価されるのとは異なり、その品質特性が特定用途に適合するか否かによって、また加工技術によって適合させられるか否かによって評価される。たとえば、秋田県鷹巣地区の珪藻土鉱床についての稍古い昭和35～38年秋田県・秋田大学等の調査結果によると、全体の推定埋蔵量は約400万tであるが、工業的に利用する価値のある珪藻土は全体の20～30%、汚過助剤用の良質部はさらにそのうちの何%であろうと推定している。その後の状況からみてこの量はさらに増大していると思われる、一方その利用価値も用途の多様化によって向上しており、現在稼行中の採掘場において殆んど鉱床全部が無駄なく加工利用されている、但し、現在の価格では排水に動力を要する深部採掘までには至っていない。

珪藻土の今後を占う点での第一の問題は、その利用価値をさらに高められるか否かであり、そのための開発研究が要求され、目下模索中の新素材、公害防止、原子力バイオテクノロジーなどの新しい分野での具体的進展が切に望まれる。

そのためには、まず珪藻土の利用すべき特性の根源および条件は何であるかを基礎的により詳細に究明することが必要であり、またその根源を自在にひきだす粉碎、分級、化学処理など加工技術の向上が伴うべきである。

これによって未活用珪藻土資源の見直しもまた可能となってくる。

前述の通り、日本の珪藻土関連企業は一部を除いて小規模経営であり、基礎的調査研究を行う余裕がないのが実態である。公的機関の援助と業界の相互協力が日本の珪藻土の将来にとって最も肝要であると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 通産大臣官房調査統計部：本邦鉱業の趨勢、昭和63年(1988)
- 2) 通産大臣官房調査統計部：資源統計年報、昭和63年(1988)
- 3) 秋田県中小企業経営指導センター：鷹巣町縫製業等産地診断報告書、昭和63年度
- 4) 本多期郎他：秋田県鷹ノ巣町綴子のけい藻土、東北の工業用鉱物資源第1輯、第2輯、第4輯、昭和35～38年
- 5) 杉本泰治：汚過と汚過助剤、(1967)
- 6) 松永栄男：鉱産物シリーズ(珪藻土)、三菱金属社内報(1972)