

第1図 タルクとステアタイトの輸入量とその金額の推移(大蔵省関税局通関統計)

主である。

耐火セラミックスでは、戦後の重化学工業政策の中心となった高炉製鉄から転炉製鋼技術が主流になるにつれて、国内のMgO不足が顕著になった。このため国内のタルク生産量は急増するが、とても高炉各社の転炉製鋼に必要なドロマイトレンガおよびその後のマグドロ・カーボンレンガへの転換に必要なマグネシウム源の需要に耐えきれなかった。当時はドロマイトやマグネサイトの輸入もままならず、高炉メーカーと化学メーカーによる合弁事業として海水からMg(OH)₂を回収する技術が1970年頃に完成した。この結果、日本は転炉への転換、およびマグドロ・カーボンレンガの長寿命化を達成すると同時に、MgOの輸出国へと変貌している。この結果、タルクは耐火材以外の用途に細々と生産が続けられるのみとなった。1990年で国内のタルク粗鉱生産量は年2万t強であり、1980年のそれに比較して約1/6に減少している。しかしタルクの表面物性を再評価する動きが強く、第1図に見るように、輸入量は、1970年に10万t、1980年に40万tと急増している。さらに、円高を追い風として、耐火物関連業界はタルク等のマグネシア系の鉱物を産出国で焼成したステアタイトを輸入しはじめている。さらに円高に伴って、海水系のMgOも輸入されるようになっており、前述の海水マグネシア製造業は逆に窮地に立たされはじめている。この輸入量の多くは、耐火材の他に、第2表に示すように、コーディエライト質ハニカムセラミックス等の用途が新

しく急増したためのものである。

タルクの物性および化学組成の特徴をうまく引き出した例として、日本ガイシ株式会社やコーニング社により開発された低熱膨張のコーディエライト(2MgO·2Al₂O₃·5SiO₂)ハニカムセラミックスをここに紹介したい。この製造方法においては、素地原料のカオリナイト、タルク、アルミナと樹脂系可塑剤からなる練土を押し出す場合、タルクの板状粒子と樹脂との結合性を利用して成形性を高めるとともに、焼成中には、タルクの分解の際に生じるMgOが融剤として働き、アルミナやカオリナイト分解物との反応性を高め、コーディエライトの生成を早めることができる。このMgOの融体が反応拡散後、コーディエライト質ハニカムセラミック壁面(1mm以下の厚み)に多くの(MgO粉体粒子径の抜け殻としての)細孔を残す。この結果、このハニカ

第2表 タルクの分野別用途

分野	具体例
化粧品等	ベビーパウダー、フェイスパウダー、口紅、石鹸、歯磨き
医薬品等	日本薬局法の基づく「局法タルク」として錠剤用賦形材
塗料等	自動車用塗料等
建材	繊維状タルクはアスベスト代替、コーキング剤、防水剤、接着剤等の充填剤
樹脂	汎用プラスチック、エンブラ用フィラー及び核剤
ゴム	電線絶縁用被覆剤、ゴムの硬化剤
製紙	フィラー(填料)
織物、繊維	織布、染色の仕上げ用でんぶのり充填剤
農薬用薬品	キャリアー
セラミックス	ステアタイト磁器：高周波用絶縁物 コーディエライト：ハニカム、触媒担体 タイル、磁器、釉薬用

第3表 タルクの用途別分析値

用途	化学組成 (%)	MgO	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	Ig. loss
製 紙 用		32.57	0.257	58.98	0.335	0.853	0.045	0.006	0.011	6.93
窯 業 用		31.76	0.420	62.49	0.065	0.072	0.004	0.005	0.013	5.12
化 成 品 用		31.74	0.300	62.29	0.091	0.161	0.006	0.011	0.014	5.37

(ソブエクレー商事株式会社提供)

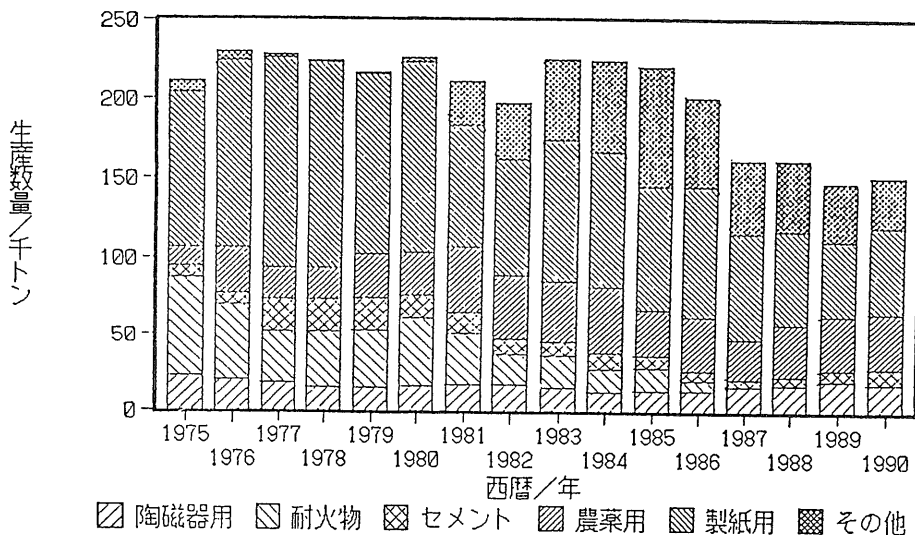
ムセラミックスは耐熱性フィルターや耐熱性触媒担体としての機能をさらに高めることになる。このため、タルク粉末の粒径の分布管理が厳しく行われるようになっている。今後は、タルクの粉碎と分級技術が検討されると同時に粉末粒子表面処理技術が一般化されていくものと思われる。現状の用途別の化学組成を第3表に示す。窯業、化成品用はFe₂O₃、TiO₂成分の少ないものを利用していることが第3表から良く判る(芝崎, 1992)。

2.2 カオリンの用途および輸入量

カオリンは、商品取引上の用語として一般に使用されているが、可塑性の良好なカオリナイト質粘土を指すことはない。すなわち可塑性が悪く白色度の高いハロイサイト系、カオリナイト系、ディッカイト系等に分類されるが、カオリンの主用途の製紙用にはカオリナイト系カオリンが、窯業(陶磁器、耐火物)用には、ハロイサイト系カオリンが少量使用

される。現在、国内で採掘されるカオリンは窯業以外の製紙用などに使用されている(第2図)。

カオリンの用途は、第4表に示すように多岐にわたるが、主体は製紙用である。例えば、国産のカオリンの生産量は1975年以来20万t/年から少しずつ減少し、1990年では17万t/年でほぼ一定であるが、1985年以後製紙用に使用されたカオリンは、448,392 t(1985), 480,083 t(1986), 496,540 t(1987), 546,316 t(1988), 629,603 t(1989)と順次増加しており、1990年には約633,000 tにも達している。この原因は、OA 機器等の普及に伴う紙の使用量の増加以外に、イベント等の各種催し物に関するグラビア紙やカラー印刷用の塗工印刷紙の増加による。この増加はそのまま第3図のように、輸入量に反映している。国別の1989年の輸入量、平均単価と主な用途先を第5表に示す。用途先からも判るように、紙用にはアメリカのジョージアカオリンが主に



第2図 国産カオリンの用途別出荷量

第4表 カオリンの主な用途

用途	主な使用製品	主な用途と効用
製紙用コート剤	アート紙等のコート紙	印刷光沢、インク吸収、白色顔料等
陶磁器	洋食器、衛生陶器等	白色顔料、型崩れ防止、増量材等
化粧品	ファンデーション等	白色顔料、賦形剤、増量剤、皮覆剤等
医薬品	外用撒付材等	付着力等
農産類	農薬	増量材等
合成ゴム	タイヤ等	耐久性等
樹脂用	シート用、テープ用	核形成剤、増強剤
スピーカー等	スピーカー、との粉	保温材
その他	セメント、ペイント、食品添加物	主原料、増量材等

第5表 カオリンの主な国別輸入量

	1988	平均単価	主な用途
アメリカ	669,425	27,729円	紙用 他
ブラジル	107,218	23,388円	紙用
韓国	43,299	8,915円	陶磁器用・耐火物用
オーストラリア	41,240	18,551円	陶磁器用 他
マレーシア	23,280	17,511円	紙用 他
インドネシア	19,939	14,386円	紙用・陶磁器用
中国	15,321	11,490円	陶磁器用・耐火物用
ニュージーランド	10,153	58,561円	陶磁器用
北朝鮮	8,566	7,832円	耐火物用 他
イギリス	2,676	35,107円	化粧品用 他
香港	40	16,525円	陶磁器用

(数量単位—トン) 大蔵省関税局輸出入統計による。

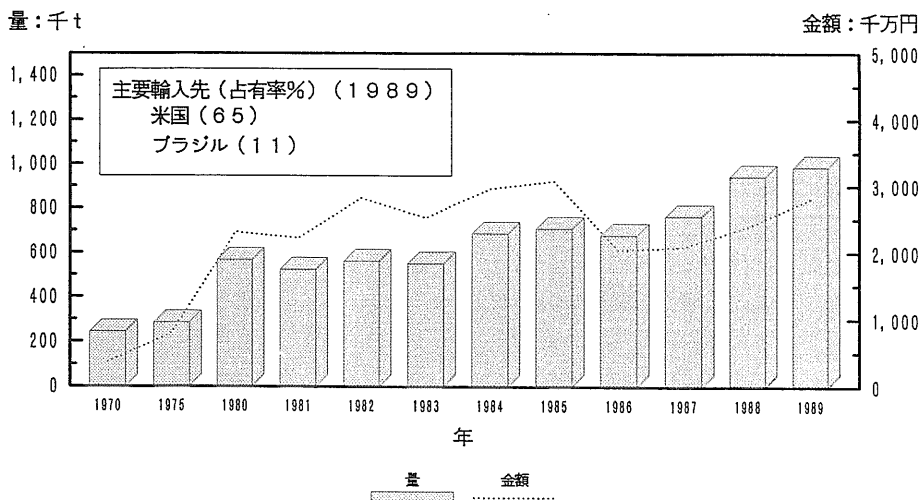
注 平均単価(円/トン)は、1988年の輸入数量と輸入金額により算出した。

輸入されている。一方、陶磁器用は量的には少ないが、ニュージーランド、韓国、オーストラリア、中国の順である。単価から見るとニュージーランドカオリンが高価であるが、このカオリンは日本のカオリナイト質粘土の品位低下を補足するために、白色用素地原料として輸入されている(芝崎, 1990)。

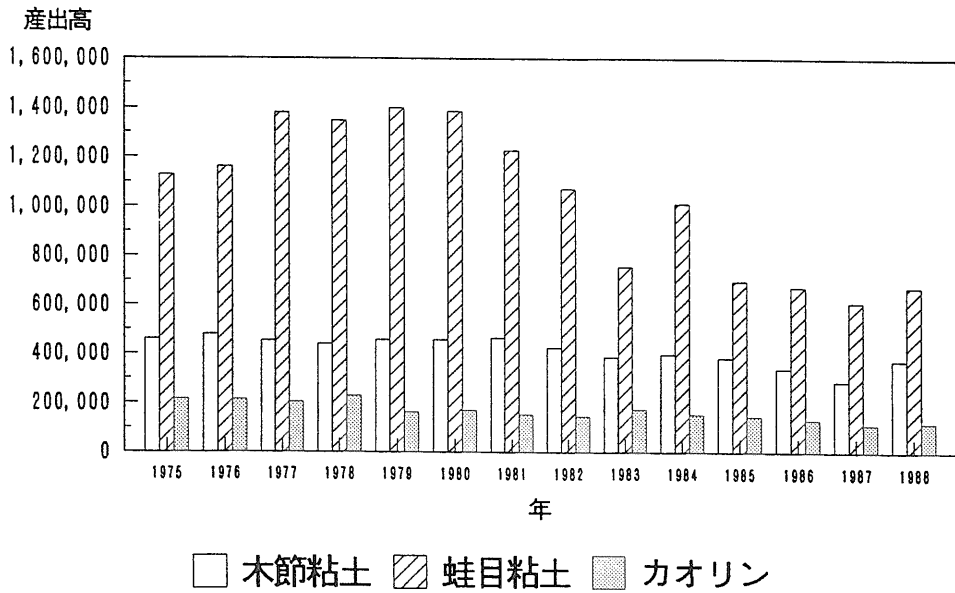
2.3 カオリナイト質粘土資源に係る問題

日本の陶磁器業界の粘土に対する要求をそのまま地球に突きつけると、残念ながら日本国愛知県瀬戸産の粘土のみが対応可能となる。この原因は、良質な可塑性粘土の地球規模での生成条件がきわめて限られたものであることによる。すなわち、このような粘土鉱床が生成するための制約要因として、新生代以後の地球上の温帯地帯で花崗岩が多く分布・露出している地域が存在していなければならない。このような地域で、花崗岩を構成する長石類が風化溶脱作用を受けて、結晶度が悪くて微細なカオリナイトに変化し、それが湖沼に濃集堆積したものである

ことが必要条件である。このような可塑性を伴う粘土粉の特徴は、①比表面積は原鉱で20~40 m²/g、精製した水簸粘土粉で25~50 m²/g、実験的に水簸すると45~60 m²/g となり、②微細石英と微細カオリナイトを主とするものである。さらに欲を言えば、堆積時に植物(腐植物質)と混在している方が分散性の良い可塑性粘土になりやすい。この腐植物質(炭化が余り進行していなくて、-COOH基が多くて親水性の強いもの)の含有量の多少により木節粘土、蛙目粘土に区分して利用している。これらの粘土原鉱は、花崗岩の風化残留物である石英、イルメナイト、未風化長石等を含み、腐植、カオリナイ



第3図 カオリンの輸入量とその金額の推移(大蔵省関税局通関統計)



第 4 図 国内産粘土の産出量 (t) (「本邦鉱業の趨勢」による)

ト、水、可溶性塩類からなる。さらに、この粘土粉上の陽イオン交換容量は原土単位で約10ミリ当量/100gである。他の陶産地粘土(伊賀、東濃)に比較して可溶性の陽イオン量は少なく、その種としてはCa²⁺、K⁺イオンに富み、難交換性のAl³⁺の少ない粘土である(前田ほか、1986；芝崎ほか、1989)。

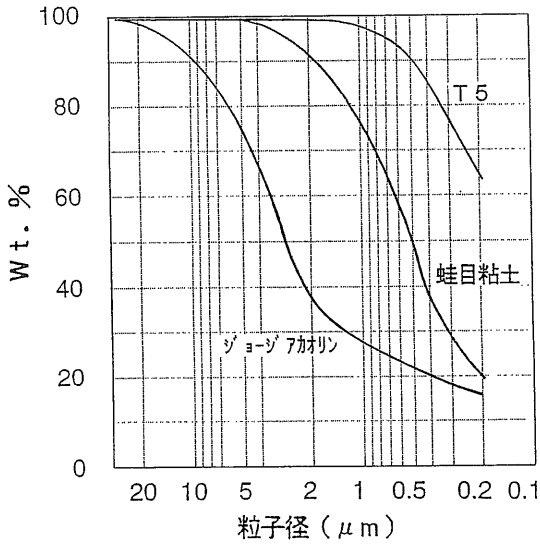
この世界一良質な粘土の主産地である瀬戸・東濃地区の生産量は、全国比で、木節粘土80%、蛙目粘土90%である(その他に伊賀地区が数%を生産)。これらの地域では、江戸時代から1955年頃まで何の制限もなく良質粘土を利用してきた。しかし、1960年頃になると良質の木節・蛙目粘土は需要に応じきれなくなってきた。この時期、板ガラスの珪砂源として、東海地方の蛙目粘土中の珪砂(国内使用量の50~75%を生産、円高移行後は30%程度)が採掘され、水洗工程で排出される粘土分は河川に放流されていた。しかし現在では、この珪砂の水簸工程からの粘土を蛙目粘土の代替として回収するようになり、このため粘土および珪砂の価格の抑制と資源の温存という両面をうまく切り抜けることができた。現場での裏話として、伊勢湾の赤潮発生を逆に早める結果になったのでは？との憶測が出るほど多量に高純度粘土を流していた事実は資源の有効利用の観点からは残念なことであった。この代替策によって、第4図に示すように、蛙目粘土の生産高が

木節粘土のそれを上回るようになった。しかし、1975年中頃に入ると国内のカオリナイト質粘土およびカオリン(製紙用)の産出量が低下しはじめ、その絶対的な不足が顕著となった。

これに対応するために業界は中国など世界各地からの可塑性粘土の輸入を試みたが、いずれも不成功に終わり、逆に瀬戸の粘土が良好であることを再認識することになった。このため、粘土原土の精製技術の改善に取り組むと同時に、良質のカオリナイト質粘土の東南アジア地域への輸出禁止という統制を強めた(1977年)。さらに、瀬戸地域内の公共施設の立ち退きなどによる新規鉱山の開発が行われたが、10年以内には消費されてしまう状況が今日まで続いている。このため瀬戸地区内では、粘土原土の配給制が強化されると同時に、瀬戸地区以外への流出防止策が業界の申し合わせとして打ち出されている。

2.4 人工粘土への期待感

現在、愛知県瀬戸市に隣接する岐阜県多治見市付近の陶産地では、練土の可塑性などの成形性は非常に悪いがTiO₂、Fe₂O₃成分をほとんど含まない輸入カオリン(例えばニュージーランドカオリン)を混合して白磁器を作っている。その結果、磁器坯土の可塑性などが悪いために、新規に高分子可塑性剤を探索する原因ともなっている。さらに、可塑性が不良の



第5図 天然粘土および合成カオリナイトの粒度分布図

カオリンの表面を改質して可塑性を増進させる技術開拓も望まれている。

これらの期待に応えるために、通商産業省工業技術院計画課(および地域技術課)は重要地域技術政策のもとに“ニューセラミックス用人工粘土の合成技術の研究開発”を発足させ、すぐにはコスト面で陶磁器用の粘土の合成技術にはなり得ないが長期的な将来を見越した研究開発が推進された。このプロジェクトは1993年に終了し多大な成果を納めている。例えば、人工カオリナイトは天然のカオリナイト質粘土には見ることのできない粒度分布幅(第5図、

第6表 合成カオリナイトとカオリナイト質粘土の分析値

分析項目	名称	本山木節粘土 (原土)	本山B蛙目粘土 (原土)	本山蛙目粘土 (水嫩)	カオリナイト	
					試作品	理論値
SiO ₂		48.62	77.69	49.65	47.42	46.54
TiO ₂		0.69	0.64	0.60	0.12	
Al ₂ O ₃		33.58	13.59	34.43	37.42	39.50
Fe ₂ O ₃		1.02	0.71	1.04	0.19	
MnO		0.02	0.03	-	-	
MgO		0.22	0.13	0.25	0.14	
CaO		0.24	0.10	0.17	0.19	
Na ₂ O		-	-	-	0.10	
K ₂ O		0.72	1.38	1.19	0.03	
Ig. loss		14.89	5.72	12.66	13.48	13.96

(蛍光X線法(ビード)によりwt%表示)

1994年9月号

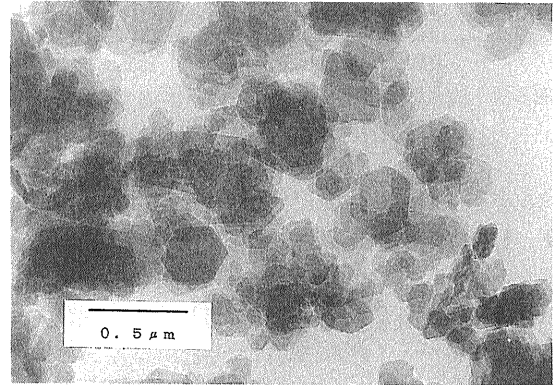
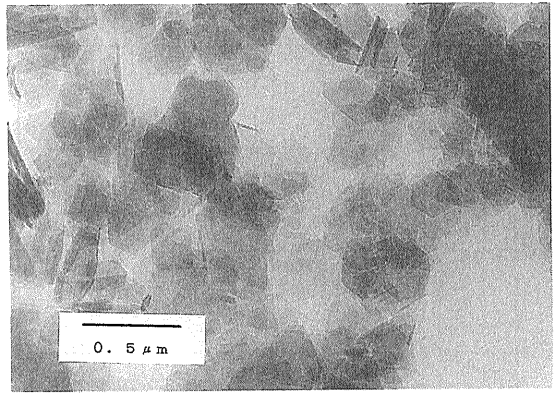
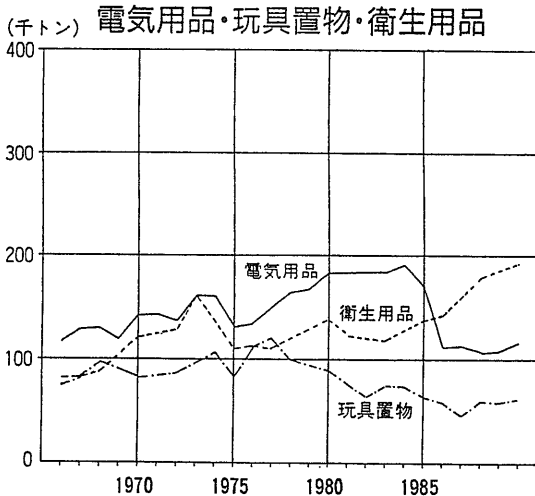


写真1 蛙目粘土(上)と合成カオリナイト(下)の電子顕微鏡写真

写真1参照)の狭さを示し、厚みもそろったデジタル的な粒径分布を有した超微粉体であるため、磁気テープ用の核形成材としての用途開発が進行中である。勿論、組成的には天然の粘土に比較して高純度なカオリナイト質粘土にもなりうる(第6表)。これに可塑性を付与する技術も完了している(芝崎, 1992)。現在では市販価格が1万円/kg程度で試験販売されている(東洋電化工業株式会社)。

2.5 円高進行と陶磁器産業の変化における粘土

戦後の陶磁器産業は日本のドル稼ぎの旗手として、国策上も重要視された時期もあったが、ドルの変動相場制への移行から、円高進行に伴って、いわゆる空洞化現象が顕著になっている。この経済変化に従って、瀬戸地方のドル稼ぎの中心の玩具置物製品(ノベルティー)の出荷量は低下の一途をたどっていることが第6図からも判る。しかし、日本の企業は第7図に示すように海外へ生産拠点を移しており、現在もその地でドル稼ぎを行っている。特に、昨今の円高は決定的なところまで来ており、ノ



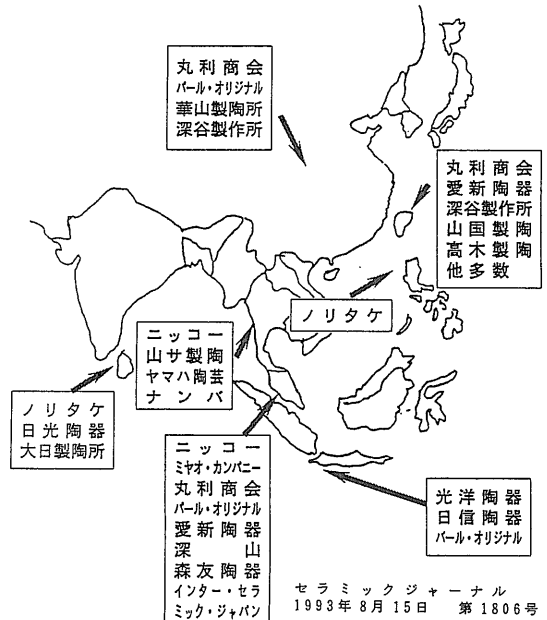
第6図 陶磁器製品の生産統計(日本の陶磁器産業, 総合通信社, 1991年発行より)

ペルティの国内生産は限界に達している。この結果、日本は陶磁器製品を東アジアから輸入しなければならなくなっているが、アジアに向けて、木節粘土をはじめとした窯業原料を輸出し始めていることが、明確になってきた(第8図)。

海外生産へシフトした企業の場合、現地産の活性Al(OH)₃(難交換性アルミニウムイオン)の多い粘土を用いての生産性向上は現在の技術では困難なために、日本で坏土を調整して輸出している。すなわち、温帯成因のカオリナイト質粘土特性に依存した生産活動に他ならない。ガイシ等の他の製品においても同じである。皮肉なことに、瀬戸の業界が敷いた木節粘土の海外輸出禁止および他地域への持ち出し禁止の約束事が破れていることになる。一方、木節粘土の産地では逆にノベルティー等の海外への生産拠点の移行に伴って木節粘土がダブつき始めており、瀬戸の業界は自らの首をしめる約束事から抜け出せない変な状況の中にある。著者は木節粘土は世界的な大切な資源なので、オープン経済か石油戦略行動でもと誘い水を出しているのだが泥沼状況であり、これも規制緩和の時代の混乱と見ることもできる。

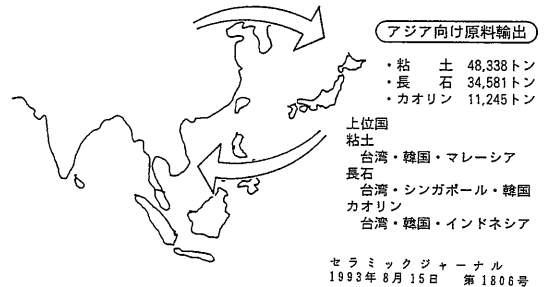
2.6 内需拡大に伴う粘土の使用量の増加

従来、俗に表現した場合の粘土は白色可塑性粘土を中心に考えてきたが、建築および公共投資に伴うタイルやセラミックス製品の需要が大きく伸び、それに必要な粘土類(雑粘土)の欠乏感が大きくなって



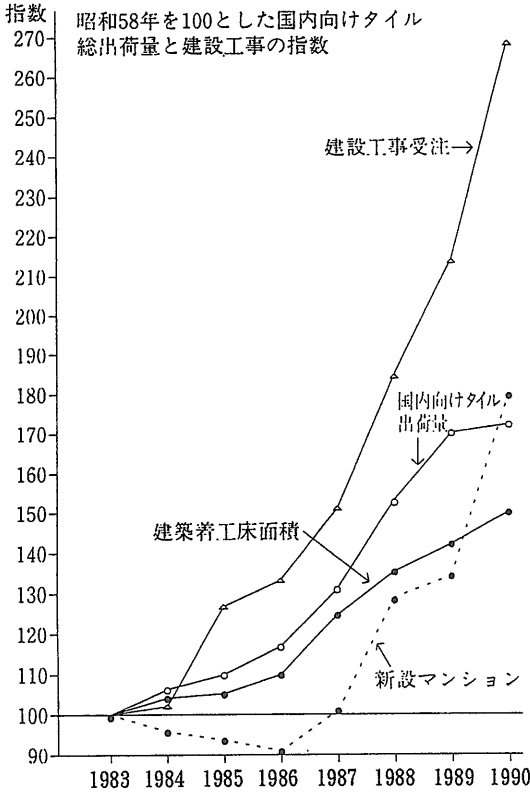
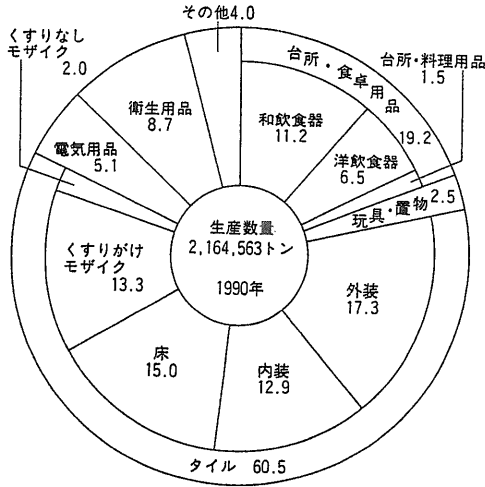
第7図 陶磁器メーカーの海外進出工場(食器・ノベルティー)

アジアからの製品輸入		(カッコ内は全輸入に対するアジアの比率)	
磁器製食卓用品	5億円	(4.0%)	中国・韓国・タイ
陶杯器製食卓用品	9億円	(27.3%)	中国・台湾・マレーシア
ノベルティ	28億円	(39%)	中国・台湾・韓国



第8図 日本からアジア諸国への陶磁器原料輸出と製品輸入(1992貿易統計)

きた。例えば、第9図に示すように、バブル期に突入するまでのタイルの伸びは著しく、その対策として、副産粘土(白色粘土のハネ土、砂利廃泥、ダム沈積土等)、セッ器粘土の調査等の利用が進められてきたが、国内の粘土調達は困難となった。このため業者によっては海外からの雑粘土の輸入体制を取った会社まで設立したが、バブルの崩壊により沈静化している。しかし、タイルの落ち込みは大きいですが、衛生陶器類用のセッ器粘土への需要は現在でも伸び続けている。これらの粘土の生産統計はなく、製品出荷額から算出する外にないが、瓦用も含める



第9図 陶磁器生産数量の品目別比率とタイルの生産伸び率(日本の陶磁器産業, 総合通信社, 1991年発行より)

と数百万トン単位となっている。瓦業界においても、台風被害に伴う復旧および一戸建て等の住宅用瓦の需要は旺盛である。これらの需要に伴い用途別に対応した粘土資源の地質調査の遅れが目立ち、セ

ラミックメーカー独自で行っているのが実状である。

3. ファインケミカルズ用粘土

セラミックス用粘土はカオリナイト、パイロフィライト、タルク系を主とした可塑性、分散性を主とした特性と化学組成(耐火性)を重視したもので酸性から中性領域での特性であるが、このファインケミカルズは、イオン交換、分散性、粘性等のレオロジカルな特性を重視したもので、中性からアルカリ領域での特性で、かつ、表面を何らかの形で修飾する機会が多い粘土の利用である。特に粘土鉱物では、スメクタイト系、セピオライト系であろう。また、フィラーとしてのセリサイト、雲母系も時代の要請で光を遮断する機能も付与されつつある。

3.1 セリサイト・雲母

3.1-A セリサイト・雲母系の用途

セリサイトの生産活動は昔から行われているが、統計上、生産量は1987、1988年頃で年間約2,500 t程度であったが、その用途はセラミックス、溶接棒等が主であったようである。近年は年産2,000 tを割っているようであるが、ファインケミカルズへの用途が開け、少量でも鉱山として運営できるようになってきている。精製したセリサイトは劈開が発達しているため鱗片状を呈し、薄く物を被覆することができる。これを利用し、特殊塗料、一般塗料、絵の具、グリース、鉛筆の芯、インキ、顔料、化粧品、医薬の配合原料などのほか、繊維工業で糸に付着させ糸切れを防止するのにも利用される(北川, 1992; 1993)。また、同じ性質を利用することにより、タイヤの成形鑄型に薄く塗布することでゴムと鑄型をはがれ易くする。さらに耐熱性や電気絶縁性があるため、電線のビニール、収縮防止剤としての効果が大きく合成樹脂に添加される。また、ゴム原料に配合し、耐摩耗性、引裂抵抗の向上をはかるのに利用される。耐火レンガに添加すれば焼締りが良く、また、低火度焼成ができるため硬質陶器の原料となる。さらに加工紙の充填剤としても利用されている。また、砥石の焼結促進充填剤、建材としても使われる。セリサイトは潤滑性に富み、低い融点でガラス状になり被覆効果を高めると共に脱酸効果もあるため作業性が良く、古くより最も重要な用途

として溶接棒のフラックスに利用されている。特に1960-70年代にかけての造船業界のめざましい発展により溶接棒の需要が著しく、セリサイトの需要が多くあり、わが国造船業界の技術向上や生産能率の向上にセリサイトが大きく貢献した。特に溶接棒には、その物性的性能の優れた島根県下のセリサイトがほとんどすべてのメーカーで利用された。しかし、オイルショック後の長引く造船不況のため溶接棒はフラックスとしての需要が大幅に減少しており、セリサイトは他の用途に次第に切り替えが進められている。

また、セリサイトは窯業原料として欠かすことのできないものであり、とくに高級陶磁器(主にボンチャイナ等)の作成にはセリサイトの働きが大きく、古くより良質の陶磁器には、その原料にセリサイトが加えられている。

3.1-B セリサイトの将来性

現在セリサイトは上述のように多くの分野で利用されているが、新しい分野の実用化が積極的に進められている。例えば、結晶の長さや厚さを制限した製品の開発が成功しており、その製品が予想もなかったような物性を示すことが判り始めている。さらに、この製品を使った応用分野の研究が着々と進

行しており、例えば、フロン等によってオゾン層破壊が進むとUV(紫外線)照射が強くなり、そのため欧米人を中心に皮膚ガン等の発生率が高まることが問題になっているが、セリサイトはUVカット用化粧品原料として高価格(原料単価で約50~100万円/t)で利用され始めて約10年が経過した。さらにこのセリサイトに酸化チタンの薄膜を被覆処理した顔料も開発されている。これはその薄膜の厚さの違いで反射される光の干渉により虹光沢を示すもので、耐光性、耐熱性、耐薬品性に優れ、退色、毒性がないので各種のメーキャップ製品に広く使用されている。そのうえ、有機物や無機物をセリサイトと結合させて複合体を作り、新しい機能性材料として各分野に出荷されている。また、窯業原料として鉄の多いセリサイトを僅かに加えることにより良質の製品が得られることもわかり始めており、今後この方面での需要も大いに期待される。

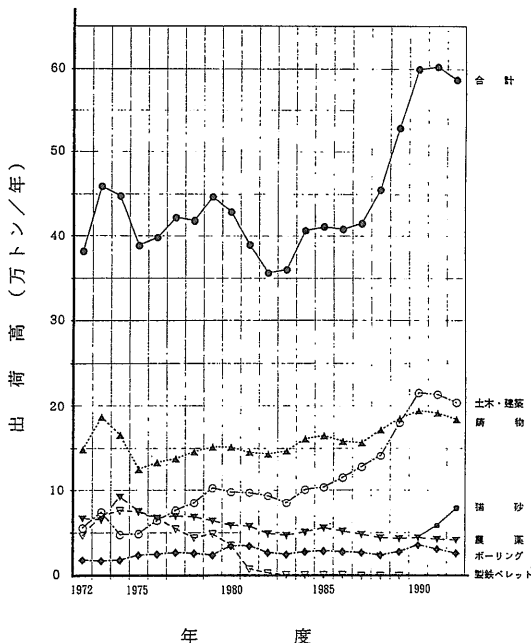
3.2 ベントナイト

ベントナイトは、膨潤性の層状珪酸塩であるスメクタイトを主成分とする一種の岩石である。夾雑物として石英、クリストバライト、長石、ゼオライト、雲母、方解石、石膏等を含有することが多い。スメクタイトとしては、3八面体型のヘクトライトやサボナイトを主とするものがあるが、国内では2八面体型のモンモリロナイトが主体である。ベントナイトはこのスメクタイトのもつ膨潤性、陽イオン交換能、コロイド形成能あるいは吸着性等の性質を利用して様々な産業分野で使用されている(近藤, 1981; 岩崎, 1992)。

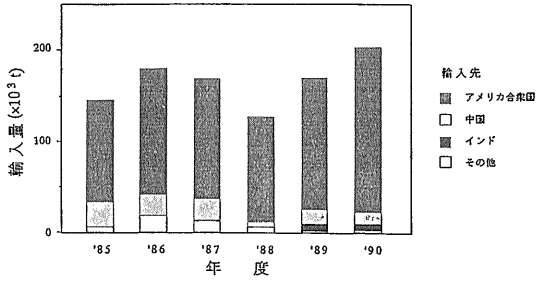
3.2-A 生産統計および用途

国内におけるベントナイトの生産高は、年60万tにも達しており(第10図)、その需要は旺盛である。このため、不足分を米国を中心として年約20万tを輸入している(第11図)。用途別出荷高(第10図)を見ると、主な用途は铸造用鋳型粘結材向けと土木基礎工事用泥水向けで、全体の70%を占めている。

詳しく見ると用途先の産業の盛衰や技術革新によりベントナイトの使用量も大きく変化している。例えば、製鉄業の技術革新の開始時期の1950年代には国内産ベントナイトは鉄鉱石原料粉をペレット状に成形するのに必要な粘結助剤や焼結助剤として使用されたが、円高移行とともに鉄鉱石原料生産国でペレット化したものやこれを予備焼結したペレット



第10図 国内産ベントナイトの用途別出荷高 (ベントナイト工業会資料)



第11図 ベントナイトの輸入量の年度別推移 (大蔵省関税局通関統計)

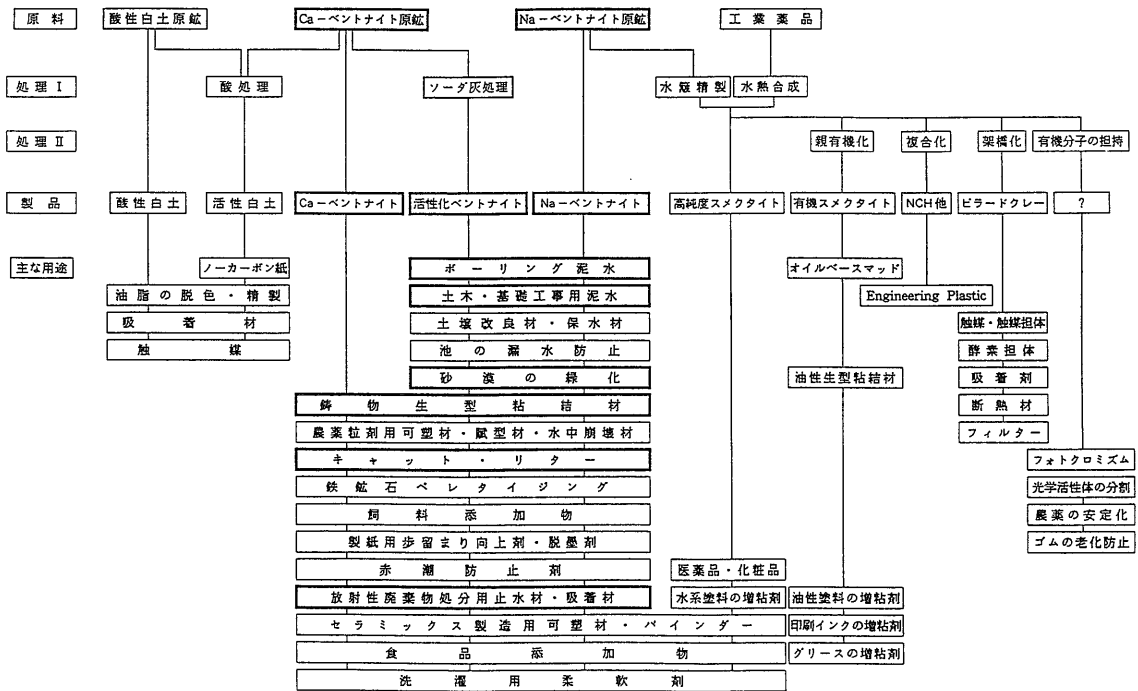
が輸入されるようになって、製鉄ペレット用への使用量はほぼ終了した。一方、新規には、ベットの Boom に乗り、猫砂等への出荷が多くなり、その価格は一時期、800円/kg(铸物用は100円/kg)をつけたこともある。ベントナイトの生産量の伸びは、明らかに土木・建築関連の泥水使用量の伸びであり、これも公共投資等が大きく寄与しているものと思われる。

3.2-B 化学用ベントナイト

ベントナイトの用途は、前記したもの以外に多岐にわたるので、岩崎(1992)や、鈴木(1993)がベントナイトの精製法と用途の関係をまとめているもの

を利用させていただく(第12図)。この図からも判るように、ベントナイトの用途は、需要者側のニーズにきめ細かく対応してスメクタイトの特性を利用し、イオン交換、無機イオン、有機酸類等で修飾したものを提供しているようである。しかし、天然品のスメクタイトは鉄イオン等を固溶するため、水に分散したときコロイドが有色になることが多い。このため、無色透明化することによって高付加価値の商品ができるのではないかとの思惑から合成スメクタイトが市場にでるようになってきた。現在では、第7表に示すように、5社が販売しているが、製法の概略は第12図の右側部分に示されている。合成品の特性としてコロイド状態の透明性以外に、スメクタイトの純度、各種特性の均一性を唱えるカタログも多い。その一例を第8表に示す。

最近の各社のカタログには、“インターカレーション”、“ピラードクレー”などという新規な言葉が使用されるようになってきている。インターカレーション(層間侵入すること)とはスメクタイトの結晶構造の特徴である層状(2次元)構造を1枚1枚のカレンダーの紙に例えて、その層間に各種の化学的手法(イオン交換法等)でイオンやイオンクラスターを



第12図 ベントナイトの関連製品の主な用途 (日本粘土学会ベントナイト利用研究グループ資料集より)

第 7 表 合成スメクタイト商品の特徴(各社のカタログより作成)

商 品 名	化 学 式	特 性、用 途 (商 品 特 徴)	備 考
ラポナイト	$[(Si_4(Mg_{0.34}, Li_{0.66})O_{20}(OH)_4)]M^{+}_{0.66}nH_2O$	チクソトロピー (増粘、ゲル、懸濁剤、エマルジョン安定化剤)	製造元 ラポー社
ヘクタイト/ラポナイト	$[(Si_4(Mg_{0.34}, Li_{0.66})O_{20}(OH, F)_4)]M^{+}_{0.66}nH_2O$ M ⁺ :Naが多い	被膜形成性(帯電防止、汚れ防止) 吸着性(清澄、洗浄)	発売元 日本シリカ工業
I O N I T E	$[Si_4(Mg_{0-x}□_x)O_{20}(OH)_4]M^{+}_{2x}nH_2O$ M:Na or K, □:空孔or Li, $0 \leq x \leq 2/3$	増粘剤、保水剤、吸着剤、粘結剤等	製造、販売元 水澤化学工業
スメクトン SA-1	$[(Si_{a-b}Al_b)(Mg_{0.5}Al_{0.5})O_{20}(OH)_4]^{-}Na^{+}_{(a-b)} \cdot nH_2O$ a-b>0	化粧品、医薬品(軟骨、パップ剤)、 歯磨きペースト、水系ペイント、 セラミックス成形助剤、触媒担体	製造、販売元 クニミネ工業
チキノピー	$E_{0.33}(Mg_{0.33}Li_{0.67})Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$ E:陽イオン→Na:チキノピー-W 有機カチオン:チキノピー-R	増粘剤 化粧品、医薬品 チクソトロピー 水系塗料 溶媒和促進剤	製造、販売元 協和化学工業
ルーセントイト	ヘクトライト化学組成 $(Mg_{0-y}Li_y)Si_4O_{10}(OH, F)_2 \cdot (M^{+}, M^{2+}_{1-y/2})_y \cdot nH_2O$	増粘剤 吸着、脱着機能 透明性 イオン交換能	製造、販売元 コープケミカル

挿入することを意味しているが、この処理によって得られた生成物の特異性を機能材料として使用したいとの動きが1970年代から進んでいる(山中、

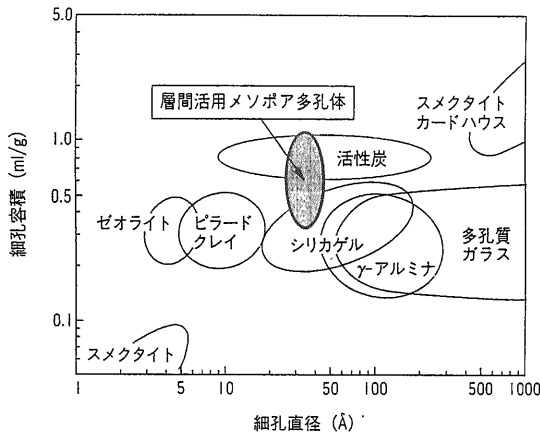
1992)。一方、イオンクラスター(Al(OH)₃, Zr(OH)₄等の多核イオン系)を層間に入れて層間を拡大して得たものをピラードクレ(層間架橋粘土)と言う。この柱のイオンクラスターの大きさおよび無機イオン種は選択設計でき、焼成すると耐熱性で微空間の細孔を制御した材料を開発できる夢があり、研究開発が盛んである(山中, 1994, 鈴木, 1994)。これらの微細空間については第13図に示されるが、さらにスメクタイトの粒子間空間を使用しながら層間活用メソポア多孔体の製法の研究も盛んである(岩崎, 1992)。いずれも触媒担体用、フィルター用の多孔体をねらった開発である。

第 8 表 合成スメクタイトの機能と用途
(コープケミカル社カタログより)

	親水性スメクタイト					親油性スメクタイト						
	増粘性	透明性	分散性	耐熱性	吸着性	チクソトロピー	インターカレーション	増粘性	透明性	分散性	溶解性	チクソトロピー
塗 料	◎	◎	◎	○		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
化 粧 品	◎	◎	◎		○	◎	○	◎	◎	◎		◎
洗 浄 剤	◎	◎	◎		◎	○	◎	○	○	○		○
触 媒				◎	○		◎					
機能性シート	○	◎	○	◎	○	○						
紙	○	◎	○	○	◎			○		○		
塗料・顔料	○	◎	◎		◎		◎	○	◎	◎	○	
接 着 剤	◎	○	○	○	○	◎	○	◎	○	○		○
有 機 溶 媒								◎	◎	◎	◎	○
潤 滑 油								◎		○	○	◎
農 材	○					◎						

3.3 セピオライト, アタパルジャイト, パリゴルスカイト系

これらは、日本国内にはほとんど産出しないが、結晶構造のユニークさ、レオロジカルな特性を重点においた用途開発および輸入が行われている(大塚, 1984)。もともと医薬品等の賦形剤としていたものを他の化成品への展開が武田薬品工業(株)・水澤化学工業(株)により押し進められてきた歴史を有する材料であるが詳細は和田(1990)の解説にゆだねる。最近では、吸着機能を重視した脱臭用フィルター、ハニカムセラミックス化した触媒担体、ガス分離膜としての用途開発も進行中である。



第13図 既存のセラミック多孔体の細孔特性と層間活用メソポア多孔体の占める領域 (日本セラミックス協会1992年5月発行セラミックスより)

が、雲母や粘土鉱物の合成の種類と方法については粘土ハンドブック(富田ほか, 1987)に詳しく記載されているので参照されたい。粘土鉱物を合成する場合には、 H_2O の存在下での反応が主とならざるを得ない。このため、溶液中における $(SiO_4)^{4-}$ の四面体からなる溶質がどのように重合しているかを見極めた反応制御技術が合成には最大の武器となる。しかし、これまでは、分析手段の開発の遅れもあって、この理想状況にはなっていないが、水熱条件下で多くの粘土鉱物は、セピオライトやパリゴルスカイト系を除けば、ほぼ合成されている。工業的な生産方式として水溶液および水熱法以外に粘土鉱物の(OH)基をF(フッ素)で置換した合成雲母が熔融塩法で製造されている。ここでは、市場にでている合成粘土鉱物の特徴について各社のカタログ等から第9表を作成した。粘土鉱物の定義を広げると含水ケイ酸カルシウムのゾノトライトやトパモライトは多量に水熱合成され、建築用保温剤(第10表)などに利用されている(光田, 1988)。これらの合

4. 人工粘土用合成鉱物

カオリナイト、スメクタイトについては触れた

第9表 合成雲母および無定形物の商品の特徴(各社のカタログより作成)

商品名	化学式	特性、用途(商品特徴)	備考
ノイシリン	メタケイ酸アルミン酸マグネシウム	制酸剤、製剤原料	富士化学工業
合成雲母	$KAl_2AlSi_3O_{10}F_2$ $KMg_3AlSi_3O_{10}F_2$	絶縁材料、フィラー化粧品 マイカセラミックス用原料 潤滑剤、断熱剤	トピー工業
マイクロマイカ	$K, Mg_{2.6}Si_4O_{10}F_2$	非膨潤性	コープケミカル
ソマシフ	$Na, Mg_{2.6}Si_4O_{10}F_2$	膨潤性	

第10表 含水ケイ酸カルシウム系商品の特徴(各社のカタログより作成)

一般名称	化学式	材料密度	特性、用途(商品特徴)	製造元
カラーベスト	トパモライト系 $Ca_6(Si_6O_{18}H_2)$ $\cdot 4(H_2O)$	1.9	屋根材	小野田イー・エル・シー アスク
ケイカル板		0.7-1.2	耐火非圧力壁、外壁、間仕切、屋根材	旭硝子 小野田化学工業
ケイカルパネル		0.6-0.8	主に船舶用の耐火パネル	宇部興産 神島化学工業
ALC		0.5	外壁間仕切、屋根、床のパネル	ノザワ 新日鉄化学
ケイカル保温剤	ゾノトライト系 $Ca_6(Si_6O_{17})(OH)_2$	0.15以上	プラント、タンク等の保温材	旭化成建材 ナイガイ
人造木材		0.5	造作材料、内装下地材	日本イトン工業 ニチアス
耐火被服剤		0.4-0.5	鉄骨の成形耐火被覆材	住鋳シボレックス 日本バルカー工業
温度調節不燃材		0.3	プラント、タンク等の保温材	旭硝子建材 三菱セメント建材
超軽量保温剤		0.15		小野田セメント 日本ケミカル 日本インシュレーション 徳山曹達 久保田鉄工 ナルックス
ダッサン	C-S-H系	-	吸着材	富士化学工業

成された粘土鉱物は、フッ素雲母やケイ酸カルシウム系を除くと、高価格であることもあって新しい用途開発が今後の大きな課題となっている。

5. おわりに

各方面の方々の情報を利用しながら、記述したように、粘土の新たな動きは、粘土の再認識から出発している。日本人の概念の甘さ、例えば、粘土=練土(一般の人)、粘土=粘土鉱物(資源関連の方々)をみると、一般の人の方が欧米の概念に近い。日本の大学教育を受けた人々が、変な先入観を持っており、この曲解が用途開発の壁である。

ファインケミカルズ用の粘土鉱物の研究段階は非常に楽しく、将来は地球上での生命発生ドラマを解き明かすことも夢ではないが、現在のところは決定的用途開発に苦悩中というところである。しかし、粘土鉱物の成因論とその用途開発がドッキングできるようになると、粘土資源調査方法にも大きな変化がありそうである。

引用文献

- 岩崎孝志(1992): スメクタイトとゼオライト. 資源地質特別号, 13, 143-150.
 岩崎孝志(1992): 層間活用メソポア多孔体. セラミックス, 27(5), 212-216.
 岩崎孝志(1992): ベントナイト. 日本の窯業原料, 587-589, 工業技術連絡会議窯業連合部会編(ティー・アイ・シー社).
 大塚良平(1984): セビオライトの最近の諸問題. 粘土科学, 24(4), 137-145.
 北川隆司(1992): セリサイト. 日本の窯業原料, 387-389, 工業技術連絡会議窯業連合部会編(ティー・アイ・シー社).
 北川隆司(1993): セリサイト. 人工粘土, 5(3)2-64.
 近藤三二(1981): ベントナイト関連製品の物性と応用. 粘土科学,

21(1), 1-13.

- 長沢敬之助(1987): 粘土の定義, 1-2. 粘土ハンドブック(第二版), 日本粘土学会編(技報堂).
 前田雅喜・芝崎靖雄・熊谷 哉(1986): 瀬戸, 東濃及び伊賀産粘土の可溶性陽イオン組成. 粘土科学, 27, 117-125.
 光田武(1988): トペモライトとケイカル材料. 石膏と石灰, No.214, 129-140.
 芝崎靖雄(1989): ニューセラミックス用人工粘土の合成技術研究開発の背景とその体制. ニューセラミックス, (7)59-66.
 芝崎靖雄・水田博之・前田雅喜(1989): セラミックス用カオリナイト質粘土資源の枯渇とその精製問題点. ニューセラミックス, (7)39-50.
 芝崎靖雄・前田雅喜(1990): カオリナイト資源の現状と将来. エネルギー・資源, 11(3), 257-262.
 芝崎靖雄(1992): タルク. 日本の窯業原料, 773-777, 工業技術連絡会議窯業連合部会編(ティー・アイ・シー社).
 芝崎靖雄(1992): カオリン. 日本の窯業原料, 761-764, 工業技術連絡会議窯業連合部会編(ティー・アイ・シー社).
 芝崎靖雄・加守雅信(1992): 天然粘土と人工粘土. セラミックス, 27(8), 740-746.
 芝崎靖雄(1991): 粘土鉱物の合成と人工粘土. セラミックス, 26(4), 298-303.
 鈴木啓三(1993): ベントナイトの生産・利用状況及び試験方法. 日本粘土学会ベントナイト利用研究グループ資料集(1), 57-4.
 鈴木憲司(1994): スメクタイトの多孔質化. 第21回人工粘土研究会講演資料.
 富田克利・上田智・芝崎靖雄・渡村信治・松田敏彦・鳥居一雄・住吉義博・藤木良規(1987): 粘土鉱物の合成. 日本粘土学会編, 193-256, 粘土ハンドブック(第2版)(技報堂).
 山中昭司(1992): インターカレーションの世界. 人工粘土, 4(3), 2-22.
 山中昭司(1994): ミクロポアからメソポア多孔体について. 第21回人工粘土研究会講演資料.
 和田猛郎(1990): セビオライトの多形態とその応用. 第6回人工粘土研究会講演資料.

SHIBASAKI Yasuo(1994): Recent progress in the applications of clays for industries.

<受付: 1994年 3月30日>