



## トルコからの便り (その3)

### セピオライト, その様々な生い立ち

藤井紀之<sup>1)</sup>

#### 1. はしがき

最近のトルコはちょっとしたセピオライトブームである。それは主として、ここ2~3年の間に日本からのアプローチが相次いだことによる。その一つは豊田通商(株)がトルコの TIRAN 鉱業と合弁で行っているセピオライトの開発であり、もう一つは工業技術院名古屋工業技術試験所と MTA(トルコ鉱物資源調査総局)が共同で行っている「トルコのセピオライトおよび高 Mg 質粘土の利用に関する国際協力研究(いわゆる ITIT 研究)」である。この二つのプロジェクトが最近相次いでスタートしたために私の所へも多くの問い合わせが寄せられるようになった。しかしトルコの場合、セピオライトは現段階ではまだ将来資源と考えた方が現実に近いと思われる。従って品質はどうやって決めるのかとか、価格はどれ位かといった具体的な質問になると、私自身の不勉強もあって返答に窮せざるを得ない言うのが実情である。

現在のところセピオライトの最大の用途はペトリッター(犬、猫などペットのトイレの臭い消しに使う)である。最近のヨーロッパでのセピオライトの消費量は年間100万トンを超したとのことであり、殆ど大部分がスペインから供給されている。

一方日本でも脱臭用のセピオライト壁紙やフィルターが市販されており、排ガスを吸着するハニカムの原料など、セピオライトの用途の開発は最近著しく進んでいる。しかし日本の場合、セピオライトにアタパルジャイト(セピオライトに類似する粘土)を加えても消費量はまだ年間2万トン程度であるし、需要も高純度の原料に限られているようである。前

述の豊田通商(株)のセピオライト開発も、最も純度の高い褐色セピオライト(後述)の採掘に止まっており量的な意味ではまだ本格的な開発には至っていない。

また名工試の利用研究は、3年の短期間にもかかわらず幾つかの分野で注目すべき成果をあげて来ている。特にトルコだけでなく世界的にも埋蔵量最大と目されるドロマイト質セピオライトから酸処理によってセピオライトを精製する実験に成功したこと(Inukai et al., 1992a), セピオライトから多孔質かつ低膨張率のコーディエライト磁器の製作に成功した事(Inukai et al., 1992b)など、将来の開発に向けて幾つかの重要な基礎固めを行ったことが注目される。

確かにセピオライトはその粘性、吸着能、焼成しても多孔性が保たれるなどの特異な性質によって、今後広く利用される可能性が大きいと考えられる資源である。恐らく近い将来には独自の用途だけでなく、ベントナイトやゼオライト、更にカオリンやアスベストなどの用途の一部に代替資源として使用されるようになると思われるが、それは利用研究を進めておられる方達からの発表を待つほかはない。

私は名工試と MTA との共同研究が発足して以来、親友のタネル君が MTA 側のプロジェクトリーダーになったこともあって、1990年に行われた野外調査にはしばしば参加してセピオライトの産状を実際に見聞する機会に恵まれた。その後1991年には私自身が実験関係のセクションに移ってしまったため、セピオライト調査を直接行う機会は殆どなくなってしまったが、私がタッチした限りでもトルコのセピオライトには少なくとも3つの異なる産状

1) 元所員, 現在国際協力事業団派遣専門家: MTA-Mineral Analysis and Technology Dept., Ankara, Turkey

キーワード: トルコ, セピオライト, 海泡石, シヴリヒサル, クブルスチュク

があり、性状もそれぞれ異なっていることが予想された。名工試との共同研究は92年度で終了するのでやがて詳細な報告が発表されるはずであるが、ここではその土台となった初期の野外研究の結果の概要について御紹介することとしたい。なおここで御紹介する内容は私自身が調査から取りまとめまで直接タッチした範囲に限られていることをお断わりしておく。そしてそのかなりの部分は、最初に作成された中間報告(Irkeç et al., 1990)の基礎となったものである。

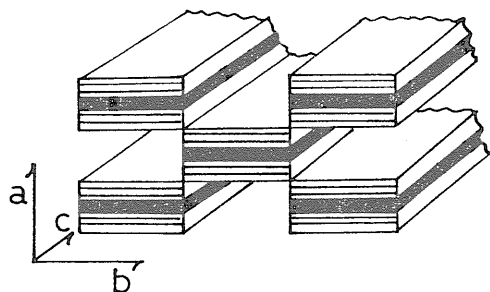
実際にはMTAではその後1992年にかけて大規模な調査を継続しており、調査の進展と共に更に多くの事実が明らかにされつつある。これらの結果は先日タネル君が訪日する時に持参しており、名工試で行われている利用研究の結果と合わせて最終報告書に盛り込まれるはずである。

## 2. セピオライトとは？

最近は少なくなったが、1年程前までは「セピオライトって何ですか？」と言う質問をしょっちゅう頂いたものである。そしてその度に私が言うのは「ほら、あのパイプなんかを作る海泡石ですよ。あの主成分の粘土がセピオライトです」という答えである。

海泡石“メールシャウム”と言う名前には何となく魔法の石といった響きがある。トルコは世界でも最も著名な海泡石の産地であり、アンカラ西方約200 kmのエスキジェヒル周辺の数カ所で採掘されている。海泡石は純白・緻密で軟らかくかつ光沢があり、恐らく彫刻材としては最上質の素材の一つであろう。更にその主成分のセピオライトは極めて多孔質であるためニコチンをよく吸着する特質があり、これもパイプの素材として重用される要素の一つともなっている。

しかし上記のような質問が出るのは当然のことで、セピオライトは日本ではまだきわめて馴染みの少ない粘土質原料であり、私自身も14年前に始めてトルコへ来るまでは殆ど手に触れる事がなかった位である。なおセピオライトの産状や鉱物学的な特徴、またその特異な性質と利用開発の現状については、大塚良平氏による要を得た総括があり(大塚, 1984)、他に地質ニュースでも紹介されている(下



第1図 セピオライトの基本構造形態。  
abcは結晶軸の方向。各リボンはタルク状の構造を持ち、4面体層の逆転によりリボンが繋がり鎖状構造を呈する。(永田, 1976, による)

坂・和田, 1986)ので、詳細についてはそちらを参照して頂くこととし、ここでは最小限必要な説明だけを述べることにしたい。

セピオライトは含水マグネシウム珪酸塩鉱物で組成的にはタルク(滑石)に似ているが、理論式から計算した  $\text{SiO}_2 : \text{MgO} : \text{H}_2\text{O}$  の大体の比率はタルクが63 : 32 : 5であるのに対しセピオライトは56 : 25 : 19となり、より多くの  $\text{H}_2\text{O}$  を含むほか  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$  比も若干大きいという違いがある。

しかしセピオライトと、タルクやその他普通の粘土鉱物との最大の違いは結晶構造にある。よく知られているように、普通の粘土鉱物の場合はSi-Oの4面体層とAlやMgとOあるいはOHからなる8面体層が重なりあい、これがそのまま横に繋がって雲母に似た層状構造を作っている。4面体層と8面体層からなる点ではセピオライトも同じであるが、セピオライトの場合は第1図に示すように、繊維軸に直交するb軸およびa軸の方向では単位格子が一つ置きにずれて鎖状に繋がっているため格子間に孔隙を生じ、この孔隙が繊維軸に平行する一種のチャンネルを形成している。

セピオライトと類似の構造を持つ粘土鉱物にパリゴルスカイト(アタパルジャイトとも言われる。試験用泥水の調整剤などに利用されている)があり、これらは一括して鎖状粘土鉱物と呼ばれている。パリゴルスカイトは上記の8面体層中のMgおよび4面体層のSiの一部がAlで置換されたもので、セピオライトより若干小さい孔隙をもっている。

セピオライトの特質は何と言ってもその吸着能、粘性その他のレオロジーの特質、それに触媒能にある。このような特質から考え得る、また実際に利用

されている分野としては、吸着材、触媒の担体、洗剤、トイレなどの脱臭剤、たばこのフィルター、ペンキやプラスチックのバインダーなど多種多様な用途がある (Alvarez, 1984)。その他焼成してもその繊維状の形態や多孔性を失わない特質があることから、セラミック吸着材、触媒などの原料としての活用も広がりつつあり、今後処理技術の開発と関連して利用分野も一層広がることが期待される。

### 3. セピオライトの一般的産状および成因

セピオライトは常温常圧で安定な鉱物であり、主として半乾燥気候下での湖成ないし潟成堆積物として、また蛇紋岩やドロマイトに由来する二次的な生成物として産出する。セピオライトおよびパリゴスカイトの分布および産状に関して、Callen (1984) は次のような総括を行っている。

- (1) セピオライト・パリゴスカイト鉱床の分布には緯度による規制が明瞭に認められ、成因的に乾燥気候と密接な関係があることを示している。その分布は地質時代により若干の変動はあるが、白亜紀(約6500万~1億3500万年前)以後について言えばおおよそ北緯20~40° 南緯10~35° の範囲に集中している。
- (2) これらの鉱物は半乾燥ないし周期的乾燥気候条件下で堆積した潟成ないし湖沼成の地層中に賦存する。恐らくアルカリ性の汽水環境下で堆積したものである。
- (3) 海成の地層に大規模な鉱床が賦存する例もある(白亜系や北部ロシアの古生層)。これらは気候条件との関連が認められないことから、熱水変質作用により生成されたと推定される。
- (4) 脈状鉱床の多くは熱水性のものである。しかし割れ目や空隙を充填してできたものの一部は、湧水からの沈殿や風化作用によって生成されたとと思われる。

そして以上のような産状から、セピオライトおよびパリゴスカイトの主要な生成過程として次の3つが考えられるとしている。

- 1) 主として内陸の湖沼における化学的堆積物として、また既存の粘土鉱物の続成変質により生成された。
- 2) 主として大陸周縁の海盆や海嶺付近で玄武

岩質ガラスや火山性堆積物、粘土などが熱水変質を受けて生成された。

- 3) 石灰質の土壤中で直接生成された。

この総括で示されている考えの中で最も重要なのは、1)の化学的堆積物としてのでき方である。この型の鉱床は大規模鉱床に発展する可能性が大きく、世界最大のセピオライトの産地であるスペインのヴァジェカスーヴィカルヴァロ鉱床も、pH 8~9の湖水環境下で、SiO<sub>2</sub>とMgOに富みAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の少ない溶液から、セピオライトがチャートや炭酸塩鉱物と共に直接沈殿したものと推定されている (Galán and Castillo, 1984)。

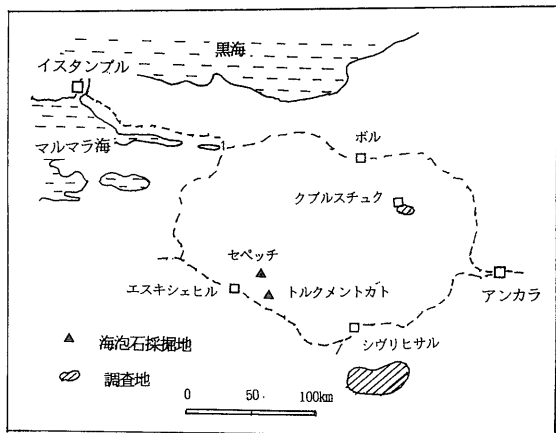
なおトルコの海泡石鉱床については余り明確な結論は述べられてなく、「蛇紋岩などMgに富む岩石が変質されたものであるが、変質作用は必ずしも蛇紋岩礫などの堆積後とは限らない」などの議論がなされていた (Buie, 1975)。なお日本には鉱床と言えるようなセピオライトは無く、スカルン鉱床に伴う熱水性粘土脈、蛇紋岩やドロマイトの割れ目を充填したものなどが知られている (大塚, 1984)。

### 4. トルコのセピオライト鉱床

前述のCallen (1984)の総括に示されたように、セピオライトの生成に大きな関係があるのは半乾燥性の気候条件と湖沼性~潟性の堆積条件である。更にまた堆積盆の後背地が蛇紋岩などMg質の岩石に富むことも重要な要素としてあげられよう。その点では新第三紀以降のトルコは正にその条件を満たしていたと言って良い。事実、セピオライトの潜在的埋蔵量は莫大なものがあり、その産状も今までの考えだけでは解釈出来ないものも見出されている。私が実際に見聞したものだけでも、トルコのセピオライトには少なくとも次の3つのタイプがあり、生成過程・性状もそれぞれ異なっている。第2図にこれらのセピオライトの産地を示す。

- (1) いわゆる海泡石
- (2) 内陸性環境下で自生的に沈殿したもの
- (3) 凝灰質岩層が一旦スメクタイト化し、更に低温の熱水作用を受けてセピオライト化したもの

以下それぞれの産状について簡単に紹介する。



第2図 セピオライト産地の位置図

#### 4.1 海泡石鉱床

海泡石の産地として最も著名なのはエスキシェヒル北東のセベッチと東方のトルクメントカトである。私は1979年にセベッチを、今回のITIT協力との関係でトルクメントカトを訪問した(写真1)が、採掘層準の深度の違いがある他は全く同じ産状であることが確認された。

鉱床が賦存するのは蛇紋岩など超塩基性岩の近くに分布する角礫に富む淘汰の悪い段丘堆積物様の地層で、採掘層準の深さは数m(トルクメントカト)から100m以上(セベッチ)と一定していない。実際に坑道に入って見ると蛇紋岩の角礫に混じって、径数cmから数10cmの大小の角礫状海泡石が不規則に散在している(写真2)。マトリックスは大部分が蛇紋岩質や石灰岩質の砂であり、熱水作用の痕跡



写真1 トルクメントカトの海泡石鉱山の坑口にて1990年2月撮影。前列中央柴田正三氏(名工試セラミック応用部長-当時-, 後列左端タネル君)。

は全く認められない。また捨てられたずりに混じってマグネサイトの角礫がしばしば見出された。セベッチでは周辺の山地にはマグネサイト脈を伴う蛇紋岩が分布しており、トルクメントカトの場合などわずか数百m隔てた所にマグネサイト採掘場があることから、角礫がここからもたらされた事は明らかである。

このような不規則な産状から見て、セピオライトが化学的に沈殿したと考える事は難しい。また以前議論されていたように(Buie, 1975), 既にセピオライト化した岩石が角礫状の形を保ったまま運ばれて堆積したと考えるのもセピオライトの軟らかさから見て難しいように思われる。私の短時間の観察から得られた最も可能性の大きい考え方は、段丘堆積物中のマグネサイト礫が、堆積後珪酸イオンに富む地下水の作用で礫の外形をとどめたままセピオライト化された、つまりマグネサイト( $MgCO_3$ )が続成的にセピオライト( $Mg_8(Si_{12})O_{30}(OH_4)(H_2O)_{12}$ )で交代されたとする考えである。

このような私の考えは、勿論十分なデータによる立証が必要なため、1979年以来気にはなっても公表する機会もないままに過ぎてしまったが、今回MTAの調査報告を調べて見たところ私と同じような考えが既にÖncel and Denizci (1982)によって述べられていることが判明した。また最近Yeniyol(1986)はアンカラ南方250kmのコンヤの近くにあるチャユルバウのマグネサイト鉱床で、マグネサイト脈の一部が地表近くでそのままセピオライト化しており、マグネサイトが漸移的にセピオライトに変化することを確認し、セピオライトは地表

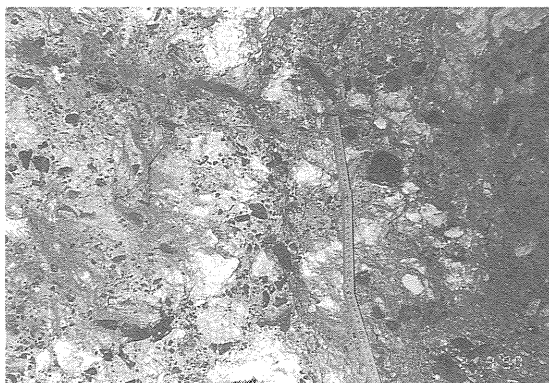
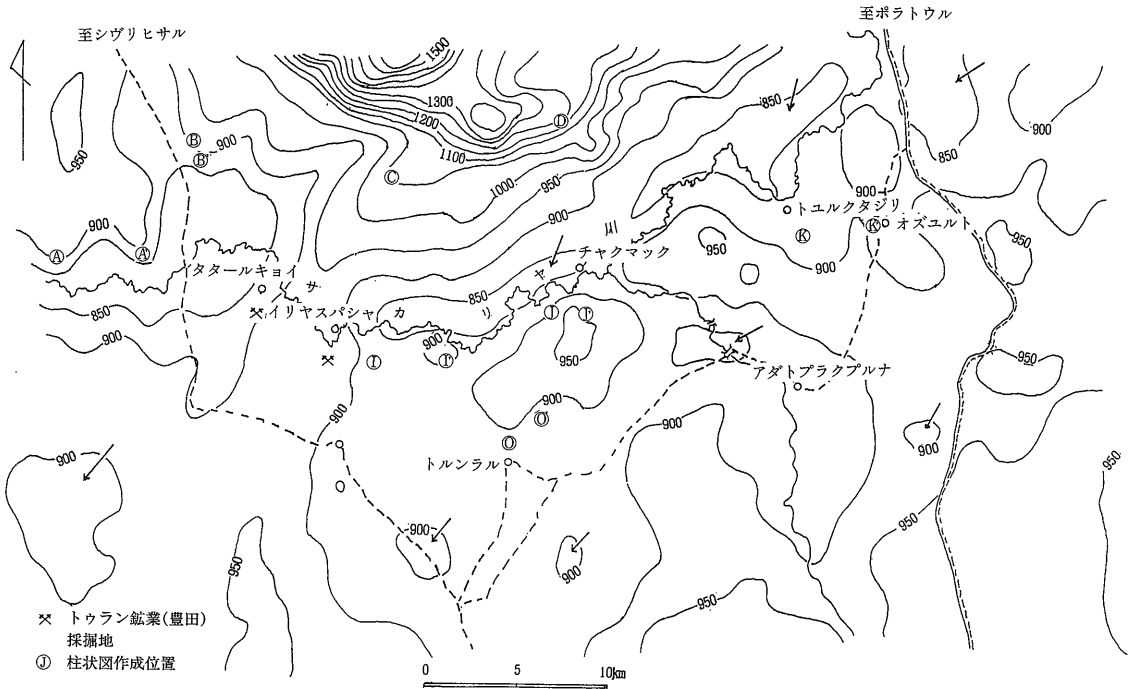


写真2 同坑内にて。蛇紋岩などの礫に混じって大小の角礫状の海泡石が賦存している。



第3図 シヴリヒサル南方地域の接峯面図

条件下でマグネサイトを交代して生成されたことを報告した。この事実も海泡石の成因に関する私の推定が十分可能であることを裏付けている。

#### 4.2 層状セピオライト鉱床

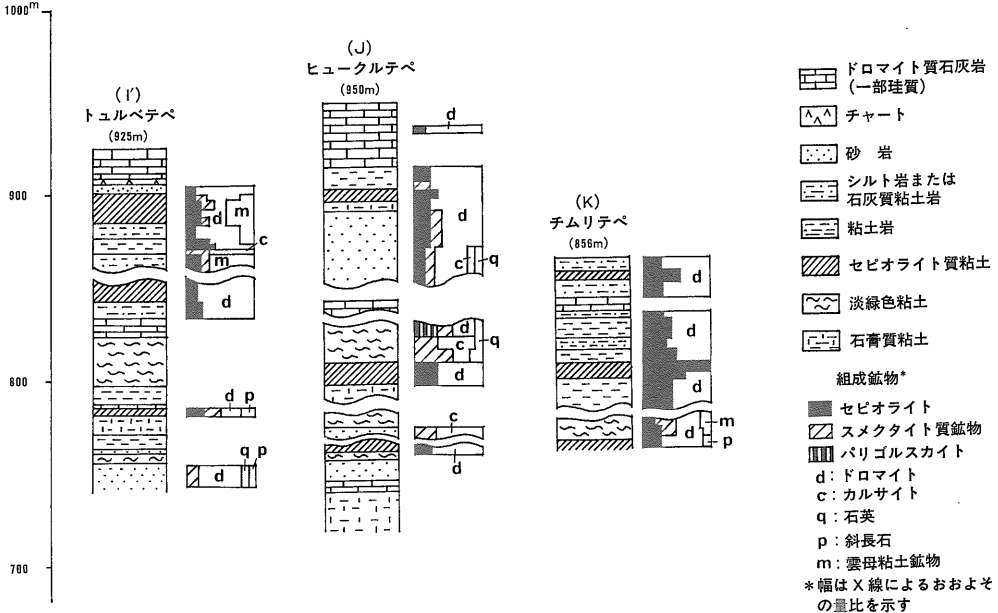
アンカラから西へエスキシェヒルへ向かって130 km 程行くと異様に尖った花崗閃緑岩の山嶺が右前方に望まれる。この山裾にシヴリヒサル(尖った砦の意)という小さな町があるが、その南方約40 km にはほぼ水平に近い構造を示す上部中新統(約500万~1000万年前)の地層が広く分布している。現在豊田通商(株)がセピオライトの開発を行っている鉱区はこの地域にあり、セピオライト質粘土を含む地層は豊田鉱区の更に北東から南東へ広がる広大な地域に分布している。

この地域はよく開析された老年期の地形で特徴付けられる。第3図の接峯面図に示すように、地域の中央にはサカリヤ川が複雑に蛇行しながら東~東北東へ流れており、その南側一帯は標高950 m 前後の高さにドロマイト質石灰岩からなる浸食平坦面が発達し、北側には南へ向かって緩やかに傾斜する比較的平坦な斜面が形成されている。これらの平坦面は浸食に伴って分断され各地に典型的な残丘地形

が発達している。従って残丘の斜面にはセピオライトを含む地層がほぼ完全に露出している場合が少なくない(写真3)。また調査地北端には標高1600 m に達する石灰岩およびオフィオライト累層からなる山嶺が分布するが、上述の傾斜面との間は急な傾斜変換線で境されており NNW-SSE 性の衝上断層の存在が推定出来る。



写真3 層状セピオライト鉱床の分布する丘陵地。典型的な残丘地形の斜面に含セピオライト層が露出している。すぐ下はサカリヤ川、前方はオフィオライトの山嶺。



第4図 含セピオライト層の代表的粘状図と鉱物組成

このような状況から私達は、先ず第一段階として地域を10 km 平方の柵目に切り各柵目の中で1~2カ所づつ選んだ露頭について、それぞれの正確な層序を確立した上で全体的な対比を行うという方針をたて、一つ一つの露頭を上から下に向かって(何しろ急な斜面なので私のようなロートルには下から登るのは到底無理である)巻き尺とクリノメーターで実測しながら層序を調べて行った。初期段階で私とヌレット君とでこのようにして作成した柱状図は合計15本に達したが、含セピオライト層の特徴はこの15本の柱状図にはほぼ示されていると言ってよい。ここではサカリヤ川南側のセピオライト層準を含む柱状図の代表的なものだけを第4図に示した。なおここでは各層準の粘土質岩層についてX線粉末回折によりおおよその鉱物組成を推定し、柱状図の横幅を100%として鉱物組成の垂直変化を示してある。この図からも分かるように、野外では単に粘土岩として記載した地層もX線で調べた結果では大部分がセピオライトを含む粘土であることが明らかになった。また含セピオライト層の時代については、セピオライト層準の直下から採取した有孔虫の化石からこの地層が上部中新統に属することが判明している(但しその後タネル君達が採取した化石からは更に若い鮮新世—500万年前以降—という鑑定

結果が得られたという)。

この図に示すように、サカリヤ川南岸地区の上部中新統は最上部にドロマイト質石灰岩が発達し、以下セピオライト質粘土、ドロマイト薄層、ベントナイト質粘土などからなる地層が100 m以上の厚さにわたって累重している。一方サカリヤ川の北側にはこれら粘土質層準の下部に当たる石膏質の岩層やチャート層、石灰岩層が分布している。この下部層の層序についてはまだ不明な部分が多い。

セピオライトを含む粘土は多くの場合、白色ないし灰白色で緻密・塊状を呈し層理は全く認められない。第4図に示したように、このセピオライト質粘土の中の碎屑質鉱物としては少量の石英・長石とスメクタイト鉱物が認められるだけで、大部分セピオライト、パリゴルスカイト、ドロマイトおよびマグネサイトからなっている。白色のセピオライト質粘土を顕微鏡下で観察したところ、直径3~5 μmの自形のドロマイト粒がびっしりと均質に分布しており(写真4-a)、明らかに自生的に生成されたものと推定された。セピオライトの形状は明らかでないが、これはセピオライトがドロマイト粒の間を充たすような形になったためと思われる。この塊状・無層理の厚い粘土層の存在は、極めて静穏な湖盆で長時間にわたって堆積物が化学的に沈殿したことを示

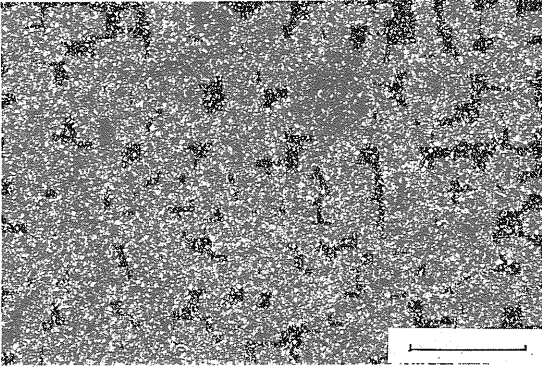


写真4-a ドロマイト質セピオライト粘土の顕微鏡写真。径 $2\sim 3\mu\text{m}$ のほぼ等粒のドロマイトが均質に分布している。スケールは $0.1\text{mm}$

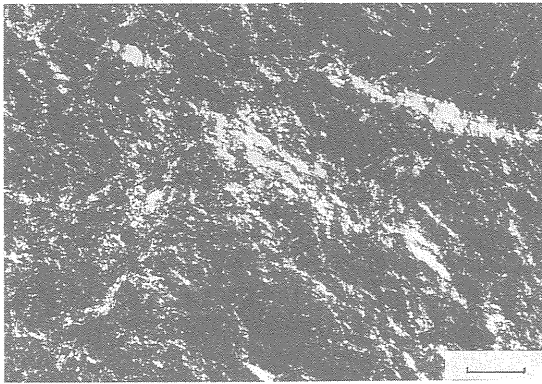


写真4-b 褐色高純度セピオライト粘土の顕微鏡写真。有機物の間隙に沿ってセピオライトの集合体の成長が見られる。スケールは $0.1\text{mm}$

唆している。

ところで第4図の中で殆ど純粋なセピオライトからなる層層があることに注目して頂きたい。この高純度のセピオライトは何ヶ所かで発見されたが例外なく有機物を含む褐色の粘土である。厚さは最大 $4\text{m}$ 程度で分布範囲は $100\text{m}\times 100\text{m}$ 前後のレンズ状をなす場合が多い。現在豊田通商(株)がイリアスパンジャおよびタタルキョイで開発の主対象としているのもこの高純度セピオライトで(写真5)、鏡下では長さ $10\mu\text{m}$ 前後のセピオライトの繊維状集合体が成長している状況が明瞭に認められる(写真4-b)。恐らく有機物の存在がドロマイトの生成を妨げたためこのような純度の高いセピオライトを生ずるに至ったものと推定された。

このシヴリヒサル南方地域に賦存するセピオライト質粘土の埋蔵量は莫大なもので、ドロマイト質の



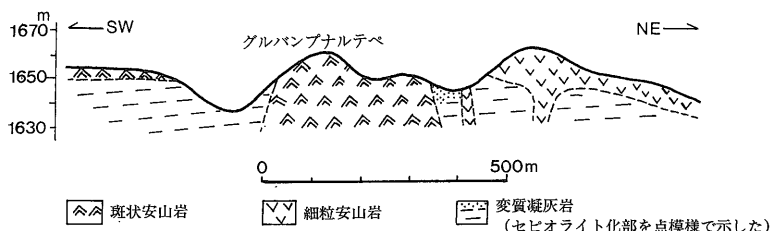
写真5 イリアスパンジャの豊田通商鉱区に見られる褐色セピオライトの露頭。丘の最上部は浸食平坦面となっている。

粘土も加えれば最終的には恐らく数千万トンのオーダーに達するものと予想される。トルコにおける未開発粘土質資源として最も注目されるものの一つである。

#### 4.3 クブルスチュクのセピオライト鉱床

アンカラの北約 $70\sim 120\text{km}$ の地域にはキュリョウル山脈と呼ばれる標高 $1000\sim 2000\text{m}$ の山嶺が東西に続いている。この付近は中新世以降火山活動が相次いだところで、流紋岩質から玄武岩質にいたるさまざまな火山岩が分布している。クブルスチュクはこの山岳地帯の中心にある小さな町で、1989年その周辺一帯でMTAがカオリンやゼオライトを目的に調査をしている時に、偶然セピオライトが発見された。

セピオライトが発見された所はウジャクギョルと呼ばれる小さな部落に隣接するクルバンプナルテベと呼ばれる丘の上で、付近の地質は中部中新統とされる凝灰質岩層とこれを覆う細粒の安山岩、更にこれらに貫入した斑状安山岩ドームからなっている。凝灰岩は一般に黄緑色を呈し、スメクタイト化が顕著である。しかし斑状安山岩ドームの近くの凝灰岩だけは白～灰白色の粘土に変わっており、その一部がほぼ純粋なセピオライトであることが判明した(第5図)。この凝灰岩はドームの近くでは破碎を受けたような構造を残し細かいチャートの角礫を混えるなど(写真6)、ドームの貫入の影響で原構造が部分的に破壊され更に再変質を受けたものである可能性が強い。セピオライト質粘土の分布は極めて不規則で、量的には多くても数千トン程度と推定されている。



第5図

クプルスチュクーウジャクギョルのセピオライトの産状を示す模式図

このウジャクギョルの粘土の特徴は組成的に極めて変化に富んでいる点にある。黄緑色を呈する粘土は主としてスメクタイト，斜長石，オパールC-Tからなり少量の沸石および雲母粘土鉱物を含んでいる。しかし白色粘土の場合はセピオライトの他に長石，オパールC-T，更にスメクタイトが変質したと思われる底面反射の不明瞭な粘土鉱物などを含み，中にはセピオライトとスメクタイトが共生する珍しい粘土まで見出された。このような事実は，一旦スメクタイト化された凝灰岩が更に何らかの作用でセピオライト化された事を示唆している。セピオライトの分布が安山岩ドームの周辺に限られている事は，安山岩の貫入に伴い何らかの熱水作用が存在した可能性を示すものと思われる。

このウジャクギョルから3 km 程隔たったカラシヤルでも小規模なセピオライトの露頭が発見されている。この含セピオライト層は極めてよく成層しており，層別の鉱物組成の変化を明瞭に観察することが出来た(第6図)。それによると最下部の中粒凝灰岩から真ん中の淡緑色粘土に至る間にセピオライトが次第に濃集していく過程が明瞭に示されている。上半部では余りセピオライトの濃集は見られないが，非晶質のオパールが多く含まれ鏡下では珪藻の破片も見出された。なおこの僅か1 m 程の層の

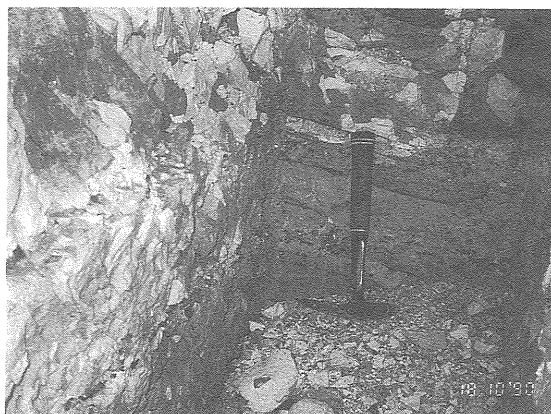
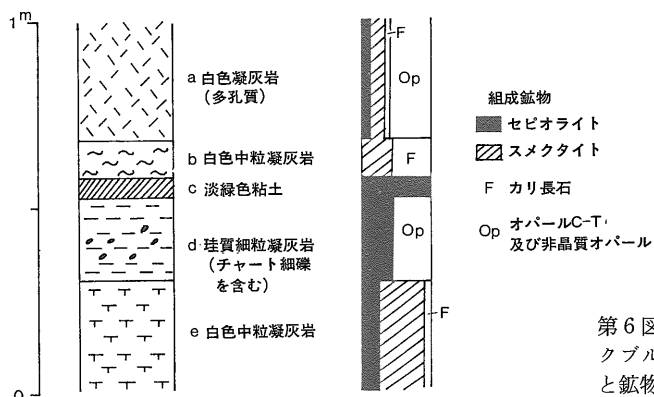


写真6 クプルスチュクでセピオライトが発見されたトレンチ。凝灰岩が破碎を受けたような産状を示す。この白色粘土中にセピオライトが含まれており，含有量は下へ向かって高くなる。露頭下部に黒色のチャートの細礫が層状に挟在している。

上下には厚いチャート層が発達している。このチャートは一見玉髄質で貝殻状断口に富んでおり，珪藻土が続成作用によってチャート化した可能性が大きい。

このカラシヤルのセピオライトは，ウジャクギョルなどで生成したセピオライトが二次堆積したものであると思われるが，特に上記の淡緑色粘土は不純物が少



第6図

クプルスチュクーカラシヤルの含セピオライト層の層序と鉱物組成



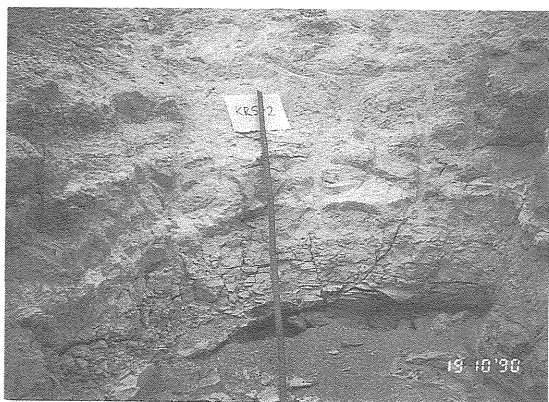


写真7 カラジャルのセピオライト露頭。真ん中の10 cm 足らずの薄層がほぼ純粋なセピオライト粘土である。

ない事からクブルスチュク地区の代表的なセピオライトとして、名工試で詳細な鉱物学的研究が行われつつある (Tomura et al., in press). それによればカラジャルのセピオライトは7%近い  $Al_2O_3$  を含み (セピオライトは理論値では0%), 熱分析の結果ではパリゴスカイトとセピオライトの中間的性質を示したとの事である。またX線粉末パターンも他の地区のセピオライトとは若干異なり、単斜晶系 (他は斜方晶系) のものと結論されている。参考のため各タイプのセピオライトについて、名工試で実施された蛍光X線による分析の結果を別表に引用させて頂いた (第1表)。

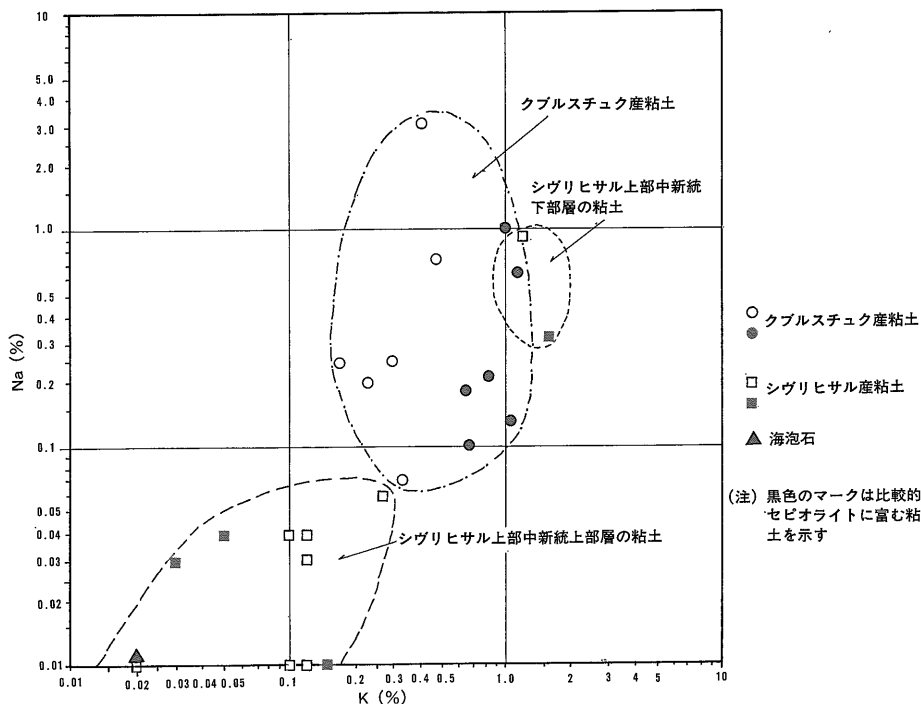
## 5. シヴリヒサル粘土の生成環境

上述の異なるタイプのセピオライトについて、成因の違いが当然微量成分の分布に反映されていると考えられたので、MTAの化学分析室に分光分析法および原子吸光分析法による微量成分の分析を依頼した。分析を行った試料はシヴリヒサル、クブルスチュクの両地区からそれぞれ12個ずつで、比較のため海泡石の試料も1個加えた。詳細なデータは省略するが、シヴリヒサルの粘土はSrを多く含むことおよび一部の試料にBが検出されたこと (出現頻度30%) で、クブルスチュクの粘土はCu, Mn, V, Zrなどで特徴付けられることが判明した。特に注目されたのはNaとKの分布で、シヴリヒサルの試料の大部分はクブルスチュクの粘土よりも遙かに少ない0.1%以下のNa, Kを含むことが明らかになった (第7図)。ただその中で2個だけは相当量のNa, Kを含んでいるが、これは上部中新統の下部層から採取した試料で、例外的にNi, Cr, Cuなども含むことから基盤に由来する碎屑質の鉱物を多く含むことを反映したものと推定された。Na, Kとも地殻中の平均含有量は2.5%であるから、シヴリヒサルの粘土のアルカリ集積量は平均よりも遙かに少ないとが明らかになったと言える。このことはシヴリヒサルの粘土が内陸の湖沼中で化学的に沈殿・堆積したという推定を支持するものではあるが、堆積環境については必ずしも汽水環境を指示しているとは言えないように思われる。

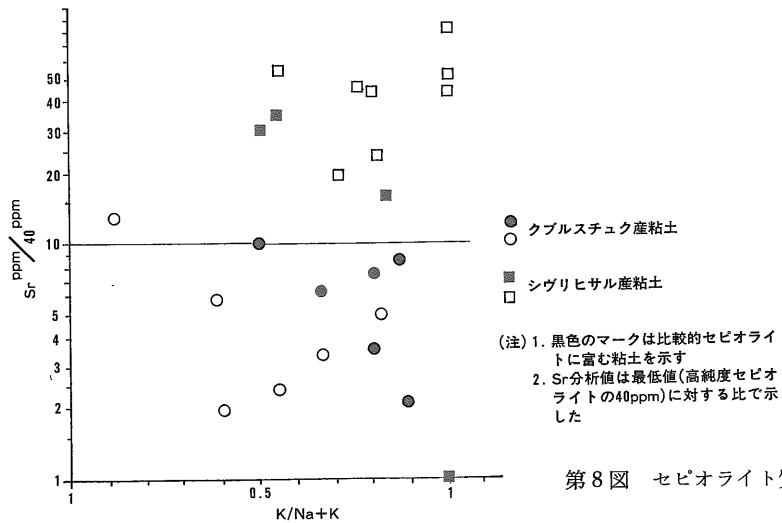
第1表 トルコ産セピオライトのタイプ別化学組成

	理論値	海泡石 (TUR-1C)	シヴリヒサル (ILP-7)	クブルスチュク (KRS-2C)
SiO <sub>2</sub>	60.71	59.44	55.67	60.28
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.02	0.21	0.23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.05	3.27	6.83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	1.59	3.56
MnO	0.00	0.01	0.01	0.08
MgO	27.15	27.07	20.35	14.98
CaO	0.00	0.43	0.56	0.33
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.18	0.16
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.59	1.29
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.03	0.02
Ig. loss	12.13	11.05	16.17 (含有機物)	10.68
Total	100	98.07	98.63	98.45

分析: 名古屋工業技術試験所セラミック応用部



第7図 シヴリヒサル・クブルスチュク両地区の粘土中の Na/K 比の比較



第8図 セピオライト質粘土中の Sr の分布

なお Sr の分布にも明瞭な相違が認められた。第 8 図に示す様に、一般にシヴリヒサルの粘土にはクブルスチュクの粘土の10倍程度の Sr が含まれている。例外は最もセピオライト純度の高い褐色粘土で、40 ppm の Sr を含むに過ぎない。しかしその他の粘土は絶対値で500-2000 ppm の Sr を含んでおり、地殻中の Sr の平均値が300 ppm であることからみ

ても異常な濃集と言える。恐らく火山活動に伴って水中に放出された可能性が大きい。またこれが粘土中に濃集していることも堆積盆が内陸の閉鎖的な湖沼であったことを示唆していると言えよう。また褐色粘土中に Sr が少ないのは、Sr がドロマイトと共に沈積する傾向が強いことを反映していると考えられる。

トルコの新第三系は世界最大と言われる礫素鉱床を始め、天青石(Sr 鉱), トロナ(炭酸ソーダ鉱), 岩塩などの豊富な産出で知られている。しかし各堆積盆別の詳しい元素分布についてはまだ殆ど手が付けられていない状況であり, これら新第三系の地球化学的対比は, 今後の興味ある課題の一つと言える。

謝辞: 最初に述べたように MTA のセピオライト調査は名工試との共同研究をきっかけとして発展したと言える。特にセラミックス応用部の渡村信治課長及び宮脇律郎博士は, 来トの際に研究の途中経過について詳細な報告をして下さり MTA の関係者一同にとって大きな刺激となった。この小論をまとめるにあたり渡村, 宮脇両氏から頂いたデータが大変参考になったことは言うまでもない。また豊田通商(株)の芝田善明氏にはプロジェクト開始前の予察の際シヴリヒサルの現場をご案内頂くなど, 大変お世話になった。これらの方々はこの機会に厚くお礼を申し上げる次第である。

#### 文 献

- Alvarez, A. (1984) : Sepiolite: properties and uses. in Singer, A. and Galan, E. ed. PARIGORSKITE-SEPIOLIE; Occurrences, Genesis, and Uses. Development in Sedimentology, no. 37, ELSEVIER, p. 253-287.
- Buie, B. F. (1975) : Meerscham. Industrial Minerals and Rocks. 5th Edit. p. 833-836.
- Callen, R. A. (1984) Clays of the parigorskite-sepiolite group: Depositional environment, age and distribution. in Singer, A. and Galan, E ed. PARIGORSKITE-SEPIOLIE; Occurrences, Genesis, and Uses. Development in Sedimentology, no. 37, ELSEVIER, p. 1-37.
- Galan, E. and Castillo, A. (1984) : Sepiolite-parigorskite in Spanish Tertiary basins: genetical patterns in continental environments. in Singer, A. and Galan, E ed. PARIGORSKITE-SEPIOLIE; Occurrences, Genesis, and Uses. Development in Sedimentology, no. 37, ELSEVIER, p. 87-124.
- Inukai, K., Tomura, S., Miyawaki, R., Shimosaka, K., Irkeç, T. and Fujii, N. (1992-a) : Purification of sepiolite associated with dolomite. Clay Minerals, Their Natural Resources and Uses (Proc. 29th IGC, Workshop WB-1) p. 115-122.
- Inukai, K., Miyawaki, R., Tomura, S. and Öcal, H. (1992-b) : Turkish sepiolite as a ceramic raw material. Clay Minerals, Their Natural Resources and Uses (Proc. 29th IGC, Workshop WB-1) p. 123-135.
- Irkeç, T., Güngör, N., Kirikoglu, M., Küçükşille, N. and Fujii, N. (1990) : Modes of occurrence of some sepiolitic clays in Turkey. Manuscript, 6p, 11 fig. (in printing)
- 永田 洋(1976) : セピオライトの結晶構造. 粘土科学, 16, 10-19.
- 大塚良平(1984) : セピオライトの最近の諸問題. 粘土科学, 24, 137-145.
- Öncel, Z. and Denizci, I. (1982) : Study on meerscham and magnesite deposits in the Eskisehir region. MTA Open-file Rep. no. 7181, 244p. (in Turkish)
- 下坂康哉・和田猛郎(1986) : 新素材セピオライト——近くて遠い粘土. 地質ニュース, no. 385, 6-18.
- Tomura, S., Miyawaki, R., Inukai, K., Shimosaka, K., Irkeç, T. and Fujii, N. (1991) : Occurrence of New polytype of sepiolite. Manuscript, 3p. (in printing).
- Yeniyoç, M. (1986) : Vein-like sepiolite occurrence as a replacement of magnesite in Konya, Turkey. Clay Minerals, 34, 353-356.

---

FUJII Noriyuki (1993) : Various modes of occurrence of sepiolite in Turkey.—Letters from Turkey (3)

---

〈受付: 1993年4月30日〉

〔編者注〕名古屋工業技術試験所: 現名古屋工業技術研究所