

# トルコ共和国のエバポライト型鉱床

高島 清

トルコの中央高地であるアナトリア褶曲構造区のほぼ中央部に 新生トルコの生みの親 アタチュルクにより建設された 首都アンカラ市がある。現在 人口 150 万以上にも達するこの大都市は 当初は人口 5～60 万程度という計画であったためか 元来 雨量の少ない (年間雨量 400 mm 内外) この都市は 雨季を除けば 年中水不足になやんでいる。とくに 標高 800—1,000 m に近いこの高原地帯は 黒海沿岸のポンチード山脈 地中海沿岸のタウリード山脈に さえぎられ一年中 カサカサした乾燥地帯としても有名である。

トルコ人は 元来放牧 遊牧の民であるためか 水に対して 外国人ほど神経質ではなく 且つ乾燥した気候のためか 風呂 シャワーなどに入らなくても平気で有名なトルコ産の レモンオーデコロンで臭いを消し平気な顔をしているが 外国人にとっては 大きな悩みのたねになっている。

また アンカラでの名物は 霧のロンドン と名をばせたように 有名なアンカラスモッグ が知られている。アンカラの地形がちょうど盆地状になっていることと 冬季はあまり風が吹かず かつ粗悪なトルコ産リグナイトを各アパートの暖房のために一せいに焚きだすので 時として 数 m 前もかすむという状況がよくある。我々も M. T. A. に車で通勤しているが 車の運転が困難なほどになることもあり 大変である。特にひどいときは その昔誰しも S. L. 時代の旅行で トンネルの

中で窓をあけ 息ぐるしくなった思い出をもっているが アンカラの中心街では 常にこの郷愁を しのばせてもらえるようである。

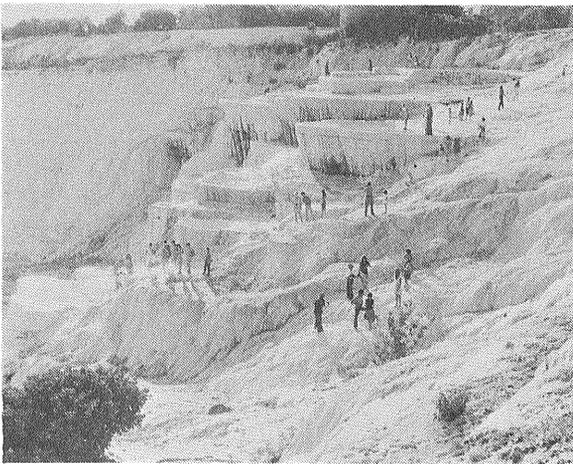
しかし このアンカラを ほんの 10 km も郊外に出ると 広漠たる牧草地や高原 山岳地帯となり 水分が乏しいために 雨季を除くと ほとんど 地はだの色丸だして 地質調査には快適である。ただし 美しい地質図が作成できるとは限らず 常に“オフイオライト”という うすぎたない岩帯につきまとわれ これになやまされる。けれども これらの岩帯はせいぜい 古第三紀に至るまでの地層であって 大局的にみると 構造的な大変動がみられない地域では 新第三紀以降の地層は美しい成層をなして分布している。

これらの地層の大部は フリッシュのほか石灰岩 ドロマイト 泥灰岩など 石灰質あるいは苦土質のものが非常に発達している。そして これらの地層は アナトリアの大褶曲地帯の間に 地溝 地盆として形成された 内湾 内陸湖などの堆積物により構成されている。

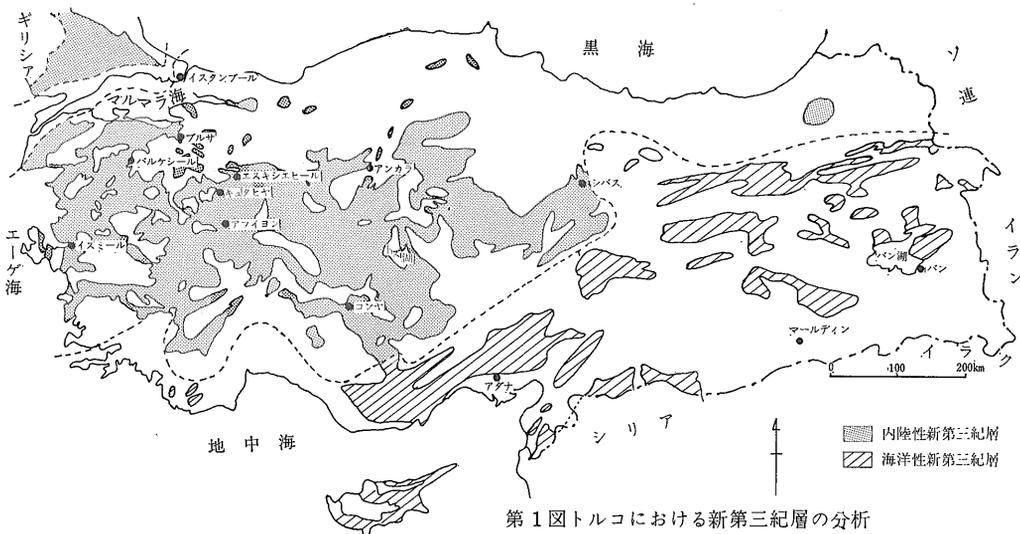
従って ある堆積層は 海水の浸入 あるいは封鎖された内陸湖 鹹湖として残されたものが そのほげしい乾燥により 干上がり“エバポライト”型鉱層として貴重な資源を提供している。

勿論 この中には長い地質時代の中で 火山 温泉などの影響で これらからの放出元素を添加して鉱層を形成するものも多く これから紹介したい “エバポライト”型鉱床も このような成因により生成されたものである。

先般 新妻信明氏の論説 (科学 Vol. 44 No. 4 岩波書店 (1974)) に “地中海は鹹湖であった” という記事を興味深く読ませて頂いたが これによると DSDP (深海底掘削計画) による調査が 地中海全体にわたり広く行なわれ 地震波による反射層 (M層) メツシナ期に堆積したドロマイト 石膏 硬石膏 岩塩などの含エバポライト地層と礫岩の存在が 広く地中海海底に分布することをのべ “地中海は鹹湖であった” という 話題を提供し 地中海は鹹湖のような内陸湖であり このため濃厚塩水から エバポレートした沈澱物が広く分布したと考えられているとしている。



写真① 西部アナトリアデニズリーの含石灰温泉による石灰華盆 (現在観光地の1つとなっている)



第1図トルコにおける新第三紀層の分析

第1図  
トルコにお  
ける新第三  
紀層の分布

トルコのアナトリアにおいては ちょうど 漸新世—中新世の時代に 有名な石膏層の厚い分布が知られている。シバス盆地では この地層の厚さは数100m 以上にも及び 石灰岩 ドロマイトと共に赤色砂岩 と石膏層との累層 あるいは互層により形成されている。これらの地層中には 数多くの岩塩層が挟在し これらの岩塩層を通して湧出する含塩水は この地方の貴重な塩の供給源となっている。例えば シバス地方の大型の塩採取地では 4~5,000トンの生産能力をもっている。これらの地層は トルコにおける重要なエバポライト型鉱床の母体で “Gypsum Serie” 石膏層といわれるように 無尽蔵に近い石膏が賦存する。

トルコ M. T. A. 研究所の専門家に話を聞くと 石膏に至っては 1兆トン以上 計算されたことはないといわれるほどで 現在 これらの石膏は ごく一部セメント 化学肥料その他の工業に利用されているだけであると説明している。

これらの 地層の中には既述の 地中海のような大型の地向斜性構造の中で 海水の干上ったもの他に 地

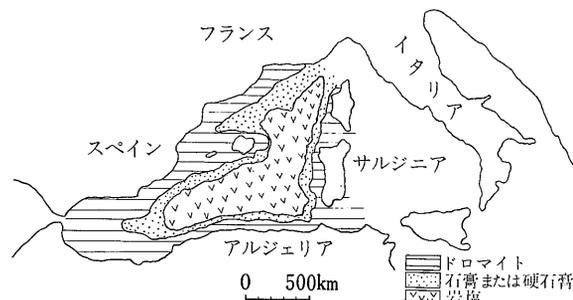
溝 地盆のような形態で 分布するものも多く また このような形態だけでなく これらの過程の中で 火山活動あるいは 温泉 鉱泉などの供給物質により 硼酸塩鉱物や含ストロンチウムなどの特殊な型の鉱床を形成することも多く 硼酸塩鉱床のように 大規模に開発され トルコにおける クローム 水銀などに匹敵する重要な輸出鉱産物となっているものも多い。

そこで トルコにおけるエバポライト型鉱床の代表的なものを記述すると

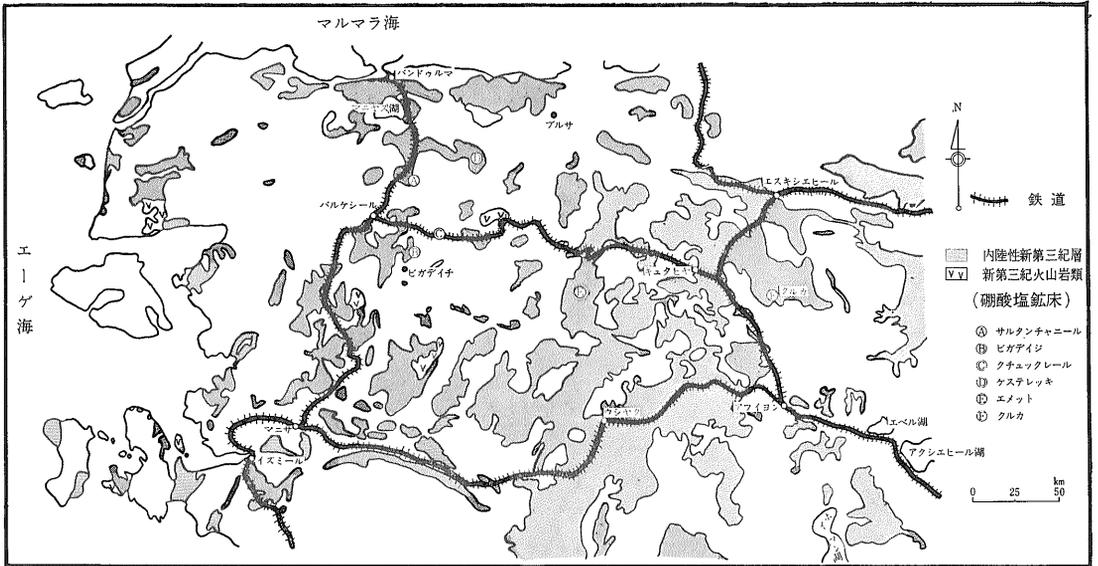
- 1) 石膏……………アナトリア全域
- 2) 硼酸塩 鉱石……………主として西中部アナトリア
- 3) ストロンチウム 塩 鉱石…  
中部アナトリア 特にシバス付近
- 4) 岩 塩……………アナトリア中部全域
- 5) 苦土 鉱石 ……………アナトリア全域
- 6) セピオライト 鉱石 ……  
西部アナトリア エスキシェヒール付近

表1 主要エバポライト型 鉱床中の 鉱物性状

性状	結晶系	化学組成	特 性
セlestait (天青石)	斜方	SrSO <sub>4</sub>	H. 3.5 Sg. 3.97 板状 短柱状 粒状(土状) 青透明 半透明
コレマナイト	単斜	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 5H <sub>2</sub> O	H. 4.5 Sg. 2.42 短柱状 擬八面体 無色 乳白 透明 半透明
セピオライト (海泡石)	斜方	Mg <sub>5</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>20</sub> (OH) <sub>2</sub> · 8H <sub>2</sub> O	H. 2—2.5 Sg. 2 纖維状集合 白 灰 黒灰 不透明
石 膏	単斜	4[CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O]	H. 2 Sg. 2.3—2.37 卓状 長柱状 粒状 纖維状 無色 灰黄褐青 透明 半透明
岩 塩 等軸		4[NaCl]	H. 2 Sg. 2.16 結晶質土状 無色透明 黄 青 緑



第2図 地中海西部パレアル アルホラ両海盆中のエバポライト略図 (K. J. Hs6, MBOITA, WBFYAN による 1972)



第3図 西部アナトリアにおける主要磷酸塩鉱床分布図

7) 磷酸塩鉱石……………東南部アナトリア

があげられる。以上の中で特に興味深いものを取上げる。

この中で 2)磷酸塩鉱石は 年間約40万トンの生産量を示し その大半は ヨーロッパ 米国 日本などの先進工業国に輸出されている。

そこで まず この磷酸塩鉱石について その概要をのべておくことにする。

トルコの磷酸塩鉱物の採掘は 主として 西部アナトリア地方に集中しており 歴史的に古いスルタンジャイル地方の鉱山については 13世紀頃 ジェノアの人によって採掘されたという記録が残っている。

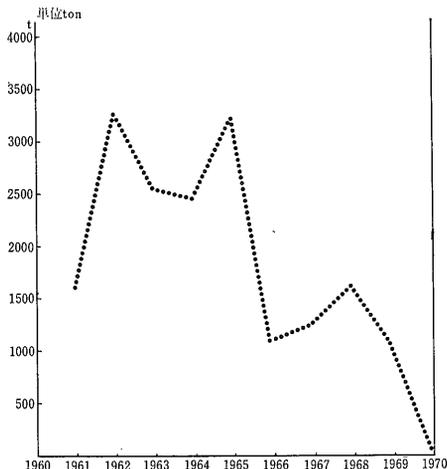
1865年頃 この鉱山は フランス人によりアジジェ鉱

山として 採掘がはじめられ 付近のスルタンアジール鉱山と合併し 1954年にこの鉱山の主要産出鉱物であるパンドルマイトが掘り尽されるまで 採掘がつづけられたといわれている。

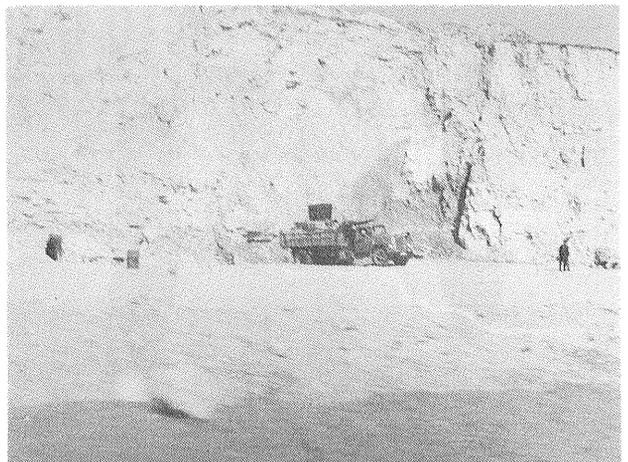
スルタンジャイル付近の地質は 新第三紀淡水堆積層よりなり その層厚は 250m にも達する。

この地層の上部層はおもに 薄い層状石灰岩と凝灰岩の互層のみられるマール質堆積層よりなり パンドルマイトを含む地層は 鉱層の上盤は石膏 石灰岩 火山灰 褐炭 パンドルマイトの礫を含むものより構成され その層厚は8—17m に達するという。これらの地層中に含まれる “パンドルマイト” 塊— “パンドルマイトポテト” は 不規則な形で分布している。

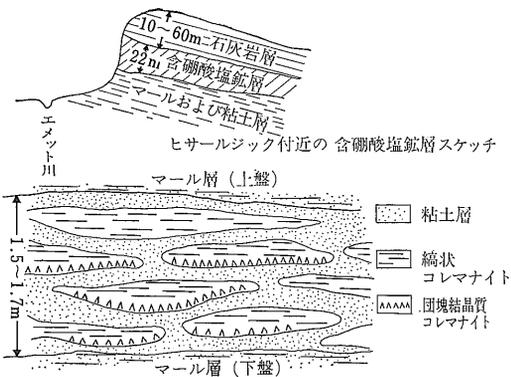
地層の一般的な傾斜は 8°—10° S あるいは SE に傾



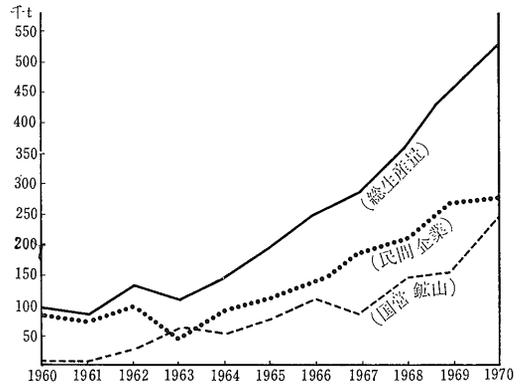
第4図 セピオライト原石生産量 (1970年以降は山元生産なし)



写真② 堆積性含磷酸塩鉱層の採掘現場



第5図 ベジエンドウクレール鉱山のコレマナイト鉱物胚胎の状況



第6図 磷酸塩鉱石生産量

表2 磷酸塩鉱物

鉱物名	化学組成	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O%	Na <sub>2</sub> O%
◎コレマナイト	2CaO·3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O	50.8	21.9	—
パンデイルマイト	4CaO·5B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·7H <sub>2</sub> O	50.0	18.0	—
◎ウレキサイト	Na <sub>2</sub> O·2CaO·5B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	43.0	35.5	7.7
ケルナイト	Na <sub>2</sub> O·2B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·4H <sub>2</sub> O	51.0	26.3	22.7
イニオマイト	2CaO·3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·13H <sub>2</sub> O	37.6	42.2	—
メイェルフオフェライト	2CaO·3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·7H <sub>2</sub> O	46.7	28.3	—
テルチェアイト	4CaO·5B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·20H <sub>2</sub> O	38.0	38.0	—
ハイドロボラサイト	MgO·CaO·2B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	50.5	26.1	—
ホウライト	2SiO <sub>2</sub> ·4CaO·5B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O	44.5	11.4	—

◎ 主要構成鉱物

表3 含マグネシウム磷酸塩鉱物

鉱物石	化学組成	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O%	CaO%	MgO%
クルナコバイト	2MgO·3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·15H <sub>2</sub> O	37.45	47.96	—	14.52
インデライト	2MgO·3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·15H <sub>2</sub> O	37.42	48.38	—	14.36
インデルボライト	CaO·MgO·3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·11H <sub>2</sub> O	41.34	39.61	10.62	8.60

表4

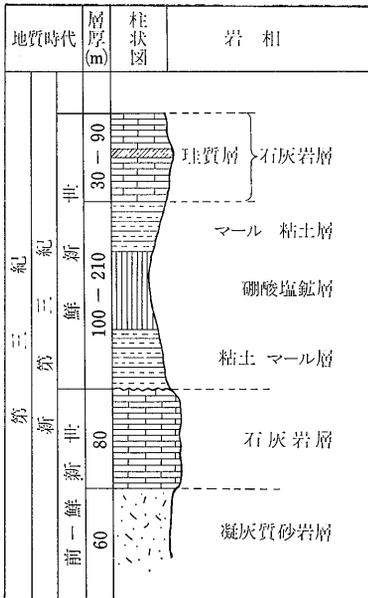
ビガディジ地区の各鉱床の鉱物組成

鉱山名	コレマナイト	メイェルフオフェライト	イニオアイト	ブリシエアイト	テルシエアイト	ウレキサイト	ハイドロボラサイト	ホウライト
ブエックキレチリッキ	+	+	-	+	-	-	-	-
クチュクキレチリッキ	+	-	-	-	-	-	-	-
プーレキチデレシー	+	+	-	-	-	+	-	-
ブエックグウネリー	+	+	+	?	-	+	+	-
クチュクグウネリー	+	-	-	-	-	-	-	-
クルトピナル(右)	+	-	-	-	-	-	-	-
クルトピナル(左)	?	-	-	-	+	-	-	-
アジエプ	+	+	+	-	-	+	-	-
ベエンディクレール	+	-	-	-	-	-	-	-
トウルウディールメン	+	-	-	-	-	-	-	-
ドムズデレシー	+	-	-	-	-	-	-	-

斜している。そして パンデイルマイト層の厚さは 0.2—6mに達する。下位の石膏層中には 約 18m の厚さにわたって “パンデイルマイト” の鉱筋が含まれ その下部の火山岩礫を含む “マール” 層に変化している。鉱層は 1—1.5mで B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 46—50%のパンデイルマイト鉱物を約 1/5 含有している。

古いアジエ鉱山の記録からみると 1,500m<sup>2</sup>の分布面積をもつ スルタンジャイル鉱床と 1,200m の同鉱床とは 立入坑道により 60mの間隙をもって連続している。更に プラヤ地区にも同様の鉱層の分布がみられ この方向の探鉱開発が進められている。現在までの記録では B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 42% のパンデイルマイト鉱精鉱を約100万トン輸出されたとなっている。

バルケシール市東方に分布するビガディジの鉱層は 石英安山岩および流紋岩質碎



第7図  
クルカ付近の硼酸  
塩鉱層モデル

層岩層上に発達する少なくとも 層厚 200m に達する泥灰岩層中の粘土質岩層に賦存する含ボロン鉱層である。主要鉱物は コレマナイトとユーレキサイトより構成され 代表的な No. 5 鉱山では 粘土層中に1.5mから4mの層厚を有する6層準の含ボロン鉱層が賦存し 最下位層は約1mの粘土層を挟んで ホウライトを主とする鉱層が発達しているという。付近には No. 1 No. 2などの鉱山が分布し 埋蔵鉱量は 300万トン以上にも及ぶ。

クチュクレール鉱床は コレマナイトの小鉱床が発見されているだけで 稼行は未だ行なわれていない。

ケステレッキ鉱床は 高品位コレマナイト鉱床が約100万トン埋蔵することが知られている。

最も興味深いのは 焼物の名産地 キュタヒヤ市西方に分布する エメット地域で M. T. A. 研究所の調査で約 300m に達する新第三紀層中に 層厚40mにおよぶ含コレマナイト鉱層が発見され エスベイ キリック ヒサルジック ハمامキヨイなどの鉱山が稼行されている。コレマナイトを主とするこの地域の総埋蔵鉱量は 1,000万トン以上にも達するとされている。この地区の代表的な鉱層の関係を示すと

- 1) 上部石灰岩層
- 2) 石灰岩薄層を挟む粘土 泥灰岩 凝灰岩層  
……含コレマナイト層 40m
- 3) 赤色岩層(粘土 砂岩 礫岩の互層)
- 4) 下部石灰岩層(凝灰岩のレンズを挟む)

次に キュタヒヤ東部のクルカ地区では 10mの厚さを有するゴヨジエノルック鉱層 30m以上の層厚をもつクルカ含コレマナイト鉱層などが 良く知られ 少なくとも 300万トン以上の鉱量が見込まれている。

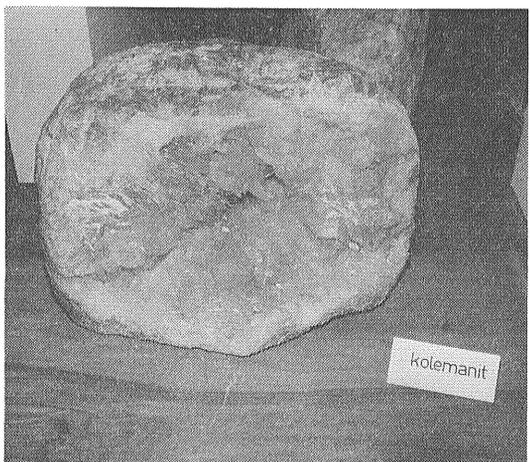
また 興味もたれているのは一部に ケルナイトやラゾライトなどの 硼酸塩ソーダ鉱物が発見され稼行されていることである。

以上のほか チヤナカレ ムスタファケマルパシヤ シンデイリイ セレンデイ エリデー ル アフィオンなど新第三紀層分布地域に 含硼酸塩鉱物が発見されるところから 今後も 大型鉱層の発見される可能性は大きい。

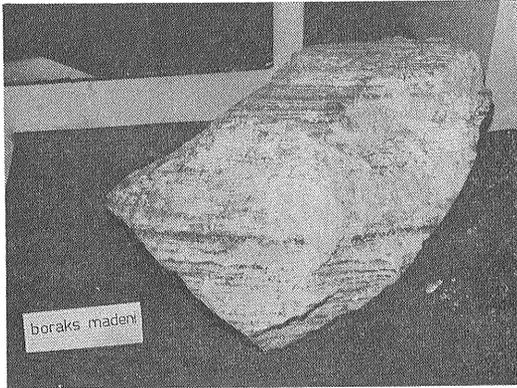
現在 これらの含硼酸塩鉱物を採掘している鉱山は エテイバンク(トルコ国営企業)と12の民間企業であるが 平均  $B_2O_3$  39%の鉱石を年間40万トン内外採掘し 平均  $B_2O_3$  43%の精鉱を 年間36万トン輸出している。



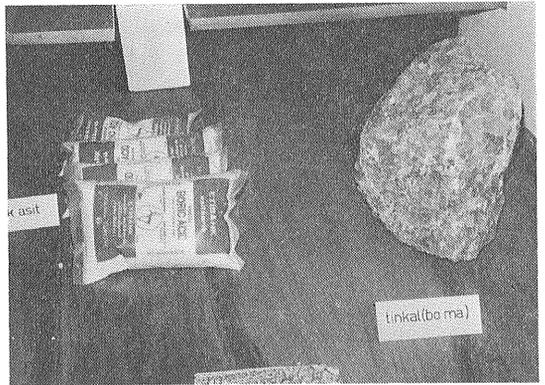
写真③ キュタヒヤ北方含硼酸塩鉱層



写真④ 団塊状コレマナイト



写真⑤ 縞状 コレマナイト



写真⑥ 含マグネシウム硼酸塩鉱と エティバンク パンドウルマ工場からの硼酸製品

アナトリア西部の各鉱床から産出される鉱物は 付表の如くであるが ビガディジ地区では 若干のユーレキサイトを含むコレマナイト エメット地区はコレマナイト クルカ地区では コレマナイト とケルナイトというように産出される鉱石鉱物に若干の相違がみられるし 産出の状態も 層状 縞状 団塊 豆粒状というように変化があるが 共通している点は 石灰岩 泥灰岩のような岩層に挟まれた 火山碎屑岩を含む粘土質岩層中に賦存し 付近に火山活動や 温泉などの分布がみられるところに 大型の鉱層が発達し この種のボロン元素が 火成源のものであることをうらざけている。

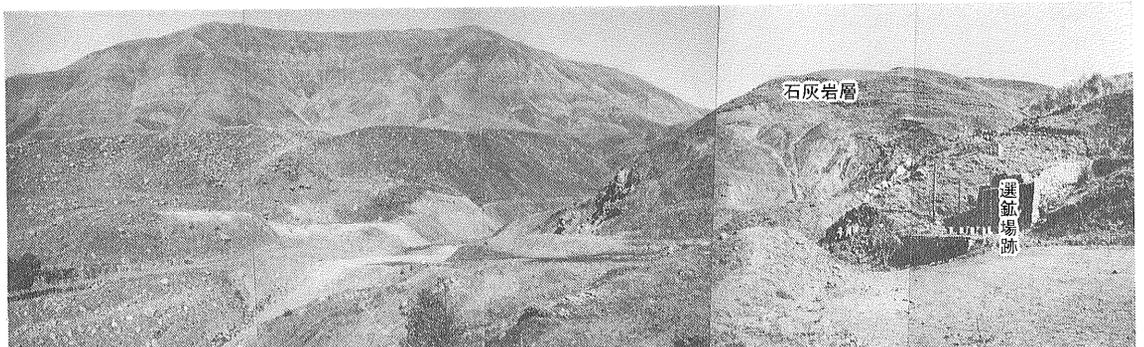
また このような火成源のボロン供給源は 元来塩基性岩体を構成メンバーとする “オフイオライト” 帯などの基盤岩体を通過する際 マグネシヤなどの成分を添加し 含水マグネシウム硼酸塩鉱物を形成することも多く ハジヤテペ大学地球科学科教授 バイサル博士はクルナコバイト (Kurnakovite) インデライト (Inderite) インデルボライト (Inderborite) などの鉱物を同定している (地質ニュース238号 74年6月号参照)。

ボロン鉱物はこのように トルコの第三紀層中に広汎に分布しているが この他 興味のあるのは 含ストロンチウム鉱物の分布である。これも 火成源のスト

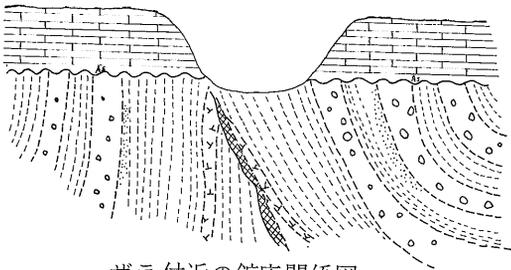
ロンチウムの供給により 新第三紀内陸性堆積層 特に含石膏層ともなって晶出しており その分布は シバス市付近に多い。

シバス周辺は 構造運動の結果 新第三紀には地相性盆地が形成され 東西に伸びる内陸性堆積層の発達知られており 基盤は古生代変成岩体 中生代のオフイオライト帯 その他 花崗岩 閃長岩など酸性岩体の分布も知られ ストロンチウム元素が これらの酸性貫入岩体に関係をもって考えることも可能である。いずれにしても 内陸性堆積層形成時に何等かの形で 含ストロンチウム鉱液の上昇 成分の添加があったと思われる。

シバス東方約 60km のところに ザラという町があるが この地域には含砒方鉛鉱 (ヨルダン鉱) の鉱床が分布している。褶曲軸の方向に発達した構造性断層に沿って 鉱脈型の鉱脈が形成されているが この鉱脈の脈石として 縞状構造のメンバーとして セレストタイト帯が形成されている。この鉱床は 噴気堆積性鉱床として形成されていた 低品位層状鉱層が 再度の鉱化作用により ストロンチウムなどが添加され 富鉱化されたものと推定されている。M. T. A. により 試錐探査



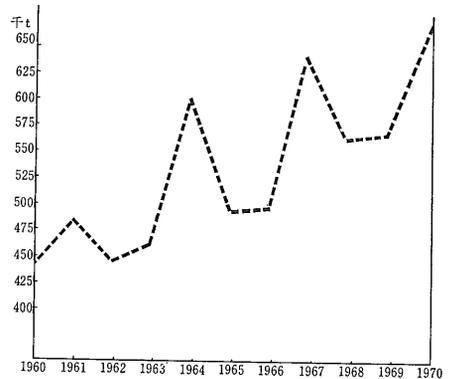
写真⑦ シバス西方ザラにおける新第三紀含石膏ドロマイト質堆積層中に胚胎する含砒鉛鉱—セレストタイト鉱床を採掘した鉱山跡



ザラ付近の鉱床関係図

- ドロマイト質砂岩 頁岩層
- 含砒鉛鉱-セレスタイト-石膏-石灰質鉱脈
- 砂岩 頁岩層
- 雄黄-鶏冠石晶出帯
- 礫岩層 (主として火山岩礫 石灰岩チャート礫)
- 石膏層
- 銅炭酸塩鉱物の滲染

第8図  
ザラ付近の鉱床関係図



第9図  
岩塩生産量(すべて  
国営工場)

の計画ももたれており 生成機構の解明も近い。この  
ような事実からみる限りでは シバス南方の含セレス  
タイト石膏層も 噴気堆積性のものと考えられる。

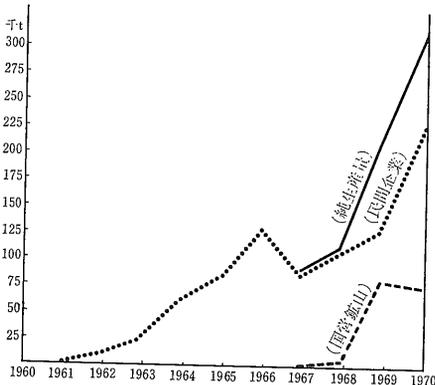
現在 シバス南部に分布する セレスタイト鉱床は西  
ドイツ ならびに 日本などに輸出されるため 昨年か  
ら個人企業家の手により 採掘がはじめられている。

塩 岩塩は トルコ全域 とくにアナトリア地域に分  
布する 含石膏層中から産出されている。

中央アナトリアのセキリ鉱山では 新第三紀層の含石  
膏層準の粘土質層の間に 層厚10-12mの厚さで 40-  
50mの規模の結晶質岩塩(Halite)が形成されているし  
また 同一層準に水平的な層状や ドーム状をなして  
岩塩鉱床が分布している。

このような岩塩鉱床の他に 含岩塩層から 噴出 湧  
出 滲出する塩水を天日製塩し 市場に出す企業も多く  
これらの塩水井はトルコ全域に 5,000 以上にも及ぶも  
のと思われる。

次に 苦土鉱石 マグネサイト についてのべると



第10図 マグネサイト 鉱石生産量

表5 アジギョル西方地域のマグネサイト鉱層の規模と品位

鉱 層	層 厚	予想埋 蔵鉱量	MgO%	CaO%	SiO <sub>2</sub> %
上 マグネサイト 部層	2.4m	万トン 3.8	43.7	3.1 (1.7-3.7)	3.4 (2.4-4.4)
中 マグネサイト 部層	2.9m	万トン 14.0	43.8	3.0 (2-5)	3.6 (3-6)
下 マグネサイト 部層	2.1m	万トン 27.2	41.9	3.5 (2-6)	5.1 (3.5-8.5)

その産地は 主として トルコ西部に集中している。

M. T. A. の調査報告によると マグネサイト鉱床は  
堆積岩層中に互層して生成するものと 蛇紋岩化された  
超塩基性岩体中に 塊状 レンズ状 ストック状 脈状  
を示して胚胎するものがある。 後者はトルコ全域に分  
布する 超塩基性岩体の中に胚胎するもので アルプス  
構造運動に関係して形成された岩体中の裂隙 断層帯中  
に 初成あるいは再生鉱化作用により生成されたもので  
エバポライト型鉱床ではないが 前者の堆積型鉱層は  
推定45万トン以上の鉱量を持ち その周辺地域の拡がり  
も大きく 経済的価値も大きい。

アジギョル西方の ムズスルデレ チャンバシユキヨ  
イの鉱層は 新第三紀 特に鮮新世の碎屑岩層中に互層  
をなして胚胎する。 碎屑岩中に含まれる岩碎は主とし  
て マールの粗粒礫であるが はんれい岩や超塩基性岩  
の礫も混在している。 主要な3層はドロマイト質岩層  
中に 0.05m以下の細粒質マグネサイトの層が ほぼ水  
平的に発達しており その層厚は ドロマイト層中に  
パッチ状の含有を示す低品位部から 厚さ数mに及ぶ富  
鉱部まで変化し また一部には セピオライト層を マ  
グネサイト層の下部に胚胎する場合もある。 この成因  
については PETRASCHECK, W. E. (1962) は 堆積の進  
行中のベースン中に 初成のマグネサイト鉱脈からの風

