

タイの鉱物資源 (5) タク地区の交代性長石鉱床

須藤 定久¹⁾

1. はじめに

タイで多量の長石が産出していることを知ったのは1990年のことであった。長石といえば、普通は花崗岩中のペグマタイトから産するカリ長石のことである。しかし、タイの長石は曹長石を主成分とするものである。ペグマタイトから産出するものとは考えにくいし、生産量は年間40万tにも及んでおり、いくらなんでも量的に多すぎる。タイの長石の産状に関する資料を、あれこれと探してみたが何一つ入手できなかった。

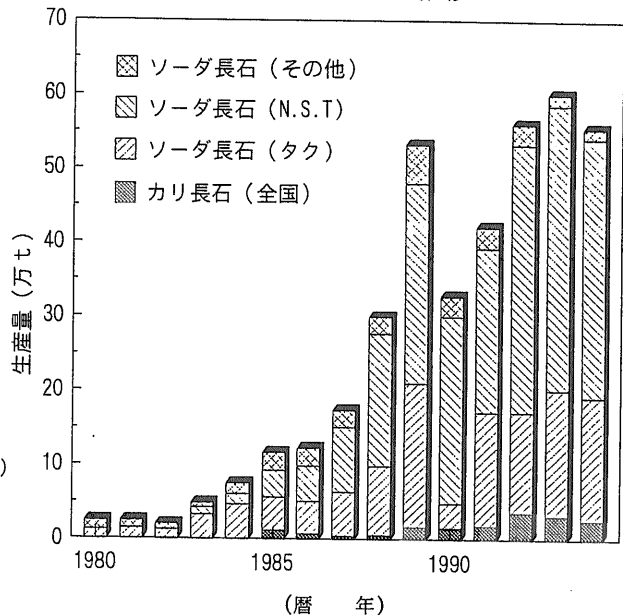
その後、知り合いから、小瓶に入ったタイ長石の試料をいただいた。直径3mm程の粒状の試料で、

ペグマタイトの大きな長石の結晶を砕いたものではなく、花崗岩質の岩石を砕いたものらしいことがわかった。これらのことから、おそらく「交代性の長石」にちがいないと考えた。

タイの長石の正体を我が目で確認する機会は意外に早くやってきた。1992年にタイ長石の主産地であるタク県を訪れ、交代作用で形成された長石鉱床であることを確信し、その産状を観察し成因を考察することができた。本報では、タク長石などタイの長石資源の概要について紹介し、日本の類似鉱床と比較しながら、長石化作用について考えてみたい。



タイの長石生産量の推移



第1図 タイの長石産地と長石の生産推移。N.S.T.はナコン・シ・タマラット県。生産推移はタイ鉱物資源局 (DMR) の統計による。

1) 地質調査所 資源エネルギー地質部

キーワード: 交代作用, 長石鉱床, タイ国, タク長石, タサラ長石

2. タイの長石生産

タイの鉱物資源局(DMR)の統計によるタイ国の長石の生産推移を第1図に示した。1982年以前は年間の生産量は2~3万tであったが、1983年以降急激に増加し、1985年には約10万t、1988年には約30万tと急増した。1989年には約50万t、さらにグラフには示されていないが、1995年には68万tに増加している。タイ国内の需要を満たすのみならず、東南アジア諸国にも多量に輸出されており、世界有数の長石産出国となった。

長石の種類や産地を見ると、カリ長石は北部のチェン・マイ県やタク県で産出するものの、その産出量は年間20,000~30,000tにすぎない。残りはすべて曹長石(ソーダ長石, Na長石とも記述する)であり、約16万tがタク県で、約35万tが南部のナコン・シ・タマラット県から産出している(第1図)。

1992年の秋、タイを訪れた際には迷わず2大産地の一つタク県を訪れることにした。

3. 長石の町タク(Tak)市

バンコクから国道1号線、32号線を北上、古都アユタヤを経てナコン・サワンへ到着する。ここからチャオ・プラヤ川の上流にあたるピン川に沿って北西へ約150km進むとタク県の中心地であるタク市につく。バンコクから車で約6時間程である。

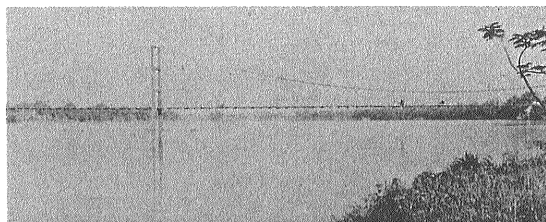


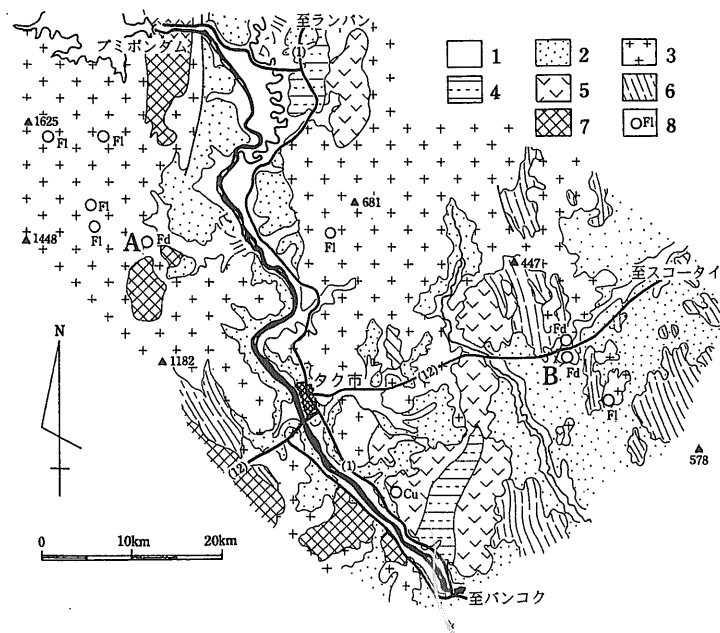
写真1 タクを流れるピン川には狭くてながーい橋が架かっている。通勤の人たちが、自転車やオートバイでわたっていく。

この町はチャオプラヤ川の上流にあたるピン川の谷の出口に発達した南北に細長い町である。町は人口5万人ほどの静かな町である。最近、町の南西郊外に亜鉛の製錬所が建設されたことでも知られている。

町の西側をピン川が北から南へまっすぐに流下している。川幅1kmほどで、川幅いっぱい水が流れているが、扇状地の頂部にあたるために、上流から流下する砂が堆積し、水深はせいぜい50cm程度と浅いのだそうだ(写真1)。

4. タク市周辺の地形と地質の概要

タク市周辺の地質図を第2図に示した。町の北側は山地であり、南側はピン川の広大な扇状地へと連なっている。西北側は標高1,500m以上の急峻な山地となっており、カレン族などの山岳民族が居



第2図 タク市周辺の地質図。1. 沖積層, 2. 洪積層, 3. 花崗岩(三疊紀?), 4. 中生層, 5. 中生代酸性火山岩類, 6. 古生層, 7. 先カンブリア系, 8. 鉱床・鉱微と鉱種 (FIは蛭石, Fdは長石, Cuは銅)。DMR発行の25万分の1及び50万分の1地質図から編集。A, Bはそれぞれ今回訪問したベグマタイト長石鉱山跡、交代性長石鉱床の位置を示す。

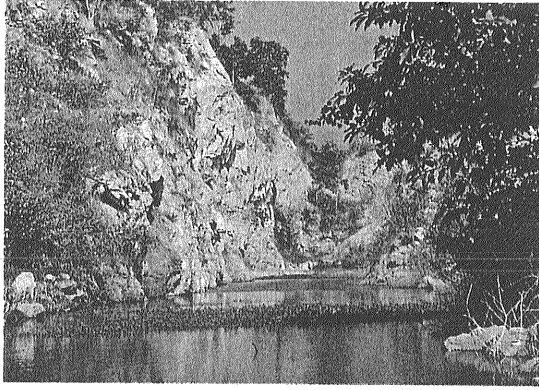


写真2 タク北西郊外のペグマタイト長石鉱山跡。きれいな水がたまり、赤い水蓮の花が印象的であった。

住している。一方、北東側の山地は標高500～700mで穏やかな山谷を呈している。北東側山地は南側へ向かって次第に低くなり、扇状地中に孤立丘が点在するようになり、やがて平坦面へと移化していく。

この付近の地質は、三畳紀の形成とされる花崗岩が広く分布し、これに貫かれた先カンブリア系や中・古生層、中生代の火山岩類などが断片的に分布している。花崗岩中には蛍石鉱床が点在している。

今回、町の北西25km程にあるペグマタイト長石鉱床と町の東30km程にある交代性長石鉱床を訪ねることができた。

5. タク県の長石鉱床

5.1 さびれたペグマタイト長石鉱床

タク市から北西方へ約25km程すすむと、道路は山岳地帯へと入っていく。道路からそれて脇道をすすむと山の中腹に珪石や長石を選別した廃石の斜面があった。

大型の石英(珪石)・長石・白雲母や細かいガーネットの散在した花崗岩塊がごろごろしている。300mほど先に幅30m、奥行き50m程の露天掘り跡があった。2～3年前に放棄されたものだろうか、既に深い水たまりになっており、水蓮の花が咲いていた(写真2)。残念ながら露頭に近づいてペグマタイトの構造を観察することはできなかった。

この付近から北方のチェン・マイ周辺にかけて

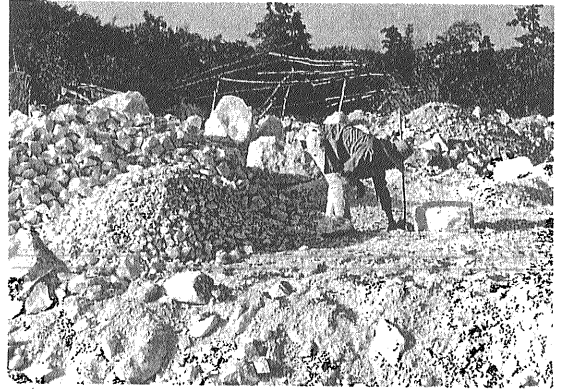


写真3 長石鉱の選鉱(タク市東郊外)。炎天下で、ハンマーを使って鉱石と廃石を選り分ける作業は大変な重労働である。

は、このようなペグマタイトから珪石や長石を採掘する鉱山が点々とあった。しかし最近では、そのほとんどがこの鉱山のように、廃止されたり、休山と稼行を繰り返したりしている。

珪石や長石、雲母などが組み合って産出するペグマタイト鉱床は一般に規模が小さく、鉱石の選別に多くの手間がかかる。従って、生産効率が悪く、最近の著しいの経済発展の中では、経済性を失って行かざるを得ない。

かつて、日本で第2次大戦後の経済復興の中で、福島県阿武隈山地に数百もあったこの種のペグマタイト鉱山が、次々に消えていったように、これらの鉱山も消えていく運命にあるのだろう。

5.2 巨大な溝—交代性長石鉱床

平原の巨大な溝：タク市から国道12号線を東に約30kmほど走る。乾季のせいか乾燥した褐色の畑が広がり、所々に花崗岩からなる小山が点在する。どの山にも採掘場は見あたらない。国道から脇にそれてまもなく、白い長石を選別している現場に着いた(写真3)。

長石の採掘現場はどこにあるのだろうか。不思議に思っているとそれは目の前にあった。平原の中に巨大な溝が掘られていた(写真4)。長さ500m、幅50m、深さ30mもあるだろうか。廃石が周辺に積み上げられているわけでもないので、脇から見るとそこにこんな大きな溝あるとは想像もつかなかったのである。

溝の入り口付近で新鮮な原岩を観察すると、中



写真4 長石採掘場の全景(タク市東郊外)。鉱床が割れ目に沿った脈状鉱床なので、平原の中に巨大な直線状の溝が掘られることになる。

粒で弱い線構造をもった角閃石含有黒雲母花崗岩である。有色鉱物の量が花崗岩としてはかなり多く(7~8%前後)、灰色を呈している。とても陶磁器などの原料に使えるようなものではない。溝の底

においてみよう。どんな現象が観察されるのだろうか。

溝の底で見えるもの：溝はN70°E方向で、ほぼ直線状に掘られている。溝の底においてみると、溝の壁面が白くなっており、所々に灰色部分が見られる(写真5-A)。

採掘場の中では、花崗岩は白色化し、有色鉱物がなくなり、全体に長石分が増加しているようだ。所々に白色化を免れた原岩が残っており、これが灰色に見える(写真5-B)。

長石化を免れた花崗岩を見ると、割れ目の少ない部分に丸みを帯びた形で残っている。また、割れ目沿いに白色化が進行している様子を見ることもできる(写真5-C)。割れ目沿いに進入した熱水により、割れ目沿いから白色化が進行し、割れ目から離れた部分が白色化を免れ、原岩のまま残されたと考えられよう。

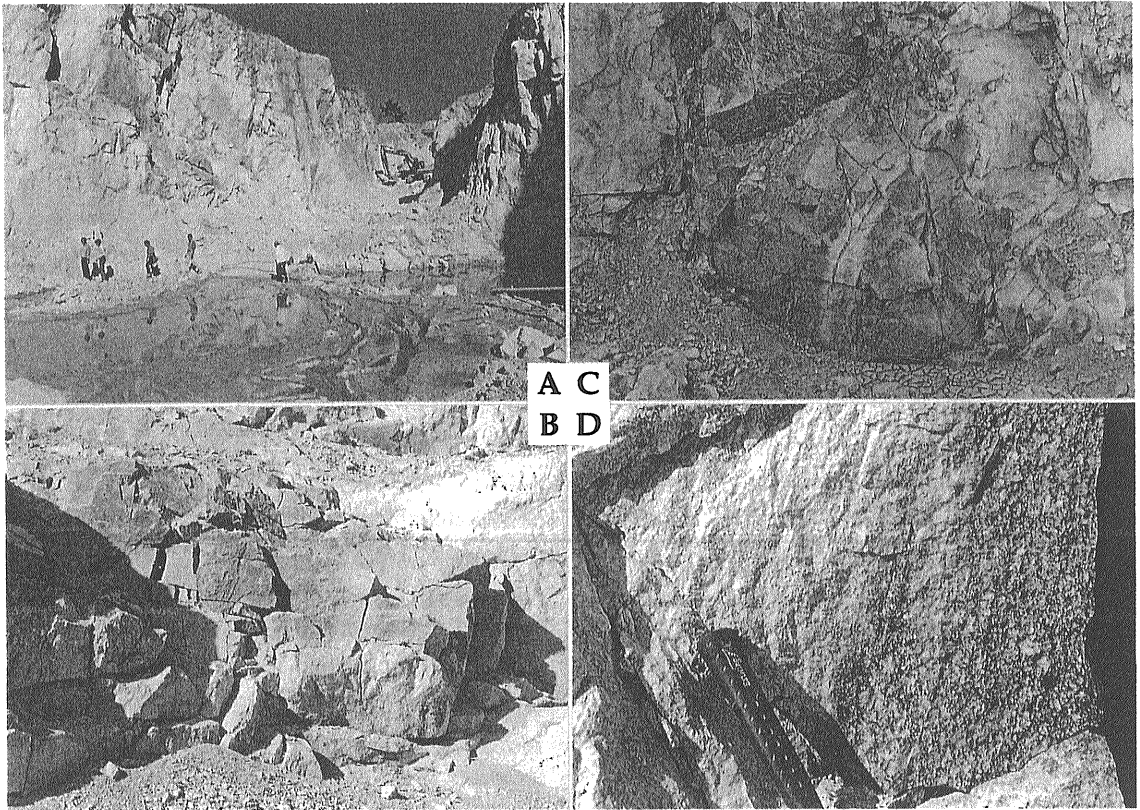


写真5 長石鉱の産状 A.は採掘場の内部、採掘場の壁が長石化のために白くなっている。B.壁面の一部、長石化した白色部と玉状に残った花崗岩(写真の横幅は約5m)。C.長石化を免れた花崗岩中にも割れ目沿いに長石化が進行している(写真の横幅は約5m)。D.花崗岩と長石化部の境界(写真の横幅は約1m)。漸移関係になっており、熱水による交代作用で形成されたことを示している。

第1表 花崗岩と長石鉱の化学組成と粘土ノルム鉱物組成。化学分析はChemex社。粘土ノルム鉱物は五十嵐(1984)の方法で算出した。鉱物略号は、Q.石英, mi.マイクロクリン, ab.曹長石, an.灰長石, ka.カオリン, gi.ギブサイト, li.褐鉄鉱, he.赤鉄鉱, il.チタン鉄鉱, ru.ルチル, ap.アパタイト, en.エンスタタイト, ot.その他の鉱物。

試料番号	921203-A	921203-B	921203-C	921216-F
産地	タク	タク	タク	パップリ
試料名	花崗岩	長石鉱A	長石鉱B	長石鉱
鉱物組合	Kf,Ab,Qz	Ab,Qz,Kf	Ab,Qz	Ab
SiO ₂	63.27	71.22	75.13	67.19
TiO ₂	0.71	0.44	0.50	0.48
Al ₂ O ₃	15.45	15.47	15.02	19.71
Fe ₂ O ₃	4.15	3.13	0.27	0.01
MnO	0.06	0.02	0.01	0.01
MgO	1.62	1.01	0.07	0.07
CaO	3.12	2.16	0.33	0.37
Na ₂ O	3.24	3.86	7.78	11.69
K ₂ O	6.16	3.33	0.78	0.21
P ₂ O ₅	0.37	0.11	0.14	0.10
Ig.loss	1.52	0.66	0.62	0.38
Others	0.01	0.01	0.01	0.01
Total	99.68	101.42	100.66	100.23
Q	14.37	28.02	25.16	-
mi	36.40	19.68	4.61	1.24
ab	27.42	32.66	65.83	96.42
an	9.42	10.00	0.72	-
ka/gi	-	4.69	2.82	gi 1.06
li	4.62	0.02	0.30	-
he	-	3.12	-	0.01
il	0.13	0.04	0.02	0.02
ru	0.64	0.42	0.49	0.47
ap	0.87	0.26	0.33	0.24
en	4.04	2.52	0.17	0.17
ot	1.78	0.01	0.20	0.59
Total	99.69	101.44	100.65	100.22

原岩と白色化部の境目はどんなふうになっているのか近づいてみる。明瞭な境目はないが、2~3cmくらいの範囲で両者は漸移してしまう(写真5-D)。花崗岩の線構造(画面では上下方向)も壊されることなく白色化し、やがて見えなくなってしまう。

白色化(曹長石化)が進行した際に、熱水が上昇した主な割れ目は直接観察できないが、鉱物の分布状況から採掘場の床の部分にあることは間違いないようである。つまり、主な割れ目の方向がN70°E方向であるので、巨大な溝の方向もこの方向となるわけである。この割れ目は北側に湾曲しながら、北東方向に延びており、これに沿って多くの鉱床が稼行しているという。

原岩、低品位部、代表的鉱石を採取し、化学分析を行い、粘土ノルムを産出し、結果を第1表に示した。やや優黒質な花崗岩が、交代作用により白色化し(第1表の長石鉱A)、カリ長石が曹長石化(同じく長石鉱B)したことが読みとれる。

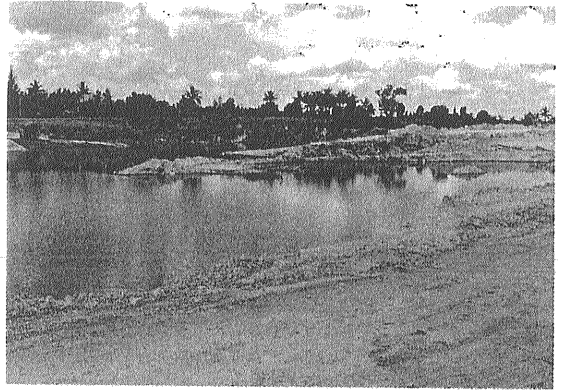


写真6 青い水を湛えた長石の採掘跡地(パップ・ブリ県サン・フン地区)。緩い丘陵地に点在している。



写真7 採掘中の切羽(パップ・ブリ県サン・フン地区)。緩やかな地形のせいかなかかなり風化が進み、割れ目沿いはカオリン化している。

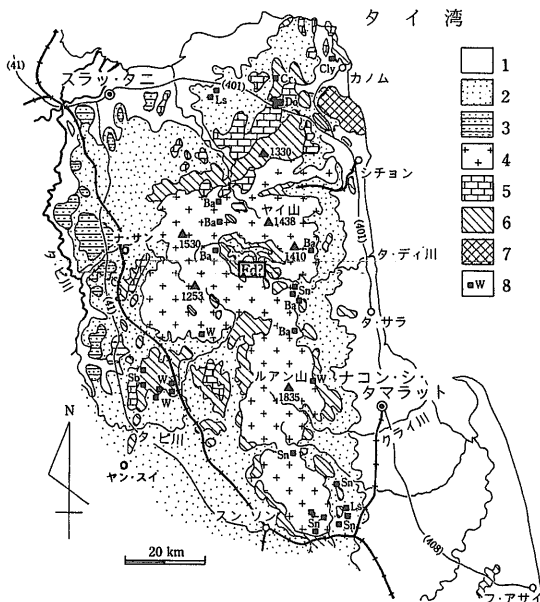
6. その他の交代性長石鉱床

6.1 中部パップ・ブリ(Pat Buri) 県

パップ・ブリ県はバンコクの西方の丘陵地帯にある。バンコクから県都パップ・ブリ市(Pat Buri, ラッチャブリ(Ratchaburi)とも呼ばれる)までは直線距離で150km程である。

長石鉱床はパップ・ブリ市から車で西へ約1時間ほど行ったサン・フン(Suan Phun)地区にある。この地区は標高200~300m程の丘陵地で、採掘場もなだらかな場所にあり、真っ青な水をたたえた採掘跡が点在していた(写真6)。現在採掘中らしい露頭でみると、平坦地のせいかなかかなり風化が進み、割れ目沿いはカオリン化している。長石化の強い部分、弱い部分があるが方向性は判然としなかった(写真7)。

採掘場の脇につまれた貯鉱から長石化の強い部



第3図 ルアン山塊の地質略図。1.沖積層, 2.洪積層, 3.中生層, 4.花崗岩類, 5.古生代後期の地層, 6.古生代前期の地層, 7.先カンブリア系, 8.鉱山, 鉱産地(鉱種は, Sn, 錫, Sb, アンチモン, Ba, 重晶石, Ls, 石灰石, Do, ドロマイト, Cly, 粘土, Cr, クロム)。長石鉱床の推定位置をFd?で示した。DMR発行の25万分の1及び50万分の1地質図から編集。

分を採取し, 化学分析を行った。この結果, 粘土ノルム曹長石が96%にも達する曹長石化の強いものであった(第1表)。

6.2 南部ナコン・シ・タマラット県

スラット・タニ県からナコン・シ・タマラット県にかけての地質は地質図(第3図)に示したように, 先カンブリア系, 下部古生界, 上部古生界, 中生界が分布し, これを白亜紀の花崗岩バソリスが貫いている。このバソリスは南北100km, 東西50km, 分布面積2,500km²の規模に達し, この山塊の最高峰の名前をとって, ルアン山バソリスと呼ばれている。

この山塊は, 鉱物資源, 特にドロマイト, 石膏, バライト, 長石などの工業原料鉱物の豊富な地区である。金属も錫, タングステン, アンチモンなどの鉱床が多数分布するが, いずれも規模が小さく, 最近では殆ど生産がない。

ドロマイトは山塊北東部の二畳系中に大規模な

第2表 タサラ長石の化学組成と粘土ノルム鉱物組成。化学分析値はT.Lung and V.Khoo-Aroon(1992)による。粘土ノルムについては第1表参照。

成分	範囲(代表値)	粘土ノルム組成	
SiO ₂	63.3 ~ 75.4(66.5)	Q	0.77
Al ₂ O ₃	7.5 ~ 22.7(20.1)	mi	20.68
Fe ₂ O ₃	0.1 ~ 0.2(0.1)	ab	71.92
MgO	0.1 ~ 0.2(0.1)	an	0.99
CaO	0.1 ~ 1.3(0.2)	ka	4.97
Na ₂ O	6.5 ~ 9.1(8.5)	li	0.11
K ₂ O	0.8 ~ 3.7(3.5)	en	0.25
Ig.loss	0.9 ~ 1.4(1.1)	Others	0.60
Others	0.1 ~ 0.3(0.2)	Total	100.29
Total	(100.3)		

鉱床が胚胎されており, カノム港の南西20kmのカンチャナディット地区で採掘され, カノム港から主に日本へ輸出されている。

石膏は山塊北西部, スラット・タニ市南方に分布する中生層に黒色頁岩と互層して産出し, ナ・サンからヤン・スイにかけての各地で採掘され, やはり主にカノム港経由で日本へも輸出されている。

重晶石は山塊の随所に鉱脈鉱床として産出する。タイ湾における石油探査の最盛期には年産30万tも採掘されたが, 最近では生産量が減少している。

そして, 長石はタク県を追い抜いてタイ最大の産地となっており, 東南アジア最大の供給基地ともなっている。Lung and Khoo-Aroon(1992)やChumpoon K.(1995)による概報があるので, それに従って, 概要を紹介しよう。

タ・サラ長石: 長石はナコン・シ・タマラット県タ・サラ郡(Tha Sala)から産することからタ・サラ長石と呼ばれる。鉱床は山間部のノ・フィツム村(Nop Phitum)の標高260から520mのところにあるというが, 正確な位置は記述されていない。

鉱床はバソリス頂部のアルピタイトで, 6km²にわたって多くの鉱床が点在する。主鉱体は板状で西北西-東南東方向に伸び, 南に急傾斜して, 鉱体の厚さは数mから100m, 長さ最大4kmに及ぶという。

鉱石は淡い灰色の長石中に石英が点在し, 副成分鉱物として白雲母, 黒雲母, 蛍石, かんらん石, 輝石, 電気石などが伴われることがある。長石鉱の化学組成範囲と代表的な分析値・ノルム鉱物組成は第2表のとおりである(Lung and Khoo-Aroon, 1992)。



第4図 日本の主な交代性長石鉱床の分布。
 1.片品地区(群馬県),2.藪原(長野県),3.三雲地区(滋賀県),4.信楽地区(滋賀県),5.石山地区(滋賀県),6.南郷地区(滋賀県),7.山手地区(岡山県),8.馬木(島根県).須藤(1991a)を簡略化.

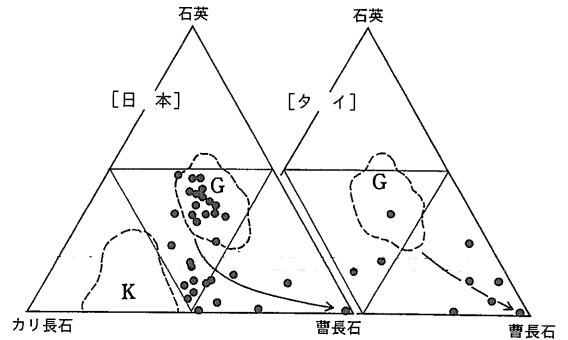
1987年に発見され、現在 Asia mineral processing 社など5社によって稼行されているという。1986年以降はタク県を追い越す生産をあげているようだ。年産35万t前後といわれ、そのうち85～90%はカノム港から台湾ほか東南アジア諸国や日本に輸出されている。

7. 長石鉱化作用

日本の交代性長石鉱床：花崗岩中の交代性長石鉱床は日本においても決して珍しいものではない。北関東から中国地方にかけて多くの鉱床が存在し、それらの多くが現在でも稼行されている(第4図)。最も代表的なものは滋賀県の信楽～南郷地区の鉱床である。曹長石化の強いものは「純長石」として主に石山・南郷地区で採掘され、曹長石化の弱いもの(「変質花崗岩」と呼ぶ)は「アプライト」として信楽地区で年間約50万tが採掘され、陶磁器やタイルの原料として利用されている。

交代性長石鉱の産状：この種の長石鉱床の殆どは花崗岩中に生成している。熱水の成分が花崗岩中の鉱物の成分を徐々に置き換え、最終的にはほとんどの鉱物を曹長石にかえてしまう。このため交代性長石は次のような産状を示す。

- (1) 鉱体の形は、熱水の分散経路により支配されるので、脈状から塊状まで様々である。
- (2) 鉱石の粒度は交代される前の花崗岩と変わらない。
- (3) 鉱石と原岩の関係は漸移関係であり、貫入関係は認められない。
- (4) 鉱体の中心部に殆ど曹長石のみからなる部分が存在し、その周囲には白色化した変質



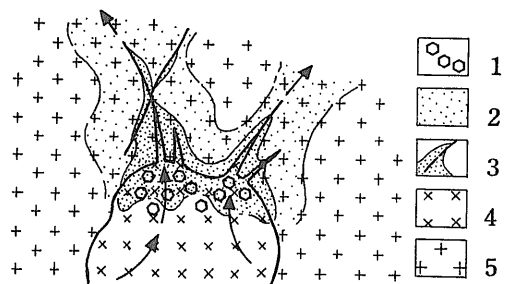
第5図 長石鉱と変質花崗岩のノルム鉱物組成。各種の「長石鉱」の化学組成から算出した粘土ノルム鉱物の石英(Q),カリ長石(Kf),曹長石(ab)の比率を黒丸で示した。Gで示した範囲は日本の花崗岩の組成範囲(Aramaki et al,1973)。Kは日本のペグマタイト長石の組成範囲(須藤, 1991b)。

花崗岩が分布する。

鉱物化学的に見た曹長石化作用：曹長石化作用というのはナトリウムが付加される作用である。この作用の進行状況を見るために、日本とタイの長石鉱の化学分析値からノルム鉱物を算出し、石英(Q)ーカリ長石(mi)ー曹長石(ab)の比率を三角ダイヤグラムとして示した(第5図)。

日本のものも、タイのものも、普通の花崗岩の領域から曹長石の頂点へかけて分布しており、花崗岩が次第に曹長石化していく過程が読みとれる。また鉄分が除去された変質花崗岩(第5図のGの範囲内に黒丸で示されている)から、すっかり曹長石化したもてまで様々なものが利用されていることもわかる。

長石交代作用モデル：「長石交代作用はどのよ



第6図 長石交代作用のモデル。1.小規模な晶洞ペグマタイト,2.変質花崗岩,3.交代性長石,4.アプライト質花崗岩,5.花崗岩.想定される熱水の主要な流路を矢印で示した.須藤(1991b)を簡略化.

うなところで、どんなふうにおこるのか」については十分なデータが得られていない。

信楽～南郷地方の鉱床で観察される現象から、しいてモデルをつくれれば、第6図に示したような「長石交代作用モデル」が考えられる。

先に形成された花崗岩中に細粒でやや不均質なアプライト質花崗岩の小岩体が貫入する。小岩体の上部には小規模なペグマタイトが形成され、やがて固結・冷却する。これにともない、小岩体の頂部に熱水系が形成され、小岩体頂部とそれに接する花崗岩の一部を長石化する。熱水はさらに上昇拡散し、変質花崗岩が形成される。石山・南郷地区の鉱山はアプライト質花崗岩頂部の交代性長石を、信楽地区の鉱山は交代性長石の周囲に広がる変質花崗岩を採掘しているものと考えられよう。

しかし、曹長石をつくるために必要なソーダ(Na)やアルミナ(Al_2O_3)はいったいどこから来たのだろうか? 金属鉱床をつくる熱水となりが違うのか? まだまだ謎の多い未知のプロセスである。

8. おわりに

タイ西部の花崗岩地帯に点在分布する交代性長石鉱床について紹介した。東南アジアの今後の経済発展のために重要な資源の一つとなろう。前報(須藤1997)でも述べたように、中国・ミャンマーからタイを経て、マレーシア・インドネシアへ延びる錫花崗岩帯は、カオリン及び交代性長石資源の賦存地域として再評価されるべきであろう。

文 献

- Aramaki S., Hirayama K. and Nozawa T. (1972): Chemical composition of Japanese Granites, part 2. variation trends and average composition of 1200 analyses. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 78, 39-49.
- Chumpon K. (高木哲一訳) (1995): タイの窯業原料資源とその地質. *地質ニュース*, no. 484, 33-39.
- 五十嵐俊雄 (1984): 粘土質試料のノルム計算 (N88 BASIC プログラム), *地質ニュース*, no. 353, 37-47.
- Lung T. and Khoo-Aroon V. (1992): Feldspar for International Market: An Outlook from Thasala, Nakhon Si Thammarat, Southern Thailand. National conference on "Geologic resources of Thailand: Potential for future development", Dept. of Mineral Resources of Thailand, Bangkok. p.172-180.
- Sampattavanija S., Sukserm W., Utharoon C. and Jaitabutra A. (1992): Review on some important industrial minerals and rocks in Thailand. National conference on "Geologic resources of Thailand: Potential for future development", Dept. of Mineral Resources of Thailand, Bangkok. p.24-35.
- Sthithaworn E. and Wasuwanich P. (1992): Metallogenic Map of Thailand. National conference on "Geologic resources of Thailand: Potential for future development", Dept. of Mineral Resources of Thailand, Bangkok. p.1-15.
- 須藤定久 (1997) タイの鉱物資源(4): 南部ラン地方の錫-カオリン鉱床, *地質ニュース*, no. 514, 57-66.
- 須藤定久 (1991a): 日本の長石及び長石質資源, 日本セラミックス協会見学会資料, 12p.
- 須藤定久 (1991b): 滋賀県南郷～信楽地区の長石質資源 - 鉱床の分類とその地質・鉱床学的意義 -, 日本セラミックス協会見学会資料, 19p.
- このほか、DMR発行タイ国25万分の1地質図「アユタヤ(1985年発行, 以下同じ)」、「ランパン(1971)」、「ウタラジット(1974)」、「ヒットサヌローク(1976)」、「リー(1981)」、「モールメイン(1984)」、「ナコン・シ・タマラット(1988)」、50万分の1地質図「タイ国北部」及び「タイ国南部」(1983)を使用・参照した。

SUDO Sadahisa (1997): Mineral resources of Thailand - 5. Metasomatic feldspar deposits of Tak area.

< 受付: 1997年4月22日 >