

タイ・マレーシアの地質鉱床

瀧 本 清

Geology and Ore Deposit of Thailand and Malaysia

by

Kiyoshi Takimoto

The geological structure of Thailand and Malaysia is a member of folded mountains around the Asian shield. The younger granite which intruded at the Cretaceous period is the ore bringer of metallic ore deposits in both country. Main ore minerals are cassiterite, iron minerals, stibnite, wolframite, manganese minerals, fluorite, gypsum, lignite and rock-salt. Minor elements contained in cassiterite (SnO_2) are Fe, Si, Mn, Mg, Pb, W, In, Bi, Al, Mo, Cu, Ti, Ca, Cr and Nb. Fluorite (CaF_2) collected from BAN HONG district contains such minor elements as Fe, Si, Mn, Mg, Al, Cu, Ba, Sr and Sn.

1 は し が き

昭和39年11月下旬から12月下旬にかけて東南アジア研究センターの地学班の予備調査のために物理探査学の吉住教授と共にタイ・マレーシア両国に出張した。日本列島と共にタイ・ベトナム・マレーシアなどは、東南アジア褶曲山脈の一環をなすもので、地質学的にも鉱物鉱床学的にも密接な関連を有しているものである。これらに対して如何なる方面の研究を如何様にして行なうべきかについて現地での予備調査を行なった。この調査に際して種々御配慮にあずかったバンコック連絡事務所本岡教授、タイ国鉱山局およびマレーシア地質調査所の各位ならびに現地の方方および東大小林名誉教授、その他の各位に対して厚く御礼申上げる次第である。

2 タイ国の地質

鉱産資源の種類および埋蔵量の多寡は著しく地質構造に支配されるものである。一般に大陸の核心になっている所は地質時代の古い時期にできた岩石から構成されていて極めて安定なために、後からの地殻運動やそれに伴う火成岩漿の貫入などに対して強い抵抗力を持っているもので、これを楯状地 (shield) と呼び、アジア大陸もまた1つの楯状地に属するものである。これに反して、楯状地の周縁部は地殻変動による強い横圧力を受けて褶曲山脈 (folded mountains) をつくり、また随伴する火成岩漿の貫入も顕著なために、それらに成因的な関連を有する多種多量の金属鉱物の鉱床を胚胎している。

アジア楕状地の東ないし東南縁にあたる地域においてもこのことは同様で、東南アジアの褶曲山脈は日本列島と共にアジア大陸周縁の中・新生代造山帯 (orogenic zone) に属し、タイ・ベトナム・マレーなどは特に西南日本の内帯と地史的関係が深く、火成岩およびそれに随伴する金属鉱床においても密接な関連性を有するものである。それ故にタイやマレーの鉱物・鉱床を研究することは、日本から連続する褶曲地帯の延長を究明することとなる。筆者は従来から日本における比較的新期の貫入と考えられている花崗岩漿の後火成作用によって生成された鉱物、すなわち、錫・タングステン鉱物についての鉱床学的研究を行なっているが、これらとタイ・マレーシアにおける主要鉱産物である錫・タングステン鉱物およびそれらに成因的に密接な関係を有する花崗岩類とを比較研究することは、単に学術上からだけではなく、鉱業・製錬業などの工業的分野に対しても重大な役割を演ずるものである。

タイ国における地質系統については、古くから Högbom (1914), Lee (1927), Crender (1935), Heim and Hirschi (1939), Srethaputra (1951), 小林 (1964) などによって、順次に詳しく解明されつつあるが、その詳細は本文の範囲外になるので省略することとして、ここでは後述の理解をし易くするために、現在における最も妥当と考えられる地質系統を示すこととする。

表 1 タイ国における地質系統

沈積岩および変成岩	火成岩	摘 要
沖積層, 段丘堆積物…(第四紀)		…{砂錫
Mae Sot 統(北部), Krabi 統(南部)…(第三紀)	{安山岩, 流紋岩, 玄武岩, 閃緑岩, 石英閃緑岩	{Oil Shale, 褐炭; 火成 岩に伴って金, ルビー, サファイヤ
……………(白堊紀)	{新期花崗岩}	{錫その他の金属鉱床
Korat 統……………(ジュラ紀～三畳紀)		{赤褐色砂岩を特徴とし, 国土の 1/3 を被う
……………	{古期花崗岩, 塩基 性岩	
Rat Buri 石灰岩……………(二疊石炭紀)		{含化石石灰岩
……………	{片麻岩, 結晶片岩	
Kanchanaburi 統…(石炭紀下部～シルリア紀)		{頁岩, 砂岩, 石灰岩
Thung Song 石灰岩……………(オールドビス紀)		{局部的に発達する
Phuket 統……………(カンブリア紀)		{シルト岩, 頁岩, 砂岩, 礫岩, 石灰岩
片麻岩, 結晶片岩系……………(先カンブリア紀)		

上表中にある白堊紀に貫入した新期花崗岩は高峻な山岳地帯を形成し、このものが初生的な錫鉱床およびそれから誘導された漂砂錫鉱床やその他の金属鉱床を形成する因をなしている最も注意すべき花崗岩である。

3 タイ国の鉱業事情

タイ国においては、国内の北緯11度以北を保護区域として、この範囲内では両親がタイ国の国籍を有するものの子供で初めて鉱業権者となる資格が与えられているもので、外国人ならびに外国人がタイ国に帰化した者ではこの資格がない。北緯11度以南では、この制限はなくて、外国人でも正規の手續をふめば自由に鉱業権を取得することが可能である。

タイ国における鉱業の起源に関する明確な記録は存在しないけれども、その歴史はかなり古くて、既に9世紀またはそれ以前にインド東海岸から移住して来たインド人によって錫鉱が発見採取されたことに始まる。しかしながら組織的な企業がなされたのは、更に数世紀後になってからで、当時インド貿易に従事していた中国人は航路短縮の目的で Nakon Srithamaraj 附近に上陸して半島部を横断し、Punket 島に出てインド洋に出航するのを常としたが、これらの中国人が同島の豊富な錫鉱を発見した頃からであると伝えられている。この様に古くから鉱産国として知られて居ながら、その開発は最近までは殆んど南タイの半島地域における錫・タングステン鉱、中・北部の Kanchanaburi 地区の Pirok や Mae Hongson 地区の Mae Lama のタングステン鉱などに限られていた。最近になって、北・中部のタイにおいても錫・マンガ

表 2 タイ国における主要鉱産物産額表 (単位 Metric Tons)

年次	種 類	錫	タングス	鉛	アンチモ	マ ン ガ ン		鉄	鋳石	石膏	炭	螢石
		鉱	テン	鉱	ニ	電池用	金属用					
1956		17,614	1,181	9,434	74	408	—	5,775	—	—	—	—
1957		19,090	908	7,142	3	346	—	8,975	2,100	21,506	—	—
1958		10,892	605	2,340	—	1,000	—	14,750	5,700	103,010	—	—
1959		13,433	463	3,300	19	410	—	6,074	8,000	109,538	—	—
1960		16,756	407	4,600	—	528	—	11,475	13,000	107,783	3,460	—
1961		18,286	475	5,321	45	533	—	55,793	12,040	108,396	4,755	—
1962		20,323	394	5,791	33	2,898	—	45,308	21,000	135,224	10,710	—
1963		21,617	189	5,213	1,126	3,409	3,110	15,743	23,889	137,073	29,230	—
1	1月	2,057	31	300	247	253	300	1,241	5,003	12,613	6,500	—
	2	1,905	20	450	109	517	200	624	5,003	10,677	5,940	—
	3	1,810	22	50	164	241	—	2,397	5,037	10,098	4,960	—
	4	1,669	20	50	137	242	1,500	2,033	4,716	12,525	7,000	—
	5	1,631	53	200	265	545	—	1,714	3,123	12,680	6,125	—
	6	1,754	55	1,370	149	382	—	10,644	3,968	3,243	5,200	—
	7	1,862	30	1,900	220	749	—	27,409	5,016	3,956	5,500	—
	8	1,741	17	1,300	122	630	700	37,132	5,016	5,796	3,100	—
	9	1,803	34	390	250	377	1,000	43,821	—	8,094	4,109	—
	10	1,841	28	100	436	446	500	37,047	1,755	7,019	5,426	—
	11	1,726	37	600	379	513	1,500	24,034	1,755	7,939	4,911	—

ン・アンチモニー・鉛・タングステン・鉄鉱、螢石、石膏、褐炭などがつぎつぎに開発されるにいたった。

最近におけるタイ国の主要鉱産物の産額は表2の如くである。

上表は最近におけるタイ国の鉱産額の推移を知ることができるが、とくに螢石は数年前から開発され初めたものであって、この鉱石は日本国内においては、製鉄業その他において多量の需要があるにもかかわらず、その産出は殆んど皆無と云ってもよい地下資源である点において、その研究と開発の促進とは両国にとって極めて有意義なものである。

今後におけるタイ国の鉱産物生産計画は表3の如くである。

表 3 タイ国鉱産物生産計画表 (単位 Metric Tons)

年次 \ 種類	錫 鉱	褐 炭	石 膏	鉄 鉱	鉛 鉱	タングス テ ン 鉱
1965	19,400	400,000	32,000	15,000	9,000	200
1966	20,700	440,000	33,000	25,000	10,000	200

3-1 チェンマイ南方の地質鉱床

上記の理由と、樹木がまばらで野外調査に支障が少ないこと、猛獣や毒蛇の危険が殆んどないことなどによって、チェンマイ周辺の地下資源の鉱物鉱床学的研究を計画し、その予備調査として、Lamphun 県 Ban Hong 郡の Bang Pha Phun 附近の螢石鉱床、同県 Hot 郡 Ban Doi Tao 附近の螢石鉱床、同県 Li 郡 Mae Tuen 附近のマンガングン鉱床について調査を行ない、かつ室内研究を行なった。

3-1-A Doi Tao の螢石鉱床

当鉱床は Precha Sibakores 他5人の鉱業権者が分割して鉱区を設定しているものである。当地に到達するには、Chiang Mai からハイウェイを南下することおよそ 130 km で Ban Mae Tun に到り、それから西方にバス道を約 24km 入り、更に南方に分岐する森林道路を 4km 進めばよく、山許までジープを通じる。

附近の地質は白雲母花崗斑岩から成る。しかしながら鉱床を遠ざかるにつれて黒雲母花崗岩に漸移する。白雲母花崗斑岩は鉱床の母岩をなすもので、巨晶顕晶質で斑状を呈する。主成分鉱物は石英、長石類、白雲母であって、黒雲母を有することは極めて稀で、且つ長石類の 1×3×2cm 位の斑晶を有する。石英は他形で直径 3mm 内外のものが多く、長石類は半自形で直径 1~5mm のものが普通であるが、前述の様な斑晶状を呈するものもある。白雲母は自形を呈し 1×5×7mm 位の大きさのものから微細結晶のものまで種々の大きさのものが認められる。黒雲母花崗岩は中粒顕晶質である。

螢石鉱物 (ore mineral) は螢石 (Fluorite, CaF₂) であって、脈石鉱物には黄鉄鉱、乳白色

石英 (milky quartz), 方解石, 白雲母等がある。時には螢石の周辺を黄鉄鉱が取り巻き, 更にその外側を乳白色石英によって被覆されたものがある。

螢石には, 淡紫・淡青緑・淡灰色で半透明なものから透明なものまでである。本鉱物を X 線廻折した結果は表 4 および図 1 (b) の如くである。

表 4 Doi Tao および Bang Hong 産螢石の粉末法 X 線廻折線

No. 1.(ドイタオ) Fluorite		No. 2.(ドイタオ) Fluorite		No. 3.(ドイタオ) Fluorite		Fluorite ASTM 4-0864			No. 4 (バンフオン) Fluorite	
d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I/I ₁	hkl	d(Å)	I
				4.2628	* 1					
				3.3507	* 3					
3.1574	248	3.1552	214	3.1530	256	3.153	94	111	3.1530	248
1.9301	80	1.9317	70	1.9317	65	1.931	100	220	1.9301	80
1.6466	20	1.6466	21	1.6472	25	1.647	35	311	1.6466	19
1.5764	2	1.5769	1	1.5769	3	—	—	222	1.5769	2
1.3654	6	1.3658	9	1.3661	7	1.366	12	400	1.3623	4
1.2533	9	1.2533	1	1.2533	11	1.253	10	331	1.2531	7

*quartz

- (1) 試料は純粋な螢石結晶を選び, 粒度は -270 mesh とした。
- (2) 測定条件は, Philips 社 Norelco X-ray Geiger Counter Diffractometer を用い, 対陰極 Cu K α , 電圧 35KV, 電流 10Am, 検出管 (Ar+Cl) GM 管, 電圧 1,440V, ゴニオメーター半径 17cm, スリット: 発散 1°, 検出 0.006°, 分散 1°, scale factor 8, Multipiler 1, Time constant 4秒, 走査速度 1度/分, 記録紙速度 1/2 吋/分, 室温 23°C。

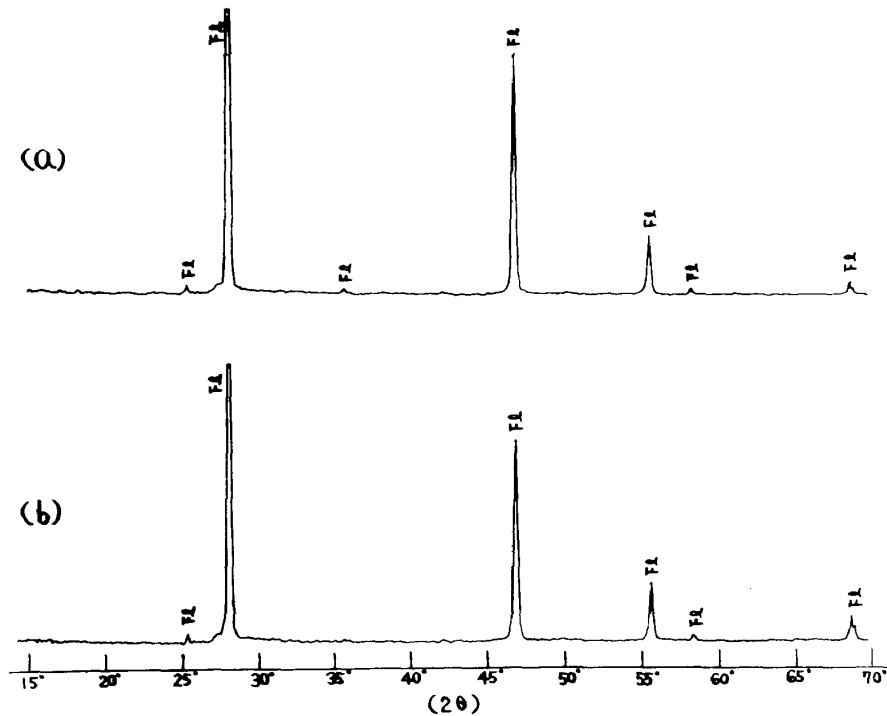


図 1 Doi Tao および Ban Hong 産螢石の粉末法 X 線廻折図

上記と同一試料についてX線蛍光分析を行なった結果は次の如くである。

表 5 Doi Tao および Ban Hong 産螢石の X 線蛍光分析表

試料 No.	産 地	鉱 物 名	検出された含有元素名			
1	Doi Tao	Flurite	Ca,	Fe,	Sr	
2	Doi Tao	Flurite	Ca,	Cr,	Cu,	Fe
3	Doi Tao	Flurite	Ca,	Cr,	Cu,	Fe, Sr,
4	Bang Hong	Flurite	Ca,	Cr,	Fe,	Sr,

- (1) 測定条件は, Philips 社 X-ray Spectrographer (Fluorescence を用い, 対陰極 W, 電圧 50KV, 電流 30 mA, 検出管 (Ar + Cl) GM 管, 電圧 1540V, Analyzing crystal LiF, Source Collimeter 0.005×4"long, Receiving Collimeter 0.005×4"long, Scale factor 4, Multipiler 1, Time Constant 4 秒, 室温 23°C, 走査速度 2 度/分, 記録紙速度 1/2 吋分)。

本鉱物の純粋な試料を分光分析して見ると表 6 の様な元素が検出される。またその写真の一部は図 3 の如くである。

表 6 Doi Tao および Bang Hong 産螢石の分光分析表

産地 \ 元素名	Be	Fe	Si	Mn	Mg	Al	Cu	Ca	Ba	Sn
Doi Tao 1.	+	±	+	±	+	++	±	++ +	±	±
Doi Tao 2.	+	+	+	±	+	++	±	++ +	±	+
Bang Hong 1.	+	+	++	+	++	++ +	±	++ +	±	+

- (1) 註: +は存在することを示し, その数が多い程顕著なことを示している。
 (2) 撮影条件は, Jaco Ebert type 分光分析器を用い, 励起の種類 D.C. Arc, 電気条件 D.C. 8 Amp. 補助電極 Carbon, 電極間隔 3mm. スリット幅 20μ, 露出時間 30秒, グレーテングの種類 15,000本/吋, 次数 1st order, 設置角度 (i) 6.10度, 現像液 FD-111, 液温 21°C, 時間 4分。

当鉱床産の鉱石の品位は次の如くである。

No.	CaF ₂	CaCO ₃	SO ₃	SiO ₂	MgO
1	45.02%	0.29	1.28	2.72	0.02
2	77.54	0.32	1.74	0.78	tr.
3	92.83	0.37	0.12	0.05	tr.

この鉱床は白雲母花崗岩を母岩とする気成ないし熱水性の含螢石ペグマタイト裂罅充填鉱脈であって, 東西系の走向を示すものと, N 60 度 E 系のものとの両者があるが, 前者は東北東の延長部で後者に合流している。鉱石鉱物は螢石で, このものはペグマタイト脈中に石英・

方解石などの脈石鉱物と共に斜走梯形鉱脈 (inclined ladder veins) を呈し、その膨縮が著しくて、時には母岩を中に挟んで鉱脈は2分していることがある。東西系の走向を示す鉱脈は殆んど垂直の傾斜を示し、脈幅は80~100cmである。N 60度E系の鉱脈は80度内外の急傾斜を示し、SEから垂直を経てNWのものまでである。平均脈幅は1mであるが、最も厚い所では3mに達するものもある。母岩は時には鉱脈の上盤または下盤沿いに珪化していることがある。

以上の諸資料から、当地の螢石鉱床の成因は次の如くに結論される。

- (1) 母岩中に東西系、つぎにN 60度E系の断層の活動
- (2) 母岩の白雲母化作用・曹長石化作用
- (3) 母岩の第一次珪化作用
- (4) 上記両系の断層に沿う鉱化ガスないし鉱液の上昇沈澱……螢石鉱床の形成
- (5) 熱水液の上昇沈澱……黄鉄鉱の形成
- (6) 方解石化作用並びに第2次珪化作用 (乳白色石英の晶出)。

3-1-B Ban Hong の螢石鉱床

当鉱床は3鉱業権者によって所有されている。すなわち、北部はUnited Co., 中央部はUniversal Mining Co., 南部はThai Fluorite Co. に所属している。当地に到達するには、Chaing Mai からハイウェイを約82km南下すれば、その両側に鉱床が発達していて、交通は至便である。

鉱区附近の地質は千枚岩質粘板岩、砂岩および石灰岩から成り、地層の走向はN40~60度Wで傾斜はSWに30度内外を示している。鉱床の運鉱岩 (ore bringer) はDoi Taoのものと同様に花崗岩と考えられるけれども、当鉱床附近にはその露出を認め難い (図2)。

鉱石鉱物は螢石で、脈石鉱物としては石英ないし玉髓、少量の黄鉄鉱がある。螢石には、早期の鉱化作用で晶出した黒灰色のものと、第二次の鉱化作用で晶出した灰白色のものとの両者がある。石英にも早期晶出の細粒質のものと、後期生成の乳白色石英ないし玉髓とがある。黄鉄鉱は早期の螢石が角礫状に破碎されたものを包んで発達する。

螢石の純粋な結晶をX-線廻折した結果は、表4および図1(a), X-線螢光分析した時に検出された含有元素名は表5, 分光分析した際に検出された元素名は表6, それの写真の一部は図3の如くである。

当鉱床産の鉱石の品位は次の如くである。

No.	CaF ₂	SiO ₂	CaCO ₃	SO ₃	Fe ₂ O ₃	MgO
1	84.23%	1.12	1.08	0.64	0.83	tr.
2	65.74	19.50	2.15	0.39	0.77	tr.

上述の如くに当地の鉍石には SiO_2 の含有率の高いものが多いが、これは、珪化作用が繰返して行なわれているために、脈石である石英が密に混入しているからであって、選鉍に際しての品位管理には多大の注意を必要とする。

当鉍床は北部タイの一般的な地質構造線である N 40度 W の走向に並行して生じた断層である地殻の弱線に沿って上昇した鉍液を含む熱水液が砂岩および石灰岩を交代してできたものである(図2)。鉍体には西側の第1鉍体とその東方凡そ 230 m の所を並走する第2鉍体とがある。第1鉍体は N 30~40度西に走り SW に80度の傾斜を示すもので、鉍床の延長は 800m に達し、最大脈幅は 75 m に達する。鉍床の中央部附近から東に向けて延長 160 m, 最大脈幅 25m の分岐脈を派生している。鉍床の西側の母岩はホルンフェルス化した千枚岩質粘板岩で、東側は上述の分岐脈から北方では粘板岩で南側では石灰岩である。第2鉍体は走向・傾斜ともに第1鉍体に並行で、総延長は約 390m で、最大脈幅は 30m に達する。鉍床の中央部附近から西方に向けて延長 170m, 最大脈幅 7 m の分岐脈を派生している。鉍床の西側の母岩は第1鉍体と同様であるが、東側は全般的に千枚岩質粘板岩と相接している。

当地の鉍床には上記のほかに図2で示した様に、二次的に変成した“floating Ore”が観察される。このものは初生的な上述の螢石鉍床が風化によって鉍床から遊離して、鉍床の直上附近、または傾斜面に沿って流下して他の母岩上に不整合に被覆堆積した残留堆積性鉍床で、螢石の玉石がテラロッサ中で褐鉄鉍によって膠結されたものである。厚さも 7m 以上に達することもあるために、調査に際しては十分に注意しなければ、初生的鉍床と誤認されて、鉍量計算に際して、大きな誤りを生ずる危険性が多分にある。

鉍床の母岩の変質作用には、動力変成作用による千枚岩化作用、上昇熱水作用による珪化作用、熱変成作用による石灰岩の糖晶質大理石化作用、砂岩や粘板岩のホルンフェルス化作用などが認められる。

既述の諸資料から、当鉍床の成因は次の如くに結論される。

- (1) 粘板岩、石灰岩、砂岩中に N 30~40度 W の断層破碎帯の生成。
- (2) 上記破碎帯の弱線に沿って上昇した熱水溶液による第一期珪化作用……母岩の珪化および細粒石英の沈澱。
- (3) 引き続いての上昇熱水による第一期鉍化作用……黒灰色螢石鉍床の生成。
- (4) 鉍床内における断層破碎作用……鉍石・脈石の角礫化。
- (5) 第二期上昇熱水による鉍化作用……黄鉄鉍・灰白色螢石鉍床の晶出。
- (6) 第二期珪化作用……乳白色石英の沈澱。
- (7) 風化に伴う残留堆積作用による“floating Ore”の形成。

3-1-C その他の鉍床

上記のほかに当地方には、次のような諸鉍床が発達する。

タイ・マレーシアの地質鉱床

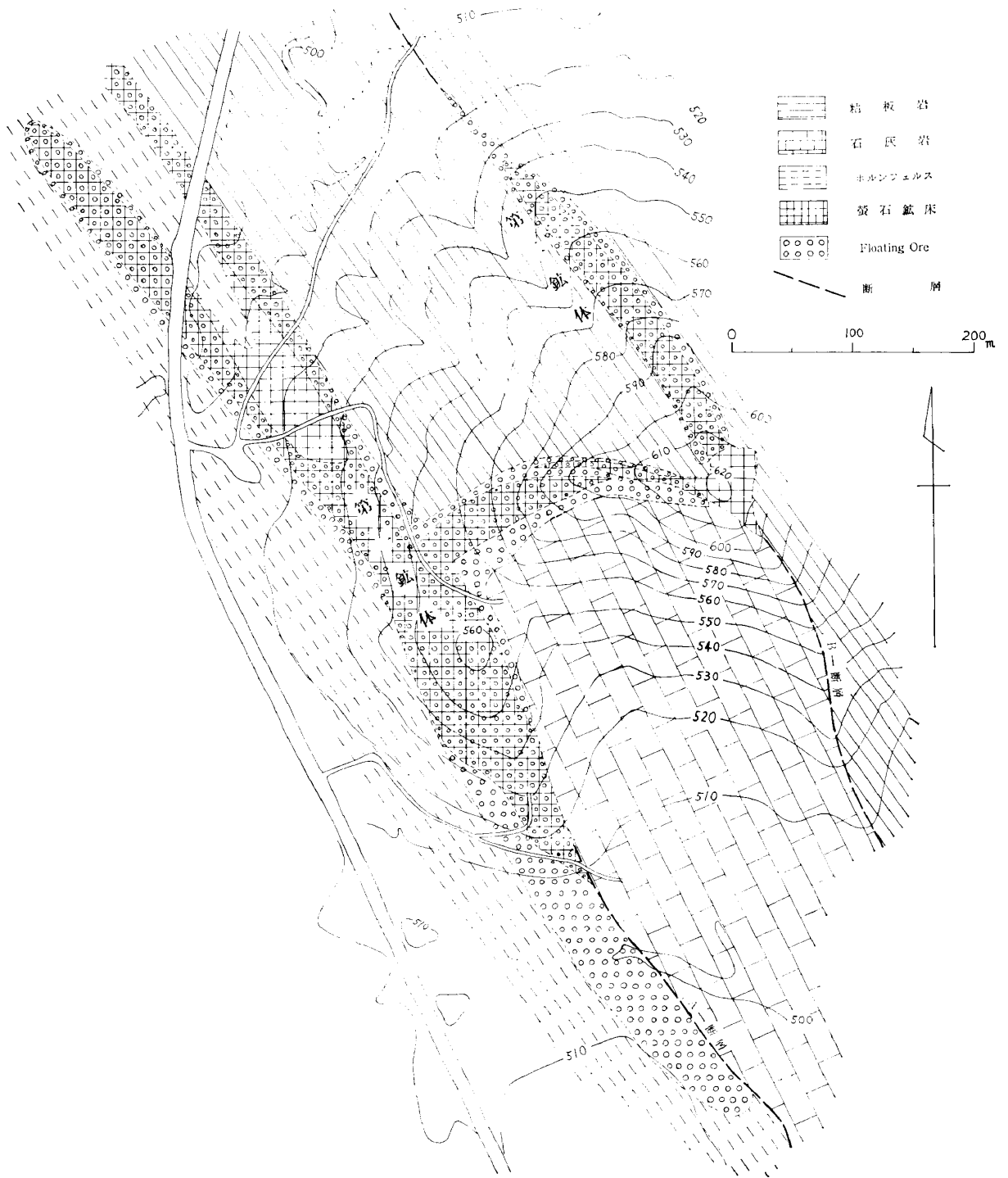


図 2 Ban Hong 螢石鉱床附近地質鉱床図

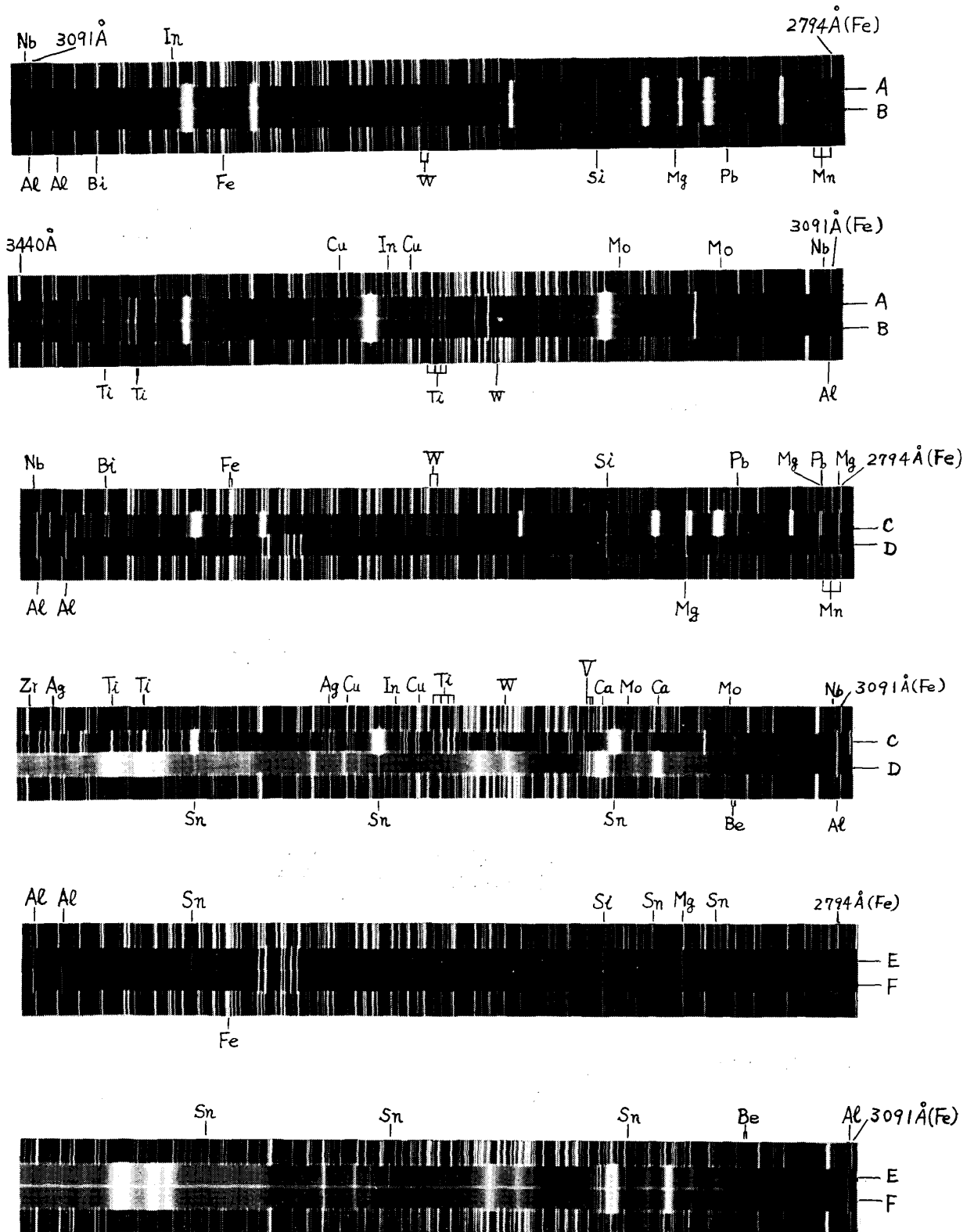


図 3 マレイ産錫石およびタイ国産螢石の分光分析写真

- A : 錫石結晶 (Raub Pahang 産) B : 砂錫精鉱 (Ampang Selangor 産)
 C : 砂錫精鉱 (Rawang Selangor 産) D : 螢石 (Ban Hong 産)
 E : 螢石 (Doi Tao 産) F : 螢石 (Doi Tao 産)

タイ・マレーシアの地質鉍床

(a) 螢石鉍床

1. West Ban Doi Tao 鉍床 (上述の Doi Tao 鉍床の西方 6km)。
2. Tho Kun Ugen 鉍床 (Lamphun の東方 28 km)。

(b) マンガン鉍床

1. Ban Mae Tuen 鉍床 (Ban Mae Pok の東方 7km, 硬マンガン鉍, 同生および熱水鉍床)。
2. Ban Huey Haen 鉍床 (Chaing Mai からハイウェイを 130 km 南下し, それから西方に 3km, 硬マンガン鉍, 残留堆積性鉍床)。
3. Ban Pa Phai 鉍床 (Chaing Mai からハイウェイを 120 km 南下し, それから東に 5km, 初生的および残留堆積鉍床)。
4. Ban Ma Kok 鉍床 (Lamphun の南東 38km, レンズ型交代鉍床)。
5. Ban Wang Roan 鉍床 (Chiang Mai の南方 85km, 軟マンガン鉍)。

(c) アンチモニー鉍床

1. Ban Mae Laun 鉍床 (Chaing Mai の北北東 38km, 含輝安鉍石英脈)。

(d) 錫鉍床

1. Ban Bo Kaeo 鉍床 (Chaing Mai の北西 85km, 沖積盆地中の漂砂錫石鉍床)。
2. Huay Kha Min 鉍床 (Chaing Mai の北西 66km, 漂砂鉍床)。

3-1-D 予察の結論

Doi Tao および Bang Hong の螢石鉍床に就いて行った野外予察および研究室内での地球化学的実験によって得られた微量元素の存在は, 今後における当地域の総合的な調査研究が可能であることを示している。すなわち, これらのタイプの鉍床は, 何れも当地に発達する花崗岩漿の後火成作用によって誘導された同一の鉍床区 (Metallogenic Province) に属するものと推定されるので, 精密な野外調査と研究室内での鉍物学的および地球化学的研究, とくに化学分析, 顕微鏡的観察, X線廻折, 分光分析と螢光X線分析とによる微量成分の検出とその挙動の研究, 電子顕微鏡的観察などを実施することによって, 鉍床相互の関係・諸鉍床と母岩および運鉍岩との関係などを明らかにして鉍床の成因を究め, ひいては鉍床の新発見と開発利用とに対して寄与し得ることが明らかになった。

4 マレイの地質鉍床

既にタイ国の所で述べた様に, マレイ半島も東南アジアの褶曲山脈の一員をなすところの, いわゆるアジア楕状地周縁の中・新生代造山帯に属するもので, タイ国から南下した褶曲軸 (folding axis) は少しく東南方に偏り, さらに東曲してボルネオ島に到達している。それ故に, マレイ半島はその主軸とほぼ斜交する幾つもの雁行状の褶曲条を有しているが, これらの

褶曲帯は西方よりの押し被せ (overthrust) によって形成されたものであって、その基底には花崗岩が発達している。

マレイに発達する鉱床と成因的に関連を有する地層および火成岩は次の如くである。

(1) ラウブ (Raub) 系

石炭紀および二畳紀の石灰岩、泥灰岩、石灰質頁岩、頁岩、その他から成る。

(2) チャート (Chert) 系

チャートおよび緻密質細粒頁岩の累層からなり、ラウブ系と同時代か又はそれよりも少しく後期の堆積にかかる。

(3) 三畳系

チャートを挟有する珪岩、頁岩、粗粒礫などの累層から成る。

(4) 第三系

中新統またはその後の堆積層で、含炭層を挟有するものもある。

(5) 高位沖積層

第四紀氷河時代よりも古いものと考えられ、この中にも漂砂錫鉱床を胚胎する。

(6) 低位沖積層

半島の西海岸および河谷に広大な面積を占めて分布し漂砂錫鉱床はこの中にも介在される。

(7) 花崗岩類およびその他の火成岩類

中生代三畳紀以後に貫入したもので、花崗岩、角閃花崗岩、正長岩、閃緑岩、ノーライトなどがあり、花崗岩中には初生的錫鉱床を胚胎し、角閃花崗岩・正長岩閃緑岩は金鉱と関連し、さらに花崗岩中に貫入しているドレライトまたは石英斑岩脈なども鉱床生成に関係を有している。このほかに三畳紀礫岩中に花崗岩の礫が認められる事実は、古生代またはそれ以前の貫入による花崗岩も存在することを示している。

(8) Pahan 火山系の諸岩石

石炭紀から三畳紀にかけての噴出による流紋岩からドレライトにいたる種々の火山岩があり、これらは金鉱床の成因と関係を有する。

5 マレイの鉱業事情

マレイの主要鉱産物は錫鉱であって、金額的にはマレーシア全鉱産物の約 68% を占めて居り、鉄鉱がこれに次いでいる。表 7 は 1963 年のマレーシアの鉱産物産額表である。

マレイにおける錫鉱業については、既に森山教授によって参考文献(10)の中で報告されているので、ここでは省略する。

5-1 マレイの錫鉱床

マレイの錫鉱床には初生鉱床 (いわゆる山錫, mountain tin) と二次鉱床である漂砂鉱床

タイ・マレーシアの地質鉱床

表 7 マレーシアの鉱産物産額表 (1963年)

鉱産物 (Malaya)	鉱山数	労務者	動力 (HP)	産額 (long tons)	価格 (\$)
錫(精 鉱)	709	33,650	462,589	59,947	458,637,712
鉄 鉱	24	6,988	110,832	7,264,543	194,326,525
ボーキサイト	2	256	8,822	444,047	7,748,620
イルメナイト	—	—	—	147,014	3,951,810
コルンブ石	—	—	—	88	412,761
金	4	232	1,582	9,116 (オンス)	925,456
陶 土	2	11	30	1,176	60,646
錫(スラッグ中)	—	—	—	11,400	1,097,799
モナズ石	—	—	—	884	249,834
銅 精 鉱	—	—	—	2,000	160,000
マンガン	—	—	—	6,872	273,506
ジルコン	—	—	—	203	15,722
ゼノタイム	—	—	—	5	4,129
タングステン	—	—	—	6	10,005
小 計	741	41,137	583,855	—	667,874,530
鉱産物 (Sarawak)	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上
ボーキサイト	1	?	?	155,243	2,693,466
石 油	—	?	?	372,506 (U.S. Barrels)	2,323,650
金	6	?	?	2,773 (オンス)	338,257
小 計	—	—	—	—	5,355,373
総 計	?	?	?	—	673,229,903

(いわゆる砂錫 placer tin) とがあって、 鉱石鉱物は何れも錫石 (cassiterite, SnO₂) が主であって黄錫鉱やその他のものは殆んど産出しない。これら両型の鉱床と運鉱岩である花崗岩および母岩である石灰岩との関係を究明することは学術上からも工業上からも有意義なことである。今回の予備調査に際しては、本調査の前提として、錫および鉄鉱床の概略を Selangor 州の Kuala Lumpur 附近、Perak 州の Ipoh 附近で調査し併せて研究標本を採取した。

錫石および錫精鉱についての鉱物学的研究、特にその中の微量成分の究明を行なうことは、鉱床の成因論、探査、開発にとって大切なばかりではなくて、錫製錬に際しても極めて重要な1つの研究課題である。表8はこれらについて行なった分光分析によって検出された諸元素で、図3はそれの一部を示したものである。

表8によって注意すべき著しい事実は、No. 1 の純粋な錫石の結晶中から検出される諸元素も、No. 2 および No. 3 の砂錫の精鉱中からのそれらも殆んど相異のないことである。この

表 8 マレイ産錫石の分光分析表

No.	元素名																					
	Be	Fe	B	Si	Mn	Mg	Pb	W	In	Bi	Al	Mo	V	Cu	Ag	Ti	Zr	Ca	Cr	Ba	Nb	Sn
1	±?	+	-	++	±	±?	±	+	+	±?	+	±	-	+	-	++	-	±	-	-	+	++
2	±	+	++	++	±	±	+	++	±	+	+	-	±?	±	-	++	-	±	±	-	±?	++
3	+	++	++	++	+	++	++	++	±	++	+	±	+	+	+	+	++	++	+	±	+	++

No. 1 は Raub Pahang 産の錫石の純粋な結晶,

No. 2 は Ampang Selangor 産の砂錫精鉱,

No. 3 は Rawang Selangor 産の砂錫精鉱。

(1) 註：+は存在することを示し，その数が多い程顕著なことを意味する。

(2) 撮影条件，その他は表 6 と同様である。

表 9 マレイ産錫石 (No .1 No. 2) の粉末法 X線廻折線

No. 1 Cassiterite Raub Pahang 産		Cassiterite ASTM 5-0467			No .2 砂錫精鉱 Ampang Selangor 産	
d (Å)	I	d (Å)	I/I ₁	hkl	d (Å)	I
3.3482	97	3.351	100	110	3.3842	136
2.6390	54	2.644	81	101	2.6420	87
2.3671	22	2.369	24	200	2.3683	28
2.3051	3	2.309	5	111	2.3075	3
2.1166	1	2.120	2	210	2.1185	2
1.7621	42	1.765	63	211	1.7640	43
1.6455	16	1.675	63	220	1.6743	58
1.5913	3	1.593	8	002	1.5928	7
1.4973	13	1.498	13	310	1.4981	15
1.4367	10	1.439	17	112	1.4387	7
1.4139	11	1.415	15	301	1.4150	14
1.3203	5	1.322	7	202	1.3216	7
1.2141	8	1.215	11	321	1.2145	7

(1) No. 1 は純粋な錫石の結晶

No .2 は砂錫精鉱.

(2) 粒度は -300mesh

(3) 測定条件は表 4 と同様.

ことは鉱床の成因論や錫鉱の製錬の際には充分の検討を行なうべき資料である。

上記と同一の試料を X線廻折した結果は表 9・10および図 4 の如くである。

上記と同一の試料について X線蛍光分析を行なった結果は表11の如くである。

表10・11 によって明らかなことは， No. 1 の錫石結晶と No. 2 の砂錫精鉱中には 錫石以外

表 10 マレイ産砂錫精鉱の粉末法 X線廻折線

No. 3 砂錫精鉱 Rawang Selangor		Cassiterite ASTM 5-0467		Pyrite ASTM 6-0710		Sphene ASTM 11-0142		Rutile ASTM 4-0551	
d (Å)	I	d (Å)	I/I ₁	d (Å)	I/I ₁	d (Å)	I/I ₁	d (Å)	I/I ₁
3.3507	365	3.3351	100			4.930	30		
3.2522	15					3.233	100	3.245	100
				3.128	36				
2.9857	3					2.989	90		
2.7104	10			2.709	84				
2.6420	146	2.644	81						
2.6180	8					2.595	90		
				2.423	66				
2.3683	73	2.369	24			2.362	5		
2.3075	10	2.309	5						
						2.273	30		
				2.2118	52	2.225	5	2.297	7
								2.188	22
2.1195	6	2.120	2						
2.1016	4					2.107	20		
						2.058	40	2.054	9
						1.972	10		
						1.945	10		
				1.9155	40				
						1.848	5		
						1.802	10		
1.7634	116	1.765	63						
						1.741	20		
						1.725	10		
						1.703	30		
								1.687	50
1.6737	58	1.675	63						
						1.643	40		
1.6326	3			1.6332	100				
								1.624	16
1.5923	14	1.593	8						
				1.5640	14	1.554	20		
						1.527	10		
1.4977	37	1.498	13			1.494	40		
				1.4448	25			1.453	6
1.4219	8								
1.4165	37	1.415	15			1.418	40		
						1.409	20		
								1.360	16
						1.344	20	1.347	7
1.3229	12	1.322	7						
						1.306	20	1.305	1
						1.275	10		
				1.2427	12			1.243	3
1.2143	15	1.215	11	1.2113	14	1.227	5		

(1) 測定条件は表 4 と同様.

表 11 マレイ産錫石および錫精鉱のX線蛍光分析表

No.	産 地	鉱物名	検出された元素名
1	Raub Pahang	錫石結晶	Cr, Mn, Fe, Ni, Ta, Nb, Zr, Sn
2	Ampang Selangor	錫石精鉱	Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Ta, Nb, Zr, Sn
3	Rawang Selangor	錫石精鉱	Ti, Pb, Zr, Cr, Fe, Ni, Mn, Ta, Nb, Sn, As

(1) 測定条件は表 5 と同様

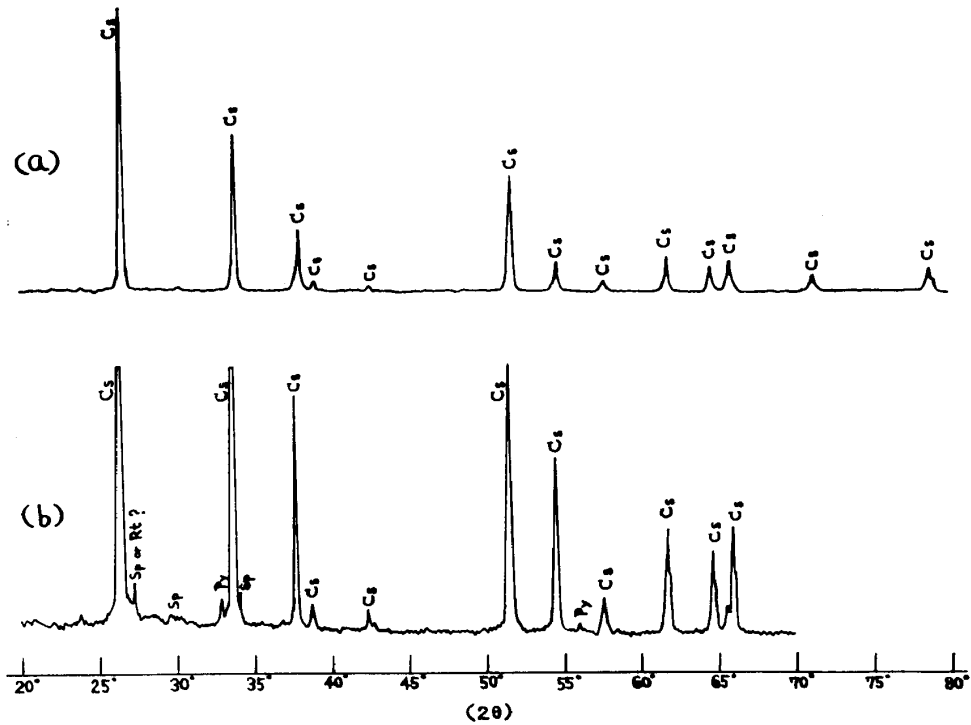


図 4 マレイ産錫石の粉末法X線廻折図

の鉱物が検出されていないことと、No. 3 の砂錫精鉱中には錫石以外に黄鉄鉱、スフェン、ルチルが検出されることとで、表 8 で気付くと同様の注意を必要とすることである。

5-2 予察の結論

既述したことで分る様に、今後において野外における精密調査や、研究室内において3-1-Dで述べたと同様の調査研究を実施することにより、タイ国とマレイ半島とに発達する花崗岩類と諸鉱床との成因的関連を究明して、学術的には勿論、両国の経済開発助成に対しての一助ともなり得る可能性を有することが明らかになった。

参 考 文 献

- 1) H.G. Ferguson and A.M. Batemann: "Geological Features of Tin Deposits," *Economic Geology*, vol. 7. 1912. p. 216.
- 2) K. Takimoio: "Studies on the Tin Deposits of Japan," *Japanese Jou. of Geol.*

- and Geogr.*, vol. 19. nos. 1~4. 1944. pp. 196.
- 3) G.F. Brown and S. Buravas, and others: "Geologic Reconnaissance of the Mineral Deposits of Thailand," *U.S.G.S. Bull.* 984. 1951.
 - 4) P. Aranyakanon: "The Cassiterite Deposit of Haad Som Pan, Ranong Province, Thailand," *Report of Investigation*, no. 4. 1961. Royal Depart of Mines.
 - 5) S. Buravas: "Progress in Geology and Geophysics in Thailand since the First Pacific Science Congress 1920," *地学雑誌*, vol. 72. no. 2. 1963. pp. 38.
 - 6) T. Kobayashi: "I. Geology of Thailand, II. Palaeontology of Thailand," *Geology and Palaeontology of Southeast Asia*, vol. 1. 1961. pp. 1.
 - 7) 佐川正雄他 8 名: 『タイ国鉱物資源調査報告書』 海外技術協力事業団, 東京, 1963.
 - 8) J.H. Hill: "The Mineral Belts of Malaya," *Geological Survey of Malaysia(Malaya)*, Ipoh, 1964.
 - 9) The Office of the Chief Inspector of Mines, Department of Mines, Malaysia: *Bulletin of Statistics relating to the Mining Industry of Malaysia 1964*. Ministry of Lands and Mines, Kuala Lumpur, 1964.
 - 10) 森山徐一郎: 「タイ, マレーシアの鉱業について」 『東南アジア研究』 vol. 2. pt. 4. 1965. pp. 86.

追記：タイ国における主要鉱物資源埋蔵量

タイ国ではまだ未調査の区域が多いが、1961年から66年にかけて未調査資源、未知区域などの調査が進行中であるので、これによって鉱種も鉱量も追加と増加とが期待されている。タイ国鉱産資源局の発表によれば、1964年現在において推定される国内主要鉱物資源の埋蔵量は下表の如くである。

なお、アンチモニー資源の如く、現在生産されつつある鉱種でも(表2参照)、埋蔵量の推定資料の不十分なものは除かれている。

タイ国の主要鉱物資源埋蔵量 (1964年現在)

鉱種	推定埋蔵量 (トン)
錫 (精鉱中含有量)	1,000,000
鉄 鉱	13,500,000
マンガン 鉱	7,000,000
タングステン 鉱	3,000以上
鉛 亜鉛 鉱	140,000
亜鉛 鉱	5,000,000
螢石	7,000,000
石 ころ	30,000,000
岩 塩	1,200,000,000
褐炭	55,000,000
油 母頁岩	500,000,000
原油	600,000(barrels)