

タイ王国オムコイ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

昭和61年6月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

鉱計資

C R (3)

86-76

タイ王国オムコイ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

JICA LIBRARY



1030833163

1573/

昭和61年6月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '87. 1. 12	122
登録 No. 15731	66.1
	MPN

マイクロ  
フィルム作成

## は し が き

日本国政府はタイ王国政府の要請に応え、同国北西部オムコイ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質および鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は、昭和58年11月より昭和61年5月までの3か年にわたって実施され、タイ王国政府関係機関、特に工業省鉱物資源局の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は3か年間の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力いただいたタイ王国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在タイ日本国大使館および関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和61年5月

国際協力事業団総裁 有田圭輔

金属鉱業事業団理事長 西家正起

# 目 次

は し が き

目 次

要 約

調 査 位 置 図

第 1 章 序 論 .....	1
1-1 調査の経緯および目的 .....	1
1-2 調査の内容 .....	1
1-3 調査団の編成 .....	5
1-4 従来 of 調査 .....	7
第 2 章 調査地域の一般概要 .....	8
2-1 位置および交通 .....	8
2-2 地 形 .....	8
2-3 気候, 植生 .....	9
2-4 一般情勢 .....	9
第 3 章 調査地域の地質 .....	10
3-1 地質概要 .....	10
3-2 層 序 .....	10
3-3 火成活動 .....	14
3-4 地質構造 .....	16
3-5 鉱 床 .....	16
3-6 花崗岩類の地化学特性 .....	25
3-7 花崗岩類の年代測定 .....	32
第 4 章 河床堆積物による地化学探査 .....	37
4-1 試料採取および化学分析法 .....	37
4-2 データの解析 .....	37

第 5 章 A地区調査	41
5-1 調査位置	41
5-2 地質・鉱床調査	41
5-3 地化学探査	47
5-4 ボーリング調査及びトレンチ調査	50
第 6 章 B地区調査	55
6-1 調査位置	55
6-2 地質・鉱床調査	55
6-3 地化学探査	60
6-4 ボーリング調査及びトレンチ調査	64
第 7 章 C地区調査	70
7-1 調査位置	70
7-2 地質・鉱床調査	70
7-3 地化学探査	73
第 8 章 結論および提言	76
8-1 結 論	76
8-2 提 言	76
参 考 文 献	77

## 付 表

第 1 表	鉾床有望地区抽出フローチャート .....	2
第 2 表	調査量一覧表 .....	4
第 3 表	鉾山一覧表 .....	23
第 4 表	花崗岩類の S タイプ / I タイプ分類 .....	30
第 5 表	K-Ar 法年代測定結果 .....	35
第 6 表	Rb-Sr 年代測定結果 .....	35
第 7 表	地化学後背値区間と異常値区間の区分 .....	37
第 8 表	地化学後背値区間と異常値区間の区分 ( A 地区 ) .....	48
第 9 表	#	( B 地区 ) ..... 62
第 10 表	#	( C 地区 ) ..... 74

## 付 図

第 1 図	調査地域位置図	
第 2 図	オムコイ地域地質図 .....	12
第 3 図	模式地質層序図 .....	13
第 4 図	ヨシノ鉾山平面図 .....	17
第 5 図	パブンドン鉾山主採掘跡平面図 .....	20
第 6 図	パブンドン鉾山北西採掘跡平面図 .....	21
第 7 図	花崗岩類の化学組成図 .....	28
第 8 図	ノルム石英-斜長石-正長石図及び ACF 図 .....	29
第 9 図	MFA 図及びアルカリ-ライム図 .....	29
第 10 図	Cl-F 図及び Sn-(F+Cl) 図 .....	31
第 11 図	Sn-F 図及び Sn-Cl 図 .....	31
第 12 図	Rb-Sr アイソクロン図 .....	35
第 13 図	鉾山位置及び Nb, Ta, Sn, W 地化学異常図 .....	40
第 14 図	A 地区地質図 .....	43
第 15 図	土壌断面及び深度, 粒度別元素含有量 ( パブンドン鉾山 ) .....	47
第 16 図	A 地区地化学異常図 .....	49
第 17 図	A 地区ボーリング及びトレンチ調査位置図 .....	52
第 18 図	MJT-8, 9, 10 ボーリング断面図 .....	53

第19図	B地区地質図	56
第20図	土壤断面及び深度、粒度別元素含有量(ヨソク鉱山)	61
第21図	B地区地化学異常図	63
第22図	B地区ボーリング及びトレンチ調査位置図	67
第23図	MJT-29, 30, 44ボーリング断面図及びトレンチ調査図	68
第24図	MJT-38, 50, 37ボーリング断面図	69
第25図	C地区地質図	71
第26図	C地区地化学異常図	75



## 要 約

本調査は、タイ王国北西部オムコイ地域における錫・タングステンのほか、ニオブ・タンタルなどの希少金属鉱物資源賦存の可能性を確認するための資源開発協力基礎調査として、昭和58年11月から昭和61年3月までの3か年にわたり実施された。

調査対象地域は、チェンマイ県オムコイ町を含む南北50km、東西20kmにわたる面積1,000km<sup>2</sup>の範囲である。

本地域は、タイ・マレー半島部からタイ・ビルマ国境沿いに連なる錫ベルトの一面にあたり、錫・タングステン鉱床賦存の可能性が高く、且つこれらの鉱床にニオブ・タンタルの随伴が期待された。

調査は、地質調査、地化学探査及びボーリング・トレンチ調査を段階的に実施した。

第1年次調査は、調査対象地域全域の地質概査（既知鉱床調査を含む）および河床堆積物による地化学探査（概査）を実施した。その結果、地域内の広域的な地質、鉱床状況および鉱化作用と地化学異常との関連が明らかになると共に既知鉱床の周辺を中心として各所にニオブ、タンタル、錫、タングステンの地化学異常が抽出された。

第2年次調査は、第1年次調査によって抽出された地化学異常域の中から、特に鉱床賦存の可能性の大きいA地区：パブンドン鉱山周辺のニオブ・タンタル・錫・タングステン高異常域、B地区：ヨック鉱山周辺のニオブ・タンタル・錫・タングステン異常域、C地区：ピツキ鉱山北西方のタンタル高異常域を選択し、各々の地区について、地質精査（一部既知鉱床を含む）、土壌による地化学探査（準精査、精査）を実施した。その結果、各地区内の地質と鉱床状況および鉱化作用と地化学異常との関係がより明確になり、各地区の中からさらに鉱床賦存の可能性の大きい地化学異常域が集約された。

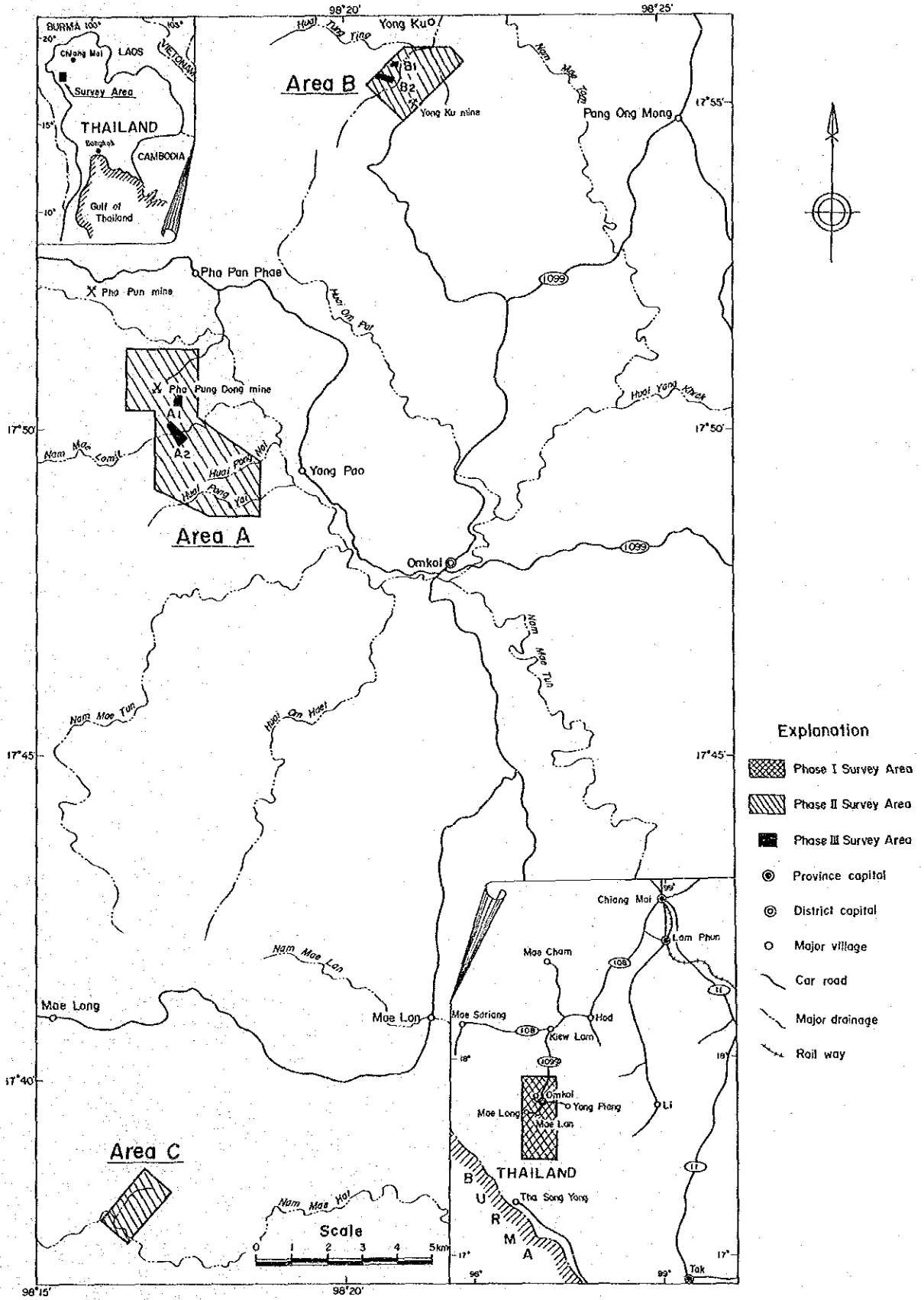
第3年次調査は、第2年次調査によって抽出されたA<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>の4地区について鉱床賦存状況の確認を目的として、ボーリング調査（51孔、1,600m）及びトレンチ調査（57か所、1,940m）を実施した。

調査の結果、タングステンの地化学異常域であるA<sub>1</sub>地区（ボーリング：13孔、390m、トレンチ：13ヶ所、670m）ではベグマタイト脈及び石英脈が多数確認され、その一部にタングステンの鉱徴を示すものがみられた。最高値WO<sub>3</sub> 1.4%を示すものもあったが大半は低品位で、連続性も認められなかった。

A<sub>2</sub>地区（ボーリング：7孔、210m、トレンチ：6か所、390m）は錫の地化学異常域である。ベグマタイト脈にSn 100ppm以上を示すものが散見され、一部花崗岩では最高値250ppmを示した。鉱脈は認められないが母岩の花崗岩は全体に錫含有量が多く、錫鉱脈賦存の条件を備えており、錫の2次鉱床採掘跡もあることから鉱脈が賦存する可能性はある。

B<sub>1</sub>地区(ボーリング:5孔,150m,トレンチ:10か所,270m)は,ニオブ,タンタル地化学異常域で,この異常はペグマタイト脈に由来することが明らかとなったが鉍徴といえるほどのものは認められなかった。ペグマタイトは変質作用を受け広範囲に白色粘土化している。

B<sub>2</sub>地区(ボーリング:26孔,850m,トレンチ:28か所,610m)は錫,タングステン地化学異常域である。3本のボーリング,1か所のトレンチでタングステンの鉍徴を捕捉した。これらの鉍徴は準片麻岩中に挟在される石英脈,石灰珪酸鉍物岩に灰重石が鉍染するもので,これらの大部分はWO<sub>3</sub>0.48~1.56%を示した。連続性は明らかでないが,その胚胎状況はNW-SE方向の片麻状構造と密接に関連しており,この方向に断続的あるいは雁行状に未発見の鉍脈が賦存する可能性がある。



第 1 圖 調 查 地 域 位 置 圖

# 第1章 序 論

# 第 1 章 序 論

## 1. 調査の概要

### 1-1 調査の経緯および目的

タイにおける主要鉱産物は、錫、タングステン、ホタル石、重晶石、アンチモニー等多数にのぼる。このうち錫はタイにとって最も重要な金属資源で、マレーシア、インドネシア、ボリビアについて、世界第4位の生産量となっている。

また、タイの錫鉱業で注目すべきことは、錫生産量の大きくなることだけでなく副産物として産するニオブ、タンタル等希少金属の含有量の多いことである。

従来タイはニオブ、タンタルを錫溶練鍍および鉱石として輸出していたが、現在回収プラントを準備中でこれに供給する原料の安定確保とともに、今後の需要増加も見込まれることから、タイ王国政府は日本国政府に対してニオブ、タンタル等希少金属の資源開発協力基礎調査を要請してきた。

日本国政府は、これに応じて昭和58年に事前調査団を派遣し、同調査団はタイ王国政府工業省鉱物資源局と現地視察並びに協定折衝を行った。両国政府は、錫、タングステンのほか、ニオブ、タンタル等の希少金属の賦存が期待されるタイ北部オムコイ地域について昭和58年度を初年次として3か年にわたる資源開発協力基礎調査を実施することとなった。

本調査は、調査地域の地質および地質構造と鉱化作用並びに地化学的特性との関係を総合的に把握することにより、ニオブ、タンタル、錫、タングステン等の鉱床胚胎有望地域を抽出し、究極的には新鉱床を発見することを目的とした。

### 1-2 調査の内容

調査はまず調査対象地域全域についての地質概査および河床堆積物による地化学探査から始め、その結果から抽出された有望地区について、地質精査および土壌による地化学探査を行って、さらにより有望な地区を集約し、最終的には、ボーリングおよびトレンチ調査により鉱徴の存在を確認する方法をとった。これら作業の流れは第1表に示した。

各年次ごとの調査内容および調査数量は以下のとおりである。

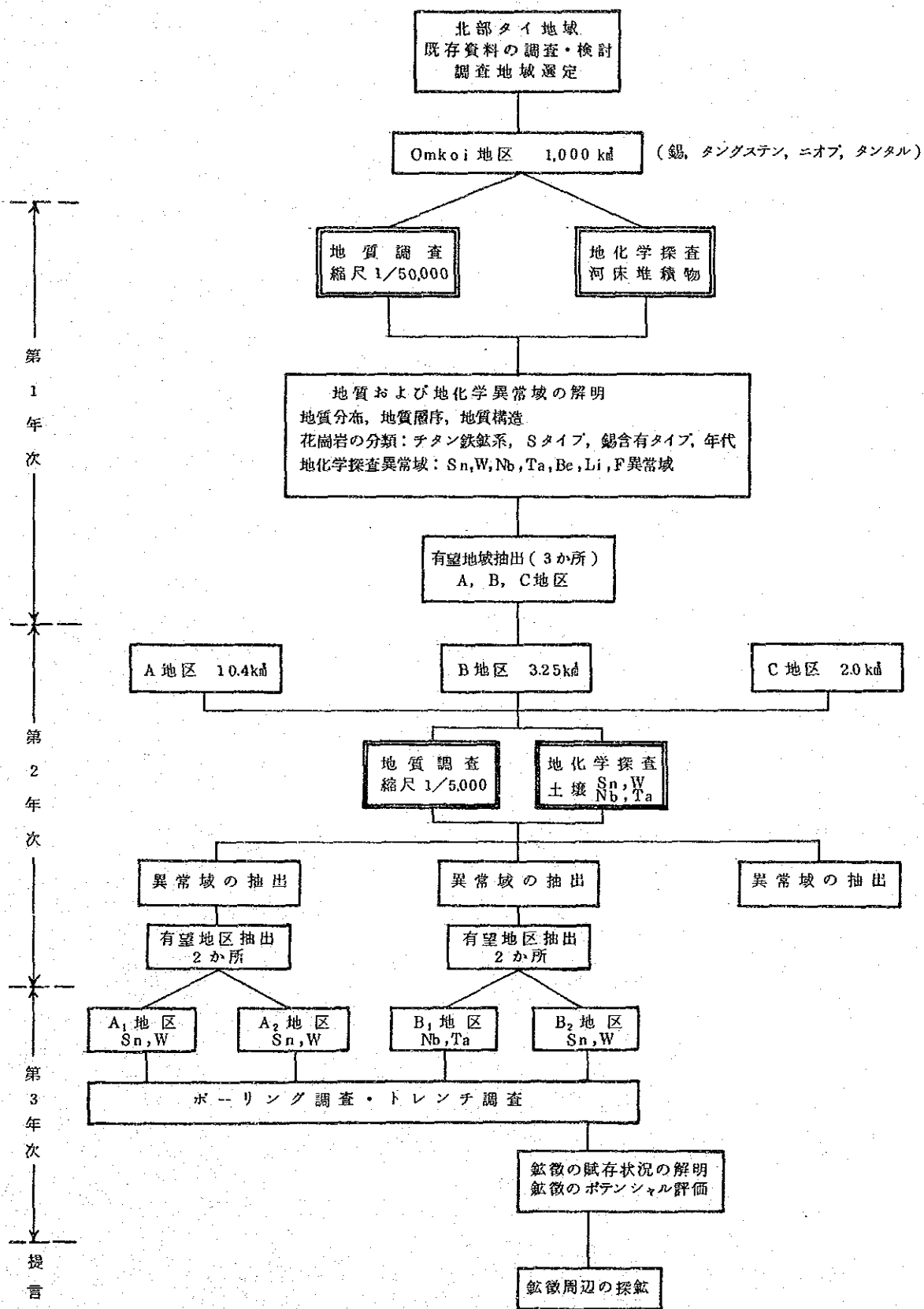
#### (1) 第1年次調査(1983年)

調査対象地域全域(1,000 km<sup>2</sup>)について地質概査および河床堆積物による概査的な地化学探査を実施した。

##### (i) 地質概査

地化学探査試料の採取と併行して地質調査を行ない、縮尺1/50,000の地質図を作成し、代表的な岩石試料について顕微鏡観察および主要成分と微量成分の化学分析を行なっ

第1表 鈳床有望地区抽出フローチャート



た。特に地域内の大半を占めて分布する花崗岩類については、鉱物組成、化学組成並びに地化学的性質と錫、タングステン鉱化作用との関連性等について検討した。また、花崗岩類のうち主要な3岩体については年代測定を行なった。さらに、既存鉱山の調査を行ない、鉱床概要図を作成するとともに、鉱石および精鉱の顕微鏡観察、X線回折分析、化学分析等を行ない、鉱床状況をまとめた。

## (ii) 地化学探査

調査地域全域からほぼ均等な密度となるように水系を選定し、それらの水系から合計1,259個の河床堆積物試料(-80メッシュ産物)を採取し、化学分析に供した。採取試料はSn, W, Nb, Ta, Be, Li, Fの7指示元素について化学分析を行ない、統計処理のうえ各元素毎に縮尺1/50,000の地化学異常図を作成するとともに、各元素間の相互関係を検討した。

## (2) 第2年次調査(1984年)

第1年次調査の結果から、3か所の有望地区(A地区:パブンドン(Pha Pun Dong)鉱山周辺, 10.4 km<sup>2</sup>, B地区:ヨンク(Yong Ku)鉱山周辺, 3.25 km<sup>2</sup>, C地区:ハット(Hat)川上流域, 2.00 km<sup>2</sup>, 合計15.65 km<sup>2</sup>)を選定し、各地区について地質精査および土壌による地化学探査の準精査、精査を行なった。

### (i) 地質調査

地化学探査試料の採取と併行して地質調査を行ない、地区別に縮尺1/5,000の地質図を作成した。各地区で採取した代表的な岩石試料について、顕微鏡観察および主要成分と微量成分の化学分析を行ない、第1年次のデータと総合し、特に鉱化作用との関連性を更に細かく検討した。また花崗岩類のうち2つの岩体について年代測定を行ない、第1年次のデータに加えて総合的検討を行なった。さらに主要な既知鉱床について追加調査を行ない、鉱床状況をまとめた。

### (ii) 地化学調査

地区別に、精査域では100m×25m、準精査域では100m×50mの格子点を設け、合計5,313個の土壌試料(-80メッシュ産物)を採取し、化学分析に供した。採取試料はSn, W, Nb, Taの4指示元素について分析し、統計処理のうえ各元素毎に縮尺1/5,000の地化学異常分布図を作成するとともに、各元素間の相互関係を検討した。

## (3) 第3年次調査(1985年)

第2年次の調査結果から、A及びB地区において各2か所、計4か所の有望地区を選定し、各地区で鉱徴確認のためのボーリング調査及びトレンチ調査を実施した。

### (i) ボーリング調査

ボーリングは掘進長30m、一部40mおよび50mとし、いずれも垂直で合計51孔、総

掘進長1,600mを掘削し、その結果を縮尺100分の1柱状図にまとめた。また鉍微確認のため各孔から合計381個の試料を採取し分析に供した。

(II) トレンチ調査

トレンチは幅1m、深さ2mの規格を原則として、長さは一か所10~100mで、57か所総延長1,940mを掘削し、その結果を縮尺100分の1スケッチ図としてまとめた。また、各トレンチから鉍微確認のため合計542個を採取し分析に供した。

これらの調査結果を用い、各地区での鉍微の有無、その規模、連続性および鉍床のポテンシャルを総合的に検討した。年次別の調査量は第2表に示した。

第2表 調査量一覽

年次 項目	第1年次 1983年	第2年次 1984年	第3年次 1985年	備考	
調査種別	地質調査 地化学探査 (河床堆積物)	地質精査 地化学探査 (土壌)	ボーリング トレンチ		
面積・数量	1,000km <sup>2</sup>	A地区 10.40km <sup>2</sup> B地区 3.25km <sup>2</sup> C地区 2.00km <sup>2</sup> 計 15.65km <sup>2</sup>	ボーリング A1地区 13孔 390m A2地区 7 " 210" B1地区 5 " 150" B2地区 26 " 850" 計 51孔 1,600m トレンチ A1地区 13か所 670m A2地区 6 " 390" B1地区 10 " 270" B2地区 28 " 610" 計 57か所 1,940m	3,680m <sup>3</sup>	
室内 試験 分析	岩石薄片	20	17	10	
	鉍石研磨片	10	11	0	
	X線回折	10	13	1	
	年代測定	5 (K-Ar法)	2 (Rb-Sr法)	1 (K-Ar法)	
	岩石	50	17	—	
	分析成分	SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO, MgO, CaO, K <sub>2</sub> O, BaO, Na <sub>2</sub> O, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , I.g. loss, F, Cl, Sn, W		—	花崗岩
	鉍石	10	17	923	
分析成分	Sn, W, Nb, Ta, Au, Ag	Sn, W, Nb, Ta	Sn, W, Nb, Ta		
地化学 探査試料	1,259	5,313	—		
分析成分	Sn, W, Nb, Ta, B Be, Li, F	Sn, W, Nb, Ta	—		



1-3 調査団の編成

本調査のための計画、折衝および現地調査に参加したメンバーは以下のとおりである。

(i) 第1年次(1983年)

	日 本 側	タ イ 側
計 画 ・ 折 衝	勝 野 竜 平 武 富 義 和 中 野 裕 柘 植 方 雄 小 山 恭 一 沢 谷 勝 三 大 迫 次 郎 上 田 英 之 渡 辺 正 夫 松 田 賢	Sivavong Changkasiri Charoen Piancharoen Sermsakdi Kulvanich Phairat Suthakorn Prachon Charoensri Paichit Pathnopas
地質調査・地化学探査	内 村 巖 吉 田 廣 野 沢 博 光 阿 部 昭 夫	Metha Amornsirinukroh Peerapong Khuenkong Patchara Jariyawat Surapol Udompornwirat Boonchu Panglinput

(ii) 第2年次(1984年)

	日 本 側	タ イ 側
計 画 ・ 折 衝	石 田 真 逆瀬川 敏 夫 大 迫 次 郎 江 沢 忠 昭 上 田 英 之	Sermsakdi Kulvanich Phairat Suthakorn Prachon Charoensri Peerapong Khuenkong
地質調査・地化学探査	内 村 巖 吉 田 廣 野 沢 博 光	Peerapong Khuenkong Patchara Jariyawat Aroon Tritrangan

日本側  
阿部昭夫

タイ側  
Boonchu Panglinput  
Sawang Wanlaiad

(iii) 第3年次(1985年)

日本側  
計画・折衝  
石田 真  
江沢 忠昭  
遠藤 康生

タイ側  
Sermsakdi Kulvanich  
Phairat Suthakorn

地質調査  
内村 巖  
吉田 廣

Peerapong Khuenkong  
Patchara Jariyawat  
Aroon Tritrangan  
Boonchu Panglinput  
Sawang Wanlaiad

ボーリング  
昆 盛  
安宅久雄  
菅原祥功  
藤井究哉  
畠山悦雄  
佐々木勇幸

Werachat Jittamase  
Sukhum Tawatchana  
Wiwat Srisungworn  
Khanchai Saingthong  
Sontaya Phungsuk  
Vinai Trumong  
Chalong Pingsripang  
Sanea Kitpayap  
Sanit Kongsawi  
Suthep Raungcharean  
Sangwan Kattapong  
Piroj Theppitak  
Seree Hokkian  
Utain Ghoomvichitra

#### 1-4 従来の調査

調査地域は、タイ北部の西部に位置し、タイ・マレー半島部からタイ・ビルマ国境沿いに連なる錫ベルトの一画にあたる。

タイ北部については、Brown ほか (1951)、Javaraphet (1969)、Baum ほか (1970)、German Geological Mission (GGM, 1972) などの総括的な報告がある。

これらの報告のうち、GGM (1972) は、1965年から1971年にかけてタイ北部の組織的な調査を行ない、広域的に地質、鉱床の記載を行なうとともに各地域における鉱物資源賦存の可能性を論じた。この報告のなかにオムコイ地域の錫、タングステン、螢石についての簡単な記載がある。さらに、この調査結果をもとに縮尺25万分の1地質図が作成され、これがタイ北部における基本地質図になっている。そのうちの一つ、Geological Map of Northern Thailand, Sheet (Amphoe Li) 6, (Compiled by Braun, Hahn & Maronde, 1981) にオムコイ地域は含まれる。

Vichit ほか (1983) はオムコイ地域に点在する鉱床について記載し、本地域における地質および地質構造と鉱化作用との関係を検討した。

## 第2章 調査地域の一般概要

## 第2章 調査地域の一般概要

### 2-1 位置および交通

調査対象地域は、第1図に示すとおり、東経 $98^{\circ}15'00''$ ~ $98^{\circ}26'30''$ 、北緯 $17^{\circ}37'00''$ ~ $17^{\circ}56'30''$ に位置する。

タイ北部のチェンマイ (Chiang Mai) 市の南西方直距約110~160 kmにあたり南北50 km、東西20 km、面積1,000 km<sup>2</sup>の範囲である。行政上は大部分がチェンマイ県オムコイ (Omkoï) 郡に属し、南西端の一部がタク (Tak) 県タソンヤン (Tha Song Yang) 郡にかかる。地域北部のほぼ中央にオムコイ郡の郡都であるオムコイ町が位置する。

チェンマイ市からオムコイ町までは、チェンマイーメサリアン (Mae Sariang) -メホンソン (Mae Hong Son) を結ぶ国道108号線のチェンマイから約120 kmにあるキウラン (Kiuw Lom) 村を起点として南下する国道1099号線が通じており、チェンマイからの道程は約170 kmである。

国道108号線は完全舗装されているが、1099号線は一部のみ舗装され、現在舗装改良工事中で、1986年中には工事が完了する計画である。チェンマイからオムコイまでの自動車の所要時間は約3時間である。

調査地域内の自動車道路は、国道1099号線のほかにオムコイを中心として東側のヤンピアン (Yang Piang)、西側のヤンパオ (Yang Pao)、パブンバー (Pha Pun Phae)、南側のソプラン (Sop Lan) および南西側のメラン (Mae Lan) -メロン (Mae Long) 等の主要部落へ通ずるものがある。しかし、東側のヤンピアン部落に通ずる道路以外は、道幅も狭くかつ路面状況が悪いうえ、急坂、カーブも多く、四輪駆動車でなければ安全走行は困難である。また、雨期には通行不能となることが多い。

調査地域内には、これらの自動車道路のほかに、点在する集落や農耕地 (水田・焼畑地) を結ぶ歩道が縦横に発達する。

なお、第2、3年次の調査地区のうち、A地区ではその北部にあるパブドン (Pha Pun Dong) 鉸山までは鉸山用の自動車道路が通じている。またB地区ではその南端にあるヨンク (Yong Ku) 鉸山までは、国道1099号から分岐する自動車道がある。C地区は、メラン部落の南方約13 kmに位置し、メラン部落からは徒歩によるしかない。

### 2-2 地 形

本調査地域のうち北半部を北西から南東へ流下するツン (Tun) 川およびその上流のラミット (Lamit) 川によって画される北東側では、標高700 mから1,100 mの比較的高度の低い丘陵性山地地形を呈する。一方南西側は、標高700 mから1,700 mまで約1,000 mの標高差を示

す急峻な山岳地形が主体を占めている。

山岳地帯は、NW-SE、NE-SWとN-S方向の山稜に並走する主要河川およびそれらの支流によって開析が進み、山腹斜面は一般に急峻である。

丘陵性山地地帯は標高差も小さく、低地帯ではオムコイを中心に水田として開けているところが多い。

### 2-3 気候、植生

オムコイを中心とする一帯は熱帯性サバンナ気候を示し、5月～10月は南西モンスーンによる雨季、11月～2月は北東モンスーンによる乾季である。3月、4月の2か月は、北東風が弱まり、年間で最も暑い季節となる。

一般に、月平均気温は16～28℃であるが、乾季には1日の気温が35～3℃と日変化が著しく、高地山間部では最低気温が0℃前後に下がり稀には霜が降りることもある。

年間雨量は800～900mmで、12月～3月にはほとんど降雨がない。

調査地域の植生は、松などの針葉樹をまじえる広葉樹の原生疎林が大部分を占めているが、局地的には、ジャングルの様相を呈する密生林のほか竹林も分布する。

### 2-4 一般情勢

オムコイ町は、トム川(Nam Mae Tom)、ツン川(Nam Mae Tun)の合流点に発達する水田地帯に位置し、役場、警察署、郵便局、病院、小学校、中学校があり、オムコイ郡の中心となっている。地域内の主要河川沿いの各所には主要部落があり、上流の山間部の狭い平地にも、農耕地、小集落が点在する。

オムコイ郡は、人口約25,000人でそのうちの約85%をカレン族、メオ族、ムセル族などの高地民族が占めタイ族は少ない。

産業は、農業(水田、焼畑)が主体で、そのほか牧畜(牛、豚)、織物、鉱業(錫・タングステン)等がある。

### 第3章 調査地域の地質

## 第3章 調査地域の地質

### 3-1 地質概要

本調査地域を含む北部タイはインドシナ半島のほぼ中央に位置する。

インドシナ半島一帯は中生代と新生代の造山帯であるが、北部タイに見られる地質構造要素は特に造山運動後の断裂運動に支配され、第三紀以後現在まで続く断裂運動によって、大別して西部構造区（タイ-ビルマ国境）、西部主要山岳地帯構造区、中央北部構造区、東部構造区（コラート高原）の4つの地質構造区に分けられている（JICA, 1984）。

本調査地域は、以上の地質構造区のうち西部主要山岳地帯構造区に含まれ、本構造区はメサリアン（Mac Sariang）とチェンマイ（Chiang Mai）の間にあるタイ国の主要山岳地帯を含み、南方延長はカンチャナブリ（Kanchanaburi）にまで連続する。

本構造区を構成する岩石は花崗岩の貫入を伴う先カンブリア時代の堆積岩起源の変成岩類とこれを不整合におおう古生代初期の弱変成作用を受けた浅海性堆積岩類およびタングステン、錫、螢石、銅、鉛、アンチモンなどの各種鉱物の鉱化作用をもたらした三疊紀後期の花崗岩類よりなる。

### 3-2 層 序

本調査地域には、堆積岩類、変成岩類および花崗岩類が分布しており、German Geological Mission（GGM, 1972）によって、堆積岩類と変成岩類は下位から先カンブリア時代の変成岩類、カンブリア紀とオルドビス紀の堆積岩類、先石炭紀の変成岩類、第三紀の礫岩および第四紀の砂礫層に分けられている。また花崗岩類は石炭紀のものと三疊紀のものに分けられている。

本調査結果ではこれらの地層の分布範囲について若干の相違があるものの大局的には層序関係を特に改めるべき証拠は見いだされなかった。但し後述する花崗岩類の年代測定の結果、三疊紀の花崗岩類の中で白亜紀の可能性の推定された岩体については白亜紀としてとりまとめた。

本地域の地質図及び模式地質層序を第2図と第3図にそれぞれ示した。

#### (1) 先カンブリア時代変成岩類

本変成岩類は調査地域北端部のヨンク（Yong Ku）鉞山付近と中央部のメラン北東部に分布し、準片麻岩と片岩からなる。

準片麻岩は本岩類の大半を占め、ヨンク鉞山で典型的にみられ、黒雲母による明瞭な片麻状組織を特徴とする。本岩は石英、カリ長石、斜長石、黒雲母を主とし、少量の白雲母、スフェン、不透明鉱物を含む。片岩は、黒雲母を多量に含み片状組織を示す。

調査地域を含めたチェンマイ西方から南方にかけての山地に分布する片麻岩や片岩は、か



って先二疊紀の変成岩類 (Brown et al., 1951) として一括されていたが、その後の調査によりこれらのほとんどは先カンブリア時代の変成岩類とされ、これらは先カンブリア時代のアナテクシスや花崗岩化作用の影響により形成されたと考えられている (Braun et al., 1970; GGM, 1972)。

## (2) カンブリア紀堆積岩類

調査地域の南東端部に急峻な山塊をなして分布する。白色～灰色中粒結晶質の塊状石灰岩からなり、一部に灰色～暗黄緑色頁岩や細粒砂岩を挟んでいる。

石灰岩は花崗岩類との接触部付近ではスカン化をうけており、ザクロ石、輝石、緑レン石、緑閃石などが生成している。

本岩類は先カンブリア時代の変成岩類とは分布地域を異にしており、直接の関係は認められないが、不整合であると考えられている (Braun et al., 1970)。

## (3) オルドビス紀堆積岩類

調査地域西端部のメロン (Mae Long) をはじめとして地域内の各所に分布し、石灰岩、珪岩、片岩および石灰珪酸鋇物岩よりなる。

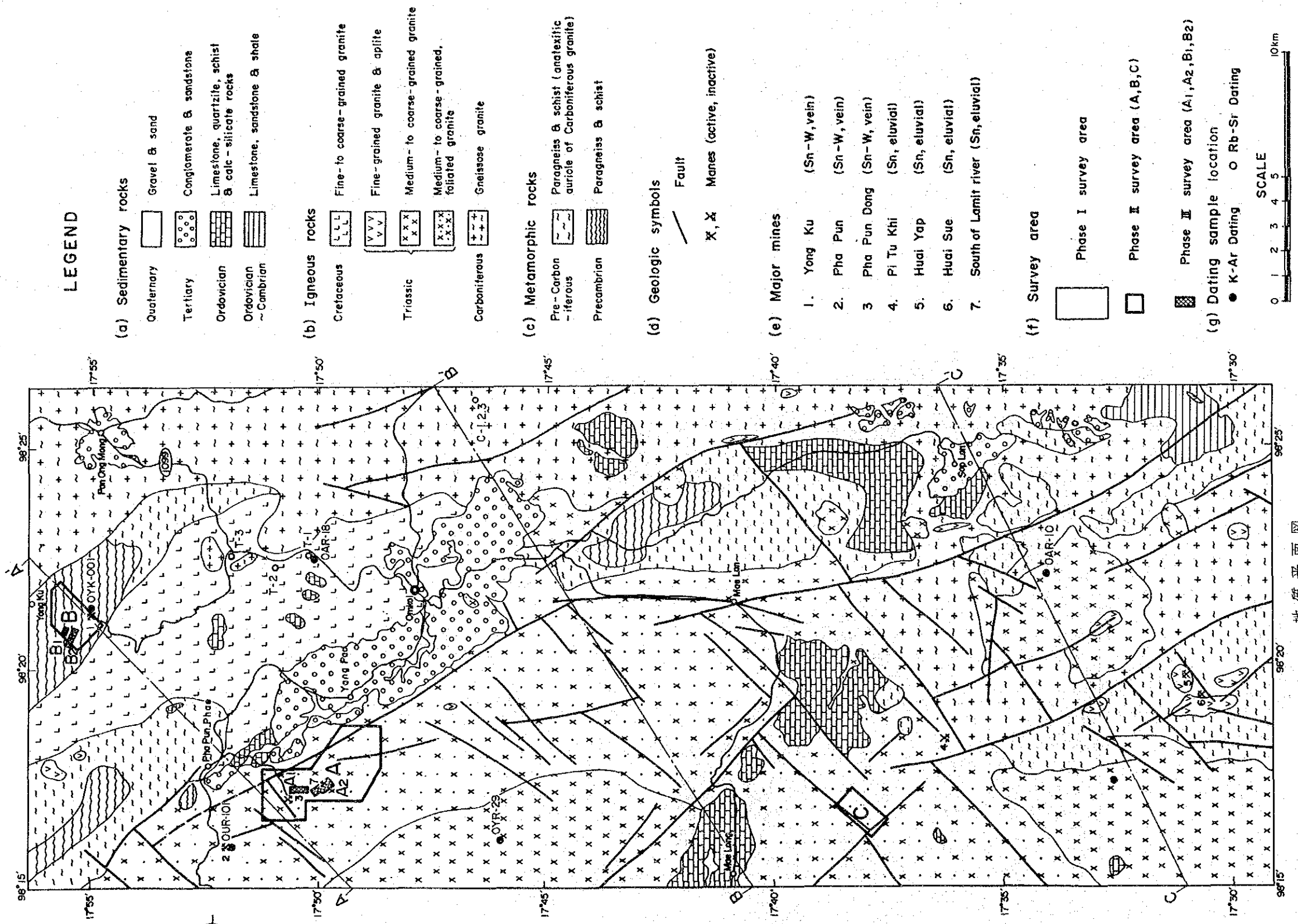
本岩類中の石灰岩には、20 m 以上の厚さをもつ厚層石灰岩と、1～3 cm の厚さで珪岩、片岩と互層する薄層石灰岩の2通りの産状がある。前者はヨック鋇山東方、メロン周辺、ハット川中流などでみられ、白色～灰色を呈し細粒結晶質である。ほとんどの場合酸化鉄や泥質部を薄く挟み、細縞状組織を呈している。後者はその他の多くの分布地域でみられ、後述する石灰珪酸鋇物岩に変わっている。

珪岩は、調査地域北西端部や南部のソプラン (Sop Lan) 西方に比較的厚く分布するほか、石灰岩との互層をなして地域内各所に分布する。本岩は石英と長石を主として、黒雲母の微粒が石英粒子中に生成している。ソプラン西方の珪岩は暗紫色を呈し細粒で初生的に泥質物を多く含んでいたと考えられる。

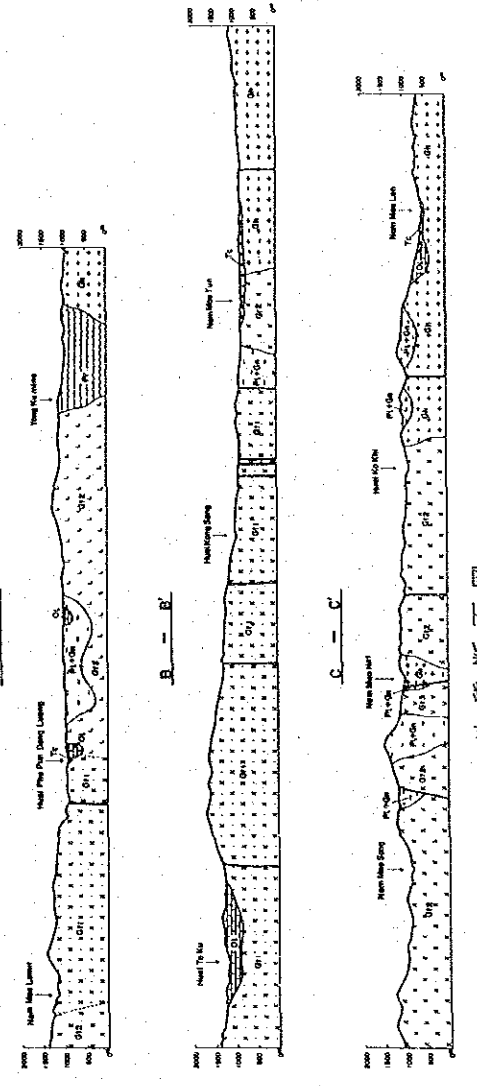
片岩は上述の石灰岩、珪岩に伴って分布する黒雲母片岩である。

石灰珪酸鋇物岩は、花崗岩岩体上にルーフペンダント状に分布していることが多く、石灰岩、珪岩、泥質岩からなる互層が花崗岩類による変成作用を受けて生成したものである。本岩は全体に暗黄緑色～灰色を呈し、露頭では1～3 cm 単位で珪質部が突出し特徴的な風化面をもつ。構成鋇物は石英、長石、ザクロ石、輝石、緑レン石、珪灰石および方解石が主で、ルチル、スフェンおよび不透明鋇物を微量含む。互層をなす原岩の違いによって単層毎に構成鋇物が異なり、石灰岩部では珪灰石が、珪岩部や泥質岩部ではザクロ石、輝石が多量に生成している。

本岩類は下位層のカンブリア紀堆積岩類とは整合関係にあると考えられている (GGM, 1972)。



地質平面图



地質断面图

第2图 才ムコイ地域地質图

Age		Geological column	Lithology	Igneous activity	Mineral - zation	Survey area
Cenozoic	Quaternary		Gravel & sand	Granite	Sn, W (Nb, Ta) ? - Cu, Sb, F	A & C (A <sub>1</sub> & A <sub>2</sub> )
	Tertiary		Sandstone, shale & conglomerate			
Mesozoic	Cretaceous		Granite & aplite			
	Triassic		Granite, aplite & pegmaite			
Paleozoic	Carboniferous		Gneissose granite & aplite	(Granite) ?		Whole Survey area
	Ordovician		Alternation of quartzite & pelitic schist Alternation of quartzite & limestone			
	Cambrian		Limestone, quartzite & pelitic schist Shale Sandstone & shale Limestone, sandstone & shale			
Precambrian			Paragneiss Quartz schist & pelitic schist Limestone Quartz schist, pelitic schist & limestone Paragneiss Quartz schist & limestone Paragneiss			B (B <sub>1</sub> & B <sub>2</sub> )

第 3 图 模 式 地 质 层 序 图

#### (4) 先石炭紀変成岩類

調査地域では、先カンブリア時代の変動の後、石炭紀および三畳紀の変動が起っている。これらの変動により先カンブリア時代の変成岩類と古生代の堆積岩類は共に変成作用を受け、特に変成度が高いと考えられる箇所では互いに同様の変成相を示すため、変成岩類を岩相によって先カンブリア時代のものと古生代のものに区別することが困難である。従って本報告では変成岩類についてはGGM(1972)により先カンブリア時代とされているヨング鉸山東方およびメロン北東のものを除いては、一括して先石炭紀の変成岩類として示す。

本岩類は黒雲母を含む準片麻岩および片岩からなり、場所により小規模な堆積岩類のレリッタを含む。

#### (5) 第三紀礫岩

調査地域中央部のオムコイ付近の盆地に広く分布するほか、北部のパンオンムアン(Pang Ong Muang)、南部のソブラン付近にもみられる。

本岩は主に礫岩からなるが、場所によって粗粒砂岩が卓越する。礫岩中の礫は中～大亜角礫が多く、礫種はそれぞれの分布地域の後背地の地質により、花崗岩類卓越部や変成岩類、堆積岩類卓越部がみられる。

本岩は下位層とは不整合の関係にある。

#### (6) 第四紀砂礫層

調査地域の主要河川に沿って狭小に分布し、未固結の礫、砂および粘土からなる。

### 3-3 火成活動

北部タイの花崗岩類の活動は石炭紀、中生代および新生代にみられ、中生代の花崗岩類は三畳紀と白亜紀(～第三紀)のものに分けられている(GGM, 1972)。

調査地域には底盤状および岩株状の花崗岩類が地域の大半を占めて広く分布しており、石炭紀、三畳紀、白亜紀のものに分類される。

#### (1) 石炭紀花崗岩類

調査地域東部および南部に広く分布し、さらに東方に広がっている底盤状岩体の一部をなす。

本岩類はほとんどの場合2～4 cmのカリ長石巨斑晶を含む完晶質粗粒の黒雲母花崗岩であるが、まれに細粒のものもみられる。一般に黒雲母とカリ長石が平行に配列して片麻状組織を示す。

構成鉱物は石英、カリ長石、斜長石、黒雲母を主とし燐灰石、ジルコン、スフェーンなどは微量である。本岩類は後述する三畳紀の花崗岩類に比べて黒雲母の量がやや多い。不透明鉱物はチタン鉄鉱および磁鉄鉱であるが、チタン鉄鉱が磁鉄鉱より多く、本岩類はIshihara

(1977) のチタン鉄鉍系に属する。

## (2) 三疊紀花崗岩類

調査地域の西部に広く分布する底盤状の岩体のほか、変成岩類や石炭紀の花崗岩類に貫入する岩株状岩体がある。

本岩類はその岩相から、中粒～粗粒葉状花崗岩、中粒～粗粒花崗岩、細粒花崗岩およびアブライト・ベグマタイトに分けられ、前二者は2～4 cmのカリ長石巨斑晶を含む場合が多い。

葉状花崗岩は地域西半部に分布し、黒雲母が平行に配列して葉状組織を示すが石炭紀の花崗岩類にみられる片麻状組織ほど明瞭なものではない。

中粒～粗粒花崗岩は岩株状の分布を示し、比較的大規模なものは4岩体である。

細粒花崗岩は小規模岩株あるいは岩脈として分布する。

以上の3つの岩相の構成鉱物はほとんど共通しており石英、カリ長石、斜長石、黒雲母が主である。白雲母は一般に少なく場所によっては全く含まれていない。その他微量の燐灰石、スフェーン、ジルコン、ルチルおよび不透明鉱物を含む。一般にカリ長石が斜長石より多く本岩類のほとんどは狭義の花崗岩に属する。不透明鉱物では磁鉄鉍よりチタン鉄鉍の量が多く、本岩類も Ishihara (1977) のチタン鉄鉍系に属する。

アブライトおよびベグマタイトは、花崗岩岩体および変成岩中に岩脈として産出し一般に岩体の周辺部に多くみられる。岩脈の方向性は NNE-SSW 系、ENE-WSW 系および NW-SE 系があり、主要断裂の方向に一致している。

アブライト岩脈の幅は1～10 m程度である。構成鉱物は細粒の石英、カリ長石、斜長石、白雲母を主とし、場所により黒雲母、電気石あるいは少量のザクロ石を含む。

ベグマタイト岩脈の幅は0.01～5 mと変化に富むが、0.1～1 mのものが一般的である。本岩は粗粒の石英、カリ長石、斜長石、白雲母を主とするがヨソク鉍山付近では黒雲母もわずかに認められる。

## (3) 白亜紀花崗岩

調査地域の北部中央に分布し、変成岩類や石炭紀の花崗岩に貫入する岩株状岩体である。

一般に細粒～粗粒の花崗岩で葉状組織を示さず、肉眼的には斑岩状の岩相を呈する。

構成鉱物はほとんど三疊紀花崗岩と共通し、本岩もチタン鉄鉍系に属する。

本岩体は従来三疊紀のものとされていたが、後述する年代測定の結果、白亜紀の可能性が推定されることから分類した。

### 3-4 地質構造

#### (1) 褶曲

調査地域を含む北部タイでは、先カンブリア時代、石炭紀、中生代および新生代の4回の構造運動が起こっており、地質構造は複雑である。調査地域では沢谷いでも一般に露出が少なく、また石炭紀、三疊紀および白亜紀の花崗岩類の貫入により変成岩類、堆積岩類は複変成作用を受けてその大半は時代別区分が難しく、かつそれらの分布が断続的なため広域的な褶曲構造は明らかではないが、地域北端部では引きずり褶曲の形態から背斜構造が推定される。

#### (2) 断層

調査地域にはNNW-SSE系、NW-SE系、NE-SW系の断裂系が卓越しており、N-S系およびE-W系のものも認められる。タイ北部全域を通じての主要構造方向はN-S系であるが、調査地域ではむしろNNW-SSE系あるいはNW-SE系のものが主要構造方向であり、NE-SW系やE-W系はこれらの二次的構造方向と考えられる。

これらの断層により地域中央部から南部にかけては地層のブロック化が著しい。

### 3-5 鉱床

北部タイにおける錫、タングステン鉱床は中生代の花崗岩類に密接に関連するとされ(GGM, 1972)、花崗岩の頂部や周縁部のグライゼン化、スカルン化に伴う塊状鉱床あるいは石英脈、ペグマタイト脈に伴う脈状鉱床等がある。

本調査地域内に見られる錫、タングステン鉱床は、初生鉱床と2次鉱床とがあり、鉱床はいずれも三疊紀あるいは白亜紀の花崗岩類の分布域およびその近傍に胚胎する。

初生鉱床は花崗岩中あるいは花崗岩体の周辺の変成岩中に胚胎される脈状鉱床で、ヨンク(Yong Ku)、パブン(Pha Pun)、パブドン(Pha Pun Dong)の3鉱山がある。

2次鉱床は河川沿いの地形凹部に堆積した砂礫層の基底部に鉱石を含む小規模な原地堆積漂砂(礫)鉱床で、ピツキ(Pi Tu Khi)、フアイヤープ(Huai Yarp)、フアイシア(Huai Sue)の3鉱山のほかに、2か所の小規模採掘場がある。

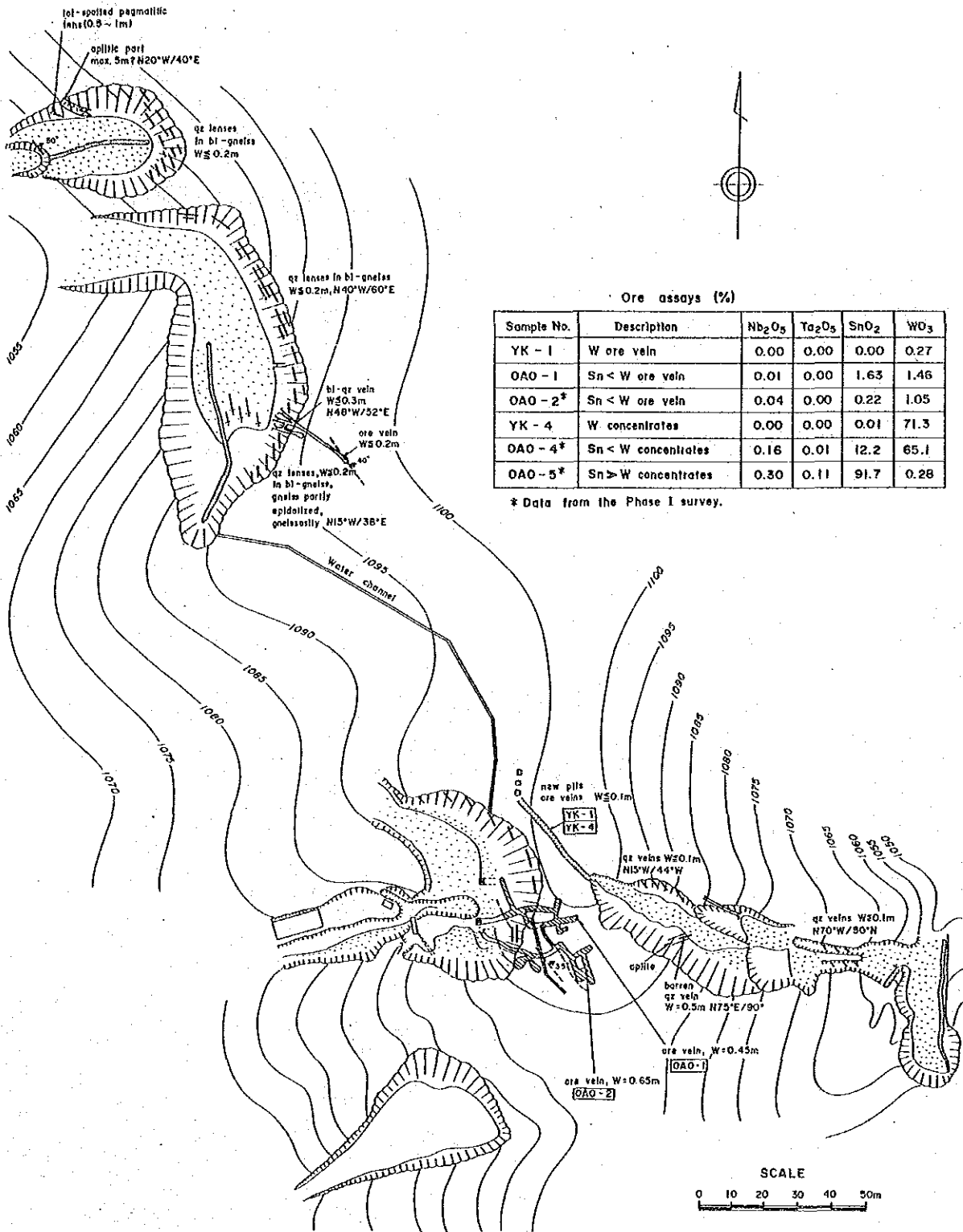
鉱石鉱物は、初生鉱床では灰重石、鉄マンガン重石を主として錫石を伴い、2次鉱床では錫石を主とする。

主要鉱山の位置は第2図に、それらの概要は第3表に示した。

各鉱床の状況は以下のとおりである。

#### (1) ヨンク(Yong Ku)鉱山

本鉱山は、調査地域の北端に位置し、南方0.4 kmにヨンク部落がある。オムコイからヨンク部落までは国道1099号から分岐する鉱山道路を経て四輪駆動車で約1時間で到達する。鉱山には約150m×250mの範囲内に4か所の露天採掘跡、深部のひ押坑道および多数の採掘



Ore assays (%)

Sample No.	Description	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SnO <sub>2</sub>	WO <sub>3</sub>
YK - 1	W ore vein	0.00	0.00	0.00	0.27
0A0 - 1	Sn < W ore vein	0.01	0.00	1.63	1.46
0A0 - 2*	Sn < W ore vein	0.04	0.00	0.22	1.05
YK - 4	W concentrates	0.00	0.00	0.01	71.3
0A0 - 4*	Sn < W concentrates	0.16	0.01	12.2	65.1
0A0 - 5*	Sn > W concentrates	0.30	0.11	91.7	0.28

\* Data from the Phase I survey.

第 4 図 ヨ ン ク 鉱 山 平 面 図

ピットがある(第4図)。

本鉱山は、10年以上前から主に尾根南側で浅部の錫、タングステンを対象に、ジェット水流採掘法および一部の手掘りひ押し採掘法により稼行されてきた。主なひ押し坑道は4か所であり、いずれも30~50m程度掘進されている。1981~1982年間の生産量は、タングステン精鉱300~500kg/月といわれる(Vichit and Khuenkong, 1983)。採掘の進行につれて高品位部はすでに終掘し、また堅硬な母岩に達したためほとんど終山に近い状態である。現在はヨック部落の10人程度の住民が残壁および未採掘の尾根部の残存小鉱脈を手掘りひ押し採掘しているに過ぎない。

鉱脈は、錫石、鉄マンガン重石および灰重石を伴うペグマタイト脈と石英脈で、これら鉱脈の規模は幅2~60cm、延長10~30m程度であるが、断続的に80m以上追跡できた例もある(Vichit and Khuenkong, 1983)。ペグマタイトおよび石英脈の一部には電気石を含むほか、石英脈沿いに緑閃石がみられることがある。

錫石は、黒褐色あるいは淡褐色を呈し、黒褐色のものはやや多色性が強い。錫石の産出は局所的であるが、尾根北東側の採掘跡で比較的多かったといわれている。

鉄マンガン重石、灰重石はほぼ同程度の割合で産出する。これらはペグマタイトや石英脈中にも少量みられるが、一般に脈の境界に発達する幅1~10cmの熱水黒雲母化帯に濃集している。鉄マンガン重石は、鏡下では全く不透明で鉄に富む。また、紫外線による灰重石の螢光色は青色のものが多く、一部では淡白色~淡黄色を呈し含モリブデン灰重石が少量存在することを示している。

2個の鉱石試料の分析結果では、石英脈際の黒雲母化帯の粗鉱が $WO_3$  0.27%を示し、灰重石+鉄マンガン重石の精鉱が $WO_3$  7.13%を示す。ニオブ、タンタル、錫の含有量は2試料とも極めて低い。

## (2) バブン(Pha Pun) 鉱山

本鉱山は、調査地域の西北端にあり、ヨック鉱山の南東方直距約10.5kmに位置する。オムコイから自動車道路を通じ、約1時間で到達する。鉱山は150m×250mの範囲内に2か所の主露天採掘跡と現在採掘中のひ押し坑道および旧坑がある。

鉱床は三畳紀の葉状花崗岩中に胚胎される錫・タングステン石英脈で、特徴的に電気石を伴っている。

石英脈は走向は $N 70^\circ E$ 、傾斜 $80^\circ \sim 90^\circ S$ で、脈幅10~100cm、平均10~30cm、走向延長10~30m程度の規模を持ち、10数条が雁行状に分布している。

鉱石は灰重石を主として鉄マンガン重石、錫石を伴っている。精鉱の分析結果は、 $WO_3$  69.5%で錫、ニオブ、タンタルはごく微量である。



採掘鉍石は $WO_3$  5.65%を示したが、錫は低品位でニオブ・タンタルもごくわずかしが含まれていない。

採掘は、露天採掘対象部分はすでに終掘し、現在は露頭から脈沿いに溝状に掘り進み、坑内掘へ移行しつつあり、10名程度の人員でごく小規模に稼行している。小規模ながら選鉍設備をもち、破碎後ジグ選鉍により精鉍を得ている。

### (3) バブンドン (Pha Pun Dong) 鉍山

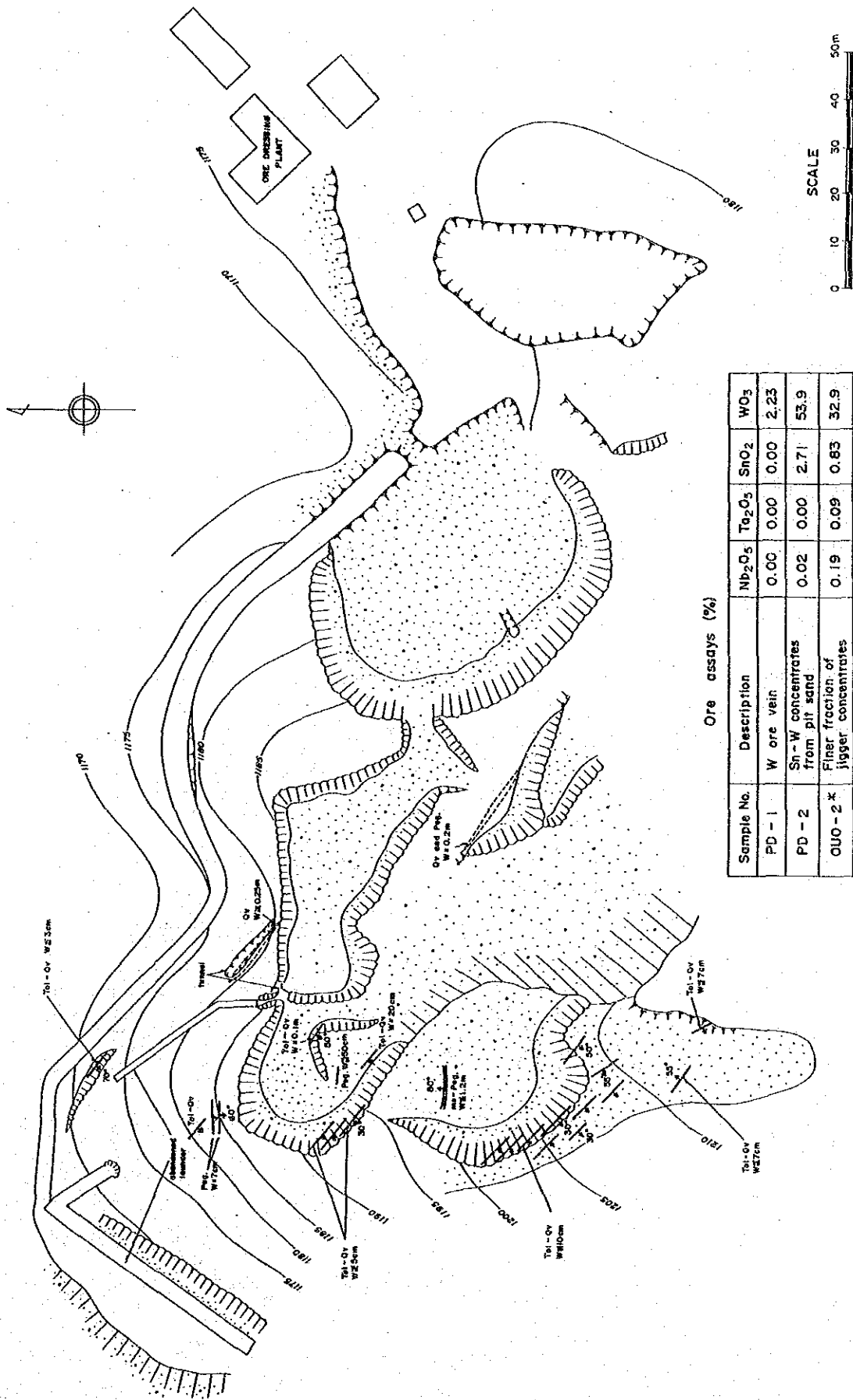
本鉍山は、調査地域の西北部にあり、バブン鉍山の南東方直距約3.5 kmに位置する。選鉍場が付随した主露天採掘跡(第5図)とその北方、北西方(第6図)、東南東方に位置する小規模採掘跡からなる。これらの採掘跡の周辺及び主要な尾根には、トレンチ、ピットなどの採掘跡が認められる。主露天採掘跡までは、オムコイからバブンベ部落を経て更に地域西方に延びる自動車道路から分岐する鉍山道路があり、オムコイから主露天採掘跡までの四輪駆動車による所要時間は約1時間である。1984年夏に選鉍破碎機が撤収され操業は中断されたが(終山状態)、過去約15年間に断続的に操業し、その初期には地表部の原地堆積砂礫層から4~5(?)t/月の鉄マンガ重石の精鉍を得たといわれる(Vichit and Khuenkong, 1983)。

操業が進むにつれて採掘対象は風化母岩中の初生鉍化脈に移行し、主採掘跡は最終的に広さ約100m×200m、高低差約25mとなり、3か所に短いひ押し坑道が掘進されている。1983年には、主として北端部の坑道が採掘され、灰重石主体の精鉍約0.4t/月を生産した。衛星採掘跡のうち北西のものは約60m×20mの規模で、主に鉄マンガ重石を対象にして稼行され、1983年には精鉍生産量0.3t/月であった。また、北方のものは約15m×30mの規模で錫石を産出したという。東南東の採掘跡は約40m×80mの規模であるが主採掘跡より以前に終掘しており生産実績は不明である。

鉍脈は、中粒両雲母花崗岩を母岩とする含タングステンベグマタイト脈および含錫・タングステン電気石石英脈である。各採掘跡にはベグマタイト脈および電気石石英脈が多数認められるが、これらのうち鉍化部はごく局所的である。

ベグマタイト脈は、主採掘跡および北西の小規模採掘跡でみられ、その規模は幅3~120cm、走向延長5~30m程度で、 $N 70^\circ E / 75^\circ S$ から $EW / 70^\circ \sim 85^\circ S$ の一般走向傾斜を示す。ベグマタイト脈の主構成鉍物は、石英、カリ長石、斜長石、白雲母で、電気石はごくまれにしか認められない。また、ベグマタイト脈は、錫石を含まないといわれている(Vichit and Khuenkong, 1983)。

電気石石英脈は各採掘跡にみられ、その規模は幅2~25cm、走向延長5~20m程度で、 $N 30^\circ W / 30^\circ \sim 55^\circ W \sim N 60^\circ W / 30^\circ \sim 70^\circ W$ の走向傾斜が一般的であるが、まれに $EW / 85^\circ N$ を示すものが認められる。主採掘跡西部の残壁では、 $N 45^\circ W / 30^\circ \sim 35^\circ W$ の電気石石

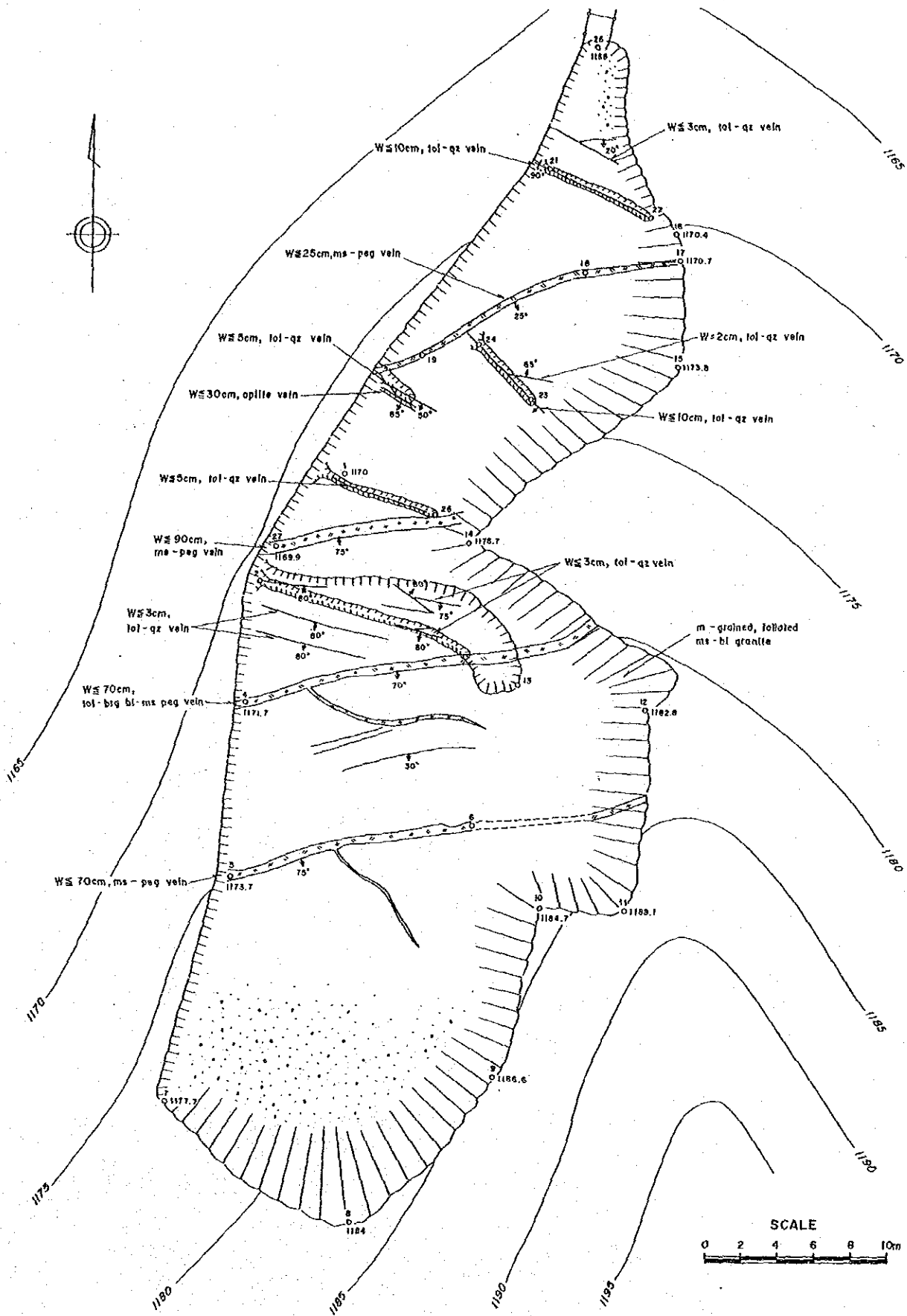


Ore assays (%)

Sample No.	Description	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SnO <sub>2</sub>	WO <sub>3</sub>
PD - 1	W ore vein	0.00	0.00	0.00	2.23
PD - 2	Sn-W concentrates from pit sand	0.02	0.00	2.71	53.9
OUO - 2 *	Finest fraction of jigger concentrates	0.19	0.09	0.83	32.9

\* Data from the Phase I survey.

第 5 図 パブンドン鉱山主探掘跡平面図



第 6 図 パプンドン鉱山北西探掘跡平面図

英細脈が1～2m程度の間隔で平行に配列している。

一般にペグマタイト脈はEW系で、電気石石英脈はNW系である。両者の前後関係については、主採掘跡西部残壁では、EW系ペグマタイトが電気石石英脈を切るのに対し、北西の小規模採掘跡ではNW系電気石石英脈がEW系ペグマタイトを切っている。これらのことからペグマタイト脈と電気石石英脈は、相前後して貫入したと思われる。

鉍石鉍物は褐色錫石、鉄マンガン重石および灰重石であり、一般に鉄マンガン重石が卓越する。鉍石試料の顕微鏡観察では、錫石は多色性を全く示さないか、ごく弱い多色性を示す程度である。鉄マンガン重石は全く不透明で鉄含有量が多いことを示している。Vichit and Khuenkong (1983)は、本鉍山の鉄マンガン重石について $WO_3$  66.51%、 $MnO_2$  2.10%の分析値を得ている。また、鉄マンガン重石は、一般にその周縁及び劈開沿いに灰重石に交代されているが、Vichit and Khuenkong (1983)は灰重石の大粒子(2×3cm)が鉄マンガン重石にとり囲まれている例を報告している。このようなことから、鉄マンガン重石と灰重石の生成時期は複数回あったものと思われる。

鉍石試料の化学分析結果では、肉眼で鉄マンガン重石が認められる程度の鉍脈で $WO_3$  2.23%を示す。採掘跡堆砂のパンニングより得られた精鉍は $SnO_2$  2.71%、 $WO_3$  5.3.9%を示す。ニオブ、タンタルはパンニング精鉍でも $Nb_2O_5$  170 ppm、 $Ta_2O_5$  8 ppmに過ぎない。ニオブ・タンタル鉍物はペグマタイトに伴われており、本鉍山のような電気石石英脈を主とする場合はニオブ、タンタルの含有量はかなり低い。

#### (4) ビッキ鉍山 (Pi Tu Khi) 鉍山

本鉍山は、調査地域の西南部にあり、ハット (Hat) 川上流の東支流中に位置する。メランから自動車道路、ブルドーザー道路が通じている。

鉍床は、第四紀の砂礫層中に胚胎する原地残留含錫砂礫鉍床である。1980年に採掘を中止しているが、採掘跡は2か所あり、それぞれ広さ30×20m、50×30mで、深さ1.5m±と小規模である。

鉍石は錫石を主とし、タングステンはごく微量である。上流側の採掘跡の残壁の砂礫層をパンニングして得られた1mm以下の錫石を主とする重鉍物は、原料6.8kgに対して数gしか得られず、高品位部は掘りつくしたものと思われる。

#### (5) ファイヤープ (Huai Yarp) 鉍山

本鉍山は調査地域の西南端にあり、ラア (Ra-a) 川最上流の支沢中に位置する。メランからビッキ経由でブルドーザー道路が通じている。操業は10人程度で行われており、ブルドーザーで表土を除き砂礫層を露出させ、人力により礫を除いてパンニングにより精鉍を得ている。選鉍木樋も設置されているが、調査時点では使用されていない。

鉍床は、第四紀の砂礫層の基底部に胚胎される原地残留含錫砂礫鉍床である。

第 3 表 鉍 山 一 覧 表

番号	鉍山名	稼行年数	採掘法	人員	精鉍生産量	母岩	鉍	鉍石鉍物	鉍化帯の範囲
1	ヨソク	10年以上	坑内掘 露天掘	10	0.3~0.5t/月	先カンブリア時代 片麻岩	石英脈：走向傾斜N10~45°W/30~40°E, 脈幅平均40~50cm(坑内), 10~20cm (露天) 石英脈に沿って濃集する黒雲母中に多量の灰 重石を含む	坑内 Sch>Wf, Cs 露天 Cs, Wf, Sch	150m×250m
2	バブソ	8~9年	坑内掘 露天掘	10~15	2t(?) /月	三疊紀 葉状花崗岩	石英脈：10数条走向傾斜N70°E/80~90°S 脈幅平均10~30cm, 最大1m, 走向延長 15~30m, 電気石多量を含む	Sch>Wf, Cs	150m×250m
3	バブソ	10年以上	主体 坑内掘 地帯部 露天掘 (2か所)	20	坑内 0.4t/月 露天 1.03t/月 2?	三疊紀 葉状花崗岩	石英脈：一般走向傾斜N30~60°W/40~80°S 脈幅2~25cm, 稀に50cm, 走向延長約 15m, 電気石多量を含む	坑道 Sch>Wf, Cs 露天 1 Wf(>Sch, Cs) 2 Cs	70m×100m (旧採掘場含む)
4	ピソキ	未詳 (3年前頃操業)	露天掘	-	-	第四紀 残留堆積物	礫層：厚さ1~1.5m	Cs>Wf, Sch	2か所 (30m×20m) (50m×30m)
5	ファイヤーブ	14年	露天掘	6	0.15t/月	第四紀 残留堆積物	礫層：厚さ2m	Cs>Wf, Sch	30m×100m
6	ファイジヤ	3~4年	露天掘	2~3	少量	第四紀 残留堆積物	礫層：厚さ1m	Cs>Wf, Sch	10m×60(?)m
7	ラミット川	東	露天掘	2~3	0.05t/月	第四紀 残留堆積物	礫層：厚さ0.5~1m	Cs>Wf, Sch	10m×50m
		西	露天掘	2~3	0.05t/月	第四紀 残留堆積物	礫層：厚さ0.5~1m	Cs>Wf, Sch	10m×70m

Cs; 錫石 Sch; 灰重石 Wf; 鉄マンガン重石

砂礫層は2 m程度の厚さで、支沢合流部では30 m程度の広がりをもつが100 m程度逆かのぼると数m程度に狭くなる。砂礫層中の礫は細粒花崗岩およびペグマタイトの大垂円礫でこれらが砂礫層全体の9割以上を占める。脈石英の礫は稀にしか認められない。

鉍石は1 cm以下の粒状錫石が主体で少量の灰重石、鉄マンガン重石を伴う。錫石は、石英脈中に含まれる褐色のものがほとんどを占め、ペグマタイト脈に含まれる黒色のものは少量である。パンニング精鉍の分析結果では、Sn 69.0%、 $WO_3$  0.71%であり、Nb、Taはそれぞれ0.01%、0.02%と極めて低い含有量である。

現在採掘している小沢は、ほぼ終掘に近く、対岸の小沢の採掘準備中であるが、こちらではSn含有量が低いといわれている。

#### (6) ファイヤ ( Hai Sue ) 鉍山

ファイヤ鉍山の上流0.7 kmの支流中に位置する。ファイヤ鉍山からは歩道のみが通じる。

数年前から数人程度の人力により採掘されている。

鉍床は、ファイヤ鉍山と同様の原地残留含錫砂礫鉍床で、礫層の規模は最大幅10 m程度、延長60 m、厚さ約1 mである。ここでも礫が9割以上を占め砂分はごくわずかである。規模、品位ともファイヤ鉍山より劣る。鉍石は、数mm以下の褐色錫石を主とし、細粒～微粒の灰重石、鉄マンガン重石を伴う。

#### (7) ラミット川南方の採掘場

本採掘場はバブドン鉍山の南南東約1.5 kmにあり、ラミット川南方の支流沿いに位置する。砂礫層中の錫石を対象とし、近接して2か所の小規模な採掘場がある。そのうち西側のものは、1980年から断続的に採掘され、東側のものは1984年に新規に採掘が開始された。採掘規模は、西側のものが10×70 m程度、東側のものが10×50 m程度であり、いずれも2～3人の鉍夫により手掘り採掘されている。1984年秋以降の生産量はいずれも錫精鉍50 kg/月である。

両採掘場における採掘対象砂礫層の厚さは、沢筋では0.5 m、山腹で1 m程度であり、1 m程度の覆土がある。砂礫層中の錫石含有量は、鉍夫によれば大礫を除いた後の砂分で500～600 g/m<sup>3</sup> (茶サジ半杯/パンニング) である。

鉍石鉍物は、暗褐色ないし黒色の錫石が主体で鉄マンガン重石、灰重石は少ない。また、ニオブ・タンタル鉍物としては、微量のコロンバイト・タンタライト、ストロベライト・イルメノルチルが認められる。錫石は最大8 mm程度で平均0.5～3 mmである。鏡下では弱い淡桃色～無色の多色性を示す。鉄マンガン重石は0.2～0.3 mm大で鉄に富む。

パンニング精鉍の化学分析結果では、西側の採掘場では、 $SnO_2$  7.53%、 $WO_3$  0.33%、 $Nb_2O_5$  0.2%、 $Ta_2O_5$  0.07%を示し、原地砂礫層1 m<sup>2</sup>当りの品位は、錫35 g、タングステン1.5 g

ニオブ0.4g、タンタル0.1gとなる。また、パンニング精鉱中の錫石の化学組成は、 $\text{SnO}_2$  92.3%、 $\text{WO}_3$  0.06%、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$  130 ppm、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$  87 ppmを示し、微量のニオブ、タンタルが含まれる。暗褐色ないし黒色錫石は一般にベグマタイトに含まれていることが多い。ラミット川支流の沢砂から得られる錫石は、ほとんど暗褐色ないし黒色を呈することから、これらはベグマタイトに由来し、そのため微量のニオブ、タンタルを含むと考えられる。

### 3-6 花崗岩類の地化学特性

前述のように調査地域には石炭紀、三疊紀および白亜紀の花崗岩類が広く分布している。

近年花崗岩の分類についての研究が多くなされているが、マグマの起源についてはS-タイプ (Sedimentary-type) とI-タイプ (Igneous-type) に分類する研究 (Chappell & White, 1974; White & Chappell, 1977) や  $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$  初生値を用いる方法がある。一方、錫・タングステン-モリブデン鉱化作用に関連する磁鉄鉱系とチタン鉄鉱系への分類法 (Ishihara, 1977) 及びタイ半島部の花崗岩類と錫鉱化作用についての研究 (Ishihara, 1980) 等が発表されている。

本調査では、調査地域に分布する各花崗岩体および既知鉱床周辺の花崗岩類について、その活動末期に生成した細粒花崗岩、アブライト、ベグマタイト等を含めて、計67個の試料を採取し、主要成分と微量成分の化学分析を行ない、花崗岩類の分化作用に伴った地化学的性質の変化と、ニオブ、タンタル、錫、タングステン鉱化作用の関連性について検討した。

その結果、調査地域に分布する花崗岩類のほとんどは狭義の花崗岩であり、S-type花崗岩、チタン鉄鉱系花崗岩、錫花崗岩に分類されることが判明した。

#### (1) 化学組成とマグマの起源についての分類

本調査地域の花崗岩類のノルム鉱物組成をみると、2試料 (A-13-43, A-15-41) を除いては、コランダムが算出され、一部の例外を除いて過アルミナ花崗岩である。例外的にノルムコランダムを含まない2試料は、バブドン鉱山東方の電気石-緑レン石アブライトで、これらの $\text{Al}_2\text{O}_3$ 量はそれぞれ17.1%、16.9%を示し、本地域の花崗岩類の中では最もアルミナに富んでいるが、CaO量もそれぞれ11.99%、6.13%と高く、 $\text{Na}_2\text{O}$ と $\text{K}_2\text{O}$ を加えると12%を超えることから、ノルム計算では、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ はアノーサイトを主とす長石に消費されコランダムは算出されない。

ノルム値の石英、正長石、曹長石、カスミ石、カルシライトの重量百分率の合計で示される分化指数 (Differentiation Index; D.I.) からみると、石炭紀の片麻状花崗岩のD.I.は68~86であるが、三疊紀花崗岩類では、前述の2つのアブライトを除けばD.I.は74以上で、特に細粒花崗岩では85以上、アブライト、ベグマタイトでは90以上の値を示す。石炭紀、白亜紀の花崗岩についてはデータが少ないため全域での分化傾向は指適し得ないが、

三疊紀の花崗岩類については、中粒～粗粒花崗岩から細粒花崗岩、さらにアブライト、ペグマタイトに至る分化過程をこのD.I.が表わしている。例外の高CaOアブライトでは、ノルムアノーサイトが多量に算出され、珪灰石や透輝石も算出されることもあって、D.I.はそれぞれ44, 66と低い。これらのアブライトは、緑レン石-電気石アブライトで、そのうち試料A-13-43は、モード比にして緑レン石20%±、電気石5%±、斜長石40%±、石英35%±、カリ長石1%以下、不透明鉱物2%±の鉱物組成を示し、試料A-15-41では、これより緑レン石にやや乏しく電気石に富んでいる。これらの高CaO量は、緑レン石、電気石および多量に含まれるカルシウムに富む斜長石に由来する。カルシウムに富む斜長石は、苦鉄質岩中に含まれ、花崗岩質アブライトのような珪長質岩では極めて少ない。2試料が高CaO量を示す原因は今のところ確定できないが、花崗岩のマグマとそれにとりこまれた石灰質岩との混成メルトから由来した高カルシウムの分化脈として形成されたものか、貫入後のカルシウムに富むエマネーションによって形成された可能性が強い。

分化指数と主要成分および微量成分との関係(第7図)についてみると、まず主要成分では、分化指数が増加するにつれてSiO<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>Oは漸増し、CaO、FeO、MgO、TiO<sub>2</sub>、MnO、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は減少している。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>Oは分化指数と明瞭な関係を示さず、それぞれ13～15%、0.1～0.8%、4～5.5%の範囲に集中している。

微量成分と分化指数の関係では、ニオブ、タンタル、錫、タングステン、フッ素、塩素ともに明瞭な傾向は認められない。

ノルムの石英、斜長石、正長石比による花崗岩類の分類(第8a図)では、ほとんどが狭義の花崗岩の領域にプロットされ、野外および顕微鏡観察とはほぼ一致している。

花崗岩マグマの起源については、花崗岩をS-typeとI-typeに分類することやSr<sup>87</sup>/Sr<sup>86</sup>初生値などからの研究が行なわれている。S-typeとI-typeへの分類には、主要成分による4種類のパラメーターが用いられており、S-type花崗岩は、i) K<sub>2</sub>O約5.0%のときNa<sub>2</sub>O<3.2%、K<sub>2</sub>O約2%のときNa<sub>2</sub>O<2.2%、ii) モル比でAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O+CaO)>1.1、iii) ノルムコランダム重量百分率>1.0%、iv) ACF図(第8b図)でカルシウムに乏しい領域に入ることによってI-type花崗岩と分けられる。採取試料をこれらに従って分類(第4表)すると、中粒～粗粒花崗岩は、4パラメーターとも一致してS-typeに分類される。本地域では、岩体によりパラメーターによってI-typeを示すものはあるが、ほとんどの岩体はS-type花崗岩であると考えられる。

また、一般に造山帯の花崗岩類は、カルクアルカリ岩系に属する。MFA図(第9a図)では、本地域の花崗岩類も同様である。三疊紀の花崗岩類では、粗粒黒雲母花崗岩が比較的MgOに富み、白雲母化作用を受けた所ではMgOが減少する。

本地域の花崗岩類は、S-type花崗岩が卓越していることおよびSr<sup>87</sup>/Sr<sup>86</sup>初生値が



0.7115 以上であることなどから、タイを含む東南アジアに分布する花崗岩と同様に、シアル地殻起源の花崗岩マグマが固結したものと考えられる。

(2) 微量成分による花崗岩の分類と微量成分の相関性

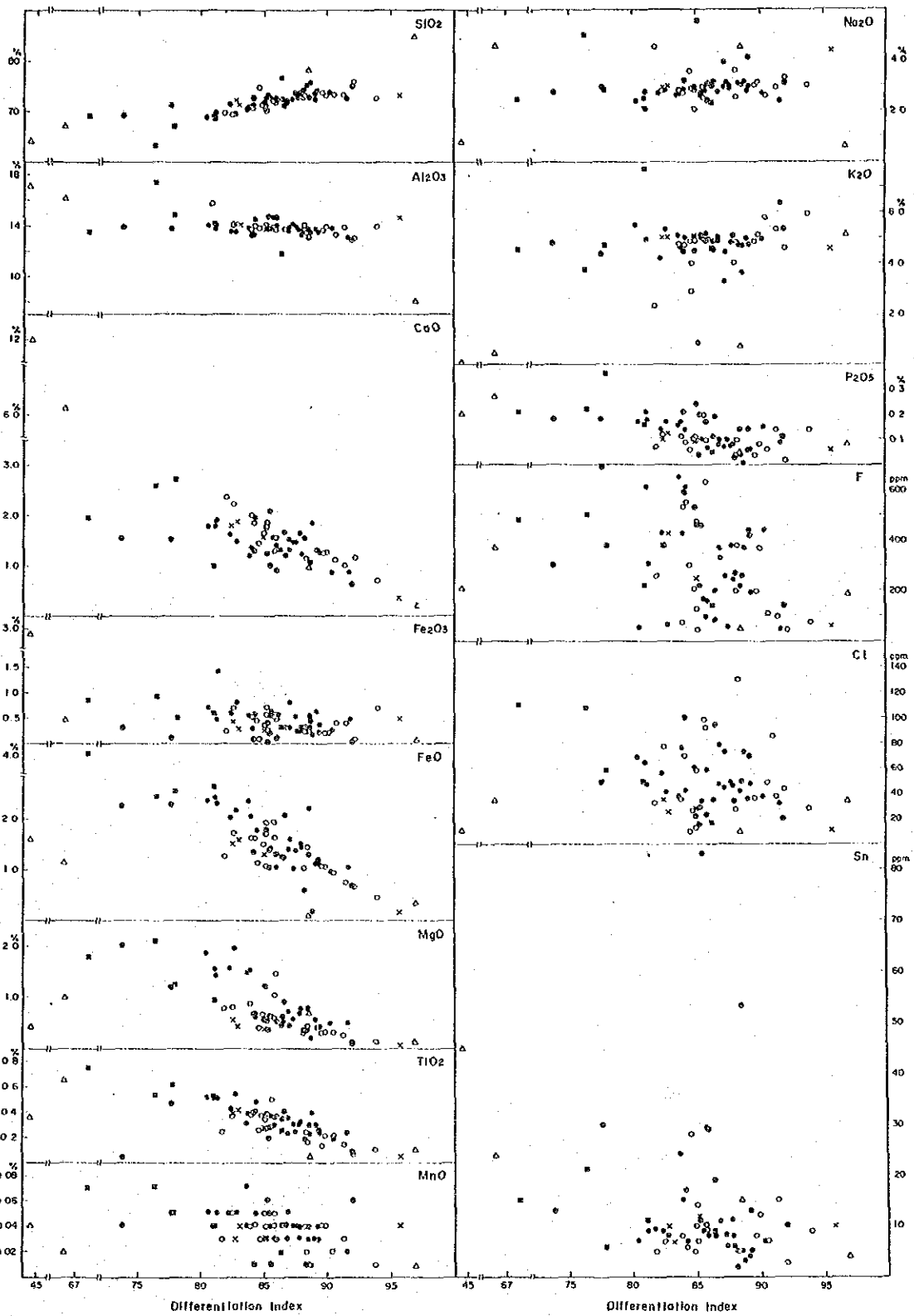
花崗岩類と錫・タングステナーモリブデン鉍化作用に関連して、花崗岩中の磁鉄鉍とチタン鉄鉍の量比により、磁鉄鉍系とチタン鉄鉍系への分類 (Ishihara, 1977) が行なわれている。本地域の花崗岩類は、顕微鏡観察により、磁鉄鉍はチタン鉄鉍より少なく、チタン鉄鉍系花崗岩に属することが判明している。

また、Ishihara (1980) は、タイ半島部の花崗岩類について検討し、その中でアルカリ-ライム図 (第 9 図 b) により錫花崗岩と錫不毛花崗岩の領域を示した。本地域の花崗岩類は、三疊紀の中～粗粒葉状花崗岩の 1 試料が高  $\text{Na}_2\text{O}$  側にあり、ベグマタイトとアブライトが試料による組成の違いを示すほかは、各岩相ともほとんどが同半島部の花崗岩が示す領域にプロットされる。

微量成分のうち、フッ素と塩素の含有量は、フッ素は 60~690 ppm、塩素は 10~130 ppm である。本地域の花崗岩類は、タイ半島部の花崗岩類に比べてフッ素に乏しいが、フッ素/塩素比 (第 10 図 a) については、三疊紀の細粒花崗岩を除いてはややフッ素/塩素比が高く、同半島部の花崗岩類と同様の傾向を示している。

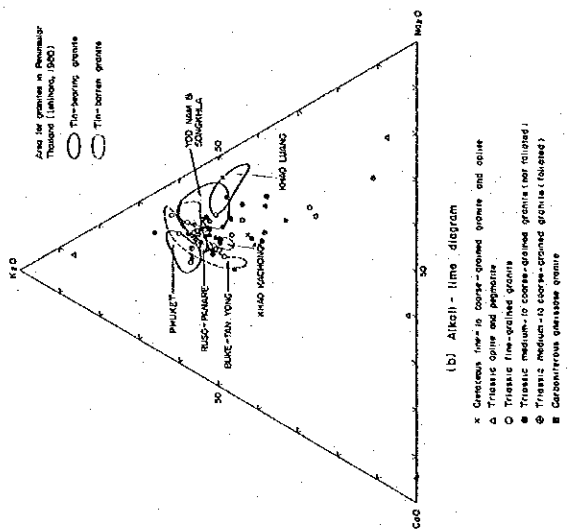
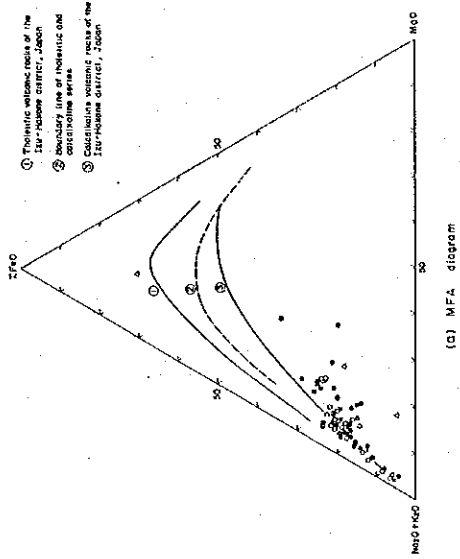
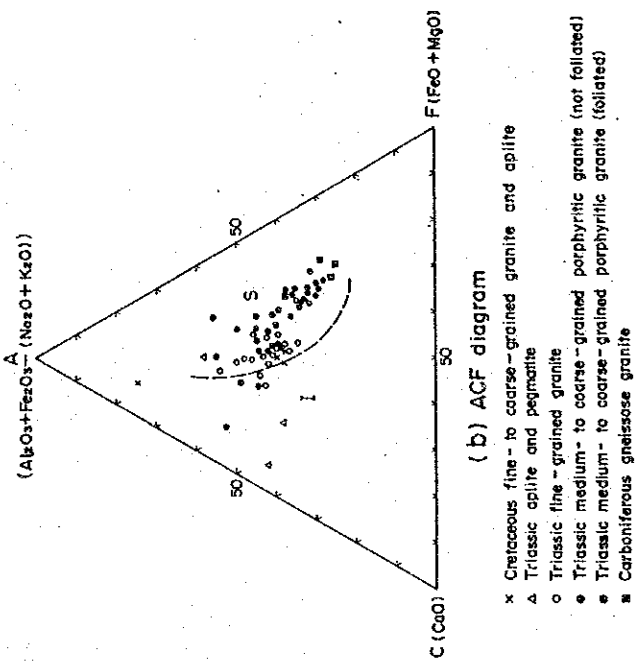
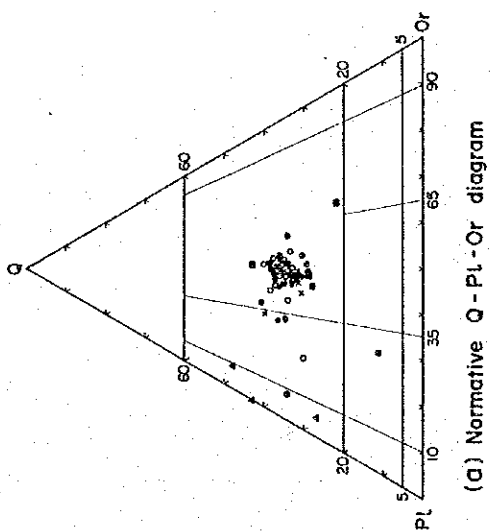
ニオブ、タンタルの含有量は、それぞれ 1~58 ppm、1~34 ppm であり、ニオブの最大値は石炭紀の片麻状花崗岩、タンタルの最大値は三疊紀の電気石-白雲母ベグマタイトから得られている。このベグマタイトは、ニオブ含有量も多く、本地域でのニオブ-タンタル鉍物のほとんどは、このような電気石-白雲母ベグマタイトに含まれていると推定される。そのほかでは、ニオブは 10~20 ppm、タンタルは 1~3 ppm の含有量のものがほとんどで、花崗岩類中の平均的含有量を示している。

錫含有量は、2~83 ppm で、30 ppm 以上の高錫含有量を示すものは、バブン鉍山付近およびバブンドン鉍山切羽の三疊紀の中粒両雲母花崗岩と、バブンドン鉍山北東の粗粒黒雲母花崗岩および同鉍山東方の電気石-緑レン石アブライトである。Taylor (1964) は、花崗岩の平均的錫含有量を 3 ppm と報告し、Tischendorf (1977) は、錫鉍化作用に関して "normal granites" の含有量を 4.3 ppm、"metallogenetically specialized granites" の含有量を  $30 \pm 15$  ppm としている。また、Yeap (cited in Hosking, 1973) は、マレー半島での錫花崗岩の平均値を 6.5 ppm、錫不毛花崗岩の平均値を 5.1 ppm と報告し、Ishihara and Terashima (1978) は、日本での錫花崗岩は、4~9 ppm、錫不毛花崗岩は、1~2 ppm の錫含有量であるとしている。本地域の花崗岩類試料のほとんどは、マレー半島での錫花崗岩の平均値である 6.5 ppm 以上の錫含有量を示しており、本地域の花崗岩類は錫花崗岩に相当する。また、Tischendorf (1977) から高錫花崗岩を 15 ppm Sn



- × Cretaceous fine- to coarse-grained granite and aplite
- △ Triassic aplite and pegmatite
- Triassic fine-grained granite
- Triassic medium- to coarse-grained porphyritic granite (not foliated)
- ⊙ Triassic medium- to coarse-grained porphyritic granite (foliated)
- Carboniferous gneissose granite

第 7 図 花崗岩類の化学組成図



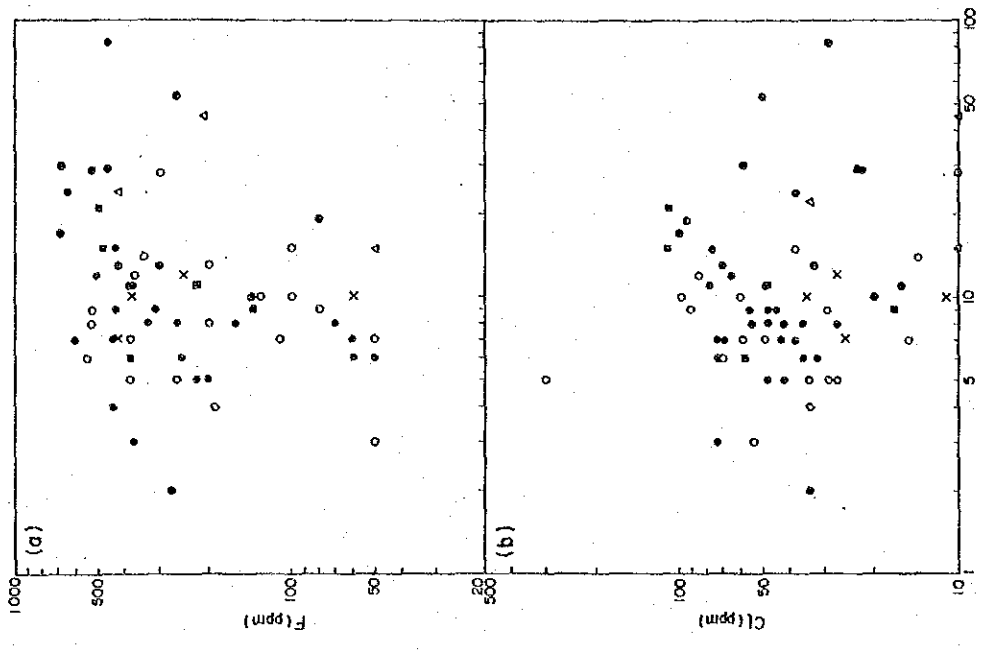
第 8 図 ノルム石英-斜長石-正長石図及び ACF 図

第 9 図 MFA 図及びアルカリ-ソーライム図

第 4 表 花崗岩類の S タイプ / I タイプ 分類

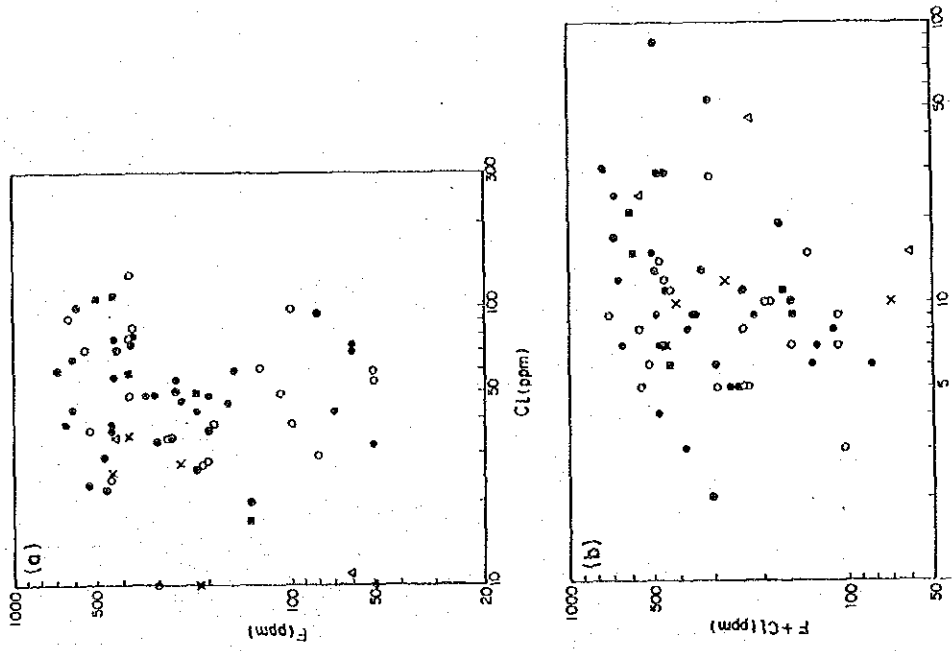
Sample No.	Na <sub>2</sub> O-K <sub>2</sub> O	Mol. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+CaO)	Norm C (%)	A-C-F
A-13-43	?	(0.75-0.03)	I (0.74)	I (0.00)
A-15-41	I?	(4.54-0.40)	I (0.89)	S (1.78)
B-15-20	I	(4.36-4.60)	S (1.14)	S (1.91)
C-5-7	I?	(4.65-0.72)	S (1.30)	S (3.17)
A-35-131	I	(3.55-2.89)	S (1.19)	S (2.33)
T-2	S	(2.84-5.02)	I (1.06)	I (0.95)
T-3	S	(2.94-5.00)	I (1.03)	I (0.68)
T-1	S	(2.90-5.06)	I (1.07)	S (1.03)
A-9-40	S	(2.72-5.12)	S (1.16)	S (2.30)
A-15-15	S	(2.94-4.34)	S (1.11)	S (1.78)
A-15-95	S-I	(3.19-4.46)	S (1.15)	S (2.32)
A-29-146	S	(3.11-5.37)	S (1.15)	S (2.01)
A-35-169	S	(3.08-4.90)	S (1.20)	S (2.75)
C-10-13	S	(2.73-4.81)	S (1.11)	S (1.74)
C-1	S	(2.46-4.54)	I (1.08)	S (1.43)
C-2	S	(2.08-7.69)	I (1.04)	I (0.80)
C-3	S	(2.28-4.56)	I (1.06)	I (0.74)

Sample No.	K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	Mol. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+CaO)	Norm C (%)	A-C-F
ONR-14	S	(1.16)	S (1.26)	I
OAR-3	S	(1.12)	S (1.77)	S
9	S	(1.04)	I (0.70)	S
11	S	(1.11)	I (1.76)	S
13	S	(1.18)	(2.23)	S
14	S	(1.07)	I (0.83)	S
16	S	(1.06)	I (0.98)	S
19	S	(1.10)	(1.45)	S
ONR-16	S	(1.02)	I (0.53)	S
26	S	(1.03)	I (0.39)	S
42	S	(1.09)	S (1.31)	S
44	S	(1.15)	S (1.96)	S
OUR-7	S	(1.05)	I (0.96)	S
10	S	(1.14)	S (1.84)	S
OYR-4	S	(1.10)	S (1.48)	S
6	S	(1.08)	I (1.05)	S
15	S	(1.03)	I (0.61)	S
27	S	(1.11)	S (1.65)	S
OAR-10	S	(1.10)	S (1.44)	S
12	S	(1.09)	I (1.30)	S
15	S	(1.11)	(2.51)	S
18	S	(1.05)	I (1.64)	S
20	S	(1.06)	I (1.06)	S
ONR-1	S	(1.08)	I (1.01)	S
12	S	(1.06)	I (0.86)	S
15	S	(1.20)	(2.64)	S
27	S	(1.09)	S (1.27)	S
29	S	(1.02)	I (0.62)	S
30	S	(1.07)	S (1.22)	S
32	S	(1.14)	S (1.82)	S
33	S	(1.08)	I (1.07)	S
34	S	(1.09)	S (1.24)	S
35	S	(1.13)	S (1.81)	S
36	S	(1.04)	I (0.96)	S
39	S	(1.08)	S (1.15)	S
46	S	(1.16)	(2.19)	S
61	S	(1.15)	S (2.09)	S
OUR-11	S	(1.11)	S (1.55)	S
OYR-5	S	(1.11)	(1.55)	S
29	S	(1.08)	(1.45)	S
OAR-1	S	(1.12)	(1.18)	S
4	S	(1.09)	(1.50)	S
17	S	(1.17)	(2.49)	S
ONR-7	S	(1.15)	(1.15)	S
20	S	(1.06)	(0.85)	S
OUR-101	S	(1.13)	(1.84)	S
OYR-9	S	(1.07)	S (1.14)	S
ONR-11	S	(1.02)	S (1.15)	S
31	S	(1.01)	I (0.98)	S



第 10 図 Cl-F 図及び Sn-(F+Cl) 図

- x Cretaceous fine- to coarse-grained granite and aplite
- △ Triassic apite and pegmatite
- Triassic fine-grained granite
- Triassic medium- to coarse-grained porphyritic granite (not foliated)
- ◐ Triassic medium- to coarse-grained porphyritic granite (foliated)
- Carboniferous gneissose granite



第 11 図 Sn-F 図及び Sn-Cl 図

- x Cretaceous fine- to coarse-grained granite and aplite
- △ Triassic apite and pegmatite
- Triassic fine-grained granite
- Triassic medium- to coarse-grained porphyritic granite (not foliated)
- ◐ Triassic medium- to coarse-grained porphyritic granite (foliated)
- Carboniferous gneissose granite

以上とすると、オムコイ地域の西半部を占める花崗岩岩体の各岩相でしばしば 15 ppm Sn 以上のものが認められ、この花崗岩岩体は、高錫花崗岩といえる。

タングステン含有量は、検出限界以下～500 ppm で、最大値は本地域南部の細粒花崗岩から得られているが、バブンドン鉦山切羽の中粒花崗岩も 41 ppm と高い。前者では、石英細脈中に灰重石微粒が認められ、明らかなタングステン鉍化作用が認められる。後者は錫含有量も高く、肉眼及び鏡下では錫・タングステン鉍物は認められないが、オムコイ地域での錫・タングステン鉍化作用に関連する花崗岩の典型とみなせる。これに類似するものは含有量はやや低いが本地域の南西隅部の粗粒黒雲母花崗岩である。

微量成分の含有量の相関についてみると、まず、(フッ素+塩素)/錫比、フッ素/錫比、塩素/錫比(第 10 図 b, 第 11 図 a, b) では岩相別には明瞭な傾向を示さないが、大まかにはそれぞれ正の相関関係にある。その他の成分の相関関係は、ニオブ、タンタル、タングステン含有量が数例を除けばほぼ一様であるため明瞭な相関関係はうかがえない。しかし、前述したように、本地域ではバブンドン鉦山切羽及び地域南西隅部に高錫・タングステン花崗岩の分布が認められることは興味深い。

### 3-7 花崗岩類の年代測定

本調査地域に分布する花崗岩類は、前述のように従来石炭紀と三畳紀のものに大別されてきた。

一方、タイにおける錫・タングステン鉍床の生成は、中生代以降の花崗岩およびこれに由来する石英脈あるいはペグマタイト脈と密接に関係しており、花崗岩類の年代測定を行なうことは、有望地域を抽出する上で重要な意味をもつものと考えられる。

本地域を含むタイ北部の花崗岩類については、Baum ほか(1970)、Braun(1970)、Teggin(1975)、Braun ほか(1976)、Beckinsale ほか(1979)の報告がある。Rb-Sr 年代でみると三畳紀初期～ジュラ紀初期(236～190 Ma)と白亜紀初期(130±4 Ma)に大別され、K-Ar 年代でも Rb-Sr 年代と比べて若干新しい年代を示すもの的大まかには一致する。しかし、K-Ar 年代の一部には Rb-Sr 年代より著しく新しい年代を示すものがある。この原因は、花崗岩貫入後の断層沿いに起った熱水作用による K-Ar 年代の若返り、または貫入後も地殻深部に留まり、その高温下で K-Ar 系について開放系になっていた花崗岩が後の構造運動によって隆起、冷却し閉鎖系に転じた結果と解釈されている(Hutchison, 1983)。

また、Braun ほか(1976)は、Baum ほか(1970)や Braun(1970)が予察的に石炭紀片麻状花崗岩としたチェンマイ北西の岩体について再検討し、北部タイでは Rb-Sr 年代が明瞭な石炭紀を示さなかったことを報告している。

本調査では、調査地域内に分布する数個の岩体について黒雲母を用いての K-Ar 法および全

岩を用いた Rb-Sr 法による年代測定を行なった。その結果、従来石炭紀とされていた岩体については年代を確定できなかったが、三疊紀とされていた岩体のなかには、白亜紀の可能性のある岩体が見い出された。

年代測定試料の採取位置を第 2 図に、測定結果を第 5, 6 表に示す。

#### (1) 測定結果

従来三疊紀とされていた岩体から 5 個の試料を採取し、K-Ar 法による測定を行なった結果 (第 5 表)、2 岩体中の 4 試料が白亜紀末期 ( $70.2 \pm 3.5 \sim 65.1 \pm 3.3 \text{ Ma}$ )、他の 1 試料が第三紀 ( $46.2 \pm 2.3 \text{ Ma}$ ) の年代を示した。

石炭紀とされていた岩体および上記の K-Ar 法で第三紀を示す岩体について Rb-Sr 法による測定を実施した。前者では、試料毎の測定値の分散が大き過ぎるため、適切なアイソクロンが得られず、年代は確定できなかった。後者については、測定値の分散が大きいものの  $87.6 \pm 61.2 \text{ Ma}$ 、Sr 同位体初生値  $0.7115 \pm 0.005$  と算出され (第 6 表, 第 12 図)、白亜紀の可能性が示された。

#### (2) 考察

##### (i) 石炭紀とされている岩体

測定対象の岩体は明瞭な片麻状構造を呈し、高度の変成作用を受けている。

分析試料はダム工事の際に発破された箇所から採取したもので、試料薄片の顕微鏡観察では、わずかに黒雲母の緑泥石化あるいは長石類の絹雲母化が認められる程度であり、地域内で採取し得る限りでは最も新鮮な試料と言える。Rb-Sr 法による測定値が一つのアイソクロンにプロットされない原因としては一般的には、i) 形成されたマグマが固結するまでの間の地殻物質の混入、ii) マグマが形成されてから固結するまで長期間を要した場合の複雑な分化、iii) 地質的、岩石学的にはいわゆる同源的に見えても実際には相異なる複数の起源物質からのマグマの分化、iv) 固結後の風化、変質あるいは変成作用による影響が指摘されている (例えば、加々美・周藤, 1977)。激しい変成作用を受けている火成岩などについては、一般にかなりの測定値の分散が生じることが知られており (加々美・周藤, 1977)、本岩体も変成作用によりもともとの Rb-Sr 閉鎖系がくずれていることが多いと考えられる。

北タイにおける石炭紀の花崗岩類の活動については Braun ほか (1976) は懐疑的である。しかし、確定的なデータは得られておらず、オムコイ地域の本岩類については、従来通り石炭紀の花崗岩類としておく。

##### (ii) 三疊紀とされている岩体

K-Ar 法で第三紀の測定値が得られまた Rb-Sr 法では白亜紀後期の可能性を示す岩体は、オムコイ北方に岩株状に分布するもので、葉状構造は示さない。この岩体の黒雲母

によるK-Ar年代は(46.2±2.3 Ma)で、Rb-Sr全岩年代(87.6±61.2 Ma)とでは約41Maの年代差があり、前者の方が若い年代を示した。

タイ半島部におけるRb-Sr年代とK-Ar年代では後者の方が若く出る傾向があり、この年代の不一致は断層、剪断運動によって生じた熱、熱水作用、火成活動等によると考えられている(Ishihara, 1980)。本調査地域を含むタイ-ビルマ国境沿いの花崗岩帯についての放射能年代でも同じ岩体でRb-Sr年代が古く、K-Ar年代が新しくなっているものが多くあり、調査地域北方では一般にRb-Sr年代200Ma以上を示すのに対してK-Ar年代35-108Maの値を示すものが見られる(Thanasuthipitak, 1978)。Rb-Sr全岩年代はマグマの起源物質からの分化時期を表わし、必ずしも固結時期を示すものではないが、本岩体のような小岩株ではマグマ発生から貫入固結までの時間差がこの年代差ほど大きかったとは考えにくく、むしろ、K-Ar年代はマグマ固結後の熱水作用などの影響による若返りの結果と考えられる。

また、調査地域の西半部を占める岩体およびそのほかの岩株状岩体には一般に葉状構造が発達しているが、部分的には葉状構造を欠くことがある。これらの岩体の黒雲母によるK-Ar年代は両岩相とも70.2±3.5~65.1±3.3 Ma(白亜紀末期)で、両岩相にはほとんど年代差はない。葉状構造を欠く部分は、白亜紀と推定される花崗岩と同様な岩相を示すことから、これらは白亜紀後期に発生したマグマに由来している可能性がある。一方、広域的にみればオムコイ地域周辺に分布する花崗岩岩体の多くは三畳紀の年代を示していることからすると、葉状を呈する部分は三畳紀のものかも知れない。即ち、三畳紀のマグマの貫入固結後、白亜紀花崗岩をもたらした造構造運動により葉状構造が形成され、また白亜紀花崗岩類の活動によりK-Ar年代が若返った可能性がある。しかし、オムコイ地域の三畳紀以降の花崗岩類についてのRb-Sr法によるデータは1データに限られるため、白亜紀と考えられる岩体以外は従来のように三畳紀のものとして一括した。

北タイにおける白亜紀の花崗岩類としては、オムコイ地域西方約50kmのメラマ(Mae Lama)花崗岩岩体(Rb-Sr年代130±4 Ma; Beckinsaleほか, 1979)がある。この岩体の縁部および周囲の堆積岩類中には錫・タングステン鉱化石英脈が賦存し、メラマ鉱山その他により採掘されている。Braunほか(1976)は、鉱化脈沿いのグライゼン化部のRb-Sr年代は78 Ma、岩体の白雲母K-Ar年代は72 Ma、黒雲母K-Ar年代は53 Maとしている。Beckinsale(1979)は、これらのデータから、メラマ岩体が130 Ma前(白亜紀初期)に貫入した後約70 Ma前(白亜紀末期)に錫・タングステンを伴う鉱化熱水作用が起ったとしている。

タイ半島部では、白亜紀花崗岩類は錫・タングステン鉱化作用に密接に関連しており(Garsonほか, 1975など)、メラマ花崗岩に次いで本地域でも白亜紀の花崗岩の分布



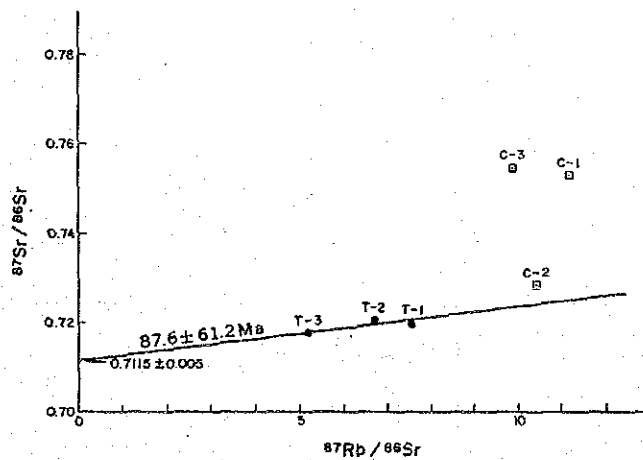
第 5 表 K - Ar 年代測定結果

Sample No.	Coordinates		Rock description	Mineral	K (%)	<sup>40</sup> Ar rad (sec/gm x 10 <sup>-5</sup> )	Atm. <sup>40</sup> Ar (%)	Age (Ma)
	E	N						
OAR-10	433.1	1942.4	Coarse-grained muscovite-bearing biotite granite	Biotite	4.60 4.63	1.19 1.19	74.3 76.8	65.1±3.3
OAR-18	433.9	1972.2	Fine-grained muscovite-biotite granite	ditto	4.90 4.91	0.882 0.901	73.9 68.3	46.2±2.3
ONR-61	424.2	1939.3	Coarse-grained muscovite-bearing biotite granite	ditto	7.02 7.06	1.96 1.96	84.9 85.4	70.2±3.5
OUR-101	422.3	1975.4	Medium-grained, foliated muscovite-biotite granite	ditto	7.48 7.56	2.09 2.09	87.0 84.2	70.1±3.5
OYR-29	422.8	1964.4	Coarse-grained biotite granite	ditto	6.50 6.51	1.79 1.79	83.6 85.4	69.4±3.5
OYK-001	431.4	1981.0	Yong Ku mine Biotite paragneiss	ditto	5.07 5.08	0.579 0.588	64.4 63.4	29.3±1.5

The analysis was performed in duplicate.  
 The constants for the age calculation are:  $\lambda\beta = 4.96 \times 10^{-10} \text{ year}^{-1}$ ,  $\lambda\epsilon = 0.581 \times 10^{-10} \text{ year}^{-1}$ ,  $^{40}\text{K}/\text{K} = 1.167 \times 10^{-4}$ .

第 6 表 Rb - Sr 全岩年代測定結果

Sample No.	Rock description	Rb (ppm)	Sr (ppm)	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	Model age (Ma)
C-1	Coarse-grained gneissose, porphyritic melanocratic biotite granite	417.04	107.81	11.19	0.75333±0.00006	
C-2	Medium-grained gneissose, porphyritic biotite-granite	538.55	149.37	10.43	0.73854±0.00007	
C-3	Medium-grained gneissose, leucocratic biotite granite	315.18	91.84	9.93	0.75473±0.0013	
T-1	Medium-grained porphyritic muscovite-biotite granite	314.09	120.40	7.55	0.71983±0.00004	87.6±61.2
T-2	Fine-grained biotite granite	297.20	129.33	6.65	0.72086±0.00004	
T-3	Fine-grained muscovite-bearing biotite granite	271.29	153.62	5.11	0.71784±0.00013	



第 1 2 図 Rb - Sr アイソクロン図

が推定されたことは、北タイにおける花崗岩類の活動と錫、タングステンを始めとする鉍化作用の関係を検討するための有意義なデータの一つとなろう。

なお、参考として、ヨック鉍山で模式的にみられる先カンブリア紀の準片麻岩のうちで、鉍脈際に沿って顕著に発達する黒雲母縞状部の黒雲母によるK-Ar法年代測定の結果(第5表)、 $29.3 \pm 1.5$  Ma(第三紀後期)が示された。この測定値は、熱水作用の影響による若返り年代であることが考えられるが、これらの縞状組織は鉍脈と平行し、特徴的に発達することから鉍化作用に伴って形成された可能性も考えられる。

## 第4章 河床堆積物による地化学探査

## 第 4 章 河床堆積物による地化学探査

### 4-1 試料採取および分析法

#### (1) 試料採取

試料採取は主要な河川沿いに地質調査と並行して行なった。採取地点は、主要河川の支沢中とし、採取間隔は原則として400~500mとした。各採取地点では水流中央部の深さ20~30cmの沢砂を80メッシュ篩で篩分し、-80メッシュ産物を50~100g採取した。

採取試料総数は1,259試料、採取密度は1試料/0.79km<sup>2</sup>である。採取試料は風乾後化学分析に供した。

#### (2) 分析法

##### (i) 指示元素

本調査の対象となる鉱化帯は、ニオブ、タンタルを伴う錫・タングステン鉱床に関連する。そのため指示元素は、ニオブ、タンタル、錫、タングステン、ベリリウム、リチウム、フッ素の7元素とした。

##### (ii) 化学分析

化学分析は、ニオブ、タンタル、錫、タングステン、ベリリウムについてはプラズマ発光分光法、リチウムについては蛍光分析法、フッ素についてはイオン電極法によった。

### 4-2 データの解析

#### (1) 異常値の区分

地化学データをLepertier(1973)の累積頻度分布図によってしきい値を求め、データの平均値、標準偏差と合せて、異常値域、後背値域のレベル区分を行なった(第7表)。

第7表 地化学後背値区間と異常値区間の区分

元 素	後 背 値		異 常 値		
	低後背値	高後背値	低異常値	中異常値	高異常値
Nb	25	38	80	160	
Ta	8	12	20	50	
Sn	10	20	33	56	
W	16	32	120	270	
Be	4.0	7.0	10.5		-
Li	20	42	82		-
F	230	440	850		-

ppm

## (2) 異常域の分布

前項で述べた異常域区分をもとに、各元素毎の異常域を抽出し分布状況を検討した。ここでの異常域とは1つの水系で隣接する2つ以上の異常地点からなるものとし、孤立した異常地点は示していない。各指示元素毎に抽出された異常域は次のとおりである。

i) ニオブ：ヨング鉱山周辺，バブン，バブンドン両鉱山からその南部にかけての1帯および調査地域の南部に異常域が分布する。

ヨング鉱山周辺では岩株状に分布する花崗岩類を取りまくように小～中規模の異常域が認められるが高異常域は含まれていない。バブン，バブンドン両鉱山からその南部にかけての1帯では2つの高異常域を含む比較的広い分布域が分布する。高異常域は両鉱山の南方にあり，両既知鉱床とは異なる鉱徴に由来するものと考えられる。調査地域南部では小規模の異常域が点在し，そのうち西側の3つは南北に配列する。

ii) タンタル：ニオブとはほぼ重複した分布を示す。ヨング鉱山周辺，バブン，バブンドン両鉱山からその南部にかけての1帯および調査地域南西部に異常域が分布する。

ヨング鉱山周辺の異常域は，鉱山近傍およびそれから南東方向へ片麻岩の分布に沿って2つ点在し，鉱山近傍にのみ高異常値が見られる。バブン，バブンドン両鉱山からその南部にかけての1帯では，2つの高異常域を含む比較的まとまった異常域がニオブの異常域と殆んど重複して分布する。ここでも高異常域は両鉱山の南方にある。調査地域南西部では数個の異常域が南北に配列し，そのうち最大のものは，高異常域を含み南北に延びる帯状の広い異常域である。

iii) 錫：ヨング鉱山周辺，バブン，バブンドン両鉱山からその南部にかけての1帯および調査地域の中西部から南部にかけて異常域が分布する。

ヨング鉱山周辺では既知鉱床に由来する小規模の異常域のみである。バブン，バブンドン両鉱床からその南部にかけての1帯では，2つの高異常域を含む異常帯が分布する。ニオブ，タンタルと殆んど重複しているが，これらに比べやや狭い分布を示す。高異常域は上記2元素と同様にバブン，バブンドン両鉱山の南方にみられ，他の鉱徴に由来すると考えられる。調査地域の中西部から南部にかけてはファイヤーブ・フェイス両鉱床に由来する中異常域を含む広い異常域があるほか，その周辺に小規模の異常域が点在する。

iv) タングステン：ヨング鉱山周辺，バブン・バブンドン両鉱山周辺および調査地域の中部から南部にかけて異常域が分布する。

ヨング鉱山周辺の異常域は既知鉱床に由来する高異常域で殆んどハローを示さない。バブン，バブンドン両鉱山周辺の異常域は，両既知鉱床に由来する高異常域を含む比較的広い異常域で，ニオブ，タンタル，錫の異常域とはほぼ重複しているが，中心は北へずれている。調査地域の中部から南部にかけては，花崗岩体の周辺や岩株状花崗岩に対応するよう

に小規模の異常域が散在する。

ファイヤープ、ファイシア両鉱山周辺ではそれらの既知鉱床に由来する高異常域が認められるが広がりはない。

V) ベリリウム：調査地域西端に南北に配列して、数個の小～中規模の低異常域が分布する。

VI) リチウム：調査地域中部から南部にかけて低異常域が広く分布し、ほぼ三疊紀・白亜紀の花崗岩類の分布と対応する。

VII) フッ素：調査地域中部から南部にかけて低異常域が広く分布する。リチウムと同様の分布を示すが東側へやや広い。

抽出されたそれぞれの異常域のうち重複して分布するニオブ、タンタル、錫、タングステンの異常域と既知鉱山との関係を第13図に示す。

### (3) 地化学異常域の評価

以上の地化学探査の結果、ニオブ、タンタル、錫、タングステンの4元素の異常域が、特に既知鉱床の周辺で重複した分布を示すことから、本地域での鉱徴賦存については、これらの重複異常域が最もポテンシャルが高いと考えられる。

この点を重視し、抽出された各異常域のなかから更に有望地区を集約すれば、次の3地区があげられそれぞれの評価は以下のとおりである。

#### i) ヨンク鉱山周辺地区のニオブ、タンタル、錫、タングステン重複異常域

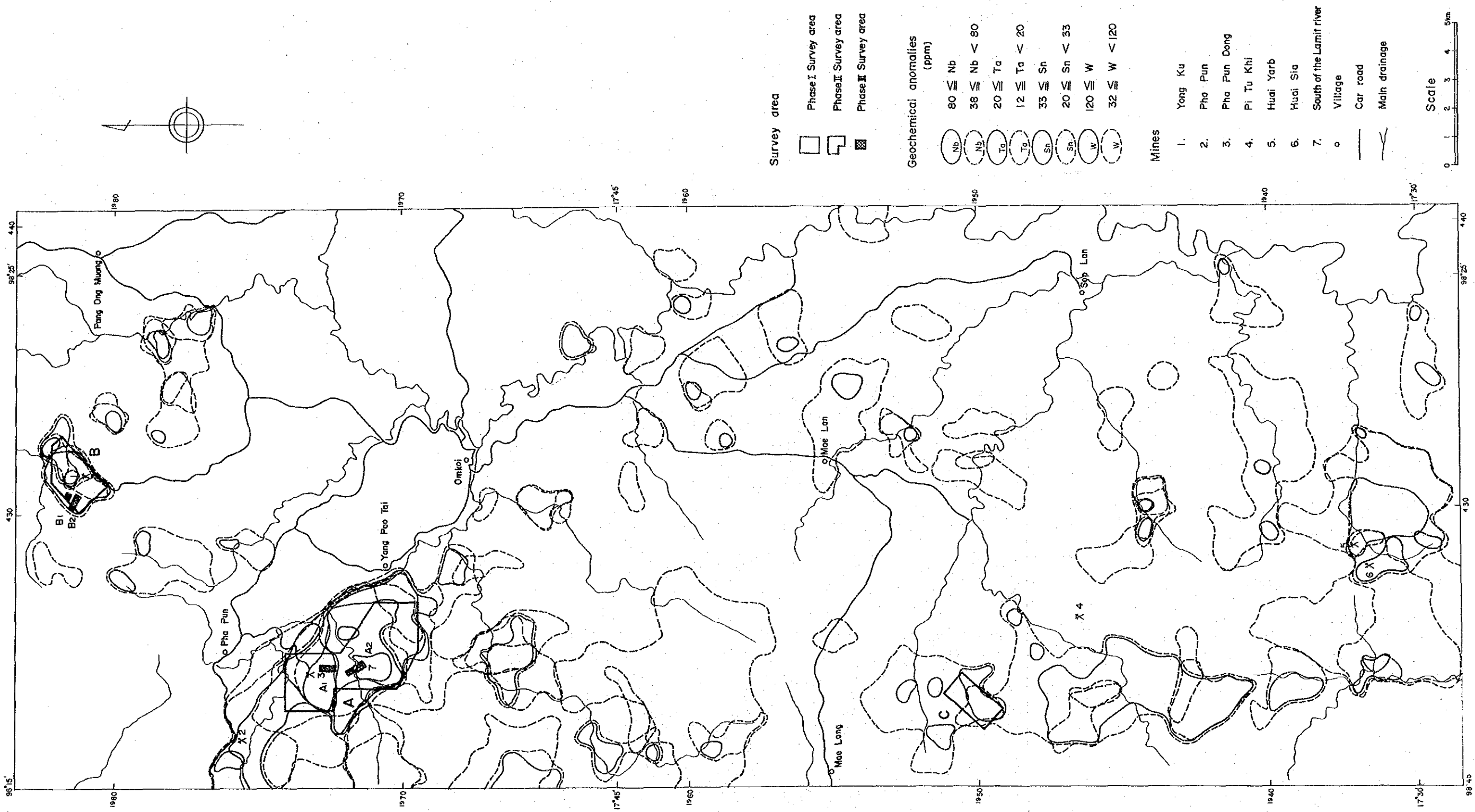
本鉱山の鉱床は、錫、タングステンの鉱化作用を伴う石英脈およびペグマタイト脈で、NW-SE方向の母岩の片麻状構造に沿う細い鉱脈群を形成している。抽出された異常域は、既知鉱脈群を含めその延長方向に分布し、既知鉱脈の延長部あるいはそれに平行する鉱化脈の存在を示唆している可能性が大きい。

#### ii) バブン及びバブンドン鉱山周辺地区のニオブ、タンタル、錫、タングステン重複異常域

両鉱山の鉱床は、錫、タングステンを伴う石英脈およびペグマタイト脈の鉱化脈で、主要地質構造であるNW-SEまたはE-W方向に沿って細い鉱脈が多数胚胎し鉱脈群を形成している。抽出された異常域は、既知鉱脈群を含め、特にバブンドン鉱山鉱脈群の南東方延長部に高異常が見られ、ここに鉱化脈の存在を示唆している。

#### iii) ビツキ鉱山西方のタンタル異常域

局部的にニオブの異常域が重複する。特に鉱徴の存在を示唆する地表徴候は認められないが、抽出された異常域は、付近に分布する錫石の2次鉱床をもたらした1次鉱床の存在を示唆している可能性が考えられる。



第 13 图 鉍山位置及 Nb, Ta, Sn, W 地化学异常图

## 第 5 章 A 地区調査



## 第5章 A地区調査

### 5-1 調査位置

本地区は、オムコイの北西約10 kmに位置し、地区北部にはバブンドン鉱山がある。調査面積は10.4 km<sup>2</sup>である。

本地区の北部、中部、南部をそれぞれバブンドン(Pha Pun Dong)沢、ラミット(Lamit)川、ポン(Pon)沢の3河川が東流し、地区南東側でツン(Tun)川と合流している。調査地区はこれらの河川に囲まれるか分断された標高800 mから1,500 mまでの約500 mの比高を示す急峻な山岳地帯である。

本地区北東側にはオムコイから北西へヤンパオ(Yang Pao)、バブンペー(Pha Pun Phae)を経て、さらに西へ延びる自動車道路があり、バブンドン鉱山の専用道路がこれに接続している。本地区南部へはヤンパオ部落より徒歩で現地に至る。

本地区は、第1年次の河床堆積物による地化学調査の結果、ニオブ、タンタル、錫、タングステンの高異常域が重複して見られ、このうちタングステンの異常はバブンドン鉱山を中心とするが、ニオブ、タンタル、錫の高異常域はこれより南にずれており、バブンドン鉱山とは別の鉱化帯の存在を示唆した。第2年次はさらに有望地域を集約するため地質調査及び土壌による地化学探査を実施した。

### 5-2 地質・鉱床調査

#### (I) 地 質

本地区は、全調査地域の西半部に分布する三疊紀葉状花崗岩岩体の北部に位置する。地区内のほとんどはこの花崗岩によって占められ、主要河川沿いに第四紀の河川堆積物が分布する(第14図)。

三疊紀の花崗岩類は、岩相および構成鉱物により、中粒～粗粒黒雲母花崗岩、中粒～粗粒両雲母花崗岩、細粒黒雲母花崗岩、アブライトおよびベグマタイトに細分される。これらのうち、前2者およびアブライトの一部には、有色鉱物による葉状構造が発達する。

#### (i) 中粒～粗粒黒雲母花崗岩(Gt<sub>1</sub>b)

本岩は地区の周縁部に主に分布し、一般に1～3 cm大のカリ長石斑晶による斑状組織と黒雲母による葉状組織が顕著である。代表的試料の顕微鏡観察では、初生鉱物のうち主要構成鉱物として、石英、ペルト石質正長石、斜長石および褐色黒雲母、副構成鉱物として燐灰石およびチタン鉄鉱が認められる。2次鉱物としては黒雲母の一部ないし全体を交代した緑泥石、斜長石の一部を交代した針状の絹雲母、および黄鉄鉱等が認められる。

#### (ii) 中粒～粗粒両雲母花崗岩(Gt<sub>1</sub>m)

本岩は地区の中央部に主に分布し、一般に0.5~2 cm大のカリ長石斑晶による斑状組織と、褐色黒雲母による葉状組織が顕著である。地区南部では、前述の中粒~粗粒黒雲母花崗岩が多数のアブライト脈やペグマタイト脈沿いに白雲母化を受けて一部細粒化しているがこれも本岩に含めた。斑状を呈する本岩の代表的試料の顕微鏡観察では、主要構成鉱物として、石英、ペルト石質正長石、斜長石、褐色黒雲母、白雲母、副構成鉱物として、磷灰石、ルチル、ジルコン、スフェンおよび不透明鉱物が認められる。2次鉱物としては、緑レン石が微粒変晶として生成しており、緑泥石は黒雲母の一部を交代し、絹雲母は長石の内部を交代している。白雲母は試料により量比が変化するが、一般に黒雲母の周縁あるいはへき開に沿って交代していることが多い。

### (iii) 細粒黒雲母花崗岩 (Gt<sub>3</sub>)

本岩は南北方向の小規模岩脈あるいは岩床として分布する。それらのうち、パブンドン鉱山南西に分布する岩脈は、一般に黄褐色を呈し1 cm大のカリ長石斑晶を含む。一方、小ボン沢下流の小岩床は、カリ長石斑晶を含まない。いずれも主要構成鉱物は、石英、正長石、斜長石、黒雲母である。

### (iv) アブライト (Ap)

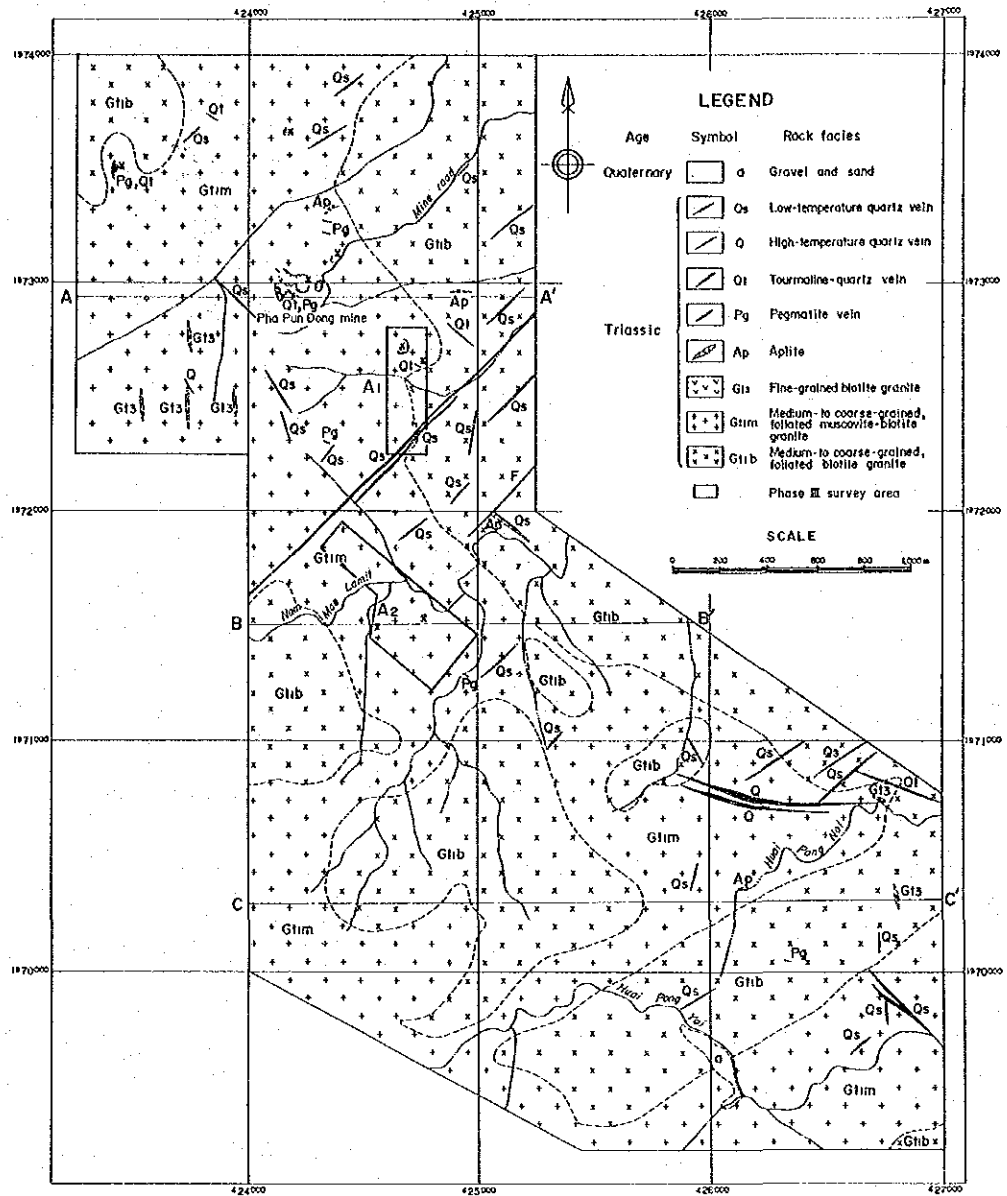
アブライトは地区内の各所に小規模な岩脈あるいは岩床として産する。それらのうち、パブンドン鉱山周辺のアブライトは、一般に電気石あるいは電気石と緑レン石による葉状組織が著しい。これらの顕微鏡観察では、構成鉱物は、石英、斜長石、正長石、電気石、緑レン石および不透明鉱物である。正長石は斜長石に比べて著しく少ない。また、肉眼で淡黄緑色を呈するアブライトには、緑レン石がモード比で20%以上含まれる。一方、地区南部の小ボン沢沿いでは、含ザクロ石黒雲母アブライトが認められる。ザクロ石は4 mm大で、石英、黒雲母、白雲母をポイキリティックに含む。このアブライトは、石英、正長石がほぼ等量含まれている。また、ラミット川沿いではNW系の淡桃色白雲母アブライトが中粒~粗粒両雲母花崗岩に貫入している。

### (v) ペグマタイト (Pg)

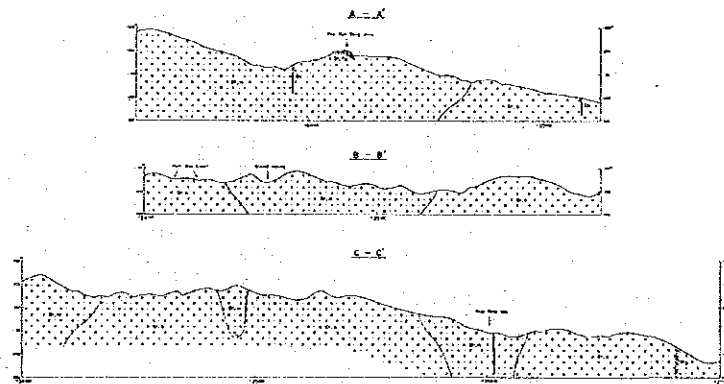
ペグマタイトは地区各所で幅0.1~2 mの小規模岩脈として産する。その多くは白雲母ペグマタイトであるが、場所により黒雲母、電気石、ザクロ石を含む。ペグマタイト脈の方向性は、パブンドン鉱山およびその北西の採掘跡ではほぼE-W/30~80°Sを示すが、それらの他はWNW/30~90°Sを示すことが多い。

### (vi) 河川堆積物 (a)

第四紀の河川堆積物は、ラミット川、大ボン沢の中流付近に狭小に分布し、三疊紀の花崗岩類や脈石英の礫および砂からなる。



地質平面圖



地質断面圖

第 1 4 圖 A 地区地質圖

## (2) 地質構造

本地区の大部分を占めて分布する中粒～粗粒両雲母花崗岩および一部のアブライトには葉状組織が発達する。また、後述するように本地区では多数の石英脈および石英脈による珪化帯が分布する。

花崗岩中の葉状組織は、岩体の貫入形態あるいは内部構造を示していると考えられるが、本地区では全般に露頭が少なく、また、沢沿いの一部を除いてはクリーピングにより信頼できるデータが得られないことからそれらを推定するに至っていない。しかし測定された葉状組織の一般走向は NNW ないし NW 性で、岩体の延長方向に一致している。

一方、岩脈および石英脈は、本地区の断裂系を示していると考えられる。本地区では、NE～ENE系の断層がラミット川中流および小ポン沢にかけて推定されている。また、航空写真によるリエアメントは、NS～NNE系、NE～ENE系、NW～WNW系に大別できる。岩脈および石英脈は、NNW～NS～NNE系、NE～ENE系、E-W系、NW～WNW系にまとめることができ、E-W系を除けば断層およびリエアメントの方向と一致する。

岩脈および石英脈の生成時期と比較すると、NS系は細粒黒雲母花崗岩の貫入方向であることから、比較的早い時期に形成された裂か方向と考えられる。これに次ぐのがアブライト、ペグマタイトおよび電気石を含む高温石英脈であるが、これらは主にNW～NNW系あるいはEW系を示し、この2方向の裂かがNS系に引き続いて形成されたと考えられる。鉍化変質作用の最末期とみられる低温石英脈はNE系が卓越しており、この裂かは本地区では比較的新期に形成されたと考えられる。

## (3) 変質作用

本地区では、風化作用を除くと、中粒～粗粒黒雲母花崗岩の白雲母化作用と低温石英脈による珪化作用が認められる。白雲母化作用については、一般にタイを含む東南アジアの両雲母花崗岩は、黒雲母花崗岩が気成ないし熱水作用を受けて黒雲母の一部が白雲母に交代されたものといわれており (Hutchison, 1983)、本地区での両岩の顕微鏡観察によってもこのことが確認された。本地区では、顕著な気成期を示すペグマタイトの分布は局所的であり、白雲母化作用は、電気石を含むような高温石英脈をもたらした熱水作用によると考えられる。白雲母の含有量が熱水作用の強さを表わしていると考えると、バブンドン鉍山周辺およびその北西の採掘跡やラミット川中流兩岸で比較的白雲母含有量が多く、本地区内での高温熱水作用はこれらの区域で強かったと考えられる。

低温石英脈による珪化作用は、地区各所で認められる。石英脈は時に幅 10 m に達し、乳白色ないし灰色を呈し、細粒～非頭晶質で場所により細縞メノウ質となっている。

珪化作用は、石英脈から最大幅 5 m に及び、一部では母岩の組織が角礫状に残存していることがある。

顕微鏡観察では、0.1 $\mu$ m大の玉髄質石英の集合体であるが、一部では10 $\mu$ m大の玉髄質石英の集合体を礫状にとり囲んでいる例もあり、重複した珪化作用のあった可能性をうかがわせる。珪化作用には微量の黄鉄鉱化作用を伴っており、そのために珪化岩露頭および転石には軽度の“ヤケ”が認められる。

#### (4) 鉍床および鉍化作用

本地区における既知鉍床には、初生の錫・タングステン鉍脈を対象としたバブンドン鉍山と、後生の含錫砂礫層を対象としたラミット川南岸の小規模採掘場がある。また、未探鉍の鉍徴としては、地区各所に分布するペグマタイトおよび石英脈がある。既知鉍床の詳細については第3章、3-5(3)で述べた。

##### (i) バブンドン鉍山(第5, 6図参照)

鉍床は、地表部の含鉄マンガン重石原地堆積砂礫鉍床と鉄マンガン重石を含む灰重石主体の初生鉍脈からなる主鉍床と、含鉄マンガン重石および含錫石鉍脈よりなる衛星鉍床とがある。

鉍脈は、中粒両雲母花崗岩中に胚胎し、その岩相は含タングステンペグマタイト脈および含錫・タングステン電気石石英脈である。各採掘跡にはペグマタイト脈および電気石石英脈が多数みられるが、そのうち鉍化部はごく局所に限られる。両脈の前後関係は、ペグマタイト脈が電気石石英脈を切ったり、また逆の場合もみられ、両者は相前後して貫入したものと考えられる。

一般にペグマタイト脈の主要構成鉍物は石英、カリ長石、斜長石、白雲母および黒雲母で電気石はまれである。またペグマタイト脈は、錫石を伴わないといわれている。

鉍石鉍物は褐色錫石、鉄マンガン重石および灰重石であり、一般に鉄マンガン重石が卓越する。鉄マンガン重石は、周縁部および劈開に沿って灰重石に交代されていることが多いが、逆に灰重石の大粒子が鉄マンガン重石にとり囲まれている例も報告されていることから、両鉍物の生成時期は複数回あったものと考えられる。

ニオブ・タンタル鉍物はペグマタイトに伴われることが多く、本鉍山のような電気石石英脈を主体とする場合にはニオブ、タンタルの含有量はかなり低い。

##### (ii) ラミット川南方の採掘場

この採掘場においては、河川堆積物の砂礫層中に含まれる重鉍物を採取している。鉍石鉍物は、暗褐色ないし黒色の錫石が主体で鉄マンガン重石、灰重石は少ない。重鉍物中には、微量のコロンバイト・タンタライト、ストロベライト・イルメノルチル、モナズ石、ルチル、ジルコン、チタン鉄鉍、磁鉄鉍およびザクロ石なども含まれる。

一般に、暗褐色ないし黒色を呈する錫石はペグマタイト中に産することが多い。ラミット川水系の支流の沢砂から得られる錫石のほとんどは暗色を呈することから、これらはペ

グマタイトに由来し、微量のニオブ、タンタルを含むと考えられる。

### (iii) 未探鉱の鉱徴地

本地区には、上記の既知鉱床以外にも、ペグマタイト脈および電気石石英脈が各所に認められる。また、電気石を伴わない高温石英脈や珪化作用を伴う低温石英脈も分布するが、いずれも肉眼的には錫、タングステン、ニオブ、タンタル鉱物は確認されていない。

ペグマタイト脈は、NW～WNW系で幅0.1～2m程度で、その多くは白雲母ペグマタイトであり、場所によりザクロ石あるいは少量の電気石および黒雲母を含む。

電気石石英脈のうち最大規模のものは地区東端に分布し、露頭は少ないが幅20m、長さ300mの範囲に多量の転石が認められる。この脈の走向はN60°Wと推定される。試料の分析結果では注目すべき品位は得られていない(Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1ppm, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> < 1ppm, SnO<sub>2</sub> 0.00%, WO<sub>3</sub> 0.02%)。一般の電気石石英脈の規模は0.3～1m程度で、場所によっては、電気石の長柱状自形結晶を含む。電気石は最大径0.5～1cm、長さ5～10cmに達する。

電気石を伴わない高温石英脈は、地区東端部を代表例として各所に認められる。東端部のものはWNW～EW方向に2条確認され、それぞれ最大幅25m、15m、延長700m、500mである。これらの石英脈は、2～5mmの粒状石英からなり、後述する低温石英脈と異なり珪化作用を伴っていない。

低温石英脈は、地区内各所で確認され、その走向はNS系、NNE系、NNW～NW系およびEW系を示す。最大規模のものは、地区中央部をNE方向に斜断する幅3～10mの2条の石英脈である。低温石英脈は、母岩に珪化作用および弱い黄鉄鉱化作用を与えているが、錫、タングステン(ニオブ、タンタル)の鉱化作用とは関連していないと考えられる。また金、銀の品位も極めて低い(Au < 0.2ppm, Ag 2ppm)。

上述のように、ペグマタイト脈や石英脈露頭では鉱化部は確認されていないが、黒雲母花崗岩の白雲母化作用の程度やアブライト脈、ペグマタイト脈および石英脈の出現頻度からすると、バブンドン鉱山周辺以外では、ラミット川、小ボン沢、大ボン沢沿いに鉱化帯の賦存が期待されたため、地表踏査の補完として、沢砂中の重鉱物を採取し、鉱物種および含有量を検討した。その結果では、錫石をはじめとして微量の鉄マンガン重石、灰重石、コロンバイト-タンタライト、ストロベライト-イルメノルチル、モナズ石、ゼノタイム、ジルコン、チタン鉄鉱、磁鉄鉱、亜鉛尖晶石が確認された。また、ラミット川流域に比べて小ボン沢および大ボン沢ではザクロ石が多量に産出することが判明した。ザクロ石は、アブライト脈およびペグマタイト脈中に含まれており、沢砂中に多量のザクロ石を産出する小ボン沢および大ボン沢流域ではこれらの脈の出現頻度が高いことを裏づけている。一方、重鉱物の化学分析値から求められる沢砂の元素含有量をみると、錫はラミット川と小ボン沢流域で35～90g/m<sup>3</sup>、ニオブ、タンタルは小ボン沢および大ボン沢流域でそれぞれ

8 ~ 15 g/m<sup>3</sup>, 1 ~ 3 g/m<sup>3</sup>を示す。タングステンは 10 g/m<sup>3</sup>未満で非常に低い。全体に  
いづれの成分も濃集度は低い。

### 5-3 地化学探査

地化学探査は、矩形格子法によりB層土壌を対象とし、-80メッシュ産物を4,200個採取し、化学分析に供した。採試線の間隔は100m、採試点間隔は25mとした。採試点はポケットコンパスとテープによる簡易測量によって設定した。採試線の方向は、地区内のNW-SE系、ENE-WSW系の鉱化脈およびNE-SW系の断裂系を有効に捕捉するためにN-S方向に設定した。

#### (1) 化学分析法

##### (i) 指示元素

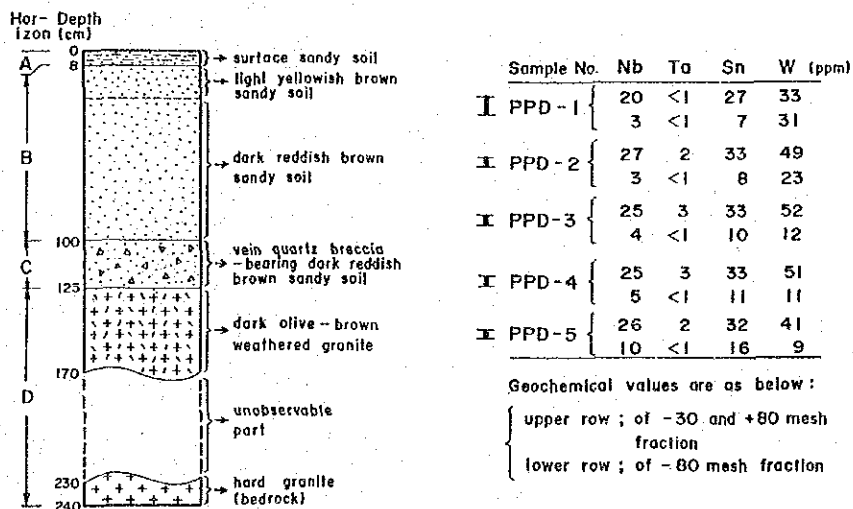
本地化学探査は精査段階にあるため、鉱化帯の存在を直接指示するニオブ、タンタル、錫、タングステンの4成分を指示元素とした。

##### (ii) 分析法

プラズマ発光分析法によった。

#### (2) 土壌断面および深度、粒度別元素含有量

地区内では淡褐色砂質土壌が卓越し、地化学土壌試料の採取深度は地表面から25~35cmが一般である。化学分析は-80メッシュ産物について行なったが、参考のために調査地区内の代表的鉱化帯であるバブンドン鉱山の露天採掘残壁から全土壌断面における深度別土壌試料を採取し、30~80メッシュ産物についてもそれぞれ化学分析を行なった(第15図)。



Pha Pun Dong mine

第15図 土壌断面及び深度、粒度別元素含有量

その結果では、深度による含有量に有意な差は認められないが、粒度別含有量では、地表近くのタングステンを除いては4成分とも30~80メッシュ産物の方が-80メッシュ産物の約2~9倍、平均3~5倍の値を示した。

本調査では-80メッシュ産物を採用して各地区で一応地化学異常域を抽出できているが、30~80メッシュ産物が高い含有量を示すことは単に含有量のオーダーが上がるに過ぎないと考えられなくもないが、むしろ錫、タングステン(ニオブ、タンタル)を対象とする調査では80メッシュより粗い産物を適用することによりさらにコントラストの強い地化学異常域を抽出できる可能性を示唆していると考えられる。

### (3) 地化学異常値区分

各指示元素のしきい値の決定および後背値区間、異常値区間の細分には、頻度分布、累積頻度分布を参考とし、地化学データの平均値、標準偏差を用いて決定した。

この区分結果を第8表に示す。

第8表 地化学後背値区間と異常値区間の区分(A地区)

単位 ppm

元素	後背値区間		異常値区間		
	低後背値区間	高後背値区間	低異常値区間	中異常値区間	高異常値区間
Nb	-27	28-38	39-54	55-77	78-
Ta	-2	3-4	5-8	9-15	16-
Sn	-31	32-43	44-62	63-84	85-
W	-5	6-11	12-25	26-52	53-

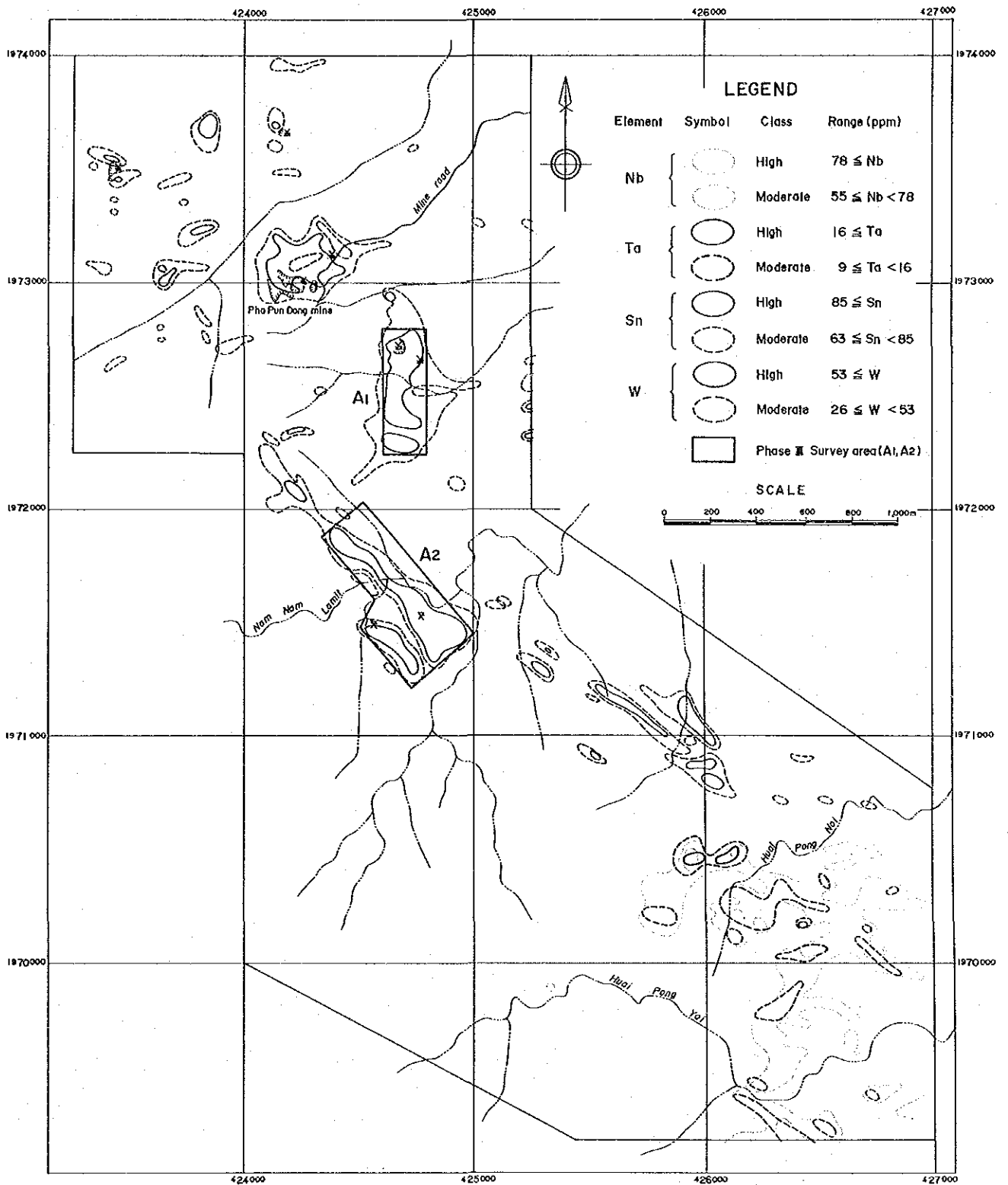
### (4) 地化学異常域の分布

前項の地化学異常値区分をもとに、指示元素毎に異常域を抽出し、第16図に示す。

元素別の分布状況は以下のとおりである。

- (i) ニオブ：南東部に限って中、高異常域が分布する。中異常域は1,300m×1,000mの範囲に分散し、小規模な高異常域を含んでいる。異常域は不規則な形状を示し、特別の傾向は見られない。このほか、北部東部に小規模低異常域が点在する。
- (ii) タンタル：南東部に中異常域がニオブの異常域に重複して分布するが、ニオブよりは小規模の異常域である。この中に3つの小規模高異常域が分散している。北部東半部に低異常域が広く分布する。
- (iii) 錫：中央部にラミット川を横切ってNW-SE方向を示して幅300m延長1,300mの規模をもつ中異常域が分布する。この中に最高値200ppmをもつ広さ200m×700mの高異常





第 16 图 A 地区地化学异常图

域が含まれる。これらを包含する低異常域が500m×3,000mの規模でNW-SE方向に伸長し、地質構造を反映しているようにも見える。

このほか、北部に小規模低異常域が点在し、パブンドン鉱山周辺では、小規模中異常域が見られるが、採掘跡、探鉱跡との関係は明瞭でない。

- (IV) タングステン：北部にのみ高異常域が見られる。パブンドン鉱山を中心とする高異常域は、400m×300mの広さをもち最高880ppmの異常値を含む。この異常域の南東400mに700m×250mの広さをもつ南北に延びる高異常域があり最高310ppmの異常値を含む。このほか、主として北部に小規模の中高異常域が点在する。これら中高異常域は、採掘跡、探鉱跡と対応するものが多い。また、分布状況を大きく見るとNW-SEの方向性があるように見える。地区南部には異常は殆んどない。

#### (5) 地化学異常域の評価

以上の地化学探査の結果抽出された各異常域を地質構造、変質作用および既知鉱化帯等との関係から評価すると以下のとおりである。ただし、パブンドン鉱山に直接関係する異常域は除いてある。

##### i) パブンドン鉱山南東方のタングステン異常域

NS系、NE系、NW系の断裂系および母岩の白雲母化が認められるほか、北部に採掘跡がある。パブンドン鉱山と同等の鉱化帯が賦存する可能性が大きい。

##### ii) 中央部の錫異常域

まとまった高異常域を含み、異常域の規模としては最大である。含錫砂礫鉱床を小規模に採掘した跡はあるが、沢砂中の錫の含有量は少ない。NE-SW方向の鉱化脈が賦存する可能性はあるが、有望な鉱化帯の賦存する可能性は少ない。しかし、異常域の規模からみて検討の余地がある。

##### iii) 南東部のニオブ、タンタル異常域

異常値のオーダーが低く、異常域としてのまとまりがない。母岩の変質や散見される石英脈とは対応せず、有望な鉱化帯の賦存する可能性は少ない。

#### 5-4 ボーリング調査及びトレンチ調査

本調査は、A地区において第2年次調査の結果抽出されたパブンドン鉱山南東方のタングステン地化学異常域及びラミット川流域の錫地化学異常域をそれぞれA<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>地区として、第3年次においてボーリングおよびトレンチによる追跡調査を実施したものである。

両地区とも鉱脈を効率的に捕捉するため、想定される鉱脈の方向に直交するようにボーリングとトレンチを組合せて調査地点を配列した(第17図)。

A<sub>1</sub>地区は、パブンドン鉱山の主要採掘跡の南方隣接地にあたり、本地区の北端には小規模な

採掘跡がある。本地区はタングステンの地化学異常域でバブンドン鉱山と同様の鉱脈の賦存が期待された。ここではボーリング13孔(30m×13孔=390m), トレンチ13か所(総掘削長670m)を実施した。

A<sub>2</sub>地区は、A<sub>1</sub>地区の南方約1kmに位置し、地区内には錫の2次鉱床採掘跡がある。本地区は錫の地化学高異常域がNW-SE方向に帯状に分布し、この方向がこの地域一帯での主要鉱脈の方向と一致することから錫鉱脈の賦存が期待された。ここではボーリング7孔(30m×7=210m), トレンチ6か所(総掘削長390m)を実施した。

各地区の調査結果は以下の通りである。

#### (1) A<sub>1</sub>地区

本地区は、東流する沢を境にして北部と南部に区分される。

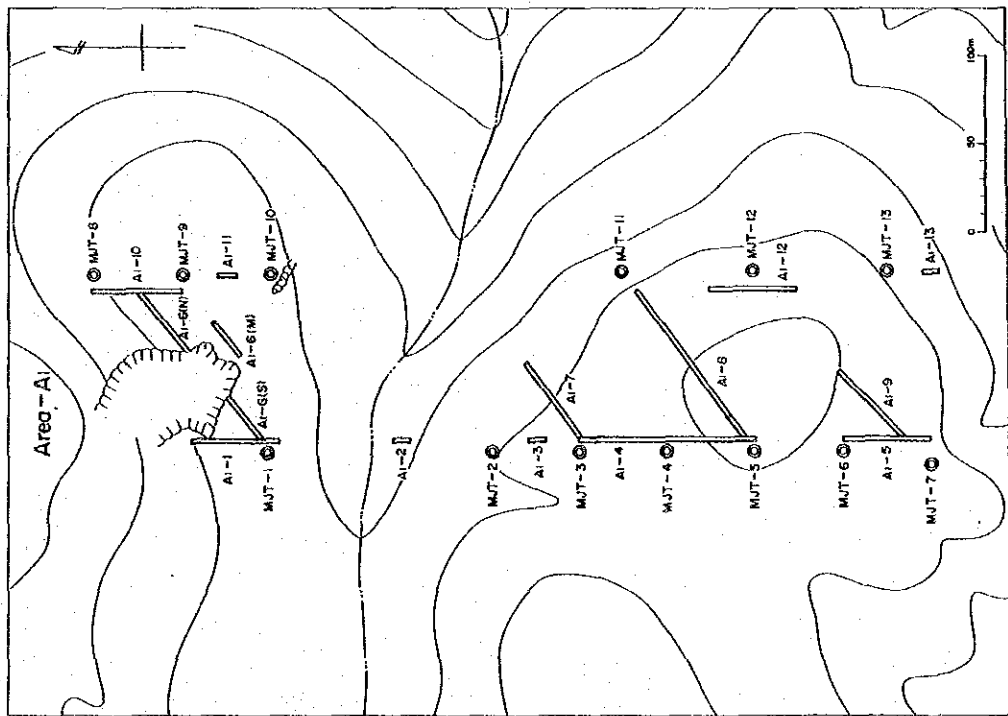
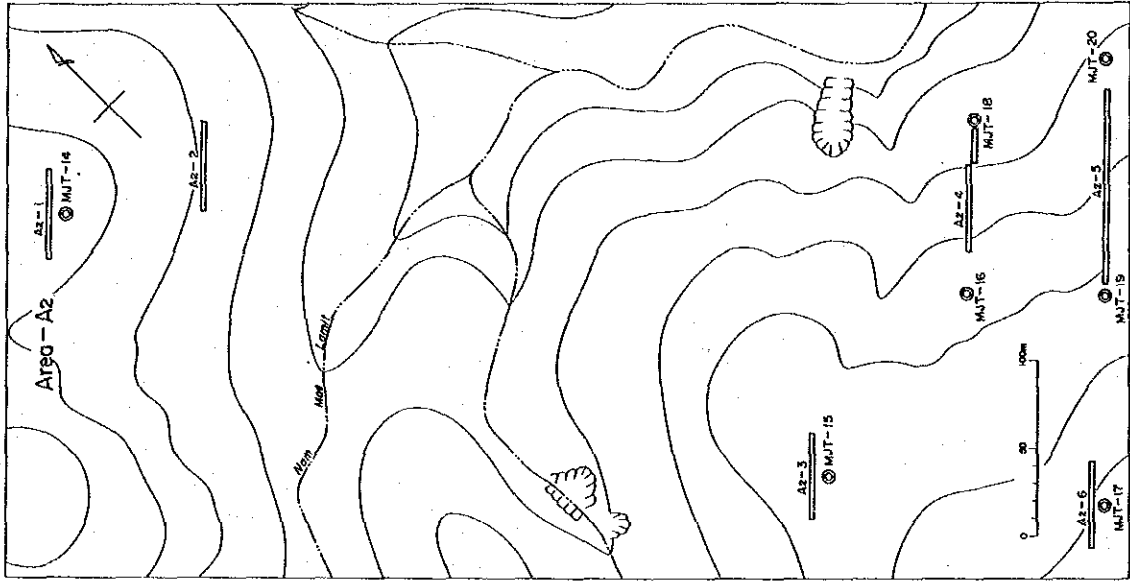
北部では小高い丘を中心に北西側と南東側に小規模な採掘跡がある。この採掘場では、走向NW-SE、傾斜SW落しの含電気石石英脈の細い平行脈を採掘していたようであるが切羽跡の石英脈や研の肉眼観察では鉱石鉱物は認められなかった。

ここではボーリング4孔、トレンチ4か所を実施したがボーリング調査では各孔で石英脈、ペグマタイト脈を捕捉したものの鉱化脈と云い得るだけの高タングステン含有量を示すものはなかった。また、表層部や孔底の基盤岩部でも高タングステン含有量を示すものはなく、前者は地化学異常区分の中〜高異常値に相当する含有量を示したが後者ではしきい値以下であった。

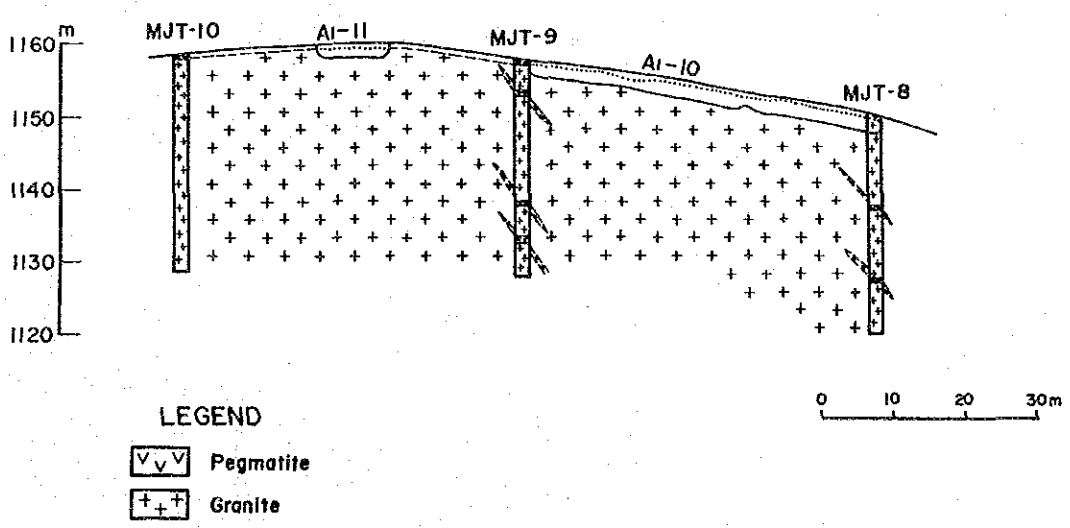
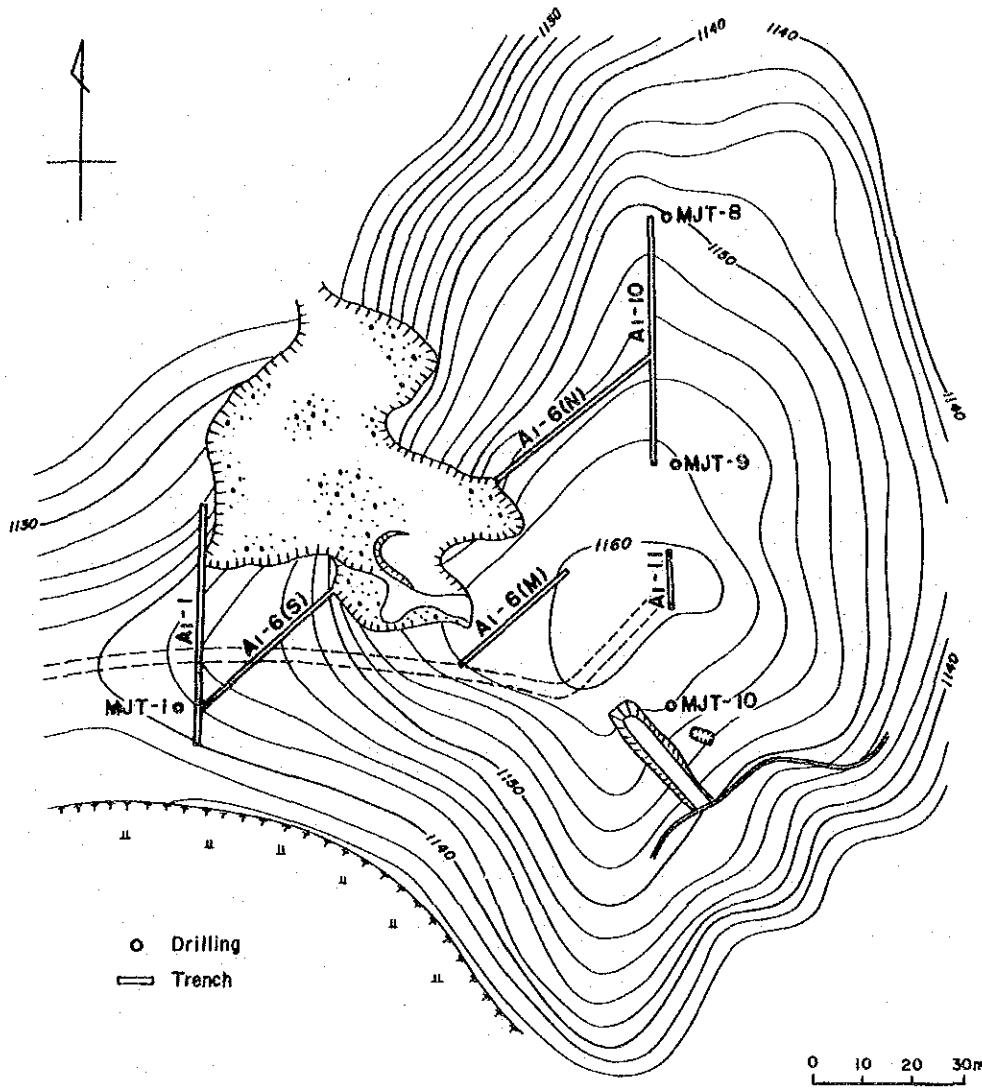
トレンチ調査では、各トレンチで石英脈、ペグマタイト脈を数多く捕捉したが、そのなかで2つの採掘跡の間を横断するトレンチA<sub>1</sub>-6(N)でWO<sub>3</sub>0.33%及びWO<sub>3</sub>0.29%, A<sub>1</sub>-6(M)トレンチでWO<sub>3</sub>0.81%を示すタングステンの鉱徴を捕捉した(第18図)。

これらの鉱徴は、電気石を含む石英脈またはペグマタイト脈に伴うもので採掘対象となっていた鉱脈の延長上にあたる。その他のトレンチではA<sub>1</sub>-1でW280ppm, W240ppm, A<sub>1</sub>-10でW110ppmなどを示すタングステン含有量のやや高い石英脈やペグマタイト脈が散見された。

一方、南部ではボーリング9孔、トレンチ9か所を実施し北部同様石英脈、ペグマタイト脈を数多く捕捉した。そのなかでボーリングは、MJT-2でWO<sub>3</sub>0.19%, MJT-4でWO<sub>3</sub>0.11%を示す弱いタングステン鉱化作用を伴った脈が認められた。また、トレンチ調査では、A<sub>1</sub>-7でWO<sub>3</sub>1.4%, A<sub>1</sub>-4でWO<sub>3</sub>0.23%, A<sub>1</sub>-3でWO<sub>3</sub>0.28%, A<sub>1</sub>-9でWO<sub>3</sub>0.49%を示すタングステン鉱徴が認められた。これらの鉱徴は電気石細脈、アプライト脈、含電気石ペグマタイト脈に伴うものである。その他ではW810~870ppmを示すタングステン含有量のやや高い含電気石石英脈、ペグマタイト脈が2条ほど散見される程度で特に注目すべきものは認められない。またトレンチA<sub>1</sub>-9, A<sub>1</sub>-12でのチャンネル



第 17 図 A 地区ボーリング・トレンチ調査位置図



第 18 図 MJT-8, 9, 10 ボーリング断面図

サンプルのタングステン含有量は、地化学異常区分の中～高異常値を示した。

以上のように本調査結果によって把握された鉍徴は、いずれも主要地質構造であるNW-SE方向に胚胎する数多くの含電気石石英脈、および、ペグマタイト脈等の一部がタングステン鉍化を伴ったもので、鉍脈としては数条散見される。しかし単位鉍脈の幅が5～10cm程度で、タングステン含有量も一部1.4%を示すものもあるが、一般には $WO_3$  0.2～0.3%程度で連続性にも乏しい。従って本地区での鉍徴はごく小規模なものが点在し鉍脈群としてまとまった分布を示す可能性は少ない。

## (2) A<sub>2</sub>地区

本地区では、ボーリング7孔(総掘進長210m)、トレンチ6か所(総掘削長390m)を実施し多数のペグマタイト細脈と一部に石英細脈を捕捉した。

しかし、いずれも鉍徴と云い得るだけの含有量を示すものがなく、ボーリングおよびトレンチでの最高値はそれぞれ、Sn 250 ppm, Sn 230 ppm程度である。また、各トレンチで行ったパンニング調査でも、一部に少量の錫石を認めたとどまった。

ボーリングの表層部および孔底部の母岩は、殆んどが地化学異常区分の中～高異常域に入る比較的高い錫含有量を示すなかで、地区の南東側でより高い錫含有量を示す傾向があり、この近くに錫石の2次鉍床を対象とした採掘跡がある。

この2次鉍床の起源は、ペグマタイト脈が数多く発達すること及びパンニングで得られた錫石は暗褐色を呈することなどからペグマタイトの鉍脈に由来するものと考えられる。

母岩の花崗岩類は、高い錫含有量を示すことから鉍化の場としての条件は備えていたものと考えられる。

鉍脈は見出されなかったが、小規模なものが賦存する可能性はある。