

タイ王国クラブリ地域
資源開発協力基礎調査報告書

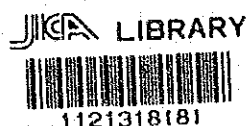
総括報告書

平成6年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

タイ王国クラブリ地域
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書



平成6年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

は し が き

日本国政府はタイ王国政府の要請に応え、同国の南部に位置するクラブリ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、地化学探査など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及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にした。

本調査は、平成3年6月より平成5年11月までの3か年にわたって実施され、タイ王国政府機関の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は3か年の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書となるものである。

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機関ならびに外務省、通商産業省、在タイ国日本国大使館及び関係各位に衷心より感謝の意を表します。

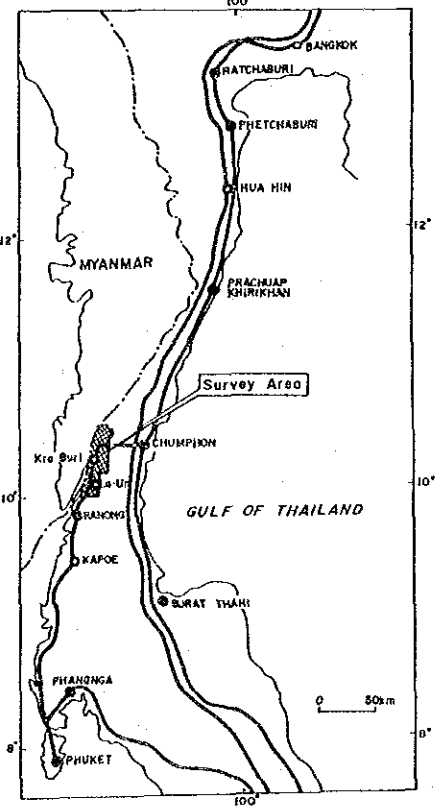
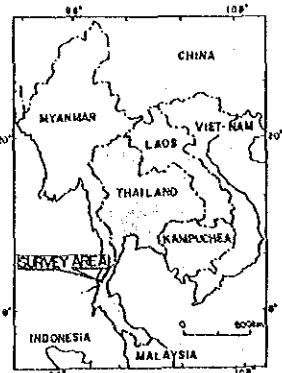
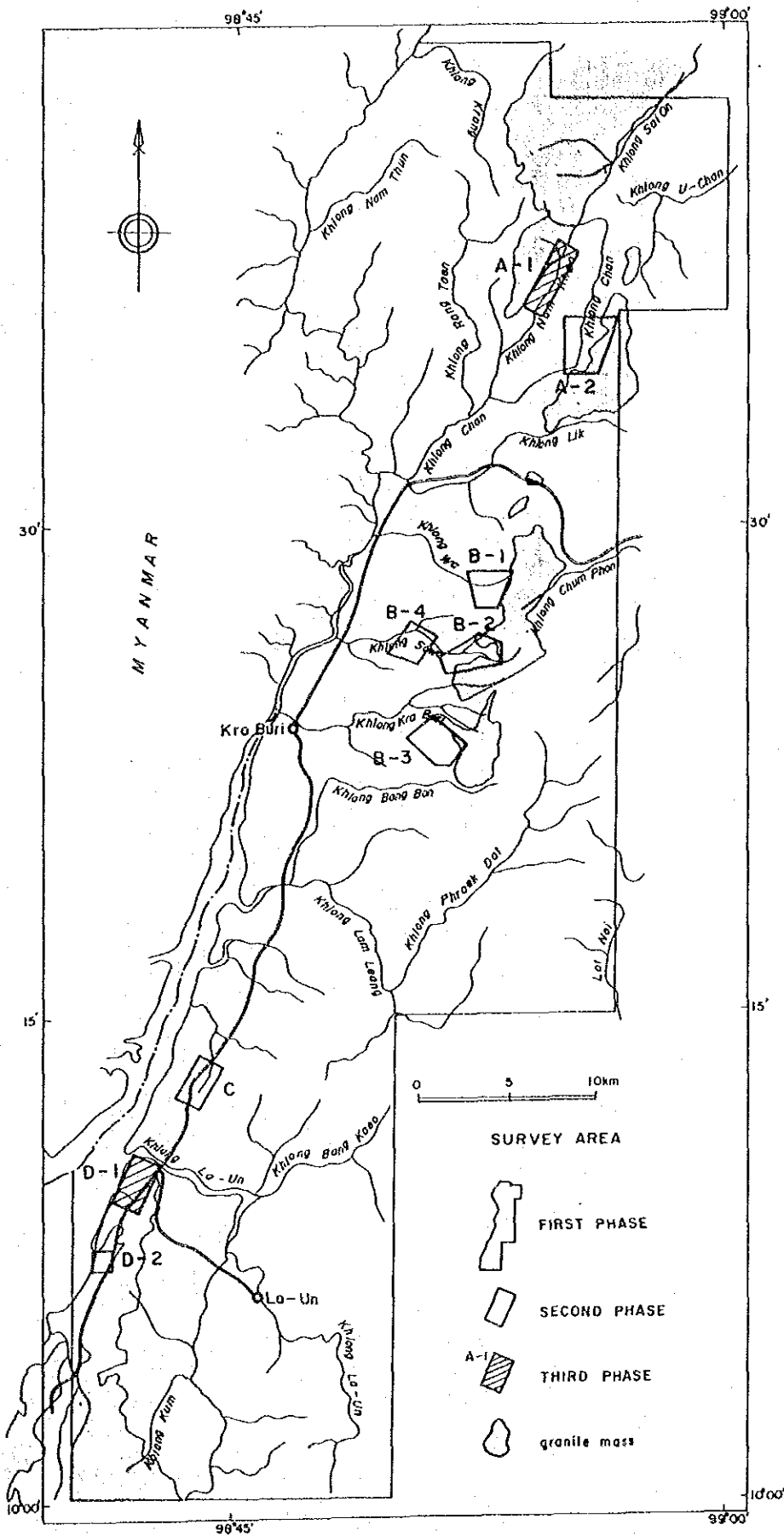
平成5年11月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介

金属鉱業事業団
理事長 石川 丘

国際協力事業団

28149



- Explanation
- Capital
 - Province capital
 - District capital
 - - - Border line
 - == Car road
 - Rail way

第 1 圖 調查地域位置圖

要 約

本調査はタイ王国南部のクラブリ地域における錫、タングステン、ニオブなどの有用金属鉱物資源と、併せてレアアース資源の賦存の可能性を確認することを目的として実施された。

調査地域はタイ半島部ラノン県クラブリ郡を中心とする南北80km、東西20km、面積1500 km²の地域で、タイ最大の産錫地帯ラノンブーケット地域の北部に位置する。

調査地域の地質はシルル―デボン紀からジュラ紀にわたる堆積岩類とこれらに貫入する花崗岩類及び第四紀沖積層からなる。堆積岩の構造はNNE―SSW方向の数本の断層で特徴づけられ、この構造方向に調和して白亜紀花崗岩が北部、中部、南部に貫入している。

第1年次調査の結果、クラブリ地域の錫及びレアアース元素の地化学異常は花崗岩周辺に認められ、錫を対象とした二次鉱床の採掘跡も花崗岩体に近接して分布していることが明かとなった。これらの地化学異常値は花崗岩と密接に関連していて、花崗岩中に賦存する錫石、モナザイト、ゼノタイムなど重鉱物が、花崗岩の風化・分解・剝削にともなって崖錐堆積物や河床堆積物などの沖積層に運搬堆積した結果を表しているものと考えられる。抽出された有望域は、花崗岩岩体周辺のA：北部岩体地区、B：中央部岩体地区、D：南部岩体地区および南部岩体の北部延長にあたるC：ファチ山珪化帯の4地区である。

第2年次調査は、第1年次調査により抽出された有望地区の中から特に地化学異常値の集中する4地区の中から9ヵ所を選択して、二次鉱床の堆積盆の抽出を主たる目的とし、併せて一部地域で初生鉱床の賦存の可能性あるいは吸着型レアアース鉱床の賦存の可能性を検討するため、土壌地化学探査を実施し、ある程度の鉱量の期待できるA-1、D-1の2地区が抽出された。

第2年次の調査結果をもとに、A-1地区ではピット調査およびボーリング調査、D-1地区ではボーリング調査が実施された。

A-1地区ではナムカオ川沿いおよび南部の沢沿いに発達する河川堆積物中に比較的品位の高い錫鉱床が見いだされた。鉱体は5箇所に分かれていてひとつでは小さすぎるものもあるが、5箇所合計での推定鉱量は780,000 m³、錫の平均品位は360~1500g/m³と算出される。

この2次鉱床は錫のみでなくタンタリウム、ニオブウム、レアアース、チタン等も伴っており、これらも回収できれば十分採算がとれる鉱床となろう。ただし、現在は農耕地であるのでこれとの経済比較が必要である。

D-1地区は、一部にレアアースの濃集した部分も認められたが、鉱量、品位さらに環境保護地区であることからして鉱床として開発することは難しい。

目 次

はしがき

調査地域位置図

要 約

目 次

第I部 総 論	1
第1章 調査概要	1
1-1 調査地域及び調査目的	1
1-2 調査方法及び調査量	1
1-3 調査機関及び調査員	7
第2章 従来 of 調査	9
2-1 既往調査結果	9
2-2 調査地域周辺の地質概要	11
第3章 調査地域の状況	12
3-1 位置及び交通	12
3-2 調査環境	12
第4章 結論及び提言	16
4-1 結論	16
4-2 将来への提言	17
第II部 各 論	18
第1章 衛星画像解析	18
1-1 衛星画像作成	18
1-2 衛星画像解析	19
第2章 調査地域の地質	23
2-1 層序	23

2-2	地質各説	24
2-3	花崗岩類の地化学特性	32
2-4	地質構造	41
2-5	鉍床・鉍化作用	41
第3章 地化学探査		46
3-1	河床堆積物による地化学探査	46
3-2	土壌による地化学探査	49
3-3	パンニングによる地化学探査	51
3-4	地化学探査の考察	54
第4章 地化学探査精査		57
4-1	A-1地区	57
4-2	A-2地区	64
4-3	B-1地区	76
4-4	B-2地区	83
4-5	B-3地区	90
4-6	B-4地区	96
4-7	C地区	103
4-8	D-1地区	110
4-9	D-2地区	118
第5章 ピット, ボーリング調査		121
5-1	A-1地区, ピット, ボーリング調査	123
5-2	D-1地区, ボーリング調査	133
第6章 鉍化作用の総合検討		138
第Ⅲ部 結論及び提言		144
第1章 結論		144
第2章 将来への提言		145
参考文献		146

表

第 1 表	調査量一覧表	6
第 2 表	ラノン市の月別平均気温	13
第 3 表	クラブリ町の月別降雨量	13
第 4 表	ラウン町の月別降雨量	13
第 5 表	ラノン地域の鉱業状況	15
第 6 表	河床堆積物の地化学異常値の区分	46
第 7 表	土壌断面毎の微量成分含有量 (バンバンノン地区)	50
第 8 表	A-1 地区の推定鉱量	132

図

第 1 図	調査地域位置図	
第 2 図	クラブリ地域調査フローチャート	2
第 3 図	鉱床有望地区抽出フローチャート	3
第 4 図	既存資料総括図	10
第 5 図	衛星画像解析図	20
第 6 図	クラブリ地区地質図	25
第 7 図	クラブリ地区地質模式柱状図	26
第 8 図	花崗岩分布位置図	29
第 9 図	花崗岩試料の化学組成図	33
第 10 図	ノルムQz-Ab-Or図	34
第 11 図	Na ₂ O-K ₂ O相関図	34
第 12 図	ACF(Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ -Na ₂ O-K ₂ O/CaO/FeO+MgO) 図	36
第 13 図	CNK(CaO-Na ₂ O-K ₂ O) 図	36
第 14 図	花崗岩試料のコンドライト規格化パターン図	38
第 15 図	花崗岩試料の微量成分と分化指数関係図	39
第 16 図	鉱微地分布図	42
第 17 図	クラブリ地区の地化学異常値分布図	55
第 18 図	A-1 地区地質図	58

第 19 図	A - 1 地区地化学探査解析結果図 (1)~(3)	61
第 20 図	A - 2 地区地質図	65
第 21 図	A - 2 地区地化学探査解析結果図 (1)~(8)	67
第 22 図	B - 1 地区地質図	77
第 23 図	B - 1 地区地化学探査解析結果図 (1)~(4)	78
第 24 図	B - 2 地区地質図	84
第 25 図	B - 2 地区地化学探査解析結果図 (1)~(4)	85
第 26 図	B - 3 地区地質図	91
第 27 図	B - 3 地区地化学探査解析結果図 (1)~(4)	92
第 28 図	B - 4 地区地質図	97
第 29 図	B - 4 地区地化学探査解析結果図 (1)~(4)	98
第 30 図	C 地区地質図	104
第 31 図	C 地区地化学探査解析結果図 (1)~(4)	106
第 32 図	D - 1, D - 2 地区地質図	112
第 33 図	D - 1 地区地化学探査解析結果図 (1)~(4)	113
第 34 図	D - 2 地区地化学探査解析結果図 (1)~(2)	119
第 35 図	A - 1 地区ピット, ボーリング調査箇所図	122
第 36 図	A - 1 地区北部地化学異常域(2) 解析断面図	125
第 37 図	A - 1 地区中央部地化学異常域解析断面図	126
第 38 図	A - 1 地区南東部地化学異常域解析断面図	128
第 39 図	A - 1 地区南西部地化学異常域東部の解析断面図	129
第 40 図	A - 1 地区南西部地化学異常域西部の解析断面図	130
第 41 図	A - 1 地区ピット, ボーリング調査解析結果図	131
第 42 図	D - 1 地区ボーリング調査箇所図	134
第 43 図	D - 1 地区解析断面図	135
第 44 図	D - 1 地区ボーリング調査解析結果図	137
第 45 図	花崗岩試料の錫, レアアース元素関係図	139
第 46 図	花崗岩試料の分化指数, 微量成分関係図	140
第 47 図	錫石, 希土類鉱物の生成モデル図	142

第 I 部 総論

第 1 部 総論

第 1 章 調査概要

1-1 調査地域及び調査目的

日本政府は平成 3 年から 3 年間にわたり、タイ王国南部のラノン県 (Changwat Ranong) クラブリー郡 (Amphoe Kra Buri) のクラブリー川 (Mae Nam Kra Buri) に沿った南北 80km、東西 20km、面積 1500km² のクラブリー地域 (第 1 図) において資源開発協力基礎調査を行った。

本調査はクラブリー地域の地質、地質構造、関係火成岩、レアメタル・レアアース・金鉱床の特性などを調査しニオブ、タンタル、錫、タングステン、金、モリブデン、ウランなどのほかレアアース元素についても、それらの賦存状況を把握し、初生鉱床・二次鉱床・潜頭性花崗岩体に伴われる鉱床の賦存有望地域を抽出すること目的とした。

1-2 調査方法及び調査量

調査はまず調査対象地域全体についてランドサット TM データによる写真地質学的衛星画像解析、地質調査、土壌・河床堆積物による地化学探査を実施し、これらの結果から抽出された有望地域について地質精査及び土壌地化探精査を行った。そして、さらに有望地区を集約し、最終的にはピット・ボーリング調査を行った。これら作業内容及び鉱床有望地区の評価の流れを第 2 図、第 3 図に示した。

本調査は 3 ヶ年間にわたって行われたもので、各年次の調査内容及び調査量は以下のとおりである。

1-2-1 第 1 年次調査 (1991 年)

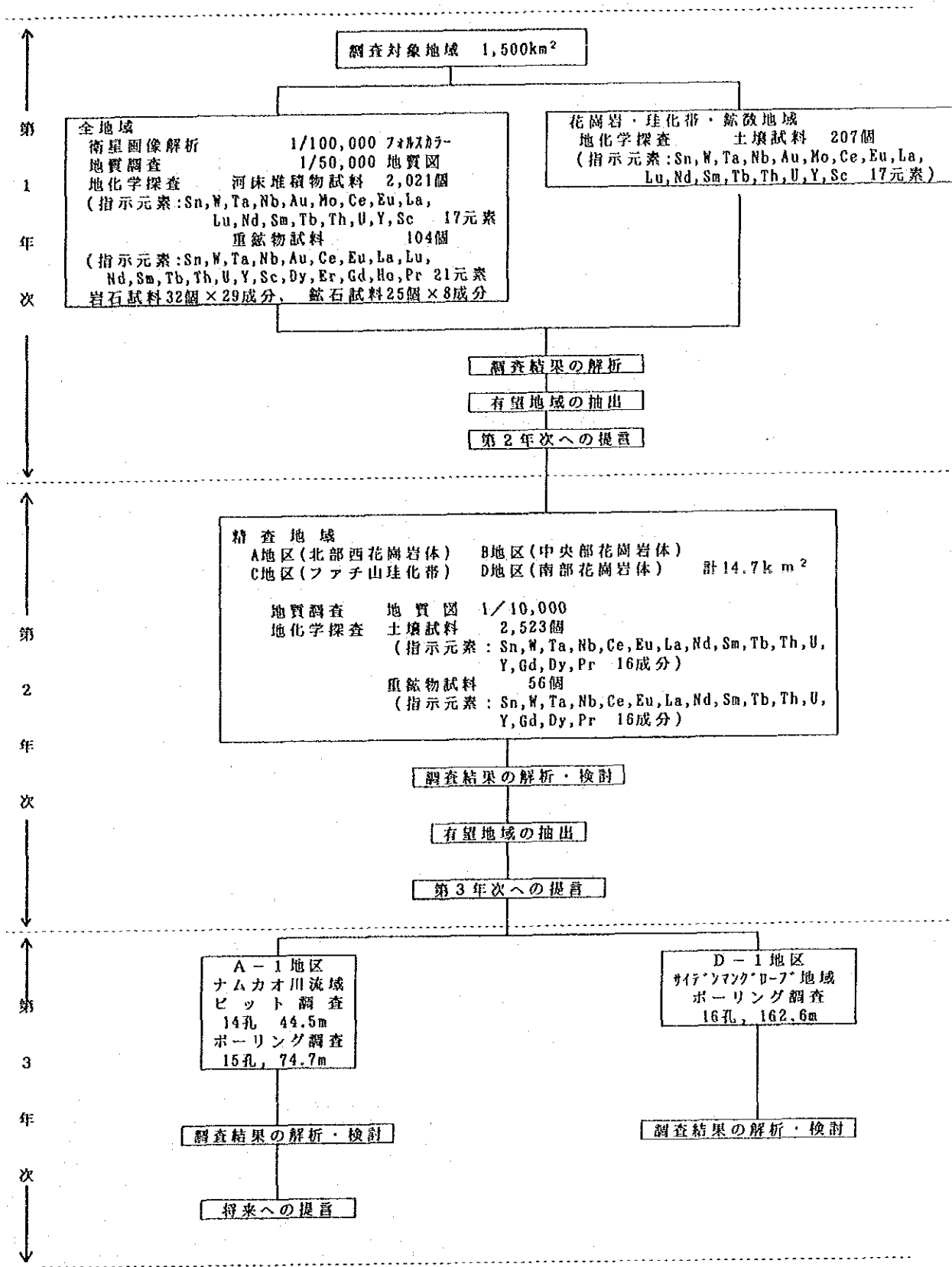
調査対象地域全域 (1,500km²) について衛星画像解析、地質調査および土壌・河床堆積物による概査的な地化学探査を実施した。

(1) 衛星画像解析

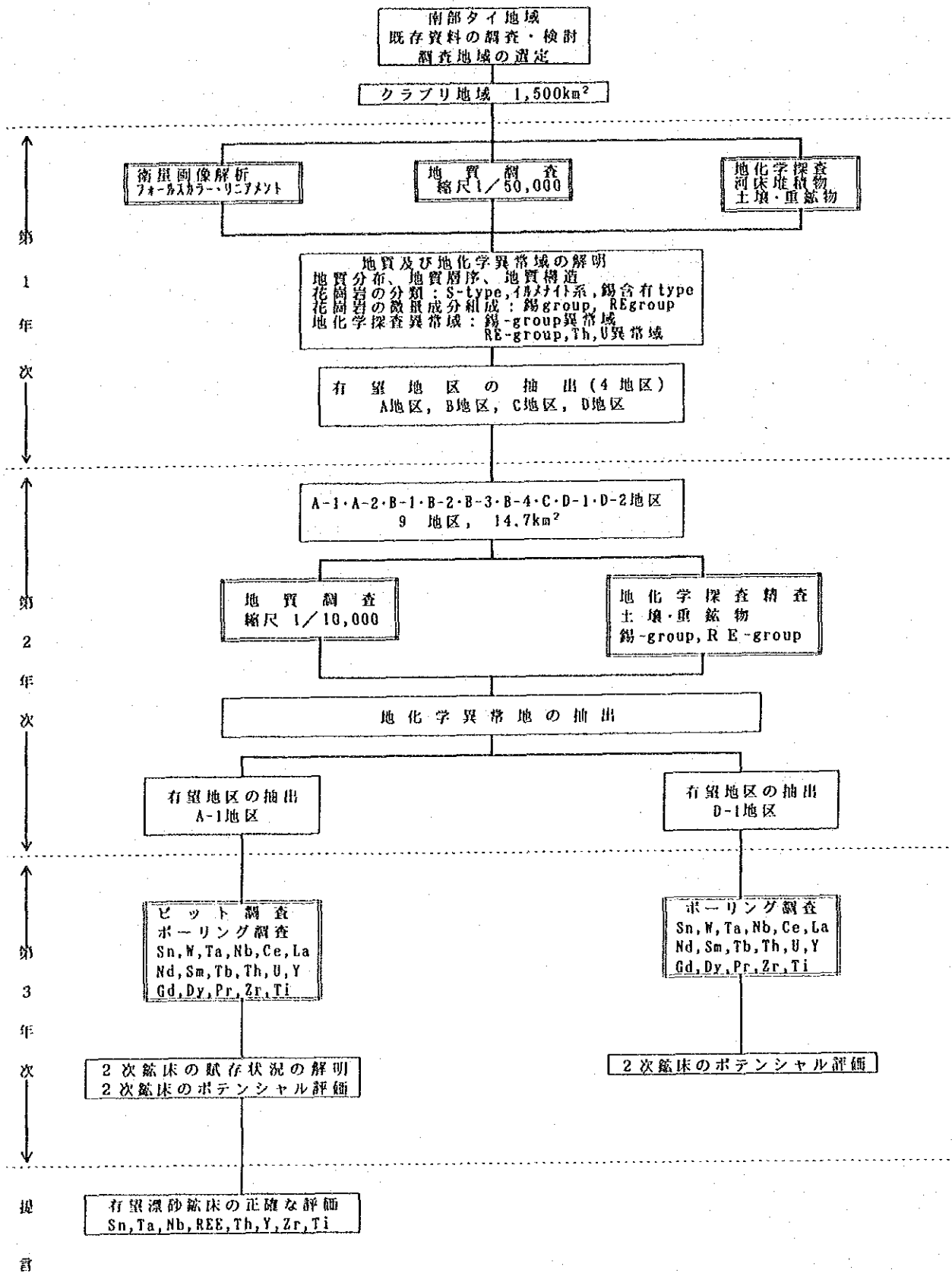
ランドサット 5 号の CCT データからフォールスカラー画像・印画を作成して、対象地域のリニアメント解析および地形・地質判読を行った。

(2) 地質調査

地化学探査試料採取と並行して調査地全域の地質調査を行い、縮尺 1/50,000 の地質図を作成し、採取試料の顕微鏡観察、X 線回折分析、EPMA 及び主要成分・微量成分の化学分析 (岩石: 32 個 × 29 成分、鉱石: 25 個 × 8 成分) を行った。そして本地域内に 4 箇所にわたって分布する白亜紀の花崗岩について、その主要成分から 4 岩体とも S-type・イルメナイト系列花崗岩に相当し、且つ錫含有量から錫花崗岩に分類した。さらに地化学探



第2図 クラブリ地域調査フローチャート



第3図 鉱床有望地区抽出フローチャート

査データと併せてレアメタル及びレアアースの賦存の可能性について検討した。

(3) 地化学探査（河床堆積物・重鉱物・土壌）

河床堆積物（調査地全域）、パンニングによる重鉱物（河床堆積物 4試料について 1試料）、土壌（花崗岩分布域）の試料採取を行った。河床堆積物（-80 μ m産物）は 2,021個を採取し17指示元素、重鉱物は 560個を採取し 104個について23指示元素、土壌は 207個を採取し17指示元素についてそれぞれ化学分析を行った。

これらの化学分析値は統計処理のうえ、河床堆積物は地化学探査異常分布図、重鉱物は肉眼鑑定によるパンニング試料肉眼鑑定図と微量分析値によるパンニング試料微量成分濃度分布図、土壌は土壌試料微量成分濃度分布図をそれぞれ各元素毎に縮尺 1/100,000 で作成しレアメタル及びレアアースの各元素間の相互関係・賦存性を検討した。

1-2-2 第2年次調査（1992年）

第1年次調査により抽出された有望地区の中から地化学異常値の集中する3箇所の花崗岩体（A・B・D区域）、1箇所の珪化帯（C区域）、計4区域を選定して二次鉱床の堆積盆の抽出を主たる目的とし、併せてA区域で初生鉱床の賦存の可能性あるいは吸着型レアアース鉱床の賦存の可能性を検討するため土壌地化学探査を実施した。

選定した4区域（A・B・C・D）から有望な9地区を抽出して各地区で簡易測量を行って 100m \times 50m（一部は100 \times 100m）の格子間隔で土壌試料（-80 μ m産物）を採取した。試料は対象とする二次鉱床が堆積盆の低部に濃集することから1m深度を原則として総数 2,528個を採取し16指示元素の化学分析を行った。

化学分析値は統計処理のうえ9地区について各元素毎の縮尺 1/10,000の地化学探査解析結果図を作成して次年時のピット・ボーリング調査対象地区を抽出した。

土壌試料の他にパンニングによる重鉱物（56個）、岩石（13個）を採取して解析データに供した。

1-2-3 第3年次調査（1993年）

第2年次調査の結果から、2箇所の有望地区（A-1地区：ナムカオ川流域、D-1地区：サイデンマングローブ帯）を選定し、2次鉱床のポテンシャル評価のためにA-1地区ではピット、ボーリング調査、D-1地区ではボーリング調査を実施した。

(1) A-1地区

ピット調査は、縦横幅 1.5mを規格とし、地質状況により掘留深度を決めて、14箇所、総掘進長44.5mを掘削し、その結果を縮尺25分の1柱状図としてまとめた。また、各ピットでは深度50cm毎を基本単位として地質状況を考慮してチャンネルサンプリングを行い、パ

ンニングにより重鉍物を濃集した後、合計89個を分析に供した。

ボーリング調査は、ピット調査を補完するために15孔が計画され、DMR所有のバンカドリルを用いて実施された。各孔は沖積堆積盆の基盤に到達するまで掘削され、総掘進長は74.7mで、その結果を縮尺50分の1柱状図にまとめた。

また、各孔から地層毎に計57個の試料を採取し、パンニング後に分析に供した。

(2) D-1地区

ボーリング調査は、D-1地区全体をカバーするように16孔を計画し、沖積堆積盆の基盤に達するまで掘削した。総掘進長は162.6mであり、その結果は縮尺50分の1柱状図にまとめた。

また、各孔から地層毎に計70個の試料を採取し、パンニング後に分析に供した。

これらの調査結果をもとに、両地区での2次鉍床の有無、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。

年次別の調査量を第1表に示す。

第1表 調査量一覽表

項目		第1年次 (1991)			第2年次 (1992)					第3年次 (1993)		
調査目的		全域の地質調・地化学探査から鉱床賦存の有望区域の抽出			前年次に抽出された有望区域の精査					2次鉱床のポテンシャル評価		
現地調査	調査区分	衛星画像解析	地質調査	地化学探査	地質精査 地化学探査精査					ビット・ボーリング調査		
	調査区域	全 域			A	B	C	D	計	A-1	D-1	計
調査	調査量 (km ²)	1500	1500	600km	6.0	2.5	1.8	4.4	14.7	ビット 14孔, 44.5m ボーリング 15孔, 74.7m	ボーリング 16孔, 162.6m	-
					A:北部岩体(2地区) B:中央部岩体(4地区) C:アヲ山珪化帯(1地区) D:南部岩体(2地区)					9		
室内	岩石薄片	-	53	-	5	2	-	4	11	-	-	-
	鉱石研磨片	-	13	-	8	5	1	8	22	27	14	41
	X線回折	-	22	-	7	1	2	1	11	2	3	5
	E P M A	-	17	-	-	-	1	4	5	-	-	-
調化学分析	河床堆積物	-	-	2021	-	-	-	-	-	-	-	-
	分析成分	Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb, Th, U, Y, Sc										
	重 鉱 物	-	-	104	19	17	6	14	56*	147*	59*	216*
	分析成分	Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb, Th, U, Y, Sc, Dy, Er, Gd, Ho, Pr, Tm			Sn, W, Ta, Nb, Ce, Eu, La, Nd, Sm, Tb, Th, U, Y, Gd, Dy, Pr							
	土 壌	-	-	207	1204	507	362	450	2528	-	-	-
	分析成分	Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb, Th, U, Y, Sc			Sn, W, Ta, Nb, Ce, Eu, La, Nd, Sm, Tb, Th, U, Y, Gd, Dy, Pr							
	岩 石	-	32		6	1	1	5	13	-	-	-
	分析成分	SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb, Th, U, Y, Sc			SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI Sn, W, Ta, Nb, Ce, Eu, La, Nd, Sm, Tb, Th, U, Y, Gd, Dy, Pr							
	鉱 石	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-
	分析成分	Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb, Th, U, Y, Sc										

* 鉱石試料含む

1-3 調査期間及び調査員

1-3-1 第1年次(1991)

1. 期間 事前調査 平成3年2月18日～平成3年2月28日

現地調査 平成3年6月10日～平成3年2月20日

2. 調査団の編成

	日本側	タイ側
計画・折衝	沢谷 勝三 及川 洋 佐藤 秀雄 升田 健蔵 藤田 実	Visith Noiphan Prakong Polaham Thawat Japakasetr Gawee Permpool Paicit Permpool Prayong Angsawattana Praphis Sampattavanija Phairat Suthakorn Peerapong Khuenkong Patchara Jariyawat Thawat Japakasetr Phairat Suthakorn Peerapong Khuenkong Patchara Jariyawat Thawat Japakasetr Phairat Suthakorn Peerapong Khuenkong Patchara Jariyawat Karoon Tonthongchai Manoon Tanasung Kittiphong Udomtanateera Boonchu Panglinput Taval Japakasetr
企画・調整	下出 雅義 両角 春寿	
地質・地化学探査	内村 巖 高畑 裕之 渡辺 敬三 高原 弘幸 堀内 浩久	

1-3-2 第2年次(1992)

1. 期間 平成4年6月10日～平成4年10月31日

2. 調査団の編成

	日本側	タイ側
企画・調整	逆瀬川敏夫 高木 宏介	Thawat Japakasetr Phairat Suthakorn

地化学探査

下出 雅義

高畑 裕之

伊藤 康則

三好 誠

Peerapong Khuenkong

Patchara Jariyawat

Karoon Tonthongchai

Manoon Tanasung

Boonchu Panglinput

1-3-3 第3年次(1993)

1. 期間 平成5年6月28日～平成5年11月30日

2. 調査団の編成

日本側

タイ側

企画・調整

逆瀬川敏夫

Boonmai Inthuputi

大迫 次郎

Phairat Suthakorn

山本 恭久

辻本 崇史

塩川 智

高本 宏介

下出 雅義

ピット・ボーリング調査

高畑 裕之

Peerapong Khuenkong

伊藤 康則

Karoon Tonthongchai

Boonruam Songkran

Taval Japakasetr

第2章 従来の調査

2-1 既存調査結果

マレー半島は古くから錫の産地として数多くの錫鉱山が存在し、世界でも有数の錫地帯である。タイ半島部はこの錫地帯の北部に当たり本調査地域に南接するラノン-プーケット地域はタイの中でも最大の錫生産地である。しかしながら、鉱床の殆どが砂鉱床であるため、技術的な問題が少なく、公刊された資料はあまりない。

マレー半島地域は中生代三畳紀～ジュラ紀にかけて火成活動を伴う造構造褶曲運動を被った地域である。この地域に分布する花崗岩は錫-タングステンを含有するものでHatchison and Taylor (1978)により、東帯、中央帯、西帯の三帯に区分されており、本調査地域は西帯の南部にあたる。

本調査地域一帯の地質については、“Geological Map of Thailand, Changwat Chumphon and Amphoe Kra Buri” (DMR 1985)がある。これには層序区分、岩相記載がなされ地層分布や地質構造が示されている。

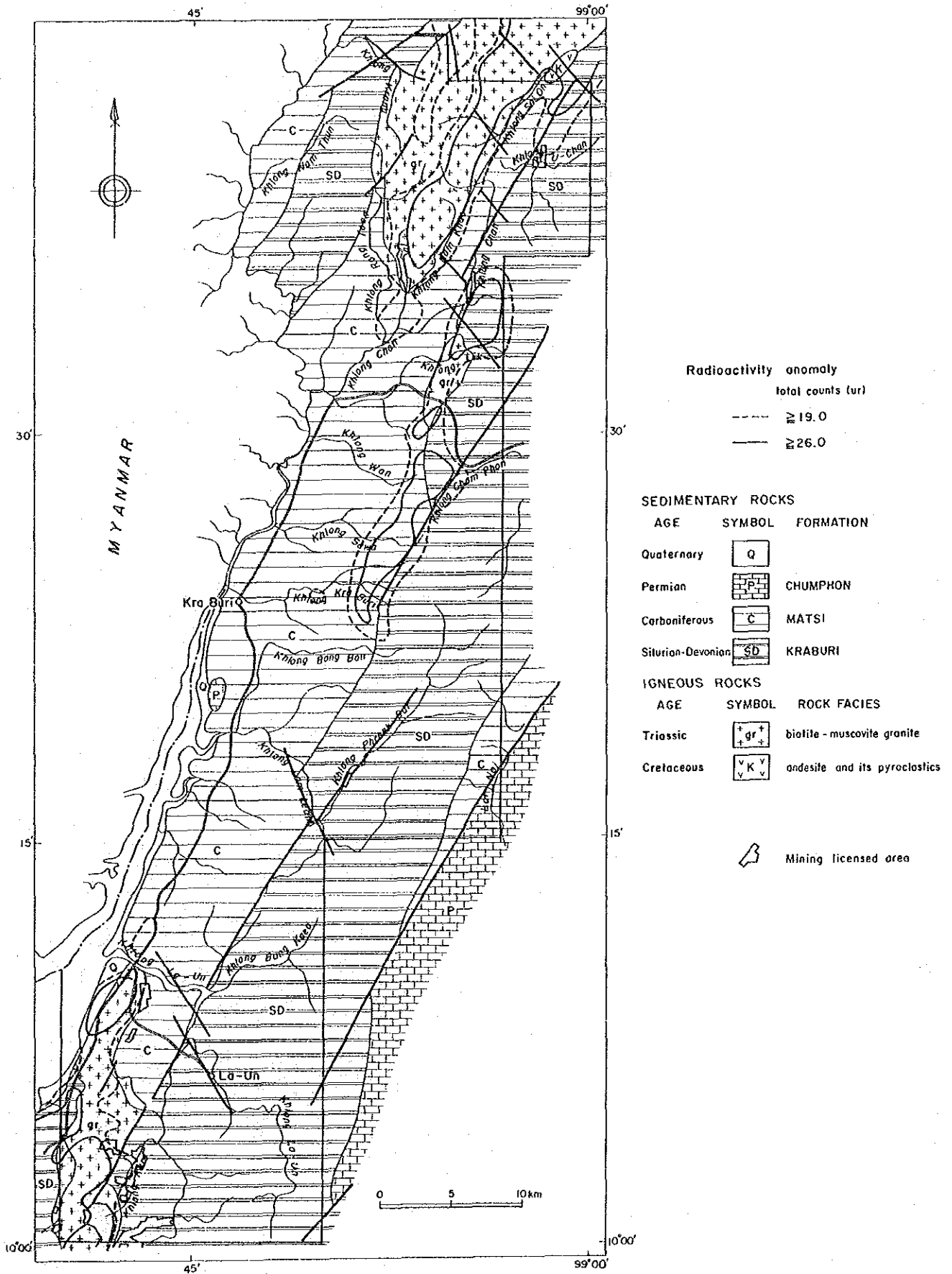
タイ王国鉱物資源局は、鉱物資源開発プロジェクトとして全国的な空中物理探査を1984年から実施している。探査方法は磁気、電磁気、放射能測定からなり調査は完了し、調査結果が逐次公刊されつつある。公刊された報告のうち、本地域をカバーするものに磁気及び放射能異常図があり、後者で花崗岩の分布に対応して明瞭なアノマリーが抽出されている。

調査地域には採掘跡や錫鉱徴地が点在する。これらについての報告はないが、調査地域南部 ラノン-プーケット地域では次のようないくつかの文献がある。

Aranyakanon (1961)は錫・タングステンの一次鉱床であるハドソンパン(Haad Som Pan)鉱床(ラノン県ニベット(Nivet)地域 東方)について、数多くの試料による詳細な岩石学的・鉱物学的研究を行い、母岩の変質作用と鉱化作用との関係、錫花崗岩と不毛花崗岩における磁鉄鉱の含有量、生成温度について述べた。

Carson et al. (1975)はタイ半島部の地質を詳述し、地化学調査の結果も合わせて金属鉱物・ダイヤモンドの賦存の評価を行うとともに非金属鉱物資源についても言及した。

Sirinawin et al. (1986)はラノン-プーケット地域における初生の錫鉱床について本地域の花崗岩はボロンに富む特異な岩体であること、鉱床のタイプは粘土化・鉱染型とペグマタイト型の二つがあることを述べ、地域内の鉱床別に品位、鉱量、鉱床タイプを示した。また、数多くの二次鉱床にはその起源のはっきりしないものがあり、これら二次鉱床を調査することから一次鉱床発見の可能性があるとした。



第 4 图 既存資料総括図

2-2 調査地域周辺の地質概要

マレー半島を含めた東南アジア一帯は、先カンブリア時代末期、パリスカン期（ヘルシニア期、古生代末期）、インドシナ期（中生代三畳紀～ジュラ紀）、アルプス期（中生代白亜期～新生代）の4回の造山運動を重複して受けた地質帯である。このうち、コラート高原とミャンマー東部に挟まれた地域からマレー半島、ボルネオ島に続く地域は、インドシナ期の火成活動を伴う造構造褶曲運動を被った地域である。この地域に分布する花崗岩は、厳密な定義はないが付随する鉱物資源に基づいて錫花崗岩ないし錫-タングステン花崗岩と呼ばれている。Hatchison and Taylor (1978) は、マレー半島の錫花崗岩をイースタン(Eastern) ベルト、メインレンジ(Main Range)ベルト及びウェスタン(Western) ベルトの3つのサブベルトに分けた。さらにHatchison(1983) は、このうちウェスタンサブベルトを三畳紀花崗岩の卓越する北部地域と白亜紀花崗岩の卓越する南部地域に分け、前者を北部タイ花崗岩地域、後者をウェスタンベルトと再定義している。調査地域は、このウェスタンベルトの南部にあたり、ラノンからクラブリ川沿いにタイ湾側のプラチュープキリカン(Prachuap Khirikhan)に達するラノン断層とパンガ(Phangnga)とスラータニ(Surat Thani)を結ぶマルイ川(Khlong Marui)断層に挟まれた地域のラノン断層に沿った部分にある。この地域は、特にウェスタンプーケットベルトと呼ばれていて、これより北のウェスタンベルトの地質構造がNNW-SSEの構造方向を示すのに対し、この地域はNNE-SSWを示し、これに斜交する。

ウェスタンプーケットベルトは、カンブリア紀からジュラ紀にいたる碎屑岩・石灰岩とこれらに貫入する白亜紀の花崗岩から構成されるが、調査地域付近ではカンブリア紀、オルドビス紀を欠き、シルルーデボン紀の泥岩・砂岩、石炭紀の泥岩・砂岩、二畳紀の石灰岩、ジュラ紀の砂岩・礫岩などの碎屑岩類とこれらに貫入する白亜紀の花崗岩が分布している。

調査地域の地質は、25万分の1地質図(DMR, 1985)によれば、シルルーデボン紀のタナオシ(Tanaosi)層群クラブリ層、石炭紀のマトリ(Matri)層、二畳紀のラトブリ(Ratburi)層群チュンボン(Chumphon)層からなり、これらを貫いてジュラ紀の花崗岩、白亜紀の安山岩・流紋岩などの火山岩が分布する。

調査地域の地質構造は、ラノン断層、マルイ川断層に規制されて、大局的な大構造はNNE-SSW方向を示していて、花崗岩の貫入延長方向もこれに規制されている。

マレー半島は古くから錫の産地として数多くの錫鉱山が存在し、世界でも有数の錫地帯である。本調査地域に南接するラノン-プーケット地域は、タイ国でも優勢な産錫地帯の一つであり、河川氾濫原及び海浜砂層を対象とした二次鉱床と花崗岩中の粘土化・鉱染

型とペグマタイト型の二種の初生鉱床が所々に分布していた。調査地域内でもかつては花崗岩体周辺の氾濫原において多数の二次鉱床が採掘されていて、各所に採掘跡が散見される。

第3章 調査地域の状況

3-1 位置及び交通

調査地域は、第1図に示すように東経 $98^{\circ} 40'$ ~ $99^{\circ} 00'$, 北緯 $10^{\circ} 00'$ ~ $10^{\circ} 45'$ の範囲内にあり、南北80km, 東西20km, 面積 1,500km²の地域であり、タイ第2の都市であるスラータニー (Surat Thani)市の北西約 150kmにあたる。行政上は、調査地域の大半がラノン県クラブリ郡及びラノン県ラウン郡に属し、北東部の一部がチュンポン県タセ郡とチュンポン郡に、地域南東端がラノン県ラノン郡にかかる。

調査地域に至るには、バンコック市-チュンポン市-ブーケット市に朝晩の急行バスが往復しており、これがクラブリ町に停車する。(バンコック-クラブリは 554km, バス所用時間約10時間), 鉄道はバンコック市-チュンポン市間約 500kmを約 9 時間で運行している。

空路利用の場合の最寄り空港はスラータニー市にありバンコックとスラータニー市間にはタイ国内航空のジェット機が毎日 3 ~ 4 便就航しており、所用時間は65分である。

調査地域内の主要国道は、地域北東部から南西部へ横断する国道 4 号線とラウン川口から分岐してラウン郡の群都ラウン町に通じる完全舗装の4091号線がある。このほか地域内の村落を結ぶ未舗装道路が主要河川沿いなどに通じている。これらの中には道路改修中もしくは未整備のためその大部分は雨季には四輪駆動車でなければ通行が困難である。また、大雨による道路の損壊や橋の流出が多いほか、奥地では橋のないところも多く増水時には通行不能になる箇所もある。地元民の交通手段としては、自動車や二輪車が普及している。また、大きな河川の流域では船の利用も盛んである。

3-2 調査環境

3-2-1 調査地域の地形

調査地域の90%は標高100m~700mの山地で占められており、主要な山稜はNNE-SW方向を示す。これらは細長い稜線と急峻な山腹で特徴づけられ、その方向は地域内に分布する堆積岩の地質構造と一致する。また北部と南西部に分布する花崗岩も大きくはNNE-SSWに延びるレンズ状分布を示し、比較的なだらかな山頂部と多数の滝や急崖をもつ急峻な山腹を形成している。

主要山系に挟まれる水系もNNE-S SW方向の縦谷状となり、狭あいな谷間には上流まで沖積低地が発達している。このNNE-S SW方向の主要な水系に直交する多数の横谷が急峻な山腹を刻んで発達している。調査地域西側のミャンマー国との国境を流れるクラブリ川もNNE-S SW方向を示し、その流域には沖積平野が発達する。このほか北部のチャン川 (Khlong Chan)流域及び南部のラウン川 (Khlong La-Un) 流域には広大な沖積平野が発達し、ラウン川河口からクラブリ川下流にはマングローブ帯が広がる。

3-2-2 調査地域の気候

調査地域は熱帯モンスーン気候に属し、5月～11月は南西モンスーンによる雨季、12月～4月は北東モンスーンによる乾季である。2月～4月は北東風が弱まり年間で最も暑い季節となる。調査地域の南に位置するラノン市の1990年月別平均気温及びクラブリ町及びラウン町の降雨量は次のとおりである。

第2表 ラノン市の月別平均気温 (1990, 単位: °C)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
最高	35.2	38.3	38.7	38.3	36.6	33.2	32.6	32.2	32.9	33.7	33.7	33.7
最低	20.1	21.0	20.4	22.9	23.3	23.5	21.6	23.1	21.8	22.5	20.4	19.7
平均	27.9	29.3	30.0	30.6	28.7	28.3	27.6	27.7	27.3	27.5	27.4	27.3

第3表 クラブリ町の月別降雨量 (1990, 単位: mm)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
雨量	0	0	15	119	243	783	409	612	458	432	72	2	3,146

第4表 ラウン町の月別降雨量 (1990, 単位: mm)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
雨量	0	0	0	86	217	414	399	516	534	404	124	21	2,714

3-2-3 調査地域の植生

調査地域の植生は、山地はほとんどが熱帯季節風林、丘陵地ではプランテーションの人

工林が主体であり、平地部は農耕地で占められている。山地部はチーク、檜、竹などが混じる落葉樹の原生林からなる。丘陵地は熱帯果樹やゴム、オイルパーム、コーヒーなど人工林と原生林雑木が混じる。平地部では河口沿いの沖積平野に水田、畑地が広がり、クラブリ川沿い、ラウン川河口の低湿地帯にはマングローブ林が見られる。

3-2-4 調査地域の鉱業

タイ国南部における錫鉱業は16世紀には既に行われていた記録が残っている。

1906年には(Thung Kha, Tongkah)港ではじめて錫鉱の浚渫採掘され、その後、豪州人、英国人、中国人などが参入して盛況を極めた。1965年にはタイ国南部の登録された錫鉱山は580に及んでいる。しかし、その多くは個人企業による浚渫またはgravel pumpingによるものであった。(沢田, 1971)

以後、タイ国の錫生産は南部の半島部を中心に増加を続けたが、しかし新素材の出現による需要の低迷、ブラジル及び中国など新興生産国との競合などにより1979年をピークに市場は低迷した。そのため中小錫鉱山の多くは閉山し稼働鉱山は激減した。調査地域周辺でも採掘跡は各所に点在するが、稼働中のものは浚渫船による1個所にすぎない。

第5表にラノン県の1988～1992年6月の鉱業状況を示す。ラノン県において錫石を主産物として操業中の鉱山は浚渫船による1個所のみで、これ以外の鉱山はカオリンを主産物とし副産物として錫石、イルメナイト、モナザイトなどの重鉱物を採取している。

モナザイト、ゼノタイムなどのレアアース元素を含む鉱物は、錫生産の最盛時には廃石として処理されてきたが、近年レアアース需要の高まりと共に廃石中や「アマン」中より分離・回収が行われている。しかし必ずしも計画的に採取されているわけではなく鉱量・品位などは明かではない。

ラノン地域の錫鉱床、特に陸上の二次鉱床を対象とした鉱山は、地元民による小規模のものが多く、稼行実績や鉱床規模など統計資料は少ない。これらの鉱床では、gravel pumping 法またはopen pit法を用いて採掘されている。後者は前者に比べ品位の高い部分だけを選択的に採掘することができるだけ採算性に優れているが、DMRラノン支所の経験的な資料では、最低平均採算品位は両者とも0.3 katty/yd³(237.31g/m³)、新規に鉱山を開発する為の費用は、gravel pumping法では400万バーツ、open pit法では1000万バーツであり、この他に300ไร่(rai:1ไร่=167-ル)当たり60～70万バーツの鉱区税が必要とされている。

第5表 ラノン地域の鉱業状況

(1) 鉱山数

	1988	1989	1990	1991	1992/6
登録鉱区数	106	88	72	68	68
稼行鉱山数	20	13	11	12	13
登録鉱種	cassiterite, wolframite, kaolinite associated mineral as tantalite-columbite, monazite, xenotime, zircon				

(2) 生産量 (単位: t)

鉱種	1988	1989	1990	1991	1992/6
cassiterite	1,060	951	986	940	432
wolframite	20	4	10	9	-
kaolinite	26,090	29,568	38,297	52,708	23,398
xenotime	3	-	-	8	-
monazite	9	-	66	116	-
zircon	266	-	20	119	-
columbite-tantalite	8	-	97	-	-

第4章 結論及び提言

4-1 結論

本調査では、第1年次に地質概査および河床堆積物、重鉍物、土壌による地化学探査、第2年次に地質精査および土壌地化学探査、第3年次にピット調査およびバンカドリルによるボーリング調査を実施して次の結論を得た。

(1) 地質調査により地質層序が確立され、4岩体に大別される花崗岩は地質構造と調和的に貫入している。花崗岩の化学成分からいずれもがS-タイプおよび錫花崗岩であることが示された。

(2) 各手法による錫、レアアースの地化学異常は花崗岩体周辺に認められ、錫の2次鉍床跡も花崗岩体周辺に分布することから、花崗岩体周辺に錫、レアアースの初生および2次鉍床と吸着型のレアアース鉍床の賦存が期待された。

(3) 第3年次は、第1年次および第2年次の調査結果から抽出されたA-1地区およびD-1地区において、2次鉍床が賦存していると推定された地化学異常域に対してA-1地区ではピット調査・バンカドリルによるボーリング調査をD-1地区ではバンカドリルによるボーリング調査を実施して次の結論を得た。A-1地区

(i) A-1地区には崖錐性の風化残留堆積物中と河川沿いに発達する河川堆積物中に賦存する2次鉍床が期待されていたが、調査結果からは河川堆積物に含まれる2次鉍床が有望と結論される。

(ii) 第2年次調査で風化残留堆積物中に2次鉍床の賦存が期待された地域は、第3年次調査では昨年度の1/50~1/1,000の分析品位しか得られていない。これは分析試料の調整方法の違いに由来するものであり、実際の採掘時には第3年次得られた分析品位が参考となる。

(iii) レアアース鉍物の分析品位と相関的にトリウム、ジルコニウム、チタンおよびタンタル、ニオブウムの分析品位が変化する。特にナムカオ川沿いの堆積盆ではタンタル、ニオブウムが高濃度を示す。

(iv) 2次鉍床の有望域は5か所に分かれて分布するが、5か所のうちナムカオ川沿いに位置する3箇所合計の推定鉍量は639,000m³、平均品位はSnO₂=500g/m³、Ta₂O₅=10g/m³、Nb₂O₅=36g/m³、T.R₂O₃=135g/m³、ThO₂=18g/m³、Zr₂O₃=23g/m³、TiO₂=1025g/m³と算出される。また、西側2箇所の鉍量は、146,000m³、平均品位はSnO₂=1000g/m³、Ta₂O₅=15g/m³、Nb₂O₅=24g/m³、T.R₂O₃=50g/m³、ThO₂=6g/m³、Zr₂O₃=16g/m³、TiO₂=290g/m³と算出される。

D-1地区

(i) D-1地区の堆積盆はマングローブ土が広く覆っているが、その下位には2次鉍床

が胚胎する有望な砂礫層が賦存し得るものと考えられていた。しかしながら、調査結果では、砂礫層の発達に限られており、含まれる有用鉱物も少ないことが明かとなり鉱床として期待できない。

(ii) D-1地区の堆積物の大部分は、古い河川系の周辺を除いては、極めて静かで還元的环境のもとで堆積したものであり、粗粒な重鉱物をほとんど含まない。

(5) 地化学異常値の平面的分布および2次鉱床中の垂直的な地化学異常値の変化から、花崗岩中における錫とレアアースの胚胎位置が異なる可能性が示唆された。

4-2 将来への提言

A-1地区で確認された2次鉱床は、規模はともかくとして錫の分析品位では極めて高い値を示す。さらに、タンタリウム、ニオブウム、レアアース、チタン、ジルコニウムなども伴うことから採算面でも有利である。今回の調査は調査孔の間隔が広いことから開発にあたってはより詳細な調査が必要であろう。また実際に開発する場合には現在地表部は耕作地として利用されていることから、これらの補償費との経済比較も必要である。

3年間の調査を通じて、錫の市況が悪いことから錫鉱のみでなくレアアース鉱物も伴う2次鉱床をターゲットとしてきたが、錫鉱のみに限ればクラブリ地区南部のクン川流域の旧鉱地帯はこの地区の中では高いポテンシャルをもっているし、ラムリアン川上流には初生の錫鉱床が胚胎する可能性が高い。今後、機会があればこれらの地区の鉱床評価を実施することを望みたい。

第 II 部 各論

第 II 部 各論

第 1 章 衛星画像解析

クラブリ地域の衛星画像のスペクトル及び地形の 2 情報から写真地質学的判読手法を用いて、調査地域の地質を解明した。

1-1 衛星画像作成

1-1-1 使用データ

Landsat-5 (TM: Thematic Mapper) の CCT (BSQフォーマット, 6250BPI) データを使用した。

調査地域を含む撮影時のデータは次のとおりである。

軌道フレーム	画像中心点	撮影年月日	雲量	ID 番号	処理レベル
path 130 raw 53	N10° 10' E98° 26'	1991. 02. 10	10%	5253703551	バルク処理

1-1-2 画像作成

調査地域は、熱帯雨林またはモンスーン気候帯に属することから地表の大部分は植生に被覆されていると考えられるので画像処理を行うにあたっては地質情報をできる限り抽出する処理を行うと共に、地形情報を強調する処理が必要である。

このため、画像作成にあたっては濃度等頻度化処理 (Histogram equalization) を行い原画像に比べコントラストの強い画像を作成した。とくに調査地域の TM シーンは、約半分が海域により占められていることから、陸域のデジタル値が占めるヒストグラム範囲を主たる対象として各バンドの処理を行った。

また、アンシャープマスキング (Unsharp masking) 処理により、画像を鮮鋭化させてエッジを強調効果により、リニアメントなどの抽出を容易にする手法を採用した。

1-1-3 フォルスカラー画像の作成

クラブリ地域は植生被覆が優勢であり、経験的にバンド組み合わせを 1-4-5, 1-5-7, 2-3-4 の 3 種のフォルスカラー画像をディスプレイ上で観察して次のような評価を行った。

上記の結果から、判読作業に最適であると判断されるバンド組み合わせは 1-4-5 であるので、それぞれに青色 (B), 緑色 (G), 赤色 (R) を割り当て縮尺 1/10 万のフォルスカラーの印画を作成して地形・地質判読に供した。

バンド組み合わせ	1-4-5	1-5-7	2-3-4
雲と周囲の地表の明瞭度	◎	○	○
山地の地形の明瞭度…	◎	○	◎
低地の環状構造の明瞭度	◎	○	△

1-2 衛星画像解析

1-2-1 リニアメント解析

抽出されたリニアメントを第5図に示す。リニアメントはその確度から高・低の2段階にわけて表現した。

リニアメントの大部分は、直線状リニアメントであり、NNE-SSW, NE-SW, N-S, E-W, NW-SE~SSEの5方向が認められる。

このうち最も発達頻度の高いリニアメントは、NNE-SSW方向であり、地域全体に平均的に分布している。この方向は調査地全域の地質構造を反映していて、ラノン断層とマルイ川 (Khlong Marui) 断層に挟まれた地域の地質構造をよく表している。これら2つの断層は走向断層であり、大略的な地質分布の配列を強く規制していて、堆積岩を区画する断層や、堆積岩と花崗岩の境界線を示している。

NE-SW方向のリニアメントは、調査地域中部のパックチャン部落 (Ban Pak Chan) 東方からラウン川 (Khlong La-Un) にかけて集中して分布している。これらのリニアメントは、確度が高く延長の長いものと、確度が低く延長が短いものが平行して発達している。クラブリ町の東方山地では、花崗岩がこれらリニアメントの示す断層によって、右ズレを生じている。また、これらはNNE-SSW方向のリニアメントを切っており、調査地域では比較的新しい断層構造を示している。

NW-SE方向のリニアメントは、NE-SWリニアメントは、NE-SW系と直交して分布しているが、出現頻度が低く連続性にも乏しく且つ確度の低いものが多い。

E-W方向のリニアメントは、調査地全域に分布が認められる。地域北方では、確度が低く延長性の乏しいものが多いが、南半分では、出現頻度は低いものの確度が高く延長性にも富む。このリニアメントは、一部はNE-SW系から分岐するものも認められるが、NE-SW, NNE-SS方向のリニアメントを切っており、この地域では最も新しい断裂構造であると推定される。

N-S方向のリニアメントは、ラムリアン川 (Khlong Lam leang) より南側で多く発達している。とくに南部の花崗岩周辺では確度の高いものが認められる。



第 5 图 卫星画像解析图

調査地域内には、直線状リニアメントの他に曲線～環状リニアメント及び確度の低い波状リニアメントが緩傾斜の堆積岩分布地域に認められる。これらのリニアメントは堆積岩のケスタ構造など地形構造を反映しているものと推定されるが、野外調査では確認されていない。

リニアメントの出現頻度は、堆積岩の分布域で高く、その中でもシルル・デボン系の分布域で高い傾向が認められる。花崗岩体内部にもリニアメントは分布しているが、花崗岩体の周辺では逆にリニアメントの出現頻度が低い部分がある。これらの部分は花崗岩が形成する急勾配の山地周辺に発達する緩傾斜の丘陵地に相当していて、周囲の堆積岩並が構成する山地よりも低く平坦である。この特徴は北部及び南部の花崗岩体の周辺で顕著であるが、中央部の岩株状花崗岩周辺では認められない。

1-2-2 地質判読

画像上でみられる色調、肌合、水系パターン、水系密度、風化や浸食に対する岩石抵抗度及びリニアメントの発達状況などの判読要素から、対象地域はA、B、C、D、Eの5つの単元に区分された。(第5図)

単元Aは画像上で濃い緑色を呈する範囲で、調査地域の北西部と東部全域において分布するNNE-S SW方向へと連なる高山地帯である。地形は南部ほど急峻となり、谷も深く刻まれる。リニアメントはNNE-S SW方向に発達し分布している。水系は密度の高い樹枝状を示すが本流はNNE-S SW方向のものが顕著である。肌合は粗粒で、起伏に富む地表の様子が良好に見られる。また、地形的・水系の特徴から浸食に対する抵抗度は高いと推定される。従って、単元Aは層理が発達し、浸食作用に強い堅硬な泥岩・砂岩層と考えられる。

単元Bは淡緑・黄色を呈する範囲で、調査地域の北東部から中西部において、NNE-S SW方向に続く丘陵地帯である。地形的には標高の様な山脈であり、単元Aよりリニアメントが不明瞭である。水系は小規模な樹枝状が発達し、流路の幅が広く谷の切れ込みは浅い。浸食に対する抵抗度は中～高と推定される。肌合は粗～中粒で、地表の起伏変化がみられる。従って、単元Bは堆積岩の一種と考えられる。

単元Cは赤茶・茶色を呈する範囲で、地域の西部平野や南西部山地において地形に規制された分布を示している。リニアメントの発達はみられない。浸食に対する抵抗度は低く、この単元の中央部を河川の流路となっている。肌合は細粒で、起伏のない滑らかな様相がみられる。従って、単元Cは未固結の礫・砂及び粘土からなると推定される。

単元Dは濃緑色を呈する範囲で、調査地域では最も低地となる河口沿いの平野部のみに

分布する。浸食に対する抵抗度は極めて低く、この单元内を蛇行した河川が多く流れている。肌合は細粒で、起伏はみられない。従って、单元Dは未固結の礫・砂及び粘土からなると考えられる。

单元Eは緑色を呈する範囲で、調査地域北部中央と南西部においてそれぞれN-S方向へと連なる高原を形成する。色調・肌合は单元Aに似ているが、リニアメント・水系の特徴に明瞭な差異が認められる。すなわち、リニアメントはN-S、NE-SWといった2方向への発達が顕著であり、水系はゆがんだ直方状を示す。これは、浸食に対し抵抗度が单元Aよりも高く、断層や節理が発達していることを表していると考えられる。従って、单元Eは侵入した火成岩の一種と推定され、規模の大きさからいって深成岩類と考える。

以上のように解析画像上の各单元色調は、地質的な対応よりも調査地域の地形的な特徴に対応した植生をよく反映している。すなわち、单元A及び单元Eにみられる濃緑色から緑色の部分は、急な地形であるために人手がほとんど加えられていない密生した天然林と対応し、单元Bの淡緑・黄色は、丘陵地に広がるゴム園や果樹園などの比較的高い樹高を持つ人工林に対応する。また、单元Cにみられる赤茶・茶色を呈する箇所は、畑地、水田、陸稲田、樹高の低いコーヒー園や住宅地などの裸地に近い部分に対応し、单元Dの濃緑色を示す部分は、開発の難しいマングローブが密生するスワンプに対応している。

第2章 調査地域の地質

2-1 層序

マレー半島を含めた東南アジア一帯は、先カンブリア時代末期、パリスカン期（ヘルシニア期、古生代末期）、インドシナ期（中生代三畳紀～ジュラ紀）、アルプス期（中生代白亜紀～新生代）の4回の造山運動を重複して受けた地質帯である。

このうち、コラート高原とミャンマー東部に挟まれた地域からマレー半島、ボルネオ島に続く地域は、インドシナ期の火成活動を伴った造構造褶曲運動を被った地域である。この地域に分布する花崗岩は、厳密な定義はないが付随する鉱物資源に基づいて錫花崗岩ないし錫-タングステン花崗岩と呼ばれている。Hutchison and Taylor (1978) は、マレー半島の錫花崗岩をイースタン (Eastern) ベルト、メインレンジ (Main Range) ベルト、及びウェスタン (Western) ベルトの3つのサブベルトに分けた。さらにHutchison (1978) は、このうちウェスタンサブベルトを三畳紀花崗岩の卓越する北部地域と白亜紀花崗岩の卓越する南部地域に分け、前者を北部タイ花崗岩地域、後者をウェスタンベルトと再定義している。

調査地域は、このウェスタンベルトの南部にあたり、ラノン市近傍からクラブリ川沿いにタイ湾側のプラチュープキリカン (Prachuap Khirikhan) に達するラノン断層とパンガ (Phangnga) とスラータニ (Surat Thani) を結ぶマイル川 (Khlong Marui) 断層に挟まれた地域のラノン断層に沿った部分にある。この地域は、とくにウェスタンブーケットベルトと呼ばれていて、これより北のウェスタンベルトの地質構造がNNW-SSEであるのに対し、NNW-SSWを示している。

ウェスタンブーケットベルトは、カンブリア紀からジュラ紀にいたる砕屑岩・石灰岩とこれらに貫入する白亜紀の花崗岩から構成されるが、調査地域付近ではカンブリア紀、オルドビス紀を欠き、シルル・デボン期の泥岩・砂岩、石炭紀の泥岩・砂岩、二畳紀の石灰岩、ジュラ紀の砂岩・礫岩などの砕屑岩類とこれらに貫入する白亜紀の花崗岩が分布している。

調査地域の地質構造は、ラノン断層、マイル川断層に規制されて、大局的にはNNE-SSW方向を示し、花崗岩の貫入方向もこれに規制されている。

鉱床は、調査地域から南のラノン～ブーケットにかけては、タイでも優勢な産錫地帯であり、かつては調査地内でも花崗岩体周辺の氾濫堆積原において多数の二次鉱床が採掘されていたが、1991年には地域南部で1箇所のみが稼行中であったが、1992年には閉山した。

2-2 地質各説

調査地域の地質は、25万分の1地質図(DMR, 1985)によれば、シルル・デボン紀のタナオシ(Tanaosi)層群クラブリ層、石炭紀のマトリ(Matri)層、二畳紀のラトブリ(Ratburi)層群チュンポン(Chumphon)層からなり、これらを貫いてジュラ紀の花崗岩、白亜紀の安山岩・流紋岩などの火山岩が分布するとされている。

これらの地質分布について今回の調査により若干の修正をくわえた、すなわち1989年DMR 実施空中放射能探査(1989)による異常域と一致する位置に花崗岩の分布が新たに確認されたり、ジュラ紀のコラート(Korat)層群ファンダン(Fang Dang)層に対比される地層などが確認された。しかし地域全般では、露岩状態が悪い場所が多く、また、風化が進んでいるために岩相対比が明確にできなかった箇所も多く、層序関係については必ずしも明らかにはできなかった。このため、大局的な地質分布、層序関係についてはDMR(1985)に準拠した。ただし、花崗岩の貫入時期については、Hatchison(1983)およびSuensilpong et al.(1983)などに従って白亜紀と考える。

本地域に分布する花崗岩体はその分布域から4つに区分される。これらを調査地域北方からナムケオ川(Khlong Nam Khao)付近までに分布する北部西岩体、チャン川(Khlong Chan)の東側に分布する北部東岩体、クラブリとチュンポンを結ぶ国道の南側に分布する中央部岩体、調査地域南部の国道沿いに分布する南部岩体と仮称する。南部岩体は、調査地域の南では、ラノン花崗岩体(Sirinawin et al. 1986)と呼ばれる錫花崗岩の北部延長にあたる。

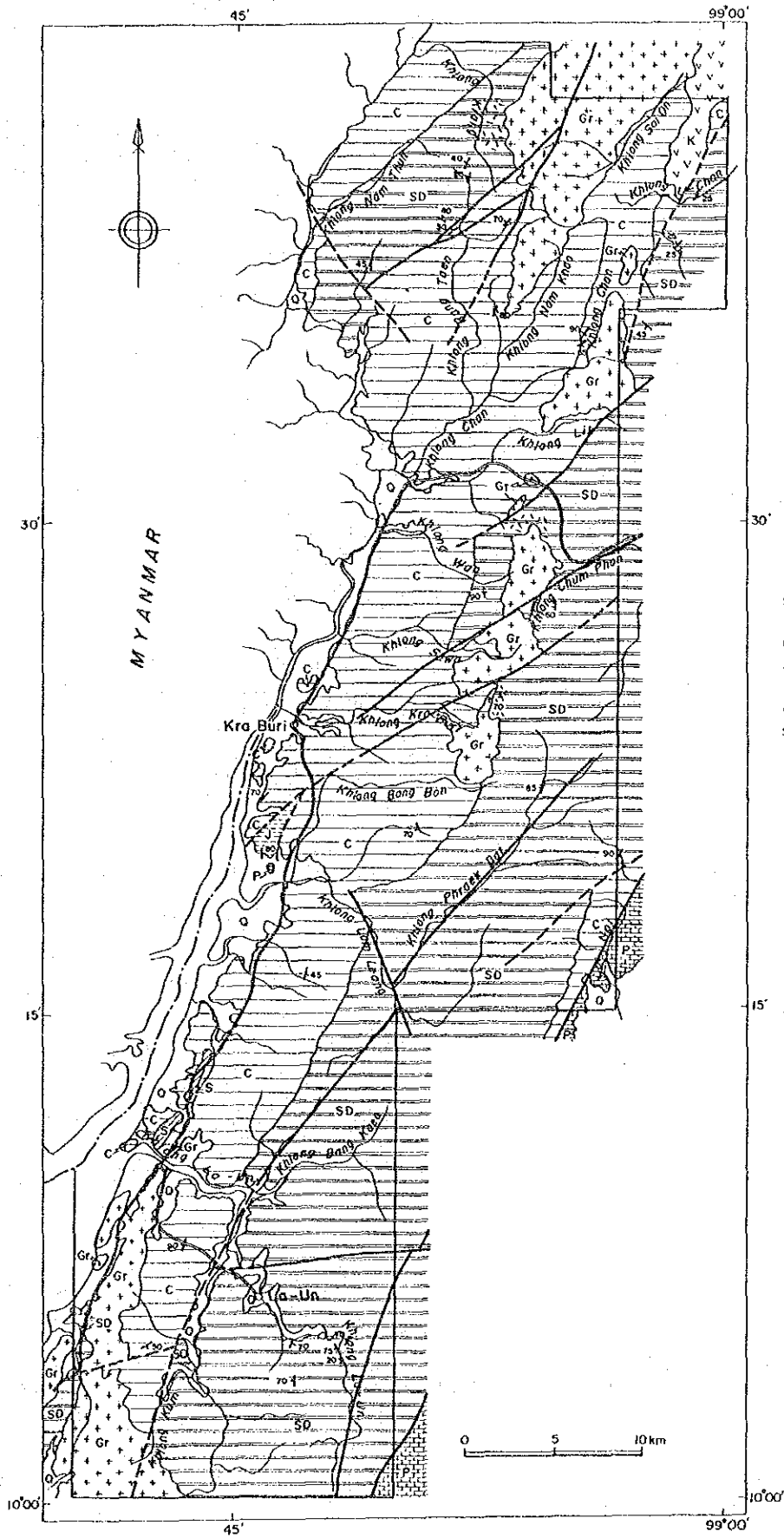
本地域の地質図、地質模式層序図を第6図、第7図に示す。

2-2-1 堆積岩・火山砕屑岩

(1) タナオシ層群クラブリ層(SD)

本層は、調査地域の最下部層を構成しており、調査地域北部のクラン川(Khlong Krang)、ナムツウン川(Khlong Nam Thun)流域と調査地域北東部から調査地域の東半部を占めて地域南西部まで広く分布している。また、調査地域南西隅では花崗岩に挟まれて狭い分布を示している。

岩相は、粘板岩・砂岩・含礫泥岩・含礫砂岩などから構成される。構造上最も下部が露出していると推定される調査地域の東側では粘板岩と砂岩の互層が発達していて概して硬質な岩質を示している。この互層帯から上位には砂質な部分が少なくなり塊状無層理な泥岩が卓越する。上位のマトリ層に近づくにつれて、直径2~5cmの円礫を含んだ泥岩、砂岩が発達する。調査地域北東部のウーチャン川(Khlong U-Chan)流域では、この含礫泥岩、



第 6 図 クラブリ地区地質図

age		Geological columns	Formation name	Lithology	Igneous Activity	Mineralization
CENO-ZOIC	age					
CENO-ZOIC	Quaternary		alluvium terrace debris	gravel, sand silt, clay	granite andesite	Sn, W, REE
	MESOZOIC	Cretaceous		Cretaceous volcanic rocks		
Jurassic			FANG DANG	quartzitic sandstone sandstone conglomerate		
PALEOZOIC		Permian		CHUMPHON	limestone (siltstone sandstone)	
	Carboniferous		MATSI	Siltstone Sandstone Shale		
		Silurian ~ Devonian		KRABURI	pebbly mudstone slate mudstone sandstone	

第 7 図 クラブuri地区地質模式柱状図

含礫砂岩中に拳大の円礫を主体とする礫岩があり、そのすぐ下層にチャート層の卓越する部層が認められる。

本層の泥岩、砂岩は、基質の再結晶化が進んでいて、砂岩では基質に白雲母、泥質岩では、葉理に沿って黒雲母が形成されている。

本層は、各所で花崗岩による進入を受けているが、ホルンフェルス化を受けている部分は少なく、北部花崗岩体の西縁のクラン川および中央岩株状花崗岩の北縁部などに認められるのみである。熱変成を受けている箇所の塩基性岩、炭酸塩岩を含む砂岩では、透角閃石、緑れん石などが形成されスカルン様の岩相も認められる。

本層の構造は、大局的にはNNE-S SWの走向方向を示すものと考えられるが、測定された走向傾斜ではN-S~NE-SW走向で東傾斜を示すものが多く、断面図にも示したように、西側に傾いた軸を持つ閉じた褶曲構造を示しているものと考えられる。

(2) マトリ層(C)

調査地域の北西隅および調査地域北東部からパックチャン部落 (Ban Pak Chang)を通り、クラブリ川の東岸に沿って広く分布している。DMR (1985) によれば、苔虫類・腕足類の化石を産し、石炭紀として扱われている。今回の調査中には、化石を見いだすことはできなかった。

分布域南部のラウン川より南側では、硬質の粘板岩が卓越しているが、北側ではシルト岩、細粒砂岩が卓越し、風化が進んで赤色土壌化している部分が多い。クラブリ町北東のワン川(Khlong Wan)の中流域にはオーソコツタイトの薄層が認められるほか、この周辺では石英脈様の同岩の転石が多く認められる。同様の転石はラムリアン川 (Khlong Lam Leang)でも、数個みいだされている。

本層の砂岩、泥岩は、クラブリ層のものと比較して基質での再結晶化が弱い。

花崗岩との接触によるホルンフェルス化は、南部岩体の東側で顕著であり、熱変成の程度は、クラブリ層と同等である。

地質構造は南部では、NNE-S SW走向で急傾斜している箇所が多いが、北部では、走向は一定せず傾斜は20~50の比較的緩傾斜を示している。

(3) ラトブリ層群チュンボン層(P)

調査地域南東部のサウィ川(Khlong Sawi) 上流部から東側へ広く分布するが調査地域の分布はそのごく一部である。このほかラムリアン川河口付近に小規模な分布をする。

岩相は、非晶質の石灰岩を主体とし、シルト岩、砂岩の薄層を挟在する。

サウィ川上流の分布域では尖塔状石灰岩が立ち並び、石灰岩尖塔の間には広い氾濫原が広がっている。

下位のクラブリ層、マトリ層とは断層関係である。ラムリアン川河口に分布する石灰岩は、マングローブの密生した沖積低地の中に屹立しており、他の地層との関係は不明である。

(4) コラート層群ファンダン層(J)

ラムリアン河口のチュンポン層の北側に広がる低平な丘陵地の一角を占めて分布する。岩相は、石英分に富む粗粒砂岩～細礫岩で構成され、シルト岩を少量ともなう。砂岩、礫岩は石英・長石など花崗岩から由来した碎屑物が70%以上を占め、それらの粒間を粘土化した堆積岩片と微細なシリカ鉱物が埋めている。

走向傾斜は、N20～50E/70～90Wを示している。周囲とは断層関係にあり、他の地層との関係は不明である。

(5) 白亜紀安山岩類(K)

調査地域の北東隅にマトリ層を覆って分布している。従来脈岩として考えられていたが、本地域では暗赤灰色を呈する自破碎状溶岩とその周辺相と考えられる凝灰角礫岩から構成されている。

(6) 沖積層(Q)

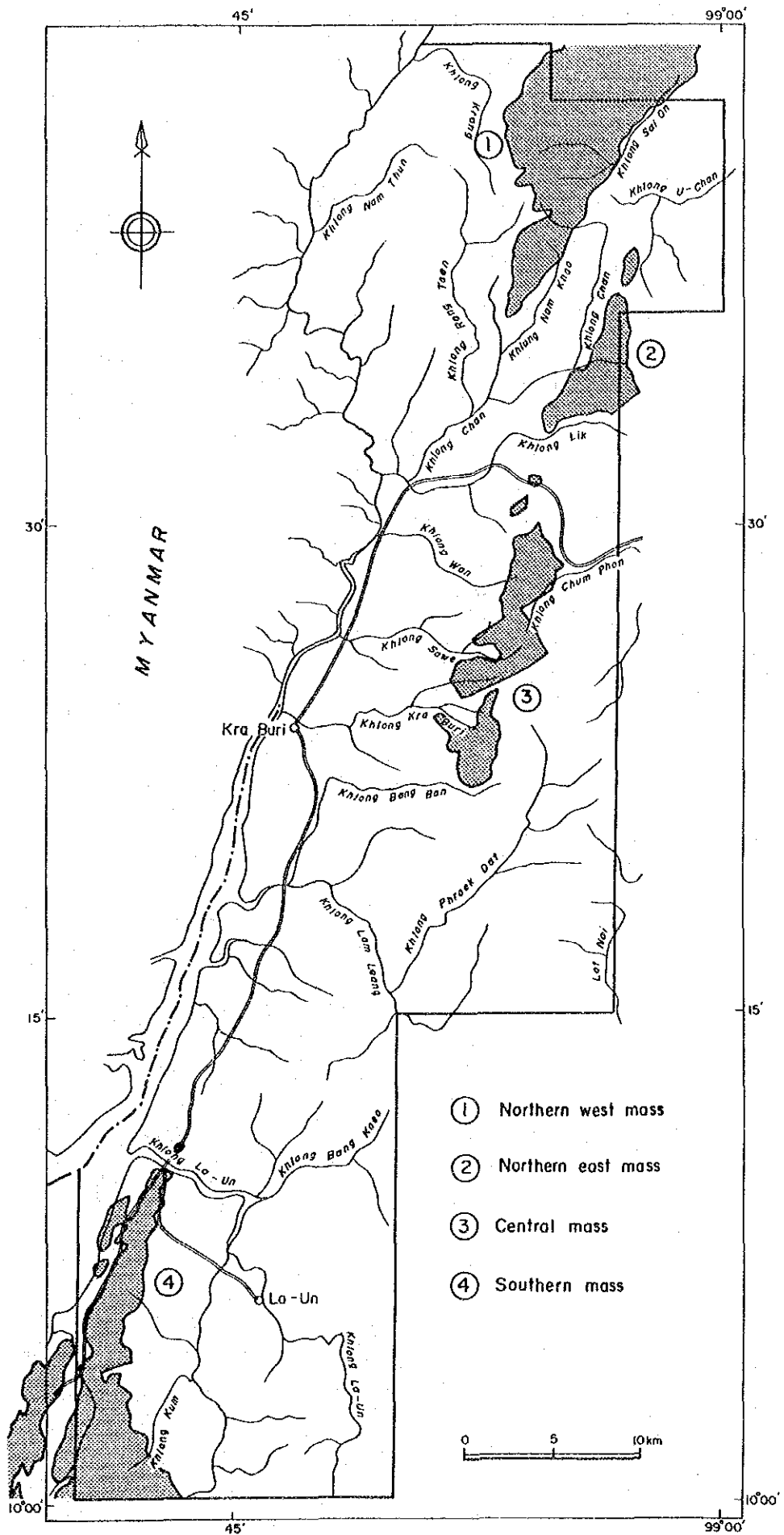
主要河川沿いに発達し、未固結の礫、砂及び粘土からなる。

2-2-2 花崗岩類

本地域の花崗岩体は、北部西岩体、北部東岩体、中央部岩体、南部岩体の4つの岩体に分かれて分布する(第8図)。北部東岩体を除いた3岩体は、急峻な山腹斜面を持つ山地を形成していて、山腹には花崗岩が露岩し、滝が各所に認められる。これにたいして、北部東岩体は侵食の進んだ緩い丘陵状の山地を形成している。これらの花崗岩体はいずれも長円状の分布を呈し、その伸び方向は、北部の3岩体ではNNE-SSW、南部岩体ではN-Sである。これらの方向は調査地域の構造方向を規制しているラノン断層の方向と一致しており、花崗岩体はこの構造帯中に構造規制を受けて進入したものと考えられる。

中央部岩体を除いては、堆積岩との境界部が直線状をなしていて、断層関係である可能性が強い。

この花崗岩体の進入時期について、Hatchison(1983) およびSuensilpong et al.(1983) は、調査地域を含むウェスタンベルトは、白亜紀から新生代にいたるアルプス造山運動の影響を強く受けた地域で、この時期の火成活動に伴う進入と考えている。Suensilpong et al.(1983)はウェスタンブーケットベルト地域のRb-Sr放射年代値は107～120Ma、一方雲母類によるK-Ar放射年代値は54～85Maを示して2つの放射年代値が一致しないことを述べた。



第 8 图 花崗岩分布位置图

Garson et al. (1975) も同様の指摘をしており、この不一致は先駆的な I-type 花崗岩 (斑状黒雲母花崗岩) とこの花崗岩の熱による地殻の溶融によってもたらされた S-type 花崗岩 (両雲母花崗岩) の再進入によって生じたと説明している。いずれにせよ、調査地域の花崗岩の進入時期は白亜紀と考えられる。

(1) 北部西岩体

調査地域北部のナムケオ川 (Khlong Nam Khao) とサイオン川 (Khlong Sai On) の西側で、クラン川 (Khlong Krang), ランテェーン川 (Khlong Rang Taen) に囲まれた花崗岩体である。東側の境界線は、直線状で断層の可能性が強い。これに対して西側では、クラブリ層、マトリ層にホルンフェルス化を与えており貫入関係を示している。このホルンフェルス化した堆積岩中には、しばしば石英脈が認められる。

岩体の東側、西側ともに急立した山腹斜面を形成していて、滝が所々に発達する。山頂部での風化土壌層の発達が悪く、せいぜい厚さ 10m 以下である。調査地域北部の平坦な地形を示す部分ではこの厚さが 30m 以上の箇所もある。本岩体の主な岩相は、粗粒の両雲母花崗岩であり、部分的にはカリ長石の巨斑晶を含んでいる。

構成鉱物は石英、微斜長石、正長石、斜長石を主体とし、ジルコン、燐灰石、スフェーン、不透明鉱物を伴い、稀に褐レン石を伴う。有色鉱物は、黒雲母、白雲母、電気石である。

採取試料は、1 個を除いてマイロナイト化を受けていて、これらのマイロナイト化された試料では石英が再結晶化し、変質した斜長石や再結晶石英脈中に白雲母が再結晶している。このため、全試料が両雲母花崗岩であるかは不明である。

(2) 北部東岩体

調査地域北部のリック川 (Khlong Lik) の北側で、チャン川の東側に分布する南北に長い岩体で、他の 3 岩体と異なって非常に緩やかな丘陵状山地を形成している。全体に、カオリナイト化、モンモリロナイト化などの白色粘土化を被っている部分が多い。新鮮な部分が少なく、風化、粘土化は地下深部まで進んでいるためはっきりしないが、本岩体は両雲母花崗岩であると推定される。野外の粘土化の著しい部分には、白雲母のきわめて濃集する白雲母花崗岩と思われる岩相も分布しているが判然としない。

構成鉱物は、石英、微斜長石、正長石、斜長石を主体とし、ジルコン、燐灰石、スフェーン、不透明鉱物を伴う。有色鉱物は、黒雲母及び白雲母である。斜長石のカオリナイト、モンモリロナイト、白雲母化が著しく、黒雲母は緑泥石化している。

(3) 中央部岩体

クラブリ～チュンポンを結ぶ国道の南からクラブリ町東部のバンボン川 (Khlong Bang

Bon)上流にかけて分布する花崗岩体で、NE-SW方向の断層により3つの小岩体に分かれている。岩体周辺は急崖をなして、滝が各所に発達する。この岩体でも風化土壌の厚さは極めて薄い。

周囲の堆積岩に熱的影響を強く与えていて、各所でホルンフェルスが観察される。この傾向は岩体の北部で強く、ホルンフェルス化とともに硫化鉱物の鉱染も認められる。また、いちばん南の小岩体の南東側にあるラムリアン川の支流であるプレークダット川(Khlong Phraek Dat)の上流では、堆積岩中にNE-SW方向を示す幅数10cm~数mの石英脈が無数に発達している。

本岩体の大部分は、カリ長石の斑晶を含む黒雲母花崗岩及び両雲母花崗岩で、カリ長石斑晶の最大径は、 2×5 cmに及ぶ。ワン川(Khlong Wan)上流などでは、岩体の周縁相として細粒の両雲母花崗岩が分布するが、量的にはきわめて少ない。

断層沿いで得られた試料を除けば、この岩体には強いマイロナイト作用は認められない。

構成鉱物は、微斜長石、石英、斜長石を主体として、ジルコン、燐灰石、スフェーン、不透明鉱物を伴う。有色鉱物は黒雲母、白雲母の両者を含む。また、稀にルチルを副成分鉱物として含む。

斜長石のカオリナイト化、白雲母化が顕著であり、黒雲母はしばしば緑泥石化する。

(4) 南部岩体

調査地域南部のラウン川(Khlong La-Un)南の国道沿いに分布している。ラウン川の北にもこの延長と思われる小岩体が分布している。岩体の周囲は急崖をなして花崗岩が露出して、風化層は薄く、調査地域南端のテレビ中継所への道路でも岩体頂部での風化土壌層の厚さは8 m以下である。

岩体の東側では、堆積岩に強い熱変成を与えている。西側では花崗岩にはさまれてクラブリ層が分布しているが、ここでは熱的影響は弱い。岩体西側では堆積岩と花崗岩が薄層で互層状に分布している箇所が幾つも観察され、この花崗岩が強い構造体運動を受けながら進入してきたことをうかがわせる。

また、この岩体は、全体的にマイロナイト化を強く受けていて、マイロナイト化の強度は、岩体西側の海岸寄りほど強い傾向が認められる。

岩相は、カリ長石の斑晶を含む両雲母花崗岩が主体であり、この白雲母も北部岩体のもと同様にマイロナイト化による再結晶の白雲母であるかどうかの判断は難しい。

構成鉱物は、石英、微斜長石、正長石、斜長石を主体とし、ジルコン、燐灰石、スフェーン、不透明鉱物、褐レン石を伴う。

岩体東側の堆積岩との接触部では、細粒の両雲母花崗岩、白雲母電気石花崗岩が認めら

れる。これらの岩石は、斑状両雲母花崗岩を切って進入していることが確認されている。構成鉱物は、斑状花崗岩とほとんど変わらないが、これらの岩石には、マイロナイト組織が認められない。

2-3 花崗岩類の地化学特性

2-3-1 主成分組成

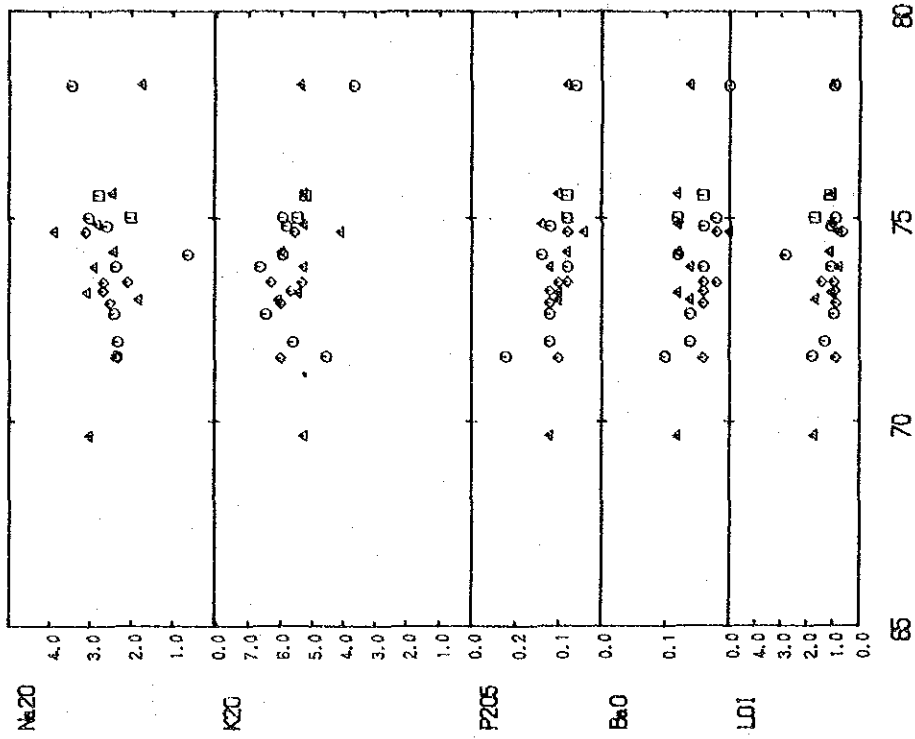
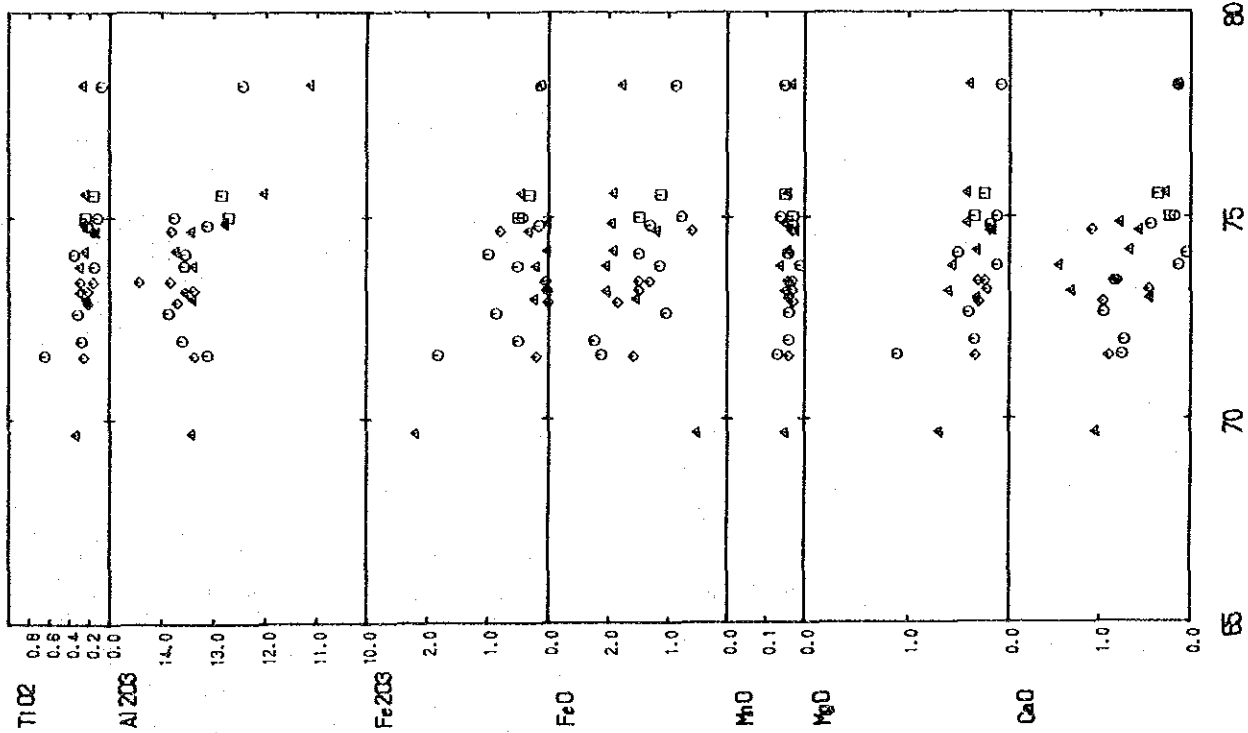
珪長質マグマの形成・分化に関与した条件・環境によって花崗岩を分類する試みが、多数の研究者によって提案されている。Chapell and White(1974), White and Chapell(1977)によるS-type(Sedimentary source type)・I-type(Igneous source type), Ishihara(1977)による磁鉄鉱系列(Magnetite-series)・チタン鉄鉱系列(Ilmenite-series), White(1979)によるM-type(Mantle source type)などであり、主化学成分や鉱物組成などによる分類がなされている。

タイ国内の花崗岩について、Aranyakanon(1962), Ishihara et al.(1980), Ishihara(1981), Hatchison(1983) およびSuensilpong et al.(1983)の考えによれば、錫鉱化作用をもたらす錫花崗岩はS-type またはチタン鉄鉱系列に属し、モリブデン・タングステン・金などをもたらす花崗岩はI-type または磁鉄鉱系列に属するとされている。

ノルム石英・正長石・曹長石・霞石・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.)は、北部西岩体で86.83~91.86, 北部東岩体で89.88と91.88, 中央部岩体で85.44~91.24, 南部岩体で83.76~94.39を示す。各岩体での差はほとんど認められず、どの岩体も同等の分化程度であることを示しているがこの中で最も高い分化指数を示す試料は、南部岩体の細粒の両雲母花崗岩、白雲母-電気石花崗岩である。

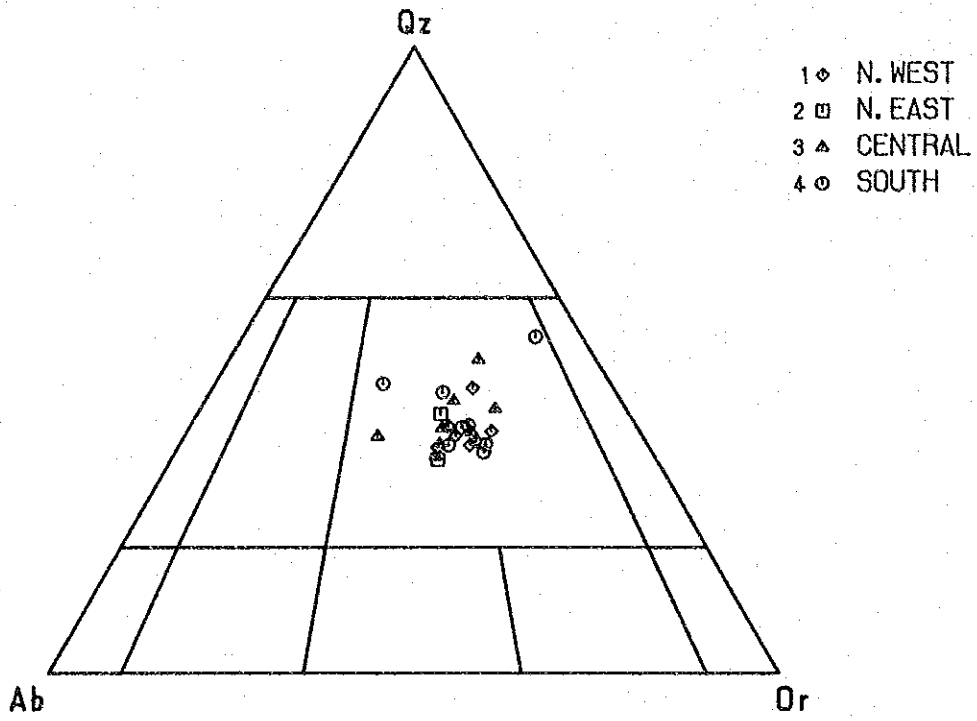
ノルムコランダムは、各試料で算出されていて、これらの花崗岩が過アルミナマグマから由来した花崗岩であることを示唆する。ノルムコランダム量は、北部東岩体、南部岩体で非常に高く、中央部岩体でやや低い傾向が認められる。中央部岩体の中では、3つの小岩体は北から南へノルムコランダム量が増加している。

White & Chapell(1974)は、ノルムコランダム量が1.0%以上の花崗岩をS-type, ノルム透輝石を含みノルムコランダム量が1.0%以下の花崗岩をI-typeに分類している。この基準によると、本調査地域の花崗岩は、北部西岩体の1試料と中央部岩体の2試料がI-typeに分類される。ノルム石英・曹長石・正長石比による花崗岩の分類図(第10図)では、全試料とも広義の花崗岩の範囲内にある。狭義には花崗岩とアダメロ岩の境界からアダメロ岩側に分布している試料が多く、アダメロ岩と呼ぶべきであろう。

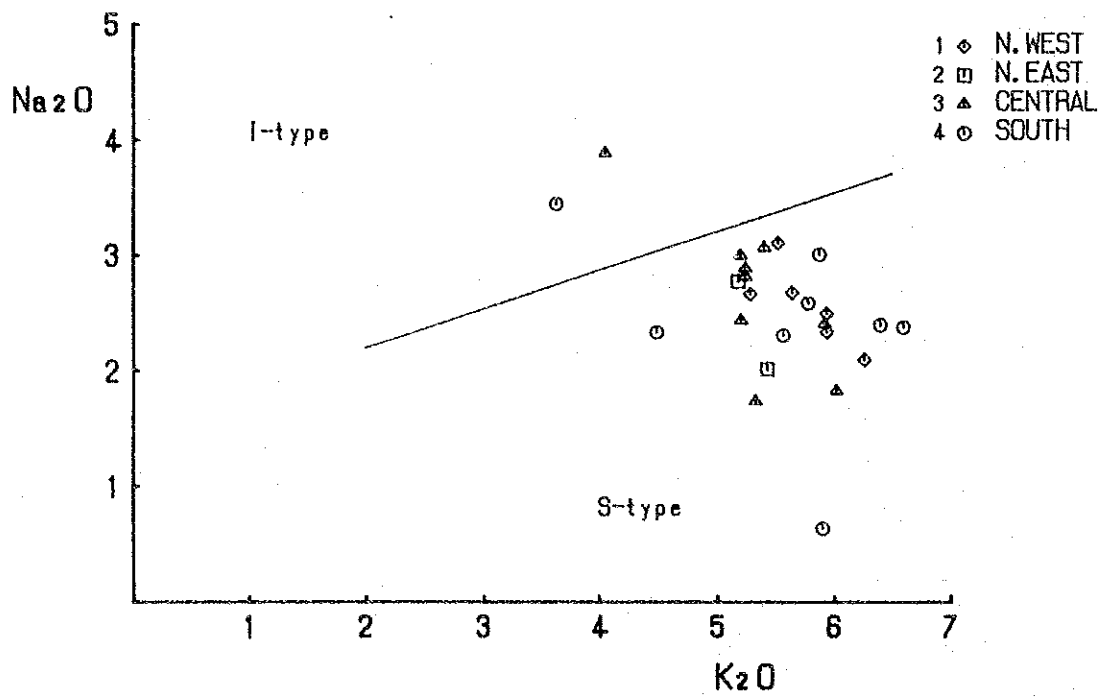


- 1 ◇ N. WEST
- 2 □ N. EAST
- 3 ▲ CENTRAL
- 4 ○ SOUTH

第 9 図 花崗岩試料の化学組成図



第 10 図 ノルムQz-Ab-Or図



第 11 図 Na₂O-K₂O相関図

SiO₂と各酸化物の関係図を第9図に示す。SiO₂と各酸化物との間には全体で見るとあまり顕著な相関性は認められないが、TiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、FeO はきわめて弱い負の相関性が認められる。岩体別では、Al₂O₃が中部岩体で強い負の相関、南部岩体で弱い負の相関性を示すが、北部岩体では逆にごく弱い正の相関性を示しているようである。FeO では、北部西岩体と南部岩体で負の相関があり、中部岩体はほぼ一定値を示し、無相関である。Na₂Oでは、北部岩体は無相関、南部岩体が弱い正、中部岩体が弱い負の相関性を示す。調査地域内の花崗岩は、化学組成的にもきわめて類似しているが、わずかな元素の挙動の異なることが、岩体の形成・分化過程やその後の圧砕などの構造運動の影響を示しているものと考えられる。

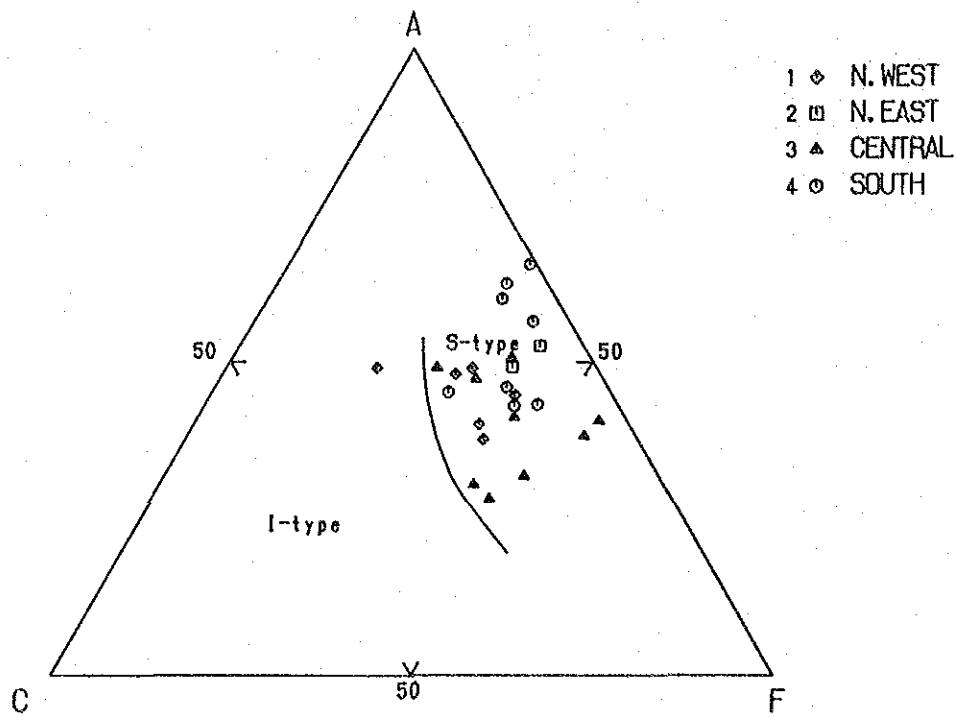
Chapell & White(1974), White & Chapell(1977)の花崗岩の主化学成分によるS-type, I-typesの分類方法にはNa₂O/K₂O比, Al₂O₃/(Na₂O+K₂O+CaO)比, ACF (Al₂O₃+Fe₂O₃-Na₂O-K₂O/CaO/MgO+FeO)比の3通りがある。

Na₂O-K₂O相関図(第11図)では、S-type花崗岩は、比較的Na₂Oに乏しく、K₂O=5%:Na₂O=3.2%とK₂O=2%:Na₂O=2.2%を結ぶラインよりも下側の領域を占めるとされている。本調査地域の花崗岩は、この図において、2試料を除く試料がS-typeを示す領域内に分布する。I-typeの領域に分布する2試料は、中央部岩体と南部岩体の各々1試料ずつであり、中央部岩体の試料は、粗粒の両雲母花崗岩、南部岩体の試料は堆積岩との接触部に分布する細粒の白雲母-電気石花崗岩である。両者は、マイロナイト化による再結晶と斜長石の変質が認められないことから、初生的な化学組成を保持しているものと考えられる。SiO₂-K₂O図では、一般にSiO₂とK₂Oが正の相関を示すことが知られているのにたいして、本調査地域では無相関ないし逆にやや負の相関を示すように見えることを考慮すると、本地域の花崗岩類は、気成期またはその後の運動によってK₂Oが付加されている可能性をうかがわせる。

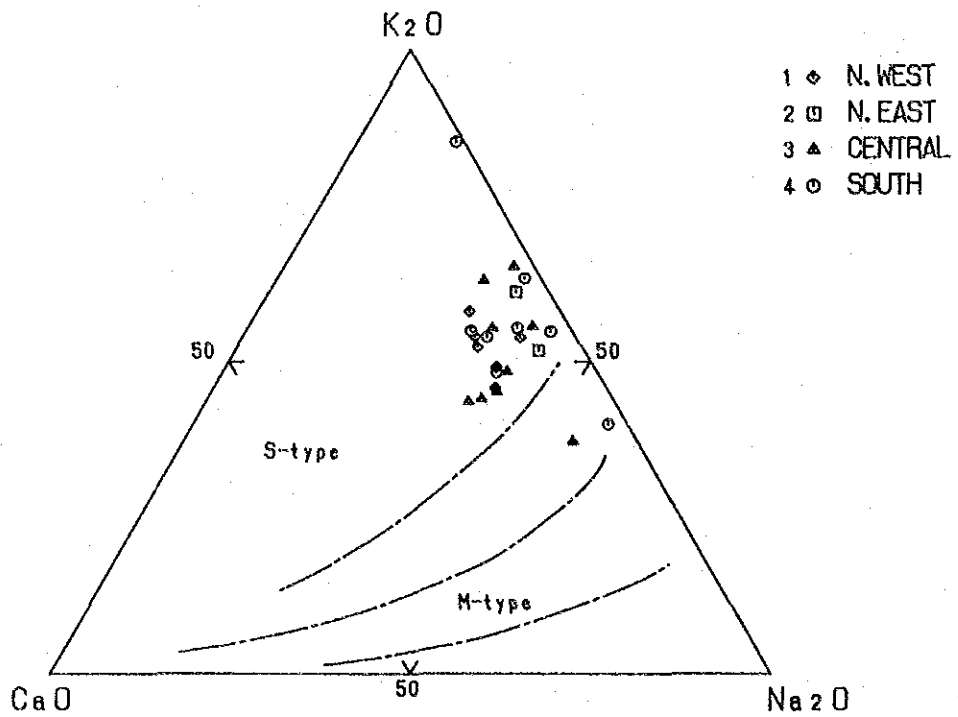
Al₂O₃/(Na₂O+K₂O+CaO)比による分類は、1.1以上がS-type, 1.1以下がI-typeとされる。本地域の花崗岩は、ノルムコランダムが全試料で算出される過アルミナマグマから由来したと推定されることから、最低値でも1.35を示しS-typeに分類される。

ACF(Al₂O₃+Fe₂O₃-Na₂O-K₂O/CaO/MgO+FeO)図(第12図)では、図中に示した曲線よりCaに乏しい領域がS-type, Caに富む側がI-typeである。本地域の花崗岩は、北部西岩体の1試料を除いてS-typeに分類される。

CaO, Na₂O, K₂Oの関係は、花崗岩の主化学成分を考える上で基本的に重要な問題である。CNK(CaO-Na₂O-K₂O)図(第13図)を用いて、石原他(1976)は日本の中新世花崗岩類を西南日本外帯トレンド、丹沢-新島トレンド及びその中間トレンドに分類している。西南日本



第 12 图 ACF(A12O3+Fe2O3-Na2O-K2O/CaO/FeO+MgO) 图



第 13 图 CNK(CaO-Na2O-K2O) 图

外帯トレンドは、大きい K_2O/Na_2O を示すことが特徴であり典型的なS-typeに相当する。丹沢-新島トレンドは、分化の進行にともなって、 SiO_2 の増大、 CaO の減少が認められても、 K_2O が濃集しないトーナライト、トロニエマイト花崗岩に相当し、White(1979)のM-type (Mantle source type)花崗岩に対応する。調査地域の花崗岩は、 Na_2O-K_2O 相関図(第11図)でI-typeに分類された2試料を除いてS-typeに分類される。

本地域の花崗岩類は、一部の例外はあるもののS-typeに属するものと推定される。

パンニング試料の検討から、本調査地域に産する不透明鉍石鉍物は全てがイルメナイトであり、本地域の花崗岩はイルメナイト系列に分類される。

ところで、本地域の花崗岩の特徴は、CNK図でもわかるように CaO に乏しいことである。Garson et al.(1975)およびSuensilpong et al.(1983)に示されたラノン-プーケット地域の花崗岩の分析値に比べて、本地域の花崗岩が粗粒アダメライトであるにも拘らず、 CaO がラノン-プーケットのアダメライトの1/3程度であり、細粒の両雲母花崗岩に相当する程度(1.0%以下)しか含まれていない。この特徴が、初生的にこの地域に特有なものであるのか、固結後に獲得した性質なのかについては今後の検討が必要であろう。

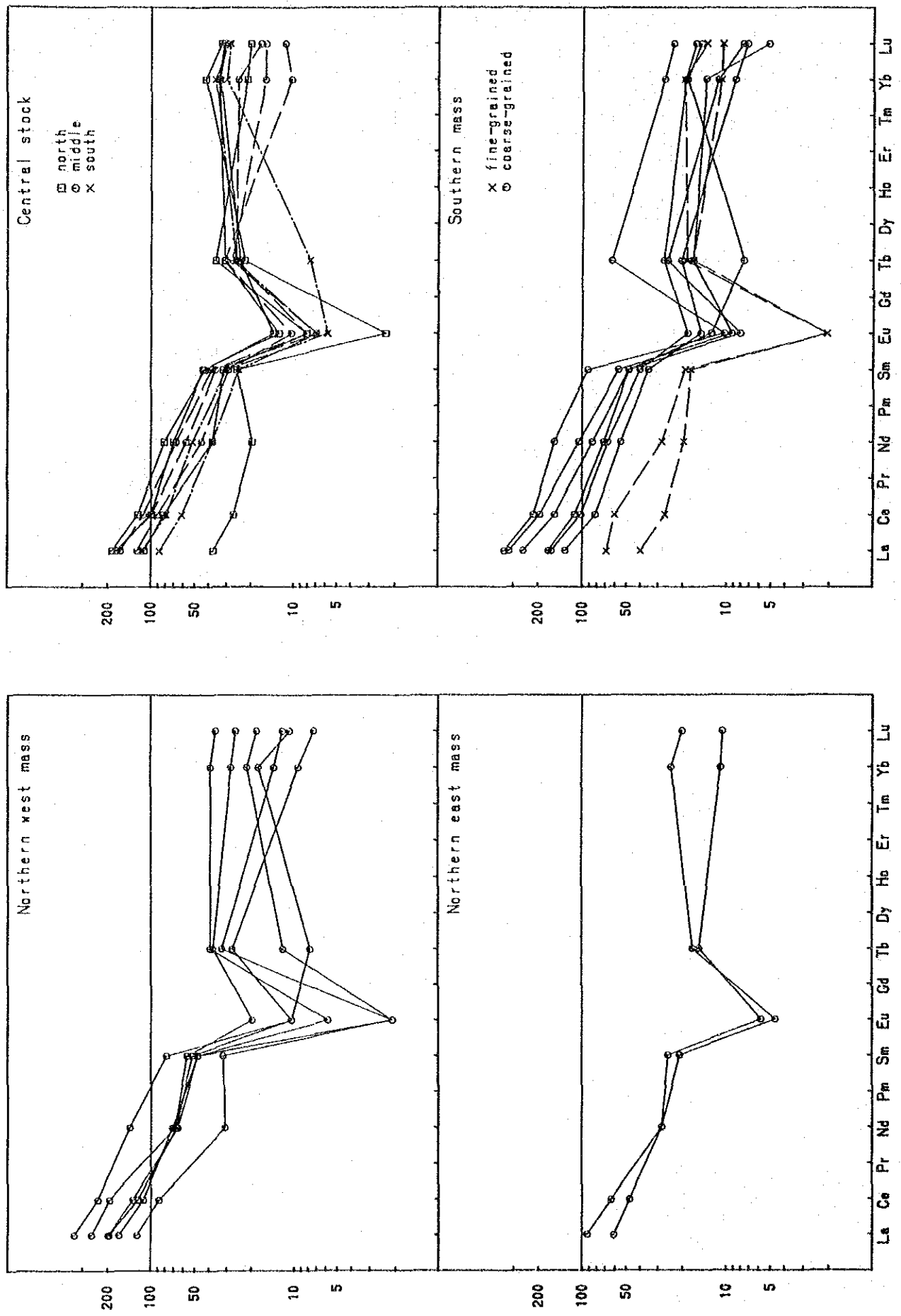
2-3-2 微量成分組成

Sr は、8~199ppmの範囲にあり、Taylor(1964)の示した全世界の花崗岩の平均的錫含有量3ppmよりもかなり高い錫含有量を示している。Tischendorf(1977)は、錫鉍化作用に関連する花崗岩に付いて、“normal granites”の錫含有量を4.3ppm、“metallogenetically specialized granite”の錫含有量を 30 ± 15 ppmと報告していて、15ppm以上を含有する花崗岩を高錫花崗岩と呼んでいる。また、Yeap(cited in Hosking, 1973)は、マレー半島での錫花崗岩の錫含有量の平均値を6.5ppm、錫不毛花崗岩の錫含有量の平均値を5.1ppmと報告している。これらの錫含有量に比較しても、本調査地域の花崗岩の錫含有量は高い値を示していて、錫鉍床を胚胎する花崗岩体であることを示している。

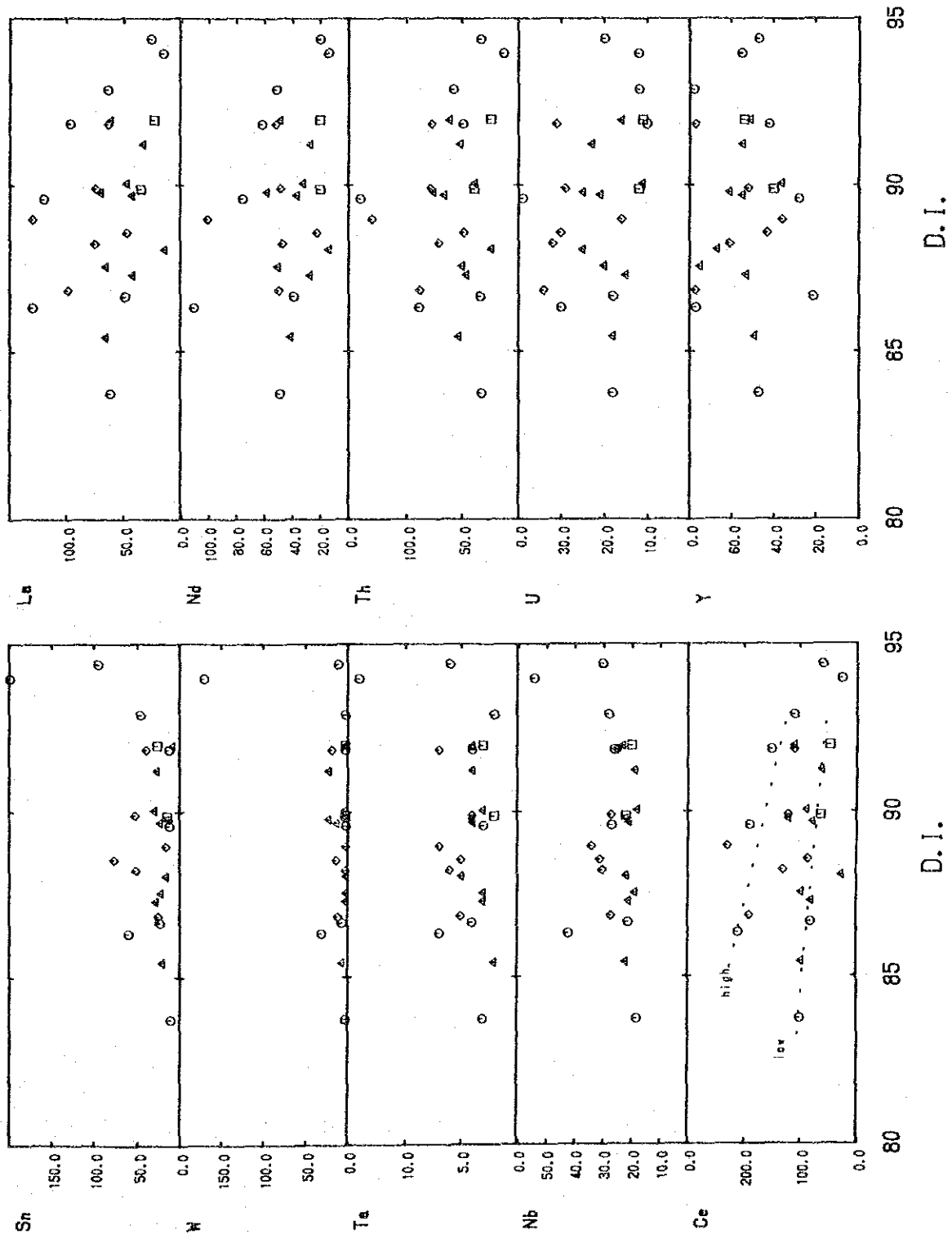
各岩体毎の錫含有量は、北部西岩体では16~76ppm、北部東岩体では14~26ppm、中央部岩体では8~29ppm、南部岩体では10~23、46~199ppmを示していて、北部西部岩体と南部岩体で含有量が高い。これは、この2つの花崗岩体の周囲に二次鉍床が多く分布していることと調和的である。

特に高い錫含有量を示す試料は、南部岩体の細粒な両雲母花崗岩及び白雲母-電気石花崗岩で95、199ppmであり、錫は分化の進んだ花崗岩に濃集する傾向が認められる。

レアアース元素のコンドライト規格化パターンを第14図に示す。全般的には、La、Ce濃集率が高く重希土類の濃集率の低くEu異常の明瞭な右下がり直線性を示すよく分化の進ん



第 14 図 花崗岩試料のコンドライト規格化パターン図



第 15 図 花崗岩試料の微量成分と分化指数関係図

だ花崗岩に特徴的な REEパターンを示している。このLa, Ceの軽希土に富む特徴はウェスタンベルトの錫花崗岩の特徴である（神谷雅春氏, 地質調査所, 私信）。特にこの2元素に富む岩体は, 北部西岩体と南部岩体であり, 錫含有量と調和的な傾向を示している。ただし, 最も錫含有量の多かった南部岩体の2試料は, 逆にLa, Ceの含有量が少なくなっていて, この2元素が最末期の花崗岩マグマには濃集せずその前の段階で花崗岩中に固定されるものと推定される。

北部東岩体の花崗岩は, この分化の進んだ2試料に類似した REEパターンを示すが, 岩相的には中粒~粗粒の両雲母花崗岩であり他の岩体の花崗岩試料と区別しがたく, 北部東岩体は, 本来軽レアアース元素に乏しかった可能性が高い。この岩体の周辺で採取した河床堆積物試料には高濃度の錫を含むものは得られていないことから, 錫含有量と軽レアアース元素の含有量とは相関があり, 本調査地域を含むウェスタンベルトにおいては, 花崗岩体の典型的かつ普遍的な岩相の軽レアアース元素の含有量の検討により, 錫鉱床の胚胎の可能性を明らかにできるものと考えられる。

Ishihara & Mochizuki(1980)によれば, タイ国産花崗岩のU含有量は5~57ppm(平均16.2ppm), Th含有量は3~85ppm(平均33.0ppm), Th/U比は0.2~11である。これに比べて本調査地域の花崗岩は, U含有量10~39ppm(平均21.1ppm), Th含有量13~140ppm(平均58.8ppm), Th/U=0.96~8.15で, Thに富んでいることが特徴である。

Auは, 25試料中21試料で検出限界以下であったが, 北部西岩体の1試料に770ppbの高含有量が認められる。

第15図に花崗岩試料の分化指数(differentiation index)と主な微量成分との関係図を示す。錫, タングステン, タンタル, ニオブは, 全体としてD.I.と無相関であるが, D.I.が最も高くなると, つまり分化が進むと急激に濃集する傾向が認められる。

また同図において, レアアース元素とトリウム, ウラン, イットリウムは, 南部岩体では高含有量と低含有量の2種類の地化学特性を持つ花崗岩が混在している。このうち高含有量の試料は, 錫, タングステン, タンタル, ニオブについても高含有量を示し, 低含有量の試料は錫なども低含有量である。すなわち, 本調査地域の花崗岩には, 高錫親元素かつ高レアアース親元素の花崗岩と, 低錫・低レアアースの花崗岩があり, 南部岩体では, この2種類の花崗岩が混在し, 北部西岩体は2つの中間的な性質を示し, 中央部岩体と北部東岩体は, 低錫・低レアアース花崗岩に分類される。このような岩体毎の地化学特性は, 後述する地化学探査の結果や鉱床の分布状況などと調和的であり, この地化学特性が花崗岩の錫やレアアースの賦存ポテンシャルを強く規制しているものと考えられる。

ところで, レアアース元素, トリウム, ウラン, イットリウムの含有量は全体として,

分化が進むと次第に減少する傾向が顕著であり、分化の進んだ花崗岩では急減する。この傾向は、錫などとは逆の傾向であり、錫、タングステン、タンタル、ニオブは分化の著しく進んだ特殊な岩相（白雲母花崗岩、電気石花崗岩、ペグマタイト、グライゼンなど）に濃集し、レアアース、トリウム、ウラン、イットリウムは最も普遍的に分布する岩相の方に濃集することを示している。分化の進んだ岩相は一般に岩体の上部に位置することから、岩体の上昇削剝にともなって比較的初期に錫、タングステンなどを含む重鉱物を二次鉱床の堆積盆に供給し、その後、岩体本体が露出してくるに従ってレアアース元素、トリウムなどを含む重鉱物を供給していったものと推定される。このことは、河床堆積物による地化学探査で錫の異常域が花崗岩の分布域に重複しないのに対して、レアアース元素の異常域は花崗岩体全域を覆って分布していることと矛盾しない。

今回の調査では、分化の著しく進んだ岩相は、南部岩体と堆積岩との接触部に極僅かに認められるだけで、調査地域の漂砂鉱床に錫を供給した高分化岩相は、現在花崗岩の露出している地域ではほとんど削剝された可能性が強い。しかしながら、堆積岩に覆われたキューボラ状潜頭性花崗岩体が存在すれば、その岩体頂部に分化の進んだ岩相があり、錫などに富んだ初生鉱床が胚胎していることが期待される。

2-4 地質構造

タイ半島部最大の錫生産地であるラノンブーケット地域は平行する2本の断層、ラノン断層とマルイ川断層に挟まれた構造帯であり、調査地域はこの北端部にあたる。主要な構造を作った運動は古生代末の褶曲と中生代ジュラ紀の褶曲であって、その際大量の花崗岩の進入も行われた。

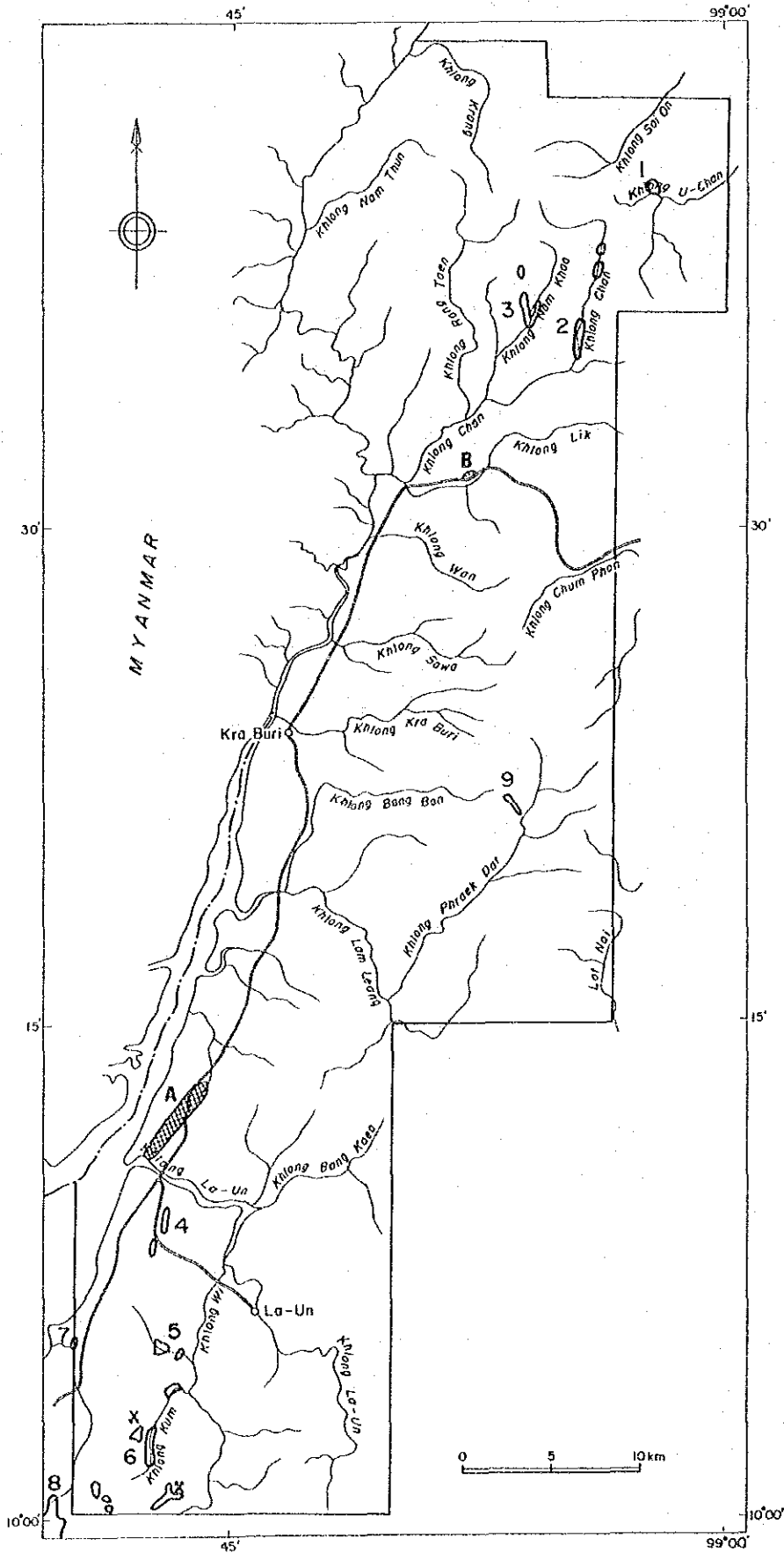
調査地域の地質構造は、上記ラノン断層とこれに並走する数本の断層及び堆積岩類の褶曲構造によって特徴づけられる。堆積岩類は走向NE-SWで、傾斜は概ね東へ急斜して、過褶曲の背斜構造を示し、NE-SW方向の走向断層により切られている。

ラノン断層は調査地域西側を画すようにクラブリ川に沿ってNE方向に延び、フォアヒンを通りチャントブリに至る大きな断層である。これに並走する主要な断層とこれらを切るNW-SE方向の小規模断層が発達し花崗岩の貫入方向を規制し、古生層をブロック化している。

2-5 鉱床・鉱化作用

2-5-1 錫鉱床

調査地域は、タイ半島部錫地帯の中心であるラノンブーケット地域の北部延長部に



- LEGEND**
- Old mine
- placer deposit
 - 1 Khlong U-Chan area
 - 2 Khlong Chan area
 - 3 Khlong Nam Khao area
 - 4 Bang Si Kim mine
 - 5 Bang Phra mine
 - 6 Khlong Kum area
 - 7 Sal Thong mine
 - 8 Bang Non mining area
 - 9 Khlong Praek Dat area
 - X primary deposit
- Working mine
- x Ratana Krathu mine
- Mineralized zone
- A Khao Fachi silicified zone
 - B Ban Nong Chik sulphide alteration zone

第 16 图 鉍徵地分布图

あたり、本地域内にも錫鉱床が賦存する。

調査地域内にも大小の錫鉱床が賦存し、花崗岩と関連した殆ど二次鉱床の分布を示す。その分布から地域的には南部、北部、中部に分けられる。鉱床分布図を第16図に示す。

(1) 南部花崗岩地域

ラノンを中心とするラノン花崗岩体の北部延長部にあたりその東・西両側の縁に沿って錫鉱床が分布する。1991年に調査地域内唯一の稼行鉱山であったRatana Krathu Co., Ltd.はこの花崗岩の東側にある。ウィ川 (Khlong Wi)の支流に沿って発達する沖積層を対象としており、流域に沿って約3 kmにわたり採掘跡がみられ、現在ウィ川との分岐点より約1 km程上流で採掘していた。

採掘は gravel pumping 法で行われている。河床に溜まった厚さ4~5 mの含錫砂・礫・粘土を1.5t/分ノズルから噴出させた高圧水で崩し、この土砂を6インチグラベルポンプによってパロン (Palong, 流し樋) へ水揚げして流している。

従業員は10~11人で錫精鉱36kg/月を生産している。現在、操業の主体は錫回収後の廃石で、採掘跡に堆積する膨大な廃砂・廃石を選別し、道路建設用資材として採取している。錫はむしろ副産物となっている。

一方、調査地域南西端にバンノン川に沿って発達する広大な沖積層を対象とする二次鉱床がある。流域に沿って南北3 km東西2 kmの範囲に採掘跡が広がり、さらにラノン地域へ連続しており、最盛時には大規模採掘が行われた。現在は一部で採掘跡の廃砂跡地に植林するなどの復旧工事が行われている。その他、花崗岩体の東側のクン川 (Khlong Kum)流域には採掘跡が点在する。主な採掘跡としては、ラウン川に近いバンシキム (Bang Si Kim) 鉱山、クン川 (Khlong Kum)本流沿い、クン川支流のバンヤイ (Ban Yai) 西部地域、ウィ川中流部支流のバンプラ (Bang Phra) 鉱山などがあり、いずれも山稜に囲まれた盆地である。

クン川の西側の二次鉱床採掘跡では、花崗岩体との間に発達する崖錐堆積物中をトレンチ掘削し、崖錐堆積物中の錫を水流採掘していた箇所も各所に残っている。

バンヤイの真西約2 kmに本調査地域内では唯一花崗岩の地山を水力採掘した一次鉱床の採掘跡がある。この採掘跡の規模は、幅150m、高さ30m、奥行き40m程の小規模なものであり、変質粘土化及び風化により軟質化した部分を採掘した後、硬質部が露出したために放棄されたものと思われる。この採掘跡は、花崗岩体と堆積岩の境界部にあり、採掘対象とされた花崗岩の本体は、カリ長石の巨斑晶を含む両雲母花崗岩で、幅10~40cmの電気石ペグマタイト脈が数条発達する。ペグマタイト脈と斑状花崗岩との関係は、細粒の電気石アブライトを挟在して漸移し、全体としてN70°E/60°Sを示す層状岩体を形成している。カリ長石や電気石の示す流理構造も平行していることから貫入関係ではなく初生的に

層状分化したものであろう。岩体下盤に分布する堆積岩との境界もほぼこの方向に一致する。切羽東端の堆積岩との境界はほぼ垂直であり、斑状花崗岩と堆積岩の間にカオリナイト化の進んだ岩脈状の細粒電気石花崗岩が分布している。ここで採取した土壌試料の分析値は、いずれの元素も花崗岩試料の微量成分の含有量と同程度であり、特筆する値は認められない。

(2) 北部花崗岩地域

西岩体南縁部のナムケオ川及びその支流の沖積層を対象とする鉱床が連続して分布する。南部に較べて流域面積が狭いため規模が小さい。ここも以前は盛んに採掘された模様であるが、採掘跡は水が溜まり湿地原野となっている。この他、小規模の採掘跡がナムケオ川、チャン川、ウーチャン川の上流部に存在する。

(3) 中部花崗岩地域

岩株状岩体の南東方約3kmのブレークダット川上流に小規模鉱床が有る。堆積岩中の水系に沿っており広がり小さい。この鉱床は、堆積岩中に発達するNE-SW系の石英脈から由来したものと考えられ、錫石の他に灰重石を多量に伴っている。この沢の転石には花崗岩礫は混じっておらず、また河床堆積物の地化学探査でもレアアース元素の地化学異常は認められないことからすれば、より下位に花崗岩体が伏在する可能性が考えられる。

地元民の話によれば、ブレークダット川とその下流のラムリアン川(Khlong Lam Leang)では現在でも乾季に地元民が大型のパンニングパンを用いて、沢砂から錫石を回収しているとのことである。

中央部岩体から西側に流下する河川では、あまり明瞭な採掘跡は残っていないが、河川沿いに廃石を小規模に積み上げた箇所が、数カ所認められ、かつては小規模な採掘が行われていたものと思われる。

2-5-2 その他の鉱徴地

調査地域には、上記の錫鉱床の他にラウン川河口北側のファチ山(Khao Fachi)から北北東に延びる珪化帯と、バックチャン村(Ban Pak Chan)の東方の国道4号線沿いにある硫化鉱染変質帯がある。

(1) ファチ山珪化帯

ラウン川河口北側に聳えるファチ山のNNE-SSWに延びる稜線に沿って分布していて、珪化岩の最北端はヒンラック山(Khao Hin Lak)北側の国道沿いまで追跡され、珪化帯の規模は延長は約5km、幅は最大700m程度である。南部花崗岩体の延長部にあり、この珪化帯の東側には珪化帯の伸びと平行した小規模な花崗岩体がカオファチ部落(Ban Khao

Fachi)の火葬場付近に露出している。空中放射能探査の結果でも、この地区に弱いアノマリーが認められる。

珪化岩の母岩は、珪化の弱い部分では堆積構造がみとめられることから、泥岩と砂岩の互層と推定される。この珪化帯は、珪化とともに弱い白色粘土化（カオリナイト化?）も被っている。

珪化岩の分析値では、W=21ppm, Ce=68ppm, La=38ppm, Nd=28ppm, Y=29ppmを示しており、同所の土壌試料では、Sn=10;24ppm, Ce=200;550ppm, La=100;320ppm, Nd=83;220ppm, Th=90;270ppm, U=11;23ppm, Y=38;59ppm とレアアース元素に富んでいる。

ファチ山珪化帯の北端にあるバンヤイラン川(Khlong Bang Yai Lang)上流では河床堆積物による地化学探査で錫、レアアース元素の地化学異常域が把握されており、この珪化帯の下位には上記の元素に富む花崗岩体の存在が予想される。

(2) ノンチック(Ban Nong Chik) 硫化鉍変質帯

バックチャン村より東へ4kmほどの国道沿いの堆積岩中に発達する変質帯である。母岩は、マトリ層の頁岩及び砂岩である。国道北側に延長 300mほどの堆積岩の露出があり、その中に幅 3~40mほどの黒色変質部が10カ所ほど点在している。最も規模の大きい部分は、露頭の東端にある。両側を堅い砂岩に挟まれた間に幅40mほどで黒色の硫化鉍変質部が分布している。黒色変質部は粉碎された頁岩でこの中に微粒の黄鉄鉍及びマーカサイトが少量鉍染している。変質帯の中央には極めて孔隙率の大きい石英脈が2条あり、1つは幅40cm~3mの黒色鉍物の点在する石英脈であり、N80° E/80° Sを示す。一方は、幅10~50cmのカオリナイト石英脈で、N50° E/90° を示す。

鉍徴地としては貧弱であり、周囲の地質構造などからみて、中央部花崗岩体を変移させたENE-WSW方向の断層活動にともなう破碎帯沿いに小規模な熱水活動があったものと思われる。後者の石英脈と黒色変質部を分析した主な結果は、次の通りである。

試料	Sn ppm	W ppm	Ta ppm	Nb ppm	Au ppb	Ce ppm	La ppm	Nd ppm	Th ppm	U ppm	Y ppm
石英脈 (AR-004)	<5	<4	<1	9	<5	20	11	7	4.3	<0.5	9
変質岩 (AR-027)	<5	<4	2	17	6	65	35	32	14	5.9	17

第3章 地化学探査

調査地域全域を対象にして河床堆積物、土壌及び重鉱物の試料採取を行い地化学微量成分を分析しレアメタル及びレアアースの資源探査を目的として地化学異常地域を抽出した。

3-1 河床堆積物による地化学探査

3-1-1 試料採取及び分析成分

試料採取は、あらかじめ調査地域全域を覆うように主要河川及びその支流を選定し、地質調査と併行して実施した。採取地点の間隔は原則として300~400mとし、各採取地点では水流中央部の沢砂を80メッシュで篩い分け、篩い下の沢砂を約150g採取した。

採取試料の総数は、2,021個である。

調査地域で賦存が期待される錫、タングステン、ニオブ、タンタルのほか、花崗岩中に賦存の期待されるレアアース元素、ウラン、トリウム、イットリウムなどを対象としたことから、指示元素は、Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb, Th, U, Y, Scの17元素である。

分析方法は、Sn, Nb, Yについては蛍光X線分析法を、それ以外の14元素については中性子放射化分析法を用いた。

3-1-2 分析データの解析

一般に地化学分析データの解析において対数スケールで処理すると正規分布に近い分布を示すことが知られている。従って、分析値の解析にあたっては各分析値の常用対数を用いた統計処理を行った。

Sn-W-Ta-Nbの4元素のグループでは各元素それぞれが極めて強い正の相関性を示している。さらに、レアアース元素グループ及びTh, U, Y, Sc元素でもEuを除いてそれぞれの元素が極めて強い正の相関性を示しており、Euとも弱い正の相関性を示している。また、前者のグループと後者のグループの各元素はそれぞれ強い正の相関性を示している。

この結果は、各元素の地化学異常値の分布が、ほとんど重複して分布していることと矛盾しない。Sn-W-Ta-Nbのグループとレアアース元素及びTh-U-Y-Scのグループの両者間の相関は、各々のグループ内での相関性の強さよりやや弱い傾向が認められるが、これは調査地域南部では、前者のグループが高濃度であるのに対し、レアアース元素類が高濃度を示さない試料があり、北部西岩体周辺では、この逆のケースも認められることによる。これらの相関性の強い元素は、その分布状態からみて花崗岩体が風化削剥されて山間盆地、主要河川沿いなどの同じ堆積盆に堆積したことを表しているように考えられる。

Auは、錫グループおよびレアアース元素グループとはほとんど無相関であり、これらの元素の濃集機構とは異なった鉱化作用によってもたらされたものと推定される。Moは、他の16元素とは負の相関性を示している。

異常値と後背値との区分は各元素ごとの頻度分布図、累積頻度分布図さらに基本統計値を用いて決定した。

河床堆積物の地化学異常値区分は第6表に示す。

第6表 河床堆積物の地化学異常値の区分

元素	単位	しきい値	M + xσ
Sn	ppm	118.10	1.5
W	ppm	36.61	2.0
Ta	ppm	21.73	2.0
Nb	ppm	73.57	2.0
Au	ppb	8.69	4.0
Mo	ppm	9.21	1.5
Ce	ppm	363.75	2.0
Eu	ppm	1.88	2.0
La	ppm	125.98	1.5
Lu	ppm	3.67	2.0
Nd	ppm	94.27	1.5
Sm	ppm	26.09	2.0
Tb	ppm	5.06	2.0
Th	ppm	87.18	1.5
U	ppm	32.67	2.0
Y	ppm	199.47	2.0
Sc	ppm	8.67	2.0

3-1-3 異常域の分布

前述した異常値区分をもとに各元素の異常値域を抽出し第17図に示した。

錫の異常域は、北部花崗岩地域では、ナムケオ川、チャン川の旧鉱床地域のほか、チャン川の上流部支流とウーチャン川支流のプレーカムアン川 (Khlong Phrae Ka Muang)の上流に小規模な異常域が認められる。チャン川の旧鉱床地域の異常域は、チャン川の東側には顕著な異常は認められず、西側方向に広がっている。プレーカムアン川の異常域は、上流側に向かって濃度が増加する傾向にあり、この川の上流部には、未知の花崗岩体が存在する可能性がある。中央部岩体周辺の錫の異常域は、岩体西側と南東側に分布している。岩体西側では河川が平坦な平野部にでた部分に分布している。岩体南東側では、ブレークダット川の上流西側に約5×3 kmに及ぶ広い異常域が存在している。この異常域から流れたと思われる錫の異常域がブレークダット川とラムリアン川の合流点付近に形成されている。南部岩体周辺では、岩体の南部ほど異常が強く、旧鉱床の分布域と重なって異常域が

広がっている。南部花崗岩体の延長部であるファチ山珪化帯の北方のバンヤイラン川上流にも錫の小規模な異常域が分布する。

タングステンの異常域は、北部西岩体西側のクラン川支流、北部東岩体のチャン川支流、中央部岩体西側のワン川とサワ川 (Khlóng Sawa) 上流のプルヤイ川 (Khlóng Phlu Yai) 上流部、中央部岩体南側のプレークダット川左又沢の旧採掘跡と南部岩体の南西部のバンノン旧鉍山地域と南東部のラタナクラツ鉍山及びクン川流域に点在する。北側の異常域は、バンニング試料と沢砂中に灰重石が認められる地域とほぼ一致している。また、南部岩体の南東側の異常域は、鉄マンガン重石の分布と一致している。

ニオブ、タンタルの異常域は、基本的には錫の異常域の分布と似たパターンを示しているが、錫よりも広い地域で異常が認められる。また、プレークダット川の錫、タングステンの異常域にはニオブ、タンタルの異常域は分布しない。南部岩体の北側の海岸沿いにも小規模な異常域が分布するほか、バンヤイラン川にも異常域が認められる。

セリウム、ランタン、サマリウム、ネオジウム、トリウム、ウラン、イットリウム、テルビウム、ルテニウムの各元素の異常域の分布は、ほとんど重複している。北部花崗岩体では花崗岩の分布域全体を覆うように異常域が広がっている。中央部岩体では、西側のワン川、プルヤイ川、クラブリ川上流の花崗岩分布域とこれらの河川の中流部に異常域がみられる。南部花崗岩体では、岩体の西側に沿って異常域が広がっているが、錫、タングステンの異常域のある岩体東側には、ウラン、テルビウム、イットリウムなどの小規模の異常域が認められるにすぎない。ファチ山珪化帯の北端であるバンヤイラン川上流部には、分布は狭いが高濃度の異常域が認められる。

ユーロピウムは、北部東岩体、中央部岩体、南部岩体の北部に小さな異常域が分布するが、後背地では平均値以上の試料がたくさん分布している。これらは、堆積岩中の斜長石などからもたらされた可能性が強い。

モリブデンは、明らかに花崗岩周辺よりも堆積岩分布域の方が高濃度であり、堆積岩中に含まれていた元素と考えられる。本調査地域では、モリブデンの鉍化作用を伴うような花崗岩の活動はなかったものと推定される。

金の異常域は、全地域にスポット的に分布しているが、高濃度試料はNNE - SSWの方向性を持って点列しているように見えラノン断層と平行した断裂系に沿ってもたらされた可能性がある。

3-2 土壤による地化学探査

3-2-1 試料採取

土壤試料は、風化残留土壤中の錫、タンゲステン、タンタル、ニオブ、レアアース元素、ウラン、トリウム、イットリウム、スカンジウム含有量の把握を目的としているためこれらの元素を含む花崗岩分布域の土壤を中心に採取することとした。試料は、調査地域全域の地質調査が終了後、花崗岩分布地域の周辺や珪化帯・硫化物鉱染鉱微地などの周辺を選んで、バックグラウンド値も求められるように、堆積岩分布域の土壤も採取した。採取に際しては、土壤断面の観察できる道路の切り割りなどを利用し、周辺に切り割りがない場合には、地表から土壤断面を観察しながら掘り下げ、B層ないしC層を採取するように努めた。

土壤試料は、現地で2～3kg採取し、現地において風乾した後、80メッシュで篩い分け、篩い下の試料を採取した。採取した試料総数は207個である。

3-2-2 指示元素

指示元素は、河床堆積物試料と同じ17元素を用いた。

3-2-3 分析データの解析

分析データの解析は、河床堆積物試料分析データ解析と同じ手法を用いた。

各元素の相関係数についてみると、河床堆積物と同様の相関性を示しているが、全体として相関性が弱まる傾向を示している。各元素毎では、スカンジウムが他の元素と負の相関を示すようになっているし、タンゲステンもニオブ、レアアース元素、トリウム、ウラン、イットリウムと無相関関係を示す。これは、土壤試料が採取位置の基盤地質（ここでは花崗岩）に強く規制され、岩石中の微量元素の濃度に片寄りがあることを示しているためと考えられる。

調査地域南西端のバンノン部落付近の道路切り割りではA層（地表～0.80m）、B層（0.80～4.30m）、C層（4.30m～）各土壤断面毎に4個の試料採取し微量成分分析を行った（第7表）。この結果、土壤断面のA・B・C層での元素の溶脱、濃集などを示すような有意の差は認められない。

第7表 土壤断面毎の微量成分含有量 (バンバンノン地区)

	A層	B層	B層	C層		A層	B層	B層	C層
Sn	89	87	108	104	Lu	0.6	0.5	0.6	1.08
W	6	7	<4	<4	Nd	16	16	12	19
Ta	8	10	9	10	Sm	3.3	3.9	2.8	4.5
Nb	53	55	50	62	Tb	<0.5	<0.5	<0.5	1.2
Au	7	<5	<5	<5	Th	160	130	120	200
Mo	0	0	<5	0	U	11	12	10	15
Ce	340	250	280	270	Y	33	26	24	48
Eu	0.2	<0.2	<0.2	0.4	Sc	11	8.6	8.8	12
La	27	30	22	32					

異常値区分をもとに各元素の異常値域を抽出し第17図に示した。

相関係数でも示されたように錫、タンゲステン、ニオブ、タンタルの濃度分布は極めて調和的であり、北部西岩体の南端部及び南部岩体の南端部に高濃度試料が分布する。ニオブはこれ以外に北部西岩体の北端部や南部岩体東側の初生鉱床採掘跡で高濃度試料が認められる。これらの元素は、北部東岩体や中央部岩体では比較的低濃度である。

セリウム、テルビウム、ランタン、ネオジウム、サマリウム、トリウム、ウランは、非常によく似た濃度分布を示し、一部は、錫グループと重複した分布を示すが、南部岩体の西縁に沿っても、高濃度試料が分布している。このグループも北部東岩体と中央部岩体では低濃度である。

イットリウムとルテチウムは、錫グループと重複した分布を示すほか、北部東岩体に高濃度試料が認められる。この1試料は北部東岩体では最も分化の進んでいると思われる粘土化白雲母花崗岩の風化土壌であり、錫含有量も109ppmと高い値を示す。また、中央部岩体においても高濃度試料が分布する。

モリブデン、ユーロピウム、スカンジウムは、花崗岩帯中にも高濃度試料が認められるが、堆積岩分布域でも高濃度試料が分布していることが特徴である。

土壤試料の微量成分の内、上記のように錫、タンゲステン、タンタル、ニオブ、セリウム、テルビウム、ランタン、ネオジウム、サマリウム、トリウム、ウラン、イットリウム、ルテチウムは花崗岩中に含まれる重鉱物に由来し、花崗岩分布域で高濃度試料が分布している。

これらの元素の中でセリウム、テルビウム、ランタン、ネオジウム、サマリウム、トリウム、ウランの各元素は、ファチ山珪化変質帯でも高濃度試料が認められていて、この珪化帯の下に潜頭性の花崗岩の存在が予測される。

本調査地域の花崗岩の風化土壌は深部風化の進んでいる北部東岩体を除けば最大でも20m程度である。北部東岩体は、深層風化が進んでおり採掘には容易であるが、全体には錫やレアアース元素の含有量は低い。しかしながら、分化の進んだ白雲母花崗岩もあり、この岩相に限ってはイットリウム、錫の含有量も高い。この岩体は、低平で丘陵状のを示していることから地質状況に不明な点が多い。

ナムケオ川支流の採掘跡の底質粘土層についても2試料を採取して分析したが、花崗岩分布地域の土壌試料よりも全成分で低い含有量である。

3-3 パンニングによる重鉱物調査

3-3-1 試料採取及び分析成分

重鉱物試料は河床堆積物採取4試料のうちほぼ1個の割合でパンニングにより採取した。試料総数は560個である。これらを実体顕微鏡と紫外線灯を用いて観察した後に、129個を分析に供した。この中には、旧鉱床跡と唯一の稼行鉱山であるラタナクラツ鉱山の精鉱も含んでいる。

分析元素は、河床堆積物試料と同じ17元素とDy, Er, Gd, Ho, Pr, Tmのレアアース元素6元素を加えた計23成分である。

3-3-2 肉眼鑑定結果

識別された鉱物は、錫石、鉄マンガン重石、灰重石、ジルコン、ざくろ石、電気石、チタン鉄鉱、モナザイト、ゼノタイム、ルチル、アナターゼである。

パンニング試料が多量に採取される地域は、北部西岩体と南部岩体の周辺の旧二次鉱床地帯が主体である。北部東岩体に隣接するチャン川では、この川の東側から流入する沢ではほとんど重鉱物が認められないのに対して、西側の沢では重鉱物が多い。チャン川でも小規模な採掘跡がいくつか点在しているが、このソースはチャン川上流からもたらされたものと西側の小沢からもたらされたものがある。錫石は、北部西岩体と南部岩体の周辺で多量に分布している。南部岩体周辺では、岩体の西側より東側の旧鉱床地帯で多く、ラタナクラツ鉱山の沢でも鉱山から上流側で多量に含まれる。中央部岩体から流れる沢でも少量認められる他、ラムリアン川と支流のブレークダット川の合流点やリック川でも多量の錫石が観察される。

鉄マンガン重石は、南部岩体の周辺で少量から中量認められる。特にラタナクラツ鉱山周辺で多い。一方、灰重石は各花崗岩体の周辺地域に広く分布しているが、特に中央部岩体の周辺に多量に認められ、なかでもブレークダット川上流の旧鉱床地区の試料が最も多

量でかつ粒径も2～3mmの粗粒の結晶である。モナザイトとゼノタイムは、各花崗岩体の周辺に少量から中量認められる。南部岩体では岩体の東側よりも西側の方がより多く認められ、中央部岩体では3小岩体のうち真ん中の岩体から流れる水系で多く観察される。

チタン鉄鉱は、モナザイト、ゼノタイムと類似の分布状態を示しているが、ブレークダット川上流の旧鉱山地区にも認められる。

ルチル、アナターゼは、花崗岩体周辺の試料に極少量含まれており、その出現頻度も低い。

ジルコン、電気石、ざくろ石は、調査地域全域に広がっていて、堆積岩分布域でも多量に認められる。これらの鉱物は、明らかに円磨度がよい碎屑岩源の鉱物粒が多量にあり、花崗岩体周辺でも自形に近い粒子とこれらが混在していることが多い。

錫石、モナザイト、ゼノタイムなどの有用鉱物は、花崗岩体周辺の旧鉱床採掘跡のように河川が山地から平坦地へ流れ出た付近に濃集していて、花崗岩体から離れたところまでは運搬されていないことが多く、重鉱物の探査には、地形的特徴を考慮する事が重要であろう。

3-3-3 分析データの解析

分析成分23成分のうち、Mo、Tmが分析不能または分析限界値以下であった。

相関係数からみると、Sn-W-Ta-NbのグループとREE-Th-U-Yのグループのそれぞれのグループ内の各元素間では正の相関が非常に強いが、他のグループの元素とは無相関である。

主要元素の濃度分布を第17図に示した。

これでみると、錫グループは北部西岩体の南端部、南部岩体の南端部の旧鉱床採掘跡及びラタナクラツ鉱山で高濃度を示す。一方、REEグループは北部岩体周辺全体に特に高濃度試料が集中していて、南部岩体では錫グループと異なって岩体北部の海岸に沿って比較的高濃度を示す試料が点在している。REEグループでもレアアース元素とTh-U-Yの3元素では高濃度試料の分布がやや異なっていて、後者の3元素は、南部岩体では高濃度を示す試料が少ない傾向にある。

3-3-4 EPMA分析

定量分析された鉱物は、錫石、モナズ石、ゼノタイム、ポリクレーズ、ルチルおよびジルコンの6種類であり分析点数は17点である。この他、イルメナイトも定量分析を試みたが、TiとLa、Ceのスペクトルピークが非常に近接しているため断念した。電気石についても定性分析を行ったが、レアアース元素は検出されなかった。

(1) 錫石(cassiterite: SnO₂)

本地域の錫石は鏡下での観察により、2種類に大別することができる。ひとつは、単ニコルで透明～淡黄色（アメ色）を呈し、バイレフリンゼンスが高いものと、単ニコルで淡黄色～淡黄緑色を呈し、しばしば緑泥石のような異常干渉色を示すものである。前者は、北部岩体と中央部岩体周辺に産し微量成分が比較的少ないのに対し、後者は南部岩体周辺に産し微量成分としてTi, Ta, Niなどを0.1～1%含んでいる。また、研磨度の悪い錫石は、モナズ石との区別が困難である。

(2) ルチル(rutile: TiO₂)およびアナターゼ(anatase: TiO₂)系鉱物

ルチルは、かなりのレアアース元素を固溶することが知られているが、Tiのスペクトルのピークが、La, Ceのピークと極めて近いエネルギー位置に現れ、その分離を行っている内部プログラムの詳細が不明のため、定量値の評価は不可能である。したがって、ルチル以外の鉱物でもTiを含んでいる場合、LaとCeの定量値には考慮の余地がある。

本鉱物は、ラタナクラツ鉱山の試料RATTNA-3の中に比較的多く認められ、レアアース元素の重要な担体鉱物となっている。

(3) ジルコン(zircon: ZrSiO₄)

ジルコンは、一般に少量の Hf(hafnium)とTa(tantalum)を含有している。

(4) モナズ石(monazite)

トリウムと軽希土類元素のリン酸塩[(Th, Ln)PO₄]で、モナズ石のトリウム含有量は北部ナムケオ川の試料GH-001がThO₂として約12%、南部岩体西側の試料SAITHONG-1が約8～12%である。

Y(yttrium)とP(phosphorus)のピークは極めて近いエネルギー位置に現れるため、Yの含有量の少ないモナズ石ではYの定量値は信頼性が薄い。本調査地域の軽希土類元素の地化学異常値は、本鉱物に起因するものと思われる。

(5) ゼノタイム(xenotime)

レアアース元素のリン酸塩(LnPO₄)で、Yを主成分とし、重希土類を多く含む。南部岩体西側の試料SAITHONG-1の中に認められ、Y以外ではYb > Er ≥ Dyの順に多く含まれている。本調査地域の重希土元素の地化学異常値は、本鉱物に起因するものと考えられる。

(6) ポリクレーズ(polycrase)

ユウクセナイト(euxenite)およびポリクレーズは(La, U, Th)(Nb, Ta, Ti)₂O₆の組成を示す固溶体で、前者はニオブおよびタンタルの含有量が高く、後者はチタンが多い。本鉱物は試料GH-001の中に認められ、最大のものは長さ1mm以上の長柱状結晶として産している。鏡下では、単ニコルで暗赤褐色を呈し、反射能も比較的高い。本試料中のものはTi含有量

が高いことから、ポリクレーズと思われる。Nb=17~22%, Ta=8~10%を含む。

鏡下観察では、アナターゼとしたものであり、調査地域各地で少量認められる。河床堆積物地化学探査で錫とは一致せず、レアアース元素と一致して分布するニオブ・タンタルの地化学異常値はこの鉱物に起因するものと考えられる。

3-4 地化学探査の考察

河床堆積物、土壌試料、パンニング重鉱物試料による地化学探査の結果、土壌試料による地化学異常域は花崗岩分布域に限定される。また河床堆積物試料及びパンニング試料の地化学高異常域も花崗岩体の周辺に分布しており、大局的には河床堆積物、土壌、重鉱物の三者それぞれによる地化探異常域が極めて一致した分布を示しているといえる。このことは地化学異常は花崗岩体からもたらされた重鉱物の分布を反映しているものであり、さらに花崗岩体周辺の二次鉱床採掘による採掘跡を中心とした地化学ハローが形成していることによるものであろう(第17図)。

地化学高異常を示す元素は、今回の地化学探査で指示元素とした17元素(パンニング試料では23元素)のうち、Sn, W, Ta, Nbの4元素からなる錫グループと、Ce, La, Lu, Nd, Sm, Tb, Th, U, Yの9元素(パンニング試料ではこれにDy, Er, Gd, Ho, Prの5元素が加わる)のレアアースグループにまとまる。

調査地域北部の花崗岩体周辺においては、錫グループは、西岩体の南端部のナムケオ川流域の二次鉱床採掘跡、西岩体と東岩体間のチャン川の二次鉱床採掘跡を中心として比較的大きな異常域が分布するほか、チャン川上流部とプレーカムアン川の上流に小規模な異常域が認められる。また、タングステンは西岩体の西側のクラン川に単独の異常域dがあり、これは灰重石の分布と一致している。一方、レアアースグループは、元素によって多少の差異はあるが、二次鉱床採掘跡も含めて、西岩体と東岩体を覆うように異常域が分布しており、錫グループよりもはるかに広い異常域を示している。これは、花崗岩の微量化学成分の項でもふれたように、レアアース元素類は、分化の進んだ岩相よりも花崗岩本体の方に濃集する傾向があり、現在も継続してこれらを含んだ鉱物が供給され続けていることを示しているものと考えられる。

中央部花崗岩体では、岩体の西側へ流下する河川系に錫グループとレアアースグループの異常域が重複して分布している。異常域は花崗岩分布域から堆積岩分布域に移り変わる周辺と河川が丘陵地から沖積平坦地に出る2箇所に異常域が分かれて分布する。河床堆積物試料では、岩体の北側及び北東側にも異常域が認められる。中央部岩体で特徴的なことは、岩体の南東側の花崗岩体から離れたブレイクダット川上流に、タンタル、ニオブ、レ

アースの異常域を伴わない錫とタングステンの異常域があり、特に錫の異常域は5×3 kmの広がりを示している。この異常は、堆積岩中に発達する石英脈に由来するものと考えられるが、この下位には錫グループとレアアースグループの地化学異常を伴った潜頭性花崗岩が存在する可能性が高い。

南部岩体周辺では、錫グループは調査地域南東隅のバンノン地区の二次鉱床採掘跡から現在稼行中のラタナクラツ鉱山を中心とするクン川流域にかけての岩体南部地域に極めて広い異常域が分布している。ところが、レアアースグループは、南部岩体の西側に沿って異常域が分布していて、岩体の東側では花崗岩の分布域の沢筋にやや高濃度の試料が分布するに過ぎない。このような分布の違いの原因として次のような理由が考えられる。岩体の西側が構造的に急崖をなしているのに対して、東側は急立はしているが堆積岩と花崗岩の接触部が残っていることから、西側と東側では花崗岩の削剝レベルが異なっていて、堆積盆に供給されている重鉱物の種類が西側と東側では異なっている可能性が高いこと、また同様な地形的な特徴から東側には広い平坦地があるのに対して、西側がバンノン地区を除いて平坦地が少なくすぐ海岸となりさきに侵食堆積した錫グループを含む鉱物は海浜より海側に堆積している可能性が高いことによるものであろう。

また、この南部岩体の北部延長上のファチ山珪化帯では分布は狭いが、錫グループ、レアアースグループの両者の地化学異常域があり、この珪化帯の下部にもこれらの元素に富んだ花崗岩の潜頭性岩体が伏在しているものと推定される。

金の地化学異常値は、調査地域全体にスポット状に分布しているが、平均値以上を示す試料の分布でみるとNNE-SW方向の連続性が認められ、この方向の断層に沿ってもたらされた可能性が高い。

ユウロピウム、スカンジウムは、含有濃度が低く異常域も狭い分布しか示さない。異常域は、花崗岩帯に伴って分布しているが、堆積岩分布域にも相対的に高濃度試料が分布している。

モリブデンは、検出限界値以下の試料がほとんどであるが、限界値以上を示す試料は堆積岩の分布域のみに分布していて、本調査地域の花崗岩は、モリブデンの鉱化作用を伴っていないものと考えられる。

以上のことから、調査地域において錫、タングステン、ニオブ、タンタルについては、南部花崗岩体南側の旧鉱床地帯が最も有望である。北部岩体と中央部岩体で周辺も有望であるが、二次鉱床の堆積盆の大きさが南部岩体に比較してやや小さく鉱量も少ないものと思われる。また、南部岩体のオフショアについてもこれらの元素の賦存する可能性が高い。

レアアース元素とトリウム、ウラン、イットリウムについては、北部岩体周辺と南部岩

体の西側地域即ち海浜部が最も有望な対象域である。さらに中央部岩体の西側の河川沿いも有望と考えられる。

潜頭性花崗岩が期待され、それに伴う錫グループ、レアアースグループの賦存の可能性の高い地区としては、プレークダット川上流部西側とファチ山珪化帯の下部と考察された。

第4章 地化学探査精査

第1年次調査は地域全域を対象にして衛星画像解析、地質調査・解析、地化学探査（河床堆積物・土壌・重鉱物）を実施し、その結果から4地区を抽出し二次鉱床を対象として、さらに調査範囲9地区（14.7km²）を選定して土壌を対象とした地化学探査精査（第2年次調査）を実施した。この地化学探査精査地区の位置は第1図に示した。

土壌試料採取は、対象鉱物が堆積盆の底部に濃集することから可能な限り深部で行うこととし、原則的には深度1mとし、-80メッシュを分析試料とした。

探試測線及び探試測点は簡易測量により標定した。探試測線間隔および探試測点間隔は、100m×50mであるが、D-1、D-2の両地区は地形上の関係から100m×100mとした。

指示元素は、Sn, W, Nb, Ta, Ce, Eu, La, Sm, Tb, Th, U, Y, Gd, Dy, Pr の16成分である。

土壌試料の他にパンニングによる重鉱物、岩石を採取して解析データに供した。

4-1 A-1地区

4-1-1 調査位置

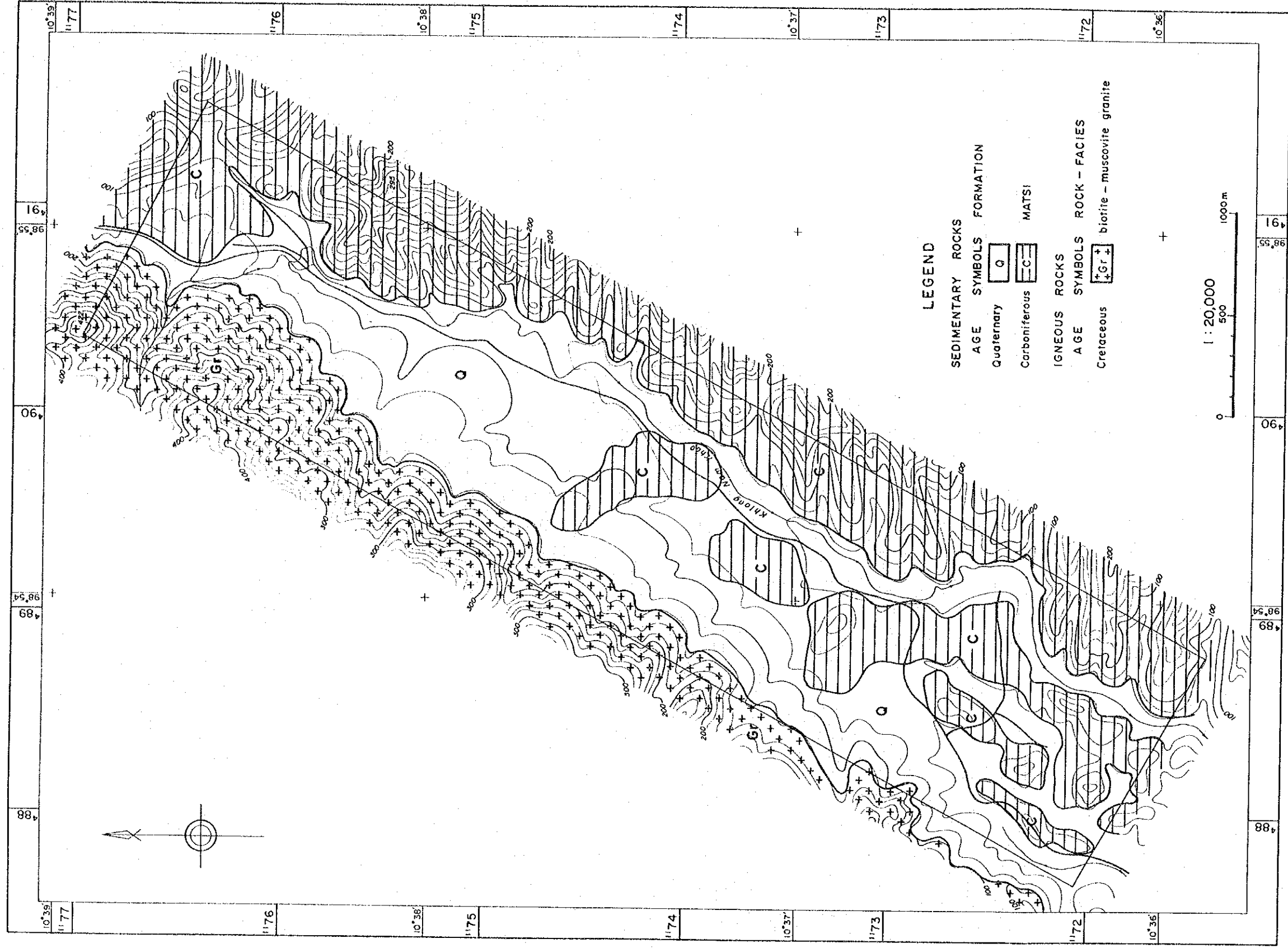
調査地区は、クラブリの北北西約25kmにあり、北部西花崗岩体の東麓をNNE-SSEW方向に流下するナムカオ川の流域に広がる堆積盆を対象としたほぼ北緯1037'、東経9854'を中心とした地区である。

本地区内の主要河川は、上記のナムカオ川で調査地区の東端を流れており、主な支流は北西側の北部西花崗岩体からNW-SE方向に発達していて、扇状地状の緩斜面を形成している。調査地区は、標高50~120mを示し起伏は少ない。

調査地区の北西側は、花崗岩体の形成する急峻な山地となっており調査地域との境界部は急崖となっている。地区南西側は、堆積岩から構成され、比較的平坦な丘陵地である。

本地区は、これまでの調査で河床堆積物試料から Nb, Ta, REE, Y, U, Thの地化学異常域、パンニング試料からSn, W, Nb, Ta, REE, U, Y, Thの地化学異常域がそれぞれ検出されている。

A-1



第 18 图 A-1 地区地质图

4-1-2 地質

調査地区周辺の地質は、石炭紀のマトリ層、白亜紀花崗岩と第四紀の崖錐堆積物、河床堆積物などの沖積層から構成される（第18図）。

石炭紀マトリ層は、粘土質泥岩及び礫岩より構成されており、調査地区の南西側の山地に分布するほか、調査地区北東部の丘陵地や地区南西部の測線AA35以南にある比高10~40m程度の小丘を構成する。

白亜紀花崗岩は、調査地区北西側の急峻な山地を構成している。この山地の東側の山腹は直線上の急崖をなしており、マトリ層との境界は断層関係である可能性が高い。本岩体の主な岩相は、粗粒等粒状の両雲母花崗岩であり、部分的にはカリ長石の巨斑晶を含んでいる。主要構成鉱物は、石英・微斜長石・正長石・斜長石・黒雲母・白雲母・電気石であり、随伴鉱物としてジルコン、燐灰石、スフェーン、チタン鉄鉱を伴う。また稀に掲レン石も認められる。本地区の花崗岩は、程度の差はあるが圧砕作用を受けており、カタクラスティックからマイロニティック組織を示す。

第四紀沖積層は、崖錐堆積物と河床堆積物が分布している。地区北部から中央部では北西側の山地の裾野からナムカオ川にかけて扇状地状に広がる崖錐堆積物が厚く堆積していて、最大径数mに及ぶ花崗岩の大塊を含む花崗岩質碎屑物から構成されている。ナムカオ川沿いには花崗岩質粗粒砂からなる河床堆積物が分布している。

地区中央部以南ではマトリ層群の堆積岩で構成される比高10~30mの小丘が点在しており、それらの小丘の間の沢底に白色粘土を主体とする沖積堆積物が埋積している。

4-1-3 地化学精査結果

(1) 土壌試料

一般に地化学分析値、特に微量成分の濃度の広がり是对数正規分布に近い分布を示すことが知られており、従って今回の分析値の解析においても分析値の常用対数を用いて実施した。

相関係数を見ると、第1年次調査でも示されたように、Sn-W-Ta-Nbのグループとレアアース元素（イットリウムも含む）・Th-Uのグループに分かれ、2つのグループ間でも正の相関があることが示されている。ただし、タングステンに関しては、これまでの調査の結果よりは、Snグループ内でも相関性は低く、レアアースグループとは相関性はないが、極弱い負の相関性を示す結果となっている。

また、Ta、Nbの両元素は、レアアースグループとも強い正の相関性が示されている。パニング試料の検討により、これらの元素を含む鉱物は、錫石(SnO₂)、モナザイト((Ce,

La, Th) P04), ゼノタイム(YP04), ポリクレーズなどであり, Ta, Nbは錫石とコロンブ石-タンタル石の形で共生するほかにポリクレーズなどに分配されていることが明らかになった。

以上のことから, 分析元素を Sn, W, Ta-Nb, Total REE, Th-Uの5グループにまとめ, これらの分布状況から地化学異常域の分布を検討した。

各グループの“しきい値”, それぞれSn=30ppm, W=9.5ppm, Ta+Nb=36ppm, Total REE=320ppm, Th+U=78ppm である。

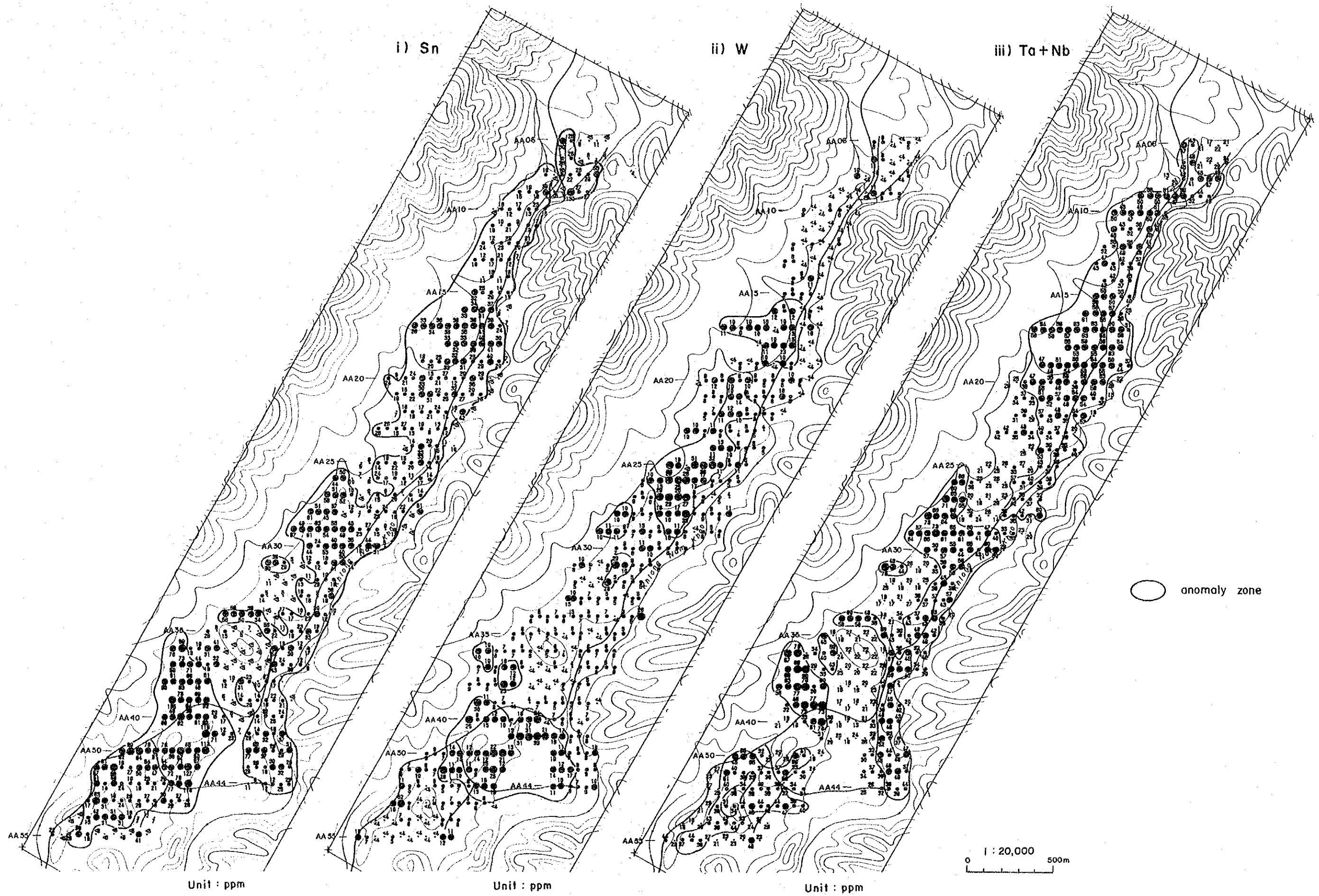
本地区の地化学探査精査の解析結果図を第19図に示す。

錫の異常値は, 測線AA09, AA15-AA19, AA26-AA31, AA36-AA41, AA50-AA54にまとまった分布が認められる。このうち測線AA09, AA15-AA19の異常値は地区北部に広がる花崗岩源の砂, 礫からなる崖錐堆積物に含まれている。測線AA26-AA31の異常値は, マトリ層の形成するいくつかの丘の間に堆積した花崗岩源の粗粒砂を主体とした堆積盆に一致している。また, 南部に広がる異常値は, マトリ層の形成する丘の間の細長い沢状地形に堆積したカオリナイト, 白雲母からなる白色粘土層の分布と一致している。このことから, 錫の異常値の分布は, ほぼ錫石を胚胎する堆積盆の大きさを表しているものと考えられる。

タングステンの異常値は, 測線AA16-AA19, AA24-AA28, AA36-AA41, AA50-AA52に分布している。一部は, 錫の異常値と一致しているが, 測線AA24-AA28やAA40-AA41の異常値は, マトリ層の堆積岩に一致して認められる。第1年次調査のパンニング結果では, 本地区では灰重石が認められており, これらの異常はマトリ層中の石灰質部が灰重石化した結果を表しているものと想定される。

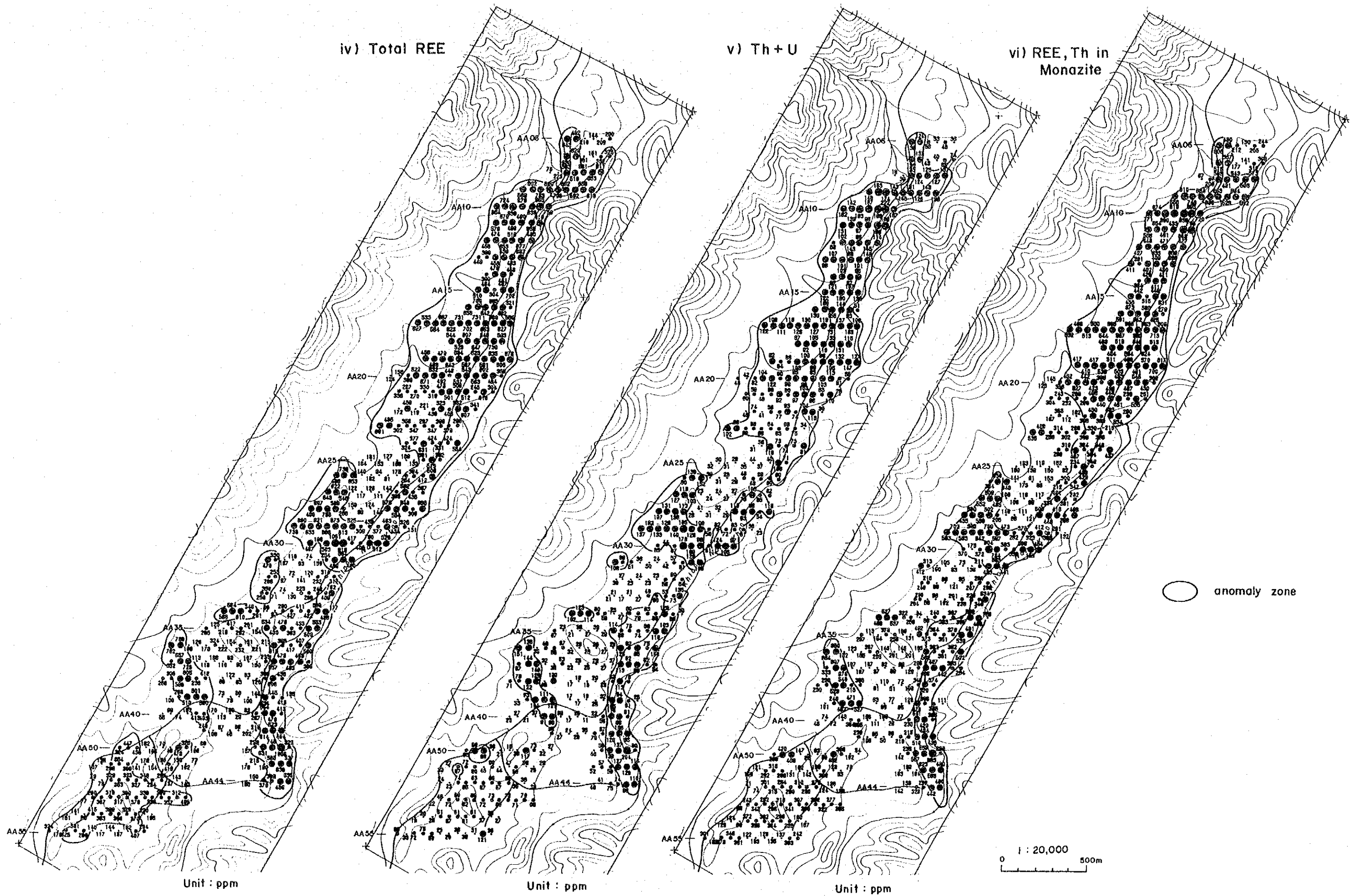
タンタル・ニオブの異常値は, 測線AA08-AA10, AA15-AA21, AA26-AA31, AA35-AA40に認められる。これらの異常値の分布は, 一部錫の異常値の分布と一致するが, それよりはレアアース, トリウム・ウランの異常値の分布に良く一致している。当地区では, パンニングの検討結果でポリクレーズが多く見いだされていることから, 同鉱物の分布状況を示しているものと考えられる。

総レアアース及びトリウム・ウランの異常値の分布は極めて類似していて, 測線AA06-AA22, AA26-AA31にまとまった異常値が認められる他, 測線AA21-AA30, AA31-AA44のナムカオ川流域にも異常値が広がっている。また, 地区南部の錫の異常域が顕著な堆積盆では, この2種の異常値は, 沢型の上流部の花崗岩に近い部分にだけ分布している。総レアアース及びトリウム・ウランの異常値の分布は, 花崗岩源の粗粒砂, 礫などからなる崖錐堆積物と河床堆積物の分布と一致し, モナザイト, ゼノタイムなどの希土類鉱物を胚胎する二次鉱床の分布範囲を示しているものと想定される。



第 19 图

A-1 地区地化学探查解析结果图(1)



第 19 图 A-1 地区地化学探查解析结果图(2)