

タイ王国クラブリ地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 1 年 次

平成 4 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

第 1 年 次

JICA LIBRARY



1096903(8)

27496

平成 4 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



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年度が第1年次にあたり、金属鉱業事業団は5名の調査団を編成して、平成3年7月7日より平成3年9月19日まで現地に派遣した。現地調査は、タイ王国政府機関の協力を得て予定どおり完了した。

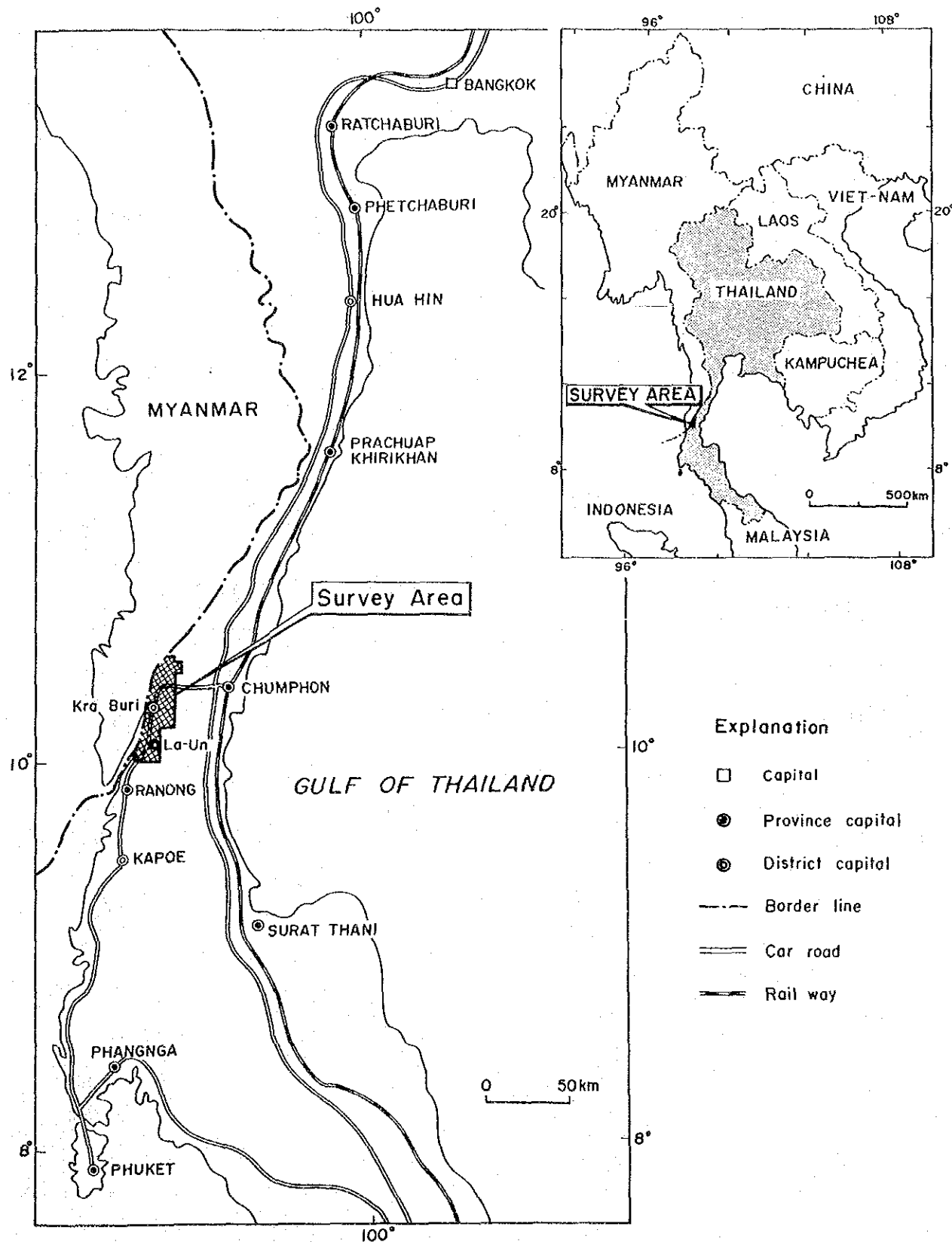
本報告書は第1年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告の一部となるものである。

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4年3月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介

金属鉱業事業団
理事長 福原元一



第 1 図 調査地域位置図

要 約

本調査はタイ王国南部のクラブリ地域における資源開発協力基礎調査の第1年次にあたり、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を中心とする南北80km、東西20km、面積1500km²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延長部に位置する。

全地域を対象とする衛星画像解析から、主要な断裂系と岩相のちがいが判読され、これらはグラントルースの結果と良い対応を示した。

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-SW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。

これらの花崗岩は北部西岩体、北部東岩体、中央部岩体及び南部岩体の4つの岩体に分けられ、いずれもS-type・イルメナイト系列に分類される錫花崗岩である。

花崗岩の微量成分の検討では、Sn・W・Ta・Nb（錫グループ）とレアアース元素及びTh・U・Y（レアアースグループ）が同じ挙動を示す元素グループとしてまとめられ、岩体毎にグループの含有量に違いがみられた。錫グループ・レアアースグループとも高含有量の岩体ほど鉱床胚胎のポテンシャルが高いと考えられ、南部岩体及び北部西岩体が両グループとも高含有量を示した。

本地域に分布する錫鉱床は、二次鉱床のみであり、北部西岩体南部、南部岩体周辺および中央部岩体南東方などに採掘跡が分布しているが、現在採掘中の鉱床は1か所である。このほか、地域北部のパックチャン地区に硫化錳鉱染変質帯が、地域南部のラウン川河口にファチ山珪化帯がある。

地化学探査結果でも、指示元素の挙動は上記の2つのグループにまとめられ、錫グループは北部西岩体南部、中央部岩体西部及び南東部、南部岩体南部とファチ山珪化帯に異常域が分布し、レアアースグループは北部西岩体全域、中央部岩体西部、南部岩体西側沿いとファチ山珪化帯に異常域が分布する。

地化学特性、地域内の鉱徴地・変質帯の相互検討から、以下の4か所が有望地区として抽出され、次のように評価される。

①北部西岩体：花崗岩の地化学特性では、錫・レアアースグループとも高含有量を示し、岩体南部には錫グループの地化学高異常域が分布する。レアアースグループの異常域も岩体分布域とほぼ重複している。レアアースを含む錫鉱床が期待される。

②南部岩体：花崗岩の地化学特性では、錫・レアアースグループとも高含有量を示し、岩体南部に錫グループの地化学高異常域が広範囲に分布する。レアアースグループは、岩体の西側に沿って地化学異常域が広く分布する。岩体南部ではニオブ・タンタルを含む錫鉱床が期待され、岩体西部ではレアアース元素の鉱床が期待される。

③中央部岩体：花崗岩の地化学特性では、両グループとも含有量は低い。しかし、岩体西側の河川沿いに2つのグループの地化学異常域が重複して分布し、レアアース元素を含む錫鉱床が期待される。また、岩体南東側にはSn・Wの地化学異常域が広く分布し、この供給源と思われる石英脈が発達し、潜頭性花崗岩の存在を示唆している。堆積岩に覆われた潜頭性花崗岩の存在が明らかになれば、その頂部に錫・レアアースグループを含む初生鉱床の胚胎が充分期待される。

④ファチ山珪化帯：ラウン川河口付近にある堆積岩を原岩とする白色粘土化を伴う珪化帯で、レアアースグループの土壌地化学異常と錫グループ、レアアースグループの河床堆積物の地化学異常が認められる。南部岩体の北部延長上にあり、潜頭性花崗岩の存在する可能性があり、中央部岩体南東地区と同様に初生鉱床の賦存が期待される。

目 次

はしがき

調査地域位置図

要 約

目 次

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論	1
1 - 1 調査の経緯及び目的	1
1 - 2 調査の範囲、目的及び作業の概要	1
1 - 3 調査日程及び調査団の編成	3
第 2 章 調査地域の地理	4
2 - 1 位置及び交通	4
2 - 2 地 形	4
2 - 3 気候及び植生	5
2 - 4 一般情勢	5
第 3 章 調査地域の既存地質情報	12
3 - 1 既往調査の概要	12
3 - 2 クラブリ地域周辺の一般地質・鉱床	14
3 - 3 調査地域の鉱業	14
第 4 章 調査結果の総合検討	17
4 - 1 花崗岩の特性	17
4 - 2 地化学異常域	18
4 - 3 有望地区の検討	18
第 5 章 結論及び提言	19
5 - 1 結 論	19
5 - 2 第 2 年次調査への提言	20

第II部 各 論

第1章 衛星画像解析	21
1-1 衛星画像作成	21
1-2 リニアメント解析	24
1-3 地質判読	26
第2章 地質調査	28
2-1 地質概要	28
2-2 地質各説	29
2-3 花崗岩類の地化学特性	36
2-4 地質構造	46
2-5 鈹床・鈹化作用	47
第3章 地化学探査	54
3-1 河床堆積物による地化学探査	54
3-2 土壌による地化学探査	67
3-3 パンニング試料の検討	72
3-4 考 察	92
第III部 結論及び提言	
第1章 結 論	95
第2章 第2年次調査への提言	96
参考文献	98
巻末付表	

表

第 1 表	調査内容内訳表	2
第 2 表	ラノン市の気温	6
第 3 表	クラブリ・ラウンの月別降雨量	8
第 4 表	クラブリ・ラウンの日雨量	10
第 5 表	クラブリ地域登録鉱区一覧表	15
第 6 表	花崗岩試料の微量成分基本統計値	42
第 7 表	河床堆積物の微量成分基本統計値	55
第 8 表	河床堆積物の微量成分相関係数	59
第 9 表	河床堆積物の地化学異常値の区分	60
第 10 表	土壌試料の微量成分基本統計値	70
第 11 表	土壌試料の微量成分相関係数	71
第 12 表	土壌断面毎の微量成分含有量	72
第 13 表	パンニング試料の微量成分基本統計値	83
第 14 表	パンニング試料の微量成分相関係数	84

図

第 1 図	調査地域位置図	
第 2 図	ラノン市の気温変化図	7
第 3 図	クラブリ・ラウンの月別降雨量	9
第 4 図	クラブリ・ラウンの日雨量	11
第 5 図	既存資料調査結果総括図	13
第 6 図	ラノン県、チュンボン県の年次別錫生産量	16
第 7 図	衛星画像解析範囲図	23
第 8 図	写真地質解析結果図	25
第 9 図	リニアメント密度図	27
第 10 図	クラブリ地域の地質図	30
第 11 図	地質模式層序図	31
第 12 図	花崗岩試料の化学組成図	38

第 13 図	ノルムQz-Ab-Or図	39
第 14 図	Na ₂ O-K ₂ O相関図	39
第 15 図	ACF(Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ -Na ₂ O-K ₂ O/CaO/FeO+MgO)図	41
第 16 図	CNK(CaO-Na ₂ O-K ₂ O)図	41
第 17 図	コンドライト規格化パターン図	44
第 18 図	微量成分と分化指数関係図	45
第 19 図	鉍微地分布図	48
第 20 図	バンヤイ西方の初生鉍床概略図	50
第 21 図	ノンチック硫化変質帯概略図	53
第 22 図	河川堆積物試料の微量成分頻度分布・累積頻度分布図(1)～(3)	56
第 23 図	河川堆積物地化学異常値分布図(1)～(6)	61
第 24 図	バンノン地区の土壌断面図	69
第 25 図	土壌試料微量成分濃度分布図(1)～(5)	73
第 26 図	パンニング試料肉眼鑑定結果図(1)～(4)	79
第 27 図	パンニング試料微量成分濃度分布図(1)～(5)	86
第 28 図	調査結果総合解析図	97

卷 末 付 表

付表 1 岩石薄片検鏡結果一覧表	A - 1
付表 2 岩石試料主要成分化学分析結果一覧表	A - 4
付表 3 花崗岩試料微量成分化学分析結果一覧表	A - 7
付表 4 鉍石研磨薄片検鏡結果一覧表	A - 8
付表 5 鉍石試料品位一覧表	A - 9
付表 6 パンニング試料粉末 X線回折試験結果一覧表	A - 10
付表 7 BPMA分析結果一覧表	A - 11
付表 8 河川堆積物試料分析結果一覧表	A - 13
付表 9 土壤試料分析結果一覧表	A - 31
付表 10 パンニング試料分析結果一覧表	A - 33
付表 11 収集資料一覧表	A - 35

添 付 図 面

PL- 1	Lineament interpretation map
PL- 2	Geologic map
PL- 3	Geologic profile
PL- 4	Locality map of stream sediments and panned samples
PL- 5	Locality map of soil and rock samples
PL- 6	Sn geochemical anomaly of stream sediments
PL- 7	W geochemical anomaly of stream sediments
PL- 8	Ta geochemical anomaly of stream sediments
PL- 9	Nb geochemical anomaly of stream sediments
PL-10	Ce geochemical anomaly of stream sediments
PL-11	La geochemical anomaly of stream sediments
PL-12	Nd geochemical anomaly of stream sediments
PL-13	Th geochemical anomaly of stream sediments
PL-14	U geochemical anomaly of stream sediments
PL-15	Y geochemical anomaly of stream sediments

第I部 總 論

第I部 総論

第1章 序論

1-1 調査の経緯及び目的

タイは世界でも有数の錫生産国であるとともにこの錫に伴うニオブ・タンタルなどのレアメタルやこのほか副産物としてサマリウム・セリウムなどのレアアースも重要な鉱産物としての位置を占めている。近年これらレアアースの需要の高まりからタイ国政府はタイ南部の錫地帯において、レアアース鉱床賦存の可能性について日本との協力調査の実施を日本国政府へ依頼してきた。これを受けて日本国政府は事前調査団を現地へ派遣し1991年2月27日、日本側国際協力事業団並びに金属鉱業事業団とタイ側工業省鉱物資源局との間で協定書が交わされた。これに基づいてマレー半島中部のクラブリ地域において、平成3年度を第1年次として3か年にわたる資源開発協力基礎調査が実施されることとなった。

本調査は調査地域の地質及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、錫・タングステン・ニオブ・タンタルの他、金・モリブデン・レアアースなどの有用鉱物の鉱床胚胎の可能性の高い地域を抽出することを目的とする。

1-2 調査の範囲、目的及び作業の概要

1-2-1 調査地域及び調査目的

調査地域は、タイ国南部マレー半島北半部の狭長な部分に位置し、ラノン県(Changwat Ranong)クラブリ郡(Amphoe Kra Buri)を中心とするクラブリ川(Khlong Kra Buri)に沿った南北80Km、東西20Km、面積1,500 Km²の範囲である。行政上は調査地域の大部分がラノン県クラブリ郡とラウン郡(Amphoe La-Un)およびラノン郡(Amphoe Muang Ranong)に属し、北東部のごく一部がチュンボン県(Amphoe Chumphon)タセ郡(Amphoe Tha Sae)およびチュンボン郡(Amphoe Muang Chumphon)にかかっている。

調査目的は、地質状況の把握と地化学異常の抽出により、ニオブ、タンタル、錫、タングステン・金・モリブデン・ウラン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、二次鉱床さらには潜頭性花崗岩体に伴われる鉱床を含めて有望地域を抽出することである。

1-2-2 作業の内容

本年度の調査は、調査地域全域を対象とする概査で、地質調査・地化学探査及びそれに

付随する室内試験を実施した。

地質調査は全域から均等な密度で選択した水系に沿って行い、併せて地化学探査では沢砂・パンニング試料を採集した。このほか花崗岩の分布域でレアアースを対象とする土壤試料を採取した。

現地調査には、既存の縮尺1/50,000地形図を拡大した縮尺1/10,000地形図を使用した。

調査結果は縮尺1/50,000地質図及び地化学異常図にまとめた。調査内容及び調査量の内訳を第1表に示す。

第1表 調査内容内訳表

調査内容	項目	調査数量	
衛星画像解析	調査面積	1,500km ²	
地質調査 地化学探査	調査面積 踏査延長	1,500km ² 600km	
室内試験項目 及び分析成分	岩石薄片作成	53 件	
	鉍石研磨片作成	13 件	
	X線回折試験	22 件	
	E P M A	17 件	
	化学分析 7) 河床堆積物	Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb, Th, U, Y, Sc	2,021 件
	4) パンニング	Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb, Th, U, Y, Sc Dy, Er, Gd, Ho, Pr, Tm	560 件 (採取) 104 件 (分析)
	6) 土壤	Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb, Th, U, Y, Sc	207 件
1) 岩石	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	32 件	
2) 鉍石	Sn, W, Nb, Ta, Y, La, Ce, Nd	25 件	

1-3 調査日程及び調査団の編成

1-3-1 調査計画及び折衝

クラブリ地域資源開発協力基礎調査の計画策定につき、事前調査・協定折衝及び第1年次調査計画打ち合わせのための調査団が下記日程により派遣された。

(a)事前調査・協定折衝日程

平成3年2月18日 ～ 平成3年2月28日

(b)調査団の編成

日本側		タイ側	
沢谷 勝三	金属鉱業事業団	Visith Noiphan	鉱物資源局 (局長)
及川 洋	通商産業省	Prakong Polahan	鉱物資源局 (副局長)
佐藤 秀雄	外務省	Thawat Japakasetr	鉱物資源局 (担当部長)
升田 健蔵	金属鉱業事業団	Gawee Permpool	鉱物資源局
藤田 実	金属鉱業事業団(バンコク)	Paichit Pathnopas	鉱物資源局
		Prayong Angsuwattana	鉱物資源局
		Praphis Sampattavanija	鉱物資源局
		Phairat Suthakorn	鉱物資源局 (担当課長)
		Peerapong Khuenkong	鉱物資源局
		Patchara Jariyawat	鉱物資源局

1-3-2 現地調査団

(a)調査期間

第1年次の現地調査は平成3年7月7日～平成3年9月19日の日程で実施した。

(b)調査団の編成

日本側		タイ側	
企画・調整			
下出 雅義	金属鉱業事業団 (バンコク)	Thawat Japakasetr	鉱物資源局
両角 春寿	金属鉱業事業団	Phairat Suthakorn	鉱物資源局
地質・地化学探査			
内村 巖	日鉄鉱コンサルト 株式会社	Peerapong Khuenkong	鉱物資源局
高畑 裕之	日鉄鉱コンサルト 株式会社	Patchara Jariyawat	鉱物資源局
渡辺 敬三	日鉄鉱コンサルト 株式会社	Karoon Tonthongchai	鉱物資源局
高原 弘幸	日鉄鉱コンサルト 株式会社	Manoon Tanasung	鉱物資源局
堀内 浩久	日鉄鉱コンサルト 株式会社	Kittiphong Udomtanateera	鉱物資源局
		Boonchu Panglinput	鉱物資源局
		Taval Japakasetr	鉱物資源局

第 2 章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

調査対象地域は、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、タイ南部の大都市スラータニ (Surat Thani) 市の北西約 150km に位置する南北 80km、東西 20km、面積 1500km^2 の地域である。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、北東部のごく一部がチュンボン県タセ郡とチュンボン郡に、地域南東端がラノン県ラノン郡にかかる。

ベースキャンプを置いたクラブリ郡クラブリ町は、半島東海岸にあるチュンボン県チュンボン市と西海岸にあるラノン県ラノン市のほぼ中間に位置する。バンコックからチュンボン、ラノン、プーケット (Phuket) およびハジャイ (Hat Yai) などの都市を通り、マレーシア国境に至る完全舗装の国道 4 号線が通じている。クラブリ町はラノン市からは 60km、チュンボン市からは 62km の距離にある。ラノン～クラブリ～チュンボン、ラノン～スラータニ間には、普通バス便、急行バス便、乗合タクシー等が頻繁に往来している。バンコック～クラブリ間の距離は 554km で、バンコックからはチュンボン、クラブリ、ラノンを經由してプーケットに至る急行バスが朝晩往復しており、クラブリまでは約 10 時間を要する。

調査地域の最寄りの空港は、スラータニにあり、バンコックから直距約 500km で、国内航空のジェット機が毎日 3～4 便就航しており、所要時間は 65 分である。

鉄道はバンコック～チュンボン間約 500km を約 9 時間で運行している。

調査地域内の主要国道は、地域北東部から南西部へ調査地域を縦断する国道 4 号線とこれから分岐してラウン郡ラウン町に通じる完全舗装の 4091 号線がある。このほか地域内の部落を結ぶ未舗装道路が主要河川沿いなどに通じている。これらの未舗装道路の中には道路改修が始まっているものもあるが大部分は雨季には泥濘化し、四輪駆動車でなければ安全運行は困難である。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。

地元住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舟の利用も盛んである。

2-2 地形

タイ半島部にはインドシナ半島西部山地からラノン県に至るテナセリウム山脈が延び、さらにチュンボン、パンガー、クラビ県まで長く連なるプーケット山脈がこれに続き、これらの山脈が半島部の脊梁を形成している。

調査地域は両山脈の境界部にあたりその 90% が山地で占められ標高は 100～700m で高い山

は少ない。

主要な山稜は明瞭なNNE-SW方向を示す。これらは細長い稜線と急峻な山腹で特長づけられ、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-SW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からなる。

主要山稜に挟まれる水系もNNE-SW方向の縦谷状となり、狭い谷間には上流まで沖積低地が発達している。このNNE-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み発達している。

調査地域西側を画しビルマとの国境を流れるクラブリ川もNNE-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域には低湿地帯が広がる。

2-3 気候及び植生

調査地域を含むタイ南部マレー半島は、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。2～4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における最近6年間の月別気温を第2表及び第2図に示す。この図・表に見られるとおり月平均気温は26～30℃とほぼ一定しているが、乾季では一日の温度変化が19～38℃となり雨季の日変化22～33℃よりやや大きい。

第3表及び第3図のクラブリ町とラウン町における最近5～6年間の月別降水量を示した。本地域の年間降雨量は1800-3000mmで、その90%以上が雨季に集中している。第4表及び第4図に両町の調査期間中の日別降水量を示す。

調査地域の植生は、山地部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、竹などがまじる落葉樹の原生密林からなる。丘陵地は熱帯果樹やゴム、オイルパーム、コーヒーなどの人工林と雑木の原生林が混じる。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が見られる。

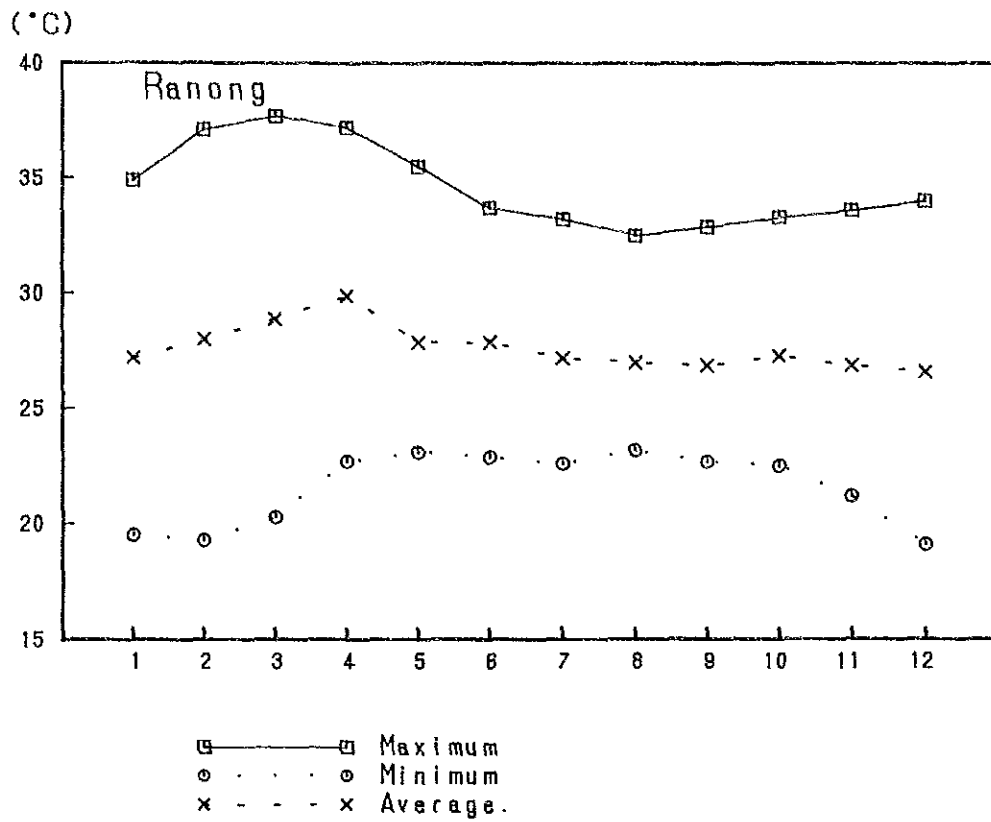
2-4 一般情勢

調査地域は、前述のようにその大半がラノン県クラブリ郡に属し、南部はラノン県ラウン郡とラノン郡、北東端部がチュンボン県タセ郡とチュンボン郡に属す。

第 2 表 ラノンの気温

単位：℃

年 月	1986			1987			1988			1989			1990			1991			過去6年間の平均		
	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
1	34.9	17.7	26.45	33.9	18.3	26.54	35.4	20.0	26.87	35.0	20.0	27.61	35.2	20.1	27.87	35.2	20.8	27.95	34.9	19.5	27.2
2	37.0	18.0	26.84	37.0	18.9	27.43	38.0	20.7	28.86	36.5	16.5	26.84	38.3	21.0	29.33	35.6	20.5	28.41	37.1	19.3	28.0
3	36.6	19.0	28.51	38.6	19.9	28.81	38.5	21.1	28.98	36.3	21.5	27.59	38.7	20.4	30.01	37.5	19.8	29.27	37.7	20.3	28.9
4	38.1	22.0	29.29	35.7	22.0	30.08	38.1	23.6	30.19	35.0	22.6	29.98	38.3	22.9	30.57	37.8	23.2	30.00	37.2	22.7	29.9
5	37.2	22.3	27.05	34.6	22.6	27.79	34.8	23.6	27.20	34.1	23.2	27.77	36.6	23.3	28.69	35.7	23.8	29.08	36.5	23.1	27.9
6	32.7	21.8	26.87	34.6	23.5	28.24	33.4	22.0	27.69	33.2	22.8	27.08	33.2	23.5	28.25	35.2	23.5	29.10	33.7	22.9	27.9
7	32.6	21.4	26.73	33.2	23.5	28.29	33.0	22.8	25.50	33.6	23.2	27.92	32.6	21.6	27.55	33.9	22.9	27.15	33.2	22.6	27.2
8	31.7	21.8	26.13	33.1	22.3	27.04	33.0	22.6	27.55	32.6	26.6	26.02	32.2	23.1	27.71	32.6	23.0	27.30	32.5	23.2	27.0
9	31.9	22.1	26.32	34.0	22.5	26.85	32.4	22.9	26.79	33.5	24.4	27.38	32.9	21.8	27.25				32.9	22.7	26.9
10	32.3	22.0	26.82	34.6	23.0	28.14	32.5	22.3	26.67	33.5	22.5	27.12	33.7	22.5	27.54				33.3	22.5	27.3
11	33.3	20.5	26.90	33.0	22.6	26.39	33.7	20.7	26.51	34.5	22.0	27.84	33.7	20.4	27.04				33.6	21.2	26.9
12	33.1	17.8	26.49	33.7	19.4	25.91	34.4	19.9	26.01	35.0	18.5	27.21	33.7	19.7	27.30				34.0	19.1	26.6



第 2 図 ラノン市の気温変化図

第 3 表 クラブリ・ラウンの月別降雨量

クラブリ

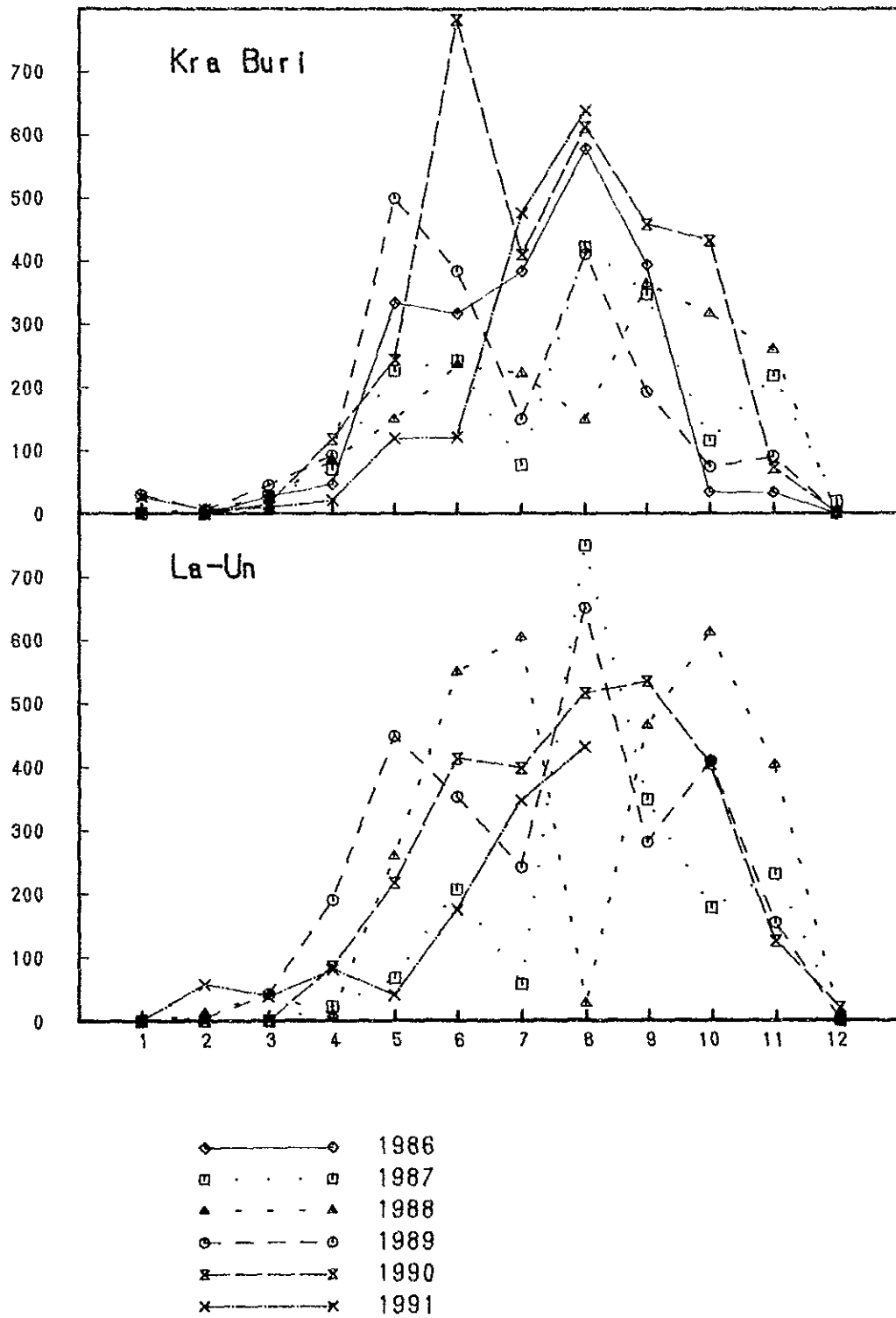
単位：mm

年 月	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	0.0	0.0	0.1	29.8	0.2	26.3
2	0.0	0.0	7.0	5.3	0.0	6.2
3	27.9	27.9	25.7	45.8	15.4	10.8
4	47.7	70.7	85.0	92.5	118.8	21.9
5	333.7	226.3	149.7	499.8	243.0	119.0
6	316.4	242.3	235.4	383.2	782.8	121.1
7	383.7	77.8	221.1	149.1	409.1	475.0
8	578.6	422.6	148.9	411.3	612.3	638.3
9	394.3	347.8	363.8	193.1	458.4	
10	34.5	115.2	316.9	74.9	432.1	
11	33.5	218.3	259.3	90.6	72.1	
12	0.0	19.1	0.0	0.0	1.9	
TOTAL	2150.3	1768.0	1812.9	1975.4	3146.1	1418.6

ラウン

年 月	1987	1988	1989	1990	1991
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	12.7	5.3	0.0	57.4
3	0.0	41.1	42.5	0.0	38.9
4	22.0	9.0	189.3	85.7	80.6
5	67.0	258.2	448.4	216.6	40.9
6	206.8	549.1	353.3	413.7	174.6
7	57.0	604.2	241.6	398.6	347.4
8	750.0	26.9	651.2	516.4	431.4
9	348.8	464.9	280.1	534.1	
10	176.7	611.2	408.8	403.8	
11	230.5	402.8	153.9	124.0	
12	0.0	0.0	0.0	20.6	
TOTAL	1858.8	2980.1	2774.4	2713.5	1171.2

(mm)



第 3 図 クラブリ・ラウンの月別降雨量

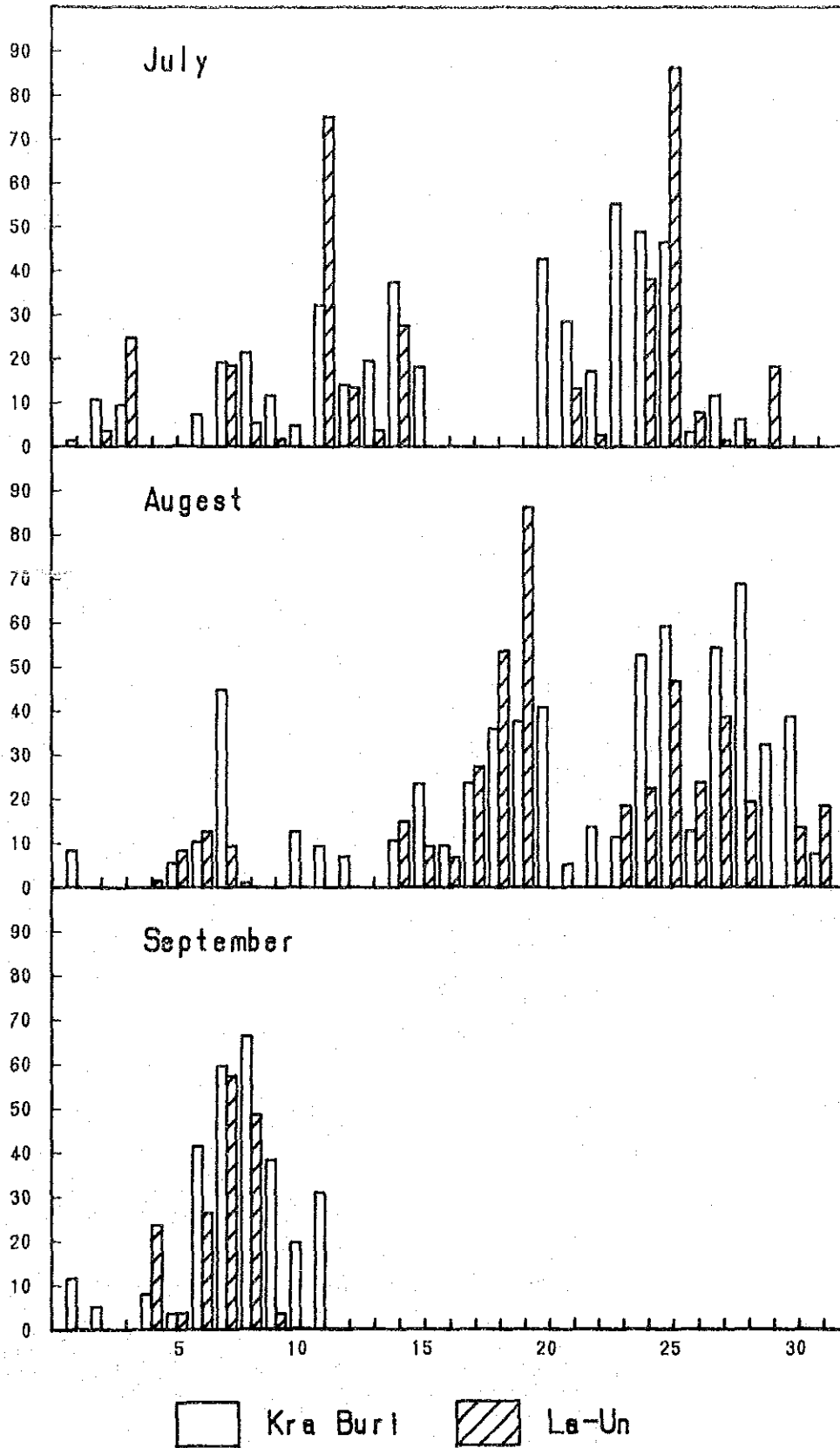
第 4 表 クラブリ・ラウンの日雨量

単位：mm

月 日	Kra Buri	La-Un	月 日	Kra Buri	La-Un	月 日	Kra Buri	La-Un
7 1	1.4	0.0	8 1	8.4	0.0	9 1	11.6	0.0
2	10.8	3.6	2	0.0	0.0	2	5.2	0.0
3	9.3	24.8	3	-	0.0	3	0.0	0.0
4	-	0.0	4	0.0	1.7	4	8.1	23.7
5	-	0.0	5	5.7	8.3	5	3.7	3.8
6	7.4	0.0	6	10.3	12.6	6	41.5	26.4
7	19.2	18.4	7	44.9	9.4	7	59.7	57.3
8	21.5	5.3	8	1.0	-	8	66.3	48.6
9	11.7	1.7	9	-	-	9	38.4	3.7
10	4.8	0.0	10	12.6	-	10	19.6	-
11	32.4	75.3	11	9.3	0.0	11	30.9	-
12	14.0	13.5	12	7.1	0.0			
13	19.6	3.8	13	-	0.0			
14	37.5	27.6	14	10.7	14.8			
15	18.2	0.0	15	23.5	9.3			
16	-	-	16	9.5	6.8			
17	-	-	17	23.7	27.4			
18	-	-	18	36.1	53.6			
19	-	0.0	19	37.6	86.4			
20	42.9	0.0	20	40.9	0.0			
21	28.6	13.4	21	5.2	0.0			
22	17.4	2.8	22	13.7	0.0			
23	55.3	0.0	23	11.4	18.3			
24	49.1	38.4	24	52.8	22.5			
25	46.7	86.3	25	59.3	46.8			
26	3.5	7.9	26	12.6	23.8			
27	11.8	1.5	27	54.5	38.6			
28	6.4	1.7	28	68.9	19.3			
29	-	18.4	29	32.4	0.0			
30	0.0	0.0	30	38.7	13.5			
31	-	0.0	31	7.5	18.3			
TOTAL	469.5	344.4	TOTAL	638.3	431.4			

注：0.0は降雨有るが少量のため測定できず，- は降雨無し

(mm)



第 4 図 クラブリ・ラウンの日雨量

クラブリ郡は、6つの行政区に分かれており、1991.1.31 現在人口は30,932人（男16,108, 女14,824）である。クラブリ郡の中心地であるクラブリ町は、調査地域のほぼ中央に位置し、郡庁のほか、病院・郵便局・警察署・小学校・中学校や銀行・市場・食堂・雑貨店等があり、小都市を形成している。クラブリ郡は52の村落からなり、国道4号線沿いに比較的大きな村落が分布するほかは、主要河川沿いに小集落が点在する。

ラウン郡は5つの行政区からなり、1990年末の人口は、8,826人である。

この地域の産業は、農業が主体で、米・ゴム・コーヒー・果樹の生産が行われているほか、クラブリ川沿岸では漁業や牧畜（肉牛・水牛・豚）、養鶏などが盛んである。

鉱業は錫が中心で、過去15年の間に22件の鉱業権が申請されて10年ほど前までは盛んに採掘されていたが、現在は1か所のみが稼行中である。

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 既往調査の概要

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。

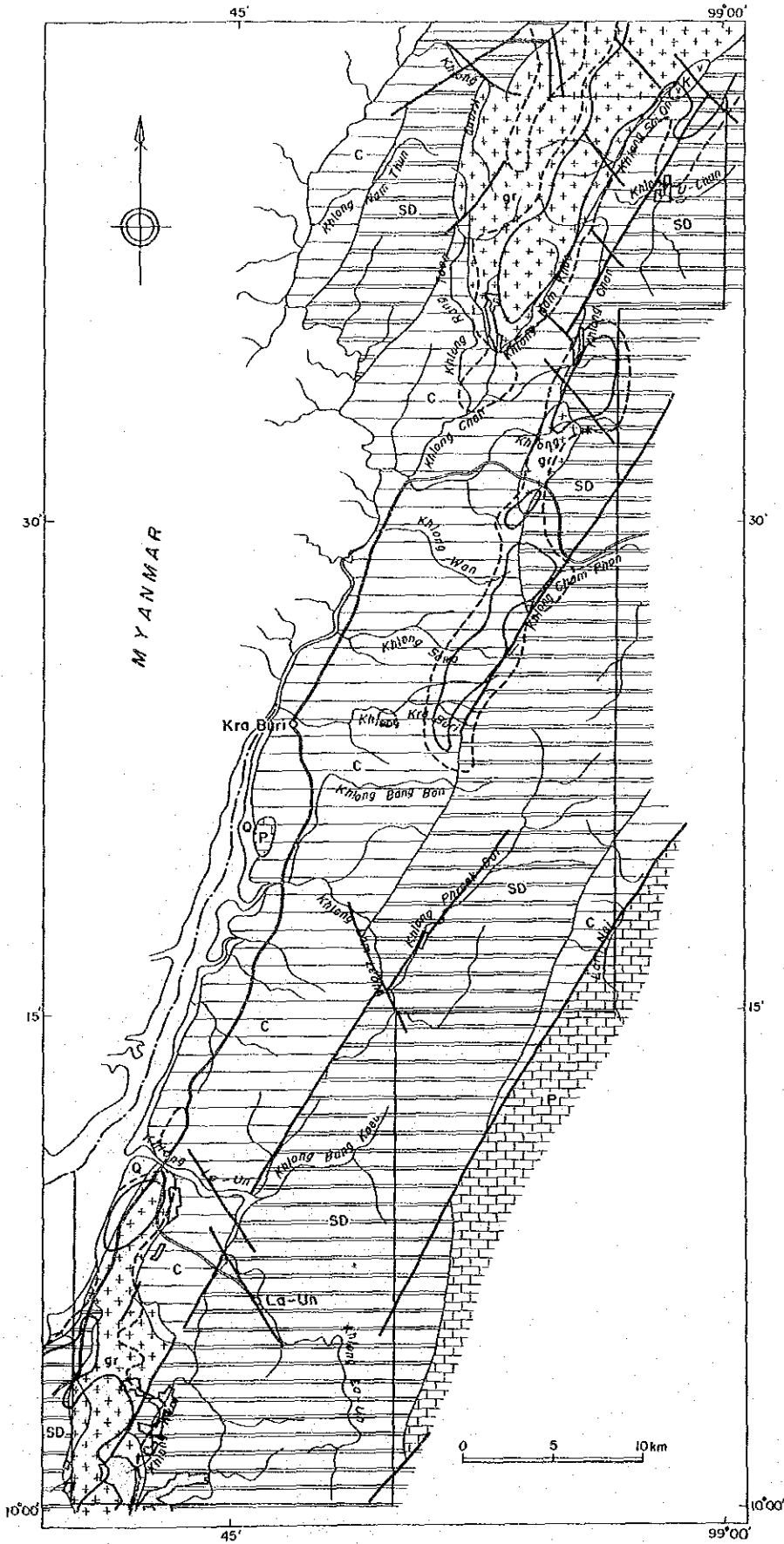
調査地域をカバーする地質図としては、“Geological Map of Thailand, Changwat Chumphon and Amphoe Kra Buri” (DMR 1985)がある。これには層序区分、岩相記載がなされ地層分布や地質構造が示されている。

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。

Garson 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。



第 5 図 既存資料調査結果総括図

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。

3-2 クラブリー地域周辺的一般地質・鉱床

調査地域一帯の地質は、カンブリア紀からジュラ紀にわたる堆積岩類とこれに貫入する花崗岩類及び第四紀の地層からなる堆積岩類は中生代三畳紀からジュラ紀の造構造運動を受け、褶曲構造が発達するとともにN-S~NNE-SSW方向の断層により地層がブロック化し大量の花崗岩の進入を伴っている。

マレー半島は世界でも有数の錫鉱生産地であり、この錫鉱はおもに第四紀の地層に含まれる漂砂鉱床から採掘されている。鉱石鉱物である錫石はこの地域に広く露出する中生代の花崗岩やそれに伴う鉱床を起源としている。マレー半島の錫花崗岩は地質構造上及び鉱床生成上の意義からイースタン (Eastern)、メインレンジ (Main Range) 及び ウェスタン (Western) の3つのサブベルト (分帯) に分けられている (Hutchison and Taylor 1978)。

調査地域はウェスタンサブベルトに含まれており、タイの最大の錫生産地であるラノン-プーケット (Ranong-Phuket) 地域の北側に位置し、花崗岩の周辺部には錫の二次鉱床が発達する。

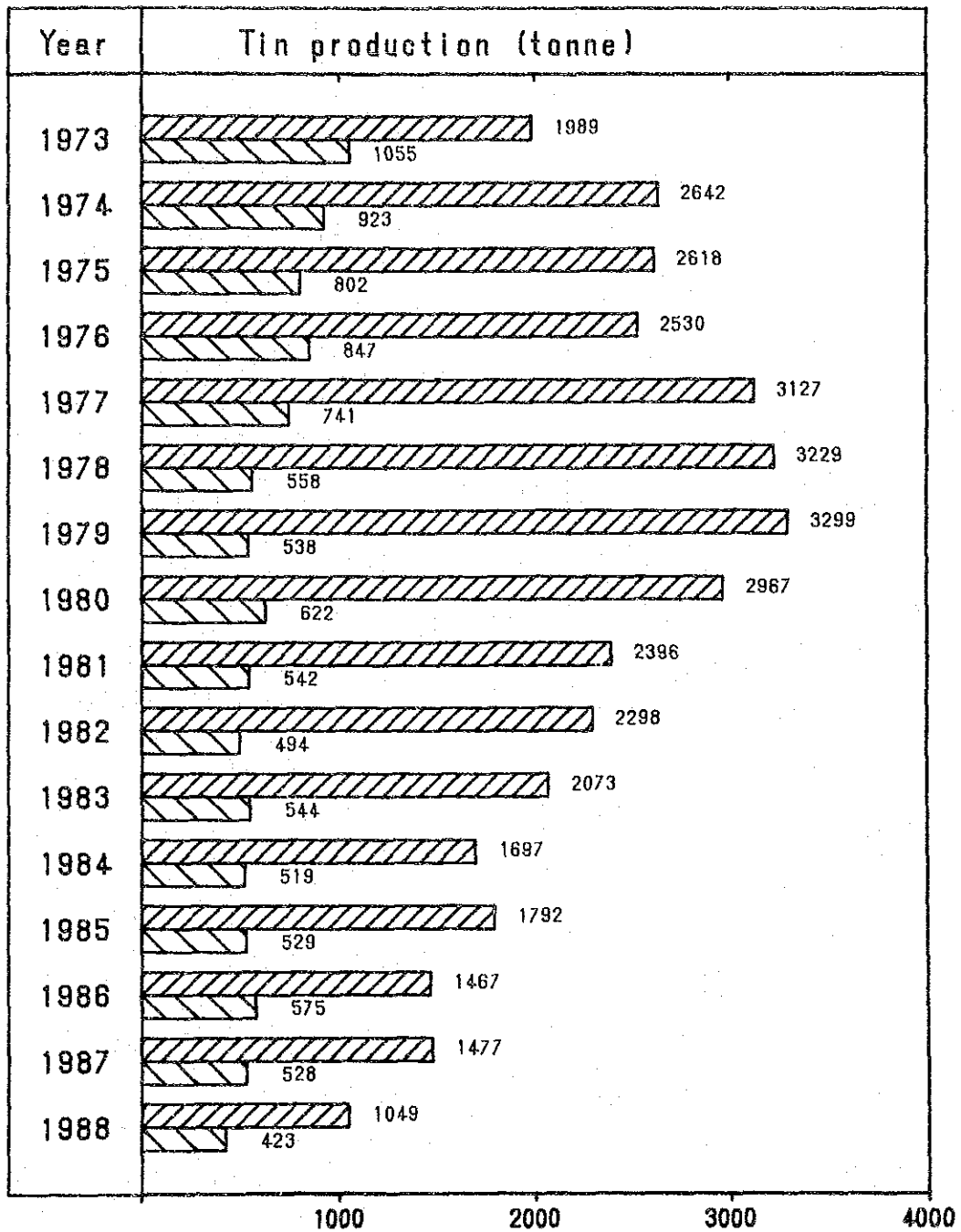
3-3 調査地域の鉱業


南タイ錫地帯における錫鉱業は少なくとも400年はつづいているものであって、16世紀ポルトガル人たちがプーケットに貿易の拠点を設けた時すでにいくつかの鉱山が稼行していた。1906年ツンカ (Thung kha, Tongkah) 港ではじめて錫鉱の浚渫採取を開始し、これに続いてオーストラリア人・英国人・中国人など多数のものが浚渫採取を始めた。1965年には南部の錫鉱山の登録されたもの580におよび多くはごく小規模のものでほとんど全部が浚渫または gravel pumping によるものであった (沢田, 1971)。


以後、タイの錫生産は半島部を中心に増加を続け、1979年にはピークに達した。しかし錫はプラスチックなど新しい素材との競合が激しく、需要が伸び悩み価格が低迷、さらにブラジル及び中国などの新興生産国が輸出をのばしてきたため市場価格は低落する一方となり、中小鉱山は閉山に追い込まれた。現在も稼行鉱山は少なく調査地域でも採掘跡は各所に点在するが、稼行中のものは1か所にすぎない。調査地域内の鉱区登録された鉱山の最近15年間

第 5 表 クラブリ地域登録鉱区一覽表

Name	License No.	Locality		Area K ²	Mineral	Production (Metric tonnes)												Total tonnes								
		Tambol	Ampoe			1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987		1988	1989	1990					
Battanakaset Part. LTD.	10024/8673	Pakchan	Kra Bari	0.36	Tin	404	1243	1015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2682	
Battanakaset Part. LTD.	10022/8723	Pakchan	Kra Bari	0.47	Tin	-	-	-	1016	616	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1632
Mr. Un Na-Ranong	10022/8724	Pakchan	Kra Bari	0.47	Tin	-	-	-	-	-	-	125	164	361	344	277	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1271
Ngantawai Phe-rong Co., LTD.	13317/1859	Bang Phra Nua	La-Un	0.46	Tin	-	-	-	241	569	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	810	
Mr. Thei Nu-Hoi	13266/1813	Bang Phra Nua	La-Un	0.15	Tin	-	43	133	12	172	270	373	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1080	
Mr. Toer-Sak Pongsrisin	13455/1990	Bang Phra Nua	La-Un	0.30	Tin	-	-	-	-	-	-	-	194	282	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	506
Mr. Netiwut Qiantad	18411/1989	Bang Phra Nua	La-Un	0.32	Tin	-	-	517	-	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	591	
Mr. Misit Anrattanakul	18330/2627	Bang Non	Muang	0.11	Tin, W	-	-	-	-	-	48	33	32	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132	
Phang Rae Kratoe BOP.	19379/2472	Sai Deang	Muang	0.19	Tin	-	-	-	156	215	108	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	493	
Mr. Toer-Sak Pongsrisin	19316/2194	Bang Phra Nua	La-Un	0.41	Tin	-	-	-	812	686	1172	280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2930	
Battanakaset Part. LTD.	19328/2127	Bang Non	Muang	0.10	Tin	-	-	410	899	424	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1733	
Mr. Toer-Kiet Jantiwiset	19338/1991	Bang Phra Nua	La-Un	0.16	Tin	-	-	621	157	-	-	-	-	718	-	520	-	-	-	-	-	-	-	-	2016	
Mr. Tiwa Thiratanakul	19408/2806	Bang Non	Muang	0.02	Tin	-	-	-	-	-	389	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	393	
Ngantawai Phe-rong Co., LTD.	19446/3203	Bang Non	Muang	0.06	Tin	-	-	-	-	-	-	452	509	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	961	
Mr. Buntan Isarakon	19462/3604	Bang Phra Nua	La-Un	0.01	Tin	-	-	-	-	-	-	-	-	52	178	-	-	-	-	-	-	-	-	-	230	
Mitrasam BOP.	8166/9030	Bang Phra Nua	La-Un	0.10	Tin, W	173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	173	
Mr. Kanol Nopphakiet	19270/2714	Babro	Thee See	0.43	Tin	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	
Total						577	1285	2696	3293	2764	1887	1261	955	1432	552	797	0	0	0	0	0	0	0	0	17691	



 Ranong Province

 Chumphon Province

第 6 図 ラノン県、チュンボン県の年次別錫生産量

の錫生産量を第5表に示す。また、ラノン県、チュンボン県の1973-1988年の錫生産量を第6図に示す。

第4章 調査結果の総合検討

4-1 花崗岩の特性

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、これらに貫入する白亜紀の花崗岩からなる。この花崗岩に密接に関連して錫の鉱床が賦存する。

花崗岩類は、調査地域の北部、中部、南部に岩株状岩体として分布しており、北部西、北部東、中央部及び南部の4岩体に分けられる(第10図)。これらの花崗岩は、Hutchison(1983)のウェスタンベルトに含まれ、その主成分組成からS-type、イルメナイト系列花崗岩に属している。

各岩体の微量成分組成の検討では、4岩体はいずれもSn含有量が高く錫花崗岩であることを示している。なかでも北部西及び南部岩体の含有量が高く、北部東岩体は、他の3岩体に比べて錫含有量がやや低い。

レアアース元素のコンドライト規格化パターンは、いずれの岩体もLa, Ceの軽希土の濃集率が高く、重希土の濃集率が低い右下がりのパターンを示し、Eu異常の明瞭な典型的な花崗岩の規格化パターンを示している。各岩体毎でみると、特に北部西及び南部岩体で、La, Ceの濃集率が高く、逆に北部東岩体では濃集率が低い。この傾向は岩体毎の花崗岩の錫含有量の傾向と調和的であり、軽希土の濃集した岩体ほど錫鉱床を胚胎する可能性が高いことを示している。

分化指数と微量成分との関係からは、Sn, W, Ta, Nbの4元素は分化の最も進んだ特殊な岩相(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)に急激に濃集し、逆にレアアース元素はこのような岩相では減少する傾向にある。岩体の大半を占める典型的な花崗岩試料は、Sn, W, Ta, Nbの含有量とRb, Th, U, Yの含有量が両者とも高い高濃度花崗岩と、両者とも低い低濃度花崗岩の2種の地化学特性を示す。各岩体毎では、南部岩体はこの両方の花崗岩が分布し、北部西岩体は両者の中間的特性を示す花崗岩からなり、北部東及び中央部岩体は低濃度花崗岩が分布している。

調査地域の錫鉱床は、高濃度花崗岩の分布する北部西岩体と南部岩体周辺に集中しており、鉱床の分布とこの地化学特性の間に良い対応が認められる。即ち各岩体の錫、レアアース鉱床の胚胎ポテンシャルは、この地化学特性によって支配されているものと考えられる。

現在露出している花崗岩地域では、初生鉱床を含むような高分化岩相はほとんど認められていないが、堆積岩に覆われたキューボラ状潜頭性岩体が分布すれば、その岩体頂部に初生

鉱床の胚胎が期待される。

4-2 地化学異常域

土壌試料は花崗岩分布域内だけに異常値が認められるが、異常値分布の傾向は河床堆積物やパンニング試料の異常値分布と極めて良く一致している。

地化学高異常を示す元素は、錫・タングステン・タンタル・ニオブの4元素からなる錫グループと、レアアース元素及びトリウム、ウラン、イットリウムの3元素のレアアースグループにまとめられる。

調査地域北部の花崗岩体周辺においては、錫グループは、北部西岩体の南端部と北部西岩体と北部東岩体との間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。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。

中央部岩体では、岩体の西側へ流下する河川系に沿って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。中央部岩体の南東側には花崗岩体から離れてブレークダット川上流の堆積岩分布域に、タンタル・ニオブ・レアアースグループ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5×3kmの広がりを示している。

南部岩体周辺では、錫グループは岩体南部地域に極めて広い異常域が分布している。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。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る。

4-3 有望地区の検討

地域内に賦存する鉱床は、錫の二次鉱床のみであり、いずれも花崗岩体の周辺にある。その他、ラウン川河口には堆積岩を原岩とする弱い白色粘土化を伴ったファチ山珪化帯とチュンボン-クラブリ間の国道沿いの堆積岩中に少量の硫化鉱物の鉱染する黒色変質帯がある。

上述の花崗岩の地化学特性、地化学異常域とこれら鉱徴地及び変質帯との関係から、北部西岩体、南部岩体、中央部岩体、ファチ山珪化帯が有望地区として挙げられる(第28図)。

① 北部西岩体：花崗岩の地化学特性では、ポテンシャルティは高い。岩体南部に錫グループの強い異常域があるが、既知鉱床地域に重複している。レアアースグループは花崗岩分布域全域に異常域が分布している。

② 南部岩体：花崗岩の地化学特性では、最もポテンシャルの高い岩体である。岩体南部に錫グループの高異常域が分布するが、既知鉱床地域に重複している。レアアースグループは、岩体の西側に沿って異常域が広く分布する。

③ 中央部岩体：花崗岩の地化学特性的にはポテンシャルはあまり高くない。岩体の西側の河川に沿って錫グループとレアアースグループの高異常域が重複して分布する。ほとんど未開発地であるが、堆積盆が小さい。一方、岩体の南東側には錫・タングステンの異常域が広範囲に広がり、これを供給したと思われる石英脈が発達している。この下位に潜頭性花崗岩体が存在している可能性が高い。

④ ファチ山珪化帯：珪化帯の土壤試料はレアアースグループの地化学異常が認められ、珪化帯北部には、錫グループ・レアアースグループの河床堆積物試料の分布の狭い異常域が認められる。南部岩体の延長上にあり、花崗岩体が潜在している可能性が高い。この地点は空中放射能探査においても弱い異常域が認められ、潜頭性花崗岩の存在が示唆される。

第 5 章 結 論 及 び 提 言

5-1 結 論

第1年次の調査は、タイ半島部クラブリを中心とする1,500km²の地域から鉱床賦存の可能性の高い地域を抽出することを目的として、地質調査及び地化学探査を実施し、次の結論を得た。

(1) タイ半島部における錫の鉱化作用は、中生代以降の花崗岩に関連するとされており、本地域にも、シルル・デボン紀からジュラ紀にわたる堆積岩中に白亜紀花崗岩が貫入している。

(2) この花崗岩は、岩株状岩体として分布し、北部西岩体、北部東岩体、中央部岩体、南部岩体の4つの岩体に分けられる。

(3) 花崗岩は、その主要成分組成からS-type・イルメナイト系花崗岩に相当し、錫含有量から錫花崗岩に分類される。

(4) 花崗岩の微量成分組成は、Sn・W・Ta・Nb（錫グループ）とレアアース元素及びTh・U・Y（レアアースグループ）が同じ挙動を示す元素グループとしてまとめられ、岩体毎にグループの含有量に違いがみられた。

(5) 地化学探査結果でも、指示元素の挙動は上記の2つのグループにまとめられた。

(6) 地化学特性、地域内の鉱徴地・変質帯の相互検討から、次の有望地区が抽出された。

①北部西岩体：花崗岩の地化学特性では、錫・レアアースグループとも高含有量を示し、岩体南部には錫グループの地化学高異常域が分布する。レアアースグループの異常域も岩体

分布域とほぼ重複している。レアアースを含む錫鉱床が期待される。

②南部岩体：花崗岩の地化学特性では、錫・レアアースグループとも高含有量を示し、岩体南部に錫グループの地化学高異常域が広範囲に分布する。レアアースグループは、岩体の西側に沿って地化学異常域が広く分布する。岩体南部ではニオブ・タンタルを含む錫鉱床が期待され、岩体西部ではレアアース元素の鉱床が期待される。

③中央部岩体：花崗岩の地化学特性では、両グループとも含有量は低い。しかし、岩体西側の河川沿いに2つのグループの地化学異常域が重複して分布し、レアアース元素を含む錫鉱床が期待される。また、岩体南東側にはSn・Wの地化学異常域が広く分布し、この供給源と思われる石英脈が発達し、潜頭性花崗岩の存在を示唆しており、初生鉱床の賦存が期待される。

④ファチ山珪化帯：ラウン川河口付近にある堆積岩を原岩とする白色粘土化を伴う珪化帯で、レアアースグループの土壌地化学異常と錫グループ、レアアースグループの河床堆積物の地化学異常が認められる。南部岩体の北部延長上にあり、潜頭性花崗岩が存在する可能性がある。ここでも初生鉱床の賦存が期待される。

5-2 第2年次調査への提言

以上の結果から、上記4地区が、錫・ニオブ・タンタルとレアアース元素及びトリウム・ウラン・イットリウムの鉱床賦存の可能性が最も高い地区と考えられる。今後これらの地区において、地質精査、土壌試料・河床堆積物による地化学精査により有望地区を絞り込むとともに、物理探査による地下構造の推定から潜頭性花崗岩の規模・構造を把握することが望まれる。

第 II 部 各 論

第Ⅱ部 各 論

第 1 章 衛星画像解析

1-1 衛星画像作成

1-1-1 使用データ

クラブリ地域の地質状況を解明することを目的とした写真地質学的判読作業を行うために、ランドサットTMデータを用い、解析作業に最適となるフォールスカラー画像をCCTより作成した。

使用したランドサットのTMデータCCT（BSQフォーマット、6250BPI）は、調査地域を含む1フルシーン（約185 × 170km）で、撮影時のデータは次の通りである。

軌道フレーム		画像中心点	撮影年月日	雲量
パス	ロー			
130	53	N10° 10' E98° 26'	1991.02.10	10%
ID 番号	太陽位置		処理レベル	
	仰角	方位角		
5253703551	44.3°	121.9°	バルク処理	

1-1-2 画像作成

1. 画像処理

衛星画像から写真地質学的判読作業を行う場合、スペクトル情報及び地形情報の二つの情報が用いられる。スペクトル情報は、フォールスカラー画像において色調で表されるもので、主として地表を構成する物質の反射率特性に起因するものである。地形情報は、画像における階調、陰影情報であり、これらは主として画像上の各地点の地形と太陽位置の関係から定まる。

調査地域は、熱帯雨林または熱帯季節風（モンスーン）気候帯に属することから、対象地域の地表は大部分植生におおわれていると考えられ、この地域のスペクトル情報は概ね地表の植生に関する情報をもたらしているものと推定される。従って、写真地質学的解析を行うにあたっては、地形情報を重視することが必要である。この点から画像作成にあたっては、地質情報をできる限り抽出できる画像処理を施した。

まず、判読のための画像は、画像の持つ濃度レベル(256階調)を最大限に活かしたものが

望ましく、このためには各バンドのデジタル値の累積ヒストグラムが直線に近い形となることが好ましい。これを行う処理が濃度等頻度化処理(Histogram equalization)であり、原画像に比べコントラストの強い画像が得られる。本TMシーンは、約半分が海域により占められることから、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に処理を実施した。

次に、画像を鮮鋭化させ、エッジを強調する効果により、リニアメントなどの抽出を容易にするアンシャープマスキング(Unsharp masking)を実施した。

2. フォールスカラー画像作成のためのバンドの選択

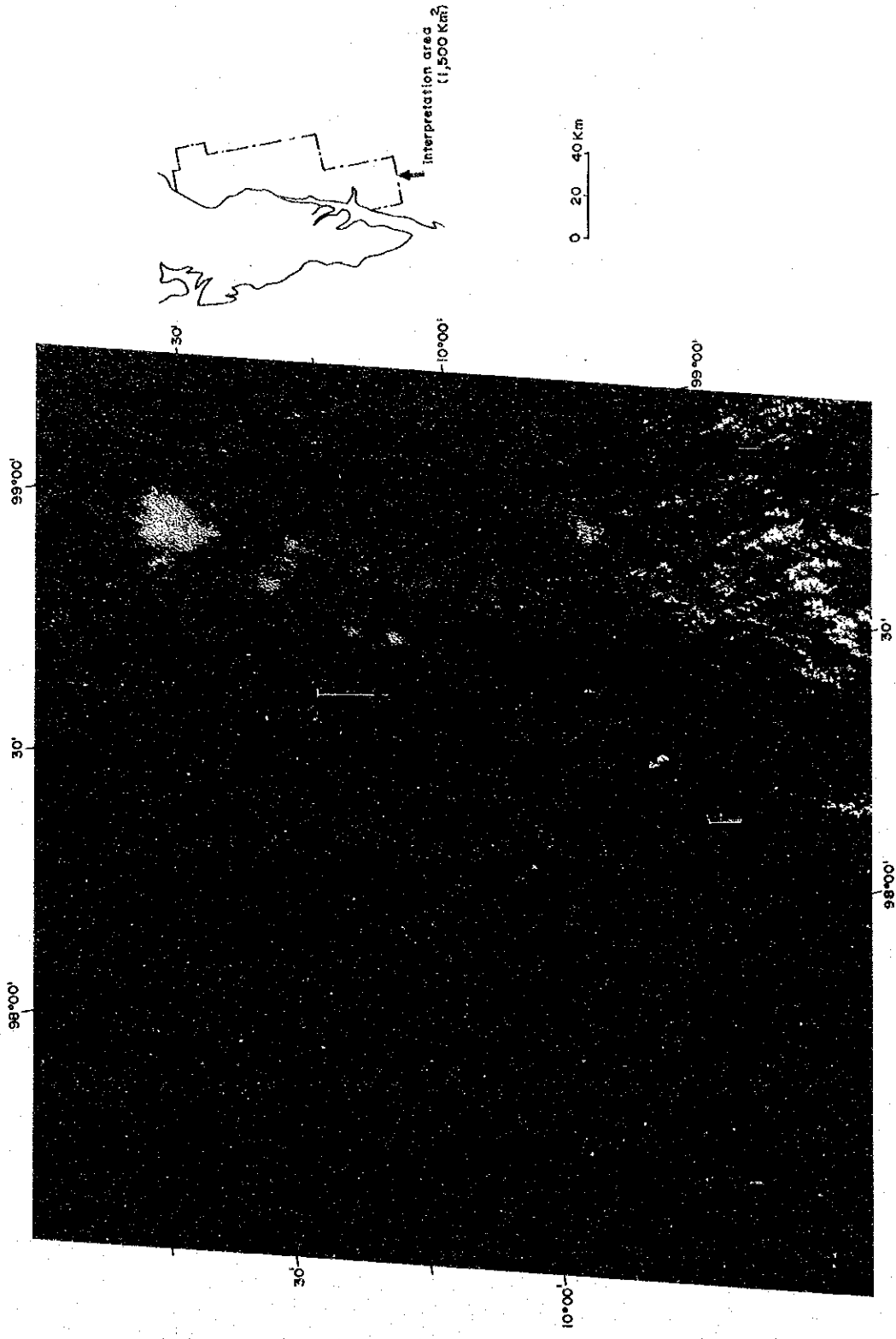
ランドサットTMデータは、各ピクセル毎にバンド1～バンド7の7バンドのデジタル値を持つ。このうちバンド1～5及びバンド7は可視域～中間赤外域の波長域に位置し、空中分解能30×30mを有する。一方、バンド6は熱赤外域に位置し、空中分解能120×120mである。一般にフォールスカラー画像においては、空中分解能の違いからバンド6を用いることは稀であり、特殊解析を除き可視域～中間赤外域が使用される。今回も同様にバンド6を除く6バンドを対象とした。

植生被覆地域において、写真地質学的判読作業に供されるフォールスカラー画像のバンドの組み合わせは、経験的にバンド1-4-5、バンド1-5-7、バンド2-3-4とされることが多い。今回はディスプレイ上でその他のバンドも含めて各バンドの組み合わせを検討したが、上記の組み合わせが、他の組み合わせに比べ、地形情報の抽出のために優れた画像であることが明かとなった。上記3通りの組み合わせのフォールスカラー画像のディスプレイ上での評価を次に記す。

	バンドの組み合わせ		
	1-4-5	1-5-7	2-3-4
雲とその周囲の地表との境界の明瞭度	◎	○	○
山地地形の明瞭度	◎	○	◎
低地に存在する環状構造の明瞭度	◎	○	△

上記の結果から、写真地質学的判読作業に最適であると判断されたバンドの組み合わせは、バンド1-4-5である。これらバンド1、4、5にそれぞれ青色、緑色、赤色を割り当て、フォールスカラー画像のフルシーンの原版(縮尺100万分の1)を作成した。

実際の画像解析には、この原版を縮尺10万分の1に引き延ばした画像を用いた。解析範囲は第7図に示した。



第 7 图 卫星图像解析范围图

1-2 リニアメント解析

抽出されたリニアメントを第8図に示す。リニアメントは、その確度から2段階に分けて表現した。

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~NNW-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。同方向は、調査地域の全体的な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。これらの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、NNE-SSW方向のリニアメントは、シルル・デボン系と石炭系・二畳系の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。また、この地域に発達する同方向のリニアメントは、これらの2つの断層の副次的な走向断層を示しているものと推定される。

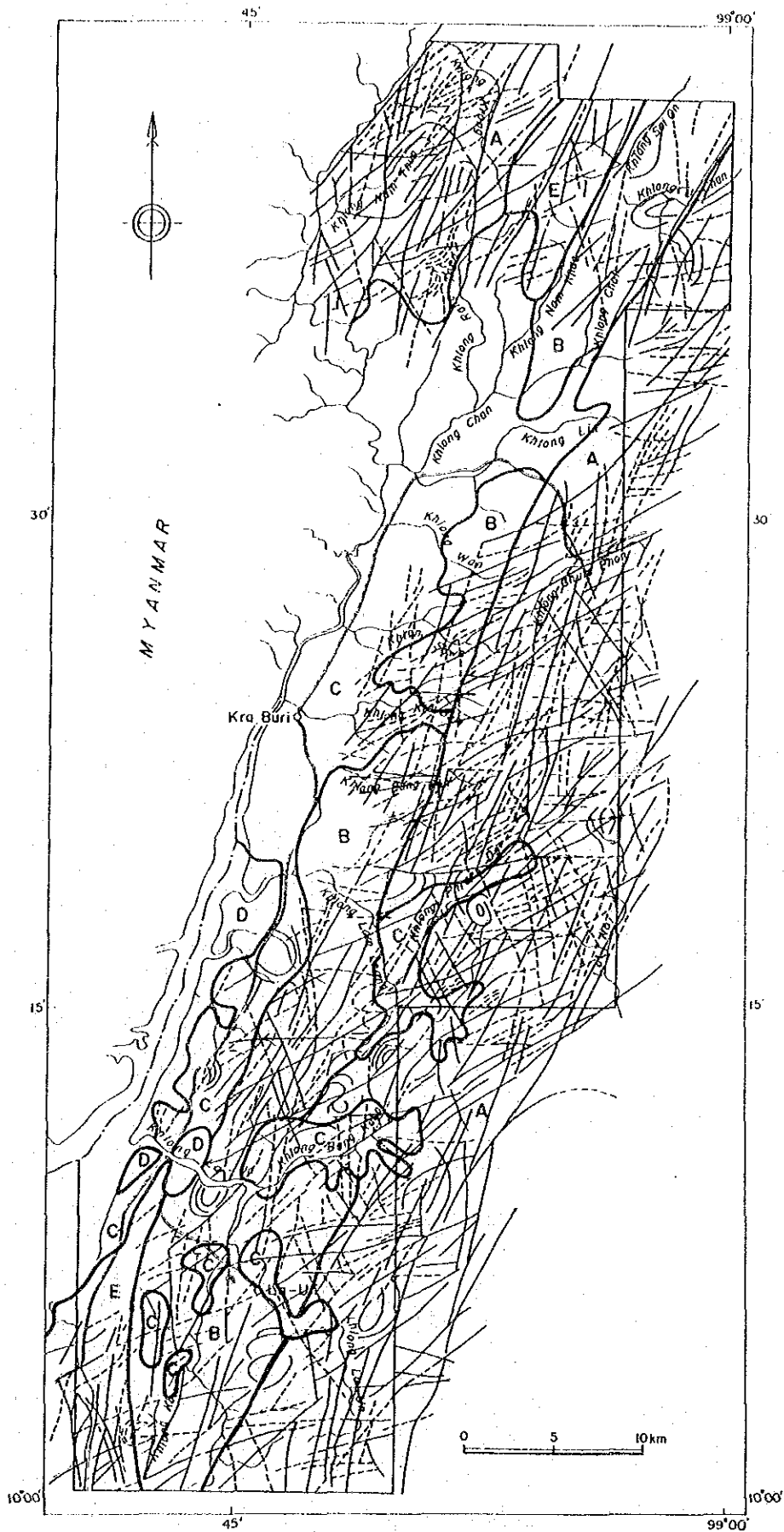
NE-SW方向のリニアメントは、調査地域中部のパックチャン(Ban Pak Chan)東方からラウン川(Khlong La-Un)にかけて集中して分布している。これらのリニアメントは、確度が高く延長の長いものと、確度が低く延長の短いものが平行して発達している。クラブリ町の東方山地では、花崗岩類がこれらリニアメントの示す断層によって、右ズレを生じている。また、これらはNNE-SSW方向のリニアメントを切っており、調査地域では比較的新しい断層構造を示している。

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い。また、確度の低いものが多い。この系統のリニアメントによる他のリニアメントのズレは少なく、断層であるかどうかの野外での確証も得られていない。

E-W方向のリニアメントは、調査地域全般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く認められ、南半部では、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-SSW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層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。特に南部の花崗岩周辺に確度の高いものが認められる。

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堆積岩の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の地形構造を反映しているものと推定されるが、野外調査では確認はされていない。



第 8 圖 写真地質解析結果圖

これらの曲線または環状のリニアメントは地層の傾斜が緩い箇所によく対応して現れている傾向が認められる。

リニアメントの1Km²毎の出現頻度分布を第9図に示す。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。

1-3 地質判読

解析画像上で見られる色調、肌合、水系パターン・水系密度、風化や浸食に対する岩石の抵抗度、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8図)。

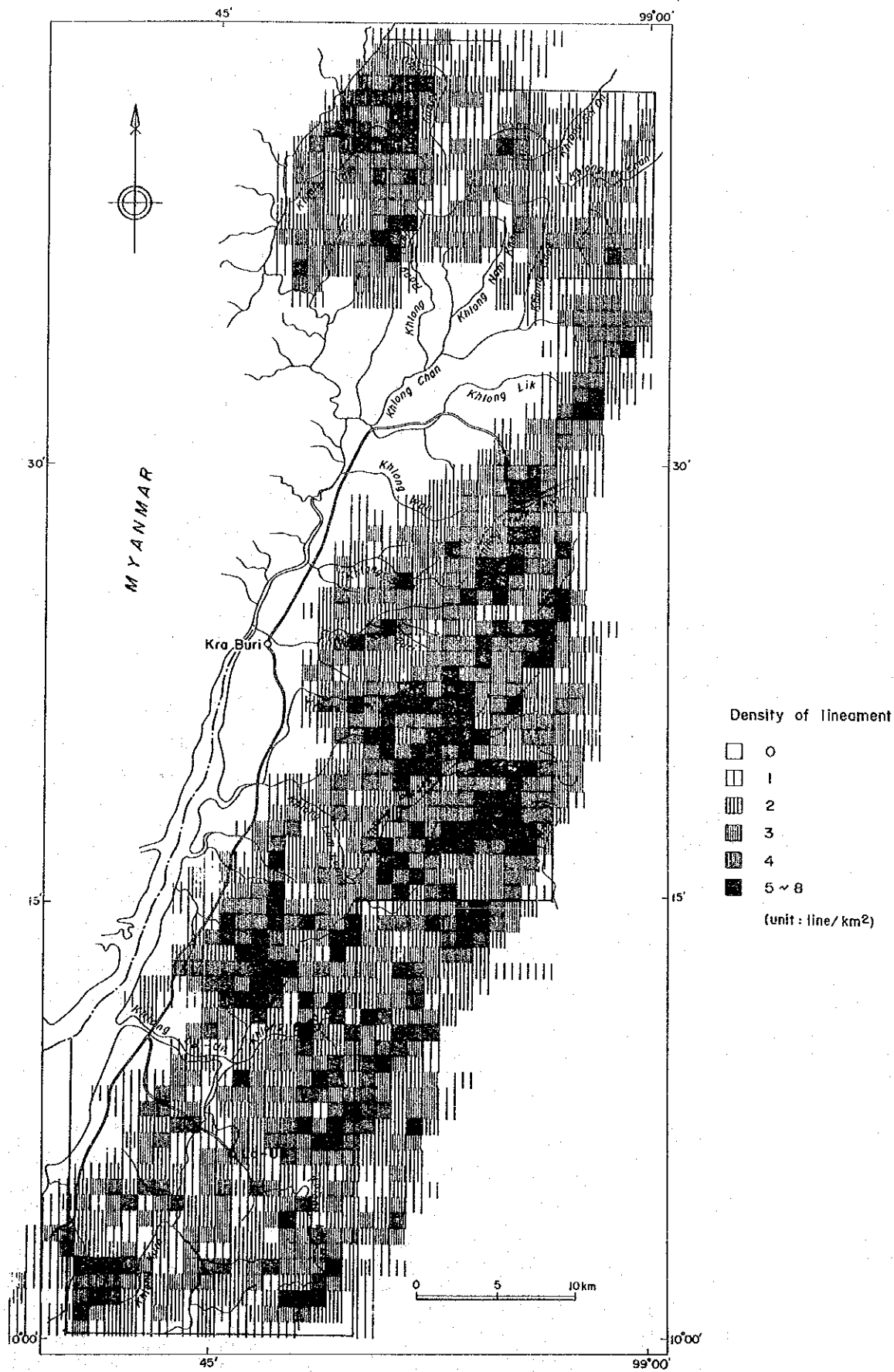
各単元の写真的及び地形的特徴は以下の通りである。

単元Aは調査地域の北西部と東部全域に於いて、NNE-S SW方向へと連なる高山地帯である。色は濃緑色を呈する。地形は南部ほど急峻となり、谷も深く刻まれる。リニアメントは調査地域全体で、NNE-S SW方向に発達している。水系は密度の高い樹枝状を示すが本流はNNE-S SW方向のものが目立つ。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。したがって、この単元は層理が発達し、浸食作用に強い硬質な泥岩・砂岩層と考えられる。

単元Bは調査地域の北東部から中西部全域に於いて、NNE-S SW方向に続く丘陵地帯である。解析画像上では淡緑・黄色を呈する。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、地表の起伏変化が見られる。したがって単元Bは堆積岩の一種と考えられる。

単元Cは西部平野や山間部に於いて地形に規制された分布が見られる。リニアメントの発達は見られない。色は赤茶・茶色を呈する。浸食に対する抵抗度は低く、この単元の中央を河川の流路としている。肌合いは細粒で、起伏のない滑らかな様子がみられる。この単元は、未固結の礫・砂および粘土からなると推定される。

単元Dは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。色は濃緑色を呈する。浸食に対する抵抗度は極めて低く、地質単元内を蛇行した河川が多く流れている。肌



第 9 図 リニアメント密度図

合は細粒で、起伏は見られない。この単元は、未固結の礫・砂および粘土からなると考えられる。

単元Eは調査地域北部中央と南西部に於いてN-S方向へと連なる高原を形成する。色は緑色を呈する。色調・肌合いは単元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方向への発達が目立ち、水系はゆがんだ直方状を示す。これは、浸食に対しての抵抗度が単元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。したがって、単元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られる。

解析画像の色調は、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。即ち、単元A及び単元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、単元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、単元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、単元Dの濃緑色を示す部分は、開発の難しいマンガロープの生えたスワンプに対応している。

第 2 章 地 質 調 査

2-1 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、バリスカン期（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)ベルトおよびウェスタン(Western) ベルトの3つのサブベルトに分けた。さらにHutchison(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・デボン紀の泥岩・砂岩、石炭紀の泥岩・砂岩、二疊紀の石灰岩、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、マルイ川断層に規制されて、大局的な大構造はNNE-SW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。

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の一つであり、調査地域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、現在は地域南部で1カ所のみが稼行中である。

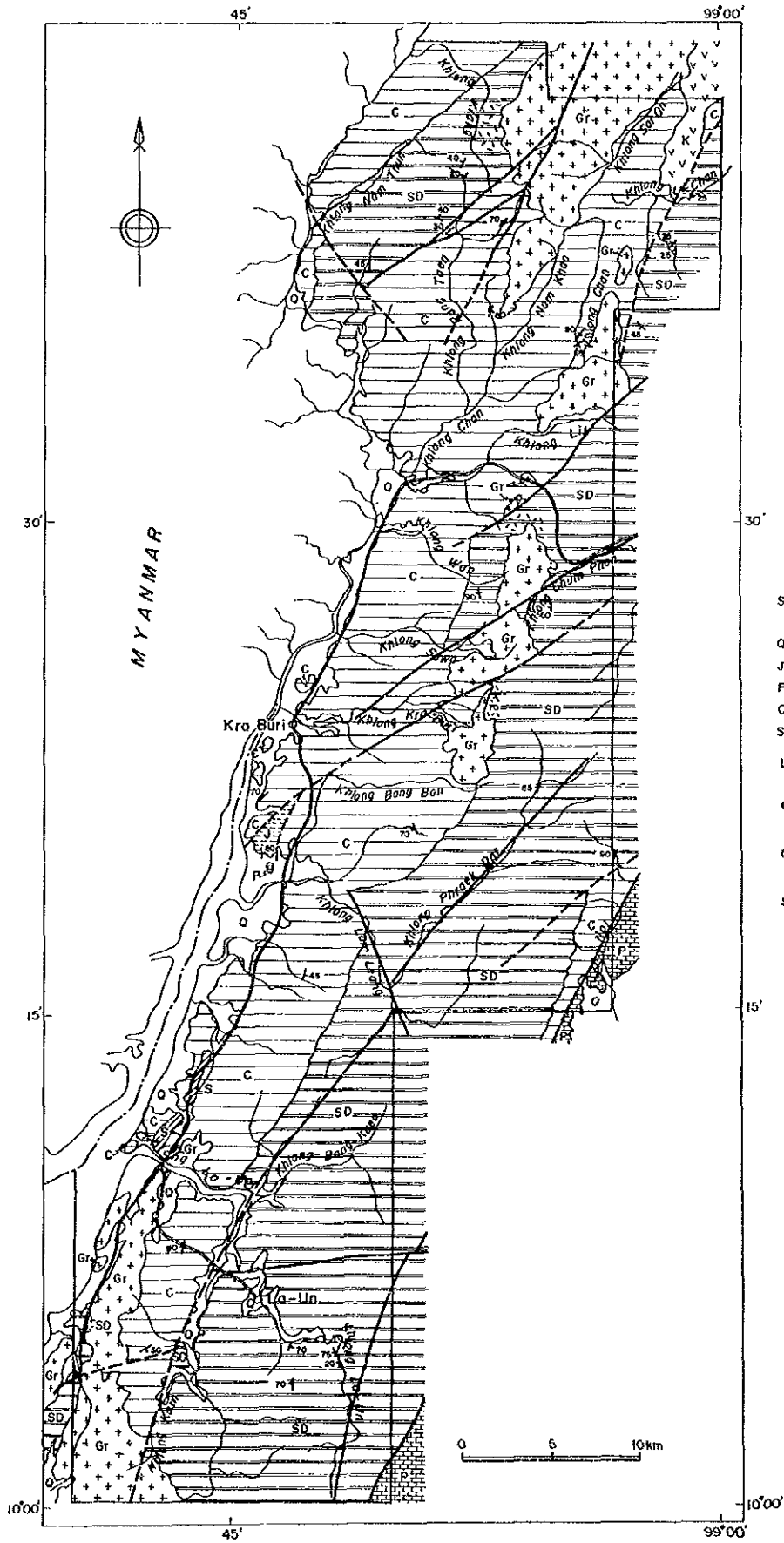
2-2 地質各説

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、石炭紀のマトシ(Matsi)層、二疊紀のラトブリ(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。

今回の調査では、これらの地質分布について、空中放射能探査(DMR, 1989)による異常域と一致する位置に花崗岩の新たな分布が確認されたり、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が、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、Hutchison(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である。

本地域の地質図、地質模式層序図を第10図、第11図に示す。



第 10 図 クラブリ地域の地質図

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

第 11 图 地質模式層序图

2-2-1 堆積岩・火山碎屑岩

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はさ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。上位のマトシ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、含礫砂岩中ににぎり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塩基性岩片、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. マトシ層(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ォツァ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NNE-S SW走向で急傾斜している箇所が多いが、北部で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こごく一部である。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、マトシ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ボ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°~50° E / 70°~90° W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シ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、前述のように北部西岩体、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。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-SW、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高い。

この花崗岩体の進入時期について、Hutchison(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。

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)、ランチェーン川(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高い。これに対して西側では、クラブリ層、マトシ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、不透明鉱物を伴う。また、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いて、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、2×5cm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している。

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いて、風化層は薄く、調査地域南端のテレビ中継所への道路でみても岩体頂部での風化土壌層の厚さは8m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、岩体西側の海岸よ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の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。Chappell and White(1974), White and Chappell(1977)によるS-type (Sedimentary source type) ・I-type (Igneous source type) , Isihara(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), Hutchison(1983) およびSuensilpong et al.(1983)の考えによれば、錫鉱化作用を

もたらず錫花崗岩は 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・金などをもたらず花崗岩は I-type または磁鉄鉱系列に属するとされている。

本調査では、前述した 4 岩体から各々試料を採取し分析に供した。分析試料数は、北部西岩体で 6 試料、北部東岩体で 2 試料、中央部岩体で 9 試料、南部岩体で 8 試料の計 25 試料である。

花崗岩類の主成分組成値及びノルム組成値を巻末の附表 2 に示す。

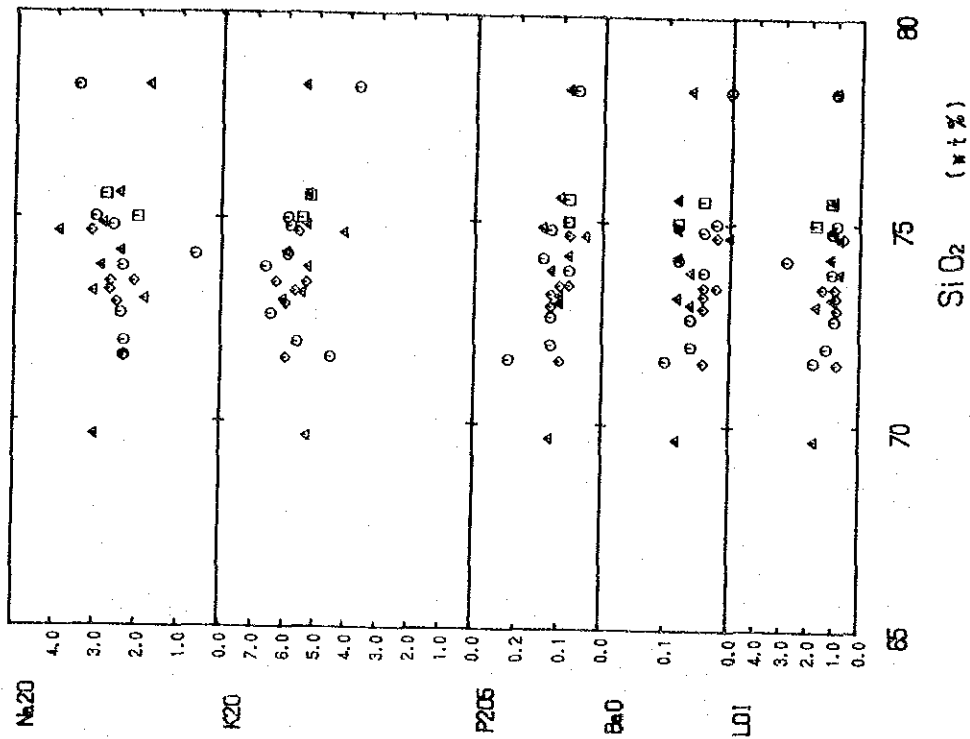
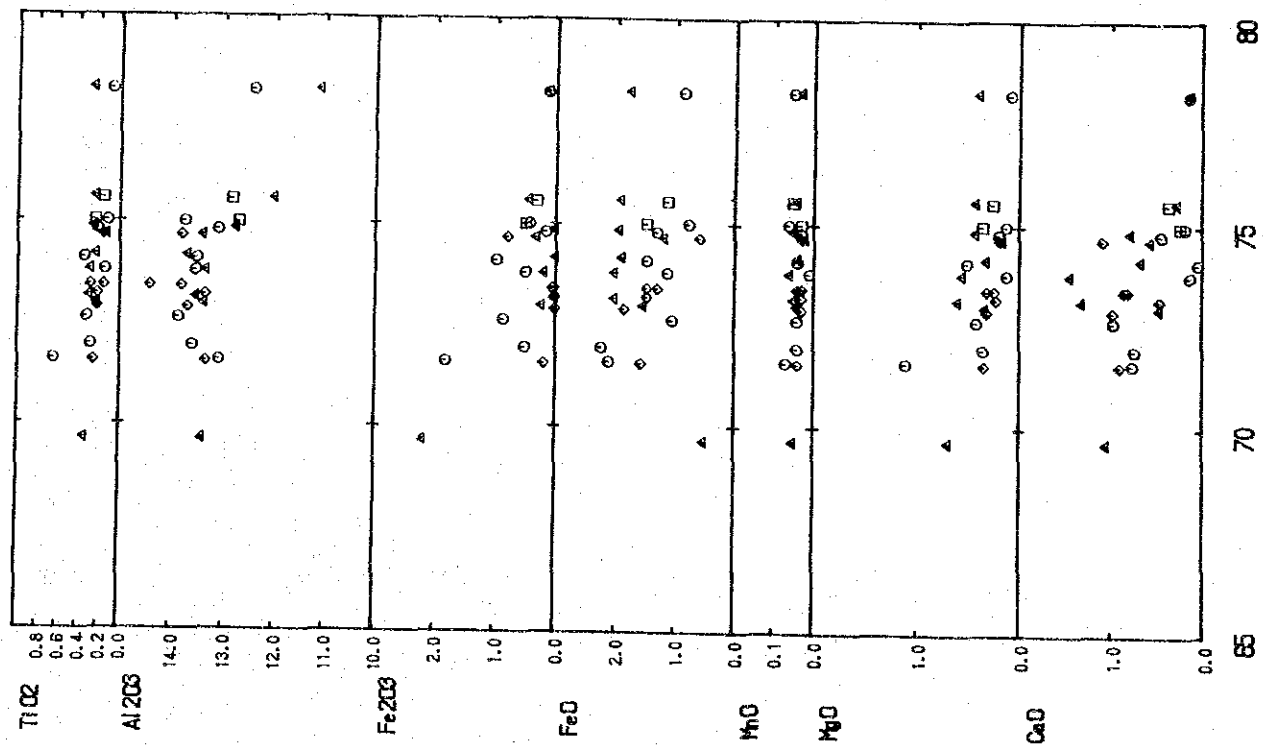
ノルム石英・正長石・曹長石・霞石・カルシライトの重量百分率の合計で示される分化指数(Differentiation Index:D. I.) は、北部西岩体で 86.83 ~ 91.86, 北部東岩体で 89.88 と 91.88, 中央部岩体で 85.44 ~ 91.24, 南部岩体で 83.76 ~ 94.39 を示す。各岩体での差はほとんど認められず、どの岩体も同等の分化程度であることを示しているがこの中で最も高い分化指数を示す試料は、南部岩体の細粒の両雲母花崗岩、白雲母-電気石花崗岩である。

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 & Chappell(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 13 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。

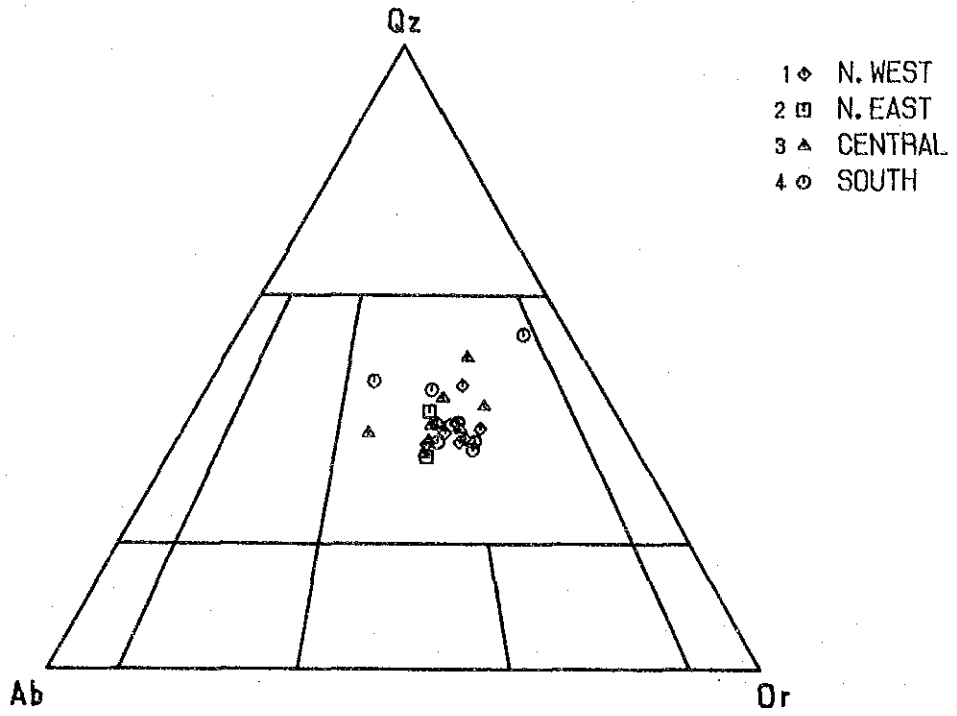
SiO₂と各酸化物の関係図を第 12 図に示す。SiO₂と各酸化物との間には全体でみるとあまり顕著な相関性は認められないが、TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO はきわめて弱い負の相関性が認められる。岩体別では、Al₂O₃ が中部岩体で強い負の相関、南部岩体で弱い負の相関性を示すが、北部岩体では逆にごく弱い正の相関性を示しているようである。FeO では、北部西岩体と南部岩体で負の相関があり、中部岩体はほぼ一定値を示し、無相関である。Na₂O では、北部岩体は無相関、南部岩体が弱い正、中部岩体が弱い負の相関性を示す。調査地域内の花崗岩は、化学組成的にもきわめて類似しているが、わずかな元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。

Chappell & White(1974), White & Chappell (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。

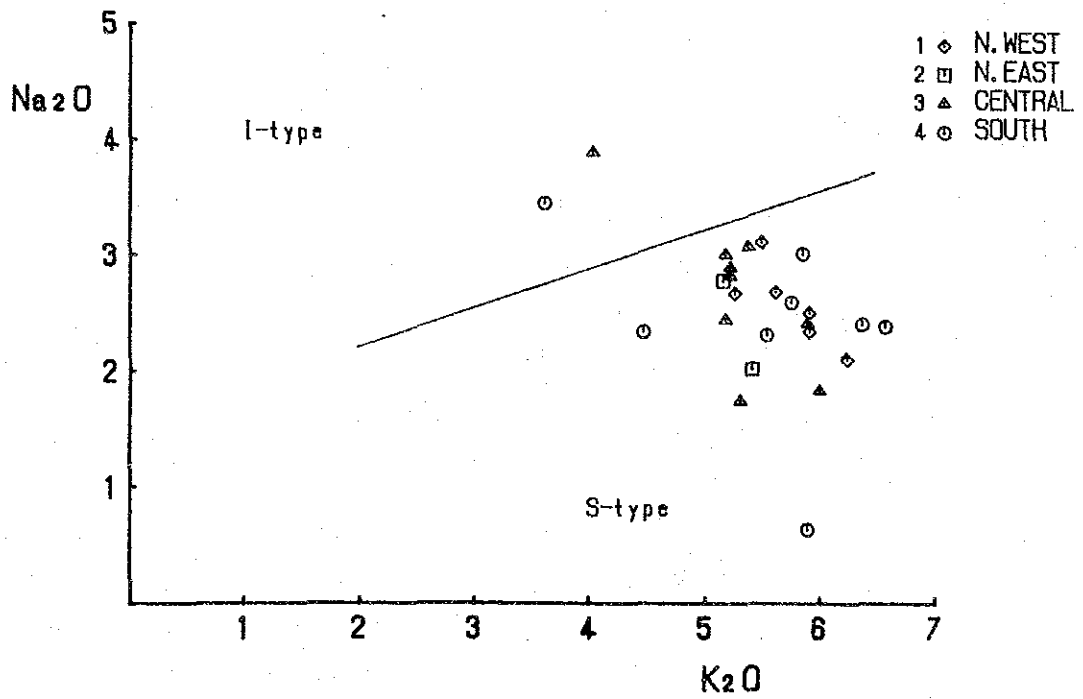


- 1 ◇ N. WEST
- 2 □ N. EAST
- 3 ▲ CENTRAL
- 4 ○ SOUTH

第 12 図 花崗岩試料の化学組成図



第 13 図 ノルムQz-Ab-Or図



第 14 図 $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ 相関図

Na₂O-K₂O相関図(第14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試料づつであり、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。

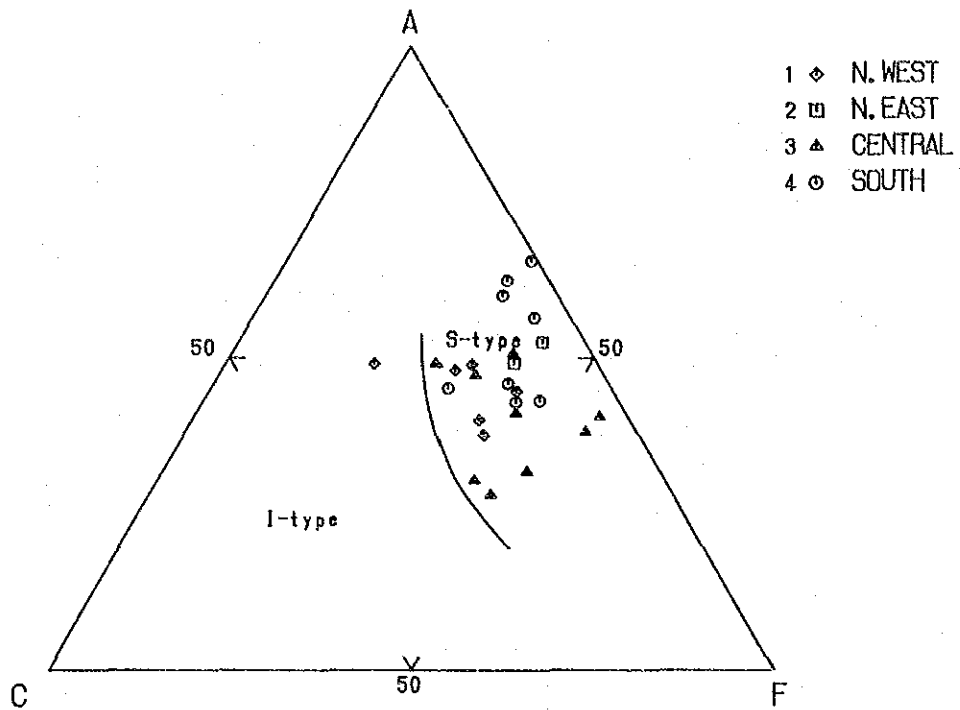
ACF(Al₂O₃+Fe₂O₃-Na₂O-K₂O/CaO/MgO+FeO)図(第15図)では、図中に示した曲線よりCaに乏しい領域がS-type、Caに富む側がI-typeである。本地域の花崗岩は、北部西岩体の1試料を除いてS-typeに分類される。

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16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。西南日本外帯トレンドは、大きいK₂O/Na₂O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、SiO₂の増大、CaOの減少が認められても、K₂O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、Na₂O-K₂O相関図(第14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。

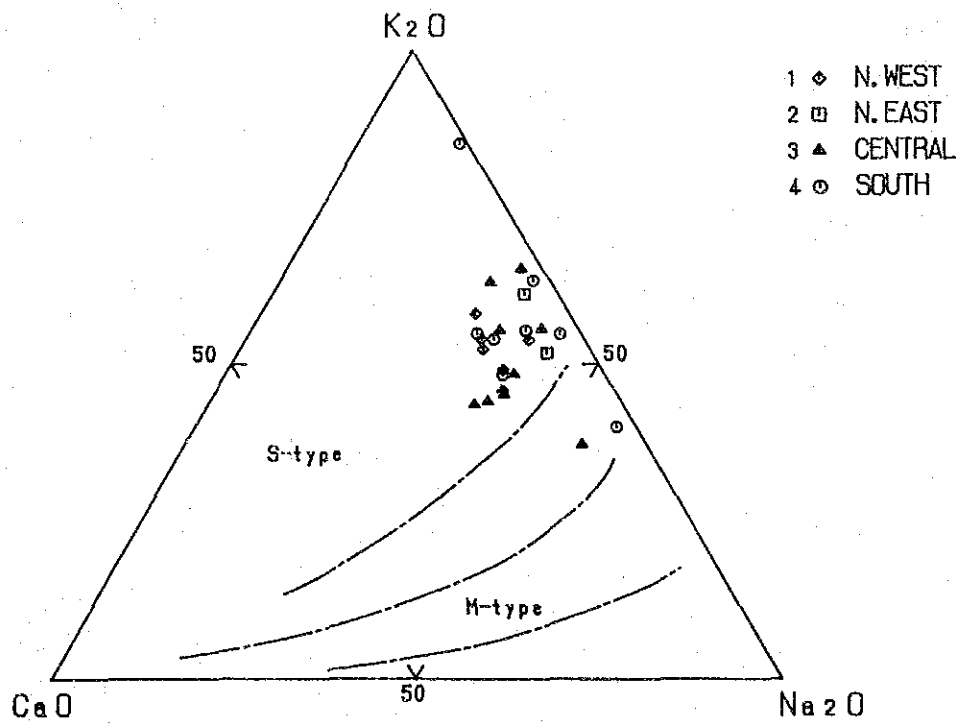
本地域の花崗岩類は、一部の例外はあるもののS-typeに属するものと推定される。

パンニング試料の検討から、本調査地域に産する不透明鉱石鉱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、



第 15 图 ACF($Al_2O_3+Fe_2O_3-Na_2O-K_2O/CaO/FeO+MgO$)图



第 16 图 CNK($CaO-Na_2O-K_2O$)图

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

花崗岩試料の微量成分分析結果を付表3に示す。

今回分析した元素は、Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Th, U, Y, Sc, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb, Ybの18元素である。

第6表に微量成分の基本統計値を示す。

第6表 花崗岩試料微量成分の基本統計値

元素名	単位	最大値	最小値	平均値	標準偏差
Sn	ppm	199	8	37.72	39.15
W	ppm	170	<4	14.04	32.82
Ta	ppm	14	2	4.56	2.43
Nb	ppm	54	18	25.96	7.95
Au	ppb	770	<5	34.16	150.22
Mo	ppm	<5	0	0	0
Ce	ppm	230	26	106.2	52.54
Eu	ppm	1.7	<0.2	0.73	0.44
La	ppm	130	14	61.84	32.09
Lu	ppm	1.38	0.2	0.70	0.34
Nd	ppm	110	14	44.36	23.64
Sm	ppm	21	4	9.33	3.97
Tb	ppm	3.7	0.5	1.42	0.72
Th	ppm	140	13	58.76	30.00
U	ppm	39	10	21.12	8.14
Y	ppm	78	21	53.48	15.33
Sc	ppm	9.8	2.3	4.89	1.64
Yb	ppm	10.4	2.17	5.34	2.38

Sn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、錫鉱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、錫鉱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鉱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17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Bu異常の明瞭な右下がり直線性を示すよく分化の進ん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。

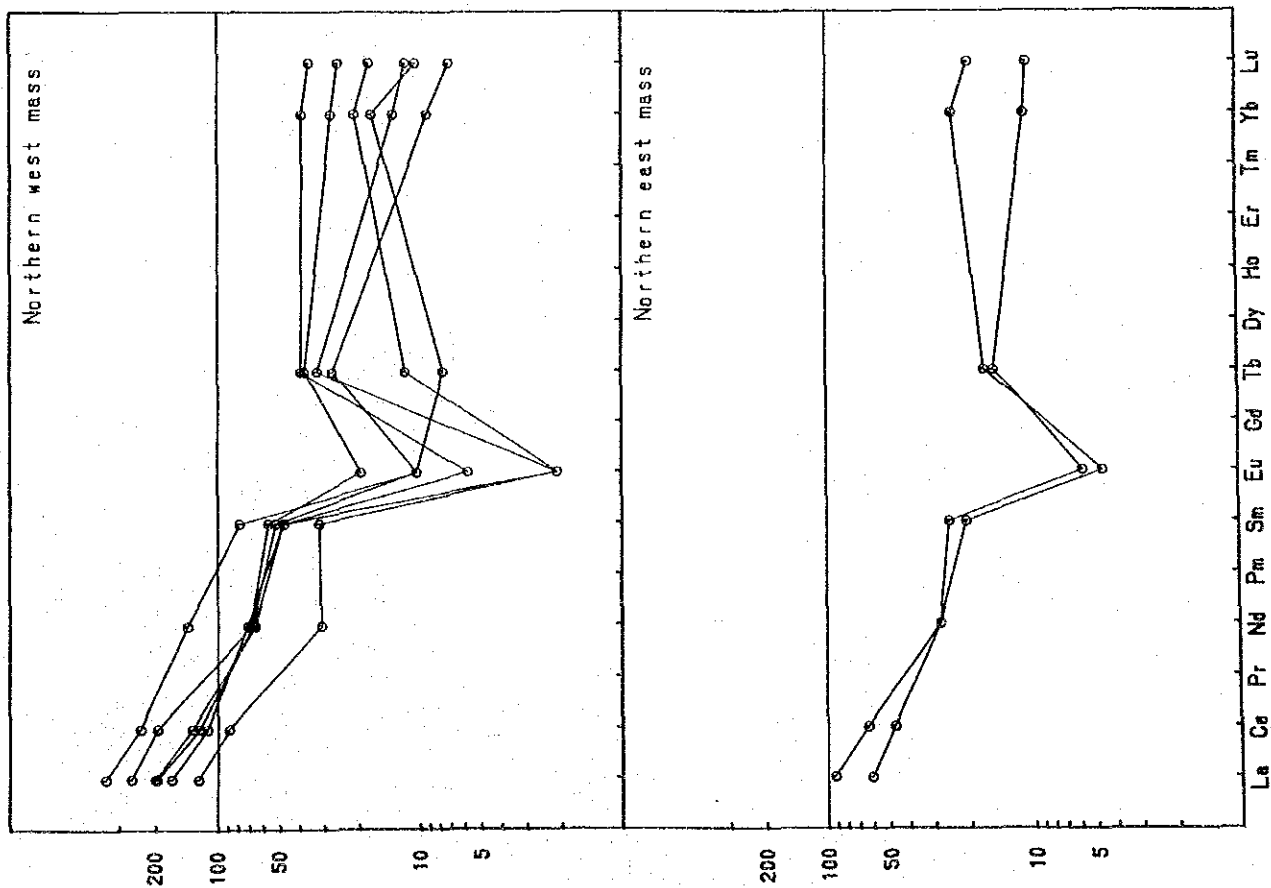
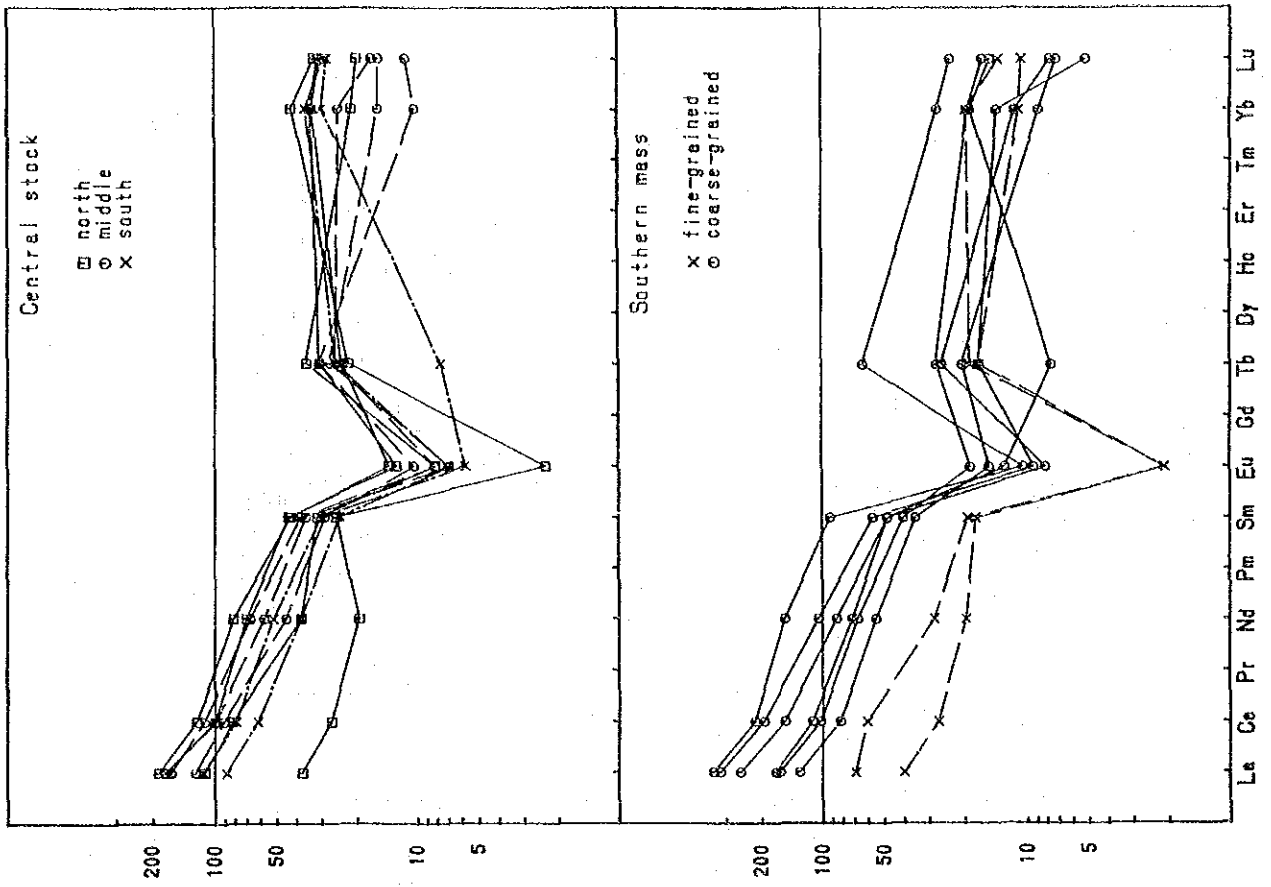
北部東岩体の花崗岩は、この分化の進んだ2試料に類似したREEパターンを示すが、岩相的には中粒~粗粒の両雲母花崗岩であり他の岩体の花崗岩試料と区別しがたく、北部東岩体は、本来軽レアアース元素に乏しかった可能性が高い。この岩体の周辺で採取した河床堆積物試料には高濃度の錫を含むものは得られていないことから、錫含有量と軽レアアース元素の含有量とは相関があり、本調査地域を含むウェスタンベルトにおいては、花崗岩体の典型的かつ普遍的な岩相の軽レアアース元素の含有量の検討により、錫鉱床の胚胎の可能性を明らかにできるものと考えられる。

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。

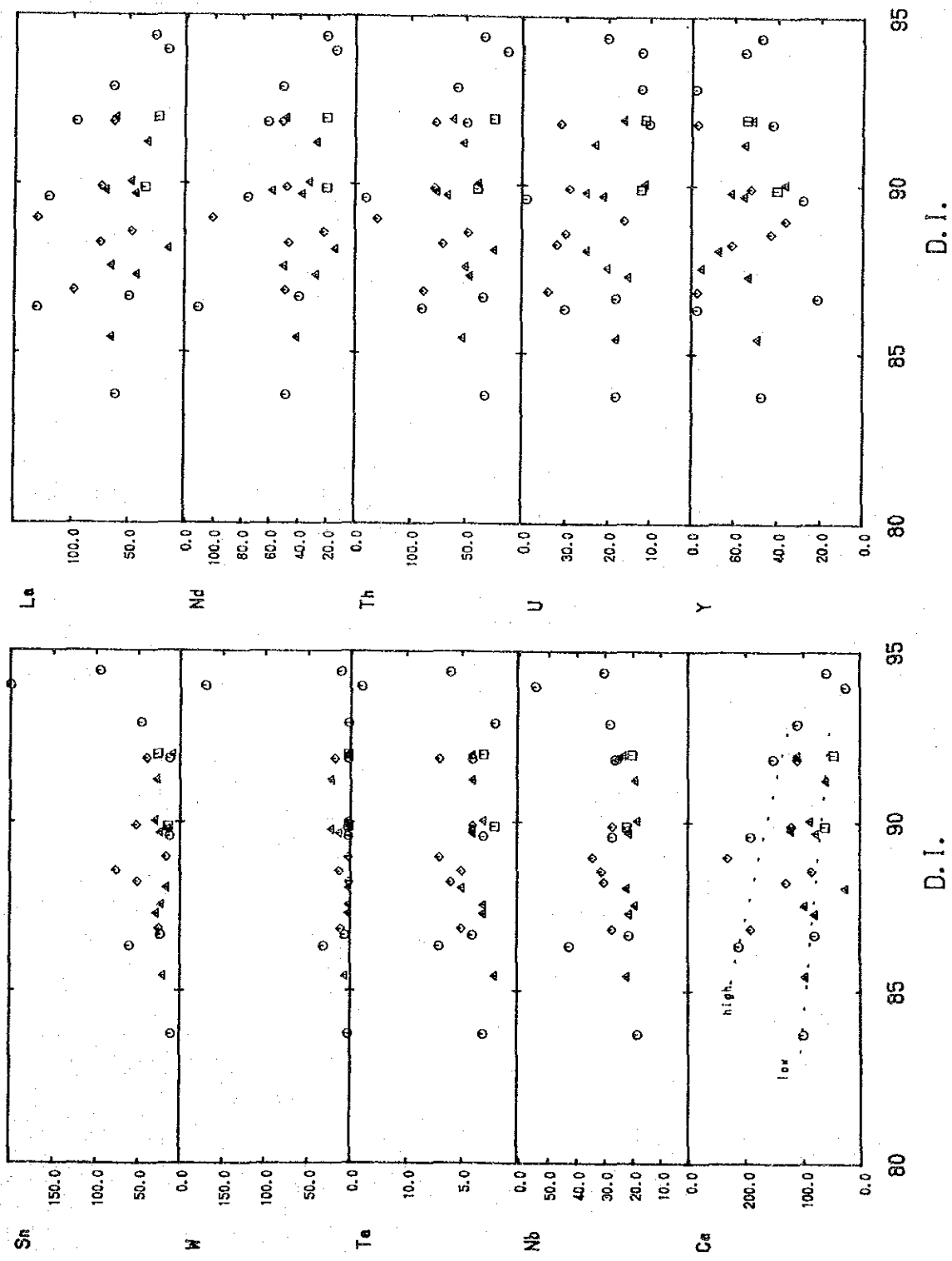
Auは、25試料中21試料で検出限界以下であったが、北部西岩体の1試料に770ppbの高含有量が認められる。

第18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、タンゲステン、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、タンゲステン、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



第 17 図 コンドライト規格化パターン図



第 18 图 微量元素之分化指数関係图

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、岩体の上昇剝離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剝離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侵入も行われた。

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-SW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- プーケット地域の北部延長部にあたり、本地域内にも錫鉱床が賦存する。

錫は花崗岩に密接に関連し、砂鉱床(placer)、残留堆積物(eluvial)の源となる。錫を含む花崗岩ベルトは、ミャンマー～タイ半島部の白亜紀から第三紀のWestern Tin Belt、タイ西部～マレー半島西岸～スマトラにいたる三畳紀のCentral Tin Belt、バンコク東～マレー半島東海岸のEastern Tin Belt(下部石炭紀～二畳紀)に大別される。地域的にはタイの錫生産の90%以上がタイ半島部から産出する。

成因別には熱水鉱床、鉱染鉱床、交代鉱床、鉱脈鉱床、ペグマタイト鉱床、グライゼン鉱床などの初生鉱床とこれらを起源とする沖積鉱床、現地砂礫鉱床、崩積成鉱床などの二次鉱床がある。主要な錫生産は砂鉱床と鉱脈鉱床が占める。

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。

鉱徴地分布図を第19図に示す。

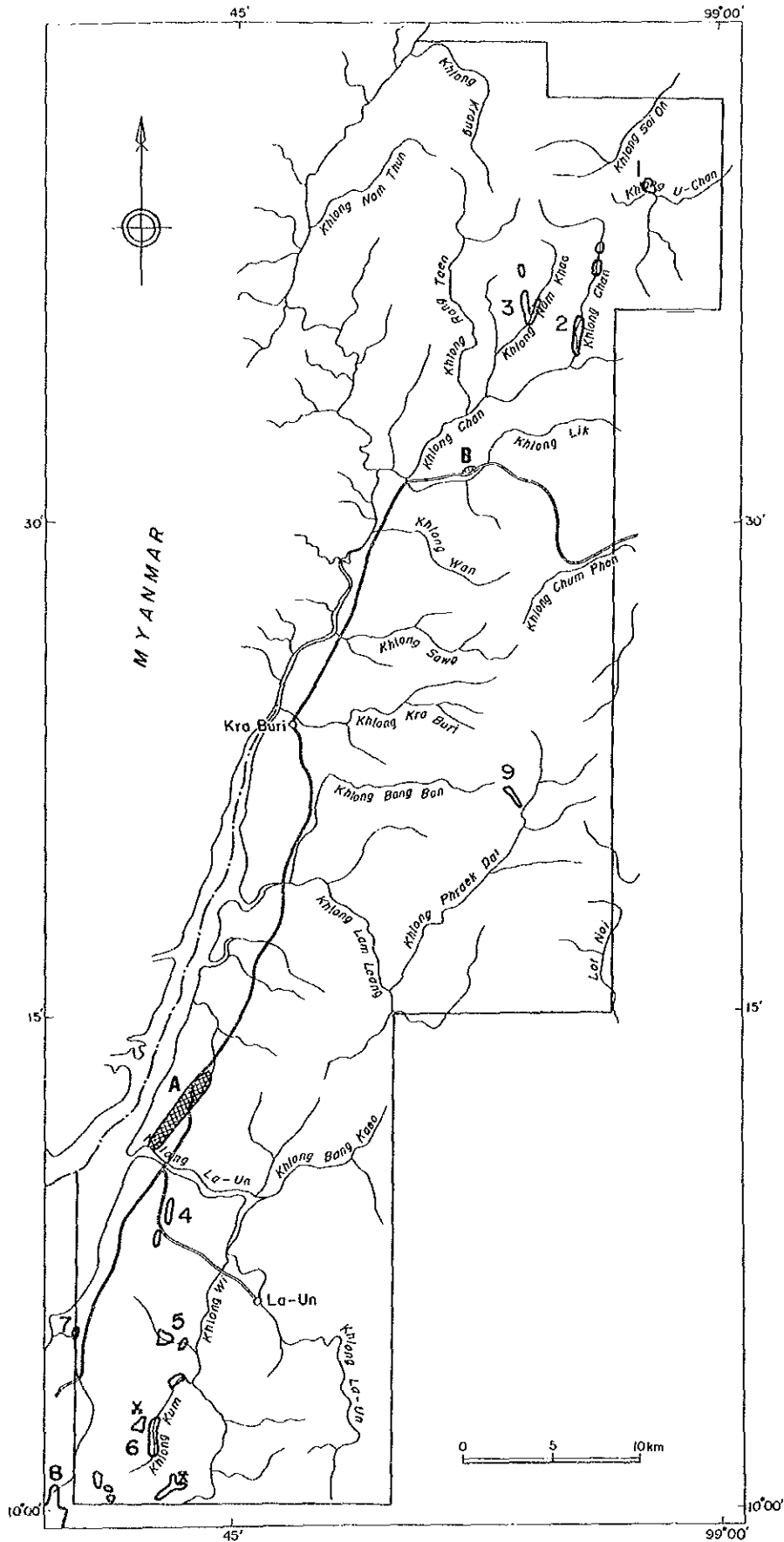
1. 南部花崗岩地域

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。調査地域内唯一の稼行鉱山(Ratana Krathu Co., Ltd.)は上記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3kmにわたり採掘跡がみられ、現在ウィ川との分岐点より約1km程上流で採掘中である。

採掘は gravel pumping 法で行われている。河床に溜まった厚さ4～5mの含錫砂・礫・粘土を1.5インチ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グへ水揚げしている。

現経営者は1年前に Ngan Thawee Co., Ltd. から採掘権を借り受け操業を始めた。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。

採掘跡の規模からみてかつては大規模に採掘していたと思われるが、現経営者は1年前に操業を始めたばかりでそれ以前のこととは不明である。



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 Sai Thong mine
- 8 Bang Non minig area
- 9 Khlong Praek Dat area
- X primary deposit

Working mine

- x Ratana Krothu mine

Mineralized zone

- A Khao Fachi silicified zone
- B Ban Nong Chik sulphide alteration zone

第 19 图 鉍微地分布图

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3km 東西2kmの範囲に採掘跡が広がり、さらにラノン地域へ連続している。最盛時にはプーケットの錫業者が大規模に採掘したようである。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。

この他、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2km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。

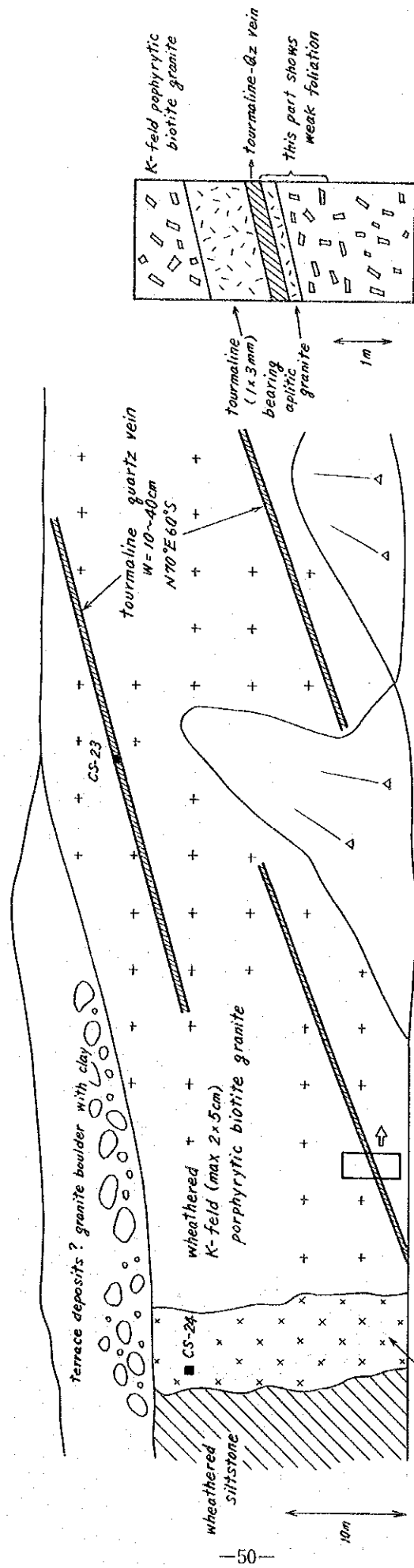
この採掘跡の規模は、幅150m、高さ30m、奥行き40m程の小規模なものであり、変質粘土化及び風化により軟質化した部分を採掘した後、硬質部が露出したために放棄されたものと思われる。この採掘跡は、花崗岩体と堆積岩の境界部にあり、切羽の走向はほぼ東西で北側に急傾斜した残壁が残されている。採掘対象とされた花崗岩の本体は、カリ長石の巨斑晶を含む両雲母花崗岩で、幅10~40cmの電気石ペグマタイト脈が数条発達する(第20図)。

ペグマタイト脈と斑状花崗岩との関係は、細粒の電気石アプ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



	CS-23	CS-24	CS-23	CS-24
Sn	36	88	Ce	74
W	10	13	La	32
Nb	35	111	Na	28
Ta	8	31	Th	150
U	30	9		
Y	75	71		
				unit:ppm

第 20 図 バンヤイ西方の初生鉍床概略図

岩株状岩体の南東方約3kmのプ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はいささか小さい。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、プ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。詳細は不明だが一部落当たり1.5～3.0kg/day程度の収量を得ているらしい。ちなみに、"Leang"とはマレー語でパンニングパンのことを意味している。

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。

旧鉱床付近で採取したパンニング試料とラタナクラツ(Ratana Krathu) 鉱山での精鉱の分析値を付表5に示す。

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。

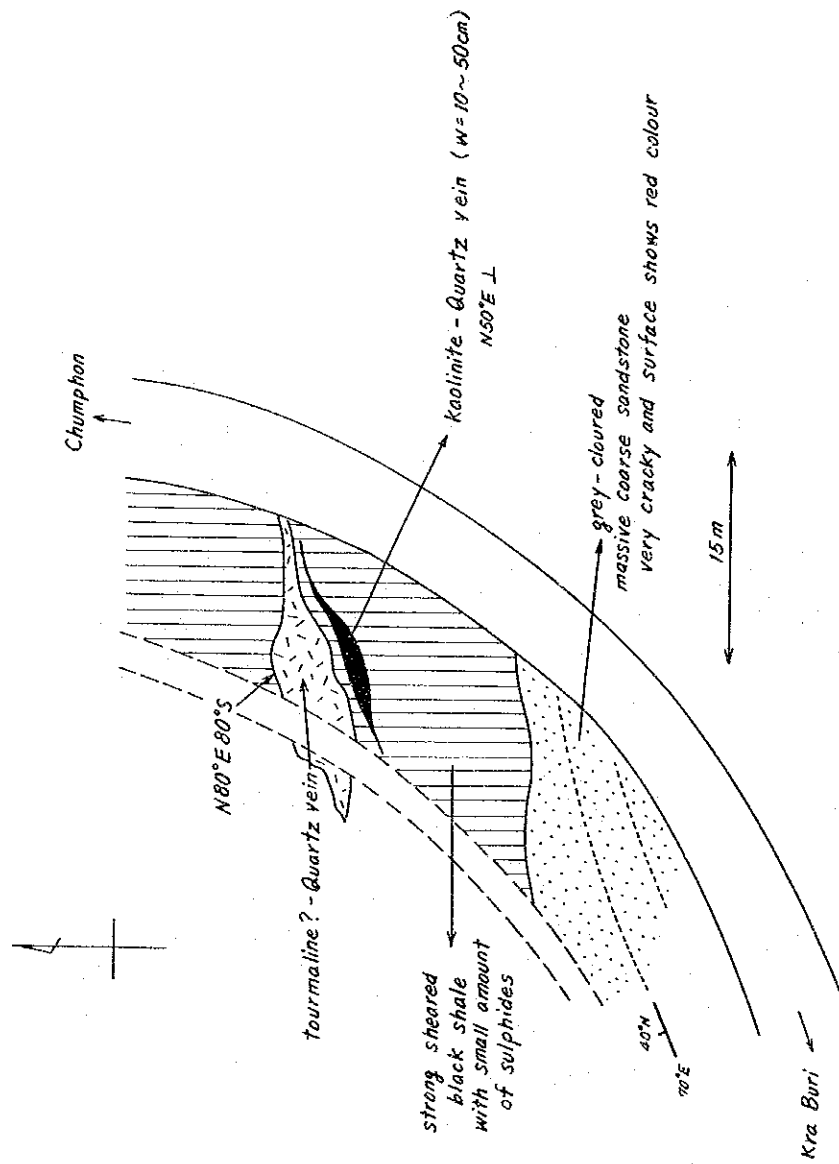
2. ノンチック(Ban Nong Chik) 硫化鉍変質帯

パ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、マトシ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(第21図)。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, 粉々に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。

鉍微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-WSSW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。

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



第 21 図 ノンチック硫化変質帯概略図

第 3 章 地 化 学 探 査

3-1 河床堆積物による地化学探査

3-1-1 試料採取

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メッシュ篩で篩い分け、80メッシュ以下の沢砂を約150g採取した。採取試料の総数は、2,021個である。試料採取位置は、重鉱物試料採取位置とともにPI-4に示す。

採取した試料は、現地において風乾した後、タイ側と日本側とで折半し、一方を分析に供した。

3-1-2 指示元素

本調査では、賦存の期待される錫、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、錫、タングステン、タンタル、ニオブ、金、モリブデン、セリウム、ユーロピウム、ランタン、ルテチウム、ネオジウム、サマリウム、テルビウム、トリウム、ウラン、イットリウム、スカンジウムの17元素である。

分析方法は、錫、ニオブ、イットリウムについては蛍光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。

各元素の検出限界値は、錫・モリブデン・ネオジウムが5ppm、タングステンが4ppm、セリウムが3ppm、タンタル・ニオブ・ランタン・イットリウムが1ppm、トリウム・ウラン・テルビウムが0.5ppm、ユーロピウムが0.2ppm、サマリウム・スカンジウムが0.1ppm、ルテチウムが0.05ppm、金が5ppbである。分析に際しては、ほぼ100個について1個の割合で標準試料を混在させ、分析精度をチェックした。

3-1-3 分析データの解析

1. 統計処理

一般に地化学分析値、特に微量成分の分布は、分析精度の信頼性が充分であれば対数正規分布に近い分布を示すことが知られている。従って、以下の分析値の解析には、各分析値の常用対数を用いた。統計解析の都合上、最小検出限界値以下の分析値についてはその半分の値を採用した。

各元素の最大値・最小値・平均値・標準偏差を第7表に示す。また各元素の頻度分布図・

累積頻度分布図を第22図に示す。頻度分布のクラス区分は $1/2 \sigma$ とした。

第7表 河床堆積物の微量成分基本統計値

元素名	単位	最大値	最小値	平均値	真数平均値	標準偏差
Sn	ppm	11223	<5	0.9366	8.64	0.7571
W	ppm	2600	<4	0.5815	3.86	0.4910
Ta	ppm	440	<1	0.1478	1.41	0.5946
Nb	ppm	480	<2	1.1985	15.79	0.3341
Au	ppb	200	<5	0.4283	2.68	0.1277
Mo	ppm	140	INT	-0.0527	0.89	0.6779
Ce	ppm	2800	9	1.8090	64.42	0.3759
Bu	ppm	4.4	<0.2	-0.2658	0.54	0.2696
La	ppm	1700	4	1.5309	33.95	0.3796
Lu	ppm	15.08	<0.05	-0.2156	0.61	0.3899
Nd	ppm	970	<5	1.3843	24.23	0.3892
Sm	ppm	170	0.5	0.6296	4.26	0.3934
Tb	ppm	33	<0.5	-0.2460	0.57	0.4749
Th	ppm	1500	2.7	1.2579	18.11	0.4550
U	ppm	150	<0.5	0.5581	3.61	0.4780
Y	ppm	1150	<1	1.4446	27.84	0.4276
Sc	ppm	19	0.7	0.5038	3.19	0.2172

各元素の相関係数を第8表に示す。

Sn-W-Ta-Nbの4元素のグループは極めて強い正の相関性を示している。さらに、レアアース元素及びTh, U, Y, Scの各元素のグループは、Buを除いて極めて強い正の相関性を示しており、Bu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は、強い正の相関性を示している。

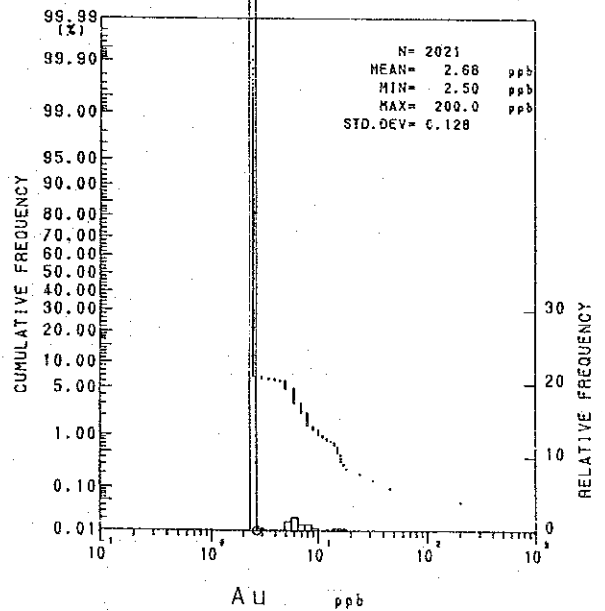
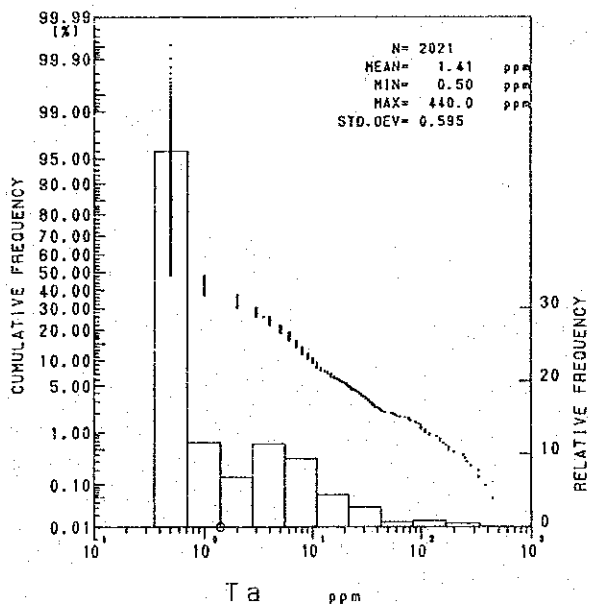
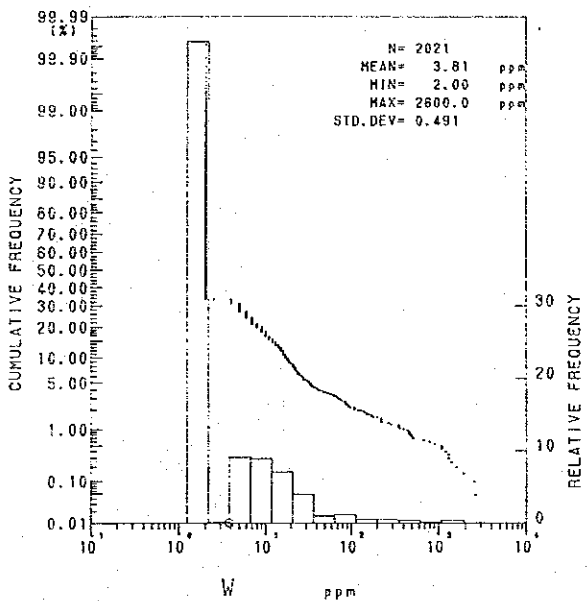
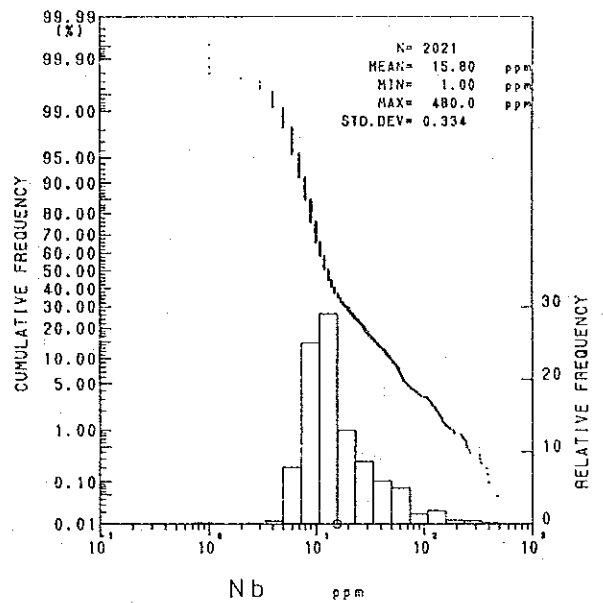
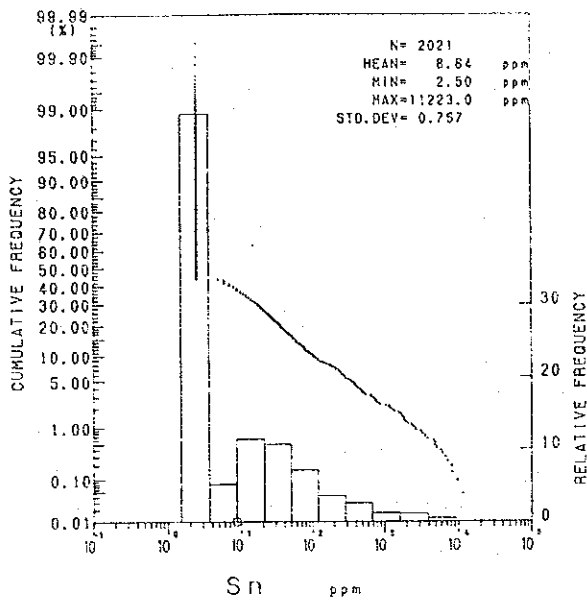
この結果は、各元素の地化学異常値の分布が、ほとんど重複して分布していることと矛盾しない。Sn-W-Ta-Nbのグループとレアアース元素及びTh-U-Y-Scのグループとでは、各々のグループ内での相関性の強さよりやや弱い傾向が認められるが、これは調査地域南部では、前者のグループが高濃度であるのに対し、レアアース元素類が高濃度を示さない試料があり、北部西岩体周辺では、この逆のケースも認められることによる。これらの相関性の強い元素は、その分布状態からみて花崗岩体が風化剝されて山間盆地、主要河川沿いなどの同じ堆積盆に堆積したことを表しているように考えられる。

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。

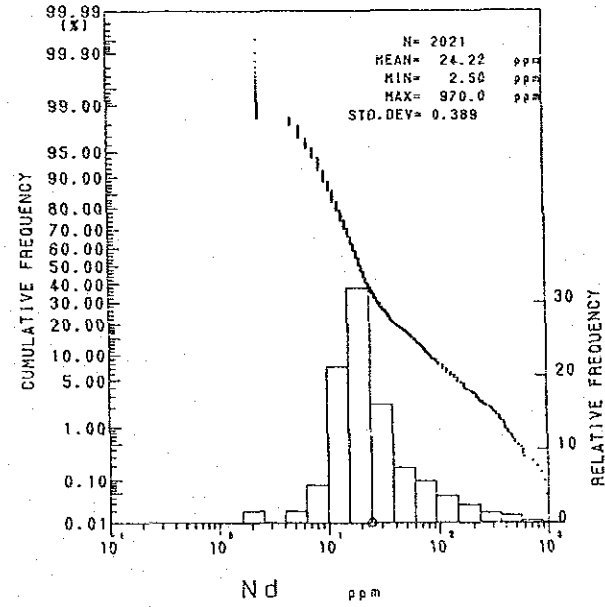
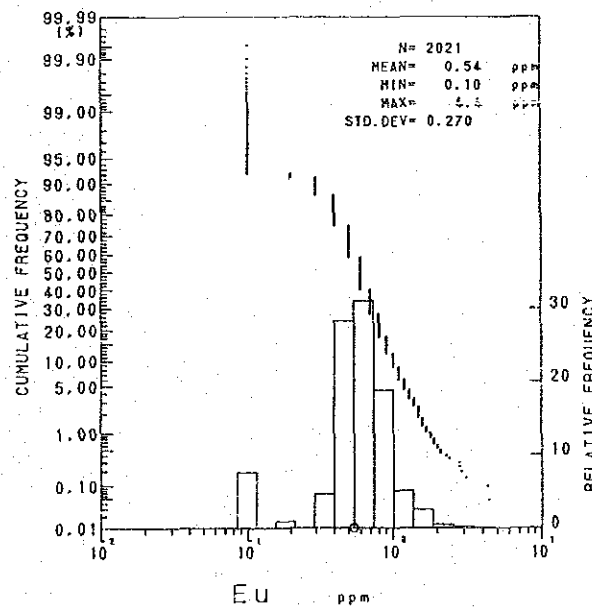
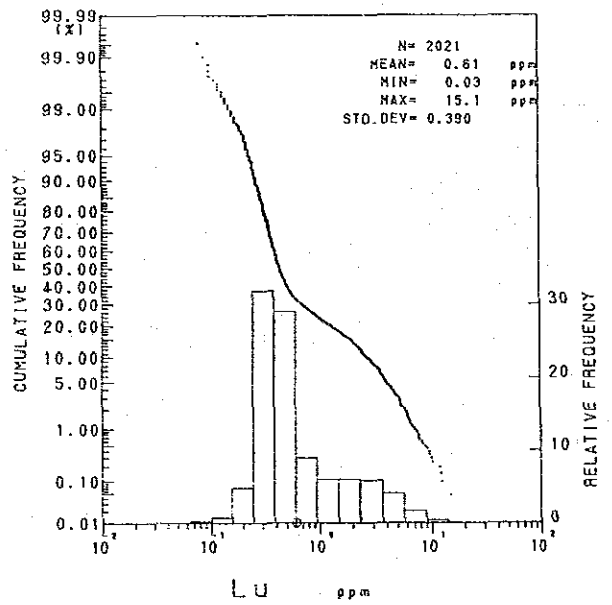
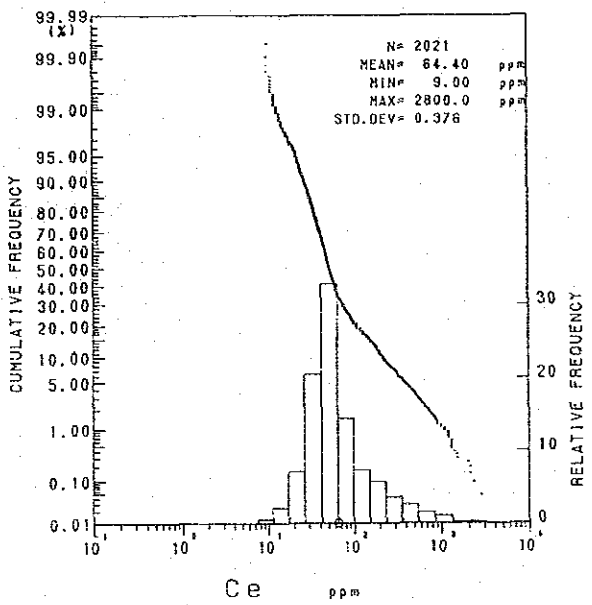
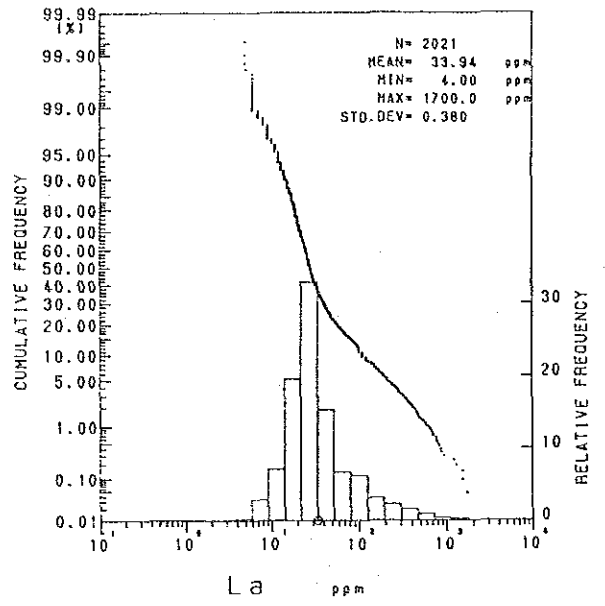
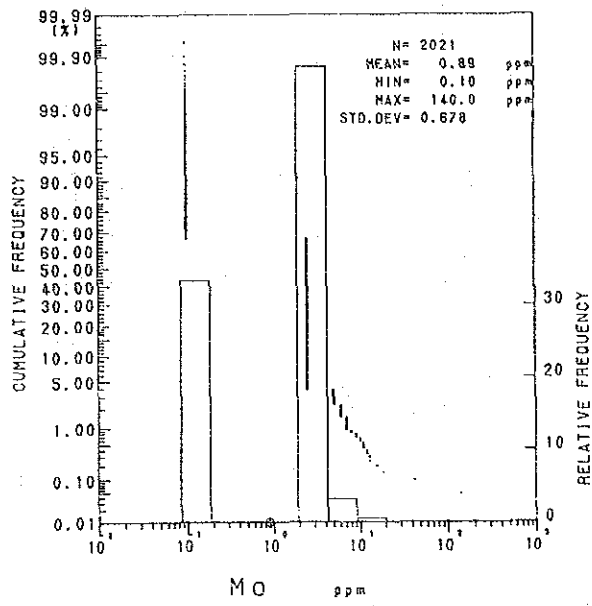
Moは、他の16元素とは負の相関性を示している。

2. しきい値の決定

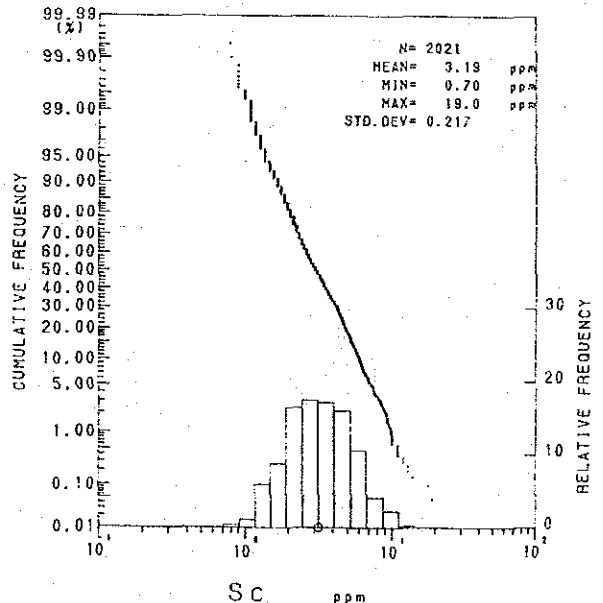
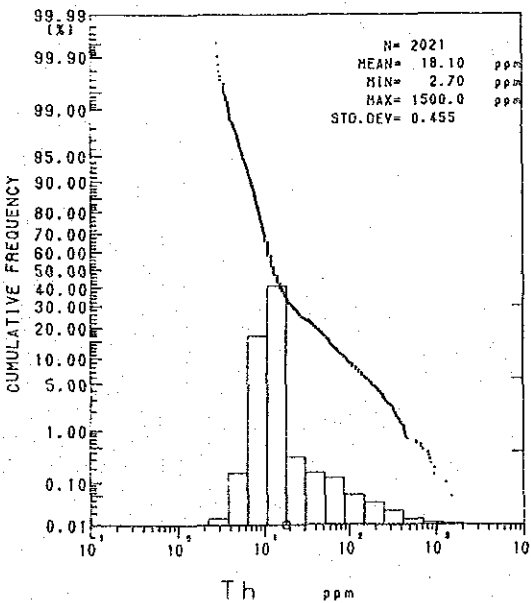
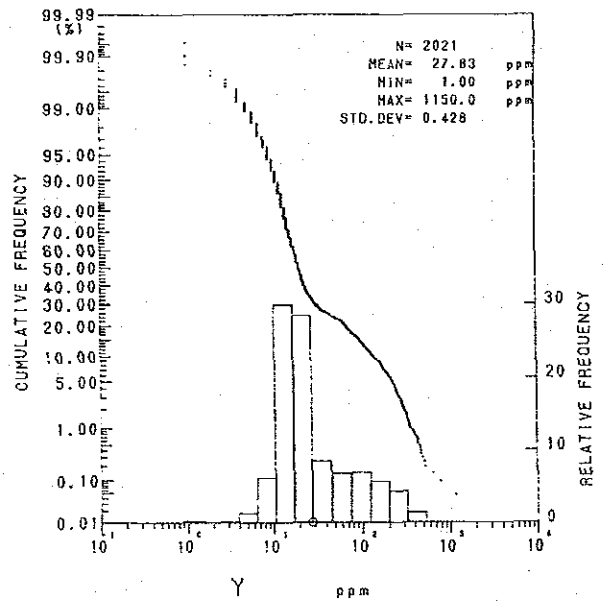
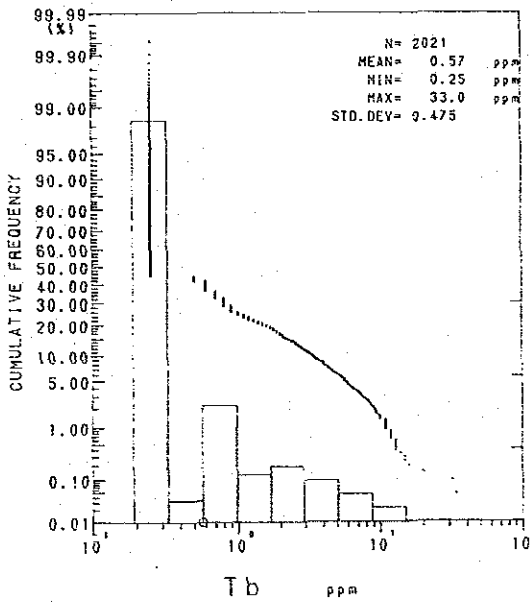
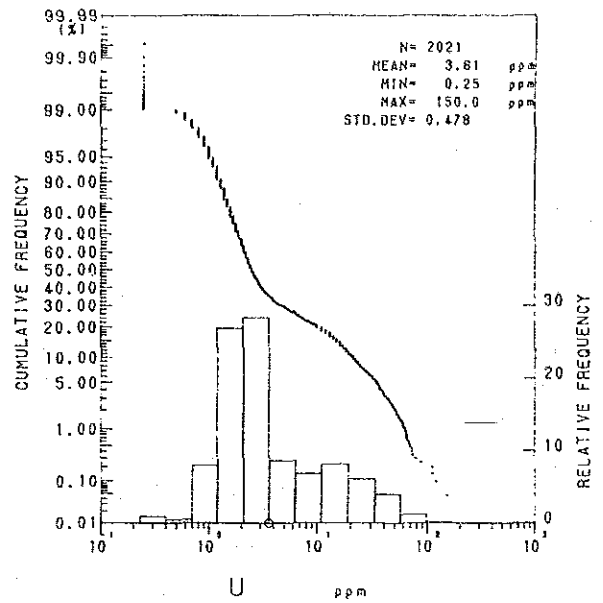
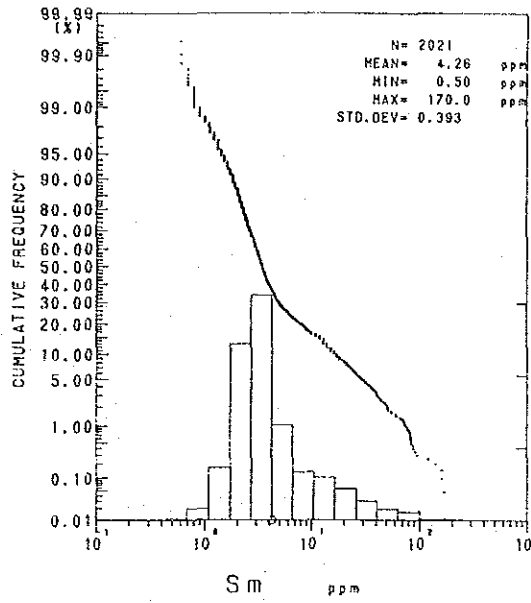
地化学データを異常値と後背値に区分するためのしきい値の決定には、Lepeltier(1969),



第 22 図 河川堆積物試料の微量成分頻度分布・累積頻度分布図(1)



第 22 図 河川堆積物試料の微量成分頻度分布・累積頻度分布図(2)



第 22 図 河川堆積物試料の微量成分頻度分布・累積頻度分布図(3)

第 8 表 河床堆積物の微量成分相関係数

	Sn	W	Ta	Nb	Au	Mo	Ce	Eu	La	Lu	Nd	Sm	Tb	Th	U	Y	Sc
Sn	1.000	0.757	0.809	0.720	0.058	-0.455	0.461	-0.101	0.443	0.520	0.424	0.500	0.507	0.502	0.568	0.574	0.321
W	0.757	1.000	0.808	0.761	0.067	-0.470	0.464	-0.067	0.447	0.543	0.432	0.497	0.495	0.523	0.593	0.578	0.409
Ta	0.809	0.808	1.000	0.885	0.089	-0.656	0.646	-0.044	0.621	0.738	0.599	0.686	0.688	0.722	0.791	0.775	0.471
Nb	0.720	0.761	0.885	1.000	0.117	-0.603	0.678	0.035	0.654	0.732	0.631	0.711	0.693	0.737	0.774	0.780	0.552
Au	0.058	0.067	0.089	0.117	1.000	-0.103	0.207	0.070	0.211	0.165	0.199	0.199	0.174	0.196	0.170	0.160	0.100
Mo	-0.455	-0.470	-0.656	-0.603	-0.103	1.000	-0.615	-0.099	-0.600	-0.735	-0.584	-0.635	-0.656	-0.695	-0.776	-0.721	-0.327
Ce	0.461	0.464	0.646	0.678	0.207	-0.615	1.000	0.315	0.994	0.843	0.969	0.991	0.841	0.963	0.832	0.880	0.505
Eu	-0.101	-0.067	-0.044	0.035	0.070	-0.099	0.315	1.000	0.319	0.233	0.341	0.298	0.211	0.242	0.162	0.213	0.288
La	0.443	0.447	0.621	0.654	0.211	-0.600	0.994	0.319	1.000	0.823	0.971	0.988	0.832	0.955	0.815	0.864	0.483
Lu	0.520	0.543	0.738	0.732	0.165	-0.735	0.843	0.233	0.823	1.000	0.810	0.864	0.873	0.884	0.917	0.944	0.496
Nd	0.424	0.432	0.599	0.631	0.199	-0.584	0.969	0.341	0.971	0.810	1.000	0.963	0.812	0.926	0.790	0.843	0.475
Sm	0.500	0.497	0.686	0.711	0.199	-0.635	0.991	0.298	0.988	0.864	0.963	1.000	0.863	0.964	0.847	0.906	0.513
Tb	0.507	0.495	0.688	0.693	0.174	-0.656	0.841	0.211	0.832	0.873	0.812	0.863	1.000	0.862	0.825	0.880	0.409
Th	0.502	0.523	0.722	0.737	0.196	-0.695	0.963	0.242	0.955	0.884	0.926	0.964	0.862	1.000	0.910	0.906	0.497
U	0.568	0.593	0.791	0.774	0.170	-0.776	0.832	0.162	0.815	0.917	0.790	0.847	0.825	0.910	1.000	0.899	0.499
Y	0.574	0.578	0.775	0.780	0.160	-0.721	0.880	0.213	0.864	0.944	0.843	0.906	0.880	0.906	0.899	1.000	0.515
Sc	0.321	0.409	0.471	0.552	0.100	-0.327	0.505	0.288	0.483	0.496	0.475	0.513	0.409	0.497	0.499	0.515	1.000

Sinclair(1976), Govett et. al. (1983)に述べられているように頻度分布の自然の切れ目を用いる方法, 累積頻度曲線の折れ点を採用する方法, 平均値・標準偏差を用いる方法, 百分位数による方法など様々な方法が考案されている。

今回の解析では, 平均値と標準偏差を用い, これに頻度分布及び累積頻度曲線を加味してしきい値を決定することとした。第9表に各元素の地化学異常域のしきい値を示す。

第9表 河床堆積物の地化学異常値の区分

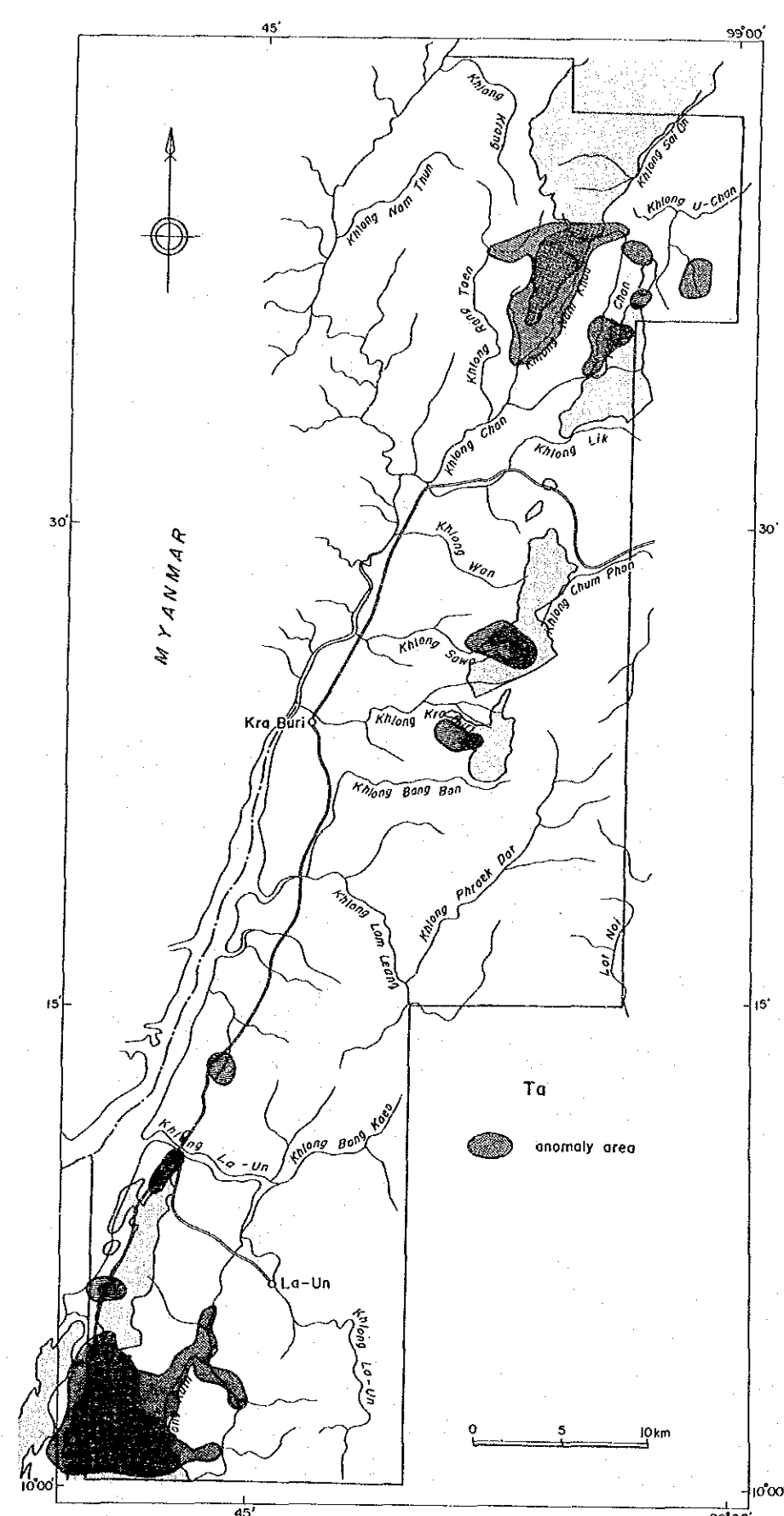
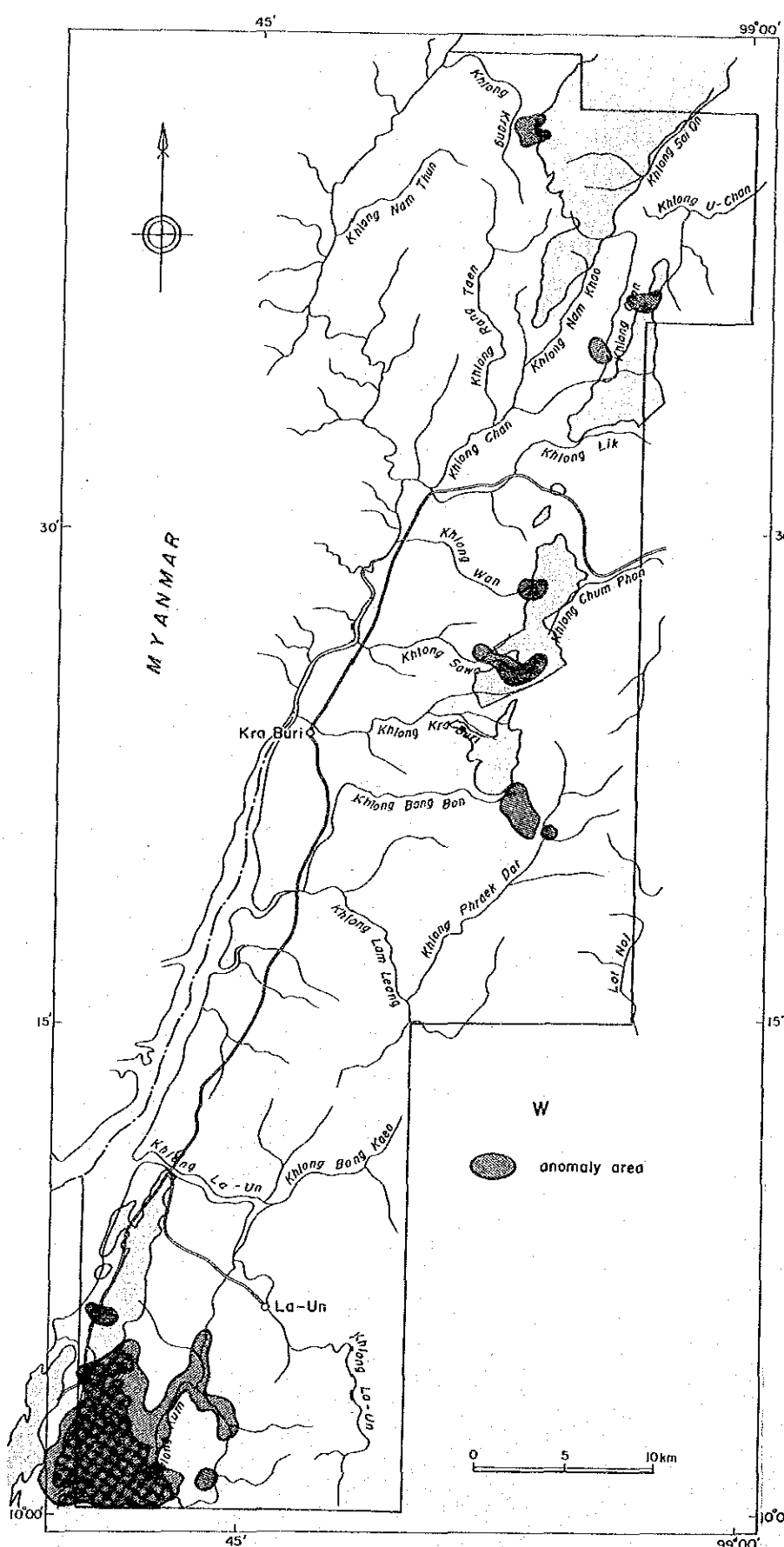
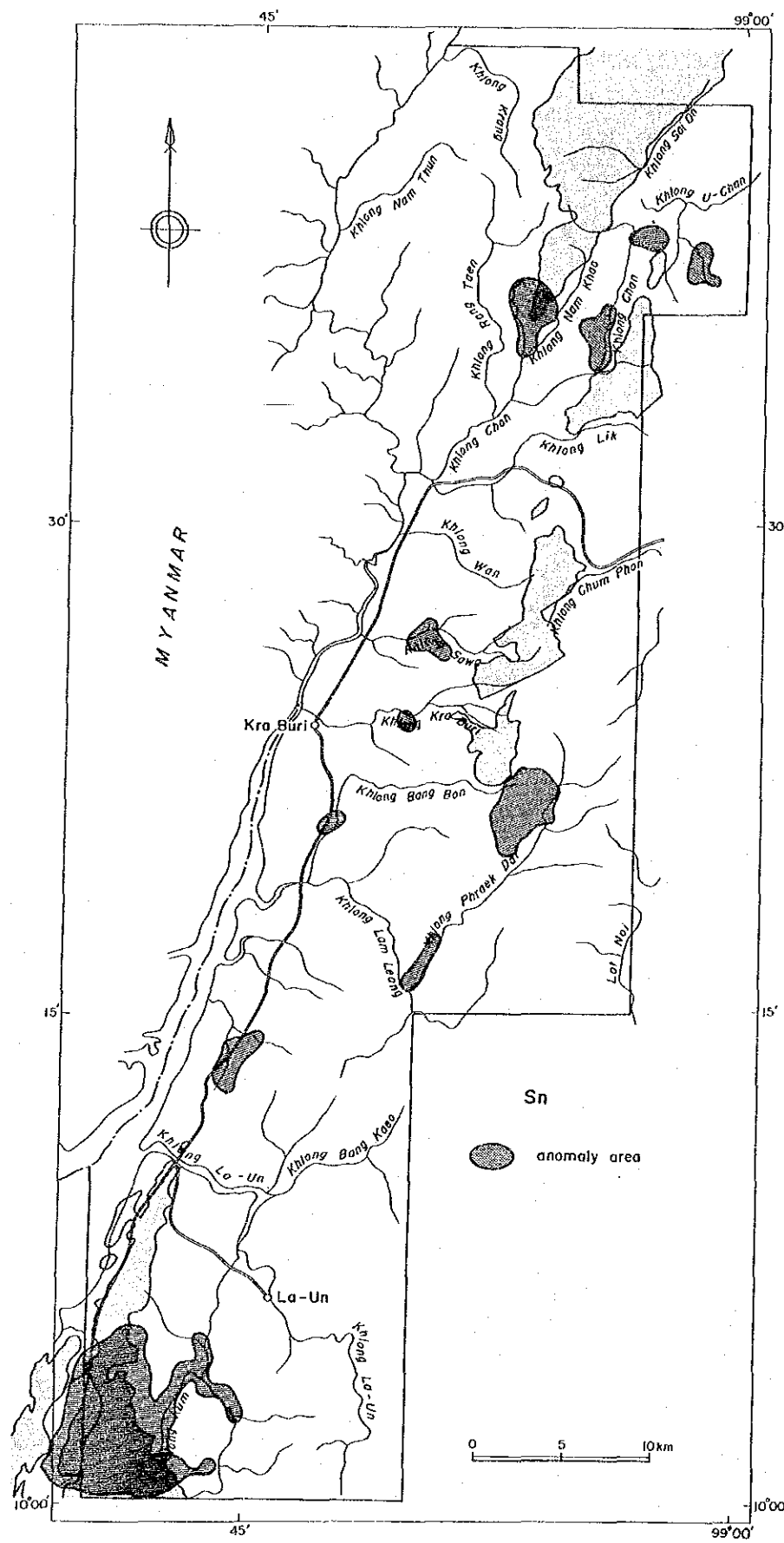
元素	単位	しきい値	M +xσ
Sn	ppm	118.10	1.5
W	ppm	36.61	2.0
Ta	ppm	21.73	2.0
Nb	ppm	73.57	2.0
Au	ppb	8.69	4.0
Mo	ppm	9.21	1.5
Ce	ppm	363.75	2.0
Bu	ppm	1.88	2.0
La	ppm	125.98	1.5
Lu	ppm	3.67	2.0
Nd	ppm	94.27	1.5
Sm	ppm	26.09	2.0
Tb	ppm	5.06	2.0
Th	ppm	87.18	1.5
U	ppm	32.67	2.0
Y	ppm	199.47	2.0
Sc	ppm	8.67	2.0

3. 異常域の分布

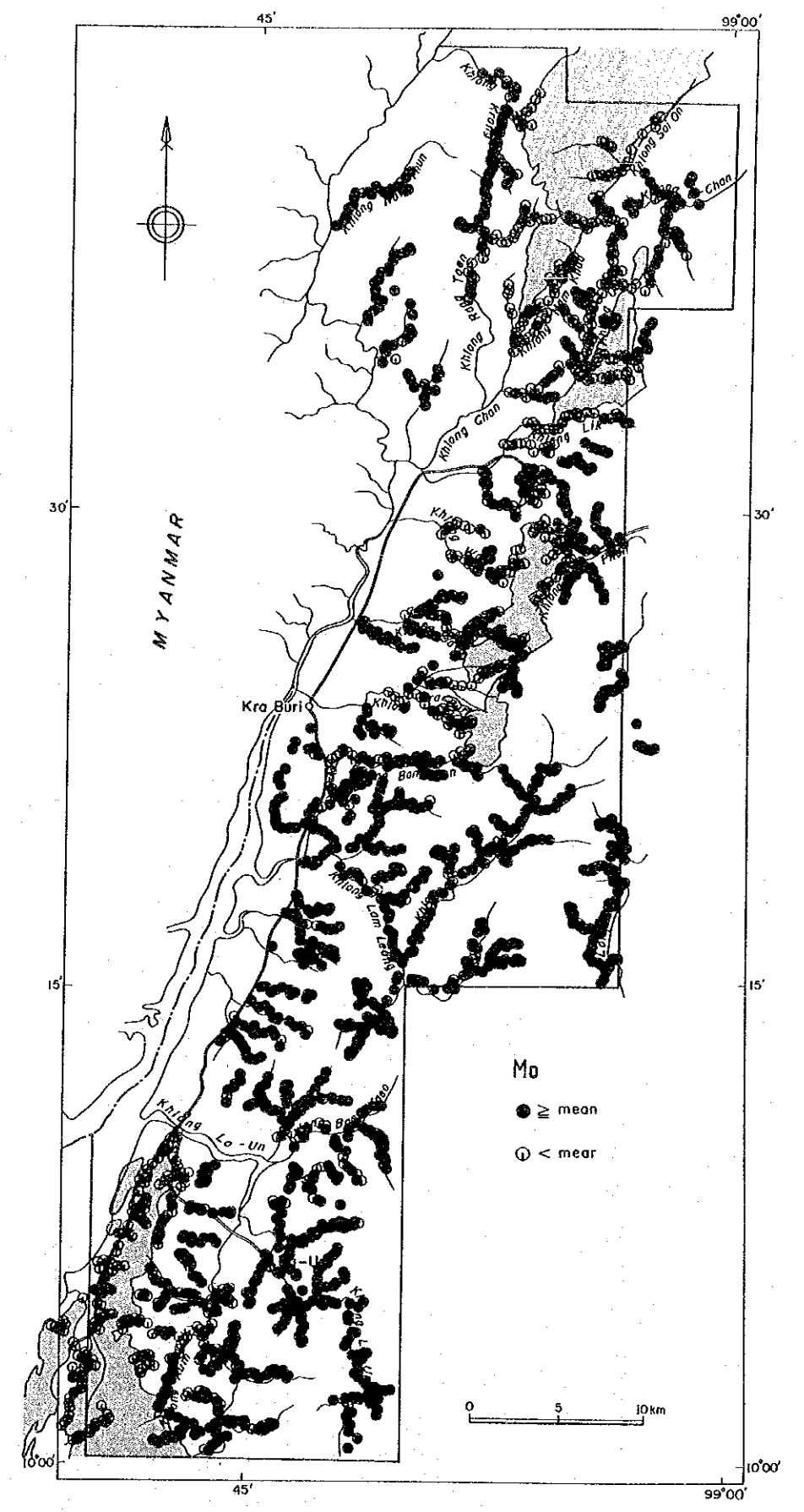
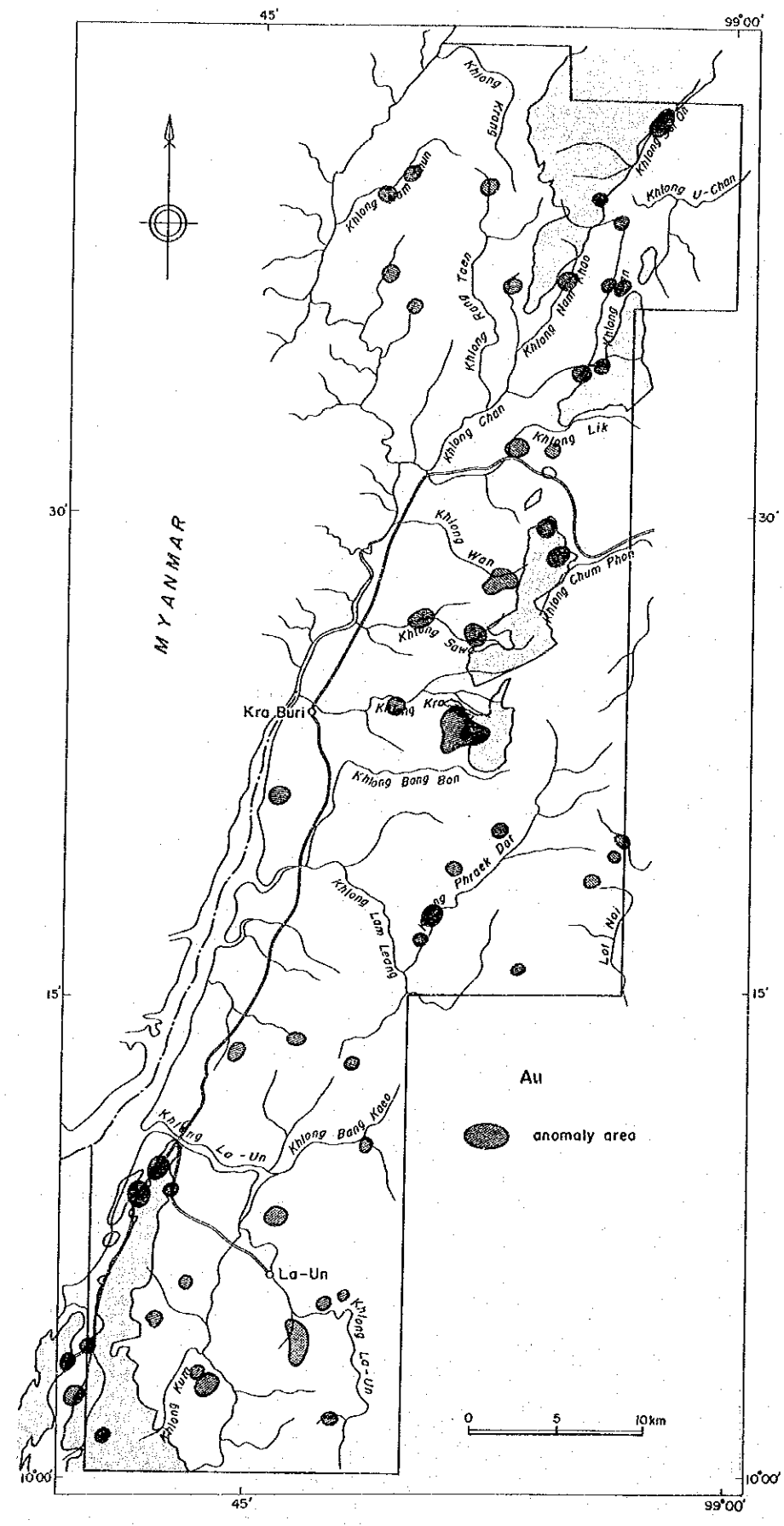
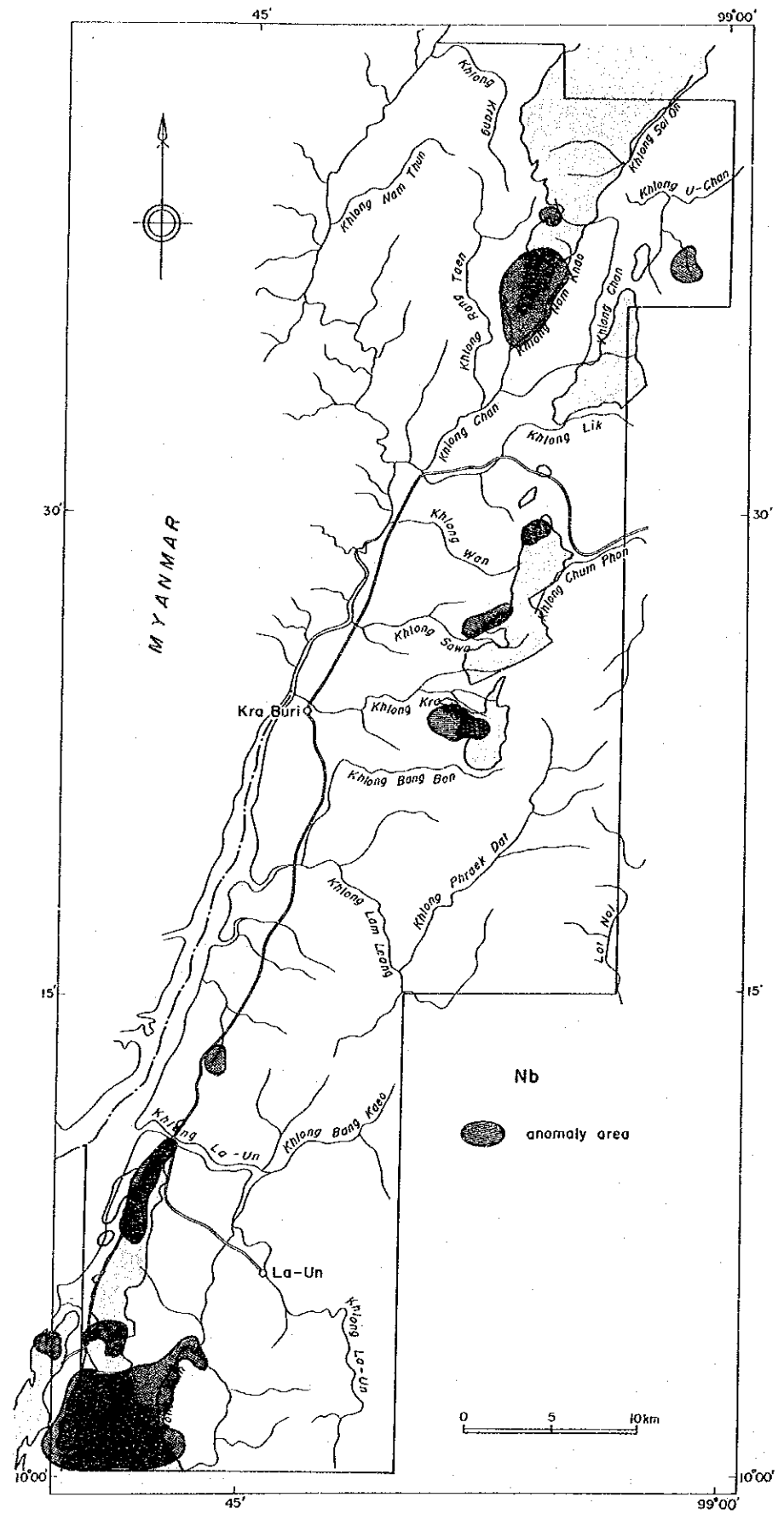
各元素の異常値分布域を第23図に図示する。

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, プレークダット川の上流西側に約5×3km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プ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。

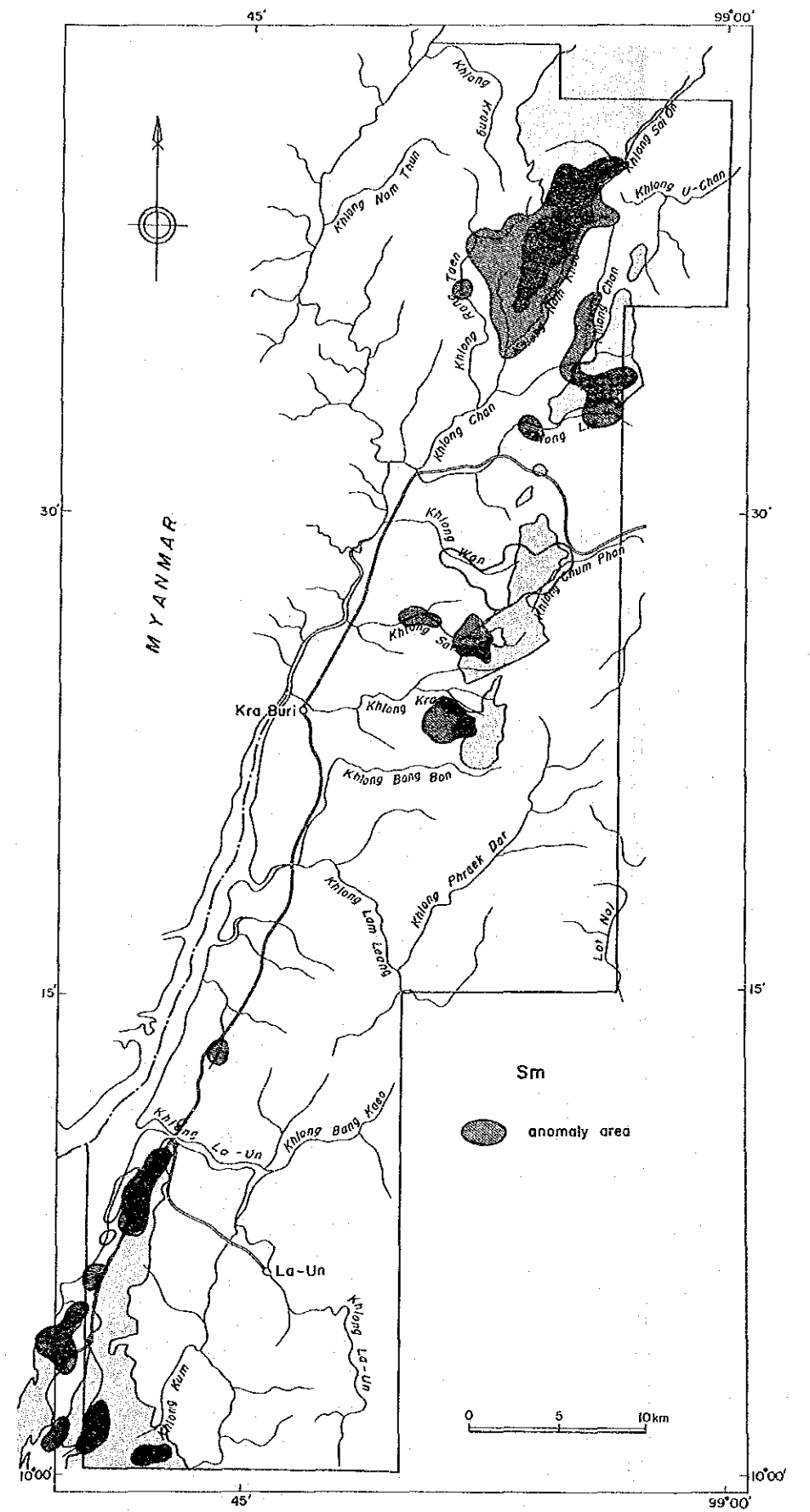
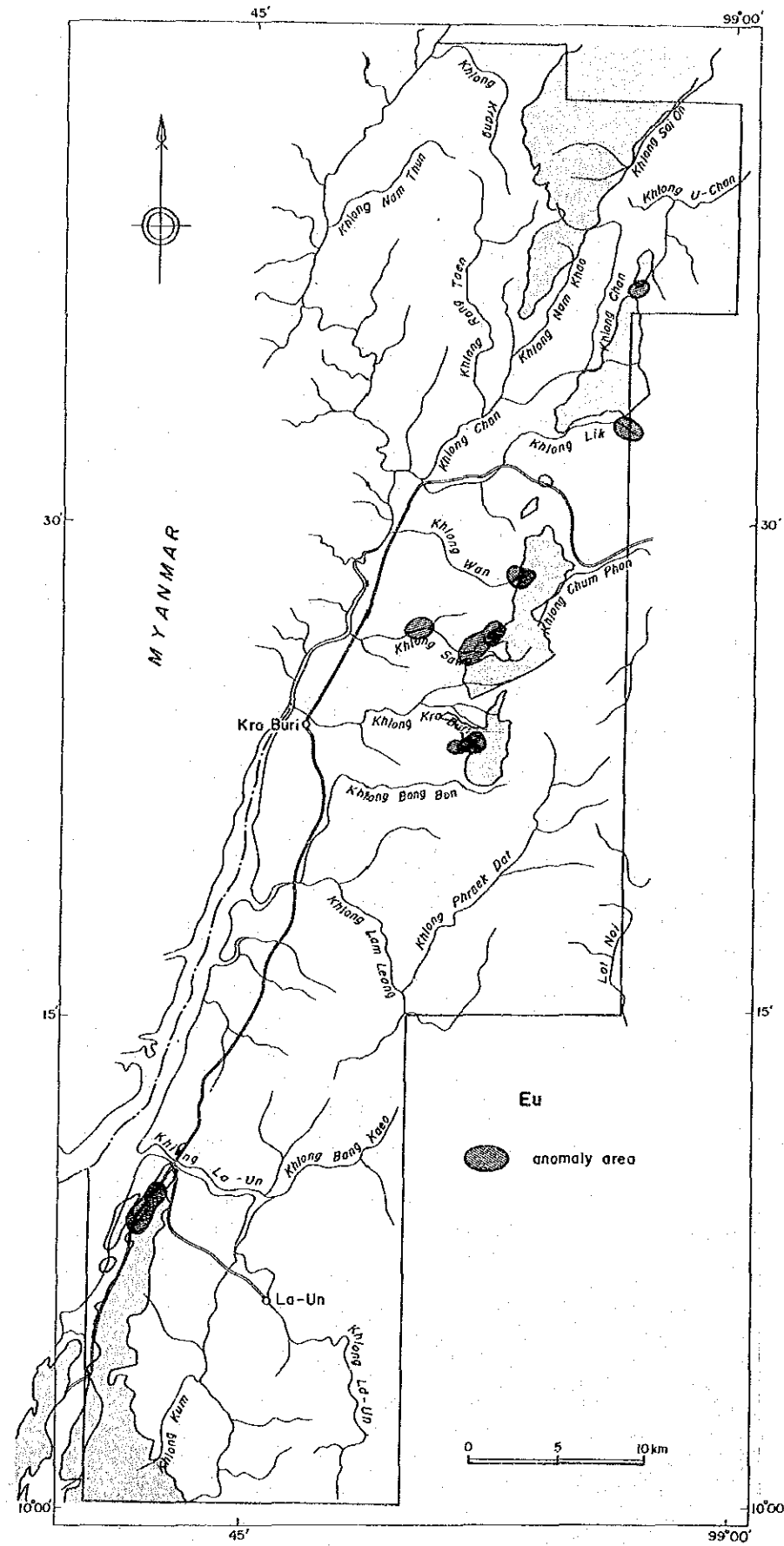
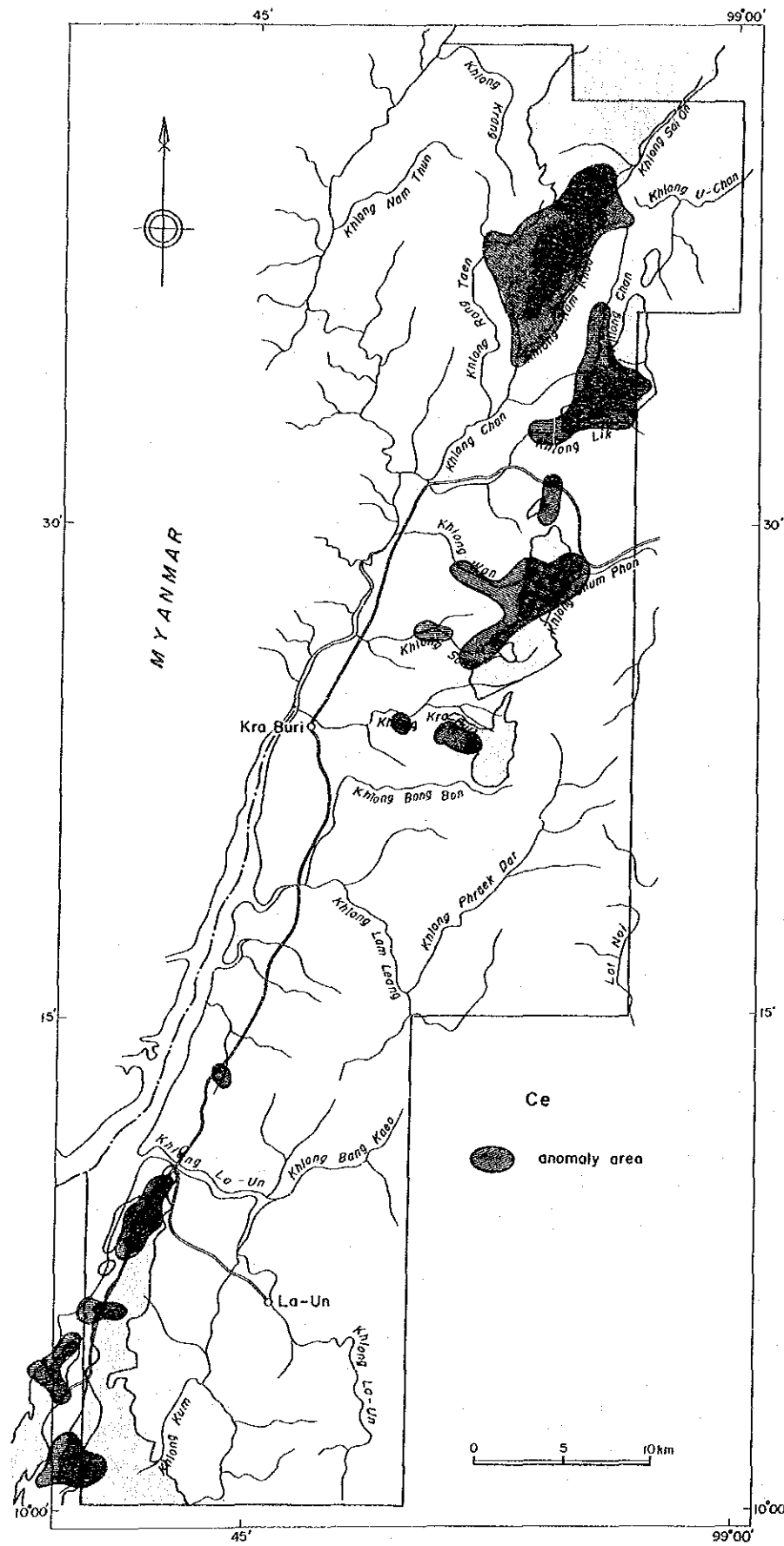
タングステン異常域は, 北部西岩体西側のクラン川支流, 北部東岩体のチャン川支流, 中央部岩体西側のワン川とサワ川(Khlong Sawa)上流のプルヤイ川(Khlong Phlu Yai)上流



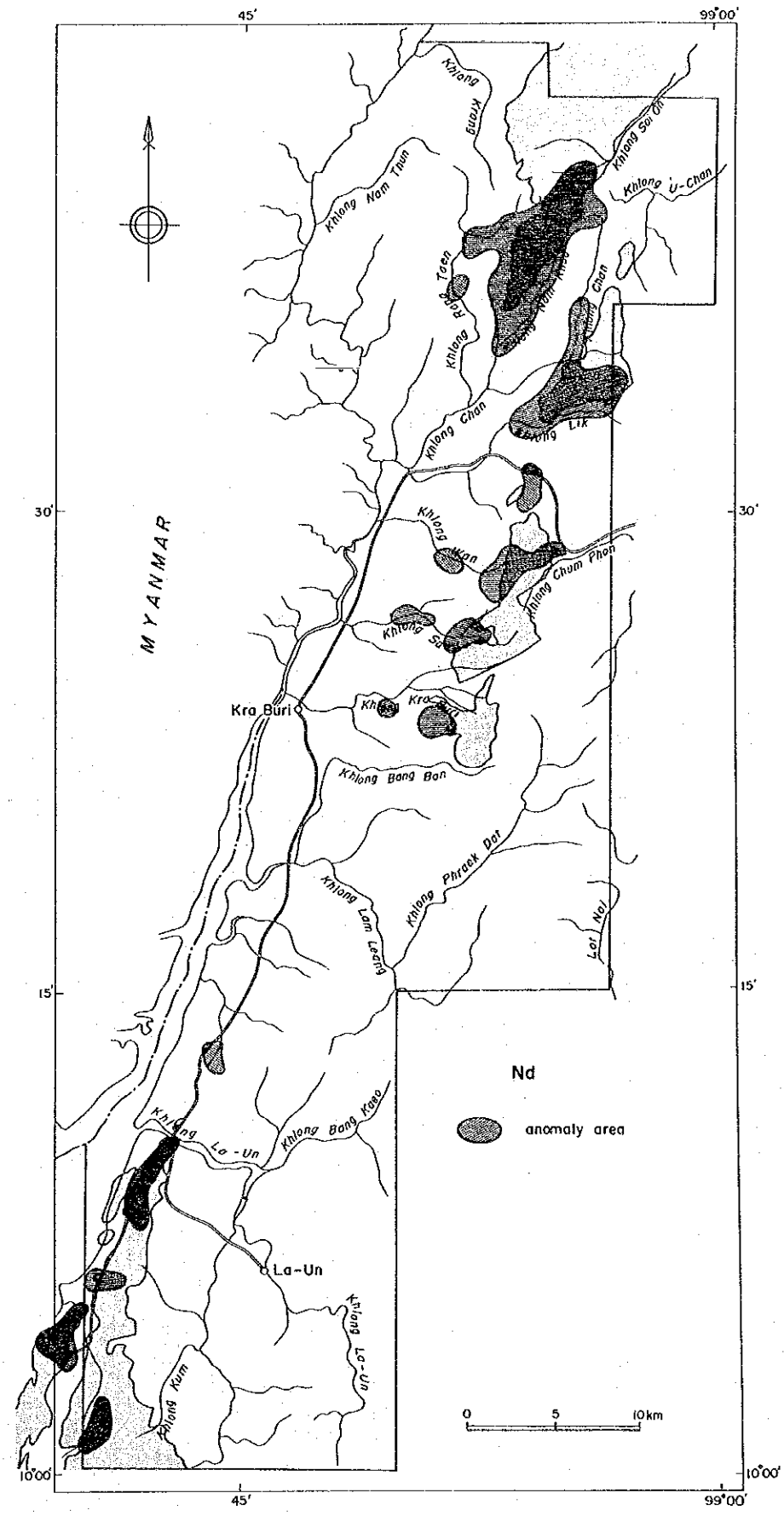
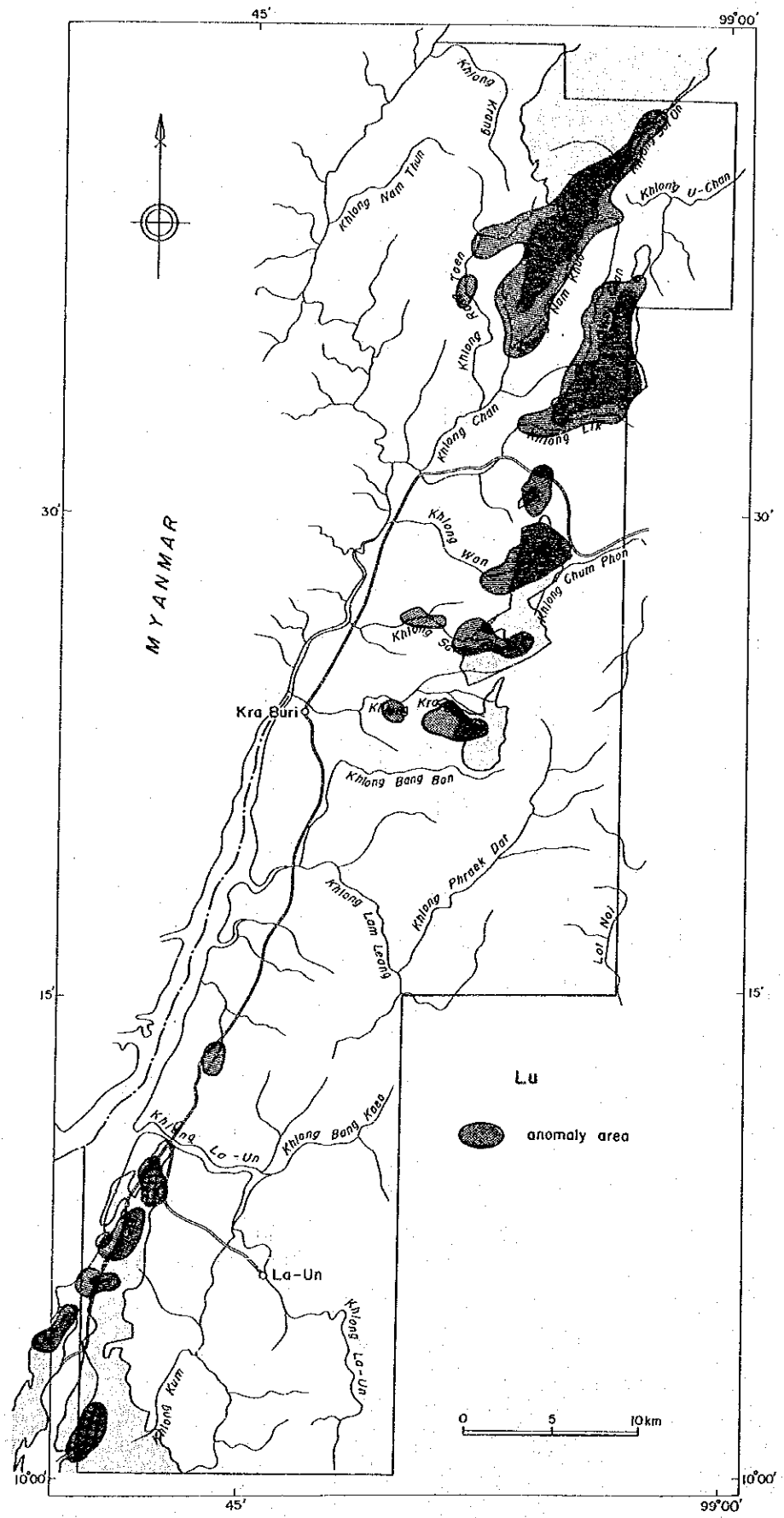
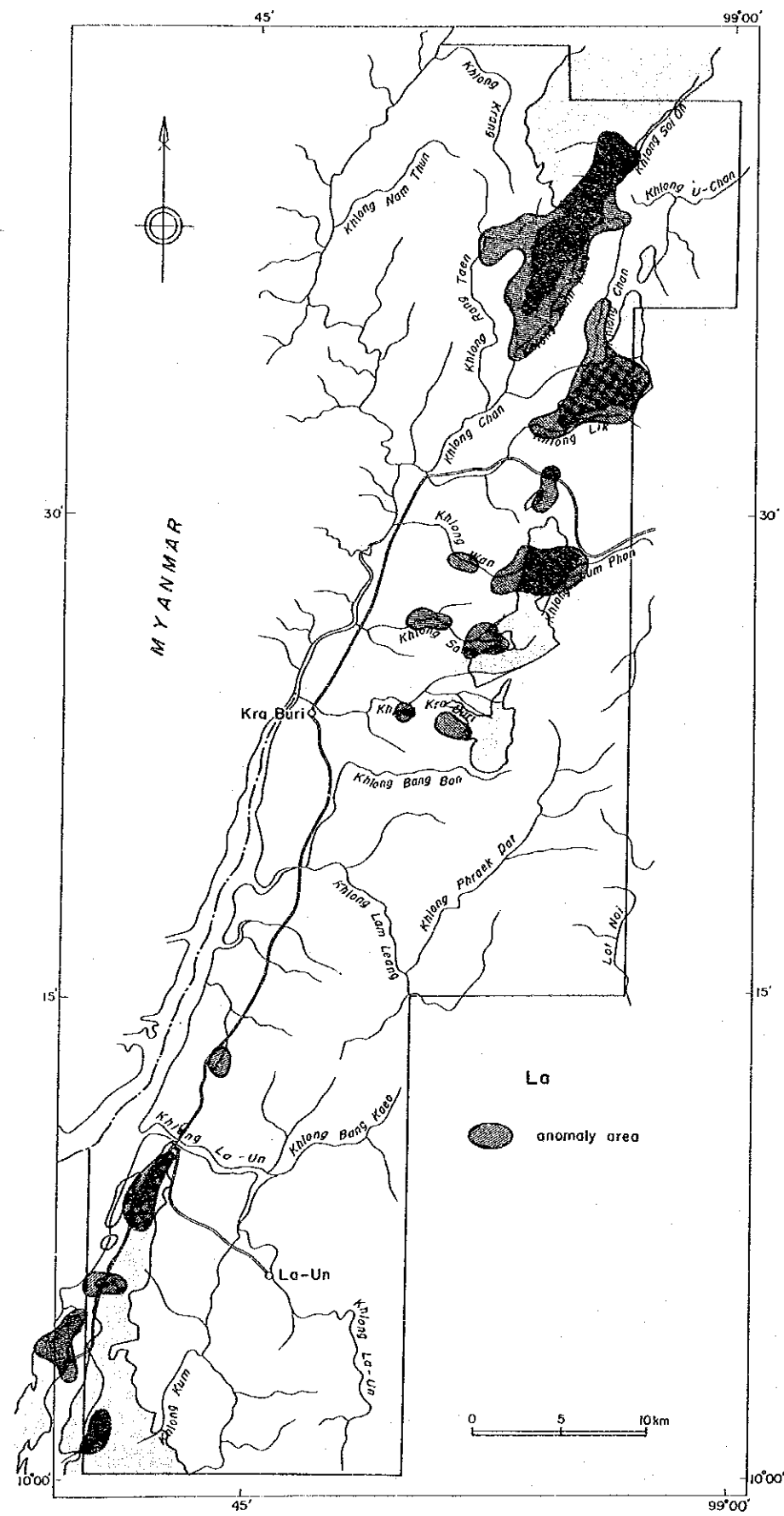
第 23 图 河川堆積物地化学異常値分布图 (1)



第 23 图 河川堆積物地化学異常値分布图(2)



第 23 图 河川堆積物地化学異常値分布图(3)



第 23 图 河川堆積物地化学異常值分布图 (4)