

タイ王国クラブリ地域資源開発協力基礎調査

タイ王国クラブリ地域

資源開発協力基礎調査

総合解析図説明書

JICA LIBRARY



J 1127508(8)

平成5年11月

国際協力事業団

金属鉱業事業団

JICA

122

66.1

MPN

BRARY

タイ王国クラブリ地域

資源開発協力基礎調査

総合解析図説明書

平成5年11月

国際協力事業団

金属鉱業事業団

目 次

1. 調査概要	1
1-1 調査地域及び調査目的	1
1-2 調査方法、調査量及び調査期間	1
2. 地質、鉱床概要	4
2-1 広域地質概要	4
2-2 地域地質概要	4
2-3 鉱床概要	4
3. 調査結果の概要	6
3-1 地質調査	6
3-2 地化学探査	11
3-3 地化学探査精査	12
3-4 ピット・ボーリング調査	18
4. 考察及び結論	22
4-1 考察	22
4-2 結論	23



1127508 (8)

1. 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のクラブリー地域において資源開発協力基礎調査を行った。

調査地域は、調査位置図に示すように東経98°40' ~ 99°00', 北緯10°00' ~ 10°45' の範囲内にあり、タイ第2の都市であるスラタニー (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ー郡及びラノン県ラウン郡 (Amphoe La-Un) に属し、北東部の一部がチュンボン県 (Changwat Chumphon) タセ郡 (Amphoe Tha Sea) とチュンボン郡 (Amphoe Nuang Chumphon) に、地域南東端がラノン県ラノン郡にかかるとなる。

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、調査量及び調査期間

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査を行った。そして、さらに有望地区を集約し、最終的にはビット・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図を第1図に示す。

本調査は3か年間にわたって行われたもので、各年次の調査内容、調査量および調査期間は以下のとおりである。

1-2-1 第1年次調査 (1991年)

調査期間： 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

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)

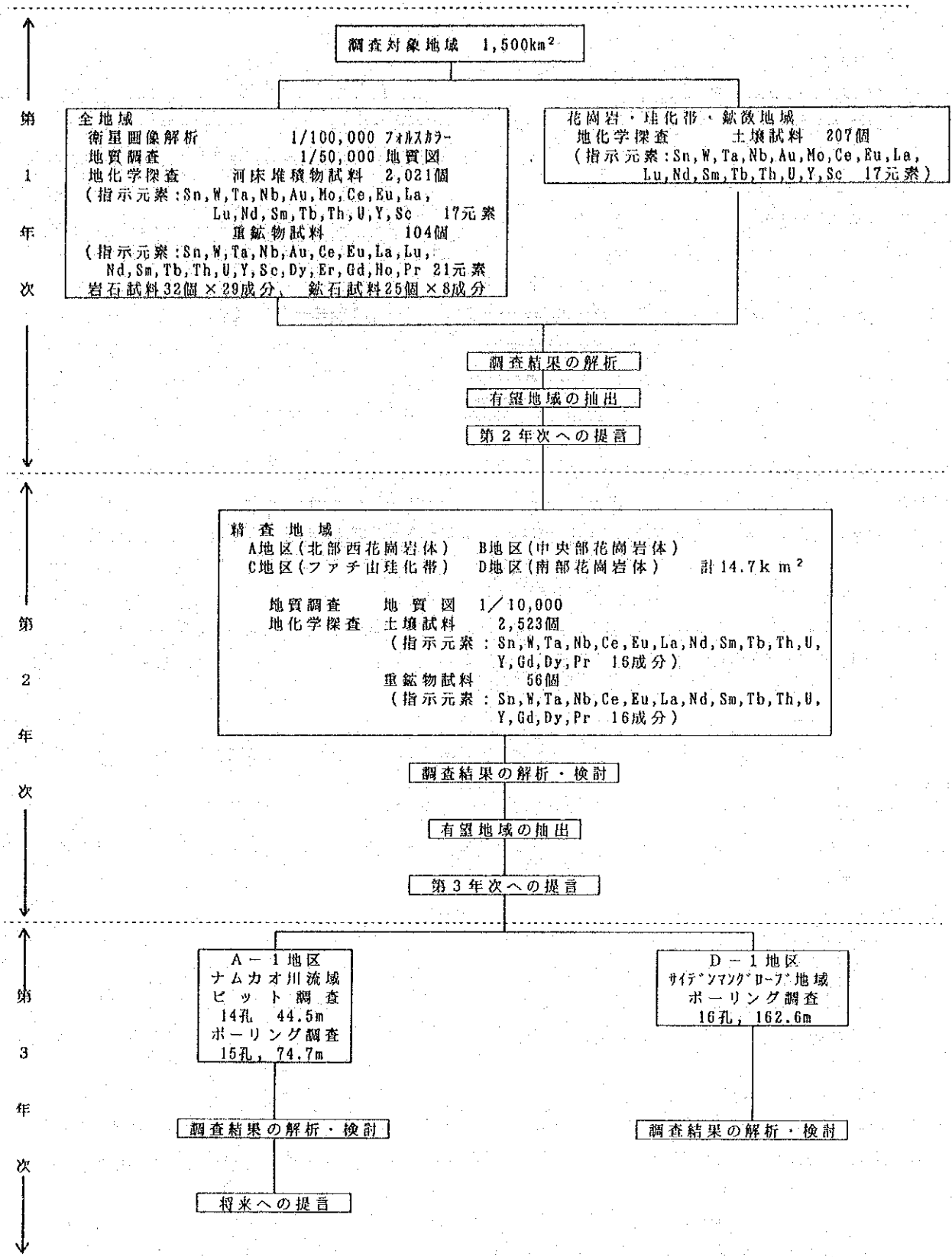
河床堆積物 (調査地全域)、パンニングによる重鉱物 (河床堆積物4試料について1試料)、土壌 (花崗岩分布域) の試料採取を行った。河床堆積物は2,021個を採取し、重鉱物は560個を採取し104個について、土壌は207個を採取しそれぞれ化学分析を行った。

これらの化学分析値は統計処理のうえ、河床堆積物、重鉱物、土壌試料毎にレアメタル及びレアアースの各元素間の相互関係を検討して異常値分布図を作成し、鉱床賦存の可能性の高い有望地区を抽出した。

1-2-2 第2年次調査 (1992年)

調査期間 平成4年6月10日～平成4年10月31日

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



第1図 クラブリ地域調査フローチャート

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化地学探査を実施した。

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×50m（一部は100×100m）の格子間隔で土壌試料を採取した。

化学分析値は統計処理のうえ9地区について2次鉱床賦存域を検討し，次年時のピット・ボーリング調査対象地区を抽出した。

1-2-3 第3年次調査（1993年）

調査期間 平成5年6月28日～平成5年11月30日

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（Khlung Nam Khao）流域，D-1地区：サイデン（Sai Deang）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

A-1地区の5箇所の地化学異常域に対してピット調査は14箇所，総掘進長44.5mを掘削し，ボーリング調査はDMR所有のバンカドリルを用いて15孔，総掘進長は74.7mを掘削した。

(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。

これらの調査結果をもとに，両地区での2次鉱床の有無，規模，連続性および鉱床のポテンシャルを総合的に検討した。

年次別の調査量を総合解析図に示す。

2. 地質、鉱床概要

2-1 広域地質概要

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, アルプス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。

2-2 地域地質概要

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)層群チュンボン(Chumphon)層からなり、これらを買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-ブーケット地域は、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。

2-3 鉱床概要

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。

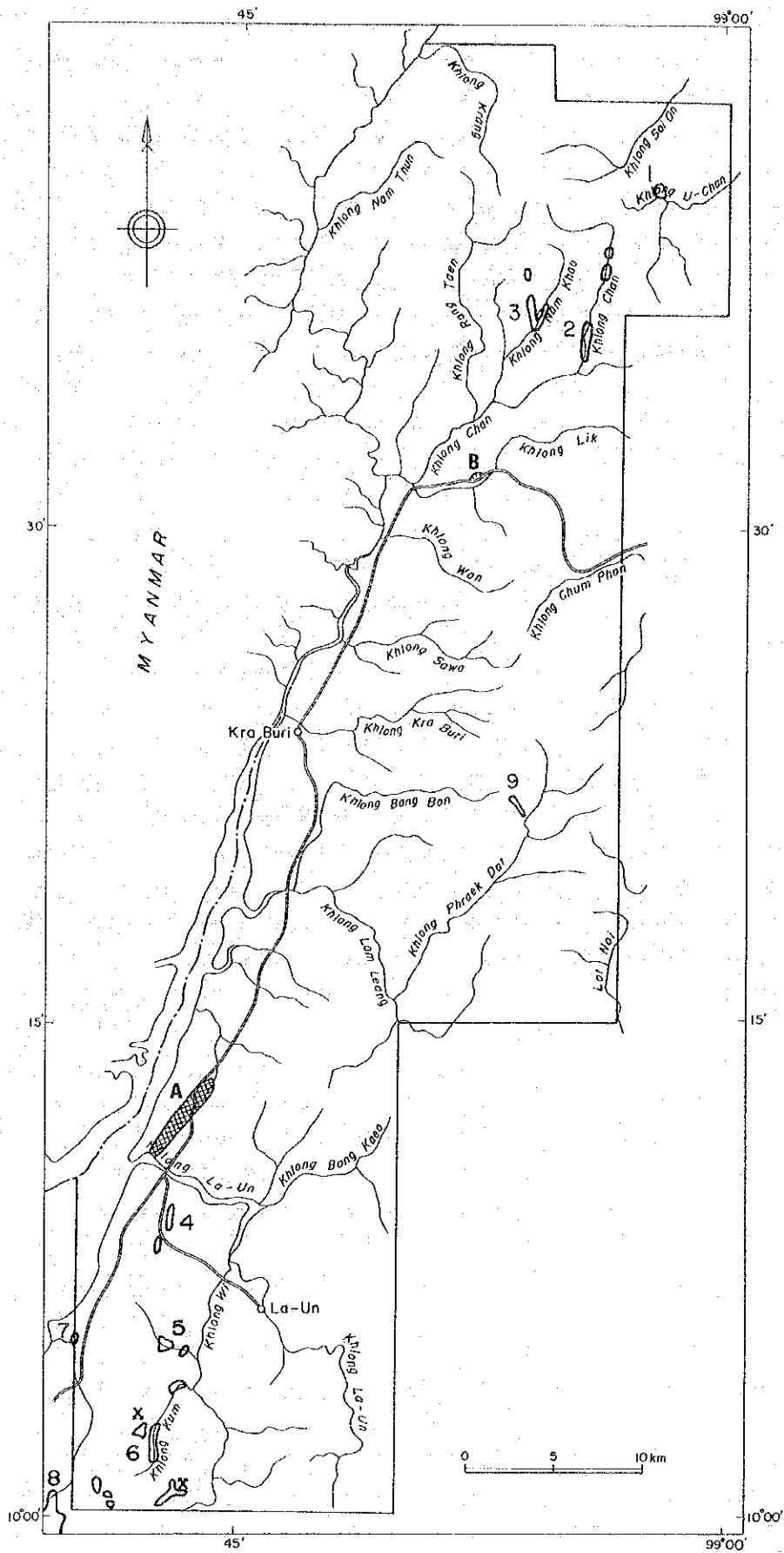
調査地域内にも大小の錫鉱床が賦存するが、ほとんどは花崗岩と関連した二次鉱床であり、その分布状況から地域的には南部, 北部, 中部に分けられる。鉱床地分布図を第2図に示す。

(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。

調査地域南西端にパ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。

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、ラウン川に近いパンシ



第 2 图 鉍徵地分布图

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, 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の電気石ベグマタイト脈が数条発達する。ベ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。

(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。南部岩体地域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はいさ。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バ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。

3. 調査結果の概要

3-1 地質調査

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)層群チュンボン(Chumphon)層からなり、これらを買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実施の空中放射能探査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(Pang 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、クラブリとチュンボ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。

本地域の地質模式層序図を第3図に示す。

3-1-1 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、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侵入を受けているが、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-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バックチャン部落(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オ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

age		Geological columns	Formation name	Lithology	Igneous Activity	Mineralization
CENO-ZOIC	Quaternary					
MESOZOIC	Cretaceous		Cretaceous volcanic rocks	andesite and its pyroclastics	granite andesite	
	Jurassic		FANG DANG	quartzitic sandstone conglomerate		
PALEOZOIC	Permian		CHUMPHON	limestone (siltstone sandstone)	Granitic rocks	
	Carboniferous		MAJSI	siltstone sandstone shale		
	Silurian ~ Devonian		KRABURI	pebbly mudstone pebbly sandstone slate mudstone sandstone		

第 3 図 クラブリ地区地質模式柱状図

(Khlong Lam Leang)でも、数個みだされている。

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 $20\sim 50^\circ$ 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)

ラムリアン川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、 $N20^\circ\sim 50^\circ E / 70^\circ\sim 90^\circ W$ 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砕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。

3-1-2 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。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-S 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、Hatchison(1983)およびSuensilpong et al.(1983)は、調査地域を含むウエスタンベルトは、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)はウエスタンベルト地域のRb-Sr放射年代値は $107\sim 120\text{Ma}$ 、一方雲母類によるK-Ar放射年代値は $54\sim 85\text{Ma}$ 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)、ランテューン川(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岩体と異なっており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つきりしないが、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～チュンボ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ブレイクダット川(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化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の観察でも、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侵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。

3-1-3 地質構造

タイ半島部最大の錫生産地であるラノンブーク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、その際に大量の花崗岩の進入も伴っている。

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プ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。

3-2 地化学探査(全地域)

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。

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。

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、西岩体と東岩体の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5×3km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剥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、西側がパ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、ブ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。

3-3 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。

3-3-1 A-1地区

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-SW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10°37'、東経98°54'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。

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。

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。また稀に褐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チック組織を示す。

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おり、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谷底に白色粘土を主体とする沖積堆積物が埋積している。

分析試料の相関係数を見ると、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。パン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)PO₄)、ゼノタイム(YPO₄)、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。

土壤地化学探査の結果から、錫及び総レアアースの地化学異常値の分布が、錫石及び希土類鉱物の胚胎する二次鉱床の広がりを表しているものと考えられる。

第4図に見られるように、錫の異常値の分布は、S-1からS-3の3カ所であり、総レアアースの異常値は、R-1からR-4の4カ所にまとめられる。異常域の境界線は、濃度分布図及び調査時における地形的特徴から決定した。本地区は100~200万m³のまとまった鉱量が見込まれる。

3-3-2 A-2地区

本地区は、A-1地区の南東側に位置し、クラブリからは北東へ直距23kmである。北緯10°35'、東経98°55'を中心とした地区で、北部東花崗岩体を覆うように設定した。

本地区内の主要河川は、調査地区の西側を南北に流れるチャン川と地区南部を東西に流れるノイ川があり、これらの大きな支流はNNE-SW方向に発達し小沢は東西または南北方向に直角状の沢型を示している。標高は50~230mの範囲であり、南側ほど開折の進んだ緩やかな地形を示し、北側ではやや急峻となり標高も高くなっている。

本地区は、西側半部が、石炭紀のマトリ層、東半部が白亜紀花崗岩からなり、河川沿いに第四紀の沖積堆積物が分布する。

石炭紀マトリ層は、粘土質泥岩、砂質泥岩、黒色粘板岩より構成されており、チャン川より西側の山地に分布する。全般に風化粘土化しており軟質な岩相が多いが、チャン川流域の一部では、千枚岩化した硬質粘板岩が認められる。

白亜紀花崗岩は、北部では比較的急峻な地形を呈するが、中～南部では非常に緩やかな地形となっている。本岩体は、中粒から粗粒等粒状の両雲母花崗岩（アダメライト）である。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。

本岩体は、全般に軟質化した風化殻が発達しているが、風化殻の厚さは、薄く尾根筋では風化殻が残っているものの沢筋には未風化岩盤が露出している箇所が多い。地区測北側の尾根筋では全体にセリサイト化、一部カオリナイト化したグライゼン様の岩相があり、軟質部が深部まで連続しているものと推定される。この変質花崗岩から北側には径1～3mの石英脈の転石が多数分布しており、この地区が全体に熱水変質作用を受けた可能性が高いものと推定される。また、地区の南部にも粘土化した花崗岩が広く分布しており、この周辺の丘陵間の沢筋には粘土鉱物が多量に堆積している。

また、調査地区の東端部の花崗岩中にルーフペンダント状の珪化岩体（堆積岩源）が、NNE-S SW方向に分布している。

第四紀の沖積堆積物は、チャン川の本支流及びノイ川流域に砂・シルトを主体とした河川堆積物が分布するほか、南部では緩い沢型地形にセリサイト、カオリナイトの白色粘土を主体とした堆積物が分布している。

本地区は、緩い丘陵上の地形を呈し、花崗岩体は粘土化部および風化殻が厚く発達していることから、これらの中に初生鉱床ないしは吸着型レアアース鉱床の賦存が期待された。しかしながら、花崗岩の粘土化した部分ではレアアースの含有量が低く、硬質な岩相の花崗岩の分布する風化殻の薄いと思われる地域で高濃度となっている。このことから本地区には初生鉱床や粘土吸着型のレアアース鉱床が賦存する可能性は極めて低いものと考えられる。

河川沿いの二次鉱床についても、土地化学探査により想定される堆積盆は、チャン川沿いに極めて狭い分布となっており、鉱量、品位共に期待できない。

3-3-3 B-1地区

本地区は、クラブリより北東へ直距約7kmに位置する。北緯10°28'、東経98°35'を中心とした地区で、中央部岩体北部のワン川上流に発達した沖積堆積盆を対象とした。

本地区の河川系は、中央部岩体から西方向に流下し樹枝状を呈している。標高は50～300mの範囲にあり、地区西部はやや急峻な山容で谷筋も狭いが、東部は東側の花崗岩体の急峻な山地の裾野にあたり平坦な盆地状の地形を示している。

調査地区周辺の地質は、シルルデボン紀のタナオン層群クラブリ層、白亜紀花崗岩及び第四紀の沖積堆積物からなる。

シルルデボン紀のクラブリ層は、調査地区の山地・丘陵部に分布しており、粘板岩、含礫泥岩、砂質泥岩から構成される。

白亜紀花崗岩は、調査地区東側の山地に分布しており、カリ長石の巨晶を含む黒雲母花崗岩からなり、カリ長石斑晶の最大径は、2×5cmに及ぶ。主要構成鉱物は、微斜長石、正長石、石英、斜長石、黒雲母であり、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。

第四紀層は、河川堆積物が分布する。地区北部の沢筋は特に狭く河川堆積物の量は少なく洗掘された河川沿いに少量の砂・礫が堆積している。地区北西部には、白色粘土混じりの砂礫層が小規模に発達している。地区南西部には、比較的広い堆積盆が広がっており、厚さ1.5m前後の白色粘土層と厚さ1mの砂質シルトが累重してクラブリ層の堆積岩を覆って発達していて、この基底部には石英脈の礫が多産する。

本地区の二次鉱床の対象となる堆積盆は、土地化学探査の結果から非常にせまい分布であることが明らかとなり、鉱量は期待できない。

地区北部及び西部の堆積盆は、花崗岩源の砂及び礫から構成される崖錐堆積物と河岸段丘堆積物と一致しており、この2カ所では、レアアース、トリウム・ウランが濃集している。なかでも花崗岩体に近い北部の堆積盆の方が高濃度となっていて、この地区では希土類鉱物は、余り大きく移動していないものと考えられる。

錫の異常は、南部の細粒の碎屑物にともなって分布しており、調査地区の南東側よりもたらされたものと考えら

れる。

3-3-4 B-2地区

本地区は、クラブリの北東約10kmにあり、北緯10°26.5'、東経98°52'を中心とした地区で、中央部岩体の中部から西に流れるサウ川の上流部のブルヤイ川流域の沖積堆積盆を対象とした。

本地区の河川は、中央部岩体からほぼ東西に流れており、小規模の小沢が樹枝状に発達している。標高は、40～200mを示し、北側はやや急峻な山地地形を示すが全般には開析の進んだ丘陵状の地形となっている。

調査地区周辺の地質は、シルル-デボン紀のタナオシ層群クラブリ層、石炭紀のマトリ層、白亜紀花崗岩及び第四紀の沖積堆積物より構成される。

シルル-デボン紀のクラブリ層は、調査地区北部のNNE-SW方向の断層より北側に分布している。主な岩相は、粘板岩と含礫泥岩である。

石炭紀のマトリ層は、粘土質泥岩からなり、調査地区の中央部に分布する。本層は、風化が強く土壌化している。

白亜紀花崗岩は、マトリ層を取り囲むように分布しているが、明らかに熱変成を与えた証拠は認められない。本地区には黒雲母花崗岩と細粒の両雲母花崗岩が分布する。黒雲母花崗岩の主要構成鉱物は、微斜長石、正長石、石英、斜長石、黒雲母であり、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。両雲母花崗岩は、地区東端部に小規模に認められるのみであり、岩体の周縁相と考えられる。両雲母花崗岩は、微斜長石、正長石、石英、斜長石、白雲母、黒雲母を主要構成鉱物とし、ジルコン、電気石、スフェーンを伴う。

第四紀層は、河川堆積物と崖錐堆積物が分布している。本地区の東端部では、花崗岩礫、石英脈礫等を含むシルトの卓越した崖錐堆積物が認められる。河川堆積物は、河川沿いに段丘状に狭長な分布をし、砂及びシルトからなる。

本地区の二次鉱床の対象となる堆積盆は、地化学探査の結果から西南部と東部に分布する。南西部の堆積盆は希土類鉱物を胚胎する堆積盆であるが、面積は極めて狭い。東部の堆積盆は、錫及び希土類鉱物の両者が胚胎するが、錫についてみると堆積盆の西側ではしきい値以下の試料も点在しており、実際の堆積盆の大きさは、地区の東半分程度と考えられる。品位も低く二次鉱床として期待できない。

3-3-5 B-3地区

本地区は、クラブリの東約8kmに位置する。北緯10°24'、東経98°51'を中心とした地区であり、中央部岩体の南部から西に流れるクラブリ川の支流を対象とした。

本地区の河川は、南北及び東西方向の直角状の河川系を呈している。調査地域の標高は、60～240mを示し、比較的緩やかな丘陵ないし山地が周囲を取りまき、その中に出口の狭い沖積盆地が分布し盆地の出口が狭まっていることから、地形的には二次鉱床の賦存に適した形態を示している。

本地区の地質は、石炭紀のマトリ層と第四紀の河川堆積物からなる。また、地区東部には、白亜紀花崗岩が分布している。

クラブリ層は、粘土質泥岩及び砂質泥岩よりなり、沖積盆地を取り囲む山地に分布する。河川堆積物は、出口の狭い谷地に広がっており、大部分は花崗岩質の碎屑物(砂・礫)からなるが、最も下流部では白色の粘土層も発達している。沢沿い低地にはかつて小規模に錫の探鉱したと思われるピット跡が地区中央部付近に残っている。

白亜紀花崗岩は、粗粒等粒状の黒雲母花崗岩(アダメライト)であり、主要構成鉱物は、正長石、微斜長石、石英、斜長石、黒雲母であり、ジルコン、燐灰石、スフェーン、チタン鉄鉱を伴う。また、褐レン石、錫石も少量認められる。

本地区は、比較的広い堆積盆及び崖錐堆積物の分布が想定されていたが、地化学探査の結果からは河川沿いに3カ所に分かれた狭い異常値の濃集部が確認されたに過ぎず、二次鉱床を胚胎する堆積盆も極めて狭いものと考えられる。

タンタル・ニオブやタングステンなどの元素では地区東部の尾根や山腹斜面で崖錐堆積物中に含有されると想定さ

れる異常値の分布が認められているが、錫やレアアースの異常値は沢沿いだけに分布し、ほとんどが低地に運搬堆積されているものと考えられる。

本地区の堆積盆の特徴として、錫とレアアースの分布が重複していることが、他地区とは異なる点である。この原因として、本地区では堆積盆自体が閉じた形態を示していて、同じ位置に両者が堆積した結果と考えられる。

3-3-6 B-4地区

本地区はB-2地区の下流部のクラブリからは北東に直距約9km、北緯 $10^{\circ}26.5'$ 、東経 $98^{\circ}50.5'$ を中心としてサワ川の本流部とその支流を対象とした地区である。

サワ川は、調査地区北部をほぼ東西に流れており、支流は東南東-西北西に流れている。標高は、30~150m程度で極めてなだらかな丘陵地地形の間に広い沖積盆地が広がっており、河川は蛇行が顕著である。

本地区の地質は、石炭紀のマトリ層と第四紀の沖積堆積物から構成される。

クラブリ層は、なだらかな丘陵地を構成しており、粘土質泥岩と砂質泥岩が分布する。全体に風化土壌化が進んでいる。

沖積堆積物は、川沿いの低地を占めており、サワ川本流部には粘土、砂礫などからなる河岸段丘堆積物が分布している。支流部は、ほとんどが水田として耕作された沖積低地であり、白色の粘土層が厚く堆積している。

本地区の二次鉱床の対象になると考えられる堆積物は、サワ川沿いに発達した河岸段丘堆積物であり、地区東部に厚く発達し、西側では河川沿いに狭長に分布する。

この堆積物の分布範囲は、東西2カ所に分かれており、B地区では最も広範囲な堆積盆が推定される。重鉱物も多く、B地区では最も有望と思われる。

サワ川支流地域は、平坦な堆積盆が広がっているが、ほとんどが水田となっており、白色の粘土層が厚く堆積している。今回の調査ではこの粘土層の底部まで掘削する調査ができなかったので正確な評価を行うことはできないが、しきい値以上の試料も点在していることから、この堆積盆も二次鉱床としてのある程度の可能性はある。

3-3-7 C地区

本地区は、ファチ山珪化帯の北端部にあたる地域であり、クラブリからは南南東へ約22kmに位置する。北緯 $10^{\circ}13.5'$ 、東経 $98^{\circ}44'$ を中心として、ファチ山珪化帯及びその東側の沖積堆積盆を対象とした。

本地区では、バンヤイラン川がほぼ南北に流れており、支流は南東側より合流している。地区西側の山地は、急峻な地形を示しているが、東側はなだらかな丘陵地となっており、地区北部に沖積低地が広がっている。

本地区の地質は、石炭紀マトリ層、第四紀の沖積堆積物及びファチ山珪化帯を構成する珪化岩より構成される。

クラブリ層は、東半部の丘陵地を構成しており、泥岩、砂岩などからなるが、風化を強く受けており土壌化している部分が多い。

地域西側に急峻な尾根を形成している珪化帯は、マトリ層の泥岩、砂岩を原岩としており、弱~中珪化及び白色粘土化を被っている。全体には、N-Sないし $N10^{\circ}W/80\sim90^{\circ}W$ の片状構造が顕著に発達している。この片状構造を切って、幅数~十数cmの石英脈が $N20^{\circ}E/80^{\circ}NW$ 、E-W/ \perp などを主方向として網状に発達している。石英脈は、肉眼では不毛石英脈と思われる。

沖積堆積物は、地区北部のバンヤイラン川の流域に厚く堆積している。1.5m程度の表土の下に1m前後のカオリナイト粘土層を介在し、その下位に砂礫層が分布している。地区南部では、急峻な谷地形になっていて河川堆積物は沢沿いに狭長に分布するに過ぎない。この地域の河川堆積物は、ほとんど白色の粘土で構成される。

本地区の錫の異常値は、その分布状況から北西部の珪化岩より構成される山地から供給されたものと考えられる。錫の異常値の大部分は山地の斜面に分布していて、そこでは土壌が比較的薄いことから錫の二次鉱床としての堆積盆はバンヤイラン部落周辺から北側に広がるものと考えられる。重鉱物試料の検討よりバンヤイラン側周辺の堆積

盆の底部にも錫の賦存する可能性がある。

レアアースの異常値は、地区最南部で最も強い。この異常値は、西側の珪化帯の異常値との間には連続性がなく、かつ東側ほど濃度が高いこと、尾根を越えた東側の沢筋にも異常値が認められることなどから地区東南部の山地からもたらされた可能性が高く、この山地には花崗岩が分布している可能性が高い。地区北東部のレアアースの異常値は、濃度は低いが広域的に広がっており量的なまとまりが期待できる。

3-3-8 D-1地区

本地区は、クラブリより南南東に約30kmの国道4号線に沿った地区で、車での所要時間は約35分である。北緯10°10′、東経98°42′を中心とした南部花崗岩体からその北西側に広がるマングローブ帯を対象とした。

本地区の大部分は、クラブリ川(Mae Nam Kra Buri)とラウン川の合流点に発達したマングローブ帯で、地区南部にサイデン川が南南東から北西方向に流れている他は、東部の山地には大きな河川はない。マングローブ帯には大小の水路が蛇行を繰り返して網目状に発達している。調査地区南東側の山地は、NNE-SSW方向に直線状の伸びを示していて、比較的急な山腹斜面を形成している。地区中央部から南側では、山地とマングローブ帯との間に緩傾斜の斜面が広がっている。

本地区の地質は、白亜紀花崗岩と第四紀の沖積堆積物からなる。

白亜紀花崗岩は、粗粒等粒状の両雲母花崗岩からなり、しばしばカリ長石の巨斑晶を伴う。主要構成鉱物は、微斜長石、正長石、石英、斜長石、黒雲母、白雲母であり、ジルコン、燐灰石、スフェーン、チタン鉄鉱を伴う。マイロナイト化による再結晶ラメラが顕著であり、ラメラ中にはしばしば褐レン石が認められる。岩体の北部には、強い破碎作用と珪化作用を受けた岩相が分布している。破碎、角礫化した花崗岩礫の礫間を石英、緑泥石、絹雲母と自形の黄鉄鉱が埋めている。また、地区南部の緩い丘陵部には、長石類が完全にカオリナイト化した花崗岩が分布している。

マングローブ帯に分布する沖積堆積物は、斜面との境界部からクラブリ川に向かって20~30mは花崗岩源の砂層と一部カオリナイト粘土層が堆積している。それよりもクラブリ川側ではこの砂層を覆って泥質からベドロ状のマングローブ土が発達する。マングローブ土は、境界部から100~150mほどで厚さ1m程度で、さらにクラブリ川側に次第に層厚を増す。

本地区の地化学異常値は、その多くが花崗岩の分布と重複して分布している。これらの異常値は、トリウム・ウランのように一部に特に高い値の集中する元素もあるが、全般には均等な分布を示す傾向にある。岩相別では、錫は、珪化帯でやや高い値を示すのに対し、その他のグループは一般の半値ほどの低い値を示す。また、粘土化岩相では、各グループとも硬質な主岩相よりも低い値となっている。ここでも粘土吸着型のレアアース鉱床の存在する可能性は少ない。花崗岩体の山地部分に注目すると山地山頂部より斜面から裾部にかけての濃度がやや高い傾向にあり、さらにはマングローブ土に覆われていない砂層部分には山地部よりもかなり高い濃度の試料も認められる。このことは、この地区の異常値は、花崗岩の山地から降雨による剝削・侵食で流出した鉱物が平坦なマングローブ帯に堆積していったことを示唆する。

マングローブ帯では、錫は異常値が散点的に認められるのに対し、他のグループは山地・丘陵部の境界に沿った砂層の発達している区域にほとんどの異常値が分布し、あまりマングローブ帯の外側には異常値は認められない。しかしながら、マングローブ土に覆われた区域でも、水路の底部などの比較的深い箇所では採取された試料では高濃度の試料が多く、マングローブ土より下位の沖積堆積物中に有用鉱物の胚胎する可能性は高く、有望な2次鉱床が期待される。

3-3-9 D-2地区

本地区は、D-1地区の南にあたり国道4号線の西側に位置する。

本地区は、周囲を丘陵地に囲まれた盆地状堆積盆であり、マングローブ帯となっている。地区中央部と北側の丘陵地の裾をENE-WSW方向に河川が横断しており、D-1地区と同様にこの河川に注ぐ水路が網目状に発達している。本地区は出口の閉じた堆積盆となっており、地形的には二次鉱床の賦存状況として好ましい条件にある。

本地区の地質は、シルル-デボン紀のタナオン層群クラブリ層、白亜紀花崗岩及び第四紀の沖積堆積物よりなる。

クラブリ層は、両側を花崗岩に挟まれるように分布している。強く風化作用を受けた泥岩を主体とするが、西側の花崗岩との接触部では、変成して角閃岩様の岩相も認められる。

白亜紀花崗岩は、中粒ないし粗粒等粒状の両雲母花崗岩で、肉眼的にも片状構造が明瞭である。主要構成鉱物は、微斜長石、正長石、石英、斜長石、黒雲母、白雲母であり、ジルコン、燐灰石、スフェーン、チタン鉄鉱をともなう。

沖積層は、国道から200ないし300m付近までは粗粒の砂層が認められるが、それよりも西側ではD-1地区と同じように泥質なマンガロープ土が砂層を覆っている。しかしながらこの泥質堆積物はD-1地区ほど厚くなく西端部でも1~2m程度と思われる。

本地区では、極く一部の高濃度の試料2, 3を除けば、あまり高低の差がなく各グループともあまり優勢な異常値は認められない。異常値の分布は、錫、タンタル・ニオブとレアアース、トリウム・ウランで分布域が異なるが、共通してマンガロープ土の分布箇所では異常値は認められない。

3-4 ビット・ボーリング調査

第3年次は、2年間の結果を受け2次鉱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地区ではビット調査・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た。

3-4-1 A-1地区 (ビット・ボーリング調査)

A-1地区は、第2年次調査により、①北部地化学異常域(1)、②北部地化学異常域(2)、③中央部地化学異常域、④南東部地化学異常域、⑤南西部地化学異常域が抽出され、これらの地域が2次鉱床の賦存する可能性の高い有望域と期待された(第4図)。

(1)北部地化学異常域(1)

北部地化学異常域(1)は、硬質の花崗岩礫を多量に含む崖錐性岩屑堆積物と花崗岩質の風化残留土からなる崩積成ないし再積成の風化残留堆積物から構成される。この地域はこの風化残留堆積物に胚胎する崖錐性の2次鉱床の存在が期待された。しかしながら、実施されたビット調査では、鉱床として期待できる程の品位を示す分析値を得ることは出来なかった。

各元素の含有量は $\text{SnO}_2=0.05\sim 3.1\text{g/m}^3$ 、 $\text{W}_2\text{O}_3<0.6\text{g/m}^3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5<1.6\text{g/m}^3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5<5.4\text{g/m}^3$ 、 $\text{Total R}_2\text{O}_3=4\sim 56\text{g/m}^3$ 、 $\text{ThO}_2=1\sim 6\text{g/m}^3$ 、 $\text{Zr}_2\text{O}_3=1\sim 11\text{g/m}^3$ 、 $\text{TlO}_2=20\sim 575\text{g/m}^3$ である。

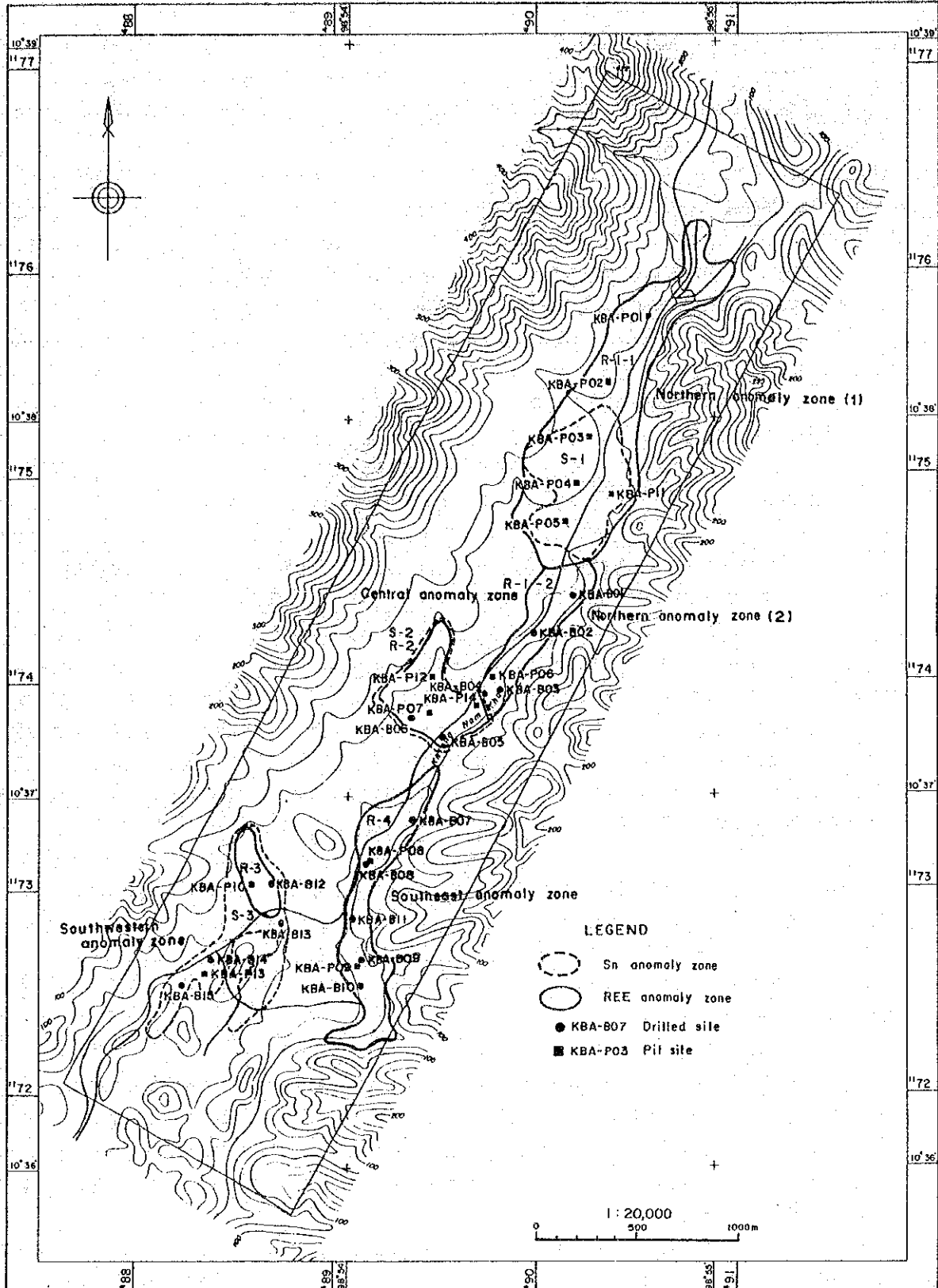
(2)北部地化学異常域(2)

北部地化学異常域(2)は、ナムカオ川沿いに広がる沖積低地で、上位から層厚1~2mのシルト混じり砂層、1m前後の砂混じり白色粘土層、及び層厚2~3mの砂礫層から構成される。分析結果から有用鉱物は下部の砂礫層に多く全体として異常域の下流側のナムカオ川の屈曲部に濃集している。この異常域の南側には風化残留堆積物の丘状の張り出しが北西側から伸びてきており、堆積盆がポケット状を呈している。錫漂砂鉱床のカット-オフ品位は 100g/m^3 程度といわれているので、この値を参考にすると稼行可能な範囲はKBA-B03, KBA-P06周辺のきわめて狭い範囲に限られる。レアアース鉱物のREのカット-オフ品位については、レアアース鉱物が今まで錫の副産物として採取されていたことから明確な値が知られていない。このためカット-オフ品位を錫と同様とすれば、これもKBA-B03, KBA-P06周辺の砂礫層上部に限られる。

(3)中央部地化学異常域

中央部地化学異常域は、異常域北西側には崖錐性の風化残留堆積物中の2次鉱床、南東側には沖積河川堆積物中の2次鉱床の賦存が期待されていた。異常域の北西側は岩屑堆積物と再積成の風化残留堆積物が広く分布し、北部

A-1



第 35 図

A-1地区ピット、ボーリング調査箇所図

地化学異常域(1)と同じように有用元素の濃度は低く鉱床としては期待されない。南西部のKBA-B05を中心とした低平地には上位にシルト混じり砂層、下位に砂礫層が分布していてその下部層は錫がきわめて高い値を示す。レアアースは砂礫層の上部の方に濃集している。この堆積盆も狭いが錫に関してはきわめて高濃度であり、KBA-B05周辺では平均品位で約 $1,700\text{g/m}^3$ を示す。

(4)南東部地化学異常域

南東部地化学異常域は、ナムカオ川沿いの低平地河川堆積物分布域と一致していて砂礫層中に賦存する2次鉱床が期待されていた。この地域は1.4~3.1mの砂質シルトからなる表土層と、その下位に層厚1~3mの砂礫層が分布している。Snの高濃度分布域はほぼ砂礫層の分布と一致しているが、KBA-B08,P08付近では砂礫層上部でも錫濃度が低く、下流部のKBA-B10では砂礫層の上位の砂質シルト層でも高濃度域が分布している。レアアースは、異常域中央部のKBA-B11に高濃度域が集中しており、上流域では砂礫層の下位に、下流域では砂礫層より上位のシルト層中に錫と同じように高濃度域が分布している。

ナムカオ川沿いに分布している北部地化学異常域(2)、中央部異常域、南東部異常域ではタンタル、ニオブ濃度が高いことが特徴的であり、錫、レアアースの高濃度域に伴って $\text{Nb}_2\text{O}_5=18\sim 70\text{g/m}^3$ の品位を示している。タンタル、ニオブ濃度は、錫濃度よりはむしろレアアース濃度の変化に関連して動いているようである。トリウム、ジルコニウム、チタンもレアアース濃度ときわめて相関性の高い挙動を示す。

(5)南西部地化学異常域

南西部地化学異常域は、中央部地化学異常域と同様に花崗岩体に近い箇所では崖錐性の風化残留堆積物中の2次鉱床、沢沿いには沖積河川堆積物中の2次鉱床の賦存が期待されていたが、ビット・ボーリング調査の結果、錫の濃度域は、沢沿いの河川堆積物にのみ認められる。レアアースについては高い濃度を示す試料は得られていない。錫の2次鉱床を胎始する河川堆積物の堆積盆は、沢沿いに2箇所に分かれており広がり狭い。東側の堆積盆は上部の砂質シルト、粘土層が4~6mと厚く堆積していて砂礫層はKBA-B13の下位に1m程度発達している。錫濃度は砂礫層のみで高く、 $\text{SnO}_2=1,500\text{g/m}^3$ の品位が得られている。西側の堆積盆は、中央部から北側では砂層、砂混じりシルト・粘土層、粘土層、砂礫層の地質構成からなり、南側は砂質シルト、砂層、砂礫層と累重している。レアアース、チタン、ジルコニウムの高濃度域はないが、錫は堆積物の地層の分布を切るように基盤岩上から厚さ2~3mで分布している。この堆積盆では錫濃度に伴ってタンタル、ニオブも高濃度となっている。

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(北部地区、中央部地区、南東部地区、南西部地区-1,-2)。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 $780,000\text{m}^3$ 、錫の平均品位は $360\sim 1500\text{g/m}^3$ 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る。

3-4-2 D-1地区(ボーリング調査)

本地区は、大クラブリ川とラウン川の合流点にあり、国道4号線から大クラブリ川の間約2kmに広がるマングローブ帯の沖積湿地である。表層はマングローブ土に広く覆われていることから、第2年次の土壌地化学探査では際立った異常値が認められてはいないが、基盤岩との境界部には鉱床の賦存する可能性は高いものと予想し、堆積盆の形態の把握と堆積盆基底部での2次鉱床の賦存状況を調べるために、タイ・DMR所有のバンカドリルを用いてボーリング調査を実施した。

D-1地区は、第2年次調査では陸域を除けば、陸域に沿って分布する粗粒砂層でレアアースの高濃度域が認められるのみで、それ以外の地域はマングローブ土に覆われることから顕著な地化学異常域は分布していない。しかしながら、D-1地区の南部岩体を挟んだ東側や地区の約10km南にも錫の2次鉱床が分布していたことから、マングローブ土の下位には優良な錫の2次鉱床が存在するものと類推された。

ボーリング調査の結果、D-1地区の堆積盆は陸域との境界で急激に深度を増し、10~14m程度の深度で平坦面を

形成していることが明かとなった。地形的特徴から海岸侵食による海食台あるいは波食台地形であるものと思われる。この結果は第2年次に推定した大クラブリ川方向に緩傾斜の斜面を形成している地下構造とは大きく異なっている。また基盤岩を覆って発達していると考えられていた砂礫層、砂層はKBD-03, KBD-09を中心に3~5.5mの層厚で分布しているが、KBD-08やKBD-11~16には分布しない。これらの分布は堆積盆と端の急崖に沿っており、崖状の堆積環境下で堆積したものと思われる。地表での地形からKBD-01~07, KBD-09~10付近は旧河川の流域にあたり粗粒な堆積物が堆積しやすい環境にあったものと推定される。砂礫層および砂層は珪長質の砂、礫から構成され花崗岩礫なども含むが有色鉱物はきわめて少ない。

D-1地区の北東側の地層および中央部から南東部の砂・砂礫層より上部の地層は、灰色ないし暗灰色のシルト・粘土層から構成されており、生物起源と思われる黄鉄鉱を多含して、これらの堆積物はきわめて静かで還元的な環境で堆積したものと思われる。また、KBD-03, KBD-04付近の砂層の上部に分布するシルト層および粘土層には魚卵状の菱鉄鉱が多量に認められる。

第2年次調査で堆積盆と陸部の境界に分布していた粗粒砂層は、境界部から100m以内の表層部にのみ分布することが判明し、この砂層はマングローブ土が堆積した後に現在の河川系により運搬・堆積したものと考えられる。

分析結果では、全元素とも地域全体にわたって低濃度であり鉱床としては期待できない。僅かにKBD-09, KBD-10の下部にレアアース、チタンの高い部分が認められるが、これはサイデーソン川の古流系に沿って堆積した砂礫層などに含まれるものと推定される。

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鉱床として開発することは難しい。

D-1地区の堆積盆が全く鉱床として期待はずれであったことの原因のひとつとしては、堆積盆の形態が想像していたような緩い斜面状の堆積物でなく海食台上に溜まった堆積物であることが考えられる。すなわち、現在の堆積盆に溜まっている堆積物は海食台が形成され、その後海食台が沈降することに伴って静かに堆積した堆積物で、有用鉱物を含んでいた堆積物は海食台の形成時、または海食台が汀線付近にあって堆積物が常に洗掘されて残っていないことが考えられる。

4. 考察及び結論

4-1 考察

第1年次の調査結果から、本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・削剥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。

A-2地区及びD-1地区では花崗岩体の分布域の土壤試料も採取されており、これらの土壤試料は花崗岩の含有する微量成分を反映して高濃度を示している。花崗岩体中の微量成分の分布は、花崗岩の岩相に伴って異なっている。A-2地区での、岩体の北部及び南部に分布する粘土化花崗岩では、錫、タングステン濃度が高く、反対にレアアース濃度が低い。また、カリ長石の斑晶を含んだ硬質な岩相ではその逆の関係となっている。各試料の濃度は母岩の花崗岩の微量成分の値とほぼ一致しているが、斜面や沢沿い低地の土壤試料ではそれよりも高い濃度の試料があり、地形的に低い部分にこれらの元素を含む鉱物が濃集していることが推定される。

D-1地区でも花崗岩分布域の土壤試料は、A-2地区と同様に高濃度を示す。D-2地区の南部花崗岩体にも珪化部や粘土化花崗岩などの岩相変化があり、岩相によってその上の土壤試料の微量成分の濃度に違いが認められる。珪化花崗岩の区域では、錫、タングステンなどは付加されているが、レアアース元素は減少している。粘土化花崗岩では、錫、レアアース元素とも硬質な主岩相よりは低濃度を示すが、A-2地区とは異なりレアアース元素の方が高濃度である。

花崗岩に含まれる微量成分の錫・レアアース元素の相関は、負の相関関係にある。また、分化指数と微量成分の関係からは、錫は分化の進んだ岩相に濃集するのに対して、レアアースはこれとは反対に分化の進まない岩相の方が高濃度を示している。これは、錫とレアアースは花崗岩の分化の過程で異なった時期に花崗岩中に固定されることを意味する。すなわち、レアアースは分化の早い時期からモナザイト、ゼノタイムなどの希土類鉱物として結晶化するが、錫はより分化の進んだ白雲母花崗岩や電気石花崗岩、グライゼン、ベグマタイト脈、石英脈などに濃集し、錫石として固定されることになる。このことは、A-2地区で地形的に上部の岩相である粘土化花崗岩（原岩は白雲母花崗岩）の分布域で土壤試料の濃度が高く硬質な主岩相ではレアアース元素の濃度が高いこと、土地化学探査でA-1地区で最も典型的に見られるように錫は石英脈の礫を含んだ粘土主体の河床堆積物と崖錐堆積物に多く含まれレアアース元素は花崗岩源の砂・礫からなる河床堆積物と崖錐堆積物に伴うこと、また、第1年次調査の結果で中央部花崗岩体の周辺で岩体東側のホルンフェルス化した堆積岩中に石英脈が発達した地域では沢砂中に錫・タングステンの地化学異常しか認められないのに対して岩体西側の花崗岩の露出した河川では錫の異常も若干認められたがそれ以上にレアアース元素の地化学異常が強いことなどからも示される。

以上のことからまとめられる本地区の錫石、希土類鉱物の生成モデルと二次鉱床の生成モデルを右下に示す。

1) 堆積岩中に貫入した花崗岩は、分化・固結する過程で早期にレアアース鉱物は岩体の主岩相の固定され、錫・タングステンの多くは残液中に濃集され岩体上部の分化の進んだ岩相（白雲母花崗岩や電気石花崗岩）やグライゼン、それらから派生し周囲の母岩に貫入したベグマタイト脈、石英脈などに錫石、鉄マンガン重石（または灰重石）として結晶化し固定される。中央部岩体東側の石英脈を起源とする錫・タングステンの地化学異常は、このような潜頭性花崗岩の上部に形成された石英脈からもたらされたものと推定される。

2) 花崗岩体が上昇し、削剥が始まるとまず花崗岩体上部の分布するベグマタイト脈、グライゼンや分化の進んだ岩相が削剥され、これらに含まれていた錫石などが花崗岩周辺の堆積盆に堆積を始める。

3) さらに花崗岩体が上昇し削剥が進むと岩体の主岩相が露出し、この中に含まれているモナザイトやゼノタイムが堆積盆に堆積し始める。

A-1地区の南部の堆積盆ではこの2)から3)への移行期にあたり、北部の堆積盆では3)の堆積物を見ることができ、第3年次のボーリング調査の結果からもこの傾向は支持される。

4-2 結論

本調査では、第1年次に地質概査および河床堆積物、重鉱物、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パ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次鉱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次鉱床と吸着型のレアアース鉱床の賦存が期待された。
- (3) 第2年次は、花崗岩体周辺の4地区9箇所にて土壌地化学探査を実施し、各箇所にて2次鉱床に対比されると考えられる地化学異常域が抽出された。
- (4) 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次鉱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・パンカドリルによるボーリング調査をD-1地区ではパ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次鉱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次鉱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次鉱床の賦存が期待された地域は、第3年次調査では第2年次の1/50~1/1,000の分析品位しか得られず、鉱床として期待できない。

(iii) レアアース鉱物の分析品位と相関してトリウム、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次鉱床の有望域は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箇所合計の推定鉱量は $639,000\text{m}^3$ 、平均品位は $\text{SnO}_2=500\text{g/m}^3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5=10\text{g/m}^3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5=36\text{g/m}^3$ 、 $\text{T.R}_2\text{O}_3=135\text{g/m}^3$ 、 $\text{ThO}_2=18\text{g/m}^3$ 、 $\text{Zr}_2\text{O}_3=23\text{g/m}^3$ 、 $\text{TiO}_2=1025\text{g/m}^3$ と算出される。また、西側2箇所の鉱量は、 $146,000\text{m}^3$ 、平均品位は $\text{SnO}_2=1000\text{g/m}^3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5=15\text{g/m}^3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5=24\text{g/m}^3$ 、 $\text{T.R}_2\text{O}_3=50\text{g/m}^3$ 、 $\text{ThO}_2=6\text{g/m}^3$ 、 $\text{Zr}_2\text{O}_3=16\text{g/m}^3$ 、 $\text{TiO}_2=290\text{g/m}^3$ と算出される。

D-1地区

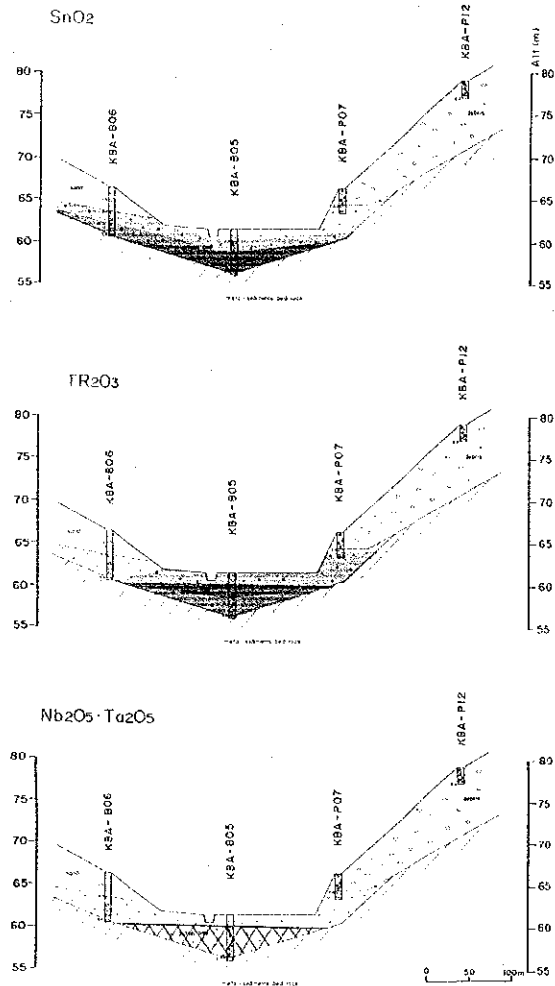
(i) D-1地区の堆積盆はマングローブ土が広く覆っているが、その下位には2次鉱床が胚胎する有望な砂礫層が賦存し得るものと考えられていた。しかしながら、調査結果では、砂礫層の発達に限られており、含まれる有用鉱物も少ないことが明かとなり鉱床として期待できない。

(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環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。

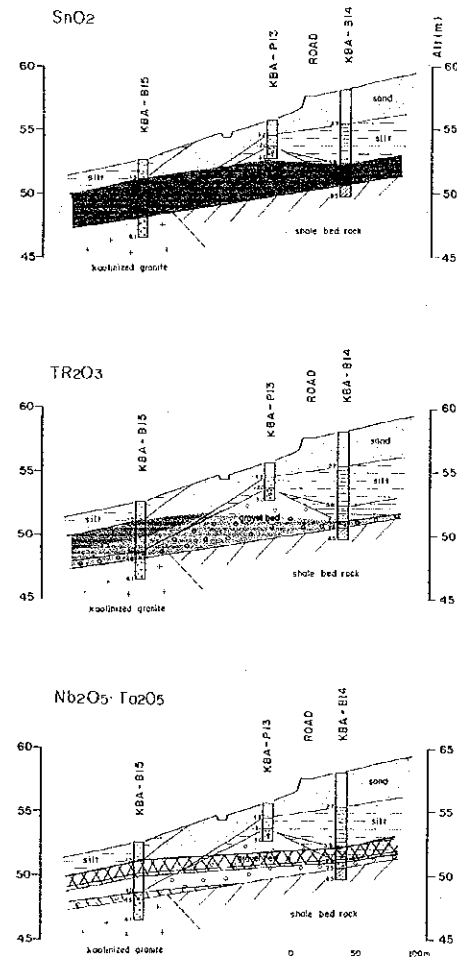
(5) 地化学異常値の平面的分布および2次鉱床中の垂直的な地化学異常値の変化から、花崗岩中における錫とレアアースの胚胎位置が異なる可能性が示唆された。

GEOLOGY AND ORE DEPOSITS OF THE KRA BURI AREA, THE KINGDOM OF THAI

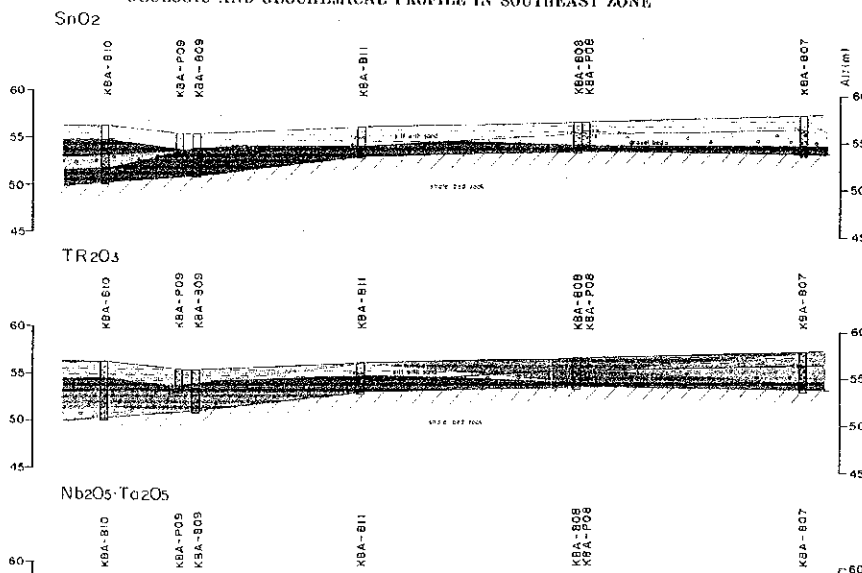
GEOLOGIC AND GEOCHEMICAL PROFILE IN CENTRAL ZONE



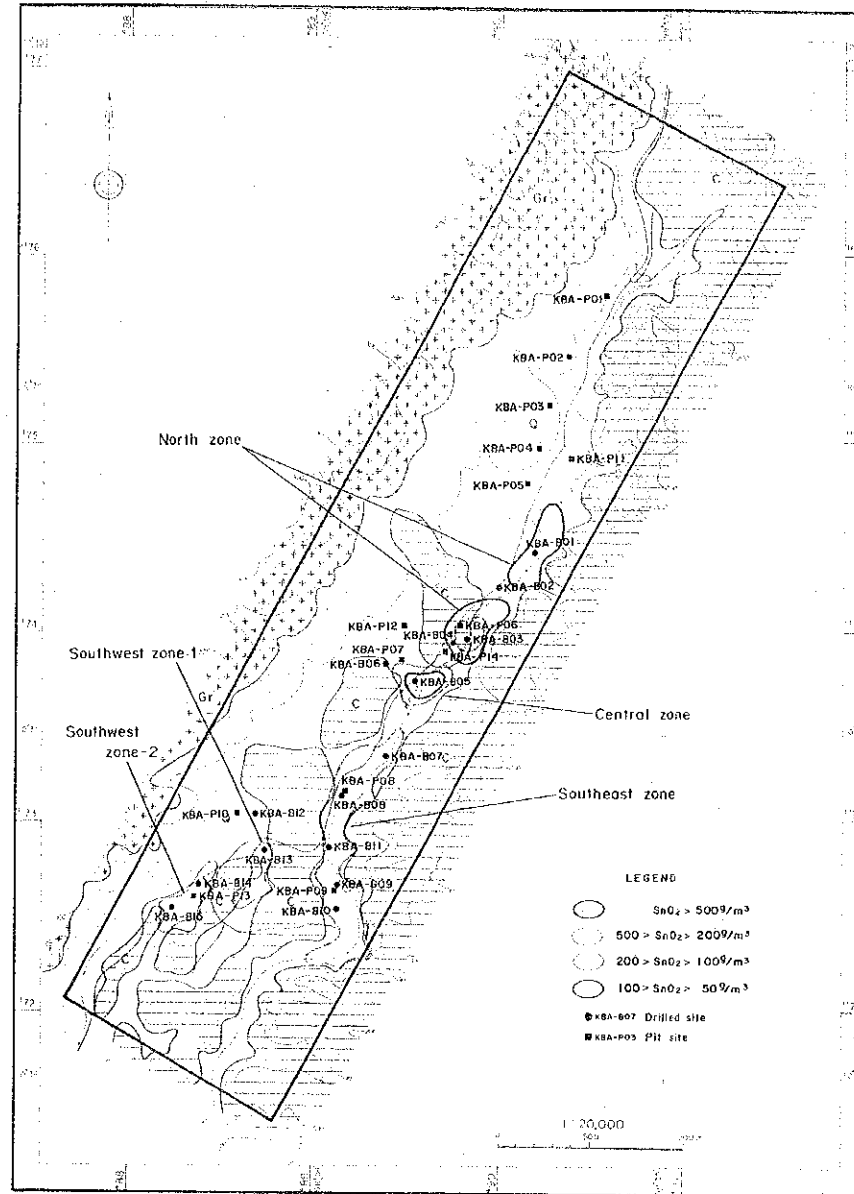
GEOLOGIC AND GEOCHEMICAL PROFILE IN SOUTHWEST ZONE-2



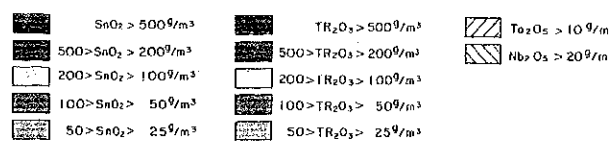
GEOLOGIC AND GEOCHEMICAL PROFILE IN SOUTHWEST ZONE-1



GEOCHEMICAL INTERPRETATION MAP OF SUB-AREA A-1



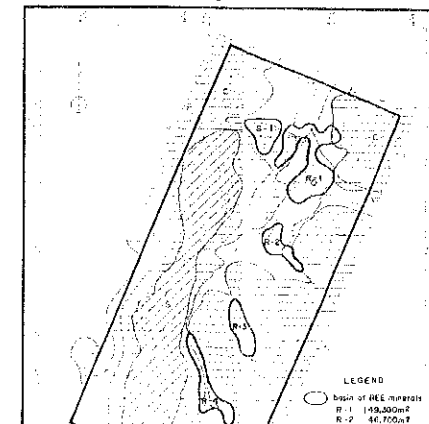
LEGEND FOR ORE ASSAY PROFILE



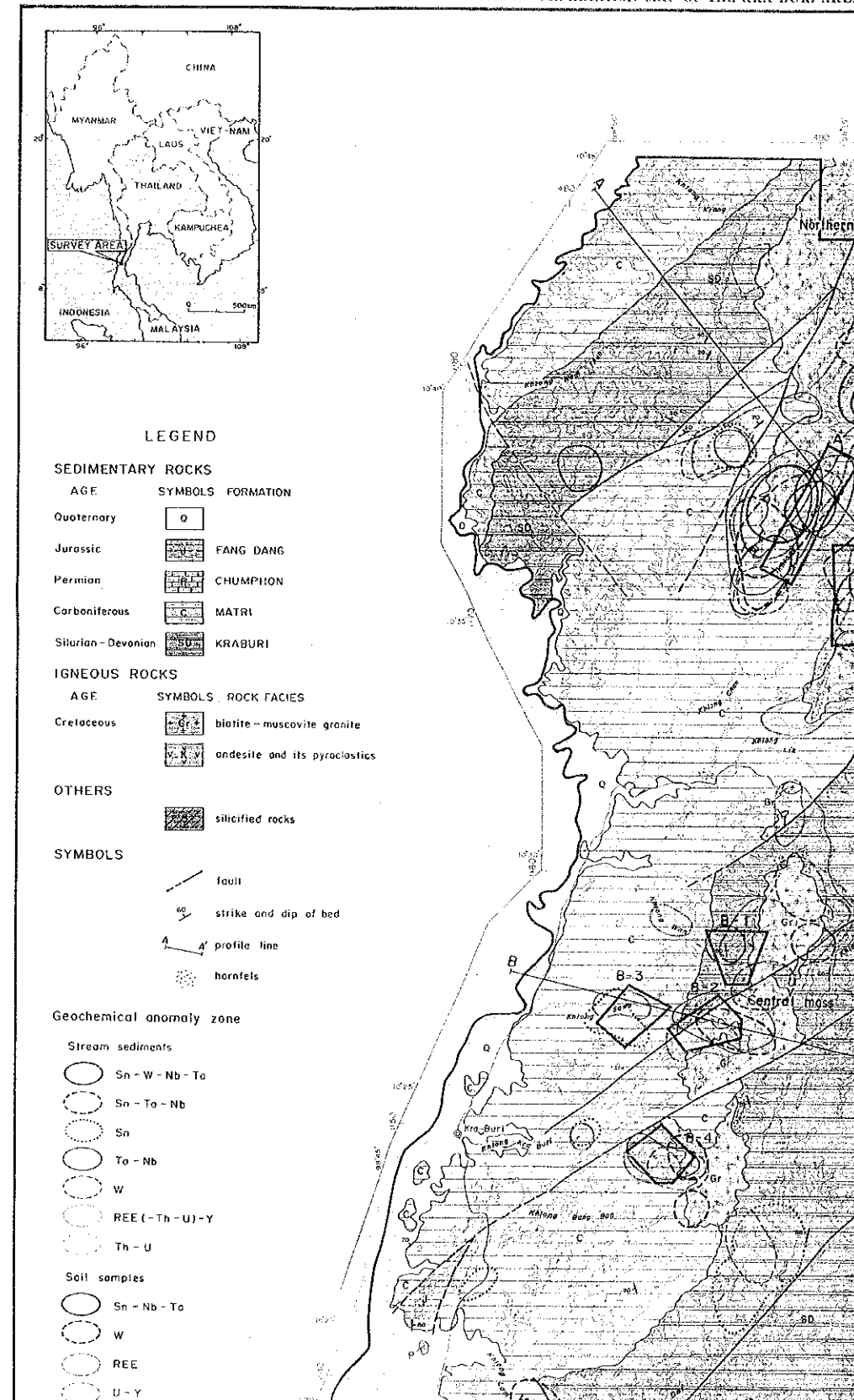
PROBABLE ORE RESERVES IN SUB AREA A-1

Zones	Area (m ²)	Thickness (m)	Ore Reserves (m ³)	average ore grade (g/m ³)						
				SnO ₂	TR ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	ZrO ₂	TiO ₂	TiO ₂
North	22,800	2.1	16,200	168.3	7.9	30.7	121.3	16.1	19.2	1035.6
Central	52,600	1.5	93,600	88.2	11.2	32.7	97.2	15.1	15.3	389.4

GEOCHEMICAL INTERPRETATION MAP OF SUB-AREA C



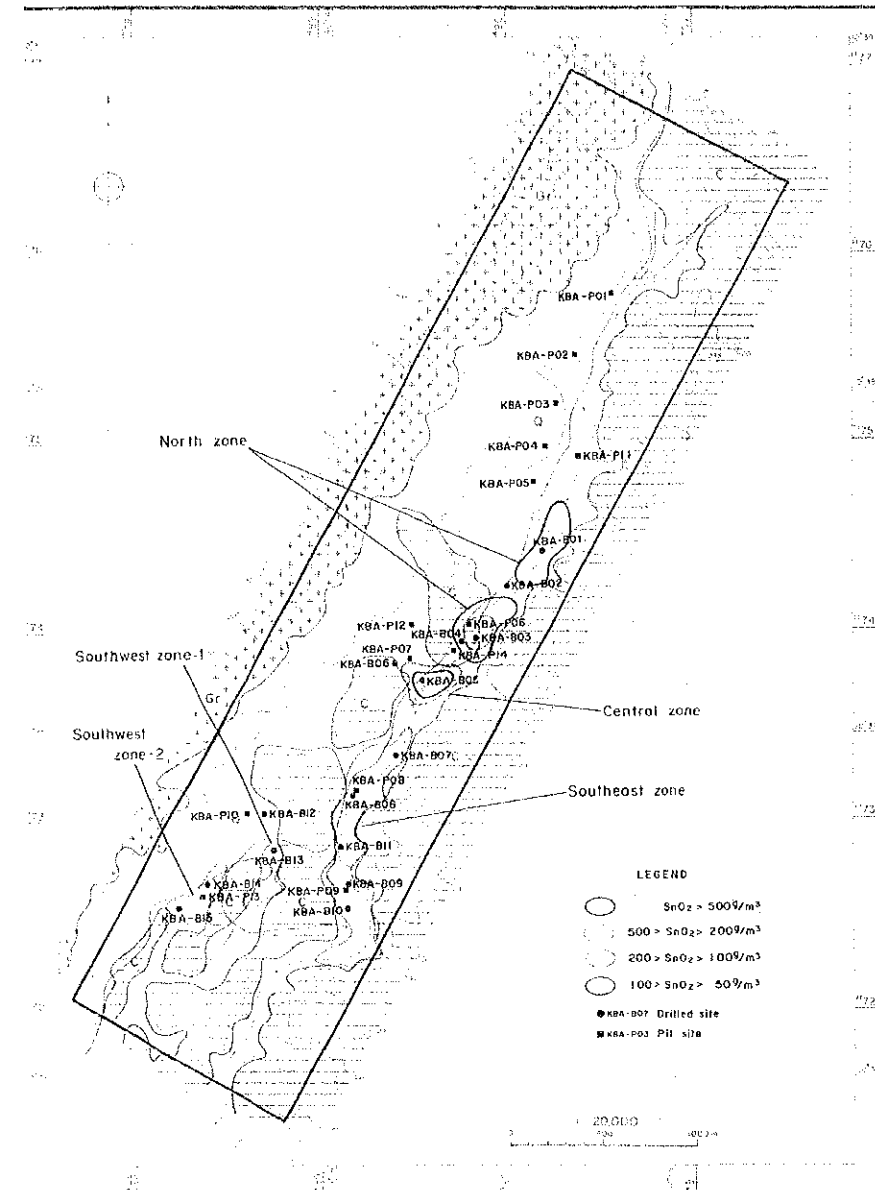
GEOLOGIC AND GEOCHEMICAL INTERPRETATION MAP OF THE KRA BURI AREA



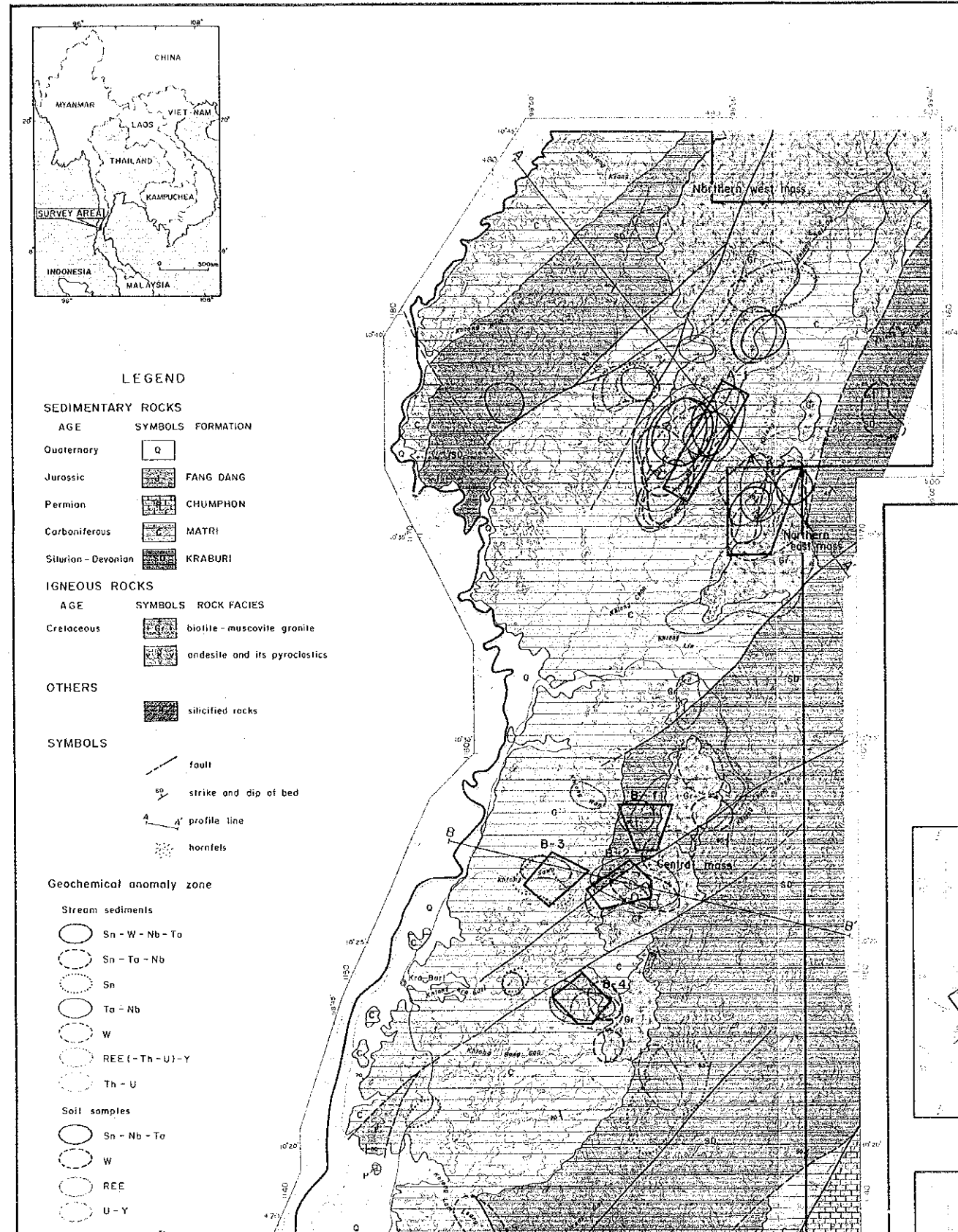
DEPOSIT TYPES OF THE KRA BURI AREA, THE KINGDOM OF THAILAND

THE COOPERATIVE MINERAL EXPLORATION BY JICA/MMAJ-DMR, 1991-1993

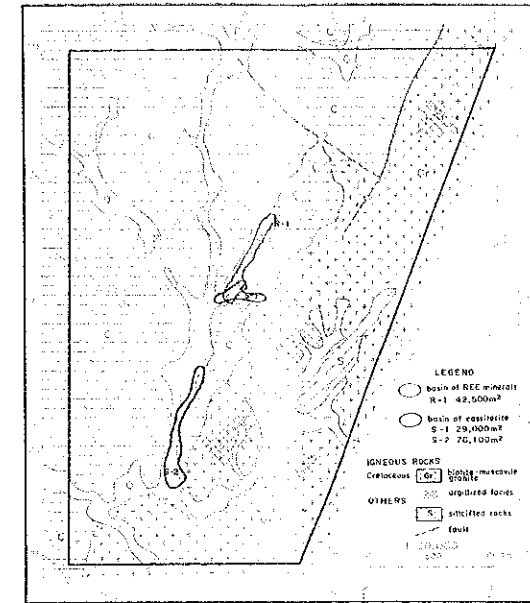
GEOCHEMICAL INTERPRETATION MAP OF SUB-AREA A-1



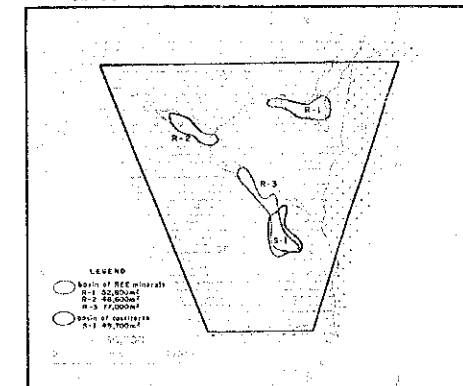
GEOLOGIC AND GEOCHEMICAL INTERPRETATION MAP OF THE KRA BURI AREA



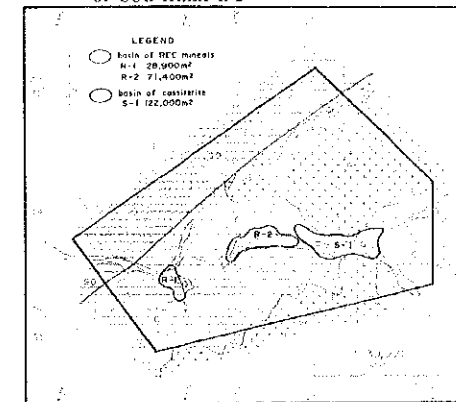
GEOCHEMICAL INTERPRETATION MAP OF SUB-AREA A-2



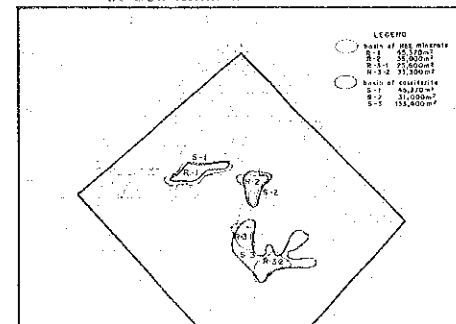
GEOCHEMICAL INTERPRETATION MAP OF SUB-AREA B-1



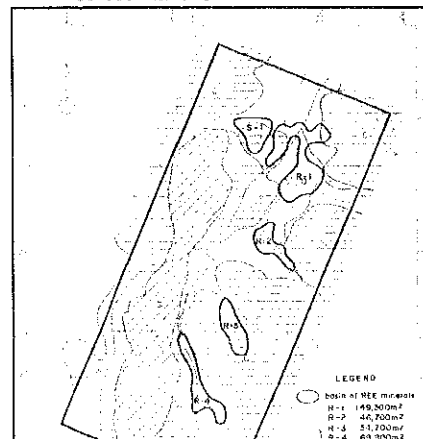
GEOCHEMICAL INTERPRETATION MAP OF SUB-AREA B-2



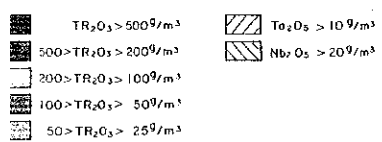
GEOCHEMICAL INTERPRETATION MAP OF SUB-AREA B-4



GEOCHEMICAL INTERPRETATION MAP OF SUB-AREA C

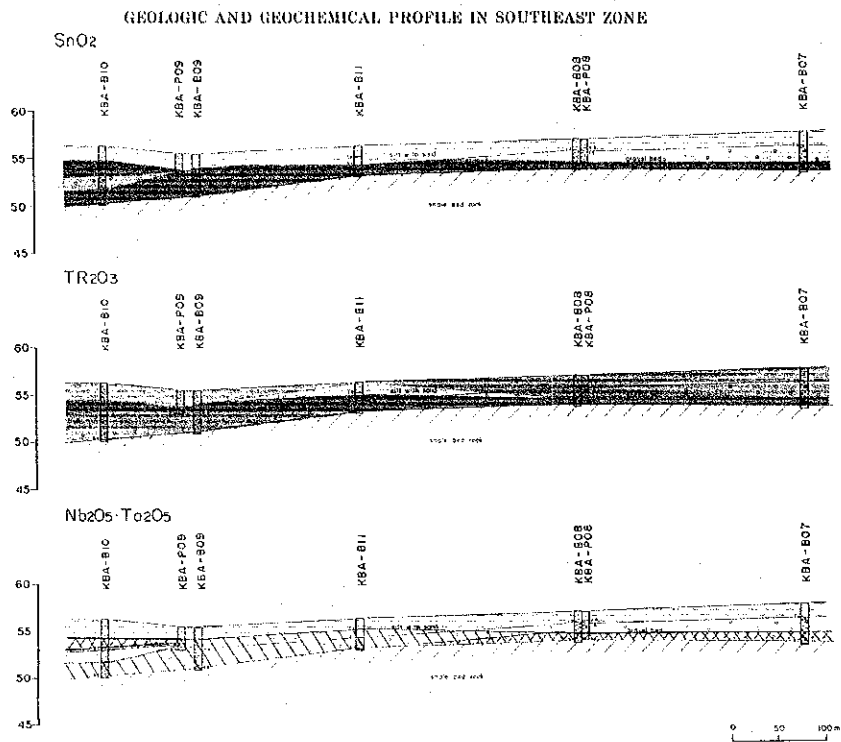
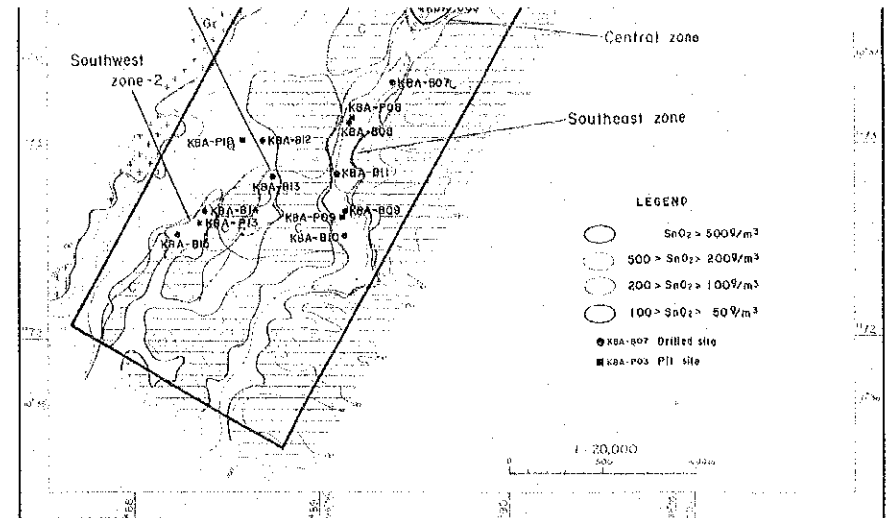
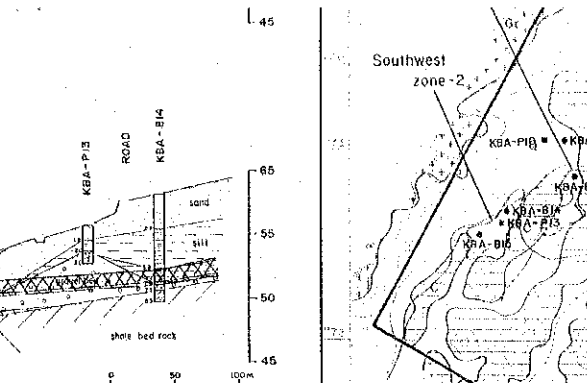
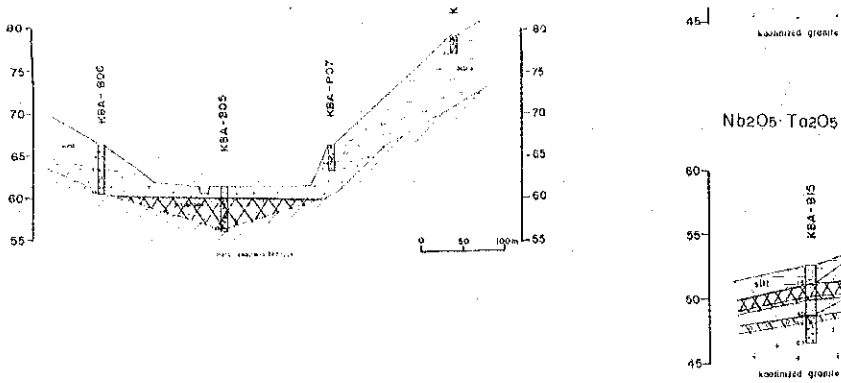


SAY PROFILE



RE RESERVES IN SUB AREA A-1

RE RESERVES (t)	average ore grade (g/m³)						
	SnO ₂	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	T.R.E.	ThO ₂	ZrO ₂	TiO ₂
200	165.3	7.9	30.7	121.3	16.1	19.2	1038.6
600	581.2	11.2	32.7	97.2	16.1	15.3	559.1
1000	356.4	11.3	13.6	166.9	23.3	33.1	1148.1

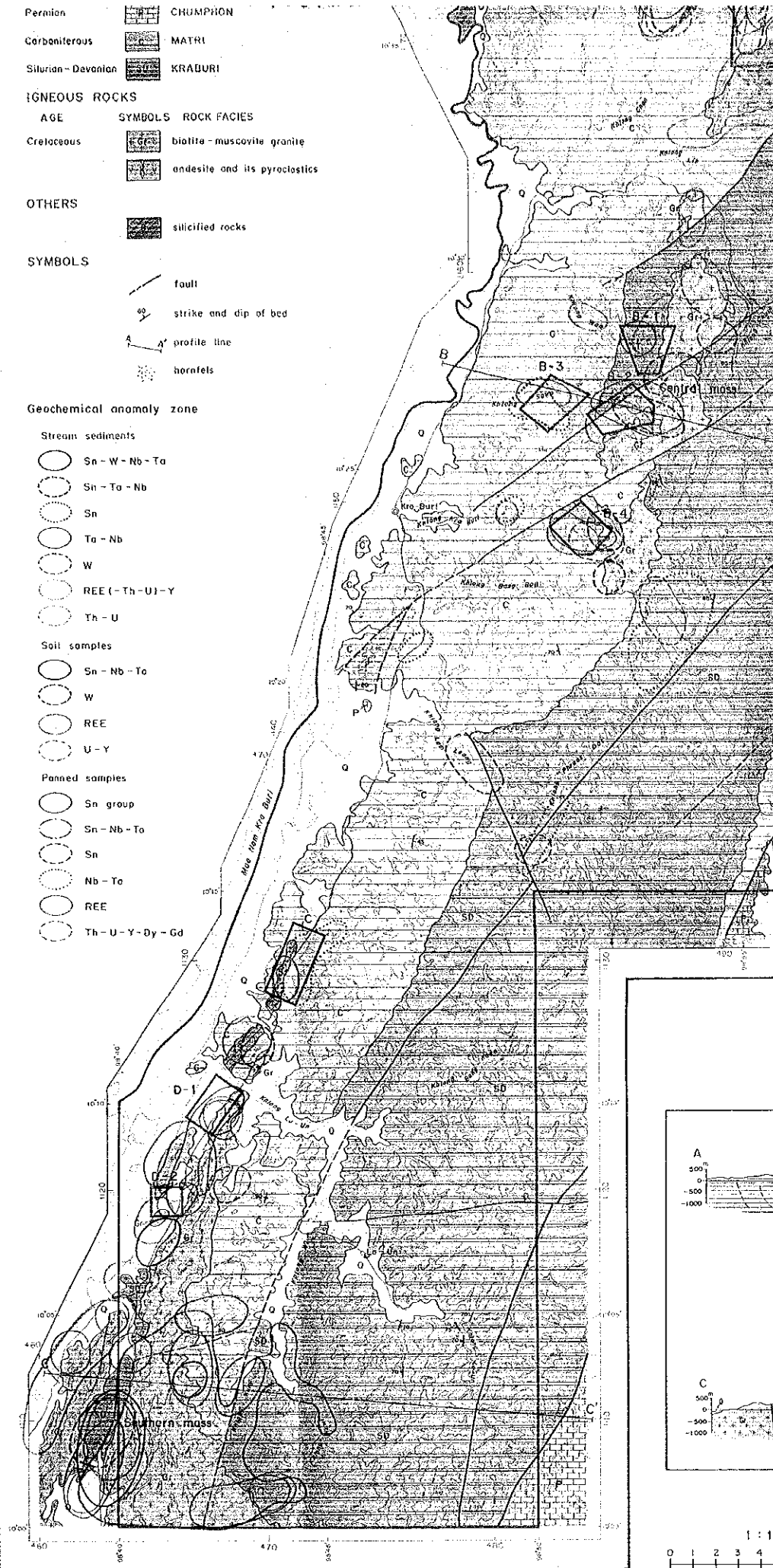
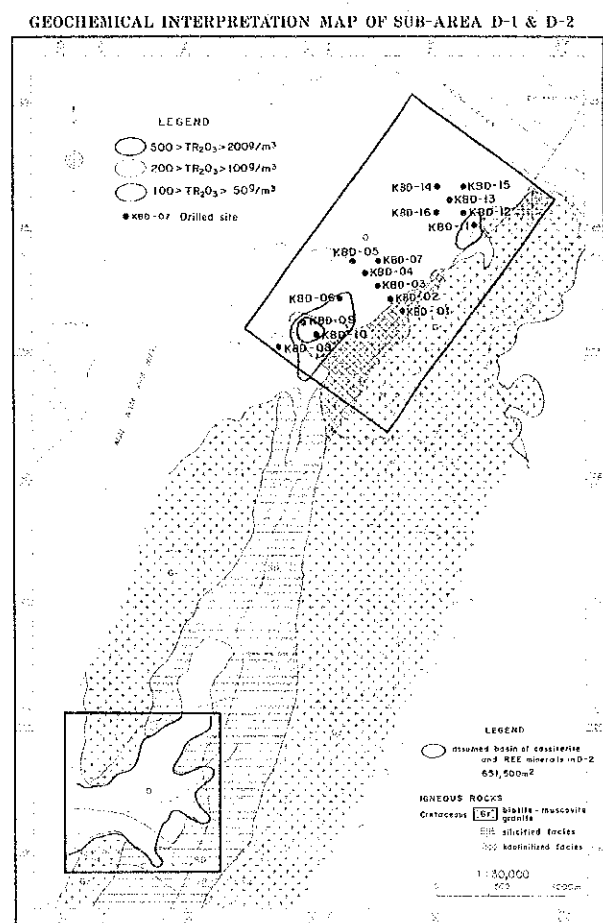
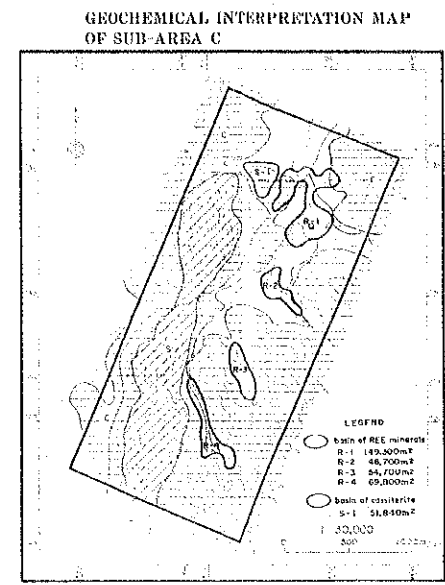


LEGEND FOR ORE ASSAY PROFILE

SnO ₂ > 500 g/m ³	TR ₂ O ₃ > 500 g/m ³	Ta ₂ O ₅ > 10 g/m ³
500 > SnO ₂ > 200 g/m ³	500 > TR ₂ O ₃ > 200 g/m ³	Nb ₂ O ₅ > 20 g/m ³
200 > SnO ₂ > 100 g/m ³	200 > TR ₂ O ₃ > 100 g/m ³	
100 > SnO ₂ > 50 g/m ³	100 > TR ₂ O ₃ > 50 g/m ³	
50 > SnO ₂ > 25 g/m ³	50 > TR ₂ O ₃ > 25 g/m ³	

PROBABLE ORE RESERVES IN SUB AREA A-1

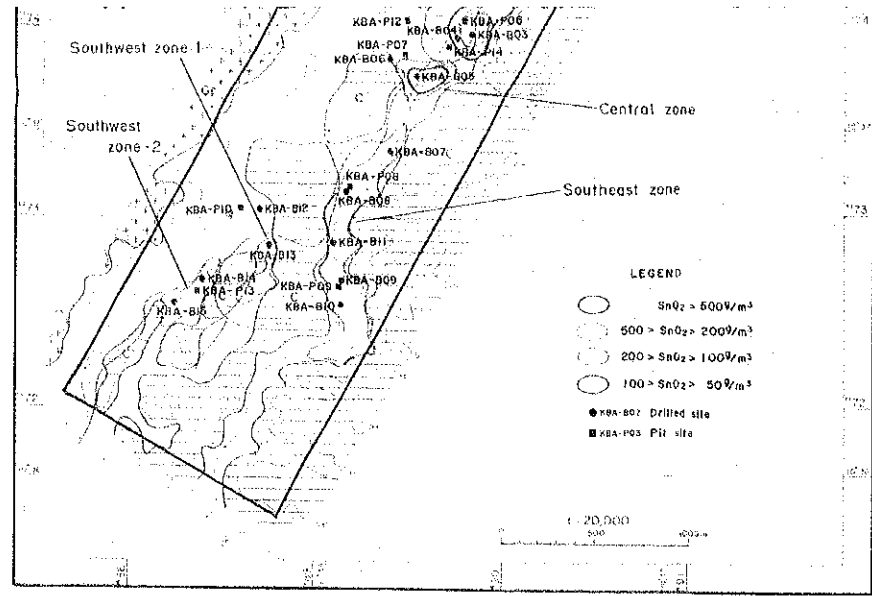
Zones	Areas (m ²)	Thickness (m)	Ore Reserves (m ³)	average ore grade (g/m ³)						
				SnO ₂	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	TR ₂ O ₃	TiO ₂	Zr ₂ O ₃	TiO ₂
North	22,000	2.1	46,200	188.3	7.9	30.7	121.3	16.1	19.2	1038.6
Central	52,000	1.8	93,600	984.2	11.2	32.7	97.2	16.1	15.3	569.4
Southeast	217,000	2.3	499,000	356.4	11.3	43.6	156.9	23.5	33.1	1148.1
Southwest-1	35,000	1.0	35,000	1511.3	20.7	27.7	62.1	3.6	17.4	385.1
Southwest-2	45,000	2.4	108,000	658.6	9.0	21.1	31.8	4.3	10.1	197.9



FIELD AND LABORATORY WORKS THROUGH THE KRA BURI PROJECT

Item	Phase I (1991)	Phase II (1992)	Phase III (1993)
Kind of Survey	Interpretation Landat Image Geological Survey Geochemical prospecting	Detailed Geological Survey Detailed Geochemical Prospecting	Pitting, Drilling Survey
Areas (km ²) and Quantities	1500 km ²	A: northern mass area (A-1, 2) 6.0 B: central mass area (B-1, 2, 3, 4) 2.5 C: Khan Fachi silicified zone 1.5 D: southern mass area (D-1, 2) 1.1 Total 11.7	Area A-1 Pitting 14 holes Drilling 16 holes 14.6m Area D-1 Pitting 16 holes Drilling 15 holes 74.7m
Thin section	53	5 2 4 11	27 14 41
Polish	13	8 5 4 8 22	27 14 41
X-ray diffraction	22	7 1 2 1 11	2 3 5
EPMA	17	1 1 5	
Stream sed.	2021		
Components for analysis	Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Th, U, Y, Sc		
Heavy min.	101	19 17 6 11 55	116 70 216
Components for analysis	Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Th, U, Y, Sc, Dy, Er, Gd, Ho, Pr, Tm		
Soil sample	207	1201 507 362 50 2325	
Components for analysis	Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Th, U, Y, Sc		
Rock sample	32	6 1 1 5 13	
Components for analysis	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, Th, U, Y, Gd, Dy, Pr, Sc		
Ore sample	23		
Components for analysis	Sn, W, Ta, Nb, Au, Mo, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Th, U, Y, Sc		
Member of Survey Team	Iwan Uchiyama (Leader) Hiroyuki Takahata Keizo Watanabe Hiroyuki Takahara Hiroyuki Horiuchi	Hiroyuki Takahata (Leader) Yasunori Ito Makoto Miyoshi	Hiroyuki Takahata (Leader) Yasunori Ito
Member of Survey Team	Peerapong Khuenkong (Co-Leader) Patchara Jaripawat Kareon Tomhongchai Manoon Tanasung Kittiphong Udomtanatara Huneha Pangklitput Tawal Japakasetr	Peerapong Khuenkong (Co-Leader) Patchara Jaripawat Kareon Tomhongchai Manoon Tanasung Huneha Pangklitput	Peerapong Khuenkong (Co-Leader) Kareon Tomhongchai Huneha Pangklitput Tawal Japakasetr

- PERMIAN** CHUMPHON
- CARBONIFEROUS** MATRI
- SILURIAN-DEVONIAN** KRA BURI
- IGNEOUS ROCKS**
- AGE** **SYMBOLS** **ROCK FACIES**
- Cretaceous** biotite-muscovite granite
andesite and its pyroclastics
- OTHERS** silicified rocks
- SYMBOLS**
- fault
 - strike and dip of bed
 - hornfels
- Geochemical anomaly zone**
- Stream sediments
- Sn-W-Nb-Ta
 - Sn-Ta-Nb
 - Sn
 - Ta-Nb
 - W
 - REE (-Th-U)-Y
 - Th-U
- Soil samples
- Sn-Nb-Ta
 - W
 - REE
 - U-Y
- Panned samples
- Sn group
 - Sn-Nb-Ta
 - Sn
 - Nb-Ta
 - REE
 - Th-U-Y-Dy-Gd

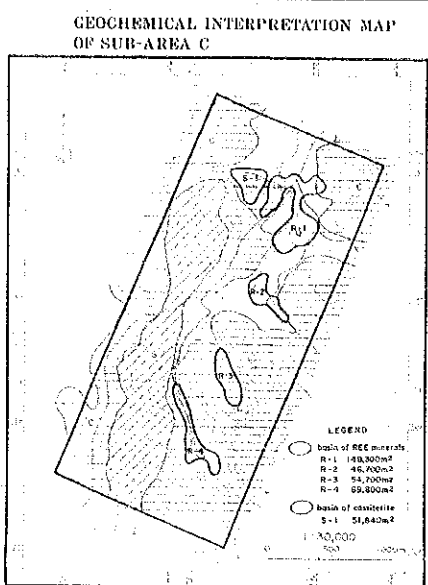


ORE ASSAY PROFILE

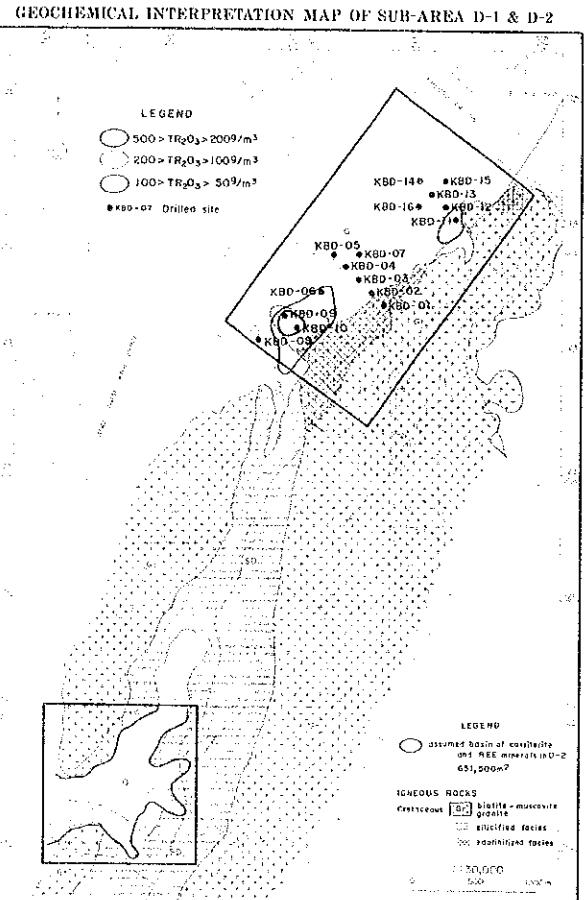
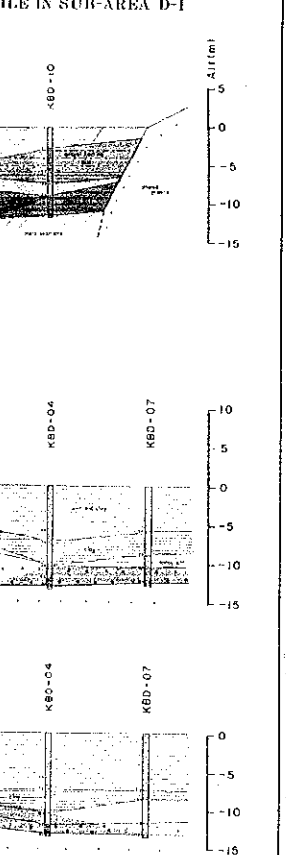
TR ₂ O ₃ > 500g/m ³	Te ₂ O ₅ > 10g/m ³
500 > TR ₂ O ₃ > 200g/m ³	Nb ₂ O ₅ > 20g/m ³
200 > TR ₂ O ₃ > 100g/m ³	
100 > TR ₂ O ₃ > 50g/m ³	
50 > TR ₂ O ₃ > 25g/m ³	

ORE RESERVES IN SUB AREA A-1

Ore Reserves (m ³)	average ore grade (g. m ³)						
	SnO ₂	Te ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	T.R. ₂ O ₃	Tb ₂ O ₃	Zr ₂ O ₃	TiO ₂
46,200	168.3	7.9	39.7	121.3	16.1	19.2	1033.8
92,600	951.2	11.2	32.7	97.2	16.1	15.3	989.4
199,000	356.4	11.3	13.6	186.9	23.5	33.1	1148.1
35,800	1511.2	28.7	27.7	62.1	8.6	17.1	353.1
168,000	658.6	9.0	21.1	31.8	1.3	15.1	197.0



PROFILE IN SUB-AREA D-1



- Quaternary
 - Jurassic
 - Permian
 - Carboniferous
 - Silurian-Devonian
- IGNEOUS ROCKS**
- AGE**
- Creaceous
- OTHERS**
- silicified rocks
- SYMBOLS**
- fault
 - 50 strike and dip of bed
 - A-A' profile line
 - ☼ hornfels

- Geochemical anomaly zone**
- Stream sediments**
- Sn - W - Nb - Ta
 - Sn - Ta - Nb
 - Sn
 - Ta - Nb
 - W
 - REE (-Th - U - Y)
 - Th - U
- Soil samples**
- Sn - Nb - Ta
 - W
 - REE
 - U - Y
- Panned samples**
- Sn group
 - Sn - Nb - Ta
 - Sn
 - Nb - Ta
 - REE
 - Th - U - Y - Dy - Gd

