

インドネシア共和国ティガプル地域
資源開発協力基礎調査報告書

(第1年次)

平成2年2月

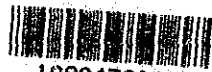
国際協力事業団
金属鉱業事業団

インドネシア共和国ティガプル地域

資源開発協力基礎調査報告書

(第1年次)

JICA LIBRARY



1080473101

20809

平成2年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



は し が き

日本国政府はインドネシア共和国政府の要請に応え、同国のスマトラに位置するティガプル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、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は、平成元年度を第1年次とし、金属鉱業事業団は5名の調査団を編成して平成元年10月10日から平成元年12月26日まで現地派遣した。

現地調査は、インドネシア共和国政府機関、資源エネルギー省鉱物資源局の協力を得て予定どおり完了した。

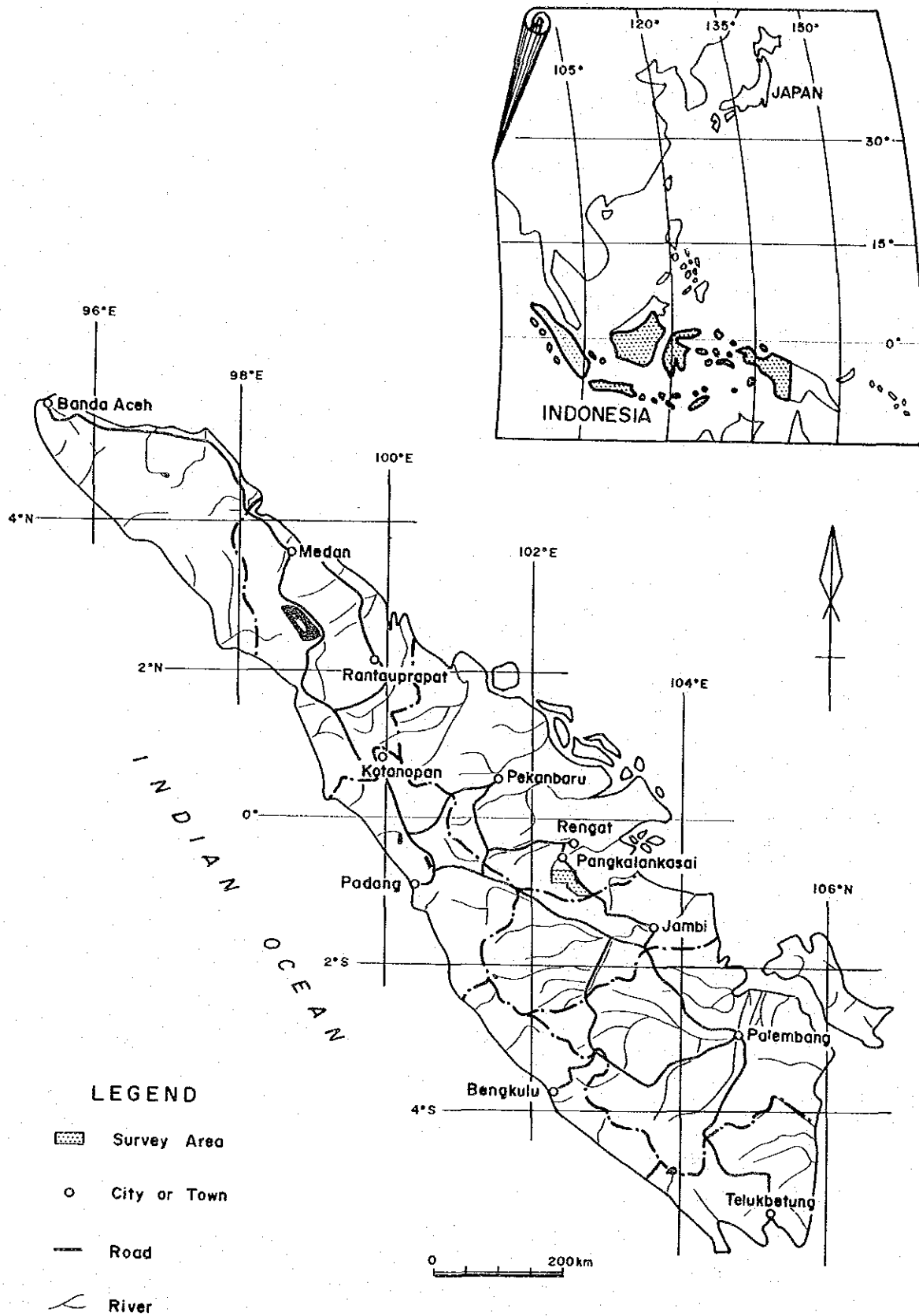
本報告書は、本年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたインドネシア共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在インドネシア共和国日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成2年2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1-1図 調査地域位置図

要 約

本調査はティガブル地域の第1年次調査にあたり、鉱物資源胚胎の可能性を探索及び評価することを目的に、写真地質解析、地質調査・地化学探査、帯磁率測定・放射能測定が実施された。作業量は以下の通りである。

航空写真地質判読	面積	1,000km ²
地 質 調 査	面積	1,000km ²
	踏査延長	539km
地化学探査	河床堆積物	1,019試料
	パンニング	210試料

調査地域の地質は、石炭系～二畳系の変成岩及び堆積岩類、古第三系の安山岩質凝灰岩類、新第三系の堆積岩類、第四系及び石炭系～二畳系を貫く花崗岩類よりなる。

本地域に分布する花崗岩類は、その岩相及び化学組成から斑状黒雲母花崗岩、黒雲母花崗岩、ペグマタイト及びアブライトに分けられる。いずれの花崗岩類も、化学組成及び帯磁率からカルクアルカリ系列、かつ、チタン鉄鉱系列に分類される。

本地域の地質構造は、古生界の多数の褶曲構造と新第三系を切る断層により特徴づけられる。多数の向背斜構造は古生界中に認められ、S字型配列を示す。断層は、NW-SE系、NNW-SSE系、NE-SW系のものが発達する。斑状黒雲母花崗岩及び黒雲母花崗岩は、それぞれNW-SE方向に配列する傾向が認められる。

本地域に認められる鉱化帯は、ペグマタイトまたは優白色花崗岩中に胚胎する含錫石英網状脈である。西部イサハン川及びシカンブ川に賦存し、両者を結ぶ方向は花崗岩類の配列方向と一致する。網状脈の構成鉱物は石英、錫石、白雲母、硫砒鉄鉱などである。母岩はカリ長石及び斜長石の大部分が白雲母化し、グライゼン変質を受けている。本鉱化帯はSn, W, Ceなどのレアメタルを含むことにより特徴づけられる。

河床堆積物による地化学探査では、Aランク異常域はSnで8区域、その他の成分で1区域が捕捉された。これらのSn異常域のうち2区域が前述の鉱化帯に対応し、Snは71～710ppmの含有量を示す。

パンニングによる地化学探査では、Sn異常値により構成されるAランク異常域は8区域に認められ、このうち2区域は既知鉱化帯に対応する。

既知鉱化帯以外のすべての異常域において河床堆積物、パンニングの両者がそろって地化学異常値を示す異常域を抽出すると、既知鉱化帯の北西延長部にSn異常域が2区域、アンタン川及びウンツラン川流域の新第三系分布域にSn異常域がそれぞれ1区域ずつ抽出

された。このほか、W異常域はカユマンパン山付近に1区域、さらにニブル川斑状黒雲母花崗岩周辺にNb異常域が1区域、Li異常域が2区域得られた。

河床堆積物及びパンニングによる異常値が重複する区域の平面的分布を見ると、古生界及び花崗岩類分布域においては調査地域東部でW, Nb, Liの異常域が、西部でSnの異常域が得られている。これらを花崗岩類の分布と対応づけると、東部では斑状黒雲母花崗岩分布域と地化学異常域が重複する。西部のSn異常域は、一部が優白色花崗岩またはペグマタイトと重複する。また、重複して分布しないが、東部に分布する新第三系域のSn異常域の源を近隣の花崗岩類にもとめるならば、相対的に見て東部斑状黒雲母花崗岩ではW, Nb, Li鉱床賦存のポテンシャルが高く、Snがこれに次ぐと考えられる。西部花崗岩類についてはSn鉱床賦存のポテンシャルが高く、Wがこれに次ぐと解される。

地質調査及び地化学探査の結果に基づき、調査地域に賦存が期待される鉱床は、①Sn, W, Ceを含む初生鉱床、②W, Nb, Liなど多種のレアメタルを含む初生鉱床、③Snなどを含む漂砂鉱床、である。これらの鉱床の賦存有望地域と必要とする調査は以下の通りである。

①Sn, W, Ceを含む初生鉱床賦存の可能性が高い地域は、イサハン川及びシカンブ川既知鉱化帯のNW-SE方向延長部である。延長部には地化学異常値 (Sn) が得られており、これらの異常域にはイサハン川と同様の鉱床が賦存する可能性が高い。今後、地質精査及び地化学探査にて詳細な地質・地化学情報を得たのちに、ボーリング調査を実施することを提案する。

②W, Nb, Liなどのレアメタルを含む初生鉱床は地質調査では認められていないが、地化学探査の結果から賦存が推定され、カユマンパン山周辺にはWを伴う鉱床が、ニブル川斑状黒雲母花崗岩周辺にNb, Liを伴う鉱床が期待される。これらの地域に対しては、鉱化特性を明らかにするために地質精査及び地化学探査を実施することを提案する。

③Snなどを含む漂砂鉱床はこれまでの地質調査では確認されていないが、地化学探査の結果から賦存が推定され、アンタン川流域の新第三系に賦存の可能性が高い。本地域の錫漂砂鉱床評価を行うため、地質精査及び地化学探査を実施することを提案する。

目 次

目 次

はしがき

調査地域位置図

要約

目次

付図付表一覧

第 I 部 総 論

第 1 章 序論	1
1-1 調査の経緯及び目的	
1-2 第 1 年次調査の範囲、目的及び作業の概要	
1-3 調査団の編成	
第 2 章 調査地域の地理	5
2-1 位置及び交通	
2-2 地形及び水系	
2-3 気候及び植生	
第 3 章 調査地域の既存地質情報	7
3-1 既往調査の概要	
3-2 スマトラ中央地域の一般地質	
3-3 調査地域の地質的位置付け	
3-4 調査地域の鉱業略史	
第 4 章 調査結果の総合検討	11
4-1 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制	
4-2 地化学異常と鉱化作用との関係	
4-3 レアメタル鉱床賦存のポテンシャル	
第 5 章 結論及び提言	18
5-1 結論	
5-2 第 2 年次への提言	

第 II 部 各 論

第 1 章 写真地質解析	21
1-1 調査方法	
1-2 写真地質解析結果	
1-3 考察	

第2章 地質調査	28
2-1 調査方法	
2-2 地質概況	
2-3 地質層序	
2-4 貫入岩	
2-5 地質構造	
2-6 鈳化・変質作用	
2-7 花崗岩・地質構造と鈳化作用の関係	
第3章 地化学探査	62
3-1 河床堆積物による地化学探査	
3-2 パンニングによる地化学探査	
3-3 地化学異常と鈳化・変質作用との関連	
第4章 帯磁率及び放射能調査	83
4-1 調査方法	
4-2 測定結果	
4-3 考察	

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結論	89
第2章 第2年次調査への提言	91

参考文献

写真

巻末資料

付 図

- 第1-1図 調査地域位置図
- 第1-2図 写真地質解析・地質調査・地化学探査範囲図
- 第1-3図 中央スマトラ地質概略図
- 第1-4図 花崗岩類広域対比図
- 第1-5図 調査結果総合解析図
- 第2-1図 航空写真標定図
- 第2-2図 写真地質解析結果図
- 第2-3図 地質・地質断面図
- 第2-4図 地質模式層序図
- 第2-5図 石英-カリ長石-斜長石ダイアグラム
- 第2-6図 アルカリ/石灰比ダイアグラム
- 第2-7図 ACFダイアグラム
- 第2-8図 $C/ACF-Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ ダイアグラム
- 第2-9図 $Fe^{2+}/Fe^{3+}-SiO_2$ ダイアグラム
- 第2-10図 鉍微地分布図
- 第2-11図 イサハン川鉍化帯スケッチ
- 第2-12図 ピット位置図及びピットスケッチ (No. 1)
- 第2-13図 ピット位置図及びピットスケッチ (No. 2)
- 第2-14図 ピット位置図及びピットスケッチ (No. 3及びNo. 4)
- 第2-15図 ピット位置図及びピットスケッチ (No. 5及びNo. 6)
- 第2-16図 河床堆積物分析値頻度分布図
- 第2-17図 地化学探査解析結果図 (河床堆積物試料)
- 第2-18図 地化学探査解析結果図 (パンニング試料)
- 第2-19図 全岩石の帯磁率・放射能強度散布図
- 第2-20図 花崗岩類の帯磁率・放射能強度散布図
- 第2-21図 帯磁率・放射能測定結果解析図

付 表

- 第2-1表 使用航空写真一覧
- 第2-2表 写真地質解析結果
- 第2-3表 岩石薄片検鏡結果
- 第2-4表 絶対年代測定結果
- 第2-5表 全岩分析結果
- 第2-6表 鉍石試料分析結果
- 第2-7表 主成分分析固有ベクトル(鉍石試料分析値)
- 第2-8表 河床堆積物分析値の基本統計量
- 第2-9表 地質単元別の河床堆積物分析値平均値
- 第2-10表 河床堆積物分析値相関係数
- 第2-11表 地質単元別の河床堆積物分析値相関係数
- 第2-12表 河床堆積物分析値主成分分析結果
- 第2-13表 河床堆積物分析値閾値一覧
- 第2-14表 河床堆積物による地化学異常域一覧
- 第2-15表 パンニング試料分析値平均値
- 第2-16表 河床堆積物試料とパンニング試料平均値比較
- 第2-17表 パンニング試料分析値相関係数
- 第2-18表 パンニング試料分析値閾値一覧
- 第2-19表 パンニング試料による地化学異常域一覧
- 第2-20表 帯磁率・放射能強度の幾何平均値, 最大値, 最小値

写 真

- 写真1～2 岩石薄片顕微鏡写真

巻 末 資 料

1. X線回折粉末法試験結果
2. 化学分析結果一覧表(地化学探査試料)

添 付 表

第 I 図 写真地質解析結果図

第 II 図 地質図

第 III 図 地質断面図

第 IV 図 試料採取位置図

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

インドネシア共和国における資源開発協力基礎調査は、これまでスラウェシ地域 (1970~1972)、カリマンタン地域 (1974~1977)、カリマンタン西部地域 (1979~1981)、北スマトラ地域 (1982~1984) 及び南スマトラ地域 (1985~1987) の 5 地域において実施され、金属資源開発のための数多くの基礎資料を得ることができた。また、インドネシア地質調査所または鉱物資源局の調査技術の向上、地質鉱床資料の集積など多大の成果を収めてきている。

インドネシア共和国鉱山エネルギー省は、南スマトラ地域に続く新たな金属鉱物資源調査の実施を計画し、日本政府に協力を要請した。日本政府はその要請に応え、平成元年 8 月、金属鉱業事業団小山恭一を団長とする調査団を現地に派遣し事前調査を行うと共に、カウンターパートとなるインドネシア共和国鉱山エネルギー省地質鉱物資源総局と協議を行った結果、ティガブル地域における協力調査実施につき合意した。

本調査の主要な目的は、ティガブル地域における鉱物資源胚胎の可能性を、探査及び評価することである。また、調査の過程においてインドネシア側カウンターパートに技術移転を行うことである。

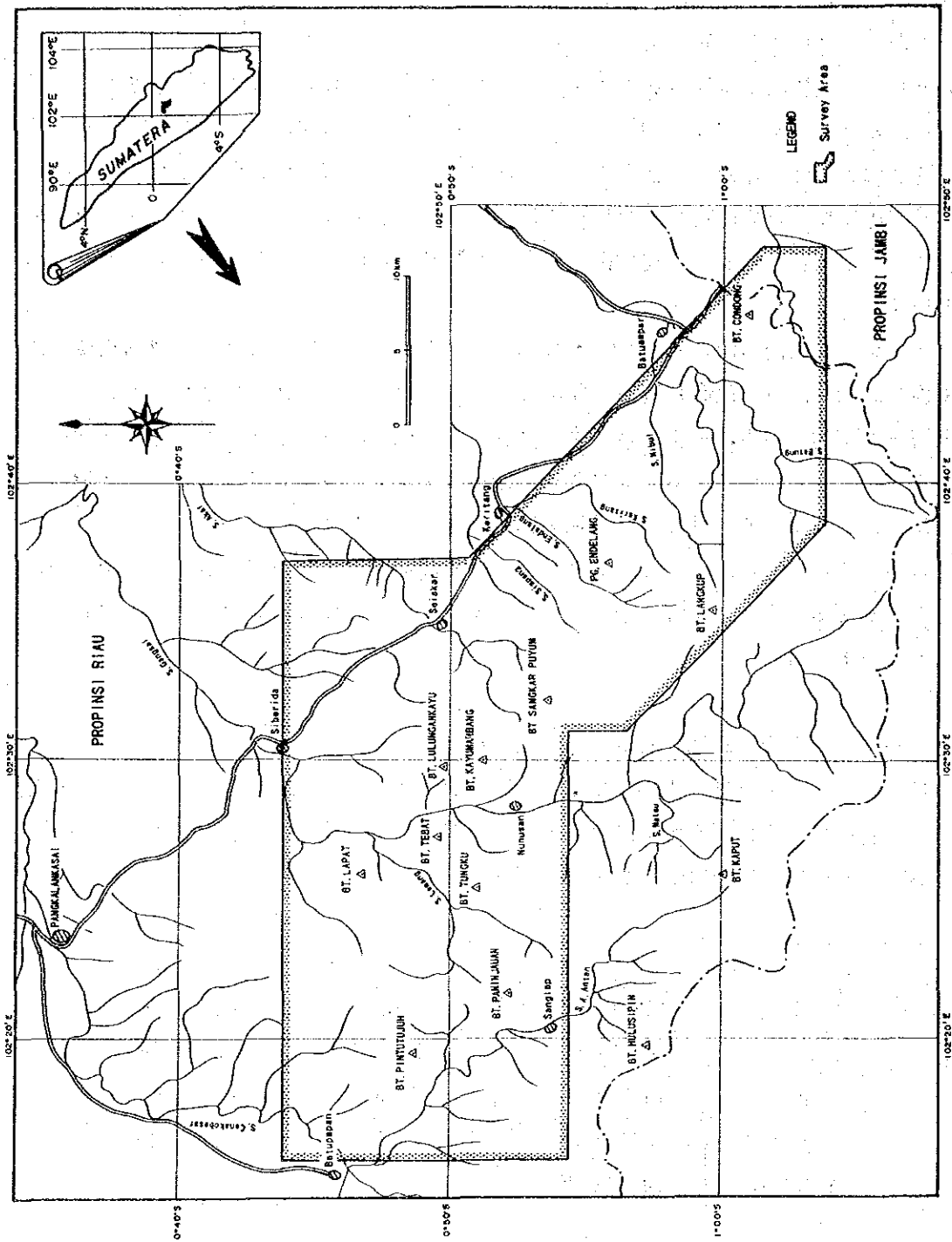
1-2 第 1 年次調査の範囲、目的及び作業の概要

調査地域は、スマトラ島中央部に位置し、次の経緯点により囲まれる面積 1,000km² の地域である。行政区分上は調査地域の大半がリアウ (Riau) 州に含まれ、西端部がジャンビ (Jambi) 州に属する。調査地域を第 1-2 図に示す。

	南 緯	東 経		南 緯	東 経
①	0°43'23"	102°15'34"	⑥	1°03'16"	102°38'28"
②	0°43'23"	102°37'07"	⑦	0°55'55"	102°30'53"
③	0°50'25"	102°37'07"	⑧	0°53'42"	102°30'53"
④	1°01'00"	102°48'52"	⑨	0°53'42"	102°15'34"
⑤	1°03'16"	102°48'52"			

本年次の調査目的は、ティガブル地域において地質調査・地化学探査を実施することにより、地質状況を解明し、鉱化作用と地質構造の関係、鉱化作用と花崗岩の関係及び鉱床賦存状況を把握し、鉱床賦存の可能性の高い地域を抽出することである。

本年次に実施された作業は、既存資料のまとめ、写真地質解析、地形図作成、地質調査・



第1-2图 写真地质解析·地质调查·地化学探查范围图

地化学探査，帯磁率・放射能測定である。

(1)写真地質解析

本解析は既存の航空写真（縮尺約1:100,000）を用い，通常の写真地質解析手法により行われた。まず，航空写真にオーバーレイをかけて水系を判読記入し，水系図を作成する。解析にあたっては，①水系のパターン・密度，風化侵食に対する抵抗度（起伏量，侵食度），谷断面，山稜形態等の地形学的特徴，及び，②階調・肌合等の写真的特徴，に基づいて地質単元区分及び地質構造区分を行ない，結果を水系図上に表現した。

(2)地質調査・地化学探査

調査地域の北部に位置するパンカランカサイ（Pangkalan Kasai）村にベースキャンプを設置し，ここを基点に1回当たり1週間から2週間のフライイング・キャンプを実施し調査を行った。調査に使用した地形図は，上記航空写真から作成された縮尺1:50,000の地形図を1:25,000に拡大したものである。必要に応じ歩測または50mテープとクリノメータを使用したルートマップの作成を行った。

地化学探査試料は，地質調査に並行して河床堆積物の-80mesh試料及びパンニング試料を採取した。試料採取間隔は-80mesh試料では踏査ルート長1km当たり平均2試料，パンニング試料では踏査ルート長2.5km当たり1試料を採取した。

鉍化作用が認められた露頭周辺ではピットを掘削し，地質・鉍床資料の充実を図った。地質調査結果は縮尺1:50,000にまとめた。

帯磁率及び放射能測定は，地質踏査ルート沿いの露頭で実施した。

(3)作業の内容

第1年次の調査量は下記の通りである。

Survey area	1,000km ²
Traverse length	539km
Rock samples	
Thin section	31pcs
X-ray analysis	31pcs
Absolute age determination	5pcs
Whole rock analysis	10pcs
Geochemical samples	
Stream sediment	1,019pcs(14 elements)
Pan concentrate	210pcs(14 elements)
Pitting	19.5m ³

1-3 調査団の編成

事前調査及び協定折衝：ティガブル地域資源開発協力基礎調査の計画策定にあたり、事前調査及び協定折衝のため調査団が平成元年8月14日より同月27日までの日程で派遣された。

日本側事前調査・協定折衝団	インドネシア共和国側担当機関 地質鉱物資源総局(D. G. G. M. R.)
小山 恭一 (金属鉱業事業団)	Dr. Adjat Sudrajat (地質鉱物資源総局総局長)
篠川 秀育 (資源エネルギー庁鉱業課)	Salman Padmanagara (鉱物資源局局長)
貝沼 弘康 (国際協力事業団)	A. Machali Muchsin (金属鉱物探査部部长)
佐藤 直樹 (金属鉱業事業団)	Sunarya Johari (レアメタル探査課課長)
	Nally Ahmad (鉱山エネルギー省法律担当)
	Ratnawdupi (対外技術協力担当)

現地調査団：第1年次調査は既存試料の検討及び写真地質解析を平成元年9月26日より10月9日にかけて行い、現地調査は10月10日から12月26日の日程で行われた。

現地指導監督

遠山 正治 (金属鉱業事業団)

現地調査団編成

日本側調査団 (日鉱探開(株))	インドネシア共和国側担当機関 鉱物資源局(D. M. R.)
俣野 米治 (団長・地質・地化学探査)	Sunarya Johari (コーディネータ)
粥川 富喜雄 (地質・地化学探査)	Zanri Ta'in (地質・地化学探査)
菊池 秀也 (地質・地化学探査)	Endang Suwargi (地質・地化学探査)
佐藤 哲男 (地質・地化学探査)	Karno (地質・地化学探査)
(写真地質解析)	Malik Manurung (地質・地化学探査)
佐藤 健二 (地質・地化学探査)	Sahala L. Gaol (地質・地化学探査)
	A. Said Ismail (地質・地化学探査)
	Zulkifli MD. (地質・地化学探査)

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

首都ジャカルタから調査地域に至るには、空路、調査地域の西方直距250kmに位置するスマトラ島西岸の都市パダン (Padang) に渡り、パダンから陸路約10時間 (約400km) を要する。道路状況は、パダンからパンカラシサイ (ベースキャンプを設置した村) までは舗装道路であるが、途中で橋梁が多く、このため車両は5 t車まで通行可能である。このほか、スマトラ島南部の都市パレンバン (Palembang) 経由調査地域近隣の町ルンガット (Rengat) への空路もあるが、便数の少なさ (週3便) 及びパレンバンでの接続の悪さから順路となるものではない。

調査地域内の道路は、パンカラシサイから南隣のジャンビ州の州都ジャンビへ通じる道路が調査地域中央北端から北東端を走っており、また、パンカラシサイから調査地域西端に隣接するバツパパン (Batupapan) 村まで通じている。いずれの道路も未舗装道路であり、雨季には河川の氾濫及び泥路化することによりジープをもってしても通行不能となる。このほか、公道ではないが、2つの林業会社が木材切り出し用の道路を建設中であり、本地域南東端では約20km、北西部で約10kmの延長を有する。

このほかの交通手段としては、地域西端のチュナコブサル川 (S. Cenakobesar) とその支流のアンタン川 (S. Antan) 及び地域中央部のガンサル川 (S. Gangsal) においてエンジン付2 tボートが利用できる。

2-2 地形及び水系

(1) 地形

インドネシアは、面積190万km²を有し、13,600以上の島よりなっている。調査地域の位置するスマトラ島では延長約1,600kmのNW-SE方向に延びるバリサン (Barisan) 山脈がその骨格を形作る。バリサン山脈は約90の火山よりなり、それらは海拔2,500mを越す高さを有する。バリサン山脈の東側では、途中で丘陵地帯を挟み、緩やかに高度を減ずる。海岸沿いには不毛のマングローブ湿地帯からなる沖積平野が広く分布する。

調査地域は、バリサン山脈の東方の丘陵地帯のなかに孤立した、ティガプル山地の北東部にあたる。地域の大部分は標高100~400mの山地よりなり、最高峰は調査地中央部カユマンバン山 (Bt. Kayumambang) 、標高618mである。調査地域北東部は標高100m以下の丘陵または平地よりなる。

(2) 水系

調査地域に発達する水系は、本地域がティガプル山地の北東部に属することから、いずれの河川も北西から北東方にむかって流下する。これらの中で調査地域中央部を流れるガンサル川を西端とするルティー川 (S. A. Retih) 水系に属する河川が大部分を占め、いずれの河川も地域北東方で合流し、南シナ海に注ぎ込む。地域西端部を流れるアンタン川は

チェナコブサール川さらにバンタン・クアンタン川 (S. A. Bantang Kuantan) に合流し、南シナ海に注ぎ込む。

2-3 気候及び植生

(1) 気候

インドネシアは熱帯雨林気候帯に属し、季節は雨季と乾季の二季に分かれる。これは乾季（4月～10月）には南東モンスーンがオーストラリア大陸からの暑い乾燥した空気を送り込み、雨季には北東モンスーンが南シナ海から湿った空気をもたらす、雨を降らせることによる。これら季節差はインドネシア東部で最も顕著であり、スマトラ島では雨季、乾季の差は比較的少ない。

調査地域の北北西方50kmに位置するジャプラ (Japura) 測候所で観測された1984年～1988年の5年間の月平均気温、最高最低気温、月平均湿度、月平均降水量を示す。

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
平均 気温(℃)	25.6	26.0	26.2	26.4	27.0	26.8	26.3	26.4	26.2	26.3	26.2	25.6	26.3
最高 気温(℃)	33.0	34.3	34.4	34.0	34.6	34.4	33.6	34.4	34.2	34.5	34.0	35.0	
最低 気温(℃)	18.1	18.6	17.6	17.4	16.6	17.2	17.0	16.4	19.0	19.2	19.1	18.4	
平均 湿度(%)	87	85	86	86	85	85	85	82	85	86	85	86	85
平均 降水量(mm)	303	212	224	286	162	157	146	94	211	205	202	177	2,379

(ジャプラ測候所の位置：南緯 0°20'，東経102°19' 海拔19m)

(2) 植生

山地の大部分は人間の手の入らない熱帯雨林であり、直径2m以上、高さ15mを超える巨木が頻繁に見られる。低地の大部分は人間の手が入りその後放置された低木林である。平地の一部及び河川沿いの山地では焼畑により陸稲が栽培されている。また、低地では余り管理の良くないゴム林も見られる。

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 既往調査の概要

調査地域を含むスマトラ島全体の地質についての記載は、VAN BEMMELEN(1970)がある。また、インドネシア全体の地質構造については、HAMILTON(1978)がある。このほか未公開資料として、Geological Research and Development Centre(1987)のルンガット (Rengat) 図幅 (縮尺1:250,000) がある。調査地域北方からマレー半島にかけての地域の地質構造発達史を論じたものに、TJIA(1989)がある。

調査地域付近の地質・鉱床についての調査は、P. T. Timahとインドネシア地質調査所とが協力して、1974~1975年に行われた(SUBANDORO et al. (1975))。この際実施されたパンニング調査により調査地域内に錫石異常を発見している。この錫石異常に対し、1984~1986年に鉱物資源局(D. M. R.)はフォローアップ調査を行った。この結果についてはHARAHAP et al. (1986)とHARMANTO et al. (1986)による報告がある。

以下に鉱物資源局による調査結果の概要を記す。

1. ティガプル地域は、主として三疊紀変成岩より構成され、その一部に花崗岩が貫入している。花崗岩の分布は3地区で認められた。
2. 初成の錫石鉱化作用が認められたのは、3地区のうち、イサハン川(S. Isahan)ーツラン川(S. Tulang)地区である。錫石鉱化作用は、グライゼン中、花崗岩中または花崗岩と変堆積岩との接触部に胚胎する石英脈中に見られる。
3. アカール川(S. Akar)地区において花崗岩分布域の下流にてパンニングにより河川堆積物中に錫石を認めた。

3-2 スマトラ中央地域の一般地質

VAN BEMMELEN(1970)は、特に調査地域を含むティガプル地域の地質及び地質構造発達史について下記のとおり記載を行っている。

「本地域の先第三系は、長石及び珪岩の岩片を含むグレーワッケよりなる。Zwierzycki (1930)はこのグレーワッケを三疊系と考えたが、構造解析結果からは、ジュラ紀が想定される。これらグレーワッケまたは含礫グレーワッケは塊状を呈し、片岩、珪岩、石灰岩及び花崗岩の岩片を含有する。白亜紀には本地域はスマトラ造山運動により陸化した。第三紀漸新世から中新世にかけ海進が始まり、石英砂岩層が形成された。鮮新世から更新世にかけてティガプル山地は陸化した。」

TJIA(1989)は、マレー半島からティガプル地域の北方まで伸びるベントンーベンカリス縫合線(Bentong-Bengkalis Suture)の構造発達史を以下のとおりまとめている。

「マレー半島の西部構造区と中央構造区を境する本縫合線は、マラッカ海峡を越え、スマトラ東部のベンカリス凹地へ連続する。このベンカリス凹地は、近年の石油探鉱結果から明らかになったものであり、調査地域であるティガプル山地北方まで追跡されている。カ

ンブリア紀～二疊紀前期には本縫合線の西部は Gondwana 大陸の縁辺部であった。西部に分布する石炭紀から二疊紀前期の氷河海成堆積物はこのことを支持している。東部はカタイジア植物群化石により特徴づけられる。二疊紀中頃西部は Gondwana 大陸から分離し、三疊紀中期に東部と西部は縫合した。マレー半島西部構造区に分布する、三疊紀後期からジュラ紀前期の珪長質の深成岩の存在は、西部が三疊紀以降強い圧縮の場にあったことを示す。東部スマトラは、白亜紀後期まで圧縮の場であり、白亜紀後期～第三紀前期には引張りの場に転じた。これに伴い、南北方向の断裂沿いに地溝が発達した。漸新世の始めには、スマトラは圧縮の場になり、スマトラ東部では南北方向の断裂沿いに右ずれの走向移動断層が発達した。鮮新世にはスマトラはNW方向の断層や褶曲を生む圧縮場となった。」

Geological Research and Development Centre(1987)のルンガット(Rengat)図幅(縮尺1:250,000)に基づいて、調査地域周辺の地質について以下に述べる。

調査地域周辺の地質は、石炭紀-二疊紀の堆積岩類とこれを貫くジュラ紀の花崗岩類、さらにこれらを不整合に覆う第三紀堆積岩類及び第四紀の堆積物よりなる。

石炭紀-二疊紀の堆積岩類はその岩相からガンサル(Gangsai)層、プンガブアン(Pengabuan)層、ムンツル層(Mentulu)に分けられる。ガンサル層は粘板岩、片岩、変砂岩、石灰岩及び珪岩からなり、プンガブアン層は石質砂岩、変ワッケ、変シルト岩からなる。ムンツル層は凝灰岩、凝灰質粘土岩より構成される部層とグレーワッケ、含礫泥岩よりなる部層とに分けられる。

第三紀の堆積岩類は、下位より漸新世のクルサ(Kelesa)層(多源礫岩及び含礫砂岩)、中新世のラカット(Lakat)層(多源礫岩、石英砂岩及び石英砂岩-粘土岩互層)、ツアラン(Tualang)層(石英砂岩及び粘土岩)及びグマイ(Gumai)層(頁岩、粘土岩及び砂岩)、中新世～鮮新世のビニオ(Bioni)層(粘土岩-砂岩-頁岩-シルト岩互層)及びコリンチ(Korinci)層(凝灰質砂岩)よりなる。

先第三系を貫く花崗岩類は花崗岩、花崗閃緑岩、ペグマタイト及び石英斑岩よりなる。本花崗岩類の時代については、隣接するムアラブンゴ(Muarabungo)図幅域に分布する花崗岩の年代(180±7.0Ma)より、ジュラ紀前期と考えられる。

第1-3図に中央スマトラの地質概略図(HAMILTON, 1978)を示す。

3-3 調査地域の地質的位置付け

本調査地域は、北部及び北東部の第三系及び第四系分布域を除くと、大部分が先第三系からなる。前述のとおり、石炭紀-二疊紀の堆積岩類を貫くジュラ紀の花崗岩類の分布が知られており、この花崗岩侵入に伴われる金属鉱床の胚胎が期待できる地域である。

インドネシアのレアメタル資源存在の可能性について論じたJOHARI(1989)によると、調査地域付近には錫石、モナズ石の存在が確認されている。さらに、スマトラ島東方のバンカ(Bangka)島の錫漂砂鉱床は錫石のほか有用鉱物としてモナズ石、磷酸イットリウム鉱

などを伴うことから、本地域には上記鉱物などを含有する、花崗岩の侵入に伴うペグマタイト鉱床、グライゼン鉱床、鉱脈鉱床などの胚胎が期待できる。

3-4 調査地域の鉱業略史

調査地域内において、金属資源、非金属資源とも稼行された鉱山はない。調査地域北方マラッカ海峡までの地域では、数地区において第三紀層中より石油が生産されている。また、調査地域西方では第三紀の石炭鉱床の探鉱が行われている。

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質構造・鉍化作用の特性と鉍化規制

調査地域の地質は、石炭紀～二疊紀の堆積岩類、ジュラ紀中期～白亜紀前期の花崗岩類、古第三紀の凝灰岩類、新第三紀の堆積岩類及び第四紀の堆積物より構成される。

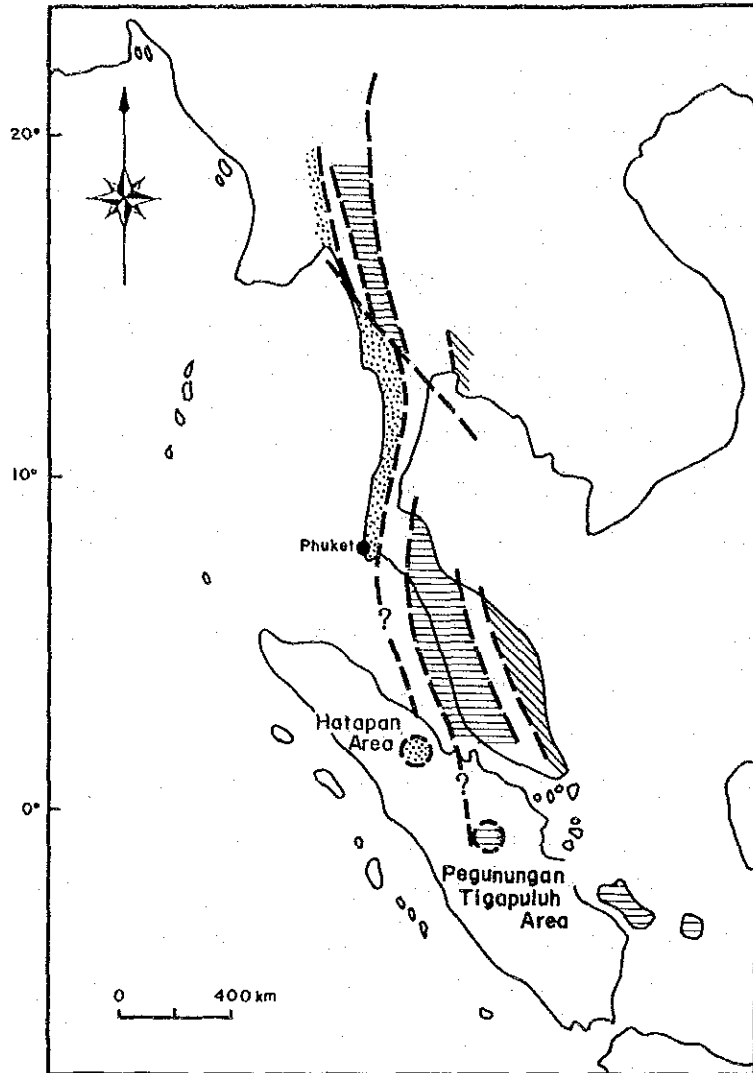
本地域の花崗岩類について考察すると、その進入の時代はジュラ紀ドッガー世から白亜紀ネオコム世にかけてである。これらに近い年代を示すマレー半島の花崗岩類は、マレー半島西部構造帯に分布する三疊紀後期からジュラ紀前期の珪長質深成岩類である。石炭紀～二疊紀の堆積岩類、特に礫質泥岩を氷河海成堆積物と解するならば、本地域の古生界、花崗岩類はマレー半島西部構造帯のそれらにほぼ対応づけられる(第1-4図)。マレー半島西部構造帯に分布する花崗岩類は錫初生鉍床を伴い、さらに周囲には錫漂砂鉍床が分布することはよく知られている。また、これらの漂砂鉍床はNb, Taほかレアアース元素を含む。




本地域の花崗岩類は、全岩分析結果及び帯磁率測定結果から、カルクアルカリ系列で、かつ、チタン鉄鉍系列に属する花崗岩類であると言える。チタン鉄鉍系列花崗岩類に伴われることが期待される鉍種はSn, W, Be, Nb, Ta, Thなどの親石元素である。

本地域の花崗岩類は、その岩相及び化学組成から4種に区分される。それらは斑状黒雲母花崗岩、黒雲母花崗岩、ペグマタイト及びアプライトである。このうち露出面積の大きい前2者については絶対年代及び化学組成が明らかになっている。斑状黒雲母花崗岩、黒雲母花崗岩とも数岩体がNW-SE方向に配列し、斑状黒雲母花崗岩は南東から北西方向にかけ順次若い年代を示す。黒雲母花崗岩は斑状黒雲母花崗岩より西側に分布し、より若い年代を示す。斑状黒雲母花崗岩については化学組成上この年代の変遷に対応する変化は認められない。化学組成上、斑状黒雲母花崗岩は、黒雲母花崗岩に比べより分化の進んだ花崗岩と言える。

絶対年代の平面的変化を重視し、黒雲母花崗岩を分化過程における捕獲岩同化による化学組成の一時的変化と考え、西部地域の優白色花崗岩及びペグマタイトなどからなる小規模侵入岩を分化末期の産物と解するならば、年代変化と分化の進展とがマッチする。黒雲母花崗岩に少量ながら砂岩様の捕獲岩が認められることは捕獲岩同化現象の傍証となる。分化末期の産物と考えられる優白色花崗岩及びペグマタイトに前記レアメタル元素を伴う鉍化作用が期待される訳であるが、それはイサハン川及びシカンブ川の含錫石英脈として具現されている。

上記とは異なり、化学組成を重視し、斑状黒雲母花崗岩を分化の進んだ花崗岩と考え、黒雲母花崗岩を前記同様、捕獲岩同化による化学組成の変化とし、年代の平面的変化を広域的応力場の変化に起因するものとするならば、鉍化作用が期待される花崗岩は地域内すべての花崗岩ということになる。この点については、次項で地化学探査の結果を踏まえ、さらに考察を行う。



- 
Western Belt
 (Cretaceous-Eocene back arc magmatic belt tin granites)
- 
Central Belt
 (Late Triassic collision related tin granites)
- 
Eastern Belt
 (Permian-Triassic magmatic arc tin granites)

(modified from Mitchell, 1979)

第1-4图 広域地質对比图

次に地質構造と鉍化作用との関連について考察する。

写真地質解析により明らかになった事項は以下の通りである。

- ①先第三系分布域に認められるリニアメントの方向は、N-S方向とWNW-ESE方向を示すものが多い。
- ②花崗岩類はNW-SE方向に配列する。従い、花崗岩類進入時の構造的弱線方向としてはNW-SE方向が考えられる。

地質調査により明らかになった地質構造に関する事項は以下の通りである。

- ①古生界には、東部ピンツーツジャー山付近から調査地域南東方向にかけ、S字型に配列する向背斜構造が発達する。
- ②西部アンタン川流域及び中央部ガンサル川流域の新第三系分布域には白亜紀後期～第三紀前期に形成されたNNW-SSEないしNW-SE方向の地溝帯または断裂が潜在している可能性が高い。
- ③第三紀漸新世以降活動を始めたNNW-SSE系の断層は、新第三紀中新世以降には、古生界及び花崗岩類分布域のブロック隆起に伴う縦すべり断層に変化した。
- ④比較的大きな露出面積を持つ花崗岩類は、斑状黒雲母花崗岩と黒雲母花崗岩とに分けられるが、前者は調査地域中央部から東部にかけ、後者は西部から中央部にかけ、NW-SE方向に配列する。

これら両調査の結果の中で注目すべき事項は、鉍化作用に関する花崗岩類の配列方向がNW-SE方向であることである。その方向は、既知錫鉍化帯であるイサハン川鉍化帯とシカンブ川鉍化帯を結ぶ線の方向と一致する。

次に鉍化作用の特徴について考察する。

調査地域西部イサハン川及びシカンブ川錫鉍化帯には石英網状脈が発達し、脈中に認められる鉍物組み合わせは、石英-錫石-白雲母-電気石-硫砒鉄鉍である。母岩のペグマタイトまたは優白色花崗岩はカリ長石、斜長石の大部分が白雲母化し、グライゼン化変質を受けたものと解釈される。これら鉍物組み合わせ及び母岩の変質は、中国、タイなどの錫鉍床地帯のグライゼン化花崗岩及び含錫石英脈に見られるものと同様である。本鉍化帯の含錫石英脈は、分析結果によれば、最も高品位脈でSn3.84%, W0.07%, Ce0.02%を示す。また、グライゼン化した優白色花崗岩またはペグマタイトに石英脈を含む幅1~2mの溝切りサンプリング試料はSn0.2~0.5%, Ce0.08~0.24%を含む。従い、この鉍化帯はSn, W, Ceなどのレアメタルより特徴づけられる鉍化帯といえる。

4-2 地化学異常と鉍化作用との関係

調査地域全体にわたり、河床堆積物による地化学探査とパンニングによる地化学探査が行われた。分析された成分は14のレアメタル元素である。

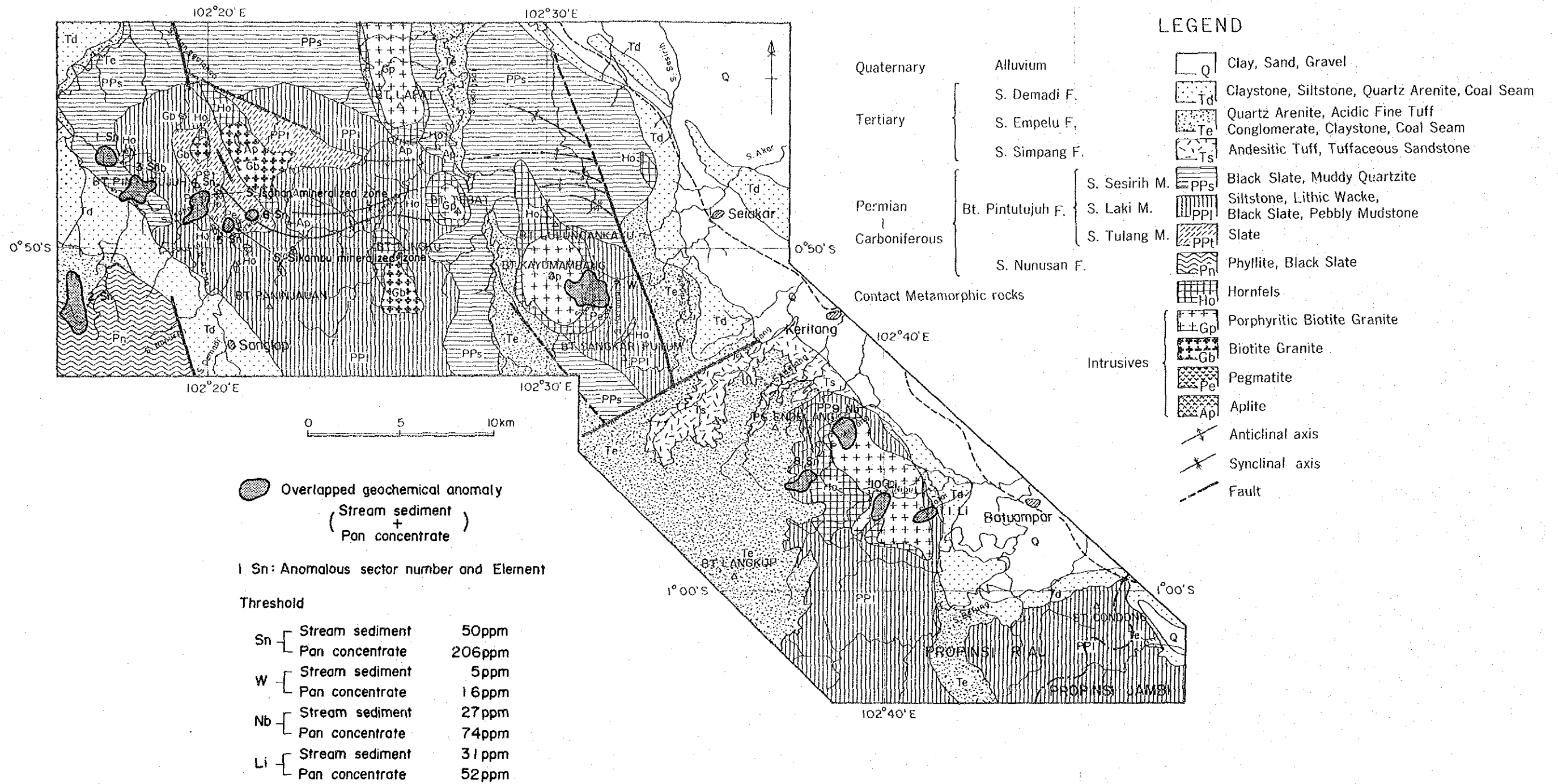
河床堆積物による地化学探査では、Sn異常域が多く抽出され、Nb, W, Zr, Th, Ce, Y, U, Liの異常域は2区域しか抽出されなかった。これらの異常域をランク分けした結果、Aランク異常域はSn(>100ppm)で8区域、その他の成分(Nb \geq 27ppm, Th \geq 91ppm, U \geq 83ppm, W \geq 11ppm, Zr \geq 2450ppm, Y \geq 210ppm)で1区域抽出された。AランクSn異常域のうち2区域が既知鉍化帯に対応し、Snは71~710ppmの含有量を示す。鉍化帯に含有が期待されたW, Ceなどの成分は異常値を示さない。ただし、W鉍物である鉄マンガン重石は、錫石に比べ、酸化・分解が速やかなので漂砂中にはわずかしか濃集しないといわれるので、Wの値については必ずしも鉍化帯の鉍況を反映したものとは言えない。

パンニングによる地化学探査では、Sn異常値により構成されるAランク異常域(Sn \geq 1000ppm)は8区域に認められ、このうち2区域は既知鉍化帯に対応する。

このように既知鉍化帯では、河床堆積物及びパンニングの両者による地化学異常値が得られている。そこで既知鉍化帯以外のランク付けしないすべての異常域において河床堆積物、パンニングの両者がそろって地化学異常値を示す異常域を抽出すると、第1-5図に示す通り、既知鉍化帯の北西延長部にSn異常域が2区域、アンタン川及びウンツラン川流域の新第三系分布域にSn異常域がそれぞれ1区域ずつ抽出された。このほか、W異常域はカユマンバン山付近に1区域、さらにニブル川斑状黒雲母花崗岩周辺にNb異常域が1区域、Li異常域が2区域得られた。これらはその異常値の絶対値を別にすれば、両地化学探査で異常値が得られているという点で既知鉍化帯と同等の価値をもっている。

第1-5図に示した河床堆積物及びパンニングによる地化学探査の重複する異常域の平面的分布を見ると、古生界及び花崗岩類分布域においては東部でW, Nb, Liの異常域が、西部でSnの異常域が得られている。これらを花崗岩類の分布と対応づけると、東部では斑状黒雲母花崗岩分布域とW, Nb, Liの異常域が重複する。西部のSn異常域は、一部が優白色花崗岩またはペグマタイトと重複する。また、重複して分布しないが、東部に分布する新第三系域のSn異常域の源を近隣の花崗岩類にもとめるならば、相対的に見て東部斑状黒雲母花崗岩ではW, Nb, Li鉍床賦存のポテンシャルが高く、Snがこれに次ぐといえ、西部花崗岩類についてはSn鉍床賦存のポテンシャルが高く、Wがこれに次ぐといえる。

ここで花崗岩の種類と鉍化作用との関係について考えると、東部地域の斑状黒雲母花崗岩、西部の黒雲母花崗岩と化学組成の違いはあるが、地化学探査結果から東部地域にはW, Nb, Liの鉍化作用を伴う花崗岩の賦存が期待でき、西部にはSnの鉍化作用を伴う花崗岩の賦存が期待され、両花崗岩とも、鉍種は異なるが、レアメタル鉍床賦存の可能性が高い花崗岩といえる。



第1-5図 調査結果総合解析図

4-3 レアメタル鉱床賦存のポテンシャル

地質調査及び地化学探査の結果に基づき、調査地域に賦存が期待される鉱床としては、①Sn, W, Ceを含む初生鉱床、②W, Nb, Liなど多種のレアメタルを含む初生鉱床、③Snなどを含む漂砂鉱床、がある。

これらの鉱床規模、品位については今後の調査により明らかにされていくが、今回の調査で判明した範囲でそれぞれのポテンシャルをまとめると下記の通りとなる。

①Sn, W, Ceを含む初生鉱床

既知鉱化帯は、今回の調査でペグマタイトと総称されたストック状ないしはキューボラ状の小規模貫入岩を母岩とする。母岩はグライゼン化変質を受けており、変質の強弱と石英網状脈の密度の高低には対応関係がある。これら小規模貫入岩の胚胎の場を規制するものはNW-SE方向の弱線と考えられる。この点から小規模貫入岩賦存の可能性が高い地域は既知鉱化帯のNW-SE方向延長部である。延長部には地化学異常値 (Sn) が得られており、これらの異常域には同様な鉱床が賦存する可能性が高い。

これまで確認された鉱化帯では、ペグマタイト中に石英網状脈の大部分が胚胎するが、イサハン川では周囲の古生界中に石英-白雲母脈が認められる。

本鉱化帯の規模を規制するものは、貫入岩体の規模、石英網状脈の密度、古生界との接触部付近での裂カの発達状況と考えられる。マレーシア、タイ、インドネシア・バンカ島などで知られているように、古生界との境界部に網状脈 (裂カ) が発達すれば、鉱床規模はかなり大きな規模となることが期待できる。

②W, Nb, Liなど多種のレアメタルを含む初生鉱床

本タイプの鉱化帯は地質調査では認められていない。地化学探査の結果のみから推定される鉱床タイプであり、Nb, Liはペグマタイトまたはグライゼン中に、W, Nbは石英脈に賦存することが考えられる。その賦存の可能性、規模、品位については今後の調査を待たなければならない。

③Snなどを含む漂砂鉱床

本タイプの鉱化帯は地質調査では認められていないが、地化学探査の結果のみから推定される鉱床タイプであり、賦存の可能性の高いものである。

新第三系分布域のみを集水域とする河川で地化学異常が得られており、さらにその上流の古生界分布域では地化学異常が得られていないことから、この地化学異常を新第三系に求めなければならないものである。最も高い地化学異常値は、アンタン川流域に認められ、そこは新第三系ウンプル層の石英砂岩が分布する。本砂岩層は古期河川を埋めた砂岩層と考えられ、南シナ海の沿海性砂錫鉱床として知られているように谷埋め型の含錫砂岩の可能性はある。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

ティガブル地域における第1年次調査として、写真地質解析、地質調査及び地化学探査が実施された。これらの調査により以下の通りの結論が得られた。

本地域の地質は石炭紀～二畳紀の堆積岩類、ジュラ紀中期から白亜紀前期の花崗岩類、古第三紀の火山砕屑岩類、新第三紀の堆積岩類及び第四紀の堆積物よりなる。

本地域に分布する花崗岩類は、その岩相及び化学組成から、斑状黒雲母花崗岩、黒雲母花崗岩、ペグマタイト（優白色花崗岩、ペグマタイト）及びアブライトに区分される。いずれの花崗岩類とも化学組成及び帯磁率から、カルクアルカリ系列、かつ、チタン鉄鉍系列の花崗岩に分類される。斑状黒雲母花崗岩と黒雲母花崗岩とを化学組成上から比較すると、斑状黒雲母花崗岩の方がより分化の進んだ花崗岩であるといえる。絶対年代測定結果、地質調査結果及び化学分析結果から、黒雲母花崗岩は、花崗岩マグマが分化し親石元素がある程度濃集した段階（斑状黒雲母花崗岩）で捕獲岩同化が行われ、組成が一時期CaOに富む状態になった時期に進入したものと考えられる。

斑状黒雲母花崗岩と黒雲母花崗岩はそれぞれ調査地域中央部から東部にかけての地域と、西部から中央部にかけての地域に、NW-SE方向に配列する。この方向は既知錫鉍化帯2カ所を結ぶ線の方向と一致する。

本地域に認められる鉍化帯は、西部イサハン川及びシカンブ川に認められた含錫石英網状脈である。構成鉍物は石英-錫石-白雲母-電気石-硫砒鉄鉍である。母岩のペグマタイトまたは優白色花崗岩はカリ長石及び斜長石の大部分が白雲母化し、グライゼン化変質を受けている。本鉍化帯の分析結果は、高品位脈でSn3.84%, W0.07%, Ce0.02%, グライゼン化した優白色花崗岩またはペグマタイトが石英脈を含む試料はSn0.2～0.5%, Ce0.08～0.24%を示す。従い、本鉍化帯はSn, W, Ceなどのレアメタルを含むことにより特徴づけられる鉍化帯といえる。

調査地域全体にわたり、河床堆積物による地化学探査とパンニングによる地化学探査が行われた。分析された成分は14のレアメタル元素である。

河床堆積物による地化学探査では、Sn異常域が数多く抽出され、Nb, W, Zr, Th, Ce, Y, U, Liの異常域は2区域しか抽出されなかった。これらの異常域をランク分けした結果、Aランク異常域はSnで8区域、その他の成分で1区域となった。これらSn異常域のうち2区域が既知鉍化帯に対応し、Snは71～710ppmの含有量を示す。

パンニングによる地化学探査では、Sn異常値により構成されるAランク異常域は8区域に認められ、このうち2区域は既知鉍化帯に対応する。

このように既知鉍化帯では、河床堆積物及びパンニングの両者による地化学異常値が得られている。そこで既知鉍化帯以外の異常域において河床堆積物、パンニングの両者がそろって地化学異常値を示す異常域を抽出すると、既知鉍化帯の北西延長部にSn異常域が2区域、アンタン川及びウンツラン川流域の新第三系分布域にSn異常域がそれぞれ1区域ずつ抽出された。このほか、W異常域はカヌマンパン山付近に1区域、さらにニブル川斑状黒雲母花崗岩周辺にNb異常域が1区域、Li異常域が2区域得られた。これらはその異常値の絶対値を別にすれば、両地化学探査で異常値が得られているという点で既知鉍化帯と同等の価値をもっている。

河床堆積物及びパンニングによる地化学探査が重複する異常域の平面的分布を見ると、古生界及び花崗岩類分布域においては東部でW, Nb, Liの異常域が、西部でSnの異常域が得られている。これらを花崗岩類の分布と対応づけると、東部では斑状黒雲母花崗岩分布域と地化学異常域が重複する。西部のSn異常域は、一部が優白色花崗岩またはペグマタイトと重複する。また、重複して分布しないが、東部に分布する新第三系域のSn異常域の源を近隣の花崗岩類にもとめるならば、相対的に見て東部斑状黒雲母花崗岩ではW, Nb, Li鉍床賦存のポテンシャルが高く、Snがこれに次ぐと言え、西部花崗岩類についてはSn鉍床賦存のポテンシャルが高く、Wがこれに次ぐと言える。

地質調査及び地化学探査の結果に基づき、調査地域に賦存が期待される鉍床としては、①Sn, W, Ceを含む初生鉍床、②W, Nb, Liなど多種のレアメタルを含む初生鉍床、③Snなどを含む漂砂鉍床、がある。

①Sn, W, Ceを含む初生鉍床賦存の可能性が高い地域は、イサハン川及びシカンブ川既知鉍化帯のNW-SE方向延長部である。延長部には地化学異常値(Sn)が得られており、これらの異常域にはイサハン川と同様な鉍床が賦存する可能性が高い。

②W, Nb, Liなど多種のレアメタルを含む初生鉍床は地質調査では認められていない。地化学探査の結果のみから推定される鉍床であり、カヌマンパン山周辺にはWを伴う鉍床が、ニブル川斑状黒雲母花崗岩周辺にNb, Liを伴う鉍床が期待される。

③Snなどを含む漂砂鉍床は地質調査では認められていないが、地化学探査の結果から推定される鉍床であり、アンタン川流域の新第三系に賦存の可能性が高い。

5-2 第2年次への提言

第1年次調査の結果、調査地域内に期待される鉱床は、①Sn, W, Ceを含む初生鉱床、②W, Nb, Liなど多種のレアメタルを含む初生鉱床、③Snなどを含む漂砂鉱床である。これらを花崗岩類侵入に伴う鉱化作用とこれを供給源とする漂砂鉱床に分けて、第2年次調査の提言を行う。

(1)花崗岩類侵入に伴う鉱化作用

①イサハン川地域

イサハン川及びその南東のシカンブ川にはペグマタイト中に錫石を含む石英網状脈が発達する。これら鉱化帯は地質構造解析結果及び地化学探査結果からNW-SE延長方向に既知鉱化帯の拡がりとなつた新たな鉱化帯の賦存が期待される。地質精査及び地化学探査にて詳細な地質・地化学情報を得た後に、ボーリング調査を実施することを提案する。

②カユマンバン山地域

今年次の地化学探査によりWの異常値が得られている。本地域の鉱化特性を明らかにするために地質精査及び地化学探査を実施することを提案する。

③ニブル川地域

今年次の地化学探査によりNb, Liの異常値が得られている。本地域の鉱化特性を明らかにするために地質精査及び地化学探査を実施することを提案する。

(2)漂砂鉱床

①アンタン川地域

今年次の地化学探査によりアンタン川流域の新第三系分布域にSnの異常値が得られている。本地域の錫漂砂鉱床の評価を行うために地質精査及び地化学探査を実施することを提案する。

第Ⅱ部 各 論

第 II 部 各 論

第 1 章 写真地質解析

1-1 調査方法

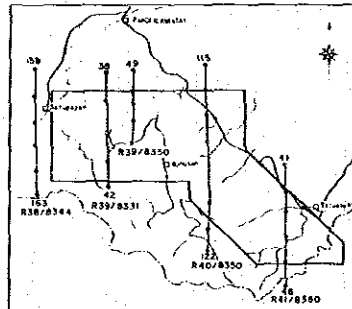
本調査の目的は、航空写真を用いた写真地質学的判読を行い、本地域の地質单元及び広域的な地質構造を解明することにより、地質調査・地化学探査の指針を得ることである。

調査に使用した写真は、縮尺約1:110,000の白黒写真で、調査地域をカバーする写真枚数は30枚である。使用した航空写真の一覧を第2-1表に、また、概略の標定図を第2-1図に示す。

調査方法は、本地域が植生分布区分上、熱帯雨林帯に属し、全域にわたり密林により覆われていると予想されたため、通常、写真地質判読で岩質区分、地質構造などを判読するのに用いられる判読要素の中でも、特に地形的特徴、階調構造、水系パターン及び密度、線状構造に注目し判読を行った。

第 2-1 表 使用航空写真一覧

コース番号	写真番号	枚 数
R38/8344	158~163	6
R39/8331	38~42	5
R39/8350	45~49	5
R40/8350	115~122	8
R41/8360	41~46	6



第2-1図 航空写真標定図

1-2 写真地質解析結果

(1)地質单元区分








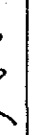
写真地質解析の結果、第2-2表及び第2-2図に示す通り、本地域の地質は8地質单元（以下、地質单元を单元と称する）に区分された。これらは、碎屑岩類（6单元）、貫入岩類（单元G）及び未固結碎屑物（单元Q）からなる。碎屑岩類は、既存資料との対比より、古生界のP₁、P₂、Hと第三系T₁、T₂、T₃の单元に分けられる。

①单元P₁

ガンサル川とアンタン川に挟まれる範囲、アンタン川東部及び本地域南東部に広く分布する。分布面積は8单元中最も広い。

本单元分布域には中～高密度の亜樹枝状水系が発達し、風化侵食に対する抵抗度が他の古生界の单元に比べ、相対的に低いことで特徴づけられる。

第 2-2 表 写真地質解析結果

Units	Characteristics		Morphological Expression						Interpretation
	Photo-characteristics		Drainage		Landform				
	Texture	Vegetation	Pattern	Density	Cross Section	Resistance	Surface		
Q	Very Fine	Glass Land Low	Meandering	Low		Very Low	Smooth	Unconsolidated Deposits	
T ₃	Fine to Medium	Low	Meandering	Low		Low	Horizontal to Gentle	Fine to Medium Grained Clastic Rock	
T ₂	Fine	Low	Meandering	Low		Very Low	Horizontal	Fine Grained Clastic Rock	
T ₁	Medium to Coarse	Low to High	Subdendritic	Medium to Low		Moderate	Moderate	Medium to Coarse Grained Clastic Rock	
P ₂	Coarse	High	Subdendritic	Very High		High	Rather Steep	Very Hard Clastic Rock	
P ₁	Medium to Coarse	High	Subdendritic	Moderate to High		Moderate to High	Moderate to Steep	Hard Clastic Rock	
G	Smooth	Moderate	Subradial	Moderate		High	Gentle	Granitic Rock	
H	Coarse	High	Subdendritic to Subrectangular	High		Very High	Steep	Very Hard Rock (Hornfelsic)	

以上の特徴から、本単元は硬質の碎屑岩類より構成されると判定される。

②単元P₂

本地域南西部アンタン川西方の山地を構成する単元であり、また、本地域南東端にも小規模に分布する。本単元が本地域内で占める面積は、極めて狭い。

異常に高密度の垂樹枝状水系が発達し、抵抗度が高いこと、さらに単元P₁に比べ、山腹が急斜面をなすことで特徴づけられる。

本単元は、単元P₁に比べ、より硬質の碎屑岩類から構成されると判定される。

単元P₁とP₂との関係は、両者が直接しないので、不明である。

③単元H

本地域中央部カヌンバン山付近の単元GのNW及びSE延長部に分布するほか、東部ウンヅラン山 (Pg. Endelang) 北東方に小規模に、また、中央部から北西部にかけWNW-ESE方向に細長く伸びて分布する。

高密度の垂直方状ないし垂樹枝状水系が発達し、本地域内で最も抵抗度が高いこと、さらに単元P₁に比べ、山腹が急斜面をなすことで特徴づけられる。

本単元は、花崗岩類と判定される単元Gの一部で直接して分布することから、単元P₁が熱変成をうけ、ホルンフェルス化したものと判定される。

④単元T₁

本地域西部アンタン川流域、中央部ガンサル川流域、北東部及び南東部の丘陵地帯、さらに、南部ランクupp山 (Bt. Langkup) 周辺に、単元P₁に次ぐ広がりを持ち、分布する。

中～低密度の垂樹枝状水系が分布し、本地域内で認められる単元の中では中程度の抵抗度を示すこと、山腹斜面が緩い傾斜を示すこと、さらに中～粗粒の階調構造を示すことで特徴づけられる。

本単元は、やや軟質かつ中～粗粒の碎屑岩から構成されると判定される。下位の単元 (P₁, P₂) との関係は不整合と解される。

⑤単元T₂

本地域北東部において単元T₁のさらに北東側に、また、西部アンタン川上流域にも分布する。

低密度の蛇行状水系が発達し、非常に低い抵抗度を示すこと、地表面がほぼ平らな形を示すこと、さらに細粒の階調構造を示すことで特徴づけられる。

本単元は、軟質かつ細粒の碎屑岩から構成されると判定される。下位の単元T₁との関係は整合と解される。

⑥ 単元 T₂

本地域北東部単元 T₂ のさらに北東側に NW-SE に細長く延びて分布する。

低密度の蛇行状水系が発達し、低い抵抗度を示すこと、地表面がほぼ平らまたは丘陵地形を示すこと、さらに細～中粒の階調構造を示すことで特徴づけられる。

本単元は、軟質かつ細～中粒の碎屑岩から構成されると判定される。下位の単元 T₂ との関係は整合と解される。

⑦ 単元 Q

本地域北東端にのみ分布する。

低密度の蛇行状水系が発達し、非常に低い抵抗度を示すこと、地表面が平らかつ滑らかな形を示すこと、さらに非常に細粒の階調構造を示すことで特徴づけられる。

本単元は、未固結碎屑物から構成されると判定される。

⑧ 単元 G

本地域中央部カユマンバン山周辺に本単元の中では最も広い面積を占め、また、カユマンバン山から北西方向に 4カ所、南東部ウンツラン山付近から南西方に 4カ所、さらに西部ピンツーツュー山 (Bt. Pintutujuh) の北方及び北東方、中央南部ツンク山 (Bt. Tungku) に小規模に分布する。

中程度の密度の亜放射状水系が発達し、高い抵抗度、山腹斜面が丸みを帯びたドーム状形態を示すこと、さらに滑らかな階調構造を示すことで特徴づけられる。また、南東部クリタン川 (S. Keritang) とニブル川 (S. Nibul) に挟まれる範囲に分布する本単元の一部には、周囲の単元との境界に亜環状構造が認められる。

本単元は、周囲に単元 H を伴うこと、亜環状構造が認められること、さらに、水系パターン及び地形的特徴から、単元 P₁ を貫く花崗岩類から構成されると判定される。

(2) 地質構造

碎屑岩よりなるいずれの単元にも、ベディングは認められず、これらは塊状岩より構成されると判定された。従い、褶曲構造の有無については不明である。

本地域には、断層または断層破碎帯を表すリニアメント、節理または小規模な割れ目を表す破碎線が判読され、さらに単元の分布形態より小規模な向斜構造が推定された。

① リニアメント

本地域全体で 35本のリニアメントが認められた。このうち、28本は単元 P₁、H、G 中に発達し、7本は単元 T₁ 中または単元 T₁ とそれ以下の単元とにまたがって分布する。

本地域全体のリニアメントを方向別に本数で区分すると N-S から NNW-SSE 方向及び WNW

-ESE系統が卓越する。地域ごとにみると、西端部单元P₁分布域にリニアメントがまとまって分布する。リニアメント1本ごとの延長を見ると、延長10km以上の連続性に富むものはNNW-SSEからWNW-ESEの方向を示す。

② 破碎線

本地域北部单元P₁中にのみ、NE-SW方向を示す延長1km程度の破碎線が7本認められる。

③ 向斜構造

本地域南西部アンタン川沿いに分布する单元T₂中にその分布形態から、NNW-SSE方向の軸を持つ向斜構造の存在が推定される。

1-3 考察

第I部第3章で述べた通り、本地域には古生界に進入した花崗岩類に伴われる金属鉱床が期待される。この観点から、写真地質解析結果を考察すると、

①先第三系分布域の中に認められるリニアメントの方向は、N-S方向とWNW-ESE方向を示すものが多い。

②花崗岩類と判定される单元Gは、NW-SE方向に配列する。東部シンパン川(S. Simpang)沿いのNE-SW方向のリニアメントを左ずれ走向移動断層と考え、復元すると、中央北部ラバット山から東部ニブル川南方にかけほぼ一直線上に9つの单元Gが配列する。また、西部ピンツーツジュー山からツンクー山にかけても单元Gが同方向に配列する。

③上記より、花崗岩類進入時の構造的弱線方向としては、NW-SE方向が考えられる。

第2章 地質調査

2-1 調査方法

本年次調査は、インドネシア共和国ティガプル地域資源開発協力調査の初年度にあたり、既存地質情報の解析、航空写真地質判読を行い、調査地域の地質的位置付けを明らかにした上で、地質調査・地化学探査を実施した。

調査に先立ち、航空写真地質判読で使用した航空写真から縮尺1:50,000の地形図を作成した。調査にあたっては、縮尺1:50,000の地形図を縮尺1:25,000に拡大し、この地形図を基に地質調査を行った。鉱徴地では鉱化変質の状況が把握できるように詳細な調査を行った。

総踏査延長は539kmで、地質図は縮尺1:50,000に編集した。河床堆積物1,019試料、河床堆積物パンニング210試料、岩石薄片31試料、X線回折粉末法試験31試料、絶対年代測定5試料、全岩分析10試料、鉱石分析21試料を調査解析に使用した。

2-2 地質概況

調査地域の地質は、石炭系～二畳系、第三系、第四系及び石炭系～二畳系を貫く花崗岩類よりなる。

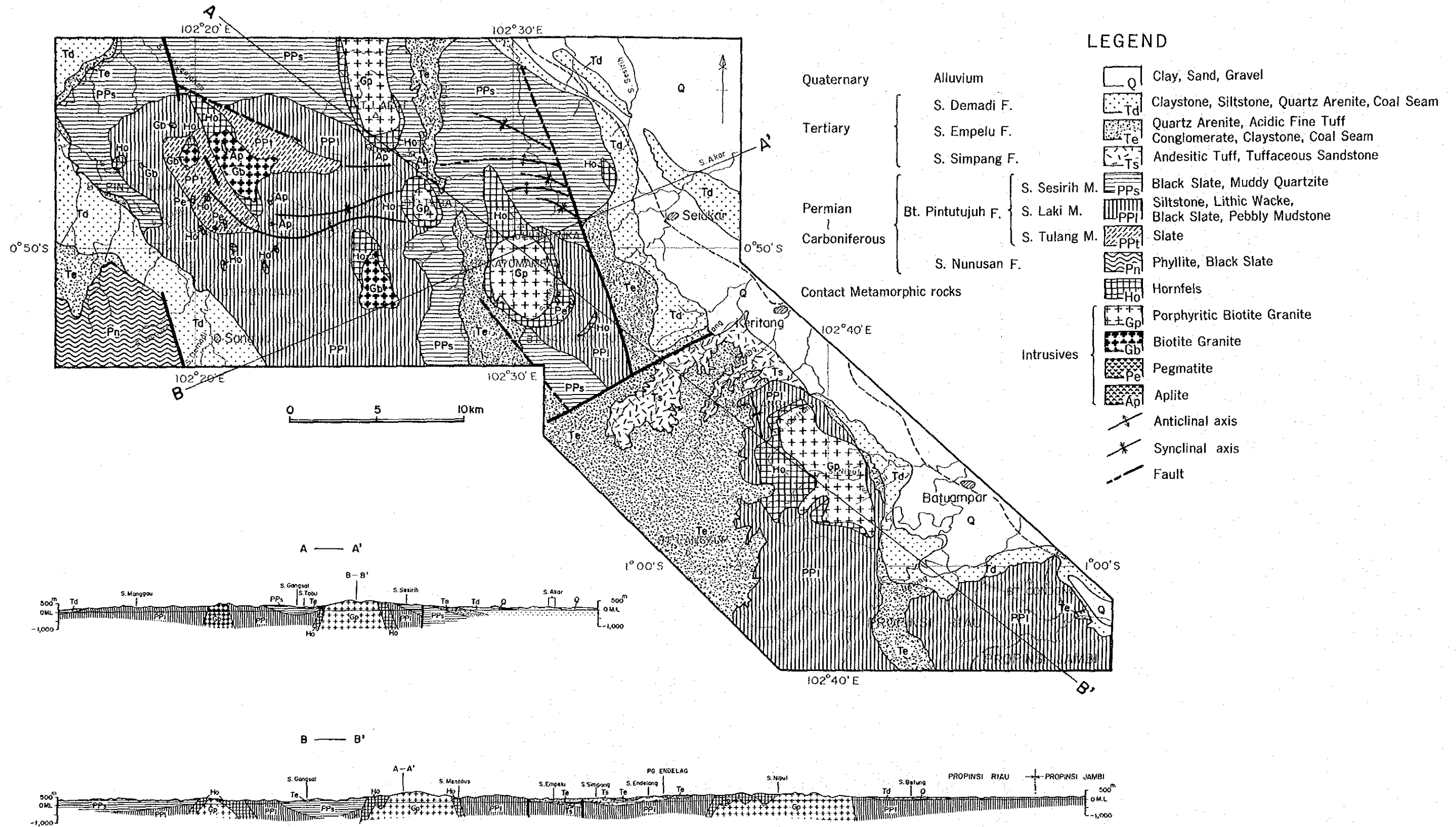
古生界はヌヌサン川(S. Nunusan)層及びピンツーツジュー山層に区分される。ヌヌサン川層は泥質岩起源の千枚岩及び黒色粘板岩よりなる。ピンツーツジュー山層は、黒色粘板岩等からなり、これらはその岩相の違いからツラン川部層、ラキ川(S. Laki)部層、セシリー川(S. Sesirih)部層に区分される。ヌヌサン川層とピンツーツジュー山層との直接的関係を示す露頭はないが、両者にはスレート劈開の発達程度に明瞭な差がある。

古生界を貫いて花崗岩類が分布するが、それらは岩相上、斑状黒雲母花崗岩、黒雲母花崗岩、ペグマタイト及びアプライトに区分される。貫入時期はジュラ紀ドッガー世から白亜紀ネオコム世である。この貫入類の貫入により、石炭系～二畳系の堆積岩は接触変成作用を受け、ホルンフェルスとなっている。

これらを不整合に覆い、安山岩質凝灰岩類よりなる古第三系が狭い範囲に分布する。さらに古第三系と不整合関係で、石英質アレナイト、粘土岩などからなる新第三系が各所に分布する。

本地域に認められる地質構造は、古生界の多数の褶曲構造と新第三系を切る断層により特徴づけられる。多数の向背斜構造は古生界中に認められ、S字型配列を示す。断層は、NW-SE系、NNW-SSE系、NE-SW系のものが発達する。花崗岩類は、そのタイプごとにNW-SE方向に配列する傾向が認められる。

第2-3図に地質図・地質断面図を、第2-4図に本地域の層序・火成活動の要約を示す。



第2-3图 地質・地質断面図

Geological Age	Formation	Columnar Section	Thickness (m)	Rock Facies	Igneous Activity	Mineralization
Cenozoic	Quaternary		500+	Clay, Sand, Gravel	Porphyrritic Biotite Granite (Gp) Biotite Granite (Gb) Pegmatite (Pe), Aplite (Ap) Contact Meta. → Hornfels (Ho)	Placer Tin deposits
				S. Demadi		
	Neogene	S. Empe lu		300	Quartz Arenite (Q), Acidic Fine Tuff (Af) Conglomerate (Co), Claystone (Cl), Coal Seam (Cs)	
				S. Simpang		
Mesozoic	Paleogene		300+	Andesitic Tuff (At) Tuffaceous Sandstone (Ts)		
			Cretaceous		1100+	Black Slate, Muddy Quartzite
					Jurassic	S. Sisirih
Triassic	S. Tulang	500+	Slate			
		Paleozoic	S. Nnusan		500+	Phyllite, Black Slate

第2-4图 地質模式層序图

2-3 地質層序

(1) ヌヌサン川層

本地域南西部にのみ分布し、アンタン川支流ヌヌサン川を模式地とする。

本層は、黒色、灰黒色またはオリーブ灰色を呈する非常に硬質の薄板状に割れやすい千枚岩及び黒色粘板岩より構成される。上位のピンツーツジュー山層の黒色粘板岩と似るが、全般に硬質であり、スレート劈開が強く発達することで区別される。

本層は本地域の最下位層であり、層厚は500m+である。ルンガット図幅のガンサル層に對比される。

(2) ピンツーツジュー山層

本層は、岩相の違いから、下位よりツラン川部層、ラキ川部層、セシリー川部層の3部層に分けられる。3部層の露頭を一括して観察できる地域はピンツーツジュー山西方アンタン川からツラン川にかけての範囲である。

① ツラン川部層

ピンツーツジュー山東方ツラン川上流域にのみ分布する。

暗緑灰色から灰色を呈する塊状の粘板岩よりなり、風化を受けると軟質灰色の頁岩または粘土岩様となる。一部に片理が認められることがあるが、スレート劈開がみられることは稀である。

本部層と下位のヌヌサン層との関係は、両者が直接しないため不明であるが、後述する通り、断層関係と推定される。層厚は500m+と考えられる。

ルンガット図幅のムンツル層の一部に對比される。

② ラキ川部層

本地域西部では、下位のツラン川部層を取り囲み、中央部ではカユマンバン山南東方にNW-SE方向に、東部ではウンヅラン山から南方にかけ広範囲に、分布する。

灰色、暗灰色、稀に暗緑灰色を呈するシルト岩ないし石質グレーワッケを主体とし、黒色泥岩ないし黒色粘板岩を挟在する。一般に塊状を呈し、層理が認められることは少ない。径1~3mm程度の泥質岩及び珪岩の岩片や石英粒、長石片を含むことが多く、ラキ川上流やツラン川下流域では、岩片や鉱物片に加え、中礫から細礫サイズの泥質岩及び珪岩よりなる垂角ないし垂円礫を含む。本層の各岩石は風化すると非常に軟弱になる。

本部層は、1,000mの層厚を有し、ルンガット図幅のムンツル層の一部に對比される。

③ セシリー川部層

本地域西部から中央部にかけ、下位のラキ川部層を取り囲み分布する。

黒色を呈する泥岩、粘板岩よりなり、全般に塊状を呈し、劈開の発達は弱い。また、層

理面も殆ど認められない。一部でシルト質または砂質となることがある。また、ピンツーツジャー山西方では灰色の泥質珪岩を挟在する。泥岩、粘板岩は風化すると灰色軟質となる。

本部層は層厚1,100mを有し、ルンガット図幅のムンツル層の一部に対比される。

(3) シンパン川層

主として安山岩質の凝灰岩よりなり、一部に砂岩が認められる。本調査地域の東部ウンツラン川を中心とした地域にのみ分布する。

凝灰岩は一般に黄緑色で均質な岩相を呈するが、少量の安山岩岩片を含むこともある。層理面は認められない。中程度の固結度を示し、節理も発達する。

砂岩は上記凝灰岩中に薄層として挟まれる凝灰岩と同質の粒子からなる中粒砂岩である。

本層の層厚は300m程度と見込まれ、下位のピンツーツジャー山層とは断層で接する。

本層の岩石は、上位の新第三系中新統の岩石に比べ、固結度が高いこと、南スマトラにおいて古第三紀漸新世から中新世にかけて安山岩質の火山活動があること(BEMMELEN, 1970)から、本層の時代を古第三紀とした。

(4) ウンプル川 (S. Empulu) 層

本層は、ガンサル川流域、ウンツラン山から南西部にかけ広範囲に、また、古生界の外縁部に直接して、分布する。

灰白色ないし灰色の石英質アレナイトと白色の細粒酸性凝灰岩を主体とする。いずれも固結度は良好ではない。

アレナイトは細粒なものから粗粒なものまであり、大部分が石英の粒子のみで構成されている。層理面は良く発達する。アレナイト中には、一般に厚さ10~30cmの黄灰色の粘土岩を挟み、稀に厚さ最大1.5mの石炭層を挟む

また、本層の最下位部には、多量の脈石英細角礫と少量のシルト岩細歪円礫とを含み、基質が石英砂よりなる礫岩が発達する。

凝灰岩は、酸性ガラスの細片よりなり、層理面は認められない。本層はウンツラン川上流部を中心とした地区に広く分布する。

本層は300mの層厚を有する。ルンガット図幅のラカット層に対比され、第三紀中新世前期の堆積物である。

(5) ドゥマディ川 (S. Demadi) 層

西部アンタン川流域及び、東部ウンプル川層分布域のさらに北東で、下位ウンプル層を整合に覆って分布する。

粘土岩とシルト岩を主体に構成され、下位では石英質アレナイトと石炭層を挟在する。

粘土岩は灰色ないし暗灰色を、シルト岩は灰黄色を呈し、両者とも軟質である。シルト岩は明瞭な層理面を持つことが多い。下位部に挟在される石英質アレンイトは中粒ないし粗粒で一般に薄層である。石炭層は数層準あるが、一般に薄く、厚さ1m程度のものが多い。炭質は良好でなく、泥質な部分が多い。

本層は500m+の層厚を有する。ルンガット図幅のツアラン層及びグマイ層に対比され、第三紀中新世前期～中期の堆積物である。

2-4 貫入岩類

本地域に分布する貫入岩類は、古生界を貫く、斑状黒雲母花崗岩、黒雲母花崗岩、ペグマタイト及びアプライトよりなる花崗岩類である。

(1) 斑状黒雲母花崗岩

本地域中央北部ラパット山 (Bt. Lapat) から北方に延びる6×2kmの範囲、中央部カヌマンバン山を中心とする5×4kmの範囲及びツバット山 (Bt. Tebat) を中心とする2×1kmの範囲、東部ニブル川中流域を中心とする9×3kmの範囲に分布する。

本岩は最大5×5cmの柱状または菱形状を示すカリ長石巨斑晶を含むことにより特徴づけられ、カリ長石巨斑晶は容積比で全体の60%を越す部分もある。カリ長石巨斑晶中には中～細粒の黒雲母斑晶を含むことが多い。カリ長石巨斑晶を除くと、鏡下では等粒構造を示す石英、カリ長石、斜長石及び黒雲母を主造岩鉱物とする(第2-3表)。カリ長石、斜長石はソーシュライト化している。

本岩のK-Ar年代(第2-4表)は、東部ニブル川中流域ではジュラ紀ドッガー世(167±4Ma)を、カヌマンバン山ではジュラ紀マルム世(143±3Ma)を、ラパット山北方では白亜紀ネオコム世(134±3Ma)を示し、南方より北方に向かい順次若い年代を示す傾向がある。

(2) 黒雲母花崗岩

中央部ツク山を構成するとともに、西部ピンツーツジャー山東方及び北方に4岩体が分布する。

石英、カリ長石、斜長石、黒雲母及び普通角閃石を主造岩鉱物とし、鏡下では等粒構造または集斑状構造を示す。カリ長石、斜長石はソーシュライト化している。

本岩のK-Ar年代は、西部ピンツーツジャー山北方では白亜紀ネオコム世(128±3Ma)を示す。

(3) ペグマタイト及びアプライト

ペグマタイトは、西部イサハン川 (S. Isahan) 上流、シカンブ川 (S. Sikambu)、東部アカール川 (S. Akar) 支流クルンツン川 (S. Keruntung) 及びムンタウス川 (S. Mentaus)

第2-4表 絶対年代測定結果

Sample No.	Locality	Rock Name	Sample Type	Potassium (k wt%)	Rad. ^{40}Ar (10^{-6}cc/g)	K-Ar age (Ma)	Air cont. (%)	Remarks Alt. deg.
A20	S. Manggajahan	Bi-Gr	Whole rock	3.02 ± 0.06	15.5 \pm 0.2 15.4 \pm 0.2	128 \pm 3 127 \pm 3	3.2 3.3	1
A28	S. Muara	Por-Gr	Whole rock	3.40 ± 0.07	18.5 \pm 0.2 18.2 \pm 0.2	135 \pm 3 133 \pm 3	2.7 2.3	1
CR38	S. Tulang	Bi-Gr	Whole rock	3.22 ± 0.06	14.1 \pm 0.2 14.3 \pm 0.2	109 \pm 3 111 \pm 3	4.6 4.8	2
DR38	S. Mentaus	Por-Gr	Whole rock	3.70 ± 0.07	21.4 \pm 0.2 21.2 \pm 0.2	144 \pm 3 142 \pm 3	1.9 1.8	1
ER17	S. Salai	Por-Gr	Whole rock	3.46 ± 0.07	23.3 \pm 0.2 23.5 \pm 0.2	166 \pm 3 167 \pm 3	1.8 1.5	1

Bi-Gr : Biotite Granite, Por-Gr : Porphyritic Biotite Granite

Alt. deg. : 1 -- Fresh or Altered worm-eaten like or along cleavages

2 -- Altered mafic minerals partly

に小規模貫入岩として分布する。地表面での形態は、西部では直径100m程度の円形または100×200m程度の楕円形を、東部では幅1~5m程度の岩脈をなす。アプライトは、西部ピンツージュー山東方の中粒黒雲母花崗岩中、ルマン川 (S. Lemang) 上流及びムンタウス川の古生界中に幅3~5mの小規模岩脈として分布する。また、ツンク山西方及びラパット山南方には多量のアプライト転石が認められ、ルマン川河口付近には小規模アプライト岩株として分布する。ペグマタイトは、石英、カリ長石及び斜長石を主造岩鉱物とし、少量の白雲母を伴う。鏡下では文象構造、ペグマタイト構造または等粒構造を示す。カリ長石、斜長石はソーシュライト化している。本岩は、特に西部イサハン川上流及びシカンブ川では、ペグマタイト、優白色花崗岩または花崗岩と呼べる岩相を示すが、東部アカール川支流では、西部とは異なり、ペグマタイトのみが分布する。本岩類を前述の黒雲母花崗岩と区別するため、以降、本岩類を一括しペグマタイトと呼ぶ。

アプライトは、等粒構造を示す石英、カリ長石、斜長石及び白雲母を主造岩鉱物とする。ツンク山西方、ラパット山南方で本岩は、多量の石英と微量の黒雲母、白雲母、普通角閃石、褐レン石から構成されるアプライト~高温石英脈の岩相を呈する。

(4)化学組成

斑状黒雲母花崗岩と黒雲母花崗岩より10個の試料を採取し、主成分として13成分を、さらに微量成分としてフッ素を分析した。

分析結果及びC. I. P. Wノルム鉱物重量比は第2-5表の通りである。石英-カリ長石-斜長石ノルム重量比から見た本地域の花崗岩類は、第2-5図に示す通り、花崗岩と花崗閃緑岩域にプロットされ、岩相上から区分された斑状黒雲母花崗岩は花崗岩域に、黒雲母花崗岩は花崗閃緑岩寄りの花崗岩域から花崗閃緑岩域にかけてプロットされる。

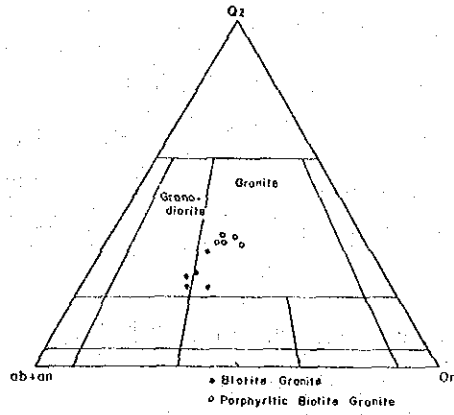
分化指数(第2-5表, D. I.)をみると、斑状黒雲母花崗岩は83%以上の値を示し、黒雲母花崗岩は58~70%と低い値を示す。錫鉱化を伴う、北スマトラのハタパン(Hatapan)地域の花崗岩類と本地域の花崗岩類とをSiO₂含有量及び分化指数について比較すると、前者はSiO₂73~77%、分化指数92%以上と分化の進んだ花崗岩であるのに対し、後者はSiO₂73%以下であり、分化指数は85%以下と分化の程度の低い花崗岩と言える。

アルカリ-石灰の含有量を比較するために、第2-6図にアルカリ/石灰比を示したが、斑状黒雲母花崗岩はK₂O>Na₂O>CaOの傾向を示し、黒雲母花崗岩はK₂O=CaO>Na₂Oと前者に比べCaOに富む。また、同図上にタイの含む錫花崗岩(ISHIHARA et. al., 1980)及び北スマトラのハタパン地区の花崗岩(JICA・MMAJ, 1983)の分布範囲を示したが、これらに比べると、本地域の斑状黒雲母花崗岩は前二者と接近して分布するが、黒雲母花崗岩は明らかに離れた分布を示す。

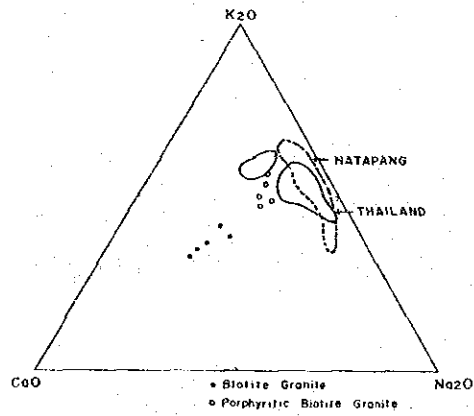
花崗岩を形成するに至った珪長質マグマの生成に関与した物質の性質を明らかにするための花崗岩区分として、S-type・I-type, 磁鉄鉱系列・チタン鉄鉱系列がある。S-type・

第2-5表 全岩分析結果

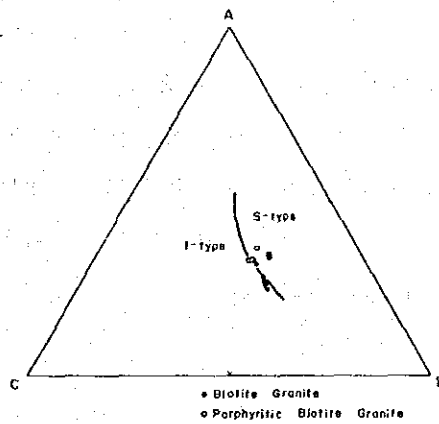
Sample No.	A-7	A-18	A-20	A-25	A-28	CR-28	CR-35	CR-38	DR-38	ER-17
Locality	Bt. Kayu- manbang	S. Mangga- jahan	S. Mangga- jahan	S. Mangga- jahan	S. Muara	S. Nibul	S. Tulang	S. Tulang	S. Mentaus	S. Salai
Rock Name	Por-Gr	Bi-Gr	Bi-Gr	Bi-Gr	Por-Gr	Por-Gr	Bi-Gr	Bi-Gr	Por-Gr	Por-Gr
SiO ₂	71.81	66.47	64.12	63.08	72.88	71.94	61.11	65.36	71.86	70.56
TiO ₂	0.33	0.24	0.37	0.67	0.86	0.30	0.70	0.29	0.33	0.27
Al ₂ O ₃	13.38	15.33	15.37	15.42	13.88	13.97	15.58	15.00	14.08	14.59
FeO _s	0.24	0.30	0.24	0.26	0.31	0.33	0.38	0.04	0.30	0.75
FeO	0.25	0.12	0.00	0.12	0.05	0.05	0.34	0.09	0.06	0.48
MnO	0.05	0.18	0.08	0.20	0.15	0.16	0.16	0.09	0.06	0.08
CaO	1.17	1.32	1.07	1.40	1.50	1.86	1.34	1.30	1.06	1.55
Na ₂ O	2.73	2.38	2.46	2.34	2.05	2.87	2.07	2.07	2.03	2.81
K ₂ O	4.96	4.10	3.78	3.68	4.39	4.73	3.58	4.08	4.57	5.59
P ₂ O ₅	0.22	0.26	0.25	0.22	0.22	0.22	0.20	0.22	0.20	0.23
BaO	0.04	0.12	0.08	0.22	0.03	0.05	0.09	0.08	0.03	0.06
LOI	0.96	1.11	1.01	0.59	0.74	0.74	1.24	1.22	0.16	0.68
Total	100.20	100.30	100.10	100.20	100.70	100.70	100.20	100.30	100.40	100.40
F(ppm)	530	600	510	640	410	780	650	540	630	800
Q	31.47	26.04	21.36	19.95	33.18	31.45	17.04	19.73	30.48	27.99
C	1.79	1.56	0.43	0.15	1.63	1.37	0.00	0.00	0.86	1.79
or	26.31	21.23	22.84	21.73	23.93	27.05	26.00	24.17	21.01	33.04
ab	23.09	20.13	20.80	19.79	25.79	24.27	19.79	25.96	25.62	23.76
an	6.36	14.78	18.57	20.31	6.79	7.80	21.58	15.10	8.82	5.80
di-wo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.15	0.00	0.00
di-en	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00
di-fs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.20	0.00	0.00
hy-en	3.61	6.08	4.64	7.46	3.12	5.54	6.79	4.36	1.64	3.55
hy-fs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
il	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ap	0.52	1.03	1.12	1.27	0.49	0.57	1.33	0.93	0.63	0.51
Total	98.96	98.69	98.56	98.64	99.43	99.68	91.97	98.60	99.97	99.43
D. I.	83.87	70.40	64.50	61.49	84.92	83.67	57.75	69.80	83.11	84.79
Al ₂ O ₃	1.10	1.07	0.99	0.97	1.10	1.06	0.94	0.95	1.03	1.09
(CaO+Na ₂ O+K ₂ O)	1.10	1.07	0.99	0.97	1.10	1.06	0.94	0.95	1.03	1.09



第2-5図 石英-カリ長石-斜長石ダイアグラム



第2-6図 アルカリ/石灰比ダイアグラム



第2-7図 ACFダイアグラム

I-type区別のためのACFダイアグラム上（第2-7図）では、斑状黒雲母花崗岩はS-typeゾーン及び両者の境界に位置し、黒雲母花崗岩は境界線上及びI-typeゾーンに分布する。

C/ACF- $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ ダイアグラム上（第2-8図）では両花崗岩ともほぼI-typeと見なせる。 $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ モル比でみると、斑状黒雲母花崗岩は1より大きな値を示し peraluminousなマグマから晶出したと考えられるが、黒雲母花崗岩は1以下でありマグマの性質の違いをうかがわせる。

磁鉄鉱系列・チタン鉄鉱系列の区分に用いられる $Fe^{2+}/Fe^{3+}-SiO_2$ 図上（第2-9図）では、本地域の花崗岩類はすべてチタン鉄鉱系列に属する。

フッ素含有量については、410~800ppmの値を示し、これはハタパン地区の花崗岩（350~6,050ppm）やマレーシア・キンタバレーの花崗岩（300~5,700ppm）に比べ、上限値、平均値ともに低い。

2-5 地質構造

本地域の地質構造は、古生界の多数の褶曲構造と、第三系の緩傾斜構造とによって特徴づけられる。さらに、古生界及び第三系を切る断層はNW-SE系、NNW-SSE系、NE-SW系のもが認められ、NW-SE系はNNW-SSE系に、さらにNNW-SSE系はNE-SW系に切られる傾向が認められる。

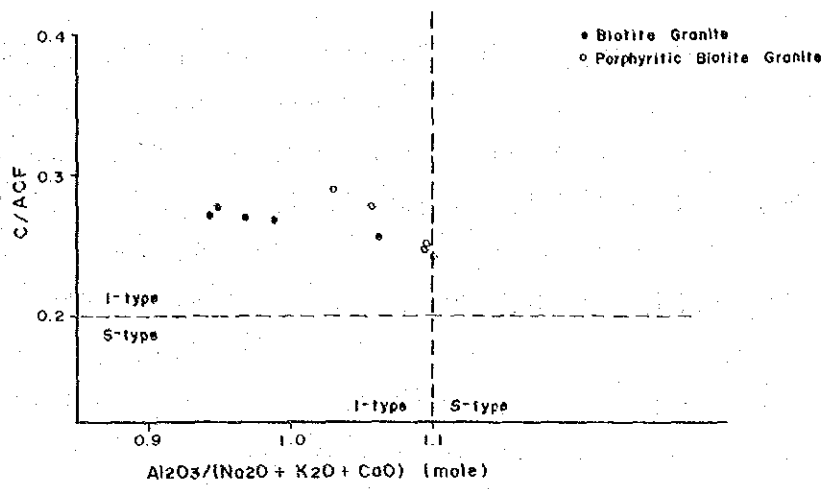
(1) 褶曲構造

本地域の古生界は、いずれの地層も層理が不明瞭であり、その構造は明らかでないことが多いが、西部ピンツーツジュー山付近から、ツバット山、カユマンバン山北方では層理の明瞭な部分があり、そこには複数の向背斜構造が認められる。それらの褶曲の波長は1km程度で、褶曲軸の方向はピンツーツジュー山付近ではNW-SE方向を、ツバット山からカユマンバン山北方ではE-W方向を示し、さらにカユマンバン山北東方ではNW-SE方向と変化する。また、東部ウンヅラン山東方にはN-S方向の軸を持つ向斜構造が認められ、ピンツーツジュー山付近から南東方向に向け、向背斜構造がS字型に配列していると解される。

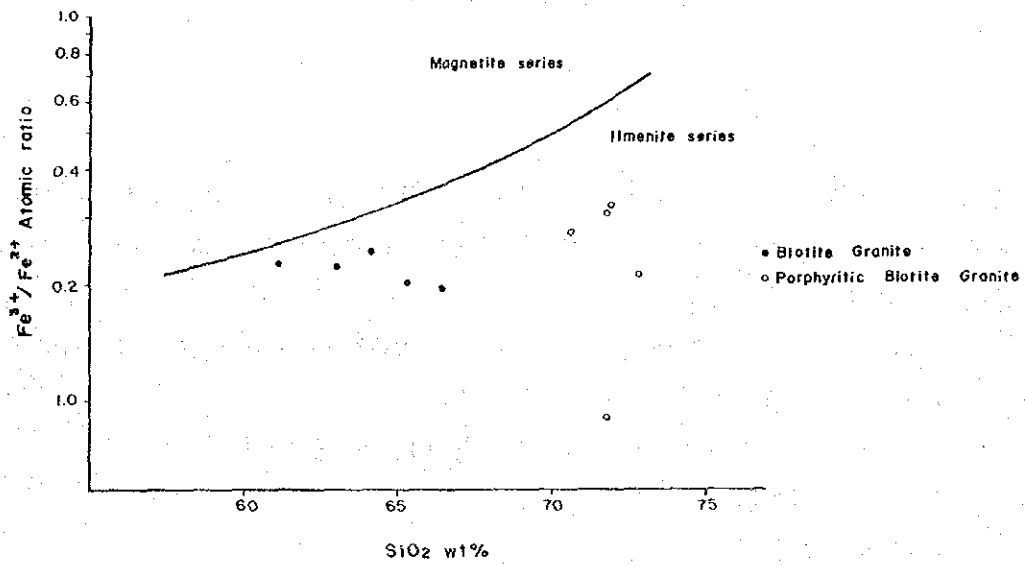
新第三系には緩傾斜構造が認められるのみであるが、古生界との境界付近では、地域を問わず、より急傾斜（ $15^{\circ}\sim 45^{\circ}$ ）となっており、これらは新第三紀中新世以降の古生界のブロック隆起を反映したものと考えられる。

(2) 断層

NW-SE系断層は西部マンガジャハン川（S. Manggajahan）上流域にのみ認められる。NNW-SSE系断層は、西部アンタン川上流域、マンガジャハン川下流域、ツラン川上流域、中央部ガンサル川上流域に、また、東部セシリ川からカユマンバン山東方にかけて分布し、新第三系にまで変位を与えている。NE-SW系はカユマンバン山南方に分布し、新第三系に



第2-8図 C/ACF-Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O)ダイアグラム



第2-9図 Fe²⁺/Fe³⁺-SiO₂ダイアグラム

まで変位を与えている。

東部スマトラの構造発達史については、第1部第3章に述べたが、TIJA(1989)によれば、「白亜紀後期まで圧縮の場にあった東部スマトラは、白亜紀後期～第三紀前期には引っ張りの場に転じ、南北方向の断裂沿いに地溝が形成された。漸新世から鮮新世にはスマトラは再び圧縮の場になり、南北方向の断裂沿いに走向移動断層が発達した」とされている。この考え方で本地域の断層活動を解釈すると、西部アンタン川流域及び中央部ガンサル川流域の第三系分布域には、白亜紀後期～第三紀前期に形成された地溝帯または断裂が潜在している可能性が高い。第三紀漸新世以降NNW-SSE系の断層が活動を始め、中新世以降この断層は古生界のブロック隆起に伴う縦すべり断層の様相を呈してくる。NE-SW系断層はNNW-SSE系断層に続き活動を始めた横すべり要素の強い断層と解される。

(3) 貫入岩の配列

斑状黒雲母花崗岩は、中央北部ラパット山からカユマンバン山にかけてNW-SE方向に配列する。さらに南東部では、前述のNE-SW系断層を挟み、ニブル川中流域に別岩体が分布する。このNE-SW系断層を左横ずれ断層と考え、走向方向に約7km移動させると、斑状黒雲母花崗岩は4岩体がNW-SE方向に一直線上に配列する。

黒雲母花崗岩は本地域西部にて、方向は前述の方向とわずか異なるが、NW-SE方向に配列する。

西部イサハン川上流及びシカンブ川には錫鉍化作用を伴うペグマタイトが分布する。これら2地点を結ぶ方向は、上記斑状黒雲母花崗岩の配列方向と一致する。

2-6 鉍化・変質作用

調査地域内に分布する花崗岩類は、カルクアルカリ系列に属し、さらにチタン鉄鉍系列に属することは、前項で述べた。このような花崗岩類には、Sn, W, Be, Nb, Ta, Thなどの酸化物を含む鉍床が伴われる。

このような観点に立ち、調査地域に認められた鉍徴(第2-10図)を、さらにその母岩及び鉍物組み合わせから分類すると以下の通りとなる。

- ① ペグマタイト及びペグマタイト中の石英-白雲母-電気石脈
- ② 花崗岩中の石英脈
- ③ 古生界中の石英脈
- ④ 珪化・粘土化帯
- ⑤ 新第三系中の石炭

なお、上記鉍徴のうち、花崗岩類と特に密接な関連を有すると考えられる鉍徴を4カ所

選び、その鉍徴地付近でピットを掘削し、鉍化状況の解明を図った

(1) ペグマタイト及びペグマタイト中の石英-白雲母-電気石脈

西部イサハン川上流、シカンブ川、東部アカール川、ムンタウス川に見られる。

① イサハン川上流

延長120m間に3カ所ペグマタイトの露出が見られ、そこには幅1~40cmの石英脈が網状に発達する(第2-11図)。石英脈中には錫石、白雲母、電気石、硫砒鉄鉍、黄鉄鉍と微量の緑柱石を含む。錫石は、石英脈中央または脈際に大きさ1x1~5x5cm程度の塊として、大部分は単独で産し、稀に白雲母を伴う。一部に石英脈を切る幅1cmの硫砒鉄鉍脈が認められる。

脈幅の厚い石英脈の盤際には幅1~5cmの白雲母-カオリナイト-カリ長石帯が形成されていることが多い。

石英-白雲母脈は、ペグマタイトに直接する粘板岩中にも幅10cmの脈として認められる。

ペグマタイトは、カリ長石、斜長石の大部分が白雲母化しており、また一部にはカオリナイト、緑柱石及び酸化鉄の汚れが認められる。

ペグマタイトに隣接する粘板岩は、脱色して灰白色を呈し、X線回折解析結果では石英-カオリナイト-絹雲母の組み合わせを示す。

ペグマタイトにみられる白雲母化はいわゆるグライゼン化作用を表していると考えられるが、カオリナイトについては、イギリス・コルンウォールのグライゼン化岩に胚胎する石英-電気石-錫石脈がカオリン変質を伴う(BRAY, 1983)こともあり、熱水変質による生成物か風化作用によるものかは今後の調査を待たなければならない。

② シカンブ川

地表では100x200mと50x50m程度の拡がりを持つ2岩体が分布し、その中には脈幅2~20cmの石英脈5条が認められる。石英脈中には錫石、白雲母、電気石、硫砒鉄鉍を含み、盤際には白雲母を伴う。これらの鉍物の産状はイサハン川上流鉍化帯に類似する。母岩は白雲母化及びカオリナイト化しているが、イサハン川上流鉍化帯に比べ、その程度は弱くカリ長石及び斜長石の大部分は残存している。

③ アカール川

ホルンフェルス貫く幅2mのペグマタイト中に、幅1cmの石英脈とさらにこれを切る幅1mmの白雲母脈が認められる。母岩はカリ長石の一部が絹雲母化している。

④ ムンタウス川

ホルンフェルス貫く幅1mのペグマタイト中に、幅1cm程度の石英-電気石網状脈とこれを切る石英-白雲母細脈が認められる。

(2)花崗岩中の石英脈

西部ラキ川上流及び中央部カユマンバン山南西に分布する。

ラキ川上流では、黒雲母花崗岩中に幅10cmの石英-カリ長石-黄鉄鉱脈が胚胎する。母岩は強く絹雲母化し、多量の黄鉄鉱が鉱染している。

カユマンバン山南西では、斑状黒雲母花崗岩中に幅30cmの石英-カオリナイト-絹雲母脈が賦存する。

(3)古生界中の石英脈

脈幅10cm以上の石英脈は、西部アンタン川支流、中央部ルマン川流域、セシリー川、東部アカール川に見られる。いずれの脈も幅60cm以下で膨縮に富み、連続性は悪い。石英-黄鉄鉱、石英-電気石、石英-白雲母-黄鉄鉱などの鉱物組み合わせを示す。

古生界分布域の河川には、上記石英脈の転石が多数見られる。

(4)珪化・粘土化帯

西部プスマン川 (S. Peseman) 及びプスマン川南方、東部ムンタウス川及びウンツラン山東方の古生界中に認められ、珪化・粘土化岩中に黄鉄鉱網状脈が発達する。珪化・粘土化岩は石英と少量の絹雲母から構成される。

これらと類似した粘土脈が西部アンタン川支流にみられる。幅10cmの灰色粘土と黄鉄鉱により構成される。灰色粘土は石英、絹雲母、カオリナイトからなる。

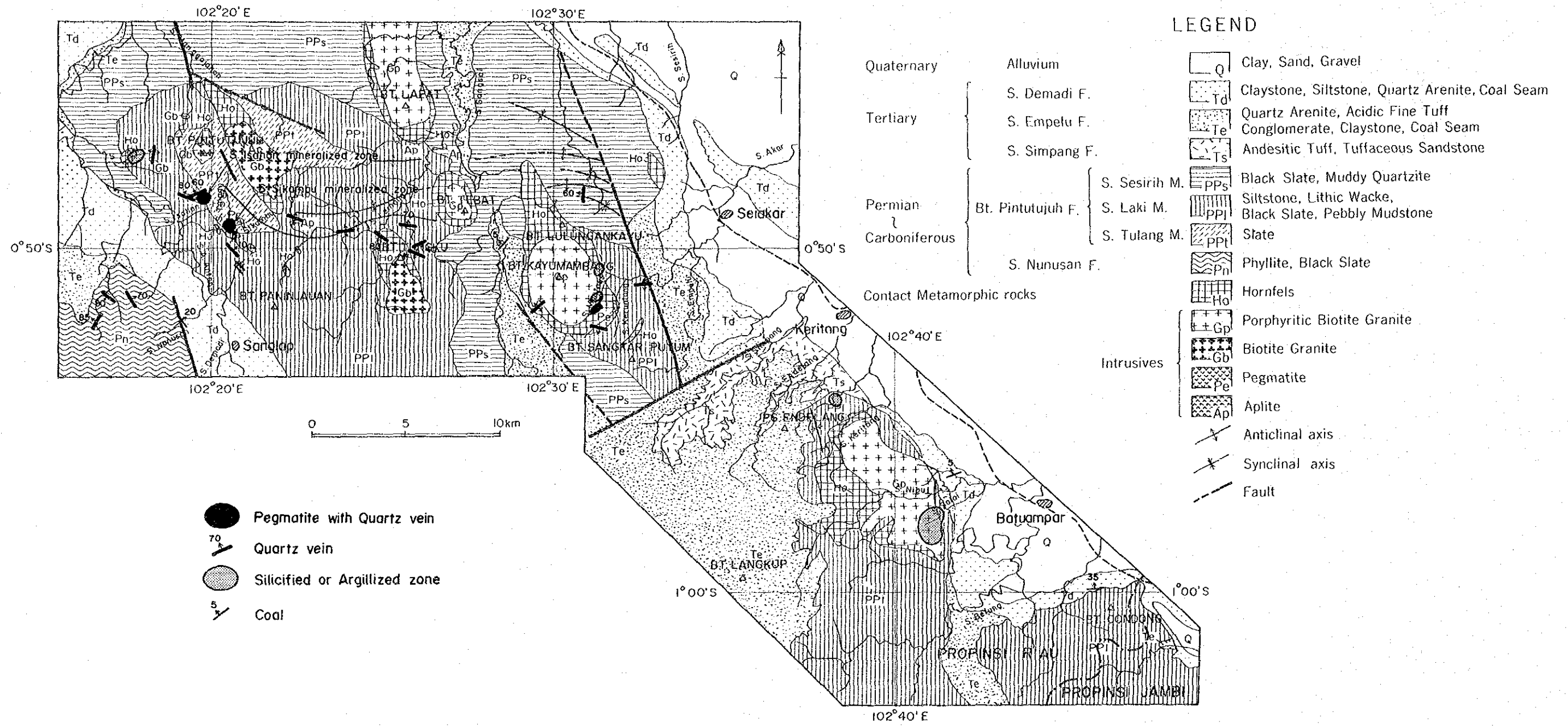
このほか、東部サライ川 (S. Salai) では斑状黒雲母花崗岩が500×1,500mにわたり粘土化し、この中に黄鉄鉱の網状脈または鉱染が発達している。母岩の黒雲母及び斜長石は変質し、カオリナイト、絹雲母を生じている。

(5)新第三系中の石炭

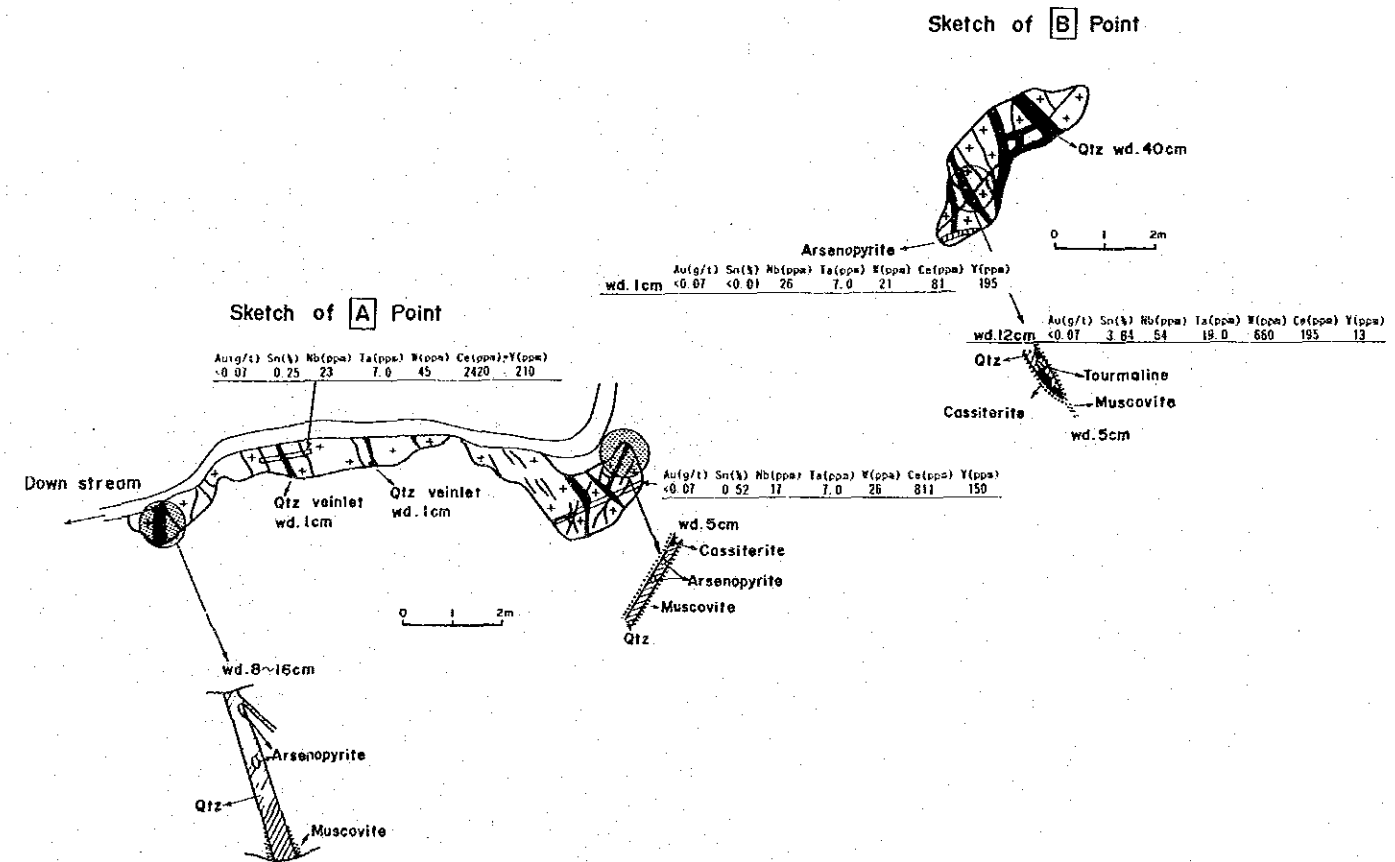
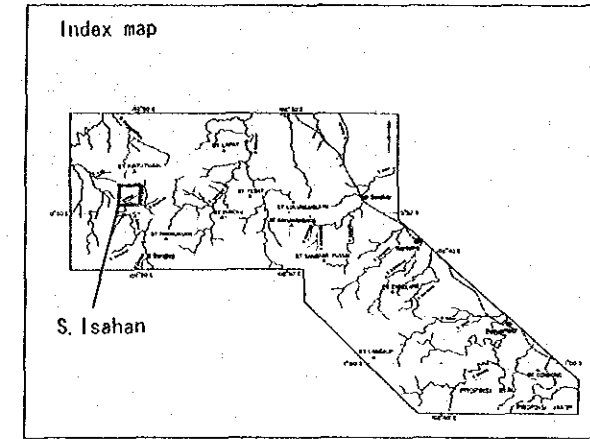
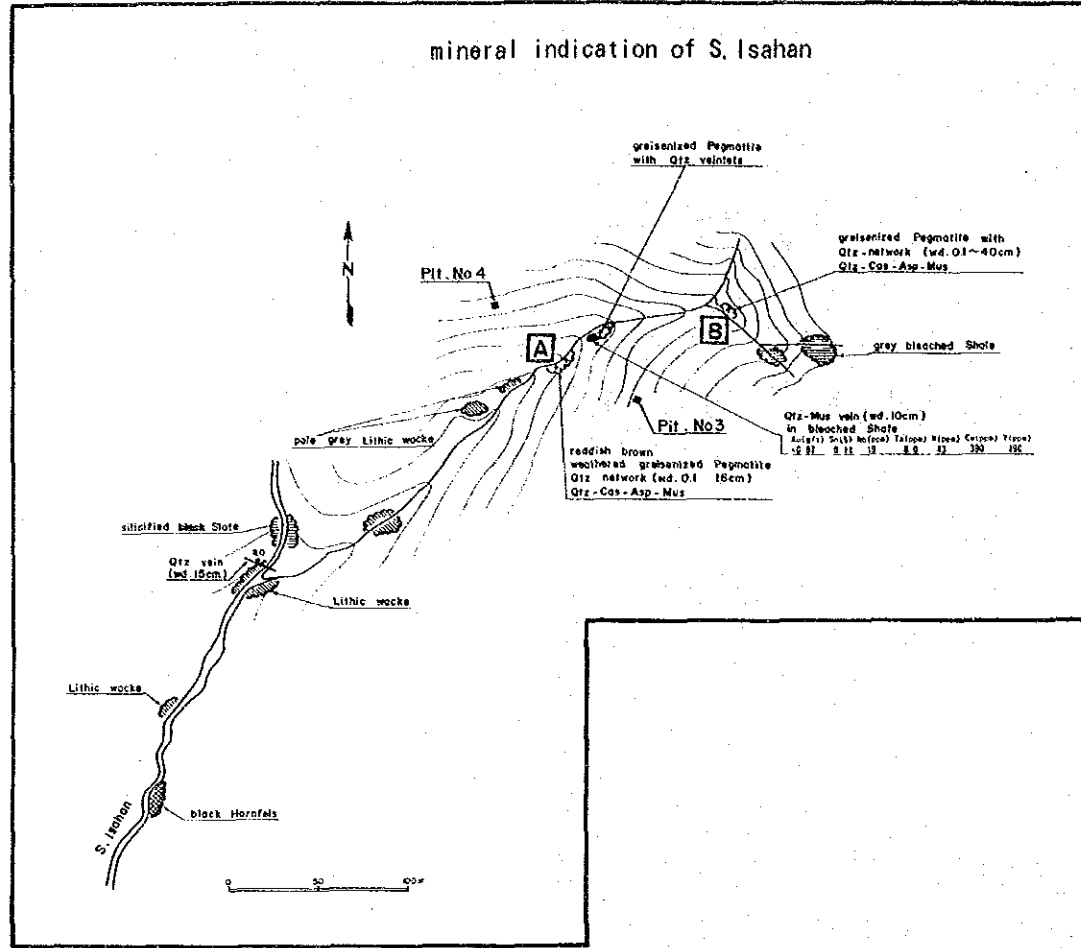
新第三系分布域において、数箇所石炭露頭を認めた。炭層の厚さは30cm~3mで、炭質は肉眼的には粘土を含むもので良質ではない。

(6)ピット調査

ペグマタイト及びペグマタイト中の石英-白雲母-電気石脈露頭周辺、珪化・粘土化岩露頭周辺で、それぞれの拡がりを確認することを目的に、深さ3~4.5mのピットを掘削した。ピット掘削位置及びその対象は次頁の通りである(第2-12図, 第2-13図, 第2-14図, 第2-15図)。



第2-10图 鉍微地分布图



第2-11図 イサハン川鉱化帯スケッチ

ピット番号	位置	深度	対象
No. 1	東部サライ川	3m	粘土化斑状黒雲母花崗岩中の黄鉄鉱網状脈
No. 2	東部ムンタウス川	4.5m	ペグマタイト
No. 3	西部シカンプ川	3m	ペグマタイト中の石英-白雲母-電気石脈
No. 4	西部シカンプ川	3m	ペグマタイト中の石英-白雲母-電気石脈
No. 5	西部イサハン川	3m	ペグマタイト中の石英-白雲母-電気石脈
No. 6	西部イサハン川	3m	ペグマタイト中の石英-白雲母-電気石脈

①ピットNo. 1

粘土化斑状黒雲母花崗岩露頭の南方50mの地点で掘削され、風化の進んだ斑状黒雲母花崗岩を捕捉した。露頭でみられる網状脈と同様のものが発達するが、黄鉄鉱は褐鉄鉱化している。

②ピットNo. 2

ペグマタイト露頭の南西方30mの地点で掘削された。強く風化された石質ワッケを捕捉したが、鉱徴は認められない。

③ピットNo. 3

ペグマタイトの延長を確認し、合わせ、石英脈の賦存状況を知る目的で、ペグマタイト露頭の南東方50mの地点で掘削された。地表から岩盤までの間には、風化した灰色粘板岩角礫が認められ、岩盤は同種の岩石からなる。鉱徴は認められない。

④ピットNo. 4

No. 3と同じ目的で、No. 3の北西方100m地点で掘削された。地表から岩盤までの間には、グライゼン化したペグマタイト及び脈石英角礫などを認めたが、岩盤は石質ワッケからなり、鉱徴は認められなかった。

⑤ピットNo. 5

ペグマタイト露頭の東南東方130mの地点で、ペグマタイトの延長を確認し、鉱化状況を把握する目的で掘削された。地表から岩盤までは土壌及び石質ワッケの角礫が認められ、岩盤は風化した石質ワッケからなる。鉱徴は認められない。

⑥ピットNo. 6

No. 5と同様の目的で、ペグマタイトの西北西50mの地点で掘削された。地表から岩盤ま

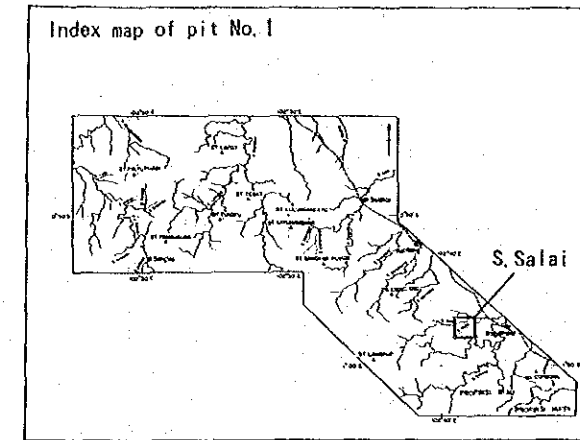
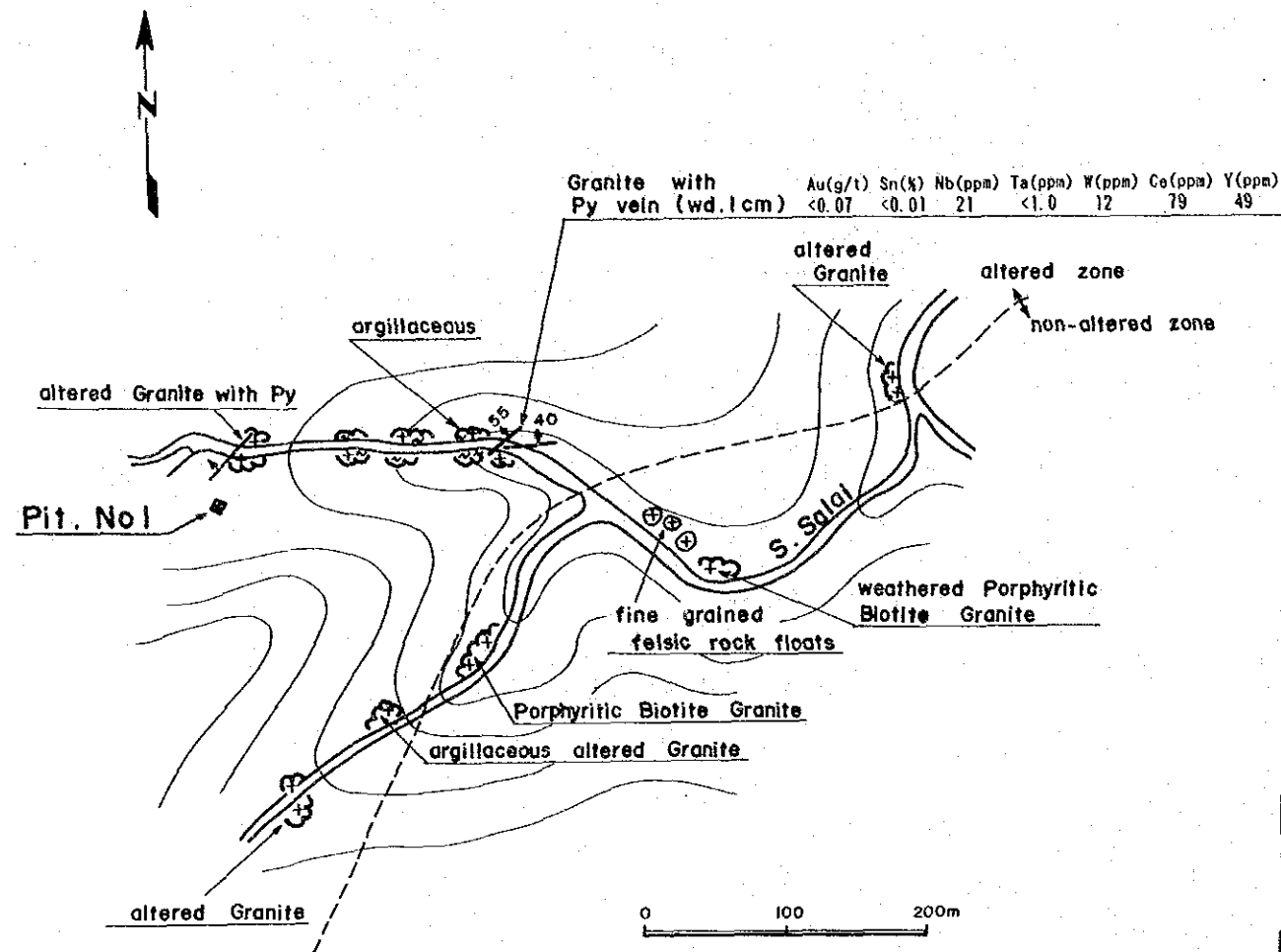
の間には、土壌、風化ペグマタイトの角礫が認められ、岩盤は淡灰色のペグマタイトからなる。鉍徴は認められなかった。

参考までにピット底から上へ1mの長さ採取された試料の分析値を示す。

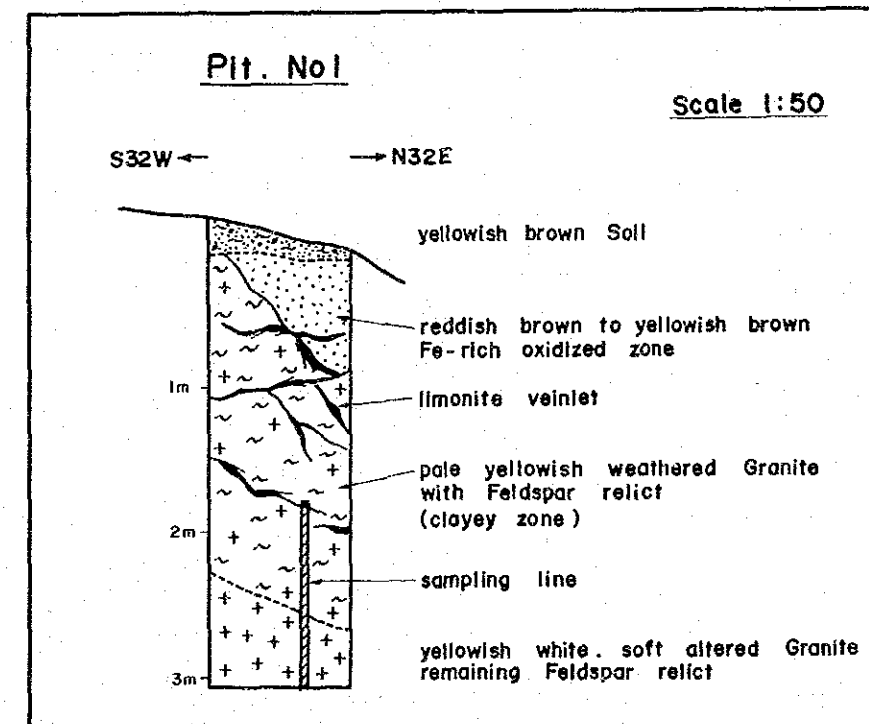
Pit No.	Au (ppb)	Ag (ppm)	Sn (ppm)	Nb (ppm)	Ta (ppm)	W (ppm)	Zr (ppm)	Ti (ppm)	Th (ppm)	Ce (ppm)	Y (ppm)	U (ppm)	Li (ppm)	La (ppm)
1	7	<0.2	1	33	17.0	3	5000	10800	63.0	485	135	16.0	83	100
2	2	0.3	1	35	8.0	8	205	4750	78.0	290	68	21.0	66	130
3	7	0.2	14	20	<1.0	60	225	8050	26.0	290	97	<1.0	114	94
4	20	<0.2	8	23	<1.0	45	220	8900	51.0	295	96	17.0	85	90
5	10	<0.2	11	26	<1.0	12	275	10700	43.0	105	39	9.0	16	40
6	32	<0.2	<1	20	15.0	9	105	345	130.0	185	180	20.0	29	56

この結果、明らかになったことは、

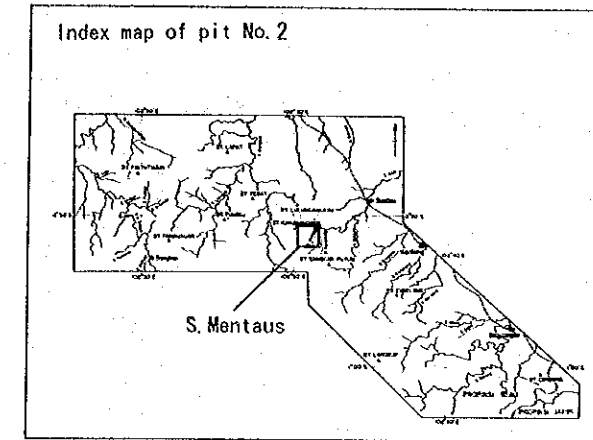
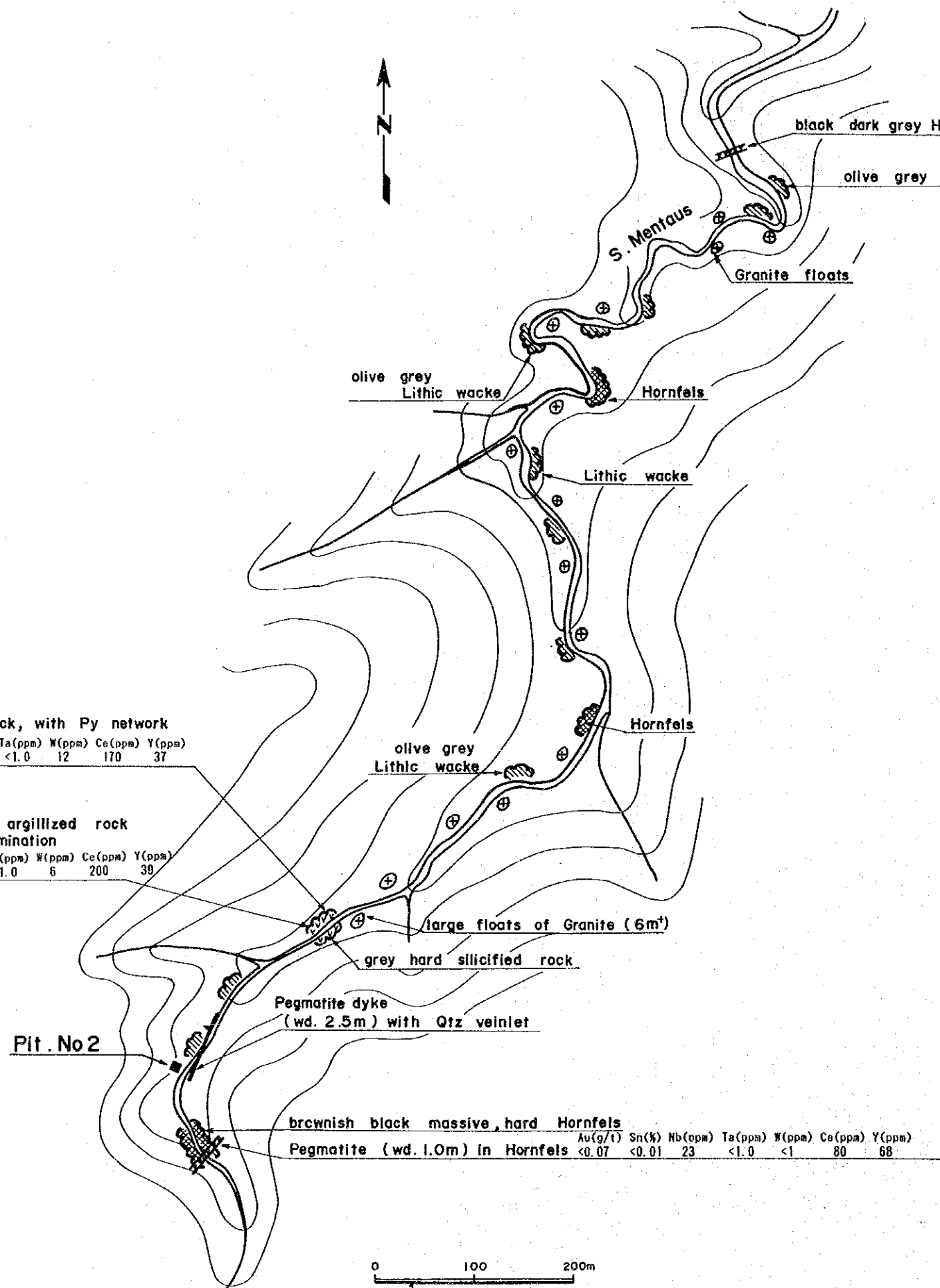
- ①イサハン川のペグマタイトは、花崗岩類の配列方向であるNW-SE方向へ連続することが期待されたが、大きく見積もっても80×40mの平面的拡がりを持つ2個の小規模ストックよりなる。
- ②シカンプ川では、ペグマタイトは露頭部分からツラン川方向に向けNW方向へ連続することを確認したが、鉍化は認められない。従い、シカンプ川の露頭の状況と合わせ考えると、石英脈の分布密度は、イサハン川のそれに比べ、低い。



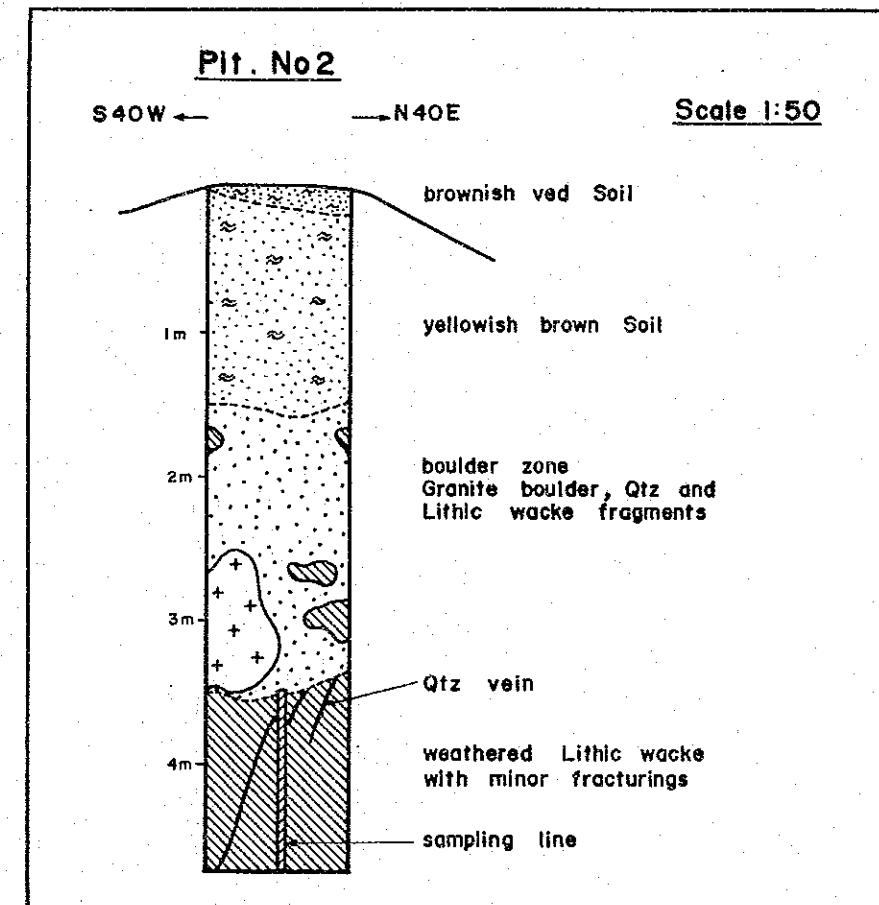
	An(ppb)	Ag(ppm)	Sn(ppm)	Nb(ppm)	Ta(ppm)	W(ppm)	Zr(ppm)	Ti(ppm)	Th(ppm)	Ce(ppm)	Y(ppm)	U(ppm)	Li(ppm)	La(ppm)
Pit. No.1	7	<0.2	1	33	17.0	3	5000	10800	63.0	485	135	16.0	83	100



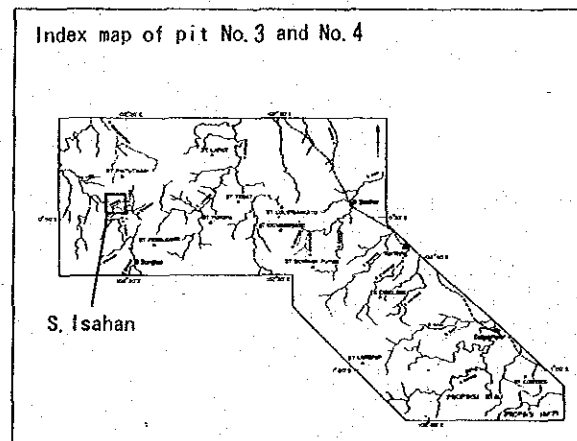
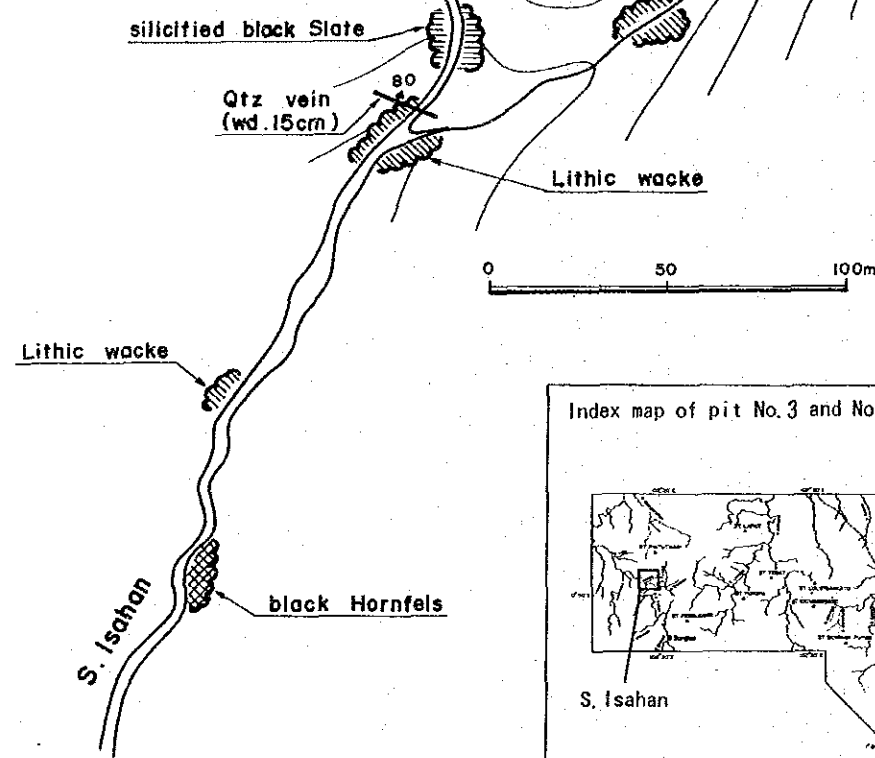
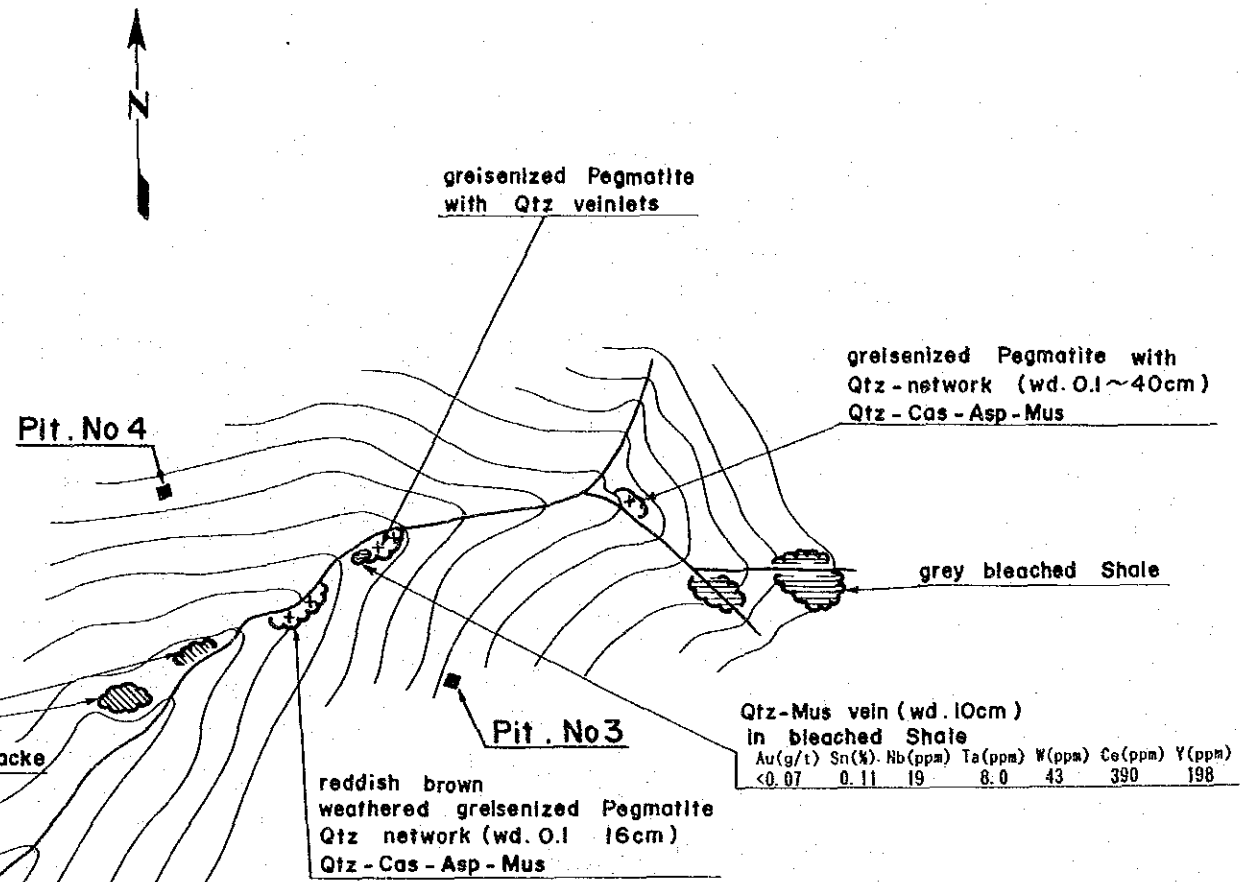
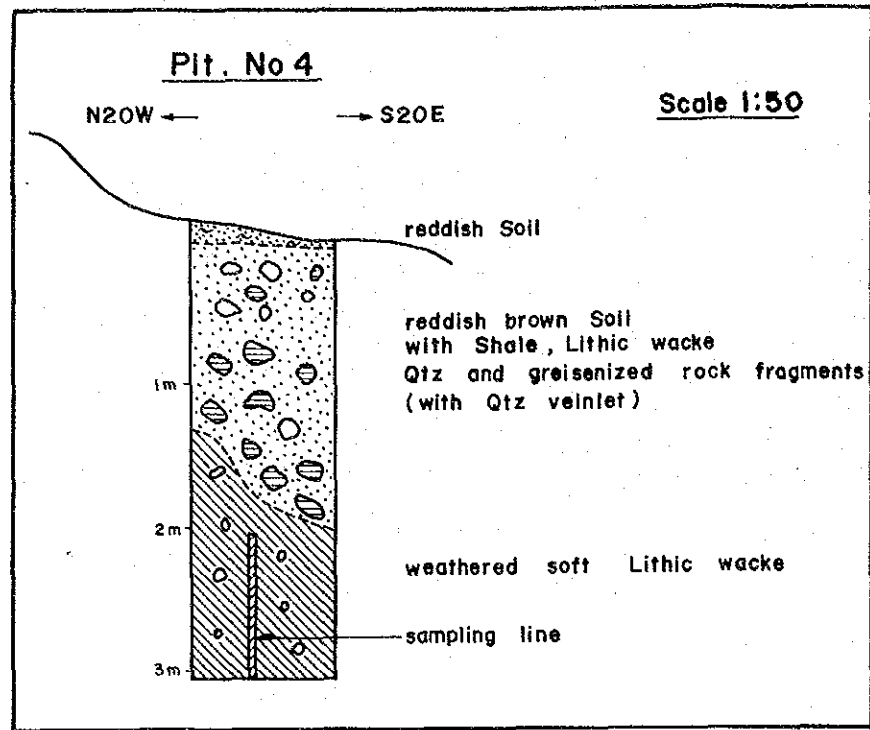
第2-12図 ピット位置図及びピットスケッチ (No.1)



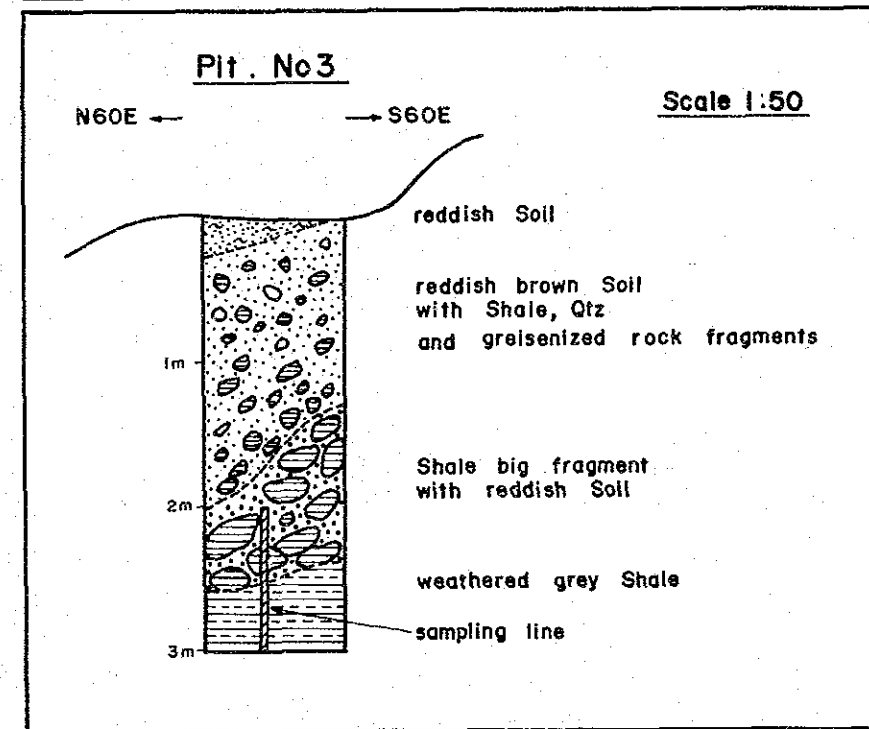
Pit, No.2	An(ppb)	Ag(ppm)	Sn(ppm)	Nb(ppm)	Ta(ppm)	W(ppm)	Zr(ppm)	Ti(ppm)	Th(ppm)	Ce(ppm)	Y(ppm)	U(ppm)	Li(ppm)	La(ppm)
2	0.3	1	35	8.0	8	205	4750	78.0	290	68	21.0	66	130	



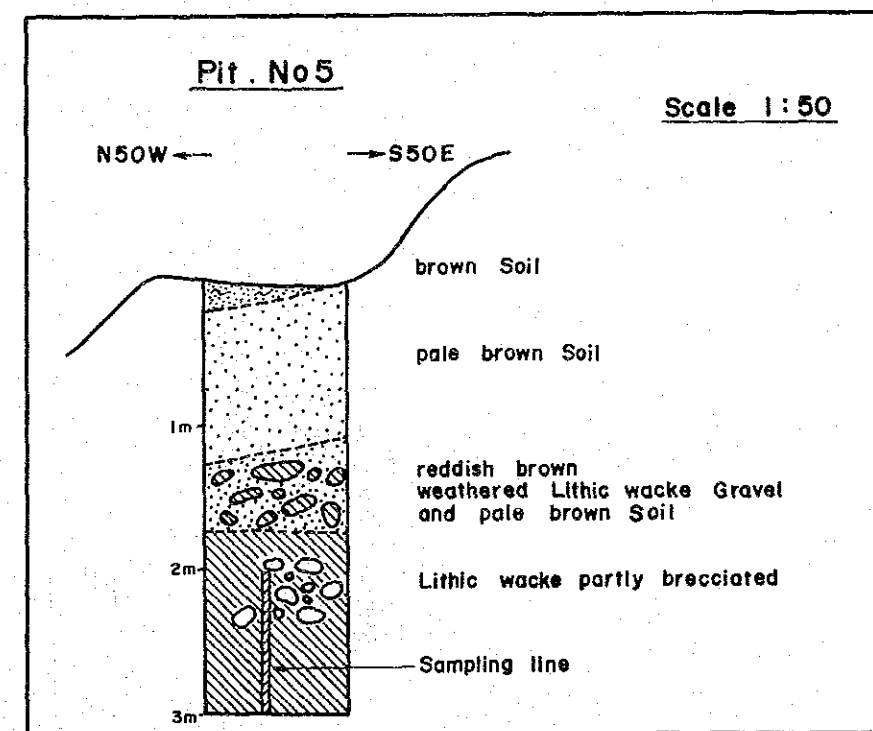
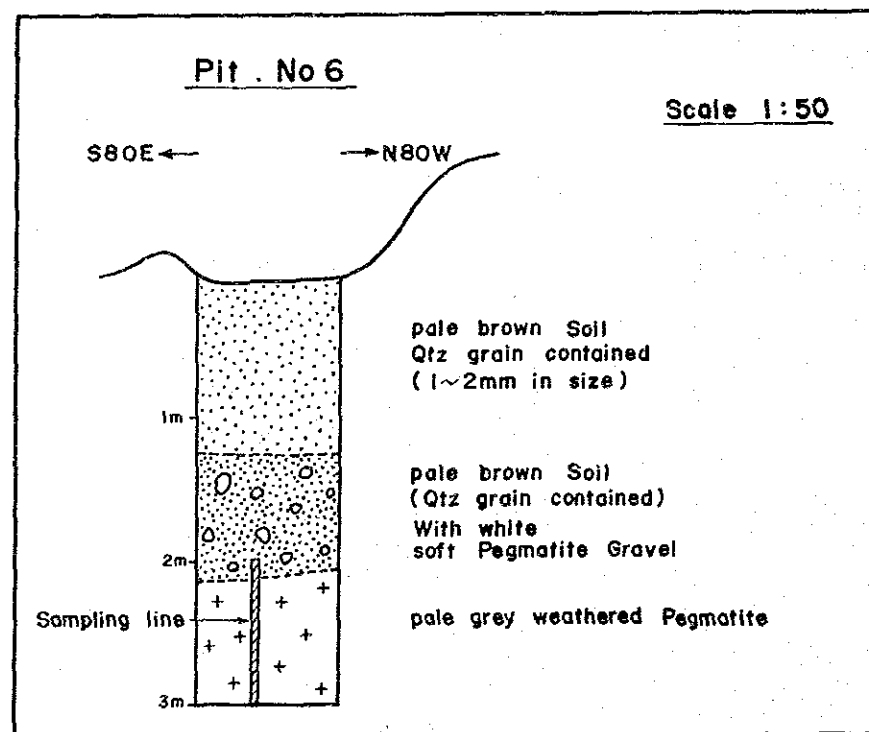
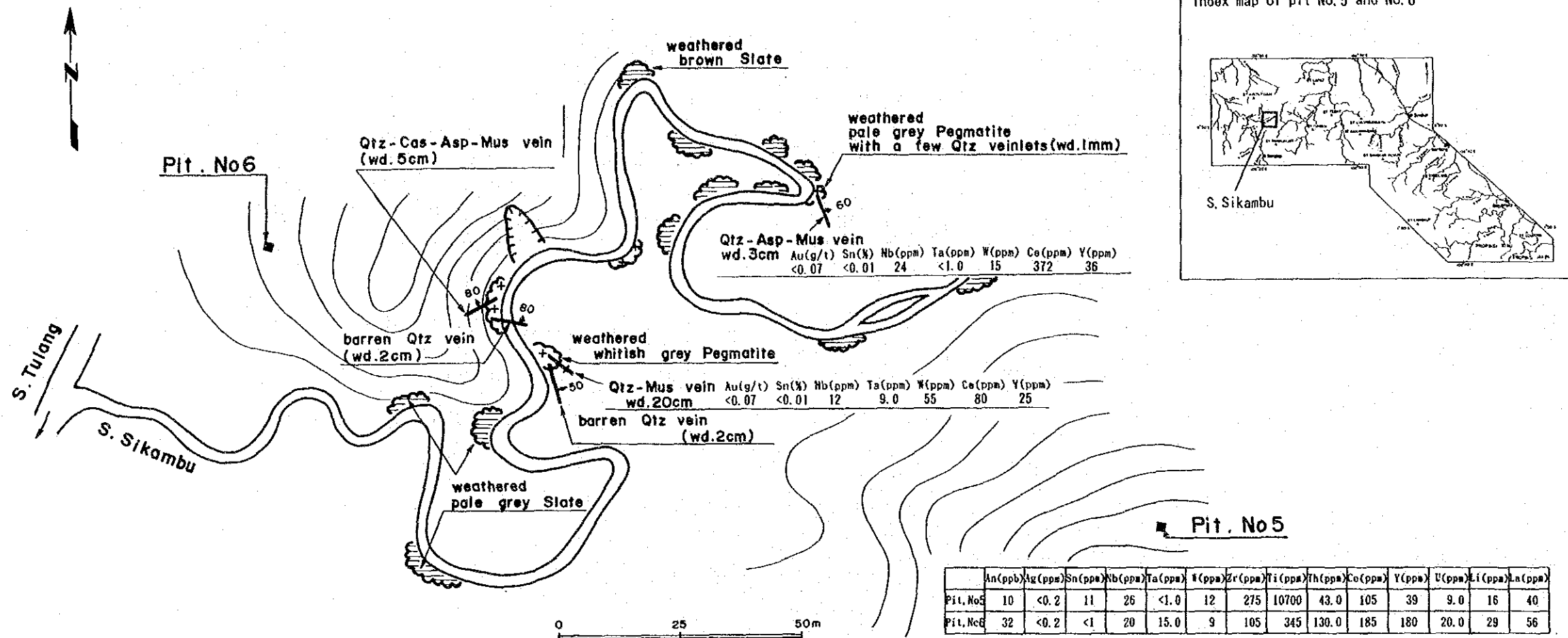
第2-13図 ビット位置図及びビットスケッチ (No. 2)



	As(ppb)	Ag(ppm)	Sn(ppm)	Nb(ppm)	Ta(ppm)	W(ppm)	Zr(ppm)	Ti(ppm)	H(ppm)	Ce(ppm)	Y(ppm)	U(ppm)	Li(ppm)	La(ppm)
Pit. No. 3	7	0.2	14	20	<1.0	60	225	8050	26.0	290	97	<1.0	114	94
Pit. No. 4	20	<0.2	8	23	<1.0	45	220	8900	51.0	295	96	17.0	85	90



第2-14図 ピット位置図及びピットスケッチ (No. 3及びNo. 4)



第2-15図 ピット位置図及びピットスケッチ (No. 5及びNo. 6)

(7) 考察

前記の鉍徴から21個の試料を採取し、Au, Ag, Sn, Nb, Ta, W, Zr, TiO₂, Th, Ce, Y, Li, La, MnO, Total Feの15成分の化学分析を行った(第2-6表)。

第2-6表 鉍石試料分析結果

Sampl No.	Location	Sample name	Au (g/t)	Ag (g/t)	Sn (%)	Nb (ppm)	Ta (ppm)	W (ppm)	Zr (ppm)	TiO ₂ (%)	Th (ppm)	Ce (ppm)	Y (ppm)	Li (%)	La (ppm)	MnO (%)	Fe (%)
CO2	S. Lenang	Qtz vein in the Palaeozoic	<0.07	<0.5	<0.01	14	<1.0	<1	84	0.38	12.0	90	21	<0.01	45	0.06	2.77
CE11	S. Mentaus	Silicified rock	<0.07	<0.5	<0.01	16	<1.0	12	115	0.46	13.0	170	37	<0.01	36	<0.01	2.95
CE12	S. Mentaus	Silicified rock	<0.07	<0.5	<0.01	17	<1.0	6	140	0.52	9.0	200	39	<0.01	61	0.01	3.07
CE14	S. Mentaus	Pegmatite with Qtz veinlet	<0.07	<0.5	<0.01	23	<1.0	<1	50	0.03	8.0	80	68	<0.01	36	0.01	0.81
CE20	S. Akar	Qtz vein with Py spot	<0.07	<0.5	<0.01	7	6.0	<1	11	<0.02	<1.0	250	<1	<0.01	31	0.01	2.45
CE21	S. Keramtung	Qtz vein with Py	<0.07	<0.5	<0.01	8	<1.0	9	22	0.06	<1.0	60	5	<0.01	<1	0.03	5.14
CE31	S. Salsai	Por. Bi. Granite with Py dis	<0.07	<0.5	<0.01	21	<1.0	12	115	0.26	33.0	79	49	<0.01	85	0.01	1.08
CE32	S. Salsai	Por. Bi. Granite with Py net	<0.07	<0.5	<0.01	19	<1.0	<1	135	0.20	29.0	191	37	<0.01	20	0.01	7.29
CE41	S. Pesenan	Qtz vein	<0.07	<0.5	<0.01	12	<1.0	<1	90	0.28	11.0	121	19	<0.01	59	0.06	3.19
CE42	S. Pesenan	Silicified rock with Py net	0.21	0.8	<0.01	15	<1.0	<1	95	0.24	<1.0	203	27	<0.01	21	<0.01	5.29
CE44	S. Isaban	Greisen in shale	<0.07	0.5	0.11	19	8.0	43	46	0.10	24.0	390	198	<0.01	49	0.04	3.57
CE46	S. Isaban	Qtz vein with cassiterite	<0.07	<0.5	3.84	64	19.0	660	16	0.02	<1.0	195	13	<0.01	<1	0.03	1.09
CE48	S. Isaban	Arsenopyrite vein	<0.07	<0.5	<0.01	26	7.0	21	68	<0.02	18.0	81	195	<0.01	<1	<0.01	5.48
CE50	S. Isaban	Greisenized granite	<0.07	1.0	0.25	23	7.0	45	44	<0.02	31.0	2420	210	<0.01	<1	0.04	2.77
CE52	S. Isaban	Greisenized granite	<0.07	1.0	0.52	17	7.0	26	34	<0.02	16.0	811	150	<0.01	<1	0.01	1.09
CE58	S. Sikanbu	Qtz vein with Arsenopyrite	<0.07	0.5	<0.01	24	<1.0	15	40	0.05	24.0	372	36	<0.01	29	0.08	3.69
CE64	S. Sikanbu	Qtz vein with Muscovite	<0.07	<0.5	<0.01	12	9.0	55	13	<0.02	<1.0	80	25	<0.01	<1	0.02	0.92
D07	S. Balui	Silicified rock with Py	<0.07	<0.5	<0.01	13	7.0	<1	105	0.28	10.0	98	21	<0.01	<1	<0.01	2.20
D08	S. Katak	Clay vein with Py	<0.07	<0.5	<0.01	15	<1.0	<1	160	0.46	11.0	162	55	<0.01	90	0.02	6.09
ER16	S. Laki	Qtz vein in the Bi. granite	<0.07	0.8	<0.01	23	<1.0	6	57	<0.02	28.0	616	27	<0.01	87	<0.01	1.27
EX1	S. Sesirih	Qtz vein in the palaeozoic	<0.07	<0.5	<0.01	7	8.0	<1	10	<0.02	<1.0	24	<1	<0.01	50	0.02	1.20

これらのうち見るべき分析値が得られた成分はSn, W, Ceである。イサハン川上流のペグマタイト中の含錫石石英脈試料の分析値は、Sn3.84%, W0.07%を示し、同じ箇所石英脈を含むペグマタイト試料の分析値は、Ce0.08~0.24%を示す。

鉍化作用の特徴を知る目的で、第2-6表の化学分析値を用い、主成分分析を行った。結果を第2-7表に示す。

第1主成分ではSn, Nb, Ta, W, Ceが負の大きな値を、Zr, Ti, Laは正の大きな値を示す。第2主成分はZr, Th, Yが大きな正の値を、第3主成分はAu, Agが大きな正の値を示す。第1主成分は、前述の通り、チタン鉄鉍系列花崗岩類に伴われる鉍化を表す因子とみなせる。イサハン川上流及びシカンブ川からの試料は、第1主成分で高い負の因子スコアを示す。また、西部ラキ川上流の黒雲母花崗岩中の石英脈試料も第1主成分で負の因子スコアを示す。このことは西部ラキ川上流の石英脈は、イサハン川上流にみられる鉍化作用と同様の鉍化により形成されたと考えられ興味深い。

今回の調査で得られた鉍化・変質に関するデータから、調査地域に期待される鉍床は、Sn, W, Ce等を伴う、ペグマタイト及びペグマタイト中の石英脈と考えられる。これらの石英脈はイサハン川及びシカンブ川に見られる。ペグマタイト中の石英脈の密度を鉍化の強

さとするならば、鉍化程度はイサハン川露頭>シカンブ川露頭といえる。

第2-7表 主成分固有ベクトル（鉍石試料分析値）

	EIGENVECTORS			
	1	2	3	4
Au	0.10	0.04	0.67	-0.11
Ag	-0.22	0.25	0.48	0.29
Sn	-0.41	0.11	-0.02	0.07
Nb	-0.23	0.32	-0.16	-0.25
Ta	-0.38	-0.17	-0.01	-0.15
W	-0.39	0.11	-0.16	-0.10
Zr	0.28	0.41	-0.04	-0.21
TiO ₂	0.35	0.20	-0.11	-0.05
Th	0.05	0.45	-0.26	0.06
Ce	-0.23	0.34	0.23	0.33
Y	-0.11	0.47	-0.07	-0.18
La	0.32	0.07	-0.05	0.32
MnO	-0.08	-0.02	-0.31	0.70
Fe	0.22	0.17	0.14	0.15
Eigen	4.27	3.41	1.62	1.19
Propo.	0.30	0.24	0.12	0.08
Cum. prop	0.30	0.55	0.66	0.75

2-7 花崗岩・地質構造と鉍化作用との関係

調査地域に分布する貫入岩類は、古生界を貫く斑状黒雲母花崗岩、黒雲母花崗岩、ペグマタイト及びアプライトである。これらのうち、斑状黒雲母花崗岩と黒雲母花崗岩については主成分化学分析値及び絶対年代が明らかになっているので、これらと鉍化作用の関係について検討を加える。

斑状黒雲母花崗岩の絶対年代はジュラ紀中期から白亜紀前期を示す。一方、黒雲母花崗岩は白亜紀前期を示す。両者を一連のマグマの活動の産物と考えるならば、斑状黒雲母花崗岩を形成したマグマが変化し、黒雲母花崗岩を形成したことになる。主成分化学分析値から推定されるマグマの分化の程度は、黒雲母花崗岩に比べ、斑状黒雲母花崗岩の方が進んでいる。これらの矛盾する現象に対する解釈の一つは、斑状黒雲母花崗岩が固化したのち、さらに分化したマグマは周囲の岩石を捕獲同化し、その主成分を花崗閃緑岩寄りに変化させたとするものである。

調査地域に認められる鉍化は、Sn, W, Ce等を伴う鉍化である。これらの成分は、一般にチタン鉄鉍系列花崗岩類に伴われるもので、この限りで言えば、上記両花崗岩とも、本地域にみられる鉍化を伴う花崗岩の候補となり得る。しかし、それぞれの分化指数、アルカリ/石灰比等は、他地域の含錫花崗岩と比較して、斑状黒雲母花崗岩がより候補者に近い

ことを示している。一方、錫鉍化作用の認められている地域と両花崗岩の分布域との平面的な関係は、黒雲母花崗岩の分布域により接近して錫鉍化作用が認められることから、候補者としての黒雲母花崗岩を否定しない。鉍化作用と花崗岩タイプとの関係については、地化学探査の結果を踏まえ、総合的に次章で考察する。

次に地質構造と鉍化作用との関係について検討を加える。

花崗岩類が貫入したジュラ紀から白亜紀における調査地域の構造的弱線方向は、花崗岩類の配列となって現れている。当然のことながら、これら花崗岩類に伴われる鉍化作用は、この弱線に規制されていることが期待される。この規制を示す現象として以下のことがある。

錫鉍化作用の認められる西部イサハン川上流鉍徴地とシカンプ川鉍徴地とを結ぶ線の方角は、花崗岩類の配列方向と一致する。また、鉍化・変質作用の項で述べた黒雲母花崗岩中の石英脈は、西部イサハン川上流鉍徴地とシカンプ川鉍徴地とを結ぶ線の延長部に位置する。

このことは、花崗岩類固結時に存在した構造的弱線を支配した応力場は、鉍化時にもそのまま存続していたことを示す。

第3章 地化学探査

3-1 河床堆積物による地化学探査

本探査は、地質調査では把握し得ない新たな鉱微地を発見する手がかりを得るとともに、地質調査で捕捉された鉱微地の拡がりを明らかにすることを目的に、地質調査に並行して、河床堆積物による地化学探査が実施された。

(1)採取試料及び分析

試料は、河川の幅が広く水深大の場合川岸に近い部分で、河川の幅が狭く水深小の場合より流れの速い川中央部で、-80meshの細砂を採取した。採取試料数は1,019個で、約1個/km²の採取密度である。

現地で自然乾燥後、カナダChemex Lab. Inc.にて、Au, Ag, Sn, Nb, Ta, W, Zr, Ti, Th, Ce, Y, U, Li, Laの14成分が分析された。

分析方法と検出下限値及び上限値は下記の通りである。

Element	Digestion and Method	Lower Limit	Upper Limit
Au	Fuse 10g sample, Neutron activation encapsulation and irradiation	1ppb	10,000ppb
Ag	HNO ₃ -aqua regia digest. Atomic Absorption	0.2ppm	100ppm
Sn	NH ₄ I sublimation extrac. Atomic Absorption	2ppm	1,000ppm
Nb	X-ray fluorescence	5ppm	10,000ppm
Ta	Neutron activation encapsulation and irradiation	2ppm	10,000ppm
W	K pyrosulfate fusion Colorimetric test	2ppm	1,000ppm
Zr	X-ray fluorescence	5ppm	10,000ppm
Ti	Induced coupling plasma	100ppm	10,000ppm
Th	Neutron activation encapsulation and irradiation	1ppm	1,000ppm
Ce	Neutron activation encapsulation and irradiation	2ppm	10,000ppm
Y	X-ray fluorescence	5ppm	10,000ppm
U	Neutron activation encapsulation and irradiation	1ppm	1,000ppm
Li	HClO ₄ -HNO ₃ -HF digestion Atomic Absorption	1ppm	1,000ppm
La	Neutron activation encapsulation and irradiation	1ppm	1,000ppm

(2)統計処理結果

①解析方法

ある母集団に属する地化学データ、特に微量元素の分布は、一般に対数正規分布に近似した分布をなすことが知られている。従って、今回は各分析値の自然対数を取り、統計量を計算した。

なお、分析値が検出下限値以下の場合には、検出下限値の半分の値を代入し計算を行った。

②基本統計量

第2-8表に各成分の幾何平均値、最大値、最小値及び、検出限界以下の分析値を示す試料の全試料に対する割合を示す。さらに、各成分の地殻における平均含有量 (MASON, 1966) を示す。

各成分の“最大値”を“地殻における平均含有量”で割ったものを、その成分の濃縮度とみるならば、最も濃縮度の高いものは、Snであり、Zr, U, Thなどがこれに次ぐ。逆に濃縮度の低いものは、Ti, Li, Y, Agである。

検出下限値以下の値を持つ試料の出現率をみると、Au, Ag, Wで高く、全体の2/3以上を占める。特に、Agはほとんどすべての試料が検出下限値以下であり、最大値も値としては低いので検討対象とはならない。

第2-8表 河床堆積物地化学探査結果基本統計量

	Au (ppb)	Ag (ppm)	Sn (ppm)	Nb (ppm)	Ta (ppm)	W (ppm)	Zr (ppm)	Ti (ppm)	Th (ppm)	Ce (ppm)	Y (ppm)	U (ppm)	Li (ppm)	La (ppm)
Logarithmic Mean	<1	<0.2	2	16	8	<2	629	4019	12	71	17	4	11	27
Max.	57	0.5	875	45	31	22	10300	23700	220	680	360	165	47	360
Min.	<1	<0.1	<1	9	<1	<2	90	830	<1	<1	<1	<1	2	<1
Number of under detection limit(%)	75	99	32	0	8	75	0	0	6	4	2	25	0	14
Average amounts of the elements in Crustal rocks	4	0.07	2	20	2	1.5	165	4400	7.2	60	33	1.8	20	30
Concentrated degree	14	7	438	23	16	15	62	5	31	11	11	92	2	12

試料は河床堆積物であるので、試料を採取した河川の後背地の地質を反映した地化学情報が試料中に含まれていると考えられる。試料を採取した地点の後背地を構成する岩石は多岐にわたることが多く、岩石種、分布頻度など不確かな要素が多い。ここでは分析値と地質との大まかな傾向をみるため、地質単元を古生界、新生界、花崗岩類及びホルンフェ

ルスの4種類に区分し、試料採取地点のすぐ近傍に分布する地質単元をその試料の後背地を構成する地質単元と仮定し、地質単元別の幾何平均値を求めた(第2-9表)。

第2-9表 地質単元別平均値

	Au (ppb)	Sn (ppm)	Nb (ppm)	Ta (ppm)	W (ppm)	Zr (ppm)	Ti (ppm)	Th (ppm)	Ce (ppm)	Y (ppm)	U (ppm)	Li (ppm)	La (ppm)
Paleozoic	0.7	1.4	15.6	7.2	1.2	571	4465	11.5	75	18	2.9	11.9	26.8
Cenozoic	0.7	5.4	15.1	11.2	1.4	667	3485	10.6	59	14	4.1	9.3	25.8
Granites	1.1	2.7	25.3	5.1	4.5	1126	3755	20.8	133	47	13.3	22.6	38.9
Hornfels	0.9	1.7	15.7	8.4	1.3	582	3884	10.2	70	17	3.8	12.4	27.6

4地質単元のうち、花崗岩類で最も高い幾何平均値を示す成分は、Au, Nb, W, Zr, Th, Ce, Y, U, Li, Laの10成分であり、新生界ではSn, Ta, 古生界ではTiである。これらの成分のうち、最高値が他の単元の平均値の2倍以上の値を示す成分は、Sn, W, Y, Uである。また、平均値の差が小さい成分は、Au, Nb, Zr, Ti, Laである。

③分析値頻度分布

各成分の分析値頻度分布図は第2-16図である。

頻度分布からみて正規分布に近い分布を示す成分は、Nb, Zr, Ti, Y, U, Liである。

頻度分布において最頻値が右に寄った分布を示す成分は、Ta, Ce, Laである。

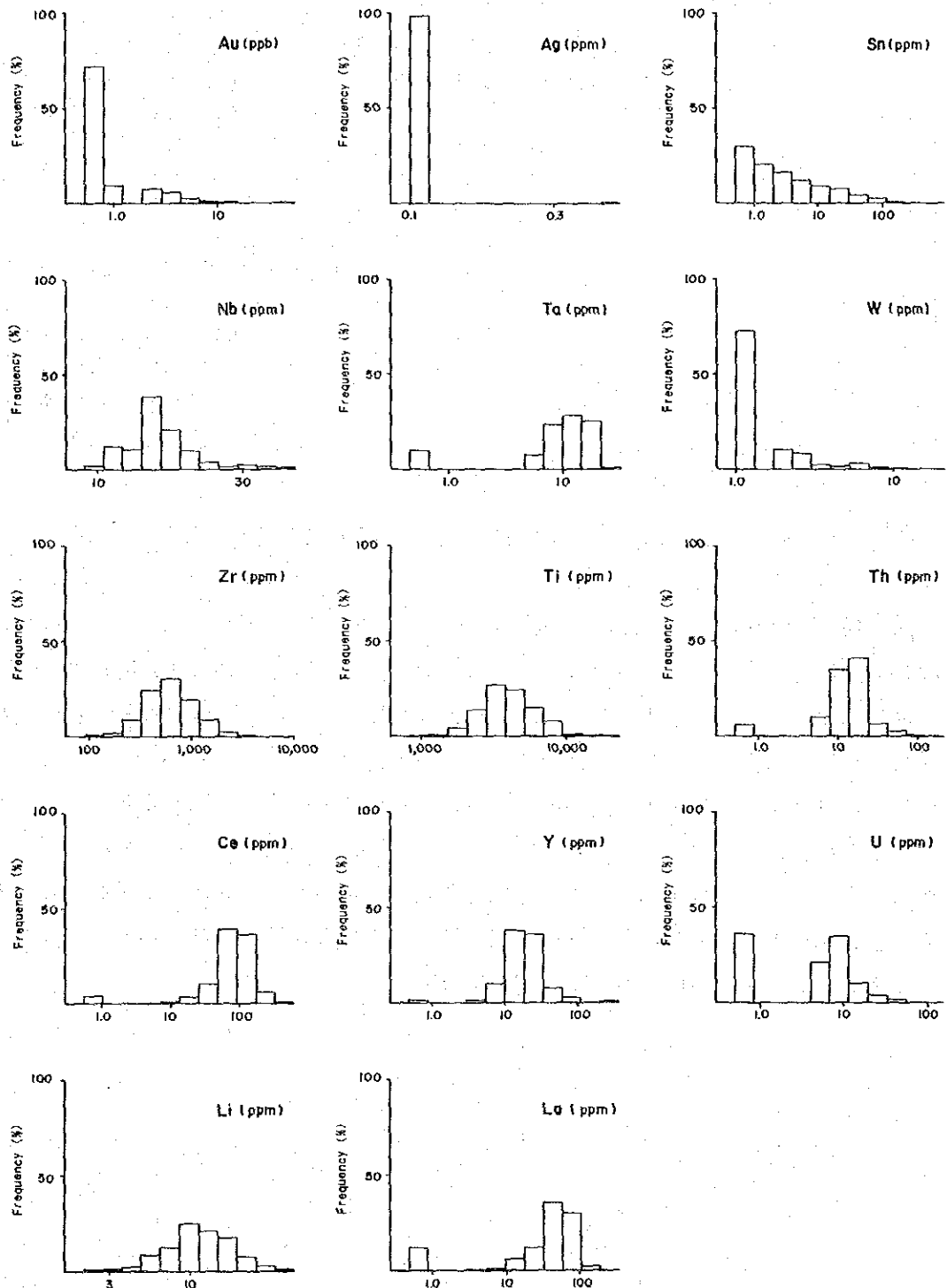
頻度分布において最頻値が左に寄った分布を示す成分は、Snである。

Au, Ag, Wは、検出下限値以下の分析値が多いのでL字型の分布を示す。

④分析成分間の相関

全試料を一括し、相関係数を求めた結果を第2-10表に示す。

相関係数0.5以上の値を示す組み合わせは、Nb-Ti, Nb-Th-Yである。他の成分と-0.3~0.3の相関係数しか持たない成分はAu, Ag, Sn, Ta, Laである。



第2-16图 河床堆积物分析值频率分布图

第2-10表 河床堆積物分析値相関係数

	Au	Ag	Sn	Nb	Ta	W	Zr	Ti	Th	Ce	Y	U	Li	La
Au	1.00	-0.02	-0.05	0.08	-0.14	0.09	0.03	0.03	-0.07	0.09	0.03	-0.08	0.02	0.06
Ag		1.00	0.03	0.05	0.01	-0.02	0.05	0.05	0.06	0.03	0.06	0.05	0.06	0.02
Sn			1.00	-0.06	0.12	0.18	0.26	-0.14	0.04	-0.00	0.04	0.11	-0.05	0.03
Nb				1.00	-0.21	0.48	0.45	0.53	0.50	0.39	0.67	0.25	0.46	0.26
Ta					1.00	-0.02	0.08	-0.21	0.02	-0.15	-0.22	0.20	-0.25	-0.06
W						1.00	0.32	0.03	0.25	0.16	0.37	0.30	0.31	0.08
Zr							1.00	0.27	0.33	0.41	0.41	0.27	0.02	0.19
Ti								1.00	0.38	0.34	0.48	0.01	0.31	0.23
Th									1.00	0.23	0.50	0.33	0.35	0.15
Ce										1.00	0.43	0.05	0.25	0.07
Y											1.00	0.24	0.65	0.21
U												1.00	0.19	0.04
Li													1.00	0.12
La														1.00

前述した地質单元別の，Agを除く各成分ごとの相関係数を第2-11表に示す。

花崗岩類からの試料で高い相関係数（0.5以上）を示す組み合わせは，Nb-W-U，Nb-Zr-Ti-Ce，Nb-Th-Y，Nb-W-Li，W-Y-U，Zr-Th-U，W-Th-Li，Ce-Uである。ホルンフェルスからの試料で高い相関係数を示す組み合わせは，Nb-W-Y，Nb-Th-Y-Li，Nb-Ti-Th-Y，Ce-U，Y-Uである。古生界からの試料で高い相関係数を示す組み合わせは，Nb-Ti-Y，Y-Liである。新生界からの試料で高い相関係数を示す組み合わせは，Nb-Zr，Nb-Ti，Nb-Y，Y-Liである。

これら地質单元ごとに相関係数の高い組み合わせの数を見ると，花崗岩類，ホルンフェルス，新生界，古生界の順に数が減少する。この順序は，相関の高い成分は花崗岩類中に一般に微量ないし少量含まれること，花崗岩類の周囲にホルンフェルスが分布すること，花崗岩類に比べ古生界の方が分布面積が広いこと，新生界は花崗岩類，ホルンフェルス及び古生界の碎屑物から構成されることで説明できる。

第 2-11 表 地質單元別相關係數

Paleozoic Zones

	Au	Sn	Nb	Ta	W	Zr	Ti	Th	Ce	Y	U	Li	La
Au	1.00	0.01	-0.01	-0.12	0.04	0.02	-0.06	-0.07	0.10	-0.01	-0.11	-0.06	0.05
Sn		1.00	-0.13	-0.02	0.07	0.10	-0.13	-0.09	-0.02	0.00	-0.02	0.00	0.04
Nb			1.00	-0.24	0.27	0.26	0.68	0.45	0.32	0.65	0.10	0.30	0.26
Ta				1.00	-0.14	0.08	-0.27	-0.03	-0.15	-0.30	0.17	-0.22	-0.09
W					1.00	0.05	0.08	0.13	0.09	0.16	0.06	0.14	0.04
Zr						1.00	0.31	0.18	0.39	0.27	0.13	-0.16	0.17
Ti							1.00	0.39	0.35	0.59	0.06	0.29	0.25
Th								1.00	0.19	0.39	0.20	0.27	0.11
Ce									1.00	0.39	0.00	0.09	0.05
Y										1.00	0.11	0.61	0.20
U											1.00	0.12	0.01
Li												1.00	0.08
La													1.00

Cenozoic Zones

	Au	Sn	Nb	Ta	W	Zr	Ti	Th	Ce	Y	U	Li	La
Au	1.00	0.01	0.07	-0.08	0.06	0.03	0.13	-0.08	0.04	0.03	-0.09	0.04	0.02
Sn		1.00	-0.01	0.06	0.17	0.36	0.02	0.14	0.10	0.15	0.13	0.12	-0.01
Nb			1.00	-0.16	0.17	0.51	0.59	0.48	0.41	0.66	0.08	0.25	0.27
Ta				1.00	0.16	-0.01	-0.15	0.10	-0.16	-0.17	0.33	-0.25	-0.06
W					1.00	0.22	0.05	0.12	0.09	0.20	0.21	0.13	0.05
Zr						1.00	0.41	0.40	0.38	0.46	0.24	0.02	0.16
Ti							1.00	0.29	0.29	0.49	-0.06	0.25	0.25
Th								1.00	0.19	0.49	0.39	0.25	0.13
Ce									1.00	0.42	0.00	0.29	0.08
Y										1.00	0.12	0.59	0.27
U											1.00	0.03	0.04
Li												1.00	0.13
La													1.00

Granite Zones

	Au	Sn	Nb	Ta	W	Zr	Ti	Th	Ce	Y	U	Li	La
Au	1.00	-0.24	0.12	-0.14	0.09	-0.11	-0.05	-0.00	0.01	0.14	0.08	0.16	0.12
Sn		1.00	-0.21	0.45	-0.02	0.24	0.02	0.19	0.03	0.01	0.05	-0.40	0.10
Nb			1.00	-0.00	0.61	0.60	0.73	0.59	0.61	0.54	0.60	0.69	0.39
Ta				1.00	0.11	0.41	0.17	0.21	0.33	0.01	0.32	-0.13	-0.01
W					1.00	0.40	0.40	0.50	0.46	0.51	0.57	0.60	0.13
Zr						1.00	0.57	0.62	0.76	0.47	0.68	0.15	0.26
Ti							1.00	0.49	0.56	0.45	0.45	0.43	0.25
Th								1.00	0.44	0.50	0.66	0.52	0.40
Ce									1.00	0.40	0.58	0.26	0.22
Y										1.00	0.54	0.45	0.18
U											1.00	0.45	0.37
Li												1.00	0.22
La													1.00

Hornfels Zones

	Au	Sn	Nb	Ta	W	Zr	Ti	Th	Ce	Y	U	Li	La
Au	1.00	-0.32	-0.18	-0.24	-0.22	-0.03	-0.32	-0.31	0.05	-0.41	-0.40	-0.42	0.09
Sn		1.00	0.22	0.03	0.45	0.36	0.08	0.25	-0.02	0.35	0.34	0.20	0.14
Nb			1.00	0.00	0.56	0.46	0.66	0.57	0.48	0.64	0.29	0.52	0.21
Ta				1.00	0.17	0.15	0.09	0.17	-0.06	0.08	0.24	0.10	0.13
W					1.00	0.46	0.29	0.35	0.21	0.50	0.44	0.44	0.15
Zr						1.00	0.11	0.23	0.49	0.41	0.20	-0.06	0.25
Ti							1.00	0.68	0.40	0.63	0.24	0.62	0.06
Th								1.00	0.26	0.69	0.37	0.57	0.11
Ce									1.00	0.42	0.03	0.17	0.02
Y										1.00	0.52	0.72	0.02
U											1.00	0.50	-0.09
Li												1.00	0.03
La													1.00

⑤多変量解析

分析値の持つ意味を要約し、地質・鉱化作用との対比及び分析値の解釈を容易にするため、全試料、Agを除く13成分の分析値を用い主成分分析を行った。分析成分数が13あるため、計算上13主成分まで求められるが、統計上意味のある（固有値>1.0）第4主成分までの固有ベクトル、因子負荷量、固有値、寄与率、累積寄与率を第2-12表に示した。

第2-12表 河川堆積物試料主成分分析結果

	1		2		3		4	
	Eigen-vector	Factor Loading	Eigen-vector	Factor Loading	Eigen-vector	Factor Loading	Eigen-vector	Factor Loading
Au	0.04	0.08	-0.20	-0.26	-0.49	-0.53	0.46	0.48
Sn	0.03	0.06	0.44	0.57	-0.32	-0.34	0.16	0.17
Nb	0.43	0.85	-0.06	-0.07	0.00	0.00	0.02	0.02
Ta	-0.11	-0.22	0.51	0.66	0.08	0.09	-0.27	-0.29
W	0.27	0.53	0.26	0.33	-0.01	-0.02	0.51	0.54
Zr	0.29	0.58	0.31	0.40	-0.43	-0.46	-0.21	-0.22
Ti	0.31	0.62	-0.28	-0.36	-0.03	-0.03	-0.40	-0.42
Th	0.33	0.66	0.14	0.18	0.25	0.27	-0.20	-0.21
Ce	0.28	0.56	-0.09	-0.12	-0.31	-0.34	-0.14	-0.15
Y	0.43	0.86	-0.07	-0.09	0.09	0.10	0.05	0.06
U	0.19	0.37	0.44	0.57	0.30	0.32	0.10	0.10
Li	0.32	0.64	-0.19	-0.24	0.38	0.42	0.30	0.31
La	0.16	0.32	-0.05	-0.07	-0.24	-0.26	-0.25	-0.27
Eigen	3.91		1.68		1.16		1.10	
Propo.	0.30		0.13		0.09		0.08	
Cum. prop	0.30		0.43		0.52		0.60	

主成分と変量（分析値）との相関を表す因子負荷量を用いて、各主成分の特徴を以下にまとめる。

第1主成分：Nb, Yで最も高い正の値を示し、W, Zr, Ti, Th, Ce, Liがこれに次ぐ正の値を持つ。Au, Sn, Ta, Uは第1主成分と相関を持たない。これらの正の値を持つ成分は、花崗岩類、とくにペグマタイトに伴われることが多い。従い、この主成分は花崗岩類を間接的に指し示すものと解釈される。因子スコア2.0以上の値をもつ試料は、ラバット山、カユマンバン山、ニブル川流域の斑状黒雲母花崗岩分布域付近に多く認められる。

Nb-Taは地化学的性質が類似しており同じような挙動を示すことが一般的であるが、本地域ではむしろNbはYと挙動を同じくし、Taとは動きを異にする。本地域の花崗岩類中にはNb-Yの組み合わせの鉱物の存在が考えられ

る。

第2主成分：Sn, Ta, Uで正の値を示す。これらの成分は、第1主成分で相関を示さない成分のうちAuを除く成分が抽出されたものである。2成分間でこれらは相関を示さず、その主成分の意味について地質的に明瞭な解釈を下せない。

第3主成分：Auが負の値を示す。第1主成分、第2主成分で抽出されなかったAuに関する情報が抽出された主成分と考えられる。

第4主成分：Au, Wが正の値を示す。Nb, Yなどと挙動を共にするWの情報は第1主成分で抽出されており、これとは異なり挙動を共にするAu, Wの情報が抽出されたものと解釈できる。

(3)地化学異常値及び異常域

①閾値の設定

前述の通り、採取地点の地質単位により区分された、各成分の平均値には差がある。岩石試料を用いた地化学探査とは異なり、後背地を構成する地質単位が複数ある場合、試料の源である地質単位及びその構成割合を明らかにすることは容易ではない。Snなどのように高品位試料が地質単位の境界部付近の下流側にある場合、人為的に地質単位分けを行うと誤った結論を導き出す恐れがある。また、既知鉍化帯で賦存を確認している錫を例にとると、既知鉍化帯下流では試料採取地点が古生界分布域であるにもかかわらず、全試料中最も高い分析値を示している。従い、今回は、後背地を構成する地質単位別の閾値を設定せず、全試料を一括し、各成分ごとの平均値にその標準偏差の2倍を加えたものを異常値とした。それぞれの成分の閾値は第2-13表に示す。

第2-13表 河床堆積物分析値閾値一覧

Au (ppb)	Sn (ppm)	Nb (ppm)	Ta (ppm)	W (ppm)	Zr (ppm)	Ti (ppm)	Th (ppm)	Ce (ppm)	Y (ppm)	U (ppm)	Li (ppm)	La (ppm)
4	50	27	64	5	2048	9984	73	652	79	58	31	606

②地化学異常域の設定

隣接する2地点以上の試料の分析値が同じ成分の異常値である場合、それらの集水域をその成分の地化学異常域とした。また、複数の成分の異常域が重複する場合はそれらを一括した。ただし、Snについては、既知鉍化帯下流で1地点しか異常値とならない場合もあるので、1地点でも異常域とした。

③地化学異常域の分布及び評価

調査地域内に30箇所の異常域が抽出された(第2-14表及び第2-17図)。Sn単独の異常域は25カ所、Nb, Liなど少数の元素からなる異常域は3カ所、Nb, W, Ce, Yなど多数の元素が異常値を示す異常域は2カ所である。これらを、その異常値の程度によりA, Bの2つのランクに分けた。Snについては閾値の2倍以上の異常値を持つ異常域をAランクとし、それ以下の異常値を持つ異常域をBランクとした。その他の成分の異常域については異常値を持つ成分数及び試料数を考慮してA, Bランクに分けた。このようにランク付けすると、AランクのSn異常域は7区域、その他の成分の異常域は1区域となる。SnのAランク異常域は、調査地域西部の5区域、東部の2区域よりなる。その他の成分のAランク異常域は中央部ラバット山北方に分布する。

Aランク異常域の概要は以下の通りである。

アンタン川流域 (No. 2) : Snの異常値 (83~120ppm) が3カ所で捕捉された。集水域は古生界ピンツーツジャー山層よりなる。錫ほかの鉍化帯は確認されていない。

アンタン川流域 (No. 4) : Snの異常値 (100~170ppm) が4カ所に分布する。集水域は新第三系ドゥマディ川層よりなる。流域内には錫ほかの鉍化帯は確認されていない。

アンタン川流域 (No. 5) : Snの異常値 (58~170ppm) が4カ所に分布する。集水域は新第三系ウンブル川層よりなる。

アンタン川流域 (No. 8) : Snの異常値 (180ppm) が1カ所に分布する。集水域は古生界ピンツーツジャー山層よりなる。

イサハン川流域 (No. 9) : Snの異常値 (71~330ppm) が3カ所で捕捉された。集水域には古生界ピンツーツジャー山層とこれらを含むペグマタイトが分布する。流域には錫鉍化帯がある。

シカンプ川流域 (No. 12) : Snの異常値 (710ppm) が1カ所ある。集水域には古生界ピンツーツジャー山層とこれらを含むペグマタイトが分布し、試料採取地点のすぐ上流には錫鉍化帯がある。

ラバット山北方 (No. 16) : Nb (27~44ppm), W (11~17ppm), Zr (2,450~10,300ppm), Th (91~125ppm), Y (210~360ppm), U (83~145ppm) の異常値が5カ所に認められ、さらに一部でSn (220ppm), Ce (680ppm) 異常を認める。集水域は斑状黒雲母花崗岩よりなる。地質調査では鉍化帯を認めていない。

ウンブル川流域 (No. 21) : Sn異常値 (87~130ppm) を2カ所で認めた。集水域は新第三系ウンブル川層及び古生界ピンツーツジャー山層からなる。流域に錫鉍化帯は確認されていない。

第2-14表 河床堆積物による地化学異常域一覽

No.	Location	Number of anomalous samples	Anomalous elements and the range	Rank
1	S. Cenakobesar	1	Sn:88ppm	B
2	S. Antan	3	Sn:83-120ppm	A
3	Tributary of S. Antan	1	Sn:100ppm	B
4	S. Matah	4	Sn:100-170ppm	A
5	Tributary of S. Antan	4	Sn:58-170ppm	A
6	Tributary of S. Antan	3	Sn:83-95ppm	B
7	S. Antan	1	Sn:60ppm	B
8	S. Antan	1	Sn:180ppm	A
9	S. Isahan	3	Sn:71-330ppm	A
10	S. Tanau	1	Sn:69ppm	B
11	S. Nunusan	1	Sn:54ppm	B
12	S. Sikambu	1	Sn:710ppm	A
13	S. Sikambu	1	Sn:94ppm	B
14	S. Tulang	1	Sn:60ppm	B
15	S. Tulang	1	Sn:54ppm	B
16	S. Muara	5	Nb:27-44ppm Th:91-125ppm U:83-165ppm W:11-17ppm (Ce:680ppm) (Sn:220ppm) Zr:2,450-10,300ppm Y:210-360ppm	A
17	S. Muara	1	Sn:80ppm	B
18	Tributary of S. Gangsal	1	Sn:95ppm	B
19	Bt. Kayumambang	9	Nb:31-33ppm Y:79-130ppm (U:64ppm) W:11-22ppm Li:37-47ppm (Th:85ppm)	B
20	Tributary of S. Empelu	1	Sn:75ppm	B
21	S. Empelu	2	Sn:87-130ppm	A
22	Tributary of S. Empelu	1	Sn:66ppm	B
23	Tributary of S. Endelang	1	Sn:52ppm	B
24	Tributary of S. Endelang	1	Sn:78ppm	B
25	S. Keritang	1	Sn:140ppm	A
26	S. Keritang - S. Nibul	18	Nb:27-45ppm (Zr:2,200-4,300ppm) (W:9ppm)	B
27	Tributary of S. Nibul	5	Nb:36-45ppm (Y:85ppm) Li:32-36ppm	B
28	S. Salai	5	Nb:28-33ppm Y:85-90ppm Li:32-39ppm	B
29	South of Batuampar	1	Sn:96ppm	B
30	West of Bt. Condong	1	Sn:60ppm	B