

インドネシア共和国 ティガブル地域
資源開発協力基礎調査報告書

(第2年次)

平成3年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

総計費
CR 4
91-44

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 2 年 次)

JICA LIBRARY



1093705(0)

22946

平成 3 年 2 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

22946

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年次とする第2年次にあたり、金属鉱業事業団は5名の調査団を編成して平成2年7月12日から平成2年12月11日まで現地に派遣した。

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。

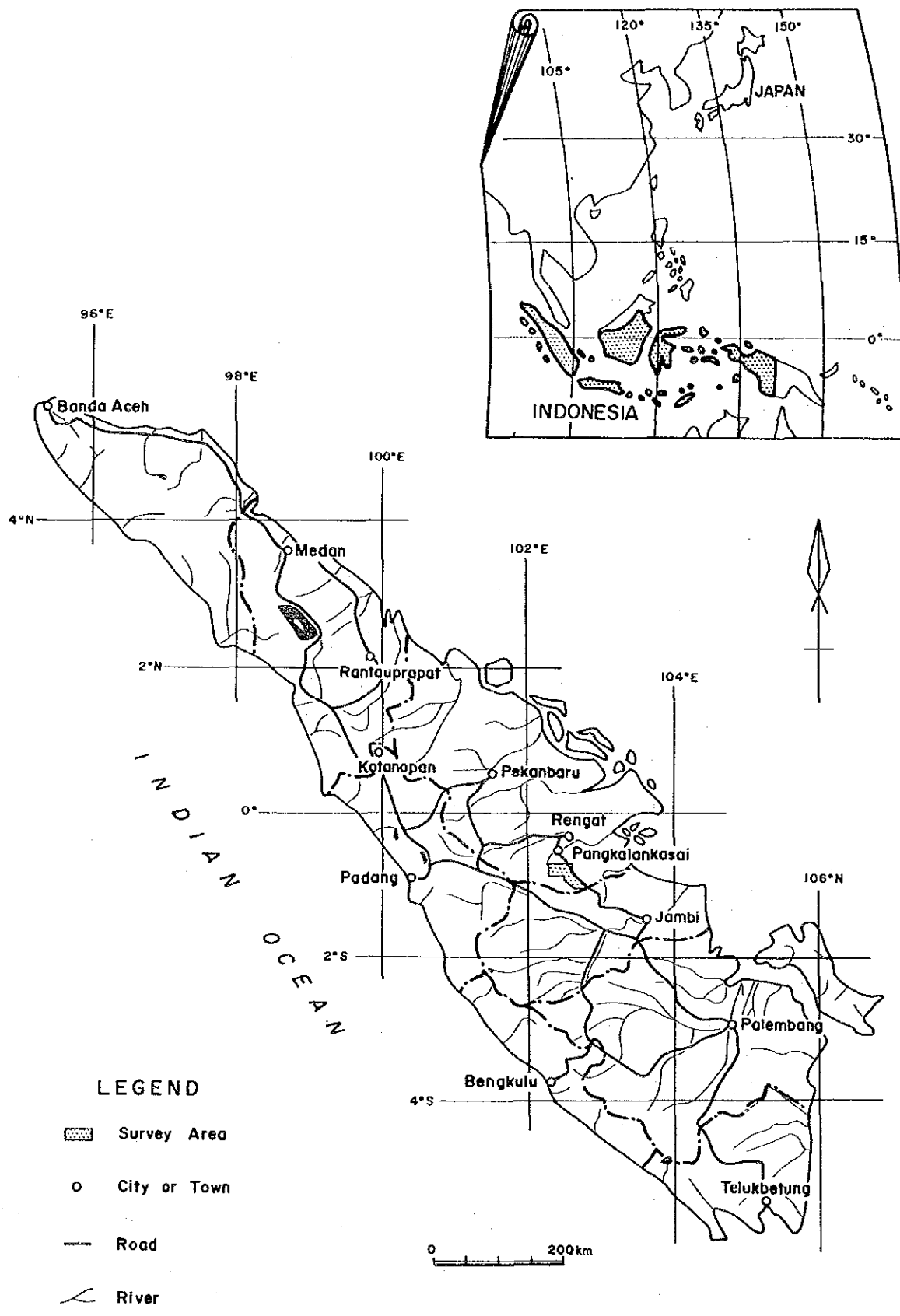
平成3年2月

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

本調査はティガプル地域における第2年次調査にあたり、調査地域の地質状況を解明することにより鉱床賦存状況を把握することを目的に、ピンツーツジュ地区において地質調査、地化学探査及びボーリング調査が実施された。作業量は以下の通りである。

地 質 調 査	調 査 面 積	70km ²
	踏 査 延 長	220km
地 化 学 探 査	河床堆積物	312試料
	パンニング	53試料
	土 壌	600試料
ボーリング調査	本 数	6 孔
	総 延 長	606.0m

ピンツーツジュ地区の地質は石炭紀～二畳紀の堆積岩類、ジュラ紀から白亜紀前期の花崗岩類及び新第三紀の堆積岩類よりなる。

本地区に分布する花崗岩類は、その岩相及び化学組成から、黒雲母花崗岩、優白色花崗岩及びアプライトに区分される。いずれの花崗岩類ともチタン鉄鉱系列の花崗岩に分類される。優白色花崗岩は、花崗岩の脈岩相を示すものと考えられ、下部には第1年次調査地域に分布する斑状黒雲母花崗岩が潜頭していると推定される。

調査地区内にはWNW-ESE系とNNW-SSE系の断層が発達する。既知錫鉱化帯の母岩となっている優白色花崗岩の平面的配列をみると、イサハン川上流からツラン川にかけほぼWNW-ESE方向に優白色花崗岩が配列する。シカンプ川付近では優白色花崗岩の小規模岩体はほぼNNW-SSE方向に配列する。従い、優白色花崗岩の配列を規制したのは断層と同方向の弱線と考えられる。

調査地区全体（面積70km²）にわたり、河床堆積物試料による地化学探査とパンニング試料による地化学探査が行われた。さらに既知錫鉱化帯を含む面積6km²の範囲において土壌による地化学探査が実施された。分析成分はAu, Sn, W, Th, Ce, Uの6成分である。

河床堆積物試料による地化学探査ではSn単独またはSnと他成分とが異常値を示すAランク地化学異常域が6箇所抽出された。これらの異常域は調査地域中央部にほぼWNW-ESE方向に配列する。このうち2区域がイサハン川区域及びシカンプ川区域の既知鉱化帯に対応する。

パンニング試料による地化学探査では、調査地域内に4箇所のAランク異常域が抽出された。

河床堆積物試料及びパンニング試料のAランク地化学異常域が重複する範囲は、ピナン

川流域、イサハン川流域(錫鉱化帯)、ツラン川支流(優白色花崗岩)、シカンブ川下流域(錫鉱化帯)、シカンブ川支流(優白色花崗岩)の5区域であり、ピナン川流域を除き、優白色花崗岩または同岩中に錫鉱化帯を認めている。

土壌試料による地化学探査において調査地区内に認められた異常域は、イサハン川上流からツラン川にかけほぼWNW-ESE方向に延びる区域、イサハン川中流域、シカンブ川-ツラン川合流点区域の3区域である。

上記3地化学探査において重複して地化学異常域を構成する成分はSn, Wである。また、いずれの地化学探査においても抽出された地化学異常域はほぼWNW-ESE方向に配列または伸長している。これは前述の優白色花崗岩の配列を規制した方向のうちの1方向と一致する。

イサハン川区域及びシカンブ川区域の既知錫鉱化帯にみられる鉱化は細脈と鉱染の形をとる。鉱脈を構成する鉱物は、石英が大部分を占め、次いで黄鉄鉱、白雲母、電気石、方解石、硫酸鉄鉱の順である。錫石、輝水鉛鉱は石英脈中でその結晶の数を数えられる程度にしか出現しない。鉱脈の生成順序から、鉱化順序を組み立てると、石英-カリ長石-電気石-白雲母-黄鉄鉱-硫酸鉄鉱-(錫石または輝水鉛鉱)、石英-カリ長石-黄鉄鉱、石英-黄鉄鉱、方解石-石英-黄鉄鉱の順となる。

母岩中には錫石、黄鉄鉱、電気石、白雲母が鉱染している。鉱染している鉱石鉱物は黄鉄鉱が大部分であり、優白色花崗岩中にのみ認められる。錫石の鉱染が肉眼的に認められたのはシカンブ川区域の優白色花崗岩のみである。

上記の地質調査及び地化学探査の結果抽出された鉱床賦存有望地域(イサハン川区域及びシカンブ川区域)において6孔のボーリング調査を実施した。

ボーリング・コアの分析結果をまとめると以下の通りとなる。

Au : 最高品位0.07g/tと低品位である。

Sn : 最高品位0.24%であり、大部分は0.01%以下(全試料の93%)である。

W : すべて0.01%以下である。

Th : すべて0.01%以下である。

Ce : すべて0.02%以下である。

U : すべて0.01%以下である。

Snについて0.1%以上の品位を示す箇所は下表の通りである。

Drill No.	Depth(m)	Width	Sn(%)
MJIT-2 (シカンブ川区域)	51.0-52.5	1.5m	0.24
	55.5-57.0	1.5m	0.22

前記のMJIT-2号の2試料を含む深度49.5~57.0m間延長7.5mの平均品位はSn0.11%を示す。地質調査、地化学探査及びボーリング調査の結果に基づき、調査地区に賦存が期待される鉱床は含錫初成鉱床である。調査区域を、ボーリング調査が実施されたイサハン川区域及びシカンブ川区域とそれ以外の地域とに分けて評価する。

【イサハン川区域及びシカンブ川区域】

Sn品位をもたらすものは優白色花崗岩中に発達する石英-カリ長石-電気石-白雲母-黄鉄鉱-硫砒鉄鉱-錫石脈と優白色花崗岩中の錫石鉱染である。これら鉱脈及び鉱染の入れ物となる優白色花崗岩の規模は、本岩が斑状黒雲母花崗岩の脈岩相と予想されることから、大きなものは期待できない。鉱量計算を行うにはデータ不足であるが、Sn0.1%以上の品位を示したのはMJIT-2号の幅1.5m、2箇所のみであり、また、最高品位は0.24%と低品位であった。従い、イサハン川区域及びシカンブ川区域には経済的鉱床になりうる鉱床はないものと判断される。

【イサハン川区域及びシカンブ川区域以外の調査地区】

土地化学探査により得られている地化学異常域の評価を行う。

土地化学異常域のなかでも最も広い異常域を形成しているイサハン川-ツラン川域（イサハン川地区ボーリング調査実施地点を除く）においてSn分析値は16~72ppmを示し、ボーリング調査実施地点のSn分析値と似た値を示す。本地域には優白色花崗岩が賦存し、Snを伴う鉱化作用が期待できるが、土地化学異常値及びその広がりからして、期待できる鉱床規模及び品位は上記のイサハン川区域及びシカンブ川区域と同程度と考えられる。その他の土壌試料による地化学異常域については、他の地化学探査による異常域と重複しないか、または、その占める範囲が狭いことから興味を持たない。

土壌試料による地化学探査範囲を除く本年次調査地区において得られている地化学異常について評価する。

河床堆積物及びパンニング試料によるAランク地化学異常値が得られているのは、イサハン川鉱化帯西方のピナン川流域のみである。異常値の分布はピナン川本流にのみ得られ上流域に鉱化帯の賦存が期待できる。また、上流域はイサハン川-ツラン川間に分布する優白色花崗岩を結ぶ線の西方延長部にあたり、錫鉱化作用に関連する優白色花崗岩の分布が予想されるが、河床堆積物及びパンニング試料の地化学異常値からして、本流域には既知鉱化帯を上回る規模・品位を有する鉱床の賦存は期待できない。

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1部 総論

第1章 序論	1
1-1 調査の経緯及び目的	
1-2 第1年次調査の結論と提言	
1-2-1 第1年次調査の結論	
1-2-2 第1年次調査の提言	
1-3 第2年次調査の概要	
1-3-1 調査地域	
1-3-2 調査目的	
1-3-3 調査方法	
1-3-4 調査団の編成	
1-3-5 調査期間	
第2章 調査地域の地理	8
2-1 地形及び水系	
2-2 気候及び植生	
第3章 調査地域の一般地質	10
3-1 スマトラ中央地域の一般地質	
3-2 既往調査の概要	
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	13
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 金属鉱床賦存のポテンシャル	
第5章 結論	19
5-1 結論	

第Ⅱ部 各 論

第1章 地質調査	23
1-1 調査方法	
1-2 地質概況	
1-3 地質層序	
1-4 貫入岩	
1-5 地質構造	
1-6 鉍化・変質作用	
1-7 花崗岩・地質構造と鉍化作用の関係	
第2章 地化学探査	44
2-1 河床堆積物試料による地化学探査	
2-2 パンニング試料による地化学探査	
2-3 土壌試料による地化学探査	
2-4 地化学異常と鉍化・変質作用との関連	
第3章 ボーリング調査	66
3-1 調査方法	
3-2 地質及び鉍化作用	
3-2-1 地質概況	
3-2-2 鉍化作用	
3-3 ボーリング工法、使用機材及び掘進状況	
3-3-1 工法及び使用機材	
3-3-2 掘進状況	
3-4 ボーリング孔の地質及び鉍化作用	
3-4-1 地 質	
3-4-2 各孔ごとの地質及び鉍化作用	
3-4-3 鉍化作用	
第4章 調査結果の総合検討	96
4-1 地質構造、鉍化作用の特性と鉍化規制	
4-2 地化学異常と鉍化作用との関係	
4-3 金属鉍床賦存のポテンシャル	

第Ⅲ部 結 論

第1章 結 論	100
---------------	-----

参考文献

写真

卷末資料

付図

- 第1-1図 調査地域位置図
- 第1-2図 地質調査・地化学探査・ボーリング調査範囲図
- 第1-3図 中央スマトラ地質概略図
- 第1-4図 調査結果総合解析図
- 第2-1図 地質・地質断面図
- 第2-2図 地質模式層序図
- 第2-3図 石英-アルカリ長石-灰長石ダイアグラム
- 第2-4図 アルカリ/石灰比ダイアグラム
- 第2-5図 鉍徴地分布図
- 第2-6図 イサハン川鉍化帯スケッチ
- 第2-7図 シカンブ川鉍化帯スケッチ
- 第2-8図 河床堆積物試料分析値頻度分布図
- 第2-9図 地化学探査解析結果図（河床堆積物試料）
- 第2-10図 パンニング試料分析値頻度分布図
- 第2-11図 地化学探査解析結果図（パンニング試料）
- 第2-12図 土壌試料分析値頻度分布図
- 第2-13図 地化学探査解析結果図（土壌試料）
- 第2-14図 ボーリング位置図、地質図及び地質断面図
- 第2-15図 掘進工程図（MJIT-1）
- 第2-16図 掘進工程図（MJIT-2）
- 第2-17図 掘進工程図（MJIT-3）
- 第2-18図 掘進工程図（MJIT-4）
- 第2-19図 掘進工程図（MJIT-5）
- 第2-20図 掘進工程図（MJIT-6）

付表

第2-1表	貫入岩全岩分析結果（主成分）及びノルム計算結果
第2-2表	貫入岩微量成分分析結果
第2-3表	貫入岩微量成分基本統計量
第2-4表	貫入岩微量成分相関係数
第2-5表	貫入岩微量成分主成分分析結果
第2-6表	鉍石試料分析結果
第2-7表	河床堆積物試料分析値基本統計量
第2-8表	河床堆積物試料分析値相関係数
第2-9表	河床堆積物試料分析値主成分分析結果
第2-10表	河床堆積物試料分析値閾値
第2-11表	河床堆積物試料による地化学異常域
第2-12表	パンニング試料分析値基本統計量
第2-13表	パンニング試料分析値相関係数
第2-14表	パンニング試料分析値主成分分析結果
第2-15表	パンニング試料分析値閾値
第2-16表	パンニング試料による地化学異常域
第2-17表	土壌試料分析値基本統計量
第2-18表	土壌試料分析値相関係数
第2-19表	土壌試料分析値主成分分析結果
第2-20表	土壌試料分析値閾値
第2-21表	孔別位置及び掘進長
第2-22表	使用機器一覧表
第2-23表	ダイヤモンドビット使用数量表
第2-24表	消耗品使用数量表
第2-25表	作業時間総括表
第2-26表	掘進作業実績表（MJIT-1）
第2-27表	掘進作業実績表（MJIT-2）
第2-28表	掘進作業実績表（MJIT-3）
第2-29表	掘進作業実績表（MJIT-4）
第2-30表	掘進作業実績表（MJIT-5）
第2-31表	掘進作業実績表（MJIT-6）
第2-32表	掘進成績総括表（MJIT-1）
第2-33表	掘進成績総括表（MJIT-2）

- 第2-34表 掘進成績総括表 (MJIT-3)
第2-35表 掘進成績総括表 (MJIT-4)
第2-36表 掘進成績総括表 (MJIT-5)
第2-37表 掘進成績総括表 (MJIT-6)

写真

写真1～3 岩石薄片及び鉍石研磨片顕微鏡写真

巻末資料

1. 岩石薄片検鏡結果
2. 絶対年代測定結果
3. 鉍石研磨片検鏡結果
4. X線回折粉末法試験結果
5. 化学分析結果（地化学探査試料）
6. ボーリング柱状図
7. 化学分析結果（ボーリング・コア試料）

添付図

第Ⅰ図 地質・地質断面図（縮尺25,000分の1）

第Ⅱ図 試料採取位置図（縮尺25,000分の1）

第 I 部 総 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、これまでスラウエン地域ほかの 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、ティガプル地域における協力調査実施につき合意した。

第 1 年度である平成元年度には、ティガプル地域における鉱物資源胚胎の可能性を探查及び評価することを目的に、写真地質解析、地質調査・地化学探查、帯磁率測定・放射能測定が実施された。

平成 2 年度はティガプル地域における協力調査の第 2 年次にあたり、第 1 年次に抽出された探查有望地区において、鉱化作用と地質構造及び火成活動の関係を解明し、有望な鉱徴地を抽出するとともに鉱徴地の地下の状況を把握し、鉱床としての評価を行うことを目的として、地質調査・地化学探查及びボーリング調査が実施された。

1-2 第 1 年次調査の結論と提言

1-2-1 第 1 年次調査の結論

ティガプル地域における第 1 年次調査として、写真地質解析、地質調査・地化学探查及び帯磁率測定・放射能測定が実施された。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）及びアプ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、チタン鉄鉱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うけている。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、河床堆積物試料による地化学探査とパンニング試料による地化学探査が行われた。分析された成分はレアメタル元素を含む14成分である。河床堆積物試料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。

パンニング試料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、河床堆積物試料及びパンニング試料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試料、パンニング試料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ヅ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。

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及びこれらの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鉱床であり、カユマンバン山周辺には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。

③Snなどを含む漂砂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推定される鉱床であり、アンタン川流域の新第三系に賦存の可能性が高い。

1-2-2 第1年次調査の提言

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。

(1)花崗岩類侵入に伴う鉱化作用

①ピンツーツジャー山地区

イサハン川及びその南東のシカンブ川には優白色花崗岩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した。

②カユマンバン山地区

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した。

③ニブル川地区

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した。

(2)漂砂鉱床

①アンタン川地区

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した。

1-3 第2年次調査の概要

1-3-1 調査地域

調査地域は、第1年次調査地域の西部を占め、次の経緯点により囲まれる面積70km²の地域（ピンツーツジャー山地区）である。行政区分上、調査地域はリアウ(Riau)州に含まれる。調査地域を第1-2図に示す。

	南緯	東経		南緯	東経
①	0°44'52"	102°18'02"	③	0°51'40"	102°20'17"
②	0°47'08"	102°15'46"	④	0°49'23"	102°22'34"

1-3-2 調査目的

平成2年度はティガプル地域における協力調査の第2年次にあたり、第1年度に抽出された探査有望地区において地質調査・地化学探査を行い鉱化作用と地質構造及び火成活動の関係を解明し有望な鉱徴地を抽出するとともに、有望な鉱徴地においてボーリング調査を実施し鉱徴地の地下の状況を把握し鉱床としての評価を行うことを目的とする。

1-3-3 調査方法

本年次に実施された作業は、地質調査・地化学探査及びボーリング調査である。

(1)地質調査・地化学探査

調査地域の北方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、第1年次に航空写真から作成された縮尺1:50,000の地形図を1:10,000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。地質調査結果は縮尺1:25,000にまとめた。

地化学探査試料としては、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。また、第1年次に抽出された鉱徴地（イサハン川区域及びシカンブ川区域）を含む面積6km²の範囲において100m間隔のグリッド状に試料採取点を配置し深度40～70cmの土壌試料（B層）を採取した。

(2)ボーリング調査

第1年次に抽出された鉱徴地であるイサハン川区域及びシカンブ川区域において、深度100mを予定深度としワイヤーライン工法による垂直ボーリングを6孔実施した。掘進口径は孔口付近を除き、NQ及びBQとした。採取されたコアは詳細に鑑定し、結果は縮尺1:200の柱状図にまとめた。さらにコアのカラー写真撮影後、岩石薄片作成、また、鉱化部については研磨片による検討ならびに化学分析を実施した。

(3)作業の内容

第2年次の調査量は下記の通りである。

・地質調査・地化学探査

調査範囲	70km ²
踏査延長	220km
岩石試料	
薄片	20件
X線粉末回折法	20件
絶対年代	3件
全岩分析	10件
鉱石分析	5件(6成分)
地化学探査試料	
河床堆積物	312件(6成分)
パンニング	53件(6成分)
土壌	600件(6成分)

・ボーリング調査

本数	6本
総延長	606.0m
岩石試料	
薄片	21件
鉱石研磨片	11件
X線粉末回折法	6件
化学分析	209件(6成分)

1-3-4 調査団の編成

現地指導監督

増田信行（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.)
保野米治（団長・地質・地化学探査） （ボーリング調査）	Sunarya Johari（コーディネータ）
佐藤哲男（地質・地化学探査）	Zamri Ta'in（地質・地化学探査）
堀口進（ボーリング調査）	Dwi Nugroho（地質・地化学探査）
神成総二（ボーリング調査）	Subandi（測量）
加藤準市（ボーリング調査）	Rukanda A. R.（測量）
	Endang Suwargi（ボーリング調査）
	Awan Rachman（ボーリング調査）
	Maman Suherman（ボーリング調査）
	Mardiyanto（ボーリング調査）

1-3-5 調査期間

既存資料の検討

平成2年7月6日～平成2年7月11日

現地調査

地質調査・地化学探査

平成2年7月12日～平成2年9月25日

ボーリング調査

平成2年8月9日～平成2年11月27日

現地解析

平成2年11月28日～平成2年12月11日

室内解析・報告書作成

平成2年11月12日～平成3年2月20日

第2章 調査地域の地理

2-1 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、途中に丘陵地帯を挟み、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部にあたる。ピンツーツジュ山地区の大部分は標高100~350mの山地よりなり、最高峰は調査地中央部に位置する標高356mの山地である。調査地区の南西部アンタン川 (S. A. Antan) 沿いは標高100m以下の丘陵地よりなる。

(2) 水系

ピンツーツジュ山地区に発達する水系は、地域南東端を除き、チェナコブサル川 (S. Cenakobesar) に流れ込むもので、地域北部では大部分の水系が北方ないし北西方に向かい流下するのに対し、南部では西方または南西方に向かい流下する河川が多くなる。ツラン川 (S. Tulang) はこれらの傾向に従わず、地域東部で南方に向かい流下する。調査地区最大の水系であるアンタン川 (S. A. Antan) は蛇行し大きくその流下方向を変えるが、大局的には北西方向に向かって流れ地域北西方でチェナコブサル川に合流する。チェナコブサル川はさらにバンタン・クアンタン川 (S. A. Bantang Kuantan) に合流し、南シナ海に注ぎ込む。

2-2 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わかれる。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。これら季節差はオーストラリア大陸に近いインドネシア東部で最も顕著であるが、スマトラ島では南東モンスーンはインド洋から湿った空気をもたらす雨を降らせるため、6月~8月に降雨量がわずかに減少するものの乾季はなきに等しい。

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20mを超える巨木が頻繁に見られる。この巨木の周囲には直径10~50cm，高さ10m程度の樹木が密生しており，その中は屋間も暗く写真撮影にはフラッシュが常に必要である。樹木密生地では下草は多くはなく，人力による伐開により歩行は比較的容易である。

低地の大部分は人間の手が入りその後放置された，高さ10m程度の低木林である。アンタン川沿いの丘陵地の一部では焼畑により陸稲が栽培されている。

第3章 調査地域の一般地質

3-1 スマトラ中央地域の一般地質

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-二畳紀の堆積岩類とこれを貫くジュラ紀~白亜紀の花崗岩類、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-二畳紀の堆積岩類はその岩相からガンサル(Gangsals)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。

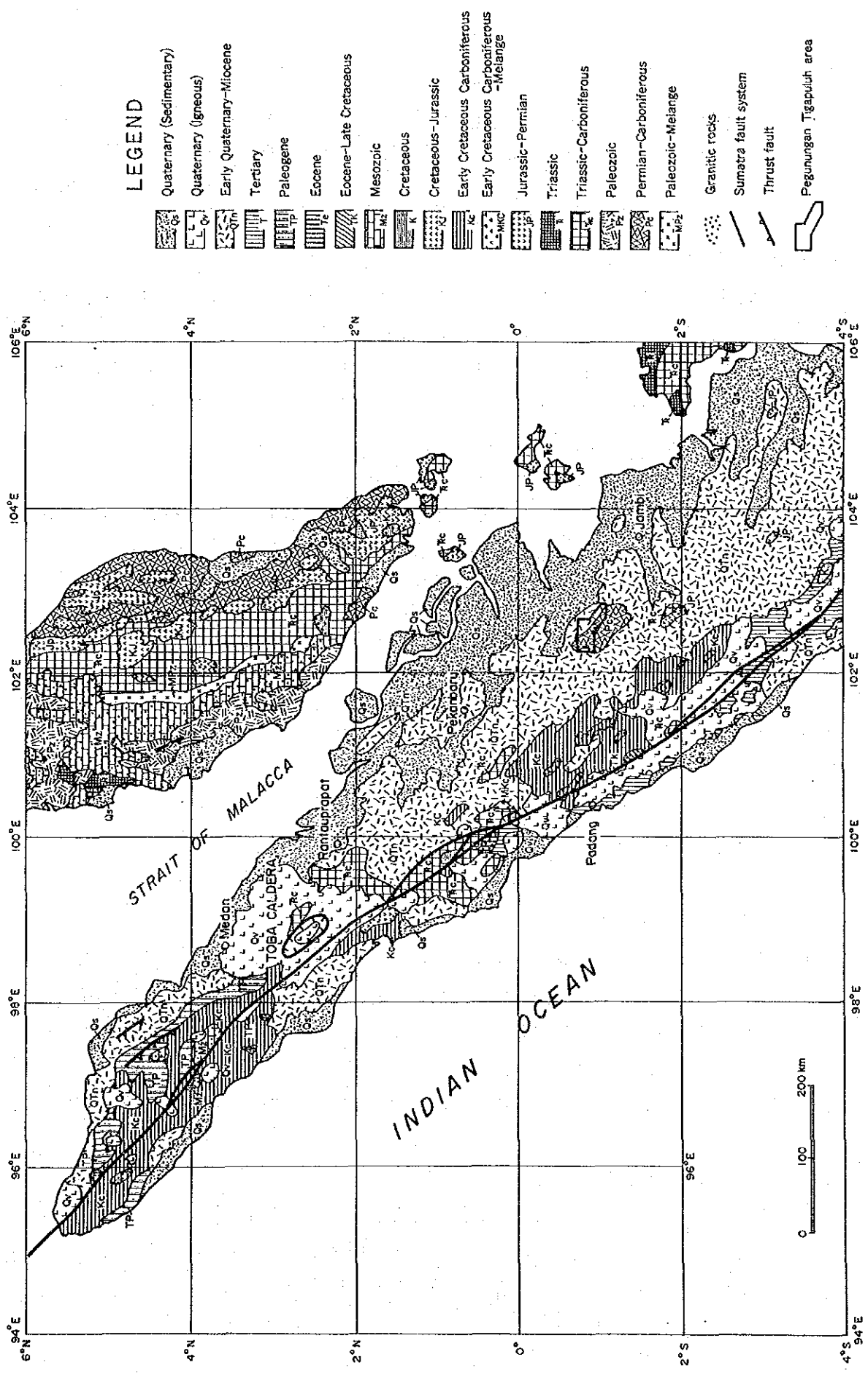
第三紀の堆積岩類は、下位より漸新世のクルサ(Kelesa)層(多源礫岩及び含礫砂岩)、中新世のラカット(Lakat)層(多源礫岩、石英砂岩及び石英砂岩-粘土岩互層)、ツアラン(Tualang)層(石英砂岩及び粘土岩)及びグマイ(Gumai)層(頁岩、粘土岩及び砂岩)、中新世~鮮新世のビニオ(Bioni)層(粘土岩-砂岩-頁岩-シルト岩互層)及びコリンチ(Korinci)層(凝灰質砂岩)よりなる。

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。

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

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-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~二畳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畳紀前期の水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。二畳紀中頃西部は Gondwana 大陸から分離し、三畳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、三畳紀後期からジュラ紀前期の珪長質の深成岩の存在は、西部が三畳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が変わり、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。」



第1-3図 中央スマトラ地質概略図

3-2 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 BENMELEN(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1:250000) 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. ティガプルー地域は、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地区で認められる。
2. 初成の錫石鉱化作用が認められるのは、3地区のうち、イサハン川(S. Isahan)-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。

3-3 調査地域の地質的位置付け

本調査地域は、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、この花崗岩進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、花崗岩の進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

ピンツーツジャー山地区の地質は、石炭紀～二畳紀の堆積岩類、ジュラ紀～白亜紀前期の花崗岩類及び新第三紀の堆積岩類より構成される。

本地区の花崗岩類は、全岩分析結果及び第1年次に実施された帯磁率測定結果から、チタン鉄鉍系列に属する。

本地区の花崗岩類は、その岩相及び化学組成から、黒雲母花崗岩、優白色花崗岩及びアプライトに区分される。

優白色花崗岩は放射年代がジュラ紀(160～150Ma)を示すグライゼンの母岩となっており、この年代は黒雲母花崗岩の年代(113～110Ma)より、第1年次の調査地域に分布する斑状黒雲母花崗岩の年代(167～134Ma)に近い。

優白色花崗岩は、本年度の地質調査及びボーリング調査結果から花崗岩の脈岩相を示すものと考えられ、インドネシアBelitungに分布する白雲母花崗岩と斑状黒雲母花崗岩との関係(白雲母花崗岩は斑状黒雲母花崗岩の脈岩相, Schwartz et al., 1990)を参考にし上記年代を考え合わせると、優白色花崗岩の下部には斑状黒雲母花崗岩が潜頭していると推定される。

第1年次調査地域における花崗岩類の平面的分布から、第1年次には鉍化に関連する花崗岩として黒雲母花崗岩を考えたが、本年次の調査結果から、鉍化に関連する花崗岩としては斑状黒雲母花崗岩が考えられる。

地質構造と鉍化作用との関連について考察する。

第1年次に実施された写真地質解析により、先第三系分布域に認められるリニアメントの方向は、WNW-ESE方向とNNW-SSE方向を示すものが多いことが指摘されている。本年次の地質調査により、調査地区内にはWNW-ESE系とNNW-SSE系の断層が発達することが明らかになった。既知錫鉍化帯の母岩となっている優白色花崗岩の平面的配列をみると、イサハン川上流からツラン川にかけほぼWNW-ESE方向に配列し、さらに露頭では優白色花崗岩岩脈はE-W方向の走向を示す。シカンブ川付近では優白色花崗岩の小規模岩体はほぼNNW-SSE方向に配列する。

鉍化作用の特徴について考察する。

イサハン川及びシカンブ川錫鉍化帯では鉍化は細脈と鉍染の形をとる。鉍脈を構成する鉍物は、石英が大部分を占め、次いで黄鉄鉍、白雲母、電気石、方解石、硫砒鉄鉍の順である。錫石、輝水鉛鉍は石英脈中でその結晶の数を数えられる程度にしか出現しない。鉍脈の生成順序から、鉍化順序を組み立てると、石英-カリ長石-電気石-白雲母-黄鉄鉍-硫砒鉄鉍-(錫石または輝水鉛鉍)、石英-カリ長石-黄鉄鉍、石英-黄鉄鉍、方解石-石英-黄

鉄鉱の順となる。

母岩中には錫石、黄鉄鉱、電気石、白雲母が鉱染している。鉱染している鉱石鉱物は黄鉄鉱が大部分であり、鉱染は優白色花崗岩中にのみ認められる。錫石の鉱染が肉眼的に認められたのはシカンプ川区域の優白色花崗岩のみである。

地表では含錫石石英脈は、最も高品位脈でSn3.84%, W0.07%, Ce0.02%を示す。また、白雲母化した優白色花崗岩に石英脈を含む幅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。

ボーリング・コアの分析結果は Au, W, Th, Ce, Uについてはいずれも低品位である。Snについては最高品位0.24%であり、大部分は0.01%以下（全試料の93%）である。比較的Sn品位の高い部分（MJIT-2号深度49.5~57.0m間延長7.5m, 母岩は優白色花崗岩）は平均品位Sn0.11%を示す。

優白色花崗岩は石英、カリ長石、斜長石及び白雲母斑晶が破碎され、その空隙を満たして白雲母（絹雲母）または細粒の二次石英が発達している。また、シカンプ川区域及びイサハン川区域共にボーリング・コアの一部にグライゼンを認めている。このほか変質鉱物としてカオリンが検出されている。優白色花崗岩の場合、鉱脈の数と母岩の変質の間に関係は認められない。

古生界のシルト岩、頁岩及び含礫シルト岩の基質には白雲母（絹雲母）、黒雲母、方解石または苦灰石が生じている。石英脈に接する部分ではさらに脱色し、細粒の二次石英が生じていることが多い。

優白色花崗岩及び古生界とも変質と品位との間には明瞭な関係はない。グライゼンでSnが高品位となることが期待されたが、グライゼン化した部分で品位の上昇は認められない。

4-2 地化学異常と鉱化作用との関係

調査地区全体にわたり、河床堆積物試料による地化学探査とパンニング試料による地化学探査が行われた。さらに既知錫鉱化帯を含む面積6km²の範囲において土壌による地化学探査が実施された。分析成分はAu, Sn, W, Th, Ce, Uの6成分である。

河床堆積物試料による地化学探査ではSn単独またはSnと他成分とが異常値を示すAランク地化学異常域が6箇所抽出された。これらの異常域は調査地域中央部にほぼWNW-ESE方向に配列する。このうち2区域が既知鉱化帯に対応し、イサハン川鉱化帯付近にはSnの異常値（70~400ppm）が3箇所に、Auの異常値（10~15ppb）が2箇所に、Wの異常値（7~32ppm）が5箇所に分布する。シカンプ川鉱化帯付近ではSnの異常値（710ppm）が1箇所分布する。

パンニング試料による地化学探査では、調査地区内に4箇所のAランク異常域が抽出された。それらのうちイサハン川上流-シカンプ川下流域はSn異常値（600~>1,000ppm）が10箇所、W異常値（16~55ppm）が3箇所、Th異常値（93ppm）が1箇所検出されており、

区域内にはイサハン川錫鉍化帯及びシカンプ川錫鉍化帯が分布する。

河床堆積物試料及びパンニング試料のAランク地化学異常域が重複する範囲は、ピナン川流域、イサハン川上流域（錫鉍化帯）、イサハン川下流域、ツラン川支流（優白色花崗岩）、シカンプ川下流域（錫鉍化帯）、シカンプ川支流（優白色花崗岩）の6区域であり、ピナン川流域を除き、区域内には優白色花崗岩または同岩中に賦存する錫鉍化帯を認めている（第1-4図）。

土壌試料による地化学探査において得られた異常域は、イサハン川上流からツラン川にかけほぼWNW-ESE方向に延びる地域（イサハン川-ツラン川域）、イサハン川中流域、シカンプ川-ツラン川合流点地域の3区域である。

イサハン川-ツラン川域は前記3箇所の異常域のうちその占める面積は最も広い。Au, Sn, Wの異常値が重複して分布する。Auは10~65ppb, Snは16~72ppm, Wは33~90ppmの値を示す。本区域にはイサハン川錫鉍化帯及び優白色花崗岩が分布する。この異常域の約半分の範囲が河床堆積物試料及びパンニング試料によるAランク地化学異常域と重複する。

イサハン川中流域はSnのみの異常値（23~150ppm）、3点からなる。本区域には鉍化帯または貫入岩は認められていない。パンニング試料による地化学異常は得られていない。

シカンプ川-ツラン川合流点区域にはAu, Snの異常値が分布する。Auは10ppb, Snは16~68ppmを示す。本区域にはシカンプ川錫鉍化帯及び優白色花崗岩が分布する。

河床堆積物及びパンニング試料によるAランク地化学異常域と土壌試料による地化学異常域において共通に認められる地化学異常値成分はSn, Wである。従い、地化学探査結果から、調査地域にはSn, Wを伴う鉍化作用が期待される。また、いずれの地化学探査においても抽出された地化学異常域はほぼWNW-ESE方向に配列または伸長している。これは前述の優白色花崗岩の配列を規制した方向のうちの1方向と一致する。従い、鉍化作用もこの方向の弱線に規制されていると考えられる。

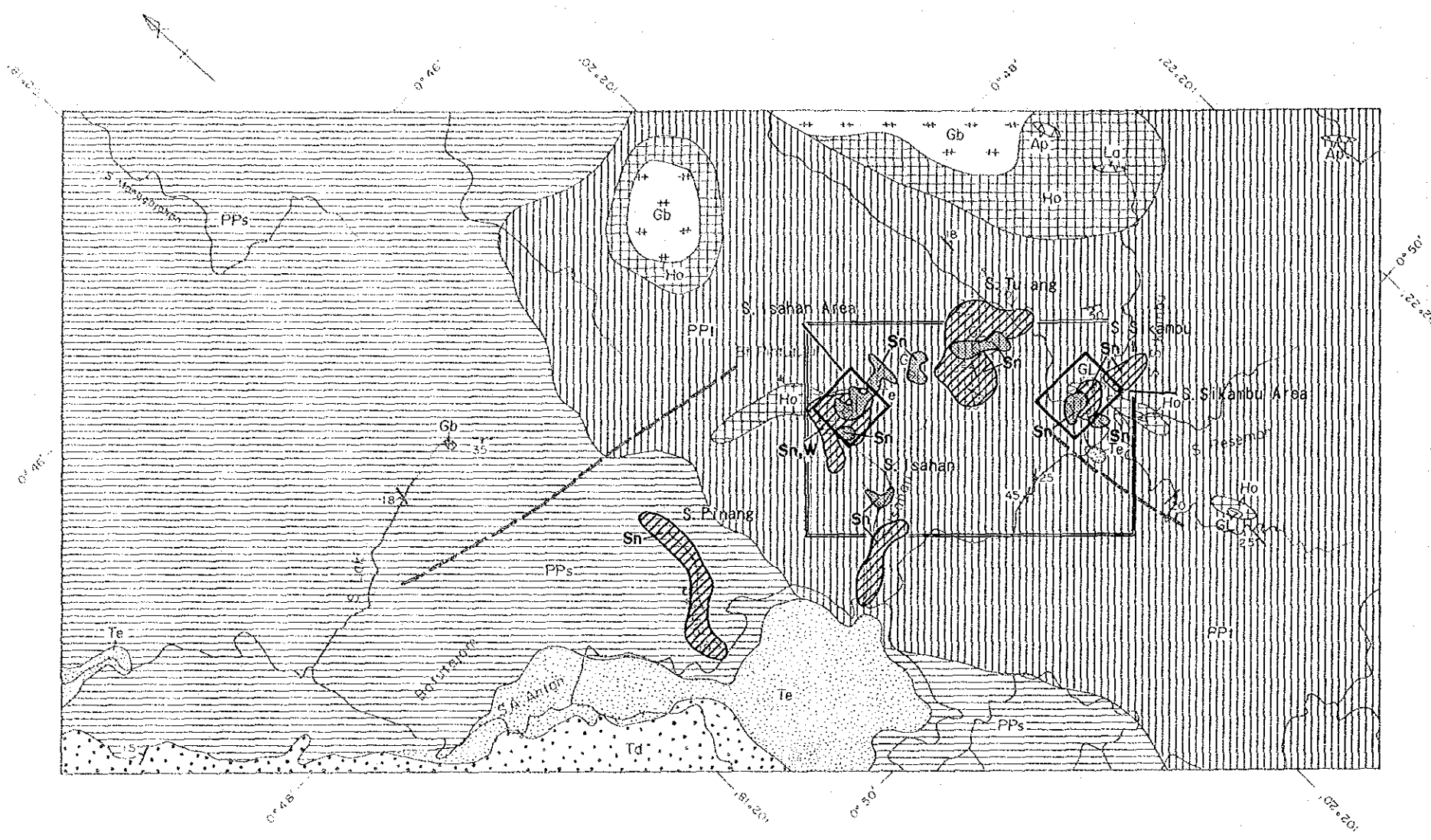
ボーリング調査において化学分析を行ったAu, Sn, W, Th, Ce, Uの6成分の相関係数をみると6成分のうちW-Uは逆相関を示す。Wはシルト岩中で高い分析値を示す傾向を持ち、Uは優白色花崗岩中で高い値を示す。地化学探査の結果から本地区にはSn, Wを伴う鉍化作用が期待されたが、ボーリング調査結果は、本地区に期待される鉍化作用はSnのみを伴うものであることを示している。

4-3 金属鉍床賦存のポテンシャル

ボーリング調査が実施されたイサハン川区域及びシカンプ川区域とそれ以外の区域とに分けて考察を行う。

【イサハン川区域及びシカンプ川区域】

地質調査・地化学探査及びボーリング・コアの分析結果から、イサハン川鉍化帯及びシ



LEGEND

- Tertiary
 - S. Dendai F [Symbol] Claystone, Siltstone
 - S. Empelu F [Symbol] Quartz, Arenite, Conglomerate
- Mesozoic
 - S. Seginh M [Symbol] Black Slate, Siltstone
 - Br. Pintuluuh F [Symbol] Siltstone, Litic Micae
- Cenozoic
 - S. Tulang M [Symbol] Black Slate, Pebbly Mudsstone
- Contact Metamorphic Rocks
 - [Symbol] Hornfels
- Intrusives
 - [Symbol] Leucocratic Granite
 - [Symbol] Biotite Granite
 - [Symbol] Apatite
 - [Symbol] Lamprophyre
- Fault
 - [Symbol] Fault
 - [Symbol] Strike and Dip of Beds

Overlapped geochemical anomaly (A)
(Pan concentrate + Stream sediment)

Geochemical anomaly (Soil)

Sn : Anomalous Element

Geochemical Exploration (Soil) Area

Threshold

Sn	{	Pan concentrate	504 ppm
		Stream sediment	138 ppm
		Soil	16 ppm
W	{	Pan concentrate	16 ppm
		Stream sediment	7 ppm

第1-4图 調査結果総合解析図

カンブ川鉍化帯に期待される鉍種はSnである。ボーリング調査結果から、Sn品位をもたらすものは優白色花崗岩中に発達する石英-カリ長石-電気石-白雲母-黄鉄鉍-硫砒鉄鉍-錫石脈と優白色花崗岩中の錫石鉍染である。これら鉍脈及び鉍染の入れ物となる優白色花崗岩の規模は、本岩が斑状黒雲母花崗岩の脈岩相と予想されることから、大きなものは期待できない。鉍量計算を行うにはデータ不足であるが、Sn0.1%以上の品位を示したのはMJIT-2号の幅1.5m、2箇所のみであり、また、最高品位はSn0.24%と低品位であった。従い、イサハン川区域及びシカンブ川区域には経済的鉍床となりうる鉍床はないものと判断される。

【イサハン川区域及びシカンブ川区域以外の調査地区】

土壌地化学探査により得られている地化学異常域の評価を行う。

土壌地化学異常域のなかでも最も広い異常域を形成しているイサハン川-ツラン川域（イサハン川地区ボーリング調査実施地点を除く）においてSn分析値は16~72ppmを示し、ボーリング調査実施地点の土壌試料のSn分析値と似た値を示す。本区域には優白色花崗岩が賦存し、Snを伴う鉍化作用が期待できるが、土壌地化学異常値及びその広がりからして、期待できる鉍床規模及び品位は上記のイサハン川区域及びシカンブ川区域と同程度と考えられる。その他の土壌試料による地化学異常域については、他の地化学探査による異常域と重複しないか、または、その占める範囲が狭いことから興味を持たない。

土壌試料による地化学探査を除く本年次調査地区において得られている地化学異常について検討を加える。

河床堆積物及びパンニング試料によるAランク地化学異常値が得られているのは、イサハン川鉍化帯西方のピナン川流域のみである。異常値の分布はピナン川本流にのみ得られ上流域に鉍化帯の賦存が期待できる。また、上流域はイサハン川-ツラン川に分布する優白色花崗岩を結ぶ線の西方延長部にあたり、錫鉍化作用に関連する優白色花崗岩の分布が予想される。

第5章 結論

5-1 結論

ティガプル地域における第2年次調査として、ティガプル地域北西部面積70km²の範囲（ピンツーツジュ地区）において、地質調査、地化学探査及びボーリング調査が実施された。これらの調査により以下の結論が得られた。

ピンツーツジュ地区の地質は石炭紀～二畳紀の堆積岩類、ジュラ紀から白亜紀前期の花崗岩類及び新第三紀の堆積岩類よりなる。

本地区に分布する花崗岩類は、その岩相及び化学組成から、黒雲母花崗岩、優白色花崗岩及びアプライトに区分される。いずれの花崗岩類ともチタン鉄鉍系列の花崗岩に分類される。

優白色花崗岩は、花崗岩の脈岩相を示すものと考えられ、下部には第1年次調査地域に分布する斑状雲母花崗岩が潜頭していると推定される。

調査地区内にはWNW-ESE系とNNW-SSE系の断層が発達する。既知錫鉍化帯の母岩となっている優白色花崗岩の平面的配列をみると、イサハン川上流からツラン川にかけほぼWNW-ESE方向に配列し、さらに露頭では優白色花崗岩岩脈はE-W方向の走向を示す。シカンプ川付近では優白色花崗岩の小規模岩体はほぼNNW-SSE方向に配列する。従い、優白色花崗岩の配列を規制したのは断層と同方向の弱線と考えられる。

調査地区全体（面積70km²）にわたり、河床堆積物試料による地化学探査とパンニング試料による地化学探査が行われた。さらに既知鉍化帯を含む面積6km²の範囲において土壌による地化学探査が実施された。分析成分はAu, Sn, W, Th, Ce, Uの6成分である。

河床堆積物試料による地化学探査ではSn単独またはSnと他成分とが異常値を示すAランク地化学異常域が6箇所抽出された。これらの異常域は調査地域中央部にほぼWNW-ESE方向に配列する。このうち2区域が既知鉍化帯に対応する。

パンニング試料による地化学探査では、調査地域内に4箇所のAランク異常域が抽出された。

河床堆積物試料及びパンニング試料のAランク地化学異常域が重複する範囲は、ピナン川流域、イサハン川上流域（錫鉍化帯）、イサハン川下流域、ツラン川支流域（優白色花崗岩）、シカンプ川下流域（錫鉍化帯）、シカンプ川支流域（優白色花崗岩）の6区域であり、イサハン川下流域及びピナン川流域を除き、これらの範囲には優白色花崗岩または同岩中に錫鉍化帯を認めている。

土壌試料による地化学探査において得られた異常域は、イサハン川上流からツラン川にかけほぼWNW-ESE方向に延びる区域（イサハン川-ツラン川域）、イサハン川中流域、シカンプ川-ツラン川合流点区域の3区域である。このうちイサハン川-ツラン川域は3箇所の異常域のうちその占める面積は最も広い（0.3×2km）。

上記3地化学探査において重複して地化学異常域を構成する成分はSn, Wである。また、い

ずれの地化学探査においても抽出された地化学異常域はほぼWNW-ESE方向に配列または伸長している。これは前述の優白色花崗岩の配列を規制した方向のうちの1方向と一致する。

イサハン川及びシカンブ川錫鉍化帯では鉍化は細脈と鉍染の形をとる。鉍脈を構成する鉍物は、石英が大部分を占め、次いで黄鉄鉍、白雲母、電気石、方解石、硫砒鉄鉍の順である。錫石、輝水鉛鉍は石英脈中でその結晶の数を数えられる程度にしか出現しない。鉍脈の生成順序から、鉍化順序を組み立てると、石英-カリ長石-電気石-白雲母-黄鉄鉍-硫砒鉄鉍-(錫石または輝水鉛鉍)、石英-カリ長石-黄鉄鉍、石英-黄鉄鉍、方解石-石英-黄鉄鉍の順となる。

母岩中には錫石、黄鉄鉍、電気石、白雲母が鉍染している。鉍染している鉍石鉍物は黄鉄鉍が大部分であり、鉍染は優白色花崗岩中にのみ認められる。錫石の鉍染が肉眼的に認められたのはシカンブ川区域の優白色花崗岩のみである。

地表では含錫石石英脈は、最も高品位脈でSn3.84%, W0.07%, Ce0.02%を示す。また、白雲母化した優白色花崗岩に石英脈を含む幅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。

前記の地質調査及び地化学探査の結果抽出された鉍床賦存有望地域(シカンブ川区域及びイサハン川区域)において6孔のボーリング調査を実施した。

ボーリング・コアの分析結果をまとめると以下の通りである。

Au: 最高品位0.07g/tと低品位である。

Sn: 最高品位0.24%であり、大部分は0.01%以下(全試料の93%)である。

W: すべて0.01%以下である。

Th: すべて0.01%以下である。

Ce: すべて0.02%以下である。

U: すべて0.01%以下である。

Snについて0.1%以上の品位を示す箇所は下表の通りである。

Drill No.	Depth(m)	Width	Sn(%)
MJIT-2 (シカンブ川区域)	51.0-52.5	1.5m	0.24
	55.5-57.0	1.5m	0.22

上記のMJIT-2号の2試料を含む深度49.5~57.0m間延長7.5mの平均品位はSn0.11%を示す。

優白色花崗岩は石英、カリ長石、斜長石及び白雲母を主造岩鉍物とし、これら斑晶が破碎され、その空隙を満たして白雲母(絹雲母)が発達している。また、細粒の二次石英が生じている。またシカンブ川区域及びイサハン川区域共にボーリング・コアの一部にグラ

イゼンを認めている。このほか変質鉱物としてカオリンが検出されている。優白色花崗岩の場合、鉱脈の多少と母岩の変質の間に関係は認められない。

古生界ピンツーツジュー山層ツラン川部層のシルト岩、頁岩及び含礫シルト岩は珪岩片及び石英片を含み、基質には白雲母、黒雲母、方解石または苦灰石が生じている。石英脈に接する部分では脱色し、細粒の二次石英が生じていることが多い。

変質と品位との間には明瞭な関係はない。グライゼンの部分でSnが高品位となることが期待されたが、グライゼン化した部分で品位の上昇は認められない。

地質調査、地化学探査及びボーリング調査の結果に基づき、調査地区に賦存が期待される鉱床は含錫初成鉱床である。調査地区を、ボーリング調査が実施されたイサハン川区域及びシカンブ川区域とそれ以外の区域とに分けて述べる。

【イサハン川区域及びシカンブ川区域】

地質調査・地化学探査及びボーリング・コアの分析結果から、イサハン川鉱化帯及びシカンブ川鉱化帯に期待される鉱種はSnである。ボーリング調査結果から、Sn品位をもたらすものは優白色花崗岩中に発達する石英-カリ長石-電気石-白雲母-黄鉄鉱-硫砒鉄鉱-錫石脈と優白色花崗岩中の錫石鉱染である。これら鉱脈及び鉱染の入れ物となる優白色花崗岩の規模は、本岩が斑状黒雲母花崗岩の脈岩相と予想されることから、大きなものは期待できない。鉱量計算を行うにはデータ不足であるが、Sn0.1%以上の品位を示したのはMJIT-2号の幅1.5m、2箇所のみであり、また、最高品位はSn0.24%と低品位であった。従い、イサハン川区域及びシカンブ川区域には経済的鉱床となりうる鉱床はないものと判断される。

【イサハン川区域及びシカンブ川区域以外の調査地区】

土地地化学探査により得られている地化学異常域の評価を行う。

土地地化学異常域のなかでも最も広い異常域を形成しているイサハン川-ツラン川域（イサハン川区域ボーリング調査実施地点を除く）においてSn分析値は16~72ppmを示し、ボーリング調査実施地点の土壤試料のSn分析値と似た値を示す。本地域には優白色花崗岩が賦存し、Snを伴う鉱化作用が期待できるが、土地地化学異常値及びその広がりからして、期待できる鉱床規模及び品位は上記のイサハン川区域及びシカンブ川区域と同程度と考えられる。その他の土壤試料による地化学異常域については、他の地化学探査による異常域と重複しないか、または、その占める範囲が狭いことから興味を持ってない。

土壤試料による地化学探査を除く本年次調査地区において得られている地化学異常について評価する。

河床堆積物及びパンニング試料によるAランク地化学異常値が得られているのは、イサハン川鉱化帯西方のピナン川流域のみである。異常値の分布はピナン川本流にのみ得られ

上流域に鉍化帯の賦存が期待できる。また、上流域はイサハン川-ツラン川に分布する優白色花崗岩を結ぶ線の西方延長部にあたり、錫鉍化作用に関連する優白色花崗岩の分布が予想されるが、河床堆積物及びパンニング試料の地化学異常値からして、本流域には既知鉍化帯を上回る規模・品位を有する鉍床の賦存は期待できない。

第Ⅱ部 各 論

第 II 部 各 論

第 1 章 地質調査

1-1 調査方法

本年次調査は、インドネシア共和国ティガブル地域資源開発協力調査の第 2 年次にあたり、第 1 年次調査で抽出された探査有望地区において鉍化作用と地質構造及び火成活動の関係を解明し有望な鉍微地を抽出することを目的に、地質調査を実施した。

調査にあたっては、調査地域の北方に位置するパンカラカサイ (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。調査地区への移動にはベースキャンプより地区北西方のバツパパン (Batupapan) 村まではジープを、バツパパン村からはエンジン付きボートを使用した。また、調査地区南東部の調査にあたっては既設木材搬出道路を利用し、ジープ及び徒歩にて調査地区へ移動した。

地質調査に使用した地形図は、第 1 年次に作成した縮尺 1:50,000 の地形図を縮尺 1:10,000 に拡大したものである。鉍微地では鉍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 220km で、地質図は縮尺 1:25,000 に編集した。岩石薄片 20 試料、X 線回折粉末法試験 20 試料、絶対年代測定 3 試料、全岩分析 10 試料、鉍石分析 5 試料を調査解析に使用した。

1-2 地質概況

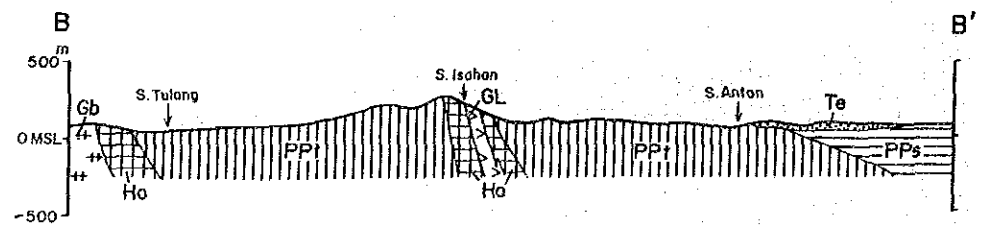
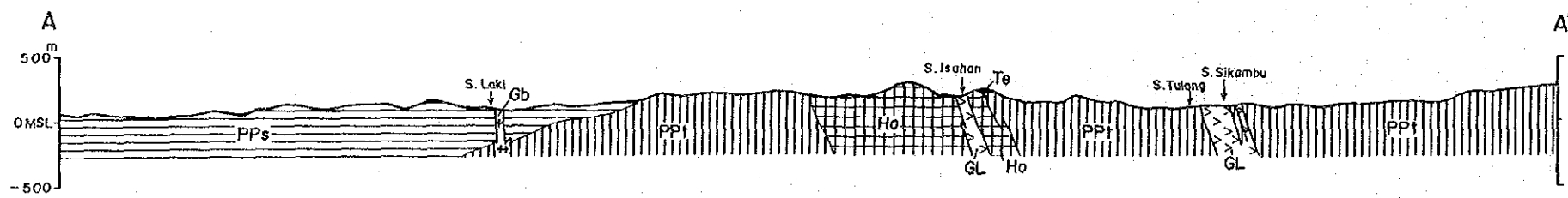
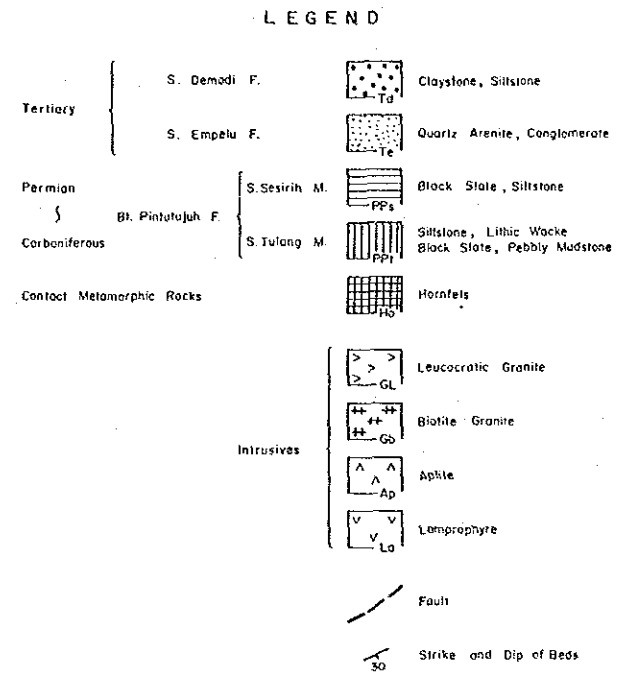
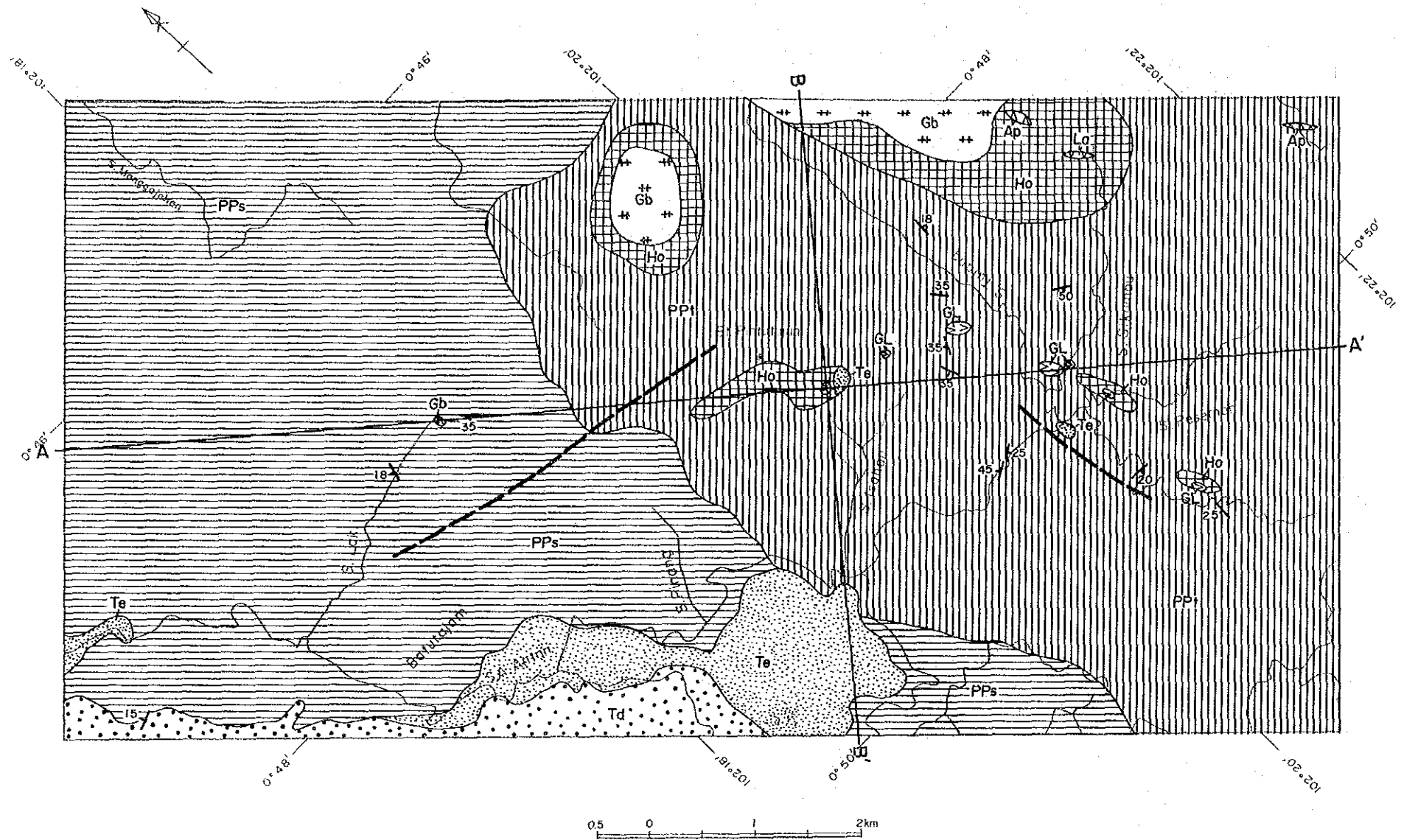
調査地区の地質は、石炭系～二畳系、第三系及び石炭系～二畳系を貫く貫入岩類よりなる。

古生界はピンツーツジュール山 (Bt. Pintutujuh) 層よりなる。ピンツーツジュール山層は、シルト岩、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 (S. Tulang) 部層、セシリー川 (S. Sesirih) 部層に区分される。

古生界を貫いて花崗岩類が分布し、それらは岩相上、黒雲母花崗岩、優白色花崗岩及びアプライトに区分される。黒雲母花崗岩の貫入時期は白亜紀前期である。これらの貫入岩類の貫入により、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。さらに黒雲母花崗岩の周辺にはランプロファイヤーが分布する。

これらを不整合に覆い、石英質アレナイト、粘土岩などからなる新第三系が分布する。本地域に認められる断層は、WNW-ESE 系、NNW-SSE 系のものである。

第 2-1 図に地質図・地質断面図を、第 2-2 図に本地域の層序・火成活動の要約を示す。



第2-1图 地質・地質断面图

Geological Age		Formation	Columnar Section	Thickness (m)	Rock Facies	Igneous Activity	Mineralization	
Cenozoic	Tertiary	Neogene		50	Claystone, Siltstone	Biotite Granite (Gb) Leucocratic Granite (GL) Aplite (Ap), Lamprophyre (La) Contact Meta. ← Hornfels (Ho)	Primary Tin Mineralization ○	
		Paleogene		100	Quartz Arenite (Q) Conglomerate (Co)			
Mesozoic	Cretaceous	S. Sesirih Bt. Pintutjuh S. Tulang		500+	Black Slate, Siltstone	Biotite Granite (Gb) Leucocratic Granite (GL) Aplite (Ap), Lamprophyre (La) Contact Meta. ← Hornfels (Ho)	Primary Tin Mineralization ○	
				Jurassic	500+			Siltstone, Lithic Wacke Black Slate, Pebbly Mudstone
				Triassic	500+			Siltstone, Lithic Wacke Black Slate, Pebbly Mudstone
Paleozoic	Carboniferous	S. Sesirih Bt. Pintutjuh S. Tulang		500+	Siltstone, Lithic Wacke Black Slate, Pebbly Mudstone	Biotite Granite (Gb) Leucocratic Granite (GL) Aplite (Ap), Lamprophyre (La) Contact Meta. ← Hornfels (Ho)	Primary Tin Mineralization ○	
				Permian	500+			Siltstone, Lithic Wacke Black Slate, Pebbly Mudstone

第2-2图 地質模式層序图

1-3 地質層序

(1)ピンツーツジャー山層

本層は、岩相の違いから、下位よりツラン川部層、セシリー川部層の2部層に分けられる。2部層の露頭を一括して観察できる地域はピンツーツジャ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

本地区南東部に広範囲に分布する。

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クを主体とし、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亜角ないし亜円礫を含む。本層の各岩石は風化すると非常に軟弱になる。

本部層は、500m+の層厚を有し、本地区の最下位層を構成する。ルンガット図幅のムンツル層の一部に対比される。

②セシリー川部層

本地区北西部に分布する。

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。一部でシルト岩または砂岩を挟在する。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500m+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。

(2)ウンブル川 (S. Empelu) 層

本層は、アンタン川流域にやや広く、イサハン川上流及びツラン川-プセマン川合流地点付近に小規模に分布する。

灰白色ないし灰色の石英質アレナイトを主体し、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亜円礫とを含み、基質が石英砂よりなる礫岩が発達する。

本層は100m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、新第三紀中新世前期の堆積物である。

(3)ドゥマディ川 (S. Demadi) 層

本地区西端アンタン川流域で、下位ウンブ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ナイトは中粒ないし粗粒で一般に薄層である。

本層は50m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、新第三紀中新世前期～中期の堆積物である。

1-4 貫入岩類

本地区に分布する貫入岩類は、古生界を貫く、黒雲母花崗岩、優白色花崗岩、アプライト及びランプロファイヤーである。

(1)黒雲母花崗岩

ピンツーツジュー山東方及び北方に3岩体が分布する。

石英、カリ長石、斜長石、黒雲母、普通角閃石及びカミングトン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。一部の黒雲母は変質し、緑泥石を生じている。

本岩のK-Ar年代は、白亜紀前期(113Ma)を示す。

(2)優白色花崗岩

イサハン川上流、シカンブ川及びプセマン川付近に小規模貫入岩として分布する。地表面での形態は100×200m程度の楕円形または幅1～5mの岩脈をなす。石英、カリ長石、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。

イサハン川上流及びシカンブ川では本岩はグライゼン化しており、これらグライゼン試料のK-Ar年代はジュラ紀中期(160～150Ma)を示す。従い、優白色花崗岩の貫入時期はジュラ紀中期以前である。

(3)アプライト

調査地区南東部ルマン川及びシカンブ川に小規模岩脈として分布する。等粒構造を示す石英、カリ長石、斜長石、白雲母及び黒雲母を主造岩鉱物とする。斜長石は強くソーシュライト化している。ルマン川では、多量の石英と微量の斜長石、カリ長石からなるアプライト～高温石英脈の岩相を呈する。

(4)ランプロファイヤー

調査地区南部シカンブ川に小規模岩脈として分布する。

斜長石、黒雲母、石英、白雲母を造岩鉱物とし、変成または変質鉱物としてアクチノ閃

石及び方解石を含む。斑状組織を示し、一部にオフィチック組織が認められる。本岩には輝石または角閃石からの変成鉱物であるアクチノ閃石が存在すること及び黒雲母が特徴的な多色性（淡紅褐色～無色）を示すことから、本岩は接触変成をうけ、その変成度は角閃岩相ないし緑簾石角閃岩相を示すと解される。

(5)化学組成

黒雲母花崗岩より3個、優白色花崗岩より6個、ランプロファイヤーより1個、計10個の試料を採取し、主成分として13成分を、微量成分として13成分を分析した（第2-1表及び第2-2表）。

主成分分析結果及びC. I. P. W. ノルム鉱物重量比は第2-1表の通りである。

第2-1表 貫入岩全岩分析結果（主成分）及びノルム計算結果

試料番号	FR-5	FR-7	FR-9	FR-14	FR-15	FR-16	FR-19	FR-27	GR-29	GR-63
岩石名	La	Gb	G1	G1	G1	G1	G1	G1	Gb	Gb
SiO ₂	47.32	59.27	71.28	76.26	63.65	73.11	69.36	74.17	63.12	60.07
TiO ₂	0.63	0.84	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.03	0.01	0.56	0.61
Al ₂ O ₃	12.89	14.92	16.61	14.73	20.84	14.22	18.06	14.86	15.38	15.43
Fe ₂ O ₃	0.86	1.31	0.51	0.06	0.53	1.10	0.09	0.00	1.11	1.49
FeO	6.60	6.05	0.36	0.22	1.17	0.57	0.52	0.20	4.05	5.08
MnO	0.13	0.14	<0.01	<0.01	0.08	0.01	0.02	<0.01	0.09	0.13
MgO	8.24	2.67	0.02	0.34	0.07	<0.01	0.04	0.20	1.95	2.74
CaO	6.80	4.98	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	3.95	4.60
Na ₂ O	2.68	2.12	0.11	<0.01	0.13	0.15	0.08	0.11	2.69	2.80
K ₂ O	1.41	3.64	6.12	3.65	7.93	8.58	4.75	6.98	4.38	3.49
P ₂ O ₅	0.12	0.20	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.12	0.11
BaO	0.07	0.12	0.05	0.04	0.08	0.04	0.04	0.04	0.12	0.11
LOI	9.07	1.22	4.30	3.72	3.37	1.97	5.48	2.70	1.27	1.59
Total	96.82	97.48	99.39	99.05	97.87	99.77	98.48	99.28	98.79	98.25
Q	0.00	15.52	47.09	61.60	31.60	39.33	50.27	46.36	17.47	14.10
C	0.00	0.00	9.81	10.77	12.05	4.69	12.79	7.13	0.00	0.00
or	8.33	21.51	36.17	21.57	46.87	50.71	28.07	41.25	25.89	20.63
ab	22.66	17.93	0.93	0.04	1.10	1.27	0.68	0.93	22.75	23.68
an	18.98	20.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.96	19.23
di-wo	5.83	1.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	1.20
di-en	3.62	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.57
di-fs	1.87	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.61
hy-en	12.16	6.12	0.05	0.85	0.17	0.01	0.10	0.50	4.50	6.25
hy-fs	6.29	8.20	0.23	0.35	1.85	0.14	0.87	0.36	5.35	6.72
ol-fo	3.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ol-fa	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
mt	1.24	1.89	0.74	0.08	0.77	1.59	0.13	0.00	1.61	2.17
il	1.20	1.60	0.02	0.02	0.01	0.02	0.06	0.02	1.06	1.16
ap	0.28	0.47	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.28	0.26
Total	87.67	96.14	95.04	95.28	94.41	97.76	92.96	96.54	97.39	96.55
D. I.	30.99	54.96	84.19	83.21	79.57	91.31	79.02	88.54	66.11	58.41

凡例

Gb: Biotite granite, G1: Leucocratic granite, La: Lamprophyre

石英-アルカリ長石-灰長石ノルム重量比（第2-3図）では、優白色花崗岩は（石英-アルカリ長石）線上にプロットされる。分化指数（第2-1表, D. I.）をみると、黒雲母花崗岩は54~67%であるのに対し、優白色花崗岩は79~92%であり、後者は分化の進んだ花崗岩と言える。

アルカリ-石灰の含有量を比較するために、第2-4図にアルカリ/石灰比を示したが、優白色花崗岩は黒雲母花崗岩に比べ、 K_2O に富むことで特徴づけられる。

花崗岩類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岩石区分として、S-Type・I-Type, 磁鉄鉱系列・チタン鉄鉱系列がある。ACFダイアグラム上では黒雲母花崗岩は、S-Type・I-Type両者の境界線近くに分布し、 $C/ACF-Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ ダイアグラム上では、I-Type域に分布する。 $Fe^{2+}/Fe^{3+}-SiO_2$ 図上では黒雲母花崗岩は、チタン鉄鉱系列に属する。

第2-2表 貫入岩微量成分分析結果

試料番号	岩石名	F ppm	W ppm	Sn ppm	Li ppm	Rb ppm	Sr ppm	Ce ppm	Th ppm	Ta ppm	U ppm	Nb ppm	Y ppm	Zr ppm
FR-5	La	380	3	2	35	37	190	40	11.0	<2.0	2.4	11	23	89
FR-7	Gb	560	17	4	35	110	205	100	26.0	<2.0	4.4	15	48	185
FR-9	G1	260	125	3	6	295	5	6	35.0	4.0	7.6	25	110	79
FR-14	G1	1450	95	5	33	330	2	6	37.0	14.0	10.8	46	155	71
FR-15	G1	1460	17	90	64	830	3	4	22.0	<2.0	10.4	24	240	76
FR-16	G1	620	3	2	34	460	8	22	34.0	<2.0	8.0	16	110	73
FR-19	G1	770	175	4	29	410	4	16	28.0	4.0	24.6	18	120	61
FR-27	G1	1120	225	5	27	540	3	8	27.0	6.0	13.6	20	170	73
GR-29	Gb	530	<2	5	25	145	215	106	33.0	<2.0	7.4	16	41	150
GR-63	Gb	510	<2	3	23	123	215	64	24.0	<2.0	10.4	18	45	140

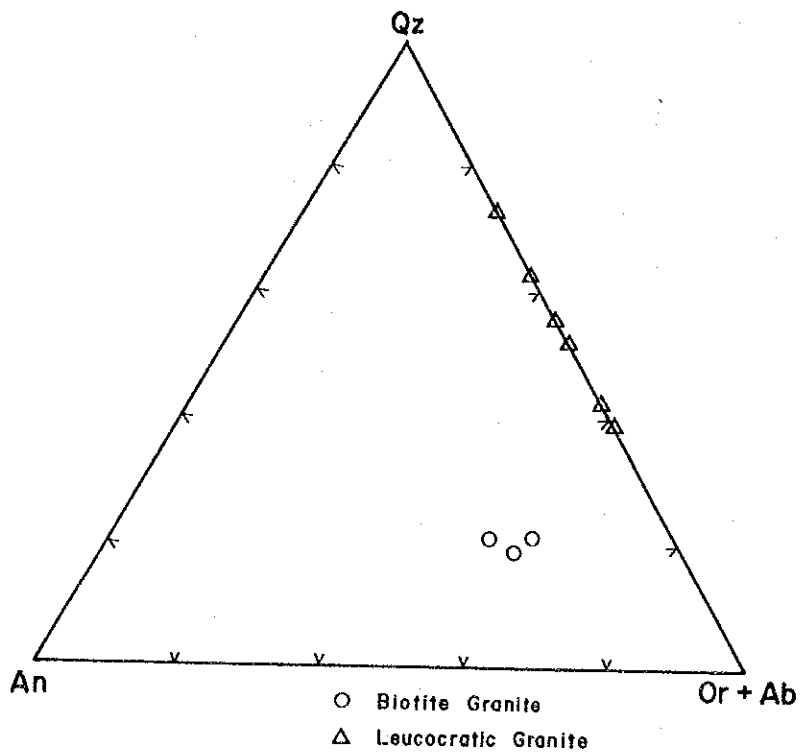
凡例

Gb: Biotite granite, G1: Leucocratic granite, La: Lamprophyre

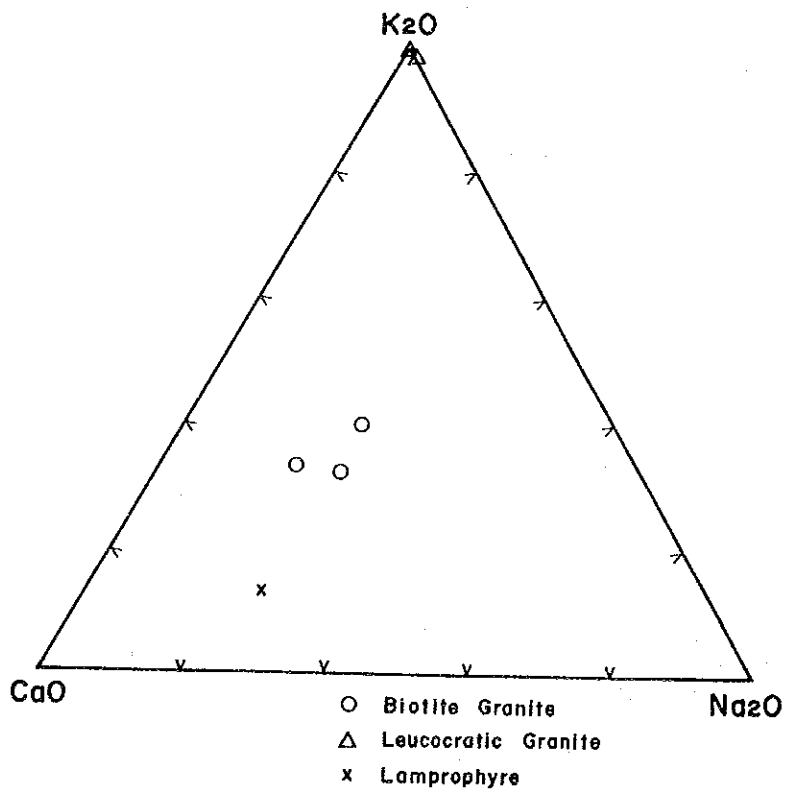
第2-3表に各微量成分の幾何平均値, 最大値, 最小値を示す。

第2-3表 貫入岩微量成分基本統計量

	F ppm	W ppm	Sn ppm	Li ppm	Rb ppm	Sr ppm	Ce ppm	Th ppm	Ta ppm	U ppm	Nb ppm	Y ppm	Zr ppm
幾何平均	665	16	5	27	239	19	20	26	2	8.4	19	85	93
最大値	1460	225	90	64	830	215	106	37	14	24.6	46	240	185
最小値	260	<2	2	6	37	2	4	11	<2	2.4	11	23	61



第2-3図 石英-アルカリ長石-灰長石ダイアグラム



第2-4図 アルカリ/石灰比ダイアグラム

全試料を一括し、微量成分の相関係数を求めた結果を第2-4表に示す。

第2-4表 貫入岩微量成分相関係数

	F	W	Sn	Li	Rb	Sr	Ce	Th	Ta	U	Nb	Y	Zr
F	1.00	0.34	0.63	0.69	0.62	-0.56	-0.47	0.18	0.38	0.52	0.54	0.68	-0.36
W		1.00	0.15	-0.23	0.54	-0.77	-0.71	0.30	0.82	0.50	0.54	0.68	-0.60
Sn			1.00	0.48	0.55	-0.36	-0.47	-0.02	-0.07	0.27	0.34	0.57	-0.13
Li				1.00	0.09	0.03	0.07	-0.36	-0.29	-0.02	-0.13	0.09	-0.00
Rb					1.00	-0.86	-0.74	0.59	0.40	0.76	0.58	0.96	-0.60
Sr						1.00	0.93	-0.43	-0.70	-0.63	-0.69	-0.93	0.86
Ce							1.00	-0.21	-0.63	-0.44	-0.69	-0.86	0.83
Th								1.00	0.44	0.57	0.60	0.52	-0.08
Ta									1.00	0.51	0.75	0.55	-0.57
U										1.00	0.49	0.70	-0.47
Nb											1.00	0.70	-0.40
Y												1.00	-0.67
Zr													1.00

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、13成分の微量成分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3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2-5表に示した。

第2-5表 貫入岩微量成分主成分分析結果

	1		2		3	
	Eigen-vector	Factor Loading	Eigen-vector	Factor Loading	Eigen-vector	Factor Loading
F	0.25	0.66	0.40	0.60	0.10	0.11
W	0.29	0.77	-0.21	-0.32	-0.24	-0.27
Sn	0.17	0.46	0.47	0.71	0.08	0.09
Li	0.00	0.01	0.61	0.92	-0.05	-0.06
Rb	0.33	0.89	0.11	0.16	0.20	0.22
Sr	-0.36	-0.97	0.03	0.05	0.16	0.18
Ce	-0.33	-0.88	0.01	0.01	0.31	0.35
Th	0.19	0.52	-0.26	0.39	0.63	0.72
Ta	0.27	0.74	-0.30	-0.46	-0.11	-0.13
U	0.28	0.74	-0.02	-0.03	0.31	0.35
Nb	0.29	0.79	-0.10	-0.14	0.19	0.21
Y	0.36	0.96	0.09	0.14	0.06	0.07
Zr	-0.28	-0.74	0.05	0.07	0.47	0.53
Eigen.	7.23		2.26		1.27	
Propo.	0.56		0.17		0.10	
Cum. prop	0.56		0.73		0.83	

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

第1主成分：優白色花崗岩で正の因子スコアを，黒雲母花崗岩及びランプロファイヤーで負の因子スコアを示す。正の高い因子負荷量をもつ微量成分はF, W, Rb, Ta, U, Nb, Yであり，負の高い因子負荷量をもつ微量成分はSr, Ce, Zrである。本因子は，統計上，岩質の差を表すと解釈される。

第2主成分：F, Sn, Liで高い正の因子負荷量を示す。高い正の因子スコアをもつ試料はイサハン川上流の含錫石英脈が胚胎する優白色花崗岩である。従い，本因子は鉍化を表す因子と解釈される。

第3主成分：Thで高い因子負荷量を持ち，ランプロファイヤーが負の高い因子スコアをもつ。第1主成分と同様，岩質の差を表す因子と考えられる。

上記全岩分析を行った試料のうち，花崗岩類を岩相で分けその微量成分の平均値と，インドネシアBelitungの白雲母花崗岩及び黒雲母花崗岩の分析値（Schwartz M. O. et al., 1990）を下表に示した。本地域の優白色花崗岩とBilitung白雲母花崗岩を比較すると，優白色花崗岩において明らかに分析値の低い成分はF, W, Sn, Li, Sr, Ce, Taであり，高い成分はYのみである。黒雲母花崗岩を比較すると本地域で明らかに分析値の低い成分はF, W, Sn, Li, U, Yであり，高い成分はSr, Ceである。

Rock	F (ppm)	W (ppm)	Sn (ppm)	Li (ppm)	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Ce (ppm)	Th (ppm)	Ta (ppm)	U (ppm)	Nb (ppm)	Y (ppm)	Zr (ppm)
GL	816	54	6	26	449	4	9	30	3	11.5	23	145	72
GB	468	3	4	27	125	212	88	27	<2	7.0	16	45	157
BGM	3900	303	85	153	758	26	47	48	28	17	51	63	50
BGB	4500	23	28	100	567	10	<20	80	8	23	41	124	77

凡例

GL:Leucocratic granite, GB:Biotite granite

BGM:Bilitung muscovite granite, BGB:Bilitung biotite granite

1-5 地質構造

本地区にはWNW-ESE系及びNNW-SSE系の断層が発達する。本地区の古生界は，いずれの地層も層理が不明瞭であり，その構造は明かでない。

(1)断層

WNW-ESE系の断層はラキ川上流に推定される。本断層は第1年次写真地質解析結果で指

摘されたものである。NNW-SSE系の断層はツラン川とプセマン川の合流地点付近に胚胎するもので、WNW-ESE系の断層と同様、地形的特徴から推定される断層である。

(2) 貫入岩の配列

優白色花崗岩は、イサハン川上流からツラン川にかけWNW-ESE方向に、またツラン川からシカンブ川、プセマン川にかけ概ねNNW-SSE方向に配列する。イサハン川上流ではホルンフェルスがWNW-ESE方向に延びて分布する。これらの方向は前記断層の方向と同じ方向を示す。

1-6 鉍化・変質作用

第1年度の調査結果から調査地域内に賦存が期待される鉍床はSn, W, Ceを含む初成鉍床である。調査地域に認められた鉍徴(第2-5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) 優白色花崗岩中の含錫石-石英網状脈

(2) 黒雲母花崗岩中の石英脈

(3) 古生界中の石英脈

(1) 優白色花崗岩中の含錫石-石英網状脈

西部イサハン川からシカンブ川にかけて見られる。

① イサハン川

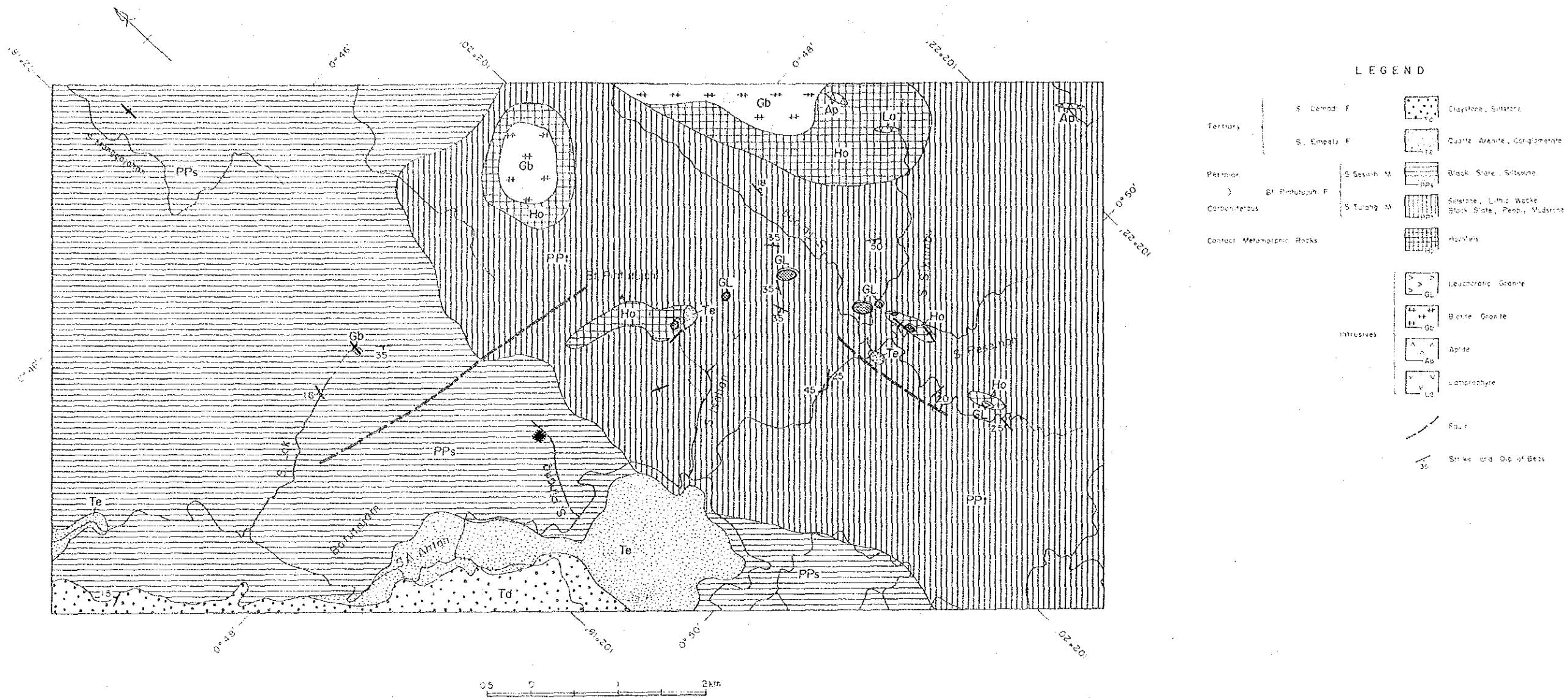
イサハン川上流延長120m間に3カ所優白色花崗岩の露出が見られ(第2-6図)、そこには幅1~40cmの石英脈が網状に発達する。石英脈中には錫石、白雲母、電気石、硫砒鉄鉍、黄鉄鉍と微量の緑柱石を含む。錫石は、石英脈央または脈際に大きさ1×1~5×5cm程度の塊として、大部分は単独で産し、稀に白雲母を伴う。一部に石英脈を切る幅1cmの硫砒鉄鉍脈が認められる。脈幅の厚い石英脈の盤際には幅1~5cmの白雲母-カオリナイト-カリ長石帯が形成されていることが多い。

石英-白雲母脈は、優白色花崗岩に直接する粘板岩中にも幅10cmの脈として認められる。

優白色花崗岩は、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、緑柱石及び褐鉄鉍が認められる。岩体は幅1~5mの岩脈をなす。

優白色花崗岩に隣接するシルト岩及び頁岩は、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。また、優白色花崗岩近傍のシルト岩中にはグライゼン(珪化-白雲母化岩)が認められる。

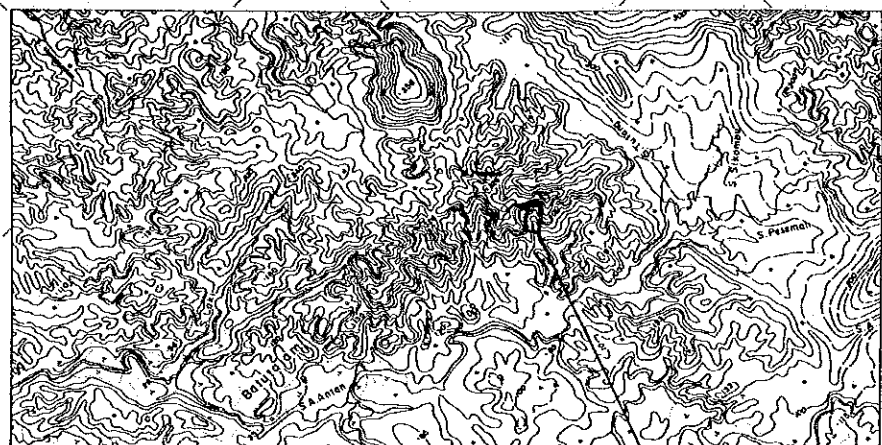
優白色花崗岩にみられる白雲母化はいわゆるグライゼン化作用によるものと考えられるが、カオリナイトについては熱水変質による生成物か風化作用によるものかは、第1年度



- Leucocratic granite with quartz vein and/or veinlet
- Quartz vein
- Quartz network

第2-5图 鉍微地分布图

Index Map



S. Isahan

Au(g/t)	Sn(%)	Nb(ppm)	Ta(ppm)	W(ppm)	Ce(ppm)	Y(ppm)
<0.07	0.52	17	7.0	26	81	150

Au(g/t)	Sn(%)	Nb(ppm)	Ta(ppm)	W(ppm)	Ce(ppm)	Y(ppm)
<0.07	0.25	23	7.0	45	2420	210

FR 26

Au(ppb)	Sn(ppm)	W(ppm)	Th(ppm)	Ce(ppm)	U(ppm)
<5	3	190	16	54	4.8

Pit. No.4
(1st phase)

FR 27
greisenized Leucocratic granite
with Qtz veinlets

Au(g/t)	Sn(%)	Nb(ppm)	Ta(ppm)	W(ppm)	Ce(ppm)	Y(ppm)
<0.07	<0.01	26	7.0	21	81	196

Au(g/t)	Sn(%)	Nb(ppm)	Ta(ppm)	W(ppm)	Ce(ppm)	Y(ppm)
<0.07	3.64	64	19.0	660	195	15

FR 15
greisenized Leucocratic granite with
Qtz-network (wd.0.1~40cm)
Qtz-Cas-Asp-Mus

FR 30

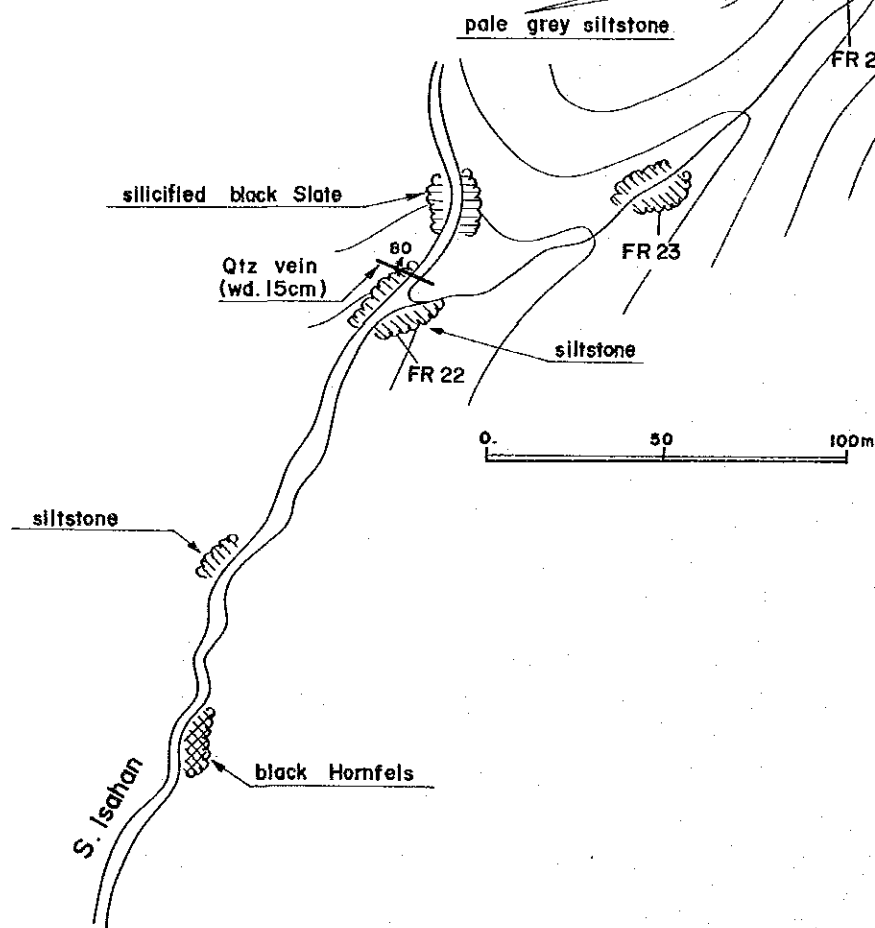
Au(ppb)	Sn(ppm)	W(ppm)	Th(ppm)	Ce(ppm)	U(ppm)
5	7	9	13	<2	7.2

FR 31
grey bleached siltstone

Pit. No.3
(1st phase)
greisenized Leucocratic granite
Qtz network (wd.0.1~16cm)
Qtz-Cas-Asp-Mus

Qtz-Mus vein (wd.10cm)
in bleached Shale

Au(g/t)	Sn(%)	Nb(ppm)	Ta(ppm)	W(ppm)	Ce(ppm)	Y(ppm)
<0.07	0.11	19	6.0	43	390	198



Sample No.	FR 22	FR 23	FR 24	FR 25	FR 14	FR 26	FR 27	FR 28	FR 15	FR 29	FR 30	FR 31
Lithology	← siltstone →				GL	Sh	GL	silt	GL	silt	*I	silt
Alteration Minerals	Qz	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	Kf	•		•				○	•	△		
	Bi	○	△	△	•							
	Ka		•	•	△	•		△	△	•	△	△
	Ms					•	△	△	•	△		○

Abbreviation
 Qz : Quartz GL : Leucocratic granite
 Kf : K-feldspar Sh : Shale
 Bi : Biotite silt : Siltstone
 Ka : Kaoline *I : Silicified rock
 Ms : Muscovite

第2-6図 イサハン川鉍化帯スケッチ

の調査では未説明のまま残されていた。今年度イサハン川上流において優白色花崗岩及びシルト岩を採取しX線回折により変質鉱物同定を行った。この結果、優白色花崗岩から離れた地点のシルト岩はホルンフェルス化をうけており石英-黒雲母-カリ長石の組み合わせを示すが、優白色花崗岩に近づくにつれ黒雲母が消滅しカオリナイト-白雲母が出現する(第2-6図)。このことからカオリナイトは熱水変質による生成物と考えられる。

②シカンブ川

地表では100×200mの拡がりを持つ岩体と幅1m程度をなす2優白色花崗岩岩体が分布し(第2-7図)、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、硫砒鉄鉱を含み、盤際には白雲母を伴う。これらの鉱物の産状はイサハン川上流鉱化帯に類似する。

母岩は白雲母化及びカオリナイト化しているが、イサハン川上流鉱化帯に比べ、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イサハン川上流東方

ボーリング調査のための道路造成でその賦存を確認した。幅1~2mの岩脈で、その中には幅1cm以下の石英-白雲母網状脈が胚胎する。母岩は白雲母化及びカオリナイト化している。

④ツラン川支流

石英-白雲母細脈を含む優白色花崗岩の転石がみられる。本岩は白雲母化及びカオリナイト化している。

⑤シカンブ川支流及びその南方

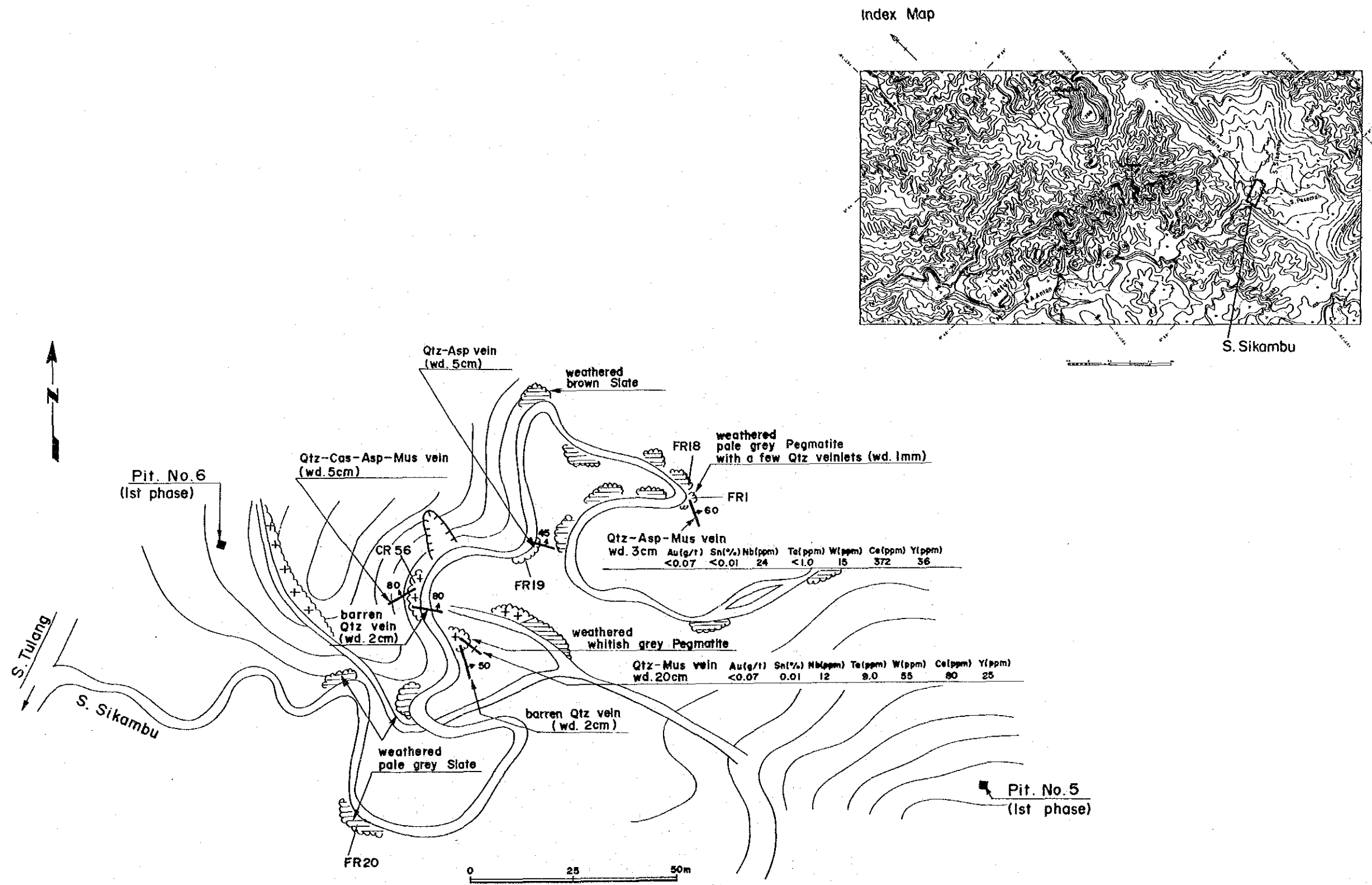
2箇所にて白雲母化及びカオリナイト化した優白色花崗岩の転石をみた。

(2)黒雲母花崗岩中の石英脈

ラキ川上流に分布する。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。

(3)古生界中の石英脈

脈幅10cm以上の石英脈は、北部マンガジョハン川(S. Mangajohan)支流、イサハン川、シカンブ川及びプセマン川に見られる。いずれの脈も幅20cm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。ピナン川には石英-硫砒鉄鉱網状脈が分布する。



第2-7図 シカンプ川鉱化帯スケッチ

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) 考察

前記の鉱徴から5個の試料を採取し、Au, Sn, W, Th, Ce, Uの6成分の化学分析を行った(第2-6表)。

第 2-6 表 鉱石試料分析結果

Sample No.	Location	Sample name	Au (ppb)	Sn (ppm)	W (ppm)	Th (ppm)	Ce (ppm)	U (ppm)
FR3	S. Sikambu	Qz-Ap- <i>Ms</i> vein	<5	56	3	3	2	1.0
FR13	S. Pinang	Qz-Ap network	20	4	3	6	24	0.8
FR26	S. Isahan	Silicified shale	<5	3	190	16	54	4.8
FR30	ditto	Sili- <i>Ms</i> rock	5	7	9	13	<2	7.2
GR14	Tri. of S. Antan	Qz vein	<5	73	16	10	30	0.8

いずれの試料も低品位であり、今年度試料に関しては見るべきものはない。第1年次に採取された試料の分析値をも合わせ、本地区の鉱化作用をまとめると以下の通りである。

イサハン川上流の優白色花崗岩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(脈幅0.1~1cm)を含む優白色花崗岩試料の分析値は、Ce0.08~0.24%を示す。

上記データから、調査地域に期待される鉱床は、Sn, W, Ce等を伴う鉱物が優白色花崗岩に鉱染したもの及び優白色花崗岩中の含Sn, W, Ce石英網状脈と考えられる。

1-7 花崗岩・地質構造と鉱化作用との関係

調査地域に分布する貫入岩類は、古生界を貫く黒雲母花崗岩、優白色花崗岩、アプライト及びランプロファイヤーである。

黒雲母花崗岩のK-Ar年代は白亜紀前期(113~110Ma)を示す。一方、イサハン川区域及びシカンブ川区域のグライゼン化した珪化-白雲母化岩(ボーリング・コア)はジュラ紀中期(160~150Ma)を示す。従い、黒雲母花崗岩は鉱化後の火成活動と解される。黒雲母花崗岩形成前に火成活動があったことはランプロファイヤーが接触変成を受けていることから予想される。

前記からイサハン川地区などに分布する優白色花崗岩はジュラ紀中期以前の火成活動の脈岩相であり、第1年次調査地域に分布する花崗岩類の中で最も近いK-Ar年代をもつ花崗岩は斑状黒雲母花崗岩(167~134Ma)である。従い、優白色花崗岩の下部に鉱化に直接関係する斑状黒雲母花崗岩の潜頭が予想される。斑状黒雲母花崗岩はSiO₂73~77%, 分化指

数92%以上と黒雲母花崗岩に比べ分化の進んだ花崗岩である。

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。

鉍化のあったジュラ紀における調査地区の構造的弱線方向は、鉍化作用の母岩となっている優白色花崗岩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と考えられる。イサハン川上流からツラン川にかけては優白色花崗岩はほぼWNW-ESE方向に配列する。さらに露頭における優白色花崗岩岩脈の走向方向はE-Wを示す。また、シカンプ川からその南方にかけて優白色花崗岩はほぼN-S方向に配列する。これらの方向はラキ川及びツラン川に想定される断層と同じ方向を示す。

第2章 地化学探査

2-1 河床堆積物試料による地化学探査

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进行を明らかにすることを目的に、地質調査に並行して、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312個で、第1年度に本地区で採取された試料と合わせると計415個となり、約6個/km²の採取密度である。

現地では自然乾燥後、カナダChemex Lab. Inc.にて、Au, Sn, W, Th, Ce, Uの6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. Fire assay. Atomic Absorption	5ppb	10,000ppb
Sn	NH ₄ I sublimation extrac. Atomic Absorption	2ppm	1,000ppm
W	K pyrosulfate fusion Colorimetric test	2ppm	1,000ppm
Th	Neutron activation encapsulation and irradiation	1ppm	10,000ppm
Ce	Neutron activation encapsulation and irradiation	2ppm	10,000ppm
U	Neutron activation encapsulation and irradiation	0.2ppm	10,000ppm

(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、第1年度と同様各分析値の自然対数を取り、統計量を計算した。

解析にあたっては第1年度に本地区で採取された103個のデータを加え解析を行った。なお、分析値が検出下限値以下の場合は、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2-7表に各成分の幾何平均値、最大値及び最小値を示す。さらに各成分の地殻におけ

る平均含有量 (WASON, 1966) を示す。地殻における平均含有量と各成分の平均値を比較するとほぼ似たオーダーとなっている。

第2-7表 河床堆積物試料分析値基本統計量

	Au (ppb)	Sn (ppm)	W (ppm)	Th (ppm)	Ce (ppm)	U (ppm)
幾何平均	<5	3	2	8	40	2.4
最大値	40	710	32	37	240	22
最小値	<5	<2	<2	<1	<2	<0.2
地殻中の平均含有量	4	2	1.5	7.2	60	1.8

③分析値頻度分布

各成分の分析値頻度分布図は第2-8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、Th, Ce, Uである。また、最頻値が左に寄った分布を示す成分は、Wである。Au, Sn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2-8表に示す。

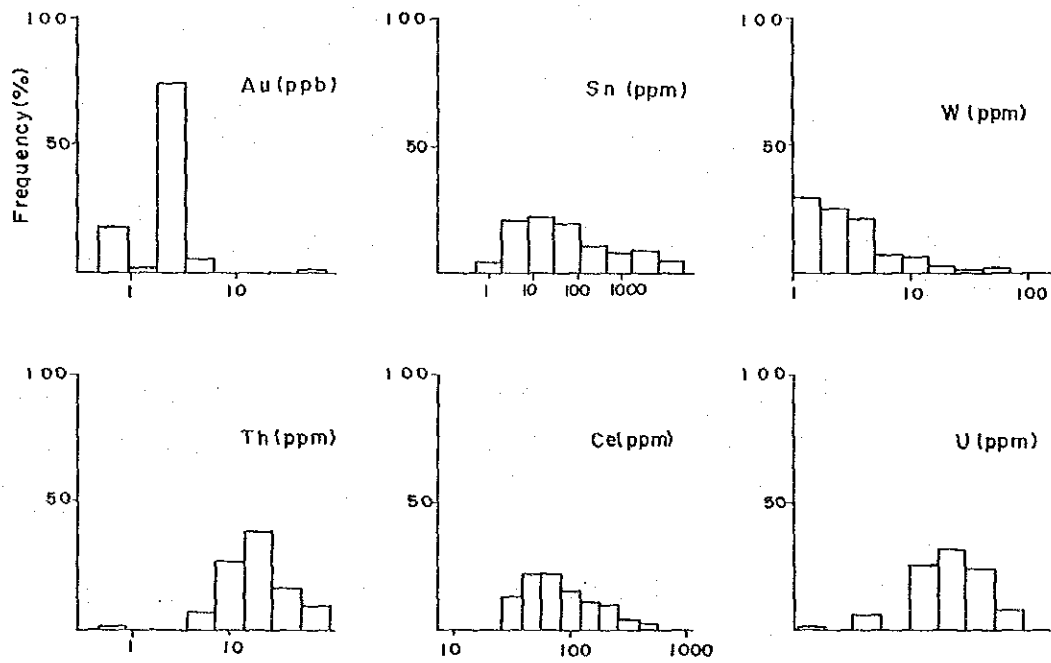
相関係数0.4以上の値を示す組み合わせは、Sn-Wである。他の成分と-0.3~0.3の相関係数しか持たない成分はAu, Th, Ce, Uである。

第2-8表 河床堆積物試料分析値相関係数

	Au	Sn	W	Th	Ce	U
Au	1.00	-0.11	0.27	0.18	-0.30	0.02
Sn		1.00	0.43	0.06	0.19	-0.01
W			1.00	0.24	-0.02	0.03
Th				1.00	0.12	0.12
Ce					1.00	0.06
U						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、6成分の分析値を用い主成分分析を行った。分析成分数が6あるため、計算上6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3主成分までの固有



第2-8图 河床堆積物試料分析值頻度分布图

ベクトル，因子負荷量，固有値，寄与率，累積寄与率を第2-9表に示した。

第2-9表 河川堆積物試料分析値主成分分析結果

	1		2		3	
	Eigen-vector	Factor Loading	Eigen-vector	Factor Loading	Eigen-vector	Factor Loading
Au	0.29	0.36	0.65	0.77	0.03	0.04
Sn	0.50	0.64	-0.38	-0.45	-0.37	-0.38
W	0.66	0.84	0.08	0.09	-0.23	-0.24
Th	0.44	0.56	0.06	0.07	0.47	0.50
Ce	0.10	0.13	-0.65	-0.77	0.23	0.24
U	0.13	0.16	-0.04	-0.04	0.73	0.76
Eigen.	1.61		1.41		1.09	
Propo.	0.27		0.23		0.18	
Cum. prop	0.27		0.50		0.68	

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：Wで最も高い値を示し，Snがこれに次ぐ。これらの成分は，本地域に期待される錫鉱床に伴われる元素である。従い，この主成分は鉱化作用を表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，イサハン川上流を挟み東西に延びた範囲に分布する。

第2主成分：Auで正の値を示し，Ce, Snで負の値を示す。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：Uで高い正の値を示す。高因子スコアをもつ試料の分布域と地質との間に明瞭な関係が認められず，本主成分の意味するところは明かでない。

(3)地化学異常値及び異常域

①閾値の設定

第1年度と同様，後背地を構成する地質単元別の閾値を設定せず全試料を一括し，各成分ごとの幾何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2-10表に示す。

第2-10表 河床堆積物試料分析値閾値一覧

Au (ppb)	Sn (ppm)	W (ppm)	Th (ppm)	Ce (ppm)	U (ppm)
9	69	7	36	161	10.7

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、既知鉱化帯下流で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12箇所の異常域が抽出された(第2-11表及び第2-9図)。Sn単独の異常域は10箇所、Sn-Wの異常域は1箇所、Sn-W-Auの異常域は1箇所である。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ランクを分けた。このようにランク付けすると、AランクのSnまたはSnと他成分との異常域は6区域となる。Aランク異常域の概要は以下の通りである。

ピナン川流域 (No. 4) : Snの異常値 (80~180ppm) が3箇所で捕捉された。集水域は古生界よりなる。石英網状脈を認めているが、その分析結果は低品位である。

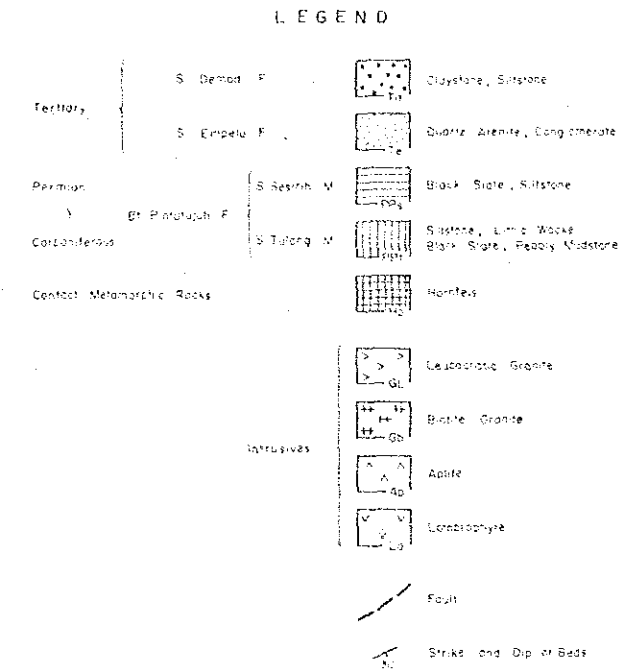
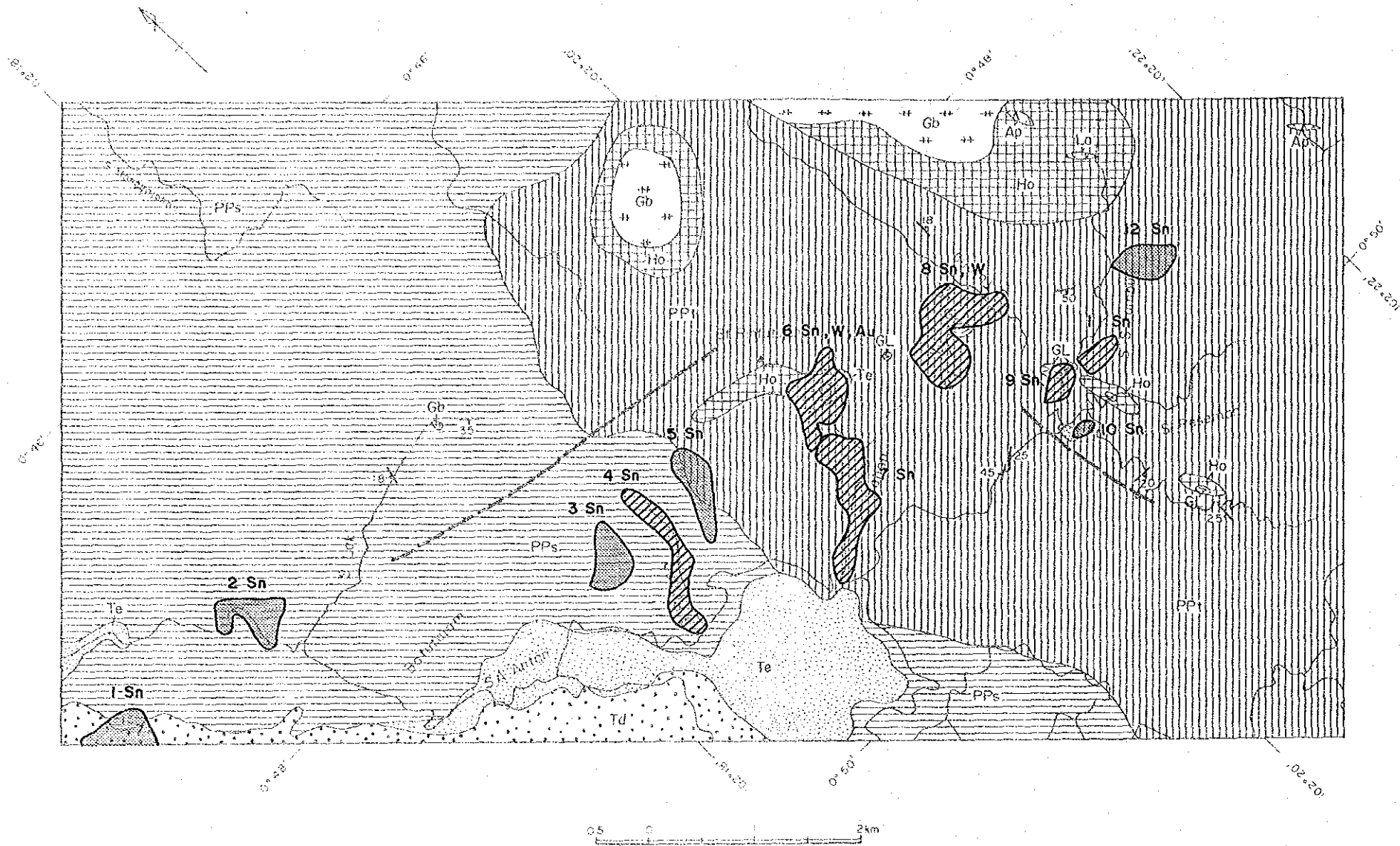
イサハン川上流域 (No. 6) : Snの異常値 (70~400ppm) が3箇所に、Auの異常値 (10~15ppb) が2箇所に、Wの異常値 (7~32ppm) が5箇所に分布する。集水域は優白色花崗岩及び古生界からなる。イサハン川錫鉱化帯が分布する。

イサハン川下流域 (No. 7) : Snの異常値 (71~330ppm) が5箇所で捕捉された。集水域は古生界よりなる。流域に鉱化帯は知られていない。

ツラン川支流 (No. 8) : Snの異常値 (230~290ppm) が2箇所に、Wの異常値 (7~28ppm) が3箇所に分布する。集水域は優白色花崗岩及び古生界からなる。

シカンブ川下流 (No. 9) : Snの異常値 (710ppm) が1箇所分布する。集水域は優白色花崗岩及び古生界からなる。流域にシカンブ川鉱化帯が分布する。

シカンブ川支流 (No. 11) : Snの異常値 (290ppm) が1箇所分布する。集水域は優白色花崗岩及び古生界からなる。流域に鉱化帯は知られていない。



Geochemical anomaly (A)
 Geochemical anomaly (B)
 I Sn : Anomalous sector number and Element
 Threshold
 Au 9 ppb
 Sn 69 ppm
 W 7 ppm

No.	Location	Number of Anomalous Sample	Anomalous Elements and Range	Rank
1	Tributary of S. Antan	1	Sn(120ppm)	B
2	S. Antan	1	Sn(83ppm)	B
3	Tributary of S. Antan	1	Sn(77ppm)	B
4	S. Pinang	3	Sn(80-180ppm)	A
5	Tributary of S. Antan	1	Sn(70ppm)	B
6	Upper reaches of S. Isahan	7	Sn(70-400ppm) W(7-32ppm), Au(10-15ppb)	A
7	Lower reaches of S. Isahan	5	Sn(71-330ppm)	A
8	Tributary of S. Tulang	4	Sn(230-290ppm) W(7-28ppm)	A
9	Lower reaches of S. Sikambu	1	Sn(710ppm)	A
10	Tributary of S. Peseman	1	Sn(80ppm)	B
11	Tributary of S. Sikambu	1	Sn(290ppm)	A
12	Tributary of S. Sikambu	1	Sn(94ppm)	B

第2-9图 地化学探查解析结果图(河床堆积物试料)

第2-11表 河床堆積物試料による地化学異常域

No.	Location	Number of Anomalous Samples	Anomalous Elements and Range	Rank
1	Tributary of S. Antan	1	Sn(120ppm)	B
2	S. Antan	1	Sn(83ppm)	B
3	Tributary of S. Antan	1	Sn(77ppm)	B
4	S. Pinang	3	Sn(80-180ppm)	A
5	Tributary of S. Antan	1	Sn(70ppm)	B
6	Upper reaches of S. Isahan	7	Sn(70-400ppm) W(7-32ppm), Au(10-15ppm)	A
7	Lower reaches of S. Isahan	5	Sn(71-330ppm)	A
8	Tributary of S. Tulang	4	Sn(230-290ppm) W(7-28ppm)	A
9	Lower reaches of S. Sikambu	1	Sn(710ppm)	A
10	Tributary of S. Peseman	1	Sn(80ppm)	B
11	Tributary of S. Sikambu	1	Sn(290ppm)	A
12	Tributary of S. Sikambu	1	Sn(94ppm)	B

2-2 パンニング試料による地化学探査

河床堆積物試料による地化学探査と同様な目的ではあるが、特に重鉍物を濃縮採取することにより重鉍物中に含まれるレアメタル含有量を把握し、これらレアメタルを含む重鉍物に富む鉍徴地を抽出する目的で、河床堆積物による地化学探査と並行して行われた。

(1) 試料採取及び分析

試料は河川中の露岩直上の重鉍物が濃集した部分で採取する予定であったが、全体に露出に乏しく、このような地点が得られないため、川中の流れの速い部分を選び砂を採取し、これをパンニングした。

分析成分は6成分あり、かつ、分析成分にレアアース元素を含むため、試料は、控サンプルを合わせ、100g程度を必要とした。このためスコップにて10ℓの砂を採取し、その中から最終的に100gのパンニング試料が得られるようにした。

採取試料数は53個で、第1年次の試料と合わせると計72個となり、約1個/km²の採取密度である。

採取試料は現地で乾燥後、カナダChemex Lab. Incで分析された。分析成分、検出下限値、検出上限値は河床堆積物の場合と同じである。

(2)統計処理

①解析方法

各分析値の自然対数を取り、統計量を計算した。解析にあたっては、第1年次に本地区で採取された19個のデータを加え解析を行った。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、分析値が検出上限値以上の場合には検出上限値の2倍の値を代入して計算した。

②基本統計量

第2-12表に全試料の幾何平均値、最大値及び最小値を示す。パンニング試料の平均値と河床堆積物試料の平均値を比較すると、前者は後者に対しSnでは約15倍の値を持つのに対し、他の成分では約2倍の値しか持たない。従い、河床堆積物試料中に含まれる重鉍物はSnに富み、他の成分に乏しいものであると言える。

第2-12表 パンニング試料分析値基本統計量

	Au (ppb)	Sn (ppm)	W (ppm)	Th (ppm)	Ce (ppm)	U (ppm)
幾何平均	<5	46	3	18	81	3.4
最大値	72	>1000	55	101	580	19
最小値	<1	<2	<1	<1	26	<0.2
河床堆積物の幾何平均	<5	3	2	8	40	2.4

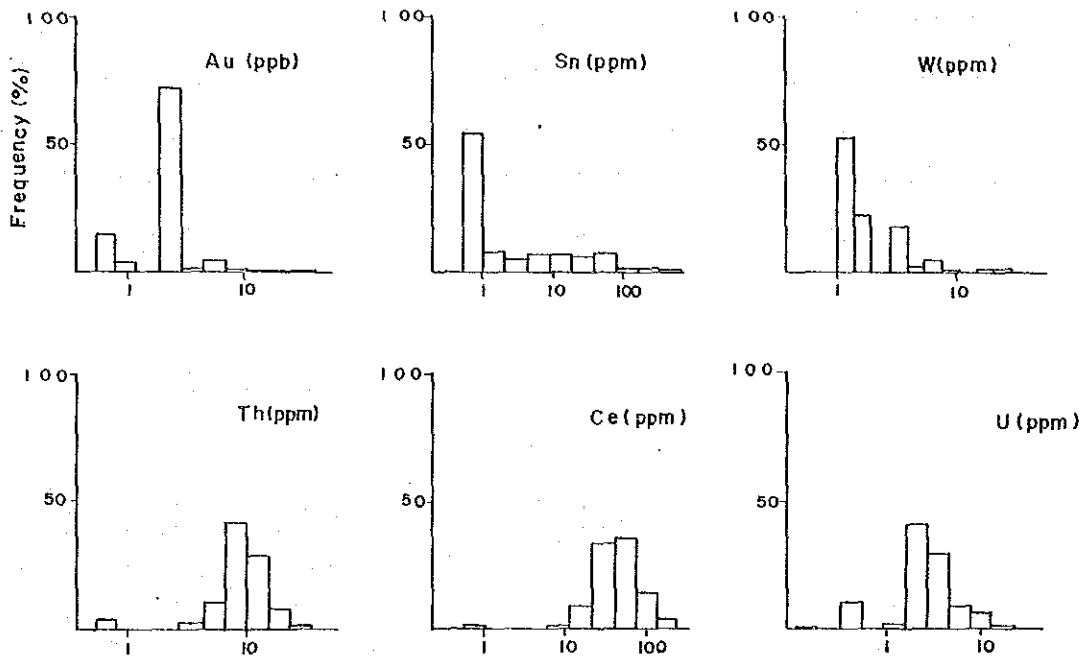
③分析値頻度分布

各成分の分析値頻度分布図は第2-10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、Th, Ce, Uである。また、最頻値が左に寄った分布を示す成分は、Sn, Wである。Au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2-13表に示す。0.5以上の相関係数を持つ組み合わせはSn-W, Th-Ce, Ce-Uである。各成分とも相関は、河床堆積物のそれに比べ高くなっていることが多い。



第2-10図 パンニング試料分析値頻度分布図

第2-13表 パンニング試料分析値相関係数

	Au	Sn	W	Th	Ce	U
Au	1.00	-0.02	0.03	0.14	-0.27	-0.08
Sn		1.00	0.57	0.10	0.30	0.33
W			1.00	0.10	0.03	0.04
Th				1.00	0.63	0.42
Ce					1.00	0.53
U						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、6成分の分析値を用い主成分分析を行った。分析成分数が6あるため、計算上6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3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2-14表に示した。

第2-14表 パンニング試料分析値主成分分析結果

	1		2		3	
	Eigen-vector	Factor Loading	Eigen-vector	Factor Loading	Eigen-vector	Factor Loading
Au	-0.10	-0.15	0.14	0.16	0.90	0.95
Sn	0.40	0.60	0.56	0.66	-0.10	-0.10
W	0.24	0.36	0.70	0.82	0.02	0.02
Th	0.47	0.71	-0.28	-0.33	0.40	0.42
Ce	0.56	0.84	-0.28	-0.33	-0.12	-0.13
U	0.50	0.75	-0.17	-0.20	0.01	0.01
Eigen.	2.28		1.40		1.10	
Propo.	0.38		0.23		0.18	
Cum. prop	0.38		0.61		0.80	

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：Sn, Th, Ce, Uで高い正の値を示す。因子スコア2.0以上の値をもつ試料は、ラキ川からアンタン川にかけての範囲、ツラン川支流などに分布し、地質と明瞭な対応関係を持たない。従い、本主成分の意味については不明である。

第2主成分：Sn, Wで正の値を示す。イサハン川上流付近で高い因子スコアを示し、鉍化を表す主成分と考えられる。

第3主成分：Auで大きな正の値を示す。Auは他の成分とはまったく相関を示さず、Auの動きをそのまま表す主成分である。

(3)地化学異常値及び異常域

①閾値の設定

地化学異常値は、各成分とも河床堆積物の場合と同様、平均値にその標準偏差の2倍を加えた値以上とした。ただし、Snについては、既知鉍化帯（シカンブ川）の下流300mの地点で採取した試料は1600ppmを示し、平均値に標準偏差の2倍を加えた値（5,467ppm）では閾値として高すぎると判断されたので、平均値に標準偏差を加えた値（504ppm）以上を地化学異常値とした。各成分の閾値を第2-15表に示す。

第2-15表 パンニング試料による地化学探査閾値

Au (ppb)	Sn (ppm)	W (ppm)	Th (ppm)	Ce (ppm)	U (ppm)
10	504	16	90	344	21.3

②地化学異常域の設定

河床堆積物の場合と同じ基準でもって地化学異常域を設定した。

③地化学異常域の分布及び評価

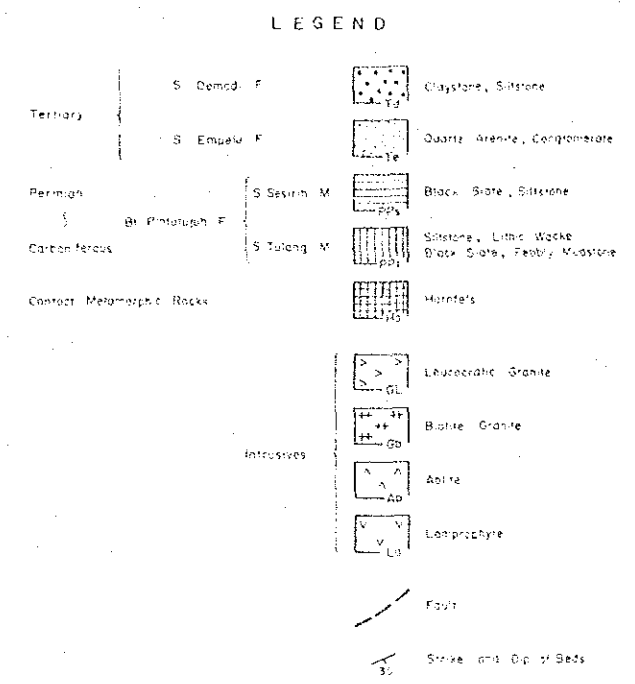
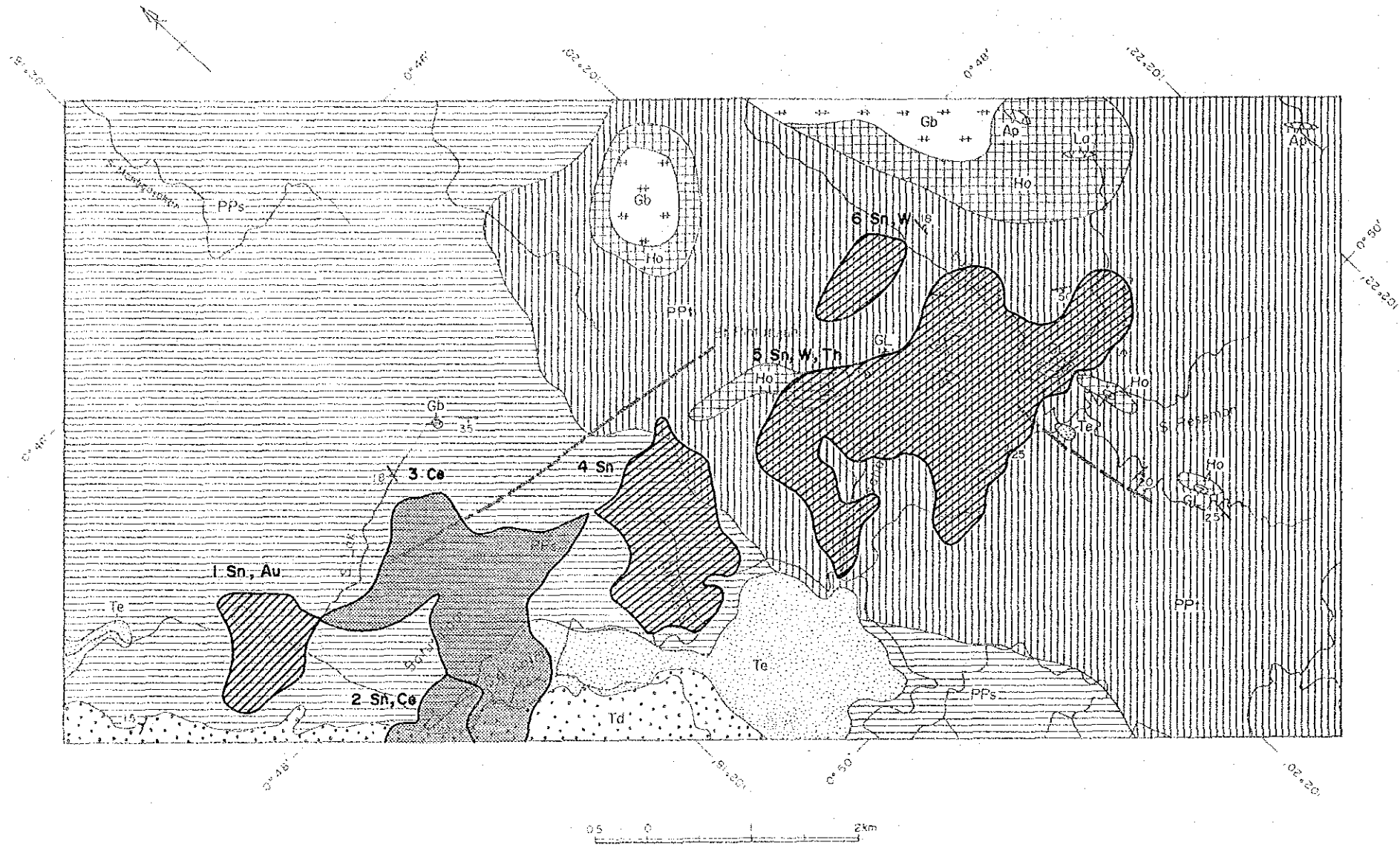
調査地区内に6の異常域が抽出された（第2-16表及び第2-11図）。Sn単独の異常域は2区域、Sn異常値にAu, W, CeまたはThのうち1つまたは2つの成分の異常値を随伴する異常域は4区域である。

これらの異常域をその異常値を基にA, B 2つのランクに分けた。Aランク異常域は4区域である。それぞれの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. 1）：Au異常値（72ppb）及びSn異常値（>1,000ppm）が1箇所検出されている。集水域は古生界よりなる。河床堆積物によるBランク異常域と一部重複する。

ピナン川流域周辺（No. 4）：Sn異常値（>1,000ppm）が3箇所検出されている。集水域は古生界よりなる。河床堆積物によるAランク異常域と一部重複する。

イサハン川上流-シカンブ川下流域（No. 5）：Sn異常値（600~>1,000ppm）が10箇所、W異



Geochemical anomaly (A)
 Geochemical anomaly (B)

1 Sn : Anomalous sector number and Element

Threshold

Au 10 ppm
 Sn 504 ppm
 W 16 ppm
 Th 90 ppm
 Ce 344 ppm

No.	Location	Number of Anomalous Samples	Anomalous Elements and Range	Rank
1	S. Antan	1	Sn (>1,000ppm). Au (72ppb)	A
2	S. Antan	1	Sn (560ppm). Ce (580ppm)	B
3	S. Laki and S. Antan	2	Ce (390-420ppm)	B
4	S. Pinang and Tributary of S. Antan	3	Sn (>1,000ppm)	A
5	S. Isahan-S. Tulang-S. Sikambu	9	Sn (600->1,000ppm) W (16-55ppm). Th (93ppm)	A
6	Tributary of Tulang	1	Sn (>1,000ppm) W (27ppm)	A

第2-11図 地化学探査解析結果図 (パンニング試料)

常値 (16~55ppm) が3箇所, Th異常値 (93ppm) が1箇所で見出されている。集水域は優白色花崗岩及び古生界よりなる。本区域内にはイサハン川鉍化帯及びシカンブ川鉍化帯が分布する。河床堆積物によるAランク異常域と一部重複する。
ツラン川支流域 (No. 6) : Sn異常値 (>1,000ppm) 及びW異常値 (27ppm) が1箇所で見出されている。集水域は古生界よりなる。鉍化帯の存在は知られていない。

第2-16表 パンニング試料による地化学異常域

No.	Location	Number of Anomalous Samples	Anomalous Elements and Range	Rank
1	S. Antan	1	Sn(>1,000ppm), Au(72ppb)	A
2	S. Antan	1	Sn(560ppm), Ce(580ppm)	B
3	S. Laki and S. Antan	2	Ce(390-420ppm)	B
4	S. Pinang and tributary of S. Antan	3	Sn(>1,000ppm)	A
5	S. Isahan-S. Tulang-S. Sikanbu	9	Sn(600->1,000ppm) W(16-55ppm), Th(93ppm)	A
6	Tributary of of Tulang	1	Sn(>1,000ppm) W(27ppm)	A

2-3 土壌試料による地化学探査

既知錫鉍化帯 (イサハン川区域及びシカンブ川区域) を含む面積 6 km² の範囲において既知錫鉍化帯の広がりを把握し, さらに新たな鉍化帯を抽出する目的で土壌試料による地化学探査を実施した。

(1) 採取試料及び分析

NW-SE方向に伸長した3×2kmの矩形範囲にて100mグリッド状に点を配置し, ハンドオーガーにより深さ40~70cmのB層から試料を採取した。採取試料数は600個である。

採取試料は現地で乾燥後, カナダChemex Lab. Incで分析された。分析成分, 検出下限値, 検出上限値は河床堆積物の場合と同じである。

(2)統計処理結果

①解析方法

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て計算した。

②基本統計量

第2-17表に各成分の幾何平均値、最大値、最小値を示す。

第2-17表 土壤試料分析値基本統計量

	Au (ppb)	Sn (ppm)	W (ppm)	Th (ppm)	Ce (ppm)	U (ppm)
幾何平均	<5	3	6	23	85	3.3
最大値	65	150	90	69	166	17.6
最小値	<5	<2	<2	5	12	<0.2
地殻中の 平均含有量	4	2	1.5	7.2	60	1.8

③分析値頻度分布

各成分の分析値頻度分布図は第2-12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、Th, Uであり、最頻値が左に寄った分布を示す成分は、Sn, Wである。また、最頻値が右に寄った分布を示す成分は、Ceである。Au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。

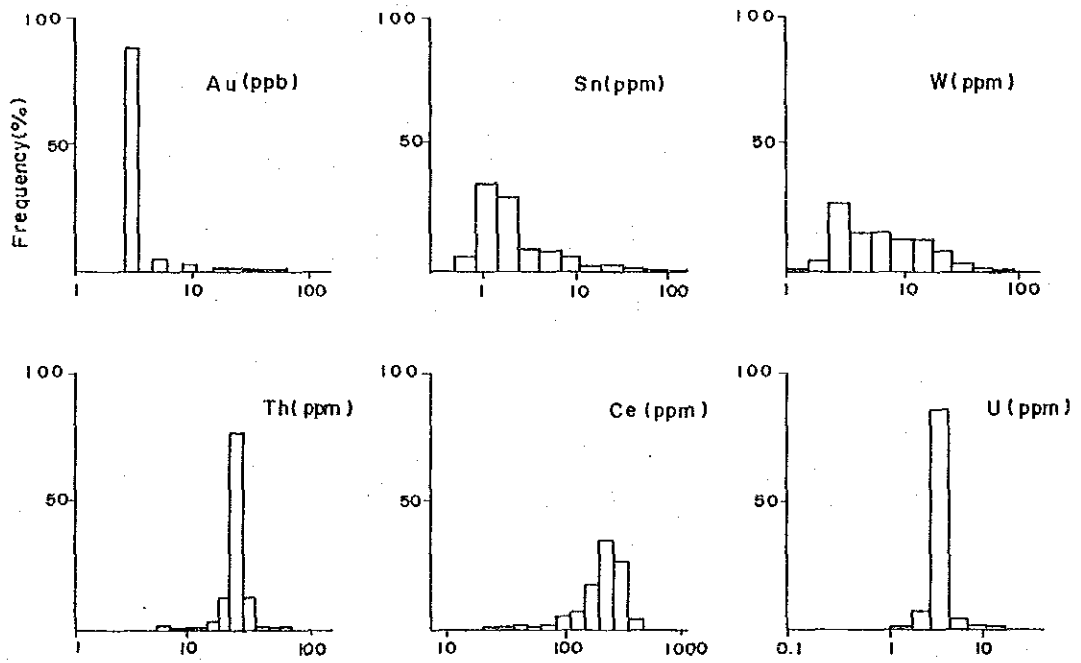
④分析成分間の相関

全試料を一括し、相関係数を求めた結果を第2-18表に示す。

相関係数0.5以上の値を示す組み合わせは、Sn-W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Uである。

第2-18表 土壤試料分析値相関係数

	Au	Sn	W	Th	Ce	U
Au	1.00	0.43	0.43	0.02	-0.21	0.10
Sn		1.00	0.62	0.17	-0.21	0.21
W			1.00	0.14	-0.12	0.09
Th				1.00	0.41	0.28
Ce					1.00	-0.04
U						1.00



第2-12図 土壤試料分析値頻度分布図

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、6成分の分析値を用い主成分分析を行った。分析成分数が6あるため、計算上6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2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2-19表に示した。

第2-19表 土壤試料分析値主成分分析結果

	1		2	
	Eigen-vector	Factor Loading	Eigen-vector	Factor Loading
Au	0.48	0.70	-0.15	-0.19
Sn	0.58	0.86	0.01	0.01
W	0.55	0.80	0.00	0.00
Th	0.15	0.22	0.70	0.85
Ce	-0.20	-0.30	0.61	0.75
U	0.26	0.38	0.33	0.40
Eigen.	2.16		1.49	
Propo.	0.36		0.25	
Cum. prop	0.36		0.61	

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：Au, Sn, Wで高い正の値を示す。高因子スコアを示す範囲はイサハン川上流からツラン川にかけてほぼWNW-ESE方向に延びる地域、シカンプ川-ツラン川合流点地域の2箇所であり、これらの地域には錫鉱化帯が分布することから、本主成分はSn鉱化作用を示すものと解釈される。

第2主成分：Th, Ceで高い正の値を示す。高因子スコアを示す範囲はツラン川中流及びシカンプ川下流であり、これらの範囲には優白色花崗岩の分布が想定され、本主成分はこれら優白色花崗岩の特性を表すと考えられる。

(3)地化学異常値及び異常域

①閾値の設定

全試料を一括し、各成分ごとの幾何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2-20表に示す。異常値が認められた成分はAu, Sn, W, Th, Uである。