

マレーシア国ペラ地域
資源開発協力基礎調査報告書

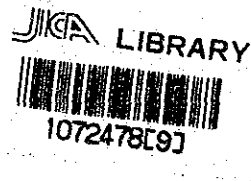
第 1 年 次

平成元年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

マレーシア国ペラ地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 1 年 次



18749

平成元年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

18749

は し が き

日本国政府はマレーシア政府の要請に応え、同国の北西に位置するペラ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、今年度が第1年次にあたり、金属鉱業事業団は6名の調査団を編成して昭和63年7月22日から昭和63年11月7日まで現地に派遣した。

現地調査は、マレーシア政府機関、特にマレーシア地質調査所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マレーシア政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在マレーシア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。

平成元年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 佐藤淳一郎

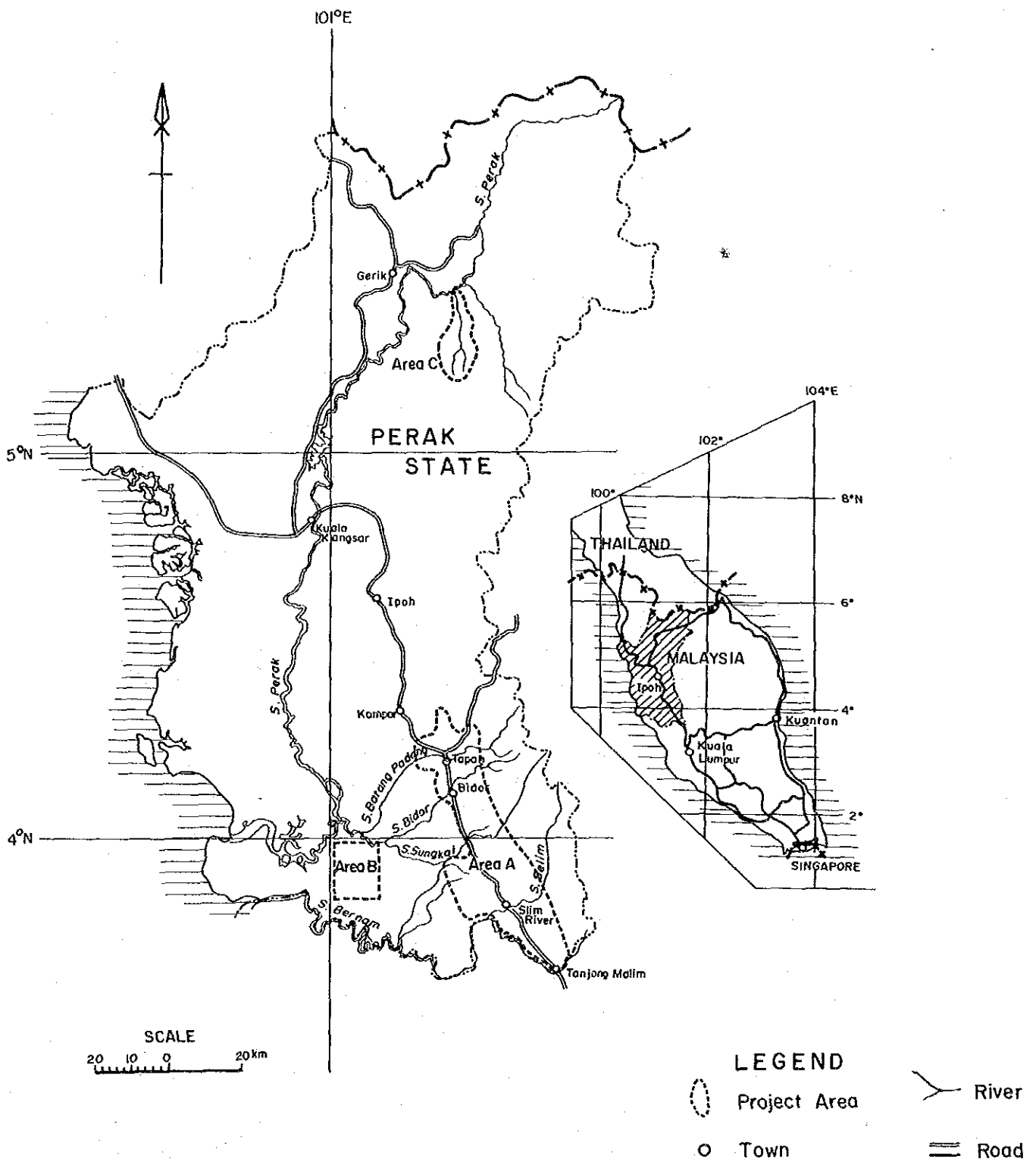


Fig. I Location Map of the Project Area (Areas A, B and C)

要 約

マレーシア・ペラ地域における資源開発協力基礎調査の第1年次調査は、マレーシア側の過去の調査より抽出された、金、錫、タングステン及びレアアースの有望な3地区、A、B、C各地区において、地質状況を解明することにより、鉱床賦存状況を把握せることを目的として、次の調査が実施された。なお、A、B、C各地区は、それぞれ、本調査地域の南東部、南部、北部に位置する (Fig. 1)。

地質調査・地化学探査

A地区 : 調査面積 1,060km², 踏査延長 374km, 地化学探査試料 1310個

C地区 : 調査面積 130km², 踏査延長 72km, 地化学探査試料 360個

物理探査 (CSAMT 法)

A地区 : 調査面積 4 km², 測点数113点,

既存資料調査

B地区 : 調査面積200km²

調査結果を要約すると次のとおりである。

(1) A地区

①地質調査・地化学探査

本地区は、古生代の千枚岩類とこれを貫く二畳紀—三畳紀の Main Range 花崗岩類から成る。今回の空中写真解析及び地質調査により、千枚岩中の変砂岩層の追跡により、NNW 方向の褶曲軸をもつ変成岩地帯の構造が明らかになった。Main Range 花崗岩類を、等粒状花崗岩、斑状花崗岩、花崗斑岩に岩相区分し、その分布状況を明らかにした。鉱化帯は、Tapah 東部の含金石英脈、Bidor 東部の錫石脈、Tapah 南部の熱水性カオリン及びその他の鉱徴が知られているが、これらは主に Main Range 花崗岩中及びそれに近接する Terolak 層に胚胎している。

重鉱物及び河川堆積物による地化学探査の結果、Main Range 花崗岩類分布地域は、主としてモナズ石によると考えられるレアアース含有量が高く、西側の千枚岩類に向って、レアアース異常帯、錫・タングステン異常帯、さらに金異常帯へと地化学異常帯が帯状配列していることが判明した。

金の異常帯は、Tapah—Bidor ハイウェイの東側に位置し、幅 2～4 km、延長22kmに及ぶ大規模なものである。異常帯の広がりや金の含有量から特に Tapah 東方の Bukit Mas 金山地区より北側の部分が金鉱床賦存のポテンシャルが高いと判断される。

②物理探査

マレーシア地質調査所による土壌の地化学調査から有望視されていた Bukit Mas 金山地区に

において、CSAMT 法による物理探査を行い、探査範囲の東側と西側に高比抵抗帯を抽出した。しかし、これらはいずれも千枚岩にはさまれた変砂岩層を反映するものであって、変砂岩層の50~100m 東側に位置する含金石英脈に対応する比抵抗構造は捕捉できなかった。したがって、石英脈は存在しても小規模で連続性に欠けると判断される。

既知の土壤中の金の地化学異常は、変砂岩層中であって、既知鉱床の分布とは関連しないことが判明した。この異常については、Bukit Mas 地区内だけでなく、上述の金の大規模異常帯の一部として探査計画を立てるべきである。

(2)B 地区

本地区には、第四紀層が厚く発達している。砂錫の賦存する可能性のある地区として、マレーシア地質調査所が提示した Changkat Jong 地区と Teluk Intan 地区について、基盤岩の起伏状況を探査するための物理探査法を検討した。

今回の地質・地化学資料と過去のボーリング資料と検討した結果、ボーリングで着鉱していないことと、根源と考えられる東隣の Tanjong Malim 地区に地化学異常が得られなかったことから Changkat Jong 地区は錫石、レアアースに関し、探査の必要性が低いと判断した。これに対し、Teluk Intan 地区は、良品位の錫石鉱層(厚さ1.5~6.0m, 含有量0.24~1.29kg/m³ SnO₂)が3 km×8 kmの範囲内に分布することを再確認した。鉱層は更に北東方向に広がる可能性があり、その厚さは基盤岩の地形に支配されている。

B 地区内に対する今後の探査方針として、Teluk Intan 地区を対象に、重力探査により基盤の起伏を明らかにする方法が提案される。集落や軟弱層の存在から効果の挙がらなかった地震探査と比べ、この方法は測定が容易で経費も安価である利点があり、比重差の大きい構造を有する本地区に有効である。

(3)C 地区

本地区は、主として雲母片岩~千枚岩から成る古生層と、これを貫く Main Range 花崗岩類から構成される。

錫の鉱化作用は、Main Range 花崗岩類の等粒状花崗岩中においてみいだされたが、錫石を含む電気石-石英脈を数条発見したにとどまった。

重鉱物及び河川堆積物による地化学探査の結果、ここでも、金、タングステン、錫、レアアースの異常値が帯状分布を示すことが判明した。すなわち、片岩帯中には主として金の地化学異常、花崗岩中には、接触部から内部に向かって、タングステンの異常、錫-レアアースの異常があらわれている。

以上の結果から今後の調査として、下記の調査が提言される。

1. A 地区についてはハイウェイの東側で得られた金の地化学異常帯について、その濃集の程度、深部

への広がり及び地質との関係を把握するためのトレンチ調査を含む地質・地化学精査。

2. B地区については Teluk Intan 地区において、基盤岩の起伏状況を明らかにし、錫石鉱層の広がり
と深度を推定するための重力探査。

3. C地区については Ringat 川流域で得られた金、錫、レアアースの地化学異常について、その濃集の
程度や地質との関係を把握するための地質・地化学精査。

目 次

はしがき

調査地域位置図

要約

第1部 総 論

第1章 序 論	1
1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 第1年次調査の概要	1
1-2-1 調査範囲	1
1-2-2 調査目的	2
1-2-3 調査方法	2
1-2-4 調査期間	2
1-3 調査団の編成	4
第2章 調査地域の地理	5
2-1 位置及び交通	5
2-2 地形及び水系	5
2-3 気候及び植生	6
第3章 調査地域の既存地質情報	7
3-1 既往調査の概要	7
3-2 一般地質	8
3-3 鉱業略史	11
第4章 調査結果の総合検討	13
4-1 A地区	13
4-1-1 地質構造及び地化学異常と鉱化作用について	13
4-1-2 物理探査結果と鉱化作用について	17
4-1-3 鉱床賦存のポテンシャルについて	17

4-2 B地区	18
4-3 C地区	19
4-3-1 地質構造及び地化学異常と鉱化作用について	19
4-3-2 鉱床賦存のポテンシャルについて	19
第5章 結論及び提言	23
5-1 結 論	23
5-2 第2年次調査への提言	23

第II部 各 論

第1章 調査概要	25
1-1 調査方法	25
1-1-1 地質調査	25
1-1-2 地化学探査	25
1-1-3 物理探査	27
1-2 解析方法	36
1-2-1 地質調査	36
1-2-2 地化学探査	36
1-2-3 物理探査	41
第2章 A地区	49
2-1 地 質	49
2-1-1 地質層序	49
2-1-2 貫入岩類	55
2-1-3 地質構造	56
2-1-4 鉱化作用	56
2-2 地化学探査結果	64
2-2-1 地化学探査解析結果	64
2-2-2 地化学探査結果の考察	80
2-3 物理探査結果	81
2-3-1 物理探査解析結果	81
2-3-2 物理探査結果の考察	124
2-4 考 察	137

第3章 B地区	139
3-1 既存資料調査結果	139
3-2 考 察	145
第4章 C地区	147
4-1 地 質	147
4-1-1 地質層序	147
4-1-2 貫入岩類	147
4-1-3 地質構造	150
4-2-4 地化学探査結果	151
4-2-1 地化学探査解析結果	151
4-2-2 地化学探査結果の考察	164
4-3 考 察	164

第III部 結論及び提言

第1章 結 論	171
第2章 第2年次調査への提言	173
参考文献	175
添付図表類	177
卷末	

第 I 部 總 論

第1章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

ペラ州の州都イポを中心として南に広がる Kinta valley は、100年以上も前から砂錫の産地として知られており、自由世界における錫消費量の50%以上を供給してきた。しかし、最近、資源の枯渇及び市況の悪化等により、生産量が激減している。すなわち、最盛期の1970年代前半には、数百基のドレッジャー（浚渫船）やグラベルポンプが稼動していたが、相次ぐ休山又は廃山によって現在十数基に減少、生産量も半減した。

このような状況から、マレーシア政府は、錫以外の新しい鉱物資源を求め、1987年日本国政府にペラ地域の資源開発協力基礎調査の要請を行った。日本国政府はこの要請に応じて、1988年3月、国際協力事業団（JICA）及び金属鉱業事業団（MMAJ）のミッションをマレーシア国に派遣し、マレーシア地質調査所との間で、ペラ地域の資源開発協力基礎調査の作業協定に署名した。

本調査は、ペラ地域において地質状況を解明することにより、鉱床の賦存状況を把握することを目的としている。

1-2 第1年次調査の概要

1-2-1 調査範囲

本年次の調査粘囲は Fig. I に示すとおり、次の3地区から成立っている。

(i) A地区	調査面積	1,060km ²
(ii) B地区	"	200km ²
(iii) C地区	"	130km ²
		合計 1,390km ²

A地区は、63,360分の1地形図の Tapah, Gunung, Batu Puteh, Changkat Jong 及び Tanjong Malim の4葉にまたがる約20km×50kmの範囲である。当初1,300km²の区域が計画されたが、中央を走るハイウェイの西側は、砂錫採掘による人工汚染が大きいと考えられたので、約240km²の区域が除外された。

B地区は、Changkat Jong 地区の約12km×16kmの範囲が検討されたが、Teluk Intan と Tapah にまたがる範囲も比較検討の対象となった。

C地区は、Grik地区の東側にあり、ペラ川の支流Grik川の全流域を占めている。

1-2-2 調査目的

調査対象地域は、いずれも、金、錫、タングステン及びレアアースの賦存が期待される地区であり、本年次の調査は下記を目的としている。

(i) A地区においては、地質調査・地化学探査を実施して、地質状況を解明し、鉱床賦存状況を把握する。

又、マレーシア地質調査所(以下GSMという)が行った地化学探査(土壌)結果から、金のポテンシャルが高いと考えられるTengah東部のBukit Mas地区では、物理探査(CSAMT法)を実施して、下部の状況を把握する。

(ii) B地区については、既存の地質的データを検討して、基盤の起伏状況や沖積層の性質を調査するのに最適の物理探査計画を策定する。

(iii) C地区においては、A地区同様、地質調査及び地化学探査を実施して、地質状況を明らかにし、鉱床賦存状況を把握する。

1-2-3 調査方法

(i) 地質調査・地化学探査

A地区及びC地区内のほとんど全部の水系についてルートマップを作成し、1/50,000の地質図にまとめた。地化学探査は地質調査と並行して実施し、ほゞ1kmごとにパンニングによる重鉱物と河川堆積物(シルト粒径0.1mm以下)を採取した。

又、代表的岩石及び鉱石を採取して化学分析を行うとともに、顕微鏡やX線分析法による検討を行った。

B地区については、本年度は現地調査を実施せず、既存資料を収集検討し、基盤構造を明らかにするための最適の物理探査方法を検討した。

(ii) 物理探査

A地区のBukit Masの金山地区において、CSAMT法による物理探査を行った。

測線間隔 200m 測点間隔 150m

測線数 10本(延長15,600m) 測点数 113点

地域ごとの調査内容及び分析項目をTable I-1に示す。

1-2-4 調査期間

(i) 調査計画及び折衝

Table I - 1 Amount of Survey and Analytical Item

(1) Amount of Surveys

Item	Quantity		
Geological & Geochemical Surveys (1) Area A	Survey Area	1,060km ²	
	Survey Route Length	374km	
	Number of Samples collected		
	Heavy Mineral Concentrates	605pcs	
	Silts	603pcs	
	Rocks	100pcs	
	(2) Area C	Survey Area	130km ²
		Survey Route Length	72km
		Number of Samples collected	
		Heavy Mineral Concentrates	155pcs
Silts		155pcs	
Rocks		50pcs	
Geophysical Survey (Area A)	CSAMT		
	Survey Area	4 km ²	
	Measuring Points	115	

(2) Analytical Item & Component

Analytical Item & Component	Quantity
(1) Thin Section	21pcs
(2) Polished Section	16pcs
(3) X-ray Diffraction Analysis	20pcs
(4) Chemical Analysis	
a) Geochemical Sample	
Heavy Mineral Concentrate	(Nb, Ta, U, Th, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) 852pcs
Rock	(Na, Ta, U, Th, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) 150pcs
b) Whole Rock Analysis	(SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI, H ₂ O ⁻) 20pcs
c) Ore Analysis	(Au, Ag, Pb, Zn, Cu, As, W, Sn, Nb, Ta, U, Th, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) 10pcs
(5) Resistivity Measurement	10pcs

調査は昭和63年3月2日から3月12日まで実施され、作業協定署名日は昭和63年3月9日である。

(ii) 現地調査

地質及び地化学探査の現地調査は、昭和63年8月1日に開始し、同年9月30日に終了した。一方、物理探査の現地調査は、昭和63年8月26日に開始し、同年9月30日に終了した。

(ii) 解析作業及び報告書作成

イポと日本国内において昭和63年10月1日から平成元年2月28日まで解析作業及び報告書作成を行った。

調査工程を Table I-2 に示す。

Table I-2 Time Schedule of Phase I Work

	Jul/1988	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan/1989	Feb
Mobilization	26	30	22 25 1-4					
Field Work	1	26	30 =====					
Demobilization				1 8 1-7				
Analysis & Compilation				9	----->	----->	----->	8
Report Preparation							9	28 ----->

Geological Survey : in Malaysia, in Japan
Geophysical Survey : in Malaysia, in Japan

1-3 調査団の編成 本調査の計画・折衝及び現地調査に参加した調査団員は次のとおりである。

調査計画及び折衝

日本側	マレーシア側
松川圭男 金属鉱業事業団	Yin Ee Heng 地質調査所
高倍宣義 外務省	Fateh Chand 地質調査所
辻野哲夫 通商産業省	Foo Khong Yee 地質調査所
上木隆司 国際協力事業団	Aw Peck Chin 地質調査所
神谷夏実 金属鉱業事業団	Wong Yew Choong 地質調査所
	Shu Yeak Khoon 地質調査所
	Chu Ling Heng 地質調査所

現地調査団

日本側	マレーシア側
団長・地質調査 瀧本 決 大手開発(株)	Chu Ling Heng 地質調査所
地質調査 柴田 芳彰 大手開発(株)	Mohd Anuar Mohd Yosof 地質調査所
地質調査 小野寺政勝 大手開発(株)	Mohd Suhaili Ismail 地質調査所
物理探査 田中 富雄 大手開発(株)	Ho Choon Seng 地質調査所
物理探査 加藤 雅胤 大手開発(株)	Dzazali Ayub 地質調査所
物理探査 松久保和人 大手開発(株)	—
測量 —	Liew Wee 地質調査所

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

調査対象の3地区はいずれもペラ州にあり、首都クアラルンプールから100km~250km 離れている (Fig I 参照)。

A地区は、ペラ州都のイポの南方60kmの Tapah より、ペラと Selangor 両州の州界にある Tanjong Malim まで、細長く伸びた区域である。クアラルンプールとイポを結ぶ鉄道やハイウェイ (延長206km 車で4時間) が調査地の中央を縦走しているので、交通は便利である。

B地区はA地区の西側の稲田地帯にあり、国道や農道が良く発達している。

これに反し、C地区はペラ川上流のタイ国境近くに位置しており、ルートが限られている。すなわち、イポの北方154km (車で4時間) の Gerik よりペラ川を木材会社のフェリーで渡り、C地区西端の尾根まで林道を約25km 東行するか、Gerik よりペラ川沿いの道路を経てペラ川をボートでさかのばれば5~6時間で、本地区の北端部に到達することができる。

2-2 地形及び水系

マレー半島の西側には Main Range と呼ばれる海拔1,500~2,000m の山脈が NW-SE 方向に連続しており、その西側には平地が広がっている。

A地区は、Main Range の一部と海拔50m 以下の平地から成り比較的なだらかである。この内、ハイウェイの西側の平地は、かつて砂錫を活発に採取した所で、各所に採掘跡の大きな水たまりや尾鉱が散在している。

水系には、ペラ川に属する Batang Padan 川, Bidor 川, Sungkei 川と Bernam 川に属する Slim 川があつて、南西方向に流下するが、水量はいずれも豊富である。

B地区は、海拔20m 前後の稲田地帯で、本地区のすぐ西側をペラ川本流が蛇行しながら、マラッカ海峡に注いでいる。

C地区は、海拔100m~1,700m の山岳地帯から成り、ペラ川の一支流、Gerik 川の全流域を占める。地形は全般に急峻で、崖が多く、各所に滝が掛っている。又、Gerik 川本流には、数段のダムによる巨大な人造湖が生じている。

2-3 気候及び植生

マレーシアは、典型的な赤道雨林型の気候を示し、一年中高温多湿、乾季と雨季の別が明瞭ではない。Table 1-2は、B地区のTeluk-Intanにおける月別の平均気温と平均雨量を示したものであるが、この表より明らかなように、平均気温は年間を通じて変わらず、月較差より日較差(22°~32°C)が大きい。今回の調査は降雨量の比較的少ない8~9月に実施されたが、それでもほとんど毎日スコールに襲われ、A地区内では、ハイウェイが冠水して交通止になったことがあった。

Table I-3 Monthly Average Temperature and Rainfall in Teluk Intan

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yearly
Average Temperature	26.0	26.6	27.0	27.1	27.2	27.0	26.6	26.6	26.4	26.3	26.1	26.0	26.6
Average Rainfall	181.4	190.6	228.9	254.0	168.5	100.8	124.2	125.9	176.2	300.8	293.9	249.7	2394.9

(1951-1980)

植生は、A地区では、前記のように、ハイウェイより西側の平地帯は、大部分が砂錫の採掘跡で不毛となっており、ハイウェイの近傍や東側にはゴム園やオイル・パーム園が各所に広がっている。農業の多様化、地域開発を図るため、ゴムからオイル・パームへの植換えが進行中で、Tanjong Malim や Changkat Jong 地区には、連邦土地開発庁 (FELDA) による大規模のオイル・パーム園が建設されている。このように、平地部はほとんど開拓されていて、東部の山岳地帯を除いて、初生のジャングルを見ることはできない。

B地区は、稲田地帯であって、樹木は民家の周辺に認められる程度である。

C地区は全域ジャングルに覆われ、動物保護地区にも指定されている。

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 既往調査の概要

マレー半島について、広域的立場から論じた代表的論文として、下記が挙げられる。

Hutchison C. S. (1977) は、マレー半島を4つの構造帯に区分し、巨大なバソリスをなす Main Range 花崗岩と Eastern 花崗岩について、同位体による絶対年代、岩質、地化学的データを総合的に研究、両者の構造発達を論じている。その後(1978)、主要な花崗岩は衝突型の構造運動によって生じたとするモデルを提唱した。

Rajah S. S. et al. (1977) は、マレー半島の Eastern Belt の花崗岩類と鈹化作用について論じ、鈹化作用は一般的に花崗岩質貫入岩体の周縁部又は頂部に限られるとして、錫等金属鈹床探査には花崗岩と堆積岩の接触部の精密な地質図作成を推奨している。

次に、本調査地域及びその周辺地区については、GSM の調査があり、一部公表され、一部所内記録として保存されている。特に関係の深いレポートとして次のものがある。

Ingham, F. T. (1938) は、A地区内の Tapah 及び西隣の Teluk Anson 周辺の地質・鈹床を調査し、花崗岩類の堆積岩類を詳細に記載、稼行中の20鈹山を簡単に紹介している。

Gan A. S. (1978) は、同じくA地区南部の Tanjong Malim 地区の地質調査を実施し、古生層が中部デボン紀から古生代末期のものであることを明らかにした。又同時に実施した地化学探査(河川堆積物1,200個)結果から、錫、チタン、レア・アース及びジルコン等の有望区域を抽出している。

Loh C. H. (1987) は、Tapah 地区に西接する Teluk Intan 地区の第四紀層について、多数のボーリングデータを総合的に研究、各累層の堆積環境を解明するとともに、南東部の Labu Kubung 地区には基盤岩に接近して錫の高品位鈹層が期待できると結論している。

Chand F. et al (1968) は、C地区の Ringat 川の地質・地化学概査を実施し、観察事項を詳記した野外調査メモを残している。採取した重鈹物試料の分析結果から、この地区にも錫や金の鈹化作用が及んでいることを明らかにした。

Lee S. L. et al. (1985) はA地区の Bukit Mas 地区の地質精査、土壤地化学探査及びボーリング探鈹を行い、土壤中の金の分布状況を明らかにした。

3-2 一般地質

マレー半島は、Hutchison C. S. (1977) によれば4つの構造帯に大別することができる。すなわち西側より東側に向って、Western Stable Shelf (西部安定陸棚)、Main Range Belt (主要山岳帯)、Central Graben (中央地溝帯) 及び Eastern Belt (東部帯) (Fig 1-1 参照) である。

(1) Western Stable Shelf は前期～後期古生代の劣地向斜の堆積岩類から成り、緩く褶曲している。本岩類はマレー半島で最も古い岩石と考えられている。

(2) Main Range Belt は、前期～後期古生代の等斜褶曲をなす変堆積岩類を貫く Main Range 花崗岩のバソリスで特徴づけられる。

(3) Central Graben は、激しく褶曲した後期古生代の基盤岩類を、緩く褶曲した中生代の堆積岩類が覆う地帯であって、花崗岩類の活動はほとんど認められない。

(4) Eastern Belt は、後期古生代の堆積岩類を貫く、多数の伸張した花崗岩質岩によって特徴づけられている。

Main Range の花崗岩類は、二疊紀～三疊紀に貫入したメソ帯の花崗岩類で、斑状組織を示し、よく5 cm 以上に及ぶアルカリ長石の巨品を含んでいる。化学成分や同位体の研究から、この花崗岩は大陸の衝突によって生じたと考えられており、又 K/Ar 年代測定結果のグルーピングから、Main Range は前期ジュラ紀と後期白亜紀に隆起したと言われている。

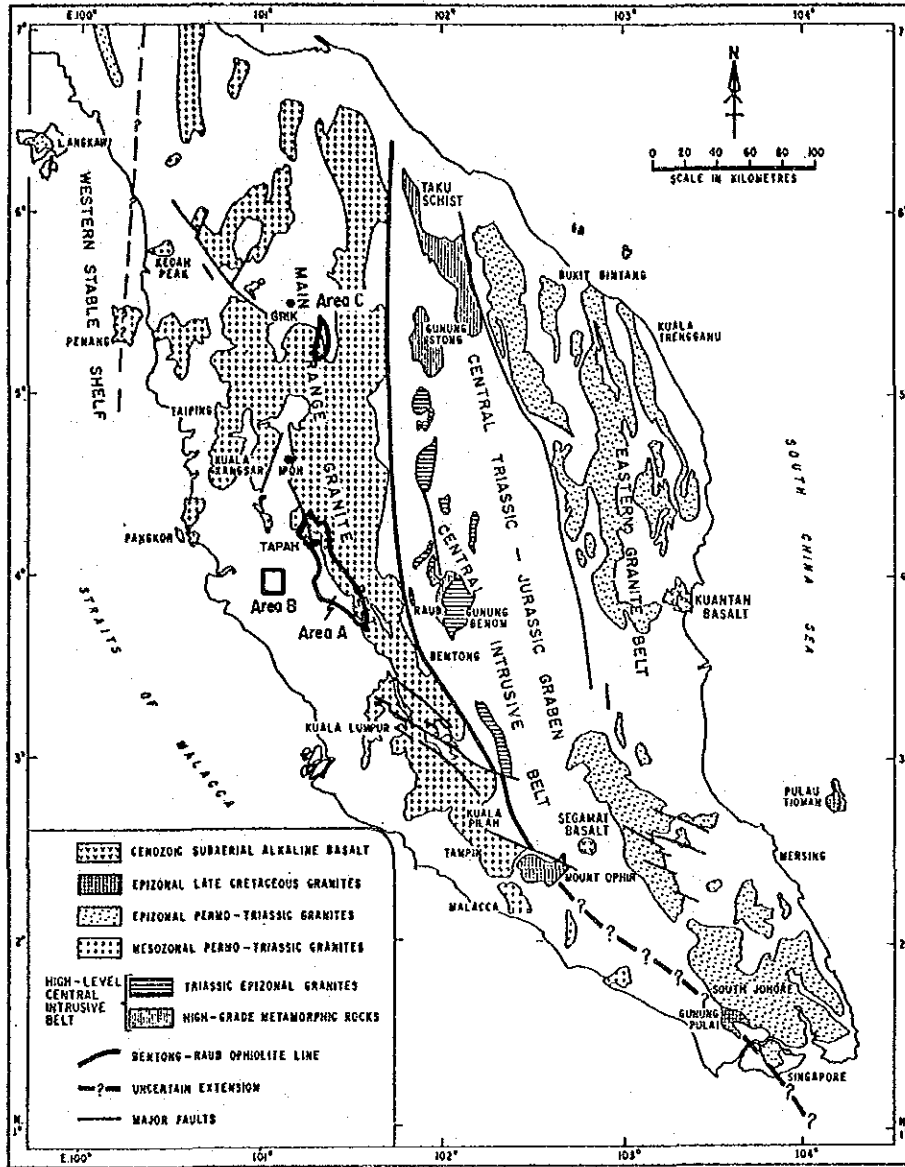
Eastern Belt の花崗岩類は、Main Range と同じ活動時期と考えられるが、エビ帯のものであって等粒状組織を示す。

鉱化作用は、構造帯によって異なり、西側の Main Range Belt は錫、Central Graben は金とベースメタル、Eastern Belt は錫、タングステン、鉄によって特徴づけられる。

Hosking K. F. G (1977) は、Main Range Belt と Eastern Belt における錫鉱化作用に下記の違いを認めている。

Table 1-4 A Comparison of the Tin Mineralization of the Main Range Belt with that of the Eastern Belt

	Main Range Belt	Eastern Belt
① Sn pegmatite	present	absent
② Skarn	Sn skarn	Sn/Fe skarn
③ Malayaite (CaSnOSiO ₄)	present	absent
④ Pleochroism of cassiterite	dark to pale red	dark to pale brown
⑤ Wood tin	absent	present
⑥ Stannite	common	rare
⑦ Accessories		
Sb species	present	absent
Be species	present	rare



after Hutchison C.S.(1977)

Fig. I-1 Geological Map of Peninsular Malaysia

3-3 鉱業略史

本調査地区(A)における鉱業活動は古く、数世紀前から錫及び金を対象として操業されていたが、生産高等の記録は1880年以降のものが入手可能である。

(1) 錫

クアラ ルンプール-イポ国有鉄道の西側の平地帯で砂錫が盛んに採掘された。大部分は欧米人又は中国人によって経営され、砂礫ポンプ法、水力採掘法、浚渫法が採用された。過去の生産実績は下表のとおりである。

Table I-5 Yearly Tin (SnO₂) Production from the Whole Batang Padang Area

Year	Production in ton	Year	Production in ton
1880-1884	160.0	1918-1922	871.8
1885-1889	236.5	1923-1927	540.0
1890-1894	411.6	1928-1932	4,453.6
1895-1898	709.9	1933-1937	3,694.2
1899-1902	1,829.1		
1903-1907	3,735.2	1969-1973	13,048.6
1908-1912	1,668.8	1973-1979	7,856.3
1913-1917	1,498.9	1980-1985	6,711.0

Source: Ingham F.T.(1983) & GSM record

この地区では、最盛期に約260社が入乱れて採掘し、年間1.3万トンの錫石を産出したが、現在は十数社に激減している。

(2) 金

金は砂錫の副産物として回収されており、Tapah-Bidorハイウェイの西側区域が産金地として知られている。Batang Padang地区からの産金量は次表に示すとおりである。

Table I-6 Yearly Gold Production from the Whole Batang Padang Area

Year	Production in g	Year	Production in g
1895-1899	41,032	1920-1924	52,837
1900-1904	34,266	1925-1929	77,906
1905-1909	43,273	1930-1934	118,783
1910-1914	51,967	1935-1937	269,123
1915-1919	44,982		

Source : Ingham F.T. (1938)

今回物理探査の対象となった Tapah 南東部の Bukit Mas 金山はペラ州唯一の鉱脈型鉱床であり、1897年から数年間操業したが、資金難で閉山、現在に至っている。

第4章 調査結果の総合検討

4-1 A地区

4-1-1 地質構造及び地化学異常と鉱化作用について

本地区の地質は、古生層である Terolak 層と Belata 層、これらを貫く Main Range 花崗岩と Changkat Rembian 花崗岩及び第四紀層から成る。

下位の Terolak 層と上位の Belata 層はともに千枚岩を主とするが、後者は前者に比し、変成度がやや低く、変砂岩の割合がより大きい特長がある。両者とも NNW-SSE 系の走向を有し、40°~60°西に傾斜するが、挟在する砂岩層の分布から、等斜褶曲を行っていると考えられる。

Changkat Rembian 花崗岩は Tapah 付近の Terolak 層に貫入した小岩体で、Main Range 花崗岩との直接の関係は不明であるが、構成鉱物、化学組成等から考えて、同時期の産物と考えられる。

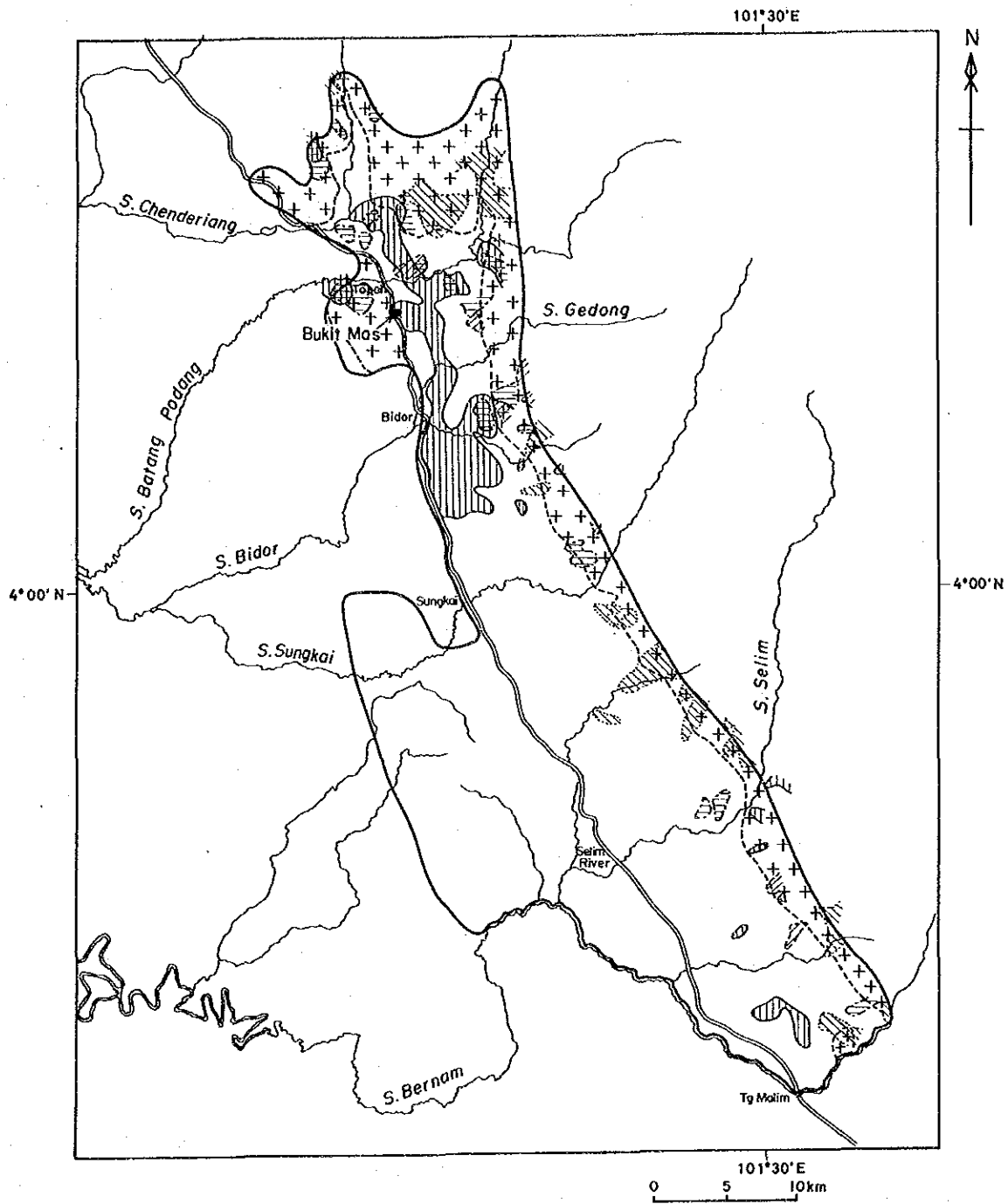
砂鉱床以外の鉱床は、花崗岩の貫入に伴う、Au, Sn (W) の鉱脈型鉱床と熱水性のカオリン鉱床があり、花崗岩中及びそれに近接する千枚岩帯中に賦存している。Changkat Rembian 花崗岩の北側にはリニアメントが特に発達し、鉱兆も多く知られている。

重鉱物及び河川堆積物による地化学探査の結果、Fig I-2 に示すように、金、錫、タングステン、レアアースの異常帯の分布が明らかになった。

Au の異常帯は、Tapah-Bidor-Sungkai 間のハイウェイの東側に、幅 2~4 km、延長 22 km に及んでおり、Bukit Mas 金山地区も含まれる (Fig II-2-17 参照)。この異常帯を Bukit Mas より北部、Bukit Mas、Bukit Mas より南部の 3 地区に分割した場合、重鉱物中の金含有量 (g/m³) は Table I-7 のとおりである。

Table I-7 Gold Contents in Anomalous Zone (Heavy Mineral Concentrate)

	Northern Area	Bukit Mas Area	Southern Area
Anomalous Area	2 km × 8 km	3 km × 4 km	3 km × 10 km
Average Content	$0.192 \times 10^{-3} \text{ g/m}^3$	$0.026 \times 10^{-3} \text{ g/m}^3$	$0.046 \times 10^{-3} \text{ g/m}^3$
Maximum Value	$1.833 \times 10^{-3} \text{ g/m}^3$	$0.099 \times 10^{-3} \text{ g/m}^3$	$4.001 \times 10^{-3} \text{ g/m}^3$



Legend







	Phyllite		Au anomaly (more than $0.55 \times 10^{-3} \text{ g/m}^3$)
	Granite		Sn anomaly (more than 6.38 g/m^3)
			W anomaly (more than 0.064 g/m^3)
			RE anomaly (more than factor score 1.0) (by Factor Analysis)

Fig. I-2

Geochemical Anomalies in the Area A (Heavy Mineral Concentrate)

この Table から明らかなように、この3地区の中では、面積及び Au 含有量の点から Bukit Mas より北部の異常帯が優れている。この事は河川堆積物の分析結果でも明らかである。

次に錫及びタングステンは、ほぼ挙動を共にし、両元素の異常は金の異常帯の東側、すなわち Main Range 花崗岩寄りのゾーンに分布する傾向がみられる。

レアアースは、各元素とも正規分布をなし、花崗岩の分布区域に高い値が集中している。これはレアアースの異常が花崗岩中に含まれるモナズ石、ジルコン、ゼノタイム等に起因することを暗示している。

4-1-2 物理探査結果と鉱化作用について (Fig 11-2-16参照)

調査地区の地質は Terolak 層の千枚岩とこれを貫く Changkat Rembian 花崗岩から成り、両者の境界は西端のハイウェイ付近を通っている。千枚岩は石炭質で、地区の西側には石英質砂岩が挟まれている。一般走向傾斜は NNW-SSE, 40°~60°W で、単斜構造を示すが傾斜褶曲を示す可能性がある。千枚岩中には多数の石英の分結脈が多く発見される。Bukit Mas 鉱床は、千枚岩の片理に沿う含金石英脈と思われるが、旧採掘場には鉱脈らしい石英脈はなく、珪化作用もほとんど見当たらない。

CSAMT 探査の結果、高比抵抗帯として、本地区の西側に NNW-SSE 方向の帯状分布をなすものと、南西端及び東側に局部的に分布するものがあり、前者の帯状分布を示すものは、延長約1,600m、幅100~400mの規模を有し、ほぼ直立して1000m以上深部へ連続している。南西端及び東部のものは、高比抵抗帯の一部を捕捉したもので、地区外に伸張する傾向を示している。これらの高比抵抗帯は、鉱床の両側に分布する石英質変砂岩を反映していると考えられ南西端の高比抵抗帯は、カオリン化作用を免れた Changkat Rembian 花崗岩によるものと思われる。

又地区内には多数の比抵抗不連続線が認められたが、NNW-SSE系、NNE-SSW系、NE-SW系及びN-S系が卓越している。地区西側のNNE-SSW系は高比抵抗帯の両側にあり、この内西側のものは、花崗岩と変砂岩の境界部を示す断層構造が推定され、高比抵抗帯の東側のものは、断層構造であるか地層の弱線部を反映したのか判定が困難である。

他の系のもものは沢の方向に類似し地層の弱線部を反映していると考えられる。

鉱床帯を指示するような比抵抗構造は得られなかったので、鉱床の主体をなす石英脈は小規模と考えられる。

4-1-3 鉱床賦存のポテンシャルについて

Fig. 1-2に示すように、A地区のMain Range花崗岩は南端のTanjong Malinから、Tengah北部のChenderiangまで、NW-WE方向に直線的に伸張しているが、Chenderiangで西側に張出している。Changkat Rembian花崗岩はこの屈曲部の南部に位置している。空中写真解析から明らかになったリニアメントもこの両花崗岩に挟まれた地区に発達しており、露出が乏しくて確認できなかった。

たが、多数の構造線が上記の両花崗岩に挟まれた地区に集中しており、直線的に伸張している花崗岩の近くには、花崗岩起源とみられるレアアースを除いて、他成分のまとまった異常は得られなかった。

一方半定量重鉱物鑑定によると、Sunkaiより北部が電気石、南部がイルメナイトで特徴づけられるが、多量の電気石又は少量のイルメナイトが錫の指示元素になりうる (Fletcher W. K. 1984) ので、Sunkaiより南部は錫のポテンシャルは低いと考えられる。

以上のような地質・地化学的見地から考えると、Bidorより北側、特に Tapah以北が、金、錫のポテンシャルが高いと結論できる。

次に、CSAMTによる探査を行った Bukit Mas 金山地区は、既存鉱床に対応する比抵抗構造は存在せず、鉱床帯より50~100m 西側の珪質砂岩質に対応する高比抵抗帯が得られた。GSMによって得られた土壌中の金異常はこの砂岩層中にあり、Bukit Mas 鉱床に並走する含金石英脈の存在も考えられる。今回の地化学探査結果では、Bukit Mas 地区より Bukit Mas 以北地区がポテンシャルが高いので、金の大規模異常帯の全体の中で、Bukit Mas 地区の探査計画を考えるべきである。

4-2 B地区

これまでGSMが実施したボーリングの各種データを総合的に検討した結果は下記のとおりである (Fig II-3-1, 2 参照)

(1) Changkat Jong 地区

この地区は、当初GSMより提示された面積200km²の地区で、古生層から成る基盤岩に至る第四紀層の厚さは15~70mである。

含まれる重鉱物は平均300g/m³であるが、この内イルメナイトが65~80%、レアアース酸化物は合計13%程度と少量であって、錫鉱物はほとんど認められない。従って、この地区について更に探鉱を進める必要性はないと考えられる。

(2) Teluk Intan 地区

Lubu Kubungにおいて、地表から~80m深部の第四紀層中に、3km×8kmの範囲内で厚さ1.5~6.0m、含有量240~1,290g/m³の錫石の濃集ゾーンが捕捉されており、更に広がる可能性がある。Changkat Jang 地区より錫鉱床のポテンシャルは遙かに高いと思われるので、新しいB地区として探査を進める方が望ましい。

この高品位のゾーンは、基盤岩の起伏状況に左右されているので、もし事前に基盤岩の地形を把握できれば、その後のボーリング計画策定が容易になる。

GSMはこれまで基盤構造を把握するため、地震探査を行っているが、①人家が適当に点在するため、大震源が使用できないこと、②地表から基盤岩までの間に軟弱層が挟まれるため、地震波が吸収

されてノイズレベルまで減衰すること、等の理由で成功しなかった。

一方、重力探査は①第四紀層と基盤岩との比重差が1.0以上あること、②平地で測定が容易であること、③経費がより安価であること等有効で利点がある。従って、重力による基盤の起伏を調べる方法を提案する。

4-3 C地区

4-3-1 地質構造及び地化学異常と鉱化作用について

C地区についての組織的調査は今回が最初であり、新しい地質情報が得られた。

すなわち、本地区の地質は古生代の結晶片岩とこれを貫く Main Range 花崗岩からなる。後者は斑状を呈するが、結晶片岩との接触部は幅2~4 kmにわたって等粒状を示している。

地化学異常は、A地区と類似した帯状分布を示し、結晶片岩中に金の異常帯、Ringat 川東岸の花崗岩中にタングステン、西岸の Jopal 川、Duabelas 川流域に金、錫、レアアースの異常帯が得られた (Fig I-3 参照)。レアアースを除いて、これらは金、錫、タングステンの恐らく鉱脈型の鉱化作用によると考えられるので、地質調査・地化学精査を実施して、鉱床賦存の可能性をチェックする必要がある。

4-3-2 鉱床賦存のポテンシャルについて

C地区である Ringat 川流域は、砂金を産することで知られていたが、他鉱床に関する情報はほとんど存在しなかった。

今回の地質調査により、花崗岩類中で多数のアプライト脈、ペグマタイト脈、石英脈を発見したが、ほとんど金属鉱物は含まれず僅かに Ringat 上流で錫石-電気石-石英脈 (幅10cm) を数条発見したに止まった。

しかし、地化学探査結果では、重鉱物の場合、Table II-2-4、II-4-2に示すように、含有量はA地区に比し、金では劣るものの、錫、タングステンは多く、レアアースは数倍から200倍以上の値を示している。この事実は、河川堆積物分析結果や半定量鑑定結果からでも言うことができる。

前項で、この地区においても金、錫タングステン及びレアアースの地化学異常値が帯状分布をなすことを指摘したが、これは、鉱化作用が地域的に広く及んでいることを示すものであり、鉱床賦存のポテンシャルは、かなり高いと考えられる。

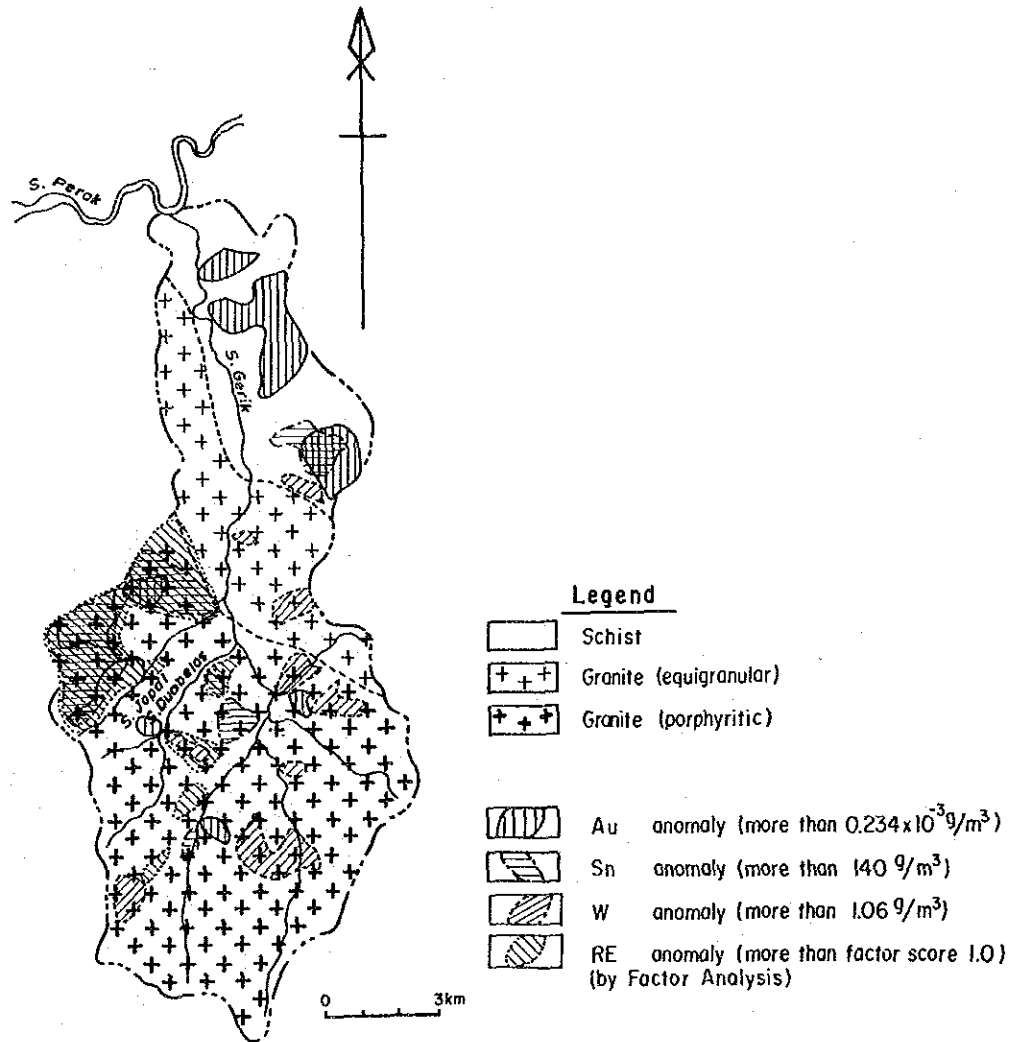


Fig. I -3

Geochemical Anomalies in the Area C (Heavy Mineral Concentrate)

第5章 結論及び提言

5-1 結論

初年次に、ペラ地域において実施した地質調査、地化学探査及び物理探査（CSAMT法）から次の結論を得た。

A地区

A地区は、古生代の千枚岩とこれを貫く二疊紀～三疊紀の Main Range 花崗岩で構成され、金・錫の鉱脈型鉱床が賦存している。

地化学探査結果、Main Range 花崗岩から千枚岩帯に向かって、レアアース→錫・タングステン→金のように地化学異常が帯状分布することが明らかになった。

特に顕著な異常は、Tapah-Bidor ハイウェイの東側に広がる金異常帯で、Bukit Mas 金山地区を含んで、(2～4) km×22km の範囲に及んでいる。Bukit Mas より北側の異常帯は Bukit Mas 地区より優れており、金鉱床賦存の可能性が高い。

Bukit Mas 地区の金鉱床は、千枚岩中の含金石英脈であるが、CSAMT 法によって得られた比抵抗構造から見て鉱化帯の規模は小さいと考えられる。

B地区

第四紀層中に錫石が賦存する可能性は、当初の Changkat Jong 地区より隣接する Teluk Intan 地区の方が遙かに高いことが判明した。錫石の濃集ゾーンは基盤の起伏状況に支配されるので、ボーリング探査に先立って基盤構造を調査するのが望ましい。

C地区

C地区は、古生代の結晶片岩とこれを貫く Main Range 花崗岩で構成される。

地化学探査の結果、Main Range 花崗岩から結晶変岩帯に向かって、レアアース・錫→タングステン→金のような地化学異常の帯状分布が認められ、金、錫の鉱化帯が存在する可能性を示唆している。

5-2 第2年次への提言

上記結論に基づき、第2年次調査に対し次のように提言する。

A地区：Tapah 北部へ Bidor 南部で得られた金異常帯に対し、一部トレンチ調査を含む地質調査及び土壌地化学探査を実施しその濃集の程度、深部への広がり及び地質との関係を把握する。

B地区：Teluk Intan の Labu Kubung 地区を中心とする重力探査を行って、基盤の起伏状況を明

らかにし、錫石鉱層の広がりや深度を推定する。

C地区：Duabelas川及びJopal川流域の金、錫、レアアース、Ringat川下流の金の地化学異常帯に対し、地質調査、地化学精査（土壌及び岩石）を実施して、その濃度の程度や地質との関係を把握する。

第II部 各 論

第1章 調査概要

1-1 調査方法

1-1-1 地質調査

1/63,360水系図を拡大して得た1/20,000の水系図を使用して、ほとんど全水系のルートマップを作成、室中写真の判読結果を参考にしながら1/50,000の地質図を作成した。鉱床露頭については、1/1,000~1/5,000の実測と重要部分のスケッチを行った。

1-1-2 地化学探査

地化学探査は、地質調査と並行して実施し、試料密度ができるだけ均等になるような地点を選び、重鉱物、河川堆積物及び岩石の各試料を採取した。

本調査が開始された時点で、A地区の南部のTanjong Malim地区の地化学概査（試料密度0.5個/km²）がGSMによって完了していたので、この地区については補間する形で追加試料を採取した。又、中央を走るハイウェイの西側は、砂錫採掘による水たまりや廃さい等で著しく汚染していると考えられたので、調査対象から除外した。従って最終のA地区の調査面積は、1,060km²、試料密度は0.8個/km²であった。

試料の採取はGSMを規定している方法によった。すなわち、重鉱物試料は、標準サイズのdulang*（容積約4.7l）に川砂を採取し、約35g以上の重鉱物が得られるまで、パンニングを繰り返した。dulangによるパンニング回数と重鉱物の全重量は調査表に記録した。得られた重鉱物試料は天日で乾燥し、分析所に送付した。

河川堆積物試料は、重鉱物試料とほぼ同じ地点から、金属イオンを吸着しやすい極く細粒部を大小2つに分けて採取した。多量の試料は普通金属成分用として強制乾燥し、少量の試料は水銀用として天日乾燥後、150メッシュ（粒径0.1mm）の篩で分別し、篩下を分析所に送付した。

岩石試料は、地化学的後背値を求めるため、代表的な岩種や岩相の異なるものを採取し、地化学分析用と室内研究用にわけて、各研究所に送付した。

重鉱物試料、河川堆積物試料、岩石試料の分析は、GSM Kuantan分析所とカナダのChemex Labsで行ったが、その分析成分は次頁のとおりである。

*マレーシア国内で使われている砂錫を選別するための木製のわん

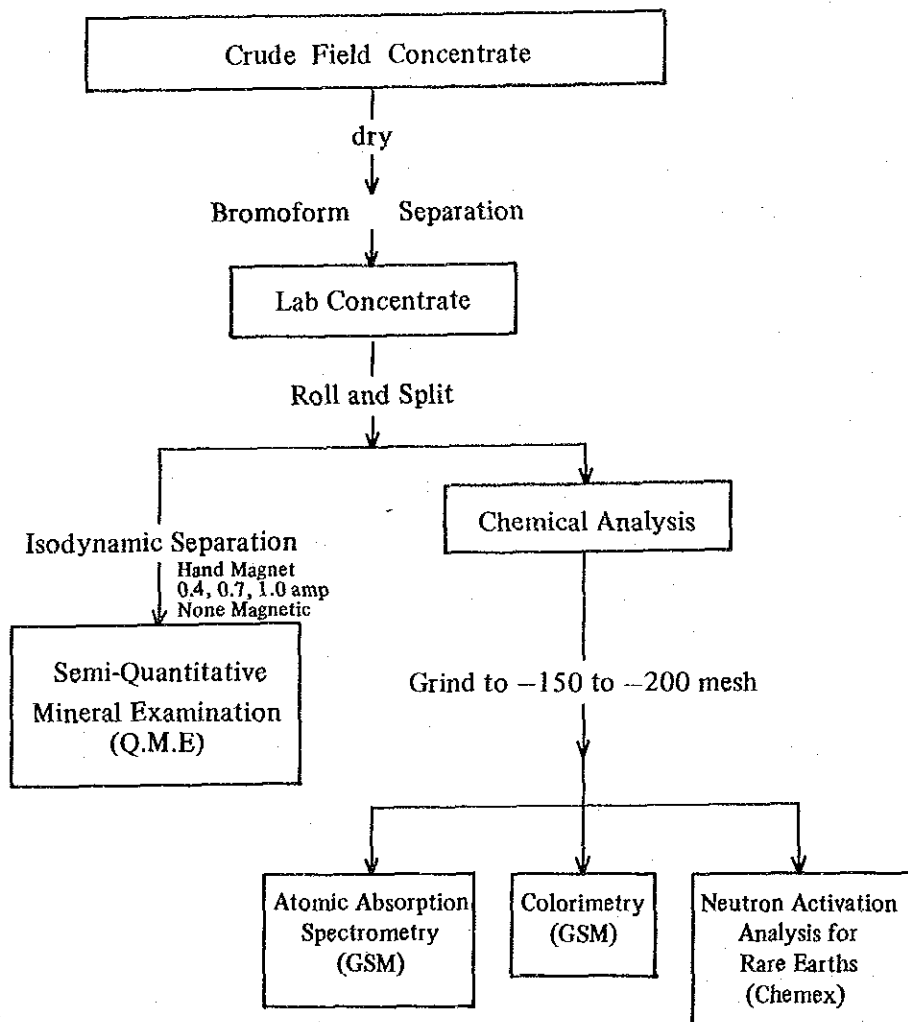


Fig. II-1-1

Flow Chart for Heavy Mineral Concentrate Analysis

Table II-1-1 List of Elements Analyzed

	GSM	Chemex Labs
重鉱物	A地区：Au, Ag, Hg, Sn, As, W C地区：Au, Ag, Hg, Sn, As, W, Ni, Co	Nb, Ta, U, Th, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu
河川堆積物	A地区：Au, Ag, Hg, Sn, As, W C地区：Au, Ag, Hg, Sn, As, W, Ni, Co	Nb, Ta, U, Th, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu
岩石	A, C地区：Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Sn, As, W, U, Mo, Fe, Mn, Co, Ni, Hg	Ba, Nb, Ta, U, Th, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu

1-1-3 物理探査

CSAMT法は、地下の比抵抗分布を把握し、比抵抗構造を解明することにより、鉱床・鉱化帯の賦存の可能性の高いと推定される地域を抽出することを目的として実施される準精査的手法である。

本調査では、含金石英脈の分布を比抵抗構造から推定することを重要課題として実施した。調査地はゴムやオイルパームの植林地帯であり、交通も至便であるため、測点設定が容易に行われた。

調査位置図を第II-1-2図に示す。

(1) CSAMT法の原理

CSAMT法 (Controlled Source Audio Frequency Magneto-Telluric Method) は、簡易深部探査法として開発されたMT法 (Magneto-Telluric Method) の一種である。

MT法は自然の信号源を用いるのに対し、CSAMT法は人工の信号源を用いるために、地形、気候及び時間的制約を受けることなく、容易に安定した任意の周波数のデータを獲得することができる。

CSAMT法は、流電電極に平行な電場 (Ex) とそれに直交する磁場 (Hy) の2成分について測定するものである。

見掛比抵抗 (ρ_a) は、Cagniard (1953) により提唱された下式により求められる。

$$\rho_a = \frac{1}{5f} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \dots\dots\dots(1)$$

これは、互いに直交する電場と磁場の比 ($Z = \frac{E_x}{H_y}$: 波動インピーダンス) を測定することにより大地の比抵抗を求め得ることを示している。

電磁波の透入深度 (表皮深度) は、大地の比抵抗と周波数の関数であり、低周波数ほど深部の

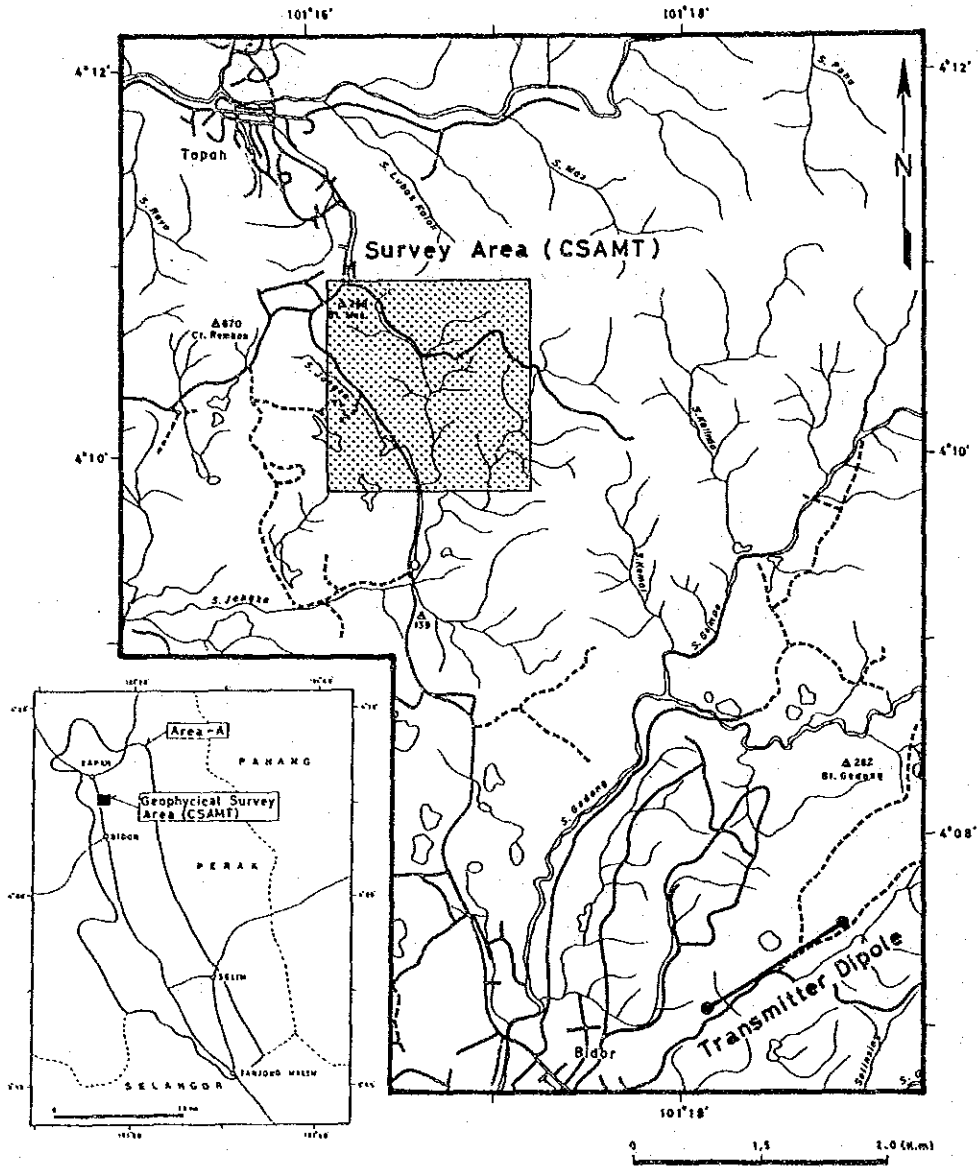


Fig. II-1-2

Location Map of the Surveyed Area (CSAMT)

比抵抗情報を得ることができる。

しかし、ある周波数で得られた見掛比抵抗は、大地のような不均質媒体において地表面から表皮深度までの平均比抵抗であると解釈される。この表皮深度については、いくつかの定義がなされている。一般的なものは、Cagniard (1953) の提案した表皮深度 (Skin depth) を用いる方法である。

今、比抵抗 ρ (Ωm) の均質な大地を仮定し、その表面に平行な周波数 f (Hz) の正弦交流波が流れている場合には、大地の電流密度は深度 (Z) と共に指数関数的、

$\exp\left\{-\left(\pi f \mu / \rho\right)^{\frac{1}{2}} Z\right\}$ に減少する。これを Fig. II-1-3 に模式的に示す。

表皮深度は地表における電流密度が $1/e$ (約37%) に減少する深度であり、 $\mu = 4 \pi \times 10^{-7}$ (H/m: 真空中の透磁率) とすると次式で考えられる。

$$Z = (\rho / \pi \mu f)^{\frac{1}{2}} = 503 (\rho / f)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2)$$

また、Bostick (1977) は経験的に求められた次の式を提案している。

$$Z = (\rho / 2 \pi \mu f)^{\frac{1}{2}} = 356 (\rho / f)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (3)$$

一般的には、Cagniard の(2)の式が用いられているため、本調査においてはこの式を利用して探査深度の目安とした。

このように電流電極を拡大することなく、周波数を変化させることによって見掛比抵抗の深部情報を得ることができるのが CSAMT 法の特徴である。

流電電極は、Fig. II-1-6 に示すように、通常測定点から表皮深度の3倍以上離して設定する。

MT 法の基本的な仮定として、平面電磁波が大地に垂直に入射することが挙げられる。CSAMT 法の場合、送受信距離を透入深度の3倍以上離すことは、信号源から直接大地に伝わって受信点に向う電磁波エネルギーが十分に減衰し、実用上無視できる範囲にあることを意味している。この領域は通常ファーフィールド (Far Field) と呼ばれている。

これに対してニアフィールド (Near Field) と呼ばれる範囲は、電場および磁場が流電電極から流れる電流の影響を直接受けるため、周波数を $1/2$ に変化させても波動インピーダンスは変わらない。このため、見掛比抵抗値は2倍となり、Fig. II-1-4 に示すように見掛上地下深部に高比抵抗層が存在するかの様な比抵抗曲線を描く。

それゆえ、送受信距離の異なる2地点が同一の比抵抗構造を有している地域において、一方にニアフィールド現象が現れる場合がある。また、送受信距離がほぼ同一であっても、大地の比抵抗構造が大きく異なれば、ニアフィールド現象が生じる場合があり、特に低比抵抗地域では注意を要する。また、ニアフィールドとファーフィールドとの中間は漸移帯 (Transition Zone) と呼ばれている。

MT 法では、測定する電位電極を地質構造の走向の卓越方向に平行に設定する場合を TE モー

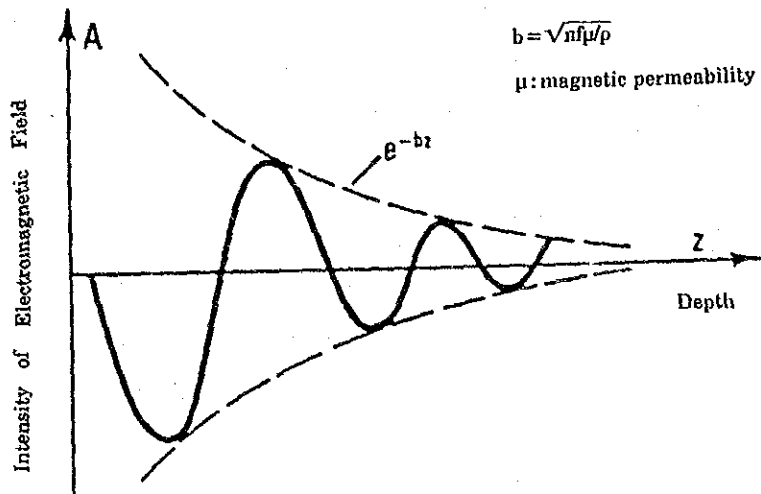


Fig. II-1-3 Current Density vs Depth

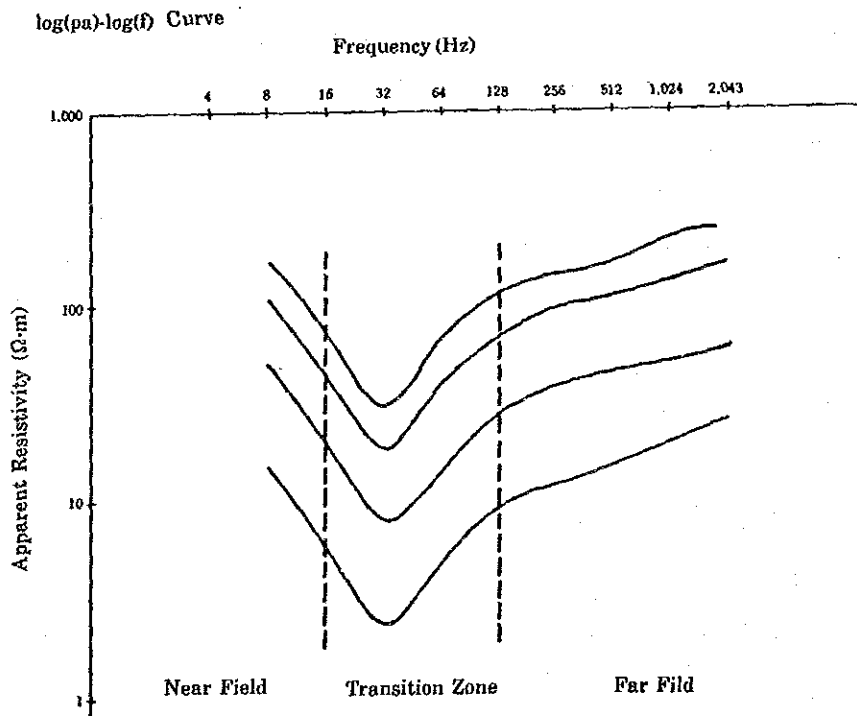


Fig. II-1-4 Cagniard ρ_a - f Curves

ト (Transverse Electric Mode), 走向と直交する方向に設定する場合を TM モード (Transverse Magnetic Mode) と呼び、電場 2 成分、磁場 3 成分の 5 成分を測定することによりモードの判別・解析を行っている。

TE モードは、垂直方向の比抵抗構造の分解能に優れているが、横 (水平) 方向には浅部において低比抵抗の影響が残る。これに対し、TM モードは、横方向の比抵抗構造の分解能にすぐれている。

CSAMT 法では、互いに直交する電場と磁場の 2 成分を測定して解析を行うため、垂直方向の分解能に優れている TE モードになるように電極を配置する必要がある。すなわち、調査計画の段階で、調査地域の主要地質構造の走向方向に平行に流電電極を設定することが必要である。

(2) 測定点及び流電電極の設定

測定点は、2 次元解析に伴う断面解析の充実を計ることを目的として、伐開測線上に設定した。測点間の距離及び位置は、簡易測量を行って決定した。測量は、国道 1 号に計画した測点 82 を基準点として実施した。

調査内容及び調査量を Table II-1-2、測点図を Fig. II-1-5 に示す。

(3) 測定方法

本調査は、Zonge Engineering & Research Organization, Inc. (U. S. A) 社製の測定機を用い、電場と磁場及び位相差を測定した。その測定概念図を第 II-1-6 図に示す。

電位電極は、接地抵抗が $20\text{k}\Omega$ 以下になるように埋設し、流電電極に平行に設定して電場を測定した。磁場は流電電極に直交する方向に設置した磁場センサー (アンテナ・コイル) により測定した。

測定は、1 周波数につき 3 回以上のデータが獲得できるように Table II-1-3 に示す時間表を用いて実施した。解析にはその平均値を用いた。

この測定方法により得られたデータは内蔵コンピュータに入力され、見掛比抵抗値及び位相差等がリアル・タイムで処理・計算される。計算された値は、データ・レコーダ (DR-1) に入力した。入力されたデータは、全て付帯資料として巻末に添付した。

(4) 測定機器

測定に使用した主な機器を Table II-1-4 に示す。

(5) 物性試験

物性測定は、調査地区に分布する岩石の比抵抗を野外測定 of 比抵抗値に照合し、比抵抗構造解析の資料とすることを目的として実施する。物性測定に供された岩石試料は、自然状態に近い状態で測定する必要があるため、10 日間蒸留水に浸し、飽和状態のものを使用した。

しかし、採取した岩石の地下深部での賦存状況を再現することは不可能であるため、測定値は

Table II-1-2 Specification and Amount of CSAMT Survey

Area	Spacing	Survey Line	Line Length	Number of Measuring Points
4 km ² (2 km × 2 km)	Point Spacing: 150 m	Line-A	1,800 m	13 points
		Line-B	1,950 m	14 points
	Line Spacing: 200 m	Line-C	1,800 m	15 points
		Line-D	1,800 m	13 points
		Line-E	1,500 m	11 points
		Line-F	1,350 m	10 points
		Line-G	1,500 m	10 points
		Line-H	1,200 m	9 points
		Line-I	1,350 m	10 points
		Line-J	1,350 m	10 points
TOTAL		10 Lines	15,600 m	113 points

Table II-1-3 Time Schedule of CSAMT Method for the Tapah Area

1st			2nd			3rd		
15	8:00	2,048Hz	15	9:00	2,048Hz	15	10:00	2,048Hz
14	8:03	1,024Hz	14	9:03	1,024Hz	14	10:03	1,024Hz
13	8:06	512Hz	13	9:06	512Hz	13	10:06	512Hz
12	8:09	256Hz	12	9:09	256Hz	12	10:09	256Hz
11	8:13	128Hz	11	9:13	128Hz	11	10:13	128Hz
10	8:17	64Hz	10	9:17	64Hz	10	10:17	64Hz
9	8:21	32Hz	9	9:21	32Hz	9	10:21	32Hz
8	8:25	16Hz	8	9:25	16Hz	8	10:25	16Hz
7	8:30	8Hz	7	9:30	8Hz	7	10:30	8Hz
6	8:35	4Hz	6	9:35	4Hz	6	10:35	4Hz
	8:40	END		9:40	END		10:40	END
4th			5th			6th		
15	11:00	2,048Hz	15	12:00	2,048Hz	15	13:00	2,048Hz
14	11:03	1,024Hz	14	12:03	1,024Hz	14	13:03	1,024Hz
13	11:06	512Hz	13	12:06	512Hz	13	13:06	512Hz
12	11:09	256Hz	12	12:09	256Hz	12	13:09	256Hz
11	11:13	128Hz	11	12:13	128Hz	11	13:13	128Hz
10	11:17	64Hz	10	12:17	64Hz	10	13:17	64Hz
9	11:21	32Hz	9	12:21	32Hz	9	13:21	32Hz
8	11:25	16Hz	8	12:25	16Hz	8	13:25	16Hz
7	11:30	8Hz	7	12:30	8Hz	7	13:30	8Hz
6	11:35	4Hz	6	12:35	4Hz	6	13:35	4Hz
	11:40	END		12:40	END		13:40	END
7th			8th			9th		
15	14:00	2,048Hz	15	15:00	2,048Hz	15	16:00	2,048Hz
14	14:03	1,024Hz	14	15:03	1,024Hz	14	16:03	1,024Hz
13	14:06	512Hz	13	15:06	512Hz	13	16:06	512Hz
12	14:09	256Hz	12	15:09	256Hz	12	16:09	256Hz
11	14:13	128Hz	11	15:13	128Hz	11	16:13	128Hz
10	14:17	64Hz	10	15:17	64Hz	10	16:17	64Hz
9	14:21	32Hz	9	15:21	32Hz	9	16:21	32Hz
8	14:25	16Hz	8	15:25	16Hz	8	16:25	16Hz
7	14:30	8Hz	7	15:30	8Hz	7	16:30	8Hz
6	14:35	4Hz	6	15:35	4Hz	6	16:35	4Hz
	14:40	END		15:40	END		16:40	END

Table II-1-4 CSAMT Equipment Used

System	Equipment	Model	Specification	Amount
Transmitting System	Engine Generator	ZMG-10	Output Power ; 10 kVA/400Hz/3-phase	1 set
	Transmitter	GGT-6	Output Power ; 25 kVA, Current ; 0.2 A to 20 A, Output Voltage ; maximum 1 kV, Output Frequency ; DC to 12 kHz	1 set
	Transmitter Controller	XMT-12	Frequency Controllable ; 1/16 Hz to 2,048 Hz	1 set
Receiving System	Data Processor	GDP-12/2GB	Frequency ; 1/16 Hz to 2,048 Hz, Detection Signal ; minimum 0.2 μ V/1,024 stacking, Filter ; 50/60 Hz notch-filter, A/D Converter ; 12-bit, Digital Processor ; 16-bit built-in microprocessor with boot ROM and 16 kB RAM, I/O Port ; one RS-232C serial port, Output ; electric/magnetic fields, apparent resistivity, phase difference, etc.	1 set
Recording System	Antenna Coil	ANT/1B	Coil ; single-axis, ferrite core coil, Windings ; 7,000 turns, Sensitivity; 0.5 mV/ γ /Hz	1 set
	Data Recorder	DR-1	Memory ; 442 kB RAM, I/O Port ; two RS-232C serial ports	1 set

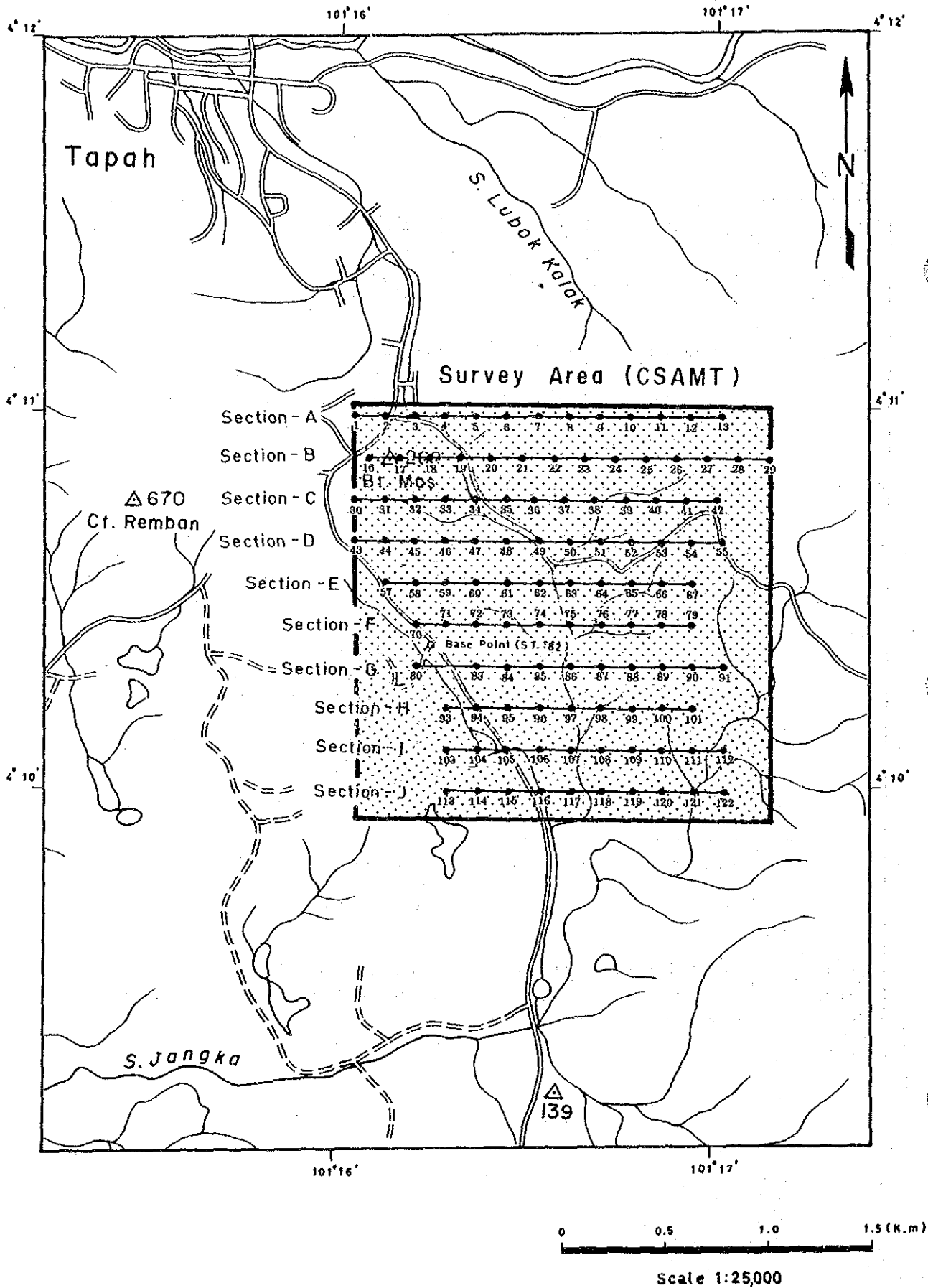


Fig. II-1-5

Location Map of the Survey Stations

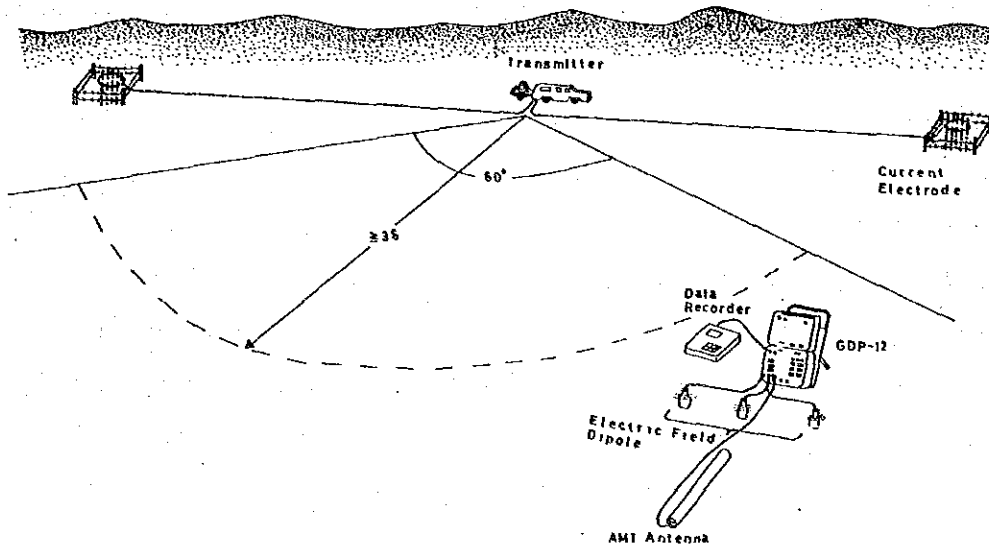


Fig. II-1-6 A General Concept Map of CSAMT Surveyed System

必ずしも現地で測定された値と一致するとは限らない。

本調査地区で採取した試料は、石墨片岩を含む15個であるが、測定には11個が供された。残り4個は整形中に崩壊したため測定していない。崩壊した試料は石墨片岩及び千枚岩が多く、割れ目の発達したものであった。これら15個は、全て地表より採取したものである。

採取位置を Fig. II—2—16 に示す。

1—2 解析方法

1—2—1 地質調査

本調査地域から採取した代表的な岩石や鉱石試料につき、顕微鏡観察を行うとともに、全岩分析や鉱石分析を行って、鉱物組成や化学成分の変化を比較検討した。次に、Tapah のカオリン地帯については、中心部と周縁部より試料を採取、X線回析を行って組成鉱物を明らかにするとともに、各鉱物の量比を推定した。又、このカオリン化作用が金の鉱化作用に関係があるかどうかをチェックするため、採取したカオリンの全試料につき金の分析を行った。

1—2—2 地化学探査

A・C 両地区に分布する岩石は、花崗岩と堆積岩から成る。岩石の違いによる各元素の含有量を調査するため、代表的な岩石試料150個（A 地区100個、C 地区50個）を採取し分析した。その結果岩石の違いによる含有量の差はほとんど認められなかったため、分析データは地区ごとに一括して統計処理を行った。

(A) 重鉱物

(a) 半定量鉱物鑑定

重鉱物の種類とその分布状況を明らかにするため、A地区より167箇、C地区より46箇の重鉱物試料を選び、顕微鏡下で鑑定を行った。GSM がこの全作業を担当したが、その方法は下記のとおりである。

調査地で採取した重鉱物試料は、プロモフォーム（比重2.9）で軽鉱物を除去後*、1～3gを秤り取り、磁石とアイソダイナミックセパレーターを使用して、これを5グループに区分、各グループについて顕微鏡下で重鉱物の種類を鑑定し、量比を推定した（Fig. II—1—1 参照）。

重鉱物の区分

- (1) 磁性鉱物……磁石で取出す
- (2) アイソダイナミックセパレーター（0.4アンペア）による分離鉱物
- (3) " (0.7アンペア) "

(4) # (1.0アンペア) #

(5) 非磁性鉱物

顕微鏡下の観察カードの一例を Table II-1-5 に示す。

次に、金粒が見える重鉱物試料については、サンプリングによる分析誤差を少なくするため、まず顕微鏡下で金粒を取出して秤量、次に残部について分析し、両者を合算して金量を求めた。

重鉱物については、誤差が大きくて定量的に処理するのはあまり意味がない (Zantop and Nespereira (1979) 外) との指摘がある。しかし、今回の調査においては、ある一定量以上の重鉱物を採取するのに、1~80回のパンニングの繰り返しを要し、これは無視するには大き過ぎる数字と思われたので、標準 dulong 当りの重量を計算、m (平均値) ~ 2m, 2m~4m, 4m以上の3段階にわけて図面に表示した (Plate 5-1, 5-2)

(b) 定量分析

A地区852個、18成分、C地区155個20成分の分析結果から標準 dulong 当りの含有量を計算し、コンピュータを利用して統計処理を行った。

まず成分毎のヒストグラムを作成、単成分解析及び多変量解析を行って、地化学異常帯を抽出した。

1) 単成分解析

各成分ごとに作成したヒストグラム及び累積頻度分布図 (Fig II-1-7(1)) から、Sinclair (1974) 法を用いて異常のしきい値を決定した。すなわち、累積頻度分布図の変曲点から、2~3個の母集団に分け、その内、後背値母集団の高い方から2.5%値をその成分の“しきい値”とした。

分析成分の内、Au, Sn, W について解析を行ったが、Ag, As, Hg については微量のため、検討を省略した。

C地区の Ni-Co は、相互の相関が非常に高いので、一括検討を行った。

又、レアアースはここでは Nb, Ta, U, Th, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu の12成分を指すが、各成分間の相関係数が0.70~0.97と非常に高くなっている。レアアースは通常単位容量当りレアアース酸化物の合計量で表示されるのが普通で、単成分解析によって含有量を出しても、それだけでは関係鉱物の種類が多過ぎて同定できないため、両地区とも一括して解析を行った。

2) 多変量解析

多数の分析値間の変動を説明する、より少数の代表的、仮設的な因子を抽出するため、バリマックス法による因子分析を行った。この方法は、各試料が因子を保有している度合を、因子別の得点によって表示し、その試料と鉱化作用又は母岩との関連性を説明しようとするものである。

Table II-1-5 Semi-quantitative Mineral Examination

ARUS	%	BIL	JENIS MINERAL	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
HM	trace	1	MAGNETITE	100	trace													
0.4 amp	97.2	2	ILMENITE	100	97.2													
		3	GARNET	.01		trace												
0.7 amp	1.9	2	ILMENITE	80	1.52													
		3	GARNET	.01			trace											
		4	EPIDOTE	10			.19											
		5	ALLANITE	10				.19										
		6	FEOXIDE	.01						trace								
1.0 amp	.3	7	HYDILMENITE	70							.21							
		8	MONAZITE	20								.06						
		9	RUTILE	10									.03					
		10	TOURMALINE	.01										trace				
Non mag	.6	9	RUTILE	10									.06					
		11	ZIRCON	65											.39			
		12	LEUCOXENE	20												.12		
		13	TOPAZ	5													.03	
J U M L A H %					0	98.71	0	.19	.19	0	.21	.06	.09	0	.39	.12	.03	99.99

ii/rb

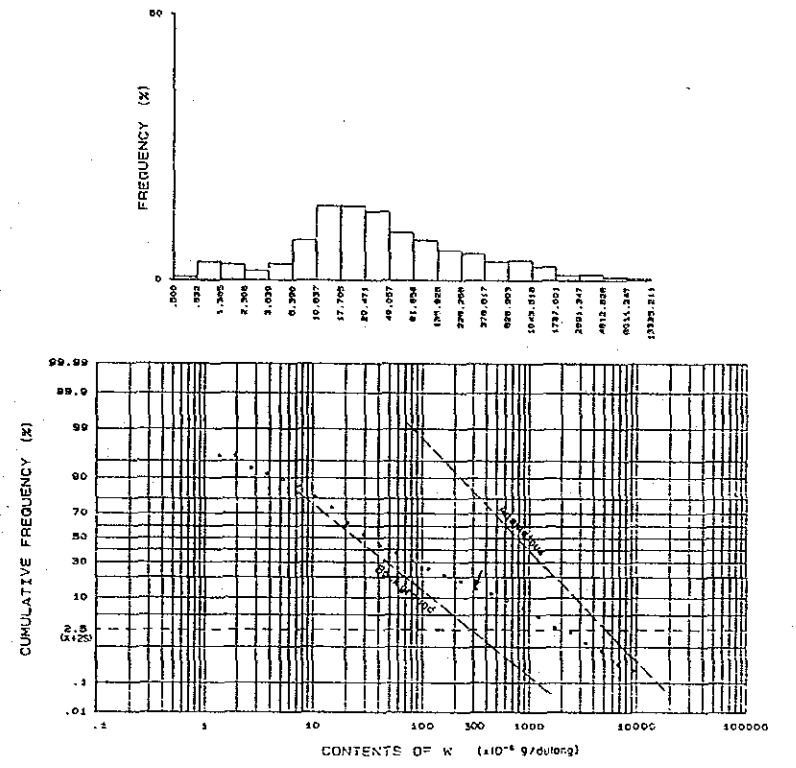
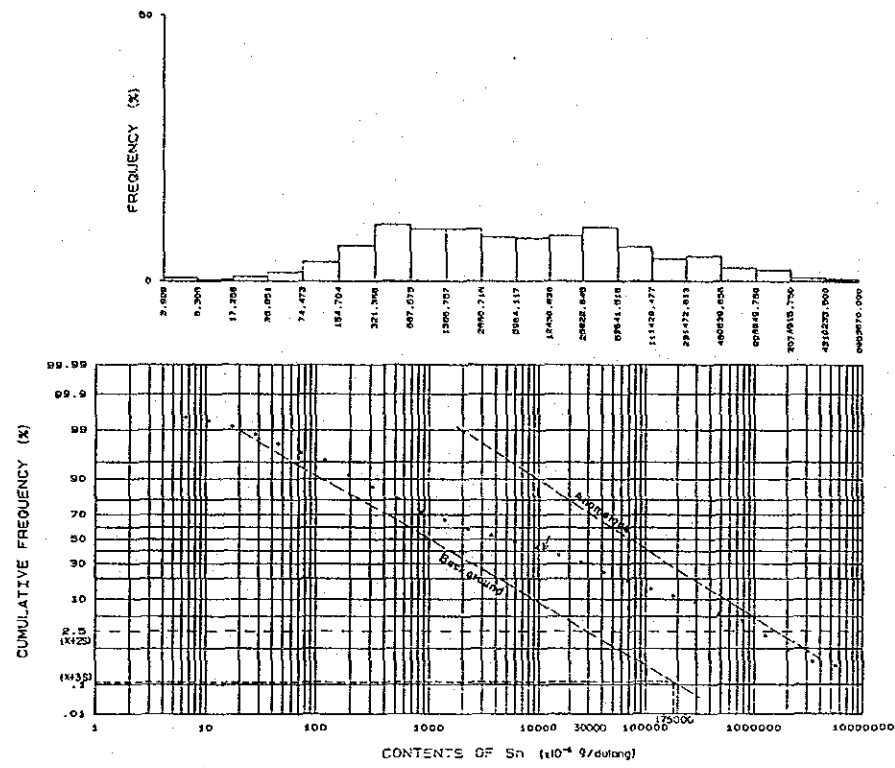
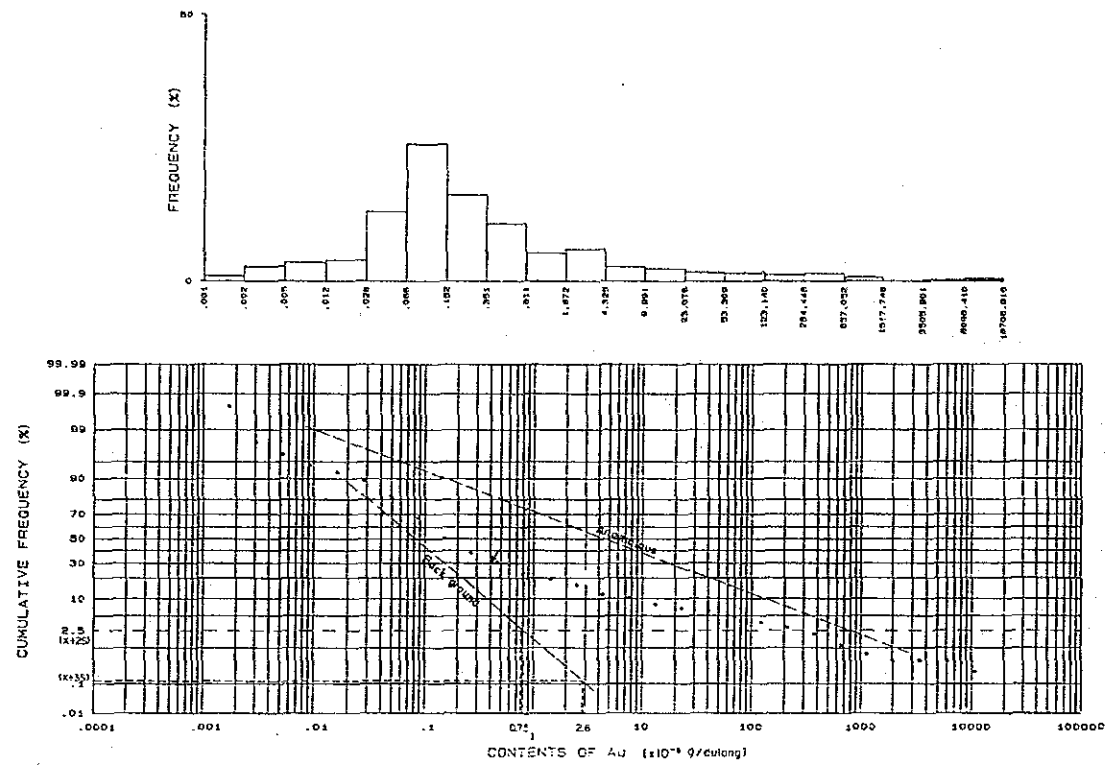


Fig. II-1-7(1) Histogram and Cumulative Frequency Distribution of Heavy Mineral Concentrate (Area A)

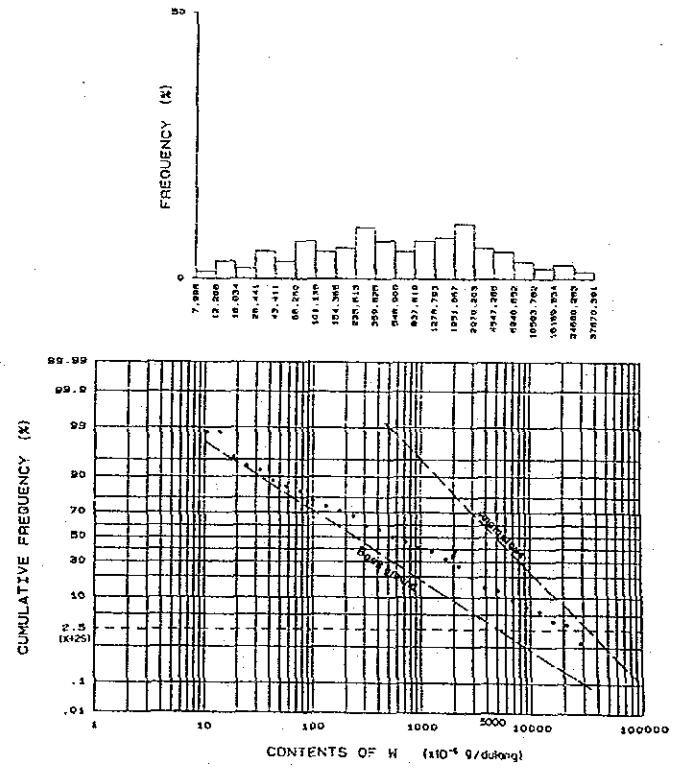
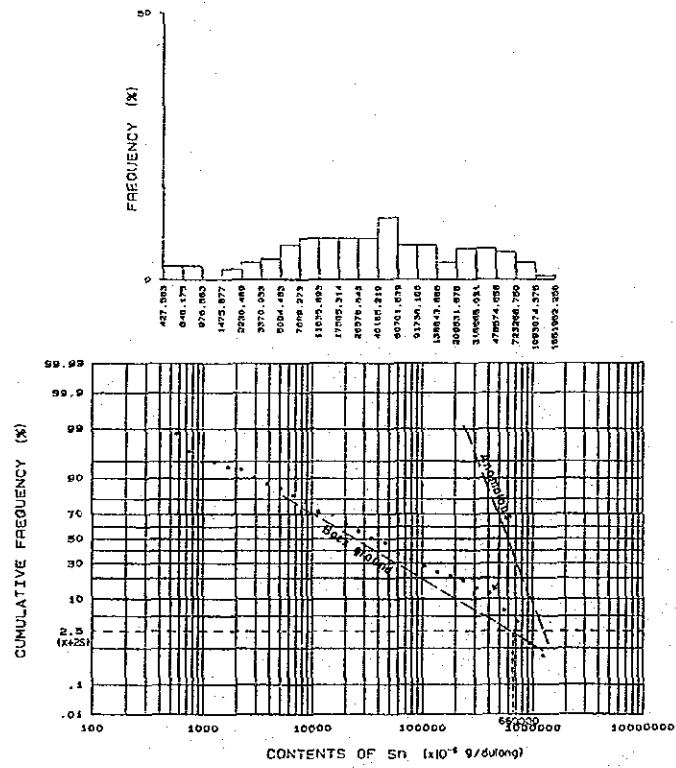
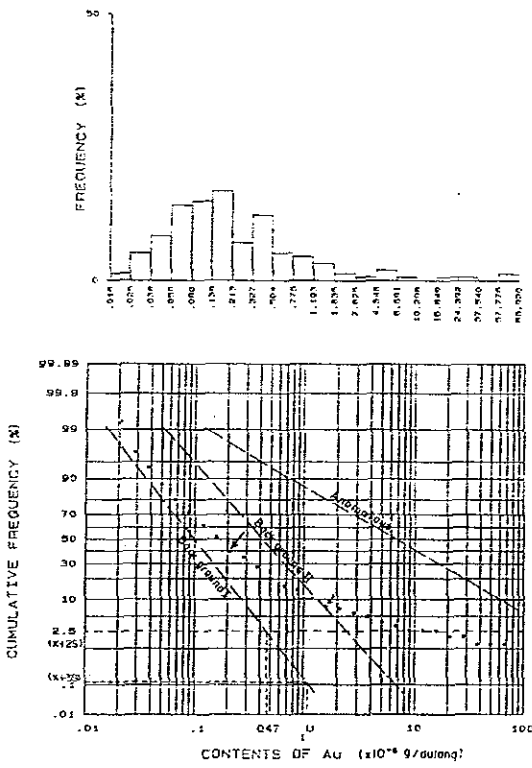


Fig. II-1-7(2) Histogram and Cumulative Frequency Distribution of Heavy Mineral Concentrate (Area C)

(B) 河川堆積物 (定量分析)

A地区848個6成分, C地区155個8成分の分析結果は重鉍物の場合と同じ手法を使って解析を行った。

1) 単成分解析

各成分ごとに“しきい値”を決定したが, 下記成分については, 含有量が僅少などの理由により解析を省略した。

- ① Ag……分析検出限界以下の値が多く, 平均値及び最大値は, A地区: 0.066ppm, 0.800ppm, C地区: 0.119ppm, 0.400ppm であって他成分との相関係数も低い。
- ② As……他成分との相関係数が低く, 因子負荷量も小さい。
- ③ W……A地区では Sn との相関係数が若干高く, 因子負荷量も大きい, C地区では両者とも小さい値を示している。
- ④ Hg……両地区とも大半(63%~77%)が検出限界以下であり, 最大値は0.180ppm 及び0.269ppm に過ぎなかった。他成分との相関係数は小さい。

従って河川堆積物は, 両地区とも Au と Sn の2成分について単成分解析を行った。

2) 多変量解析

重鉍物試料と同様, 得られた分析値を地区別に分けてバリマックス法による因子分析を行った。

1-2-3 物理探査

測定データは, 計算・処理される前に電場及び磁場について平均化を行い, 各周波数における見掛比抵抗値を決定した。その見掛比抵抗値を用いて, Fig. II-1-9 に示す見掛比抵抗曲線を作成した。各周波数ごとの見掛比抵抗値は, 地表から対応する深度までの比抵抗情報を包含したものであり, 地下の真の比抵抗を示していない。しかし, 概略の比抵抗構造を把握するには有効である。その見掛比抵抗値を用いて見掛比抵抗断面図及び見掛比抵抗平面図を作成した。

見掛比抵抗曲線から真の比抵抗を求める手段として, 地下構造を水平多層構造と仮定して1次元及び2次元解析を行った。

データの計算・処理は Fig. II-1-10 に示す解析フローチャートにしたがって行った。

(1) 1次元モデル解析

1次元解析は, 地下構造を水平多層構造と仮定し, 層数及び層厚・比抵抗値をパラメータとして, 試行錯誤的に実測値に近似するモデル構造を求め, 得られた初期モデルから非線形最小二乗法によりパラメータを変化させて最適モデルを求める方法である。

各層の比抵抗 ρ_i と層厚 h_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) を与えれば, 周波数 f における見掛比抵抗 ρ_a は下式により求められる。

$$\rho_a = \rho_1 |R_n|^2 \dots\dots\dots(4)$$

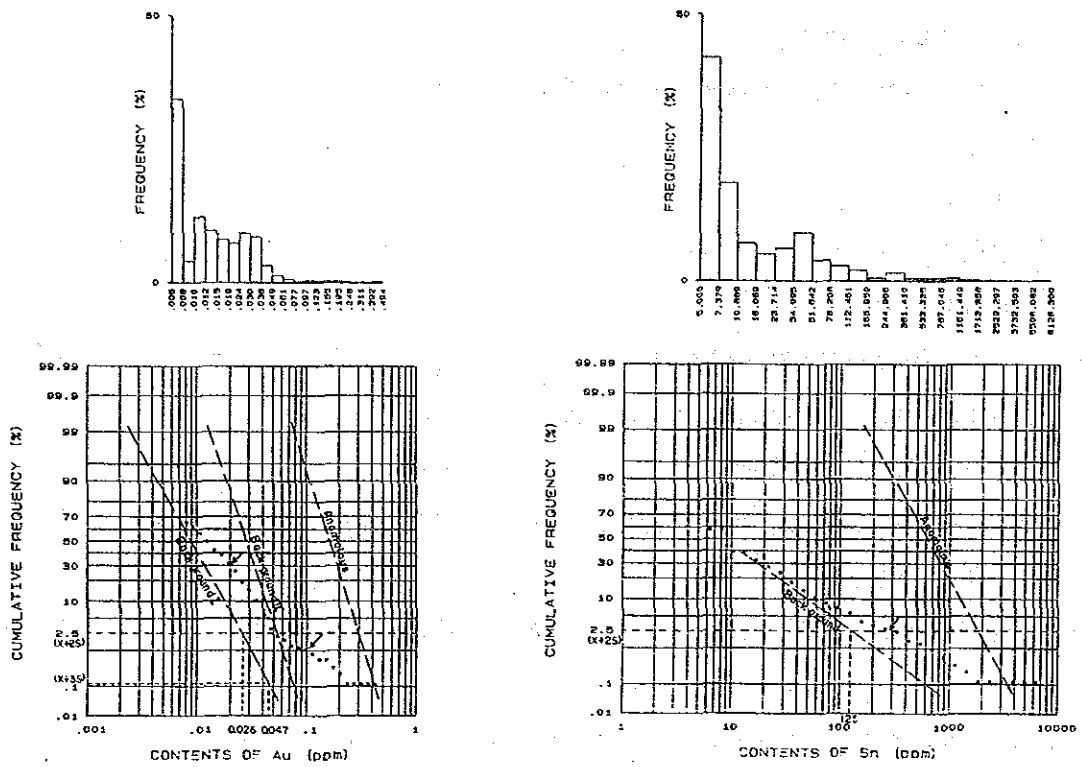


Fig. II-1-8(1) Histogram and Cumulative Frequency Distribution of Silt (Area A)

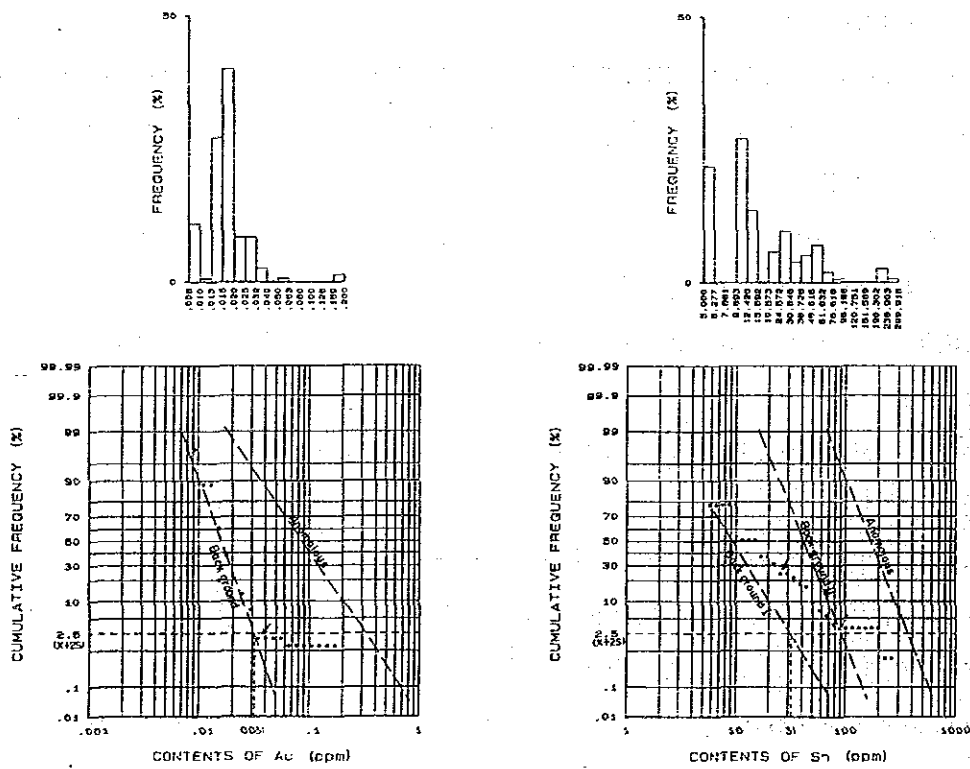


Fig. II-1-8(2) Histogram and Cumulative Frequency Distribution of Silt (Area C)

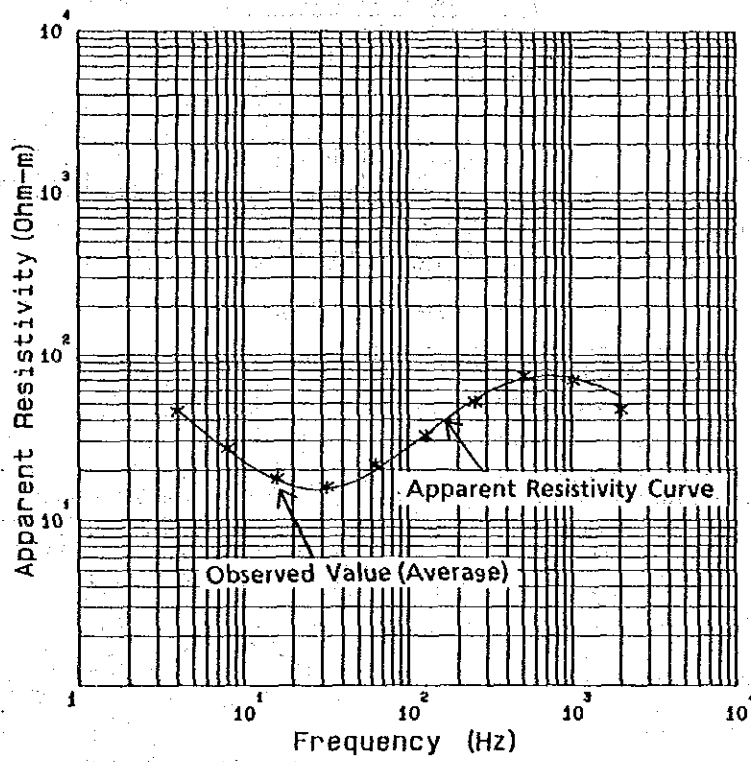


Fig. II-1-9 ρ_a -f Curve

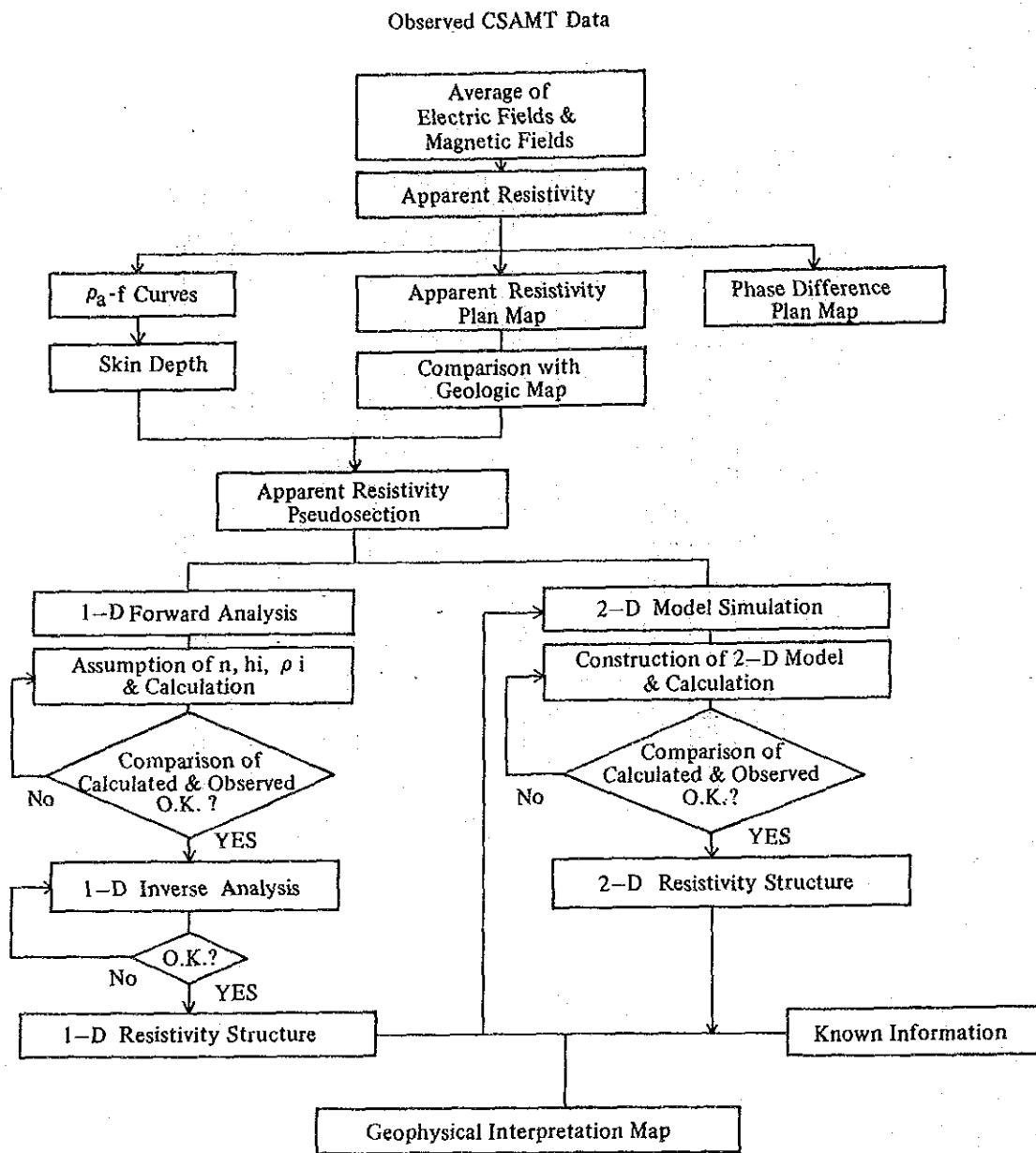


Fig. II-1-10

Flow Chart of Analysis

ここで

$$R_n = \coth \left\{ -i\gamma_n h_n + \coth^{-1} \left[\sqrt{\rho_2/\rho_1} \coth(\gamma_2 h_2 + \coth^{-1} \{ \sqrt{\rho_3/\rho_2} \coth \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. [-i\gamma_3 h_3 + \dots + (\sqrt{\rho_{n-1}/\rho_{n-2}} \coth \{-i\gamma_{n-1} h_{n-1} + \coth^{-1} \sqrt{\rho_n/\rho_{n-1}}\}) \dots] \right\} \right] \right\} \dots \quad (5)$$

ただし $\gamma_n = (i2\pi f\mu/\rho_n)^{1/2} \dots \dots \dots (6)$

- i : 虚数単位
- ρ_n : 第 n 層の比抵抗 (Ωm)
- f : 周波数 (Hz)
- h_n : 第 n 層の層厚 (m)
- μ : 透磁率 ($4\pi \times 10^{-7} H/m$)

二層構造におけるモデル曲線例を Fig. II-1-11 に示す。

(2) 2次元モデル解析

平面電磁波が地表面に垂直に入射したとき、大地中に誘導される電磁場はマックスウェルの方程式で表すことができる。二次元構造とは、比抵抗が水平な一方向に変化しない構造のことであり、走向方向に場が変化しないと仮定すると（走向方向を x 軸にとると $\partial/\partial x = 0$ ）マックスウェルの方程式は二つのモードに分離される。そこで二次元モデル解析においては、電場が走行方向に平行な TE モードと、磁場が走行方向に平行な TM モードに分けて計算を行うことができる。

$$\frac{\partial}{\partial y} \left[i + \frac{\partial}{\partial z} \right] J = -\gamma V \dots \dots \dots (7)$$

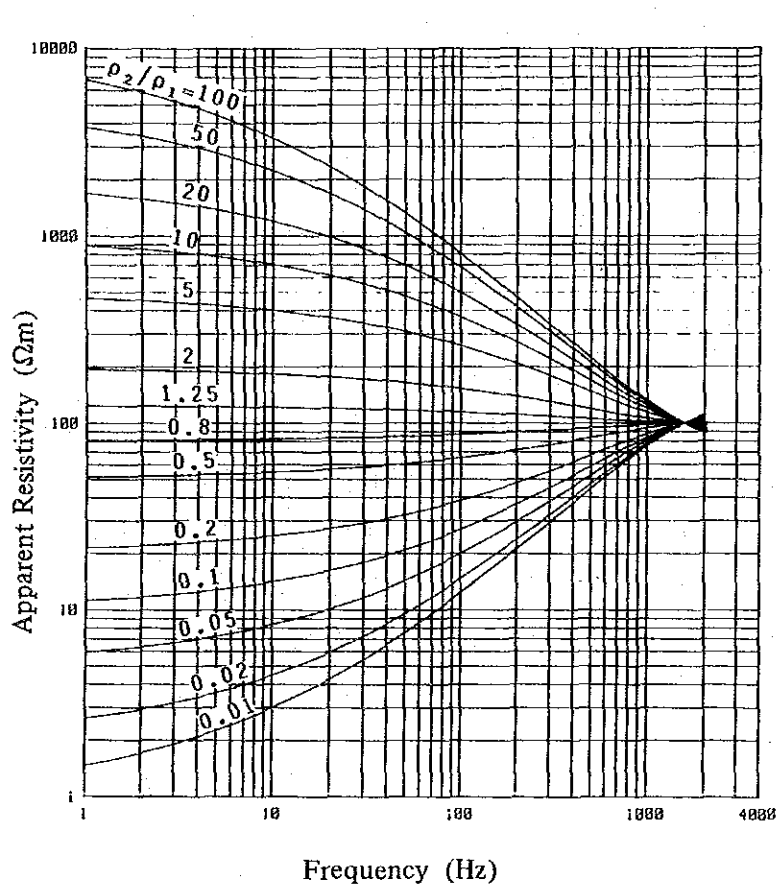
$$\frac{\partial}{\partial z} V = -\eta J \dots \dots \dots (8)$$

$$\frac{\partial}{\partial y} V = -\eta I \dots \dots \dots (9)$$

ここで、

パラメータ	TE モード	TM モード
V	H _x	E _x
J	-E _y	H _y
I	E _z	-H _z
η	$\sigma - i\omega\epsilon$	$-i\omega\mu$
γ	$-i\omega\mu$	$\sigma - i\omega\mu$

σ : 電気伝導度 E_x : 電場の X 成分
 μ : 透磁率 E_y : 電場の Y 成分



	Resistivity	Thickness
First layer	$\rho_1 = 100 \Omega m$	100 m
Second layer	ρ_2	∞

Fig. II-1-11 Standard ρ_a -f Curves for two-layer Model

ϵ : 誘電率 E_z : 電場の Z 成分
 ω : 角速度 H_x : 磁場の X 成分
 i : 虚数単位 H_y : 磁場の Y 成分
 H_z : 磁場の Z 成分

(5), (6), (7)式より

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\eta} \frac{\partial V}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\eta} \frac{\partial V}{\partial z} \right) = \gamma V \quad \dots\dots\dots(10)$$

ここで境界条件は, n を境界に立てた外向き法線ベクトルとすると

$$\left(\frac{1}{\eta} \right) \frac{\partial V}{\partial n} + \alpha V = \beta \quad \dots\dots\dots(11)$$

(10) 式に関するラグランジェ関数は次式で表される。

$$L = \text{Re} \iint \left(\frac{1}{2\eta} \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 + \frac{1}{2\eta} \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)^2 + \gamma/2 V^2 \right) dydz \quad \dots\dots\dots(12)$$

境界条件が, (11) であるので, (10) の偏微分方程式が成り立つためにはポテンシャルエネルギーの停留原理から,

$$x = \text{Re} \left(\iint \left(\frac{1}{2\eta} \right) \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{1}{2\eta} \right) \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)^2 + \gamma/2 V^2 \right) dydz + \int \left(\frac{\alpha}{2} V^2 - \beta V \right) ds \quad \dots\dots\dots(13)$$

ただし, s は境界の接線方向の単位ベクトルにおいて x が最小になる場合である。この変分問題を解くために, 計算対象領域をいくつかの有限要素に分割して, 個々の要素内の物理量について要素上に設ける節点の物理量から空間について内挿して近似する。ある要素の中で場の成分 V は,

$$V = \sum N_i(x, y) V_i \quad \dots\dots\dots(14)$$

のように近似する。ここで V_i は要素内の接点 i における場の成分, $N_i(x, y)$ は形状関数である。ここでは長方形要素を用いているため,

$$N_i(x, y) = a_1 + a_2 x + a_3 y + a_4 xy \quad \dots\dots\dots(15)$$

となる。

形状関数 $N(x, y)$ は, 以下のように定める。

$$i=j \text{ の時 } \quad N_i(x_j, y_j) = 1 \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$i \neq j \text{ の時 } \quad N_i(x_j, y_j) = 0 \quad \dots\dots\dots(17)$$

(13)式についての個々の要素毎, 場の成分の近似式(14)を用いて

$$\begin{aligned}
 x = \text{Re} \left(\iint \left(\frac{1}{2\eta} \right) \left(\frac{\partial}{\partial z} N_i V_i \right)^2 + \left(\frac{1}{2\eta} \right) \left(\frac{\partial}{\partial y} N_i V_i \right)^2 + \gamma/2 (N_i V_i)^2 \right) dydz \\
 + \int \left(\frac{\alpha}{2} (N_i V_i)^2 - \beta V_i \right) ds \quad \dots\dots\dots(18)
 \end{aligned}$$

停留原理から, (18) 式を V_i で偏微分して, 次式が成り立たなければならない。

$$\operatorname{Re} \left(\int \int \left((1/\eta) \frac{\partial}{\partial z} N_i \frac{\partial}{\partial z} N_j V_j + (1/\eta) \frac{\partial}{\partial y} N_i \frac{\partial}{\partial y} N_j V_j + \gamma N_i N_j V_j \right) dy dz \right. \\ \left. + \int (\alpha N_i N_j V_j - \beta) ds \right) = 0 \quad \dots\dots\dots (19)$$

ここで

$$K_{ij} = \int \int \left((1/\eta) \frac{\partial}{\partial z} N_i \frac{\partial}{\partial z} N_j + (1/\eta) \frac{\partial}{\partial y} N_i \frac{\partial}{\partial y} N_j + \gamma N_i N_j \right) dy dz + \int \alpha N_i N_j ds \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$F_i = -\beta ds \quad \dots\dots\dots (21)$$

とおくと

$$K_{ij} V_j + F_i = 0 \quad \dots\dots\dots (22)$$

となる。

ここで

$$K = [K_{ij}]$$

$$v = [V_j]$$

$$f = [F_i]$$

とおけば、近似方程式は

$$Kv = f \quad \dots\dots\dots (23)$$

となる。

この近似式を用いて二次元解析のモデル計算が行われる。

本調査では、モデル解析は全て TE モードにより計算した。

第2章 A 地区

2-1 地質

本地区の地質は、主として古生層である Terolak 層と Belata 層、これらを貫く花崗岩体の Main Range 花崗岩と Changkat Rembian 花崗岩、及び第四紀層から成る。本地区の地質図及び地質模式層序図をそれぞれ Fig. II-2-1 及び Fig. II-2-2 に示す。

本地区は錫の鉱床地帯として知られているが、本地区の北方に位置する世界的に有名な Kinta Valley 錫鉱床地帯等と異なって、金の鉱化帯も存在するという特徴を有している。

2-1-1 地質層序

下位より、Terolak 層、Belata 層、第四紀層からなる。

(1) Terolak 層

Terolak 層は、以下に述べるような岩相を示す地層に対して Gan, A. S. (1978) により便宜的に命名されたものであるが、本報告書においてもこれに従う。

分布：北部の Tapah から南部の Tanjong Malim 東部にかけて広く分布する。

岩相：千枚岩を主とし、変砂岩及び砂質片岩を伴う。一部では緑色片岩、鉄鉱石の薄層を挟む。

千枚岩は、新鮮な露頭面では黒色～暗灰色、風化面では淡灰色あるいはクリーム色を示し、片理が良く発達しており、剝離性が強い。石墨質になっている部分が認められ、これは Tapah 周辺において特に顕著である。本岩はほとんどの露頭で分結脈を伴っているのが観察され、それらは一般に幅は数 cm～10cm で、延長は数十 cm～2m である。

変砂岩及び砂質片岩は、千枚岩に挟在されており、細長く伸びた小規模の孤立した山地を形成して本地区内に散在している。淡灰色～淡黄色を示し、一般に塊状を呈するが、砂質片岩には弱い片理が認められる。また千枚岩と互層する部分では層理が発達している。粒度は比較的粗く、中～粗粒を示し、石英粒に富み、砂岩の分類上では石英質砂岩に属するものである。なお砂質片岩は本地区東部に露出する花崗岩体に沿って分布する傾向がある。

緑色片岩は、Bidor 東方の Bidor 川の支流のみに露出しており、千枚岩中に挟在され、厚さは 2m+ である。鏡下では繊維状のアクチノ閃石とそれに取り囲まれた斜長石が認められる。

鉄鉱層は、Tanjong Malim 北方の Kg. S. Dara にのみ露出しており、褐色を呈し、褐鉄鉱および

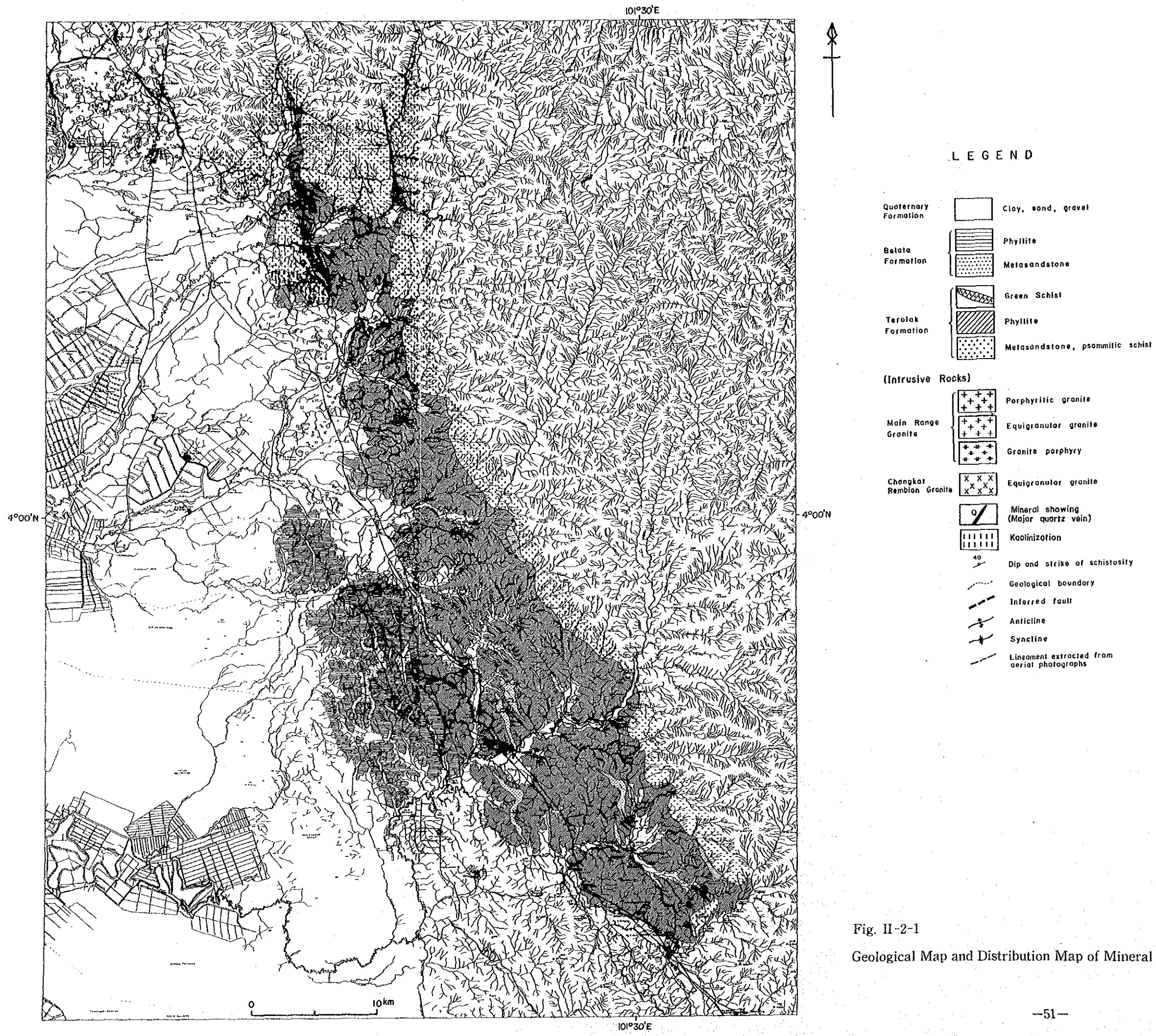


Fig. II-2-1
Geological Map and Distribution Map of Mineral Showings of the Area A

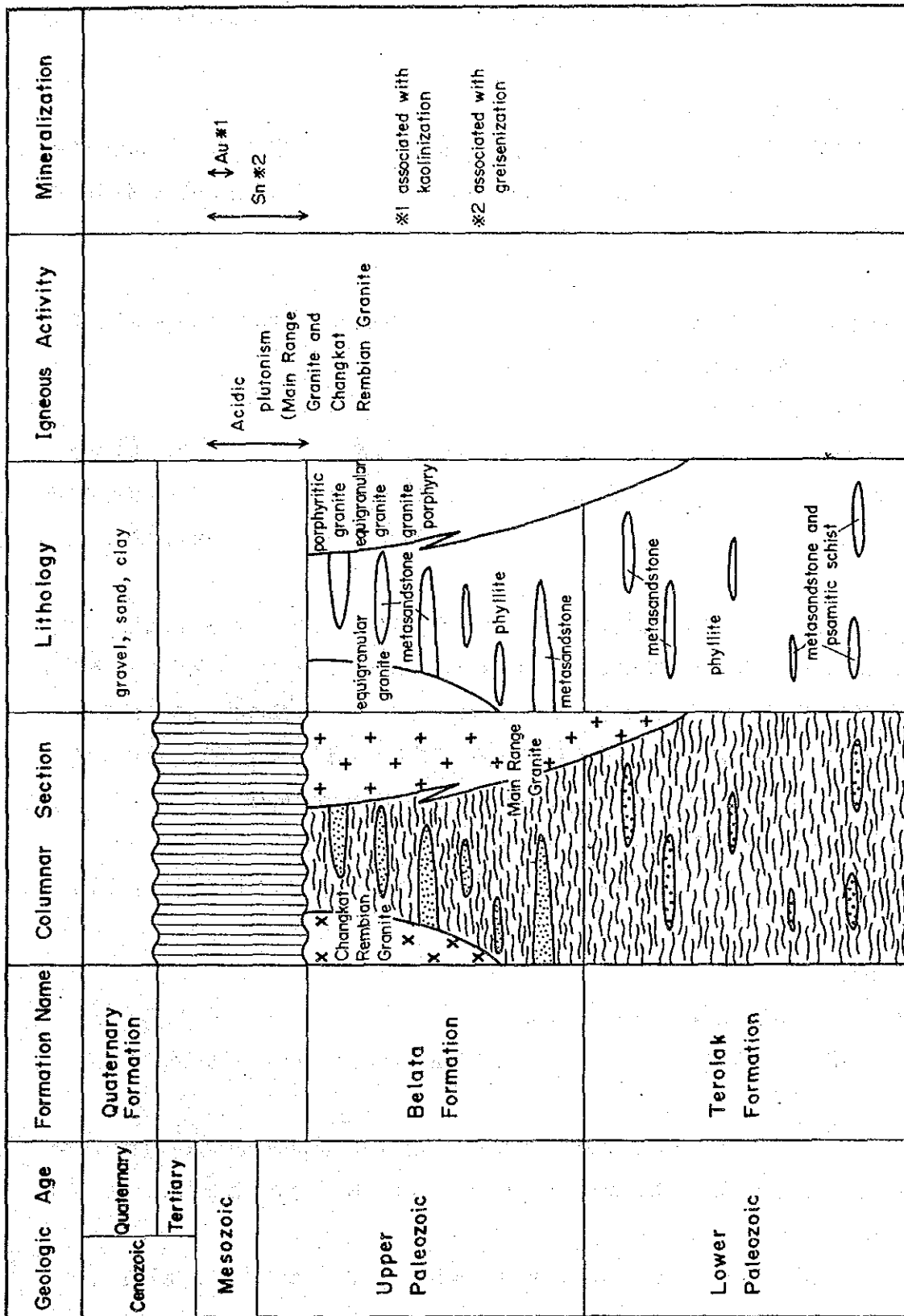


Fig. II-2-2 Stratigraphic Section of the Area A

赤鉄鉱からなる。千枚岩中に挟在されているものと考えられるが、孤立した露頭のため詳細は不明である。

層序関係：本層は本地区の基盤をなす。

堆積時期：本調査地区内においては本層中から化石を産出していないが、南方において本層中の石灰岩から頭足類の化石の産出が報告されている (Gan, A. S., 1978)。これらの化石より、本層の堆積時期は下部古生代と考えられている。

(2) Belata 層

Belata 層は、以下に述べるような岩相を示す地層に対して Gan, A. S. (1978) により便宜的に命名されたものであるが、本報告書においてもこれに従う。

分布：本地区の南西部に分布する。

岩相：Terolak 層とはほぼ同様な岩相を示し、千枚岩を主とし、変砂岩を伴う。しかし Terolak 層と比較し、変成度がやや低いこと、変砂岩の割合がより大きいことが異なっている。一部では鉄鉱層の薄層を挟む。本層の分布地域は非常に風化が激しく、露出は尾根部および切り通しの側面に限られている。

千枚岩は頁岩質であり、新鮮な露頭面では灰色～暗灰色、風化面ではクリーム色～淡褐色を呈す。

変砂岩には、細長く伸びた小規模の孤立した山地を形成する厚い層と千枚岩と互層する薄い層がある。いずれも白色～淡黄色を示し、塊状である。Terolak 層の変砂岩と同様に中～粗粒で石英粒に富み、砂岩の分類上では石英質砂岩に属するものである。千枚岩と互層する部分では、千枚岩と変砂岩は10cm～数mの単位で互層しており、頻繁に鉄鉱層の薄層を挟むのが特徴的である。

層序関係：本層は Terolak 層を整合的に覆うものと考えられる。

堆積時期：本層中からは化石は発見されておらず、Terolak 層との関係および地層対比から上部古生代と考えられている (Gan, A. S., 1978)。

(3) 第四紀層

本地域に分布する第四紀層は、沖積層である。

分布：沖積層は、各主要河川の流域に分布するが、特に Tapah 西方から Bidor 西方にかけて広く分布する。

層厚：西方に向かって厚くなっており、対象地区西端部に位置する Tapah Road 付近で行われたボーリングの結果では、沖積層の平均層厚は約41m (137フィート)であったことが報告されている (F. T. Ingham)。

岩相：粘土のほかには砂、礫を伴う。これらに含まれる重鉱物として、イルメナイト、電気石、ジルコン、トパーズが一般的であるが、部分的に多量の錫石および砂金を含んでおり、これらが鉱床の対象となっている。

2-1-2 貫入岩類

本地区には、貫入岩類として花崗岩類が存在し、これらは Main Range 花崗岩と Changkat Rembian 花崗岩よりなる。

(1) Main Range 花崗岩

分布：対象地区の北部から東縁部にかけて分布している。

岩相：Main Range 花崗岩は、野外において岩相的に斑状花崗岩、等粒状花崗岩及び花崗斑岩に区分できる。いずれも鉱物組成上は黒雲母花崗岩に分類される。

斑状花崗岩は、Tapah 東方及び Chenderiang 西方に露出している。本岩は灰白色を呈し、粗粒であり、肉眼的に斑状組織が明瞭で、主にカリ長石からなる長さ 2～5 cm の巨晶を含むのが特徴である。鏡下では、主要構成鉱物は多いものから順に石英>カリ長石>斜長石>黒雲母>白雲母が一般的である。しかし、斜長石をカリ長石より多く含むもの、白雲母を黒雲母より多く含むものも認められた。カリ長石は、正長石及び微斜長石よりなり、正長石にはパーサイト構造、カールスパッド双晶が顕著である。カリ長石と斜長石は、いずれも部分的にセリサイト化している。また、黒雲母は部分的に緑泥石化しているのが認められる。副成分鉱物としては、リン灰石、電気石、スフェーン、不透明鉱物が存在する。

等粒状花崗岩は、Tapah 北東方及び本地域東部から南東部にかけて分布しており、斑状花崗岩と同様に粗粒で、石英及び長石類の大きさは 0.5～1 cm である。鏡下での特徴は、斑状花崗岩と同様である。

花崗斑岩は、Tanjong Malim の北方に Terolak 層に接して分布している。本岩は、肉眼的には、灰青色を示す石基中に白い白形の長石類の斑晶が存在するのが認められる。鏡下では、斑晶として石英、カリ長石、斜長石、黒雲母が認められ、石基は完晶質で、微花崗岩類の組織を示す 0.1mm 以下の石英、カリ長石及び斜長石が観察される。花崗斑岩は既存の文献では花崗岩に貫入したものと考えられているが、Terolak 層に添って分布することから、周縁相の可能性もある。

貫入時期：Main Range 花崗岩についていくつかの年代測定結果が報告されており、これらから貫入時期は二畳紀～三畳紀と考えられている。なお、Geological Map of Peninsular Malaysia (1973) には、 199 ± 2 m. y. (上部二畳紀) 及び 230 ± 6 m. y. (上部三畳紀) の測定値が示されている。

(2) Changkat Rembian 花崗岩

分布：Tapah に分布している。

岩相：Changkat Rembian 花崗岩は、全体に風化が激しく、また特に南半部はカオリン化が強いため、露出は非常に限られている。本岩は一般的に、等粒状で、細～中粒であり、構成鉱物は Main Range 花崗岩と同様である。しかし部分的に、花崗斑岩の岩相（微花崗質石基を有す）を示すところ、あるいはグライゼン化したところ（斑晶は石英と白雲母のみからなる）が認められる。

貫入時期：Main Range 花崗岩と同時期と考えられる。

(3) 花崗岩類の化学分析結果

本地区の花崗岩類から採取した12個の試料について化学分析を実施した。その結果及びノルム値計算結果を Table II-2-1 に示す。

各試料のノルム値をノルム Q-An-(Or+Ab) 図 (Fig. II-2-3) にプロットした結果では、F-30を除くといずれも An 成分に乏しい、アルカリ長石に富むことを示す領域にプロットされ、本対象地域に分布する花崗岩類が極めて均質であることが明らかになった。F-30については、この試料が巨晶として含むカリ長石の影響で Al_2O_3 が多くなり、他の試料とは離れた位置にプロットされたものと考えられる。

次に、 Fe_2O_3/FeO 図 (Fig. II-2-4) 上においては、本対象地区の花崗岩類は Changkat Rembian 花崗岩の試料を除いていずれもイルメナイト・シリーズに属することが明瞭である。このことは本調査で採取した重鉱物中にイルメナイトが多く含まれていたことでも裏付けられる。

2-1-3 地質構造

マレー半島を支配する NNW-SSE 系の構造が、本対象地区においても支配的であり、花崗岩体の延長方向、Terolak 層及び Belata 層の片理の一般走向はいずれもこの方向性を示す。

Terolak 層及び Belata 層の片理は、一般走向が $N20^\circ \sim 40^\circ W$ で、傾斜は $40^\circ \sim 70^\circ E$ または W である。これらの走向及び傾斜には、花崗岩体の貫入による影響は特に認められない。

褶曲構造は、本対象地区南西部の Belata 層分布域に発達しているが、片理の走向・傾斜及び変砂岩の分布から確認できる。これらは、N-S~NNW-SSE 系の褶曲軸を持ち、波長は約 3 km である。また、切り通しの側面では、波長 2~5 m の小褶曲が認められるところがある。Terolak 層分布域では、今回の調査においては褶曲構造を確認できなかった。

断層は、地質図上では Tapah 北東方に N-S 系の推定断層を記したのみである。空中写真上でいくつかのリニアメントが抽出されたが、ほとんどのものが Main Range 花崗岩体中に分布しており、断層であるという証拠は得られていない。なお、リニアメントは Tapah の北方に特に発達している。

2-1-4 鉱化作用

A 地区内の鉱床としては、砂鉱床を除けば下記のもの知られており、いずれも花崗岩体中又は同岩体に近い所に位置している。

(1) Changkat Rembian (錫) 鉱床

本鉱床は Tapah の 2 km 南方にあり、Changkat Rembian (海拔 201m) の東側に位置する。かつては錫とタングステン (鉄マンガン重石) の重要な産地であった。記録が乏しいので詳細は不明である

Table II-2-1 Chemical Compositions and CIPW Norm

Area	A											C											A
	Main Range Granite						Ct. Residual Granite					Main Range Granite						Terak Formation					
Rock Body	FR21	FR30	FR51	SR04	SR13	SR14	SR21	SR25	TR08	FR06	JR09	HR08	HR11	HR27	HR28	HR41	HR44		FR24				
Sample No.	AR04	FR21	FR30	FR51	SR04	SR13	SR14	SR21	SR25	TR08	FR06	JR09	HR08	HR11	HR27	HR28	HR41	HR44	FR24				
Rock Name (texture)	bt granite (eq)	bt granite (por)	bt granite (eq)	bt granite (eq)	bt granite (eq)	bt granite (por)	bt granite (por)	granite porphyry	granite porphyry	bt granite (eq)	granite porphyry	bt granite (por)	leucocratic granite	bt granite (por)	bt granite (eq)	bt granite (eq)	bt granite (eq)	bt granite (por)	green schist				
SiO2	70.25	76.55	60.75	73.00	74.29	77.55	72.93	70.73	74.17	74.95	75.35	69.15	74.40	74.69	72.92	74.52	75.00	73.99	48.55				
TiO2	0.53	0.11	0.31	0.35	0.22	0.14	0.47	0.32	0.36	0.17	0.30	0.62	0.11	0.29	0.32	0.30	0.22	0.39	2.70				
Al2O3	14.44	13.14	21.18	14.27	14.49	12.49	14.01	15.52	13.72	14.20	13.21	14.70	14.48	13.78	13.50	13.80	13.58	13.78	12.86				
Fe2O3	0.42	0.33	0.34	0.26	0.36	0.52	0.52	0.19	0.86	0.23	1.47	0.28	0.35	0.47	0.14	0.63	0.36	1.00	3.53				
FeO	2.42	1.27	1.69	1.81	1.32	0.86	2.25	1.42	1.21	0.96	0.75	2.74	0.23	1.25	1.56	1.10	0.94	1.54	7.50				
MnO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	0.05	0.02	0.05	0.01	0.03	0.06	0.03	0.03	0.02	0.36				
MgO	1.24	0.22	0.55	0.72	0.69	0.15	0.80	0.38	0.38	0.36	0.28	1.69	0.15	0.46	0.79	0.60	0.57	0.78	6.19				
CaO	1.82	0.38	1.38	1.09	0.87	0.57	1.35	1.16	0.81	0.55	0.51	2.46	0.37	0.53	0.92	0.82	0.66	0.48	10.42				
Na2O	2.70	2.35	2.93	2.76	3.22	3.32	2.96	3.00	2.12	2.91	7.04	2.46	3.09	3.20	2.69	2.88	2.61	5.02	2.92				
K2O	5.07	5.25	7.81	5.38	4.72	4.25	5.21	6.31	5.43	2.91	0.47	4.25	7.07	5.03	4.52	4.83	6.32	2.56	0.88				
P2O5	0.22	0.15	0.36	0.22	0.25	0.10	0.15	0.09	0.09	0.22	0.20	0.21	0.18	0.14	0.15	0.16	0.19	0.14	0.55				
BaO	0.08	0.02	0.05	0.05	0.05	0.01	0.06	0.11	0.06	0.03	0.11	0.10	0.06	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03				
H2O+	0.74	0.71	1.21	0.69	0.79	0.57	0.57	0.96	1.09	0.95	0.45	1.47	0.40	0.93	1.21	0.77	0.59	0.95	2.00				
H2O-	0.10	0.07	0.09	0.17	0.15	0.10	0.10	0.21	0.36	0.14	0.21	0.19	0.07	0.17	0.12	0.15	0.14	0.14	0.25				
TOTAL	100.07	100.84	100.47	100.81	101.24	100.49	100.62	100.43	100.69	98.63	100.37	100.37	101.27	101.01	98.95	100.64	101.25	100.82	98.54				
q	28.45	42.41	0.00	32.34	34.36	40.31	30.40	25.34	38.52	45.14	31.57	29.54	29.11	34.69	36.15	36.56	33.36	32.54	0.88				
c	1.67	2.25	3.30	2.42	3.07	1.62	1.37	1.79	3.06	5.77	0.60	2.02	1.46	2.42	2.84	2.69	1.67	2.19	0.00				
or	29.96	31.03	46.15	31.79	27.89	25.12	30.79	37.29	32.09	17.20	2.78	25.12	41.78	29.73	26.71	28.54	37.35	15.13	5.20				
ab	22.85	19.89	39.85	23.35	27.25	28.09	25.05	25.39	17.94	24.62	59.57	20.82	26.15	27.08	22.76	24.37	22.09	42.48	24.71				
an	7.74	0.94	4.58	4.06	2.77	2.19	5.83	5.37	3.54	1.35	1.42	11.01	0.77	1.79	3.67	3.11	2.11	1.52	19.38				
ne	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
diwo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.56				
dien	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.05				
difs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.69				
hyem	3.09	0.55	0.76	1.79	1.72	0.37	1.49	0.95	0.95	0.90	0.70	4.21	0.37	1.15	1.97	1.49	1.42	1.94	7.37				
hyfs	3.30	1.84	1.32	2.61	1.99	1.09	3.00	1.98	0.97	1.39	0.00	3.87	0.00	1.48	2.33	1.06	1.12	1.39	3.38				
olfo	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
olfa	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
clfa	0.61	0.49	0.48	0.38	0.22	0.52	0.75	0.23	1.25	0.33	1.61	0.41	0.46	0.68	0.20	0.91	0.52	1.45	5.12				
hm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
il	1.01	0.30	0.59	0.66	0.42	0.27	0.89	0.61	0.68	0.32	0.57	1.18	0.21	0.55	0.61	0.57	0.42	0.74	5.13				
ap	0.51	0.35	0.83	0.51	0.58	0.23	0.35	0.21	0.21	0.51	0.46	0.49	0.42	0.32	0.35	0.37	0.44	0.32	0.18				
TOTAL	99.18	100.05	100.04	99.92	100.27	99.81	99.91	99.19	99.20	97.52	99.64	98.65	100.76	99.89	97.59	99.69	100.50	99.71	96.28				

bt : biotite, eq : equigranular, por : porphyritic

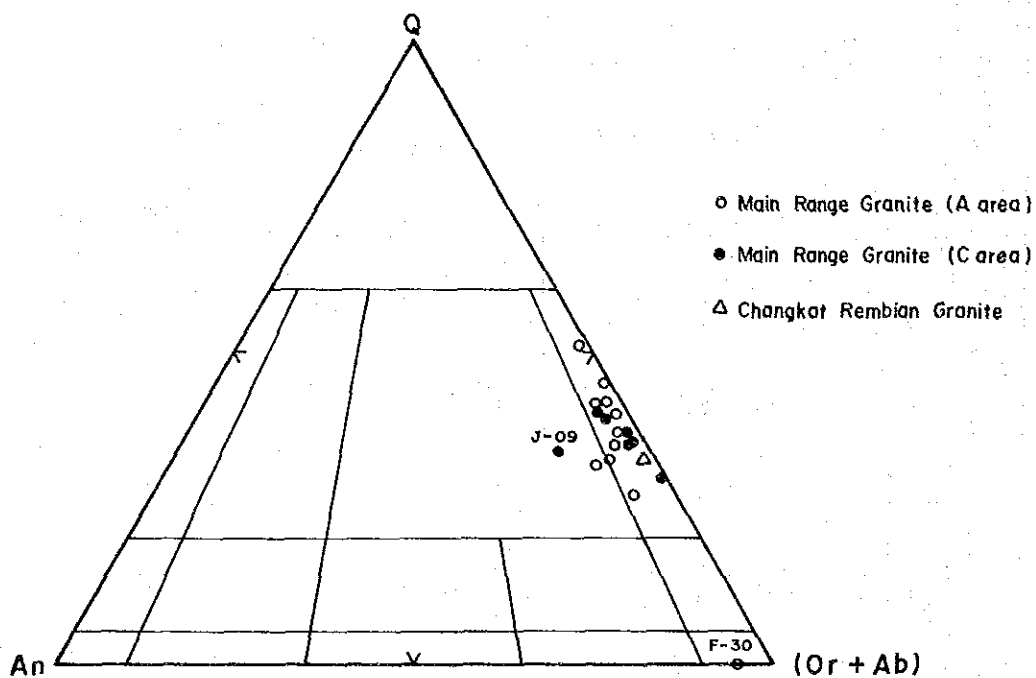


Fig. II-2-3 Q-An-(Or+Ab) Diagram

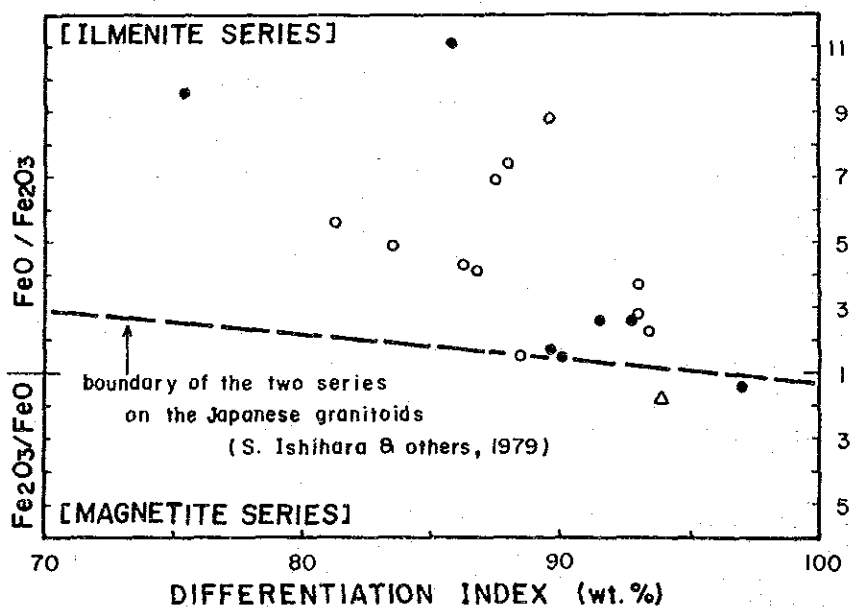


Fig. II-2-4 Ferric/Ferrous Ratio Diagram

が、風化花崗岩、残留堆積層又は沖積層中の錫・タングステン鉱床を水力法又はグラベルポンプ法で採掘していたが、鉱量枯渇(?)により廃山した模様である。現在は山腹を削りとった採掘場跡と池が残っている。

鉱床はグライゼン化作用を受けた花崗岩中に賦存する錫石—電気石—石英脈であって、今回の調査では鉄—マンガ—重石を認めることはできなかった。

Fig. II-2-5は、採掘場跡の概略図を示したものである。ここには、NNW-SSE系の電気石—石英脈が数十条並走していて、脈幅はいずれも5~20cm、ほとんど金属鉱物を含まない。

スケッチ④地点では、不透明な石英脈中に少量の錫石と電気石が認められる。鏡下では、錫石中に不規則な割目が発達し、これを石英が充填している。

今回の空中写真判読から、この地点のすぐ北側をNW-SE方向の剪断帯が通ることが明らかになったが、上記鉱床は、この剪断帯に規制されていると考えられる。

又、採掘場跡には、ENE-WSW方向のカオリンの細脈を電気石—石英脈が切っており、カオリン化作用後に錫の鉱化作用が生じたことを示している。

(2) Batu Lombong (錫) 鉱床

本鉱床はBidorの東方5kmにあり、現在Lee Sen Pin & Sons Sdn. Bhd., PPL GALIAN Sdn. Bhd. 他2社が風化千枚岩中の石英脈又は沖積層中の錫を対象として操業中である。4社の合計生産量は約25~30トン/月、SnO₂品位20%程度と想像される。

千枚岩中の鉱床は、千枚岩の片理に沿う多数の錫石—石英脈で、脈幅1~2cm長さ10cm位のレンズ状をなす。一部褐鉄鉱を伴うが、硫化物をほとんど含まない(Fig. II-2-6中のスケッチ④部)。又スケッチ④部では、千枚岩の片理にはほぼ直交して、脈幅2~5cmの電気石—石英脈が発達し、極く少量の錫石を伴っている。鏡下では錫石は0.3mm以下で柱状又は不規則な粒状を呈する。

沖積層から回収している重鉱物は、錫石>黄鉄鉱>石英>針鉄鉱>銅藍>磁鉄鉱の構成比を示し、錫石は0.2~1.0mmの大きさを有する。

(3) Bukid Mas (金) 鉱床

本鉱床はTapahの南東約2kmに位置する。1894年、千枚岩中の含金石英脈を対象として探鉱が進められ、1898年末まで稼行された模様である。1897年の年間産金量は41.8kgと言う記録があり、粗鉱生産量は600t/月、粗鉱品位Au: 6g/t程度であったと推定される。

それから90年経過した現在では、ゴム園の中に、採掘跡(水力採掘跡?)を思わず崩壊地とSSE方向に伸びる溝が3~4条残っているだけで、採掘したと思われる石英脈は確認することができなかった。

この地区は風化土壌が厚く、露出は川沿いに限られるため、地質又は地質構造がわかりにくい。しかし全体としては石墨質の千枚岩から成り、一部石英質砂岩を挟んでいる。西側のChangkat Rem-

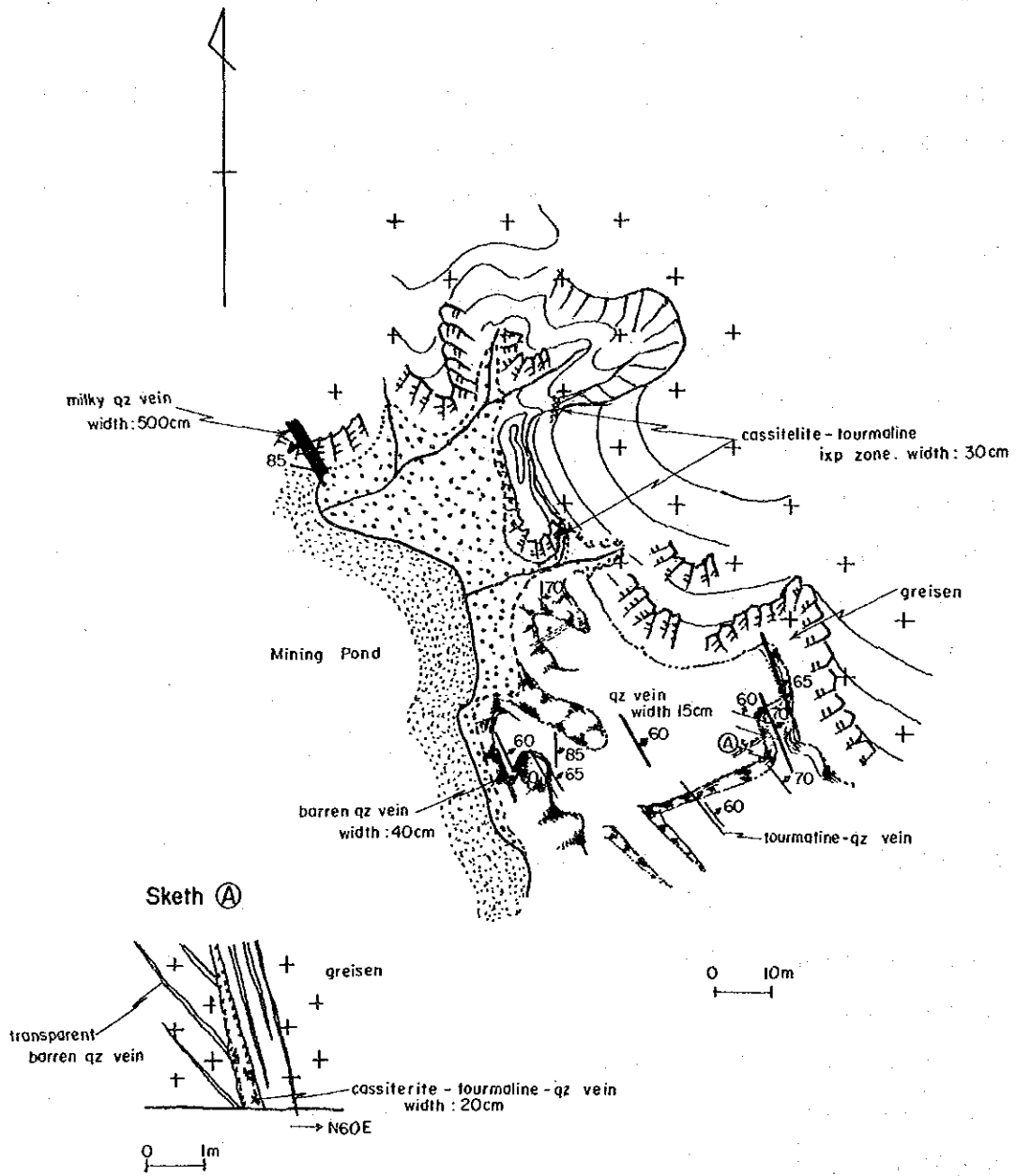


Fig. II-2-5

Geological Map of the Old Changkat Rembian Workings

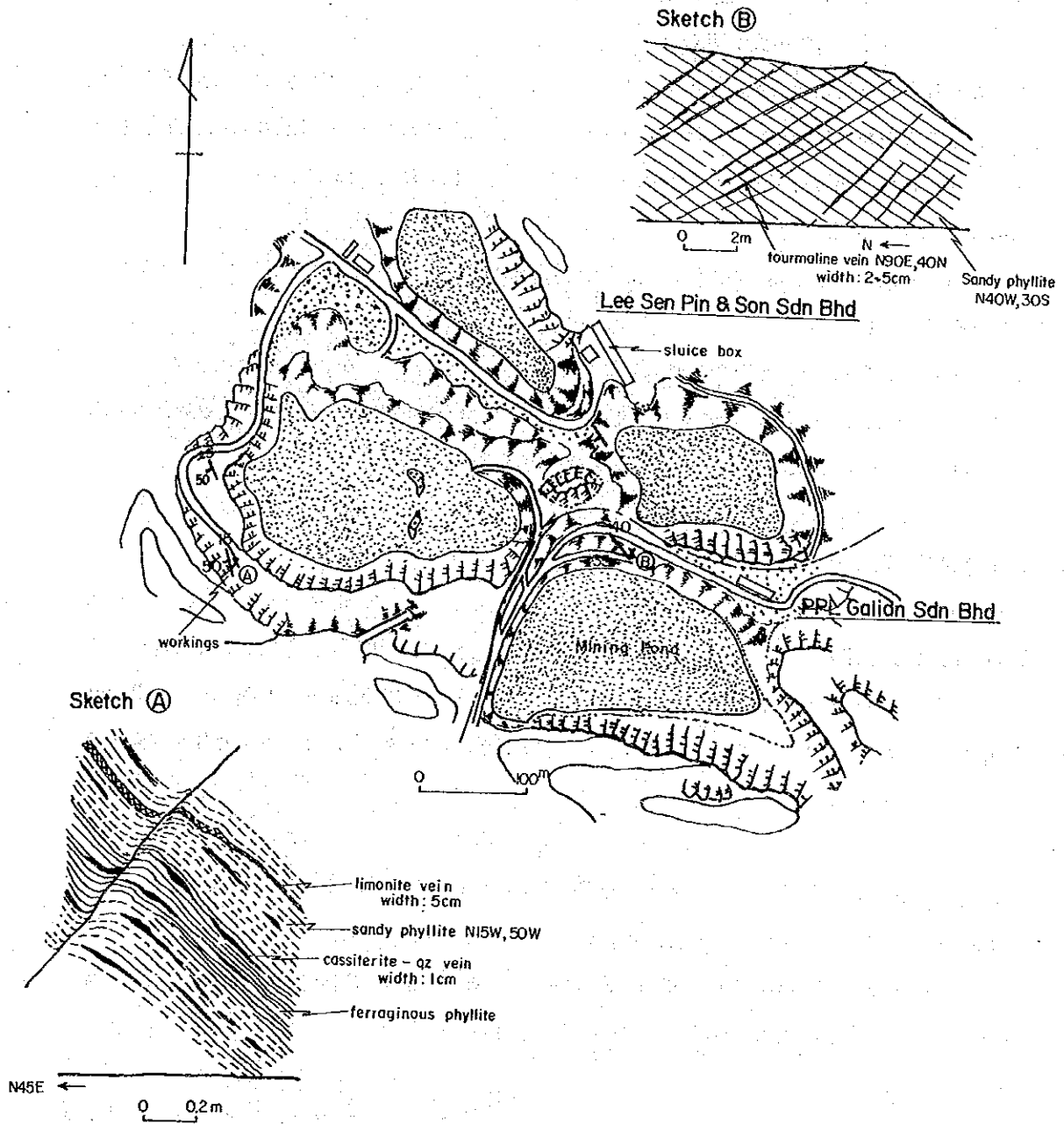


Fig. II-2-6

Geological Map of the Batu Lombong Deposit

bian 花崗岩との境界はハイウェイ付近と推定され、花崗岩及び境界付近の千枚岩はカオリン化作用を強く受けている。又千枚岩中には片理に沿って多数の石英の分結脈が認められる。

1985年5月、GSMがこの区域の地質精査と土壤地化学探査を実施し、同年8月探掘り土壤地化学探査を行った。その結果、次の事実が明らかになっている。

①各所に分布する石英脈はほとんど不毛であって、最高含金量は0.77g/tに過ぎない。②ハイウェイの東側に並走する小高い丘の東斜面には、幅200m×延長1,500mにわたって、土壤中に0.1g/t以上の金が含有されていて、顕微鏡下で金粒を認めることができる (Fig. II-2-16参照)

(4) Tapah カオリン鉱床

本鉱床は、Changkat Rembian の南側に位置し、Tapah-Bidor ハイウェイより西側の幅1.5km×延長4 km の範囲内にある。

鉱床は Changkat Rembian 花崗岩が熱水変質を受けて生じたもので、カオリナイトを主体として、少量のイライト、石英、長石等から成る。1932年、ゴム工場の充填剤として採掘したのが開発の発端となり、現在 Associated Kaoline Industry ほか数社が盛業中である。

このカオリン変質は、X線回折結果表で明らかなように、場所による構成鉱物にはほとんど差異はなく、変質強度は変質帯の中央部ほど大になる傾向がある (Fig. II-2-7)。

前項の Changkat Rembian (錫) 鉱床の場合と同じく、ここでも、E-W系のカオリン脈を切る N-S系の石英脈がよく認められるので、金・錫の鉱化作用に先立ってカオリン化作用が行なわれたと思われる。しかし、この鉱床区域で採取したカオリン試料18個の金含有量(0.003—0.653ppm)は、Changkat Rembian 花崗岩のそれ(3個平均0.008ppm)より若干高い値を示し、カオリン化作用が金の鉱化作用と無縁ではないことを暗示している。

(5) その他

Tanjong Malim の北東3 km 及び5 km の地点に大規模の石英脈が露出している。両者とも Chankat Lembah (標高931m) を構成する花崗岩岩株の周縁部に位置している。

石英脈は、NW-SE~NNW-SSE, 90°の走向傾斜を有する。脈幅は約10mで100m以上の連続を確認できる。石英脈は全般に透明、塊状で、他鉱物を全く伴っていない。

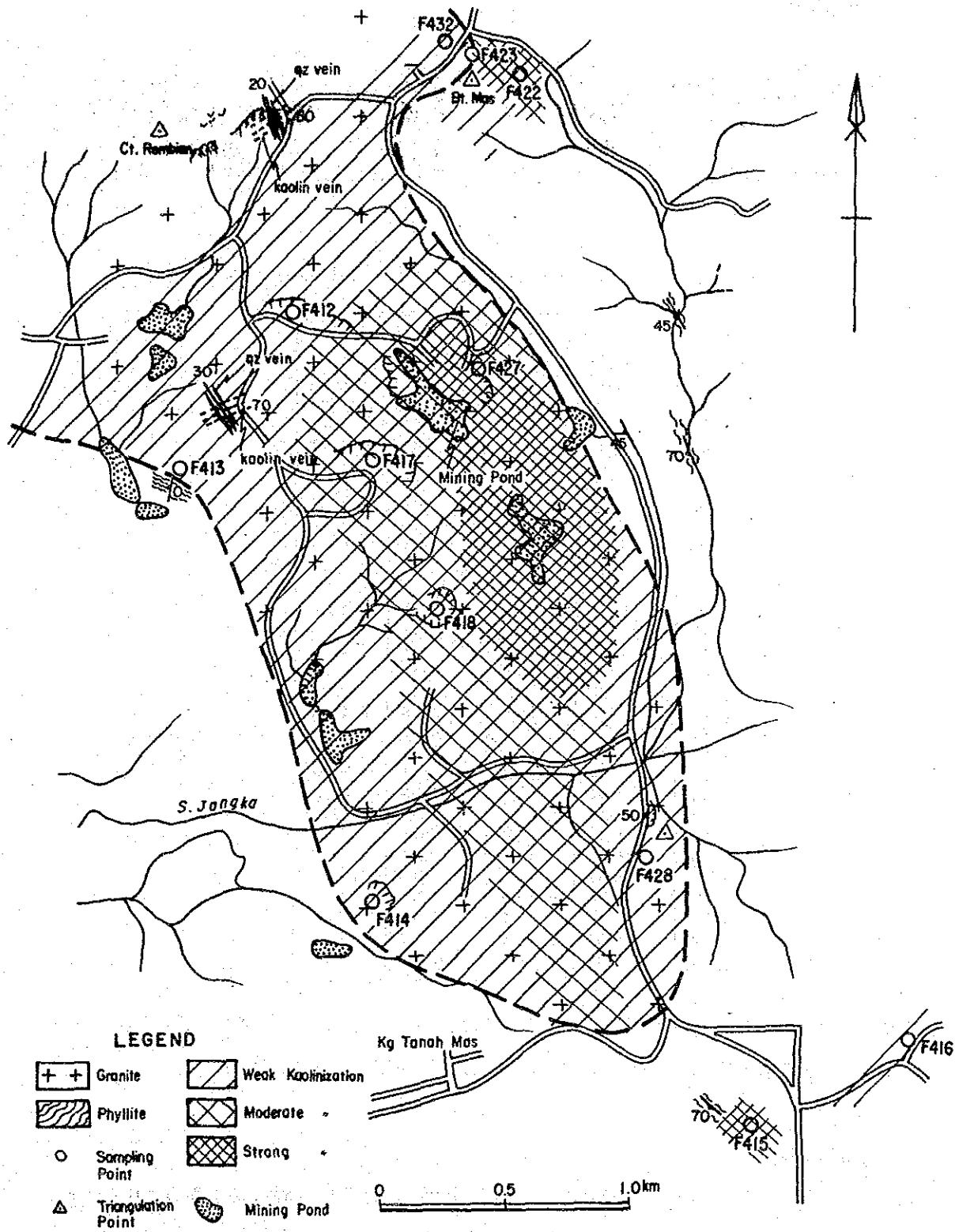


Fig. II-2-7

Geological Map of the Tapah Kaolin Deposit

2-2 地化学探査結果

2-2-1 地化学探査解析結果

(A) 岩石

岩石試料の分析結果は巻末の Table A-9 に、岩石ごとの平均含有量及び標準偏差を Table II-2-2 に示す。

Table II-2-2 Statistical Values of Each Element (Rock)

	Area A			
	Granite		Phyllite	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Pb	11.740	2.080	10.713	2.588
Ni	3.076	2.449	6.794	3.141
Co	2.983	2.104	4.007	2.460
Ag	.144	2.512	.148	2.535
Mo	1.666	1.923	2.057	2.213
Cu	6.556	2.825	13.137	3.926
Zn	15.070	2.748	17.068	3.597
Fe	.549	2.748	.872	3.954
Mn	154.583	4.074	128.564	2.858
Au	.009	1.306	.009	1.227
As	9.381	2.897	12.706	2.793
Sn	13.480	2.296	10.409	2.168
W	4.562	1.552	4.000	-
U	1.452	7.709	.332	3.784
Hg	.086	1.355	.082	1.455
Sb	1.450	1.790	2.051	3.365
Bi	1.861	2.270	2.044	2.032
Ba	157.166	3.342	236.987	2.825
Ce	40.651	2.716	44.243	2.259
Eu	.483	2.449	.513	2.838
La	23.862	2.773	20.365	2.350
Lu	.350	2.193	.275	1.995
Nd	14.872	2.158	13.001	2.228
Sm	2.625	3.148	3.067	2.323
Tb	.525	2.500	.361	2.582
Th	13.912	2.606	7.750	2.296
Yb	1.718	2.773	1.145	2.547
Ta	2.560	1.675	2.091	1.189
Nb	15.148	1.479	13.699	1.710

S.D.=Standard Deviation

この表から明らかなように、各成分の含有量は、花崗岩と千枚岩で、ほとんど差異は認められない。

したがって、重鉱物試料、河川堆積物試料とも、岩石差を無視して統計処理を行った。

(B) 重鉱物

(a) 半定量重鉱物鑑定

顕微鏡下で識別した重鉱物のうち、磁鉄鉱、柘榴石、褐簾石、緑簾石、黄鉄鉱が少量含まれることがあるが、頻度も少ないので考察の対象から除外し、金、イルメナイト、電気石、モナズ石、ゼノタ
イム、錫石、ルチル、ジルコン、トパーズにつき、その分布状況を Plate 5-1 に示した。これら重鉱

物の標準 dulang 当りの平均含有量は Table II-2-3 に示すとおりである。これによると下記のような特徴を挙げるができる。

1. Tapah-Chenderiang 道路の東側のゴム園内で、幅 2 km×延長 7 km にわたって、金粒が見える区域がある。地質的には、Main Range 花崗岩と Changkat Rembian 花崗岩に挟まれた千枚岩帯で、ここでは錫石の異常も認められる。

この地区に南接する Bukit Mas 地区でも金粒を確認でき、錫石、ルチル、ジルコンも比較的高い値を示している。異常域は 1 km×2 km の広さを有する。

更に、Bidor-Sungkai 間のハイウェイ東側のオイルパーム園又はゴム園内には、パンニング時に金粒が認められる小沢が多く、その範囲は 2 km×7 km に及んでいる。ここでも錫石、ルチル、ジルコン、トパーズの異常が重複して現われている。

2. Batong Padang 川—Sungkai 川間で、Main Range 花崗岩類と千枚岩の境界付近における重鉱物は、電気石、トパーズで特徴づけられ、Selim 川より南側では、イルメナイトで特徴づけられる。

3. 錫石は、Tapah 地区の中で、Bidor 川より北側の支流で比較的高い含有値が得られたが、Gunung Batu Puteh, Changkat Jong, Tanjong Malim 地区内には、ほとんど含まれぬか、あっても僅少である。

(b) 定量分析

(1) 単成分解析

各成分ごとの平均値、最小値、最大値を Table II-2-4 (1), 各成分間の相関係数を Table II-2-4 (2) に示す。

Au

Au の平均含有量は $0.275 \times 10^{-6} \text{g/dulang}$ ($58.5 \times 10^{-6} \text{g/m}^3$), しきい値 $0.75 \times 10^{-6} \text{g/dulang}$ ($0.16 \times 10^{-3} \text{g/m}^3$), 最大値 $18.720 \times 10^{-6} \text{g/dulang}$ ($4.0 \times 10^{-3} \text{g/m}^3$) を示している。このしきい値を採用すると、異常値は全体の 24% に相当し、異常域が広く分散するので、異常の中心を示すため、Fig. II-2-8 (1) には後背値母集団の $X+3S$ (0.15% で $2.8 \times 10^{-6} \text{g/dulang}$, ($0.55 \times 10^{-3} \text{g/m}^3$) 全体の 16% に相当) 以上の異常値を表示した。

この図から明らかなように、異常値は主として Chendering 川から Bikam 川にかけて、ハイウェイの東側に集中して現われ、前項の半定量重鉱物鑑定による Au の分布に酷似している。両者の違いの一つは、半定量の場合、断続していた Tapah と Bidor 南の異常域が、定量分析結果では連続し、Tapah 北部より Bidor 南まで幅 3 ~ 5 km, 延長 22 km の大規模の異常帯を形成している。

Tanjong Malim や Changkat Jong 地区では、Au の異常値は少なく且つ点在する傾向にあり、Au のポテンシャルは低いと考えられる。

Table II-2-3 Average Weights of Heavy Minerals per Standard Dulang (Heavy Mineral Concentrate)

Heavy Mineral	Weight	Heavy Mineral	Weight
Gold Flakes	1,352 ppm	Cassiterite	0.67 g
Ilmenite	1.245 g	Rutile	0.47 g
Tourmaline	1.24 g	Zircon	0.43 g
Monazite	0.28 g	Topaz	0.86 g
Xenotime	0.075 g		

1 dulang : 4.7 litre

Table II-2-4 Statistical Values of Each Element (Heavy Mineral Concentrate)

(1) Mean, Minimum and Maximum Values ($\times 10^{-4}$ g/dulang)

	Area A		
	MEAN	MIN	MAX
Au	.275	.001	18720.344
Ag	.510	.00	1064.33
As	27.862	0	23250
Sn	5821.329	4	1830000
W	40.705	0	13320
Hg	.211	.00	158.08
Ni	-	-	-
Co	-	-	-
Ce	2282.460	13	391495
Eu	6.776	.0	1856.8
La	1321.565	8	166725
Lu	19.834	.1	4890.6
Nd	890.738	6	123500
Sm	124.372	.2	23909.6
Tb	18.849	.0	4594.2
Th	609.108	3	160056
U	144.052	1	20501
Yb	95.912	.8	26305.5
Ta	222.014	1	46189
Nb	1405.116	3	377400

(2) Correlation Matrix
(Area C)

	Au	Ag	As	Sn	W	Hg	Ni	Co	Ce	Eu	La	Lu	Nd	Sm	Tb	Th	U	Yb	Ta	Nb	
Au	1.000																				
Ag	.447	1.000																			
As	.276	.442	1.000																		
Sn	.219	.361	.342	1.000																	
W	.241	.409	.484	.471	1.000																
Hg	.282	.531	.421	.220	.575	1.000															
Ni	.420	.608	.553	.137	.353	.642	1.000														
Co	.382	.570	.466	.099	.281	.665	.871	1.000													
Ce	.064	.412	.150	.523	.371	.496	.235	.307	1.000												
Eu	.266	.529	.266	.518	.291	.451	.442	.495	.814	1.000											
La	.068	.423	.171	.542	.366	.482	.236	.304	.992	.821	1.000										
Lu	.101	.490	.246	.328	.446	.648	.339	.455	.819	.670	.804	1.000									
Nd	.082	.388	.173	.529	.358	.489	.231	.300	.981	.807	.985	.807	1.000								
Sm	.122	.437	.222	.536	.404	.524	.290	.327	.958	.794	.962	.802	.951	1.000							
Tb	.123	.481	.227	.473	.405	.581	.322	.396	.952	.811	.955	.835	.944	.956	1.000						
Th	.002	.368	.137	.501	.364	.503	.188	.265	.971	.705	.970	.837	.964	.944	.939	1.000					
U	-.042	.290	.111	.422	.328	.466	.127	.223	.890	.604	.887	.819	.888	.832	.857	.926	1.000				
Yb	.136	.467	.209	.304	.391	.636	.346	.454	.781	.662	.764	.967	.773	.771	.873	.799	.732	1.000			
Ta	-.093	.372	.170	.545	.473	.546	.192	.307	.879	.625	.866	.804	.848	.838	.836	.908	.859	.750	1.000		
Nb	.090	.479	.275	.465	.552	.681	.327	.447	.834	.635	.815	.872	.798	.801	.832	.953	.819	.816	.952	1.000	

(3) Factor Loading (Varimax Rotation)

	Area A			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Comunality
Au	.256	-.766	.134	.7099
Ag	.227	-.618	.345	.7615
As	.264	-.474	.290	.7846
Sn	.273	-.533	.331	.7459
W	.158	-.337	.439	.7489
Hg	.298	-.268	.238	.7325
Ni	-	-	-	-
Co	-	-	-	-
Ce	.829	-.226	.417	.9853
Eu	.838	-.238	.109	.8070
La	.803	-.235	.458	.9767
Lu	.413	-.236	.840	.9833
Nd	.768	-.180	.452	.9009
Sm	.813	-.171	.350	.9154
Tb	.685	-.207	.615	.9517
Th	.591	-.220	.675	.9693
U	.369	-.162	.834	.9489
Yb	.435	-.244	.829	.9785
Ta	.295	-.289	.675	.9845
Nb	.288	-.241	.705	.9850
Factor	%	%	%	
Contribution	79.810	8.972	6.462	

Sn

Sn の平均含有量は $5.82 \times 10^{-3} \text{g/dulang}$ (1.24g/m^3), しきい値 $30 \times 10^{-3} \text{g/dulang}$ (6.38g/m^3) 最大値 1.83g/dulang (389g/m^3) である。

しきい値以上の異常値は Chendriang 川から Bidor 川間の各水系に現われている。Chenderiang 川の西支流の Sawa 川上流の異常は、以前採掘したことのある錫山に関係している。Tapan 北方の金異常帯でもある Jong 川上流, Gerok 川中流, Batang Padang 川中流にもまとまった異常値が得られた。又 Bidor 川上流で、現在稼行中の Batu Lombong 鉱山付近でも $4 \text{ km} \times 2 \text{ km}$ の異常域を捕捉した。Changkat Rembian においては、南側の錫鉱床については既述のとおりであるが、北側の支流でも異常値を確認、鉱化帯が北側にも及んでいることが明らかになった。Tanjong Malim では、Selim 川本流や支流の Tampan 川上流及び南部の調査地区境界付近にも数点ずつ異常値を得た。いずれも Main Range 花崗岩に近い千枚岩中である。

W

W の平均含有量は、 $40.7 \times 10^{-6} \text{g/dulang}$ (0.0087g/m^3), しきい値 $300 \times 10^{-6} \text{g/dulang}$ (0.064g/m^3), 最大値 $13,320 \times 10^{-6} \text{g/dulang}$ (2.834g/m^3) である。

異常値は Changkat Rembian の 4 つの沢で得られた、その範囲は $2 \text{ km} \times 2 \text{ km}$ である。既述のとおり、南側の錫鉱山で一時鉄-マンガン重石を産出したことがあり、W の鉱化作用がある程度の広がりをもつことが明らかになった。Batang Padang 川中流の小沢の異常及び Bidor 川上流の異常は Sn の異常とほとんど同じ個所に現われ、Sn-W の高い相関を暗示している。これに反し、南部の Sekiah 川や Bilkechil 川上流の異常値は、Sn の異常帯とは重複せず、独立した分布をなす。

(2) 多変量解析

因子分析による因子負荷量, 共通性, 因子寄与率を Table. II-2-4 (3) に示す。

因子得点が 1.0 以上を高得点として、第 1 因子, 第 2 因子, 第 3 因子の解析図を Fig. II-2-9 (1)(2) (3) に示した。

第 1 因子 (Ta, Nb を除くレア・アース)

高得点は、Tapan 東部の Batang Padang 川上流と支流の Cerok 川に分布する外、Changkat Rembian にも得られている。しかし、最もまとまった異常値は Bidor-Sungkai 間のハイウェイ東部にあり、 $4 \text{ km} \times 8 \text{ km}$ の大きさを示している。この区域は Au の異常域とはほぼ一致している。更に異常帯は、Sungkai-Selim River 間のハイウェイの西側、及び Selim River-Tanjong Malim の東側に比較的よいまとまりを示している。上記 Tapan 付近の異常値は、花崗岩に関係するように思われるが、Bidor より南のハイウェイ近傍の異常帯は千枚岩中であって、Main Range 花崗岩から 10~15km 離れている。半定量重鉱物のデータがないので、その原因は不明である。

第 2 因子 (Au-Ag-As-Sn)

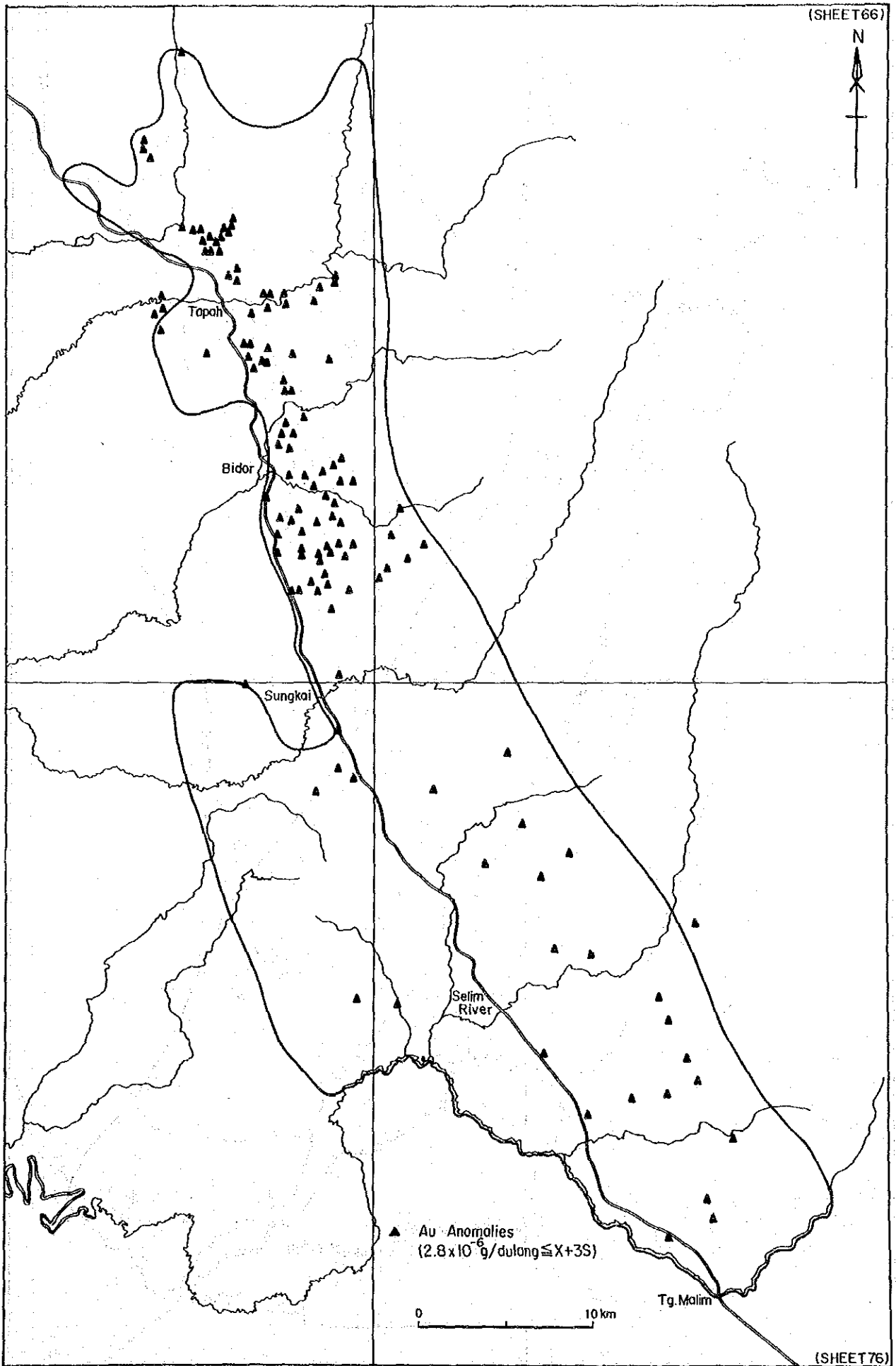


Fig. II-2-8(1) Geochemical Anomaly Map of Au in Heavy Mineral Concentrate

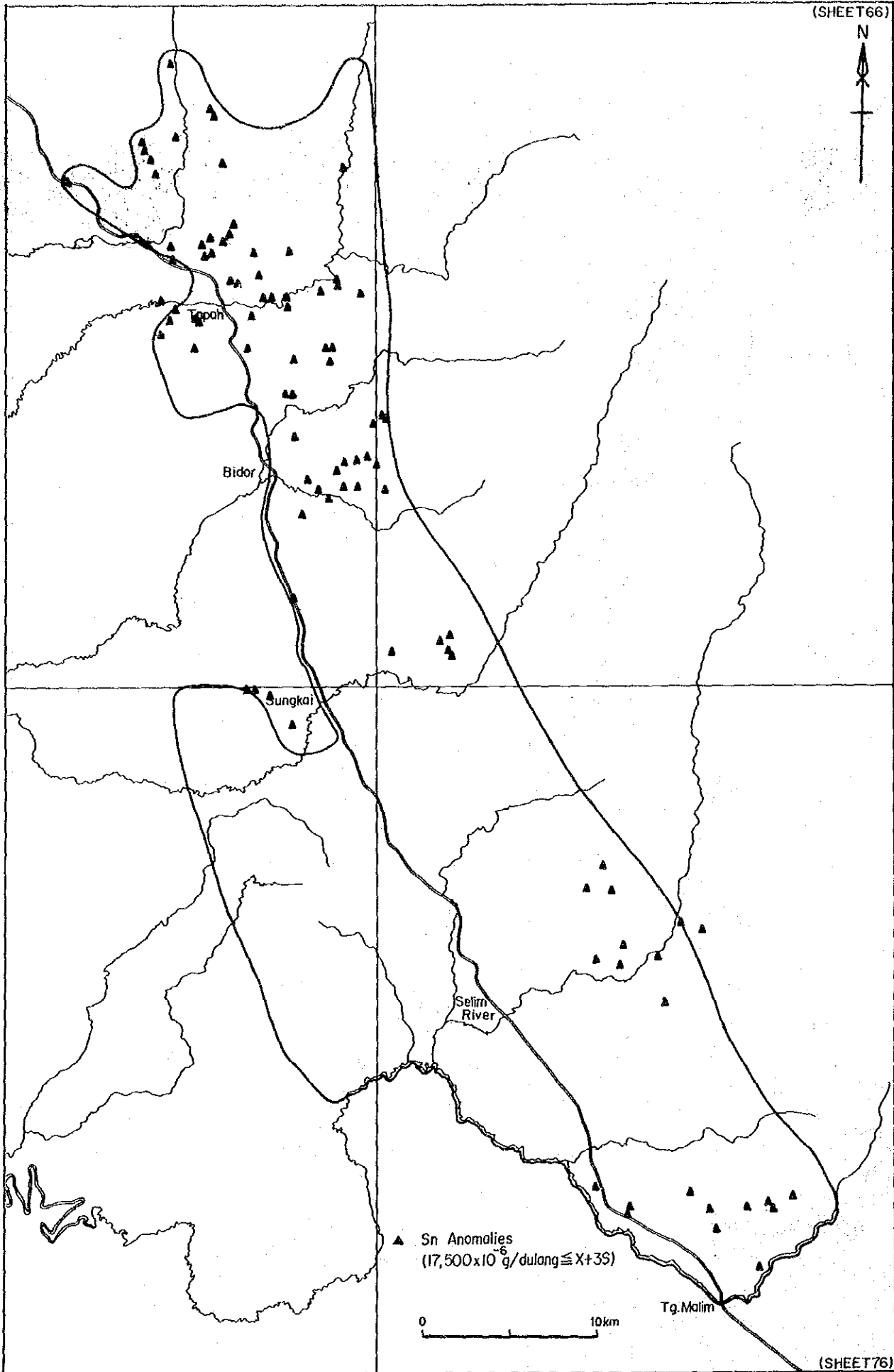


Fig. II-2-8 (2)

Geochemical Anomaly Map of Sn in Heavy Mineral Concentrate

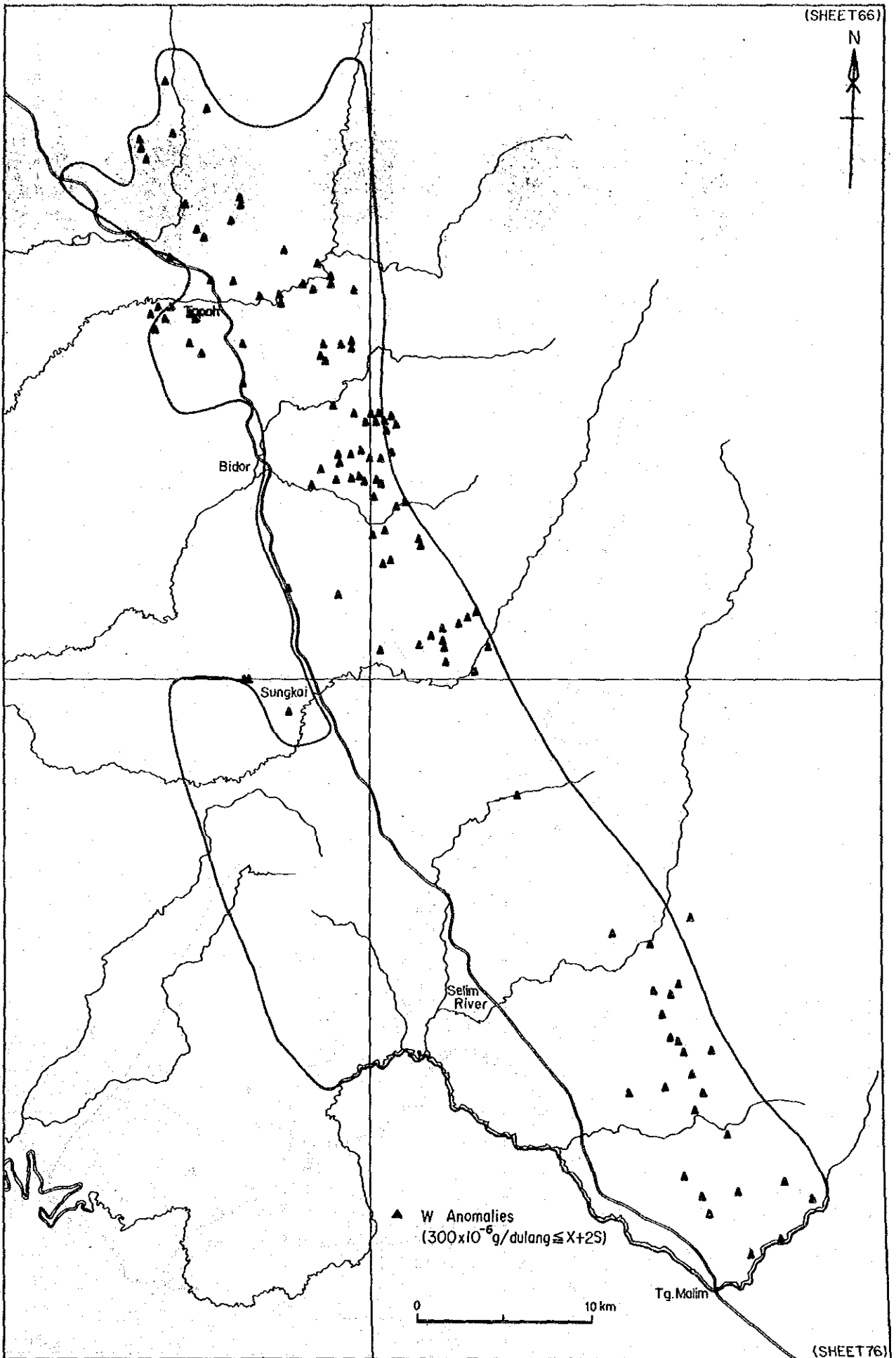


Fig. II-2-8 (3)

Geochemical Anomaly Map of W in Heavy Mineral Concentrate

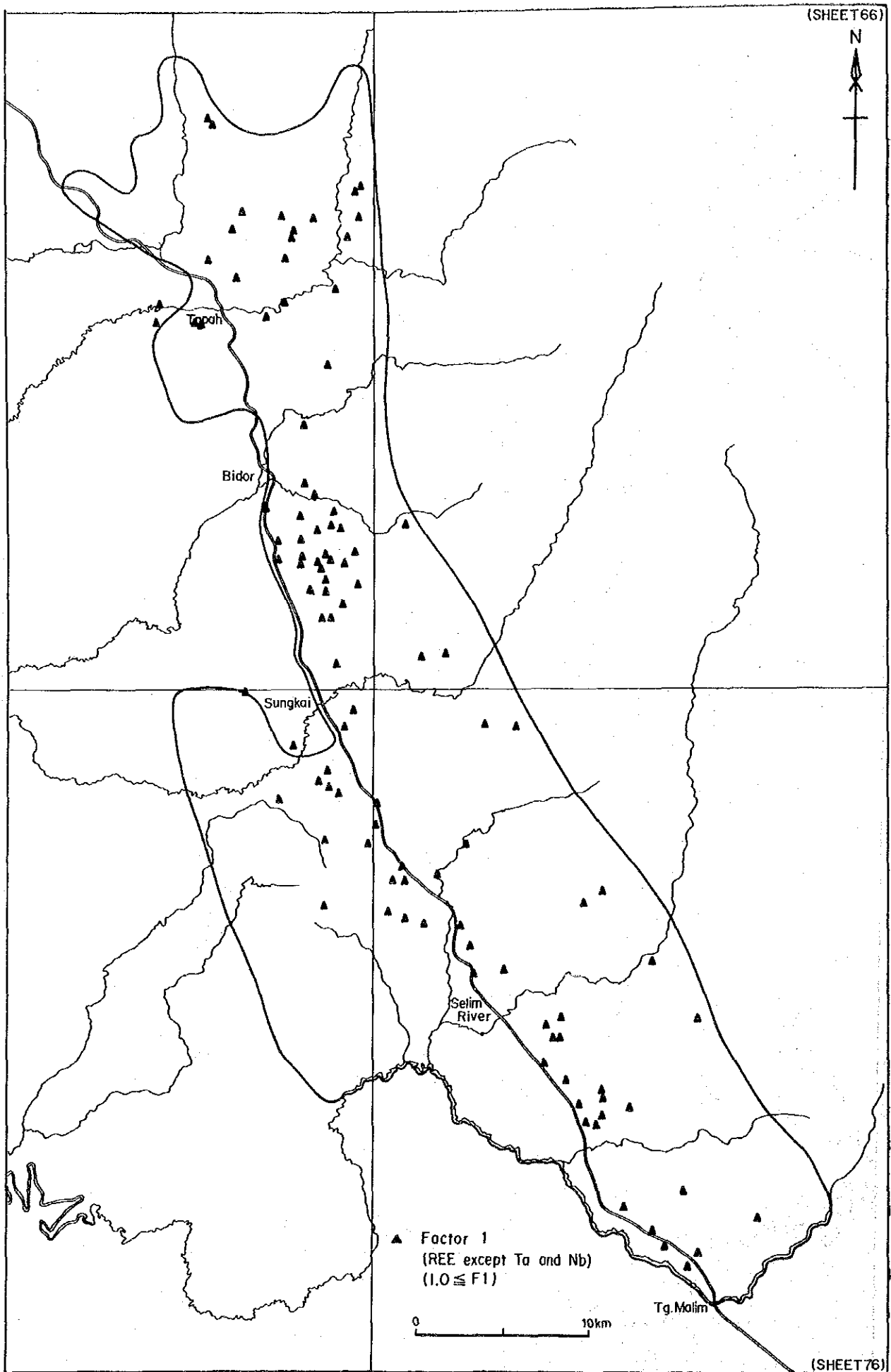


Fig. II-2-9(1) Factor Analysis Map of Factor 1 in Heavy Mineral Concentrate

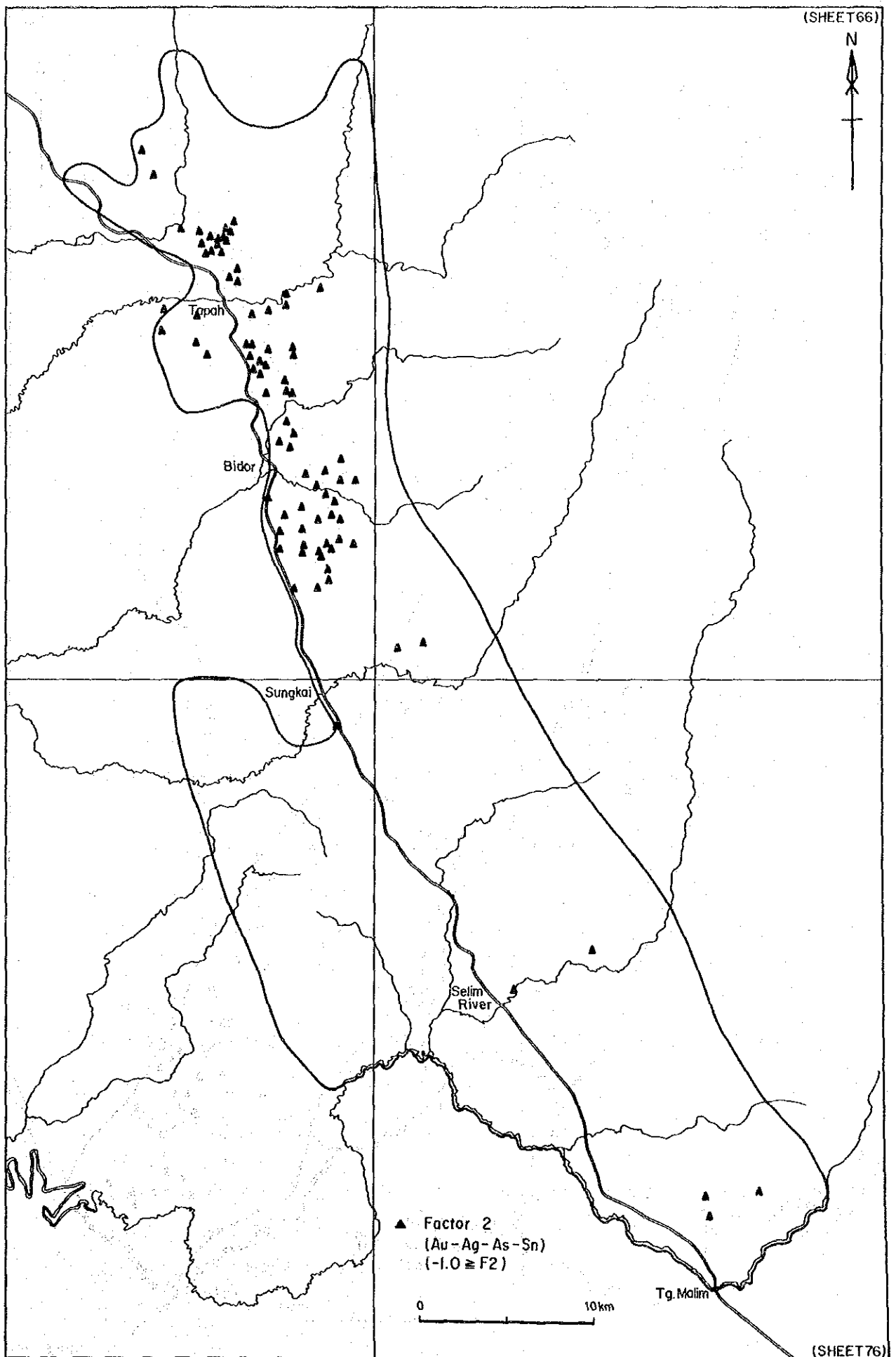


Fig. II-2-9 (2) Factor Analysis Map of Factor 2 in Heavy Mineral Concentrate

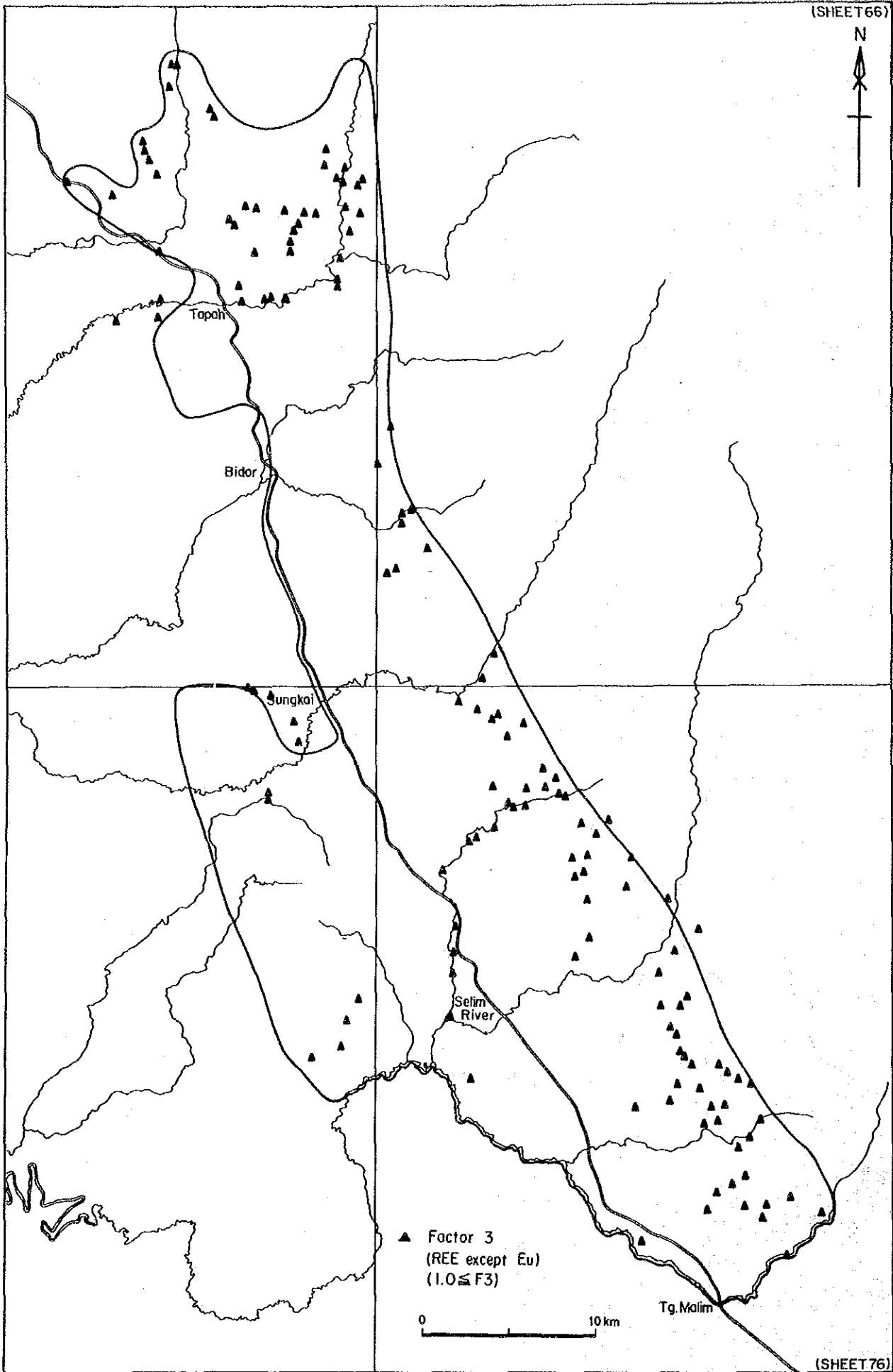


Fig. II-2-9 (3)

Factor Analysis Map of Factor 3 in Heavy Mineral Concentrate

第2因子の高得点値の分布は、単成分解析のAuの場合と全く同様である。Tapan-Bidor南部のBikam川間ハイウェイの東側に22km×(2~3)kmの規模を有する異常帯も、Main Range花崗岩に近接した(約5kmの距離)千枚岩帯中である。Bikam以南には、ほとんど異常値は認められない。

第3因子 (Euを除くレア・アース)

第3因子の高得点値は、第1因子と対照的にMain Range花崗岩体中又は極く接近した地点に得られている。Tapan北東の異常帯はBatang Padang川及びCerok川流域全体に広がっており、明らかに花崗岩体からもたらされたと考えられる。Gunung Batu PutehとTanjong Malim地区の異常帯は調査地区の東縁辺部に分布し、Main Range花崗岩に関係していると考えられる。レアアースの河川による移動は、この地形で5km位と想像されるが、Terolak川では、約20kmも移動したことを示している。Changkat Jong地区の北側異常は旧採掘による汚染を受けた可能性が強い。

(C) 河川堆積物

(1) 単成分解析

各成分ごとの平均値、最小値、最大値をTable II-2-5(1)に、各成分間の相関係数をTable II-2-5(2)に示す。

Au

Auの平均値は0.014ppm、しきい値0.026ppm(全体の20%に相当)、最大値0.494ppmである。0.047ppm以上の高異常値(後背地母集団のX+3Sに相当)はTapan北方3km付近とBidor東方のBidor川支流で得られた。前者は前節で説明した金粒の見える範囲に対応している。

Sn

Snの平均値は13.351ppm、しきい値:25ppm(全体の6%に相当)、最大値8,120ppmである。異常値は、Changkat Rembian地区、Batang Padang川流域、Gedong川の支流、Paku川上流などに分布している。Changkat Jong地区で得られたSunkai西方の異常は現在休山中の砂錫鉱山の人工汚染の可能性が大きい。

(2) 多変量解析

因子分析を行った結果第1因子が抽出された。因子負荷量、共通性、因子寄与率をTable II-2-5(3)に示す。

第1因子の解析図をFig. II-2-11に示す。

第1因子 (Sn-W)

因子得点が1.0以上を高得点として表示したが、Changkat Rembian花崗岩中とBidor東部のGemuroh川、Gepat川及び、Bikam川をカバーする広い範囲に得られている。又、Chanderiang部落の西側の山地にも比較的まとまったゾーンがある。

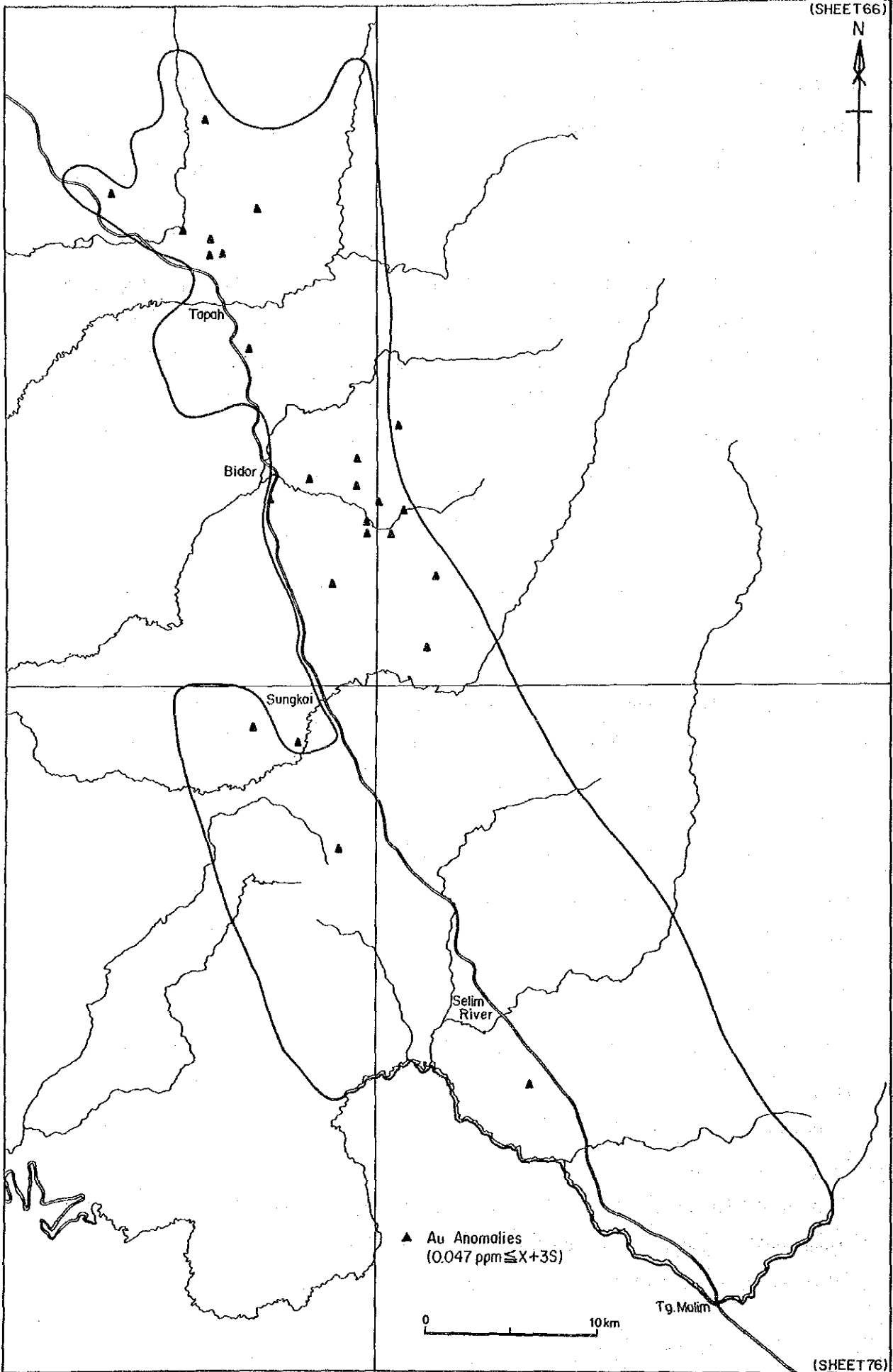


Fig. II-2-10 (1) Geochemical Anomaly Map of Au in Silt

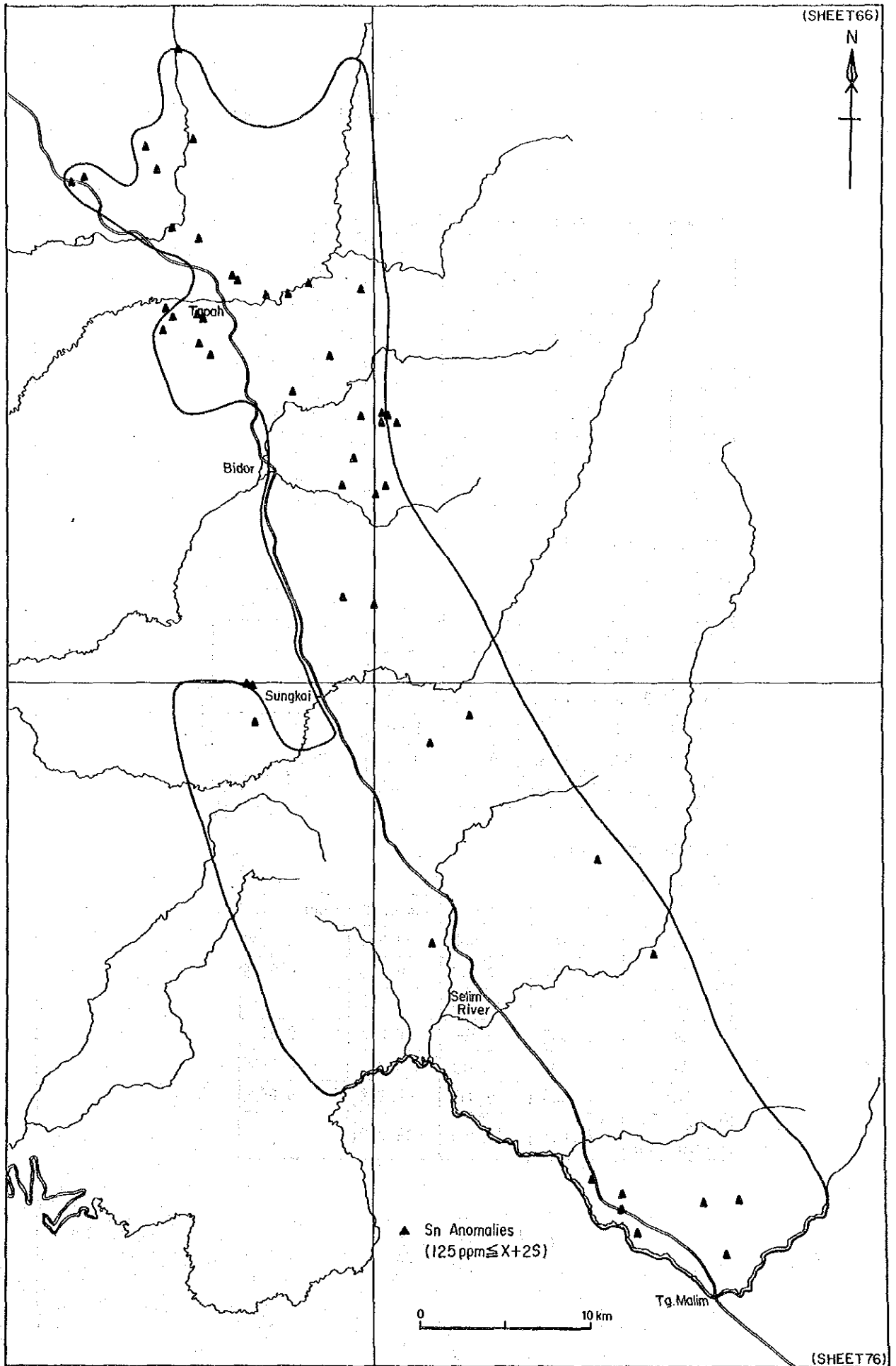


Fig. II-2-10 (2)

Geochemical Anomaly Map of Sn in Silt

Table II-2-5 Statistical Values of Each Element (Silt)

(1) Mean, Minimum and Maximum Values (ppm)

	Area A		
	MEAN	MIN	MAX
Au	.014	.006	.494
Ag	.066	.05	.80
As	8.593	3	400
Sn	13.351	5	8120
W	5.012	4	100
Hg	.031	.02	4.82
Ni	-	-	-
Co	-	-	-

(2) Correlation Matrix

(Area A)

	Au	Ag	As	Sn	W	Hg
Au	1.000					
Ag	-0.075	1.000				
As	0.060	0.001	1.000			
Sn	0.142	0.010	0.192	1.000		
W	0.092	0.035	0.178	0.398	1.000	
Hg	0.018	0.044	0.073	-0.054	-0.005	1.000

(3) Factor Loading

(Area A)

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Comunality
Au	0.158	-0.332	-0.053	0.1380
Ag	0.047	0.262	-0.059	0.0745
As	0.293	-0.052	-0.307	0.1824
Sn	0.632	-0.106	0.033	0.4113
W	0.629	0.025	-0.017	0.3965
Hg	-0.036	0.037	-0.282	0.0824
Factor Contribution	73.018%	14.465%	13.082%	

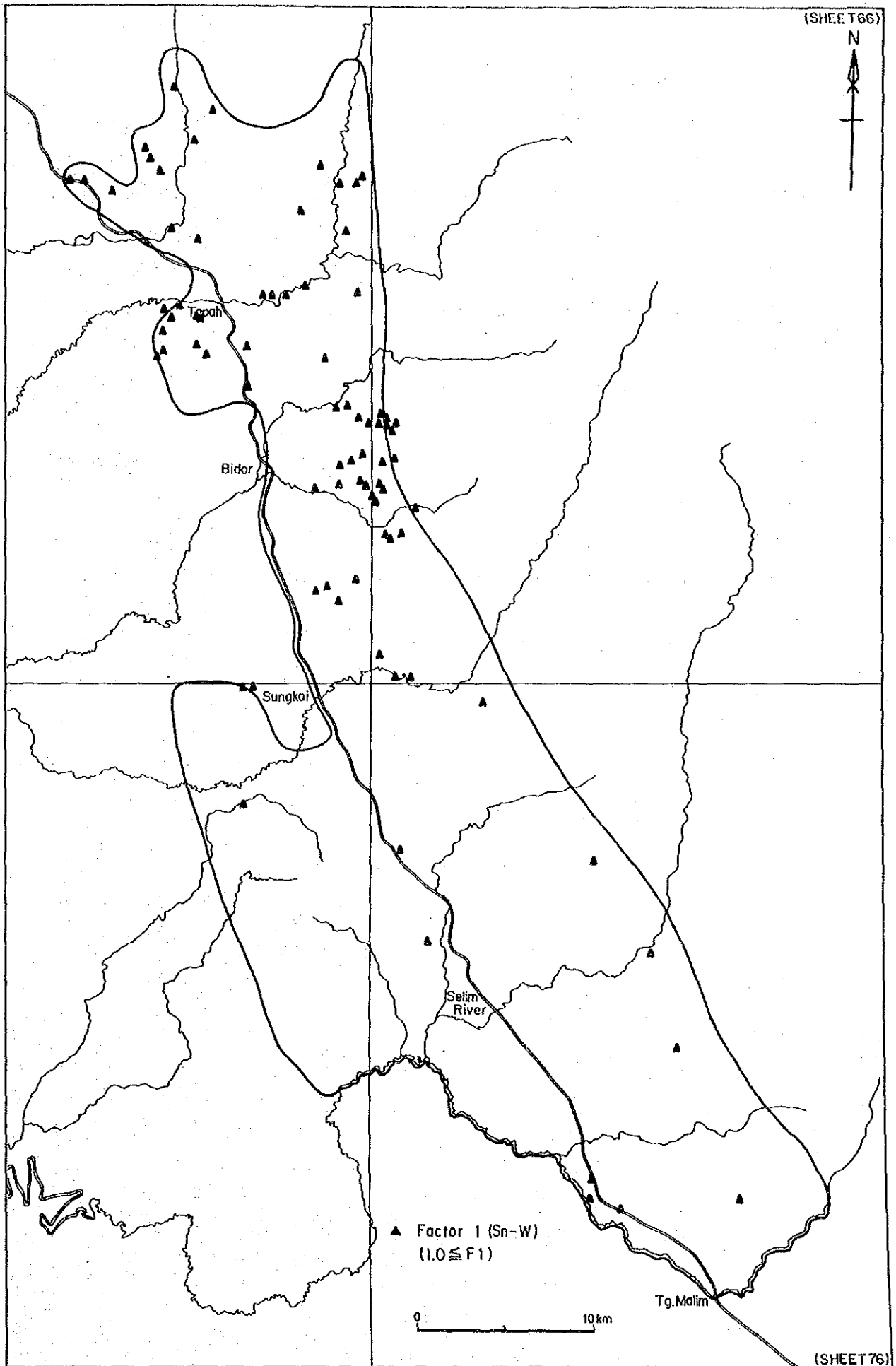


Fig. II-2-11

Factor Analysis Map of Factor 1 in Silt

2-2-2 地化学探査結果の考察

A地区の重鉱物の半定量鉱物鑑定、定量分析及び河川堆積物の定量分析結果は、それぞれ若干ずつ異っているが、異常の傾向はおおよそ合致している。

地化学異常は、Au, Sn, W 及びレアアースについて顕著であり、特に Au は、Tadah-Bidor-Sungkai 間のハイウェイの東側に大規模帯状の異常帯がある。すなわち Tadah 北方 7 km の Jang 川より Bikam 川まで幅 2 ~ 4 km, 延長 22 km に及ぶもので、物理探査を行った Bukit Mas も含まれる。この異常帯は、Main Range 花崗岩と Changkat Rembian 花崗岩に挟まれた千枚岩帯中であって、一部 Sn の異常を伴っている。

これとは対照的に、Changkat Rembian の Au 異常帯は花崗岩体中であって、ここでも Sn の異常が重複している。

W, レアアースの異常は、Main Range 花崗岩中又は境界付近にあつて、これらの成分が Main Range 花崗岩と密接な関係があることを示している。

Changkat Jong や Tanjong Malim 地区の千枚岩帯中にはレアアースを除いて顕著な地化学異常帯は存在せず、少数の異常値が散在するにとどまったので、鉱床賦存の可能性は低いと考えられる。