

マレーシア国ペラ地域
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

平成3年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱計資
CR4
91-69

マレーシア国ペラ地域
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

JICA LIBRARY



1103617(5)

24762

平成3年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

24762

はしがき

日本国政府はマレーシア国政府の要請に応え、同国のペラ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するために、地質調査・地化学探査、物理探査及びボーリング調査等の鉱床探査に関するしよ調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は、昭和63年度から平成2年度までの3ヵ年にわたって実施し、マレーシア国政府関係機関、特にマレーシア地質調査所の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は、3年間の調査結果を取りまとめたものである。

おわりに、本調査の実施に当たって御協力いただいたマレーシア国政府関係機関並びに外務省、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

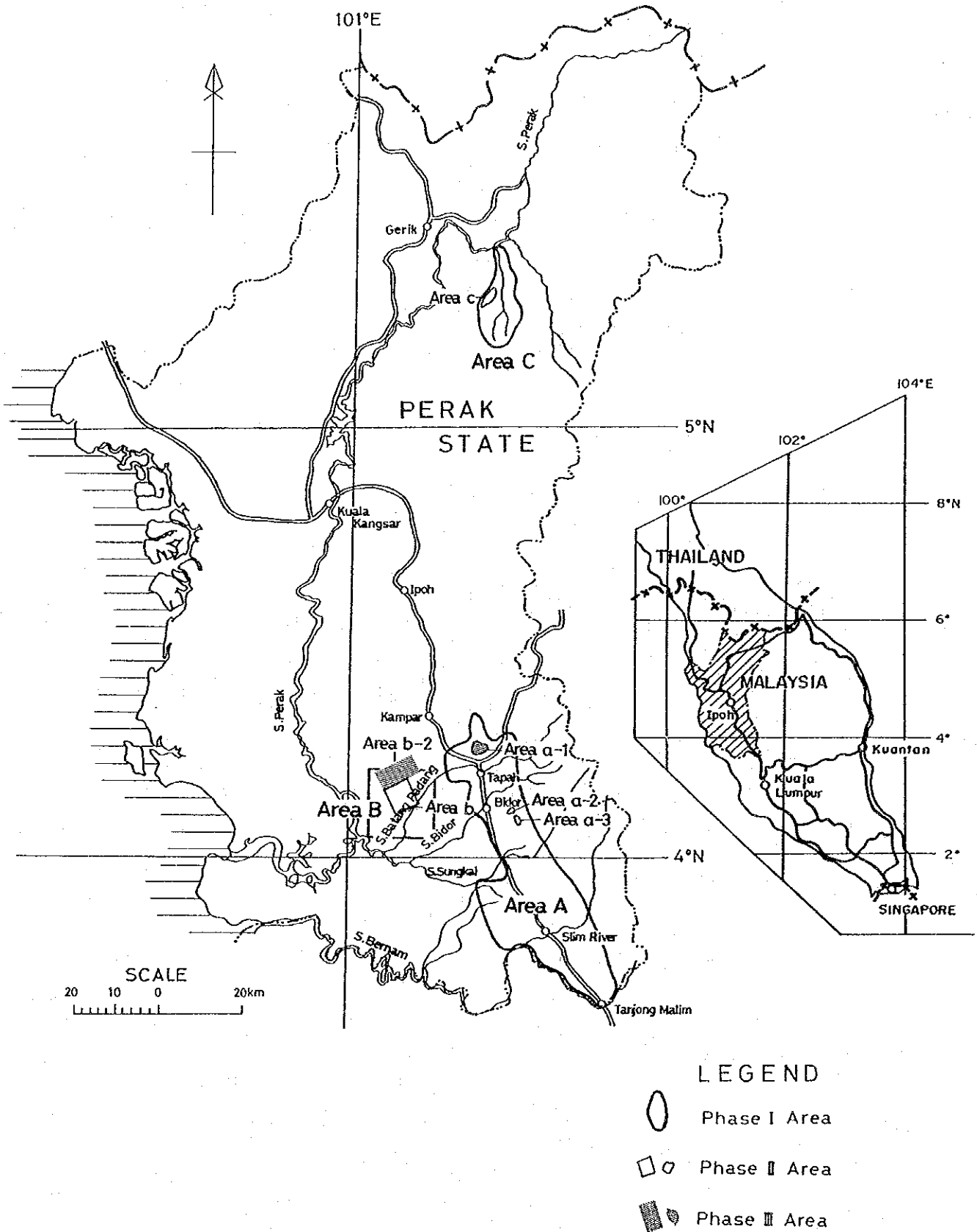


Fig.1 Location of the project area

要 約

マレーシア国ペラ地域の資源開発協力基礎調査は、ペラ州内のA、B及びC地区(Fig.1参照)合計1,390km²の範囲について、地質状況を解明すると共に鉱床賦存状況を把握する目的で、昭和63年度から3ヵ年にわたって実施した。

その第1年次(昭和63年8月～平成元年2月)には、A地区(面積1,060km²)に対して地質調査・地化学探査及び一部の地域の物理探査(CSAMT法)を、B地区(面積200km²)に対して既存資料の検討を、C地区(130km²)に対して地質調査・地化学探査をそれぞれ実施した。その結果、A・C両地区では、地質層序と地質構造を把握すると共に鉱床胚胎有望区域を抽出した。B地区においては、第2年次以降の砂錫鉱床探査法として重力調査の実施を提言した。

第2年次(平成元年6月26日～平成2年2月9日)の対象範囲は、第1年次調査によって抽出されたA地区よりa-1、a-2、a-3区域、B地区よりb区域及びC地区よりc区域の合計57km²から成る。そのうち、a-1、a-2及びa-3区域では、精度を高めた地質調査・土地化学探査を実施し、その中で、土壌中の特に高い金地化学異常帯が確認されたa-1区域北東部において、さらに精度を高めた土地化学探査とトレンチ調査を実施し、金鉱化作用の可能性の高い範囲を抽出した。また、c区域でも精度を高めた地質調査・岩石地化学探査を実施したが、この区域におけるポテンシャルは非常に低いことが判明した。一方、b区域では物理探査(重力法)及びボーリング(バンカー・ドリル)調査を実施して、第四紀砂礫層中の砂錫分布状況と基盤起伏状況を把握した。

第3年次(平成2年7月23日～平成3年2月27日)、a-1区域北東部では、土壌中の金地化学異常帯下部の鉱化状況を確認する目的で合計6孔約900mのボーリング調査を、B地区については、第2年次調査と同じ目的で、b-2区域(面積約25km²)で物理探査(重力法)を、b及びb-2区域で6孔合計442mのボーリング(バンカー・ドリル)調査をそれぞれ実施した。

a-1区域北東部のボーリング調査の結果、付近一帯が厚さ40mにも及ぶ崖錐堆積物で覆われていること、及び地表下約50mの珪化片岩中に最高Au 2.1ppmを含む潜頭性の初生金鉱化作用とAgを伴う微弱なベースメタル(Cu・Pb・Zn)の鉱化作用が存在することが明らかとなった。崖錐堆積物中に存在する金は、北東方の山塊斜面から片岩角礫と共に運ばれ濃集した可能性が高い。この種の崖錐堆積物はA地区a-1区域以外の区域にも存在する可能性がある。

一方、初生金鉱化作用については、現在確認している鉱化の品位が低く、その経済的な重要性は低い、初生金が珪化岩中にあり、Asと密接に関係して生じているという事実は、この地域の今後の初生金探鉱にとって有効な指針となるであろう。

B地区で実施した物理探査(重力法)及びボーリング調査の結果、大規模・高品位砂錫鉱層は、古流系チャンネル内で基盤深度が深く、しかも大規模な凹部の最下底部に存在する可能性が高いこと、さらに北東端部の重力基盤の深い落ち込みがこのような大規模な基盤の凹地に相当する可能性があることが明らかとなった。しかしながら、この地区の砂錫鉱層は、現在の採掘限界深度(60m)以下にあって錫品位も低いことから、現時点での経済性は低いと考えられる。

目次

はしがき

調査地域位置図

要約

第I部 総論

第1章 調査概要	1
1-1 調査概要	1
1-2 調査地域及び調査目的	1
1-3 調査方法及び調査量	2
1-4 調査期間及び調査団の編成	2
第2章 従来の調査	7
第3章 ペラ地域の地質概要	9
3-1 地質	9
3-2 鉍化作用	10
第4章 調査地域の状況	13
4-1 交通	13
4-2 調査環境	13
第5章 調査結果	15
5-1 第1年次の調査結果	15
5-2 第2年次の調査結果	16
5-3 第3年次の調査結果	17
第6章 結論及び提言	19
6-1 結論	19
6-2 将来への提言	20

第II部 各論

第1章 A地区	21
1-1 地質	21
1-2 地質構造	25
1-3 鉍化作用	25
1-4 地化学探査	27
1-4-1 岩石による地化学探査	27
1-4-2 パンニングによる重鉍物探査	27
1-4-3 河川堆積物による地化学探査	33
1-4-4 土壌による地化学探査	33

1-5	トレンチ調査	35
1-6	物理探査 (CSAMT法)	37
1-7	ボーリング調査	38
1-8	調査結果の検討	44
第2章	B地区	47
2-1	地質	47
2-2	鉍化作用	47
2-3	物理探査 (重力法)	47
2-4	ボーリング調査	51
2-5	調査結果の検討	52
第3章	C地区	55
3-1	地質	55
3-2	地質構造	55
3-3	鉍化作用	55
3-4	地化学探査	55
3-4-1	パンニングによる重鉍物探査	55
3-4-2	河川堆積物による地化学探査	63
3-4-3	岩石による地化学探査	64
3-5	調査結果の検討	64
第4章	調査結果の総合検討	67
4-1	A地区	67
4-2	B地区	68
4-3	C地区	68

第Ⅲ部 結論及び将来への提言

第1章	結論	69
第2章	将来への提言	71

参考文献

図表一覧

巻末

第I部 総論

第1章 調査概要

1-1 調査概要

ペラ州、特にキンタ溪谷 (Kinta Valley) は、今世紀初頭以来、世界最大の錫供給地の1つとして自由世界における錫消費量の50%以上を供給し、ペラ州における社会的・経済的發展に重要な役割を果たしてきた。しかしながら、鉱量の枯渇と市況の低迷等により、ここ数年間の生産量は大幅に減少して来ている。

このような状況から、マレーシア政府は、錫やその他の鉱物の新しい資源を求めて、1987年、ペラ地域の資源開発協力基礎調査を日本政府に要請した。

この要請に応えるために、日本国政府により派遣された国際協力事業団 (JICA) 及び金属鉱業事業団 (MMAJ) のミッションは、1988年3月、マレーシア地質調査所 (GSM) との間で作業協定を締結し、同年7月、同地域の資源開発協力基礎調査を3ヵ年計画で開始した。

1-2 調査地域及び調査目的

本調査の対象地域は、過去の採掘記録や地質・地化学データに基づいて、GSMが選んだA、B、Cの3地区である (Fig.1参照)。3地区共に、地質状況を解明し、鉱床賦存状況を把握することを目的とする。

(1) A地区

A地区は、ペラ州の州都イボの南方60kmのタパ (Tapah) から、セランゴール州との境界の町タンジョン・マリム (Tanjong Malim) まで、国道1号線に沿う幅約10~20km、延長約80km、面積1,060km²の範囲にある。この地区の目的鉱物は、金、錫、タングステン及びレア・アース鉱物である。

a-1、a-2及びa-3区域はいずれもA地区内にある。そのうち、a-1区域はタパの約3km北方に位置し、Chenderiang川の支流であるJong川の水系をすべて含む6.0km²の面積を占めている。a-2区域はビドー (Bidor) の約3km東方に位置し、ビドー川とGepat川の合流点付近の蛇行地帯を含む面積0.5km²の範囲にある。また、a-3区域はa-2区域の南東約3kmに位置し、ビドー川の支流であるChebor川の全水系を含む範囲で、面積約2.5km²を占めている。

(2) B地区

B地区は、Batang Padang川とビドー川の合流点の南側、面積約200km²の矩形範囲にある。ここでは、砂錫鉱床の探査を目的としている。

b区域はB地区のほぼ中央部で面積約30km²、b-2区域はb区域の北西側に隣接する面積約25km²をそれぞれ占めている。

(3) C地区

C地区は、ペラ川の上流のタイ国境付近に位置し面積130km²を占めている。この地区の目的鉱物は、金、錫、タングステン及びレア・アース鉱物である。

c区域は、C地域西端で、ペラ川の支流Gerik川の上流部、Jopal川の水系を含む面積約18km²

の範囲にある。

1-3 調査方法及び調査量

第1年次(昭和63年度)から第3年次(平成2年度)までの3年間の調査の流れは、Fig. I-1-1に、調査方法及び調査量はTable I-1-1に、分析項目及び成分等の数量はTable I-1-2にそれぞれ示している。

1-4 調査期間及び調査団の編成

昭和63年8月1日に第1年次の現地調査を開始し、平成2年11月23日にすべての現地調査業務を完了した。各年次の調査期間をTable I-1-3に、調査団の編成を以下に示す。

第1年次調査計画及び折衝

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 Chang	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	Shu Yeak Khoon	地質調査所
-	-	Chu Ling Heng	地質調査所

第1年次現地調査団

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

第2年次調査計画及び折衝

日本側		マレーシア側	
増田信行	金属鉱業事業団	Yin Ee Heng	地質調査所
-	-	Fateh Chang	地質調査所
-	-	Shu Yeak Khoon	地質調査所
-	-	Chu Ling Heng	地質調査所
-	-	Loh Chiok Hoong	地質調査所

第2年次現地調査団

団長・地質調査	淵本 決	大手開発㈱	Loh Chiok Hoong	地質調査所
地質調査	山川 正	大手開発㈱	Mohd Anuar Mohd Yosof	地質調査所
地質調査	-	-	Mohd Suhaili Ismail	地質調査所
物理探査	福田 浩	大手開発㈱	Dzazali Ayub	地質調査所
物理探査	加藤雅胤	大手開発㈱	-	-

第3年次調査計画及び折衝

日本側		マレーシア側	
古宇田亮一	通商産業省	Yin Ee Heng	地質調査所
霜鳥 洋	金属鉱業事業団	Fateh Chang	地質調査所
-	-	Shu Yeak Khoon	地質調査所
-	-	Foo Khong Yee	地質調査所
-	-	Loh Chiok Hoong	地質調査所

第3年次現地調査団

日本側		マレーシア側		
団長・コア調査	林 育浩	大手開発㈱	Loh Chiok Hoong	地質調査所
コア調査	-	-	Mohd Anuar Mohd Yosof	地質調査所
コア調査	-	-	Mohd Suhaili Ismail	地質調査所
物理探査	福田 浩	大手開発㈱	-	-
物理探査	加藤雅胤	大手開発㈱	-	-
ボーリング	関口茂男	大手開発㈱	Nordin bin Abdullah	地質調査所
ボーリング	小館善蔵	大手開発㈱	Arshad bin Musa	地質調査所
ボーリング	工藤徳蔵	大手開発㈱	Jernail Singh	地質調査所
測量	-	-	Abu Bakar Che Ngah	地質調査所

調査の流れ

第1年次

A地区 (1,060km²)

【目的】
地質状況および鉱床賦存状況を把握し、Bukit Mas地区では、GSMによる金地化学異常帯の下部状況を把握する。

【調査方法】
地質調査 375km
沢砂地化探 603個
コンソート 605個
CSAMT 115点

【結論】
国道1号線の東側に、幅2~4km延長22kmに及ぶ大規模な金地化学異常帯の存在が明らかとなった。Bukit Mas地区のCSAMTでは鉱化帯を示唆するような比抵抗構造は認められない。

B地区 (200km²)

【目的】
既存の地質データを検討して、基盤の起伏状況や沖積層の性質を調査するに最適な物理探査計画を策定する。

【調査方法】
既存地質データの検討
Loh C.H. (1987) 他
GSM所有資料

【結論】
第四紀層中の砂錫鉱床賦存の可能性は、Changkat Jong地区よりも隣接する Teluk Intan地区の方が高い。最適な探鉱法は、グリッド・ボーリングである。

C地区 (130km²)

【目的】
地質状況を明らかにし鉱床賦存状況を把握する。

【調査方法】
地質調査 72km
沢砂地化探 155個
コンソート 155個

【結論】
地化学異常の帯状分布 (Main Range花崗岩体から結晶片岩帯に向けて、レアアース・錫→タングステン→金) が認められ、金および錫の鉱化作用の存在する可能性がある。

第2年次

a-1区域 (6.0km²)

【目的】
金の濃集の程度とその広がりおよび地質との関係を明らかにし、有望地域を抽出する。

【調査方法】
地質調査 62km
トレンチ 113m
土壌地化探 556個

【結論】
幅0.6km、延長1.4km、平均金含有量0.410ppmの地化学異常帯を捕捉

a-2区域 (0.5km²)

【目的】
金の濃集の程度とその広がりおよび地質との関係を明らかにし、有望地域を抽出する。

【調査方法】
地質調査 3km
土壌地化探 34個

【結論】
小規模な金地化学異常帯を捕捉

a-3区域 (2.5km²)

【目的】
金の濃集の程度とその広がりおよび地質との関係を明らかにし、有望地域を抽出する。

【調査方法】
地質調査 15km
土壌地化探 132個

【結論】
小規模な金地化学異常帯を捕捉

b区域 (30.0km²)

【目的】
第四紀層中の砂錫鉱床の分布を規制する基盤岩の起伏状況および砂錫の賦存状況を把握する。

【調査方法】
重力探査 860点
ボーリング3孔、237.3m

【結論】
基盤の凹凸は把握したが、ボーリング地点は必ずしも凹部には位置していないことが明らかとなった。

c区域 (18.0km²)

【目的】
沢砂中の金、錫およびレアアース地化学異常帯について、鉱化作用の分布状況を明らかにする。

【調査方法】
地質調査 57.7m
岩石地化探 123個

【結論】
花崗岩体中にあるが、金、錫、レアアースいずれの地化学異常も、その程度・規模が小さい。

第3年次

a-1区域 (約6.0km²)

【目的】
トレンチ等で捕捉した地化学異常帯の下部に期待される異常源 (含金石英脈) の存在をボーリングによって確認する。

【調査方法】
ボーリング6孔、903.3m

【結論】
金は産錫堆積物中と基盤岩中の両方に存在する。確認された鉱化はいずれも低品位であるため、現時点では経済的価値は低い。

b区域

【目的】
第2年次の重力探査で推定した基盤の凹地における基盤深度と砂錫分布状況をボーリングで確認する。

【調査方法】
ボーリング3孔、207.0m

【結論】
北東部に高品位砂錫層胚胎の可能性が高い大規模な基盤の凹地が存在するが、推定深度が深いため現時点での経済的価値は低い。

b-2区域 (22.5km²)

【目的】
基盤の起伏状況を重力探査によって明らかにすると共に、推定した基盤の凹地における錫鉱化作用をボーリングにて確認する。

【調査方法】
重力探査 613点
ボーリング3孔、235.4m

Fig. I-1-1 Flow of the project

Table I-1-1 Amount of surveys, Phase I, II and III

Phase I(1988)

Method	Area	Items	Quantities	
Geological and geochemical survey	A	Survey area	1,060 km ²	
		Survey route length	374 km	
		Number of samples collected		
			Heavy mineral concentrate	605 pcs
			Silt	603 pcs
			Rock	100 pcs
Geological and geochemical survey	C	Survey area	130 km ²	
		Survey route length	72 km	
		Number of samples collected		
			Heavy mineral concentrate	155 pcs
			Silt	155 pcs
			Rock	50 pcs
Geophysical Survey (CSAMT)	A	Survey area	4 km ²	
		Number of points measured	115 points	

Phase II(1989)

Method	Area	Items	Quantities	
Geological and geochemical survey	a-1	Survey area	9 km ²	
		Survey route length	80 km	
		Length trenched	113 m	
	a-2	a-3	Number of samples collected	
			Soil	722 pcs
			Rock	10 pcs
Geological and geochemical survey	c	Survey area	18 km ²	
		Survey route length	57.7 km	
	c	Number of samples collected		
		Rock	123 pcs	
Geophysical Survey (Gravity method)	b	Survey area	30 km ²	
		Number of points measured	860 points	
Drilling (Banka drill)	b	Length drilled	237.3 m	
		MJMP-1	98.0 m	
		MJMP-2	76.5 m	
		MJMP-3	62.8 m	

Phase III(1990)

Method	Area	Items	Quantities
Drilling (Diamond Drilling)	a-1	Length drilled	903.30 m
		MJMP-10 (45° , -30°)	150.60 m
		MJMP-11 (45° , -30°)	160.50 m
		MJMP-12 (45° , -30°)	150.50 m
		MJMP-13 (45° , -60°)	140.40 m
		MJMP-14 (45° , -60°)	150.60 m
Geophysical Survey (Gravity method)	b-2	Survey area	22.5 km ²
		Number of points measured	613 points
Drilling (Banka drill)	b	Length drilled	441.8 m
		MJMP-4	66.0 m
		MJMP-5	70.0 m
	b-2	MJMP-6	71.0 m
		MJMP-7	71.1 m
		MJMP-8	79.2 m
		MJMP-9	84.5 m

Table I-1-2 Amount of laboratory studies, Phase I, II and III

Laboratory study	Phase I(1988)	Phase II(1989)	Phase III(1990)
(1) Thin section	21pcs	12pcs	40pcs
(2) Polished section	16pcs	6pcs	15pcs
(3) X-ray diffraction analysis	20pcs	18pcs	15pcs
(4) Chemical analysis			
a) Geochemical sample			
Heavy mineral concentrate	852pcs	-	-
Nb, Ta, U, Th, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu			
Rock	150pcs	133pcs	-
Nb, Ta, U, Th, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu			
b) Whole rock analysis	20pcs	-	-
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			
c) Ore analysis	10pcs	17pcs	-
Au, Ag, Pb, Zn, Cu, As, W, Sn, Nb, Ta, U, Th,			
La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu			
(5) Physical property measurement	10pcs (Resistivity)	26pcs (Density)	-

Table I-1-3 Time schedule of the three phases

Phase	Survey	Period
Phase I (1988)	Geological and geochemical survey	Aug. 1, 1988 ~ Nov. 9, 1988
	Geophysical survey	Aug. 26, 1988 ~ Oct. 8, 1988
Phase II (1989)	Geological and geochemical survey	Jun 26, 1989 ~ Nov. 2, 1989
	Geophysical survey	Jun 26, 1989 ~ Sep. 12, 1989
	Drilling survey	Jul. 17, 1989 ~ Sep. 21, 1989
Phase III (1990)	Core logging and interpretation	Jul. 23, 1990 ~ Nov. 23, 1990
	Geophysical survey	Jul. 30, 1990 ~ Sep. 22, 1990
	Drilling survey (Diamond drilling)	Jul. 30, 1990 ~ Oct. 27, 1990
	Drilling survey (Banka drilling)	Sep. 15, 1990 ~ Dec. 30, 1990

第2章 従来の調査

マレー半島の広域的な地質について論じた代表的な論文には、Hutchison, C. S. (1977)がある。彼は、マレー半島を4つの構造帯、すなわち西側より東側に向って、西部安定陸棚 (Western Stable Shelf)、中央山脈帯 (Main Range Belt)、中央地溝 (Central Graben)、東部帯 (Eastern Belt) に大別している。西部安定陸棚は、マレー半島で最古の岩石と考えられている前期～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。主山岳帯は、等斜褶曲を成す前期～後期古生代の変堆積岩類と、これを貫くMain Range花崗岩バソリスで構成されている。中央地溝帯は、激しく褶曲した後期古生代の堆積岩類と、これを覆う緩く褶曲した中生代の堆積岩類で構成されており、花崗岩類はほとんど伴わない。東部帯は、後期古生代の堆積岩類と、これを南北方向に貫く多数の花崗岩質岩 (Eastern花崗岩) で構成されている。

また、彼は、同位体年代、岩質、地化学的データを総合的に研究し、Main Range花崗岩とEastern花崗岩の構造発達について論じており、その後、同 (1978) では、Main Range花崗岩は大陸の衝突によって生じたと述べている。

一方、Rajah, S. S. et al. (1977) は、Eastern花崗岩と鉍化作用との関係について論じており、鉍化作用は花崗岩体の周縁部または頂部に限られるとし、錫その他の金属鉍床を探查するために、花崗岩体と堆積岩類の接触部付近の精密な地質図の作成を推奨している。

本調査地域及びその周辺の地質鉍床については、マレーシア地質調査所の調査資料がある。これらの資料の中で特に重要と考えられる資料には次のものがある。

Ingham, F. T. (1938) は、本調査地域A地区内のTapah及び西隣のTeluk Anson (Teluk Intanの旧名) 周辺の地質・鉍床を調査し、花崗岩類と堆積岩類を詳細に記載して当時稼行中の20鉍山について簡単に紹介している。

Gan, A. S. (1978) は、同じA地区の南部のTanjong Malim地区の地質調査を実施し、この地区の堆積岩類が古生代デボン紀中期以降のものであることを明らかにした。また、同時に河川堆積物による地化学探查を実施し、錫、チタン、レア・アース等の有望区域を抽出している。

Loh, C. H. (1987) は、Teluk Intan地区の第四紀層について、過去に実施された多数のボーリング・データを総合的に検討して各層の堆積環境を解明し、南東部のLabu Kubung地区 (本調査地域B地区に相当) では基盤岩直上に高品位錫鉍層が期待できると結論付けている。

Chand, F. et al. (1968) は、本調査地域C地区のRingat川で実施した地質・地化学概査の調査資料 (未発表) である。この資料中のある重鉍物の分析結果は、この地区にも錫や金の鉍化作用が存在する可能性を示している。

Lee, S. L. et al. (1985) は、A地区内のBukit Mas地区の地質精査、土地化学探查及びボーリングを実施し、土壌中の金の分布状況を明らかにした。

第3章 ペラ地域の地質概要

3-1 地質

Hutchison, C.S. (1977)によると、マレー半島は、西側から順に西部安定陸棚 (Western Stable Shelf), 中央山脈帯 (Main Range Belt), 中央地溝 (Central Graben) 及び東部帯 (Eastern Belt) の4つの構造帯に大別される (Fig. I-3-1及び脚注参照)。

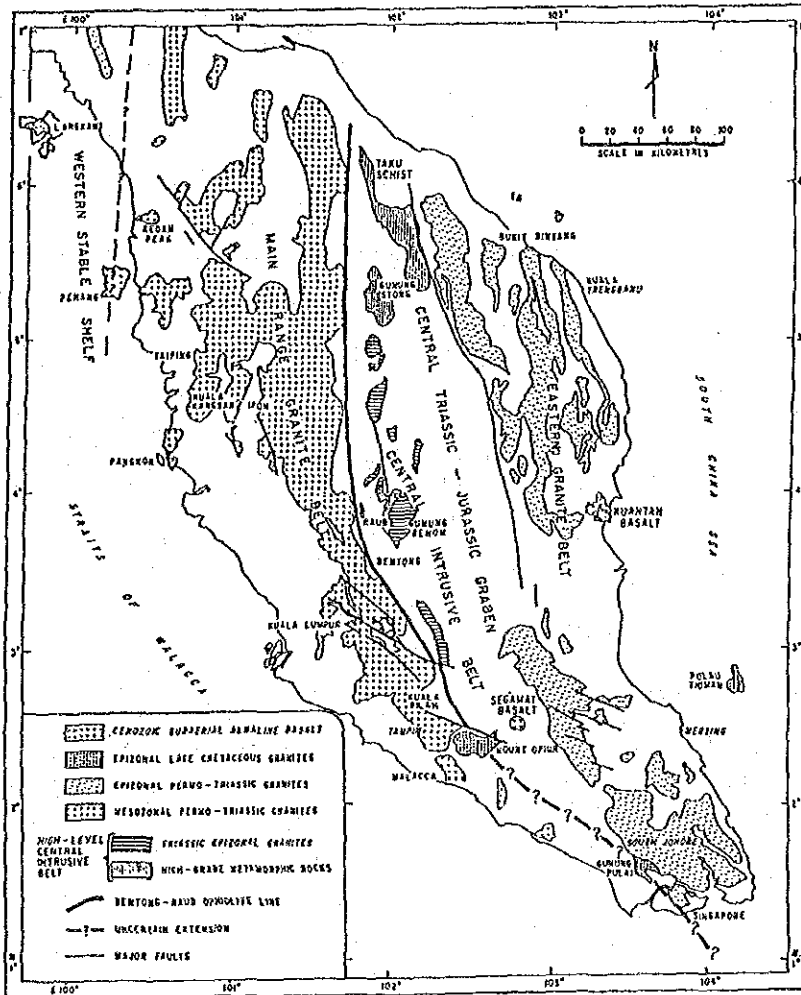


Fig. I-3-1 Map showing major tectonic regions in Peninsular Malaysia

本調査地域 (A・B・C地区) が位置している中央山脈帯は、等斜褶曲を成す古生代の変堆積岩類とこれを貫く Main Range 花崗岩のバソリスで構成されている。調査地域のうちの A 及び C 地区は、この図で、中央山脈帯のそれぞれ中央部及び北部にあり、古生代の変堆積岩類と Main Range 花崗岩の接触部付近、B 地区は、さらに西方の沖積層分布域内に位置している。

(脚注) 大別した4つの構造帯の中の中央地溝帯とは、Fig. I-3-1において CENTRAL TRIASSIC-JURASSIC GRABEN に CENTRAL INTRUSIVE BELT を含めたものである。

第2年次までの調査により，“a-1区域に露出する変堆積岩類は，変砂岩の薄層を伴う主として千枚岩からなり，これを貫く花崗岩には，斑状組織を示すMain Range花崗岩バソリスの他に，等粒状組織を示すChangkat Rembian花崗岩の岩株が存在すること”が明らかになっている。しかしながら，この地域は厚い表土に覆われていて新鮮な岩石の露出が限られているために，これまでの地表調査では風化岩や時には表土から地質を推定したものもあり，地質境界については必ずしも正確なものとは言い難い。第3年次のボーリング調査の結果で，この区域には露出が認められていない角閃岩や片岩が下部に存在すること，これまで千枚岩に含まれていた範囲の一部に沖積層と同時期か，それよりも新しい崖錐堆積物が存在すること等，新事実が明らかになっている。

3-2 鉍床 (Fig. I-3-2参照)

ペラ州の州都イボから南に広がるキンタ溪谷は，100年以上も前から知られている砂錫の産地であり，同時に砂金の産地でもある。砂錫鉍床は，キンタ溪谷の第四紀層中に胚胎しており，通常，砂錫及び少量の砂金の他にイルメナイト，ジルコン，モナザイト及びゼノタイム等のレアアースを伴っている。初生錫鉍床及び鉍徴は，熱水鉍化作用あるいはスカルン鉍化作用に伴って，主としてMain Range花崗岩中あるいはその極く近辺に点在している。熱水鉍化作用に伴って生成した錫鉍床は，錫石-硫砒鉄鉍-石英脈で，黄鉄鉍，黄銅鉍，方鉛鉍等の硫化鉍物を随伴しているものや，錫石-鉄マンガン重石-石英脈で，硫化鉍物等を随伴するものもある。

初生金鉍床及び鉍徴は，唯一，タバ南東方約2kmで千枚岩中の含金石英脈を過去に採掘した記録がある (Bukit Mas金鉍床，脚注参照) 以外には知られていない。

銅，鉛，亜鉛などのベースメタルについては，生産実績のある鉍床は存在しないが，極く小規模な鉍床及び鉍徴地がキンタ溪谷中でMain Range花崗岩縁辺部の随所に点在している。

その他，この地域では，非金属鉍物のカオリン鉍床が重要である。カオリンは，タバからビド (Bidor) にかけて小規模に露出するChangkat Rembian花崗岩の南東縁1.5km×4kmの範囲に生じている。

(脚注) GSMが地質精査，土地化学探査及びボーリングを実施 (Lee S.L. et al., 1985) しており，第1年次調査で物理探査 (CSAMT法) を実施している。

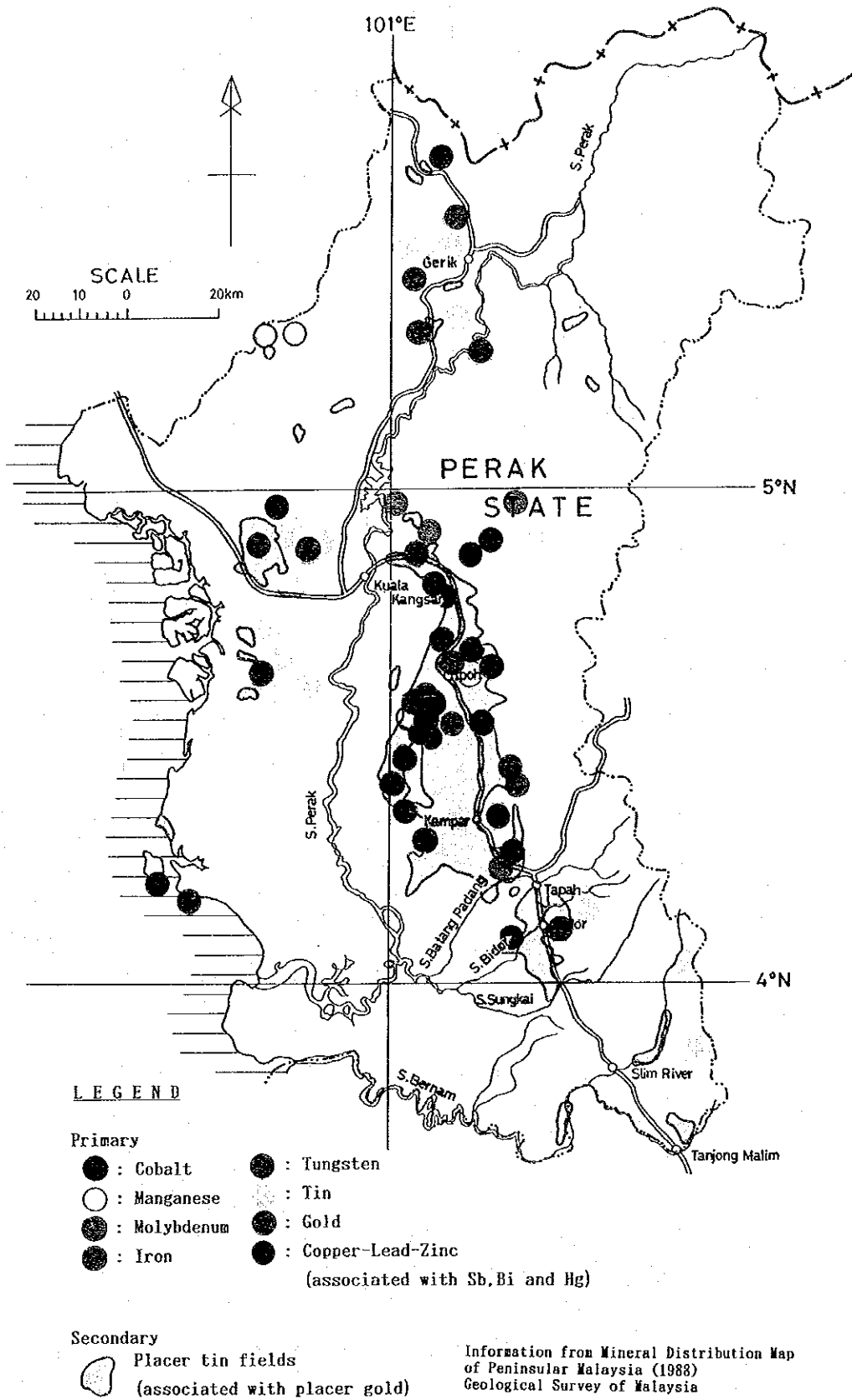


Fig.1-3-2 Mineral resources distribution in the State of Perak

第4章 調査地域の状況

4-1 位置及び交通

調査対象のA、B及びCの3地区はいずれもペラ州内にあり、首都クアラルンプールから、最も南に位置しているA地区は約100km、最も北に位置しているC地区は約250kmの距離にある。

A地区は、州都イボ (Ipoh) の南方約60kmのタパ (Tapah) から、ペラとセランゴール (Selangor) 両州の州界にある町Tanjong MalimまでNNW-SSE方向に細長く延びた範囲である。クアラルンプールとイボを結ぶ鉄道とハイウェイが調査地区の西側を縦走しているため、交通は比較的至便である。

B地区は、タパの南西方約20kmに位置しており、タパとテル・インタン (Teluk Intan) を結ぶ主要道路が通過しているため、交通は至便である。

C地区は、イボの約150km北方にある町ゲリック (Gerik) の南東方約20kmに位置している。調査地区への交通は不便である。ゲリックからフェリーを利用してペラ川を渡り、そこから地区西端の尾根まで林道を約25km東行するか、ゲリックからペラ川沿いの道路をBersia部落まで約10km走り、そこからペラ川をボートで約5~6時間さか上って地区北端に到達する2ルートに限られる。

4-2 調査環境

4-2-1 地形及び水系

A地区は、Main Rangeと呼ばれている山脈 (海拔1,500~2,000m) の西側斜面と、さらに西側の平坦地 (海拔50m以下) からなっている。西側の平坦地には、かつて砂錫を採掘し現在は水没して池になっているピットが随所に見られる。主要な水系は、Main Rangeに源を發し南西方向に流下するBatang Padan川、Bidor川、Sungkei川、Bernam川支流のSlim川で、いずれも水量豊富である。

B地区は、A地区のさらに西方に位置する海拔20m以下の平坦地で、大部分が水田になっている。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区域は、Main Range内の海拔100~1,700mの山岳地帯で、ペラ川の一支流Gerik川の全流域を占めている。大半がジャングル地帯であるが、現在、伐採が急ピッチで進んでいる。

4-2-2 気候及び植生

(1) 気候

マレーシアは熱帯モンスーン地帯にあり、日本のような四季はないが、11月~3月は北東モンスーン期で比較的雨が多く、マレー半島東海岸やサバ、サラワクでは雨季となる。6月~9月は南西モンスーン期で、全国的に乾燥した天気となるが、それでも時折スコールがある。

Fig. I-2-1は、プロジェクト地域の月別平均気温と平均降雨量を示している。気温は、ほぼ26~27°Cで年間を通じてほとんど変わらないが、ここでも南西モンスーンの影響を受けて、6月~8月

は比較的雨が少ないようである。

(2) 植生

A地区については、東部の山岳地帯を除いて、ほとんどジャングルを見ることはできない。平野部は開発が進んでおり、南北に延びる国道の西側は、砂錫採掘跡が随所に点在する不毛地帯、東側はゴム園やオイル・パーム園が広範囲に存在する。a-1地区の大半はゴム園とオイル・パーム園で占められており、6孔のボーリング地点は、いずれもオイル・パーム園の中にある。

B地区は平坦で水田が大半を占めており、その他、ゴム園やオイル・パーム園も存在する。

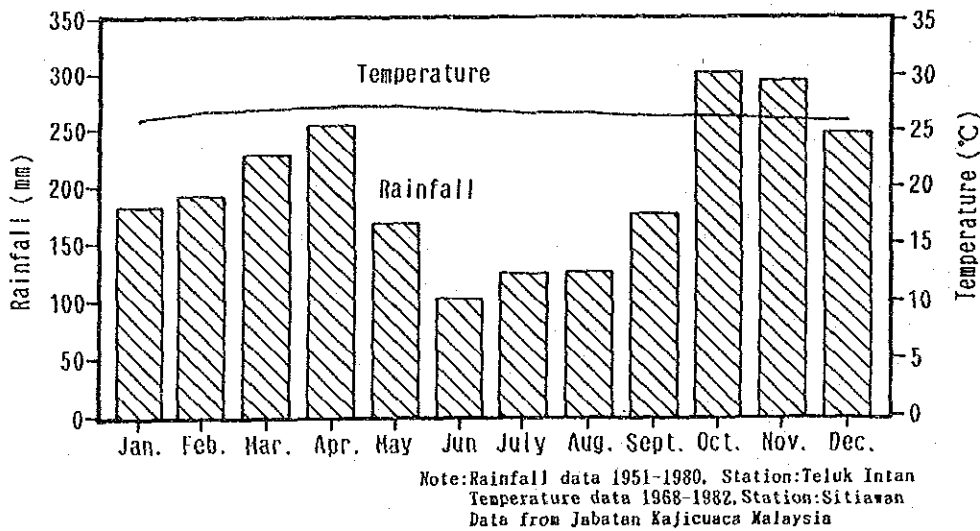


Fig. I-4-1 Monthly average temperature and rainfall in project area.

第5章 調査結果

5-1 第1年次の調査結果

5-1-2 A地区

全域の地質調査、河川堆積物(シルト)及び重鉱物を対象とした地化学探査、並びに一部の地域の物理探査(CSAMT法)を実施し、次の事実が明らかになった。

①A地区には、古生代のTerolak層及びBelata層のいずれも変堆積岩類と、これらを貫くMain Range花崗岩及びChangkat Rembian花崗岩が分布している。変堆積岩類は主として千枚岩と変砂岩から成り、NNW-SSE方向に軸をもつ西傾斜の等斜褶曲を成す。Main Range花崗岩及びChangkat Rembian花崗岩は、その鉱物・化学組成が類似していることから、これらの貫入時期はほぼ同時と推定される。

②初生鉱化作用は、花崗岩の貫入時の割れ目に沿う、金、錫、タングステン等の脈あるいは網状脈である。また、鉱化作用は、花崗岩中あるいはその縁辺部に沿うグライゼン化あるいは強いカオリン化に伴われている。

③レア・アースの地化学異常は花崗岩分布域内に、錫・タングステンの異常は変堆積岩類と花崗岩の接触部付近に、金の異常は変堆積岩類中に存在する。その中で、金の地化学異常帯は、約60km²の面積を占め、Tapah-Bidor-Sungkaiハイウェイの東側に広範囲に分布している。この異常帯は、さらに、北部異常域、Bukit Mas異常域及び南部異常域の3つの異常域に分けられる。その規模と金含有量から、北部異常域が初生金鉱化作用の可能性が高い。

④Bukit Mas地区で実施された物理探査(CSAMT法)により、調査範囲の東部と西部に、変砂岩層の分布にほぼ一致する高比抵抗帯が検出されたが、鉱化作用に関係するような比抵抗構造は、検出されなかった。したがって、Bukit Mas地区の金鉱化作用は、限られた範囲に分布する石英細脈群によるものと推定される。

5-1-2 B地区

Changkat Jong地区とTeluk Intan地区の既存データの検討結果、次の点が明らかとなった。

①砂錫鉱床賦存の可能性は、Teluk Intan地区の方が高い。

②Teluk Intan地区のLabu Kubung付近における砂錫は、地表下50~80mの基盤岩直上で、しかも基盤岩の古流系チャンネル内に濃集している。

③このチャンネルの輪郭を把握するための最良の物理探査法は重力探査である。

5-1-3 C地区

全域の地質調査、河川堆積物(シルト)及び重鉱物を対象とした地化学探査を実施し、次の事実が明らかになった。

①この地区には、古生代の片岩と、これを貫くMain Range花崗岩が分布している。

②初生錫鉱化作用は、錫石-電気石-石英脈として花崗岩と片岩の接触部付近に存在している。

③地化学異常の中で、Auは片岩中に、Wは花崗岩との接触部付近に、錫は花崗岩中に存在し、帯状配列を示している。

④この地区はレア・アースと錫のポテンシャルの高い地区である。

5-2 第2年次の調査結果

5-2-1 A地区

第1年次調査によって抽出されたa-1、a-2及びa-3区域で、さらに精度を高めた地質調査、グリッドによる土地化学探査、及び一部でトレンチ調査を実施した。主な結果は次の通りである。

(1) a-1区域

①この地区には、Terolak層の変堆積岩類と、これを貫くMain Range花崗岩及びChangkat Rembian花崗岩が分布している。

②北東部の花崗岩接触部付近及び中南部に、0.026ppm Au以上の大規模な金地化学異常帯が存在する。北東部の金異常帯は、幅0.6km×延長1.4kmの面積を占め、平均0.41ppm、最高2.71ppmのAu含有量を示している。この異常帯内には、平均814ppm、最高2,248ppmのAs異常帯を伴っている。

③中南部の金異常帯は北東部の異常帯に比べて金分析値が低く、この異常帯ではAsの顕著な異常は認められない。

④北東部の金異常帯の北部で開削した5本のトレンチで、土壌中に0.27ppm~3.57ppmの高い金分析値が得られ、深度と共に増加する傾向にあることが判明した。予想される金鉱化作用は、千枚岩の葉理に平行な石英脈に関係しているようである。

(2) a-2区域

①この区域の地質は、Terolak層の黒色千枚岩とこれを貫くMain Range花崗岩で構成されている。

②Au及びAsの地化学異常が花崗岩体東側の千枚岩中に生じているが、Au分析値の平均値と最高値はa-1区域の異常帯のそれぞれ1/4と1/13、同様にAsは1/4と1/11である。a-1区域と地質的には類似しているが、初生金鉱化作用が存在する可能性はa-1区域よりも低いと考えられる。

(3) a-3区域

①この区域の地質はTerolak層の黒色千枚岩のみで構成されている。

②わずかにNNW-SSE方向に伸びた数箇所の異常帯がChebor川の両側に検出されている。このことは鉱化作用がChebor川に沿う断層帯にコントロールされているものと考えられる。

③異常帯中のAu分析値の平均と最高はそれぞれ0.095ppmと0.135ppmで、a-1区域に比べると1/4及び1/20である。同様にAsは1/7及び1/15である。したがって、初生金鉱化作用が存在する可能性はa-1区域よりも低いと考えられる。

5-2-2 B地区

B地区内のb区域(面積30km²)において、物理探査(重力法)と3孔のボーリング(バンカー・ドリル)を実施した。以下はその主な結果である。

①重力探査により、古流系チャンネルと推定される深度80m以上の重力基盤の凹地が存在が明らかになった。さらに、北東部にNW-SE方向で深度100m以上の沈み込みの存在が明らかになった。

②同時に実施した3孔と過去にGSMによって実施された5孔のボーリング孔のいずれも基盤の凸部に位置していることが明らかになった。

③3孔のボーリング調査によって、比較的基盤岩に近い第四紀砂礫層中に層厚数m以上の比較的高品位砂錫鉍層が存在する。

5-2-3 C地区

Ringat川水系のc区域では地質精査及び岩石地化学探査を実施した。以下はその主な結果である。

①この地区の地質、はMain Range花崗岩のみで構成されている。

②区域中央部において、面積1.5km²で平均0.006ppmのAu異常帯と面積0.8km²で平均50ppmのSn異常帯が存在し、これらは部分的にオーバーラップしている。

③REEの異常は散点的でまとまっていない。

④この区域のAu、Sn及びREEの異常値は、いずれも概して低いので、ポテンシャルは低いものと考えられる。

5-3 第3年次の調査結果

5-3-1 A地区(a-1区域)

a-1区域北東部土壌中のAu濃集部下部の状況を確認するために、6孔900mのコア・ボーリングを実施した。以下はその主な結果である。

①第2年次に金濃集が確認された5箇所のトレンチ(No.8,9,11,12及び13)は、沖積層と指交関係にある厚い崖錐堆積物上にあり、金は主として片岩角礫からなる崖錐堆積物中に存在する。この崖錐堆積物中の金は、北東方の花崗岩山塊西斜面を覆っていたであろう片岩ルーフペンダント中の金鉍化作用に由来し、片岩角礫と共に崖錐堆積物中に二次的に濃集したものと推定される。

②地表下約50mの珪化岩中に、最高2.1ppm(採試幅:1.00m)を含む潜頭性の初生金鉍化作用の存在を、地表下約120mの珪化岩中にAgを伴うペースメタル(Cu・Pb・Zn)の鉍化作用の存在を確認した。

③初生金鉍化作用はAsと密接に関係して生じており、Asは今後初生金を探査する上で、有効な指示元素となるであろう。

5-3-2 B地区

B地区では、第2年次調査と同様に第四紀砂礫層中の砂錫鉍層を探査するために、b-2区域で物理探査(重力法)、b及びb-2区域で6孔合計442mのボーリング調査を実施した。以下は

その主な結果である。

①大規模・高品位砂錫鉍層は、基盤深度の深い古流系内であって、その中の大規模な凹部の最下底部に胚胎する可能性が高い。

②古流系チャンネルの存在が明らかになり、その中でも、北東端部に深度-110mにも及ぶ大規模な重力基盤の落ち込みが存在し、これが高品位砂錫鉍層胚胎条件に合致する基盤の凹部である可能性がある。

③6孔のボーリングで捕捉した砂錫鉍層については、いずれも現在の採掘限界深度の60m以下にあり、しかも錫品位も低いことから、現時点での経済的な重要性は低い。

第6章 結論及び提言

6-1 結論

3年間の調査を通じて最終的に得られた結論は、以下の通りである。

6-1-1 A地区

(1) 第2年次に金濃集が確認されたa-1区域の5箇所のトレンチ(No.8,9,11,12及び13)は、沖積層と指交関係にある厚い崖錐堆積物上にあり、金は主として片岩角礫からな崖錐堆積物中に存在する。この崖錐堆積物中の金は、北東方の花崗岩山塊西斜面を覆っていたであろう片岩ルーフペンダント中の金鉱化作用に由来し、片岩角礫と共に崖錐堆積物中に二次的に濃集したものと推定される。

(2) 地表下約50mの珪化岩中に、最高2.1ppm(採試幅:1.00m)を含む潜頭性の初生金鉱化作用の存在を、地表下約120mの珪化岩中にAgを伴うベースメタル(Cu・Pb・Zn)の鉱化作用の存在を確認した。

(3) 初生金鉱化作用については、現在確認している鉱化の品位が低く、その経済的な重要性は低いが、初生金が珪化岩中にあり、Asと密接に関係して生じているという事実は、この地域の今後の初生金探鉱にとって有効な指針となるであろう。

6-1-2 B地区

(1) 大規模・高品位砂錫鉱層は、基盤深度の深い古流系内にあつて、その中の大規模な凹部の最下底部に胚胎する可能性が高い。

(2) 古流系チャンネルの存在が明らかになり、その中でも、北東端部に深度-110mにも及ぶ大規模な重力基盤の落ち込みが存在し、これが高品位砂錫鉱層胚胎条件に合致する基盤の凹部である可能性がある。

(3) 6孔のボーリングで捕捉した砂錫鉱層については、いずれも現在の採掘限界深度の60m以下にあり、しかも錫品位も低いことから、現時点での経済的な重要性は低い。

6-1-3 C地区

本地区のAu、Sn及びREEの地化学異常値は、いずれも概して低いので、鉱化作用が賦存する可能性は低いと考えられる。

6-2 将来への提言

本調査により発見された金及び錫の鉱床は、現時点では経済性が低い。しかしながら、将来、本地域の金属鉱床を再評価する場合、以下の点に留意して調査することを提言する。

- (1) A地区 a-1 区域の崖錐堆積物中の金を対象として、その3次元的な分布状況を明らかにするためにグリッド方式によるボーリング(バンカー・ドリル)を実施する。
- (2) A地区で第2年次までに得られた、特にMain Range花崗岩縁辺部に存在するAu地化学異常域については改めて崖錐堆積物の分布を調査し、その分布範囲に対して金を対象とした土壌地化学精査及びボーリング(バンカー・ドリル)を実施する。
- (3) A地区 a-1 区域のボーリング調査で存在が確認された初生金鉱化作用の形状・規模・品位等を明らかにするために、ボーリングを実施する。
- (4) B地区における基盤起伏と砂錫分布との詳細な関係を明らかにするために、推定された古流系チャンネルに直交するような直線上に複数のボーリング(バンカー・ドリル)を実施する。
- (5) B地区で高品位砂錫鉱層が期待される北東端の大規模な重力基盤の凹地の全貌を明らかにするため、追加重力測定を実施し、ボーリング(バンカー・ドリル)を実施する。

第II部 各論

第 1 章 A 地区

本地区では、第1年次に全域の地質調査・地化学探査及び一部で物理探査（CSAMT法）を実施した。これらの調査の結果、特に河川堆積物による地化学探査の結果から金の異常濃集区域（a-1, a-2及びa-3）を抽出した。

第2年次には、これらの区域において地質精査及び土壌による地化学探査、さらにトレンチ調査を実施し、a-1区域の一部で土壌中の金高異常濃集部を確認した。

第3年次には、金異常濃集の源を確認するために、この金濃集部の下部に向けてボーリングを行った。

1-1 地質

A地区には、古生代の変堆積岩類(Terolak層及びBelata層)、これを貫く三疊紀のMain Range及びChangkat Rembian花崗岩類、及び内陸部の谷及び海岸平野を覆う未固結の第四紀堆積物で構成されている。その地質及び層序は、それぞれFig. II-1-1及びII-1-2に表示されている。

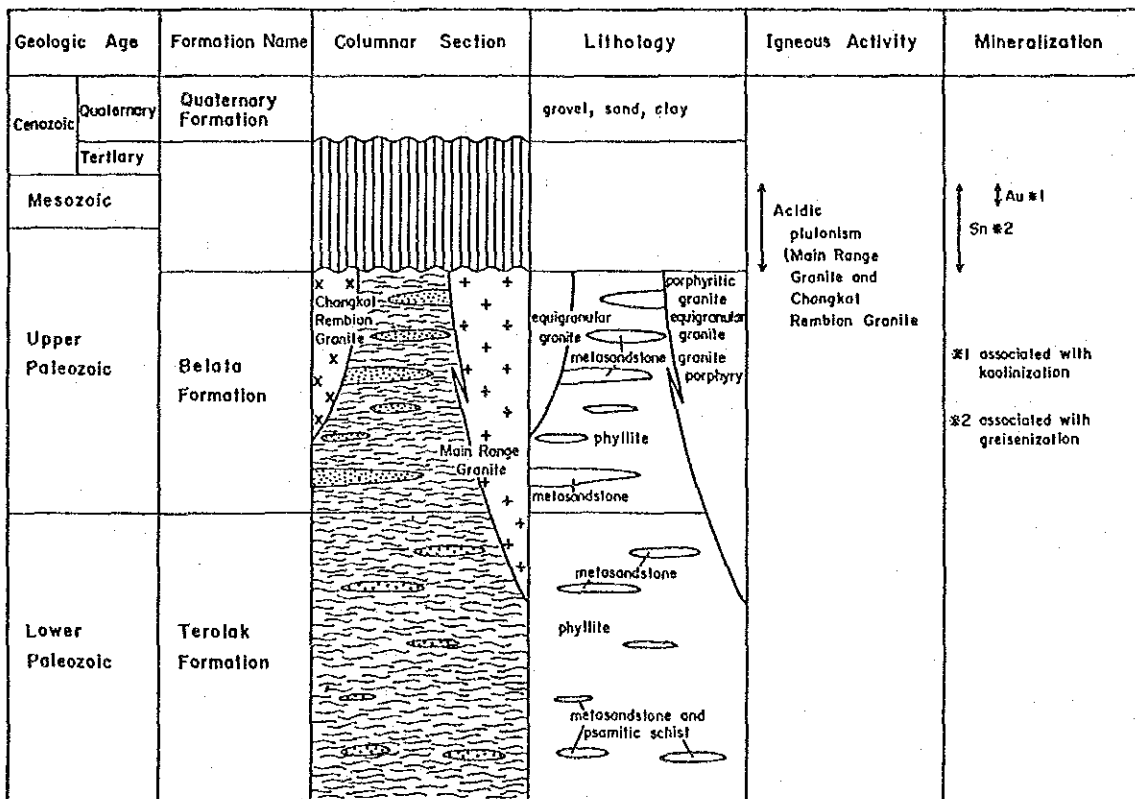


Fig. II-1-1 Stratigraphic section of the Area A

“Terolak層”は、本来、Tanjung Malim地域に広範囲に分布している、一連の広域変成作用を被った古生代前期の堆積物に対して命名されたものである(Gan, 1978)。A地区の本層は、北西のTa

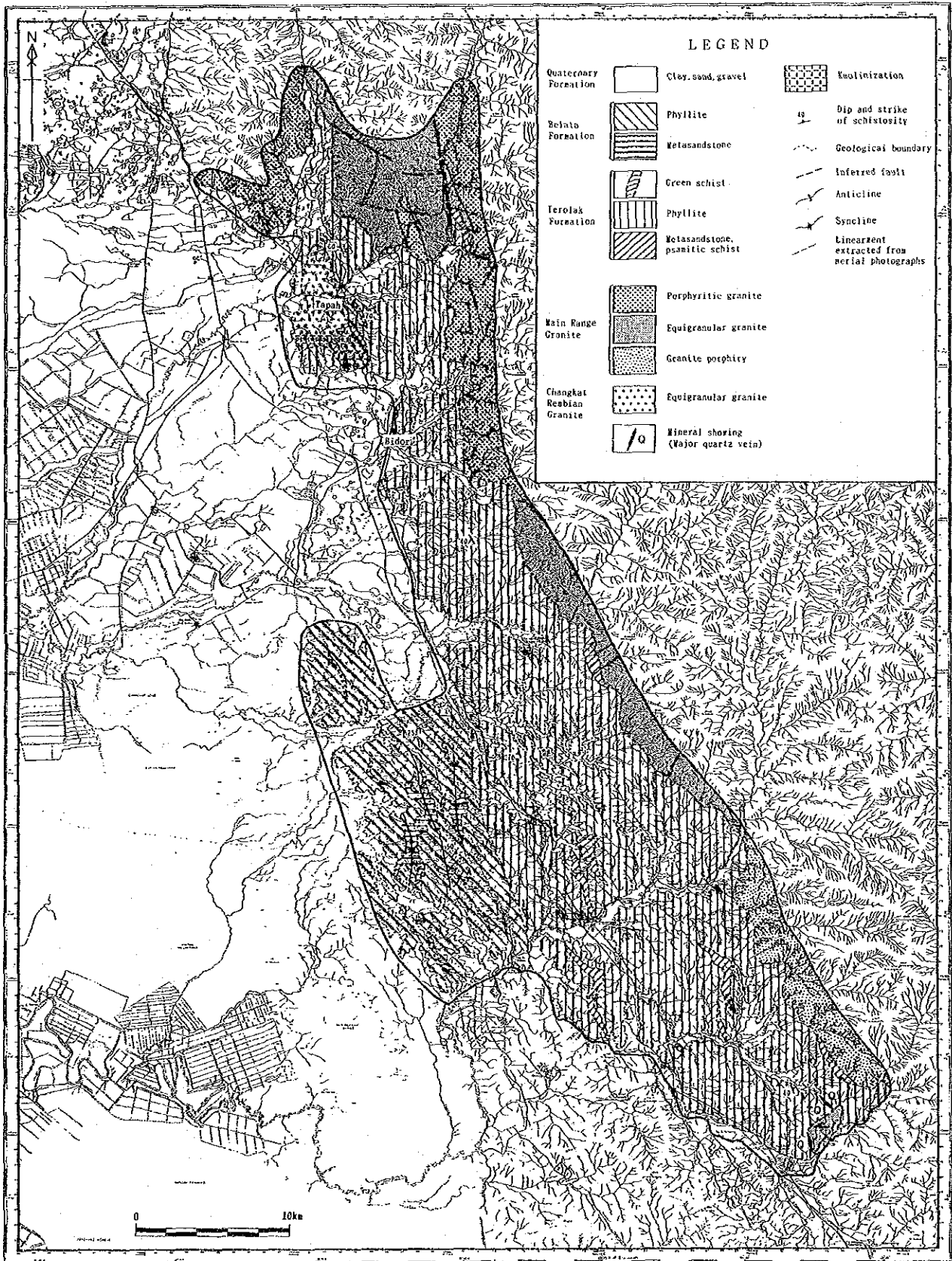


Fig. II-1-2 Geological Map of Area A

pahから南東のTanjung Malimへ帯状に分布している。そして、その東側はMain Range花崗岩、西側はBelata層と接している。

本層は主として千枚岩、グラファイト片岩、石英-雲母片岩から成る泥質岩で構成されており、変砂岩・石英片岩の薄層を挟在している。また、本層中にはレンズ状の結晶質石灰岩が存在し、それは南部のTanjung Malim - Kalumpang地域で見られる。

第3年次のa-1区域東部のボーリング調査結果、本層の見かけ上、下位に火砕岩起源と推定される角閃岩や緑色片岩が存在することが明らかになっている。

“Belata層”は、A地区の南西部に露出している一連の古生代後期の変堆積岩類に対して、Gan (1978)により便宜的に命名されたものである。Belata層を構成する岩石は、“より砂質で、より変成度が低いこと”を除いて、Terolak層を構成する岩石と類似している。

第四紀堆積物は、崩積成及び沖積成の堆積物からなり、内陸部の谷を埋め、海岸平野を覆っている。

花崗岩類は、Main Range花崗岩及びChangkat Rembian花崗岩に大別されている。Main Range花崗岩はA地区の東側にNNW-SSE方向に連続して分布しており、Changkat Rembian花崗岩はTayahのすぐ東に露出している。

Main Range花崗岩の典型的なものは、斑状～等粒状の粗粒黒雲母花崗岩である。通常、少量の白雲母を伴う。斑状花崗岩はTanjung Malim地区の花崗岩と堆積岩の接触部付近に存在しており、Main Range花崗岩の周縁相と考えられる(Gan, 1978)。その他、後期の小規模なアプライトとドレライト岩脈や不毛石英脈を伴っている。Main Range花崗岩の主部は、同位体年代測定により三畳紀に貫入したことを示唆している。

Changkat Rembian花崗岩は、主に等粒状の細～中粒黒雲母花崗岩である。また、岩体の周縁相と考えられる花崗斑岩及びグライゼンも存在し、これらは、一般に強いカオリン化作用を受けている。

1-2 地質構造

本地域の地質構造はマレー半島における広域的なNNW-SSEの構造方向に支配されている。この構造方向は、Main Range花崗岩の伸張方向、Terolak層とBelata層の岩石の一般走向等に現われている。

Terolak層は大規模な等斜褶曲構造を示しており、南西地域のBelata層は、N-S及びNNW-SSE方向の褶曲軸をもち、約3kmの波長の緩斜褶曲(open fold)を示している。また、約2～5kmの波長の小規模な褶曲も認められる。

リニアメントは、Main Range花崗岩特にTayahの北部地域で良く発達している。また、Tayahの北東において、N-S方向の断裂系が空中写真解析により推定されている。

1-3 鉱化作用

A区域内で砂鉱床以外の鉱床は、下記のものが知られている。いずれも花崗岩体あるいはその近傍に位置している。

(1) Changkat Rembian鉱床

位置：海拔201mのChangkat Rembianの東側に位置している。

鉱床：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

母岩：花崗岩

現状：山腹を削り取った採掘場跡と池が残存しており、採掘場跡に電気石-石英脈(脈幅:5~20cm)が数条並走している。

採掘史：記録が乏しいので詳細は不明であるが、風化花崗岩、残留堆積層または沖積層中の錫石・鉄マンガン重石を水力法で採掘した模様。

(2) Batu Lombong鉱床

位置：Bidorの東方5km

鉱床：初生鉱床と砂鉱床があり、初生鉱床は、千枚岩の片理に沿う多数の錫石-石英レンズ状細脈(脈幅:1~2cm、長さ:10cm)帯と、千枚岩の片理にほぼ直交する電気石-石英脈(脈幅:2~5cm)に少量の錫石を伴うものがある。一般に風化が著しい。砂鉱床は沖積層中に胚胎するもので、現在回収されている重鉱物は、錫石>黄鉄鉱>(石英)>針鉄鉱>銅藍>磁鉄鉱の構成を示す。

母岩：千枚岩(初生鉱床)

現状：Lee Sen Pin & Sons Sdn. Bhd.及びPPL Galian Sdn. Bhd.他、2社が風化千枚岩中の初生鉱、沖積層中の砂錫を対象として操業中である。4社の合計生産量は約25~30t/月(平均Sn O_2 品位約20%)程度と推定される。

(3) Bukit Mas鉱床

位置：Tapahの南東約2km

鉱床：含金石英脈

母岩：千枚岩

現状：ゴム園の中に採掘跡を思わす崩壊地と南南東方向に伸びる溝が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できない。

採掘史：1894年に千枚岩中の含金石英脈の探鉱を開始し、1898年末まで稼行された模様。

1897年の年間産金量は41.8kgという記録がある。

(4) Tapahカオリン鉱床

位置：Changkat Rembianの南側に位置し、Tapah-Bidorハイウェイ西側の幅1.5km×延長4kmの範囲内にある。

鉱床：Changkat Rembian花崗岩が熱水変質を受けて生じたもので、カオリンを主体として、少量のイライト、石英、長石等からなる。

現状：Associated Kaoline Industry他、数社が操業中である。

採掘史：1932年にゴム工場の充填剤として採掘したのが開発の発端である。

(5) Chebor川の採掘跡

位置：Chebor川中流(a-3区域)

鉱床：

現状：幅50~150m, 延長400mにわたって山腹が切開かれており, 両側の壁は高さ20mを有する。側壁に不毛石英脈(脈幅:3~10cm)が数条残存している。この石英脈のAu分析結果は検出限界(0.003ppm)以下であった。

採掘史：1940年頃, 錫を対象として採掘され, 金も副産物として回収されていた模様。

1-4 地化学探査

1-4-1 岩石による地化学探査

実施年次：第1年次

目的：岩種ごとの平均含有量を把握し今後の調査の参考とする。

採試範囲：調査地区全域

採試方法：地質調査時に, 出来るだけ新鮮な岩石を採取した。

処理方法：合計29元素について化学分析を行った。

解析方法：岩種別に幾何平均値及び標準偏差を求めた。

解析結果：結果はTable II-1-1に示されている通りである。

Table II-1-1 Statistical parameters of elements analyzed (rock) in Area A (ppm)

	Area A			
	Granite		Phyllite	
	Mean	S. D.	Mean	S. D.
Pb	11.7	2.080	10.7	2.588
Ni	3.1	2.449	8.8	3.144
Co	3.0	2.104	4.0	2.460
Ag	0.144	2.512	0.148	2.535
Mo	1.67	2.923	2.06	2.613
Cu	6.6	2.825	12.1	3.926
Zn	15.1	2.748	17.1	3.597
Fe	1.55	2.748	0.87	3.954
Mn	155.6	4.074	129.6	2.858
Au	0.009	1.306	0.009	1.227
As	9.4	2.897	12.7	2.793
Sn	13.5	2.296	10.4	2.168
W	4.6	1.522	4.0	—
U	1.45	1.709	0.33	3.784
Hg	0.086	1.355	0.082	1.455
Sb	1.5	1.780	2.1	3.365
Bi	1.9	2.270	2.0	2.032
Ba	157.2	3.342	237.0	2.825
Ce	40.7	2.716	44.2	2.259
Eu	0.48	2.449	0.51	2.838
La	28.9	2.773	29.3	2.350
Lu	0.35	2.193	0.28	1.995
Nd	14.9	2.158	13.0	2.228
Sr	2.63	3.148	3.07	2.323
Tb	0.53	2.500	0.36	2.528
Th	13.9	2.606	7.8	2.786
Yb	1.72	2.773	1.15	2.547
Ta	2.6	1.675	2.1	1.189
Nb	15.1	1.479	13.7	1.710

S. D. = Standard Deviation (Rock)

1-4-2 パンニングによる重鉱物探査

実施年次：第1年次

目的：重鉱物の種類とその分布状況を明らかにする。

採試範囲：調査地区全域

採試方法：化学探査のための河川堆積物(シルト)採取地点で、同時にパンニングを行った。パンニングは原則として約35g以上のコンセントレートが得られるまで繰り返し、パンニングした回数を記録しておいた。

処理方法：流れ図(Fig. II-1-3参照)に従い、最終的には半定量鉱物鑑定と化学分析(Au, Ag, As, Hg, Sn, Hgの金属元素と12種のREE)を行った。

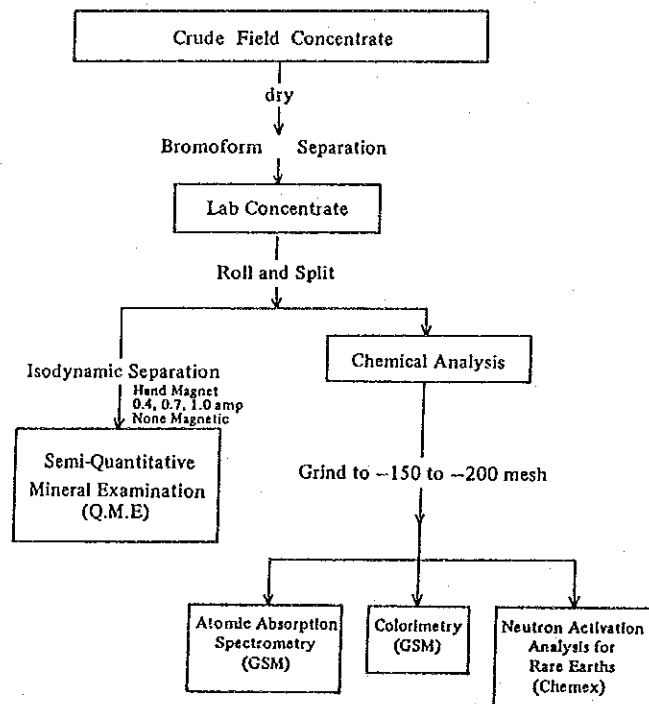


Fig. II-1-3 Flow chart for heavy mineral concentrate analysis

解析方法：半定量鉱物鑑定は鏡下で行い、化学分析値については単成分解析と因子分析を行った。

解析結果：半定量鉱物鑑定結果によると、この地区の重鉱物は、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、トパーズを主とし、少量の磁鉄鉱、ザクロ石、褐簾石、緑簾石、黄鉄鉱等で構成されていることが明らかとなった。

主な分布とその特徴的な重鉱物はTable II-1-2に示されている。

Table II-1-2 Dominant heavy minerals and their distributions in Area A

Location	Area	Dominant minerals
East of Tapah-Chenderiang road	14km ²	Gold·Cassiterite
Around Bukit Mas	2km ²	Cassiterite·Rutile·Zircon
East of Bidor-Sungkai Highway	14km ²	Cassiterite·Rutile·Zircon·Topaz
Between S. Batang Padang and S. Sungkai	-	Tourmaline·Topaz
South of S. Selim	-	Ilmenite

単成分解析結果のうち、Au, Sn及びWの異常値の分布をFig. II-1-4(1)・(2)・(3)に示している。

Au異常値(0.0028mg/d*以上)はChendering川からBikam川にかけて、ハイウェイ東側に集中している。特にTayah北部からBidor南部までの幅3~5km、延長22kmに大規模な異常帯を形成している。
(注) d*:dulang(標準的なパンで容量は約4.7 i)

Sn異常値(17.5mg/d*以上)はChendering川からBidor川間に比較的まとまっている。これより南方の異常は散点的に分布している。

W異常値(0.3mg/d*以上)はChendering川からBikam川にかけて特にMain Range花崗岩近傍に比較的まとまっている。

さらに、これらAu, Sn及びWならびにREEの異常帯の分布と地質との関係を総括してFig. II-1-6に示している。

因子分析結果で得られた各因子に対する各成分の因子負荷量をTable. II-1-3に示している。

Table II-1-3 Factor loadings of elements analyzed
(heavy mineral concentrate) in Area A

Factor Loading	Area A			Comunality
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	
Au	0.256	-0.766	0.134	0.7099
Ag	0.227	-0.618	0.345	0.7615
As	0.264	-0.474	0.290	0.7846
Sn	0.273	-0.533	0.331	0.7459
W	0.158	-0.337	0.439	0.7489
Hg	0.298	-0.268	0.238	0.7325
Ce	0.829	-0.226	0.417	0.9853
Eu	0.838	-0.238	0.109	0.8070
La	0.803	-0.235	0.458	0.9767
Lu	0.413	-0.236	0.840	0.9833
Nd	0.768	-0.180	0.452	0.9009
Sm	0.813	-0.171	0.350	0.9154
Tb	0.685	-0.207	0.615	0.9517
Th	0.491	-0.220	0.675	0.9693
U	0.369	-0.162	0.834	0.9489
Yb	0.435	-0.244	0.829	0.9785
Ta	0.295	-0.289	0.675	0.9845
Nb	0.288	-0.241	0.705	0.9850
Factor Contribution	%	%	%	
	79.810	8.972	6.462	

(Heavy Mineral Concentrate)

この表から、第1因子はレアアースのEu, Ce, Sm, La, Nd, Tb及びThの挙動に関係し、第2因子は金属元素のAu, Ag, Sn及びAsの、第3因子はNd, U, Yb, Ta, Th及びTbの挙動に関係することが明らかとなった。さらに因子得点が1.0以上の試料の分布を各因子ごとに見ると、第1因子は主として変堆積岩類分布域に、第2因子はChendering川からBikam川にかけてのハイウェイ東側で単成分解析結果のAu異常帯と良好に一致して、第3因子はMain Range花崗岩分布域にほぼ一致して、それぞれ分布している。

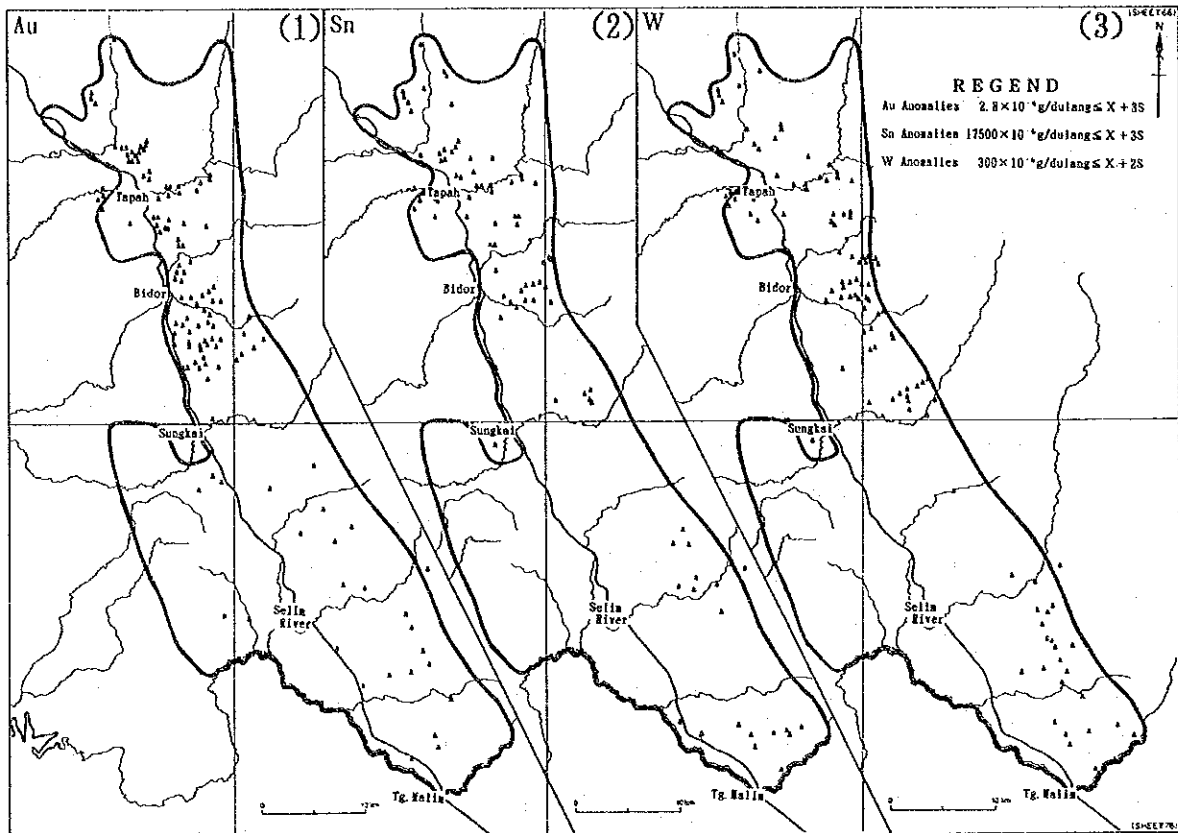


Fig. II-1-4 Distribution of anomalous values for Au, Sn and W in Area A (heavy mineral concentrate)

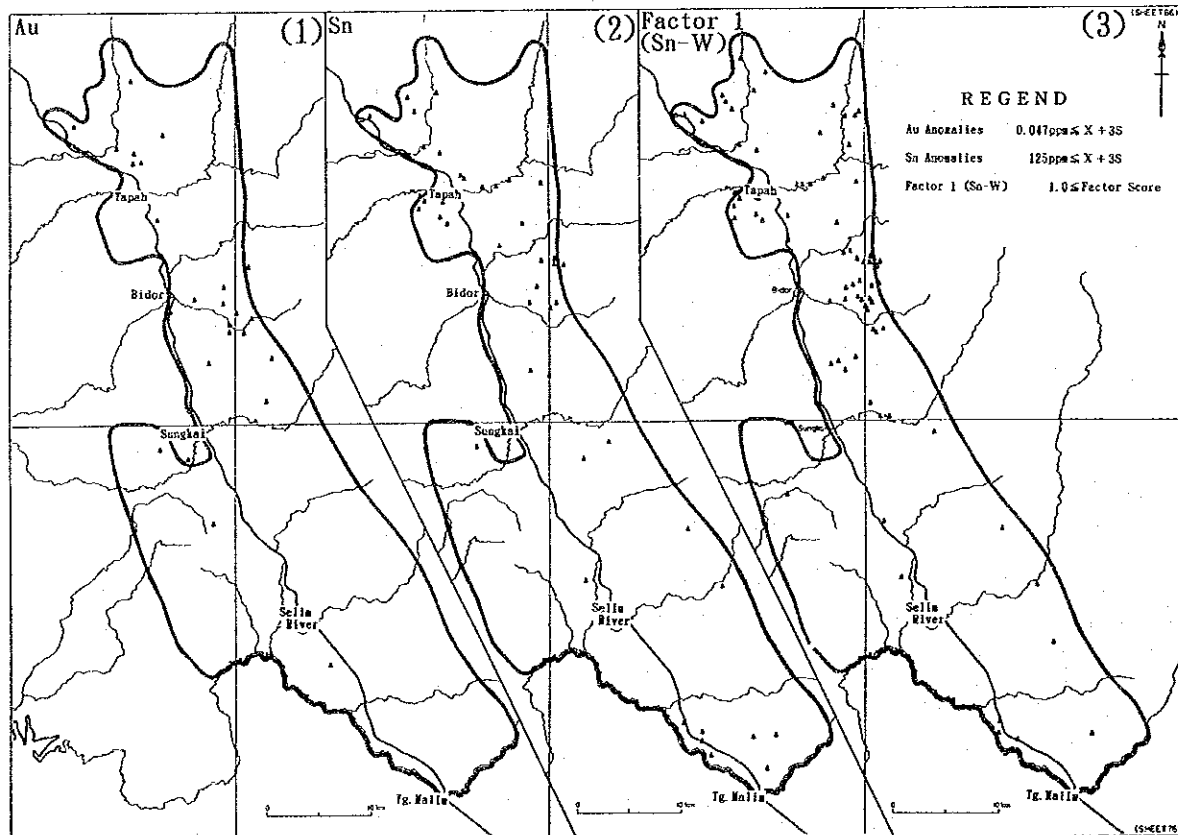
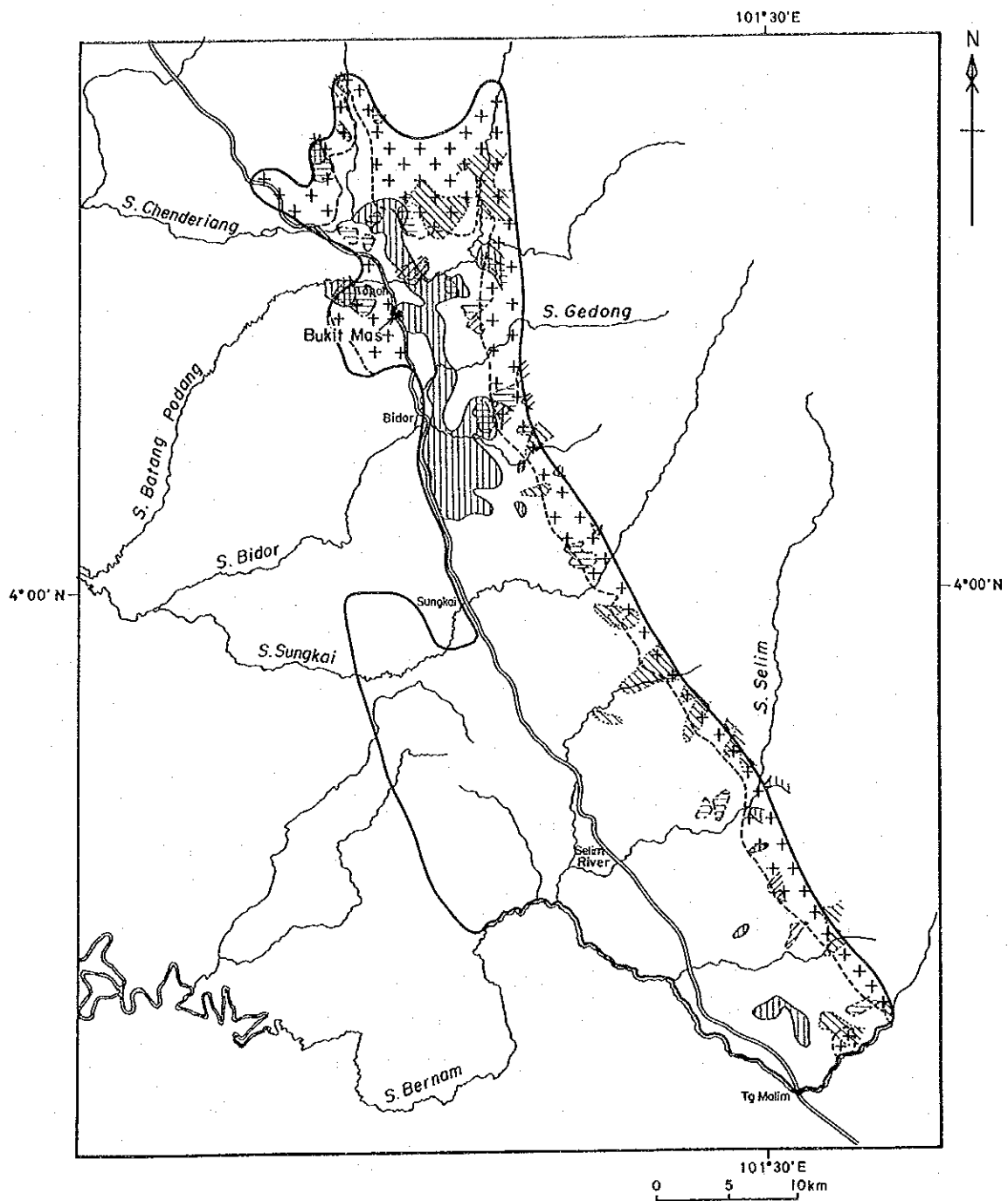


Fig. II-1-5 Distribution of anomalous values for Au, Sn and Factor 1 in Area A (Silt)



Legend







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

Fig. II-1-5 Geochemical anomalous zones for Au, Sn, W and REE in Area A
(heavy mineral concentrate)

1-4-3 河川堆積物による地化学探査

実施年次：第1年次

目的：調査地区内の地化学分布状況を明らかにする。

採試範囲：調査地区全域

採試方法：調査地区内のほぼ全水系について地質調査と並行して、ほぼ1kmごとに河川堆積物(シルト)を採取した。

処理方法：Au, Ag, As, Hg, Sn, Wの6金属元素について化学分析を行った。

解析方法：単成分解析及び因子分析を行った。

解析結果：Ag, As, W及びHgについては、検出限界以下の試料が多過ぎる等の理由で満足する結果が得られていない。単成分解析結果得られたAu及びSnの異常値の分布は、Fig. II-1-5(1)・(2)に示す。

Au異常値(0.047ppm以上)は、Tapahの北方3km付近とBidor東方に比較的集っている。

Sn異常値(25ppm以上)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。

因子分析結果で得られた各因子に対する各成分の因子負荷量をTable. II-1-4に示している。

Table II-1-4 Factor loadings of elements analyzed (silt) in Area A

Factor Loading	Area A			Comunality
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	
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	

(Silt)

この表から第1因子はSnとWの挙動に関係することが読み取れるが、第2・第3因子については、各成分の因子負荷量が小さいために、これらの因子の挙動に関係する成分を特定することができない。第1因子の得点の高い(1.0以上)試料の分布(Fig. II-1-5(3)参照)を見ると、Changkat Rembian花崗岩中とBidor東部、Gemuroh川、Gepat川及びBikam川をカバーする広い範囲に分布している。

1-4-4 土壌による地化学探査

実施年次：第2年次

目的：調査地区内の地化学分布状況を明らかにし、有望地域を抽出する。

採試範囲：河川堆積物による地化学探査結果によって有望地域として抽出されたa-1, a-2及びa-3区域(Fig.1参照)

採試方法：各区域共、原則として採試線間隔を200m、採試点間隔を100mとし、オーガーを使っ

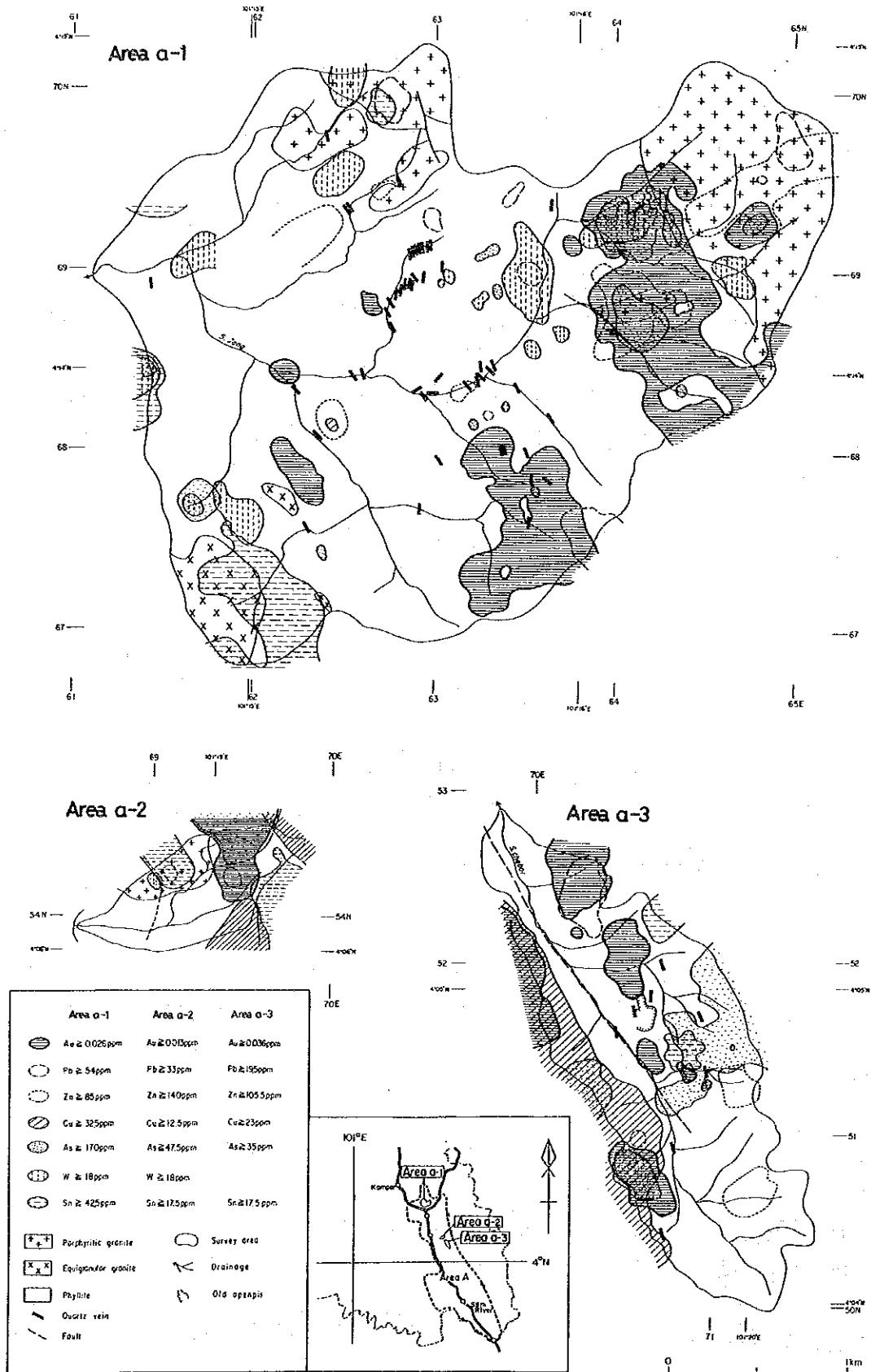


Fig. II-1-7 Geochemical anomalous zones in Area a-1, a-2 and a-3 (soil)

て1.0m深まで各点で3孔穿孔した。そのうち2孔分約10リットルの土壌を現地でパンニングし、コンセントレート中の金粒の有無をチェックした後、分析に供した。残りの1孔分の土壌は乾燥後80#で篩別し、篩下試料を分析に供した。

処理方法：コンセントレート試料、土壌試料共にAu, Ag, Pb, Zn, Cu, As, W及びSnの8成分について化学分析を行った。

解析方法：試料の中には沖積層分布域から採取したものもある。単成分解析は沖積層除外試料と全試料の両方について行い、異常値の抽出はEDA法により行った。因子分析は沖積層除外試料のみ行った。

解析結果：単成分解析結果得られた異常値の分布を区域別にFig. II-1-7に示している。以下、区域別に主要成分の分布の特徴を記述する。

a-1 区域 (沖積層除外試料)

Au異常値(0.023ppm以上)は、東部、中央南部及び西部において異常域を形成し、いずれもNNW-SSE方向に伸張する傾向を示している。

As異常値(170ppm以上)は、北東部から南東部にかけて、いくつかの小規模な異常域を形成している。そのうち、北東部の異常域はAuの異常域と重複している。個々の異常域はNW-SEまたはNE-SW方向に伸張している。

a-2 区域 (沖積層除外試料)

Au異常値(0.013ppm以上)は、中央部に広範囲の異常域を形成している。

As異常値(47.5ppm以上)は、中央部に広く分布し、Au異常域と重複している。

a-3 区域 (沖積層除外試料)

Au異常値(0.036ppm以上)は、Chebor川の両岸に幅広い異常域を形成しており、NW-SE方向に伸張している。

As異常値(35ppm以上)は、中央部に広範な異常域を形成し、NE-SW方向に延びている。

各区域の地化学分布の傾向は、単成分解析によって十分説明できること、さらに、a-2、a-3区域については解析に耐え得るだけのデータ数を供えていないこと等の理由で、因子分析結果については特に記述しない。

1-5 トレンチ調査

実施年次：第2年次

目的：露頭の石英脈の延長及び土壌中の金濃集と地質との関係を明らかにする。

開削箇所：土壌のパンニング結果で多数の金粒を確認したa-1区域において、中央部の石英脈が集中する範囲で5箇所、Jong川中流の鉍化変質帯中で2箇所、土壌中に金粒が認められた地点で6箇所、合計13箇所を開削した(Fig. II-1-8参照)。

調査方法：2m間隔でチャンネル・サンプリングにより両壁の土壌を採取し、一方の側壁から得た土壌をパンニングしてコンセントレート試料、他方の側壁から得た土壌試料は共に化学分析に供した。

処理方法：コンセントレート試料は現地で金粒数をカウントした後、Au分析を、土壌試料はAu、

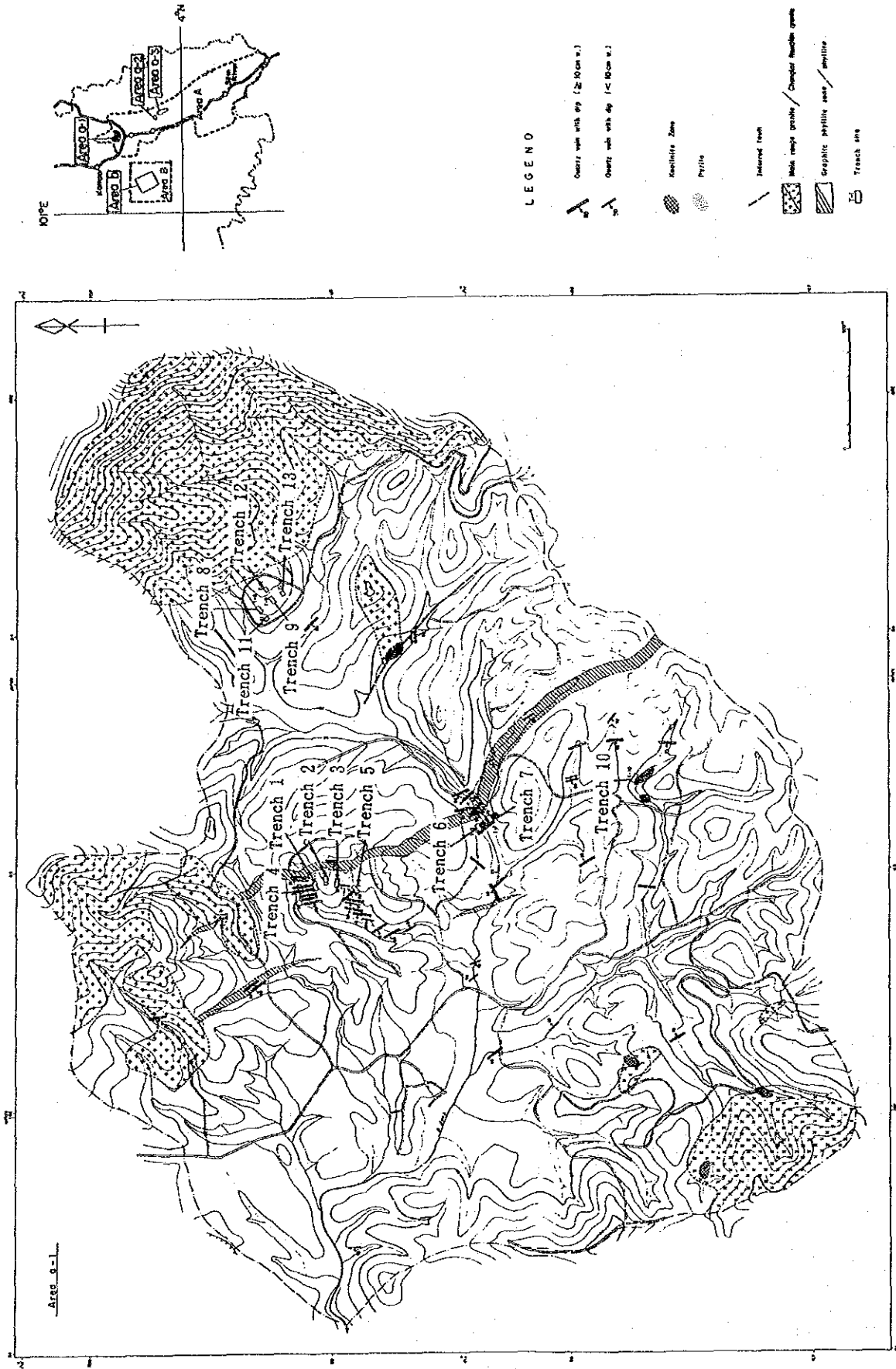


Fig. II-1-8 Location map of the trenches No.1 ~ No.13 in Area a-1

Ag, Pb, Zn, Cu, As, W及びSnの8成分について化学分析を行った。

解析方法：化学分析結果のうち、Au分析値を縮尺1:200のスケッチ図にサンプルNo.と共に表示した。

調査結果：中央部の5箇所のトレンチでは、1箇所で金粒が確認されたのみであった。一方、Jong川中流の鉍化変質帯中のトレンチNo.6では、千枚岩中に3.2ppmのAu分析値が得られた。東部の6箇所のうち5箇所のトレンチで、採試幅2~4mで0.3~3.6ppmのAu分析値が得られた。そこでは、Au分析値は地表から下部に向かって増加する傾向が認められる。

1-6 物理探査

実施年次：第1年次

目的：比抵抗構造から含金石英脈の分布を推定

調査範囲：Tapah東部のBukit Mas地区で面積4km²の範囲

調査方法：4Hz~2,048Hzの10周波を信号源とするCSAMT法を実施した。調査地域にほぼグリッド状に150~200m間隔で配点した113点の各点で、電場(Ex)と磁場(Hy)を計測し、比抵抗構造を求めた。さらに、調査地から11個の岩石試料を採取し、室内において比抵抗物性試験を行い、その結果を比抵抗構造解析の参考にした。

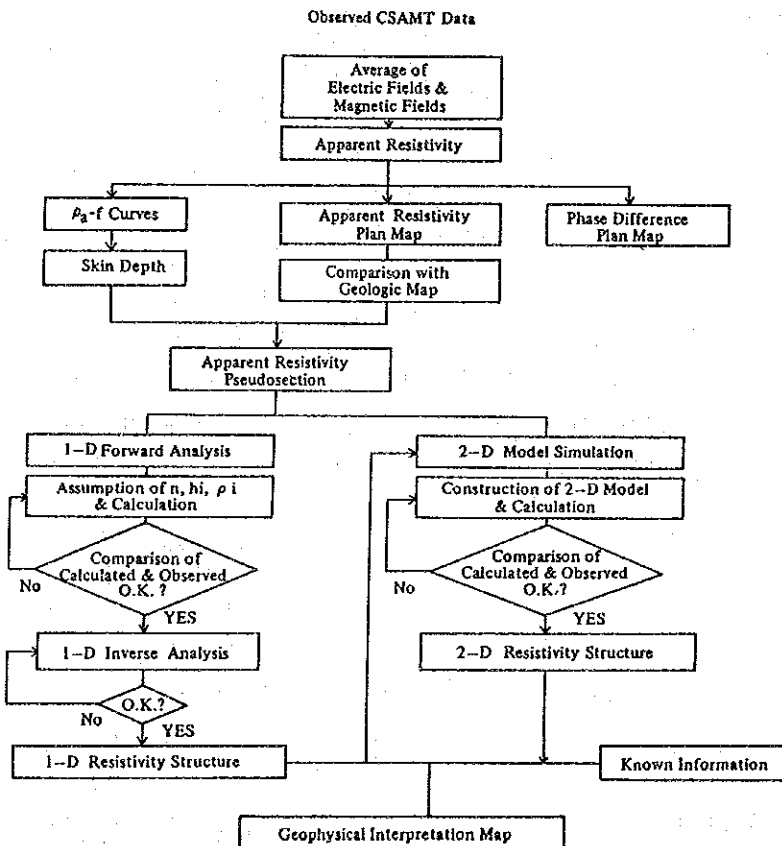


Fig. II-1-9 Flow chart of CSAMT data analysis

解析方法：流れ図 (Fig. II-1-9) のように、各測点での1次元多層構造解析及び主要断面での2次元モデル解析を実施した。

解析結果：調査結果をまとめた総合解析図をFig. II-1-10に示す。調査地域の比抵抗は400Ωm以上の高比抵抗帯、100Ωm未満の低比抵抗帯及びその中間の中比抵抗帯の3つに分類される。

高比抵抗帯は2ヵ所に認められる。1つは調査地西部にNNW-SSE方向に帯状に分布しており、この高比抵抗帯は、北部で幅300m~400m、南部で約100mの幅を有し、深部に連続している。もう1つの高比抵抗帯は南西端及び東部に分布している。

中比抵抗帯は、先の帯状分布する西部の高比抵抗帯の東側に分布するが、深部への連続性に欠けた局部的なものである。

低比抵抗帯は主に調査地域の中央部に、その他、先の帯状分布する西部の高比抵抗帯の西側に分布している。

これら各々の比抵抗帯を地質と対比して見ると、西部の高比抵抗帯は変砂岩に、南西端及び東部の高比抵抗帯は、各々、花崗岩及び千枚岩に対応している。また、中央部及び西側の低比抵抗帯は、いずれもグラファイト質千枚岩に対応している。

含金石英脈自体によると考えられる高比抵抗帯は捕捉されなかったが、調査地西部のNNW-SSE方向の高比抵抗帯は、土壤地化学探査で得られたAu異常域にほぼ対応していることから、この高比抵抗帯は、変砂岩中に発達が予想される含金石英脈に対応している可能性がある。

1-7 ボーリング調査

実施年次：第3年次

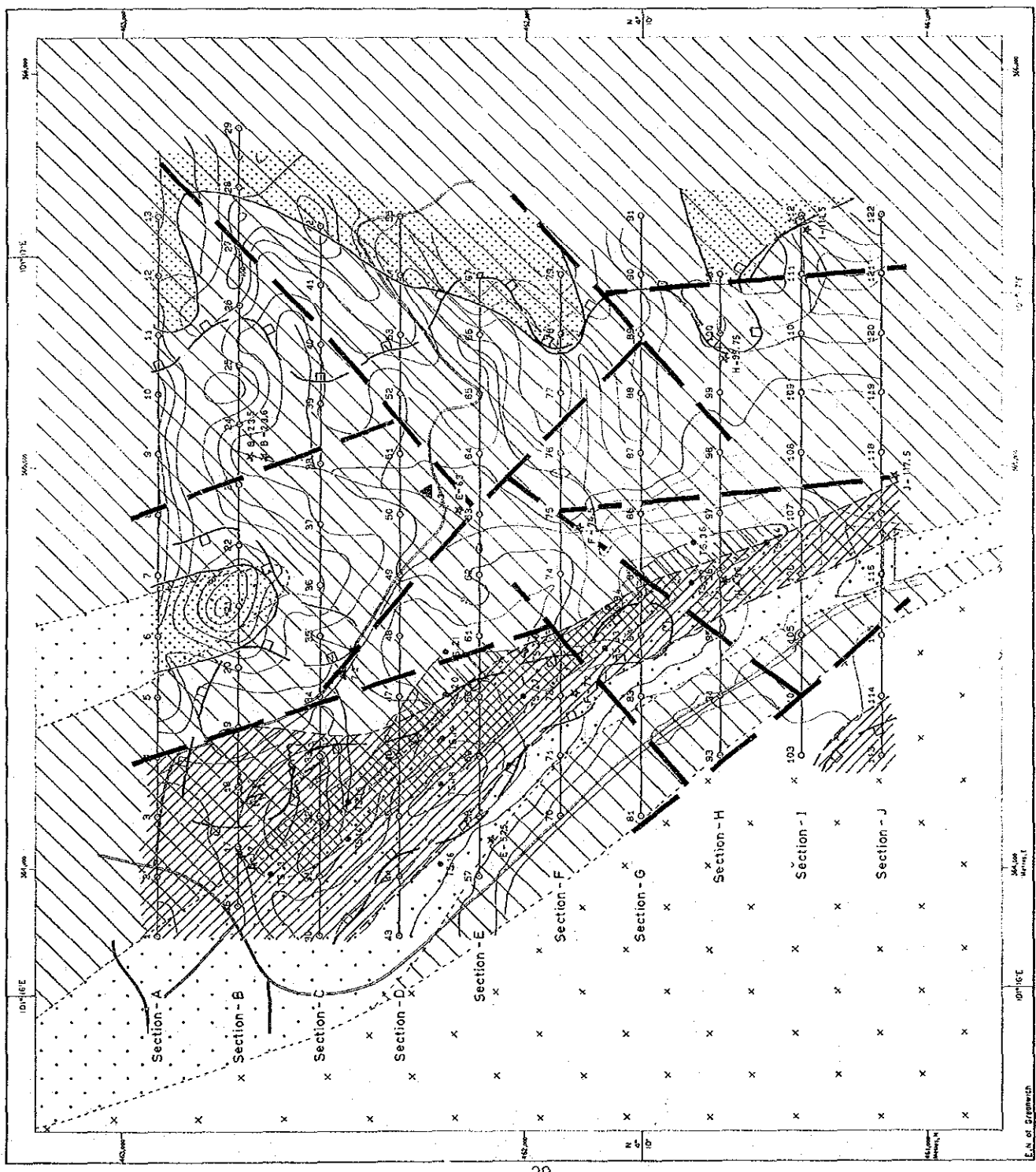
目的：第2年次の土壤地化学探査及びトレンチ調査の結果、北東部のMain Range花崗岩西側で得られた金地化学異常帯に対し、その下部に予想される含金石英脈の存在あるいは母岩中の金鉱染の両方の可能性を確認する。

調査範囲：a-1区域東部

掘進方法：GSM所有の試錐機 Longyear "34" Diamond Core Drillを使用した。

掘進長等：高い金含有量が得られたトレンチNo.8, No.9及びNo.13の下部に向け、しかもこの区域に露出する石英脈の一般走向に直交するように位置 (Fig. II-1-11参照)、方向・傾斜・掘進長を決めた。方向・傾斜・掘進長は以下の通りである。

孔番号	方向	傾斜	掘進長 (実績)
MJMP-10	45°	-30°	150m (150.60m)
MJMP-11	45°	-30°	160m (160.50m)
MJMP-12	45°	-30°	150m (150.50m)
MJMP-13	45°	-60°	140m (140.40m)
MJMP-14	45°	-60°	150m (150.60m)
MJMP-15	45°	-60°	150m (150.70m)



LEGEND

- Station and No.
 - 100
- Resistivity Discontinuity Line
- Sampling Point and No. (for Electrical Property)
 - B-17
- 2-D Model Analysis
- High Resistivity Layer/Rock (Depth > 300 m G.L.)
- High Resistivity Layer/Rock (Depth < 300 m G.L.)
- High Resistivity Zone more than 400 ohm-m (from -50m G.L. Resistivity Structural Map)
- Geochemical Anomaly
 - TS-14
 - 72
- Station Where Au Flakes are found in Soil
- Au Value (ppm) in Stream Sediments
- Au Anomaly Zone in Soil
- Geology
 - Changkat Rembian Granite
 - Metaandstone
 - Phyllite
- Bukit Mas old Workings

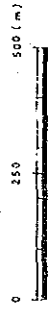


Fig. II-1-10 CSAMT interpretation map

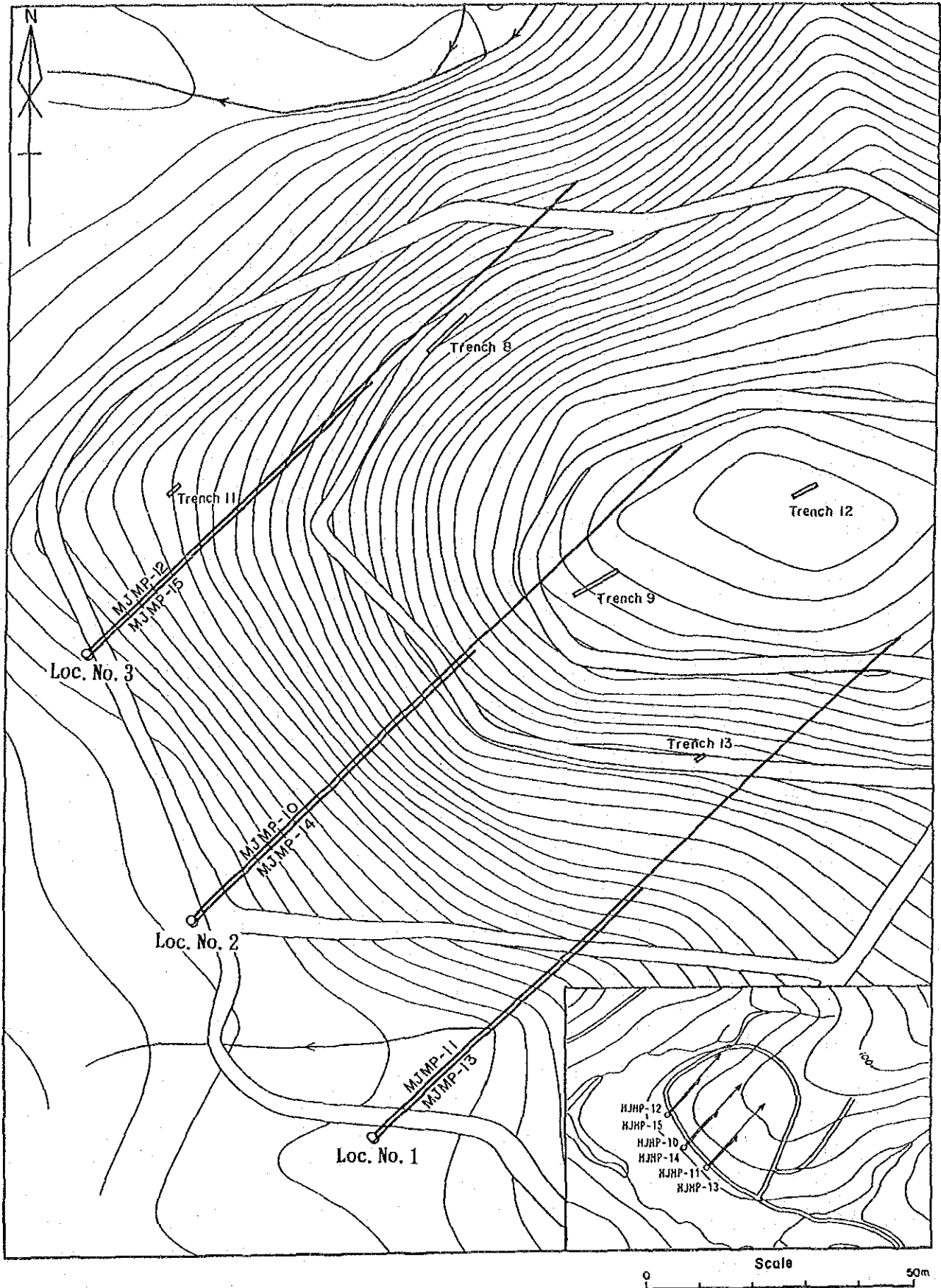
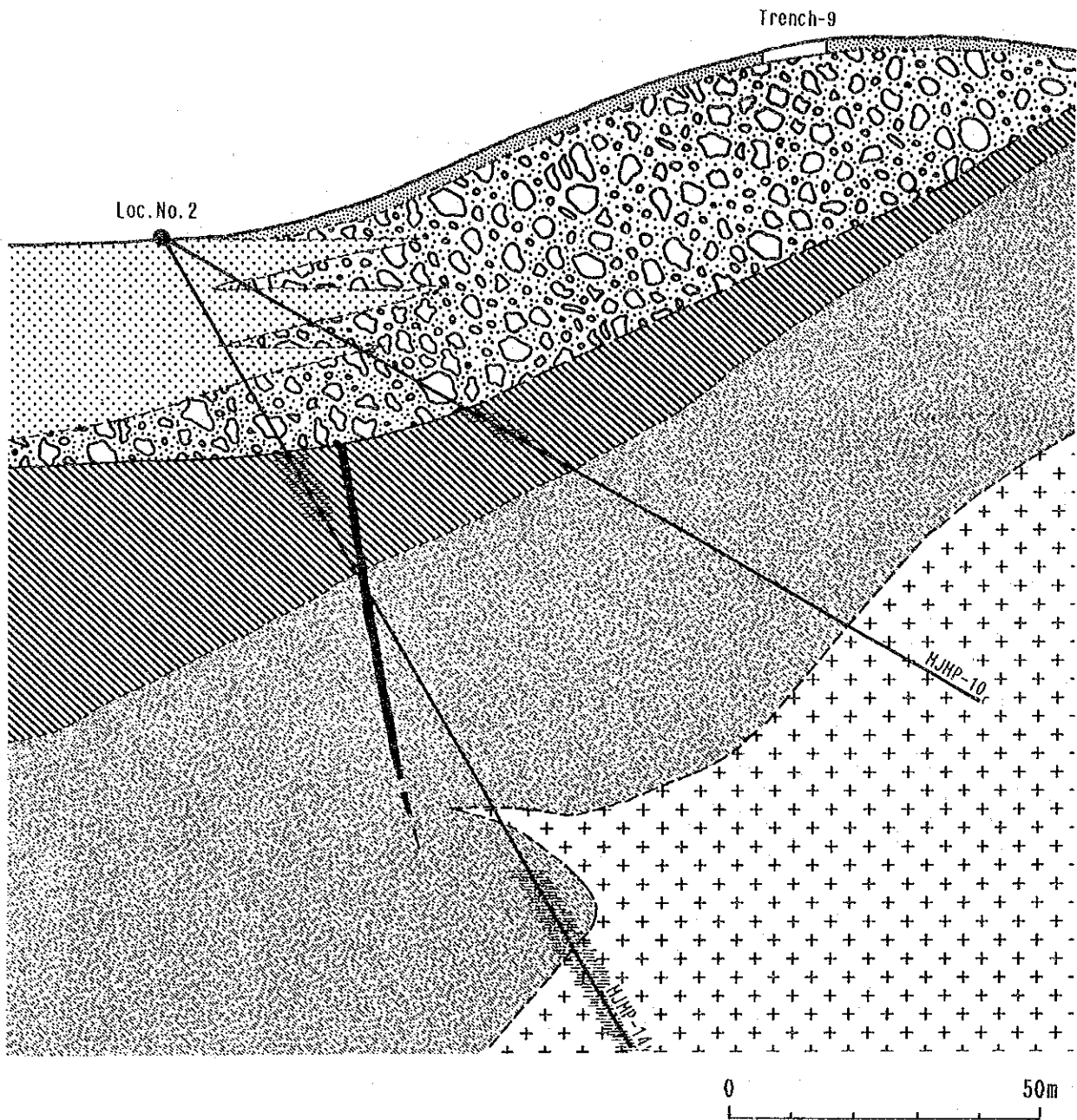


Fig. II-1-11 Location map of the drill holes and its related trenches in eastern part of Area a-1



LEGEND









-  Surface soil
(yellow~brown clay)
-  Alluvium
(quartz-rich sand)
-  Talus deposit
(clay and argillized fragments of schist)
-  Biotite schist
-  Amphibolite
-  Porphyritic granite
-  Quartz vein
-  Silicified

Fig. II-1-12 Geological cross section through drill holes, MJMP-10 and -13 in eastern part of Area a-1

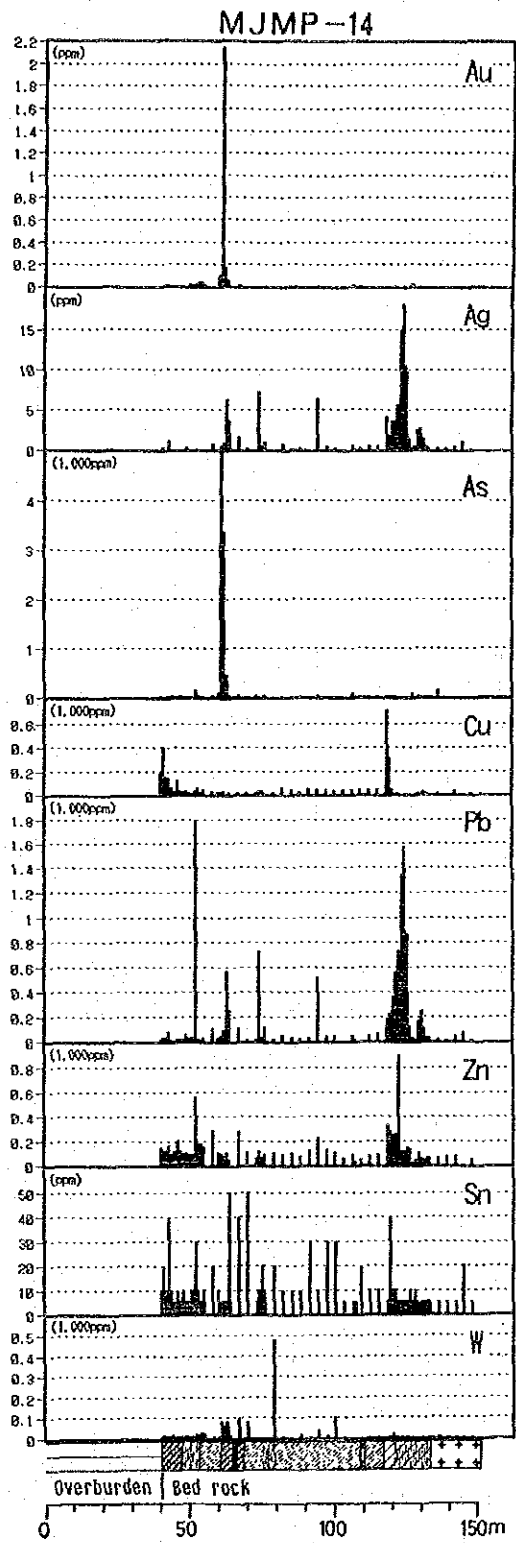
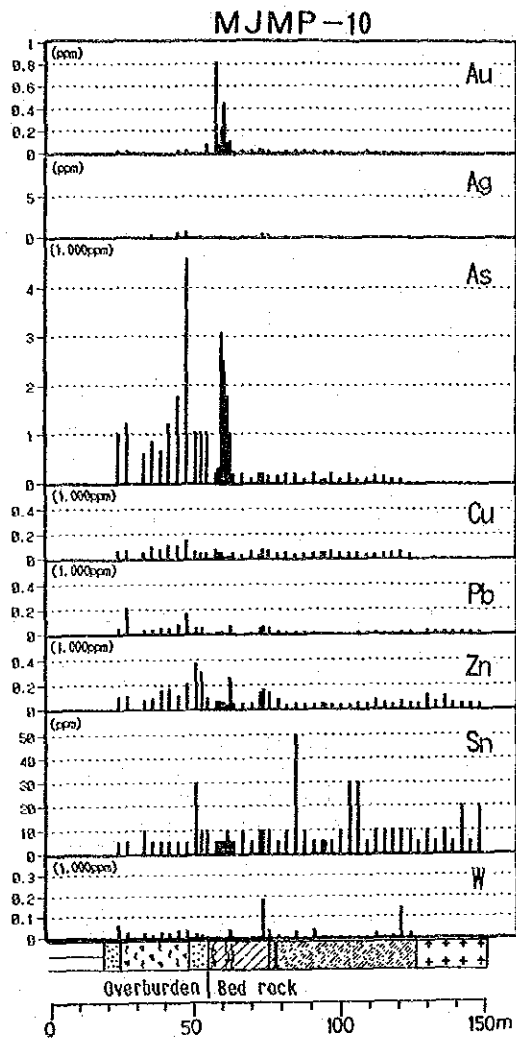


Fig. II-1-13 Metal contents in drill holes, MJMP-10 and MJMP-14 in eastern part of Area a-1

調査結果：付近一帯が厚さ40mにも及ぶ崖錐堆積物で覆われていること、その下位には火砕岩起源と考えられる角閃岩や片岩が存在すること、及びその中の地表下約50mの珪化片岩中に最高Au 2.1ppmを含む潜頭性の初生金鉱化作用、地表下約120mの珪化岩中にAgを伴う微弱なベースメタル(Cu・Pb・Zn)の鉱化作用が存在することが明らかとなった(Fig. II-1-12・13参照)。

また、崖錐堆積物中に存在する金は、北東方の山塊斜面から片岩角礫と共に運ばれ濃集した可能性が高く、初生金鉱化作用は、珪化岩及びAsと密接に関係して生じているということが明らかになった。

1-8 調査結果の検討

一般に、A地区には、古生代のTerolak層及びBelata層のいずれも変堆積岩類と、これらを一貫して貫くMain Range花崗岩及びChangkat Rembian花崗岩が分布している。変堆積岩類は主として千枚岩と変砂岩で構成されており、NNW-SSE方向に軸をもち、西傾斜の等斜褶曲を成す。

Main Range花崗岩及びChangkat Rembian花崗岩は、その鉱物・化学組成が類似していることから、その貫入はほぼ同時期と推定される。

“岩石の露出状況が極めて悪いこと”、“地表には露出していない火砕岩起源の角閃岩や緑色片岩の存在が第3年次のボーリングで明らかになったこと”等を考慮すると、ボーリングを含む今後の詳細な研究によって新事実が明らかになってくるものと予想される。

A地区全域のパン・コンセントレートの地化学探査の結果、約60km²の面積を占める金の地化学異常帯がTengah-Bidor-Sungkaiハイウェイの東側に存在し、この異常帯はさらに北部、Bukit Mas地区、南部の3つの異常域に分けられる。その規模と金含有量から、北部異常域に金鉱化作用の存在する可能性が高いことが判明した。

この事実に基づいて、各異常域のうち、特に金含有量の高い、北部異常域からa-1区域、南部異常域からa-2及びa-3区域を選び、グリッド方式による土壌地化学探査を実施した。その結果、a-1区域の北東部に、幅0.6km×延長1.4kmの面積を占める金地化学異常帯(平均0.41ppm、最高2.71ppm)の存在し、この異常帯は2つのAs異常帯(平均814ppm、最高2,248ppm)を伴っていることが明らかになった。他方、a-2及びa-3区域で得られた異常帯は、そのAu・Asの平均値がいずれもa-1区域に比較して低いので鉱化作用の存在可能性は少ないと判断した。a-1区域については、Au異常帯内で特に金粒の認められる地点付近で5本のトレンチを開削し、土壌中に0.27ppm~3.57ppmの高いAu含有量を検出した。

この土壌中に濃集した金とその下部に予想される含金石英脈あるいは母岩中の金鉱染のいずれであるかを明らかにするために、その下部に向けてボーリングを実施した。その結果、土壌中に濃集する金の起源は先の予想のいずれにも相当しないことが判明した。金は主として片岩角礫からなる厚い崖錐堆積物中に存在している。その金は北東方の花崗岩山塊西斜面を覆っていたであろう片岩ルーフペンダント中の初生金鉱化作用に由来し、片岩角礫と共に崖錐堆積物中に二次的に濃集したものと推定される。同じボーリング調査によって、地表下約50mの片岩珪化部に初生金鉱化作用が確認されていることから、この片岩ルーフペンダント中の金鉱化作用の存在については、その可能性は充分あり得ると考えられる。

最高2.1ppm(採試幅：1.00m)のAuを含む上述の基盤片岩珪化部中の初生金鉱化作用は、地表下約50mの位置にあり、崖錐堆積物に覆われた潜頭性の鉱化作用である。さらに約70m下位の珪化岩中にはAgを伴うベースメタル(Cu・Pb・Zn)の鉱化作用の存在が確認されている。また、初生金鉱化作用はAsと密接に関係して生じており、Asは初生金を探査する上で有効な指示元素となるであろう。

第2章 B地区

第1年次においては、第2年次以降の調査地区を選定すると共に、深部砂錫鉍層の分布に密接に関係する基盤構造を明らかにするための最適な物理探査法を選択する目的で、Changkat Jong地区とTeluk Intan地区についての既存資料調査を実施した。その結果に基づいて、第2・第3年次は、Teluk Intan地区のb及びb-2区域において、物理探査(重力法)とボーリング(バンカー・ドリル)調査を実施した。

2-1 地質

全域が平坦な耕作地で地層の露頭はほとんどない。以下は、Loh C.H. (1987)による過去のボーリング・データに基づいたこの地域の層序をまとめたものである。

第四紀層の基盤は変成古生層と花崗岩類で構成されており、これらを不整合に覆う第四紀層は、更新世のSimpang累層及び完新世のGula累層とBeruas累層から成っている。

Simpang累層は、粘土、シルト、砂、礫及びピートから成り、扇状地あるいは網状流路における河口堆積物と考えられている。層厚は40~60mである。

Gula累層は、粘土、シルト及び礫混じり砂からなり、少量の貝殻片を含むことから、河口~浅海堆積物と考えられている。層厚は0~40mである。下位のSimpang累層とは整合関係にあると言われている。

Beruas累層は、主に粘土、シルト、砂、礫及びピートから成る河口堆積物と考えられている。Gula累層とは同時異層の関係にあり、Simpang累層とは整合関係にある。層厚は15m前後とみられている。

2-2 鉍化作用

既知鉍化作用や採掘跡はこの地区には存在しないが、この地区のすぐ北側は、キンタ溪谷の錫生産の中心地の一つであるTanjung Tuanlangの錫採掘場となっている。このTanjung Tuanlang地区では、錫鉍化作用は、花崗岩中あるいはその接触部付近の堆積岩中の石英脈と密接に関係している。

2-3 物理探査

実施年次：第2・第3年次

目的：重力基盤構造を解明し、砂錫の賦存状況との関係を明らかにする。

調査範囲：b区域及びその北西に隣接するb-2区域

調査方法：第2年次には、面積30km²のb区域において860点、第3年次には、25km²のb-2区域において613点の重力測定を行った。測点間隔は両区域共150~250mである。

解析方法：第2・第3年次の両データを編集し、流れ図 (Fig. II-2-1) に従ってデータ処理・解析を行い、仮定密度 1.8g/cm^3 のブーゲー異常図 (Fig. II-2-2)、第四紀砂礫層と基盤岩の密度差 0.75g/cm^3 とした時の重力基盤深度平面図 (Fig. II-2-3) 等を作成した。また、ボーリング結果と重力基盤深度との関係を把握するために、ボーリング孔を通る2層構造断面図を作成した (巻末Appendix-2)。

解析結果：ブーゲー異常値は 5mgal ～ 15mgal の範囲で変化しているが、全体に調査地の北東部で低く、南西部で高くなっている。北東部には凹地を示唆するNW-SE方向の重力高傾度帯が認めら

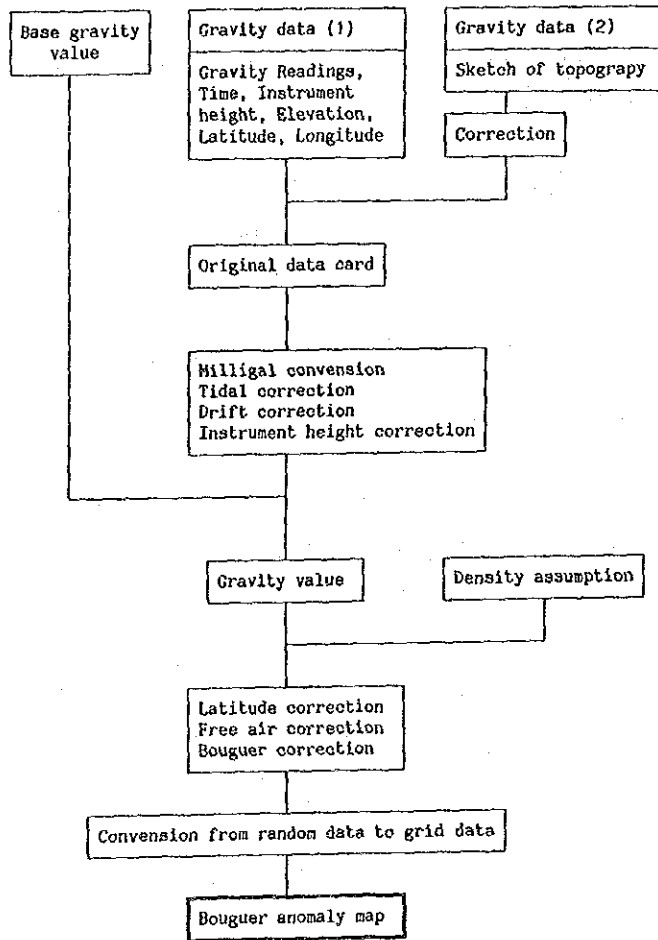


Fig. II-2-1 Flow chart of gravity data processing

れ、北東端ではN-S方向に屈曲している。基盤岩の凹凸を示唆する重力基盤深度は、浅い所で約5m、深い所で約110mに達している。ボーリングで確認された基盤深度とは約10%以内の誤差で一致している。重力基盤深度80m以上2凹地は、数珠状に連なり、一連の凹地は古流系チャンネル

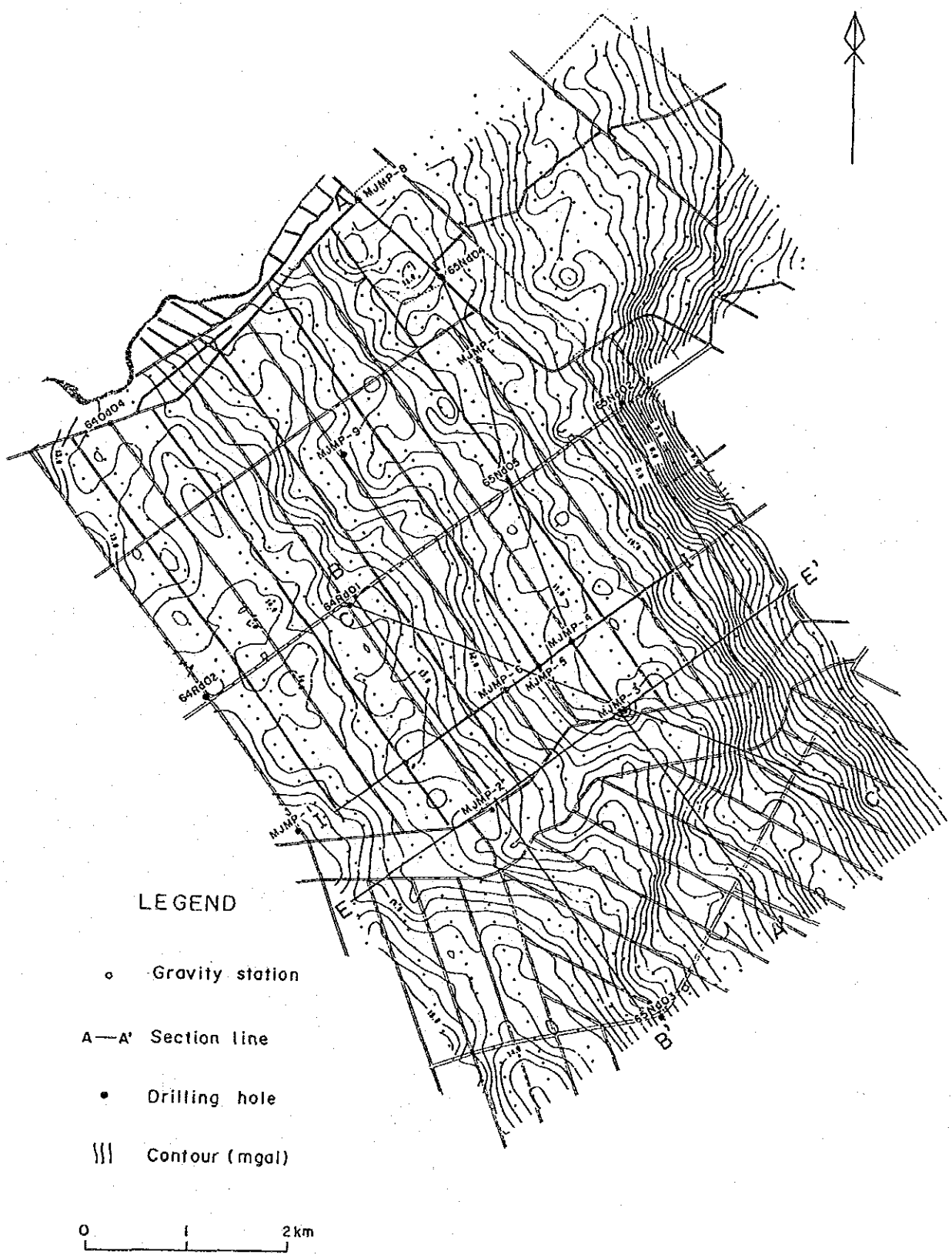


Fig.II-2-2 Bouguer anomaly map (density $1.8\text{g}/\text{cm}^3$) of Area b and b-2

を示していると考えられる。その中で、調査地域北東端では、一部測定範囲外でデータがないが、重力基盤が急激に落ち込んでおり、さらに東に延びるものと予想される。今後の探査に期待される場所である。

2-4 ボーリング調査

実施年次：第2・第3年次

目的：第四紀砂礫層の基盤深度と砂礫層中の砂錫賦存状況を解明する。

調査範囲：b区域及びb-2区域

掘進方法：GSM所有の半自動バンカー・ドリル(Semi-mechanized Banka Drill)を使用し、GSMのオペレーターが掘進を担当した。

掘進長等：原則として硬い基盤岩に達するまで掘進した。最終的に完了した各孔の掘進長は次の通りである。

孔番号	掘進長	区域	掘進年次
MJMP-1	98.0m	b	第2年次
MJMP-2	76.5m	b	第2年次
MJMP-3	62.8m	b	第2年次
MJMP-4	66.0m	b	第3年次
MJMP-5	70.0m	b	第3年次
MJMP-6	71.0m	b	第3年次
MJMP-7	71.1m	b-2	第3年次
MJMP-8	79.2m	b-2	第3年次
MJMP-9	85.1m	b-2	第3年次

調査結果：Table II-2-2によると、大半の鉱層が現在の採掘限界深度の60m以深にあり、しかも錫品位(0.299~0.866kg/m³)が低い。

一方、ボーリングで得られた砂錫鉱層の広がりを示すFig. II-2-4によると、基盤標高が-35m~-95mの間(標高差60m)で大きく変動しているにもかかわらず、鉱層上面(0.01kg/m³以上)の標高は-40m~-60m(標高差20m)の狭い範囲の変動に留まっている。このことは、一般的には基盤深度が深いほど厚い鉱層に達する可能性が高いことを意味している。

一方、各孔ごとの砂錫分布と深度との関係(Fig. II-2-5参照)により、達した砂錫鉱層は、次の2タイプに大別される。

対称タイプ……………MJMP-1, MJMP-3, MJMP-4, MJMP-6及びMJMP-7孔

高濃集部が基盤面のかなり上方の離れた位置にあり、この高濃集部を中心とした砂錫の分布がほぼ対称的なもの。砂礫層中に挟まれており、基盤面と直接関係しない鉱層と考えられる。このタイプの多くは、水平な鉱層に対して基盤面が傾斜しているものと予想される。

非対称タイプ……MJMP-2, MJMP-5, MJMP-8及びMJMP-9孔

高濃集部が基盤岩直上か極く近い位置にあり、砂錫の分布が非対称的なもの。砂礫層の最下底に胚胎し、基盤の凹部に直接載っている鉍層と考えられる。高品位鉍層が期待できるのは、このタイプであろう。

以上から、基盤深度が深く、しかも大規模な凹部の最下底部であることが、大規模・高品位砂錫鉍層胚胎の条件となるであろう。換言すると、大規模・高品位砂錫鉍層は、古流系内でもその中の凹地の最下底部に最も期待できると考えられる。

2-5 調査結果の検討

重力探査により、古流系チャンネルと推定される深度80m以上の重力基盤の凹地が存在が明らかになった。さらに、その中でも、北東端部に深度-110mにも及ぶ大規模な重力基盤の落ち込みが存在し、これが高品位砂錫鉍層胚胎条件に合致する基盤の凹部である可能性がある。

過去に実施した多数のボーリング孔の中で、幾つかの孔は基盤の凸部に位置している。

本調査で実施した9孔のボーリングで捕捉した砂錫鉍層については、いずれも現在の採掘限界深度の60m以下にあり、しかも錫品位も低いことから、現時点での経済的な重要性は低い。

Table II-2-1 Basement altitudes confirmed by drill holes, MJMP-1~9, Area B

Hole No.	Altitude of Drill site	Depth of basement	Altitude of basement
MJMP-1	2.8m	96.0m	-93.2m
MJMP-2	5.0m	76.2m	-71.2m
MJMP-3	7.1m	62.2m	-55.1m
MJMP-4	7.9m	66.0m	-58.1m
MJMP-5	6.9m	70.1m	-63.2m
MJMP-6	7.4m	72.0m	-64.6m
MJMP-7	7.5m	69.2m	-61.7m
MJMP-8	6.8m	79.0m	-72.2m
MJMP-9	6.2m	85.1m *	-78.9m

*:Not reached bedrock

Table II-2-2 Tin-ore beds intersected by drill holes, MJMP-1~9, Area B

Hole No.	depths		thickness	grade kg/c.m.
	from	upto		
MJMP-1	83.8m	93.0m	9.2m	0.452
MJMP-2	59.4m	76.2m	16.8m	0.264
MJMP-3	56.4m	61.0m	4.6m	0.577
MJMP-4	59.4m	67.1	7.7m	0.299
MJMP-5	64.0m	71.6m	7.6m	0.866
MJMP-6	62.5m	68.6m	6.1m	0.478
MJMP-7	-	-	-	-
MJMP-8	71.6m	79.2m	7.6m	0.736
MJMP-9	62.5m	80.8m	18.3m	0.425

* Ore bed = SnO₂ content > 0.1kg/c.m.

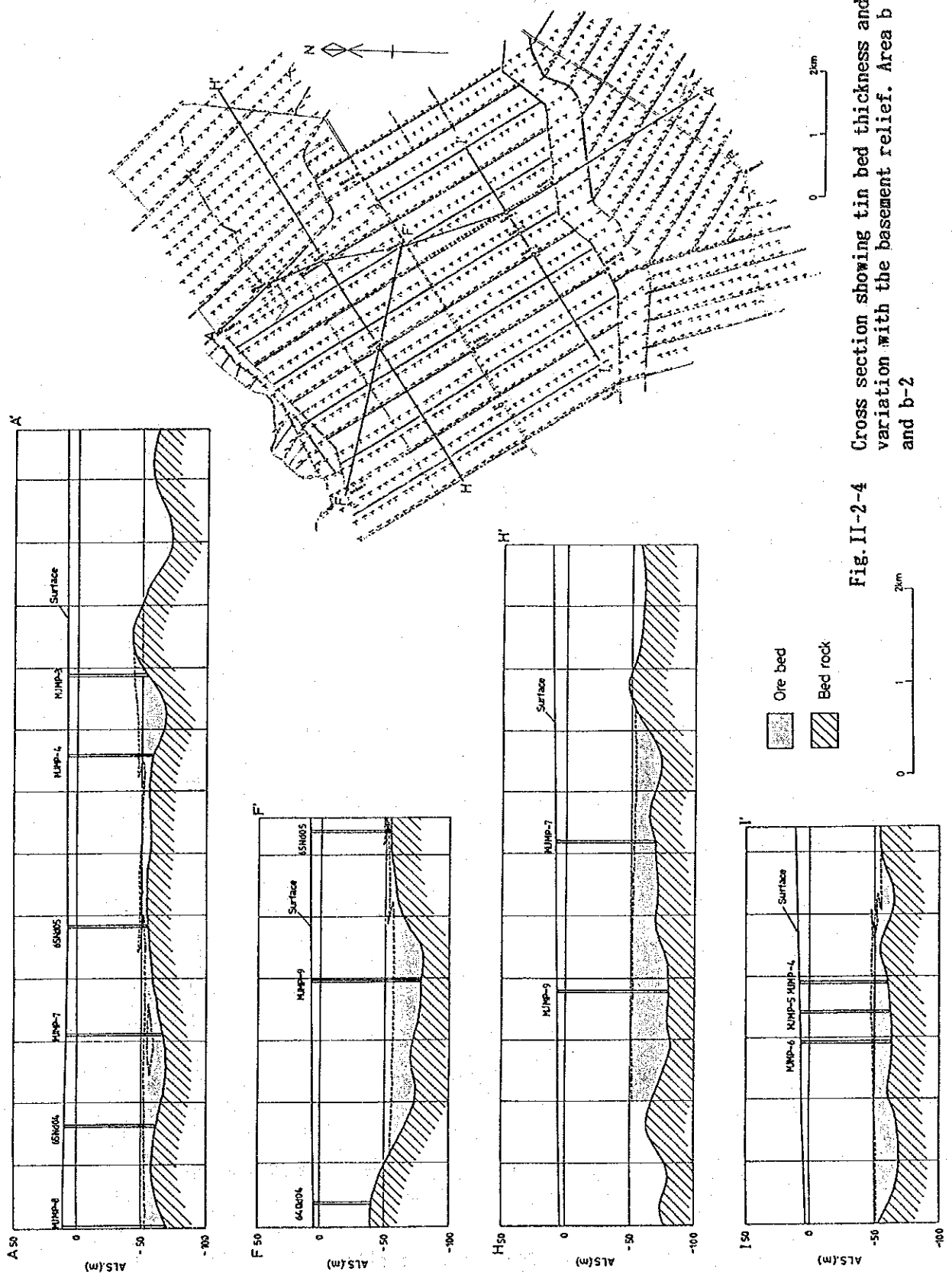


Fig. II-2-4 Cross section showing tin bed thickness and its variation with the basement relief. Area b and b-2

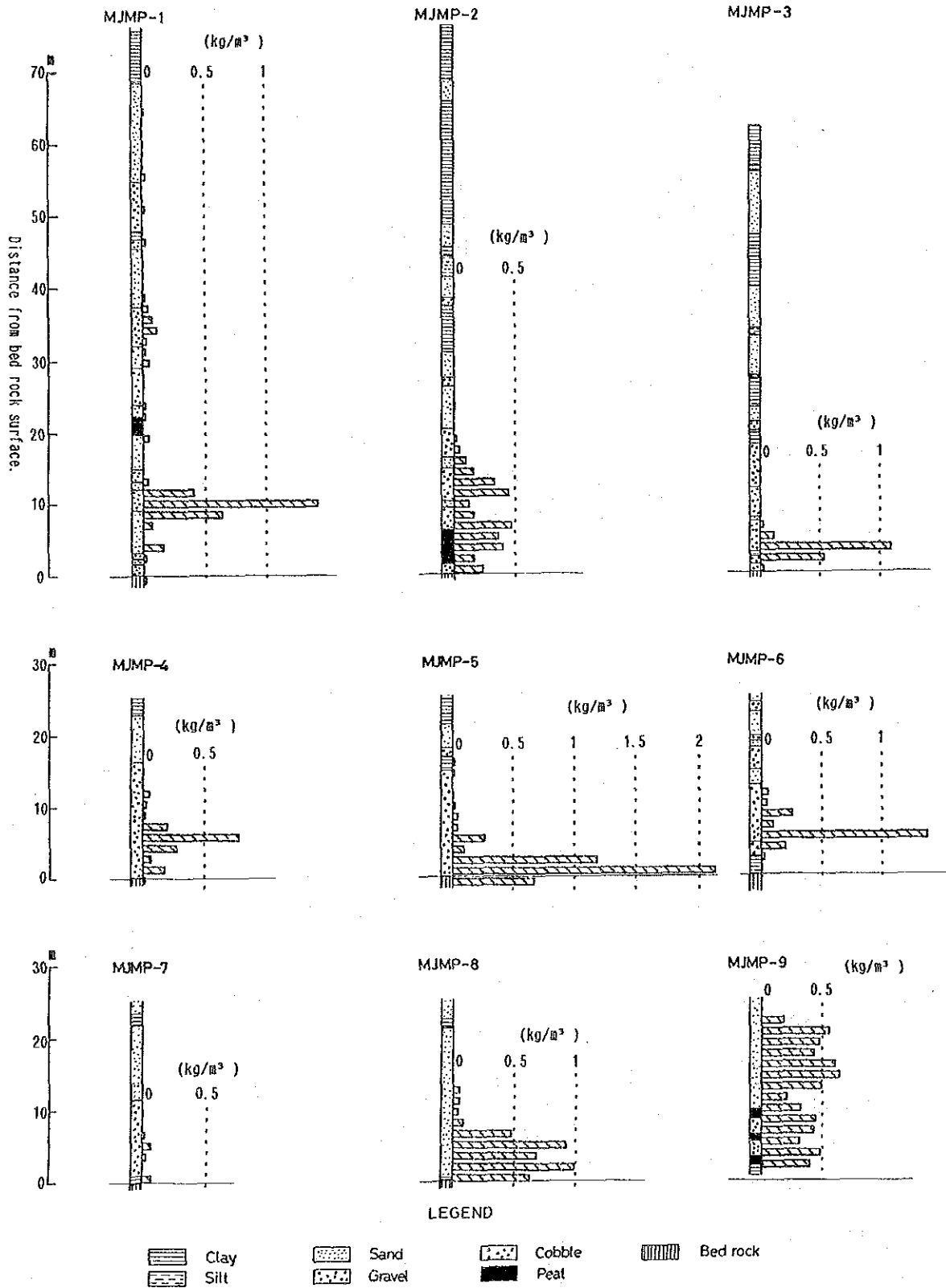


Fig. II-2-5 Variation of SnO_2 contents with depths in drill holes MJMP-1~9 in Area b and b-2

第3章 C地区

3-1 地質

C地区の地質は、主として変成古生層と、これを貫くMain Range花崗岩及び第四紀層で構成されている (Fig. II-3-1参照)。

変成古生層は、見かけ上、下位より雲母片岩、珪岩、雲母片岩～千枚岩、緑泥石に富む雲母片岩から成っている。これらの大半は泥質岩源で、その堆積時期は古生代前期と考えられている。

第四紀層は河川沿いに分布する未固結の砂礫層である。

Main Range花崗岩は中央部から南部にかけて分布しており、斑状花崗岩と等粒状花崗岩に大別される。斑状花崗岩は本地区の南半分を占めており、一部に、優白質花崗岩、アプライト及び石英ペグマタイトの岩脈 (幅30cm以下) を伴う。本岩は、主にカリ長石から成る巨晶 (径2～5cm) を特徴的に含み、少量の白雲母を伴う黒雲母花崗岩である。一方、等粒状花崗岩は粗粒の黒雲母花崗岩で、本地区の中央部に分布するほか、Ringat川上流にも小規模に露出している。北東部の変成古生層との境界付近では径2～5cmの雲母片岩のゼノリスを含んでいる。このMain Range花崗岩は、放射年代測定により、二疊紀～三疊紀に貫入したものと考えられている。

3-2 地質構造

本地区の地質構造は花崗岩体の伸張方向、変成古生層の走向方向などに現われており、NW-SE方向を示している。これに対して、空中写真から抽出されたりニアメントはこのNW-SE方向に斜交しており、むしろ節理面、アプライトやペグマタイトの岩脈、石英細脈などの走向方向と一致している。また、本地区中央部のJopal川沿いに、NE-SW方向の断層が確認されている。

3-3 鉍化作用

認められた数条の石英細脈のうち、極く一部、Ringat川上流で錫石-電気石-石英細脈を確認しているが、顕著な鉍化作用は認められない。

Jopal川流域では小範囲の珪化作用とカオリン化作用が認められ、上流には数箇所、砂金を探査したと思われるピット跡が残存するものの、パンニングでは金粒は確認されていない。

3-4 地化学探査

3-4-1 パンニングによる重鉍物探査

実施年次：第1年次

目的：重鉍物の種類とその分布状況を明らかにする。

探査範囲：調査地区全域

探査方法：化学探査のための河川堆積物 (シルト) 採取地点で、同時にパンニングを行った。パン

ニングは原則として約35g以上のコンセントレートが得られるまで繰り返し、パンニングした回数を記録しておいた。

処理方法：A地区の同探査と同じ流れ図 (Fig. II-1-1参照) に従い、最終的には半定量鉱物鑑定と化学分析 (Au, Ag, As, Hg, Sn, Hgの金属元素と12種のREE) を行った。

解析方法：半定量鉱物鑑定は鏡下で行い、化学分析値については単成分解析と因子分析を行った。

解析結果：半定量鉱物鑑定結果によると、この地区の重鉱物は、主として、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、トパーズで構成されている。

主な分布とその特徴的な重鉱物を次に示す。

Ringat川の最上流域……………イルメナイト・電気石・モナズ石に富む
Jopal川流域、花崗岩と変成古生層との境界付近……………錫石に比較的富む
Ringat川の東側支沢……………肉眼サイズの金粒1粒検出

単成分解析結果のうち、Au、Sn及びWの異常値の分布をFig. II-3-2に示している。

Au異常値 (0.001mg/d*以上) は、Ringat川下流の東側支流に2km×7kmの範囲で密集している。また、Ringat川本流の上流域、Jopal川上流域の5箇所散点的に分布している。

Sn異常値 (660mg/d*以上) は、Jopal川上流及びRingat川との合流点付近に認められる。これより南方の異常は散点的に分布している。

W異常値 (5mg/d*以上) は、Ringat川本流の上流域にのみ認められる。

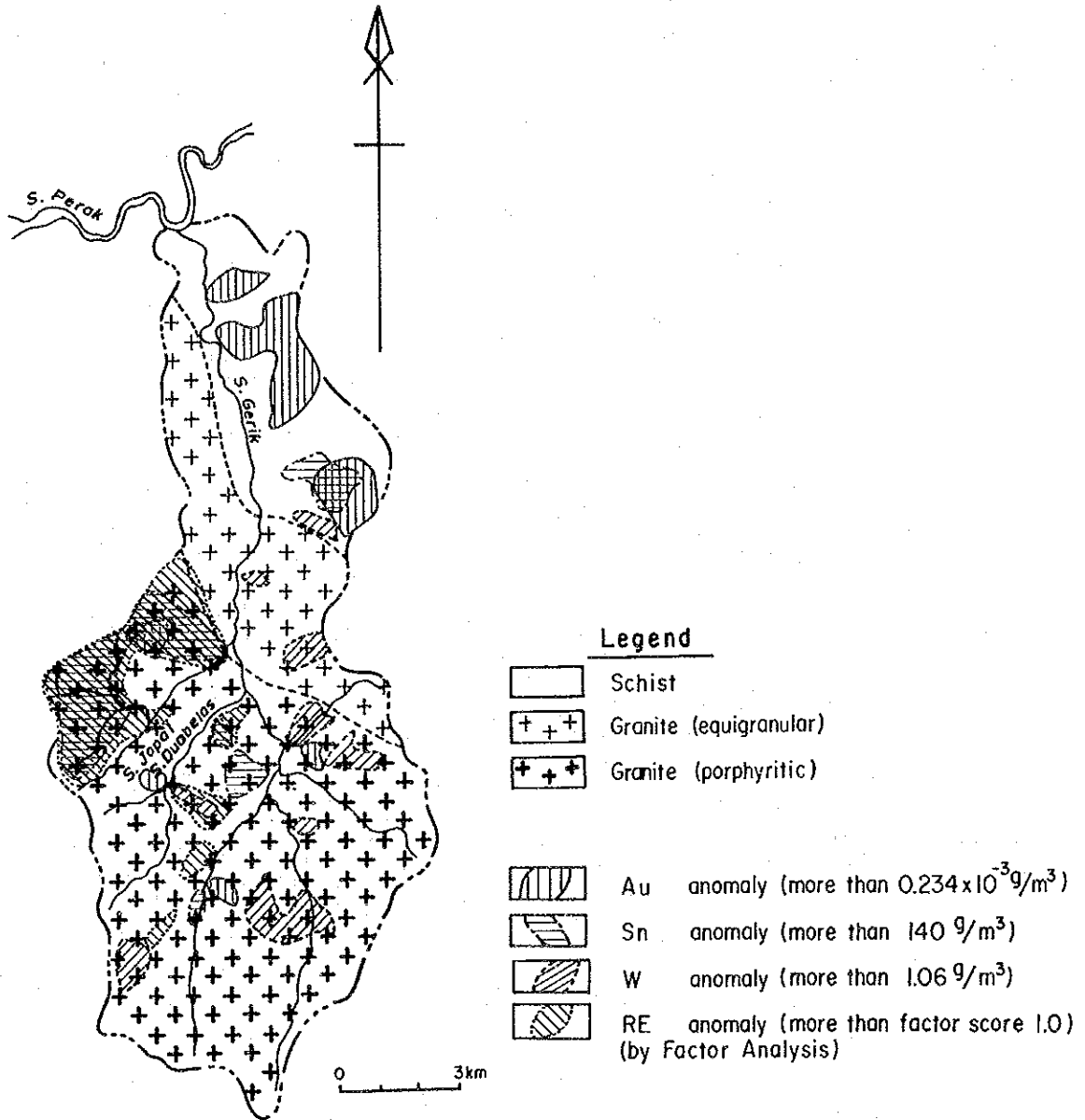


Fig.II-3-2 Geochemical anomalous zones for Au, Sn, W and REE in Area C
(heavy mineral concentrate)

因子分析結果で得られた各因子に対する各成分の因子負荷量をTable. II-3-1に示している。

Table II-3-1 Factor loadings of elements analyzed
(heavy mineral concentrate) in Area C

Factor Loading	Area C				Comunality
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	
Au	-0.039	-0.335	-0.548	0.157	0.4394
Ag	0.283	-0.496	-0.437	0.265	0.6034
As	0.040	-0.462	-0.111	0.561	0.5625
Sn	0.470	-0.035	-0.305	0.496	0.5977
W	0.238	-0.221	-0.107	0.675	0.6171
Hg	0.364	-0.595	-0.031	0.322	0.7139
Ni	0.091	-0.906	-0.169	0.176	0.8926
Co	0.184	-0.906	-0.136	0.030	0.8897
Ce	0.975	-0.123	-0.085	0.113	0.9895
Eu	0.754	-0.333	-0.367	0.047	0.8229
La	0.978	-0.123	-0.094	0.123	0.9963
Lu	0.762	-0.272	-0.040	0.150	0.9712
Nd	0.970	-0.120	-0.079	0.122	0.9778
Sm	0.930	-0.160	-0.114	0.186	0.9418
Tb	0.917	-0.217	-0.116	0.135	0.9672
Th	0.961	-0.085	0.035	0.148	0.9744
U	0.891	-0.049	0.127	0.133	0.8810
Yb	0.731	-0.273	-0.096	0.079	0.9614
Ta	0.842	-0.102	-0.046	0.282	0.9691
Nb	0.756	-0.260	0.007	0.319	0.9664
Factor Contribution	%	%	%	%	
	71.434	16.212	5.265	4.586	

(Heavy Mineral Concentrate)

この表から、第1因子はレアアースの挙動に関係し、第2因子はNi及びCoの、第3因子はAu及びAgの、第4因子はAs、Sn及びWの挙動に関係することが明らかとなった。

さらに因子得点が1.0以上の試料の分布を各因子ごとに見ると、第1因子は、Ringat川本流の上流、Duabelas川及びJopal川流域に、第2因子は、Ringat川本流の上・下流部に、第3因子は、Duabelas川及びJopal川上流の花崗岩体中、Ringat川下流東岸の片岩分布域に、第4因子は、Ringat川下流の東側の片岩と花崗岩の接触部付近に、それぞれ分布していることが明らかになった。

3-3-2 河川堆積物による地化学探査

実施年次：第1年次

目的：調査地区内の地化学分布状況を明らかにする。

探試範囲：調査地区全域

探試方法：調査地区内のほぼ全水系について地質調査と並行して、ほぼ1kmごとに河川堆積物(シルト)を採取した。

処理方法：Au, Ag, As, Hg, Sn, Hgの6金属元素について化学分析を行った。

解析方法：単成分解析及び因子分析を行った。

解析結果：単成分解析結果のうち、Au及びSnの異常値の分布を見ると、Au異常値(0.031ppm以上)は、Duabelas川支流とRingat川の合流点付近の東側支流に沿って、その他、Ringat川下流の東支

流に認められる。Sn異常値(125ppm以上)は、Ringat川本流上流部及びJopa1川・Duabelas川の流域に認められる。

3-4-3 岩石による地化学探査

実施年次：第2年次

目的：第1年次の地化学探査で得られたAu、Sn及びレアアースの異常源を確認し、それらのポテンシャルを検討する。

採試範囲：C地区内のc区域全域

採試方法：出来るだけ密度が均等になるように、しかも新鮮な岩石を採取するように努め、地質調査時に合計123個採取した。

処理方法：Au、Ag、Pb、Zn、Cu、As、W、Sn、Nb、Ta、U、Th、La、Ce、Nd、Sm、Eu、Tb、Yb及びLuの20元素について化学分析を行った。

解析方法：単成分解析及び因子分析を行った。

解析結果：単成分解析結果のうち、主要な金属元素の異常値の分布は次の通りである。

Auの異常値(0.003ppm以上)は、小規模な異常域として、中央部から西部にかけて散在している。

Pbの異常値(23ppm以上)は、比較的大規模な異常域を形成しており、中央部からENE-WSW方向に並んでいる。Jopa1川下流の異常域内にはカオリン変質帯が存在する。

Znの異常値(56.5ppm以上)は、中東部に1箇所小規模な異常域を形成しているのみである。

Cuの異常値(11.5ppm以上)は、中西部の3箇所と比較的まとまった小規模な異常域を形成している。

Asの異常値(17.5ppm以上)は、中央部から東部にかけて、3箇所の中規模な異常域を形成している。

Wの異常値(14ppm以上)は、中央部に4箇所の小規模な異常域、西縁部に中～大規模な異常域を形成している。中央部の異常域とそれを取り囲む8ppm以上の高濃度域はN-S方向に伸張しており、西縁部の異常域の西側は、範囲外のためその全貌は明らかでない。

Snの異常値(17.5ppm以上)は、小～大規模な多数の異常域を形成し、全体に分布している。これらの異常域を取り囲む10ppm以上の高濃度域は、NW-SE方向に伸張している。

3-5 調査結果の検討

この地区には、古生代の片岩と、これを貫くMain Range花崗岩が分布しており、初生錫鉱化作用は、錫石-電気石-石英脈(脈幅10cm)として、花崗岩と片岩の接触部付近に稀に認められるのみである。

地化学異常の中で、Auは片岩中に、Wは花崗岩との接触部付近に、Snは花崗岩中にそれぞれ存在し、帯状分布を示している。

重鉱物探査ではREE鉱物と錫石の濃集箇所が見られたが、その後の岩石地化学探査の結果では、REEの異常は散点的で、しかもその値も低いことが明らかになった。また、c区域中央部において、面積1.5km²で平均0.006ppmのAu異常帯と面積0.8km²で平均50ppmのSn異常帯が存在し、これ

らは部分的にオーバーラップしていることが判明した。しかしながら、これらAu及びSnについても、その値は概して低いため、ポテンシャルは低いものと考えられる。

第4章 調査結果の総合検討

4-1 A地区

一般に、A地区には、古生代のTerolak層及びBelata層のいずれも変堆積岩類と、これらを貫くMain Range花崗岩及びChangkat Rembian花崗岩が分布している。変堆積岩類は主として千枚岩と変砂岩で構成されており、NNW-SSE方向に軸をもち、西傾斜の等斜褶曲を成す。

Main Range花崗岩及びChangkat Rembian花崗岩は、その鉱物・化学組成が類似していることから、その貫入はほぼ同時期と推定される。

“岩石の露出状況が極めて悪いこと”、“地表には露出していない火砕岩起源の角閃岩や緑色片岩の存在が第3年次のボーリングで明らかになったこと”等を考慮すると、ボーリングを含む今後の詳細な研究によって新事実が明らかになってくるものと予想される。

A地区全域のパン・コンセントレートの地化学探査の結果、約60km²の面積を占める金の地化学異常帯がTajah-Bidor-Sungkaiハイウェイの東側に存在し、この異常帯はさらに北部、Bukit Mas地区、南部の3つの異常域に分けられる。その規模と金含有量から、北部異常域に金鉱化作用の存在する可能性が高いことが判明した。

この事実に基づいて、各異常域のうち、特に金含有量の高い、北部異常域からa-1区域、南部異常域からa-2及びa-3区域を選び、グリッド方式による土地化学探査を実施した。その結果、a-1区域の北東部に、幅0.6km×延長1.4kmの面積を占める金地化学異常帯(平均0.41ppm、最高2.71ppm)の存在し、この異常帯は2つのAs異常帯(平均814ppm、最高2,248ppm)を伴っていることが明らかになった。他方、a-2及びa-3区域で得られた異常帯は、そのAu・Asの平均値がいずれもa-1区域に比較して低いので鉱化作用の存在可能性は少ないと判断した。a-1区域については、Au異常帯内で特に金粒の認められる地点付近で5本のトレンチを開削し、土壌中に0.27ppm~3.57ppmの高いAu含有量を検出した。

この土壌中に濃集した金がその下部に予想される含金石英脈あるいは母岩中の金鉱染のいずれであるかを明らかにするために、その下部に向けてボーリングを実施した。その結果、土壌中に濃集する金の起源は先の予想のいずれにも相当しないことが判明した。金は主として片岩角礫からなる厚い崖錐堆積物中に存在している。その金は北東方の花崗岩山塊西斜面を覆っていたであろう片岩ルーフペンダント中の初生金鉱化作用に由来し、片岩角礫と共に崖錐堆積物中に二次的に濃集したものと推定される。同じボーリング調査によって、地表下約50mの片岩珪化部に初生金鉱化作用が確認されていることから、この片岩ルーフペンダント中の金鉱化作用の存在については、その可能性は充分あり得ると考えられる。

最高2.1ppm(採試幅:1.00m)のAuを含む上述の基盤片岩珪化部中の初生金鉱化作用は、地表下約50mの位置にあり、崖錐堆積物に覆われた潜頭性の鉱化作用である。さらに約70m下位の珪化岩中にはAgを伴うベースメタル(Cu・Pb・Zn)の鉱化作用の存在が確認されている。また、初生金鉱化作用はAsと密接に関係して生じており、Asは初生金を探査する上で有効な指示元素となるであろう。

4-2 B地区

砂錫鉱床賦存の可能性が比較的高いTeluk Intan地区内のLabu Kubung付近における砂錫は、地表下50～80mの基盤岩直上で、しかも基盤岩の古流系チャンネル内に濃集していることが、既存資料調査で明らかになり、このチャンネルの輪郭を把握するための最良の物理探査法として、重力探査を、基盤岩の深度と砂錫分布状況を把握する目的でボーリング(バンカー・ドリル)調査を実施した。

重力探査により、古流系チャンネルと推定される深度80m以上の重力基盤の凹地が存在が明らかになった。さらに、その中でも、北東端部に深度-110mにも及ぶ大規模な重力基盤の落ち込みが存在し、これが高品位砂錫鉱層胚胎条件に合致する基盤の凹部である可能性がある。

過去に実施した多数のボーリング孔の中で、幾つかの孔は基盤の凸部に位置している。

本調査で実施した9孔のボーリングで捕捉した砂錫鉱層については、いずれも現在の採掘限界深度の60m以下にあり、しかも錫品位も低いことから、現時点での経済的な重要性は低い。

4-3 C地区

この地区には、古生代の片岩と、これを貫くMain Range花崗岩が分布しており、初生錫鉱化作用は、錫石-電気石-石英脈(脈幅10cm)として、花崗岩と片岩の接触部付近に稀に認められるのみである。

地化学異常の中で、Auは片岩中に、Wは花崗岩との接触部付近に、Snは花崗岩中にそれぞれ存在し、帯状分布を示している。

重鉱物探査ではREE鉱物と錫石の濃集箇所が見られたが、その後の岩石地化学探査の結果では、REEの異常は散点的で、しかもその値も低いことが明らかになった。また、c区域中央部において、面積1.5km²で平均0.006ppmのAu異常帯と面積0.8km²で平均50ppmのSn異常帯が存在し、これらは部分的にオーバーラップしていることが判明した。しかしながら、これらAu及びSnについても、その値は概して低いため、ポテンシャルは低いものと考えられる。