

マレーシア国サバ地域
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

昭和63年3月

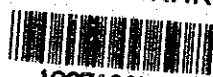
国際協力事業団
金属鉱業事業団

マレーシア・サバ地域

資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

JICA LIBRARY



1065190191

17537

昭和63年3月

国際協力事業団

金属鉱業事業団

国際協力事業団	
受入 月日	'88. 5. 6
登録 No.	17537
	113
	66.1
	MPN

は し が き

日本国政府はマレーシア政府の要請に応え、同国サバ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、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60年度から昭和62年度までの3ヶ年にわたって実施され、マレーシア政府関係機関、特にマレーシア地質調査所の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、3年間の調査結果をとりまとめたものである。

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並びに外務省、通商産業省、在マレーシア日本国大使館、在コタキナバル日本国領事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。

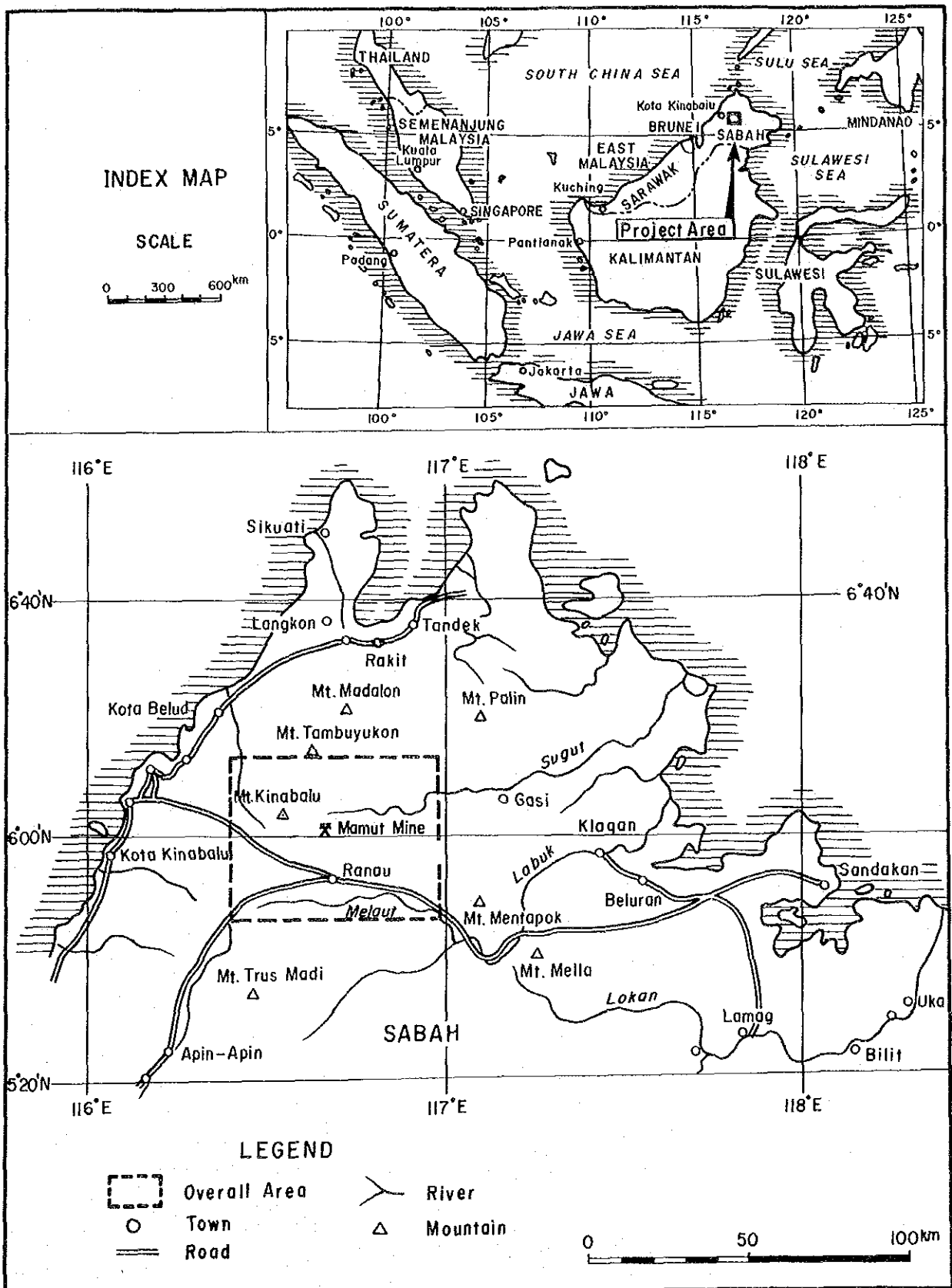
昭和63年2月

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



要 約

マレーシア・サバ州のキナバル山ーラナウ地域には、白亜紀後期から新第三紀中新世初期の厚い地向斜堆積物、白亜紀後期の超塩基性ないし塩基性火成岩類及び中新世末期の中性ないし酸性火成岩類が広く分布し、これら火成活動に成因的關係を有するポーフィリー銅型鉛床・鉛微、キプロス型と見做される塊状硫化銅鉛の転石群、クロム鉄鉛鉛微などが知られている。特に、ポーフィリー銅型鉛化作用は顕著で、その1つはマムート鉛山として1975年より稼行されている。

マレーシア・サバ地域資源開発協力基礎調査は、過去の調査で得られた鉛微、地化学異常帯などのうち、鉛床賦存の可能性が最も高いと考えられる Bambang, Mankadai, Paliu の3地区について、詳細な地質調査、地化学探査、物理探査、ボーリング調査を実施することにより、鉛床の賦存状況の解明と評価を行うことを目的として、昭和60年度より実施された。

3年間にわたる調査結果を要約すると次のとおりである。

1. Bambang (A, a) 地区

マムート鉛床及びその南西方4kmにある既知小露頭を含む面積100km²の地区で、地区内には第四紀の水河堆積物と考えられる Pinosuk 礫層が広く分布するため、地表調査で得られる情報は極めて少ない。このため、第1年次に全域について CSAMT 法電気探査を行い、得られた3ヶ所の低比抵抗帯のうち最もマムート鉛床に近い低比抵抗帯について IP 及び SIP 法電気探査を実施するとともに、既知鉛化帯及び IP 異常帯に対して10孔(合計掘進長3,460.20m)のボーリング調査を行った。この結果、既知小露頭北方の Bambang 沢において、南北方向に貫入するアダメロ斑岩岩体とその周辺の被貫入岩類中にポーフィリー銅型の鉛化帯が賦存することが判明した。

第2・3年次は、この鉛化帯の水平的・垂直的広がり及び品位の確認、及び第1年次に Bambang 沢東方で実施したボーリングで捕捉した黄鉄鉛鉛染帯の延長部確認を目的として合計8孔(2,610.80m)のボーリング調査を行った。

これらの調査の結果、Bambang 沢鉛化帯は鉛染状/微細脈網状の黄鉄鉛と少量の黄銅鉛を主とするポーフィリー銅型鉛化帯で、その広がりには南北約400m、東西200~250m、中央部の厚さ約90mであり、鉛化帯を捕捉した7本のボーリングの平均品位は幅91.40m、Cu 0.14%、Au 0.07g/t、Mo 31ppmであることが確認された。しかしながら、この鉛化帯の上位には厚さ70~170mの Pinosuk 礫層が堆積しており、また鉛化帯の品位がマムート鉛床の品位(Cu 0.56%、Au 0.6g/t)に比較して低いため、現在のところ開発の可能性は少ないものとする。

しかしながら、Bambang 沢鉛化帯の発見により、Pinosuk 礫層下にはほかにも類似の鉛化帯が

賦存する可能性が強く示唆された。

A地区で第1年次に実施したCSAMT法で得られたKundasang北部の低比抵抗帯(A-3)は、鉱化作用に関係あると考えられるため、この低比抵抗帯の性状確認調査(IP・SIP法電気探査、ボーリング調査など)が必要と考える。

2. Mankadau (B, b) 地区

本地区はマムート鉱床の北東方約15kmにあるMankadau川及びその支流を含む面積100km²の範囲で、地区内には超塩基性ないし塩基性の火成岩類が卓越し、Mankadau川支流Lingangaa沢に高品位の塊状硫化銅鉱(Cu25~60%)の転石群と、Mankadau川下流部Paranchangan部落北東方1.5kmにクロム鉄鉱の小鉱床が知られている。

第1年次には、主として塊状硫化銅鉱転石の根源を把握するため、全域をカバーするCSAMT法電気探査及び転石が集中するLingangaa沢を中心とする4km²について土壤による地化学探査を実施したが、Lingangaa沢最上流部において多量のクロム鉄鉱の転石を新たに発見したものの、硫化銅鉱床、クロム鉄鉱鉱床などの賦存を示す有意の徴候・異常帯は得られなかった。このため、第2年次は、より広域的観点から検討を重ねるため、調査範囲を50km²に拡大して地質調査及び土壤による地化学探査を実施し、併せてParanchangan北東の既知クロム鉄鉱鉱床の精査を行った。しかしながら、これらの調査でも硫化銅鉱の根源あるいは胚胎の場を示唆するような示徴は得られず、またクロム鉄鉱鉱床は小規模でありかつ母岩となるグナイト分布も小範囲に限られているため、経済的に開発可能な鉱床の賦存の可能性は低いと考えられる。

3. Paliu (c) 地区

マムート鉱床東方25kmに位置し、地区内には、1982年にマレーシア・西ドイツ協同調査団によって抽出されフォローアップ調査を要すると勧告された河床堆積物による地化学探査のCu、Pb、Zn異常帯が2箇所存在する。

これら地化学異常帯の根源とその性状を明らかにするため、4km²の範囲について、第1年次に地質調査及び河床堆積物・土壤による地化学探査を行い、地区中央部に小規模・微弱なCu、Pb、Zn異常帯を検出した。そこで第2年次に、これら異常帯に対して10ヶ所のトレンチ調査を実施したが、No.2トレンチにおいて珪化砂岩中でPb最高品位0.605%を、またNo.6トレンチでは黄鉄鉱の弱い鉱染を伴う珪化帯中にてAuのやや高い部分(0.10~0.19g/t)を得たにとどまり、鉱床賦存の可能性は低い。

目 次

はしがき
調査位置図
要 約

第 I 部 総 論

第 1 章 調査概要	1
1-1 調査地域及び調査目的	1
1-2 調査方法及び調査量	1
1-3 調査期間及び調査員	8
第 2 章 従来 of 調査	11
第 3 章 キナバル山周辺の地質概要	15
第 4 章 現地状況	23
4-1 位置及び交通	23
4-2 調査環境	23
第 5 章 結論及び将来への提言	25
5-1 結 論	25
5-2 将来への提言	25

第 II 部 BAMBANGAN (A, a) 地区

第 1 章 地 質	27
1-1 地質概説	27
1-2 地質各説	27
1-2-1 基盤岩類	27
1-2-2 堆積岩類	27
1-2-3 火成岩類	34
1-3 地質構造	35

第2章 鉍化作用	37
第3章 物理探査	39
3-1 CSAMT法電気探査	39
3-1-1 調査概要	39
3-1-2 調査結果	39
3-2 IP法及びSIP法電気探査	47
3-2-1 調査概要	47
3-2-2 調査結果	48
第4章 ボーリング調査	53
4-1 調査概要	53
4-2 調査結果	53

第III部 MANKADAU (B, b) 地区

第1章 地質	67
1-1 地質概要	67
1-2 地質各説	67
1-2-1 堆積岩類	67
1-2-2 火成岩類	73
1-3 地質構造	74
第2章 鉍化作用	75
第3章 土壤による地化学探査	85
3-1 調査概要	85
3-2 調査結果	85
第4章 物理探査 (CSAMT法)	109
4-1 調査概要	109
4-2 調査結果	109

第IV部 PALIU (c) 地区

第1章 地質	115
--------	-----

1-1	地質概要	115
1-2	地質各説	115
1-2-1	堆積岩類	115
1-2-2	火成岩類	115
1-3	地質構造	115
第2章	鉱化作用	121
第3章	地化学探査	125
3-1	河床堆積物による地化学探査	125
3-1-1	調査概要	125
3-1-2	調査結果	125
3-2	土壤による地化学探査	130
3-2-1	調査概要	130
3-2-2	調査結果	130
第4章	トレンチ調査	139
4-1	調査概要	139
4-2	調査結果	141

第V部 結論及び将来への提言

第1章	BAMBANGAN (A, a) 地区	147
1-1	結論	147
1-2	将来への提言	147
第2章	MANKADAU (B, b) 地区	149
2-1	結論	149
2-2	将来への提言	149
第3章	PALIU (c) 地区	151
3-1	結論	151
3-2	将来への提言	151
参考文献		153

LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. I Location Map of Survey Area
- Fig. I-1 Detailed Location Map of Surveyed Area
- Fig. I-2 Flowsheet Showing Selection of Each Phase Survey Area, Sabah (Phase I, Phase II, Phase III)
- Fig. I-3 Flowsheet Showing Details of Survey, Sabah
- Fig. I-4 Generalized Geological Map of Sabah
- Fig. I-5 Geological Map of Kinabalu Area
- Fig. I-6 Generalized Stratigraphic Section of Kinabalu Area
- Fig. II-1 Geological Map of Bambang (A, a) Area
- Fig. II-2 Geological Map of Bambang (a) Area
- Fig. II-3-1 Resistivity Structural Map in Bambang (A) Area (Section A)
- Fig. II-3-2 Resistivity Structural Map in Bambang (A) Area (Section B)
- Fig. II-3-3 Resistivity Structural Map in Bambang (A) Area (Section C)
- Fig. II-3-4 Resistivity Structural Map in Bambang (A) Area (Section D)
- Fig. II-4 CSAMT Interpretation Map of Bambang (A, a) Area
- Fig. II-5 Geophysical Interpretation Map of Bambang (A, a) Area
- Fig. II-6 Location Map of Drill Holes
- Fig. II-7 Geological Map of Drilling Survey Area and Profiles
- Fig. III-1 Geological Map of Mankadau (B, b) Area
- Fig. III-2 Generalized Stratigraphic Section of Mankadau (B, b) Area
- Fig. III-3 Sketch showing Copper Boulder
- Fig. III-4 Sketch showing Chromite Boulder
- Fig. III-5 Map showing Chromite Ore Distribution in Paranchangan (B) Area
- Fig. III-6 Sketch Showing Chromite Mineralization in Paranchangan (B) Area
- Fig. III-7 Histogram for Soil Samples in Mankadau (bI) Area
- Fig. III-8 Cumulative Frequency Curve for Solid Samples in Mankadau (bI) Area
- Fig. III-9 Geochemical Interpretation Map of Mankadau (bI) Area
- Fig. III-10 Histogram for Soil Samples in Mankadau (bII) Area
- Fig. III-11 Cumulative Frequency Curve for Soil Samples in Mankadau (bII) Area
- Fig. III-12 Map showing Distribution of Factor Score in Mankadau (bII) Area
- Fig. III-13 Geochemical Interpretation Map of Mankadau (bII) Area
- Fig. III-14-1 Resistivity Structural Map in Mankadau (B) Area (Section E)
- Fig. III-14-2 Resistivity Structural Map in Mankadau (B) Area (Section F)
- Fig. III-14-3 Resistivity Structural Map in Mankadau (B) Area (Section G)
- Fig. III-15 CSAMT Interpretation Map in Mankadau (B) Area
- Fig. IV-1 Geological Map with Geochemical Interpretation of Paliu (c) Area
- Fig. IV-2 Distribution Map of Alteration Zone in Paliu (c) Area
- Fig. IV-3 Histogram for Stream Sediment Samples in Paliu (c) Area
- Fig. IV-4 Cumulative Frequency Curve for Stream Sediment Samples in Paliu (c) Area

- Fig. IV-5 Score-Sum Map of Stream Sediment Samples in Paliu (c) Area
Fig. IV-6 Histogram for Soil Samples in Paliu (c) Area
Fig. IV-7 Cumulative Frequency Curve for Soil Samples in Paliu (c) Area
Fig. IV-8 Location Map of Trenches in Paliu (c) Area

LIST OF TABLES

- Table I-1 Method and Amount of Survey
Table I-2 Member List of Survey
Table II-1 Summary of Results of Drilling Survey
Table III-1 Chemical Composition of Copper Boulder of Mankadau (bI) Area
Table III-2 Chemical Composition of Chromite Boulder of Mankadau (bI) Area
Table III-3 Statistic Values for Soil Samples in Mankadau (bI) Area
Table III-4 Statistic Values for Soil Samples in Mankadau (bII) Area
Table III-5 Result of Factor Analysis in Mankadau (bII) Area
Table IV-1 Statistic Values for Stream Sediment Samples in Paliu (c) Area
Table IV-2 Statistic Values for Soil Samples in Paliu (c) Area
Table IV-3 Result of Factor Analysis in Paliu (c) Area
Table IV-4 Result of Chemical Analysis of Trench Samples in Paliu (c) Area

LIST OF MAPS

- Map-1 Geological Map of Kinabalu Area
Map-2 Geological Map of Bambang (a) Area

第 I 部 総 論

第1章 調査概要

1-1 調査地域及び調査目的

日本国政府は、マレーシア政府の要請に基づき、サバ州州都コタキナバルの東方に位置する東西約52km、南北約40kmの地域内において、資源開発協力基礎調査を実施することとし、昭和60年6月15日マレーシア総理府経済企画部 (Economic Planning Unit) との間に調査実施に関する作業協定を締結した。

協定地域内には、Fig. 1に示すとおり、そのほぼ中央に操業中のマムート銅鉱山が存在するほか、これまでに実施されて来た種々の調査によって多くの鉱徴あるいは地化学探査、物理探査の異常帯が知られている。しかしながら、地域の大部分が東南アジアの最高峰であるキナバル山(標高4,101m)の急峻な山岳地形とジャングルによって占められ、またキナバル山の南側山麓には第四紀洪積世の氷河堆積物と考えられる厚い Pinosuk 礫層が広く分布するなど地理的・地質的条件が悪く、キナバル山周辺の地質、地質構造、火成活動、鉱化作用及びこれらの相互関係は未だ十分に解明されておらず、既知の鉱徴・異常帯についても詳細な調査がなされていない。

本資源開発協力基礎調査は、既存資料の検討により鉱床賦存の可能性が最も高いと考えられる Bambang, Mankadau 及び Paliu の3地区に対して、地質調査、地化学探査、物理探査、ボーリング調査を適切に組み合わせた詳細な調査を実施し、鉱床賦存の確認と開発の可能性の評価を行うことを目的として実施された。

Bambang 地区は既知露頭を含む a 地区 (6km²) とその周辺部 A 地区 (94km²)、Mankadau 地区は銅鉱転石の多い b 地区 (4km²) とその周辺部 B 地区 (96km²) よりなり、Paliu 地区は既知地化学異常帯を含む 4km² を c 地区とした。なお、これらの地区は調査年次毎に I, II, III の記号を付して表示することとした。

調査の対象となった3地区の位置関係を Fig. I-1 に示す。

1-2 調査方法及び調査量

本資源開発協力基礎調査は昭和60年度から昭和62年度までの3年間にわたって実施された。

調査期間中に実施された調査手法及び調査量は Table I-1 のとおりである。また、各地区における年次毎の調査範囲及び調査の推移を Fig. I-2 及び Fig. I-3 にそれぞれ要約して示した。

各調査手法の概要は次のとおりである。

(1) 地質調査

b II 地区において準精査を、a II, b I, c I 各地区において精査を、それぞれ実施した。準精査では既存の1/10,000地形図を用いて踏査し、調査結果を1/10,000地質図としてとりまとめた。

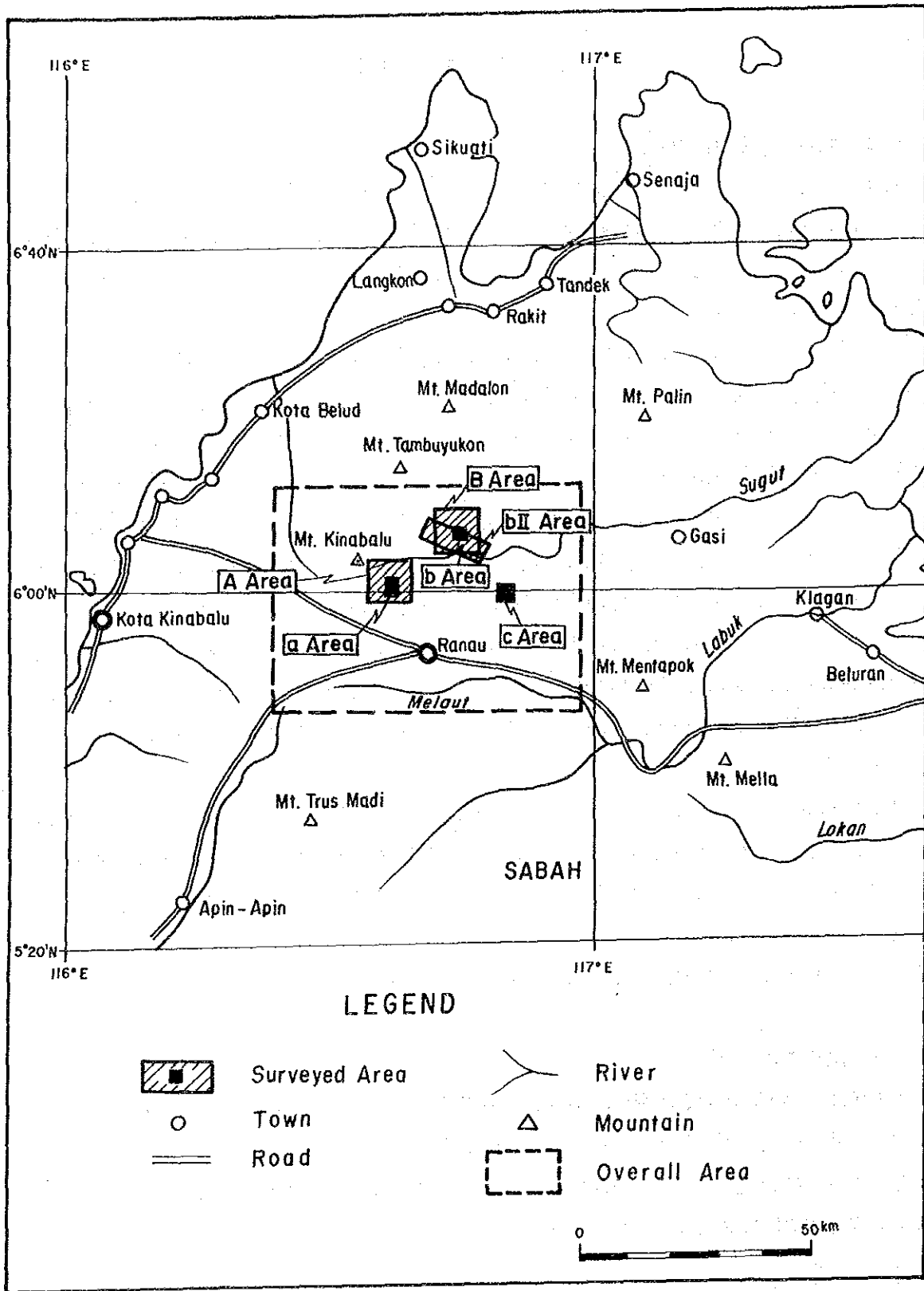


Fig. I-1 Detailed Location Map of Surveyed Area

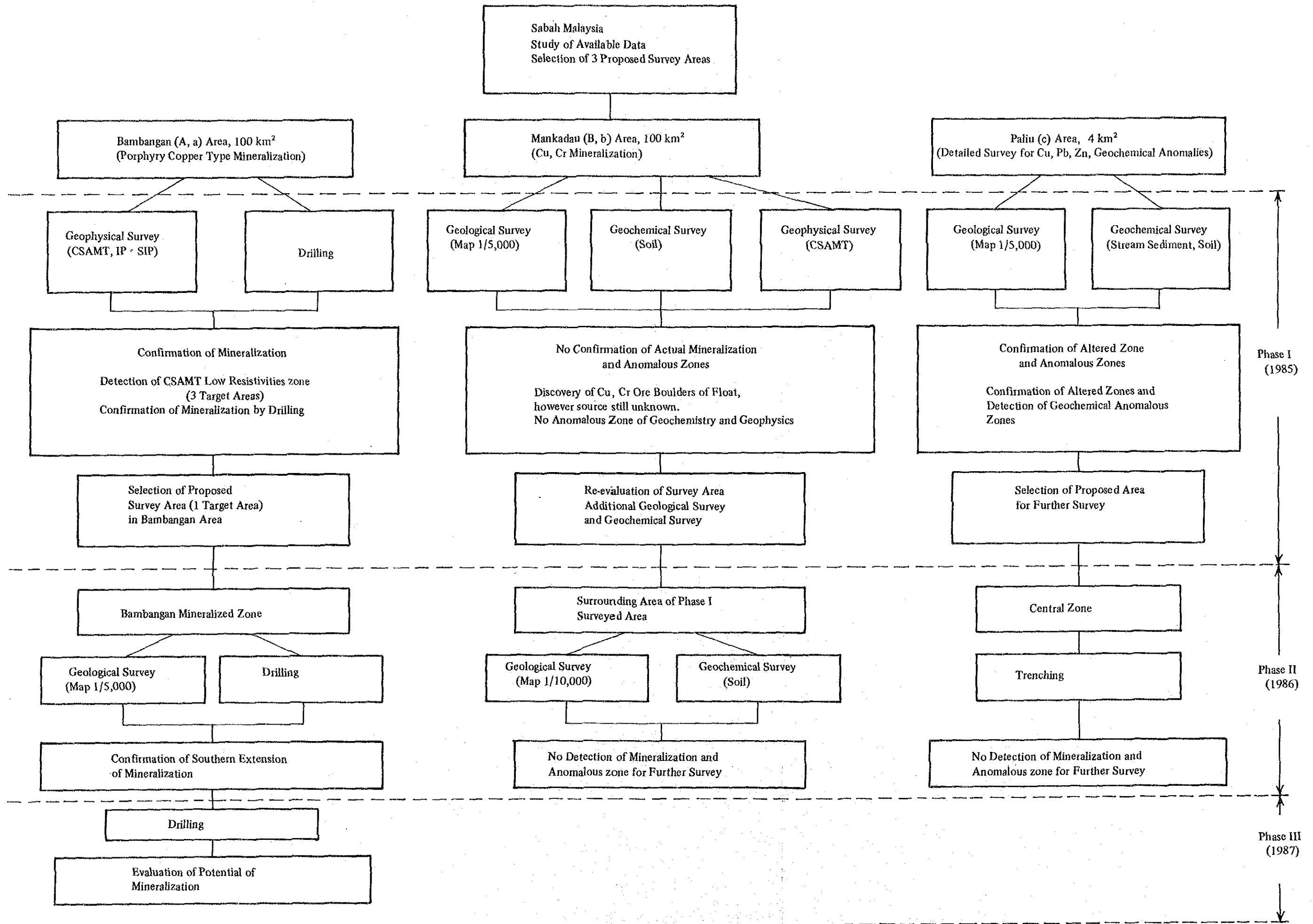


Fig. I-2 Flowsheet Showing Selection of Each Phase Survey Area, Sabah (Phase I, Phase II, Phase III)

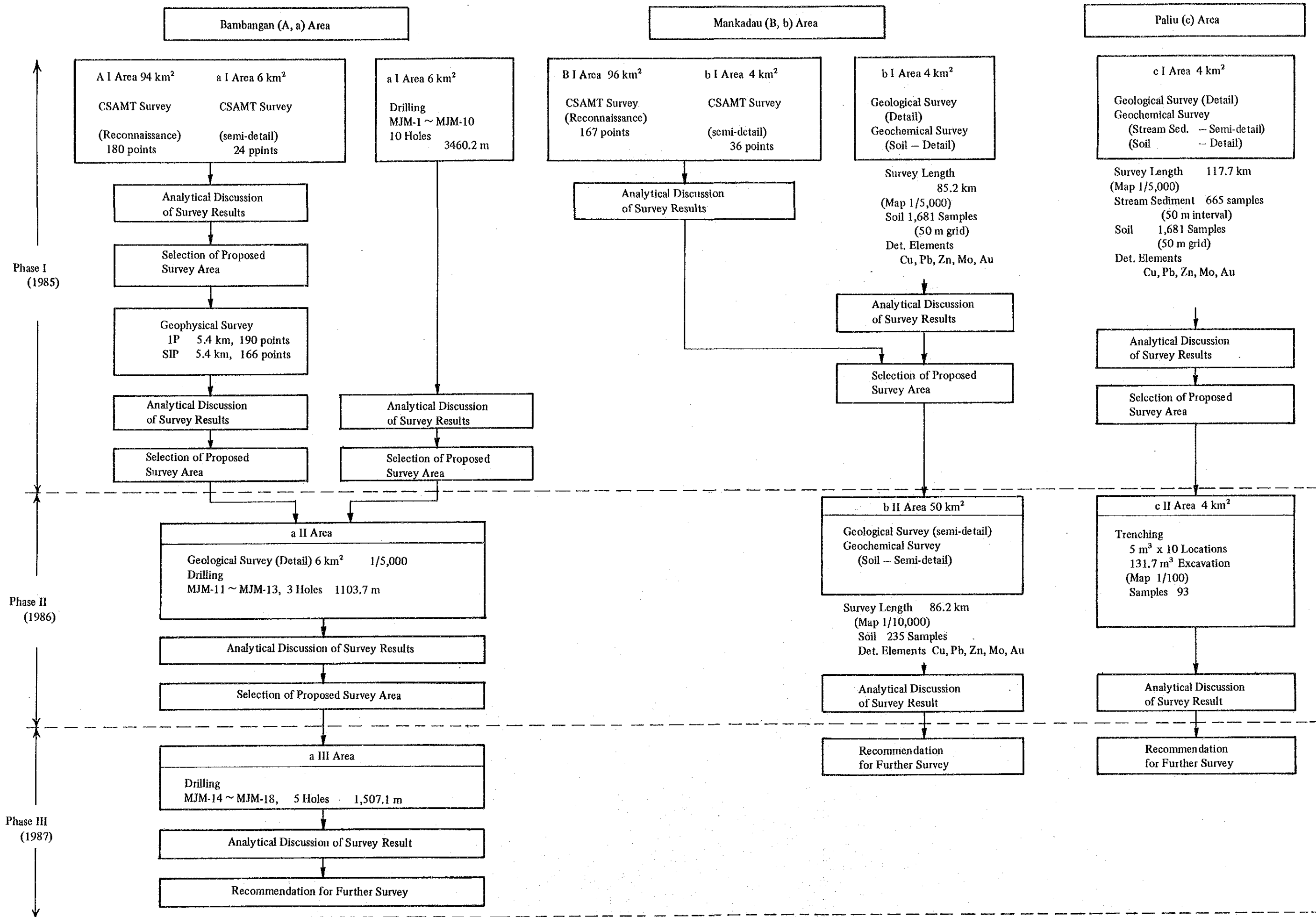


Fig. I-3 Flowsheet Showing Details of Survey, Sabah

Table I-1 Method and Amount of Survey

Year	Bambangan (A, a) Area	Mankadau (B, b) Area	Paliu (c) Area
Phase I	<p>CSAMT Survey (Reconnaissance) AI Area 94 km², 180 Points CSAMT Survey (Semi-detail) aI Area, 6 km², 24 Points IP Survey AI, aI Area 5.4 km, 190 Point SIP Survey AI, aI Area 5.4 km, 166 Point Drilling survey aI Area 10 Holes 3,460.20 m (MJM-1 ~ MJM-10)</p>	<p>Geological Survey (Detail) bI Area, 4 km², 1/5,000 Geological Map Soil Geochemical Survey (Detail) bI Area, 4 km², 1681 Samples (Pathfinder : Cu, Pb, Zn, Mo, An) CSAMT Survey (Reconnaissance) BI Area 96 km², 167 Points CSAMT Survey (Semi-detail) bI Area 4 km², 36 Points</p>	<p>Geological Survey (Detail) cI Area, 4 km², 1/5,000 Geological Map Steam Sediment Geochemical Survey (Semi-detail) cI Area, 4 km², 665 Samples (Pathfinder : Cu, Pb, Zn, Mo) Soil Geochemical Survey (Detail) cI Area 4 km², 1681 Samples (Pathfinder : Cu, Pb, Zn, Mo, Au)</p>
Phase II	<p>Geological Survey (Detail) aII Area 6 km², 1/5,000 Geological Map Drilling aII Area 3 Holes 1103.7 m (MJM-11 ~ MJM-13)</p>	<p>Geological Survey (Semi-detail) bII Area 50 km², 1/10,000 Geological Map Soil Geochemical Survey (Semi-detail) bII Area 50 km², 235 Samples (Pathfinder : Cu, Pb, Zn, Mo, Au)</p>	<p>Trenching Survey cII Area 10 Trenches (131.7 m²)</p>
Phase III	<p>Drilling aIII Area 5 Holes 1,507.1 m (MJM-14 ~ MJM-18)</p>		
Total	<p>6 km² 204 Points 190 Points 166 Points 6,071.00 m</p>	<p>54 km² 1,916 Samples 203 Points</p>	<p>4 km² 665 Samples 1,681 Samples</p>

精査は、a II地区では1/10,000地形図を拡大した1/5,000地形図を使用し、1/5,000地質図として、またb I及びc I地区では簡易測量によって1/2,500ルートマップを作成し、調査結果を1/5,000地質図として、それぞれとりまとめた。

(2) 地化学探査

地化学探査は、c I地区において河床堆積物による準精査を、b I及びc I地区において土壌による精査を、それぞれ実施したが、このほかb II地区において、前年次の調査で期待していた結果が得られなかったため、より広範囲について土壌による準精査を実施した。

試料は、河床堆積物の場合は沢沿い50m間隔で採取した80メッシュ以下のシルト質川砂とし、土壌の場合は50m×50mグリッド(精査)及び地質調査ルート沿いに平均採試密度が5個/km²となるように選定した地点(準精査)で採取した。

試料は全てマレーシア地質調査所サバ支所において、Cu, Pb, Zn, Moの4成分について分析し、また土壌試料の一部についてはAuの分析も実施した。

分析結果の解析は全て日本国内で行った。

(3) 物理探査

CSAMT法電気探査の概査は、AI, BI地区において予め計画された測線に沿って400m~500mの測点間隔で測定し、準精査では、a I地区では測点間隔を300mに、またb I地区では地化学探査の測線を利用して測点間隔を100~150mにとり、概査よりも測点密度を高めた。

IP法及びSIP法電気探査は、AI及びa I地区のCSAMT法電気探査によって得られた低比抵抗構造部に対して実施されたもので、それぞれ200m間隔の測線4本(合計延長5.4km)を伐開し、50m間隔にて測定を行った。

得られたデータは全て日本国内において解析・検討された。

(4) ホーリング調査

日本より搬入した試錐機2台(TGM-2C及びTGM-5)を使用し、ワイヤーライン工法で掘進作業を行った。最終孔径は各孔ともBQサイズとし、またコア採取率を可能な限り高めるよう努めた。

(5) トレンチ調査

c II地区において、10箇所を選定し、人力により実施した。

1-3 調査期間及び調査員

本協力調査の現地調査は、昭和60年8月8日に開始され、昭和62年10月9日に完了した。

各調査年度の現地調査期間及び現地調査に参加した調査団員はTable I-2のとおりである。

Table I-2 Member List of Survey

	Classification	Field Survey Period	Member	
			Japanese Counterparts	Malaysian Counterpart
Phase I (1985)	Planning and Negotiation of Scope of Work		Makoto Ishida (MMAJ) Takeshi Nakayama (") Eiji Ueda (JICA)	Mohd Usof Ismail (EPU) Husniarti Tamin (") Ho Yoka Leng (") Wong Peng Har (") Daisy Rajoo (") Santokh Singh (GSM, KL) Yin Ee Heng (") David Lee Thien Choi (GSM, Sabah) Lim Peng Siong (")
	Planning and Negotiation of Survey Programme		Takanori Kamei (MITI) Kojiro Komura (") Makoto Ishida (MMAJ) Michihisa Shimoda (") Yasuhisa Yamamoto (") Jiro Ohsako (") Atsushi Osame (") Yasuo Endo (")	Yin Ee Heng (GSM, KL) Datuk Seri Radin Soenarno (") Al Haj Epu (") David Lee Thien Choi (GSM, Sabah)
	Geological Survey and Geochemical Survey	Aug. 17, '85 ~ Oct. 24, '85	Hajime Shimizu (B.E.C.) Hiroshi Fuchimoto (") Hisao Takeda (") Tadashi Yamakawa (")	Lim Peng Siong (GSM, Sabah) Tungah B. Surat (") Muhd. Yusop Ramli (") Chan Fook On (")
	Geophysical Survey (CSAMT Method)	Sept. 28, '85 ~ Dec. 1, '85	Tomio Tanaka (") Kohei Sugawara (") Kazuto Matsukubo (")	Joanes Muda (") Kwan Houng En (") Kirman B. Sukardi (")
	Geophysical Survey (IP-SIP Method)	April 3, '86 ~ May 24, '86	Koji Kudo (") Tomie Tozawa (") Toshio Murayama (") Mahito Hamazaki (") Isao Matsuoka (") Mitsuru Ambo (") Hiroshi Saito (")	Salleh Adanan (") Roger Jinijo Totu (") Kamil Kamaruddin (")
	Drilling	Sept. 21, '85 ~ Aug. 7, '86		

	Classification	Field Survey Period	Member	
			Japanese Counterparts	Malaysian Counterpart
Phase II (1986)	Planning and Negotiation of Survey Programme		Seiichi Ishida (MMAJ) Tadaaki Ezawa (") Yoshitaka Hosoi (")	Yin Ee Heng (GSM, KL) David Lee Thien Choi (GSM, Sabah)
	Geological, Geo-chemical Survey	Sept. 20, '86 ~ Nov. 1, '86	Hajime Shimizu (B.E.C.) Tadashi Yamakawa (")	Lim Peng Siong (GSM, Sabah) Mohd. Yusop Ramli (")
	Trenching	Oct. 20, '86 ~ Nov. 1, '86	Takashi Nagamine (") Mahito Hamazaki (")	Chan Fook On (") Johny Enggihon (")
	Drilling	Sept. 19, '86 ~ Dec. 20, '86	Shigeo Sekiguchi (") Hiroshi Saito (")	Kwan Houng En (") Kirman B. Sukardi (") Roger Jinjo Totu (") Francis Geoffery (") Chua Yun Ling (") Arnold Bangose (") Abdullah Sirom (")
Phase III (1987)	Planning and Negotiation of Survey Programme		Seiichi Ishida (MMAJ) Natsumi Kamiya (")	Yin Ee Heng (GSM, KL) Fateh Chand (") David Lee Thien Choi (GSM, Sabah)
	Drilling	July 1, '87 ~ Sept. 30, '87	Hajime Shimizu (B.E.C.) Hirofumi Taniguchi (") Mahito Hamazaki (") Shigeo Sekiguchi (") Takashi Satoh (") Yoshihito Masuto (") Yoshio Itoh (") Hiroshi Saito (")	Lim Peng Siong (GSM, Sabah) Francis Intang (") Japili Samin (") Roger Jinjo Totu (") Chua Yun Ling (") Francis Geoffery (")

(Abbreviation)

- EPU : Economic Planning Unit
GSM KL : Geological Survey of Malaysia, Kuala Lumpur
GSM, Sabah : Geological Survey of Malaysia, Sabah
MITI ... : Ministry of International Trade and Industry
JICA : Japan International Cooperation Agency
MMAJ : Metal Mining Agency of Japan
B.E.C. : Bishimetal Exploration Co., Ltd.

第2章 従来の調査

キナバル山周辺を含むサバ州中央～北部の地質、鉱床に関しては、マレーシア地質調査所をはじめ、民間探鉱会社、国内外の研究機関などによる多数の調査が実施されており、膨大な資料・情報が蓄積されている。特に、マムート鉱床発見の契機となった Labuk Valley プロジェクト(国連、1965年実施)以降はキナバル山南東部の探査活動が活発となった。

以下に、1960年初頭より本資源開発協力基礎調査開始前までにキナバル山周辺部において実施された地質、鉱床調査の主要なものを挙げる。

1960 : Soriano y Cia. が Karang 地区の探鉱権 (1,000mile²) を取得。

1962 : マレーシア地質調査所サバ支所は Randagong (Ranau 南西) のアンチモン露頭の下流で、バンニングにより辰砂の存在を知る。

SoLiano y Cia. はサバ州各地の銅鉱床の探査に着手した。

Karang—Karamuak 地区では、地化学探査を実施し、Tambuyukon 地域の Mankadau 北部地区で銅異常を認め、同じく同地区の Sansogon 川、Lingangaa 沢で銅鉱石の転石を発見、この地区に鉱区を設定した。

1963 : Labuk Valley プロジェクトが実施された。国連の特別基金により、まず Labuk—Karamuak 地域の予察地化学探査に着手した。Soriano y Cia. は広域の川砂による地化学探査を継続する一方、Mankadau 地区でも、電気探査、ピット探査を実施したが、露頭の如き塊状銅鉱床の根源を捕捉することができず、探鉱を打ち切った (Annual Report 64 p. 163)。

1964 : Soriamont Investment Co. (Soriano y Cia. の後身)

Karamuak 地区の Karang 探鉱権取得地域で、地化学探査・電気探査の異常を検出した。また、キナバル山地域の地質概査により、Nungkok で銅鉱の転石を発見、前年に引続き、Karamuak 地区について予察地化学探査 (合計640mile²) を実施 (Annual Report 64)。

マレーシア地質調査所サバ支所

図幅調査の際、キナバル山の南麓 Tenompok から Konborongah に至る道路沿いに、黄銅鉱を含む石英を発見し、キナバル地域の銅鉱床賦存の可能性を指摘した。

1965 : Soriamont Investment Co.

1月 Nungkok 地区に60mile²の探鉱権を新たに取得、地質調査・地化学探査を実施し、Nungkok 山の西斜面で銅鉱化帯 (石英閃緑岩に貫かれた珪化泥岩中) を発見した。

Labuk Valley Project (国連)

Kinabalu—Mankadau 地域について、予察地化学探査を実施し、キナバル山南東山麓の

M-1, M-2 等 8ヶ所の銅異常地域を発見し、このうちM-1, M-2 及び Bambanggan 地区について追跡調査を行った (Annual Report 65)。

マレーシア地質調査所サバ支所

Labuk Valley プロジェクトで発見された地化学探査異常地域のうち、国連の追跡調査が行われたマムート (M-1, M-2), Bambanggan 地区につき地質調査を実施、M-2 上流で斑岩銅鉱床の存在を認める。

1966 : Soriamont Investment Co.

Nugkok 地区の調査を継続し、1,000m×400m の鉱化範囲について、電気探査と 5 孔の試錐を実施した。

マレーシア地質調査所サバ支所

M-2 地区を中心に浅掘試錐30孔、ピット200箇所以上を実施し、150,000m²の平面積、銅品位0.7%の鉱化帯を捕捉した。Bambanggan 地区についてはピットとオーガーによる探鉱を行ったが、経済価値に乏しいと判断した。

一方、サバ州政府は Mamut, Bambanggan 地区の探掘権を国際入札により付与することを決定した (Annual Report 66)。

1967 : Soriamont Investment Co.

Nungkok 地区の探鉱を継続したが、開発を進めるに至るまでの鉱量は獲得できずに終わった。

OMRD 社

この年の12月、Mamut, Bambanggan 地区の50mile²の探鉱権を、世界の大鉱山会社との激しい競争の末落札、取得した。

1968 : OMRD 社

4月-11月 第1期探査 (測量、地質調査、電気探査、ボーリング調査) を実施した。

1969 : OMRD 社

11月、第2期探査終了。

一方、5月に OMRD-Sabah 社を現地法人として設立、日本においては12月マムート鉱山開発株式会社を設立し、同社が開発計画の F/R 作成を担当した。

1975 : 探掘権が OMRD-Sabah 社に下る。引続き開発起業に入る。

1975 : 5月、マムート鉱山開山。

1968-69 : G. Jacobson が Kinabalu 地域の地質図幅の作成を実施し、キナバル山とそれに関連した鉱化作用の様相を研究した (Report 8)。

1971 : A. Tokuyama and S. Yoshida は Ranau-Kinabalu 地区の Crocker 累層の構造を調査し、走向断層群よりなるキナバル断層の存在を提唱した。

- 1978 : K. M. Leong はサバ州の変成岩類の分布を調査し, Bleschist Belt の存在を推定した。
- 1980 : D. T. Lee はサバ州西海岸部の衛星画像を研究した。
- 1981 : P. Hoppe, H. S. Weber 及び A. Yan は, マレーシア—西独協同探鉱対象として, 先に UNDP プロジェクト実施の際採取されている Labuk 地域全般の河床堆積物につき Cu, Pb, Zn, Ni, Co の再分析を実施し, 地化学異常帯の再抽出と評価を行った。
- 1981~82 : P. Hoppe はマレーシア—西独協同探鉱対象として, ランドサット画像により, ラナウ—キナバル地域の写真解析を実施した。
- 1983 : H. D. Tjia はラナウ—キナバル地域の第四紀構造運動を研究した。

第3章 キナバル山周辺の地質概要

サバ州はボルネオ島の最北部を占め、地質的には、ジュラ紀あるいはそれ以前の片岩・片麻岩よりなる“結晶質基盤岩”と、その上位に累重する“北西ボルネオ地向斜”(Haile, 1969)と呼ばれる白亜紀後期から新第三紀後期の地向斜・造山帯を構成する堆積岩類と火成岩類、及びサバ州のやや北寄りをNW—SE方向に横断する“キナバル断層”(Tokuyama・Yosida, 1974)と呼ばれる構造帯によって特徴づけられる(Fig. I-4)。この構造帯はキナバル山塊を包含しており、超塩基性～酸性火成岩類の貫入・噴出の場となっている。

北西ボルネオ地向斜帯には、白亜紀後期のスピライト噴出岩及び同質火山碎屑岩類、これに引続く地向斜の産物であるフリッシュ型堆積物より構成されるRajang層群(始新世～中新世初期)の分布が顕著である。またこの地域は、白亜紀後期に属する超塩基性岩類の貫入、造山期中期あるいはその後のキナバル山を形成した深成岩類の貫入(中新世～鮮新世)、さらに後期の安山岩・玄武岩噴出と続く一連の典型的な地向斜造山運動の地質とその構造を示している。

調査対象地域及びマムート鉱床を含むキナバル山周辺には、上記結晶質基盤岩と、この基盤岩を覆う北西ボルネオ地向斜の産物であるチャート、スピライト及び堆積岩類で構成されるチャート・スピライト累層、フリッシュ型堆積物で構成されるRajang層群、並びにこれら貫くアダメロ岩類、カンカン岩などが広範囲にみられる。さらに、これら諸岩層を覆って第四紀の氷河堆積物と考えられているPinosuk礫層が分布する(Fig. I-5, Fig. I-6, 及びMap-1)。

地域内に分布する基盤岩、堆積岩類、主要火成岩類及び地質構造の特徴は次のとおりである。

1) 結晶質基盤岩

主として結晶片岩及び片麻岩よりなり、サバ州の基盤を構成している。地域内では、Bambangan 沢上流部、キナバル山塊西側山麓などに小範囲に分布する。

2) チャート・スピライト累層

北西ボルネオ地向斜の初期(白亜紀後期～晩新世)の塩基性火山活動の産物で、スピライト質玄武岩溶岩及び同質火山碎屑岩類を主とし、チャート、グレイワッケなどを伴う。玄武岩溶岩には枕状構造が発達する。地域内ではMankadau地区に広く分布するほか、Bambangan地区でも、ボーリングによって存在が知られている。

3) Rajang層群

北西ボルネオ地向斜に堆積した晩新世～中新世初期の厚い堆積物で、岩相によりTrusmadi累層とCrocker累層とに区分されている。

(i) Trusmadi累層：マムート鉱山とラナウを結ぶ線より東側に分布し、灰色～暗灰色の泥質岩及び粘板岩よりなり、部分的にシルト岩、砂岩、まれに火山碎屑物を挟在す

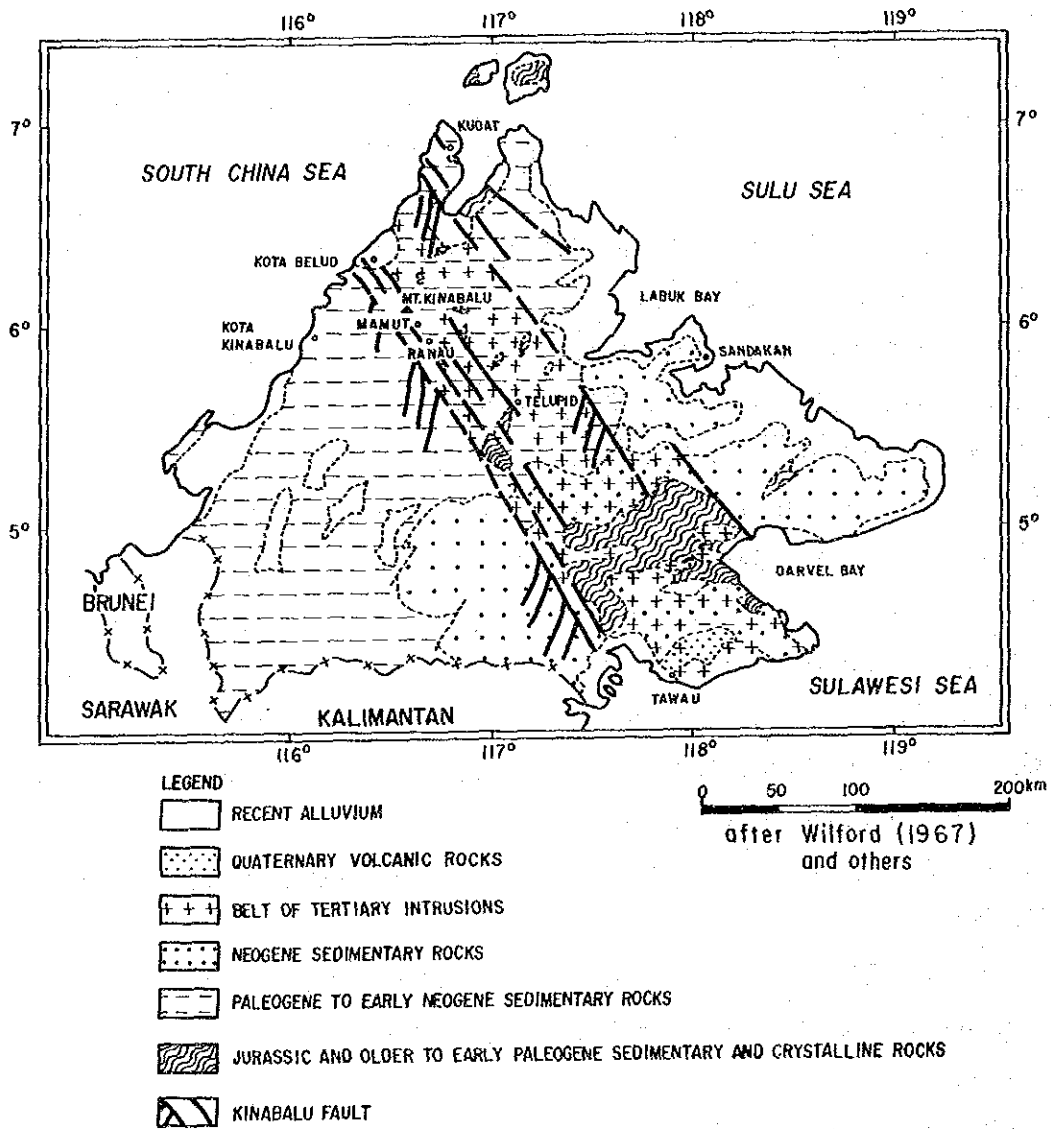
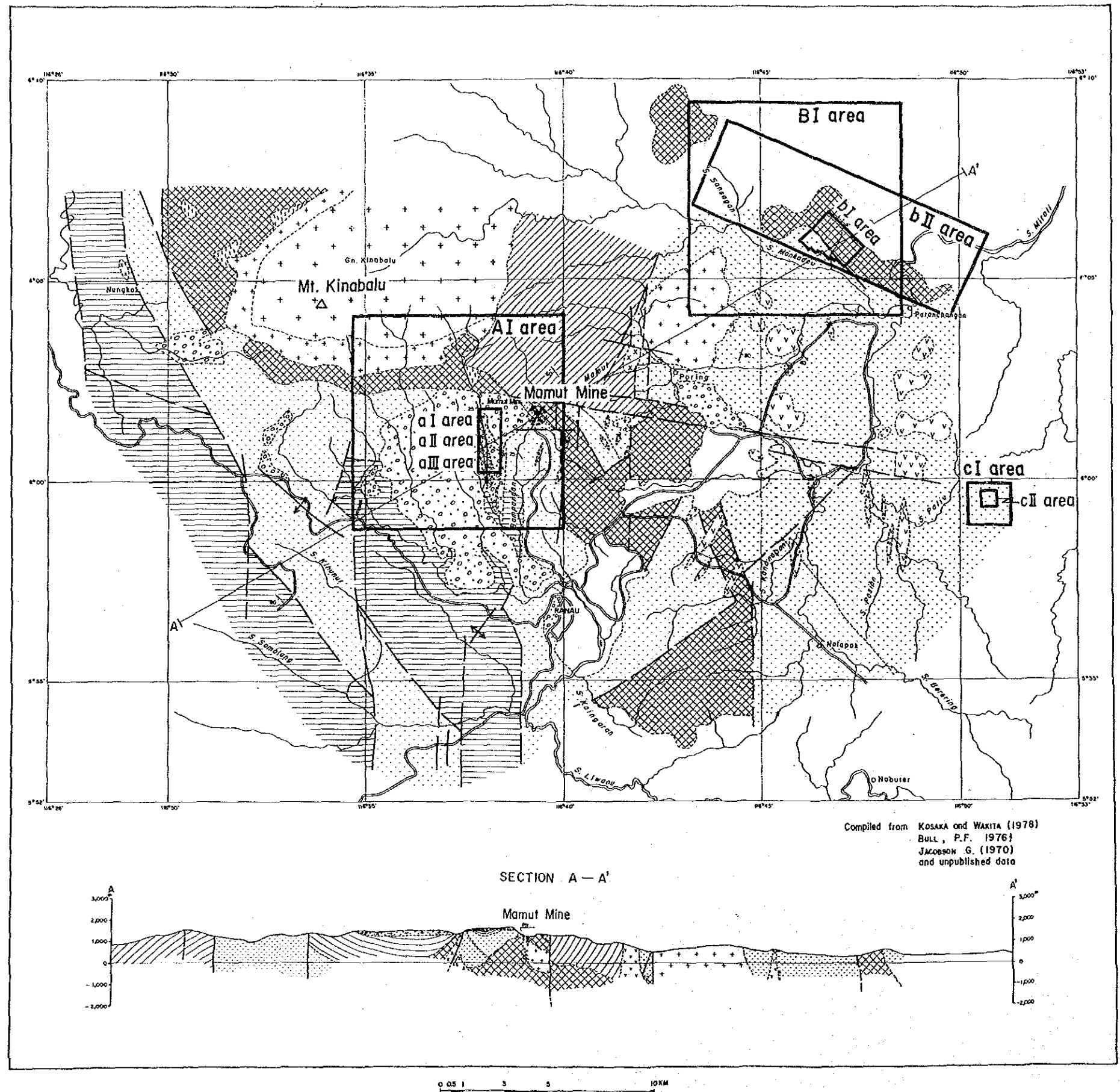


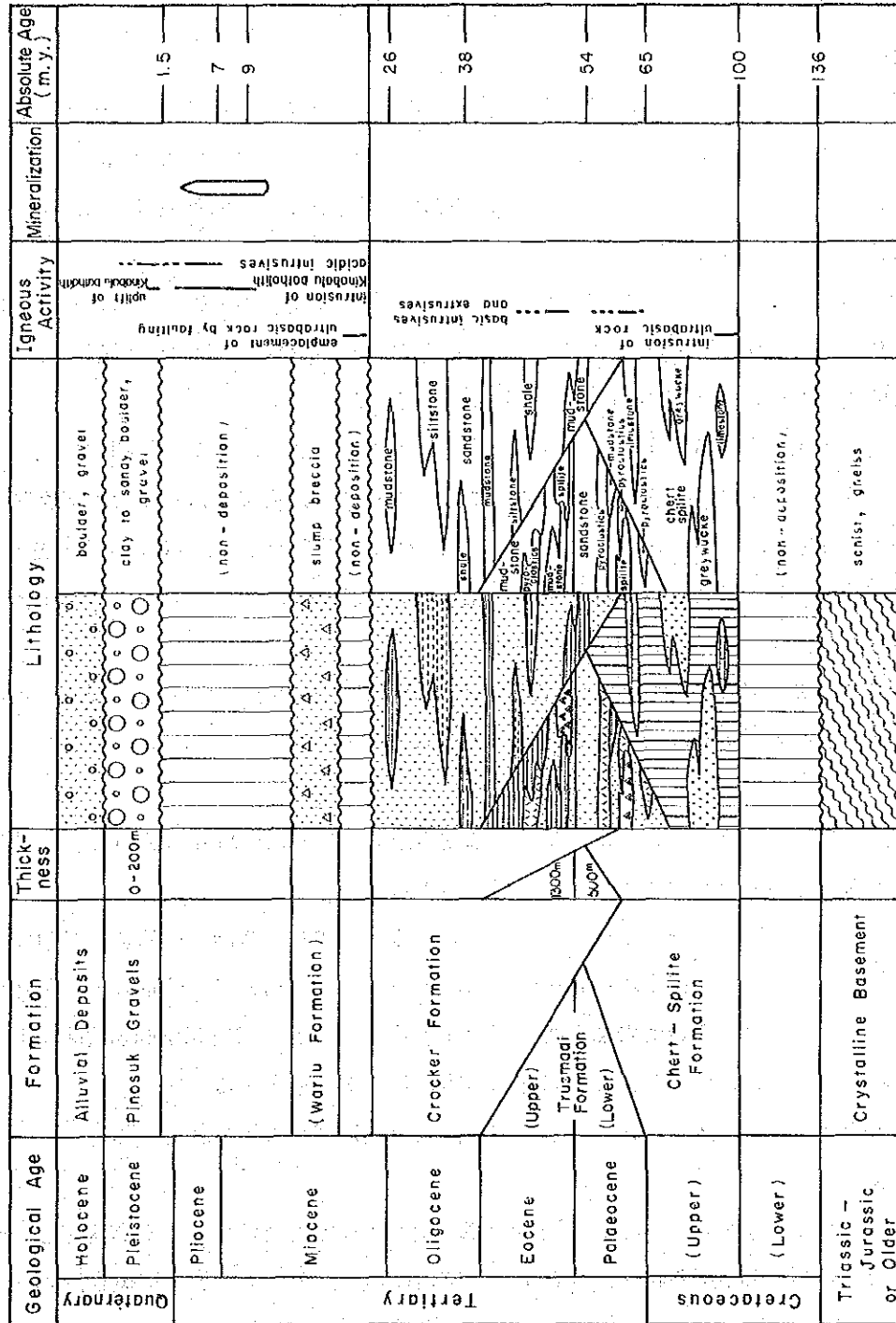
Fig. I-4 Generalized Geological Map of Sabah



- LEGEND**
- Alluvial deposits
 - Boulders and gravels
 - Sandstone, siltstone and mudstone
 - Sandstone, mudstone and siltite and its pyroclastics
 - Sandstone, mudstone and siltite and its pyroclastics
 - Undifferentiated sedimentary and metamorphic rocks
 - Schist and gneiss
- Igneous Rock**
- Andesite and dacite
 - Microdiorite and Micro Quartz diorite
 - Adamellite porphyry
 - Adamellite
 - Serpentinized peridotite
- Structural Features**
- Fault (certain)
 - Fault (inferred)
 - Strike and dip
 - Anticline
 - Geological profile line
 - aI area Survey area

Compiled from KOSAKA and WAKITA (1978)
 BULL., P.F. 1976;
 JACOBSON G. (1970)
 and unpublished data

Fig. I-5 Geological Map of Kinabalu Area



(Compiled mainly from Kosaka and Wakita, 1975)

Fig. I-6 Generalized Stratigraphic Section of Kinabalu Area

る。

(ii) Crocker 累層：上記マムート鉱山ーラノウ線から西方の Kundasang 付近までとキナバル山塊西方の Nungkok 山の周辺に広く分布している。本累層は、Trusmadi 累層に比較して砂質で、砂岩、シルト岩、灰色～赤色の頁岩よりなる。

4) アダメロ岩類

特異な地形を示すキナバル山塊の主岩体を構成する貫入底盤である。地表面積が 60mile^2 (155km^2) のやや北東-南西に伸長する突出した形で分布するが、地下では 500mile^2 ($1,300\text{km}^2$) の広大な面積を占めるといふ (Jacobson 1970)。したがって、調査地域のほぼ全域にわたって底盤として分布することとなる。

貫入底盤の周縁部は斑岩化し、アダメロ斑岩としてキナバル山塊の周辺部、特にその南側及び西側に帯状に分布する。またキナバル山塊の東方 Poring 部落の北側でも直径 5km の北東-南東に伸長した山塊 (標高 750m 前後) を形成している。

キナバル山塊の南東側に近接するマムート鉱床地区もすべてこの底盤上の範囲内に入っていると考えられる。マムート鉱床の主要母岩であり、鉱化作用に直接関係しているアダメロ斑岩岩株 (南北約 800m, 東西約 300m, 全体として東に約 40° の傾斜を示す—高坂・脇田, 1975), 並びにキナバル山頂部付近及び周縁部に数多く見られる岩脈部は、いずれもキナバル山アダメロ岩底盤のキュボラ及びその分岐岩脈である。

アダメロ岩類の貫入時期は、絶対年代測定により 900 万年前とされており、第三紀中新世後期ないし鮮新世前期の造山期末期あるいは直後のものである。

5) カンラン岩

カンランは、キナバル山塊のアダメロ岩貫入底盤の南側及び西側、Mankadau 地区、及びマムート鉱山南東部からラノウ南東部にかけて分布する。

岩石は主にカンラン岩で、一部にダナイトもみられる。いずれも剪断、破碎されて角礫化していることが多く、蛇紋岩化作用を普遍的に受けている。サバ州では、チャート・スピライイト累層のスピライイト質玄武岩溶岩類と接して分布することが多く、Mankadau 地区でも、東西系の断層を介してスピライイト質玄武岩溶岩に南接して広く分布する。

本岩の貫入時期は、アダメロ岩類よりも早期で、白亜紀後期と考えられている。

6) Pinosuk 礫層

上記諸岩類を覆って分布する第四紀の堆積物で、キナバル山南側のピノスク部落を含む標高 1,500~1,200m の約 50km^2 の範囲に分布する。礫の種類は、アダメロ岩、同斑岩、カンラン岩類及び第三紀堆積岩類などで、時に鉱化作用を受けた岩石の礫をも含んでいる。

礫の大きさは多様であり、径数 cm から 10 数 m に及ぶものもある。亜角礫のものが一般的であるが、時に角礫、あるいは円礫のものも見られる。基質は、主としてアダメロ岩起源の

粗粒の砂であり、固結の程度は一様ではない。

埋没木片の炭素による年代測定により、最上部は7980年±100年、その他では34,000年(+2,200~1,800年)、39,900年± α が得られており、洪積世末期のものと考えられる。

Jacobson (1970) は、本層をその不整合面で2つに区分し、下位のもはキナバル山の氷河期の周氷河現象による礫層とし、上位層は高山の泥流による堆積物で、一部には氷河のモレーンの再堆積層も存在するとしている。

7) 変成作用

キナバル山塊を構成する底盤状アダメロ岩類の貫入により、Rajang 層群、特に Trusmadi 累層のキナバル山底盤に接近した部分(山塊の東側及び南側)は、底盤との境界部より1,500 mにも及ぶ接触変成作用を受け、ホルンフェルス化している。

8) 地質構造

広域的には、調査地域はNW-SE系走向断層の集合帯である“キナバル断層”(Tokuyama・Yoshida, 1974)と呼ばれる構造帯に位置しており、この構造帯は超塩基性~酸性火成岩類の貫入・噴出の場となっている。

キナバル山周辺では、上記NW-SE系断層のほかに、N-S系断層がよく発達している。このため、キナバル山の東部から南部にかけて分布する岩層は、南及び東側が落下する地塊運動を繰り返している。また、E-W系及びNE-SW系の断層も存在し、これらは前記NW-SE系及びN-S系断層よりも小規模ではあるが、局部的構造に影響を与えている。

第4章 現地状況

4-1 位置及び交通

本調査地域は、ボルネオ島の最北部を占めるサバ州にあり、サバ州都クタキナバル市(東経116°、北緯6°)の東方直距70kmのラノウ(人口約2,000人)を中心とする東西約52km、南北約40kmの範囲である(Fig. 1)。

クタキナバル市からラノウまでは、アスファルト舗装道路により105km、車で約2時間を要する。

調査対象地域である Bambangan 地区はラノウの北北西直距12km、Mankadau 地区は北北東直距25km、Paliu 地区は北東直距20kmにそれぞれ位置しており、各地区ともラノウより車道が通じているが、非舗装・整備不十分のため雨期には河川の増水、道路側壁の崩壊などにより交通が遮断されることが多い。しかしながら、Bambangan 地区の a 地区にはマムート鉱山の用水取入口があり、道路はよく整備されている。

4-2 調査環境

サバ州の地形を大きく支配するのは、西側の南支那海に面した海岸沿いを北東-南西方向に走る Crocker 山脈で、その山脈中の最高峰であるキナバル山が標高4,101mを示す以外は、ほぼ標高900~1,500mの山脈である。

Crocker 山脈の西側には、幅10km程度の沖積平野があり、一部は海岸のマングローブ低湿地帯に続いている。また、山脈の東側には、標高200~1,000mの広大な中央高地が広がり、その北東部及び東部の方向に流域を広げる州内の大きな河川が、それぞれ低地帯を形成し、河口のマングローブ低湿地帯を経て、東のスル海に流入している。

調査対象地区のうち、Bambangan 地区はキナバル山の南東に位置し、北西から南東に向って、キナバル山南側の急傾斜部分(標高3,600~2,000m)、標高2,000~1,300mの東西系の断層崖、断層南部のやや緩傾斜丘陵地帯、Pinosuk 礫層がなす台地、と変化ある地形を呈している。また、地区内には南北方向の水系が発達している。

Mankadau 地区はキナバル山の東側に位置し、Crocker 山脈と中央高地との漸移部を占め、西縁は標高1,800mの高地である。しかしながら、地区の南西部は Mankadau 川による丘陵低地帯となり、標高も500~250mと低い。

Paliu 地区は、北部に貫入岩からなる2つのピークがそびえ、その周囲は傾斜50°に達する急峻な地形を示し、南部の堆積岩類分布地区は、貫入岩分布地区に源流を発する小河川によってV字谷が開析されている。地区の南縁部に近づくにつれて、なだらかな地形を示す。

サバ州の気候は熱帯性の海洋気候であり、モンスーン地域に属している。しかし、一部の海岸地帯を除いて、季節による降雨量の変化は少ない。10月から3月までは北東からのモンスーンがあり、5月～8月は南西からのモンスーンとなる。従ってこれらの海岸地帯は、それぞれの時期には雨量が比較的多くなる。

本調査地域は内陸部にあたり、一般に雨期は10月から2月上旬までといわれているが、雨量そのものは特にその時期に多いというものではなく、通常のスコールに代って、いわゆる長雨が続く状態となる。

年間降雨量は、内陸山間部で1,500～2,000mm、山岳地帯では3,000mmを超えることが多い。マムート鉱山では、2,100～4,000mmの降雨量が記録されている。

気温も季節的な変化はなく、年間を通じて山岳部は12～22℃と温度差が大きく、特に気温の日変化が激しい。また、一般にどの地域も湿度が高い。

植生は、丘陵・山岳地帯はいわゆるジャングルであり、また海岸部は湿地帯となり、マングローブが広く繁茂している。

調査地域はジャングル地帯特有の厚い植生に覆われており、ボーリング敷地及び道路のための伐開に相当の時間を要した。

第5章 結論及び将来への提言

5-1 結論

サバ地域における資源開発協力基礎調査は、Bambangan 地区において3年間(第1年次～第3年次)、Mankadau 及び Paliu 地区において2年間(第1年次～第2年次)にわたって、それぞれ実施された。

これらの調査によって得られた結論は次のとおりである。

1. Bambangan 地区

マムート鉱床に類似した銅鉱化帯を発見すべく、主として物理探査及びボーリング調査を実施した。この結果、Bambangan 沢上流部において黄鉄鉱と少量の黄銅鉱を含む潜頭性のポーフィリー-銅型鉱化帯を発見した。

本鉱化帯は、南北性のアグメロ斑岩貫入岩体及び周辺の被貫入岩類中に形成され、その広がりには南北約400m、東西200～250m、中央部の厚さ約90mであるが、この鉱化帯に対して実施した7孔のボーリングの平均品位は厚さ91.40m、Cu 0.14%、Au 0.07g/t、Mo 31ppmと低く、かつ層厚70～170mの Pinosuk 礫層によって被覆されているため、現在のところ経済価値は低く、開発の可能性は少ないものと判断された。

しかしながら、Bambangan 沢鉱化帯の発見によって、厚い Pinosuk 礫層の下位に類似の潜頭鉱化帯が賦存する可能性が強く示唆された。

2. Mankadau 地区

高品位塊状銅鉱転石群 (Cu 25～60%) の根源と既知のクロム鉄鉱鉱床の規模・品位を解明すべく、地質調査、地化学探査及び物理探査を実施したが、銅鉱転石の根源は確認出来ず、クロム鉄鉱鉱床は小規模かつ母岩となるダナイト自体も小レンズ状で分布範囲が限られている。このため、開発可能な鉱床の賦存の可能性は低いと考えられる。

3. Paliu 地区

既知の地化学異常帯の性状を解明する目的で地質調査、地化学探査及びトレンチ調査を行ったが、いずれもボーリング調査のターゲットとなり得る徴候は得られず、鉱床賦存の可能性は低いと考えられる。

以上のような各地区の調査結果から、本資源開発協力基礎調査では、既存鉱床の近傍において類似の鉱化帯を発見するという成果を挙げる事が出来たが、開発可能な鉱床を確認するには至らなかった。

5-2 将来への提言

上述の結論から、次のように提言する。

1. Bambang地区の Bambang 沢鉱化帯に対する今後の調査は必要ないものとする。しかしながら、Pinosuk 礫層の下に類似の潜頭鉱床が賦存する可能性が強く示唆され、特にA地区で実施したCSAMT法で得られたKundasang 北部の低比抵抗帯(A-3)は鉱化作用に関係しているため、この低比抵抗帯の性状確認調査(IP・SIP法電気探査、及び結果に基づくボーリング調査など)が必要とする。

2. Mankadai地区及び3. Paliu地区については、有望な鉱徴・示徴が得られていないため、将来の調査の必要はないものとする。

第II部 BAMBANGAN (A, a) 地区

第1章 地 質

1-1 地質概説

Bambangan (A, a) 地区は、キナバル山南東斜面の標高1,300~1,800mの高地に位置し、地区東縁部にはマムート鉱山のオープン・ピットが、またその西方約2.5kmには南北方向の Bambang 沢がある。

本地区の地質調査は、地区及び周辺の地質・鉱床に関する既存資料が豊富であることから、Bambangan 沢上流部の a 地区 (6 km²) について第2年次に実施された。しかしながら、a 地区を含む本地区の南半分は第四紀の Pinosuk 礫層によって広く覆われており、地質状況を詳細に把握することは難しい。

地質調査及び a 地区内で実施した合計18孔のボーリング調査結果に、既存資料を補足してとりまとめた本地区の地質の概要は次のとおりである。

Bambangan 地区の地質は、Fig. II-1 及び Map-2 に示すとおり、下位より基盤を構成する“結晶質基盤岩”，時代未詳堆積岩・変成岩類，Trusmadi 累層，Crocker 累層，Pinosuk 礫層よりなり、アダメロ岩，アダメロ斑岩，微閃緑岩，及びカンラン岩などの貫入岩類が広く分布する。このほかに、Fig. II-1 には表示されていないが、ボーリング調査によって、Trusmadi 累層の下位にチャート・スピライト累層が存在することが確認されている。

地区内の地質構造は、Pinosuk 礫層が広く分布するため、十分に解明されていないが、N-S 系及び E-W 系の断層が支配的であり、特に前者が卓越する。

1-2 地質各説

Bambangan 地区では、第2年次に地区内の a II 地区内において地質調査(精査)が実施された。

a II 地区の地質図を Fig. II-2 に示す。

1-2-1 基盤岩類

Bambangan 沢の上流部に小範囲に分布するが、調査範囲外であり、直接観察はしていない。文献によれば、結晶片岩及び片麻岩より構成される。

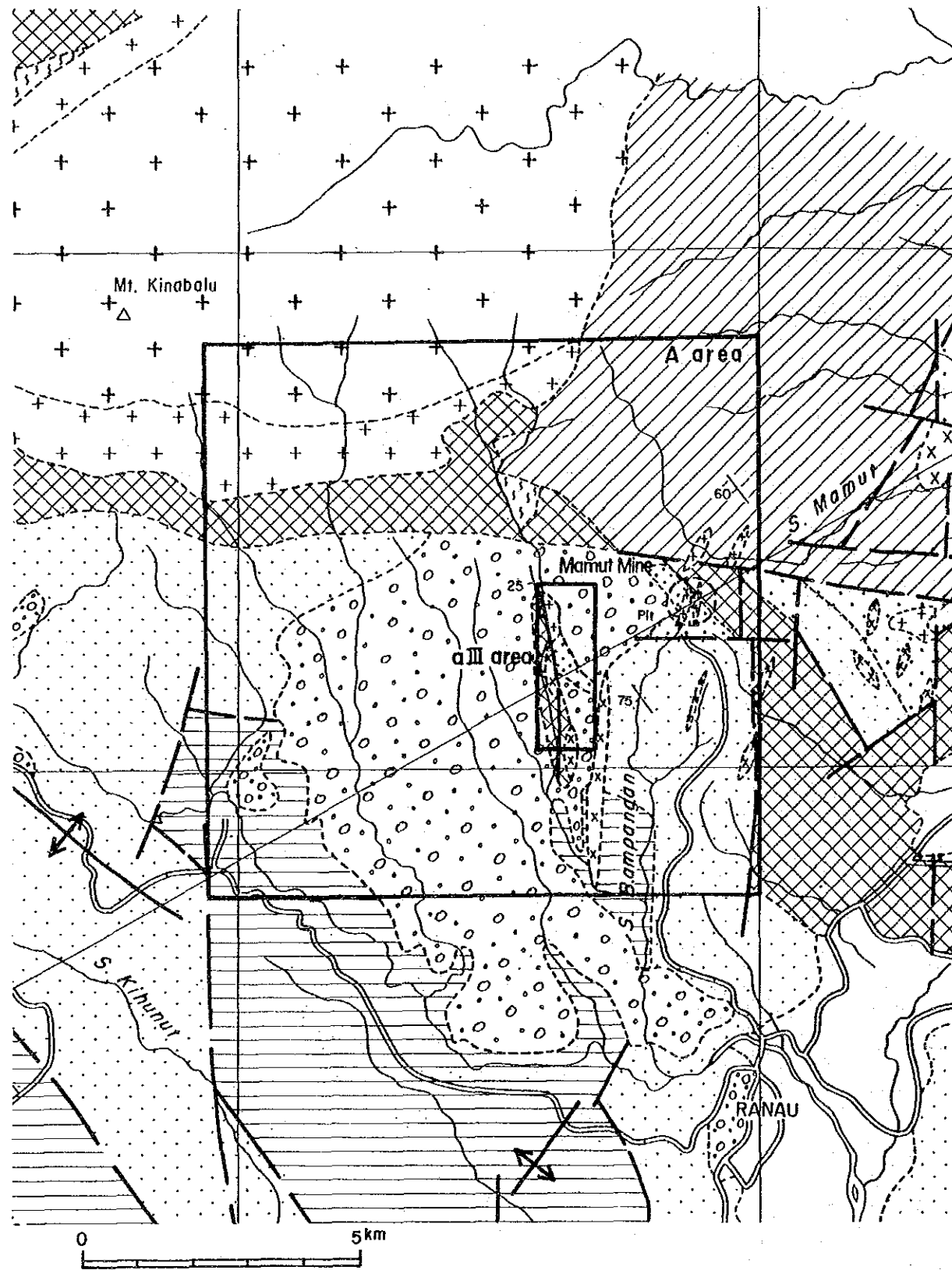
1-2-2 堆積岩類

(1) チャート・スピライト累層

分布：露出はなく、第2年次調査のボーリング孔 MJM-10 の孔底付近で確認されている。

層厚：20m 以上

岩相：スピライトとホルンフェルスが不規則な互層を繰り返している。スピライトは全般的に珪化，緑泥石化及び一部に緑レン石化を受け，灰緑色を呈する。黄鉄鉱が認められるが局部的かつ



Geological Age	Formation	Thickness	Lithology	Igneous Activity	Mineralization	Absolute Age (m.y.)	
Quaternary	Holocene		clay to sand gravel to boulder				
	Pleistocene	Pinosuk Gravels 450 m				1.5	
Tertiary	Pliocene			Emplacement of ultrabasic rock by faulting Intrusion of Kinabalu batholith Intrusion of microdiorite	O	7	
	Miocene		(non-deposition?)			9	
	Oligocene	(Crocker Formation)				26	
	Eocene	Trusmadi Formation	200 +			mud-stone sand-stone horn-fels spilite	38
	Palaocene					hornfels spilite	54
Cretaceous	Upper Cretaceous	Chert - Spilite Formation 250 +	(chert spilite)	Intrusion of ultrabasic rock		65	
						100	

LEGEND

Pinosuk Gravels		Alluvial deposits		Andesite and dacite
Crocker Formation		Boulders and gravels		Microdiorite and Micro quartz diorite
Trusmadi Formation		Sandstone, siltstone and mudstone		Adomellite porphyry
(unknown)		Sandstone, mudstone and spilite and its pyroclastics		Adomellite
Crystalline Basement		Sandstone, mudstone and spilite and its pyroclastics		Serpentinized peridotite
		Undifferentiated sedimentary and metamorphic rocks		Fault (certain)
		Schist and gneiss		Fault (inferred)
				Strike and dip
				Anticline
				Geological profile line
				Survey area

Fig. II-1 Geological Map of Bambang (A, a) Area

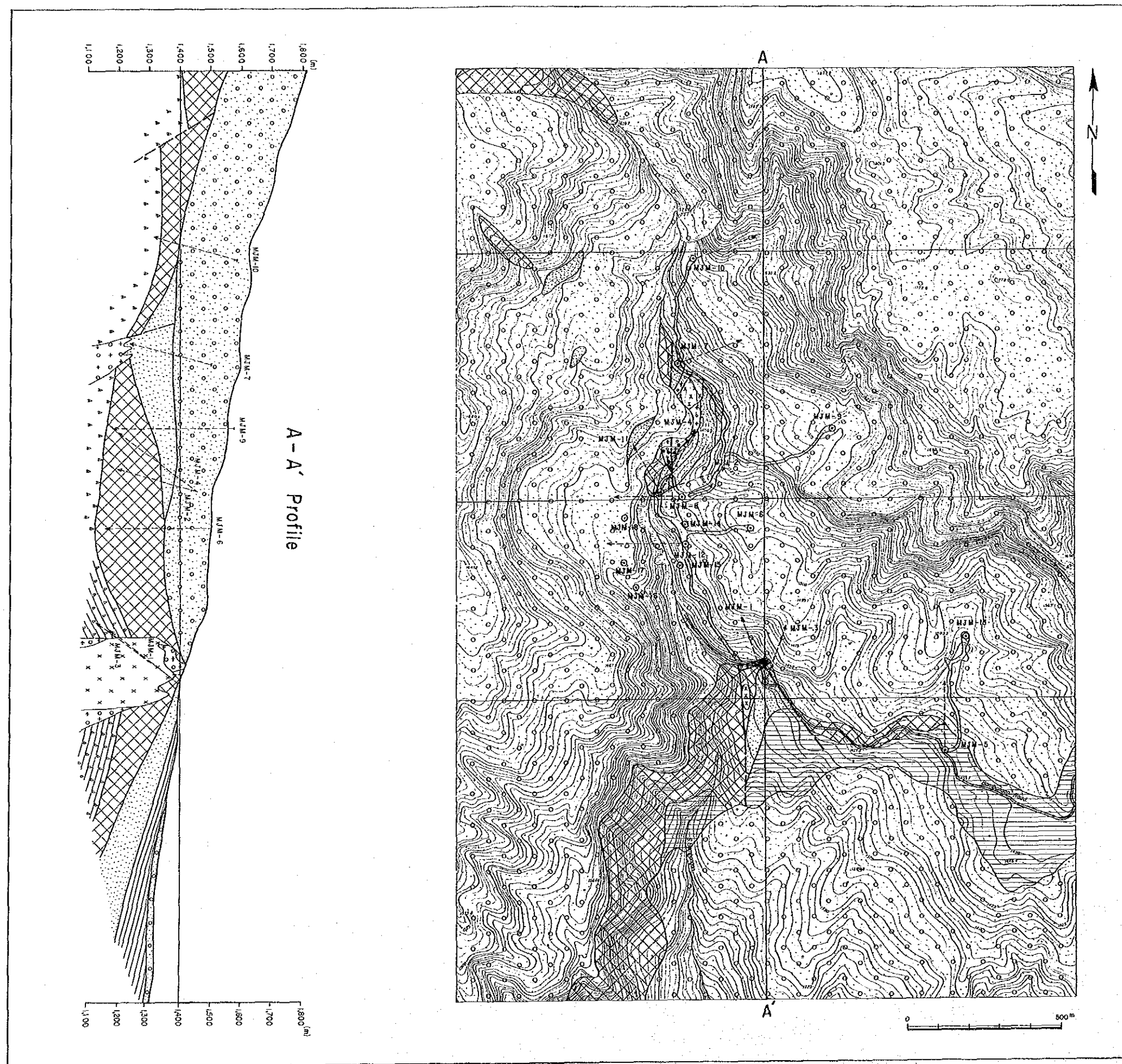


Fig. II-2 Geological Map of Bambang (a) Area

微弱である。

地質構造：ボーリング孔の地質状況から判断すると、南側に緩傾斜するものと考えられる。

(2) Trusmadi 累層

分布：Bambangan 沢及びマムート鉱山オープン・ピットと用水取水口とを結ぶ道路（以下鉱山道路と呼称）周辺に限られるが、ボーリング調査によって下部に広く分布することが確かめられているタービグイトも本累層の一部と考えられる。すなわち、MJM-1 孔及び MJM-3 孔付近では地表下150m~200mに、MJM-5 孔では地表より300mの深さまで、MJM-13 孔では深度202.75 mより孔底（350.50m）まで、それぞれタービグイトに逢着している。また、MJM-15 孔では Pinosuk 礫層直下の111.40m~141.70mの間に見出されている。MJM-14 孔、MJM-16 孔ではホルンフェルスと互層関係を示して局部的に挟在する。

層厚：約300m

岩相：本累層はフリッシュ型の地向斜堆積物で構成され、灰色~暗灰色の泥岩、シルト岩、砂岩、まれに火山碎屑物からなる。

本地区中央部から北部にかけて分布する本累層は、キナバル山を構成するアダメロ岩により、大部分暗灰色を呈するホルンフェルスに変わっている。

鉱山道路付近の泥岩はホルンフェルス化が弱く、これは漸移層と考えられる。

泥岩は無層理・塊状で、しばしば同質岩の岩片を包有する。砂岩も塊状であるが、泥岩及び頁岩の薄層を挟むことが多い。一方、ホルンフェルスは上記岩石を源岩とする塊状、堅固な岩石で、鋭利断口を示す。風化により黄褐色を呈する。泥岩及び砂岩は漸移的にホルンフェルスに変化している。

層序関係：カンラン岩とは断層関係にあるが、下位層との関係は不明である。

堆積時期：第三紀暁新世~始新世と考えられている。

(3) Pinosuk 礫層

分布：本地区全域に及んでいる。北は標高1,800mを越す高地より、下限は遠くラナウ周辺の低地に至っている。

層厚：ボーリング調査の結果、MJM-14 孔、MJM-15 孔及び MJM-18 孔では70~100m、MJM-16 孔及び MJM-17 孔では150m~170m となっており、南西側に向って厚さを増加する傾向を示している。

なお、従来の調査結果からは北部の MJM-9 孔及び MJM-10 孔地点で270m~290mの厚さを示し、東に向って400m~500mと厚くなるが、西、南及び南西に向っては層厚を減ずる。

岩相：本層は一般に灰褐色を呈し、しばしば急崖を形成する。本層は地区毎に礫の種類・形状・大きさ・マトリックスの種類及び固結度等が大きく変化する。

一般的特徴として、構成礫は亜角礫~亜円礫のアダメロ岩、アダメロ斑岩、微閃緑岩、ホルン

フェルス、泥岩、砂岩、カンラン岩で、まれに炭化木を含む。

地表付近では軟弱層 (Loose Pinosuk) が最大50m の厚さを示し、深部に向って、ち密層 (Solid Pinosuk) に移化している。

礫のサイズは軟弱層では巨礫が主体で、ち密層でも上部のものほど巨礫に富んでいる。ここでは直径最大10m を超えるものもあり、下部では中礫 (数 cm~10cm) が多い。

マトリックスは砂質~シルト質~粘土質であるが、一般に軟弱層中でも砂質のものが多い。

構造：礫層の下底部は N-S 方向の長軸をもつ船底型で、南に緩くピッチするベースン構造を示す。

層序関係：下位層を不整合に被覆する。

堆積時期：炭素による年代測定の結果、洪積世末期のものと考えられている。

1-2-3 貫入岩類

本地区の貫入岩類は、カンラン岩、アダメロ斑岩及び微閃緑岩である。

(1) カンラン岩

分布：地表では Bambang 沢下流の急崖部を形成するほか小規模な露出を示すにすぎないが、第2年次調査の MJM-5 孔及び MJM-12 孔と第3年次の MJM-14 孔を除いたすべてのボーリング孔で確認され、地下では可成りの広がりをもつものである。

カンラン岩は、ボーリング孔 MJM-9 では、ホルンフェルスを被覆するような貫入形態を示しているが、普通 Trusmadi 累層のホルンフェルスの下位に貫入している。本岩は西から東に向って厚さを減ずる傾向にあり、N-S 系の断層及び岩脈により切断されていることが多い。

岩質：本岩は優黒質、等粒状で、蛇紋石化したカンラン石より成り、少量の輝石を含む。局部的に淡緑色の滑石を多量に産する。

(2) アダメロ斑岩

本岩は鉍化作用に最も関係のある貫入岩である。

分布：本岩は Bambang 沢及び鉍山道路付近の2箇所に露出し、ボーリング孔の MJM-2, 4, 7, 8, 11 及び 12 の各孔で、また第3年次の MJM-14, 15 及び 18 の各孔に分布している。これらから推定された Bambang 沢岩体の形状は標高1,300~1,400m レベルで東西50~100m×南北400m 程度の小規模岩株であるが、Bambang 断層を挟んで西側が南方下部に向って肥大している (Fig. II-7 参照)。但し、MJM-16, 17 孔には見出されておらず、西側への分布は限られる模様である。鉍山道路付近の岩体は、その後貫入した微閃緑岩により形態が明瞭でないが、直径300~400m の円筒状を示すと考えられる。ボーリング孔 MJM-5 の下部 (標高1,100m レベル付近) には平頂な別の岩株が確認されている。

岩質：本岩は優白質の完晶質岩で、斑状組織を示し、長さ3~4cm のカリ長石の巨晶を特徴的に含んでいる。斑晶は上記カリ長石及び斜長石、普通角閃石、黒雲母などで、極く少量の輝石も認