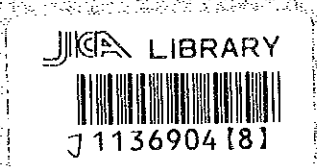


マレーシア国 サバ中央地域
資源開発協力基礎調査報告書

(総括報告書)

平成9年3月



国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱調資
CR(1)
97-037

マレーシア国 サバ中央地域

資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

平成9年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



1136904 [8]

は し が き

日本国政府は、マレーシア国政府の要請に応え、同国東部に位置するサバ州中央地域における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・ピット調査等、物理探査及びボーリング調査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

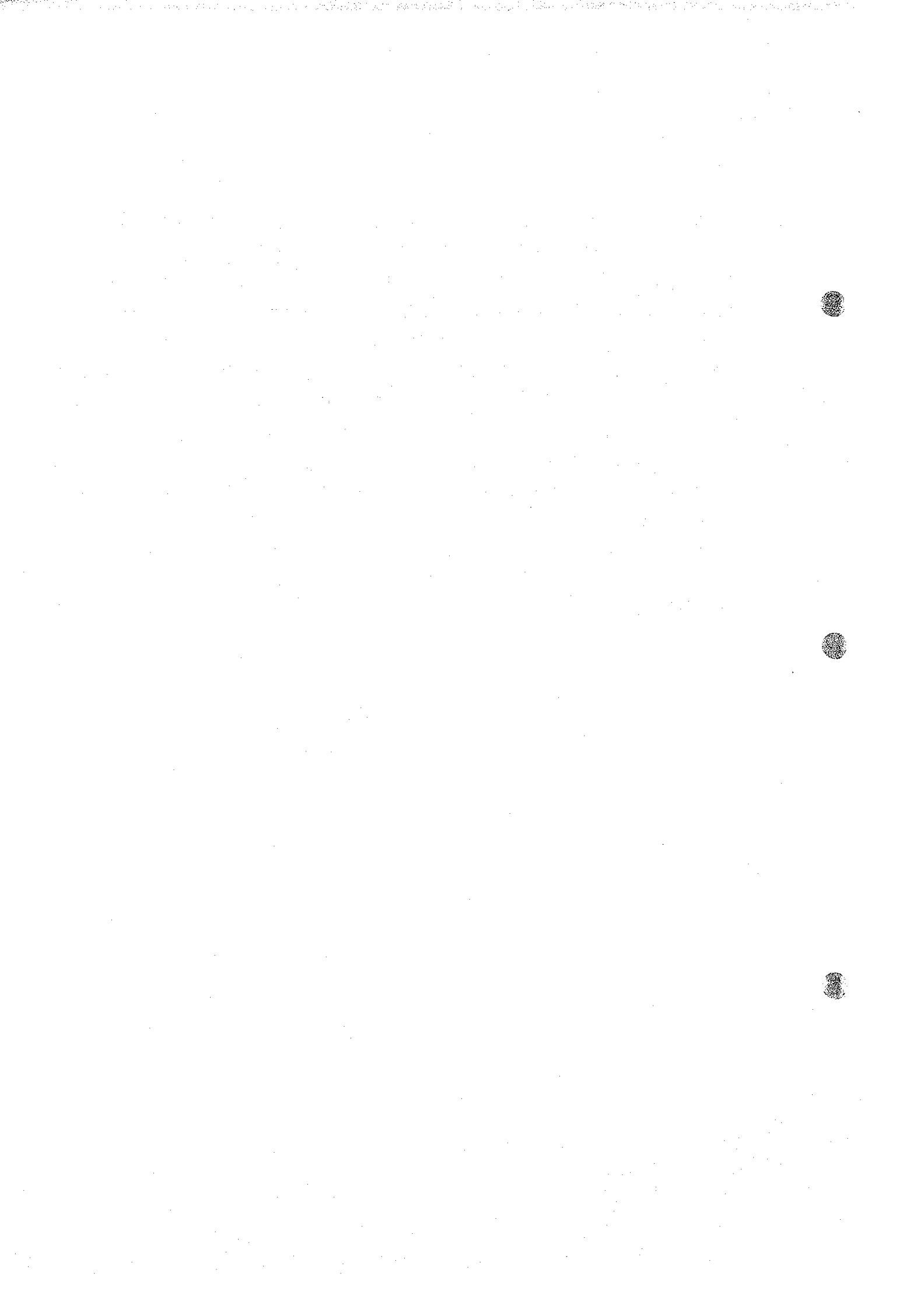
本調査は、平成6年度から平成8年度までの3ヶ年にわたって実施され、マレーシア国政府関係機関である一次産業省地質調査所の協力を得て予定どおり完了した。本報告書は、3ヶ年の調査結果をとりまとめたものである。

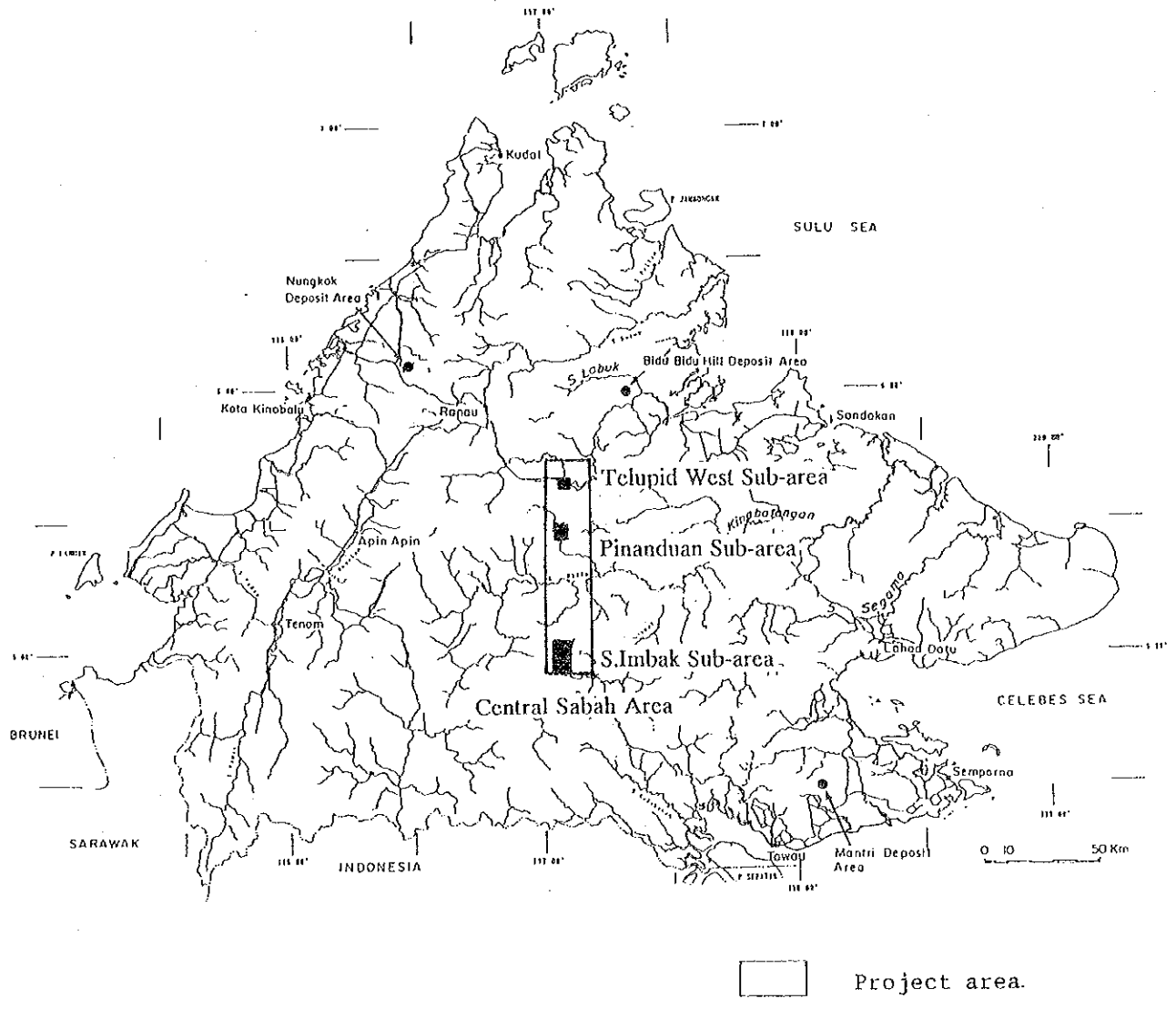
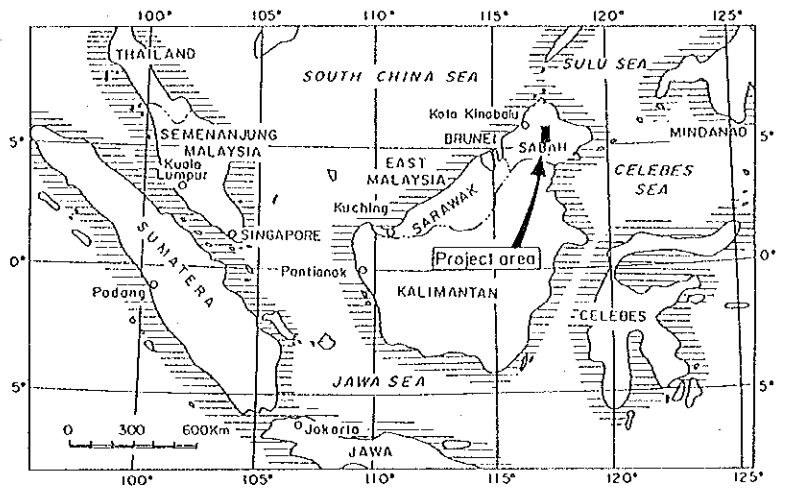
おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたマレーシア国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在マレーシア国日本大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

平成9年3月

国際協力事業団
総裁 藤田公郎

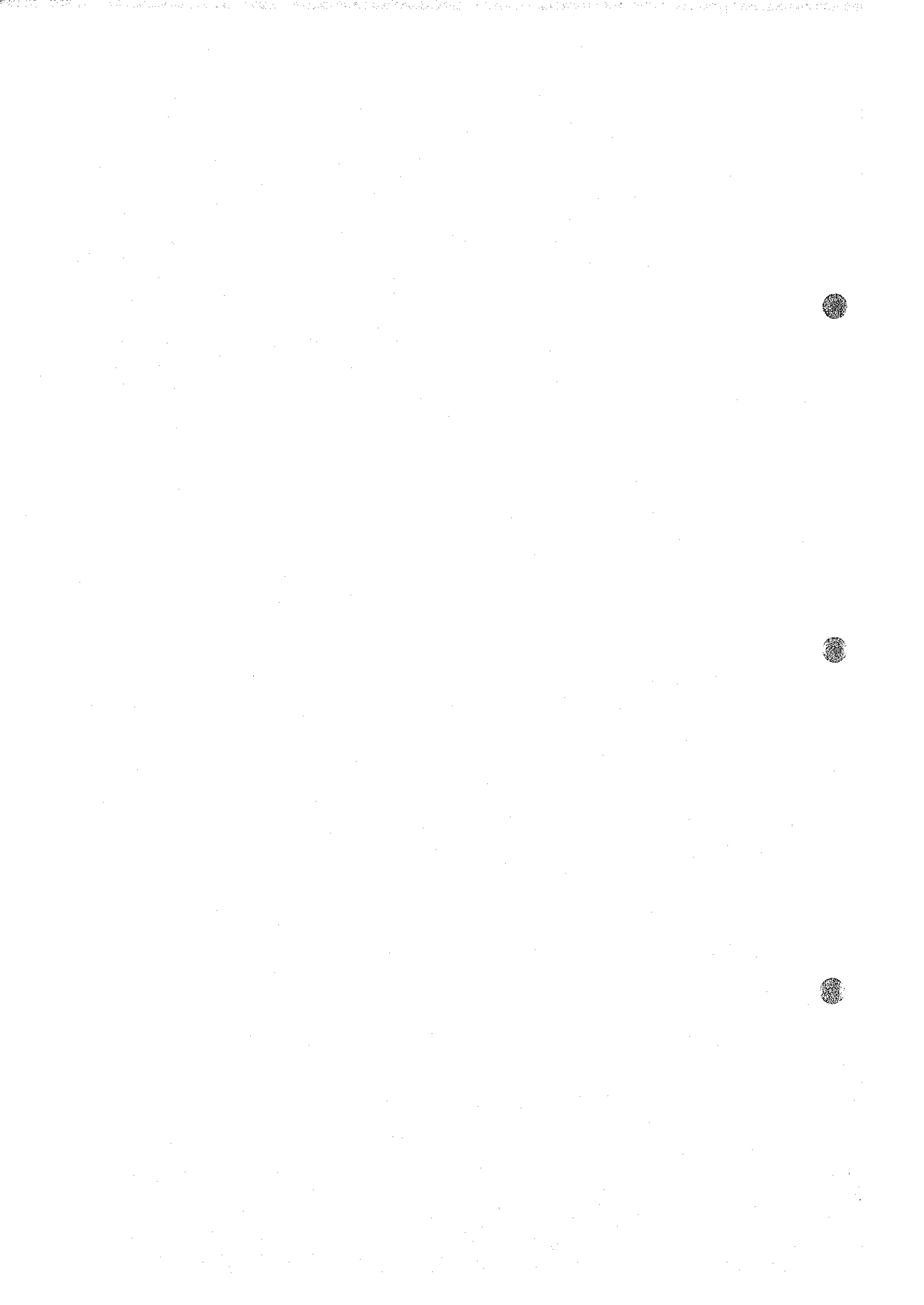
金属鉱業事業団
理事長 清瀧昌三郎





Project area.

Fig. 1 Location map of the project area



要 約

本調査は、日本国政府とマレーシア国政府との間で平成6年9月1日に締結された作業協定 (Scope of Work) に基づき、同国サバ中央地域において鉱物資源賦存の可能性を調査することを目的とする。本調査は、平成6年度を初年度とし3ヶ年で実施された。本報告書は、この調査の総括報告書である。

本調査は、平成2年度より4年間にわたって行われた鉱物資源基本図調査・サバ地域の結果に基づき、金属鉱床賦存の可能性の最も高いと考えられるテルピド西部地区、ピナンドアン地区及びインバック川地区（北部及び南部）の3地区で行った。調査結果は以下の通りである。

(1) テルピド西方地区

本地区のラテライト土壌は、典型的Niラテライト鉱床の地域に類似した土壌の層序及び化学的性質を示し、Niの品位は数100ppmから2.0%に達するものまで非常に広い値を示す。それぞれのオーガー地点で、垂直的はNi品位の変化はあるが、その変化は少なく、それぞれの地点が特有の値を持つなどの点から、本地区の風化作用の程度は十分な鉱量のNiラテライト土壌を形成する程度に至っていないと考えられる。

Ni0.8%以上のやや高い濃度を示すものは中央部の丘陵地域に分布するが、これらの地点では土壌の発達状況は悪く厚さは2mから3mである。一方、平坦地では、土壌の発達は5m以上に達するが、Niの濃度は数100から数1,000ppmで低い。従って、本地域には、Ni濃度の高いラテライト土壌も存在するが、その発達する深度は浅く、その分布面積も狭いので、開発するのに十分な鉱量としては不十分と考えられる。

(2) ピナンドアン地区

鉱物資源基本図調査により抽出されたAu、Cu、Ni異常帯を反映するような顕著な鉱化帯は、地質調査からは確認できなかった。

本地区で捕捉されたIP異常は、鉱物資源基本図調査の地化学異常帯 (Cu) の分布範囲とほぼ調和的であった。地区南西部、ピナンドアンカチール川下流の、過去の調査で黄鉄鉱を伴う硫化物脈が確認されている地点ではやや強いIP異常を示しており、地下に硫化物が存在することが推定される。また、今回の調査では、さらに強いIP異常が地区南西部から地区北東部に捕捉された。これらIP異常の分布域には、潜頭性の貫入岩に伴う硫化物の鉱染あるいは鉱脈の存在が推定されることから、今後このIP異常域の詳しい調査が望まれる。

(3) インバック川地区北部

地質調査の結果、本地区に見られる鉱化作用は、中央南部に約3km (EW) × 2km (NS) の広が

りて分布する珪化・黄鉄鉱染帯で、この珪化・黄鉄鉱染帯中に脈幅数cmから25cmの石英-硫化物脈が散在する。これらの脈には高品位のAu、Ag (Au 最大 72 g/t、Ag 最大196 g/t) を伴うもの、Pb、Znに富むものがある。

ボーリング調査の結果、やや顕著な鉱化作用が、M J S I - 4 及び M J S I - 7 で閃緑斑岩中に見られ、M J S I - 4 では、約15mに渡って亜鉛の品位はZn0.4%から1.0%で、更にその間に約3mに渡って銀 (Ag37.2g/tから90.5g/t) に富む部分が見られる。M J S I - 7 孔では、品位はほぼ3mに渡ってAu 0.3-4.3g/t、Ag 1.6-17.7g/t及びCu 0.04-0.12%の値がえられた。

本地区の鉱化作用はAu-Ag、Cu、Zn に特徴付けられ、閃緑斑岩の火成活動と密接に関係した鉱化作用であり、斑岩銅鉱床に類似した鉱化作用の縁辺部の可能性が考えられる。

I P法による物理探査で本地区に中～高分極率を持つ異常帯が捕捉され、その分布ほぼ2km (N S) × 2km (E W) の広がりを持ち、東に開いた「C」の字の形を成して、珪化・黄鉄鉱染帯及び地化学探査のAg、As、Au、Cu等の異常帯を覆って分布する。この高I P異常を対象に第2年次にボーリングを実施した結果、著しい鉱化帯は捕捉できず、この高I P異常は、地表浅部の黄鉄鉱脈及び鉱染を象徴しているものと思われる。「C」の字の形のI P異常帯は典型的な斑岩型銅鉱床の地帯で見られ、鉱化帯の中心部は、この円形状の高異常帯の内部に存在する例が知られている。従って、斑岩銅鉱床に類似した鉱床を仮定した場合、やや低いI P異常帯の分布域である「C」の字形のI P異常帯の中心部が有望なターゲットと成りうると考えられる。

(4) インバック川地区南部

第1年次の土壌地化学探査により、Au、Cu、Hg、S等の異常帯及び高濃度帯に覆われる珪化・黄鉄鉱染帯が地区北西部及び中央部に分布することが確認され、インバック川地区北部の鉱化帯が山脈沿いに南へ連続していることが明らかとなった。

第2年次の地質調査により、有望地域として地区中央北部 (S A)、中央部の稜線の西側山腹 (S B) の2地域が抽出され、これらは、いずれも閃緑斑岩の貫入と関連した鉱化・変質作用である。鉱化帯 (S A) は、インバック川地区北部の鉱化帯 (N A) から連続する鉱化帯で、珪化・黄鉄鉱染帯中に、Cu及びAgに富む石英-硫化物脈が分布する。鉱化帯 (S B) は、南北約1km、東西約1.5kmの広がりを持ち、閃緑斑岩を中心として、黄銅鉱及び黄鉄鉱の鉱染を伴う鉱化帯で、銅の品位はやや低いが (Cu0.1%から0.2%)、斑岩銅鉱床に類似した鉱化作用である。

岩石地化学探査の結果、インバック川地区北部の珪化・黄鉄鉱染帯 (N A) 及びそれと連続するインバック川地区南部の鉱化帯 (S A) は、Au、As及びCuの異常帯及び高濃度帯で覆われ、鉱化帯 (S B) の黄銅鉱の鉱染を伴う鉱微地周辺は、Cu、Au、Sの異常帯及び高濃度帯で覆われる。

インバック川地区南部における、鉱床賦存の可能性の高い地区として、鉱化帯 (S A) 地区及び鉱化帯 (S B) 地区が考えられ、今後、さらに、これらの地区に詳細な調査が行われることが望ましい。

目次

はしがき

調査地域位置図

要約

目次

第 I 部 総論

第 1 章 序論	1
1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 調査範囲及び作業の概要	1
1-3 調査団の編成	7
1-4 調査期間	10
第 2 章 調査地域の地理	13
2-1 位置及び交通	13
2-2 地形及び水系	13
2-3 気候及び植生	14
第 3 章 調査地域の既存地質情報	17
3-1 一般地質	17
3-2 鉱化作用及び鉱業略史	21
第 4 章 調査結果	25
4-1 テルピド西方地区	25
4-2 ピナンドアン地区	25
4-3 インバック川地区北部	26
4-4 インバック川地区南部	28
第 5 章 結論及び提言	31
5-1 結論	31
5-2 提言	34

第 II 部 各論

第 1 章 テルピド西方地区	39
1-1 調査の概要	39
1-1-1 調査の経緯	39

1-1-2	調査地区の概要	39
1-2	ハンドオーガ及びピット調査	39
1-2-1	調査方法	39
1-2-2	調査結果	40
1-3	考察	46
第2章	ピナンドアン地区	47
2-1	調査の概要	47
2-1-1	調査の経緯	47
2-1-2	調査地区の概要	47
2-1-3	調査量	47
2-2	地質調査	48
2-2-1	地質	48
2-2-2	鉍化作用	48
2-3	物理探査	51
2-3-1	調査方法	51
2-3-2	調査結果	52
2-4	考察	59
第3章	インバック川地区北部	67
3-1	調査の概要	67
3-1-1	調査の経緯	67
3-1-2	調査地区の概要	67
3-1-3	調査手法及び調査量	68
3-2	地質調査	68
3-2-1	調査方法	68
3-2-2	地質	68
3-2-3	鉍化作用	72
3-2-4	岩石地化学探査及び変質帯	85
3-3	物理探査	91
3-3-1	調査方法	91
3-3-2	調査結果	96
3-4	ボーリング調査	101
3-4-1	調査方法	105
3-4-2	調査結果	105
3-5	考察	112
第4章	インバック川地区南部	115

4-1	調査の概要	115
4-1-1	調査の経緯	115
4-1-2	調査地区の概要	115
4-1-3	調査量	115
4-2	土壌地化学探査	116
4-2-1	調査方法	116
4-2-2	調査結果	116
4-3	地質調査	116
4-3-1	調査方法	116
4-3-2	地質	121
4-3-3	鉱化作用	125
4-3-4	岩石地化学探査及び変質帯	133
4-4	考察	145

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章	結論	147
第2章	将来への提言	153

参考文献	References	159
図表一覧	Lists of figures, tables, plates and appendices	161



第 I 部 総 論



第1章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

本調査は、日本国政府とマレーシア国政府との間で平成6年9月1日に締結された作業協定 (Scope of Work)に基づき、マレーシア国サバ中央地域において実施した資源開発協力基礎調査である。調査地域として抽出されたサバ中央地域(Fig. 1)は、平成2年度より平成5年度までの4年間にわたって行われた鉱物資源基本図調査・サバ地域の結果に基づき、金属鉱床賦存の可能性の最も高いと考えられる地域である。本調査は平成6年度を初年度とし、3か年で実施された。

本調査の目的は、サバ中央地域において鉱床賦存状況を明らかにし、開発可能性の高い区域を発見することである。実際の調査は、サバ中央地域内で、最も有望と考えられる、テルピド西方地区、ピナンドアン地区及びインバック川地区の三地区で、地質調査、地化学探査、物理探査及びボーリング調査を実施した。それぞれの地区の対象金属は、以下の通りである。

テルピド西方地区	Ni
ピナンドアン地区	Cu
インバック川地区	Au, Cu

1-2 調査範囲及び作業の概要

本調査の対象地域であるサバ中央地域は、サバ州の中央部に位置し、テルピドから南に延びた長方形 (NS 90 km × EW 20 km) を成す地域であり、鉱物資源基本図調査のラプク地域の南部に位置する (Fig. I-1)。

第1年次から第3年次の3年間における、調査内容及び調査範囲をFig. I-2及びFig. I-3に示す。

第1年次 (平成6年) の調査は、Niラテライトの探査を目的として、テルピド西方地区 (16 km²) でハンドオーガー及びピット調査を、ピナンドアン地区 (30 km²) で銅の探査を目的として地質準精査及び物理探査を実施した。インバック川地区 (98 km²) は金及び銅の有望地域であり、北部及び南部の二地域に区分して調査を行った。インバック川地区北部 (28 km²) では、地質準精査及び物理探査を、インバック川地区北部の鉱徴地をさらに南へ追跡するため、インバック川地区南部 (70 km²) において土壌地化学探査を実施した。

テルピド西方地区及びピナンドアン地区の調査は、第1年次で終了し、第2年次 (平成7年) の調査はインバック川地区のみで行われた。第1年次の調査結果を基にして、有望地域を更に絞り、インバック川地区北部 (14.75 km²) では、地質精査、物理探査及びボーリング調査を行い、インバック川地区南部 (45.5 km²) では地質準精査を行った。

第3年次 (平成8年) の調査は、第2年次に引き続きインバック川地区北部においてボーリン

The Cooperative Mineral Exploration in The Central Sabah
Scope of Work signed at September 1, 1994

Phase I

The Central Sabah area: 1,800km²

<p>Telupid West Sub-area</p> <p>Augering and Pitting Survey Area: 16km² Hand auger : 72 sites Pit : 5 sites Soil : 292 samples</p> <p>Some of the samples show relatively high grade Ni, however, the reserves seem to be not enough.</p>	<p>Pinanduan Sub-area</p> <p>Geological Survey (1:10,000) Survey area: 30km² Geophysical Survey(IP method) Total line length: 14.4 km Measurement : 462 times</p> <p>The clear IP anomaly was obtained southwest to northeast of the area. A detail survey is recommended to clarify IP anomaly source.</p>	<p>S. Imbak Sub-area</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="816 630 1142 1092"> <p>S. Imbak Sub-area North</p> <p>Geological Survey (1:10,000) Survey area: 28km² (201 rock samples for geochemical survey) Geophysical Survey(IP method) Total line length: 21.0 km Measurement : 700 times</p> <p>Au-Ag bearing quartz-sulfide veins. Clear IP anomaly in center to south part of the area.</p> </td> <td data-bbox="1142 630 1302 1092"> <p>S. Imbak Sub-area South</p> <p>Geochemical Survey Survey area: 70 km² Soil : 283 samples</p> <p>Au, Cu, Hg, S anomalies are found in the northwest and center of the area.</p> </td> </tr> </table>	<p>S. Imbak Sub-area North</p> <p>Geological Survey (1:10,000) Survey area: 28km² (201 rock samples for geochemical survey) Geophysical Survey(IP method) Total line length: 21.0 km Measurement : 700 times</p> <p>Au-Ag bearing quartz-sulfide veins. Clear IP anomaly in center to south part of the area.</p>	<p>S. Imbak Sub-area South</p> <p>Geochemical Survey Survey area: 70 km² Soil : 283 samples</p> <p>Au, Cu, Hg, S anomalies are found in the northwest and center of the area.</p>
<p>S. Imbak Sub-area North</p> <p>Geological Survey (1:10,000) Survey area: 28km² (201 rock samples for geochemical survey) Geophysical Survey(IP method) Total line length: 21.0 km Measurement : 700 times</p> <p>Au-Ag bearing quartz-sulfide veins. Clear IP anomaly in center to south part of the area.</p>	<p>S. Imbak Sub-area South</p> <p>Geochemical Survey Survey area: 70 km² Soil : 283 samples</p> <p>Au, Cu, Hg, S anomalies are found in the northwest and center of the area.</p>			

Phase II

<p>S. Imbuk Sub-Area</p>	
<p>S. Imbak Sub-area North</p> <p>Geological Survey (1:5,000) Survey area: 14.75km² Geophysical Survey(IP method) Total line length: 19.7 km Measurement : 637 times Drilling Survey MJSI-1 to MJSI-5: 5 holes (1,004.79 m)</p> <p>Quartz-sulfide veins of Au-Ag type and Pb-Zn type. IP anomalies of letter "C" shape. Similar to porphyry copper environment.</p>	<p>S. Imbak Sub-area South</p> <p>Geological Survey (1:10,000) Survey area: 45.5 km² (300 rock samples for geochemical survey)</p> <p>Quartz-sulfide veins of Ag-Cu type(SA) and Cu dissemination in diorite porphyry. Au, As and Cu anomalies in west part of the north and west parts of the area.</p>

Phase III

<p>S. Imbak Sub-area North</p> <p>Drilling Survey MJSI-6 and MJSI-7 : 2 holes (603.20m)</p> <p>Au, Ag, Cu mineralization in diorite porphyry</p>

Fig. I -2 Flow chart of the project

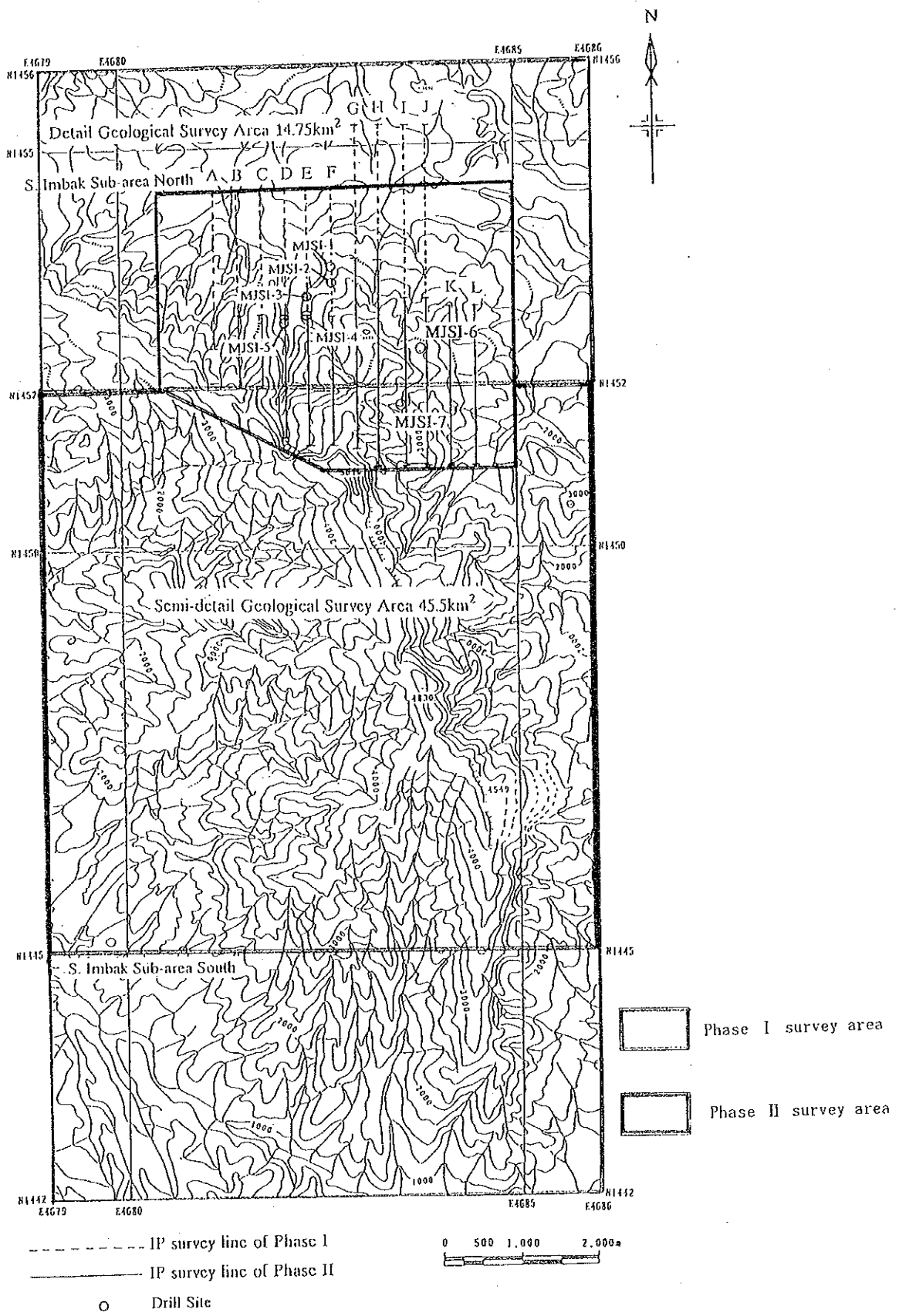


Fig. I -3 S. Imbak Sub-area



グ調査を実施した。

本調査で実施した調査量及び室内試験の件数をTable I -1及び Table I -2に示す。

1-3 調査団の編成

本調査の調査計画策定、折衝及び現地調査に参加した団員は、次の通りである。

(1) 調査計画策定及び折衝

日 本 国 側	マ レ イ シ ア 国 側
土屋 新五郎 金属鉱業事業団	Fateh Chand Director General GSM
飯田 陽一 通商産業省	Lim Peng Siong Director GSM
五十嵐吉昭 金属鉱業事業団	Chu Ling Heng Head of Corporate Unit GSM
鈴木 哲夫 金属鉱業事業団	Pola Singh Senior Ass. Director EPU
マニラ事務所	Suhaimi EPU
	Mohamed Nor Aziz MPI
	P. Loganathan Secretary GSM

GSM: Geological Survey of Malaysia EPU: Economic Planning Unit

MPI: Ministry of Primary Industries

(2) 現地指導監督

遠藤 英史 金属鉱業事業団
佐藤 直樹 金属鉱業事業団
鈴木 哲夫 金属鉱業事業団
五十嵐吉昭 金属鉱業事業団

Table I -1 Summary of work amounts

Phase I (1994)

Survey Method	Work Amount
(1) Geological Survey (semi-detail)	
1) Pinanduan Sub-area	Survey Area 30 km ² Survey Route 52 km
2) S. Imbak Sub-area North	Survey Area 28 km ² Survey Rout 52 km Rock Samples for Geochemical Survey 201 samples
(2) Geochemical Survey	
1) Telupid West Sub-area	Survey Area 16 km ² Pit 5 sites Hand auger 72 sites Soil samples 292 samples
2) S. Imbak Sub-area South	Survey Area 70 km ² Soil samples 283 samples
(3) Geophysical Survey (IP method)	
1) Pinanduan Sub-area	Total line length 14.4 km Number of lines 8 lines Number of measurement 462 times
2) S. Imbak Sub-area North	Total line length 21.0 km Number of lines 10 lines Number of measurement 700 times

Phase II (1995)

Survey Method	Work Amount
(1) Geological Survey	
1) S. Imbak Sub-area North (detail survey)	Survey Area 14.75 km ² Survey Route 41.7 km
2) S. Imbak Sub-area South (semi-detail survey)	Survey Area 45.5 km ² Survey Route 77.0 km Rock Samples for Geochemical Survey 300 samples
(2) Geophysical Survey (IP method)	
S. Imbak Sub-area North	Total Line Length 19.7 km Number of Lines 11 Lines Number of Measurement 637 Times
(3) Drilling Survey	
S. Imbak Sub-area North	Hole No. Depth Inclination MJSI-1 201.25 m -90° MJSI-2 200.30 m -90° MJSI-3 200.84 m -90° MJSI-4 202.20 m -90° MJSI-5 200.20 m -90°

Phase III (1996)

Content	Amount of Work
Drilling Survey	
S. Imbak Sub-area North	Hole No. Depth Inclination MJSI-6 300.50 m -90° MJSI-7 302.70 m -90°

Table I -2 Work amounts of laboratory studies

Phase I

Laboratory Studies	Geological Survey	Geochemical Survey	Total
1) Thin section	27 samples	24 samples	51 samples
2) Polished sectoion	20 samples	7 samples	27 samples
3) X-ray diffraction analysis	71 samples	11 samples	82 samples
4) Dating (K-Ar method)	4 samples	3 samples	7 samples
5) Chemical analysis			
a)Rock (15 elements: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb, As, Hg, K, Na, Sr, Rb, Ca, Mg, S)	201 samples		201 samples
b)Soil-1 (5 elements: Al, Co, Fe, Cr, Ni)		292 samples	292 samples
c)Soil-2 (21 elements: As, Au, Ba, Co, Cr, Cu, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, S, Sb, Sr, Ti, U, W, Zn)		283 samples	283 samples
d)Ore Assay (7 elements:Ag, Au, Cu, Mo, Pb, S, Zn)	61 samples	20 samples	81 samples
Geophysical survey			
1) Resistivity measurement		20 samples	
2) Porlarizability measurement		20 samples	

Phase II

Laboratory Studies	Geological Survey	Drilling Survey	Total
1) Thin section	40 samples	11 samples	51 samples
2) Polished sectoion	20 samples	14 samples	34 samples
3) X-ray diffraction analysis	70 samples	12 samples	82 samples
4) Fluid inclusion filling temperature	10 samples		10 samples
5) Chemical analysis			
a)Rock (15 elements: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb, As, Hg, K, Na, Sr, Rb, Ca, Mg, S)	300 samples		300 samples
b)Ore Assay (7 elements:Ag, Au, Cu, Mo, Pb, S, Zn)	50 samples	47 samples	97 samples
3. Geophysical survey			
1) Resistivity measurement		21 samples	
2) Porlarizability measurement		21 samples	

Phase III

Laboratory work	Drilling survey
1) Thin section	11 samples
2) Polished section	13 samples
3) X-ray diffraction analysis	22 samples
4) Ore Assay (7 elements: Ag, Au, Cu, Mo, Pb, S, Zn)	51 samples

(3) 現地調査

日 本 側			マ レ イ シ ア 側	
岡崎 正次	団長、地質調査 ボーリング調査 地化学探査	大手開発 (株)	Alexander Yan	Deputy Director GSM
杉山 和稔	地質調査	大手開発 (株)	Joanes Muda	Geologist GSM
川村 淳	地質調査 地化学探査	大手開発 (株)	Wong Vui Chung	Geologist GSM
加藤 雅胤	物理探査	大手開発 (株)	Dzazali b. Hi. Ayub	Geophysicist GSM
菅原 公平	物理探査	大手開発 (株)	Salleh Adanan	Assistant GSM
松久保和人	物理探査	大手開発 (株)	Japili Samin	Assistant GSM
兵頭 浩	物理探査	大手開発 (株)		
横山 隆之	物理探査	大手開発 (株)		
遠藤 晋	物理探査	大手開発 (株)		
山縣 順一	ボーリング調査	大手開発 (株)		
松岡 孝志	ボーリング調査	大手開発 (株)		

GSM: Geological Survey of Malaysia

1-4 調査期間

本調査に伴うマレーシア国での現地調査の期間は、以下の通りである。

第1年次

地質調査、地化学探査・ピット調査等

平成6年10月20日 ~ 平成7年 1月10日

物理探査

平成6年10月20日 ~ 平成6年12月31日

第2年次

地質調査

平成7年 7月17日 ~ 平成7年 9月29日

物理探査

平成7年 7月20日 ~ 平成7年 9月10日

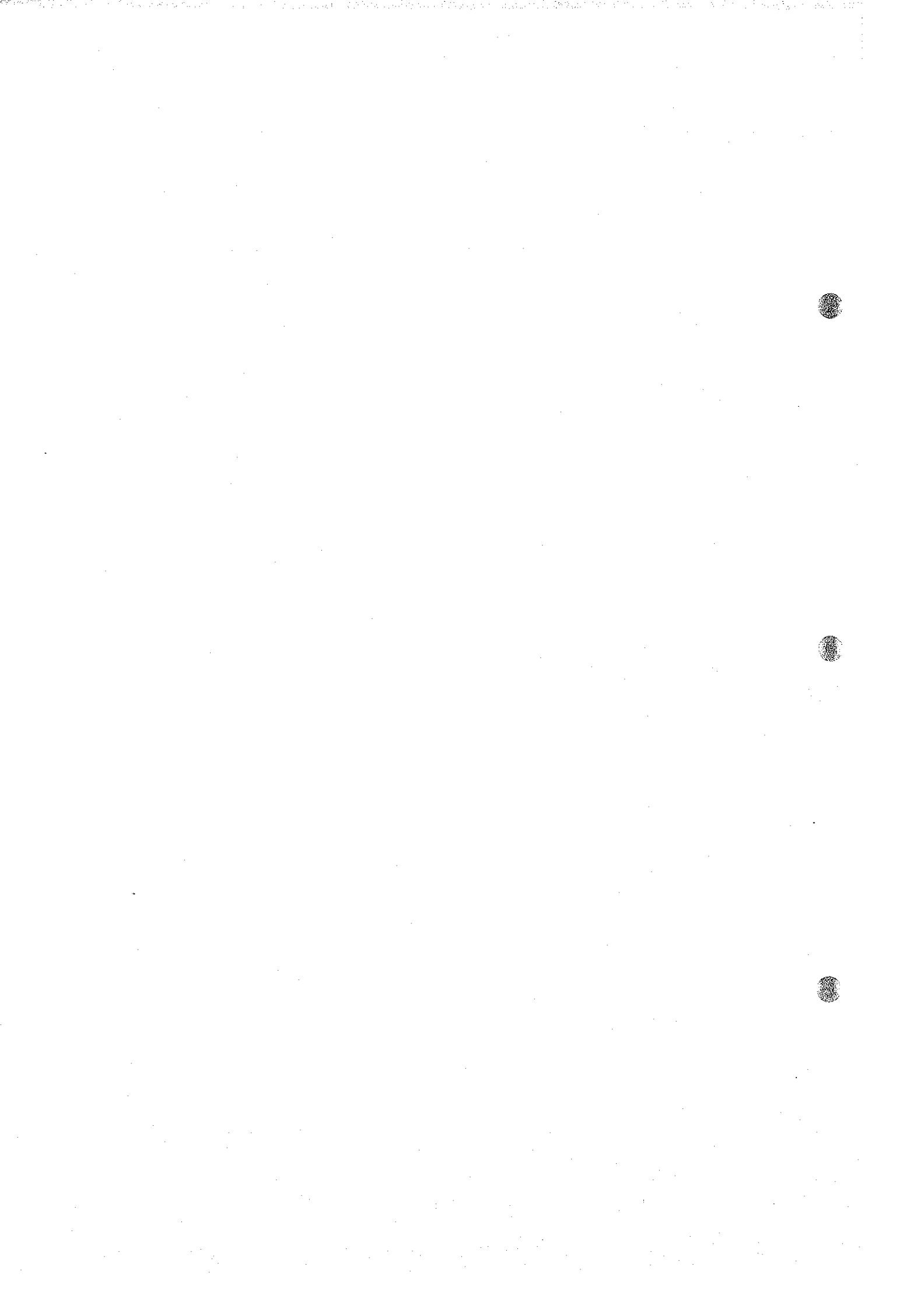
ボーリング調査

平成7年 8月 3日 ~ 平成7年11月 7日

第3年次

ボーリング調査

平成8年 9月 8日 ~ 平成8年12月25日



第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

マレーシア国は、マレー半島に位置する西部マレーシアとボルネオ島北西部に位置する東部マレーシアより構成される。西部マレーシア及び東部マレーシアを合わせた総人口は、約 1,800 万人で、その面積は約 33 万 km² である。人種は、マレー人を主とし中国人、インド人の他多くの少数民族より構成される多民族国家である。

東部マレーシアは、サバ(Sabah) 州、サラワク(Sarawak) 州の 2 州より構成される。本調査地域の存在するサバ州は、ボルネオ島北部を占め、北緯 4° から北緯 7°、東経 115° から東経 119° の間に位置し、西岸、北岸、東岸は南シナ海、スルー海及びセレベス海に囲まれフィリピンと国境をなし、その南西はサラワク州と、南はインドネシア領カリマンタンと接する。サバ州の面積は約 73,700 km² で、人口は約 1,393,000 人、州都はコタ・キナバル(Kota Kinabalu) である。

本調査の対象地域であるサバ中央地域は、サバ州の中央部に位置し、テルピド(Telupid) から南に延びた長方形を成す地域で、東西 20 km、南北 90 km (1,800 km²) の広がりを持ち、鉱物資源基本図調査のラプク地区の南部に相当する。

サバ州の西海岸に位置するコタ・キナバルには国際空港があり、国外よりの交通は至便で、首都のクアラルンプールをはじめ、香港、台湾、フィリピン、シンガポール、日本へ直行便が就航している。サバ州内のタウウ(Tawau)、サンダカン(Sandakan) 等の主要な町には、コタ・キナバルより国内定期便が就航している。主要道路は、コタ・キナバルよりラナウ(Ranau)、テルピドを経由して東海岸のサンダカンへ至る道路と、サンダカンよりラハッド・ダーツ(Lahad Datu) を経て南海岸のタウウへ至る道路で、いずれも舗装されている。

サバ中央地域内では、コタキナバルーサンダカンを結ぶ道路が北端部を通り、地域内で唯一の舗装道路である。その他の道路は、テルピドから南西方の散在する集落へ向かう道路、及びテルピドから南方へ向かう木材運搬用道路である。木材運搬用道路は、本地域内の東部及び本地域に近接してその東方を南下し、近年、タウウ方面から北上する道路と連結された。

2-2 地形及び水系

サバ州の地形は、西海岸と平行に走る北北東-南南西方向の急峻な山岳地形、東側の丘陵地形、南部の火山地形及び主要河川に沿って分布する平坦地とに分けられる。西部の山岳地形を成す地域はクロッカー(Crocker) 山脈からなり、東南アジア最高峰のキナバル山(G. Kinabalu) (標高 4,101 m) が存在する。

サバ州中央部に位置する本地域は、全体的に標高 500 m から 1,000 m の山岳地形を成し、主要河川沿いに標高 100 m から 200 m の丘陵地が分布する。丘陵地の分布は、ほぼ北部に限られ

ラブク川 (S. Labuk)、カラマック川 (S. Karamuak)、ミリアン川 (S. Milian) の沿岸である。本地域南東部は地形が急峻で、1,000 m を越える山脈が北北東 - 南南西方向に走り、最高 1,500 m に達する。

サバ中央地域を流れる河川はラブク川、キナバタンガン川 (Kinabatangan) の水系に属し、ほぼ西南西から東北東方向に流れてスルー海に注ぐ。本地域では北部をラブク川が、中央部をミリアン川が西から東に流れている。カラマック川 (S. Karamuak) 及びインバック川はミリアン川のそれぞれ北側及び南側支流である。本地域南部のインバック川地区南部を流れるクリ川 (S. Kuli) はクワム川 (S. Kuamut) の支流で、クワム川は本地域東方でミリアン川と合流し、サバ州最大の河川であるキナバタンガン川を形成する。これらの河川は上流部で渓谷を造り、丘陵地域及び平地では著しく蛇行する場合が多い。

2-3 気候及び植生

サバ州は熱帯モンスーン気候の範囲に位置し、通常、10月下旬ないし11月上旬から3月頃までが北東モンスーン季で、5月頃から8月頃までが南西モンスーン季である。年間降水量は地域によって 1,500 mm から 4,000 mm と大きな差がある。西海岸では南西モンスーン季が雨期となり、東海岸では北東モンスーン季に雨量が多い事が常であったが、近年雨期と乾期の明確な区別がつかなくなってきたとも言われている。気温は、年間を通じてほとんど変化が無く、22~33°Cの範囲にあるが、日中の最高気温は34°C 前後となり、夜間は20°C 前後まで下がることもある。

サバ州の西海岸に位置するコタ・キナバル、東海岸のサンダカン及び南海岸に位置するタワウの月別最低及び最高気温と月別降雨量をTable 1-3 に示す。この表で明らかなように、東海岸と西海岸とでは月別降雨量に地域性が見られ、モンスーンの影響を表している。

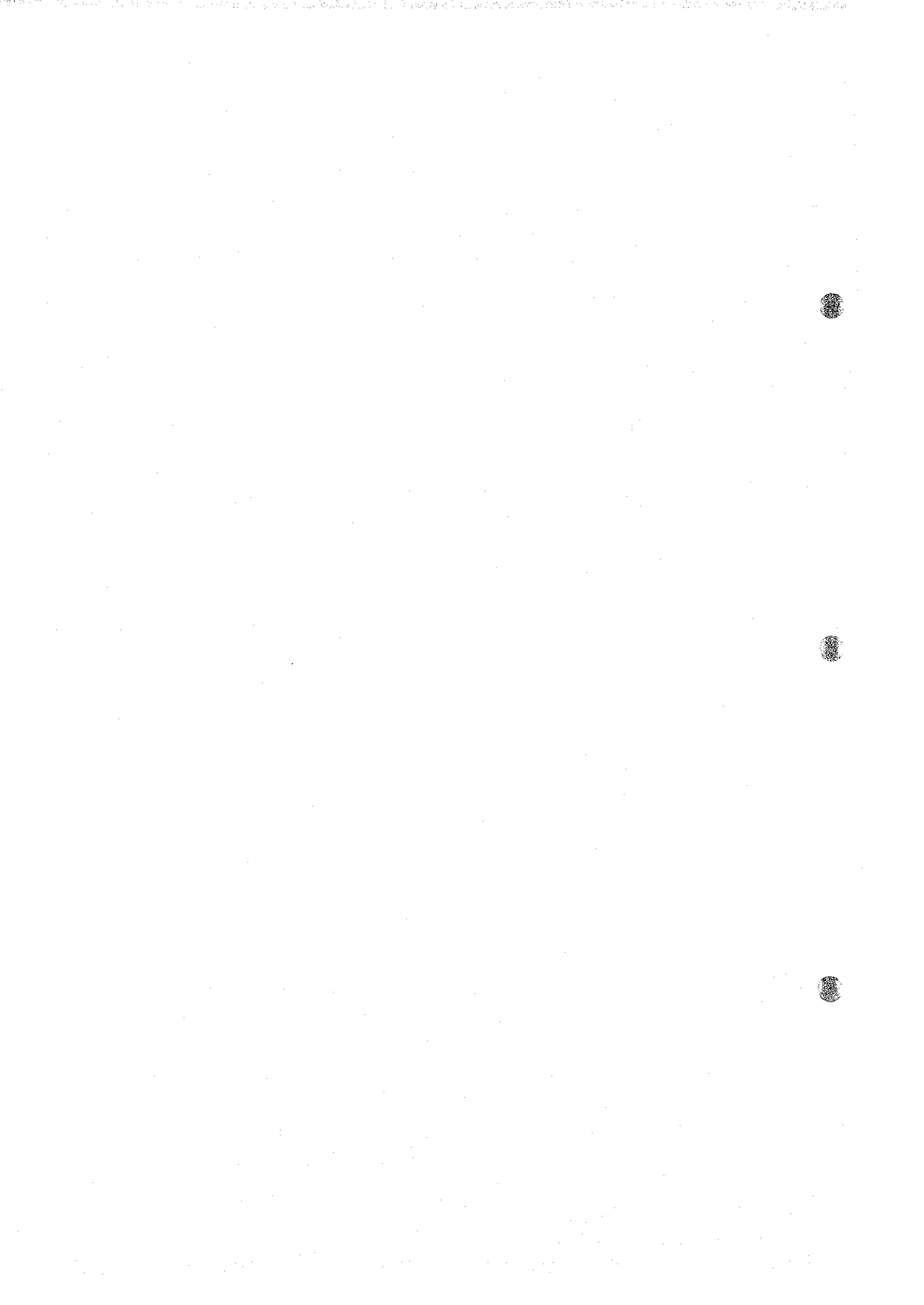
サバ中央地域の大部分は、ジャングル地帯により占められる。ジャングルは、まだ人手の入っていない初生ジャングルと、既に大木の伐採が終わっている二次ジャングルとに区分される。本地域のジャングルは、北部から中部にかけては二次ジャングルで、南部の地域は現在伐採が行われているものかなりの部分が初生ジャングルであり、インバック川地区はすべて初生ジャングルに覆われる。本地域北部のテルピド周辺ではプランテーションが行われ、主としてパームヤシが栽培されている。

Table I -3 Statistics of temperature and rainfall

Month	Kota Kinabalu			Sandakan			Tawau		
	Temperature (°C)		Rainfall (mm)	Temperature (°C)		Rainfall (mm)	Temperature (°C)		Rainfall (mm)
	Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
January	30.5	22.4	95.1	29.7	24.2	398.2	31.4	22.2	161.4
February	31.6	22.5	61.6	30.5	23.6	229.9	31.9	22.3	132.4
March	31.8	22.8	47.1	31.0	23.8	120.0	32.4	22.6	107.7
April	32.5	23.4	137.5	32.2	23.8	87.5	32.6	22.8	101.3
May	32.5	23.9	287.9	32.5	24.3	110.8	32.8	23.5	113.6
June	31.7	23.3	248.7	32.8	23.6	209.3	32.3	23.0	185.5
July	31.6	23.0	257.2	32.4	23.5	214.5	31.6	22.7	226.3
August	31.7	23.3	263.4	32.9	23.5	183.6	31.3	22.6	217.7
September	31.8	23.2	315.8	32.3	23.5	241.2	31.7	22.5	196.9
October	32.0	23.5	292.9	31.8	23.6	271.9	31.9	22.8	188.1
November	31.4	23.2	314.6	31.2	24.0	324.8	32.4	23.1	174.0
December	31.3	22.7	149.7	29.8	24.4	453.0	32.4	22.4	135.3

Temperature: 1989 and 1990

Rainfall: average of last 10 years(1981 - 1990)



第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 一般地質

サバ州の地質は、基盤をなす三疊紀以前の結晶質岩類(Cb)、白亜紀から始新世の玄武岩溶岩を伴う堆積岩類(K、KP)、フリッシュタイプの堆積岩を特徴とする、始新世～中新世中期の堆積岩類(P₁、P₂、P₃、P₄)及び構造運動(中新世中期～鮮新世)と同時期あるいはそれ以降の、中新世前期～更新世の堆積岩類(N₁、N₂、N₃、N₄、N₅)から構成される。

本調査地域を含むサバ州の地質図(Heng Y. E., 1985)をFig. 1-4に示す。

基盤を成す変成作用を受けた結晶質岩類(Cb)は主にセガマ川上流域に分布し、角閃岩、片麻岩、珪岩、変成した凝灰岩及び火砕岩より成る。

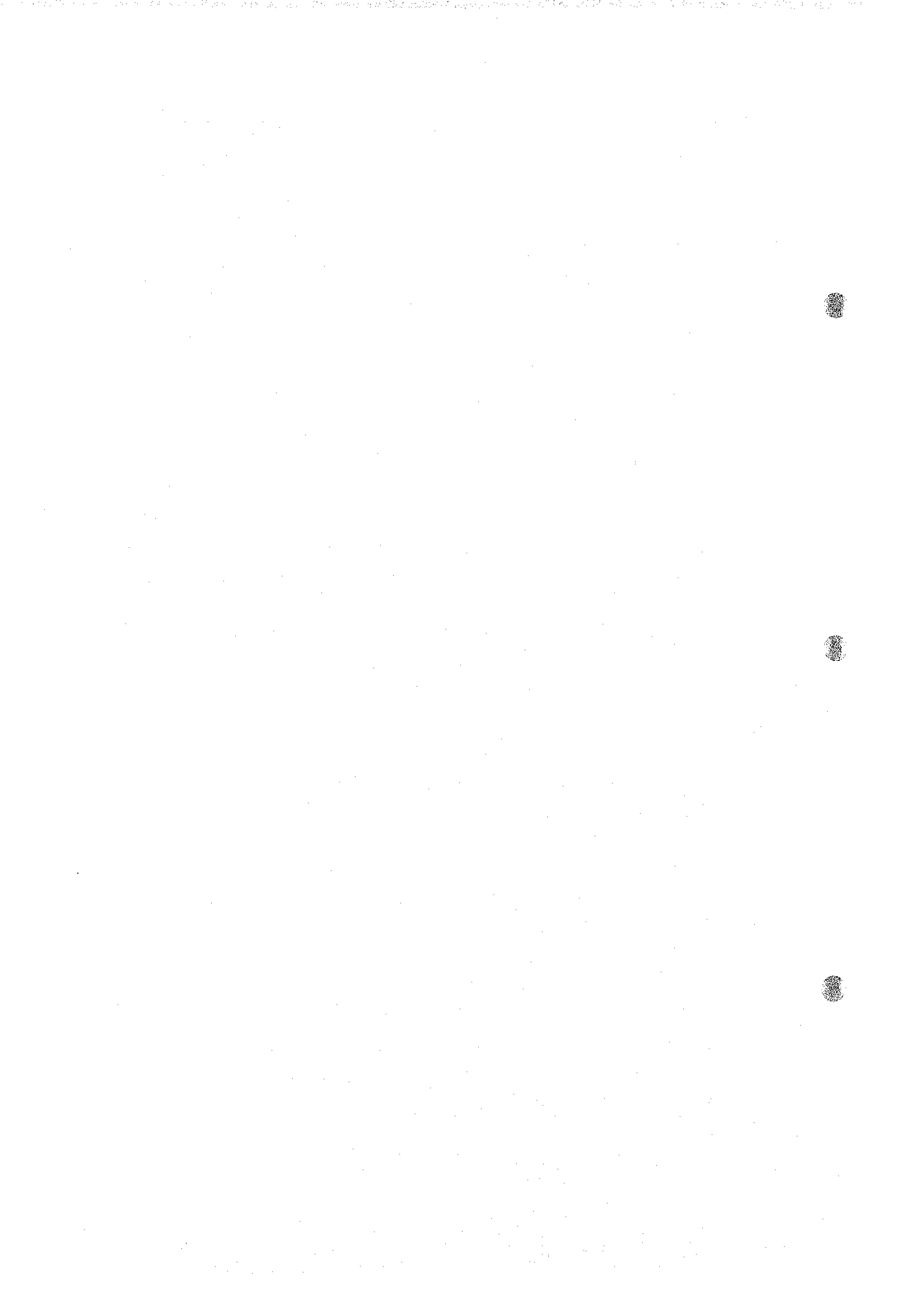
白亜紀から始新世の岩石はサバ州東部及び中央南部に広く分布するチャート・スピライト(Chert-Spilite)層(KPSc)と サプラット(Sapulut)層(KPSP)である。チャート・スピライト層は、石灰岩、放散虫チャート、砂岩、礫岩、スピライト、火山角礫岩、集塊岩、粗粒玄武岩及びケラトファイヤ等を伴う枕状溶岩から成る。これらの岩石は、超塩基性岩及び斑レイ岩(Ub)と共にオフィオライト系列の岩石を構成し、白亜紀初期の海洋地殻の一部と考えられている。このようなオフィオライト系列の岩石の断片が多く散在し、これらは漸新世から中新世の時期に複雑な構造運動によりもたらされたもので、始新世～中新世中期の堆積岩類(P₁、P₂、P₃、P₄)の上に乗っている(Benard et al., 1990, Ragin et al., 1990)。サプラット層は、泥質の岩石を主とし海洋トラフの中心部で堆積した地層である。

暁新世から漸新世の堆積岩類は、サバ州西部及び北部に分布するトルスマディ(Trusmadi)層(P₁Ts)及びクロッカー(Crocker)層(P₂Cr)で、前者は弱変成した粘板岩、千枚岩、珪岩等を主体とし、後者は砂岩、泥岩の互層を主体とするフリッシュタイプの堆積岩である。

中新世から鮮新世の岩石は、サバ州東部、北部及び南西部に分布する。






サバ州東部の中新世の地層は、海成の泥質岩から成るカラバカン(Kalabakan)層(P₄Kl)、泥岩、頁岩、凝灰岩から成るカルンパン(Kalumpang)層(P₄Kg)及びスランプ堆積物からなるガリノノ(Garinono)層(P₄Gr)、ラパング(Labang)層(P₃Lb)、アヤー(Ayer)層(P₄Ay)、クワム(Kuamut)層(P₄Km)である。後四者の、スランプ堆積物を中心とする地層は、チャート、石灰岩、斑レイ岩、砂岩、蛇紋岩などの古期の岩石のブロックと泥質のマトリックスからなり、テクトニックメランジェと考えられ、カオティックな地層である。後期中新世の地層はタンジュン(Tanjung)層(N₂Tj)及びサンダカン(Sandakan)層(N₄Sk)で、これらは浅海成で泥岩-砂岩のシーケンスからなり、顕著なベーズン構造を形成する。

サバ州北部の中新世の地層は、厚い石英質砂岩及び頁岩からなるボンガヤ(Bongaya)層(N₄By)とクダット(Kudat)層である。サバ州南西部では北部に類似した中新世の地層が分布し、メリガン(Meligan)層と呼ばれている。
















SEDIMENTARY AND SEDIMENTARY-VOLCANIC ROCKS

IGNEOUS AND METAMORPHIC ROCKS

-  Basalt
 -  Andesitic to dacitic pyroclastics and lavas
 -  Adamellite and granodiorite
 -  Gabbro, dolerite, serpentinite, peridotite, dunite and pyroxenite
- CRYSTALLINE BASEMENT
-  Gneiss, schist, amphibolite and associated granite, granodiorite and tonalite

LITHOLOGY

-  Sand and gravel
-  Sand, clay, and conglomerate with abundant lignite
-  Sandstone, mudstone, siltstone, shale, conglomerate and lignite
-  Tuffaceous sandstone, conglomerate, clay, tuff, mudstone, shale and volcanic breccia
-  Mudstone, sandstone, siltstone and conglomerate
-  Mudstone, clay and limestone
-  Slump breccia, mudstone, tuff, tuffaceous sandstone, shale and conglomerate
-  Sandstone, shale, mudstone, siltstone, conglomerate and limestone
-  Flysch-type sandstone, shale and siltstone
-  Shale and phyllite with some siltstone and sandstone
-  Mudstone with some sandstone, conglomerate and limestone
-  Sandstone, chert, conglomerate, volcanic breccia, agglomerate, basalt, spilite
-  Massive algal limestone

FORMATION

- Liang (N₁Lg) Timohing (N₁To) and Togopi (N₁Tp)
- Ganduman (N₁Gn), Bongaya (N₁By), Sandakan (N₁Sk), Simangaris (N₁Sm), *1
- Tungku (N₁Tu), Tabanak conglomerate (N₁Tk) and Libong Tuffite (N₁Ln)
- Tanjong (N₁Tj), Meligan (N₁Me) South Banggi (N₁Sb) and Kapilit (N₁Kp)
- Setap Shale (N₁Ss) and Gomantong Limestone (N₁Gm)
- Garinono (P₁Gr), Ayer (P₁Ay), Kuamut (P₁Ku), Kalabakan (P₁Kl), *2
- Kudat (P₁Kd), Labang (P₁Lb) and Temburong (P₁Tx)
- Kulapis (P₁Ks) and Crocker (P₁Cr)
- Trusmadi (P₁Ts)
- Sapulut (KPSp)
- Chert-Spilite (KPCS)
- Madai-Baturong Limestone (KMB)

*1 Umas Umas (N₁Um), Sebahat (N₁Sh), Belait (N₁Be) and Balung (N₁Bl)
 *2 Wariu (P₁Wr) and Kalumpang (P₁Kg)

after Heng Y.E., 1985

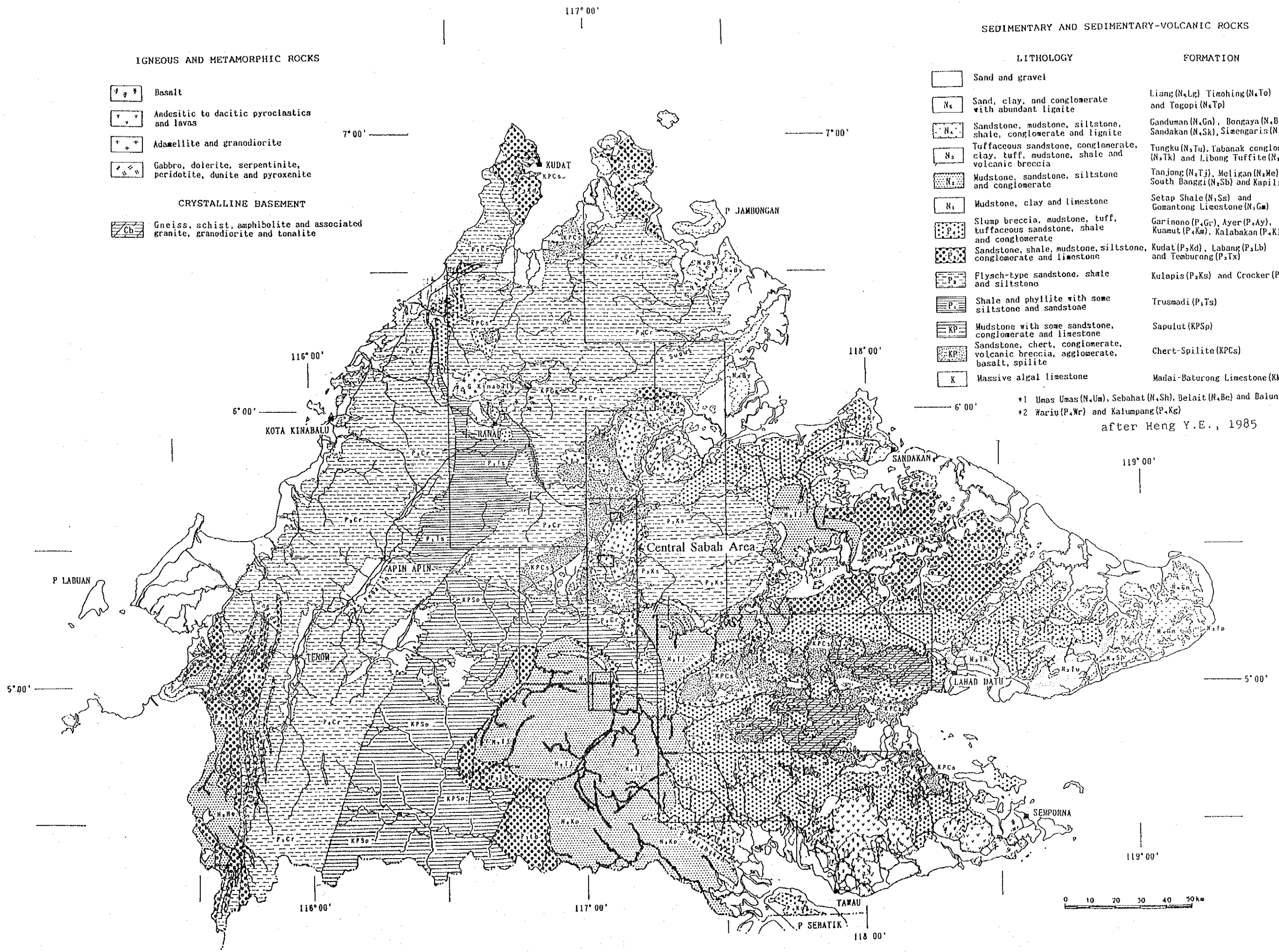
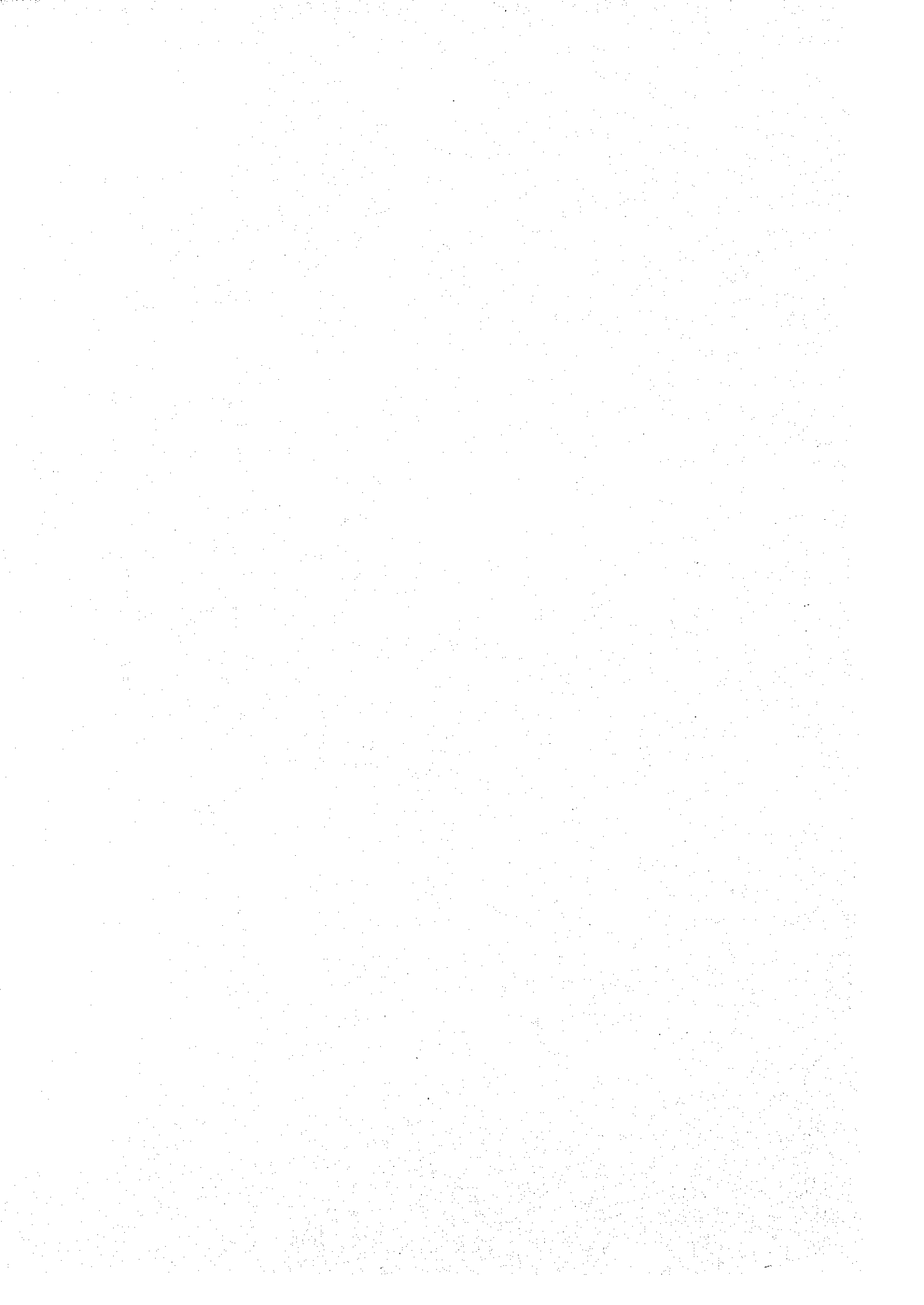


Fig. I -4 Geological map of Sabah, Malaysia



鮮新世から第四紀の地層として粘土、砂、礫岩からなるリヤング(Liang)層(N₅Tp)等があり、それ以前の地層に不整合に乗る。

サバ州に分布する火成岩の時代は主に三つの時期に分けられる。まず、三畳紀初期の貫入岩で、トーナライト、花崗閃緑岩、トロニエマイト、花崗岩からなり、それらは基盤を成す結晶質岩類に貫入する。その次の時期の火成岩類は斑レイ岩、粗粒玄武岩、玄武岩質溶岩等のオフィオライト系列の岩石で、白亜紀初期の火成岩類であり、これらは漸新世から中新世の時期に現在の位置にもたらされた。さらに、中新世後期から第四紀にかけて、センボルナ地区で石英安山岩、安山岩、玄武岩から成るカルクアルカリ岩の著しい火山活動が見られ、さらにキナバル地区においては、アダメロ岩、花崗閃緑岩を主とする花崗岩質岩のバソリスを伴う火成活動がある。

サバ中央地域においては、北部を中心にオフィオライト系列の岩石である超塩基性岩(Ub)及び枕状構造を伴う玄武岩(KPCs)が広く分布する。堆積岩類は、白亜紀後期から始新世後期のサブラット層、始新世から漸新世のカラピス(Kulapis)層及びクロッカー層、漸新世のラバング層、漸新世から中新世中期のガリノノ層及び中新世初期から中新世中期のタンジュン層よりなる。サブラット層は、本地域南部に超塩基性岩を取り囲む様に広く分布し、それらに不整合ないし断層で、その上位のラバング層、タンジュン層が分布する。クロッカー層は中央部に広く超塩基性岩を取り囲んで分布し、中央東部では、カラピス層が分布する。メラランジェ岩体であるガリノノ層が超塩基性岩に接してその東側に小規模に分布する。

3-2 鉍化作用及び鉍業略史

サバ州に見られる主要な金属鉍床の分布する地帯は、北部のバンギ島から南部のセンボルナ半島にかけてのサバ州中央部を横断する地帯に見られる。主要な既知の鉍床及び鉍徴地の分布図(Leong K. M., 1976)を、Fig. 1-5に示す。鉍化作用は、関係する岩石によって四種類に分けられる。すなわち、基盤の結晶質岩に伴うもの、オフィオライト系列の岩石に伴うもの、新期の半深成岩に伴う火山岩類に関係したもの、花崗岩類に関係した鉍化作用である。

先三畳紀の結晶質岩中の鉍化作用は、セガマ川上流の片岩中に見られ、銀の鉍化作用は片状の粗粒玄武岩質岩中に見られる。碎屑性の金はセガマ川、ディワタ川等の河川で見られ、これらの河川は結晶質の基盤岩を流れる河川で、金の源は結晶質基盤岩に貫入する酸性岩と考えられている。

オフィオライト系列の岩石に伴う鉍化作用としては、キプロス型の塊状硫化鉍床があり、ビドゥビドゥヒル(Bidu Bidu hill)鉍床はその代表例である。ダヌン川上流では、粗粒玄武岩中に銅を伴う硫化物のストックワークが見られる。その他、ニッケルラテライト、クロムの鉍徴地が超塩基性岩の分布域に存在する。

センボルナ半島では、鮮新世の半深成岩を伴った火山岩に関係した浅熱水性の金及び鉛-亜鉛-銅の鉍化作用が見られ、代表的なものはマントゥリ(Mantri)およびナゴス(Nagos)である。

キナバル山の地域では、中新世から鮮新世の花崗岩質岩に関係した斑岩銅鉍床が見られ、マム

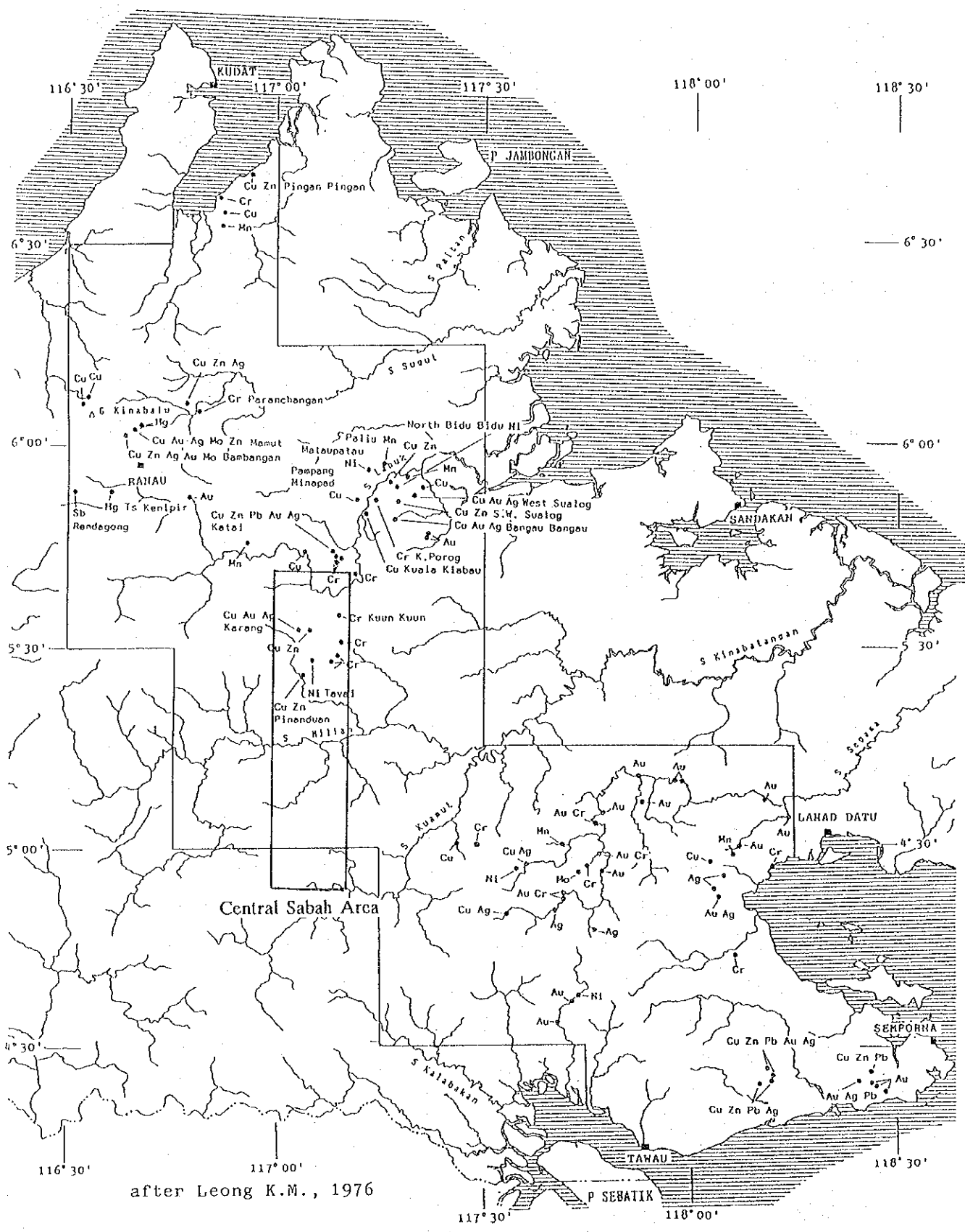


Fig. I -5 Distribution of mineral occurrences in Sabah, Malaysia

ート(Mamut)鉱山及び鉱徴地としてヌンコック (Nungkok) がある。

サバ州で現在操業中の金属鉱山は、キナバル地区のラナウ北方に位置する斑岩銅鉱床のマムート鉱山のみである。マムート鉱山は、国連による地化学探査の結果発見された銅鉱床である。1968年、日本の海外鉱物資源開発(株)(OMRD)が国際入札により探鉱権を取得し、1968年より1972年までの間探鉱を実施した後、1973年開発に着手、1975年5月に操業を開始した。現在(1994年7月1日より1995年6月30日)の操業規模は、粗鉱量19.6百万トン、Cu 0.43%であり、Mega First社(クアラルンプール)の子会社であるMamut Copper Mining社により、人員約1,200名で操業が行われている。

探鉱作業がほぼ終了して開発待ちの鉱床としては、ラブク地区の西部に位置するビドゥビドゥヒル鉱床が挙げられる。本鉱床は、玄武岩質溶岩中に賦存するキプロス型の塊状硫化鉱床で、Leadstar SDN BHDにより探鉱が実施されている。これまでに実施したボーリング調査の結果(約40,000 m)では、鉱量360万トン、Cu 3.6%、Au 1~2 g/t、Ag 8~15 g/tが計上されている。

調査地域南部のセンボルナ地区では、同地区の火山岩類中に賦存する金銀鉱床の探査がZamia SDN BHDにより実施されていたが、現在は中断している。この会社による調査は、東方に位置するセンボルナの西側よりタワウの北方までの広範囲に及んでいる。調査は、主として土壌による地化学探査及びトレンチで、ボーリングによる調査はマンツリィ地区で実施されているのみである。

サバ中央地域内で過去に探査の行われた実績のある鉱徴地としてカラマック川東岸のピナンドアンがあり、1964年にボーリング、オーガー、ピットによる調査が行われた。超塩基性岩中の硫化物の量は経済的ではないが、地表には二次酸化物としてのCu 0.7%を含む土壌が100万トン以上存在するとされたが、その後放置されている。



第4章 調査結果

4-1 テルピド西方地区

本地区のラテライト土壤は、典型的Niラテライト鉱床の地域と類似した土壤の層序及び化学的性質を示す。土壤の層序は、最上部の腐食土壤、ラテライト土壤、ラテライト土壤に風化した超塩基性岩の岩片を含むもの、風化した超塩基性岩（サポロライト）、基盤岩の超塩基性岩からなる。Alは深度の増加に伴い減少し、Co、Cr、Feはラテライト土壤で濃度が最大となり、サポロライトで減少するが、Niは深度と共に濃度が増加し、超塩基性岩の岩片を含むラテライト土壤及びサポロライトで最大となる。本地区のNiの品位は、数100ppmから2.0%に達するものまで非常に広い値を持ち、ニッケルラテライト鉱床の対象と成りうる品位のものから、低品位で、Ni数100ppmのものまでである。さらに、それぞれのオーガー地点で、垂直的なNi品位の変化はあるが、その変化は少なく、それぞれの地点が特有の値を持つなどの点から、本地区の風化作用の程度は十分な鉱量のNiラテライト土壤を形成する程度に至っていないと考えられる。

Ni0.8%以上のやや高い濃度を示すものは中央部の丘陵地域に分布するが、これらの地点では土壤の発達状況は悪く、厚さは2mから3mである。一方、平坦地では、土壤の発達は5m以上に達するが、Niの濃度は数100から数1,000ppmで低い。従って、本地域には、Ni濃度の高いラテライト土壤も存在するが、その発達する深度は浅く、その分布面積も狭いので、開発を考慮した場合、鉱量は不十分と考えられる。

4-2 ピナンドアン地区

地質調査の結果、本地区の地質は主にハルツバーチャイトからなるカンラン岩とそれにレンズ状に伴うダンカンラン岩及びカンラン岩中に貫入するハンレイ岩の小岩体よりなる。本調査において確認された鉱化・変質帯は、ハンレイ岩の貫入岩体の周辺部に見られるカンラン岩の変質帯で、蛇紋岩化が著しく、モンモリロン石、緑泥石等の粘土鉱物を伴い、弱い黄鉄鉱の鉱染を伴うもののみで、鉱物資源基本図調査で抽出した、Au、Cu、Ni異常帯を反映するような鉱化帯は確認できなかった。

本地区で捕捉されたIP異常は、鉱物資源基本図調査の地化学異常帯（Cu）の分布範囲とほぼ調和的に分布する。一方、地質調査で確認されたハンレイ岩に伴う弱い鉱化・変質帯とははっきりした関係は見いだされなかった。地区南西部、ピナンドアンカチール川下流の、過去の調査で磁硫鉄鉱を主とし黄鉄鉱を伴う硫化物脈が確認されている地点（B測線南部）ではやや強いIP異常を示しており、地下に硫化物が存在することを示唆している。また、今回の調査では、さらに強いIP異常が地区南西部から北東部（B測線北部、D測線中央部、E測線北部、F測線南部、及びG測線中央部）に捕捉された。これらのIP異常の分布域の地表では顕著な鉱化・変質帯は認められなかったことから、IP異常源は潜頭性の貫入岩に伴う硫化物の鉱染あるいは鉱脈によ

るものと推定される。

地化探異常帯の存在及び地区中央北部でこれと重複する顕著なIP異常の存在する点から、この地区の詳しい調査が望まれる。

4-3 インバック川地区北部

地質調査の結果、本地区では前期から中期中新世の泥岩、砂岩及びそれらの互層からなるタンジュン層が広く全域に分布し、これに鮮新世前期の閃緑斑岩が調和的ないしはやや斜交して多く貫入する。貫入岩の多く見られる地区中央南部では堆積岩類が珪化し、黄鉄鉱（硫砒鉄鉱）に鉱染された珪化・黄鉄鉱鉱染帯が約3 km (EW) × 2 km (NS) の広がりて分布する。岩石地化学探査の結果、珪化・黄鉄鉱鉱染帯は、Ag、As、Au、Cu、Sの異常帯あるいは高濃度帯で覆われ、本地区の鉱化作用を特徴付けると考えられる第1因子（Ag-As-Au）の高因子得点を持つ試料が集中して分布する。本地区には、変質鉱物のゾーニングが見られ、地区中央南部の珪化・黄鉄鉱鉱染帯を取りまく様に同心円状に外側からSe/Mo帯、緑泥石帯、絹雲母帯に区別され、典型的な斑岩銅鉱床の例と比較すると、それぞれ、粘土化帯、プロピライト化帯及びフィリック帯に対応する。

この珪化・黄鉄鉱鉱染帯中には石英-硫化物脈が発達する。これらの脈は主として堆積岩中に発達し、閃緑斑岩中に脈が見られることは稀である。脈幅は数cmから25cmで、硫化物に富む石英脈であり、石英以外には黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱及び方鉛鉱からなり、少量の黄銅鉱が伴う。これらの脈の中には高品位のAu、Ag（Au 最大 72 g/t、Ag 最大196 g/t）を伴うものが存在し、自然金は硫砒鉄鉱中に存在する。珪化・黄鉄鉱鉱染帯中の石英-硫化物脈は以下の様な3つのタイプに区分される。

- ①Au及びAgに富み、 $Au \geq Ag$ のタイプで、Cuを0.2%から0.5%含むがZnおよびPbはほとんど含まない。主な硫化物は黄鉄鉱、硫砒鉄鉱で金は硫砒鉄鉱中に含まれる。
- ②Au及びAgに富み、 $Ag > Au$ タイプで、Cuを0.1%前後含むがZnおよびPbはほとんど含まない。主な硫化物は黄鉄鉱、硫砒鉄鉱である。
- ③Pb、Znに富み、Agを伴うがAu及びCuはほとんど含まないタイプである。主要な硫化物は、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱である。

①及び②は、珪化・黄鉄鉱鉱染帯の西側の調査地区中央部よりやや西側の二つの主要な枝沢が接近する付近に見られ、③は中央部からやや東よりに分布する。

ボーリング調査の結果、ボーリング地点周辺は泥岩、砂岩及びそれらの互層からなり、MJSI-2、MJSI-4、MJSI-5、MJSI-6、MJSI-7の5孔で、これら堆積岩類に閃緑斑岩が貫入するのを確認した。地表の地質調査の結果では、堆積岩類と閃緑斑岩の境界は調和的な場合が多いが、地表下では斜交する場合が多く、閃緑斑岩の分布は地下で広がり、今まで考えていたよりは、大きな体積を持つことが想定される。

鉍化作用は、ほぼ全体的に弱い黄鉄鉍-磁硫鉄鉍-(黄銅鉍)の鉍染が見られ、これらの鉍物からなる幅1mm前後の割れ目充填フィルムが見られる。さらに、幅数cmの石英-硫化物脈が散在する。鉍化作用は、地表の地質調査の結果と異なり、閃緑斑岩中で周りの堆積岩より強く、最も著しい鉍化作用が見られるのはM J S I - 4で、閃緑斑岩中に閃垂鉛鉍-(黄銅鉍)のネットワーク状脈が見られ、約15mに渡って垂鉛の品位はZn0.4%から1.0%である。更に、その中で約3mに渡って銀に富む石英-硫化物脈及びパッチが見られ、銀の品位はAg37.2g/tから90.5g/tである。M J S I - 7孔では、磁硫鉄鉍-黄鉄鉍-黄銅鉍の鉍染に加えて、黄鉄鉍-硫批鉄鉍-黄銅鉍からなる硫化物の細脈(幅1cmから1mm)のネットワークが見られる。品位の最も良い部分は、ほぼ3m(275.15mから278.00m)に渡ってAu 0.3-4.3g/t、Ag 1.6-17.7g/t及びCu 0.04-0.12%の値がえられた。

以上の点から、本地区の鉍化作用はAu-Ag, Cu, Zn に特徴付けられ、閃緑斑岩の火成活動と密接に関係した鉍化作用と推定される。火山岩類を全く伴わない等の地質状況、斑岩銅鉍床の地帯に類似した変質帯が確認される点、流体包有物の充填温度(300°C から400°C)から浅熱水性とは考えられない。しかし、流体包有物の充填温度、やや低温で生成されたと考えられる銀鉍物(輝銀鉍、硫銀鉍)を伴う点、Auに比べてAgの含有量の高い試料が存在することなどから、火成活動の中心に接した鉍化作用ではないと考えられる。この様な点から、本地区に見られる鉍化作用は、斑岩銅鉍床に類似した鉍化作用の縁辺部の可能性が考えられる。珪化・黄鉄鉍鉍染帯では、その西部に変質帯の中心が存在し典型的な斑岩銅鉍床の変質分帯で言えばフィリック帯に対応し、その外側にプロピライト帯が伴う。さらに本地区の鉍石鉍物の典型的組み合わせは、ボーリング調査で見られた様に黄鉄鉍-磁硫鉄鉍-硫批鉄鉍で、鉍化作用をもたらした熱水の性質は、中間的なsulfidation state(イオウの酸化-還元度)であると考えられる。金-銀を伴う石英-硫化物脈の分布は、変質分帯でいうと絹雲母を多く伴うフィリック帯内に見られ、硫批鉄鉍を伴う脈で、閃緑斑岩に近接する堆積岩中に見られる傾向がある。

物理探査において第1年次及び第2年次の調査の結果、20 mV/V 以上の中～高分極率異常域の分布が明らかとなった。異常域は、ほぼ2km(NS)×2km(EW)の広がり持ち、東に開いた「C」の字の形をなして、珪化・黄鉄鉍鉍染帯および地化学探査のAg、As、Au、Cu等の異常帯を覆って分布する。地区北半部の緩地形を呈する泥岩分布範囲では40Ω・m未満の中～低比抵抗・10mV/V未満の低分極率を示しており、鉍化帯の存在は期待できないと考えられる。一方、地区南半部(D測線からJ測線の南半部)の急峻地形を呈する珪化砂岩分布範囲では65Ω・m以上の高比抵抗・20mV/V以上の中～高分極率を示しており、鉍化帯の存在が期待される。特に、本地区のI P異常の分布地区は、地区中央部から南東部に至る地区及び中央部(D・E測線)から中央部南部に至る地区の2地区で顕著である。前者は、地区中央部から南東部に分布する貫入岩体に伴う珪化・黄鉄鉍鉍染帯の分布域と調和的である。特にD測線中央部からF測線中央部にかけてより高分極率異常を示している。

これらの高I P異常を対象に第2年次のボーリングを実施した結果、著しい鉍化作用は補足で

きなかった。この原因として、ボーリング孔MJSI-1孔の地表浅部（地表下数10mまで）で確認された分極率の異常源となる黄鉄鉱脈が地表浅部に分布するためと考えられる。一方、後者の地区内において実施されたボーリング調査の結果、MJSI-4、MJSI-5にて貫入岩（閃緑斑岩）が一部確認されており、しかも高分極率を示すことから、地下深部に鉱化作用をもたらす貫入岩の存在が予想される。

本調査地域では、東に開いた「C」の字形をしたIP異常帯が抽出され、このIP異常帯の形は典型的な斑岩型銅鉱床近辺で見られ、鉱化帯の中心部は、この円形状の高異常帯から中心部において存在する例が知られている。従って、斑岩銅鉱床に類似した鉱床を仮定した場合、異常タイプ1（低比抵抗・高分極率）よりは、地区中央部から地区南東部に至る地区及び地区中央東部の異常タイプ2の分布域である「C」の字形のIP異常帯の中心部が有望なターゲットと成りうると考えられる。第3年次のボーリング調査のターゲットとして「C」の字形のより中心部に位置する、やや低いIP異常の地帯を選定した。しかし、ボーリング予定地点が、保安原生林（Reserved Virgin Jungle）に指定されているため、木材の伐採は禁止されており、ヘリポートの造成あるいは運搬路の造成は不可能であり、ボーリング予定地点を移動せざるを得なかった。従って、それより東側の予定地点と同じ性質のIP異常を示す地点にボーリング地点を移動し、第3年次のボーリング調査を実施したが、その結果、顕著な鉱化帯を把握するには至らなかった。しかし、本地域においては、斑岩銅鉱床タイプの鉱化作用を想定した場合、「C」の字形のIP異常帯の中心部が最も有望と考えられる。

4-4 インバック川地区南部

第1年次の土壌地化学探査により、インバック川地区南部ではその北部と同様に、山脈の両側の山腹に多くの閃緑斑岩の貫入岩体を確認した。これらの年代測定値は、インバック川地区北部と同様の値で、鮮新世前期である。更に、これらの貫入岩体周辺部の堆積岩中には珪化・黄鉄鉱鉱染帯が伴い、地区北西部及び中央部で顕著である。すなわち、インバック川地区北部の鉱化作用が山脈沿いに南へ延びていることが確認された。地化学探査の結果では、地区北西部及び中央部の珪化・黄鉄鉱鉱染帯の分布域が、Au、Cu、Hg、S等の異常帯及び高濃度帯に覆われる。

第2年次に地化学探査の異常帯及び珪化・黄鉄鉱鉱染帯を中心にして行った地質調査により、インバック川地区南部の鉱化・変質作用が更に明らかとなった。

主要な鉱化・変質作用は、稜線の両側の山腹に分布する堆積岩及び閃緑斑岩に見られる珪化及び黄鉄鉱鉱染帯中に見られる。これら珪化・黄鉄鉱鉱染帯は地区中央北部（SA）、中央部の稜線の西側山腹（SB）、及び東部の東側山腹（SC）を中心に分布する。このような地域では、閃緑斑岩の貫入岩体が多く見られ、閃緑斑岩の貫入と関連した鉱化・変質作用と考えられる。

鉱化帯（SA）は、インバック川地区北部の鉱化帯（NA）から連続する鉱化帯と思われ、珪化・黄鉄鉱鉱染帯中に石英-硫化物脈が分布する。鉱微地IMS-1のように銀及び銅に富む脈が存在するが、それ以外はインバック川地区北部のタイプ②の銀を含む脈である。鉱化帯（SB）は、

閃緑斑岩を中心として、黄鉄鉱、黄銅鉱の鉱染を伴い、銅の品位はやや低い、斑岩銅鉱床に類似した鉱化作用である。鉱化帯（S C）からは、著しい鉱化作用を伴う鉱徴地及び品位の高い試料等は確認できなかった。

岩石地化学探査の結果、インバック川地区北部の珪化・黄鉄鉱鉱染帯（N A）及びそれと連続するインバック川地区南部の鉱化帯（S A）は、Au、As及びCuで特徴付けられ、これにPb、Sが伴う。一方、鉱化帯（S B）の黄銅鉱の鉱染を伴う鉱徴地IMS-2周辺は、これと異なり、Cu、Au、Sで特徴付けられる。鉱化帯（S C）では、As、Au、Cuの高濃度の試料が散在するのみである。Znは、異常値あるいは高濃度の試料が鉱化帯内に散在し、広がりを持つ化学的ハローを示さない。因子分析の結果、第1因子（-As、(-Au)、Ca、Mg、Na、Sr、Zn）と第2因子（(Ag)、(As)、Au、Cu、Pb、S、(Zn)）は、本地区の鉱化作用を特徴付ける因子であると考えられる。第1因子の負の高い因子得点を示す試料の分布域は、北部の珪化・黄鉄鉱鉱染帯（N A）から南部の鉱化帯（S A）にかけての地域に広く顕著に分布する。第2因子の高因子得点の分布は、北部の珪化・黄鉄鉱鉱染帯（N A）内の北東部に単独でやや強く表れるが、第1因子の負の高い因子得点の地域と重複して、北部の珪化・黄鉄鉱鉱染帯から南部の鉱化帯（N A）の稜線の西側に連なる。鉱化帯N Bの鉱徴地IMS-2周辺にも、高因子得点域が分布し、鉱化帯（N B）の上流域では高因子得点のものが第1因子の負の高い因子得点の地域と重複する。

インバック川地区北部では、珪化・黄鉄鉱鉱染帯（N A）の西側を中心にフィリック帯、その外側に緑泥石を伴うプロピライト化帯が分布し、その西側では、粘土化帯に属すると思われる。インバック川地区南部では、あまりはっきりした傾向が見られず、緑泥石と絹雲母の組み合わせの試料が多く分布し、プロピライト化帯からフィリック帯への漸移帯に相当すると思われる。鉱化帯（S A）ではその中央部で石英を多量に伴う試料が存在し、鉱化帯（S B）では絹雲母に富む試料が存在し、一部、フィリック帯に含まれる部分もあると思われ、それぞれインバック川地区南部の変質帯の中心を成すと思われる。

流体包有物の温度測定の結果、北部の珪化・黄鉄鉱鉱染帯（N A）の西側では平均充填温度は最大であり、南部の鉱化帯S A及び（S B）ではそれよりやや低い。斑岩銅鉱床の例では、一般にフィリック帯の生成温度は300から400°Cと考えられており、本調査で測定した10試料の平均温度は、318.1から379.7°Cである。

以上の点から、インバック川地区全域で、北部の珪化・黄鉄鉱鉱染帯（N A）の西側は、鉱化・変質作用の中心と考えられる。一方、南部の鉱化帯（S A）及び（S B）は、鉱化帯の中心部のやや上部層と考えられ、地表下に鉱床賦存の可能性が考えられる。従って、インバック川地区南部における、鉱床賦存の可能性の高い地区として、鉱化帯（S A）地区及び鉱化帯（S B）地区が考えられる。



第5章 結論及び提言

5-1 結論

(1) テルピド西方地区

本地区のラテライト土壌は、典型的Niラテライト鉱床の地域に類似した土壌の層序及び化学的性質を示す。Niの品位は深度と共に増加し、品位は数100ppmから2.0%に達するものまで非常に広い値を示す。さらに、それぞれのオーガー地点で、垂直的には変化はあるが、その変化は少なく、それぞれの地点が特有の値を持つなどの点から、本地区の風化作用の程度は十分な鉱量のNiラテライト土壌を形成する程度に至っていないと考えられる。

Ni0.8%以上のやや高い濃度を示すものは中央部の丘陵地域に分布するが、これらの地点では土壌の発達状況は悪く厚さは2mから3mである。一方、平坦地では、土壌の発達は5m以上に達するが、Niの濃度は数100ppmから数1,000ppmで低い。従って、本地域には、Ni濃度の高いラテライト土壌も存在するが、その発達する深度は浅く、その分布面積も狭いので、開発を考慮した場合、鉱量が不十分と考えられる。

(2) ピナンドアン地区

地質調査により確認された鉱化・変質帯は、ハンレイ岩の貫入岩体の周辺部に見られるカンラン岩の弱い変質帯で、鉱物資源基本図調査のAu、Cu、Ni異常帯を反映するような顕著な鉱化帯は確認できなかった。

本地区で捕捉されたIP異常は、鉱物資源基本図調査の地化学異常帯(Cu)の分布範囲とほぼ調和的であった。一方、地質調査で確認されたハンレイ岩に伴う弱い鉱化・変質帯とははっきりした関係は見いだされなかった。地区南西部、ピナンドアンカチール川下流の、過去の調査で黄銅鉱を伴う硫化物脈が確認されている地点(B測線南部)ではやや強いIP異常を示しており、地下に硫化物が存在することが推定される。また、今回の調査では、さらに強いIP異常が地区南西部から地区北東部(B測線北部、D測線中央部、E測線北部、F測線南部、及びG測線中央部)に捕捉された。これらIP異常の分布域の地表には顕著な鉱化・変質帯は認められなかったことから、IP異常源は潜頭性の貫入岩に伴う硫化物の鉱染あるいは鉱脈によるものと推定される。

地化学異常帯の存在、及び地区中央北部でこれと重複する顕著なIP異常の存在する点からこの地区の詳しい調査が望まれる。

(3) インバック川地区北部

本地区の鉱化作用は、中央南部に約3km(EW)×2km(NS)の広がりて分布する珪化・黄鉄鉱鉱染帯で、この珪化・黄鉄鉱鉱染帯中に石英-硫化物脈が発達する。これらの脈は主として堆積岩中に発達し、脈幅は数cmから25cmで、高品位のAu、Ag(Au最大72g/t、Ag最大196g/t)を

示すものがある。これらの石英-硫化物脈は、① $Au \geq Ag$ のタイプ、② $Ag > Au$ タイプ、③Pb、Znタイプの3つのタイプに区分される。①及び②は、少量のCuを伴い、珪化・黄鉄鉱鉱染帯の西側の調査地区中央部よりやや西側に見られ、③は中央部からやや東よりに分布する。

ボーリング調査の結果、MJSI-2、MJSI-4、MJSI-5、MJSI-6、MJSI-7の5孔で、堆積岩類に閃緑斑岩が貫入するのを確認した。地表の地質調査の結果では、堆積岩類と閃緑斑岩の境界は調和的な場合が多いが、地表下では斜交する場合が多く、閃緑斑岩の分布は地下で広がり、今まで推定していたよりは、大きな体積を持つことが想定される。

ボーリング各孔において、ほぼ全体的に弱い黄鉄鉱-磁硫鉄鉱-(黄銅鉱)の鉱染が見られ、さらに、幅数cmの石英-硫化物脈が散在する。鉱化作用は、地表の地質調査の結果と異なり、閃緑斑岩中で周りの堆積岩より強く、MJSI-4で、閃緑斑岩中に閃亜鉛鉱-(黄銅鉱)のネットワーク状脈が見られ、約15mに渡って亜鉛の品位はZn0.4%から1.0%で、更にその中で約3mに渡って銀(Ag 37.2g/tから90.5g/t)に富む石英-硫化物脈及びパッチが見られる。MJSI-7孔では、磁硫鉄鉱-黄鉄鉱-黄銅鉱の鉱染に加えて、黄鉄鉱-硫批鉄鉱-黄銅鉱からなる硫化物の細脈(幅1cmから1mm)のネットワークが見られる。品位の最も良い部分は、ほぼ3m(275.15mから278.00m)に渡って Au 0.3-4.3g/t、 Ag 1.6-17.7g/t及び Cu 0.04-0.12%の値が得られた。

本地区の鉱化作用は Au - Ag 、 Cu 、 Zn に特徴付けられ、閃緑斑岩の火成活動と密接に関係した鉱化作用である。火山岩類を全く伴わない等の地質状況、斑岩銅鉱床の地帯に類似した変質帯が確認される点、流体包有物の充填温度(300°Cから400°C)から浅熱水性とは考えられない。しかし、流体包有物の充填温度、やや低温で生成されたと考えられる銀鉱物(輝銀鉱、硫銀鉱)を伴う点、 Au に比べて Ag の含有量の高い試料が存在することなどから、火成活動の中心に接した鉱化作用ではないと考えられる。この様な点から、本地区に見られる鉱化作用は、斑岩銅鉱床に類似した鉱化作用の縁辺部の可能性が考えられる。珪化・黄鉄鉱鉱染帯では、典型的な斑岩銅銅鉱床の変質分帯で言えばフリック帯に対応し、その外側にプロピライト帯が伴う。

IP法による物理探査で本地区における20 mV/V以上の中～高分極率異常域の分布が明らかとなった。異常域は、ほぼ2km(NS)×2km(EW)の広がり持ち、東に開いた「C」の字の形をなして、珪化・黄鉄鉱鉱染帯および地化学探査の Ag 、 As 、 Au 、 Cu 等の異常帯を覆って分布する。

この高IP異常を対象に第2年次のボーリングを実施した結果、著しい鉱化作用は補足出来なかった。この高IP異常は、地表浅部の黄鉄鉱脈及び鉱染を象徴しているものと思われる。

「C」の字の形のIP異常帯は典型的な斑岩銅鉱床地帯で見られ、鉱化帯の中心部は、この円形状の高異常帯の内部に存在する例が知られている。従って、斑岩銅鉱床に類似した鉱床を仮定した場合、異常タイプ1(低比抵抗・高分極率)よりは、地区中央部から地区南東部に至る地区及び地区中央東部の異常タイプ2の分布域である「C」の字形のIP異常帯の中心部が有望なターゲットと成りうると思われる。第3年次のボーリング調査のターゲットとして「C」の字形のより中心部に位置する、やや低いIP異常の地帯を選定した。しかし、ボーリング予定地点が、保安原生林(Reserved Virgin Jungle)に指定されているため、木材の伐採は禁止されており、

ヘリポートの造成あるいは運搬路の造成は不可能であり、ボーリング予定地点を移動せざるを得なかった。従って、それより東側の予定地点と同じ性質のIP異常を示す地点にボーリング地点を移動し、第3年次のボーリング調査を実施したが、その結果、顕著な鉍化帯を把握するには至らなかった。しかし、本地域においては、斑岩銅鉍床タイプの鉍化作用を想定した場合、「C」の字形のIP異常帯の中心部が最も有望と考えられる。

(4) インバック川地区南部

第1年次の土壤地化学探査により、インバック川地区南部の地質状況は、インバック川地区北部と類似しており、閃緑斑岩の貫入に伴い、その周辺部の堆積岩中には珪化・黄鉄鉍鉍染帯が存在することが確認された。この珪化・黄鉄鉍鉍染帯は地区北西部及び中央部に分布し、インバック川地区北部の鉍化作用が山脈沿いに南へ延びいると考えられる。更に、これらの珪化・黄鉄鉍鉍染帯はAu、Cu、Hg、S等の異常帯及び高濃度帯に覆われる。

第2年次により、インバック川地区南部の鉍化・変質作用が更に明らかとなった。これら珪化・黄鉄鉍鉍染帯は地区中央北部(SA)、中央部の稜線の西側山腹(SB)及び、東部の東側山腹(SC)を中心に分布し、このような地域では、閃緑斑岩の貫入岩体が多く見られ、閃緑斑岩の貫入と関連した鉍化・変質作用と考えられる。鉍化帯SAは、インバック川地区北部の鉍化帯(NA)から連続する鉍化帯と思われ、珪化・黄鉄鉍鉍染帯中に石英-硫化物脈が分布する。鉍徴地IMS-1のように銀及び銅に富む脈が存在するが、それ以外インバック川地区北部のタイプ②の銀を含む脈である。鉍化帯SBは、閃緑斑岩を中心として、黄鉄鉍、黄銅鉍の鉍染を伴い、銅の品位はやや低いが、斑岩銅鉍床に類似した鉍化作用である。鉍化帯(SC)からは、著しい鉍化作用を伴う鉍徴地及び品位の高い試料等は確認できなかった。

岩石地化学探査の結果、インバック川地区北部の珪化・黄鉄鉍鉍染帯(NA)及びそれと連続するインバック川地区南部の鉍化帯(SA)は、Au、As及びCuで特徴付けられ、これにPb、Sが伴う。一方、鉍化帯(SB)の黄銅鉍の鉍染を伴う鉍徴地IMS-2周辺は、これと異なり、Cu、Au、Sで特徴付けられる。鉍化帯(SC)では、As、Au、Cuの高濃度の試料が散在するのみである。

変質帯分帯はあまりはっきりした傾向が見られず、プロピライト化帯からフィリック帯への漸移帯に相当すると思われるが、鉍化帯(SA)ではその中央部で石英を多量に伴う試料が存在し、鉍化帯SBでは絹雲母に富む試料が存在し、一部、フィリック帯に含まれる部分もあると思われ、それぞれインバック川地区南部の変質帯の中心を成すと思われる。

流体包有物の温度測定の結果、北部の珪化・黄鉄鉍鉍染帯(NA)の西側では平均充填温度は最大であり、南部の鉍化帯SA及びSBではそれよりやや低い。斑岩銅鉍床の例では、一般にフィリック帯の生成温度は300から400°Cと考えられており、本地区の試料は(318.1から379.7°C)すべてこの温度範囲である。

以上の点からインバック川地区南部における、鉍床賦存の可能性の高い地区として、鉍化帯(SA)地区及び鉍化帯(SB)地区が考えられ、今後、さらに、これらの地区に詳細な調査が

行われることが望ましい。

5-2 提 言

(1) テルピド西方地区

Ni品位の高いラテライト土壌及びサポロライトが存在するが、その発達する深度は浅く、分布面積も狭いため本地区においては十分な鉱量が期待できないと考えられる。本地区の周辺地域で本地区に類似した地質環境の地域が散在するが、今後、これらの地域も調査を行うことが必要である。

(2) ピナンドアン地区

ピナンドアンバサール川上流の顕著なIPの異常源を確認するためボーリング調査が必要である。ボーリング調査に先立ち、IP異常帯を中心に地質精査(3km×3km)、岩石地化学探査及びIP法による精査を実施し、ボーリングのターゲットを決定する。

(3) インバック川地区北部

インバック川地区北部に、斑岩型銅鉱床に類似した鉱化作用が存在すると仮定すると、今まで行われたボーリング調査は、鉱化帯の中心からやや外れた周辺部で実施されたこととなる。従って、鉱化帯の中心部は、「C」の字形のIP異常帯の中心部に存在すると想定され、この地点に深度300m以上のボーリング調査を実施し、鉱化作用を明らかにする必要がある(Fig. I-6)。

(4) インバック川地区南部

二つの鉱化帯、SA地区(北西部の鉱化帯)及びSB地区(南西部の鉱化帯)に対して地質精査及び物理探査(IP法)を実施し、その結果に基づき、有望地点に対してボーリング調査を実施する(Fig. I-7)。

SA地区

調査面積: 3.15 km² (1.5 km×2.1 km)

物探測線: 12km(1.5 km×8 lines)

SB地区

調査面積: 4.20 km² (2.0 km×2.1 km)

物探測線: 16 km(2.0 km×8 lines)

インバック川地区北部及びインバック川地区南部の鉱化作用は一連の類似した鉱化作用であり、

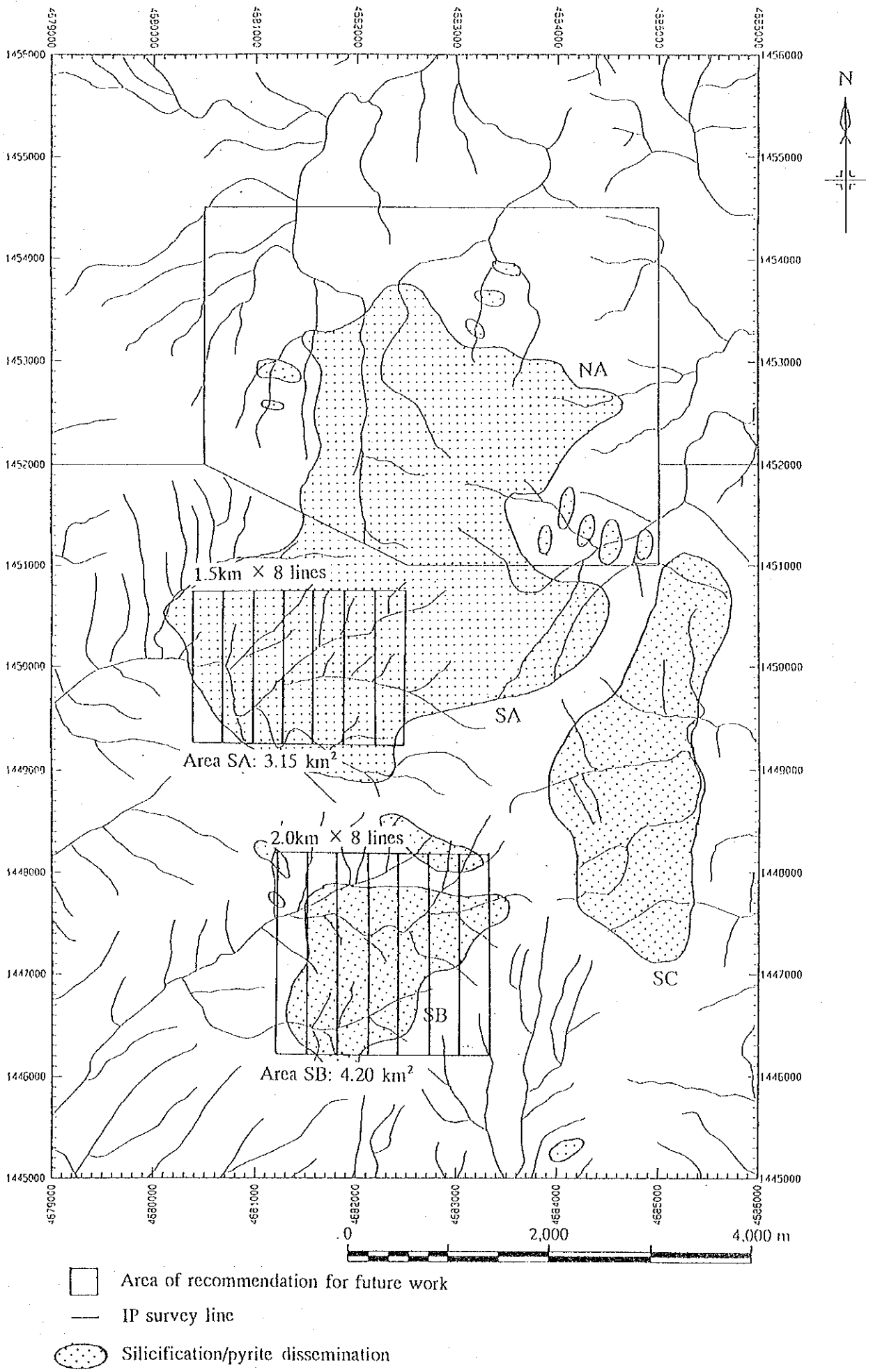


Fig. I -7 Recommendation for future work in S. Imbak Sub-area South

更に、類似する鉱徴地の存在がサバ中央地域に隣接してその南にも確認されている。これらの鉱徴地は、一連の山脈に沿って分布する。インバック川地区からその南にかけてのこれら鉱徴地の分布する山脈帯は、金、銅の鉱物資源ポテンシャルの高い地域と考えられ、今後、詳しい調査が行われることが望ましい。