

マレーシア国 鉱物資源基本図調査
資源開発協力基礎調査報告書
サバ地域

(衛星画像解析・地化学探査)
及び空中物理探査

第 1 年 次

平成 3 年 2 月

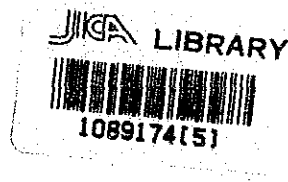
国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱計資
CR(5)
91-54

マレーシア国 鉱物資源基本図調査
資源開発協力基礎調査報告書
サバ地域

(衛星画像解析・地化学探査)
及び空中物理探査

第 1 年 次



22143

平成 3 年 2 月

国 際 協 力 事 業 団
金 属 鉱 業 事 業 団

国際協力事業団

22143

はしがき

日本国政府はマレーシア国政府の要請に応え、同国の東部に位置するサバ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、衛星画像解析、地化学探査、空中物理探査などの鉱床探査に関する基本図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2年度を第1年次とする1年次にあたり、金属鉱業事業団は5名の調査団を編成して平成2年10月から平成3年3月まで現地に派遣した。

現地調査は、マレーシア国基礎産業省地質調査所サバ支所の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本年度の調査のうち、衛星画像解析、地化学探査及び空中物理探査の結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたマレーシア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

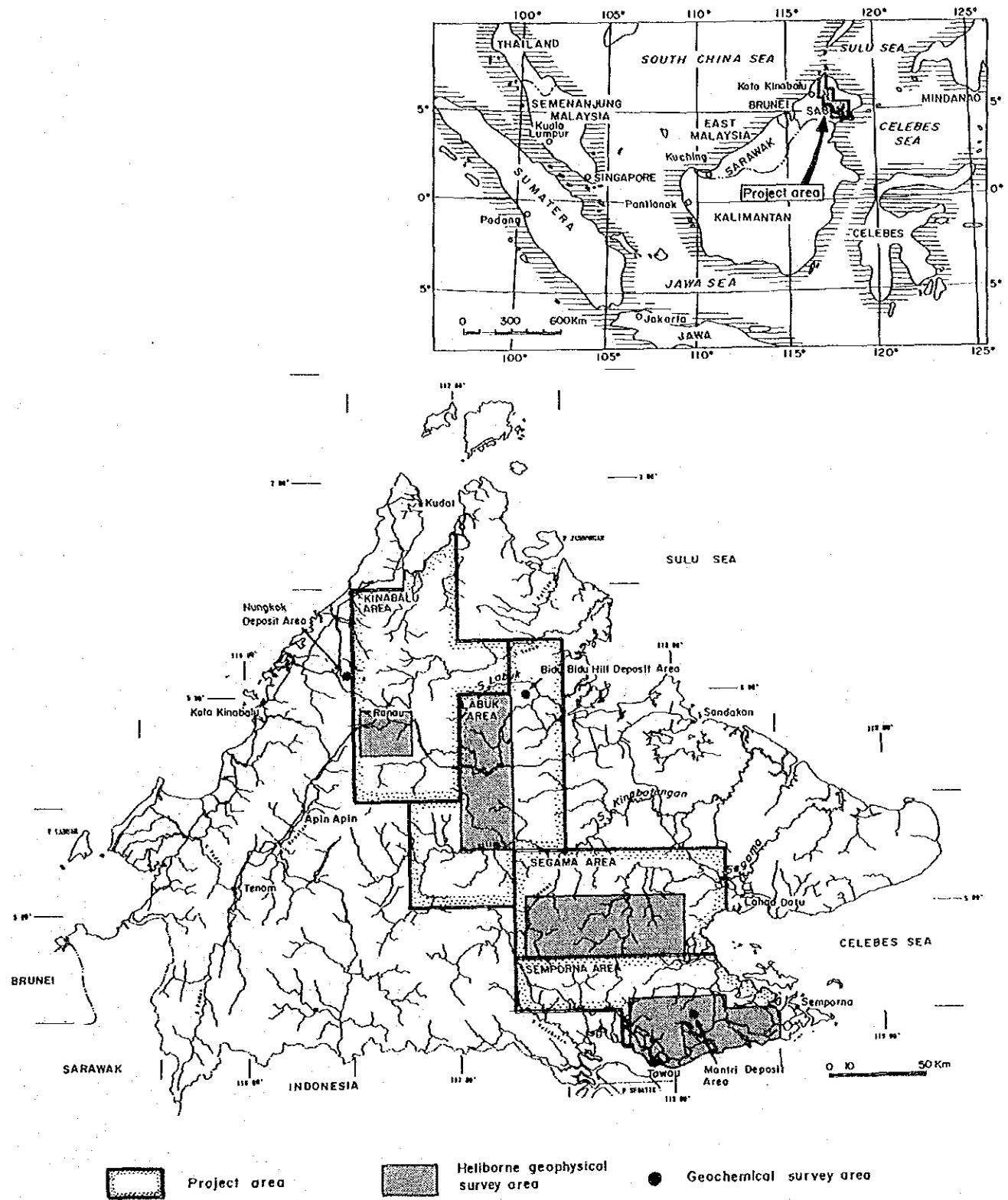


Fig. 1 Location map of the project area

要 約

本調査は、マレーシア政府と日本政府との間で平成2年8月1日に締結された作業協定に基づき、同国サバ州地域における鉱物資源賦存の可能性を調査することを目的として実施する。本調査は、平成2年度を初年度とする4か年で行う計画である。

第1年次に当る本調査では、調査地域の全体像を明らかにすること及び次年次以降の調査計画を策定するため、衛星画像解析、地化学探査（予察）及び空中物理探査の3手法を採用した。

衛星画像解析では、本調査地域全域(25,000 km²)に対し衛星画像を作成し、広域的な地質構造を把握するため写真地質的判読作業を行った。また、この判読結果を現地で確認した。地化学探査では、第2年次以降に計画されている広域地化学探査（概査）の調査計画策定に必要な基礎資料を得るため、既知のヌンコック（斑岩型銅鉱床）、ピドゥピドゥヒル（塊状硫化鉱床）及びマンツリィ（金鉱床）の3鉱床地区に対し予察的な地化学探査(1,557試料)を行った。更に、本調査地域のうち既存の資料より推定される金属鉱床賦存の有望地域に対し、磁性岩体及び放射性岩体の分布を解明し、硫化金属鉱床及び鉱化変質による磁気異常を把握するため、空中磁気法及び空中放射能法（ γ 線）による測定(8,000 km²)を行った。

衛星画像解析結果では、キナバル地区のラナウ周辺で幾つかの環状構造が見られ、これに対する現地調査の結果、これらの環状構造が鉱化作用を伴う貫入岩類と密接な関係にあることを示した。衛星画像解析の結果では、多くの環状構造が本調査地域より抽出されており、金属資源の探査には、これらの環状構造に注目することが重要であることを示した。画像解析の結果に対する現地調査のおりに超塩基性岩類の分布域より採取したラテライト質土壌は、化学分析の結果ニッケルが高い値(0.86%)を示し、ラテライト質ニッケル鉱床賦存の可能性が推定された。

地化学探査の結果では、本調査で採用した試料種（河床堆積物、土壌及びパンニング試料）はいずれも有効であるが、鉱床の影響範囲が河床堆積物で最も広いことから、広域地化学探査には河床堆積物が最も有効であるとの結論が得られた。また、単変量及び多変量解析の結果、本地域の調査に対する有効な指示元素としては、As、Au、Ba、Cr、Cu、Mn、Mo、Pb、S、U、W、Znの12元素が抽出された。試料の採取密度としては、一般的に河床堆積物で2 km²当たり1試料、土壌で0.5 km²当たり1試料が理想的な試料密度であることを示した。

本調査の結果に基づけば、次年度に計画されている広域地化学探査は、以下により実施すべきである。

- ① 使用する試料は河床堆積物とし、流れの縁辺部より採取する。試料を採取は、原則としてセカンド・オーダーまでの河川とする。
- ② 試料の採取密度は、原則として2 km²当たり1試料とする。但し、地形が平坦な地域では4 km² 当たり1試料とする。

- ③ 指示元素は、前述の 12 元素とする。
- ④ 現地調査では、地形図と航空写真により試料採取地点を明らかにする。地形が平坦で位置の確認が困難な区域では、人工衛星を利用して位置を決める Global Positioning System (GPS) により試料採取位置の確認を行う。

以上の広域地化学探査のほか、超塩基性岩の分布域で期待されるラテライト質ニッケル鉱床の可能性を明らかにするため、ラテライト質土壌の概査を実施すべきである。

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 第 1 年次調査の範囲、重点課題及び作業の概要	1
1-3 調査団の編成	3
1-4 調査期間	4
第 2 章 調査地域の地理	5
2-1 位置及び交通	5
2-2 地形及び水系	5
2-3 気候及び植生	6
第 3 章 調査地域の既存地質情報	8
3-1 調査地域の一般地質及び鉱化作用	8
3-2 地化学探査地区の地質的位置付け	8
3-3 調査地域の鉱業略史	12
第 4 章 調査結果	14
4-1 衛星画像解析	14
4-2 地化学探査（予察）	15
4-3 空中物理探査	16
第 5 章 地化学探査結果の総合検討	17
第 6 章 結論及び提言	21
6-1 結 論	21
6-2 第 2 年次調査への提言	22

第 II 部 各 論

第 1 章 衛星画像解析	25
1-1 使用データ、画像作成及び現地調査	25
1-1-1 使用データ	25
1-1-2 画像作成	25
1-1-3 現地調査	25
1-2 解析及び調査結果	34
1-2-1 岩相分類	34
1-2-2 地質構造	38
1-2-3 現地調査結果	40
1-2-4 室内試験結果	41
1-3 考 察	56
第 2 章 地化学探査（予察）	57
2-1 調査方法及び作業量	57
2-1-1 調査方法	57
2-1-2 作業量	58
2-1-3 解析手法	60
2-2 ヌンコック鉱床地区の調査結果	62
2-2-1 地質及び鉱床	62
2-2-2 試料採取	64
2-2-3 河床堆積物地化学探査	64
2-2-4 土壌地化学探査	77
2-2-5 パンニング試料地化学探査	87
2-2-6 室内試験結果	92
2-3 ビドゥビドゥヒル鉱床地区の調査結果	99
2-3-1 地質及び鉱床	99
2-3-2 試料採取	101
2-3-3 河床堆積物地化学探査	101
2-3-4 土壌地化学探査	111
2-3-5 パンニング試料地化学探査	124
2-3-6 室内試験結果	131
2-4 マンツリィ鉱床地区の調査結果	136

2-4-1	地質及び鉱床	136
2-4-2	試料採取	138
2-4-3	河床堆積物地化学探査	138
2-4-4	土地化学探査	148
2-4-5	パンニング試料地化学探査	159
2-4-6	室内試験結果	165
2-5	調査結果の総合検討及び考察	172
2-5-1	試料種	172
2-5-2	指示元素	175
2-5-3	解析手法	175
2-5-4	今後の調査	176
第3章	空中物理探査	177
3-1	調査方法及び作業量	177

第 III 部 結論及び提言

第1章	結 論	181
第2章	第2年次調査への提言	183
参考文献	References	184
図表一覧	List of figures, tables and appendices	185
卷 末	Appendices	

第 I 部 總 論

第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

本調査は、マレーシア国政府と日本国政府との間で平成2年8月1日に締結された作業協定 (Scope of Work) に基づき同国サバ地域において実施した鉱物資源基本図調査である。本調査は、平成2年度を初年度とする4か年計画で実施の計画であり、本年度はその第1年次の調査に当たる。

本調査の目的は、マレーシア国における鉱物資源開発の長期計画に資するため、本調査地域における鉱物資源賦存の可能性を調査することである。この目的を達成するため、本年度の調査では衛星画像解析、地化学探査 (予察) 及び空中物理探査の3手法を採用した。本地域は、サバ州の中でも金属鉱物の鉱徴が多く分布し、鉱床賦存の可能性が高いため、鉱物資源基本図の調査地域として抽出された。

1-2 第1年次調査の範囲、重点課題及び作業の概要

本調査で行った衛星画像解析と空中物理探査の範囲及び地化学探査 (予察) の位置をFig. 1に示す。地化学探査 (予察) を実施した3地区の範囲をそれぞれ Fig. II-2-1、Fig. II-2-11 及び Fig. II-2-21 に示す。

本調査で実施した各手法ごとの作業量をTable I-1に示す。また、これらの作業に伴い実施した室内試験の数量をTable I-2に示す。

本調査の目的を達成するために設定された各手法ごとの重点課題は、以下のとおりである。

(1) 衛星画像解析

衛星画像の写真地質的判読作業を行い、その結果を現地にて確認することにより、調査地域の広域的な地質構造を把握し今後の鉱物資源探査に役立てる。

(2) 地化学探査 (予察)

本地域を代表する3つの鉱床、ヌンコック (Nungkok)、ビドゥビドゥヒル (Bidu Bidu Hill) 及びマンツリィ (Mantri) を含む鉱床地区に対し予察的地化学探査を行い、次年度以降に計画されている地化学探査 (概査) の調査計画 (採取試料種、試料採取密度、試料採取位置及び使用する指示元素) を策定する。

(3) 空中物理探査

空中磁気法及び空中放射能法 (γ 線) により、本地域の磁性岩体及び放射性岩体の分布を解明し、硫化金属鉱床及び鉱化変質による磁気異常を把握するため、本地域の中でも特に鉱徴が密に分布している地区につき、調査地域の磁気データ及び放射能データを測定する。

Table I-1 Summary of work amounts

Work item	Work amounts
Photogeologic interpretation for Landsat images	26,500 km ²
Orientation geochemical survey	48.4 km ² (3 areas) Stream sediments: 726 samples Soil : 735 samples Pan concentrates: 96 samples
Airborne geophysical survey	8,000 km ² (15,473 line-km)

Table I-2 Work amounts of laboratorial studies

Study item	Photogeologic interpretation	Orientation geochemical survey	Total
Thin section	51 samples	30 samples	81 samples
Polished section	25 samples	15 samples	40 samples
Polished thin section	5 samples	8 samples	13 samples
EPMA	5 samples	8 samples	13 samples
X-ray diffraction analyses	11 samples	16 samples	27 samples
QME* ¹ of pan concentrates	— samples	96 samples	96 samples
Chemical analyses			
Whole rock	51 samples (1,377 elements)	— samples	51 samples (1,377 elements)
Ore	26 samples (468 elements)	— samples	26 samples (468 elements)
Stream sediments	— samples	726 samples (13,794 elements)	726 samples (13,794 elements)
Soil	— samples	735 samples (16,905 elements)	735 samples (16,905 elements)
Pan concentrates	— samples	96 samples (3,168 elements)	96 samples (3,168 elements)

*¹: Qualitative mineral examination

衛星画像の作成及び写真地質的判読作業は、国内で実施し、この解析結果に対する現地調査を行った。

地化学探査を行った3地区のうちヌンコック鉱床地区については、ラナウ (Ranau)にあるマレーシア地質調査所 (GSM) のキャンプを使用した。ピドゥピドゥヒル鉱床地区及びマンツリィ鉱床地区の2地区については、現地にある民間の探鉱キャンプを使用した。また、各地区より採取した試料の乾燥、篩別及び秤量作業は、ラナウのキャンプで行った。

1-3 調査団の編成

本調査の調査計画策定及び折衝と現地調査に参加した団員は、以下のとおりである。

(1) 調査計画策定及び折衝

日本国側			マレーシア国側	
磯部 隆	通商産業省		Yin Ee Heng	Geological Survey of Malaysia
川崎 幸俊	通商産業省		Fateh Chand	Geological Survey of Malaysia
喜多 律夫	外務省		Wong Yew Choong	Geological Survey of Malaysia
池田 肇	国際協力事業団		Shu Yeoh Khoon	Geological Survey of Malaysia
岡本 信行	国際協力事業団		Lim Peng Siong	Geological Survey of Malaysia
小山 恭一	金属鉱業事業団		Wan Mazlan	Ministry of Primary Industries
増田 信行	金属鉱業事業団		Mohd Irwar Serigar	
梶谷 雄司	金属鉱業事業団			Economic Planning Unit
縄田 透	金属鉱業事業団			
霜鳥 洋	金属鉱業事業団			
升田 健蔵	金属鉱業事業団			

(2) 現地調査

日本国側			マレーシア国側		
永松武彦	団長、地化学探査 画像解析現地調査	大手開発 (株)	Lim Peng Siong	Coordinator	GSM
鈴木 強	地化学探査	大手開発 (株)	Alexander Yan	Chief of counterpart	GSM
石井 学	地化学探査	大手開発 (株)	Joanes Muda	Geologist	GSM
加藤雅胤	空中物理探査 現地調査	大手開発 (株)	Paulus Godwin	Geologist	GSM

GSM: Geological Survey of Malaysia

なお、衛星画像の解析は、山川正 (大手開発株式会社) が日本で行った。

1-4 調査期間

本調査に伴う現地調査期間は、以下の通り。

地化学探査現地調査：	平成2年10月18日	～	平成2年11月23日
地化学探査現地解析：	平成2年11月24日	～	平成3年1月13日
衛星画像解析現地調査：	平成2年12月17日	～	平成3年1月1日
空中物理探査：	平成2年11月13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部の東部マレーシアより構成され、東南アジア諸国連合の主要な構成国である。西部及び東部をあわせた総人口は、約1,650万人で、その面積は約33万km²である。

東部マレーシアは、サバ(Sabah)州及びサラワク(Sarawak)州の2州より構成される。本調査地域は、サバ州の北西部より南東部にかけての地域で、その総面積は26,500km²であり、キナバル(Kinabalu)地区、ラブク(Labuk)地区、セガマ(Segama)地区及びセンボルナ(Semporna)地区の4地区より構成される。衛星画像解析は4地区の全域に対し、空中物理探査は各地区より抽出された合計8,000km²の地区に対して実施した。地化学探査の予察調査は、キナバル地区を代表するヌンコック(Nungkok)鉱床(斑岩型銅鉱床)地区、ラブク及びセガマの両地区を代表するビドゥビドゥヒル(Bidu Bidu Hill)鉱床(キプロス型塊状硫化鉱床)地区及びセンボルナ地区を代表するマンツリィ(Mantri)鉱床(鉱脈型金鉱床)地区の3地区で行った。各地区の範囲及び各鉱床地区の位置をFig. 1に示す。

サバ州の州都は、西海岸のコタ・キナバル(Kota Kinabalu)である。コタ・キナバルには国際空港があり海外からの交通は至便である。コタ・キナバルより東海岸の各都市に向けては定期便が発着している。主要道路としては、コタ・キナバルよりラナウ(Ranau)を経由してサンダカン(Sandakan)に至る道路とサンダカンよりラハッド・ダーツ(Lahad Datu)を経てタワウ(Tawau)へ至る道路がある。この道路はキナバル地区及びラブク地区の中央部を、セガマ及びセンボルナ両地区の東部を走る。キナバル地区は、ラナウの町を中心にして比較的道路網が発達している。ラブク地区は木材運搬用の道路があるが、その南端部及び北端部での交通手段は限られる。セガマ及びセンボルナ地区では、東部での海岸沿いの地域では、プランテーション用の農道及び木材運搬道路があるが、西部での交通手段は河川の利用が主である。

地化学探査の予察調査を行ったヌンコック鉱床地区は、コタ・キナバルとラナウの中間に位置しラナウより車行1時間を要する。ビドゥビドゥヒル鉱床地区に達するには、コタ・キナバルーサンダカンの道路を利用しテルピド(Telupid)まで行き、これより木材運搬道路を利用する。ラナウより現地のキャンプまでは、車行4時間を要する。マンツリィ鉱床地区はタワウの北東方に位置し、タワウとセンボルナ間の道路及びプランテーション用の農道を利用する。タワウより車行2時間で現地のキャンプに達する。

2-2 地形及び水系

サバ州の地形は、西海岸に沿った北北東方向の急峻な山岳地形と東側の丘陵地形及び河川に

沿った平坦地とに特徴付けられる。本調査地域のうちキナバル地区の西端には、東南アジアで最高峰のキナバル山（標高13,455フィート）がありこの地区の地形は急峻である。ラブク及びセガマ2地区では全般に丘陵地形を示すが、主要な河川沿いでは平坦地が広がり、河川は著しく蛇行している。南部のセンボルナ地域では、全般に丘陵地形を示すが、新期火山岩の噴出地域では火山地形を示す。

調査地域を流れる主要な河川としては、ペガラン (Pegalan)川、スガット (Sugut)川、ラブク (Labuk) 川、キナバタンガン (Kinabatangan)川、セガマ (Segama)川などがあり、ペガラン川が西海岸にそそぐほかは、いずれも東海岸にそそいでいる。

地化学探査の予察調査を行った3鉱床地区のうち、ヌンコック鉱床地区はキナバル山に連なるヌンコック山（標高 5,491フィート）を含む範囲であることから、ヌンコック山周辺の地形は著しく急峻である。水系はいずれも西海岸に注ぐカダマイアン (Kadamaian) 川の支流である。ビドゥビドゥヒル鉱床地区は、その大部分が標高100 ~ 500フィート程度のなだらかな丘陵地帯に位置する。この地区の水系は、いずれもラブク川の支流である。マンツリィ鉱床地区は、中央部に標高約 2,000フィートのマンツリィ山が位置するため、その周辺では比較的急峻な地形を示すが南部や北部では比較的平坦でその水系は著しく蛇行している場合が多い。

2-3 気候及び植生

調査地域は、熱帯モンスーン気候の地域に位置するため、春より夏にかけての比較的雨の少ない季節と、秋より冬にかけての雨の多い季節とがある。気温は、年間を通じてほとんど変化が無く22~33℃の範囲にある。サバ州を代表する西海岸の州都コタ・キナバルと東海岸に面するサンダカン及び南部のタワウの月別最低及び最高温度と降雨量をTable I-3に示す。この表で明らかのように東海岸と西海岸とでは、月別降雨量に若干の変化が見られ、東海岸の方が多い傾向を示す。

本調査地域では、海岸沿い及びキナバル地域のラノウ周辺を除くと、その大部分がジャングル地帯である。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大木の伐採が終わっている二次ジャングルとに分類される。初生ジャングルは、キナバル地区の縁辺部、ラブク地区の南部及び北部、セガマ地区の西部などで見られるが、全体的に見ると二次ジャングルの方が広い範囲を占めている。なお、初生ジャングルの場合ジャングル内の歩行は比較的容易であるが、二次ジャングルの場合、ブッシュのためその歩行にはかなりの伐採が必要である。キナバル地区のラノウ周辺では、高地であることから温度が比較的低いため野菜や果物の栽培が盛んである。このほか陸稲もかなりの広い範囲で栽培されている。一方、セガマ及びセンボルナ地域の海岸沿いでは、大規模なプランテーションが広い範囲を占め、ココヤシ、カカオ、ゴムなどが栽培されている。なお、近年テルビド周辺などの内陸部においても大規模なプランテーションの開発を実施中

である。

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 調査地域の一般地質及び鉱化作用

本調査地域は、サバ州の北西部より南東にかけての広い範囲を占め、既知の金属資源の鉱徴地の大部分この範囲に位置する。

本地域の地質は、基盤をなす三疊紀以前の結晶質岩類(Cb)、北西ボルネオ地向斜の形成初期(白亜紀～始新世)に堆積したスピライトの噴出を伴う堆積岩類(K, KP)これに続くフィリシュ・タイプの堆積岩を特徴とする堆積岩類(P₁, P₂, P₃, P₄)の堆積(始新世～中新世中期)及び造山活動(中新世中期～鮮新世)とこの時期の堆積岩類(N₁, N₂, N₃, N₄, N₅)の堆積(中新世前期～更新世)により形成されている。

火成活動としては、白亜紀の超塩基性岩の進入、造山活動時及びその後の深成岩類の進入及び鮮新世より完新世にかけての石英安山岩、安山岩、玄武岩などの噴出岩類の活動があげられる。

Fig. I-1に調査地域を含む既存のサバ州地質図(Heng Y.E., 1985)を示す。この図で明らかのように基盤をなす片岩、片麻岩などの結晶質岩と堆積岩類は、主としてセガマ地区に分布する。スピライトの噴出を伴う堆積岩類は、ラブク及びセガマの両地区の広い範囲を占めている。超塩基性岩類は、キナバル、ラブク及びセガマの3地区に見られ、スピライトの噴出を伴う堆積岩類と密接な関係をもって分布する。キナバル地区は、アダメロ岩、花崗閃緑岩などの深成岩類の進入により特徴付けられる。センボルナ地区では、石英安山岩、安山岩、玄武岩などの火山岩類が特徴的であり、この火山帯は北東方向へ伸びフィリピンの南部まで連続する。

本調査地域で見られる主要な金属鉱床は、深成岩類と密接な関係を示す斑岩型銅鉱床、スピライトの噴出に関係するキプロス型の塊状硫化鉄床及び火山岩類の噴出と密接な関係を持つ熱水性の金銀鉱床である。以上の他、超塩基性岩に伴われるCrやPtの鉱床、Al及びNiのラテライト鉱床、堆積岩類に伴われたMn鉱床などが知られている。調査地域の既知の主要な鉱床及び鉱徴地の分布図(Leong K.M., 1976)をFig. I-2に示す。





3-2 地化学探査地区の地質的位置付け

地化学探査地域として選定した3つの地区は、本調査地域で見られる主要な鉱床タイプを賦存しておりそれぞれが典型的な地質を示す。


ヌンコック鉱床地区の地質は、主として砂岩より成るCrocker層とこれを貫く閃緑岩体より成り、銅及びモリブデンの鉱化作用はこの閃緑岩体及びその周辺部の砂岩中に見られる。また、鉱化作用を受けた範囲は著しい珪化作用により特徴付けられる。地形的に低い場所では、かなり広い範囲を第四期の堆積物であるPinosuk砂礫層により覆われる。本地区の地質図をFig. II-2-1に示す。

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, spilitite
-  Massive algal limestone

FORMATION

- Liang (N₁Lg) Timohing (N₁Tp) and Togopi (N₁Tp)
- Ganduman (N₁Gn), Bongaya (N₁By), Sandakan (N₁Sk), Simangaris (N₁Sm), *1
- Tungku (N₁Tu), Tabanak conglomerate (N₁Tk) and Libong Tuffite (N₁Ln)
- Tanjung (N₁Tj), Meligan (N₁Me) South Banggi (N₁Sb) and Kapilit (N₁Kp)
- Setap Shale (N₁Ss) and Gowantong Limestone (N₁Gw)
- Garinong (P₁Gr), Ayer (P₁Ay), Kuanut (P₁Ku), Kalabakan (P₁Kl), *2
- Kudat (P₁Kd), Labang (P₁Lb) and Temburong (P₁Tx)
- Kulapis (P₁Ks) and Crocker (P₁Cr)
- Trusmadi (P₁Ts)
- Sapulut (KPSp)
- Chert-Spilitite (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

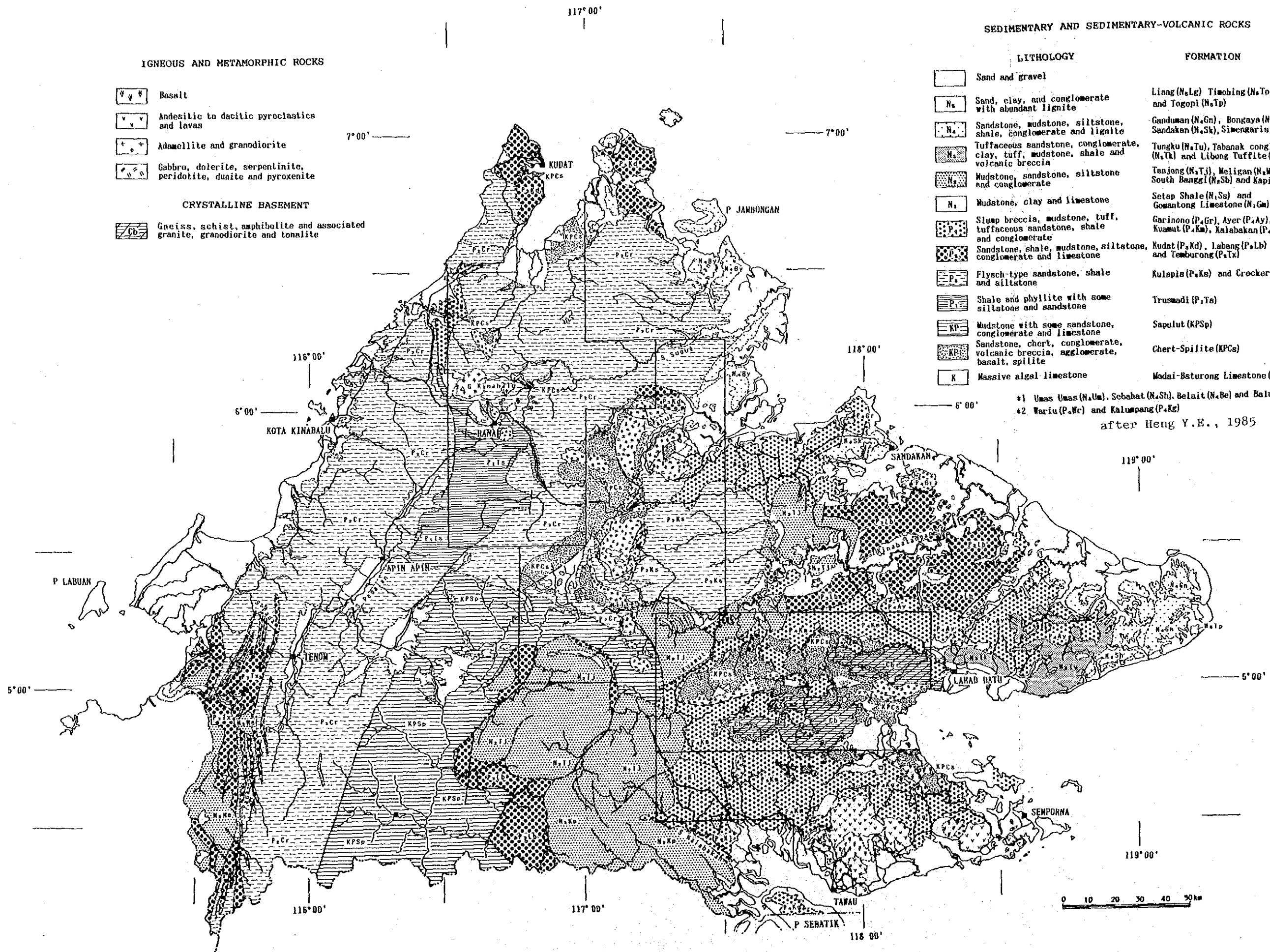


Fig. I-1 Geologic map of Sabah

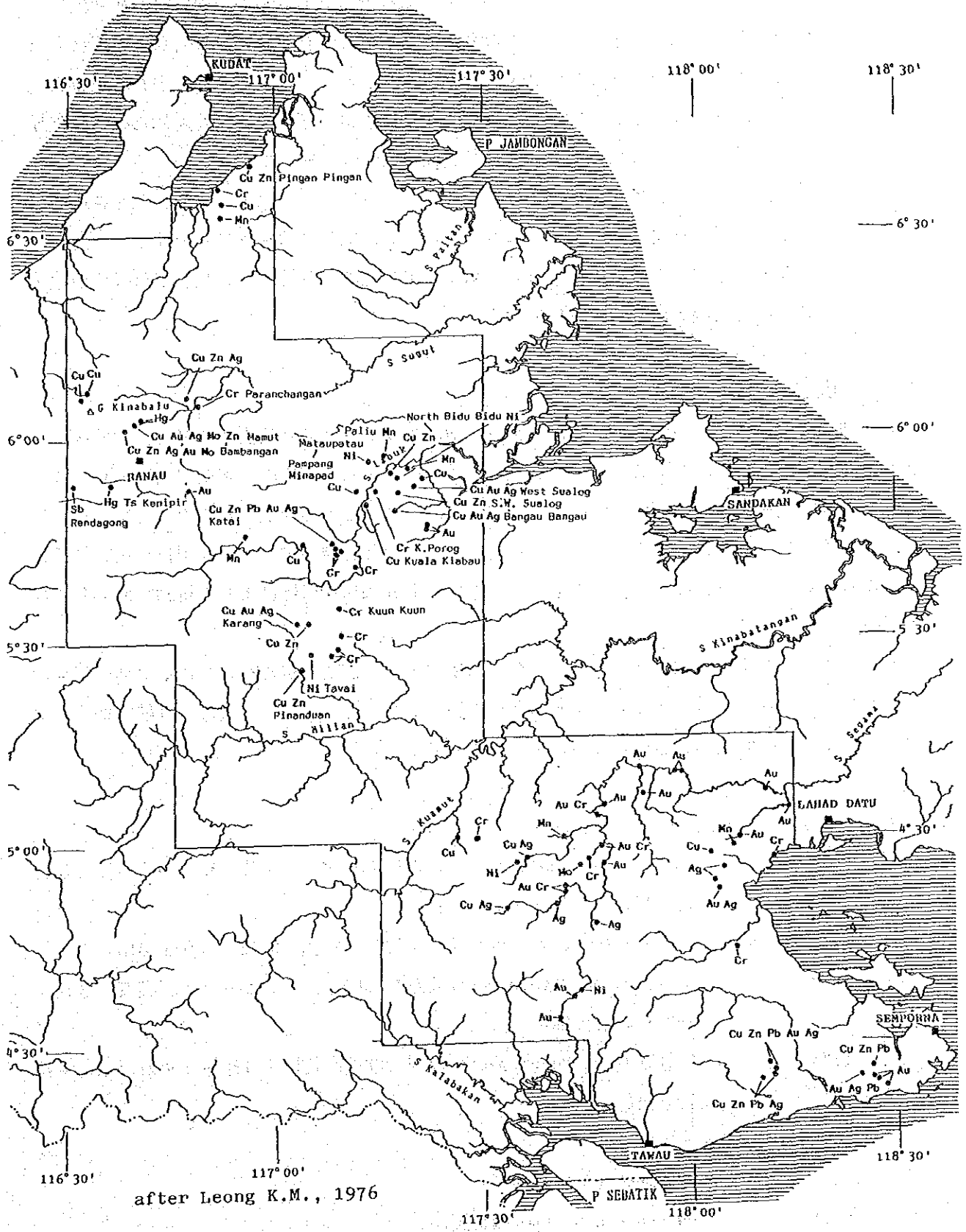


Fig. I-2 Distribution map of mineral occurrences including alluvial and float in the project area

ビドゥビドゥヒル鉱床地区はスピライトの噴出地帯に位置しており、その地質は玄武岩溶岩、玄武岩質枕状溶岩などの塩基性噴出岩類とこれらの溶岩類に挟まれた砂岩、頁岩などの堆積岩類より構成される。また、調査地区の北部と東部では、ハルツバージャイトと考えられる蛇紋岩化した超塩基性岩が断層関係で接している。鉱床は、塩基性噴出岩類に挟まれた同生鉱床で硫化鉱物にも顕著な堆積構造が認められる。本地区の地質図をFig. II-2-11 に示す。

マンツリィ鉱床地区の地質は、漸新世～中新世中期にかけて堆積し、火山砕屑岩類を特徴的に伴うKalumpang 層とこれを覆う安山岩溶岩より構成される。鉱化作用を受けた範囲では、熱水作用による脱色化と粘土化により特徴付けられ、鉱化作用の顕著な部分では珪化及び角礫化が顕著である。本地区の地質図をFig. II-2-21 に示す。

3-3 調査地域の鉱業略史

調査地域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型銅鉱床のマムート (Mamut) 鉱山のみである。マムート鉱山は、1968年日本の海外鉱物資源開発 (株) (O M R D) 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月より操業を開始した後現在まで操業を継続中である。現在の操業規模は、粗鉱日産約20千トン、Cu 0.47 % であり、Mamut Copper Mining 社により人員約1,300 名で操業中である。

地化学探査の予察調査地区として選定した3鉱床地区は、いずれもこれまでにかなりの探鉱活動が行われており、その一部は近い将来開発への移行が期待されている。これら3鉱床地区に対するこれまでの探鉱活動の歴史は概略以下のとおりである。

(1) ヌンコック鉱床地区 (キナバル地区)

- | | |
|-------------|--|
| 1965 | Soriamont Investment Co. が探鉱権を取得、地質調査、地化学探査及び物理探査 (SP、EM) を実施。 |
| 1966 ~ 1968 | 引き続き同社によりボーリング調査 (21孔、3,354 m) を実施。 |
| 1973 | Srikundasan Development 社及び BHP社によりボーリング調査 (6孔、762 m) を実施。 |
| 1974 | Srikundasan Development 及び BHPの両社により磁気探査及び地化学探査を実施。 |

(2) ビドゥビドゥヒル鉱床地区 (ラブク地区)

- | | |
|-------------|--------------------------------------|
| 1961 | Borneo Mining Ltd. 調査実施。 |
| 1962 ~ 1963 | Asian Mining Ltd. 物理探査及びショートボーリング実施。 |

- 1964 UNDP物理探査 (SP、EM) 実施。
- 1965 UNDP地化学探査実施。
- 1980 Malaysian-German Mineral Exploration Project (MGM)による再調査実施。
- 1982 ~ 1984 MGMによる物理探査 (PEM、IP) 及びボーリング調査 (13孔) 実施。
- 1988 ~ Leadstar SDN. BHD.によりボーリング調査 (171孔、約40,000m) を実施、鉱量 3.6百万トン、Cu 3.6 %、Au 1~2 g/t、Ag 8 ~15 g/tを計上。この結果に基づき鉱山開発のフィジビリティ・スタディを実施し、1990年末現在開発許可待ちの状態である。

なお、本調査でビドゥビドゥヒル鉱床とした鉱床は、West Sualog 鉱微地に位置する鉱床を指す。

(3) マンツリィ鉱床地区 (センボルナ地区)

- 1967 ~ 1969 GSM、河床堆積物による地化学探査 (概査) をマンツリィ地区を含む G. Wullersdorf地区で実施し、異常帯を捕捉。
- 1971、1973 GSM、土壌による地化学探査を実施。
- 1974 ~ 1978 GSM、地化学探査の精査を実施。
- 1980 MGMにより再調査実施。
- 1981 ~ 1983 MGMにより地質調査及び地化学探査を実施。
- 1988 ~ Zamia SDN. BHD. による土壌地化学精査及びブルトーザによるトレンチ (7本) 調査実施。引き続きブルトーザによるトレンチ調査及びボーリング調査を計画中。

これら3鉱床地区に対するこれまでの調査結果によれば、ヌンコック鉱床は鉱床規模が小さく低品位 (Cu0.18~0.56%) であることから開発の対象とはならないものと考えられている。ビドゥビドゥヒル鉱床は、これまでにかんりの探鉱がなされており、その開発が最も期待される鉱床である。マンツリィ地区の鉱化作用については、鉱化作用の全貌がまだ解明されていないので引き続き探査が計画されている。

第4章 調査結果

4-1 衛星画像解析

(1) 使用データ及び画像作成

本調査のための画像作成には、地球観測衛星ランドサット4号及び5号より得られた5シーンのMSSデータを使用した。作成した画像の位置関係をFig. II-1-1に、作成した画像の縮尺50万分の1の画像をFig. II-1-2 (キナバル地区、ラブク地区) 及びFig. II-1-3 (セガマ地区、センボルナ地区) に示す。

(2) 解析及び現地調査

作成した縮尺20万分の1の画像を用い写真地質的判読作業により、地質単元の区分及び地質構造の解析を行った。この解析の結果では、Table II-1-4に示すような18の地質単元への区分が可能であった。この解析結果に基づいて現地調査を行い、判読された地質構造の確認を行うとともに、更に細かい判読が可能かどうかの調査を行った。この現地調査結果を基に再解析を行い、最終的にFig. II-1-5に示す解析図とFig. II-1-6に示す地質構造図を作成した。

現地調査では、これに加えて調査地域全域よりTable I-1に示す室内試験用の試料を採取し各種の試験を行った。

(3) 解析及び調査結果

本調査の解析結果及び現地調査の結果を総合すると以下が指摘される。

- ① 解析の結果得られた各地質単元の分布は、一部の地区を除くと既存の地質図と良く一致する。
- ② キナバル地区のラノウ周辺で見られる多くの小規模な環状構造は、いずれも貫入岩体と密接な関係を示し。またこれらの貫入岩体では、いずれも鉍化作用が認められる。本調査の画像解析では調査地域で多くの環状構造が抽出されており、これらの調査が今後の探査上重要と考えられる。
- ③ 現地調査の結果では、ピドゥピドゥヒル鉍床に代表されるキプロス型の銅鉍床及び超塩基性岩分布域でのクロム鉍床の探査には、これらの地域での地質層序の確立が重要と考えられる。
- ④ 現地調査のおり鉍石分析試料として採取した超塩基性岩分布域でのラテライト試料では、比較的高いニッケルの濃集(0.86%)が確認されており、本地域でのニッケルラテライト鉍床の可能性が推定される。

4-2 地化学探査（予察）

本調査では、ヌンコック鉱床地区、ビドゥビドゥヒル鉱床地区及びマンツリィ鉱床地区の3地区で予察的な地化学探査を行った。本調査の調査の概要は以下のとおりである。なお、本調査の解析結果の概要については次の第5章で述べる。

(1) 試料種

本調査ではどの試料種が最も有効であるかを明らかにするため、河床堆積物、土壌及びバンニング試料の3試料種を用い調査した。各試料種の地区別採取試料数をTable II-2-1に示す。更に、河床堆積物及び土壌試料については、最適な採取位置を決めるため1地点より異なった位置で3試料を採取した。これら3試料の採取地点は以下のとおりである。

河床堆積物	試料A： 川岸
	試料B： 流れの縁辺部
	試料C： 流れの中心部
土壌	試料A： A層
	試料B： B層の上半部
	試料C： B層の下半部

(2) 分析元素

有効な指示元素を抽出するため、本調査では各試料種に対し以下の元素の化学分析を行った。

河床堆積物試料（19元素）

Ag, As, Au, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Pt, S, Sb, Sn, U, W, Zn

土壌試料（23元素）

Ag, As, Au, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Pt, Rb, S, Sb, Sn, Sr, U, W, Zn

バンニング試料（33元素）

Ag, As, Au, Ba, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, Hg, La, Mn, Mo, Ni, Pb, Pt, Re, S, Sb, Se, Sn, Ta, Te, Th, Ti, U, V, W, Y, Zn, Zr

バンニング試料については、分析のほかに、その構成鉱物の割合を明らかにするため、QME (Qualitative Mineral Examination) による定量分析を行った。

(3) 解析方法

本調査では、単変量解析及び多変量解析の手法を用いて解析を行った。解析に採用した主な手法は、以下のとおり。

河床堆積物試料及び土壌試料

単変量解析手法： EDA法、Lepeltier 法、相関マトリックス。

多変量解析手法： クラスター分析、因子分析。

パンニング試料

単変量解析手法： EDA法

EDA法(Exploratory Data Analysis)法(Kurzl H.、1988)は、単成分データの分布の型に関係せず、統計的な数値処理によってしきい値(異常値)を抽出する手法である。Lepeltier法(Lepeltier C.、1969)は、単成分の分布が対数正規分布をするとの前提条件に基づいて、簡易統計処理によりしきい値を求める手法であり、Sinclair法(Sinclair A.J.、1973)と基本的には同様の手法である。

多変量解析手法として採用したクラスター分析法は、各単成分間の相関係数より関係の深い成分ごとにグループ(クラスター)分けをする手法である。因子分析は、各成分間の関係よりその関係の原因となる因子を抽出する手法である。

各分析結果の統計処理及び上記の解析には、コンピュータを使用した。

4-3 空中物理探査

本調査地域のうち鉱床賦存の可能性の高い区域に対しヘリコプターにより空中磁気及び空中放射能の測定を実施中である。Fig. II-3-1に本調査の飛行測線計画図を、Table II-3-1に調査機器仕様一覧表を示す。本年度の調査では、測定のみを実施し、これらのデータの解析は次年度に実施の計画である。

第5章 地化学探査結果の総合検討

(1) 試料種

河床堆積物試料の試料A、B及びCの解析結果を鉱床地区別に見ると以下のとおり。

ヌンコック鉱床地区

統計解析の結果では、全体的に見てB試料が高い幾何平均値及び相関係数を示す。因子分析の結果では、試料Bで抽出された因子が各元素とより強い関係を示し、鉱化作用とも良く一致する。これらの結果には、流れの縁辺部で採取した試料が最も有効であることを示す。

ビドゥビドゥヒル鉱床地区

統計解析の結果では、試料Bが若干高い濃度を示し、各元素間の相関係数は試料Aが高い傾向を示す。因子分析では、試料Bより抽出された因子が鉱床の分布と良く一致する。

マンツリィ鉱床地区

統計解析の結果では、試料AまたはCで高い幾何平均値を示す元素が多く、試料Bでは大部分の元素で中間的な濃度を示す。試料Aでの因子分析では、抽出された因子と単変量解析の結果が一致しない。試料B及びCでは、抽出された因子と各元素との関係が同様の傾向を示し、単変量解析の結果とも一致する。共通性の値は、試料Cより試料Bの方が高い。これらの結果によれば、試料Bの方が試料Cより若干良い傾向が認められる。

以上の結果を総合すると、流れの縁辺部で採取した試料が最も良い結果を示している。

土壤試料の試料A、B及びCについては、その調査結果を地区別に見ると以下の結果を示す。

ヌンコック鉱床地区

各元素の幾何平均値を比較すると、試料Aで高濃度を示す元素が多いが、ヒストグラムではバラツキが見られ、試料BやCの様な安定した分布は示さない。相関係数は、試料Aが全体的に低い傾向を示す。クラスター分析の結果では、試料B及びCで鉱化作用との関係が推定されるクラスターが抽出されている。因子分析の結果では、試料Bが高い共通性の値を示しており、各因子と元素との関係も強い。以上の結果では、試料Bが最も有効である。

ビドゥビドゥヒル鉱床地区

得られた幾何平均値を比較すると、試料による傾向は認められない。相関係数は、試料Aに比較して試料B及びCが各元素間でより高い傾向を示す。因子分析の結果では、鉱床との関係が推定される因子が試料B及びCで抽出されている。各元素とこの因子との関係では試料Bの方がより強い関係を示す。これらの結果によれば試料Bが最も良いと考えられる。

マンツリィ鉱床地区

各元素の幾何平均値は試料A及びCが高い値を示し、試料Bはこれらの中間的な値を示す。各元素の相関は、試料Bが最も強い相関を示す。因子分析の結果では、試料A及びBで鉱床と

の関係が推定される因子が抽出されている。このうち試料Bで抽出された因子の方が、各元素と強い関係を示し、その共通性の値も高い。以上の結果によれば試料Bが最も有効である。

以上の結果では、いずれの地区においても試料Bが最も有効な試料であることを示す。本調査地域ではA層の発達が悪いため、A層による土壌地化学探査では、均質な試料の採取は困難である。ビドゥビドゥヒル鉱床地区で採取した試料では、いくつかの元素で河川に沿って採取した試料と丘陵地で採取した試料との間に著しい濃度差が認められた。これは土壌の発達の差によると推定される。

本調査では、3鉱床地区よりパンニング試料を採取し解析した。ヌンコック地区で採取した試料の統計処理結果では、同地区の河床堆積物と比較して、大部分の元素がより高い幾何平均値を示す。ビドゥビドゥヒル鉱床地区で採取したパンニング試料の濃度を同地区の河床堆積物の濃度と比較すると、半数の元素で高く残りの元素では低い値を示す。マンツリィ鉱床地区で採取した試料では、半数の元素でパンニング試料が高い幾何平均値を示すが、残りの元素では同様もしくは低い濃度を示す。

本調査で採取したパンニング試料は、採取した鉱床地区によってその構成鉱物に著しい差を示す。試料の採取に要する時間も採取箇所によって著しく異なる。この様に試料の採取箇所によるバラツキが著しいので、統計解析による異常帯の抽出にはかなりの誤差が予想される。パンニング試料と河床堆積物試料に共通する元素では、各元素の濃度より判断すると河床堆積物試料による統計解析の方が良い結果を示した。

本調査では、上記の3試料種による調査を行ったが、いずれの試料種でも既知の鉱化帯を抽出しており有効である。しかしながら試料種により得られる結果に幾つの特徴が見られるので、調査の目的に沿った試料種の選択が重要である。

河床堆積物試料による地化学探査の結果では、抽出された異常帯と既知鉱床の関係をみると、既知鉱床よりヌンコック鉱床地区で1.5 km、ビドゥビドゥヒル鉱床地区で数100 m、マンツリィ鉱床地区で2.0 kmの範囲まで異常帯が確認されている。潜頭鉱床のビドゥビドゥヒル鉱床を除くとその影響範囲が比較的広いことから、河床堆積物試料は広域の地化学探査に適すると考えられる。但し、本調査を行った3地区の鉱床は、調査地域で知られている鉱化帯の中でも最大級の鉱化帯であるので、実際の広域地化学探査を計画する場合にはその影響範囲を最大1.0 km程度として試料の配点を計画すべきと考えられる。

土壌試料による地化学探査の結果では、ヌンコック鉱床地区で1.5 km、ビドゥビドゥヒル鉱床地区で1.0 km、マンツリィ鉱床地区で約1.0 kmの影響範囲を示し、河床堆積物試料と比較して狭い傾向が認められる。また、土壌の場合、得られた異常帯と鉱化帯の位置がほぼ一致するので、限られた地区の精査に適するものと考えられる。本調査を行った各地区の鉱床はいずれもその規模が大きいことから、実際の実際に土壌試料による地化学探査を計画する場合には、その影響範

囲を最大 500 m程度と推定し試料採取地点の配点を行うことが必要と考えられる。

パンニング試料については、前述のとおり特定の地区及び特定の鉱物を対象とする場合には、簡便な手法であるので有効と考えられる。河床堆積物試料と同時にパンニング試料を採取する場合には、構成鉱物の同定にのみ限定すべきで、特に化学分析の必要性は認められない。

(2) 指示元素

本調査では、河床堆積物試料 19 元素、土壌試料 23 元素、パンニング試料 33 元素の化学分析を実施した。得られた分析の結果に対し解析を行った結果、以下の元素が指示元素として有効であることを示した。

河床堆積物試料

ヌンコック鉱床地区： As, Au, Cu, Mo, S, W

ビドゥビドゥヒル鉱床地区： Au, Cu, Mn, Pb, U

マンツリィ鉱床地区： As, Au, Cu, Pb, Zn

土壌試料

ヌンコック鉱床地区： As, Au, Cu, Mo, S, W

ビドゥビドゥヒル鉱床地区： Au, Cu, S, U

マンツリィ鉱床地区： As, Au, Cu, Pb, S

パンニング試料

ヌンコック鉱床地区： Au, Cu, Mo, S, Se, W

ビドゥビドゥヒル鉱床地区： -

マンツリィ鉱床地区： Ba

この様に抽出された指示元素は、河床堆積物と土壌でほぼ同様である。抽出された指示元素をまとめると以下の10元素が本調査を実施した3つの鉱床タイプに対する有効な指示元素である。

As, Au, Cu, Mn, Mo, Pb, S, U, W, Zn

パンニング試料に対する解析の結果では、マンツリィ鉱床地区で Ba が特徴的に認められるので、本地域での金銀鉱床に対する地化学探査の指示元素として有効と推定される。本調査では対象としなかったが、本調査地域に分布する超塩基性岩中にはクロム鉱床の可能性が高いので、河床堆積物による広域地化学探査を行う場合には、指示元素として Cr の採用も考えられる。

(3) 解析手法

本調査では、単変量解析及び多変量解析の両手法による解析を試みた。解析の結果ではいずれの手法でも比較的良好な結果が得られた。地化学探査の解析手法は、その調査地域の地質及び鉱化作用の特性、調査面積、使用する試料種などにより決定すべきであるので、現地調査の結果に基

づいてその解析手法を決定すべきである。また、どのような解析手法でも限界があるので、幾つかの手法の組み合わせによって解析することが重要であり、少なくとも単変量解析手法より1手法、多変量解析手法より1手法は実施すべきである。

(4) 今後の調査

以上の検討結果及び本調査の現地調査結果によれば、本地域に対する今後の地化学探査に対し以下が指摘される。

- ① 河床試料の採取密度は、2 km² 当たり 1試料が理想的であるが、地形の平坦な地域ではその影響範囲も広いので 4 km² 当たり 1試料でも、特に問題はないと考えられる。
- ② 河床堆積物を上記の試料採取密度で採取する場合は、セカンド・オーダーの河川よりの採取を原則とすべきと考えられる。
- ③ 調査地域全域に対して縮尺1/50,000の地形図があるが、精度があまり良くない。また、地形が平坦なジャングル地帯では、河川的位置や等高線が不明瞭であるので、現地調査には航空写真の利用が必要である。更に、一部の地区では、Global Positioning System による位置の決定が必要と予想される。

第6章 結論及び提言

6-1 結論

本調査では、衛星画像解析、3鉱床地区での地化学探査（予察）及び空中物理探査の3手法による調査を実施した。これらの調査結果より以下の結論が得られた。

(1) 衛星画像解析

衛星画像解析では、MSSデータによる画像を作成し、本調査地域の全域に対して実施した。更に、この解析結果に基づいて現地調査を行った。これらの調査では以下の結論が得られた。

- ① 画像解析の結果得られた各地質単元の分布は、一部の地区を除き既存の地質図と良く一致する。一致しない地区については、今後の調査が望まれる。
- ② クナナル地区のラノウ周辺で見られる環状構造は、酸性の貫入岩体と密接な関係を示す。これらの貫入岩には鉱化作用が認められるので、今後の探査上この構造に注目することが必要である。
- ③ キナバル地区以外の地区でも画像上で多くの環状構造が認められるので、この構造と鉱化作用との関連を明らかにすることは今後の探査上重要である。
- ④ 現地調査の結果では、Chert-Spilite層の火山層序の確立及び超塩基性岩の層序の確立が、本地区のキプロス型銅鉱床及びクロム鉱床の探査にとって重要であることを示す。
- ⑤ 現地調査のおり採取したラテライト質土壌の分析結果では、Niが最高0.86%の値を示した。本地域では広範囲にラテライト質土壌が超塩基性岩の分布域で発達するので今後の調査が望まれる。

(2) 地化学探査（予察）

本地化学探査は、次年度以降に計画されている広域地化学探査を含む、本地域での地化学探査に対する最適な調査の方法を決めるために予察的な地化学探査を3地区で実施した。本調査の結果では、以下の結論が得られた。

- ① 河床堆積物試料は、流れの縁辺部より採取した試料が最も有効であることを示す。
- ② 土壌試料は、B層の上半部より採取した試料が最も有効である。
- ③ パンニング試料は、高い濃度を示す元素が多いが、地域性があるため均質な試料の採取が困難である。河床堆積物試料と同時にパンニング試料を採取する場合には、特に化学分析の必要性は認められない。

- ④ 但し、パンニング試料は、特定の地区や特定の鉱物を対象とする場合には、簡便な手法であるので有効である。
- ⑤ 河床堆積物及び土壌試料の解析結果では、ほぼ同様の元素が指示元素として抽出される。抽出された有効と結論される元素は、As、Au、Ba、Cr、Cu、Mn、Mo、Pb、S、U、W、Znの12元素である。
- ⑥ 試料の採取密度は、抽出された各指示元素の異常帯と既知鉱床の位置関係（影響範囲）より推定すると、河床堆積物が4 km²当たり1試料、土壌試料の場合1 km²当たり1試料の試料採取密度が最小限必要と結論される。従って、河床堆積物試料では2 km²当たり1試料、土壌試料では0.5 km²当たり1試料が理想的な試料採取密度であると考えられる。河床堆積物の場合、地形が平坦な地区においては、その影響範囲も広いと推定されるので4 km²当たり1試料でも問題ないものと考えられる。
- ⑦ 以上の影響範囲より推定される試料の採取密度より判断すると、河床堆積物試料は広域の地化学探査に、土壌試料は限定された地域の地化学精査に採用するのが理想的であると考えられる。
- ⑧ どのような解析手法を採用するかは、調査地域の地質及び期待される鉱床タイプ、採用した試料種により決定すべきであるが、最小限単変量解析手法を1手法、多変量解析手法を1手法は実施すべきである。

本調査地域全域に対し1/50,000の地形図があるが、地形図の精度はあまり良くない。また、ジャングル地帯では、河川の位置や等高線が不明瞭である。このため現地調査での位置決定に困難が予想されるので航空写真の利用が必要であり、一部の地区ではGPS (Global Positioning System) による位置の決定が必要である。

(3) 空中物理探査

本年度実施した空中物理探査は、測定のみで解析は次年度に実施する。この解析に当たっては本年度実施した衛星画像解析結果も加味することが重要である。

6-2 第2年次調査への提言

本調査地域を構成するキナバル地区及びラプク地区で次年度に計画されている広域地化学探査は、以下により実施すべきである。

- ① 使用試料種は、河床堆積物とし、試料は流れの縁辺部より採取する。試料を採取する河川は原則としてセカンド・オーダーまでの河川とする。
- ② 試料採取密度は、原則として2 km²当たり1試料とする。地形が平坦な地域では、4 km²

当たり 1 試料とする。

- ③ 指示元素は、As、Au、Ba、Cr、Cu、Mn、Mo、Pb、S、U、W、Zn の 12 元素とする。

上記の河床堆積物による地化学探査のほか、本地域で期待されるラテライト中のニッケル鉱床の可能性を明らかにするため超塩基性岩の分布域（約 600 km²）に対して土壌による地化学探査（概査）を実施する。この調査方法は、以下のとおり。

- ① 試料は、超塩基性岩の分布域より採取する。採取箇所はラテライト質土壌の B 層の最上部とする。
- ② 試料の採取密度は、3 km² 当たり 1 試料とする。
- ③ 指示元素は、Al、Co、Fe 及び Ni の 4 元素とする。

本調査の現地調査は、以下の方法で実施する。

- ① 1/50,000 の地形図で地形が明瞭な地区に対しては、地形図と航空写真により試料採取箇所の位置を決定する。
- ② 地形が平坦で地形図上もしくは航空写真でも試料採取地点の位置の決定ができない地区では、GPS (Global Positioning System) により位置の決定を行う。
- ③ 地化学探査試料の採取と平行して、衛星画像解析の結果と既存の地質図との間に違いが認められた地区に対しては、地質の概査を行う。
- ④ 地化学探査の調査ルートで確認された鉱徴地に対しては、その概要を記載する。

キナバル及びラブクの両地区で次年度に計画されている、河床堆積物による広域地化学探査の試料採取密度及びラテライト質土壌に対する地化学探査の範囲を Fig. I-3 に示す。

セガマ及びセンボルナ地区の広域地化学探査については、本調査の結果を基に、次年度の調査結果も含め最終的な調査方法を決定すべきと考えられる。

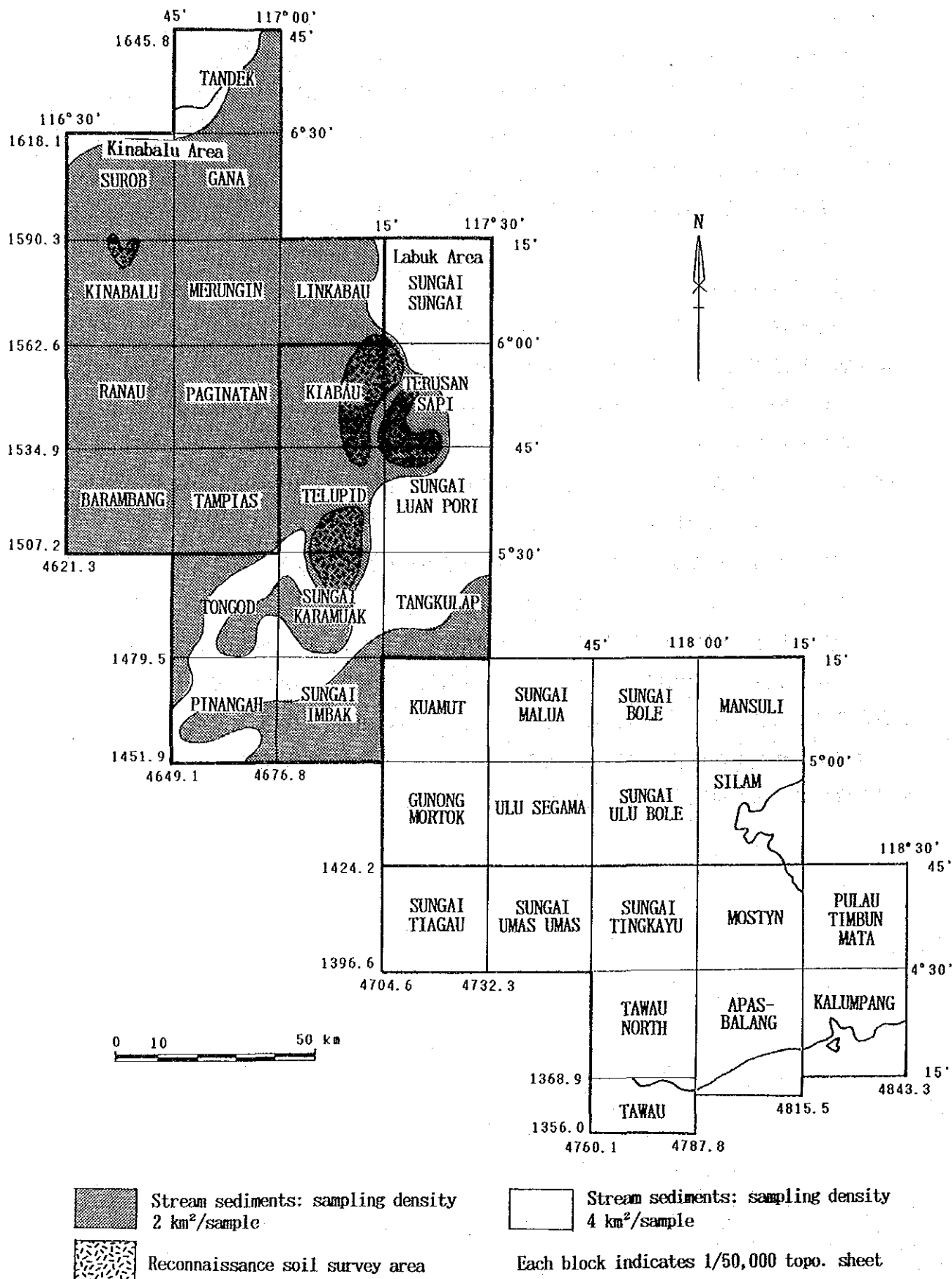


Fig. I-3 Recommendation map of next phase survey

第Ⅱ部 各 論

第 1 章 衛星画像解析

1-1 使用データ、画像作成及び現地調査

1-1-1 使用データ

本調査の画像作成に使用したデータは、米国NASAが打ち上げた地球観測衛星ランドサット4号及び5号によって得られた5シーンのMSSデータである。これらの画像データの詳細及びその範囲の位置関係をTable II-1-1及びFig. II-1-1にそれぞれ示す。画像データの選定に当たっては、できるだけ雲量の少ないMSSデータの入手に努めたが、結果的に最大で30%の雲による被覆があった。画質は10段階評価で6~9と良好であったが、画像の一部にはデータの欠損が認められた。なお、これらの画像データは、いずれもタイの地上局で受信されたデータである。

1-1-2 画像作成

画像作成では、CCT (Computer Compatible Tape)を用い、バンド1、2、4にそれぞれ青、緑、赤を割り当てたフォールスカラー画像を合成した。ランドサットMSSデータの各バンドの波長域及び特性をTable II-1-2に示す。画像の作成に当たっては、引き続き実施する写真地質的判読作業に適するように、コントラスト及びエッジ強調処理を施した。Table II-1-3に作成した画像の一覧を、また、Fig. II-1-2及びFig. II-1-3に解析調査範囲の画像を示す。

1-1-3 現地調査

作成した縮尺1:200,000の画像を用いて、これらの画像上の色調、水系特徴、地形特徴、植生などを総合して解析し、地質単元の区分及び地質構造の判読を行った。解析により得られた地質単元をTable II-1-4に示す。

この解析の結果明らかとなった地質単元及び地質構造に基づいて、解析結果の地表での確認及び更に詳細な解析が可能かどうかを明らかにするため現地調査を行った。この現地調査では、解析の結果得られた以下の事項について重点的に調査した。

- ① キナバル地区のラノウ周辺に分布する貫入岩体の地形的特徴と、これらが画像上で識別可能かどうかの確認。
- ② ラノウ南方約15kmに位置する環状構造には何らかの特徴があるかどうか。
- ③ ラブク地区の南部に分布する地質単元ubに見られる層状の構造は何か。
- ④ セガマ地区西部では、地質単元Nb-1の分布域に直径5km程度の環状構造が集中するがこれと鉱床との関連性。
- ⑤ 鉱床地帯の識別が画像上で可能かどうか。

Table II-1-1 List of Landsat data used

Path	Row	Date	ID number	Cloud cover	Quarity	Sun elevation
116	057	01/04/84	40625-01472	1211	8	54 °
117	056	25/08/85	50542-01553	1011	8	55 °
117	057	17/10/84	40824-01511	3233	6	55 °
118	055	14/03/84	40607-01592	0001	9	52 °
118	056	18/07/83	40367-02015	1112	9	52 °

Table II-1-2 Band characteristics of Landsat MSS data

Band	Wave length	Band characteristics
Band 1	0.50-0.60 μm	Water body penetration, differentiation soil from vegetation.
Band 2	0.60-0.70	Usefull for vigor assessment of vegetation.
Band 3	0.70-0.80	Chlorophll absorption band.
Band 4	0.80-1.10	Usefull for determing biomass content.

Table II-1-3 List of generated Landsat images

Type of image	P - R	Scene size	Scale
False color image	116-057	Full scene	1:200,000
False color image	117-056	Full scene	1:200,000
False color image	117-057	Full scene	1:200,000
False color image	118-055	Full scene	1:200,000
False color image	118-056	Full scene	1:200,000

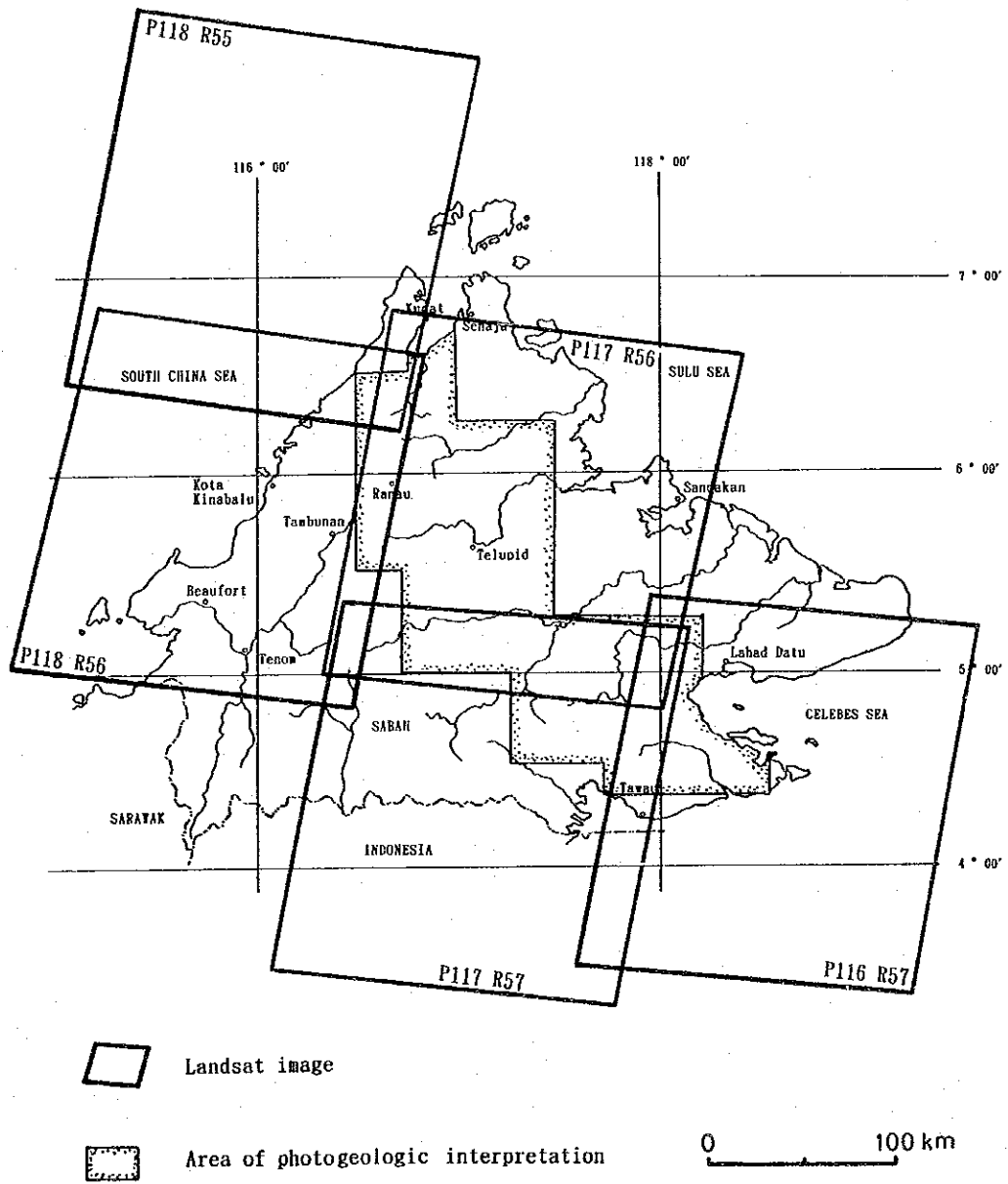


Fig. II-1-1 Index map of Landsat data

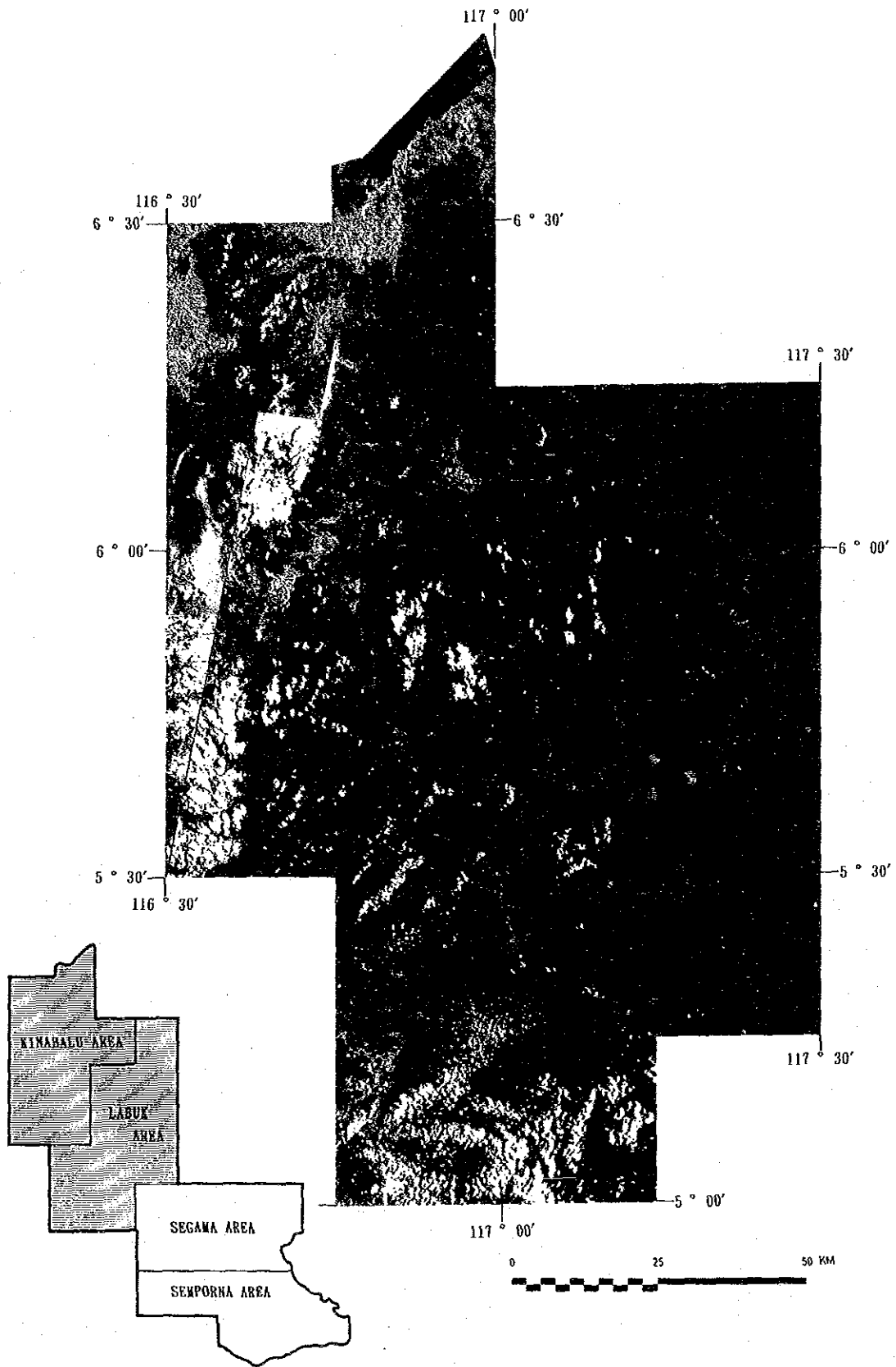


Fig. II-1-2 Landsat MSS false color image of the Kinabalu and Labuk areas

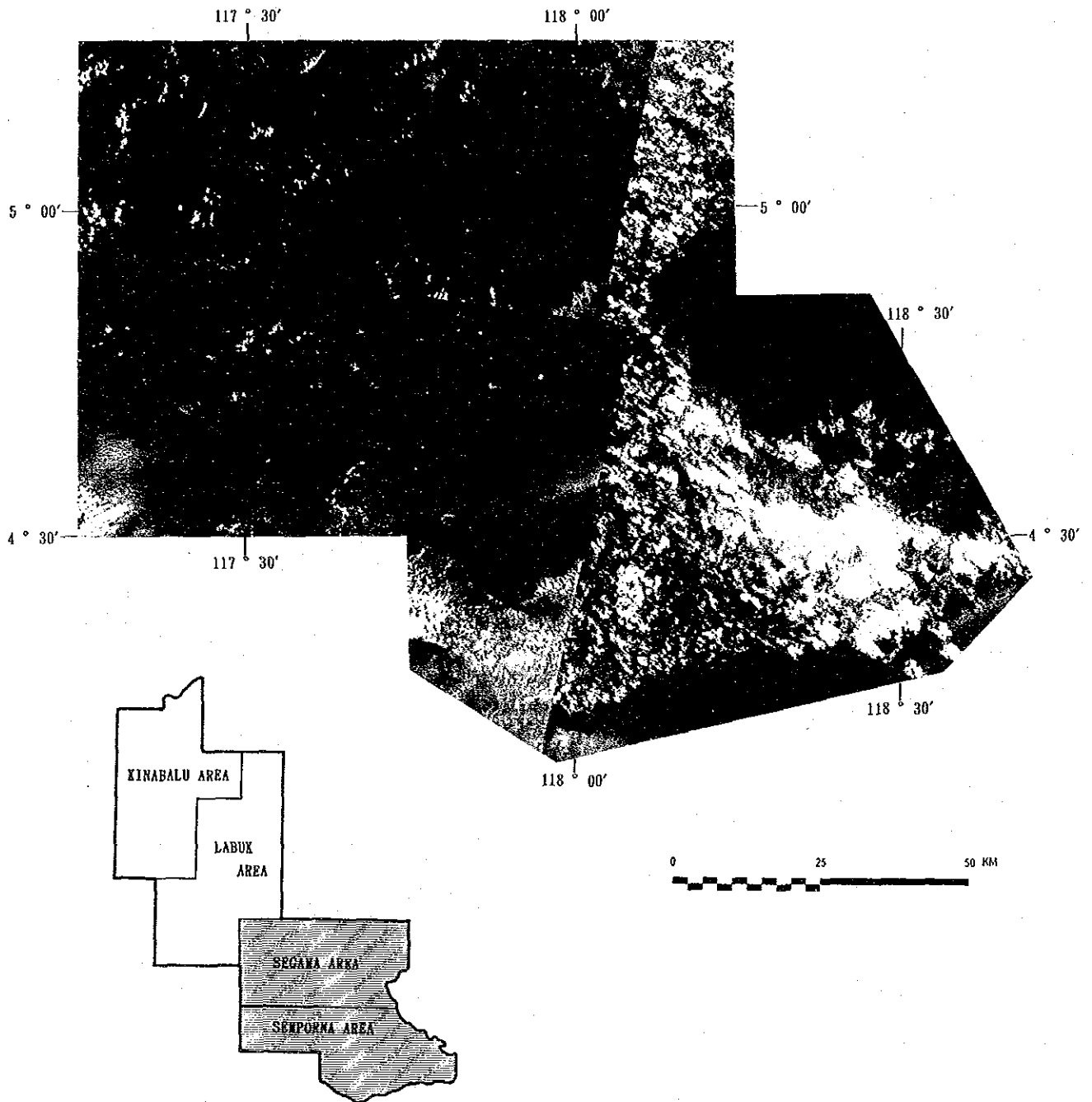


Fig. II-1-3 Landsat MSS false color image of the Segama and Semporna areas

Table II-1-4 Photogeologic interpretation chart

Units	Color	Drainage		Morphological expression				Vegetation	Comparison with existing data
		Pattern	Density	Rock resistance	Gross section of valley & ridge	Texture	Bedding or schistosity		
Q	dark red, bluish gray red to dark red	anastomatic	high	very low	- / -	smooth	-	dense	recent alluvial clay, sand
Nc	dark red	subdendritic	moderate	low	∪ / ∩	smooth	bedded	very dense	mudstone, shale, sandstone
Nb-5	dark red	parallel	very high	moderate	∪ / ∩	intermediate	well bedded	very dense	sandstone
Nb-4	dark red	annular	moderate	moderate	∪ / ∩	smooth	well bedded	very dense	sandstone, mudstone
Nb-3	red	annular	moderate to high	moderate	∪ / ∩	intermediate	well bedded	very dense	mudstone, siltstone
Nb-2	red	dendritic	high	very high	∪ / ∩	very high	poorly bedded	very dense	calcareous sandstone
Nb-1	red	trellis	moderate	low to moderate	∪ / ∩	smooth to intermediate	bedded	very dense	sandstone, mudstone
Na	pale red, blue	subparallel	moderate	low	∪ / ∩	smooth	poorly bedded	very dense	slump breccia
Pb	dark red	trellis	high	low	∪ / ∩	smooth	bedded	very dense	sandstone, shale
Pa-4	red to dark red	dendritic, trellis	very high	moderate to high	∪ / ∩	rough to intermediate	well bedded locally	very dense	alternating beds of sandstone and shale
Pa-3	red	dendritic	moderate	moderate	∪ / ∩	smooth	bedded	very dense	mudstone
Pa-2	red	dendritic	high	very high	∪ / ∩	very high	poorly bedded	very dense	shale, phyllite
Pa-1	red	dendritic, trellis	high to moderate	high to moderate	∪ / ∩	rough to intermediate	bedded locally	very dense	chert, spilite
J	red	subdendritic	very high	high	∪ / ∩	rough	schistosity	very dense	schist, gneiss
Tv-2	red	subdendritic	very high	high	∪ / ∩	rough	-	very dense	andesite lava, andesitic volcanic breccia and tuff
Tv-1	dark red	trellis	high	high	∪ / ∩	rough	-	very dense	dacite lava, pyroclastics
gt	red	trellis	moderate	moderate to low	∪ / ∩	intermediate to smooth	layered	very dense	diorite, microgranite
ub	greenish dark gray	dendritic	high	very high to moderate	∪ / ∩	rough to very rough	poorly layered	very dense	peridotite

本調査では、この現地調査の折調査地域全域より薄片、研磨片、研磨薄片、EPMA、X線回折試験、全岩分析及び鉱石分析に供する試料を採取した。これら試料の採取位置をFig. II-1-4に示す。

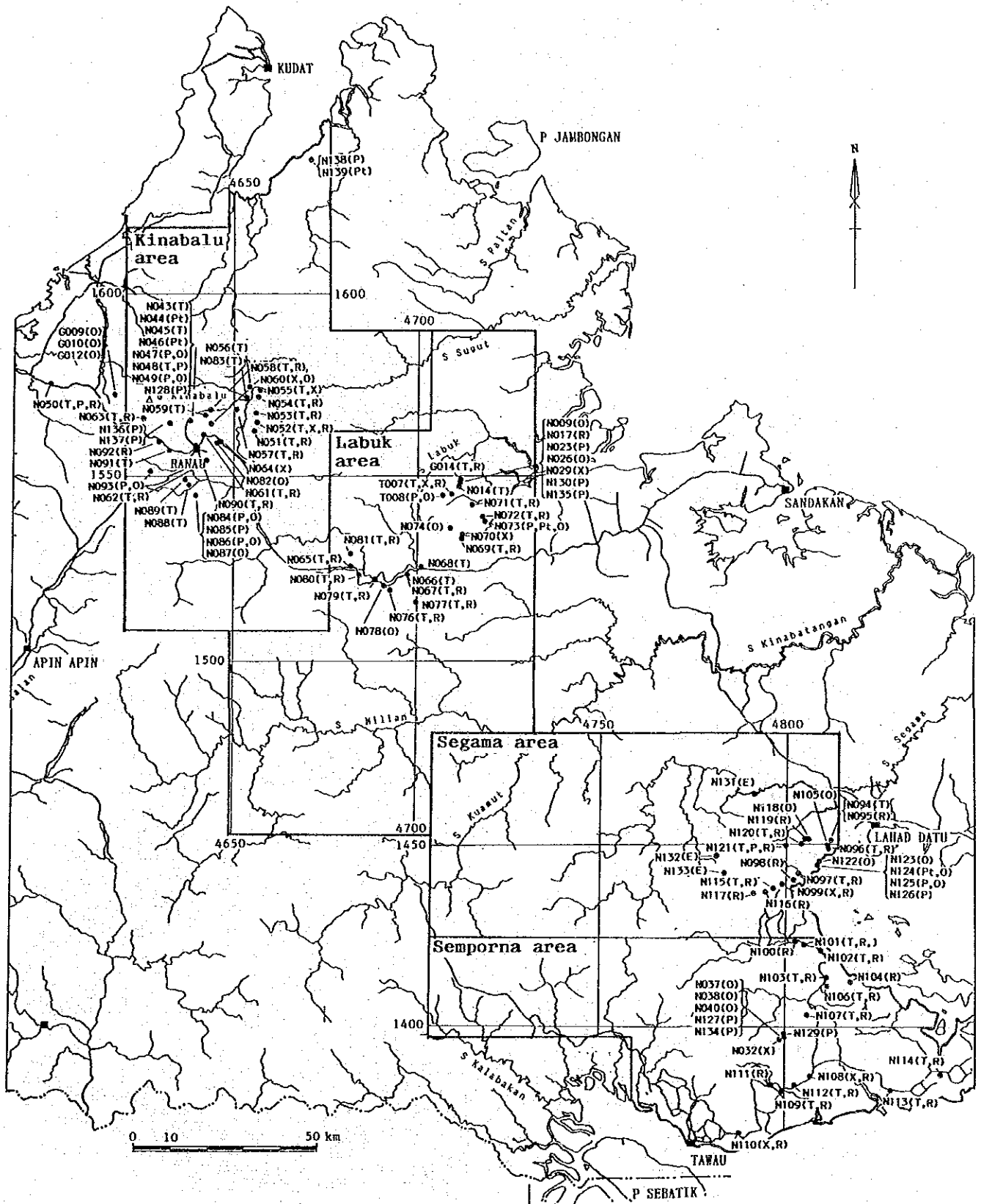
1-2 解析及び調査結果

1-2-1 岩相分類

画像上の特徴から、調査地域の地質をTable II-1-4に示す18の地質単元に区分し、さらに、現地調査結果も加えFig. II-1-5に示す解析図を作成した。これらの単元の特徴及び分布は、以下のとおりである。

(1) 堆積岩類

- 単元 J : 調査地域の南部のセガマ地区に分布し、非常に高い水系密度と相対的に高い抵抗性によって特徴づけられ、一般に粗い地形を示す。地域によってはNW-SE方向のリニアメントが発達する。本単元は、三疊紀あるいはそれより古い時代の変成岩に相当しサバ地域の基盤をなす。
- 単元 Pa-1: 本単元は、後述の単元ubとともに調査地域中央部のラブク及びセガマの両地区において広い範囲に分布する。地形的に粗い地域と中程度の地域とが認められ、侵食に対する抵抗性が地域により異なることを示す。本単元は、砂岩及びチャートと玄武岩及びスピライトを主としており、Chert-Spilitite 層 (KPGs) に相当する。
- 単元 Pa-2: 調査地域の西部キナバル地区南部に分布し、侵食に対する抵抗性が高く非常に粗い地形を示す。本単元は、頁岩及び千枚岩を主とするTrusmadi層 (P₁Ts) に相当する。
- 単元 Pa-3: 本単元は、ラブク地区の南西部に分布し、起伏の少ない平坦な地形を示す。侵食に対する低い抵抗性を特徴とする。本単元は、泥岩を主とするSapulut 層 (KPSp) に相当する。
- 単元 Pa-4: 本単元は、キナバル地区よりラブク地区にかけて広範囲に分布する。一般に粗い地形を示し樹枝状の水系模様が発達する。北部では、NW-SEよりE-Wまで方向を転じる層理が連続し、ここでは格子状の水系模様を特徴とする。本単元はフリッシュタイプの砂岩を主とするCrocker 層 (P₂Cr) に相当する。
- 単元 Pb : 調査地域の中央東部ラブク地区に分布し、起伏の少ない平坦な地形を示す。本単元は、侵食に対する抵抗性が低く、格子状の水系模様が発達し、これより上位の地質単元とは不整合関係にある。本単元は、赤色の石灰質砂岩及び頁岩よりなる



NO80; sample number (T); thin section (P); polished section (Pt); polished thin section (X); x-ray diffraction analyses (E); EPMA analyses (O); ore assaying (R); whole rock analyses

Fig. II-1-4 Location map of samples collected for laboratorial studies

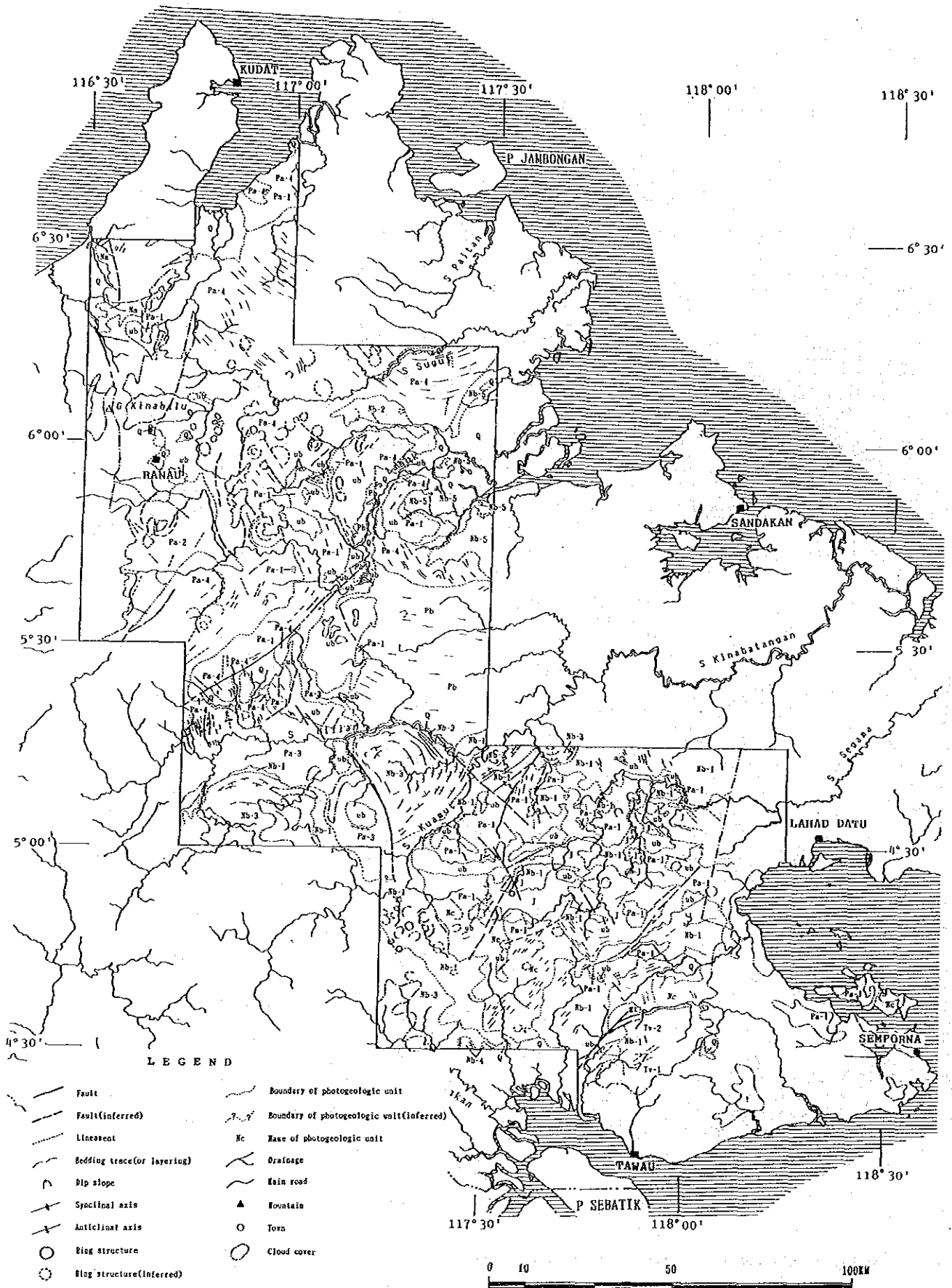


Fig. II-1-5 Interpretation map of Landsat images in the project area

Kulapis 層 (P₂Ks) に相当する。

单元 Na : 本单元は、キナバル地区西端の小範囲に分布する。画像上の色調に特徴が見られ淡赤色及び青色の色調を呈する。地形的には平坦で浸食に対する抵抗性が低い。本地質单元は、スランプ性の角礫岩より成る Waru 層 (P₄Wr) に相当する。

单元 Nb-1: 本单元は、セガマ地区よりセンボルナ地区の西部にかけて分布する。セガマ地区の北東部では、平坦でなだらかな地形を示し、西部では起伏のある相対的に粗い地形を示す。また、セガマ地区の西部では、直径 5 km 以下の幾つかの環状を示す構造が認められる。本单元は、この上位に累重する地質单元 Nb-3 と整合関係にある。本单元は、いずれも砂岩及び泥岩を主とする Labang 層 (P₃Lb) 及び Kuamut 層 (P₄Km) に相当する。

单元 Nb-2: 本单元は、ラプク地区北部にわずかに分布し、極めて粗い地形を示す。地形的特徴から周辺に分布する地質より区分できるが、層位関係は画像からは判断できない。本单元は、石灰質砂岩を主体とする Kudat 層 (P₃Kd) に相当する。

单元 Nb-3: 本单元は、ラプク地区南部からセガマ地区西部を経てセンボルナ地区西部に分布する。本地質单元は、層理が良く発達しケスタ地形が判読できる。水系は、地質構造に規制された環状模様を特徴とする。本单元は、泥岩とシルト岩を主とする Tanjong 層 (N₂Tj) に相当する。

单元 Nb-4: 本单元は、センボルナ地区西部にわずかに分布し、地質单元 Nb-3 と同様の特徴を示す。本单元は、砂岩と泥岩を主とする Kapilit 層 (N₂Kp) に相当する。

单元 Nb-5: ラプク地区北部のラプク川沿いに分布し、やや粗い地形を示す。平行状の水系模様で極めて高い水系密度を特徴とする。本单元は主として砂岩より成る Bongaya 層 (N₄By) に相当する。

单元 Nc : 南部のセンボルナ地区に分布し、平坦な地形を示し、プランテーションとして土地利用が認められる。本单元の分布は、更に東部へ連続するものと考えられるが、雲により被覆されているためその連続ははっきりしない。本单元は、泥岩、頁岩を主とする Kalumpang 層 (P₄Kg) に相当する。

单元 Q : 主に海岸線及び主要河川流域に分布する。極めて平坦な地形を示し、侵食に対する抵抗性も極めて低い。水系は、その密度が高くアナストモチック及び縄状の水系模様を示す。

(2) 火山岩類

单元 Tv-1: 調査地域の南部のセンボルナ地区に分布し粗い地形を示す。水系は、放射状の水系模様を特徴とするが、この連続は雲による被覆のため確認できない。本单元は

鮮新世の石英安山岩溶岩と同質火山砕屑岩に相当する。

単元Tv-2: 調査地域の南部のセンボルナ地区に分布し粗い地形を示す。水系は亜樹枝状の水
系模様を示しその密度が高い。また相対的に小規模なりニアメントが発達する。
本単元は、更新世の安山岩溶岩、安山岩質角礫岩及び同質凝灰岩に相当する。

(3) 貫入岩類

単元ub : 本単元は、ラブク及びセガマの両地区に主として分布する。本単元は、極めて粗
い地形を特徴とするが、地域によっては中程度の粗さへと変化する。また、画像
上の色調に特徴があり、緑味をおびた暗灰色を呈する。部分的に層状の構造も認
められる。本単元は、白亜紀より第三紀前期の超塩基性岩類に相当する。

単元gt : 本単元は、センボルナ地区の北西端に分布し、中程度から滑らかな肌理を示す。
格子状の水系及び層状の構造を特徴とする。本単元は、鮮新世の閃緑岩、細粒閃
緑岩及び細粒花崗岩などより成る岩体に相当する。

1-2-2 地質構造

調査地域の地質構造は、北部より中央部においては広範囲に分布する地質単元Pa-4及びPb
に見られる構造から、NW-SEよりE-Wまで徐々に方向を転じる地質構造が支配的である。
調査地域の南部では、基盤岩である地質単元Jがセガマ地区南部に分布し、これとは不整合関係
で新期の地質単元が堆積しており、さらに第三紀の火山岩類が分布する複雑な地質構造を示して
いる。局所的には、直径数10kmオーダの盆状構造が地質単元Nb-3に認められる。解析の結果
得られた本地域の地質構造図をFig. II-1-6に示す。

調査地域では、断層及びリニアメントの発達が乏しく、調査範囲の地質構造全体を支配するよ
うな規模の断裂は認められない。調査地域で最大の延長を示す断層は、ラブク地区に位置するN
E-SW方向のもので、地質単元Pa-1と地質単元Pa-3及びPa-4の境界を成している。その
南方では、これとほぼ直交するNNW-SSE方向の断層が認められる。セガマ地区の南部では
、基盤岩である地質単元Jを境するNE-SW方向の断層が卓越する傾向にある。一方、リニア
メントは、いずれも数kmより10km程度の長さで、各地質単元の構造特徴を示すのみである。環状
構造は、調査地域全体に点在する。最大のものは、キナバル地区の南部に見られその直径は約10
kmである。ラノウ周辺では、貫入岩体に関係した小規模な環状構造が幾つか認められる。セガマ
地区の西部では、地質単元Nb-1の分布域に直径5km程度の環状構造が集中する。

調査地域に分布する地質単元ub(超塩基性岩)は、調査地域の北西部より南東部にかけて帯状
に分布する。これらの分布は、この方向の構造帯を示す可能性があるが、画像上では構造帯を示
す特徴は識別できない。

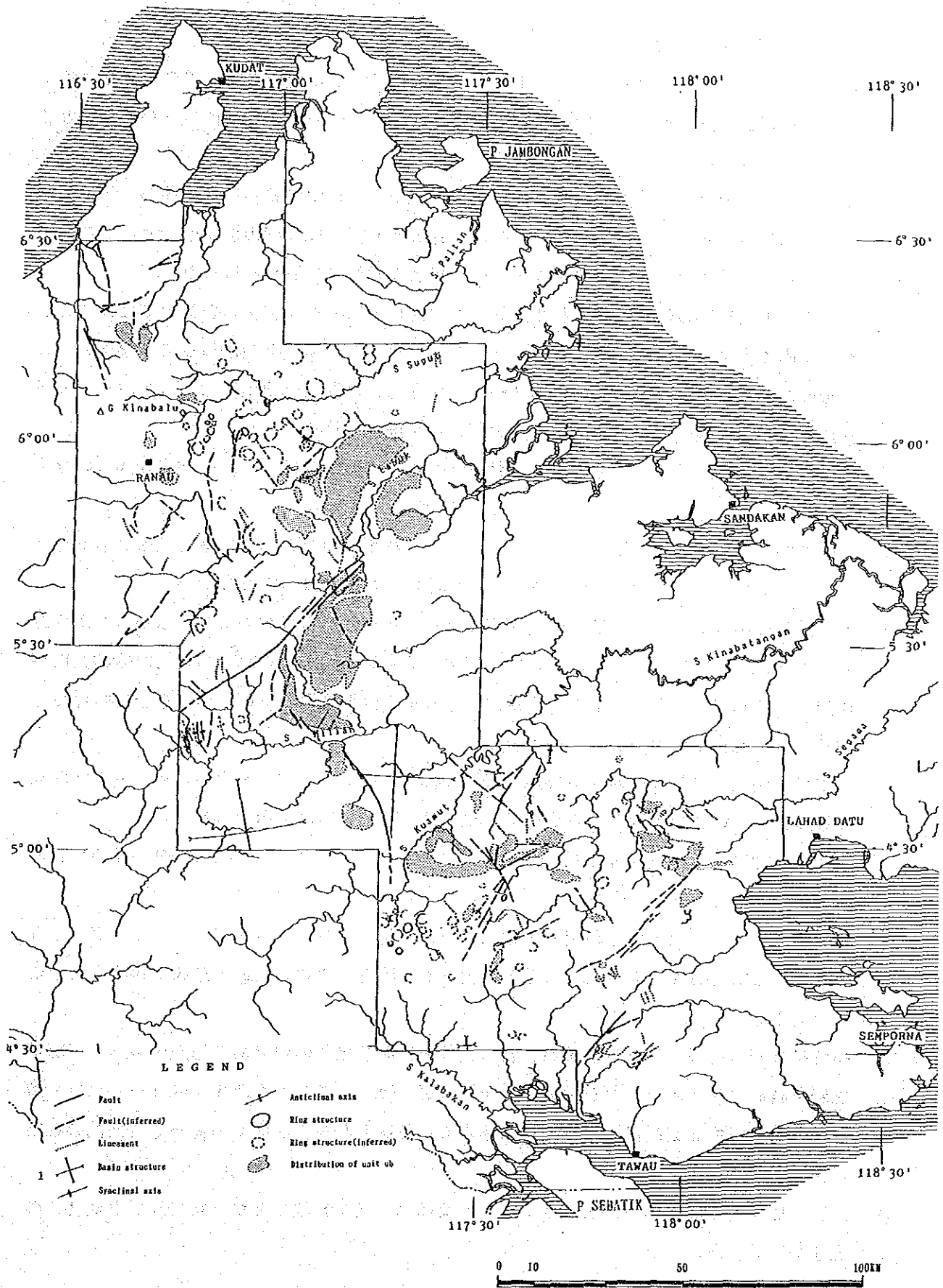


Fig. II-1-6 Interpretation map of geologic structure in the project area

1-2-3 現地調査結果

画像の解析結果に対する現地調査では、1-1-3の項で示した項目に対してGSMでこれまでの調査結果を確認するとともに、現地調査の可能な地区については調査を行ったがこの結果は以下のとおりであった。

- ① キナバル地区のラナウ周辺で見られる幾つかの小規模な花崗閃緑岩体は、地形上特徴的な小丘を形成しており、これに基づいて画像を見ると直径1 km程度の環状構造としてこれらの貫入岩体が確認できる。この現地調査の結果より画像の再解析を行った。
- ② ラナウ南方約15kmの位置で見られる環状構造に対し現地調査を実施した結果では、この環状構造内での貫入岩類の存在は確認できなかったが、この環状構造に沿って堆積岩の著しい破碎が認められる。また、この環状構造の北端部では温泉の湧出が知られており、火成活動と、この環状構造との間に何らかの関連性が推定される。
- ③ ラブク地区南部に分布する地質単元ubに見られる層状の構造は、Garinono層(P₄Gr)の堆積岩類である。
- ④ セガマ地区西部の地質単元Nb-1の分布域で見られる幾つかの環状構造と鉱床との関連はこの地区での調査がこれまで殆どなされていないことからはっきりしない。
- ⑤ 鉱床地帯の画像上での識別は、植生が密であることなどから困難である。しかしながら斑岩型の銅鉱床は中性～酸性の貫入岩体と密接な関係を示すが、これらの貫入岩体の識別が画像上で識別可能である。また、南部のAu・Ag鉱床は地質単元Tv-1の分布域に賦存しており、この地質単元の識別は可能である。

本調査では、画像解析結果に対する現地調査に並行して後述の室内試験用の試料を調査地域全域より採取した。この試料採取に伴う調査の結果では、以下の事項が指摘される。

- ① キナバル地区のラナウ周辺で見られる貫入岩類には、いずれも黄鉄鉱の鉱染が認められるなど何らかの鉱化作用を受けている。
- ② 地質単元でubとされている超塩基性岩は、蛇紋岩化したハルツバージャイト及びダナイトより構成されており、ダナイトの分布域及びその周辺でクロム鉄鉱の鉱床が認められるようである。
- ③ 超塩基性岩の周辺で見られる斑れい岩の大部分は層状斑れい岩である場合が多く、超塩基性岩を含めオフィオライトを構成する一連の岩石類であることを示す。Chert-Spilite層(KPCs)を構成する玄武岩溶岩は、枕状溶岩である場合が多く、多くの露頭で黄鉄鉱の鉱染が認められる。
- ④ 調査地域全域で風化作用によるラテライト質赤色土壌が発達するが、特にラブク地区での発達が顕著である。

1-2-4 室内試験結果

画像解析結果に対する現地調査では、この調査と並行してTable I-2に示す室内試験用の試料を採取した。これらの試料の採取位置をFig. II-1-4に示すとともに、各試料の一覧表ではUTMの座標で表示した。これら試料の室内試験結果は、以下のとおりである。

(1) 薄片鑑定

調査地域に分布する代表的な岩石種より51試料を採取し、薄片の鑑定を行った。採取した試料の一覧及び鑑定結果をTable II-1-5に示す。

この鑑定結果によれば、超塩基性岩の試料はいずれも蛇紋岩化を受けてはいるが、かんらん石や輝石が残存しておりハルツバージャイト及びダナイトであることを示す。斑れい岩の試料では鏡下で集積組織が見られ、肉眼観察結果と同様層状斑れい岩であることを示す。従って、これらの岩石は、一連のオフィオライト・シーケンスとして生成した岩石であると考えられる。Chert-Spilite 層より採取した玄武岩はいずれも緑泥石化作用を受けており、一部の試料では珪化作用も認められる。肉眼的にもこれらの試料では、黄鉄鉱の鉱染が認められる。センボルナ地区で採取した新期の噴出岩類は、これまでの調査で安山岩とされているものも玄武岩にした方が良い様な鉱物組成を示す。これらの噴出岩の一部の試料でも緑泥石化及び珪化が認められる。ラノウ周辺の地域で採取した貫入岩類は、マムート鉱床の鉱床母岩であるアダメロ岩以外は、いずれも黒雲母角閃石花崗閃緑岩である。これらの試料では緑泥石化及び珪化が認められるが、肉眼的にも黄鉄鉱の鉱染が観察される。ラノウ北東方の沢で採取した軟玉は陽起石であり、その北方に分布する超塩基性岩が衝上断層で下位のCroker層と接している可能性を示す。

(2) 研磨片及び研磨薄片鑑定

本調査地域は、地表が著しい風化作用を受けているため硫化鉱物試料の採取が困難であったため、一部の試料は風化帯からも採取した。採取し鑑定に供した試料は、研磨片25試料、研磨薄片5試料である。採取した研磨片試料を大別すると、以下のとおりとなる。

マムート鉱床 (Cu, Au) : N047, N048, N049, N128,

バンバンガン鉱床 (Cu) : N136, N137

ビドゥビドゥヒル鉱床 (Cu) : N023, N130, N135

マンツリィ鉱床 (Au, Ag) : N127, N129, N134

この他Southwest Sualog鉱徴地 (T008)、Pingan Pingan 鉱徴地 (N138) 及び Rendagon 鉱徴地 (N093a及び N093b) より採取した試料の鑑定を行った。これら以外の試料はこれまで鉱徴地としては知られていない箇所より採取した。粘板岩中の細粒黄鉄鉱 (N084, N085) 試料はいずれも初生の黄鉄鉱である。

研磨片及び研磨薄片の鑑定結果をTable II-1-6に示す。この鑑定結果によれば、マムート鉱床より採取した試料では黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱が全試料で観察され、一部の試料で方鉛鉱、輝水鉛鉱、磁硫鉄鉱及び四面銅鉱が認められた。バンバンガン鉱床より採取した試料では、黄鉄鉱、黄銅鉱、磁硫鉄鉱が見られるほか、銅の二次鉱物及び針鉄鉱が観察された。ビドゥビドゥヒル鉱床より採取した試料では、コロホーム組織を示す黄鉄鉱のほか閃亜鉛鉱、方鉛鉱及び銅の二次鉱物が観察された。マンツリィ鉱床より採取した試料では、初生鉱物の黄鉄鉱、黄銅鉱のほか赤鉄鉱及び針鉄鉱が認められたが、自然金は確認できなかった。ビドゥビドゥヒル鉱床の南西方に位置するSouthwest Sualog鉱徴地より採取した試料では、黄鉄鉱、黄銅鉱及び閃亜鉛鉱などが観察された。キナバル地区北部のPingan Pingan 鉱徴地より採取した試料では、黄銅鉱のほかはいずれも銅の二次鉱物である。ラノウ南方のRendagon鉱徴地より採取した試料では、輝安鉱のみしか確認できなかった。粘板岩中の黄鉄鉱では、コロホーム組織やフランボイダル組織が認められた。クロム鉄鉱の試料として採取した試料では、硫化鉱物は見られたが、クロム鉄鉱の量は少量であった。

研磨薄片の鑑定結果では、全試料で黄鉄鉱及び黄銅鉱が認められた。Pingan Pingan 鉱徴地より採取した試料では、その母岩が著しい緑泥石化及び珪化作用を受けていることを示した。

(3) X線回折試験

調査地域全域より11試料を採取し、粉末X線回折試験に供した。回折試験の結果をTable II-1-7に示す。

試料番号T007及びN029は、ビドゥビドゥヒル鉱床周辺で採取した試料である。T007は、Chert-Spilite 層の典型的な玄武岩溶岩で方沸石、緑泥石、モンモリロナイトが同定されており弱い変質を受けていることを示す。N029の試料は、塊状硫化鉱体の下盤側約40mに位置する玄武岩溶岩であり緑泥石化作用を受けていることを示す。N032の試料は、マンツリィ鉱床の母岩である変質安山岩であり、同定された変質鉱物からすると珪化、緑泥化及び絹雲母化作用を受けていることを示す。N052の試料は、ラノウ北東方に分布する幾つかの小規模な細粒花崗閃緑岩体より採取した試料である。同定された鉱物では、緑泥石化を受けていることを示す。尚、この岩体では弱い黄鉄鉱の鉱染が認められる。N055は、ラノウ北東方の小範囲に分布するChert-Spilite 層の玄武岩溶岩より採取した試料であるが、強度の赤鉄鉱化により特徴付けられる。N060、N064及びN070の3試料は、貫入岩に関係した粘土化帯より採取した試料であり、いずれも石英、絹雲母及びカオリナイトにより特徴付けられる。N099の試料は、セガマ地区に分布するChert-Spilite 層中の玄武岩質枕状溶岩より採取した試料である。同定された変質鉱物としては、石英、緑泥石及び緑泥石/モンモリロナイト混合層鉱物である。セガマ地区に分布する玄武岩質枕状溶岩は、一般的にこのような変質を示すものと考えられる。N108及びN110の試料は、既存の地質図で石英安山岩

Table II-1-6 Observation results of polished and polished thin sections

Polished section

Ser. No.	Sample No.	1:50,000 topo map	Area *	Coordinates		Descriptions	Chalcopyrite	Chalcosite	Covellite	Tetrahedrite	Spalalerite	Galena	Molybdenite	Stibnite	Arsenopyrite	Pyrite	Pyrrhotite	Marcasite	Pentlandite	Cuprite	Magnetite	Hematite	Goethite	Chromite	Gangue minerals	Remarks
				N	E																					
1	T008	Terusan Sapi	B	1545.7	4708.8	Quartz clay vein w/py·cp. Southwest Sualog P.	○				○					○										
2	N023	Terusan Sapi	B	1548.4	4711.5	Massive sulfide ore with fine-grained pyrite.	●									○										Py: colloform pyrite
3	N047	Kinabalu	A	1565.9	4638.3	Adamerite ore. Py & cp diss. & stringer. Mamut.	○				●					○										
4	N048	Kinabalu	A	1565.9	4638.3	Hornfels ore. Mamut mine.	○				●					○										
5	N049	Kinabalu	A	1565.9	4638.3	Serpentine ore with galena, py & cp/qtz stringer	○				●					○										
6	N050	Tamparuli	-	1578.0	4601.0	Weak py & cp diss. in granodiorite stock.	●				●					○										
7	N073	Terusan Sapi	B	1538.3	4719.2	Disseminated chromite ore.	●				●					○										
8	N084	Ranau	A	1546.8	4639.9	Fine-grained pyrite in slate.										○										Py: colloform pyrite
9	N085	Ranau	A	1546.8	4639.9	Fine-grained pyrite in silicified slate.										○										Py: euhedral, colloform & framboidal
10	N086a	Ranau	A	1546.8	4639.9	White milky quartz with limonite.																				
11	N086b	Ranau	A	1546.8	4639.9	White milky quartz with limonite.																				
12	N093a	Ranau	A	1551.6	4628.0	Stibnite.								○												
13	N093b	Ranau	A	1551.6	4628.0	Stibnite with cinnabar along fractures.								○												
14	N121	Silam	C	1449.8	4800.4	Layered gabbro with weak pyrite disseminations.	●									●										
15	N125	Silam	C	1445.9	4808.8	Disseminated chromite ore.	●									●										Py: subhedral
16	N126	Silam	C	1445.9	4808.8	Disseminated chromite ore.	●									●										Py: euhedral pyrite Mackinawite-pentlandite lamellae
17	N127	Mostyn N040	D	1397.8	4800.0	Strongly altered & weathered andesite w/limonite	●									●										
18	N128	Kinabalu	A	1565.9	4638.3	Serpentine ore. Galena·py/qtz vein. Mamut mine.	●			○	●					○										Py: euhedral pyrite
19	N129	Mostyn N038	D	1397.9	4800.0	Altered andesite with quartz veinlets. Weathered																				
20	N130	Terusan Sapi	B	1548.4	4711.5	Fine-grained massive sulfide ore. N026	○									○										Py: colloform & crushed
21	N134	Mostyn N038a	D	1397.9	4800.0	Altered andesite with quartz veinlets. Weathered	●									●										
22	N135	Terusan Sapi	B	1548.4	4711.5	Massive & compact sulfide ore. N020a		●	●							○										Py: euhedral pyrite
23	N136	Kinabalu	A	1563.0	4636.0	Adamerite porphyry ore. Bambang Prospect.	●									●										
24	N137	Kinabalu	A	1563.0	4636.0	Hornfels with py·cp diss. Bambang Prospect.	●									●										
25	N138	Tandek	A	1636.7	4671.3	Cp·py/qtz network veinlets. Pangan Pangan P.	○	●	●							○										Py: veinlet & disseminations

Polished thin section

Ser. No.	Sample No.	1:50,000 topo map	Area *	Coordinates		Descriptions	Chalcopyrite	Chalcosite	Covellite	Pyrite	Pyrrhotite	Chromite	Quartz	Plagioclase	Hornblende	Pyroxene	Olivine	Leucosene	Albite	Muscovite	Chlorite	Epidote	Serpentine	Talc	Carbonate m.	Smeectite	Cuprite	Goethite
				N	E																							
1	N044	Kinabalu	A	1565.9	4638.3	Granodiorite. Hornblende replaced by pyrite.	●			○			○								○							
2	N046	Kinabalu	A	1565.9	4638.3	Serpentine ore. Py·cp diss. & stringers.	●			●											○							
3	N073	Terusan Sapi	B	1538.3	4719.2	Disseminated chromite. Weathered.	●			●				○	○						○							
4	N124	Silam	C	1445.9	4808.8	Disseminated chromite.	●			●											○							
5	N139	Tandek	A	1636.7	4671.3	Secondary Cu minerals along fractures. Pangan P.P.	○	●	●	●			○	○	○						○	○					○	○

◎: abundant ○: common o: a little ●: rare

とされている変質火山岩より採取した試料である。同定された鉱物より判断すると、少なくとも N108 の試料は石英安山岩ではないようである。また、N110 の試料は、著しいカオリナイト化により特徴つけられる。

(4) EPMA 試験

本調査では、セガマ地区より採取した砂白金及び砂金に対して EPMA による定量分析を行った。分析に供した試料は、砂白金 2 粒及び砂金 3 粒の 5 試料である。この分析結果を Table II-1-8 に示す。

測定に使用した試料は、いずれも粒状の砂白金及び砂金である。測定試料の作成に当たっては試料の表面が平らになるよう削った後、粒状のままサンプル台（銅製）にカーボンペーストを用いて固定した。

測定元素としては、砂金の場合 Au 及び Ag が主要な元素であることがはっきりしているためこれらの 2 元素の定量分析を行った。砂白金については、Pt 以外の元素が不明であったため 2 粒に対して定性分析を行い、Pt 及び Rh の 2 元素を分析することにした。

白金の分析結果では、白金の含有量が両試料とも 80 % 程度の値を示している。この砂白金試料では、表に示した Pt 及び Rh のほかは主として Pd、Fe、Si などの元素を含むことを定性分析結果では示している。砂金の分析結果では、本地区の砂金は Au に富み Ag が比較的少ないことを示している。なお、N133 の試料の 2 粒については、初回の測定結果でいずれもかなり低い Au の値を示したことから同一粒子の 3 箇所を測定を繰り返し行った。

(5) 全岩分析

本調査では、調査地域全域より岩石試料を採取し全岩分析及び微量成分の分析を行った。分析に供した試料は、基盤より 2 試料、超塩基性岩・斑れい岩とこれらの岩体に密接に関連して分布する Chert-Spilitite 層の玄武岩質枕状溶岩より 30 試料、調査地域の南部に分布する新期火山岩類より 9 試料、ラノウ周辺に分布する貫入岩類より 9 試料を採取した。これに加えて、ビドゥビドゥヒル鉱床の上盤直上に分布する頁岩より 1 試料を採取した。採取した試料の一覧表及び分析結果を Table II-1-9 及び Appendix 1 にそれぞれ示す。また、ノルム計算の結果を Appendix 2 に示す。各試料の分析結果より以下が指摘される。

- ① ダナイト、ハルツバージャイトなどの超塩基性岩は、他地域のオフィオライトを構成する超塩基性岩と比較して大きな差は認められない。
- ② 斑れい岩類は、他地域と比較してやや広い組成範囲を示す。
- ③ 新期の噴出岩類は、N112 の試料が流紋岩質であることを除けば、いずれも玄武岩から安山岩質の岩石であり、やや変質していることを示す。

Table II-1-8 Results of EPMA

Ser. No.	Sample No.	Coordinates		Descriptions	Pt %	Rh %	Au %	Ag %	Remarks
		N	E						
1	N0131	1463.1	4791.4	Placer platinum	79.92	1.81	—	—	
2	N0131	1463.1	4791.4	Placer platinum	81.13	0.98	—	—	Different grain
3	N0132	1446.9	4781.6	Placer gold	—	—	98.10	1.48	
4	N0133 (1) (2) (3)	1442.0	4783.5	Placer gold	—	—	64.13	0.13	
							90.68	0.06	
							71.93	—	
5	N0133 (1) (2) (3)	1442.0	4783.5	Placer gold	—	—	81.31	0.56	Different grain
							97.12	0.11	
							81.66	0.61	

Table II-1-9 List of samples for whole rock analyses

Ser. No.	Sample No.	1/50,000 Topo. map	Area *1	Coordinates		Geologic unit *2	Descriptions
				N	E		
1	N094	Silam	C	1450.8	4811.9	Cb	Gneiss. Dark green amphibole domi. Py diss.
2	N115	Silam	C	1438.1	4796.4	Cb	Hornblende granite. Greenish gray. Py diss.
3	G014	Terusan Sapi	B	1549.4	4711.4	Ub	Harzburgite. Black. Weakly serpentinized.
4	N061	Ranau	A	1561.5	4642.3	Ub	Harzburgite. Dark gray. Serpentinized.
5	N067	Telupid	B	1523.4	4697.1	Ub	Harzburgite. Deep green. Serpentinized.
6	N069	S. Luan Pori	B	1533.2	4712.1	Ub	Harzburgite. Deep green. Serpentinized.
7	N072	Terusan Sapi	B	1539.2	4718.7	Ub	Harzburgite. Deep green. Serpentinized.
8	N054	Merungin	A	1571.7	4656.8	Ub	Dunite. Dark green. Serpentinized.
9	N079	Telupid	B	1521.2	4688.8	Ub	Dunite. Brownish green. Layered & fractured.
10	N095	Silam	C	1450.2	4811.7	Ub	Dunite. Greenish gray.
11	N119	Silam	C	1451.2	4806.4	Ub	Dunite. Gray. Compact.
12	N062	Ranau	A	1554.9	4642.1	Gb	Pyroxene gabbro. Weakly chloritized.
13	N071	Terusan Sapi	B	1542.3	4715.3	Gb	Gabbro. Isotropic & medium-grained.
14	N077	Telupid	B	1510.7	4700.5	Gb	Gabbro. Isotropic & coarse-grained.
15	N101	Mostyn	D	1422.3	4805.3	Gb	Gabbro. Layered & medium-grained.
16	N103	Mostyn	D	1413.6	4810.3	Gb	Gabbro within layered dunite. Layered.
17	N117	Silam	C	1437.4	4791.2	Gb	Gabbro. Layered & weakly chloritized.
18	N120	Silam	C	1450.1	4803.7	Gb	Gabbro. Layered & medium-grained.
19	N121	Silam	C	1449.8	4800.4	Gb	Gabbro. Layered & coarse-grained. Py diss.
20	T007	Terusan Sapi	B	1546.0	4709.9	KPCs	Basalt. Dark green.
21	N065	Telupid	B	1525.2	4681.7	KPCs	Basalt. Silicified & brecciated. Py diss.
22	N076	Telupid	B	1519.7	4693.4	KPCs	Basaltic pillow lava. Green.
23	N080	Telupid	B	1523.1	4684.9	KPCs	Basaltic pillow lava. Dark green. Py diss.
24	N081	Telupid	B	1529.8	4681.9	KPCs	Basaltic pillow lava. Green. Fine-grained.
25	N096	Silam	C	1448.1	4810.2	KPCs	Basalt. Green. Doleritic & weakly silicified.
26	N097	Silam	C	1442.0	4803.5	KPCs	Basaltic pillow lava to pillow breccia. Green.
27	N098	Silam	C	1439.9	4802.0	KPCs	Basaltic pillow lava. Chlorite & epidote.
28	N099	Silam	C	1438.8	4799.6	KPCs	Basaltic pillow lava. Hematite & chlorite.
29	N100	Mostyn	D	1423.2	4803.9	KPCs	Basaltic pillow lava. Chlorite & weathered.
30	N102	Mostyn	D	1420.3	4809.6	KPCs	Basaltic pillow lava with calcite stringers.
31	N104	P. Timbun Mata	D	1414.1	4816.3	KPCs	Basaltic pillow lava with calcite stringers.
32	N116	Silam	C	1437.7	4795.0	KPCs	Basalt with dominant calcite stringers.
33	N106	Mostyn	D	1412.8	4810.6	Ext.	Olivine basalt with dominant gas cavities.
34	N107	Mostyn	D	1403.7	4805.7	Ext.	Pyroxene andesite. Gray.
35	N108	Apas-Balang	D	1386.0	4807.1	Ext.	Andesite. Bleached & argillized. Whitish gray.
36	N109	Apas-Balang	D	1382.5	4799.6	Ext.	Pyroxene andesite. Dark gray. Weak chlorite.
37	N110	Apas-Balang	D	1371.7	4788.1	Ext.	Andesite. Bleached & argillized. Whitish gray.
38	N111	Apas-Balang	D	1383.9	4796.4	Ext.	Pyroxene andesite with chlorite & Py diss.
39	N114	Kalumpang	D	1388.0	4841.4	Ext.	Andesite. Gray. Weakly argillized.
40	N112	Kalumpang	D	1385.8	4825.5	Ext.	Rhyolitic lava with flow texture.
41	N113	Kalumpang	D	1383.2	4828.0	Ext.	Andesitic tuff breccia. Argillized & Py diss.
42	N050	Tamparuli	-	1578.0	4601.0	Int.	Hornblende biotite granodiorite. Py & Cp diss.
43	N051	Merungin	A	1563.6	4655.0	Int.	Hornblende microdiorite. Gray. Py diss.
44	N052	Merungin	A	1565.4	4655.2	Int.	Hornblende biotite micro-granodiorite. Gray.
45	N053	Merungin	A	1567.4	4655.1	Int.	Hornblende biotite micro-granodiorite. Gray.
46	N057	Merungin	A	1569.2	4650.4	Int.	Hornblende biotite granodiorite. Dark gray.
47	N058	Kinabalu	A	1568.1	4644.7	Int.	Hornblende granite to granodiorite.
48	N063	Kinabalu	A	1566.5	4626.4	Int.	Hornblende biotite granite. Gray. Py diss.
49	N090	Ranau	A	1557.8	4639.9	Gravel	Hornblende granite. Weak Py diss. (Pinosuk)
50	N092	Ranau	A	1560.6	4630.5	Gravel	Hornblende granite. Weak Py diss. (Pinosuk)
51	N017	Terusan Sapi	B	1548.4	4711.4	KPCs	Phyllitic shale. Reddish brown.

*1 A: Kinabalu area, B: Labuk area, C: Segama area, D: Semporna area

*2 Cd: Crystalline Basement, Ub: ultra-basic rocks, Gb: gabbros, KPCs: Chert-Spilite Formation, Ext.: extrusives, Int.: intrusives

④ 貫入岩類は、この結果では中性の閃緑岩質の岩石であることを示している。

これらの岩相の化学的な特徴を見ると、オフィオライト・シーケンスの岩石と考えられる斑れい岩類及びChert-Spilitite層の玄武岩類は、ソレアイト岩系列のトレンドを示し海洋性玄武岩の性質に似ている。新期の噴出岩類もソレアイト岩系列であるが、貫入岩類ではカルクアルカリ岩系列のトレンドが認められる。これらの新期の噴出岩類及び貫入岩類は、その地質環境よりサブダクションを伴う島弧-海溝系の地質環境で形成されたと推定される。

センポルナ地区で採取した変質の見られる新期の噴出岩試料(N110、N114)は、分析の結果でもこの変質を反映している。ビドゥビドゥヒル鉱床の上盤より採取した頁岩試料(N017)では、 Fe_2O_3 、MgO、Cu及びZnが高い値を示しており、鉱化作用との関係を示す。

(6) 鉱石分析

本調査地域は、全般に土壤の発達著しいため露出は不良である。このため鉱石分析に供した試料の一部は既知の鉱床及び鉱徴地より採取した。採取した試料の一覧を、Table II-1-10 に示す。各鉱床及び鉱徴地と採取した試料番号との関係は、以下のとおりである。

ヌンコック鉱床：	G009、G010
ビドゥビドゥヒル鉱床：	N009、N026
マンツリィ鉱床：	N037、N038、N040
マムート鉱床：	N047、N049
Southwest Sualog鉱徴地：	T008

この他クロムの試料を6試料、ラテライトの試料を5試料、石英脈試料3試料などを採取し鉱石分析に供した。試料の採取位置をFig. II-1-4に、鉱石分析の結果をAppendix 3にそれぞれ示す。

ヌンコック鉱床より採取した試料では、Cu 0.75%及び0.25%であるが、Au、Ag及びMoは本鉱床と同様の斑岩型銅鉱床であるマムート鉱床に比較して低い値を示した。ビドゥビドゥヒル鉱床より採取したN009の試料は、地表で見られるゴッサンより採取した試料である。この試料は、風化作用により完全にゴッサン化しており多量の褐鉄鉱を伴う。分析結果では、Au 5.07 g/t、Fe 56.07%を示しAuの二次富化が認められ、Asも高い値を示す。N026の試料は、ボーリング孔より採取したビドゥビドゥヒル鉱床の代表的な塊状硫化鉄試料であり、Cu品位が5.40%と高い値を示すほか、Coが1,110 ppmと高い特徴がある。マンツリィ鉱床では、風化した鉱化帯より3試料を採取した。これらの試料では、Au、Ag及びHgが比較的高い傾向を示すが、特にPbが高い特徴がある。マムート鉱床より採取した試料は、同鉱床を代表するアダメライト鉄(N047)及び蛇紋岩鉄(N049)である。蛇紋岩鉄は、方鉛鉄を伴う試料を分析したことからAg、As、Hg、Pb及びSbなどの成分が高い値を示す。Southwest Sualog鉱徴地で見られる脈状の鉱化帯より採取した

Table II-1-10 List of samples for ore assaying

Ser. No.	Sample No.	1:50,000 topo map	Area *1	Coordinates		Descriptions
				N	E	
1	G009	Tamparuli	-	1572.4	4618.6	Silicified granodiorite ore w/cp.py. Nungkok.
2	G010	Tamparuli	-	1572.4	4618.6	Silicified stockwork ore w/cp.py. Nungkok
3	G012	Tamparuli	-	1572.4	4618.6	Disseminated chromite. Float.
4	T008	Terusan Sapi	B	1545.7	4708.8	Quartz clay vein w/py-cp. Southwest Sualog P.
5	N009	Terusan Sapi	B	1548.3	4711.4	Reddish brown gossan with limonite & goethite.
6	N026	Terusan Sapi	B	1548.4	4711.5	Fine-grained massive sulfide ore. DDH WS89-96.
7	N037	Mostyn	D	1398.0	4800.1	Quartz veinlet with limonite & goethite.
8	N038	Mostyn	D	1397.9	4800.0	Altered andesite with quartz veinlet. Weathered.
9	N040	Mostyn	D	1397.8	4800.0	Strongly altered & weathered andesite w/limonite
10	N047	Kinabalu	A	1565.9	4638.3	Adamerite ore. Cp-Py disseminated ore. Mamut Mine
11	N049	Kinabalu	A	1565.9	4638.3	Serpentine ore. Galena-pyrite-chalcopyrite. Mamut
12	N060	Kinabalu	A	1565.7	4644.2	Quartz in whitish gray clay zone.
13	N073	Terusan Sapi	B	1538.3	4719.2	Disseminated chromite. Weathered.
14	N074	S. Luan Pori	B	1534.8	4709.8	Reddish brown laterite over ultrabasic rock.
15	N078	Telupid	B	1520.1	4691.9	Reddish brown laterite over serpentinite.
16	N082	Ranau	A	1560.0	4646.9	Reddish brown laterite over harzbergite.
17	N084	Ranau	A	1546.8	4639.9	Fine-grained pyrite in shale. Float.
18	N086	Ranau	A	1546.8	4639.9	White milky quartz with limonite.
19	N087	Ranau	A	1546.8	4639.9	White milky quartz with dominant limonite.
20	N093	Ranau	A	1551.6	4628.0	Stibnite ore with cinnabar along fractures.
21	N105	Silam	C	1449.5	4810.9	Light brown laterite soil over ultrabasic rock.
22	N118	Silam	C	1451.2	4806.4	Light brown laterite over dunite.
23	N122	Silam	C	1445.5	4808.7	Pan concentrates. Chromite beach sand.
24	N123	Silam	C	1445.9	4808.9	Pan concentrates. Chromite beach sand.
25	N124	Silam	C	1445.9	4808.8	Disseminated chromite.
26	N125	Silam	C	1445.9	4808.8	Disseminated chromite.

試料 (T008) では、Zn が比較的高い値 (0.48 %) を示す。

クロムの試料として採取した試料では、研磨片の観察結果ではかなりのクロム鉄鉱が確認されたが、分析の結果では海岸でパンニングにより採取したクロムサンドの試料 (N122, N123) を除くと不良であった。超塩基性岩の分布域では、ラテライト土壌が発達するが、このラテライトを分析した結果では、比較的高い Co 及び Ni の値を示す。特に、Ni は最高 0.86 % の値を示しており著しく濃集している。粘土化帯などより採取した石英の試料では、特に顕著なものは認められなかった。

1-3 考 察

本調査で実施した衛星画像の解析では、調査地域の北東部及び南部で雲に覆われ一部の地区を除き解析した。解析の結果及びこれに伴う現地調査の結果を総合して考察すると以下が指摘できる。

- ① 解析の結果得られた各地質単元の分布は、既存の地質図と良く一致するが、一部の地区では地質単元の分布及び構造が異なるので、今後の現地調査での確認が必要である。
- ② キナバル地区のラノウ周辺で見られる多くの小規模な環状構造は、いずれも貫入岩体と密接な関係を示しており、現地調査ではこれらの貫入岩体にいずれも黄鉄鉱の鉱染が認められた。この様に、環状構造と鉱化作用との間に密接な関係が認められるので、今後ともこの環状構造に注目することが重要である。
- ③ ビドゥビドゥヒル鉱床に代表される本地域でのキプロス型の銅鉱床は、地質単元 Pa-1 の Chert-Spilitite 層中に賦存するので、今後この種の鉱床の探査には本層の火山層序の確立が重要であると考えられる。なお、現地調査では、本層中の玄武岩質枕状溶岩に黄鉄鉱の鉱染が多く箇所で見られた。
- ④ 現地調査の結果ラプク及びセガマの両地区では、地質単元 ub 中に一連のオフィオライトの構成岩と考えられるハルツバージャイト、ダナイトなどの超塩基性岩や層状斑れい岩などが認められる。これらの岩体の層序を確立することは、今後のクロム鉄鉱の探査にとって重要と考えられる。
- ⑤ 超塩基性岩の分布域では、赤色のラテライト質土壌が発達するが、この超塩基性岩を覆うラテライト質土壌を分析した結果では、Niが0.86 %の値を示しており、ニッケルラテライト鉱床の存在が推定される。なお、ラテライトの発達は、セガマ地区に比較してラプク地区がより顕著である。

本調査での画像解析結果に基づいて行った現地調査の結果では、多くの箇所で見られた黄鉄鉱の鉱染が認められることから鉱床賦存の可能性が高いと判断されるが、各地区とも土壌の発達が著しく露出状況も良くないことから、次年度以降に予定されている地化学探査や次年度に解析作業を行う空中物理探査の結果が、今後の探査にとって重要であると考えられる。