

マレーシア国 鉍物資源基本図調査
資源開発協力基礎調査報告書
サバ地域

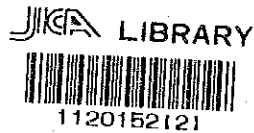
総括報告書

平成6年3月

国際協力事業団
金属鉍業事業団

マレーシア国 鉍物資源基本図調査
資源開発協力基礎調査報告書
サバ地域

総括報告書



27844

平成6年3月

国際協力事業団
金属鉍業事業団

国際協力事業団

27844

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物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年度から平成5年度までの4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、4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位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成6年3月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介

金属鉱業事業団
理事長 石川 丘

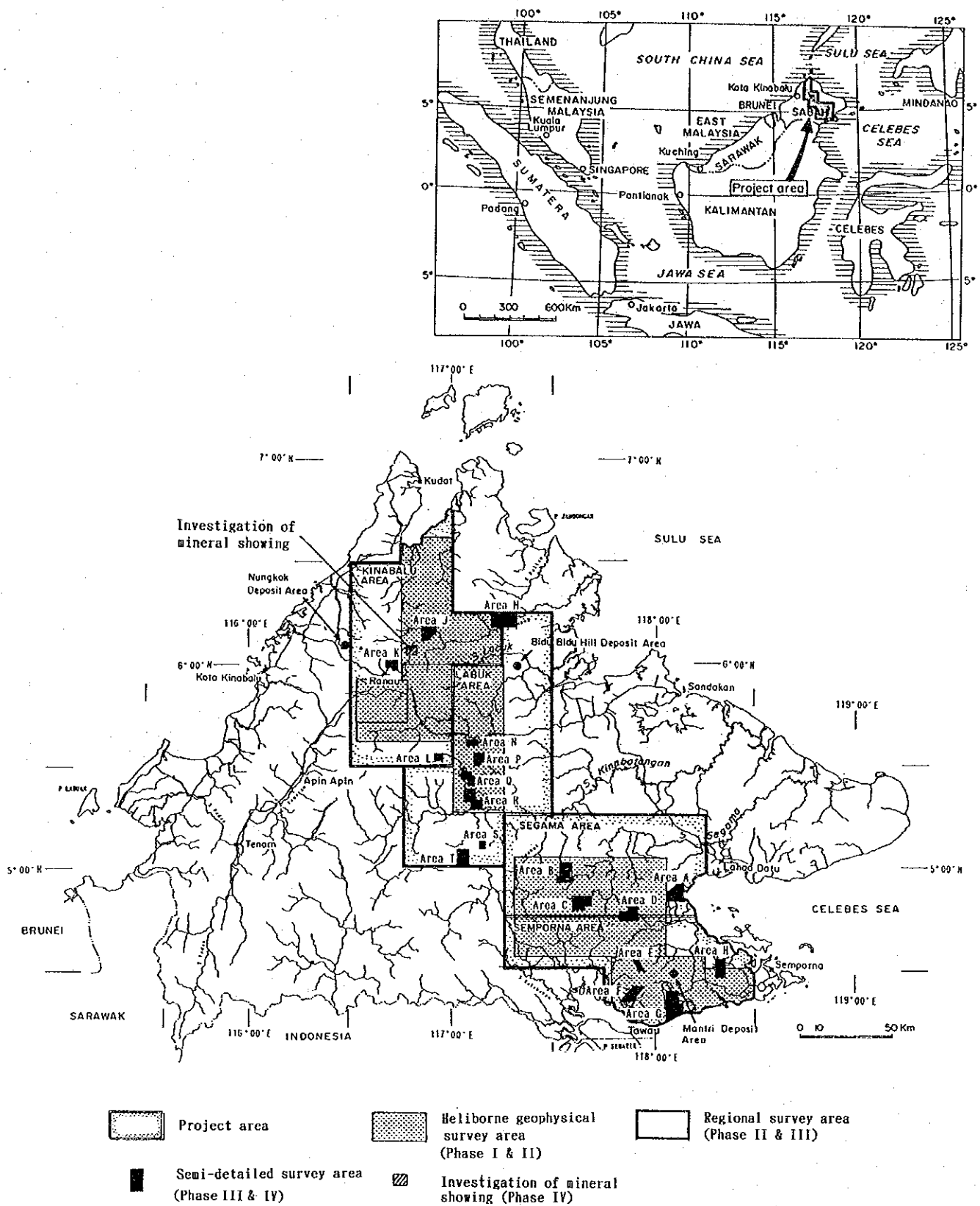


Fig. 1 Location map of the project area

要 約

本調査は、日本政府とマレーシア政府との間で平成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いて鉱物資源賦存の可能性を調査することを目的として、平成2年度より平成5年度の4か年間実施した。本報告書は、この調査の総括報告書である。

本調査では、既存資料収集、衛星画像解析、地質調査、空中物理探査、地化学探査及び鉱微地調査を行った。第1年次の調査では、既存資料収集、衛星画像解析、最適の調査手法を明らかにするための地化学探査の予察調査及び空中物理探査を行った。第2年次の調査では、第1年次に引き続き空中物理探査を実施するとともに、調査地域南部のセガマ地区及びセンポルナ地区の全域に対し広域地化学探査及び鉱微地調査を行った。第3年次の調査では、前年度の広域地化学探査の結果抽出された有望地8地区に対して地化学探査の準精査を実施するとともに、調査地域北部のキナバル地区及びラブク地区に対して第2年次の調査と同様の広域地化学探査及び鉱微地調査を行った。最終年次に当たる第4年次の調査では、鉱微地調査の結果抽出されたキナバル地区の1地区に対し鉱微地精査を実施するとともに、第3年次にキナバル地区及びラブク地区で実施した広域地化学探査の結果抽出された有望地区10地区に対し地化学による準精密調査と第3年次の調査で鉱化帯の確認されたセガマ地区の1地区に対し地質調査を行った。

本調査の結果では、準精密調査の実施範囲より5か所が有望地として抽出された。これらの箇所と対象となる鉱床は以下の通り。

- ① ラブク地区最南端のT地区 : 金及び斑岩型銅鉱床
- ② タブク地区テルピド西方のN地区 : ラテライト型ニッケル鉱床
- ③ ラブク地区カラマック川中流のQ地区 : 脈状～鉱染状銅鉱床
- ④ セガマ地区ダヌン川上流のB地区 : 脈状～鉱染状銅鉱床
- ⑤ キナバル地区ラノウ東方のK地区 : ラテライト型ニッケル鉱床

これらの箇所のうち最も顕著な箇所は、T地区である。この地区より採取した鉱化帯の試料の幾つかでは、高い金銀品位（最高値 Au 18.4 g/t、Ag 931.4 g/t）を示す。本調査では、有望地の概要が明らかとなったのみであるので、これらの箇所に対しては引き続きその全貌を解明するための精密調査の実施が必要である。

本調査では今後の探査活動に必要な基礎的データを取得した。これらのデータを有効に利用することにより、今後の調査を効率的に実施すると共に新たな可能性を見いだすことが可能である。具体的には、以下の点に留意すべきである。

- (1) 地質調査及び鉱床探査を実施する場合、全体構造を把握するために衛星画像を活用する。
- (2) 地質構造の解明や変質帯の抽出に空中物理探査結果を活用する。
- (3) 広域地化学探査の結果抽出された異常帯で準精密調査の実施されなかった箇所については

将来の調査が望まれる。

- (4) 準精密調査の結果抽出された異常帯で鉍化作用との関係が不明瞭な箇所に対しては、その
の解明を図ることが望まれる。

本調査で取得されたデータは、その殆どをテープに入力しておりコンピュータによる再処理が
可能である。更に、入力されたデータは、範囲の指定や部分的な取り出しも可能である。今後の
調査では、本調査により取得されたこの基礎的データを有効に活用することが効果的な調査を実
施する上で重要である。

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 調査の概要及び調査量	1
1-3 調査団の編成	3
1-4 調査期間	6
第 2 章 調査地域の地理	7
2-1 位置及び交通	7
2-2 地形及び水系	7
2-3 気候及び植生	8
第 3 章 調査地域の地質概要及び鉱業略史	9
3-1 地質概要	9
3-2 鉱徴地及び鉱業略史	9
第 4 章 調査結果	15
4-1 地化学探査（予察）	15
4-2 衛星画像解析	17
4-3 空中物理探査	18
4-4 広域地化学探査	21
4-5 準精密調査地化学探査及び地質調査	26
4-6 鉱徴地調査	29
第 5 章 結論及び提言	31
5-1 結 論	31
5-2 将来への提言	33

第 II 部 各 論

第 1 章 予察調査	35
1-1 調査範囲	35
1-2 地化学探査	35
第 2 章 衛星画像解析	41
2-1 調査範囲	41
2-2 使用データ	41
2-3 解析手法	45
2-4 解析結果	45
2-4-1 MSSデータ	45
2-4-2 TMデータ	52
第 3 章 空中物理探査	61
3-1 調査範囲	61
3-2 調査方法及び作業量	61
3-3 データ処理	65
3-4 調査結果	69
第 4 章 広域地化学探査	87
4-1 調査範囲	87
4-2 調査方法及び作業量	87
4-3 解析手法	89
4-4 調査結果	90
4-4-1 地質及び鉱化作用	90
4-4-2 試料採取	92
4-4-3 河床堆積物地化学探査	94
4-4-4 パンニング試料定量分析	111
4-4-5 岩石地化学探査	112
4-4-6 土壌地化学探査	114
4-4-7 室内試験結果	115
第 5 章 準精密地化学探査及び地質調査	119
5-1 調査範囲	119
5-2 調査方法及び作業量	119
5-3 解析手法	122

5-4	調査結果	123
5-4-1	セガマ地区	123
5-4-2	センボルナ地区	126
5-4-3	キナバル地区	128
5-4-4	ラブク地区	130
第6章	鉱徴地調査	135
6-1	調査の概要	135
6-2	作業量	135
6-3	調査結果	135

第III部 結論及び提言

第1章	結論	141
第2章	将来への提言	143
参考文献	(References)	145
図表一覧	(List of figures, tables)	147

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、日本政府とマレーシア政府との間で平成2年8月1日に締結された作業協定 (Scope of Work) に基づきマレーシア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。調査地域として抽出された範囲 (Fig. 1) は、サバ州において鉱物資源の鉱徴が多く知られており、金属鉱床賦存の可能性の最も高い地域である。本調査は平成2年度を初年度とし、平成5年度までの4年間で実施した。

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、本調査では、既存資料収集、衛星画像解析、空中物理探査、広域地化学探査及び鉱徴地を調査地域の大部分に対して実施し、これらの調査の結果抽出された鉱物資源の有望地に対して地化学探査及び地質調査を行った。

本調査の調査期間中に採用した調査手法と、その流れをFig. I-1のフローシートに示す。

1-2 調査の概要及び作業量

調査地域は、サバ州の北西部より南東部にかけての広い範囲 (26,500 km²) を占め、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 (Fig. 1) より構成される。

本調査の内容を年次別に要約すると以下のとおり。

- 第1年次
 - ・既存資料収集及びコンパイル。
 - ・第2年次以降に予定されている広域地化学探査の最適手法を選定するため、既知の金属鉱床周辺地区に対する予察地化学探査。
 - ・広域的な地質及び地質構造を明らかにするための衛星画像解析。本調査ではMSS及びTMの両データを使用した。
 - ・広域的な地質構造を明らかにすることを目的として、ヘリコプターによる空中物理探査の測定。
- 第2年次
 - ・予察地化学探査の結果より選定された手法を用いたセガマ地区及びセンボルナ地区に対する広域地化学探査。
 - ・第1年次に引き続きヘリコプターによる空中物理探査の測定及び第1年次の測定結果も含めた解析。
 - ・セガマ地区及びセンボルナ地区に対する鉱徴地調査。
- 第3年次
 - ・第2年次と同様の手法を用いたキナバル地区及びラブク地区に対する広域地化学探査。

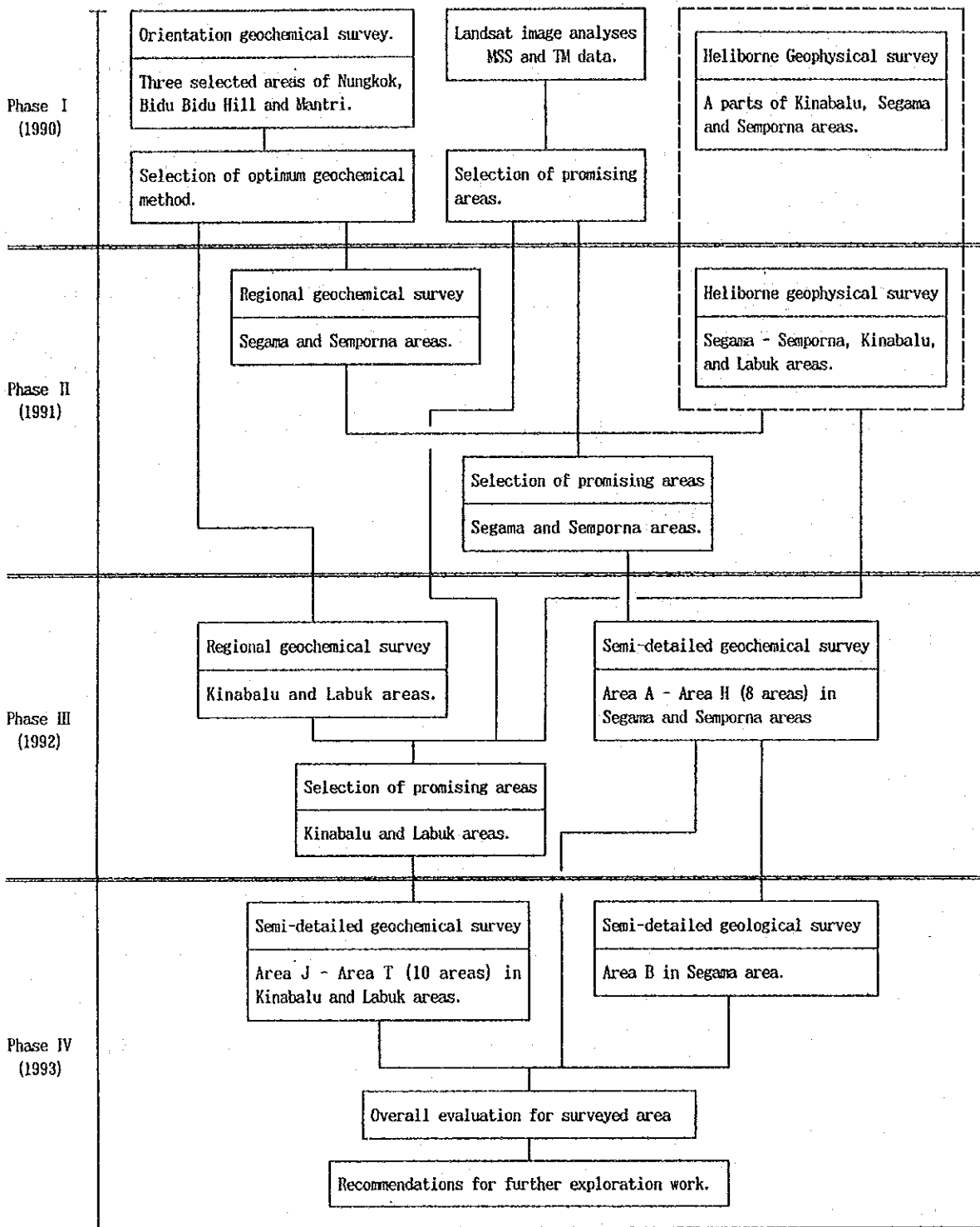


Fig. I-1 Work flowchart of the project

- ・前年度セガマ地区及びセンボルナ地区に対する広域地化学探査の結果抽出された有望地8地区に対する地化学探査による準精査。
 - ・キナバル地区及びラブク地区に対する鉍微地調査。
- 第4年次
- ・前年度キナバル地区及びラブク地区に対する広域地化学探査の結果抽出された有望地10地区に対する地化学探査による準精査。
 - ・前年度セガマ地区の準精査の結果顕著な地化探異常の確認された区域に対する地質調査。
 - ・キナバル地区タンパング山周辺地区の鉍微地調査。
 - ・調査結果の取り纏めと総合解析。この結果に基づく今後の探査方針の提言。

本調査で実施した各手法ごとの作業量を Table I-1に、これらの調査に伴い実施した室内試験の数量を 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、以下の通り。

(1) 調査計画策定及び折衝

日 本 国 側	マ レ イ 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	Wan Mazlan Ministry of Primary Industries
小山 恭一 金属鉍業事業団	Mohd Irwar Serigar Economic Planning Unit
逆瀬川敏夫 金属鉍業事業団	Sabah office
辻本 崇史 金属鉍業事業団	David T.C. Lee Geological Survey of Malaysia
増田 信行 金属鉍業事業団	Lim Peng Siong Geological Survey of Malaysia
梶谷 雄司 金属鉍業事業団	Alexander Yan Geological Survey of Malaysia
縄田 透 金属鉍業事業団	
霜鳥 洋 金属鉍業事業団	
升田 健蔵 金属鉍業事業団	
両角 春寿 金属鉍業事業団	
五十嵐吉昭 金属鉍業事業団	

Table I-1 Summary of work amounts

(1) Landsat image analyses (Phase I)

Data	Prepared image	scene	scale	Coverage
MSS data	False color image	4 scenes	1:200,000	26,500 km ²
TM data	False color &	3/4 scene	1:100,000	19,125 km ²

(2) Heliborne geophysical survey (Phase I - Phase II)

	Kinabalu area	Labuk area	Segama area	Semporna area	Total
Coverage	5,020 km ²	2,300 km ²	2,820 km ²	3,210 km ²	13,350 km ²
Line length	9,919.2 km	4,554.0 km	5,094.0 km	8,011.2 km	27,578.4 km

(3) Orientation geochemical survey (Phase I)

Coverage and sample media	Unit	Area			Total
		Nungkok	Bidu Bidu Hill	Mantri	
Coverage	km ²	16.2	16.1	16.1	48.4
Stream sediments	sample	240	243	243	726
Soil	sample	246	246	243	735
Pan concentrates	sample	32	32	32	96

(4) Regional geochemical survey (Phase II - Phase III)

Coverage and sample media	Unit	Name of area				Total
		Kinabalu	Labuk	Segama	Semporna	
Coverage	km ²	7,500	7,700	5,900	5,400	26,500
Stream sediments	sample	3,342	2,974	2,740	2,580	11,636
Pan concentrates	sample	193	169	175	160	697
Soil	sample	48	225	74	17	364
Rock	sample	52	70	51	50	223
Ore	sample	6	5	5	5	21

(5) Semi-detailed geochemical survey (Segama and Semporna areas in Phase III)

Coverage and sample media	Unit	Area								Total
		A	B*1	C	D	E	F	G	H	
Coverage	km ²	85	70	72	55	18	54	146	70	570 km ²
Stream sediments	sample	—	40	140	—	—	—	—	—	280 sample
Soil	sample	340	44	140	221	72	122	581	282	1,902 sample
Rock	sample	2	12	7	4	1	1	2	1	30 sample
Ore	sample	2	8	5	2	1	2	1	0	21 sample

*1: Semi-detailed geological survey was carried out in the area covering 32 km² in Phase IV.

(6) Semi-detailed geochemical survey (Kinabalu and Labuk areas in Phase IV)

Coverage and sample media	Unit	Area										Total
		J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	
Coverage	km ²	38	30	20	119	21	26	42	75	12	70	453
Stream sediments	sample	—	—	80	—	—	105	85	150	25	—	445
Soil	sample	150	240	—	476	170	—	85	150	25	280	1,576
Ore	sample	0	3	0	0	2	0	2	0	0	13	20

Table I-2 Summary of laboratorial studies

(1) Laboratorial studies

Phase	Survey method	Thin Section	Polished section	X-ray diffract	Polished thin sect.	QME* ¹	EPMA	Physical Properties
	Unit	sample	sample	sample	sample	sample	sample	sample
Phase I	Photogeologic interpretation	51	25	11	5	—	5	—
	Orientation geochemical survey	30	15	16	8	96	8	—
Phase II	Regional geochemical survey	22	10	10	—	387	—	—
	Heliborne geophysical survey	—	—	—	—	—	—	106
Phase III	Regional geochemical survey	6	3	—	—	310	—	—
	Semi-detailed geochemical survey	26	12	15	—	—	—	—
Phase IV	Semi-detailed geochemical survey	12	10	10	—	—	—	—
	Semi-detailed geological survey	5	13	10	—	—	—	—

*1: Qualitative mineral examination

(2) Chemical analyses

Phase	Survey method	Stream sediments	Soil	Rock	Ore	Whole rock	Pan con-centrates
	Unit	element	element	element	element	element	element
Phase I	Photogeologic interpretation	—	—	—	468	1,377	—
	Orientation geochemical survey	13,794	16,905	—	—	—	3,168
Phase II	Regional geochemical survey	132,888	678	2,561	70	—	—
Phase III	Regional geochemical survey	111,468	1,506	2,121	77	—	—
	Semi-detailed geochemical survey	5,880	39,942	630	147	—	—
Phase IV	Semi-detailed geochemical survey	6,145	26,538	—	140	—	—
	Semi-detailed geological survey	—	—	—	46* ¹ 322	—	—

*1: Number of collected ore samples.

(2) 現地調査

日 本 国 側				マレーシア国側	
永松	武彦	団長* ¹ 、地化学探査 大手開発(株)		Lim Peng Siong	Principal geologist GSM
松橋	秀郎	団長* ² 、鉱微地調査 海外鉱物資源開発(株)		Alexander Yan	Senior geologist GSM
南野	正彦	団長* ³ 、地化学探査 大手開発(株)		Joanes Muda	Geologist GSM
門馬	忠彦	地化学探査 大手開発(株)		Paulus Godwin	Geologist GSM
鈴木	強	地化学探査 大手開発(株)		Allagu Balaguru	Geologist GSM
津隈	良功	地化学探査 大手開発(株)		Cleafos Totu	Geologist GSM
岡崎	正次	地化学探査 大手開発(株)		Salleh Adanan	Geologic Assist. GSM
後藤	求	地化学探査 大手開発(株)		Japili Samin	Geologic Assist. GSM
斉藤	正行	地化学探査 大手開発(株)		Rojer Totu	Geologic Assist. GSM
石井	学	地化学探査 大手開発(株)		Kamil Kamaruddin	Geologic Assist. GSM
山縣	順一	地化学探査 大手開発(株)		Jolouis Supilin	Geologic Assist. GSM
兵頭	浩	地化学探査 大手開発(株)			
杉山	和稔	地化学探査 大手開発(株)			
川村	淳	地化学探査 大手開発(株)			
佐々木	進	空中物理探査 大手開発(株)			
加藤	雅胤	空中物理探査 大手開発(株)			

*¹: 第1、2、3年次、*²: 鉱微地調査、*³: 第4年次
GSM: Geological Survey of Malaysia

1-4 調査期間

本調査に伴う現地調査の期間は、以下の通り。

第1年次 平成2年10月18日 ~ 平成3年1月13日
 第2年次 平成3年7月16日 ~ 平成4年1月20日
 第3年次 平成4年7月7日 ~ 平成4年12月23日
 第4年次 平成5年6月21日 ~ 平成5年9月7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マレーシアとボルネオ島北西部に位置する東マレーシアより構成される。西マレーシア及び東マレーシアを合わせた総人口は、約 1,650万人で、その面積は約 33 万 km²である。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。本調査地域はサバ州中央部の広い範囲を占め、その総面積は 26,500 km² である。調査地域は、調査を進める関係上4地区に分割し、北西部より南東方向にキナバル地区、ラブク地区、セガマ地区、センボルナ地区と命名した。

サバ州の州都は、クタ・キナバル(Kota Kinabalu) で西海岸に位置する。クタ・キナバルには国際空港があり、国外よりの交通は至便である。サバ州内の主要な町には、クタ・キナバルより国内定期便が発着している。主要道路は、クタ・キナバルよりラナウ(Ranau)、テルピド(Telupid) を経由して東海岸のサンダカン(Sandakan)へ至る道路と、サンダカンよりラハッド・ダーツ(Lahad Datu) を経て南海岸のタワウ(Tawau) へ至る道路である。この道路はキナバル地区及びラブク地区の中央部を、セガマ地区及びセンボルナ地区の東部を走る。キナバル地区は、ラナウの町を中心として比較的道路網が発達しているが、同地区の南部では限られる。ラブク地区では、中心部のテルピドより数条の木材運搬用の道路が南北に走っているのみである。セガマ地区での道路網は、東側の海岸沿いに限られる。地区の中央部より西部に通じる道路は無く、河川の利用のみが唯一の交通手段である。センボルナ地区では、西部及び中央部を除けばプランテーション用の農道が発達しており、比較的交通は至便である。

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概略区分される。本調査地域の北西部キナバル地区の西端には、東南アジア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、特に急峻である。ラブク地区は、全般に丘陵地形を示すが、東部では主要河川に沿って平坦な湿地帯が広範囲を占めており、さらに河川も著しく蛇行している。セガマ地区では丘陵地形が東端の海岸線まで達するが、地区の北部では河川に沿って平坦地が広がっている。また、各河川の上流部では深い溪谷が発達する。センボルナ地区では、東部及び中央部は、火山地形を示し比較的急峻であるが、これ以外の地区は比較的平坦な丘陵地形を示す。

調査地域を流れる主要河川は、ペガララン(Pegalan) 川、スグット(Sugut) 川、ラブク(Labuk)

川、キナバタンガン (Kinabatangan) 川、セガマ (Segama) 川、ティンカユ (Tingkayu) 川、カルンパン (Kalumpang) 川、カラバカン (Kalabakan) 川等である。これらの河川のうちベガラン川は南シナ海に、スグット川、ラブク川、キナバタンガン川、セガマ川及びティンカユ川はスール (Sulu) 海に、カルンパン川及びカラバカン川は南のセレベス (Celebes) 海に注いでいる。これらの河川は上流部で渓谷を造り、下流部では著しく蛇行する場合が多く、最下流部ではマングローブの生い茂る湿地帯を構成する。

2-3 気候及び植生

本調査地域は熱帯モンスーン気候の範囲に位置するため、8月より1月にかけての比較的雨の多い季節と、2月より7月にかけての雨の少ない季節とがある。気温は、年間を通じてほとんど変化無く22~33℃の範囲にある。サバ州の西海岸に位置するコタ・キナバルと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 I-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、東海岸側の方が降雨量が多い傾向を示す。

本調査地域の大部分は、ジャングル地帯が占める。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が、本調査地域のジャングルの大部分は、二次ジャングルである。調査地域の東部及び南部ではプランテーションが広く分布し主としてカカオ、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 調査地域の地質概要及び鉱業略史

3-1 地質概要

本調査地域は、サバ州の北西部より南東部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がこの範囲に位置する。本調査地域の地質図をFig. I-2に示す。この地質図は既存の地質図(Heng Y.E., 1985)の一部を本調査の結果に基づき一部修正したものである。

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)とこの時期からの堆積岩類(N₁, N₂, N₃, N₄, N₅)の堆積(中新世前期～更新世)により構成されている。

火山活動としては、白亜紀の超塩基性岩類の侵入、造山活動及びその後の深成岩類の侵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挙げられる。

本地域の基盤をなす片岩、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分布する。超塩基性岩類は、キナバル、ラブク、及びセガマの3地区で主として見られ、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、花崗閃緑岩などの侵入(中新世後期～鮮新世)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に分布し、この火山帯は北東方向へ伸びフィリピン南部まで連続する。

3-2 鉱徴地及び鉱業略史

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クロムや白金の鉱床、ラテライト質土壤に伴われるアルミやニッケルなどの風化残留鉄床、堆積岩類に伴われたマンガン鉱床などが知られている。調査地域の主要な既知の鉱床及び鉱徴地の分布図(Leong K.M., 1976)を、Fig. I-3に示す。

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、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。現在の操業規模は、粗鉄日産約20千トン、Cu 0.47%であり、Mamut Copper Mining社により、

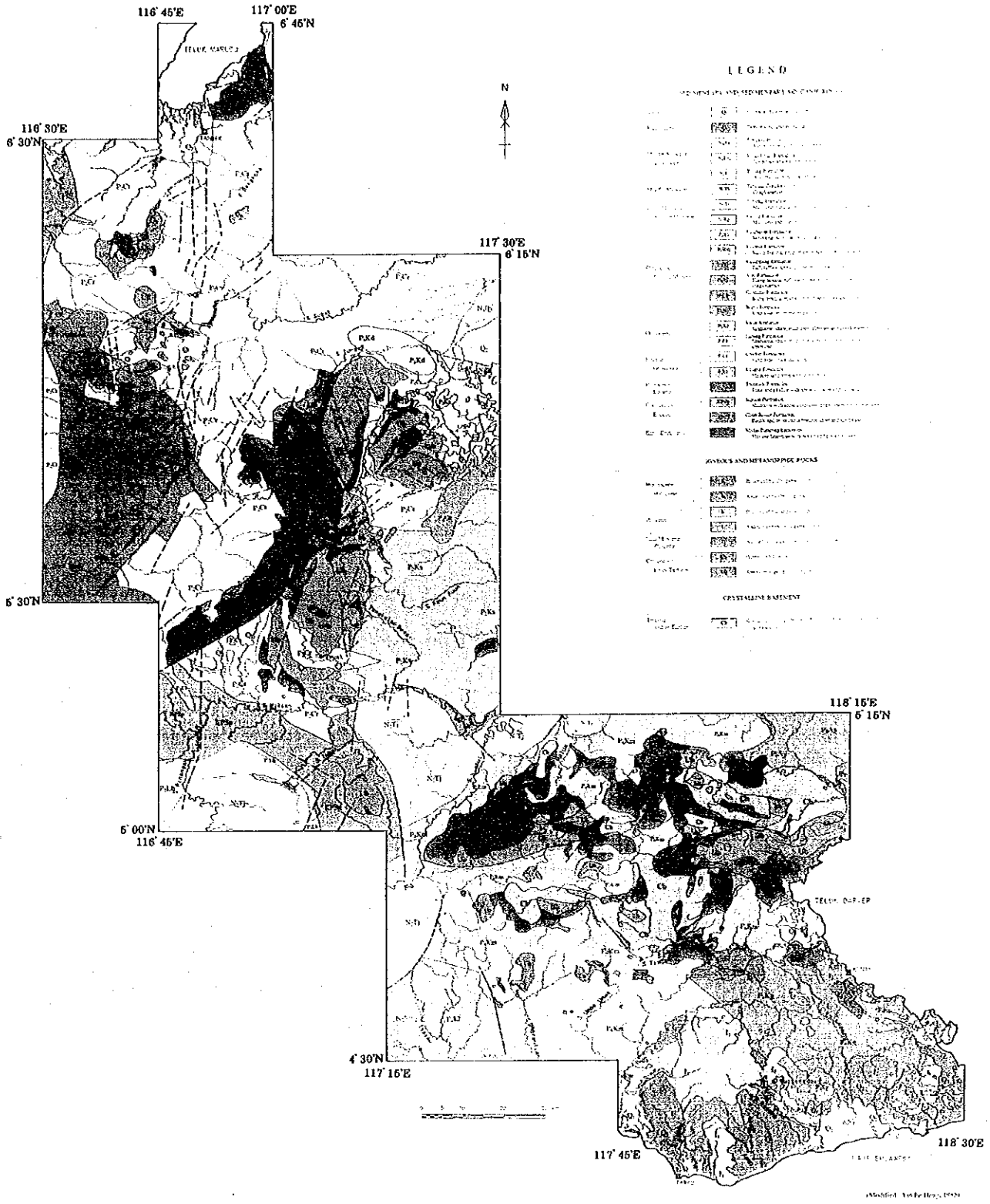


Fig. I-2 Geologic map of the project area

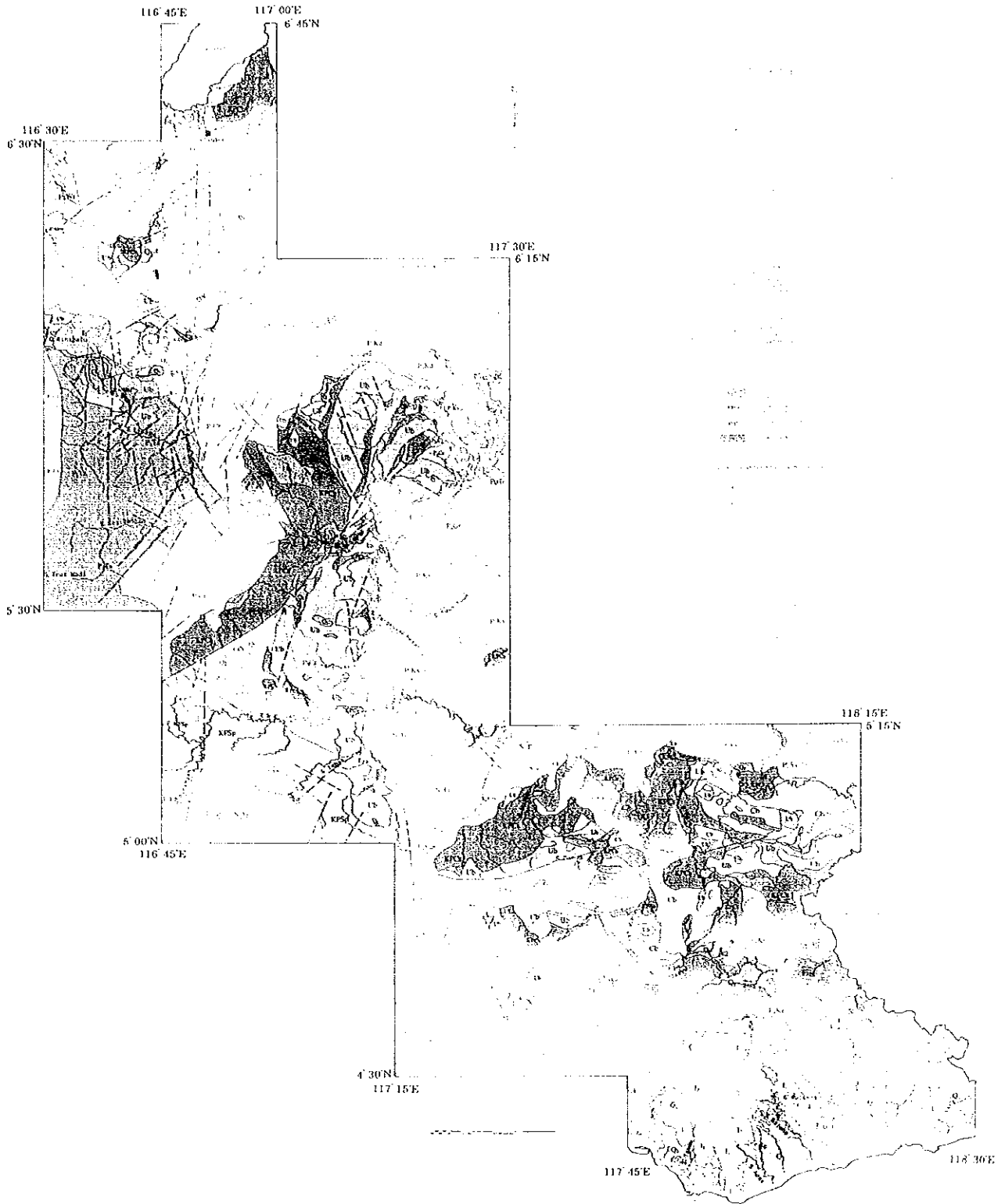


Fig. I-2 Geologic map of the project area

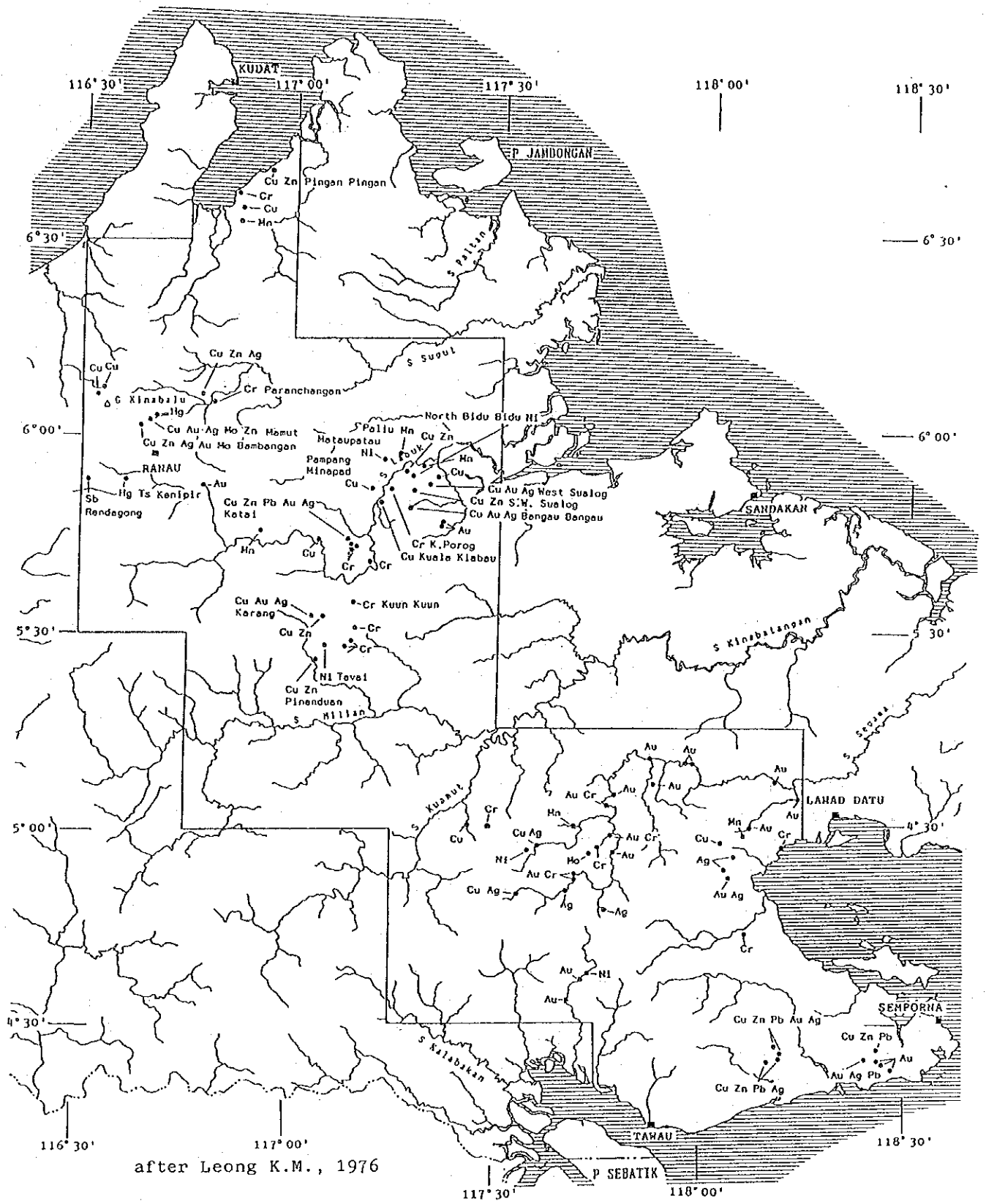


Fig. I-3 Distribution map of mineral occurrences in the project area

人員約1,300名で操業している。

探鉱作業がほぼ終了して開発待ちの鉱床としては、ラプ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、スピライト質噴出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。

第4章 調査結果

本調査では、調査地域における鉱物資源賦存の可能性を明らかにするため、地化学探査の予察調査、この予察調査結果に基づく調査地域全域に対する広域地化学探査、広域地化学探査の結果抽出された有望地に対する準精密調査を行った。これらの調査に加えて、調査地域の地質構造と鉱化作用との関係を明らかにするため、衛星画像解析及び空中物理探査を実施した。これらの調査の結果は以下の通りである。

4-1 地化学探査（予察）

本地化学探査は、第2年次以降に計画されていた地化学探査に対する最適な調査の方法を決めるための予察的な地化学探査であり、既知鉱床を含む3か所の地区で実施した。選定された鉱床のタイプは、斑岩型銅鉱床、キプロス型銅鉱床及び熱水型金鉱床である。これらの鉱床タイプは調査地域で最もその可能性が高いと考えられている金属鉱床である。

本調査では、地化学探査の試料種として、河床堆積物試料、パンニング試料、土壌試料を採用した。最適な試料の採取位置を決めるため、河床堆積物試料及び土壌試料については、同一地点の3か所で試料を採取しその結果を比較した。採取した試料については有効な指示元素を明らかにするため、河床堆積物試料19元素、パンニング試料33元素、土壌試料23元素の化学分析を行った。解析の手法についても種々の手法を試みた。本調査の結果を要約すると以下とおりである。

- 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、簡便な手法が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一手法、多変量解析手法を一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。

以上の調査結果に基づけば、広域地化学探査の調査方法としては、以下の方法が適当と考えられる。

- 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 分析する元素としては、As、Au、Ba、Cr、Cu、Mn、Mo、Pb、S、U、W、Zn の 12 元素が少なくとも含むことが必要である。

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) を実施すべきである。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 分析元素は少なくとも、Al、Co、Fe及び Ni の 4 元素を含める。

現地調査の方法としては、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。

第3年次に予定されている広域地化学探査の調査方法については、第2年次に実施する広域地化学探査の結果を基に、その調査方法を決定すべきである。

4-2 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より得られた5シーンのMSSデータ及び1シーンのTMデータを使用した。作成した画像の位置関係をFig. II-2-1に、TMデータにより作成したフォールスカラー画像をFig. II-2-2に示す。

(2) 解析方法

作成した縮尺20万分の1の画像(MSS)及び縮尺10万分の1の画像(TM)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-2-2及びTable II-2-3に示すような、それぞれ18の地質単元(MSS)及び15の地質単元(TM)への区分が可能であった。この結果に基づきMSSデータによる画像よりFig. II-2-3に示す解析図とFig. II-2-4に示す地質構造図を作成した。さらに、TMデータによる画像よりFig. II-2-5の解析図とFig. II-2-6の地質構造図を作成した。尚、MSSデータの解析図については、現地調査を実施し、その結果も加えて作成した。

(3) MSSデータによる画像の解析結果

MSSデータにより作成した画像の解析結果及びこの解析結果に基づいて行った現地調査の結果を要約すると以下の事項が指摘される。

- 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しており、今後の地質調査ではこの解析結果を利用することで効率的な調査が実施可能である。解析結果と既存の地質図とが一致しない区域については、今後の調査が望まれる。
- ② キナバル地区のラナウ周辺で見られる画像上の環状構造は、現地調査の結果では、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鉍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、この構造と鉍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、チャート・スピライト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鉍床及びクロム鉍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。

(4) TMデータによる画像の解析結果

ランドサットTMの公称地上分解能は30 mであり、MSS（公称地上分解能80 m）よりはるかに優れた情報を提供しており、本調査でもMSSデータで作成した画像では見られなかった構造が抽出されている。本調査の画像作成に当たっては、主成分圧縮処理を行い画像を作成した。この処理方法は、スペクトル情報に加えて地形情報も見られることから地質判読作業には適切な画像処理技術であることを示した。

TMデータより作成した画像の解析結果では、以下が指摘される。

- ① 地質解析の結果、広域的にはキナバル地区のラナウ東方10 kmでN-S方向の断層群の存在が抽出された。この断層群の西側と東側とは地質構造が著しく異なっており、ラナウ周辺の地質及び鉱床に影響を与えているものと考えられる。今後この地区の調査を実施する場合には、この断層群の存在を考慮することが重要である。
- ② TM画像でもキナバル地区のラナウ周辺において環状構造が抽出される。これらの環状構造は鉱化作用を伴う貫入岩類との関係が認められることから、今後の探査では重要な構造と考えられる。
- ③ ラブク地区のビドゥ・ビドゥヒル周辺では、ビドゥ・ビドゥヒル鉱床に類似した地質状況を示す区域としてラブク川周辺が抽出された。今後、鉱床周辺の地質状況の把握と共に、この区域の調査及び鉱床地域との対比が必要と考えられる。

今回の調査で作成した画像は、既存のデータのなかで最良のものを使用した。それでも雲量が多く全域のカバーはできなかった。特に、センボルナ地区については、雲量が多く解析できなかった。従って、今後の解析には合成開口レーダによる画像解析が望まれる。

4-3 空中物理探査

(1) 調査範囲

第1年次及び第2年次の2年間で、キナバル地区北部、南部、ラブク地区、セガマ地区、センボルナ地区北部及び南部の6地区（総面積13,350 km²）に対し総測線延長27,578.4 line-kmの空中物理探査を行った。更に、調査地域を代表する岩石試料に対し帯磁率及び放射線強度の測定を行い解析に供した。各調査地区の位置をFig. II-3-1に示す。本調査を行った範囲は、調査地域の中でも特に鉱徴地が多く知られていた範囲である。

(2) 調査及び解析手法

本調査では、ヘリコプターによる空中磁気法及び空中放射能法（γ線）を採用した。本調査の測定及びデータ処理は、カナダのAerodat Limitedが行った。本調査の仕様は以下の通り。

- ① 手 法 ヘリコプターによる空中物理探査

- ② 測定項目 全磁力強度、放射線強度 (U, Th, K Total Count)
- ③ 飛行高度 対地 150 m ± 30 m 磁力計センサー高度 対地 150 m
放射線センサー高度 対地 150 m
- ④ 測線間隔 主測線 500 m, 交叉測線 10 km
- ⑤ 航法・航速 GPS航法, 対地速度 135 km/h

本調査の現地調査は、調査地区またはその近傍に航空基地を設置し行った。各航空基地では、地球磁場の日変化及び磁気嵐を監視するため地上磁力計を設置した。

本調査では、解析のため全磁力線図 (Fig. II-3-2)、全放射線図 (Fig. II-3-3) 及び放射線合成図 (Fig. II-3-4) を作成した。これらの図及び第1年次及び2年次に作成した縮尺1:50,000及び1:100,000の各種解析図を用いて磁気異常図 (Fig. II-3-5) 及び放射線異常図 (Fig. II-3-6) を作成し、地質との対比を行った。

(3) 物性測定結果

野外及び採取した岩石試料に対する帯磁率及び放射線強度の測定結果では、高磁性を示す試料は斑れい岩、蛇紋岩、玄武岩、安山岩、角閃岩、ホルンフェルス、アダメライト、花崗閃緑岩及び凝灰岩が挙げられる。石灰岩、凝灰岩を除く砂岩、頁岩などの堆積岩類、ホルンフェルス、アダメライト、花崗閃緑岩などは全放射線が高カウントを示す。

高磁性・高放射線カウントを示す岩石は、ホルンフェルス、アダメライト及び花崗閃緑岩であり、これらの岩石の分布する地区では振幅の大きい磁気異常と高カウント全放射線異常が重複して現れると考えられる。

(4) 空中物理探査結果

本調査の結果を要約すると以下の通り。

- ① キナバル地区北部では、N-S系の磁気不連続線が卓越するとともに、同方向にカリウムによる寄与が最も大きい高カウント異常群が配列する。この方向は画像解析の結果抽出された断層の方向と一致しており、主要な地質構造を反映していると考えられる。地区の北側では、E-W及びENE-WSW方向に配列する大振幅短波長磁気異常群は地表付近の高磁性のチャート・スピライト層 (KPCs) に対応する。この高磁性岩体は、斜交するN-S系の磁気不連続線でブロック化されている。
- ② キナバル地区北部の中央西端では、地下深部に潜在する高磁性岩体に対応する長波長で比較的大振幅の低磁気異常が見られる。南西部で見られるNW-SE方向に雁行する比較的短波長の高振幅磁気異常群は、地表付近に分布する高磁性の超塩基性岩類、アダメライト、花崗閃緑岩及びチャート・スピライト層に対応する。これらの高磁性岩体もN-S系の不連続線でブロック化されている。また、低磁気異常部にはウランとトリウムの寄与による顕著

な高カウントの異常群が分布する。

- ③ キナバル地区南部では低磁性で放射線強度が大きい堆積岩類（砂岩）が広く分布し、またラブク地区では高磁性で放射線強度の低いチャート・スピライト及び超塩基性岩類が卓越して分布しており。その地質状況を良く反映している。
- ④ キナバル地区南部の西部でNW-SE 方向、中央部～南東部でN-S 方向、南部でE-W 方向に配列する比較的長波長で小振幅の磁気異常群の小磁気異常群は、地表下 1～2 km に上面があり、帯磁率が $0.2\sim 0.7\times 10^{-3}$ CGSemu のやや磁性の高い石英安山岩または斑れい岩によって誘起されていると考えられる。全放射線図で本地区が高カウント域であることから、これらの磁気異常群が地表付近ではなく、地下深部に起因することが明らかである。
- ⑤ ラブク地区ではN-S 方向は、主要な磁気異常の配列方向に斜交し、高磁性岩体をブロック化する方向にほぼ一致している。また、全放射線図でこの方向性が示されていることからN-S 方向はキナバル地区・ラブク地区では最も新しい主要な構造であると考えられる。
- ⑥ セガマ地区及びセンボルナ地区の磁気異常分布及び放射線異常分布はともに、各地区の地質及び地質構造を反映した分布を示しており、北部では高磁性・低放射線強度の超塩基性岩類、中央部及び西部では低磁性・高放射線強度の堆積岩類、さらに、南西部及び南東部では高磁性・やや低放射線強度の安山岩がそれぞれ卓越していると考えられる。
- ⑦ セガマ地区の南西部では高磁気異常域内に小振幅で比較的短波長の磁気異常群が多数分布しており、地下浅所（地表付近～地表下 500m）に潜在する超塩基性岩類等の貫入岩体群の存在が考えられる。
- ⑧ センボルナ地区北部の中央部から東部にかけては、多数の比較的長波長の小振幅磁気異常群が分布しているが、これらの地区では高カウント域の中に虫食い状に低カウント域が見られることから、高磁性の超塩基性岩類の貫入岩体が地下浅所に潜在していると考えられる。
- ⑨ センボルナ地区南部の環状地区には、地質図によれば安山岩が広く分布しているが、磁気異常図で推定される高磁性岩体は虫食い状に分布しており、また、全放射線高カウント異常がこの虫食いの地区に見られることから、虫食いの地区では磁性を消失させ、放射線強度を高くするような変質の存在が考えられる。
- ⑩ センボルナ地区南部の南端では、地化学探査の結果ウランの濃集が顕著であったが、空中物理探査ではウランの高カウントが顕著でないことから、ウラン鉱床の可能性は低いようである。

4-4 広域地化学探査

(1) 調査範囲

本調査では、調査地域全域に対して河床堆積物試料による広域地化学探査を実施し、更にパンニング試料及び岩石による調査を行った。これに加えて、調査地区のラテライト質土壤に伴う風化残留鉱床の可能性を明らかにするため、超塩基性岩の分布域に対し土壤試料による地化探査を行った。地化学探査の踏査ルートに沿っては、地質調査を行うとともに室内試験のための試料の採取を行った。これらの結果に基づき総合的な解析を行った。

(2) 調査方法及び作業量

本調査では、指示元素として、以下の元素を採用した。

河床堆積物試料 (21元素)

As, Au, Ba, Co, Cr, Cu, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, S, Sb, Sr, Ti, U, W, Zn

土壤試料 (6元素)

Al, Co, Fe, Cr, Ni, Pt

パンニング試料は、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。

更に、本調査では後背地の地球化学的な特性を明らかにするため代表的な岩石試料を採取し、河床堆積物と同じ元素 (21元素) の分析を行った。

本調査は、調査地域全域の26,500 km²に対して実施した。本調査で採取した試料の総数は、以下のとおり。

地化学探査試料	河床堆積物試料	11,636 試料
	パンニング試料	697 試料
	岩石試料	223 試料
	土壤試料	364 試料
室内試験試料	薄片	28 試料
	研磨片	13 試料
	X線回折	10 試料
	鉱石分析	21 試料

(3) 解析手法

地化学探査の解析は、統計処理結果に基づき濃度分布図を作成し、各元素の濃度の分布を明らかにするとともに、単変量解析及び多変量解析の両手法により行った。単変量解析の手法としてはEDA (Exploratory Data Analysis)法 (Kurzl H., 1988)を、多変量解析の手法としてはクラスタ分析及び因子分析法の両手法を採用した。

EDA法は、単成分データの分散の型に関係せず、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。多変量解析手法として採用したクラスタ分析は、各単成分間の

相関係数に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統計的に抽出する手法である。

地化学探査の解析は、4地区より採取した試料を一括し実施した。各分析結果の統計処理、濃度分布図の作成及び解析には、コンピュータを使用した。

（４）調 査 結 果

本調査では、地化学探査の試料採取に並行して地質の概査を行った。既存の資料と本調査の結果に基づいて地質図（Fig. I-2）を作成した。各手法による調査結果は以下の通り。

河床堆積物地化学探査

本調査で採取した河床堆積物試料の一覧表及びその分析結果は、調査を実施した年度の報告書の巻末に示す。本調査で採取した試料の位置図をFig. II-4-1に示す。元素の統計処理結果をTable II-4-1に、計算した相関マトリックスをTable II-4-2に示す。単変量解析の結果に基づき作成した各元素の濃度分布図を別添のアトラスに示す。これらの濃度分布図のうち Au 及び Cu の濃度分布図をそれぞれFig. II-4-2及びFig. II-4-3に示す。

なお、ここでいう異常帯とは、EDA法により抽出された異常値以上の値を示した試料の分布域を示す。さらに、高濃度帯とは、後背値プラス標準偏差の値以上を示す試料の分布域とする。

本調査の結果明らかとなった一般的な傾向としては、以下が指摘される。

- ① 分析した元素のうち Au (9,320 ppb)、Cr (11.75 %)、Hg (24,736 ppb)、Sb (3,488.0 ppm)、Ti (51.07 %) などの元素の最高値は、通常の地化学探査の結果と比較して著しく高い値を示す。
- ② 各元素間の相関係数を見ると、Cr、Co、Mg、Mn、Ni、Znなどの元素間で高い相関係数を示しており、超塩基性岩類やチャート・スピライト層の分布を良く反映している。Auと高い相関を示す元素は得られていない。Cuと高い相関（相関係数0.500 以上）を示す元素は、Mg、Mn、Na、Ni、S、Zn である。
- ③ 濃度分布図では、Co、Cr、Mg、Ni、Sb、Znなどの元素の高濃度帯が超塩基性岩類の分布域に一致する。また、超塩基性岩類の分布域では、Ba、K が低濃度を示す特徴がある。
- ④ 泥質の堆積岩類の分布域では、As、Ba、K、S及び Uが高濃度を示す。
- ⑤ チャート・スピライト層の分布域では、Cu、Mn、Na、Znなどの元素が高濃度を示す傾向が見られる。
- ⑥ センボルナ地区の火山岩類の分布域では、Ba、Cu、K、Sr、Ti、U、Znなどの元素が高い濃度を示す傾向が認められる。
- ⑦ 本調査地域の基盤をなす結晶質岩の分布域では、Sr、Ti、Znの濃度が高い傾向を示す。

地化学探査結果と既知鉱化帯や変質帯との関係を。要約すると以下のとおりである。

- ① キナバル地区中央部のマムート鉱山周辺では、Au、Cu、Hg、Mo、Pb、S、Sb などの高濃度

及び異常を示す試料が集中しており、調査地域の中で最も顕著な異常帯を構成する。

- ② Auの顕著な異常帯は、ラプク地区南部のイムバック川の支流、センボルナ地区のウラフドルフ山周辺に集中する。イムバック川支流の異常帯では、Au以外の元素としてAs、Hg、Pbの異常帯が重複している。この区域には閃緑斑岩の貫入が見られ、その周辺は鉍化変質を受けている。ウラフドルフ山周辺には、地化学探査の予察調査を行ったマンツリィ鉍床が含まれ、熱水性の金鉍床が知られている。この地区でもAs及びPbの異常帯が重複する。
- ③ Cuの異常帯の最も顕著なものは、キナバル地区のマムート鉍山周辺に見られる。ラプク地区の北部で確認されているビドゥ・ビドゥヒル鉍床も、本調査の結果では、Cuの顕著な異常帯として抽出されている。これら以外の顕著な異常帯は、ラプク地区のカラマック川の流域で抽出されている。本調査の折セガマ地区のダヌン川上流域で鉍徴帯が確認されたがその異常帯の規模は、前述の3か所に比較するとあまり顕著でない。
- ④ センボルナ地域の火山岩類の分布域では、幾つかの熱水による変質帯が見られ、これらの変質帯は、顕著な粘土化を受けている。これらの変質帯は、Hgの異常帯にほぼ一致する。
- ⑤ キナバル地区南東端のカラマック川の支流より採取した試料は、Tiが51.07%と著しく高い値を示しており、チタン鉍床賦存の可能性が推定される。この区域はチャート・スピライト層の塩基性火山岩類の分布域であり、チタン鉍物はその大部分がチタン鉄鉍である。

多変量解析では、クラスター分析と因子分析を行った。クラスター分析の結果(Fig. II-4-4)では、火山岩類と堆積岩類、変質帯、金の鉍化作用、銅の鉍化作用、基盤岩類及び超塩基性岩にそれぞれ関係するクラスターが抽出された。

因子分析の結果では、6個の因子(Table II-4-3)が抽出された。各因子とその因子に関係する元素の組合せより判断すると、第1因子は超塩基性岩に、第2因子は堆積岩及び火山岩に、第3因子は鉍化作用に、第4因子はチャート・スピライト層、基盤岩類及び火山岩類に、第5因子は鉍化作用及び泥質堆積岩類に、第6因子は火山岩類にそれぞれ関係する因子と推定される。

鉍化作用との関係が推定される第3因子の高因子得点を示す試料の分布は、最も顕著なものがマムート鉍山周辺にみられる。これに次ぐ高因子得点部としては、ラプク地区最南端のイムバック川支流流域、センボルナ地区のウラフドルフ山周辺、同地区のカルンバングカワ最上流部に見られる。これらの3か所では、地表調査の結果いずれも鉍化帯または変質帯の存在が確認されている。従って、今後の探査では第3因子の高因子得点部が重要となる。

パンニング試料定量分析

本調査で採取した試料の一覧及びその試料採取位置は、各単年度の報告書に示す。採取した試料の重量は、その地区の地質により著しく異なる。塩基性岩の分布域では、多量の試料が採取されたのに対し、堆積岩の分布域では著しく少量の試料しか採取できなかった。

本調査の結果、主要な重鉍物としては、磁鉄鉍、クロム鉄鉍、赤鉄鉍、チタン鉄鉍、針鉄鉍、黄鉄鉍、ジルコンが見られ、この他少量の白チタン石、金紅石、モナズ石、電気石、自然金が確認された。また、輝石類や角閃石類が多量に認められる試料もある。採取した試料が少量の場合

には、多量の石英や長石が混入した。確認された重鉱物の内磁鉄鉱、クロム鉄鉱などは超塩基性岩の分布域で多量に確認された。チタン鉄鉱及び黄鉄鉱は、チャート・スピライト層中の火山岩類及びセンボルナ地区に広く分布する新期の火山岩類と密接な傾向を示して分布する。針鉄鉱及びジルコンは、堆積岩の分布域で比較的多い傾向が見られる。自然金は、セガマ地区及びセンボルナ地区より採取した数試料で確認された。このうち自然金の出現した試料が最も集中するのは、センボルナ地区のマンツリ山周辺である。

岩石地化学探査

調査地域の地球化学的な特性を明らかにするため、地域を代表する岩石試料を 223 試料採取し検討を行った。採取した試料の試料採取位置、試料の一覧及び分析の結果は、それぞれ単年度の報告書に示す。本調査の結果明らかとなった事項は以下のとおりである。

- ① 超塩基性岩類では、Co、Cr、Mg、Ni、Zn などの元素が高い値を示す。
- ② チャート・スピライト層中の塩基性岩などの塩基性岩類は、Cu、Sb、Zn、Ti の元素が高い値を示す傾向が認められる。
- ③ As、Hg、Pb、U などの元素は、砂岩、頁岩などの堆積岩類で高い値を示す傾向が認められる。
- ④ センボルナ地区の火山岩類の分布域で確認された熱水変質帯では、As、Au、Cu、Hg、Pb、S の各元素が高い値を示す傾向が見られる。
- ⑤ 各元素の濃度とその岩種との関係は、一般的に知られている岩石と元素との関係と同様である。

土壌地化学探査

本調査地域でのラテライト質土壌に伴う風化残留鉱床の可能性を明らかにするため、超塩基性岩類の分布域で土壌による地化学探査の概査を行った。本調査で採取した試料の採取位置、一覧表及び分析結果は、各単年度の報告書に示す。本調査の結果を要約すると以下のとおりである。

- ① キナバル地区のラノウ北東方向 4 km の位置で採取した試料では、Ni が 10,797 ppm、Co が 1,212 ppm の高い値を示しており、この区域がニッケルの風化残留鉱床の可能性の高いことを示す。
- ② ラブク地区の中央部に位置するテルピドの西方には、ラテライト化の進んだ蛇紋岩の分布域がある。この範囲より採取した試料では、Ni (最高値 11,382 ppm)、Co (最高値 2,173 ppm)、Fe (最高値 46.37%) が高い値をしめしておりニッケル鉱床賦存の可能性が考えられる。
- ③ セガマ地区及びセンボルナ地区の超塩基性岩の分布域より採取した試料の分析結果では、最も高い Ni の値を示す試料でも 3,000 ppm 程度であり、キナバル地区やラブク地区に比較してラテライトの発達が悪く、ニッケル鉱床賦存の可能性が低いことを示す。

(5) 室内試験結果

薄片鑑定

薄片の鑑定結果では、かんらん岩、ダナイト及び斑れい岩に層状構造が認められた。ラブク地区最南端で確認された貫入岩は、鑑定の結果安山岩ポーフイリィで熱水変質を受けている。

キナバル地区のトルスマディ層は、変成作用を受けている。チャート・スピライト層及びセンボルナ地区の更新世～完新世の火山岩類は、緑泥石、モンモリロナイト、沸石などの変質鉱物が認められる。

研磨片鑑定

チャート・スピライト層で鉱化が見られる試料では、銅鉱物として黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱が同定された。ラブク地区最南端で確認された閃緑斑岩で見られた鉱化帯の検鏡の結果では、黄鉄鉱、褐鉄鉱、針鉄鉱などの他孔雀石が認められた。セガマ地区のダヌン川上流部の顕著な鉱化帯より採取した試料では、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱のほか銅藍と斑銅鉱が同定された。センボルナ地区の鉱徴地及び変質帯より採取された試料では、黄鉄鉱のほか針鉄鉱及び軟マンガン鉱が確認された。

X線回折試験

セガマ地区のダヌン川上流で確認された鉱化帯の試料では、石英、緑泥石、絹雲母、モンモリロナイトなどの変質鉱物が同定された。センボルナ地区の火山岩分布域で見られる変質帯より採取した試料では、変質鉱物としてモンモリロナイト、カオリナイト、ハロイサイト、緑泥石、絹雲母、クリストバル石、カリ長石が同定され、この地区の変質が中性～酸性の熱水変質を受けていることを示した。

鉱石分析

鉱石分析に供した試料のうち最も顕著なものは、セガマ地区のダヌン川上流より採取した試料である。これらはいずれも転石であるが、分析の結果は、Au 1.2 g/t、Ag 42.6 g/t、Cu 0.9 %、Zn 3.9 %及びAu 0.4 g/t、Ag 15.0 g/t、Cu 5.1 %を示した。この転石の確認された範囲については、準精密調査の範囲として選定した。

(6) 有望地の抽出

広域地化学探査の結果を総合的に解析した結果、キナバル地区より4か所、ラブク地区より6か所、セガマ地区より4か所、センボルナ地区4か所の合計18か所の区域が有望地として抽出された。これらの有望地に対しては、引き続きその評価のための準精密調査を行った。この準精密調査で対象となった鉱床のタイプは、斑岩型銅鉱床、キプロス型銅鉱床、風化残留ニッケル鉱床、熱水型金鉱床及びチタンの堆積鉱床である。

4-5 準精密地化学探査及び地質調査

広域地化学探査の結果、有望地として抽出された 18 地区に対して地化学探査及び地質調査による準精密調査を行った。

(1) 調査範囲

本調査の対象となった範囲は、以下の 18 地区である。

セガマ地区 : A地区、B地区、C地区、D地区

センボルナ地区 : E地区、F地区、G地区、H地区

キナバル地区 : J地区、K地区、L地区、M地区

ラブク地区 : N地区、P地区、Q地区、R地区、S地区、T地区

これらの調査の範囲をFig. II-5-1に示す。

(2) 調査方法及び作業量

本調査では、金鉱床、銅鉱床を対象とする地区に対しては、土壌による地化学探査を行った。地形が急峻で山岳部の土壌試料の採取が困難な場合には、河床堆積物試料による調査（B地区、C地区、Q地区、R地区、S地区）を併用した。クロム鉱床（P地区）及びチタン鉱床（L地区）を対象とした地区に対しては、河床堆積物試料による調査を行った。風化残留ニッケル鉱床を対象としたラテライトの分布域（K地区、N地区）に対しては、深度の異なる2か所より土壌試料を採取した。第3年次の調査で顕著な鉱化作用の確認されたセガマ地区のB地区に対しては、第4年次に地質調査による準精密調査を行った。

調査の手法は、試料の採取密度を除き、広域地化学探査の手法と同様である。試料の採取密度は、原則として4試料/km²とした。

本調査で採取した試料の総数は以下の通り。

調査面積 :	1,023 km ²
河床堆積物試料 :	725 試料
土壌試料 :	3,478 試料
岩石試料 :	30 試料
鉱石試料 :	87 試料
薄片 :	41 試料
研磨片 :	35 試料
X線回折 :	25 試料

(3) 解析手法

本調査では、広域地化学探査と同様単変量解析及び多変量解析による解析を行った。単変量解析では、元素ごとに濃度分布図を作成し検討した。各元素の異常値の抽出には、広域地化学探査

と同様EDA法を採用した。多変量解析では、因子分析法を採用した。

本調査では、地化学探査の試料採取と並行して地質調査を行うとともに、室内試験のための試料の採取を行った。解析では、これらの結果を総合して実施した。

(4) 調査結果

本調査を実施した18地区の調査結果を要約すると以下の通りである。

- ① セガマ地区東端部に位置するA地区に対しては、キプロス型の銅鉱床を対象として土壌地化学探査を実施したが、調査の結果では、鉱床母岩となるチャート・スピライト層の分布域ではなく、新期の堆積岩(クワム層)の分布域で弱い鉱化作用を確認した。抽出された異常帯の規模が小さいことから大規模鉱床賦存の可能性は低いと判断される。
- ② B地区は、セガマ地区中央部のダヌン川上流に位置する。本地区でキプロス型の銅鉱床を対象として土壌及び河床堆積物による地化学探査を実施した。本調査の結果では、顕著な異常帯が地区の南部より南西部にかけて確認された。地表調査の結果でもこの範囲に顕著な鉱化帯が認められた。このためこの鉱化帯の分布域に対して最終年度の調査で地質の準精密調査を行った。

地質調査の範囲には、クワム層とその上位を衝上断層で覆う塩基性岩類より構成される。塩基性岩類は主として粗粒玄武岩より成る。鉱化帯の調査では、黄鉄鉱と黄銅鉱を伴う石英脈及び網状帯、黄鉄鉱と黄銅鉱の鉱染帯が確認された。鉱化帯の品位は、全般的に低いが、局部的には2～10%のCu品位を示す。確認された鉱化帯は散在しその連続が不明瞭であるが局部的に高品位を示すことから、その連続性を確認するなどのさらに詳しい調査が今後必要である。
- ③ C地区は、セガマ地区中央南部に位置する。キプロス型の銅鉱床を対象として土壌及び河床堆積物による調査を行った。調査の結果では、キプロス型銅鉱床の母岩となるチャート・スピライト層の分布は限られる。確認された鉱化帯は、基盤をなす緑色片岩中の鉱染状の鉱化作用であるが、あまり顕著でなく大規模な鉱化帯の可能性は小さい。地化学探査の結果では、南部で広がりはないが顕著な異常帯が新期の堆積岩(クワム層)の分布域で確認されている。この異常帯に対しては、今後何らかの調査が望まれる。
- ④ D地区は、セガマ地区の中央南端部に位置する。本地区に対しては土壌による地化学探査を実施した。調査の結果では、顕著な異常帯は確認できなかった。地表調査の結果でも幾つかの不毛石英脈が確認されたのみで、顕著な鉱化帯は認められない。
- ⑤ センボルナ地区の中央部より南部に位置するE地区、F地区及びH地区の3地区では、熱水型の金鉱床を対象として土壌による地化学探査を行った。調査範囲は、いずれも新期の火山岩類及び堆積岩類の分布域である。これらの地区では、地表で見られる顕著な変質帯(粘土化及び一部珪化)に顕著な地化探異常帯が重複している。この範囲では、顕著な鉱化帯は認められないが、一部で温泉の湧出も認められることから、温泉による熱水変質の

可能性が高いと判断される。

- ⑥ センボルナ地区の中央南部に位置するG地区においても、熱水型の金鉱床を対象として土壌による地化学探査を行った。調査の結果では、⑤で述べた3地区と同様、著しい粘土化を受けた安山岩の分布域に顕著な異常帯が認められるほか、南部で見られる花崗閃緑岩の小岩体周辺でも異常帯が重複し出現する。これまでの調査では、顕著な鉱化帯は確認されていないので、有望区域としては、この花崗閃緑岩体の周辺に限られる。今後の調査で花崗閃緑岩体と地化探異常帯の関係を明らかにすることが望まれる。
- ⑦ キナバル地区のJ地区及びM地区は、地区中央部を東流するスグット川に沿った地区である。この両地区に対しては斑岩型銅鉱床を対象として、土壌による地化学探査を行った。調査の結果では、沖積層及び段丘堆積物の発達する区域に異常帯が集中する傾向が認められた。地表調査の結果では、調査範囲で顕著な鉱化帯は認められなかった。スグット川の上流には、マムート鉱床が位置することから、抽出された異常帯はこの鉱床より供給された鉱化作用を伴う砂礫の影響による可能性が考えられる。
- ⑧ キナバル地区のK地区及びラプク地区のN地区に対しては、ラテライト型ニッケル鉱床の可能性を明らかにするため土壌による地化学探査を行った。この地化学探査では、浅部と深部の関係を明らかにするため同一地点で2試料を採取した。調査の結果では、ニッケルが1.00 %以上の値を示す試料が幾つか確認された。浅部と深部の試料を比較すると深部の試料の方が高い値をしめす。K地区とN地区を比較するとN地区の方が高い濃度を示す。一般にラテライト型ニッケル鉱床では、基盤の岩石との境界部周辺で最も高い品位を示すことが知られていることから、今回の調査で高い濃度の確認された範囲に対しては、引き続き更に深部に対する調査が望まれる。
- ⑨ キナバル地区の南端部、カラマック川の最上流部に位置するL地区では、チタン鉱床を対象として河床堆積物による地化学探査を行った。調査の結果では、Tiの最高値が12.40 %で広域値化学探査の折に確認されたような高濃度(51.07 %)を示す試料は確認されなかった。このため開発の対象となるチタン鉱床賦存の可能性は低いと判断される。
- ⑩ ラプク地区中央部、テルピド南方、に位置するP地区では、クロム鉱床を対象として河床堆積物による地化学探査を行った。調査の結果では、この地区の南西部及び北東部で異常帯が確認された。これらの区域に対して今後の調査が望まれる。但し、本調査では、クロム鉄鉱の転石も確認できなかったことから、大規模なクロム鉱床の賦存する可能性は低いと判断される。
- ⑪ Q地区は、ラプク地区中央南部のカラマック川中流域に位置する。本地区では、クロム鉱床及び銅鉱床を対象として土壌及び河床堆積物による地化学探査を行った。過去の調査結果では、斑れい岩中に黄銅鉱を伴う磁硫鉄鉱の鉱化帯が報告されている。本地区より採取したゴッサンの転石試料を鉱石分析した結果では、Au 4.1 g/tの値を示した。地化学探査の結果では、Au, Cu, Hgなどの指示元素が高濃度を示し、因子分析の結果でも鉱化作用に

関係する因子が抽出された。本地区は過去に銅及びニッケルを対象として調査が実施されている。今回の調査結果では、銅、ニッケルに加えて金も比較的高い値を示すことが明らかとなったことから、今後の調査が望まれる。

- ⑫ R地区は、ラプク地区中央南部に位置する。本地区では銅鉱床を対象として土壌及び河床堆積物による地化学探査を行った。地表調査の結果では、顕著な鉱化帯または変質帯は確認できなかった。地化学探査の結果では、鉱化作用と直接関係する Au, Cu, Hg, Pb, Sなどの元素は全体的に低い値を示す。これらの調査結果によれば、本地区に大規模な鉱床の賦存する可能性は低いと判断される。
- ⑬ S地区は、ラプク地区の南部に位置する。広域地化学探査の結果この地区より Au の異常帯が抽出されたことから、熱水型金鉱床を対象として土壌及び河床堆積物による地化学探査を行った。調査の結果では、顕著な鉱化帯は確認されなかった。地化学探査の結果でも鉱床と直接関係すると思われる指示元素の濃度が全般に低い値を示した。調査の結果を総合すると、S地区で有望な鉱化帯を発見する可能性は低いと判断される。
- ⑭ T地区は、S地区と同様ラプク地区の南部に位置する。広域地化学探査の結果顕著な Au の異常帯が確認されたことから、熱水型金鉱床を対象として土壌による地化学探査を実施した。本地区の地質は砂岩及び泥岩より成り、地区の南部で閃緑斑岩の貫入岩が見られる。この貫入岩の周辺には、鉱化帯及び変質帯が認められる。ゴッサン化した転石も含め分析した結果では、Au及び Ag が高い品位（最高値 Au 18.4 g/t、Ag 931.4g/t）を示した。研磨片の観察結果では、銀鉱物として紅銀鉱、含銀四面銅鉱、輝銀鉱などが確認された。金と比較して銀品位が高いこと及び比較的低温で生成する銀鉱物を含むことなどより、この鉱化作用は斑岩型銅鉱床の最上部を示す可能性も考えられる。地化学探査の結果でも南部の貫入岩の分布域で顕著な異常帯が確認されておりこの地区の可能性が高いことを示す。

4-6 鉱徴地調査

第1年次に実施した既存資料収集の結果明らかとなった鉱徴地に対し、第2年次はセガマ地区及びセンボルナ地区で、第3年次はキナバル地区及びラプク地区で調査を行った。これらの調査の結果最も有望と期待されたキナバル地区のタンバング地区に対し第4年次に地表精査を行った。これらの調査結果を要約すると以下の通り。

- ① セガマ及びセンボルナの両地区において、今後発見の可能性が最も高い金属鉱床としては、センボルナ地区の金鉱床が挙げられる。鉱床は、第三紀中新世後期～鮮新世の火山活動に関係した熱水系に伴う浅熱水性の含金石英脈及び網状脈で火山岩及び火山砕屑岩中に賦存する。
- ② セガマ地区及びセンボルナ地区で、浅熱水性金鉱床に次いで可能性の高い金属鉱床としては、チャート・スピライト層中に賦存するキプロス型の銅鉱床が挙げられる。チャート・

スピライト層の分布するサイラム部落周辺には、網状の鉍化帯が認められ、その可能性が推定される。

- ③ キナバル地区及びラブク地区の調査の結果では、可能性の高い地区としてキナバル地区のタンバング山周辺、ラブク地区のテルビド川流域、ボログ部落周辺及びツングッド川流域の4か所が挙げられる。これらの地区の内タンバング山周辺は、金鉍床が対象となる。ラブク地区のものは、いずれもキプロス型銅鉍床の可能性の考えられる地区である。
- ④ タンバング山周辺で実施した地表精査の結果では、金の鉍化帯が確認された。この鉍化帯は、中新世後期のカルクアルカリ岩系の火山活動に関連した中性の熱水に伴われた浅熱水性含金石英網状脈と考えられる。鉍石分析の結果では、金品位は低い値(0.10 ~ 2.48 g/t)を示す。

第5章 結論及び提言

5-1 結 論

本調査は、1990年10月より1994年2月までの4年度にわたり実施した。調査は、第1年次の既存資料収集及び地化学探査の予察調査に始まり、衛星画像解析、空中物理探査、広域地化学探査、地化学探査を主とする準精密調査及び鉱微地調査を行った。これらの調査の結果得られた主要な結論としては、以下が挙げられる。

地化学探査予査調査

- ① 予査調査の結果に基づき決定された調査手法で、本地域の広域地化学探査及び準精密地化学探査を実施した。これらの調査結果では、既知の鉱化帯を含む有望な鉱微地を明瞭に捕捉しており、採用した調査手法が適切であったことを示す。

衛星画像解析

- ① 解析の結果は、既存の地質図と良く一致する。
- ② これに加えて、これまで知られていなかったキナバル地区のN-S系の断層群や多くの環状構造の存在を確認しており、本地域の大構造を含む地質構造の解析に衛星画像解析が有効であることを示す。

空中物理探査

- ① 解析の結果作成した磁気異常図及び放射線異常図では、調査地域の地質及び地質構造を良く反映している。更に、キナバル地区では、N-S系の不連続線が卓越するのに対してラブク地区ではNE-SW系が卓越するなど、地区による構造の差を明瞭に抽出している。
- ② センボルナ地区の火山岩類の分布域で認められる変質帯は、磁性が低く且つ放射線強度が高い箇所として抽出が可能である。
- ③ キナバル地区の南部では地下深部に高磁性を示す岩体が、センボルナ地区の北部では地下浅所に高磁性を示す岩体の存在が推定される。

広域地化学探査

- ① 本探査の結果では、マムート鉱床、ビドゥ・ビドゥヒル鉱床などの既知の鉱微地を明瞭に抽出しており、本調査が有効であることを示す。
- ② 抽出された鉱化帯と指示元素との関係を見ると、マムート鉱床周辺ではCu、Hg、Mo、Sが濃集し、センボルナ地区の金の鉱微地ではAs、Au、Pb、Sが高い濃度を、更に火山岩の分布域で見られる顕著な変質帯では、AsとHgが濃集するなど鉱化作用、変質作用の違いにより異なった元素の組合せによる濃集が見られる。従って、濃集する元素の組合せより

その鉱化作用の特徴を推定することが可能である。

- ③ 調査を広範囲に実施したことから、地域全域に対する元素の分布傾向が明らかとなり、調査の対象となる区域の相対的な評価が可能となった。このことは、今後の金属資源探査を効率的に進める上で重要な指針となる。

準精密調査

広域調査の結果に基づき抽出された有望地18か所に対して準精密調査を実施した。この結果以下の地域が有望地として抽出された。

- | | | |
|---|--------------------|----------------|
| ① | ラブク地区最南端のT地区 | : 金及び斑岩型銅鉱床 |
| ② | ラブク地区テルピド西方のN地区 | : ラテライト型ニッケル鉱床 |
| ③ | ラブク地区カラマック川中流域のQ地区 | : 脈状-鉱染状銅鉱床 |
| ④ | セガマ地区ダヌン川上流のB地区 | : 脈状-鉱染状銅鉱床 |
| ⑤ | キナバル地区ラナウ東方のK地区 | : ラテライト型ニッケル鉱床 |

抽出された地区のうち最も顕著なものはT地区で確認された鉱化帯で、採取した試料の鉱石分析結果では、その最高値が Au 18.4 g/t、Ag 931.4 g/tの値を示した。ラテライト型のニッケル鉱床を対象としたN及びK地区では、1.00 %以上の値を示す試料が確認されている。一般にこの型のニッケル鉱床は深部の基盤岩周辺で最も濃集することが知られているが、本調査では、地表下1.50 mまでしか調査されていない。地化学探査の結果得られた異常帯を調査した結果、B地区では黄銅鉱及び黄鉄鉱の鉱化帯が確認された。Q地区では銅を伴う磁硫鉄鉱の鉱化帯が過去の調査で報告されており、本調査でも比較的高い金品位 (Au 4.1 g/t) が確認されている。

鉱微地調査

- ① セガマ地区及びセンボルナ地区の両地区において、今後発見の可能性が最も高い金属鉱床としては、センボルナ地区の浅熱水性金鉱床が挙げられる。金鉱床に次いで可能性の高い金属鉱床としては、チャート・スピライト層中に賦存するキプロス型の銅鉱床が考えられる。
- ② キナバル地区及びラブク地区では、可能性の高い地区としてキナバル地区のタンバング山周辺（金鉱床を対象）とラブク地区でキプロス型銅鉱床を対象とするテルピド川流域、ポログ部落周辺及びツングッド川周辺が挙げられる。
- ③ 鉱微地調査の結果その可能性が最も高いと考えられたタンバング山周辺に対して地表精査を行った。この結果では、中新世後期のカルクアルカリ岩系の火山活動に伴われた中性熱水による浅熱水性含金石英網状脈と考えられる鉱化帯が確認された。但し、鉱石分析の結果では、比較的低い値 (Au 0.10 ~2.48 g/t) を示す。

5-2 将来への提言

4年度にわたって実施した本調査の結果を総合すると、本地域の今後の調査として以下が提言される。

- (1) 衛星画像解析の結果では、キナバル地区のN-S系断層群や環状構造が確認された。衛星画像は全体的な地質及び地質と鉱化作用との関係の解明に有効な手法であるので、今後の調査では、本調査で作成した画像の有効利用が望まれる。
- (2) 空中物理探査の結果では、地質及び地質構造を良く反映している。また、変質帯の分布域では低磁性を示すなど、変質帯も抽出されている。従って、今後の調査では、この物理探査結果を有効に活用し、より精度の高い地質構造の解明などに資することが望まれる。
- (3) 広域地化学探査の結果では、調査地域全体の地球化学的な傾向が明らかとなった。本調査で実施した準精密調査では、広域地化学探査で抽出された主要な異常帯や高濃度帯の調査を行ったのみであるので、準精密調査の範囲に含まれなかった箇所についても今後の調査や検討が必要である。
- (4) 本調査で実施した準精密調査では、試料の採取密度を原則として1 Km²当たり4試料とし実施した。このため本調査では鉱化帯の概要が確認できたのみであるので、引き続きこれらの鉱化帯の全貌を解明するための調査を実施すべきである。本調査の結果に基づけば、優先的に調査を実施すべき箇所及び調査手法として以下が挙げられる。

- | | |
|---------------------|------------------------|
| ① ラブク地区最南端のT地区 | : 地質精査、トレンチ、物理探査 (IP法) |
| ② ラブク地区テルピド西方のN地区 | : 地質精査、ビット、トレンチ |
| ③ ラブク地区カラマック川中流のQ地区 | : 地質精査、物理探査 (IP法) |
| ④ セガマ地区ダヌン川上流のB地区 | : トレンチによる地質精査 |
| ⑤ キナバル地区ラナウ東方のK地区 | : 地質精査、ビット、トレンチ |

これらの調査を実施した後、確認された有望箇所に対しては、引き続きボーリングによる調査が必要である。有望地の位置をFig. I-4に示す。

- (5) 本調査で取得された膨大な空中物理探査及び地化学探査データは、フォーマット化されテープに入力されている。これに加えて水系データも5万分の1の地形図を基に入力してあるので、必要な範囲の必要なデータを随時取り出して再解析することが可能である。ひとつの地域に対し、この様な膨大な基礎データが得られているので、このデータを有効に活用することは、今後の調査を効果的に進める上で重要である。従って、このデータを利用するためのソフトの取得及びオペレーターの教育を早急を実施すべきである。

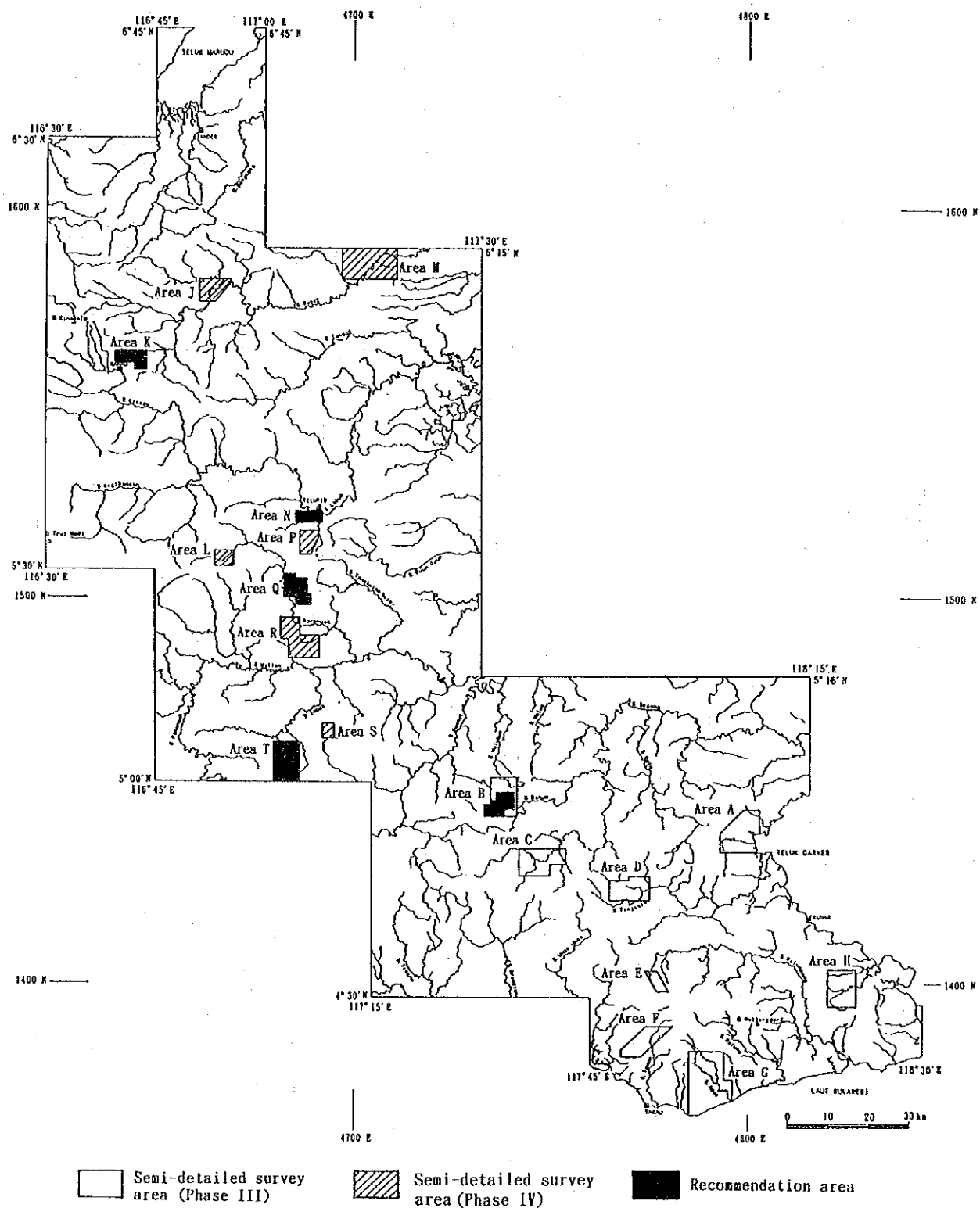


Fig. I-4 Recommendation map of surveys

第Ⅱ部 各 論

第 1 章 予察調査

1-1 調査範囲

第2年次以降に計画されていた広域地化学探査及び地化学探査準精査に適用するのに最も有効な試料種、試料採取位置、指示元素、解析手法等を明らかにするため、既知の鉱床を含む範囲に対して地化学探査の予察調査を行った。調査範囲として設定されたのは、ヌンコック鉱床、ビドゥ・ビドゥヒル鉱床及びマンツリィ鉱床を含む3地区である。これらの既知鉱床は、調査地域で可能性の最も高い3タイプの鉱床である。これら鉱床の位置をFig.1に示す。

ヌンコック鉱床は、キナバル地区のマムート鉱床と同様の斑岩型銅鉱床でキナバル山の西麓に位置する。ビドゥ・ビドゥヒル鉱床は、ラブク地区の北部に位置し、これまでの探鉱によりその地質構造が解明されているキプロス型の銅鉱床である。センボルナ地区では、新第三紀の火成活動に伴う熱水性の金鉱床の鉱徴地がいくつか知られている。マンツリィ鉱床は、これらの鉱徴地のうち最も探鉱の進んでいる鉱床である。

1-2 地化学探査

本調査は、調査地域全域の地化学探査の実施に先立って、本地域の地化学探査に最も適した調査方法を明らかにするための予察調査である。

(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、土壌及びパンニング試料の3試料種を用い調査した。さらに、河床堆積物及び土壌試料については、最も有効な試料の採取位置を決めるため、同一地点の異なった箇所でも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

パンニング試料 (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

パンニング試料については分析のほかに、その試料を構成する重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 (Kurz 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) 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) 調査結果

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。これらの結果では、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。

土壌試料の試料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か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見ると、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。更に調査地域の超塩基性岩の分布域では、ラテライトが発達していることから、土壌地化学探査では Co、Ni、Alの採用は必要となる。

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い結果が得られた。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。

(5) 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、河川の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 2 章 衛星画像解析

2-1 調査範囲

本調査では、第1年次に5シーンのMSSデータ及び1シーンのMSSデータによる解析を行った。各シーンの範囲と調査地域の関係を図. II-2-1 に示す。

2-2 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により得られた5シーンのMSSデータ及び1シーンのTMデータである。これらのデータの詳細を図. II-2-1 に示す。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データの入手に努めた。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。

Table II-2-1 List of Landsat data used

Data	Path	Row	Date	ID number	Cloud cover	Sun elevation
MSS	116	057	01/04/84	40625-01472	1211	54 °
MSS	117	056	25/08/85	50542-01553	1011	55 °
MSS	117	057	17/10/84	40824-01511	3233	55 °
MSS	118	055	14/03/84	40607-01592	0001	52 °
MSS	118	056	18/07/83	40367-02015	1112	52 °
TM	117	056	07/10/89	520460-1513400	1124	56.4 °

MSSデータによる画像作成では、CCT (Computer Compatible Tape) を使い、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。この合成では、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。

TMデータによる画像作成では、CCT を使い、バンド2、3、4にそれぞれ青、緑、赤の3色を割り当てたフォールスカラー画像及び主成分分析圧縮処理による画像を作成した。フォールスカラー画像では、MSSデータによる画像と同様エッジ強調処理を施した。作成したフォールスカラー画像を図. II-2-2に示す。

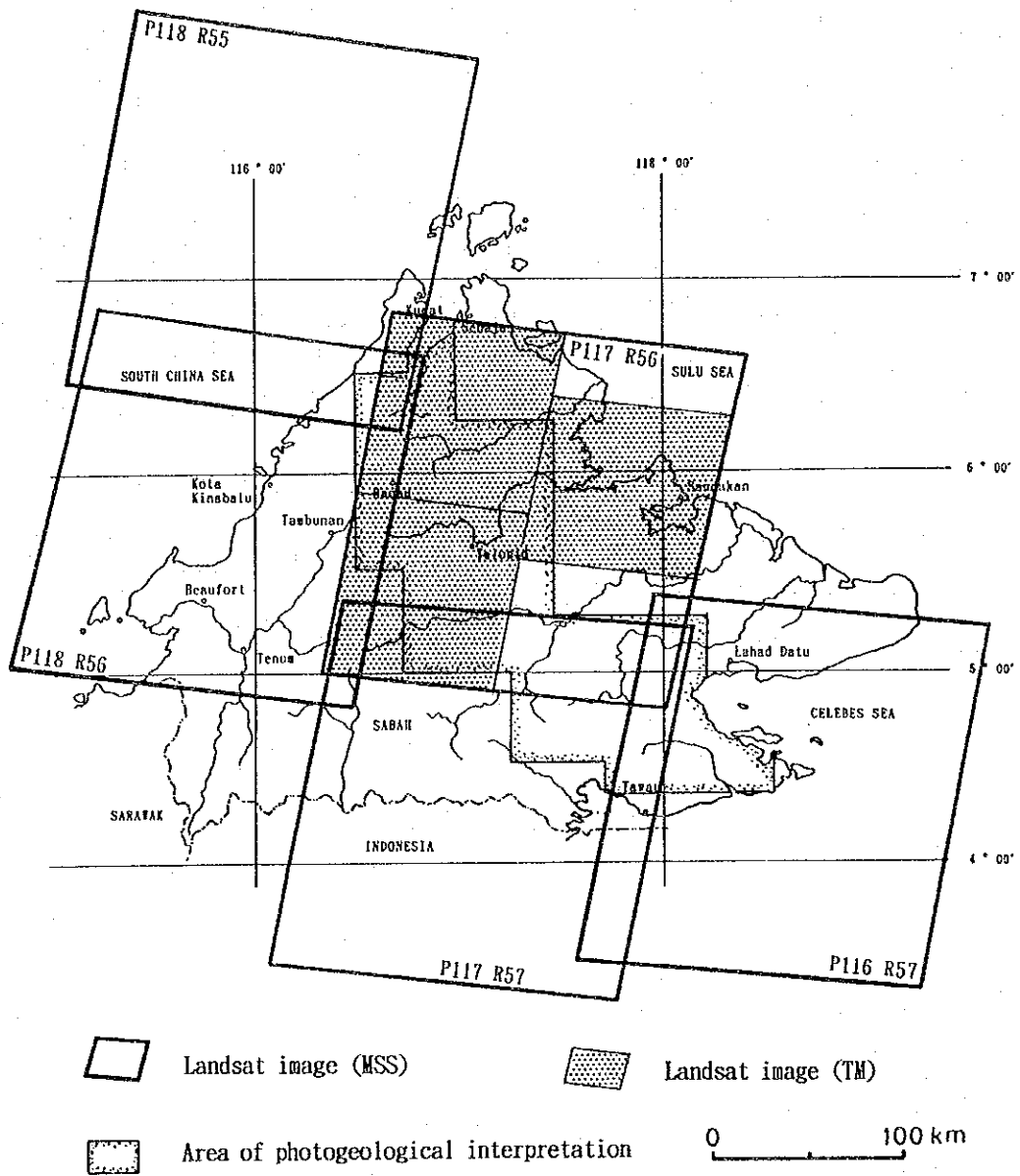


Fig. II-2-1 Index map of Landsat data

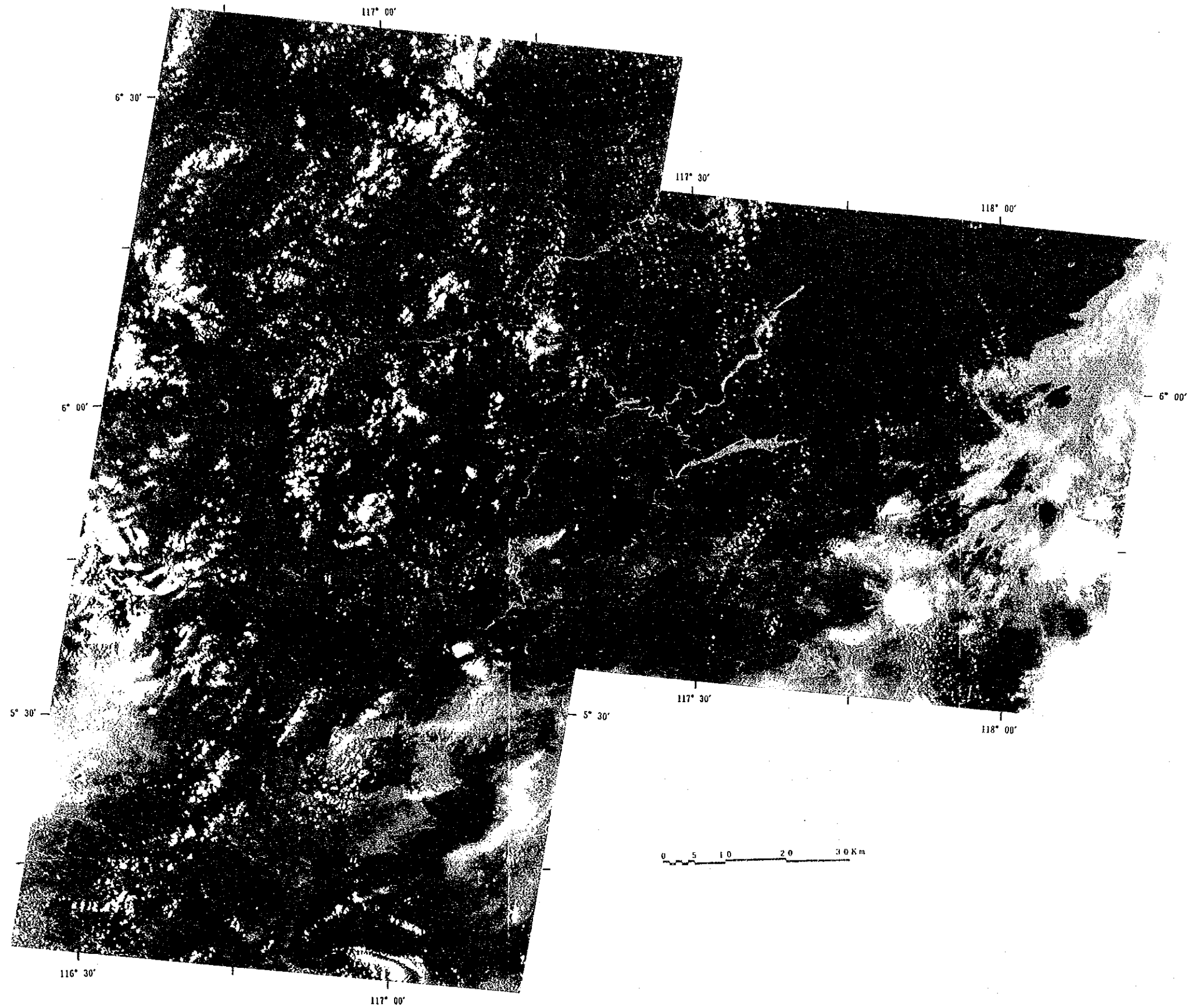


Fig. II-2-2 False color image of TM data

2-3 解析手法

MSSデータを用いて作成したフォールスカラー画像（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。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。

この現地調査の結果も加え、引き続きTMデータを用いて作成したフォールスカラー画像及び主成分分析圧縮画像（縮尺1:100,000）による地質単元の区分及び地質構造の判読を行った。

MSSデータによる画像解析の結果得られた地質単元をTable II-2-2に、TMデータによる画像解析により得られた地質単元をTable II-2-3に示す。

2-4 解析結果

2-4-1 MSSデータによる解析

(1) 岩相分類

画像上の特徴から、調査地域の地質をTable II-2-2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-2-3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。

(a) 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、三畳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プ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-Spilitic層(KPCs)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、ラプ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プク地区にかけて広範囲に分布する。一般に粗い

Table II-2-2 Photogeological interpretation chart of MSS data

Units	Color	Drainage		Morphological expression				Vegetation	Comparison with existing data	
		Pattern	Density	Rock resistance	Cross section of valley & ridge	Texture	Bedding or schistosity			Lineament
Q	dark red, bluish gray red to dark red	anastomotic	high	very low	- / -	smooth	-	dense	recent alluvial clay, sand	
Nc	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, spilitite	
J	red	subdendritic	very high	high	∩ / ∩	rough	schistosity	very dense	schist, gneiss	
Iv-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	

Table II-2-3 Photogeological interpretation chart of TM data

Units	Color		Drainage		Rock resistance	Morphological expression			Vegetation	Comparison with existing data
	False color	PC compressed	Pattern	Density		Cross section of valley & ridge	Texture	Bedding, or schistosity		
Qb	dark red to red	purple and creamy yellow	anastomotic	high	very low	- / -	very smooth	-	dense	recent alluvial clay, sand
Qa	dark red	light gray	subparallel	high	low	- / -	rough	-	dense	terrace clay, sand, gravel
Nb-5	dark red	brown and pale orange	parallel	very high	moderate	✓ / ✓	intermediate	well bedded	very dense	sandstone
Nb-3	dark red	brown and purple	annular	moderate to high	moderate	✓ / ✓	intermediate	well bedded	very dense	mudstone, siltstone
Nb-2	red	orange	dendritic	high	very high	✓ / ✓	very rough	poorly bedded	very dense	calcareous sandstone
Nb-1	dark red	brown	trellis	moderate	low to moderate	✓ / ✓	smooth to intermediate	bedded	very dense	sandstone, mudstone
Pb	dark red	brown	trellis	high	low	✓ / ✓	smooth	well bedded	very dense	sandstone, shale
Pa-5	red	pale red	dendritic	high	low	✓ / ✓	smooth	bedded	very dense	mudstone, slump breccia
Pa-4	red to dark red	brown, orange and pale red	dendritic, trellis	very high	moderate to high	✓ / ✓	rough to intermediate	well bedded locally	very dense	alternation beds of sandstone and shale
Pa-3	dark red	brown	dendritic	moderate	moderate	✓ / ✓	rough and smooth	bedded	very dense	mudstone
Pa-2	red	pale red	dendritic	high	very high	✓ / ✓	very high	poorly bedded	very dense	shale, phyllite
Pa-1	red	pale red and dark red	dendritic, trellis	high to moderate	high to moderate	✓ / ✓	rough to intermediate	bedded locally	very dense	chert, spillite
ad	dark red	dark gray	subdendritic	high	very high	✓ / ✓	rough	-	very dense	adamellite
gb	dark red	dark gray and dark red	subdendritic	moderate	moderate	✓ / ✓	rough	poorly layered	very dense	gabbro, dolerite
ub	dark brown	dark purple	dendritic	high	very high to moderate	✓ / ✓	rough to very rough	poorly layered	very dense	peridotite



Fig. II-2-3 Interpretation map of Landsat images of MSS data

地形を示し樹枝状の水系模様が発達する。北部では、NW-S E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 P b : 調査地域の中央東部ラプク地区に分布し、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Kulapis 層 (P₂Ks)に相当する。

単元 N a : 本単元は、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。本地質単元は、スランプ性の角礫岩より成るWariu 層 (P₄Wr)に相当する。

単元 N b-1: 本単元は、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。本単元は、この上位に累重する地質単元 N b-3 と整合関係にある。本単元は、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。

単元 N b-2: 本単元は、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。本単元は、石灰質砂岩を主体とするKudat 層 (P₃Kd)に相当する。

単元 N b-3: 本単元は、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。本地質単元は、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。本単元は、泥岩とシルト岩を主とするTanjong 層 (N₂Tj)に相当する。

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

単元 N b-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。本単元は主として砂岩より成るBongaya 層 (N₄By)に相当する。

単元 N c : 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。本単元の分布は、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。本単元は、泥岩、頁岩を主とするKalumpang 層 (P₄Kg)に相当する。

単元 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。

(b) 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。

单元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。本单元は、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。

(c) 貫入岩類

单元ub : 本单元は、ラブク及びセガマの両地区に主として分布する。本单元は、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。本单元は、白亜紀より第三紀前期の超塩基性岩類に相当する。

单元gt : 本单元は、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。本单元は、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。

(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单元Pa-4及びPbに見られる構造から、NW-S E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、基盤岩である地質单元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单元が堆積しており、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10 kmオーダの盆状構造が地質单元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-2-4に示す。

調査地域では、断層及びリニアメントの発達ที่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層は認められない。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NE-SW方向のもので、地質单元Pa-1と地質单元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、基盤岩である地質单元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、各地質单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。ラナウ周辺では、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

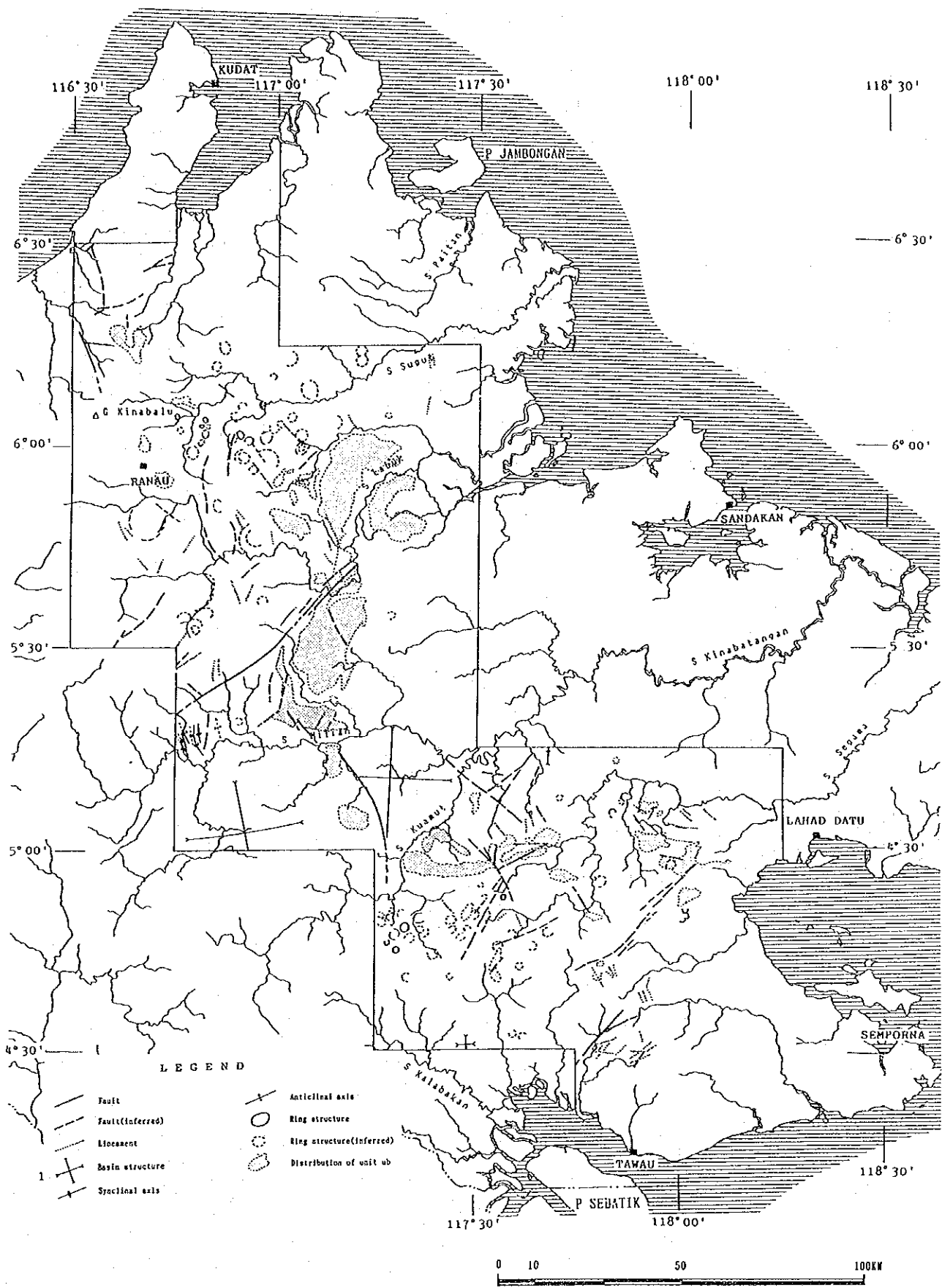


Fig. II-2-4 Geological structure map of MSS images

地区の西部では、地質单元 Nb-1 の分布域に直径 5 km 程度の環状構造が集中する。

調査地域に分布する地質单元 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。

2-4-2 TM データによる解析

(1) 岩相分類

縮尺 10 万分の 1 の画像を用いた写真地質学的判読作業により、Table II-2-3 及び Fig. II-2-5 に示すように調査範囲の地質を 15 の地質单元に区分した。以下に各地質单元の特徴について述べる。なお、各地質单元の呼称は、ランドサット MSS 画像を用いた地質解析の結果に準じ、新たに区分された地質单元については新規名称を与えた。

(a) 堆積岩類

单元 Pa-1 : 本单元はラプク地区の中央部から西部にかけて広く分布する。後述の单元 ub と密接に関連しながら分布することが多い。地形的に粗い部分と中程度の部分の差が認められ、侵食に対する抵抗性が地域的に異なる。本单元は、チャート、玄武岩及びスピライトを主とする Chert-spilite 累層 (KPCs) に相当する。

单元 Pa-2 : キナバル地区南西方の調査範囲外に分布し、侵食に対する抵抗性が高く、非常に粗い地形を示す。本单元は後述の单元 Pa-4 の特徴に類似することから、両者は同時異層あるいは同一層の岩相変化の関係にあるものと考えられる。本单元は、頁岩及び千枚岩を主とする Trusmadi 累層 (P₁Ts) に相当する。

单元 Pa-3 : ラプク地区の南部からセガマ地区の北西部にかけて分布する。地形起伏の大きい粗いテクスチャを典型とするが、セガマ地区北西部に分布するものは起伏が小さくやや平坦な地形を示す。本单元も後述の单元 Pa-4 の特徴に類似する。本单元は、泥岩を主とする Sapulut 累層 (KPSp) に相当する。

单元 Pa-4 : キナバル地区及びラプク地区におい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。調査範囲の北部では NW-SE から 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。本单元はフレッシュタイプの砂岩を主とする Crocker 累層 (P₂Cr) に相当する。

单元 Pb : ラプク地区東部に分布し、起伏の少ない平坦な地形を示す。侵食に対する抵抗性が低く、格子状の水系模様が発達する。本单元は下位及び上位の地質单元と不整合関係にある。本单元は、赤色の石灰質砂岩及び頁岩より成る Kulapis 累層 (P₂Ks) に相当する。

单元 Nb-1 : 本单元はセガマ地区の北西部にわずかに分布する。やや起伏のある平坦な地形を

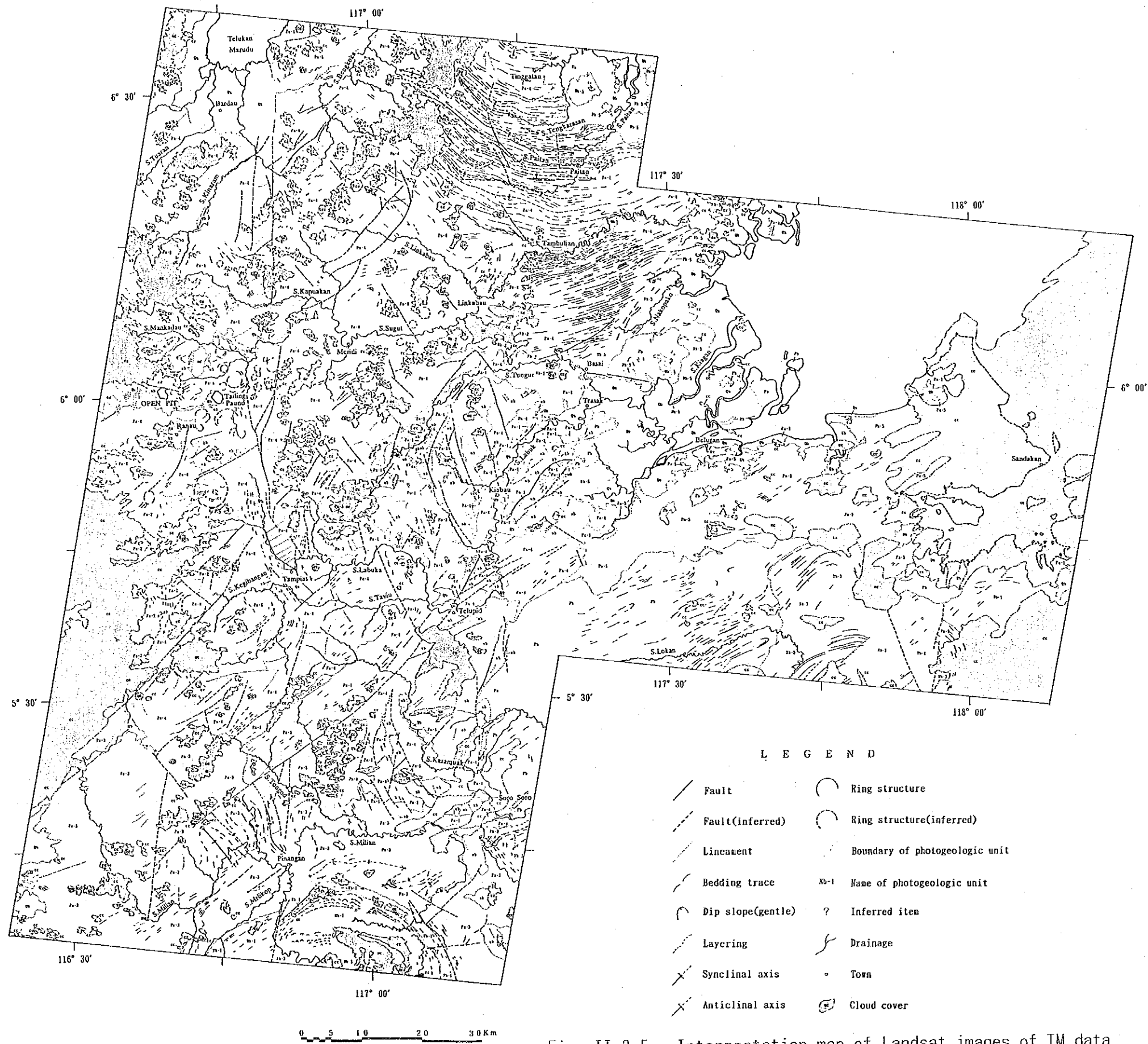


Fig. II-2-5 Interpretation map of Landsat images of TM data

示し、層理が発達する。本単元はこの上位に累重する地質単元 Nb-3 と整合関係にある。本単元は、いずれも砂岩及び泥岩を主とする Labang 累層 (P₃Lb) と Kuamut 累層 (P₄Km) に相当する。

単元 Nb-2 : キナバル地区東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単元から区分できるが、層位関係は画像上では判断できない。本単元は石灰質砂岩を主体とする Kudat 累層 (P₃Kd) に相当する。

単元 Nb-3 : ラブク地区南部に分布する。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。本単元は泥岩とシルト岩を主とする Tanjong 累層 (N₂Tj) に相当する。

単元 Nb-5 : ラブク地区北東部にわずかに分布し、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。本単元は、主として砂岩より成る Bongaya 累層 (N₄by) に相当する。

単元 Qa : キナバル地区のラナウ北西方にわずかに分布する。抵抗性の低いやや粗いテクスチャを示し、山腹斜面に位置を占める。本単元は水河堆積物である Pinosuk 礫層に相当する。

単元 Qb : 主に海岸線およ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が極めて低い。水系はアナストモティックおよび縄状の模様を示し、その密度は海岸付近では高い。

(b) 火成岩類

単元 ub : 本単元はラブク地区に広範囲に分布し、またキナバル地区のラナウ周辺にも散在して分布する。本単元は極めて粗い地形を特徴とするが、地域的に中程度の粗さへと変化し、部分的に層状の構造も認められる。また、画像上の色調に特徴があり、フォールスカラー画像上では暗褐色、主成分圧縮処理画像上では暗紫色を呈する。本単元は白亜紀から第三紀前期の超塩基性岩類に相当する。

単元 gb : ラブク地区のテルピド北西方及び南西方、キナバル地区のラナウ南東方に分布する。本単元は中程度の粗さの地形を示し、やや丸みを帯びた山陵の形態を特徴とする。部分的に層状の構造が認められる。本単元は白亜紀から第三紀前期の斑れい岩及び粗粒玄武岩に相当する。

単元 ad : キナバル地区のラナウ北方に散在して分布する。本単元は抵抗性が高く、粗い地形を示し、また暗い色調によって特徴づけられる。地域的にリニアメントの発達も認められる。本単元は第三紀中～後期のアダメロ岩の貫入岩体に相当する。

(2) 地質構造

本調査の解析結果より得られた地質構造図をFig. II-2-6に示す。

(a) キナバル地区およびラブク地区の地質構造

キナバル地区の地質構造は、その北部から中央部にかけて広範囲に分布する地質单元 Pa-4 の画像上の特徴から、NW-SE からE-W まで徐々に方向を転じる地質構造が支配的である。この構造は単純な単斜構造ではなく、向斜構造、背斜構造及び走向方向の断層によって乱されている。さらに走向方向と斜交するNW-SE、NE-SW 及びN-S 方向の断層も発達し、構造をさらに複雑化している。本地質構造はキナバル地区西部では認められず、Banddu及びラナウ東方約 10 kmに位置するほぼN-S 方向の断層群によって境いされている。この断層群は断続して同地区南部まで達する大規模な構造であり、複数の断層によってひとつの構造帯を形成している。本構造は同地区を東西に分ける重要な地質構造と考えられる。

ラブク地区では、その北部から中央部にかけて分布する地質单元 ub、中央部から西部にかけてNE-SW 方向に分布する地質单元 Pa-1、さらに南部においてこれらを不整合に覆う地質单元 Nb-3 といった極めて複雑な地質構造を示している。しかし、同地区北部から中央部にかけては地質单元 ub及びPa-1の分布に代表されるNE-SW 方向の地質構造が支配的であり、この方向とほぼ一致するNE-SW 及びN-S 方向の断層構造も発達する。さらにこの構造を横切るようにNW-SE 方向の断層が認められる。一方、同地区南部の地質構造は地質单元 Nb-3が形成する盆状構造によって特徴づけられる。本構造は直径数 10 kmの緩やかな構造であり、さらに南方へと連続する。地質单元 Nb-3は下位の地質单元と不整合関係にあること、また下位の地質单元とは異なる構造を示していることから、本構造は同地区北部から中央部にかけて形成された地質構造より新期の地質時代に形成されたものと考えられる。

(b) ラナウ周辺

ラナウ周辺では、ラナウの東方約 10 kmでほぼN-S 方向に伸長する断層を境にして、東西の地質構造が異なる。同断層の西部はマムート鉱床に代表される鉱床地帯に相当し、東部では既知鉱床の存在は知られていない。マムート鉱床の周辺では地質单元 Pa-4中に地質单元 ad及びubに相当するアダメロ岩、超塩基性岩が貫入（あるいは定置）し複雑な地質構造を示している。この地質单元 Pa-4分布地域には直径数km~10kmの環状構造が多数認められる。既存地質図との対比では、これらの環状構造の幾つかは花崗閃緑岩の貫入岩に相当し、前記N-S 断層上に配列する特徴を示している。しかし、これら以外の環状構造では貫入岩の分布は知られていないが、地質单元 Pa-4のめくれ上がり現象等から判断すると、地下浅所での貫入岩の存在が推定される。一方、N-S 断層の東部では地質单元 ad あるいは ub の分布は認められず、NW-SE 及びNE-SW 方向の小規模な

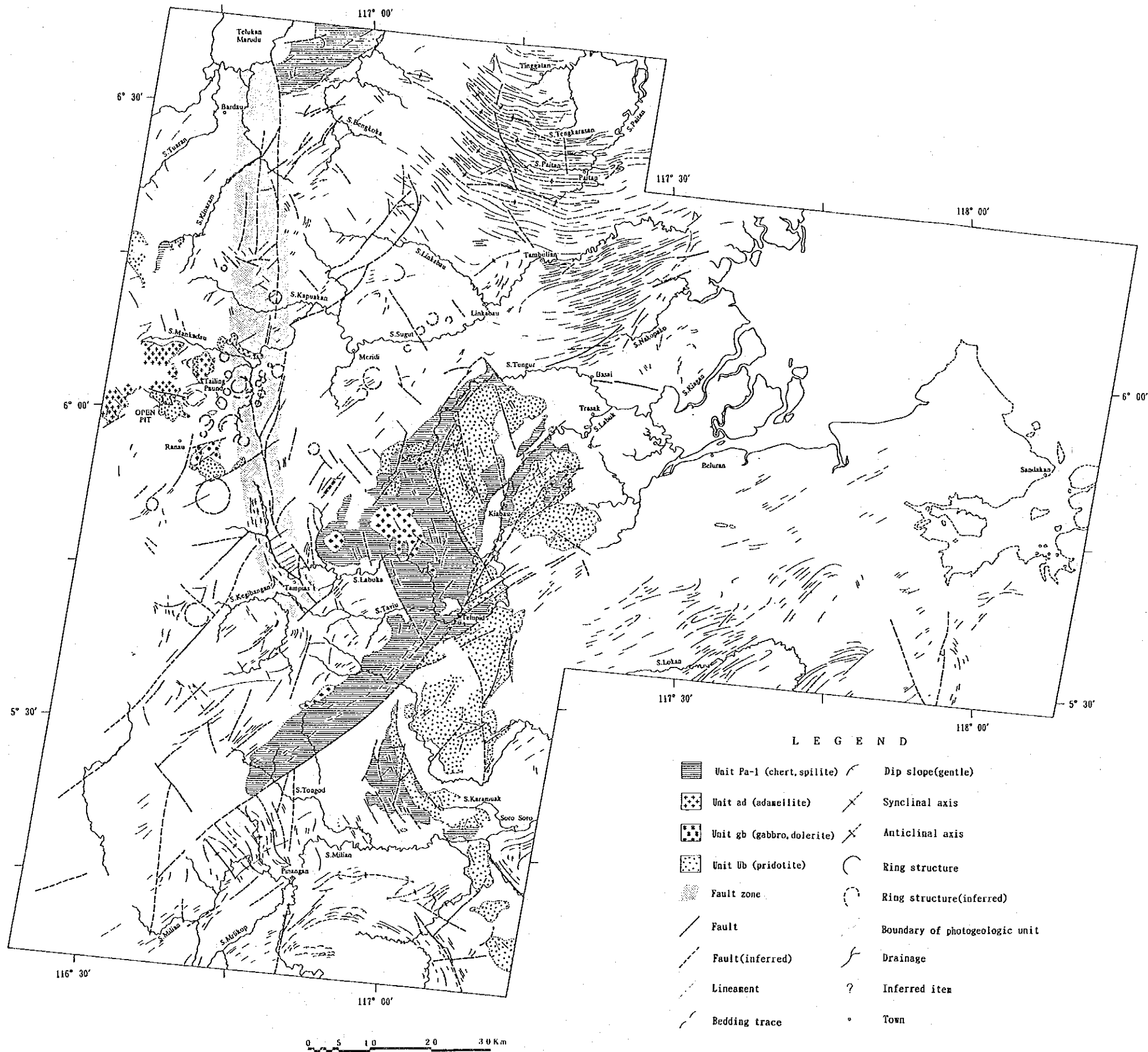


Fig. II-2-6 Geological structure map of TM images

断層及びリニアメントが地質单元Pa-4中に確認されるのみである。

(c) ビドゥ・ビドゥヒル周辺

ビドゥビドゥヒル周辺ではNE-SW 方向の断層構造が卓越する。これらの断層のうち地質单元ubとPa-1の境界をなすものは、断層の形態および各地質单元の分布状況から判断するとスラストである可能性が高い。この特徴はラプク川周辺地域にも認められ、地表は第四紀沖積層に覆われているものの、ほぼ同様の地質構造が推定される。地質单元 ub 分布地域ではさらに上記断層と斜交するNNW-SSE 方向の断層も認められる。ビドゥ・ビドゥヒル鉱床周辺では地質单元Pa-1分布地域にNE-SW 方向のリニアメントが認められ、さらに既存地質図の細粒斑れい岩の分布にほぼ一致する地質单元が抽出された。地質单元 ub は一般に極めて粗い塊状の地形を示すが、同鉱床東方に小規模に分布するものはNE-SW 方向に伸長する層状の構造を有している。

第3章 空中物理探査

3-1 調査範囲

空中物理探査は、ヘリコプターによる空中磁気法と空中放射能法（ γ 線）を併用して、既知鉱床の比較的密集する範囲に対して実施した。本調査の目的は、調査地域の全磁力強度及び放射線強度を測定することにより、磁性岩体及び放射性岩体の分布を解明しその地質構造を明らかにするとともに、鉱化作用及び変質作用による磁気及び放射能異常を把握することである。本調査の実施範囲をFig. II-3-1に示す。

本調査は、第1年次及び第2年次の2年間で、キナバル地区北部、南部、ラブク地区、セガマ地区、センボルナ地区北部及び南部の6地区（総面積 13,350km²、総測線長27,578.4 line-km）に対して行った。

また、データ処理・解析に資することを目的として、第1年次に調査地域に分布する代表的な岩石と鉱石の帯磁率と放射線強度のin-situ測定（測定対象岩石種：24種類）を実施した。第2年次には、引き続きセガマ地区及びセンボルナ地区で磁気・放射線異常が観測された地点で岩石試料（102個）を採取し、帯磁率と放射線強度を測定した。

3-2 調査方法及び作業量

(1) 仕様

空中物理探査の仕様は以下の通りである。

- | | | | |
|----------|------------------------------------|-----------|----------|
| ① 手法 | ヘリコプターによる空中物理探査 | | |
| ② 測定項目 | 全磁力強度、放射線強度（U, Th, K, Total Count） | | |
| ③ 飛行高度 | 対地 150 m \pm 30 m、 | 磁力計センサー高度 | 対地 150 m |
| | | 放射線センサー高度 | 対地 180 m |
| ④ 測線間隔 | 主測線 500 m、 交叉測線 10 km | | |
| ⑤ 調査使用機器 | Table II-3-1に空中物理探査調査機器仕様一覧表を掲げる。 | | |
| ⑥ 航法 | GPS (Global Positioning System) 航法 | | |
| ⑦ 航速 | 対地速度 約 75 knots (135 km/h) | | |

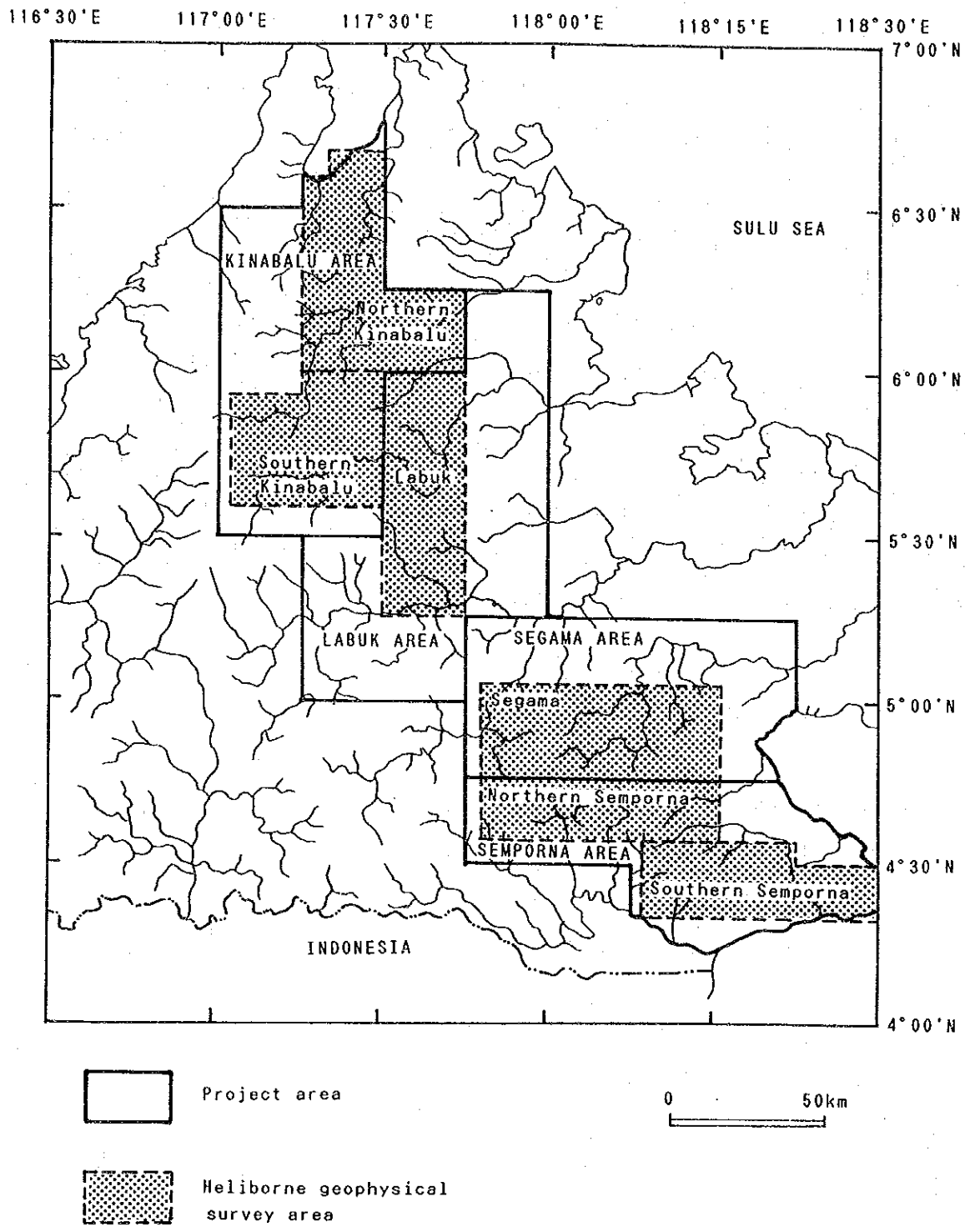


Fig. II-3-1 Location map of heliborne geophysical survey area

Table II-3-1 Specification of heliborne geophysical survey instruments

Name	Model	Manufacturer(Country)	Specifications														
Airborne Magnetometer	HSM2	IFG/Aerodat(Canada)	Resolution; 0.001 nT														
Cesium Magnetometer Sensor	V1W2321H8	Scintrex(Canada)	Sensitivity; 0.005 nT, Range; 20,000 - 100,000 nT														
Spectrometer	Pgam6000/ Pgam6100/ Pgam6500	Picodas Group (Canada)	Crystal volume; 32.70 (downward), 4.10 (upward) Crystal resolution; >12%, Range; 0.1 - 3.0 meV/256 ch, 0.1 photopeak resolution Window; <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Lower Limit</th> <th>Higher Limit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bi(upward)</td> <td>1138</td> </tr> <tr> <td>Total(upward)</td> <td>1034</td> </tr> <tr> <td>Tl208(downward)</td> <td>201</td> </tr> <tr> <td>Bi214(downward)</td> <td>138</td> </tr> <tr> <td>K40(downward)</td> <td>113</td> </tr> <tr> <td>Total(downward)</td> <td>034</td> </tr> </tbody> </table>	Lower Limit	Higher Limit	Bi(upward)	1138	Total(upward)	1034	Tl208(downward)	201	Bi214(downward)	138	K40(downward)	113	Total(downward)	034
Lower Limit	Higher Limit																
Bi(upward)	1138																
Total(upward)	1034																
Tl208(downward)	201																
Bi214(downward)	138																
K40(downward)	113																
Total(downward)	034																
Data Acquisition System/ Graphic Recorder	DGR33	RMS Instruments Ltd. (Canada)	Analog Inputs; 32, Analog Input Range; ± 10V, Chart Resolution; 4x4 dots/mm, Chart Sensitivity; 10 mV/cm to 10 V/cm Interface; RS-232-C x 4 ports Data Sample Rate; <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tbody> <tr> <td>10/sec</td> <td>Event Markers, Manual Fiducial Mark</td> </tr> <tr> <td>5/sec</td> <td>Magnetometer, Navigation</td> </tr> <tr> <td>1/sec</td> <td>Spectrometer</td> </tr> </tbody> </table>	10/sec	Event Markers, Manual Fiducial Mark	5/sec	Magnetometer, Navigation	1/sec	Spectrometer								
10/sec	Event Markers, Manual Fiducial Mark																
5/sec	Magnetometer, Navigation																
1/sec	Spectrometer																
Cartridge Tape Recorder	TCR12	RMS Instruments Ltd. (Canada)	Recording Density; 6400 BPI Recording Capacity; 11.7 MBytes														
Station Magnetometer	M234	Barringer Research (Canada)	Sampling Rate; 1 sec, Resolution; 0.1 nT Accuracy; 0.5 nT, Range; 20,000 - 90,000 nT														
Radar Navigator	PNAV2001	Picodas Group (Canada)	Resolution; 0.5 m														
GPS Receiver	TANS12017-10	Trimble(U.S.A.)	Accuracy; ± 10 m														
Barometric Altimeter	1241M	Rosemount(U.S.A.)	Relative Accuracy; ± 7 ft, Resolution; ± 10 ft														
Radar Altimeter	KRA-10A	King(U.S.A.)	Range; 40 - 2,500 ft, Resolution; 5 ft, Accuracy; 5 %														
Flight Path Recorder	AG2400 DXC10I DXF40A	Panasonic(Japan) Sony(Japan) Sony(Japan)	VHS style Video-Recorder in NTS format Video Camera Video Monitor														
Helicopter	TwinStar AS355F2	Aerospatial(France)	Type; Twin-engine turbine(Allison 250-C20F) Size; 10.3 ft(H)x 42.5 ft(L)x 8.3 ft(W) Main Rotor Diameter; 35.1 ft, Useful Load; 2,928 lb(1,212 Kg)														

(2) 作業量

本調査で実施した地区別の作業量（測線長、調査面積）及び測線方向は以下のとおり。

Survey area	Kinabalu North	Kinabalu South	Labuk	Segama	Semporna North	Semporna South
Traverse line	E-W			N-S		
Tie line	N-S			E-W		
Line length (km)	5,655.0	4,274.5	4,554.0	5,094.0	3,800.9	4,210.3
Total line length (km)	27,578.4					
Area (km ²)	2,700	2,320	2,300	2,820	1,130	2,080
Total area (km ²)	13,350					

調査地域周辺の地球磁場の全磁力強度は約41,000 nT、伏角は6°～8°S、偏角はS1°Eである。

(3) 現地調査

空中物理探査の現地調査は下記の要領で実施した。

① 調査実施機関 Aerodat Limited (Canada)

② 現地調査期間

旧キナバル地区 (Kinabalu)	1990年12月13日～1991年1月6日
センボルナ地区南部 (Semporna South)	1991年1月11日～1991年2月8日
セガマ地区 (Segama)	1991年2月12日～1991年3月20日
ラブク地区 (Labuk)	1991年9月24日～1991年11月17日
キナバル地区南部 (Kinabalu South)	1991年9月24日～1992年1月20日
センボルナ地区北部 (Semporna North)	1992年1月6日～1992年1月10日
キナバル地区北部 (Kinabalu North)	1991年9月24日～1992年1月20日

③ 航空基地

旧キナバル地区	ラノウ (Ranau)
センボルナ地区南部	タワウ (Tawau)
セガマ地区	ダヌン・バレー (Danum Valley Camp)
ラブク地区	クンダサン (Kundasang)
キナバル地区南部	クンダサン (Kundasang)
センボルナ地区北部	ルアソン森林センター (Luasong Foresty Centre)
キナバル地区北部	クンダサン (Kundasang) 及びコタ・ムルド (Kota Murudu)

④ 地上基地

地球磁場の日変化を記録するとともに、磁気嵐を監視するために地上基地に地上磁力計を設置した。各地区の地上基地は航空基地と同一地点である。

3-3 データ処理

(1) 航跡図

河川、道路、山頂、地名位置などの明瞭な地形の特徴を数値化して基本図を作成した。

航法システムから1秒(5万分の1地形図上で約0.8 mm)ごとに与えられる測線上の各点のX、Y座標値を線形補間することで、測線の航跡を決定作成した。各点の位置はUTM easting(X)及びUTM northing(Y)で表現した。

(2) 全磁力線図

空中磁気データは、地上磁気記録を利用して日変化補正を施した後、交叉測線のデータを利用して磁気データのレベルを一致させているが、地域的な変化に対する補正は施していない。補正済の測線データを内挿計算により、格子間隔200 mの格子データを計算した。

本調査地域のように地磁気赤道周辺地域(地磁気伏角が0°前後)では、磁気異常が東西方向に伸びており、磁性岩体の直上に振幅の大きな負の異常が、高磁性岩体の南方及び北方に小さな振幅の正の異常が現れるので、低磁気異常の直下に高磁性岩体を、高・低磁気異常の間に磁性岩体の境界を想定する。

また、ある方向に小磁気異常群が連続して分布している箇所には、岩質境界、断層等の地下構造線を反映する磁気不連続線を想定することができる。さらに、観測曲線とモデル曲線を照合して高磁性岩体の深さ、規模及び帯磁率をコンピューターを利用して自動的に決定する曲線照合法による定量解析を行った。作成した全磁力線図をFig. II-3-2に示す。

(3) 全放射線図

取得した4種類(Total Count, K, U, Th)の放射線データに対してそれぞれ、①ローパス・フィルター(7点ハニング)、②バックグラウンド除去、③高度補正及び、④コンプトンはぎ取り補正、の4段階の補正を施した。

予備段階のコンター図を作成して、バックグラウンド変動を除去した。使用したコンプトンはぎ取り補正ファクターは次のとおりである。

フォワード(順方向)はぎ取り係数	バックワード(逆方向)はぎ取り係数
alpha ; 0.35 (Uの中のTh)	a ; 0.09 (Thの中のU)
beta ; 0.30 (Kの中のTh)	b ; 0.00 (Thの中のK)
gamma ; 0.73 (Kの中のU)	g ; 0.03 (Uの中のK)

これらの係数は各測定飛行の開始時に行われるサンプル・チェック・データから決定した。

高度減衰係数として、0.0072(Total Count)、0.0058(K)、0.0082(U)及び0.0067(Th)を採用した(単位は1/feet)。