

マレーシア国 サバ中央地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 2 年 次

平成 8 年 3 月



国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱綱資
CR(2)
98-032

マレーシア国 サバ中央地域

資源開発協力基礎調査報告書

第 2 年 次

平成 8 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



1127743 [1]

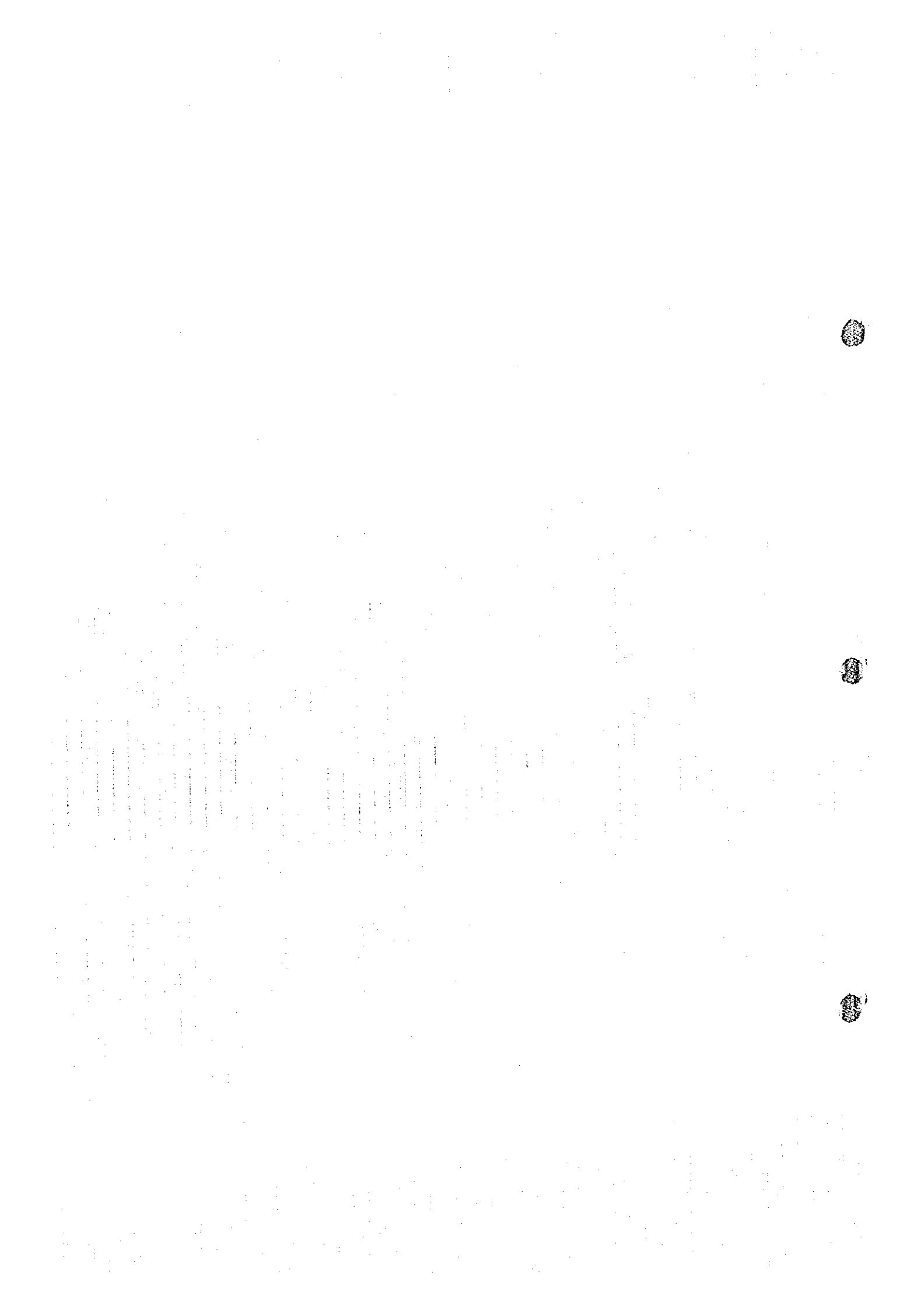
は し が き

日本国政府は、マレーシア国政府の要請に応え、同国東部に位置するサバ州中央地域のインバック川地区における鉱物資源賦存の可能性を確認するため地質調査、物理探査及びボーリング調査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査は、平成6年度を第1年次とする2年次にあたり、金属鉱業事業団は7名の調査団を編成し、平成7年7月から平成7年11月まで現地に派遣した。現地調査は、マレーシア国一次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、本年度の調査で実施した地質調査、物理探査及びボーリング調査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るものである。

平成8年3月

国際協力事業団
総裁 藤田 公 郎

金属鉱業事業団
理事長 清 瀧 昌 三 郎



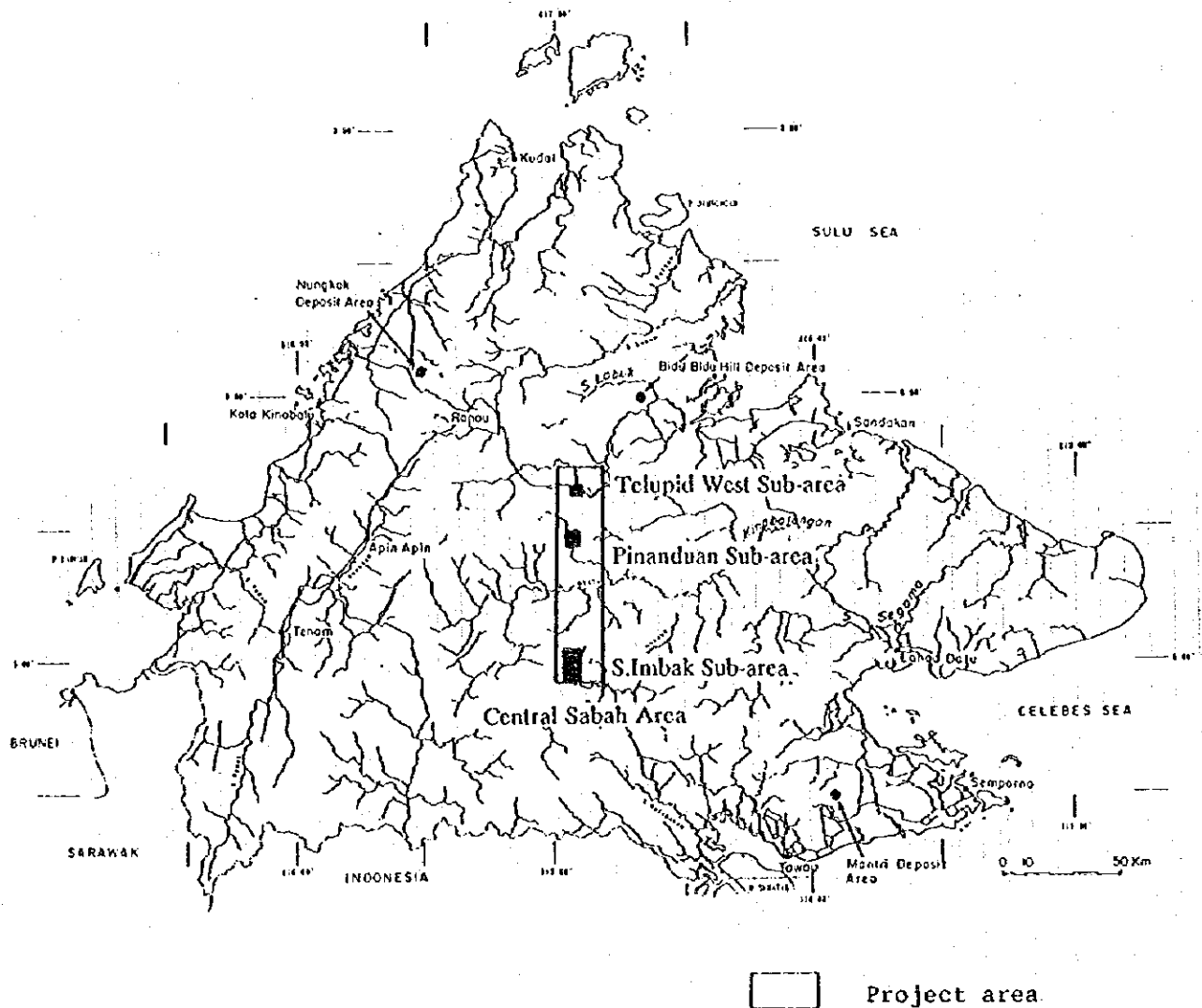
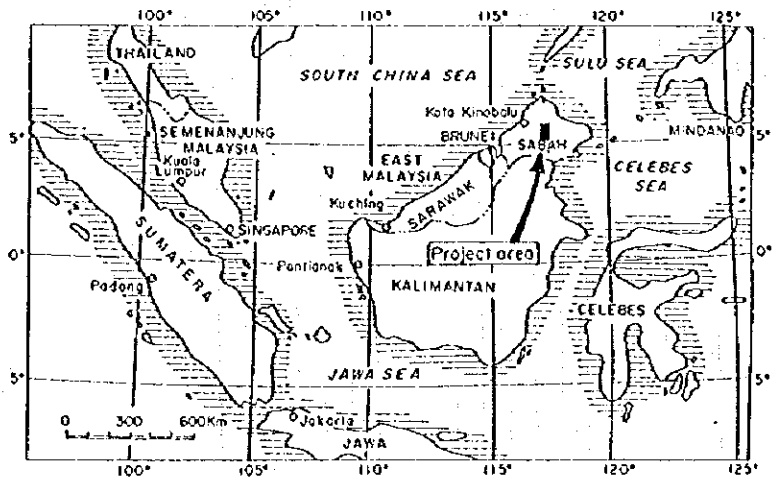
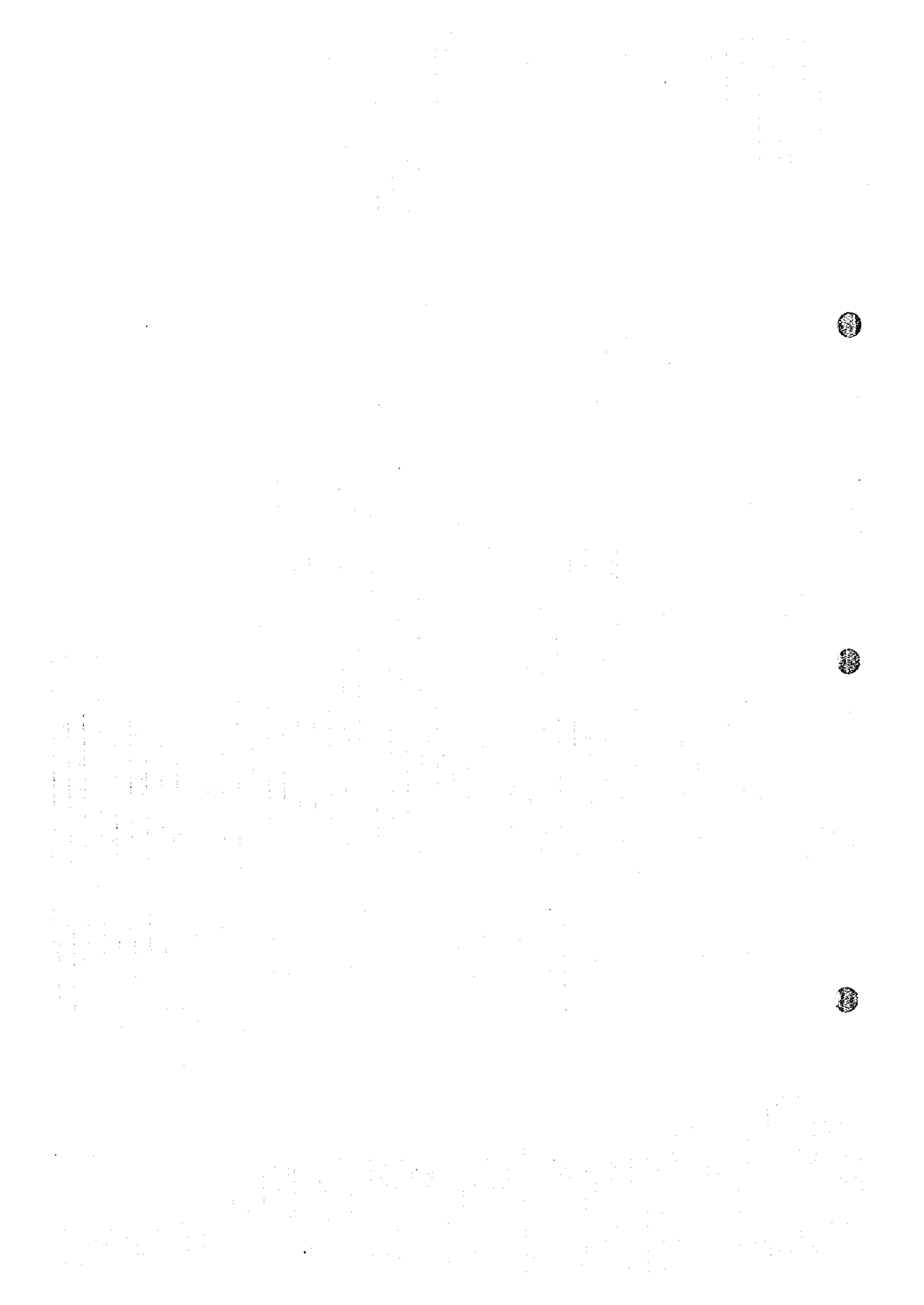


Fig. 1 Location map of the project area



要 約

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

2年次である本年度は、インバック川地区北部において地質調査 (精査)、物理探査及びボーリング調査を、さらにインバック地区川南部においては地質調査 (準精査) を実施した。

(1) インバック川地区北部 (地質調査、物理探査、ボーリング調査)

地質調査の結果、本地区は、前期～中期中新世のタンジュン層とそれに貫入する閃緑斑岩から成り、閃緑斑岩の貫入岩に伴い珪化・黄鉄鉱の鉱染が形成され、本地域の主要な鉱化帯を成す。この珪化・黄鉄鉱鉱染帯中に脈幅は数cmから25cmの石英-硫化物 (黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱) 脈が発達し、これらの脈には、①Au及びAgに富み、 $Au \geq Ag$ のタイプ、②Au及びAgに富み、 $Ag > Au$ タイプ及び③Pb、Znに富むタイプの3種類が見られる。①及び②は、珪化・黄鉄鉱鉱染帯の西側の調査地区中央部よりやや西側付近に見られ、③は中央部からやや東よりに分布する。

ボーリング調査では、MJSI-2、MJSI-4及びMJSI-5の3孔で閃緑斑岩を捕捉した。MJSI-4では、最も著しい鉱化作用が見られ、閃緑斑岩中に閃亜鉛鉱- (黄銅鉱) のネットワーク状脈が約15mに渡って見られ、その中で約3mに渡って銀に富む石英-硫化物脈及びバッチが見られた。MJSI-5では、閃緑斑岩に近接してAuを伴う石英-硫化物脈が見られる。

本地区の鉱化作用は閃緑斑岩の火成活動と密接に関係した鉱化作用であり、地質状況、鉱石鉱物の組み合わせ、変質鉱物、流体包有物の充填温度 (300°C から400°C) から、本地区の鉱化作用は斑岩銅鉱床の周縁部に類似した環境であると考えられる。

第1年次及び本年度の物理探査の結果、本地区のIP異常域の広がりかほぼ明らかとなった。IP異常は、地区中央部から南東部に至る地区及び中央部から中央南部に至る地区の2地区で顕著に見られ、Au、Ag、Cu異常域、或いは貫入岩体に伴う珪化・黄鉄鉱鉱染帯の分布域と調和的である。なお、地区中央部のIP異常帯に対して実施したボーリング調査結果とIP異常とを比較検討した結果、本地区におけるボーリング調査のためのIP異常タイプによる選定指標を得た。すなわち、斑岩銅鉱床に類似した鉱床と仮定した場合、IP異常タイプ1 (低比抵抗、高分極率) を一般的にターゲットと考えるが、本地区の場合、変質帯の広がりか限定していることからIP異常タイプ2 (中比抵抗、高分極率) を目標とすることが妥当と思われる。

これら上記の調査結果から、鉱床賦存の可能性のある最も有望な地区として①物理探査測線D及びEの中央部から南部に至る地区 (NAa) 及び②地区中央部から東部に至る地区 (NAb) の2地区が挙げられる。これらの地区に、詳細な物理探査及びその結果に基づくボーリング調査

が行われることが望ましい。

(2) インバック川地区南部(地質調査)

地質調査の結果、本地区の全域に前期～中期中新世のタンジュン層が分布し、下位より泥岩層、砂岩層及びその上位の泥岩層からなる。これらの堆積岩類に閃緑斑岩が貫入し、珪化・黄鉄鉱の鉱染帯を形成する。これら珪化・黄鉄鉱鉱染帯は地区中央北部(SA)、中央部の稜線の西側山腹(SB)及び、東部の東側山腹(SC)で本地区の主要な鉱化帯を成す。

鉱化帯SAはインバック川地区北部の鉱化帯(NA)から連続する鉱化帯と思われ、珪化・黄鉄鉱鉱染帯中に石英-硫化物脈が分布し、高品位の銀及び銅を含む脈も存在する。岩石地化学探査の結果Au、As及びCuの高濃度帯に覆われ、変質もその周りよりやや強い。鉱化帯SBは、閃緑斑岩を中心として、黄鉄鉱、黄銅鉱の鉱染を伴い、銅の品位はやや低いが、斑岩銅鉱床に類似した鉱化作用が見られ、岩石地化学探査の結果Cu、Au、Sの異常帯に覆われる。鉱化帯SCからは、著しい鉱化作用及び強度の地化学異常は確認できなかった。変質帯調査及び流体包有物充填温度測定の結果から鉱化帯SA及びSBは、斑岩銅鉱床のフィリック帯に近い条件を示すと考えられる。

以上の点から鉱床賦存の可能性の高い地区として、鉱化帯SA地区及び鉱化帯SB地区が考えられる。これらの地区に対して、今後さらに詳細な調査が行われることが望ましい。

目次

はしがき	
調査地域位置図	
要約	
目次	

第I部 総論

第1章 序論	1
1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 調査範囲及び作業の概要	1
1-3 調査団の編成	2
1-4 調査期間	2
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 調査地域の既存地質情報	11
3-1 一般地質	11
3-2 鉱化作用及び鉱業略史	12
第4章 調査結果	18
4-1 インバック川地区北部	18
4-2 インバック川地区南部	20
第5章 結論及び提言	21
5-1 結論	21
5-2 提言	23

第II部 各論

第1章 インバック川地区北部	29
1-1 調査の概要	29
1-1-1 調査地区の概要	29
1-1-2 調査の経緯	29

1-1-3	探査手法及び調査量	30
1-2	地質調査	30
1-2-1	調査方法	31
1-2-2	地質	31
1-2-3	鉱化作用	33
1-2-4	流体包有物充填温度測定	35
1-3	物理探査	37
1-3-1	調査方法	37
1-3-2	解析方法	38
1-3-3	調査結果	38
1-4	ボーリング調査	42
1-4-1	調査方法	42
1-4-2	調査結果	42
1-5	考察	51
第2章	インバック川地区南部	95
2-1	調査の概要	95
2-1-1	調査地区の概要	95
2-1-2	調査の経緯	95
2-1-3	探査手法及び調査量	96
2-2	地質調査	96
2-2-1	調査方法	96
2-2-2	地質	98
2-2-3	鉱化作用	99
2-2-4	流体包有物充填温度測定	101
2-2-5	岩石地化学探査及び変質帯	102
2-3	考察	107

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章	結論	135
第2章	第3年次への提言	137

参考文献	References	145
图表一覽	Lists of figures, tables, plates and appendices	147
卷末	Appendices	

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. The text is arranged in multiple columns and is too light to transcribe accurately.]



第 I 部 総 論



第1章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

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

マレーシア・サバ中央地域 (テルピド西部地区・ピナンドアン地区及びインバック川地区) における平成6年度資源開発協力基礎調査 (第1年次) の結果、金鉱床賦存の可能性の高い地区としてインバック川地区が選出された。

本年度調査では、インバック川地区の金鉱床賦存有望区域及びその周辺区域に対して地質調査、物理探査及びボーリング調査を実施し、鉱床賦存状況を明らかにし、開発可能性の高い区域を発見することを目的とする。また、調査と同時に相手国機関であるマレーシア地質調査所に対して技術移転を図ることも目的とする。

1-2 調査範囲及び作業の概要

本調査の対象地域であるサバ中央地域は、サバ州の中央部に位置し、テルピドから南に延びた長方形を成す地域であり、鉱物資源基本図調査のラプク地域の南部に位置する (Fig. 1)。インバック川地区は、サバ中央地域南部に位置し、南北14km、東西7km、の広がりを持つ。この内、北側の南北4km、東西7kmの地域は鉱物資源基本図調査のラプク地区および地化学探査準精査のT地区にふくまれ、南側の南北10km、東西7kmの地域は、鉱物資源基本図調査の地域より更に南へ延長した地域である。

第1年次の調査において、インバック川地区北部 (28.0 km²) では、地質調査 (準精査) 及び物理探査 (IP法)、インバック川南部 (70 km²) においては土壌地化学探査を実施した。今年度は、これらの結果に基づき、有望地域を中心に新たにインバック川地区北部 (14.75 km²) 及び南部 (45.50 km²) を設定し調査を行った (Fig. 1-1)。

本年度の調査は、インバック川地区北部及び南部においてTable 1-1に示す調査量及び Table 1-2に示す調査内容で調査を実施した。インバック川地区北部においては地質精査、IP法による物理探査及びボーリング調査を実施し、地質状況と鉱化作用の関係、平成6年度捕捉したIP異常帯の南方への連続及び地表下の鉱化状況の把握を行う。インバック川地区南部においては地質準精査を実施し、インバック川地区北部から南方へ連続すると考えられる鉱化帯の把握及び地質状況と鉱化作用の関係を明らかにする。

本調査は、インバック川地区に木材運搬道路が最も近接する地点にベースキャンプを設営して調査の基地とし、調査地区内に前進キャンプを設営して調査を行った。

1-3 調査団の編成

本調査の現地調査に参加した団員は、次の通りである。

(1) 現地指導監督

五十嵐吉昭 金属鉱業事業団
鈴木 哲夫 金属鉱業事業団、マニラ事務所

(2) 現地調査

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

GSM: Geological Survey of Malaysia

1-4 調査期間

本調査に伴うマレイシア国での調査の期間は、以下の通りである。

現地指導監督

平成7年 5月18日 ~ 平成7年 5月25日

平成7年10月 6日 ~ 平成7年10月13日

地質調査

平成7年 7月17日 ~ 平成7年 9月29日

(現地解析: 平成7年 9月21日 ~ 平成7年 9月27日)

物理探査

平成7年 7月20日 ~ 平成7年 9月10日

(現地解析：平成7年 9月 2日 ~ 平成7年 9月 8日)

ボーリング調査

平成7年 8月 3日 ~ 平成7年11月 7日

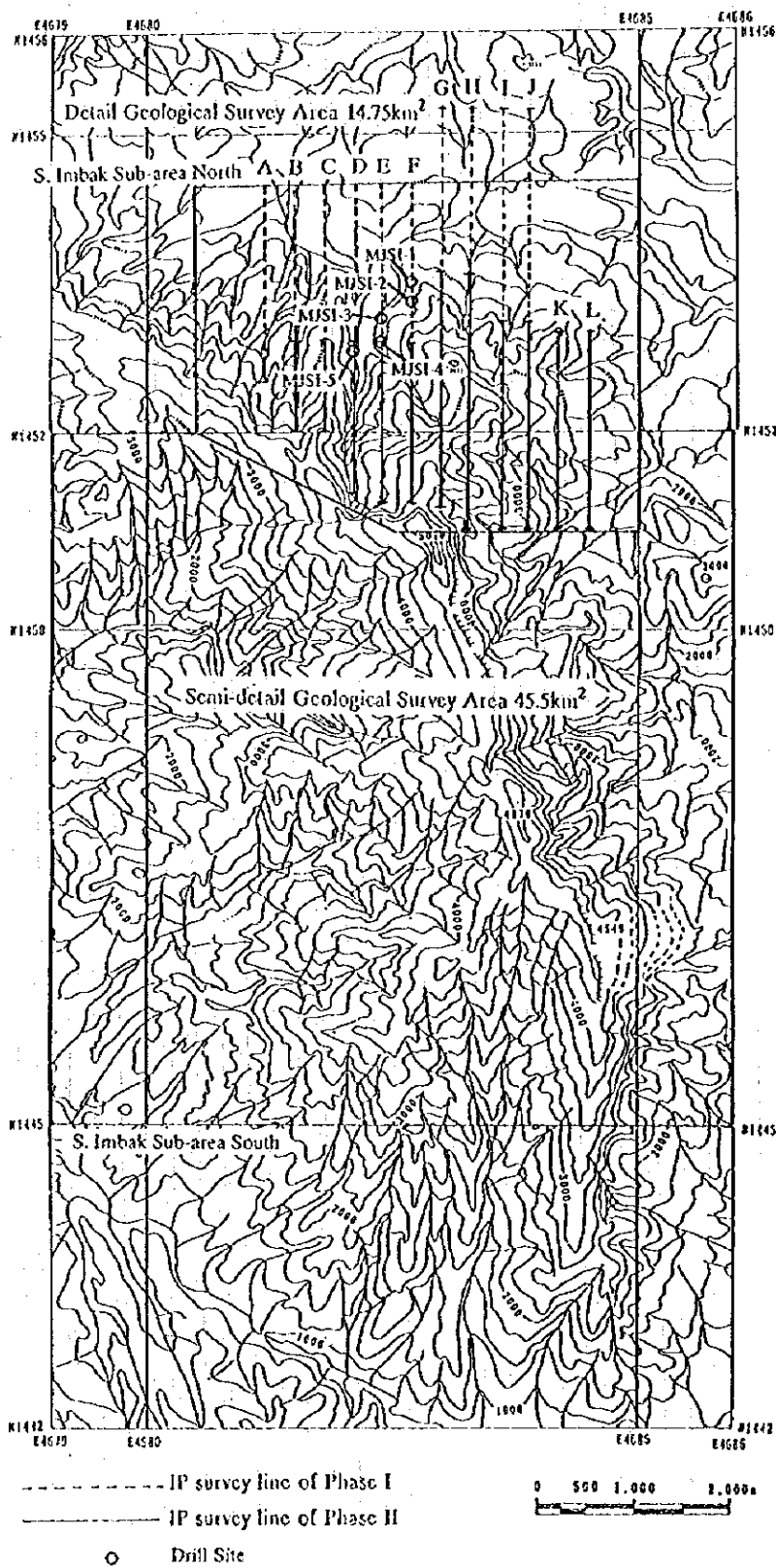


Fig. 1 -i S. Imbak Sub-area

Table I-1 Summary of work amounts

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

Table 1-2 Work amounts of laboratory studies

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

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

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

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

本調査の対象地域であるサバ中央地域は、サバ州の中央部に位置し、テルピド(Telupid)から南に延びた長方形を成す地域で、東西20 km、南北90 km (1,800 km²)の広がりを持ち、鉱物資源基本図調査のラプク地区の南部に位置する(Fig. 1-2)。

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

サバ中央地域内では、コタキナバル-サンダカンを結ぶ道路が北端部を通り、地域内で唯一の舗装道路である。その他の道路は、テルピドから南西方の散在する集落へ向かう道路、及びテルピドから南方へ向かう木材運搬用道路である。木材運搬用道路は、本地域内の東部及び本地域に近接してその東方を南下し、近年、タワウ方面から北上する道路と連結された。本年度の調査地区であるインバック川地区内には、道路は一切存在しない。

2-2 地形及び水系

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

サバ州中央部に位置する本地域は、全体的に標高500 mから1,000 mの山岳地形を成し、主

要河川沿いに標高 100 m から 200 m の丘陵地が分布する。丘陵地の分布は、ほぼ北部に限られラブク川 (S. Labuk)、カラマック川 (S. Karamuak)、ミリアン川 (S. Milian) の沿岸である。本地域南東部は地形が急峻で、1,000 m を越える山脈が北北東-南南西方向に走り、最高 1,500 m に達する。

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

2-3 気候及び植生

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

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

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

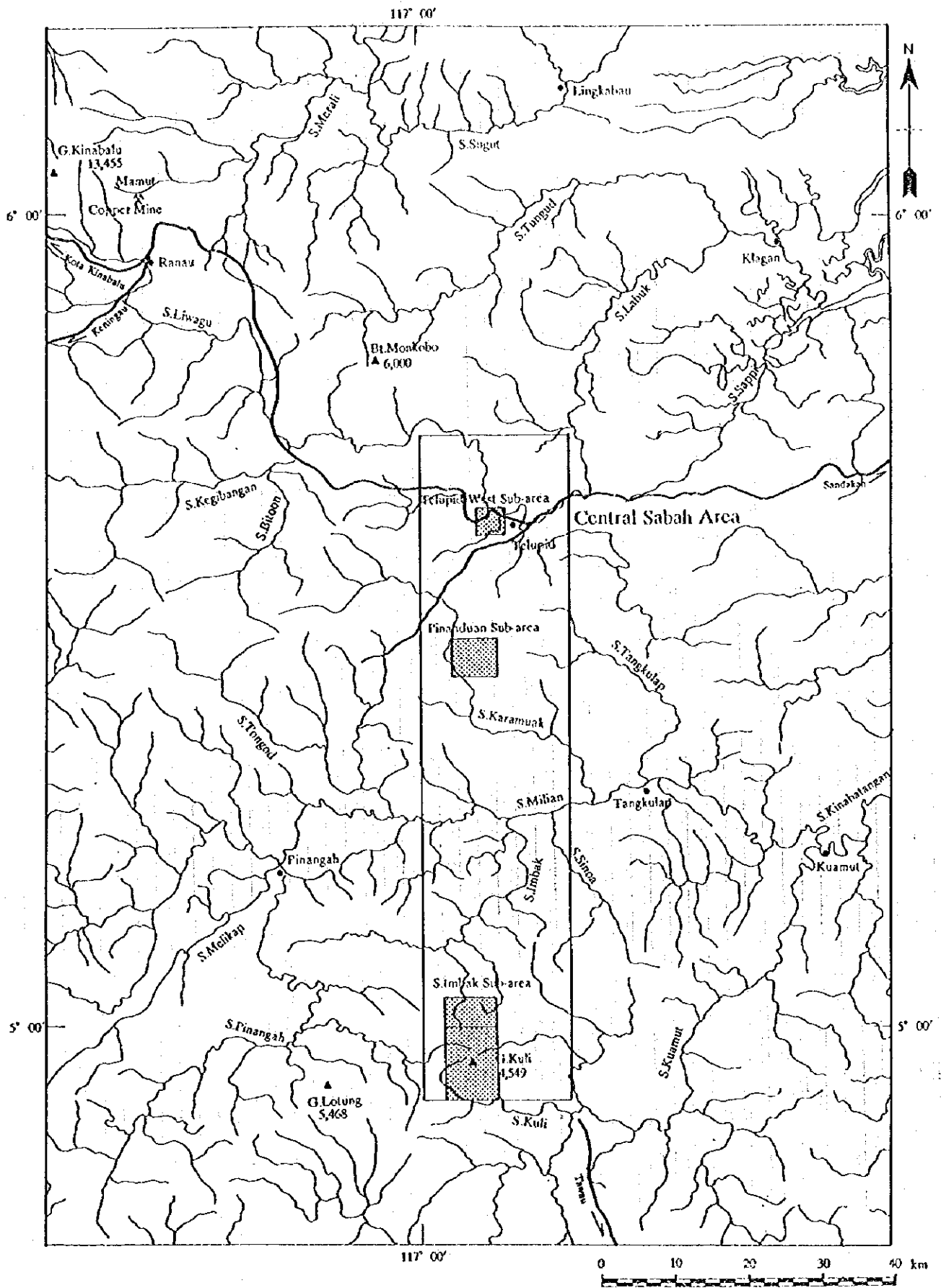


Fig. 1 -2 Location of the Central Sabah Area

Table I -3 Statistics of temperature and rainfall

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

Temperature: 1989 and 1990

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

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 一般地質

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

本調査地域を含むサバ州の地質図(Heng Y. E., 1985)をFig. 1-3に示す。

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

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

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

中新世から鮮新世の岩石は、サバ州東部、北部及び南西部に分布する。

サバ州東部の中新世の地層は、海成の泥質岩から成るカラバカン(Kalabakan)層(P₄Kl)、泥岩、頁岩、凝灰岩から成るカルンパン(Kalumpang)層(P₄Kg)及びスランプ堆積物からなるガリノノ(Garinono)層(P₄Gr)、ラバング(Labang)層(P₄Lb)、アヤー(Ayer)層(P₄Ay)、クワム(Kuamut)層(P₄Km)である。後四者の、スランプ堆積物を中心とする地層は、チャート、石灰岩、斑レイ岩、砂岩、蛇紋岩などの古期の岩石のブロックと泥質のマトリックスからなり、テクトニックメランジェと考えられ、カオティックな地層である。後期中新世の地層はタンジュン(Tanjung)層(N₂Tj)及びサンダカン(Sandakan)層(N₄Sk)で、これらは浅海成で泥岩-砂岩のシーケンスからなり、顕著なベーズン構造を形成する。

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

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

サバ州に分布する火成岩の時代は主に三つの時期に分けられる。まず、三疊紀初期の貫入岩で、トーナライト、花崗閃緑岩、トロニエマイト、花崗岩からなり、それらは基盤を成す結晶質岩類に貫入する。その次の時期の火成岩類は斑レイ岩、粗粒玄武岩、玄武岩質溶岩等のオフィオライト系列の岩石で、白亜紀初期の火成岩類であり、これらは漸新世から中新世の時期に現在の位置にもたらされた。さらに、中新世後期から第四紀にかけて、センボルナ地区で石英安山岩、安山岩、玄武岩から成るカルクアルカリ岩の著しい火山活動が見られ、さらにキナバル地区においては、アダメロ岩、花崗閃緑岩を主とする花崗岩質岩のバソリスを伴う火成活動がある。

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

3-2 鋳化作用及び鋳業略史

サバ州に見られる主要な金属鋳床の分布する地帯は、北部のバンギ島から南部のセンボルナ半島にかけてのサバ州中央部を横断する地帯に見られる。主要な既知の鋳床及び鋳徴地の分布図(Leong K.M., 1976)を、Fig. 1-4に示す。鋳化作用は、関係する岩石によって四種類に分けられる。すなわち、基盤の結晶質岩に伴うもの、オフィオライト系列の岩石に伴うもの、新期の半深成岩に伴う火山岩類に関係したもの、花崗岩類に関係した鋳化作用である。

先三疊紀の結晶質岩中の鋳化作用は、セガマ川上流の片岩中に見られ、銀の鋳化作用は片状の粗粒玄武岩質岩中に見られる。碎屑性の金はセガマ川、ディワタ川等の河川で見られ、これらの河川は結晶質の基盤岩を流れる河川で、金の源は結晶質基盤岩に貫入する酸性岩と考えられている。

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

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

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

ート(Mamut)鉱山及び鉱徴地としてヌンコック(Nungkok)がある。

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

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

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

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



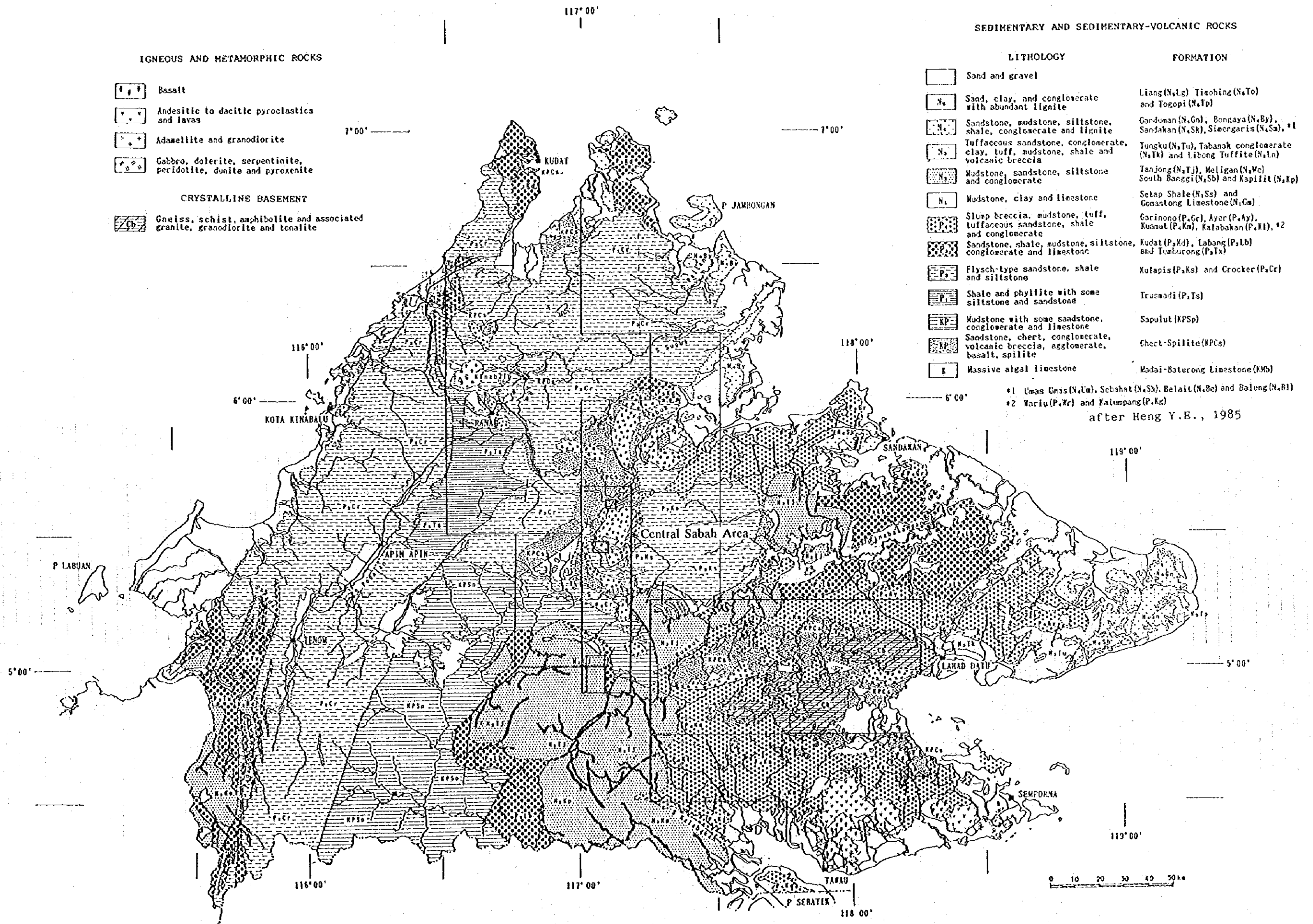


Fig. 1-3 Geologic map of Sabah, Malaysia

第4章 調査結果

4-1 インバック川地区北部

本地区の地質は、前期～中期中新世のタンジュン(Tanjong)層(N₂Tj)とそれに貫入する閃緑斑岩(I₁)から成り、閃緑斑岩の貫入岩が多く分布する地域ではタンジュン層は珪化し、黄鉄鉱の鉱染を伴う。タンジュン層は、本地区全体にわたって分布し、下位より泥岩層、砂岩・泥岩互層及び砂岩層の3層準に区分される。

本地区の主要な鉱化・変質作用は、中央から南東部にかけての珪化及び黄鉄鉱の鉱染帯中で見られ、小規模の閃緑斑岩が多く貫入する地域あるいは砂岩の分布する地域である。この珪化・黄鉄鉱鉱染帯中に脈幅は数cmから25cmの石英-硫化物(黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱)脈が発達する。

今年度の調査では、第1年次の調査の様に、規模の大きい鉱微地及び著しくAu及びAgに富むものは確認出来なかったが、幅数cmのAg、Pb、Znに富む石英-硫化物脈が散在することを確認した。本地区に見られる石英-硫化物脈は下記の様な3つのタイプに区分される。

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

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

岩石地化学探査の結果、珪化・黄鉄鉱鉱染帯は、Au、As及びCuで特徴付けられる。因子分析の結果、第1因子(-As、(-Au)、Ca、Mg、Na、Sr、Zn)及び第2因子((Ag)、(As)、Au、Cu、Pb、S、(Zn))は本地区の鉱化作用を特徴付ける因子であると考えられる。第1因子の負の値の大きい因子得点の分布域は、珪化・黄鉄鉱鉱染帯の中央部から西部を覆い、第2因子の高因子得点の分布は、珪化・黄鉄鉱鉱染帯内の北東部に単独でやや強く現れ、第1因子の負の高い因子得点の地域と重複する。

ボーリング調査の結果、変質作用は、堆積岩類ではあまり顕著には見られないが、弱い珪化及び緑泥石化で、石英、緑泥石、絹雲母の変質鉱物を持ち、MJSI-5でやや顕著であり、絹雲母の量が増大し、緑泥石は減少する。閃緑斑岩は斜長石、角閃石の斑晶を持ち、やや細粒の見かけは安山岩様の岩石と斑晶として斜長石、角閃石及び黒雲母を持ちやや酸性の岩石のものとなる

が、鉍化作用は後者でより強い。鉍化作用は、ほぼ全体的に弱い黄鉄鉍-磁硫鉄鉍-(黄銅鉍)の鉍染が見られ、これらの鉍物からなる幅1mm前後の割れ目充填フィルムが見られる。さらに、幅数cmの石英-硫化物脈が散在する。鉍化作用は閃緑斑岩中で周りの堆積岩より強く、最も著しい鉍化作用が見られるのはMJS1-4で、閃緑斑岩中に閃亜鉛鉍-(黄銅鉍)のネットワーク状脈が見られ、約15mに渡って亜鉛の品位はZn0.4%から1.0%で、更にその中で約3mに渡って銀に濃集する石英-硫化物脈及びパッチが見られ、銀の品位は、Ag37.2g/tから90.5g/tである。それ以外でも、閃緑斑岩は全体的に鉍化・変質作用を受け、黄鉄鉍、磁硫鉄鉍、黄銅鉍に弱く鉍染し、数g/tの銀を含む幅数cmの石英-硫化物脈が伴う。堆積岩類では、ほぼ全体的に黄鉄鉍、磁硫鉄鉍に鉍染し、これらの鉍物からなる割れ目充填フィルムが見られる。それに幅数cmの石英-硫化物脈が伴い、MJS1-5においては、閃緑斑岩の上盤側の堆積岩類中の石英-硫化物脈では磁硫鉄鉍中に金を含み、Au5.7g/tおよび12.3g/tの品位が得られた。

本地区の鉍化作用はAu-Ag, Cu, Zn に特徴付けられ、閃緑斑岩の火成活動と密接に関係した鉍化作用である。地質状況、鉍石鉍物の組み合わせ、変質鉍物、流体包有物の充填温度(300°Cから400°C)から浅熱水性とは考えられない。しかし、温度は相対的にやや低く、火成活動の中心に近接した鉍化作用ではないと考えられる。この様な点から、本地区に見られる鉍化作用は、斑岩銅鉍床に類似した鉍化作用の縁辺部の可能性が考えられる。珪化・黄鉄鉍鉍染帯では、その西部に変質帯の中心が存在し、典型的な斑岩銅鉍床の変質分帯で言えばフィリック帯に対応する。その外側に緑泥石を伴うプロピライト化帯が分布し、その西側は粘土化帯に属する。金-銀を伴う石英-硫化物脈の分布は、ほぼ絹雲母を多く伴うフィリック帯内に認められ、磁硫鉄鉍を伴う脈で、閃緑斑岩に近接する堆積岩中に見られる傾向がある。

物理探査では第1年次及び本年度の調査の結果、本地区で捕捉された20 mV/V 以上の中～高分極率異常域の全体の広がりほぼ明らかとなった。

本地区のIP異常の分布は、地区中央部から南東部に至る地区及び中央部(D・E測線)から中央部南部に至る地区の2地区で顕著である。また、本地区で実施された岩石地化学探査の結果得られたAu, Ag, Cu異常域は、両IP異常域を包含するように調和的に分布している。前者は、地区中央部から南東部に分布する貫入岩体に伴う珪化・黄鉄鉍鉍染帯の分布域と調和的である。特にD測線中央部からF測線中央部にかけてより高分極率異常を示している。一方、後者の地区内において実施されたボーリング調査の結果、MJS1-4、MJS1-5にて貫入岩(閃緑斑岩)が一部確認されており、しかも高分極率を示すことから、本地区のその他の地下深部にも鉍化作用をもたらす貫入岩の存在が予想される。なお、本年度実施したボーリング調査結果とIP異常とを比較すると、本地区で得られた30mV/V以上の高分極率異常は、斑岩銅鉍床に類似した鉍床と仮定した場合、IP異常タイプ1(低比抵抗・高分極率)が最良の目標となるが、本地区の場合、変質帯が広く顕著に分布していないこと、ボーリング孔の岩芯試料の変質の広がりが限られていることなどから、IP異常タイプ2(中比抵抗・高分極率)を目標としたほうが妥当と考える。異常タイプ2は地区中央部から地区南東部に至る地区及び地区中央東部に捕捉されている。

4-2 インバック川地区南部

本地区の地質は、前期～中期中新世のタンジュン(Tanjong)層(N:Tj)とそれに貫入する閃緑斑岩(I₁)から成り、タンジュン層は、本地区全体にわたって分布し、下位より泥岩層、砂岩層及びその上位の泥岩層からなる。閃緑岩の貫入岩が多く分布する地域では、タンジュン層の砂岩、泥岩が珪化し、黄鉄鉱の鉱染を伴う岩石が分布する。

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

鉱化帯SAは、インバック川地区北部の鉱化帯(NA)から連続する鉱化帯と思われ、珪化・黄鉄鉱鉱染帯中に石英-硫化物脈が分布する。銀及び銅に富む脈が存在し、最大の脈は堆積岩を切る幅35cmの石英-黄鉄鉱-黄銅鉱脈で、その品位は銅及び銀に富み、それぞれ、Cu2.21%から9.37%、Ag61.9g/tから509.7g/tである。それ以外はインバック川地区北部のタイプ②の銀を含む脈である。鉱化帯SBは、閃緑斑岩を中心として、黄鉄鉱、黄銅鉱の鉱染を伴い、銅の品位はやや低いが、斑岩銅鉱床に類似した鉱化作用である。鉱化帯SCからは、著しい鉱化作用を伴う鉱徴地及び品位の高い試料等は確認できなかった。

岩石地化学探査の結果、鉱化帯SAは、Au、As及びCuで特徴付けられ、鉱化帯SBの黄銅鉱の鉱染を伴う鉱徴地IMS-2周辺は、これと異なり、Cu、Au、Sで特徴付けられる。鉱化帯SCでは、As、Au、Cuの高濃度の試料が散在するのみである。因子分析の結果、第1因子(-As、(-Au)、Ca、Mg、Na、Sr、Zn)と第2因子((Ag)、(As)、Au、Cu、Pb、S、(Zn))は、本地区の鉱化作用を特徴付ける因子であると考えられる。第1因子の負の高い因子得点を示す試料の分布域は、北部の珪化・黄鉄鉱鉱染帯(NA)から南部の鉱化帯SAにかけての地域に広く顕著に分布する。第2因子の高因子得点の分布は、第1因子の負の高い因子得点の地域と重複して、鉱化帯SAの中心部に分布する。鉱化帯SBの鉱徴地IMS-2周辺にも、第2因子の高因子得点域が分布する。

変質帯調査の結果、あまりはっきりした分帯は見られず、緑泥石と絹雲母の組み合わせの試料が多く分布し、プロピライト化帯からフィリック帯への漸移帯に相当すると思われる。鉱化帯SAではその中央部で石英を多量に伴う試料が存在し、鉱化帯SBでは絹雲母に富む試料が存在することから、一部、フィリック帯に含まれる部分もあると思われ、それぞれインバック川地区南部の変質帯の中心をなすと思われる。

流体包有物の温度測定の結果、鉱化帯SA及びSBでは平均充填温度は319.5から364.3°Cで、北部の珪化・黄鉄鉱鉱染帯(NA)よりやや低いが、斑岩銅鉱床のフィリック帯の生成温度に一致する。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

(1) インバック川地区北部

本地区は前期～中期中新世のタンジュン層とそれに貫入する閃緑斑岩から成り、閃緑斑岩の貫入岩が多く分布する地域ではタンジュン層は珪化し、黄鉄鉱の鉱染を伴っている。

本地区の主要な鉱化・変質作用は、中央から南東部にかけて分布する珪化・黄鉄鉱の鉱染帯中で見られ、小規模の閃緑斑岩が多く貫入する地域である。この珪化・黄鉄鉱の鉱染帯中に脈幅は数cmから25cmの石英-硫化物（黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱）脈が発達し、これらの脈には、①Au及びAgに富み、 $Au \geq Ag$ のタイプ、②Au及びAgに富み、 $Ag > Au$ タイプ及び③Pb、Znに富み、Agを伴うがAu及びCuはほとんど含まないタイプの3種類が見られる。①及び②は、珪化・黄鉄鉱の鉱染帯の西側の調査地区中央部よりやや西側の二つの主要な枝沢が接近する付近に見られ、③は中央部からやや東よりに分布する。

ボーリング調査では、MJSI-2、MJSI-4及びMJSI-5の3孔で閃緑斑岩を捕捉した。MJSI-4では、最も著しい鉱化作用が見られ、閃緑斑岩中に閃亜鉛鉱-（黄銅鉱）のネットワーク状脈が約15mに渡って見られ、その中で約3mに渡って銀に富む石英-硫化物脈及びパッチが見られた。MJSI-5では、閃緑斑岩に近接してAuを伴う石英-硫化物脈が見られる。

本地区の鉱化作用はAu-Ag、Cu、Znに特徴付けられ、閃緑斑岩の火成活動と密接に関係した鉱化作用である。地質状況、鉱石鉱物の組み合わせ、変質鉱物、流体包有物の充填温度（300°Cから400°C）から浅熱水性とは考えられず、斑岩銅鉱床の周縁部に類似した環境であると考えられる。

物理探査結果から本地区のIP異常の分布は、地区中央部から南東部に至る地区及び中央部（D・E測線）から中央部南部に至る地区の2地区で顕著である。前者は、地区中央部から南東部に分布する貫入岩体に伴う珪化・黄鉄鉱の鉱染帯の分布域と調和的である。特にD測線中央部からF測線中央部にかけてより高分極率異常を示している。一方、後者では地区内において実施されたボーリング調査で、貫入岩（閃緑斑岩）が一部確認されているが、地下深部にも潜在する貫入岩の存在が予想される。なお、本年度実施したボーリング調査結果とIP異常とを比較検討した結果、本地区の場合変質帯の広がりに限られていることから、IP異常タイプ2（中比抵抗・高分極率）を対象とすべきであるとの結論をえた。IP異常タイプ2は、地区中央部から地区南東部に至る地区及び地区中央東部に捕捉されており、おおむね、上記2地区の範囲内に分布する。

上述のようにインバック川地区北部で実施した各種調査の結果、鉱床賦存の可能性のある最も有望な地区として次の2地区が挙げられる。

1) 物理探査測線D及びEの中央部から南部に至る地区（NAa）

選定理由：a) 変質帯調査及び流体包有物の充填温度測定結果から、本地区の鉱化・変質作用の中心と考えられる。

- b) 地質調査の結果、Au-Agを伴う石英-硫化物脈が分布する。
- c) 岩石地化学探査の結果、Au、Ag、Cuの異常帯が分布する。
- d) 物理探査の結果、強いIP異常（25mV/V以上の中～高分極率、100Ω・m未満の中～やや高比抵抗）が分布する。
- e) ボーリング調査の結果、より南のボーリング孔（MJSI-4、MJSI-5）ほど鉍化作用が強い。

2) 地区中央部から東部に至る地区（NAb）

- 選定理由：a) ボーリング調査により、閃緑斑岩に著しい鉍化作用が伴い、その近傍の堆積岩にAu-Agの鉍化作用が伴うことが明らかと成ったが、地質調査から本地区に閃緑斑岩が多く分布し、石英-硫化物脈の存在も期待される。
- b) 岩石地化学探査の結果からAu、Ag、Cuの異常帯が分布する。
 - c) 物理探査の結果から強いIP異常（25mV/V以上の中～高分極率、100Ω・m未満の中～やや高比抵抗）が捕捉された。

なお、上記のように、2地区の有望地区を列挙したが、ボーリング地点を選定するためには、鉍化・変質帯及び硫化物帯の分布状況を把握する詳細な調査（例えば、50m格子のEM調査、測線間隔100mのIP調査、露頭或いはボーリング孔を利用するMise-a-la-Masse法）が望まれる。

(2) インバック川地区南部

本地区の全域に前期～中期中新世のタンジュンが層分布し、下位より泥岩層、砂岩層及びその上位の泥岩層からなり、それに閃緑斑岩が貫入する。閃緑斑岩の貫入岩体が多く分布する地域ではタンジュン層の砂岩、泥岩は珪化及び黄鉄鉍の鉍染を伴い、鉍化帯を形成する。これら珪化・黄鉄鉍鉍染帯は地区中央北部（SA）、中央部の稜線の西側山腹（SB）及び、東部の東側山腹（SC）に見られる。

鉍化帯SAはインバック川地区北部の鉍化帯（NA）から連続する鉍化帯と思われ、珪化・黄鉄鉍鉍染帯中に石英-硫化物脈が分布し、高品位の銀及び銅を含む脈も存在する。岩石地化学探査の結果、Au、As及びCuの高濃度帯に覆われ、変質もその周りよりやや強い。鉍化帯SBは、閃緑斑岩を中心として、黄鉄鉍、黄銅鉍の鉍染を伴い、銅の品位はやや低い、斑岩銅鉍床に類似した鉍化作用が見られ、岩石地化学探査の結果Cu、Au、Sの異常帯に覆われる。鉍化帯SCからは、著しい鉍化作用及び強度の地化学異常は確認できなかった。変質帯調査及び流体包有物充填温度測定の結果から鉍化帯SA及びSBは、斑岩銅鉍床のフィリック帯に近い条件を示すと考えられる。

以上の点から鉍床賦存の可能性の高い地区として、鉍化帯SA地区及び鉍化帯SB地区が考えられる。今後さらにこれらの地区に詳細な調査が行われることが望ましい。

5-2 提 言

(1) インバック川地区北部(Fig. 1-5)

有望地区と考えられる2地区(物理探査測線D及びEの中央部から南部に至る地区と中央部から東部に至る地区)において、鉍化・変質帯の詳細な分布状況を把握し、ボーリング地点を選定するため電磁探査(50m格子のEM法)、測線間隔100mのIP調査、露頭或いはボーリング孔を利用するMisc-a-la-Masse法等を実施し、それと同時あるいはその結果を利用して7孔のボーリング調査を実施する。ボーリングの深度は300mとし、主に -60° の傾斜ボーリングとする。

(2) インバック川地区南部(Fig. 1-6)

二つの鉍化帯、SA地区(北西部の鉍化帯)及びSB地区(南西部の鉍化帯)に対して地質精査及び物理探査(IP法)を実施し、その結果に基づき、それぞれ2孔のボーリング調査を実施する。

SA地区

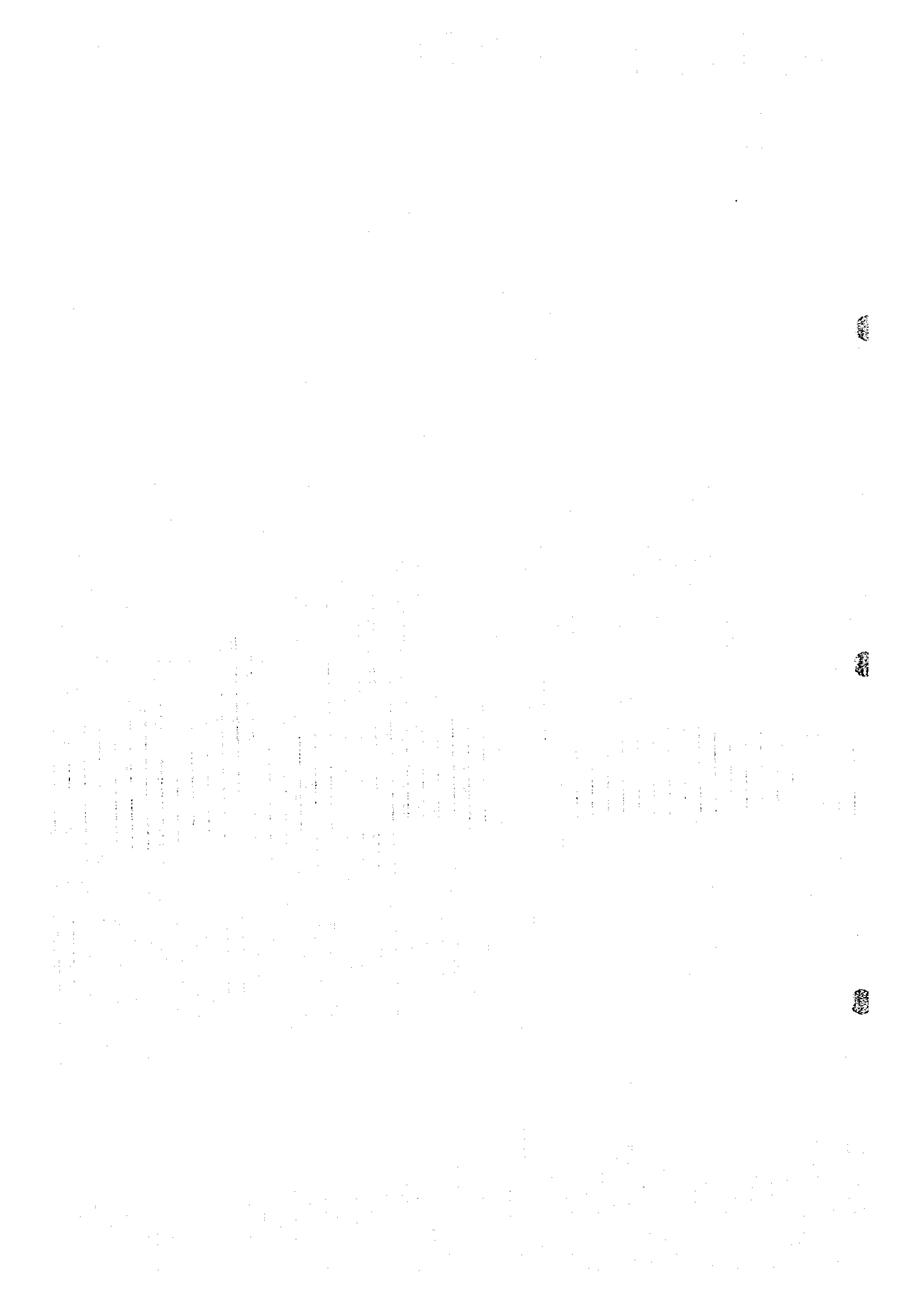
調査面積: 3.15 km^2 ($1.5 \text{ km} \times 2.1 \text{ km}$)

物探測線: 12km($1.5 \text{ km} \times 8 \text{ lines}$)

SB地区

調査面積: 4.20 km^2 ($2.0 \text{ km} \times 2.1 \text{ km}$)

物探測線: 16 km($2.0 \text{ km} \times 8 \text{ lines}$)



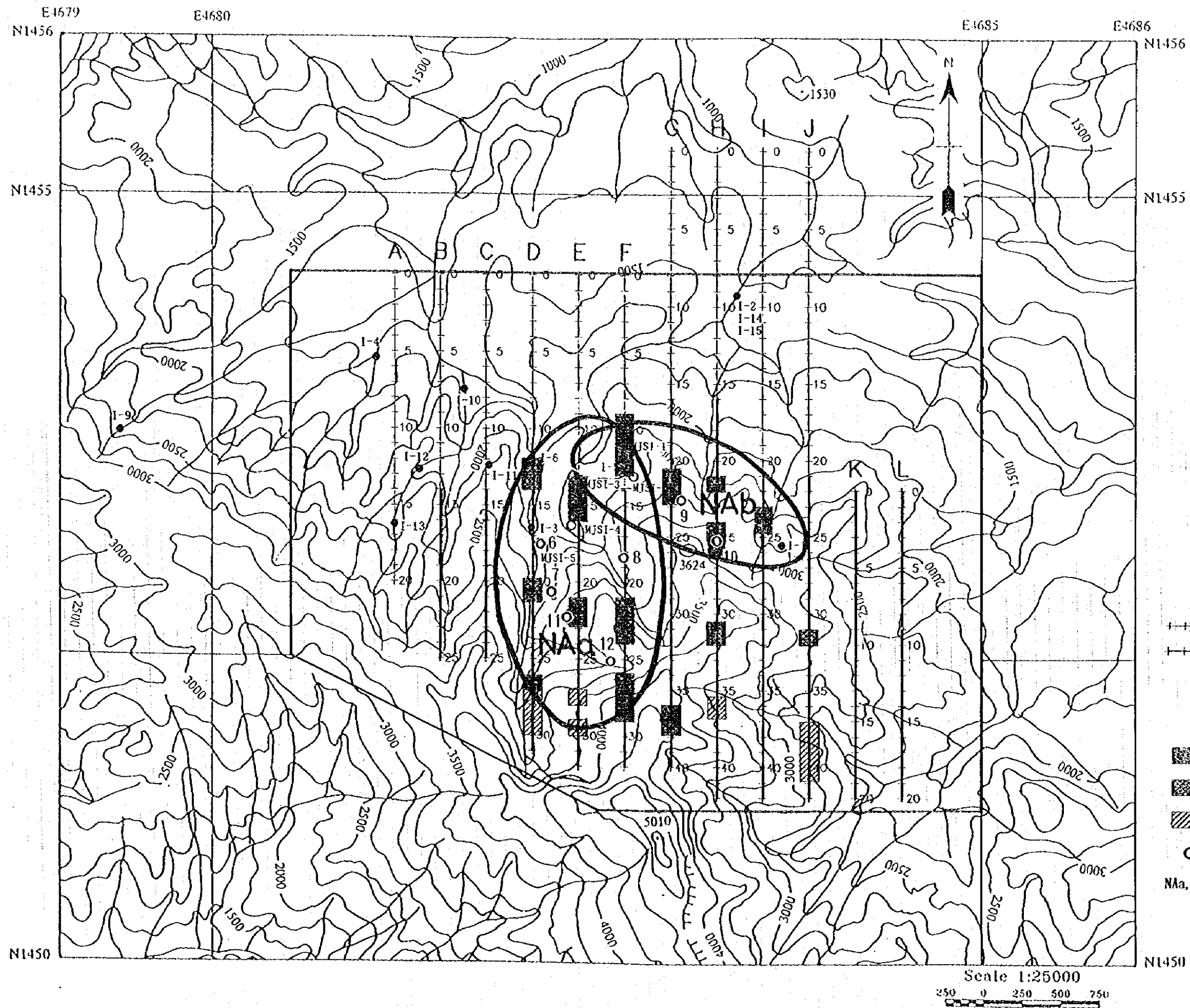
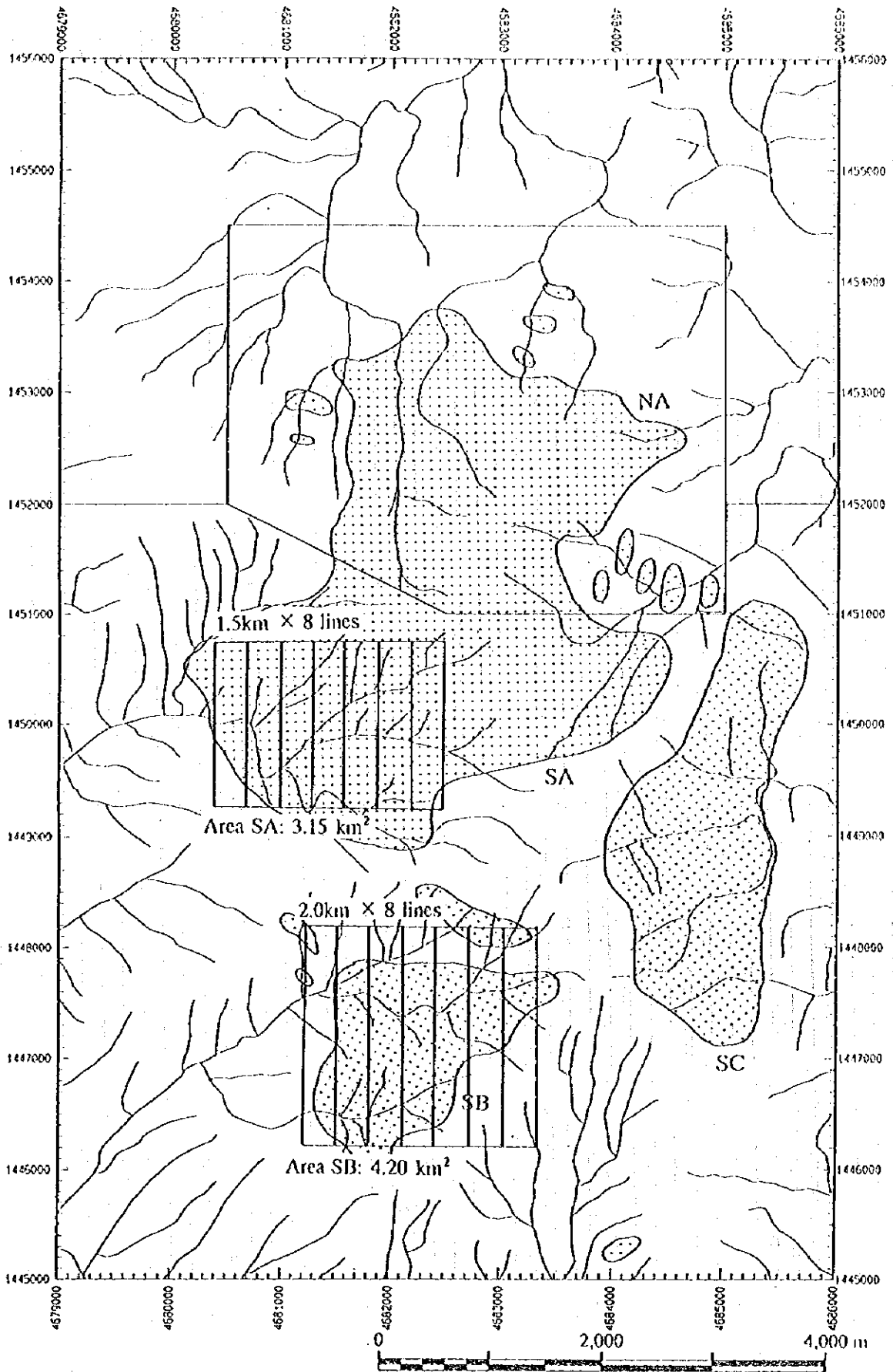


Fig. I -5 Recommendation for future work in S. Imbak Sub-area North



□ Area of recommendation for future work

— IP survey line

○ Silicification/pyrite dissemination

Fig. I -6 Recommendation for future work in S. Imbak Sub-area South

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. The text is arranged in multiple columns and paragraphs, but the characters are too light to be transcribed accurately.]



第II部 各論



第1章 インバック川地区北部

1-1 調査の概要

1-1-1 調査地区の概要

今年度調査を行ったインバック川地区北部は、第1年次のインバック川地区北部の中央部から南部にかけての地域であり、南側の境界は、鉱化帯の連続性を追跡するため、インバック川地区南部地域に延長して設定した。調査範囲は、東西4.5km、南北3.5kmで、面積は14.75²kmである。

インバック川地区北部は、その東部を除きインバック川の南側支流の流域にあたり、この河川の小支流が地区内に扇状に広がって分布し、南から北に流れる。本地区東部の河川は、クアム川の水系に属する。地形は、地区全域で急峻な山岳地形をなし、標高は地区北部で400m前後であるが、地区南部で最大1,500m以上に至り、グノクリ山を含む、NNW-SSEに走る稜線に到達する。

本地区の植生はすべて初生のジャングルで、耕作あるいは林業等の人為的な活動の形跡は認められない。アクセスは悪く、地区内には車両の通行できる道路等は一切ない。木材運搬用道路が本地区に最も近接する地点にベースキャンプを設営し、さらに調査地域内に前進キャンプを設営して調査を行った。ベースキャンプと前進キャンプの間には、なるべく傾斜の少ない尾根沿いに延長約7kmのトレールをつくり物理探査機材の運搬及び資材の補給路とした。ボーリング調査においては、各ボーリング地点にヘリポートを設置し、機材及び資材の輸送は、ベースキャンプより各ヘリポートへヘリコプターにより行った。

1-1-2 調査の経緯

本地区は、鉱物資源基本図調査が行われるまで、ほとんど調査が行われたことのない地域で、全体的に第三紀の堆積岩類が分布するとされていた。鉱物資源基本図調査における第3年次の広域地化学探査の結果、本地区を流れるインバック川の南側支流において河床堆積物で高濃度のAu、Hg（最大値：Au 6,530ppb、Hg 24,735ppb）が得られ、金の鉱化作用の存在が推定され、その上流域で閃緑岩質岩の貫入岩を一箇所を確認した。引き続き第4年次にこの支流の流域70km²の地域（T地区）で土壌による地化学探査の準精査を実施した。この調査によりT地区南部でAs、Au、Cu、Hg、S、Znの異常帯が確認された。転石も含めて鉱石分析を行った結果、3試料より高品位（Au 9.0 g/t Ag 278.3 g/t、Au 18.4 g/t Ag 115.7 g/t、Au 15.4 g/t Ag 931.4 g/t）の分析値が得られた。これら、異常帯及び鉱石試料の分布する地域は、小規模な閃緑斑岩の貫入岩体が散在し、泥岩は珪化し黄鉄鉱の鉱染を伴う。これらの点からT地区南部に金及び銀の鉱化作用が存在することが確認され、この鉱化作用はT地区南部から南方につながって延長している可能性があることが指摘された。

引き続き行われた資源開発協力基礎調査サバ中央地域の第1年次（平成6年度）の調査で、上

記の鉱徴を詳しく把握するため、インバック川地区北部において地質調査（準精査）及び物理探査を実施し以下の結果をえた。

本地区では前期から中期中新世の泥岩、砂岩及びそれらの互層からなるタンジョン層が広く全域に分布し、これに鮮新世前期の閃緑斑岩が調和的に多く貫入する。貫入岩の多く見られる地域では堆積岩類が珪化し、黄鉄鉱（硫砒鉄鉱）に鉱染する珪化・黄鉄鉱鉱染帯が分布する。この珪化・黄鉄鉱鉱染帯に10から20cm前後の硫化物（黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱）により満たされた石英脈及びレンズが分布し、高品位のAu、Ag（Au 8 - 30 g/t max. 72 g/t、Ag 30 - 100 g/t max. 196 g/t）を含有する。鉱石鉱物の組み合わせは、黄鉄鉱-硫砒鉄鉱-黄銅鉱で、自然金を硫砒鉄鉱中に含む試料も存在する。岩石地化学探査の結果、珪化・黄鉄鉱鉱染帯は、Au、Cu、Ag、As、S の異常帯及び高濃度帯で覆われ、本地区の鉱化作用を特徴付けると考えられる第1因子（Ag-As-Au）の高因子得点を持つ試料が集中して分布する。

本地区の鉱化作用はAu-Agに特徴付けられ、閃緑斑岩に関係した鉱化作用であると考えられる。地質状況、鉱石鉱物の組み合わせ、変質鉱物の組み合わせ等から、本地区に見られる鉱化作用は斑岩銅鉱床の縁辺部ないしは最上部の可能性が考えられる。

本地区で捕捉されたIP異常は、貫入岩体に伴う珪化・黄鉄鉱鉱染帯の分布域と調和的であり、更に南へ広がる傾向が認められる。特に、D測線南端部からF測線中央南部では強異常を示しており、珪化・黄鉄鉱鉱染帯が分布する地域とほぼ一致している。また、本地区で実施された岩石地化学探査のAu異常は地区中南部に広範囲に分布し、20mV/V以上の中～強分極率異常分布と調和的である。F測線中央南部ではCu異常とS異常が重複しており、30mV/V以上の強分極率異常分布と一致している。従ってF測線中南部を中心とする地域には硫化物が多く存在すると推定される。

本年度の調査は、上記の結果を踏まえ、物理探査及び地化学探査の異常帯に対し地表下の鉱化状況を把握すること、これら異常帯の南方への連続を追跡すること、さらに鉱化作用に関係すると考えられる閃緑斑岩の産状把握、被貫入岩である泥岩、砂岩の地質構造の解明などから鉱化帯と地質構造の関係を解明することを目的とした。

1-1-3 探査手法及び調査量

インバック川地区北部において珪化・黄鉄鉱鉱染帯の分布域を中心に範囲14.75km²の調査域を設定し、地質調査（精査）、物理探査（IP法）及びボーリング調査を実施した。調査量は、調査面積14.75 km²の地区内において調査ルート長41.7 kmの地質調査（精査）及び測線延長19.7 km（測線数11本）のIP法による物理探査、深度200 mの垂直ボーリング5孔である。

1-2 地質調査

インバック川地区北部の広さ14.75km²の地域において地質調査を実施した。

1-2-1 調査方法

調査の精度を上げるため、調査に先立ち、広さ14.75km²の調査範囲の1万分の1地形図を航空写真より作成した。この地形図を5千分の1に拡大しルートマップとして使用した。調査は、主に主要河川沿いに行い、物理探査の測線沿い及び露頭が分布する尾根沿いも行った。主要な鉱徴地では間縄を使用して詳細なスケッチを行った。代表的な岩石試料及び鉱石試料については、岩石薄片及び鉱石研磨片を作成した。更に、鉱徴地では変質の性質を明らかにするとともに鉱化作用に伴う変質帯のハローを確認するため、X線回折試験を行った。鉱化作用を伴う露頭では、試料を採取し以下の元素による鉱石分析を行った。

元素名	検出限界	元素名	検出限界	元素名	検出限界
Au	0.1 g/t	Mo	1 ppm	S	0.01 %
Ag	0.1 g/t	Pb	1 ppm		
Cu	1 ppm	Zn	1 ppm		

さらに、鉱化作用の温度を推定するため、石英を伴う脈より石英を採取し流体包有物の充填温度を測定した。

1-2-2 地質

本地区の地質は、前期～中期中新世のタンジュン(Tanjong) 層(N₂Tj) とそれに貫入する閃緑斑岩(I₁) から成り、閃緑斑岩の貫入岩が多く分布する地域ではタンジュン層は珪化し、黄鉄鉱の鉱染を伴う。本地区の地質図及び断面図をPlate II-1-1、Fig. II-1-1 に、模式層序図をFig. II-1-2に示す。また各種室内試験の試料採取位置及び鉱徴地の分布をFig. II-1-3に示す。岩石薄片及び鉱石研磨片の観察結果をTable II-1-1及びTable II-1-2に、X線回折試験結果及び鉱石試料分析結果を、それぞれ、Table II-1-3及びTable II-1-4に示す。更に、流体包有物の充填温度測定結果をTable II-1-5及びAppendix Iに示す。

タンジュン層は、本地区全体にわたって分布し、下位より泥岩層、砂岩・泥岩互層及び砂岩層の3層準に区分される。このうち砂岩・泥岩互層は本地区中央部より西部にかけて分布し、東部では見られない。

泥岩層は本地区北部及び西部の比較的地形の低い地域に分布する。さらに、上以の砂岩層中に層厚100m未満の泥岩層が見られる。暗灰色から黒色でやや軟質の泥岩が主体をなし、まれに泥岩中に1mから数cmの、灰色から暗灰色で硬質の砂岩層が互層する。泥岩層の上位の砂岩あるいは砂岩・泥岩互層付近では、閃緑斑岩の貫入が多く見られ、泥岩は黄鉄鉱に鉱染したり、珪化した部分もある。南東部では、泥岩が数cmの黄鉄鉱のノジュールを含むのが見られる。

砂岩・泥岩互層は、本地区西部の標高500mから700mの地域に分布し、泥岩層と砂岩層の境界付近に発達しこの両者の漸移的な層と考えられる。砂岩優勢の互層、泥岩優勢の互層、両者の比率

がほぼ同じものがあり、それぞれの単層の厚さは数cmから数mである。これら各層の側方への連続性を追うことは困難なことが多い。泥岩は暗灰色でやや軟質な岩石であり、砂岩は灰色から暗灰色の細粒砂岩である。地区中央部では、岩石が珪化しているため、砂岩と泥岩の区分が不鮮明な所もあり、砂岩が急峻な地形や滝を形成している。

砂岩層は、南部から南西部にかけての700m以上の地域に見られ、稜線に沿って分布し急峻な地形を形成する。岩質は灰色から暗灰色で硬質な細粒砂岩が卓越し、稜線付近の砂岩は脱色して淡灰色をなし、やや軟質である。中央南部では、砂岩は珪化し硬質で、粒度は不鮮明となり、黄鉄鉱に鉱染しているものがある。

顕微鏡では泥岩は、0.02から0.03mmの石英を主とし少量の斜長石を伴う碎屑片よりなり、それらの間を細粒の石英が埋め、副成分鉱物としてジルコン、電気石、リン灰石を伴う。二次鉱物として絹雲母が碎屑片の間を埋めるように発達する。変質が強くなると、絹雲母の量が増し、二次石英と共に碎屑片を覆いつくす。さらに、カオリナイト及び緑泥石の量が増加する。変質の強い泥岩は、泥岩層上部の閃緑斑岩の貫入岩近辺で見られる傾向がある。砂岩は、新鮮な岩石ではソーティングの良い細粒のアルコース砂岩で0.1mmから0.3mmの石英を主とし斜長石、カリ長石、岩石片（泥岩、安山岩、凝灰岩）などの碎屑片からなる。基質は石英を主としジルコン及び電気石が伴う。変質した砂岩では二次的石英が増加し絹雲母がネットワーク状に見られる。

堆積岩類は調査地域の全域に渡って、単純な単斜構造を示し、走行はNNW-SSEからWNW-ESEで、傾斜は、SW方向に20°から50°である。泥岩層、砂岩・泥岩互層及び砂岩層いずれにおいても全体的な傾向として、走行は調査地域南東部ではNNW-SSE（10°から30°W）が主体で、中央部から西部に向かって徐々に西方向に転じWNW-ESE（45°から70°）となる。傾斜は、高所に分布する砂岩層でやや緩傾斜になる傾向が認められるが、全体的に20°から40°のSW傾斜のものがほとんどである。断層は、地区東部見られ、N-S方向を成す。これ以外にも露頭において小断層及び一部岩石が破碎され粘土化しているところが見られ、これらは、ほぼN-S方向で垂直の傾斜を持つものが多く、地質図に示した断層以外にも、N-S方向の沢に沿った断層が存在することが考えられる。

これらの堆積岩に対して、堆積岩の走行・傾斜に平行ないしやや斜行して閃緑斑岩が貫入する。この貫入岩体は、小規模なものは幅数mから最大約100mに達するものもあり、本地区北西部から南東部にかけての地形が急傾斜になる部分に多く見られ、泥岩層の上部から砂岩層にかけて多く分布する傾向がある。閃緑斑岩は灰色をなし、数mmの斜長石及び角閃石の斑晶を持つ中性の斑状岩である。西部から中央部のものは、貫入幅数mから数10mの小規模なものが多く、東部に向かって大規模となり約100mに達する。それに伴い、岩石の粒度も西部のものでは細粒で、斑晶がはっきりしない安山岩様の岩石が多く、東部のものでは、はっきりした斑状の組織を示すが、深成岩に近い見かけを持つものが多い。閃緑斑岩はいろいろな程度に変質を受けており、新鮮な岩石から変質して灰白色となり斜長石の斑晶の名残がわずかに残るもの、白色の粘土化を受け軟質な源岩の形跡を留めない岩石まであるが、著しく変質した岩石でも、堆積岩に貫入した形態を成してい

る。このような、変質した閃緑斑岩は、本地区中央部で多く見られ、小規模の岩体で全体的に変質しているものが多い。

顕微鏡観察では、新鮮な岩石は顕著な斑状組織を示し、斑晶は主に0.5から数mmの角閃石及び斜長石でまれに黒雲母、単斜輝石が見られる。斑晶の角閃石の量が多く、やや塩基性と思われるものから、斑晶の斜長石の量が多く黒雲母を伴う、やや酸性と思われるものまであり、細粒の安山岩様の岩石は前者の場合が多く、一般に鉍化作用を伴うのは後者の場合が多い。角閃石の斑晶は二次的な緑泥石及び方解石に、斜長石の斑晶は絹雲母に変質していることが多い。石基はほとんど斜長石及び不透明鉍物からなり、細粒の間粒状組織を示す安山岩に近いものから、やや粗粒で半自型粒状の組織を示すものまでである。変質した岩石は、全体に石英、絹雲母、方解石、緑泥石の変質鉍物が発達し、斑晶の名残を僅かに残すものと、すべて石英、絹雲母に置き換えられ源岩の組織を全く残さないものまでである。

第1年次に行ったK-Ar法による年代測定の結果、閃緑斑岩の貫入年代は第三紀鮮新世の前期を示す。

1-2-3 鉍化作用

本地区の主要な鉍化・変質作用は、中央から南東部にかけての地質図に示す珪化・黄鉄鉍の鉍染帯中で見られ、小規模の閃緑斑岩が多く貫入する地域或いは、砂岩の分布する地域である。この地域では、タンジョング層の砂岩及び泥岩は珪化あるいは粘土化し、黄鉄鉍、まれに硫砒鉄鉍の鉍染を伴い、石英の細脈及び岩石の割れ目を満たす様に黄鉄鉍の網状脈が発達する。黄鉄鉍の鉍染は一般に堆積岩中で顕著である。本地区中央部では、閃緑斑岩中の鉍染はあっても弱く、被貫入岩である堆積岩中の鉍染の程度がより強い。一方、本地区東部～南東部では堆積岩と閃緑斑岩の両方に鉍染が認められることがある。また、この珪化・鉍染帯中には石英-硫化物脈が発達する。これらの脈は主として堆積岩中に発達し、閃緑斑岩中に脈が見られることは稀である。脈幅は数cmから25cmで、硫化物に富む石英脈である。石英以外には黄鉄鉍、硫砒鉄鉍、閃亜鉛鉍及び方鉛鉍からなり、少量の黄銅鉍が伴う。

これらの脈は、一部堆積岩類の構造に調和的なものもあるが、ほとんどは堆積岩類の構造を切っており、傾斜は60°以上のものが多い。走向はN-SないしN-Sより30°程度東西にふれるものが多い。露頭での観察では、これらの脈は幅数cm～数10cmの断層破碎帯に伴うものが多い。

第1年次にIM-1からIM-5の主要な鉍徴を記載したが、今年度は規模の大きなものは発見することができなかったが、新たにIM-6からIM-10の5カ所の鉍徴地と小規模な石英脈を確認した。以下、主要な鉍徴地を記載する (Table II-1-6、Fig. II-1-4)。

IM-6: 珪化し絹雲母化した砂岩中に、砂岩の構造を切って、走行N-S、傾斜70° Wから垂直で、幅2.5cmから7cmの石英-硫化物脈が散在する。硫化物は黄鉄鉍、硫砒鉄鉍を主とし少量の黄銅鉍が伴う。Auは、2.6g/t及び2.5g/t、Agは52.8g/t及び51.3g/tと金および銀を含み、少

量の銅 (Cu0.1%前後) を含むものがある。

IM-7: 珪化した砂岩及び粘土化した閃緑斑岩中に走行NNE-SSWからNE-SW、傾斜80° Wで、幅1cmから3cmの石英-硫化物脈が散在する。硫化物は黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、白鉄鉱を主とし少量の黄銅鉱が伴う。硫化物に富む部分では、銀、鉛、亜鉛が高い値を示すものがある (Ag148.2g/t、Pb5.22%、Zn4.27%)。

IM-8: 閃緑斑岩の貫入岩体に近接した黄鉄鉱の鉱染を伴う砂岩・泥岩互層中のフラクチャーに沿って、幅数cmの硫化物に富むレンズが存在する (Fig. II-1-4のSketch 1A, 1B)。硫化物は黄鉄鉱をほとんど含まず、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、白鉄鉱からなる。鉱石分析結果では、銀、鉛、亜鉛に富み、母岩の鉱染部を含めた採取幅20cmの試料でAg21.7g/t、Pb0.96%、Zn1.07%である。

IM-9: 閃緑斑岩の貫入岩体に近接した黄鉄鉱の鉱染を伴う泥岩層中のフラクチャーに沿って、幅最大4cmの硫化物に富むレンズ及び脈が存在する (Fig. II-1-4のSketch 2)。走行N80° E、傾斜80° Wで泥岩の構造を切って、フラクチャーの方向と平行に分布する。硫化物は黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、白鉄鉱、少量の黄銅鉱からなる。鉱石分析結果では、銀、鉛、亜鉛に富み、母岩の鉱染部を含めた採取幅20cmの試料でもAg47.3g/t、Pb3.14%、Zn1.66%である。銅の品位は低く、0.1%に満たない。

IM-10: 黄鉄鉱の鉱染を伴う泥岩層中のフラクチャーに沿って、幅最大4cmの硫化物に富むレンズ及び脈が存在する (Fig. II-1-4のSketch 3)。走行N25° E、傾斜60° Wで泥岩の構造を切って、フラクチャーの方向と平行に分布する。硫化物は黄鉄鉱を主とし、それに閃亜鉛鉱、白鉄鉱、黄銅鉱が伴う。鉱石分析結果、金をやや含み (Au3.5g/t)、銀に富み (Ag64.2g/t)、Pb0.12%及びZn0.77%である。

上記の鉱徴地以外にも小規模ながら幅数cmの硫化物を伴う石英脈 (P107, P108, P122, S123, S124) が見られ、硫化物は、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱を主とし それに黄銅鉱、閃亜鉛鉱、白鉄鉱が伴う。鉱石分析の結果では、Auは0.2g/tから3.8g/tで、Agは2.8g/tから46.3g/tである。Cuをやや含むもの (P107:Cu0.74%, S123:Cu0.20%) 及びPbをやや含むもの (P122:Pb0.44%) がある。Auが最大の試料 (P108:Au3.8g/t) では、Agは最低の2.8g/tで、AuとAgは反比例の関係を示す。黄鉄鉱に鉱染ないしは黄鉄鉱のフィルムを伴う試料 (P125, P128) を分析したが、金属元素の著しい濃集は見られない。白色に粘土化し、黄鉄鉱の鉱染を伴う試料 (J106, J112) においても、金属元素の著しい濃集は見られない。

今年度の調査では、第1年次の調査の様に、大規模な鉱徴地及び著しくAu及びAgに富むものは、

確認出来なかったが、調査地域内の中央から南東部にかけての珪化・黄鉄鉱の鉱染帯中の閃緑斑岩が貫入する地或或いは砂岩の分布する地域には幅数cmのAu、Pb、Znに富む石英-硫化物脈が散在することを確認した。

第1年次の結果と共にまとめると、本地区の鉱化作用は、閃緑斑岩の調和的岩体が多く分布する地域に見られ、堆積岩類は、珪化及び黄鉄鉱の鉱染を伴っている。珪化・黄鉄鉱鉱染帯には、脈幅数cmから25cmの硫化物に富む石英脈が散在する。硫化物は黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱よりなり、高品位のAu、Agを伴うものも存在する。硫化物-石英脈は、下記様な三つのタイプがあると考えられる。

- ①Au及びAgに富み、IM-4のような $Au \geq Ag$ のタイプで、Cuを0.2%から0.5%含むがZnおよびPbはほとんど含まない。主な硫化物は黄鉄鉱、硫砒鉄鉱で金は硫砒鉄鉱中に含まれる。
- ②Au及びAgに富み、IM-3、IM-6及びIM-10のような $Ag > Au$ タイプで、Cuを0.1%前後含むがZnおよびPbはほとんど含まない。主な硫化物は黄鉄鉱、硫砒鉄鉱で金は硫砒鉄鉱中に含まれる。
- ③IM-5、IM-7、IM-8、IM-9の様なPb、Znに富み、Agを伴うがAu及びCuはほとんど含まないタイプで、主要な硫化物は、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱からなる。

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

粘土化した閃緑斑岩は強度の変質を受けているが、鉱化作用はほとんど見られない。珪化・黄鉄鉱の鉱染を伴う堆積岩類は、閃緑斑岩との接触部あるいは硫化物-石英脈に付随する部分でAu、Agをやや含むものもあるが、鉱染状に堆積岩中に広範囲でAg、Auを伴う様なものは確認されなかった。

1-2-4 流体包有物充填温度測定

1. 測定方法

流体包有物の充填温度を行った。使用した機器は、加熱・冷却ステージは英国Linkam社製TH600RH及び同社製コントローラーである。昇温は $40^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 及び $4^{\circ}\text{C}/\text{分}$ で行い、過度の加熱による体積増加や部分的デクレピテーションに注意して測定を行った。また、均質化温度測定後、徐々に温度を下げ（10から $40^{\circ}\text{C}/\text{分}$ ）、均質化温度より 30°C 前後低温で気泡が表れることを見定め、均質化の確認を行った。測定個数は、包有物の個数が十分に存在するものについては、30個以上を目安とし、各流体包有物について2度ずつ測定した。

2. 測定結果

インバック川地区北部においては、4試料の砂岩中に見られる石英-硫化物脈の石英の流体包有物の温度測定を行った。流体包有物は石英中に多く見られ、大きさは5-25 μ m程度である。その分布は、面状に配列するもの、あるいは不規則に分布するものがあり、それら分布の様式による均質化温度の有意の差は認められない。試料S136では、充填温度の平均値の算出において、母集団からかけはなれて低温側に存在するものがあり、二次的な流体包有物として計算から削除した。

測定した4試料で、ほとんどの包有物が300°Cから400°Cの間の温度を示し、平均温度は318.1°Cから379.7°Cと浅熱水性の鉱床などと比べるとかなり高い。これらの試料の内、P108とS132は、似た温度を示し、ほとんどの包有物が、350°Cから400°Cの間の温度を示し、平均温度も379.7°Cおよび369.5°Cで他のものより高い。S122では、これらよりやや低く、平均温度は337.3°Cである。S136では、200°C以下の温度を示す、流体包有物が存在し、これらは二次的な包有部であるとして平均温度の計算から削除したが、この試料は最低の平均温度を示し318.1°Cである。上記の、本地区に分布する石英-硫化物脈の区分で言うとP108は①のAu \geq Agタイプで、S122、S132、S136は②のAg $>$ Auタイプである。①及び②の生成温度の差は、明らかではない。

1-3 物理探査

1-3-1 調査方法

1. 調査内容

物理探査は、本地区において捕捉された地化学探査異常帯（Au及びCu）の広がり、地質構造及び昨年度捕捉したIP異常域の広がりを考慮し、11本の測線を設定し、IP法電気探査を実施した。

調査内容は、Table II-1-7に示す。また、本年度の調査位置は、昨年度調査地域と併せてFig. II-1-5調査位置図に各々示す。

2. 現地測定方法

本調査では、昨年度と同様に時間領域（タイムドメイン）IP法を使用した。時間領域法（過渡現象法）では、一対の電流電極C1、C2に断続電流（on/off: 2.0 sec）を通電し、他の一対の電位電極P1、P2の間で電流切断直前の1次電位 V_p 及び電流切断後の時間 t における2次電位 V_s を測定する。

本調査では、Fig. II-1-6~7に示すように通電時測定される一次電位 V_p と電流切断後の時間 t （50 ~ 1770 msec）における2次電位 V_s を測定した。タイムドメインIP法で得られるIP効果測定値は分極率（チャージャビリティ）と呼ばれ、 V_s/V_p [mV/V/msec] で表されるが、通常[mV/V]が用られる。また、見掛け抵抗（ $\Omega \cdot m$ ）は電流値、1次電位及び距離係数から自動的に算出される。

測定データの品質は、数 $\Omega \cdot m$ 以下の極低比抵抗を示す地形急変部（崖）付近で一部電磁カップリングの影響が認められ測定できない場合もあったが、その他の地区では再現性のある良質なデータが得られた。なお、測定データの信頼性を向上させるため、スタッキング回数を10回以上と多くするとともに、測定回数を3回以上とした。測定された分極率は Fig. II-1-8のように11スライス（切断直後の3スライスはノイズを多く含むため削除されており、表示されるスライス番号は#4~#14となる。）あり、採用した分極率は、データの安定性があり且つ深部の情報を反映するスライス#12（820~1050 msec、ミッドポイント 935 msec）とした。

3. 室内物性測定

岩石の電気的特性データを収集する目的で、本年度掘削した5本のボーリング孔から21個の岩芯（コア）試料を採取し、現地測定と同様にタイムドメイン法IP測定を行った。

採取した岩芯試料は円柱に整形し、自然状態になるように2日間蒸留水に浸した後、分極率と比抵抗を測定した。なお、測定には現地測定に用いた受信機（Scintrex社製IP receiver : IPR-12）と同機種を使用した。

4. 測定機器

本調査に用いた測定機器をTable II-1-8に示す。

1-3-2 解析方法

解析方法について以下に示す。また、解析の流れをFig. II-1-9に示す。

1. 地形補正

測定データから算出された見掛比抵抗値は、電極を無限平面上に配置したものとして距離係数を仮定しているため、大地が電氣的に均質であったとしても算出された見掛比抵抗値は地形の起伏による電流密度の変化の影響を受けている。本調査で適用したダイポール・ダイポール電極配置では、見掛比抵抗値は谷地形で低く、山地形で高くなる。一方、分極率は1次電位と2次電位の比率であるため、地形起伏による影響を受けることは少ない。

本地区では、地形が急峻で且つ起伏に富んでいるため、全測点に2次元有限要素法による地形補正を施した。各断面図及び平面図は地形補正後見掛比抵抗値を用いて作成した。

2. 2次元シミュレーション解析

IP法の解析には、標準モデルによる見掛比抵抗分布や分極率分布を参考にしながら断面図を定性的に解析する定性解析、及び推定地下構造モデルを作成し、その理論値を計算する定量解析が用いられている。この定量解析を一般にモデルシミュレーション解析と称する。地質構造・岩石物性測定値を参考として構造モデルを作成し、このモデルに対する見掛比抵抗と分極率を算出し、測定値と比較しモデルを修正する。この作業を繰り返し行い、理論値を測定値に近似させて最適地下構造を推定する。

本地区では、IP異常の捕捉された測線について2次元有限要素法によるシミュレーション解析を実施した。

1-3-3 調査結果

1. 岩石物性測定結果

本地区において本年度実施した5本の孔井から21個の岩芯試料を採取し、自然状態における比抵抗及び分極率を測定した。昨年度採取した岩石試料採取位置及び本年度の岩芯試料採取位置をFig. II-1-5に、昨年度の測定結果を含めた測定結果をTable II-1-9に示す。岩石及び岩芯試料は、泥岩、砂岩、閃緑斑岩及び鉍石からなる。

岩石試料、岩芯試料の比抵抗値はそれぞれ3~4040 $\Omega \cdot m$ 、71.1~14600 $\Omega \cdot m$ の広い範囲で変化している。岩石試料I-3、I-7は硫化物を多く含む鉍石試料であり、10 $\Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗を示している。また、試料I-9、I-13は亀裂が多い泥岩で、試料I-15は硫化物をスポット的に含む砂岩であり、いずれも中比抵抗を示している。岩芯試料の比抵抗値は岩石試料に比べると全体的に高い。これらの試料のうち、100 $\Omega \cdot m$ 前後の低比抵抗を示す試料は、GP-1-4(数mmの

黄鉄鉱、黄銅鉱の脈を含む泥岩)、GP-3-1(緑泥石化した泥岩)、GP-3-4(やや粗粒の砂岩)、GP-4-2(風化変質の比較的少ない泥岩)及びGP-4-4(珪化・粘土化した閃緑斑岩)である。

岩石試料、岩芯試料の分極率値はそれぞれ 1.7~124.2 mV/V、3.3~187 mV/Vの範囲で変化している。鉱石試料である I-3、I-7はそれぞれ 49、124.2 mV/Vの高分極率値を示している。また、試料 I-1は黄鉄鉱の鉱染が認められ、31.9 mV/Vの高分極率値を示している。岩芯試料では、黄鉄鉱鉱染が認められる閃緑斑岩(GP-4-3)及び砂岩(GP-5-1)が 180 mV/V以上の高分極率値を示している。また、数mm幅の黄鉄鉱、黄銅鉱の脈を含む泥岩(GP-1-4)及び砂岩(GP-3-2)もそれぞれ 67、121 mV/Vの高分極率値を示している。その他、30 mV/V以上の高分極率を示す試料は、GP-3-1(緑泥石化した泥岩)、GP-4-4(珪化、粘土化した閃緑斑岩)、GP-4-5(砂岩)、GP-5-2(ノジュール状の磁硫鉄鉱を含む泥岩)、GP-5-3(珪化した閃緑斑岩)である。

以上の結果をまとめると次表のように分類される。

岩石別比抵抗・分極率分類表

岩石名	バックグラウンド		Py, Po, Cp等を含む場合	
	ρ (Ω -m)	M(mV/V)	ρ (Ω -m)	M(mV/V)
泥岩	$38 \leq \rho \leq 288$	$10 \geq M$	$90 \leq \rho \leq 252$	$24 \leq M \leq 67$
砂岩	$32 \leq \rho \leq 2850$	$10 \geq M$	$360 \leq \rho \leq 978$	$27 \leq M \leq 187$
閃緑斑岩	$389 \leq \rho \leq 14600$	$10 \geq M$	$106 \leq \rho \leq 1060$	$97 \leq M \leq 180$

上表のように、各岩石の分極率はバックグラウンドにおいて、10 mV/V以下と低いが、黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、黄銅鉱等を含む場合、数10~180 mV/Vとかなり大きく変化している。一方、各岩石の比抵抗値は各々の場合においても若干比抵抗値は低くなるが、顕著な変化は認められない。

2. 見掛比抵抗分布及び分極率分布 (Fig. II-1-10~II-1-13)

見掛比抵抗分布図及び分極率分布図は昨年度の調査結果を含めて作成した。

本地区の見掛比抵抗及び分極率は、昨年と同様に便宜上以下のように分類した。

見掛比抵抗・分極率の分類

分類	見掛比抵抗 ($\Omega \cdot m$)	分極率 (mV/V)
高	65 以上	30 以上
中	15~65	10~30
低	15 未満	10 未満

見掛比抵抗分布は 1~2000 $\Omega \cdot m$ の広い範囲で分布し、地区北半部の緩地形を呈する泥岩分布範囲では 40 $\Omega \cdot m$ 未満の中~低比抵抗を示している。地区南半部の急峻地形を呈する珪化砂岩分布範囲では 65 $\Omega \cdot m$ 以上の高比抵抗を示している。特に、F 測線の北部を中心とするハ型の相対的高比抵抗帯及び F 測線 16 付近から南東に延びる高比抵抗帯は貫入岩の分布域と一致している。また、本地区中央部、E 測線 16 付近から南東に延びる高比抵抗帯を取り囲む地区及び D 測線中南部の鈹微地付近には 40 $\Omega \cdot m$ 未満の中~低比抵抗帯が分布している。

一方、主に黄鉄鉱化の強弱を表現すると考えられる分極率 (Chargeability: mV/V) の分布は -40~77 mV/V と大きく変化している。分極率分布は地区北半部で 10 mV/V 未満と低く、地区中央部から南部では 20 mV/V 以上と高くなり、D~G 測線の中南部では局部的に 30 mV/V 以上の高分極率異常が捕捉され、特に F 測線 9~11 付近にはまとまって分布している。20 mV/V 以上の中~高分極率異常は、D 測線から J 測線に至る山体にのみ分布し、これらの異常帯は特に地形急峻な急崖を呈する地区に認められ、しかも、貫入岩の分布 (NW-SE 方向) と調和的である。一方、D 及び E 測線の中央部から南部に延びる中~高分極率異常帯ではボーリング調査で貫入岩を一部確認しているのみである。

本地区のタイプ別 IP 異常は、以下のように分類される。

IP 異常の分類

IP 異常分類	IP 特性	地質状況
タイプ 1	低見掛比抵抗・中~高分極率	強変質・多硫化物 鈹染型に多いタイプ
タイプ 2	中見掛比抵抗・中~高分極率	中変質・多硫化物 鈹染・鈹脈混合型に 多いタイプ
タイプ 3	高見掛比抵抗・中~高分極率	弱変質・多硫化物 鈹脈型に多いタイプ

(1) 異常タイプ1

本タイプの異常は、断面図ではD測線No. 16~17の中浅部、E測線No. 15~17の浅部、No. 16~17の中深部、F測線No. 10~11の中深部、No. 11~14の浅部~深部、G測線No. 23~24の中深部~深部にそれぞれ分布する。また、平面図では地区中央部に分布する。

(2) 異常タイプ2

本タイプの異常は、断面図ではD測線No. 12~13の浅部~中深部、No. 20~22の浅部、No. 29~30の深部、E測線No. 12~14の中深部~深部、F測線No. 22~25の深部、G測線No. 35~36の深部、H測線No. 31~32の中深部~深部、I測線No. 25~26の中深部~深部にそれぞれ分布する。また、平面図では地区中央部~南部に見られる。

(3) 異常タイプ3

本タイプの異常は、断面図ではE測線No. 24~29の浅部、H測線No. 40~41の浅部、I測線No. 38の浅部、J測線No. 33の深部及びNo. 36~41の浅部~深部にそれぞれ分布する。

3. 2次元シミュレーション解析結果

本調査で捕捉されたIP異常(D, E, F, G, H, I, Jの7測線)について2次元シミュレーション解析をおこなった。解析結果をFig. II-1-14に示す。なお、D, E, Fの3測線については、本年度実施したボーリング結果を考慮して、再解析を行った。

2次元シミュレーション解析の結果、以下のことが明らかとなった。

IP異常源の分布は前項のIP異常タイプで記述したように地区中央部から南部にかけて比較的連続して分布する。異常タイプ1(低比抵抗・高分極率)は地区中央部(E測線No. 15付近からH測線No. 25付近)に分布する。異常タイプ2(中比抵抗・高分極率)は地区中央部から中央南東部(D測線No. 13, 20付近からG測線の南端部)及び中央東部(H測線No. 22付近からJ測線No. 31付近)から南東方向へ連続する。異常タイプ3(高比抵抗・高分極率)は地区南端部の地形標高の高い地区(D・E・H・J測線の南端部)に分布する。

1-4 ボーリング調査

インバック川地区北部において第1年次に実施した地質調査（準精査）及び物理探査により抽出された有望地点に対して、地下深部の鉱化作用及び鉱況を把握するためボーリング調査を実施した。鉱化帯の分布状況、IP異常帯及び地化学探査の異常帯の分布状況を基にしてボーリング地点の選定を行った。

1-4-1 調査方法

地表下の鉱化作用及び鉱化状況を把握するため、インバック川地区北部の珪化・黄鉄鉱鉱染帯内に5孔のボーリング調査を実施した。Table II-1-10に緒元を示す。すべて、垂直ボーリングで、計画深度はそれぞれ200mで総掘進長1,000mである。ボーリング地点をFig. II-1-15に示す。

1. 資機材の搬入及び設営作業

ボーリングの資機材は、コタキナバルより、林道がインバック川地区に最も近接する地点に設けたヘリコプター基地まで車輛で輸送した。なお、このヘリコプター基地は、地質調査及び物理探査で設営したベースキャンプと同地点である。各ボーリング地点においては、それと近接してほぼ数10mの地点にヘリポートを造成し、ヘリコプターによるピストン輸送で資機材の搬入及び搬出をおこなった。このヘリコプター基地より、それぞれのボーリング地点までは、直線距離でほぼ7kmである。ボーリング機械は分解し、一つの部品が300kg以内と成るようにした。ヘリコプターの使用機種はBell 206 Jet Rangerである。人員の移動及び食料の補給は、尾根沿いにトレールを設け、徒歩にて行った。ボーリング機械は2台使用し、以下の順序でヘリコプターを4回チャーターし資機材の搬出入を行った。

1回目ヘリコプターチャーター

1号機 ベースキャンプ----->MJSI-1孔
2号機 ベースキャンプ----->MJSI-4孔

2回目ヘリコプターチャーター

1号機 MJSI-1孔----->MJSI-3孔
2号機 MJSI-4孔----->MJSI-2孔

3回目ヘリコプターチャーター

1号機 MJSI-3孔----->ベースキャンプ
2号機 MJSI-2孔----->MJSI-5孔

4回目ヘリコプターチャーター

1号機 MJSI-5孔----->ベースキャンプ

それぞれのボーリング地点にキャンプを設営し掘進作業を行った。十分な水量を持つ沢に近い

場合は直接ポンプで汲み上げ、近くに小沢がある場合はそれをせき止め作業用水を確保した。

2. 掘進作業

掘進作業は、1995年8月23日より1995年10月19日の間に実施した。機材の搬入、解体、移設等の作業は日勤のみとし、掘進作業は2方交替制を採用した。掘進方法は、表土屑を除きワイヤーライン工法を採用し、コアの採取率及び作業効率の向上に努めた。ボーリング機械の能力は、予定深度を延長することもあるため、予定深度に対して十分な掘進能力のあるMindrillF-30（オーストラリア製）を使用した。コアは、全コアを採取することに努めた。

ボーリング調査の掘進実績をAppendix 9に、掘進作業に係わる掘進工程をAppendix 10に、掘進資機材及び消耗品についてはAppendix 11に示す。

(3) ボーリングコア調査

ボーリング調査は、ボーリングサイト及び、ヘリコプター基地であるベースキャンプで、掘進作業と平行して行い、縮尺200分の1の柱状図にまとめた（Appendix 12）。各種室内試験用試料は、掘進完了後に行い、ボーリングコアを半分に切断し保存用コアを確保した。鉍石分析用試料は、鉍化帯が連続する場合は、平均品位が得られる様に連続サンプリングをした。

1-4-2 調査結果

各ボーリング孔の地質及び鉍化作用は、下記に示すとうりである。ボーリングコアの地質柱状図及びボーリング地点の地質断面図は、それぞれAppendix 12及びFig. II-1-16に示す。また、薄片及び鉍石研磨片の記載結果をTable II-1-11及びTable II-1-12に、X線回折試験結果及び鉍石分析結果をそれぞれTable II-1-13及びTable II-1-14に示す。

1. MJS1-1

地質：暗灰色の泥岩を主体としそれに砂岩及び砂岩・泥岩の互層が挟まれる。全体的に顕著な変質作用は認められない。堆積岩類の傾斜は、20°前後である。

0.00 - 3.68 : 表土

3.68 - 7.85 : 暗灰色のやや軟質の泥岩で、角礫化している。

7.85 - 31.35 : 暗灰色泥岩で、それに0.5から5.0cmの砂岩のラミナ及び層が伴い、砂岩及び泥岩の比は80% : 20%である。

31.35 - 45.65 : 泥岩が卓越する、暗灰色の泥岩と灰色の細粒砂岩の互層で、泥岩と砂岩の比は、70% : 30%である。

45.65 - 101.00 : 暗灰色の泥岩で数mmから10cmの砂岩層及びラミナが伴う。

101.00 - 140.70 : 灰色の砂岩に1mmから1cmの泥岩のラミナが伴い、砂岩と泥岩の比は、80% : 20%である。112.20mから114.40mでコアが破砕している。

140.70 - 201.25 : 暗灰色の泥岩に数mmから30cmの砂岩層及びラミナが伴う。

顕微鏡観察によると泥岩は、主に石英及び少量の斜長石の砕屑片からなり、変質鉱物として、絹雲母、緑泥石が見られる。

鉱化作用：全体的に非常に弱い黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、硫砒鉄鉱の鉱染が見られ、幅1mm前後の黄鉄鉱あるいは磁硫鉄鉱-黄銅鉱の割れ目充填フィルムが見られる。磁硫鉄鉱-黄鉄鉱-黄銅鉱からなる数cmのパッチないしはノジュールが散在し、特に120mから160mで多く1mにつき数個見られる。これらパッチでは、一般に磁硫鉄鉱に黄銅鉱を伴っている場合が多い。これら硫化物のパッチは、鉱石研磨片の観察結果では、黄鉄鉱を主とし、それに黄銅鉱、閃亜鉛鉱、白鉄鉱を伴う。これらの組み合わせに、磁硫鉄鉱及び硫砒鉄鉱を伴うものと、方鉛鉱を伴うものとある。それ以外では、幅数mmから数cmの石英-硫化物脈（黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、黄銅鉱）がまれに見られ、60°以上の急傾斜をなす。鉱石分析結果では、石英-硫化物脈（A-1-1）及び磁硫鉄鉱に鉱染した泥岩（A-1-2）でいずれも銀を少量（Ag2.9g/t及び1.0g/t）含むがそれ以外は低い。黄鉄鉱-黄銅鉱のパッチ（A-1-3、A-1-4）の品位は、銀（Ag2.4g/t、2.2g/t）及び亜鉛（Zn0.15%、0.24%）をやや含むそれ以外は低い。

2. MJS1-2

地質：暗灰色の泥岩を主体としそれに砂岩・泥岩の互層部を挟む堆積岩類に角閃石の斑晶を持つ細粒の閃緑斑岩（7.20mから47.55m）が貫入する。堆積岩類のラミナの傾斜は、20°前後である。

0.00 - 7.20：表土

7.20 - 47.55：角閃石の斑晶を持つ暗灰色で細粒の閃緑斑岩で、やや安山岩様の見かけを呈する。暗灰色で、やや新鮮な部分と、淡灰色で緑泥石化、弱く珪化及び粘土化した部分があり、この様に変質した部分に鉱化作用は伴う。

47.55 - 159.30：暗灰色泥岩で、それに幅1mmから20cmの砂岩のラミナ及び層が伴う。希にコアが破碎している所が見られ、緑泥石化及び粘土化を伴うが、一般に変質の程度は弱い。

159.30 - 185.30：暗灰色の泥岩と灰色の細粒砂岩の互層で、それぞれの単層の厚さ数mmから30cmである。泥岩と砂岩の比は、ほぼ50%：50%で砂岩は角礫状に破碎している場合が多い。

185.30 - 200.30：暗灰色から黒色の泥岩で数mmの砂岩のラミナが伴う。

顕微鏡観察によると、閃緑斑岩は、多量の角閃石とそれより少ない斜長石の斑晶を持ち、斜長石の基質からなる。変質鉱物は、方解石及び緑泥石からなり、変質のやや強い試料では、石英及び絹雲母の量が増す。

鉄化作用：鉄化作用は閃緑斑岩中で堆積岩中より強く、全体的に磁硫鉄鉄鉱、黄鉄鉄鉱、黄銅鉄鉱に鉄染するが、岩石が変質した部分では、一般に、鉄染の程度はやや強く、鉄染鉄物は磁硫鉄鉄鉱及び黄銅鉄鉱で、新鮮な部分では、鉄染の程度は弱く、鉄染鉄物は、黄鉄鉄鉱である。更に、幅1mm前後の黄鉄鉄鉱、磁硫鉄鉄鉱-黄銅鉄鉱、黄鉄鉄鉱-閃亜鉛鉄鉱の割れ目充填フィルムが見られ、幅cmの石英-黄鉄鉄鉱-磁硫鉄鉄鉱-硫磁鉄鉄鉱脈が散在し、これらの脈は70°から80°の急傾斜をなす。鉄石研磨片の観察によると26.10mに見られる脈では、硫磁鉄鉄鉱を主とし黄銅鉄鉱、閃亜鉛鉄鉱、方鉛鉄鉱、磁硫鉄鉄鉱、白鉄鉄鉱が伴う。この脈の鉄石分析の結果は、銀に富み (Ag25.2g/t)、鉛と亜鉛を少量 (Pb 0.13%、Zn0.51%) を含む。それ以外の閃緑斑岩中の脈及び鉄染した閃緑斑岩の鉄石分析の結果は、Ag2.6g/tから9.6g/t、亜鉛を含むものがあるが、それ以外の品位は低い。

堆積岩では、全体的に非常に弱い磁硫鉄鉄鉱及び黄鉄鉄鉱の鉄染を伴い、幅1mm前後の磁硫鉄鉄鉱-黄銅鉄鉱及び黄鉄鉄鉱の割れ目充填フィルムが見られ、石英-硫化物脈は非常にまれである。更に、磁硫鉄鉄鉱ないしは磁硫鉄鉄鉱-黄銅鉄鉱の数cmのパッチないしはノジュールが散在する。石英-硫化物 (磁硫鉄鉄鉱、黄銅鉄鉱、黄鉄鉄鉱) 細脈を含む泥岩及び磁硫鉄鉄鉱-黄銅鉄鉱-黄鉄鉄鉱のパッチを含む泥岩は銀を少量 (Ag2.7g/t、1.0g/t) 含むが、それ以外は低品位である。

MJS1-2においては、鉄染鉄物及び硫化物のパッチは、一般的に磁硫鉄鉄鉱ないしは磁硫鉄鉄鉱-黄銅鉄鉱の組み合わせで、黄鉄鉄鉱はまれである。

3. MJS1-3

地質：堆積岩類のみからなり、上部では泥岩・砂岩の互層が主体をなし、下部では暗灰色の泥岩が主体となる。堆積岩類のラミナの傾斜は、20°前後である。

0.00 - 5.85 : 表土

5.85 - 25.15 : 暗灰色の泥岩と灰色の砂岩の互層で、それぞれは幅数mmから1mのラミナあるいは層で互層する。泥岩及び砂岩の比は40% : 60%である。8.10mから16.20mではコアは全体的に破碎し酸化している。

25.15 - 43.80 : 灰色砂岩で、それに数mmから数10cmの泥岩のラミナ及び層を伴い、砂岩及び泥岩の比は90% : 10%である。

43.80 - 81.65 : 暗灰色泥岩で、それに数mmから数10cmの砂岩のラミナ及び層が伴い、泥岩及び砂岩の比は90% : 10%である。一部、緑泥石化 (46.60mから59.00m) あるいは珪化 (65.00mから69.00m) しているところがある。

81.65 - 103.45 : 灰色砂岩で、それに数mmから数10cmの泥岩のラミナ及び層が伴い、砂岩及び泥岩の比は80% : 20%である。

103.45 - 136.50 : 暗灰色の泥岩と灰色の砂岩の互層で、それぞれは幅数cmから50cmのラミナあるいは層で互層する。泥岩及び砂岩の比は50% : 50%である。

136.50 - 200.84 : 暗灰色の泥岩で、数mmから数cmの砂岩層のラミナが伴う。砂岩のしめる割合は

10%内外である。

薄片観察によると、砂岩は、石英と少量の斜長石の砕屑片より成る、ソーティングの良い細粒の砂岩である。泥岩も同じく石英と少量の斜長石の砕屑片より成り、それぞれ、絹雲母、緑泥石の変質鉱物を持ち、砂岩はこれに加えて、方解石を伴う。

鉍化作用：100m前後を境にして上部では、全体的に弱い黄鉄鉍の鉍染が見られ、それに幅1mm前後の黄鉄鉍の割れ目充填フィルムが伴う。鉍染は砂岩より泥岩でやや強い。一方、100m以深では、磁硫鉄鉍に鉍染し、その量は黄鉄鉍に優り、それに黄銅鉍が伴う。割れ目充填フィルムもこの鉍物組み合わせである。60mから70mの間で幅数cmの石英—磁硫鉄鉍—黄鉄鉍—黄銅鉍脈が散在し、167mから172mの間で幅0.5から1.0cmの黄鉄鉍—黄銅鉍—閃亜鉛鉍脈が見られる。磁硫鉄鉍—黄鉄鉍—黄銅鉍からなる数cmのパッチないしはノジュールは、50mから60m付近及び95.00mから99.00mで希に見られるのみである。研磨片の観察結果によると、67.75mの硫化物のパッチは主に黄鉄鉍、白鉄鉍からなり少量の黄銅鉍を伴う。153.45mに見られる硫化物の脈は黄鉄鉍、白鉄鉍、硫砒鉄鉍よりなり、少量の黄銅鉍を伴う。18m付近及び50m付近の硫化物細脈を含む泥岩及び砂岩は、銀をやや含む(4.6g/l、0.6g/l)が品位は低い。石英、磁硫鉄鉍、黄銅鉍のパッチを含む泥岩では、銀が15.8g/lとやや高く、銅及び鉛を少量(Cu0.08%、Pb0.78%)含む。170m付近の幅1.0cm前後の黄鉄鉍—閃亜鉛—黄銅鉍脈を含む泥岩は、やや銀に富み(Ag11.8g/l、8.4g/l)、少量の鉛(Pb0.14%、0.15%)と亜鉛(Pb0.43%、0.14%)を含む。

4. MJS1-4

地質：主に泥岩、砂岩、砂岩・泥岩の互層からなり、斜長石、角閃石、黒雲母の斑晶を持つ閃緑斑岩(62.00mから107.00m)が貫入する。閃緑斑岩は変質し、顕著な鉍化作用を伴う。堆積岩類のラミナの傾斜は、20°前後である。

0.00-- 12.95：表土

12.95-- 46.15：灰色の砂岩で、厚さ幅数mmから数cmの泥岩のラミナを伴い、砂岩のしめる割合は80%である。部分的に緑泥石化し、特にフラクチャーに沿って緑泥石化は著しい。

46.15-- 62.00：暗灰色泥岩で、それに数mmから1cmの砂岩のラミナが伴う。

62.00--107.00：灰色の閃緑斑岩で、斜長石、角閃石、黒雲母の斑晶を持つ。上位の泥岩との境界は鮮明で、ほぼ泥岩のラミナと平行である。泥岩中にホルンフェルス化は認められず、閃緑斑岩にも細粒の急冷相は認められない。全体的に緑泥石化、珪化、弱い粘土化を被り、斑晶組織が不鮮明な所が多いが、鮮明な斑状組織を残す、新鮮な部分もある。鉍化作用は、変質の著しい所により強く見られる。

- 107.00-118.30：暗灰色泥岩で、それに厚さ1mmから数cmの砂岩のラミナ及び層が伴い、泥岩及び砂岩の比は80%：20%である。
- 118.30-132.10：暗灰色の泥岩と灰色の砂岩の互層で、それぞれは幅1cmから50cmの層で互層する。泥岩及び砂岩の比は50%：50%である。
- 132.10-155.60：暗灰色の泥岩で、1mmから10cmの砂岩のラミナ及び層を伴う。砂岩のしめる割合は約30%内外である。
- 155.60-190.90：灰色の砂岩で、1mmから数cmの泥岩のラミナを伴う。砂岩のしめる割合は約5%内外である。
- 190.90-202.30：暗灰色の泥岩で、1mmから10cmの砂岩のラミナ及び層を伴う。砂岩のしめる割合は約20%内外である。

顕微鏡観察及びX線回折試験によると、閃緑斑岩の貫入岩体付近の泥岩は、多量の絹雲母に石英、方解石、緑泥石、黒雲母の二次鉱物の組み合わせを持つ。閃緑斑岩の斑晶の量は、斜長石>角閃石>黒雲母の順で、変質したものでは、斑晶は偽晶を残すのみである。やや新鮮な閃緑斑岩では、変質鉱物は、石英-方解石-緑泥石であるが、変質の著しいものでは、石英、絹雲母の量が著しく増大する。

鉱化作用：主要な鉱化作用は閃緑斑岩中で見られ、全体的に黄鉄鉱、黄銅鉱、(硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱)の弱い鉱染で、閃緑斑岩の変質が強い部分では鉱染もやや強い。更に、幅1mm前後の黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱、硫砒鉄鉱からなる割れ目充填フィルムが見られ、閃亜鉛鉱と黄銅鉱は常に伴って見られる。84.10mから101.90mの間では閃亜鉛鉱の鉱化作用が著しく、数mmから10cmの黄銅鉱を伴う閃亜鉛鉱のネットワーク状脈及びパッチが全体的に見られ、肉眼的にZn0.5%から1.0%程度と思われる。その間で、86.70m-93.40mでは石英-硫化物(閃亜鉛鉱-黄鉄鉱-硫砒鉄鉱-黄銅鉱)の幅数cmから数10cmの不定形脈及びパッチが分布し、これらと閃緑斑岩の境界は一般に不鮮明である。研磨片の観察の結果、閃亜鉛鉱-黄銅鉱のネットワーク脈は、黄鉄鉱と閃亜鉛鉱及び黄銅鉱の組み合わせで、石英-硫化物脈及びパッチは、黄鉄鉱-磁硫鉄鉱-白鉄鉱-閃亜鉛鉱の組み合わせで、これに黄銅鉱-硫砒鉄鉱が伴う物と方鉛鉱が伴う物とある。鉱石分析の結果、閃亜鉛鉱-黄銅鉱のネットワーク脈を伴う閃緑斑岩の採取幅1mの試料では、銀(Ag9.0g/tから90.5g/t)及び亜鉛(Zn0.42%から2.20%)に富み、銅(Cu0.08%から0.13%)及び鉛(Pb0.02%から0.79%)をやや含む。金の品位は、0.1g/tから0.5g/tと低い。粘土化して黄鉄鉱に鉱染した閃緑斑岩では、銀(Ag3.2g/t及び4.3g/t)をやや含む。

堆積岩では全体的に弱い黄鉄鉱ないしは黄鉄鉱-磁硫鉄鉱の鉱染が見られ、幅1mm前後の黄鉄鉱あるいは磁硫鉄鉱-黄鉄鉱の割れ目充填フィルムがまれに見られる。磁硫鉄鉱-黄鉄鉱-(黄銅鉱)から成る数cmのパッチないしはノジュールが希にみられる。更に、堆積岩類中には、幅1cm前後の石英-硫化物脈(黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、磁硫鉄鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱)が散在する。研磨片に

よると、56.60mでの石英-硫化物脈は、磁硫鉄鉱及び白鉄鉱を主とし、それに黄鉄鉱および黄銅鉱が伴う。これら石英-硫化物脈は、銀 (Ag) 1.3g/tから26.2g/t) をやや含むが、金 (最大Au) 1.3g/t) の品位は低い。

5. MJS1-5

地質：主に砂岩からなり、泥岩層が挟まれる。それに斜長石、角閃石、黒雲母の斑晶を持つ閃緑斑岩 (169.80m以深) が貫入する。堆積岩類はやや珪化あるいは緑泥石化している。堆積岩類のラミナの傾斜は、20° 前後である。

0.00- 2.56 : 表土

2.56-103.35 : 灰色の砂岩で、厚さ幅数mmから数cmの泥岩のラミナを伴う。砂岩は、全体的にやや珪化している。泥岩のラミナが部分的にやや増加する所が見られ、泥岩はやや緑泥石化している。

103.35-125.00 : 灰色の泥岩で、厚さ幅数mmから数cmの砂岩のラミナを伴う。全体的にやや緑泥石化している。

125.00-151.40 : 灰色砂岩で、それに数mmから数cmの暗灰色の泥岩のラミナが伴う。

151.40-169.80 : 暗灰色泥岩で、まれにそれに1cmから10cmの砂岩層が伴う。

169.80-200.80 : 灰色の閃緑斑岩で、斜長石、角閃石、黒雲母の斑晶を持つ。上位の泥岩との境界は鮮明で、70° の傾斜で貫入し、堆積岩類の構造を切って貫入していると思われる。泥岩中にホルンフェルス化は認められず、閃緑斑岩にも細粒の急冷相は認められない。全体的に緑泥石化及び珪化を被り、斑晶組織が不鮮明な所が多いが、鮮明な斑状組織を残す新鮮な部分もある。鉱化作用は、変質の著しい所により強く見られる。

顕微鏡観察及びX線回折試験の結果、変質した砂岩及び泥岩は、絹雲母をやや多く含み、緑泥石は含まないか含んでも少量である。閃緑斑岩は、斜長石>角閃石>黒雲母の斑晶からなり、変質した岩石では、斑晶は変質鉱物からなり偽晶となって残っているのみである。変質鉱物は、多量の絹雲母に石英、カリ長石、緑泥石、方解石が伴う。

鉱化作用：全体的に黄鉄鉱、磁硫鉄鉱に鉱染し、これらの鉱物がフィルム状に割れ目を充填する。更に、幅数cmの石英-硫化物 (黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱、硫砒鉄鉱) 脈が散在する。鉱化作用の中心は閃緑斑岩中と思われ、堆積岩中より強い。

堆積岩では全体的に弱い鉱染が見られ、約80m以浅では黄鉄鉱で、数mmの自形結晶が濃集する幅数10cmバンドが見られる。約80m以深では、鉱染鉱物は黄鉄鉱の量が減少し、磁硫鉄鉱が主でそれに黄銅鉱が伴う。この様な鉱染と共に幅1mm前後の硫化物の割れ目充填フィルムが見られ、80m以

浅では黄鉄鉱が中心であるが、それ以深では黄鉄鉱に磁硫鉄鉱-黄銅鉱が加わる。さらに、幅数cmの石英-(重晶石)-硫化物(黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱、硫砒鉄鉱)脈が随所に見られ、一般に、80°から60°の急傾斜をなすがまれに20°前後の緩傾斜のものがある。鉱物組み合わせは、80m以浅ぐらいまでは、主に黄鉄鉱-黄銅鉱-(閃亜鉛鉱)であるが、80m以深ではこれに磁硫鉄鉱及び硫砒鉄鉱を伴うものが多くなる。重晶石を伴う脈は、80m以深で見られる。研磨片の観察の結果、石英-硫化物脈は、黄鉄鉱-硫砒鉄鉱-磁硫鉄鉱-黄銅鉱-白鉄鉱の組み合わせで、浅部のものではこれに閃亜鉛鉱あるいは方鉛鉱を含むものがある。123.90mで採取した幅2cmの石英-硫化物脈であるP-5-4は、多量の硫砒鉄鉱を含み、硫砒鉄鉱中に最大粒径110 μ ×90 μ の自然金が3粒子見られた。これら母石の砂岩をふくめた石英-硫化物脈の鉱石分析の結果は、100m以浅のものでは、金、銀の品位はAu0.1g/tから0.3g/t、Ag0.5g/tから8.1g/tと低いが、それより深いものでは、Au0.2g/tから12.3g/t、Ag4.1g/tから13.8g/tと金及び銀の品位が増加し、銅も増加してCu0.07%から0.32%となる。最大品位のAu12.3g/tを持つ試料は、硫砒鉄鉱を多量に含み自然金の粒子が見られた試料である。

閃緑斑岩では、全体的にやや強い磁硫鉄鉱、黄銅鉱、(黄鉄鉱)の鉱染がみられ、特に変質した閃緑斑岩中では鉱染の量は最大1%前後に達する。鉱染と共に幅1mm前後の磁硫鉄鉱-黄銅鉱-(黄鉄鉱)からなる割れ目充填フィルムが見られる。更に、幅cmの石英-(重晶石)-磁硫鉄鉱-黄銅鉱脈が散在し、80°前後の傾斜を成す。磁硫鉄鉱-黄銅鉱の鉱染及び細脈を伴う閃緑斑岩は、A-5-12でAu0.4g/t、Ag4.7g/t、Cu0.14%であるが、それ以外の試料では銀をやや含むが(Ag0.4g/tから4.1g/t)、それ以外の品位は低い。

6. まとめ

ボーリング調査の結果、ボーリング地点周辺は、泥岩、砂岩、泥岩と砂岩の互層からなりそれに閃緑斑岩が貫入する。堆積岩類の傾斜は20°前後で、閃緑斑岩の貫入はMJSI-2及びMJSI-3では、堆積岩類の構造と調和的であるが、MJSI-5では斜向する。変質作用は、堆積岩類では、あまり顕著には見られず、弱い珪化及び緑泥石化で、MJSI-5でやや顕著である。顕微鏡及びX線回折試験の結果では、変質鉱物として、絹雲母、緑泥石で、MJSI-5では、変質が最も強く、絹雲母の量が増大し、緑泥石は減少する。閃緑斑岩は、MJSI-2、MJSI-4及びMJSI-5の3孔で捕捉した。この内、MJSI-2孔のものは、斜長石、角閃石の斑晶を持つ、やや細粒の見かけは安山岩様の岩石である。一方、MJSI-4及びMJSI-5の閃緑斑岩は、斑晶として斜長石、角閃石及び黒雲母を持ち、MJSI-2の閃緑斑岩よりやや酸性の岩石である。堆積岩中にホルンフェルス化は認められず、閃緑斑岩にも細粒の急冷相は認められない。全体的に緑泥石化及び珪化を被り、斑晶組織が不鮮明な所が多いが、鮮明な斑状組織を残す新鮮な部分もある。鉱化作用は、変質の著しい所により強く見られる。

鉱化作用としては、ほぼ全体的に弱い黄鉄鉱-磁硫鉄鉱-(黄銅鉱)の鉱染が見られ、これらの鉱物からなる幅1mm前後の割れ目充填フィルムが見られる。さらに、幅数cmの石英-硫化物脈が

散在する。堆積岩類中には、黄鉄鉱-磁硫鉄鉱-黄銅鉱からなる大きさ数cmのノジュールないしパッチが散在する。鉱化作用は閃緑斑岩中で周りの堆積岩より強く、最も著しい鉱化作用が見られるのは、MJSI-4で、閃緑斑岩中に閃亜鉛鉱-(黄銅鉱)のネットワーク状脈が見られ、約15mに渡って亜鉛の品位はZn0.4%から1.0%で、更にその中で約3mに渡って銀に富む石英-硫化物脈及びパッチが見られ、銀の品位は、Ag37.2g/tから90.5g/tである。それ以外でも、閃緑斑岩は全体的に鉱化・変質作用を受け、黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、黄銅鉱に弱く鉱染し、数g/tの銀を含む幅数cmの石英-硫化物脈を伴う。堆積岩類では、ほぼ全体的に黄鉄鉱、磁硫鉄鉱に鉱染し及び割れ目充填フィルムが見られ、それに幅数cmの石英-硫化物脈が伴い、数g/tの銀を伴う。MJSI-5においては、閃緑斑岩の上盤側の堆積岩類中の石英-硫化物脈は金を含み、Au5.7g/tおよび12.3g/tの品位が得られた。

鉱染、割れ目充填フィルム、石英-硫化物脈の硫化物の鉱物組み合わせを見ると、MJSI-1では黄鉄鉱が主体をなし、MJSI-4では黄鉄鉱ないしは黄鉄鉱-磁硫鉄鉱で、MJSI-3及びMJSI-5では浅部では黄鉄鉱が主で、深部で磁硫鉄鉱-(黄銅鉱)が主となり、硫砒鉄鉱が伴う。MJSI-2では磁硫鉄鉱及び磁硫鉄鉱-黄銅鉱である。硫砒鉄鉱中に自然金が存在し、硫砒鉄鉱を多量に含む試料は金の品位が高い。