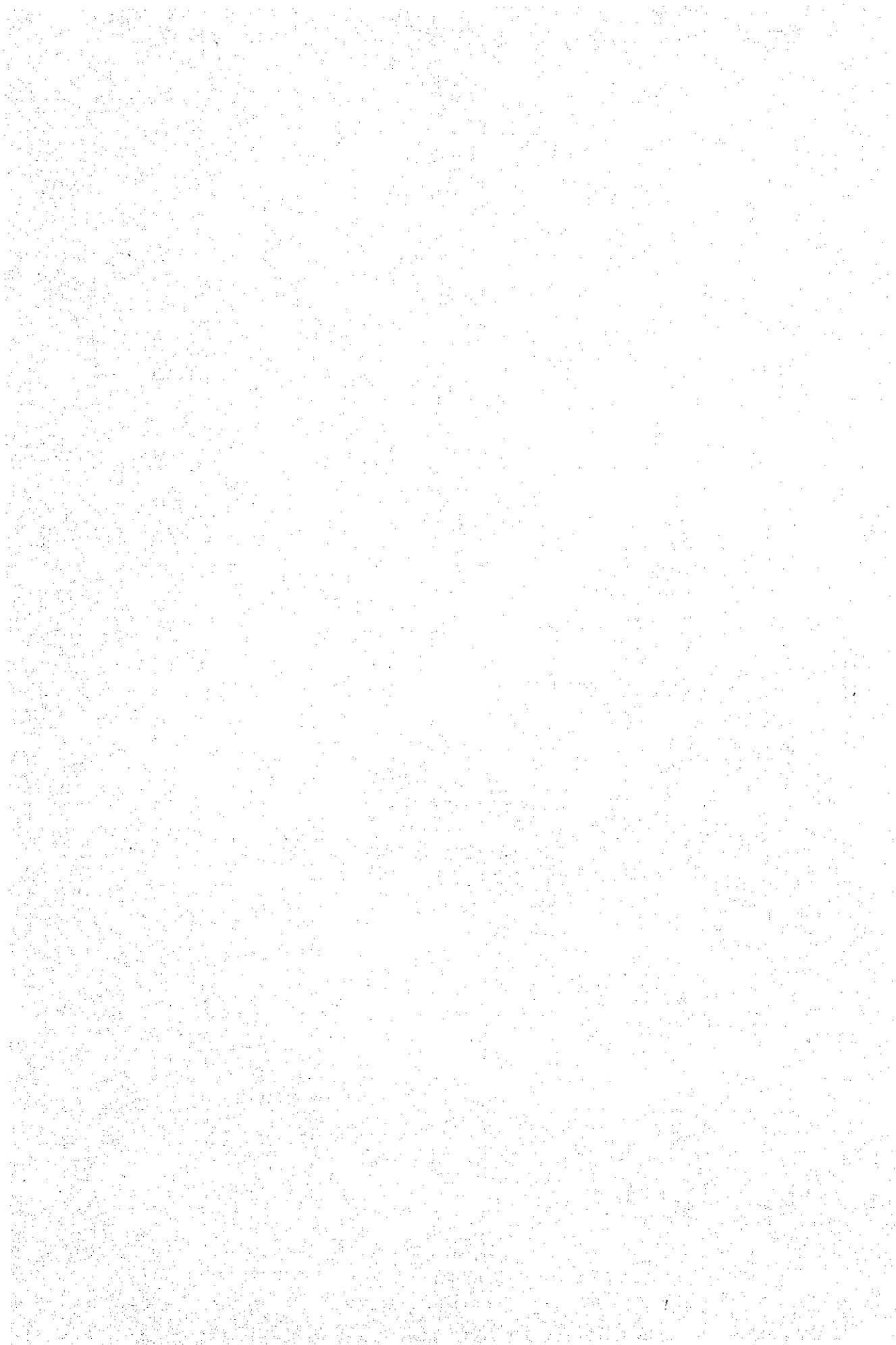


マレーシア・サラワク地域
資源開発協力基礎調査報告書

第一年次

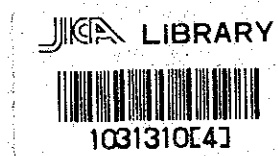
昭和58年5月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



マレーシア・サラワク地域
資源開発協力基礎調査報告書

第一年次



昭和58年5月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

國際協力事業団	
設立 年月	84.8.24
登録 No.	13941
	113
	66.1
	MPK

は し が き

日本政府は、マレーシア政府の要請に応え、サラワク地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉱物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および鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託した。

本調査は昭和57年度より3ケ年にわたって実施される予定で、本年度はその第一年次にあたり、金属鉱業事業団は7名からなる現地調査団を編成して、昭和57年7月29日より昭和58年2月25日までマレーシアに派遣し、調査および報告書の作成を行った。

調査はマレーシア政府関係機関、特に、マレーシア地質調査所の多大なる協力のもとに予定通り完了した。

本報告書は第一年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。おわりに、本調査の実施にあたってご協力をいただいたマレーシア政府関係機関および地質調査所、ならびに日本国外務省、在マレーシア日本大使館および関係会社の各位に衷心より感謝の意を表するものである。

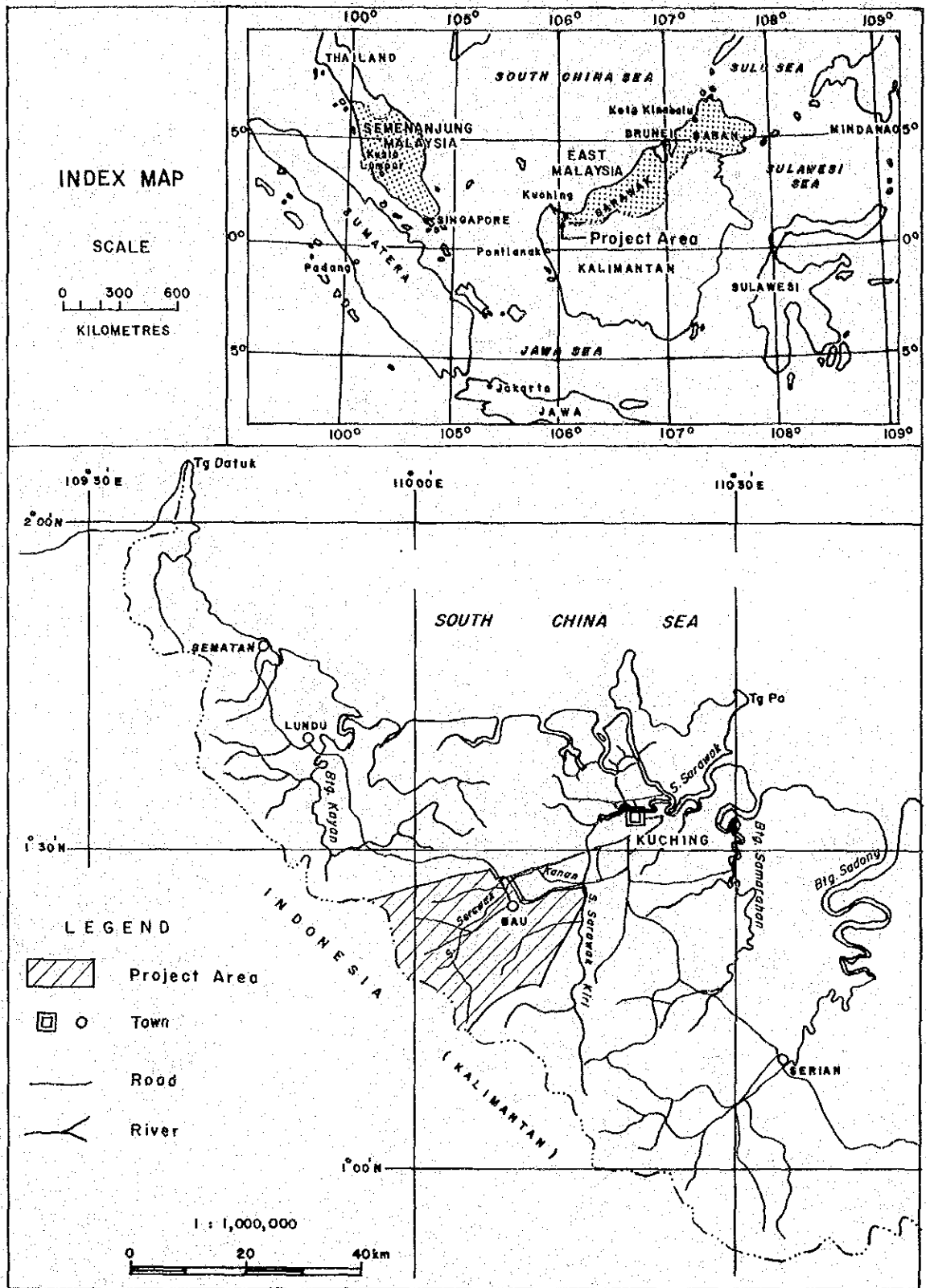
昭和58年3月

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔

金属鉱業事業団

理事長 西 家 正 起



SM 1220/1/83

Fig. 1 Location Map of Project Area

目 次

は し が き	
調査地域位置図	
目 次	
要 約	

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論	1
1-1 調査の経緯および目的	1
1-2 第一年次調査の範囲、目的および作業の概要	1
1-3 調査団の編成	4
第 2 章 調査地域の地理	6
2-1 位置および交通	6
2-2 地形および水系	7
2-3 気候および植生	9
第 3 章 調査地域の既存地質情報	11
3-1 既往調査の概要	11
3-2 西部サラワクの一般地質	12
3-3 調査地域の地質的位置づけ	15
3-4 調査地域の鉱業略史	15
第 4 章 調査結果の総合検討	18
4-1 地質構造・鉱化作用の特性と鉱化規制について	18
4-2 接触交代鉱床およびポーフィリーカップー型鉱床賦存の ポテンシアルについて	20
4-3 地化学異常と鉱化作用との関係について	21
第 5 章 結論および第二年次調査への提言	24
5-1 結 論	24
5-2 第二年次調査への提言	25

第Ⅱ部 地質調査

第1章 総説	27
第2章 地質	28
2-1 概説	28
2-2 写真地質解析	28
2-3 層序	31
2-4 貫入岩類	33
2-5 貫入岩類の化学組成と絶対年代	34
2-6 変成作用および変質作用	35
2-7 地質構造	38
2-8 地史および地質構造発達史	43
第3章 鉱床	45
3-1 概説	45
3-2 鉱床記載	45
3-3 鉱床の一般的特徴と鉱床の成因的考察	57
3-4 旧鉱山の廃石・尾鉱の予備調査	59

第Ⅲ部 地化学探査

第1章 総説	61
第2章 川砂による地化学探査	62
2-1 試料採取	62
2-2 分析方法	62
2-3 データ処理	62
2-4 各元素の分布	64
2-5 多変量解析結果	68
2-6 元素分布の一般的特徴	70
2-7 地化学異常帯	70
第3章 パン・コンセントレートによる地化学探査	72
3-1 試料採取	72
3-2 試料処理	72
3-3 データ処理	72

3-4 金粒の分布	73
第4章 地化学探査結果の要約	74
参 考 文 献	75

LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. 1 Location Map of Project Area
- Fig. I-1 Location Map of Phase I Survey Area
- Fig. I-2 Topographic Sketch Map of Bau Area
- Fig. I-3 General Geology of West Sarawak
- Fig. I-4 Stratigraphy of West Sarawak
- Fig. I-5 Igneous Activity in West Sarawak
- Fig. I-6 Relation Map between Geological Structure and Mineralization in Reconnaissance Survey Area, Bau
- Fig. I-7 Relation Map between Geological Structure and Mineralization in Semi-Detailed Survey Area, Bau
- Fig. I-8 Important Anomalous Areas
- Fig. I-9 Areas Recommended for Phase II Follow-up Work
- Fig. II-1 Landsat Imagery Lineaments of Bau Area
- Fig. II-2 Rose Diagrams of Lineaments from Landsat Imagery of Bau Area
- Fig. II-3 Stratigraphy and Geologic Activities, Bau Area
- Fig. II-4 Stratigraphic Correlation, Bau Area
- Fig. II-5 Normative Q-Kf-Pl Diagram of Igneous Rocks
- Fig. II-6 Plot of CaO Content vs Differentiation Indices of Tertiary Intrusives
- Fig. II-7 Locality of Rock Samples Analysed
- Fig. II-8 Example of Stereographic Projection
- Fig. II-9 Location Map of Domains
- Fig. II-10 Bedding Fabric Diagrams of Bau Limestone
- Fig. II-11 Bedding Fabric Diagrams of Pedawan Formation
- Fig. II-12 Bedding Strike Frequencies in the Bau Limestone and Pedawan Formation
- Fig. II-13 Elongation Trends of Tertiary Intrusive Stocks and Strikes of the Pedawan Formation in the Tebang Area
- Fig. II-14 Location Map of Ore Deposits in Semi-Detailed Survey Area, Bau
- Fig. II-15 Geology of Lucky Hill Mine A
- Fig. II-16 Geology of Saburan Mine
- Fig. II-17 Geology of Tai Ton B Ore Deposit
- Fig. II-18 Geology of Kusa Mine
- Fig. II-19 Geology of Nam Loong Mine B

Fig. II-20	Location Map of Mine Tailing Dumps Along Bau-Krokong and Bau-Pejiru Roads
Fig. II-21	Location Map of Mine Tailing Dumps, Bau Town
Fig. II-22	Distribution of Mine Tailings, Old Bau Airstrip
Fig. II-23	Section of Mine Tailing Dump, Old Bau Airstrip
Fig. II-24	Distribution of Mine Tailings, Southwest End of Tai Parit Lake
Fig. II-25	Sections of Tailing Dump, Southwest End of Tai Parit Lake
Fig. III-1	Flow Chart of Cluster Analysis
Fig. III-2	Flow Chart of Factor Analysis
Fig. III-3	Dendrogram of Analysed Elements by Median Method

LIST OF TABLES

Table I-1	Outline of Phase I Work Schedule
Table I-2	Numbers of Tested Samples
Table I-3	Records of Monthly Rainfall Amounts
Table I-4	Records of Temperature and Relative Humidity
Table II-1	Chemical Compositions and Norms of Igneous Rocks
Table II-2	Result of K-Ar Age Determination
Table II-3	Analytical Results of Rock Samples
Table II-4	Results of X-ray Diffractive Analysis
Table II-5	Results of Bedding Fabric Analysis
Table II-6	Results of Chemical Analysis of Ore Samples
Table II-7	Results of Polished Section Examination
Table III-1	Statistical Parameters of Metal Contents in Stream Sediments
Table III-2	Correlation Matrix of 14 Elements in Stream Sediments
Table III-3	Result of R-Mode Factor Analysis

LIST OF APPENDICES

A-1	Detection Limit
A-2	Analytical Procedures of Each Element

LIST OF FIGURES

- Fig. A-1 Microphotograph of Thin Section
Fig. A-2 Microphotograph of Polished Section

LIST OF TABLES

- Table A-1 Lineaments from Landsat Imagery E-30160-02132-7, Bau Area
Table A-2 Petrographic Description of Sedimentary Rocks
Table A-3 Petrographic Description of Igneous Rocks and Skarn
Table A-4 Result of Pollen Determination
Table A-5 Result of Foraminifera Determination
Table A-6 Description of Ore Deposits, Semi-Detailed Area, Bau
Table A-7 Description of Ore Deposits Outside the Semi-Detailed Area, Bau
Table A-8 Result of Chemical Analysis of Stream Sediment Samples
Table A-9 Geochemical Anomalous Area
Table A-10 Result of Gold Grain Counts in Panned Concentrate Samples

LIST OF MAPS

- Map II-1 Geological Map of the Bau Area
Map II-2 Geological Map of Semi-Detailed Survey Area
Map II-3 Photogeological Interpretation of the Bau Area, West Sarawak
Map II-4 Location Map of Tested Samples
- Geological Section
- II-1 Geological Section, Bau Area
II-2 Geological Sections, Semi-Detailed Survey Area
- Map III-1 Distribution of Au, Sb, As, W in Stream Sediments
Map III-2 Distribution of Ag, Mo, Cu, Pb in Stream Sediments
Map III-3 Distribution of Zn, Fe, Mn, U in Stream Sediments
Map III-4 Distribution of Ba, Hg in Stream Sediments
Map III-5 Distribution of Factor Scores, Stream Sediments
Map III-6 Geochemical Anomalous Areas and Mineral Potential

- Map III-7 Distribution of Gold Grains in Panned Concentrated Samples
- Map III-8 Location Map of Geochemical Stream Sediment Samples
- Map III-9 Location Map of Geochemical Panned Concentrated Samples

要 約

マレーシア国サラワク地域における資源開発協力基礎調査の第一年次調査は、地域の層序、地質構造、火成活動、鉍化作用の特性把握および相互関係の解明により、鉍床賦存の有望区域を抽出することを目的として、面積540 km²の区域に対して地質概査・準精査および地化学概査が実施された。

空中写真解析を併用した地質調査の結果、地域内の層序区分が確立し、火成活動についても岩石試料の検鏡結果、化学分析、年代測定などによって新第三紀中新世の酸性斑状貫入岩と中生代の花崗閃緑岩であることが明らかとなった。しかしながら、花崗閃緑岩の年代測定結果は地質層序による時代を矛盾しており、今後さらに検討が必要である。地質構造は白亜紀末期の構造運動によって形成されたENE方向の軸をもつ大規模な背斜構造と、この背斜構造形成に関連して生じたNNE系、NW系、WNW～EW系の断層構造によって特徴づけられ、新第三紀には岩株状貫入岩の貫入を規制したNNE系の深部構造運動がみられる。

地域内に分布する鉍床は中新世石英斑岩の貫入に関係した浅熱水性鉍脈型鉍床で、石灰岩中に形成された金・アンチモン鉍床、貫入岩体の内部およびその周辺にみられる銅・鉛・亜鉛鉍床および鉍染～網状型鉍徴、頁岩・砂岩を母岩とする水銀鉍床に区分される。これらの鉍床は顕著な岩質および構造規制によって形成され、また分布形態は中心から外方に向って銅・鉛・亜鉛→金・アンチモン→水銀という広域的な累帯配列を示唆している。

一方、地化学探査は川砂を対象として全域について実施され、採取された663試料についてAu, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, Sb, As, Hg, Mo, W, Ba, Uの14成分の分析が実施された。この結果、19箇所の異常帯が既知鉍床分布域および未開発区域に検出された。既知鉍床分布域における地化学異常は鉍床の組物組合せおよび分布と極めてよく一致した相関関係を示し、このことは未探鉍・未開発区域に検出された地化学異常が鉍床賦存の可能性を示唆しているものと考えられる。

これらの調査結果を総合的に検討した結果、金・アンチモン鉍床および銅・鉛・亜鉛鉍床のそれぞれについて鉍床賦存の可能性の最も高い区域としてJambusan-Tai Parit地区、G. Ropih-G. Juala地区、Tai Ton地区およびG. Api-S. Puteh地区の合計4地域85 km²が第二年次以降精査必要区域として抽出された。

第I部 総論

最新工程

第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯および目的

マレーシア国サラワク地方の鉱業は、19世紀初頭におけるサラワク西部バウ (Bau) 地区での金の採掘にはじまり、その後同地区におけるアンチモン鉱の発見・採掘などにより1900年から1920年にかけて最盛期を迎えた。しかしながら、原始的かつ未熟な探鉱・採掘技術のため、採掘の対象範囲は表層部のみにとどまり、鉱産高は1940年から急激に減少し、その後さしたる隆盛をみないまま現在に至っている。

一方、ここ数10年の間に鉱床の探査・開発の技術は急速な進歩をとげ、またサラワク地方では、1949年クチン (Kuching, 現サラワク州々都)に地質調査所が開設されたことがはげみとなって、同地方における地質・鉱床に関する多くの調査・研究結果ならびに情報が蓄積されてきた。

マレーシア政府はこれらの背景を踏まえ、“第四次マレーシア計画 (1981-1985)”において西部サラワク地方で金属鉱床賦存のポテンシャルが最も高いとみられるバウ地区およびルンドゥーセマタン (Lundu - Sematan) 地区の総合的な鉱床探査プログラムを計画し、同地域における鉱業活動の復活と、これに伴う地域開発・雇用促進を期した。同政府はこのプロジェクトを外国の援助によって行うこととし、日本政府に協力を要請した。

日本政府はマレーシア政府の要請に応え、昭和57年6月事前調査・協定接衝調査団を現地に派遣し、調査計画の細部、日本側の協力事項、調査開始時期等に関して詳細な検討・協議を行わせるとともに、調査地域の予察を実施させた。この結果、同調査団、マレーシア国総理府経済企画部 (Economic Planning Unit) およびマレーシア地質調査所 (Geological Survey of Malaysia)の間で、まずバウ地区に調査を集中して実施し、予算・時間に余裕があればルンドゥーセマタン地区の調査を実施するという合意が成立し、同年6月16日SCOPE OF WORKを締結した。

1-2 第一年次調査の範囲、目的および作業の概要

1-2-1 調査範囲

本年度はプロジェクトの初年次であるため、プロジェクト地域全体が調査の対象範囲とされた (Fig. 1 参照)。

本調査地域内には、面積約260 km² のバウ鉱床区が含まれており、また過去の多くの調査結果からも、地域内の鉱床賦存のポテンシャルには区域によって明瞭な較差が認められる。このため、地域内を同一精度で一様に調査することは適切でないとの考えから、調査範囲を概査区域と準精査区域とに区分し、異なる精度で調査を実施することとした。

Fig. 1-1は本年度の調査範囲を図示したものである。

概査区域は準精査区域を除くプロジェクト地域全域で、

北 縁：サラワク・カナン川 (S. Sarawak Kanan) とサラワク・キリ川 (S. Sarawak Kiri) との合流点 (北緯 $1^{\circ} 27' 40''$, 東経 $110^{\circ} 16' 40''$) から、パウ
ールドウ道路のシブル・トゥボン部落 (Plm. Siburuh Tubon) を経て、イ
ンドネシアとの国境のラヤ山 (G. Raya, 北緯 $1^{\circ} 25' 30''$, 東経 109°
 $55' 30''$) に至る線

南西縁：ラヤ山からブルネイ山 (G. Brunei) を経てベリ山 (G. Beri, 北緯 $1^{\circ} 13'$
 $05''$, 東経 $110^{\circ} 05' 00''$) に至る国境線

南東縁：ベリ山からブンゴ山脈 (Bungo Range) の最北縁部を経てサラワク・カナン川
とサラワク・キリ川との合流点に至る線

で境される面積 470 km^2 の範囲である。

準精査区域はパウ町およびその南部を含む東西 7 km , 南北 10 km , 面積 70 km^2 の範囲で、
パウ鉱床区の中なかでも特に鉱床の密集する部分に相当し、既知鉱床の大部分はこの区域内に分
布している。

1-2-2 調査の目的

本年度の調査の目的は、(1)調査地域内の地質、地質構造、火成活動および鉱化作用の実態と
特性の把握ならびにそれらの相互関係の解明により、(2)既知鉱床の水平的・垂直的延長部を含
む鉱床賦存の可能性の高い区域を抽出し、併せて(3)第二年次以降の調査に有益な探査指針を確
立することにある。さらにこれらと併行して、(4)旧鉱山の廃石・尾鉱の再利用に関する評価の
ための基礎資料を得ることも主要な目的の一つである。

これらの目的のもとに、次の事項が本年度調査の重点課題としてとりあげられた。

- (1) 鉱床 (既知鉱床を含む) の詳細な調査および関連既存資料との検討による鉱化作用の特性
の把握
- (2) 岩層分布、特に主要鉱床母岩の水平的、垂直的分布の把握による鉱化作用の岩質規制の解
明
- (3) 地質構造の解明、特に裂か系の解析による富鉱部形成の場の規則性 (構造規制) の検討
- (4) 火成活動の性質の解明および鉱化作用との関連性の考察
- (5) 調査および結果の解析の補助としての空中写真解析の実施ならびに既存資料の収集・コン
パイル
- (6) 地化学的特徴の解明による鉱化期待範囲の限定。
- (7) 地質・地化学調査による潜頭あるいは未確認鉱床賦存の可能性の検討
- (8) 経済的に開発可能な接触交代鉱床、ポーフィリー・銅型鉱床賦存の可能性の検討

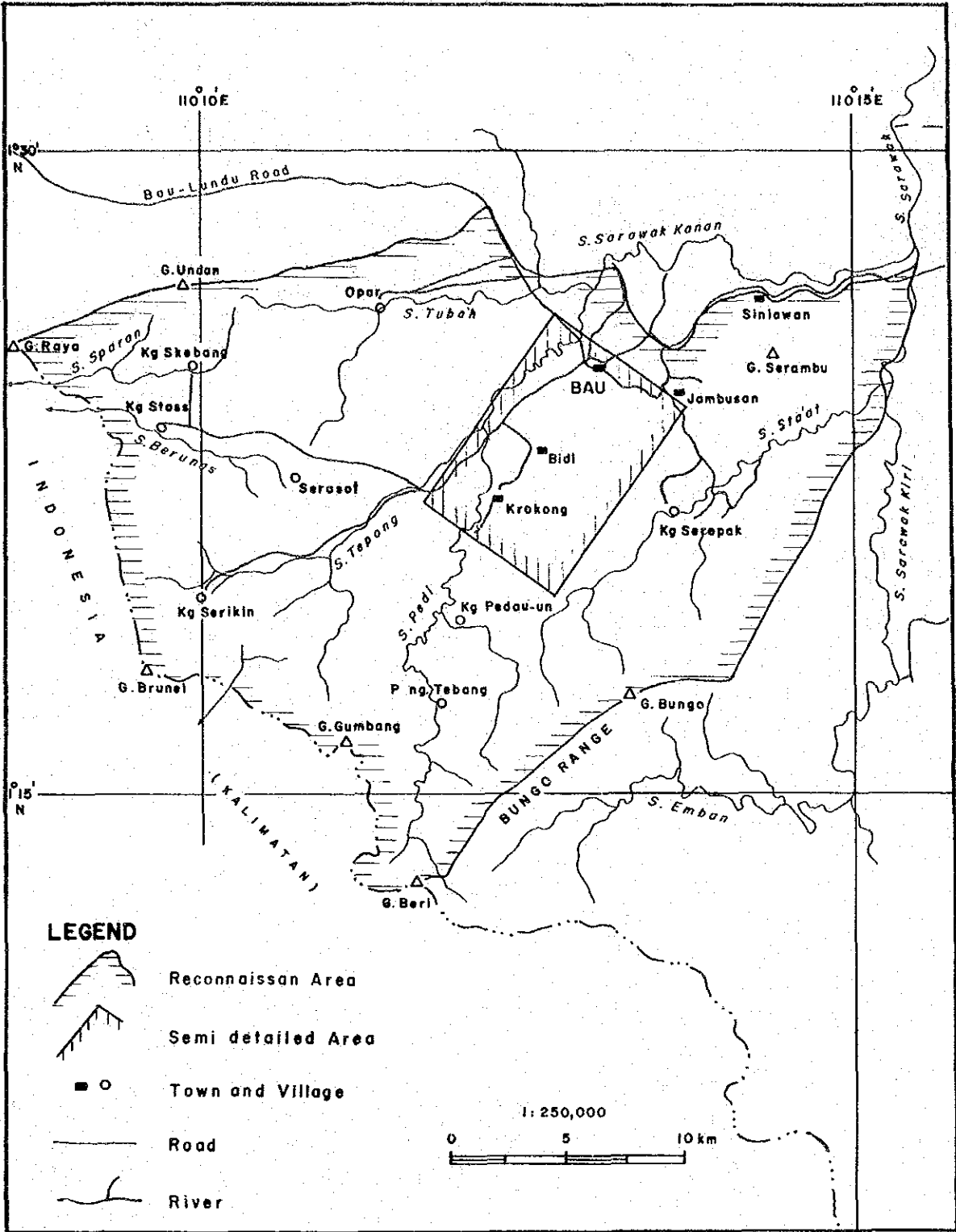


Fig. I. 1 Location Map of Phase I Survey Area

(9) 旧鉱山の廃石・尾鉱の評価に関する予備調査の実施

(10) マレーシア地質調査所サラワク支所における分析施設の拡充および技術指導の実施

1-2-3 調査の概要

前項で述べた調査の目的および重点課題を完遂するため、野外作業として概査区域における地質概査、準精査区域における地質準精査および旧鉱山の廃石・尾鉱の予備調査、両区域に対する地化学概査ならびにパンニング試料の採集等がそれぞれ実施された。

地質概査は昭和57年8月11日に開始され、調査の進行に応じて順次サブキャンプを移動しながら、あらかじめ図上で計画された調査ルートに沿って進められ、同年10月20日終了した。踏査ルート延長は480kmで、調査結果は1/50,000のルートマップおよび地質図にまとめられた。

地質準精査は8月16日に開始され、主としてパウ町南方ビディ(Bidi)および区域東方セロパック部落(Kg. Seropak)を拠点として進められ、10月20日ルート延長150kmを踏査して終了した。調査結果は1/10,000のルートマップおよび地質図にまとめられたほか、主要な鉱床については1/1,000~1/2,000地質鉱床図が作成された。

旧鉱山の廃石・尾鉱の調査は、地質準精査結果のまとめおよび既存試料の収集・コンパイルがある程度進んだ12月20日より約3週間行われ、その結果は旧鉱山廃石調査図としてまとめられた。

地化学概査は、本プロジェクトの開始に先立ち、マレーシア地質調査所サラワク支所によって、昭和57年3月より主として準精査区域およびその周辺に対して実施された。このため、本年度の調査は地質調査所の作業を継続するように、主として概査区域の川砂の採取が行われた。採取試料数は概査区域552試料、準精査区域111試料、合計663試料である。全試料はAu, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, Sb, As, Mo, Hgの11成分についてマレーシア地質調査所サラワク支所で、W, Ba, Uの3成分についてはカナダのケメックス社(Chemex Labs Limited)においてそれぞれ分析された。分析結果は概査・準精査両区域一括して単一変数および多変数解析に付され、1/100,000地化学異常図に表示された。また、大部分の地化学試料採取地点でパンニングが行われ、合計454試料が採取された。これらの試料は実体顕微鏡下で金粒の観察・計数が行われた。

一方、室内作業としては調査実施計画の検討等の準備作業、既存資料の収集・コンパイル、空中写真の解析、分析の技術指導、調査結果の解析・検討および報告書の作成が地質調査所サラワク支所において実施された。

準備作業はプロジェクトの基本方針の確認、調査実施計画の細部の検討・確認、調査器材の調達、地質、鉱床に関するオリエンテーション等を含むもので、調査団の現地到着より8月10日までの間に、首都クアラ・ Lumpur (Kuala Lumpur) の地質調査所本部および同サラ

ワク支所において行われた。

既存試料の収集・コンパイルは準備期間中および解析作業期間の前半に集中的に実施されたが、野外作業期間中においても必要に応じて行われた。得られた資料は調査結果と併せて総合的に検討され、報告書作成に活用された。

空中写真解析は、1/25,000白黒空中写真について、8月11日から8月25日まで、および野外作業終了後の10月21日より10月31日までの期間に日本側調査員によって行われたが、野外作業期間中も随時検討され、得られた情報は1/50,000写真地質解析図としてまとめられた。

分析の技術指導は、本年度の地化学試料の多成分分析に対処するためのもので、日本側分析担当調査員1名が8月30日より12月4日までの間に、本調査によって採取された試料の分析作業を通じ、サラワク支所分析員の指導・養成にあたった。多成分分析のための施設・器材の補充・強化はサラワク支所が進めてきたが、分析作業開始に際して新たに日本から器械・器具の補充も行い、これらの結果同支所の分析体制が確立した。

調査結果の解析・検討および報告書作成作業は、野外作業終了後全調査員によって約3週間実施され、その後引き続き日本側2名、マレーシア側3名の調査員により昭和58年2月25日まで現地において実施された。本年度の調査によって採取された多数の岩石、鉱石試料の測定、分析、試験は主として日本国内で行われ、得られた結果は直ちに現地に送付され、野外観察結果と併せて解析・検討された。報告書の印刷は日本国内で行われ、昭和58年3月10日第一年次の全作業を完了した。

本年度調査の概要および各種試験試料の内訳をTable I - 1 および Table I - 2 にそれぞれ示した。

1-3 調査団の編成

本プロジェクト設立のための計画・折衝、第一年次調査のための接衝・検討、ならびに第一年次現地調査に参加した調査員は次の通りである。

日本側調査計画および接衝

田 所 久 造	金属鉱業事業団
神 部 靖	〃
小 山 恭 一	〃
馬 場 洋 三	〃
越 後 哲 雄	〃
大 迫 次 郎	〃
福 田 洋 一	資源エネルギー庁

Table I -1 Outline of Phase I Work Schedule

	Period	Area	Length of Route Traversed	Number of Sample
Preparation and Orientation	July 29-Aug. 10, 1982			
Photogeological Interpretation	Aug. 11-Aug. 25 and Oct. 21-Oct. 31, 1982	540 km ²		
Reconnaissance Geological Survey	Aug. 11-Oct. 20, 1982	470 km ²	480 km	46 samples for Laboratory Work
Semi-detailed Geological Survey	Aug. 16-Oct. 20, 1982	70 km ²	140 km	168 samples for Laboratory Work
Reconnaissance Geochemical Survey (stream sediment and panned concentrate sampling)	Aug. 11-Oct. 20, 1982	540 km ²		663 samples of stream sediments and 454 samples of panned concentrate
Preliminary Assessment of Mine Waste and Tailings	Dec. 15-Dec. 31, 1982			108 samples for analysis of Au
Gathering and compilation of Existing Data	Aug. 4-Aug. 10 and Oct. 21-Dec. 31, 1982			
Establishing chemical Analysis Techniques	Aug. 30-Dec. 4, 1982			
Multi-element analysis of samples	Sept. 6, 1982-Jan. 4, 1983			663 samples of stream sediments for analysis of Au, Ag, Sb, Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, Ba, U, W, As, Mo and Hg
Data Processing and Report (in Malaysia)	Oct. 21, 1982-Feb. 16, 1983			
Printing of Report	Feb. 17-Mar. 10, 1983			

Table. I-2 Numbers of Tested Samples

	Reconnaissance Survey Area	Semi-detailed Survey Area	Total
Rock and Ore Samples			
Thin Section	17	21	38
Polished Section	6	23	29
X-ray Diffractive Analysis	—	16	16
K-Ar Dating	2	2	4
Chemical Analysis of Whole Rock	6	14	20
Chemical Analysis for Metallic Elements of Rock	—	20	20
Chemical Analysis of Ore	5	52	57
Fossil Determination	10	20	30
(Sub-Total)	(46)	(168)	(214)
Chemical Analysis for Gold of Mine Waste and Tailings	—	108	108
Panned Concentrate Samples			
Gold Grain Counts	357	97	454
Stream Sediment Samples			
Chemical Analysis for Au, Ag, Sb, Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, As, Mo & Hg	552	111	663
Chemical Analysis for W, Ba and U	552	111	663

笠 間 猛	資源エネルギー庁
向 井 英 昭	国際協力事業団
谷 口 洋 文	大手開発株式会社
脇 田 健 治	〃

マレーシア側調査計画および接衝

Mohd. Yusof. Ismail	総理府経済企画部
Hō Yok Ling	〃
Wong Peg Har	〃
Chung Sooi Keong	地質調査所 (クアラルンプール)
Koh Chin Heng	〃 (サラワク)
Chen Shick Pei	〃 (〃)
Victor Hon	〃 (〃)

日本側調査団

谷 口 洋 文 (団長, 地質, 報告書)	大手開発株式会社
林 育 造 (地質, 地化学, 報告書)	〃
川 井 正 和 (地質, 地化学, 写真地質)	〃
野 並 集 (地質, 地化学)	〃
佐 藤 哲 男 (〃)	〃
大 内 敏 郎 (分 析)	〃

マレーシア側調査団

Victor Hon (責任者, 地質, 報告書)	地質調査所 (サラワク)
Dorani Johari (地質, 報告書)	〃
Paul Sinjeng (地化学, 報告書)	〃
Charles Chin (分 析)	〃

第2章 調査地域の地理

2-1 位置および交通

2-1-1

本年度の調査地域は、クチンの南西15 kmのサラワク・カナン川とサラワク・キリ川の合流点から、同50 kmのインドネシアとの国境までの間にあり、サラワク・カナン川中・上流域の全流域を包含する範囲に位置している (Fig. 1, Fig. 1-1 参照)。

また、本地域はサラワク州行政区画の第1 県バウ地区に属し、同州1 / 5 0,000 地形図区分ではシート番号1-110-9の大部分および同1-109-12, 1-110-10, 1-110-12のそれぞれ一部分を占める。

地域内の集落としては、バウ地区の行政の中心であるバウ町と53の中・小部落があり、これらは主として道路および主要河川の流域に沿って発達している。バウ町は調査地域内最大の集落で、クチンより道路距離35 km, 車で約45分である。かつてのバウ地区鉱業の隆盛期には、バウ町はその中心地として繁栄したが、鉱業の衰退とともに市街規模も縮小し、現在は人口約3万人の町である。中・小集落の主なものとしてはビディ, シニアワン (Siniawan), ジャンプサン (Jambusan), クロコン (Krokong)などの町, オパー (Opar), スケバン (Kg. Skebang), セリキン (Kg. Serikin), ベジル (Kg. Pejiru), スタッス (Kg. Stass), セロバック, テバン (Pk. Tebang)などの部落があり、これらには野外調査期中サブ・キャンプが設置された。

2-1-2 交通

調査地域内の交通路は、地域の北縁をなす幹線道路とバウ町から主要集落に連絡する数本の道路よりなり、全体として車輻道路の発達が悪い。

幹線道路はクチンよりバウを経て、サラワク州西端のルンドゥ, セマタンへ連絡するもので、クチンよりバウの西方まで45 km間は舗装され、維持・管理もよく行われている。

バウ町からオパー, スケバン, スタッス, セリキン, クロコン, ジャンプサン, セロバックの各部落には未舗装道路が連絡しており、雨期・乾期を通じて車輻の運行が可能である。しかしながら、他の部落には車道はなく、特に準精査区域の南部から国境までは道路は皆無で、サラワク・カナン川上流ベディ川 (S. Pedi) の主流に沿ったテバン, ペダウン・バワ (Kg. Pedau-un Bawah), モンガック (Plm. Monggak) の各部落にはクロコンからボートの航行が可能であるが、これも6月から9月までは水量不足のため航行は不可である。

クチン〜ルンドゥ間の幹線道路およびバウ町からクロコン, ベジル, ジャンプサンの各部落までは路線バスの便がある。

なお、通信機関としてはバウおよびシニアワンに電話施設があり、クチンほか主要都市との

交信が可能であるが、他の部落には通信施設は全くなく、野外作業施設中少なからぬ不便をきたした。

2-2 地形および水系

2-2-1 地形

調査地域の地形は、Fig. I-2で概観される通り、地域全体の約85%を占めるNE-SW方向に広がる標高150m以下の低地帯と、低地帯の北西縁および南西縁を境にする標高150m以上の山陵によって特徴づけられている。標高300mを越える高地は地域全体の約5%で、その範囲は低地帯南東縁のブンゴ山脈に集中するほか、低地帯北縁のウندان山(G.Undan)山地、シニアワン南方セランプ山(G.Serambu)、パウ南部の石灰岩山地、地域南西縁キサム山(G.Kisam)などの山頂部を小範囲に占めるにすぎない。

このような地形的特徴は地質を強く反映しており、従って地質との関連性から、地域内の地形を

- (1) 急峻な石灰岩山地
- (2) 砂礫層に覆われた石灰岩平坦地
- (3) 起伏に富む泥岩・砂岩低丘陵地
- (4) 急斜面をもつ貫入岩山地
- (5) 急崖を伴う砂岩山稜

に細分することが出来る。

石灰岩山地は主としてパウ南部に発達する典型的なカルスト地形で、地域内で最も際立った特徴的な地形を示している。この地形は主に塊状の石灰岩が直立した断崖を伴う険しい塔状カルストを作るもので、石灰岩平坦地から、対照的に300m以上の高さにそびえ立っている。しかも、これら石灰岩山地は、石灰岩を貫く侵蝕のより進んだ多数の岩脈が作る深い溝状の谷間によって開析され、独立した多くの塔状カルストの集合山地をなしている。石灰岩山地にはカルスト地形に特有のドリーネ、カッレン、石灰洞などが発達している。

石灰岩平坦地は石灰岩山地の周辺に発達する標高50m以下の平坦地で、カッレンフェルトが発達する。この地形は、(1)石灰岩の泥質な岩質、(2)石灰岩中の相対的に軟質な泥岩・砂岩の挟在、(3)石灰岩山地の急傾斜層・節理による崩壊、特に泥岩・砂岩を主とする地層との境界付近の断層による泥岩・砂岩層の崩壊、(4)石灰岩内部を通過する地下川による石灰岩の溶脱・崩壊、などの1つまたは幾つかの組み合わせによって選択的に侵蝕が進み、形成されたものと考えられる。

泥岩・砂岩低丘陵地は調査地域の大部分を占める最も一般的な地形で、主として標高100m以下の起伏の多い低地～低丘陵地よりなる。比較的厚い砂岩が卓越する部分では不連続な山

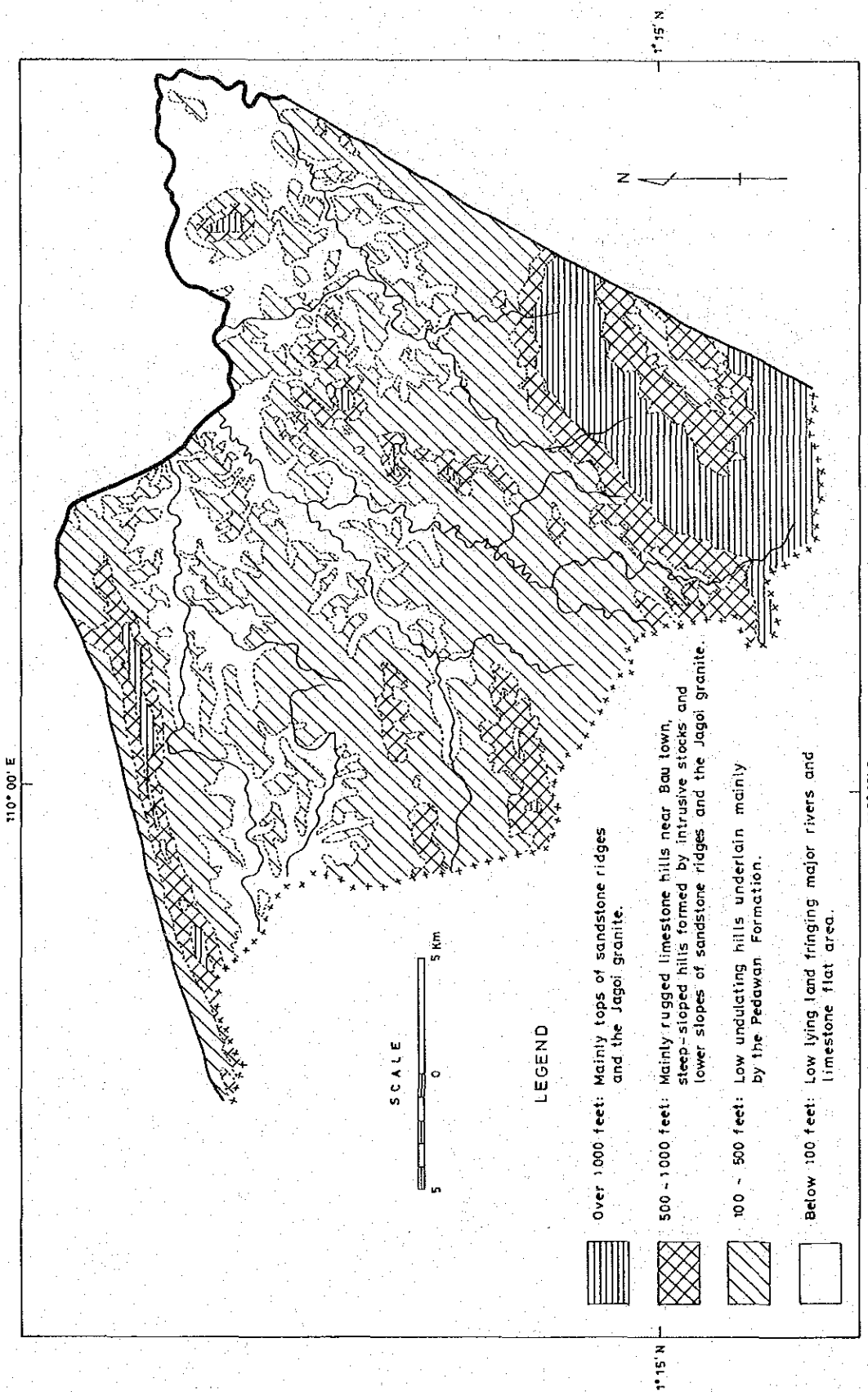


Fig. I - 2 Topographic Sketch Map of Bau Area

稜を形成している。

貫入岩山地は主として酸性貫入岩岩体によって形成された急斜面をもつ山地として、また調査地域南西縁では底盤状岩体による二列の山陵としてみられる。山頂部は標高300mを越えることが多い。

砂岩山稜は第三紀の厚い塊状砂岩層によって形成された急崖を伴う連続した山稜で、低地帯の北西縁および南東縁をなしている。北西縁の山稜は標高150~250m、延長20kmのウンダン山地であり、南東縁のものは標高300~900m、延長約20kmのブンゴ山脈で、調査地域内の最高峰であるブンゴ山(996m)が位置している。

以上の地形のうち、石灰岩のカルスト地形ではドリーネ、シンクホール、鋭い稜をもつカッレン等が発達し、また砂岩山稜では直立した断崖が卓越するため、これらの区域の踏査には非常な危険を伴う。

2-2-2 水 系

本地域の水系はサラワク・カナン川およびサラワク・キリ川支流スタアト川(S. Sta'at)の2大水系に属し、地域北西部および南西縁国境沿いの区域はインドネシア側の水系に属している。

主要な河川としては、サラワク・カナン川とその支流であるトゥバ川(S. Tubah)、テボン川(S. Tebong)、セリキン川(S. Serikin)、ノーラン川(S. Nolan)、ペディ川、ペダウン川(S. Pedau-un)、サラワク・キリ川支流レディン川(S. Redin)の最上流域となっている。

一方、インドネシア側の水系としては、地域北西部のウンダン山—スケバン部落—ジャゴイ山(G. Jagoi)以西の区域にスパラン川(S. Sparan)、ベルナス川(S. Berunas)、スタッス川(S. Stass)が、国境部分にはパヨン川(S. Payon)、トピウム川(S. Topium)などがある。

調査地域は既に述べた通り広い低地帯となっているため、主要河川の中・下流域では勾配が小さく、水流は緩やかで、しばしば蛇行し、洪水面を示す広い氾濫原が発達している。サラワク・キリ川では、河口から源流までの距離のほぼ半分に対応するバウ付近まで潮汐の影響を受けている。

各河川の上流域では流路は直線的で急流をなし、河岸の発達が悪い。砂岩山稜部や底盤状貫入岩体の作る山地では滝が多い。

石灰岩地域では河川の発達極めて悪く、石灰岩内部を流れる地下川が卓越している。地下川は大規模なドリーネ、石灰洞を通じて流れ、その延長は数mの小規模なものから数100mに達するものまである。なお、石灰岩地域の水系では川砂が少なく地下川が多いため、地化学探査のための川砂採取が極めて困難であるという問題がある。

調査地域の水系は地域を構成する地質と地質構造に大きく支配されている。すなわち、一般にスタート川、テボン川、トゥバ川などの大規模河川は流路を構成する泥岩・砂岩層のNE系の走向に支配され、ベディ川は断層および層理に規制されていると考えられる。小規模河川・支流、特にブンゴ山脈からジャゴイ山にかけての区域の河川はNW系の断層、裂かの影響が強い。また、侵蝕に対する抵抗のより大きい貫入岩類や塊状砂岩などは分水嶺を形成することが多い。

水系パターンとしては、泥岩・砂岩分布域に樹枝状・格子状水系が、また塊状砂岩山地では平行状水系が発達している。

各河川の水量は年間を通じて豊富であるが、水位は降雨量によって大きく変動し、雨期では高水位となって短時間の降雨でもしばしば洪水を生じている。

2-3 気候および植生

2-3-1 気 候

調査地域は、その位置から明らかな通り、年間を通じて高温・多湿・多雨の典型的な熱帯気候で特徴づけられ、気候の変化は2つのモンスーンによる雨期と乾期の差としてみられるにすぎない。

本地域はアジア・モンスーンの影響下にあり、北東モンスーン期と南西モンスーン期が認められる。前者は11月から2月までの4ヶ月間で、この期間は特に降雨量が多い。後者は5月から8月までの4ヶ月間で、この期間は降雨量も少なく、穏やかな気候で乾期とみなされている。

Table I-4はクチン空港における1971年～1981年の月別降雨量を示したもので、この11年間における月間の降雨量は最大1,274.5 mm (1972年2月)、最小22.0 mm (1981年8月)と変動は大きい、平均値では12月から2月までは月間500-700 mmと圧倒的に多く、これに対して5月から8月までは月間170-240 mmと少なく、前者が雨期、後者が乾期とみなされている。3月・4月および9月から11月までは月間300-380 mm程度の降雨量で乾期・雨期の中間期といえる。平均年間降雨量は4,232.6 mmである。

Table I-5は1968年から1980年までの13年間の気温および湿度の平均値を月別に示したものである。この表から明らかな通り、月間平均気温は1月の25.4℃から5月の26.9℃の間に、また最高気温の月間平均値も29.7℃(1月)から32.8℃(5月)の間にあってともに変化少なく、年間を通じてほぼ一定した気温を示している。気温の平均日較差も7.1℃-9.5℃(平均87.8℃)の範囲内にあり、較差は小さい。

湿度では、月間平均湿度が81.9%(7月)から86.5%(2月)の範囲でほぼ一定しており、また月間平均最低湿度でも55.8%(7月)から67.0%(2月)の範囲にあり、年間を

Table I—3 Records of Monthly Rainfall Amounts

Station : Kuching Airport

Latitude : 1° 29'

Longitude : 110° 20'

Height Above Mean Sea Level : 25.6 m

Unit : mm

MONTH YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1971	1206.5	749.0	368.8	210.3	284.5	305.1	101.3	283.2	180.3	371.6	601.0	321.8	4983.4
1972	536.7	353.3	175.8	232.9	227.6	181.6	93.5	132.3	228.9	278.1	283.7	373.9	3098.5
1973	487.4	498.6	377.2	427.7	408.7	179.1	158.5	238.5	247.1	355.6	260.9	880.9	4520.2
1974	145.8	686.8	166.9	84.6	179.8	288.5	159.8	275.3	342.9	374.9	353.6	263.7	3322.6
1975	554.3	557.2	317.1	241.9	261.9	139.2	209.8	233.0	391.3	334.4	445.1	784.0	4469.3
1976	1078.5	279.6	191.5	325.8	187.0	203.5	306.8	157.5	96.0	220.1	254.0	451.0	3754.0
1977	627.7	1274.5	580.9	457.8	210.5	193.8	232.3	243.0	198.2	486.9	316.9	471.7	5295.0
1978	973.1	435.2	366.9	162.2	233.8	196.7	127.6	179.9	287.2	382.1	319.9	570.0	4235.0
1979	803.8	364.5	243.1	465.6	142.5	229.5	197.1	159.5	399.9	403.3	453.8	500.0	4362.7
1980	1113.5	348.9	257.2	313.2	231.5	272.3	124.7	288.0	436.5	577.1	284.9	402.0	4649.8
1981	168.2	460.1	401.9	304.8	244.4	172.1	209.5	22.2	441.4	224.9	518.8	700.2	3868.5
MEAN (1971~1981)	699.6	546.2	313.4	293.4	237.5	214.7	174.8	179.5	295.4	364.5	372.1	520.1	4232.6

Data provided by Malaysia Meteorological Services, Sarawak

Table I — 4 Records of Temperature and Relative Humidity

Station : Kuching Airport

Latitude : 01° 29'N

Longitude : 110° 20'E

Height Above Mean Sea Level: 25.6 m

Temperature (°C)		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
Period	No. of Years													
1968~1980	13	25.4	25.7	26.2	26.5	26.9	26.7	26.7	26.4	26.3	26.1	25.8	25.7	26.2
24 Hr. Mean		29.7	30.2	31.2	32.2	32.8	32.5	32.4	32.3	32.2	32.0	31.5	30.7	31.6
Mean Daily Max.		22.6	22.7	23.1	23.2	23.3	23.0	22.9	22.8	22.8	22.8	22.7	22.8	22.9
Mean Daily Min.		34.6	34.2	24.4	35.5	36.0	35.5	35.7	36.4	36.5	35.2	34.3	34.2	36.5
Highest Max.		1980	1979	1978, 1975	1980	1978	1978	1972	1979	1976	1979	1973, 1974	1974	1976
Year of Highest Max.		18.9	18.9	20.2	20.4	20.6	20.2	20.9	20.2	20.7	21.0	20.5	20.6	18.9
Lowest Min.		1974	1968	1980	1971	1979	1976	1978	1979	1974, 1976	1976	1968	1975	1968, 1974
Year of Lowest Min.														

Relative Humidity (%)

Period	No. of Years	1968, 1968	1975	1971	1973, 1972	1972	1972	1972	1979	1969	1971	1971	1970	1969
1968~1980	13	87.5	86.5	85.1	85.2	83.6	83.0	81.9	82.8	83.5	85.2	86.4	87.4	84.8
24 Hr. Mean		97.2	97.1	96.9	97.0	96.6	96.4	96.1	96.4	96.4	96.9	97.4	97.3	96.8
Mean Daily Max.		67.0	65.1	61.7	59.2	56.5	57.1	55.8	56.5	57.2	58.8	60.0	64.3	59.9
Mean Daily Min.		44	45	45	39	36	38	35	35	29	42	38	42	29
Lowest Min.		1968, 1968	1968	1975	1971	1973, 1972	1972	1972	1979	1969	1971	1971	1970	1969
Year of Lowest Min.		1974												

Data provided by Malaysia Meteorological Services, Sarawak.

通じて非常に多湿である。

2-3-2 植 生

本地域は年間平均降雨量が4,200mmを越える多雨地域であるため植生は極めて厚く、地域のほぼ85%は初生ないし二次的な熱帯雨林によって覆われている。

すなわち、調査地域の30%以上はDipterocarpaceasなどの密生した未開の初生ジャングル地帯で、ブンゴ山脈、ウンダン山地、キサム・ジャゴイ山地、石灰岩山地などにみられる。地域の約55%はかつて移動耕作地として利用されたが、急傾斜のため農作物の成育が悪く、また少ない土壌のため耕作には不適當のため放置され、二次的なジャングルによって被覆された区域である。

恒久的耕作地、住宅・施設、鉱山開発などとして永続して利用されている区域は地域全体の約15%程度で、耕作地はゴム、コショウなどが栽培されている。しかしながら、これらの区域も使用を中止するとただちに二次的ジャングルとなる。

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 既往調査の概要

西部サラワクは19世紀初頭より鉱業活動が盛んであったため、地質、鉱床および鉱業活動に関する多くの調査・研究報告が蓄積されてきている。これらのうち、調査地域に関連した主要なものについて概要を述べる。

西部サラワクにおける最初の地質調査は、1845年Hiram Williams によってサラワク川の河口からパウ付近までの流域について実施され、その結果はMundy(1848)のなかに地質図とともに報告されている。Williamsはこの調査により、パウ周辺の金は石灰岩中の鉱脈に産し、アンチモン鉱床は石灰岩を貫く貫入岩に関係あることを指摘している。

また、Hugh Low, Spencer St. John とも相次いでパウ周辺の鉱床調査を行い、金・アンチモン鉱床の記載を行ったほか、H. Low はサラワク・キリ川のダイヤモンドの採取についても報告している(Low, 1848; St. John, 1862)。

Odoardo Beccariも1865年から1868年にかけてサラワク川およびパウ鉱床区を踏査し、石灰岩の起源、パウ周辺の地形と地質との関係などを論じたほか、パウ周辺の鉱床が火山活動に関連することおよびサラワク・キリ川のダイヤモンドはその上流部に分布する砂岩・礫岩層に由来することを指摘している(Beccari, 1904)。

1870年代から1930年代にかけてはパウ地区の鉱業活動の最盛期で、多くの地質技術者や鉱山会社によって地質、鉱床、探査、探鉱の調査・研究がなされ、Geiki(1905-1906), Scrutton(1906), Scrivenor(1905, 1927), Zeylmans van Emmichoven(1939)などの報文のほか、調査結果の一部はSarawak Gazette にも発表されている。

以上に述べた報文の多くは比較的せまい範囲を対象としたスポット的なものであるが、1949年クチンに地質調査所が開設されてからは総合的な調査報告書としてWilford(1955)が公表された。この報文はクチンよりサラワク西端部までの約5,300km²の地域に関する層序、地質構造、火成活動、鉱化作用を総括的に論じたもので、全域について1/125,000、パウ周辺について1/50,000の地質図が作成され、またパウ鉱床区については各鉱床の詳細な記載が行われている。

西部サラワクの調査は上記調査以降精力的に進められ、地質を主としたものとしてE. B. Wolfenden によるセマタン・ルンドゥ地域の調査(Wolfenden, 1963), Wolfenden およびKoh, C. H. によるパウ地域のうちの主としてパウ・ルンドゥ道路周辺の調査(Wolfenden・Koh, 1964)などが、またクチン南東部についてはペンリセン(Penrissen)地域(Wilford, 1965), セリアン(Serian)地域(Pimm, 1965)の調査がそれぞれ

れ行われ、層序区分の確立と地質構造の解明がなされている。これらのうち、Wilford(1965)およびPimm(1965)は本年度の調査地域に分布する一部の地層の模式地が含まれる地域である。

鉱床を主としたものとしては、バウ鉱床区のポテンシャルに応じた区域分類を試みたReo・Kirk(1958)、260 km²のバウ鉱床区のうちバウ周辺約50 km²を調査対象としたWolfenden(1965)の調査、この区域に南接する約50 km²に対するPimm(1967)の調査などがある。WolfendenおよびPimmの報文は1/10,000地質図による地質・鉱床の詳細な調査・記載が行われているほか、Wilford(1955)に比較して、地層区分、貫入岩類の活動時期、鉱床の胚胎の場などに関してより新しい解釈が試みられている。

サラワク地方における古生物を論じたものとしては、Keiji(1964)、Bayliss(1965)などがあり、特に後者はバウ周辺の石灰岩中の有孔虫について詳述している。

一方、調査地域に関係ある広域的な地質・鉱床報文としては東マレーシア全域の地質を論じたLiechti・Reo・Haile(1960)、同地域の火成活動を総括したKrik(1968)、西部サラワクの地質的位置づけ・構造に関係あるHutchison(1973)およびHamilton(1977)の調査、さらに既往調査の結果をもとに地質調査所が編さんした1/3,300,000地質図(1975)などがあり、これらは広域的な地質、地質構造、地史等を考察するにあたって有益な資料である。

最近の鉱床および鉱業活動に関連した資料としては、サラワク州の鉱業活動の歴史を概括したHon(1976)、同州の鉱産物を総括したKoh・Chen(1978)、バウ周辺の鉱床にみられる鉱化規制を論じたHon(1981)などがあり、サラワク州の鉱業の現況およびバウ鉱床区の鉱床の特性を理解する上で有益である。

以上に述べた諸報文のほか、地質調査所サラワク支所には地質・鉱床・探査等の多数の公表・未公表資料があり、報告所作成にあたって随時活用された。

3-2 西部サラワクの一般地質

プロジェクト地域の広域的な地質背景の理解を容易ならしめるため、既往調査結果をもとに西部サラワクの地質を概略的にまとめると次の通りである。なお、西部サラワクとはクチン東方70 kmに河口を有するルパー川(Btg. Lupar)からサラワク州西端までの面積約11,400 km²の区域である。

Fig. 1-3はボルネオ島北西部の地質区分と西部サラワクの概略地質を示したものである。

ボルネオ島北西部は、半島マレーシアより連続しボルネオ島の中核を構成する“スンダ(Sunda)盾状地”とこの盾状地の北側に発達する“北西ボルネオ地向斜”に区分される。前者は古生代・中生代の堆積物とこれを買く先第三紀の貫入岩類よりなり、“北西ボルネオ基盤岩類”

とも呼ばれており、後者は主として第三紀の厚い地向斜性堆積物より構成されている。両者の境界はルパー川に沿ってほぼ東西に連続し、西部サラワクはその全域を北西ボルネオ基盤岩類によって占められている。

3-2-1 変成岩および堆積岩

西部サラワクに露出する最も古い地層は、時代的確証は未だ得られていないが、先上部石炭系と考えられている変成岩類で、クチン周辺からその南東部のトゥアン川 (S. Tuang) 下流域にかけて比較的広く露出するほか、同区域からセリアン南東にかけてNW-S E方向に断続的に露出する。クチン-トゥアン川流域のものはトゥアン層、セリアン付近のものケライト (Kerait) 片岩類と呼ばれ、ともに千枚岩、石英片岩、石英-雲母片岩など高度の動力変成作用を受けた岩石よりなる。

上部石炭系は化石を産する最古の堆積岩類で、セリアン南方テルバット (Terbat) 付近にのみ分布し、テルバット層とされている。本層は石灰岩およびチャートを主とし、これに少量の頁岩を伴うもので、石灰岩から産出する化石の大部分は石炭紀後期を示しているが、二疊紀前期を示す化石も含まれており、本層の堆積が二疊紀まで連続したことが明らかである。

変成岩類と上部石炭系とは分布域が異なるため、層位関係を直接知ることはできないが、変成作用の著しい相違から不整合関係にあるものと考えられている。

中生界の最下位層はクチン南方クアッ部落 (Kg. Kuap) からサドン川 (Btg. Sadong) 上流一帯に広く分布するサドン層で、主として頁岩、砂岩、礫岩よりなり、石灰岩、凝灰岩の薄層を伴う。本層は古生界を不整合に覆い、化石から三疊紀後期とされているが、最近三疊紀中期を示す化石が発見されている。

サドン層堆積期の末期には著しい火山活動が生じ、セリアン火山岩類と呼ばれる中性-塩基性の溶岩・火山砕屑岩の厚層が形成されている。

ジュラ紀から白亜紀にかけての地層は西部サラワクの西半分の広い範囲を占めて分布するが、分布域と時代から、ジュラ系と上部ジュラ-白亜系とに大別される。

ジュラ系はセラバング (Serabang) 層と呼ばれるもので、ルンドゥからサラクワ西端部にかけて分布するほか、クチン北方およびセバガン (Sebangan) 付近にも小範囲に露出する。本層は頁岩および粘板岩質頁岩を主とし、これに少量の砂岩、礫岩、チャートと石灰岩薄層を伴うもので、化石からほぼジュラ紀全般を通じて堆積したものと考えられている。

上部ジュラ-白亜系は、下位よりケダドム (Kedatom) 層、パウ石灰岩類、ペダワン (Pedawan) 層に細分されている。ケダドム層は砂岩を主とする局地的な堆積物で、クチン南方のケダドム川流域にセリアン火山岩類を不整合に覆って分布している。パウ石灰岩層はパウ付近からベンリセン地域に発達する塊状石灰岩で、下部と上部の一部には砂岩、頁岩、泥質石灰岩を伴っている。本層はセリアン火山岩類とは不整合、ケダドム層とは整合の関係にあり、時代

は化石からジュラ紀後期と考えられているが、一部は白亜紀前期にも堆積が連続している。ペダワン層は厚い頁岩、砂岩よりなり、上部の一部には礫岩、石灰岩の薄層を挟在するほか、酸性火山活動の産物を伴っている。本層の堆積はパウ石灰岩層の堆積に引き続いており、時代は化石から白亜紀である。

白亜紀末期には、西部サラワク全域に激しい褶曲と断層を伴う隆起運動が生じて陸化し、堆積の場は北東ボルネオに移り、北西ボルネオ基盤岩類の形成が終わるとともに北西ボルネオ地向斜の形成がはじまった。しかしながら、隆化した西部サラワクの一部には局地的な沈降が生じ、白亜紀末期から新第三紀中新世にかけて陸成ないし浅海性の厚い砂岩層が形成された。これらはクリンカン山脈 (Klingkang Range) に沿って広い範囲を占めるシランテック (Silantek) 砂岩類およびその上位に重なるプラトウ (Plateau) 砂岩類と、ブンゴ山脈、カヤン川 (Btg. Kayan) 中・上流域およびセマタン西部などに分布するカヤン砂岩類で、先第三系とは不整合関係にある。

以上に述べた西部サラワクの変成岩類と堆積岩類の層序区分の地域的な関係は Fig. 1-4 の通りである。

3-2-2 火成岩類

西部サラワクには、Fig. 1-5 に示す通り、中生代から新生代新第三紀にかけてほぼ4回の火成活動がみられる。

最も古い火成活動はパウ南西のジャゴイ・キサム山地を構成するジャゴイ花崗閃緑岩の貫入で、活動時期はインドネシア側の地質から先三疊紀と考えられている。この貫入岩体は、本年度の調査でK-Ar法による絶対年代の測定が行われ、白亜紀後期を示す結果が得られたが、岩体がジュラ紀後期のパウ石灰岩層に不整合に被覆されていることから、今後さらに追跡測定が必要である。

三疊紀後期には中性ないし塩基性の火山活動が生じ、安山岩—玄武岩溶岩が噴出して、それらの火山碎屑岩とともにセリアン火山岩類を形成した。この火山岩類はペンリセン—セリアン地域に広く分布するが、パウの南部および東部にも小露出がみられる。この火山活動の末期には酸性火山岩の噴出と小規模な閃緑岩の貫入が生じている。

白亜紀にはルンドウ、セマタン、ダトゥ岬 (Tg. Datu) などサラワク西端部と、セブヤウ (Sebuyau)、ティンテン・ベディル (Tinteng Bedil) などにアダメロ岩、花崗閃緑岩、斑れい岩の貫入がみられ、また白亜紀後期のペダワン層上部には酸性火山活動も認められている。

新第三紀中新世には、カヤン川上流、パウ南部、シマンガン (Simanggang) の西部から南東部などに、主として酸性ないし中性の深成岩・半深成岩類の貫入がみられ、パウ南部の半深成岩類には多数の金属鉱床を伴っている。

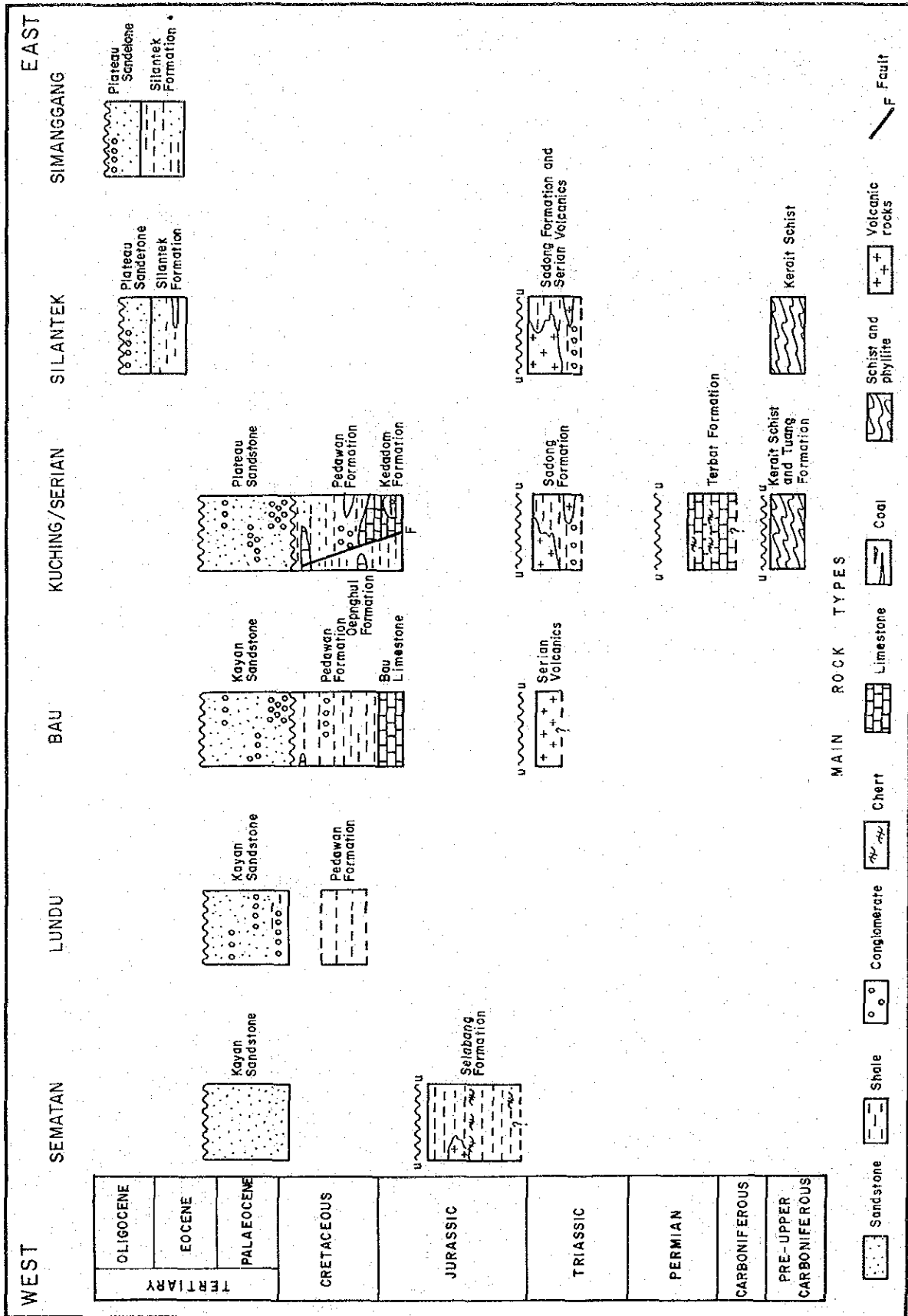


Fig. I-4 Stratigraphy of West Sarawak

SP 2545/12/82

AGE		IGNEOUS ACTIVITY	TECTONIC ACTIVITY
QUATERNARY			
TERTIARY	PLIOCENE	Tgh	
	MIOCENE	Tf	Mainly granite and some micro-granodiorite, diorite, microtonalite and gabbro including porphyry of the Bau area
		Te ₅	
	OLIGOCENE	Te ₁₋₄	
		Tcd	
	EOCENE	Tb	
PALAEO-CENE	Ta		
CRETACEOUS		<p>Pueh, Gading Tinteng Bedil and Tanjong Datu adamellite Gabbro at Sematan Sebuyau granodiorite</p> <p>Minor acid volcanic rocks of the Pedawan Formation</p>	Slight to strong folding and some faulting
JURASSIC			
UPPER TRIASSIC		<p>Thick, acid, intermediate and basic volcanic rocks of the Serian Volcanics and minor diorite intrusions</p>	Folding and faulting
PRE-TRIASSIC		Jagoi granodiorite	Strong folding

SP 2544/12/82

Intrusive Rocks

Volcanic Rocks

Fig. I -5 Igneous Activity in West Sarawak

3-3 調査地域の地質的位置づけ

プロジェクト地域は、広域的な岩層分布の上からは、北西ボルネオ基盤形成過程の末期の堆積盆および基盤形成後局地的に生じた陸成ないし浅海性堆積盆にそれぞれ堆積した岩層分布域に位置し、よく発達した褶曲・断層構造、これらの構造線に沿って貫入した新期酸性貫入岩類および貫入岩に伴う金、アンチモン、銅、鉛、亜鉛、水銀、の鉱化作用などによって特徴づけられる。

北西ボルネオ基盤形成末期の堆積岩類は、先三畳紀と考えられてきた花崗閃緑岩および三畳紀後期の火山岩類を不整合に覆うジュラ紀後～白亜紀後期の石灰質～泥質堆積岩類で、石灰岩卓越部分をパウ石灰岩層、泥岩主体部分をベダワン層とそれぞれ区分されている。基盤形成後の局地堆積物はベダワン層を不整合に覆う主として古第三紀の砂質堆積岩でカヤン (Kayan) 砂岩層と呼ばれ、調査地域の北西部と南東部に顕著な盆状向斜構造を示して分布する。

パウ石灰岩層は主として淡灰色塊状の石灰岩よりなり、暗灰色泥質石灰岩および泥岩、砂岩の薄層をその基底部に伴うもので、化石からジュラ紀後期から一部は白亜紀とされている。ベダワン層は暗灰色頁岩を主とするが、砂岩、シルト岩の薄層を挟在あるいはこれらと互層し、局部的に石灰岩薄層を伴う。時代は化石から白亜紀とされている。両者はベダワン層堆積期の末期に著しい褶曲運動を受け、調査地域の中央部をENE-WSSW方向に縦断する大規模な背斜構造 (パウ背斜) を形成するとともに多数のENE-WSSW系ないしNE-SW系の小褶曲構造および各種の方向の断層を形成している。パウ背斜の冠部には塊状石灰岩が広く分布するほか花崗閃緑岩体、上部三畳紀火山岩類 (セリアン火山岩類) が小規模な内座層として分布する。カヤン砂岩層は砂岩を主とし、これに礫岩、泥岩を伴うもので、褶曲したベダワン層を不整合に覆うが、本岩層自体も褶曲、断層を伴う構造運動を受け、盆状構造を呈している。さらに、地域内の地質構造を特徴づける主要な要素として、中新世の岩株状貫入岩体が示すNNE-SSW方向の構造がある。この構造は地表で断層などとして直接みられるものではなく、深部に潜在するもので、上部ジュラ系以後の堆積岩類の基盤が示す不連続に起因するものと考えられる。

これら褶曲、断層、貫入岩体の配列方向は調査地域中央部の石灰岩卓越区域において交差・重複し、石灰岩中に多数の裂かを形成している。

一方、中新世貫入岩は顕著な鉱化作用を伴い、石灰岩中に金・アンチモン鉱床、貫入岩体およびその周辺に銅・鉛・亜鉛鉱床、頁岩中に水銀鉱床を形成してパウ鉱床区と呼ばれる一大鉱区をなしている。このような鉱床の集中的な分布は本調査地域の著しい特徴である。

3-4 調査地域の鉱業略史

本プロジェクト地域を含む西部サラワク地方は19世紀の初めより金、アンチモン、水銀の

採取が行われ、サラワク州の統計によれば1982年末までに約1,260,000トロイ・オンス（約39トン）の金、91,000トンのアンチモン精鉱、22,000フラスコ（約750トン）の水銀を産し、その大部分がバウ鉱床区からの産出である。

金、アンチモンおよび水銀の鉱業活動のあらましは次の通りである。

3-4-1 金 鉱 業

この地域での金の最初の発見は4世紀頃に遡るが、鉱業としての金の採集は19世紀の初めまでは行われていない。19世紀の初期よりインドネシア・カリマンタンからサラワク地方に移住して来た中国人により金の本格的な採取が始められた。当時の金鉱業はパンニングやいわゆる“ネコ流し”などによって、金の残留あるいは漂砂鉱床から比較的粗粒の金を採取する方法が行われ、ごく一部では初生鉱石の破碎も行われた模様である。このような方法により、1890年代までに大部分の鉱床が粗粒金の採取を終り、金の産出高は一時減少したが、1898年にボルネオ社（Barned Company Ltd.）が青化法と鉱石の破碎設備を導入し、鉱石塊の破碎を行い、中粒ないし細粒の金の回収を図った。さらに、同社は1899年調査地域内最大の産金高を記録したタイパリット（Tai Parit）鉱山の開発に着手し、また同時にビディ鉱床の開発をも開始した。タイパリット鉱山は、1921年までに地表下60mまで採掘されていたが、坑底での異常出水によって採掘切羽が水没し操業継続が不可能となり、閉山した。ボルネオ社は1899年から1921年までの23年間に約983,000オンス（約31トン）の金を産出したが、この産金高はサラワク州の今日までの産金高の約80%に相当する量である。

1921年以降はタイパリット鉱山の閉山に伴い金の産出量は激減したが、青化法の普及によって小規模鉱山の再開あるいはボルネオ社が放棄した廃石・尾鉱からの金の再回収が試みられ、1934年には年間の金産出量は28,800オンス（約900キロ）まで回復した。その後、第二次世界大戦によって再び減産し、第二次大戦以降は小規模の採掘にとどまり、最近30年間の平均年産量は約50キロ程度である。

3-4-2 アンチモン鉱業

アンチモン鉱石は1823年にバウ地区で発見されたと言われている。1860年代にボルネオ社はアンチモン鉱床の開発のための器材・器具の調達、道路の開設、ブソ（Buso）のアンチモン選鉱場の建設、鉱石の運搬路の設置などを行い、同鉱石の採掘の促進を図った。当時のアンチモン鉱石の主要な産出場所はジャンプサン、パンガ山（G. Pangga）周辺、ビディ、ブアンビディ（Buan Bidi）などである。

鉱石の産出量は1832-1858年に35,000トン、1859-1949年48,000トンである。1960年代にはアンチモン鉱の産出は世界的な需要の伸びによって増加したが、1971年にブソにジグ、テーブル、浮選機などを備えた選鉱場が建設されて低品位鉱床の開発が始められ、ラッキーヒル（Lucky Hill）鉱山の開坑などにより産出高は漸増した。同鉱

山は1982年鉱量枯渇のため閉山したが、操業全期間を通して5,000トンのアンチモン精鉱 (Sb 60%以上) を産した。

3-4-3 水銀鉱業

水銀は1867年ボルネオ社初代支配人であるL. V. Helms によってテゴラ (Tegora) において発見され、次いで数年後ガディン (Gading) においても存在が知られた。水銀鉱床は1867-1898年間に主として稼行され、以降は小規模な探鉱・採鉱が続けられて来た。水銀の採掘が中止された1949年までの水銀産出量は約22,000フラスコ (750トン) である。1964年および1968-1970年にはテゴラ鉱山周辺で鉱床の再調査が日本の調査団などによって実施されてきたが、有望な鉱床は確認されておらず、テゴラ鉱山の廃石中に約21,000トン、Hg品位0.12%を含むことが確認されたにすぎない。これらの調査以降は水銀探鉱・採掘は全く行われていない。

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質構造・鉱化作用の特性と鉱化規制について

調査地域内にみられる支配的な地質構造は Fig. I-6 および I-7 に示す通り、NNW-SSE ないし NW-SE 方向からの圧縮応力によって形成された大規模な ENE 系背斜構造および ENE~NE 系合同褶曲、ならびに NNE 系、NW 系、WNW~EW 系の断層群であり、特に断層は石灰岩分布域でよく発達し、多数の裂かをも形成している。

ENE 系背斜構造は調査地域の中央部を横断し、冠部には先ジュラ紀花崗閃緑岩、上部ジュラ系石灰岩、上部三畳系火山岩類などが露出する。翼部には白亜系頁岩・砂岩類が広く分布し、ENE~NE 系の軸をもつ小褶曲が発達する。また、冠部にはしばしば断層、裂かを生じ、一方圧縮応力方向に平行な NNW 系の裂かも所々に形成されている。

NNE 系断層は ENE 背斜構造を形成した NNW および SSE 応力によって生じた延長の長い断層で、断層群のなかでは最も大きい転移量を示している。NW 系断層は最も後期の運動を示し、転移量少なく、張力裂かの性格が強い。

これらの諸構造から、調査地域内の裂か系は ENE~NE 系褶曲軸および裂か NNE 系断層、NW~WNW 系断層および裂か、NNW~NS 系の小断層および裂かに大別される。

地域内の鉱化作用は新第三紀中新世の酸性貫入岩類に関係した浅熱水性鉱化作用で、鉱物組合せから、(1)貫入岩内部およびその近傍に形成された Cu-Pb-Zn 鉱床、(2)石灰岩中に分布する Au-Sb 鉱床、(3)頁岩・砂岩を母岩とする、Hg 鉱床に分けられる。

現在知られている鉱床の大部分は Au-Sb 鉱脈鉱床で、ほぼ全ての鉱床がパク (Paku) - バウクロン区域に分布する石灰岩中に密集している。Cu-Pb-Zn 鉱床は Au-Sb 鉱床分布域のほぼ中央部の石灰岩中に貫入した岩株状石英斑岩岩体の内部および近辺の石灰岩中に賦存し、既知鉱床は鉱脈型とみられるが、本年度の調査において鉱染型と考えてよい鉱徴の存在が確認された。Hg 鉱床は上記両鉱床とは共存せず、南部に分布する頁岩・砂岩中の破碎帯に沿って形成されている。このような分布形態は鉱化作用の中心部から外方に向って Cu-Pb-Zn 帯→Au-Sb 帯→Hg 帯という広域的な累帯配列を示すものと考えられる。

一方、個々の鉱床、特に経済的に有利に採掘されてきた鉱床の形成の場をみると、断層あるいは裂かを充填するもの、母岩の層理面を充填・交代するもの、特定の岩相にのみ形成されるもの等種々の物理規制のもとに形成されている。

地域内の鉱床形成において重要な役割を演じたとみられる鉱化規制として、岩質規制と構造規制があげられる。これらの両鉱化規制の特性を大部分の鉱床が密集するパク~バウ~クロン区域に絞ってまとめると、次の通りである。

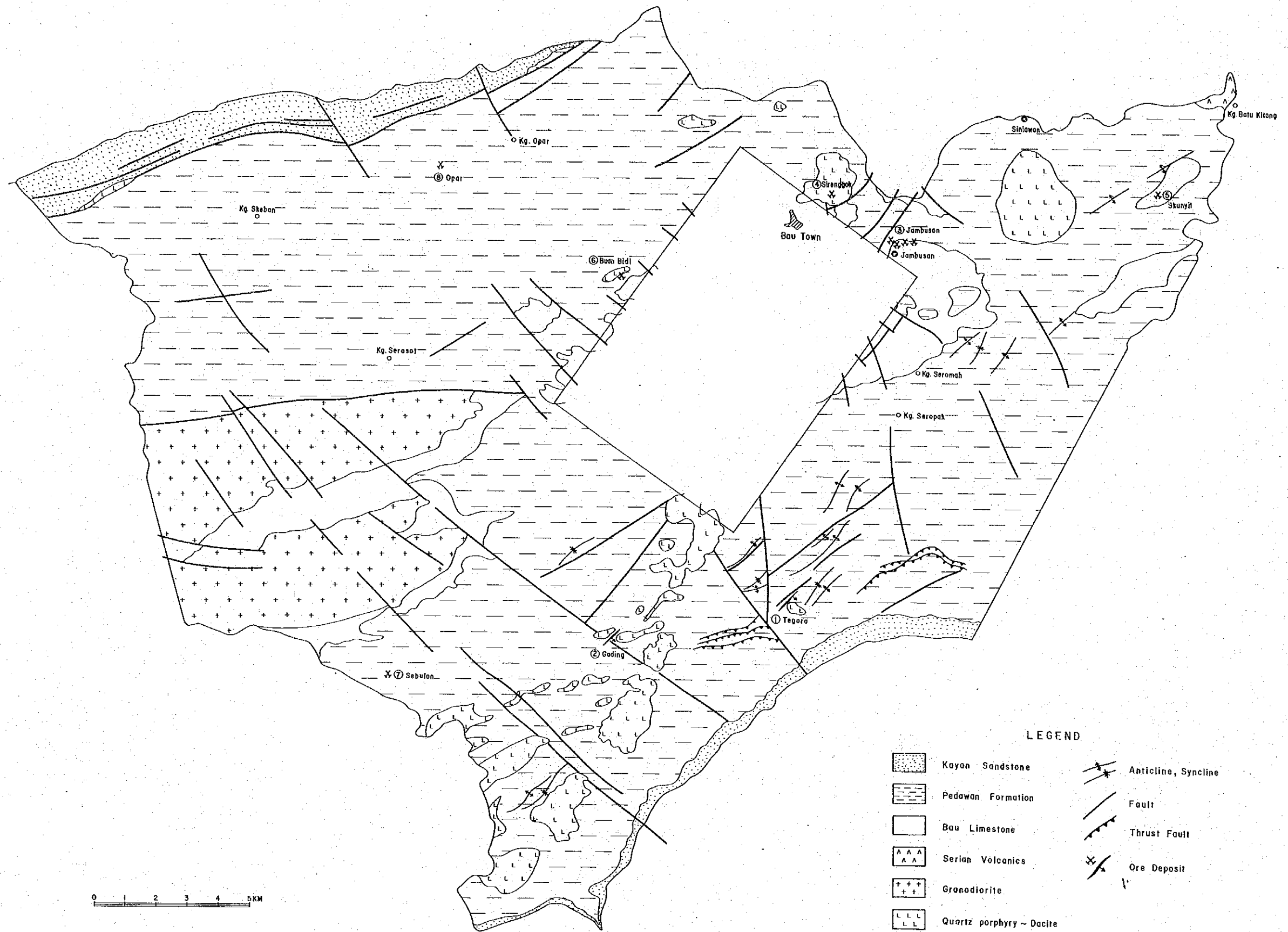


Fig. I-6 Relation Map between Geological Structure and Mineralization in Reconnaissance Survey Area, Bau

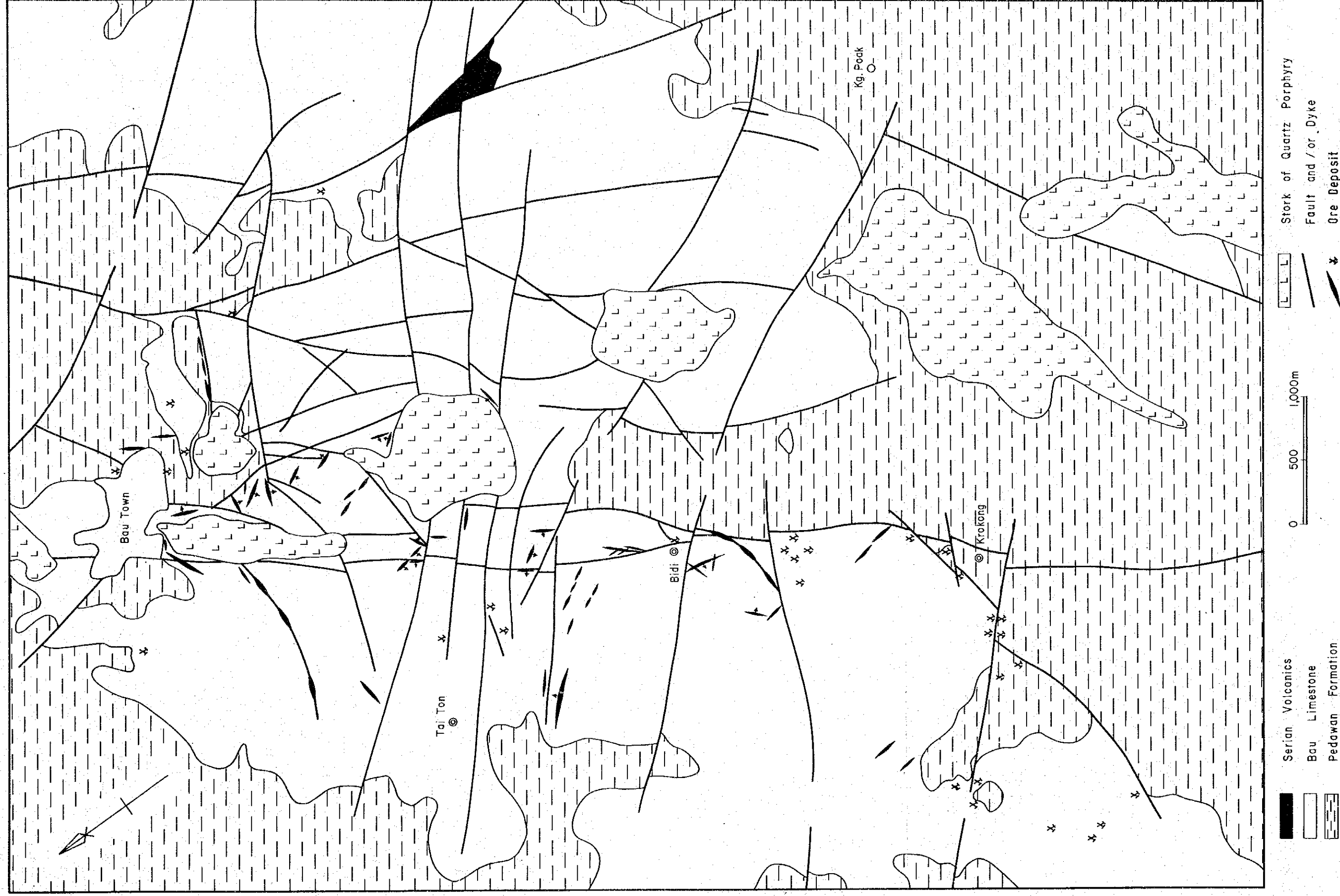


Fig. I-7 Relation Map between Geological Structure and Mineralization in Semi-Detailed Survey Area, Bau

1. 岩質規制

- (i) 全てのAu-Sb 鉱床は石灰岩中に形成され、これらのうち相当数の鉱床は層位的上位の頁岩との境界付近に分布する（ビディ〜クロコン間の鉱床など）。
- (ii) 一部の鉱床、例えばサブラン（Saburan）、ブキットヨン（Bukit Young）鉱床、などでは石灰岩の層理に沿って形成された鉱体が認められ、この場合泥質石灰岩部分が選択的に鉱化されている。
- (iii) これらの事実は母岩となっている石灰岩が、鉱床形成の場となった裂かを形成することに対して、頁岩・砂岩に比較してよりコンピテントであること、裂かの発達、特に開放裂かの形成が頁岩・砂岩より有利かつ著しいことなどが示している。
- (iv) 石灰岩—頁岩境界部に鉱床が集中することは、石灰岩中の裂かに沿って上昇してきた鉱液が頁岩に接することにより、頁岩の還元作用によって金の晶出・沈澱が促進され、境界付近に金鉱床を形成することによるものと考えられる。泥質石灰岩が選択的に鉱化されている事実も同様のメカニズムがあり、かつ泥質石灰岩は塊状純粋石灰岩に比較して一般に層理の発達が良くとも鉱化の促進に対して相乗効果を与えている。

2. 構造規制

- (i) バク〜バウ〜クロコン区域は、地質構造的には、ENE〜NE 褶曲軸および裂か、NNE 系断層、NW〜WNW 系断層および裂か、NNW〜NS 系の断層および裂かによって特徴づけられる。これらのうち、NNE 系断層は最も転移量の大きい断層であり、NW 系の断層は転移量が少ない張力裂かの性質を強く示している。
- (ii) 大部分のAu-Sb 鉱床、特に規模の大きい主要鉱床は、新第三紀の岩株状貫入岩体を示すNNE 系配列の西部で、かつNNE 系断層の一つであるタイバリット断層の周辺に集中している。しかしながら、各鉱床の鉱体の伸長方向は、断層の走向方向と必ずしも一致するものでなく、鉱床ごとに固有の方向を示している。主要鉱床の一般走向と地質構造との関係は次の通りである（Fig. 1-7 参照）。

ENE〜NE 系構造：タイバリット、ルモ（Rumoh）、サブランおよびクサ（Kusa）
鉱床

NW〜WNW 系構造：タイトン（Tai Ton）B、ラッキーヒル（Lucky Hill）A およ
びクリアン（G. Krian）鉱床

NNW〜NS 系構造：ブキットヨン、クサ鉱床およびルモ、サブラン各鉱床の一部

NNE 系断層：断層自体には顕著な鉱床はみられない。

- (iii) NNE 系貫入岩体配列線それ自体は深部構造を示すもので、岩体内部およびその周辺に鉱床・鉱徴は認められるものの、線上に既存の型式の鉱床が配列することは認められず、鉱液の供給源としての役割を果たしたものと考えられる。

(V) 地質構造と鉱床分布の特徴から、Au-Sb 鉱床形成の場として最も適した環境は、石灰岩分布域内におけるNNE系断層の周辺で、かつENE~NE系、NW~WNW系およびNNW~NS系の断層およびその周辺ならびに断層の交差部である。Cu-Pb-Zn 鉱床は岩株状岩体およびその周辺に限定され、特に従来開発されていない鉱染状鉱徴については岩体内部に限定される。

4-2 接触交代鉱床およびポーフイリーカッパー型鉱床賦存のポテンシャルについて

4-2-1 接触交代鉱床のポテンシャル

第一年次の調査では、経済的に開発可能な接触交代鉱床の賦存の可能性を検討するため、石灰岩中の貫入岩周辺部は注意深い調査が実施された。しかしながら、ラッキーヒル鉱山の坑内において、石灰岩（再結晶して大理石化）と岩脈状貫入岩との境界部に小規模なスカルン化が認められたほかは、境界部の露出状況が悪いこともあって顕著なスカルン化作用は認められていない。

一方、岩株状貫入岩体に近接した石灰岩（大理石化）中にレンズ状銅・鉛・亜鉛鉱床が存在するが、この鉱床には石灰珪酸塩鉱物などスカルン鉱物は認められておらず、スカルン型鉱床であるか否か明らかではない。

一般に貫入岩、特に岩株状貫入岩体の周辺の石灰岩は再結晶し、大理石となっているが、変成の範囲は概してせまく、場所によってほとんど再結晶作用が認められないこともある。これらの事実は貫入活動が比較的低い温度で行われ、周辺岩石との間に活発な成分の移動や反応が生じていないことを示唆するものと考えられる。

充分な検討資料が得られない現状でスカルン鉱床賦存のポテンシャルを結論づけることは早計であるが、本年度の調査結果から判断する限りでは、経済的に採行し得る規模・品位のスカルン型鉱床賦存の可能性は少ないものと考えられる。

4-2-2 ポーフイリーカッパー型鉱床のポテンシャル

世界のポーフイリーカッパー型鉱床の大部分がマグネタイトに富む“マグネタイト型”貫入岩に伴って形成され、イルメナイトに富む“イルメナイト型”貫入岩に伴う例は極めて稀れであることはよく知られた事実である。検討の対象とした貫入岩がマグネタイト型であるか、イルメナイト型であるかを判定することが、ポーフイリーカッパー型鉱床賦存の可能性を判定する上で重要な基準となる。また、ポーフイリーカッパー型鉱床では顕著な母岩の熱水変質が認められ、かつ黄鉄鉱ハローが存在することもよく知られており、さらに貫入岩自体あるいはその周辺に熱水溶液の浸透を容易ならしめる裂か・割れ目が存在するか否かも判断基準となる。

これらの観点から調査地域の貫入岩を検討すると、貫入岩から採取した11試料の全岩分析の結果、 $Fe^{3+}/(Fe^{2+}+Fe^{3+})$ が1試料を除いて0.15-0.65の範囲にあり、この値は貫入

岩がマグネタイト型である可能性を示している。野外観察でもマグネタイトの存在が認められており、調査地域にみられる貫入岩はマグネタイト型に属すると考えられる。一方、大部分の岩株状貫入岩体、特に石灰岩分布域の中央部の岩体および地域南部に分布する幾つかの岩体では広範囲にわたる珪化・絹雲母化・緑泥石化作用と部分的な黄鉄鉱化作用が認められている。さらに、石灰岩中に貫入した岩体の一つでは黄鉄鉱を伴う石英細脈の網状帯がみられ、微量ながら輝水鉛鉱の散点が認められている。地化学探査の結果では石英網状帯を伴う岩体を中心に銅およびモリブデンの異常帯が得られている。

これらの結果から、調査地域内に分布する貫入岩はポーフイリータイプ型ないしはこれに類似した鉱床を伴う可能性を示しているものと考えられる。

4-3 地化学異常と鉱化作用との関係について

川砂を対照とした地化学探査の結果、バウ周辺の石灰岩地域、岩株状貫入岩配列線周辺、テゴラ山—スタアト山周辺および先ジュラ紀の花崗閃緑岩体一帯の4区域に合計19箇所の地化学異常帯が得られた。バウ付近の石灰岩地域の異常帯はAu, SbおよびWを主体とする異常帯であり、貫入岩体配列線沿いにはCu, Pb, ZnおよびMo, Agの異常帯が、テゴラ山—スタアト山周辺にはベダワン層を構成する頁岩・砂岩中にHgの異常帯が、また花崗閃緑岩体周辺にはUの異常帯がそれぞれ集中している。

これら4区域のうち、Uを除く3区域には鉱床あるいは旧鉱山が分布しており、地化学異常帯と鉱化作用との間には明瞭な相関関係が認められる。

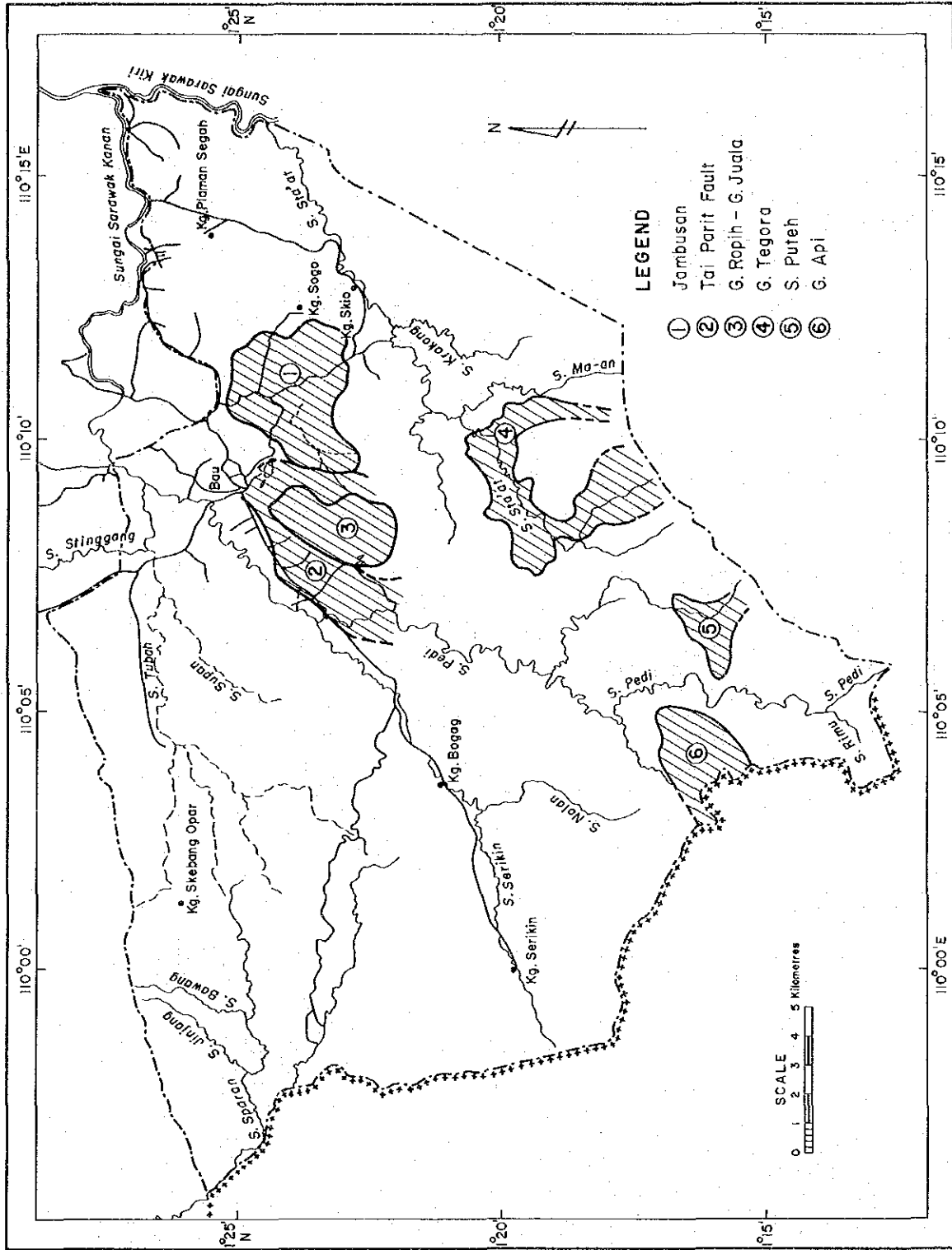
本年度の調査で得られた19異常帯のうち、今後引き続き詳細な調査が必要であると考えられる6異常帯 (Fig. 1-8) の鉱化作用との関係は次の通りである。

1. ジャンプサン (Jambusan) 異常帯

この異常帯はAu, Sb, WおよびAsの異常によって構成されるもの、特にAu, Sb, Wが重要である。異常帯内には石灰岩が広く分布し、石灰岩中には多数のAu-Sb 鉱床および旧採掘跡が知られている。鉱床は金、輝安鉱、砒素鉱物を含む石英・方解石脈で、Au, Sb, Asの異常は鉱床の鉱物組合せをよく反映している。しかしながら、鉱床中にタングステン鉱物が生成しているという事実は得られておらず、W異常の起源は明らかではない。

2. タイパリット断層 (Tai Parit Fault) 異常帯

この異常帯も石灰岩分布域から得られたAu, Sb, W, Asの異常を主とし、これにPb, Ag, Hg, Mnの異常を伴っている。異常帯にはバウ鉱床区の主要鉱床の大部分が含まれ、特にNNE系タイパリット断層周辺に鉱床が密集している。鉱床は金—輝安鉱—砒素鉱物—石英—方解石脈を基本とし、個々の鉱床によって少量の方鉛鉱、閃亜鉛鉱、また脈石として石灰珪酸塩鉱物を伴うことがある。このような鉱床の性質は異常帯を構成する元素の組合せとよ



- LEGEND**
- ① Jambusan
 - ② Tai Parit Fault
 - ③ G. Ropih - G. Juala
 - ④ G. Tegora
 - ⑤ S. Puteh
 - ⑥ G. Api

Fig. I — 8 Important Anomalous Areas

く一致しているが、Wについてはジャンプサン異常帯と同様その起源は明らかでない。しかしながら、鉍床が石灰珪酸塩鉍物を脈石として含むことから、これらの鉍床では微量の灰重石を伴っているものと考えられる。

3. ロピ山—ジュアラ山 (G. Ropih-G. Juala) 異常帯

タイバリット異常帯のほぼ中央部を占めるこの異常帯はCu, Au, W, As, Pb, Sb, Mo, Znの異常より構成される。異常帯には石灰岩とこれを貫く2つの石英斑岩岩株が分布し、鉍床として金—アンチモン—砒素鉍床と銅—鉛—亜鉛鉍床および同種の鉍染状鉍徴が知られている。従って、Au, Sb, As, W異常は金—アンチモン鉍床に、Cu, Pb, Zn, Mo, Ag異常は銅—鉛—亜鉛鉍床および鉍徴に起因するものと考えられる、地化学異常と鉍化作用との間には良好な相関が認められる。

4. テゴラ山 (G. Tegora) 異常帯

Hg異常を主とし、これに小規模なBa, Sb, W異常を伴う広範囲の異常帯が頁岩・砂岩分布域に検出された。異常帯内には頁岩中の破碎帯に形成されたテゴラ水銀鉍床が存在し、鉍床は水銀鉍物のほか少量の輝安鉍、自然砒素を伴い、地化学異常は全体として鉍床の鉍物組合せをよく反映している。

5. プテ川 (S. Puteh) 異常帯

この異常帯は珪化、絹雲母化、粘土化などの著しい熱水変質作用を受けた石英斑岩岩株の周辺に検出されたAu, Ag, Sb, Cu, Mo異常である。異常帯内には探鉍あるいは探掘の実績のある鉍床は存在しないが、変質の状況はロピ山—ジュアラ山異常帯内の岩株と同様であり、また異常元素の組合せも同異常帯に類似しているため、鉍床賦存の期待は大きい。

6. アピ山 (G. Api) 異常帯

本異常帯も変質石英斑岩岩株を中心として分布するAu, W, Ag, Hg異常であり、川砂の採取と並行して実施したパンニング試料からも金粒が認められている。異常帯内には金を対象とした旧探掘跡が知られており、川砂およびパンニング試料から得られたAu異常は金を主とする鉍化作用とよく一致している。

なお、旧探掘跡とは無関係の水系においてもパンニング試料中に金粒が認められて、金の鉍化作用が局地的なものではないことを示唆している。

上述のように、川砂を試料とする地化学探査によって得られた地化学異常は鉍化作用の存在とその鉍物組合せを非常によく反映している。このことは既知鉍床があまり知られていない区域、特に調査地域南部の異常帯においても今後の探査によって鉍床発見の可能性が高いことを示すものと考えられ、これらの区域も早急な追跡調査が必要である。タングステンの異常については、その起源は明らかではないが、恐らくはAu—Sb鉍床にみられる石英珪酸塩鉍物に灰重石などタングステン鉍物が含まれることによるものと考えられる。ウランの異

常は花崗閃緑岩に含まれる岩石固有のウランに起因するものであろう。

第5章 結論および第二年次調査への提言

5-1 結論

第一年次の調査は、全調査地域のなかから地質・地化学調査と既知鉱床を含む鉱床の詳細な調査により、鉱床賦存の可能性の高い区域を抽出することを目的として実施された。既知鉱床の大部分が水没あるいは厚い植生により観察不可能となっているため、鉱床の産状・性状になお不明な点は残されたが、初期の目的は完遂された。

第一年次調査によって得られた結論は次の通りである。

1. 本調査地域の既知鉱床は新第三紀の石英斑岩に関係した浅熱水性鉱脈型鉱床に属し、鉱物の組合せおよび母岩との関係から、石灰岩中の金・アンチモン鉱床、石英斑岩岩株およびその周辺にみられる銅・鉛・亜鉛鉱床、頁岩・砂岩中に存在する水銀鉱床に大別される。これらの鉱床はいずれも著しい岩質規制、構造規制のもとに形成されている。先ジュラ紀の花崗閃緑岩および古第三紀のカヤン砂岩層には鉱床は認められていない。
2. 調査の地域の地質構造は主として白亜紀末期以降の構造運動によって形成されたENE～EW系褶曲構造とこれらを切るNNE系、NW系、WNW～EW系などの断層によって特徴づけられ、これらの断層は特に石灰岩中によく発達している。
3. 金・アンチモン鉱床の大部分は断層および断層に伴って形成された裂かを充填する鉱脈鉱床で、一部に母岩の層理面あるいは密集する小裂か、節理などを充填及び交代した鉱床も認められており、分布の上ではNNE系の岩株貫入岩体配列線の西側にあるNNE系大規模断層の周辺に密集している。
4. 銅・鉛・亜鉛鉱床は石英斑岩岩株内および岩株近接部の石灰岩中のNE系裂かに形成されており、また本年度調査で確認されたモリブデンを伴う鉱染～網状型鉱徴は強度の熱水変質を受けた岩株内に形成されている。水銀鉱床は頁岩・砂岩中のNE系断層破碎帯中に形成されている。
5. これらの鉱床の分布と、663個の川砂試料および454個のバンニング試料による地化学探査によって得られた異常帯とは非常に明瞭な相関関係を示し、地化学探査が鉱床探査の有効な手段として利用し得ることが明らかとなった。
6. 地化学探査結果は、既知鉱床分布域以外の区域にも異常帯の分布を示している。これらの区域はテゴラ山の北部・東部区域、ブテ川～アビ山一帯などで、鉱床賦存の期待の大きい区域である。
7. これらの調査結果から、次の区域が新鉱床発見の可能性の高い有望区域としてあげられる。
 - (i) 金・アンチモン鉱床の探査区域としては、バク、パウ、クロコン、ポアック、セロパック、ジャンプサンで囲まれる石灰岩分布域で、褶曲および断層の発達する範囲。

- (ii) 銅・鉛・亜鉛鉱床の探査区域はバウ北部からインドネシア国境まで連続するNN E～SSW方向の岩株状貫入岩体配列線周辺で、特にこのうちジュアラ山～ロピ山～バラン山(G. Balan)一帯および南部のアピ山～プテ川周辺が重要な区域である。これらの区域では従来より知られている銅・鉛・亜鉛脈鉱床、金・アンチモン鉱床のほか、鉱染～網状型の新鉱床賦存の期待が大きい。
- (iii) テゴラ山およびその北部、東部区域は水銀鉱床の有望区域であり、金・アンチモン鉱化作用も期待される。

5-2 第二年次調査への提言

上記結論にもとづいて、Fig. I-9に示す4地域が第二年次以降の調査対象区域として抽出された。

1. ジャンプサンータイパリット区域

面積：50 km² (但しロピ山ージュアラ山区域5 km²を含む)

抽出理由：本区域はジャンプサン、タイパリット断層、ロピ山ージュアラ山の各地化学異常帯を含む区域で、石灰岩中に形成された金・アンチモン鉱床の大部分および銅・鉛・亜鉛鉱床と鉱徴が分布し、両鉱床探査の最も有望な区域である。

探査方法：

- (i) 全域に対する地質精査および山地状石灰岩分布域における岩石地化学探査
- (ii) 露出不良区域での土壤地化学探査および主要断層周辺の岩石地化学探査

2. ロピ山ージュアラ山区域

面積：5 km²

抽出理由：ロピ山ージュアラ山異常帯を含む区域で、区域内に分布する石英斑岩岩株およびその周辺には銅・鉛・亜鉛鉱床とモリブデンを伴う石英細網状帯が存在し、従来みられなかった鉱染～網状型鉱床の期待が大きい。

探査方法：土壤による地化学精査

3. タイトン区域

面積：20 km² (内10 km²はジャンプサン川ータンパリット区域と重複)

抽出理由：平地状石灰岩の分布域で、多数の金・アンチモン鉱床とタイパリット断層異常帯を含む。この地域内にはバウ鉱床区最大のタイパリット鉱床が存在し、既知鉱床の水平的・垂直的延長は新鉱床発見と同等に重要な探査課題であるが、区域内は河川堆積物とベダワン層の頁岩・砂岩が広く石灰岩を被覆しているため物理探査が必要である。

探査方法：物理探査（電気探査または重力探査）

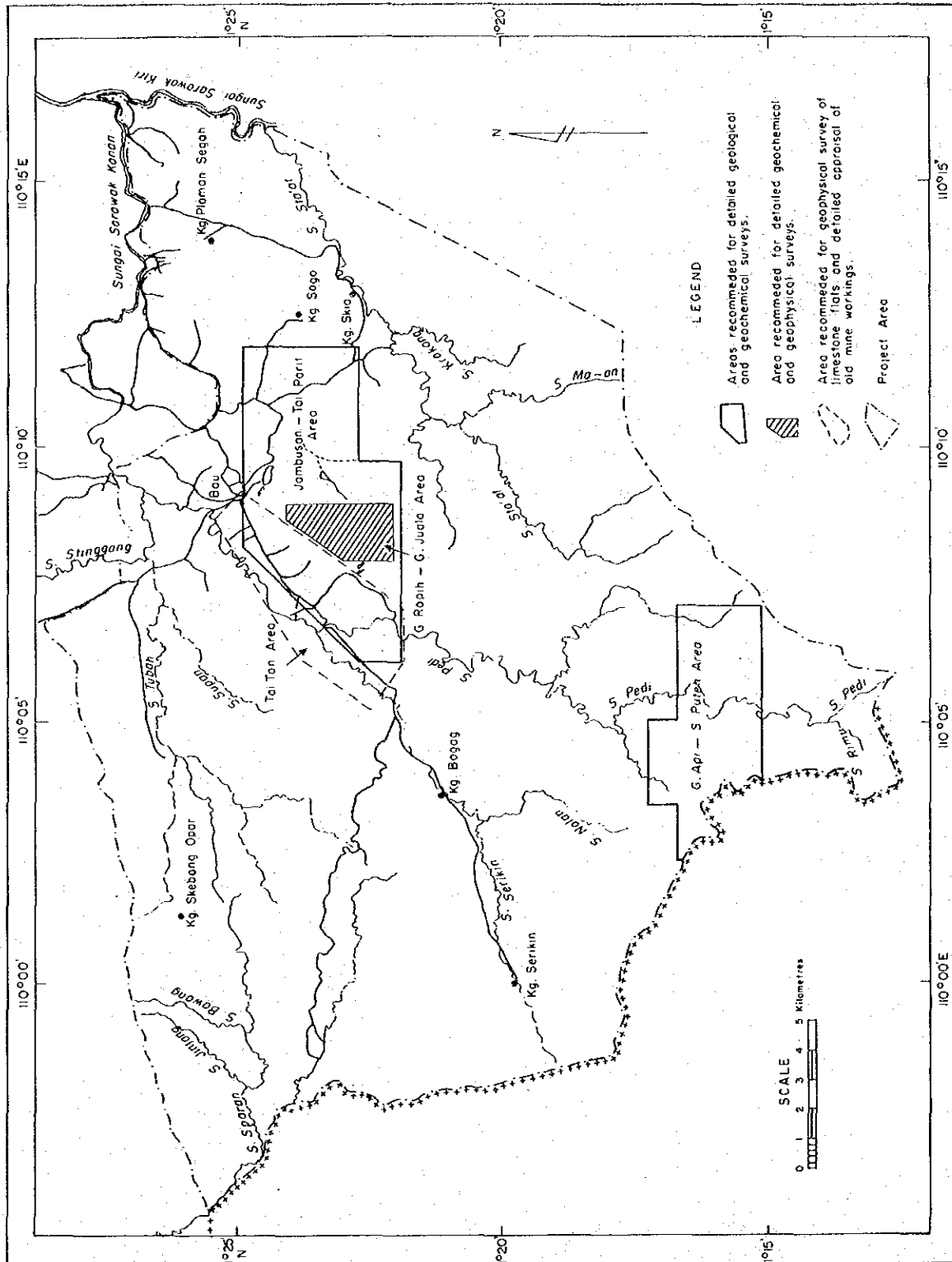


Fig. I - 9 Areas Recommended for Phase II Follow-up Work

4. アピ山ーブテ川区域

面積：20 km²

抽出理由：本区域は調査地域の南部にあつて、強度の熱水変質作用を受けた石英斑岩岩株の分布する区域であり、アピ山およびブテ川両地化学異常帯とパンニング試料による金の分布が明らかにされている。既知鉱床としては小規模な金の採掘跡が知られているに過ぎないが、地化学異常から金・アンチモン鉱床のほかロピ山ージュアラ山区域にみられる銅・鉛・亜鉛鉱床が期待される。

探査方法：

- (i) 地質精査および川砂による地化学精査
- (ii) 上記精査結果によって抽出された有望地域に対して土壌地化学探査

第Ⅱ部 地質調査

五 種 投 機 策 略

第 1 章 総 説

調査地域は西ボルネオ基盤岩類の一部を占め、地域内には先ジュラ紀の花崗閃緑岩、三畳紀後期の安山岩質～玄武岩質火山岩類、ジュラ紀後期から古第三紀の堆積岩類および新第三紀の貫入岩類が分布している。

中生代の堆積岩類は白亜紀末期に激しい構造運動を受け、褶曲、断層を生じたが、構造運動は第三紀にもあり、褶曲、断層の形成と酸性貫入活動および鉱化作用をもたらしている。

本地域には260km²の面積を占めるバウ鉱床区が含まれており、19世紀初頭より主として金、アンチモン、水銀の採掘が行われて来た。サラワク州の統計によれば、今日までに約39トンの金、91,000トンのアンチモニー精鉱および750トンの水銀の産出が記録されており、その大部分はバウ鉱床区から産出した。

地域内には位置が確認されたものみでも50を超える既知鉱床が分布しており、これらはいずれも浅熱水性鉱脈型鉱床で、主要鉱種によって金・アンチモン鉱床、銅・鉛・亜鉛鉱床および水銀鉱床に大別される。鉱床はENE系褶曲軸に生じた裂か、ENE～NE系、NE～WNW系、NNW系～NS系の断層・裂かに集中的に生じるほか、一部には母岩の層理面に沿った鉱床もあり、顕著な鉱化規制が認められる。

本年度の調査では、地域地質・地化学特性と既知鉱床の詳細な性状を明らかにし、鉱床の水平的・垂直的広がりを明らかにすることを課題とした。しかしながら、大部分の既知鉱床、特に平地状石灰岩分布域の鉱床は露天採掘が実施されており、現在採掘跡は水没ないし植生に覆われ、一方坑内採掘された鉱床も坑口の崩壊等により直接観察出来る鉱床は少ない。このため、産状について若干の問題を残す結果となったが、地質、地化学、鉱床の大要は解明された。

第 2 章 地 質

2-1 概 説

プロジェクト地域には、Map II-1 および II-2 に示す通り、先ジュラ紀後期から第三紀の諸岩石が分布している。

堆積岩類は、ジュラ紀後期から白亜紀初期のパウ石灰岩層、ジュラ紀後期から白亜紀後期のベダワン層およびおそらく白亜紀後期から第三紀と考えられるキャン砂岩層からなっており、火山岩類は三疊紀後期のセリアン火山岩類および第三紀中新世の火山岩類からなっている。

貫入岩類は、先ジュラ紀後期おそらく先三疊紀と考えられるジャゴイ花崗閃緑岩、および第三紀中新世に貫入した主として岩株状の石英斑岩ないし石英安山岩からなっている。

プロジェクト地域の大半は、ベダワン層の頁岩・砂岩を主する岩石で占められており、パウ石灰岩層は、地域中央部をENE方向に帯状に分布し、急崖を形成している。ジャゴイ花崗閃緑岩は地域西部のセリキン川の南・北両側にバソリス状に分布しており、第三紀貫入岩岩株は、本地域のほぼ中央部をNNE-SSW方向に直線状に配列している。

これらの各岩石タイプの分布を大きく支配していると考えられるENE-WSW方向のパウ背斜が、本地域のほぼ中央部に存在し、パウ石灰岩層はその冠部に分布している。この背斜の南・北両側に分布するベダワン層にはほぼ同方向の軸をもつ多数の小規模合同褶曲が見られる。

断層はパウ石灰岩層中に優勢に発達しており、WNWないしW方向、NEないしE方向、NNE方向およびNWないしN方向の4系統からなっている。

2-2 写真地質解析

写真地質解析は、空中写真からできる限りの地質および地質構造を判読し、より精度の高い地質図を作成する目的で、調査地域全域について実施された。判読に使用された空中写真は、縮尺約1:25,000のモノクロ写真である。

解析の結果はMap II-3に示されているとおり、大まかな岩相区分とリニアメントのほか、地質構造が得られた。

2-2-1 岩相区分

水系模様、植生などの特徴から、新期砂岩類、頁岩-平地状石灰岩、山地状石灰岩および貫入岩体に区分される。

新期砂岩類は、急傾斜の斜面をもつ山稜地形、多数の平行水系の発達、稀薄な植物などの特徴によって識別される。これらは地域南縁のブンゴ山脈および北西縁のウンダン山地の高所を占めている。この新期砂岩類は、キャン砂岩層に相当する。

頁岩—平坦地石灰岩は、起伏に富む緩傾斜丘陵地形を呈し、樹枝状水系模様の発達によって識別され、地域の大部分を占めている。頁岩部分と平坦地石灰岩との識別は可能な部分もあるが、一般にその違いは明瞭でない。

山地状石灰岩と著しく急峻な斜面・断崖を有する台地状地形に加え、特徴あるカルスト地形の発達によって、他の岩相とは容易に判別される。この岩相はパウ町南部に広範囲に分布するほか、地域西部および東部に小規模に分布する。

貫入岩体は調査地域南西縁に分布する大規模岩体と、地域最南端部からパウ町およびその東方にかけて分布する多数の岩株状岩体とに区分される。前者は周辺の頁岩—平坦地石灰岩とは相対的に急峻な地形・顕著な水系パターンの相違によって判読されるもので、ジャゴイ花崗閃緑岩と呼ばれるものである。後者は、ゆるやかな丘陵地内において急傾斜山地を形成するという対象的な地形の相異および極めて乏しい水系や線構造の欠除などによりそれぞれ判別される。これらは、第三紀貫入岩類に相当する。

これらの岩相区分は地質調査ルートを選定に利用されたほか、地質調査によって境界の部分的な修正はあったものの全体として調査結果とよく一致していることが確かめられた。

2-2-2 地質構造

空中写真解析によって判読された主要な地質構造は、リニアメント、背斜・向斜構造、ドーム・盆状構造、環状構造などである。

リニアメントは、パウ町南方の山地状石灰岩中に集中的に分布するほか、ジャゴイ花崗閃緑岩体周辺およびブンゴ山脈の新时期砂岩分布域とその北部に多く認められ、いずれも断層を示すものと考えられる。山地状石灰岩中に発達するリニアメントは、NNE-SSWないしNE-SW系のものと、これらにほぼ直交するNW-SE系に大別され、後者の方がより新しい構造であることが知られる。N-S系およびE-W系のリニアメントは極めて少ない。また、各リニアメントは貫入岩株中には認められず、断層形成後の貫入であることが明らかである。ジャゴイ岩体周辺部ではENE-WSWないしE-W系とNW-SE系のリニアメントがあり、前者は数は少ないが走向延長が後者に比較して著しく良い特徴を有する。形成の時期はNW-SE系およびNNW-SSEないしN-S系のリニアメントが卓越し、他に小数のENE-WSW系がみられるがNE-SW系はなく、全体として新しい断層構造が支配的である。このほか、直接的にはリニアメントとして観察はされないが、新第三紀の貫入岩体が示すNNE-SSW方向の直線的配列は深部におけるNNE-SSW系大規模構造の存在を示唆するものと考えられる。

背斜構造および向斜構造はパウ西部からジャゴイ岩体、北部にかけての範囲およびパウ南東セロバック部落から調査地域北東端までの区域に多く認められた。これらの区域には頁岩—平坦地状石灰岩のうち頁岩が卓越する区域で、地質調査の結果頁岩は著しい褶曲運動を受けていることが明らかにされた。写真から判読された褶曲構造の主なものは、調査地域北西縁のスタッ

ス部落からパウ北部まで延長約20kmに達するENE-WSW系の軸を有する向斜構造とセロバック部落から北東に伸びる延長約10kmのNE-SW系向斜構造で、兩大向斜構造の周辺にみられる小褶曲構造はいずれも大構造の影響を受けている。これらのほか、ジャゴイ岩体周辺およびセロバック部落西方にはE-W系の向斜構造が認められるがいずれも小規模であり、NW-SE系の褶曲構造は極めて少ない。

ドーム構造および盆状構造のうち、ドーム構造は新第三紀貫入岩体周辺によく認められるほか、セロマー部落(Kg. Seromah)からジャンプサン付近までの山地状石灰岩の周囲およびテゴラ山西方にも認められる。盆状構造はドーム構造ほどは多くはないが、ENE-WSW系向斜構造の周辺に同系統の小規模褶曲を伴って発達し、パウ東方ではドーム構造に接して円形の極めて明瞭な盆状構造が認められる。なお、解析図には表示されていないが、ブンゴ山脈に分布する新期砂岩類は南に向かって傾斜し、山稜に一致した明瞭な同心状盆状構造を形成していることが写真から判読されている。

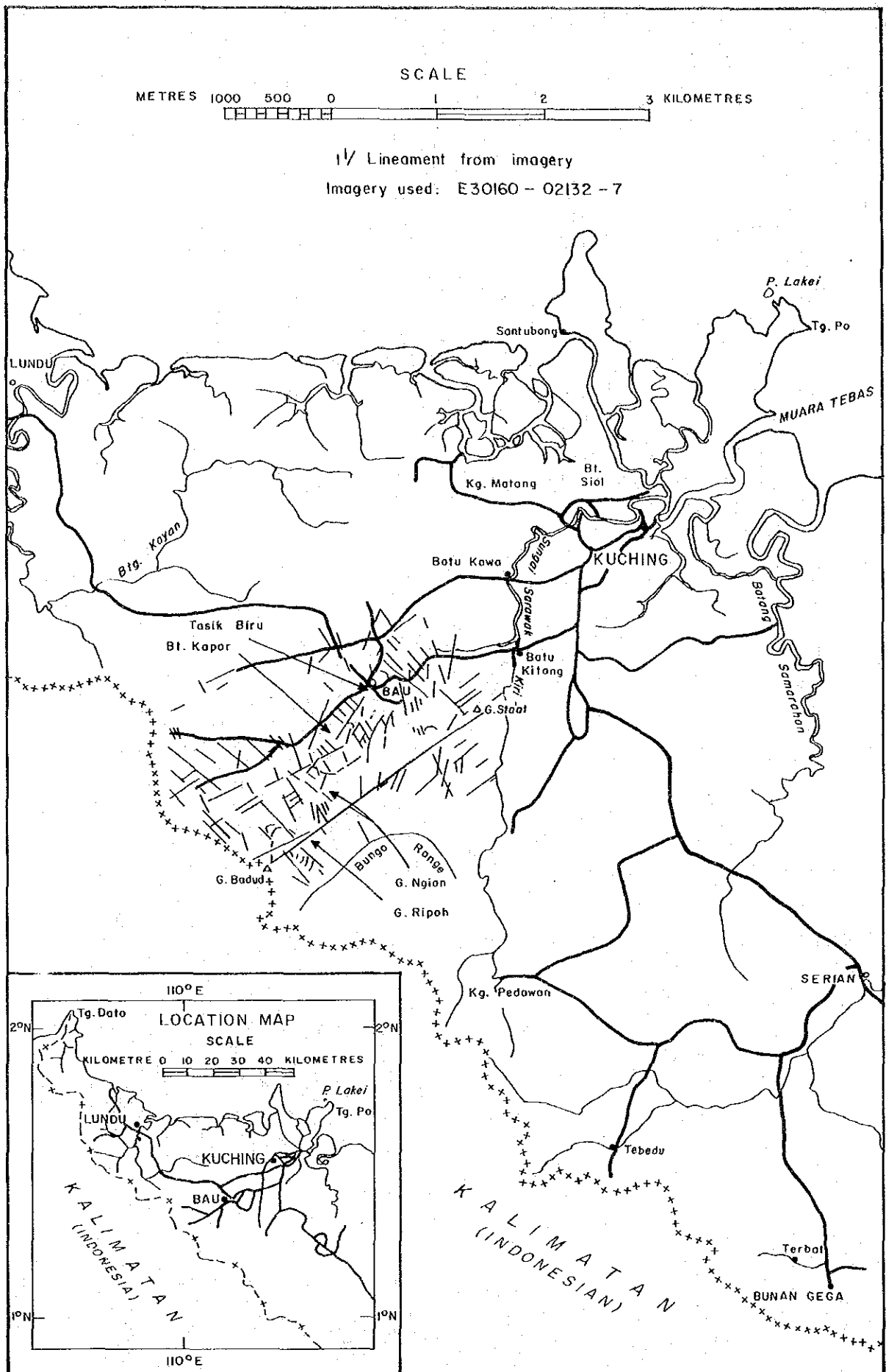
環状構造はドーム構造あるいは盆状構造としては識別されないが、これらに類似した構造と考えられるもので、貫入岩体および山地状石灰岩の周辺部に小規模に認められる。

以上が空中写真の解析から得られた地質構造であるが、これらを要約すると、調査地域はNNW-NS系、NNE系および最も新しいNW~WNW系断層と、ENE~NE系の褶曲構造によって支配され、さらに第三紀貫入岩類の直線的な配列から、それらの貫入の場を規制したとみられる潜在的なNNE系深部構造の存在によって特徴づけられる。

2-2-3 ランドサット・イメージ (リニアメント)

プロジェクト地域全域のランドサット・イメージから得られたリニアメントは、Fig. II-1 およびTable A-1に示されており、リニアメントのローズ・ダイアグラムはそれを基にして描かれた(Fig. II-2)。

この結果から、2セットの卓越したリニアメント、 $N50^{\circ}\sim 60^{\circ}E$ および $N40\sim 50^{\circ}W$ が認められている。測定された合計155のリニアメントのうち、それぞれ22%と26%がこれら2セットに属している。少数のリニアメントが $N10^{\circ}\sim 20^{\circ}E$ の範囲内にあり、それらはパウ町周辺の石灰岩地域にほとんど限られている。その石灰岩地域にあるAuおよびSbの既知鉱床採掘跡は、このセットと $N40^{\circ}\sim 50^{\circ}W$ のセットのリニアメントに沿って集中しているように見える。第三紀貫入岩類の一般方向は前者のセットと一致する線上にあり、局部的ないくつかの貫入岩類の形状は $N50^{\circ}\sim 60^{\circ}E$ のセットに平行に伸長しているように見える。このセットは、ほぼベダワン層の分布する地域に限られており、その一般走向を反映している。このセットの最も顕著なリニアメントは、国境近くのバドウッド山(G. Badud)からサラワク・キリ川の近くのスタート山まで延長27kmにも達する。 $N40^{\circ}\sim 50^{\circ}W$ の比較的長いリニアメントのセットは、特にこの地域の南部において見られる。たぶん急傾斜を示していると思われる2つ



SM 1142/5/82

Fig. II - 1 Landsat Imagery Lineaments of Bau Area

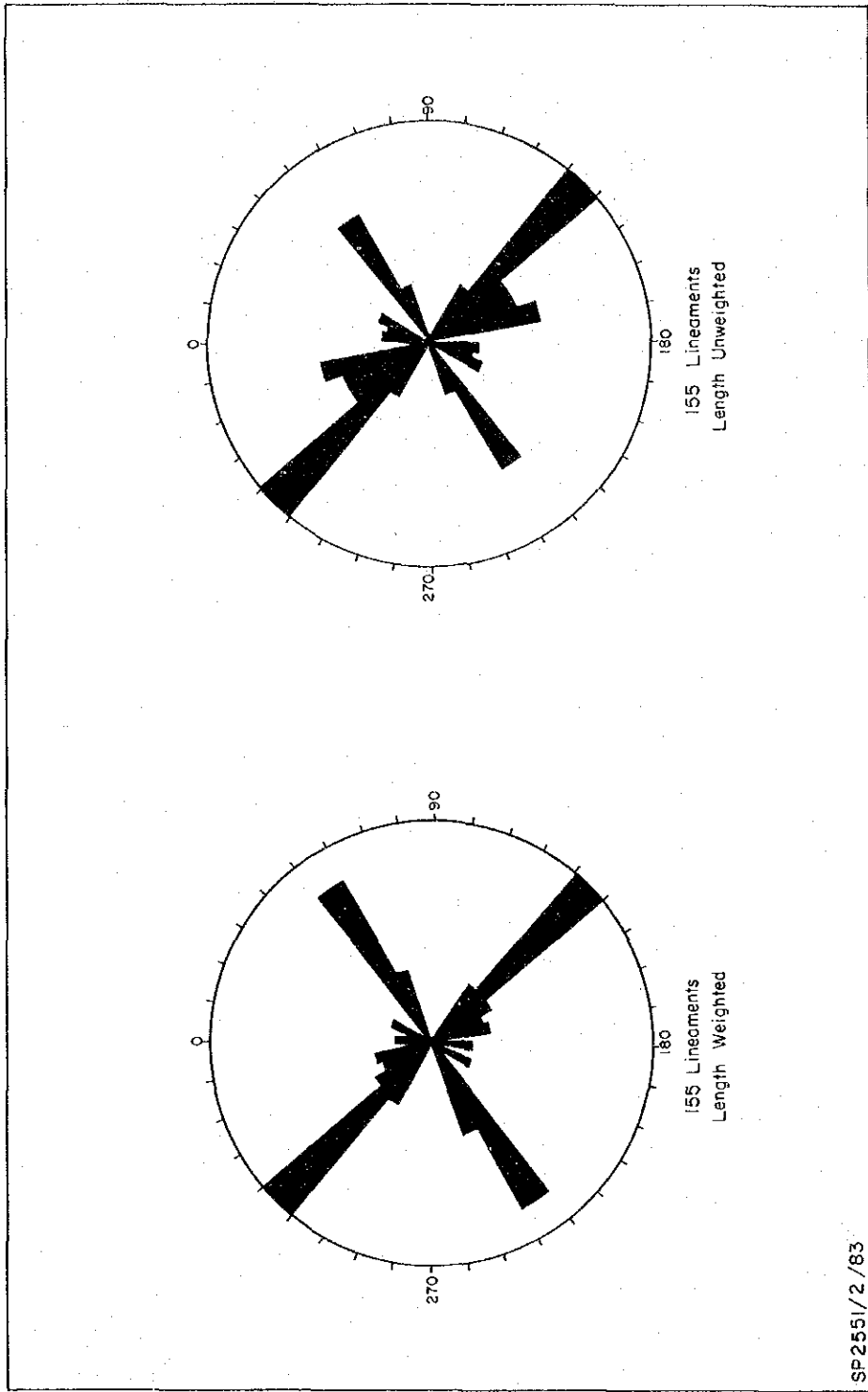


Fig. II - 2 Rose Diagrams of Lineaments from Landsat Imagery of Bau Area

の大規模なリニアメント・セットの間の相対的な転移は見られない。

半環状構造が2つの大規模なリニアメント・セットの交差部付近の旧タイ・パリット鉱山の近くカポール山 (Bt. Kapor) の北東方およびリポー山 (G. Ripoh) に表われている。これらはおそらく貫入活動によって生じたドームあるいは盆状構造を示すものであり、探鉱に重要な意味があるかもしれない。

2-3 層 序

プロジェクト地域の地質層序は Fig. II-3 および Fig. II-4 に示されている。

以下、下位から順に記述する。

2-3-1 セリアン火山岩類

セリアン火山岩類は、Pimm (1965) によって最初にセリアン地域で定義され、“セリアン火山岩層”と呼ばれた。この名称は後に Hon (印刷中) によって“セリアン火山岩類”に変更された。

プロジェクト地域ではこのセリアン火山岩類はサラワク・カナン川とサラワク・キリ川との合流点のバトゥ・キタン (Batu Kitang) 付近とパウ町の南南西約 4 km のシニアワン川最上流の谷間の2ヶ所に見られる。

バトゥ・キタンに露出するものは、暗緑色中～粗粒斑れい岩からなっている。シニアワン川最上流の谷間に露出するものは、暗緑色隠微晶質で部分的に杏仁状を呈する両輝石安山岩である。

これらの岩石の鏡下での観察結果は、Table A-3 に示されている。

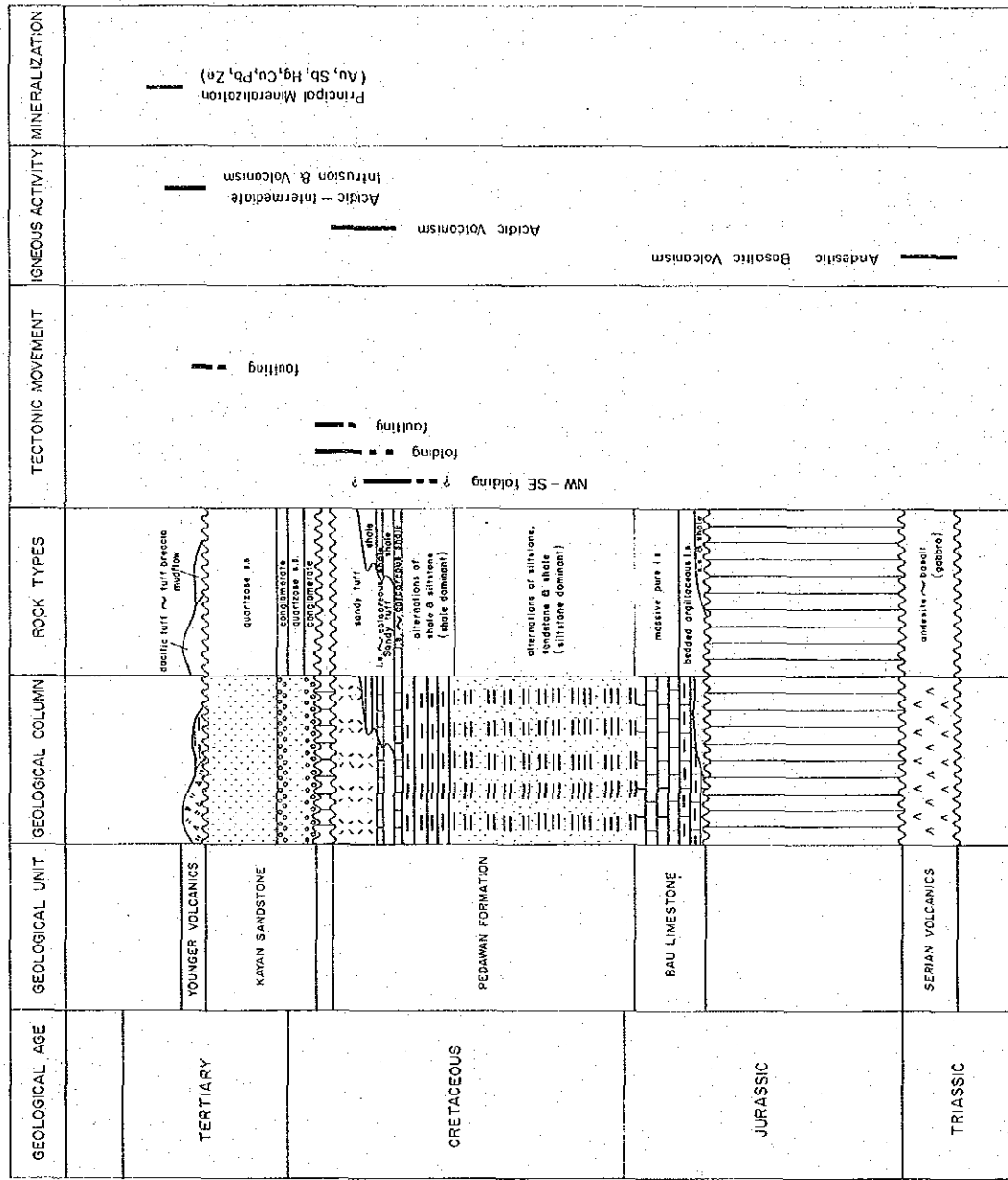
パウ地域のセリアン火山岩類の厚さは不明であるが、南隣のベンリセン地域では 3,000 m 以上と推定されている (Wolfenden, 1965)。その時代もまた明確ではないが、ベンリセン地域のそれと同じ三畳紀後期と推定される。

2-3-2 パウ石灰岩層

パウ石灰岩層は過去に多くの著者によって定義され、研究されてきたけれども、ここでは、セリアン火山岩類の上に不整合にのり、後述するベダワン層によって整合的に覆われている厚い石灰岩層で部分的ではあるが最下部に砂岩を伴う一連の岩層と再定義された。

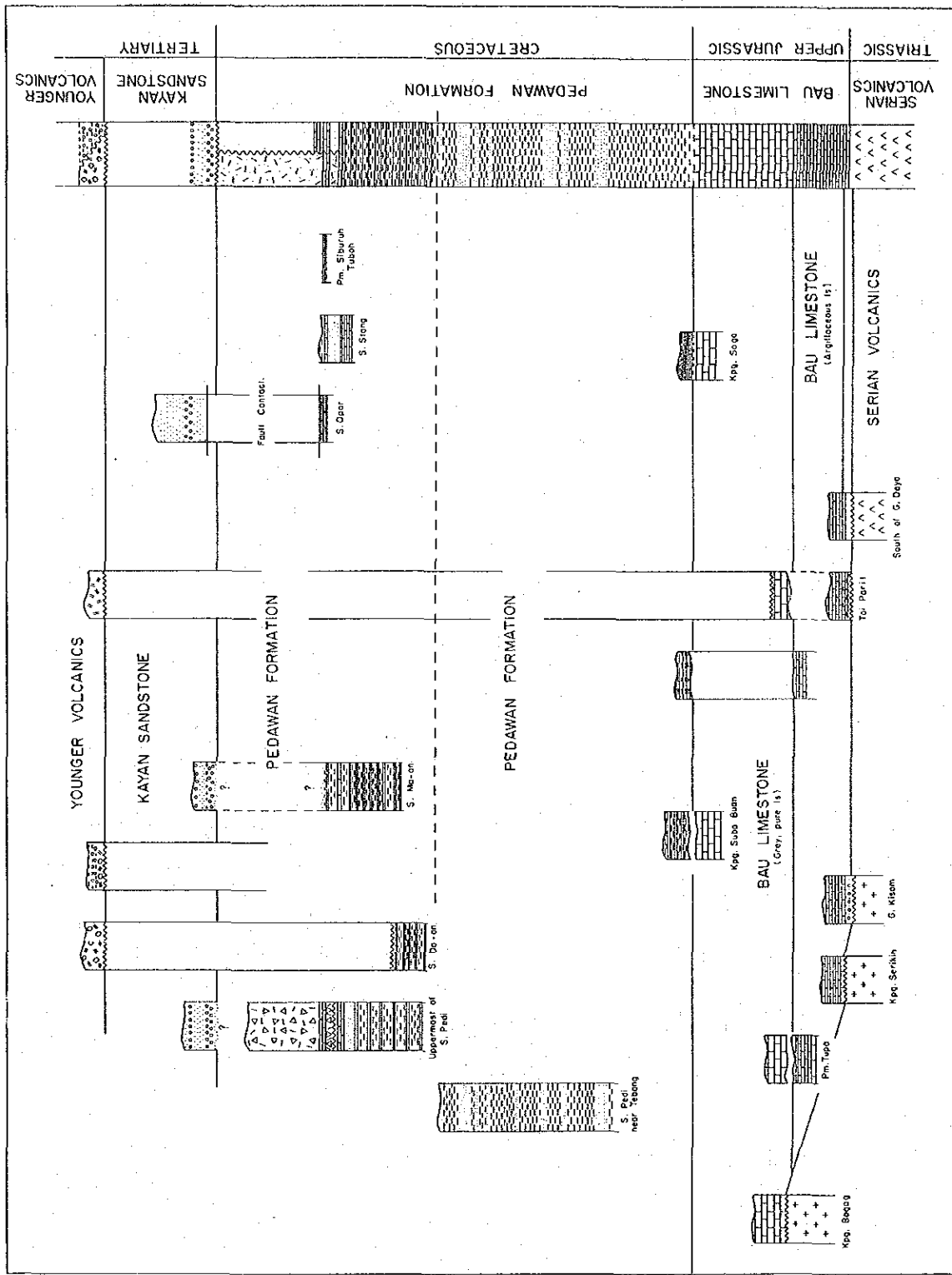
パウ石灰岩層はプロジェクト地域の中央部において、幅約 7 km で ENE 方向に走る一つのゾーンに限られており、主としてパウ町付近および西部のジャゴイ花崗閃緑岩の縁辺部に分布している。

Wolfenden (1965) によってクリアン部層 (Krian member) と呼ばれていたパウ石灰岩層の最下部の砂岩は、層理が不明瞭で淘汰不良、緑灰色ないし赤灰色粗粒岩である。この砂岩はシニアワン川最上流部、タイ・トン山の北麓およびクリアン山の西方の3ヶ所のいずれも小



SP 2571/2/83

Fig. II - 3 Stratigraphy and Geologic Activities, Bau Area



SP 2272/2/63

Fig. II-4 Stratigraphic Correlation, Bau Area