

インドネシア共和国トラジャ地域
資源開発協力基礎調査報告書
(総括)

JICA LIBRARY

J1125209(5)

平成6年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱調資
CR(5)
94-031

インドネシア共和国トラジャ地域
資源開発協力基礎調査報告書

(総括)

平成6年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



1125209 (5)

は し が き

日本国政府はインドネシア共和国政府の要請に応え、同国のスラウェシ島に位置するトラジャ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、地化学探査、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3年度を第1年次とした3年計画に基づき、日伊両国から派遣された専門技術者の手により実施され、インドネシア共和国政府機関、鉱山エネルギー省地質鉱物資源総局の協力を得て本年度に予定通り完了した。

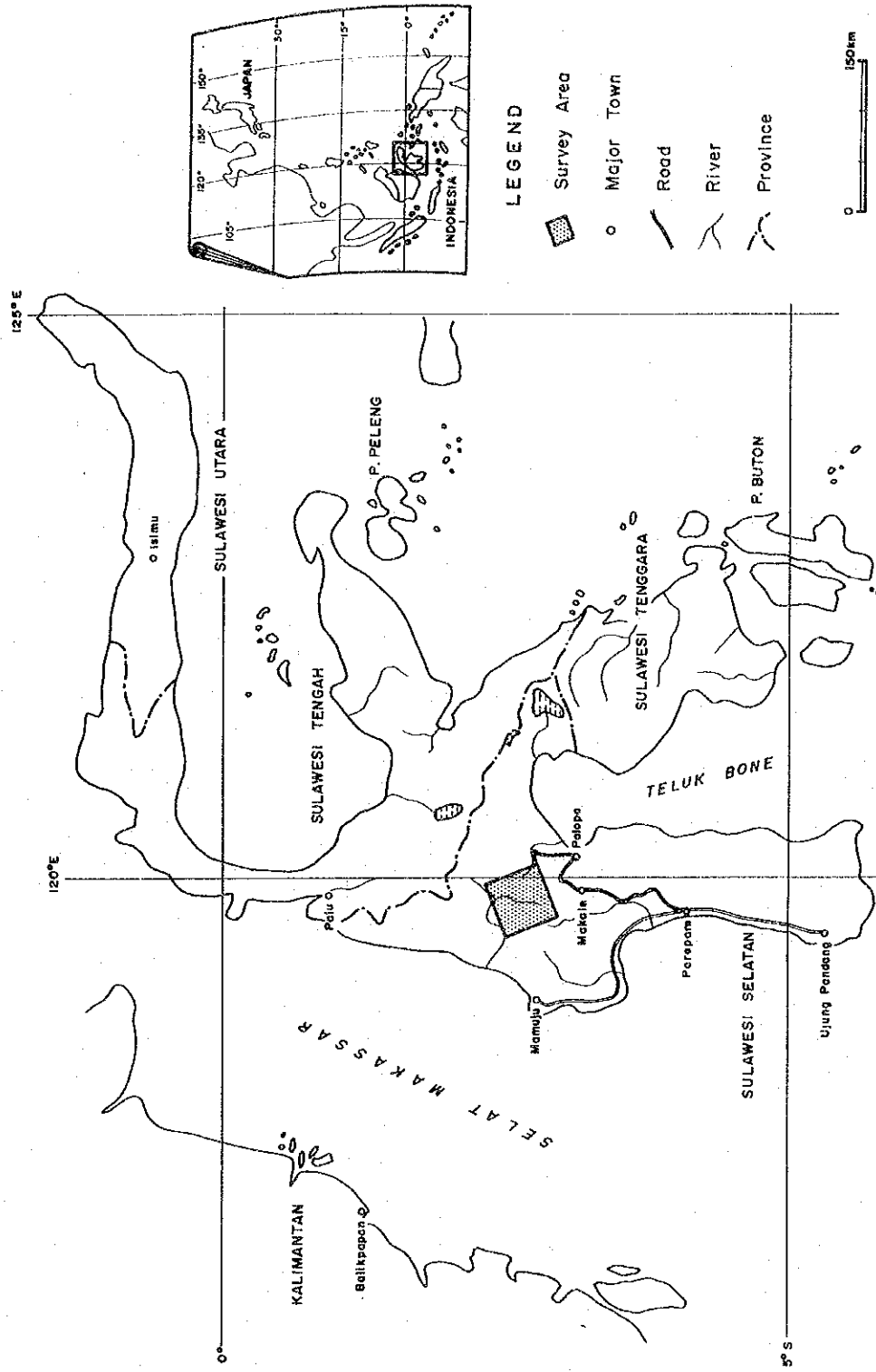
本報告書は、その3年間の調査結果を総纏めたものである。

おわりに、本調査の実施に当たってご協力をいただいたインドネシア共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在インドネシア共和国日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成6年2月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介

金属鉱業事業団
理事長 石川 丘



第 I-1 圖 調查地域位置圖

要 約

トラジャ地域においては、資源開発協力基礎調査が3年間にわたって行われ、その結果、地域内のバトゥイン地区が有望な金鉱床探査地区であることが判明した。

第1年次には、事前調査と広域地質調査、河床堆積物地化学探査、地質準精査、及び土地化学探査（予察）が行われ、バトゥイン、パウ地区等に金鉱徴を発見した。バトゥイン地区では、石英脈・石英ストックワークの旺盛な発達が見つかり、タラワ川北西部で試験的に採取した土壌試料からAu異常値が検出された。

続いて第2年次には、バトゥインとパウ地区において地質精査、土壌と岩石の地化学探査が行われた。また、レブタン川とカリヤンゴ地区においては、地質準精査及び土地化学探査が行われた。これらの調査によって、バトゥイン地区の中央部に顕著な金の地化学異常域が抽出され、その地域が金鉱床胚胎の有望地帯であることが明らかになった。また第2年次には、地質、地質構造、鉱床の産状等に関する調査がなされ、本地域の金鉱化作用の特性が検討された。タラワ川上流においては予察目的の小規模ボーリングが実施された。

本年度は、トラジャ地域資源開発協力基礎調査の第3年次に当たり、バトゥイン地区においてボーリングを主とする調査が行われた。本年度調査の目的は、バトゥイン地区において、これまでの調査で得られた金鉱徴地帯の下部状況を探り、鉱床の大まかな評価を行うことであった。探鉱対象地域として、鉱徴地の中から金鉱床胚胎が有望と考えられる3地域—トンドラテ、ボネ川中流及びマレラーポンゴの3鉱化帯—が選ばれた。

第3年次のボーリング調査は、トンドラテとボネ川中流両鉱化帯において、傾斜孔4本合計延長 680.80mが実施された。ボーリングは、それまでの調査で把握された優勢なAu地化学異常の下部延長をターゲットとして行われ、ボーリング・コアから鉱石分析試料 100余個とその他の試験試料が採取された。マレラーポンゴ鉱化帯においては、3列の浅いトレンチが伝統的な手掘り法で開削された。トレンチの合計延長は 159.90mであり、鉱石分析試料30余個とその他の試験試料が採取された。

バトゥイン地区のトンドラテ鉱化帯においては、1孔深度200mのボーリングが3本実施された。ボーリングの目的は、それまでの調査で把握された有望と思われる金鉱徴の深部を探ることにあつた。各孔において硫化鉱物の鉱染を伴う石英脈・石英ストックワークが多数産出したが、主要脈の把握深度はほぼ予想通りの結果となった。金品位に関しては、幅36cm 40.22g/t 等数条の鉱石品位のものが得られた。この結果、第2年次の検討で予測した地表鉱徴の下部における鉱石品位部の存在が確認された。これらの成果から見て、本鉱化帯の鉱床ポテンシャルは高いと言えよう。

ボネ川中流域においては、1孔の短尺ボーリングを実施したが、残念ながら期待に添う着脈はなかった。しかし、ボーリング調査に先立って行われた地表踏査で第2年次の調査で検出されたAu地化学異常の付近に2帯の含金石英ストックワーク帯の分布が見つかった。地表には有望な鉍徴があり、この程度のボーリングで鉍化帯全体の評価を下すことはできないと考えられる。本鉍化帯は引続き調査を継続する価値があるものと判断される。

マレラ・ポンゴ地域ではトレンチ調査が行われ、黄鉄鉍、黄銅鉍等の硫化鉍物を含有する石英脈・珪化帯数条を把握した。トレンチ調査に平行して、第四系の新期火山岩に覆われた地帯の地表精査が実施され、鉍化帯の延長部において新たな金の示徴が見つかった。本年度の調査結果によると、本地域の石英脈・石英ストックワークの産状はトンドラテに似ており、トンドラテ鉍化帯の北東延長につながる可能性がある。従って、マレラ・ポンゴ鉍化帯及びトンドラテからそこにかけての中間部は、探鉍対象として興味ある地帯である。

この3年間の調査の結果、バトゥイン地区には石英脈・石英ストックワークの広い範囲にわたる露出と画然とした地化学異常帯の分布で示される金鉍化作用の賦存が明らかになった。本鉍化作用のタイプと生成条件に関しては、岩石薄片・鉍石研磨片の顕微鏡観察、鉍化変質や流体包有物の試験結果によって検討が加えられた。含金石英脈・石英ストックワークは、中熱水条件で生成したものと解釈されている。これらは、白亜系ラティモジョン層の安山岩、黒色頁岩を胚胎母岩とする。本地域は、地質構造的に見て、南方に露出するマサ花崗岩体の進入によって生起したと考えられる複背斜の西翼部に位置する。このような地質状況が、この地域の含金石英脈の生成に重要な規制要因となったものと思われる。金はラテライト質の風化作用によって、地表付近から溶脱したと考えられる。ボーリングの結果によると、金品位が高いゾーンは深度100mより下の酸化帯下部であった。

バトゥイン地区のトンドラテ鉍化帯において第3年次のボーリングで把握した金鉍脈については、品位的には優勢なものであるが、幅が狭い。3孔の着脈の内最大のもは、カットオフ品位を1g/t Auとした時に、66cmである(Au品位14.31g/t)。これがそもそも局部的なものなのか、それとも他にさらに大きなものが存在するのかという問題は、未だ決論が下せなかった。地表鉍徴は、トンドラテ付近の尾根部を中心とする2,500m (NE-SW) × 1,500m (NW-SE)の範囲を示し、タラワ川、ボネ川の中流からマレラ・ポンゴ地帯にかけて広がっている。トンドラテ鉍化帯はその一部をなすにすぎない。これから見ると、その規模は決して小さいものとは言えない。これらを考慮すると、本年度のボーリングは、バトゥイン地区に広がる鉍化帯全体の最終評価を下すのに未だ不十分であり、今後も期待される鉍床の規模・構造を解明するための調査を継続する必要があると判断される。

バトゥイン地区においては、これまでの調査の成果を発展させ、鉱床を確認するために今後もボーリングを主とする調査を継続することを提案する。次のステージでは、①地表に現れた鉱化帯全体を対象とするボーリング調査、及び②トンドラテを重点地域にして本地域の鉱化作用の詳細、特に金品位の分布特性や鉱脈構造の問題を解明するためのフォローアップ・ボーリングの二つの課題を追求する必要がある。

バウ地区においては、第2年次の地質精査により2種類の鉱化作用が識別された。その一は裂隙充填石英脈であり、他は閃緑岩岩株周辺の黄鉄鉱鉱染帯である。生成の地質環境は、バトゥイン地区と類似であったと解釈される。

バウ地区の石英脈の一部には、金品位が検出された。しかしながら、鉱脈の規模は小さく連続性に欠けるものである。土壌地化学探査により、地区内にAuとCuの異常域が見つかったが、異常のレベルが低く纏まりがないものであった。本地区北部では黄鉄鉱の鉱染帯が分布するが、鉱石分析の結果はAuに関して全くの低品位のものであった。また、その周辺に認められた土壌及び岩石地化学探査のAu異常は、小規模散点状のものであった。これらの事実から見て、本地区の金鉱化作用は発展性が期待できないと判断される。

従って、バウ地区においては、これ以上の作業は必要ないものと判断される。

レプタン川地区のタロト川流域では、第2年次の調査で、塊状安山岩中に黄鉄鉱鉱染ないし不規則細脈に伴う金鉱化作用の賦存が見出された。この地域一帯には、土壌による中ないし小規模のAu地化学異常域が、カナン川-タロト川-ペコ川-タロドバシ川と連続している。本帯の地表鉱徴は旺盛であるが、鉱石分析結果は期待に反するものであった。本帯の金鉱化作用は、剪断帯に胚胎する黄鉄鉱の鉱染に伴うものと解釈される。本地区の鉱化作用の詳細は十分解明されたとは言えないが、現段階で得られたデータからは、低品位のものと考えられる。

従って、レプタン川地区においては、これ以上の作業は必要ないものと判断される。

カリヤンゴ地区のスルアン川付近にて第2年次調査において把握された網状褐鉄鉱帯と、それに関連するAuの低レベル地化学異常域の成因については、潜頭性貫入岩体による小規模熱水活動の産物であると解釈される。その他には、地区内に特記すべき金の鉱徴は認められなかった。このような状況から見て、本地区の鉱床胚胎の可能性は非常に少ないものと思われる。

従って、カリヤンゴ地区においては、これ以上の作業は必要ないものと判断される。

目次

目 次

はしがき	
調査地域位置図	
要 約	
目 次	
付図付表一覧	

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 調査地域	2
1-3 作業方法	2
1-4 調査期間及び調査団の編成	7
第 2 章 調査地域の地理	10
2-1 位置・交通	10
2-2 地形及び水系	10
2-3 気候及び植生	10
第 3 章 調査地域の一般地質	12
3-1 スラウェシ島中西部地域の一般地質	12
3-2 調査地域の地質的位置付け	12
3-3 鉱化作用概説	14
第 4 章 結論及び提言	17
4-1 結 論	17
4-1-1 バトゥイシ地区	17
4-1-2 バウ地区	18
4-1-3 レブタン川地区	19
4-1-4 カリヤンゴ地区	19
4-2 今後の調査への提言	20

第Ⅱ部 各 論

第1章 広域調査	29
1-1 序論	29
1-2 衛星画像写真地質解析	29
1-2-1 調査方法	29
1-2-2 写真地質解析結果	30
1-3 地質調査	37
1-3-1 調査方法	37
1-3-2 地質層序	37
1-3-3 貫入岩	40
1-3-4 地質構造	46
1-3-5 鉍化・変質作用	47
1-4 広域地化学探査	65
1-4-1 調査方法	65
1-4-2 河床堆積物の地化学異常域	65
1-5 水銀ガス地化学探査及び植物地化学探査	73
1-5-1 水銀ガス地化学探査	73
1-5-2 植物地化学探査	74
1-6 考察	80
第2章 バトウイシ地区	82
2-1 序論	82
2-2 地質調査	82
2-2-1 調査方法	82
2-2-2 地質及び地質構造	83
2-2-3 鉍化・変質作用	84
2-3 土壌地化学探査	89
2-3-1 試料採取及び分析方法	89
2-3-2 データの統計処理	90
2-3-3 土壌の地化学異常域	90
2-4 岩石地化学探査	92
2-4-1 試料採取及び分析方法	92
2-4-2 データの統計処理	92
2-4-3 岩石の地化学異常域	92

2-5	トレンチ調査	96
2-5-1	トンドラテ鉱化帯	96
2-5-2	マレラーボンゴ鉱化帯	99
2-6	流体包有物試験	102
2-6-1	試験方法	102
2-6-2	試験結果	103
2-7	ボーリング調査(第2年次)	109
2-7-1	調査の概要	109
2-7-2	工法, 使用機器及び掘進工程	109
2-7-3	ボーリング孔の地質記述	113
2-7-4	鉱化作用	117
2-8	ボーリング調査(第3年次)	123
2-8-1	調査の概要	123
2-8-2	工法, 使用機器及び掘進工程	129
2-8-3	ボーリング孔の地質記述	132
2-8-4	鉱化作用	135
2-9	考察	146
2-9-1	地質構造, 鉱化作用の特性と鉱化規制	146
2-9-2	地化学異常と鉱化作用の関係	149
2-9-3	鉱床賦存のポテンシャル	150
第3章	パウ地区	152
3-1	序論	152
3-2	地質調査	152
3-2-1	調査方法	152
3-2-2	地質及び地質構造	153
3-2-3	鉱化・変質作用	153
3-3	土地化学探査	154
3-3-1	試料採取及び分析方法	154
3-3-2	データの統計処理	154
3-3-3	土地の地化学異常域	154
3-4	岩石地化学探査	155
3-4-1	試料採取及び分析方法	155
3-4-2	データの統計処理	155
3-4-3	岩石の地化学異常域	155
3-5	考察	156

第4章 レプタン川地区	162
4-1 序論	162
4-2 地質調査	162
4-2-1 調査方法	162
4-2-2 地質及び地質構造	162
4-2-3 鉍化・変質作用	164
4-3 パンニング調査	165
4-3-1 試料採取及び重鉍物分析方法	165
4-3-2 顕微鏡観察結果	165
4-3-3 パンニングによる異常域	165
4-4 土壌地化学探査	165
4-4-1 試料採取及び分析方法	165
4-4-2 データの統計処理	166
4-4-3 土壌の地化学異常域	166
4-5 考察	166
第5章 カリヤング地区	173
5-1 序論	173
5-2 地質調査	173
5-2-1 調査方法	173
5-2-2 地質及び地質構造	173
5-2-3 鉍化・変質作用	174
5-3 パンニング調査	175
5-3-1 試料採取及び重鉍物分析方法	175
5-3-2 顕微鏡観察結果	175
5-3-3 パンニングによる異常域	175
5-4 土壌地化学探査	175
5-4-1 試料採取及び分析方法	175
5-4-2 データの統計処理	175
5-4-3 土壌の地化学異常域	175
5-5 考察	176

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結 論	181
1-1 バトウイシ地区	181
1-2 バウ地区	182
1-3 レプタン川地区	183
1-4 カリヤンゴ地区	183
第2章 今後の調査への提言	184

参考文献

付図一覧

- 第 1-1図 調査地域位置図
- 第 1-2図 第1～3年次調査範囲図
- 第 1-3図 トラジャ地域調査フローシート
- 第 1-4図 トラジャ地域鉱床有望地域抽出フローチャート
- 第 1-5図 スラウェシ島中西部一般地質図
- 第 1-6図 調査地域地質模式層序図
- 第 1-7図 バトゥイン地区調査結果総合解析図
- 第 1-8図 バウ地区調査結果総合解析図
- 第 1-9図 レブタン川地区調査結果総合解析図
- 第1-10図 カリヤング地区調査結果総合解析図
- 第 2-1-1図 衛星画像範囲図
- 第 2-1-2図 衛星画像写真地質学的解析図
- 第 2-1-3図 花崗岩類のノルム及び化学組成検討ダイアグラム
- 第 2-1-4図 金の広域地化学異常域分布図
- 第 2-1-5図 タラワ川北西尾根における土壌試料採取及び水銀ガス測定位置図
- 第 2-1-6図 タラワ川北西尾根における土壌及び植物地化学異常の模式断面図
- 第 2-2-1図 バトゥイン地区地質図・同断面図
- 第 2-2-2図 バトゥイン地区における土壌・岩石地化学異常域分布図
- 第 2-2-3図 流体包有物均質化温度のヒストグラム
- 第 2-2-4図 ボーリング位置図
- 第 2-2-5図 トンドラテ鉱化帯ボーリング地質断面図
- 第 2-2-6図 ボネ川中流鉱化帯ボーリング地質断面図
- 第 2-2-7図 ボーリング柱状図（縮小版）
- 第 2-3-1図 バウ地区地質図・同断面図
- 第 2-3-2図 バウ地区における土壌・岩石地化学異常域分布図
- 第 2-4-1図 レブタン川地区地質図・同断面図
- 第 2-4-2図 レブタン川地区における土壌地化学異常域分布図
- 第 2-5-1図 カリヤング地区地質図・同断面図
- 第 2-5-2図 カリヤング地区における土壌地化学異常域分布図

付表一覧

- 第 1-1表 トラジャ地域調査量総括表
- 第 2-1-1表 画像解析結果総括表
- 第 2-1-2表 K-Ar法による年代測定結果表
- 第 2-1-3表 全岩分析結果及びノルム計算表
- 第 2-1-4表 薄片検鏡結果総括表
- 第 2-1-5表 X線解析結果総括表
- 第 2-1-6表 鉱石研磨片検鏡結果総括表
- 第 2-1-7表 鉱石分析結果(1991)
- 第 2-1-8表 河床堆積物試料の基本統計量(1991)
- 第 2-1-9表 河床堆積物試料の相関マトリックス(1991)
- 第2-1-10表 河床堆積物試料の主成分分析結果表(1991)
- 第2-1-11表 土壌試料の基本統計量(1991)
- 第2-1-12表 土壌試料の相関マトリックス(1991)
- 第2-1-13表 土壌試料の主成分分析結果表(1991)
- 第2-1-14表 植物の葉サンプルリスト
- 第 2-2-1表 バトゥイン地区鉱石試料の分析結果(1992)
- 第 2-2-2表 バトゥイン地区土壌試料の基本統計量(1992)
- 第 2-2-3表 バトゥイン地区土壌試料の相関マトリックス(1992)
- 第 2-2-4表 バトゥイン地区土壌試料の主成分分析結果表(1992)
- 第 2-2-5表 バトゥイン地区岩石地化学試料の分析結果(1992)
- 第 2-2-6表 流体包有物試験結果総括表
- 第 2-2-7表 ボーリング使用機器リスト
- 第 2-2-8表 ボーリング分析結果総括表
- 第 2-3-1表 バウ、レブタン川及びカリヤンゴ地区鉱石試料の分析結果(1992)
- 第 2-3-2表 バウ地区岩石地化学試料の分析結果(1992)

添付図

添付図 トラジャ地域調査結果総合解析図

(1: 100,000)

第 I 部 總 論

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

インドネシア共和国における資源開発協力基礎調査は、これまでにスラウェシ地域 (1970 ~ 1972)、カリマンタン地域 (1974 ~ 1977)、カリマンタン西部地域 (1979 ~ 1981)、北スマトラ地域 (1982 ~ 1984)、南スマトラ地域 (1985 ~ 1987)、及びティガブル地域 (1989 ~ 1990) の 6 地域において実施され、金属鉱物資源開発のための数多くの基礎資料を得ることができた。また、インドネシア地質調査所ならびに鉱物資源局の調査技術の向上、地質鉱床資料の集積など多大の成果を収めてきている。

インドネシア共和国鉱山エネルギー省は、ティガブル地域に続く新たな金属鉱物資源調査の実施を計画し、日本政府に協力を要請した。日本政府はその要請に応え、平成 3 年 8 月よりインドネシア共和国鉱山エネルギー省地質鉱物資源総局と協議を行った結果、同年 9 月にスラウェシ島トラジャ地域における協力調査実施について合意した。

本調査の目的は、トラジャ地域において、地質状況及び鉱床賦存状況を把握することにより、新鉱床を発見することにある。また、調査の過程においてインドネシア側カウンターパートに技術移転を図ることをも目的とする。

平成 3 年度、トラジャ地域においては鉱床賦存ポテンシャルを探る準備段階及び第 1 期調査として、衛星画像による写真地質学的解析、広域地質調査・地化学探査、地質調査・地化学探査の準精査、水銀ガス地化学探査・植物地化学探査の熱帯地域への適用試験等が実施された。調査対象地域の面積 3,000km²、準精査はバトゥインとバウの 2 地区において行われた。

平成 4 年度には、地質調査・地化学探査活動が、同地域において継続的に進められた。平成 4 年度の調査は、インドネシア共和国トラジャ地域資源開発協力基礎調査の第 2 年次に当たり、その重点目標は、当該年次に取上げた地域の内から次の探鉱ターゲットを選定して行くことにあった。調査活動は、前年の調査で選定された鉱床胚胎の可能性のある地区に集中して行われた。また、地域の鉱化作用の特性を解明することも重要な課題であった。バトゥインとバウ地区においては地質調査と地化学探査の精査が行われ、レブタン川とカリヤンゴ地区においては地質調査と地化学探査の準精査が行われた。また、バトゥイン地区のタラワ川上流において予察目的の小規模なボーリング調査が実施された。対象地区の面積は合計 130km²であった。

平成 5 年度は、バトゥイン地区でボーリング探鉱を主とする調査が行われた。本年度の調査は、インドネシア共和国トラジャ地域資源開発協力基礎調査の第 3 年次に当たり、それまでの調査で得られた金鉱微地帯の下部状況を探り、鉱床の大まかな評価を行うことを目的とするものであった。鉱床胚胎が有望と考えられる 3 鉱化帯が探鉱対象に選ばれて、

ボーリング等の調査が実施された。対象地域の面積は 3.75km²であった。

1-2 調査地域

第1年次の広域調査地域は、スラウェシ島中西部に位置し、次の経度・緯度で示される面積3,000km²の範囲である。第1年次の地質調査と地化学探査の準精査はバトゥインとパウの2地区で行われた。準精査地区の面積は100km²である。

1	2°12'40"S	119°53'40"E
2	2°37'40"S	120°05'20"E
3	2°50'40"S	119°37'20"E
4	2°25'40"S	119°25'40"E

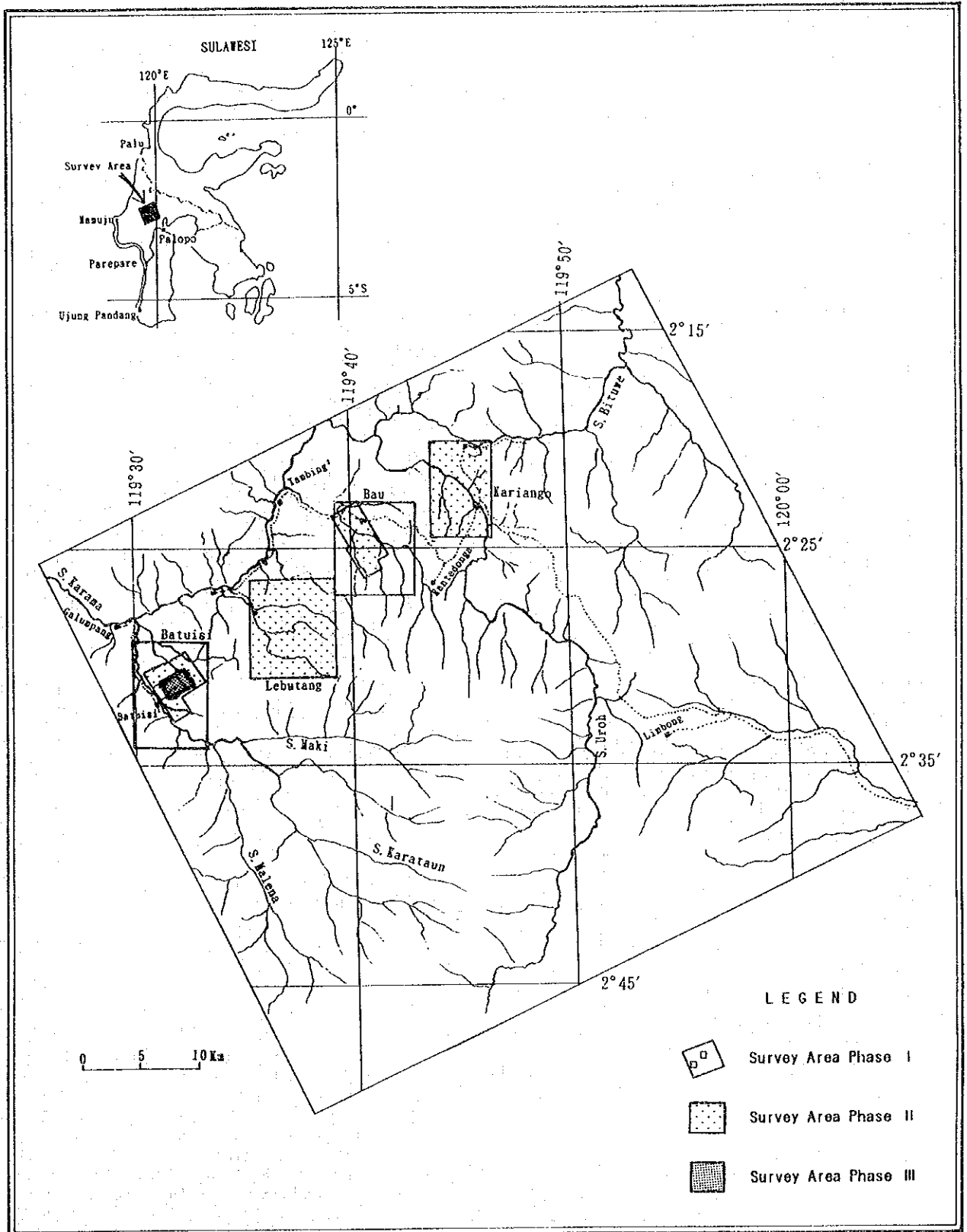
第2年次の調査地域は、第1年次広域調査地域の北西部から中央北部に相当する面積合計130km²の地域である。第2年次調査地域は、バトゥインとパウの2精査地区と、レプタン川とカリヤンゴの2準精査地区からなる。バトゥイン地区では予察目的の小規模ボーリングが実施された。

第3年次には、バトゥイン地区中部の 3.75km²の範囲においてボーリングを主体とした調査が行われた。対象となったのは、トンドラテ、ボネ川中流及びマレラーボンゴ鉱化帯である。

第 1-2図に各年次の調査範囲位置図を示す。

1-3 作業方法

各年次の作業方法と調査量を第 1-1表に総括した。

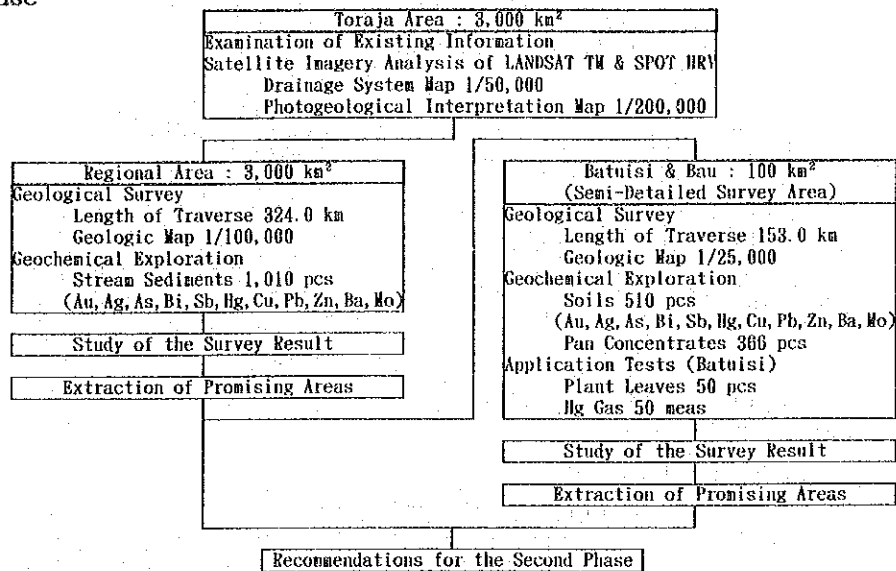


第 1-2 図 第 1 ~ 3 年次調査範囲図

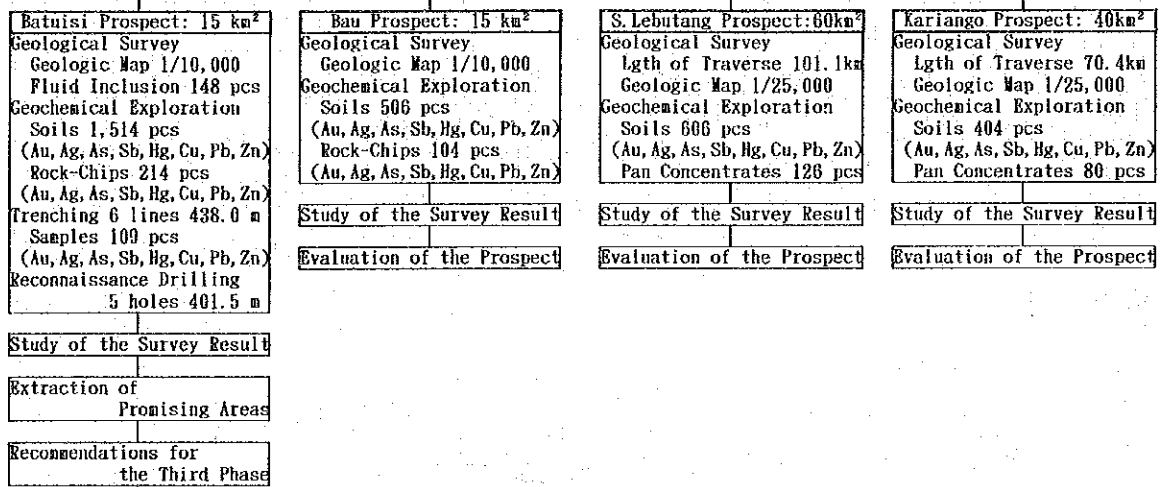
第1-1表 トラジャ地域調査量総括表

Phase	Survey	Area	Amount of Work
First	Satellite Imagery Analysis	Regional Area	Area 3,000 km ² LANDSAT TM 1 scene, SPOT HRV 1 scene
	Regional Geological Survey and Geochemical Exploration	Regional Area	Area 3,000 km ² , Length of Traverse 324.0 km Stream Sediments 1,010 pcs
	Semi-Detailed Geological Survey and Geochemical Exploration	Batuisi Prospect Bau Prospect	Area 100 km ² , Length of Traverse 153.0 km Soils 510 pcs Pan Concentrates 366 pcs Plant Leaves 50 pcs Hg Gas 50 pcs [Lab Work] Thin Sections 70 pcs Polished Sections of Ore 10 pcs X-Ray Diffraction Analysis 51 pcs Absolute Age Determination 5 pcs Chemical Analysis Whole Rocks 50 pcs Stream Sediments 1,010 pcs Soils 510 pcs Ore Assay (Au, Ag, Cu, Pb, Zn) 31 pcs Plant Leaves 50 pcs
Second	Detailed Geological Survey, Geochemical Exploration, and Drilling	Batuisi Prospect	Area 15 km ² Soils 1,514 pcs Rock-Chips 214 pcs Trenching 438.0 m (Geochemical Samples 109 pcs) Drilling (5 Holes) 401.5 m
		Bau Prospect	Area 15 km ² Soils 506 pcs Rock-Chips 104 pcs
	Semi-Detailed Geological Survey and Geochemical Exploration	S. Lebutang Prospect	Area 60 km ² , Length of Traverse 101.1 km Soils 606 pcs Pan Concentrates 126 pcs
		Kariango Prospect	Area 40 km ² , Length of Traverse 70.4 km Soils 404 pcs Pan Concentrates 80 pcs [Lab Work] Thin Sections 28 pcs Polished Sections of Ore 45 pcs X-Ray Diffraction Analysis 53 pcs Fluid Inclusion Studies 148 pcs Chemical Analysis Soils 3,030 pcs Rock-Chips 428 pcs Ore Assay (Au, Ag, Cu, Pb, Zn) 306 pcs
Third	Drilling	Batuisi Prospect	Area 3.75 km ² Drilling (4 Holes) 680.8 m Trenching (3 Lines) 159.9 m [Lab Work] Thin Sections 6 pcs Polished Sections of Ore 25 pcs X-Ray Diffraction Analysis 20 pcs Fluid Inclusion Studies 20 pcs Chemical Analysis Ore Assay (Au, Ag, Cu, Pb, Zn) 139 pcs

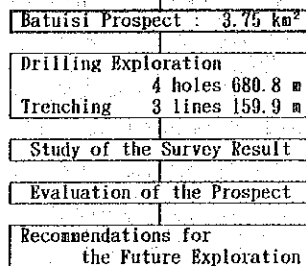
First Phase



Second Phase

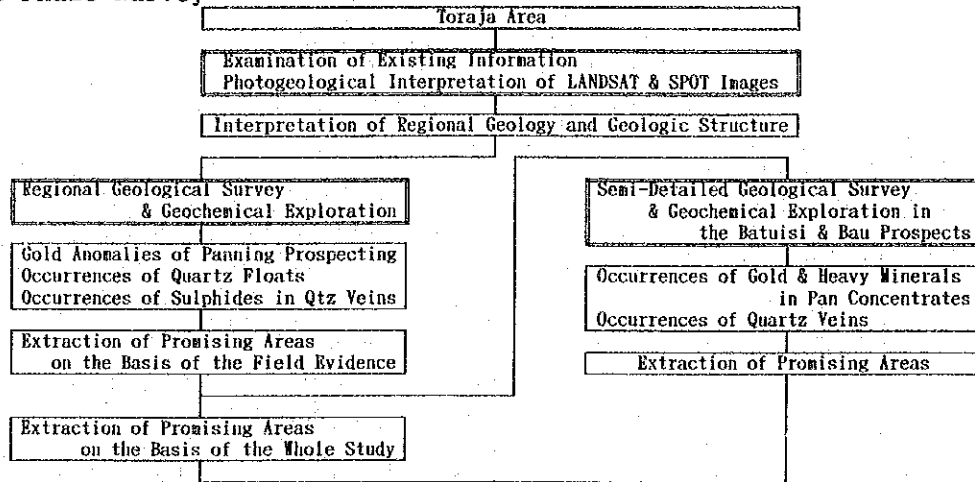


Third Phase

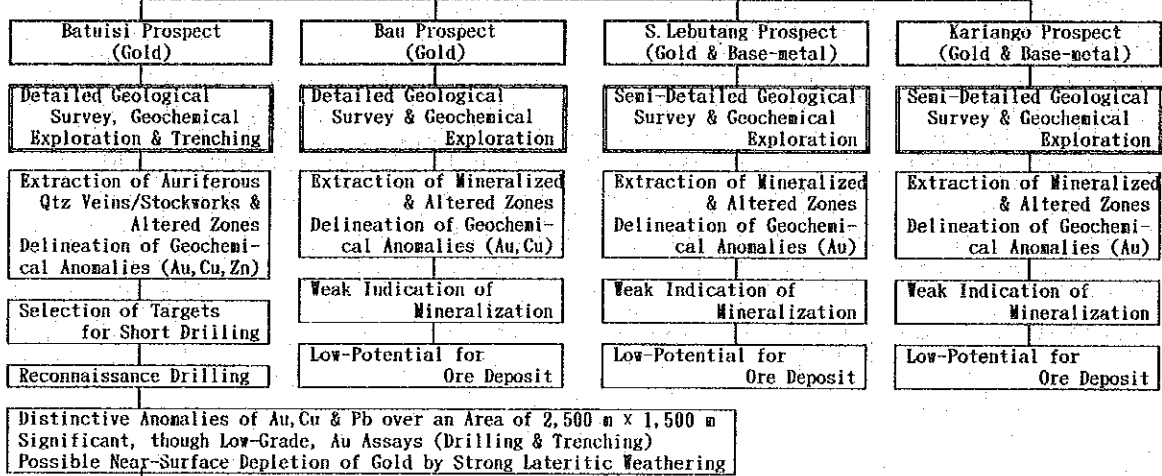


第 1-3図 トラジャ地域調査フローシート

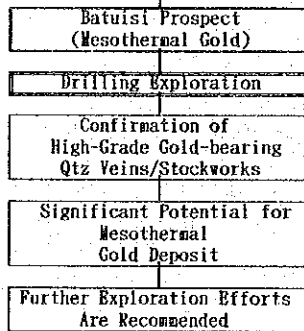
First Phase Survey



Second Phase Survey



Third Phase Survey



第 1-4図 トラジャ地域鉱床有望地域抽出フローチャート

1-4 調査期間及び調査団の編成

(1) 事前調査及び協定折衝

トラジャ地域資源開発協力基礎調査の計画策定に当たり、事前調査と協定折衝のための調査団が平成3年8月26日から9月7日までの日程で派遣された。協定は9月5日に国際協力事業団・金属鉱業事業団とインドネシア共和国鉱山エネルギー省・地質鉱物資源総局の間でとり交わされた。事前調査及び協定折衝に参画したメンバーは次の通りである。

[日本側事前調査・協定折衝団]

石田 真	(金属鉱業事業団)
井上光顕	(通商産業省)
米田雅人	(外務省)
岡本信行	(国際協力事業団)
升田健蔵	(金属鉱業事業団)

[インドネシア側担当機関 地質鉱物資源総局(DGGMR)・鉱物資源局(DMR)]

Dr. Adjat Sudrajat	(地質鉱物資源総局総局長)
Kingking A. Margacidjaja	(鉱物資源局局長)
Yaya Sunarya	(金属鉱物探査部部長)
Subandi Widasaputra	(貴金属課課長)
Poedjosudjarwo	(貴金属課)
Yayat Ruchiyat	(対外技術協力担当)
Nenen Adriyani	(対外技術協力担当)

(2) 第1年次現地調査団

第1年次の衛星画像解析は平成3年10月23日から行われ、現地調査は同年11月4日から平成4年1月22日の期間に実施された。解析と報告書作成がこれに次いで行われた。現地調査団の編成は次の通りである。

[金属鉱業事業団]

升田健蔵	(現地指導・監督)
高橋健一	(現地指導・監督)

[日本側調査団 日鉱探開株式会社(NED)]

飯田幸平	(団長, 地質・地化学探査)
菊池秀也	(地質・地化学探査)

菊地良弘 (地質・地化学探査)
佐藤哲男 (地質・地化学探査, 衛星画像地質解析)
岩谷正巳 (地質・地化学探査)
立川三郎 (地質・地化学探査)

[インドネシア側調査団 鉱物資源局]

Subandi Widasaputra(コーディネーター)
Poedjosudjarwo (地質・地化学探査)
Banbang Pardiarto (地質・地化学探査)
Wahyu Widodo (地質・地化学探査)
Eko Palmadi (地質・地化学探査)
Atok S. Prapto (地質・地化学探査)

(3) 第2年次現地調査団

第2年次の現地調査は、地質調査・地化学探査が平成4年7月13日から11月12日の期間に実施された。また、ボーリング調査が8月18日から12月13日の期間に行われた。それに続いて、分析試験と報告書作成作業が行われた。調査団の編成は以下の通りである。

[金属鉱業事業団]

升田 健蔵 (現地指導・監督)

[日本側調査団 日鉱探開株式会社]

飯田 幸平 (団長)
菊池 秀也 (地質調査・地化学探査)
吉江 隆 (地質調査・地化学探査)
佐藤 哲男 (地質調査・地化学探査)
熊野 初雄 (ボーリング)
遠藤 文雄 (ボーリング)
佐々木吉夫 (ボーリング)

[インドネシア側調査団 鉱物資源局]

Simpwee Soeharto (リーダー, 地質調査・地化学探査)
Pudjosudjarwo (地質調査・地化学探査)
Wahyu Widodo (地質調査・地化学探査)
Atok S Prapto (地質調査・地化学探査)

Tata Henda (地質調査・地化学探査)
Sulatman (ボーリング)

(4) 第3年次現地調査団

第3年次の現地調査は、7月1日から11月2日の期間に行われた。それに続いて、分析試験と報告書作成作業が行われた。調査団の編成は以下の通りである。

[金属鉱業事業団]

塩川 智 (現地指導・監督)
鈴木 哲夫 (現地指導・監督)
五十嵐吉昭 (現地指導・監督)

[日本側調査団 日鉱探開株式会社(NED)]

飯田 幸平 (団長)
熊野 初雄 (ボーリング)
佐々木光男 (ボーリング)
遠藤 文雄 (ボーリング)

[インドネシア側調査団 鉱物資源局]

Simpwee Soeharto (リーダー, 地質調査)
Wahyu Widodo (地質調査)
Moe' tamar (測量, 調査助手)
Sudarman (調査助手)
Sulatman (ボーリング)

第2章 調査地域の地理

2-1 位置・交通

スラウェシはインドネシア第4の大島である。その面積は 179,400 km²、人口は1千万人を超す。同島はアルファベットのK字形を呈する。

調査地域はスラウェシ島の中西部に位置し、トラジャ地域と呼ばれる。トラジャは『山の人』を意味する部族名からきている。調査地域の住民は主としてトラジャ族からなり、興味ある独特の風習を維持する。彼らはキリスト教徒であり、今世紀初めのころオランダの宣教師によってもたらされたキリスト教を信仰する。

調査地域に到るには、ジャカルタから同島のウジュンパンダンまでは航空路による。ウジュンパンダンからランテパオまでは舗装道路を車で行くかあるいは軽飛行機をチャーターする。ランテパオは、調査地域（広域調査）の南約30kmに位置するトラジャ地域の中心的な町である。調査地域は山岳地帯に位置し、56km×51kmの大きさの長方形をなす。山脈が調査地域を南北に横断し、地域を東と西に分ける。内陸部への交通の便は悪く、川沿いの路を主に徒歩で行く。地域東部へはサバンからの未舗装道路が走っている。サバンはランテパオからの舗装道路の終点にある町である。上記未舗装道路の終点に調査地域第2の部落であるリンブンがある。リンブンはコーヒー生産の部落である。これ以外に地域内に車の走れる道路はなく、馬路ないし歩行路だけである。

西部地域へはカラマ川を逆上る水路があるのみである。地域の西南西約70kmには舗装道路の終点マムジュがあり、それより海岸沿いにタレルーまで未舗装の道路が通っている。そこから調査地域第1の部落であるガルンパンまではエンジン付きのカヌーで6時間余かかる。そのほかに地域内数ヶ所に小さな集落があるが、相互の交通は徒歩ないしカヌーによる。

2-2 地形及び水系

調査地域が険しい山岳地帯に位置していること既述の通りである。地域の大半は海拔500メートル以上にある。地域内には標高2,000メートル以上の高山が数ヶ所ある。最高峰は標高 2,914メートルある（名称不詳）。名前がわかっているマリモンガン岳は 2,224メートルあり、地域内で5番目の高山である。

一連の山岳が調査地域を南北に走りベグヌンガン・タコレカジュと称する分水嶺をなしている。その東側では川は東に流れてボネ湾に入る。主要な水系はラパカン水系である。西側では、河川は西方のマッカサール海峡に流入する。西部地域の主要水系はカラマ水系である。

2-3 気候及び植生

本地域は、熱帯雨林地帯に位置するが、その特有な地体構造—四海を海に囲まれた入組

んだ山岳地帯一から、やや温暖な気候を有する。季節は乾季と雨季の二季からなる。通常、乾季は6月から10月まで、雨季は11月から5月の期間である。この点では、本地域は熱帯モンスーン気候地帯に属している。

雨季における平均気温と月間降雨量は 26°C と400mmである。一方乾季の平均気温と降雨量は 27°C と70mmである（マッカサール気象台のデータ）。

本地域の比較的低高度地域は熱帯雨林に囲まれている。一方山岳地帯の大半は熱帯高地林に属し、常緑の広葉樹と針葉樹とからなる。山間の沖積地及び山腹に至る地帯は耕されており水田として利用されている。山間の急傾斜地においては、焼畑耕法により陸稲及びコーヒーが栽培されている。

第3章 調査地域の一般地質

3-1 スラウェシ島中西部地域の一般地質

スラウェシ島は、主要な3地質構造单元—島西部、島東部、最東部のバンガイ・スラ、プトンの両島—と、4地形アーム—北部アーム、南部アーム、東部アーム、南東部アーム—とからなっている。それらのうちの調査地域を含む島西部は北部アームと南部アームとからなり、中生界から現世に到る一連の火山岩・深成岩弧から構成されている。

島西弧中部の地質は次の主要3单元から構成されている。

①白亜系のサブダクション複合岩体で、島弧外縁海盆における堆積物によって覆われているもの。

②白亜系堆積物上位の上部古第三系大陸棚堆積物。

③新第三系堆積岩及び火山岩で、同時期の花崗岩体が進入しているもの。

島西弧の最古の岩石は中生界の片麻岩と片岩である。次いで白亜系に属する変堆積岩類が広く分布する。それは主として碎屑岩類—粘板岩、黒色頁岩、シルト岩、グレーワッケー—と一部の石灰岩とからなる。部分的にシェアーを受け弱変成している。

中生界白亜系の上位には上部古第三系ないし中新統の大陸棚堆積物が乗っており、微弱な変形を受けている。海洋成泥灰質頁岩、石英砂岩及び石灰岩とからなる。

中新世に入ると、本地域は安定した卓状地状態から急変し、火成活動が旺盛になり広範囲に火山碎屑物の堆積が始まり、大規模なバソリスと岩株の進入が起こった。花崗岩質岩としては、黒雲母花崗閃緑岩と石英モンゾニ岩が主体である。それらの花崗岩の絶対年代測定結果によると、火成活動は主として中期ないし後期中新世に生じた。これは、中新世中期初に始まり鮮新世まで続いた主要な造山活動の一部をなし、広範囲な海底火山活動が島西弧中の至るところに影響を及ぼした。火山活動の中心は石英安山岩質ないし安山岩質の火山活動であった。鮮新世—更新世の時期には再び火山活動が再開し、酸性ないし中性の火山碎屑岩を生成した。第1-5図に、スラウェシ島中西部の広域地質図を掲げる。

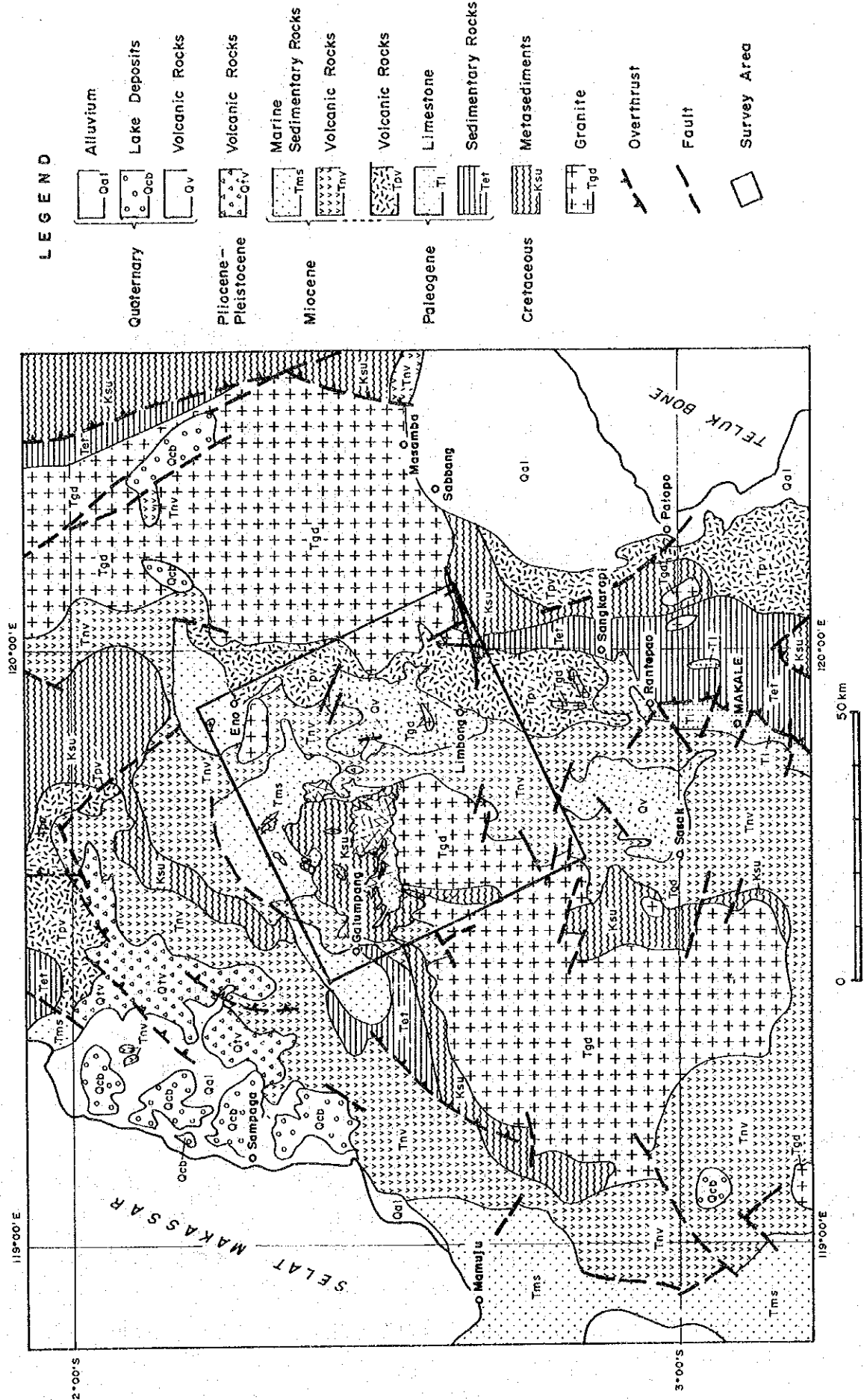
3-2 調査地域の地質的位置付け

調査地域（広域）最古の地質は、変成岩類の黒雲母片麻岩、雲母片岩である。地域南西に局部的に分布する。

変堆積岩類は、スレート、千枚岩質頁岩、シルト岩等からなり、調査地域に広く分布する。ラティモジョン層と呼ばれて、既存の図幅によると白亜系とされている。安山岩溶岩と粗粒玄武岩の薄層が主としてその上部に産出する。

変堆積岩類を不整合に覆い古第三系の堆積岩が分布する。本層は、頁岩、砂岩及び石灰岩等の大陸棚堆積物から構成され、トラジャ層と呼ばれる。

調査地域の東部は下部中新統に属するラマン火山岩類に覆われている。それらは主に酸



第 1-5 図 スラウェシ島中西部一般地質図

性ないし中性の火山岩・火山碎屑岩類である。軽石凝灰岩、凝灰岩および石英安山岩溶岩がその主要メンバーである。場所によっては、それらの火山碎屑岩類の下部に頁岩と玄武岩溶岩が産出する。

ラマシ火山岩類の上位には、石灰質堆積物と塩基性凝灰岩の互層が分布する。その上部は塩基性溶岩に移り変わる。これらは中部ないし上部中新統の地層であり、3部層に区分されている。下位から上位にかけてペロパ凝灰岩類、セカラ層、そして、タラヤ火山岩類と呼ばれる。

地域の東部と南西部の端には花崗岩バソリスが分布する。南西部の岩体は、数個の岩株を伴い、ママサ花崗岩体と呼ばれている。東部のものはカンブーノ花崗岩体と呼ばれる。

地域内の地形的高所には、更新世とされる石英安山岩溶岩・凝灰岩が産出する。代表的岩相は石英安山岩質結晶凝灰岩である。本岩はバルブ凝灰岩類と呼ばれる。

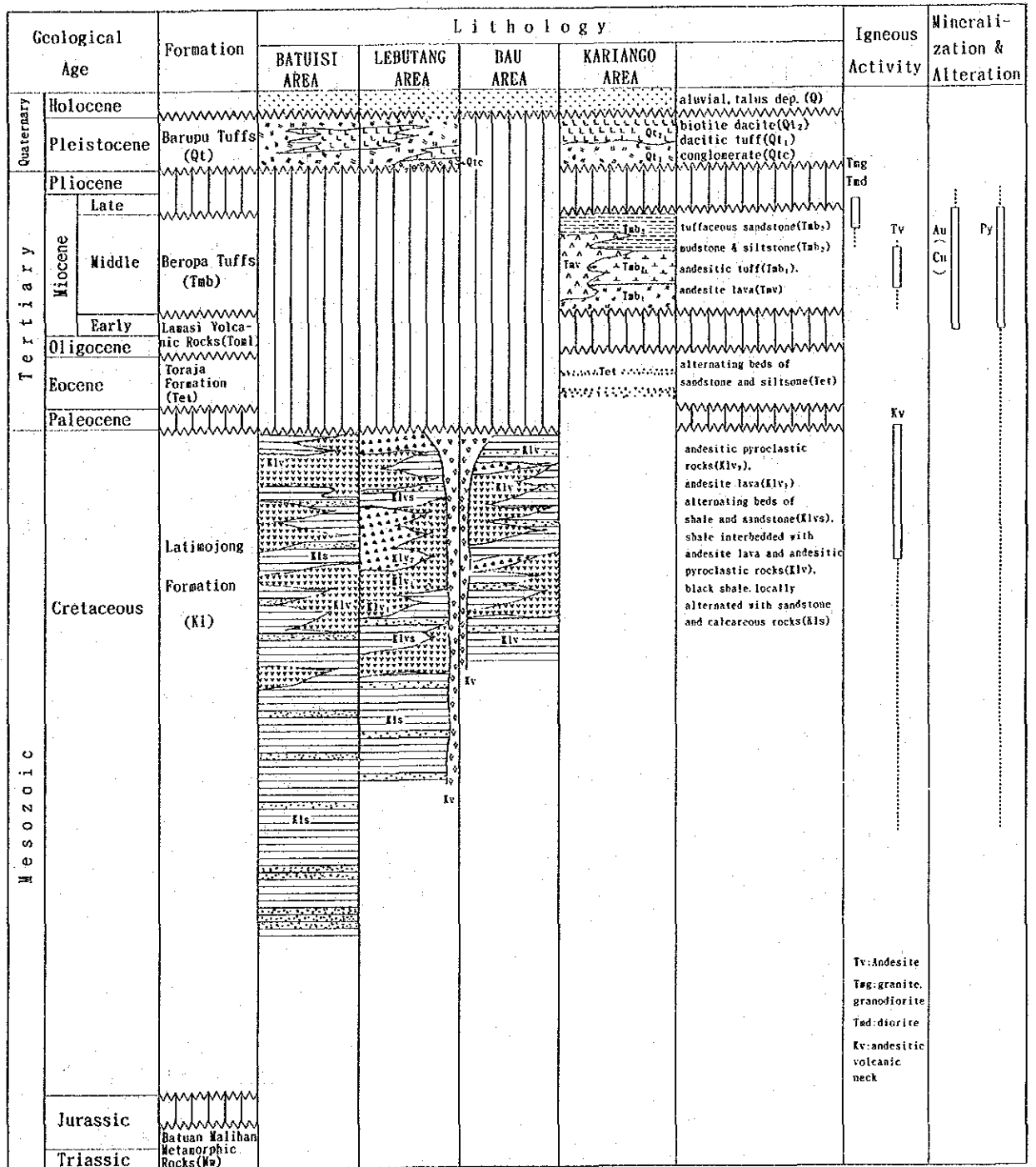
第1年次に行われた衛星画像の写真地質学的解析によって、本地域内にはリニアメントやフラクチャー・トレースによって示されるNNEからN-S系の優勢な構造が認識された。

また、地域内に広域的な背斜構造と小規模褶曲構造が認められた。それらはいずれもN-S系の軸を有している。一方、小規模断層で、NW～WNW、E-W、NE等の方向性のものが分布している。調査地域の地質図は添付図の通りである、また、第1-6図に模式層序図を示す。

3-3 鉱化作用概説

スラウェシ島中西部には3種の鉱化作用が知られている。その3種類とは、中熱水含金石英脈、サンカロピ型塊状硫化物鉱床、及びササク型斑岩銅金鉱床である。サンカロピ鉱床は調査地域から南に20kmの所に位置するもので、アネカタンバン社の鉱区にある。同鉱床は、中新統の酸性-中性火山碎屑岩類中に胚胎する層状の塊状鉱ないし礫状鉱と、それより下部に分布するストック状鉱からなる。塊状・礫状鉱を構成する主要鉱石鉱物は、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄鉄鉱、及び重晶石である。一般に鉱床の上部を重晶石ベッドが薄く覆う。ストック状鉱は石英と硫化物脈からなる(Yoshida et al., 1982)。ササクは、調査地域南端から25km離れた所にあり、同じくアネカタンバン社の鉱区にある。ササクの斑岩銅金鉱床は中新世の時代のモンゾニ岩・閃長岩岩株中に胚胎する。初成の鉱化は鉱染状ないし細脈状をなす。鉱染部は磁鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱、及びエレクトラムを含有する。細脈部には石英に伴って黄鉄鉱と黄銅鉱と少量の方鉛鉱、閃亜鉛鉱が産出する。石英-粘土-絹雲母の組み合わせの変質が卓越する(Taylor & van Leeuwen, 1980)。

第1年次の広域調査では、塊状硫化物鉱床と斑岩銅金鉱床の示徴が認められなかった。一方、中熱水金鉱床に関する示徴は調査地の各所で得られた。第2年次にバトゥイン、パウ、レブタン川及びカリヤングの4地区で実施された地質精査・地化学探査により、本地



第 1-6 図 調査地域地質模式層序図

域の金鉱化作用の地質学的特徴は次のように総括されている。

- ①ラティモジョン層の変堆積岩類を主要母岩とする。
- ②塊状形態の石英脈が旺盛に発達する。
- ③比較的粗粒の金を産出する。
- ④硫化鉱物（黄鉄鉱，硫砒鉄鉱，黄銅鉱，閃亜鉛鉱，方鉛鉱等）を伴う。
- ⑤主要脈石鉱物は石英，アンケライト，方解石である。
- ⑥熱水変質としては珪化，緑泥石化，絹雲母化作用が主体である。

これらの産状より中熱水性の生成条件が推定された。また，バトゥイン地区において行われた流体包有物の試験によって，これらの含金石英脈が中熱水起源であることが裏付けられている。

バトゥインとパウ地区における石英脈の分布には，NNW系が優勢な傾向が認められる。バトゥイン地区は，ママサ花崗岩バソリスの進入によって形成されたと考えられる複背斜（軸方向 N-S）の西翼部に位置する。バトゥイン地区の地下には花崗岩体が分布すると推定される。このような地質環境が鉱脈系列の形成に重要な役割を果たしたと考えられる。

金鉱化作用の地化学的特徴については，次のように纏めることができる。

- ①パニング調査によると，金と辰砂，黄鉄鉱，硫砒鉄鉱等の重鉱物は広い範囲で見ると密接に伴う。
- ②地化学的含有量（河床堆積物・土壌）のレベルでは，統計学的に見て金とその他の金属元素の間に相関関係は認められない。
- ③バトゥイン地区においては，土壌中の金に関する顕著な異常帯が検出された。この金異常域の周りを Cu, Zn 等のベースメタル元素の異常が取囲む。

第4章 結論及び提言

4-1 結論

4-1-1 バトウイン地区

バトウイン地区では3年間にわたって、地質精査、グリッド土壌地化学探査、岩石地化学探査、トレンチ及びボーリングからなる調査が実施された。その結果、次に述べるような結論が得られた。これらの結果の概略は、添付図に纏められている。

(1) トンドラテ鉱化帯においては、第3年次に1孔深度200mのボーリングが3本実施された。その目的としたものは、それまでの調査で把握された有望と思われる金鉱徴の深部を探ることにあつた。各孔において硫化鉱物の鉱染を伴う石英脈・石英ストックワークが多数産出したが、それらはほぼ計画深度で把握される結果となった。金品位に関しては、幅36cm 40.22g/t 等数条の鉱石品位のものが得られた。この結果、第2年次の検討で予測した地表鉱徴の下部における鉱石品位の部分の存在が確認された。これからすると、本鉱化帯の鉱床ポテンシャルは高いと言えよう。

(2) ポネ川中流域においては、1孔の短尺ボーリングを入れて見たのだが、残念ながら期待に添う着脈はなかった。しかし、第3年次にボーリング調査に先立って行われた地表踏査で第2年次の調査で検出されたAu地化学異常の付近に2帯の含金石英ストックワーク帯の分布が見つかった。地表鉱徴は旺盛であり、これだけのボーリングで鉱化帯全体の評価を下すことはできない。本鉱化帯は引き続き探鉱を継続する価値があるものと判断される。

(3) マレラ・ボンゴ地域ではトレンチ調査が行われ、黄鉄鉱、黄銅鉱等の硫化鉱物を含有する一連の石英脈・珪化帯を把握した。それとともに、第四系の新期火山岩に覆われた地帯の地表精査が実施され、鉱化帯の延長部において新たな金の示徴が見つかった。第3年次までの調査結果によると、本地域の石英脈・石英ストックワークの産状はトンドラテに似ており、トンドラテ鉱化帯の北東延長につながる可能性がある。従って、マレラ・ボンゴ鉱化帯及びトンドラテからそこにかけての中間部は興味ある地帯である。

(4) この3年間の調査の結果、バトウイン地区には石英脈・石英ストックワークの広い範囲にわたる露出と画然とした地化学異常帯の分布で示される金鉱化作用の賦存が明らかになった。本鉱化作用のタイプと生成条件に関しては、岩石薄片・鉱石研磨片の顕微鏡観察、鉱化変質や流体包有物の試験結果によって検討が加えられた。含金石英脈・石英ストックワークは、中熱水条件で生成したものと解釈されている。これらは、白亜系ラティモジョン層の安山岩、黒色頁岩を胚胎母岩とする。本地区は、地質構造的に見て、南方に露出す

るママサ花崗岩体の進入によって生起したと考えられる複背斜の西翼部に位置する。このような地質状況が、この地域の含金石英脈の生成に重要な規制要因となったものと思われる。金はラテライト質の風化作用によって、地表付近から溶脱したと考えられる。ボーリングの結果によると、金品位がついてくるゾーンは深度100mより下の酸化帯下部であった。

(5) トンドラテ鉱化帯において第3年次のボーリングで把握した金鉱脈については、品位的には優勢なものであるが、幅が狭い。3孔の着脈の内最大のもは、カットオフ品位を1g/t Auとした時に、66cmである(Au品位14.31g/t)。これがそもそも局部的なものなのか、それとも他にさらに大きなものが存在するのかという問題は、未だ決論が下せなかった。地表鉱徴は、トンドラテ付近の尾根部を中心とする2,500m(NE-SW)×1,500m(NW-SE)の範囲を示し、タラウ川、ボネ川の中流からマレラ・ボンゴ地帯にかけて広がっている。トンドラテ鉱化帯はその一部をなすにすぎない。これから見ると、その規模は決して小さいものとは言えない。これらを考慮すると、第3年次のボーリングは、パトゥイン地区に広がる鉱化帯全体の最終評価を下すのに未だ不十分であり、今後も期待される鉱床の規模・構造を解明するための調査を継続する必要があると結論づけられる。

4-1-2 バウ地区

(1) バウ地区においては、地質の精査により2種類の鉱化作用が識別された。その一は裂隙充填石英脈であり、他は閃緑岩岩株周辺の黄鉄鉱鉱染帯である。生成の地質環境は、パトゥイン地区と類似であったと解釈された。

(2) 石英脈の一部には、金品位が検出された。しかしながら、鉱脈の規模は小さく、連続性に欠けるものである。土地化学探査により、地区内にAuとCuの異常域が見つかったが、異常のレベルが低く、纏まりがないものであった。これらの事実から見て、石英脈型の金鉱化作用は発展性が期待できないと判断される。

(3) 本地区北部では黄鉄鉱の鉱染帯が分布するが、鉱石分析の結果はAuについて全くの低品位のものであった。また、その周辺に認められた土壤及び岩石地化学探査のAu異常は、小規模散点状のものであった。よって、黄鉄鉱鉱染型の金鉱化作用も期待できるものではないと考えられる。

4-1-3 レプタン川地区

(1) タロト川流域では、塊状安山岩中に黄鉄鉱鉱染ないし不規則細脈に伴う金鉱化作用が賦存することが見いだされた。この地区一帯には、土壌による中ないし小規模のAu地化学異常域が、カナン川-タロト川-ペコ川-タロドバシシ川と連続している。本帯の地表鉱徴は旺盛であるが、鉱石分析結果は期待に反するものであった。本帯の金鉱化作用は、剪断帯に胚胎する黄鉄鉱の鉱染に伴うものと解釈される。本地区の鉱化作用の詳細は十分解明されたとは言えないが、現段階で得られたデータからは、低品位のものと考えられる。

(2) 本地区内に産出するその他の石英脈露頭や地化学異常については、小規模のものと評価される。

4-1-4 カリヤンゴ地区

スルアン川付近にて把握された網状褐鉄鉱帯と、それに関連するAuの低レベル地化学異常域の成因については、潜頭性貫入岩体による小規模熱水活動の産物であると解釈された。その他には、地区内に特記すべき金の鉱徴は認められなかった。したがって、本地区の鉱床胚胎の可能性は非常に少ないと思われる。

4-2 今後の調査への提言

バトゥイシ地区

本地区においては、これまでの調査の成果を発展させ、鉱床を確認するために今後もボーリングを主とする調査を継続することを提案する。次のステージでは、①地表に現れた鉱化帯全体を対象とするボーリング調査、及び ②トンドラテを重点地域にして本地区の鉱化作用の詳細、特に金品位の分布特性や鉱脈構造の問題を解明するためのフォローアップ・ボーリングの二つの課題を追求する必要がある。

①の目的に合致する有望箇所は次の通りである。ボーリングの深度は、酸化帯を貫くことを基準として決める必要がある。

- ①トンドラテ鉱化帯のMJ T-7の南西部
- ②タラワ川中流
- ③ボネ川上流
- ④ボネ川中流
- ⑤トンドラテの頂部周辺
- ⑥マレラ川北東部
- ⑦ポンゴ川南西部

②の目的のためには、精密ボーリングが必要である。

バウ地区

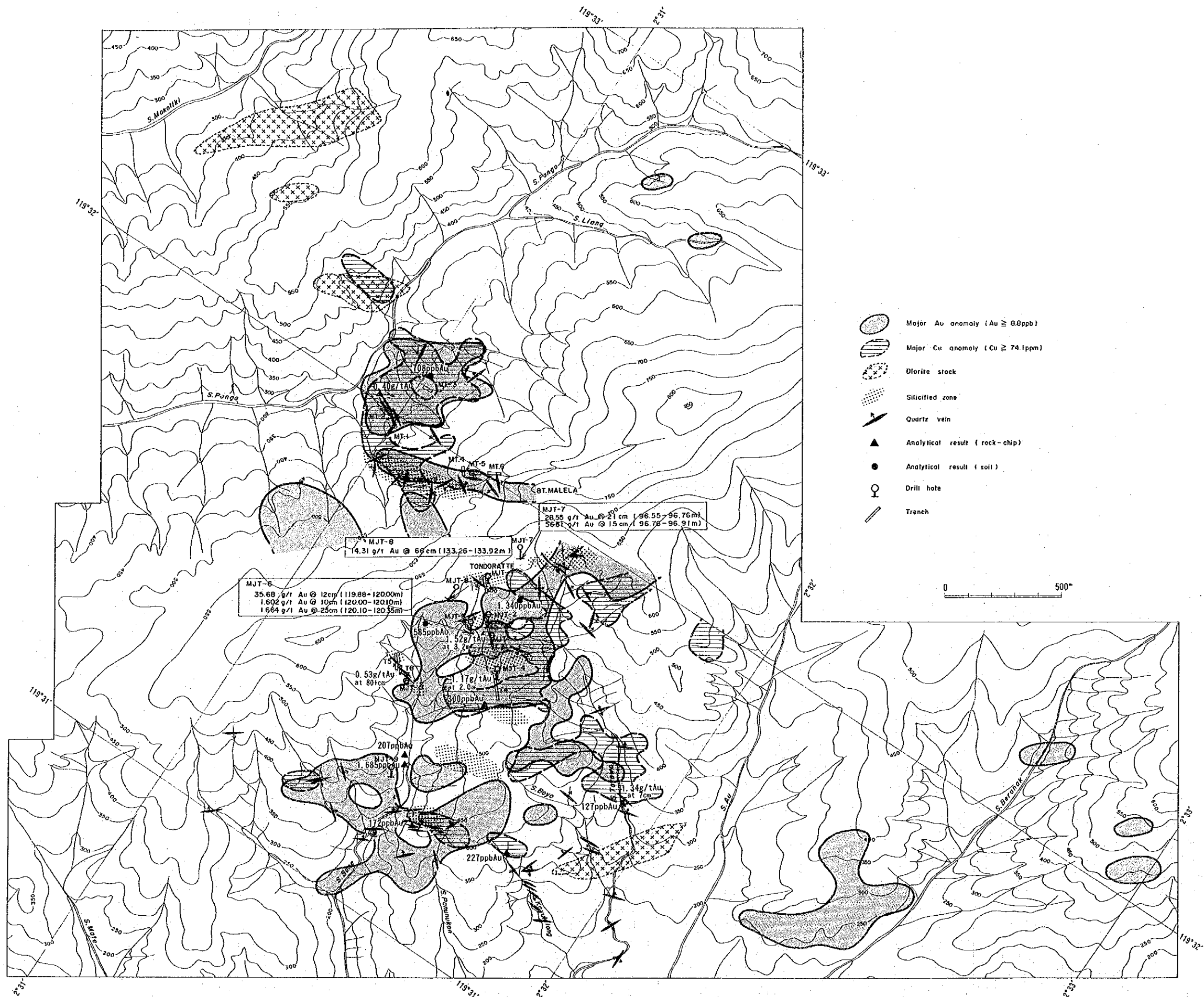
バウ地区においては、これ以上の作業は必要ないものと判断される。

レブタン川地区

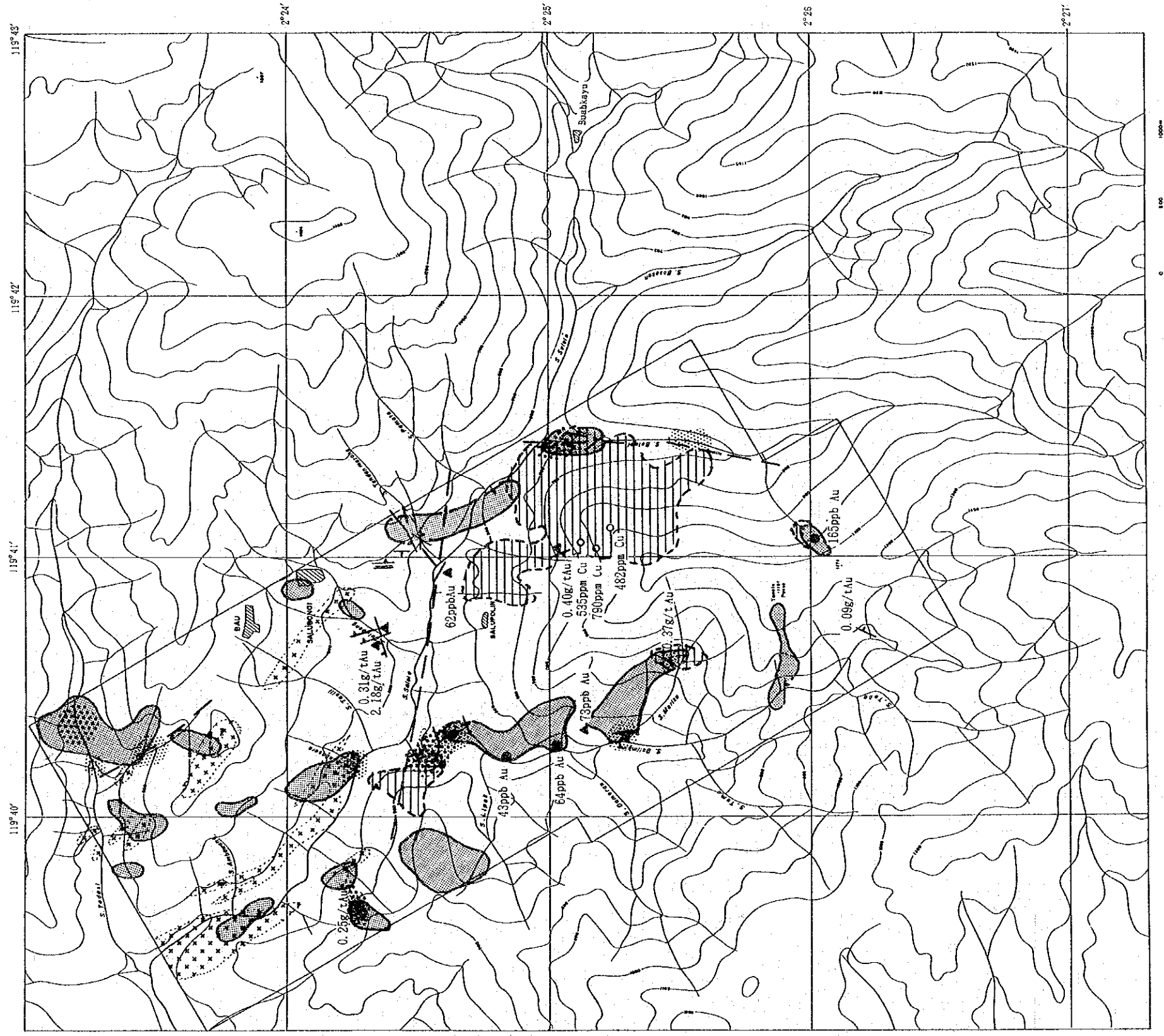
レブタン川地区においては、これ以上の作業は必要ないものと判断される。

カリヤンゴ地区

カリヤンゴ地区においては、これ以上の作業は必要ないものと判断される。

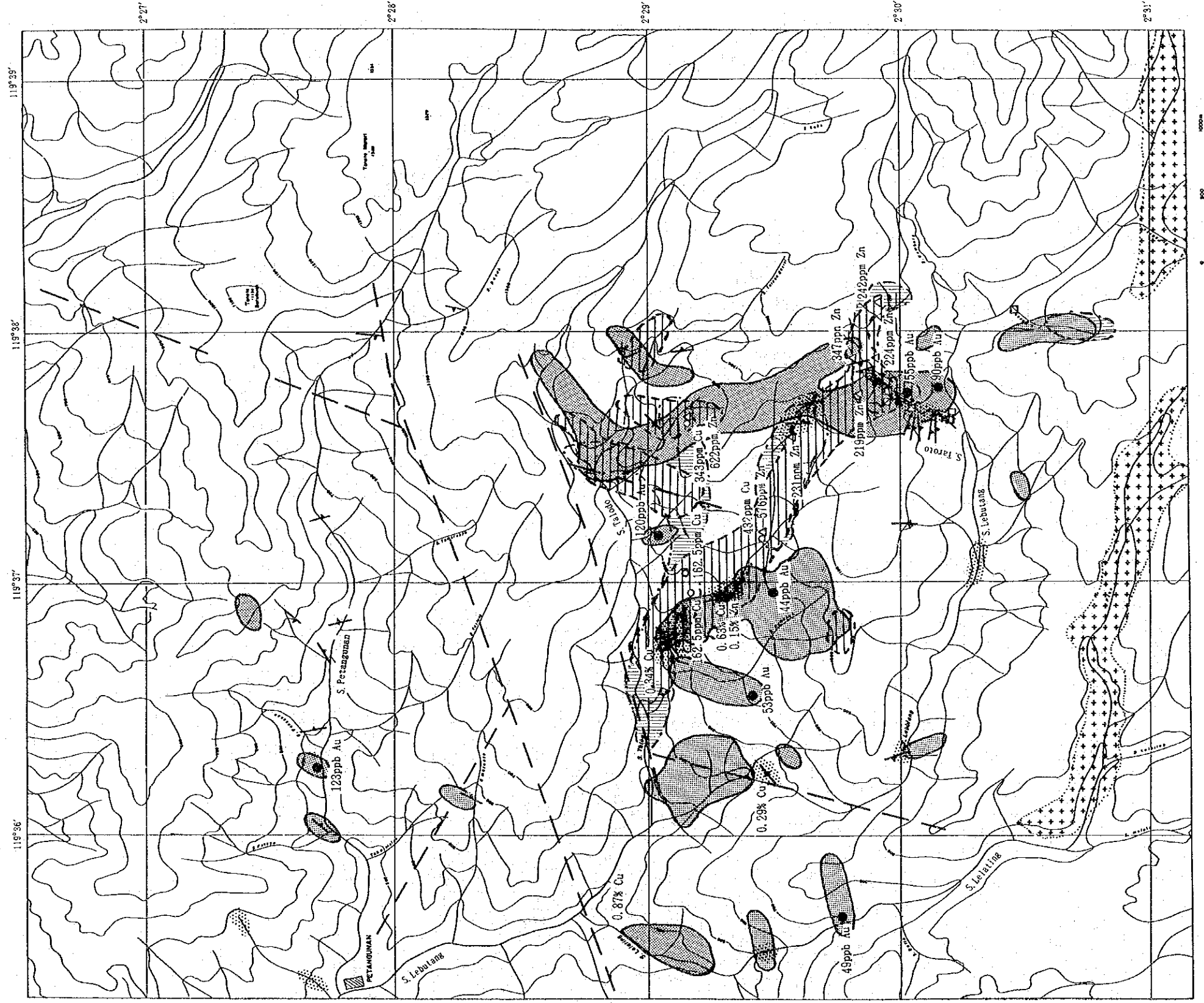


第 1-7図 バトウシ地区調査結果総合解析図



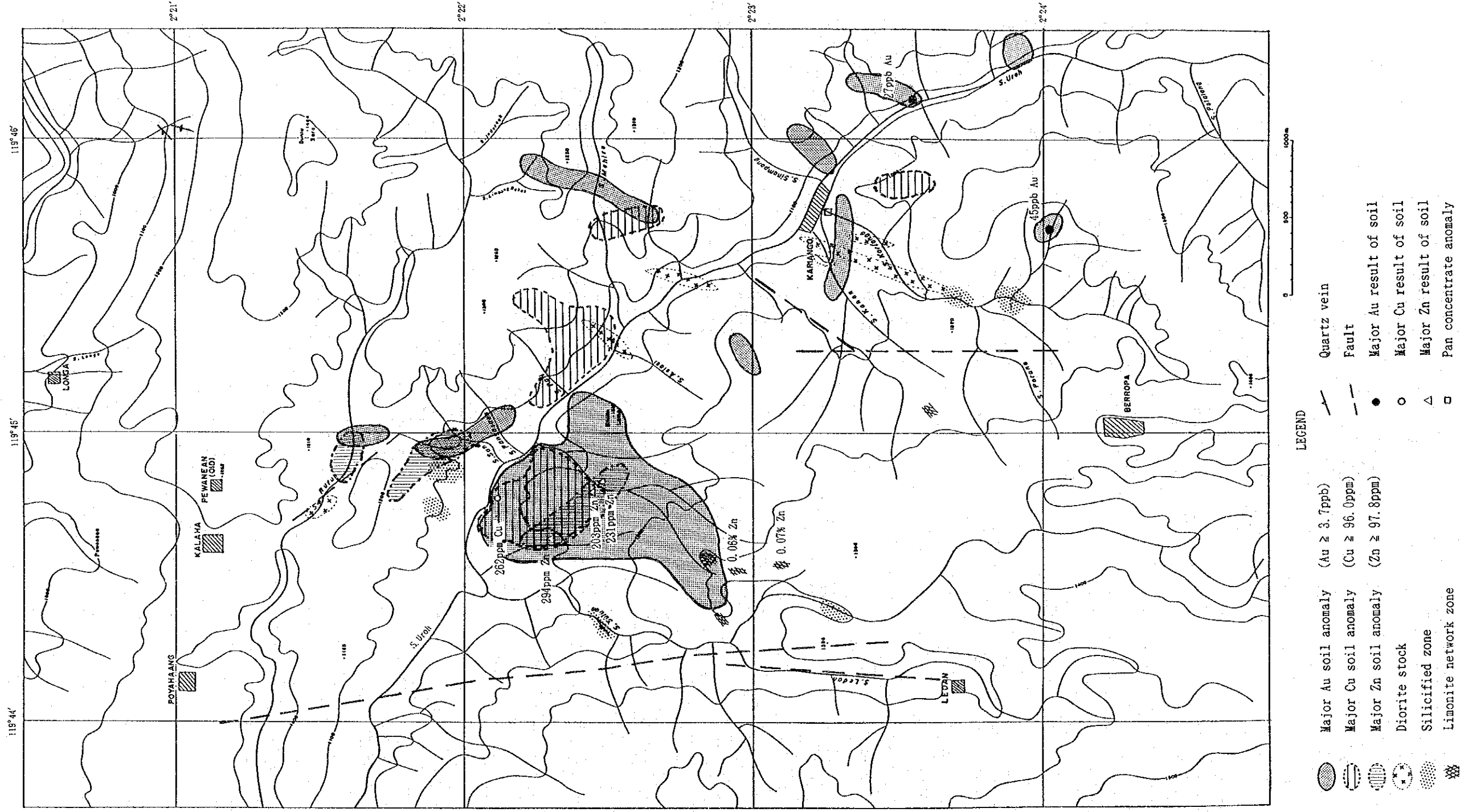
- LEGEND
- Major Au soil anomaly (Au ≥ 3.9ppb)
 - Major Cu soil anomaly (Cu ≥ 95.6ppm)
 - Major Zn soil anomaly (Zn ≥ 142.3ppm)
 - Diorite stock
 - Silicified zone
 - Limonite network zone
 - Py dissemination
 - Quartz vein
 - Fault
 - Major Au result of rock-chip
 - Major Au result of soil
 - Major Cu result of soil

第 1-8 図 バウ地区調査結果総合解析図



- LEGEND
- Major Au soil anomaly (Au ≥ 3.0ppb)
 - Major Cu soil anomaly (Cu ≥ 61.5ppm)
 - Major Zn soil anomaly (Zn ≥ 102.2ppm)
 - Granite
 - Silicified zone
 - Quartz vein
 - Fault
 - Major Au result of soil
 - Major Cu result of soil
 - Major Zn result of soil
 - Pan concentrate anomaly

第 1-9 図 レブタン川地区調査結果総合解析図



第1-10図 カリヤング地区調査結果総合解析図

第Ⅱ部 各 論

第 II 部 各 論

第 1 章 広域調査

1-1 序 論

現地調査に先立ち、調査対象地域の一般地質に関する情報を得るために、既存地質資料の解析及び衛星画像写真地質解析が行われた。

第 1 年次に行われた広域調査の対象地域は、面積約 3,000km²の範囲である。調査としては、広域地質調査と河床堆積物地化学探査が実施された。広域調査の結果により、パトゥインとパウの 2 地区が選出され、準精査が行われた。準精査としては、地質調査、パンニング調査及び土壌地化学探査の予察調査が実施された。又、同時にパトゥイン地区において、水銀ガス地化学探査と植物の葉による地化学探査の熱帯地域への適用試験が行われた。

1-2 衛星画像写真地質解析

1-2-1 調査方法

衛星画像による写真地質学的解析の目的は、第一に現地調査に使うための水系図を作ること、そして第二に調査地域の地質単元と広域地質構造を解析して地質調査・地化学探査の指針を得ることにある。既述の如く、本年の調査地域に関しては適当な地形図がなく、第一に挙げた目的が第二のものに劣らず非常に重要であった。

検討に使用した画像は、縮尺 1:100,000 の Landsat TM 及び SPOT HRV の フォールスカラー・プリントである。SPOT 画像の場合、マルチスペクトル・モードの 1, 2, 3 バンドを使用し、それぞれに青、緑、赤を加色し フォールスカラー・プリントを作成した。TM 画像は一般に植生地域の地質判読に適しているとされる 2, 3, 4 バンドを使用した。それぞれの画像がカバーする範囲を第 2-1-1 図に示す。画像データの詳細については下に記す。

SPOT のマルチスペクトル・モードは空間分解能が高いとされている。しかし今回使用したシーンは熱帯雨林地域に特有のヘイズ現象のために薄膜に覆われた如く霧が掛っていた。また調査地域全体をカバーしておらず、調査地域南東部が画像範囲外であった。このような欠点は、やや雲量が多いが、TM 画像を使用して補った。また今回は、TM, SPOT の両画像を比較して地質解析を行ったが、判読結果に大きな差異は認められなかった。

LANDSAT TM DATA	PATH	ROW	DATA ACQUISITION DATE	CLOUD COVER	ID NO
(LANDSAT-4)	114	62	16 Dec, 1990	10 %	Y4307501350X0
BAND SELECTION	2 3 4 = B G R				

SPOT HRV (SPOT-1)	K 309	J 355	DATA ACQUISITION DATE 18 Sep, 1987	CLOUD COVER 0~25 %	QUALITY E
MODE SELECTION		MULTISPECTRAL (XS)			

調査地域が熱帯雨林地帯に位置しているため、植生が判読の妨げになる地域があることが予想された。それに加えるに、地質単元区分に通常利用される堆積構造が本地域では不明瞭であった。そのような特性のため、特に地形的性質と組織、水系のパターンと密度、及び線状構造の解析に重点を置いた。また花崗岩体の境界同定には留意した。

1-2-2 写真地質解析結果

(1) 地質単元

本調査地域においては、画像の写真地質学的特徴に基づいて、4つの主要な地質単元が区分同定された。それは、高い抵抗度を示す火成岩ユニット(G)、高ないし中抵抗度の堆積岩ユニット(K)、中から低抵抗度の碎屑岩ユニット(T)、そして非常に低い抵抗度を示す未固結堆積物(Q)から構成されている。ユニットKとTについてはさらに詳細を検討した結果、 K_1 、 K_2 と、 T_1 から T_5 にそれぞれ細分された。写真地質学的な地質区分の検討結果については第2-1-1表にまとめを掲載した。判読結果は第2-1-2図に示した。

①ユニット K_1 、 K_2

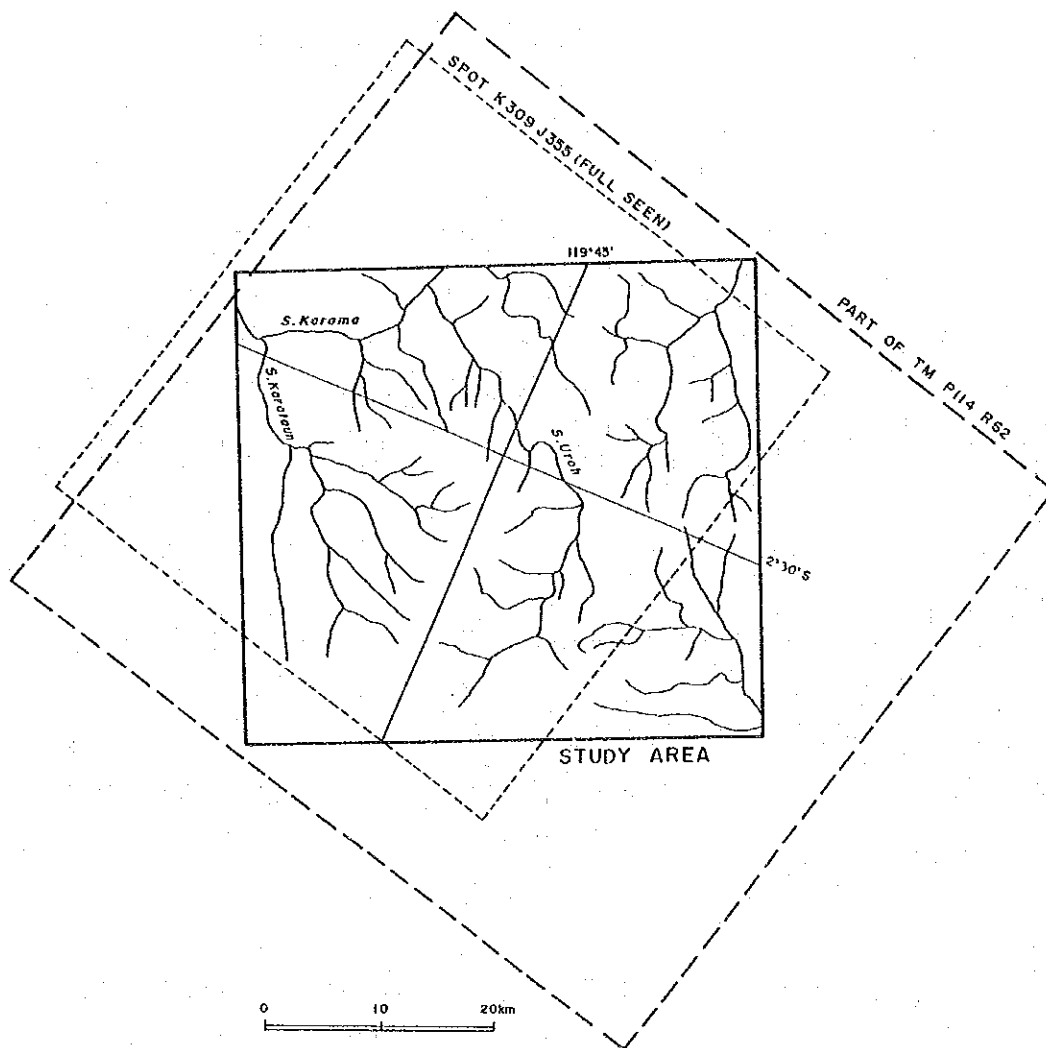
ユニット K_1 は高から中抵抗度の岩石単元である。本ユニットは西部地域に産出し、火成岩体(ユニットG)中に挟まれた形で現れる。堆積構造をある程度有し、弱い破碎ないし成層構造を示す。本ユニットは中生界の変成岩類に対比される。

ユニット K_2 は、地域北西部のカラマ川上流域南岸部に主として分布する。本ユニットは、ラティモジョン層の変堆積岩類の分布域に概ね対応している。中抵抗度の岩石単元という特徴を持つ。画像のモルフォロジー特性から見て、本ユニットは脆性を有する塊状の頁岩ないしシルト岩等の粘土質堆積岩によって構成されているものと考えられる。

②ユニットG

ユニットGは、堅硬、塊状、そして高抵抗度の岩石に相当し、火成岩体を示している。本地域内の数カ所に分布する。西部地域には、最も広い分布が認められる。東部地域にもまた別の岩体が分布する。本ユニットはほぼ花崗岩体の分布に対応している。

西部のユニットの分布域内には、主にNNEないしN-S系の小規模リニアメントが広く発達している。それらは破断割れ目ないし火成岩節理と考えられる。本岩体の内部及び周辺の主として2次的水系パターンも同様の傾向(NNEないしN-S)を示す。



第 2-1-1図 衛星画像範囲図

③ユニットT (T₁~T₅)

ユニットTのグループは、一般に中から低抵抗度を示す。これらのユニットの分布は、変堆積岩類と火成岩体を除いた残りの地域の大部分を占める。全体として塊状で粗い組織を呈し、堆積構造を欠く。これらの特性を既存資料と併せて検討した結果、本グループは古第三紀、新第三紀、及び更新世の時代の火砕岩類に対応するものと解釈された。本グループは細部の検討結果から、5つのメンバーにさらに細分された。細分に当たっては、組織の塊状/層状、及び粗い/スムーズを分類の基礎とした。さらに写真的色調と水系のパターンを考慮に入れた。

④ユニットQ

本ユニットは、2カ所に現れる。一つは北西部のカラマ川北岸であり、他は北東部エノ付近のビトゥエ川最上流域である。

本ユニットの特徴は、非常に低い抵抗度である。本ユニット地域には、低密度の蛇行する水系が分布する。さらに平坦でスムーズな地形と非常に緻密な組織が認められる。これから第四紀の未固結堆積物が推定された。それとともに、耕作地ないし農園をも示していると考えられる。

(2) 地質構造

本調査地域では、堆積面並びにその他の堆積構造が一般に非常に希薄である。そのためユニットどうしの上下関係や相互のつながりを分別することが難しい。

断層・破砕帯を表す写真的リニアメントと、火成岩節理、微細割れ目、ないし微弱な堆積面を示すフラクチャー・トレースが本地域に観察された。また、小規模の向斜構造が認められた。

①リニアメント

地域全体で合計 176のリニアメントが数えられた。それらのリニアメントの卓越する方向は NNEである。つぎに N-SおよびNEが優勢である。これらのリニアメントは西部地域に特徴的に見出された。特に多いのはユニットGの内部とその周囲である。そのほか E-W系のリニアメントも認められた。リニアメントの分布図を第 2-1-2図に示す。方向区分毎のリニアメント出現頻度と合計延長は次の通りである。

DIRECTION		FREQUENCY		TOTAL LENGTH	
			%	km	%
E-W	S78.75°E - N78.75°E	14	8	61.5	11
ENE	N78.75°E - N56.25°E	10	6	43.0	8
NE	N56.25°E - N33.75°E	24	14	85.5	16
NNE	N33.75°E - N11.25°E	59	34	161.5	29
N-S	N11.25°E - N11.25°W	38	21	90.0	16
NNW	N11.25°W - N33.75°W	8	4	33.5	6
NW	N33.75°W - N56.25°W	11	6	37.0	7
WNW	N56.25°W - N78.75°W	12	7	38.0	7
TOTAL		176	100	550.0	100

②フラクチャー・トレース

多数のフラクチャー・トレースが西部地域に認められた。その多くは、 K_1 、 K_2 、及び T_2 ユニット中に見つかっている。フラクチャー・トレースの表す主たる方向は、リニアメントと同じくNNEないしN-Sである。

③向斜構造

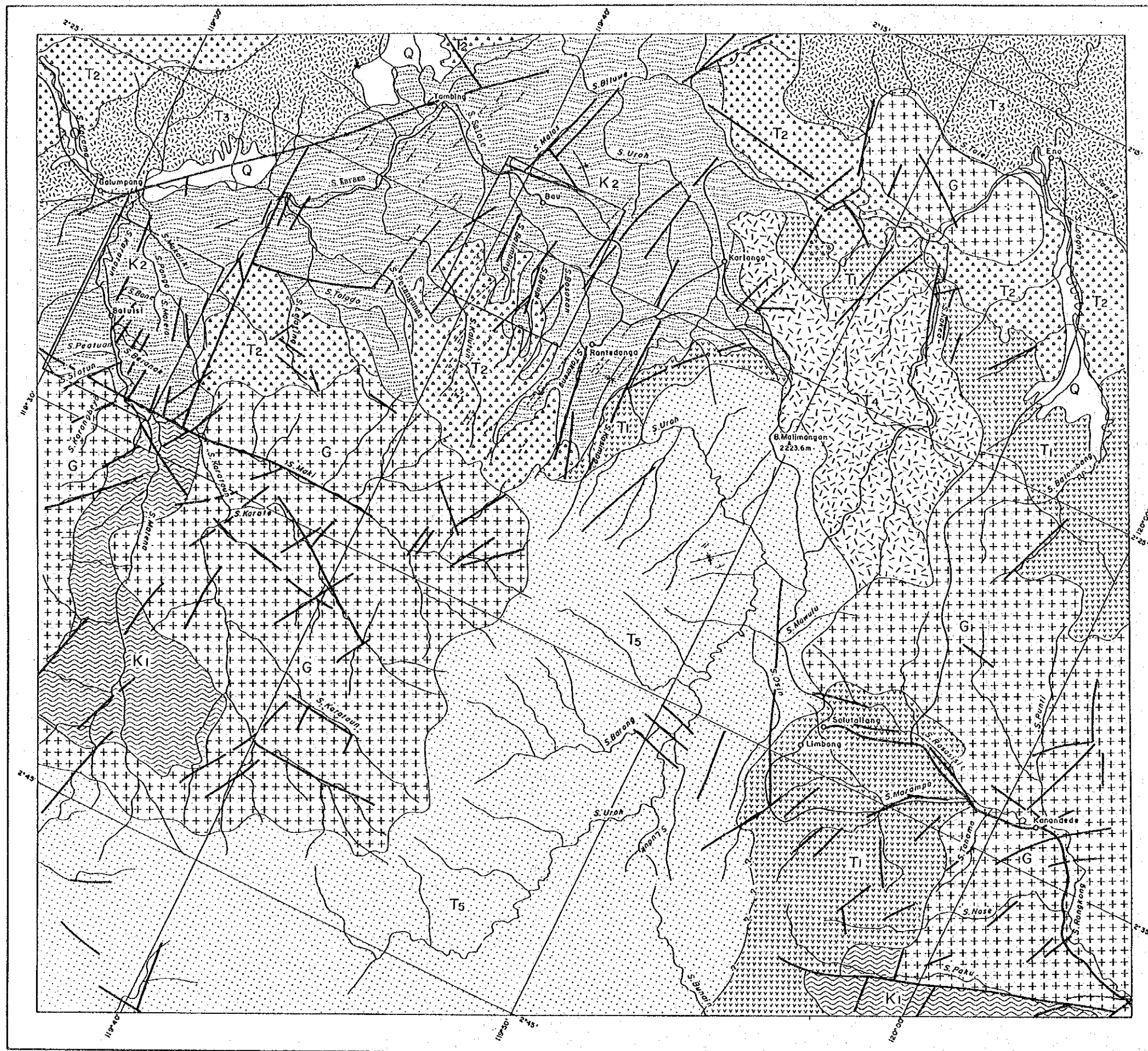
小規模の向斜構造がユニット K_2 及び T_3 中に認められた。この向斜の軸の方向は、それぞれ N-SとNEである。

④水系パターン

三次ないしそれより高次の水系は蛇行して分布する。そして低次の水系の場合には、樹枝状あるいは亜平行状のパターンを一般に示す。しかしながら、それらの中には平行状ないし亜矩形状のパターンを示し特定の方向性を有するものが存在する。西部地域のユニット G 分布域内あるいはその周辺のものは特徴的なNNEないしN-Sの傾向を示す。

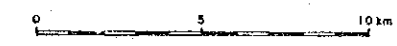
第 2-1-1 表 圖像解析結果總括表

Geologic units	Image-Characteristics				Morphological Expression				Correlation
	Tone	Texture	Vegetation	Drainage Pattern	Density	Landform			
						Cross Section	Resistance	Surface	
Q	Blueish to pale blue	Very fine	Low grass land	Meandering	Low		Very low	Smooth	Alluvial or fluvial and talus deposits
T ₅	Dark blue to Dark brown	Fine	Moderate-high	Subdendritic	High		Low	Horizontal Smooth	Clastics and Pyroclastics
T ₄	Reddish brown	Medium to coarse	High	Subdendritic to subparallel	High		Moderate	Massive	Volcanics (mainly lavas)
T ₃	Dark brown	Coarse	Moderate-high	Subdendritic	High		Low to moderate	Rough	Tuff breccias or lavas
T ₂	Dark brown	Coarse	High	Subdendritic to subparallel	Moderate		Moderate to high	Massive	Tuffs, lavas and some sediments
T ₁	Brown	Medium to coarse	Moderate	Subdendritic	Moderate		Low	Moderate	Tuffs
K ₂	Blueish brown	Fine	Low	Subdendritic	High to moderate		Moderate	Rough and smooth	Sediments and pyroclastics
K ₁	Reddish pale brown	Coarse to medium	Moderate	Subdendritic Partly subparallel	High		Moderate to high	Moderate	Sediments
G	Reddish brown	Medium	Moderate	Subdendritic to subrectangular	High		High	Massive	Granites



LEGEND

- Q Alluvial, fluvial and talus deposits
- T₂ Clastics and pyroclastics
- T₁ Volcanics (mainly lavas)
- T₄ Tuff breccia or lavas
- T₅ Tuffs, lavas and some sediments
- T₁ Tuffs
- K₂ Sediments and Pyroclastics
- K₁ Sediments (metamorphosed rocks?)
- + G + Granites
- Lineament
- - - Fracture trace
- ⋈ Anticlinal, Synclinal axis
- Bedding trace



第 2-1-2图 卫星画像写真地質学的解析图

1-3 地質調査

1-3-1 調査方法

本調査に当たっては、事前に既存地質情報のまとめと衛星画像による写真地質学的解析により、調査地域の地質的位置付けがなされ、その結果に基づいて地質調査と地化学探査が実施された。

現地調査に先立ち、SPOT及びTMの画像から縮尺 1:100,000の水系図が準備され、それとともに写真地質学的解析がなされた。画像をもとに縮尺1:50,000に拡大した水系図を使って全地域に対する地質調査と河床堆積物による地化学探査が実施された。現地調査ではGPS測定器を用いて主要地点の位置の同定がなされた。

広域地質調査の過程で幾つかの鉱化地域が見出された。これらの現地調査の結果と変質作用・鉱化作用に関する既存情報を総合して、次の2地区の準精査地域が設定され、地質調査とパンニング・土壌試料採取の地化学探査からなる準精査が行われた。その2地区とは、①バウ地区と、②バトゥイシ地区である。準精査においては、歩測ないし50mテープとプラントタイプのコンパスを用いて、縮尺1:10,000のルートマップが作成された。重要な鉱徴地についてはさらに細かい調査がなされ、分析・試験用に試料が採取された。

全地域に対する調査の踏査距離は324kmに達し、縮尺 1:100,000の地質図が調製された。さらに準精査によって、153kmの踏査距離が調査され、縮尺1:25,000の地質図が作成された。

本調査での採取試料数は、河床堆積物 1,010個、パンニング精鉱 366個、土壌 510個、薄片及び全岩分析用の岩石試料50個余、X線解析用変質岩・粘土試料50個余、年代測定用の火成岩試料 5個、そして鉱石分析及び研磨片用試料30個余であった。これらの試験分析結果は、第 2-1-2～ 2-1-6表にまとめられている。

1-3-2 地質層序

本地域の地質は、既に述べた通り次の7単元から構成されている。

- ①中生界の片麻岩及び片岩（変成岩類、地域の基盤岩）
- ②推定白亜系の変堆積岩類。スレート、頁岩ないしシルト岩、安山岩溶岩と粗粒玄武岩からなる（ラティモジョン層）
- ③古第三系の陸棚堆積物。頁岩、砂岩、石灰岩等（トラジャ層）
- ④下部中新統の火山岩・堆積岩類。主として酸性から中性の火山砕屑岩類—軽石凝灰岩、凝灰岩、石英安山岩溶岩—及び頁岩とからなる（ラマン火山岩類）
- ⑤中部ないし上部中新統の火山岩・堆積岩類。石灰質堆積物、塩基性凝灰岩と溶岩が主（ペロバ凝灰岩類、セカラ層、タラヤ火山岩類）
- ⑥中新世の花崗岩パソリス及び岩株（ママサ花崗岩とカンブーノ花崗岩）

⑦更新統の酸性火山岩類。石英安山岩質の結晶凝灰岩が卓越する（バルブ凝灰岩類）

調査地域の地質構造に関しては、中生界から新第三系の火山岩一堆積岩系列を切るNW及びE-W系の断層が存在する。当地域はNWないしNNW系のフォッサ・サラシナ破碎帯の南に位置し、それに平行する広域的なNNW方向の構造が走っている。その他花崗岩バソリスの侵入による構造が地域の構造を特徴づけている。調査地域主要部は、二つの花崗岩体によって東と西から挟まれている。

調査地域の地質と地質断面を添付図に掲げた。第1-6図は調査地域の地質層序と火成活動を示している。

(1) 変成岩類

本調査地域に出る最古の岩石である。黒雲母片麻岩が西部地域における本岩類の代表的岩相であり、ママサ花崗岩体に密接して産出する。

外観は淡灰色の片麻岩ないし片岩組織を呈する。鏡下では中粒の石英、斜長石、黒雲母、普通角閃石、及び不透明鉱物からなっており、鱗状（レピドブラスティック）組織を呈する。調査地域南東部のパク川にも、本変成岩類に属する黒雲母片麻岩と雲母片岩が産出する。

(2) ラティモジョン層

ラティモジョン層の変堆積岩類は、スレート、千枚岩質頁岩ないしシルト岩、変質安山岩、そして変質玄武岩ないし粗粒玄武岩から構成されている。その分布は地域北西部に広く認められる。また地域南東部にも小規模に分布する。

本層の下部は、一般にスレートと千枚岩質黒色頁岩とからなる。一方上部は、比較的塊状のシルト岩からなる。石英砂岩とレンズ状石灰岩が下部に局部的に挟まれる。

安山岩、玄武岩、および粗粒玄武岩が変堆積岩類の中に産出する。サロレ川とカラタウン川には、暗黒色プロピライト様の安山岩が分布する。また、サロレ川とタロト川には変堆積岩類中に粗粒玄武岩ないし輝緑岩相が産出する。その岩石を鏡下で検すると、半自形、充填状、ないしオフィティック組織を呈する。細粒から中粒の斜長石、輝石／普通角閃石、緑簾石、及び少量の石英とから構成されている。緑泥石化と弱い絹雲母化作用が観察される。

タラワ川では橄欖石斑礫岩の貫入岩体が見ついている。その岩体はタラワ川中流域の鉍化帯中に産し、中程度に緑泥石化作用を受けている。本岩（試料D38R）をK-Ar年代測定した結果 205±10 Maの年代（ジュラ紀）を得た。したがって、この結果によるとラティモジョン層の一部は既存資料が採る時代よりも古い可能性が出てきた。

(3) トラジャ層

中生界の地層を不整合に覆い、頁岩、砂岩、石灰岩からなる古第三系トラジャ層がくる。本層の分布は限られており、北西部の一部と南東部の一部に産出する。北西部では石灰質頁岩ないしシルト岩が分布する。本層は調査地域外南方に発達している。

(4) ラマン火山岩類

下部中新統に属する酸性から中性組成の火山岩類が東部地域のマランパ川からその北方ラサンシ川に至る地域に広く分布する。本岩類の主体は、石英安山岩、普通輝石安山岩溶岩、細粒凝灰岩、火山礫凝灰岩等である。溶岩は一般に塊状で斑状の外観を持つが、一部に水冷破碎構造を呈する部分もある。絹雲母と緑泥石の変質が弱く認められる。マランパ川には、緑泥石-カオリン-黄鉄鉱の組み合わせの強い変質帯が観察された。

ラサンシ川では、ラマン火山岩類中に玄武岩溶岩と玄武岩質凝灰岩の薄層が産出する。玄武岩質薄層は頁岩と石灰岩を伴う。この部分については、ラマン火山岩類の下部メンバーであり、時代的には、古第三紀後期の可能性があると解釈される。

(5) ベロバ凝灰岩類

中部から上部中新統の火山岩-堆積岩類は下位から上位に向けて、ベロバ凝灰岩類、セカラ層、そしてタラヤ火山岩類の3種類にさらに区分される。

ベロバ凝灰岩類は、安山岩、玄武岩溶岩、安山岩質ないし玄武岩質凝灰岩、およびシルト岩ないし砂岩等の互層から構成される。主としてウロ川の中流域に産出する。ベロバ凝灰岩類には緑泥石-炭酸塩化変質が認められた。

(6) セカラ層

セカラ層は、黒色頁岩とシルト岩を主とする。その中に玄武岩溶岩・玄武岩質凝灰岩薄層が挟まれて産出する。堆積岩相は場所により微弱な変成を受けており、千枚岩状を示す。セカラ層中には石灰岩のレンズを含む。本層は調査地域の北部に広く分布する。

(7) タラヤ火山岩類

中性から塩基性組成の火山岩類が新第三系の最上部に産出する。それは主として安山岩溶岩と火山角礫岩からなる。本岩類中には玄武岩溶岩と玄武岩質凝灰岩が挟在される。地域の南西部から北東部にかけての主な高い山には、本タラヤ火山岩類が分布する。北西部のガルンパン地域の山腹・山頂もやはりこの火山岩類が覆う。

(8) バルブ凝灰岩類

バルブ凝灰岩類は、主として石英安山岩質の溶岩と凝灰岩類からなる。本岩は調査地域

東部の高度の高い地帯に広く分布する。この凝灰岩類の代表的岩相は石英安山岩質結晶凝灰岩である。その鏡下における岩相は、黒雲母、斜長石、石英、及び輝石等の結晶破片が球顆状あるいは微晶質の長石からなる基質中に分布する。石質片もしばしば含有されている。

1-3-3 貫入岩

(1) カンブーノ花崗岩

カンブーノ花崗岩は、調査地域の南東部に分布し、石英モンゾニ岩と閃緑岩からなる。アプライト岩脈が各所で本岩体中に産出する。石英モンゾニ岩は、鏡下では主として斜長石、正長石、石英、及び黒雲母から構成されている。随伴鉱物としては、白雲母、普通角閃石、磷灰石、チタン石、ジルコン等が認められる。一般に細粒ないし中粒の完晶質半自形粒状組織を呈する。

カンブーノ花崗岩に属する小岩株・岩脈が東部地域内に数ヶ所分布する。その内最大の岩株はビトゥエ川の上流に産出し、その大きさは凡そ2km×5kmである。代表的な岩相は、花崗閃緑岩質のものであり、斜長石、黒雲母と少量の輝石斑晶からなる。細粒ないし中粒の半自形～自形斑状組織を呈する。

K-Ar法による年代測定結果では、11.4-10.4 Ma（中新世後期）という年代が得られている。年代測定結果は、第2-1-2表に示した。

(2) ママサ花崗岩

ママサ花崗岩バソリスは、主として石英モンゾニ岩と斑状石英閃緑岩から構成される。本岩は調査地域南西部に広く分布している。石英モンゾニ岩を鏡下で検すると中粒の完晶質・半自形粒状組織を呈する。斑晶鉱物としては、斜長石、正長石、黒雲母、石英、及び普通角閃石が認められる。また、磷灰石、チタン石、ジルコン等が随伴鉱物として認められる。

ママサ花崗岩の構成メンバーと考えられる拳大の長石斑晶を含有する斑状石英閃緑岩の転石は、カラタウン川上流やマレナ川においてしばしば観察された。

ママサ花崗岩に属するものとしては、花崗閃緑岩及び閃緑岩の小岩株・岩脈が、調査地域の北西部においてラティモジョン層の変堆積岩類中に産出する。

K-Ar法による年代測定結果では、7.5-7.1 Ma（中新世後期）という年代が得られている。

(3) 斑状安山岩

本地域では、斑状安山岩のドーム及び岩脈が最も一般的な貫入岩相を表している。本岩は、ラティモジョン層の変堆積岩類からタラヤ火山岩類に属する火山角礫岩に至る地層中

第 2-1-2表 K-Ar 法による年代測定結果表

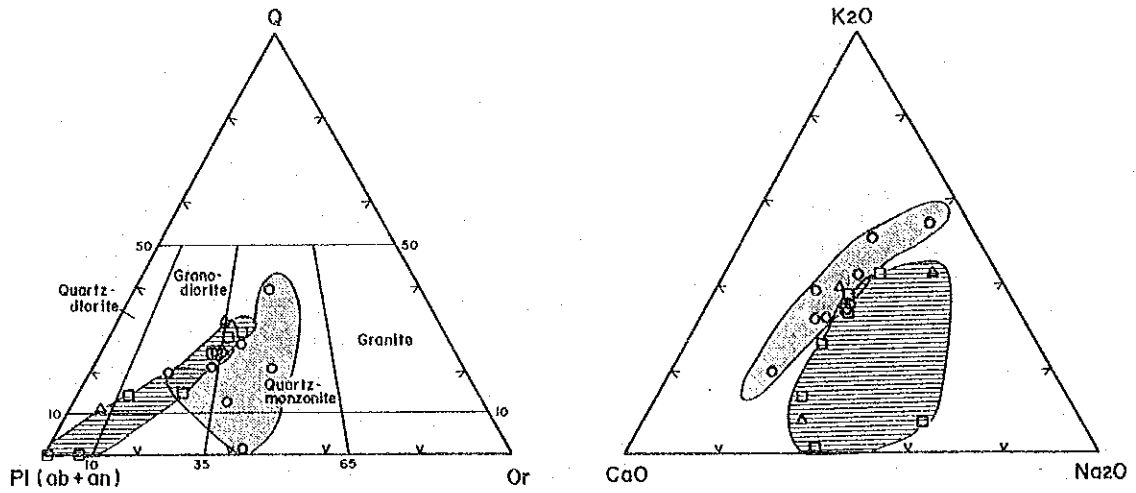
Sample No.	Locality	Rock Name	Sample Type	K wt%	Rad ⁴⁰ Ar 10 ⁻⁵ cc/gr	K-Ar age Ma	% ⁴⁰ Ar
C12R	S.Marampa (1)	Quartz	Whole	3.46	0.140	10.4±0.5	62.0
		Monzonite	Rock	3.47	0.140		56.8
C23R	S.Betuwe (2)	Granodiorite	Whole	3.50	0.156	11.4±0.6	72.0
			Rock	3.50	0.155		71.0
C33R	S.Karataun (3)	Quartz	Whole	3.26	0.089	7.1±0.4	56.2
		Monzonite	Rock	3.24	0.090		66.4
D30R	S.Matena (3)	Quartz	Whole	4.43	0.128	7.5±0.4	59.3
		Monzonite	Rock	4.39	0.128		61.8
D38R	S.Tarawa (4)	Gabbro	Whole	0.27	0.231	205±10	73.8
			Rock	0.27	0.225		73.7

※ Samples are;

(1) Kambuno granite, (2) Stock of Kambuno granite, (3) Mamasa granite

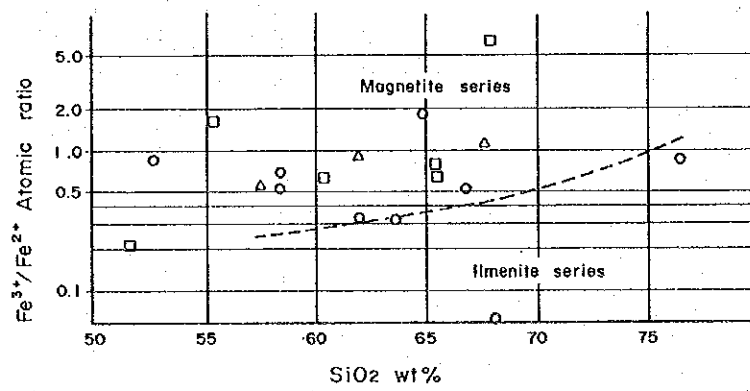
(4) Dyke rock intruded in metasediments of the Latimojong Formation.

※ Analysis conducted by Teledyne Isotopes, USA.



Normative Quartz-Plagioclase-Orthoclase Diagram

K₂O - Na₂O - CaO Diagram



Fe³⁺ / Fe²⁺ Ratio - SiO₂ Diagram

LEGEND

- ◻ ○ Kambuno Granite (Tmk)
- ▨ □ Mamasa Granite (Tmg)
- △ Stocks and Dykes

第 2-1-3図 花崗岩類のノルム及び化学組成検討ダイアグラム

第 2-1-3表 全岩分析結果及びバブルム計算表 (1/3)

/S.No	A01R	A03R	A05R	A06R	A23R	A28R	A30R	B02R	B09R	B10R	B25R	B30R	B31R	B35R	C04R	C07R	C08R	C13R
	Qt	Toml	Toml	Toml	Dyke	Kl	Dyke	Qt	Dyke	Dyke	Kl	Kl	Kl	Kl	Toml	Toml	Qt	Qt
Formation	Uroh	Karampa	Marampa	Marampa	Karataum	Karataum	Karataum	Uroh	Uroh	Uroh	Petaganan	Taroto	Taroto	Lebintang	Rasasisi	Rasasisi	Rasasisi	Kakea
SiO ₂	67.550	72.850	58.900	68.110	47.050	61.120	57.550	64.850	60.460	57.290	49.120	50.480	49.000	45.350	67.580	51.450	71.570	52.640
TiO ₂	0.440	0.440	1.000	0.450	0.540	0.470	0.690	0.690	0.710	0.640	1.340	1.530	1.450	1.880	0.510	0.680	0.380	1.180
Al ₂ O ₃	15.960	13.450	13.630	13.060	8.910	17.160	17.850	15.490	15.820	13.460	16.410	13.600	14.060	15.730	15.250	18.390	14.530	17.180
Fe ₂ O ₃	3.210	1.840	3.563	1.629	2.718	1.615	2.084	1.997	1.456	2.837	2.236	2.349	3.056	3.015	1.543	3.598	1.539	3.530
FeO	0.860	0.270	1.770	0.910	3.700	3.550	3.880	1.910	3.810	3.620	7.130	8.180	7.400	8.310	0.960	3.700	0.640	3.860
MnO	0.160	0.005	0.040	0.050	0.150	0.100	0.100	0.050	0.110	0.190	0.160	0.220	0.190	0.170	0.040	0.120	0.030	0.130
MgO	0.870	0.560	4.180	0.980	7.460	2.880	4.290	2.290	3.200	6.200	5.420	7.480	8.120	9.100	1.310	3.430	0.850	2.400
CaO	2.210	0.000	3.750	3.860	12.550	2.640	7.120	3.810	4.070	5.950	5.530	9.410	9.250	6.390	2.950	7.240	1.530	5.520
Na ₂ O	3.010	2.160	0.690	2.360	1.640	4.990	4.350	2.660	3.660	3.070	4.890	3.280	3.240	3.680	2.340	4.390	3.110	3.030
K ₂ O	4.260	4.750	4.920	3.340	0.130	1.160	0.900	4.210	3.850	3.080	0.150	0.130	0.120	0.060	3.030	0.780	4.270	5.420
P ₂ O ₅	0.150	0.360	0.760	0.200	0.090	0.140	0.120	0.290	0.320	0.240	0.190	0.110	0.100	0.200	0.220	0.260	0.190	0.750
BaO	0.110	0.080	0.200	0.070	0.010	0.010	0.010	0.090	0.120	0.100	0.005	0.005	0.005	0.005	0.020	0.090	0.290	0.290
LOI	2.500	3.420	6.010	5.670	15.160	4.240	2.040	2.390	1.760	2.210	5.560	0.800	1.230	3.660	4.710	5.730	1.600	2.520
TOTAL	100.830	100.185	99.413	100.689	100.108	99.925	100.484	100.617	99.346	98.887	98.141	97.574	97.241	97.550	100.563	99.788	100.329	98.450
Formation	Uroh	Karampa	Marampa	Marampa	Karataum	Karataum	Karataum	Uroh	Uroh	Uroh	Petaganan	Taroto	Taroto	Lebintang	Rasasisi	Rasasisi	Rasasisi	Kakea
Location	Uroh	Kakea	Kakea	Kakea	Biture	Salore	Maki	Maki	Karate	Karataum	Dyke	Kl	Kl	Kl	Toml	Toml	Qt	Qt

/S.No	C14R	C15R	C16R	C17R	C24R	C30R	C31R	C32R	C34R	C36R	C37R	D07R	D08R	D11R	D12R	D13R	D24R	D25R
	Qt	Toml	Toml	Toml	Toml	Kl	Kl	Qt	Dyke	Dyke	Kl	Kl	Kl	Kl	Toml	Toml	Dyke	Dyke
Formation	Kakea	Kakea	Kakea	Kakea	Kakea	Salore	Maki <th>Maki</th> <th>Karate</th> <th>Karataum</th> <th>Dyke</th> <th>Uroh</th> <th>Uroh</th> <th>Uroh</th> <th>Kasimpo</th> <th>Rau</th> <th>Dyke</th> <th>Dyke</th>	Maki	Karate	Karataum	Dyke	Uroh	Uroh	Uroh	Kasimpo	Rau	Dyke	Dyke
SiO ₂	44.110	45.790	47.170	49.430	58.450	47.800	65.510	65.590	60.510	65.590	40.860	51.290	61.460	46.220	62.050	61.300	46.520	59.270
TiO ₂	1.050	1.060	1.070	0.970	0.740	1.500	0.690	0.690	0.910	0.710	0.300	1.160	0.960	0.920	0.760	0.460	0.290	0.980
Al ₂ O ₃	16.750	16.520	12.140	15.790	13.490	15.730	14.960	15.490	16.800	15.090	17.560	16.380	14.980	16.950	16.140	18.980	17.530	16.900
Fe ₂ O ₃	5.806	4.912	7.650	3.968	2.443	1.741	1.994	1.441	2.180	1.741	3.597	5.696	3.225	6.316	3.024	4.411	2.914	3.146
FeO	3.540	4.740	3.320	4.330	3.120	6.820	2.210	2.060	3.140	2.420	2.540	3.360	3.720	3.720	3.020	0.440	4.010	2.370
MnO	0.180	0.170	0.160	0.160	0.130	0.140	0.070	0.080	0.090	0.070	0.310	0.140	0.060	0.160	0.070	0.110	0.120	0.070
MgO	5.870	6.060	6.510	6.410	5.880	6.620	2.820	1.410	3.860	2.840	8.250	4.370	2.700	5.140	2.920	1.900	10.970	4.020
CaO	8.420	10.760	9.970	8.480	5.250	6.150	3.800	3.740	5.330	3.740	24.430	6.760	3.480	9.950	1.020	1.670	10.260	5.300
Na ₂ O	3.030	2.690	2.390	2.470	2.980	5.380	3.210	3.060	3.480	3.180	0.360	4.620	3.400	1.870	3.480	5.070	2.240	3.180
K ₂ O	2.280	1.600	2.970	2.840	3.850	0.070	3.610	3.260	3.090	3.600	0.050	2.270	6.250	3.420	3.480	2.390	0.050	4.000
P ₂ O ₅	0.570	0.600	0.570	0.530	0.450	0.180	0.240	0.280	0.350	0.270	0.005	0.820	0.760	0.640	0.340	0.370	0.010	0.460
BaO	0.100	0.110	0.130	0.190	0.130	0.005	0.070	0.070	0.080	0.070	0.005	0.330	0.260	0.180	0.100	0.150	0.005	0.160
LOI	7.050	3.370	4.160	3.640	2.100	6.520	0.870	3.550	0.970	0.970	1.540	1.990	1.180	3.630	3.140	3.570	4.130	0.005
TOTAL	98.756	98.382	98.210	99.208	98.917	97.856	100.044	100.651	100.790	100.201	99.907	99.186	100.045	99.116	99.494	100.821	99.049	99.861
Formation	Kakea	Kakea	Kakea	Kakea	Kakea	Salore	Maki	Maki	Karate	Karataum	Dyke	Uroh	Uroh	Uroh	Kasimpo	Rau	Dyke	Dyke
Location	Kakea	Kakea	Kakea	Kakea	Biture	Salore	Maki	Maki	Karate	Karataum	Dyke	Uroh	Uroh	Uroh	Kasimpo	Rau	Dyke	Dyke

Abbreviation: Qt:Barupu Tuffs, Tat:Talaya volcanic rocks, Tmk:Kamburo granite, Tng:Manasa granite, Tmb:Beropa tuffs, Toml:Lamasi volcanic rocks, Kl:Latimojong Formation
Mw:Batuan Malihan Metamorphic Rocks

第 2-1-3表 全岩分析結果及びノルム計算表 (2/3)

S.No	D27E	D29E	D31E	D40E	E01E	E03E	E05E	E07E	E09E	E13E	E23E	E44E	E47E	G01E
SiO ₂	68.130	57.800	67.930	44.690	66.750	63.630	61.970	58.470	64.950	76.560	55.220	62.090	51.640	67.730
TiO ₂	0.620	0.620	0.630	4.350	0.590	0.700	0.760	1.000	0.540	0.080	0.570	0.430	1.560	0.420
Al ₂ O ₃	15.240	15.160	15.650	12.080	15.760	15.620	16.420	16.710	15.630	13.290	18.010	17.680	16.500	15.060
Fe ₂ O ₃	0.000	1.669	2.413	2.695	1.053	1.017	1.024	2.242	2.578	0.273	3.855	1.647	1.441	2.239
FeO	3.820	1.360	0.330	11.450	1.860	2.990	2.930	3.840	1.190	0.333	2.110	3.350	6.460	0.550
MnO	0.050	0.050	0.030	0.240	0.050	0.070	0.060	0.110	0.060	0.010	0.140	0.100	0.130	0.040
MgO	1.700	1.670	1.390	3.210	1.510	3.980	2.540	4.460	2.630	0.210	3.250	2.530	4.900	1.120
CaO	3.390	3.350	2.460	6.520	3.010	4.430	2.210	6.490	3.630	0.710	6.390	3.410	3.950	2.420
Na ₂ O	2.980	2.920	3.400	4.470	2.980	2.910	2.810	2.390	3.220	3.260	3.630	5.110	7.070	2.050
K ₂ O	3.790	3.830	4.300	0.070	4.400	3.530	5.200	2.190	3.720	4.730	1.520	1.060	0.840	4.380
P ₂ O ₅	0.310	0.290	0.400	0.450	0.140	0.250	0.300	0.240	0.240	0.080	0.410	0.120	0.230	0.260
BaO	0.080	0.080	0.130	0.010	0.060	0.070	0.120	0.060	0.080	0.010	0.090	0.030	0.060	0.080
LOI	1.160	1.750	1.180	6.230	2.140	1.360	3.810	1.410	2.450	0.570	4.770	2.680	5.230	3.330
TOTAL	100.245	100.549	100.243	96.525	100.303	100.457	100.174	99.612	100.918	130.113	99.365	100.257	100.081	99.723
Formation	Tng	Dyke	Tng	Tarava	Tmk	Tmk	Tmk	Tmk	Tmk	Tmk	Tng	Dyke	Tng	Qt
Location	Matena	Matena	Matena	Tarava	Rongkong	Rongkong	Rongkong	Rongkong	Rongkong	Rongkong	Malas	Pongo	Kakalik	Uron

Abbreviation: Qt;Barupu Tuffs, Tmt;Talaya volcanic rocks, Tmk;Kamburo granite, Tng;Manasa granite, Tmb;Beropa tuffs, Toml;Lamas volcanic rocks, Kl;Latimojong Formation, Mw;Batuan Malihan Metamorphic Rocks

第 2-1-3表 全岩分析結果及びノルム計算表 (3/3)

/S.No	A30R	C13R	C24R	C31R	C34R	C36R	D12R	D21R	D39R	D3R	B40R	E01R	E03R	E05R	E07R	E09R	E13R	E23R	E41R
Q	7.518	0.993	8.783	21.038	11.734	20.972	22.235	24.221	27.231	25.660	0.000	23.527	17.159	16.528	15.097	20.975	37.777	11.062	0.000
C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.656	0.810	0.811	2.173	0.000	0.958	0.000	2.864	0.000	0.279	1.708	0.000	0.000
or	5.319	32.032	22.754	21.335	18.262	21.276	20.271	22.399	22.635	25.413	0.414	26.004	20.862	30.732	12.943	21.985	27.954	8.983	4.964
ab	36.787	25.624	25.201	27.146	29.430	26.893	29.450	25.201	24.694	28.753	37.802	25.201	24.609	23.764	20.212	27.231	27.569	30.698	48.578
an	26.530	17.273	11.821	15.809	21.100	16.273	2.861	14.809	14.740	8.816	12.700	14.023	18.865	9.021	28.403	16.451	3.004	28.366	10.821
ne	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
yo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
di-no	3.342	2.195	4.721	0.620	1.283	0.221	0.000	0.000	0.000	0.000	6.984	0.000	0.622	0.000	0.932	0.000	0.000	0.282	2.899
di-en	2.302	1.443	3.551	0.454	0.917	0.158	0.000	0.000	0.000	0.000	2.810	0.000	0.429	0.000	0.641	0.000	0.000	0.243	1.648
di-fs	0.770	0.596	0.696	0.094	0.251	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	4.240	0.000	0.154	0.000	0.217	0.000	0.000	0.000	1.127
hy-en	8.377	4.531	11.087	6.556	8.692	6.912	7.269	4.232	4.157	3.460	3.735	3.759	9.487	6.323	10.462	6.547	0.523	7.847	0.000
hy-fs	2.803	1.870	2.173	1.332	2.373	1.920	1.923	6.929	0.183	0.000	5.637	1.664	3.470	3.358	3.536	0.000	0.267	0.010	0.000
cl-fo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.394
cl-fa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.686	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.569
at	2.947	5.116	3.460	2.846	3.160	2.523	4.382	0.000	2.418	0.000	3.906	1.525	1.474	1.484	3.250	2.466	0.396	5.587	2.088
lm	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.412	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.876	0.000	0.000	0.000
tl	1.311	2.242	1.406	1.311	1.729	1.343	1.444	1.178	1.178	0.761	8.264	1.121	1.330	1.482	1.900	1.026	0.152	1.083	2.964
tn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.563	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ap	0.284	1.776	1.065	0.558	0.829	0.639	0.895	0.734	0.687	0.947	1.065	0.331	0.592	0.710	0.568	0.568	0.189	0.971	0.687
TOTAL	98.390	95.660	96.700	93.110	99.760	98.170	96.260	93.020	98.740	98.950	90.230	98.100	99.030	96.250	98.150	98.360	99.540	95.120	94.810
A/CNK	1.443	1.230	1.109	1.411	1.412	1.454	2.035	1.500		1.540	1.092	1.517	1.428	1.607	1.510	1.479	1.528	1.561	1.390
D.I.	49.724	53.643	56.738	63.519	59.456	63.141	71.936	71.821		79.826	38.216	74.732	62.630	71.024	48.252	70.191	93.300	50.743	53.587
Fe ³ /Fe ²	0.542	0.823	0.693	0.800	0.625	0.647	0.901		1.104	6.579	0.212	0.509	0.306	0.315	0.525	1.949	0.744	1.644	0.201

に貫入している。中粒の斑岩状組織を有する。検鏡結果に基づくと、多くは普通輝石安山岩であり、一部は黒雲母安山岩である。

調査地域にはまた、石英斑岩の小岩株・岩脈が分布している。石英斑岩は、ラティモジョン層の変堆積岩類からタラヤ火山岩類に属する火山角礫岩に至る地層中に貫入している。

(4) 全岩分析結果

主として火成岩からなる50試料についての全岩分析を実施した。分析成分はBaOとLOIを含めた13成分、分析所はカナダのケメックス社 (Chemex Labs Ltd.) である。分析結果及び花崗岩類に関するCIPWノルム鉱物重量比を第 2-1-3表に掲げる。分析結果は主として火成岩、火山岩の同定の参考にした。

花崗岩類については、分析結果を用いて各種の検討を行った(第 2-1-3図参照)。石英-斜長石-カリ長石 ノルム鉱物重量比のダイアグラム上での岩質区分検討では、カンブーノ花崗岩が石英モンゾニ岩領域のものが中心であり、花崗閃緑岩質のものが少し認められた。これに対してママサ花崗岩は組成の幅が広く、石英モンゾニ岩、花崗閃緑岩、閃緑岩と変化に富む傾向が認められた。次に、 $K_2O-Na_2O_3-CaO$ 重量比についての比較では、カンブーノ花崗岩が K_2O に比較的富むのに対して、ママサ花崗岩は Na_2O に比較的富む傾向が認められた。

花崗岩類生成の珪長質マグマに関する磁鉄鉱系列/チタン鉄鉱系列の区分に使われる $Fe^{3+}/Fe^{2+}-SiO_2$ 図上にデータをプロットしたものは、2, 3の例外を除いて佐藤・石原 (1983) の磁鉄鉱系列の領域に入り、カンブーノ・ママサ花崗岩間に差異は認められなかった。その他、DI (Differentiation Index=分化指数), A/CNK値 ($Al_2O_3/[CaO+Na_2O+K_2O]$ の値) 等についても比較検討を行ったが、両者の間に違いは認められなかった。

以上の結果を総合すると、カンブーノ花崗岩とママサ花崗岩の間には、多少の岩質の違いはあるが、生成マグマ系列にまで至る差異は認められなかった。

1-3-4 地質構造

(1) 褶曲構造

本地域においては、広域的な背斜構造から局部的な小褶曲に至る各種褶曲系列が観察された。

地域北西部から中央部に至る地域において、広域的な背斜構造がラティモジョン層の変堆積岩類、ペロパ凝灰岩類の凝灰質シルト岩、セカラ層の黒色頁岩等の分布域に認められた。カラタウン川の流域に分布するスレートや千枚岩質頁岩は一般に西傾斜である。一方、ピトゥエ川流域の黒色頁岩ないしシルト岩は共通して東に傾斜している。さらに、ウロ川中流の凝灰質シルト岩は緩い東傾斜の傾向を示す。この複背斜構造は、南北方向の軸を有する。