

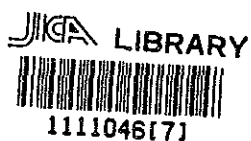
... ..
... ..
... ..

... ..

... ..
... ..

エクアドル共和国 ボリバー地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 3 年 次



平成 3 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

25872

はしがき

日本国政府はエクアドル共和国政府の要請に応え、同国の中央西部に位置するポリバール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、物理探査及びボーリング調査等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、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査は昭和63年度を第1年次とする3年次にあたり、金属鉱業事業団は8名の調査団を編成した平成2年7月3日から平成2年12月1日まで現地に派遣した。

現地調査は、エクアドル共和国政府機関、エクアドル鉱業庁の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本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御協力いただいたエクアドル共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在エクアドル日本大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

平成3年2月

国際協力事業団

総 裁 柳谷 謙介

金属鉱業事業団

理事長 福原 元一

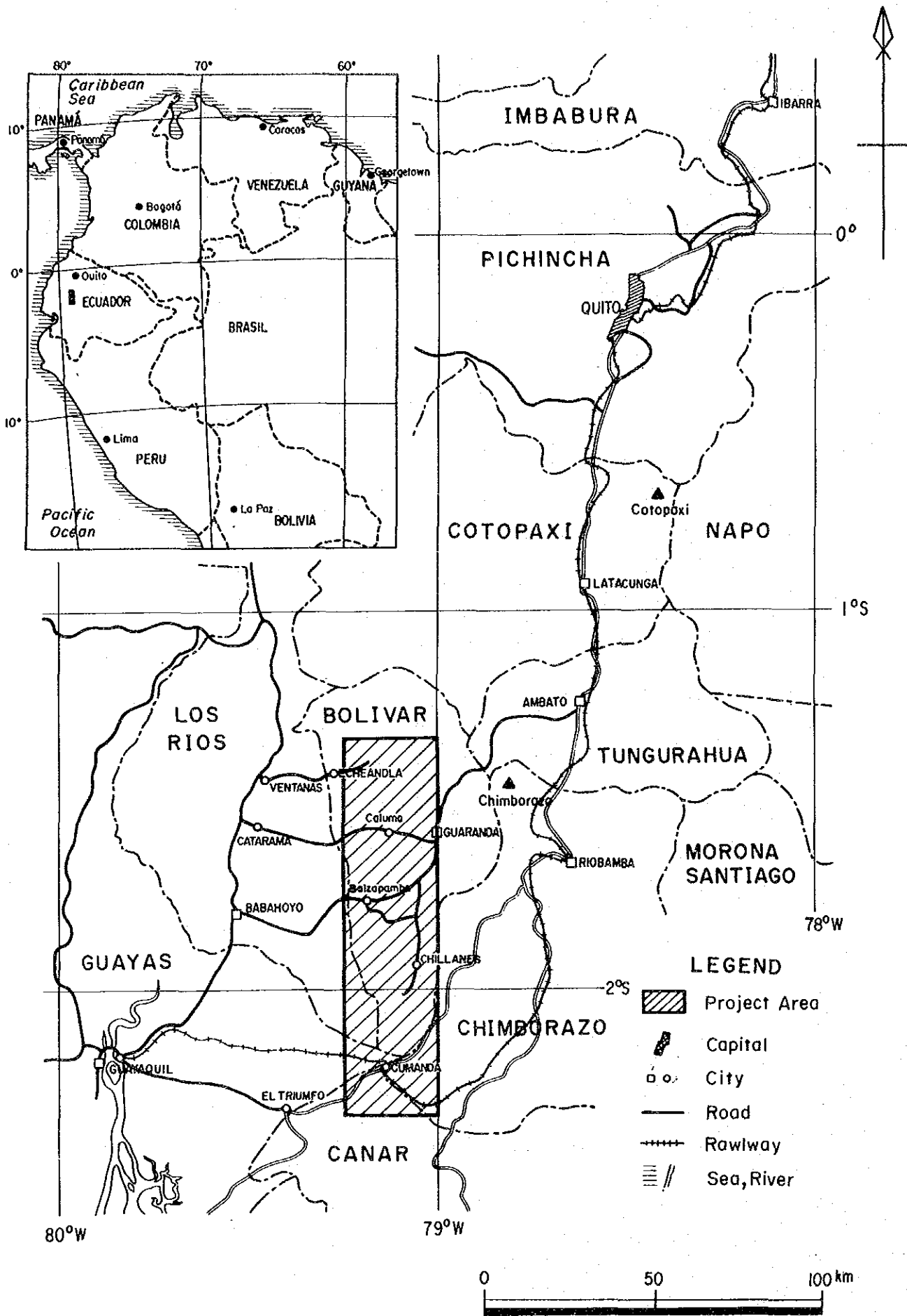


Fig. I

Location map of the project area

要 約

エクアドル共和国ポリバール地域の第3年次調査は、次の2地区において、地質状況を解明することにより、鉱床の賦存状況を把握することを目的として実施された。バルサパンバ地区・オソウアイコ区域では地質精査及びボーリング調査を、テリンベラ地区・北東区域では地質精査、物理探査（IP法）及びボーリング調査を実施した。

調査結果は次のとおりである。

(1) バルサパンバ地区・オソウアイコ区域

本区域の地質は、マクチ層と、これに貫入する花崗閃緑岩から構成される。鉱化帯は、オソウアイコ沢北部鉱化帯とオソウアイコ沢南部鉱化帯の2箇所がある。

このオソウアイコ沢南部鉱化帯南側の周辺で検出されたIP異常帯、高見掛比抵抗及び高FE（5%以上）異常帯に対しボーリング調査を実施した。しかし地表に認められたスカルン化に伴う鉱化は捕捉されず、深度約200~280m間でマクチ層の安山岩（AAn）中に黄銅鉱・黄鉄鉱の“鉱染状鉱化帯”を捕捉した。しかし、深度231.4~264.3m間の鉱石分析結果はCu 0.01~0.18%・平均Cu 0.05%であり、全体として品位は低い。

(2) テリンベラ地区・北東区域

本区域の地質は、マクチ層とこれに貫入する花崗岩類から成る。花崗岩類は、角閃石-黒雲母石英閃緑岩・角閃石石英閃緑岩・優黒質閃緑岩岩脈・粗粒石英閃緑岩岩脈に区分され、これらはNE-SW方向に配列して貫入している。

本区域のポーフリー-カッパー-鉱化帯は、黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染及び細脈帯で、巨視的にはNE-SW方向に延び、角閃石石英閃緑岩を中心にマクチ層まで強い鉱化作用を及ぼしている。

本鉱化帯の露頭は、ウグシャコチャ沢・アシュアカ沢及びこれらの支流の1.5km×1.0kmの範囲に点在する。特に、黄銅鉱が多く存在する範囲は、アシュアカ学校西部の400m×600mである。ここでは、黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染及び細脈が、石英閃緑岩類だけでなくマクチ層の中にも顕著に認められる。また輝水鉛鉱の鉱染も散点的に認められる。本鉱化帯の鉱化露頭で採取された鉱石の分析結果は、南部（ウグシャコチャ沢沿い）では、Cu 0.71~1.38%、北部（アシュアカ沢沿い）では、Cu 0.78~0.89%である。

この鉱化帯の外側は、黄鉄鉱だけの鉱染及び細脈が分布する地帯になっている。

IP法電気探査の結果、6か所で高FE異常が抽出された。FE異常は鉱化に対応し、高比抵抗は珪化変質に、低比抵抗は粘土化変質に対応している。

ボーリング調査はアシュアカ学校の西部及び東部で実施した。その結果は次の通りである。

MJE-8孔では、地表より孔底（深度301.00m）まで角閃石石英閃緑岩中に優勢な黄銅鉱・黄鉄鉱鉱染帯が捕捉された。主な鉱化部の鉱石分析結果は、深度21~102m間でCu 0.02~0.72%・（平均0.468%）であった。また、その他にも部分的にCu 0.10%以上を示す所が数ヶ所認められた。

鉍化は安山岩角礫の捕獲及び母岩自体の角礫化に付随する傾向が認められた。

M J E - 9 孔で、花崗閃緑岩及び角閃石石英閃緑岩中に地表より孔底（深度205.00m）まで黄銅鉍・黄鉄鉍鉍染が認められた。

主な鉍化部の鉍石分析結果は、深度80~105m間でC u 0.10~0.33%（平均0.229 %）、深度124~161m間でC u 0.08~0.55%（平均0.207 %）、で、その他にも部分的にC u 0.10%以上を示す所が数ヶ所認められた。

しかし本孔では全体として安山岩角礫や母岩の角礫化がM J E - 8 孔ほど顕著ではなく、またC u 品位も低かった。

以上の結果を総合すると、下記の3か所が有望な鉍化部としてあげられる。

① アシュアカ鉍化部

地質調査では、アシュアカ小学校を中心にして多数の黄銅鉍・黄鉄鉍の鉍化露頭が認められている。また、I P 法電気探査により潜頭性の低比抵抗・高F E 異常Aとして認められた。またアシュアカの西方及び南方の沢沿いには、黄銅鉍-黄鉄鉍の分布に一致して低見掛比低抵抗異常が認められた。

② ウグシャコチャ沢鉍化部

アシュアカ小学校の南西約500mに位置する。地質精査で黄銅鉍を伴う著しい黄鉄鉍鉍化が認められている。この鉍化部はI P 法電気探査では、アシュアカ南部に北東より舌状に延びる低比低坑・高F E 帯Aとして抽出された。

③ ラス・トレス・クルセス沢鉍化部

アシュアカ小学校の西北西約600mに位置する。地質調査で黄銅鉍を伴う黄鉄鉍鉍化した他、I P 法電気探査によりN N E - S S W 方向に細長く延びる低比抵抗・高F E 異常帯Bとして抽出された。これはこの部分のマクチ層の深部に鉍化帯が賦存する可能性を示している。

第3年次調査結果から、将来の調査として次の調査が提言される。

(1) パルサパンバ地区・オソウアイコ区域 (Fig. III-2-1)

本年次調査によって鉍化露頭部が確認された、オソウアイコ沢北部鉍化帯は規模も大きく、比較的品位も高い。この鉍化帯は角閃石-黒雲母花崗閃緑岩 (G d) 中に胚胎し、鉍化露頭の分布範囲と、第2年次実施のI P 法電気探査の“高比抵抗・高F E 異常帯”の分布範囲は、一致していることが確認された。

従って、更に詳しく鉍化帯の全貌を明らかにするため、Fig. III-2-1 に示した位置でボーリン

グ調査を行うことが望まれる。(ボーリングは、深度300m×2 本程度)

(2) テリンベラ地区・北東区域 (Fig. III-2-2)

本年次調査の地質精査・I P法電気探査・ボーリングによって捕捉されたアシュアカ鉱化部は、規模も大きく、品位も高い。この鉱化帯は角閃石石英閃緑岩 (H Q d) と密接に関連して分布することが明らかにされた。また地質調査では、これら鉱化変質の中心もアシュアカ鉱化部に絞られている。

更に、物理探査では、地質ルート調査で鉱化露頭が認められているアシュアカ周辺の地下深部でI P異常を検出している。

従って、これら鉱化帯 (I P異常帯) の全貌を明らかにするため、Fig. III-2-2 に示した位置でボーリング調査を行うことを提言する。

具体的には、アシュアカ鉱化部 (深度200m×3 本程度) ・ウグシャコチャ沢鉱化部 (深度200m×2 本程度) 及びラス・トレス・クルセス沢鉱化部 (深度200m×1 本程度)

目 次

はしがき	
調査地域位置図	
要約	
目次	

第I部 総論

第1章 序論	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 第2年次調査の結論と提言	1
1-2-1 第2年次調査の結論	1
1-2-2 第3年次調査への提言	4
1-3 第3年次調査の概要	5
1-3-1 調査地域	5
1-3-2 調査目的	5
1-3-3 調査方法	5
1-3-4 調査団の編成	7
1-3-5 調査期間	7
第2章 調査地域の地理	9
2-1 位置及び交通	9
2-2 地形及び水系	9
2-3 気候及び植生	9
第3章 一般地質	11
第4章 調査結果の総合検討	15
4-1 各調査地区の調査結果の検討	15
4-1-1 バルサパンバ地区・オソウアイコ区域	15
4-1-2 テリンベラ地区・北東区域	15

4-2 総合検討	17
4-2-1 火成活動と鉍化作用の特性	17
4-2-2 鉍床賦存のポテンシャル	17
4-2-3 調査手法の評価	20
第5章 結論及び提言	23
5-1 結論	23
5-2 将来への提言	25

第II部 各論

第1章 バルサパンバ地区・オソウアイコ区域	27
1-1 地質調査	27
1-1-1 調査目的及び調査方法	27
1-1-2 地質	27
1-1-3 地質構造	35
1-1-4 鉍化作用及び変質作用	36
1-1-5 帯磁率測定	37
1-2 ボーリング調査	39
1-2-1 調査目的	39
1-2-2 調査工事内容	39
1-2-3 調査結果	41
1-3 オソウアイコ区域の調査結果の検討	44
第2章 テリンベラ地区・北東区域	47
2-1 地質調査	47
2-1-1 調査目的及び調査方法	47
2-1-2 地質	47
2-1-3 地質構造	53
2-1-4 鉍化作用及び変質作用	54
2-1-5 帯磁率測定	55
2-2 物理探査	57
2-2-1 調査目的	57
2-2-2 調査方法	57

2-2-3	解析方法	58
2-2-4	調査・解析結果	63
2-2-5	考察	81
2-3	ボーリング調査	85
2-3-1	調査目的	85
2-3-2	調査工事内容	85
2-3-3	調査結果	87
2-3-4	考察	92
2-4	北東区域の調査結果の検討	93

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章	結論	95
第2章	将来への提言	97
	参考文献	101
	添付図表一覧	105

付録

第 I 部

第1章 序 論

1-1 調査の経緯

エクアドルの西部アンデス山脈西縁部には、北米から南米に至るポーフイリーカッパーベルトが縦走し、ポリバル地域はこのベルト中に位置している (Fig. 1)。

エクアドル政府は、国家経済を再建するため輸出の振興を図ることとし、金属資源の開発を課題として取り上げ、1984年に日本国政府にポリバル地域の資源開発協力基礎調査の要請状を提出した。

日本国政府はこの要請に応え、1988年5月15～24日に国際協力事業団 (JICA) 及び金属鉱業事業団 (MMAJ) のミッションをエクアドルに派遣し、同年5月20日、エクアドル鉱業庁 (INEMIN) との間でポリバル地域の資源開発協力基礎調査の作業協定書 (Scope of Work) に署名し、同年8月2日から第1年次の現地調査に着手した。

本報告はその第3年次の報告書である。

1-2 第2年次調査の結論と提言

1-2-1 第2年次調査の結論

エクアドル共和国ポリバル地域の第2年次調査は、次の5地区において、地質状況を解明することにより、鉱床の賦存状況を把握することを目的として実施された (Fig. I-1-2)。バルサパンバ地区・エル・トルネアード区域では物理探査 (試錐孔IP法) 及びボーリング調査、バルサパンバ地区・オソウアイコ区域では物理探査 (IP法)、チャソ・ファン地区では地質精査及び物理探査 (IP法)、テリンベラ地区及びラス・ゲアルディアス地区では地質精査、ラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区では地質精査・地化学探査 (土壌) が実施された。調査結果は次のとおりであった。

(1) バルサパンバ地区・エル・トルネアード区域

本区域のポーフイリーカッパー型鉱化帯は、巨視的には花崗閃緑岩バソリスの北東縁辺部に胚胎する。鉱化帯は産状及び性状の違いから、“鉱染状鉱化帯”と“網状脈鉱化帯”に区分される。

既に、第1年次の地質調査とボーリング調査及び第2年次のボーリング調査の結果、両鉱化帯の下限までの硫化鉱物の賦存状況が把握され、“網状脈鉱化帯”の下限が確認され、さらには、“鉱染状鉱化帯”も下限に近づきつつある現象が認められた。以上のことから判断し、エル・トルネアード区域では、鉱化帯の中心部は侵蝕され、現在の地表には鉱化帯の下底部付近が露出しているものと考えられた。

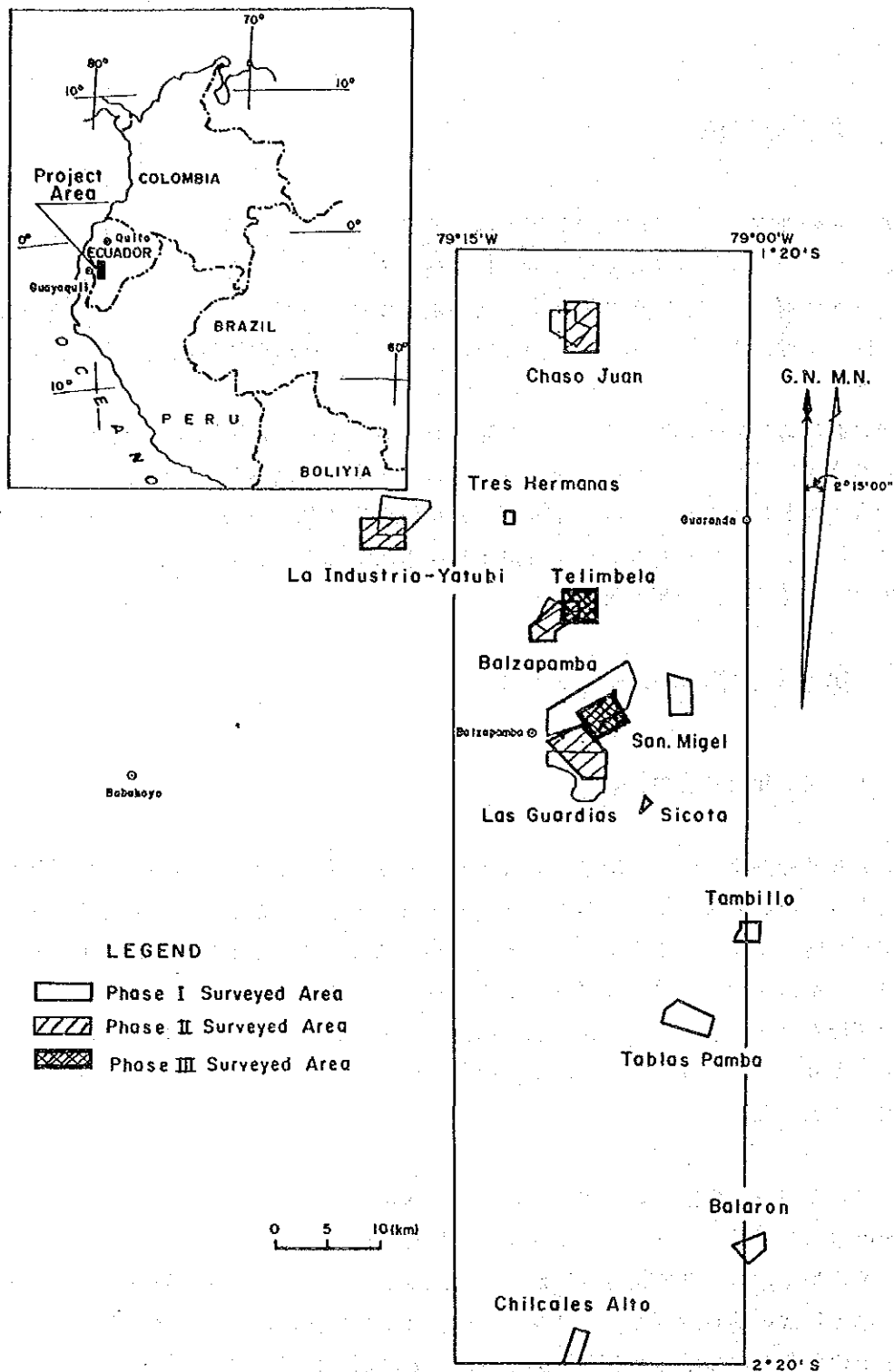


Fig.I-1-1 Location map of the surveyed area

(2) バルサパンバ地区・オソウアイコ区域

本区域の地質は、マクチ層とこれに貫入する花崗閃緑岩から構成される。鉍化帯は北西部と南部の2箇所があり、タイプが異なる。前者は花崗閃緑岩中に胚胎する黄銅鉍-黄鉄鉍鉍染及び細脈帯で、100m×200mの広がりをもつ。鉍染状鉍の分析結果はCu 0.08%であった。後者はマクチ層の凝灰岩層中に胚胎する珪化と部分的なスカルン化を受けた変質岩中の黄銅鉍-黄鉄鉍鉍染及び細脈帯である。本帯は2条あり、走向はほぼNE-SW系、傾斜は30°SEである。北西部下位の露頭から採取したチップの分析結果はAu 0.4 g/t, Ag 27.8 g/t, Cu 2.65%であった。これらの鉍化帯に対する物理探査の結果、高見掛比抵抗及び高FE(5%以上)が南東方向の傾斜で連続していることから、鉍化帯はさらに深部へ連続しているものとみられた。

また本地区の北東部において、低見掛比抵抗及び高FE(8%以上)が確認された。本地区は風化土壤に被覆され詳細は不明であるが、下部に新たな潜頭性鉍化帯の存在が期待された。

(3) チャソ・ファン地区

本地区の地質は、マクチ層とこれに貫入する花崗岩類から成る。花崗岩類は本地区に広く分布する花崗閃緑岩、及び優黒質閃緑岩・石英閃緑岩岩脈に分けられる。

鉍化作用はポーフイリー-カッパー型で、北部・西部・中部・南部鉍化帯に分けられる。中部鉍化帯の主要鉍化部は延長約150m、鉍石品位は最高Au 0.1 g/t, Ag 4.2 g/t, Cu 1.41%であった。

本地区で探査上重要なところは、中部鉍化帯から南部鉍化帯にかけての範囲である。ここには物理探査の結果IP異常源が想定され、鉍化帯の広がりが期待された。

(4) テリンベラ地区

本地区の地質は、マクチ層と、これに貫入する花崗岩類から成る。花崗岩類は、角閃石-黒雲母石英閃緑岩・角閃石石英閃緑岩・石英斑岩・優黒質閃緑岩岩脈・斑状石英閃緑岩岩脈に区分され、これらはNE-SW方向に配列して貫入している。

本地区のポーフイリー-カッパー型鉍化帯はポリバール地域の中では最も規模が大きく、マクチ層まで強い鉍化作用が認められ、かつ、花崗岩類には鉍化帯を中心として黄鉄鉍の鉍染及び細脈が広範囲に分布している。これは、各鉍化帯を中心として活発な熱水活動があったことを意味し、探査上重要な地区である。

本地区の鉍化帯が分布している地帯には、多数の貫入岩類がNE-SW方向に配列して貫入している。本地区北部には、エクアドルの中央部から北部に連続する大構造線がNE-SW方向に横切っており、貫入岩及び鉍化帯の配列方向がこれと一致することは、本地区の火成活動及び熱水活動が本構造線と関係をもっていたことを暗示する。

鉍化帯は巨視的にNE-SW方向に配列して分布する。鉍化帯は7帯認められ、中部、南部及び北部鉍化帯にまとめられる。中部鉍化帯には500m×350mの広がりの鉍化帯Iと200m×400mの

広がり、鉍化帯Ⅱがある。鉍石の分析結果は、鉍化帯Ⅰ：最高Cu 1.6%、鉍化帯Ⅱ：最高Au 0.2 g/t, Ag 1.6 g/t, Cu 0.16%であった。南部鉍化帯は 400m × 900m の広がり、鉍化帯Ⅲ、延長約150mの鉍化帯Ⅳ及び延長 200m の鉍化帯Ⅶがある。鉍石分析結果はいずれも最高Cu 0.05%であった。北部鉍化帯は、第2年次調査で確認された新鉍化帯で、400m×1,200mの広がり、鉍化帯Ⅴ、及び延長約 400m の鉍化帯Ⅵがある。鉍石分析結果は、鉍化帯Ⅴ：最高Cu 0.80%、鉍化帯Ⅵ：最高Cu 1.65%であった。

従って、本調査地区では北部鉍化帯が一番有望である。

(5) ラ・インダストゥリアーヤトビ地区

本地区の地質は、石英閃緑岩バソリスと優黒質閃緑岩岩脈から成る。

本地区の鉍化作用には、温泉型金及びポーフイリーカッパー型鉍化作用が認められる。前者は下位に白色粘土（カオリン）変質帯、上位に珪化帯を伴い、その両者にまたがって金属シタター針状鉍物-赤鉄鉍-石英-白色粘土網状脈が胚胎する。鉍石分析結果は最高Au 0.3 g/tであった。珪化帯の露頭は山頂部にだけ分布し、その直下から白色変質帯になっていること、珪化帯は強い付加型の珪化岩であること等から、珪化帯の大部分は既に侵蝕されており、山頂部に分布する珪化岩は、珪化帯の底部が残存したものと考えられた。

また本地区には、黄鉄鉍を伴う変質（絹雲母化と弱い珪化）も認められる。これは、本地区北部に存在するポーフイリーカッパー型鉍化帯に関連するものと考えられた。

(6) ラス・ゲアルディアス地区

本地区の地質は、マクチ層とこれに貫入する花崗閃緑岩バソリス及び優黒質閃緑岩・斑状石英閃緑岩岩脈から構成される。

本地区のポーフイリーカッパー型鉍化帯は、12箇所に認められ、NW-S E系の断層及び優黒質閃緑岩貫入岩に沿って分布する。

本地区の各鉍化帯は他の地区に比べ小規模断続的であると判断された。

1-2-2 第3年次調査への提言

第2年次調査の結果から、第3年次調査として次の調査が提言された。

(1) バルサパンバ地区・オソウアイコ区域

本区域北東部において確認された物理探査の異常帯、すなわち低見掛比抵抗・高F E（8%以上）の異常帯は、規模が大きい。北東端の測線では、12.5%と10.3%の高いF E値も認められる。この異常帯は更に北東方向に広がるようであるが、その全貌が把握されていない。また、本箇所は風化土壌で被覆されているために、鉍化帯の実体が不明である。そのため、ここにおける鉍化帯の実体と広がりを把握するために、ピット・トレンチ開削を伴う地質調査及び物理探査（I

P法)の追加を行うことが望ましい。

さらに、北東部の異常帯の下部に期待される潜頭性鉱化帯及び本区域南部に分布するマクチ層中の2条の鉱化帯の賦存状況を把握するために、ボーリング調査を実施することが望まれる。特に、後者については、物理探査の結果、鉱化帯が下方に連続していることが想定されるので、深部に発達すると考えられる花崗閃緑岩中で、鉱化帯の賦存状況がどのようなになっているかを確認する必要がある。

(2) テリンベラ地区

本地区に新たに見出された北部鉱化帯は、規模も大きく、比較的品位も高い。これらの鉱化帯は本地区の鉱化帯の配列方向、即ちNE方向に更に拡がるようであるが、鉱化露頭の地表における拡がり等、鉱化帯の賦存状況の全貌がまだ明らかにされていない。そのため、この鉱化帯の全貌を明らかにするためのピット・トレンチ開削を伴う鉱化・変質帯調査が必要である。さらに、鉱化帯の下部への連続及び広がりを把握するために、物理探査(IP法)及びボーリング調査を行うことが望まれる。

1-3 第3年次調査の概要

1-3-1 調査地域

本年次の調査の範囲は、第2年次の調査により抽出されたバルサパンバ地区オソウアイコ区域及びテリンベラ地区北東区域(第2年次調査で新たに見出された北部鉱化帯とその周辺の2区域から成っている(Fig.1-1-1))。

1-3-2 調査目的

第3年次調査は、第2年次調査における提言に基づき、バルサパンバ地区・オソウアイコ区域及びテリンベラ地区北東区域における鉱床賦存状況の詳細を把握することを目的とする。

1-3-3 調査方法

地質調査では、バルサパンバ地区オソウアイコ区域及びテリンベラ地区北東区域において、地質並びに鉱化の状況を詳細に解明することにより、物理探査及びボーリング調査の実施位置の選定及びそれらの調査結果解析のための基礎情報を得るとともに、当該地区の鉱化作用の特徴についてとりまとめるために地質精査を行った。

物理探査では、テリンベラ地区北東区域におけるポーフィリクーパー型鉱化帯の地下深部に

ける連続性を把握し、鉱化帯と地下構造との関係を解明することにより、ボーリング調査実施位置の選定に必要な情報を得るためにIP法電気探査を実施した。

ボーリング調査では、バルサパンバ地区オソウアイコ区域及びテリンペラ地区北東区域において地下深部における鉱化帯の規模及び鉱況を確認し、その有望性を推定するために必要な地質鉱床学的情報を得るため、垂直コアボーリングを実施した。

各調査量及び室内試験費をTable. I-1-1 及びTable I-1-2に示す。

Table I-1-1 List of survey amounts

Items	Quantity		
1. Geological and geochemical survey	Area (km ²)	Survey length(km)	Pit
(1) Osohuayco, Balzapamba area	10	27.2	5
(2) Northeast, Telimbela area	9	38.3	10
2. Geophysical survey	Area (km ²)	Survey length(km)	
(1) Northeast, Telimbela area	2.4	9.6	
3. Drilling	Depth (m)	Dip(°)	
(1) Dsohuayco, Balzapamba area	305.00	-90°	
1) MJE-7			
(2) Northeast, Telimbela area			
1) MJE-8	301.00	-90°	
2) MJE-9	205.00	-90°	

Table I-1-2 List of lavolatory works

Method Area	Thin section	Polished section	Chemical Analyses	X-ray diffractive analysis	Resistivity
			Ore (Au, Ag, Cu, Pb, An, Mo, W)		
Drill core	5	5	120	20	0
Osohuayco	5	3	20	10	0
Telimbela	6	7	40	30	21
Total	16	15	180	60	21

1-3-4 調査団の編成

調査計画作成と現地調査に参加した団員はTable 1-1-3 及びTable 1-1-4 に示すとおりである。

Table 1-1-3 Member list of project administration

日 本 側		エクアドル側	
小山恭一	金属鉱業事業団	Leonardo Elizalde	INEMIN
目次英哉	金属鉱業事業団	Wilson Santamaria	INEMIN
		Marco Marin	INEMIN
		Edgar Lopez	INEMIN
		Luis Quevedo	INEMIN

Table 1-1-4 Member list of survey team

日 本 側			エクアドル側	
黒田英夫	団長・地質	大手開発㈱	Alfred Zamora	INEMIN
日下 浩	地質・コア調査	大手開発㈱	Bolivar Carelo	INEMIN
後藤 求	地質	大手開発㈱	Gabriel Varensuela	INEMIN
賀来 学	物理探査	大手開発㈱	Victor Citinbaiyo	INEMIN
松久保和人	物理探査	大手開発㈱	Edger Lopez	INEMIN
佐々木伸幸	ボーリング調査	大手開発㈱	Luis de la Torre	INEMIN
松岡孝志	ボーリング調査	大手開発㈱	Alfonso Vaca	INEMIN
安保 司	ボーリング調査	大手開発㈱	Cesar Cardenas	INEMIN

1-3-5 調査期間

始めに地質・物探を実施し、その結果を現地にて検討した後、引続いてボーリング調査を実施した。

各作業の実施期間は以下のとおり。

地 質 調 査	平成2年7月3日～平成2年8月22日
物 理 探 査	平成2年7月15日～平成2年8月22日
ボーリング調査	平成2年8月18日～平成2年12月1日
報告書作成	平成2年8月23日～平成3年2月20日

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

本調査地域はエクアドル共和国の中央西部に位置する (Fig. 1)。本調査の拠点となったバルサパンバは首都キトからは南南西へ約190kmの位置にあり、アンバト (Ambato)、グアランダ (Guaranda) を経て、車で約7時間で到着する。また、エクアドル最大の都市でありかつ貿易港のグアヤキル (Guayaquil) からは、北東へ約130kmの位置にあり、これよりババホージョ (Babahoyo) を経て車で約3時間で到達する。

本地域の道路網は、ほとんどが未舗装道路であるものの、東西の横断ルートは発達している。しかし南北の縦断ルートは殆どない。

バルサパンバから各地への距離及び所要時間は下記の通りである。

バルサパンバ地区オソウアイコ区域	車及び徒歩 (5km & 2km) 0.3 時間 & 1.0 時間
テリンベラ地区北東区域	車及び徒歩 (135km & 3km) 3.0 時間 & 0.5 時間

2-2 地形及び水系

本調査地域は西部アンデス山脈の西縁部に位置し、各地区は標高1,200m ~ 2,200m の間に位置する。調査地域の北東方にはエクアドル最高峰チンボラソ山 (Chimborazo: 6,267m) が聳え立つ。

バルサパンバ及びテリンベラ両地区では、地形は急峻であり、標高差はバルサパンバ地区では1,000m、テリンベラ地区では800mに達する。また両調査区域の山腹斜面の平均斜度は40° を越え標高差にして500m間に滝が連続している所もある。地質の違いによる侵蝕の差は地形によく反映されている。一般に花崗岩類では比較的なだらかな地形を呈するが、マクチ層では尖った山嶺を呈する。

両調査地区を流れる主要河川は、アンデス山脈に源を発し、北東~東から南西~西に向って流れ、バルサパンバ地区ではRio El Cristal及びQ. Las Palmas、テリンベラ地区ではQ. Ashuaca がこれに相当する。更に北西-南東系及び南北系の支流が前述の主要河川に合流する。

2-3 気候及び植生

調査地域全体の気候は、低地では熱帯性多湿気候、高地では温暖乾燥気候である。

バルサパンバ及びテリンベラ両調査地区は標高1,000~2,300m間に位置し、乾期には日中の温度は25~26℃に達するが夜間は7~8℃まで降下し寒暖の差が激しい。いわゆる高地乾燥気候の特徴を呈する。一方雨期、には連日曇り又は雨の日が続き低地熱帯性気候の特徴を呈する。従

って、一日の天候の変化は著しい。雨期は通常12月から4月とされ、また年間の温度変化は15℃～29℃、湿度変化は65～85%である。

最近の月平均気温及び降雨量をTable I-2-1に示す。

調査地域の植生の特徴としては密林が多いことが挙げられる。例えば、テリンベラ地区のテリンベラ部落付近では農園が発達し、砂糖きび、オレンジ、バナナ、及びコーヒー等が栽培されている。一方、高地に近いバルサパンバ地区サンタ・ルシア部落では、とうもろこし畑、或は、牧場等が散見される程度である。

Table I-2-1 Temperature and precipitation of the project area

	1984		1985		1986		1987		1988	
	Temp (°C)	Precip (mm)	Temp (°C)	Precip (mm)	Temp (°C)	Precip (mm)	Temp (°C)	Precip (mm)	Temp (°C)	Precip (mm)
Jan	20.8	101.7	19.8	155.6	20.4	41.8	21.1	-	21.0	209.9
Feb	20.9	406.4	20.4	113.6	21.2	44.2	21.6	204.0	21.4	362.6
Mar	21.1	462.6	20.8	243.2	21.1	60.0	21.8	484.5	20.9	89.3
Apr	20.9	370.4	20.5	124.4	22.3	18.5	21.4	283.9	22.6	263.0
May	20.6	18.6	20.4	54.3	20.9	16.5	21.2	178.9	21.2	143.5
Jun	20.5	22.8	20.0	19.0	19.7	-	20.7	4.0	20.2	18.8
Jul	19.1	5.1	19.5	2.1	20.4	4.0	21.2	5.7	20.0	6.5
Aug	20.0	4.2	19.8	13.1	20.1	-	20.9	16.2	20.5	5.1
Sep	20.1	33.5	-	-	20.6	-	20.9	13.7	20.4	22.3
Oct	20.4	33.1	20.1	12.5	20.4	5.0	21.2	19.3	20.5	23.3
Nov	20.1	41.5	19.9	8.1	21.8	8.3	22.3	13.8	-	28.3
Dec	20.3	117.5	20.2	151.0	20.1	-	20.0	50.7	20.1	59.0

第3章 一般地質

エクアドルは、地質構造的にはギアナ及びブラジル盾状地（シールド）の西側に狭長に形成されたいわゆる Eugeosycline 変動帯中に位置し、断層及び褶曲運動と激しい火山活動を伴う複雑な地質構造で特徴づけられる。

ポリバール地域の地質は、主として白亜紀後期の塩基性～中性の火山岩類・同質火砕岩類及び堆積岩類から成るマクチ層と、これに貫入する酸性～中性の深成岩類から構成される。マクチ層の層厚は約5,000mと見積られている(MRNE/DGGM(1979, 1982))。

マクチ層においては、上部白亜紀を示す海生の動物化石と有孔虫化石、始新世を示す有孔虫化石が同定され、かつ K-Ar 法によって $51.5 \pm 2.5\text{Ma}$ （下部始新世）の同位体年代が得られている(Henderson, 1979)。また、ポリバール地域の深成岩（花崗閃緑岩及び石英閃緑岩）に関しては K-Ar 法により $19.2 \pm 3\text{Ma}$ ～ $30.8 \pm 1\text{Ma}$ の同位体年代が得られている(Henderson, 1979; JICA/MMAJ, 1989)。本調査地域周辺の地質の対比を Fig. I-3-1 に示す。

調査地域内におけるリニアメント構造の主な方向性としては、グアヤキルーパジャタンガ断層で代表される NNE-SW ないし NE-SW が顕著である。

エクアドルの鉱床は、東部及び西部の2鉱床区に大別される。さらにこれら東・西2つの鉱床区はそれぞれ3及び5鉱床帯に細分される。これら鉱床帯の分布を Fig. I-3-2 に、鉱床帯の特性を Table I-3-1 に示す。

ポリバール地域に分布する鉱床は、このうち重要なカッパーベルト帯である西部山脈の複背斜-複向斜鉱床帯（鉱化帯Ⅶ）に属している。更に、本地域の鉱化作用は次の3つのタイプに大別される。

①ポーフイリーカッパー型 :

貫入岩類中及びこれと接触するマクチ層中に認められる Cu-Mo 鉱化作用
(例: バルサパンバ地区, チャソ・ファン地区及びテリンペラ地区)

②鉱脈型 :

マクチ層中の硫化鉱物-石英脈(El Cristal 区域) 及び Lourdes 層中の硫化鉱物-石英脈 (サン・ミグエル地区)

③温泉型 :

Lourdes 層中に認められる酸性変質を伴う赤鉄鉱-シリカシンター-網状脈
(サン・ミグエル地区) や貫入岩類中の赤鉄鉱-石英網状脈 (ラ・インダストゥリヤ-ヤトビ地区)

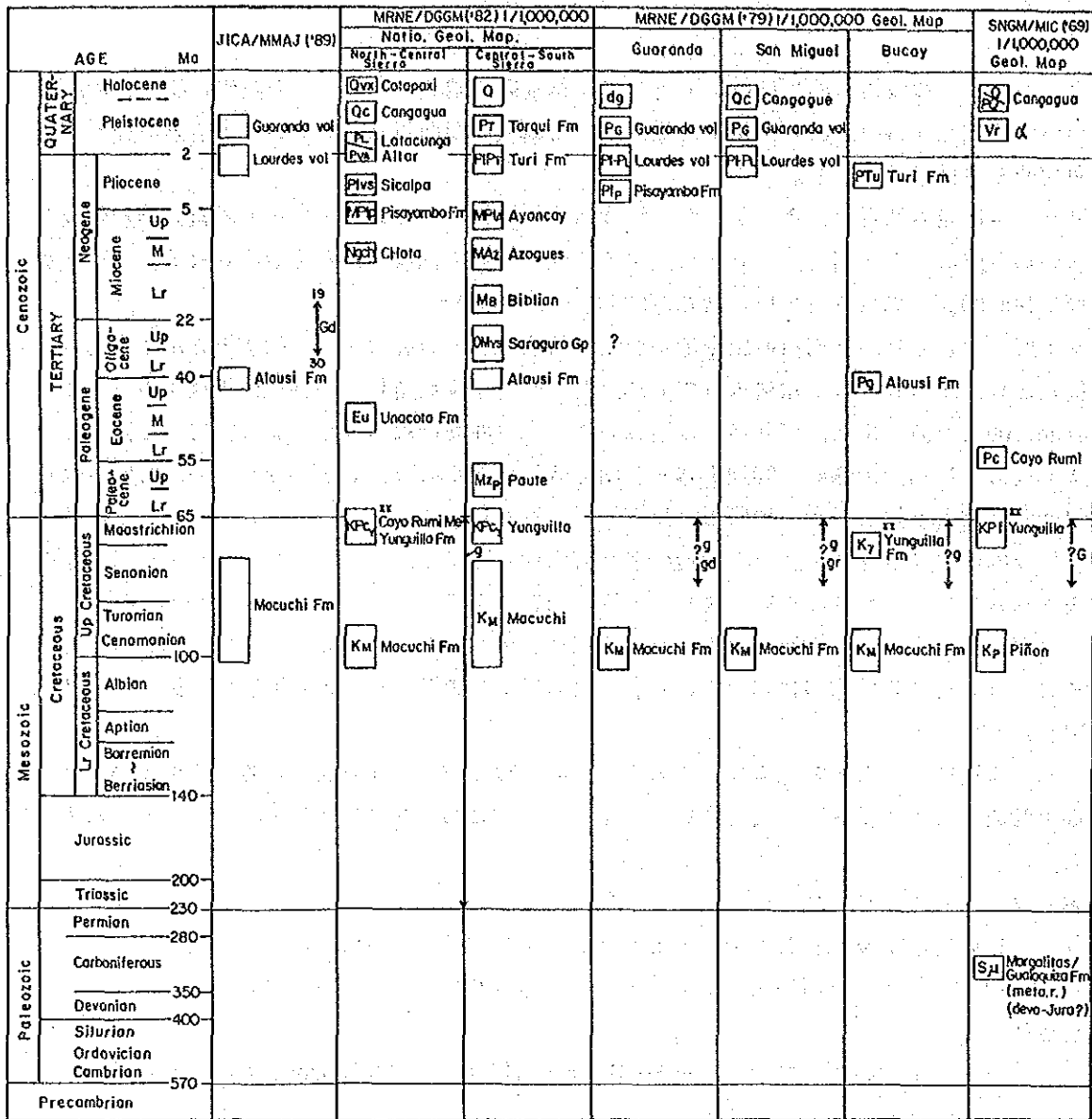
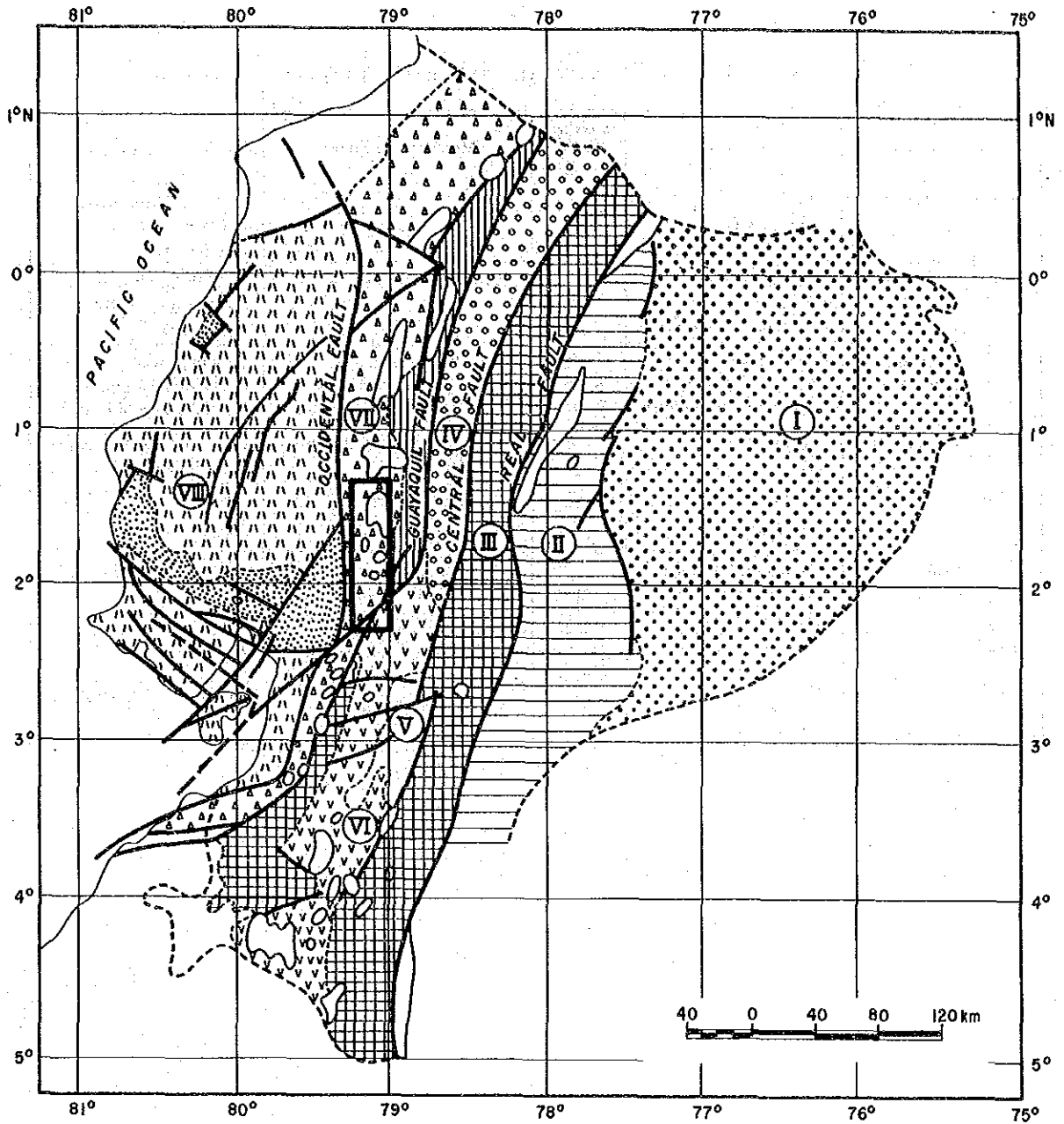


Fig. I-3-1 Stratigraphic correlation around the project area



LEGEND

- | | | | | | |
|-----|--|---|------|--|---|
| I | | Iquitos Basin | VII | | Anticlinorium-Synclinorium of Occidental Cordillera |
| II | | Oriental Pre-Andean Zone | VIII | | Coastal Zone |
| III | | Anticlinorium of Real, Moromoro and Mullepungo Cordillera | — | | Fault |
| IV | | Quito Graben | ○ | | Intrusive rocks |
| V | | Azuay Basin | ∥ | | Anticlinal and Synclinal Axis |
| VI | | Catamayo Synclinorium Graben | | | |

Fig. I.3-2 Geotectonic and metalogenic zone map of Ecuador

Table I-3-1 Classification of metallogenic zones

Topography		Geology	Metallo- genic Province	Metallogenic Zone	Metallogenic Sub-Province
Galapagos Islands		Pliocene ~ Quaternary			Cu-Ni-Co Sub-Province of Ocean Floor (Quaternary)
Coast		Pre-Cretaceous ~ Pleistocene (Pinion Formation)	Occidental (Ocean Crust, Eugeosyncline)	VIII. Coastal Zone	Fe-Tl-Pt Sub-Province of Coast (Jura ~ Early Cretaceous)
Mountain Range	Occidental Cordillera	Cretaceous ~ Paleocene (flysh) (Macuchi Formation)		VII. Anticlinorium- Synclinorium of Occidental Cordillera	Cu Sub-Province of Occidental Cordillera (Cretaceous ~ Miocene)
	Interandean Depression	Neogene ~ Holocene		VI. Catamayo Synclinorium Graben	Polymetallic Sub-Province of High Plateau (Paleocene ~ Quaternary)
				V. Azuay Basin	
		IV. Quito Graben			
	Real Cordillera	Metamorphic Rocks of Paleozoic and Mesozoic	Oriental (Continental Crust, Migeosyncline)	III. Anticlinorium of Real, Moromoro and Mullepungo Cordillera	Sn-W-U Sub-Province of Real Cordillera (Later Paleozoic)
Orient		Carboniferous ~ Cretaceous		II. Oriental Pre-Andean Zone	Au Sub-Province of Orient Basin (Mesozoic ~ Cenozoic)
		Tertiary ~ Quaternary	I. Iquitos Basin		

第4章 調査結果の総合検討

4-1 各調査地区の調査結果の検討

4-1-1 バルサパンバ地区・オソウアイコ区域

本調査区域で認められた鉱化作用には、花崗閃緑岩の中に認められるタイプとマクチ層の中に認められるタイプの2つがある。

本区域では、第2年次調査のIP法電気探査によって2つのIP異常帯が抽出されていた。

- 1) オソウアイコ沢北部の異常帯は、花崗閃緑岩中に胚胎する黄銅鉱・黄鉄鉱鉱染ないしは細脈より成るポーフイリー-銅型鉱化帯である（オソウアイコ沢北部鉱化帯と称す）。
- 2) オソウアイコ沢南部の異常帯には、花崗閃緑岩中に胚胎するポーフイリー-銅型鉱化帯（オソウアイコ沢南部鉱化帯北側と称す）とマクチ層中に胚胎する黄銅鉱・黄鉄鉱鉱染及び網状細脈鉱化帯（オソウアイコ沢南部鉱化帯南側と称す）とがある。

オソウアイコ沢北部鉱化帯

本鉱化帯の広がり、900m×400mである。

本鉱化帯の東側露頭では、花崗閃緑岩が部分的に角礫化され、その角礫化部全体に、黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染状及び細脈状鉱化が認められる。一方西側露頭では、母岩の角礫化は認められず、硫化鉱物は主として細脈状鉱化として存在する。

全体を通じ、変質は珪化と緑泥石化が特徴的である。珪化変質には、母岩の造岩鉱物を交代して認められる部分と二次石英として散点状に認められる部分とがある。二次石英は、鉱化帯西側の露頭では玉髄質石英、東側では結晶質石英として産する。また本鉱化帯東方の尾根及びオソウアイコ沢支流では、風化が進行し露頭が少ないものの、局部的にマクチ層中にまで黄銅鉱の鉱染が認められる。本鉱化帯東側露頭の鉱石分析結果は、Cu 1.18%であった。

東側及び西側露頭の間5か所でピット調査を実施した。どのピットでも褐鉄鉱の細脈及び緑泥石化や粘土化が認められた他、褐鉄鉱化部のチャンネルサンプルの分析結果はCu 0.06～0.17%であった。これらは、いずれの値もCu異常値として後背値（ここでは通常Cu 0.01%以下）から識別しうるものであった。

オソウアイコ沢南部鉱化帯

（北側）本鉱化帯のうち、花崗閃緑岩中に胚胎するものは、黄銅鉱・黄鉄鉱鉱染及び細脈帯である。広がり、200m×300mと推定される。鉱染状鉱のチップサンプルの分析結果はCu 0.08%であった。

（南側）本鉱化帯のうちマクチ層中の鉱化帯は、主として珪質細粒凝灰岩互層の中に胚胎される。ここでは、層理面に沿う珪化と凝灰岩層に挟まれる石灰質薄層の部分的なスカルン化が特徴的で、この中に黄銅鉱・黄鉄鉱が散点状・アメーバ状の鉱染として、或いは脈幅1～10cmの

黄銅鉱—黄鉄鉱—輝銅鉱—グロッシュラー—石英細脈として認められる。

本鉱化帯の露頭は、北西流する3本の沢にそれぞれ認められる。主要な鉱化層準は上下2層あるが、このうち下位のもが優勢である。その鉱化層準の層厚は2~10mである。下位の鉱化層準より採取したチップサンプルの分析結果はCu 2.60%であった。しかし、尾根付近の露頭では硫化鉱物は認められていない。

本鉱化帯のIP異常（高比抵抗・高FE）に対し、ボーリング調査（MJE-7）を実施した。ボーリング孔では、ほぼ地質調査から想定した深度においてマクチ層の石灰質細粒凝灰岩に達し、且つ、珪化及びスカルン化を確認したが、硫化鉱物の鉱化は認められなかった。又、本孔で捕捉した鉱化部は、IP異常（高比抵抗・高FE）にはほぼ一致しており、マクチ層のホルンフェルス化を受けた安山岩中に胚胎する鉱染状を呈している。主な鉱石鉱物が、黄鉄鉱、黄銅鉱のみでスカルン鉱物を伴わないことから、この鉱化部はポーフリーカッパー型鉱床の鉱化が被貫入岩に及んだ部分と考えられる。

本調査地域の鉱化帯は、巨視的にはN-S方向に配列している。即ち、北より南にむかってエル・トルネアード鉱化帯、オソウアイコ沢北部鉱化帯、及びオソウアイコ沢南部鉱化帯がほぼ直線上に並んでいる。また、個別にみてもエル・トルネアード鉱化帯の西縁部にN-S系断層が認められている他、オソウアイコ沢北部鉱化帯付近に2本のN-S系断層が推定されている。

ボーリング調査の結果、オソウアイコ沢南部鉱化帯のスカルン化に伴う鉱化は地下に及んでおらず、またIP異常に相当するマクチ層深部の鉱化部も平均Cu 0.05%と低品位であった。従って本鉱化帯の追加探査の優先順位は低い。

4-1-2 テリンベラ地区・北東区域

本調査区域に認められる鉱化作用は、アシュアカ付近を中心とし、花崗岩類からマクチ層まで全体的に鉱化を及ぼしているポーフリーカッパー型鉱化作用である。

鉱化帯は、ウグシャコチャ(Ugshacocho)沢・アシュアカ沢及びこれらの支流に認められ、その範囲は約1.5km×1.0kmに及んでいる（これを北東部鉱化帯と称す）。このうち特に、調査区域のほぼ中央部、アシュアカ学校の西部400m×600mの範囲にある鉱化帯を“アシュアカ鉱化部”と称す。

アシュアカ鉱化部では、黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染及び細脈を伴う鉱化が、花崗岩類だけでなくマクチ層の中にも顕著に認められる。また、輝水鉛鉱も部分的に認められる。北東部鉱化帯の外側は、黄鉄鉱だけの鉱染及び細脈が分布する地帯になっている。黄鉄鉱の量は、南部のほうが多い。

アシュアカ鉱化部に対してボーリング調査（ボーリング2本）を実施した。その結果は次の通りである。

MJE-8孔では着盤以降、肉眼的にも相当量の黄銅鉱が認められ、
（深度21~102m間：81m間）Ag:Tr~6.0 g/t ; Cu:0.02~0.72%, 平均Cu:0.468%。

本孔におけるCuの高品位部は、マクチ層の角礫を多数捕獲しているばかりでなく、角閃石石英閃緑岩自体の角礫化している部分にも位置している。また、Cuの鉱化作用は本孔の孔底まで続いているのが認められた。

MJE-9孔でも肉眼的に相当量の黄鉄鉱と少量の黄銅鉱が認められ、

(深度 80 ~105m : 25m 間) Ag : Tr ~2.6 g/t ; Cu : 0.10~0.33% , 平均Cu : 0.229 %

(深度124 ~161m : 37m 間) Ag : 0.1 ~4.7 g/t ; Cu : 0.08~0.55% , 平均Cu : 0.207 %

本孔においては、マクチ層の角礫ないしは貫入岩体自体の角礫化は比較的少なかった。しかし、岩石薄片観察では、MJE-8孔同様剪断応力による造岩鉱物の変形が認められた。Cu高品位部は、プロピライト化の著しい部分に位置している。

MJE-8, 9孔に認められた黄銅鉱・黄鉄鉱・輝水鉛鉱を伴う鉱化部は、アシュアカ鉱化部が観察されるウグシャコチャ沢のレベルより少なくとも180m下部まで続くことが確認された。

4-2 総合検討

4-2-1 火成活動と鉱化作用の特性

ボリバル地域にみとめられる火成活動は次のとおりである。

白亜紀後期の海成層のマクチ層は、始新世~漸新世のアンデス造山運動を蒙った。本地域の漸新世~中新世に貫入した深成岩の活動は、N-S方向の配列で特徴づけられる。

バルサパンバ地区及びその周辺に分布するバソリス状花崗閃緑岩の同位体年代測定結果は 25 ~30Maであった。また、テリンベラ地区の石英閃緑岩の同位体年代測定結果は 19 ~20Ma, これに貫入する岩脈やストック状の優黒質閃緑岩、角閃石石英閃緑岩及び斑状石英閃緑岩は 15 ~18Maであった。

本地域の熱水活動は、中新世~更新世の間に断続的に認められ、次の3期に大別される。すなわち、第I期：中新世~鮮新世の硫化鉱物を伴う活動（上記火成活動は総てこの活動期に含まれる）、第II期：鮮新世~更新世の酸性変質と赤鉄鉱を伴う活動、第III期：完新世の酸性変質のみの活動である。

ボリバル地域に認められる鉱化作用には、ポーフイリーカッパー型、鉱脈型及び温泉型金の3つのタイプがある。

ボリバル地域の模式地質層序図をFig. 1-4-1 に、両調査区域の鉱徴一覧表をTable 1-4-1 に示す。

4-2-2 鉱床賦存のポテンシャル

本年代調査の2区域で認められた鉱化作用は、ポーフイリーカッパー型であった。

鉱床賦存のポテンシャルは、テリンベラ地区・北東区域の方がバルサパンバ地区・オソウアイコ区域より高い。

Geol. Age	Formation	Columnar Section	Lithology	Igneous Activity	Mineralization
Quaternary			gravel, sand, mud	dashed vertical line	Stage III
	Guaranda Vol (100m)		pumice tuff		
Tertiary Neogene Pliocene	Lourdes Volcanics (200m)		dacite lava, its pyroclastics and conglomerate	double-headed vertical arrow labeled 'dacitic'	Stage II
				double-headed vertical arrow labeled 'granitic *'	Stage I
Paleogene	Alausi Formation (80m)		porphyritic andesite	double-headed vertical arrow labeled 'andesitic'	Por-Copper Vein (Cu, Au?)
Cretaceous	Macuchi Formation (3,000m+)		basaltic to andesitic volcanics, quartz-bg andesitic volcanics, sediment	double-headed vertical arrow labeled 'basaltic ~ andesitic ~ quartz - bg. andesitic'	

* Las Guardias batholith (25.7 ± 0.9 Ma) (30.1 ± 1.1 Ma)
 Chaso Juan batholith (20.9 ± 0.7 Ma)
 La Industria batholith (25.5 ± 0.9 Ma)
 Telimbela batholith (19.4 ± 0.6 Ma)

Fig. I-4-1 Generalized stratigraphy of the project area

Table I-4-1 Summary of survey results with mineral showings

Type of Survey	Name of Area Investigated	Area (km ²)	Geology	Mineralization				Assay Results								Evaluation		
				Name of Zone	Type	Lateral Extension	Constituent Minerals	Host Rock	Alteration	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Mo (%)		W (%)	
Detailed Survey	Osohuauco of Balzapamba	10	Macuchi Formation of andesite, q-andesite and their pyroclastics, thin calcareous beds, hornfels near granodiorite.	North	diss	900mx400m	Cp, Py, Ho	Gd	Sil arg.	0.2 Tr	13.1 Tr	4.89 0.55	0.00 0.00	0.03 0.01	0.00 0.00	0.00 0.00	—	Required further investigation by means of Drilling survey
				South (N-side)	diss film	200mx300m	Cp, Py (Ho)	Gd Horn	Sil	Tr	Tr	0.08	0.00	0.01	0.01	—		
				(S-side)	diss film	300m long & 10m wide	Cp, Py, Ho, Bn	f, Tf	Sil Cal	0.4 Tr	27.8 Tr	2.60 0.05	0.00 0.00	0.10 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00		
Detailed Survey	Northeast of Telimbeia	9	Macuchi Formation of andesite and its pyroclastics; hornfels near quartz-diorite	Ashuaca	diss film patch	400mx600m	Cp, Py, Ho	Hqd Gd Horn	Sil Prop Bio Epi Chl	0.2 Tr 0.1 Tr 0.2	6.1 3.6 10.4 6.1 2.1	1.38 0.71 0.86 0.76 0.89	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.02 0.01 0.02 0.02 0.00	0.08 0.01 0.01 0.01 0.02	—	Required further investigation by means of Drilling survey	
				Zone V and VI	diss film (patch)	1.5kmx1.0km	Cp, Py, Ho	Gd Horn Melarro	Sil Rio Epi Chl	0.2 Tr Tr	7.5 Tr Tr	0.78 0.14 0.58	0.01 0.00 0.00	0.07 0.00 0.01	0.00 0.00 0.01	—		

テリンベラ地区・北東区域の鉍化帯は、規模も大きく鉍化帯の鉍石分析品位も高かった。ボーリング調査では黄銅鉍の鉍染帯が地下深部まで認められ、更に周辺への広がりが期待され、探査上重要である。鉍化部をポテンシャルの高い順に列記すると次ぎのとおりとなる。

① アシュアカ鉍化部（I P異常帯Aの一部に相当）（400m×600m）

- 地質精査で多数の黄銅鉍・黄鉄鉍の鉍化露頭が認められている。
- I P法電気探査により低比抵抗・高F E異常が把握されている。
- ボーリング調査により鉍化部が地下深部にまで確認されている。

② ウグシャコチャ沢鉍化部（I P異常帯Aの一部に相当）（300m×500m）

- 地質精査で黄銅鉍を伴う著しい黄鉄鉍鉍化が認められている。
- この鉍化部はI P法電気探査により前述のアシュアカ鉍化部に連続する一連の異常帯として抽出されている。

③ ラス・トレス・クルセス鉍化部（100m×500m）

- アシュアカ小学校の西北西約 600m に位置する。
- 地質精査で黄銅鉍を伴う黄鉄鉍鉍化が認められている。
- この鉍化部はI P法電気探査によりNNE-S SW方向に細長く延びる低比抵抗・高F E異常帯として抽出されている。

これらに次いでポテンシャルが高いものとしてバルサパンバ地区・オソウアイコ区域で抽出された下記の鉍化帯がある。

④ オソウアイコ沢北部鉍化帯（I P異常帯1の北東端部に相当）

- 地質精査で本鉍化帯の東及び西側の沢で黄銅鉍・黄鉄鉍鉍化が認められている。
- I P法電気探査により、浅部の低比抵抗・高F E異常が認められている。

4-2-3 調査手法の評価

(1) 帯磁率測定

第1年次及び第2年次の帯磁率測定結果、次のように、岩石の種類ごとの帯磁率の範囲と、ポーフリーカップー及び温泉型鉍化帯共に、岩石の種類に起因する帯磁率差を上回る消磁ハローが鉍化帯を中心に存在することが判明している。すなわち、花崗閃緑岩類は $20\sim 60\times 10^{-3}$ SIU（以下単位を省略）、優黒質閃緑岩は $40\sim 156$ 、マクチ層の安山岩は $50\sim 70$ 、凝灰岩及び堆積岩

類は10以下の帯磁率を示し、顕著な鈹化帯では0.1～20、弱鈹化帯では10～40であった。

本年次の調査区域は上記基準を用いて絞り込まれた範囲に設定されているため、帯磁率は鈹化露頭のどの部分を測定するかによる測定値のバラツキが目立った。

しかし、本手法は探査の初期段階で、消磁現象を伴うと想定される鈹化及び変質作用の範囲抽出に有効であった。特に現場作業の初期段階で、鈹徴地等を半定量的に取り扱うことへの可能性有している。

今後、消磁の条件を分類し、現場作業でそれが識別し得るかどうかの検討が望まれる。

(2) IP法電気探査

テリンペラ地区・北東区域においてIP法電気探査を実施した。

本区域では、概して高比抵抗・低FE～低比抵抗・高FEという傾向が認められた。これは粘土化変質の強いところが鈹化作用も強いことを示しており、鈹化帯が低比抵抗・高FEとして検出されると想定した。

本区域では地形が急峻で変化に富むため、地形の影響、特に谷地形での測定値が小さいことによるS/N比の低下が認められる。更に、電磁カップリングや人工構造物による影響も認められるので、深部の測定値の信頼度が低下している。従って、これらを考慮して深部構造の解析を行った。

その結果、地下における硫化鈹物の賦存状況を把握することが出来、探査手法としては、有効であった。

・（平均0.468 %，）であった。また，その他にも部分的にCu 0.10%以上を示す所が数ヶ所認められた。

鉍化は安山岩角礫の捕獲及び母岩自体の角礫化に付随する傾向が認められた。

M J E - 9 孔で，花崗閃緑岩及び角閃石石英閃緑岩中に地表より孔底（深度205.00m）まで黄銅鉍・黄鉄鉍鉍染が認められた。

主な鉍化部の鉍石分析結果は，深度80~105m間でCu 0.10~0.33%（平均0.229 %），深度124~161m間でCu 0.08~0.55%（平均0.207 %），で，その他にも部分的にCu 0.10%以上を示す所が数ヶ所認められた。

しかし本孔では全体として安山岩角礫や母岩の角礫化がM J E - 8 孔ほど顕著ではなく，またCu品位も低かった。

以上の結果を総合すると，次ぎの3か所が有望な鉍化部としてあげられる。

① アシュアカ鉍化部

地質調査では，アシュアカ小学校を中心にして多数の黄銅鉍・黄鉄鉍の鉍化露頭が認められている。また，I P 法電気探査により潜頭性の低比抵抗・高F E異常Aとして認められた。またアシュアカの西方及び南方の沢沿いには，黄銅鉍-黄鉄鉍の分布に一致して低見掛比低抵抗異常が認められた。

② ウグシャコチャ沢鉍化部

アシュアカ小学校の南西約 500m に位置する。地質精査で黄銅鉍を伴う著しい黄鉄鉍鉍化が認められている。この鉍化部はI P 法電気探査では，アシュアカ南部に北東より舌状に延びる低比低坑・高F E帯Aとして抽出された。

③ ラス・トレス・クルセス沢鉍化部

アシュアカ小学校の西北西約 600m に位置する。地質調査で黄銅鉍を伴う黄鉄鉍鉍化した他，I P 法電気探査によりN N E - S S W方向に細長く延びる低比抵抗・高F E異常帯Bとして抽出された。これはこの部分のマクチ層の深部に鉍化帯が賦存する可能性を示している。

5-2 将来への提言

第3年次調査結果から、将来の調査として次の調査が提言される。

(1) バルサパンバ地区・オソウアイコ区域

本年次調査によって鉍化露頭部が確認された、オソウアイコ沢北部鉍化帯は規模も大きく、比較的品位も高い。この鉍化帯は角閃石-黒雲母花崗閃緑岩 (G d) 中に胚胎し、鉍化露頭の分布範囲と、第2年次実施のIP法電気探査の“高比抵抗・高FE異常帯”の分布範囲は、一致していることが確認された。

従って、更に詳しく鉍化帯の全貌を明らかにするため、Fig. III-2-1 に示した位置でボーリング調査を行うことが望まれる。(ボーリングは、深度300m×2 本程度)

(2) テリンベラ地区・北東区域

本年次調査の地質精査・IP法電気探査・ボーリングによって捕捉されたアシュアカ鉍化部は、規模も大きく、品位も高い。この鉍化帯は角閃石石英閃緑岩 (HQ d) と密接に関連して分布することが明らかにされた。また地質調査では、これら鉍化変質の中心もアシュアカ鉍化部に絞られている。

更に、物理探査では、地質ルート調査で鉍化露頭が認められているアシュアカ周辺の地下深部でIP異常を検出している。

従って、これら鉍化帯 (IP異常帯) の全貌を明らかにするため、Fig. III-2-2 に示した位置でボーリング調査を行うことを提言する。

具体的には、アシュアカ鉍化部 (深度200m×3 本程度) ・ウグシャコチャ沢鉍化部 (深度200m×2 本程度) 及びラス・トレス・クルセス沢鉍化部 (深度200m×1 本程度)

第 II 部

第1章 バルサパンバ地区・オソウアイコ区域

1-1 地質調査

1-1-1 調査目的および方法

調査目的は、本区域全体の詳細な地質構造を把握するとともに、昨年度のIP法電気探査によりオソウアイコ沢北部の花崗閃緑岩及び同南部のマクチ (Macuchi) 層中で把握された異常帯において、鉍化作用と地質・地質構造および火成活動等との関係を解明することにあつた。

当調査区域の調査面積は、10km²である。調査に当たっては、既存資料を検討してルートを設定した。ルートマップ作成に用いた地形図は、第1年次調査で作成した10,000分の1の地形図を2,500分の1の地形図に拡大したものである。地質データの解析及び取まとめに際しては航空写真も活用した。調査結果は縮尺5,000分の1の地質図にまとめた。また地質調査と並行して携帯用帯磁率計を用い、主要ルート沿いの各露頭について帯磁率を測定し、鉍化作用と帯磁率との関係も調べた。

ピット調査では、ピット側面の岩盤露出面をスケッチした。また原則としてチャンネル・サンプリングを行い、品位分析の上、鉍化の状況やその強度・特徴などについて検討を加えた。

各種試験・分析に供した試料の採取位置を巻末 Fig. A-1 に、試験・分析結果を本章および巻末の図表類に示す。

1-1-2 地質

本調査区域の地質は、マクチ層及びこれを貫く貫入岩類からなる (Plate II-1-1, Fig. II-1-1, Fig. II-1-2)。

(1) 層序

1) マクチ層

(a) 分布

本層は、調査地域の北東部 (オソウアイコ沢の北部) 及び調査地域の南部 (オソウアイコ沢の南部) の2地域に広く分布する。中央部では花崗閃緑岩等の貫入を受けている。

(b) 層厚

本層の層厚は調査地域の北東部では約800m以上、南部では約750m以上を示す。

(c) 岩相

本層は、A部層とした下位の安山岩質の火山砕屑岩 (ATf) と溶岩 (AAn), 及びB部層とした上位の石英粒を含有する安山岩質火山砕屑岩 (BTf) と溶岩 (BAn) からなる。これら火山岩類は主に火山砕屑岩から構成され、それに溶岩が挟在する。火山砕屑岩は火山角礫岩、

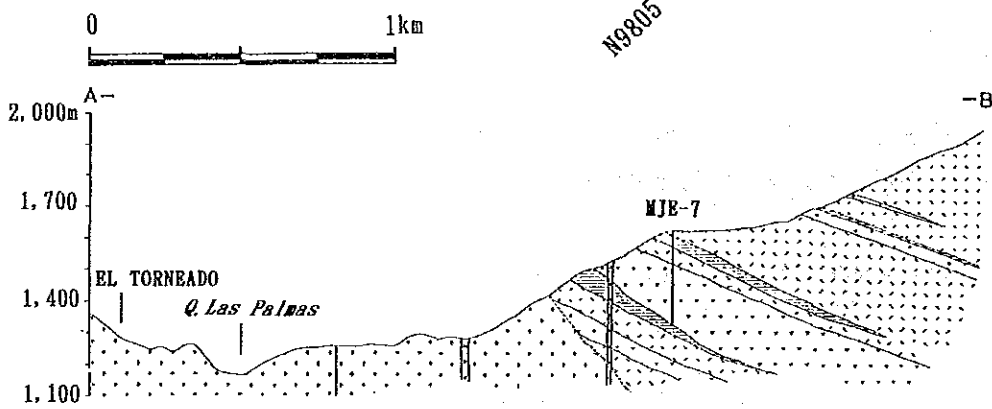
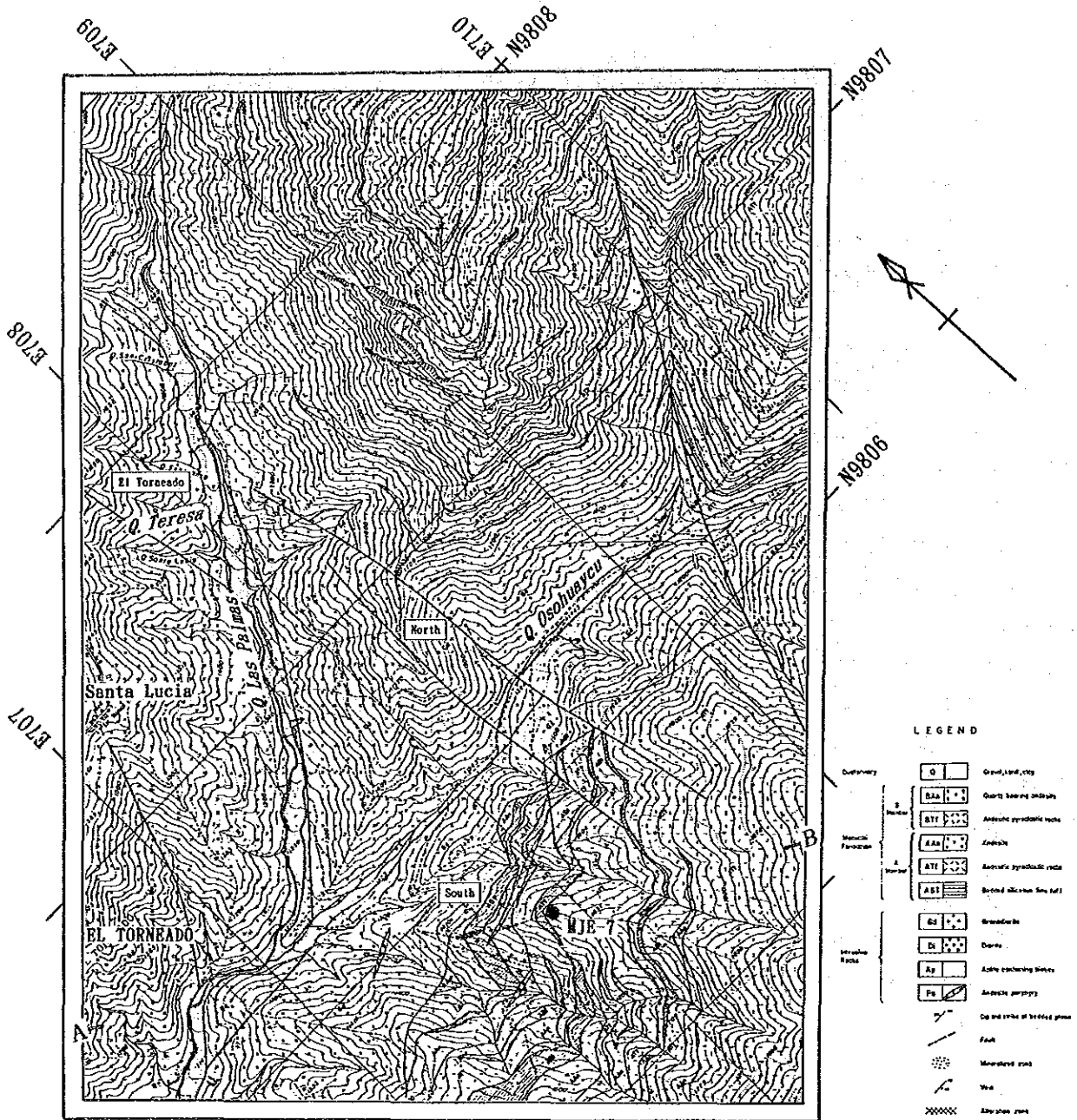


Fig.II-1-1 Geological map of the Osohuayco, Balzapamba area

Geol. Age	Formation and Member	Columnar Section	Lithology	Igneous Activity	Mineralization
Quaternary			Gravel, ss & ms		
Tertiary				Granodiorite (20-30Ma) Meranocratic diorite Andesite porphyry	Cu-Mo-Py (porphyry - copper)
Cretaceous	Upper Cretaceous				
	Macuchi Formation (1.050mt)		Andesitic pyroclastics and quartz bearing andesitic lava	Quartz bearing andesite	
	B Member (250mt)		Andesitic pyroclastics and andesitic lava		
	A Member (300mt)		Unknown correlation Andesitic pyroclastics, andesitic lava and rhythmically bedded tuff layers	Andesite	

ss: sandstone
ms: mudstone

Fig.II-1-2 Generalized stratigraphic section of the Osohuayco, Balzapamba area

凝灰角礫岩，火山礫凝灰岩，粗粒凝灰岩，結晶質凝灰岩，細粒凝灰岩及び珪質細粒凝灰岩互層（A T f）等の岩相を示し，それらによって火山活動の変遷を窺うことができる。B部層は調査区域の東縁部にわずかに分布するのみである。

本調査区域北東部のMt. Bunque Loma 及びQ. Osohuaycoでの火砕岩類の岩相変化についてFig. II-1-3及びFig. II-1-4のルート別柱状図に示す。また調査区域の南西部における火山岩類の岩相変化をFig. II-1-5に示す。どのルートも，数回にわたる火山活動の繰り返しが認められる。また石灰質の薄層を挟在する珪質細粒凝灰岩互層が3ないし4層存在することから，これらの火山活動の間には，何回かの活動の沈静期があったものと推察される。

本調査区域に分布する安山岩溶岩（A A n）及び火山礫凝灰岩（A T f）は，顕微鏡下で次のように観察された。

安山岩溶岩（A A n）（C3060）

位置：サンタ・ルシアの東南東約2.5km，オソウアイコ沢がNE-SW からE-W にカーブする付近

組織：斑状

主成分・副成分鉱物：斜長石>角閃石>燐灰石及び不透明鉱物

変成・変質鉱物：黒雲母，石英>白雲母>曹長石，緑簾石，緑泥石，褐鉄鉱

安山岩質火山礫凝灰岩（A T f）（C3069）

位置：サンタ・ルシアの東南東約2.5km，東西方向の尾根沿い

組織：ガラス質，石質岩片を含む

礫・基質：石英，及び不透明鉱物

変成・変質鉱物：石英>白雲母>黒雲母

調査地域の南部（オソウアイコ沢の南部）では，珪質細粒凝灰岩互層（A T f）が少なくとも4層認められる。本層中には，石灰質薄層（一部スカルン化）も局所的に認められる他，黄銅鉱-黄鉄鉱-（石英）細脈ないしは黄鉄鉱鉱染も僅かに認められる。

スカルン化はバソリス状岩体を形成した花崗閃緑岩（G d）の貫入か，あるいは，優黒質閃緑岩（D i）の貫入による接触変成作用に因る産状を示す。

本岩を鏡下で観察すると，下記のような特色が認められた。

石灰質変質岩（A T f）（C3098）

位置：サンタ・ルシアの南南東約1.5km，北西-南東方向の尾根沿い

組織：塊状，等粒状

主成分・副成分鉱物：--

変成・変質鉱物：柘榴石>緑簾石

（2）貫入岩類

当調査地域に分布する貫入岩類は，活動時期の古い順にバソリス状岩体を形成する花崗閃緑岩（G d），小規模貫入岩体を形成する優黒質閃緑岩（D i），岩脈を形成する粗面岩質安山岩（T r）及びアプライト（A p）である。

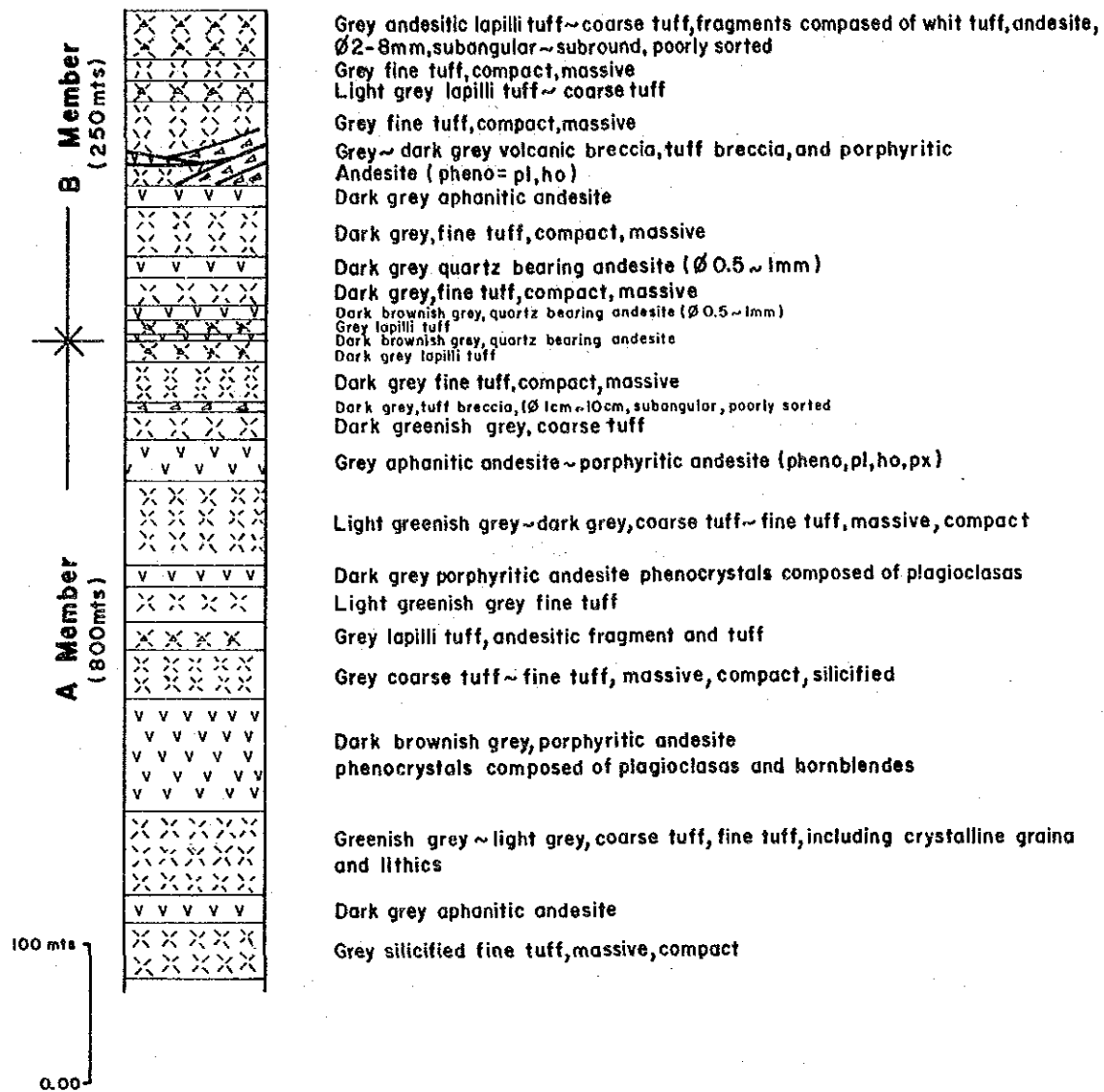


Fig. II-1-3 GEOLOGIC COLUMN OF Mt. BUNQUE LOMA

1) 花崗閃緑岩 (G d)

(a) 分布

本岩は、調査区域の西部（ラスパルマス沢の西部）から調査区域の中央部（オソウアイコ沢）にかけてマクチ層に貫入し、ほぼL字型に分布する。

(b) 岩相

本岩は、一般に塊状明灰色から緑灰色を呈し、中粒から粗粒の等粒状を示す。しかし、エル・トルネアード及びその南約1.5kmのラスパルマス沢とオソウアイコ沢に囲まれた範囲では、本岩は一部角礫化しており、その割目に沿って黄銅鉱の鉱化作用が認められる。

肉眼観察では、珪長質鉱物として斜長石>石英、有色鉱物として角閃石>黒雲母が認められる。有色鉱物は、部分的に緑泥石・緑簾石などに変わっている。また、緑色鉱物の濃集部に黄銅鉱が点在する。

本岩を鏡下で観察すると、下記のような特色が認められた。

花崗閃緑岩 (G d) (B3040)

位置：サンタ・ルシアの東南東約1.5km，南流する枝沢沿い

組織：完晶質等粒状

主成分・副成分鉱物：斜長石>黒雲母，角閃石>石英>燐灰石，チタン石及び不透明鉱物

変成・変質鉱物：少量の曹長石，黒雲母，白雲母，緑簾石，及び緑泥石

本岩の角礫化した部分（礫）を鏡下で観察すると、下記のような特色が認められる。

花崗閃緑岩 (G d) (B3043)

位置：サンタ・ルシアの東南東約1.5km，南流する枝沢沿い

組織：完晶質等粒状

主成分・副成分鉱物：斜長石>石英>角閃石及び不透明鉱物（黄銅鉱鉱染）

変成・変質鉱物：黒雲母>>緑簾石，緑泥石，褐鉄鉱

同試料(B3043)の黄銅鉱が認められる部分をX線粉末回折試験にかけたところ、次のような鉱物が同定された。

花崗閃緑岩 (G d) (B3043)

同定鉱物：石英>黒雲母，斜長石>角閃石

2) 優黒質閃緑岩 (D i)

(a) 分布

本岩は、調査地域の南西部に発達するマクチ層（AA n及びAT f）中に貫入している。オソウアイコ沢の南側では4枚の岩脈状貫入岩として分布する。貫入方向は、ENE-SWSである。貫入の幅は10~30mである。延長は短いもので50m，長いもので500mと推定される。

(b) 岩相

本岩は塊状、灰色から明灰色を呈し、造岩鉱物は中粒~細粒である。貫入の境界部では急冷周縁相ができており、角閃石、黒雲母及び斜長石等が認められる。

3) アプライト (A p)

(a) 分布

本岩は、調査地域の北東部、テレサ沢の上流で花崗閃緑岩 (G d) 中に岩脈 (3枚) として貫入している。貫入方向として $N50^{\circ} W 70^{\circ} NE$ と $N40^{\circ} E 90^{\circ}$ の2系統が認められる。岩脈の幅は20~50cmである。

(b) 岩相

本岩は明灰色から白色塊状を呈し、細粒完晶質を示す。有色鉱物として微粒の黒雲母が観察される。

4) 安山岩ポーフイリー (P a)

(a) 分布

本岩は、調査地域の北西部のテレサ沢上流で1本の岩脈として分布する。花崗閃緑岩 (G d) バソリス状岩体が角礫化、白色変質及び鉱化を被っている地区の西縁部で、屈曲しながらもほぼ $N20^{\circ} E90^{\circ}$ の方向に貫入している。岩脈の幅は50cm~100cm である。

(b) 岩相

本岩は、灰色塊状を呈し、細粒斑状組織を示す。斑晶鉱物としては角閃石、黒雲母及び石英が認められる。また本岩は、黄銅鉱-黄鉄鉱鉱化を被っている。黄銅鉱は緑色鉱物に交代された角閃石の中にも認められる。

1-1-3 地質構造

(1) リニアメント構造

本調査地域のリニアメントは、航空写真 (60,000分の1) を活用し解析した。その結果を地形図 (20,000分の1) のに示した (Figure A-4)。同図から明らかな様に、卓越するリニアメントの方向はNE-SW系である。

リニアメントで最も顕著なものは、ラスパルマス沢とオソウアイコ沢沿いに認められる。前者は、NNE-SSW であるが、当沢の上流部でNNW-SSE 方向の分岐を有する。後者は、オソウアイコ沢と同一方向 (E-W) を示している。この (E-W) 方向のリニアメントは、N-S 及びNNE-SSW 方向のリニアメントによって転移されている。

これらリニアメントが比較的集中している所としては、オソウアイコ区域からエルトルネアド区域にかけて南北約3km・東西約1kmの範囲である。ここでは、NNE-SSW 方向のリニアメントとE-W 方向のリニアメントが交差している。

(2) 断層

当地域では下記のリニアメントを断層と解釈した。即ち、

- a) リニアメント構造の中で最も卓越したラスパルマ沢添いのNNE-SSW 方向のリニアメント
- b) 上記リニアメント (NNE-SSW) から派生したNNW-SSE 方向のリニアメント
- c) オソウアイコ沢沿いに認められるE-W 方向のリニアメント
- d) それ (E-W 方向) を転移させているN-S 及びNNE-SSW 方向のリニアメント

その理由としては、①オソウアイコ沢上流部の東西に伸長する尾根で珪化及び白色粘土化帯が観察されたこと、及びその北方500mの沢底で断層に伴う破碎帯を確認したこと。②ラスパルマス沢とオソウアイコ沢間の尾根部、標高1,720mから1,740m間で、マクチ層とバソリス状花崗閃緑岩(Gd)との境界部に、断層に伴う白色粘土化帯(一部珪化を伴う)が観察されたことがあげられる。

これら断層に伴う白色粘土化帯のX線粉末回折試験の結果は次のとおりである。
白色粘土化岩(一部珪化)(C3070)

同定鉱物：石英>斜長石>角閃石、絹雲母

1-1-4 鉱化作用及び変質作用

(1) 鉱化作用のタイプ

本調査区域で認められた鉱化作用には、花崗閃緑岩の中に胚胎するタイプとマクチ層の中に胚胎するタイプの2つがある。

第2年次調査のIP法電気探査によって抽出された2つの異常帯のうち、オソウアイコ沢北部の異常帯は、花崗閃緑岩中に胚胎する黄銅鉱-黄鉄鉱鉱染乃至は細脈より成るポーフイリーカップ型鉱化帯である(オソウアイコ沢北部鉱化帯と称す)。一方、オソウアイコ沢南部の異常帯には、花崗閃緑岩中に胚胎するポーフイリーカップ型鉱化部(オソウアイコ沢南部鉱化帯北側と称す)とマクチ層中に胚胎する黄銅鉱・黄鉄鉱鉱染及び網状細脈鉱化部(オソウアイコ沢南部鉱化帯南側と称す)とがある。

(2) 鉱化帯の産状

オソウアイコ沢北部鉱化帯

本鉱化帯の広がり、900m×400mである。その東側露頭では、花崗閃緑岩が部分的に角礫化され、その角礫化部全体に、黄銅鉱-黄鉄鉱が鉱染状及び細脈状鉱化として認められる。一方西側露頭では、母岩の角礫化は認められず、硫化鉱物は主として細脈状鉱化帯として存在する。全体を通じ、鉱化変質は珪化と緑泥石化が特徴的である。珪化変質には、石英が母岩の造岩鉱物を全体的に交代して認められる部分と二次石英として散点状に認められる部分とがある。二次石英は、鉱化帯西側の露頭では玉髄質石英、東側では結晶質石英として産する。本鉱化帯の東側露頭から採取した鉱石の分析結果は、Cu 1.18%であった。

また本鉱化帯東方の尾根及びオソウアイコ沢支流では、風化が進行し露頭が少ないものの、マクチ層中に局部的に黄銅鉱の鉱染が認められた。

オソウアイコ沢南部鉱化帯

(北側) 本鉱化帯のうち、花崗閃緑岩中に胚胎するものは、黄銅鉱・黄鉄鉱鉱染及び細脈帯である。広がり、200m×300mと推定される。鉱染状鉱の分析結果はCu 0.08%であった。

(南側) 本鉱化帯のうちマクチ層中の鉱化帯は、主として珪質細粒凝灰岩互層の中に胚胎される。ここでは、層理の発達した珪質細粒凝灰岩層とそれに挟まれる石灰質薄層の部分的なスカ

ルン化が特徴的で、この中に黄銅鉱・黄鉄鉱が散点状・アメーバ状の鉱染として、或いは、脈幅 1~10 cm の黄銅鉱-黄鉄鉱-輝銅鉱-グロッシュラー-石英細脈として認められた。

本鉱化帯の露頭は、北西流する 3 本の沢にそれぞれ認められる。主要な鉱化層準は上下 2 層あるが、このうち下位のものが優勢である。その鉱化層準の層厚は 2~10m である。ここより採取したチップサンプルの分析結果は Cu 2.60 % であった。しかし、沢の間の尾根付近の露頭では硫化鉱物は認められていない。

(3) 鉱化作用の構造規制

本調査地域の鉱化帯は、巨視的には N-S 方向に配列している。即ち、北より南にむかってエル・トルネアード鉱化帯、オソウアイコ沢北部鉱化帯、及びオソウアイコ沢南部鉱化帯がほぼ直線上に並んでいる。また、個別に見てもエル・トルネアード鉱化帯の西縁部に N-S 系断層が認められている他、オソウアイコ沢北部鉱化帯付近に 2 本の N-S 系断層が推定されている。但し、オソウアイコ沢南部鉱化帯南側は、鉱化帯は見掛け上、走向 N20~30° E、傾斜 20~45° SE の伸びの方向を示している。

1-1-5 帯磁率測定結果

鉱化変質作用に伴う消磁現象を定量的に把握するために、携帯用帯磁率計を使用し、帯磁率測定を実施した。携帯用帯磁率計は、チェコ・スロバキア製 KAPPAMETER KT-5 型で、測定単位は、 1×10^{-3} SIU である。

測定にあたり、風化による測定誤差と測定物体表面の凹凸による測定誤差の発生を防止するために、露頭の風化部を綺麗に剝離し、表面の凹凸を無くすように留意した。測定は 5 回行い、上下 2 つの値を除外し、中間の 3 測定値の平均を測定値とした。

帯磁率測定の測点位置と測定値を Figure A-2 に示す。

当地区で測定された帯磁率の測定値は、原岩がのもつ固有の帯磁率をそのまま示すものが多く、鉱化作用に伴う消磁現象があまり及んでいないことが判明した。

例えば、調査区域北西部のテレサ沢下流で観察した石英細脈と帯磁率との関係を Fig. II-1-6 に示した。ここでは、おおよそ E-W 70° S の石英細脈が胚胎するが、その石英細脈の母岩への影響は 1m にも及んでいない。この沢の分岐より上流 100m には、エル・トルネアードのポーフィリーカッパー型鉱床の鉱化変質帯が知られているものの、その影響も確認出来なかった。また、オソウアイコ沢北部鉱化帯においても、花崗閃緑岩中に黄銅鉱の鉱化作用が認められるにも拘らず帯磁率の測定値が後背値変わらないという結果が得られた。

これらの点から、全体的に本調査区域の鉱化変質作用は弱いと解される。

なお、岩石帯磁率の風化による影響を調べるため、ピット内での帯磁率測定を実施した。ピット番号 P0-05 において、新鮮な黒雲母-角閃石花崗閃緑岩と風化した黒雲母-角閃石花崗閃緑岩の岩石帯磁率はそれぞれ 43.3×10^{-3} SIU、及び 25.4×10^{-3} SIU であった。即ち、風化した岩石でもその帯磁率の低下は、原岩の値の高々 2 分の 1 程度であり、岩石固有の帯磁率が鉱化作用の影響で消磁される度合い（通常の消磁現象のオーダーは 10^{-2} である）を論じる上では、このような

風化の影響は無視できると言える。

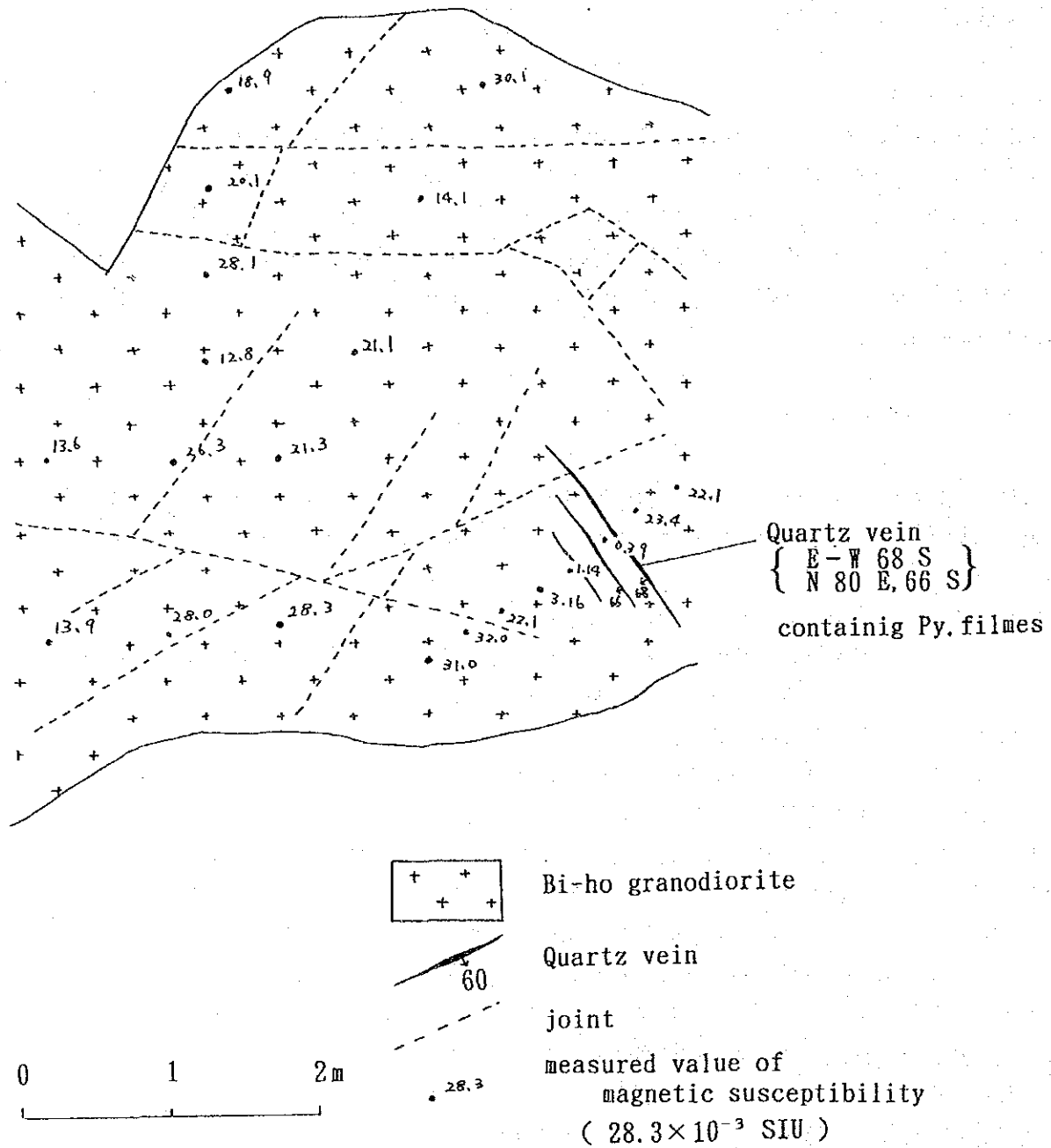


Fig.II-1-6 Mineralization and magnetic susceptibility on a outcrop along Q. Teresa

1-2 ボーリング調査

1-2-1 調査目的

ボーリング調査の目的は、本区域南部のオソウアイコ沢南部鉱化帯南側を構成するマクチ層中の2条の鉱化帯（これは2年次に実施した物理探査のIP異常（オソウアイコ沢南部異常帯）に相当する）の地下深部の鉱化状況を確認することである。

1-2-2 調査工事内容

(1) ボーリング位置

ボーリング（MJE-7孔）を実施したオソウアイコ沢南部鉱化帯南側は、バルサパンバ地区のほぼ中央部にあるサンタ・ルシア部落の南方約2kmに位置している。ボーリングサイトは、標高1,620mの急峻な尾根上である。

このボーリングサイトは、地質調査の結果をもとに、第1年次に実施されたCSAMT法物理探査及び第2年次のIP法電気探査の結果を総合判断して決定された。その位置は、Fig. II-1-1地質図中に示した。

(2) 工事概要

本工事は、初年度に日本からINEMINへ供与した試錐機、INEMIN所有のポンプ等の機械類と、日本から搬入した揚水ポンプ、発電機等の機械類やビット・ロッド等の掘削用具及び泥剤を使用して実施した。掘進作業は、平成2年9月7日から同年9月26日の間に実施した。

試錐機は、ロングイヤー社製L-38である。

設営・解体・移動作業は日勤だけとし、掘進作業は原則として24時間稼動で実施した。掘進方法は、表土層を除きワイヤーライン工法を採用し、コア採集率及び工程の向上に努めた。

尚、現地工事中はボーリング・サイト近くにキャンプを設営して作業を行った。

MJE-7孔の掘進実績はTable A-6 示すとおりである。

(3) 資・機材の搬入及び設営作業

日本から搬入した資・機材及びINEMIN所有の機材は、トラックでサンタ・ルシアに造成したヘリコプター基地に集結した。基地とボーリングサイト間の搬入・撤収は、試錐機、ポンプ、櫓、ロッド類等の機材の殆どをヘリコプター輸送で行った。工事用水は、その東側を流れるオソウアイコ沢の枝沢に貯水ダムを設け、自然流送ライン（11/2"φポリエチレンパイプ）で給水した。

(4) 掘進作業

MJE-7孔の掘進工程をFig. II-1-7に、掘進結果記録をTable A-7 に示す。また、機器の仕様及び消耗品実績をTable A-8 に掲げた。掘進作業状況は次のとおりである。

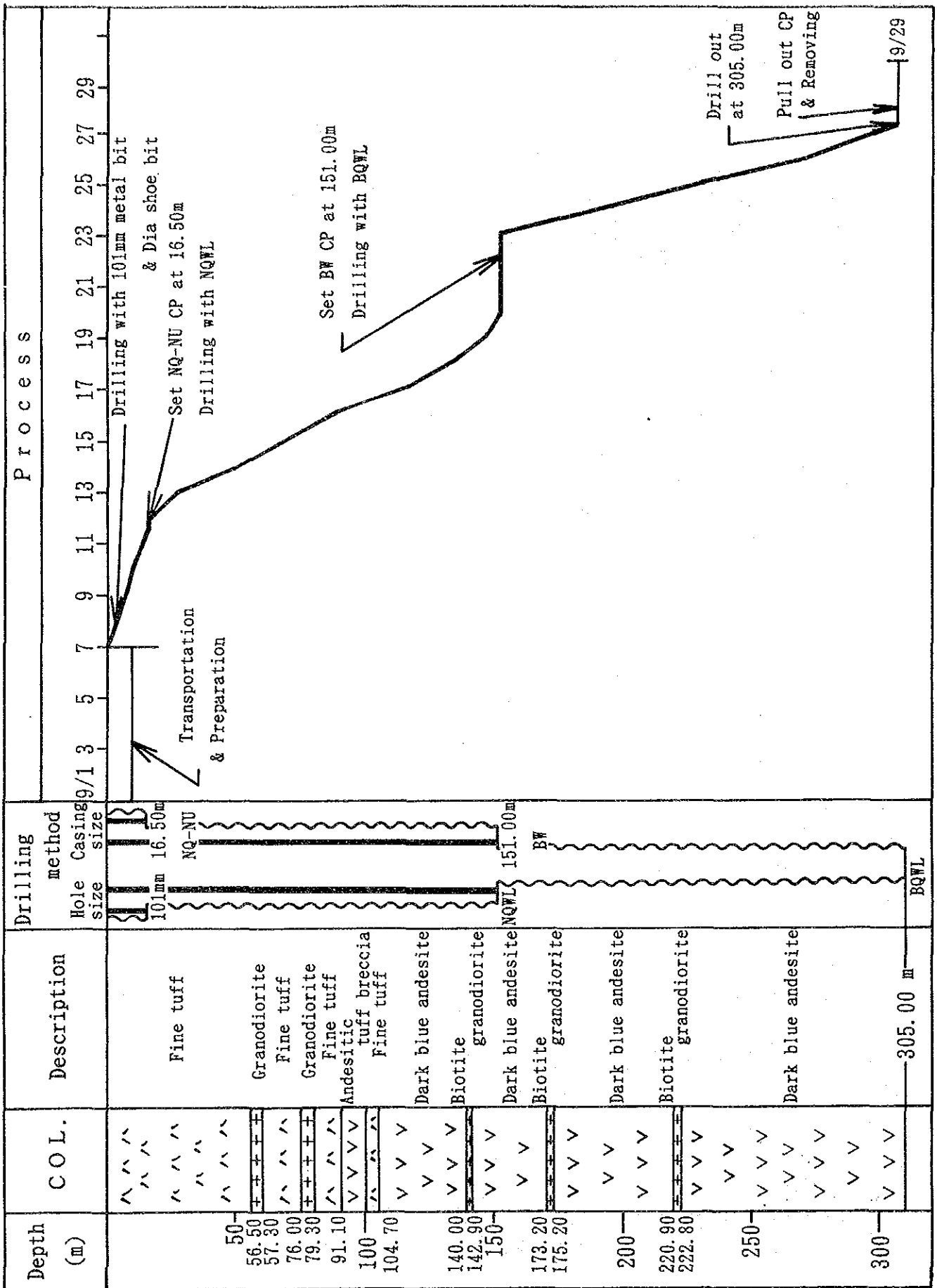


Fig.II-1-7 Progress record of Mje-7 of the Osohuayco, Balzapamba area

・0 m～16.50 m (孔径 101mm, NQ-NUケーシング 16.50m)

地表から細粒凝灰岩の破砕帯が続いたため、101mmメタルビット及びダイヤモンドビットを使用しながらベントナイト泥水でコアリング掘進をした。岩盤が安定した16.50mでNQ-NUケーシングを挿入設置した。

・16.50 m～151.00m (孔径NQWL (75.7mm), BWケーシング151.00m)

NQWL工法で、ベントナイト泥水と清水にTK60Bを混ぜた掘削泥水を使用して掘進した。地層は硬質な細粒凝灰岩が、一部に花崗閃緑岩のシート(0.5～2.0m)を挟在しつつ、104.70mまで続いた。掘進は、破砕帯に逢着し崩壊及び逸水が激しく難航した。これに対しては、掘削泥水にマッドオイル等の潤滑油を添加し対処した。151.00mでBWケーシングを挿入設置した。

・151.00m～305.00m (孔径BQWL (60.00 mm))

BQWL工法で、清水にTK60Bを混ぜた掘削泥水を使用して掘進した。岩質は暗黒青色安山岩が主である。190m以深はホルンフェルス化を受けた安山岩が続き、深度305.00mで掘進を完了した。

(5) ボーリングコア調査

ボーリングコア調査は、ボーリングサイト及びバルサパンバ作業場で各孔の掘進作業と並行して行い、縮尺200分の1の柱状図にまとめた。試料採取は各孔の掘進完了後に行い、ボーリングコアを半分に切断し、保存用コアを確保後採取した。

1-2-3 調査結果

MJE-7孔のボーリングコアの地質及び鉱化作用は以下のとおりであった。

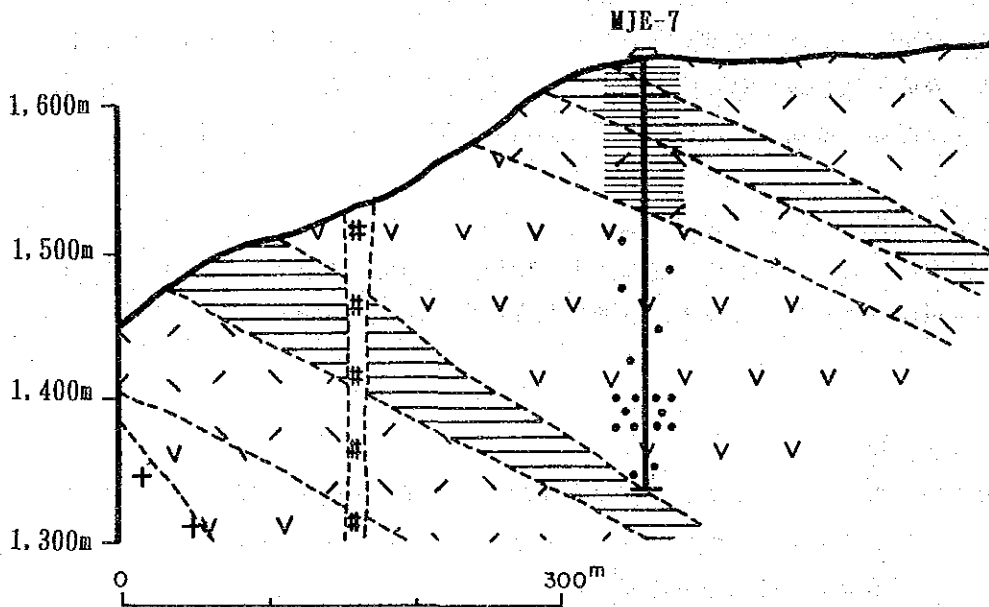
(詳細についてはPlate II-1-2の柱状図参照)

0.0～30.0m 珪質灰白色細粒凝灰岩、著しく割目が発達している。
鉱化作用は認められない。

30.0～40.0m 珪質灰白色及び淡緑色縞状細粒凝灰岩。
鉱化作用は認められない。

40.0～79.3m 珪質灰白色細粒凝灰岩、著しく割目が発達している。コア長0.8～3.3mの中～細粒黒雲母花崗閃緑岩を挟在している。
鉱化作用は岩石の割れ目を充填してフィルム状又はパッチ状に認められる。主な鉱石鉱物は微粒の黄鉄鉱である。

79.3～91.1m 珪質灰白色及び淡緑色縞状細粒凝灰岩。



LEGEND

Mesa de Foradón	B Member	BAN	Quartz bearing andesite	Intrusive Rocks	Qd	Horstblock - blocky quartz diorite
		BTI	Andesitic pyroclastic rocks		DI	Microcrystic diorite
		AAa	Andesite		HOD	Blocky - hornblende quartz diorite
	A Member	AH	Andesitic pyroclastic rocks		●●●	mineralized zone
		ABT	*Bedded siliceous fine tuff		≡≡≡	siliceous zone
					///	argillized zone

Fig.II-1-8 Geologic section of MJE-7 of the Osohuayco, Balzapamba area

岩石の割れ目に沿って微粒の黄鉄鉱及び緑簾石・緑泥石が認められる。

91.1~104.7m 珪質及び石灰質灰白色細粒凝灰岩。

本岩石の深度98.0mの部分の資料顕微鏡観察の結果では、スカルン鉱物として多量のガーネット及び少量のソイサイトを含んでいる。又、岩石の割れ目に沿って方解石が形成されているが、不透明鉱物は認められない。

104.7~305.0m 暗青緑色安山岩（一部ホルンフェルス化）

深度120m以降では緑簾石が不遍的に認められ、二次黒雲母が徐々に出現する。深度190m以降では、二次黒雲母の構成鉱物全体に占める割合が局所的に50%又はそれ以上となるところがある。

その部分（深度267.3m）の顕微鏡観察で微粒の二次黒雲母（0.2~0.3mm程度）が視野全体に一様に分布しているのが認められた。これはマクチ層へ貫入した花崗閃緑岩よる接触変成作用（ホルンフェルス化）と解される。

安山岩（ホルンフェルス化した部分を含む）全体を通じ、岩石の割れ目中にフィルム状又は細脈の黄鉄鉱-黄銅鉱-緑泥石-石英が認められる。特に、深度190m以深では黄鉄鉱、黄銅鉱の微粒~パッチ状鉱染も観察される。

鉱染状黄銅鉱が明瞭に認められる部分（深度245.5m及び267.4m）の研磨片観察では、黄銅鉱、斑銅鉱、黄鉄鉱、磁鉄鉱等の存在が確認された。黄銅鉱がパッチ状を呈する所（深度245.3m）では、斑銅鉱は粒度0.2~0.4mmの初生鉱物としてみとめられ、黄銅鉱-斑銅鉱-（黄鉄鉱）-石英の組み合わせを示す。磁鉄鉱は粒度0.01~0.02mmの独立した鉱物粒として造岩鉱物中に滲出した産状を呈する。この部分の鉱石品位分析の結果はCu 0.03%、Zn 0.01%であった。

ホルンフェルス化が著しい所で黄銅鉱が二次黒雲母中に微粒結晶として産出する部分（深度267.4m）では、丸みを帯びた黄銅鉱（粒径0.05~0.1mm）が黄鉄鉱（粒径0.5~1mm）中に取り込まれている。この部分では黄鉄鉱粒がアメーバ状又はスポンジ状に発達した磁鉄鉱の一部をも取り込んでいる。更に、黄銅鉱と磁鉄鉱の共存する所では、接触部に反応縁は認められないものの、鉱物の形状から、両者の出現順序は磁鉄鉱→黄銅鉱と解される。

この深度での鉱石品位分析結果は、深度261.4~264.3mでAg 0.9 g/t, Cu 0.14~0.16%, Zn 0.01%, 深度267.9~270.9mでCu 0.01~0.02%, Zn 0.01%であった。

本孔（MJE-7）におけるボーリングコア調査では、肉眼観察及び研磨片観察のどちらでも、輝水鉛鉱は認められなかった。又、本孔の主な鉱化部（深度231.4~264.3m）における鉱石品位分析結果は、Au Tr, Ag 1.2 g/t, Cu 0.18~0.01%（平均0.05%）, Pb 0.00%, Zn 0.01%, Mo 0.00%であった。

3) 考 察

本孔(MJE-7)では、ほぼ地質調査結果から想定したとおりの深度においてマクチ層中の石灰質細粒凝灰岩を把握し、且つ、そのスカルン化及び珪化を確認した。しかし、その部分に期待されたが鉱化は認められなかった。

本孔で認められた鉱化部は、上記より更に深部のマクチ層のホルンフェルス化を受けた安山岩中に胚胎する鉱染状のものであり、またその主な鉱石鉱物が黄鉄鉱、黄銅鉱であることから、ポーフリーカッパー型鉱床の鉱化が被貫入岩に及んだ部分と考えられる。

本鉱化部の深度は、第2年次の物理探査におけるオソウアイコ南部異常帯(高抵抗・高FE)の深度とほぼ一致している。従って、このIP異常帯は、当初期待されたようなマクチ層中の石灰質凝灰岩がスカルン化と共に鉱化を受けたものではなく、安山岩がホルンフェルス化(高抵抗に相当)と黄銅鉱-黄鉄鉱の鉱染(高FEに相当)を受けた部分を捕捉したものと解される。ただしその品位は非常に低い。

1-3 オソウアイコ区域の調査結果の検討

3年間における地質調査、岩石地化学探査、帯磁率測定、物理探査(CSAMT法及びIP法電気探査)及びボーリング調査などによって把握された本区域の鉱化作用の特性は次のとおりである。

本区域のポーフリーカッパー鉱化帯には、花崗閃緑岩中に胚胎するもの(オソウアイコ沢北部鉱化帯及び南部鉱化帯北側)と、マクチ層中に胚胎するもの(オソウアイコ沢南部鉱化帯南側)とがある。

これらは、N-S方向に配列しており、更に北方延長1.7kmにはエル・トルネアード鉱化帯が位置している。

しかし、野外調査時、調査ルートでバソリス状の花崗閃緑岩は殆ど岩層変化を示さず、肉眼観察で花崗閃緑岩体を細分化することは出来なかった。従って、鉱化作用に関連したと考えられる火成岩体は特定されていない。

一方、オソウアイコ沢南部鉱化帯南側に対して実施したボーリング(MJE-7)の深度230~280m間で、ホルンフェルス化を受けた安山岩(マクチ層)中に黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染帯を捕捉した。この地下深部において捕捉された鉱化帯は、ボーリングサイト周辺に分布するオソウアイコ沢南部鉱化帯南側のスカルン化に伴う鉱化とは別のもので、むしろオソウアイコ沢南部鉱化帯北側のポーフリーカッパー型鉱化帯の一部と解することが出来る。

これらのポーフリーカッパー型鉱化帯はN-S方向の構造線を主とし、これにこの地域のE-W系の主要構造線が交差する付近に位置していると解される。

結論として、本区域内のマクチ層中におけるスカルン化に伴う鉱化(オソウアイコ沢南部鉱化帯南側)は、地表付近にのみ見られる局所的なものであると言える。一方、ポーフリーカッパー

型鉍化帯は、マクチ層内から花崗閃緑岩内にかけてN-S方向に配列して点在しているが、そのうち南側のもの（オソウアイコ沢南部鉍化帯北側）については、低品位であり、稼行対象となるような鉍床とはなり得ない。

従って、将来の探査としては、未だボーリング調査を行っていないオソウアイコ沢北部鉍化帯を除き、要調査区域はないと考える。

第2章 テリンベラ地区・北東区域

2-1 地質調査

2-1-1 調査目的および方法

調査目的は、本区域の地質の状況を解明し、第2年次の地質精査により確認されたテリンベラ地区北部鉍化帯の全体像を明らかにすると共に、物理探査及びボーリング調査の実施位置の選定及びそれらの調査結果解明のための情報を得ることであった。

当調査区域の調査面積は、9 km² である。調査に当たっては、既存資料を検討してルートを設定した。ルートマップ作成に用いた地形図は、今回新たに作成した10,000分の1の地形図を拡大した2,500分の1の地形図である。調査結果は、航空写真を活用し縮尺5,000分の1の地質図にまとめた。また地質調査と並行して携帯用帯磁率計を用い、主要ルート沿いの各露頭について帯磁率測定を行い、鉍化作用と帯磁率との関係を調べた。

ピット調査では、側面の岩盤露出面をスケッチした(Table A-3及びTable A-4)。また原則としてチャンネル・サンプリングを行い、品位分析の上、鉍化の状況やその特徴について検討を加えた。各種試験・分析に供した試料の採取位置を巻末 Fig. A-1 に、試験・分析結果を本章及び巻末の図表類に示す。

2-1-2 地質

本調査区域の地質は、マクチ層及びこれを貫く貫入岩類からなる。(Plate II-2-1, Fig. II-2-1, Fig. II-2-2)

(1) 層序

1) マクチ層

a) 分布

本層は、調査区域の中央部、アシュアカ(Ashuaca)集落の西方500m付近から区域西部にかけて、末広がりに広がっている。また、アシュアカ周辺ではバソリス状岩体の角閃石-黒雲母石英閃緑岩(Qd)及びストック状の角閃石石英閃緑岩(HQd)中に捕獲された、ゼノブロックとして分布する。

b) 層厚

本層は、調査区域の西部で約700m以上の層厚を有する。

c) 岩相

本層は、安山岩質の火山砕屑岩(Tf)と溶岩(An)からなる。これら火山岩類は、下部では主に層厚220mの溶岩から構成され、それに2ないし3層の火山砕屑岩が挟在する。上部では、層厚460m以上の火山砕屑岩が発達し、その層厚は460m以上に達する。本層を構成する主な岩相は、

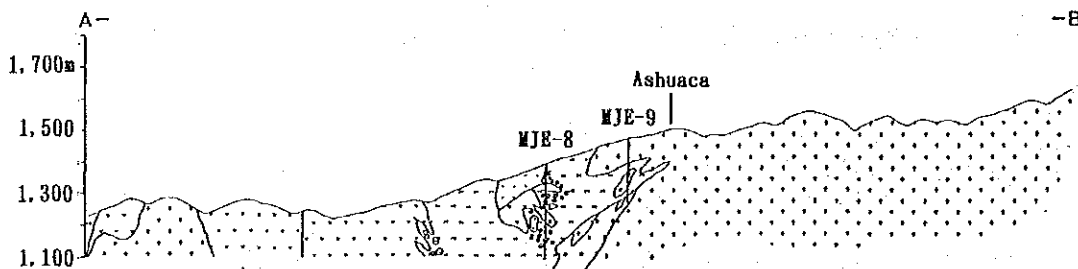
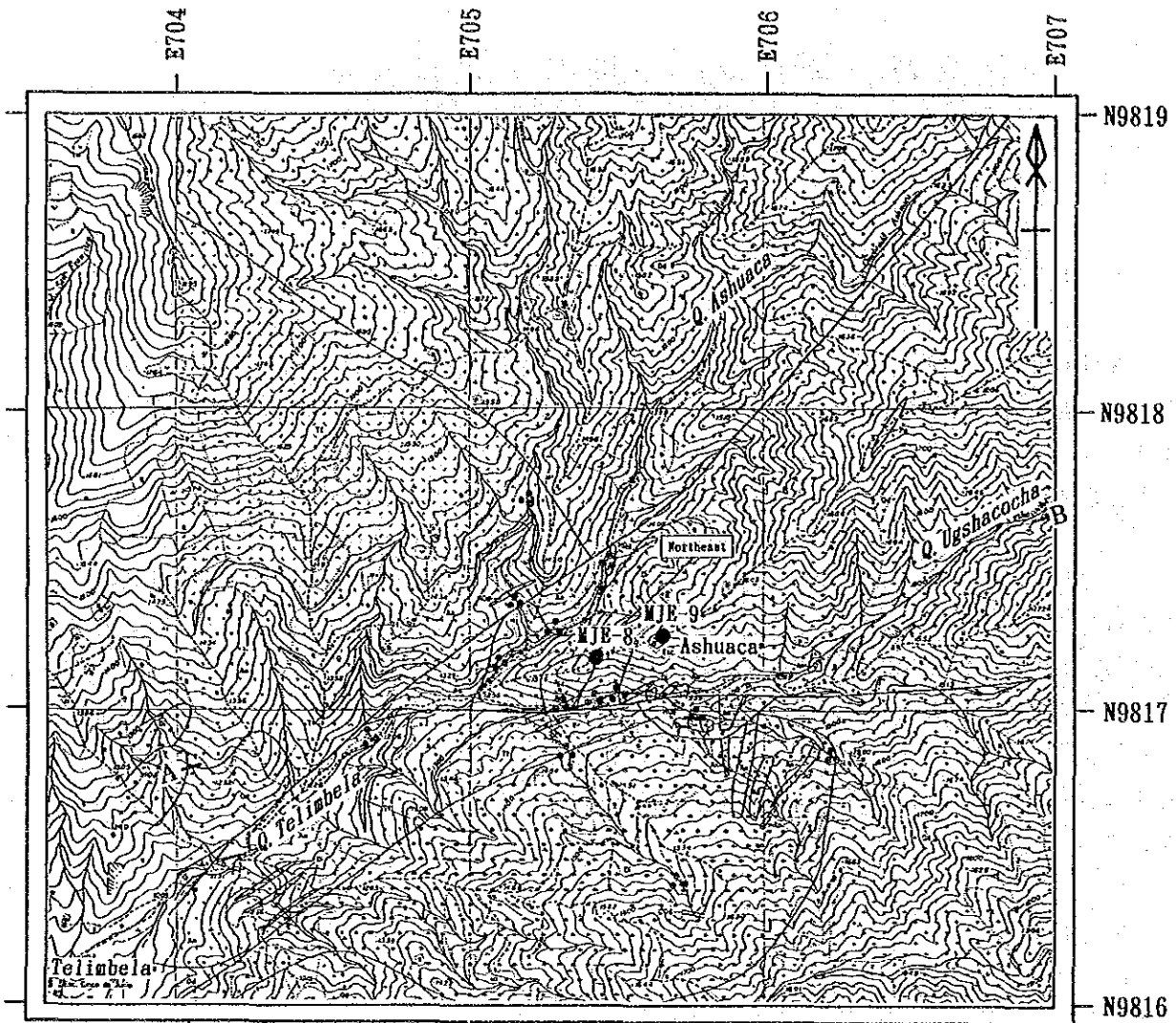


Fig.II-2-1 Geological map of the Telimbela area

Geologic age	Formation	Columnar section	Lithology	Igneous activity	Mineralization
Quaternary			gravel, sand, mud		
Tertiary				<ul style="list-style-type: none"> ↑ bi-quartz diorite ↑ melanocratic diorite ↑ ho-quartz diorite ↑ co-grained, quartz diorite ↑ andesite porphyry 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ Cp-Py-Mo (Porphyry-copper)
Cretaceous	Upper cretaceous		Andesitic pyroclastics and andesitic lava.	Andesitic	

Fig. II-2-2 STRATIGRAPHIC SECTION IN THE TELIMBELA AREA

粗粒凝灰岩，結晶質凝灰岩，細粒凝灰岩である。

本調査区域西部，テリンベラ部落北東部で観察された火山岩類の地質柱状図を，Fig. II-2-3に示す。本層下部に産出する溶岩は暗緑灰色の安山岩～玄武岩で，杏仁状構造が良く発達している。また 3～6mm の気孔を石英が埋めているのが観察される。

本層は，バソリス状岩体によるホルンフェルス化を受けており，原岩を推定することが場所によっては困難である。

安山岩溶岩と細粒凝灰岩の顕微鏡観察結果は下記のとおりである。

安山岩 (An) (C3050)

位置：アシュアカの西約 1 km，南流する沢沿い

組織：残留斑状，一部・等粒状変成組織

主成分・副成分鉱物：斜長石>角閃石及び不透明鉱物

変成・変質鉱物：陽起石，黒雲母，石英>緑泥石>緑簾石

細粒凝灰岩 (Tf) (C3053)

位置：アシュアカの西約 1 km，南流する沢沿い

礫・基質：基質は 0.01～0.1mm 大の陽起石，緑簾石，緑泥石と二次石英。礫は観察されず。

変成・変質鉱物：陽起石>石英，緑簾石，緑泥石>曹長石>方解石

(2) 貫入岩類

本調査区域に分布する貫入岩類は，バソリス状岩体の角閃石－黒雲母石英閃緑岩 (Qd)，小規模貫入岩体の優黒質粗粒石英閃緑岩 (Di)，角閃石石英閃緑岩 (HQd)，粗粒石英閃緑岩 (CQd) 及び安山岩ポーフイリー (Pa) からなる。

1) 黒雲母石英閃緑岩 (Qd)

(a) 分布

本岩は，調査区域中央部に位置するアシュアカ周辺からその北西にかけて広く分布する。本岩は，白亜紀後期から古第三紀始新世前期のマクチ層に貫入し，境界部付近では同層起源の安山岩礫等をゼノリスとして取り込み，同層に対して接触変成作用を与えている。

(b) 岩相

本岩は，一般に明灰色から灰色塊状を呈し，等粒状で，中粒の鉱物粒度を示す。岩石の色指数は，15～20%である。構成鉱物は，肉眼的には，斜長石と石英及び角閃石と黒雲母からなる。有色鉱物は，所により緑泥石などに変わっている。鉱化変質の強いところでは，緑色鉱物の集合部に黄銅鉱が点在する。

本岩の顕微鏡観察結果は下記のとおりである。

角閃石－黒雲母石英閃緑岩 (Qd) (B3020)

位置：アシュアカの北東約 2 km，北東－南西方向の尾根沿い

組織：完晶質等粒状

主成分・副成分鉱物：斜長石>黒雲母，角閃石，石英>燐灰石，ジルコン及び不透明鉱物

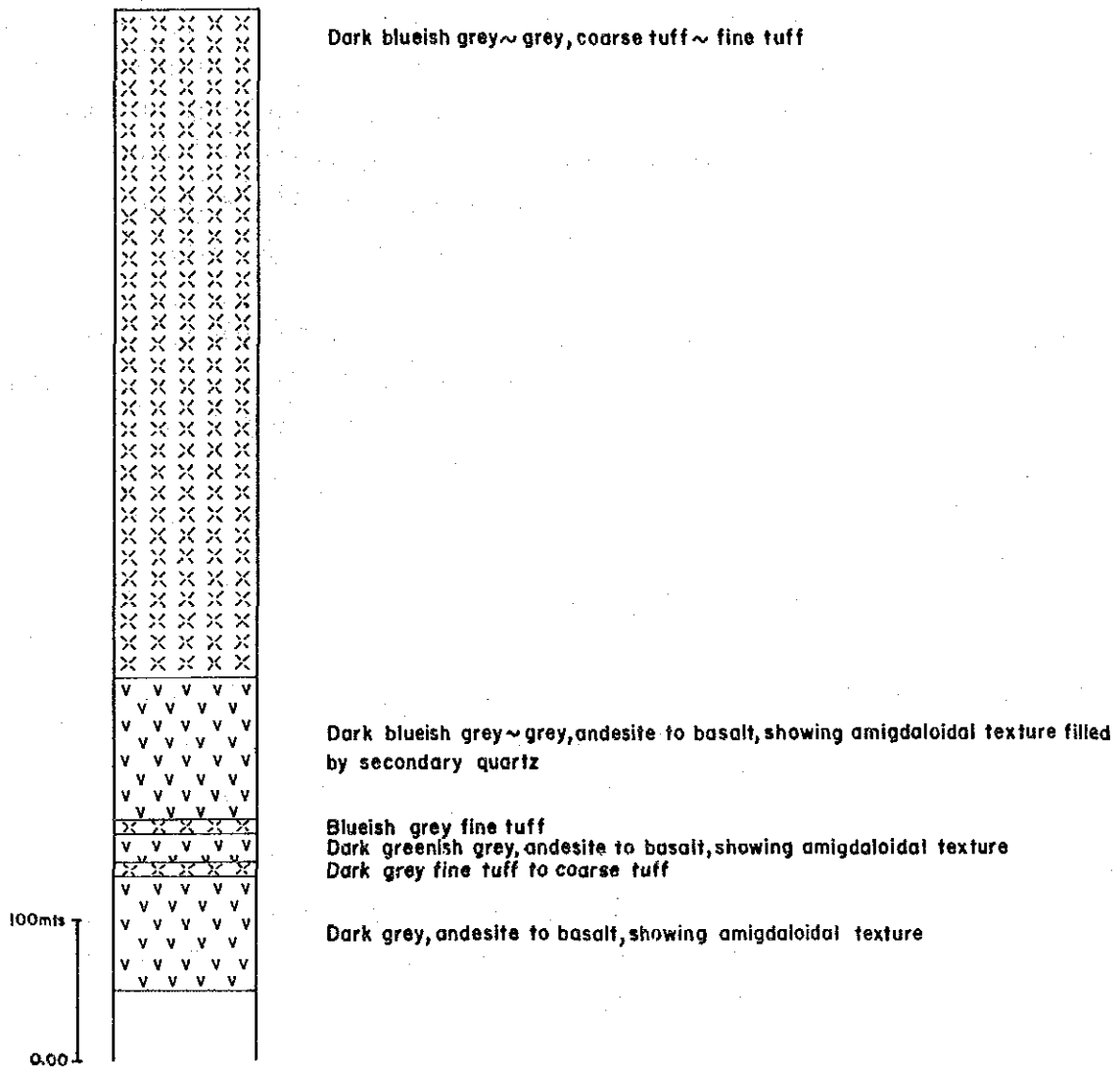


Fig. II-2-3 GEOLOGIC COLUMN OF TELIMBELA AREA

変成・変質鉱物：緑簾石>曹長石，緑簾石

2) 優黒質石英閃緑岩 (D i)

(a) 分布

本岩は，調査区域の南部では西南西から東北東方向に伸長して分布し，アシュアカの南東で大きく膨らむ滴状の分布形態を示す。その延長は約2,500m，岩体の幅は100mから1,000mまで拡大する。また本岩は，マクチ層 (A n及びT f) 及び黒雲母石英閃緑岩 (Q d) に貫入し，角閃石石英閃緑岩 (C Q d) 及び粗粒石英閃緑岩に貫かれている。調査地区中央部アシュアカの北2,200mには，南西から北東に延びる本岩の小規模貫入岩体が分布する。その岩体の幅は150m，延長は約500mである。そのほか本岩より成る5つの小規模岩脈が調査区域の南西部に貫入している。

(b) 岩相

本岩は暗灰色から暗緑色を呈し，塊状・中粒から細粒を示す。岩石の色指数は，30~40%である。構成鉱物は，肉眼的には，斜長石>石英で，且つ角閃石>黒雲母から成る。しかし，顕微鏡観察によれば角閃石と黒雲母の量比は試料によって変化する。また有色鉱物は，部分的に緑泥石などの緑色鉱物に変わっている。

本岩の顕微鏡観察結果は下記のとおりである。

優黒質石英閃緑岩 (D i) (C3032)

位置：アシュアカの南南東約1 km，北西流する沢沿い

組織：完晶質，但し一定の方向性を有す

主成分・副成分鉱物：斜長石>角閃石，黒雲母>石英>燐灰石，ジルコン及び不透明鉱物

変成・変質鉱物：緑泥石>白雲母，緑簾石，白チタン石，スメクタイト

3) 角閃石石英閃緑岩 (H Q d)

(a) 分布

本岩は，調査区域の中央部アシュアカの西部と南部に小規模貫入岩体として分布し，さらにアシュアカの北西部に2つの岩脈として分布する。本岩は，マクチ層 (A n及びT f) ，黒雲母石英閃緑岩 (Q d) 及び優黒質石英閃緑岩 (D i) に貫入している。

(b) 岩相

本岩は，灰色から緑灰色を呈し，塊状中粒を示す。岩石の色指数は，20~30%である。本貫入岩体中には，マクチ層，角閃石-黒雲母石英閃緑岩及び優黒質石英閃緑岩起源のゼノリスが大量に取り込まれている。さらに，黄銅鉱，黄鉄鉱及び輝水鉛鉱が認められる。

構成鉱物は，肉眼的には，斜長石>石英及び，角閃石>黒雲母から成る。有色鉱物は，部分的に緑泥石などの緑色鉱物に変わっている。

本岩の顕微鏡観察結果は下記のとおりである。

角閃石石英閃緑岩 (H Q d) (C3001)

位置：アシュアカの南西 0.5km，ウグシャコチャ (Ugshacocha) 沢とアシュアカ沢の合流点

組織：完晶質等粒状

主成分・副成分鉱物：斜長石>黒雲母>石英>角閃石，燐灰石及び不透明鉱物

変成・変質鉱物：緑泥石>緑簾石>陽起石，曹長石，白チタン石，スメクタイト

4) 粗粒石英閃緑岩 (C Q d)

(a) 分布

本岩は，調査区域の南中央部の優黒質石英閃緑岩の小規模貫入岩体中に岩脈として分布する。

(b) 岩相

本岩は，明灰色から明褐灰色を呈し，塊状・粗粒を示す。岩石の色指数は2～3%である。本岩中には，強い黄銅鉱を伴う鉄化が認められる。構成鉱物は，肉眼的には斜長石>石英，及び，黒雲母より成る。黒雲母は一部緑泥石などの緑色鉱物に変わっている。

本岩の顕微鏡観察結果は下記のとおりである。

粗粒石英閃緑岩 (C Q d) (C3033)

位置：アシュアカの南南東約1 km，北西流する沢沿い

組織：完晶質等粒状

主成分・副成分鉱物：斜長石>黒雲母，石英>燐灰石，褐簾石，ジルコン及び不透明鉱物

変成・変質鉱物：緑泥石>白雲母，曹長石，緑簾石，スメクタイト

5) 安山岩ポーフイリー (P a)

(a) 分布

本岩は，アシュアカから北東方向の尾根沿い1,750m付近に岩脈として分布する。岩脈の方向は北北東-南南東，幅は約30 m，延長は約250 mと推定される。本岩は黒雲母石英閃緑岩 (Q d) を貫いている。

(b) 岩相

本岩は，灰色を呈する斑状緻密な岩石である。斑晶鉱物は，斜長石及び角閃石からなる。鉄化作用及び変質作用は認められない。

2-1-3 地質構造

(1) リニアメント

調査区域のリニアメントについては，60,000分の1の航空写真を活用して解析した。その結果を20,000分の1の地形図に示した。(Figure A-5)

リニアメント構造で最も明瞭なものは，テリンベラ部落から北東方向に延びるNE-SW方向のリニアメント及びそれから派生したアシュアカの南側を通るE-W方向のリニアメントである。

この他，NNW-SSE, NE-SW 及びENE-WSW方向のリニアメントも認められる。

(2) 断層

本調査区域では次のリニアメントを断層として扱った。即ち，①テリンベラ部落から北東方向に延びるNE-SW方向のリニアメント，及び②アシュアカ南側の東西性の沢沿いに走るE-W方向の

リニアメントである。

野外調査で認められた2つの小規模な白色粘土化帯及び珪化帯は、これらの断層上に位置とている。

一方、本調査区域は、巨視的にはグアヤキル (Guayaquil) からキト (Quito) 東方まで連続する大構造線 (Frente de Baños) が NE-SW方向に横切る地帯の一角に位置している。従って、NE-SW 方向のリニアメントはこの断層を反映している可能性がある。

2-1-4 鉍化作用及び変質作用

本調査区域では、ウグシャコチャ (Ugshacocha) 沢・アシュアカ沢及びそれらの支流を含めた約 1.5km × 1.0km の範囲に鉍化露頭が多数存在し、黄銅鉍・黄鉄鉍鉍化が認められる。これを北東部鉍化帯と称す。第2年次調査で鉍化帯 V 及び鉍化帯 VI としたものがこれに相当する。

このうち特に、調査区域のほぼ中央部、アシュアカ学校の西部 400m × 600m の範囲にある鉍化帯を“アシュアカ鉍化部”と称す。

北東部鉍化帯

(1) 鉍化作用のタイプ

本調査区域に認められる鉍化作用はアシュアカを中心とし、花崗岩類からマクチ層まで全岩体に鉍化を及ぼしているポーフィリー-カッパー型鉍化作用である。

(2) 鉍化帯の産状

特に本鉍化帯では、黄銅鉍・黄鉄鉍の鉍染及び細脈は花崗岩類のみならずマクチ層中にも顕著に認められる。また、黄銅鉍/黄鉄鉍比が大きい所では部分的に輝水鉛鉍も認められる。

本鉍化帯の“アシュアカ鉍化部”は、アシュアカ沢とその枝沢及びウグシャコチャ沢 (下流側) で黄銅鉍-黄鉄鉍を伴う鉍化露頭部として観察される。黄銅鉍-黄鉄鉍は次の母岩中にパッチ状、フィルム状、及び鉍染状の形態で認められる。鉍化露頭で観察された母岩を鉍化の強い順に列記すると、角閃石石英閃緑岩、マクチ層のホルンフェルス化を強く受けた安山岩、黒雲母石英閃緑岩、及び優黒質石英閃緑岩となる。また、平面的に見て鉍化帯の中心部とより外側とで硫化鉍物の産状に相違が認められる。すなわち、“アシュアカ鉍化部”には黄銅鉍-黄鉄鉍が石英脈、散点状・フィルム状の鉍染として多く存在する。鉍化帯のより外側になると、鉍染量は減少し、母岩のクラックだけとなる。

アシュアカ小学校の南約 200 m 付近の鉍化露頭スケッチを Fig. II-2-4 に示す。同図ではマクチ層のホルンフェルス化をうけた安山岩及びそれを岩脈として貫く優黒質石英閃緑岩中に、黄銅鉍-黄鉄鉍の鉍染状鉍化が認められる他、幅約 2~10 cm の粗粒黄鉄鉍-石英脈もかなり優勢である。さらに、アシュアカ鉍化部の南西に小規模な銅鉍化帯 5ヶ所の分布も確認された。

本鉍化帯の露頭サンプルの分析結果は、“アシュアカ鉍化部”では Cu 0.71 ~1.38%、外郭部では Cu 0.1以下であった。鉍化帯の外側は黄鉄鉍だけの鉍染及び細脈が分布する地帯になってい

る。黄鉄鉱の量は、総じて南部の方が多い。

アシュアカ周辺では、風化が進行し厚い表土に覆われているために、ピット調査を実施した。ピット調査では褐鉄鉱の細脈・鉱染が普遍的に認められ、局所的にマラカイトが観察された。それぞれのピットから採取した試料の分析結果はCu 0.03 ~0.51%、平均Cu 0.12 %を示した。これらのCu濃度は明らかに後背値（本調査区域周辺では、通常Cu 0.01%以下）から識別し得る値であった。このことはピットが鉱化帯の範囲内に位置しており、元来存在していた黄銅鉱又はその酸化鉱物がサンプリングされたものと解される。鉱化に伴う変質は、珪化及び緑泥石化が顕著であった。

(3) 鉱化作用の構造規制

北東部鉱化帯は、テリンベラ沢ーアシュアカ沢沿いに発達するNE-SW 断層とウグシャチャ沢沿いに発達するEW断層沿いに分布している。また、鉱化作用の特に著しい“アシュアカ鉱化部”は、上記2方向の断層の交差部に位置している。

一方、本地区は巨視的にはグァヤキルからキト東方まで連続する大構造線 Frente de Baños 断層が NE-SW方向に横切る地帯の一角に位置している。また、テリンベラ地区はポリバル区域の中で最も多くのストックや岩脈が集中し、且つ NE-SW方向に点在又は伸長して分布しているが、このような配列は、リニアメントや断層とともに、NE-SW 系の大構造を反映したものと考えられる。

2-1-5 帯磁率測定結果

鉱化変質作用にともなう消磁現象を定量的に把握するために、携帯用帯磁計を使用し、帯磁率測定を実施した。携帯用帯磁率計はチェコ・スロバキア製Kappameter KT-5 型で、測定単位は、 1×10^{-3} SIUである。

測定に当たり測定誤差を極小化するため、露頭の風化部を綺麗に剥離し、表面の凹凸を無くすように留意した。測定は5回行い、上下2つの値を除外し、残りを平均し、測定値とした。

帯磁率の測定位置及び測定値はFigure A-2に示す。

本調査区域においては、岩石の帯磁率測定値は、バルサパンバ地区オソウアイコ区域同様、岩種の違いを反映しており、鉱化作用に伴う消磁現象の強弱を定量的に把握することは出来なかった。

なお、本調査区域に分布する主な岩種の帯磁率の範囲は次の通りであった。

マクチ層の安山岩 (An) は、 $21.6 \sim 92.6 \times 10^{-3}$ SIU
黒雲母石英閃緑岩 (Qd) は、 $13 \sim 33.1 \times 10^{-3}$ SIU
優黒質石英閃緑岩 (Di) は、 $6.4 \sim 87.0 \times 10^{-3}$ SIU
角閃石石英閃緑岩 (HQd) は、 $0.83 \sim 33.4 \times 10^{-3}$ SIU

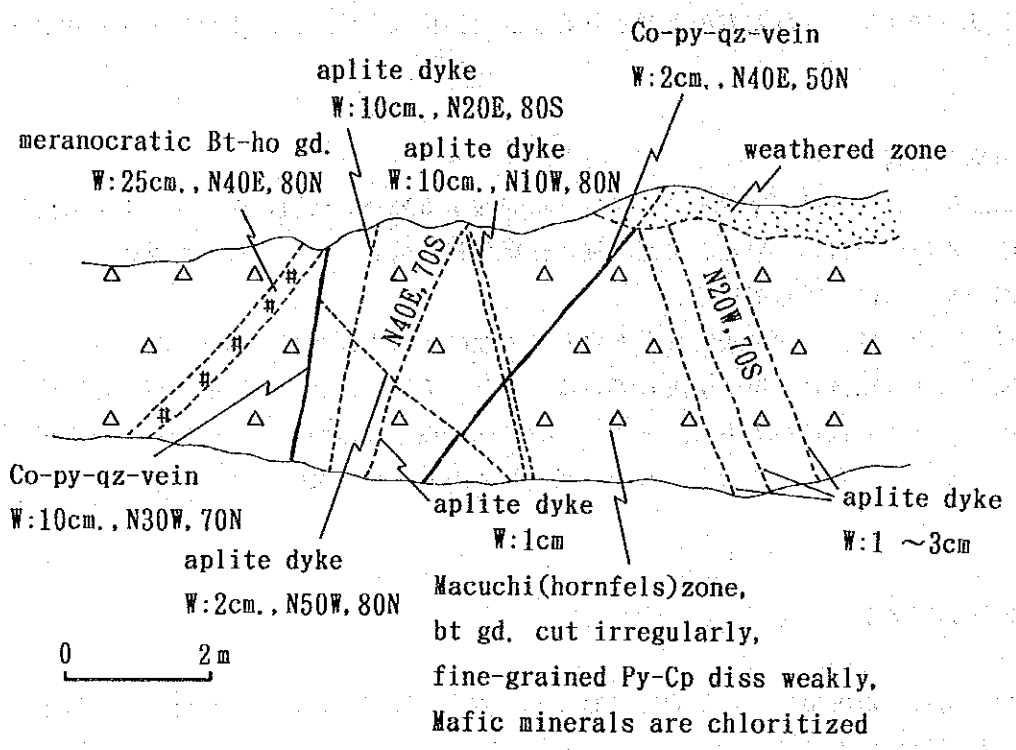


Fig.II-2-4 Geologic sketch of a mineralized outcrop in ZONE V

2-2 物理探査

2-2-1 調査目的

本調査の目的は、テリンベラ地区北東区域において物理探査（IP法）によりIP異常帯を抽出し、第2年次調査で確認された有望な鉱化帯の下部及び延長における鉱化帯の賦存状況を把握するとともに、ボーリング孔の位置選定に資することを目的としていた。

2-2-2 調査方法

(1) IP法概要

IP法電気探査は、鉱物や岩石の電気化学的性質に起因する分極現象（IP現象）を測定する手法であり、主として硫化物を含む金属鉱床の探査に用いられている。

IP法には、IP現象の捉え方により次のような方法がある。

① 周波数領域法 (Frequency-domain method)

周波数の異なる2種類以上の電流により測定される見掛け抵抗の変化率、即ち周波数効果 (FE: Frequency Effect, 単位%) を測定する方法。

② 時間領域法 (Time-domain method)

パルス波の電流切断後のある時間における過渡電位を測定し、充電率 (M: Chargeability, 単位 milli-sec) を求める方法。

③ 位相領域法 (Phase-domain method)

流電電流波形と受信電位波形間の位相角を測定する方法。

④ スペクトルIP法 (Spectral IP method)

多周波数を使用し、それぞれの周波数での信号の強度と位相を測定する方法。

(2) 測定方法

本調査では、3.0 Hz及び0.3 Hzの2種類の周波数を用いた周波数領域法を採用し、電極配置は双極子 (Dipole-dipole) 型電極配置とし、電極隔離係数 $n = 1 \sim 5$ まで測定した。

測線は、本区域の地質構造を考慮し、測線長 1,600mの測線をNW-S E方向に測線間隔 300mで6測線 (北東側より測線T-1~T-6) 設定した。また、電位電極間隔は 100mとし、測点は水平距離 100m間隔に設定し、測点番号は北西端より 0, 1, 2, …… 32 と 50 m毎に番号を付した。測線の位置をFig. II-2-5に示す。

(3) 使用機器

本調査に用いた測定機器は以下のとおりであり、すべて日本から持参したものである。

Equipment	Model	Specification	Quantity
IP Transmitter	CH-T7802	2.5A, 800V	1
IP Receiver	CH-R7802		1
IP Checker	522A		1
Engine Generator	GPU-2000	2kw, 150V, 400Hz	1
Electrode Remote Controller	CH-60A	64ch	1
Transceiver	ICB-87	0.5W	6

2-2-3 解析方法

解析方法の手順をFig. II-2-6に示す。

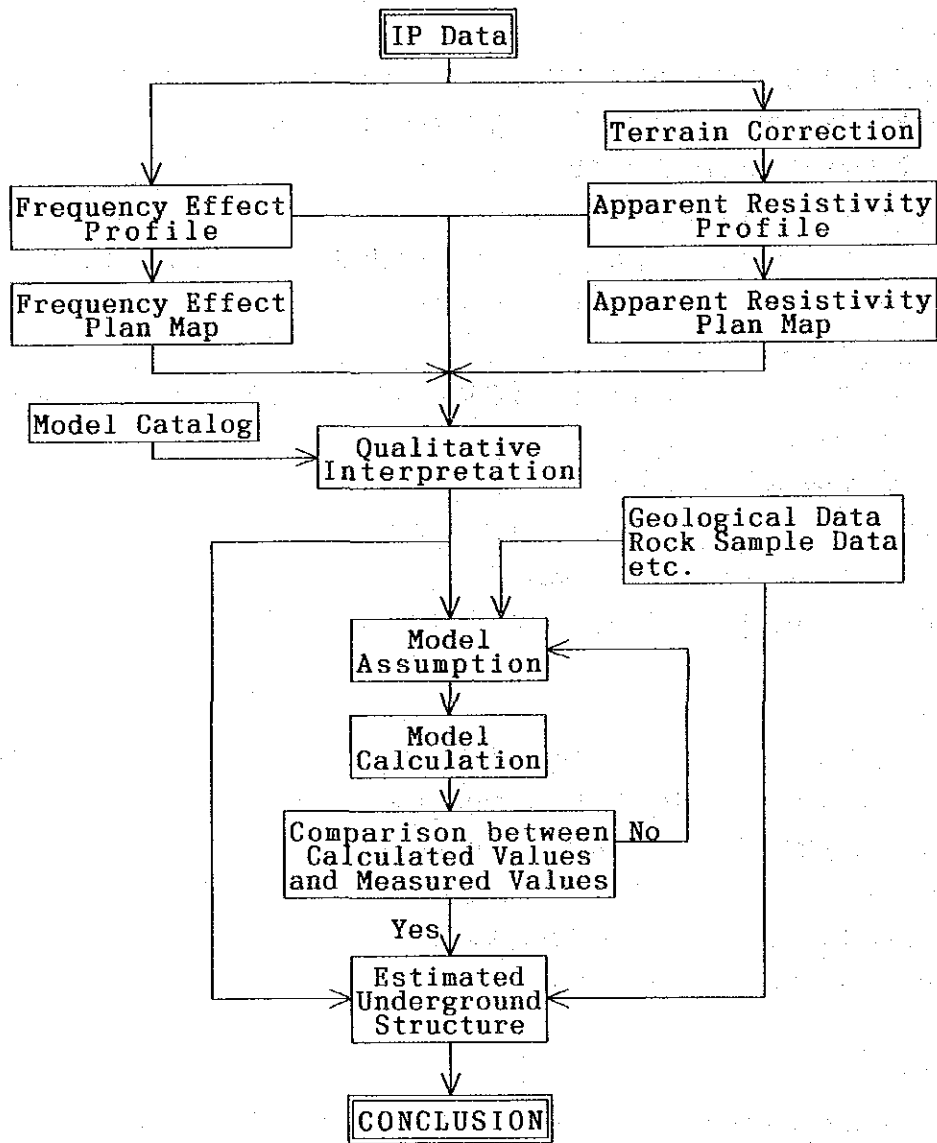
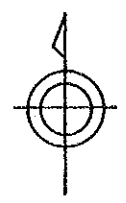
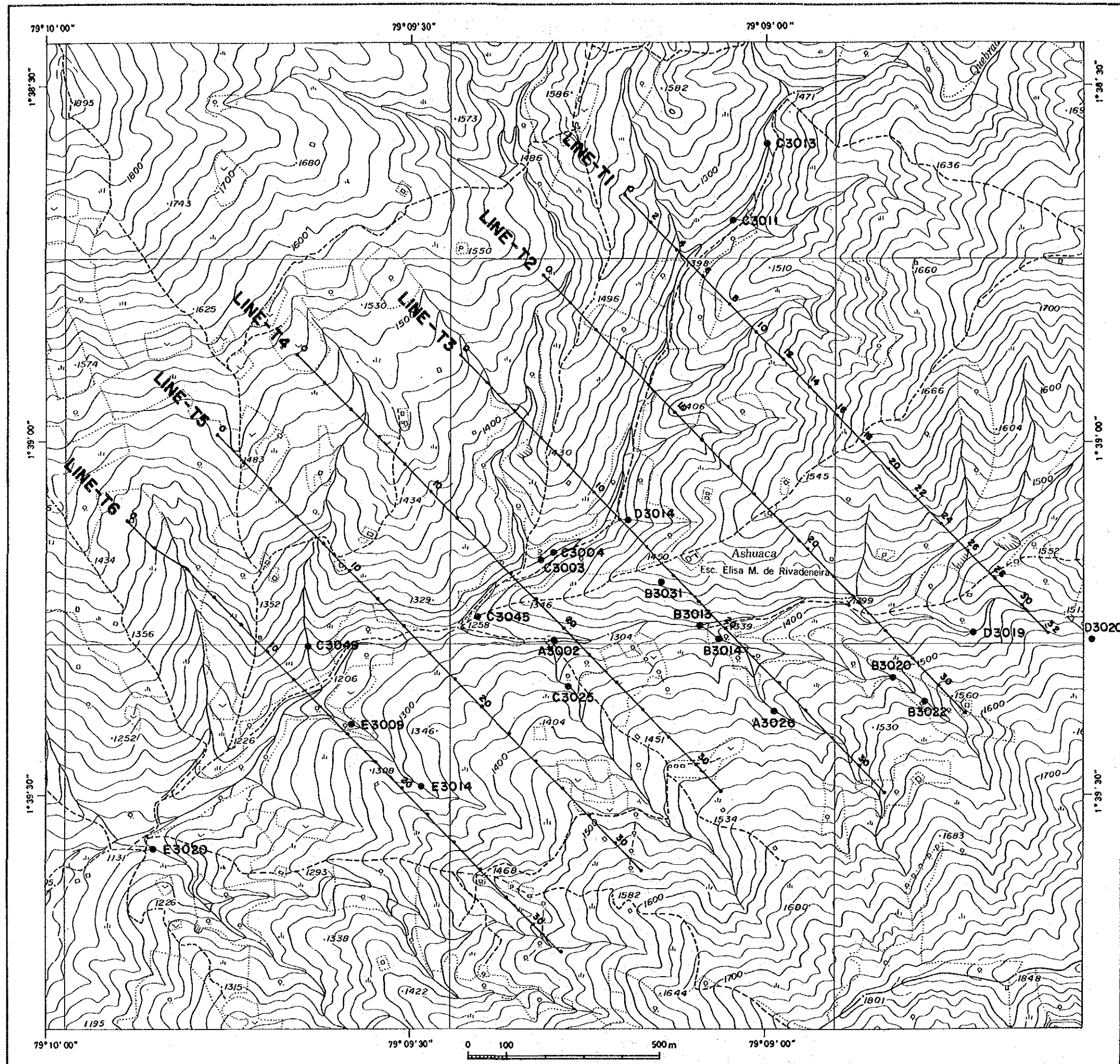


Fig.II-2-6 Flow chart of IP data analysis



LEGEND

- LINE-T3 IP Survey Line
- C3045 Location of Rock Sample and Sample Number

Fig.II-2-5 Location map of IP survey lines of the Telimbela area

(1) 比抵抗・FEの算出

一対の電流電極 (C_1 , C_2) より大地に3.0 Hzの電流 (I_{AC}) を供給し、他の一対の電位電極 (P_1 , P_2) にて電位 (V_{AC}) を測定する。

このときの大地の見掛比抵抗 ρ_{AC} は、次式により算出される。

$$\rho_{AC} = K \cdot \frac{V_{AC}}{I_{AC}} \quad (\Omega \cdot m)$$

ここに、Kは各電極の配置により定まる係数で次式で与えられる。

$$K = 2\pi / \left(\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_1} + \frac{1}{C_2 P_2} \right)$$

また、FEは3.0 Hzの電流を大地に流し、受信機により電位 V_{AC} を測定した後、電流値を一定にして周波数を0.3 Hzに切替えることにより受信機で直読することができる。すなわち、見掛比抵抗の周波数による変化率として、次式で算出される。

$$FE = \frac{V_{DC} - V_{AC}}{V_{AC}} \times 100 = \frac{\rho_{DC} - \rho_{AC}}{\rho_{AC}} \times 100 \quad (\%)$$

以上の式によって求めた見掛比抵抗及びFEは、便宜上、各電極系の中点を結ぶ直線を底辺とする直角二等辺三角形の頂点に表示される。しかし、この表示法は必ずしも表示点に異常源が存在することを示すものではない。したがって、この表示法により作成される断面図を擬似断面図と称する。

(2) 地形補正

上述した見掛比抵抗の算出では、電極を無限平面に配置したものとして電極配置係数を仮定しているため、大地が電氣的に均質であったとしても、算出された見掛比抵抗は地形起伏による影響を受けている。IP法のダイポール・ダイポール型電極配置では、谷地形の場所では見掛比抵抗が低く、山地形では高く検出される。一方、FEは見掛比抵抗の周波数による変化率であるため、地形起伏による影響を受けることは少ない。

本区域では、地形が急峻で起伏に富んでいるため、全測線に2次元の有限要素法による地形補正を施し、補正した見掛比抵抗値を用いて断面図及び平面図を作成した。

(3) 室内物性試験

地表で測定された物理量は、地下の岩体及び鉱床の真の物性を表すことは少ないため、見掛比抵抗及びFEを解析して地下構造を推定するためには、調査地内に分布する岩石の真の比抵抗及びFEを室内物性試験によって知ることが必要である。

地表から採取した岩石試料は直方体に整形し、自然状態に近付けるため10日間蒸溜水に浸して含水飽和状態にした。

岩石試料の比抵抗 (ρ) は次式によって求められる。

$$\rho = \frac{a_1 \times a_2}{\ell} \times \frac{V}{I}$$

- ℓ : 岩石試料の長さ
 a_1, a_2 : 岩石試料の辺長
 V : 電位差
 I : 電流値

また、FE値は 3.0 Hz と 0.3 Hz の 2 種類の周波数の電流を流すことによって求められる。

(4) シミュレーション解析

IP法の解析には、基本モデルによる見掛比抵抗分布やFE分布を参考としながら断面図及び平面図を定性的に解析する定性解析、及び、推定地下構造モデルを作成し、その理論値を計算する定量解析が用いられる。この定量解析を一般に(モデル)シミュレーション解析と称する。

まず、地質構造、基本モデル・パターン及び岩石試料物性測定値を参考として推定地下構造モデルを作成し、このモデルに対する見掛比抵抗とFEの理論値を計算する。次に、この理論値と測定値を比較しモデルを修正する。この作業を繰返し行い、理論値を測定値に近似させて最適地下構造を推定する。

本調査では、MJE-8孔とMJE-9孔との間を横断する測線T-3について解析を実施し、鉱化帯のNW-SE方向への拡がりについて検討した。

なお、本調査では2次元有限要素法によりモデル・シミュレーションを行った。