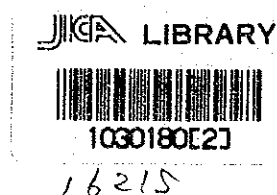


05
61
078

コロンビア共和国アルマゲール地域
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書



昭和62年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

| | |
|----------|------------|
| 国際協力事業団 | |
| 受入 月日 | '87. 4. 24 |
| | 705 |
| | 66.1 |
| 登録No. | 16215 |
| | MPN |

は し が き

日本国政府はコロンビア共和国政府の要請に応え、同国の南西部に位置するアルマゲ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59年度から昭和61年度までの3年間にわたって実施され、コロンビア共和国政府関係機関、特に鉱山エネルギー省鉱山地質調査所の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は3年間の調査結果をまとめたものである。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力をいただいたコロンビア共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在コロンビア日本大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和62年2月

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔

金属鉱業事業団

理事長 佐 藤 淳 一 郎

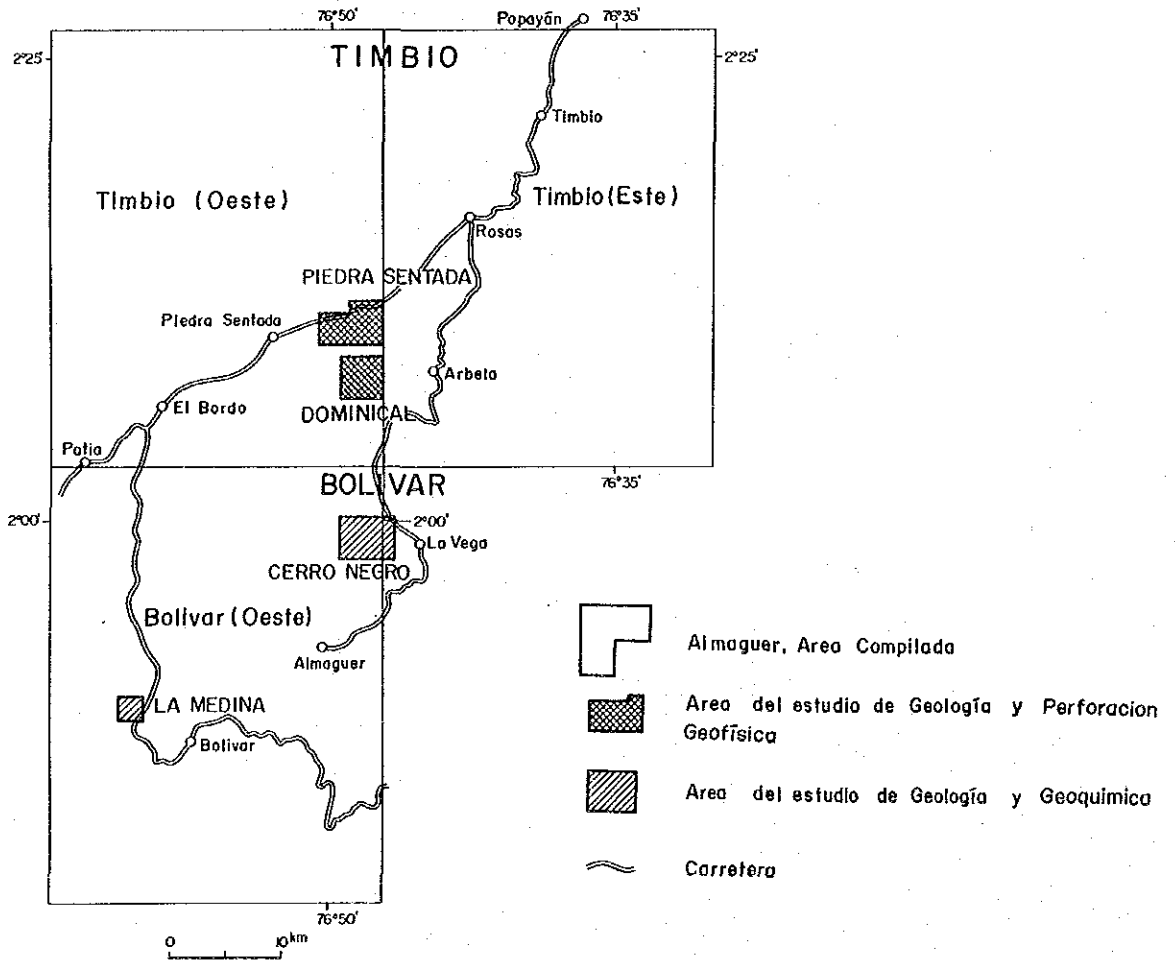
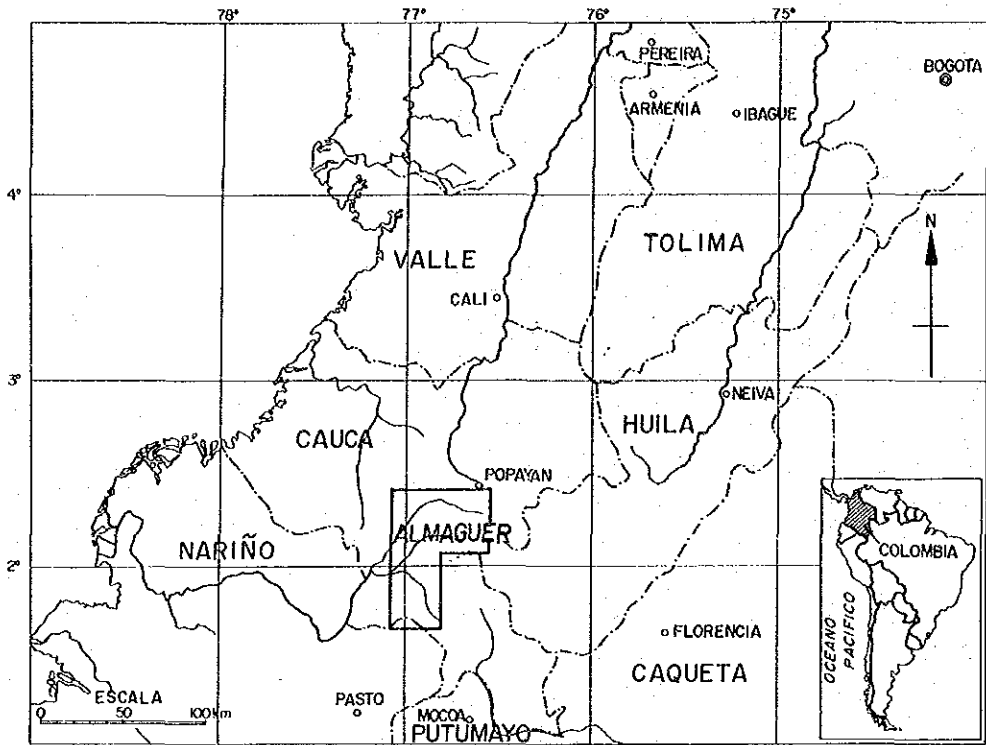


Figura 1 調査地域位置図

コロンビア共和国南西部に位置する Almaguer (アルマゲール) 地域における資源開発協力基礎調査は、第 1 年次に既存資料の検討によって鉱床賦存の可能性の高い地区の抽出を行った。これにより 13 箇所の地化学異常帯が選定されたが、その内訳は、酸性貫入岩が分布しポーフイリーカッパー型鉱床の示徴を示す Cu-Mo 異常帯が 4 箇所、超塩基性岩に伴う Ni-Cr 異常帯が 6 箇所、Pb-Zn, Cu-Ni, Ag-Mo の異常帯各 1 箇所である。これらの異常帯を含む各地区のうち 4 地区 (Cu-Mo 異常帯 3 箇所, Ni-Cr 異常帯 1 箇所) に対して地質調査 (面積 61 km²)、地化学探査 (土壌 514 件) 及び物理探査 (CSAMT 法 107 点, SIP 法 3.2 Km) 等の現地調査を実施した。

調査の結果、Piedra Sentada, Dominical 両地区にポーフイリーカッパー型銅鉱床の賦存する可能性が高いと判断され、また Cerro Negro 地区にも前二者よりは弱い鉱徴であるがポーフイリーカッパー型銅鉱床の賦存が予想された。一方 Ni-Cr 異常を検討した La Medina 地区では、異常帯はオフィオライトの分布とほぼ一致し母岩の化学成分を反映するが、鉱床になり得る程度の濃集は観察されなかった。

第 2 年次の調査は、Dominical 地区にて物理探査 (SIP 法 6 Km, IP 法 6 Km)、Piedra Sentada 地区に対してボーリング調査 (5 孔 1655.6 m) を実施し、両地区に予測されたポーフイリーカッパー型鉱床の賦存可能性を追求した。

この結果 Dominical 地区では、地質変質の中心であり地化学異常帯でもある区域を取り巻き物理探査異常が捕捉され、ポーフイリーカッパー型鉱床の可能性が高まった。一方 Piedra Sentada 地区ではポーフイリーカッパー型の鉱化帯の賦存を確認したが、運鉱岩が餅盤状の小貫入岩体であり、経済性を有しない低品位の鉱化作用であることが判明した。

第 3 年次は Dominical 地区に調査を集中し、物理探査 (IP 法 12 Km) とボーリング調査 (6 孔 2057.7 m) を実施した。

調査の結果、本地区の鉱徴は、母岩の変質パターン、均質化温度等ポーフイリーカッパー型鉱床の特長を備えているが、鉱化作用は最良の箇所で Au 0.33 g/t, Cu 0.13% を示し、金品位は比較的高いが現在の市況では経済性を有しないと判断される。

アルマゲール地域における 3 年間の調査の結果、鉱床地質に関する多くの知見が得られたが、鉱徴は小規模あるいは低品位であり、経済性を有する鉱床を発見する機会の乏しい地域と判断される。

総 括 報 告 書

目 次

は し が き

調 査 位 置 図

要 約

| | |
|-----------------------------|----|
| 第1章 序 論 | 1 |
| 1-1 調 査 概 要 | 1 |
| 1-2 従 来 の 調 査 | 6 |
| 1-3 現 地 状 況 | 6 |
| 第2章 アルマゲール地域 | 7 |
| 2-1 調 査 概 要 | 7 |
| 2-2 地 質 概 要 | 7 |
| 2-3 地化学探査データコンパイル | 14 |
| 第3章 Piedra Sentada 地区 | 21 |
| 3-1 地 質 | 21 |
| 3-2 地 質 構 造 | 22 |
| 3-3 鉍 化 作 用 | 22 |
| 3-4 物 理 探 査 | 23 |
| 3-5 ボーリング調査 | 30 |
| 第4章 Dominical 地区 | 39 |
| 4-1 地質及び地質構造 | 39 |
| 4-2 鉍 化 作 用 | 39 |
| 4-3 地 化 学 探 査 | 40 |
| 4-4 物 理 探 査 | 46 |
| 4-5 ボーリング調査 | 46 |

| | |
|--------------------------|-----|
| 第5章 Cerro Negro 地区 | 59 |
| 5-1 地 質 | 59 |
| 5-2 鉍 化 作 用 | 60 |
| 5-3 地 化 学 探 查 | 61 |
| 5-4 考 察 | 62 |
| 第6章 La Medina 地区 | 65 |
| 6-1 地 質 | 65 |
| 6-2 鉍 化 作 用 | 65 |
| 6-3 地 化 学 探 查 | 65 |
| 6-4 考 察 | 66 |
| 第7章 結論及び提言 | 69 |
| 7-1 結 論 | 69 |
| 7-2 提 言 | 69 |
| 参 考 文 献 | 71 |
| 付 带 资 料 | A-1 |

FIGURAS (図)

- Figura 1 調査地域位置図
- Figura 2 アルマゲール地域地質図
- Figura 3 アルマゲール地域地質断面図
- Figura 4 アルマゲール地域地質模式層序図
- Figura 5 アルマゲール地域地化学異常帯分布図
- Figura 6 ピエドラセターダ地区地質及び物理探査総合図
- Figura 7 ピエドラセターダ地区地質断面図
- Figura 8 ピエドラセターダ地区総合解析図
- Figura 9 ピラドラセターダ地区ボーリング地質断面図
- Figura 10 ドミニカル地区地質及び地化学探査結果図
- Figura 11 ドミニカル地区地質断面図
- Figura 12 ドミニカル地区物理探査総合図
- Figura 13 ドミニカル地区総合解析図
- Figura 14 ドミニカル地区ボーリング地質断面図
- Figura 15 セロネグロ地区地質及び地化学探査結果図
- Figura 16 セロネグロ地区地質断面図
- Figura 17 ラメディナ地区地質，地化学探査結果図及び地質断面図

T A B L A S (表)

| | |
|----------|--------------------------------|
| Tabla 1 | 調査地域及び調査方法 |
| Tabla 2 | 鉾床有望地区抽出フローチャート |
| Tabla 3 | 調査団員名簿 |
| Tabla 4 | アルマゲール地域地化学探査しきい値及び統計数値表 |
| Tabla 5 | アルマゲール地域地化学探査異常帯一覧表 |
| Tabla 6 | ピエドラセンターダ地区ボーリング孔一覧表 |
| Tabla 7 | ピエドラセンターダ地区ボーリング孔分析結果のまとめ |
| Tabla 8 | アルマゲール地域準精査地区の地化学探査しきい値及び統計数値表 |
| Tabla 9 | ドミニカル地区ボーリング孔一覧表 |
| Tabla 10 | ドミニカル地区ボーリング孔分析結果のまとめ |

第 1 章 序 論

1-1 調査概要

1-1-1 調査目的

本調査は、コロンビア共和国 Almaguer (アルマゲール) 地域において詳細な地質状況を解明することにより鉱床賦存状況を把握することを目的とする。

1-1-2 調査地域及び調査方法

アルマゲール地域はコロンビア共和国の南西部に位置し行政区画では Departamento del Cauca (カウカ県) の南部を占めている。

本調査は、コロンビア共和国における鉱物資源開発のための協力基礎調査として、1984年から1986年にかけて、3年間にわたって実施された。年度別の調査地区及び調査方法は Tabla 1 のとおりである。また鉱床有望地区抽出のフローチャートを Tabla 2 に示す。

1-1-3 調査団員

本調査の現地作業及び解析作業はコロンビア共和国鉱山エネルギー省鉱山地質調査所 (Instituto Nacional de Investigaciones Geologico - Mineras; 略称 INGEOMINAS) の協力を得て、三井金属資源開発株式会社により実施された。年度別の調査団員を Tabla 3 に示す。

Table 1 調査地域及び調査方法

| 調査方法 調査地域 | 年次 | Fase I (1984) | Fase II (1985) | Fase III (1986) | 備考 |
|---|----|-----------------------------|----------------------------|--------------------|---|
| 既存資料の検討, 地化学探試料から有望地の抽出 Almaguer | | 3600 ㎡ | | | 供試料: 河床堆積物 分析 INGEOMINAS 検討元素: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Ni, Cr 試料数: 4024~4038 件 |
| 地質準精査 縮尺 1/5,000 Piedra Sentada Dominical Cerro Negro La Medina | | 21 ㎡ 16 " 20 " 4 " | | | |
| 地化学探査 Dominical Cerro Negro La Medina | | 205 箇 256 " 53 " | | | 供試料: 土壌 検討元素: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Ni, Cr の 8 元素 |
| 物理探査 Piedra Sentada Dominical | | CSAMT 21 ㎡ SIP 3.2 ㎞ | SIP 4 測線 6 ㎞ IP 4 " 6 " | IP 7 測線 12 ㎞ | |
| ボーリング調査 Piedra Sentada Dominical | | | 5 孔 1.655.6 m | 6 孔 2,057.7 m | 垂直孔: 350 m × 3 孔 300 m × 2 孔 垂直孔: 350 m × 5 孔 300 m × 1 孔 |



Tabla 2 鉍床有望地区抽出フローチャート

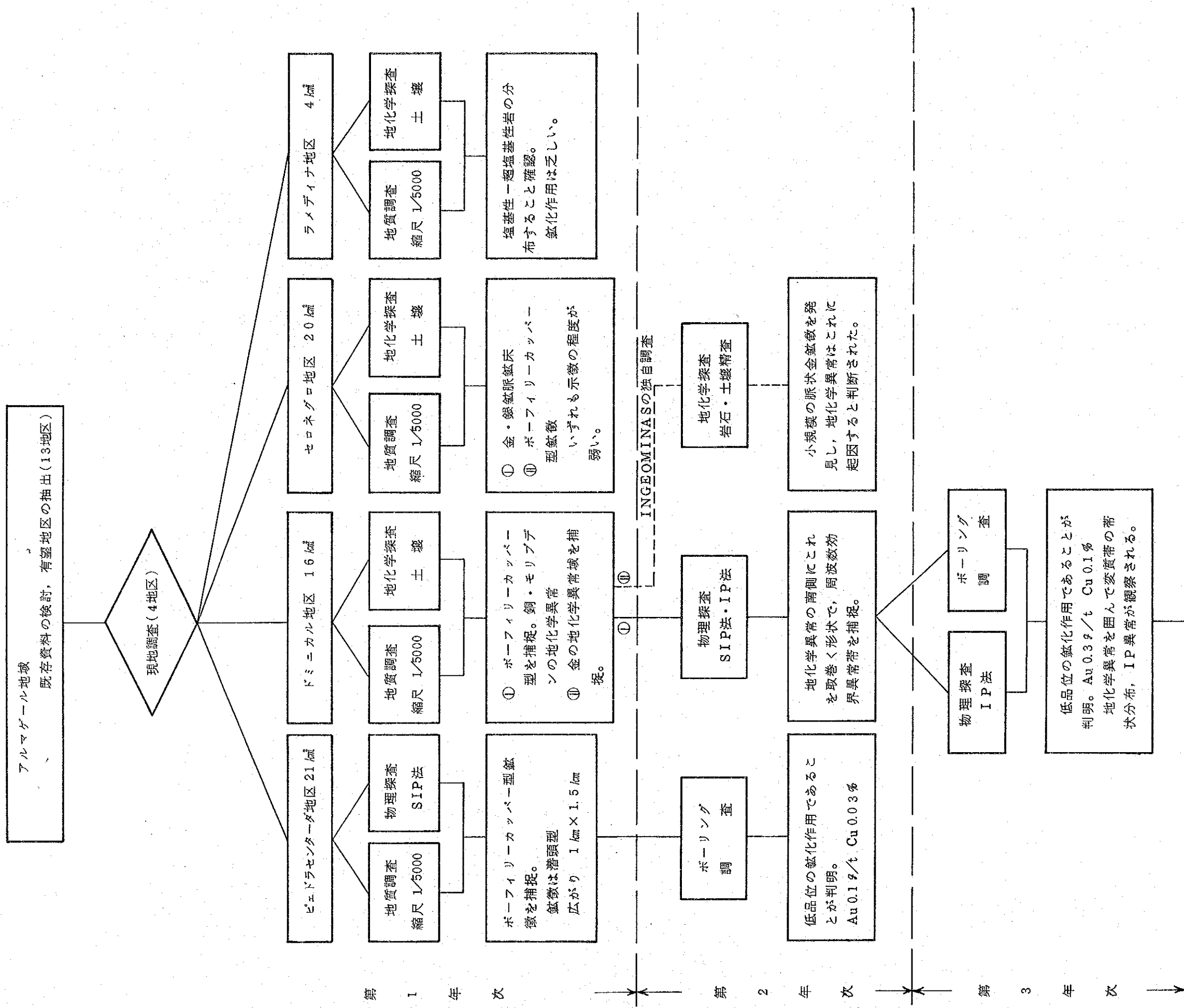


Tabla 3 調査団員

| 担当業務 | Fase I (1984) | Fase II (1985) | Fase III (1986) |
|--|--|--|--|
| 日本側調査計画及び折衝 | 本城 薫 北島 正豪 逆瀬川 敏夫 舩 純宏 細井 義孝 遠藤 泰生 | 上木 隆司 遠藤 泰生 | 三浦 徹 上田 英之 |
| コロンビア側調査計画及び折衝 | Jorge Luis Ordonez Nohora Bateman Duran Alfonso López Reyna Raúl Durán Rodriguez Humberto Patino German Contreras | Raúl Durán Rodriguez Luis Jaramillo C. | Alberto Lobo-Guerrero Raúl Durán Rodriguez |
| 日本側調査団 (団 長) (地 質) (物理探査) (ボーリング調査) | 南雲 義 広 斉藤 信 雄 土居 信 一 犬塚 重 三 鈴木 高 志 田中 富 雄 加藤 雅 胤 | 南雲 義 広 三好 福次郎 石川 次 男 江川 昭 山本 延 彦 清水 久 司 佐藤 善 信 | 南雲 義 広 三好 福次郎 石川 次 男 江川 昭 山本 延 彦 清水 久 司 堀下 宏 美 |
| コロンビア側調査団 (地質・地化探) (物理探査) | Pedro A. Marin Dario Mosquera Rosalba Salinas Oscar Pulido Clemente Ropaín Miguel Garzón | Pedro A. Marín Alfonso Arias Héctor Castro Clemente Ropaín Miguel Garzón | Pedro A. Marín Alfonso Arias Oscar Pulido Arturo Bermudez |

1-2 従来の調査

本地域は産金地帯の1つとしてスペイン人の移住前から知られていたが、記録に残るものなく、また採掘方法も原始的な手工業と思われる。1970年代に入りINGEOMINASのPopayan事務所が本地域の図幅調査に取組み、あわせて鉱徴・鉱床に関する情報を収集した。主な調査文献はMarulanda(1976, 1978), Pérez(1980), París y Marín et al(1980), Orrego et al(1984)等があげられる。

Marulandaはアルマゲール地域の中央部に於て地質調査、地化学探査を実施し、そこで発見された多くの鉱徴地を報告している。Pérezは地域の地質構造の発達史をプレート運動と関連づけて論じている。

París y Marínはカウカ県全域の地質をまとめ、県図幅及び説明書を作成した。

Orregoは地球の北半分について地質を詳細に記述している。

1-3 現地状況

1-3-1 位置交通

アルマゲール地域はカウカ県の県庁所在地であるPopayanの南方に位置しており、公刊されている縮尺10万分の1地形図では図幅364(Timbio図幅)の全域と、その隣の図幅387(Bolivar図幅)の西半分を占めている。この地域から第一年次の現地調査地区として次の4地区が抽出された。

Piedra Sentada地区、面積21 km²、Timbio図幅中、Dominical地区、面積16 km²、Timbio図幅中、Cerro Negro地区、面積20 km²、Bolivar図幅中、La Medina地区、面積4 km²、Bolivar図幅中。これらの調査地区へはPopayanから年間を通じて車の運行の可能な道路が通じている。しかし調査地区内ではPiedra Sentadaを除き車道はなく、乗馬又は徒歩に頼ることになる。

1-3-2 調査環境

調査地区は山間盆地及び中央山脈(Cordillera Central)の西縁に点在しており、標高はPiedra Sentada, Dominical, La medina地区の1,100~1,200 mからCerro Negro地区の3,400 mまで変化する。

地域の主要産業は農業及び牧畜業であり、到る所に人家の集落が存在する。年間降水量1,200~1,600 mm, 平均気温15~26℃の亜熱帯性乾燥森林気候帯に属する。

第2章 アルマゲール地域

2-1 調査概要

2-1-1 調査目的

既存の地質調査データのコンパイル作業、地化学探査データの解析を実施し、地質、地化学探査データを総合的に検討することにより、鉱床賦存有望地区の抽出を行った。

2-1-2 調査範囲

調査範囲はコロンビア共和国カウカ県南部に位置し、Fig.1にアルマゲール地域と示す範囲である。アルマゲール地域は面積3,600 km²を有し、国土地理院刊行の縮尺10万分の1地形図のうち346図幅の全域とその隣接南部の387図幅の西半分を占めている。

2-1-3 調査資料

本調査に供用された資料は、参考文献に挙げているが、就中地質データコンパイルには Parí s y Marulanda(1976), Marín, Parí s, Orrego, y Ló pez(1979), Orrego et al.(1984)の図幅を使用し、縮尺5万分の1の図幅にまとめた。また、地化学探査データは INGEOMINAS ポバイヤン事務所が1972~1981年にかけて採取した河床堆積物の分析値を使用した。

2-2 地質概要

本地域は北北東から南南西方向に伸びる断層系(ロメラル断層系)により3帯に分けられる。東部は中央山脈(Cordillera Central)の一部を占め、標高3,000mを越す高峰が連なる。中央部は標高1,000mから2,000mの Cauca Patia と呼ばれる山間盆地を形成している。西部は西部山脈(Cordillera Occidental)の一隅を占め標高3,000m前後の山脈をなす。

上記の地形上の区分に対応して、それぞれ特徴ある地質が分布する。

東部：Cajamarca 層群に対比される古生界の変成岩類が基盤岩として広く分布する。

本層群は緑泥岩-アクリノライト片岩、緑色片岩、石灰質片岩、石英-絹雲母片岩、絹雲母片岩、塊状及び片理を有する珪岩及び少量のアルミナ質片岩等から構成されている。

これら岩石の原岩は恐らく塩基性火山岩、グレイワッケ、石灰質頁岩、砂岩、含不純物砂岩等であって、広域変成作用を受けたため、新たな鉱物組成を有する岩石に変わったものであろう。

東部と中央部とを画する北北東系の断層沿い、及びこれと10~15km離れて並走する東側の断層沿いに中生界の堆積岩類及び花崗閃緑岩体が若干分布する。

上記の岩体を貫き安山岩質ないし石英安山岩質の貫入小岩体が各所に点在する。上述の全て

の岩体を覆って第四紀火山の噴出物が地形低所を占め、さらに東部地域の最高峰をなす活火山列が最も東側に分布する。

中央部：北北東—南南西系の平行する断層にはさまれた東西約30 kmの地帯を占め、第三紀の堆積岩類が主要構成メンバーである。北部は第四紀の火山噴出物により被覆されている。北北東系の断層が発達しておりこの断層沿いに塩基性～超塩基性岩のオフィオライト岩体が分布する。第三紀の堆積岩類を貫き数多くの安山岩質ないし石英安山岩質貫入岩体が分布する。

西部：本地域は主として白亜系の Diabásico 層群が分布する。

Diabásico 層群は、火山岩主体のものと同火山岩・堆積岩の組合せからなる岩体とに大別される。火山岩は輝緑岩からなり枕状構造を示すことが多い。堆積岩は頁岩、チャート、硬砂岩等からなる。

本岩中にも量は少くなるが、第三紀の安山岩ないし石英安山岩の貫入岩体が認められる。

本地域の地質構造発達史を París y Marín(1978)は以下のように述べている。

基本的な地質要素は中央山脈を形成する古生界及び先カンブリア界の変成岩からなる大陸地殻とその西部にロメラル断層系を境として、海洋地殻の白亜紀、塩基性岩及び堆積岩が分布することである。

上記の大陸地殻と海洋地殻の上に、中生代、新生代のマグマ活動や火山活動に伴う岩石が分布しており、更に第三紀モラッセの盆地が形成されている。

上記の地質構造発展と深成作用は、新旧2帯のプレートの沈降帯の活動によって生じている。旧期の沈降帯は中央山脈の西縁に位置し、大陸への付加作用を生じている沈降帯である。

新期の沈降帯は更にその西側の太平洋側にあり、現在でも活動中である (Meissner, R.O., et al., 1976)。

大陸地殻上部の岩石は、中央山脈や中央—東部山脈に分布する古生界のCajamarca層群や先カンブリア界の片麻岩、片岩類である。Cajamarca層群の原岩は先カンブリア界の基盤上に堆積した陸成層であろう。

中央山脈の西側に存在したと考えられる東傾斜の旧期の沈降帯の活動によって、Cajamarca層群は褶曲及び変成作用を受け、更に三疊紀—ジュラ紀のカルクアルカリ型の深成活動及び火山活動が起ったと考えられる。

旧期沈降帯の活動に伴う造構運動は白亜紀まで続き、塩基性の火山活動とタービダイトの堆積をトレンチの大陸側に生成した。

これらの岩石は1つの地質単位として、断層運動をうけ、Cajamarca層群に接して分布したり、所によってはロメラル断層により変形させられている。

ロメラル断層系の発展は、多分前期白亜紀の時期に右手断層系の移動をもって開始されたの

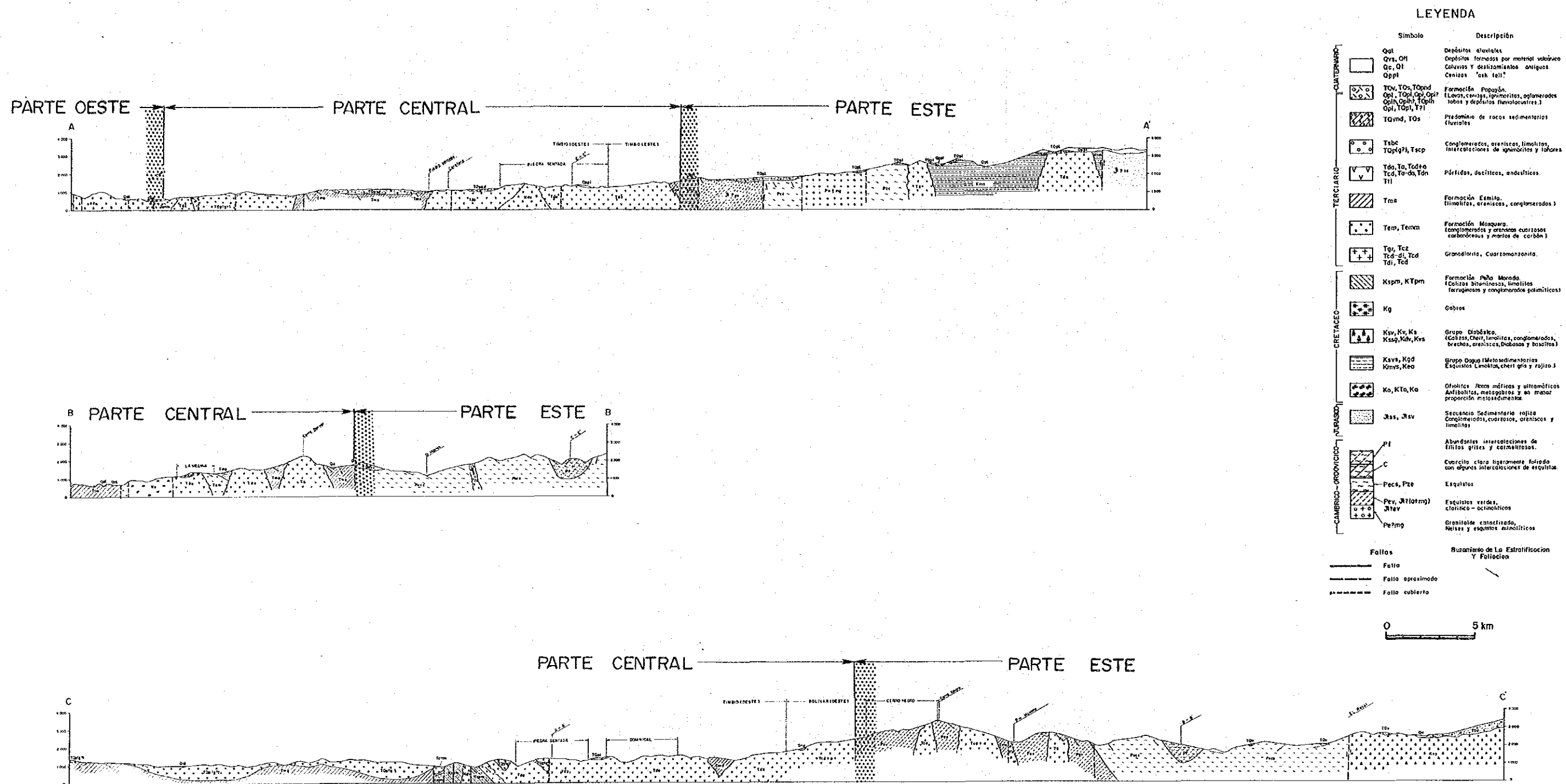


Figura 3 Almaguer 地域地質断面図

| Período | Epoca | Formación | Columna Estratigráfica | Litología | Espesor (m) | Actividad ígnea | Mineralización |
|-------------|-----------------------|--------------------|--|--|-------------|-----------------|----------------|
| Cuaternario | Holoceno | Sed. Incoherente | | aluviales, coluvios cenizas, "ash fall" | | Roca Volcánica | |
| | Pleistoceno | Formación | | toba lava toba y toba brecha | | | |
| Papayán | | | toba y toba brecha | | | | |
| Terciario | Plioceno | Formación | | areniscas toba | | | |
| | | Formación Galeón | | areniscas conglomerados | | | |
| | Formación Esmita | | areniscas cuarcodiorita ultramáfica limolitas fosilíferas | | | | |
| | | | limolitas montos de carbón | | | | |
| | Oligoceno | Formación Mosquero | | areniscas cuarcosas | | | |
| Eoceno | | | conglomerados rocas ultramáficas | | | | |
| Cretáceo | Formación Paño Morada | | areniscas conglomerados | | | | |
| | | | gabros basalto, diabases | | | | |
| | Grupo Diabésico | | conglomerados chert arenisca y limolita | | | | |
| | Grupo Daquis | | arenisca, melaschist metabasites, metaarenas, metaesquistos | | | | |
| Jurásico | | | cuarcodiorita Rocas máficas y ultramáficas | | | | |
| | | | limolita areniscas conglomerados | | | | |
| Ordovícico | | Grupo | | por andesítico esquistos verdes, cuarzo-schísticos, metabasites y metasedimentarias | | | |
| | | Cajamarca? | | granitoide cataclizado, neises y esquistos micáceos | | | |
| Cambrico | | | | | | | |

Ref. A. Orrego L et al (1984); P. Marín, G. París, A. Orrego y M.E. López (1979)

Figura 4 アルマゲール地域地質模式層序図

であろう (Sillitoe, R., 1978)。

白亜紀後期の海洋地殻がこの断層の西側に在り西部山脈の大半を構成している。

ロメラル断層系は、遠くエクアドルまで達しており、ここで太平洋に入り Alvarado (アルバラド) 海嶺に結びついている。旧期沈降帯は、第三紀中に西部山脈の西側へ移動した (Toussaint, J.F., y Restrepo, A. J. J., 1976)。新しい沈降帯の東傾斜のもぐり込み運動によって、西部山脈は隆起し、第三紀の覆瓦状堆積作用によってロメラル断層運動、Dagua層の変成作用や藍閃石片岩相の形成等を生じた。

これら一連の出来事によって中央山脈の西縁に存在した旧海溝の位置は埋積され不明確なものとなった。

新生代の沈降帯によって中新世—鮮新世のマグマ活動が活発となり、半深成岩体が貫入した。これらの貫入岩体は主として中央山脈の西縁部に分布し、西部山脈及び中央、西部両山脈間にも若干分布している。

沈降帯の沈み込む傾斜が変化したため、火山活動線は東へ移動し第三紀から第四紀にかけての火山活動は Puracé (ブラセー) 火山, Azucal (アスカル) 火山, Sotara (ソタラ) 火山の如く中央山脈の中軸深度 150 km あたりに源をおいている。

鉱床：本地域からは鉱徴として金、銀、アンチモニー、銅、モリブデン、鉛、亜鉛等が報じられているが、開発に至っているものは僅少である。

2-3 地化学探査データコンパイル

2-3-1 試料

地化学探査は河床堆積物を試料とし、試料採取の平均密度は約 1.1 個/km²である。試料分析は半定量の分光分析を採用し、30余の元素分析が同時に行われている。

分析成分のうち金属鉱床の鉱化作用を反映すると考えられた Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Ni, Cr の8元素を指示元素として取上げ統計処理を実施した。

2-3-2 異常値の設定

地化学探査試料の分析値は対数正規分布をとることが多い。この考えに基づき、予めプログラムを組んであるパーソナルコンピューターを使用し、統計数値を得た。

更に品位のヒストグラムを検討し、統計数値を参考としながら強弱二つの地化学異常しきい値を設定した。分析元素毎の統計数値、地化学異常しきい値を次表に示す。

Tabla 4 アルマゲール地域地化学探査しきい値及び統計数値表

| elementos | valor de anomalía | | numero de muestras | estadigrafos | | |
|-----------|-------------------|---------------|--------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | débil ppm | fuerte ppm | | media (\bar{x}) ppm | $\bar{x} + \sigma$ ppm | $\bar{x} + 2\sigma$ ppm |
| Au | — | 0.92 | 1 | No aceptable | | |
| Ag | 1 | 6 | 195 | No aceptable | | |
| Cu | 100 | 300 | 4037 | 16.2 | 70.4 | 306.1 |
| Pb | 50 | 100 | 4035 | 3.73 | 28.2 | 213.6 |
| Zn | 200 | 500 | 4032 | 2.11 | 70.8 | 2371.9 |
| Mo | 0.6 | 6.0 | 4038 | 0.17 | 0.60 | 2.17 |
| Ni | 50 | 150 | 4028 | 16.8 | 49.2 | 144.5 |
| Cr | 250 | 830 | 4024 | 75.1 | 249.6 | 829.8 |

σ : desviación estándar

2-3-3 総合検討及び有望地区

地質データと地化探データを総合すると次のような事実が判明する。

- (1) Cu-Mo, Ni-Crの相関性が高く、夫々の組合せがほぼ一致した異常帯が地域全般に卓越する。
- (2) Ni-Crの異常帯は北北東-南南西方向に並び断層線、及び塩基性~超塩基性の火成岩の分布に一致している。
- (3) Cu-Moの異常帯は第三紀の中性~酸性の斑状貫入岩体の分布と一致している。
- (4) Au, Agは異常値が少量点在するだけでまとまりのある異常帯とはなっていない。
- (5) Pb, Znは弱い相関性を有し、広がり狭い異常帯を示しており、地質的には変成した古生層の分布域に多い。

次に有望地区を抽出する作業として第一に各8元素の強異常帯及び弱異常帯を各元素各々に設定された2つのしきい値から分布範囲を設定した。更に相関関係等を考慮しながら、各元素の異常帯の重複度の高い地区、又は各異常帯の近接の度合いの高い地区を優先的に選んだ結果、有望地区として以下に示す13地区が抽出された。(Figura 5及びTabla 5参照)
異常帯番号① (Timbio 図幅東部)

東西5 km, 南北10 kmの広がりをもつ、北北東-南南西方向に伸長する地帯に6箇のNi異常帯が分布する。北西側の3箇のNi異常帯には、ほぼ重複してCrの異常帯も存在する。

これら6箇の異常帯のうち強Ni異常を有する2地区をとりあげて番号①とする。地質は白亜紀の堆積岩、玄武岩類からなる地層が分布している。

Ni, Crの最大値は各々200 ppm, 1,500 ppmを示すが、他の異常帯よりその値は低いので探鉱優先度は低い。

異常帯番号② (Timbio 図幅東部)

9 km × 7 kmという広範囲の中にMo, Niの異常帯と小規模のAg, Pb, Znの異常帯が検出されている。地質は、古生層変成岩(Pze)と白亜紀の堆積岩、玄武岩類(Ksvs)とこれらに貫入する第三紀酸性貫入岩類(Tda)とからなり、地層の境界はNE-SW系及びNW-SE系の断層となっている。

Moの異常は第三紀酸性貫入岩類の分布する地区に検出され、それも径1 km以下の小規模貫入岩の分布とよく調和している。

Niの異常は白亜紀堆積岩、玄武岩類の分布域、古生層変成岩と第三紀酸性貫入岩類の分布域及び断層線上に分布している。

異常帯の西側には旧鉱山(脈状鉱床, アンチモニー・金)が存在し、これを囲んでPbの異常帯が存在する。異常値の東側にはCerro Bellones(セロベジョーネス)山を囲み、Cu, Moの地化学異常が報告されている(Orrego, 1984)。

本異常帯は各種元素の異常が見られること、拡がり広範囲に及ぶことから探鉱優先度は高い。

異常帯番号③ (Timbio 図幅西部)

100 km²余の広範囲に点在するCuを主とし、Niを従とする低異常帯である。地質は白亜紀の玄武岩類を主とするDiabasic層群より成り、南北方向の断層が観察される。若干のはんれい岩、第三紀酸性貫入岩の分布もあるが、Cu, Ni異常域とこれらとは明瞭な関係は認められない。Cu 100-150 ppm, Ni 50 ppmと低品位でもあり、探鉱優先度は低い。

異常帯番号④ (Timbio 図幅西部)

面積1.5 km²と狭く白亜紀の玄武岩類の分布とよく一致するNi, Crの異常帯である。しかしながら他地区に同じ地質条件で、より広範囲かつ高品位の異常帯が存在しているため、相対的に本地区の探鉱優先度は低い。

異常帯番号⑤ (Timbio 図幅西部)

第一年次、準精査地質調査・物理探査を実施したPiedra Sentada地区である。

北東-南西方向に伸びた1.5 km × 4 kmのCu, Mo異常帯が存在する。地質は第三紀酸性貫入岩の分布域であり、北東-南西方向の大断層に接している。

Tabla 5 アルマゲール地域地化学探査異常帯一覽表

| Número de anomalía | Nombre en mapa | Ubicacion | Elementos | | | | | | | | | | | Tamaño de Anomalía | Roca Encajante | Nota | | | |
|--------------------|-----------------|---|-----------|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|--------------------|----------------------------|--|---|---|-----------------------------|
| | | | Elementos | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Au | Ag | Cu | Pb | Zn | Mo | Ni | Cr. | | | | | | | | | |
| ① | Timbio (Este) | 5km Nordeste de rosas | | | | | | | | | ≤5 | 200 | 100 | 1500 | 700 | 9 km ² (6x1.5) | Roca básica (Ksvs), Intrusiva ácida (Tda) | Anomalía baja de Mo, Cr, y Ni en el área rodeada. | |
| ② | Timbio (Este) | Cerca de Cerro bellones y 5km sur de Arbeta | | | | | | | | | 30 | 5 | 100 | 500 | 63 km ² (9x7) | Roca básica (Ksvs), Intrusiva ácida (Tda), Roca metamórfica (Pze) | | | |
| ③ | Timbio (Oeste) | 20km Nordeste de Piedra Sentada | | | | | | | | | | | 50 | | 104 km ² (13x8) | Roca básica (Kdv, Kg), Intrusiva ácida (Tda) | Siete anomalías de tamaño grande y pequeña. | | |
| ④ | " | 10km Nordeste de Piedra Sentada | | | | | | | | | | 500 | ≤10 | 1000 | 500 | 1.5 km ² (1x1.5) | Roca básica (Kdv) | | |
| ⑤ | " | 5km Este de Piedra Sentada | | | | | | | | | 15 | 5 | | | 6 km ² (1.5x4) | Roca básica (Kdv), Intrusiva ácida (Tda) | Piedra Sentada, trabajo en 1984. | | |
| ⑥ | " | 8km Sureste de Piedra Sentada | | | | | | | | | 15 | 5 | | | 3 km ² (1.5x2) | Intrusiva ácida (Tda) | Dominical, trabajo en 1984. | | |
| ⑦ | " | 5km Sur de Piedra Sentada | | | | | | | | | | 700 | 50 | 700 | 15 km ² (6x2.5) | Roca básica (Kdv), Intrusiva ácida (Tda) | | | |
| ⑧ | Bolivar (Oeste) | 23km Nordeste de Bolívar | | | | | | | | | | | | | 4 km ² (1x4) | Roca sedimentaria (Tme), roca metamórfica (Pev), Intrusiva ácida (Tcd) | Cerro Negro, trabajo en 1984. | | |
| ⑨ | " | 15km Norte de Bolívar | | | | | | | | | | ≤10 | 300 | 2000 | 700 | 4.5 km ² (1x4.5) | Roca básica (Ko), Intrusiva ácida (Tda) | | |
| ⑩ | " | 10km Noreste de Bolívar | | | | | | | | | | 700 | 100 | 2000 | 700 | 9 km ² (1.5x6) | Roca básica (Ko), Intrusiva ácida (Tda) | | |
| ⑪ | " | 8km Noroeste de Bolívar | | | | | | | | | | ≤5 | 700 | 100 | 5000 | 300 | 10 km ² (2x5) | Roca básica (Ko), Intrusiva ácida (Tda) | La Medina, trabajo en 1984. |
| ⑫ | " | 7km Este de Bolívar | | | | | | | | | 20 | ≤3 | | | 5 km ² (1x5) | Roca sedimentaria (Pecs), Intrusiva ácida (Ta, Tcd) | | | |
| ⑬ | " | 5km Sur de Bolívar | | | | | | | | | | 150 | 70 | 700 | 70 | 6 km ² (1.5x4) | Roca metamórfica (Pecs) | | |

Nota: ○ anomalía alta, △ anomalía baja, 1500 máximo en ppm

Cuは150 ppm以下と低品位であるがMoの他に若干のAgの異常も発見されている。

異常帯番号⑥ (Timbio 図幅西部)

1.5 km × 2 kmの広がりを持つCu異常帯中にMoの狭い異常域を含んでいる。

地質は、第三紀酸性貫入岩の分布を示しており、周辺3箇所にアンチモニー鉱山の旧坑がある。Cu 500 ppm, Mo 15 ppmと比較的高品位の異常であり、優先的に探鉱したい地域である。

本異常帯はDominical地区として地質調査、地化学探査が実施された。

異常帯番号⑦ (Timbio 図幅西部)

北東-南西方向に伸長し6 km × 2.5 kmの広がりを持つNi, Cr, Cuの異常帯である。

地質は白亜紀の玄武岩類とこれを通る小規模の第三紀の酸性質貫入岩類から成る。Niは強異常値を示すが、Cr, Cuは低異常値であり、同一地質条件でより高品位のNi-Cr異常帯が他に存在するので、その探査結果を見てから本地域の探鉱を考えることにした。

異常帯番号⑧ (Bolivar 図幅西部)

東西方向に伸びる面積4 km²のMo強異常帯である。地質は北東-南西方向の大断層を境とし、東側には古生層の変成岩類と西側には第三紀堆積岩類とが分布する。第三紀石英閃緑岩の貫入岩も断層近傍に分布し、異常帯内に含まれている。

北部及び東部更に南部に金、アンチモニーの鉱脈鉱床の所在が知られており、探鉱優先度は高い。本異常帯はCerro Negro地区として地質調査、地化学探査が実施された。

異常帯番号⑨, ⑩, ⑪ (Bolivar 図幅西部)

いずれもNi-Crの異常帯であって北東-南西方向に番号順に並んでいる。11番だけがNi-Crに加えてCuの弱異常も含んでいる。

夫々の広がり、約4.5 km², 9 km², 10 km²であり、11番ではCrの最高値が3,000 ppmを示している。地質は北東-南西方向の断層線沿いに分布する超塩基性岩である。この超塩基性岩中に、第三紀酸性貫入岩の貫入が観察される。異常帯は同一地質条件を示しているため品位、規模共最大の11番を調査すれば他の9番、10番に対する評価をより適切にすることができるので異常帯⑩をLa Medina地区として地質調査、地化学探査が実施された。

異常帯番号⑫ (Bolivar 図幅西部)

北東-南西方向に伸び1 km × 5 kmの広がりを持つMo, Cu, Agの異常帯である。

地質は古生層の変成岩類中に貫入する第三紀石英閃緑岩(Tcd)岩株、大きさ(1.5 km径)である。

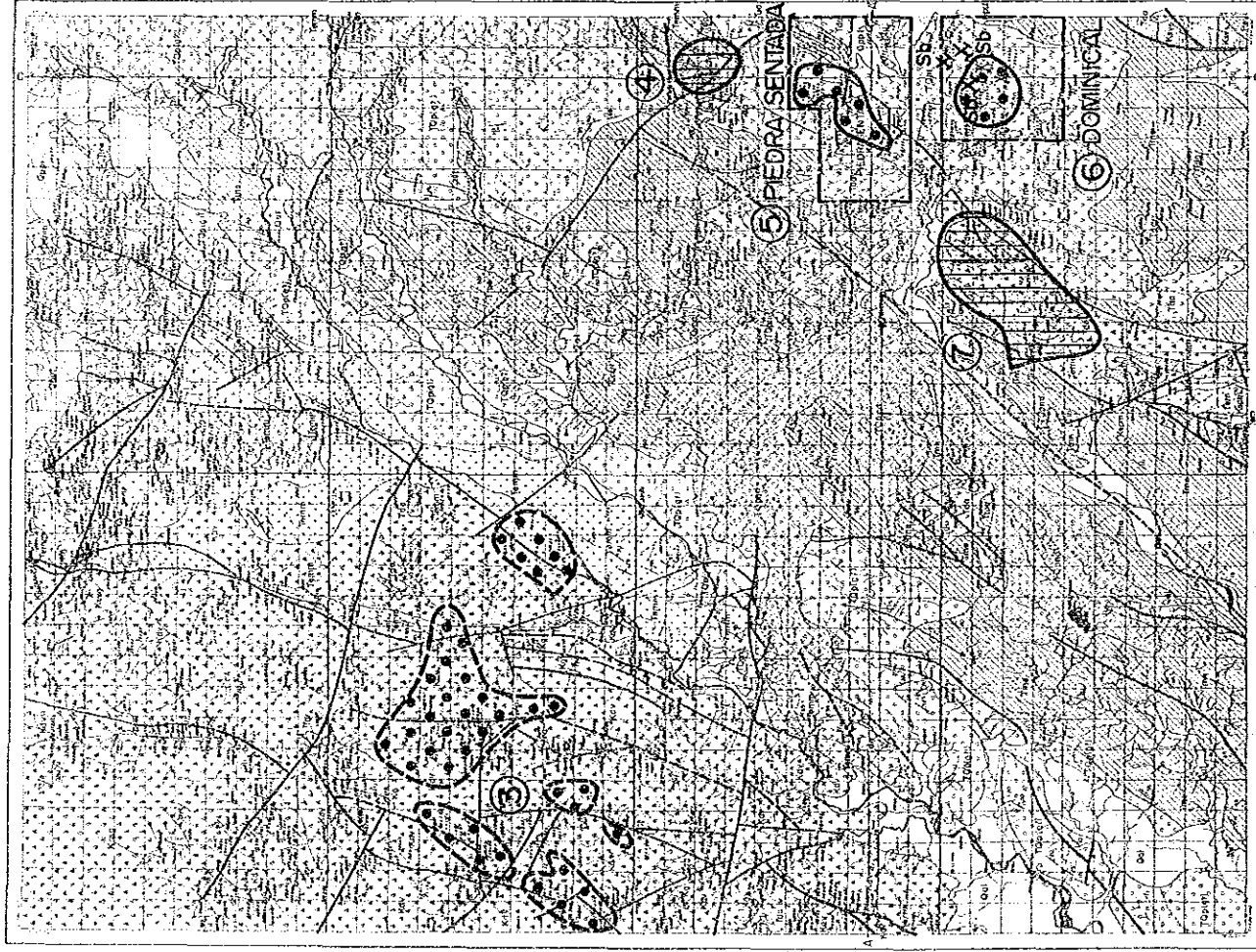
地質環境からみるとポーフリー-銅型鉱床の可能性もあり要探鉱地の1つである。

異常帯番号⑬ (Bolivar 図幅西部)

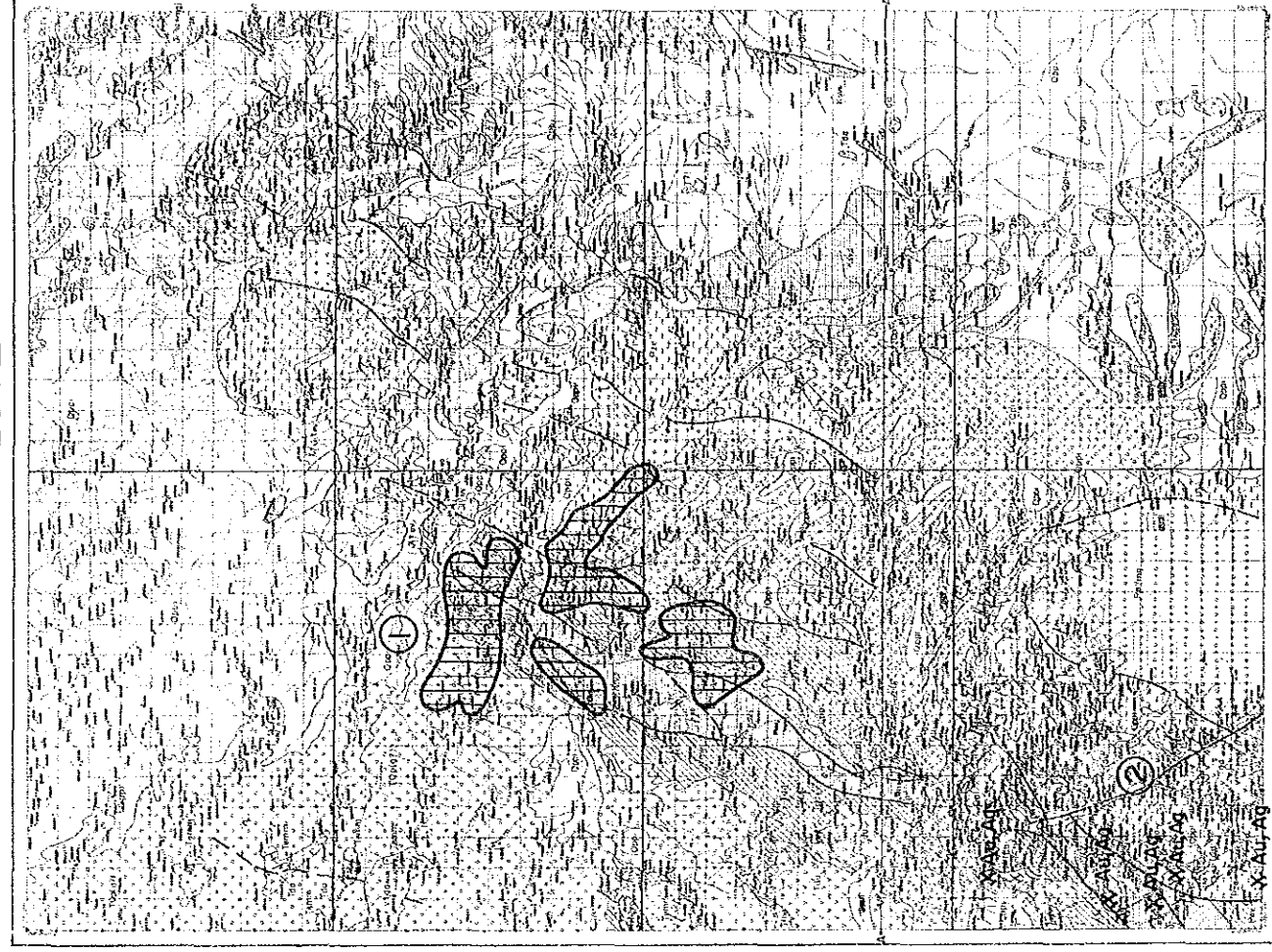
Moを主としPb, Zn, Agを伴い、広がり1.5 km × 4 kmの異常帯である。

地質は、古生層変成岩類の卓越する地帯であって、貫入岩類の記載はない。異常が何に起因するのか明らかにする必要がある。

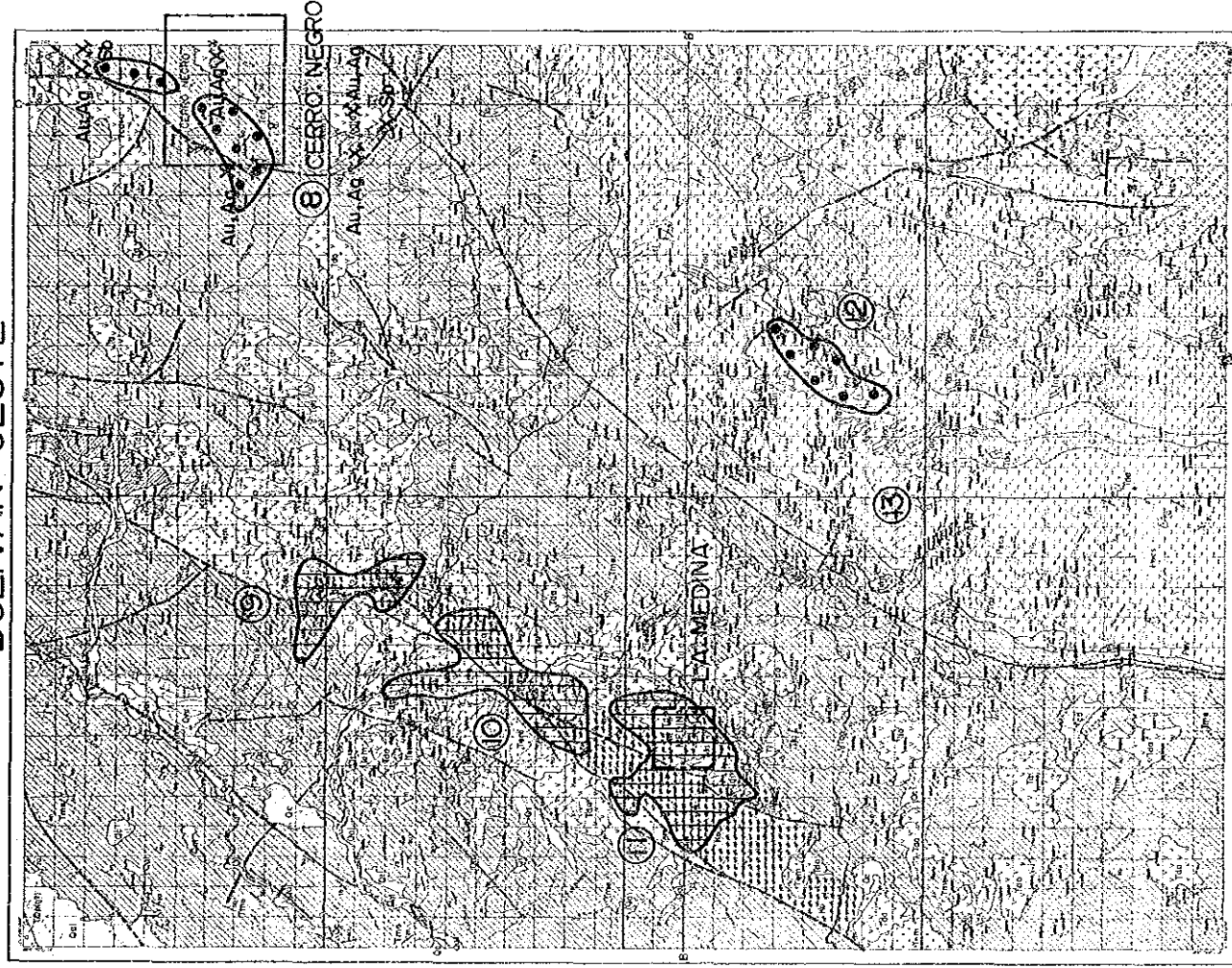
TIMBIO OESTE



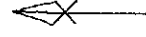
TIMBIO ESTE



BOLIVAR OESTE



LEYENDA



Anomalía alta y baja



Cu, Mo



Ni



Pb, Zn

Anomalía baja



Cu

①

Número de anomalía



Area de exploración
1984~1986



Figura 5 アルマゲール地域地化学異常帯分布図

第3章 Piedra Sentada 地区

3-1 地 質

地区を構成する地層は、古期から新期へと、白亜紀の Diabasio (ディアバシコ) 層群、第三紀の堆積岩からなる Esmita (エスミータ) 層、これらを一貫して貫く酸性～中性の貫入岩体、更にこれら全てを被覆する火山岩起原の礫を多量に含む Popayan (ポバイヤン) 層とから成っている。

岩石の主な分布は、西部の Loma San Fransisco (ロマサンフランシスコ) に Diabasio 層群、地区の中央部から西部にかけては貫入岩類が卓越し、被貫入の堆積岩が各所に残っている。地区の東部では、堆積岩の方が若干広い分布を示すが、貫入岩類も多い。

地区の北端を走る国道の北側及び地区南部の Rio Guachicono (リオ ワチコノ), Rio San Pedro (リオ サンペドロ) の南岸には主として Popayan 層が分布する。

Diabasio 層群は、暗緑色潜晶質組織を有する玄武岩が主体をなし、所により珪質頁岩の薄い挟みを有する。本層群は、所により熱水変質を受け、緑泥石、緑れん石等の変質鉱物を生じ、更に石英、方解石の細脈を生成している。Esmita 層は、シルト岩、砂岩及び少量の礫岩から成り、層理の明瞭な地層である。下位の Diabasio 層群とは、不整合で接するが本地区内では、その境界部は、観察されていない。本層は、酸性の貫入岩体中に島状に残っており、貫入岩との境界部では所により珪化作用と黄鉄鉱化作用を受けている。

Popayan 層は、火山岩起原の垂円礫かつ数 10 cm 大の大きさを有する礫岩とレンズ状砂岩から成り、固結度の低い岩層である。

Rio San Pedro 川岸では、本層が酸性貫入岩にアバットしてほぼ水平に堆積しているのが観察される。

酸性～中性貫入岩体は、地区全体に不規則な形で広がっており、肉眼観察では 2 つの岩相に分けられる。両者の関係は漸移的に変化し、明瞭な境界は認められない。その 1 つは、完晶質、等粒状組織を有する閃緑岩～花崗閃緑岩であり、他は斑岩状組織の顕著な石英安山岩～安山岩質斑岩である。

有色鉱物は、角閃石、黒雲母からなり、黒雲母は、六角板状の自形結晶を有する。透明鉱物は石英、長石を主とし特に石英は、両錐形、かつ大きさ 5～10 mm の結晶を示すことがある。

この岩体と比較して、より細粒特に角閃石の針状結晶を有することが特徴的な細粒閃緑岩質岩脈が地区の東部で観察された。他に上記の貫入岩体中に 50 m 以下の厚さを有する黒色塩基性岩脈が貫入している。

全岩分析の結果を Hine et al. (1978) の ACF 三角図にプロットすると、いずれも I-type の範囲に入っている。又、花崗岩質岩石の分類を国際地学連合火成岩分類委員会案 (Geo Times, Oct. 1973) に従って Q-An-(Ab+Or) の三角図上に表示すると、全ての酸性な

いし中性の貫入岩類は、花崗岩の範囲に入る。貫入岩は程度の差こそあれ変質作用を蒙っており、石基部が二次石英に交代される珪化作用、緑れん石化作用、炭酸塩鉱物化が広範囲に観察される。地区の中央付近では上記変質作用に加えて、角閃石や石基部に黒雲母化作用が観察される。

貫入岩の時代については、Sillitoe y Jaramillo (1982) が地域中央南部の Zanjón Grande (サンホングランデ) 谷より採取した試料の K-Ar 年代測定にて 17.4 ± 0.4 Ma を報告している。

3-2 地質構造

当地区に卓越する断層系は、西北西方向 ($N60^{\circ}W$) である。この方向は、地域の一般的な断層方向である北北東に対して直交している。又、貫入岩の伸長方向は、弱線方向に支配されると想定すると、貫入当時には、北東方向、北西方向、及び若干の東西、南北方向の断層の存在が推定される。

一方、貫入岩に貫かれた Esmita 層は、北東-南西方向の軸を有する向斜構造を地区の北東部にて示している。

このことから貫入岩の貫入当時の最大応力の方向は、北西-南東と考えられ既述の貫入岩の伸びの方向は、各々圧縮、ひっぱり、せん断の方向に相応じて伸長しているように考えられる。

3-3 鉱化作用

当地区では、次の3型の鉱化作用が観察される。

- 1) 鉱染-網状型
- 2) 鉱脈型
- 3) 漂砂残留型

1) 鉱染-網状型

鉱染-網状型の鉱化作用は、黄鉄鉱化を主とするもので閃緑岩質-石英安山岩質貫入岩体中に認められる。これが最も強く観察されるのは、地区の中央北部に所在する Zanjón Santa Lucía (サンホンサンタルシア) の中流域で、長さ 900 m にわたり断続している。三ヶ所の岩石試料の分析結果は各々 22, 28, 105 ppm, Cu と極めて低品位であった。更に地区の中央南部の Zanjón Grande 支沢中の各地に黄鉄鉱化及び褐鉄鉱化が認められている。

これらの地域は、東西約 1 km, 南北約 1.5 km の範囲内に分布し、ここから離れるに従い、黄鉄鉱化の程度は減じ、所により裂か沿いの黄鉄鉱化は認められるが、母岩の組成鉱物は

新鮮となる。

中央部の鉍化の強いところでは、緑れん石、緑泥石が生成され、所により二次の黒雲母を生じたり白色粘土化しているところもある。鏡下の観察によるとこの白色粘土中には絹雲母が存在する。

特に Zanjón Grande の上流域では貫入岩の白土粘土化が強く、凹凸の激しい急峻な地形を作っており、かつて金の採取が行われたという言い伝えがある。ここには、1971年に設置され、1981年まで稼働したと言われる金採取のための摩鉍小屋跡が残っている。

2) 鉍脈型

鉍脈型鉍徴は、脈幅5-30 cm、一般走向南北及び北西-南東系を示し、褐鉄鉍焼けをした石英脈である。主として、金を対象として、探鉍されてきたが、輝安鉍と輝安銅鉍を含む脈(試料番号NR-25)も発見されている。鉍種からみて浅所熱水鉍床と考えられる。

3) 漂砂残留型

地区の北西部の沢中では椀掛けによる砂金採取が行われている。

本地区一帯は、既往調査でも河床堆積物、土壌試料による地化学探査で数ppm orderのAu値が捕捉されており、金の供給源、濃集箇所の探査は必要である。

本年度採取試料の分析値によれば、脈状鉍床の試料DAU-3, NR-25が各々Au 1.5 ppm, 0.8 ppmと最も高い値を示したが、鉍染状あるいは網状鉍徴からは、低品位(0.1~0.3 ppm)しか捕捉されなかったことを考えると、金鉍化作用の源は主としてアンチモニーを随伴したり、褐鉄鉍焼けとなっている鉍脈鉍床であると考えられる。

当地区に見出される鉍化作用のうち、最有力の鉍徴は酸性貫入岩中の鉍染~網状型の黄鉄鉍化作用である。地表における鉍化作用は黄鉄鉍を主とし、僅少の黄銅鉍を伴うにすぎないが(1)鉍徴地周辺にはAu, Sbのように浅所熱水鉍床型鉍徴が認められること、(2)黄鉄鉍化作用の拡がり東西約1 km、南北約1.5 kmに及ぶこと、(3)母岩の変質作用がプロピライト化というポーフイリー銅型鉍床の変質累帯では最外側を示していること等から潜在するポーフイリー銅型鉍床の賦存する可能性が考えられた。

3-4 物理探査

調査地区の比抵抗分布を広範囲に把握することにより、地質と比抵抗の関連性を考察し、断層、破碎帯の推定、鉍化変質帯に関連した低比抵抗帯を検出するためにCSAMT法を地区全域に実施した。

さらに地質、地化学調査の結果を加味して検討し鉍化変質作用に起因する低比抵抗帯であると考えた区域に対して、SIP法電気探査を実施した。判明した事項は次のとおりである。

CSAMT法：

- 1) 本地区の見掛比抵抗変化は、 $10\sim 600\Omega\cdot m$ (512Hz)の範囲にあり、調査地区中央部での比抵抗変化はほぼ北東～南西方向に配列する傾向が認められ、調査地区東部のLa Puertica (ラプエルティカ)周辺までは北西～南東方向の構造線に強く支配された傾向が認められる。
- 2) 調査地区内の比抵抗分布は、本地区の地質と調和的であり、高比抵抗分布は輝緑岩類、花崗閃緑岩類にほぼ対応し、低比抵抗分布はEsmita層、Popayan層にほぼ対応している。

又、La Puertica付近を通る推定断層に沿って低比抵抗帯を形成している。

- 3) 更に花崗閃緑岩類が貫入している範囲内に低比抵抗帯が捕捉されており、その低比抵抗帯は前述のLa Puertica付近を通る低比抵抗帯と、La Deprecion (ラデプレシオン) 付近からEl Potrero (エルポトレロ) 付近に伸びる低比抵抗帯と合わさって、地表下約200mで大きな低比抵抗帯を形成している。

花崗閃緑岩類は新鮮なものは比較的高い比抵抗を示すと考えられるが、低比抵抗を示すのは、鉍化変質に起因していることが考えられる。

- 4) La Deprecionの南部からEl Potrero付近の低比抵抗帯には、その北部及び南部に地質調査により黄鉄鉍鉍化が認められており、過去に行われたINGEOMINASの地化探異常もほぼこの低比抵抗帯に対応する。

又、この低比抵抗帯は比較的深部にまで低比抵抗帯が賦存することが考えられるのでこの地区は何らかの鉍化変質がある可能性が強いと思われる。

SIP法：

- 1) SIP法は、CSAMT法の結果及び地質、地化探の結果を勘案して、前述4)の項で説明した範囲に2本の測線を設定して行われた。
- 2) IP効果の強い異常が認められる個所の見掛比抵抗は殆ど $300\Omega\cdot m$ 以下であり、3ポイントデカップル擬似断面では見掛比抵抗 $300\Omega\cdot m$ 以上の分布域は -20mrad 以下の位相差となっている。
したがって、本調査域の花崗閃緑岩類の比抵抗は $300\Omega\cdot m$ 以上と考えられ、 $300\Omega\cdot m$ 以下の比抵抗を示している部分は、鉍化変質等何等かの作用をうけて比抵抗変化をもたらしたものと推察される。
- 3) IP異常を示すと思われるものは、比較的高い比抵抗中の高FE異常を持つものとして捕えられている。

これらの異常体は測線PA, PB両者にそれぞれ3ヶ所認められる。

これら異常体の位置及び頭部の深さは、両測線ともに両端に地表あるいは地表近くに

頭部を持つものと考えられ、更に両測線とも中央付近に地表下150m~250mに頭部を持つものと推定される。

- 4) 各スペクトル図によれば、それぞれに若干の相違が読み取れるが、この相違は過去の事例及び試料測定の結果を勘案しても明確にすることはできなかった。

しかし、スペクトルタイプの全般的な傾向は、強いIP効果を持った硫化物に起因するタイプに類似しているものが多い。

- 5) この硫化物は、地表における所見より、各測線の北西端、南東端については、黄鉄鉱が卓越した硫化物と考えられる。

しかし、南東端の異常のスペクトルは低周波領域において、周波数の増加とともに位相差が減ずるパターンであり、北西端のものは、周波数が増加しても位相差がほぼ一定であるパターンを示すものがある。

過去の調査事例より、南東端には鉱染状に近い状態で硫化物を含んだもの、北西端のものは細脈状あるいは網状の状態に硫化物があることが推察される。

- 6) 又、両測線の中央付近である測点No.4~No.12付近のPFE値2%以上のものについては0.675Hz, 0.875Hz, 1.125Hzの低周波領域に若干の乱れが見られるものがある。

これが何に起因するか明らかではないが、各測線両端におけるFE異常の原因とは異なったものである可能性がある。

上記の調査の結果は、当地区のIP異常の全貌を明らかにすることはできなかった。

特にSIP測線の南東端、北西端に捕捉された異常はそれらの片側しか捕えておらず、更に両測線ともに異常は捕捉しているもののその南西、北東方向への発展伸長の程度は不明である。

したがって、当地区にさらに物理探査を行い、その異常の全貌を明らかにすることが肝要である。

一方、第一年次に行われた物理探査の結果を地質、地化探より得られた知見と組合せて考えてみると、

- (1) 当地区には弱いものであるが、広域的にプロピライト変質が見出されている。
- (2) INGEOMINASが行った地化探異常も物理探査により抽出された異常帯付近に分布している。
- (3) CSAMT法により、本来比較的高い比抵抗を示すと思われる貫入岩体が部分的に低比抵抗を示し何らかの鉱化変質を示している。
- (4) SIP法により、PA, PB両測線の両端に黄鉄鉱卓越型の異常体に起因すると思われる異常が検出されている。
- (5) 同じくSIP法のPA, PBの両測線のほぼ中央付近の地下深部にIP効果を持つ異常体が想定できる。

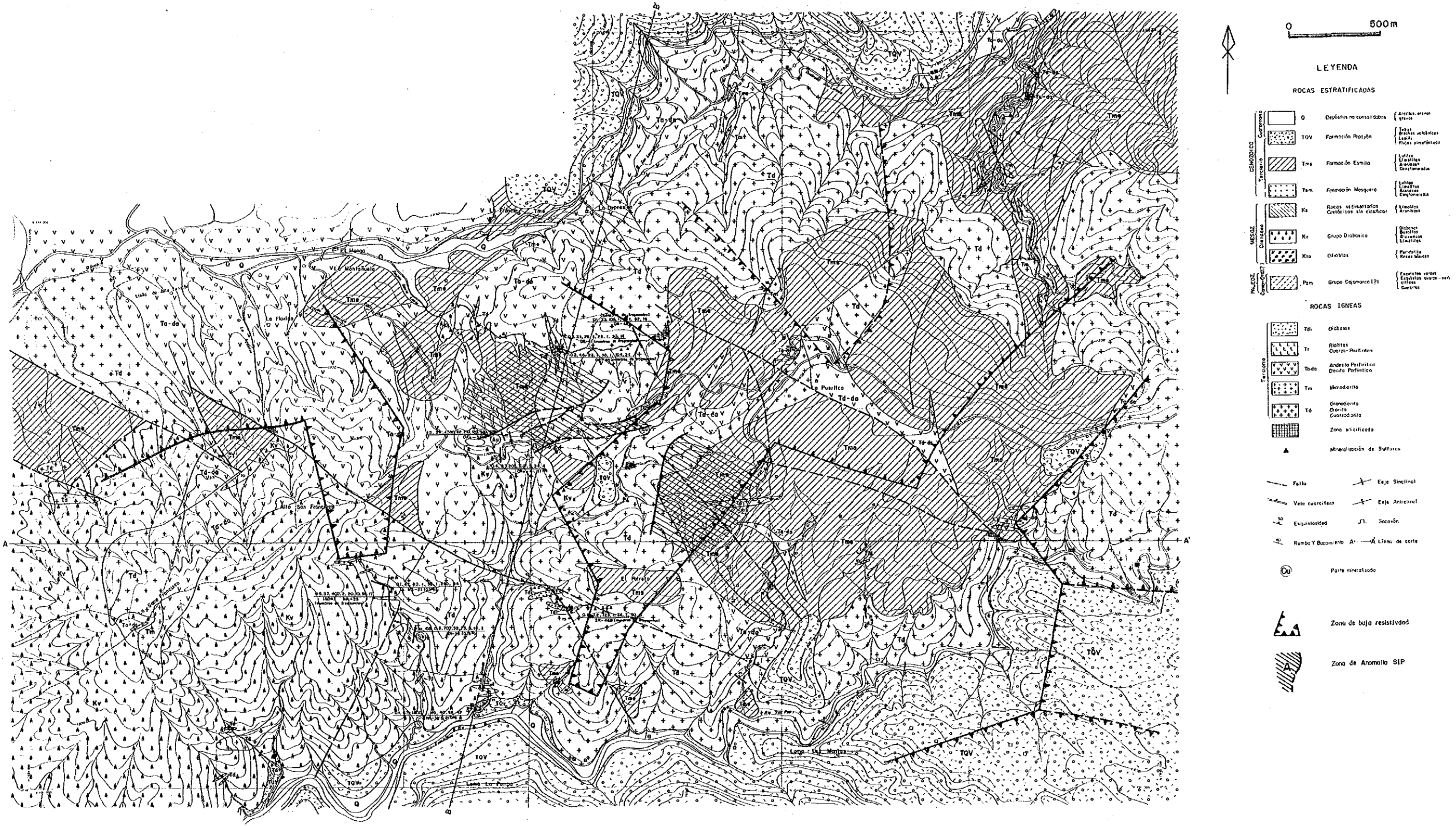


Figura 6 Piedra Blanca area geology and geophysical survey map

