


15

多帯シロ合衆国カンボジア地蔵
資源開発協力の基礎調査報告書

平成9年8月

JICA LIBRARY



J 1137537 (5)

国際協力事業団
資源開発事業部

資源
CR(1)
97-646

メキシコ合衆国カンポセコ地域
資源開発協力基礎調査報告書

(総括報告書)

平成9年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



1137537 [5]

は し が き

日本国政府はメキシコ合衆国政府の要請に応え、同国の南部に位置するカンボセコ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・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、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、平成6年9月から平成9年2月までの3カ年にわたって実施され、メキシコ合衆国政府機関、エネルギー鉱山国営企業省鉱物資源局(CONSEJO DE RECURSOS MINERALES : CRM)の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、3カ年の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたメキシコ合衆国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在メキシコ合衆国日本国大使館及び関係各位に衷心より感謝の意を表するものである。

平成9年3月

国際協力事業団

総裁 藤田 公 郎

金属鉱業事業団

理事長 清瀧昌三郎



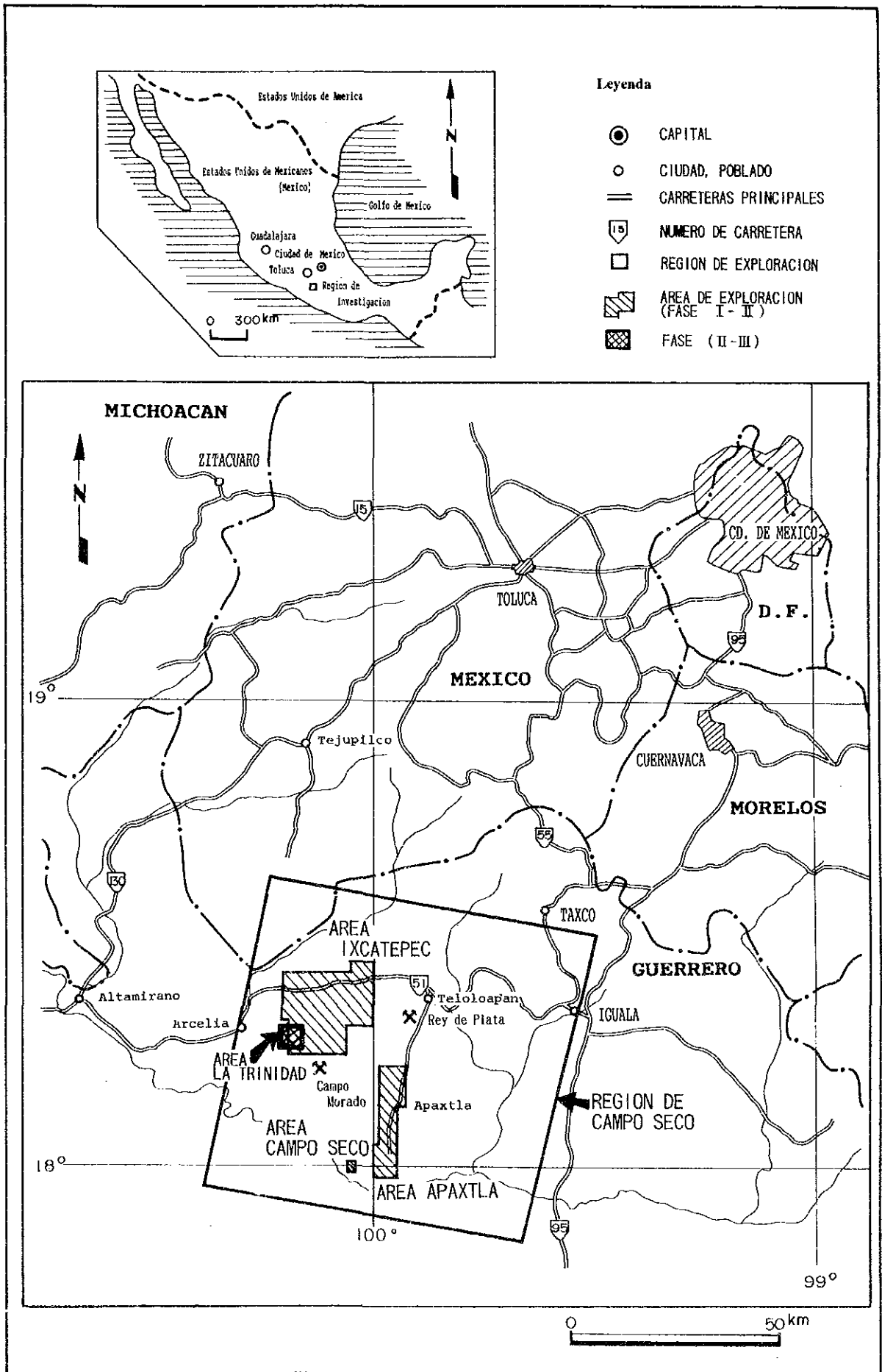
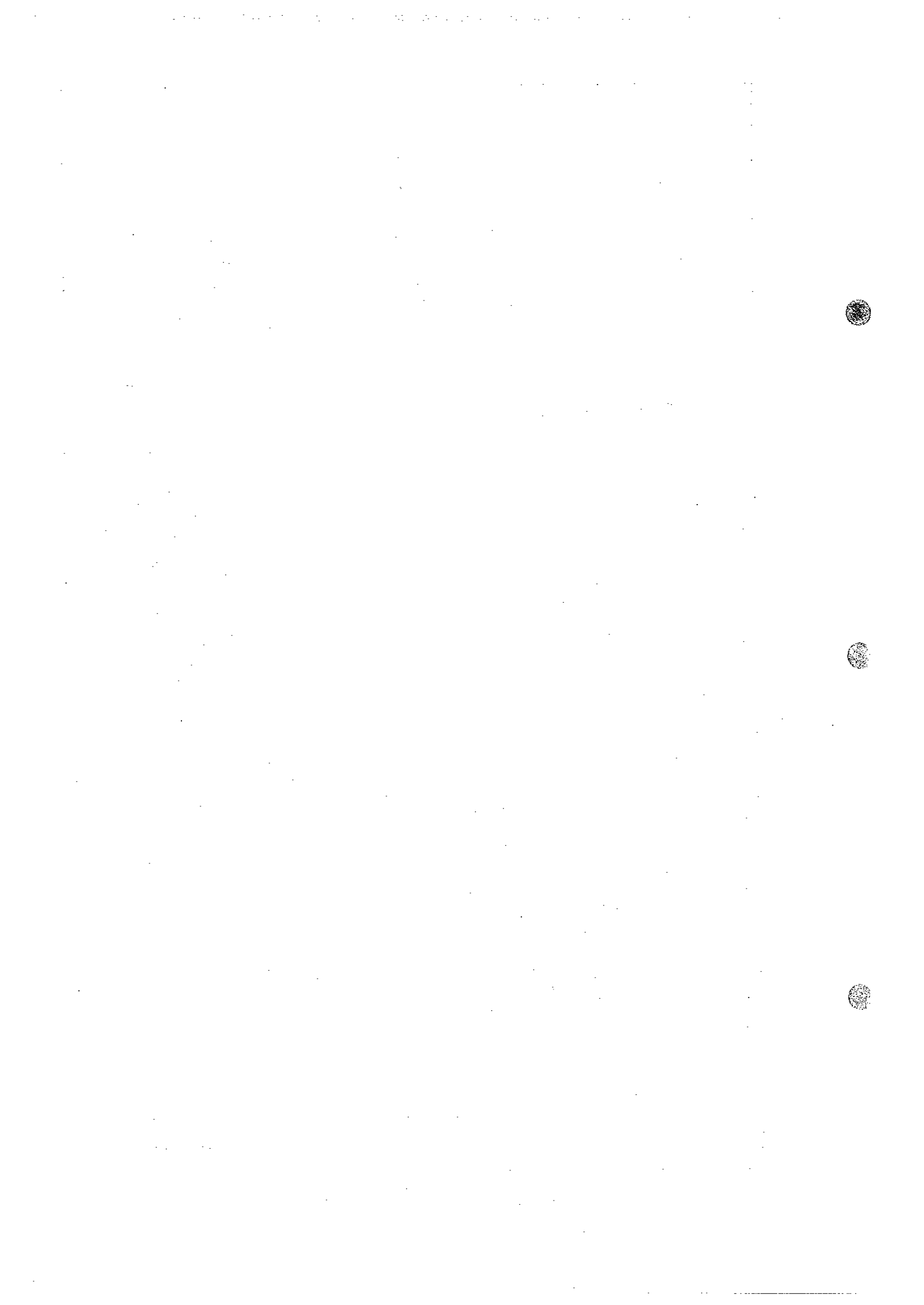


图 I - 1 - 1 调查地域位置图



要 約

本調査は、メキシコ合衆国カンボセコ地域において資源開発協力基礎調査を行い、地質状況及び鉱床賦存状況を解明することにより、新鉱床を発見することを目的とした。

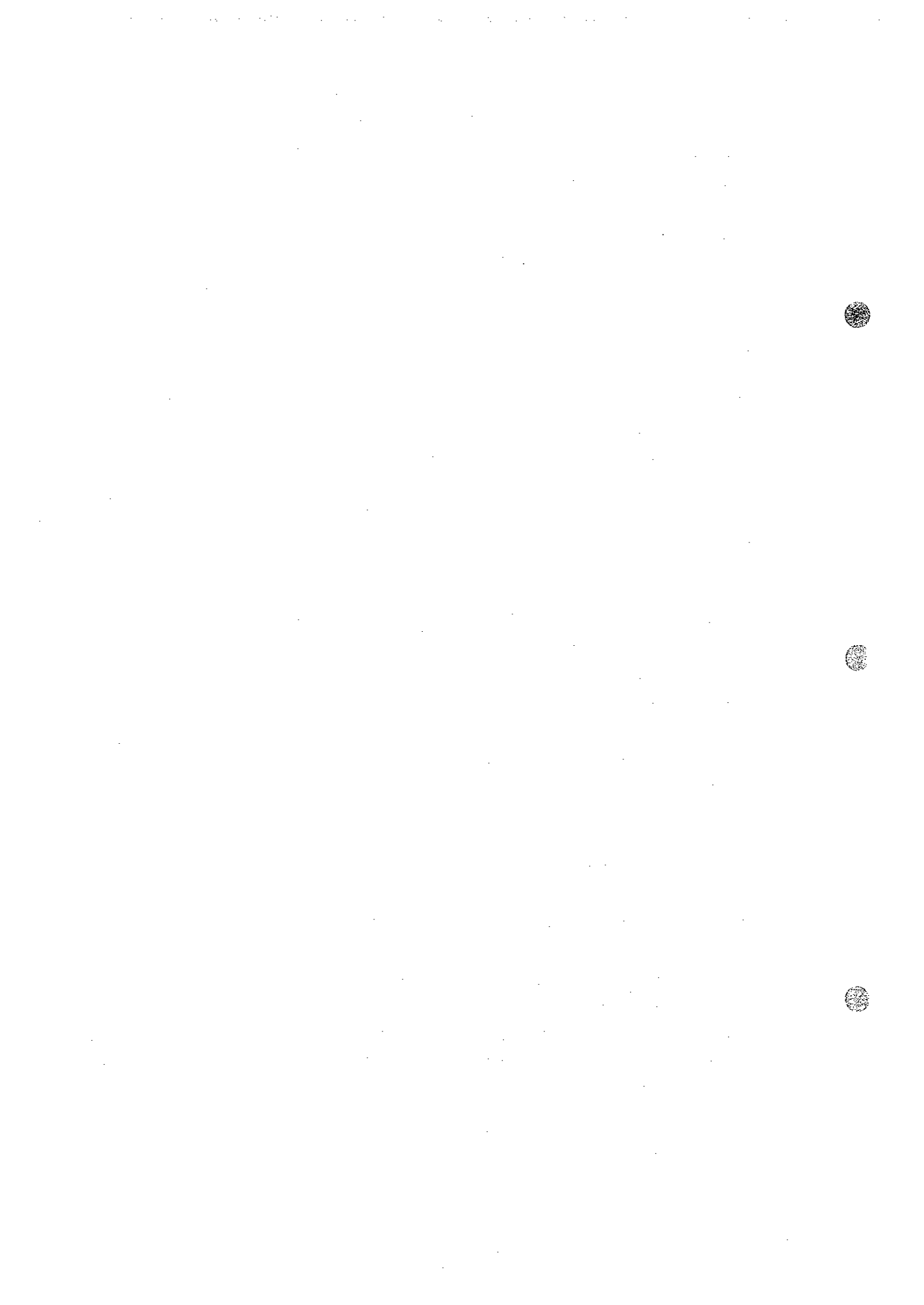
本調査は、平成6年度から3カ年計画で実施され、衛星画像解析、既存データ解析、地質調査、物理探査及びボーリング調査を実施した。

カンボセコ地区では、地質精査、物理探査（CSAMT法）及びボーリング調査を実施した。地質調査の結果、地質構造及び鉱床胚胎の場が明らかとなり、鉱床は白亜系の流紋岩～デイサイトの近傍に分布し、これらの岩石が鉱床の関係火成岩と推定された。また、地表では、珪化変質帯、白色化変質帯、ゴッサンなどが確認された。一方、同位体手法適用調査からは、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値が珪化作用を受けた地区の選定などに有効であるとの探査指針が得られた。物理探査では、地下深部の比抵抗構造が明らかになり、地質構造を解釈するための必要データを取得した。ボーリング調査では、MJMC-1～MJMC-4の4本で総掘進長1,738.10m行い、各ボーリングとも数mm～数cmのレンズ～バンド状の黄鉄鉱を主とし、一部に閃亜鉛鉱や黄銅鉱を伴う珪化帯を捕捉した。

イスカテペック地区及びアバストラ地区は、既存データ解析の結果から塊状硫化物鉱床胚胎の可能性の高い地区として抽出し、地質概査を行った。地質調査の結果、イスカテペック地区の南西部のラ・トリニダード周辺が塊状硫化物鉱床胚胎のポテンシャルの高い地区として限定できた。

ラ・トリニダード地区では、地質準精査、地質精査、物理探査（IP法）及びボーリング調査を実施した。地質調査の結果、珪化作用と密接な関係を有する流紋岩の分布域を把握した。地表部ではゴッサンの分布、珪化帯をはじめ、旧坑など鉱山施設の一部とみられるものを確認した。地化学探査では、ラ・リベルラ鉱床からラ・ルイサ鉱床にかけてFe及びCuの異常帯が分布し、珪化帯の分布域を示していると考えられる。物理探査では、当地区の地下深部の比抵抗構造が明らかになり、ラ・リベルラ鉱床付近でIP異常が検出され、これは珪化変質帯またはこれと同質の物性を有する地質現象を示していると考えられる。ボーリング調査は、MJMC-5～MJMC-15の11本で総掘進長2,525.7m行った。地質構造を把握するとともに、数本で珪化帯を捕捉した。MJMC-5、MJMC-12及びMJMC-14では、塊状硫化物鉱石の一部（最大厚さ35cm）を把握した。特に、MJMC-5の鉱石は黄鉄鉱を主とし、黄銅鉱、閃亜鉛鉱が普遍的に認められるほか、しばしばエレクトラム及び方鉛鉱を随伴している。さらに、MJMC-10、MJMC-12、MJMC-14及びMJMC-15では黄銅鉱を伴うネットワーク～ストックワーク状の鉱石を捕捉した。これらの珪化帯付近は強珪化作用を伴うものである。

以上の結果、MJMC-12、MJMC-14及びMJMC-15の地質、鉱石の産状、顕微鏡観察、化学分析などの結果から判断すると、流紋岩中にみられる珪化帯は黒鉄型鉱床の下部にしばしば認められるストックワーク型の珪化帯に対応し、連続的な広がりをもっていると考えられる。しかし、Cu以外の品位が低く、単独で開発できる規模の品位と鉱量を有する鉱床把握の可能性はないと判断される。



目 次

はしがき

位置図

要 約

第 I 部 序 論

第 1 章 調査概要	1
1-1 調査地域及び目的	1
1-1-1 調査地域	1
1-1-2 調査目的	1
1-2 調査方法及び調査量	1
1-3 調査期間及び調査員	1
第 2 章 従来 of 調査	6
第 3 章 一般地質 (調査地域周辺)	7
3-1 地 質	7
3-2 鉱 床	8
第 4 章 調査地域の概要	10
4-1 交 通	10
4-2 調査環境	10
4-2-1 地形及び水系	10
4-2-2 気候及び植生	11

第 II 部 各 論

第 1 章 衛星画像解析	13
1-1 解析方法	13
1-2 解析結果	13
第 2 章 既存データ解析	17
2-1 解析方法	17
2-2 解析結果	17
第 3 章 カンボセコ地区	23
3-1 調査方法	23
3-2 調査結果	23
3-2-1 地質調査	23
3-2-2 物理探査	29
3-2-3 ボーリング調査	31

第4章	イスカテペック地区及びアバストラ地区	33
4-1	調査方法	33
4-2	調査結果	33
4-2-1	地質調査	33
第5章	ラ・トリニダード地区	40
5-1	調査方法	40
5-2	調査結果	40
5-2-1	地質調査	40
5-2-2	物理探査	51
5-2-3	ボーリング調査	53
第Ⅲ部	結論及び提言	59
第1章	カンボセコ地区	59
1-1	結論	59
1-2	将来への提言	59
第2章	イスカテペック地区及びアバストラ地区	60
2-1	結論	60
2-2	将来への提言	60
第3章	ラ・トリニダード地区	61
3-1	結論	61
3-2	将来への提言	61
参考文献		63

添付図表類

図Ⅰ－１－１	調査地域位置図	.....	巻頭
図Ⅰ－１－２	カンボセコ地域調査フローシート	.....	2
図Ⅰ－１－３	鉱床有望地抽出フローチャート	.....	3
図Ⅱ－１－１	フォールスカラー画像	.....	15
図Ⅱ－１－２	リニアメント解析図	.....	16
図Ⅱ－２－１	鉱山・鉱徴地分布図	.....	20
図Ⅱ－３－１	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 結果図	.....	30
図Ⅱ－５－１	坑内図（ラ・リベルラ鉱床）（No. 1及びNo. 2）	.....	46
図Ⅱ－５－２	坑内図（ラ・リベルラ鉱床）（No. 3）	.....	47
図Ⅱ－５－３	坑内図（ラ・リベルラ鉱床）（No. 4及びNo. 5）	.....	48
図Ⅱ－５－４	坑内図（ラ・ルイサ鉱床）	.....	49
図Ⅱ－５－５	ボーリング周辺総合解析図	.....	55
図Ⅱ－５－６	地質断面図（MJMC-5及びMJMC-7）	.....	56
図Ⅱ－５－７	地質断面図（MJMC-10、MJMC-12、MJMC-14及びMJMC-15）	.....	57
表Ⅰ－１－１	年度別調査方法及び調査総括表	.....	4
表Ⅰ－１－２	年度別調査期間及び調査員総括表	.....	5
表Ⅱ－２－１	層序対比表	.....	18
表Ⅱ－２－２	既知鉱徴地一覧表	.....	21

別添図

別添図	総合解析図	
-----	-------	--



第 I 部 序 論



第 I 部 序 論

第 1 章 調査概要

1-1 調査地域及び目的

1-1-1 調査地域

カンボセコ (Campo Seco) 地域は調査地域位置図 (図 I-1-1) に示すとおり、メキシコ合衆国の南部に位置し、次の 4 点で囲まれた範囲である。

北西限：北緯 $18^{\circ} 37' 00''$	西経 $100^{\circ} 13' 00''$
北東限：北緯 $18^{\circ} 30' 00''$	西経 $99^{\circ} 31' 00''$
南西限：北緯 $17^{\circ} 58' 00''$	西経 $100^{\circ} 22' 00''$
南東限：北緯 $17^{\circ} 50' 00''$	西経 $99^{\circ} 40' 00''$

1-1-2 調査目的

本プロジェクト地域は、塊状硫化物鉱床の賦存可能性が高く、鉱物資源局 (Consejo de Recursos Minerales、以下 CRM) による探鉱作業が精力的に進められている。従って、メキシコ政府は当地域の資源開発協力基礎調査を日本国政府に要請してきた。日本国政府はこの要請に応じて、当地域において地質状況を解明することにより、新鉱床を発見すること及び調査期間を通じて相手国機関に対し技術移転を図ることを目的として調査を実施した。

1-2 調査方法及び調査量

当調査は、カンボセコ地域調査フローシート (図 I-1-2) 及び鉱床有望地域抽出フローチャート (図 I-1-3) に従って実施した。各年次の調査方法・作業量を表 I-1-1 に示す。

1-3 調査期間及び調査員

当調査の各年次における調査期間及び調査員を表 I-1-2 に示す。

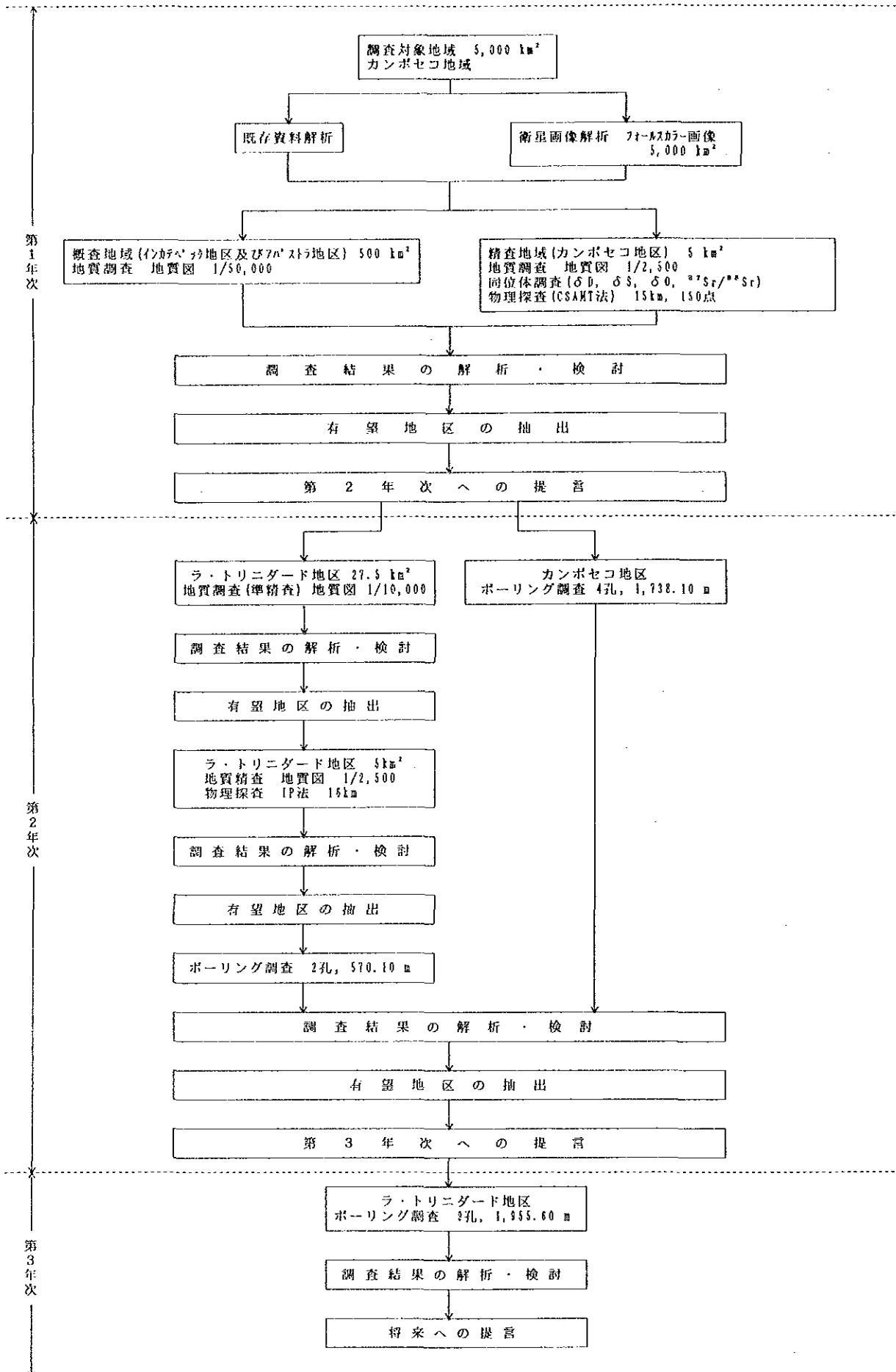


図 I-1-2 カンボセコ地域調査フローシート

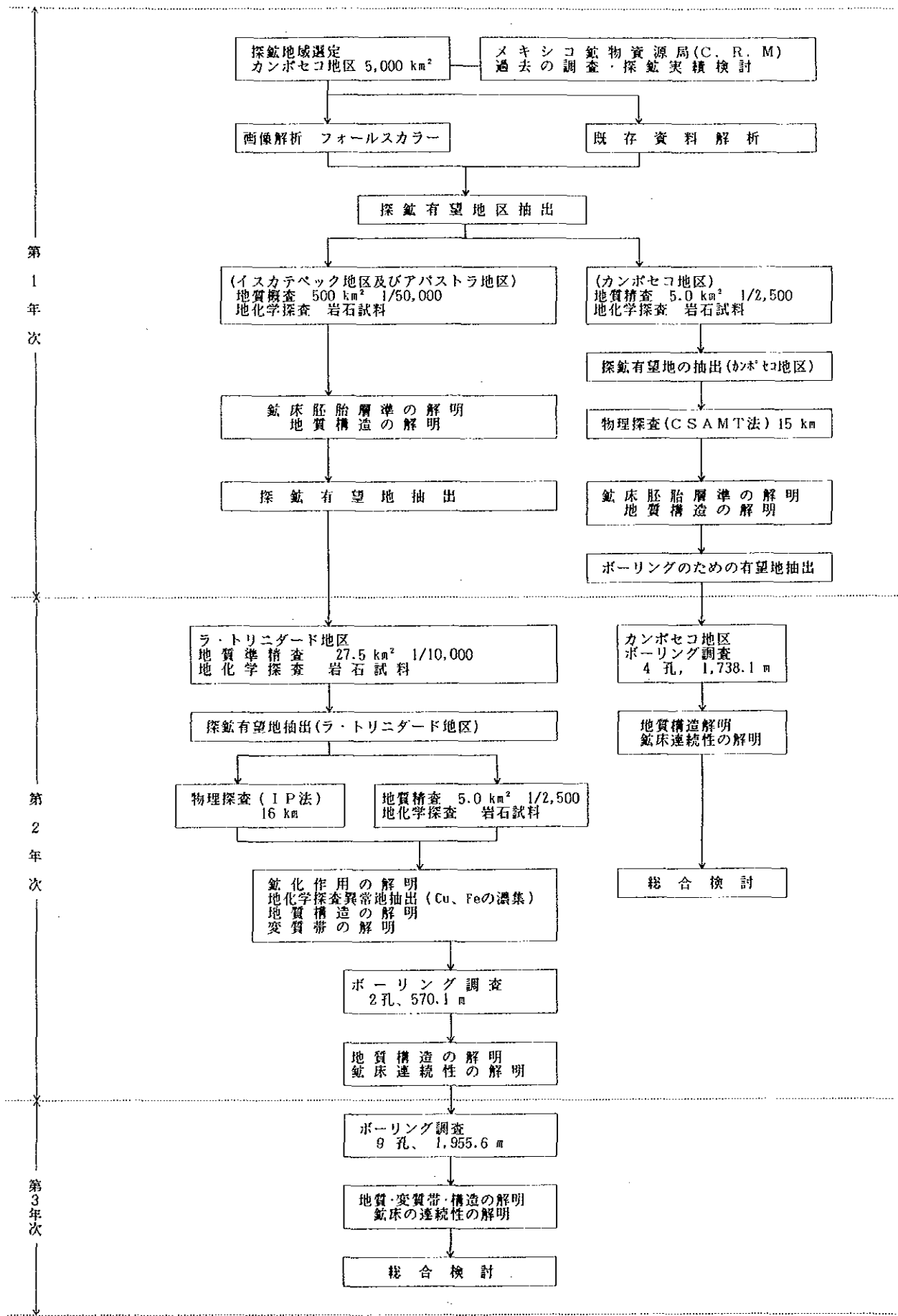


図 I - 1 - 3 銅床有望地抽出フローチャート

表 I - 1 - 1 年度別調査方法及び調査総括表

年度	調査方法	地 区	調 査 明 細	数 量
第 1 年 次	衛星画像解析	全 域	調査面積: 5,000 km ² 、フオールスカラー画像、	1 件
	地質調査	カンボセコ地区 調査面積: 5 km ²	・踏査距離 ・岩石薄片 ・鉱石研磨片 ・粉末X線回折 ・化学分析 岩石: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, S, Ba, Mn, Ca, Na, K, Mg 鉱石: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, S	30 km 33 件 12 件 13 件 168 件 21 件
		カンボセコ地区 調査面積: 2 km ²	・踏査距離 ・同位体組成測定 水素同位体組成 酸素同位体組成 硫黄同位体組成 ストロンチウム同位体組成 ・岩石薄片 ・鉱石研磨片	8.9 km 12 件 13 件 14 件 11 件 12 件 4 件
		イスカテベック地区 及びアバストラ地区 調査面積: 500 km ²	・踏査距離 ・岩石薄片 ・鉱石研磨片 ・粉末X線回折 ・化学分析 岩石: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, S, Ba, Mn, Ca, Na, K, Mg 鉱石: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, S	350 km 61 件 25 件 12 件 714 件 61 件
	物理探査 (CSAMT法)	カンボセコ地区 調査面積: 5 km ²	・測線延長 ・測点数 ・比抵抗測定	15 km 150 点 55 件
第 2 年 次	地質調査	ラ・トリニダード 地区 調査面積: 27.5 km ²	・踏査距離 ・岩石薄片 ・鉱石研磨片 ・粉末X線回折 ・ストロンチウム同位体測定 ・化学分析 鉱石: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, S	68.75 km 20 件 20 件 20 件 10 件 20 件
		ラ・トリニダード 地区 調査面積: 5.0 km ²	・踏査距離 ・岩石薄片 ・鉱石研磨片 ・粉末X線回折 ・ストロンチウム同位体測定 ・化学分析 鉱石: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, S 全岩分析: SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, CaO, Na ₂ O, MgO, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI	25 km 37 件 33 件 185 件 12 件 49 件 37 件
	地化学探査	調査面積: 5.0 km ²	・化学分析 岩石: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, S, Ba, Mn, Ca, Na, K, Mg	433 件
	坑内調査		調査延長	200 m
	トレンチ調査		調査延長	50 m
	物理探査 (電気探査)	ラ・トリニダード地区 調査面積: 5 km ²	・測線延長 ・測線数 ・比抵抗及び分極率測定	16 km 8 測線 41 件
	ボーリング調査	カンボセコ地区	・ボーリング数: 4本、総掘進長: 1,738.1 m ・岩石薄片 ・鉱石研磨片 ・粉末X線回折 ・ストロンチウム同位体測定 ・化学分析 鉱石: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, S ・比抵抗測定	23 件 24 件 23 件 11 件 41 件 39 件
ラ・トリニダード 地区		・ボーリング数: 2本、総掘進長: 570.1 m ・岩石薄片 ・鉱石研磨片 ・粉末X線回折 ・ストロンチウム同位体測定 ・化学分析 鉱石: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, S 全岩分析: SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, CaO, Na ₂ O, MgO, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI ・比抵抗及び分極率測定	12 件 20 件 30 件 4 件 27 件 55 件 13 件	
第 3 年 次	ボーリング調査	ラ・トリニダード 地区	・ボーリング数: 9本、総掘進長: 1,955.6 m ・岩石薄片 ・鉱石研磨片 ・粉末X線回折 ・ストロンチウム同位体測定 ・化学分析 鉱石: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, S ・石炭化度測定 ・比抵抗及び分極率測定	22 件 51 件 23 件 18 件 89 件 55 件 34 件

表 I - 1 - 2 年度別調査期間及び調査員総括表

年度	調査期間	日本側メンバー	メキシコ側メンバー
第1年次	平成6年8月4日 ～ 平成6年8月12日	調査計画及び折衝 菘輪 厚彦 (MMAJ) 中埜 征子 (MITI) 両角 春寿 (MMAJ) 目黒 清太郎 (MMAJ) 霜島 洋 (MMAJ)	調査計画及び折衝 Dr. Luis Chavez Martínez (CRM) Ing. Sergio Almazan Esqueda (CRM) Ing. Hector Rodriguez Medida (CRM) Ing. Luis Brizuela venegas (CRM) Ing. Raul Morales Garcia (CRM) Ing. Gustavo Zamorano Montiel (CRM) Ing. Julio Velez López (CRM) Ing. Jorge Fernández Fuentes (CRM) Ing. Heriberto Martínez Amador (CRM)
	平成6年9月27日 ～ 平成7年2月27日	現地調査 増渕 和芳 (DEC) 両角 春寿 (MMAJ) 亀山 正義 (MMAJ) 石川 潤一 (DEC) 植田 和幸 (DEC) 及川 宏 (DEC) 吉川 稔 (DEC) 森川 剛夫 (DEC) 斉藤 秀樹 (DEC)	現地調査 Ing. Heriberto Martínez Amador (CRM) Ing. Gerardo Mercado Pineda (CRM) Ing. Diego Edgar Cruz (CRM) Ing. Lazaro Onofre Espinoza (CRM) Ing. Cesar Alam Hemíndez (CRM) Ing. Jorge Hemández López (CRM)
第2年次	平成7年6月29日 ～ 平成8年2月23日	現地調査 増渕 和芳 (DEC) 今野 宏秀 (DEC) 木村 邦夫 (DEC) 森川 剛夫 (DEC) 乳井 正 (DEC) 現地指導監督 大西 清文 (MMAJ) 亀山 正義 (MMAJ)	現地調査 Ing. Heriberto Martínez Amador (CRM) Ing. Gerardo Mercado Pineda (CRM) Ing. Raucel Pascacio Toledo (CRM) Ing. Amancio Reyes Salazar (CRM)
第3年次	平成8年6月20日 ～ 平成9年2月28日	現地調査 増渕 和芳 (DEC) 現地指導監督 西川 信康 (MMAJ)	現地調査 Ing. Heriberto Martínez Amador (CRM)

MITI : 通商産業省 MMAJ : 金属鉱業事業団 DEC : 同和工営株式会社

CRM : Consejo de Recursos Minerales

第2章 従来の調査

本プロジェクト地域内にはカンボ・モラド(Campo Morado)鉱山やレイ・デ・プラタ(Rey de Plata)鉱山などがある。カンボ・モラド鉱山は1903～1910年及び1920～1927年にかけて酸化帯をAu、Agなどを対象として採掘した。1973～1977年の間にはレフォルマ(Reforma)鉱床を対象として探鉱活動が行われ、品位はAg 112 g/t、Cu 0.68 %、Pb 1.07 %及びZn 3.12 %である。総鉱量は9.5百万トンと見積もられている(Lorinczi・Miranda、1978)。

CRMは、1977年に”新期火山帯”と呼ばれる鉱床生成区について衛星画像の解析を行った。その結果、本地帯には塊状硫化物鉱床の生成に関係する火山性起源の変成岩が分布することが判明した。また、この結果を踏まえ、本調査地域北東のティサパ(Tizapa)地区で本格的に広域地質調査が開始された。このティサパ地区では、1979～1982年にかけて地質調査、物理探査、地化学探査、ボーリング調査、坑道探鉱、立坑開削が実施された。さらに、1987～1991年にかけて実施された資源開発協力基礎調査により、その全容が解明され、その結果、鉱化帯は地表下80～290mにあり、鉱床の最大厚さ20m、延長約420m、鉱量560万トン(平均品位Au 1.6 g/t、Ag 246 g/t、Cu 0.68 %、Pb 1.24 %、Zn 6.00 %、Fe 30.76 %)と評価され、ティサパ鉱山が1994年に開山した。

また、CRMは、1985年10月から本調査地域内のアルセリア(Arcelia)南東部の探鉱活動を開始し、ロッサナ(Rossana)-エル・ファイサン(El Faisan)の鉱床は、火山堆積作用の一連のもので、同生の層状塊状硫化物多金属鉱床であるとした。このエル・ファイサン鉱床付近において、1987年には資源開発協力基礎調査の一部として地化学探査が実施された。

さらに、CRMは、1988年に塊状硫化物鉱床を探すために、ヘリコプターを利用して異常な色を示す地区の広域探鉱を実施した。その後、地上において、火山性堆積岩の分布域の探鉱及び検証を行った。1991年からはカンボセコ鉱区の本格的探鉱活動を実施した。物理探査としては、IP法調査、自然電位法調査、VLF及び磁力探査を行った。また、ボーリング調査としては総掘進長1,043.6mを実施し、一部で鉱染帯を把握した。

また、カンボ・モラド鉱山及びレイ・デ・プラタ鉱山ともに1996年から活発に探鉱活動が再開されている。

第3章 一般地質（調査地域周辺）

3-1 地質

本プロジェクト地域は、メキシコの地質構造帯のうち、南部シエラマドレ帯(Sierra Madre del Sur)に属する。この地帯は南部で比較的古い時代の岩石が分布し、北部で新期の岩石が分布する。この構造帯の北側には新期火山地帯があり、メキシコ中央部をWNW-ESE方向に太平洋側からメキシコ湾側のベラクルス(Veracruz)州にかけて横切るものであり、中新世以降現在に至るまで活発な火山活動が続いている。

本調査地域には、古生界から白亜系の変成岩類～弱変成岩類、第三系、第四系などが分布する。

南部シエラマドレ帯では、メキシコ州からバルサス(Balsas)にかけての基盤は古生層に対比されるタスコ片岩(Esquisto Taxco)であり、本岩はタスコの東側及び南東に露頭が分布している。地層は泥質片岩、砂質片岩、緑色片岩、珪質片岩などからなり、構成鉱物は主に石英、長石及びセリサイトからなる。これらの変成岩類の正確な年代はまだ求められていないが、タスコ片岩のRb-Sr法では 79 ± 5 Ma (Fries・Cesar, 1965) が得られているが、花崗岩の貫入岩の影響があると考えられている。

タスコ片岩を不整合に覆って、タスコ・ピエッホ緑色岩(Roca Verde Taxco Viejo)が分布する。本岩は凝灰岩、角礫岩、安山岩溶岩などであり、後期ジュラ紀に対比される。

Campa・Ramirez(1979)は、Titoniano-Albiano時代のテロロアパン(Teloloapan)ーアルセリアーイスタパン・デ・ラ・サル(Ixtapan de la Sal)地区に分布するタスコ片岩を伴うタスコ・ピエッホ緑色岩は、安山岩-ディサイトの互層、凝灰岩、火山集塊岩、千枚岩、砂岩などからなり、後期ジュラ紀から前期白亜紀の海縁部の島弧に対比した。

上部ジュラ系から下部白亜系に対比されるアングアオ(Angao)層は、泥岩、グレイワッケ、安山岩質凝灰岩を伴う礫岩質グレイワッケなどからなり、Kimmeridgiano-Portlandiano統にあたる。

Aptiano-Albiano時代の下部白亜系に対比されるアカウイソトラ(Acahuizotla)層は、緑灰色を呈し、泥灰質岩に変化する粘土質石灰岩からなり、Chilacachapa向斜に分布する。また、同時代のサン・ルーカス(San Lucas)層は下部では凝灰岩を伴う砂岩及び泥岩のリズミカルな互層と上部のサンゴ質石灰岩に移行するシルト岩からなる。

中部白亜系は、Albiano-Cenomaniano時代に対比され、2つの岩石相を示す。一つは明灰色、クリーム色及び暗灰色の厚い石灰岩層を伴うサンゴ礁堆積物からなるもので、モレロス(Morelos)層及びクアウトラ(Cuautla)層と命名されている(Fries, 1960)。もう一方は、ソチカルコ(Xochicalco)層(Fries, 1960)または上部タマウリパス(Tamaulipas)層(Tarango, 1973)と命名されているAptiano-Albiano時代のラミナ中にレンズ状や多くのシリカを含む暗灰色の薄い石灰岩を伴う石灰質ものである。同時代のものには、モレロス層(Pantoja, 1959)及びクンブルンディオ(Cumburundio)(Salazar, 1973)と命名されているも

のがある。

上部白亜系に対比される地層にはソチパラ (Xochipala) 層 (De Csernaほか, 1978)、アルセリア層 (De Cserna, 1978)、メスカラ (Mexcala) 層などがある。ソチパラ層は、安山岩質火山岩類、礫岩、砂岩、グレイワッケなどからなり、下位のアマテペック (Amatepec) 層を整合に覆う。アルセリア層は、珪質な黒色泥岩、シルト岩、グレイワッケ、灰色～暗灰色の石灰岩などからなり、薄～中層として分布する。本層中には安山岩溶岩、安山岩—玄武岩などの火山砕屑岩など多く含む。

メスカラ層 (Fries, 1960) は、フリッシュ砂岩と命名されている海成堆積物を伴う堆積岩及び中粒から細粒の砂岩と泥岩のリズミカルな互層からなり、局所的には薄い石灰岩、炭質物含有泥岩、石灰質砂岩を挟むさまざまな変化がみられる。タスコからバルサス (Balsas) にかけて向斜の谷を形成している。

第三系は、バルサス層 (Fries, 1960、De Cserna, 1965)、ティルサポトラ (Tilzapotla) 流紋岩などがある。バルサス層はすべての堆積物は陸成であり、礫岩、砂岩、アルコース、シルト岩、安山岩質火砕岩、玄武岩質火砕岩などから構成される。ティルサポトラ流紋岩類は流紋岩類、溶結凝灰岩を主とし、安山岩溶岩及び安山岩質火砕岩を伴う。この流紋岩類は特徴的な火砕流台地を形成している。テフピルコ (Tejupilco) 地域に分布するものは漸新統に対比される。

第四系は、玄武岩溶岩、スコリア丘、沖積層からなる。玄武岩溶岩は地形的に明瞭な溶岩流地形と台地を形成しており、スコリア丘を伴う場合が多い。調査地域の北方に分布し、テフピルコでは火山円錐丘がみられ、下位の地層を不整合に覆っている。沖積層は盆地や河川沿いに分布し、未固結の礫・砂を主としている。

3-2 鉱床

本調査地域外の北西方には、ティサパ鉱床、サンタ・ロサ (Santa Rosa) 鉱床があるほか、北方のアスラケス (Azulaquez) 地区にはラ・アメリカ (La America)、エル・カピレ (El Capire) 及びラ・アウロラ (la Aurora) などがある。いずれも層準規制型の塊状硫化物鉱床である。これらの鉱床はほぼ同一層準であるタスコ片岩類の最上部に胚胎する。鉱床上盤は石灰質層群の石灰質粘板岩が分布し、鉱床近傍及び下盤には主に火山岩起源の緑色片岩や珪質片岩がみられ、火山活動と密接な関係があることが判明している。

本調査地域内には、カンボ・モラド鉱床やレイ・デ・プラタ鉱床、カンボセコ及びテウエウエトラ (Tehuehuetla) 鉱体、ラ・リベルラ (La Libelula) 鉱床などが分布し、いずれも塊状硫化物鉱床である。

カンボ・モラド鉱山は1903～1910年及び1920～1927年にかけて酸化帯のAu、Agなどを対象として採掘した。この1903～1910年の間にレフォルマ鉱床からAu=3.9トン、Ag=125.2トン及びPb=4.157トンを生産した (Flores, 1936)。1973～1977年の間には、レフォルマ鉱床

を対象として探鉱活動が行われた。その結果、鉱石品位は、Au 1.2 g/t、Ag 112 g/t、Cu 0.68 %、Pb 1.07 %及びZn 3.12 %である。総鉱量は、9.5百万トンと見積もられている (Lorinczi・Miranda, 1978)。

ラ・スリアナ(La Suliana)鉱床では、1912年までに高品位の金銀を伴う鉛を採掘した。1924年までは、ペニョーレス(Penoles)社が採掘した鉱石を2 t/日であり、その後、10t/日になった。1927年には300t/日の設備を増設した。採掘した酸化帯の品位はAu 9g/t、Ag 690 g/tであり、塊状硫化物の品位はAu 3 g/t、Ag 307 g/tである。1929年の10月から12月に採掘した鉱石は225 t/日で、品位はAu 7.2 g/t、Ag 565 g/t であり、精鉱の品位はAu 7.5 kg/t、Ag 470 kg/tであった (Bruchhaold, 1929)。

エル・ファイサン鉱床では、1940年代にミネラ・アサルコ(Minera Asarco)社により、探鉱活動により坑道が250mほど掘削された。

レイ・デ・プラタ鉱山では、正式には1925～1929年、1946～1949年及び1964～1968年にかけて開発された。また、ペニョーレスによる探鉱活動は、1976年6月～1980年11月まで行われ、その結果、52本のボーリングが行われ、31本において着鉱した。鉱床はレイ・デ・プラタとテウイストラ(Tehuixtla)の2つの鉱体からなり、600 mほど離れている。鉱石品位はAu0.8 g/t、Ag 275 g/t、Cu 0.3 %、Pb 1.7 %及びZn 7.8 % である。可採鉱量は1.7百万トンと見積もられている(Garciaほか, 1981)。現在、立坑が掘削されており、使用されている。

カンボセコ鉱体及びテウエウエトラ鉱体の位置は、ティサパ鉱床、サンタ・ロサ鉱床からカンボ・モラド鉱床の分布するNNW-SSE方向とラ・アメリカ鉱床、エル・カビレ鉱床からレイ・デ・プラタ鉱床の分布するNE-SW方向の交差部にあたる。また、ラ・リベルラ鉱床の詳細は不明であったが、カンボ・モラド鉱床の北西方に位置し、カンボ・モラド鉱床と類似した地質環境にある。

また、カンボ・モラド鉱山及びレイ・デ・プラタ鉱山では1996年から積極的に探鉱活動を再開した。

第4章 調査地域の概要

4-1 交通

カンボセコ地域は、メキシコ合衆国南部のゲレロ州 (Estado de Guerrero) に位置し、首都メキシコシティ (Ciudad de Mexico) からの交通手段、距離及び所要時間は次のとおりである。

	300 km	60 km	5 km
メキシコシティ	———— テロロアパン	———— ヌエボ・ポブラド	———— カンボセコ
	5.0 時間	1.5 時間	0.5 時間

メキシコシティからイグアラ (Iguala) までは高速道路があり、さらにテロロアパンを経由してアルセリアまでは国道51号がある。

カンボセコ地区は、テロロアパンからアパストラ (Apaxtla) を経由してヌエボ・ポブラド (Nuevo Poblado) へ行けるが、メキシコシティからヌエボ・ポブラド間は舗装されており、道路事情は良好で乾期、雨期を問わず通行可能である。メキシコシティからアパストラ間の直通バスが一日2便あり、所要時間は約6時間を要する。乗用車で高速道を利用した場合は約5時間でメキシコシティからアパストラに至る。アパストラからバルサス川岸のヌエボポブラドまでは乗用車で約1時間を要する。ヌエボ・ポブラドからカンボセコ地区南東端まではボーリングのために造成した山道があり、雨期には通行困難な箇所が数箇所あり、頻繁に補修作業を行う必要がある。

また、ラ・トリニダード地区はアルセリアの東南東方約11kmに位置する。メキシコシティからアルセリアまではバスが頻繁にあり、約6時間を要する。アルセリアからラ・トリニダードまでは未舗装の道路があり、約1時間を要するが、雨期にはしばしば通行不可能になる。また、テロロアパン西のビヤ・デ・アヤラ (Villa de Ayala) から尾根沿いに南下する山道があり、これを利用するとビヤ・デ・アヤラからラ・トリニダードへは約2時間を要する。雨期には通行困難な箇所があるが、補修することにより通行可能である。調査地域位置図を図I-1-1に示す。

4-2 調査環境

4-2-1 地形及び水系

調査地域は、メキシコ合衆国南部で、太平洋沿岸とほぼ平行である北西—南東方向に分布する南部シェラマドレ帯 (Sierra Madre del Sur) 及びバルサス流域亜熱帯の標高約500~1,800mの山岳地帯に位置する。特に、北部では標高が高く、南部では低くなっている。

地形は、地質を明瞭に反映し、全体的には壮年期の開析が進んだ複雑な山脈である。

調査地域全域では山脈がほぼ南北に走り、比較的大きな沢も南北系のものが多い。このため、調査地区北部にみられるアルタミラノ (Altamirano)ーイグアラ間の国道51号が東西にある以外は南北系の道路が多く、東西方向の道路は少ない。

主な水系は調査地域南部で西流するバルサス川であり、本川はミステカ山脈 (Sierra de la Mixteca) を源流として、オアハカ (Oaxaca) 州、プエブラ (Puebla) 州及びゲレロ州を流下する。このバルサス川支流が調査地区全体にN-S方向に湾曲しながら発達する。水系は一般には不明瞭な樹枝状を示し、これらの河川では急峻なV字谷を形成している。

4-2-2 気候及び植生

調査地域の気候は亜熱帯性である。しかし、全体的には高地の山岳地帯に位置するため、気候は温暖で典型的な夏季降雨・冬季乾燥型である。調査地区南部のカンボセコ地区の年間総雨量は約1,070mmで、平均気温は20℃以上であり、4~5月には40℃に達する。雨期は6~10月であり、この間の月平均降水量は230~260mmである。このうち9月は降水量が最も多く260~280mmである。乾期は10~5月であり、この間の降水量は30mm以下である。

植生は乾燥から亜乾燥地帯の特徴を示し、灌木やカシの木が多く、高地ではカシの木が多い。民家にはオレンジ、アボカド、レモン、マンゴー、パイナップルなどの樹木が植えられているほか、民家近くの山にはサボテンなどがみられる。



第Ⅱ部 各論



第Ⅱ部 各論

第1章 衛星画像解析

1-1 解析方法

衛星画像解析に使用したJERS-1のOPSデータは、以下のとおりである。

パス	ロー	撮影年月日
495	270	1993年 1月10日

解析にあたってUTM座標変換して作成した画像は、以下のとおりである。

画像処理	縮尺
JERS-1 OPSカラー画像 (BGR 123) フルシーン	1/200,000

図Ⅱ-1-1に解析に使用した画像を示す。

解析にあたっては、1:50,000地形図の地形・水系パターンや航空写真、既存地質・地質構造を参考にして、画像上の水系・起伏の変化や色調の変化を読み取り、判読図を作成した。

解析の概要は以下のとおりである。

- ・リニアメント、褶曲構造の抽出
- ・解析画像の色調、地形区分
- ・既存地質図との対比
- ・リニアメント分布図・画像判読区分図の作成

1-2 解析結果

本調査は、広範囲な地質単元及びその分布、地質構造を判読し、塊状硫化物鉱床の胚胎層準の分布を把握することにより、地質概査地域の選定を行うための資料とすることを目的として行った。

図Ⅱ-1-2にリニアメント分布図を示す。判読リニアメントは604条、リニアメント密度は0.38 km/km²である。調査地域全体で見した場合のもっとも卓越するリニアメント方向はN-S系であり、次いでNW-SE系が多く認められる。リニアメント長は1.5~2 kmの長さが最頻度を示し、全体に5 km以下のリニアメントに卓越しており、10 kmを越えるリニアメントは全体数の1%にも満たない。N-S系の代表的なリニアメントは、調査地域の北西-中央-南東にかけて、比較的リニアメント長の長い構造が連続して認められる。NW-SE系のリニアメントは、調査地域中央から南部にかけて比較的多く発達しているのが認められる。

画像の色調は、調査範囲の西部では赤色系の色調が強く、東部では緑色系及び灰色系の色調が強い傾向が認められる。さらに東側では、水系の密度が緑色系で低く、灰色系で高い特徴が認められる。このような色調及び地形の特徴は地質を反映したものであると考えられる。

本地域は、変成岩から第四系まで広い時代幅の地層が分布している。画像からは、変成岩類と白亜系堆積岩類の境界、それらを不整合に覆う第三系の火山岩類、第四系の分布などといった大まかな地質構造が判読できたものの、それらを構成する岩相の違いなどの判読は困難であった。判読されたリニアメントはN-S系、NW-SE系が卓越するが、これらの方向は、変成作用による褶曲軸方向を反映したものである。また、NW-SE系は、調査地域北西方にあたるテフピルコ地域における鉱脈型鉱床の主な鉱脈走向であり、貫入岩なども同方向を示すものが多い。

以上の結果、塊状硫化物鉱床の胚胎層準の分布は、既存データとの対比から調査地域西側部分で、特にカンボ・モラドを中心としてカンボセコを含む二畳系～白亜系及び白亜系下部層分布域が鉱床胚胎の場として有望であると限定することができるが、さらに画像上で絞り込むことは困難であった。また、調査地区東側部分は鉱床層準より上位の地層が分布しているため、鉱床層準は下位に存在することは推定されるが、かなり深くなることが予想される。

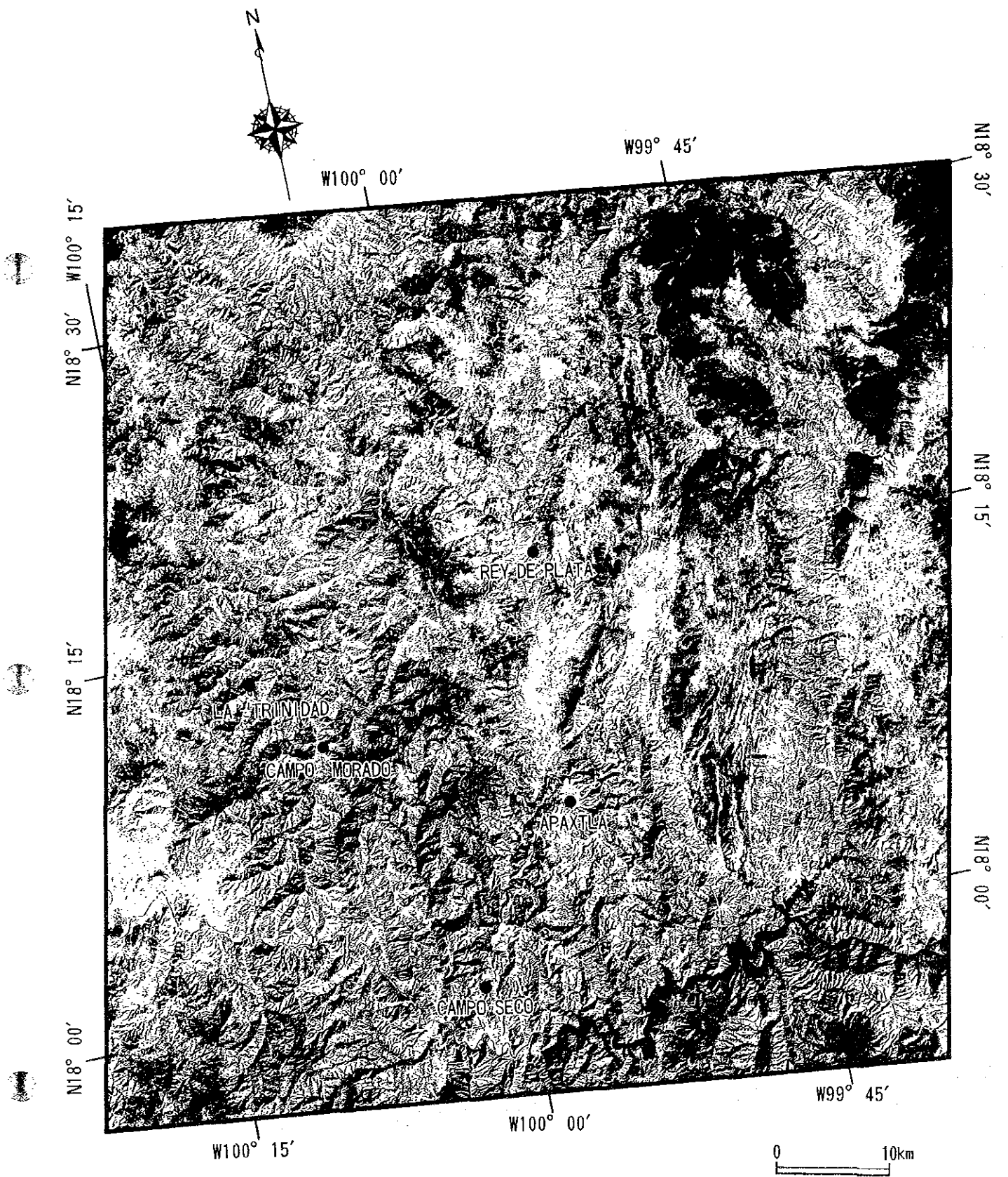
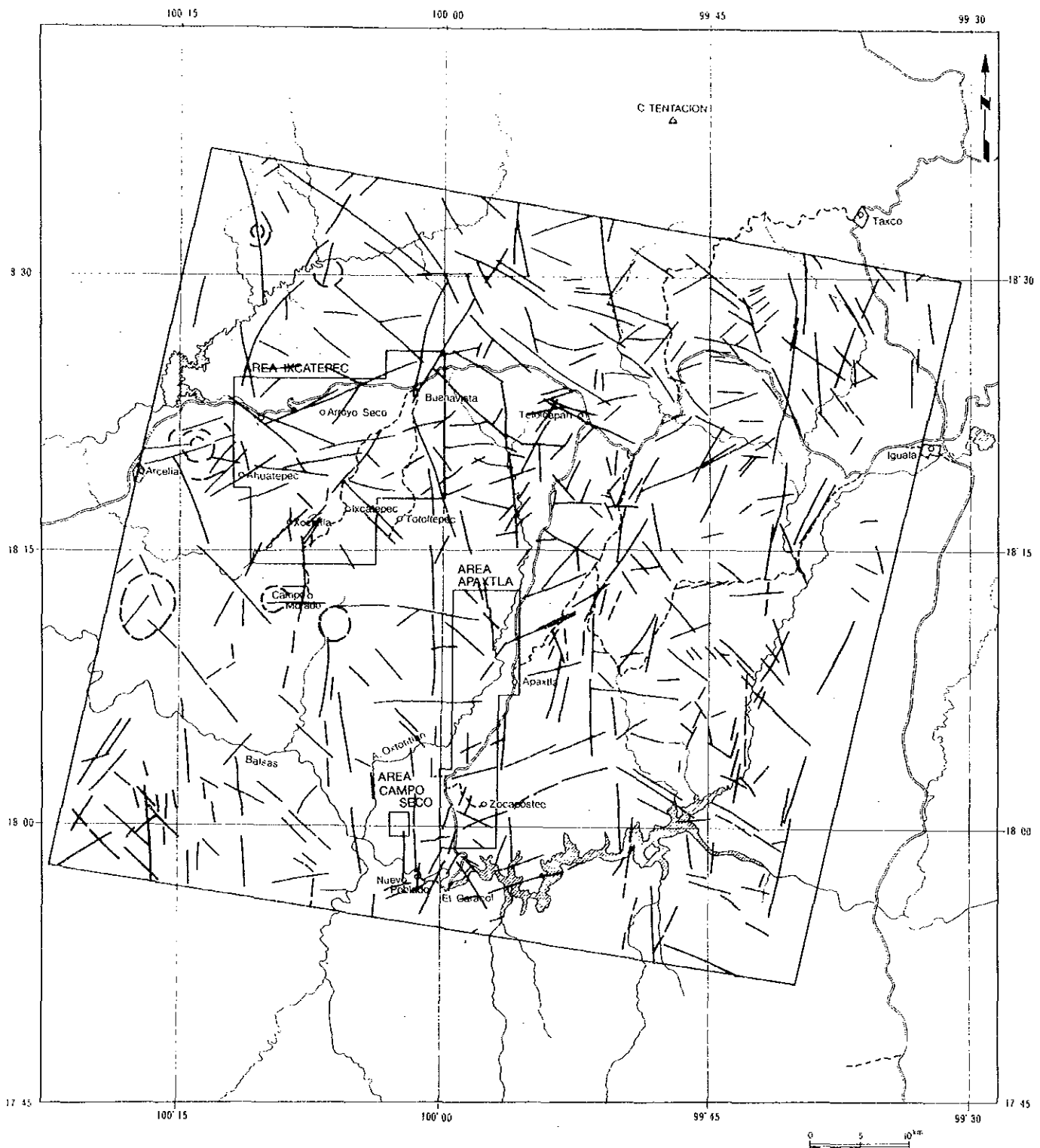


図 II - 1 - 1 フォールスカラー画像



- 凡 例
- リニアメント
 - 環状構造

図 II - 1 - 2 リニアメント解析図

第2章 既存データ解析

2-1 解析方法

メキシコ合衆国鉱物資源局 (CRMと略称) 内部資料、政府刊行物、メキシコ国立自治大学 (Universidad Nacional Autonoma de Mexico、UNAMと略称) 関係、メキシコ合衆国内の学術雑誌等から当該地域に関連する既存資料について目録を作成し、CRMチルパンシゴ (Chilpancingo) 事務所を拠点として収集業務を行った。

メキシコ合衆国内で収集した既存資料は、地質図幅、CRMによる鉱床調査プロジェクトの報告書、UNAM関係論文等である。そのほか日本国内にメキシコ合衆国の鉱山に関するいくつかの邦文論評がある。

2-2 解析結果

(1) 地質データの概要

本調査域をすべて包括する広域地質図幅は、2,000,000分の1地質図幅 (Lopezほか、1976) 及び1,000,000分の1 (SPP, 1981) などがある。また、一部の地質図としては、アルタミラーノ (CD. Altamirano) 図幅250,000分の1 (SPP, 1983)、テフピルコ (Hoja Tejupilco) 図幅100,000分の1 (SPP, 1982)、タスコ (Hoja Taxco) 250,000分の1図幅 (SPP, 1981) などがある。また、De Cserna (1978, 1982)、Pantoja (1959)、Campaほか (1974, 1976)、Campa (1978)、Campa及びRamirez (1979) によるウエモト (Huetamo)、ミチョアカン (Michoacan) 及びタスコを含む地域の地質層序及び地質についての著名なものがある。これらのほか、カンボセコ地区については鉱物資源局による縮尺5,000分の1の鉱床周辺の地質図 (Mercado, 1994) がある。表II-2-1に地質層序対比表を示す。

(2) 地質構造データ

調査地域は、3回の累進変成期と1回の後退変成期に対応した、3回の圧縮変形と1回の伸張変形を被っているとされる (De Cserna, 1982)。

タスコ片岩類の構造の全体的特徴は、NNE-SSW走向で、緩傾斜 (25~30°) SEないしNW落ちのフォリエーションを持つ。最初の変形 (S_1) で形成されたこのフォリエーションは、第2期の変形 (S_2) によってへき開やキンクバンドを形成して変位している。この第2期のフォリエーションはNNW-SSE走向SW傾斜を示す。このような面構造は、変形が西側で活動的であり、コルディレラ (Cordilleran) 造山帯に関係していたと考えられている。その広域変成作用は、下位層準に角閃石相があるほかは緑色片岩相に相当する中温低圧であった。

中生代の岩石は、アルセリア層堆積以降からバルサス層堆積以前にかけて変形した。この変形作用は、重力テクトニクスの結果もたらされたと解釈されている。これらの褶曲はN-S方向に配列し、東に向かって非対称となるが、タスコ片岩類の最上位部を含めた変

表 II - 2 - 1 層序对比表

EDAD CUATERNARIO	REGION CAMPOSECO (1)	HOJA TEJUPLCO (2)	HOJA TAXCO (3)	REGION DE HUETAMO (4)	ARCELA-TELOLOAPAN (5)	GUERRERO (6)
TERCIARIO	ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION	
	ANDESITA AYOTCHI	ANDESITA BASALTICA	FORMACION ZIMACANTEPEC ANDESITA BUENAVISTA TOBA Y LAHAR	?	ANDESITAS Y BASALTOS	SECUENCIA VOLCANICA CHACHARANDO
	RIOLITA TILZAPOTLA	RIOLITA TILZAPOLTA	RIOLITA TILZAPOTLA	GRUPO BALSAS		GRUPO BALSAS
MESOZOIC	FORMACION BALSAS	FORMACION BALSAS	FORMACION BALSAS	FORMACION MAL PASO	FORMACION MEXCALA	FORMACION MAL PASO
		FORMACION ARCELA	FORMACION TETELINGO	?	FORMACION POCHOTE	FORMACION MORELOS
	FORMACION IXCATEPEC	FORMACION AMATEPEC	FORMACION AMATEPEC	FORMACION MORELOS		COMPLEJO TIERRA CALIENTE
		FORMACION ACUITLAPAN	FORMACION ACUITLAPAN	FORMACION SAN LUCAS		FORMACION SAN LUCAS
PALEOZOICO		ROCAVERDE TAXCO VIEJO	ROCAVERDE TAXCO VIEJO	FORMACION ANGAO	FORMACION IXCATEPEC	FORMACION ANGAO
		ESQUISTO TAXCO	ESQUISTO TAXCO			SECUENCIA TUMBISCATIO

(1) el presente estudio, (2) Cserna y Fries(1981), (3) Pantoja Alor(1959), (4) Ubaldo(1976), (5) S. Alarcon et al.(1984)

位約1,000mの衝上断層に沿ったデコルマン面上で発達するとされている。

本地域には第三系のバルサス層やテルサポトラ流紋岩よりも若い多数の断層が存在する。これらは、主にNW-SE系、NE-SW系、E-W系及びN-S系の4方向を示す。これらの断層は、メキシコの南太平洋海縁に沿って、中新世の終わりから今日まで連続する沈み込み過程に関係した圧縮場によって形成された断裂系であると考えられている。

(3) 鉱床データ

図II-2-1に鉱山・鉱徴地の分布図を、表II-2-2に既知鉱徴地一覧表を示す。

現在、稼働中の鉱山はない。鉱床は、過去に採掘されたものないしは現在探鉱中のものとして、塊状硫化物鉱床、金・銀（・鉛・亜鉛）鉱脈鉱床及び接触交代鉱床といった型式の鉱床がある。

探鉱中のものとしては、カンボセコ鉱床、カンボ・モラド鉱床及びレイ・デ・プラタ鉱床などがある。いずれも塊状硫化物鉱床である。

カンボセコ鉱床においては、CRMによる探鉱であり資料が保存されているものの、カンボ・モラド鉱床及びレイ・デ・プラタ鉱床については民間企業によるものであり、Lorinczi・Miranda(1978)及びGarciaほか(1981)の報告があるにすぎない。

カンボ・モラド鉱山は、1903～1910年及び1920～1927年にかけて酸化帯をAu、Agなどを対象として採掘した。この1903～1910年の間にレフォルマ鉱床から3.9トンの金、125.2トンの銀及び4,157トンの鉛を生産した（Flores, 1936）。1973～1977年の間にはレフォルマ鉱床を対象として探鉱活動が行われた。その結果、鉱石品位はAu 1.2 g/t、Ag 112 g/t、Cu 0.68 %、Pb 1.07 %及びZn 3.12 %である。総鉱量は9.5百万トンと見積もられている（Lorenci・Miranda, 1978）。

レイ・デ・プラタ鉱山では、正式には1925～1929年、1946～1949年及び1964～1968年にかけて開発された。また、ペニョーレスによる探鉱活動は、1976年6月～1980年11月までに52本のボーリングが行われ、31本において着鉱した。鉱床はレイ・デ・プラタ鉱体とテウイストラの2つの鉱体からなり、600mほど離れている。鉱石品位は、Au 0.8 g/t、Ag 275 g/t、Cu 0.3 %、Pb 1.7 %及びZn 7.8 %である。可採鉱量は、1.7百万トンと見積もられている（Garciaほか, 1981）。現在、立坑が掘削されており、使用可能である。

ラ・スリアナ鉱床では、1912年までに高品位の金銀を伴う鉛を採掘した。1924年まではペニョーレス社が採掘した鉱石は2トン/日であり、その後、10トン/日になった。1927年には300トン/日の設備を増設した。採掘した酸化帯の品位はAu 9 g/t、Ag 690 g/tであり、塊状硫化物の品位はAu 3 g/t、Ag 307 g/tである。1929年の10月から12月に採掘した鉱石は225トン/日で、品位はAu 7.2 g/t、Ag 565 g/tであり、精鉱の品位はAu 7.5 kg/t、Ag 470 kg/tであった（Bruchhaold, 1929）。

エル・ファイサン鉱床では、1940年代にミネラ・アサルコ（Minera Asarco）社により、

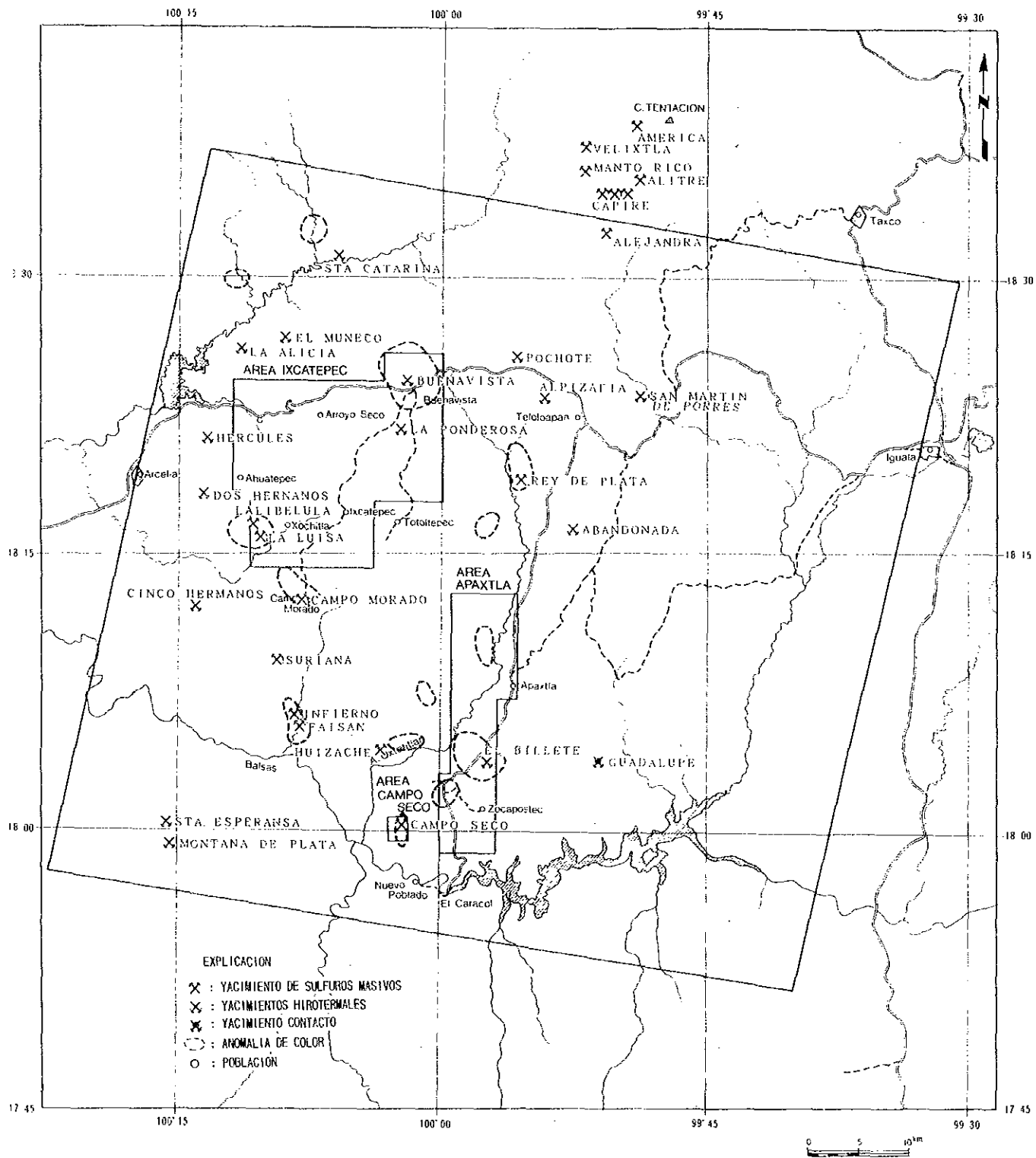


图 II - 2 - 1 铀山·铀微地分布图

表 II - 2 - 2 既知鉱微地一覽表

No.	鉱微地	場所	鉱床タイプ	鉱床周辺の地質、岩相	鉱種	品位	緯度	経度	文献
1	Campo Morado	Arcelia Guerrero	Sulfuros masivos	filita, pizarra volcanosedimentaria	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Au 1.2g/t, Ag 112g/t, Pb 1.07% Zn 3.12%, Cu 0.68%	N18° 12' 32"	W100° 08' 21"	Lorenci et al (1978) Gustavo G. L. et al (1991)
2	Rey de Plata	Teloioapan Guerrero	Sulfuros masivos	pirolítico-dacítico y andesítico	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Au 0.8g/t, Ag 275g/t, Pb 1.7% Zn 7.8%, Cu 0.3%	N18° 23' 22"	W 99° 58' 00"	Garcia Fons, et al (1981) Gustavo G. L. et al (1991)
3	Campo Seco	Apaxtla de Castrejon Guerrero	Sulfuros masivos	Fm. Ixcatepec Metariolita pizarra, filita	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Au 1.05g/t, Ag 139g/t, Pb 2.98% Zn 0.005%, Cu 1.18% (Campo seco) Au 4.25g/t, Ag 231g/t, Pb 2.96% Zn 2.91%, Cu 0.17% (Tehuahueta)	N18° 00' 06"	W100° 02' 16"	Gerardo Mercado (1994)
4	La Libelula	Arcelia Guerrero	Sulfuros masivos	Fm. Ixcatepec volcanicas, pizarra	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Au ind., Ag 8.9g/t, Zn 0.2%	N18° 16' 37"	W 99° 57' 27"	Gustavo G. L. et al (1991)
5	La Luisa	Arcelia Guerrero	Sulfuros masivos	Roca verde Taxco Viejo Rocas metavolcanica	Au, Ag, Cu	-	N18° 16' 05"	W100° 10' 37"	Gustavo G. L. et al (1991)
6	Cinco Hermanos	Arcelia Guerrero	Hidrotermales	Fm. Balsas capas rojas	-	-	N18° 12' 08"	W100° 14' 09"	Gustavo G. L. et al (1991)
7	La Suriana	Arcelia Guerrero	Sulfuros masivos	Fm. Ixcatepec Filita, pizarra	pirita, galena esfalerita etc.	Au 7.25g/t, Ag 565g/t	N18° 08' 47"	W100° 09' 38"	Gustavo Zamorano, M. (1987) Gustavo G. L. et al (1991)
8	Infierno	Arcelia Guerrero	Sulfuros masivos	Fm. Ixcatepec	pirita, galena esfalerita etc.	-	N18° 06' 16"	W100° 08' 12"	Gustavo Zamorano, M. (1987) Gustavo G. L. et al (1991)
9	Faisan	Arcelia Guerrero	Sulfuros masivos	Fm. Ixcatepec	pirita, galena esfalerita etc.	-	N18° 05' 44"	W100° 08' 29"	Gustavo Zamorano, M. (1987) Gustavo G. L. et al (1991)
10	Huitzache	Arcelia Guerrero	Hidrotermales	Fm. Ixcatepec	-	-	N18° 04' 22"	W100° 03' 32"	Gustavo G. L. et al (1991)
11	El Billete	Apaxtla de Castrejon Guerrero	Hidrotermales	Metavolcanicas	-	-	N18° 03' 49"	W 99° 57' 19"	Gustavo G. L. et al (1991)
12	La Alicia	Arcelia Guerrero	Hidrotermales	Rocas peliticas	-	-	N18° 26' 11"	W100° 11' 28"	Gustavo G. L. et al (1991)
13	El Muneco	Arcelia Guerrero	Hidrotermales	Metavolcanicas	-	-	N18° 26' 35"	W100° 09' 04"	Gustavo G. L. et al (1991)
14	Sta. Catarina	Arcelia Guerrero	Hidrotermales	Fm. Ixcatepec Rocas volcanicas	-	-	N18° 30' 49"	W100° 05' 48"	Gustavo G. L. et al (1991)
15	La Ponderosa	Villa de Ayala Guerrero	Hidrotermales	Rocas peliticas	-	-	N18° 21' 49"	W100° 01' 59"	Gustavo G. L. et al (1991)
16	Abandonada	Teloioapan Guerrero	Hidrotermales	Metavolcanicas	-	-	N18° 16' 38"	W 99° 52' 30"	Gustavo G. L. et al (1991)
17	Alpizafia	Teloioapan Guerrero	Hidrotermales	Metavolcanicas	-	-	N18° 23' 27"	W 99° 54' 12"	Gustavo G. L. et al (1991)
18	Pochoce	Teloioapan Guerrero	Hidrotermales	Metavolcanicas	-	-	N18° 25' 38"	W 99° 55' 45"	Gustavo G. L. et al (1991)
19	San Martin de Porres	Teloioapan Guerrero	Hidrotermales	Metavolcanicas	-	-	N18° 23' 44"	W 99° 48' 41"	Gustavo G. L. et al (1991)
20	Sta. Esperanza	Arcelia Guerrero	Hidrotermales	Fm. Balsas	-	-	N18° 00' 25"	W100° 15' 34"	Gustavo G. L. et al (1991)
21	Montana de Plata	Arcelia Guerrero	Hidrotermales	Fm. Balsas	-	-	N17° 59' 12"	W100° 15' 17"	Gustavo G. L. et al (1991)
22	Guadalupe	Cuetzala de Progreso Guerrero	Contacto	Granodiorita caliza arcillosa	Au, Ag	Au 7.19g/t, Ag 118g/t	N18° 04' 03"	W 99° 50' 57"	Gustavo G. L. et al (1991)

探鉱活動により坑道が250mほど掘削された。

また、エル・ファイサン地区において、1987～1988年にかけて資源開発協力基礎調査の一部として土壌地化学探査が実施された。調査面積30km²で、土壌試料を1,210個採取し、6元素（Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Hg）について分析を実施した。その結果、全元素の添加を示す第1主成分では、異常帯はマチェテ、スリアナ、インフェルノ及びエル・ファイサンの各鉱化帯付近に分布し、これらの鉱化帯では金のポテンシャルが高く、鉱脈型鉱床の鉱徴としている（JICA-MMA, 1988）。

また、CRMは、1985年10月から本調査地域内のアルセリア南東部の探鉱活動を開始し、ロッサナーエル・ファイサンの鉱床は火山堆積作用の一連のもので、同生の層状塊状硫化物多金属鉱床であるとした。このエル・ファイサン鉱床付近において、1987年には資源開発協力基礎調査の一部として地化学探査が実施された。

さらに、CRMは、1988年に塊状硫化物鉱床を探すために、ヘリコプターを利用して異常な色を示す地区の広域探鉱を実施した。その後、地上において、火山性堆積岩の分布域の探鉱及び検証を行った。1991年からはカンボセコ鉱区の本格的探鉱活動を実施した（Mercado, 1994）。地質精査、地質準精査、トレンチ及びボーリング調査の結果、カンボセコ鉱体の鉱石品位は、Au 1.05 g/t、Ag 139 g/t、Cu 1.18 %、Pb 2.98 %及びZn 0.005 %である。また、テウエウエトラ鉱体の鉱石品位は、Au 4.25 g/t、Ag 231 g/t、Cu 1.17 %、Pb 2.90 %及びZn 2.91 %、である。

（４） 物理探査データ

物理探査は、CRMによりカンボセコ地区において実施されている。実施した方法は、IP法及び比抵抗法、自然電位法（SP）、鉱体流電法、電磁法（VLF）、磁気探査法などであり、自然電位法、電磁法、磁気探査法では重要な地下情報が得られなかった。

IP法のデータ解析結果、次のごとく判断される。

- （1）比抵抗断面図について、谷、尾根地形と電極配置による比抵抗変化、すなわち地形の影響がそのまま表れていると見られる。
- （2）全般に深部に向かって高IPとなる傾向が見られる。
- （3）地形の影響か、鉱化変質の影響によるものか、比抵抗低下の原因不明。
- （4）比抵抗と地質との特徴的示徴は必ずしも明瞭ではない。

また、鉱体流電法の調査結果は、カンボセコ鉱体の異常は、電極の位置を変えてはいるが基本的な異常の形態に変化が見られない。この一因として、鉱化帯の連続性に乏しいことも考えられる。また、テウエウエトラ鉱体では、やや東西性の方向をもつ帯状の電位異常を示すが、鉱化帯あるいは断層帯のいずれかに起因するかは不明である。

第3章 カンボセコ地区

3-1 調査方法

本地区では、CRMにより地質準精査、物理探査のIP法及び比抵抗法、自然電位法(SP)、鉱体流電法、電磁法、磁気探査法、ボーリング調査などが実施されている。よって、本調査では、地質精査、同位体手法適用調査、物理探査(CSAMT法)及びボーリング調査を実施した。

地質精査の現地調査に際しては、衛星画像解析及び既存データ解析の結果をもとに、調査ルートを設定し地質調査を行った。現地調査及びルートマップ整理に際しては、精査地区については2,500分の1の地形図(5万分の1地形図を拡大)を使用した。ルートマップに観察事項を記入し、重要な露頭については、スケッチ及びカラー写真撮影を行った。鉱化帯、露頭位置は簡易測量により求め、岩石、鉱石などの必要な試料を採取した。また、地質調査の一部として地化学探査及び同位体手法適用調査を行うために岩石試料を採取した。

物理探査は、深部の比抵抗構造を明らかにし、室内試験の結果と併せて、地質構造を解釈するために必要なデータを取得することを目的として、アレイ式CSAMT法を行った。

ボーリング調査は、鉱化帯の延長部及び地下深部までの連続を把握するとともに、Au、Ag、Cu、Pb、Znの胚胎状況を明らかにすることを目的とした。掘削作業は、メキシコ国内のボーリング会社(Core Drilling 社)により実施された。ボーリング調査はワイヤーライン工法を採用した。調査にはロングイヤ-44(Long Year-44)のボーリング機械3台を使用し、破碎帯、逸水帯及び変質帯におけるボーリングコア採取率向上を図るためペントナイトやケーシングパイプを適宜使用した。機材の運搬には、トラック及びCRMのヘリコプターを使用した。ボーリングは4本で総掘進長1,738.10 m行った。

3-2 調査結果

3-2-1 地質調査

本地区の地質図を別添の総合解析図に示す。地質の概要は次のとおりである。

1. 地質層序

1) イスカテペック層

本層は、弱い変成作用を受けた、千枚岩～粘板岩(Kp)、流紋岩～石英安山岩(Kr)、凝灰岩(Kt)及び石灰岩(Kc)からなる。また、千枚岩は砂岩や安山岩の薄層を挟む。白亜系に対比される。

本層は、本地区全体に広く分布し、西部のアヨトチ周辺では、アヨトチ安山岩類に覆われて潜在する。層厚は、本精査地区内だけでも1,700m以上と見積もられる。大局的にはN-S系の走向で急傾斜を示すが、岩相から判断して東側が上位と推定される。

(1) 千枚岩～粘板岩 (Kp)

分布： カンボセコ地区全体に最も広く分布する。

岩相： 本岩は、泥質岩が概して弱い変成作用を受けた岩石である。暗灰色、稀に炭質物を含み黒色を呈するが、カンボセコ鉱体とテウエウエトラ鉱体付近及び流紋岩貫入岩の周辺では、珪化・変質を受け、淡灰色である。西部では変成度がやや高くなりスレート劈開が認められる。珪質な砂岩、シルト岩及び凝灰岩の薄層を頻繁に伴うほか、カンボセコ鉱体の西方では、暗青灰色な安山岩の薄層を数層伴う。精査地区東部では石灰質となり、石灰岩や鉄分の多い石灰質角礫岩の薄層を伴う。セグリゲーシオン石英を伴うことがある。鏡下では、一般に石英、セリサイト及び鉄鉱物などが観察されるが、東部では珪化・粘土化などの変質を受け、セリサイト化や緑泥石化が進んでいる。

(2) 流紋岩～石英安山岩 (Kr)

分布： 地区全体に広く分布するが、中央部では南北性のトレンドを持った卓越した分布がみられる。調査地区南端部で層厚が増す傾向がある。

岩相： 本岩は、弱い変成作用を受けた流紋岩～石英安山岩である。淡灰色～白色で時に帯褐灰色や帯緑灰色を呈する。塊状～自破碎溶岩状などの岩相変化が認められ、同質火山碎屑岩の薄層を伴う。一般に片理・葉理が認められる。北部や中央部の一部では灰色を呈し、石基が少なく、閃緑岩様～ヒン岩様を呈する。カンボセコ鉱体とテウエウエトラ鉱体付近及び南部の流紋岩貫入岩の周辺などでは、珪化・変質を受け、白色化が著しく、黄鉄鉱染が頻繁に認められる。鏡下では、斑晶は斜長石からなるが、カオリンまたはセリサイトに交代されている。石基は、変質した斜長石やガラス、珪化石英などからなる。時にガラス基流晶質組織が認められる。

(3) 凝灰岩 (Kt)

分布： 本岩は、流紋岩～石英安山岩の火山活動によって噴出したと考えられ、千枚岩や流紋岩に薄層として挟在されるほか、地区の北部や西部でややまとまった分布を示す。

岩相： 本岩は、流紋岩質～石英安山岩質であり、淡灰色～白色を呈し、火山礫凝灰岩～細粒凝灰岩と岩質の変化が著しい。弱い変成作用を受けており、細粒凝灰岩では片理・葉理が観察される。基質の量比なども変化し、石質～砂質を示す箇所もある。流紋岩、千枚岩及び軽石の岩片を含むことがある。鏡下では、基質は、石英、長石、火山ガラスからなるが、石英以外はほとんどセリサイトまたは緑泥石に交代されている。フランボイダル黄鉄鉱や方解石、ジルコンを含むことがある。

(4) 石灰岩 (Kc)

分布： カンボセコ地区内では、イスカテペック層上部の層準に位置し、地区北東部のカ

ンボセコ鉱体の東方に小規模に分布する。その他、地質図に表現されていないが、地区東部では千枚岩や火山礫凝灰岩との互層が観察される。

岩相： 本岩は、灰色～帯褐淡灰色で、細粒～中粒、硬質であるが、塊状で片理・葉理は弱い。石灰質千枚岩～粘板岩と漸移することがある。

2) アヨトチ安山岩類

本岩類は、安山岩 (Ta) と安山岩質凝灰角礫岩 (Tb) からなる。片理・葉理が全く認められず、肉眼で観察される変質も弱いので、イスカテベック層よりはるかに新期の火山噴出物と考えられる。第三系と推定されるが、正確な年代は不明である。

下位のイスカテベック層とは、不整合の関係にある。地区内では、NNE-SSW系とN-S系の2つの断層の運動によって相対的に沈下した低所に堆積しており、分布の縁部ではイスカテベック層とアバットの関係にあると考えられる。層厚は、地区内では100m以下と考えられる。

(1) 安山岩 (Ta)

分布： 本岩は、アヨトチ安山岩類の大部分を構成し、地区西部のアヨトチ集落跡地周辺の南北に伸長した低所に分布する。分布や岩相及び舌状溶岩流地形の痕跡から判断して、噴出源は本地区外北方と推定される。

岩相： 本岩は、主として塊状溶岩からなり、時に同質凝灰岩の薄層を挟在する。暗灰色で、緻密であり、石英安山岩に類似するが、概して非顕晶質で、弱い流理に沿った板状節理が観察されることがある。鏡下では、斑晶は主に斜長石、普通角閃石及び鉄鉱物からなり、石英斑晶を少量含む。石基は、多量の斜長石と少量の鉄鉱物からなり、方解石と緑泥石が認められる。ガラスを欠き、ピロタキシチック組織を示す。

(2) 安山岩質凝灰角礫岩 (Tb)

分布： 本岩は、主としてアヨトチ安山岩類の下底部を構成する。地区西部に狭長な範囲に露出する。安山岩の下に潜在する。

岩相： 本岩は、前述の安山岩の活動に伴う凝灰角礫岩で、安山岩質凝灰岩や凝灰質砂岩を挟在することがある。暗灰色～灰色を呈し、角礫は長径は5 cm以下、異質礫を多く含む箇所と、本質～類質礫を多く含む箇所がある。基質は安山岩質凝灰岩である。一部では本岩中に方解石が細脈状に発達する。

3) 貫入岩

貫入岩は、流紋岩～石英安山岩からなる。

(1) 流紋岩～石英安山岩貫入岩 (Ir)

分布： 本岩は、南東部で大規模に分布するほか、東部と北部でNW-SE方向の岩脈として

貫入している。

岩相： 本岩は、南東部では大規模な岩体をなし、テウエウエトラ鉍体の南方で岩壁を形成している。一般に淡灰色～淡紅灰色である。斑状で、斜長石と時に石英の斑晶が認められる。全般に珪化が見られるが、岩体の縁部で珪化と白色化が強くなる傾向がある。変質が著しい箇所では白色、風化面は鉄分によって褐色を呈する。随所で黄鉄鉍鉍染が観察される。概して片理・葉理はみられないが、一部にごく弱い葉理が認められることがある。鏡下では、斑晶は斜長石と石英からなり、石基は石英、スフェーン、黄鉄鉍からなる。変質鉍物として、セリサイト、緑泥石及び石英が認められる。

テウエウエトラ鉍体～カンボセコ鉍体間の山稜部に分布するNW-SE系の岩脈状の本岩岩体は、ごく弱い葉理が認められることがある。淡灰色～褐灰色で南東部の岩体と異なり非顕晶質、時に珪化が著しい。後述する物理探査結果から判断すれば、深部で大規模な岩体をなしている可能性がある。

地区北部のNW-SE系の岩脈を構成する本岩は、珪化・白色化が著しい。硬質で周囲の岩石に比較して風化し難いので、やや突出した地形をなすことがある。肉眼で長石と石英の斑晶が観察される。鏡下では、斑晶は斜長石と石英からなり、石基はガラスを交代した珪化石英、カオリン、黄鉄鉍及びジルコンからなる。

なお、本岩は一部で葉片状構造が観察されることから、貫入時期はアヨトチ安山岩類の活動以前と考えられる。

2. 地質構造

本地区のイスカテペック層は、大局的にN-S系の走向を示す。概して極めて急傾斜であるが、岩相から判断して東側が上位と考えられる。北東部では断層に沿った小規模な背斜軸及び向斜軸が分布するほか、随所に微褶曲を示す露頭が観察される。これらの地層や褶曲軸の方向性は、精査地区とその周辺に認められるリニアメントの方向性と一致している。

主要な断層は、地区中央部のNNE-SSW系の断層と、地区中央西部のN-S系の断層の2断層があり、地形や断層付近の剪断帯の状況から判断すれば、いずれも東側が隆起していると推定される。従って、本地区内の北西部は相対的な沈降部となっており、アヨトチ安山岩類の堆積盆が形成されている。

また、カンボセコ鉍体周辺では、NNE-SSW方向の断層から枝状に派生したと考えられる小規模なNE-SW系の断層が分布する。

N-S系の走向を持つ地層の急傾斜や褶曲、N-S系とNNE-SSW系断層の縦ずれ、及びNE-SW系の断層の一部に認められる右横ずれの状況などから判断すれば、以上の地質構造は、基本的には東西方向の圧縮応力場で形成されたものと考えられる。また、流紋岩～石英安山岩貫入岩の一部には弱い葉理が観察されるのに対して、アヨトチ安山岩類には葉理や片理が全く認められないことは、流紋岩～石英安山岩の貫入の後、アヨトチ安山岩類の噴出以前

に、構造運動が活発な時期があったことを示唆している。

3. 地化学探査

採取した岩石試料の総数は168個で、このうち流紋岩～石英安山岩は71個、千枚岩～粘板岩は72個、凝灰岩は13個、第三系安山岩類は12個である。分析成分はAu、Ag、Cu、Pb、Zn、Fe、Ba、S、Mn、Na、K、Ca及びMgの13成分である。

分析を行った元素のうち、Au、Ag、Cu、Pb、Znについては、イスカテペック層千枚岩～粘板岩で高い傾向がある。また、Baについては、特にBaを多く含有する塩基性の岩石が分布しないので、岩相による変化が認められなかった。その他の7元素について岩相による違いが認められた。特にFe、Mn、Na、K、Ca及びMgは安山岩を主体とする第三系（アヨトチ安山岩類）で濃度が高い。また、イスカテペック層流紋岩～石英安山岩では他の岩石と比較して、SとCaの濃度が低い傾向が顕著に認められた。

また、既知鉱床付近における各元素の濃度分布状況は、以下のようにまとめられる。

Mn、S、Na、Ca及びMgについては、これらの元素濃度の絶対値が低く、鉱床付近では更に低いことから、鉱化作用に関連した熱水変質によって溶脱したと考えられる。Caは、ティサパタイプの塊状硫化物鉱床の上位で泥質岩中のCaCO₃が多くなるとされるが、カンボセコ地区においても鉱床層準の上位の地層が分布する東端部でCaが相対的に高くなっていることは、ティサパタイプと類似した鉱化作用によって本地区の鉱床が生成した可能性を示唆している。Kも本地区内ではMnなどと類似した分布状況を示すが、地区全体の濃度は高いので、鉱床の周囲にKが濃集し、鉱床の近傍で逆に溶脱している状況を反映すると考えられる。Feは鉱床の付近では濃度分布は錯綜するが、地区全体ではその濃度は低く、特に鉱床層準で低くなっている。濃度分布は、熱水作用によりFeが溶脱したが、一部では黄鉄鉱の鉱染及びその酸化などによって、Feが付加している状況を示していると考えられる。

Au、Ag及びPbは、カンボセコ鉱体とテウエウエトラ鉱体の両鉱体とも、付近でAu、Agの高異常、Pbの低異常が認められる。鉱体の下盤側の熱水の通路に相当する部分で一定のPbの溶脱が起きた可能性が考えられる。また、Cu、Zn及びBaについてはカンボセコ鉱体とテウエウエトラ鉱体で異なった濃度分布状況が認められる。

4. 鉱化作用

カンボセコ地区内には、カンボセコ鉱床が分布し、同鉱床はカンボセコ鉱体とテウエウエトラ鉱体からなる。

A. カンボセコ鉱体

位置： 北東部の標高約950～1,000mの範囲に分布する。

沿革： 近代以前に採掘及び試掘されたものとされるが、詳細は不明である。

近年では、鉱山資源局（CRM）は、1988年に塊状硫化物鉱床を対象として、ヘリコプタ

一による探査を実施した。更に、地上調査を実施した後、1991年からは、物理探査（I P法、自然電位法（S P）、V L F及び磁力探査）を行った。また、ボーリング調査が実施されている。

現況： 沢の北岸の2箇所に旧坑が残っている。沢には鉍石片が散在する。かつて鉍床の露頭があったとされるが、土砂により埋積されており、今回トレンチ作業を行ったが、確認できなかった。

地質及び鉍床： 付近の地質は、イスカテペック層の千枚岩、砂岩、流紋岩、凝灰岩などからなる。鉍体の近傍では千枚岩が卓越する。東方には石灰質千枚岩が分布する。地層の大局的な走向は概略N-S、傾斜はほぼ鉛直である。沢の両岸で地質が異なる箇所が散見されることから沢に沿ってNE-SW方向の断層が存在すると推定される。鉍体付近の千枚岩は、沢の北側で変質と黄鉄鉍鉍染が著しい。西部では珪化または粘土化、東部では珪化が顕著で、地表には酸化を伴った塊状珪化岩が分布する。鉍体周辺の広範囲でカオリン化が見られるが、鉍体近傍の変質はセリサイト化と珪化で特徴づけられる。

鉍床は、黄鉄鉍、閃亜鉛鉍、方鉛鉍、黄銅鉍、四面銅鉍などからなる塊状鉍床で、採取された鉍石片には鏡下で、ダイジェナイト、銀鉍物も認められる。黄鉄鉍には頻繁にコロフォーム組織やフランボイダル組織をなすものが観察される。二次鉍物として銅藍、輝銅鉍が認められることがある。脈石はほとんど石英からなる。資料によれば、かつて観察された鉍体は千枚岩の葉理に整合的で、N5~10°E70~80°SW、延長10m、鉍体の厚さは1mとされる。今回の調査で採取された鉍石片の分析値は、高品位の試料で、Au 3.12g/t、Ag 1,056 g/t、Cu 2.29 %、Pb 3.32 %及びZn 9.85 %である。

B. テウエウエトラ鉍体

位置： カンボセコ地区南東部の沢に鉍床露頭が存在する。

沿革： 稼行されたことはない。近年、CRMによりカンボセコ鉍体と同時に探鉍された。

現況： 鉍体露頭まで、CRMにより建設された車道が通じている（今回の調査で補修）。

地質及び鉍床： 付近の地質は、イスカテペック層の千枚岩、流紋岩、凝灰岩と、流紋岩貫入岩からなる。地層の大局的な走向は、N-S、傾斜は70~80°で東傾斜である。鉍体の南方で流紋岩貫入岩が大規模に貫入しており、貫入方向はほぼN-Sである。同岩とその付近の岩石は珪化が著しい。鉍体の母岩は、ほとんど千枚岩であるが、西側近傍には石英の斑晶を伴う流紋岩貫入岩が観察される。

鉍体は、黄鉄鉍、閃亜鉛鉍、方鉛鉍、黄銅鉍などからなる塊状鉍床で、採取された鉍石片には、鏡下で稀にエレクトラムらしい鉍物が微量認められる。黄鉄鉍には頻繁にコロフォーム組織やフランボイダル組織をなすものが観察される。脈石はほとんど石英からなるが、時に石膏が肉眼で認められる。露頭で見られる鉍体は千枚岩の層理や葉理にほぼ整合的であるが、端部では不規則な形状をなす。鉍体の厚さは概略0.2~1.4m、延長は走向方

向に5 m以上である。

また、このような塊状鉍体と別に、流紋岩貫入岩の分布地とその付近では珪化と黄鉄鉍鉍染が広範に観察される。塊状鉍床の形成の後に、更に周辺一帯で流紋岩の貫入に伴う黄鉄鉍鉍染を受けていると考えられる。

今回の調査で採取された鉍石片の分析値は、高品位試料で、Au 3.24 g/t、Ag 689 g/t、Cu 0.04 %、Pb 3.00 %及びZn 20.04 %である。

5. 同位体測定

同位体組成測定は、 δD 、 $\delta^{18}O$ 、 $\delta^{34}S$ 及び $^{87}Sr/^{86}Sr$ について行った。

各同位体組成の測定結果と文献によって既知の値を対比すると、 δD 、 $\delta^{18}O$ 及び $\delta^{34}S$ において変堆積岩類及び変火山岩類は変成岩の既知の値にほぼ相当し、変成作用に伴う同位体交換作用があったことを示す。しかし、鉍石の $\delta^{34}S$ は、ティサバ鉍床の $\delta^{34}S$ とほぼ類似の値を示すことから、ティサバ鉍床と同様の性質を有することの可能性が指摘される。

一方、 $^{87}Sr/^{86}Sr$ の測定結果は、文献による既知の値と本調査の3年間で測定したラ・トリニダード地区の試料の値などを含めて、図II-3-1に示す。塊状鉍石試料はテウエウエトラ鉍体及びカンボセコ鉍体から採取した。それらは $^{87}Sr/^{86}Sr=0.71217$ （テウエウエトラ鉍体）及び $^{87}Sr/^{86}Sr=0.71188$ （カンボセコ鉍体）を示した。粘板岩や砂岩は0.7075～0.7125を示し、一般に0.712より小さい値を示した。また、流紋岩及びデイサイトは0.7069～0.7712とバラツキのある値を示した。海水の $^{87}Sr/^{86}Sr$ の値である0.708を基準にして、これより大きい値を示す変堆積岩は鉍化作用の影響を受けて、鉍石の値である約0.712に近づくほど、鉍化作用の中心部、すなわち鉍床に空間的に近いとの探査指針の基に測定を行ったが、測定した試料結果でみると粘板岩の値の上限付近であり、流紋岩の値の低い位置にあたる。より厳密な議論のためには、Sr同位体測定試料の顕微鏡観察、化学分析、地表地質状況などと総合的に解析する必要があると考えられる。

3-2-2 物理探査

物理探査は、アレイ式CSAMT法を行った。その調査内容は下記のとおりである。

・測線数 15測線

測線長 全測線 1,100m/測線、 延べ測線長：16.5km

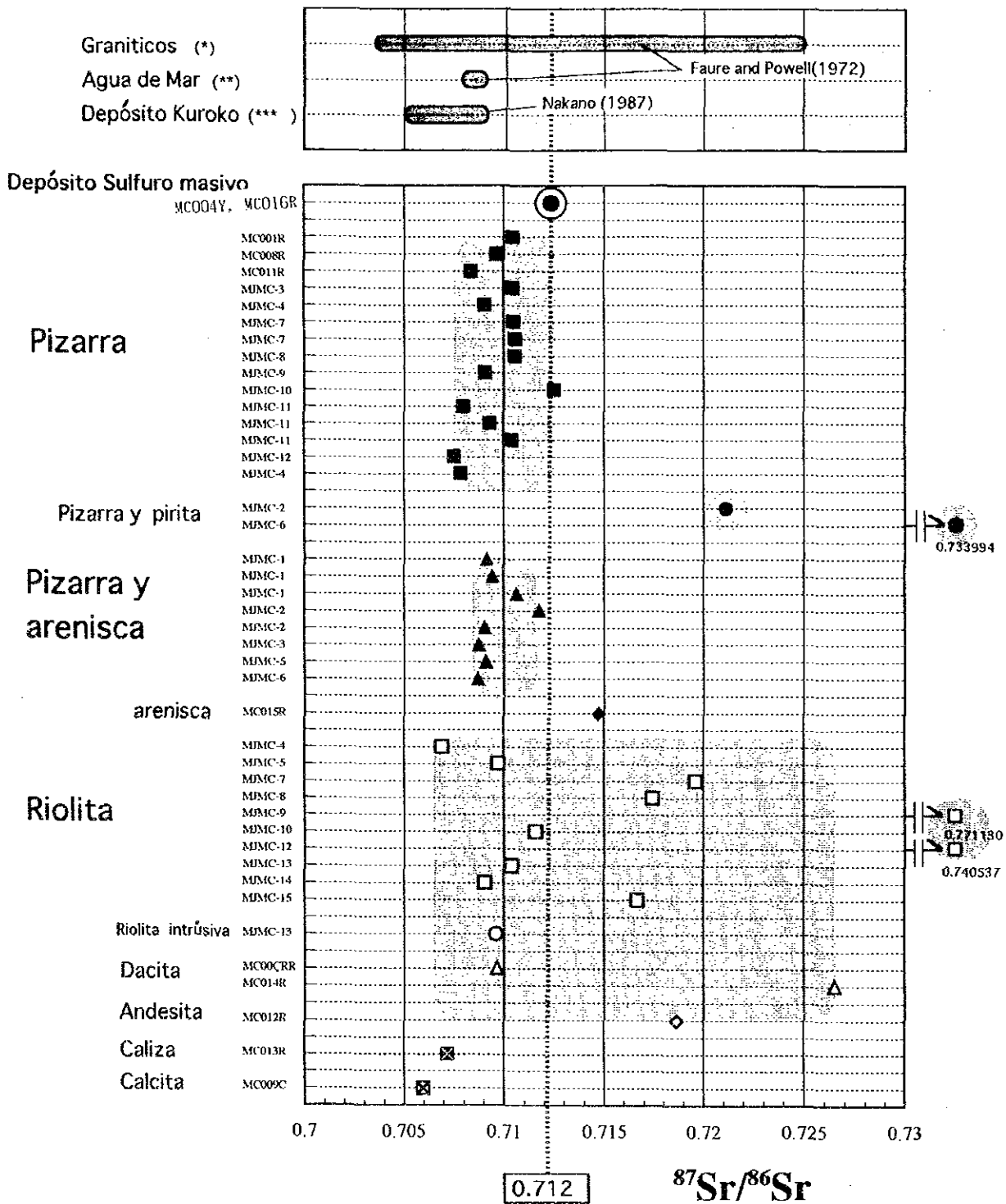
測定点数 10点/測線、 延べ測定点数：150点

測線方向 全測線 N51°E

・物性測定（室内試験）：比抵抗測定 57個

各測点において4,096Hzから1Hzまでの13周波数においてデータを取得した。

1次元解析の結果、本調査地区の大部分の表層部は、100Ω・m以上（所によっては



(*) Graníticos : Jurásico - Cretácico
 (**) Agua de Mar : Inicio de Cretácico
 (***) Depósito Kuroko : Data de Baritina y Anhidrita de Kuroko

図 II - 3 - 1 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 結果図

数 $100\Omega\cdot m$ 以上)の高比抵抗帯により覆われているが、この主な原因は分布している岩石本来の物性によるが、その他の原因としては、表層部の地層の乾燥及び岩石中の電解質物質の溶脱或いは珪化などの相乗作用によるものと考えられる。また、地表下300m以下では、鉛直方向の不連続線を伴う比較的まとまった帯状の比抵抗構造の存在が認められ、本調査地域の地質構造が急傾斜を示していることが推定され、地質調査結果とも一致する。また、白亜系の地層と流紋岩貫入岩との比抵抗の差が明瞭に現れていると考えられる。一般に、鉱床及び鉱化作用に伴う粘土化変質帯は低比抵抗帯に対比される。本調査の結果、低比抵抗帯に対比されたものは、地表下300m以深において、カンボセコ鉱体深部及びその南西部、テウエウエトラ鉱体の東側などで認められ、これらの低比抵抗帯は鉱化変質帯を示している可能性がある。また、テウエウエトラ鉱体は地表付近より深部にいたるまで高比抵抗帯内に位置するが、これは鉱化変質による比抵抗の低下よりも珪化作用による比抵抗の増加の方がより強く影響しているためと考えられる。

以上の結果、カンボセコ鉱床周辺の地表下300m以深における高比抵抗帯は、地表の貫入岩とよく対応していることから、貫入岩体を示していると推定される。地表下300m以下における低比抵抗帯は、カンボセコ鉱体西方、テウエウエトラ鉱体南東方などの既知鉱体近傍に認められ、本地区の地質構造が急傾斜であることとも一致し、潜頭性の鉱化変質の賦存が考えられる。特に、テウエウエトラ鉱体南東方の低比抵抗帯は南側に連続する。

3-2-3 ボーリング調査

ボーリング調査は4本で総掘進長1,738.10 m行った。

MJMC-1は、テウエウエトラ鉱体の南東約400mで、407.60m掘進した。地質は、0.00～3.00mがテラス堆積物であり、それ以深は白亜系のイスカテベック層に対比される粘板岩と粘板岩・砂岩互層を主とし、一部に流紋岩溶岩及び流紋岩貫入岩を少量伴う。イスカテベック層中に薄層のレンズ～バンド状の黄鉄鉱を主とする鉱石が捕捉されたほか、少量～微量の閃亜鉛鉱及び黄銅鉱も含有していることから、鉱床胚胎層準は捕捉したと考えられる。本孔の粘板岩・砂岩互層の砂岩部は全体に石灰質であり、一般に石灰岩は比抵抗が高いことが知られている。粘板岩と石灰質に富む砂岩は地層中では不規則に入り込んでいいる。また、鏡下の観察では、粘板岩及び砂岩中に微細な炭質物及び石炭片が不規則に含有しており、木片などの細胞組織を交代した黄鉄鉱などが認められた。これらのことから、粘板岩では低比抵抗を示す傾向にあり、中に炭質物などが含まれていることによりさらに比抵抗が下がることが考えられる。しかし、砂質部は石灰質の部分が多く、これらが数mm～数cmオーダーで粘板岩部と互層している部分が多いので、石灰質の量などによっては比抵抗が高くなることが推察され、本地区の地下深部で抽出された低比抵抗帯は鉱化変質よりも地層の影響を強く現れていたと考えられる。

MJMC-2では、カンボセコ鉱体の地下深部における低比抵抗帯に対して500.40m掘進した。地質は、粘板岩、粘板岩・砂岩互層、流紋岩及び凝灰角礫岩などが分布し、いずれもイスカテペック層に対比される。流紋岩及び凝灰角礫岩は45.40~78.00m間に認められ、これらの岩石中及びその周辺に黄鉄鉱の鉱染〜バンドが認められた。これらの鉱染〜バンドは黄鉄鉱を主とし、中量〜微量の閃亜鉛鉱がいずれの鉱石でも認められたほか、295.65m以深の試料では微量の黄銅鉱も確認された。これらのことから、鉱床胚胎層準は捕捉したと考えられる。

MJMC-3では、テウエウエトラ鉱体の約300m東方での地下深部における低比抵抗帯に対して400.00m掘進した。地質はすべて粘板岩と粘板岩・砂岩互層であり、イスカテペック層に対比される。地表~185.40mは比較的塊状の粘板岩であり、それ以深では粘板岩・砂岩互層を主とし、粘板岩と砂岩の量比は変化するが、数mm~数cmオーダーの互層である。砂岩部は細粒シルト岩質であり、石灰質である。数カ所においてバンド〜レンズ状の黄鉄鉱を主とする鉱石を把握したが、いずれも幅数cm以下である。試料の比抵抗測定結果は、肉眼的な観察による岩相及び鉱化の差が明瞭に現れていない。しかし、炭質物及び石灰質な部分の量比を示し、鉱化作用や変質作用を示したものではないと考えられる。

MJMC-4では、テウエウエトラ鉱体の約700m北方での地下深部における低比抵抗帯に対して430.10m掘進した。地質は、0.0~46.20mはテラス堆積物であり、46.20~68.60mは砂岩と粘板岩の数m単位の互層、68.60~116.60mは粘板岩、116.60~154.00mは流紋岩、凝灰角礫岩及び粘板岩の数m~数10m単位の互層、154.00~171.00mは粘板岩、171.00~185.90mは凝灰角礫岩、185.90m以深は流紋岩である。185.90m以深の流紋岩は塊状鉱床の下盤に分布する流紋岩と考えられる。物理探査結果で低比抵抗を示した100m以深は粘板岩、流紋岩及び凝灰角礫岩に対応し、177.00~188.00mには黄鉄鉱の鉱染〜ネットワークが認められ、171.00~185.90mの凝灰角礫岩は鉱床胚胎層準と考えられる。鏡下の観察では、ほとんどの鉱石は鉱脈型の鉱石であり、他のボーリング孔と異なる産状を示す。これらのことから、本孔では鉱脈型鉱床の一部を把握したものと考えられる。

第4章 イスカテペック地区及びアパストラ地区

4-1 調査方法

両地区で地質調査（概査）を行った。調査地区及び範囲は既存データなどに基づき決定した。調査面積は500km²で、踏査距離は350kmである。現地調査に際しては、衛星画像解析及び既存データ解析の結果を基に、調査ルートを設定して調査を行った。現地調査及びルートマップ整理に際しては5万分の1の地形図を使用した。ルートマップに観察事項を記入し、重要な露頭については、スケッチ及びカラー写真撮影を行い、5万分の1の地質図にまとめた。また、踏査にあたっては、要所でGPSを活用した。鉍化帯、露頭位置は簡易測量により求め、岩石、鉍石などの必要な試料を採取した。また、地質調査と併行して岩石による地化学探査を行うための試料を採取した。

4-2 調査結果

4-2-1 地質調査

概査地区とその周辺には、中生代に対比されるイスカテペック層が広く分布し、一部では新生代の火砕岩及び貫入岩類がみられる。

イスカテペック地区には、中生代のイスカテペック層及び流紋岩と安山岩の貫入岩が分布する。イスカテペック層は、白亜系に対比される。イスカテペック地区の地表地質の大半を占める。同層は、大局的にNW-SEの走向を示し、南西側が上位である。本地区は、同層の千枚岩類と石灰岩が多く分布する地区に相当するが、北部には安山岩、南西部には流紋岩が分布する。

アパストラ地区では、イスカテペック層が広く分布するほか、北部ではバルサス層の凝灰岩・砂岩が分布する。南西部にはティルサポトラ流紋岩類が分布する。また、中央南部には、比較的新期の安山岩類が分布する。

なお、地質図及び地質断面図は別添の総合解析図に示す。

1. 地質層序

1) イスカテペック層

本層は、変成作用を受けた、安山岩(Ka)、千枚岩～粘板岩(Kp)、石灰岩(Kc)、千枚岩・凝灰岩互層(Kpt)、流紋岩～石英安山岩(Kr)などからなる。本層は、イスカテペック地区とアパストラ地区の両地区全体に広く分布する。層厚は、1,000m以上と見積もられる。

(1) 安山岩(Ka)

分布： 本岩はイスカテペック地区北西部及び北東部と、アパストラ地区の中央南部に分布する。

岩相： 本岩は、暗緑灰色～暗褐灰色でやや脆質、同質火砕岩を頻繁に伴う。イスカテペ

ック地区北西部では比較的変成度が高い。鏡下では、斑晶は斜長石、普通輝石、紫蘇輝石からなり、普通角閃石を伴うことがある。有色鉱物は緑泥石に交代している。石基は、斜長石、普通輝石、スフェーン、ガラスからなり、填間状組織を示す。変質鉱物として、珪化石英、セリサイト、緑泥石、黄鉄鉱が生成している。

(2) 千枚岩～粘板岩 (Kp)

分布： 本岩は、概査地区全体に広く分布する。

岩相： 本岩は、粒度や炭質物・石灰分の量比によって暗灰色～灰色など、色彩の変化が認められる。イスカテベック地区南西部のラ・リベルラ鉱床の付近では珪化・変質により淡灰色～白色を呈する箇所がある。石灰質な箇所と非石灰質な箇所がある。砂岩や凝灰岩の薄層を頻繁に伴う。アパストラ地区中央部のオストチトラン川の川底では石灰岩と互層する。概して変成度は低いが、イスカテベック地区北西部では変成度が高くなり泥質片岩に移化する。地区全体でセグリゲーション石英を頻繁に伴う。鏡下では石英、炭質物のほか、方解石、黄鉄鉱を伴う。変質鉱物としてセリサイトと緑泥石が観察されることがある。

(3) 石灰岩 (Kc)

分布： 本岩は、概査地区全体に広く分布する。イスカテベック地区のアルモロヤ～アロヨセコ～セロゴルド～ラ・コロニアとロスリモス～イスカテベック及びアパストラ地区中央部のオストチトラン側西方山稜部にまとまって分布する。石灰質千枚岩から漸移することがある。

岩相： 本岩は、暗灰色～淡灰色で硬質であり、千枚岩の上位に分布する箇所では、断崖が形成されることがある。鏡下では方解石からなり、時に石英や黄鉄鉱を伴う。また、千枚岩の岩片を含むことがある。

(4) 千枚岩・凝灰岩互層 (Kpt)

分布： イスカテベック地区の北部と南西部、アパストラ地区の北西部と中央部にまとまって分布する。

岩相： 本互層は、石英安山岩質、時に安山岩質な凝灰岩と千枚岩の互層からなる。砂岩や石灰岩の薄層を頻繁に伴う。凝灰岩は千枚岩、安山岩及び軽石の岩片含む。基質は石英と斜長石からなり、変質鉱物としてセリサイトと緑泥石が認められる。

(5) 流紋岩～石英安山岩 (Kr)

分布： 本岩は、イスカテベック地区の南西部のラ・トリニダド周辺に分布する。

岩相： 本岩は、淡灰色～白色～帯紅白色で、全般に珪化・変質を受けており、随所で黄鉄鉱染が認められる。時に同質火砕岩を伴う。斑晶は長石からなるが、白色化している。

石基部は、珪化石英、セリサイト、緑泥石に交代している。

2) パルサス層

本層は、凝灰岩～砂岩 (Ts) からなる。調査地区内ではアパストラ地区北部のみに分布する。イスカテペック層を不整合に覆う。層厚は、200m+と見積もられる。

(1) 凝灰岩～砂岩 (Ts)

分布： アパストラ地区北部の、オストチトラン周辺一帯の高原に分布する。

岩相： 凝灰岩は一般に灰色～褐灰色、やや軟質であるが、安山岩質～砂質、火山礫凝灰岩～細粒凝灰岩やそれらの互層と岩相の変化が著しい。鏡下では、凝灰岩は、石英、斜長石、ガラスからなるが、脱ハリによりセリサイトが生成している。砂岩～凝灰質砂岩は、基質は石英、長石からなり、時に黒雲母と角閃石、方解石、セリサイトなどの変質鉱物を伴う。安山岩、石英安山岩、凝灰岩などの岩片を含む。

3) ティルサポトラ流紋岩類

本岩類は、凝灰岩 (Tt) と流紋岩 (Tr) からなる。アパストラ地区南西部のみに分布する。イスカテペック層を不整合に覆い、分布の南東側では断層で接する。層厚は500m+である。

(1) 凝灰岩 (Tt)

分布： アパストラ地区南西部の、セロ・エル・プロ (C. El Burro) の周辺一帯に分布する。

岩相： 本岩は、分布域の東部で卓越する。淡灰色～白色の軽石質凝灰岩～火山礫凝灰岩からなり、砂岩と凝灰角礫岩の層を挟む。肉眼では、岩片は主として流紋岩・軽石の本質礫からなり、基質はガラス質であるが、随所で粘土化が著しい。鏡下では、基質は粒状石英、斜長石、ガラス、方解石、黄鉄鉱などからなるが、斜長石とガラスはセリサイト、緑泥石などに変質している。

(2) 流紋岩 (Tr)

分布： アパストラ地区南西部の、セロ・エル・プロの西方に分布する。凝灰岩の分布域の西方で卓越するが、一部では凝灰岩と錯綜する。

岩相： 本岩は、淡灰色～暗灰色であるが、一部は黒色の黒曜岩となっている。肉眼では、非顕晶質で随所で白色変質が認められる。鏡下では、斑晶は石英、斜長石及び黒雲母からなり、石基は斜長石、方解石、燐灰石などからなる。セリサイト、緑泥石と共に多量の珪化石英が認められる。

4) アヨトチ安山岩類

本岩類は、安山岩溶岩 (Ta) からなる。アパストラ中央南部に分布する。イスカテペッ

ク層を不整合に被覆する。層厚は200m-と見積られる。岩相や推定される層準がカンボ・セコ精査地区のアヨトチ安山岩類に類似するので、同一地層とした。

(1) 安山岩 (Ta)

分布： アパストラ地区の中央南部の プエルト・ラス・クルセス (Puerto Las Cruces) 東方に分布する。

岩相： 本岩は安山岩溶岩からなり、頻繁に火山砕屑岩を伴う。エル・ガジト (El Guajito) の北では、丘陵を構成し、火山地形の特徴を残している。緑灰色を呈し、サリックで、一般に塊状である。肉眼では斜長石が観察されるがやや変質している。鏡下では、斑晶は斜長石と有色鉱物からなるが、有色鉱物は緑泥石と方解石に交代されている。石基は斜長石、ガラス及びスフェーンからなるが、ガラスは緑泥石化が著しい。変質鉱物は緑泥石、セリサイト、緑レン石、方解石などである。填間状組織を示す。エル・ビエテ鉱床付近では火山砕屑岩が卓越するが、白色変質・珪化が著しい。アパストラ地区の本岩類の噴出源は、分布状況や地形から判断して、エル・ビエテ鉱床付近の小丘、または地区外東方のセロ・エル・シカル (C. El Cical) と推定される。

5) 貫入岩

貫入岩は流紋岩～石英安山岩からなる。

(1) 流紋岩～石英安山岩貫入岩 (lr)

分布： 本岩は、イスカテペック地区北西部のブエナビスタ周辺と、同地区南西部のビスタ・エルモサとその周辺に分布する。いずれもNW-SE方向の貫入方向を示す。また、イスカテペック地区北部のパラパ付近にも岩床状の分布が認められる。

岩相： ブエナビスタ (Buenavista) 周辺の本岩は、淡灰色で2mm前後の斜長石が観察され、珪化、白色化が観察される。一部はブエナビスタ鉱床の母岩となっている。鏡下では、斑晶は斜長石からなるがセリサイトに交代されている。石基は変質鉱物であるセリサイト、緑泥石、珪化石英、黄鉄鉱で充填されている。珪長岩質組織が認められる。

ビスタ・エルモサとその周辺の本岩は、NW-SE方向に大規模に貫入している。白色で、周囲の暗灰色千枚岩との対照が顕著であるので、高所からその分布状況が遠望できる。随所で変質が認められ、時にカオリン化し紛状を呈する。一部では弱い葉片状構造が観察される。鏡下では斑晶は斜長石、石英、カリ長石、白雲母からなり、石基は石英、斜長石、ガラス及び燐灰石からなるが、ガラスの一部はセリサイト化している。斑状組織を示す。

パラパ付近の本岩は、白色～淡灰色、弱い葉片状構造が観察される。岩質はビスタ・エルモサ周辺の本岩と類似し、珪化と白色化変質が認められる。

2. 地質構造

イスカテペック地区では、イスカテペック層は、大局的にはNW-SE方向の走向を示し、平均25°程度のSW傾斜を示す。ただし、北部では下位の安山岩類の分布地が2地区に分散しており、北西部エル・カスカロテ周辺と北東部のエル・サビント周辺の2地区では隆起による半ドーム構造が分布し、その中間に向斜軸が存在すると考えられる。地質図に表現される断層は多くないが、小断層はNE-SW方向の断層とNW-SE方向の断層が卓越する。南西部のソチトラを通過するNE-SW方向の推定断層に沿って小断層の集中や破砕帯が観察される。イスカテペック層流紋岩～石英安山岩が同断層の南西側に分布し、流紋岩貫入岩が同断層の北東側に平行して分布する。更に、後述するように同断層の南西側で鉍化作用が活発であったと考えられることから、地区南西部では、火成活動の場を長期にわたって規制したNW-SE方向の深部断裂の存在が示唆される。

アパストラ地区では、イスカテペック層の構造は、N-S方向ないしはNNW-SSE方向に軸を持つ複数の褶曲構造で特徴づけられる。地区中央北部にはNE-SW系の推定断層が、地区中央南部にはNW-SE方向の推定断層が存在する。それぞれ、第三系のバルサス層及びティルサポトラ流紋岩類の堆積の場を規制していると考えられる。

3. 鉍化作用

1) イスカテペック地区

本地区には、南西部にラ・ルイサ鉍床とラ・リベルラ鉍床が分布するが、これらについてはラ・トリニダード地区で記述するので、ここでは省略する。

(1) ブエナビスタ鉍床 (エル・レトルノ (El Retorno) 鉍床)

位置： 地区北東部のブエナビスタ北。

沿革： 不明。

現況： 旧坑が2坑残っている、1坑はS10°Wに向けて掘削されており約100mの入坑が可能である。残る1坑は西に向けて掘削されており約20mの入坑が可能である。

地質及び鉍床： 付近の地質は、イスカテペック層の安山岩類と千枚岩、流紋岩貫入岩からなる。

鉍床は安山岩類と流紋岩貫入岩の接触部付近の鉍染帯である。露頭で観察できる箇所では、N25～50°E走向、45～60°NW傾斜の鉍染帯である。鉍石鉍物は黄鉄鉍からなり、脈石は石英からなる。鏡下では微量の閃亜鉛鉍が認められることがある。今回採取された鉍石片4試料の分析値は、概ねAu < 0.03g/t、Ag 0.5～1.4g/t、Cu ≤ 0.01%、Pb ≤ 0.01%、Zn ≤ 0.01%と低品位である。

(2) その他の鉱化帯

地区南西部のヌエボ・レオン(Nuevo Leon)など、ソチトラ断層付近とその南西側では、ラ・ルイサ鉱床とラ・リベルラ鉱床の付近以外でも、イスカテペック層千枚岩中の随所に黄鉄鉱の鉱染が観察される。

また、地区北部、アルモロヤ北、チノ山及びエル・クルステルでは、イスカテペック層安山岩類中に黄鉄鉱と黄銅鉱の細脈が観察されるがCu <0.5%と低品位である。地区北東部のエル・テスカルでは、イスカテペック層の千枚岩及び凝灰岩中の断裂帯に沿った黄鉄鉱の鉱化が認められる。

2) アパストラ地区

本地区には、休止鉱山は、アパストラ南方にエル・ビエテ鉱床が分布するのみである。そのほかの鉱化帯としては、南部の第三紀層の分布域に黄鉄鉱鉱染が観察される。

(1) エル・ビエテ鉱床

位置： 本地区中央部の、プエルト・ラス・クルセスの東。

沿革： 詳細な沿革は不明である。かつて金を対象に探鉱及び採鉱されたが、低品位のため休止した模様である。

現況： 東方に向けて掘削された旧坑が1坑残っており、約30mの入坑が可能である。植生により、正確な廃石量は不明である。

地質を及び鉱床： 付近の地質は、イスカテペック層の千枚岩と、アヨトチ安山岩類に対比される安山岩と火砕岩からなる。鉱床は安山岩と火砕岩からなるドーム状小丘の西側に胚胎する。

鉱床は強珪化した火砕岩中の断層に沿った鉱染帯と鉱脈である。坑内では、走向N70°E、70~80°NW傾斜の2条の断層が東西に雁行し、これらの断層が鉱脈をなす。鉱脈と母岩の境界は不明瞭である。今回坑内で採取した鉱石片は主として石英からなり、鏡下観察では、黄鉄鉱と、時に微量の黄銅鉱または白鉄鉱が認められる。採取された鉱石片2試料の分析値は、概ねAu <0.01g/t、Ag ≤0.2g/t、Cu <0.01%、Pb <0.01%及び Zn <0.01%と低品位である。

(2) その他の鉱化帯

地区南部のセロ・エル・コロナ(C. La Corona)では、ティルサボトラ流紋岩類に黄鉄鉱の濃集部が観察される。また、地区南部のサカポストック(Zacapostec)周辺ではイスカテペック層の火砕岩や安山岩類の中に黄鉄鉱鉱染が観察される。

4. 地化学探査

採取した岩石試料の総数は、イスカテペック地区とアパストラ地区を合わせて、714個で、このうち安山岩類は90個（中生界）、流紋岩～石英安山岩（中生界・貫入岩）は8個、千枚岩～粘板岩（中生界）は338個、凝灰岩（中生界）は90個、石灰岩（中生界）は145個、第三系は55個である。分析成分はカンポセコ地区と同じ13成分である。

Au、Ag、Cu、Pb、Zn、K及びMgは、第三系で低い傾向が認められる。また、Cu、Fe、Mn、Ca及びMgは、流紋岩類で低く、安山岩類で高い傾向も認められる。一方、Kは流紋岩類で高く、安山岩類で低い。SとCaは石灰岩で高い傾向が顕著である。Baは石灰岩や流紋岩で低く、千枚岩～粘板岩で高い。Naは石灰岩で低い。

イスカテペック地区で、複数の元素の地化学異常がまとまりをもって分布する地区の各元素の分布状況は、以下のとおりである。

ラ・リベルラ周辺は、Kが低濃度であること以外は、ティサバタイプの鉱床の周辺に認められる地化学異常のパターンと共通している。Kについては、カンポセコ地区のカンポセコ鉱体やテウエウエトラ鉱体と同様に、鉱床の近傍で溶脱が起こった可能性が考えられる。

ブエナビスタ付近は、地表で流紋岩～石英安山岩溶岩の分布が認められないこと、Cuなどの直接鉱化に関わる元素の地化学異常が小規模であるか全く認められないことなどから、旧坑があるものの、鉱化作用は小規模であったことを示唆していると考えられる。

アパストラ地区では、エル・ビエテ鉱床とソカボステック周辺で複数の元素の地化学異常の重複が認められる。しかし、異常の規模は小規模であり、鉱化作用が弱いと考えられる。

第5章 ラ・トリニダード地区

5-1 調査方法

本地区は、第1年次に地質概査を行ったイスカテベック地区に含まれる。地質概査の結果、ラ・リベルラ鉱床及びラ・ルイサ鉱床の存在が明らかになり、鉱床付近に白亜系の流紋岩～デイサイト、珪化変質帯、硫化物からなる鉱石、ゴッサンなどが分布しており、塊状硫化物鉱床胚胎のポテンシャルの高い地区と判断された。その結果、CRMにより新たに鉱区設定がなされた。その鉱区に対して、第2年次には地質調査、物理探査及びボーリング調査を実施した。地質調査はラ・リベルラ鉱床及びラ・ルイサ鉱床を中心として27.5 km²を対象に準精査を実施した。準精査の結果から判明した旧坑、鉱化作用及び変質作用の分布を基に5 km²を選定し、精査を行った。準精査は、縮尺5万分の1の地形図を縮尺1万分の1に拡大した基本図を用い、ルートマップを作成した。精査は、縮尺1万分の1基本図を更に2千5百分の1に拡大した基本図を基にし、踏査結果を踏まえて地形を補正しながらルートマップを作成した。精査は、間縄及びコンパスを用いた解放トラバース測量を行いながら実施した。測量の際の起点は、GPSで測定された緯度・経度座標があるラ・トリニダードの鉱区標識とした。なお、GPSを用いた座標測定は、CRMによって実施された。地質精査では付帯調査として地化学探査、旧坑調査及びトレンチ調査を実施した。地化学探査は岩石を対象に行った。旧坑調査はラ・リベルラ鉱床及びラ・ルイサ鉱床を対象として実施した。物理探査は地質精査地区を対象に、電気探査IP法を実施し、地下深部の異常帯の連続性を把握した。また、これらの調査結果を基に、鉱化帯の規模及び品位を確認することを目的としてボーリング調査を実施した。

5-2 調査結果

5-2-1 地質調査

本地区の地質図及び地質断面図は別添の総合解析図に示す。

1. 地質層序

調査地区には、中生代のイスカテベック層及び流紋岩貫入岩が分布する。

1) イスカテベック層

イスカテベック層は、白亜系に対比される。本層は、調査地区全体に分布する。粘板岩、粘板岩・砂岩互層及び石英質砂岩(Kp)、安山岩及び安山岩質～流紋岩質凝灰岩(Ka)、流紋岩及び流紋岩質凝灰岩(Kr1)、流紋岩、流紋岩質凝灰岩及び凝灰質砂岩(Kr2)、流紋岩質凝灰岩(Kt)などから構成される。

(1) 粘板岩、粘板岩・砂岩互層及び石英質砂岩(Kp)

分布：調査地区全体に広く分布する。

岩相：粘板岩及び粘板岩・砂岩互層は、黒色～暗緑色を呈する泥質岩を主とする。流紋岩～流紋岩質凝灰岩(Kr2)の分布域周辺では、暗灰色～灰色を呈する中～細砂岩との厚さ数mm単位の細互層をなす場合がある。また、地区北東部では、数10m幅の淡緑色軽石質凝灰岩の薄層を挟む。粘板岩は、石灰質部分と非石灰質部分がある。石灰質粘板岩中には、方解石セグリゲーションがしばしば認められる。本岩類中には、一般にNW-SE走向の片理構造が顕著に発達する。

石英質砂岩は、粘板岩中に挟在する。厚さは数10mm～数10m単位である。暗灰色～黒色を呈し、等粒状の中粒石英鉱物片から構成される。本岩中には幅数mmの石英脈が発達する。一般に塊状で、片理構造は発達しない。

粘板岩は北東部、粘板岩・砂岩互層は中央部、及び石英質砂岩は南西部でそれぞれ卓越する傾向がある。

顕微鏡下での観察結果は、以下のとおりである。

基質中の物質及び鉱物：石英、斜長石、角閃石、ジルコン、スフェーン、炭酸塩鉱物、不透明鉱物及び炭質物

変質鉱物：(石英)、緑簾石、緑泥石、セリサイト、(炭酸塩鉱物)、針鉄鉱及び黄鉄鉱

顕微鏡下での観察結果を基にした記載岩石学的分類によると、本岩類に区分した岩石は、緑泥石を主とする粘板岩、炭酸塩鉱物(方解石)を主とする泥質～砂質石灰岩及び石英を主とする細粒～中粒石英質砂岩の3種類に大別できる。

X線粉末回折試験によって同定された鉱物は、次のとおりである。

珪酸及び珪酸塩鉱物：石英、曹長石、カリ長石、緑泥石、緑泥石/モンモリロン石混合層鉱物、セリサイト、カオリナイト及びハロイサイト

炭酸塩鉱物：方解石、苦灰石及び菱苦土鉱

磷酸塩鉱物：磷灰石

硫化物：黄鉄鉱

硫酸塩鉱物：明ばん石

酸化物・水酸化物：針鉄鉱

(2) 安山岩及び安山岩質～流紋岩質凝灰岩(Ka)

分布：調査地区の北部のラス・パロタス(Las Parotas)からヌエボ・レオン及び南部のラス・ピーニャ(Las Pina)川及びイスカテペック川流域に数カ所にわたって分布する。ロス・パロタス付近の岩体は、地区外北方にその分布が続く。

岩相：安山岩は全般に塊状無層理である。暗灰緑色～灰緑色を呈し、粒径1mm程度の斜長石及び有色鉱物の斑晶が認められる。

顕微鏡下での観察結果は、以下のとおりである。

斑晶：斜長石、及び有色鉱物（変質作用を被り、原鉱物は不明）

石基：ガラス、斜長石、燐灰石、ジルコン及びスフェーン

変質鉱物：石英、曹長石、緑泥石、セリサイト及び黄鉄鉱

X線粉末回折試験によって同定された鉱物は、次のとおりである。

珪酸及び珪酸塩鉱物：石英、曹長石、緑泥石及びセリサイト

炭酸塩鉱物：方解石

調査地区北西に分布する安山岩質～流紋岩質凝灰岩は、粘板岩との互層をなす。淡緑色を呈しする。調査地区中央部からクワドリージャ・ヌエバ(Cuadrilla Nueva)では、粘板岩中の薄層として挟在される。地層の走向・傾斜と調和的な片理構造が発達する。

顕微鏡下での観察結果は、以下のとおりである。

基質中の物質及び鉱物：ガラス

変質鉱物：石英、曹長石、緑泥石、セリサイト、方解石及び黄鉄鉱

(3) 流紋岩及び流紋岩質凝灰岩(Kr1)

分布：ラ・トリニダードからブエノス・アイレス(Buenos Aires)にかけて分布する。

岩相：明灰色から明黄緑色を呈する。全般に角礫状構造が発達するが、一部では、柱状節理が認められる。本岩体の南部側は、珪化作用が著しく発達する。見かけの上位では、片理構造が発達する。

X線粉末回折試験によって同定された鉱物は、次のとおりである。

珪酸及び珪酸塩鉱物：石英、カリ長石、緑泥石、絹雲母及びハロイサイト

炭酸塩鉱物：方解石及び苦灰石

硫酸塩鉱物：ブーダントイト ($\text{beudantite; PbFe}_3(\text{AsO}_4, \text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$)

水酸化物：針鉄鉱

ハロイサイトは、地表での風化生成物と考えることができる。

ブーダントイトは、岩体中央部のゴッサン化した褐色流紋岩中の試料中に針鉄鉱と共に検出された。鉛硫化物（方鉛鉱など）を含む岩石の風化生成物と考えることができる。

(4) 流紋岩質凝灰岩(Kt)

分布：調査地区中央部から南部にかけて、幾つかの小規模な岩体が分布する。

岩相：本岩は、凝灰角礫岩から細粒凝灰岩の産状を示す。白色から明緑色を呈する。一般に片理構造が発達するが、珪化作用が著しい場合は塊状となる。

顕微鏡下での観察結果は、以下のとおりである。

基質中の物質及び鉱物：軽石、ガラス、石英、斜長石、有色鉱物（変質作用を被り、原鉱物は不明）、燐灰石、ジルコン、スフェーン及び不透明鉱物

変質鉱物：（石英）、カリ長石、緑泥石、セリサイト及び黄鉄鉱

X線粉末回折試験によって同定された鉱物は、次のとおりである。

珪酸及び珪酸塩鉱物：石英、曹長石、カリ長石、緑泥石及びセリサイト、カオリナイト及びハロイサイト
炭酸塩鉱物：方解石及び苦灰石
水酸化物：針鉄鉱

(5) 流紋岩、流紋岩質凝灰岩及び凝灰質砂岩 (Kr2)

分布：ラ・トリニダードからロス・カホネスにかけて分布する。

岩相：流紋岩は角礫状構造を呈し、凝灰角礫岩から火山礫凝灰岩相に移化する。本岩類中には軽石質凝灰岩及び凝灰質砂岩を挟在する。露頭は少ないものの、本岩類分布地域では、褐鉄鉱化した転石が多数散在し、土壌は赤褐色化している。また、ラ・トリニダードの南方では、原岩が不明となるほどの著しい珪化作用を被っている。流紋岩は、無斑晶質である。塊状角礫部が褐色風化作用されている場合は、肉眼によって流紋岩と凝灰質砂岩と区別することが困難である。流紋岩質凝灰岩は、肉眼で識別できる鉱物片は乏しい。本岩は、片理構造が発達することを特徴とする。

本岩類中には、ラ・ルイサ鉱床、サン・ファン鉱床及びラ・ルイシタ鉱床が胚胎し、本岩類と上位の粘板岩との境界部には、ラ・リベルラ鉱床が胚胎する。前者の鉱床群は、鉱脈型鉱床、後者の鉱床は、塊状硫化物鉱床と考られる。サンファン鉱床上の尾根付近、及びラ・リベルラ鉱床の下の小道及び沢沿いにはゴッサンの転石が認められる。また、針鉄鉱化した黄鉄鉱の仮晶が普通に認められる。本岩類は、広い範囲にわたって硫化物を伴う鉄化作用を被っていることを特徴とする。

本岩のうち、流紋岩質凝灰岩の顕微鏡下での観察結果は以下のとおりである。

基質中の物質及び鉱物：軽石、ガラス、石英、長石（斜長石）、燐灰石、ジルコン、及びスフェーン

変質鉱物：（石英）、緑泥石、セリサイト、針鉄鉱及び黄鉄鉱

X線粉末回折試験によって同定された鉱物は、次のとおりである。

珪酸及び珪酸塩鉱物：石英、緑泥石及びセリサイト、カオリナイト及びハロイサイト

硫酸塩鉱物：ブーダントイト ($\text{beudantite}; \text{PbFe}_3(\text{AsO}_4, \text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$)

硫化物：黄鉄鉱

水酸化物：アナターゼ、赤鉄鉱及び針鉄鉱

本岩類は、長石類及び炭酸塩鉱物を欠き、セリサイトも乏しいことを特徴とする。

2) 貫入岩

斑状流紋岩貫入岩 (Ir) は、上述のイスカテベック層に貫入する。貫入年代は不明である。

(1) 斑状流紋岩 (Ir)

分布：ティエラ・ブランカ (Tierra Blanca) の北方からサン・フランシスコを経て、ラ

・トリニダード北方に分布する。

岩相：本岩は、明灰色から明灰緑色を呈し、一般に塊状である。粒径1mm前後の石英、斜長石及び有色鉱物の斑晶を伴い、斑岩様の岩相を示す。全般に珪化作用を被り、硬質である。

顕微鏡下での観察結果は、以下のとおりである。

斑晶：石英、斜長石、及び有色鉱物（黒雲母及び角閃石）

石基：ガラス及び黒雲母

変質鉱物：石英、曹長石、緑簾石、緑泥石、セリサイト、方解石、リュウコキシン及び黄鉄鉱

X線粉末回折試験によって同定された鉱物は、次のとおりである。

珪酸及び珪酸塩鉱物：石英、曹長石、カリ長石、緑泥石及びセリサイト

炭酸塩鉱物：方解石及び苦灰石

2. 地質構造

本調査地区では、斑状流紋岩貫入岩(Ir)及びKr2の一部を除き、全般に著しい片理構造が発達する。片理の走向は、NW-SE方向が卓越する。斑状流紋岩貫入岩の延びの長軸方向はこの方向に一致する。傾斜は、SW落ちが卓越するが、ラ・トリニダードからヌエボ・レオンにかけては、ほぼ垂直の傾斜を示す場合がある。粘板岩・砂岩互層及び挟在する凝灰岩類の走向・傾斜から判断して南西側が上位と推定した。

調査地区に発達する断層は、NW-SE系、N-S系及びNE-SW系である。これらのうち、NW-SE系の断層は、前述の片理構造と調和的な方向に発達している。N-S系の断層は、精査地区の西側で小規模に発達する。NE-SW系の断層は、ラ・ルイサ鉱床の坑内及びラ・リベルラ鉱床南西の支沢で確認された。ラ・ルイサ鉱床の坑内では、同系統の断層が多数確認された。坑内で観察された断層は、幅数mm~2mの粘土化された破碎帯を形成する。

3. 鉱化作用

第1年次調査によって、ラ・リベルラ鉱床及びラ・ルイサ鉱床の旧坑の存在が確認された。また、第2年次調査によって、ラ・リベルラ鉱床付近には、5カ所の坑道があり、そのうち4カ所は入坑可能であることが判明した。また、そのほかにサン・ファン鉱床及びラ・ルイシータ鉱床（仮称）があったことが明らかとなった。

1) ラ・リベルラ鉱床

位置：ラ・トリニダード西方約500m。

沿革：付近の住人の話では、1890年頃開山し、一時は盛況をみたとのことである。1910年頃休山したとされる。

現況：旧坑口が5カ所あり、4坑道が入坑可能である。

地質及び鉱床：坑内地質図を図Ⅱ-5-1～図Ⅱ-5-3に示す。各坑道は、便宜的にNo.1～No.5と番号付けした。

No.1坑道は、南西方向に延びており、途中でいくつかに枝分かれしている。坑内の地質は、坑口付近が珪化作用が著しい流紋岩であり、見かけの上盤側に粘板岩・細粒砂岩互層が分布する。それらの境界付近には、厚さ約40cmのゴッサンが認められる。坑口からの水平坑道の奥には傾斜約40°の斜坑が約20m続く。斜坑を降りると、粘板・砂岩互層の走向に沿って約40mの坑道がある。坑道から3カ所の試し掘跡があり、厚さ約2mの塊状硫化物鉱床が確認された。この塊状硫化物鉱床は、前述のゴッサンに対比できる。鉱石の研磨片の顕微鏡観察結果によって認められた鉱物は次のとおりである。

鉱石鉱物：エレクトラム、輝銀鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱及び黄鉄鉱

脈石鉱物：石英ほか。

厚さ約2mの硫化物層の上から下まで6試料について鉱石分析を行った結果、最上部の粉状硫化物鉱で、Au 6.1 g/t、Au 501 g/t、Cu 0.04 %、Pb 4.27 %及びZn 0.15 %を検出した。

No.2坑道は、No.1坑道の約4m上にある。坑内の地質は、珪化した流紋岩である。全般に赤く焼けており、一部では、クジャク石の鉱染が認められる。

No.3坑道は、No.1坑道の対岸にあり、坑道は北東方向に延びる。坑内の地質は、珪化した流紋岩を主とし、粘板岩が一部で分布する。坑口から20m付近では、幅約8mのゴッサンが発達する。ゴッサンの鉱石分析結果、Au 0.43～1.80 g/t、Ag 1.19～19.9 g/tを検出した。No.4及びNo.5の坑道は、ラ・トリニダードからサン・フランシスコへ向かう小道沿いにある。No.5坑道は、泥質物が厚く堆積し、入坑が困難である。坑内の地質は、流紋岩質凝灰岩、粘板岩及び流紋岩からなる。流紋岩は褐色の焼けが著しい。

2) ラ・ルイサ鉱床

位置：ラ・トリニダード南方約600m。

沿革：付近の住人の話では、1900年頃開山し、米国人によって稼行された。1910年頃休山したとされる。

現況：旧坑口が1カ所あり、入坑可能である。

地質及び鉱床：坑内地質図を図Ⅱ-5-4に示す。坑道は、南に約130m続く。坑内の地質は、流紋岩が卓越し、粘板岩を挟在する。流紋岩は、珪化作用が著しく、黄鉄鉱を主とした鉱染あるいは網状脈が発達する。東西方向の断層・破碎帯が多数発達する。最大のものは、幅3mの粘土化した破碎帯がある。破碎帯中には、褐鉄鉱化した岩片がある。

鉱石研磨片の顕微鏡観察結果によって認められた鉱物は次のとおりである。

硫化物：黄銅鉱、輝銅鉱、銅藍、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱

脈石鉱物：鉄水酸化物、石英ほか

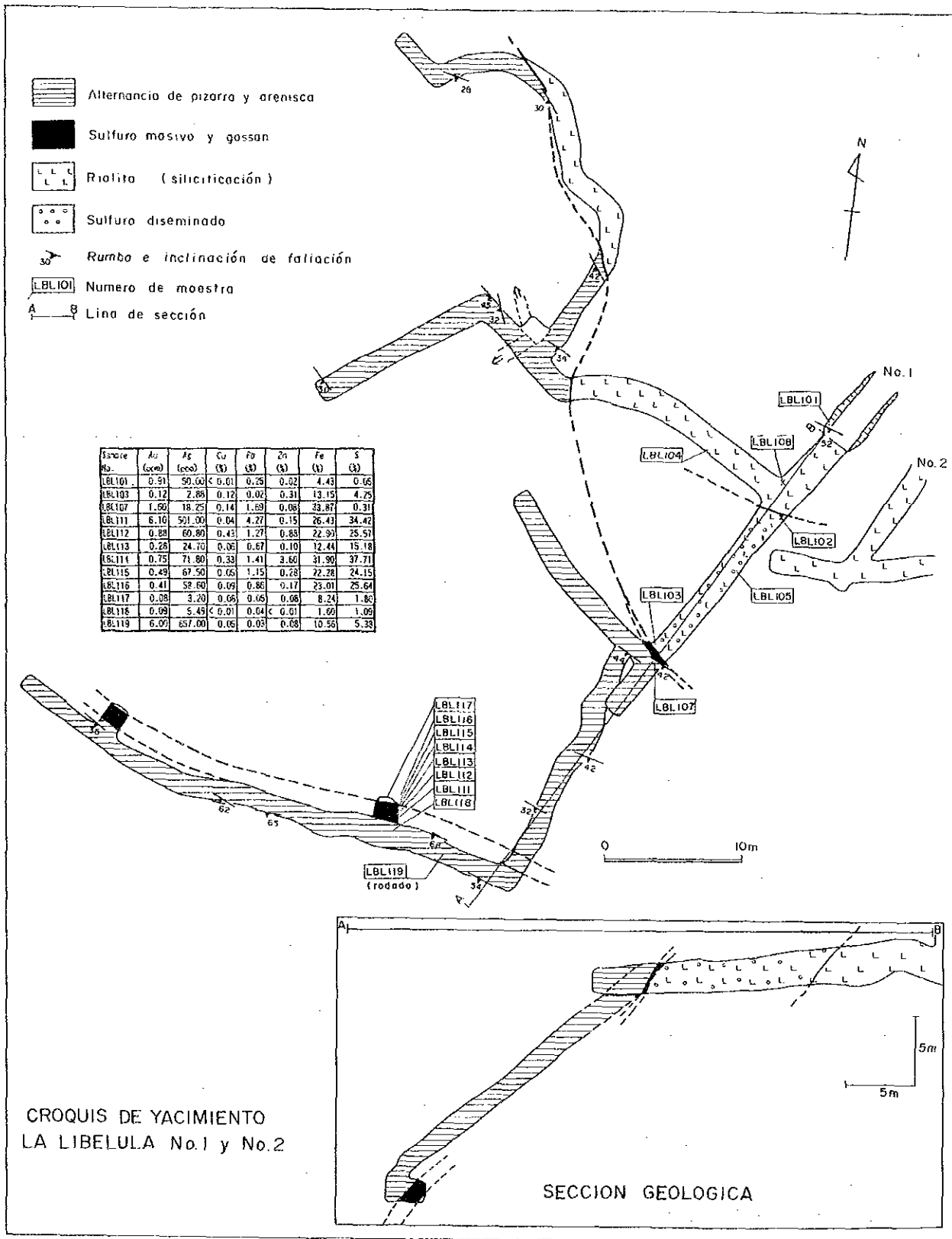
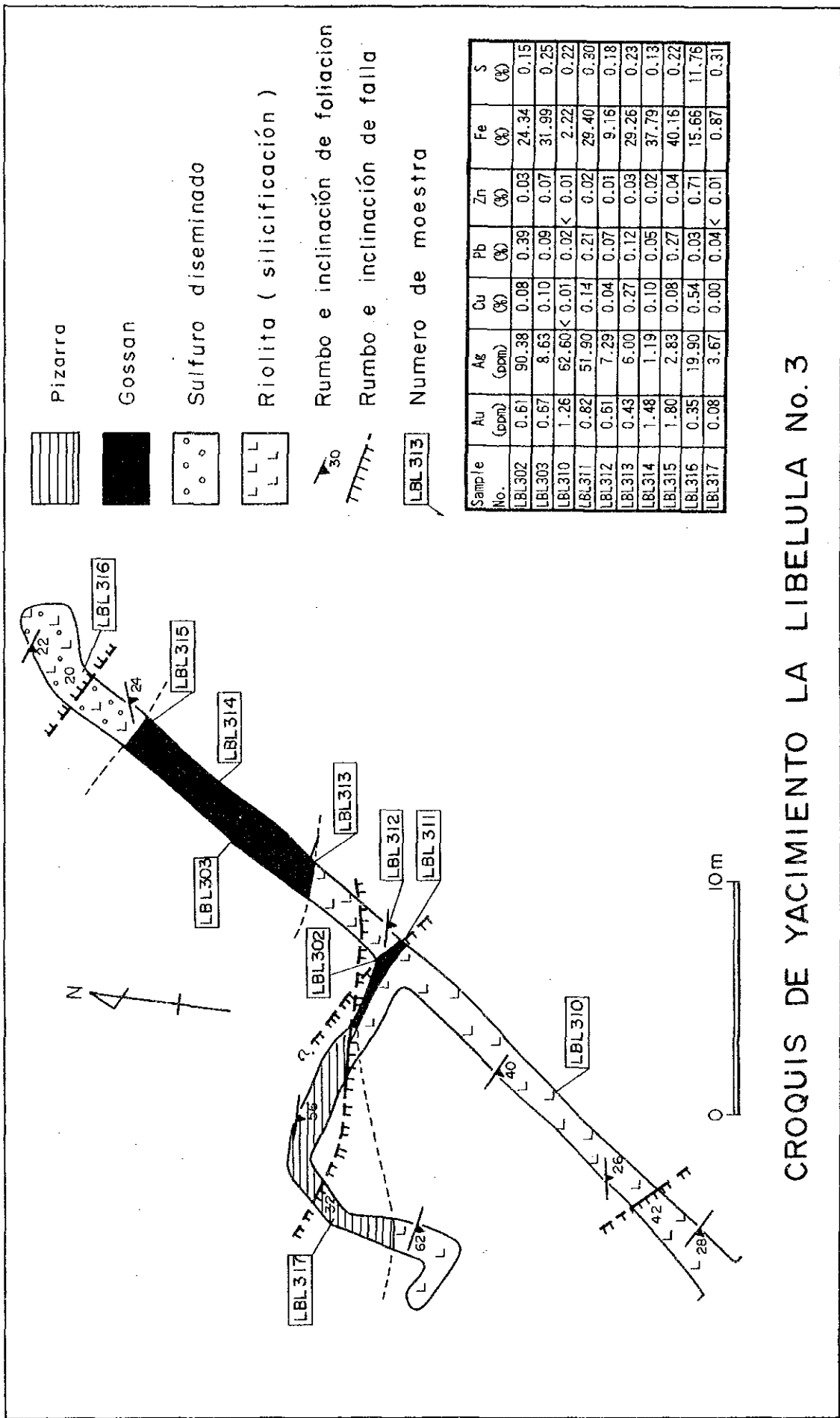


図 II - 5 - 1 坑内図 (ラ・リベルラ鉱床) (No.1及びNo.2)



Pizarra

Gossan

Sulfuro diseminado

Riolita (silicificación)

Rumbo e inclinación de foliación


Rumbo e inclinación de falla


Numero de muestra


Sample No.	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Fe (%)	S (%)
LBL302	0.61	90.38	0.08	0.39	0.03	24.34	0.15
LBL303	0.67	8.63	0.10	0.09	0.07	31.99	0.25
LBL310	1.26	62.60	< 0.01	0.02	< 0.01	2.22	0.22
LBL311	0.82	51.90	0.14	0.21	0.02	29.40	0.30
LBL312	0.61	7.29	0.04	0.07	0.01	9.16	0.18
LBL313	0.43	6.00	0.27	0.12	0.03	29.26	0.23
LBL314	1.48	1.19	0.10	0.05	0.02	37.79	0.13
LBL315	1.80	2.83	0.08	0.27	0.04	40.16	0.22
LBL316	0.35	19.90	0.54	0.03	0.71	15.66	11.76
LBL317	0.08	3.67	0.00	0.04	< 0.01	0.87	0.31


CROQUIS DE YACIMIENTO LA LIBELULA No. 3

図 II - 5 - 2 坑内図 (ラ・リベルラ鉱床) (No. 3)



 Pizarra con gossan


 Riolita Limonitica

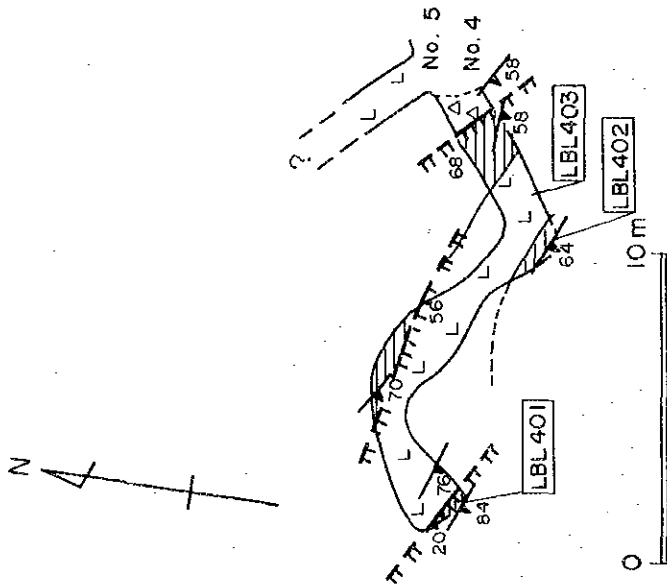

 Toba riolitica


 Rumbo e inclinación de foliación


 Rumbo e inclinación de falla


 Numero de muestra

Sample No.	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Fe (%)	S (%)
LBL401	0.10	3.03	0.02	0.04	0.04	5.60	0.28
LBL402	0.41	5.13	0.05	0.03	0.02	32.34	0.31
LBL403	0.09	3.50	0.06	0.04	0.03	19.28	0.27



CROQUIS DE YACIMIENTO LA LIBELULA No. 4 y No. 5

図 II - 5 - 3 坑内図 (ラ・リベルラ鉱床) (No. 4 及び No. 5)

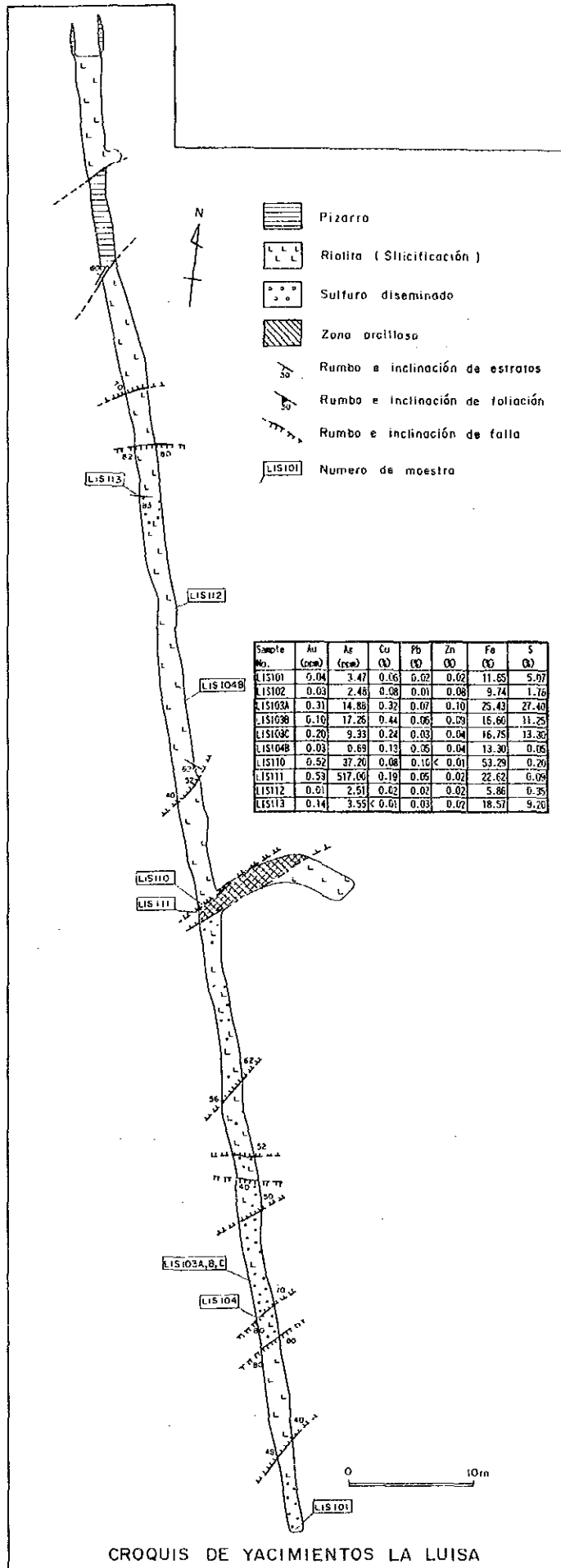


図 II - 5 - 4 坑内図 (ラ・ルイサ鉱床)

鉱石分析結果では、1試料のみAg 517 g/tの含有量を検出した。

3) サン・ファン鉱床

位置：ラ・トリニダード南西約500m。

沿革：不明。

現況：約100トン程度のズリがあり、陥没した坑口跡が一カ所ある。

地質：付近には褐色化した流紋岩が分布する。ズリは、酸化作用を被り、硫化物は認められない。クジャク石の鉱染を伴う石英脈が多数あり、鉱脈型鉱床と推定できる。

鉱石研磨片の顕微鏡観察結果認められた鉱物は次のとおりである。

鉱石鉱物：黄銅鉱、輝銅鉱、閃亜鉛鉱及び黄鉄鉱

脈石鉱物：石英ほか

鉱石分析結果では、1試料のみAg 22.22 g/t及びCu 3.18%を検出した。

4) ラ・ルイシータ鉱床

位置：ラ・トリニダード南約200m。

沿革：不明。

現況：5カ所の坑口が確認されたが、すべて陥没し、入坑不可能である。また、直径約4mの縦穴が3カ所で確認された。ラ・トリニダードの中間付近には、選鉱場跡、住宅地跡などがある。

地質：付近には多数のゴッサンが点在する。付近の地質は、褐色化した流紋岩が分布し、見かけの下盤側に褐色化した細粒砂岩及び粘板岩が分布する。坑口は存在するものの鉱石と考えられるものは、転石を含めて乏しい。

4. 地化学探査

地質調査と並行して行った地化学探査は、433試料のAu、Ag、Cu、Pb、Zn、Fe、Mn、Na、K、Mg、Ca、Ba及びSの13成分について分析を行った。

各成分の概要は次のとおりである。

Au：高濃度異常を示す場所が散点するが、地質及び地質構造との関連は認められない。

Ag：Auと同様地質及び地質構造との関連は認められない。

Cu：高濃度地域は、調査地区中央から南部にかけて分布する。この高濃度地域は、ラ・リベルラ、サン・ファン、ラ・ルイサ及びラ・ルイシータの既知鉱床群を取り囲むように広がっている。

Pb：高濃度地域は、調査地区中央のいくつかの箇所に散点する。既知鉱床であるラ・リベルラ、サン・ファン及びラ・ルイシータの周辺に高濃度地域が認められるが、ラ・ルイサ鉱床周辺では、明瞭なPbの高濃度異常は検出されていない。

Zn : 高濃度異常は、ラ・リベルラ鉱床付近及び調査地区北東部及び南部に散点する。

Fe : ラ・リベルラ鉱床からサン・ファン鉱床を経てラ・ルイサ鉱床に至る調査地区中部に、高濃度域が広がる。これらは、地表に分布する鉄水酸化物に対応しており、鉱化作用の存在を示徴している。

Mn : Feと同様の既知鉱床周辺で高濃度域が広がるほか、調査地区北西の斑状流紋岩貫入岩の分布域でも相対的に高濃度を示す。

Na : 高濃度域は、調査地区北西から南東にかけて広がっている。逆に、既知鉱床周辺では低濃度となっている。

K : Naの分布と同様に既知鉱床周辺では低濃度域が広がっている。

Mg : 斑状流紋岩貫入岩の分布域で高濃度を示すほか、サン・ファン鉱床からラ・ルイサ鉱床にかけての帯でも高濃度域が広がっている。

Ca : アルカリ金属(Na及びK)と同様に、既知鉱床周辺では低濃度域が広がっている。

Ba : 既知鉱床周辺一帯及びその南では、全般に低濃度である。高濃度域は、調査地区北部の粘板岩分布域である。見かけ上、調査地区の北から、高一中一低一中の濃度分布を示す。これらの濃度分布の延びの方向は、地質構造に調和的である。

S : 数カ所に高濃度箇所が散点するが、地質及び地質構造との関連は、明瞭ではない。

以上の結果、これらの成分のうち、上記の既知鉱床及び鉱床周辺では、Fe及びCuの高濃度域及びCa、Na及びKの低濃度域が広がっており、これらが鉱化作用の指示元素として有効であると判断される。

5-2-2 物理探査

IP法による電気探査を実施した。調査方法及び調査内容は以下のとおりである。

・電気探査

方 法	: 強制分極法 (IP法)
測定方式	: タイム・ドメイン法
電極配置	: ダイポール・ダイポール配置
電極間隔	: a = 100 m
電極隔離係数	: n = 1~5
測線数	: 8 測線
延測線長	: 16.0 km
送信機	: IRIS インストルメント社、ELECTRA V/I 1000
受信機	: SCINTREX 社 ; IPR-12

・物性測定 (室内試験)

分極率及び比抵抗測定 41個

本調査地区の比抵抗構造は、調査地区北東側で低比抵抗帯がNE-SW方向に分布し、同南西側では高比抵抗帯が同方向に配列する。北東側の低比抵抗帯は粘板岩の分布範囲に対比され、南西側の高比抵抗帯には粘板岩・砂岩互層及び角礫状流紋岩（砂粒砂岩を狭在）が分布している。岩石物性測定の結果から、粘板岩は低比抵抗値を示し、粘板岩・砂岩互層及び砂岩は高比抵抗値を示すことから、砂質成分の多少が明らかに比抵抗値に影響を及ぼしていることが判明した。また、珪化作用を受けている粘板岩・砂岩互層の試料は電氣的異方性を示さず、顕著な高比抵抗値を示す。

分極率は、岩石物性測定の結果、砂岩及び砂質成分の多い粘板岩は比較的高い分極率（11~35mV/V）を示し、調査地区のバックグラウンド値を示していると考えられる。一方、粘板岩は極端に低い値（数mV/V）を示す。角礫状流紋岩は、ラ・ルイサ鉱床で採取された鉱化を受けた一部の試料を除くと分極率は低い値（数mV/V）を示す。塊状硫化鉱は、低比抵抗、高分極率を示し、他の岩種とは明瞭な差異が見られる。

以上のことから、探査対象としては35mV/V以上の分極率を示す箇所を抽出することにした。

抽出したIP異常帯は、主に角礫状流紋岩の分布域または粘板岩・砂岩互層との境界部に位置し、比抵抗分布は高比抵抗帯に対比される。この要因として、次のようなことが考えられる。

- ・ 鉱化帯周辺の珪化帯が厚く分布することにより、見かけ上高比抵抗を示す。
- ・ 鉱化作用自体は弱く、粘板岩・砂岩互層中（炭質部）のIP異常を捉えているために高比抵抗になる。

ラ・リベルラ鉱床では、鉱化帯周辺に厚く分布する珪化帯の存在が確認されていることを考慮すると、この高比抵抗帯は、前者に起因するものと考えられる。

これらの調査結果、ラ・トリニダード集落東方は比抵抗が低くややIPが高い傾向にあるが、これは粘板岩を主とし、砂岩部が少ないことなどの岩石の物性を反映しており、鉱化変質の可能性が低いと判断される。また、調査地区北部の流紋岩貫入岩の下部に比抵抗が低いIP異常が検出された。流紋岩貫入岩の厚さが薄いことが推定されるので、このIP異常帯は鉱化変質による可能性がある。また、ラ・リベルラ鉱床からラ・ルイサ鉱床周辺及びその西側は全体的には比抵抗が高く、IPが低い傾向にある。この付近の主な地質は流紋岩や粘板岩・砂岩互層であり、砂岩部を多く挟むことや珪化作用を強く受けていることなどから鉱化作用による比抵抗の低下よりも珪化による比抵抗の増加の方がより強いために比抵抗が高くなっていると考えられる。また、同様にIPが低いことも珪化作用が強いことによると判断されるが、数カ所において弱いIP異常が認められ、これらは鉱化作用の影響を示唆している可能性がある。

5-2-3 ボーリング調査

ボーリングの調査概要、工法、使用機材は、前述のカンボセコ地区第3章3-1の項で述べたとおりである。機材はメキシコシティ及びカンボセコからトレーラーなどでピヤ・デ・アヤラまで運搬し、そこから8トントラックやピックアップ型トラックなどを利用して、未舗装道路を利用してヌエボ・レオン(Nuevo Leon)まで運搬した。ヌエボ・レオン集落からヘリコプターを使用してボーリング基地へ搬入及び撤収を行った。

本調査では、第2年次にMJMC-5及びMJMC-6の2本で、総掘進長570.10m行った。また、第3年次はMJMC-7～MJMC-15の9本で総掘進長1,955.6mの調査を行った。各ボーリングの結果は次のとおりである。なお、ボーリング周辺の総合解析図を図II-5-5に、主な地質断面図を図II-5-6及び図II-5-7に示す。

MJMC-5(320.10m)は、ラ・リベルラ鉱床の南西方100mで320.10m掘進した。地質精査の結果、ラ・リベルラ鉱床は35～70°で西に傾斜していると推定された。ボーリングの結果、地質はイスカテペック層の粘板岩、粘板岩・砂岩互層、流紋岩及び凝灰角礫岩からなり、28.80～30.70m、38.60～39.00m、80.60～80.80mなどに数cm径の塊状硫化物鉱石礫を把握した。これらの鉱石には多量の黄鉄鉱のほか、黄銅鉱、閃亜鉛鉱が普遍的に認められ、しばしばエレクトラム及び方鉛鉱を伴う。これらの鉱石はラ・リベルラ坑内で確認された鉱石と同質のものであり、付近に塊状硫化物鉱体が存在する可能性が大きい。

MJMC-6(250.00m)は、ラ・ルイサ鉱床の南西約400m方で250.00m掘進した。本孔の東側約600mに硫化物の鉱染帯がトレンチ調査などで確認され、地下深部への連続性を把握するために実施した。地質はテラス堆積物が厚く堆積し、118.00m以浅では数m～10mの砂岩を互層状にはさむ粘板岩であり、それより下部は数mm～数cm単位の砂岩と粘板岩の互層である。コアはしばしば破砕されているほか、テラス堆積物が厚く堆積していることなどから判断して、付近に大きな断層があると推定することができる。数箇所において微細な黄鉄鉱を主とするバンド～レンズ状の鉱石及び礫などのほか、微粒な石炭の濃集部などが認められたが、鉱徴は微弱であった。

MJMC-7(201.30m)は、ラ・リベルラ鉱床の南西方約50mで掘進した。昨年度実施したMJMC-5では、28.80～88.80m間に数層準で鉱石を捕捉し、これらの鉱石はラ・リベルラ坑内で確認された鉱石と類似しており、ラ・リベルラ鉱床へ連続している可能性が高いので、MJMC-5とラ・リベルラ鉱床との中間部でMJMC-7を実施した。その結果、地質はイスカテペック層の粘板岩、流紋岩、粘板岩・砂岩互層を捕捉した。4.00～63.50m間に鉱床層準である数枚の流紋岩を捕捉し、その流紋岩には強珪化作用が認められた。63.50m以深は、粘板岩・砂岩互層であり、流紋岩の分布が認められない。よって、ラ・リベルラ鉱床東側に分布している流紋岩は本孔下部まで連続しておらず、広がりが小さいと考えられる。また、

流紋岩及び粘板岩中に数枚の主として黄鉄鉱からなるバンド～レンズ状の鉱石を捕捉した。しかし、鉱石の層厚は2cm以下で、Cu、Pb、Znなどの品位は低品位であり、顕著な鉱化帯及び塊状硫化物の鉱石を把握することはできなかった。

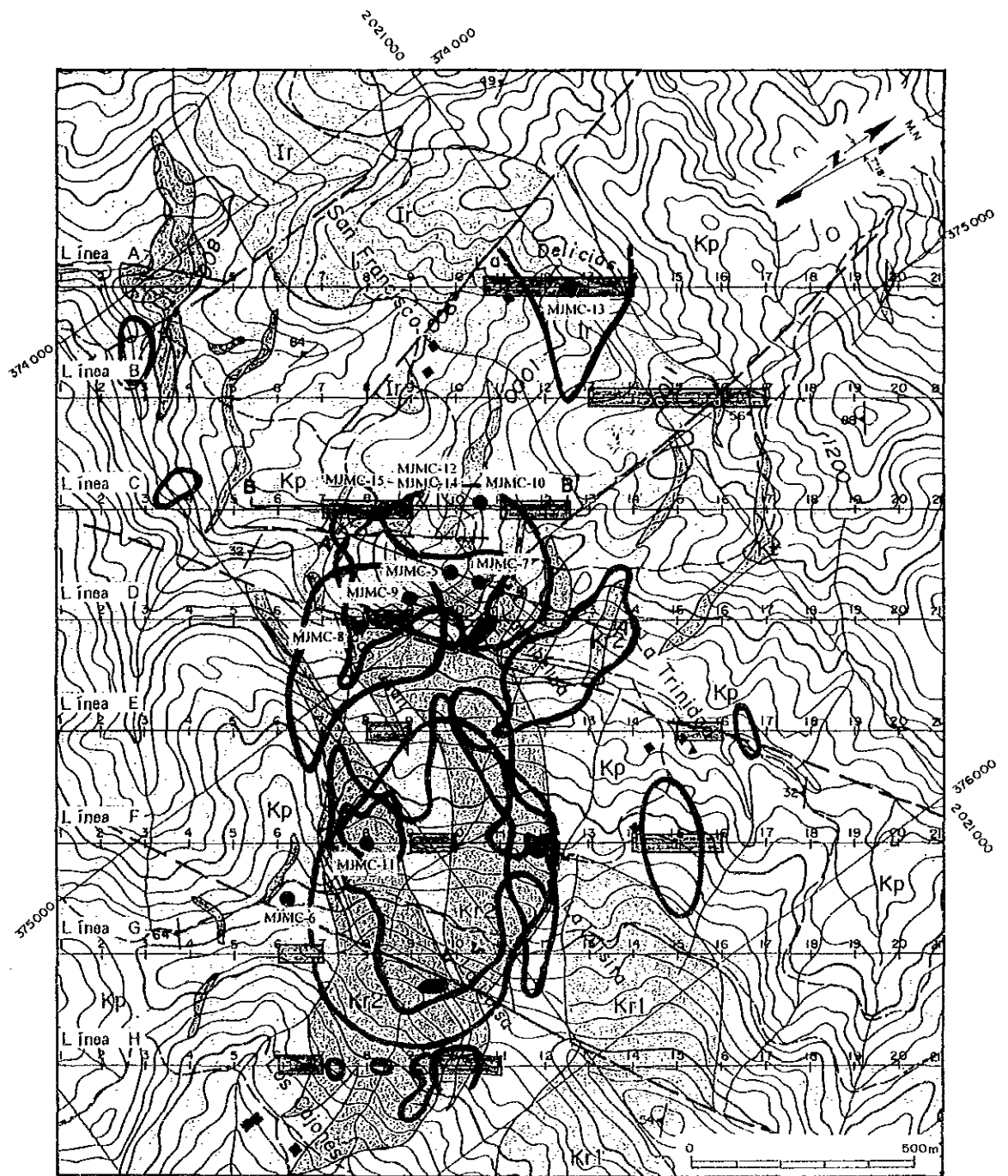
MJMC-8(250.10m)は、地表ではサン・ファン鉱化帯にあたり、針鉄鉱の分布域で、Cuの地化学探査異常、IP法による異常域が分布している位置にあたる。地質は2.60～19.60mは流紋岩で、それ以深は粘板岩及び粘板岩・砂岩互層であった。流紋岩中にネットワーク状の鉱化帯を捕捉した。特に、18.00～19.60m(厚さ1.60m)では、品位Au 0.05 g/t、Ag 30.50 g/t、Cu 0.61 %、Pb 0.01 %、Zn 0.06 %であるが、それ以外の部分はより低品位であった。

MJMC-9(201.00m)は、MJMC-5で把握した鉱化帯の傾斜方向への連続性を把握するためにラ・リベルラ鉱床南西方約200mの地点で実施した。地質は38.10mまで流紋岩であり、それ以深は粘板岩及び粘板岩・砂岩互層である。流紋岩中にはゴッサン化したネットワーク状の鉱化帯を捕捉した。ゴッサンの一部には黄銅鉱、黄鉄鉱が残存しているものがあり、これらの鉱石鉱物が地下水などにより溶脱されていると考えられる。黄鉄鉱を主とする薄層がしばしば認められ、25.50～26.30m(厚さ0.80m)間では、品位Au 9.13 g/t、Ag 10.81 g/t、Cu 0.34%、Pb 0.05 %、Zn 0.10 %の鉱化帯を捕捉したが、それ以外の部分は鉱石の厚さは2cm以下であり、より低品位であった。

MJMC-10(250.00m)は、ラ・リベルラ鉱床北西方約300mで、針鉄鉱などの変質帯の分布及びIP異常域が重複している地点である。地質は主に粘板岩・砂岩互層からなり、75.70～77.10m間に流紋岩質凝灰岩を挟む。76.75～77.10m(厚さ0.35m)では、品位Au 0.13 g/t、Ag 76.00 g/t、Cu 3.41 %、Pb 0.08 %及びZn 0.51 %の黄銅鉱及び黄鉄鉱を主とする強珪化作用を伴う鉱化帯を捕捉した。流紋岩質凝灰岩の層厚が薄く、捕捉された鉱化帯がラ・リベルラ鉱床に連続するものであるかは明らかでない。粘板岩中にはバンド～レンズ状の薄層の黄鉄鉱を主とする鉱石が認められたが、Cu、Pb、Znなどは低品位であった。

MJMC-11(350.60m)は、地化学探査のCu異常及び針鉄鉱の分布域で、ボーリング位置の北東400mにはラ・レイシータ鉱化帯があり、多くの坑口が認められる地点にあたる。地質は0.00～16.10mがテラス堆積物、16.10～24.00m間は流紋岩、24.00～29.20m間に強粘土帯、それ以深は粘板岩・砂岩互層であった。粘板岩・砂岩互層中に数枚の主として黄鉄鉱からなる薄層の鉱石を捕捉したものの、顕著な鉱化帯は把握できなかった。

MJMC-12(350.60m)は、ラ・リベルラ鉱床西方約350m地点で、針鉄鉱などの変質帯、Cuの地化学探査異常及びIP異常域にあたる。地質は主に粘板岩、流紋岩及び粘板岩・砂岩互層からなる。流紋岩は23.80m～83.55m間に認められ、しばしば粘板岩を挟む。この流紋岩中に珪化作用及び鉱化作用が認められ、特に45.60～48.60m(厚さ3.00m)では、品位Au



LEYENDA

- Zona mineralizada de geolita
- Anomalia de geoquímica (Cu)
- Zona de gossan
- Anomalia de P.I. (n=1 a 4, >35 mV/V)
- Psdible cuerpo mineralizado interpretado con geofísica

- Toba riolítica
- Riolita, toba riolítica y arenisca tabáscu
- Riolita y toba riolítica
- Pizarra y arenisca
- Roca intrúsiva
- Bocamina
- Barrenos
- Sección geológica

図 II - 5 - 5 ボーリング周辺総合解析図

N 55° E

S 55° W

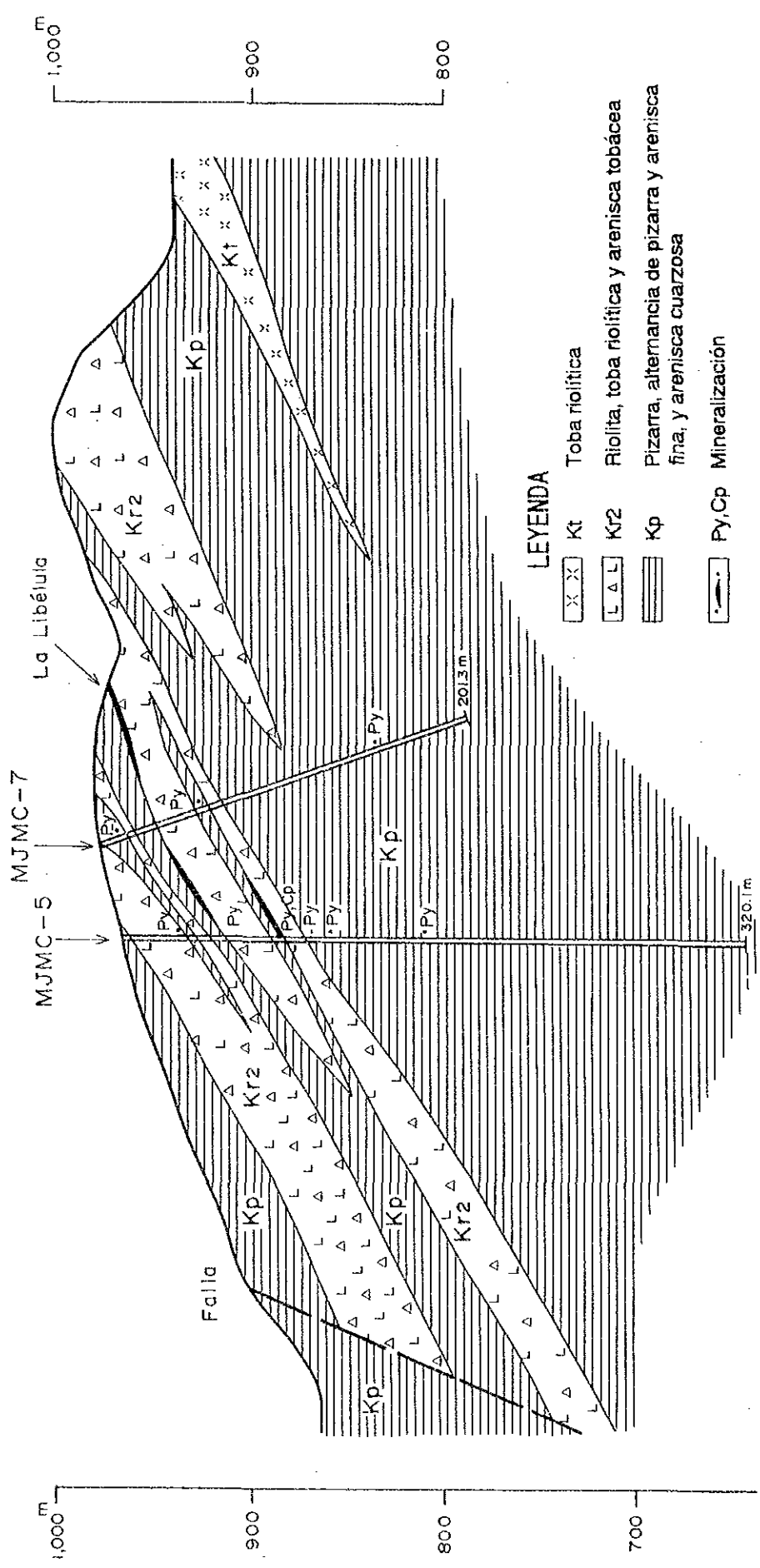
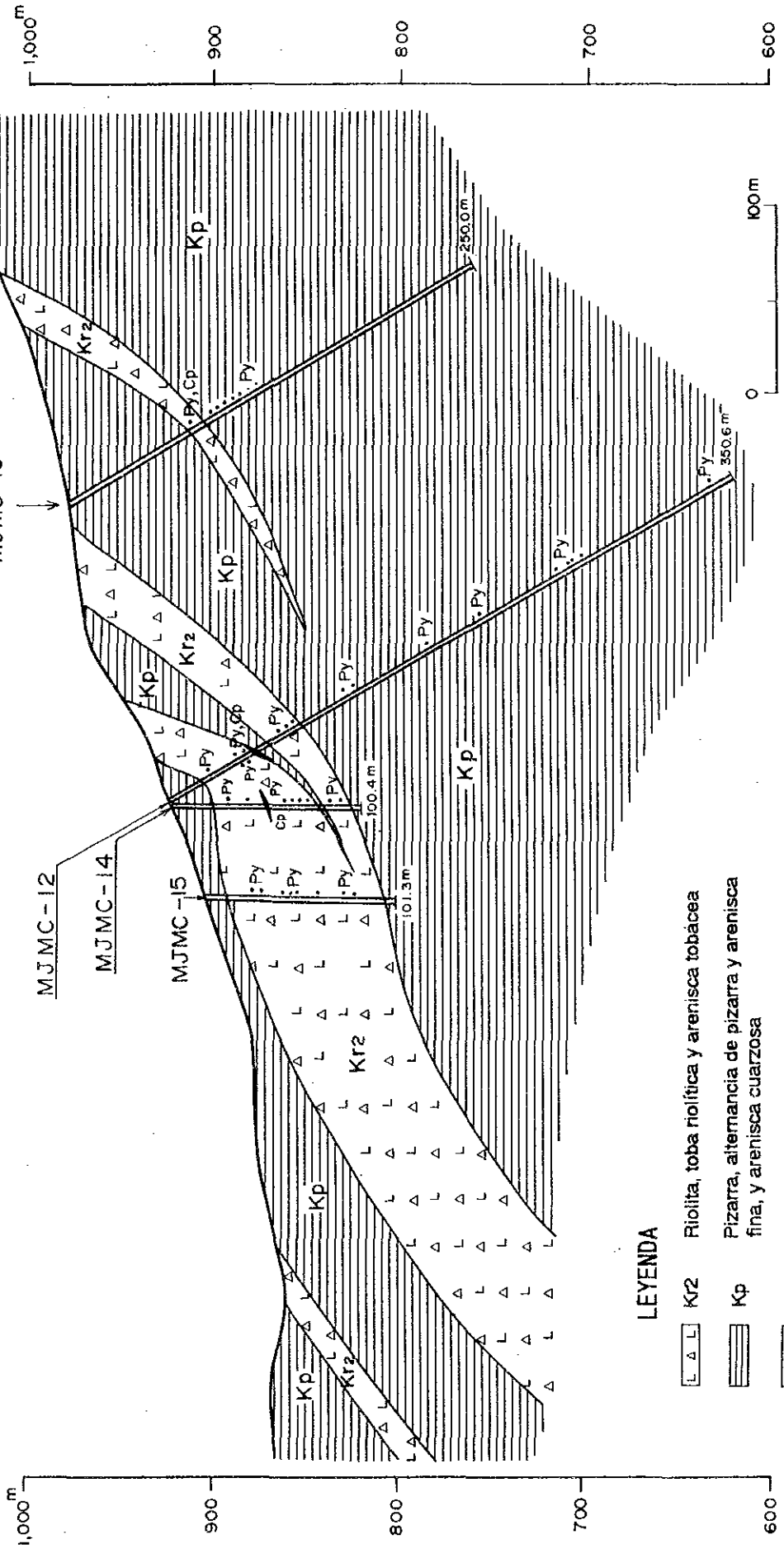


图 II - 5 - 6 地质断面图 (MJMC-5及 MJMC-7)

N 38° E

S 38° W



LEYENDA

- L Δ L Riolita, toba riolítica y arenisca tobacea
- ▨ Pizarra, alternancia de pizarra y arenisca fina, y arenisca cuarzosa
- Mineralización

图 II - 5 - 7 地質断面图 (MJMC-10、MJMC-12、MJMC-14及 MJMC-15)

0.09 g/t、Ag 35.40 g/t、Cu 2.97 %、Pb 0.01 %、Zn 0.26 %、また、48.60～54.60m(厚さ6.00m)間では、平均品位 Au 0.09 g/t、Ag 16.55 g/t、Cu 0.86 %、Pb 0.01 %以下及び Zn 0.26 %を示すネットワーク～ストックワーク状の鉱化帯を捕捉した。さらに、69.10～69.20m(厚さ0.10m)間では、塊状硫化物鉱石が認められ、品位Au 0.90 g/t、Ag 102.00 g/t、Cu6.77 %、Pb 0.07 %、Zn 1.19 %を捕捉した。試料の物性試験結果では、流紋岩で高比抵抗値と低い分極率を、粘板岩・砂岩で低比抵抗値と高分極率を示す傾向にある。これは流紋岩が強珪化作用を受けているために、鉱化作用よりも珪化作用の影響が強く出ているためと考えられる。これらはシミュレーションの結果と一致した。

MJMC-13(150.30m)は、ラ・リベルラ鉱床北西方約800m地点で、地表に広く流紋岩貫入岩が分布しており、IP異常が流紋岩貫入岩の下位に認められる位置にあたる。地質は、67.10mまでが流紋岩貫入岩で、それ以降は主として粘板岩であり、一部に細粒砂岩を挟む。73.50～106.95mにかけては大きな破碎帯であり、粘板岩の中に流紋岩の岩片を少量含む。鉱化作用はほとんど認められなかった。試料の物性試験結果では、流紋岩貫入岩が高比抵抗値と低い分極率を示し、粘板岩は低比抵抗値と高い分極率を示し、鉱石と類似の値であった。

MJMC-14(100.40m)は、MJMC-12で把握した流紋岩中の鉱化帯の広がり把握するためにMJMC-12と同一地点で垂直ボーリングを実施した。地質は、流紋岩を主とし、一部に粘板岩が認められた。18.70～79.70mは流紋岩であり、強い珪化作用を受けている。本岩中の50.20～50.55m(厚さ0.35m)間には塊状硫化物の鉱石で、品位Au 0.18 g/t、Ag 60.30 g/t、Cu 2.02 %、Pb 0.06 %及びZn 4.57 %を捕捉した。また、79.70～85.20m間は粘板岩、85.20～92.10m間は流紋岩、92.10m以深は粘板岩であるが、これらの岩石中にもしばしば黄銅鉱及び黄鉄鉱を伴う鉱化作用及び珪化作用が認められたが、Cu、Pb、Znなどの品位は低かった。

MJMC-15(101.30m)は、MJMC-12及びMJMC-14で把握した鉱化帯の南西方への広がりを把握するために、MJMC-14から南西方50mの位置で実施した。地質はMJMC-14と類似であり、流紋岩を主とし一部に粘板岩が認められる。5.00～87.20m間は流紋岩が厚く分布し、MJMC-14と同様に黄鉄鉱及び黄銅鉱を主とする鉱化作用が認められた。特に、59.50～62.10m(厚さ2.60m)では、品位Au 0.04 g/t、Ag 3.40 g/t、Cu 1.82 %、Pb 0.01 %以下及びZn 0.17 %を、86.00～86.20m(厚さ0.20m)では、品位Au 0.09 g/t、Ag 60.00 g/t、Cu 2.74 %、Pb 0.01 %及びZn 0.08%を捕捉した。

第Ⅲ部 結論及び提言



第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 カンボセコ地区

1-1 結論

本地区では、地質精査、同位体的手法適用調査、物理探査（CSAMT法）及びボーリング調査を実施した。

地質精査の結果、地質構造及び鉱床胚胎の場が明らかとなった。地質は、白亜系のイスカテペック層の変流紋岩～デイサイト、及び粘板岩～千枚岩が広く分布し、一部に第三系のアヨトチ安山岩類や流紋岩～デイサイト貫入岩などが分布する。鉱床は、白亜系の流紋岩～デイサイトの近傍に分布し、これらの岩石が鉱床の関係火成岩と推定された。また、主な鉱床はカンボセコ鉱床の塊状硫化物鉱床であり、カンボ・セコ鉱体とテウエウエトラ鉱体からなる。これらの鉱体は流紋岩が卓越している層準の最上部に賦存している。また、流紋岩の多くの部分では、白色化変質及び珪化変質が認められたほか、部分的にゴッサンが認められ、黄鉄鉱などの硫化物が存在したことを示している。また、地質調査と並行して行った地化学探査結果では、鉱体付近では、Auの異常値が認められたが、他の元素においてはAg、Cu、Pb、Zn、Sなどの直接鉱化作用を示すと考えられる元素の添加が認められず、むしろ溶脱していると考えられる。一方、同位体的手法適用調査では、 $\delta^{34}\text{S}$ の検討から本地区産出の鉱石は、ティサバ鉱床との同位体的類似性をもち、同様の性質を有する可能性が明らかとなった。また、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の検討により、鉱石の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値である約0.712に近づくほど、鉱化作用の中心部（鉱床）に近いとの探査指針のもとに測定を行ったが、流紋岩類の値に大きなバラツキが認められた。

物理探査の結果、当地区の地下深部の比抵抗構造が明らかになり、地質構造を解釈するための必要データを取得した。カンボセコ鉱床周辺の地表下300m以深における高比抵抗帯は、地表の貫入岩とよく対応していることから、貫入岩を示していると推定される。また、地表下300m以下における比抵抗帯は、カンボセコ鉱体西方、テウエウエトラ鉱体南東方などの既知鉱体近傍に認められ、潜頭性の鉱化変質帯の賦存が考えられた。

ボーリング調査は、MJMC-1～MJMC-4の4本で、総掘進長1,738.10m行い、地質構造を把握するとともに、各ボーリングとも数mm～数cmのレンズ～バンド状の黄鉄鉱を主とし、一部閃亜鉛鉱や黄銅鉱を伴う鉱石を把握した。以上の結果、比較的広範囲に弱い鉱化作用が及んでいる地区と判断される。

1-2 将来への提言

ボーリング調査結果、鉱化作用を広範囲に受けている地区と判断されるが、鉱化の程度が弱く、金属の濃集が悪いこと及び断層や褶曲作用などの影響を強く受けて分断された地区であり、大規模な鉱床賦存の場の特定が困難である。従って、今後の探鉱活動を行う経済効果は低いと判断される。

また、同位体組成において、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値を探査指針として使うには流紋岩類で大きなバラツキが認められ、より厳密な議論のためには、同位体測定試料の顕微鏡観察、化学分析、地表地質状況などと総合的に解析する必要があると考えられる。

第2章 イスカテペック地区及びアバストラ地区

2-1 結論

既存データ解析結果から、イスカテペック地区及びアバストラ地区を塊状硫化物鉱床胚胎の可能性の高い地区として抽出し、地質概査を行った。

その結果、両地区の地質状況及び鉱化作用の特徴などを把握した。両地区の地質は、白亜系のイスカテペック層、第三系のバルサス層、ティルサポトラ流紋岩、アヨトチ安山岩、第四系及び貫入岩から構成される。

イスカテペック地区では、南西部のラ・トリニダード地区に含まれるラ・リベルラ鉱床及びラ・ルイサ鉱床が認められ、これらの鉱床近傍には流紋岩が分布するほか、珪化変質及びゴッサンが認められた。また、既存資料などから推定していた層準よりもやや上位層準が塊状硫化物鉱床胚胎の場として有望で、ラ・リベルラ鉱床から概査地区西側まで連続していることが明瞭となった。地区北東部のビヤ・デ・アヤラ周辺にやや広範囲に黄鉄鉱を伴う変質帯が認められ、その中にブエナビスタ鉱床が認められた。鉱床は安山岩類と流紋岩貫入岩の接触部付近の鉱染帯及び鉱脈である。鉱石は黄鉄鉱及び石英からなり、微量の閃亜鉛鉱が認められた。

アバストラ地区では、アバストラ南方のプエルト・ラス・クルセス東のエル・ビエテ鉱床及び地区南部の第三紀層に小規模な黄鉄鉱の鉱染帯などが認められた。エル・ビエテ鉱床はアヨトチ安山岩類の強珪化した火砕岩中の断層に沿った鉱脈と鉱染帯である。これらの鉱石の品位は低品位であった。

2-2 将来への提言

イスカテペック地区では、鉱化帯は南西部のラ・トリニダード地区を除くと北東部に分布するブエナビスタ鉱床周辺に認められる。このブエナビスタ鉱床は、産状から鉱脈型鉱床で小規模であると判断される。また、この付近には塊状硫化物鉱床に関連していると考えられる流紋岩の分布も認められない。

アバストラ地区では、エル・ビエテ鉱床などの鉱脈型の鉱化作用が認められるだけである。この鉱化作用も小規模なもので品位が低い。また、塊状硫化物鉱床の関係火成岩と考えられる流紋岩などの分布が地表では認められない。

よって、ラ・リベルラ周辺を除くと、両地区とも塊状硫化物鉱床賦存の可能性が低く、今後の探鉱活動を行う価値はないと判断される。

第3章 ラ・トリニダード地区

3-1 結論

本地区では地質調査、地化学探査、物理探査（IP法）及びボーリング調査を行った。

地質調査では、地質準精査及び精査を行った。地質は、白亜系イスカテペック層を主とし、一部に流紋岩貫入岩が認められた。イスカテペック層は主として粘板岩、粘板岩・砂岩互層、流紋岩、流紋岩質火砕岩、安山岩などが認められた。また、鉍化作用と密接な関係を有する流紋岩の分布域を把握した。地表部ではゴッサンの分布、珪化帯をはじめ、旧坑など鉍山施設の一部とみられるものを確認した。また、坑内下底部では塊状硫化物の鉍石を確認した。一方、地化学探査ではラ・リベルラ鉍床からラ・ルイサ鉍床にかけてFe及びCuの異常帯が分布し、鉍化帯の分布域を示していると考えられる。

物理探査では、当地区の地下深部の比抵抗構造が明らかになり、地質構造を解釈するためのデータを取得するとともに、ラ・リベルラ鉍床付近でIP異常が検出され、これは鉍化変質帯またはこれと同質の物性を有する地質現象を示していると考えられた。

ボーリング調査は、MJMC-5～MJMC-15の11本で層掘進長2,525.7m行った。地質構造を把握するとともに、数本で鉍化帯を捕捉した。特に、MJMC-5、MJMC-12及びMJMC-14では、塊状硫化物鉍石の一部（最大厚さ35cm）を把握した。MJMC-5の鉍石は黄鉄鉍を主とし、黄銅鉍、閃亜鉛鉍が普遍的に認められる他、しばしばエレクトラム及び方鉛鉍を随伴している。さらに、MJMC-10、MJMC-12、MJMC-14及びMJMC-15では黄銅鉍を伴うネットワーク～ストックワーク状の鉍石を捕捉した。

3-2 将来への提言

ボーリング調査で捕捉された塊状硫化物鉍床の鉍石は、厚さが最大35cmである。また、ネットワーク～ストックワーク状を呈する鉍石は比較的広範囲に分布し、その鉍化作用が塊状硫化物鉍床に連続することが推定される。しかし、MJMC-7のボーリングの結果、MJMC-5の塊状硫化物鉍石がラ・リベルラ鉍床まで連続していないと考えられる。また、ネットワーク～ストックワーク状を呈する鉍石の化学分析結果では、Cu以外の品位が低い。よって、ティサパ鉍床のように単独で開発できる規模と品位を有する鉍床胚胎の可能性はないと判断されるので、今後の探鉍活動を行う経済効果は小さいと判断される。

また、石墨化度測定は、試料間隔を縮めることや地表の試料を測定することなどにより、肉眼的に地質構造把握が困難な箇所でも地質構造把握に役立つと考えられる。

参考文献

- Angel M. y Javier R.(1987): Distribución de Yacimientos Vulcanogenicos en La Provincia Norte de Guerrero-Suroccidente del Estado de México. Compañía Fresnillo, S.A.de C.V.
- Barragan H.,Fons G.,(1989): Distribución de Yacimientos Vulcanogenicos en la Provincia Norte de Guerrero Suroccidente del Estado de México. A.I.M.M.G.M., Mem. Tec.XVII, p. 80-99.
- Bruchhaold,C.(1929): La Planta de Cloruración y Cianuración de la Compañía Minera de Peñoles,S.A.
- Campa F, Campos-Froles R., Oviedo R.(1974): La secuencia mesozóica volcansedimentaria metamorfozada de Ixtapan de la Sal, México-Teloloapan, Gro. Bol. Soc. Geol. Méx. Vol. 35 p.7-28.
- Campa F, Oviedo A, Tardy M.(1976): La cabalgadura laramidica del dominio sedimentario (Arco-Alisitos-Teloloapan) sobre el Miogeosinclinal Mexicano en los límites de los Estados de Guerrero y México, Acapulco Gro., Congr. Latinoamericano de Geología, 3, Resúmenes, p.23.
- Campa F.(1978): La evolución tectónica de Tierra Caliente, Guerrero. Bol. Soc. Geol. Méx. Vol. 39, No 2, p. 52-64.
- Campa F. y Ramirez J.(1979): La evolución geológica y la metalogénesis del noroccidente de Guerrero. Serie Tectónica, Universidad Autónoma de Guerrero, 102 p.
- Campa F., Ramirez J., Flores R. y Coney P.(1980): Terrenos Tectono estratigráficos de la Sierra Madre del Sur, región comprendida entre los Estados de Guerrero, Michoacán, México y Morelos. V Convención Nacional de la Soc. Geol. Méx.
- C.R.M.(1978): Plano Geológico-Minero Mina Santa Rosa, escala 1:10,000, Mapa. Gerencia de Estudios Especiales Proyecto Eje Neovolcanico. Consejo de Recursos Minerales.
- C.R.M.(1982): Mapa geológico del área de Tizapa Mpio. de Zacazonapan, escala 1:1,000, Mapa. Gerencia de Estudios Especiales Depto. de Investigación Aplicada Proyecto Rocas Metamórficas. Consejo de Recursos Minerales.
- De Cserna Z.(1965): Reconocimiento Geológico en la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo. Acapulco III Cong. Lat. Geol. Libro Guía 4, 30p.
- De Cserna Z.(1978): Notas sobre la geología de la región comprendida entre Iguala, Cd. Altamirano y Temascaltepec, Edos. de Guerrero y México. "Soc. geol. Méx. Libro guía. Exc. geol. Tierra Caliente. México, D. F., U.N.A.M., Instituto de Geología. Boletín V. 60 p. 1-236.
- De Cserna Z.(1982): Hoja Tejupillco 14Q-g(9), con resumen de la geología de la Hoja Tejupillco Estados de Guerrero, México y Michoacán, Nal. Autón Mexico, Inst. Geología, Carta geología de México, mapa con texto, 28p.
- De Cserna Z., Palacios N., Pantoja A. J.(1978): Relaciones de Facies de las Rocas Cretácicas en el

- Noroeste de Guerrero y Areas Colindantes de Mexico y Michoacan Rev. Vol 2, Num. 1. Inst. Geol. UNAM.
- De Cserna Z., Fries, C., Rincon, Westley H. y Demant A. (1978): Características del Eje Neovolcanico Transmexicano y sus problemas de interpretacion. Univ. Nal, Auton México, Inst. Geologia, Revista, v.2, num.2, p.172-187.
- De Cserna, Z., Ortega, Gutierrez, F., Palacios, M. (1980): Reconocimiento Geologico de la Parte Central de la Cuenca del Alto Rio Balsas, Estados de Guerrero y Puebla. Libro-Guia de la Excursión Geológica a la Parte Central de la Cuenca del Alto Rio Balsas, Guerrero y Puebla, III Comisión Federal de Electrocidad.
- De Cserna Z. de, y Fries C. (1981): Hoja Taxco 14Q-h(7), con resumen de la geologia de la Hoja Taxco, Estados de Guerrero, Mexico y Morelos: Univ. Nal, Auton México, Inst. Geologia, Carta Geologia de México, serie de 1:100,000, mapa con texto, 47p.
- Faure G., Powell J. (1972): Strontium isotope geology. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, and New York, p.188
- Flores T. (1936): Los cuerpos de pirita masiva de Campo Morado, Estado de Guerrero, México. International Geological Congress. 16th, Washington, U.S.A., 1933, V.101, p. 1013-1027.
- Franklin J., Lydon J., Sangster D. (1981): Volcanic Associated massive sulfide deposits. Econ. geol. vol. 75 anniversary, PP 485-627.
- Fries C. Jr. (1960): Geologia del Edo. de Morelos y de Partes Adyacentes de México y Gro., Región Central Meridional de México. México, D. F., U.N.A.M., Instituto de Geología. Boletín 60, p.1-236.
- Fries C. Jr., Cesar R. (1965): Nuevas aportaciones geocronologicas y tectonicas empleadas en el laboratorio de geocronologica. Univ. Nal. Auton. México, Inst. Geologia, 73, p.57-133.
- García J., Felipe L., Manuel J. (1981): Geologia del Yacimiento de Sulfuros Masivos. El Rey de La Plata, Tloloapan, Guerrero. A.I.M.M.G.MEM.TEC.XIV p.153-195
- Guerrero S., Ramirez C., Talavera M. (1990): Estudio estratigrafico del arco volcanico del Cretácico inferior de Tloloapan, Guerrero. X Convencion Geol. Méx., Soc. Geol. Méx., (Resúmenes).
- Gonzales E. (1984): Analisis de las Inclusiones Fluidas e Isotopos de Azufre, Hidrogeno y Oxigeno de los Sulfuros Masivos de Tizapa-Santa Rosa, Edo. de México. Revista Geomimet.
- Halpern M., Guerrero C. y Ruiz M. (1974): Rb-Sr dates of igneous and metamorphic rocks from south eastern and central México; a progress report : Mexico, D.F., Union Geofisica Mexicana, Reunion Anual, Resumen.
- 林 正雄 (1988): 地熱井・スライムの定量的記載、日本地熱学会, Vol. 1, No. 2, p.103-116.
- Itaya T., (1981): Carbonaceous material in pelitic schists of the Sambagawa metamorphic belt in central Shikoku, Japan. Lithos, Vol. 14, p. 215-224.

- JICA・MMAJ(1988):メキシコ合衆国アルセリア地域資源開発協力基礎調査報告書(第1年次)、国際協力事業団、金属鉱業事業団. p.287.
- JICA・MMAJ(1991):メキシコ合衆国アルセリア地域資源開発協力基礎調査報告書(総括)、国際協力事業団、金属鉱業事業団. p.334
- JICA・MMAJ(1994):メキシコ合衆国テフピルコ地域資源開発協力基礎調査報告書(総括)、国際協力事業団、金属鉱業事業団. p.91
- JICA・MMAJ(1995):メキシコ合衆国カンポセコ地域資源開発協力基礎調査報告書(第1年次)、国際協力事業団、金属鉱業事業団. p.180
- JICA・MMAJ(1996):メキシコ合衆国カンポセコ地域資源開発協力基礎調査報告書(第2年次)、国際協力事業団、金属鉱業事業団. p.195
- López E., Diego A., Hernández S.(1976): Carta Geológica de la Republica Mexicana, 1:2,000,000.
- Lorinczi G. y Miranda.C.(1978): Geology of the Massive Sulfide Deposits of Campo Morado, Guerrero, Mexico. *Econ. Geology*, v.73, p.180-191.
- Luis J.,Sanchez j.(1991):Catacteristicas de Cuerpos Diseminados de Plata en Taxco, Gro. Industrial Minera México,S.A.de C.V.
- Mercado G.(1994): Infoeme Geologico de la Asignación Campo Seco Municipio de Apaxtla de castrejon Estado de Guerrero, C.R.M.
- Miranda M. A.(1995): The Volcanogenic Massive Sulfide and Sedimentary Exhalative Deposits of the Guerrero Terrene, Mexico. The University of Arizona. p.1-114.
- 中野孝教.(1987):ストロンチウム同位体と金属鉱床、月刊地球、 Vol. 19, No. 10.
- Ohmoto H. and Skinner B.(1983): The kuroko and Related Volcanogenic Massive Sulfide Deposits:Induction and Summary of New Findings.
- Ortega J.,Piedad N.(1993):Analisis litologico y estructural del area con sulfuros masivos de Campo Seco, Mpio. de Apaxtla, Guerrero. Tesis Profesional U.N.A.M. 61 p.
- Ortiz L., Lapierre H.(1991): Un contexto de arco magmatico asociado al desarrollo de estratovolcanes submarinos para el origen de los sulfuros masivos estratiformes polimetálicos (Pb, Zn, Cu, Ag y Au)de la region de Tierra Caliente, Gro. A.I.M.M.G.M., Mem, Tec. XIX, p. 270-296.
- Ortiz L.(1992):Significado Metalogenetico de los Domos Dacíticos-riolíticos de los Estados de Jalisco, Michoacan, Guerrero y Mexico. *El Explorador*, Bol. C.R.M., ano 3, No. 10, p.8-9
- Pantoja A. J.,(1959): Estudio geológico de reconocimiento de la región de Huetamo, Estado de Michoacán . C. R. N. N. R., Boletín 50, 33p.
- Pantoja A. J., Estrada B. S., Alencaster G.(1978): Estratigrafia del Cretacico Inferior de la Mina El Encino Mpio. de Piguano. Jalisco IV Convencion Geologica Nacional, México. Resumenes.
- Salazar M. S.(1973): Prospecto Altamirano-Area Huetamo 16p. R-114 Pemex(inedito).

- 佐々木昭(1977):安定同位体と鉱床、現代鉱床学の基礎、東京大学出版会
- Sato T.(1975): Los sulfuros volcanogeneticos, su metalogenia y clasificación, Universidad de Sonora, Publicacion 1.
- Sato T.(1977): Los sulfuros masivos volcanogeneticos, su Metalogenia y clasificacion. Universidad de Sonora, Publicacion 1.
- SPP(1981): Carta Geológica de México. 1:1,000,000. Secretaria de Programación y Presupuesto. Estados Unidos Mexicanos.
- SPP(1981): Carta Geológica Ciudad Altamirano. 1:250,000. Secretaria de Programación y Presupuesto. Estados Unidos Mexicanos
- SPP(1982): Carta Geológica de México. 1:100,000. Hoja Tejupilco 14Qg(9) Instituto de geologia.
- Tagiri M.,(1981): A measurement of the graphitizing-degree by the X-ray powder diffractometer, J., Japan, Assoc. Min. Petr. Ecpm. Geol. Vol. 76, p. 345-352.
- Tagiri M.,(1985): A comparison of graphitizing-degree and metamorphic zones of the Sanbagawa metamorphic belt in central Shikoku. J., Japan, Assoc. Min. Petr. Ecpm. Geol. Vol. 80, p. 503-506.
- Talavera O., Ramirez J., Guerrero M.(1995): Petrology and geochemistry of the Teloloapan subterranean: a Lower Cretaceous evolves intra-oceanic island-arc. Geofisica Internacioal, Vol. 34, Num. 1 p.3-22.
- Urabe T.and Sato T.(1978): Kuroko Deposit of the Kosaka Mine,Northeast Honshu, Japan Product of Submarine Hot Spring on Miocene Sea Floor. Economic Geology Vol.73, p.161-179
- Vidal S.(1991):Estratigrafia del terreno Teloloapan en su limite Ixcateopan-Ixtapan de la Sal Edos. de Guerrero y Mexico, respectivamente:implicaciones tectonicas. Mem. Convencion sobre la Evolucion Geologica de México, Inst., Geol., U.N.A.M., p.230-231.
- 山本茂雄(1997): ティサバ鉱山の鉱床学的研究、鹿児島大学卒論 (手記) .
- Zamorano G.(1987): Menas de sulfuros masivos al sureste de Arcelia en el Estado de Guerrero, C.R.M.

JICA