

本行在合衆國及外國之業務
實業與金融為其基本業務

總行設在紐約

分行遍設各埠

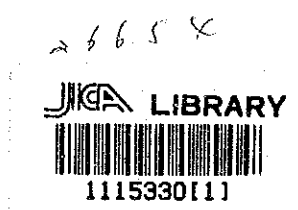
國際匯兌
存款儲蓄

615
661
MPN

1913
1914
1915

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

総括報告書



平成 6 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

26654

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、同国の中央部に位置するテフピル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3年8月から平成6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関係機関、エネルギー鉱山国営企業省鉱物資源局（CRM：Consejo de Recursos Minerales, Secretaria de Energia, Minas e Industria Paraestatal）の協力を得て完了した。

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大使館及び関係各位に衷心より感謝の意を表する。

平成6年2月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介

金属鉱業事業団
理事長 石川 丘



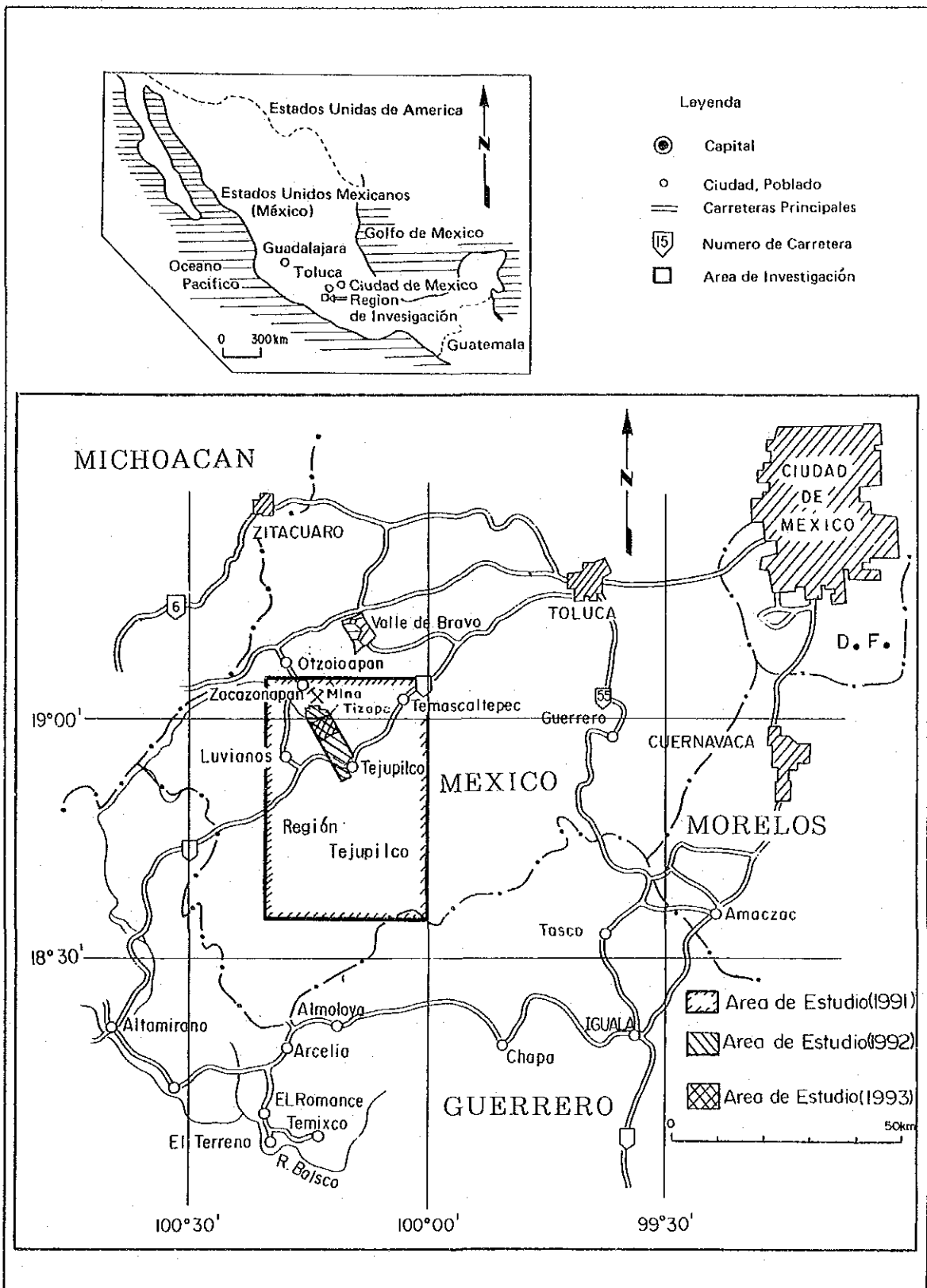
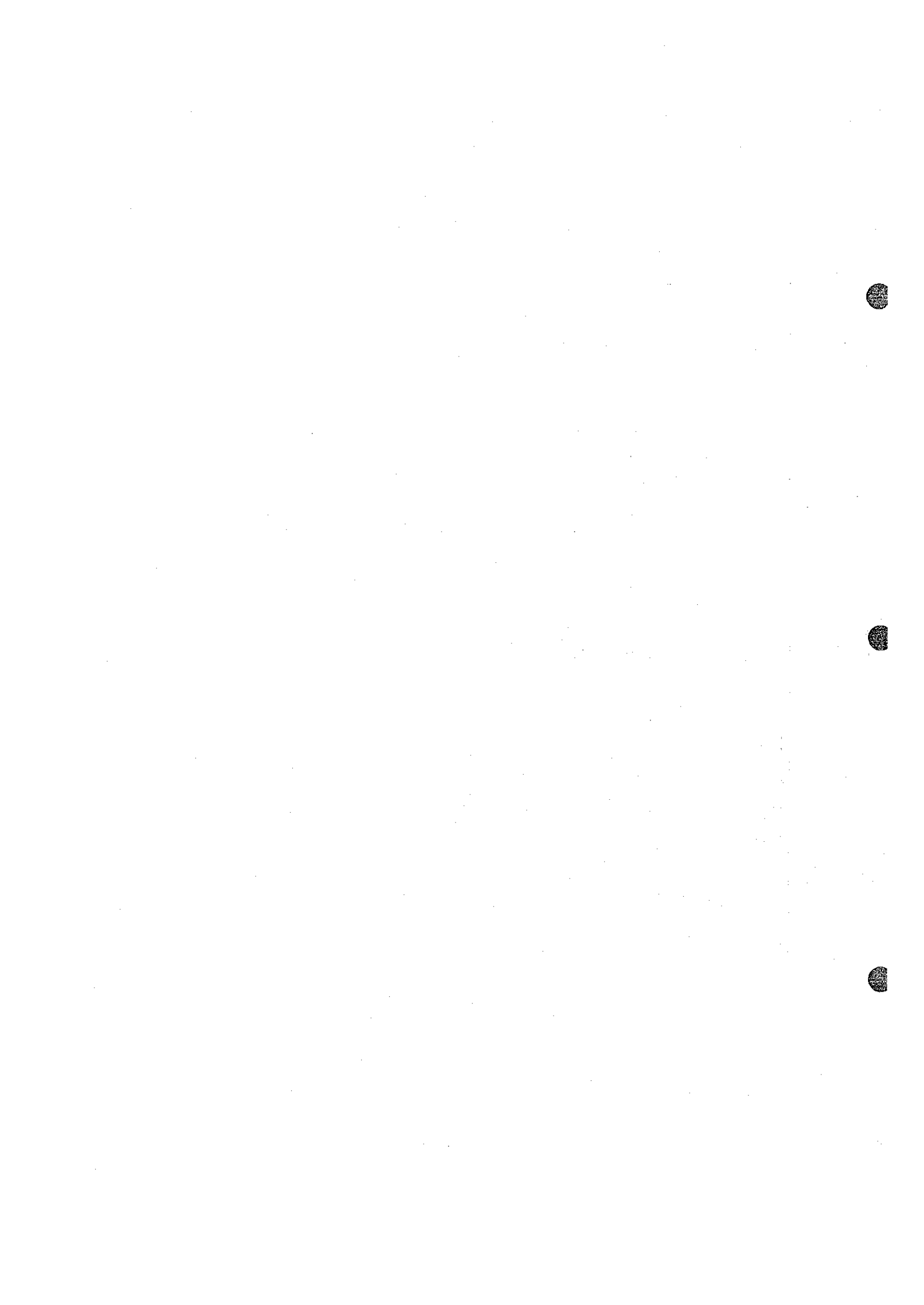


図 I - 1 - 1 調査地域位置図



要 約

本調査は、メキシコ合衆国テフピル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3年度から3カ年計画で実施され、既存データ解析、衛星画像解析、地質調査、物理探査及びボーリング調査を実施した。

本プロジェクト地域には、塊状硫化物鉱床と鉱脈型鉱床が分布し、鉱床の経済性や規模を考慮して、塊状硫化物鉱床の探査を優先して行った。

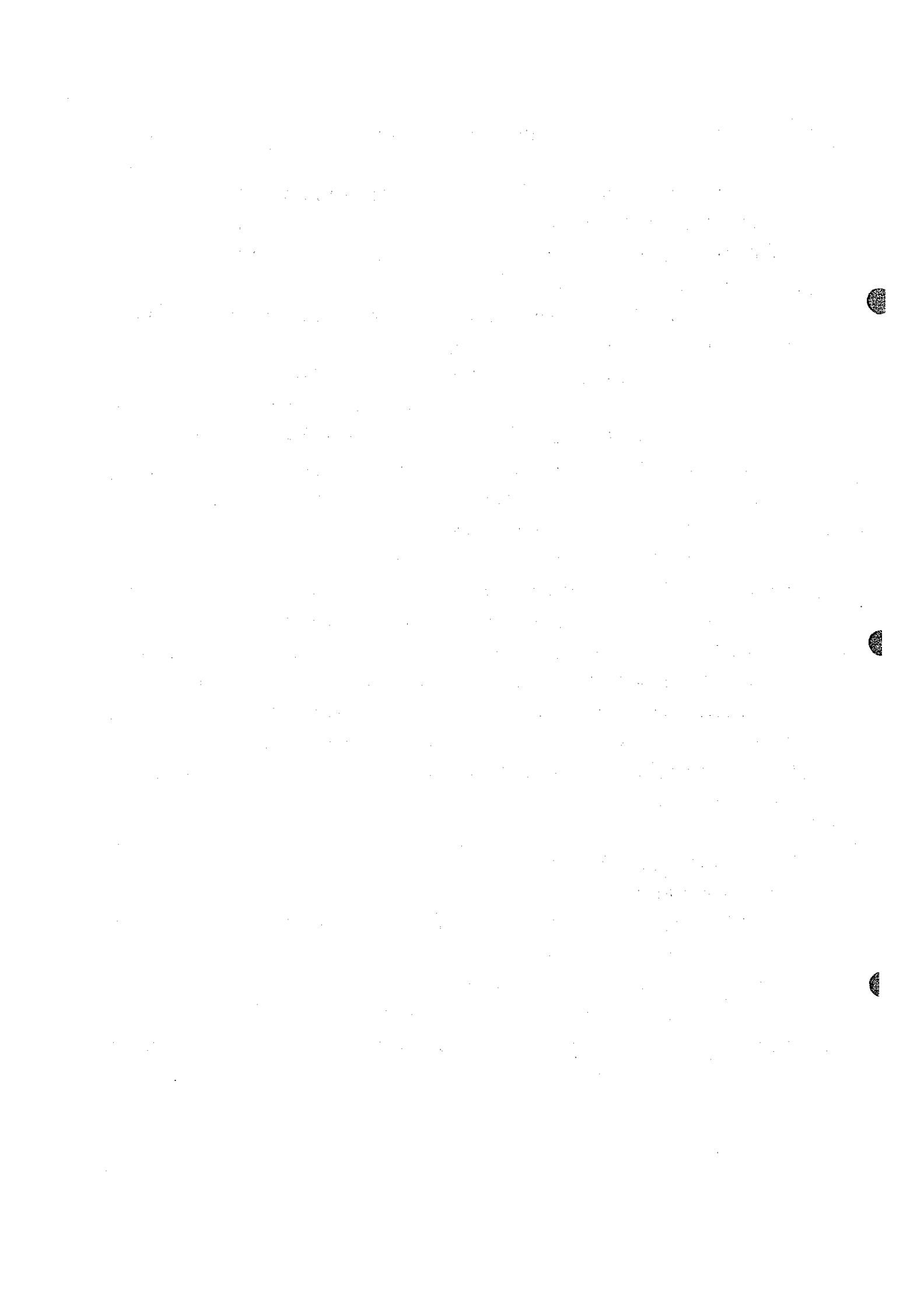
本調査の結果、塊状硫化物鉱床の層準が明らかとなった。すなわち、ティサパ鉱床及びサンタ・ロサ鉱床は同一層準に胚胎し、本地域の塊状硫化物鉱床の胚胎層準は広義の意味において一枚である。鉱床層準の上盤には石灰質層群の石灰質粘板岩があり、下盤にはタスコ片岩類の緑色片岩や泥質片岩が認められる。また、鉱床が分布する区域にはタスコ片岩類中の酸性片岩や緑色片岩が広く分布し、鉱床近傍に火成活動があったことを示唆している。したがって、これらの層準の分布するティサパ鉱床～サンタ・ロサ鉱床～テフピルコにかけてのNW-SE方向の地区を鉱床賦存のポテンシャルが高い地区として限定することができた。この地区のボーリング調査結果、地質構造を把握するとともに、各ボーリングとも少量の黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱、微量の黄銅鉱、閃亜鉛鉱などを含む鉱染帯を把握した。

一方、鉱脈型鉱床は、大部分がAg-Pb-Znを含む石英脈であり、鉱脈の優勢な方向はNW-SEであることが地質調査結果から明らかとなった。当地域にはエル・マラカテ鉱床の10～20 m×1 kmに及ぶ大規模の鉱脈も存在しているほか、一部の鉱脈は第四系などの上位の地層などで覆われている。また、サンタ・ロサリア鉱床ではAu 5.12 g/t、Ag 7,824 g/tと高品位の鉱石が坑内で認められ、ベレン鉱床ではAu 9.88 g/t、Ag 7,118 g/tと高品位の露頭も発見できた。

以上の調査結果を踏まえ、将来の調査として次のことを提案する。

塊状硫化物鉱床探査のために、さらに、ボーリング調査を行うことによって塊状硫化物鉱床を把握する可能性はあるが、ティサパ鉱床周辺を除くと弱い鉱化作用が広がっていることなどからティサパ鉱床規模の品位と鉱量を有する鉱床胚胎の可能性は少ないと判断される。

一方、鉱脈型鉱床はベレン～ナランホ鉱床周辺、サンタ・ロサリア鉱床周辺、エル・マラカテ鉱床周辺の順に探鉱活動の優先順位をあげることができる。これらの地区に対して土壌及び岩石地化学探査により鉱化作用の範囲や連続性を把握し、鉱化帯延長部及び下部延長部についてボーリング調査により鉱化帯地下深部までの連続性を把握することが望ましい。



目 次

はしがき

位置図

要 約

第 I 部 総 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	1
第 3 章 一般地質 (調査地域周辺)	6
3-1 地質	6
3-2 鉱床	7
第 4 章 調査地域の概要	8
4-1 交通	8
4-2 調査環境	8
4-2-1 地形及び水系	8
4-2-2 気候及び植生	9
第 5 章 結論及び提言	10
5-1 結 論	10
5-2 将来への提言	10

第 II 部 各 論

第 1 章 既存データ解析	13
1-1 解析方法	13
1-2 解析結果	13
第 2 章 衛星画像解析	16
2-1 解析方法	16
2-2 解析結果及び考察	16
第 3 章 地質調査	22
3-1 地質概説	22
3-2 地質各論	22
3-3 地質構造	35
3-4 鉱床	35
3-5 地化学探査	45

3-5-1	調査概要	-----	45
3-5-2	調査結果	-----	46
3-6	考察	-----	49
第4章	物理探査	-----	49
4-1	重力探査	-----	49
4-1-1	調査方法	-----	49
4-1-2	調査結果及び考察	-----	49
4-2	電気探査	-----	50
4-2-1	調査方法	-----	50
4-2-2	調査結果及び考察	-----	50
第5章	ボーリング調査	-----	52
5-1	調査方法	-----	52
5-2	調査結果及び考察	-----	52
第Ⅲ部	結論及び提言		
第1章	結 論	-----	55
第2章	将来への提言	-----	57
参考文献		-----	58
付 録			

添付図表類

図 I-1-1	調査地域位置図	-----	巻頭
図 I-1-2	テフピルコ地域調査フローシート	-----	2
図 I-1-3	鉍床有望地抽出フローチャート	-----	3
図 I-3-1	地質構造区分図	-----	6
図 II-2-1	TMフォールスカラー画像	-----	17
図 II-2-2	TM主成分分析画像	-----	19
図 II-3-1	調査地域地質概要図	-----	23
図 II-3-2	地質模式層序図	-----	25
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-3-1	層序対比表	-----	26
表 II-3-2	鉍石分析結果一覧表	-----	36

別添図

別添図	総合解析図
-----	-------



第 I 部 総論

第 1 部 総 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

本調査地域位置図を図 1-1-1 及び別添図総合解析結果図に示す。

本プロジェクトのテフピルコ地域は次の 4 点で囲まれた範囲である。

北西限：北緯 19° 05' 18"	西経 100° 20' 00"
北東限：北緯 19° 05' 18"	西経 100° 00' 00"
南西限：北緯 18° 35' 00"	西経 100° 20' 00"
南東限：北緯 18° 35' 00"	西経 100° 00' 00"

1-1-2 調査目的

テフピルコ (Tejupilco) 地域は調査地域位置図に示すとおり、メキシコ合衆国のやや中央部に位置し、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地域である。特に、同地域内のティサパ (Tizapa) 地区では経済性の高い塊状硫化物鉱床 (1987年から1991年資源開発協力基礎調査アルセリア (Arcelia) 地域) が捕捉されている。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及び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、テフピルコ地域調査フローシート (図 1-1-2) 及び鉱床有望地抽出フローチャート (図 1-2-3) に従って実施した。各年次の調査方法・作業量を表 1-1-1 に示す。

1-3 調査方期間及び調査員

当調査の各年次における調査期間及び調査員を表 1-1-2 に示す。

第 2 章 従来の調査

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、本調査地域内のティサパ (Tizapa) 地区で本格的に広域地質調査が開始された。さらにティサパ鉱床の南 6 km にはサンタ・ロサ

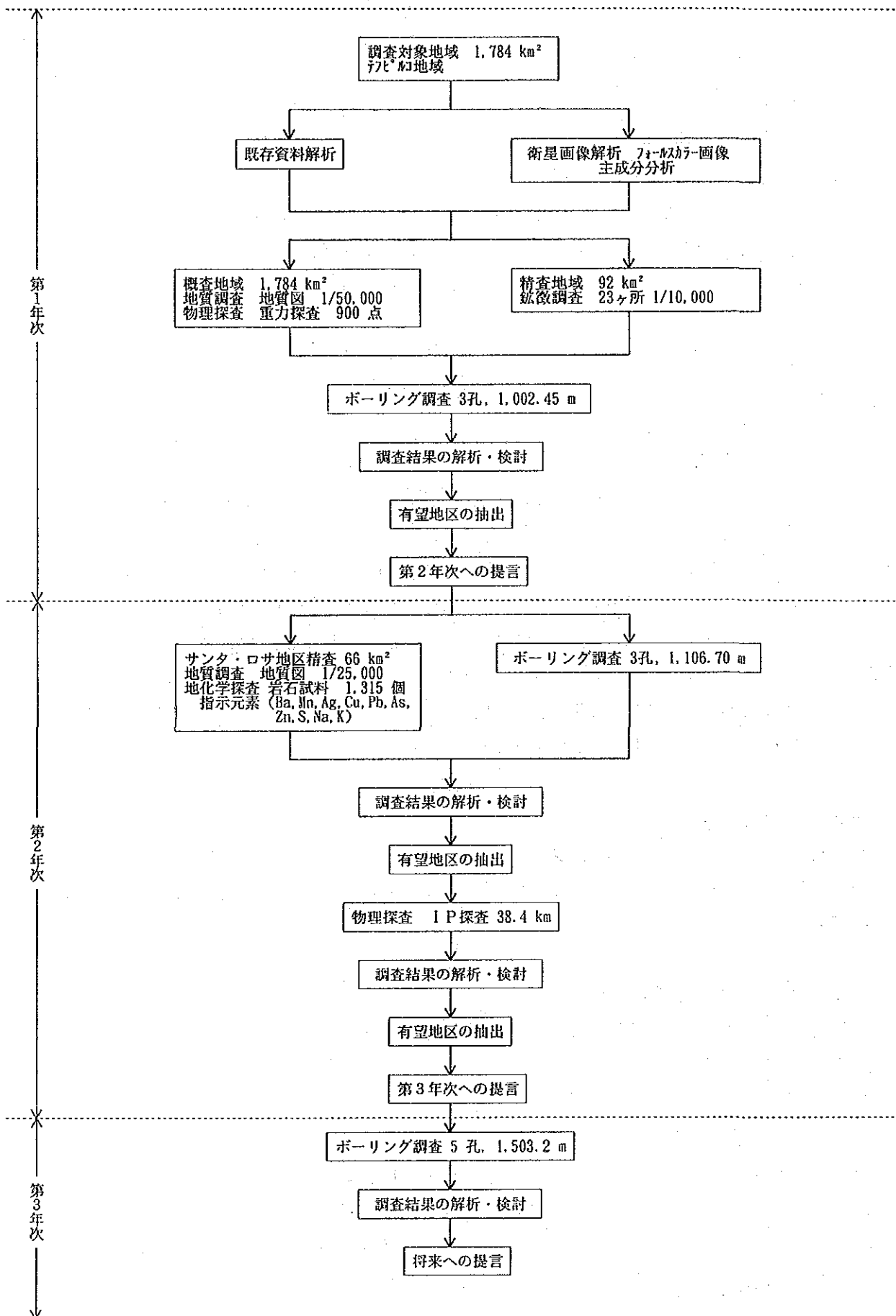


図 1-1-2 テピルコ地域調査フローシート

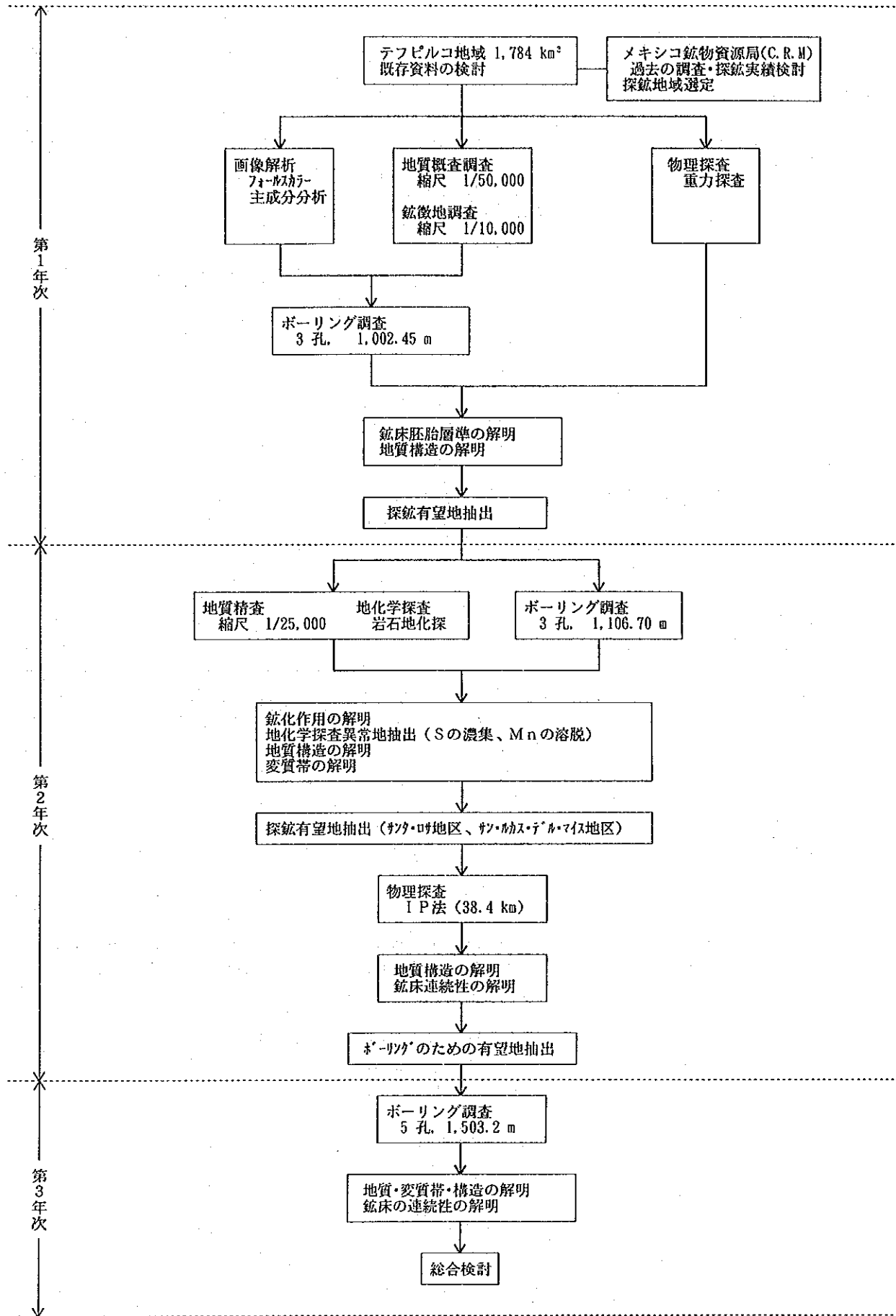


図 I - 1 - 3 鉱床有望地抽出フローチャート

表 1 - 1 - 1 年度別調査方法及び調査総括表

年 度	平 成 3 年 度	平 成 4 年 度	平 成 5 年 度
調査期間	自 1991. 7. 26 ~ 至 1992. 2. 21	自 1992. 6. 14 ~ 至 1993. 2. 25	自 1993. 6. 17 ~ 至 1994. 2. 25
調査計画及び折衝	通産省資源エネルギー庁 青山 正幸 国際協力事業団 池田 肇 金属鉱業事業団 横川 勝美 霜島 洋 中村 勝隆	金属鉱業事業団 伊藤 正 小島 和浩	金属鉱業事業団 伊藤 正 小島 和浩
	鉱物資源局 Fernel Arvizu Lara Carlos G. Rivera y Villasana Raymund Barcena y Lopez Jose Cardenas Vargas Jose Luis Edgar Rodriguez Medina Roberto Montoya Hernandez Raul Maldonado Ramirez Roberto Cedillo Calvillo	鉱物資源局 Carlos G. Rivera y Villasana Jose Luis Edgar Rodriguez Medina Raul Maldonado Ramirez	鉱物資源局 Carlos G. Rivera y Villasana Jose Luis Edgar Rodriguez Medina Raul Maldonado Ramirez
現地調査	同和工営株式会社 増淵 和芳 藤原 茂久 植田 和幸 今野 宏秀 棚橋 道郎 岩城 倉米 石橋 利久	同和工営株式会社 増淵 和芳 藤原 茂久 浜松 誠 吉川 稔 岩城 倉米 乳井 正	同和工営株式会社 増淵 和芳
	鉱物資源局 Jose Antonio Herrera Maguey Roberto Cedillo Calvillo Pascual Ezequiel Gonzalez Monsivais Raucel Pascacio Toledo Amancio Reyes Salazar	鉱物資源局 Jose Antonio Herrera Maguey Jaime Galvan Chavez Jose Antonio Torres Lambarri Raucel Pascacio Toledo Jorge Hernandez Lopez Justino Escamilla Orta Miguel Figueroa Salcedo	鉱物資源局 Jose Antonio Herrera Maguey Justino Escamilla Orta
現地指導監督	金属鉱業事業団 鈴木 哲夫 両角 春寿 広川 満哉 小島 和浩 国際鉱物資源開発協力協会 福田 皎二	金属鉱業事業団 伊藤 正	金属鉱業事業団 辻本 崇史

表 1-1-2 年度別調査期間及び調査員総括表

調査方法		年 度		
		平成3年度	平成4年度	平成5年度
衛星画像解析 調査面積 ・フォールスカラー画像(フルシーン) ・フォールスカラー画像(調査範囲) ・主成分分析		1,784 km ² (全域) 1 種類 1 種類 1 種類		
地質調査 ・調査面積 ・踏査距離 ・鉱徴調査		1,784 km ² 400 km 23 箇所(92 km ²)	66 km ² 200 km	
物理探査	重力探査 ・調査面積 ・測点数	1,784 km ² 900 点		
	電気探査 ・測線総延長 ・測線数 ・測定回数		38.4 km (1.6km×24測線)24測 1,200 回	
岩石薄片 鉱石研磨片 分析 ・鉱石(Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Fe) ・岩石(SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO ₂ , MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI) ・地化学探査試料(Ba, Mn, Ag, Cu, Pb, As, Zn, S, Na, K) X線回折 年代測定(Pb-Pb法) 密度測定		105 枚 56 枚 104 件 27 件 79 件	16 枚 15 枚 16 件 1,315 件 343 件 3 件	
ボーリング調査 ・数量 ・総掘進長 岩石薄片 鉱石研磨片 分析 ・鉱石(Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Fe) ・地化学探査試料(Ba, Mn, Ag, Cu, Pb, As, Zn, S, Na, K) X線回折 比抵抗・I P測定		3 本 1,002.45 m 23 枚 22 枚 33 件 19 件	3 本 1,106.70 m 18 枚 17 枚 34 件 86 件 22 件 36 件	5 本 1,503.20 m 22 件 23 枚 64 件 112 件 22 件 43 件

(Santa Rosa) 鉍化帯が存在し、ペニョーレス(Penoles)社により坑道が開削されており、ティサパ地区とその近隣地区は有望探鉍地区であることが判明した。1979年から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、坑道探鉍、立坑開削が実施された。さらに、1987年～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、鉍化帯は地表下80～290 mにあり、鉍床の最大厚さ20 m、延長約420m、鉍量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 %)と評価された。

第3章 一般地質(調査地域周辺)

3-1 地質

本地域は、図1-3-1に示すように区分されたメキシコの構造帯のうち、新期火山地帯のほぼ中央部に位置する。この新期火山地帯は、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。本地域にはこれらに関連する岩石のほかに二畳系～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。

変成岩類は、タスコ(Taxco)片岩類、石灰質層群に区分される。タスコ片岩類は泥質片岩を主とし、部分的に火山岩を起源とする片岩が卓越する。この変成岩類は、本地域の中軸部を南北に分布し塊状硫化物鉍床を胚胎する。この変成岩類を取り囲むように石灰質層群が分布している。石灰質層群は、石灰質粘板岩、緑色火山岩類、石灰質砂岩、粘板岩などからなり、塊状硫化物鉍床の上盤を形成している。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 180 ± 44 Maの値が得られ、ジュラ紀中期に対比されている(Parga Perezほか、1981)。また、タスコ片岩類のトラトラヤ(Tlatlaya)付近に分布する試料からK-Ar年代として 79 ± 5 Ma (Friesほか、1965) が得られているが、

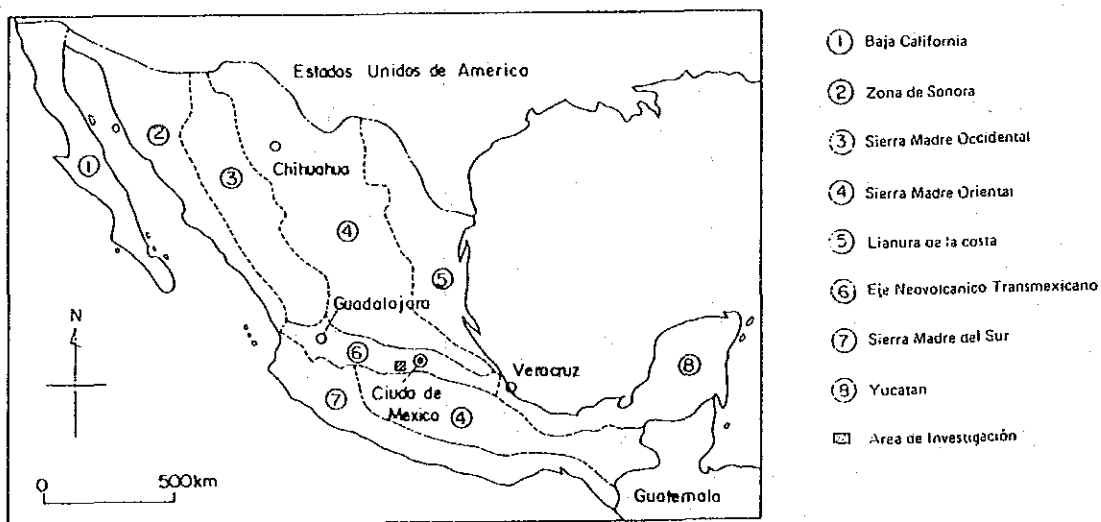


図1-3-1 地質構造区分図

花崗岩の貫入の影響があると考えられている。また、タスコ片岩類に胚胎するティサパ鉱床産鉱石のPb-Pb年代測定は資源開発協力基礎調査(1991)で実施し、1.0~1.5億年の値が得られており、これはジュラ紀~白亜紀にあたる。

第三系は、バルサス(Balsas)層とティルサポトラ(Tilzapotla)流紋岩類からなる。バルサス層は安山岩質溶岩、礫岩及び砂岩・泥岩互層からなり、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。

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。沖積層はテフピルコ、ルビアノス(Luvianos)などの盆地や河川沿いに分布し、未固結の礫・砂を主としている。

貫入岩類は、花崗岩類、岩脈・岩床などからなる。花崗岩類は岩株状のものが北部及び南部に分布し、周囲の変成岩類に熱変成作用を及ぼしている。岩脈・岩床類には、パイロキシナイト、はんれい岩~閃緑岩、安山岩、デイサイト~流紋岩などがある。

3-2 鉱床

本地域にみられる鉱床の主なものは、層準規制型の塊状硫化物鉱床と鉱脈型鉱床である。

塊状硫化物鉱床であるエスメラルダ(Esmeralda)、ティサパ及びサンタ・ロサ鉱床は、地理的には調査地域北西部に位置し、ほぼ南北方向の約10km間に並ぶ。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~千枚岩が分布し、鉱床近傍及び下盤には主に火山岩起源の緑色片岩や酸性片岩がみられ、火山活動と密接な関係があることが判明した。また、塊状硫化物鉱床とされていたエル・リオ鉱床は、ティサパ鉱床などより下位層準でありながら、鉱石は変成作用を受けていないことなどから鉱脈型鉱床に属すると考えられる。

鉱脈型鉱床は、主に調査地域中央部の東西ゾーンに集中して分布する傾向がみられる。鉱床はAg-Pb-Zn石英脈を主とし、タスコ片岩類~ティルサポトラ流紋岩類を切る断層・断裂中に胚胎している。流紋岩貫入岩中にもベレン(Belem)、パントハ(Pantoja)、アルバージョ地区では多くの鉱脈が認められ、鉱化作用は流紋岩質火成活動に引き続いて形成された可能性が高い。鉱脈型鉱床の大規模なものは、ティルサポトラ流紋岩類や貫入岩類よりもタスコ片岩類や石灰質層群中に多い傾向にあり、母岩の物理的性質を反映していると考えられる。鉱脈方向はほとんどのものがNW-SE系であり、ほぼ同時期に形成したことを示している。N-S系及びE-W系の脈も存在するが劣勢であり、これらに伴うものは低品位である。

第4章 調査地域概要

4-1 交通

本地域は、メキシコ合衆国中央部のメキシコ (Mexico) 州の南西部に位置し、首都メキシコシティ (Cuidad de Mexico) から南西方の直距離約100 kmのテフピルコをほぼ中心とし、東西35 km、南北55 kmの範囲にあたる (図I-1-1、別添図総合解析結果図)。

本年次は、調査のベースキャンプをテフピルコに置いた。首都メキシコシティからの交通手段、距離及び所要時間は次のとおりである。

メキシコシティ	$\frac{65 \text{ km}}{1.0 \text{ 時間}}$	トルーカ	$\frac{99 \text{ km}}{2.0 \text{ 時間}}$	テフピルコ
---------	--	------	--	-------

メキシコシティからトルーカ (Toluca) までは高速道路があり、さらに調査地までは山岳部を通る国道がある。カーブは多いがメキシコシティ～テフピルコ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～トルーカ及びトルーカ～テフピルコ間はバスが頻繁にある。メキシコシティからテフピルコ間の直通バスも1時間間隔であり、所要時間は約5時間を要する。乗用車で高速道を利用した場合は約3時間でメキシコシティからテフピルコに至る。

4-2 調査環境

4-2-1 地形及び水系

調査地域は、メキシコ合衆国中央部で東西方向に発達する新期火山帯 (Trans-Mexican Volcanic Belt) の標高約700～2,600mの山岳地帯に位置する。特に、北東部では、セロ・ファン・ルイス (Cerro Juan Luis) やセロ・エル・ペニョン (Cerro El Penon) などの2,000m以上の山が連立している。

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のに対し、北部及び中央部には火山地形があり、小規模の火山噴石丘が分布している。これらの火山噴石丘のまわりには初期の開析を受けた溶岩域があり、典型的な平坦な溶岩台地地形を呈している。調査地北部ではテマスカルテペック川 (Rio Temascaltepec) 及びその支流がこの溶岩台地を侵食し急峻な渓谷地形を呈している。また、北部及び南東部には広範囲に第三系の流紋岩類が分布し、急峻な山岳地形を形成している。南西部には花崗岩が分布し、比較的平坦で標高700m級の当地域の低地部を形成している。

主な水系は、地区北部で西流するテマスカルテペック川と中央部のテフピルコ付近から南西部にかけて西流するサン・フェリペ川 (Rio San Felipe) 及び地区南部で南流するトピラル川 (Rio Topilar) の3河川であり、これらの河川の支流は樹枝状水系を呈する。北部のテマスカルテペック川ではテフピルコ市とサカソナパン (Zacazonapan) 市、テマスカルテペック市の境界をなしている。また、テフピルコの南部で南流するテフピルコ川やアキア

グア川 (Rio Aguiagua) などが合流し、流れを西方に変えてサン・フェリペ川 (Rio San Felipe) に注ぐ。一般にこれらの河川では急峻な渓谷地形を呈しているために流れが急であり、特に、雨期には橋以外には川を渡ることが困難である。

4-2-2 気候及び植生

調査地域の気候は亜湿潤温帯性である。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。調査地区中央部のテフピルコの年間総雨量は約1,000 mmを越え、平均気温は22°C以上である。雨期は6月から9月であり、この間の月平均降水量は240~250 mmである。このうち6月は降水量が最も多く260~270 mmである。乾期は10月から5月であり、あまり雨が降らない。特に2月~3月は月平均5 mm程度である。最高気温は4月の35~37°C、最低気温は1月の2°C前後である。調査地域南部及び西部では湿潤亜温帯性気候であり、年間総雨量800~1,200 mm、平均気温は18~22°C程度である。

植生は気候と地形の変化同様に多種多様な種類がみられる。特に、標高の差により植生が異なっており、2,500 m以上の山岳部では松やメキシコモミの木などであり、2,500 ~ 1,600 m付近は松、クルミ、ギンモクセイ、ヤナギ、クワなどが生えている。また、1,600 m以下の地区にはヤシ、オレンジ、アボガド、パパイヤなどの樹木のほか、サトウキビ、バナナ、ヘチマ、クロイチゴ、ハナシノブ、ノバルサボテンなどの草木が生えている。また、薬草としてはジャスミン、テペチクレ、アオイ、キリストノカンムリ、シダ、ハコベ、イヌアリタソウなど多くのものがみられる。

動物は当地区で最も一般的なものとして、鹿、コヨーテ、キツネ、リス、ヤマネコ、アルマジロ、兎、掘りネズミなどがみられる。また、鳥類では、イヌワシ、ヒゲワシ、ヒメコンドル、フクロウ、カササギ、ハト、キツツキ、スズメ、ツグミ、キジ、サギ、ウズラクイナ、ツバメなどが生息している。これらの他にサソリやタランチェラなどのような色々な種類の昆虫やクモ類もみられる。サソリは野外の大きな石の下によく生息しているほか、テフピルコの町中の家々の中にもよく侵入してくるので注意を要する。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

本調査は、メキシコ合衆国テフピル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3年度から3カ年計画で実施され、既存データ解析、衛星画像解析、地質調査、物理探査及びボーリング調査を実施した。

本プロジェクト地域には、塊状硫化物鉱床と鉱脈型鉱床が分布し、鉱床の経済性や規模を考慮して、塊状硫化物鉱床の探査を優先して行った。

本調査の結果、塊状硫化物鉱床の層準が明らかとなった。すなわち、ティサパ鉱床及びサンタ・ロサ鉱床は同一層準に胚胎し、本地域の塊状硫化物鉱床の胚胎層準は広義の意味において一枚である。鉱床層準の上盤には石灰質層群の石灰質粘板岩があり、下盤にはタスコ片岩類の緑色片岩や泥質片岩が認められる。また、鉱床が分布する区域にはタスコ片岩類中の酸性片岩や緑色片岩が広く分布し、鉱床近傍に火成活動があったことを示唆している。したがって、これらの層準の分布するティサパ鉱床～サンタ・ロサ鉱床～テフピルコにかけてのNW-SE方向の地区を鉱床賦存のポテンシャルが高い地区として限定することができた。この地区のボーリング調査結果、地質構造を把握するとともに、各ボーリングとも少量の黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱、微量の黄銅鉱、閃亜鉛鉱などを含む鉱染帯を把握した。しかし、比較的広範囲に弱い鉱化作用が及んでいる地区であり、鉱化帯にまとまりがなく、広がっていることなどからティサパ鉱床規模の品位と鉱量を有する鉱床賦存の可能性はティサパ地区以外は少ないと判断される。

一方、鉱脈型鉱床は大部分がAg-Pb-Znを含む石英脈であり、鉱脈の優勢な方向はNW-SEであることが地質調査結果から明らかとなった。当地域にはエル・マラカテ(El Malacate)鉱床の10~20 m×1 kmに及ぶ大規模の鉱脈も存在しているほか、一部の鉱脈は第四系などの上位の地層などで覆われている。また、サンタ・ロサリア(Santa Rosalia)鉱床ではAu 5.12 g/t、Ag 7.824 g/tと高品位の鉱石が坑内で認められ、ベレン(Belem)鉱床ではAu 9.88g/t、Ag 7.118g/tと高品位の露頭も発見できた。

5-2 将来への提言

将来の調査として次のことを提案する。

塊状硫化物鉱床探査のために、さらに、ボーリング調査を行うことによって塊状硫化物鉱床を把握する可能性はあるが、ティサパ鉱床周辺を除くと弱い鉱化作用が広がっていることなどからティサパ鉱床規模の品位と鉱量を有する鉱床賦存の可能性は少ないと判断される。

一方、鉍脈型鉍床はベレン～ナランホ(Naranjo)鉍床周辺、サンタ・ロサリア鉍床周辺、エル・マラカテ鉍床周辺の順に探鉍活動の優先順位をあげることができる。さらに調査を実施する場合は、これらの鉍脈型鉍床についても地化学探査を実施する必要がある。探査方法は鉍脈を切る方向に10 m間隔で土壌及び岩石のサンプリングを実施し、As、Ag、Au、Hgなどの分析を行い、鉍化作用の範囲や連続性を把握することである。走向方向には連続性がよいので、100m間隔ぐらいが有効と推定される。同時に、地表に分布する鉍脈中の石英などの流体包有物測定を行うことにより、現在みられる鉍脈が鉍化作用のどのような位置にあたるかを検討し、下部延長部への探鉍の有効性などを把握することが有用と考えられる。また、当地域に分布する既知鉍床の下部延長方向への探査は、ほとんどなされていない。よって、ボーリング調査により、鉍化帯地下深部までの連続性を把握することが望ましい。



第 II 部 各 論

第 II 部 各 論

第 1 章 既存データ解析

1-1 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 (Univarsidad 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 トルーカ事務所を拠点として収集業務を行った。

検索した既存資料リストは巻末に示す。一部資料についてはその所在が不明であり、未収集のものがある。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。

1-2 解析結果

(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、1,000,000分の1地質図幅 (SPP, 1981) 及び 50,000分の1岩相分布図 (Cetenal, 1975a, b, c) がある。

(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 (Cserna, 1982)。

(年代)

当該地域に年代測定データは、次の3つがあるのみである。

タスコ片岩類については、Rb/Sr法年代が測定され、 180 ± 44 Maの値が得られ、ジュラ紀中期に対比されている (Parga-Perez et al, 1981)。

また、地域南方のトラトラヤ付近で、タスコ変片岩中の白雲母についてK-Ar法放射年代が測定され、 79 ± 5 Maの値が得られ、白亜紀後期に対比されている。測定に用いた白雲母は、トラトラヤ花崗岩体の侵入に伴う接触変成作用によって生成されたと考えられており、この侵入岩体の定置時代を表している (Fries y Rincon-Orta, 1965)。

ティサパ鉱床については、方鉛鉱中のPbについて $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 法放射年代が測定されており、 $156.3 \sim 103.4$ Maの値が得られている (JICA・MMAJ, 1991)。ジュラ紀後期～白亜紀前期に対比されるが、胚胎母岩であるタスコ片岩類の地質時代よりも若い年代を示している。

(鉱床データ)

調査地域中央部から北部にかけてCRM鉱区が広く分布するほか、既知鉱山・鉱床周辺では多数の民間鉱区設定が行われているが、所有者等についての詳細は不明なものが多い。

現在、稼働中は1991年8月より稼働を始めたギターラ鉱山のみである。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）脈鉱床及び不規則水銀鉱床といった形式の鉱床がある。

(探鉱史概略)

(1) ボーリング

ティサパ、エスメラルダ、サンタ・ロサ及びエル・リオの各鉱山・鉱床について探鉱ボーリングがなされている。ティサパ、エスメラルダ及びエル・リオについてはCRMによる探鉱であり資料が保存されているものの、サンタ・ロサについては民間会社によるものであり詳細は不明である。

ティサパ鉱床は、1979年～1982年にかけてCRMによる”変成岩プロジェクト (Proyecto Rocas Metamórficas)”の一貫として地質・鉱床調査が始まり、坑外ボーリング47本（総延長7,719.2 m）が行われた。1987年～1991年にかけて”資源開発協力基礎調査（アルセリア地域）”によりその全容が解明され、鉱床の最大層厚20 m、延長約420 m、鉱量560万トンと評価されている（JICA・MMAJ、1991）。同基礎調査では、坑道掘削を行い、坑外ボーリング13本（総延長3,530.3 m）、坑内ボーリング46本（総延長3,599.7 m）が行われて、54本について塊状硫化物鉱を把握している。

ティサパ北方に隣接するエスメラルダ地区では、1981年～1984年にかけてCRMにより約1.5 km×0.6 kmの範囲について39本（総延長8,237.75 m）のボーリングが行われた。うち半数近くのボーリングで塊状硫化物が捕捉されている（Parga-Perez et al, 1984）。

サンタ・ロサ鉱山の周辺でも10数本の坑外ボーリングが行われたとされるが、詳細は不明である。

アルモロヤ（エル・リオ）地区については、4本（総延長345.4 m）の坑外ボーリングが行われている。うち1本において厚さ40 cmの硫化物集合体が捕捉されたほか、小規模な硫化物の鉱染が認められている（Elias-Herrera y Obregon Ramos, 1981b）。

(2) 地化学探査

1979年～1984年にかけてCRMによりティサパ地区及びアルモロヤ地区（エル・リオ付近）において、気化水銀測定が実施された。両地区ともSintrex社製HGG-3によるガス吸引法を用い、測線間隔50 m、測線上の測点間隔は25 mおきで行っている。統計処理により60 ppb以下の濃度をバックグラウンド値、110 ppb以上を高異常値として解析して、異常域の一

部が地表における酸化帯の分布に一致しているものもあることを指摘している (Elias-Herrera y Obregon Ramos, 1981b, Gutierrez-Tipia y Gomez Moreno, 1982)。

(3) 物理探査

広域調査としては、メキシコ全土の重力調査によるブーゲ異常図がある (Mena et al, 1992) のみで、磁気調査、電磁気調査の資料は認められない。

CRMによりティサパ地区からエスメラルダ地域にかけてやアルモロヤ地区の狭い範囲については、電気探査 (IP法) が行われているが、タスコ片岩類中の石墨によって干渉され実効性は確認されていない。(Hernandez-Perez, 1979, Elias-Herrera y Obregon Ramos, 1981b)。

ティサパ地区については、約4km²の範囲でTEM法調査、流電電位法調査 (CP法) 及びボーリングコアの比抵抗 / IP値測定が行われている。TEM法でも石墨片岩と塊状硫化鉍との識別は困難であった。流電電位法調査 (CP法) は、7本のボーリングを用いて測定が行われ、鉍床の連続性を確認している (JICA・MMAJ、1988)。

第2章 衛星画像解析

2-1 解析方法

衛星画像解析に使用したランドサットTMデータは、以下のとおりである。

パス	ロー	撮影年月日
027	047	14 march, 1986

調査地域は、上記データの区画の内北西部にあたる。解析にあたって作成した画像は以下のとおりである。

画像処理	縮尺
TMフォールスカラー画像 (BGR 234) フルシーン	1/250,000
TMフォールスカラー画像 (BGR 234) サブシーン	1/100,000
TM主成分分析画像 (BGR PC1×PC2、PC1×PC2、PC1×PC3)	1/100,000

図II-2-1にTMフォールスカラー画像のサブシーンを、図II-2-2にTM主成分分析画像をそれぞれ示す。画像解析は、1:100,000のサブシーン画像及び主成分分析画像を用いて行った。

解析の手順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
- ・各種解析画像の色調区分
- ・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
- ・現地検証調査

2-2 解析結果及び考察

ランドサットTMデータのフォールスカラー画像及び主成分分析画像を用いて画像判読図を作成し、地質・構造判読図を作成し、現地調査を行った。

本調査地域は変成岩類から第四紀玄武岩類までの時代幅の広い地層が分布している。画像データ解析では、広範囲な地質・構造解析を行い、併せて塊状硫化物鉱床の胚胎層準、鉱脈型鉱床の分布を把握する目的で行われた。

ランドサットTM画像は、広範囲に赤色～褐色系の色調が分布し、植生が多いことが推測できる。変成岩類と中生界堆積岩類の境界、それらを不整合に覆う第三系火山岩類の分布、第四系玄武岩類の分布といった大まかな地質構造が判読できるものの、それらを細分する岩相の違いの判読は困難であった。判読されたりニアメントはN-S系、NNW-SSE系、NNE-SSW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った。鉱脈型鉱床の主な鉱脈走向はNW-SE系である。ローズダイアグラムでは卓越方向

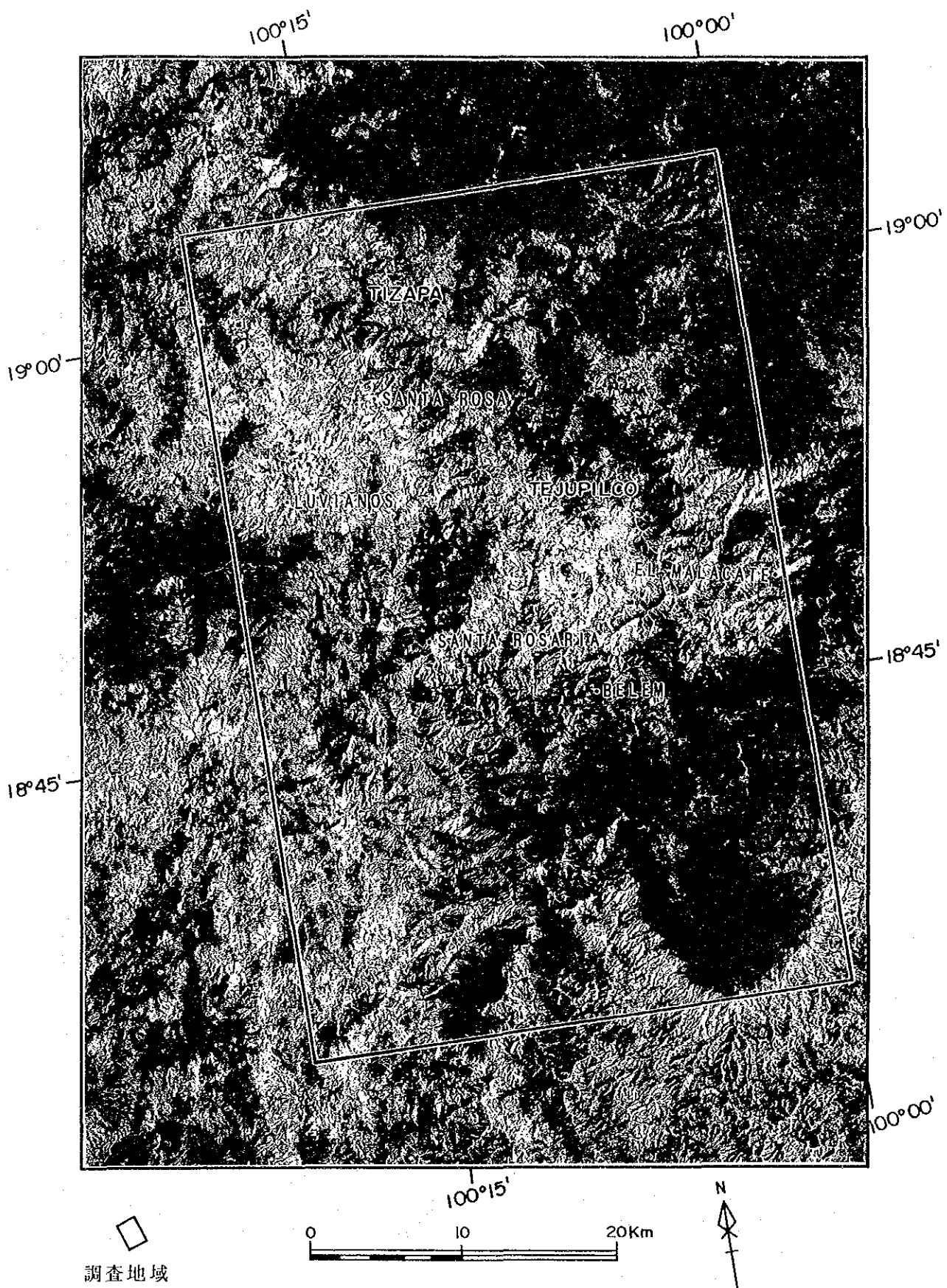
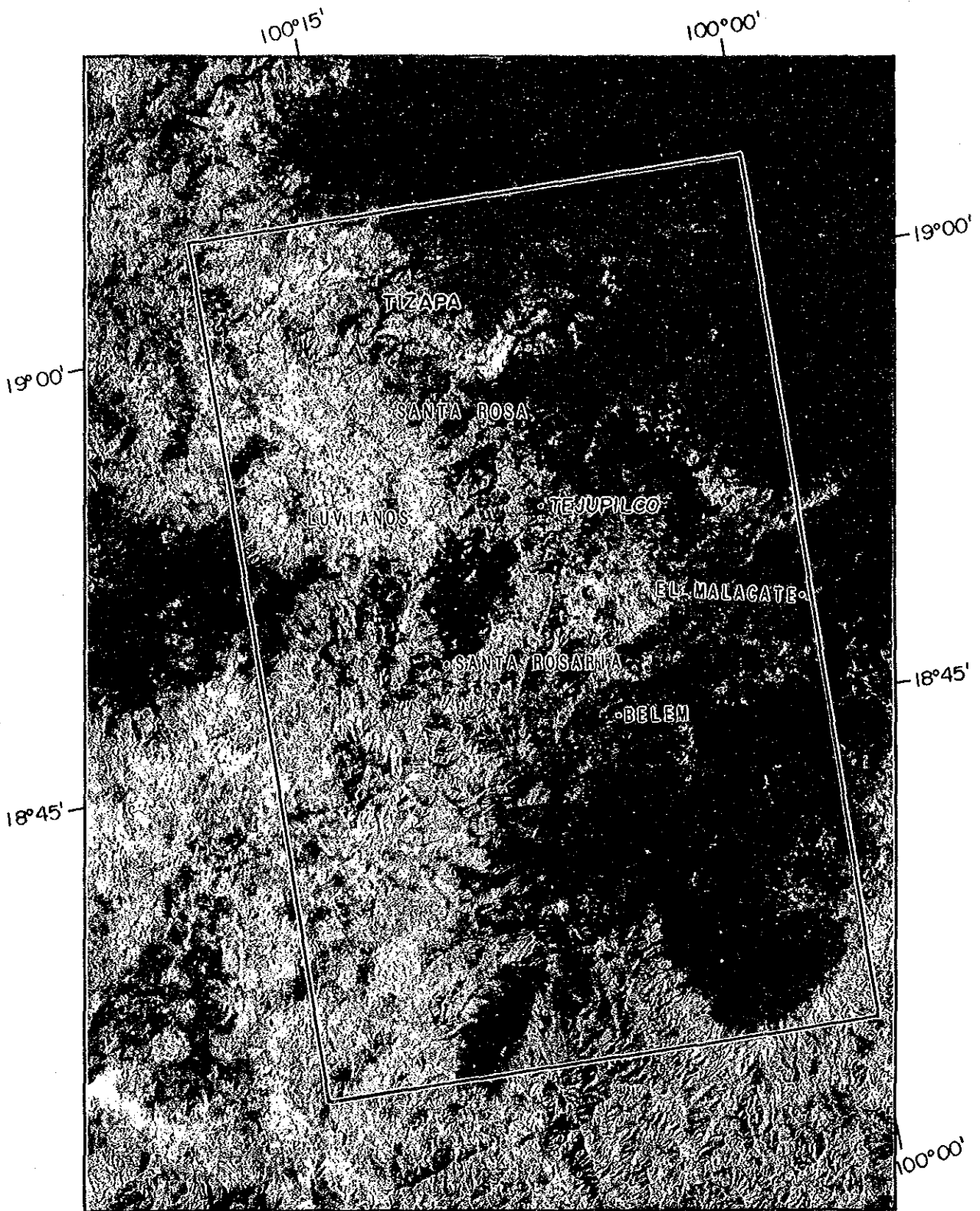


図 II - 2 - 1 TMフォールスカラー画像



□
調査地域

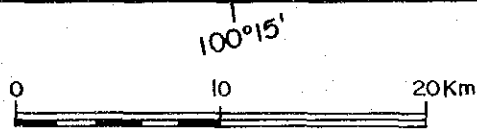
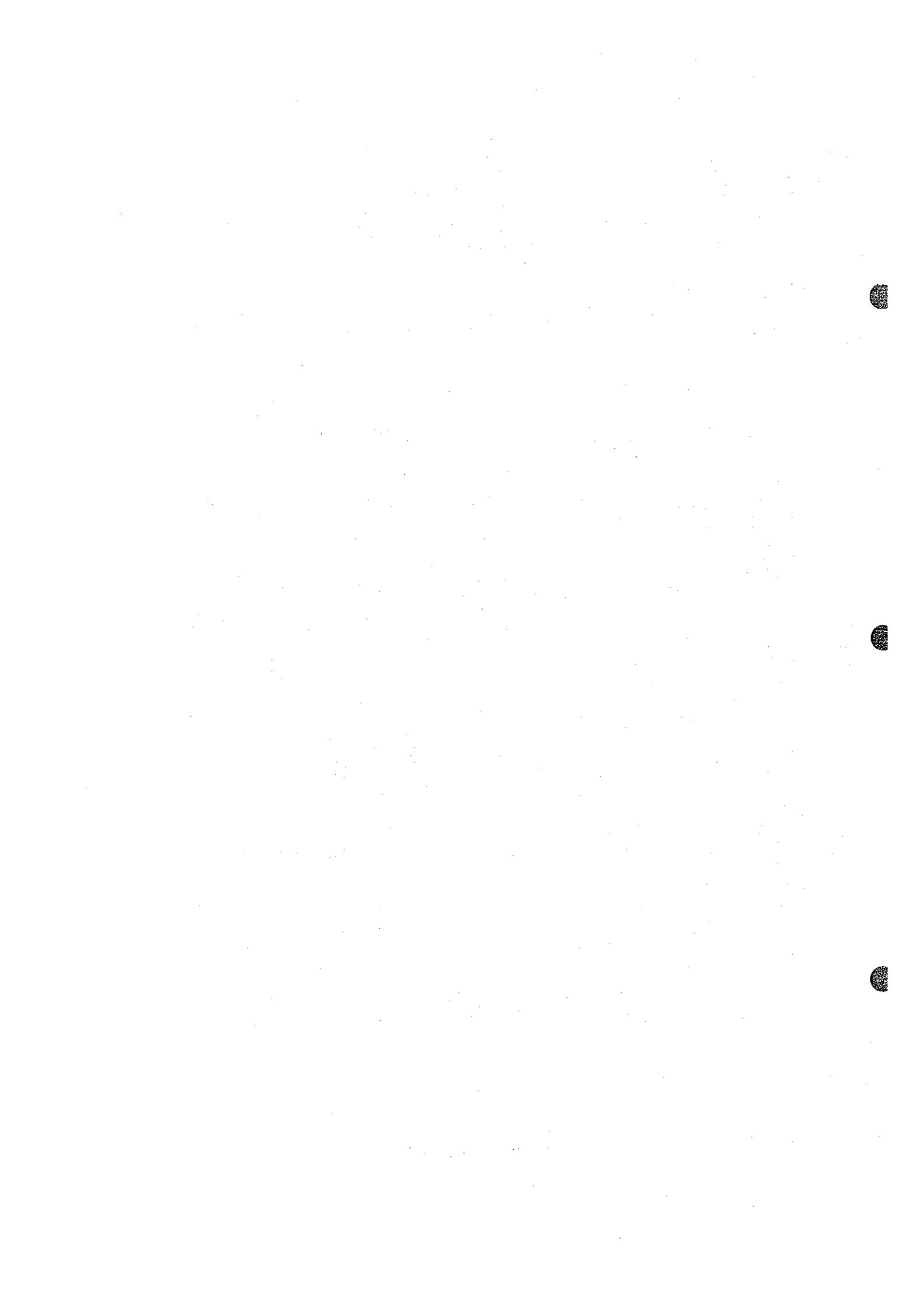


図 II - 2 - 2 TM主成分分析画像



としてはでてこないが、個別にみた場合、テフピルコ北西から南東にかけての付近で同系方向リニアメントが卓越しており、傾向としては一致している。

地域中央部で南北方向に広く分布する変成岩類中には流紋岩質貫入岩が多数胚胎し、鉱脈型鉱床の有力な関係火成岩とされている。これらの貫入岩ないしは鉱脈分布について画像上で判読することは困難であった。

ランドサットTMデータの主成分分析画像は多彩な色調を呈し、露岩地域については岩石の種類に対応した色調分布を示すことが経験的に知られている。本調査地域については、気候も比較的温暖で、植物の繁茂しているほか、耕作地や牧草地が不規則な形で広く分布している。主成分分析の結果と現地調査結果の対比から、第1主成分は主に地形の凹凸、第2主成分（画像ではB：青色）及び第3主成分（画像ではG：緑色）は植生の違いを反映していることが判明した。第4主成分（画像ではR：赤色）の高スコア地域は土壌・岩石の露岩地帯、道路、家屋等の非植生分布地域に対応していることが判明した。主成分分析を行った範囲内の画像データには地質情報以外のものが多すぎ、各バンドデータが岩石の種類、化学組成・鉱物組み合わせといった地質情報による変化幅が狭く、植生変化の違いに覆い隠されてしまったものと考えられる。

第3章 地質調査

3-1 地質概説

調査地域は、メキシコの構造帯のうち、新期火山地帯のほぼ中央部に位置する（図Ⅰ-3-1）。この新期火山地帯は、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。このような火山岩類に覆われて、調査地域には二疊系～白亜系の変成岩類～弱変成岩類が分布する。すなわち、本地域の地質は、変成岩類、第三系、第四系及び貫入岩類で構成される（図Ⅱ-3-1、図Ⅱ-3-2）。

変成岩類は、さらに、タスコ片岩類、石灰質層群（仮称）に区分される。タスコ片岩類は地域中央部を北から南へと帯状に分布し、泥質片岩を主とし部分的に火山岩を起源とする片岩が卓越する。タスコ片岩類の最上部にティサパタイプの塊状硫化物鉱床が胚胎される事が明らかとなった。石灰質層群は石灰質千枚岩層、緑色火山岩層（枕状溶岩を含む）、石灰質砂岩層及び粘板岩層からなり調査地域の西部及び北東部に分布する。上位のものほど変成度は低い。

第三系は、バルサス層とテイルサポトラ流紋岩類で構成される。バルサス層は、安山岩質溶岩、礫岩及び砂岩・泥岩の互層からなり全体に赤褐色を呈する。テイルサポトラ流紋岩類は、特徴的な火砕流台地を形成している。流紋岩質凝灰岩、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。

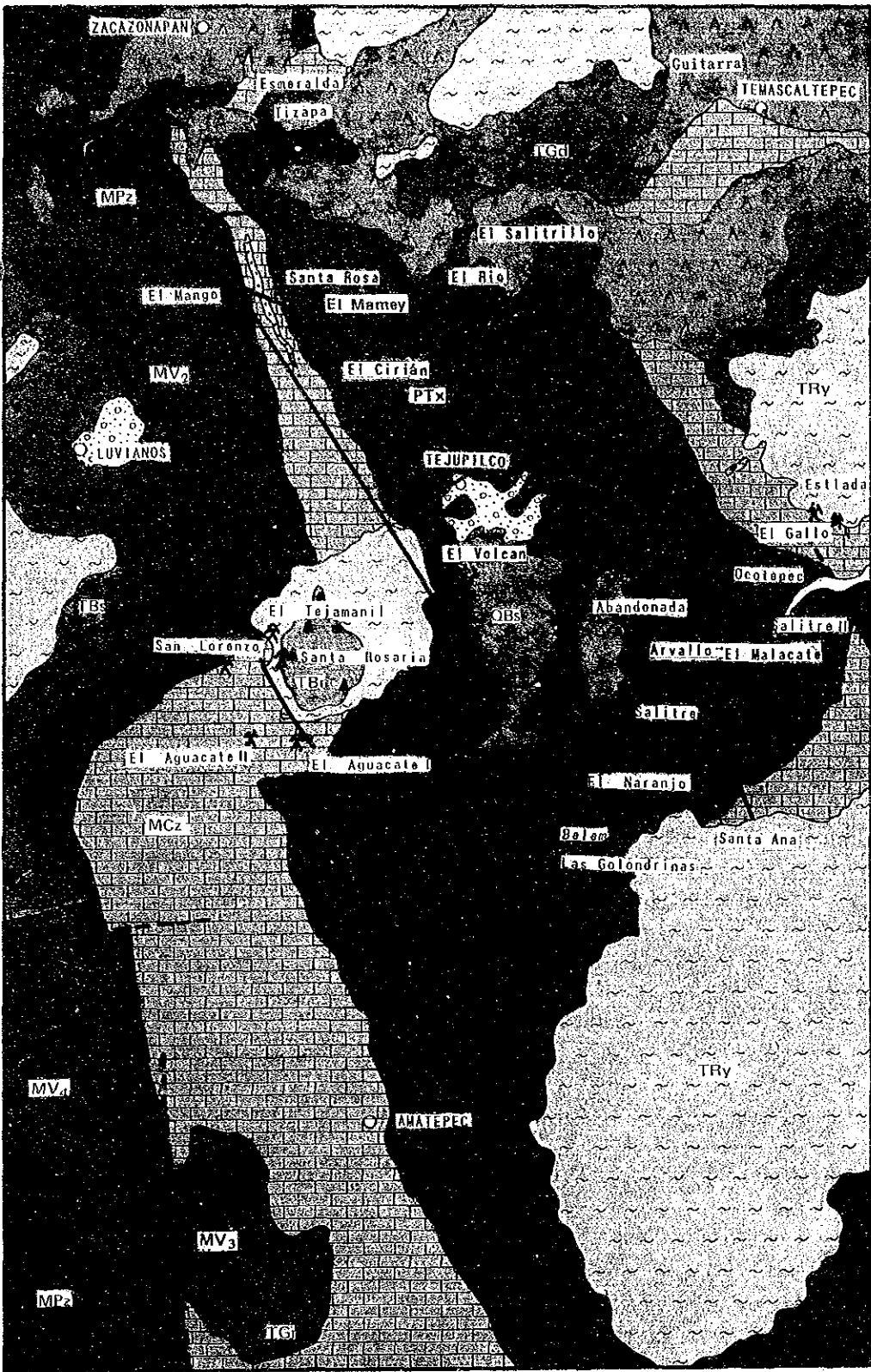
第四系は、玄武岩溶岩とスコリア丘、沖積層からなる。玄武岩溶岩は地形的に明瞭な溶岩流地形と台地を形成しており、スコリア丘を伴う場合が多い。沖積層はテフピルコ、ルビアノスなどの盆地、河川沿いに分布し、未固結の礫・砂を主としている。

貫入岩類は、花崗岩類、岩脈・岩床類からなる。花崗岩類は、岩株状のものが北部及び南部に分布し、周囲の変成岩類に熱変成作用を及ぼしている。岩脈・岩床類には、パイロキシナイト、はんれい岩～閃緑岩、安山岩、デイサイト～流紋岩などがある。このうち、デイサイト～流紋岩は、鉱脈鉱床の分布と密接に関係していることが明らかとなった。

地質構造的には、タスコ片岩類の分布する南北のゾーンに対してテフピルコ隆起帯（Cserna, 1982）が想定されているが、本調査の結果ティサパ付近からテフピルコ東部を経てアマテペック東方を通る背斜構造の存在が明らかとなった。また、変成岩類には広域的な変形作用の結果形成されたと考えられる重複した褶曲構造（劈開を伴う）が発達している。断層構造としてはE-W系、NW-SE系、N-S系のものが認められるが、大部分の鉱脈型鉱床がNW-SE系の断層・断裂に伴われている。

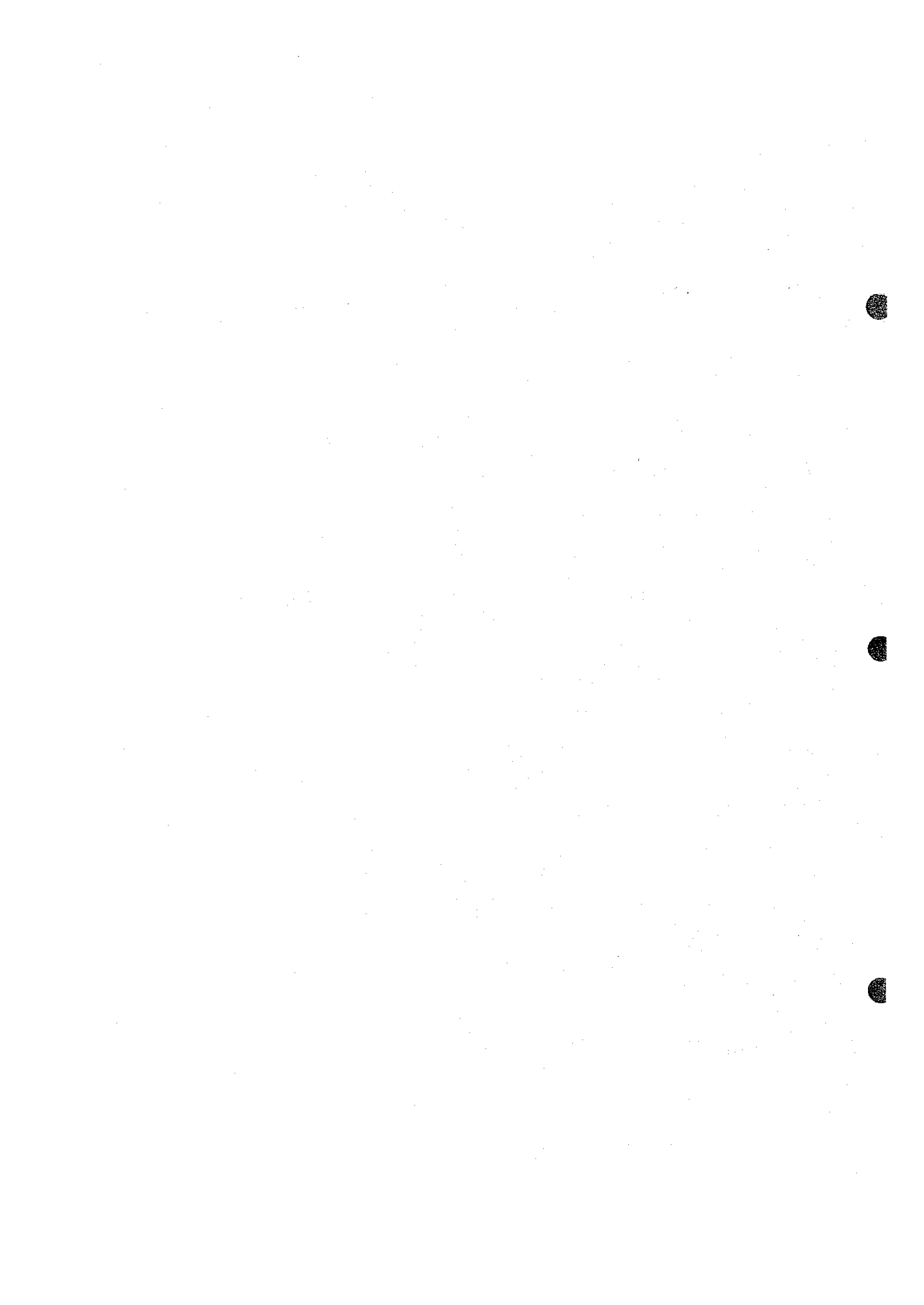
3-2 地質各論

地質図及び断面図を別添図総合解析図に、また、層序対比表を表Ⅱ-3-1にそれぞれ示した。



- LEYENDA
- CUATERNARIO
- OAI : geava-arena, limo
 - OBs : lava de basalto, scoria
 - RIOLITA TILZAPOTLA**
 - TBr : lava de andesita, piroclástico
 - TRy : andesita, piroclástica y toba riolítica
 - FORMACION BALSAS**
 - TBs : lava de andesita, conglomerado
 - GRUPO CALCAREO**
 - MV₄ : andesita, basalto, piroclastico
 - MPz : pizarra, pizarra calcárea
 - MV_{t-3} : lava de pillow, basalto
 - MCs : arenisca calcárea tobaslea
 - MCz : filita calcárea, arenisca calcárea
 - ESQUISTO TAXCO**
 - PTx : esquistos pelítico y verde
 - ROCAS INTRUSIVAS**
 - TGd : granodiolita
 - TGr : granito
 - PGr : granito gneisico
 - DKr : dique felsico
- Falla
 eje de anticlinal
 área de estudio(1992)

图 II - 3 - 1 調查地域地質概要図



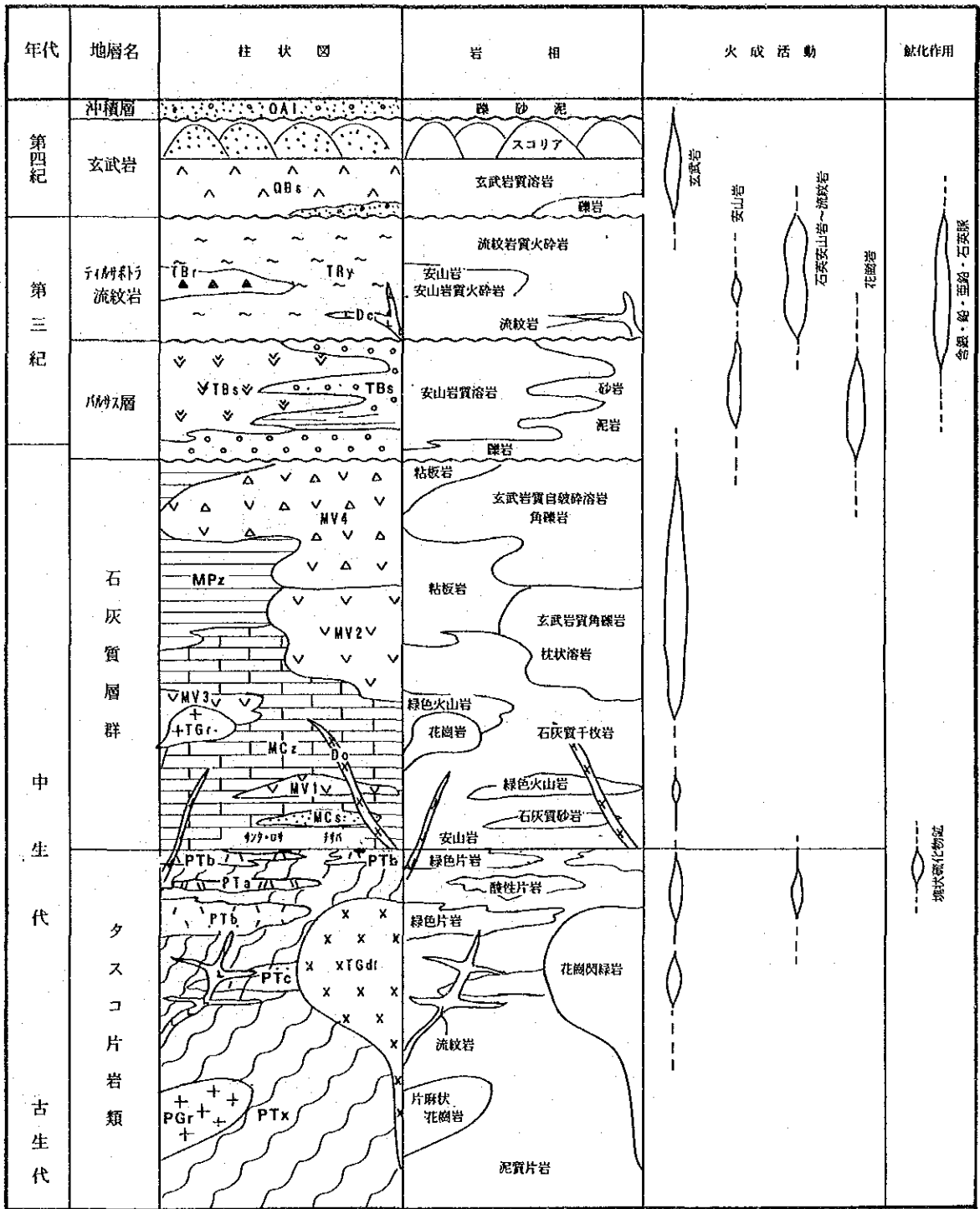


図 II - 3 - 2 地質模式層序図

表 II - 3 - 1 層序対比表

EDAD	REGION TEJUPILCO	HOJA TEJUPILCO	HOJA TAXCO
CUATERNARIO	ALUVION	ALUVION	ALUVION
	BASALTO	BASALTO	BASALTO
TERCIARIO		ANDESITA BASALTICA	ANDESITA BASALTICA TOBA Y LAHAR
			FORMACION ZINACANTEPETEL FORMACION CHONTALCOATLAN ANDESITA BUENAVISTA
	RIOLITA TILZAPOTLA	RIOLITA TILZAPOLTA	RIOLITA TILZAPOTLA
	FORMACION BALSAS	FORMACION BALSAS	FORMACION BALSAS FORMACION TETELCINGO
MESOZOICO	GRUPO COLCAREO	FORMACION ARCELIA	FORMACION MEXCALA
		FORMACION XOCHIPALA	FORMACION CUADRUJA
	FORMACION AMATEPEC	FORMACION AMATEPEC	FORMACION MORELOS
	FORMACION ACUITLAPAN	FORMACION ACUITLAPAN	FORMACION XOCHIPALCO ANIDRITA HUITZICO
PALEOZOICO	ESQUISTO TAXCO	ROCAVERDE TAXCO VIEJO	ROCAVERDE TAXCO VIEJO
		ESQUISTO TAXCO	ESQUISTO TAXCO

1. 変成岩類

変成岩類は、タスコ片岩類、石灰質層群に区分できる。

(1) タスコ片岩類

テフピルコ図幅 (1/10万) 及びタスコ図幅 (1/10万) で示されたタスコ片岩類にほぼ相当する。トラトラヤ (Tlatlaya) 付近の試料から得られた K/Ar 年代は 79 ± 5 Ma (Fries 他, 1965) であるが、花崗岩の貫入の影響があり実際の年代はこれより古いと考えられている。また、Cuevasほか (1981) は 180 ± 44 Ma という Rb/Sr 年代を報告しているが位置などについては明らかでない。

北部のティサパ付近から幅 10 数 km で南南東に向かって帯状に分布する。

タスコ片岩類は、酸性片岩、緑色片岩、石灰質片岩、泥質片岩で主に構成される。これらの他に地質図には示していないが、露頭規模では砂質片岩の薄層が認められる。

① 酸性片岩 (PTa)

【分布】

主なものは地域北端のラ・フンダドーラからエル・サウス、セロ・ラ・ロベラをとおりサン・ルカス・デル・マイスまで NW-SE 方向に直線状に分布する。このほかサン・ルカス・デル・マイス北部、MJMT-4 などでも確認されている。

【岩相】

岩体の中心部では灰色～灰白色、細粒貫入岩様を呈し、片理面の発達は弱く、斑晶状の斜長石、石英と流理構造様の構造が認められることがある。また、エル・サウス付近では著しく珪質となっている。これに対し、岩体の周辺部では片状構造が著しく、褶曲構造がみられ緑色片岩との区別が困難なことがある。ラス・マルチネスへの道路沿いに分布する本岩では黒雲母に著しく富む。鏡下の観察では、自形の斜長石残晶と細粒の再結晶した石英、白雲母、アルバイトを主とする。

本岩については、酸性の凝灰岩起源とする考え (Elias, 1989 など) もあるが異質礫を伴わないこと、泥質岩との細かい互層が見られないこと、流理構造らしき部分が認められること、岩体の分布形態などからシート状またはシル状の浅所貫入岩体である可能性が強い。

② 緑色片岩 (PTb)

【分布】

主な分布地は、ラ・フンダドーラ (La Fundadora) 北部、エル・プラタナル・グランデ北部のテマスカルテベック川沿い、エル・プラタナル・グランデからラス・マルチネス (Las Martinez) にかけてとエル・マメイ (El Mamey) 北からサン・ルカス・デル・マイルスを通りサン・ホセ・ラ・ラグナ (San Jose de la Laguna) にいたる部分、サンタ・ロサ鉱床北方のエル・サウスの西から南東方向に帯状に地域南西端のテフピルコ南西までの部分 (サンタ・ロサ鉱床下盤) などに分布する。

【岩相】

ラ・フンダドーラ北部に分布する本岩は、泥質片岩と互層状に分布し、緑色片岩の厚さは数mである。灰緑色を呈し、片理構造が良く発達している。鏡下の観察では、レピドブラスチック (lapidoblastic) 組織を示し、葉片状の緑泥石とレンズ状の方解石、石英を主とする。この他、斜長石、カリ長石の残晶が認められる。

エル・プラタナル・グランデ北部のテマスカルテベック川沿いの本岩は、泥質片岩と互層するが、変質作用の結果と考えられる脱色、珪化、硫化物の鉱染が認められ、原岩の構造は不明瞭である。鏡下の観察では、多量のアクチノ角閃石と、葉片状の緑泥石、白雲母及び石英、アルバイトで主に構成されている。

エル・プラタナル・グランデからラス・マルチネスに分布するものは、弱い変質のために脱色したと考えられる緑色片岩であり泥質片岩の薄層を伴う。テマスカルテベック川支沢のアラモ (Alamo) 沢中流では、原岩の構造と考えられる扁平化した灰白色本質礫 (径数cm) が認められることから、海底に噴出した火山岩を起源とすると考えられる。この上流の泥質片岩との境界部では黄鉄鉱の鉱染が認められた。鏡下の観察では、レピドブラスチック組織を示し、緑泥石、斜ゆうれん石、石英、アルバイトを主としている。

エル・マメイからサン・ホセ・デ・ラ・ラグナに分布するものは、灰緑色～緑色を呈し、片理面の良く発達した火山岩起源の片岩と考えられる。サン・ルカス・デル・マイス付近では、下部にスポット状の緑泥石（径1～5 mm）を伴う溶岩相を示す部分が分布し、その上部は灰白色で偏平化した本質礫（粒度変化あり）を含む火砕岩が卓越する。さらに上部では細粒となり、礫はほとんどみられなくなる。鏡下の観察では、斜ゆうれん石、緑泥石、白雲母、アルバイト及び石英を主とし、レピドブラスチック組織を示す。

サンタ・ロサ鉱床下盤では灰緑色片状を呈する火山岩起源の片岩を主とする。上部と下部では泥質片岩薄層と互層し、泥質片岩へ漸移する。上部の互層部の下位には破碎状構造ないしは偏平化した灰白色礫（数cm～数10 cmの粒度変化あり）が認められるが、ほとんど異質礫を伴わない。また、MJMT-5束の沢中流で貫入岩起源と考えられる粗粒の斜長石を有する緑色片岩が見られる。

また、サンタ・ロサ鉱床北部～エル・シリアン南西にかけては弱いながらも断続的に脱色、珪化、硫化物の鉱染が認められ、鉱化作用に伴い形成されたものと考えられる。鏡下の観察では、サンタ・ロサ鉱床近傍の本岩はアクチノ角閃石、緑簾石を主とする中性～塩基性火山岩起源の変成岩である。

③ 石灰質片岩 (PTc)

【分布】

サンタ・ロサ北方とフミルテペック (Jumiltepec) 付近に薄層状またはレンズ状の分布形態を示して分布する。サンタ・ロサ付近では鉱床層準の下位に厚さ約50 mの薄層と見かけ上さらにその下位にレンズ状の岩体が存在する。薄層はサンタ・ロサ北からエル・サウス付近まで連続して認められ、タスコ片岩類の上部では部分的に石灰質堆積物の堆積環境にあったと考えられる。しかし、レンズ状の岩体と周囲のタスコ片岩類との直接の関係は露頭では観察できなかった。フミルテペックのレンズ状岩体でも同様である。上位の石灰質層群の一部が断層などによりレンズ状に取り込まれた可能性もあるが、サンタ・ロサ付近では薄層状のものが存在することから、本報告ではタスコ片岩類の一部として取り扱う。

【岩相】

岩相的には後に述べる石灰質層群の石灰質千枚岩と区別することは困難である。すなわち、全体的に暗灰色～灰色を呈し、泥質部と石灰質部が互層し小褶曲が発達している。

④ 泥質片岩 (PTx)

【分布】

地域北東部のラ・フンダドーラ北部からセロ・ラ・ロベラ (Cerro la Lobera) 北部一帯に分布するものと、これより見かけ上、上位の位置にあたるエル・サウス～調査地域南

端まで分布するものがある。

【岩相】

地域北東部のものは黒色、炭質物に富む泥質岩起源の片岩を主とするが、厚さ数cm～数10 cmの砂質片岩、緑色片岩層の薄層及びセグリゲーション石英を伴う。劈開面が顕著なフォリエーションを形成しており、しばしば片理面を切っている。鏡下の観察では、粒度は細粒（0.2 mm以下）であり、石英、白雲母に富み、アルバイト、緑泥石、石墨を伴う。

エル・サウスから南西方向に調査地域南端まで分布するものも黒色で炭質物に富む泥質岩起源の片岩を主とする。エル・シリアン東部などでは緑色片岩薄層を、サンタ・ロサ北部では石灰質片岩を伴う。地質図には表現できないが数mmの灰色凝灰質～砂質部と互層し、また厚さ数cmのセグリゲーション石英を伴うことが多い。片理面及び劈開面はよく発達している。鏡下の観察では、主に石英、白雲母、石墨などで構成されている。

(2) 石灰質層群

石灰質層群は、テフピルコ図幅（1/10万）のタスコ緑色岩～アルセリア層までの地層に対応するが、後述するようにはほぼ同じ堆積環境を示す一連のものであると考えられるため、一括して石灰質層群と仮称する。本層はさらに石灰質千枚岩層（MCz）、緑色火山岩層（MVI-MV4）、石灰質砂岩層（MCs）、粘板岩層（MPz）に区分できる。

① 石灰質千枚岩層（MCz）

本層は、テフピルコ図幅（1/10万）及びタスコ図幅（1/10万）のアマテペック層の一部に相当する。テフピルコ図幅では本層中に産する再結晶した化石から時代を白亜紀と推定している。

【分布】

タスコ片岩類をとりまいて帯状に分布する。すなわち、地域北西部ではティサパ鉱床を取り巻くようにティサパ北東～西部に分布し、さらに南南東方向にサンタ・ロサ西方～エパソテを通り国道30号南部でテイルサポトラ流紋岩類に覆われるまで連続している。その南方モンテ・デ・ディオス付近で再び出現し、南方に向かってアマテペック、トラトラヤを通り地域外へと連続している。地域北部では、第四系、第三系などに覆われて地表には露出しないが、地域北東部のアマテペック南西、地域東部のオコテペック、スルテペキートまで分布する。

【岩相】

黒色～暗灰色で細粒～中粒の石灰質千枚岩、砂岩を主とし非石灰質の粘板岩と互層するが下部では石灰質部が優勢である。一般に砂質部はcm～数十cmの板状を呈し、細粒部では片理面、スレート劈開がよく発達しており、重複した褶曲構造が認められる場合が

多い。地域南西部のセロ・デル・カンポ (Cerro del Campo) 付近ではサンゴ虫様の再結晶した化石を多く含む層が認められたが、再結晶が進んでいるため同定することは不可能であった。顕微鏡下では、多量の方解石を主とし、石英、白雲母、炭質物、黄鉄鉱、アルバイトなどの細粒の変成鉱物で構成されている。

② 緑色火山岩層 (MV1)

【分布】

サンタ・ロサ西方でNNW-SSE方向に約8km連続して分布する。後述する(MV3)とともにタスコ・ピエホ緑色岩 (Rocaverde Taxco Viejo) 層に対比される可能性がある。

【岩相】

下部では枕状溶岩構造が認められるが、上部では片状構造が良く発達している。全体として緑色～灰緑色を呈し、変成鉱物として肉眼的に緑簾石が認められることがある。顕微鏡下では、緑泥石、方解石、曹長石、緑簾石、アクチノ閃石、石英などの変成鉱物と斜方輝石、斜長石の残晶が認められる。

③ 緑色火山岩層 (MV2)

【分布】

地域北西端からルビアノス東方を通りプラサ・デ・ガヨス (Plaza de Gallos) 南方まで連続して分布する。

【岩相】

緑色～灰緑色塊状を呈し、パソ・デ・ビガス (Paso de Vigas) ～リンコン・デ・バルガス (Rincon de Vargas) 付近では枕状溶岩構造が顕著である。そのほかの部分では角礫状 (自破碎溶岩) 構造を示し、末端部では粘板岩と互層する成層構造の認められる凝灰岩も存在する。枕状溶岩の間を埋めてアミーバ状に石灰質千枚岩を取り込んでおり、角礫状部には方解石の細脈が多く認められることから、石灰質千枚岩と同じ様な堆積環境の場で形成されたと考えられる。(MV1) に比べると変成度は低く、片理面の発達も弱いかほとんどみられない。顕微鏡下では枕状溶岩はかんらん石玄武岩と鑑定され、斑晶として少量のかんらん石、石基はバリオリチック組織を示す斜長石とガラスで構成され、単斜輝石、かんらん石の認められるものも存在する。

④ 緑色火山岩層 (MV3)

【分布】

地域南西端のセロ・デル・カンポ (Cero del Campo) ～トラトラヤにかけて分布するが、走向方向に対する連続性は悪い。

【岩相】

灰緑色片状で緑泥石のスポットが認められる凝灰質なもの（上部）と、枕状溶岩構造、角礫構造を示すもの（下部）がみられ、前に述べた（MV1）と同程度の変成度を示す。トラトラヤ西部に分布する花崗岩の熱変成の影響を受け花崗岩近辺の本岩にはホルンフェルス化が顕著であり顕微鏡下では、多量の黒雲母が生じているのが認められる。ホルンフェルス化の影響がないと思われる試料の顕微鏡観察では、白雲母、方解石、緑泥石、斜長石で構成され微量のスフェーン、石英を伴う。レンズ状構造が顕著である。

⑤ 緑色火山岩層（MV4）

【分布】

本体は地域西部のルビアノス～その南方に帯状に分布する。（MPz）中にもレンズ状の小岩体がみられる。

【岩相】

緑色～灰緑色塊状、角礫状（自破碎構造）の溶岩起源の火山岩及び類質～本質岩片からなる火砕岩を主とする。緑泥石化、方解石化が認められるが、変成度は低い。顕微鏡下では、発泡した玄武岩、安山岩礫と斜長石、普通輝石及びガラスが認められ、杏仁状組織を示す。

⑥ 石灰質砂岩層（MCs）

【分布】

サンタ・ロサ西方でNNW-SSE方向に約6km連続して分布する。

【岩相】

分級度が良く、基質の少ない灰白色砂岩～細粒礫岩を主とし、黒色粘板岩薄層と互層する。片理面、劈開面はよく発達しており、顕微鏡下では、大部分が方解石からなり少量の石英、白雲母、炭質物、黄鉄鉱を伴う。

⑦ 粘板岩層（MPz）

【分布】

地域北西で（MV1）と（MV2）に挟まれて分布し、サカソナパン～ルビアノスの国道沿いでよく観察される。また地域西部では（MV4）の上下に帯状に分布する。

【岩相】

黒色粘板岩を主とし、石灰質千枚岩～砂岩の薄層及びレンズを伴う。また緑色火山岩層（MV4）厚さ数十mを数層挟在している。顕微鏡下では、方解石に富み、石英、緑泥石、アルバイト、炭質物など細粒の変成鉱物で構成されているが、しばしば斜長石、石英の破片が残存する。

2. 第三系

第三系は、バルサス層、テイルサポトラ流紋岩類からなる

(1) バルサス層 (TBs)

本層は、テフピルコ図幅 (1/10万) の同層と同一である。

【分布】

地域中央西部のルビアノス南方と東部のサン・ガブリエル・クエントラ (San Gabriel Cuentla) 東南の2箇所分布する。

【岩相】

ルビアノス南方では基底部に雑多な円礫 (主に変成岩) からなる礫岩を伴うが、大部分は赤褐色玄武岩質安山岩溶岩 (発泡した部分を伴う) からなる。東部では、赤褐色礫岩、泥岩、シルト岩の互層を主とし、安山岩質溶岩の薄層を伴う。溶岩の顕微鏡下の観察では斑晶として、かんらん石、石基として斜長石、単斜輝石、鉄鉱物、カリ長石、かんらん石、ガラスが認められ、アルカリ系列の火山岩 (粗面安山岩またはムジャリイ岩) と考えられる。

(2) テイルサポトラ流紋岩類

【分布】

本地域内では、5箇所にとままって分布する。すなわち、地域北部、中央西部、テフピルコ南西、東部及び南東部のシエラ・デ・ラ・ゴレタ (Sierra de la Goleta) に特徴的な火砕流地形を形成して分布する。

【岩相】

流紋岩質凝灰岩～溶結凝灰岩を主とし、安山岩質溶岩～火砕岩を伴う。凝灰岩は緑色の火山ガラスに富み、粘板岩、片岩、火山岩などの異質礫を伴う。溶結凝灰岩は、灰桃色で斜長石、石英の結晶に富み、扁平化した本質岩片 (軽石) を含み非常に堅固である。顕微鏡下では、鉱物片として石英、斜長石、カリ長石、鉄鉱物とピトロクラスチック組織を示すガラスで構成され、シエラ・デ・ラ・ゴレタの本岩にはこの他黒雲母が認められた。安山岩質溶岩～火砕岩は暗灰色塊状を呈し、安山岩溶岩は顕微鏡観察では斜長石、普通輝石、普通角閃石、鉄鉱物で構成されている。

3. 第四系

本地域の第四系は、玄武岩溶岩とスコリア丘及び沖積層からなる。

(1) 玄武岩溶岩とスコリア丘 (QB_s)

【分布】

サン・フェリペ (San Feripe) 川以北 (地域の北半分) にのみ分布が認められる。すなわち、分布の南限はテフピルコ南南東のゴルド (Gordo) ・ティンタ (Tinta) 両火山周辺及びパントハ南部である。また、地域北部のティサパ〜テマスカルテッペックにかけてのゾーンに広く認められる。

【岩相】

基底部に固結度の悪い円礫岩、砂岩を伴うこともあるが、主体は斑晶に乏しい灰色〜暗灰色のかんらん石玄武岩溶岩からなり、台地を形成している。一フローユニットは数m〜数十mからなり、垂直に近い柱状節理が顕著に発達する場合が多く認められる。スコリア丘は、厚さ数cm〜数十cmの灰褐色粒状スコリア層からなり、10〜30°の傾斜を示す部分もある。溶岩の顕微鏡下の観察では、斑晶としてかんらん石が普遍的に認められ、普通輝石を伴い、石基には斜長石、単斜輝石、かんらん石、カリ長石、鉄鉱物、ガラスが認められた。このようなことから、本岩はアルカリ玄武岩質であると考えられる。

(2) 沖積層 (QA1)

本層はルビアノス、テフピルコ盆地及び主な河川沿いに分布し、未固結の礫・砂・シルトなどにより構成されている。層厚は数m以下である。

4. 貫入岩類

本地域の主な貫入岩は、アロヨ・フリオ片麻状花崗岩、テマスカルテッペック花崗閃緑岩体、トラトラヤ花崗岩体、流紋岩〜デイサイト岩脈・岩床、そのほかの岩脈からなる。

(1) アロヨ・フリオ片麻状花崗岩 (PGr)

本地域に分布する岩石の中で最も古い岩石と考えられていた (Parga他、1981) が、本調査の結果、タスコ片岩類に熱変成をあたえており、タスコ片岩類の堆積後の貫入であることが判明した。

【分布】

本岩は、ティサパ南東のアオガド (Ahogado) 沢及びフリオ (Frio) 沢に認められる。

【岩相】

中粒〜粗粒片麻状花崗岩であり、眼球状構造及び暗灰色閃緑岩質包有物が認められる。顕微鏡下では、石英、斜長石、カリ長石、白雲母、黒雲母を主とし、緑簾石、緑泥石、スフェーン、ジルコン、鉄鉱物を伴っている。

(2) テマスカルテベック花崗閃緑岩体 (TGr)

【分布】

地域北東部セロ・ペニョン (C. Penon) 東部～リオ・グランデ (Rio Grande) 及びその西方にかけて第四紀の玄武岩類及び第三紀の流紋岩類に覆われて分布する。また、エル・サリトリージョ (El Salitorillo) 鉍徴地付近のテマスカルテベック川ではタスコ片岩類の泥質片岩を貫いており、その南部に位置するエル・リオ鉍床周辺の変成岩類に熱変成作用を与えている。このことから、本岩体は、地下では南方に向かって広がっているものと推定される。

【岩相】

主として灰桃色、中粒～粗粒の花崗閃緑岩からなり、肉眼的にピンク色のカリ長石が特徴的に認められ、このほか石英、斜長石、黒雲母が認められる。前述のタスコ片岩類との接触部ではアプライト質岩脈を伴う。セロ・ペニョン南方の道路沿いでは粗粒の岩体が認められるが、風化が進んでマサ化している。顕微鏡下では、粗粒等粒状組織を示し、主に石英、カリ長石、斜長石、黒雲母、鉄鉍物で構成されている。

(3) トラトラヤ (Tlatlaya) 花崗岩体 (TGr)

【分布】

地域南端のトラトラヤ村西方で南北にのびた楕円状の岩体 (5 km × 3 km) として地形的急峻部に分布し、セロ・エル・カンパナリオ (C. El Campanario)、セロ・トレス・クルセス (C. Tres Cruces) などの山体を形成している。また、本岩体の東部～南方にかけては被貫入岩である石灰質千枚岩、緑色火山岩に強い熱変成作用を与えており、地下では南東方向に向かって本岩体が広がっているものと考えられる。

【岩相】

緑灰色、塊状で斑状～細粒完晶質を示すことから、地表に認められる部分は岩体の周縁部に相当すると考えられる。顕微鏡下では、斑状組織を有し、斑晶状の斜長石と細粒の斜長石、カリ長石、黒雲母、鉄鉍物で構成され、しばしば角閃石が認められる。また、緑泥石、緑簾石などの変質鉍物がみられ、熱水変質を受けていると考えられる。

(4) 岩脈・岩床類

地域中央東部のアルバージョ付近～ベレン鉍床付近にかけては厚さ数mの流紋岩質岩床が多く認められ鉍化作用と密接に関係している。斑晶に乏しいが、肉眼的に石英、長石、黒雲母などの微斑晶を確認できることもある。顕微鏡下では、斑晶として石英、カリ長石、斜長石、黒雲母が認められることが多く、稀に普通角閃石を伴う。石基はカリ長石、鉄鉍物と微細な珪酸鉍物で構成されている。化学分析の結果では、 SiO_2 75～76 % であり SiO_2 -アルカリダイアグラム上では流紋岩の領域にプロットされる。

地域南西端のプエブロ・ヌエボ (Pueblo Nuevo) 付近には放射状岩脈群の一部が分布している。放射の中心部は地域外西方にある。露頭では、破碎されて角礫状を呈し、風化が著しいため源岩ははっきりとしないが、デイサイト質であると推定される。

3-3 地質構造

本地域は、広域地質構造上は新期火山帯に属するが、変成岩類の分布はこれに直交する方向、すなわち、N-S~NNW-SSE方向のトレンドをもって本地域の南方に連続している。この変成岩類の分布域を基盤の隆起域と呼んでいるが、本地域ではテフピルコ隆起帯 (Levantamiento de Tejupilco) とされている。今回の調査結果、タスコ片岩類の分布域の中央を通るテフピルコ背斜構造の存在が明らかとなった。この褶曲作用は第三紀層には及んでいない。背斜軸は、ティサパ付近で地層の分布形態などから北西に緩やかにプランジ (落とし) していると推定された。また、地域の中央部でさらに新しい東西系の褶曲軸によって曲げられていると考えられる。

3-4 鉱床

鉱徴地調査結果一覧表を別添図総合解析図中に示す。また、鉱石分析結果を表Ⅱ-3-2に示す。

(1) エスメラルダ鉱床

ティサパ鉱床の北約700 mの沢の左岸に鉱徴地があったということであるが、現在は土砂に埋もれて見ることはできない。付近には鉱化変質を示すと考えられる白雲母に富む緑色片岩、泥質・珪質片岩互層が認められるだけである。本鉱床に対する探鉱活動は、CRMによって1981年5月~1983年7月にかけて行われ、掘削されたボーリングは合計39本、総掘進長8,237 mであり、1坑の掘削深度は最大350 m程度である。このうち塊状硫化鉱に着鉱しているものが8本、鉱染鉱をとらえているものが6本であり、鉱量は約33万tとされている。平均品位はAg 224.10 g/t, Pb 2.43 %, Zn 1.32 %である。Au, Cuについては分析されていない。

(2) ティサパ鉱床

本鉱床は、サカソナパン南東約5 kmのティサパ台地の下に位置し、小規模な鉱体はティサパ沢などに見られる。ティサパ鉱床は、CRMによって1977年~1982年に実施された調査で確認されていた。その後、1987年~1991年には資源開発協力基礎調査 (アルセリア地域) が行われ、次のことが明らかとなっている。

- ・ 鉱床は層準規制型塊状硫化物鉱床であり、上部、中部、下部の3鉱体からなる。
- ・ 鉱床は東西500m、南北400mの範囲に分布しさらに北西方向に連続すると推定されている。
- ・ 鉱量は塊状鉱と鉱染状鉱合わせて約560万t、品位はAu 1.65 g/t, Ag 246 g/t,

表 II - 3 - 2 鉍石分析結果一覽表 (1)

NO.	TIPO DE MUESTRA	LOCALIZACION	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
			(g/t)	(g/t)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	Sulfuro masivo	Tizapa	3.58	420	0.16	11.03	23.16	23.20
2	Sulfuro masivo	Tizapa	2.76	371	0.78	1.90	17.95	26.00
3	Sulfuro masivo	Tizapa	0.10	< 1	0.01	0.01	0.02	14.09
4	Sulfuro masivo	Tizapa	3.13	174	0.38	2.89	17.47	21.57
5	Sulfuro masivo	Tizapa	6.80	1,032	0.84	0.31	3.02	38.31
6	Sulfuro masivo	Tizapa	3.33	946	0.22	12.97	18.73	14.05
7	Sulfuro masivo	Tizapa	2.19	740	0.09	4.46	13.68	27.19
8	Roca limonitico	Tizapa	0.24	27	0.18	1.71	0.16	36.39
9	Veta de calcira y cuarzo	El Mango	< 0.01	< 1	< 0.01	0.01	0.08	0.98
10	Veta de cuarzo	El Mango	0.02	< 1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.62
11	Veta de cuarzo	El Mango	0.01	< 1	< 0.01	0.01	0.01	1.30
12	Sulfuro masivo	Santa Rosa	1.71	351	0.13	4.29	9.16	22.81
13	Sulfuro masivo	Santa Rosa	2.38	393	0.20	6.66	11.88	16.05
14	Sulfuro masivo	Santa Rosa	0.75	171	0.07	0.77	0.19	22.95
15	Veta de cuarzo	El Mamey	0.01	< 1	< 0.01	0.01	< 0.01	1.10
16	Veta de cuarzo	El Mamey	0.01	< 1	0.02	< 0.01	< 0.01	0.25
17	Veta de cuarzo	El Mamey	0.02	< 1	< 0.01	0.01	0.01	2.39
18	Pirita diseminada	El Rio	0.11	46	0.28	0.09	0.11	19.07
19	Veta de Sulfuro	El Rio	0.01	140	0.72	0.23	2.11	40.38
20	Veta sulfuro	El Rio	0.08	221	0.59	0.27	1.23	32.93
21	Veta sulfuro	El Rio	0.04	120	0.70	0.14	0.47	12.69
22	Veta sulfuro	El Rio	0.03	112	0.71	0.03	0.15	7.24
23	Veta de cuarzo	El Rio	0.02	2	< 0.01	0.01	0.03	0.66
24	Veta de sulfro, cuarzo y calcita	Salitrillo	0.02	14	0.01	0.61	0.01	1.24
25	Veta de sulfro, cuarzo y calcita	Salitrillo	0.01	< 1	< 0.01	0.01	0.01	2.15
26	Veta de cuarzo	El Volcan	0.03	2	< 0.01	0.02	< 0.01	0.70
27	Veta de cuarzo	El Volcan	0.03	< 1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.48
28	Pirita diseminada	Ocotepec	0.01	14	0.01	0.01	0.02	4.09
29	Veta sulfro	Ocotepec	0.49	200	0.02	0.09	0.89	5.47
30	Veta sulfro	Ocotepec	0.82	966	0.08	0.05	1.10	11.74
31	Veta de sulfro y cuarzo	Ocotepec	1.25	189	0.02	0.09	0.03	7.18
32	Pirita diseminada	Ocotepec	0.05	7	0.01	0.09	0.03	1.27
33	Veta de cuarzo	El Gallo	0.01	6	< 0.01	0.01	0.01	0.52
34	Veta de sulfro y cuarzo	El Tejamanil	0.01	6	0.03	0.35	0.64	2.42
35	Veta de sulfro y cuarzo	El Tejamanil	0.20	107	0.09	3.96	0.37	7.35
36	Veta de cuarzo	El Tejamanil	0.03	10	< 0.01	0.02	0.01	2.38
37	Veta de sulfro y cuarzo	San Lorenzo	0.01	3	< 0.01	0.01	0.01	5.79
38	Veta de cuarzo	San Lorenzo	0.26	12	< 0.01	0.01	< 0.01	0.40
39	Veta de sulfro y cuarzo	San Lorenzo	1.66	255	0.13	0.37	1.60	12.39
40	Veta de sulfro y cuarzo	San Lorenzo	0.47	66	0.01	0.01	0.02	4.05
41	Veta de sulfro y cuarzo	San Lorenzo	0.08	251	0.06	0.02	0.04	3.10
42	Veta de cuarzo	San Lorenzo	0.02	3	0.01	0.04	0.02	2.26
43	Riolita mineralizada	San Lorenzo	0.01	< 1	< 0.01	0.02	< 0.01	0.50
44	Veta de sulfro y cuarzo	Santa Rosalia	0.02	26	0.01	0.27	0.02	1.17
45	Veta de sulfro y cuarzo	Santa Rosalia	0.04	20	< 0.01	0.03	0.08	1.96
46	Veta de sulfro y cuarzo	Santa Rosalia	1.07	1,500	0.01	0.14	0.09	1.82
47	Veta de sulfro y cuarzo	Santa Rosalia	5.12	7,824	0.02	0.37	0.34	2.40
48	Veta de sulfro y cuarzo	Santa Rosalia	0.61	350	0.01	0.04	0.03	0.77
49	Veta de cuarzo	El Aguacate I	0.01	< 1	< 0.01	0.01	< 0.01	0.35
50	Veta de cuarzo	El Aguacate I	0.01	< 1	< 0.01	0.01	< 0.01	0.61
51	Veta de cuarzo	El Aguacate I	0.07	79	0.02	0.14	0.14	6.03
52	Veta de sulfro y cuarzo	El Aguacate I	0.07	35	< 0.01	0.07	0.08	2.01

表 II - 3 - 2 鉍石分析結果一覽表(2)

NO.	TIPO DE MUESTRA	LOCALIZACION	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
			(g/t)	(g/t)	(%)	(%)	(%)	(%)
53	Veta de cuarzo	El Aguacate II	0.22	6	< 0.01	0.02	0.02	1.48
54	Veta de cuarzo	El Aguacate II	0.02	6	< 0.01	0.01	0.03	0.90
55	Veta de sulfuro y cuarzo	El Aguacate II	0.02	13	0.01	< 0.01	0.01	2.09
56	Veta de sulfuro y cuarzo	El Aguacate II	0.04	40	0.01	0.25	0.04	0.41
57	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.12	133	0.01	0.19	0.08	5.44
58	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	1.43	159	0.01	0.10	0.04	3.68
59	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.29	567	0.01	0.29	0.27	4.69
60	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	9.88	7.116	0.01	0.13	0.19	2.30
61	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.33	174	0.02	0.60	0.38	3.08
62	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.26	122	< 0.01	0.03	0.01	2.50
63	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.22	52	0.01	0.08	0.48	2.83
64	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.40	162	0.04	0.26	0.34	4.12
65	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	1.54	1.292	0.03	0.57	0.32	4.94
66	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	0.08	749	0.02	0.10	1.09	1.09
67	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	0.02	120	< 0.01	0.02	0.02	1.04
68	Riolita mineralizada	Las Golondrinas	0.02	7	< 0.01	0.05	0.13	0.69
69	Veta de cuarzo	Las Golondrinas	0.52	95	0.01	0.39	0.29	2.38
70	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	0.26	73	0.01	0.07	0.01	1.57
71	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	0.14	120	< 0.01	0.05	< 0.01	1.33
72	Veta de cuarzo	Abandonada	0.04	1	< 0.01	0.01	0.01	2.82
73	Pirita diseminada	Abandonada	0.02	2	0.02	0.01	0.01	9.39
74	Veta de cuarzo	Abandonada	0.44	3	0.01	0.17	0.01	2.16
75	Veta de sulfuro y cuarzo	Abandonada	0.24	77	0.08	2.87	3.38	18.79
76	Veta de sulfuro y cuarzo	Abandonada	0.95	20	0.01	0.06	0.04	11.83
77	Veta de sulfuro y cuarzo	Abandonada	1.88	36	0.01	0.08	< 0.01	9.88
78	Pirita diseminada	Salitre	0.16	15	0.01	0.02	0.01	10.54
79	Pirita diseminada	Salitre	0.02	14	0.05	0.01	0.01	22.50
80	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre	0.28	1	0.01	0.02	< 0.01	0.45
81	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre	0.72	1	0.02	0.04	0.09	24.89
82	Veta de cuarzo	Arvallo	0.21	< 1	0.01	0.01	< 0.01	1.50
83	Veta de sulfuro y cuarzo	Arvallo	0.01	< 1	< 0.01	0.05	0.06	1.98
84	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre II	0.16	1	0.02	0.14	0.01	3.79
85	Veta de cuarzo	Salitre II	0.05	< 1	0.01	0.05	0.02	2.74
86	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre II	0.04	100	0.02	1.05	0.04	1.65
87	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre II	0.12	189	0.24	9.51	3.03	30.57
88	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre II	0.17	5	0.01	0.06	0.09	6.10
89	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.33	55	0.11	0.66	5.44	7.66
90	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	3.36	363	0.58	9.76	7.98	20.30
91	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	1.42	280	0.30	4.97	12.30	23.40
92	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.78	59	1.56	0.17	6.08	17.89
93	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.07	62	0.02	0.03	0.03	18.80
94	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.14	9	0.03	0.40	1.29	9.07
95	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.31	272	0.20	12.57	0.11	18.01
96	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.36	174	0.54	3.92	2.05	23.85
97	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.55	949	3.56	15.58	5.59	13.51
98	Veta de sulfuro y cuarzo	Guitarra	0.05	108	0.06	0.23	7.83	2.04
99	Veta de sulfuro y cuarzo	Guitarra	2.58	802	0.10	0.19	0.21	2.10
100	Veta de cuarzo	Oeste de MJMJ-1	< 0.01	3	0.01	0.02	0.06	0.62
101	Sulfuro masivo	Oeste de MJMJ-1	0.42	4	< 0.01	0.01	0.01	4.65
102	Pirita diseminada	El Cirian	0.01	18	0.01	0.01	0.01	5.01
103	Veta de pirita y cuarzo ?	Santa Ana	0.15	272	0.01	0.03	0.03	1.46
104	Veta oxido	Este de Mamey	0.29	45	0.03	0.05	0.05	40.15

Cu 0.67 %, Pb 1.24 % Zn 6.00 %, Fe 30.76 %である。

ただし、鉱床層準の広域地質構造的な対比については明確な結論は得られていないように思われる。今回の調査により鉱床層準は、サンタ・ロサ鉱床と共にタスコ片岩類と石灰質層群の境界部に位置することが明らかとなった。すなわち、鉱床の下盤側には鉱化作用に伴い形成されたと考えられる白雲母を伴う緑色片岩、泥質片岩を主とし、酸性片岩の薄層がみられる。これに対して、上盤側ではほとんど変質の認められない暗灰色～黒色の石灰質千枚岩・粘板岩を主とする地層が広く分布している。また、前にも述べたように、ティサパ鉱床付近にはテフピルコ背斜軸が通り、北西に緩くプランジしていると考えられる。このことと資源開発協力基礎調査（アルセリア地域）で示された鉱床の分布形態から判断すれば褶曲のプランジの方向に鉱体が連続していると考えられ、鉱床が北西方向に連続するということが調和的である。鉱床層準は、ティサパ断層北側ではエスメラルダを通りNE方向に1 kmほど連続し、その後はENEに向きを変え、エル・ポトレロ・デ・テナヤック（El Potrero de Tenayac）の北約1.5 kmの地点で第四系に覆われている。その間白雲母、珪化を伴う緑色片岩が点々と認められる。ティサパ断層の南では、鉱床層準は西に数百mづれ、ピラ（Pila）山山頂付近まではSW方向に連続し、その後はSSE方向にサンタ・ロサに向かっていく。鉱床周辺及び既存ボーリングの観察では、鉱床の下盤側で黄鉄鉱の鉱染を伴う珪化帯が広がっており、塊状部の鉱石は黄鉄鉱を主とするものと閃亜鉛鉱を主とするものがみられ、しばしば堆積構造が発達している。鉱石の顕微鏡観察結果から、塊状鉱の構成鉱物は黄鉄鉱（自形6面体結晶）、閃亜鉛鉱を主とし、方鉛鉱と微量の黄銅鉱、四面銅鉱、硫砒鉄鉱を伴う。閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱などは黄鉄鉱の粒間を充填する形でみられる。四面銅鉱は主として方鉛鉱と共存している。

(3) エル・マンゴ

エル・リモン（El Limon）村南南西の沢で、石灰質層群に属する粘板岩・砂岩の互層中に認められる石英-方解石脈の露頭を主とした鉱微地である。稼鉱された実績はない。脈の方向はNW系、NE系で断層を充填していると考えられる。脈幅は厚くても10～20 cmで、連続性は悪い。

(4) サンタ・ロサ鉱床

エル・マメイ（El Mamey）部落南南東約1 kmの尾根の中腹標高1,420 mに位置する。ペニョーレス社によって探鉱されたといわれ、探鉱坑道の総延長は約70 mである。坑道の方向はほぼN30° W方向に掘られており塊状硫化物鉱体を捕らえている。層位的にはタスコ片岩類と石灰質千枚岩の境界部に位置するが、鉱体はタスコ片岩類中最上位の泥質片岩中に胚胎され、ティサパ鉱床の中部鉱体と同一層準である。坑口から28 m地点で鉱体が現れ、走向N75° E、傾斜20° Nを示す。最も厚い部分で約2mであり、北東では急激に厚さを減じて

いる。変質は坑口から18 m付近で強い白雲母化が認められ、坑外のほぼ同一層準（坑道の南の沢）の露頭では弱く白雲母化、珪化した緑色片岩が分布する。鉱石は堆積構造が明らかであり、鉛・亜鉛を主とする黒鉱質鉱石と黄鉄鉱を主とする珪質鉱石からなる。

また、研磨片の顕微鏡観察では、黒鉱質な試料は黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱からなり、極微量の黄銅鉱、四面銅鉱を伴う。黄鉄鉱は自形粒状を示し0.3~0.01 mmであるが、その他の鉱物は不定形で黄鉄鉱の粒間を充填するように存在する。

(5) エル・マメイ (El Mamey)

ロス・メルコレス (Los Melchores) 部落東方の沢に露出する石英脈 (2箇所) を主とした鉱徴地である。地質はタスコ片岩類の緑色片岩からなる。脈の方向はN2° W~N8° W, 急傾斜を示し、脈幅はそれぞれ20 cm、10 mであるが、硫化物は肉眼的には認められない。

(6) エル・リオ鉱床

テマスカルテペック川とラ・ミーナ川合流点の南方約100 mのテマスカルテペック川左岸斜面に坑口 (標高1,350 m) が位置し、その南東の尾根にはキャンプ跡 (堆積場?) が残っている。鉱体は旧坑の側壁に見られる。上盤は白色、セリサイト化した泥質片岩・珪質片岩の互層、下盤は黒色泥質片岩からなり、鉱石は全体に非常に硬く、上部で珪質、下部で磁硫鉄鉱に富む塊状鉱である。鉱体の走向は母岩のそれと調和的であり、N25° E~N40° E、傾斜30° ~36° Eを示す。見かけ上の厚さは珪質部も含めて1m強である。研磨片の顕微鏡観察では、珪質部分では黄鉄鉱を主とするが、塊状部では白鉄鉱と磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱のどれかに富み、微量の閃亜鉛鉱、方鉛鉱を伴う。白鉄鉱にはバーズ・アイ組織が認められる。

(7) エル・サリトリージョ (El Salitorillo)

エル・リオ鉱床北東約1 kmに位置する。タスコ片岩類の泥質片岩、テマスカルテペック花崗閃緑岩体の接触部にあたり、アプライト質岩脈などと共に分布する石英-方解石脈を主とした鉱徴地である。脈の方向はN65° ~50° W急傾斜を示し、脈幅は最大5~10 cmである。肉眼的に黄鉄鉱、黄銅鉱、方鉛鉱が認められる。

研磨片の顕微鏡観察では、黄鉄鉱、方鉛鉱と微量の黄銅鉱、閃亜鉛鉱、四面銅鉱、磁硫鉄鉱が確認された。

(8) エル・ボルカン (El Volcan)

テピルコ市街地南南西約2 kmに位置する石英脈の鉱徴地であり、石英を対象に稼鉱されていたということである。石英脈は、露天掘りの跡などにみられ、タスコ片岩類の泥質

片岩に胚胎され、走向は $N7^{\circ} \sim 15^{\circ} E$ 、傾斜 $24^{\circ} \sim 25^{\circ} W$ で幅は1~5 mである。肉眼的には変質帯、硫化物は認められない。研磨片の顕微鏡観察でも石英以外の鉱石鉱物は認められない。

(9) オコテベック

サポテ部落南西のサン・ガブリエル (A. San Gabriel) 沢の標高1,400 m付近に位置する。沢沿いの150 m間に坑口が認められるが、多くは規模の小さい(奥行き2~3 m以下)探鉱坑道跡である。坑道はすべて流紋岩岩床中に掘られており、変成岩との接触部に近い下流川に有望な鉱脈が存在していたと考えられるが、水没しており入坑は不能である。現在観察できる部分から判断すれば、鉱脈の方向は $N60^{\circ} W$ と $N25^{\circ} W$ 前後のものがあり、幅50~70 cmの破碎帯中の方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱脈であり、富鉱部の厚さは1~20 cmである。母岩である流紋岩には、弱い珪化と黄鉄鉱の鉱染が認められる。また、本鉱微地の延長部と考えられるような鉱微地が南西約1 km地点にあり、旧坑跡が認められる。坑内及びズリから採取した試料の研磨片の顕微鏡観察では、輝安鉱、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱とコロフォーム状の針鉄鉱が認められた。

(10) エル・ガージョ

オコテベック東方の標高約2,000 mの山地に位置していたとされるが、今回の調査では2箇所に石英脈が確認されただけである。付近一帯はテイルサポトラ流紋岩類の溶結凝灰岩が広く分布し急峻な火砕流地形を形成している。石英脈は走向 $N10^{\circ} W$ で急傾斜を示し、脈幅は数mm~3 cmである。顕著な変質は認められず、脈際に弱い粘土化と酸化を伴う部分が認められるだけである。採取した試料は1試料であり、その研磨片の顕微鏡観察から、極微量の黄鉄鉱、黄銅鉱が確認された。

(11) ギターラ鉱山

本鉱山は、テマスカルテベック西北西約4 kmに位置する。A. A. Contreras (1981) によれば、本鉱床の発見は1539年とされるが、その後東から西に向けてサン・フランシスコ (San Francisco)、ラ・クルス (La Cruz)、エル・ガランブージョ (El Garambullo)、アンヘレス (Angeles) などの鉱床が開発されてきたが、休山と採掘が繰り返されこれまでに鉱石として約50万トンが採掘されたと考えられている。1991年8月から再開され、現在は鉱山労働者約30名程度で操業されている。

付近の地質はテマスカルテベック花崗閃緑岩、テイルサポトラ流紋岩類などであるが、鉱床母岩にはこのほか粘板岩が含まれる。鉱脈は幅6~20 m (平均10 m) で、走向NW-SE方向に膨縮しながら2 km以上連続する。鉱石は含金・銀石英脈であり、研磨片の顕微鏡観察では、黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱などの他にエレクトラム、濃紅銀鉱などの金銀鉱物が確認された。

(12) エル・テハマニル (El Tejamanil)

本鉱徴地は、ピロン山 (C. El Pilon) 南方の沢に認められるテイルサポトラ流紋岩類中の石英—方解石—黄鉄鉱—方鉛鉱脈を主とする。本格的に稼行された実績はないが、小規模な探鉱跡 (ためき堀) が認められるだけである。鉱脈の露頭は標高1,200~1,250 mの間の3箇所があり、走向ほぼN70° Wで急傾斜のものと走向ほぼN30° Wで東へ急傾斜するものからなる。これらは火砕岩中に生じた破碎帯 (幅20~50 cm) を満たす形で存在する。脈周辺の母岩には弱い珪化、黄鉄鉱の鉱染が認められる。

(13) サン・ロレンソ鉱床 (San Lorenzo)

プラサ・デ・ガジョス (Plaza de Gallos) 部落の南西約1 kmの沢の中腹に坑道及び鉱山施設の跡が残っている。また、国道から坑口 (標高1,010 m) まで鉱山道路の跡があり、比較的最近まで稼働されていたと思われる。地質的には、緑色火山岩と石灰質千枚岩層の境界部に位置するが、坑内では主にデイサイト質岩脈が分布する。鉱床は、このデイサイト中の破碎帯 (走向N56° W、傾斜46° NE) を充填した石英—方解石—硫化物脈であり、富鉱部では方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱を主としている。破碎帯の幅は50~70 cmであり、富鉱部は最大20 cmであるが膨縮に富む。母岩のデイサイトは、全体に粘土化し、黄鉄鉱の鉱染と緑色の孔雀石が認められる。坑道のある沢の上流には点々と石英脈 (不毛) の転石が認められる。富鉱部の研磨片の顕微鏡観察では、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱などと共に方鉛鉱、黄銅鉱、四面銅鉱が微量認められる。母岩の変質した貫入岩では黄鉄鉱と微量の黄銅鉱、閃亜鉛鉱が確認された。

(14) サンタ・ロサリア鉱床 (Santa Rosalia)

サン・マテオ (San Mateo) 小学校東の沢から尾根にかけて坑口7箇所、露頭1箇所からなる鉱徴地である。数十年前に米国人によって開発されたといわれる。開発の中心は標高1,250~1,280 mにかけてと考えられ、入坑可能な坑道が3坑残っている。地質は、第三紀のデイサイト質~安山岩質火山礫凝灰岩~角礫凝灰岩からなる。鉱床は、これらに発達した破碎帯を充填した石英—方解石—硫化物脈を主とする。鉱脈の方向はWNW~EW系のものとNW系系の2系統からなる。富鉱部には暗灰色の石英 (Agに富む)、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱などが認められ、脈幅は数cm~30 cmで膨縮に富む。鉱脈周辺の母岩である火砕岩類には珪化、粘土化変質が認められる。研磨片の顕微鏡観察では、黄鉄鉱のほか、閃亜鉛鉱、黄銅鉱、方鉛鉱、硫砒鉄鉱が認められ、銀鉱物である輝銀鉱が確認された。

(15) エル・アグアカテ I (El Aguacate I)

モンテ・デ・ディオス東方の沢沿い約1.5 kmの間に8箇所の旧坑と数箇所の石英脈の露頭から本鉱徴地はなる。地質は、石灰質千枚岩を主とし、これと石灰質砂岩・粘板岩の互層、

これらを貫くデイサイト～流紋岩質岩脈からなる。硫化物を伴う石英脈が確認されたのは、アグアカテ山 (C. El Aguacate) 東方の沢に露出する流紋岩質岩脈の脈際である。鉱脈の走向は $N60^{\circ} W$ 前後であり、幅は最大20 cm、富鉱部には肉眼で方鉛鉱、黄鉄鉱が認められる。その研磨片の顕微鏡観察では、微量であるが黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱が確認された。被貫入岩である粘板岩には珪化と黄鉄鉱の鉱染が認められる。また、旧坑の分布などから主鉱脈の走向はNW系を示し、ほぼ1 kmにわたって断続的または雁行状に連続していたものと推定される。

(16) エル・アグアカテ II

モンテ・デ・ディオス南西の沢の標高1,125 m地点に位置し、 $N10^{\circ} W$ 方向に掘られた旧坑及び石英脈がみられる。付近の地質は石灰質砂岩を主とする。旧坑は入坑不能であるが、ズリの中には石英、方解石と共に肉眼で黄鉄鉱、方鉛鉱の確認できるものもある。研磨片の顕微鏡観察では、少量の方鉛鉱と微量の閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、四面銅鉱が確認でき、閃亜鉛鉱にはエマージョン（懸滴状）組織がみられる。坑口南西約50mに分布する不毛石英脈は脈幅1.5 m、走向 $N46^{\circ} W$ 、傾斜 $73^{\circ} SW$ を示し、これと同方向の石英細脈が多数存在する。

この他モンテ・デ・ディオス部落北の道路沿いの流紋岩質貫入岩近辺に、褐色酸化部を伴う石英・方解石脈（走向 $N60^{\circ} W$ 前後、幅数 cm）があり、部落の東エル・アグアカテII鉱徴地との間には、走向 $N50^{\circ} W$ 、幅3m及び7 mの不毛石英脈（自形粗粒結晶を多量に伴う）がほぼ700～800 mにわたって露出している。エル・アグアカテII鉱徴地の分布する沢の下流約1 km地点にも $N50^{\circ} W$ 方向の少量の黄鉄鉱と極微量の黄銅鉱を伴う石英網状脈（幅20 cm）が認められる。

(17) ベレン鉱床 (Belem)

クリスト川とその支沢にかけてNW-SE方向に約1 km連続する鉱徴地である。付近の地質は、よく褶曲したタスコ片岩類の泥質片岩と泥質片岩・緑色片岩の互層帯と流紋岩貫入岩からなる。鉱床は、変成岩類と流紋岩貫入岩接触部付近に生じた破碎帯を充填した石英-硫化物脈～網状脈を主とし、鉱脈の近傍で珪化、粘土化が認められる。露頭及び坑内で観察できる鉱脈の方向は $N30^{\circ} \sim 40^{\circ} W$ を示す場合が多く、旧坑の分布にも同様の傾向がみられる。富鉱部は最大20 cm程度であり暗灰色の石英を主とし、黄鉄鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱を伴う。研磨片の顕微鏡観察からは、黄鉄鉱、輝銀鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱などの他に硫砒鉄鉱がしばしば認められ、極微量の四面銅鉱を伴う。

(18) ラス・ゴロンドリーナス鉱床 (Las Golondrinas)

クリスト川及びアグアカテス川 (Rio Los Aguacates) に挟まれた尾根沿いに位置する鉱徴地であり、NW-SE系に並んだ多数の立坑と狸堀跡がほぼ500 m連続してみられる。このほ

かにもクリスト川及びその支沢に石英脈の露頭、旧坑跡が分布している。鉱床は、ベレン鉱山と同じで変成岩類と流紋岩貫入岩接触部付近に生じた破碎帯を充填した石英脈を主とする。ズリから作成した研磨片の顕微鏡観察では、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、硫砒鉄鉱のほか極微量の黄銅鉱、四面銅鉱が確認された。

(19) アバンドナーダ (Abandonada)

ティナハ火山 (Volcan La Tinaja) 東方のセイバ・アルタス沢 (A. Ceiba Altas) の支沢に3箇所旧坑が認められる。坑口は貫入岩と泥質片岩の境界部にあるが、入坑不能のため詳細は不明である。坑口近くにみられるズリには、破碎された流紋岩質貫入岩岩片の間を石英、黄鉄鉱が埋めた鉱石が多くみられる。坑口の方向はN-S系であるが、後で述べる鉱微地との関連から鉱脈の方向はNW-SE系と推定される。ズリから採取した試料の研磨片の顕微鏡観察では、自形の黄鉄鉱、硫砒鉄鉱が認められ、極微量の閃亜鉛鉱を伴う。また、この南東約1 kmのセイバ・アルタス沢には埋没した立坑2坑と斜坑らしき部分がみられ、付近には石英、黄鉄鉱、方鉛鉱の見られる鉱石のズリが存在する。研磨片の顕微鏡観察では、黄鉄鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、硫砒鉄鉱と極微量の黄銅鉱が確認された。

(20) アルバージョ (Arvallo)

アルバージョ (Arvallo) 部落の西南西約1.5 kmの小沢沿いに位置する鉱微地であり、流紋岩質貫入岩と泥質片岩の境界付近に発達した石英脈を対象として探鉱されている(坑口2箇所)。石英脈の方向はNW系を主としNE系を伴い、幅は数cmである。鉱脈には石英の他氷長石と微量の黄鉄鉱が認められる。研磨片の顕微鏡観察では、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱と共に微量の閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱がみられ、ごく稀に斑銅鉱が硫砒鉄鉱に包有されて存在する。

(21) サリトレ (Salitre)

本鉱微地は、パロス・ドウルセス沢 (A. Paros Dulces) の下流部に位置し、流紋岩質貫入岩とその近傍に発達した石英脈からなる。沢の標高1,200 m地点に分布する流紋岩の滝の下に坑口があり、この流紋岩中に発達した脈幅数cmの石英脈(硫化物はほとんど認められない)のゾーン(2 m)を探鉱したと考えられるが、ズリなどが認められず稼行された形跡はない。その下流約400 mには脈幅3 cmの石英、黄鉄鉱脈(走向N50° W)が認められる。この試料の研磨片の顕微鏡観察では、硫砒鉄鉱、黄鉄鉱のほか極微量の閃亜鉛鉱、黄銅鉱(硫砒鉄鉱中に包有される)が認められた。また、坑口の上流約800 mのパロス・ドウルセス沢河床には、タスコ変成岩の層理面沿いに硫化物の薄層が存在することが明らかとなった。硫化物は、泥質片岩と緑色片岩の境界部で両層中に数層認められる。厚さは数mm~2cmでレンズ状に数十cm連続している。緑色片岩は脱色しセリサイト化している。研磨片の顕微鏡

観察では、黄鉄鉱、白鉄鉱または両者の混合物を主とし、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、鉄水酸化物、硫砒鉄鉱を伴っている。硫砒鉄鉱は、黄鉄鉱、白鉄鉱混合物に変化しつつある。

(22) サリトレ II (Salitre II)

本鉱徴地は、サンチアゴ・アリスメンディ (Santiago Arizmendi) 部落の北西約1.5 kmの標高1,400 m付近の山間部に位置する。地質は、タスコ片岩類の泥質片岩と流紋岩質貫入岩からなるが、鉱床は両者の境界部に生じた破砕帯に形成された石英—硫化物脈である。主脈はN75° W方向に500 m以上連続していると推定され、さらにその延長部に点々と石英脈が認められる。破砕帯の幅は数十cm～最大2 mであるが、鉱体は破砕帯中にネットワーク状に存在し、石英のほか黄鉄鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、硫砒鉄鉱が肉眼で認められる。破砕帯中には珪化とともに泥質片岩部で石墨化が顕著である。研磨片の顕微鏡観察では、上記鉱物の他に、白鉄鉱、黄銅鉱と極微量の銅藍が認められることがある。

(23) エル・マラカテ (El Malacate)

鉱徴地は、エル・マラカテ鉱山を中心として約2.5 km²にわたって見られる。エル・マラカテ鉱山はベニョーレスグループによって一昨年まで操業されていたが、現在は休山中である。鉱山施設はそのまま残されており、鉱山道路が村落を結ぶ主要道路の一部として使用されている。地質は、タスコ片岩類の泥質片岩、緑色片岩とこれを覆う石灰質千枚岩で構成され、NW系の正断層が推定される。主鉱床はこの断層に沿って形成されたと考えられ、N20°～30° W方向に露天掘を主にほぼ1 kmにわたって採鉱されている。鉱脈の露頭は、鉱山施設南の尾根などでみられ、黒色粘板岩中に発達した石英、硫化物網状脈からなり、下盤側には著しいセリサイト化が認められる。鉱石には黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱などが見られる。研磨片の顕微鏡観察では、上記鉱物のほか閃亜鉛鉱を交代して銅藍が少量認められた。この主鉱脈に平行して南西約800 mにも鉱徴地がNW-SE系に連続して分布する。主なところとしては、鉱山施設の西方、アルバラダ (Albarrada) 部落の北西及び南の3箇所である。特にアルバラダ部落の北西の沢には黄鉄鉱、黄銅鉱、方鉛鉱を伴う急傾斜の石英細脈が認められる。坑口跡がみられるが多くは埋没している。残存しているズリの中に認められる鉱石は主鉱脈のものと同様である。研磨片の顕微鏡観察では、主鉱脈で確認された鉱石鉱物の他に極微量の四面銅藍が認められた。

(24) エル・ナランホ (El Naranjo)

モムストレ (Momustre) 部落北約1 kmのナランホ川右岸を中心に位置する。タスコ片岩類に貫入した流紋岩が川沿いに分布し、流紋岩中にも幅数cmの白色石英脈がN60° W前後の方向でゾーンをなして認められるが、富鉱部は北側の変成岩との接触部にあったと考えられ、旧坑がまとまってみられる。入坑は不能であるが、坑口付近のズリには角礫化した鉱

石（石英を主とし、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱を少量伴う）がみられる。このズリの研磨片の顕微鏡観察では、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱が認められた。

(25) エル・シリアン (El Cirian)

道路沿いにみられる2箇所の露頭からなる。どちらもタスコ片岩類の上部に位置する緑色片岩が全体に珪化したと考えられるもので、黄鉄鉱の鉱染を伴う。この上位には石灰質層群の石灰質千枚岩が分布する。層準的にもサンタ・ロサ鉱床と同一であり、鉱脈型の変質作用とも異なるため、塊状硫化物鉱床の下盤の珪化ゾーンに相当する可能性がある。研磨片の顕微鏡観察では、自形の黄鉄鉱と微量の閃亜鉛鉱が認められた。

(26) サンタ・アナ (Santa Ana)

石灰質層群の石灰質千枚岩中に発達した石英脈群（幅10cm前後）からなるもので、形態的にはボーリングMJMT-1地点でみられた鉱徴と類似している。脈の方向はN70° Wで58° N傾斜である。鉱脈は大部分が石英からなるが、研磨片の顕微鏡観察では、黄鉄鉱のほか微量の閃亜鉛鉱が認められる。

(27) MJMT-1 西 (Oeste de MJMT-1)

ボーリング地点西の道路沿いにみられる石英脈と硫化物の露頭からなる鉱徴地である。付近には石灰質層群に属する粘板岩と緑色火山岩の薄層、流紋岩質貫入岩が分布する。鉱徴は粘板岩中に30 m以上にわたって広がって分布する石英脈群（黄鉄鉱を微量伴う）とその末端にみられる珪質な黄鉄鉱を主とする部分からなる。石英脈の方向はENE系を示すものが多い。後者の研磨片の顕微鏡観察では、黄鉄鉱が認められるだけであった。

3-5 地化学探査

3-5-1 調査概要

ティサパタイプの塊状硫化物鉱床が比較的浅部に存在するとすれば、ある程度広がりを持った鉱徴帯が存在し、同時に塊状硫化物鉱床に特有の地化学的異常を伴うと考えられる。地質調査からは、3地区で広がりを持った鉱徴帯（変質帯）が確認されており、この地化学特性を検討することが重要である。ティサパ鉱床周辺で予察的に行われた地化学探査の結果(JICA・MMAJ, 1992)からは、S、Cu、Pb、Zn、Mn、Baが指示元素として望ましいとされているが、異常値の出現頻度はS、Cu、Pb、Znで低く、Mn、Baで高くなっている。

よって、サンタ・ロサ地区に対して地化学探査を実施した。その概要は次のとおりである。

サンプル：岩石 1,315個（緑色片岩：635個、泥質片岩：416個、酸性片岩：95個、
石灰質千枚岩：135個、その他の岩石：35個）

指示元素：Ag, Cu, Pb, Zn, Mn, As, Ba, Na, K, S

3-5-1 調査結果

本地域には変成岩類が広く分布するが、岩相により地球化学的バックグラウンドは異なる可能性があると考えられるため、各岩相ごとに検討を行った。分析を行った元素のうち、S及びAgを除く8元素について岩相による違いが認められた。特にK、Na、Ba、Mnで著しく、泥質片岩ではK、Baに富み、Na、Mnに乏しい傾向を示し、緑色片岩ではこの逆である。岩相別に作成したヒストグラム及び累積頻度曲線からは、Pb、Zn、S、Asなどで鉱化作用を反映したと考えられる高異常値集団の存在が推定される。また、Mnは泥質片岩を除いて、低異常値集団が存在し、変質作用に伴う溶脱を示す可能性がある。調査結果、指示元素としてはS及びMnが有効であり、その解析結果を別添の総合解析図に示す。

鉱化作用を直接示すと考えられるAg、Cu、Pb、Zn、As及びS元素のうち、SとZnに顕著な高異常値集団が存在する。Sの高異常値帯は地表調査で確認された変質・鉱微帯とよく一致している。Znは全域に分散する傾向がみられ、Znだけからは有望地を特定することが困難である。K、Ba、Mn、Na元素のうち、泥質片岩では一般にK及びBaに富み、Mnに乏しく、緑色片岩ではNa、Mnに富み、Kに乏しい傾向にある。本地域では、緑色片岩及び石灰質層群におけるMnの低異常値集団が顕著である。Mnは塊状硫化物鉱床の生成に伴い溶脱される可能性のある元素であり、サンタ・ロサ鉱床付近ではMnの低異常値がまとまっている。よって、Mnの低異常値帯は鉱化作用に伴うハローの一部と考えられる。Mnの低異常値帯はサンタ・ロサ鉱床付近以外に、その北部、MJMT-5からエル・シリアンにかけて分布しているほか、テフピルコ西方においても分布している。ただし、テフピルコ西方の低異常値帯はSなどの分布状況及び地表の地質調査結果から、鉱化作用との関連は低いと考えられる。また、S、Cu、Pb、Zn、Mn、Ba及びAgの7元素を用いた主成分分析の結果では、サンタ・ロサ鉱床周辺、MJMT-5南方、エル・シリアン東方、サン・ルカス・デル・マイス、エル・プラタナル・グランデなどに異常帯が抽出された。これらのうち、エル・プラタナル・グランデ及びエル・シリアン東方の異常帯はMnの溶脱がないことなどから塊状硫化物鉱床胚胎のポテンシャルは低いと見られるが、それ以外の地区はMnの溶脱があり、地表の地質調査結果などと総合すると鉱床胚胎のポテンシャルの高い地区と判断される。

3-6 考察

テフピルコ地域には層準規制型の塊状硫化物鉱床、鉱脈型鉱床及び鉱微地が分布し、特定の地質構造と密接に関連していると考えられる。

1. 塊状硫化物鉱床

調査地域内に分布するティサパ、サンタ・ロサ鉱床をはじめとして、調査地域の南方延長部のゲレロ州にもカンボ・モラド(Campo Morado)、レイ・デ・プラタ(Rey de Plata)などの塊状硫化物鉱床が知られている。しかし、これら相互の関係については、本地域の変成岩類(タスコ片岩類及び石灰質層群)と同じ地層の分布域にあるということ以外明らかになっていない。本調査によって少なくともティサパ、サンタ・ロサ両鉱床はほぼ同じ層準に位置することが明らかとなった。さらに、この層準はテフピルコ背斜により2帯に分かれ南南東及び南東へと地域外へ連続している。

堆積環境という観点からみれば、下盤側であるタスコ片岩類は泥質堆積物と火山岩起源の堆積物からなり、ほとんど石灰質堆積物はみられないが、上盤側には石灰質堆積物を主とし、枕状溶岩を伴う地層が厚く堆積しており、鉱床付近を境として堆積環境が著しく変化している。すなわち、本地域においては硫化物が堆積した後、海水中で CaCO_3 が過飽和状態になるような変化(基盤の隆起、海水中のpHの変化または石灰質物質の供給増など)があったとみられる。

次に火成活動という観点からみれば、ティサパ、サンタ・ロサ両鉱床の下盤側に火山岩起源と考えられる緑色片岩、酸性片岩が認められることから、その活動の末期に鉱床が形成されたと考えられる。黒鉱型硫化物鉱床に関係した火成活動の特徴として共通していることは、バイモータリズムであると考えられている。ただし、酸性なものと塩基性なものどちらが優勢であるかについては地域性があり、日本の黒鉱地帯では大量の酸性火山岩類がみられる。ティサパ、サンタ・ロサ両鉱床に関連したと考えられる火山岩類は、鉱化作用による変質とその後の変成作用によって変成岩となっているため正確には源岩を推定できないが、緑色片岩は中性～塩基性の火山岩源、酸性片岩としたものは流紋岩質火山岩源と推定される。日本の黒鉱地帯と比べれば、緑色片岩が優勢であるということと火山岩の量そのものが少ないという点で異なる。

また、地化学探査結果、塊状硫化物鉱床のための有効な指示元素としてはS及びMnであり、Sの高異常値帯は地表調査で確認された変質・鉱微地とよく一致している。また、Mnの低異常値帯も鉱化作用を伴うハローの一部と考えられ、サンタ・ロサ鉱床周辺やサン・ルカス・デル・マイスなどが鉱床賦存のポテンシャルの高い判断される。

2. 鉍脈型鉍床

調査地域内には、不毛の石英脈及び含Ag-Pb-Zn石英脈が多数認められ、これらはタスコ片岩類～テイルサポトラ流紋岩類を切る断層・断裂中に胚胎している。露頭で観察した鉍脈の方向は、NW-SE系に集中し、ほぼ同時期に形成されたことを示唆している。さらに鉍脈の近辺にしばしば鉍脈と同系統のNW系の共役断層が観察された。

含Ag-Pb-Zn石英脈の多くは地域中央部で東西のゾーンに集中する傾向がみられ、塊状硫化物鉍床の近辺には第四紀玄武岩が分布するためかほとんど認められない。

エル・リオ鉍床については、これまで塊状硫化物鉍床の可能性が大きいと考えられてきた。しかし、本調査の結果ティサパ、サンタ・ロサ鉍床の層準より下位に位置すること、鉍石中にパーズ・アイ組織が認められ、変成作用を受けたとは考えられないことなどから鉍脈型鉍床に属すると考えた方が妥当である。

鉍脈型鉍床を胚胎する母岩は、変成岩類、流紋岩質～デイサイト質火砕岩、流紋岩貫入岩など多彩であるが、規模の大きな鉍床は火成岩よりも堆積岩に多い傾向がみられ、母岩の物理的性質を反映したものと考えられる。

調査地域及び周辺には、噴出源は不明であるがテイルサポトラ流紋岩類が広く分布し、激しい火成活動の存在を示している。また、これと化学成分的にも類似し、ほぼ同時期の活動と考えられる流紋岩貫入岩は特にベレン、パントハ、アルバージョ地区で多量の岩床として認められ多くの鉍脈鉍床を伴っている。ただし、流紋岩中の破砕帯にも鉍床は形成されているため、鉍液の活動は流紋岩の固結後と考えられるが、鉍脈鉍床はこれら流紋岩質火成活動に引き続いて形成された可能性が高い。

3. 鉍徴地のポテンシャル

地質及び鉍徴地調査によって確認された鉍徴地は27箇所である。これらに対してポテンシャルの高いものから順にA～Eに区分し一覧表として示した（総合解析図）。評価に際しては鉍量、品位、探鉍余地などを基準とした。このうちAランクとしたものは十分な鉍量と品位が確認されておりさらに有望な探鉍余地が残されているもので、ティサパとエスメラルダだけである。Bランクとしたものはある程度の品位と鉍量が確認されておりさらに探鉍余地があると考えられるサンタ・ロサが該当する。ギターラは現在稼働中であるが、古くから休山と稼働が繰り返されていると言うことであり、Bランクと判定した。Cランクとしたものは十分な探鉍がなされていないため、探鉍余地が残されていると考えられるものに相当する。BとCとの中間的なものとしてサンタ・ロサリア、ベレンなど特に品位の高い鉍石が認められた鉍徴地とエル・マラカテのように規模の大きい徴候地がある。D、Eについては探鉍の価値はほとんどないと考えられる。

第4章 物理探査

4-1 重力探査

4-1-1 調査方法

測定機器： 型式 ; ラ・コステG型(2台)

基準重力値： 調査地域内に設定した重力基点の重力値は、Nakagawa et al.(1983)によって重力値が決定されている環太平洋国際重力網の重力基点の1つであるメキシコ大学地球物理学研究所構内の重力基準点J7919を利用し、これらの閉塞測定により決定した。

測量： 各重力測点の測量は、GPS法静止測量による相対測位によって行った。

水準点： 場所 ; El Zarco, D.F.

4-1-2 調査結果及び考察

(重力異常と地質との対応)

総合解析図(別添)に一次残差図及び重力異常解析図を示す。

これらの残差異常図と地質図との定性的な比較によれば、両者の対応について以下の点が指摘できる。

- ・ 主要な負異常は、第三紀のティルサポトラ流紋岩類と花崗閃緑岩及び第四紀の玄武岩溶岩・スコリアに対比される。
- ・ 正異常は変成岩類の分布域に散在するが多いが、各異常の波長は小さく、分布のパターンも不規則である。
- ・ 調査地北部のサカソナパン〜テマスカルテペックにかけての低重力異常帯の原因としては、当地域に分布する花崗閃緑岩の大規模な貫入、もしくは陥没構造の存在などが推定される。いずれの場合にも、重力基盤と低密度層との密度差を 0.2 g/cm^3 と仮定した場合、その層厚は2,000 mに達する。
- ・ テフピルコ南西部に広がる大規模な低重力異常の原因としては、重力基盤と低密度層との密度差を 0.2 g/cm^3 と仮定した場合、層厚2,000 mの低密度層の存在が考えられる。この大規模な低重力帯は、当調査地の中央部に推定されている南北性のテフピルコ背斜構造と重複している。
- ・ 調査地南部のトラトラヤ付近に存在する低重力異常については、この付近に分布する花崗閃緑岩と重力基盤との密度差を 0.2 g/cm^3 と仮定した場合に、その厚さは約1,500 mと推定される。

(重力異常と鉱化作用との関係)

- ・ 鉱脈型鉱床の大部分は3次残差異常の負異常部に存在し、正異常部には殆ど存在しない。

- ・塊状硫化物鉱床は今までに数箇所しか発見されていないが、これらはいずれも3次残差異常のゼロライン付近に存在する。

以上のうちの鉱脈型鉱床に関する分布形態は非常に明瞭な特徴であり、今後の探査指針としても有効であると考えられるが、その原因としては次のことが考えられる。即ち、これらの鉱脈型鉱床の関係火成岩が、当地域では変成岩類に比べて低密度であり、その為にこれらの低密度岩体の存在を反映して負異常であることが指摘できる。

次に、当地域の塊状硫化物鉱床が3次残差異常のゼロライン付近に位置することについては、これらの鉱床生成年代が二疊紀～白亜紀と考えられており、また事例も少ないため、現時点では説明が困難である。

4-2 電気探査

4-2-1 調査方法

電気探査の方法は次のとおりである。

方法：強制分極法（IP法）

測定方法：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： $a = 100 \text{ m}$

電極隔離係数： $n = 1 \sim 4$

受信機：IRIS インストルメント社；ELREC-6 S/N-102,

6チャンネル マルチウィンドウタイプ

4-2-2 調査結果及び考察

地域全般の比抵抗分布は地質分布と概ね一致する。帯状に細長く分布する低比抵抗異常帯（ $10 \Omega \cdot \text{m}$ 以下）は、主に石墨を含む地層を反映したものと考えられる。しかし、鉱石と石墨を含む岩石は同程度の比抵抗値を示すので、鉱化帯による低比抵抗異常の可能性も考慮する必要がある。

本調査地域内で顕著なIP異常帯を認めた箇所は、サンタ・ロサ鉱床周辺、サンタ・ロサ鉱床南、エル・シリアン及びサン・ルカス・デル・マイスの4箇所である。

- ・ サンタ・ロサ鉱床付近一帯のIP異常帯及び時定数異常帯は、その一部に既知の鉱床あるいは鉱徴地を含むので、既知鉱化帯の広がりが期待される。
- ・ サンタ・ロサ南では、比較的高IPを示す異常帯が地下浅部に複数想定された場所である。
- ・ エル・シリアン鉱化帯では、小規模のIP異常があり、低比抵抗帯を伴っている

ので深部に鉍化帯の存在の可能性がある。

- ・ サン・ルカス・デル・マイス地区では西傾斜する小規模な I P 異常帯があり、その周辺よりも低比抵抗で、深部の I P 異常帯に連続しており、地表の地化学異常帯とも対応し、鉍化帯の潜在の可能性が考えられる。深部の I P 異常帯の発展は不明である。

第5章 ボーリング調査

5-1 調査方法

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鉛・亜鉛・銀・金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。ボーリング機械及びビット類、泥材、切削油、セメントなどの消耗品類などすべてメキシコで調達された。

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ー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の向上を図るためベントナイトやケーシングパイプを適宜使用した。

5-2 調査結果及び考察

本調査では、MJMT-1～MJMT-11の11本で計3,612.35 mの掘削を行った。各ボーリングの結果は次のとおりである。

MJMT-1は、このボーリングの東方にあるティサパ鉱床の西方及び北西方への連続性及び地質構造の把握及び地表で観察された鉱化帯(石英網状脈及びレンズ状の黄鉄鉱を主とする硫化物)の捕捉のために実施された。本孔では主に黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱からなる硫化物の鉱脈及び鉱石片を把握したほか、輝安鉱を多量に含む石英脈も把握された。また、X線回折試験結果からは石英が普遍的に認められるほかカオリン鉱物やセリサイトも深度に関係なく分布し、変質帯が酸性～弱酸性の熱水による変質と推定される。よって、産状及び顕微鏡観察や分析などの室内試験結果から判断すると、鉱石は鉱脈型鉱床に由来するものと考えられる。また、本孔で把握された岩石は石灰質層群に属するものであり、ティサパ鉱床層準には達しておらず、同層準はさらに深いと推定される。よって、当ボーリング付近における鉱床胚胎のポテンシャルは低いと判断される。

MJMT-2及びMJMT-3はこれらのボーリングの西方にあるエル・リオ鉱床の東方への連続性及び地質構造把握のために実施されたものである。エル・リオ鉱床は既存文献ではティサパ鉱床と類似の塊状硫化物鉱床と記載されているが、詳細については不明な点が多い。今回の調査結果、本地区の地表に分布する玄武岩の下位に第四系の砂岩・礫岩が分布し、その下位にタスコ片岩類が分布する。そのタスコ片岩類はティサパ鉱床付近より変成度が高く、層準はティサパよりさらに下位になることが判明した。また、タスコ片岩類中の下部には磁硫鉄鉱の鉱染及び鉱脈を把握したが、花崗岩類による熱変成の影響を受けており、比較的地下浅所に花崗岩類が分布していると推定される。また、付近の地質調査結果を総合すると、エル・リオ鉱床は鉱脈型鉱床と判断されるので、当ボーリング付近の地区においては塊状硫化物鉱床の賦存のポテンシャルは低いと判断される。

MJMT-4では、テラス堆積物が35.6 mと比較的厚く分布する地点にあたると考え

られる。石灰質層群の千枚岩及びタスコ片岩類の緑色片岩中には、黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱の鉱染帯やバンドが捕捉されたほか、微量の閃亜鉛鉱及び黄銅鉱も含有していることから、鉱床胚胎層準を捕捉したが、鉱床把握には至らなかった。また、酸性片岩が分布し、碎屑鉱物として石英、カリ長石、斜長石が残存しており、原岩が酸性岩であったと推定できる。また、緑色片岩及び酸性片岩が数枚産することなどから、火成活動が比較的活発な地域と考えられる。

M J M T - 5 では、0~3.8 m がテラス堆積物、3.8~15.0 m が石灰質層群、15.0 m 以深はタスコ片岩類が分布し、M J M T - 4 と類似の地質状況にある。緑色片岩の一部は熱水変質作用を受けて灰色を呈し、黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱の鉱染やバンドが肉眼的に存在し、顕微鏡的には黄銅鉱や閃亜鉛鉱も認められることから、鉱化作用が近くに存在することが推定される。

M J M T - 6 では、160.9 m まで石灰質層群の石灰質千枚岩が分布し、部分的には珪化変質、黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱の鉱染が認められる。また、160.9 m 以深はタスコ片岩類に対比されるが、緑色片岩の分布が少ない。当ボーリング付近では、タスコ片岩類が褶曲作用などにより地層が急傾斜になっているため、地表では分布が狭い泥質片岩がボーリングで厚く分布し、緑色片岩は一部だけを捕捉したもので、地表で広く分布する緑色片岩本体はさらに深部に分布するものと考えられる。

M J M T - 7 では、0~2.0 m がテラス堆積物、2.0~306.5 m が石灰質層群、306.5 m 以深はタスコ片岩類が分布する。石灰質層群及びタスコ片岩類中には、黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱の鉱染帯やバンドが捕捉されたほか、微量の閃亜鉛鉱及び黄銅鉱も含有している。I P 探査結果から鉱床胚胎が期待された100 m 付近には安山岩貫入岩が分布し、その境界付近には黄鉄鉱の小規模の濃集帯認められた。また、地質的には350.0 m 付近が鉱床胚胎層準に当たるが、この付近に緑色片岩が分布し、地化学的探査結果としてはAg, Pb, Zn, Asなどの異常が確認された。これらの結果、鉱床胚胎層準を把握したが、緑色片岩の厚さは15 cm 程度であり、鉱化作用を伴う火成活動の中心から離れた所に位置し、鉱床把握には至らなかったと考えられる。

M J M T - 8 では、0~2.0 m がテラス堆積物、2.0 m 以深はタスコ片岩類が分布する。タスコ片岩類は緑色片岩、泥質片岩及び石灰質片岩からなる。I P 探査結果などから鉱床胚胎が期待された150.0 m 付近に顕著な鉱化帯は見られなかった。しかし、127.0 m の泥質片岩試料では低比抵抗で高分極率を示し、これがI P 異常を示した可能性がある。110.5~110.7 m に幅7 cm 程度の黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱からなる硫化物のレンズ~バンドや110.5~175.7 m の数箇所にも主として黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱からなる数mmのレンズ~バンドを把握した。顕微鏡観察結果からはいずれの箇所においても閃亜鉛鉱、黄銅鉱などが確認されたほか、175.7 m ではエレクトラム及び四面銅鉱が確認された。また、緑色片岩も頻繁に産出している。これらの結果、塊状硫化物鉱床が付近に存在する可能性が大きい。

M J M T - 9 では、0.0~28.3 mがテラス堆積物と比較的厚く分布する地点にあたる。28.3 m以深はタスコ片岩類であり、28.3~174.8 mが酸性片岩、174.8~187.3 mが緑色片岩・泥質片岩互層帯、187.3~362.0 mが泥質片岩、362.0 m以深が酸性片岩である。I P 探査結果から鉱床胚胎が期待された300~360 m付近は泥質片岩であり、その下位には酸性片岩が分布する箇所にあたる。酸性片岩の分極率は小さく、I P 異常は泥質片岩中の石墨による可能性が高い。40.0~80.0 m及び100.0~110.0 m中では黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱が10%を越える鉱化帯が数箇所認められたほか、180.0~187.3 mにかけて泥質片岩・緑色片岩互層中にも黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱が10%程度の鉱化帯を把握した。顕微鏡観察結果では、いずれの箇所においても黄鉄鉱、磁硫鉄鉱のほかに閃亜鉛鉱及び黄銅鉱が認められたが、I P 異常が示したような大規模な鉱化帯の把握に至らなかった。

M J M T - 10 では、0.0~9.55 mがテラス堆積物、9.55 m以深はタスコ片岩類が分布する。タスコ片岩類は泥質片岩及び緑色片岩からなる。I P 異常は深度180~200 mにみられ、予想断面からは泥質片岩と緑色片岩との境界部付近にあたる。ボーリングの結果では、160.7 mに泥質片岩と緑色片岩の境界があり、I P 異常は緑色片岩中にあたる。183.0 ~ 190.0 m付近には黄鉄鉱の鉱染が10%程度認められたが、これらがI P 異常を示したかは不明瞭である。顕微鏡観察結果では、数箇所黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱のほかに閃亜鉛鉱及び黄銅鉱などが認められ、鉱化作用の影響を受けているものの鉱床把握には至らなかった。

M J M T - 11 では、0.0~8.0 mがテラス堆積物、8.0~193.3 mが石灰質層群、193.3 m以深はタスコ片岩類が分布する。石灰質層群は砂岩及び千枚岩の互層から構成される。タスコ片岩類は緑色片岩、泥質片岩及び砂質片岩からなる。I P 異常は深度100 m付近にみられたが、ボーリングの結果では、100 m付近は石灰質層群の千枚岩であり、コアは破砕化が著しい箇所にあたる。肉眼的には石灰質層群中の硫化物は黄鉄鉱を主とし、193.3m以深のタスコ片岩類中では磁硫鉄鉱を主としている。ボーリングの結果からは、I P 異常源は千枚岩中の石墨の量によると考えられる。

第Ⅲ部 結論及び提言

第III部 結論及び提言

第1章 結論

本調査では衛星画像解析、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行った。

第3年次までのテフピルコ地域に対する調査結果を総合的に検討した結果、次のように結論し得る。

- ① 既存データ解析の結果、本地域に分布する鉱床は塊状硫化物鉱床、鉱脈型鉱床及び不規則水銀鉱床である。資料において、黒鉱タイプや塊状鉱床と記載されているものの大部分は現地調査結果では鉱染鉱床であり、塊状硫化物鉱床にあたるものは2～3の鉱床だけである。また、物理探査、地化学探査、ボーリング資料などについてはデータが少なかったが、収集できたものは現地調査及び解析に利用した。
- ② 衛星画像解析結果、フォールスカラー画像からはタスコ変成岩類、石灰質層群、バルサス層、ティルサポトラ流紋岩類、第四系の火山地形などの境界を判読した。
また、主成分分析結果と現地調査結果の対比から、本地区では主成分分析は岩相区分との対応が弱く有効でなかった。
- ③ 地質調査の結果、当地域に分布する鉱床の主なものは塊状硫化物鉱床と鉱脈型鉱床であり、塊状硫化物鉱床の層準が明らかとなった。すなわち、ティサパ鉱床及びサンタ・ロサ鉱床は同一層準に胚胎し、本地域の塊状硫化物鉱床の胚胎層準は広義の意味において一枚である。鉱床層準の上盤には石灰質層群の石灰質粘板岩があり、下盤にはタスコ変成岩類の緑色片岩や泥質片岩が認められる。また、鉱床が分布する区域にはタスコ変成岩類中の酸性片岩や緑色片岩が広く分布し、鉱床近傍に火成活動があったことを示唆している。このほか、鉱脈型鉱床 (Ag-Pb-Zn) においては、大部分がNW-S E系の走向を示す。この方向の鉱脈においてはAgが7,000 g/t以上と高品位を示すものがベレン鉱床の露頭やサンタ・ロサリア鉱床などで確認された。

地質調査と並行して行った地化学探査では、Sの高異常値帯は地表調査で確認された変質・鉱徴帯とよく一致している。Mnは塊状硫化物鉱床の生成に伴い溶脱される可能性のある元素であり、サンタ・ロサ鉱床付近ではMnの低異常値がまとまっている。よって、Mnの低異常値帯は鉱化作用に伴うハローの一部と考えられる。

- ④ 重力法による物理探査の結果、テフピルコ背斜構造に重複する低重力帯が3箇所検出

された。これらは花崗閃緑岩や貫入岩体に対応している。また、3次残差異常図の負異常部に鉍脈型鉍床はほとんどはいり、第三紀に形成された断裂構造や基盤の落込みと鉍化作用が関連していると考えられる。

電気探査の結果、サンタ・ロサ鉍床周辺でI P異常帯が検出され、これは鉍化変質帯を示していると考えられる。同様に、MJMT-5南、MJMT-6北及びサン・ルカス・デル・マイス地区でI P異常帯が検出され、これらの地区のモデル計算結果などからも地下深部に鉍床胚胎が期待できる。しかし、鉍石と石墨を含む岩石は同程度の比抵抗値を示すので、鉍化帯による低比抵抗異常の可能性も考慮する必要がある。

- ⑤ ボーリング調査結果、本地域の地質構造が明かになった。しかし、地質、鉍石の産状及び顕微鏡観察や分析などの室内試験結果から判断すると、塊状硫化物鉍床胚胎層準及び鉍化帯の一部は把握されているが、比較的広範囲に鉍化作用が弱く及んでいる地域にあたり、ティサパ鉍床規模の鉍床及び品位を把握することは困難な地区と判断される。

第2章 将来の提言

本プロジェクトでは、既存データ解析、画像解析、地質調査、地化学探査、物理探査（重力探査、電気探査）及びボーリング調査を行った。その結果、本地域には塊状硫化物鉱床と鉱脈型鉱床が分布し、鉱床の経済性や規模を考慮して、塊状硫化物鉱床の探査を優先して行った。塊状硫化物鉱床賦存のポテンシャルの高い地区としてサンタ・ロサ鉱床周辺を限定することができた。この地区には北方に位置するティサパ鉱床と地質環境が類似するほか、地表の鉱化帯の分布、IP異常、地化学探査異常などが認められた。この地区を主にボーリング調査を実施した結果、鉱床を把握するに至らなかったが、いずれのボーリングでもバンド～レンズ状の磁硫鉄鉱及び黄鉄鉱を主とし、微量の黄銅鉱、閃亜鉛鉱などを含む鉱化帯がしばしば認められた。さらに、ボーリング調査を行うことによって塊状硫化物鉱床を把握する可能性はあるが、鉱化帯にまとまりがなく広がっていることなどからティサパ鉱床規模の品位と鉱量を有する鉱床把握の可能性は少ないと判断される。

また、鉱脈型鉱床は大部分がAg-Pb-Znを含む石英脈であり、鉱脈の優勢な方向はNW-SEであることが地質調査の結果から明らかとなった。鉱脈型鉱床のうち、サンタ・ロサリオ鉱床やベレン鉱床では高品位のAu, Agを含む露頭などが確認された。さらに調査を実施する場合は、地化学探査を実施する必要がある。地化学探査の方法は鉱脈を切る方向に10m間隔で土壌及び岩石のサンプリングを実施し、As, Ag, Au, Hgなどの成分分析を行い、鉱化作用の範囲や連続性の把握が必要である。走向方向には連続性がいいので、100m間隔ぐらいが有効と推定される。同時に、地表に分布する鉱脈中の石英などの流体包有物測定を行うことにより、現在みられる鉱脈が鉱化作用のどのような位置にあたるのかを検討し、下部延長部の探鉱の有効性などを把握することが有用と考えられる。また、当地域に分布する既知鉱床の下部延長方向への探査はほとんどなされていない。よって、ボーリング調査により鉱化帯地下深部までの連続性を把握することが望ましい。