

中國工礦地質學發展與地質學 的相關問題

潘震旦

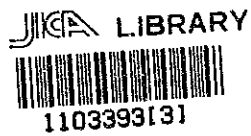
潘震旦 著

地質部地質研究所
地質部地質研究所

地質部
C17(8)
1954. 02. 1

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

第 2 年 次



24711

平成 5 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

24711

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年度を第1年次とする2年次にあたり、金属鉱業事業団は6名の調査団を編成して平成4年6月15日から9月4日及び平成4年11月9日から12月24日まで現地に派遣した。

現地調査は、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、本年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたって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5年3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

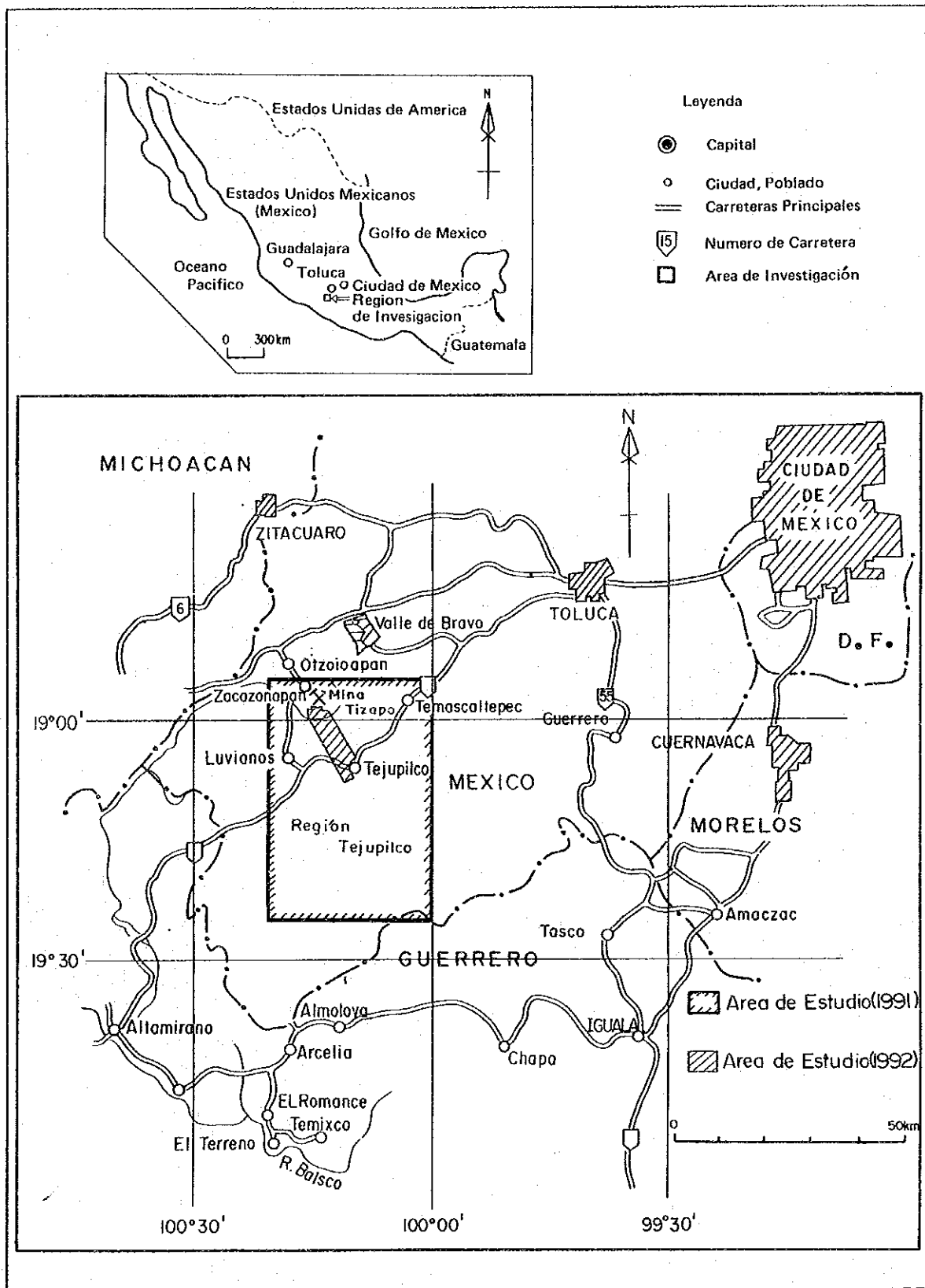
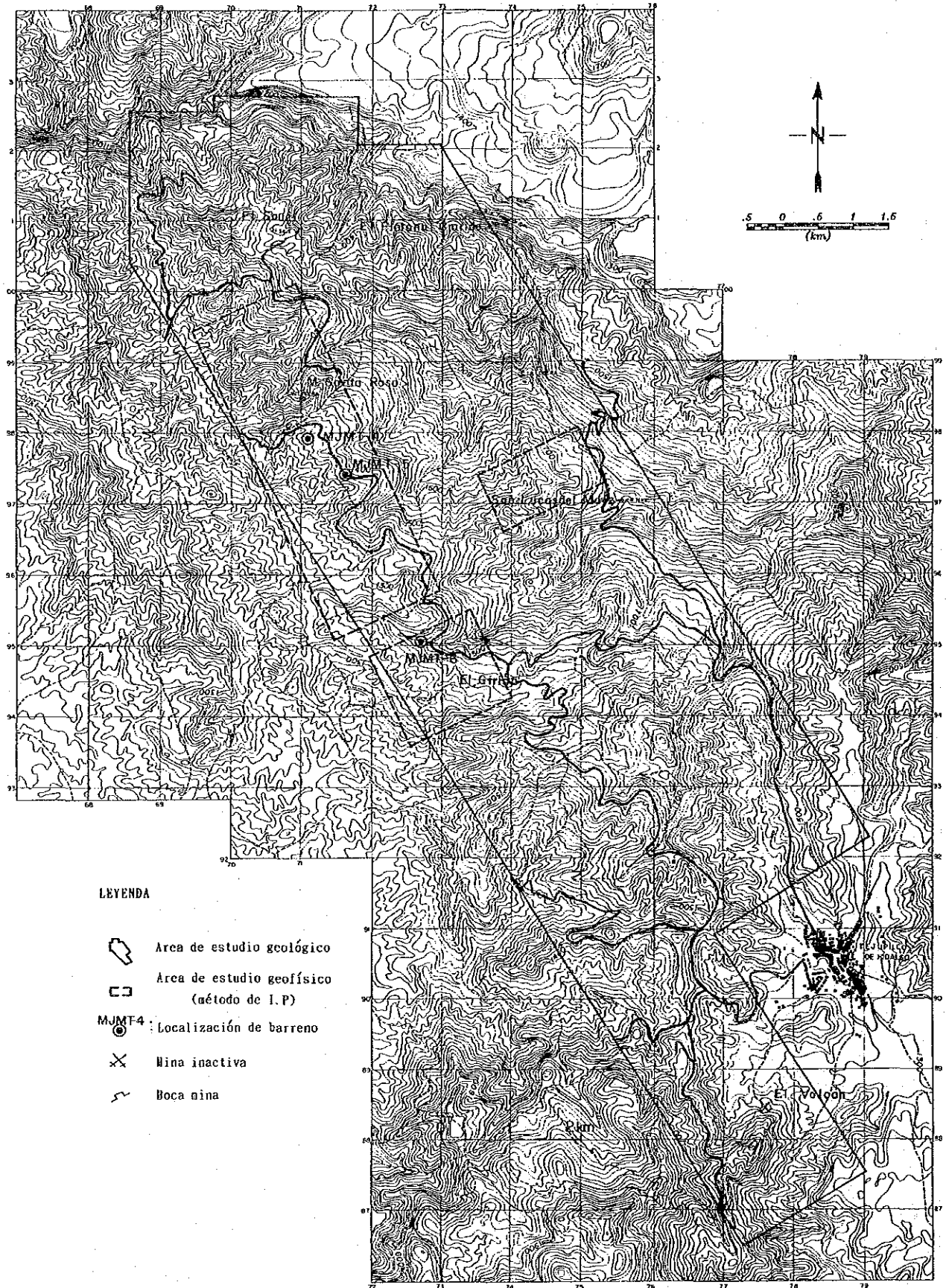


图 1-1-1 調查地域位置图



LEYENDA






-  Area de estudio geológico
-  Area de estudio geofísico
(método de I.P)
-  MJMT4: Localización de barreno
-  Mina inactiva
-  Boca mina

図 1-1-2 調査地域及びボーリング位置図

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。

第2年次の調査として、地質調査、物理探査及びボーリング調査を実施した。

地質調査の結果、地域内の地層はNW-SEの走向を示し、西に向かって順次新しい地層が重なり、下位より二疊系～白亜系の変成岩であるタスコ片岩類及び石灰質層群、第三系のティルサポトラ流紋岩類及び第四系が分布する。タスコ片岩類は主に泥質片岩と火山岩起源の緑色片岩及び酸性片岩からなる。石灰質層群は主に石灰質粘板岩～千枚岩、石灰質砂岩からなり、変成度は弱く、タスコ片岩類を整合に覆う。主な鉱床はサンタ・ロサ鉱床などの層準に規制された塊状硫化物鉱床であり、タスコ片岩類と石灰質層群の境界部付近に胚胎する。鉱床付近には、緑色片岩及び酸性片岩が分布し、鉱床とこれらの片岩類が密接な関係を有している。調査地内の鉱床胚胎層準は、調査地区北部のエル・サウス付近からサンタ・ロサ鉱床をとおり、南東方向の調査地区南端まで連続分布する。この層準では黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱鉱染や珪化変質などが地表及びボーリング調査で認められた。また、これらの層準より下位にあたるエル・プラタナル・グランデ及びサン・ルカス・デル・マイルでも鉱化変質帯を把握した。

物理探査の結果、サンタ・ロサ鉱床周辺でIP法による電気探査で異常帯が検出されたが、これは鉱化変質帯を示していると推定される。同様な異常帯がサンタ・ロサ鉱床北、MJMT-5南、MJMT-6北、サン・ルカス・デル・マイルなどに検出され、これらの地区では岩石の地化学異常なども抽出されており、潜頭性の鉱床賦存のポテンシャルが高い地域と判断できる。

ボーリング調査は、MJMT-4、MJMT-5及びMJMT-6の3本で計1,106.70mの掘削を行い、地質構造を把握するとともに、少量の黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱の鉱染、微量の黄銅鉱及び閃亜鉛鉱などを把握した。

以上の調査結果を踏まえ、第3年次の調査として次の地区でボーリング調査をすることを提案する。また、そのボーリング調査の結果、有望な鉱微帯を捕捉した場合はその鉱微帯の連続性や広がりを把握するためにボアホールIPを実施することが望ましい。

- ・ サンタ・ロサ鉱床北
- ・ MJMT-5南
- ・ MJMT-6北
- ・ サン・ルカス・デル・マイル地区

目 次

はしがき	1
位置図	
要 約	
第 I 部 総 論	1
第 1 章 序 論	1
1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 第 1 年次調査の結論と提言	1
1-2-1 第 1 年次調査の結論	1
1-2-2 第 2 年次調査への提言	3
1-3 第 2 年次調査の概要	4
1-3-1 調査地域	4
1-3-2 調査目的及び調査方法	4
1-3-3 調査団の編成	6
1-3-4 調査期間	6
第 2 章 調査地域の地理	7
2-1 位置及び交通	7
2-2 地形及び水系	7
2-3 気候及び植生	8
第 3 章 一般地質	9
3-1 調査地域周辺の地質	9
3-2 調査地域の鉱床及び鉱化帯	13
第 4 章 調査結果の総合検討	14
4-1 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制	14
4-2 岩石の地化学的特徴と鉱化作用との関係	14
4-3 I P 異常と鉱化作用との関係	15
4-4 鉱床賦存のポテンシャル	15
第 5 章 結論及び提言	16
5-1 結 論	16
5-2 第 3 年次調査への提言	18
第 II 部 各 論	19
第 1 章 地質調査	19
1-1 調査方法	19
1-2 調査結果	19
1-2-1 地質及び地質構造	19
1-2-2 鉱化作用及び変質作用	30

1-2-3	地化学探査	38
1-3	考 察	69
第2章	物理探査	71
2-1	調査方法	71
2-1-1	調査内容	71
2-1-2	測定方法	71
2-1-3	解析方法	76
2-2	調査、解析結果	77
2-2-1	調査結果	77
2-2-2	解析結果	151
2-3	考 察	160
第3章	ボーリング調査	172
3-1	調査方法	172
3-1-1	調査概要	172
3-1-2	工法及び使用機材	172
3-1-3	ボーリング作業	172
3-1-4	掘進状況	183
3-2	調査結果	183
3-2-1	地質・鉱化・変質	183
3-2-2	地化学探査	199
3-3	考 察	206
第Ⅲ部	結論及び提言	207
第1章	結 論	207
第2章	第3年次調査への提言	211
参考文献		213
付 録		

添付図表類

図 I-1-1	調査地域位置図	-----	巻頭
図 I-1-2	調査地域及びボーリング位置図	-----	巻頭
図 I-3-1	調査地域地質概要図	-----	11
図 II-1-1	調査地域地質図	-----	21
図 II-1-2	地質断面図	-----	23
図 II-1-3	地質模式層序図	-----	25
図 II-1-4	層理面・片理面・劈開面のステレオ投影図	-----	31
図 II-1-5	鉍徴・変質帯分布図	-----	32
図 II-1-6	サン・ルカス・デル・マイルス鉍徴地スケッチ	-----	35
図 II-1-7	X線回折試験結果図	-----	39
図 II-1-8	基本統計量概略図	-----	42
図 II-1-9	ヒストグラム・累積頻度曲線図	-----	巻末
図 II-1-10	散布図	-----	巻末
図 II-1-11	濃度分布図	-----	45
図 II-1-12	地化学探査結果総合解析図	-----	67
図 II-1-13	鉍石の Au-Ag 散布図	-----	70
図 II-2-1	測線位置図	-----	72
図 II-2-2	測定概念図	-----	73
図 II-2-3	計測方法概念図	-----	74
図 II-2-4	見掛比抵抗・分極率断面図 (A 測線)	-----	79
図 II-2-5	見掛比抵抗・分極率断面図 (B 測線)	-----	81
図 II-2-6	見掛比抵抗・分極率断面図 (C 測線)	-----	83
図 II-2-7	見掛比抵抗・分極率断面図 (D 測線)	-----	85
図 II-2-8	見掛比抵抗・分極率断面図 (E 測線)	-----	87
図 II-2-9	見掛比抵抗・分極率断面図 (F 測線)	-----	89
図 II-2-10	見掛比抵抗・分極率断面図 (G 測線)	-----	91
図 II-2-11	見掛比抵抗・分極率断面図 (H 測線)	-----	93
図 II-2-12	見掛比抵抗・分極率断面図 (I 測線)	-----	95
図 II-2-13	見掛比抵抗・分極率断面図 (J 測線)	-----	97
図 II-2-14	見掛比抵抗・分極率断面図 (K 測線)	-----	99
図 II-2-15	見掛比抵抗・分極率断面図 (L 測線)	-----	101
図 II-2-16	見掛比抵抗・分極率断面図 (M 測線)	-----	103
図 II-2-17	見掛比抵抗・分極率断面図 (N 測線)	-----	105
図 II-2-18	見掛比抵抗・分極率断面図 (O 測線)	-----	107
図 II-2-19	見掛比抵抗・分極率断面図 (P 測線)	-----	109

図Ⅱ-2-20	見掛比抵抗・分極率断面図 (Q測線)	-----	111
図Ⅱ-2-21	見掛比抵抗・分極率断面図 (R測線)	-----	113
図Ⅱ-2-22	見掛比抵抗・分極率断面図 (S測線)	-----	115
図Ⅱ-2-23	見掛比抵抗・分極率断面図 (T測線)	-----	117
図Ⅱ-2-24	見掛比抵抗・分極率断面図 (U測線)	-----	119
図Ⅱ-2-25	見掛比抵抗・分極率断面図 (V測線)	-----	121
図Ⅱ-2-26	見掛比抵抗・分極率断面図 (W測線)	-----	123
図Ⅱ-2-27	見掛比抵抗・分極率断面図 (X測線)	-----	125
図Ⅱ-2-28	見掛比抵抗平面図 $n = 1$	-----	133
図Ⅱ-2-29	見掛比抵抗平面図 $n = 2$	-----	135
図Ⅱ-2-30	見掛比抵抗平面図 $n = 3$	-----	137
図Ⅱ-2-31	見掛比抵抗平面図 $n = 4$	-----	139
図Ⅱ-2-32	分極率平面図 $n = 1$	-----	141
図Ⅱ-2-33	分極率平面図 $n = 2$	-----	143
図Ⅱ-2-34	分極率平面図 $n = 3$	-----	145
図Ⅱ-2-35	分極率平面図 $n = 4$	-----	147
図Ⅱ-2-36	比抵抗・分極率図	-----	149
図Ⅱ-2-37	分極率・時定数図	-----	150
図Ⅱ-2-38	2次元シミュレーション解析図	-----	153
図Ⅱ-2-39	時定数断面図	-----	157
図Ⅱ-2-40	見掛比抵抗パネルダイアグラム (断面図)	-----	161
図Ⅱ-2-41	分極率パネルダイアグラム (断面図)	-----	163
図Ⅱ-2-42	見掛比抵抗パネルダイアグラム (平面図)	-----	165
図Ⅱ-2-43	分極率パネルダイアグラム (平面図)	-----	167
図Ⅱ-2-44	物理探査総合解析結果図	-----	169
図Ⅱ-3-1	ボーリング位置図 (MJMT-4及びMJMT-5)	-----	173
図Ⅱ-3-2	ボーリング位置図 (MJMT-6)	-----	174
図Ⅱ-3-3	ボーリング柱状図	-----	巻末
図Ⅱ-3-4	地質断面図 (MJMT-4)	-----	184
図Ⅱ-3-5	地質断面図 (MJMT-5)	-----	185
図Ⅱ-3-6	地質断面図 (MJMT-6)	-----	186
図Ⅱ-3-7	地化学探査分析結果図 (MJMT-4)	-----	200
図Ⅱ-3-8	地化学探査分析結果図 (MJMT-5)	-----	202
図Ⅱ-3-9	地化学探査分析結果図 (MJMT-6)	-----	204
図Ⅲ-1-1	総合解析結果図	-----	209
図Ⅲ-2-1	3年次調査候補地位置図	-----	212

表 I - 1 - 1	調査数量一覧表	5
表 I - 3 - 1	層序対比表	10
表 II - 1 - 1	岩石薄片観察結果一覧表	26
表 II - 1 - 2	鉱石研磨片観察結果一覧表	33
表 II - 1 - 3	鉱石分析結果一覧表	33
表 II - 1 - 4	年代測定結果一覧表 (Pb - Pb法)	37
表 II - 1 - 5	X線回折結果一覧表	巻末
表 II - 1 - 6	地化学探査分析結果一覧表	巻末
表 II - 1 - 7	基本統計量一覧表	43
表 II - 1 - 8	相関係数一覧表	44
表 II - 2 - 1	サンプリングタイム一覧表	74
表 II - 2 - 2	測定装置、機材一覧表	75
表 II - 2 - 3	岩石物性試験結果・時定数計算結果一覧表	132
表 II - 3 - 1	使用機器一覧表	175
表 II - 3 - 2	使用消耗品一覧表	176
表 II - 3 - 3	ダイヤモンドビット・リーマー使用状況一覧表	177
表 II - 3 - 4	ボーリング工事工程表	179
表 II - 3 - 5	掘進実績表 (MJMT - 4)	180
表 II - 3 - 6	掘進実績表 (MJMT - 5)	181
表 II - 3 - 7	掘進実績表 (MJMT - 6)	182
表 II - 3 - 8	岩石薄片鑑定結果一覧表 (ボーリング)	187
表 II - 3 - 9	鉱石研磨片鑑定結果一覧表 (ボーリング)	188
表 II - 3 - 10	鉱石分析結果一覧表 (ボーリング)	189
表 II - 3 - 11	X線回折結果一覧表 (ボーリング)	190
表 II - 3 - 12	地化学探査分析結果一覧表 (ボーリング)	巻末

写真

顕微鏡写真	巻末
-------	----

別添図

別添図 II - 1 - 1	地質図 (1:25,000)
別添図 II - 1 - 2	地質断面図 (1:25,000)
別添図 II - 1 - 3	試料採取位置図 (岩石・鉱石) (1:25,000)
別添図 II - 1 - 4	試料採取位置図 (地化学探査) (1:25,000)

第 I 部 總 論

第 1 部 総 論

第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

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 Mimerales、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、同地域内のチサパ (Tizapa) 地区では経済性の高い層状硫化物鉱床 (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 第 1 年次調査の結論及び提言

1-2-1 第 1 年次調査の結論

第 1 年次は衛星画像解析、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。

- ① 衛星画像解析結果、フォールスカラー画像からはタスコ片岩類、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。そのリニアメント判読図からは、調査地域中央部～南西部では褶曲構造に伴う地質構造を反映したリニアメント、中央部～南東部ではNW-SE方向のリニアメントが抽出され、これらは本地区に分布する鉱脈型鉱床の走向を示す。また、主成分分析画像では第 1 主成分の寄与率が93.8%で、地形の凸凹による各バンドスペクトルの輝度の変化に大きく影響されている。第 2 主成分～第 4 主成分の寄与率はそれぞれ 2.9%、2.5%、0.4%を示し、第 1～第 4 主成分の寄与率の合計は99.6%で、データの大部分の情報を集約している。本地域は亜湿润温帯の気候にあたり、しかも地形の標高差が2,000mほどあり多種多様の植物が繁茂しているほか、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凸凹、第 2 主成分及び第 3 主成分は植生の違いを反映していることが判明した。第 4 主成分は岩石、土壤、道路、家屋などの非植生分布地域に対応しているが、地質情報以外のものが多いために地質情報の変化幅が植生変化の違いに覆い隠され、岩相区分との対応が弱い。よって、本地区では主成分分析は岩相区分との対応が弱く、有効ではなかった。
- ② 既存データ解析の結果、本調査地域に関する資料の多くは、CRMによる鉱床調査プロジェクトの報告書であり、そのほかは地質図幅、メキシコ国立自治大学関係論文などである。地質層序などは「テフピルコ図幅」(Cserna, 1982)に詳しい記載がある。鉱床についてはCRMによる調査が大部分であり、本地域に分布する鉱床は塊状硫化物鉱床、

鉍脈型鉍床及び不規則水銀鉍床である。資料において、黒鉍タイプや塊状鉍床と記載されているものの大部分は現地調査結果では鉍染鉍床であり、塊状硫化物鉍床にあたるものは2～3の鉍床だけであった。鉍脈型鉍床は大部分がAg-Pb-Znを主とする鉍脈で、調査地区中央部に主に分布しているが、調査地区北東部には1991年8月から操業をはじめたギターラ鉍山が唯一の稼働鉍山として銀を対象に石英脈を採掘している。不規則水銀鉍床は調査地区南部から調査地域外に分布するが、いずれも小規模である。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。

- ③ 地質調査の結果、当地域に分布する鉍床の主なものは塊状硫化物鉍床と鉍脈型鉍床であり、塊状硫化物鉍床の層準が明らかとなった。すなわち、チサパ鉍床及びサンタ・ロサ鉍床は同一層準に胚胎し、本地域の塊状硫化物鉍床の胚胎層準は広義の意味において一枚である。鉍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、鉍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、鉍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、鉍脈型鉍床（Ag-Pb-Zn）においては、大部分の鉍脈がNW-SE系の走向を示す。この方向の鉍脈を示すベレン鉍床の露頭やサンタ・ロサリオ鉍床などにおいてはAgが7,000g/t以上と高品位なものが確認された。また、他の方向を示す鉍脈は脈の発達や品位も劣勢である。
- 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箇所で見出された。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入り、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。
- ⑤ ボーリング調査の結果、調査地域北西部で実施したMJMT-1において、39.30～51.50mの白色粘土化した凝灰角礫岩中に黄鉄鉍、白鉄鉍、硫砒鉄鉍などからなる鉍化帯を、252.00～252.20mに輝安鉍、石英などからなる鉍化帯を把握した。大部分のものは脈状を呈する鉍石であるが、一部に礫状を呈するものもみられた。しかし、礫状を呈する部分と鉍脈部の鉍石は類似の鉍物組合せ及び化学組成を示し、Au 0.01g/t以下、Ag 1g/t以下、Cu, Pb, Znともに0.01%前後であり、礫状部も鉍脈型鉍石の一部と推定される。また、本孔の孔底深度300.10mには粘板岩～千枚岩が分布しており、チサパなどの塊状硫化物鉍床の胚胎層準はさらにその深部になると判断される。また、当ボーリングより20m東で行ったMJMT-1BはMJMT-1と同様な地質であると同時に、38.90～50.15m、166.50～171.10mなどに硫砒鉄鉍、黄鉄鉍、白鉄鉍などからなる鉍化帯、102.60～105.45mに輝安鉍、石英からなる鉍化帯を把握した。しかし、いずれも細脈であり、地質状況や鉍物組合せ、化学分析結果などから判断すると、本ボーリング付近は鉍床胚胎の場としてのポテンシャルは低い地区と判断される。

また、調査地区中央北部のエル・リオ鉱床東方約2 kmで実施したMJMT-2では、220.00m、241.90m、318.00m、334.30m付近などに磁硫鉄鉱を主とし、少量～微量の黄銅鉱及び閃亜鉛鉱を伴う鉱染帯や数cmのバンドを把握した。また、MJMT-2の南東約1.5 kmで実施したMJMT-3は、240.70～241.00m、250.10～250.35mなどで磁硫鉄鉱のバンド及び鉱染が認められたほか、276.60～277.00mに閃亜鉛鉱、方鉛鉱及び黄鉄鉱を含む石英脈を把握した。MJMT-2及びMJMT-3の下部に分布するタスコ片岩類はホルンフェルス化しており、さらに下位の比較的浅所に花崗岩などの存在が推定される。付近の地質調査及びコア鑑定結果からは、MJMT-2及びMJMT-3付近には背斜構造があり、層準的にはチサパ鉱床層準より下位になる。チサパ鉱床とサンタ・ロサ鉱床は地質調査結果から同一層準であることが明らかになり、この層準以外は塊状硫化物鉱床の胚胎のポテンシャルが低いと推定される。また、これらのボーリングにみられるタスコ片岩類の変成度は肉眼的にもチサパ鉱床付近より上で、明瞭な片岩となっている。さらに、エル・リオ鉱床は産状及び室内試験結果から鉱脈型鉱床の可能性が高く、当地区は塊状硫化物鉱床胚胎のポテンシャルが低いと判断できる。

1-2-2 第2年次調査への提言

第1年次の地質調査の結果は、本地域には塊状硫化物鉱床と鉱脈型鉱床が分布するというものである。

- ① 塊状硫化物鉱床の胚胎層準は二畳系～白亜系のタスコ片岩類の最上部付近に位置し、層準自体は広範囲に分布している。さらに、鉱床付近には火山性起源の碎屑岩を原岩とする変成岩類が分布しており、塊状硫化物鉱床と火山性起源の碎屑岩をもたらした火山活動が密接に関連していると推定される。したがって、これらの層準の分布するチサパ鉱床～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る。しかし、層準の追跡には詳細な地質調査が必要であり、併せて岩石地化学探査を行い、たとえば、日本の黒鉱鉱床探査で有効であるアルカリ元素の挙動を調べることも有用であろう。さらに、塊状硫化物の露頭もしくは潜頭性の鉱床の賦存が推定されれば、ボーリング調査で確認する必要がある。
- ② 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10～20m×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・ロサリオ鉱床ではAu 5.12g/t、Ag 7,824g/tと高品位の鉱石が坑内で認められ、ベレン鉱床ではAu 9.88g/t、Ag 7,118g/tと高品位の露頭も発見できた。さらに調査を実施する場合は、これらの鉱脈型鉱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などの分析を行い、鉱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かを検討し、下部延長部へ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。

なお、鉱床の経済性や規模を考慮すると、塊状硫化物鉱床の探査を優先すべきであろう。

1-3 第2年次調査の概要

1-3-1 調査地域

第1年次調査として次の4点で囲まれた範囲を行った。

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"

その結果、塊状硫化物鉱床であるチサパ鉱床と同種の鉱床の賦存可能性の高い地区としてサンタ・ロサ鉱床～テフピルコにかけての地区(66 km²)を本年度の調査地域として抽出した(図I-1-2)。

1-3-2 調査目的及び調査方法

第2年次調査として、地質調査、物理探査及びボーリング調査を実施した。これらの調査は下記のことを目的とした。

- (a) 地質調査により、本地域の地質層序の詳細を把握し、鉱床胚胎層準の連続性を明らかにし、有望地域を選定する。
- (b) 物理探査により、調査地区における鉱床胚胎層準の地下深部での電氣的性質を解明し、塊状硫化物鉱床の賦存の可能性を明らかにする。
- (c) ボーリング調査により、サンタ・ロサ及びエル・シリアン両鉱化帯の延長部及びその胚胎層準の連続性を把握するとともに、Pb・Zn・Ag・Auの胚胎状況及び品位を明らかにする。

なお、作業の内容は、表I-1-1に示すとおりである。

表 1-1-1 調査数量一覧表

調査方法	調査数量等	分析項目及び成分	数量
① 地質調査	調査面積 66 km ² 踏査距離 200 km	<ul style="list-style-type: none"> ・ 岩石薄片 ・ 鉍石研磨片 ・ 分析 鉍石 (Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Fe) 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) 	<ul style="list-style-type: none"> 16枚 15枚 16件 1,315件 343件 3件
② 物理探査	測線総延長 38.4 km	<ul style="list-style-type: none"> ・ 測線数 (1.6km × 24測線) ・ 測定回数 ・ 比抵抗・IP測定 	<ul style="list-style-type: none"> 24測線 1,200回 36件
③ ボーリング調査	ボーリング3本 総掘進長 1,100 m	<ul style="list-style-type: none"> ・ 岩石薄片 ・ 鉍石研磨片 ・ 分析 鉍石 (Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Fe) 地化学探査試料 (Ba, Mn, Ag, Cu, Pb, As, Zn, S, Na, K) ・ X線回折 	<ul style="list-style-type: none"> 18枚 17枚 34件 86件 22件

ボーリング調査

孔名	計 画		実 績	
	掘進長	傾斜	掘進長	傾斜
MJMT-4	400 m	-90°	400.75 m	-90°
MJMT-5	350 m	-90°	350.00 m	-90°
MJMT-6	350 m	-90°	355.95 m	-90°

1-3-3 調査団の編成

本プロジェクト推進のための調査計画及び現地調査に参加した調査団員は次のとおりである。

調査計画

日本側

伊藤 正

金属鉱業事業団メキシコ調査員

小島 和浩

金属鉱業事業団メキシコ調査員

メキシコ側

Carlos G. Rivera y Villasana

鉱物資源局

Jose Luis Edgar Rodoriguez Medina

鉱物資源局

Raul Maldonado Ramirez

鉱物資源局

現地調査

日本側

増渕 和芳

統括・技術責任者 同和工営株式会社

藤原 茂久

地質調査 同和工営株式会社

浜松 誠

地質調査 同和工営株式会社

吉川 稔

物理探査 同和工営株式会社

岩城 倉栄

物理探査 同和工営株式会社

乳井 正

物理探査 同和工営株式会社

メキシコ側

Jose Antonio Herrera Maguey

統括 鉱物資源局

Jaime Galvan Chavez

地質調査 鉱物資源局

Jose Antonio Torres Lambarri

地質調査 鉱物資源局

Raucel Pascacio Toledo

物理探査 鉱物資源局

Jorge Hernandez Lopez

物理探査 鉱物資源局

Justino Escamilla Orta

測量 鉱物資源局

Miguel Figueroa Salcedo

測量 鉱物資源局

1-3-4 調査期間

現地調査は下記の工程で実施された。

現地調査：1992年 6月15日～12月24日

地質調査：1992年 6月15日～ 9月 4日

物理探査：1992年11月 9日～12月24日

ボーリング調査：1992年 6月21日～ 9月 4日

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

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 (Ciudad de Mexico) から南西方の直距離約100 kmのテフピルコ市街地を南東限とし、北西方のエル・サウス (El Sauz) にかけての範囲である (図1-1-2)。調査地域の大部分はテフピルコ市に属する。

本年次は、調査のベースキャンプをテフピルコ市街地に置いた。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。

	65 km		99 km	
メキシコシティ	—————	トルーカ	—————	テフピルコ
	1.0 時間		2.0 時間	

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～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。

2-2 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1,300～1,900mの山岳地帯に位置する。特に、北東部で高く、南西部で低くなる傾向にある。

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。調査地北部ではテマスカルテペック川 (Rio Temascaltepec) が西流し、付近の地形を侵食し急峻な渓谷地形を呈している。また、西南部は石灰質層群が分布し、比較的なだらかな地形を形成している。

主な水系は、地区北部で西流するテマスカルテペック川であり、この支流が調査地域の大部分の水系をなしている。テフピルコ川本流では、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、雨期には橋以外では川を渡ることが困難である。この他の水系としては南東部で南流するテフピルコ川が小規模に分布するだけである。これらの河川の支流は樹枝状水系を呈する。

2-3 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。調査地区南東部のテフピルコの年間総雨量は約1,000mmを越え、平均気温は22℃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240~250mmである。このうち6月は降水量が最も多く260~270mmである。乾期は10月から5月であり、ほとんど降雨がない。特に、2月~3月は月平均5mm程度である。最高気温は4月の35~37℃、最低気温は1月の2℃前後である。

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、標高差により植生が異なっており、1,600m以上の地区では、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、1,600m以下の地区には、オレンジ、アボガド、パパイヤなどの樹木のほか、バナナ、ヘチマ、クロイチゴ、ハナシノブ、ノパルサボテンなどの草木が生えている。動物は当地区で最も一般的なものとして、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ュラ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3章 一般地質

3-1 調査地域周辺の地質

テフピルコ地域の地質概要図を図1-3-1、層序対比表を表1-3-1に示す。

本地域では二畳系～白亜系の変成岩類（アロヨフリオ片麻岩、タスコ片岩類）が地域中軸部に分布し、これを取り囲むように石灰質層群の堆積岩類、第三系の堆積岩類及び火山岩類（バルサス層、ティルサポトラ流紋岩類）、貫入岩類（花崗岩類、岩脈・岩床）が分布している。これらを覆って新期火山帯の第四系火山岩類が分布する。

二畳系～白亜系の変成岩類のうち、アロヨフリオ片麻岩は花崗岩質岩を起源としている。タスコ片岩類は、泥質片岩、砂質片岩及び堆積岩～火山岩起源の緑色片岩、酸性片岩から構成され、石灰質層群の堆積岩類に整合に覆われる。変成度は初生鉱物の一部が顕微鏡下で観察されることから中～低度である。石灰質層群は石灰質千枚岩、緑色火山岩、石灰質砂岩、粘板岩からなる。上位のものほど変成度は低くなる。

第三系の堆積岩類（バルサス層、ティルサポトラ流紋岩類）は陸成の礫岩・砂岩・シルト岩からなり、火山岩類は流紋岩、安山岩質玄武岩などからなる。

第四系は玄武岩～安山岩溶岩、噴石丘、沖積層などからなる。

貫入岩類は花崗岩類、石英安山岩、玄武岩などからなる。

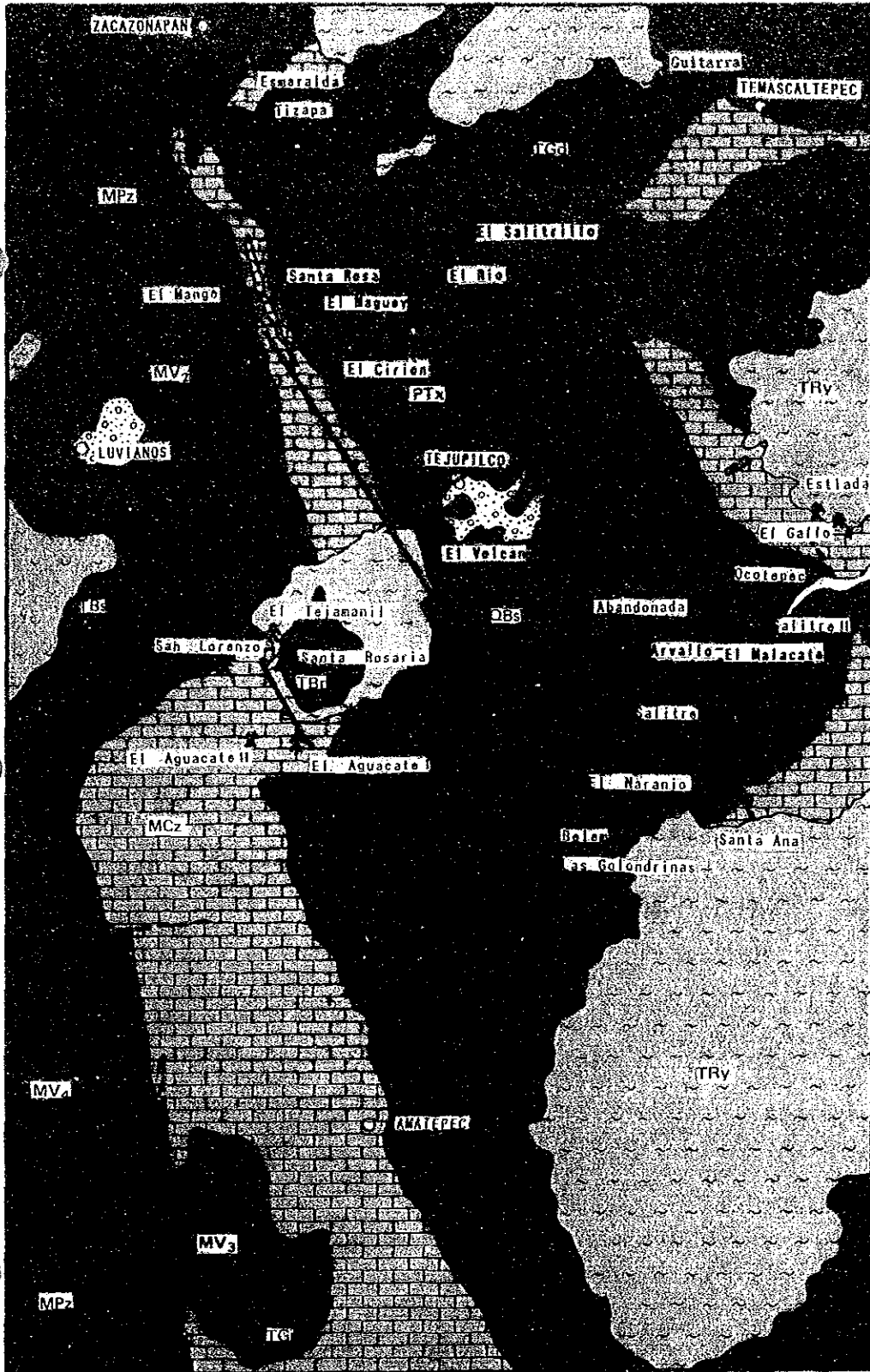
地質構造として、二畳系～白亜系の変成岩類は、走向がNNW～SSEで、傾斜はWまたはEを示し、同方向の葉状構造を伴う。この方向は本地区の基本的な構造方向を示し、変成作用はコルディレラ造山運動によって生じたものである。白亜系はコニャック期末期に重力的な構造運動を被り、非対象褶曲を生じるとともに、本地域の中軸部が相対的に上昇した。褶曲軸の方向はN-S方向を示す。その後、新第三紀中新世には地区西方の沈降に伴い、多数の断層が発達した。主要断層の方向はNW-SE、N-S、E-Wであり、この弱線を通して、第三系の火山岩類・貫入岩類が噴出・貫入した。

二畳系～白亜系のタスコ片岩類の走向はNNW-SSEで、傾斜はWまたはEを示し、最大20kmの幅で南方に100 km以上連続して分布し、チサパ鉱床、サンタ・ロサ鉱床などの塊状硫化物鉱床が胚胎している。よって、本地域はこの型の鉱床胚胎の場として高いポテンシャルを持つものと考えられる。また、第三系のデイサイト～流紋岩中に関係した多くの鉱脈型鉱床が分布しているが、それらの鉱化作用の特性や鉱化規制などについてもまだ十分解明されていない。しかし、エル・マラカテ(El Malacate)鉱山のように近年まで採掘が行われた鉱山をはじめ多数の鉱山が分布していることなどから、本地域は鉱脈型鉱床胚胎の場としてもポテンシャルの高い地域であると考えられる。

表 1-3-1 属序对比表

















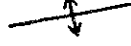

EDAD	REGION TEJUJILCO	HOJA TEJUJILCO ¹⁾	HOJA TAXCO ²⁾
CUATER-NARIO	ALUVION	ALUVION	ALUVION
	BASALTO	BASALTO	BASALTO
TERCIARIO		FORMACION ZINACANTEPETL ANDESITA BASALTICA TOBA Y LAHAR	FORMACION CHONTALCOATLAN ANDESITA BUENAVISTA FORMACION JEPOTELAN
	RIOLITA TILZAPOTLA	RIOLITA TILZAPOTLA	RIOLITA TILZAPOTLA
	FORMACION BALSAS	FORMACION BALSAS	FORMACION BALSAS
		FORMACION ARCELIA FORMACION XOCHIPALA	FORMACION TETELCINGO
MESOZOICO	GRUPO COLCAREO	FORMACION AMATEPEC	FORMACION AMATEPEC FORMACION MORELOS E.M. XOCHICALCO ANHIDRITA HUITZUCO
	ESQUISTO TAXCO	FORMACION ACUITLAPAN	FORMACION ACUITLAPAN
		ROCAVERDE TAXCO VIEJO	ROCAVERDE TAXCO VIEJO
PALEOZOICO	ESQUISTO TAXCO	ESQUISTO TAXCO	ESQUISTO TAXCO
	AUGENGNEIS ARROYO FRIO		

1) CSERNA (1982) 2) CSERNA ET AL (1981)



LEYENDA

CUATERNARIO

-  OAI : geava-arena, limo
-  QBs : lava de basalto, scoria
- RIOLITA TILZAPOTLA**
-  TBr : lava de andesita, piroclástico
-  TRy : andesita, piroclástica y toba riolitica
- FORMACION BALSAS**
-  TBs : lava de andesita, conglomerado
- GRUPO CALCAREO**
-  MV₄ : andesita, basalto, piroclástico
-  MPz : pizarra, pizarra calcárea
-  MV_{1,3} : lava de pillow, basalto
-  MCs : arenisca calcárea tobaslea
-  MCz : filita calcárea, arenisca calcárea
- ESQUISTO TAXCO**
-  PTx : esquistos pelitico y verde
- AUGENGNEIS ARROY FRIO**
-  PGr : gneis
- ROCAS INTRUSIVAS**
-  TGd : granodiolita
-  TGr : granito
-  DKr : dique felsico
-  Falla
-  eje de anticlinal
-  área de estudio (1992)

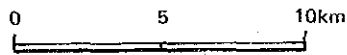
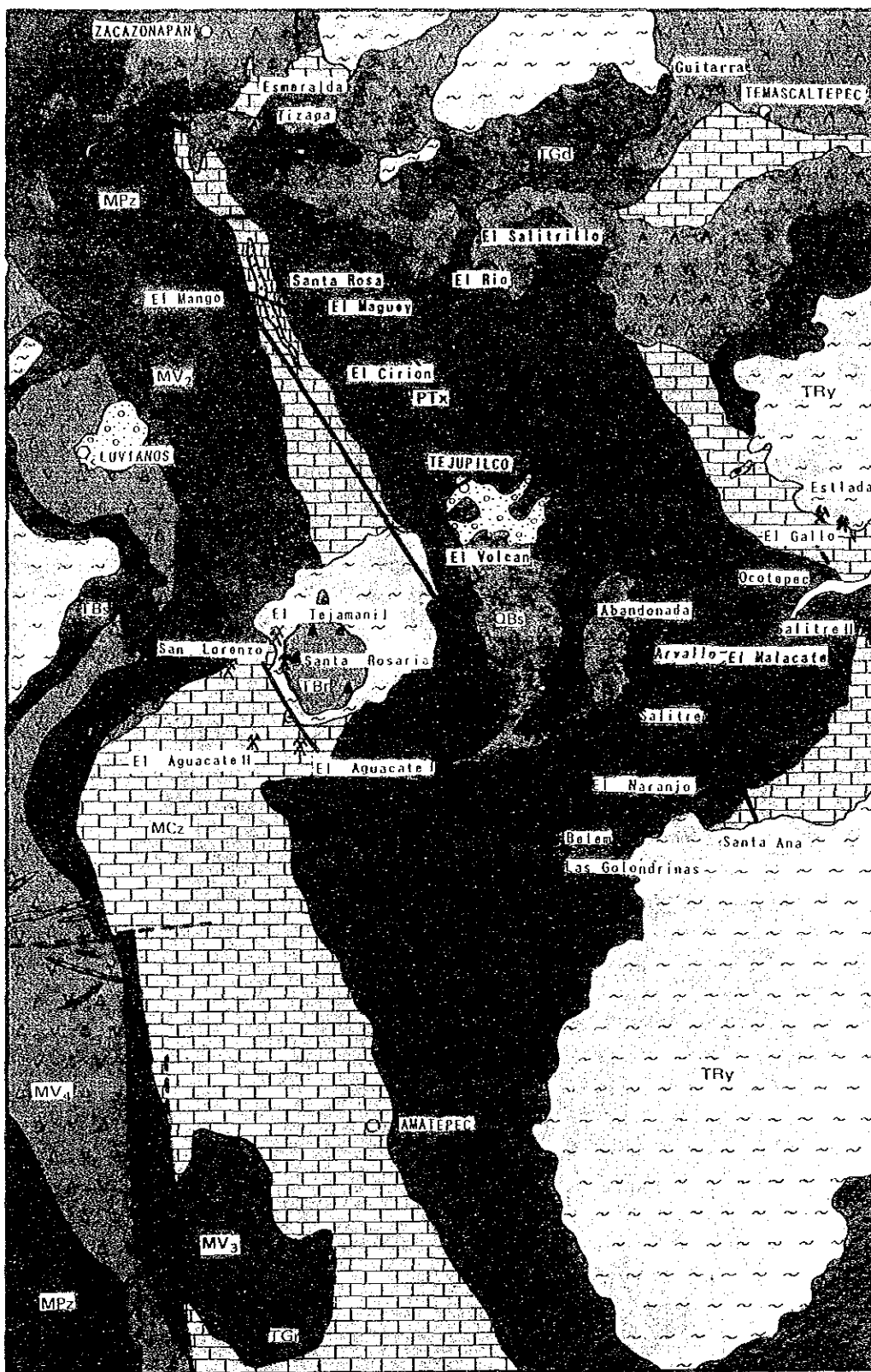




圖 1-3-1 調查地域地質概要圖



LEYENDA

CUATERNARIO

-  QAI : geava-arena, limo
-  OBS : lava de basalto, scoria
- RIOLITA TILZAPOTLA**
-  TBr : lava de andesita, piroclástico
-  TRy : andesita, piroclástica y toba riolitica
- FORMACION BALSAS**
-  TBs : lava de andesita, conglomerado
- GRUPO CAI CAREO**
-  MV₄ : andesita, basalto, piroclástico
-  MPz : pizarra, pizarra calcárea
-  MV₃ : lava de pilow, basalto
-  MCs : arenisca calcárea tobaslea
-  MCz : filita calcárea, arenisca calcárea
- ESQUISTO FAXCO**
-  PTX : esquistos pelitico y verde
- AUGENGNEIS ARROY FRIO**
-  PGr : gneis
- ROCAS INTRUSIVAS**
-  TGr : granodiolita
-  TGr : granito
-  DKr : dique felsico
-  Falla
-  eje de anticlinal
-  área de estudio(1992)

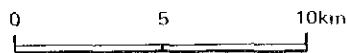


图 1-3-1 调查地域地質概要図

3-2 調査地域の鉱床・鉱化帯

本年次の地域には、塊状硫化物型鉱床のサンタ・ロサ、鉱脈型鉱床のエル・ボルカン (El Volcan) などがある。

サンタ・ロサ鉱床は、テフピルコの北西約10kmに位置し、水平坑道約45mのほかに斜坑が数10mあり、入坑可能である。現在坑口はレベルが異なる2箇所であり、これらは坑内で連結している。ボーリング探鉱を40数本以上行ったようであり、ボーリング基地及び搬入道路跡が認められる。鉱石は堆積構造が明らかであり、閃亜鉛鉱、方鉛鉱を主とする黒鉱質鉱石と黄鉄鉱を主とする珪鉱質鉱石からなる。

エル・ボルカンはテフピルコ市街地南南西約2kmに位置し、石英を採掘対象としたといわれる。石英脈は露天掘りの跡などにみられ、肉眼的には変質帯、硫化物は認められない。これらの既知鉱床以外にエル・マゲイ (El Maguey) やエル・シリアン (El Cirian) 鉱徴地などが認められる。エル・マゲイ鉱徴地はロス・メルコレス (Los Melchores) 集落東方の沢に露出する石英脈を主としたもので、硫化物は肉眼的には認められない。エル・シリアン鉱徴地はエル・シリアン集落西方の道路沿いにみられ、肉眼的に珪化及び黄鉄鉱鉱染が認められ、鉱石の顕微鏡観察結果では、黄鉄鉱のほかに微量の閃亜鉛鉱が認められた。

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制

初年次調査で明らかにされたように、調査地域はメキシコ中央部をWNW-ESE方向に横切る新期火山帯の中にあり、中新世以降活発な火山活動が続いている。これらの火山岩類に覆われて、本年度の調査地域には中生代以前に形成された海成層を起源とする変成岩～弱変成岩が広く分布する。これらの変成岩類は新期火山帯の方向と異なりNNW-SSE方向の分布を示す。本年度の調査地域は東側地域外に推定されているテフピルコ背斜軸の西翼部に相当するため、地層の大局的なトレンドはNW-SE方向を示し、西側に向かって順次新しい地層が重なる。しかし、変成岩類にはクレニューレーション劈開と小褶曲構造が強く発達し、部分的には低角度の断層などによりブロック化することもある。また、大部分の変成岩類は泥質堆積物で構成されるが、部分的には火山岩起源の変成岩が卓越し、チサパ鉱床、サンタ・ロサ鉱床で代表される塊状硫化物鉱床を伴う。いわゆる黒鉱鉱床などと同様に、本地域の塊状硫化物鉱床も層準に規制されている。すなわち、本地域ではタスコ片岩類と石灰質層群の境界部が鉱床層準に相当し、チサパ鉱床の例から、主な鉱体は境界を挟んで上下百数十mの間に少なくとも3層存在する可能性がある。本年度実施した3本のボーリングではいずれも鉱床形成に関連すると考えられる弱い鉱化作用を伴う緑色片岩などを捕捉している。一般に、黒鉱型硫化物鉱床に関係した火成活動はバイモーダルなものが考えられているが、本地域においても同様な火成活動が認められる。顕微鏡鑑定結果などから、緑色片岩の原岩は主に中性～塩基性の火砕岩～溶岩であり、酸性片岩の原岩は流紋岩質溶岩及び貫入岩と推定される。鉱化作用に伴う顕著な変質作用は、日本の黒鉱鉱床とは異なり、鉱床周辺でも狭い範囲に限られている。鉱石は主として黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱からなり、黄銅鉱を伴うものであり、Au、Ag値の相関が良いという特徴を持っている。

4-2 岩石の地化学的特徴と鉱化作用との関係

一般的な傾向として、泥質片岩では他の岩石に比べてK、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。本地域では、Mnの低異常値集団が特に緑色片岩及び石灰質層群において顕著である。Mnは塊状硫化物鉱床の生成に伴い母岩から溶脱される可能性のある元素であること、また、事実鉱床の存在するサンタ・ロサ鉱床付近では、Mnの低異常値がまとまっていることなどから、鉱化作用に伴うハローとしてMnの低異常値帯を考えることが可能である。鉱化作用を直接示すと考えられるAg、Cu、Pb、Zn、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・鉱徴帯とよく一致している。Znは塊状硫化物鉱体の主要成分であり、指示元素として期待されるが、本地域では高異常値が全域に分散する傾向がみられ、Znだけからは有望地域を特定することは困難である。

サンタ・ロサ鉱床近傍で認められる地化学異常は、先に述べたMnのほかCu、Agなどでも

みられるが、異常帯の規模は小さい。これは地表の変質状況と考え合わせると、現在確認されているサンタ・ロサ鉱床が鉱化作用の中心から離れていることを示唆すると考えられる。

4-3 IP異常と鉱化作用との関係

本調査地域の比抵抗分布は地質分布とおおむね一致している。帯状に細長く分布する低比抵抗異常帯は、主に石墨を強く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、ほぼ同等の比抵抗値を示すので、鉱化帯による異常の可能性も考慮する必要がある。IP異常帯は、サンタ・ロサ鉱床周辺で確認されることから、鉱化帯を示している可能性がある。同様に、IP異常帯がMJMT-5南、MJMT-6北、サン・ルカス・デル・マイスなどで確認できた。これらの異常帯は地下100~250mで認められるが、地表ではそれらに対応する地化学探査異常などが各異常帯の東側で認められる。地層が西傾斜であることとも整合的であるので、これらのIP異常帯は鉱化帯を示している可能性がある。

4-4 期待鉱床賦存のポテンシャルについて

本調査地域に分布する主な鉱床は塊状硫化物鉱床である。塊状硫化物鉱床にはチサパ鉱床やサンタ・ロサ鉱床があり、第1年次の調査結果、これらの鉱床は層準に規制され、二畳系~白亜系のタスコ片岩類の最上部に位置し、これらの鉱床付近には火山岩起源の緑色片岩、酸性片岩が分布しており、鉱床とこれらの片岩類が密接な関係を有していることが判明した。

本調査の結果、緑色片岩及び酸性片岩はサンタ・ロサ鉱床北からエル・シリアンをとおり、エル・ボルカンにかけての一带及びエル・サウスからサン・ルカス・デル・マイス(San Lucas del Mais)にかけて広く分布し、当地域は火成活動が活発であったと考えられる。また、サンタ・ロサ鉱床と同一層準には黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱鉱染や珪化変質などが地表で認められるほか、ボーリング調査でも同層準に変質や黄鉄鉱、磁硫鉄鉱などの鉱染帯を把握した。また、層準的には下位にあたるサン・ルカス・デル・マイス及びエル・プラタナル・グランデ(El Platanal Grande)周辺においても鉱化変質帯を把握した。それらの各地区においては岩石の地化学異常などが抽出されており、これらの結果を基に、潜頭性の塊状硫化物鉱床賦存の可能性のあるサンタ・ロサ鉱床北部からエル・シリアンにかけての一带及びサン・ルカス・デル・マイス周辺でIPによる物理探査を実施した。その結果、サンタ・ロサ鉱床付近ではIP異常が確認され、同様な異常帯をサンタ・ロサ鉱床北、MJMT-5南、MJMT-6北及びサン・ルカス・デル・マイスで把握した。これらの各地区とも地質構造や地化学探査結果などとも調和的である。よって、当地区は潜頭性の硫化物鉱床賦存のポテンシャルが高い地域と判断できる。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

本年次は、地質調査、物理探査及びボーリング調査を行った。各調査結果は次のとおりである。

- ① 地質調査結果、本調査地域は東側地域外に推定されているNW-SE方向のテフピルコ背斜軸の西翼部に相当し、地層はNW-SEの走向を示し、西に向かって順次新しい地層が重なる。地域内には、下位より二畳系～白亜系の変成岩であるタスコ片岩類及び石灰質層群、第三系のティルサポトラ流紋岩及び第四系がみられ、主に調査地西側に石灰質層群、東側にタスコ片岩類が分布する。石灰質層群は主に石灰質粘板岩～千枚岩、石灰質砂岩からなり、変成度は弱い。タスコ片岩類は主に泥質堆積物からなる泥質片岩と火山岩起源の緑色片岩及び酸性片岩からなる。主な鉱床はサンタ・ロサ鉱床などの塊状硫化物鉱床であり、黒鉱鉱床と同様に層準に規制されている。鉱床層準はチサパ鉱床、サンタ・ロサ鉱床などから、広義の意味では、タスコ片岩類と石灰質層群の境界部付近の一層準であるが、狭義の意味では、チサパ鉱床の例から判断すると、主な鉱体は境界を挟んで少なくとも3層存在し、そのうち重要なものは石灰質層群の石灰質千枚岩とタスコ片岩類の緑色片岩との境界部に胚胎するものとその下位の緑色片岩類中に胚胎するものである。サンタ・ロサ鉱床は前者のものであり、この鉱床層準は調査地北部のエル・サウス付近からサンタ・ロサをとおり、さらに調査地南端まで連続することが明らかとなった。さらに、これらの層準より下位にあたるエル・プラタナル・グランデ及びサン・ルカス・デル・マイスでも鉱徴地を確認することができた。これらの鉱徴地も塊状硫化物鉱床の存在を示唆している可能性もある。鉱床下盤には火山岩起源と考えられる緑色片岩及び酸性片岩が分布し、その活動と鉱化作用は密接な関係を有していると考えられる。本地域に分布する火山岩起源の変成岩のうち、緑色片岩の原岩は顕微鏡鑑定結果などから主に中性～塩基性の火砕岩～溶岩であり、酸性片岩の原岩は流紋岩質溶岩及び貫入岩と推定される。一般に、黒鉱型硫化物鉱床に関係した火成活動はバイモーダルなものが考えられているが、本地域においても同様な火成活動が認められる。ただし、日本の黒鉱では酸性の火成活動が優勢であるが、本地域では中性～塩基性のものが優勢であると考えられる。鉱化作用に伴う顕著な変質作用は、鉱床周辺でも狭い範囲に限られている。鉱石は主として黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱からなり、黄銅鉱を伴うものであり、Au、Ag値の相関が良い。

地質調査と並行して行った地化学探査では、Ba、Mn、Ag、Cu、Pb、As、Zn、S、Na及びKの10成分について1,315試料の分析を行った。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・鉱徴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、調査地区南部の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、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。

- ② 物理探査は、地質調査及び地化学探査結果で鉱徴地及び異常帯が検出され、塊状硫化物鉱床胚胎のポテンシャルの高いサンタ・ロサ鉱床北からMJMT-6にいたる地区及びサン・ルカス・デル・マイス地区においてIP法で行った。その結果、サンタ・ロサ鉱床周辺でIP異常帯が検出され、これは鉱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IP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鉱床胚胎が期待できる。
- ③ ボーリング調査は、3本で総掘進長1,106.70m行った。MJMT-4及びMJMT-5は、サンタ・ロサ鉱床の南東方向への連続性、地質構造の把握及び地表で観察された鉱化帯の把握のために、また、MJMT-6は昨年度の地質調査で確認されたエル・シリアン鉱化帯の連続性及び地質構造把握のために実施した。MJMT-4及びMJMT-5では石灰質層群の千枚岩、タスコ片岩類の緑色片岩、泥質片岩、酸性片岩などを把握した。黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱の鉱染帯やバンドがみられたほか、微量の閃亜鉛鉱及び黄銅鉱も含有していることや緑色片岩の一部が変質作用を受けて灰色を呈するほか、珪化も認められることなどから鉱床層準を捕捉したと判断されるが、鉱化作用は弱く鉱床把握には至らなかった。MJMT-6では160.90mまで石灰質層群の石灰質千枚岩が分布し、それ以深はタスコ片岩類に対比されるが、緑色片岩の分布が地表と比べると少ない。これは褶曲作用により地層が急傾斜あるいは逆転しているため、地表に広く分布している緑色片岩はさらに深部に分布するものと考えられる。地化学探査結果では、MJMT-6はSが全体的に高いだけでなく、200～240m付近はAg、Cu、Pb、Znなどの直接鉱化作用を示す元素も高い異常値を示し、地表の地化学探査結果でも、本孔付近に主成分分析結果の異常帯が分布し、塊状硫化物鉱床胚胎のポテンシャルが高い地区と判断できる。

5-2 第3年次調査への提言

第3年次調査への提言を以下に述べる。

本年次の岩石の地化学探査及びIP法による電気探査の結果、サンタ・ロサ鉱床周辺では異常帯が検出された。この異常帯は鉱化変質帯を示していると考えられ、同様な異常帯がサンタ・ロサ鉱床北、MJMT-5南、MJMT-6北、サン・ルカス・デル・マイスなどに検出されており、潜頭性の鉱床賦存の可能性が高い。よって、次の地区においてボーリング調査で確認する必要がある。また、そのボーリング調査の結果、有望な鉱徴帯を捕捉した場合はその鉱徴帯の連続性や広がり把握するためにボアホールIPを実施することが望ましい。

- ・ サンタ・ロサ鉱床北では、Mnの溶脱、IP異常及び地表に黄鉄鉱の鉱染帯が分布することから潜頭性の塊状硫化物鉱床胚胎のポテンシャルの高い地区と考えられる。
- ・ MJMT-5からMJMT-6にかけての地区では、Mnの溶脱、Sの高異常帯、IP異常などが分布する。これらのことから、潜頭性の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る。
- ・ サン・ルカス・デル・マイス地区では、地表での鉱化帯の分布、地化学探査の主成分分析による異常帯、S元素による異常帯の分布、IP異常、Mnの溶脱などが集中しており、潜頭性鉱床が期待される。ただし、ボーリング基地などの確保が困難な地区である。
- ・ サンタ・ロサ鉱床周辺は、地化学探査においてMnの溶脱による異常、主成分分析による異常帯、物理探査におけるIP異常などが重複し、塊状硫化物鉱床賦存のポテンシャルが高い地区であるが、ペニョーレス社による鉱区が現存している地区にあたり、ボーリング調査を実施することは困難である。

第Ⅱ部 各 論

第 II 部 各 論

第 1 章 地質調査

1-1 調査方法

地質踏査に当たっては、初年度調査結果及び既存資料をもとに十分検討して踏査ルートを設定し、ランドサットTM画像及び航空写真を活用し現地調査を実施した。使用した地形図は既存の縮尺5万分の1の地形図を縮尺1万分の1に拡大したもので、これに観察事項を記入した。また、重要な露頭、鉱化帯についてはスケッチ（縮尺100～200分の1）、カラー写真撮影、簡易測量などを行ない、必要な試料を採取した。

地化学探査用の試料は、緑色片岩分布域では踏査ルート1kmにつき約10試料、その他の岩層分布域では約3試料の割合で採取した。

1-2 調査結果

1-2-1 地質及び地質構造

本年度の調査地域とその周辺では、初年度調査で明らかにされているように、古生代～中生代に対比される変成岩類が広く分布し、これらを不整合に覆うバルサス層、新生代の火山岩類などがみられる。調査地域内には、下位よりタスコ片岩類、石灰質層群、ティルサポトラ流紋岩、第四系及び貫入岩類が分布し、大局的には西側に向かって新しい地層が重なる。なお、地質図を図II-1-1及び別添図II-1-1、地質断面図を図II-1-2及び別添図II-1-2、地質模式層序図を図II-1-3、試料採取位置図を別添図II-1-3に、岩石薄片観察結果一覧表を表II-1-1に示す。

1. タスコ片岩類

タスコ片岩類は、緑色片岩、泥質片岩、石灰質片岩、酸性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) 緑色片岩 (EV)

【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ペック川沿い、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・マイルをとおりサン・ホセ・デ・ラ・ラグナ(San Jose de la Laguna)にいたる地区、サンタ・ロサ鉱床北方のエル・サウス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地区(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

ドプラスチック(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偏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、レピドプ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1～5mm)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、レピドプ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10cm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東の沢中流で粗粒の斜長石を有する貫入岩起源と考えられ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。

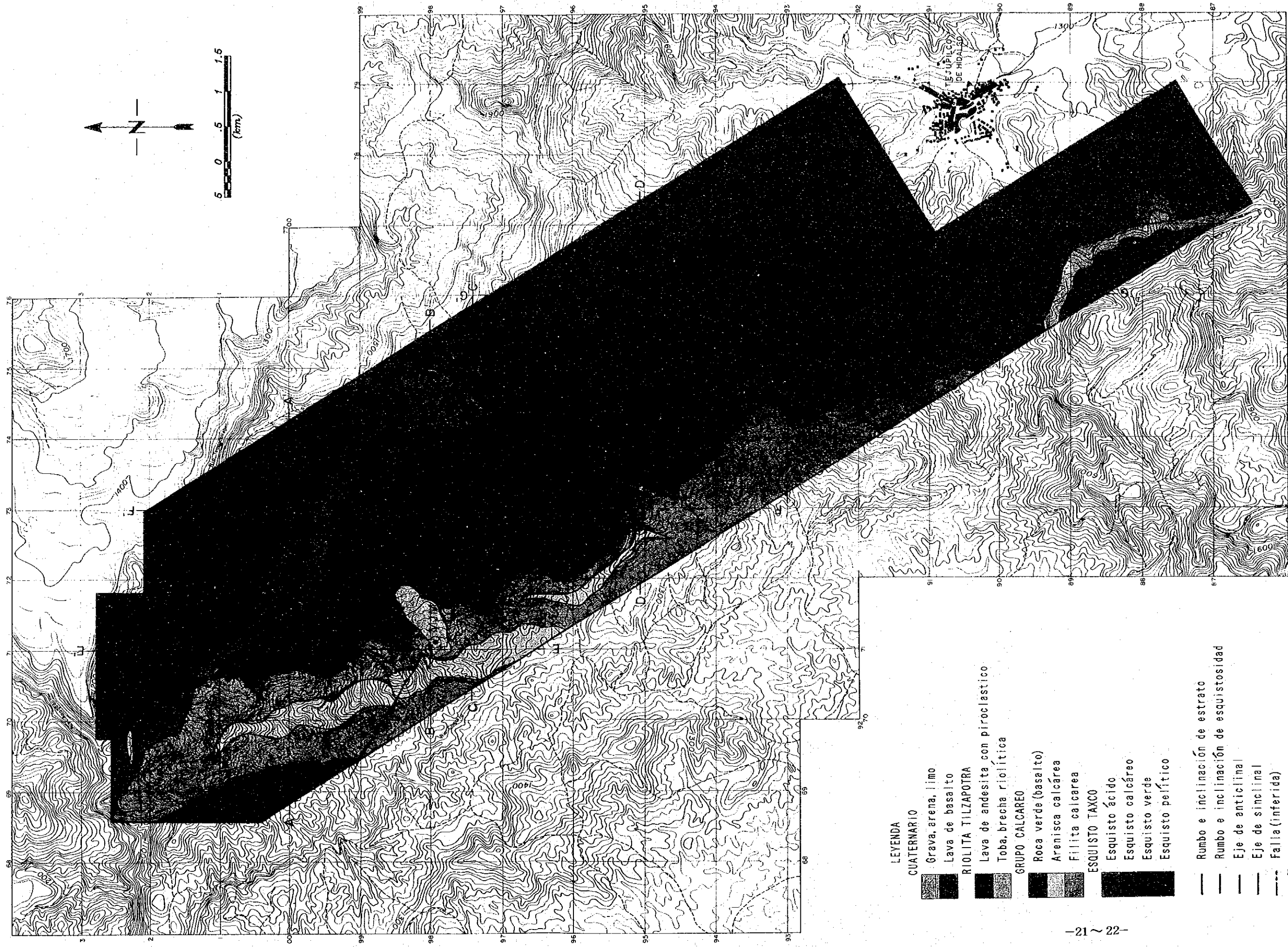
(2) 泥質片岩(EP)

【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。

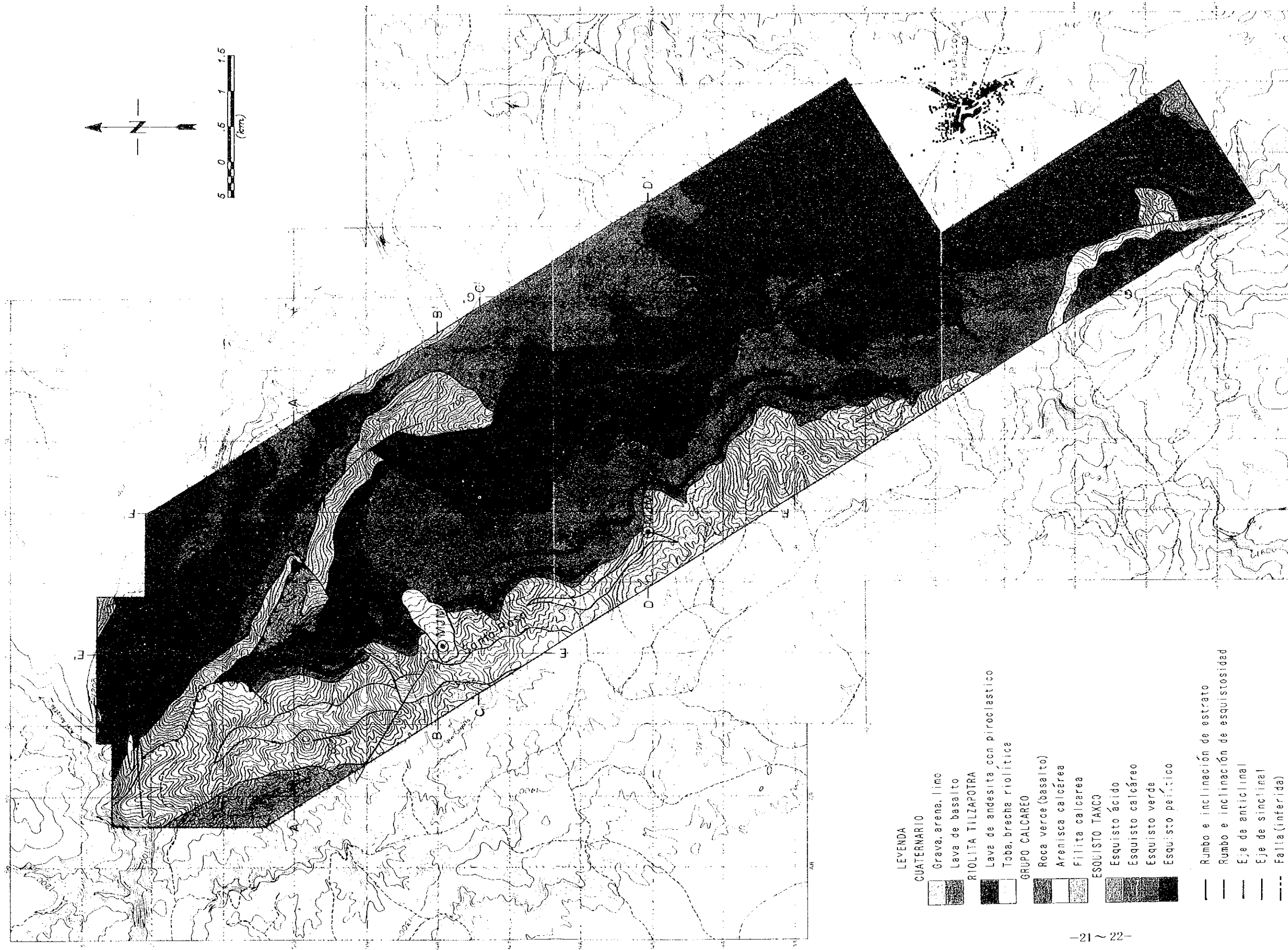
【岩相】

地域北東部のものは黒色で、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10cmの砂質片岩、緑色片岩の薄層及びセグリゲーション石英を伴う。劈開面が顕著



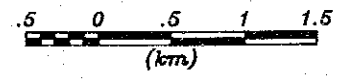
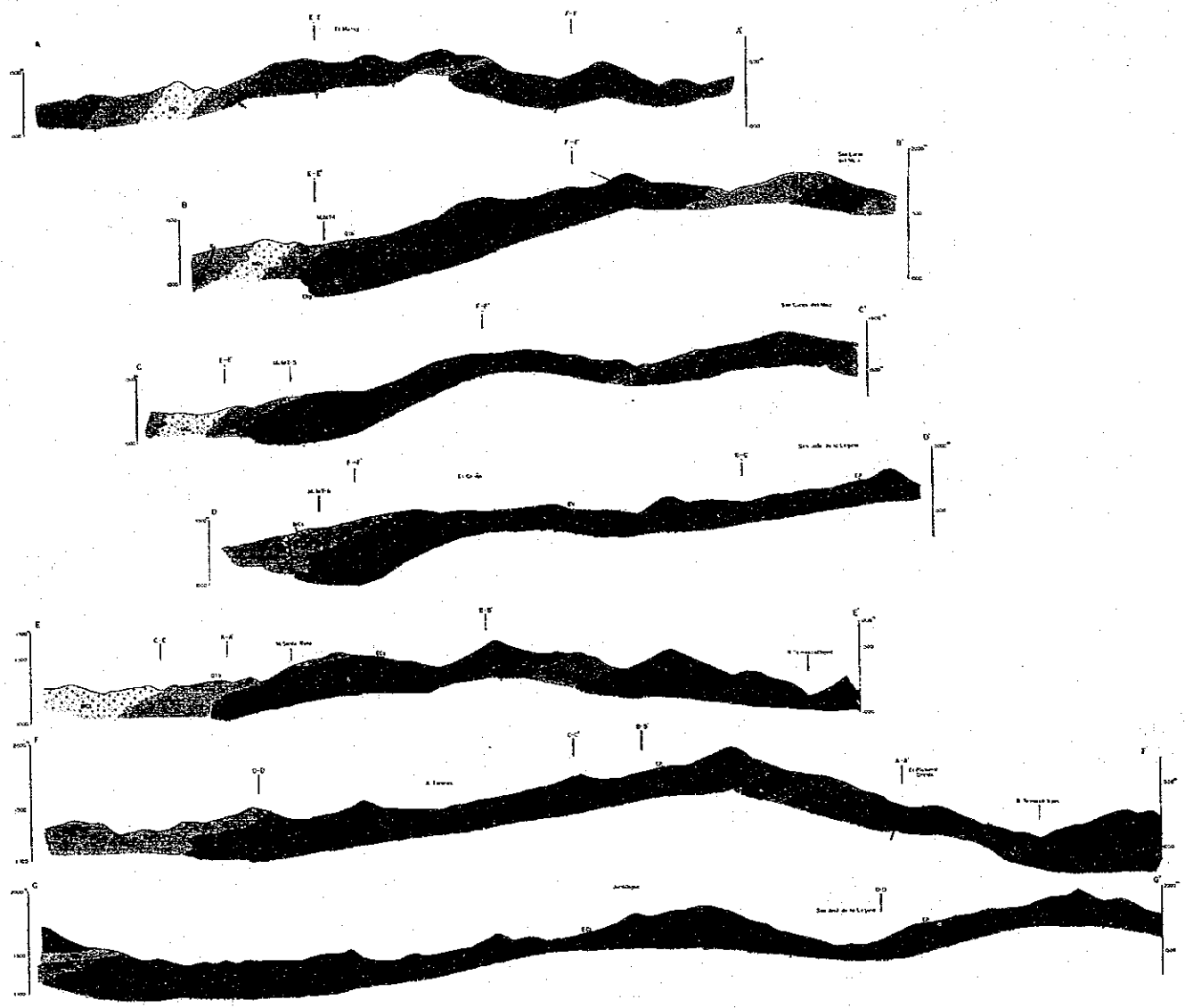
- LEYENDA**
- CUATERNARIO**
 - Grava, arena, limo
 - Lava de basalto
 - RIOLITA TILZAPOTRA**
 - Lava de andesita con piroclastico
 - Toba, brecha riolítica
 - GRUPO CALCAREO**
 - Roca verde (basalto)
 - Arenisca calcárea
 - Filita calcárea
 - ESQUISTO TAXCO**
 - Esquisto ácido
 - Esquisto calcáreo
 - Esquisto verde
 - Esquisto pelítico
 - Rumbo e inclinación de estrato
 - Rumbo e inclinación de esquistosidad
 - Eje de anticlinal
 - Eje de sincinal
 - Falla (inferida)
 - Cabalgadura
 - Línea de sección geológica
 - Boca mina
 - Mina inactiva

图 11-1-1 調查地域地質圖



- LEYENDA
- CUATERNARIO
- Grava, arena, limo
 - Lava de basalto
- RIOLITA TILZAPOTRA
- Lava de andesita con piroclastico
 - Toba, brecha riolitica
- GRUPO CALCAREO
- Roca verde (basalto)
 - Arenisca calcarea
 - Filita calcarea
- ESQUISTO TAXCO
- Esquisto ácido
 - Esquisto calcáreo
 - Esquisto verde
 - Esquisto pelítico
- Rumbo e inclinación de estrato
- Rumbo e inclinación de esquistosidad
- Eje de anticlinal
- Eje de sincinal
- Falla (inferida)
- Cabelgadura
- Linea de sección geológica
- Boca mina
- Mina inactiva

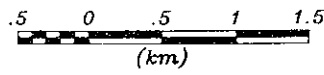
图二一—1—1 調查地域地質圖



LEYENDA

CUATERNARIO	}	QTb Grava, arena, limo
		QBs Lava de basalto
TERCIARIO	}	RIOLITA TILZAPOTRA
		TBa Lava de andesita con piroclástica
ROCAS METAMORFICAS	}	GRUPO CALCAREO
		MV1 Derrame de lava basáltica
		MCs Arenisca calcárea
		MCz Filita calcárea
		ESQUISTO TAXCO
ROCAS INTRUSIVAS	}	ERy Esquisto ácido
		ECz Esquisto calcárea
		EV Esquisto verde
		EP Esquisto pelítico
		ROCAS INTRUSIVAS
		Ry Riolita, dacita, porfido granítico
		Ad Andesita
		Bs Basalto, dolerita

图 11-1-2 地質断面图



LEYENDA

CUATERNARIO	QTb	Grava, arena, limo
	OBs	Lava de basalto
TERCIARIO	RIOLITA TILZAPOTRA	
	TBa	Lava de andesita con piroclástica
	TRy	Toba, brecha riolítica
ROCAS METAMORFICAS	GRUPO CALCAREO	
	MV1	Derrame de lava basáltica
	MCs	Arenisca calcárea
	MCz	Filita calcárea
	ESQUISTO TAXCO	
	ERy	Esquisto ácido
	ECz	Esquisto calcárea
	EV	Esquisto verde
	EP	Esquisto pelítico
	ROCAS INTRUSIVAS	
Ry	Riolita, dacita, porfido granítico	
Ad	Andesita	
Bs	Basalto, dolerita	

图 11-1-2 地質断面图

年代	地層名	柱状図	岩相	火成活動	鉱化作用
第四紀	テラス堆積物 沖積層	QTb	礫・砂・泥	Bs ~ Ad	
	玄武岩	QBs	玄武岩質溶岩	Dc ~ Ry	
第三紀	ティルサポトラ	TBa	安山岩質 火砕岩~溶岩		
	流紋岩	TRy	流紋岩質火砕岩		
中生代	石灰質層群	MVI	緑色火山岩 (枕状溶岩)		
		MCz	石灰質千枚岩		
		MCs	石灰質砂岩		
		MCs	MCs		
		MCs	MCs		
古生代(?)	タスコ片岩類	サンタ・ロサ 鉱床	石灰質片岩		サンタ・ロサ 鉱床層準
		ERY	酸性片岩		
		EP	泥質片岩		
		EV	緑色片岩		サン・ルカス デル・マイス
		ERY	酸性片岩		
		EP	泥質片岩		
		EV	緑色片岩		エル・プラタナル グランデ

凡例

☉ : 塊状硫化物

☼ : 黄鉄鉱脈染

Bs ~ Ad : 玄武岩~安山岩

図 II - 1 - 3 地質模式層序図

Dc ~ Ry : 石英安山岩~流紋岩

表 11-1-1 岩石薄片觀察結果一覽表

NO.	No. de MUESTRA	Tipo de Roca	F.M	Coordenados		TEXTURA	RELICTO • FENOCRISTAL		MINERALES DE METAM. / ACCES.																
				X	Y		Qz	Pl	Kf	Bi	Op	Gs	Ab	Ch	Mc	Ac	Ep	Ca	Sh	Ap	Tm	Zr	Gf	Py	
1	F-5	esquisto verde	1	69.85	2.47	lepid.	△	○	△	△	△	△						○	△						
2	F-75	roca verde	2	68.66	1.23	lepid.			○								◎		○	△	△				
3	F-78	arenisca cal.	2	70.04	99.46	lepid.	○	△	○					◎		△					△				
4	FR-3	granito porph.	4	71.05	1.91	porph.	◎	◎	◎					◎											
5	FR-4	esq. psamítico	1	72.00	0.69		○	△						△	△	○									
6	FR-5	esquisto verde	1	75.32	92.78									△	△	◎		○		△					
7	FR-10	esq. pelítico	1	75.32	96.68	lepid.	◎	△						△	△	○									
8	FR-13	esq. ácido	1	73.00	98.26		○							◎	△										
9	FR-23	andesita	3	76.64	88.37					△	○	◎													
10	H-86	esquisto verde	1	72.30	1.47									△	△	△	◎								
11	H-92	esq. pelítico	1	72.26	0.82	lepid.								◎	△	△	◎								
12	H-311	esquisto verde	1	74.04	99.99	lepid.								◎	△	△	◎		○	△					
13	M-10	filita	2	71.68	97.45									◎	△	△	◎								△
14	M-67	esquisto verde	1	77.33	94.73									◎	△	△	◎								
15	M-91	filita calcarea	2	72.03	95.42									△									◎		△
16	M-106	esquisto verde	1	71.37	98.73									△	△	△	◎			○					

LEYENDA

◎: abundante ○: comun △: menor •: raro esq.: esquisto cal.: calcarea porph.: porfirica
F.M=1: Esquisto Taxco 2: Grupo Calcaneo 3: Riolita Tlilzapotla 4: Roca Intrusiva Qz: cuarzo Pl: plagioclasa Py: pirita
Kf: feldespatos potásico Bi: biotita Op: clinopiroxeno Gs: vidrio Ab: albita Ch: clorita
Mc: muscovita Ac: actinolita Ep: epidota Ca: calcita Sp: esfena Ap: apatita Tm: turmalina Zr: zircon Gf: grafito

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（0.2mm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。

(3) 石灰質片岩 (ECz)

【分布】

サンタ・ロサ鉱床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形態を示して分布する。サンタ・ロサ鉱床付近では、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・ロサ鉱床北からエル・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。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) 酸性片岩 (ERY)

【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・ロペラをとおり、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. 石灰質層群

石灰質層群は石灰質千枚岩、石灰質砂岩、緑色火山岩からなる。

(1) 石灰質千枚岩 (MCz)

【分布】

地域北部のラ・フンダドーラ、エル・サウス、サンタ・ロサ鉱床を結ぶラインの西側に主として分布し、そのままSE方向に帯状に連続する。

【岩相】

本岩は石灰質層群の主体をなすもので、暗灰色～灰色の泥岩、石灰質泥岩、泥質石灰岩、石灰質砂岩を起源とする千枚岩～粘板岩からなり、これらの数mm～数10cmの互層からなる。このうち石灰質砂岩を主とした部分は比較的明瞭に区分できるので、後で述べるように石灰質砂岩として区分した。互層部が多いため、層理面はよく観察でき、また、細粒部ではタスコ片岩類に発達している劈開と同時期のものが認められる。鏡下の観察では、多量の方解石と少量の石英及び石墨からなっている。

(2) 石灰質砂岩 (MCs)

【分布】

エル・サウスの西方からサンタ・ロサ鉱床西をとおり、MJMT-6付近まで分布する。

【岩相】

灰白色を呈し、中粒～粗粒の板状砂岩（一部細礫岩）を主とし、千枚岩と互層する。径0.2～1mmの石英、長石粒が認められ、全体に分級度は良い。基質部は少なく、石灰質ないしは凝灰質である。鏡下の観察では、石英、カリ長石、斜長石の残晶が多く認められ、変成鉱物は石英、白雲母、緑泥石、アルバイト、方解石を主とする。

(3) 緑色火山岩 (MV1)

【分布】

地域の北西端に分布し、ラ・フンダドーラへ通じる道路沿いなどで、良好な露頭が観察できる。

【岩相】

灰緑色～緑色を呈する玄武岩質溶岩を起源とする弱変成岩からなる。下位の石灰質千枚岩との境界部では、厚さ数10cmのチャート層を伴う。また、径数10cm～1mの変形した枕状溶岩構造がしばしば認められる。鏡下の観察では、斜方輝石の残晶が存在し、緑泥石、白雲母、緑簾石などの変成鉱物からなる。

3. 第三系

本地域の第三系はティルサポトラ流紋岩であり、流紋岩質火砕岩と安山岩からなる。

【分布】

ティルサポトラ流紋岩は、各地で下位の地層を不整合に覆って大規模な火砕流台地を形成して分布することが知られているが、本地域では地域の南西端にその一部が分布するだけである。

【岩相】

流紋岩質火砕岩(TRy)は、塊状で無層理の灰白色流紋岩質～デイサイト質火山礫凝灰岩を主とする。

安山岩(TBr)は、暗緑色～暗茶色で、塊状、角礫状を呈する溶岩を主とする。鏡下の観察では、斜長石、単斜輝石、斜方輝石を主とするもので、磁鉄鉱、アパタイト、スフェーン、ガラスを伴う。

4. 第四系

本地域の第四系は、玄武岩とテラス堆積物からなる。

【分布】

玄武岩は、調査地域外の北方及び南方などに広く台地を形成し、その末端部が本地域の北端及び南端に分布する。テラス堆積物はMJMT-4付近に認められる。

【岩相】

玄武岩(QBs)は暗灰色塊状を呈するかんらん石玄武岩からなり、地域北端のテマスカルテベック川沿いでは、ほぼ垂直に柱状節理が発達している。

テラス堆積物(QTb)は、MJMT-4東方の山体の崩壊によってできたと考えられるもので、流山を形成している。土壌質の基質と泥質片岩、緑色片岩のブロックからなる。

5. 貫入岩類

本地域では、大規模なものは認められず、小規模な岩脈類が分布するだけである。地質図に示したものは、流紋岩～微花崗斑岩(Ry)、安山岩(Ad)、玄武岩～粗粒玄武岩(Bs)である。これらの岩脈類は厚さ数10 cm～数mであり、連続性の良いものでは、ほぼ1 kmにわたり追跡できる。大部分の岩脈はNNW～NW系の分布を示す。花崗岩質貫入岩はラ・フンダドーラ北に見られるようにE-W系を示す場合がある。この花崗岩の鏡下の観察では、完晶質斑状組織を示し、石英、斜長石、カリ長石、黒雲母を主とし、副成分鉱物として、アパタイト、ジルコン、スフェーンなどを有している。

6. 地質構造

1年次調査で明らかにされたように、本地域はテフピルコ背斜の西翼部に相当し、大局

的には西に向かって順次新しい地層が重なる。変成岩中に広く発達するクレニューレーション劈開を伴う変形構造のため、下部では片理面より劈開面が顕著に観察される場合が多いが、上位になるに従って片理面、層理面が劈開面から区別できるようになる。すなわち、深度により劈開の発達状況が異なることを示し、形成時の深度に対応した物理化学条件を示すものと考えられる。片理面・層理面と劈開面のステレオ投影図を図Ⅱ-1-4に示す。劈開面はステレオ投影図で示したように多少ばらつくが、NW系走向で、SW方向に緩傾斜することが多い。ばらつきの原因は劈開形成後の変動によるものであり、しばしば露頭規模の曲げ褶曲により、劈開面が曲げられているのが観察できる。また、片理面（層理面）と劈開の両者が観察できるところでは、多くの場合片理面より劈開面の方が緩傾斜となっており、褶曲のドラッグセンスは逆転を示している。

1-2-2 鉍化作用及び変質作用

本地域には、サンタ・ロサ鉍床で代表される塊状硫化物鉍床を形成した鉍化作用と、これに関連する可能性のある黄鉄鉍の鉍染または変質帯を示すと考えられる部分がエル・プラタナル・グランデ、サン・ルカス・デル・マイス、サンタ・ロサ鉍床層準などの数カ所にまとまって分布することが明らかとなった（図Ⅱ-1-5）。このうちの主なものについて次に述べる。なお、鉍石研磨片観察結果一覧表を表Ⅱ-1-2、鉍石分析結果一覧表をⅡ-1-3に示す。

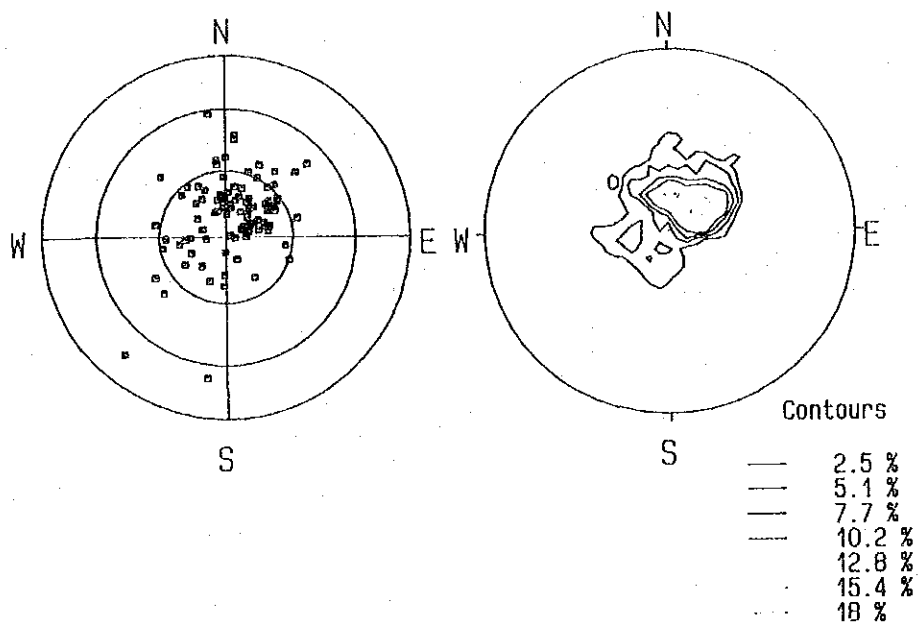
(1) エル・プラタナル・グランデ

主としてエル・プラタナル・グランデ北部のテマスカルテペック川沿いと、その支流を含め約1 kmにわたり黄鉄鉍の弱い鉍染帯が認められる。本流の露頭は、雨期に増水すると水没して観察不能となる。

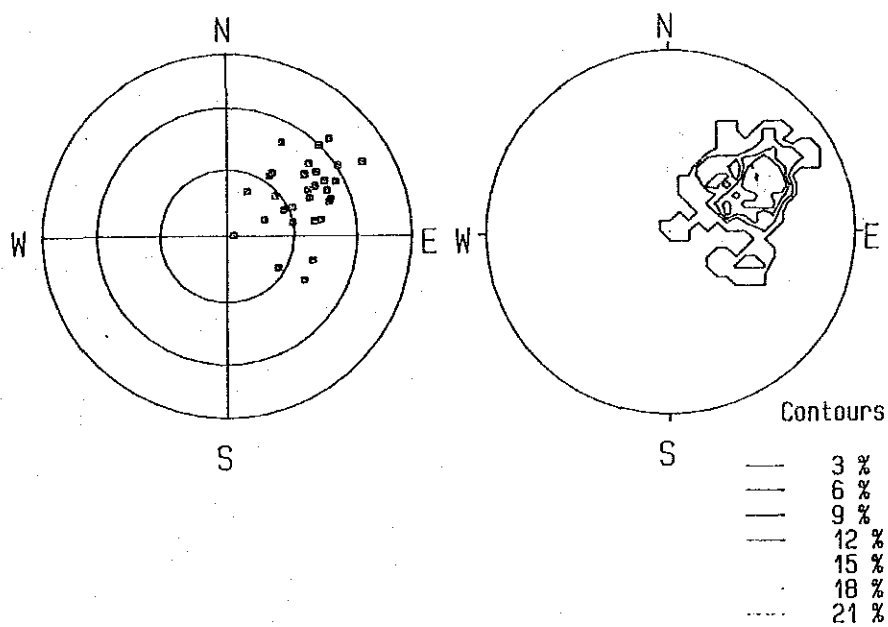
地質はタスコ片岩類中の緑色片岩を主とする部分に当たり、泥質片岩を伴うが、鉍染及び変質帯は緑色片岩で著しい。すなわち、緑色片岩は一部脱色して灰白色、または黄鉄鉍などの酸化により褐色を呈する。Pb、Znなどの著しい濃集部は認められない。下記に採取した4試料の分析結果を示すが、黄鉄鉍が比較的多く認められた試料で、Feが7～8%を示すだけで、他の成分は低い。研磨片の顕微鏡観察結果では、上記の試料で少量の黄鉄鉍と共に、微量の閃亜鉛鉍、磁硫鉄鉍が観察された。

試料NO.	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
H-89	<0.01	1	<0.01	<0.01	0.01	7.84
H-127	<0.01	3	0.01	<0.01	<0.01	8.88
H-135	<0.01	1	<0.01	<0.01	<0.01	3.06
FR-18	<0.01	4	<0.01	<0.01	<0.01	7.67

この鉍徴地の南方の沢（標高1,450m）、アラモ沢中流などにも部分的に鉍徴地が見られ、鉍染状～フィルム状の黄鉄鉍を伴う変質帯が緑色片岩中に認められた。分析の結果は次の



(a) CLIVAJE N=95



(b) ESTRATIFICACION DE GRUPO CALCAREA N=30

図 II - 1 - 4 層理面・片理面・劈開面のステレオ投影図

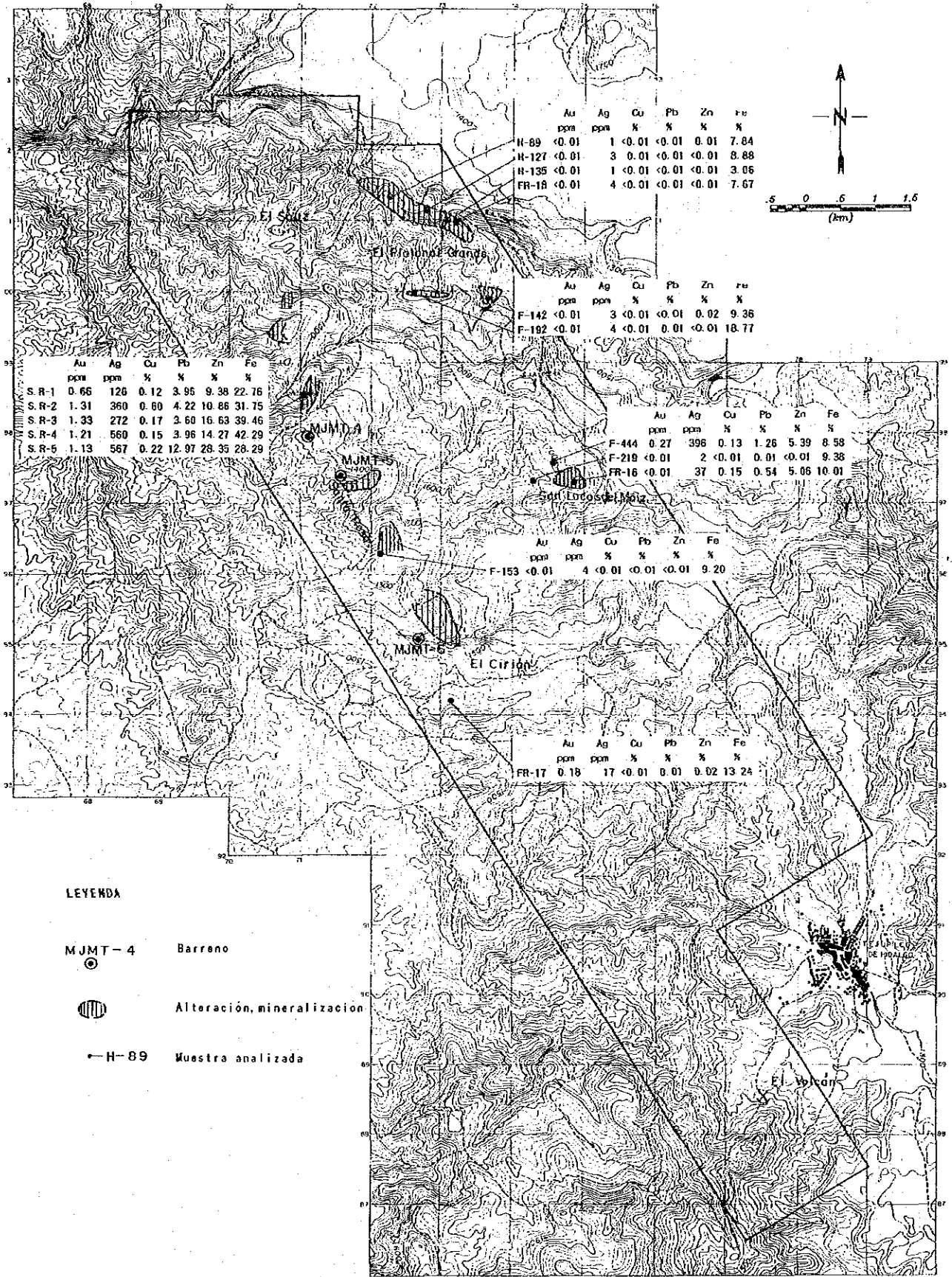


图 II-1-5 鈹微·变质带分布图

表 II - 1 - 2 鉍石研磨片觀察結果一覽表

NO.	No. de MUESTRA	Tipo de Roca	Coordenados		MINERALES							
			X	Y	Sp	Cp	Gn	Py	Po	Tt	Qz	Ot
1	F-142	DISS. PY	73.62	99.87	.	※			○			◎
2	F-153	DISS. PY	72.10	96.27	.			○			◎	△
3	F-219	DISS. PY	74.23	97.31				○			◎	△
4	FR-16	SMV. LENTES?	74.84	97.30	○	.	.	○	△		◎	△
5	FR-17	SMV. PY	73.06	94.06	.			○			◎	
6	FR-18	DISS. PY	73.11	1.01	.			△	.		◎	
7	MP-12	DISS. PY	72.02	97.35	※			△				◎
8	MP-28	DISS. PY	72.86	95.14	.			△			◎	
9	MP-31	DISS. PY	73.28	94.96	※			△			◎	△
10	S. R-1	SMV.	71.00	98.53	○		△	◎			◎	△
11	S. R-2	SMV.	71.00	98.53	○	.	.	◎		.	◎	△
12	S. R-3	SMV.	71.00	98.53	◎	※	△	◎		※		△
13	S. R-4	SMV.	71.00	98.53	△		△	◎				△
14	S. R-5	SMV.	71.00	98.53	◎	.	.	◎		※		○
15	S. R-6	SMV.	71.00	98.53	○	.	※	◎				△

LEYENDA

- ◎: abundante
- : comun
- △: menor
- .
- : raro
- ※: muy raro
- Sp: esfalerita
- Cp: calcopirita
- Gn: galena
- Py: pirita
- Po: pirrotina
- Tt: tetraedorita
- Qz: cuarzo
- Ot: otoro ganga
- DISS: diseminacion
- SMV: sulfuro masivo

表 II - 1 - 3 鉍石分析結果一覽表

NO.	No. de MUESTRA	Tipo de Roca	Coordenados		Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
			X	Y	ppm	ppm	%	%	%	%
1	F-142	DISS. PY	73.62	99.87	<0.01	3	<0.01	<0.01	0.02	9.36
2	F-153	DISS. PY	72.10	96.27	<0.01	4	<0.01	<0.01	<0.01	9.20
3	F-192	DISS. PY	72.59	0.02	<0.01	4	<0.01	0.01	<0.01	18.77
4	F-219	DISS. PY	74.23	97.31	<0.01	2	<0.01	0.01	<0.01	9.38
5	F-444	SMV. LENTES?	74.51	97.57	0.27	396	0.13	1.26	5.39	8.58
6	FR-16	SMV. LENTES?	74.84	97.30	<0.01	37	0.15	0.54	5.06	10.01
7	FR-17	SMV. PY	73.16	94.12	0.18	17	<0.01	0.01	0.02	13.24
8	FR-18	DISS. PY	73.11	1.01	<0.01	4	<0.01	<0.01	<0.01	7.67
9	H-89	DISS. PY	72.25	1.31	<0.01	1	<0.01	<0.01	0.01	7.84
10	H-127	DISS. PY	72.76	1.20	<0.01	3	0.01	<0.01	<0.01	8.88
11	H-135	DISS. PY	73.04	0.95	<0.01	1	<0.01	<0.01	<0.01	3.06
12	S. R-1	SMV.	71.00	98.35	0.66	126	0.12	3.96	9.38	22.76
13	S. R-2	SMV.	71.00	98.35	1.31	360	0.60	4.22	10.86	31.75
14	S. R-3	SMV.	71.00	98.35	1.33	272	0.17	3.60	16.63	39.46
15	S. R-4	SMV.	71.00	98.35	1.21	560	0.15	3.96	14.27	42.29
16	S. R-5	SMV.	71.00	98.35	1.13	567	0.22	12.97	28.35	28.29

とおりで、Fe以外の成分は微量である。

試料NO.	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
F-142	<0.01	3	<0.01	<0.01	0.02	9.36
F-192	<0.01	4	<0.01	0.01	<0.01	18.77

(2) サン・ルカス・デル・マイス

サン・ルカス・デル・マイス集落の西方の沢（テネレア(Tenerea)沢上流部）で、黄鉄鉱の鉱染を主とする鉱微地が確認された（図II-1-6）。

鉱微はタスコ片岩類の緑色片岩に主として認められ、褐色の変質帯中に黄鉄鉱の鉱染、硫化物の薄層（レンズ状細脈?）が存在する。薄層は厚さ2cmほどで、母岩のフォリエーション面に調和的であり、肉眼的にはセグリゲーション様の石英と共に黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱が識別できる。研磨片の顕微鏡観察結果では、これらの他に、少量の磁硫鉄鉱、微量の方鉛鉱が認められた。この北西の沢でも褐色に酸化した同様の薄層が見られ、これら（試料NO. FR-16、F-444）の分析結果は次のとおりであり、5%程度のZnと少量のAu、Ag、Cu、Pbを伴うことが明らかとなった。

この鉱微地の下流に分布する酸性片岩中にも黄鉄鉱の鉱染した部分（幅2m）が認められた。分析及び研磨片の顕微鏡観察の結果から、黄鉄鉱以外の鉱物は確認されなかった（試料NO. F-219）。

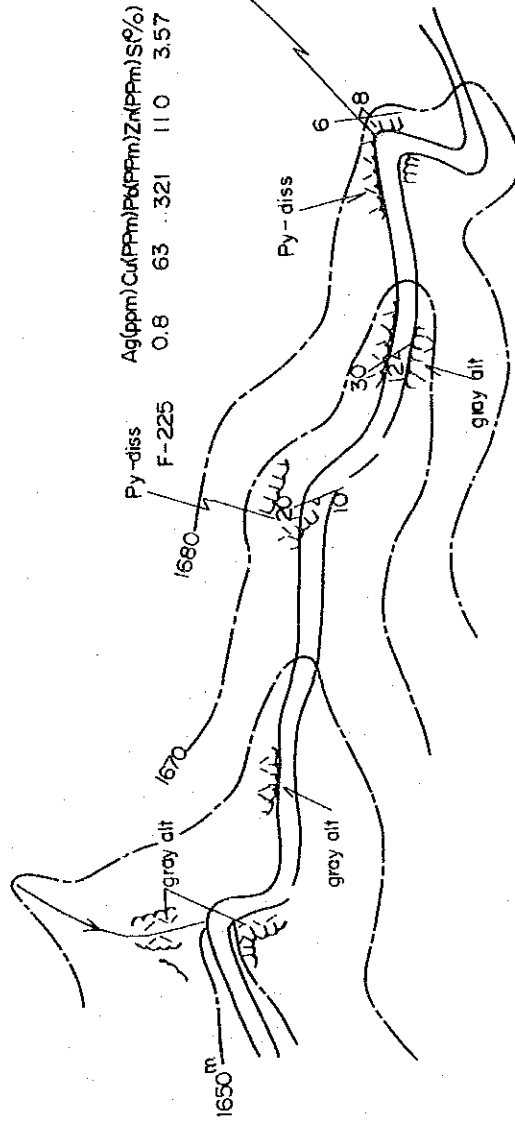
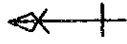
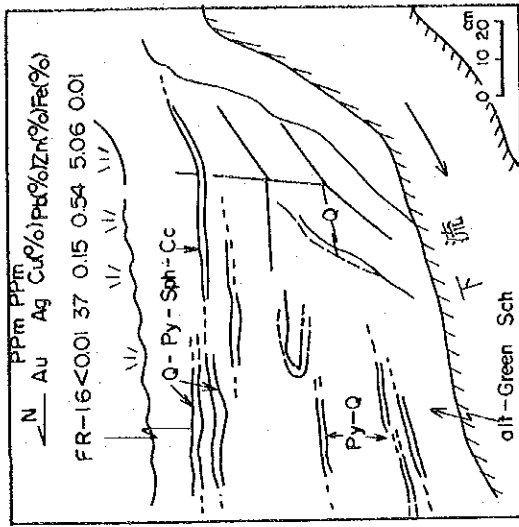
試料NO.	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
F-444	0.27	396	0.13	1.26	5.39	8.59
FR-16	<0.01	37	0.15	0.54	5.06	10.01
F-219	<0.01	2	<0.01	0.01	<0.01	9.38

(3) サンタ・ロサ鉱床層準

エル・サウス南方からサンタ・ロサ鉱床、各ボーリング地点をとおり、エル・シリアン南のテネレア沢まで約7kmにわたって断続的に変質を示し、硫化物を伴う部分が認められた。

変質・鉱微はタスコ片岩類最上部の緑色片岩を主とし、一部で泥質片岩と互層するところに集中している。また、上位層である石灰質層群の石灰質千枚岩との接触部では、MJMT-5南の沢で観察されるような、非常に珪質なチャート様の層が存在することがある。

本地区はサン・ルカス・デル・マイスやエル・プラタナル・グランデのように黄鉄鉱の鉱染が広く認められることは少なく、緑色片岩に存在した少量の黄鉄鉱などの酸化による黄褐色化、脱色が認められる程度である。これは層準を切る方向に沢が発達しているせいもあるが、サンタ・ロサ鉱床近傍でさえ、著しい鉱化変質作用は認められない。露頭で硫化物の濃集が見られたのは、テネレア沢北の小沢に分布する泥質片岩中の黄鉄鉱薄層、1



LEYENDA

: Esquisto verde

: Esquistosidad

: Cuarzo

: Pirita

: Esfalerita

: Calcita

図11-1-6 サン・ルカス・デル・マイルス鉱地スケッチ

年次の調査で明らかとなったエル・シリアン鉱微地付近の黄鉄鉱染帯、エル・シリアン集落南の沢の黄鉄鉱濃集部（約20cm）である。鏡下の観察では、少量の黄鉄鉱と微量の閃亜鉛鉱が共通して認められた。また、エル・シリアン集落南の沢の黄鉄鉱濃集部の分析結果は次のとおりであり、Feと共にPb、Zn、Au、Agが少量であるが検出された。

試料NO.	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
F-153	<0.01	4	<0.01	<0.01	<0.01	9.20
FR-17	0.18	17	<0.01	0.01	0.02	13.24

サンタ・ロサ鉱床については1年次にも調査を行っているが、本年度の調査ではその鉱石についてさらに、鉱石分析、研磨片の顕微鏡観察を行い、併せてPb-Pb法による年代測定を実施した。鉱石は探鉱坑道内から採取し、年代測定はテレダイン・アイソトープ社に依頼して行った。鉱石は塊状鉱～層状鉱からなり、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱を主とし、方鉛鉱、黄銅鉱、四面銅鉱を伴うもので、その分析結果は次のとおりである。

試料NO.	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
SR-1	0.66	126	0.12	3.96	9.38	22.76
SR-2	1.31	360	0.60	4.22	10.86	31.75
SR-3	1.33	272	0.17	3.60	16.63	39.46
SR-4	1.21	560	0.15	3.96	14.27	42.29
SR-5	1.13	567	0.22	12.97	28.35	28.29

なお、Heredia・Garcia(1989)によれば、ボーリング調査により3カ所でまとまった鉱体(MANTO I～III)が確認されているということであり、鉱体の厚さは数cm～最大4.75mで、鉱量は約30万トンと見積もられている。

Pb-Pb法による年代測定結果を表Ⅱ-1-4に示す。年代値は $0.103 \times 10^8 \sim 0.152 \times 10^8$ 年を示し、第三紀に対比され、層序から推定される年代より若い年代となっている。これは年代を計算する際Pb同位体比の成長を単一ステージ(single-stage)モデルを用い、U-Pbに関して閉じた系を想定しているためと考えられる。すなわち、実際には系が閉じているとは限らず、多段階成長(multi-stage growth)を示すため、一般には15億年より古い年代のものはより古く、若いものはより若い年代が得られる傾向がある。このため、今回測定を行ったサンタ・ロサ鉱床の鉱石の測定結果は、実際より若い年代が得られたものと考えられる。なお、資源開発協力基礎調査(JICA・MMAJ、1991)では、チサパ鉱床の年代測定結果として $1.034 \times 10^8 \sim 1.563 \times 10^8$ 年(ジュラ紀～白亜紀)が得られている。ただし、分析に供した試料は、多量の鉱石を比重選鉱し、Pbを濃集させたものであり、今回の試料は鉱石をそのまま使用している。

表Ⅱ-1-4 年代測定結果一覧表 (Pb-Pb法)

MUESTRA 試料NO.	ISOTOPIC Pb(atom%)				m*	EDAD 年代
	204 ^{Pb}	206 ^{Pb}	207 ^{Pb}	208 ^{Pb}		
SR-1	1.367	25.230	21.230	52.200	0.5702	0.142 × 10 ⁸
SR-3	1.366	25.226	21.198	52.210	0.5703	0.152 × 10 ⁸
SR-5	1.364	25.205	21.170	52.261	0.5699	0.103 × 10 ⁸

$$m^* = \left(\frac{207^{Pb}/204^{Pb} - 10.294}{206^{Pb}/204^{Pb} - 9.307} \right) \quad \left. \begin{array}{l} m = 0.58612 \text{ (0.2b.y.)} \\ m = 0.57741 \text{ (0.1b.y.)} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{B. R. DOE and} \\ \text{J. S. STACEY(1974)} \end{array}$$

(4) X線回折試験

地質調査・地化学探査と並行して採取した試料(343個)についてX線回折法による検討を行った。別添図Ⅱ-1-3に試料採取位置図を示す。測定に使用した機器及び測定条件は次のとおりである。また、測定結果は表Ⅱ-1-5(巻末)に示すが、検出鉱物の量については石英指数(Q. I)^{*1)}(林、1982)で表示した。

X線粉末回折測定条件

項目	測定条件
X線回折装置	理学電機(株) ガバ-フレックス
対陰極	Cu
フィルター	Ni
管電圧	30 kV
管電流	15 mA
カウンタフルケース	2,000 cps
時定数	1 sec
走査速度	2° / min
ディフレーションスリット	1°
スキッタースリット	1°
レシーブソックスリット	0.3 mm
走査範囲	2θ = 2~40°

$$*1) \quad \text{石英指数 (Q. I)} = \frac{I_m}{I_q} \times 100$$

I_m : バルクで測定した対象鉱物の第1ピーク(CPS)

I_q : 同一条件で測定した純粋石英の第1ピーク(CPS)

なお、第1ピークがスケールアウトする場合は第2ピークなどから第1ピークを推定する。

検出された鉱物は、石英、斜長石、カリ長石、アルバイト、緑泥石、白雲母、カオリン鉱物、アクチノ角閃石、方解石、緑簾石、石墨、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱である。岩相別にみた場合には、一般的に緑色片岩では緑泥石に比較的富み、白雲母、石英を伴い、アクチノ角閃石、緑簾石の認められることがある。これに対して、泥質片岩では石英に富み白雲母を

伴うことが多いが、緑泥石に乏しい傾向がある。酸性片岩では石英に富み、カリ長石を伴うことがある。石灰質千枚岩では著しく方解石に富んでいる。

緑色片岩は本地域の塊状硫化物鉱床と関連が深く、チサパでは鉱床の母岩または下盤を形成している。緑色片岩は中性～塩基性の火山岩を起源としていると考えられ、本地域程度の変成作用の結果としては、緑泥石、緑簾石、アクチノ角閃石、白雲母などを主とする変成岩になると考えられる。変成作用の前に塊状硫化物鉱床の形成に関連した変質作用を受けているとすれば、チサパ鉱床近傍でみられるような石英、白雲母に富む岩石となる可能性がある。本地域の緑色片岩には石英、緑泥石、白雲母がほぼ普遍的に出現しているため、これらの量比について主成分分析を行い検討した。結果は次のとおりである。

項目 主成分	寄与率	因子負荷量		
		石英	緑泥石	白雲母
第一主成分	0.504	0.802	-0.678	0.640
第二主成分	0.289	-0.033	0.617	0.696
第三主成分	0.207	0.597	0.399	-0.325

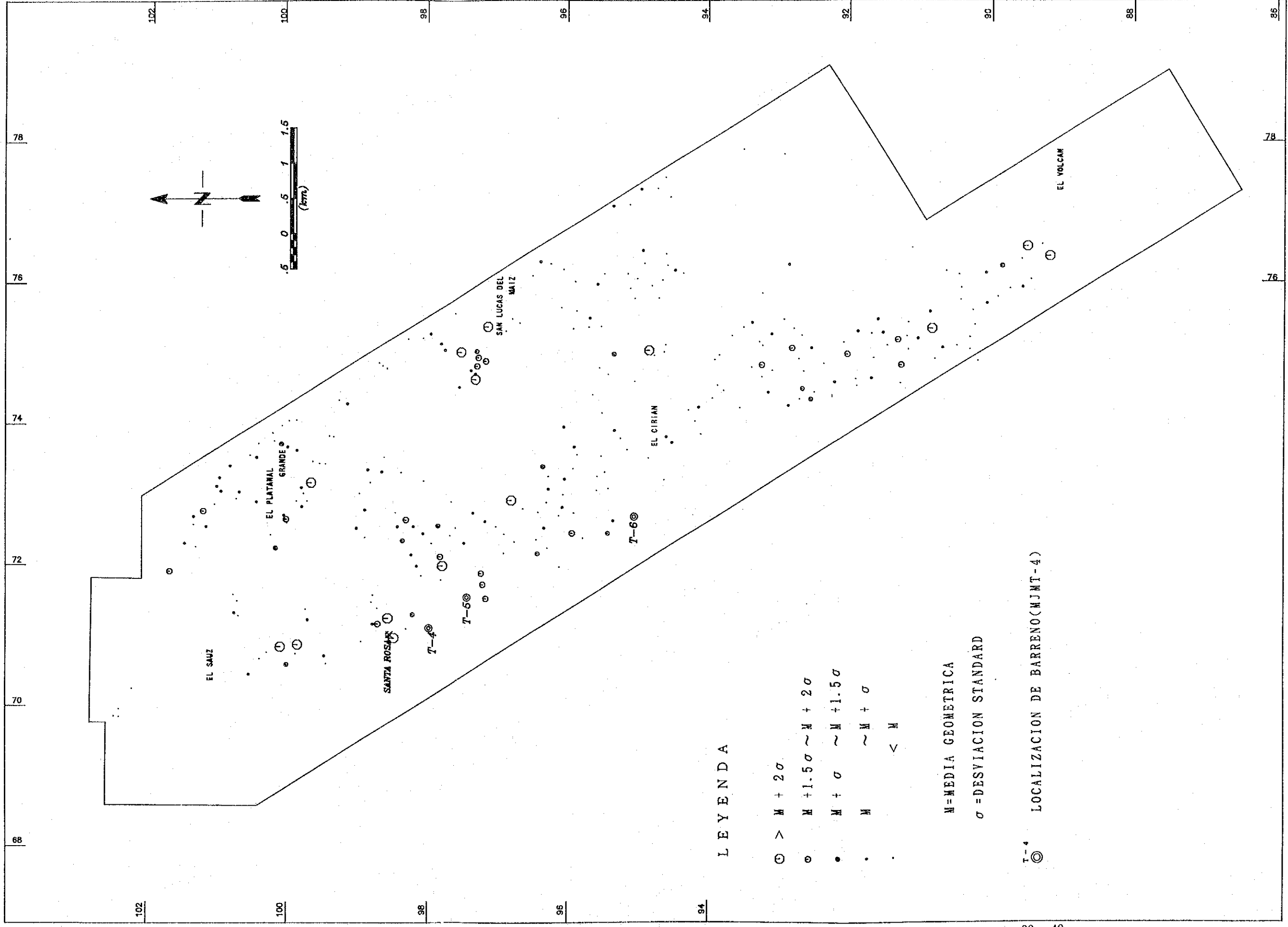
第一主成分は石英と白雲母を正、緑泥石を負に評価するもので、上記で仮定した変質作用をよく説明すると考えられる。従って、各試料の第一主成分の主成分得点を統計処理し、標準偏差で5区分した結果をX線回折試験結果図として図Ⅱ-1-7に示す。

高得点（異常）を示す部分がまとまっているのは、サン・ルカス・デル・マイルス、サンタ・ロサ鉱床、MJMT-5付近であり、変質帯・鉱化帯の分布とよく一致している。それ以外では、散点的に認められるだけである。また、エル・プラタナル・グランデ北部のテマスカルテペック川沿いの黄鉄鉱などの鉱染帯では、異常がほとんど認められない。これは変質作用の度合いが低いことを示していると考えられる。

1-2-3 地化学探査

1. 概要

地化学探査試料採取位置図を別添図Ⅱ-1-4に示す。採取した試料の総数は、1,315個であり、このうち緑色片岩は635個、泥質片岩は416個、酸性片岩は95個、石灰質千枚岩は134個、その他は35個である。試料は現地で簡易粉碎したものの一部を日本へ持ち帰り、次に示す分析方法及び検出限界で化学分析を行った。



图二一1-7 X線回折試験結果図

化学分析内容

成分	分析手法	検出限界
Ag	原子吸光法	0.1 ppm
Cu	原子吸光法	1 ppm
Pb	原子吸光法	2 ppm
Zn	原子吸光法	2 ppm
Mn	原子吸光法	2 ppm
As	ICP法(HYD法*)	2 ppm
Ba	ICP法	2 ppm
Na	原子吸光法	0.01 %
K	原子吸光法	0.01 %
S	燃焼法	0.01 %

*HYD = 水素化物発生装置

2. 分析結果

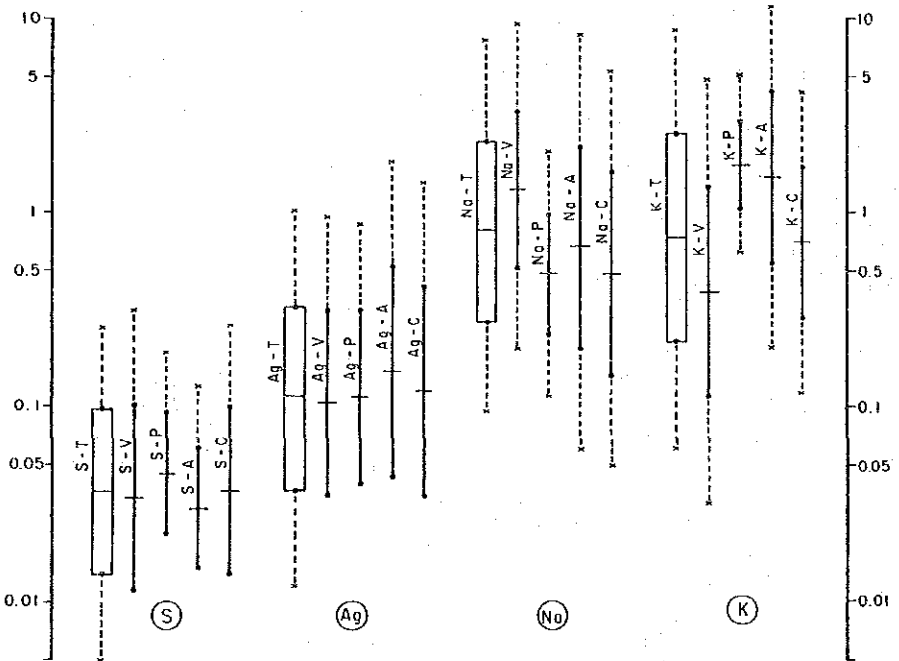
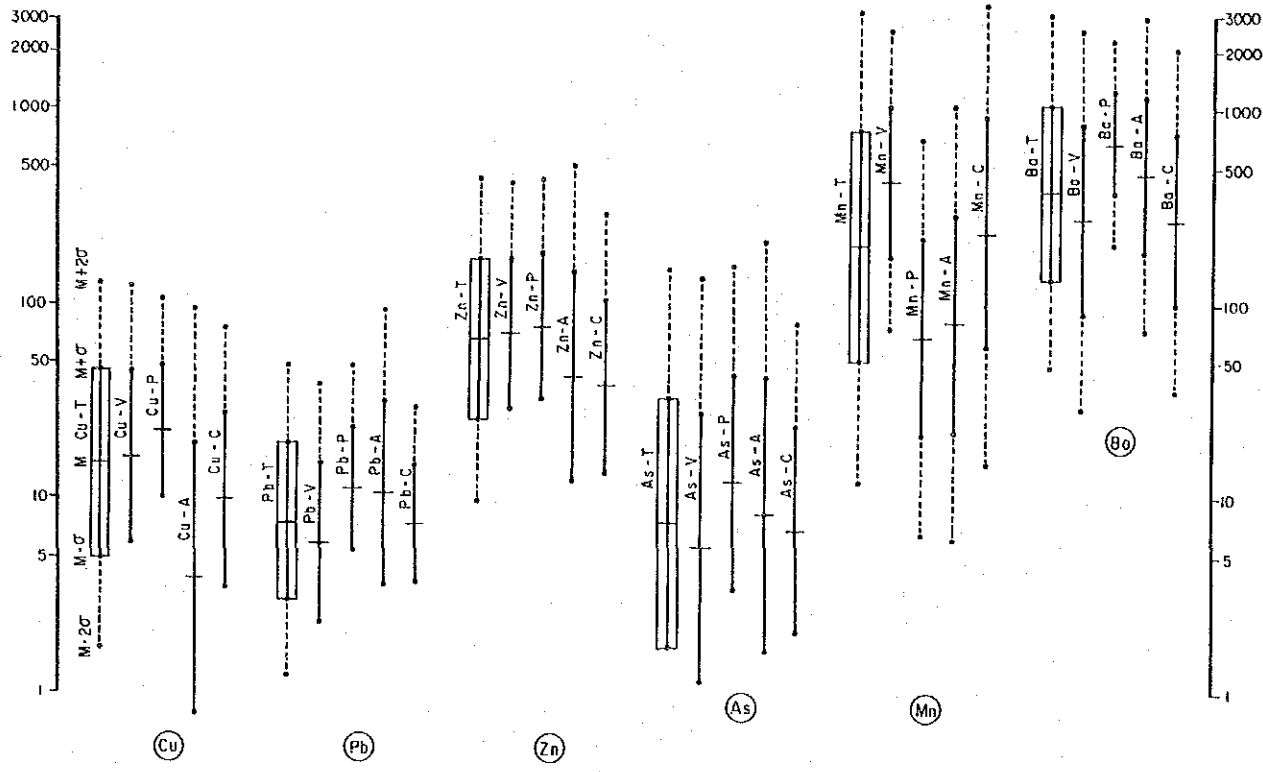
基本統計量概略図を図Ⅱ-1-8、分析結果一覧表を表Ⅱ-1-6（巻末）、基本統計量一覧表を表Ⅱ-1-7に示す。本地域には変成岩類が広く分布するが、岩相により地球化学的バックグラウンドは異なる可能性があると考えられるため、各岩相ごとに検討を行った。分析を行った元素のうち、S及びAgを除く8元素について岩相による違いが認められた。特にK、Na、Ba、Mnで著しく、泥質片岩ではK、Baに富み、Na、Mnに乏しい傾向を示し、緑色片岩ではこの逆である。岩相別に作成したヒストグラム及び累積頻度曲線（図Ⅱ-1-9、巻末）からは、Pb、Zn、S、Asなどで鉱化作用を反映したと考えられる高異常値集団の存在が推定される。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。

元素間の相関については、相関係数一覧表を表Ⅱ-1-8に、代表的な元素間の散布図を図Ⅱ-1-10（巻末）に示す。岩相ごとにみると、各岩相に共通してK-Baのはっきりとした正の相関が認められる。また、緑色片岩を除く各岩石でZn-Cuに正の相関がみられ、緑色片岩と泥質片岩でZn-Asに正の相関がみられる。

各元素の濃度分布図を図Ⅱ-1-11に示す。濃度区分に際しては、各元素の岩相ごとの幾何平均（M）とその標準偏差値（ σ ）により5区分して表した。以下各元素ごとの特徴について述べる。

(1) S

各地層ごとのヒストグラム及び累積頻度曲線から、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。高異常値の分布は、地質調査で確認された鉱徴地帯に良く対応している。すなわち、エル・プラタナル・グランデ北部、サン・ルカス・デル・マイス、サンタ・ロサ鉱床層準などに高異常値が集中し、その広がりが比較的明瞭に捕えられている。この他の部分にも小規模な高異常値の分布が見られる。



LEYENDA

M : el valor medio
 σ : desviacion standard
 Cu - T : todos rocas
 Cu - V : esquisto verde
 Cu - P : esquisto peritico
 Cu - A : esquisto acido
 Cu - C : filita calcarea

图 11-1-8 基本统计量概略图

表 II - 1 - 7 基本統計量一覽表

TODO MUESTRA (n=1315)

PARAMETRO ESTADISTICO	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	As (ppm)	Ba (ppm)	Na (%)	K (%)	S (%)
MEDIA ARITMETICA	0.358	24.482	18.297	134.002	390.897	22.989	590.311	1.234	1.245	0.123
DESVIACION STANDARD	3.549	35.474	154.452	817.684	370.402	44.056	579.293	0.986	1.029	0.764
MEDIA LOGARITMICA	-0.947	1.185	0.890	1.820	2.301	0.880	2.582	-0.091	-0.126	-1.429
S. D (LOGARITMICA)	0.481	0.475	0.399	0.414	0.598	0.648	0.454	0.463	0.533	0.416
M + 2 σ	1.034	136.582	48.684	445.714	3147.280	149.992	3094.119	6.819	8.706	0.254
M + 1.5 σ	0.594	79.008	30.764	276.581	1580.295	71.129	1833.807	4.003	4.713	0.157
M + σ	0.342	45.703	19.441	171.828	793.489	33.731	1086.852	2.350	2.551	0.097
M	0.113	15.293	7.763	66.088	200.054	7.586	381.772	0.810	0.748	0.037
M - σ	0.037	5.117	3.100	25.448	50.437	1.706	134.103	0.279	0.219	0.014
M - 1.5 σ	0.021	2.960	1.959	15.791	25.325	0.809	79.479	0.164	0.119	0.009
M - 2 σ	0.012	1.712	1.238	9.799	12.716	0.384	47.105	0.096	0.064	0.005

ESQUISTO VERDE : 1 (n=635)

PARAMETRO ESTADISTICO	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	As (ppm)	Ba (ppm)	Na (%)	K (%)	S (%)
MEDIA ARITMETICA	0.466	25.618	20.373	168.931	565.159	22.038	468.211	1.718	0.700	0.163
DESVIACION STANDARD	5.081	45.448	214.385	1165.027	307.306	45.785	541.826	0.992	0.719	0.967
MEDIA LOGARITMICA	-0.979	1.215	0.771	1.856	2.641	0.752	2.438	0.115	-0.411	-1.469
S. D (LOGARITMICA)	0.477	0.437	0.408	0.385	0.385	0.692	0.481	0.407	0.543	0.482
M + 2 σ	0.943	122.642	38.653	423.301	2580.689	136.863	2506.662	8.473	4.721	0.312
M + 1.5 σ	0.545	74.164	24.156	271.882	1656.178	61.700	1441.394	5.305	2.528	0.179
M + σ	0.315	44.849	15.096	174.371	1062.865	27.815	828.838	3.322	1.354	0.103
M	0.105	16.401	5.896	71.829	437.744	5.653	274.059	1.302	0.388	0.034
M - σ	0.035	5.998	2.303	29.589	180.286	1.149	90.619	0.510	0.111	0.011
M - 1.5 σ	0.020	3.627	1.439	18.991	115.700	0.518	52.108	0.320	0.060	0.006
M - 2 σ	0.012	2.193	0.899	12.188	74.252	0.233	29.963	0.200	0.032	0.004

ESQUISTO PELITICO : 2 (n=416)

PARAMETRO ESTADISTICO	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	As (ppm)	Ba (ppm)	Na (%)	K (%)	S (%)
MEDIA ARITMETICA	0.216	28.351	15.514	118.000	132.954	27.103	801.837	0.611	1.955	0.098
DESVIACION STANDARD	0.425	19.385	25.804	174.755	201.390	47.786	500.915	0.464	0.731	0.618
MEDIA LOGARITMICA	-0.951	1.350	1.052	1.892	1.832	1.083	2.835	-0.319	0.248	-1.345
S. D (LOGARITMICA)	0.444	0.338	0.317	0.378	0.507	0.550	0.261	0.317	0.228	0.312
M + 2 σ	0.865	106.074	48.617	443.447	699.429	152.611	2271.536	2.065	5.052	0.190
M + 1.5 σ	0.519	71.899	33.736	287.107	390.333	80.988	1682.744	1.433	3.888	0.133
M + σ	0.311	48.735	23.410	185.885	217.834	42.979	1246.569	0.995	2.991	0.093
M	0.112	22.391	11.272	77.920	67.844	12.104	684.090	0.480	1.771	0.045
M - σ	0.040	10.287	5.428	32.663	21.130	3.409	375.413	0.231	1.048	0.022
M - 1.5 σ	0.024	6.973	3.766	21.147	11.792	1.809	278.105	0.160	0.807	0.015
M - 2 σ	0.014	4.726	2.614	13.692	6.581	0.960	206.019	0.111	0.621	0.011

ESQUISTO ACIDO : 3 (n=95)

PARAMETRO ESTADISTICO	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	As (ppm)	Ba (ppm)	Na (%)	K (%)	S (%)
MEDIA ARITMETICA	0.353	15.095	32.853	93.274	177.716	24.758	698.137	1.161	2.152	0.041
DESVIACION STANDARD	0.569	33.085	140.007	141.070	253.115	35.758	910.770	1.072	1.503	0.044
MEDIA LOGARITMICA	-0.818	0.592	1.030	1.631	1.904	0.922	2.673	-0.180	0.180	-1.518
S. D (LOGARITMICA)	0.544	0.687	0.470	0.540	0.555	0.696	0.398	0.521	0.439	0.313
M + 2 σ	1.857	92.600	93.379	514.958	1034.669	205.705	2943.593	7.296	11.440	0.128
M + 1.5 σ	0.993	41.963	54.337	276.423	545.862	92.345	1862.008	4.003	6.899	0.089
M + σ	0.531	19.016	31.619	148.380	287.981	41.456	1177.837	2.196	4.161	0.062
M	0.152	3.905	10.707	42.754	80.154	8.355	471.295	0.661	1.513	0.030
M - σ	0.043	0.802	3.625	12.319	22.309	1.684	188.582	0.199	0.550	0.015
M - 1.5 σ	0.023	0.363	2.110	6.613	11.770	0.756	119.290	0.109	0.332	0.010
M - 2 σ	0.012	0.165	1.228	3.550	6.209	0.339	75.458	0.060	0.200	0.007

FILITA CALCAREA : 4 (n=134)

PARAMETRO ESTADISTICO	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	As (ppm)	Ba (ppm)	Na (%)	K (%)	S (%)
MEDIA ARITMETICA	0.295	15.996	9.090	64.097	458.642	15.075	431.463	0.816	1.005	0.087
DESVIACION STANDARD	0.483	18.851	5.491	78.528	510.728	28.451	449.948	0.753	0.915	0.285
MEDIA LOGARITMICA	-0.918	0.993	0.872	1.587	2.372	0.837	2.433	-0.315	-0.155	-1.427
S. D (LOGARITMICA)	0.533	0.437	0.302	0.439	0.585	0.526	0.436	0.523	0.388	0.422
M + 2 σ	1.409	73.581	29.837	292.154	3487.003	77.384	2015.110	5.380	4.173	0.262
M + 1.5 σ	0.763	44.493	21.084	176.169	1777.646	42.245	1220.155	2.947	2.670	0.161
M + σ	0.413	26.904	14.899	106.231	906.230	23.062	738.808	1.614	1.709	0.099
M	0.121	9.837	7.439	38.627	235.518	6.873	270.872	0.484	0.700	0.037
M - σ	0.035	3.597	3.715	14.045	61.208	2.048	99.311	0.145	0.287	0.014
M - 1.5 σ	0.019	2.175	2.625	8.469	31.204	1.118	60.133	0.080	0.183	0.009
M - 2 σ	0.010	1.315	1.855	5.107	15.907	0.610	36.411	0.044	0.117	0.005

ROCAS NO CLASIFICADAS : 5 (n=35)

PARAMETRO ESTADISTICO	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	As (ppm)	Ba (ppm)	Na (%)	K (%)	S (%)
MEDIA ARITMETICA	0.324	15.857	9.429	68.686	614.400	16.857	606.914	1.639	1.154	0.042
DESVIACION STANDARD	0.515	14.728	6.281	46.573	504.072	26.029	585.068	1.037	0.911	0.028
MEDIA LOGARITMICA	-0.802	1.009	0.825	1.720	2.520	0.835	2.505	-0.031	-0.130	-1.459
S. D (LOGARITMICA)	0.498	0.438	0.414	0.369	0.588	0.565	0.591	0.676	0.472	0.260
M + 2 σ	1.563	76.761	44.953	287.010	4976.507	92.364	4870.874	20.998	6.522	0.115
M + 1.5 σ	0.881	46.348	27.910	187.673	2527.534	48.183	2466.042	9.637	3.788	0.085
M + σ	0.496	27.985	17.328	122.717	1283.717	25.136	1248.516	4.423	2.200	0.063
M	0.158	10.203	6.679	52.470	331.142	6.840	320.023	0.932	0.742	0.035
M - σ	0.050	3.720	2.575	22.435	85.420	1.861	82.029	0.196	0.250	0.019
M - 1.5 σ	0.028	2.246	1.599	14.670	43.384	0.971	41.530	0.090	0.145	0.014
M - 2 σ	0.016	1.356	0.992	9.592	22.035	0.507	21.026	0.041	0.084	0.010

表 II - 1 - 8 相關係數一覽表

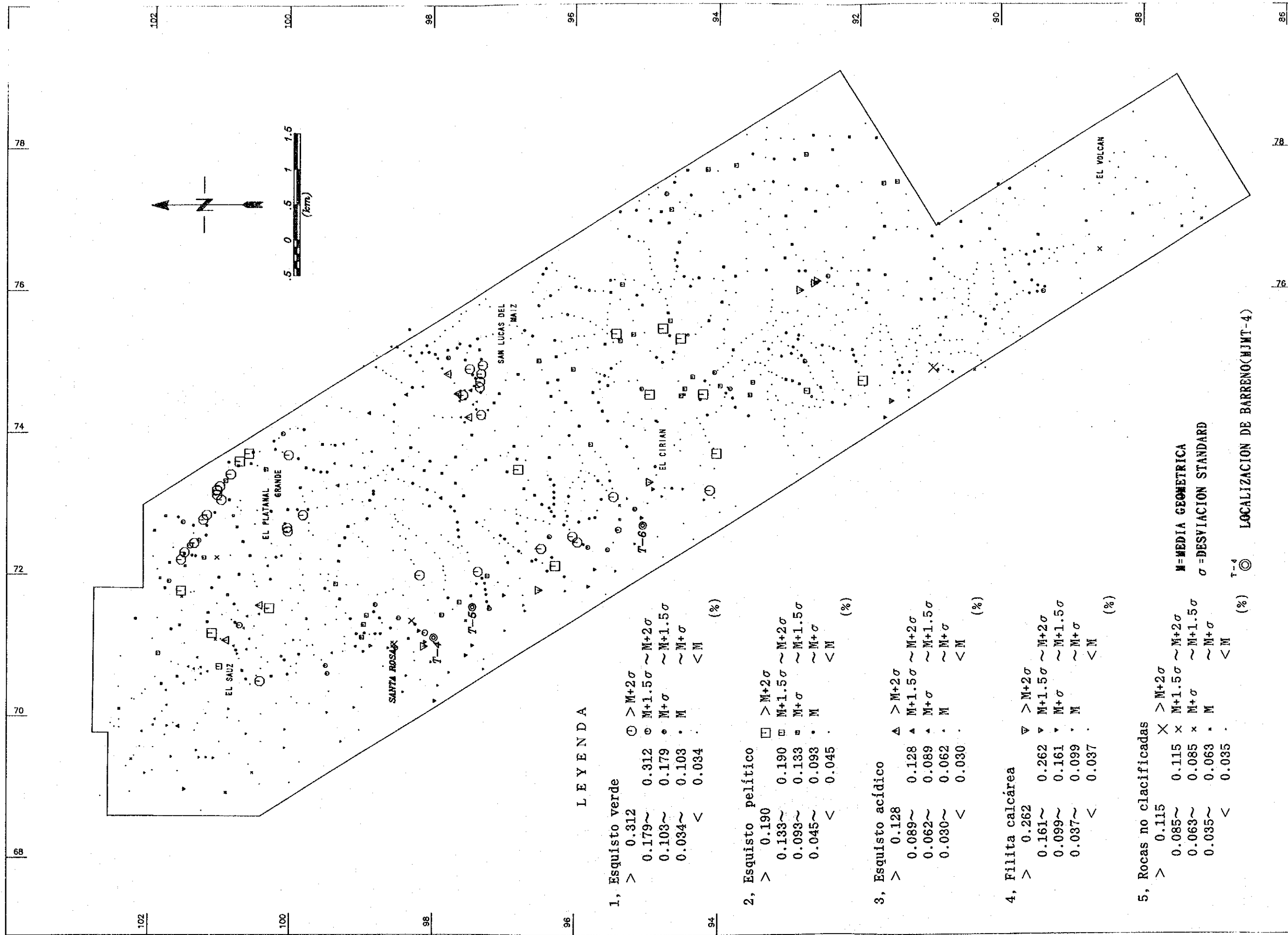
ESQUISTO VERDE										
	Ag	Cu	Pb	Zn	Mn	As	Ba	Na	K	S
Ag	1.0000	0.1467	0.2565	0.1760	-0.0428	0.1446	-0.0054	-0.0874	0.0497	0.2409
Cu	0.1467	1.0000	0.1178	0.1245	0.1851	0.1409	-0.0907	-0.0696	-0.0228	0.0557
Pb	0.2565	0.1178	1.0000	0.1559	-0.1447	0.1919	0.0583	-0.2428	0.1937	0.2068
Zn	0.1760	0.1245	0.1559	1.0000	0.1659	0.4734	0.0337	0.0811	0.0272	0.0427
Mn	-0.0428	0.1851	-0.1447	0.1659	1.0000	-0.0818	-0.2248	0.3991	-0.3306	-0.1824
As	0.1446	0.1409	0.1919	0.4734	-0.0818	1.0000	0.0132	-0.1115	0.0511	0.1701
Ba	-0.0054	-0.0907	0.0583	0.0337	-0.2248	0.0132	1.0000	-0.0952	0.6453	0.1221
Na	-0.0874	-0.0696	-0.2428	0.0811	0.3991	-0.1115	-0.0952	1.0000	-0.2917	-0.1672
K	0.0497	-0.0228	0.1937	0.0272	-0.3306	0.0511	0.6453	-0.2917	1.0000	0.2202
S	0.2409	0.0557	0.2068	0.0427	-0.1824	0.1701	0.1221	-0.1672	0.2202	1.0000

ESQUISTO PELITICO										
	Ag	Cu	Pb	Zn	Mn	As	Ba	Na	K	S
Ag	1.0000	0.1204	0.1838	0.1477	0.0680	0.1590	0.0380	0.0384	-0.0573	0.2480
Cu	0.1204	1.0000	0.3050	0.4237	0.1608	0.2211	0.3033	-0.0925	0.2907	0.1284
Pb	0.1838	0.3050	1.0000	0.1933	0.0020	0.1458	-0.0125	-0.0729	0.0852	0.1429
Zn	0.1477	0.4237	0.1933	1.0000	0.3562	0.4207	0.1408	0.1199	0.2349	0.0257
Mn	0.0680	0.1608	0.0020	0.3562	1.0000	0.1799	-0.1243	0.2139	-0.1191	0.0181
As	0.1590	0.2211	0.1458	0.4207	0.1799	1.0000	0.0036	-0.0072	0.0760	0.1636
Ba	0.0380	0.3033	-0.0125	0.1408	-0.1243	0.0036	1.0000	-0.1173	0.5599	0.0452
Na	0.0384	-0.0925	-0.0729	0.1199	0.2139	-0.0072	-0.1173	1.0000	0.0298	0.0144
K	-0.0573	0.2907	0.0852	0.2349	-0.1191	0.0760	0.5599	0.0298	1.0000	-0.0915
S	0.2480	0.1284	0.1429	0.0257	0.0181	0.1636	0.0452	0.0144	-0.0915	1.0000

ESQUISTO ACIDO										
	Ag	Cu	Pb	Zn	Mn	As	Ba	Na	K	S
Ag	1.0000	0.2780	0.1690	0.1082	0.0763	0.0225	0.1178	-0.2781	0.1216	0.0296
Cu	0.2780	1.0000	0.3660	0.3971	0.4987	0.0318	0.1055	-0.3041	-0.0076	0.1820
Pb	0.1690	0.3660	1.0000	0.3316	0.3269	0.1980	0.1540	-0.2872	0.0975	0.2748
Zn	0.1082	0.3971	0.3316	1.0000	0.5134	0.2055	0.0067	-0.0842	-0.0857	0.2416
Mn	0.0763	0.4987	0.3269	0.5134	1.0000	-0.1093	-0.0228	-0.1555	-0.0896	0.3258
As	0.0225	0.0318	0.1980	0.2055	-0.1093	1.0000	-0.0399	-0.0582	0.0747	0.0472
Ba	0.1178	0.1055	0.1540	0.0067	-0.0228	-0.0399	1.0000	-0.1852	0.6625	-0.0848
Na	-0.2781	-0.3041	-0.2872	-0.0842	-0.1555	-0.0582	-0.1852	1.0000	-0.2078	-0.1568
K	0.1216	-0.0076	0.0975	-0.0857	-0.0896	0.0747	0.6625	-0.2078	1.0000	0.0360
S	0.0296	0.1820	0.2748	0.2416	0.3258	0.0472	-0.0848	-0.1568	0.0360	1.0000

FILITA CALCAREA										
	Ag	Cu	Pb	Zn	Mn	As	Ba	Na	K	S
Ag	1.0000	0.1741	0.1093	0.1769	0.0395	0.1786	0.1117	-0.0978	0.0971	0.2481
Cu	0.1741	1.0000	0.2489	0.5612	0.0872	0.3346	0.1110	-0.1155	0.0157	0.3010
Pb	0.1093	0.2489	1.0000	0.2324	-0.4247	0.3486	0.5658	0.2988	0.5987	0.1924
Zn	0.1769	0.5612	0.2324	1.0000	-0.0043	0.4190	0.2169	-0.0842	0.2281	0.2344
Mn	0.0395	0.0872	-0.4247	-0.0043	1.0000	-0.0106	-0.6158	-0.1951	-0.5702	-0.2773
As	0.1786	0.3346	0.3486	0.4190	-0.0106	1.0000	0.2977	0.0636	0.2617	0.3073
Ba	0.1117	0.1110	0.5658	0.2169	-0.6158	0.2977	1.0000	0.3442	0.7838	0.3893
Na	-0.0978	-0.1155	0.2988	-0.0842	-0.1951	0.0636	0.3442	1.0000	0.3576	0.1237
K	0.0971	0.0157	0.5987	0.2281	-0.5702	0.2617	0.7838	0.3576	1.0000	0.2720
S	0.2481	0.3010	0.1924	0.2344	-0.2773	0.3073	0.3893	0.1237	0.2720	1.0000

ROCAS NO CLASIFICADAS										
	Ag	Cu	Pb	Zn	Mn	As	Ba	Na	K	S
Ag	1.0000	0.1465	-0.0374	0.1866	0.0294	0.4726	0.1279	0.2030	-0.1588	0.2145
Cu	0.1465	1.0000	-0.5901	0.6251	0.7095	-0.0350	-0.2678	0.4621	-0.4618	-0.1295
Pb	-0.0374	-0.5901	1.0000	-0.1167	-0.4585	0.2073	0.6322	-0.1338	0.6363	0.1138
Zn	0.1866	0.6251	-0.1167	1.0000	0.6819	0.2197	0.2419	0.7156	0.0078	0.2380
Mn	0.0294	0.7095	-0.4585	0.6819	1.0000	0.0589	-0.1578	0.6451	-0.3225	-0.0549
As	0.4726	-0.0350	0.2073	0.2197	0.0589	1.0000	0.2354	0.4446	-0.0048	-0.1308
Ba	0.1279	-0.2678	0.6322	0.2419	-0.1578	0.2354	1.0000	0.3394	0.7230	0.3144
Na	0.2030	0.4621	-0.1338	0.7156	0.6451	0.4446	0.3394	1.0000	0.0864	0.0434
K	-0.1588	-0.4618	0.6363	0.0078	-0.3225	-0.0048	0.7230	0.0864	1.0000	0.1386
S	0.2145	-0.1295	0.1138	0.2380	-0.0549	-0.1308	0.3144	0.0434	0.1386	1.0000



LEYENDA

- 1, Esquisto verde
 - > 0.312 ○ > M+2σ
 - 0.179~ 0.312 ◉ M+1.5σ ~ M+2σ
 - 0.103~ 0.179 ◐ M+σ ~ M+1.5σ
 - 0.034~ 0.103 • M ~ M+σ
 - < 0.034 ◌ < M
- 2, Esquisto pelítico
 - > 0.190 ◻ > M+2σ
 - 0.133~ 0.190 ◼ M+1.5σ ~ M+2σ
 - 0.093~ 0.133 ◽ M+σ ~ M+1.5σ
 - 0.045~ 0.093 • M ~ M+σ
 - < 0.045 ◌ < M
- 3, Esquisto ácido
 - > 0.128 ▲ > M+2σ
 - 0.089~ 0.128 △ M+1.5σ ~ M+2σ
 - 0.062~ 0.089 ◈ M+σ ~ M+1.5σ
 - 0.030~ 0.062 • M ~ M+σ
 - < 0.030 ◌ < M
- 4, Filita calcárea
 - > 0.262 ▽ > M+2σ
 - 0.161~ 0.262 ▾ M+1.5σ ~ M+2σ
 - 0.099~ 0.161 ▿ M+σ ~ M+1.5σ
 - 0.037~ 0.099 • M ~ M+σ
 - < 0.037 ◌ < M
- 5, Rocas no clasificadas
 - > 0.115 × > M+2σ
 - 0.085~ 0.115 × M+1.5σ ~ M+2σ
 - 0.063~ 0.085 × M+σ ~ M+1.5σ
 - 0.035~ 0.063 • M ~ M+σ
 - < 0.035 ◌ < M

M=MEDIA GEOMETRICA
σ=DESVIACION STANDARD

◉ T-4 LOCALIZACION DE BARRENO(HJMT-4)

图 11-1-1 (1) 濃度分布图 (S)

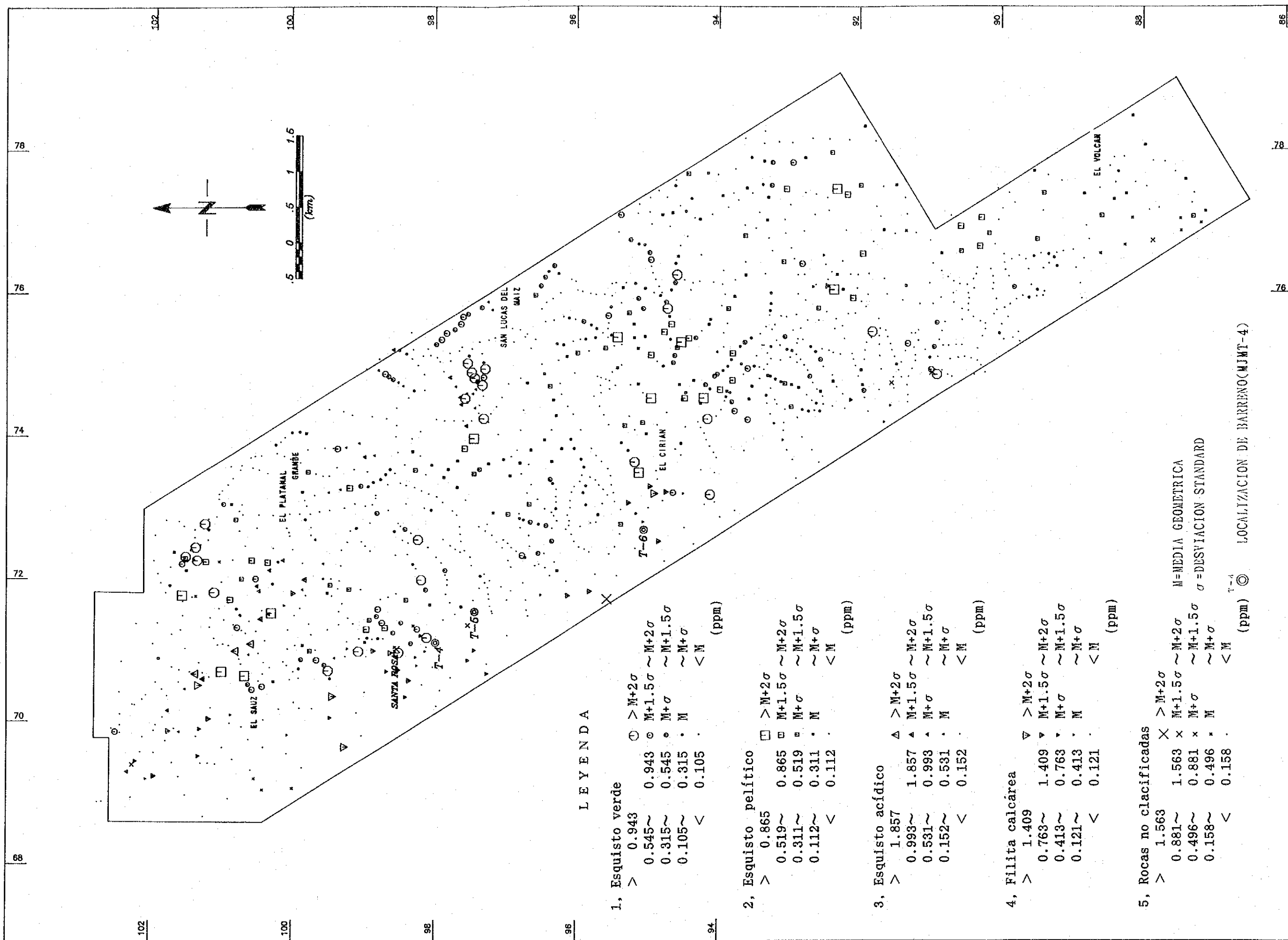


图 11-1-1 (2) 濃度分布图 (A g)

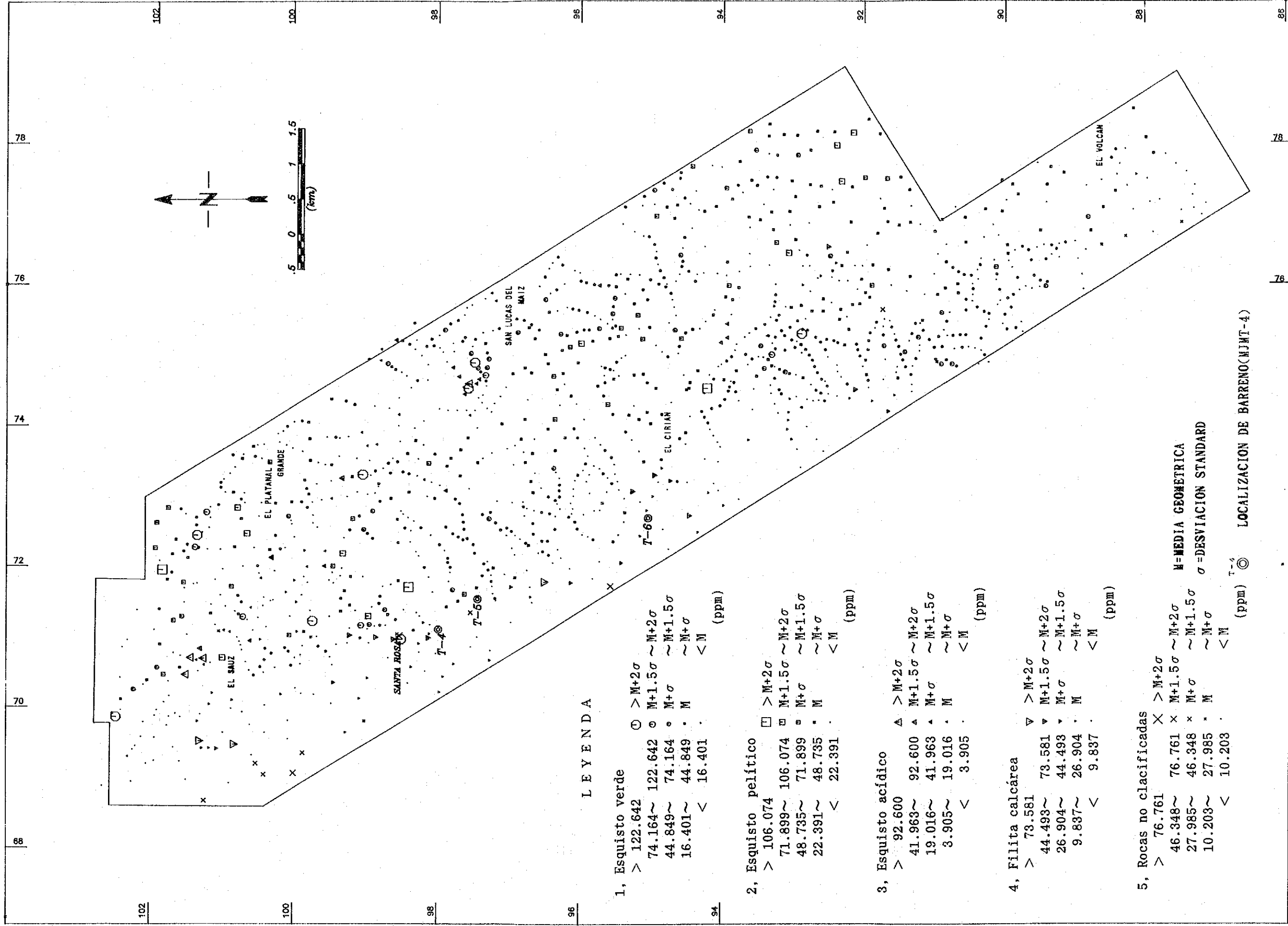
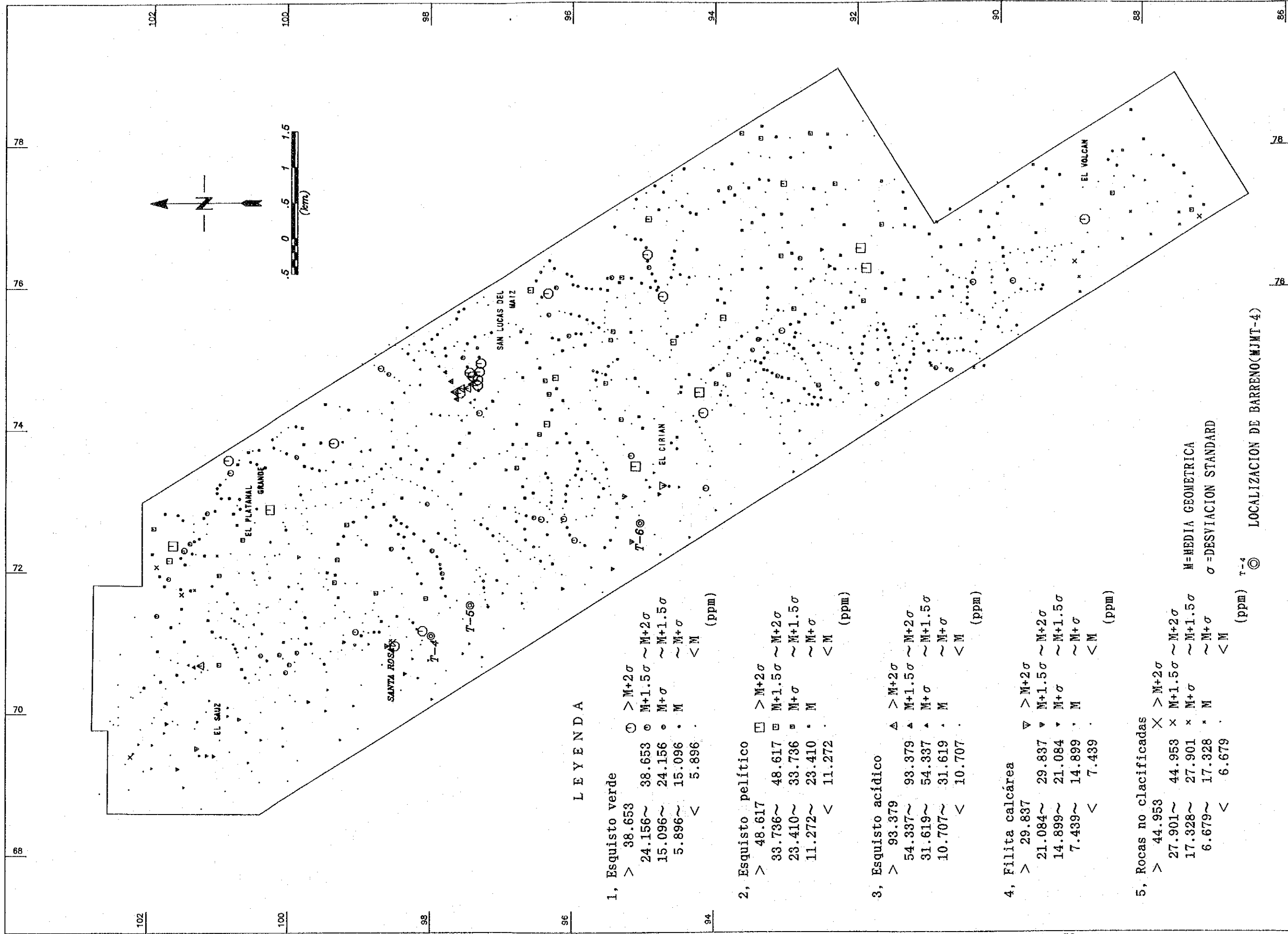


图 11-1-11 (3) 浓度分布图 (Cu)



LEYENDA

- 1, Esquisto verde
 - > 38.653 ○ > M+2σ
 - 24.156 ~ 38.653 ◊ M+1.5σ ~ M+2σ
 - 15.096 ~ 24.156 ◊ M+σ ~ M+1.5σ
 - 5.896 ~ 15.096 • M ~ M+σ
 - < 5.896 < M (ppm)
- 2, Esquisto pelítico
 - > 48.617 ◻ > M+2σ
 - 33.736 ~ 48.617 ◻ M+1.5σ ~ M+2σ
 - 23.410 ~ 33.736 ◻ M+σ ~ M+1.5σ
 - 11.272 ~ 23.410 • M ~ M+σ
 - < 11.272 < M (ppm)
- 3, Esquisto ácido
 - > 93.379 ▲ > M+2σ
 - 54.337 ~ 93.379 ▲ M+1.5σ ~ M+2σ
 - 31.619 ~ 54.337 ▲ M+σ ~ M+1.5σ
 - 10.707 ~ 31.619 • M ~ M+σ
 - < 10.707 < M (ppm)
- 4, Filita calcárea
 - > 29.837 ▼ > M+2σ
 - 21.084 ~ 29.837 ▼ M+1.5σ ~ M+2σ
 - 14.899 ~ 21.084 ▼ M+σ ~ M+1.5σ
 - 7.439 ~ 14.899 • M ~ M+σ
 - < 7.439 < M (ppm)
- 5, Rocas no clasificadas
 - > 44.953 × > M+2σ
 - 27.901 ~ 44.953 × M+1.5σ ~ M+2σ
 - 17.328 ~ 27.901 × M+σ ~ M+1.5σ
 - 6.679 ~ 17.328 • M ~ M+σ
 - < 6.679 < M (ppm)

LOCALIZACION DE BARRENO (MJMT-4)

图 11-1-1 (4) 浓度分布图 (Pb)