

資源開発協力基礎調査報告書
地域開発計画調査
ボリヴィア共和国コルキリ地域

中間報告書

JICA LIBRARY



1098589(3)

2388Y

平成4年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

23884

はしがき

日本国政府はボリヴィア共和国政府の要請に応え、同国の中央部に位置するコルキリ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査・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1年次とし、金属鉱業事業団は8名の調査団を編成して平成3年7月5日から現地に派遣した。

現地調査は、ボリヴィア共和国政府関係機関、ボリヴィア鉱山公社（CORPORACION MINERA DE BOLIVIA:COMIBOL）の協力を得て完了した。

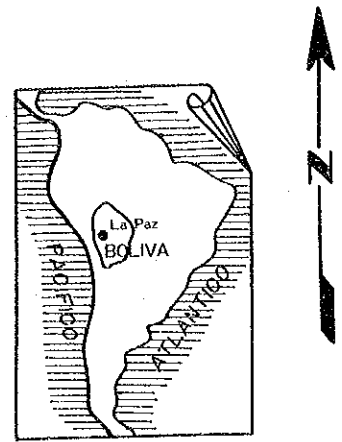
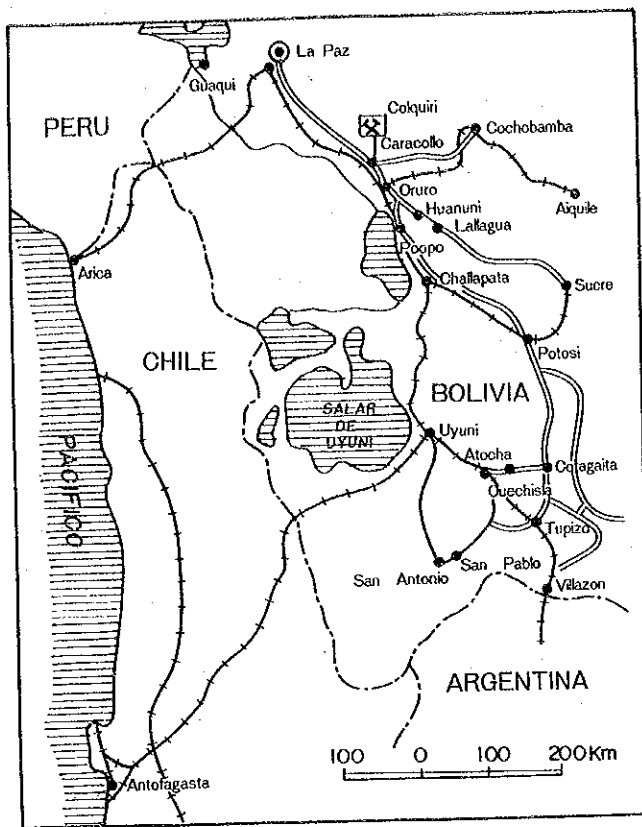
本報告書は、本年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたボリヴィア共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ボリヴィア共和国大使館及び関係各位に衷心より感謝の意を表する。

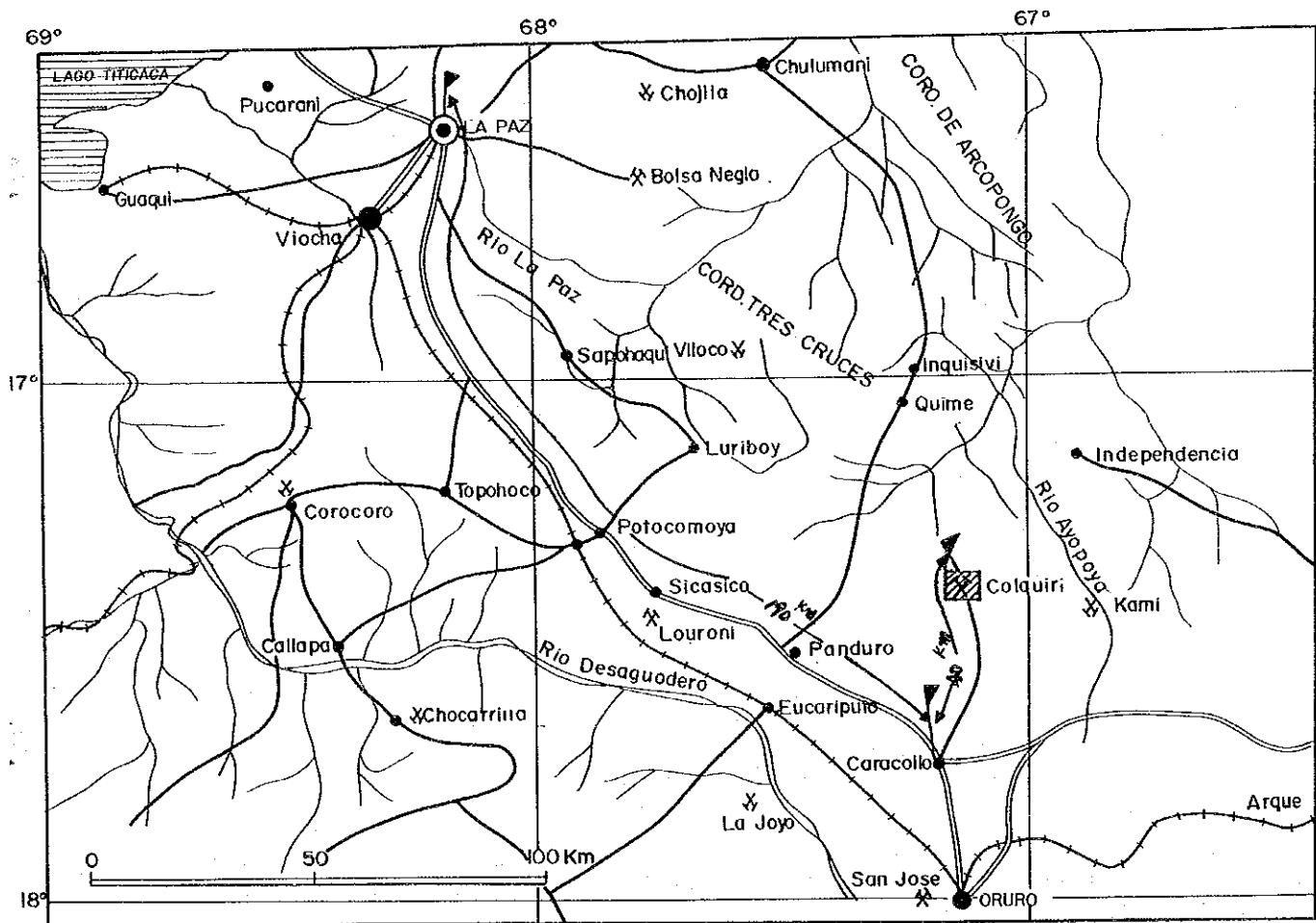
平成4年3月

国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介

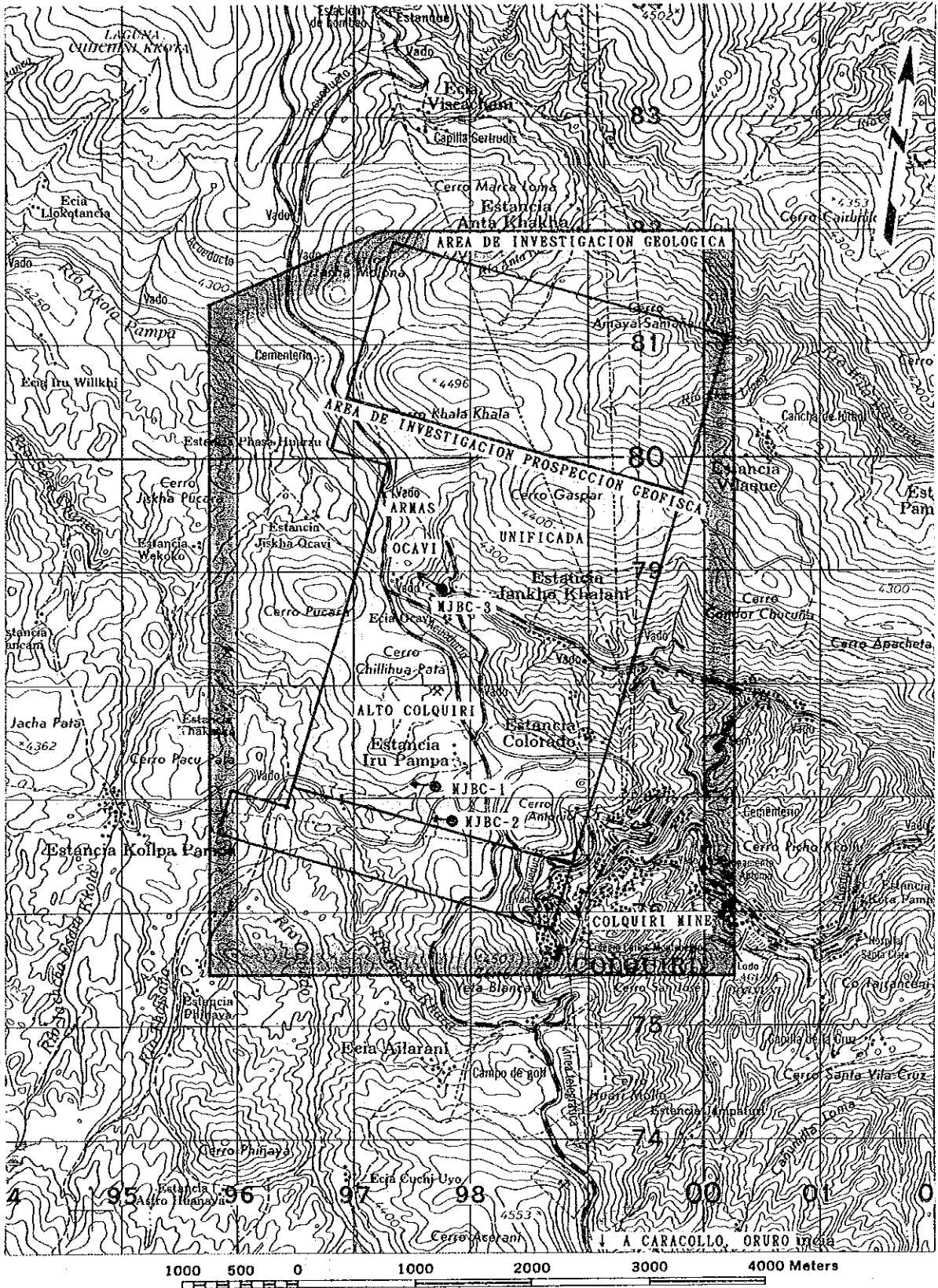
金属鉱業事業団
理事長 福原 元一



- REFERENCIAS**
- +—+— Ferrocarril
 - =—=— Carreteras de Cuota
 - — — Carreteras Principales
 - o o Pueblo, Ciudad
 - - - Limite nacional
 - X Mina parada
 - X Mina en actividad
 - ~ Río
 - Lago
 - Area de investigacion



Mapa de Localización de la Región de Investigación
 調査地域位置図



Mapa de Localización de la Region de Investigacion geologica,
geofisica y por perforacion

地質調査・物理探査・ボーリング調査位置図

要 約

本調査はボリヴィア共和国コルキリ地域において鉱床賦存状況を解明することにより、コルキリ鉱山の鉱業活動を支援することを目的とし、平成3年度は地質調査、物理探査及びボーリング調査を実施した。本報告書はその結果をまとめたものである。

1. 目的

(1) 地質調査

本地域の地質鉱床の特性を明らかにするとともに、物理探査の結果とあわせてボーリング調査に資する。

(2) 物理探査

調査地域内の既存鉱化帯の水平・垂直方向の延長部の確認を含め、新たな異常帯を抽出し、ボーリング調査の具体的位置選定に必要な情報を得る。

(3) ボーリング調査

地質調査及び物理探査により抽出した鉱床胚胎有望地区における鉱化帯の規模及び鉱況を究明する。

2. 調査結果

(1) 地質調査

コルキリ鉱山の鉱化帯は南北約4 Km、東西約3 Kmの範囲に分布する7箇所の鉱化帯から構成され、各々の分布規模・形態・鉱脈の配列・鉱化作用の特性が明らかにされた。これらのうちセントラル鉱化帯を中心とした一連の鉱化帯の規模は、南北方向に約3 Kmに達する。これらの鉱化帯には多数の平行脈が発達し、その賦存位置は断層破碎帯に密接に関連し、鉱脈は北に落としているが富鉱部は南に落とす。本鉱床は典型的な中～浅熱水性裂隙充填型鉱床である。

(2) 物理探査

IP法は、有望地区を中心に既存鉱床賦存地域を東端にした範囲で実施し、既存鉱床とそれに平行する鉱化帯がIP異常帯としての確に捕らえた。これらの鉱化帯のうちオカピ及びアルト・コルキリの下部に対して次項(3)のボーリングにより鉱脈の賦存することが

実証された。

C S A M T法は、I P法で検出された異常帯の深部を解明するために実施し、比抵抗分布の形態を把握し、有益な情報を得た。

(3)ボーリング調査

アルト・コルキリ鉱化帯を中心とした下部のI P異常帯に対して実施したMJBC-1は、92.85～94.96m(211cm)で鉱脈を確認し、品位は、銀144g/t、鉛0.48%、亜鉛1.6%、錫0.16%であり、更に、127.13～135.09m間で4箇所、亜鉛に富む鉱脈を確認した。MJBC-2は214.15～214.50m(35cm)で、品位は銀120g/t、鉛0.24%、亜鉛17.23%、錫0.14%であった。また、オカピ鉱化帯を中心とした下部のI P異常帯に対して実施したMJBC-3は103.18～243.62m間で6箇所、一部に亜鉛・錫に富む鉱脈を確認した。

3. 将来への提言

(1)ボーリング調査

可採鉱量の増大を目的としたボーリング調査を最優先する。具体的には、今年次のボーリング結果に基づき、地理的にセントラル鉱体から近接し比較的開発しやすいアルト・コルキリ、アルマス及びオカピ鉱化帯深部の物理探査異常帯に対するボーリング並びに地質調査結果から鉱脈の存在が推定されるサン・アントニオ鉱脈南延長部の約1,000mの未探鉱地域に対するボーリング探査を実施すべきである。

(2)物理探査

既知鉱化帯に対する物理探査の有効性が実証されたので、新たな有望地域に対する探査指針を得るために、今年次に確認された既知鉱床北部及び南部延長部の異常帯の連続性を確認するためにI P及びC S A M T法を実施すべきである。

(3)地質調査

(2)と同様な目的でボーリング・コアを活用し、鉱化作用を中心とした変質帯の累帯構造を明らかにする岩石地化探を実施すべきである。

目 次

はしがき	
調査地域位置図	
地質調査・物理探査・ボーリング調査位置図	
要 約	

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論	1
1 - 1 調査の経緯及び目的	1
1 - 2 第 1 年次調査の範囲、目的及び作業の概要	1
1 - 3 調査団の編成	4
1 - 4 現地調査期間	4
第 2 章 調査地域の地理	5
2 - 1 位置及び交通	5
2 - 2 地形及び水系	5
2 - 3 気候及び植生	6
第 3 章 調査地域の既存地質情報	7
3 - 1 既往調査の概要	7
3 - 2 調査地域の一般地質及び地質的位置付け	7
3 - 3 調査地域の鉱業略史	8
第 4 章 調査結果の総合検討	9
4 - 1 鉱化作用の特性と構造規制について	9
4 - 2 物理探査異常帯と鉱化作用について	10
4 - 3 ボーリング調査と鉱化作用について	11
第 5 章 結論及び提言	12
5 - 1 結 論	12
5 - 2 第 2 年次調査への提言	12

第Ⅱ部 各 論

第1章	地質調査	15
1-1	調査方法	15
1-2	地質調査結果	15
1-2-1	地質概要	15
1-2-2	地質各論	19
1-2-3	地質構造	19
1-3	鉱床調査結果	23
1-3-1	鉱床概要	23
1-3-2	鉱床各論	27
1-3-3	坑内調査	29
1-4	考察	38
1-4-1	鉱脈の配列パターンと鉱化作用の特性	38
1-4-2	鉱床のポテンシャル	39
第2章	物理探査	40
2-1	I P 法	40
2-1-1	測線設定、測量	40
2-1-2	測定方法	42
2-1-3	測定装置及び機材	44
2-1-4	解析方法	45
2-1-5	解析結果	48
2-2	C S A M T 法	82
2-2-1	測線設定、測量	82
2-2-2	測定方法	82
2-2-3	測定装置及び機材	87
2-2-4	解析方法	88
2-2-5	解析結果	93
2-3	物性測定	121
2-4	考 察	125

第3章	ボーリング調査	133
3-1	目的	133
3-2	作業状況	135
3-3	調査結果及び考察	136
3-3-1	M J B C - 1	136
3-3-2	M J B C - 2	138
3-3-3	M J B C - 3	140

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章	結論	149
1-1	地質調査	149
1-2	物理探査	149
1-3	ボーリング調査	150
第2章	第2年次への提言	151
2-1	ボーリング調査	151
2-2	物理探査	151
2-3	地質調査	151

既存データ	155
-------	-----

参考文献	157
------	-----

付 録

付帯資料

(地質調査)

ルートマップ, 露頭 及び坑内スケッチ, 岩石 及び鉍石サンプル, 岩石薄片,
鉍石研磨片, 作業状況記録写真

(物理探査)

測定野帳, 測定値記録, 解析曲線図, 測定値一覧表, 作業状況記録写真

(ボーリング調査)

岩石 及び鉍石サンプル, 岩石薄片, 鉍石研磨片, 孔別作業状況記録写真,
全コア カラー写真

図 表 一 覧

Tabla II-1- 1	主要鉱脈一覧表
Tabla II-1- 2	分析成分相関関係
Tabla II-2- 1	I P 法 調査内容
Tabla II-2- 2	I P 法 測定仕様
Tabla II-2- 3	測定装置及び機材一覧表
Tabla II-2- 4	C S A M T 法 調査内容
Tabla II-2- 5	表皮深度表
Tabla II-2- 6	C S A M T 法の機器、機材一覧表
Tabla II-2- 7	岩石サンプル測定結果一覧表
Tabla II-2- 8	物性測定装置及び機材一覧表
Tabla II-3- 1	ボーリング調査結果表
Tabla II-3- 2	ボーリング工事工程 及び工事概要表
Tabla II-3- 3	使用機器一覧表
Tabla II-3- 4	使用消耗品一覧表
Tabla II-3- 5	ダイヤモンド ビット・リーマー使用数量
Tabla II-3- 6	掘進実績表 (MJBC-1)
Tabla II-3- 7	掘進実績表 (MJBC-2)
Tabla II-3- 8	掘進実績表 (MJBC-3)

Fig. II-1- 1	地質図及び地質断面図
Fig. II-1- 2	地質構造概要図
Fig. II-1- 3	鉱徴地位置図
Fig. II-1- 4	坑内地質平面図 (Ni 325)
Fig. II-1- 5	坑内地質平面図 (Ni 365)
Fig. II-1- 6	坑内地質断面図
Fig. II-1- 7	鉱脈のローズダイヤグラム
Fig. II-1- 8	錫品位分布図
Fig. II-2- 1	I P法 測線位置図
Fig. II-2- 2	境界要素法説明図
Fig. II-2- 3	見掛比抵抗平面図 (n = 2)
Fig. II-2- 4	見掛比抵抗平面図 (n = 4)
Fig. II-2- 5	F E分布平面図 (n = 2)
Fig. II-2- 6	F E分布平面図 (n = 4)
Fig. II-2- 7	A 測線断面図
Fig. II-2- 8	B 測線断面図
Fig. II-2- 9	C 測線断面図
Fig. II-2-10	D 測線断面図
Fig. II-2-11	E 測線断面図
Fig. II-2-12	F 測線断面図
Fig. II-2-13	G 測線断面図
Fig. II-2-14	H 測線断面図
Fig. II-2-15	I 測線断面図
Fig. II-2-16	J 測線断面図
Fig. II-2-17	K 測線断面図
Fig. II-2-18	L 測線断面図
Fig. II-2-19	M 測線断面図
Fig. II-2-20	N 測線断面図
Fig. II-2-21	O 測線断面図
Fig. II-2-22	P 測線断面図
Fig. II-2-23	Q 測線断面図
Fig. II-2-24	R 測線断面図
Fig. II-2-25	B 測線シミュレーション断面図
Fig. II-2-26	D 測線シミュレーション断面図
Fig. II-2-27	H 測線シミュレーション断面図

Fig. II-2-28	J 測線シミュレーション断面図
Fig. II-2-29	O 測線シミュレーション断面図
Fig. II-2-30	P 測線シミュレーション断面図
Fig. II-2-31	Q 測線シミュレーション断面図
Fig. II-2-32	R 測線シミュレーション断面図
Fig. II-2-33	C S A M T 法 調査位置図
Fig. II-2-34	C S A M T 法 測線及び測定点位置図
Fig. II-2-35	C S A M T 法の概略図
Fig. II-2-36	C S A M T 法解析フローチャート
Fig. II-2-37	C S A M T 法 2 次元構造解析フローチャート
Fig. II-2-38	見掛比抵抗平面図 (2,048 Hz)
Fig. II-2-39	見掛比抵抗平面図 (512 Hz)
Fig. II-2-40	見掛比抵抗平面図 (8 Hz)
Fig. II-2-41	比抵抗構造平面図 (標高 4,300m)
Fig. II-2-42	比抵抗構造平面図 (標高 4,100m)
Fig. II-2-43	比抵抗構造平面図 (標高 3,900m)
Fig. II-2-44	A 測線断面図
Fig. II-2-45	B 測線断面図
Fig. II-2-46	E 測線断面図
Fig. II-2-47	F 測線断面図
Fig. II-2-48	J 測線断面図
Fig. II-2-49	物性測定系の概略図
Fig. II-2-50	物性測定試料採取位置図
Fig. II-2-51	ボーリング結果総合解析図
Fig. II-3- 1	ボーリング位置図
Fig. II-3- 2	ボーリング地質断面図 (MJBC-1)
Fig. II-3- 3	ボーリング地質断面図 (MJBC-2)
Fig. II-3- 4	ボーリング地質断面図 (MJBC-3)
Fig. III-2- 1	第 2 年次調査 計画範囲図

別 添 図 一 覽

PL. - 1	地質図	1:10,000
PL. - 2	坑内地質平面図 (Ni 325)	1: 5,000
PL. - 3	坑内地質平面図 (Ni 365)	1: 5,000
PL. - 4	坑内地質断面図	1: 5,000
PL. - 5	見掛比抵抗平面図 (n = 2)	1: 5,000
PL. - 6	見掛比抵抗平面図 (n = 4)	1: 5,000
PL. - 7	F E 分布平面図 (n = 2)	1: 5,000
PL. - 8	F E 分布平面図 (n = 4)	1: 5,000
PL. - 9	A 測線断面図	1: 5,000
PL. -10	B 測線断面図	1: 5,000
PL. -11	C 測線断面図	1: 5,000
PL. -12	D 測線断面図	1: 5,000
PL. -13	E 測線断面図	1: 5,000
PL. -14	F 測線断面図	1: 5,000
PL. -15	G 測線断面図	1: 5,000
PL. -16	H 測線断面図	1: 5,000
PL. -17	I 測線断面図	1: 5,000
PL. -18	J 測線断面図	1: 5,000
PL. -19	K 測線断面図	1: 5,000
PL. -20	L 測線断面図	1: 5,000
PL. -21	M 測線断面図	1: 5,000
PL. -22	N 測線断面図	1: 5,000
PL. -23	O 測線断面図	1: 5,000
PL. -24	P 測線断面図	1: 5,000
PL. -25	Q 測線断面図	1: 5,000
PL. -26	R 測線断面図	1: 5,000
PL. -27	見掛比抵抗平面図 (2,048 Hz)	1: 5,000
PL. -28	見掛比抵抗平面図 (512 Hz)	1: 5,000
PL. -29	見掛比抵抗平面図 (8 Hz)	1: 5,000
PL. -30	比抵抗構造平面図 (標高 4,300m)	1: 5,000
PL. -31	比抵抗構造平面図 (標高 4,100m)	1: 5,000
PL. -32	比抵抗構造平面図 (標高 3,900m)	1: 5,000
PL. -33	A 測線断面図	1: 5,000

PL. -34	B 測線断面図	1: 5,000
PL. -35	E 測線断面図	1: 5,000
PL. -36	F 測線断面図	1: 5,000
PL. -37	J 測線断面図	1: 5,000
PL. -38	ボーリング位置図	1: 5,000
PL. -39	MJBC-1 ボーリング柱状図	1: 200
PL. -40	MJBC-2 ボーリング柱状図	1: 200
PL. -41	MJBC-3 ボーリング柱状図	1: 200
PL. -42	MJBC-1 ボーリング地質断面図	1: 1,000
PL. -43	MJBC-2 ボーリング地質断面図	1: 1,000
PL. -44	MJBC-3 ボーリング地質断面図	1: 1,000
PL. -45	ボーリング結果総合解析図	1: 5,000

付 録 一 覧

- 付録- 1 ボーリング地質柱状図
- 付録- 2 地表及び坑内調査岩石薄片顕微鏡観察結果一覧表
- 付録- 3 地表及び坑内調査岩石薄片顕微鏡写真
- 付録- 4 地表及び坑内調査鉱石研磨片顕微鏡観察結果一覧表
- 付録- 5 地表及び坑内調査鉱石研磨片顕微鏡写真
- 付録- 6 地表及び坑内調査岩石 X 線回折試験結果一覧表
- 付録- 7 地表調査鉱石成分化学分析結果一覧表
- 付録- 8 坑内調査鉱石成分化学分析結果一覧表
- 付録- 9 坑内調査鉱石 E P M A 試験結果一覧表
- 付録-10 ボーリングコア鉱石成分化学分析一覧表
- 付録-11 ボーリングコア岩石薄片顕微鏡観察結果一覧表
- 付録-12 ボーリングコア岩石薄片顕微鏡写真
- 付録-13 ボーリングコア鉱石研磨片顕微鏡観察結果一覧表
- 付録-14 ボーリングコア鉱石研磨片顕微鏡写真
- 付録-15 ボーリングコア X 線回折試験結果一覧表

第 I 部

總論

第1章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

ボリヴィア共和国では同国の要請に基づき昭和51年度から4地域において資源開発協力基礎調査が実施され、その結果は同国において高く評価されてきた。従来これらの調査はボリヴィア共和国南部の地域に集中して実施されてきたが、今回、同国政府はボリヴィア中央部に位置するコルキリ地域の探査に対する要請を行ってきた。コルキリ鉱山周辺での探鉱は、まとまった鉱量を確保して同鉱山の生産に直接寄与し、ひいてはボリヴィアの経済にも貢献し得る。従ってこの要請に応え、平成3年度からコルキリ地域において資源開発協力基礎調査を実施することとなった。

コルキリ鉱山はボリヴィア鉱山公社（以下単に COMIBOL と称する。）に属する鉱山であり、錫、亜鉛を生産しているが、採掘可能な鉱量が5～6年分と残り少なくなっており、鉱山周辺部で新たに鉱量を確保することが必要となっている。COMIBOL は周辺の有望地区に対し探鉱計画を立案したが、計画の実施が困難であった。本資源開発基礎調査においてはこれら有望地区を包含して地質調査、物理探査、ボーリング調査を実施し鉱床賦存状況を解明することにより、コルキリ鉱山の鉱業活動を支援することを目的とする。

1-2 第1年次調査の範囲、目的及び作業の概要

第1年次の調査の範囲としては、地質調査は地表調査としてコルキリ鉱山の有望地域と考えられる全地域を網羅した 28km²の地表調査を実施し、その踏査ルート長は30kmである。また坑内調査としては現稼動地並のL 325 及びL 365 の調査を実施した。地表調査においては地質層序、地質構造の確立及び変質帯、鉱化帯の分布を明らかにすることを目的とし、坑内調査では鉱況の水平・垂直変化に留意し、鉱化作用の広がりについて推定する根拠を得ることを目的とした。

物理探査については調査位置図に示すように、有望地区を中心に既存鉱床賦存地域を東端にした範囲で実施された。その調査内容及び数量は、次のとおりである。

① IP法	測線延長	46.5 km
	測線数	18 本
② CSAMT法	測点数	217 点

物理探査は、本地域における鉍化帯と地下構造との関係を解明するとともに、異常帯の抽出を行い、物理探査実施後のボーリング調査実施位置選定に必要な情報を得ることを目的とした。調査手法としては、IP法によって得られた異常帯に対しては、さらにCSAMT法によりその深部を解明した。

ボーリング調査は、地質調査及び物理探査により抽出された鉍床胚胎有望地区における鉍化帯の規模及び鉍況を確認することを目的とした。

調査内容及び数量は以下のとおりである。

なお、平成3年度にはボーリング調査を7孔(MJBC-1~7)実施したが、この報告書はうち3孔(MJBC-1~3)の結果をまとめたものである。

孔番号	方向	傾斜	掘進長 (m)
MJBC-1	280° (N80° W)	-60°	301.10
MJBC-2	280° (N80° W)	-55°	303.25
MJBC-3	300° (N60° W)	-45°	506.55
計			1110.90

上記の諸調査の解析に伴う室内試験の種類及び数量は以下のとおりである。

調査内容	試験項目	数量
地質調査		
1. 地表調査	a) 岩石薄片作成	5 件
	b) 鉱石研磨片作成	5 件
	c) X線回折試験	10 件
	d) 化学分析	
	鉱石分析(Sn, Zn, Au, Ag, Pb)	10 件
		(50 成分)
2. 坑内調査	a) 岩石薄片作成	5 件
	b) 鉱石研磨片作成	10 件
	c) X線回折試験	51 件
	d) 化学分析	
	鉱石分析(Sn, Zn, Au, Ag, Pb)	100 件
		(500 成分)
	e) EPMA	30 件
3. 物理探査	a) 室内物性試験	
	・比抵抗測定	44 件
	・分極率測定	44 件
4. ボーリング調査	a) 岩石薄片作成	9 件
	b) 鉱石研磨片作成	17 件
	c) X線回折試験	25 件
	d) 化学分析	
	鉱石分析(Sn, Zn, Au, Ag, Pb)	20 件
		(100 成分)
	e) EPMA	20 件

1-3 調査団の編成

調査計画の策定・折衝及び現地調査に参画した調査員は下記のとおりである。

調査計画及び折衝

日 本 国 側	ボ リ ヴ ィ ア 共 和 国 側
横川 勝美 金属鉱業事業団	Adalid Ticona C. ボリヴィア鉱山公社
佐藤 友喜 外務省	Jorge Flores B. ボリヴィア鉱山公社
小沢 悦男 金属鉱業事業団	
佐藤 健一 金属鉱業事業団	

現地調査団

日 本 国 側	ボ リ ヴ ィ ア 共 和 国 側
黒沼 広治 (団長, 地質) 同和工営株式会社	Javiel Flores ボリヴィア鉱山公社
児玉 勉 (地質) 同和工営株式会社	Alberto Murillo ボリヴィア鉱山公社
遠藤 康雄 (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	
岩谷 真理生 (物理探査) 同和工営株式会社	
長谷川 仁 (ボーリング) 同和工営株式会社	
大沼 道行 (ボーリング) 同和工営株式会社	
小平 公洋 (ボーリング) 同和工営株式会社	
高本 宏介 (企画・調整) 金属鉱業事業団	
小島 和浩 (企画・調整) 金属鉱業事業団	

1-4 現地調査期間

前述の調査は、下記の行程で実施された。

国内準備期間	平成3年6月 6日	平成3年 7月 4日	29日
現地調査期間 (地質)	平成3年7月 5日	平成3年 8月17日	44日
現地調査期間 (物理探査)	平成3年7月 5日	平成3年 9月30日	88日
現地調査期間 (ボーリング)	平成3年9月 6日	平成4年 1月 2日	119日
解析報告書作成期間	平成4年2月 1日	平成4年 2月20日	20日
全調査期間	平成3年6月 6日	平成4年 2月20日	259日

主な水系は、調査地域の中央部を東流するコルキリ川とコルキリ鉱山の施設の密集する地区を東流するタテルウマ川（Rio Tater Uma）であり、これらの支流が複雑な渓谷地形を形成している。コルキリ川はアマゾン河の支流であるベンニ川に合流する。またタテルウマ川はアルティプレーノの内陸湖のポーポ湖に流入する。従って、調査地域はアンデス内陸水系とアマゾン水系との分水界に位置する。

2-3 気候及び植生

本調査地域は南緯17度であり、本来ならば熱帯地域に属するが、標高が4,000m以上であるため湿潤寒冷気候に属する。冬季と夏季との季節の差は明らかであり、冬季は気温は零下5℃～8℃であり、夏季は2℃～14℃である。4月～11月までの冬季は非常に乾燥し、稀に積雪を見る。夏季は雨期であり、12月～3月までに年間雨量の大半がこの期間に集中し、年間雨量は300mm前後と推定される。冬季、夏季ともに気温の日較差が大であり、特に6月から8月にかけての厳寒期の夜間気温は零下15℃に達し、戸外における夜間作業は困難である。また7月、8月には強風が吹き戸外の作業を困難にすることがしばしばある。従って当地域での探査活動は9月から12月の間が最適である。

寒冷の地で気温較差が大であることと、雨量が少ないため通常の植物の生育に適さないため本地域の植生は極めて単純であり、単に針状のパハと称する植物と苔類があるのみである。

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 既往調査の概要

コルキリ鉱山についての組織的な調査報告は、Donaldo F. Campell(1947)に始まりその後多数の調査がなされた。これらの報告は、いずれも学術的な見地よりなされた。探鉱の見地よりの調査は、1962年コルキリ鉱山が国有化されてからである。しかし、コルキリ鉱山全体についての組織的な調査はなく、各鉱化帯についての地表地質調査、物理探査などのみである。ボリヴィア鉱山公社の C. Gamboa(1967)はオカビ(Ocavi)の北部を調査し、地域の鉱況について述べている。C. Soruco(1976)はコルキリ鉱床北部のトリンフォ北部(Trinfo Norte)、リブルリブルニ(Librulibruni)、ウニフィカーダ(Unificada)の各鉱床の詳細の地質調査を行い地域の探鉱に指針を与えている。また、R. Merida(1977)はコルキリ鉱山北西部のアルマス(Armas)地区の鉱床について調査しその地区の鉱況について述べている。このほかにコルキリ鉱山地質課はトリンフォ、リブルリブルニ及びアルマスについて詳細な地質図を作成している。これらの諸調査を集成し A. Murillo(1991)はコルキリ鉱床の北部のポテンシャルと探鉱方針について述べ、さらにコルキリ地域の1万分の1の地質図を編集している。

物理探査については Rainbothと Macnamee(1963)によってオカビ、アルマス、ウニフィカーダ、トリンフォ北部及びアルト・コルキリ北部についても実施した。J. S. Stem(1965)はこれらの物理探査の結果に基づき有望な地域に対して、更にチューラム法、磁気探査、及び自然電位法を実施した。いずれもこれらの物理探査はボリヴィア鉱山公社自体の資金で実施された。

ボーリング調査は1960年から1970年にかけてオカビ、アルマス、ウニフィカーダに実施されている。しかし、これらは物理探査の異常帯に実施されたものでなく、既知鉱床の浅部を目的としたものである。従って、その掘進長も100m内外の緩傾斜のボーリングであり現在稼行の地並には達していない。

以上のような既往調査であるため今回は深部に対する物理探査を実施し、その異常帯に対して深度300m以上のボーリングを実施することは、当鉱山にとって極めて意義のあることである。

3-2 調査地域の一般地質及び地質的位置付け

調査地域の地質は、シルル紀後期の粘板岩を主体とするウンシア層及びデボン紀前期に属すると考えられる細粒砂岩、砂岩粘板岩互層を主体とするカタビ層から構成されている。これらの地層は後述のボリヴィアの一般的な地質構造に調和し、北西の走向を有して分布する。調査地域の位置する東アンデス山系の地質は一般的に北北西の走向を有し、主として古生層のシル

リア系、オールドビス系及びデボン系により形成されており、前述のウンシア層、カタピ層はこれらの系に属す。これらの古生層はパリスカン造山運動及びアルプス造山運動に伴う大規模な褶曲運動を被り、北北西-南南東方向の軸を有する著しい波状褶曲構造を示す。これらの地層に東アンデス山系の方向に沿い、点々と白亜紀の貫入とされる玄武岩、新第三紀中新世の貫入とされる石英斑岩、アダメロ岩、鮮新世に噴出した石英安山岩が分布しているが、当調査地域には火成岩の貫入は見られず、僅かに小岩脈が存在しているのみである。東アンデス山系の鉍化作用はこれらの貫入岩のうち、酸性貫入岩と密接な関係を有し、ボリヴィア国内で一大鉍床区を生成している。一般にこれらの鉍化作用は貫入岩自体には高温性の錫鉍床を伴うが、これから離れるに従い低温性の複雑硫化鉍体に移行することが知られている。しかし、本調査地域には貫入岩体が見られず、鉍化作用と火成岩の関係は明らかではないが、コルキリ地域の浅所に酸性火成岩が潜頭分布しているものと推定している。

3-3 調査地域の鉍業略史

本調査地域のコルキリは、アイマラ語のコルキリに由来したもので、コルキリは銀、イキリは眠っていることを意味する。スペイン植民地時代に銀を対象として浅部で含銀方鉛鉍を採掘した。コルキリ部落の近傍にメサ デ プラータの地名を有する変質帯がある。しかし、方鉛鉍は少なく錫と亜鉛が主体であることが判明し、1880年に小規模な錫の生産が開始された。1937年に至り、当時ボリヴィアの三大財閥の一つであったホスチャイルド(Hoschild)に属するコルキリ鉍山会社が一日 50トン処理の重液選鉍場を建設し、更に 1974年には錫の選鉍場が増設された。また、1976年には亜鉛の浮遊選鉍場が建設され、一日 1200トン処理が可能となった。

1952年にボリヴィア革命により本鉍山は国有化され、COMIBOLの傘下に入るようになった。

1986年に一時的に錫の価格が暴落し、COMIBOLは各鉍山の合理化及び非採算の鉍山の閉山などを実施し、本鉍山も一時稼行を中止したが1989年の8月に稼行を再開した。1985年の合理化前の従業員は約 2500人であったが、1991年には約 800人となっている。現在粗鉍一日 1000トン、その品位は錫 1.43%、亜鉛 8.21% である。精鉍量は 1991年9月には錫精鉍量 503トン、錫品位 47.73%、亜鉛精鉍量 2965トン、亜鉛品位 47.93%であった。本鉍山は、COMIBOL傘下の各鉍山で利益を上げている数少ない鉍山の一つである。

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質構造、鉍化作用の特性

調査地内で7箇所の鉍化帯の分布規模、形態、配列、鉍脈の分布パターンなどを検討した。本地域中央に北から南に比較的小規模なアルマス - オカビ - アルト・コルキリ鉍化帯が独立分布し、主要鉍脈は北東-南西系の鉍脈が優勢であり、同方向のオカビ断層に近接して賦存する事実から、一連の鉍脈の配列パターンの鉍化帯と判断される。

アルマス鉍化帯の東側にオカビ断層を挟んで分布するユニフィカーダ鉍化帯の主要脈は北西-南東系であるが、これに直交する北東-南西系の多数の鉍脈が発達することから、本鉍化帯の鉍脈の配列パターンは、上述の3鉍化帯とほぼ同じ性質と考えられる。

リブルリブルニ及びトリンフォ鉍化帯内の主要鉍脈は、ロサリオ脈の北半部に代表される北北西-南南東系であり、さらにこれと斜交及び派生する鉍脈は極めて少ない事実から、前述の鉍化帯と異なる鉍脈の配列及び組合せパターンとなっている。

地域東端には、トリンフォ鉍化帯とサン・ホセ断層で接して最大規模のセントラル鉍化帯が東に湾曲しながら、ほぼ南北に分布する。これらの鉍化帯内の、サン・カルロス、ブランカなどの主要鉍脈は多数の平行及び派生脈を伴い、L 325での鉍脈の分布範囲は、南北方向に約3,000m、東西方向に約500m、傾斜方向に500m以上にも及び、前述の各鉍化帯と鉍脈の規模、配列パターンも異なる。これらの鉍化帯内の鉍脈の配列パターンを坑内調査資料に基づき解析した結果、南北及び北西西-南東東の鉍脈に大別され、脈幅1.0m以上の鉍脈は北西西-南東東系であることが判明した。

しかし、コルキリ鉍山の優勢な鉍脈は、多数の平行脈を伴うサン・カルロス、ブランカ、ロサリオなどの北北東~南北~北北西系のものであると判断し得る。

この系統の鉍脈群は、若し断層で転位せず一連のものであるものと仮定するならば、走向延長約3,000m、傾斜延長約500m以上、最大脈幅4mに達し、平行脈の賦存範囲400~500mの極めて大規模な鉍床を形成しているものと判断される。

鉍石鉍物は、黄鉄鉍・閃亜鉛鉍・方鉛鉍・白鉄鉍・磁硫鉄鉍・菱鉄鉍・錫石などが普遍的に産し、閃亜鉛鉍及び黄鉄鉍には普遍的に累帯構造が認められる。これ以外には微量のフランケアイトが確認され、脈石は珪酸塩鉍物のみである。従って、これらの鉍脈は比較的高温生成の鉍鉍物を含むものの、低温生成の多量の白鉄鉍の存在、前述の普遍的な鉍物の組合せ、単純な組織及びサン・カルロス脈の石英中の流体包有物の充填温度(205~385°C, Sugaki et al 1985)などから中~浅熱水性の鉍脈鉍床と判断される。また、坑内試料の分析結果の統計処理では、錫、鉛、亜鉛、銀の品位には明確な相関関係は認められない。

母岩の変質鉍物は鏡下では緑泥石及び絹雲母に富む。X線解析結果もこのことを実証しており、これ以外にも存在量に変化があるものの曹長石が普遍的に確認される。従って、これら3

種類の変質鉱物を産する事実は、鉱脈を中心とする変質作用が同国内のグランチョカヤ及びサンアントニオ鉱床のように累帯分布を示すことを示唆しており、変質鉱物の検討は今後の本地域の有効な探鉱手段となり得る可能性が大きい。

鉱化作用をもたらした火成岩は調査地域には確認されていないが、コルキリ鉱山の南東カタビ鉱山を中心に、新第三紀の石英斑岩貫入岩体（一部流紋岩）が鉱化作用をもたらしたことが確認されている。従って、本地区の深部にも同様な岩体の潜頭することが十分に期待し得る。その潜頭岩体の賦存位置を推定する手法を検討する必要がある。

4-2 物理探査異常帯と鉱化作用について

本調査地域で採取された試料の物性測定結果は、砂岩及び粘板岩ではやや高比抵抗を示し、鉱石は岩石よりも低比抵抗を、F Eは高い値を示した。従って鉱石と母岩の明瞭なコントラストが確認された。

I P法調査は、18測線、46.5Km に亘って行われ、コルキリ地域の比抵抗及びF Eの分布形態の全容が明らかとなった。

比抵抗分布は、浅部においてF～R測線の東側の測点 36～50 に $50\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗帯がほぼ南北方向に分布し、セントラル鉱化帯を中心とした既存鉱床及びそれに伴う鉱化帯、それらを含む断層破砕帯などの分布と、よく一致することが確認された。

また、高F E帯の分布が低比抵抗帯とほぼ一致し、I P異常帯として既存鉱床及びそれに伴う鉱化帯を反映していると考えられる。これら以外にも、アルト・コルキリ東側及び南側で数箇所、I P異常帯を検出した。

B, D, H, J, O, P, Q, R測線においては境界要素法を用いてシミュレーション解析を行い、異常源の形態を想定した。

C S A M T法調査は、A, B, E, F及びJ測線で 217点測定された。

I P異常帯の検出された箇所に、浅部あるいは深部に亘ってほぼ低比抵抗帯が分布し、更に深部に対する有益な情報が得られた。

以上の鉱化帯のうちアルト・コルキリ及びオカビ鉱化帯の下部に対して実施したボーリング調査 MJBC-1, 2 及び 3 により各々次項「4-3」に記述する鉱脈を確認し、異常帯が鉱化作用を反映していることが確認された。

4-3 ボーリング調査と鉱化作用について

アルト・コルキリ鉱化帯を中心とした、下部のIP異常帯に対して実施したMJBC-1は、92.85~94.96m(211cm)で鉱脈を確認し、品位は、銀144g/t、鉛0.48%、亜鉛1.6%、錫0.16%であり、更に127.13~135.09m間で4箇所、亜鉛に富む鉱脈を確認した。MJBC-2は214.15~214.50m(35cm)で、品位は銀120g/t、鉛0.24%、亜鉛17.23%、錫0.14%であった。また、オカビ鉱化帯を中心とした、下部のIP異常帯に対して実施したMJBC-3は103.18~243.62m間で6箇所、一部に亜鉛・錫に富む鉱脈を確認した。これらのうち、最大着鉱長はMJBC-1の211cmである。

しかし、これらの鉱脈と、地表の鉱化帯との直接的な対比、及び鉱脈の傾斜の推定は困難であった。

第5章 結論 及び 提言

5-1 結論

地質調査

コルキリ鉱山の鉱化帯は南北約4 Km、東西約3 Kmの範囲に分布する7箇所の鉱化帯から構成される。これらのうちセントラル鉱化帯を中心とした一連の鉱化帯の規模は、南北方向に約3 Kmに達する。これらの鉱化帯には多数の平行脈が発達し、その賦存位置は断層破碎帯に密接に関連し、鉱脈は北に落ち富鉱部は南に落としており北西方向の探鉱が重要である。本鉱床は典型的な中～浅熱水性裂隙充填型鉱床である。

物理探査

I P法は、有望地区を中心に既存鉱床賦存地域を東端にした範囲で実施し、既存鉱床とそれに平行する鉱化帯を異常帯として適確に捕捉した。

C S A M T法は、I P法で検出された異常帯の深部を解明するために実施し、比抵抗分布の形態を把握し、有益な情報を得た。

ボーリング調査

アルト・コルキリ鉱化帯を中心とした下部のI P異常帯に対して実施したMJBC-1は、92.85～94.96m(211cm)で鉱脈を確認し、品位は、銀 144g/t、鉛 0.48%、亜鉛 1.6%、錫 0.16%であり、更に、127.13～135.09m間で4箇所、亜鉛に富む鉱脈を確認した。MJBC-2は214.15～214.50m(35cm)で、品位は銀 120g/t、鉛 0.24%、亜鉛 17.23%、錫 0.14%であった。

また、オカビ鉱化帯を中心とした下部のI P異常帯に対して実施したMJBC-3は、103.18～243.62m間で6箇所、一部に亜鉛・錫に富む鉱脈を確認した。

5-2 第2年次調査への提言

ボーリング調査

可採鉱量の増大を目的としたボーリング調査を最優先する。具体的には、今年次のボーリング結果に基づき、地理的にセントラル鉱体から近接し比較的開発しやすいアルト・コルキリ、アルマス及びオカビ鉱化帯深部の物理探査異常帯に対するボーリング並びに地質調査結果から鉱脈の存在が推定されるサン・アントニオ鉱脈南延長部の約1,000 mの未探鉱地域に対するボーリング探査を実施すべきである。

物理探査

既知鉍化帯に対する物理探査の有効性が実証されたので、新たな有望地域に対する探査指針を得るために、本年次に確認された既知鉍床北部及び南部延長部の異常帯の連続性を確認するためにIP及びCSAMT法を実施すべきである。

地質調査

物理探査と同様な目的でボーリング・コアを活用し、鉍化作用を中心とした変質帯の累帯構造を明らかにする岩石地化探を実施すべきである。

第 II 部

各 論

第1章 地質調査

調査地域は、首都ラパス南東直距離約 140kmの東アンデス山系に位置する。当山系は北北東-南南東方向にサンホセ、ポトシ、チョロルケ鉱山など多数の大規模な多金属型鉱脈鉱床を胚胎するボリヴィアでも有数の一大金属鉱床区を形成している。調査地域でもコルキリ鉱山を中心にして、北西から南東方向に、チョフラ (Chojilla)-ピロコ (Viloco) -コルキリ-サンホセ鉱山などを含む鉱床密集地域内に位置する。

特に、コルキリ鉱山南南東のオルロー地域にはハポ (Japo)、サンタフェ (Santa Fe)、モロコカラ (Morococala)、ワヌニ (Huanuni)、ボリーバル (Bolivar)、カタビ (Catavi)、アビカヤ (Avicaya)などの大・小の鉱床が密集している。

調査地域はコルキリ鉱山を中心とした南北 7.5km、東西 4.5kmの約 28km²の範囲である。

1-1 調査方法

地質調査は、地表地質精査と坑内調査に大別される。地表精査は鉱脈露頭、鉱化帯、変質帯、断層破碎、旧坑、ズリなどに特に注目して実施された。調査に際しては、縮尺1万分の1の地形図を縮尺5千分の1に拡大してルートマップの原図として使用した。ルートの選定に際しては、調査地域内のほぼ全露頭について調査を実施しており、そのルート長は 30km に達した。これらの調査結果と既存試料を検討して縮尺1万分の1の地質図及び地質断面図を作成した。坑内調査は、既存の縮尺5千分の1の坑道図を利用して調査位置を簡易測量で確認しながら調査を実施した。調査レベルは比較的入坑範囲の広いL 325 及びL 360 に限定した。調査に際しては、可能な限り規則的な試料採取を実施し、必要に応じて拡大スケッチ及び写真の撮影を実施した。これらの調査結果と地表精査結果及び既存試料を総合的に検討して縮尺5千分の1の坑内地質図及び断面図を作成した。

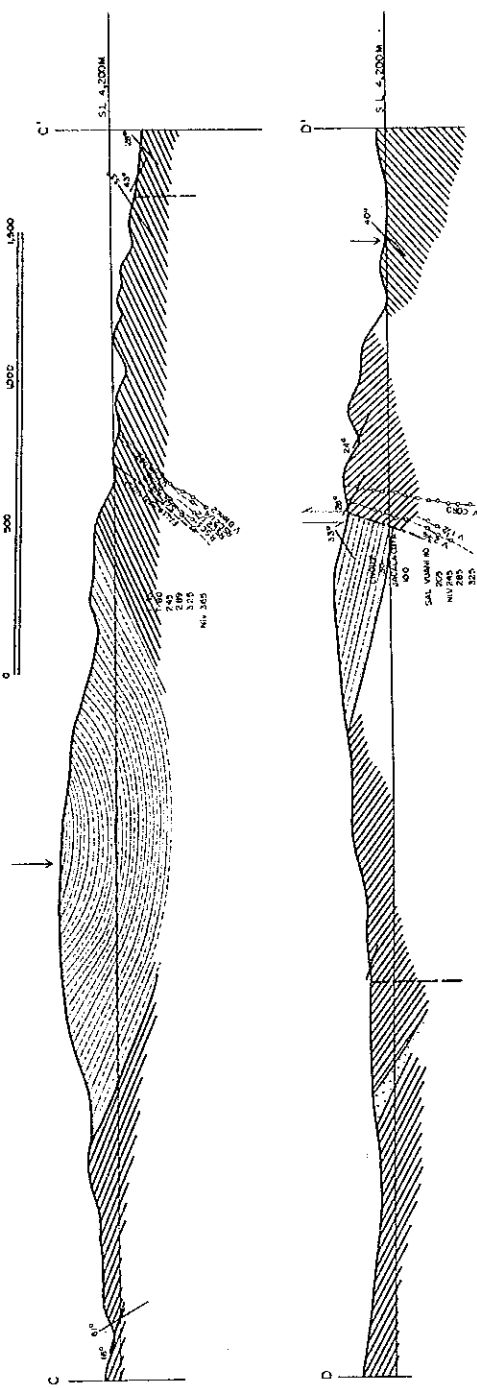
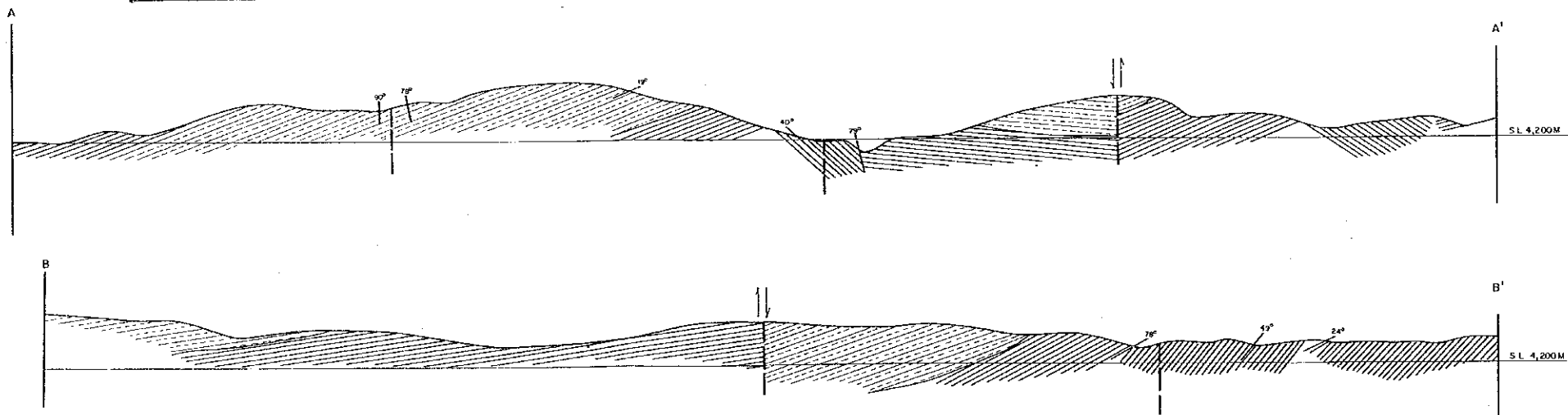
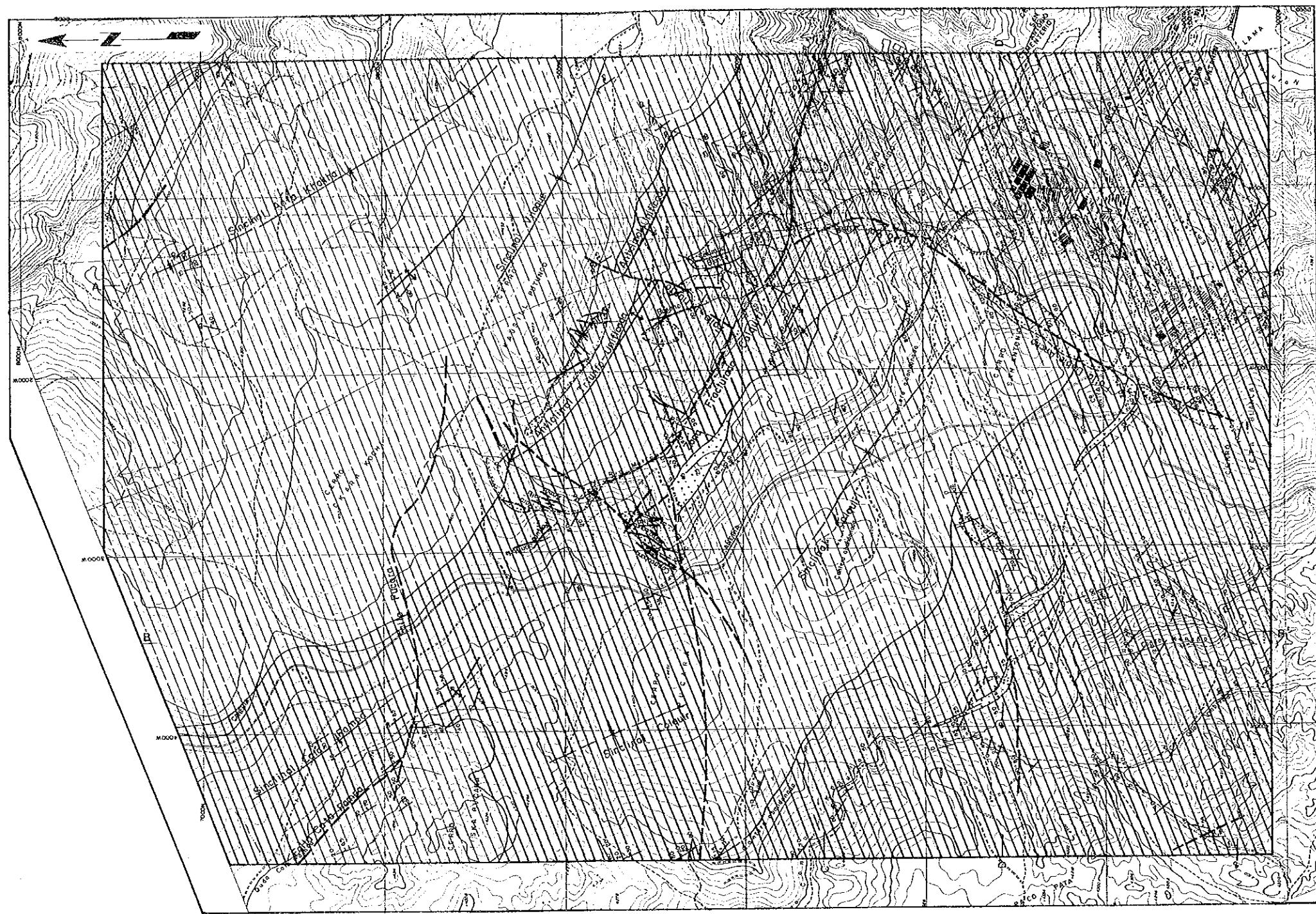
これらの調査に際して採取された試料は必要に応じて「第1部1-2」に示すように各種の室内試験に供し、その結果を調査結果の総合解析に活用した。

1-2 地質調査結果

1-2-1 地質概要

調査地域は東アンデス山系の骨格を形成する堆積岩類から構成されている。堆積岩類は下位よりウンシア層及びカタビ層が累重し、いずれも火山活動の産物を全く伴わない劣地向斜堆積物より構成される。

火成岩としては、調査地域の南南東のカタビ付近に石英斑岩の岩床が確認され、鉱化作用を



- Formacion Gaxavi
- Formacion Uncia
- Miembros de alternancia de arenitas y pizares
- Zona alterada estructural
- Yaca aferrada
- Eje de anticlinal
- Eje de sinclinal
- Falla
- Ruedo y basamento

Fig. II-1-1 地质图及地质断面图

伴うことから、調査地域内の深部にも鉍化作用をもたらした貫入岩の存在が十分に期待し得る。

1-2-2 地質各論

調査地域の地質図及び断面図を Fig. II-1-1 に示す。

(1) ウンシア層

標式地は調査地域南東方の Uncia である。調査地域内での層厚は不明であるが、一般には 1000m 以上と推定されている。本層はシルル紀上部に対比され、調査地域内では主として中央部、南西部に北西-南東方向に、さらに南東部の鉍山施設付近に分布する。

本層は暗灰色～暗緑色の葉理構造が発達する頁岩を主とし、局部的に砂岩の薄層を挟在する。鏡下では斜長石の破片を主体とし石英を伴い、基質部には多量の葉片状絹雲母及び緑泥石が認められるが、一般に変質作用を被っていない。一部に微量の電気石、ジルコンの小破片を随伴する。

上位のカタビ層とは整合関係で接する。

(2) カタビ層

標式地は調査地域南南東のカタビ鉍山である。調査地域内での層厚は+500m と推定される。本層も産出する化石からデボン紀下部に対比されている。調査地域内では主として北東部と中央部にウンシア層とほぼ調和的に北西-南東方向に分布する。本層は紫灰色～灰色の 1 m 以上の単位の砂岩及び砂岩・頁岩互層から構成され、新鮮な部分では層理の発達が明瞭である。鏡下では、砂岩部は石英の破片を主体として斜長石及びカリ長石の破片をかなり伴うが、緑泥石、絹雲母などはほとんど認められず、微量の電気石、ジルコン、黒雲母の破片を普遍的に伴う。頁岩の構成鉍物は前述のウンシア層のものとはほぼ同じであるが、基質部での葉片～鱗片状緑泥石及び絹雲母の量がウンシア層の頁岩より少ない。

1-2-3 地質構造

調査地域の地質構造概要図を Fig. II-1-2 に示す。調査地域は東アンデス山系に属し、その基本的な地質構造は NW-SE 方向の東アンデスの地質構造に完全に一致している。

褶曲構造は地表精査の結果及び周辺地域の資料から、調査地域内にはピラケ、ユニフィカーダ、コルキリ、アンタ・カカに代表される NW-SE 方向の軸を有するほぼ平行な褶曲構造が確認され、これらの構造は、ウンシア及びカタビ層がともに北東-南西方向のパリスカン・ネバダ造山運動の主圧縮応力を被った結果、形成されたものとされている。

断層運動は、コルキリ、カタ・パンパの断層に代表される褶曲軸に平行なもの及びこれに直

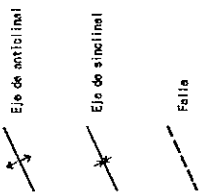
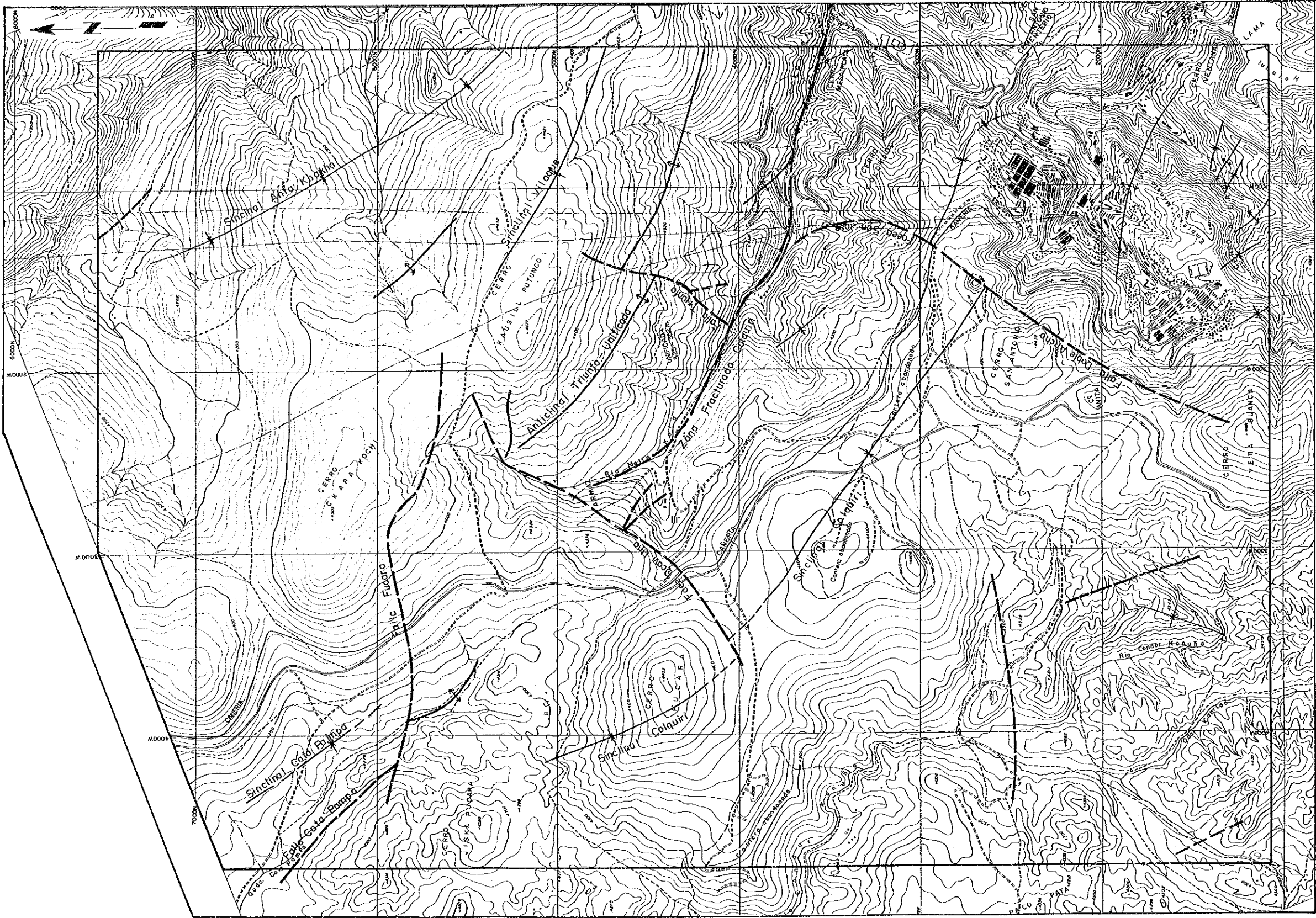


Fig. II-1-2 地质构造概要图

交する、トリンフォ、オカビ、サン・ホセ、ドブレ・アンチョ断層などが顕著で、これらから派生するもの、または斜交する小規模なものが認められる。各系の断層運動の前後関係は必ずしも明確ではない。これらの断層のうちサン・ホセ及びドブレ・アンチョ断層などは、明らかに新第三紀の鉱化作用による鉱脈を切っており、後鉱化作用の活動である。

1-3 鉱床調査結果

1-3-1 鉱床概要

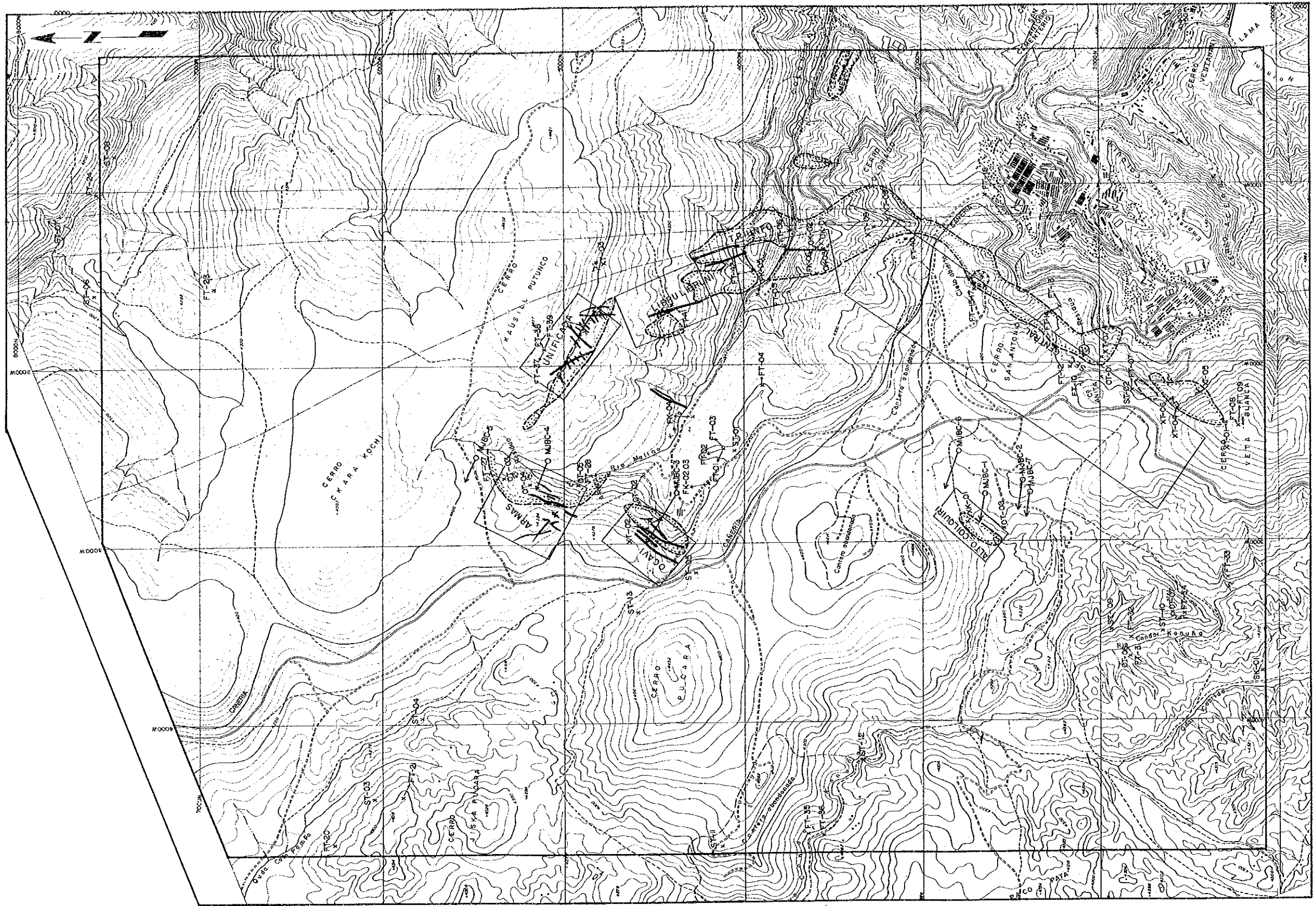
調査地域は、本章の冒頭に述べたとおりボリヴィア国内でも有数の多金属鉱脈鉱床区内に位置する。従って、調査地域内には多数の鉱脈、旧坑及び大小の鉱化・変質帯が確認されている。これらの関係を、Fig. II-1-3 に示す。本図には室内試験に供した試料採取位置も併記している。

本鉱山の鉱床は主としてウンシア層中に胚胎される典型的な裂罅充填型の含銀・鉛・亜鉛・錫鉱脈鉱床である。

鉱床の構成鉱物の種類・組合せ・組織、石英中の流体包有物の充填温度・塩濃度の検討から、本鉱床は中～浅熱水性鉱床とされている。

調査地域内に確認されている7箇所の主要鉱化帯は、その分布場所及び形態から東部及び西部のものに大別される。即ち、地域中央部から東方に湾曲して南北方向に帯状に分布するユニフィカーダ、リブルリブルニ、トリンフォ、セントラルの各鉱化帯及びこれらの西方に北からアルマス、オカビ、アルト・コルキリの各鉱化帯が南北方向に分布する。これらの鉱化帯はいずれも地表部に変質帯を伴い、アルト・コルキリ以外は稼行実績を有する。これらの鉱化帯内には、多数の鉱脈が確認、稼行されており、サン・カルロス、ロサリオ、ブランカ脈などの主要な鉱脈は走向延長約 700m、傾斜延長約 500m以上、最大脈幅は 4 mにも達する。これらの鉱脈は大規模なサン・ホセ、ドブレ・アンチョ断層及び小規模な断層により各所で切断された結果、複雑な産状を示す。従って、ロサリオ脈とブランカ脈は本来同一脈であり、断層で切断されているために独立した鉱脈として扱われている可能性がある。従って、この推定が正しいとするならば、本鉱脈の延長規模は 1,500~2,000m に達することになる。

鉱石は鉱脈内の内部構造の差異から塊状鉱と縞状鉱に大別され、母岩の岩片が認められない。従ってこれらの鉱脈は張力裂罅に胚胎されたものと推定される。主要鉱石鉱物は錫石・閃亜鉛鉱・白鉄鉱・黄鉄鉱・磁硫鉄鉱で、副成分鉱物として菱鉄鉱・方鉛鉱などを伴う。脈石鉱物は、石英・炭酸塩鉱物が主体である。これらの鉱物は一般に粗粒であり、鏡下でも単純な組織を示す。



Bona aiterado, mineralizado, eructado

Veta

- FI-FK Ubicación de sacar ísido
- GI-OK Ubicación de muestras de mineral
- SI-SX Ubicación de muestras de rocas para observación microscópica
- XI-XK Ubicación de muestras de rocas para pruebas de tenacidad

Fig. II-1-3 鉍微地位位置図

1-3-2 鉱床各論（鉱化帯各論）

前項の「鉱床概要」で列挙した鉱化帯について以下に記述する。

（１） アルマス鉱化帯

本鉱化帯は調査地区の北西に位置し、その地表での分布規模は南西約 700m、東西約 200m である。本鉱化帯内には、アルマス、ハラ、フォルツナ脈などの北北東－南西西系の平行脈を主体に、これと斜交するサン・ボルレ脈などが確認されている。現在まで、地表部のみが部分的に採掘されているのみであり、下部については未探鉱であるが、今年次の物理探査により I P 異常帯の賦存することが確認された。現在、坑道探鉱により北方への鉱脈の発展が確認されており、物理探査の異常帯の分布とも一致する。

鉱石鉱物は閃亜鉛鉱と磁硫鉄鉱が主体で、黄鉄鉱及び白鉄鉱を伴う。

（２） オカピ鉱化帯

本鉱化帯はアルマス鉱化帯の南方約 300m に位置し、その地表での分布規模は北北東方向に約 400m、これと直交する方向に 200m 弱である。本鉱化帯内には、コパカバーナ、ラウラ脈などの北北東－南西西系の平行脈を主体に、一部これに斜交するアンヘリカ脈が確認されている。現在まで、地表部のみが部分的に採掘されているのみであり、下部については未探鉱であるが、今年次の物理探査により I P 異常帯の賦存することが確認された。さらに、この異常帯に対して、MJBC-3 のボーリングが実施された。その結果については後述する。

1 試料ではあるが、X線回折結果では微量の絹雲母が確認されるのみであり、地表部の変質は比較的弱いものと推定される。

（３） アルト・コルキリ鉱化帯

本鉱化帯はオカピ鉱化帯の南方約 1,500m に位置し、その地表での分布規模は北北東方向に約 300m、これと直交する方向に 100m 程度の小規模なものである。本鉱化帯内には、具体的に鉱脈露頭は知られていないが、今年次の物理探査により下部に I P 異常帯が確認され、これに対して MJBC-1 及び MJBC-2 のボーリング調査が実施され、一部に鉱脈を確認した。その結果については後述する。

1 試料ではあるが、X線回折結果では中量の絹雲母及び微量の緑泥石が確認されており、地表部の変質は中程度と推定される。

（４） ユニフィカーダ鉱化帯

本鉱化帯はアルマス地区の北東に近接して位置し、その地表での分布規模は北東東方向に約 900m、これと直交する方向に 100m 未満である。本地区は、断層により分断されるものの後

述のリブルリブルニ、トリンフォ、セントラル地区へと弧状に連続する一連のものと判断されている。本鉍化帯内には、北西-南東系のロサリオ脈を中心に、これとほぼ直交する多数の鉍脈が確認されている。現在まで、地表部が部分的に採掘されているのみであり、下部に対しては未探鉍であるが、今年次の物理探査により下部にI P異常帯が確認された。現在、坑内ボーリング探鉍により北部延長が確認されており、物理探査の異常帯の分布とも一致する。

1 試料ではあるが、X線回折結果では少量の曹長石が確認されており、地表部の変質は中程度と推定される。

(5) リブルリブルニ、トリンフォ、セントラル地区

これらの鉍化帯は、一連のものが断層により分断されたものと判断し、一括して記述する。本鉍化帯の地表での分布規模は南北方向に約 2,600m、これと直交する方向に最大 400mに達する。本鉍化帯内には、ロサリオ、コロラダ、ブランカ、サンアントニオ、カルロス脈などのコルキリ鉍山の主要鉍脈及びそれらの平行脈が発達する。これらの鉍脈は、ドブレ・アンチョ、サン・ホセ断層などに切断されており、ロサリオ、及びブランカ脈などは、本来、一連の鉍脈であった可能性が高い。本鉍化帯内の主な鉍脈の規模、鉍化作用などに関しては、次項「1-3-3 坑内調査」に記述する。

7 試料によるX線回折結果では、中量の絹雲母と微量の緑泥石及び曹長石が確認され、変質は中程度と判断される。坑内では後述のように緑泥石及び曹長石の量が多くなり、より変質程度が進んでいることが判明している。

1-3-3 坑内調査

坑内調査はコルキリ鉱山のセントラル鉱化帯の主要鉱脈であるサン・アントニオ、ロサリオ、ブランカ、サン・カルロス脈などを対象に実施した。調査レベルは、調査可能範囲の比較的広いL 325及びL 365のみであり、調査可能な坑道及び鉱脈はかなり限定された。調査に併行し各種室内試験試料を採取し、これらの解析結果を巻末に付し、調査結果の考察に活用した。

坑内地質平面図を Fig. II 2-1- 4, 5 に、同断面図を Fig. II 2-1- 6 に示す。坑道図は鉱山所有のものを使用し、調査位置を簡易測量で確認した。

(1) 調査結果

調査範囲は L 325 で南北約 2,500m、東西約 500m、L 365 では南北約 1,000m、東西約 400mであり、調査可能な主要脈の規模を Tabla II-1- 1 に示す。

坑内で実測した鉱脈の 87 箇所の走向・傾斜及び脈幅を統計処理により解析した結果をローズダイヤグラムとして Fig. II 2-1- 7 に示す。全体としては、南-北系及び西北西-東南東系が優勢である。しかし、これらを脈幅 100cm 未満及び以上に分類して検討すると、100cm 未満の鉱脈は南-北系及び西北西-東南東系が優勢であり、100cm 以上の鉱脈は、西北西-東南東系に富むことが判明した。

また、坑内の 101個の分析値を統計処理した結果を Tabla II-1- 2 に示す。計算結果は、主要有用金属である Sn と Ag は負の相関、Ag と Pb は正の相関を示すが顕著な関係は認められない。ただし、肉眼的には、錫石が脈際に濃集する現象が多い。脈内の構造はロサリオ脈に代表される縞状鉱の他に塊状鉱一部に礫状鉱が認められ、礫状鉱は鉱脈形成後に破碎されたことを示す。脈幅は膨縮に富み走向延長も一般に 100m 程度であるが、主要脈は、Tabla II-1-1 に示すとおり、小断層で切られながらも安定した大規模な鉱脈を形成している。

鉱石鉱物としては閃亜鉛鉱・磁硫鉄鉱・黄鉄鉱・白鉄鉱・錫石・黄錫石が比較的多く、ただし普遍的であり、これらの他に微量の方鉛鉱・硫化鉄鉱・フランケアイトが認められる。L 325及びL 365では鉱石鉱物の種類・組合せ・組織などには差異は認められないが、錫石の存在量がL 325に比較してL 365の方が多少多い傾向がある。

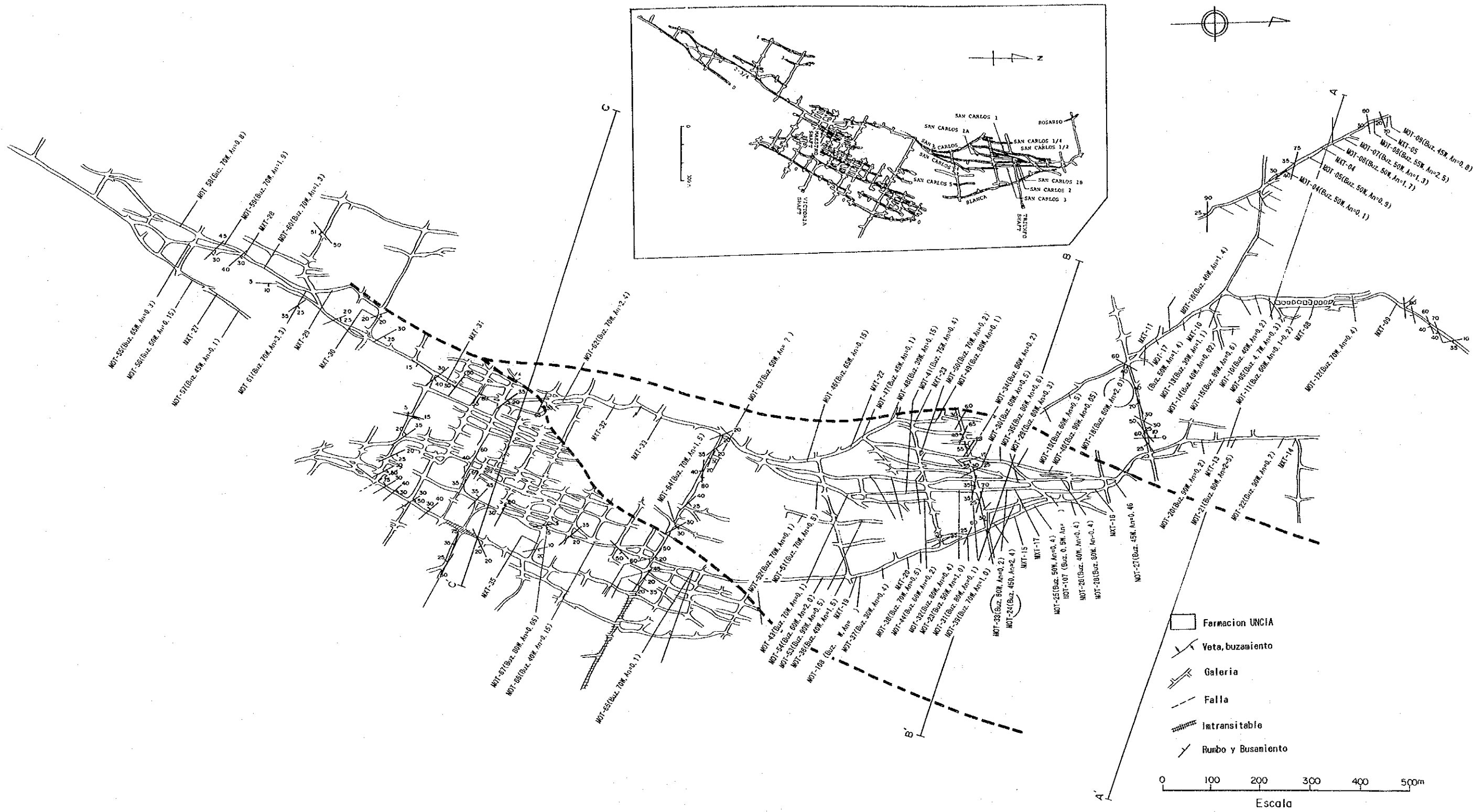


Fig. II-1-4 坑内地質平面图 (Ni 325)

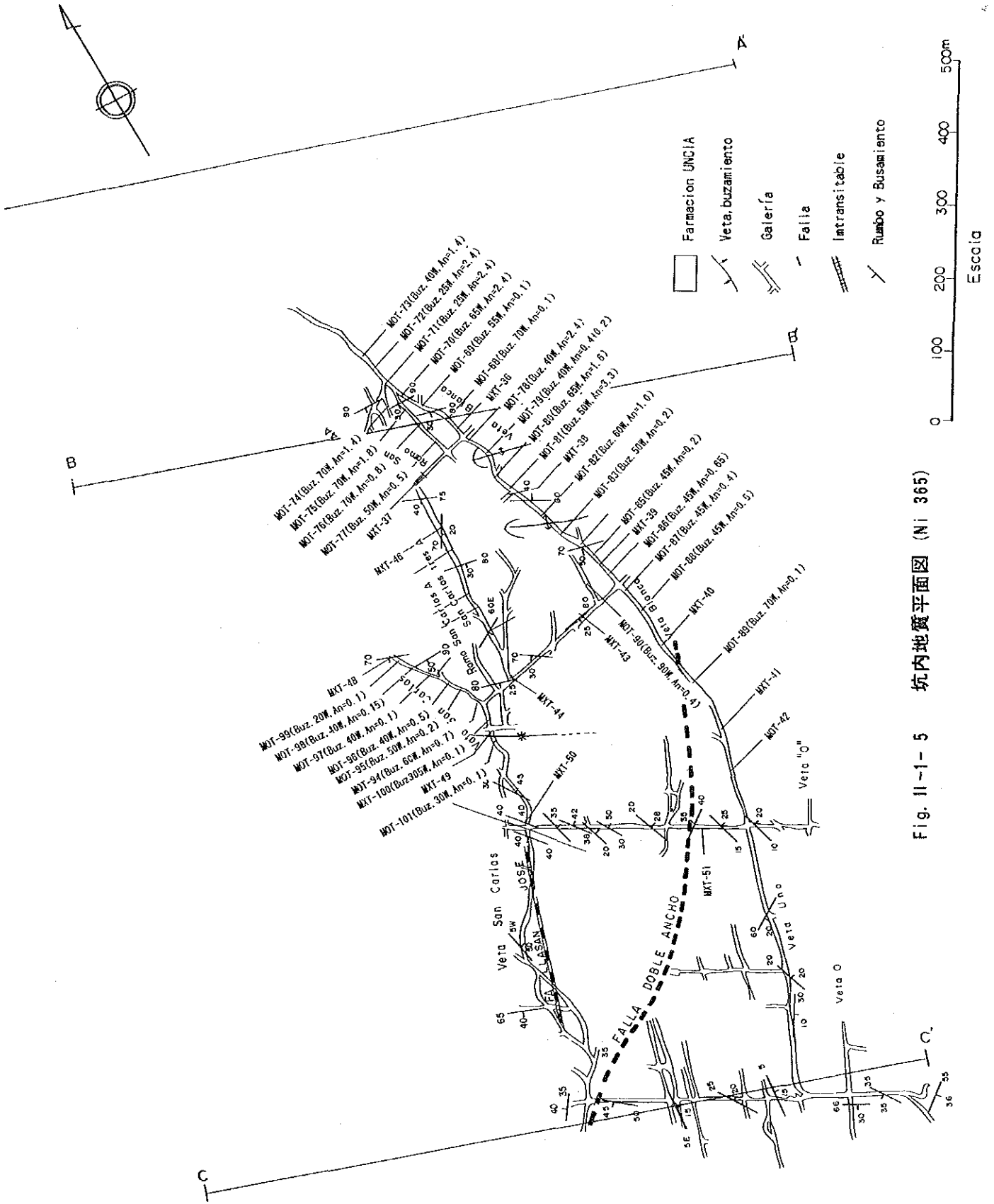


Fig. II-1-5 坑内地質平面圖 (Ni 365)

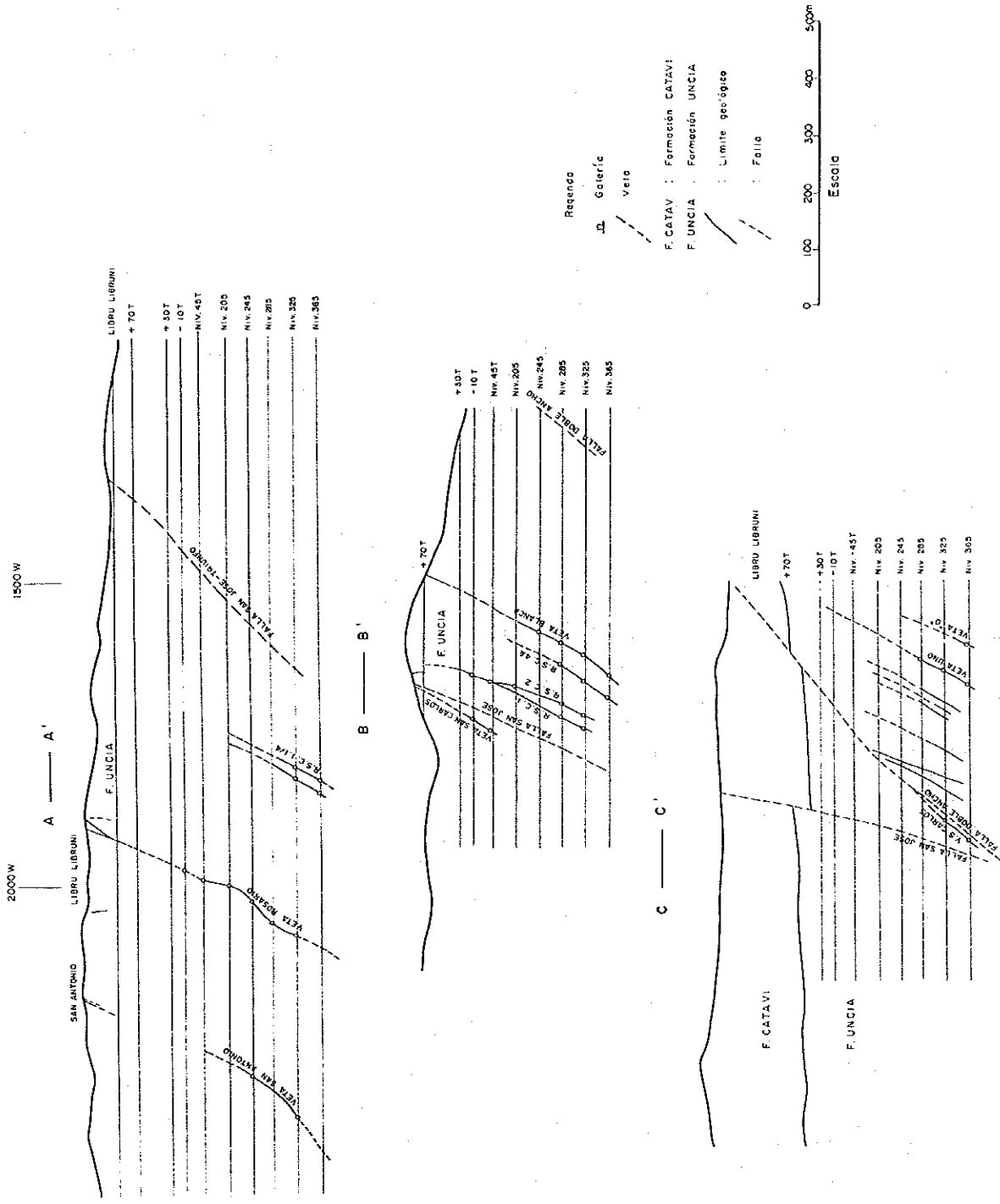
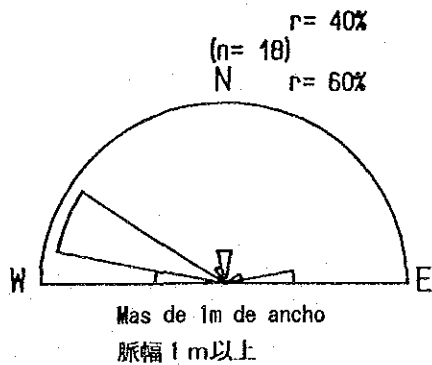
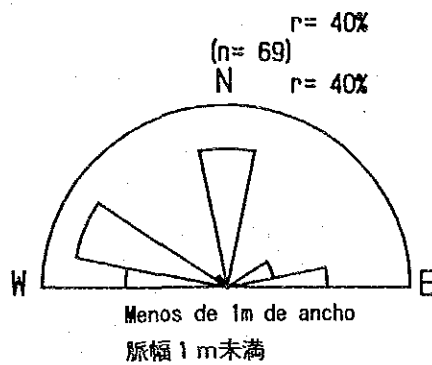
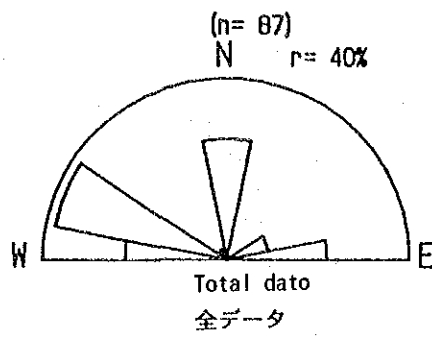


Fig. II-1-6 坑内地质断面图



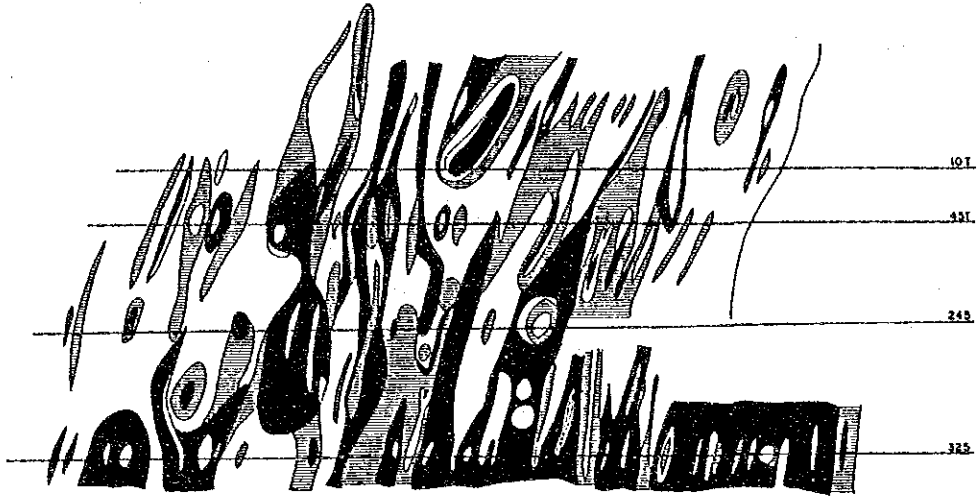
r= 60%

Diagrama de rosa sobre rumbos
de vetas en N:325, Y365

Ni325. Ni365の脈の走行のローズダイヤグラム

Fig. II-1-7 鉾脈のローズダイヤグラム

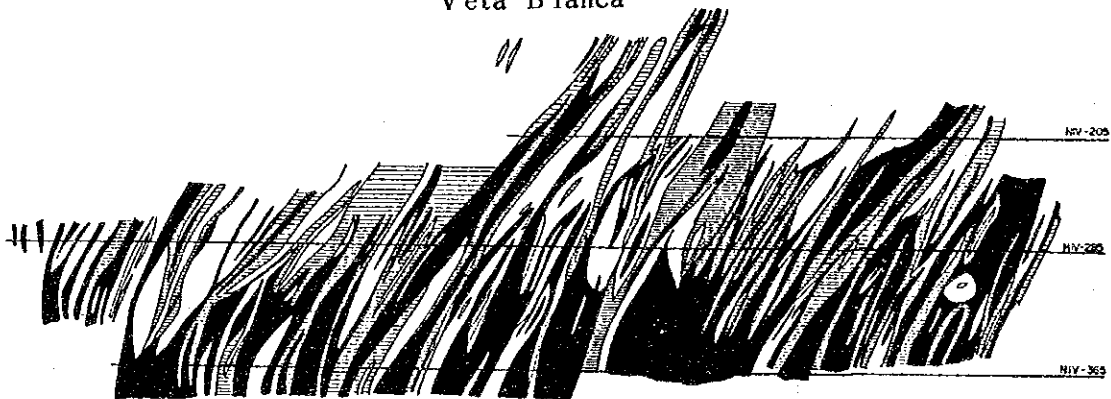
Veta Rosario



Veta San Carlos



Veta Blanca



REFERENCIAS

- Ley Alta >1.50
- ◐ Ley Media 0.90-1.50
- Ley baja <0.90

Origen de mapa
Departamento geologia
Emp. Colquiri

Escala
0 50

Fig. II-1-8 錫品位分布圖

Tabla II-1- 1 主要鉱脈一覽表

V E T A	LONGITUD(m)	DIRECCION	INC
Blanca	720	N22°W	59°W
San Carlos	560	N25°W	40°W
		S30°W	
Rosario	770	N06°E	60°W
		S35°E	
San Antonio	400	N30°W	56°W
Rmo. S. Carlos 1.	410	N10°E	82°W
Rmo. S. Carlos 2.	320	N-S	68°W
Rmo. S. Carlos 3.	340	N05°E	59°W
2 3/4.	550	N30°E	60°W
0	130	N50°E	65°W

Tabla II-1- 2 分析成分相關關係

	S n	Z n	P b	A g
S n	1	-0.149	0.004	-0.026
Z n	-0.149	1	-0.205	-0.015
P b	0.004	-0.205	1	0.005
A g	-0.026	-0.015	0.005	1

1-4 考察

1-4-1 鉍脈の配列パターンと鉍化作用の特性

前項の「鉍床各論」で記述した7箇所の鉍化帯のうちアルマス、オカビ及びアルト・コルキリ変質帯はセントラル鉍化帯の西方にほぼ南北方向に独立分布し、これら以外の鉍化帯は断層により切断されているものの北方のユニフィカーダから東方に湾曲しながらセントラル鉍化帯へとほぼ一連の鉍化帯とみなし得る。

アルマス及びオカビ鉍化帯内の鉍脈は北東-南西系が優勢であり、これらは、ほぼ同一線上に位置し、且つ、オカビ断層と近接して平行に賦存する事実から、両鉍化帯は一連のものと判断される。

アルマス鉍化帯の東側にオカビ断層を挟んで分布するユニフィカーダ鉍化帯の主要脈は北西-南東系であるものの、これに直交する北東-南西系の多数の小規模鉍脈が発達し、鉍脈の基本的な配列パターンは、アルマス、オカビ鉍化帯内の鉍脈とほぼ同様である。本鉍化帯下部のL325では北西-東西系のサン・アントニオ及び北東-南西系のロサリオ脈の北半部が代表的な鉍脈である。

ブルリブルニ及びトリンフォ鉍化帯内の主要鉍脈はロサリオ脈の南半部に代表される北北西-南南東系であり、さらにこれと斜交及び派生する鉍脈は極めて少ない事実から、前述の鉍化帯と異なる鉍脈の配列及び組合せパターンとなっている。本鉍化帯はサン・ホセ断層により後述のセントラル鉍化帯に接する。

セントラル鉍化帯内の主要脈はほぼ南北系のサン・カルロス、ブランカ脈が代表的な鉍脈で、多数の平行及び派生脈を伴う。鉍脈の走向延長の規模、平行及び派生脈の数、さらにはその平面的な分布範囲も前述の各鉍化帯より極めて大規模であり、鉍脈の配列パターンも異なる。

本鉍化帯は、サン・ホセ、及びドブレ・アンチョ断層により切断されている。本鉍化帯内のL 325及びL 365の坑内調査で得られた鉍脈の走向、及び傾斜を統計的に解析した結果、西北西-東南東系及び南-北系の鉍脈に大別され、脈幅100cm以上の鉍脈は前者であることが判明した。従って、コルキリ鉍山の優勢な鉍脈は、サン・カルロス、ブランカ、ロサリオなどの北北東~南北~北北西系のものであると判断し得る。

この系統の鉍脈群は、若し断層で転位せず一連のものであるものと仮定するならば、走向延長約3,000m、傾斜延長約500m以上、最大脈幅4mに達し、平行脈の賦存範囲400~500の極めて大規模な鉍床を形成しているものと判断される。

鉍石鉍物は、黄鉄鉍・閃亜鉛鉍・方鉛鉍・白鉄鉍・磁硫鉄鉍・菱鉄鉍・錫石などが普遍的に産し、閃亜鉛鉍及び黄鉄鉍には普遍的に累帯構造が認められる。これ以外には微量のフランケアイト及び黄鉄鉍が確認され、脈石は珪酸塩鉍物のみである。従って、これらの鉍脈は比較的高温生成の錫鉍物を含むものの、低温生成の多量の白鉄鉍の存在、前述の普遍的な鉍物の組合

せ、単純な組織及びサン・カルロス脈の石英中の流体包有物の充填温度(205~385°C, Sugaki et al 1985) などから中~浅熱水性の鉍脈鉍床と判断される。

母岩の変質鉍物は鏡下では緑泥石及び絹雲母に富む。X線解析結果もこのことを実証しており、これ以外にも存在量に変化があるものの曹長石が普遍的に確認される。従って、これら3種類の変質鉍物を産する事実は、鉍脈を中心とする変質作用が同国内のグランチャカヤ、及びサンアントニオ鉍床のように累帯分布を示すことを示唆しており、変質鉍物の検討は今後の本地域の有効な探鉍手段となり得る可能性が大きい。

鉍化作用をもたらした火成岩は調査地域には確認されていないが、コルキリ鉍山の南東カタビ鉍山を中心に第三紀の石英斑岩貫入岩体(一部流紋岩)が鉍化作用をもたらしたことが確認されている。従って、本地区の深部にも同様な岩体の潜頭することが十分に期待し得る。

1-4-2 鉍床のポテンシャル

(1) コルキリ鉍山のセントラル鉍化帯を中心としたサン・カルロス、ブランカ脈、及びこれらの平行脈を含めた鉍脈群の分布規模は L 325 で南北方向に約 2,000m、東西方向に約 500mに達し、傾斜方向に約 500mの連続が確認され、L 365 でも鉍況は衰えず、更に下部への連続が期待される極めて大規模なものである。しかし、坑内での鉍脈群の分布規模に比較して、地表部での鉍化帯の規模は小さく、鉍徴も弱い。従って、セントラル鉍化帯以外のオカビ、アルマス、アルト・コリキリなどの小規模な鉍化帯深部での鉍脈の賦存可能性は高い。

(2) 既知鉍化帯の延長部及びこれらと平行に賦存することが確認された物理探査の異常帯に対しても上述(1)と同じものと解釈される。

(3) コルキリ鉍山の南南東に発達するモロコカーラ、ワヌニ、ポリールバル、サンタ・フェ、サンフローレンシア、カタビ、アビカヤ、ビリヤコーロ、ハボなどの鉍床が、ほぼ北西-南東方向の背斜構造に支配されて位置する傾向を示し、且つ、石英斑岩の小岩の分布も同様な傾向を示す。また、これらの鉍床のうちビリヤコーロ - サンタ・フェ、カタビ - ポリールバル - アビカヤなどは背斜構造に直交する方向に分布する。従って、調査地域内及びその周囲に既知鉍化帯以外の大規模な新規の鉍化帯を期待するならば、セントラル鉍化帯を中心として、北西-南東方向の背斜軸方向と、これと直交する北東-南西方向に調査範囲を広げる必要がある。

(4) 坑内探査では、各方向の脈のうち、北西西-南東東系の鉍脈が数及び幅が優勢なのでこの系列の鉍脈の探鉍を優先すべきである。

第2章 物理探査

2-1 IP法

2-1-1 測線設定、測量

コルキリ地域の測線設定は COMIBOLの測量班によって実施された。測線間隔は測線Q, R間を除き 200mとし、坑口を基準に N74°W方向でH測線を設定し、随時A~R測線まで計 18 測線の測量を実施した。測線長 2.5Kmを標準とし、A~Cの3測線については西側に 500m増設した。また、測点間隔は 50mとした。

各測線ごとの調査要項は Table II-2-1 のとおりである。

Table II-2-1 IP法 調査内容

測線名	測線長	延測線長	測点間隔	測線間隔	測線方向
A, B, C	3.0Km	9.0Km	100m	200m	N74°W
D, E, F, G, H I, J, K, L, M N, O, P, Q, R	2.5Km	37.5Km		但しQ, R 間は 150m	
計		46.5Km			

IP法の測線位置図を Fig. II-2-1 に示す。

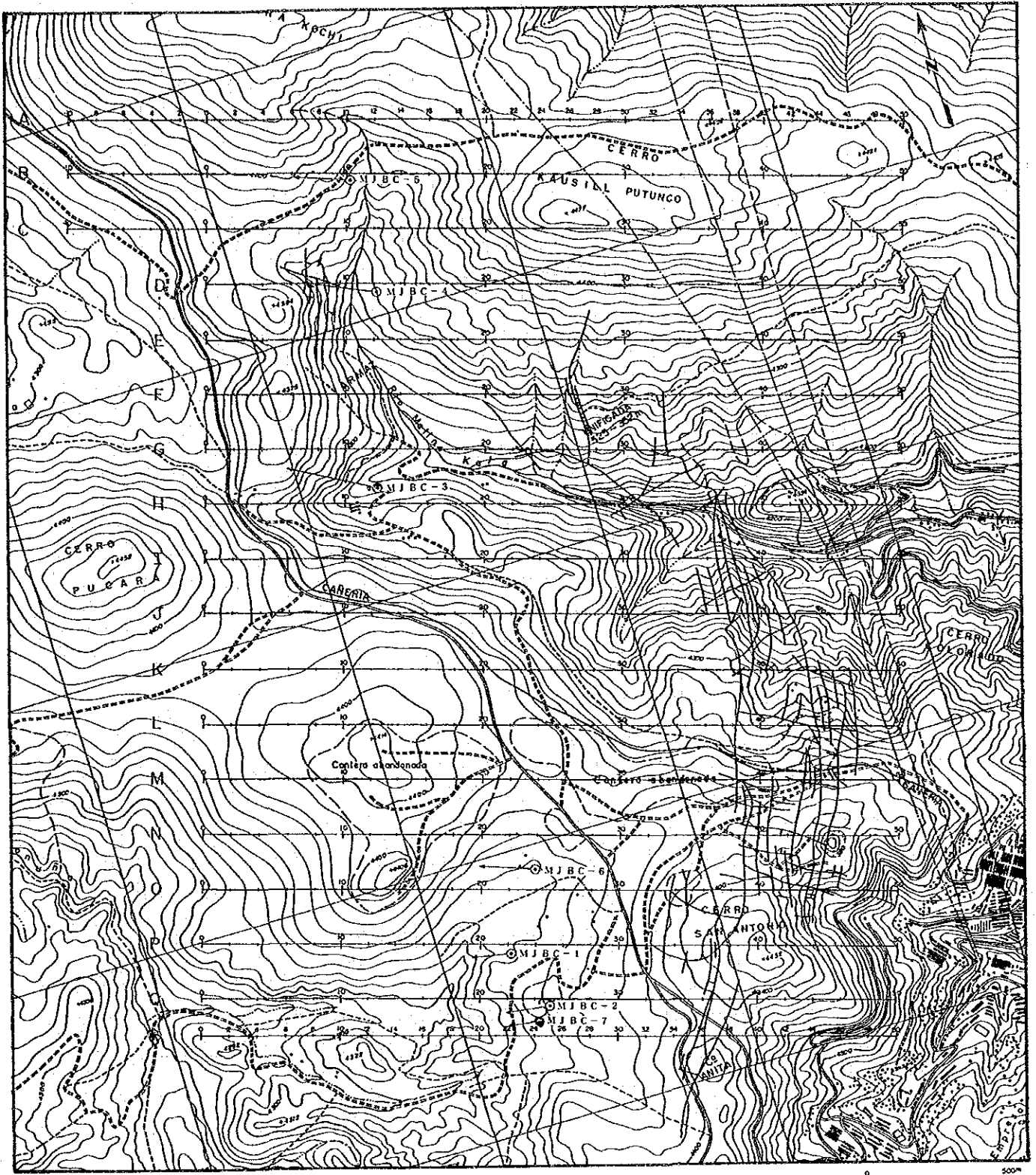


Fig. II-2-1 I P法 測線位置圖

2-1-2 測定方法

(1) IP法の原理

大地に電流を流すと大地を構成する媒質中に各種の電気化学的現象が発生するが、このうちIP法で測定されるのは次の2つである。

※ Overvoltage effect

通電により硫化物や金属導体の表面に電気2重層を生じ、電流を切ると通電方向とは逆の方向に放電する。この現象は、イオン伝導と電子伝導の組合せによる効果である。この現象を起こすものは、電子伝導性をもつ鉱物であってIP法による探査対象になる。

※ Normal effect または Back ground

通常の岩石が通電によっていくらか分極するもので、これは岩石の孔隙に少量混在する粘土鉱物の膜分極が主因である。主々の粘土鉱物のうちでは、Montmorilloniteの膜分極が最も大きく、Kaolineはずっと小さい。また粘土の容積比が5%程度のとき、膜分極は極大値を示すが、その前後の容積比のときは膜分極は急減する。膜分極の最大値はMontmorillonite量比5%付近にあってFE値で表せば約2%であり、硫化鉱物のOver Voltage effectに比べはるかに小さい。

(2) IP現象の測定法

測定方法は送信電流波形によって2種類に大別される。

※ Time Domain 法 (略記号T. D法、時間領域法、過度現象法)

一対の電流電極 C_1 、 C_2 を通じて大地に断続直流を流し、他の一対の電位電極 P_1 、 P_2 の間で電流切断直前の1次電位差 V_p 、及び電流切断後の2次電位差 $V_s(t)$ を観測する。

$(V_s/V_p) \times 100$ を分極率と称し、IP効果を表す。

※ Frequency Domain 法 (略記号F. D法、周波数領域法、周波数法)

2種類の周波数 $f_H > f_L$ からなる電流を大地に通電し、それぞれにおける比抵抗を測定して ρ_H と ρ_L を得、 $(\rho_H - \rho_L) / \rho_H = FE$ によってFE値、もしくはこれを100倍した%表示のP. FEを求める。

$$\begin{aligned} P. FE (\%) &= 100 \times (\rho_H - \rho_L) / \rho_H \\ &= 100 \times (V_H - V_L) / V_H \end{aligned}$$

今回の測定では $f_H = 3\text{Hz}$ 、 $f_L = 0.3\text{Hz}$ を採用した。

測定に関する共通仕様は Table II-2-2 のとおりである。

Table II-2-2 IP法 測定仕様

項目	仕様
電極配置	Dipole-dipole 配置
電極間隔	100m
隔離係数	$n = 1 \sim 5$
送信周波数	3.0, 0.3Hz

2-1-3 測定装置及び機材

調査に使用した測定装置及び機材は Tabla II-2-3 に示す。

Tabla II-2-3 測定装置及び機材一覧表

種類	名称	仕様	数量
IP送信機	CH-8104T	最大出力：2.5KW 出力電圧：最大800V 出力電流：0.1~2.5A	1台
	CH-9105T	最大出力：3.0KW 出力電圧：最大800V 出力電流：0.2~3.0A	1台
IP受信機	CH-8003R	入力インピーダンス：300K Ω 不均衡 測定範囲：0.1mV~10V 使用周波数：0.1, 0.3, 1.0, 3.0Hz 精度： $\pm 0.2\%$	1台
	CH-7801	入力インピーダンス：300K Ω 不均衡 測定範囲：0.1mV~10V 使用周波数：0.1, 0.3, 1.0, 3.0Hz 精度： $\pm 0.2\%$	1台
エンジン・ 発電機	ZMG-5	最大出力：5.0KW, 3相 周波数：400Hz 定格電圧：120/208V	1台
電極その他	地表電流電極	銅網 16メッシュ 一辺約30cm正方形	1巻
	地表電位電極	銅-硫酸銅電極	30個
	電線	VSF 1.25mm ² ビニール電線	20,000m
	測量機材	牛方ポケットコンパス 100mエスロン間縄	3台
	トランシーバー	ソニー(株) ICB-87H 出力：500mW	10台

2-1-4 解析方法

(1) IP測定結果の表現方法

送信機の電流値 I (Amp) と受信機の電位表示 (mV) の数値から次式によって見掛け比抵抗 ρ_a ($\Omega \cdot m$) を算出した。

$$\rho_a (\Omega \cdot m) = K \cdot V_p / I$$

但し、 K は電極係数である。

ρ_a は 3 Hz から求める。

3 Hz と 0.3 Hz における比抵抗、従って電位差 (両周波数の電流値一定のため) の変化率をメーターで直読することによって $P. FE$ 値が得られる。

$$P. FE = \{V(0.3) - V(3.0)\} \cdot 100 / V(3.0)$$

IP法の解析によく使われる係数に MCF (金属伝導度係数: Metal Conduction Factor) と呼ばれるものがある。 MCF は FE を見掛け比抵抗で除し、定数を乗じたもので、本報告書では次のように定義した。

$$MCF = \frac{FE}{\rho_a} \times 10^3$$

一般に金属硫化物など、鉱床探査目的鉱物を多く含んだ岩石は、比抵抗値は低く、 FE 値は高いので、IP調査結果を MCF により表示すると、鉱床付近ではその周囲に比べて MCF が大きくなる。

(2) IP法の解析方法

本調査の測定結果に対して定性的解析と定量的解析を行った。

定性的解析においては、異常の抽出が行われ、なかでも「八の字」型のIP異常が認められることが最も大切である。

定量的解析においては、2次元境界要素法を用いて地形補正を行い、さらにシミュレーション解析による異常源の解明に努めた。

以下に2次元境界要素法について説明する。

点 (x, y) における電位を V とすると、 V に関する基本方程式は、点 (x_0, y_0) を点電源、 I を電流の湧出量、 σ を媒質の伝導度として次のように表される。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(-\sigma \frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(-\sigma \frac{\partial V}{\partial y} \right) = I \cdot \delta(x_0 - x) \delta(y_0 - y) \quad \text{----- (1)}$$

ここで $\delta(\cdot)$ は Dirac のデルタ関数である。(1)式は次式のように変形される。

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = -\frac{1}{\sigma} \left(\frac{\partial \sigma}{\partial x} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial \sigma}{\partial y} \frac{\partial V}{\partial y} \right) - \frac{I}{\sigma} \cdot \delta(x_0 - x) \delta(y_0 - y) \quad \text{----- (2)}$$

この式は、 V は領域の内部では $\partial \sigma / \partial x = 0$, $\partial \sigma / \partial y = 0$, $\delta(\cdot) = 0$ であるので、ラプラスの方程式

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0 \quad \text{----- (3)}$$

を満足し、境界 ($\partial \sigma / \partial x \neq 0$, $\partial \sigma / \partial y \neq 0$) と点電流源 (x_0, y_0) とが特異点となることを示している。通常の電気探査でも点電流源は地表面という境界上にあるから、結局すべての特異点は境界上に存在することになる。特異点を境界上に有する (3) 式の解の一つの表現は次のように与えられる。

$$V(P) = \int_{\Gamma} q(Q) \cdot \ln \frac{1}{PQ} dQ \quad \text{----- (4)}$$

但し、 P : 空間内の任意の点 (領域内部でも境界上でも可)

Γ : 境界線の全体

Q : 境界線上を動く動点

PQ : PQ 間の距離

$q(Q)$: 境界線上の位置 Q の関数として表される未知定数

$q(Q)$ を定数として (4) 式を (3) 式へ代入すると、(4) 式は (3) 式の解になっていることがわかる。さて、 $V(P)$ に関する基本式が求まったのでこれと境界要素との結合について、Fig. II-2-2 の例で説明する。

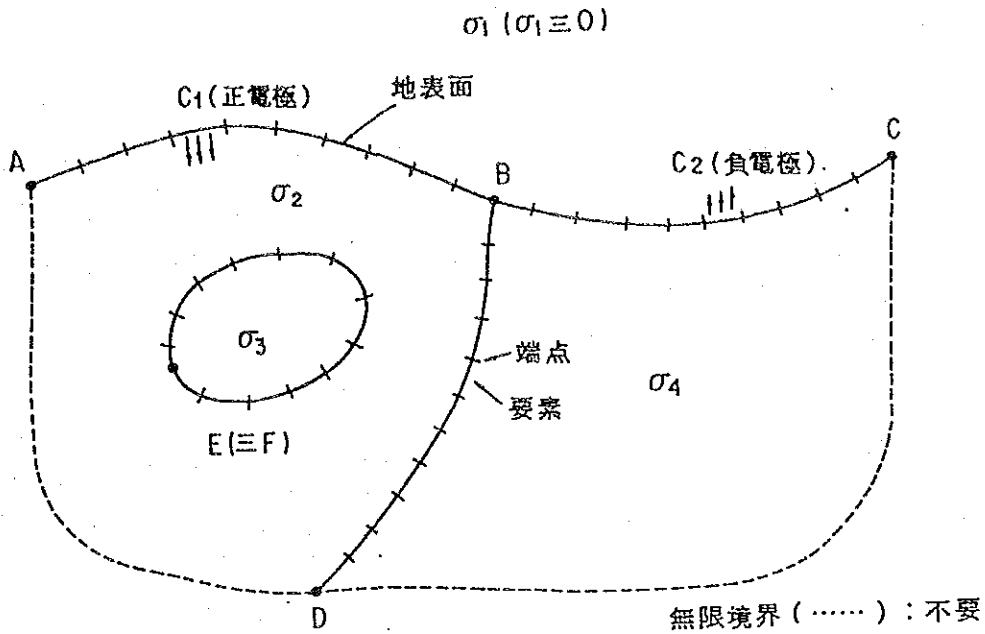


Fig. II-2-2 境界要素法説明図

この例では、4本の境界線AB、BC、BD、EFによって2次元空間が4つの領域に分割され、各領域の伝導度がそれぞれ σ_1 、 σ_2 、 σ_3 、 σ_4 で与えられている。各境界は境界要素法の規定に従い、それぞれ適当な折線で近似され、その折点を「端点」と呼び、直線区間のことを「要素」と呼ぶ。(4)式に境界の折線近似を導入すると、境界線の折線近似に起因する誤差の範囲内で、次式のように表すことができる。

$$V(P) = \sum_{Q \in \Gamma_j} \left\{ q_j \cdot \int \ln \left(\frac{1}{PQ} \right) q(Q) \right\} \quad (5)$$

ここでPは空間の任意の点を表し、右辺の積分において動点Qは要素 Γ_j の上を動く。 \sum_j は全要素についての総和を意味している。

(4)式における $q(Q)$ は Γ_j 上では一定値 q_j をとるものとした。 q_j は各要素に固有の未知定数であり、境界線上に蓄積する電荷密度(単位長当り)に相当する量で、これが求めれば $V(P)$ が得られることになる。

本解法の主要部分は未知定数 q_j を求めるところである。ここでは、すべての境界における電流の流入・湧出条件を満足するように、未知定数 q_1 、 q_2 、----- q_j 、-----に関する連立方程式を組み立て、これを反復法によって解いている。 $V(P)$ が決まると、指定された2つの地表測点間の電位法が計算される。

2-1-5 解析結果

I P法は、Dipole - dipole 配置で測線延長 46.5km、測線数 18本について実施された。測点間隔は 100m、測線間隔は 200m（一部 150m）で、隔離係数 n は 1～5 まで測定された。見掛比抵抗平面図は、代表的な例として浅部（ $n=2$ ）、深部（ $n=4$ ）を Fig. II-2-3，Fig. II-2-4に示し、FE分布平面図は、代表的な例として浅部（ $n=2$ ）、深部（ $n=4$ ）を Fig. II-2-5，Fig. II-2-6 に示す。

（見掛比抵抗）

本地域の見掛比抵抗値は、1～723 $\Omega \cdot m$ の範囲にあり幅広い値を示す。後述の 2-3 物性測定結果でも明らかなように、高比抵抗帯は砂岩、粘板岩の分布域に、低比抵抗帯は、断層及びそれに伴う変質帯、さらに鉱床及びそれに伴う鉱化帯などに対比される。

見掛比抵抗分布図の浅部（ $n=2$ ）においては、東部の F～R 測線までの測点 36～50 において 50 $\Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗帯がほぼ南北方向に分布し、サンホセ断層、ドブレ・アンチョ断層などの断層及びそれに伴う変質帯、さらにブランカ脈、サンカルロス脈、“0”脈などの既存鉱床及びそれに伴う鉱化帯とよく一致している。また、北西部の D 測線の測点 9、E 測線の測点 10 付近を中心とする 20 $\Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗帯はアルマス鉱床及び鉱化帯に、G 測線の測点 10 付近を中心とする 50 $\Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗帯はオカピ鉱床及び鉱化帯の分布にそれぞれよく一致している。

深部（ $n=4$ ）においても、ほぼ同様のパターンを示す。

上記の D 測線の測点 10 付近を中心とする顕著な低比抵抗帯は広範囲に分布する。この分布は、アルマス鉱床の下部に位置する。

更に深部の情報により、D 測線の測点 25 付近から低比抵抗帯が北方向に延びる傾向が認められる。

（FE分布）

本地域の FE 値は、0.1～10.0% の範囲にある。

後述の物性測定結果で明らかなように、鉱石と母岩には明瞭な FE のコントラストがあり、高 FE 帯は鉱床及びそれに伴う鉱化帯に対比される。

既存鉱床及びそれに伴う鉱化帯は高 FE 帯と対比され、前述の低比抵抗帯と合わせて有力な I P 異常源となっている。一方これらの既存鉱床以外に見出される I P 異常帯は、今後の探鉱上、注目する必要がある。以下にそれらについて述べる。

浅部（ $n=2$ ）においては、P 測線の測点 19～22 及び Q 測線の測点 20 付近、L 測線の測点 30 付近に 4% 以上の高 FE 帯があり、比抵抗値もやや低い。

深部（ $n=4$ ）においては、ほぼ同様のパターンを示す。

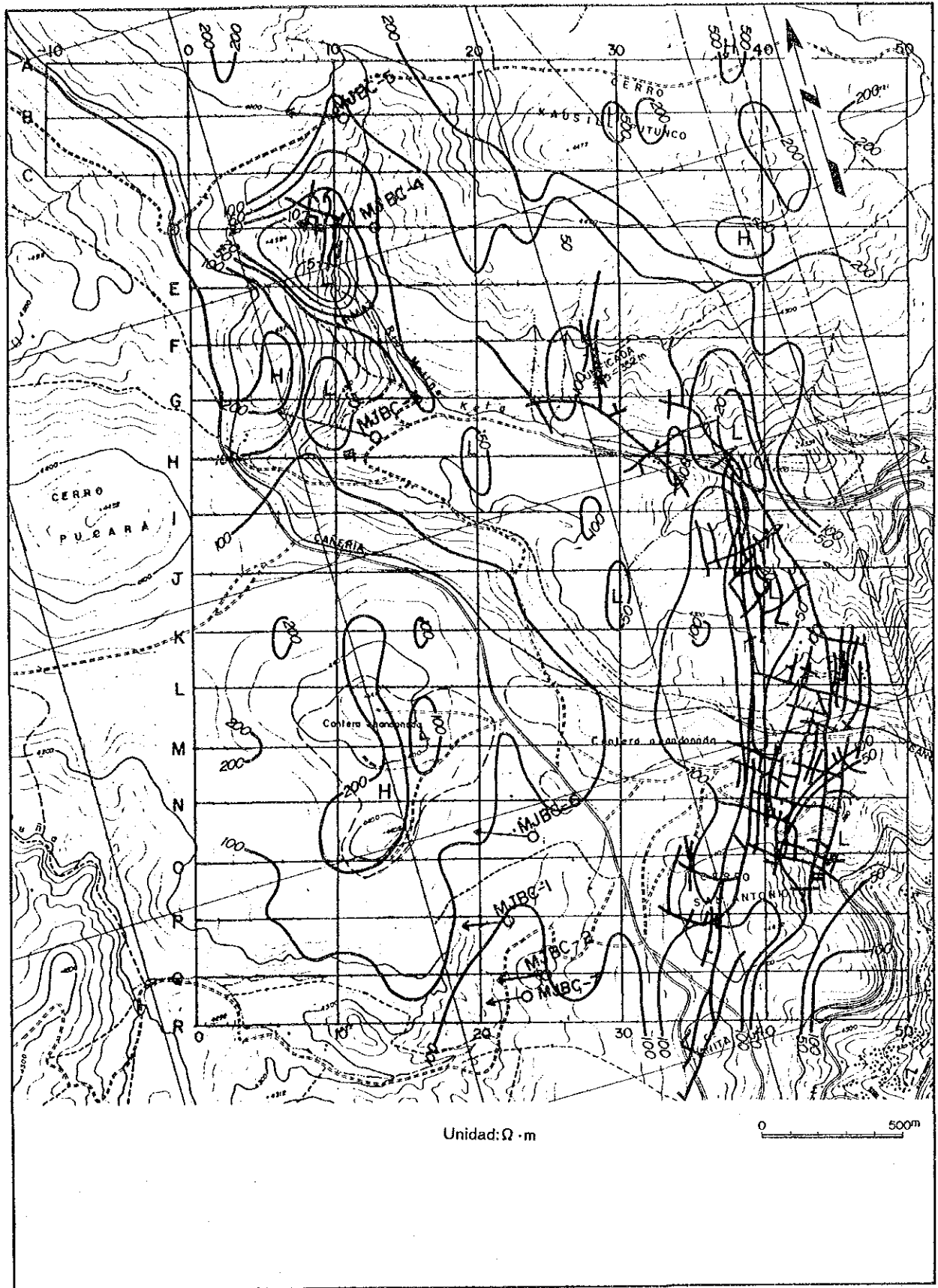


Fig. II-2-3 見掛比抵抗平面図 (n = 2)

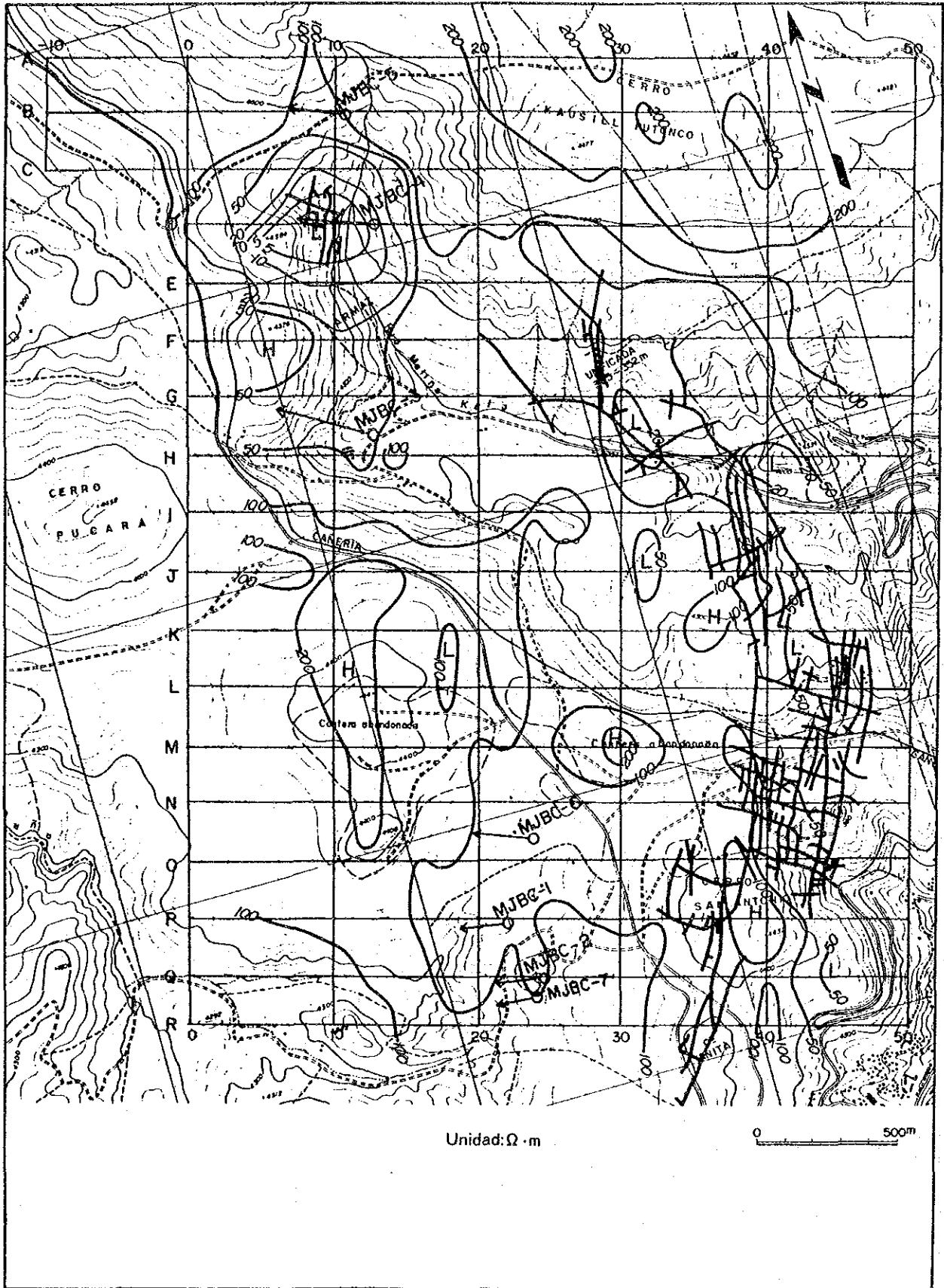


Fig. II-2-4 見掛比抵抗平面図 (n = 4)

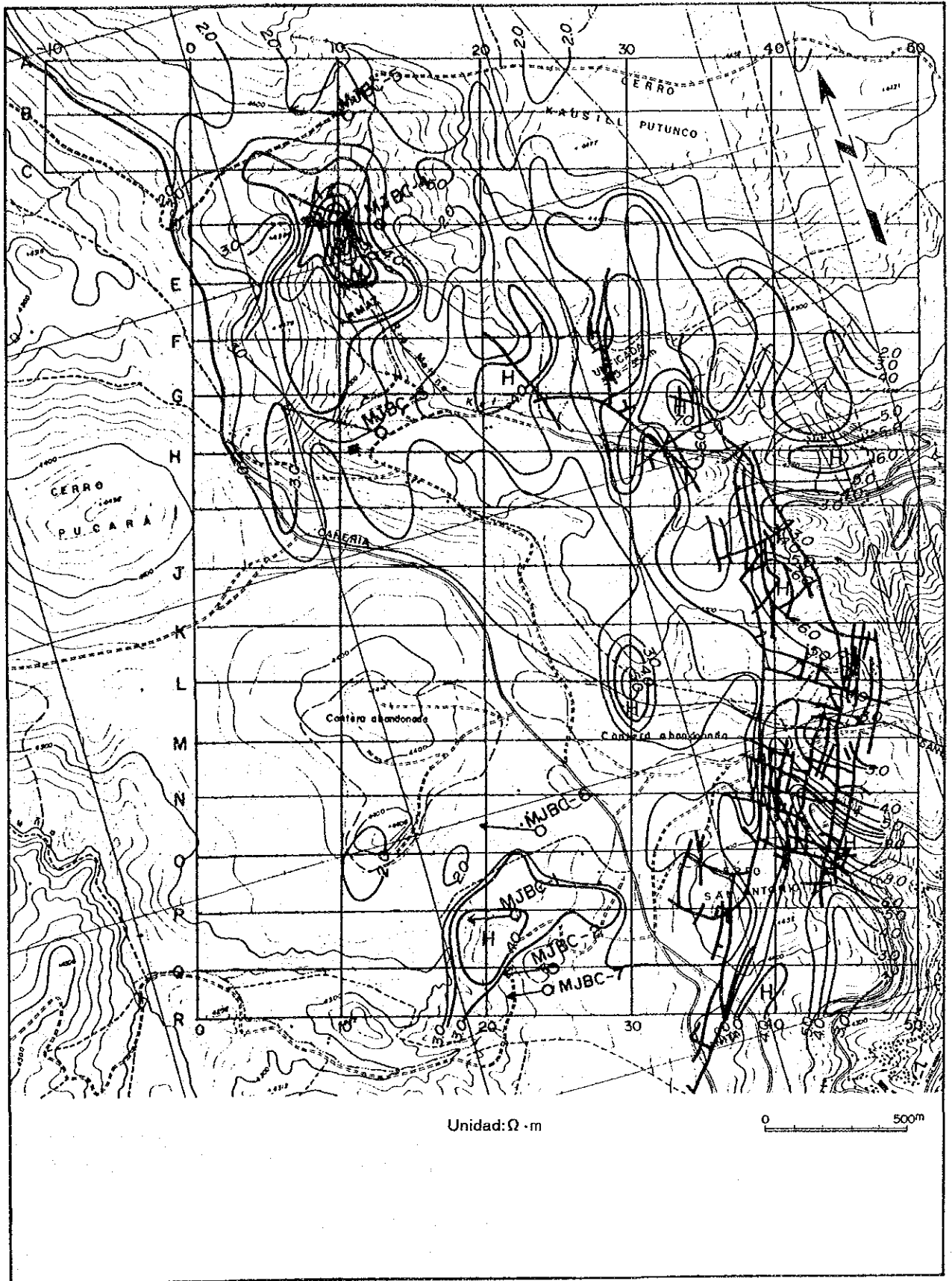


Fig. II-2-5 F E 分布平面图 (n = 2)

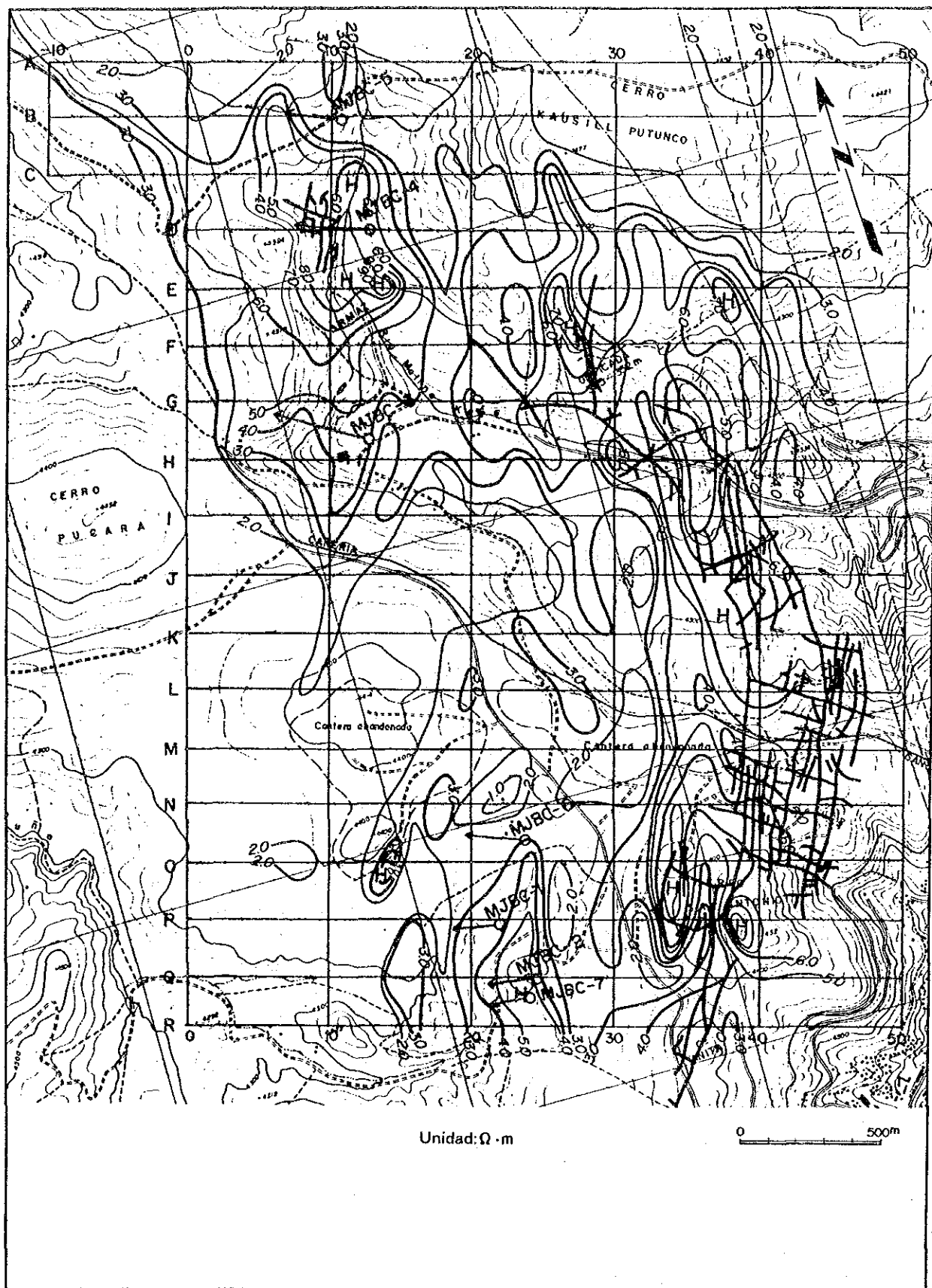


Fig. II-2-6 FE分布平面图 (n = 4)

高F E帯はB測線の測点 6及びC測線の測点 18及び測点 26付近より北方向に延びる傾向が認められる。

O, P, Q及びRの各測線の測点 24付近に南北方向に延びる4%以上の高F E帯が認められ、鉍化帯の賦存が考えられる。

A~R測線の各断面について述べる。

A~R測線断面図を Fig. II-2-7 ~ Fig. II-2-24 に示す。

断面図は、見掛比抵抗 (AR)、FE、MCF及び地質について記入されている。

B, D, H, J, O, P, Q, Rの8測線については、2-1-4解析方法で述べた境界要素法によるシミュレーション解析を実施し、その結果を断面図として Fig. II-2-25 ~ Fig. II-2-32 に示す。シミュレーションの結果については 2-4 考察で述べる。

(A測線)

最北端の測線で CERRO CKARA KOCHI、CERRO KAUSILL PUTUNCO を横切り、地表地質では露出が少ない。測点 9、10 の深部に $100\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯及び 3%以上の高F E帯が分布する。

(B測線)

測点 8~20 の深部に $100\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が分布し、測点 10 の深部を中心に3%以上の「八の字」型の異常が認められる。

測点 22 の深部に 3%以上の高F E帯が分布する。

(C測線)

西部の測点 10 を中心として浅部から深部にかけて、顕著な低比抵抗帯が分布する。

測点 0 付近の深部、測点 4~14 の浅部から深部にかけて 4%以上の高F E帯が分布し、このうちの後者は、測点 18 付近と合わせて「八の字」型の異常といえる。

測点 25 付近を中心とする深部に 4%以上の高F E帯が認められる。

(D測線)

測線の西部の測点 6~10で アルマス鉍床を横切る。

測点 4~12 の浅部から深部に顕著な低比抵抗帯が分布する。

測点 24 を中心とする深部に $50\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が分布する。

測点 10 を中心とする浅部から深部にかけて顕著な高F E帯が分布する。

測点 20~34 の浅部から深部にかけて顕著な高F E帯が分布する。

測点 38 の深部に 3%以上の高F E帯が分布する。

(E 測線)

測線の西部の測点 8~10で アルマス鉱床を横切る。

測点 6~14 の浅部から深部にかけて $50\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗帯が分布する。

測点 24~36 の深部に $50\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗帯が分布する。

測点 6~16 の浅部から深部にかけて 5%以上の高F E帯が分布する。

測点 30 付近を中心とする「八の字」型異常が認められる。

測点 38 及び 測点 40 付近の深部に高F E帯が分布する。

(F 測線)

測点 8~14 の浅部から深部にかけて $50\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗帯が分布する。

測点 30~38 の浅部から深部にかけて $50\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗帯が分布する。

測点 8 付近を中心とする「八の字」型異常が認められる。

測点 26~42 の深部に 5%以上の高F E帯が分布する。

(G 測線)

測線の西部の測点 8~14で オカピ鉱床を横切る。

測点 6~14 の浅部から深部にかけて $50\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗帯が分布する。

測点 30~40 の浅部から深部にかけて $50\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗帯が分布する。

測点 6~16 及び 測点 20~30 の深部に 5%以上の高F E帯が分布する。

測点 32~34 のやや浅部に、測点 38~40の深部に高F E帯が分布する。

(H 測線)

測点 10~12 の深部に $50\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗帯が分布する。

測点 30~44 の浅部から深部にかけて $50\Omega\cdot m$ 以下、なかでも測点 38 付近では $20\Omega\cdot m$ 以下を示す低比抵抗帯が分布する。

測点 10 付近の浅部と深部に 5%以上の高F E帯が分布する。

測点 26~50 の浅部から深部にかけて顕著な高F E帯が広範に分布する。

(I 測線)

測点 34~44 の深部に $50\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗帯が分布する。

測点 34~36 及び 測点 38~44 の深部において 5%以上の高F E帯が分布する。

(J 測線)

測点 24 及び 測点 30~34 の深部に $50\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗帯が分布する。

測点 28~44 の浅部から深部にかけて 5%以上の高F E帯が広範に分布する。

(K 測線)

測点 28 の深部、測点 36~44 の浅部から深部にかけて $50\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が分布する。測点 24 の深部 及び 測点 34~44 の浅部から深部にかけて 5% 以上の高 F E 帯が分布する。

(L 測線)

測点 42~44 の深部に $50\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が分布する。
測点 34~46 の深部に 5% 以上の高 F E 帯が広範に分布する。

(M 測線)

測点 30 及び 測点 40 の深部に $50\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が分布する。
測点 34~46 の深部に 4~6% の高 F E 帯が分布する。

(N 測線)

測点 38~46 の浅部から深部にかけて $50\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が分布する。
測点 32~46 の浅部から深部にかけて 5% 以上の高 F E 帯が分布する。
測点 16~18 の深部に 3% 以上の高 F E 帯が分布する。

(O 測線)

測点 40~46 の浅部から深部にかけて $50\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が分布する。
測点 14 を中心とする深部 及び 測点 20~24 のやや浅部から深部に 4% 以上の高 F E 帯が分布する。
測点 32~48 の浅部から深部にかけて高 F E 帯が広範に分布する。

(P 測線)

測点 42~46 の浅部から深部にかけて $50\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が分布する。
測点 18~26、測点 34~48 の浅部から深部にかけて 4% 以上の高 F E 帯が分布する。

(Q 測線)

測点 16~22 にやや浅部から深部にかけて $100\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が分布する。
測点 40~44 の浅部から深部にかけて $50\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が分布する。
測点 18~24 及び 測点 38~44 の浅部から深部にかけて 4% 以上の高 F E 帯が分布する。

(R 測線)

測点 40~48 に浅部から深部にかけて $50\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が分布する。
測点 22~26 の深部、測点 30~44 の浅部から深部にかけて 4% 以上の高 F E 帯が分布する。

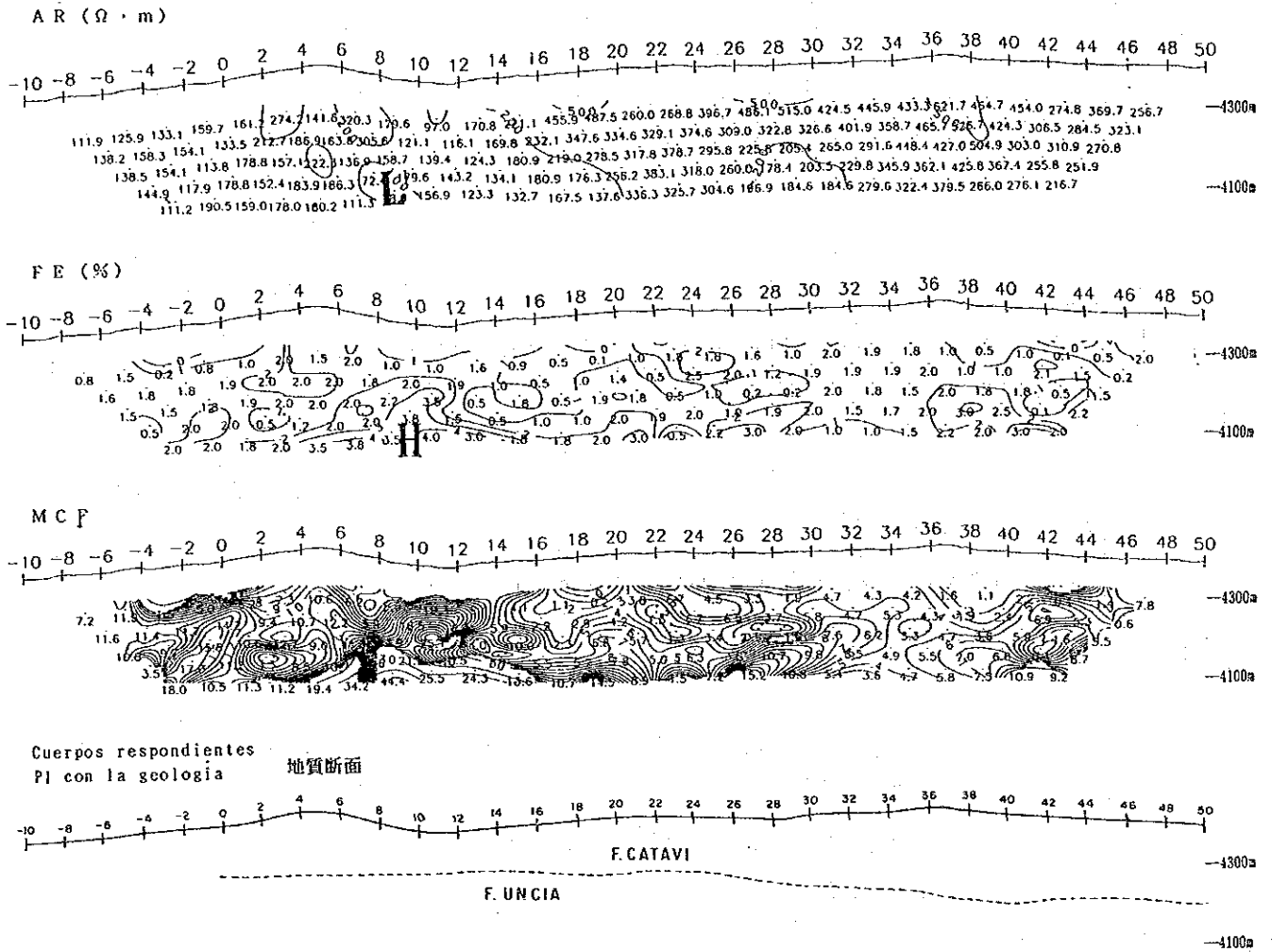


Fig. II-2-7 A測線断面図

100 0 100 200 300 400
(metres)

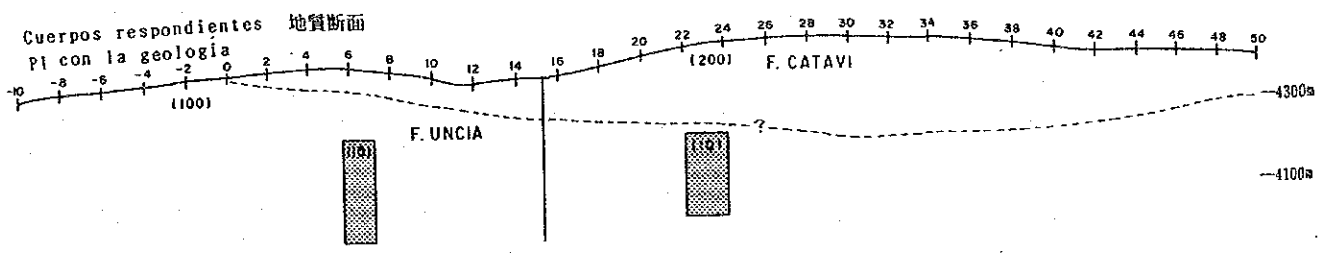
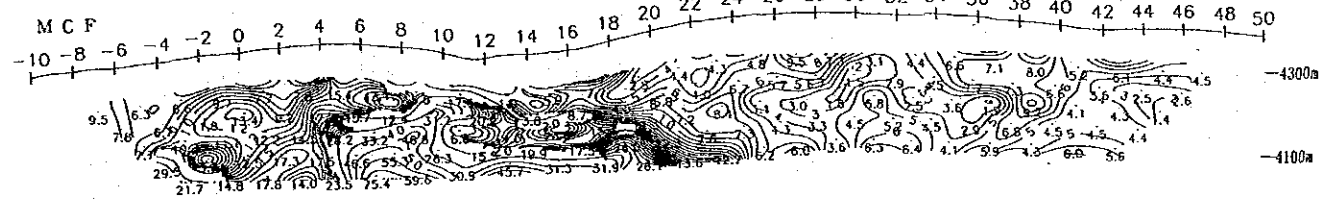
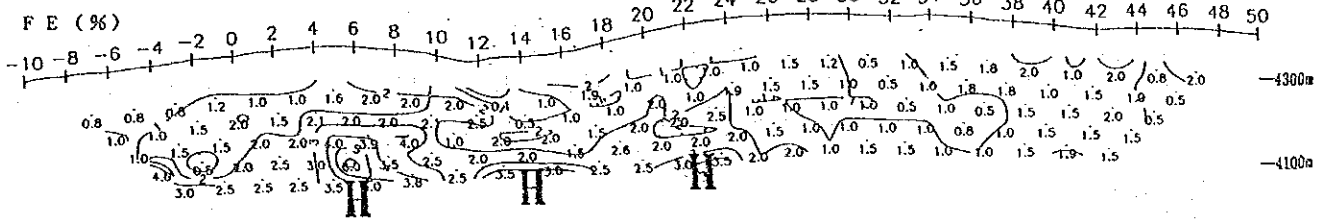
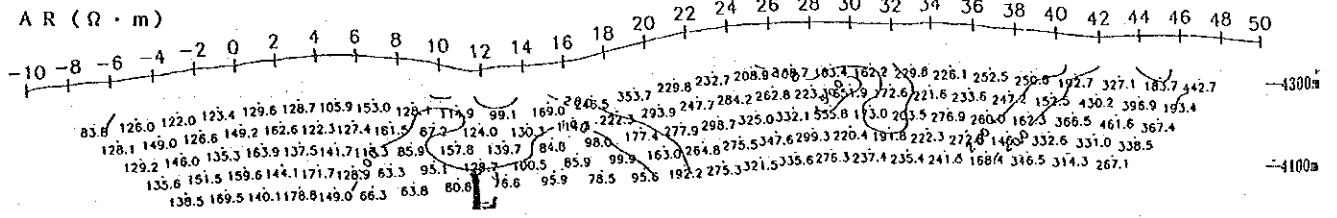
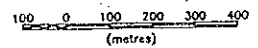


Fig. II-2-8 B測線断面图



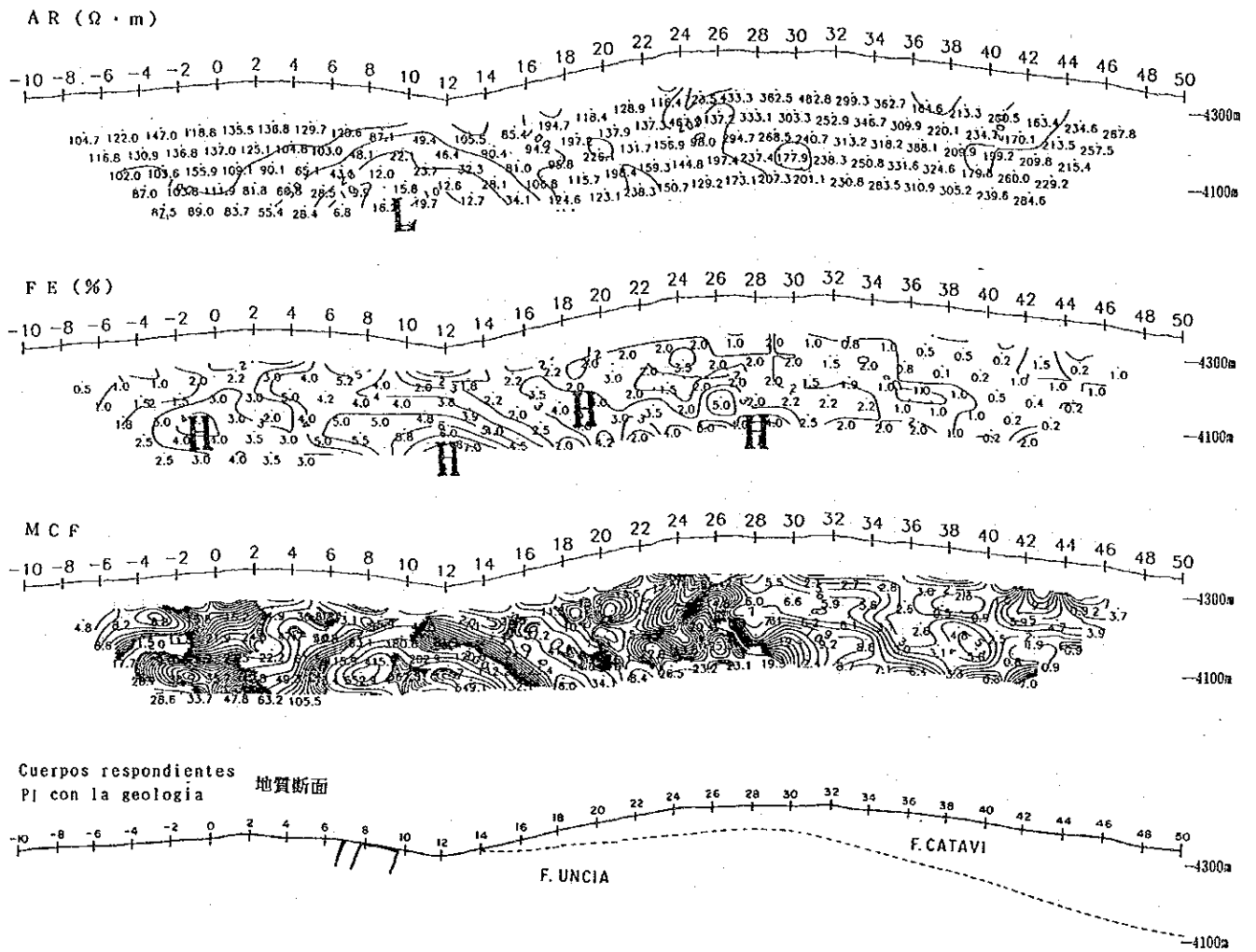


Fig. II-2-9 C測線断面图

100 0 100 200 300 400
(metres)

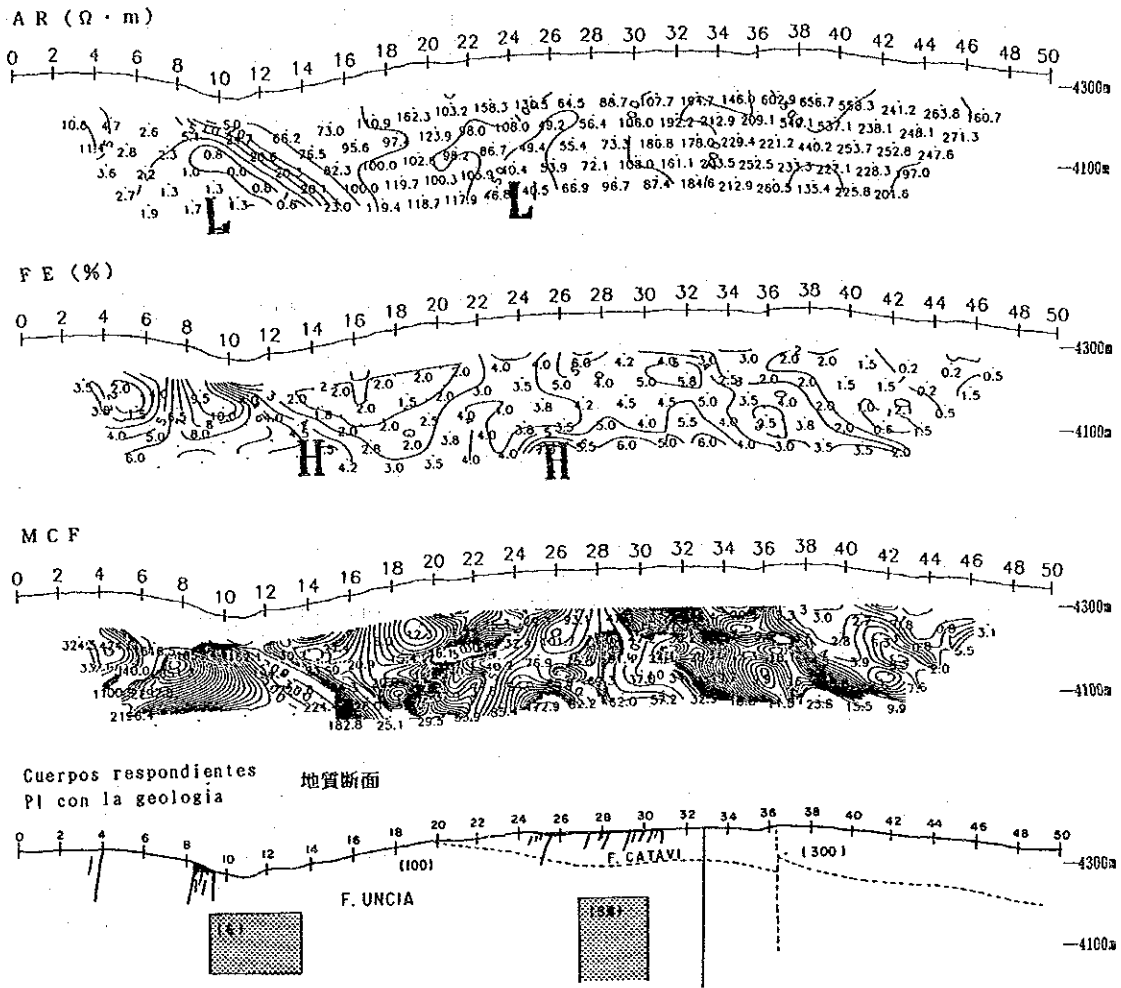


Fig. II-2-10 D測線断面图