



JICA LIBRARY



1063079143

チリ共和国 アントファガスタ南部地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 3 年 次

昭和 63 年 1 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '88.4.13	704
登録 No. 17499	66-1
	MPN

国別プロジェクト概要入力用シート

1. 国(地域)コード:
2. 分野別分類コード:
3. プロジェクト番号:
4. プロジェクト名:
5. プロジェクト段階:
6. 担当機関(部課):

(注釈一覧):

(注1) 4. プロジェクト名: 和文プロジェクト名の場合は、注釈一覧に表示。
(注2) 5. プロジェクト段階は、1. 選定・確認、2. 準備・形成、3. 審査・承認、
4. 実施、5. 実施後の5段階とする。
(注3) 6. 担当機関(部課): JICA担当プロジェクトの場合は、担当部課コードを記入。

表紙, 第1頁, P1~10, P11~20

は し が き

日本国政府はチリ共和国政府の要請に応え、同国の北部に位置するアントファガスタ南部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および鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査は、昭和60年度を第1年次とする3年次にあたり、金属鉱業事業団は7名の調査団を編成して昭和62年7月5日から10月2日まで現地に派遣した。

現地調査は、チリ共和国政府関係機関、鉱山省鉱業地質局の協力を得て予定どおり完了した。

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、本調査実施にあたってご協力いただいたチリ共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在チリ日本国大使館および関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

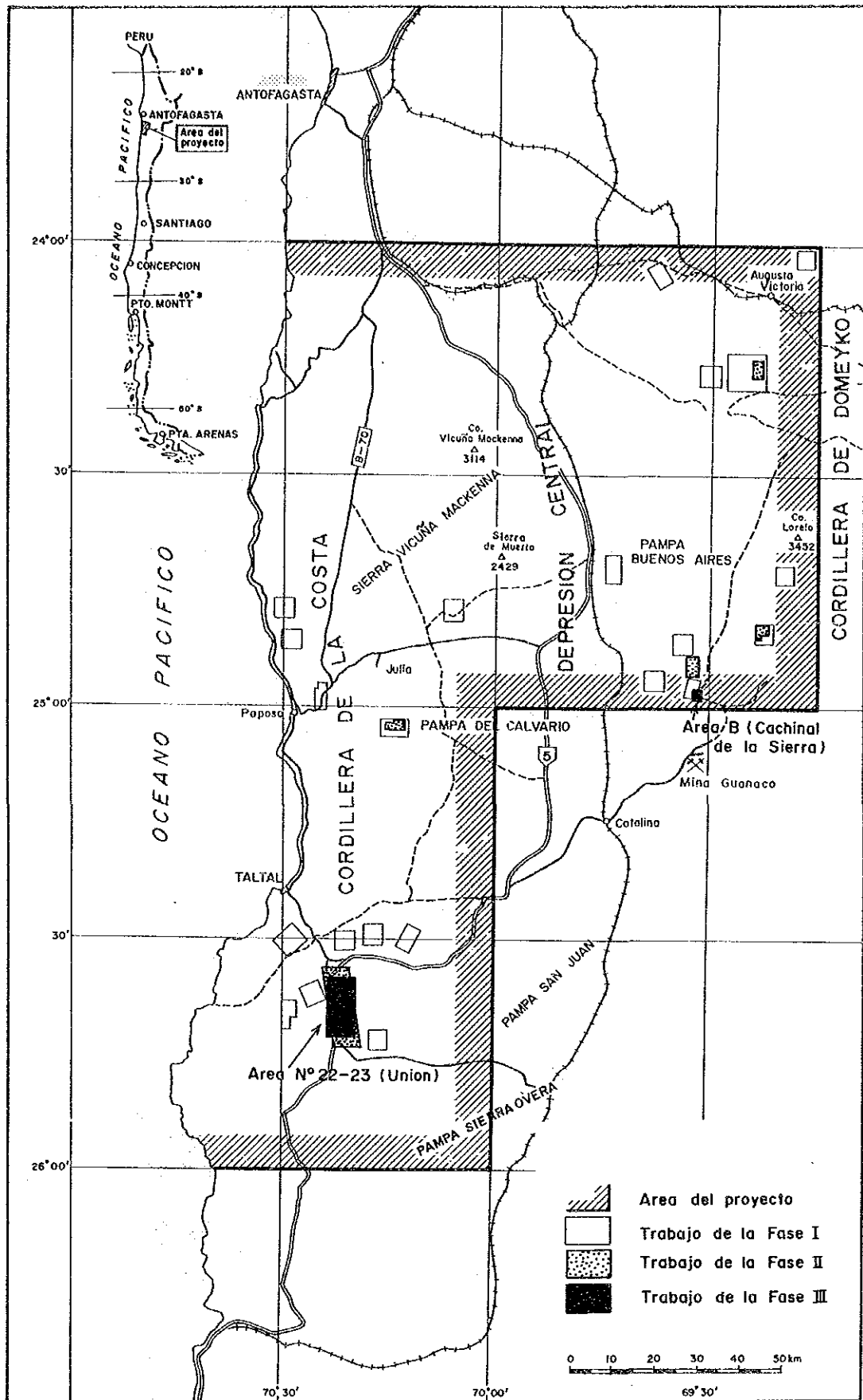
昭和 63 年 1 月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団

理事長 佐 藤 淳 一 郎



第 1 図 調査位置図

目 次

はしがき

位置図

要 約

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論	11
1-1 調査の経緯	11
1-2 第2年次調査の結論と提言	11
1-2-1 第2年次調査の結論	11
1-2-2 第2年次調査の提言	13
1-3 第3年次調査の概要	13
1-3-1 調査地域	13
1-3-2 調査目的	13
1-3-3 調査方法	14
1-3-4 調査団の編成	14
1-3-5 調査期間	15
第 2 章 調査地域の地理	15
2-1 地形および水系	15
2-2 気候および植生	15
第 3 章 一般地質	17
3-1 No. 22-23地区	17
3-2 B 地区	18
第 4 章 調査結果の総合検討	18
4-1 No. 22-23地区	18
4-2 B 地区	18
第 5 章 結論および将来への提言	19
5-1 結 論	19
5-2 将来への提言	19

第 I 部 各 論

第 1 章 No. 22-23 地区 (Union-Atahualpa)	21
1-1 調査方法	21

1-2	物理探査	21
1-2-1	調査概要	21
1-2-2	データ処理	25
1-2-3	解析結果	32
1-2-4	総括	113
1-3	ボーリング調査	117
1-3-1	調査目的	117
1-3-2	工法、使用機材および工事実績	117
1-3-3	掘進状況	121
1-3-4	孔別地質および鉱化・変質作用説明	122
1-3-5	考察	137
第2章	B地区 (Cachinal de la Sierra)	151
2-1	ボーリング調査	151
2-1-1	調査目的	151
2-1-2	工法、使用機材および工事実績	152
2-1-3	掘進状況	153
2-1-4	孔別地質および鉱化・変質作用説明	155
2-2	考察	187
2-2-1	地質および地質構造	187
2-2-2	鉱床	195

第Ⅱ部 結論および将来への提言

第1章	結論	203
1-1	No. 22-23 地区	203
1-2	B地区	203
第2章	将来への提言	204
2-1	No. 22-23 地区	204
2-2	B地区	204
参考文献		205
添付図表		

付 表

第 1 表	試験・分析件数一覧表
第 2 表	調査期間
第 I-1 表	測線長および測点数一覧表
第 I-2 表	SIP・IP測定機器一覧表
第 I-3 表	物性測定結果一覧表
第 II-1 表	ボーリング孔の位置、方位および傾斜
第 II-2 表	ボーリング調査実績表
第 III-1 表	ボーリング孔の位置、方位および傾斜
第 III-2 表	ボーリング調査実績表

付 図

- 第 1 図 調査位置図
- 第 1-1 図 測線位置図
- 第 1-2 図 SIP法測定概要図
- 第 1-3 図 SIP法測定装置ブロックダイアグラム
- 第 1-4 図 コール・コール図
- 第 1-5 図 スペクトルのタイプ
- 第 1-6 図 マグニチュードスペクトル図
- 第 1-7 図 位相差スペクトル図
- 第 1-8 図 電磁カップリングを含む位相差スペクトル図
- 第 1-9 図 岩石試料測定装置
- 第 1-10 図 PEF・見掛比抵抗ヒストグラム
- 第 1-11 図 PEF・見掛比抵抗断面図 (I 地区)
- 第 1-12 図 PEF・見掛比抵抗断面図 (II 地区)
- 第 1-13 図 PEF・見掛比抵抗断面図 (III 地区)
- 第 1-14 図 PEF平面図 (n=1, I 地区)
- 第 1-15 図 PEF平面図 (n=2, I 地区)
- 第 1-16 図 PEF平面図 (n=3, I 地区)
- 第 1-17 図 見掛比抵抗平面図 (n=1, I 地区)
- 第 1-18 図 見掛比抵抗平面図 (n=2, I 地区)
- 第 1-19 図 見掛比抵抗平面図 (n=3, I 地区)
- 第 1-20 図 PEF平面図 (n=1, II 地区)
- 第 1-21 図 PEF平面図 (n=2, II 地区)
- 第 1-22 図 PEF平面図 (n=3, II 地区)
- 第 1-23 図 見掛比抵抗平面図 (n=1, II 地区)
- 第 1-24 図 見掛比抵抗平面図 (n=2, II 地区)
- 第 1-25 図 見掛比抵抗平面図 (n=3, II 地区)
- 第 1-26 図 PEF平面図 (n=1, III 地区)
- 第 1-27 図 PEF平面図 (n=2, III 地区)
- 第 1-28 図 PEF平面図 (n=3, III 地区)
- 第 1-29 図 見掛比抵抗平面図 (n=1, III 地区)
- 第 1-30 図 見掛比抵抗平面図 (n=2, III 地区)
- 第 1-31 図 見掛比抵抗平面図 (n=3, III 地区)
- 第 1-32 図 位相差断面図 (BおよびD測線) (I 地区)
- 第 1-33 図 位相差断面図 (FおよびH測線) (II 地区)
- 第 1-34 図 位相差断面図 (IおよびK測線) (III 地区)
- 第 1-35 図 位相差・マグニチュードスペクトルおよびコール・コール図 (I 地区)
- 第 1-36 図 位相差・マグニチュードスペクトルおよびコール・コール図 (II 地区)

- 第 I-37 図 位相差・マグニチュードスペクトルおよびコール・コール図 (Ⅲ地区)
- 第 I-38 図 位相差断面図 (デカップル処理後) (I地区)
- 第 I-39 図 位相差断面図 (デカップル処理後) (Ⅱ地区)
- 第 I-40 図 位相差断面図 (デカップル処理後) (Ⅲ地区)
- 第 I-41 図 デカップル処理後の位相差・マグニチュードスペクトル
およびコール・コール図 (I地区)
- 第 I-42 図 デカップル処理後の位相差・マグニチュードスペクトル
およびコール・コール図 (Ⅱ地区)
- 第 I-43 図 デカップル処理後の位相差・マグニチュードスペクトル
およびコール・コール図 (Ⅲ地区)
- 第 I-44 図 シミュレーション解析図 (C測線)
- 第 I-45 図 シミュレーション解析図 (D測線)
- 第 I-46 図 岩石試料のスペクトルタイプ区分
- 第 I-47 図 SIP・IP示徴図
- 第 Ⅱ-1 図 掘削工法
- 第 Ⅱ-2 図 ボーリング位置図
- 第 Ⅱ-3 図 ボーリング柱状図 (MJC-16)
- 第 Ⅱ-4 図 ボーリング柱状図 (MJC-17)
- 第 Ⅱ-5 図 ボーリング柱状図 (MJC-18)
- 第 Ⅱ-6 図 No. 22-23地区 地質断面図
- 第 Ⅱ-7 図 モデル計算によるIP異常源と地質の関係図
- 第 Ⅱ-1 図 掘削工法
- 第 Ⅱ-2 図 ボーリング柱状図 (MJC-11)
- 第 Ⅱ-3 図 ボーリング柱状図 (MJC-12)
- 第 Ⅱ-4 図 ボーリング柱状図 (MJC-13)
- 第 Ⅱ-5 図 ボーリング柱状図 (MJC-14)
- 第 Ⅱ-6 図 ボーリング柱状図 (MJC-15)
- 第 Ⅱ-7 図 B地区 地質模式層序図
- 第 Ⅱ-8 図 B地区 地質図
- 第 Ⅱ-9 図 B地区 地質断面図

添 付 表

添付表	1-1	岩石薄片検鏡結果一覧表 (1) (火砕岩)
添付表	1-2	岩石薄片検鏡結果一覧表 (2) (貫入岩)
添付表	1-3	岩石薄片検鏡結果一覧表 (3) (熔岩)
添付表	2	鉱石研磨片検鏡結果一覧表
添付表	3	X線回折結果一覧表
添付表	4	鉱石化学分析結果一覧表
添付表	5	ボーリング調査使用機材一覧表
添付表	6	ダイヤモンドビット使用状況表
添付表	7	ボーリング調査消耗品使用明細表
添付表	8	ボーリング作業時間総括表
添付表	9	掘進成績総括表 (MJC-11)
添付表	10	掘進成績総括表 (MJC-12)
添付表	11	掘進成績総括表 (MJC-13)
添付表	12	掘進成績総括表 (MJC-14)
添付表	13	掘進成績総括表 (MJC-15)
添付表	14	掘進成績総括表 (MJC-16)
添付表	15	掘進成績総括表 (MJC-17)
添付表	16	掘進成績総括表 (MJC-18)
添付表	17	掘進作業実績表 (MJC-11)
添付表	18	掘進作業実績表 (MJC-12)
添付表	19	掘進作業実績表 (MJC-13)
添付表	20	掘進作業実績表 (MJC-14)
添付表	21	掘進作業実績表 (MJC-15)
添付表	22	掘進作業実績表 (MJC-16)
添付表	23	掘進作業実績表 (MJC-17)
添付表	24	掘進作業実績表 (MJC-18)

添 付 図

添付図	1	岩石・鉱石サンプルの位相・マグニチュードスペクトル図 およびコール・コール図
添付図	2	掘進工程図 (MJC-11)
添付図	3	掘進工程図 (MJC-12)
添付図	4	掘進工程図 (MJC-13)
添付図	5	掘進工程図 (MJC-14)
添付図	6	掘進工程図 (MJC-15)
添付図	7	掘進工程図 (MJC-16)
添付図	8	掘進工程図 (MJC-17)
添付図	9	掘進工程図 (MJC-18)

付 帯 図

PL. 1	PEFおよび見掛比抵抗断面図 (Ⅰ地区)	1:2,500
PL. 2	PEFおよび見掛比抵抗断面図 (Ⅱ地区)	1:2,500
PL. 3	PEFおよび見掛比抵抗断面図 (Ⅲ地区)	1:2,500
PL. 4	PEF平面図 (n=1, Ⅰ地区)	1:2,500
PL. 5	PEF平面図 (n=2, Ⅰ地区)	1:2,500
PL. 6	PEF平面図 (n=3, Ⅰ地区)	1:2,500
PL. 7	見掛比抵抗平面図 (n=1, Ⅰ地区)	1:2,500
PL. 8	見掛比抵抗平面図 (n=2, Ⅰ地区)	1:2,500
PL. 9	見掛比抵抗平面図 (n=3, Ⅰ地区)	1:2,500
PL. 10	PEF平面図 (n=1, Ⅱ地区)	1:2,500
PL. 11	PEF平面図 (n=2, Ⅱ地区)	1:2,500
PL. 12	PEF平面図 (n=3, Ⅱ地区)	1:2,500
PL. 13	見掛比抵抗平面図 (n=1, Ⅱ地区)	1:2,500
PL. 14	見掛比抵抗平面図 (n=2, Ⅱ地区)	1:2,500
PL. 15	見掛比抵抗平面図 (n=3, Ⅱ地区)	1:2,500
PL. 16	PEF平面図 (n=1, Ⅲ地区)	1:2,500
PL. 17	PEF平面図 (n=2, Ⅲ地区)	1:2,500
PL. 18	PEF平面図 (n=3, Ⅲ地区)	1:2,500
PL. 19	見掛比抵抗平面図 (n=1, Ⅲ地区)	1:2,500
PL. 20	見掛比抵抗平面図 (n=2, Ⅲ地区)	1:2,500
PL. 21	見掛比抵抗平面図 (n=3, Ⅲ地区)	1:2,500
PI. 22	No. 22-23地区地質図	1:20,000
PL. 23	No. 22-23地区ボーリング位置図	1:5,000
PL. 24	B地区 地質図およびボーリング位置図	1:5,000
PL. 25	B地区 地質断面図	1:2,500

本地区は白亜紀後期から第三紀初期にかけて活発に行われた中性および珪長質の火成活動で特徴づけられ、下部の上部白亜系（安山岩質火山噴出岩類および閃緑岩）と上部の古第三系（石英安山岩質火山噴出岩類および同質貫入相）から主として構成されている。

これらを母岩として銀-（鉛）-（亜鉛）-石英の鉱脈鉱床（Cachinal de La Sierra カチナル・デ・ラ・シエラ）が発達しており、脈数は比較的規模の大きいものだけでも約20条に及んでいる。開発の歴史は古く、その発見は19世紀半ばにさかのぼり、現在も稼行中である。

鉱床は、珪長質火成活動末期の断層運動（前期）によって形成されたN-S性の裂かを主な胚胎の場としており、後鉱化作用の断層（後期、E-W性）によって主に水平方向に転移している。

主要鉱脈群にはN10° W系とN30° W系の2系統があり、それらの走向延長は500~1,800mである。また、同鉱脈群の周辺部には走向延長100~400mの小規模鉱脈群が多数発達している。

今年次は、主要鉱脈のひ先探鉱および平行脈の賦存確認に主眼を置いたボーリング調査を実施した。具体的には、

- ① 主要鉱脈の一つであるJ脈の北部延長追跡
- ② N-S推定断層に沿った鉱脈の賦存確認
- ③ A脈の南部延長追跡

などを目的とした。この結果、

① J脈の北部延長に相当すると思われる石英-褐鉄鉱脈に着脈し、これによって同脈は第二年次B-1号ボーリング地点より更に約500m北まで連続していることが判明した。しかし主要金属成分含有量はいずれも低かった。

② 有望鉱徴の把握に至らなかった。恐らくN-S推定断層は予想よりも西側を通っているものと想定されるが、細脈の発達さえ認められなかったことからすると同断層沿い、および平行脈（主要脈に）の賦存可能性は低いものと判断される。

③ A脈は現在の引立より約400m南付近でホーステール状に細脈化し、分散している可能性が高い。

この三ヶ年で大規模鉱脈群の探鉱は一応終了したと判断される。今後は主としてN-S推定断層の西側に発達している小規模鉱脈群に対したきめ細かい探鉱が必要であると考えられる。

第 I 部 總 論

第1章 序 論

1-1 調査の経緯

日本国政府は、チリ共和国アントファガスタ南部地域資源開発協力基礎調査に対する同国の要請に応え昭和60年12月事前調査団を現地に派遣し、同年12月4日、S/Wに署名した。

本調査の第1年次は、日本国内において既存資料のコンパイル、ランドサット・データの解析を行い、精査地区 2箇所、準精査地区 20箇所を選定し、地質調査および地化学探査を実施した。

第2年次は、第1年次の調査結果に基づき、従来の2精査地区に第1年次の準精査地区から抽出された2地区を加え、計 4箇所を精査地区に選定し、また、新たな準精査地区 4箇所を加え、合計次の8箇所に対し調査を実施した。

精査地区

B 地区 : ボーリング調査

No. 4 地区 : 地質調査、地化学探査

No. 6 地区 : 同 上

No. 13 地区 : 地質調査、地化学探査およびボーリング調査

準精査地区

No. 21 地区 : 地質調査、地化学探査

No. 22 地区 : 地質調査

No. 23 地区 : 同 上

El Guanaco地区 : 同 上

この結果、鉱床賦存有望地域は次の2地区に絞られた。

① B 地区

② No. 22-23 地区

1-2 第2年次調査の結論と提言

1-2-1 第2年次調査の結論

(1) No. 21 地区

本地区には含銀・鉛・亜鉛鉱脈の鉱徴が地域の東部に南北に点々と配列して発達しており、その一部には 1000g/t以上のAg品位を含有している。

また、この地区は北の El Soldado鉱床 (JICA、MMAJ、1986)と南の Cachinal de la Sierra 鉱床の間に挟まれた地域であり、鉱床賦存の可能性が高い。

また、地化学探査においても地域東部にPbおよびZnの異常値を把握している。

これらのことから本地区の東部における銀鉱床の賦存可能性はかなり高いものと判断される。

(2) No. 22 および 23 地区

No. 22および23地区には両地区にまたがった大規模な断層帯が南北に延びて発達しており、その一部には同断層に規制された高品位銀鉱床が賦存しているが、この断層帯は第四系に広く覆われているため、既知鉱床は現在鋭意稼行中の Union鉱床と休山中の Atahualpa鉱床の二つだけである。

しかし、鉱床の入れ物が大規模であること、高品位銀鉱床が付近に存在すること、未調査地

域が広範囲に残されていること、などからしてこの両地区は高品位銀鉛床賦存地域として注目される。

特に Union 鉛床を胚胎している断層の南北延長帯が有望視される。

(3) El Guanaco 鉛山地区

本地区には第三紀初期の安山岩質ないし石英安山岩質火山噴出岩類を母岩として El Guanaco 含金鉛床群、Inesperada 金・銅鉛床、石英—鏡鉄鉛網状～脈状鉛床および珪化—粘土化帯などが発達している。

El Guanaco 鉛床群は多数の含金塊状珪化岩体からなり、上部から下部に向かって酸化鉛帯、二次硫化鉛帯、初生硫化鉛帯に分帯され、酸化鉛帯が金帯に、後二者が銅帯に対応している。また、この鉛床には酸性変質で特徴づけられた熱水変質帯が鉛床を中心として発達しており、中心部より外側に向かって、石英—明ばん石帯、カオリン鉛物帯、絹雲母—緑泥石帯の累帯変質がみられる。

Inesperada 鉛床は含金・銅の細脈～鉛染鉛床であるが低品位で注目に値しない。

珪化—粘土化変質帯は地域の南東部および西部に発達しているが、前者は石英斑岩の周辺部に発達した弱珪化、粘土化変質帯で鉛化作用は認められない。また、後者は石英、明ばん石、カオリン鉛物などで特徴づけられた酸性変質帯で、網状あるいは脈状の石英—鏡鉄鉛を伴っているが Au、Ag、Cu とも低品位である。ただ、変質帯の規模が 5×4km と大きいので今後の精査によっては新鉛床発見の可能性を秘めている。

(4) No. 4 地区

No. 4 地区については、広大な熱水変質帯の下部に金鉛床が期待されるか否かが調査の重点課題であった。しかし、現在の地表面が変質帯形成当時、金の沈澱に適した環境下にあったにもかかわらず品位が低い、ということからしてこの変質帯をもたらした熱水溶液の含金量は元々低かった、と判断される。

従ってこの変質帯の下部に金の経済的濃集が期待される可能性は少ないものと判断される。

(5) No. 6 地区

本地区には大小合わせて約 140 条の石英脈が発達しており、一部に微量の鉛、亜鉛および銅鉛を随伴している。しかし、いずれも有用金属量は低く、しかも下部でこの量が増加する可能性を示唆する好材料は得られなかった。

従って、更に詳細な調査、探鉛を行う価値は極めて低いものと判断される。

(6) B 地区

本地区ではボーリング調査、8 孔×102m/孔、総延長 816m を実施した。その結果、1) 鉛床は N—S 性の断層運動に密接して形成された、2) 鉛脈群は後鉛化作用の E—W 系のトランスフォーム性断層によって東西に転移している、などのことが推察されるに至った。

この結果、次のような新たな有望地域が浮かび上がった。

- 1) J 脈北部延長帯 (B-1 号ボーリング地点北部)
- 2) J 脈 (Carmen 脈) 西部の N—S 性推定断層沿い
- 3) A 脈 (Flor de Chile 脈) の南北延長帯

(7) No. 13 地区

本地区では20条程の含金石英脈を確認し、かつ主脈の一つである Panchita脈の北西部にCuの異常を、また Carmen Alto脈の西部にAuの異常をそれぞれ把握した。しかしいずれも小規模、低品位で現在の市況では稼行対象になり得ない。

ボーリング調査では各露頭の下部ひ先(-50~70m)に該当すると思われる着脈を得たが、鉱況の好転は得られなかった。しかも付近の母岩は極めて新鮮であり、かつ裂かの発達も乏しい。

従って本地区に対し今後更に詳細な調査あるいは探鉱を行う価値は低いものと判断される。

1-2-2 第2年次調査の提言

前章の有望地域に対し、次の調査、探鉱の実施を提言する。

1) No. 21 地区

本地区の北東部においてトレンチ調査およびボーリング調査。

2) No. 22 および 23地区

Union鉱床とAtahualpa鉱床を結んだ線上を中心に電気探査(SIP法)およびボーリング調査。

3) B 地区

次の地域に対しボーリング調査。

- i) A脈の南北延長帯
- ii) J脈西部のN-S推定断層沿い
- iii) B-1号孔北部地域

1-3 第3年次調査の概要

1-3-1 調査地域

第3年次調査は、次の2地区において実施された。

① No. 22-23 地区

② B 地区

これらの位置は、第1図に示した通りであり、下記の座標で囲まれた範囲にある。

No. 22-23地区は、第2州Antofagasta(アントファガスタ)県taltal(タルタル)市に属し、同市の南約20kmに位置している。B地区は、同県Cachinal de la Sierra(カチナル・デ・ラ・シエラ)地方、Antofagasta市の南南東約190kmに位置している。

No. 22-23 地区

北限 : 南緯25°34'50"

南限 : 南緯25°43'31"

東限 : 西経70°18'56"

西限 : 西経70°23'06"

B 地区

北限 : 南緯24°56'43"

南限 : 南緯24°59'25"

東限 : 西経69°32'42"

西限 : 西経69°30'54"

1-3-2 調査目的

(1) No. 22-23 地区

本地区には N-S性の大断層帯(Atacamaアタカマ断層)が発達しており、その一部の同一線上に銀-銅の鉱脈型のUnion(ユニオン)およびAtahualpa(アタワルパ)鉱床が賦存しており、約12km離

れた両鉱床間には第四系が広く分布しているがその下部に同型の鉱床賦存の可能性が考えられる。

その賦存を確認するために物理探査およびボーリング調査が実施された。

(2) B 地区

今年次の調査は、主要鉱脈群(JおよびA脈)の延長、平行脈(J脈の西部)の賦存などの確認を目的としてボーリング調査が実施された。

1-3-3 調査方法

(1) No. 22-23 地区

物理探査(SIP法およびIP法)

測線長はIP法：6km(6測線)、SIP法：6km(6測線)、測線配置は第1-1 図に示した通りであり、測線間隔は300mとした。電極配置はダイポール・ダイポール配置とし、電極間隔は100m、電極隔離係数はN = 1~5とした。

ボーリング調査

上記の物理探査の有望示徴に対し 3孔の傾斜掘(各孔60°)ボーリングを実施した。各孔の延長150.5m、総延長451.5mであった。

掘削は表層部の砂礫層を除きNQワイヤー・ライン工法によった。砂礫層はトリコン・ビットで掘削しスライムを採取した。ケーシングは原則としてHWおよびNWの二段とした。

(2) B 地区

ボーリング調査

5孔の傾斜掘(各孔60°)を実施した。各孔延長150.5m、総延長752.5mであった。掘削工法は上記に同じである。

なお、本年度に行った試験、分析件数は第 1 表の通りである。

1-3-4 調査団の編成

本年度の調査に従事した技術者は次の通りである。

(1) 調査計画および折衝

日本国側		チリ共和国側	
馬場 洋三	金属鉱業事業団	Maria Teresa CAÑAS PINOCHET	チリ鉱山省
安達 直隆	金属鉱業事業団		鉱業地質局長
萩尾 憲三	金属鉱業事業団 (リマ事務所)	Jorge SKARMETA MAGRI	同次長

(2) 現地調査団

日本国側

古川 雄也	(団長、ボーリング)	日鉱探開株式会社
野村 拳一	(物理探査)	日鉱探開株式会社
立川 三郎	(物理探査)	日鉱探開株式会社

杉浦 則清 (物理探査)	日鉱探開株式会社
加賀 藤次郎 (ボーリング)	日鉱探開株式会社
畠沢 繁四郎 (ボーリング)	日鉱探開株式会社
石川 宏 (ボーリング)	日鉱探開株式会社

チリ共和国側

Carlos PORTIGLIATI NAVARRO	チリ鉱山省鉱業地質局(SERNAGEOMIN)
Juan C. PARRA ESPINOSA	チリ鉱山省鉱業地質局
Manuel ARANCIBIA	チリ鉱山省鉱業地質局

1-3-5 調査期間

作業別調査期間は第2表に示した通りである。

第2章 調査地域の地理

2-1 地形および水系

No. 22-23 地区

チリ北部は、地理区分上、海岸山脈 (Cordillera de La Costa)、中央沈降帯 (Depresion Central)、アンデス前縁山脈 (Pre-Cordillera de Los Andes) に3区分されており、本地区は海岸山脈に属している。

本地区は、海拔1000m前後の山系で地域の東西が限られており、その中央部を帯状の盆地が南北に延びており、後述のN-S系の地溝状断層帯 (Atacamaアタカマ断層) をよく反映している。

水系は垂樹枝状を呈し、盆地に沿って南から北に流れる主要河川にE-W水系が収斂している。いずれも十数年間隔で地表水がみられるワジである。

B 地区

本地区はアンデス前縁山脈に属しており、地域の西を南北に縦走しているPenafiel (ペニャフィエル) 山系の一画をなしているPenafiel山 (海拔3,159m) の山麓に位置しており、付近には同山を後背地とした扇状地が東に開いて広がっている。付近の標高は海拔2,700mである。

E-W系の多数の幅広くかつ浅い河川が平行し地域を横断している。いずれもワジである。

2-2 気候および植生

両地区とも、世界で屈指の乾燥地帯に挙げられているアタカマ砂漠の一画にあり、年間降雨量はNo. 22-23地区の場合、太平洋岸に近いため25mm程度を示すが、B地区は10mm以下である。

気温は前者の場合、日中20℃前後で季節による温度差はあまりみられないが、後者は比較的高地にあるため、夏季は日中20℃前後であるが、冬季夜間は-5~-10℃に下がり数回の薄い積雪がある。

このような厳しい自然条件下にあるためB地区における植生は皆無に近いが、No. 22-23地区では朝晩、霧が発生するためサボテン類や剛毛草本がまばらに生えている。

第 1 表 試験・分析件数一覧表

Tipo de analisis	Area No. 22-23	Area B	Total
Análisis químico de mena	15	121	136
Sección transparente	—	13	13
Sección pulido	1	13	14
Difracción rayos X	—	19	19
Pruebas en muestras de roca en laboratorio	41	—	41

第 2 表 調査期間

Area	Tipo de trabajo	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.
No. 22 -23	Est. geofísico	5	9					
	Sondeo		24	2				
B	Sondeo	5	23					
	Inter. y informe				3			

— : Trabajo en Chile

..... : Trabajo en Japón

第3章 一般地質

3-1 No. 22-23 地区

本地区の中央部をNNW-SSEに延びた幅5.5kmのAtacama (アタカマ) 断層帯が縦断しており、この断層の東側には古生界、西側にはジュラ系、そして同断層帯内側には白亜系が各々分布している。これらの地層を被って第四紀の未固結堆積物が広く分布している。

貫入岩類は断層の東限付近に偏在しており、岩相は苦鉄質から珪長質なものまで多種にわたっている。

古生界は、Las Tortolas層 (Ulriksen, 1979) に相当する赤褐色の珪岩からなり、原岩はオルドビス紀～デボン紀の堆積と考えられている (Naranjo and Puig, 1984)。ジュラ系は主としてLa Negra層 (Garcia, 1967) に相当する安山岩熔岩からなり、局部的に同質の火砕岩を挟在している。

白亜系は、下部の海成堆積岩類 (赤色礫岩、赤色砂岩、石灰質頁岩および含貝化石石灰岩) と上部の安山岩質噴出岩類 (熔岩、火砕岩) に大別され、Ulriksen (1979) のAeropuerto層に相当する。なお、同層は白亜紀前期とされている (Naranjo and Puig, 1984)。

同層と下位のLa Negra層とは、本地区では断層で接しているため両者の関係は不明であるが、Naranjo and Puig (1984) によると整合とされている。

第四系には扇状地堆積物、現河川堆積物、崖錐堆積物などがあり、いずれも未固結の砂礫からなり、本地区でもっとも広く分布している。

貫入岩類には、閃緑岩、花崗閃緑岩、石英安山岩質斑岩、石英安山岩、玄武岩などがあり、いずれも白亜紀前期以降に貫入しており、このうち閃緑岩が最も古く、玄武岩が最も新しく、その他はほぼ同時期と考えられる。

Atacama 断層は相対的に内側が沈降し外側が隆起した地溝的性格を有しており、外側に分布している古生界およびジュラ系は、走向E-W、傾斜15～40°Sの単斜構造を示している。

また、断層帯の内側の白亜系は断層の近傍ではかなり乱れているが、大局的にはNNW-SSEに延びており、東に緩く傾斜している。

なお、UnionおよびAtahualpa両鉱床付近では、断層に平行して帯状に伸びたドーム状構造が発達している。

本地区の主としてAtacama断層帯の内側に脈状一部鉱染状の鉱床が多数発達しており、主要鉱物の組み合わせによって次の二つのタイプに区分される。

一つは含銀銅鉱物-方解石の組み合わせよりなり、Union、Atahualpa両鉱床で代表され、他は含金銅鉱物-赤鉄鉱の組み合わせよりなり、Isleña鉱床で代表される。

前者は白亜紀の下部層を母岩とし、Atacama断層の一部を鉱床胚胎の場としており、連続性に富んでおり規模が大きい。現在稼行中のUnion鉱床には上部の銀帯と下部の銅帯に分帯されており、1986年7月の実績による平均粗鉱品位はAu:0.25g/t, Ag:202.7g/t, Cu:0.40%であるが、局部的にAg:1,000g/t以上の高品位鉱も産出されている。

なお、Union、Atahualpa両鉱床は同一断層裂かに胚胎しているものと推定される。

一方、含金銅鉱物-赤鉄鉱脈型鉱床は白亜紀の上部層を母岩としており、延長数十m、平均脈幅0.2mの小規模鉱床である。品位は局部的にAu:30g/tを示す箇所もあるが、平均粗鉱品位はAu:5～8g/tである。

3-2 B 地区

本地区の地質は白亜紀および古第三紀の火山岩ならびに火砕岩、第四紀の未固結堆積物、古第三紀活動の貫入岩類などから構成されている。

白亜系は安山岩質であり、古第三系は石英安山岩質であり、両者の活動の間に短い侵食時期を挟む。第四系は扇状地、現河川、崖錐などの堆積物からなり、地域の6割以上を占めて分布している。

貫入岩類としては、閃緑岩、石英安山岩および玄武岩が発達している。

本地区には主要な断層運動が2回あり、前期はN-S性を示し、後期はE-W性を示している。この前期の断層運動が、本地区に発達している主要鉱床であるCachinal de la Sierra鉱床の形成に直接的あるいは間接的に関与したものと考えられる。後期の断層は後鉱化作用に形成されたもので、横ずれの大きい断層で鉱床を各所で分断、転移させている。

本地区には第三紀初期の珪長質火成活動と密接して形成されたと考えられる銀-鉛-亜鉛の鉱脈鉱床(Cachinal de la Sierra)が発達しており、N-S系を主脈として20条近く賦存している。鉱脈の規模は、水平延長200~1,800m、傾斜延長50~150m、脈幅1~2m、であり、脈品位はAg300~500g/tである。なお、Pb、Zn品位はごく低い。

第4章 調査結果の総合検討

4-1 No.22-23 地区

4-1-1 物理探査結果とボーリング調査結果の関係

C測線のモデル計算によってPFE値3.5%程度のIP異常源が測点1~4間および同7~9間の2ヶ所に考えられる。これらはいずれも地表下30~60mに位置し、幅は前者が約270m、後者が約190m、厚さはいずれも約30mの層状をなしており、平面的にもかなりの広がりをもって分布している。

これらの異常源は第四紀の未固結砂礫層のほぼ中央部に位置しており、かつ、同層の堆積面に調和的に分布している。

この砂礫層には地表下50m付近を境にして相対的にその上部で固結度が一層低く、孔隙率(見掛け)が高くなっている。上記のIP異常源の下限がこの境にほぼ一致している。

また、この砂礫層は後背地の地質を反映して主として花崗岩質の砂礫からなり、マトリックスにはかなりの磁鉄鉱粒を含有しているが、硫化鉱物礫は含まれていない。

以上のことからして、これらのIP異常源は第四紀の堆積物と密接に関係しているものと考えられる。

上記の特徴からIP現象発生物としてもっとも考えられるのは、磁鉄鉱を含む深成岩礫および孔隙率の高い岩層であろう。すなわち、C測線で得られた二つの異常源は後背地の花崗岩類に由来した含磁鉄鉱粒砂礫層および同層の高孔隙性に起因していると考えるのがもっとも妥当なように思われる。

4-2 B 地区

4-2-1 Cachinal de la Sierra 鉱床南部の鉱床賦存ポテンシャル

A脈は、走向N10°W、傾斜、85°Eを示し、脈幅1~2mの含銀方鉛鉱-閃亜鉛鉱-(黄銅鉱)-

石英脈で、これらの構成鉱物が角礫化した母岩（主として石英安山岩）の隙間を充填した角礫構造を呈している。

ボーリングで捕捉された脈はいずれも細脈で、A脈のような角礫構造を呈した脈は捕捉されていない。従って、いずれかの脈がA脈のひ先に該当すると思われるが明確な決め手はない。構成鉱物の類似性からすると MJC-14の深度 122.2~123.6m および 135.85~137.4mで捕捉された脈がもっとも近い。恐らくこれらが A脈のひ先に相当し、同脈は南 400m付近で細脈化し分散しているものと考えられる。

Cachinal de La Sierra鉱床は走向延長 500m以上の大規模鉱脈群（J、K、M脈など）と同延長 100~400m程度の小規模鉱脈群（C、F、H脈など）に大別され、前者は、N-S推定断層（東傾斜の正断層）の上盤側（東側）に分布している石英安山岩質火砕岩を母岩としてに発達しており、また、後者は同断層の下盤側（西側）に分布している安山岩熔岩層、閃緑岩、石英安山岩（貫入相）などを母岩としてに主として発達している。

今年次のボーリング調査によって A、B脈発達地帯は同断層の下盤側の後者の地帯に位置していることが明らかとなった。従って A、B脈とも小規模鉱脈群に属することになり、このことからすると、脈の連続はあまり期待できないことになる。上述のA脈の細脈分散化はその裏付けとなろう。

また、第2年次の調査結果では J脈の南延長を A脈に結び付けたが、今次調査の結果から両者は別脈であると判断されるに至った。従って J脈の南延長はA脈の東側、すなわち、N-S推定断層の東側を通ることになるが、その予想線上では過去にトレンチ調査が行われており、同調査では 10数条の石英細脈が捕捉されているだけである。

このことからして J脈の南ひ先は既知の先端部からそう遠くない位置で尖滅している可能性が高い。

第5章 結論および将来への提言

5-1 結論

5-1-1 No.22-23 地区

物理探査の結果、PFEは 0.5%から 2.7%の範囲にあり、平均 1.58%、 $M+2\sigma=2.42\%$ であり、2.0%以上を異常値とした。このうち 2.5%以上の異常域は測線 C、DおよびLの $n=1$ （100m以浅）、ならびに測線 CおよびEの $n=2$ （地表下150m）付近で把握された。これらのうちで異常値がもっともまとまった分布を示したのは C測線上の測点 1~4間および測点 7~8間であった。

ARは10ohm-mから159ohm-mの範囲にあり全般的に低い。このうち地域南部の測線JおよびLで比較的高い（50ohm-m以上）AR域が広がっている。

このC測線についてシミュレーション解析を行った結果、PFE値 3.5%程度の IP異常源が測点 1~4間および同7~9間の地表下浅所（30~70m）にあり、厚さ 30m程度の層状をなしている、と想定されるに至った。

これらの IP異常源を確認するために 3孔のボーリング調査を行った結果、いずれのボーリングにおいても地表下 80~100mまでは第四紀の未固結砂礫層を、また、同深度以深では白亜系に対比される赤色礫岩を各々捕捉したに止どまった。

この礫岩には網状あるいは細脈状の不毛に近い方解石が比較的密に発達しているに過ぎず、

その他の鉱化作用は認められなかった。この多量の方解石脈の存在から C 測線付近は Union 鉱床の末端部に相当するものと考えられる。

なお、C 測線上で把握された IP 異常源付近は孔隙率が高く、かつ多量の磁鉄鉱粒を含有した花崗岩質砂礫からなっており、これらが IP 現象を起こしたものと推察される。

以上の調査の結果、物理探査範囲において Union 鉱床と類似の規模および鉱化作用をもつ鉱床の賦存の可能性は低いと判断される。

5-1-2 B 地区

本地区では、i) 主要鉱脈(J脈)の北部延長確認、ii) N-S 推定断層に沿った鉱脈の賦存確認、iii) 鉱床南部延長の確認、などを目的として 5 孔のボーリング調査を行った。

この結果、

i. J 脈の北部延長は第二年次の B-1 ボーリング地点より更に約 500m 北に連続しているものの、主要金属成分含有量は次の通り低かった。

MJC-11 : 深度 69.7~76.2m、掘進幅 6.5m、Au<20ppb、Ag6.6ppm、Cu27ppm、Pb195ppm、Zn 845ppm

ii. 断層および鉱徴の把握に至らなかった。恐らく N-S 断層は予想よりも西側を通っているものと想定されるが、細脈さえ発達していないことからすると同断層沿いの鉱脈の賦存可能性は低いものと判断される。

iii. A 脈の南延長は現在の引立より約 400m 南付近でホーステール状に細脈化し分散しているものと考えられる。

A 脈付近は N-S 推定断層の下盤地帯に相当することが判明した。従って、同断層は、従来、本地区南部では A 脈の西約 130m を通っているものと想定されていたが、この結果、A 脈のもっと東側(約 350m)を通るものと推察される。この断層の位置の修正に伴って、A 脈は J 脈の南延長であるという従来の考え方は修正する必要がある。

5-2 将来への提言

5-2-1 No. 22-23 地区

Union、Atahualpa 両鉱床間に、既知鉱床に類似した規模の鉱床が賦存している可能性は低い。また、両鉱床間は鉱化期以降の侵食量(地表下 60~100m)が大きく、従って仮に鉱床が賦存していたとしても充分な可採鉱量を期待することは難しい。従って本地区に対し更に詳細な調査・探鉱を行う価値は低いと判断される。

5-2-2 B 地区

この三か年で大規模鉱脈(走向延長 500m 以上)の探鉱は一応終了したと判断される。今後は主として N-S 推定断層の西側に発達している小規模鉱脈に対したきめ細かい探鉱が必要であると考えられる。

第 II 部 各 論

第 1 章 No.22-23 地区 (Union-Atahualpa)

1-1 調査方法

本地区では物理探査のSIP法およびIP法ならびにボーリング調査を実施した。

1-2 物理探査

1-2-1 調査概要

(1) 調査目的

本地区は第二年次の地質調査により鉍脈型の鉍化帯が把握された地域である。

本年度は、本鉍化帯の平面的な広がり把握し、また地下深部への連続性を解明することを目的として IP法および SIP法による物理探査を実施した。

(2) 調査範囲

調査地域は Taltal市の南東約 30Kmに位置する。測線配置は第1-1図に示す通りである。

(3) 調査仕様

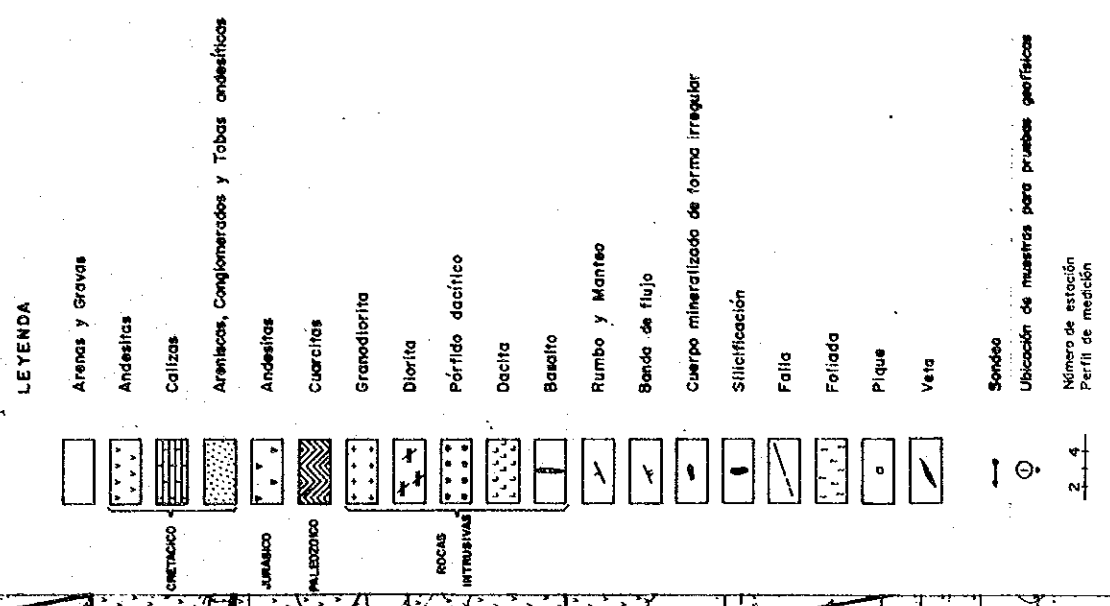
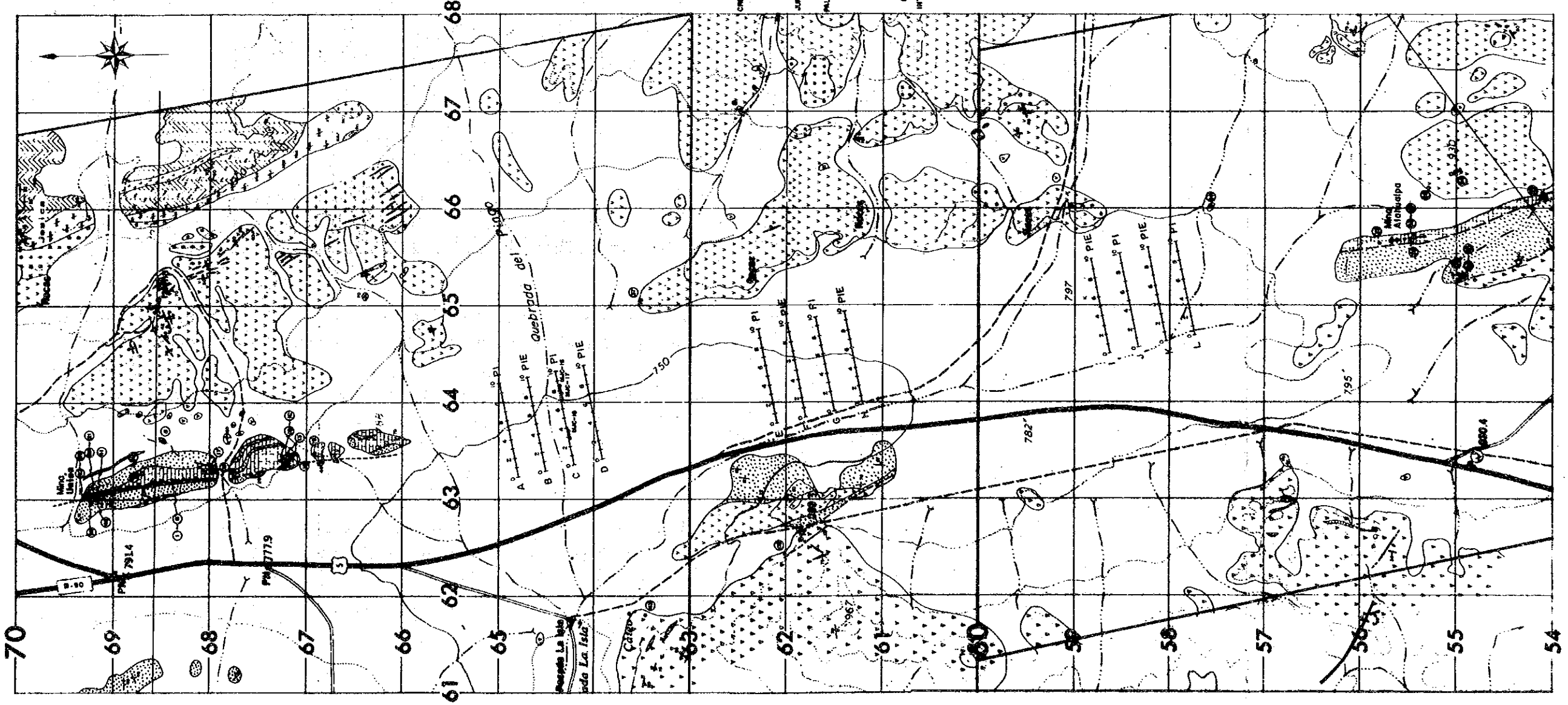
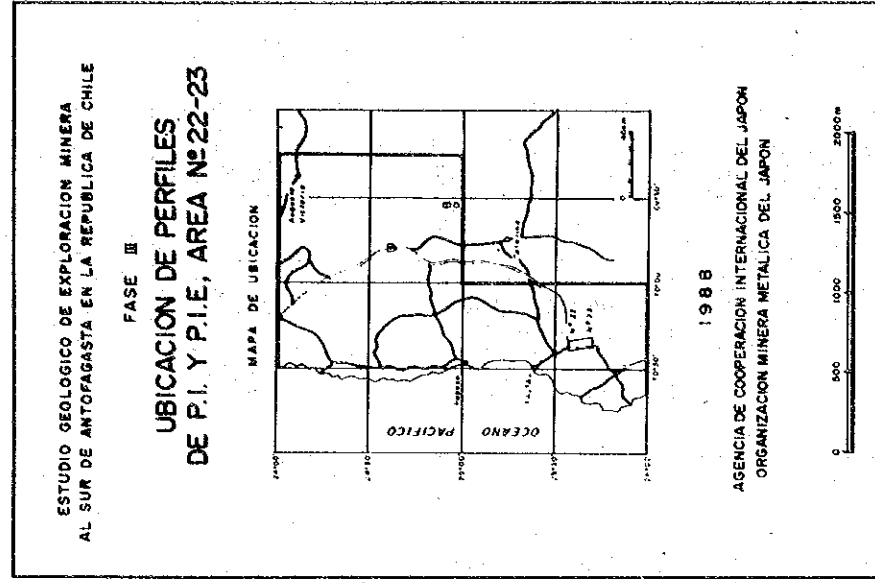
調査に関する測定諸元は 下記のとおりである。

- a. 測線長 : 12 測線 12.0 km
SIP 法 6 測線 6.0 km 180点
I P 法 6 測線 6.0 km 180点
各測線の測線長および測点数は 第1-1表に示す。
- b. 測線間隔 : 300m
- c. 電極配置 : ダイポール・ダイポール配置
- d. 電極間隔 : 水平距離 $a = 100m$
- e. 電極隔離係数 : $n = 1 \sim 5$
- f. 測定方式 : 周波数領域
- g. 測定周波数: SIP 法 0.125 Hz ~ 88 Hz (18 周波数)
I P 法 0.3 / 3.0 Hz

(4) 調査方法

SIP 法とは Spectral Induced Polarization Method の略称で、従来のIP 法が 2つの周波数における比抵抗変化を百分率で表すものであるのに対し、SIP 法は 0.01~100Hz間の多周波数での比抵抗変化および位相差等を測定するもので、従来の IP 法と原理的に同じ方法である。測定値は位相差 (Phase) および振幅 (Magnitude) のスペクトル図, コール・コール図に表現され、これらの I P 応答を解析することにより鉍種・鉍床タイプの判別や、電磁カップリング(大地の比抵抗が低い場合や、電極間隔や電極隔離係数が大きくなった場合に生じる)を除去しようとするものである。

本調査ではゾング社(米国)の開発したハーモニックスシステムを使用した。この装置は0.125, 1, 8 Hz の3つの基本波に対してそれぞれ、3倍, 5倍, 7倍, 9倍, 11倍の高調波を FFTで解析、抽出することにより、0.125 Hz~ 88 Hzまでの IP応答を測定するものである。SIP 法では位相差も測定するので、送信機側の波形観測が必要となり、そのために受信機と送信機間を結ぶ信号ケーブルを、測定する本測線から 25~30m離して平行に展開する。受信点では飽和硫酸銅溶液-銅棒を用いたポット電極 3個とプリアンプにより信号が増幅される。増幅された信号は信号ケーブル



第1-1図 測線位置図

第 1-1 表 測線長および測点数一覧表

測線名	I P 法		S I P 法	
	測線長	測点数	測線長	測点数
I 地区				
Line A	1000m	30点		
Line B			1000m	30点
Line C	1000m	30点		
Line D			1000m	30点
II 地区				
Line E	1000m	30点		
Line F			1000m	30点
Line G	1000m	30点		
Line H			1000m	30点
III 地区				
Line I			1000m	30点
Line J	1000m	30点		
Line K			1000m	30点
Line L	1000m	30点		
合計	6000m	180点	6000m	180点

で受信機本体(GDP-12/2GB)へ送られてデータ処理され、プリントアウトされる(第1-2図参照)。

一方、IP法は0.3 Hzおよび3.0 Hzの2周波数を用いた通常の周波数領域に属する手法である。

(5) 測定機器

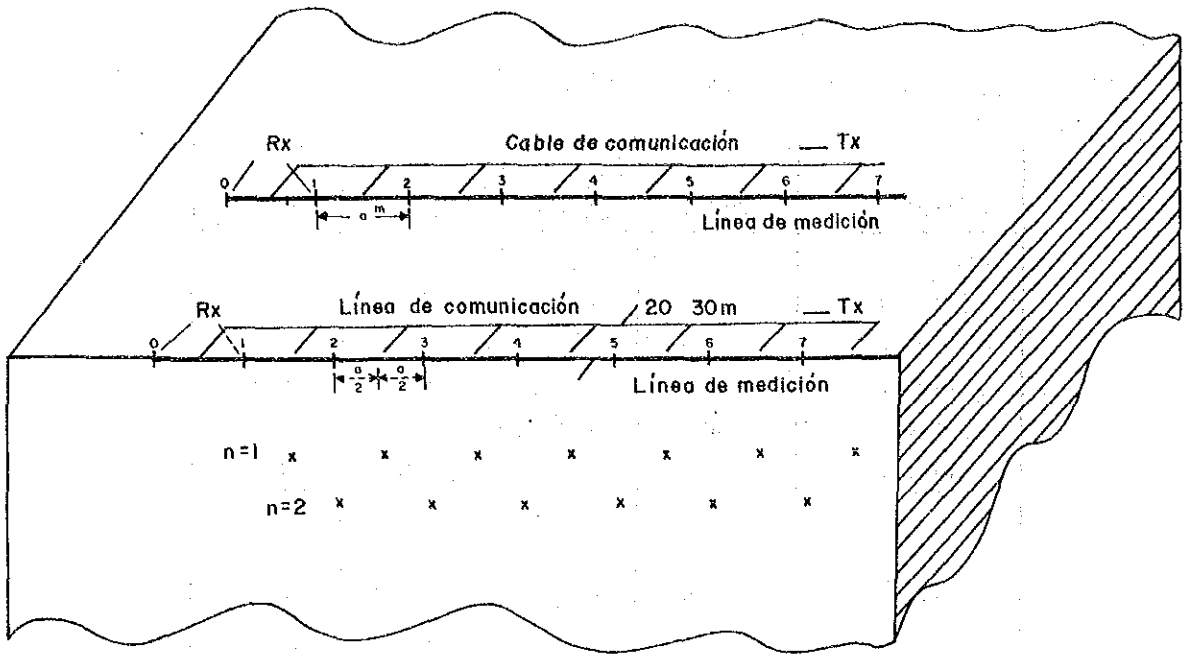
本調査に使用した測定機器を第1-2表に示す。また、測定機器のブロックダイヤグラムを第1-3図に示す。

1-2-2 データ処理

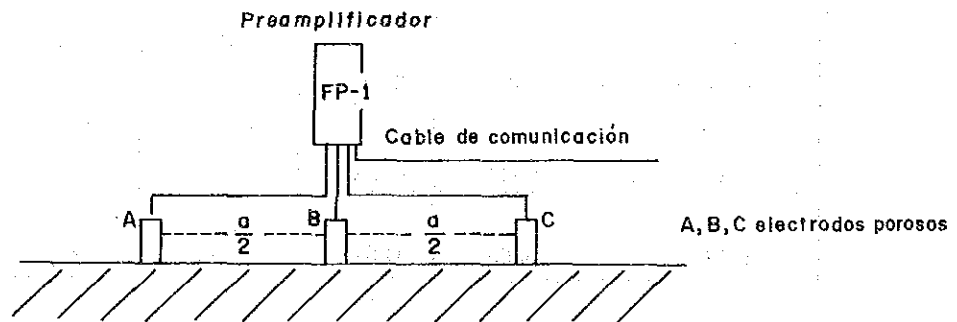
(1) 周波数効果

周波数効果(PFE)はIP法では0.3 Hzおよび3.0 Hzにおける比抵抗(ρ_a)の値から、またSIP法では0.125 Hzおよび1.0 Hzにおけるマグニチュード(M_i)から次式によって計算される。

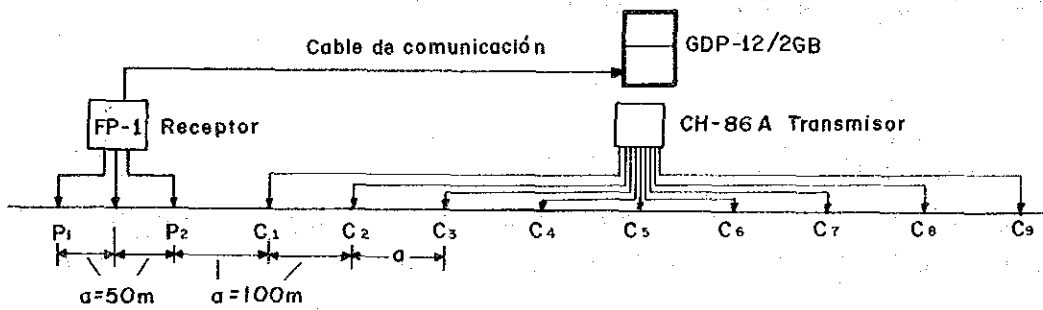
$$PFE(IP法) = \frac{\rho_a(0.3 \text{ Hz}) - \rho_a(3.0 \text{ Hz})}{\rho_a(3.0 \text{ Hz})} \times 100$$



(a) Línea de medición P.I.E.



(b) Estación receptora

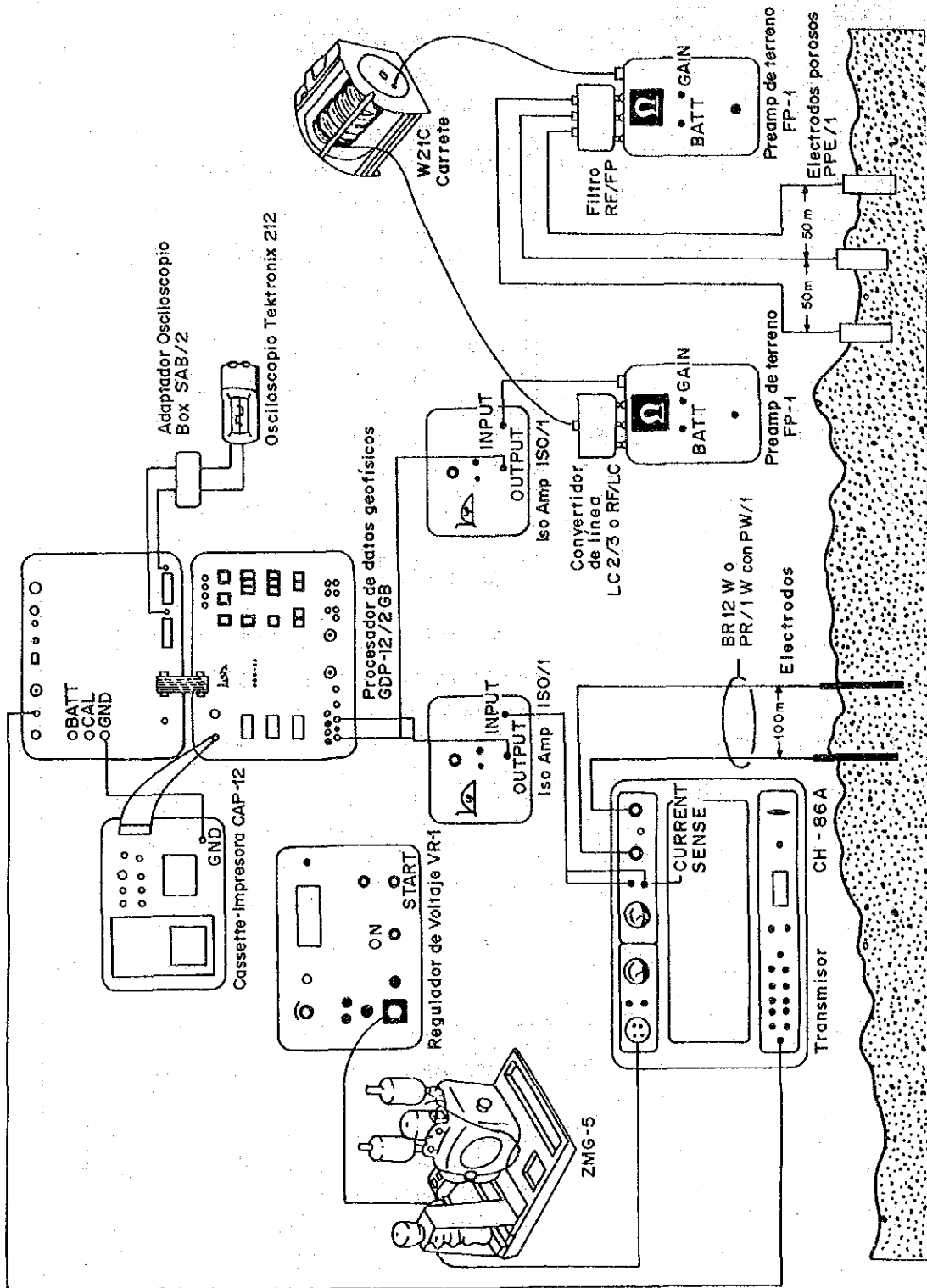


(c) Despliegue de electrodos

第 1-2 图 SIP法测定概要图

第1-2表 SIP・IP測定機器一覧表

種類	名称	仕様	数量
送信機システム	千葉電子 CH-86A SIP トランスミッター	出力電圧: 200,400,600,800,1000V 出力電流: 0.2~5.0A 出力波形: 矩形波 出力周波数: 0.125Hz~8Hz 重量: 37Kg	1台
	XMT-12 送信制御器	制御周波数: 1/1,024Hz~2,048Hz 重量: 5.8Kg 電源: 12Vバッテリー	1台
	千葉電子 Model 8104T IP トランスミッター	出力電圧: 200,350,500,650,800V 出力電流: 0.2~2.5A 出力波形: 矩形波 出力周波数: 0.1Hz~3Hz 重量: 14Kg	1台
エンジン 発電機	ゾング ZMG-5 SIP 発電機	最大出力: 5KW 周波数: 400Hz 定格電圧: 115V エンジン: 10hpl気筒空冷4サイクル	1台
	ホンダ G400 マッカラー MK-II IP 発電機	最大出力: 2KW 周波数: 400Hz 定格電圧: 115V エンジン: 5hp 1気筒空冷4サイクル	1台
SIP 受信機 システム	GDP-12/2GB	信号入力: 2チャンネル 受信周波数: 1/8~88Hz (18種類) 受信電圧感度: 0.2 μ V 重量: 15Kg 電源: 12Vバッテリー	2台
	CAP-12 ミニカセット記録計	重量: 6.2Kg 電源: 12Vバッテリー	2台
	212 オシロスコープ テクトロニクス		1台
	ISO/1 Isolation Amp		3台
	FP-1 Field Preamp		3台
IP 受信機	YDC-7505B 横浜電子	受信周波数: 0.1Hz~3Hz 受信電圧感度: 10 μ V min. (1,10,100,1000mV) 重量: 3Kg 電源: 006P バッテリー 4個	1台
電極 電線	電流電極 電位電極 送電線 信号ケーブル	ステンレス: ϕ 0.6cm,長さ61cm 飽和硫酸銅溶液非分極性電極 VSF \times 1.00mm ² ビニール電線 640m巻 シールド電線	200本 5個 8,000m 4巻
測量器材	牛方ポケットコンパス 100mエスロン間縄		2台



第 1-3 図 SIP法測定装置ブロックダイアグラム

$$\text{PFE (SIP法)} = \frac{M(0.125 \text{ Hz}) - M(1.0 \text{ Hz})}{M(1.0 \text{ Hz})} \times 100$$

(2) 見掛比抵抗

見掛比抵抗(AR)は次式によって算出される。

$$A R = \pi a \cdot n (n+1)(n+2) \cdot V/I \quad (\text{ohm-m})$$

ここで a : 電極間隔 (m) n : 電極隔離係数
 V : 受信電圧 (Volt) I : 送信電流 (Amp)

(3) スペクトル

SIP フィールド測定で得られるデータは各周波数における信号の実数成分 (Real part) 虚数成分 (Imaginary part) および基本波の見掛比抵抗、位相差、入力信号の振幅等である。これらのデータから次のスペクトル図が得られる。

- ① コール・コール図 (Cole-Cole Diagram)
- ② マグニチュードスペクトル図 (Magnitude Spectrum)
- ③ 位相差スペクトル図 (Phase Spectrum)

1) コール・コール図 (Cole-Cole Diagram)

コール・コール図は横軸に実数成分、縦軸に虚数成分をとり、各周波数のプリントアウトデータをプロットしたもので第1-4図にその一例を示す。同図における θ_i および M_i は、それぞれ位相角 (Phase angle)、振幅 (Magnitude) と呼ばれている。

コール・コール図は鉱種や岩種などによっては特有なスペクトルを示すことが知られている。

Zonge et al の研究によれば、第1-5図に示すような3つのタイプに分けられる。すなわち、硫化鉱物、強変質、グラファイトでは、右上がり (Type A)。少量の黄鉄鉱を含むもの、中程度の変質では水平 (Type B)。弱変質、沖積層、新鮮な火成岩、石灰岩等では右下さがり (Type C) を示す。本調査でもコール・コール図の判定にはこの3種のタイプ分けに準拠した。

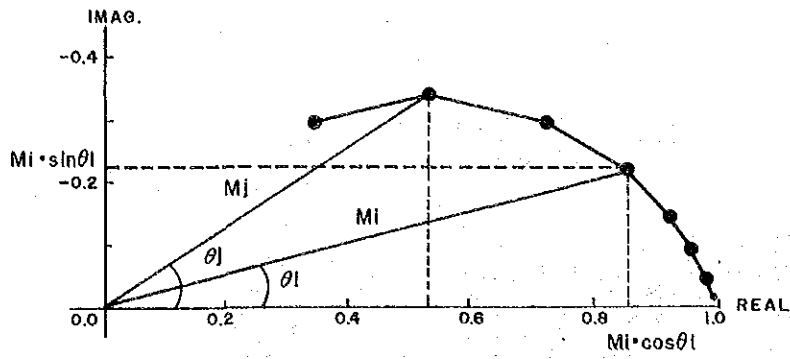
2) マグニチュード・スペクトル図 (Magnitude Spectrum)

マグニチュードとは第1-4図の M_i や M_j のことで、フィールドデータの実数成分および虚数成分から容易に求められる。この値は最低周波数 (0.125 Hz) のマグニチュード (M_0) で割算され正規化される。これらのマグニチュードを縦軸に、横軸には周波数をとってプロットしたものがマグニチュード・スペクトル図である (第1-6図)。

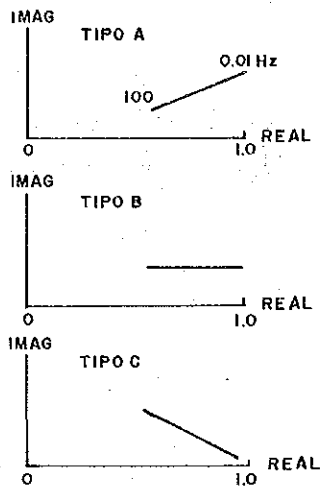
マグニチュード・スペクトル図では、鉱化作用、変質のない新鮮な岩石はほとんどフラットであり強変質、硫化鉱物、グラファイト等では高い周波数で下がるスペクトルを示す。

3) 位相差スペクトル (Phase Spectrum)

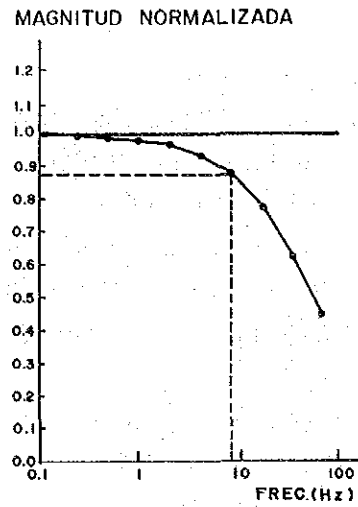
位相差スペクトル図は第1-4図の位相角 θ を縦軸に、周波数を横軸にプロットしたものである (第1-7図 (a))。フィールドで測定されるデータには本来の IP 効果 (第1-7図 (b) 実線 A) と電



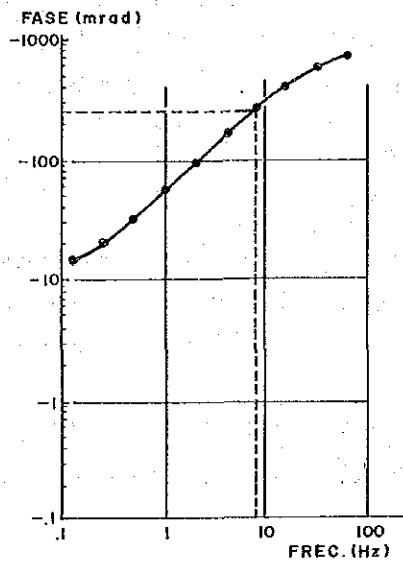
第 1-4 図 コール・コール図



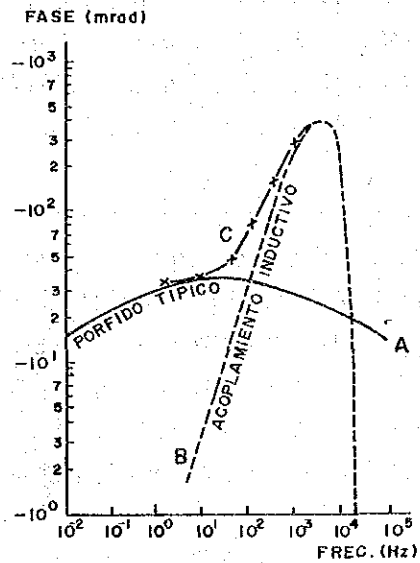
第 1-5 図 スペクトルのタイプ



第 1-6 図 マグニチュードスペクトル図



第 1-7 図 位相差スペクトル図



第 1-8 図 電磁カップリングを含む
位相差スペクトル図

磁カップリングによる偽の IP効果(同図破線B)が含まれており、両者が合成された同図 Cで示される X-X線がフィールドデータとしてえられる。

(4) デカップリング

フィールドデータから電磁カップリングで生じる偽のIP効果分を除去することをデカップリングと呼んでいる。以下電磁カップリング除去法について述べる。

デカップリング法

SIP測定値に対する電磁カップリングの除去法は、P. G. HallofとW. H. Pelton (1980) の考案した方法に準じている。この方法の概略を以下に述べる。

SIP測定で得られる複素インピーダンス $Z_A(f)$ を次式で近似する。

$$Z_A(f) = R_0 \left[1 - m_1 \left\{ 1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_1) c_1} \right\} - m_2 \left\{ 1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_2) c_2} \right\} + m_3 \left\{ 1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_3) c_3} \right\} \right]$$

ここに、 m は充電率、 τ は時定数、 C は周波数従属、および f は周波数である。式は次の3つの項に分類される。

$$1 - m_1 \left\{ 1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_1) c_1} \right\} \quad (1)$$

$$- m_2 \left\{ 1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_2) c_2} \right\} \quad (2)$$

$$+ m_3 \left\{ 1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_3) c_3} \right\} \quad (3)$$

この3つの項はそれぞれ第(1)項がIP応答、第(2)項が均質大地による電磁カップリング、および(3)項が良電導体による電磁カップリングの量を表現したものである。非線型最小二乗法により、SIP測定値を用いて上式の10個のパラメータ $P(R_0, m_1, \tau_1, c_1, m_2, \tau_2, c_2, m_3, \tau_3, c_3)$ を決定する。上式から電磁カップリングを表現する第(2)および第(3)項を除去し、IP応答だけによる複素インピーダンス $Z_{co}(f)$ を求める。

$$Z_{co}(f) = \left[1 - m_1 \left\{ 1 - \frac{1}{1 + (i2\pi f \tau_1) c_1} \right\} \right]$$

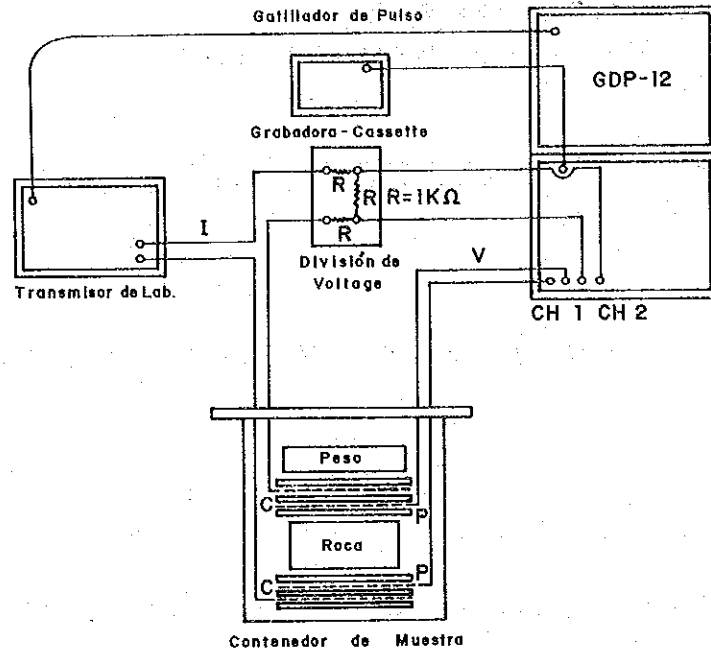
(5) 岩石試料測定

測定は次の手順によった。

- ① 試料の整形：試料は標準サイズとして、1辺が3cmの立方体に整形した。
- ② 水浸：試料が十分に湿潤状態となるよう、24時間蒸留水に浸す。

③ 測定：第1-9図に測定装置の概要図を示す。実験用送信機(Labo. Transmitter)を除き、すべてフィールドと同じ測定機器および測定方法である。電流値は5~30 μ Aを標準とした。

本調査では地域内の地表岩石試料41個の試料についてSIP測定を行い、位相差およびマグニチュードのスペクトル、コール・コール特性、PFE、比抵抗値を調べた。試料の採取位置は測線位置図(第1-1図)に示した。



第1-9図 岩石試料測定装置

1-2-3 解析結果

周波数効果(PFE)および見掛比抵抗(AR)については、IP測線とSIP測線のデータを一括し、平面図および擬似断面図として表示した。平面図は、電極隔離係数 $n=1, 2, 3$ の3平面について作成した。

SIP 応答に関しては、位相差断面図および各種スペクトル図として擬似断面表示した。

(1) 周波数効果および見掛比抵抗

PFE は、0.5%から2.7%の範囲にあり、平均値(M)は1.58%、標準偏差(δ)は0.42%である。これから求まる $M+\delta=2.0\%$ を調査地域のPFE異常域を抽出する基準値とした。

ARは10 ohm-mから159 ohm-mの範囲にあり、これを対数値で統計処理して求めた平均値は29.5 ohm-mである。また、標準偏差0.2(対数値)から求めた $M+\delta$ および $M-\delta$ の値は46.8 ohm-mおよび18.6 ohm-mである。この結果から、今回の調査で得たARの高、低を区別するに際しては、40~50 ohm-mおよび15~20 ohm-mをそれぞれの基準値とした。

なお、PFEおよびARの測線別ヒストグラムを第1-10図に示す。

1) 擬似断面図

i) I 地区 (第1-11図, PL.1)

a. PFE

2.0%以上のPFEが得られた測点をまとめると下表の通りである。

測線名	測点番号	電極隔離係数	測定点数	PFE最大値
A	1~4	n=1~2	4	2.3%
	5~6	n=3	1	2.0%
	7~8	n=1	1	2.0%
B	2	n=2	1	2.1%
	3~4	n=5	1	2.0%
	5~6	n=5	1	2.0%
	6~7	n=1	1	2.0%
C	1~5	n=1~3	9	2.7%
	6~9	n=1~4	6	2.6%
D	4~8	n=1	4	2.5%

また、1.5%以上のPFEは、A測線のn=1~4、B測線のn=1~3とn=5、C測線のn=1~4およびD測線のn=1~3とn=5に分布する。なお、I地区で2.0%以上のPFE最大値2.7%を得ている。

b. AR

A測線からD測線にわたって測線中央部にやや低いAR(21~29 ohm-m)を把握した。40 ohm-m以上の高いARはA測線およびB測線の測点2~5間と、A~D測線の東端深部に認められる。

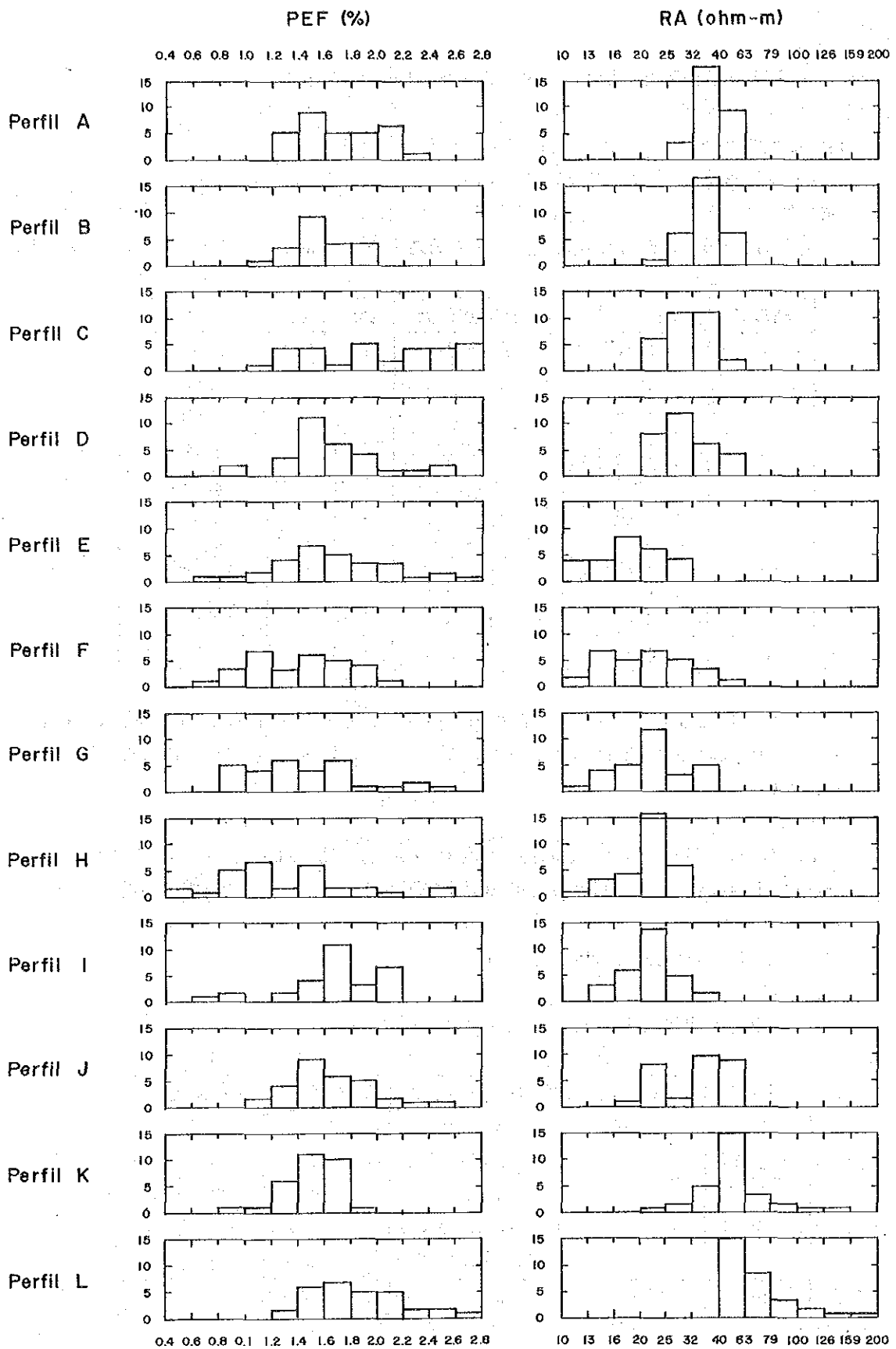
ii) II 地区 (第1-12図, PL.2)

a. PFE

2.0%以上のPFEが得られた測点は次の通りである。

測線名	測点番号	電極隔離係数	測定点数	PFE最大値
E	1~4	n=1~2	4	2.6%
	5~6	n=1	2	2.4%
F	1~2	n=1	1	2.0%
G	1~3	n=1~3	3	2.4%
	5~6	n=1	1	2.1%
H	1~4	n=1	3	2.4%

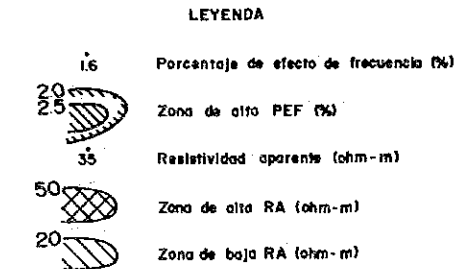
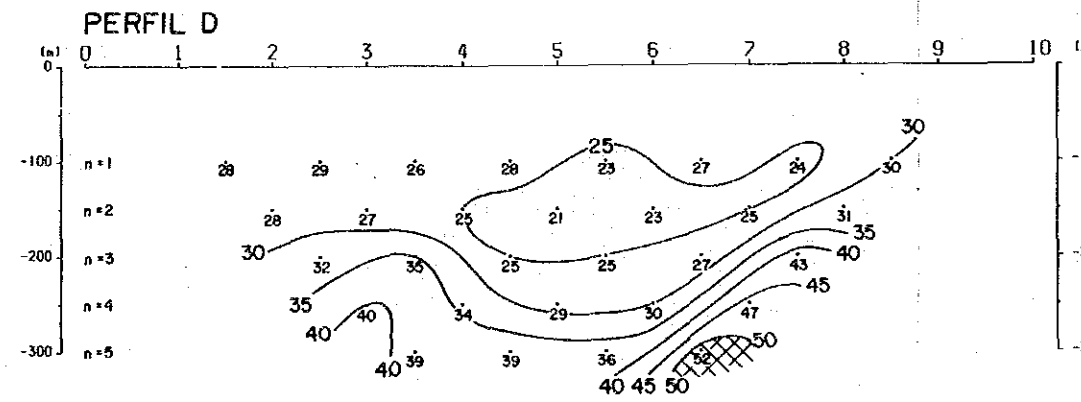
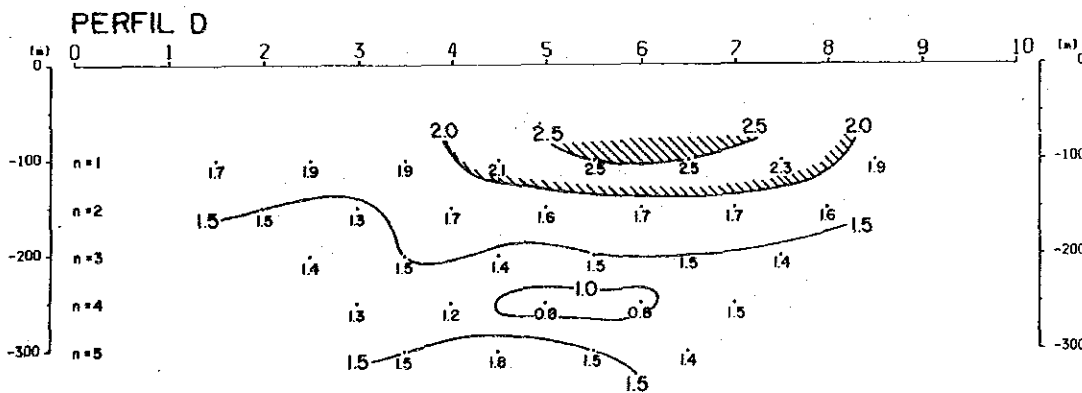
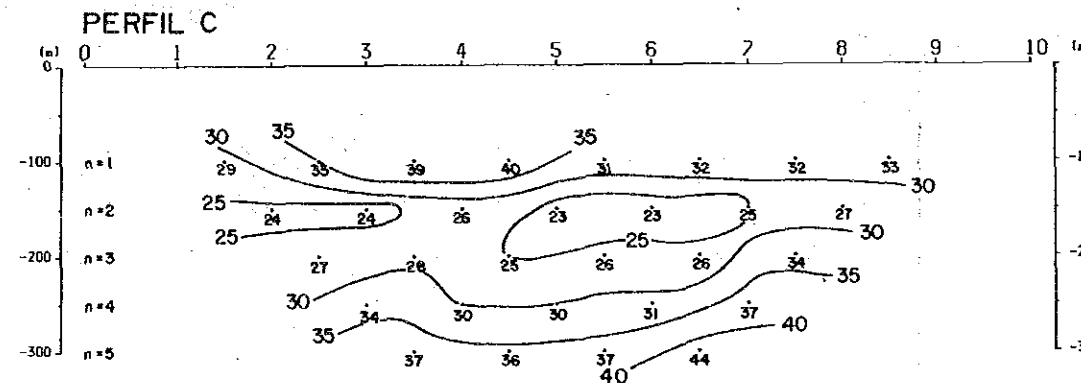
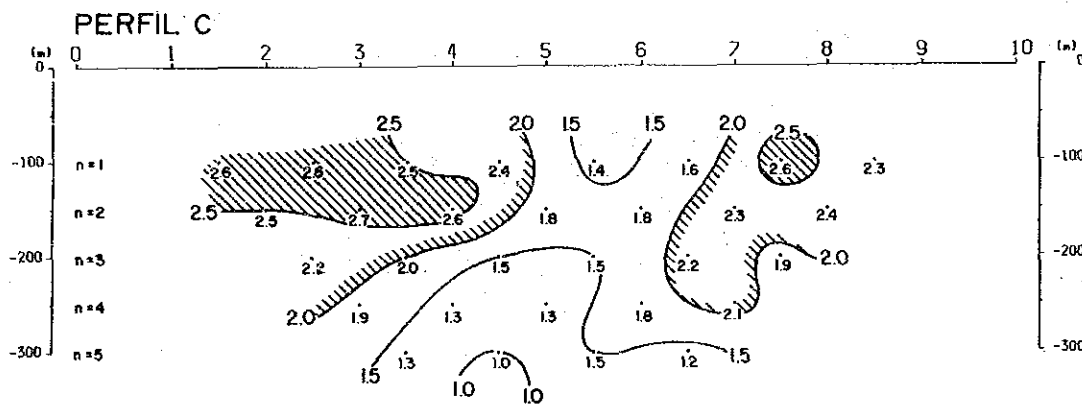
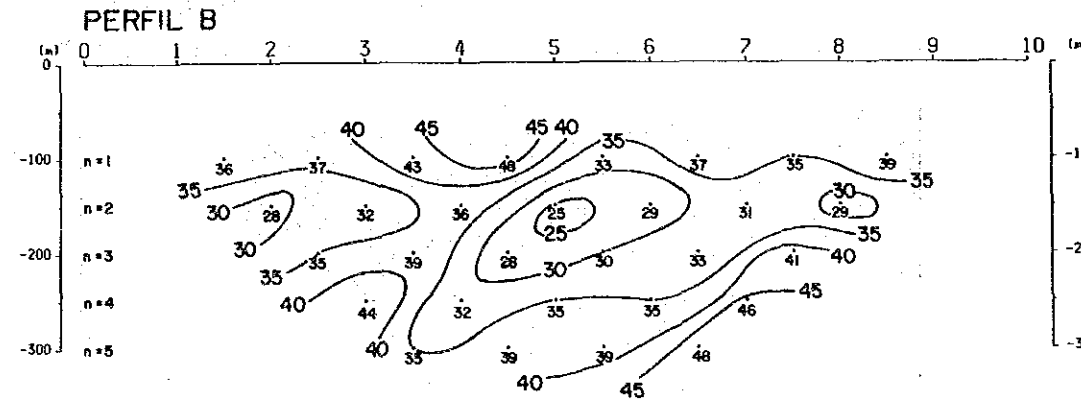
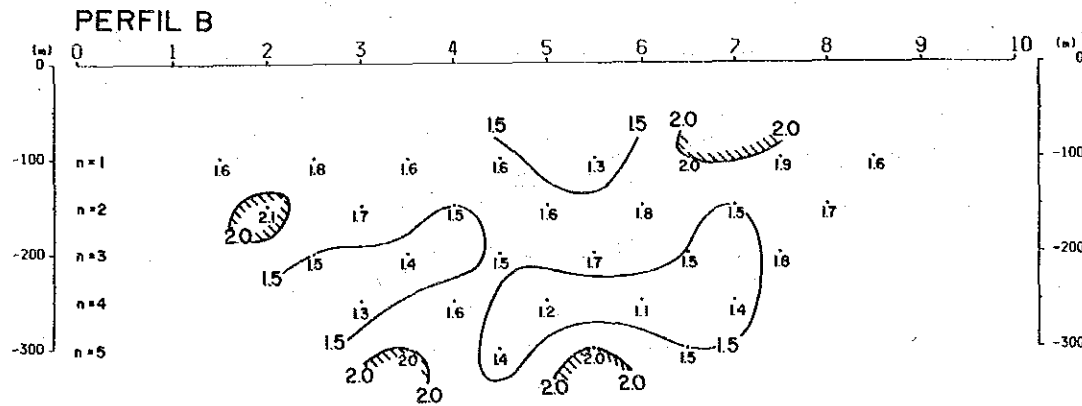
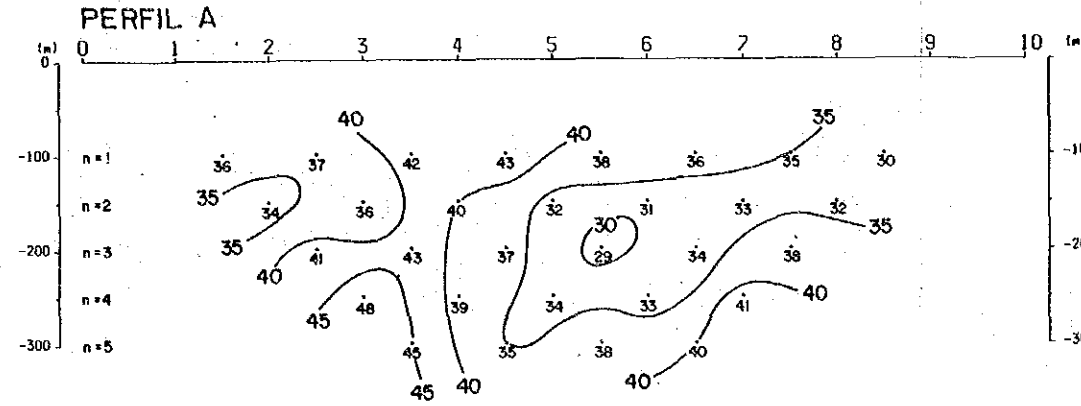
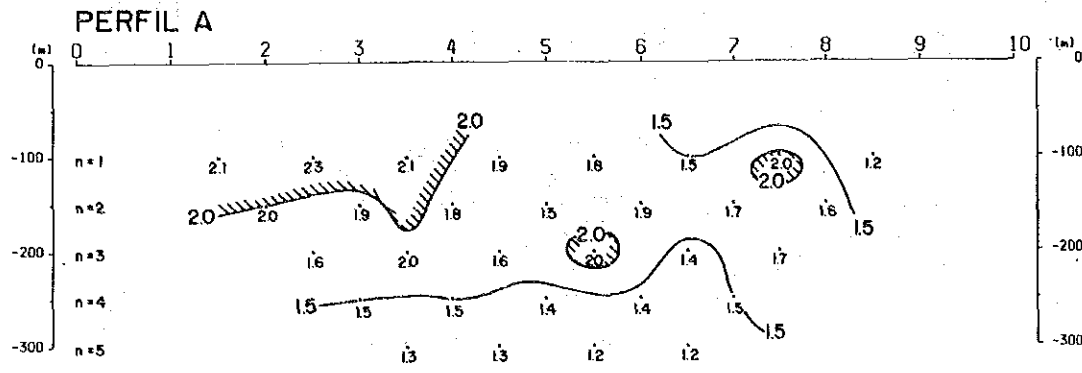
1.5%以上のPFEは、E測線からH測線にかけて各測線の測点6の西方に認められる。また、1.5%より低いPFEは各測線の東端から中央深部にかけて分布する。



第 1-10 図 PFE・見掛比抵抗ヒストグラム

EFFECTO DE FRECUENCIA (%)

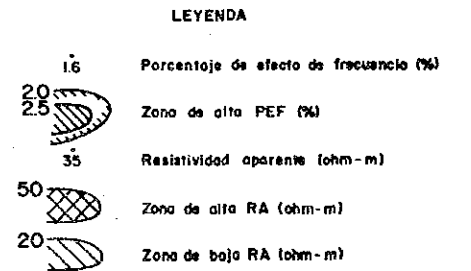
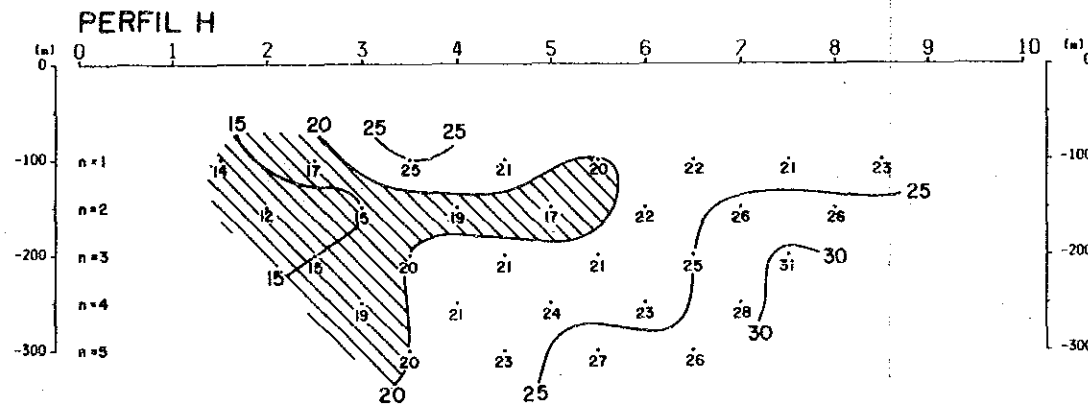
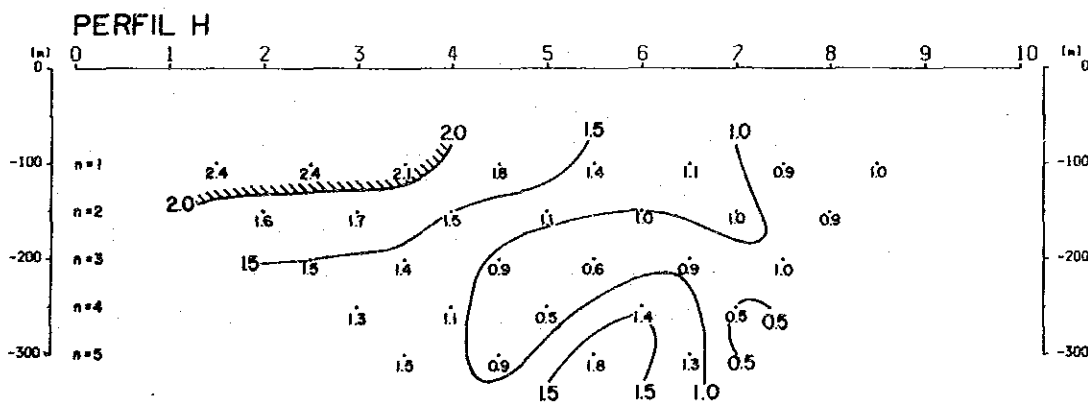
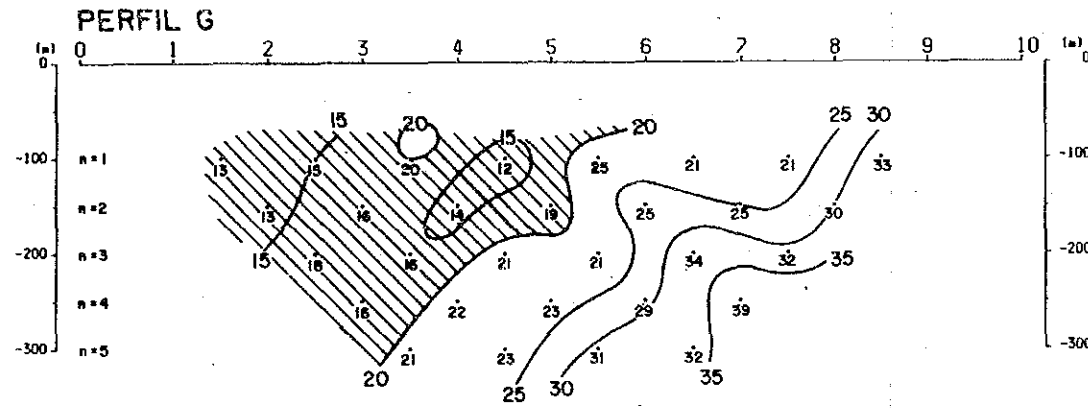
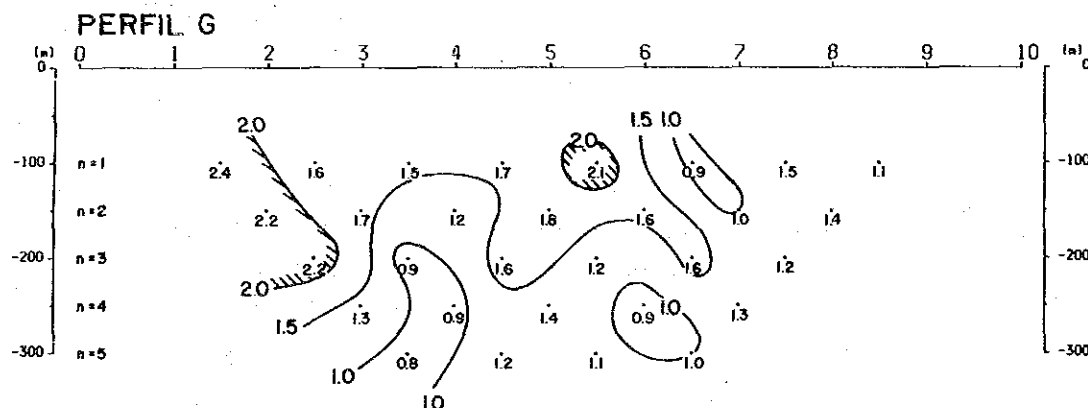
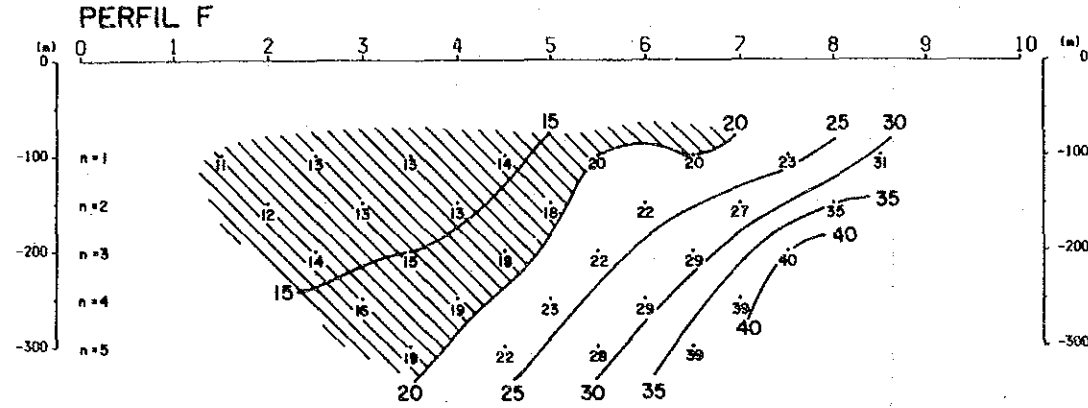
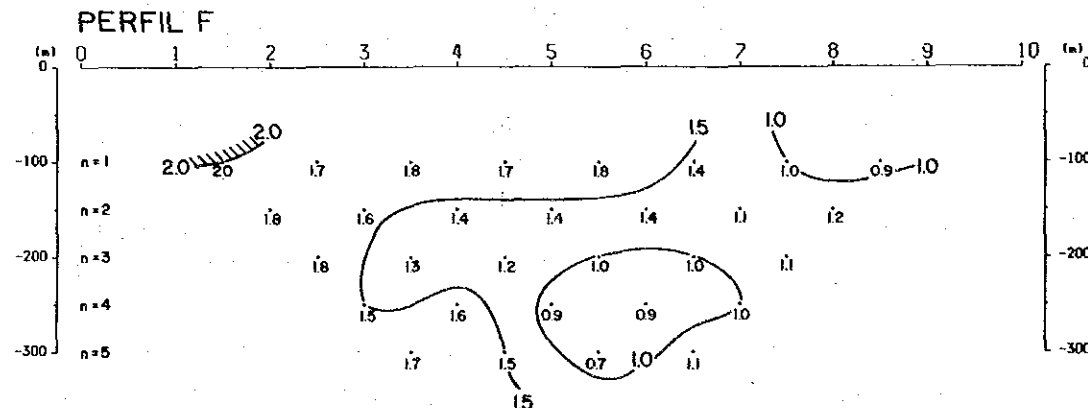
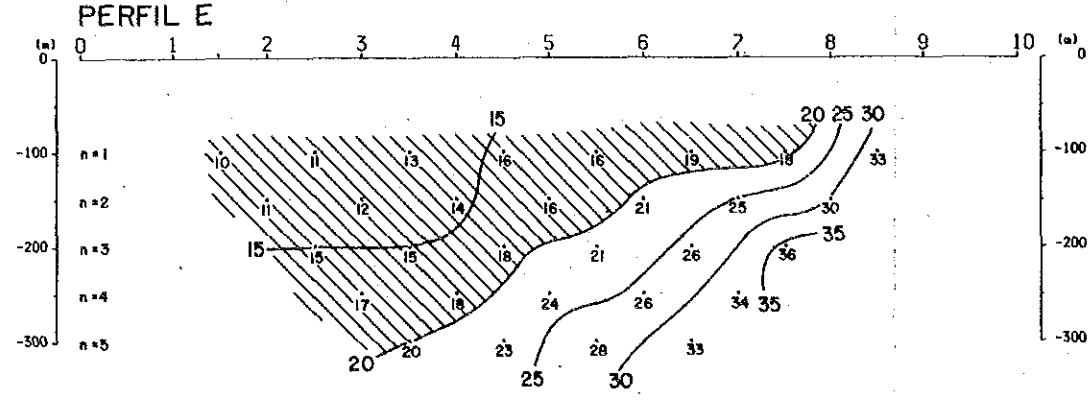
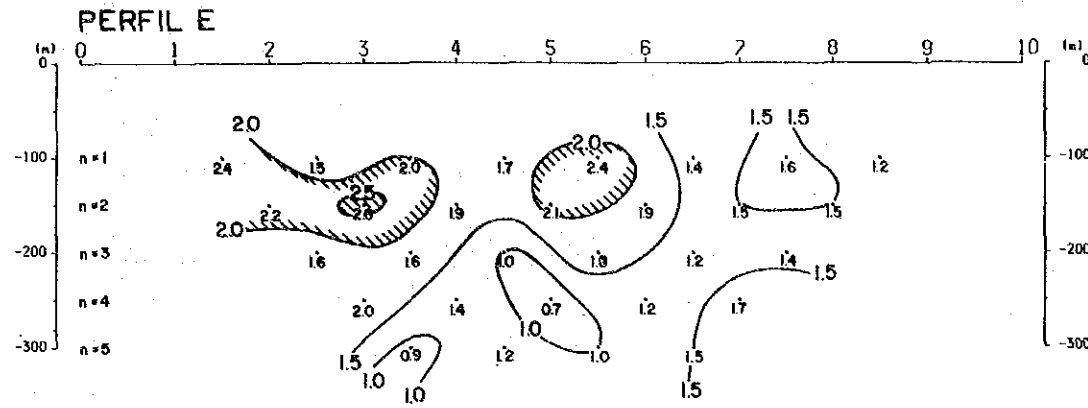
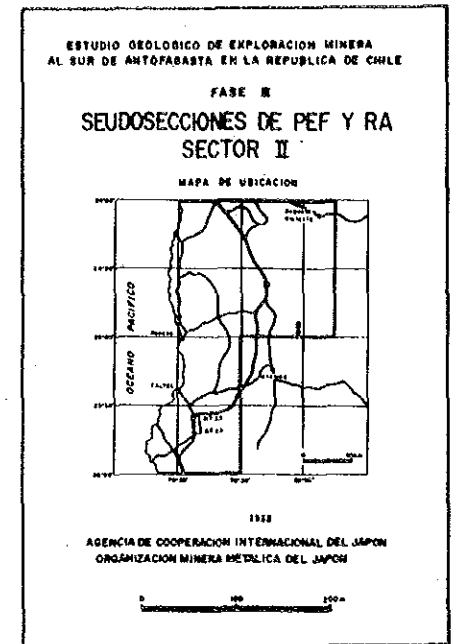
RESISTIVIDAD APARENTE ($\Omega\text{-m}$)



第 1-11 图 PFE・見掛比抵抗断面图 (I 地区)

EFFECTO DE FRECUENCIA (%)

RESISTIVIDAD APARENTE (Ω -m)



第 1-12 图 PFE・見掛比抵抗断面图 (II 地区)

b. A R

E測線からH測線にわたり全域が 40 ohm-m以下である。

各測線を通じて、西部に 20 ohm-m以下の AR低異常域が分布し、東部では ARが深部へ向けて高くなる傾向を示す。

ii) II 地区 (第1-13図, PL. 3)

a. PFE

2.0%以上の PFEが得られた測点は次の通りである。

測線名	測点番号	電極隔離係数	測定点数	PFE最大値
I	3~5	n=1~2	3	2.0%
	6~7	n=2~4	3	2.1%
	8~9	n=1	1	2.0%
J	3~5	n=2~4	4	2.4%
K	-	-	0	-
L	2~6	n=1~3	7	2.6%
	5~6	n=3~4	3	2.5%

1.5%以上の PFEはL測線に広く認められる。また、I、Jおよび L測線の深部、J測線の浅部および K測線の中央部と東端部には 1.5%以下の PFEが分布する。

b. A R

J、K およびL測線で 50 ohm-m以上の AR高異常域を把握した。それぞれの測線での AR最大値は 54 ohm-m、132 ohm-mおよび 159 ohm-mである。なお、L測線で把握した 159ohm-mは、今回の調査で得た最大値である。

2) 平面図

i) I 地区

a. PFE (第1-14図~第1-16図、PL. 4~PL. 9)

n = 1 平面では、2.0%以上の PFEが C測線から D測線にかけて広く分する。C測線では、この 2.0%以上の PFEが n = 2および n = 3の平面においても認められる。

b. A R (第1-17図~第1-19図、PL. 7~PL. 9)

n = 1平面では、当地区北西部に 40ohm-m前後の高い ARが分布する。n = 3平面では、当地区中央部を南北に延びる 30 ohm-m 前後のやや低い AR域が認められる。

ii) II 地区

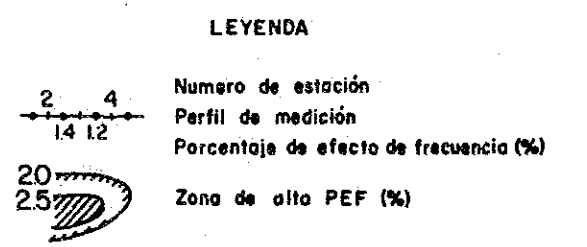
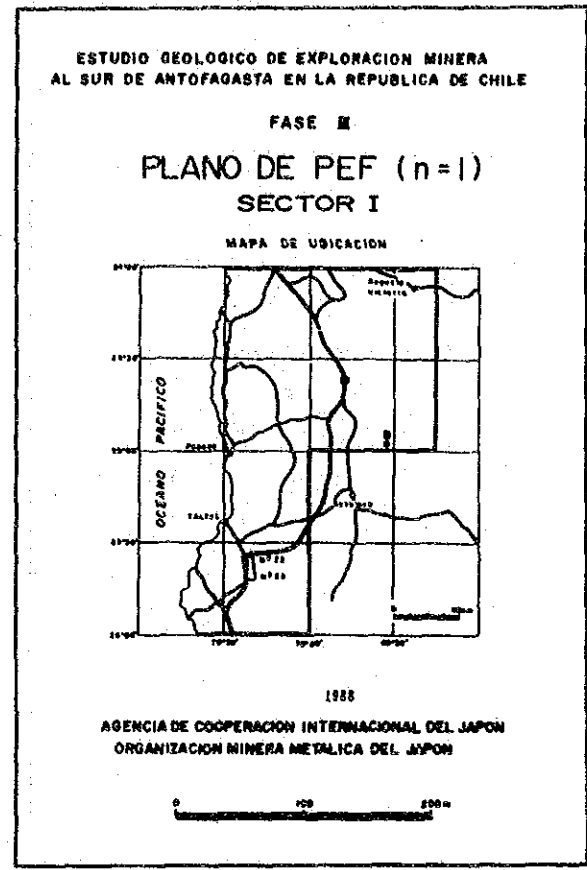
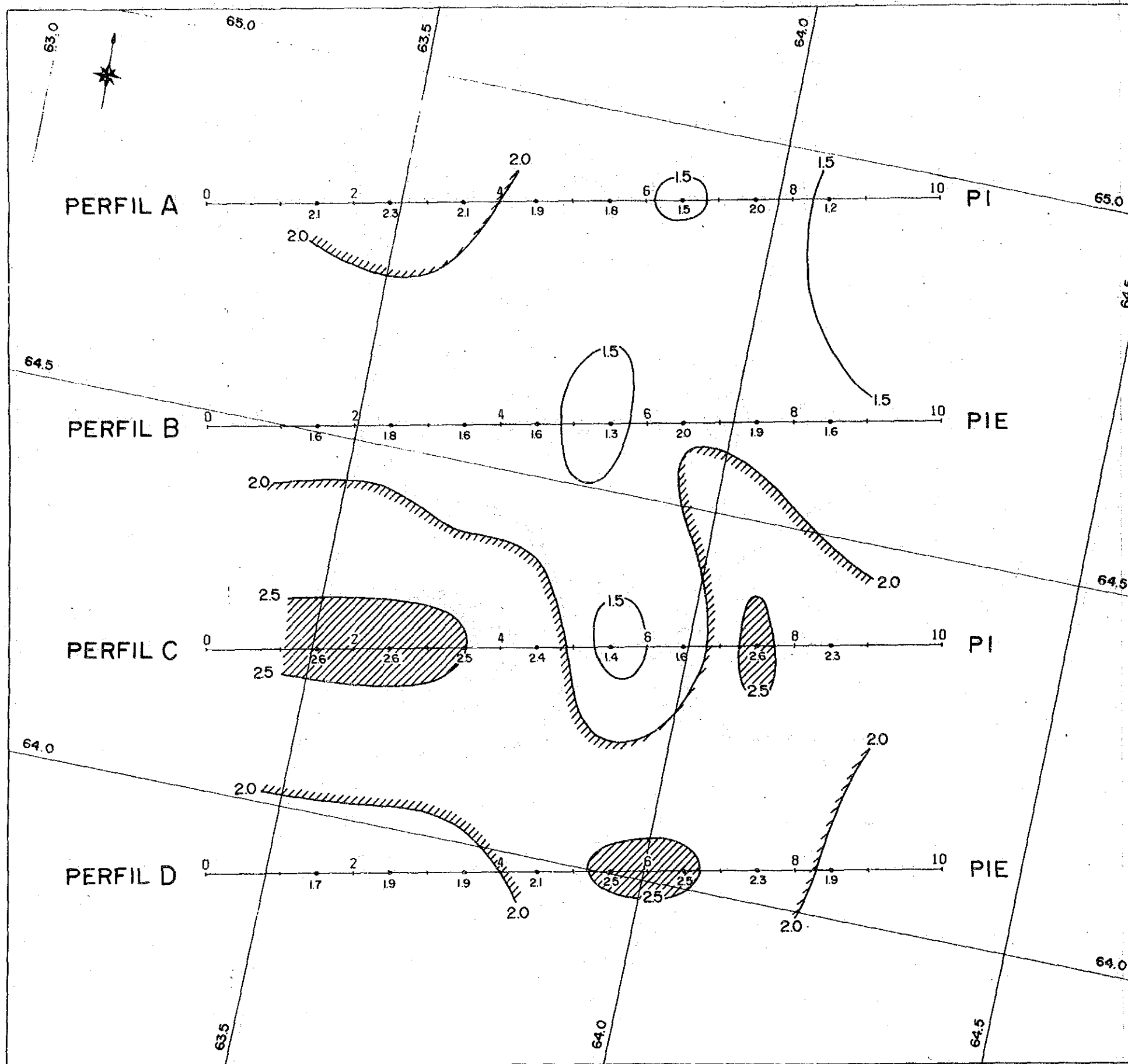
a. PFE (第1-20図~第1-22図、PL. 10~PL. 12)

n = 1平面では、2.0%以上の PFE が当地区西端部、E測線中央部および G測線 中央部に分布する。n = 3平面では、G測線西端部を除き 2.0%以上の PFEは認められない。当地区の東部は n = 1~3 いずれの平面においても 1.5%以下の PFE が分布する。

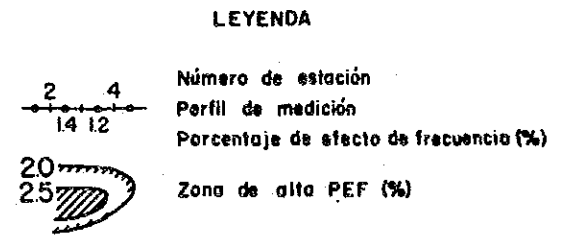
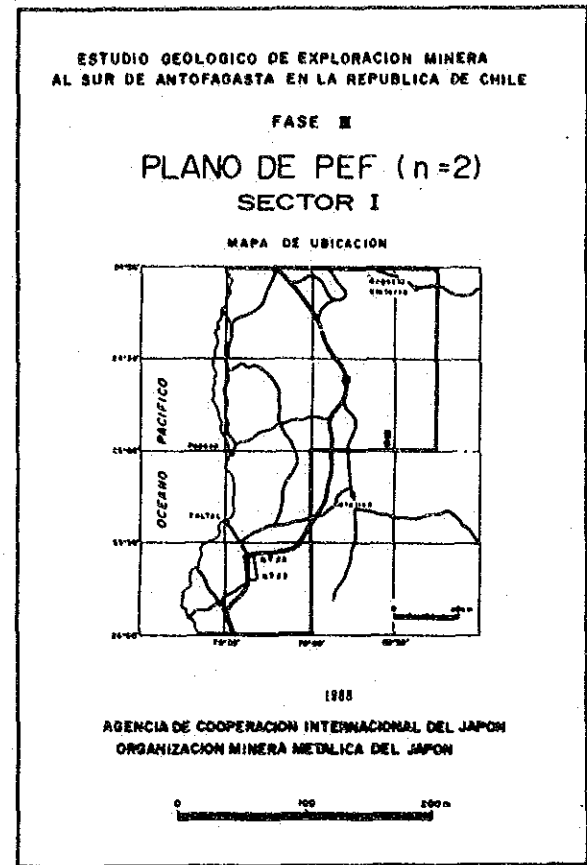
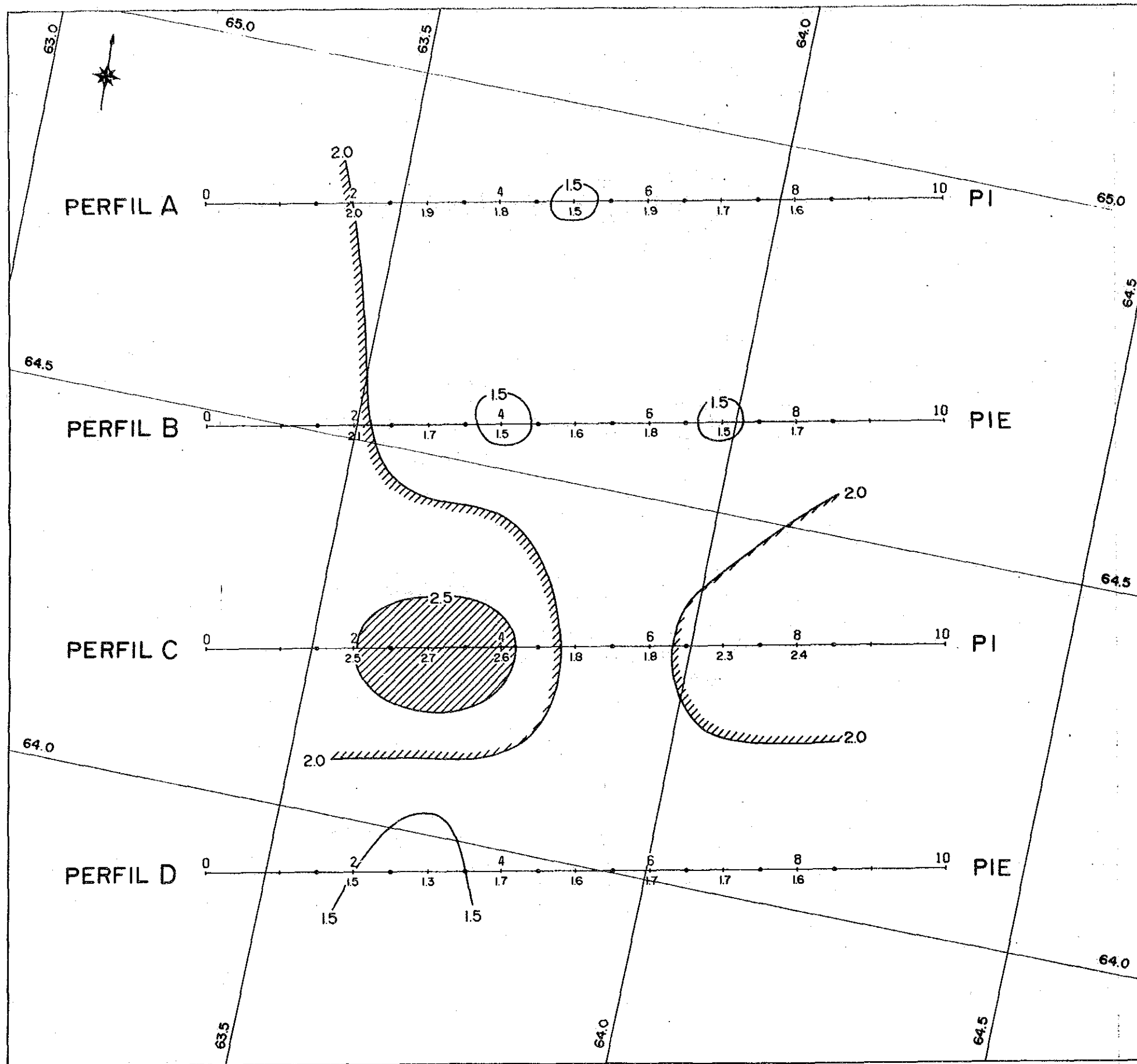
b. A R (第1-23図~第1-25図、PL. 13-PL. 15)

n = 1~3 いずれの平面でも当地区西から東に向けて AR は高くなる特徴を有する。なお、当地区西部は 20ohm-m以下の AR低異常域となっている。

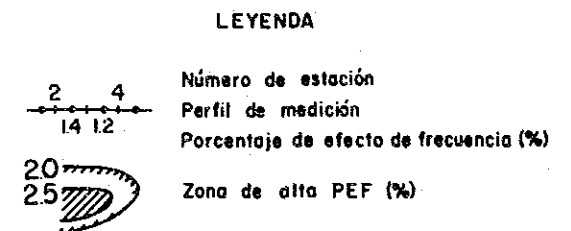
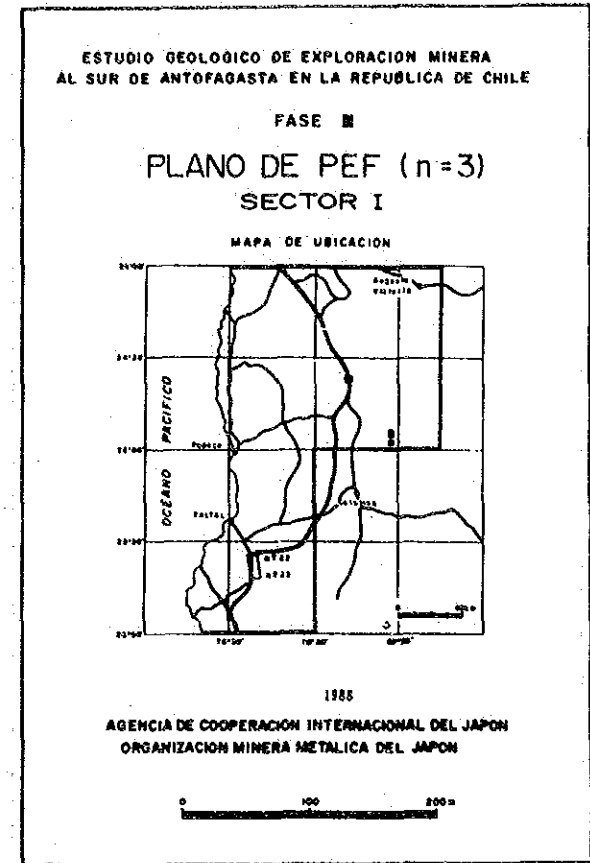
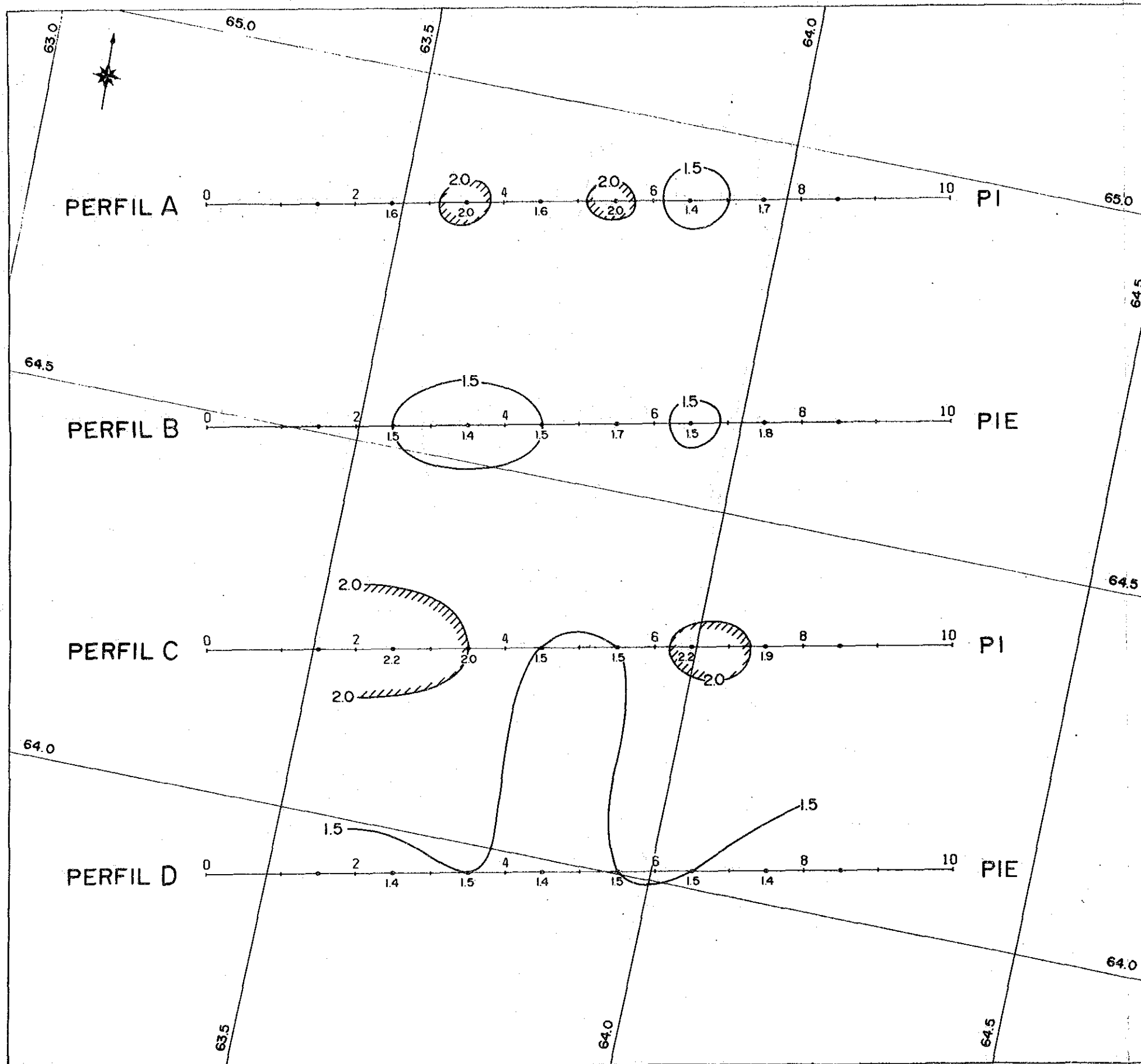
The following text is extremely faint and illegible. It appears to be a document with multiple paragraphs of text, but the content cannot be discerned due to the low contrast and blurriness of the scan. The text is organized into several distinct sections, likely separated by headings or subheadings, but the specific words and sentences are unreadable.



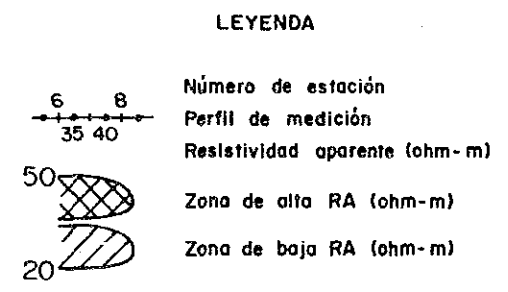
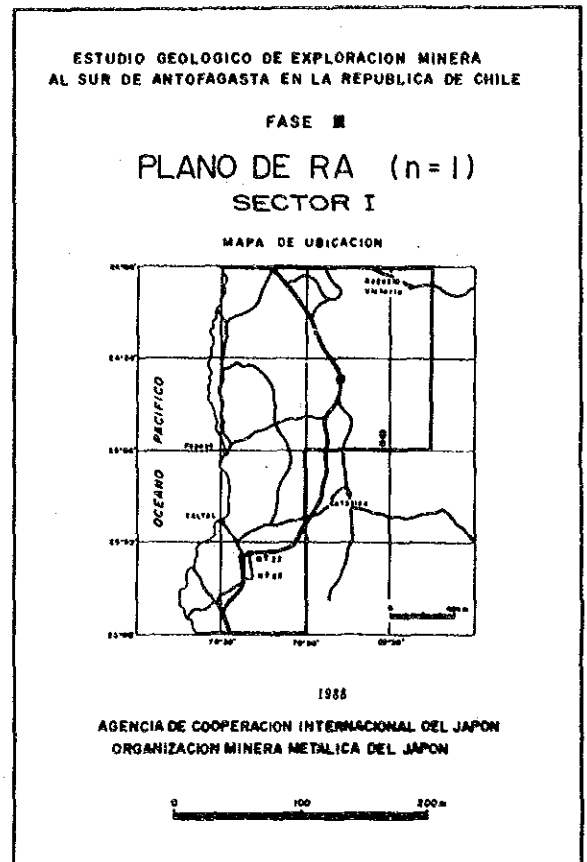
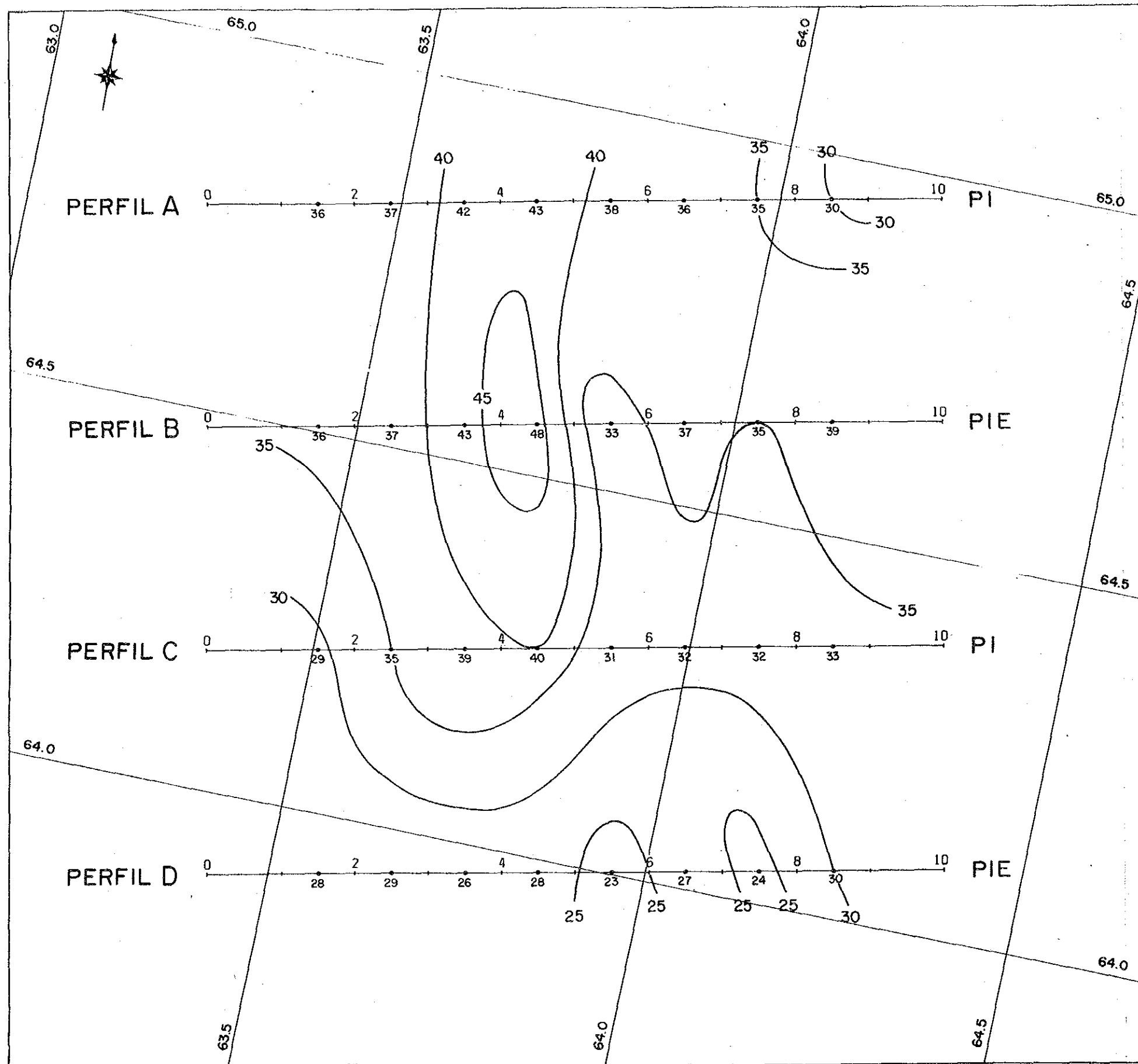
第 1-14 图 PFE平面图 (n=1, I地区)



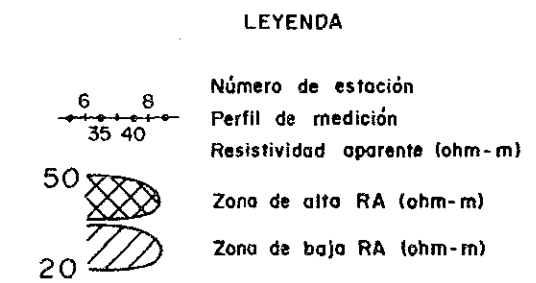
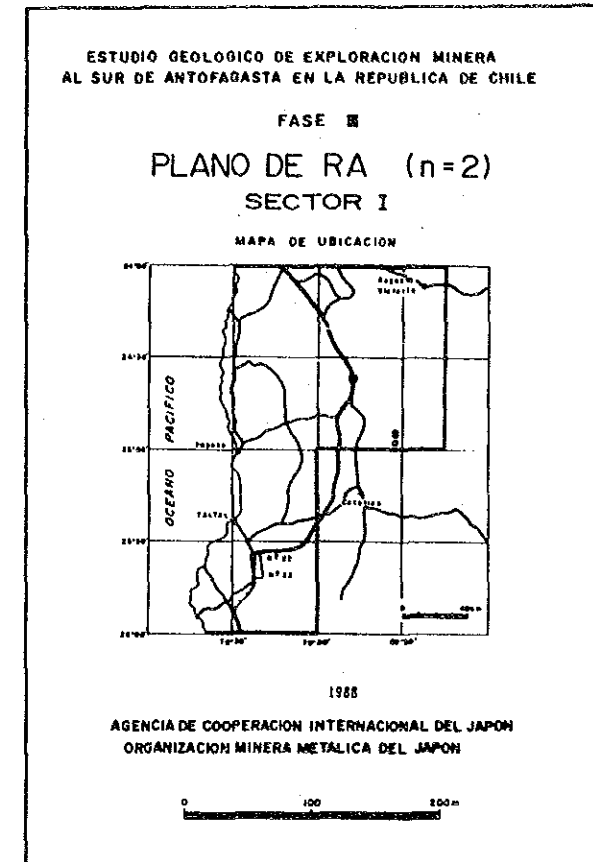
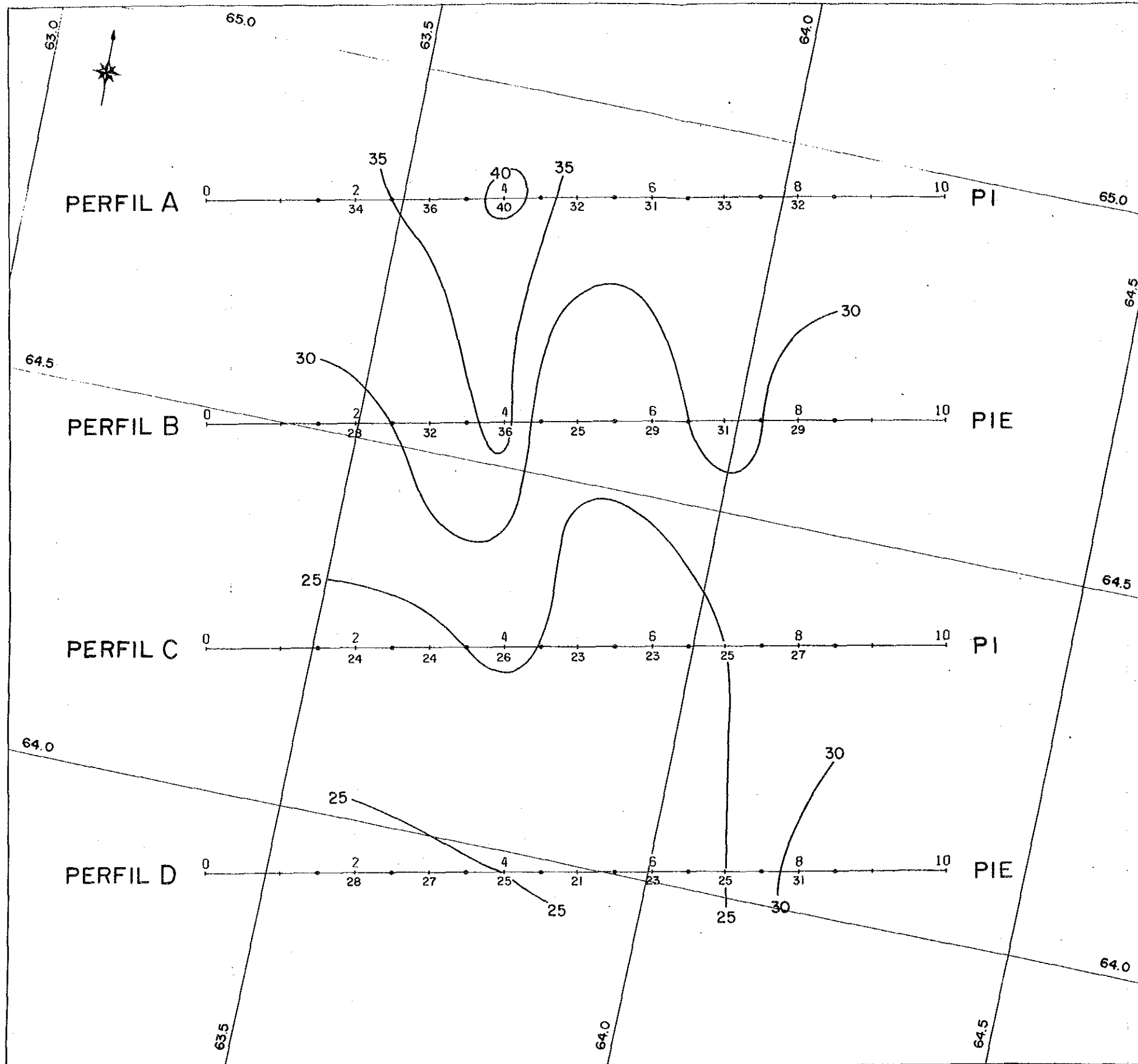
第 1-15 图 PFE平面图 (n=2, I地区)



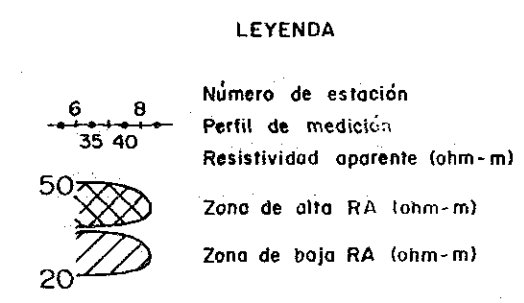
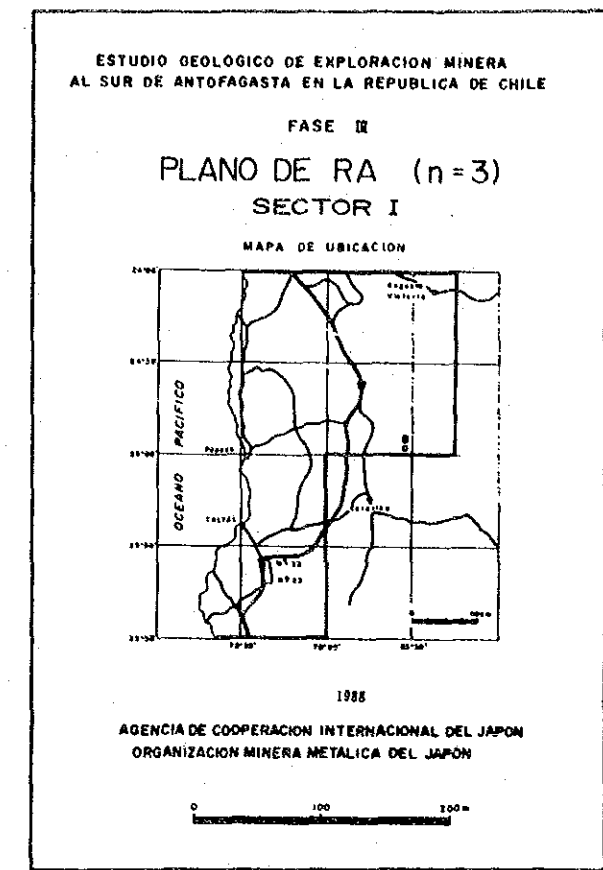
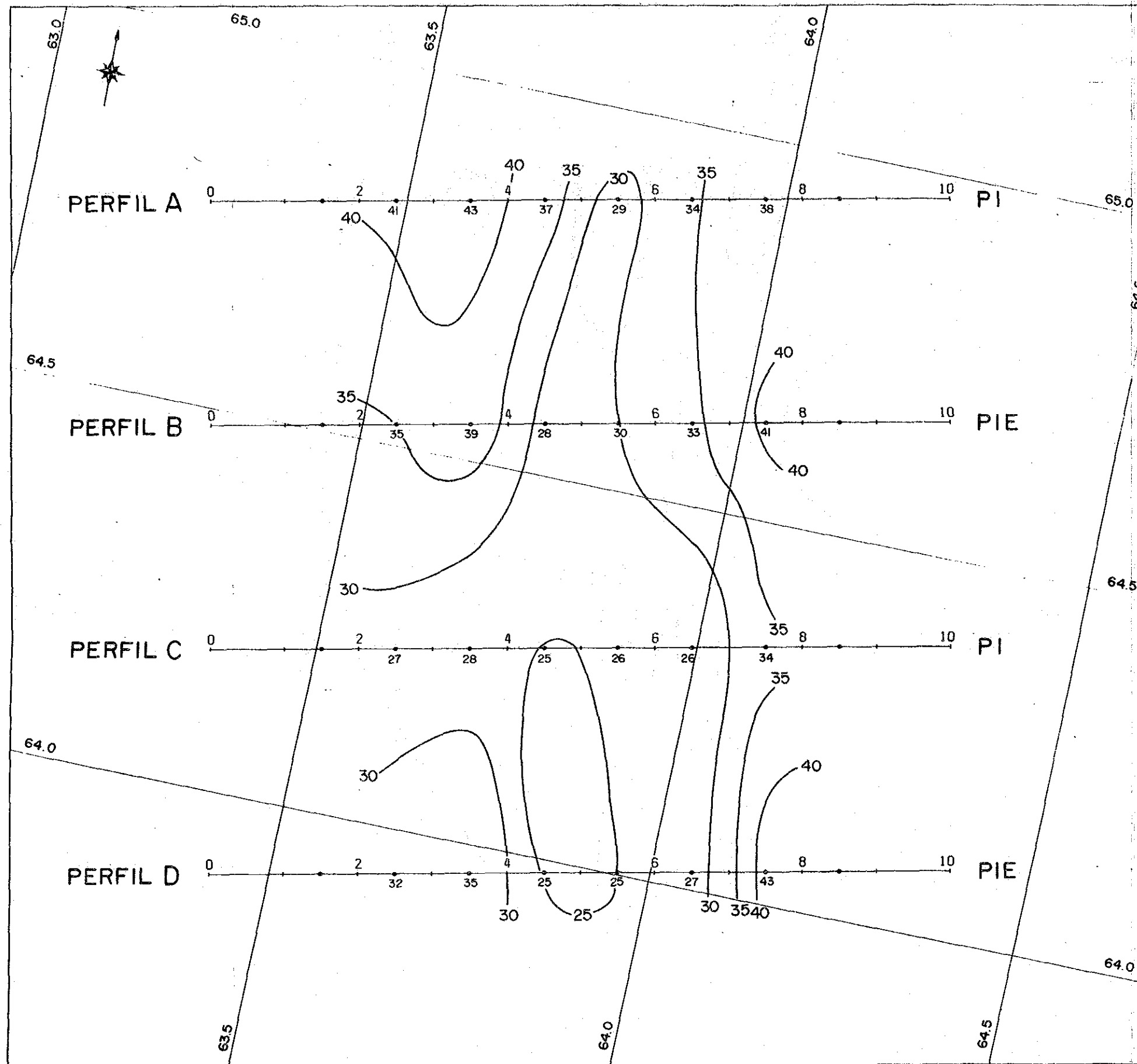
第 1-16 图 PFE平面图 (n=3, I地区)



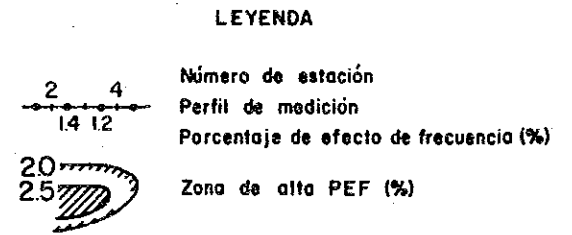
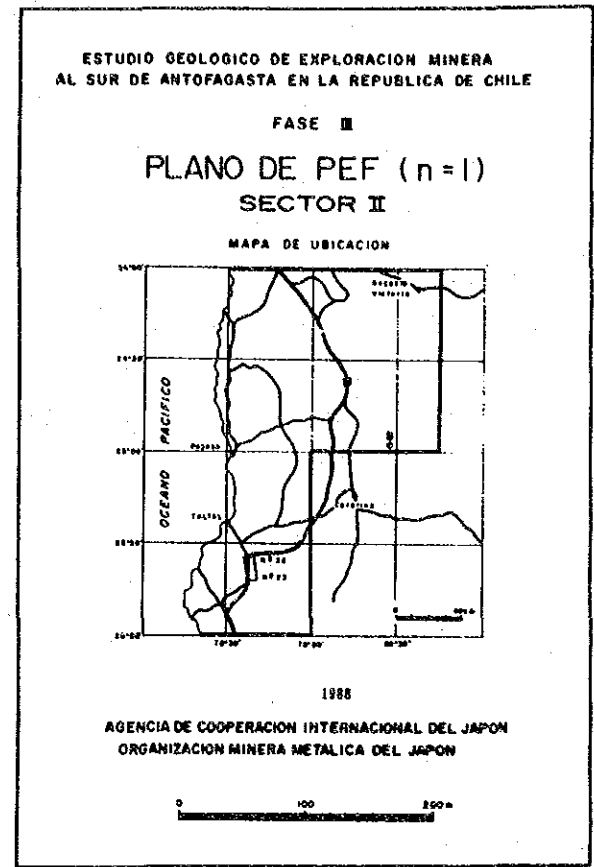
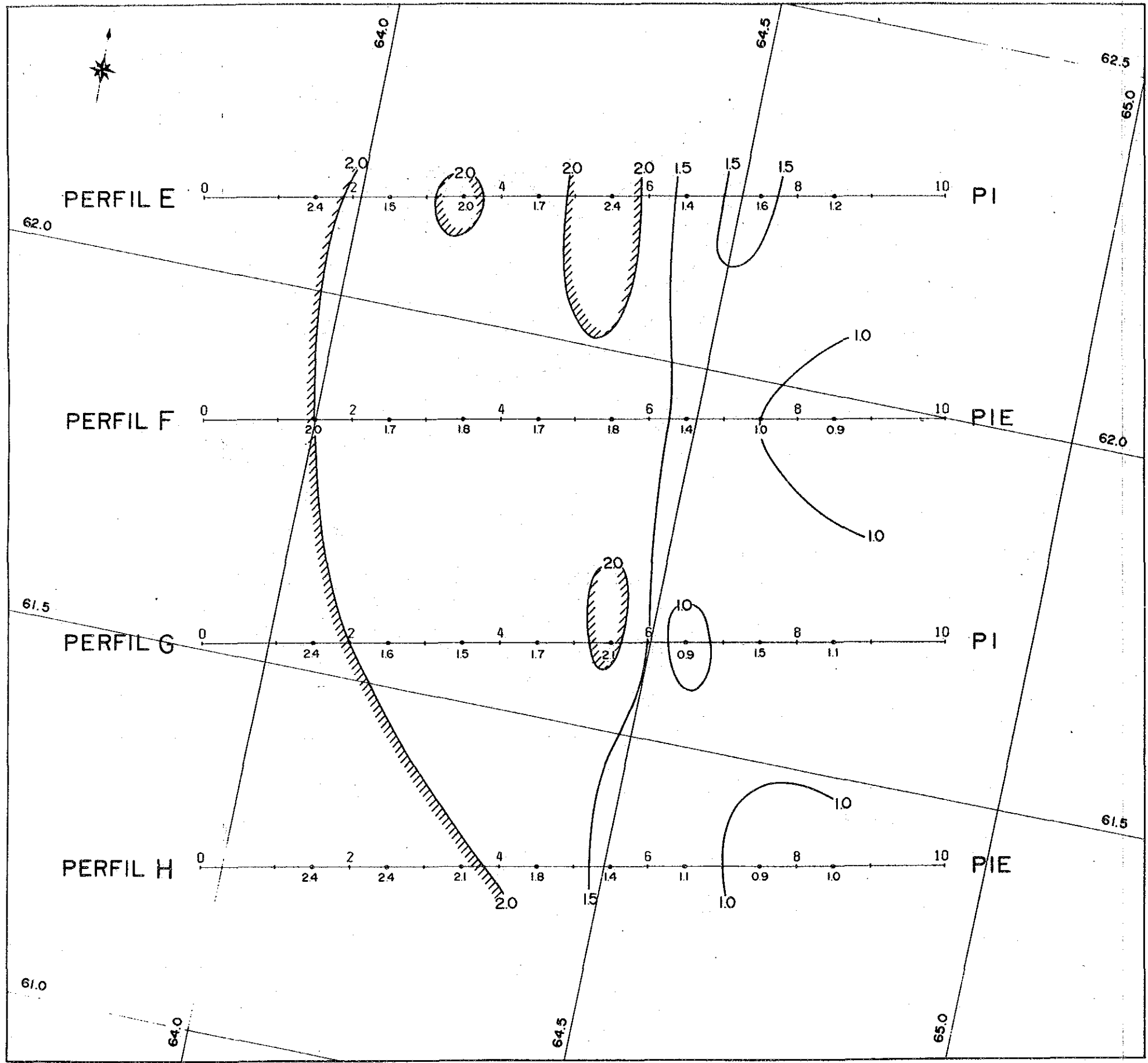
第 1-17 图 見掛比抵抗平面图 (n=1, I 地区)



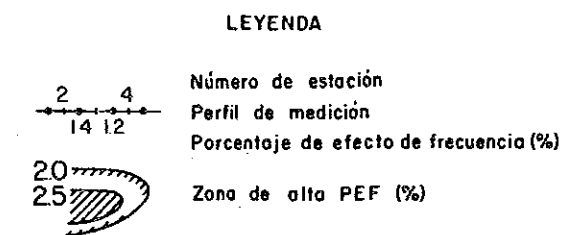
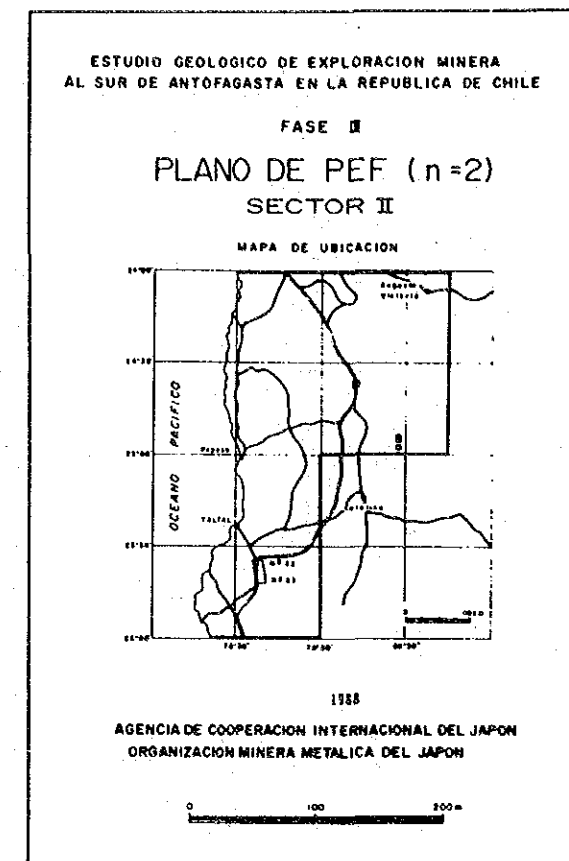
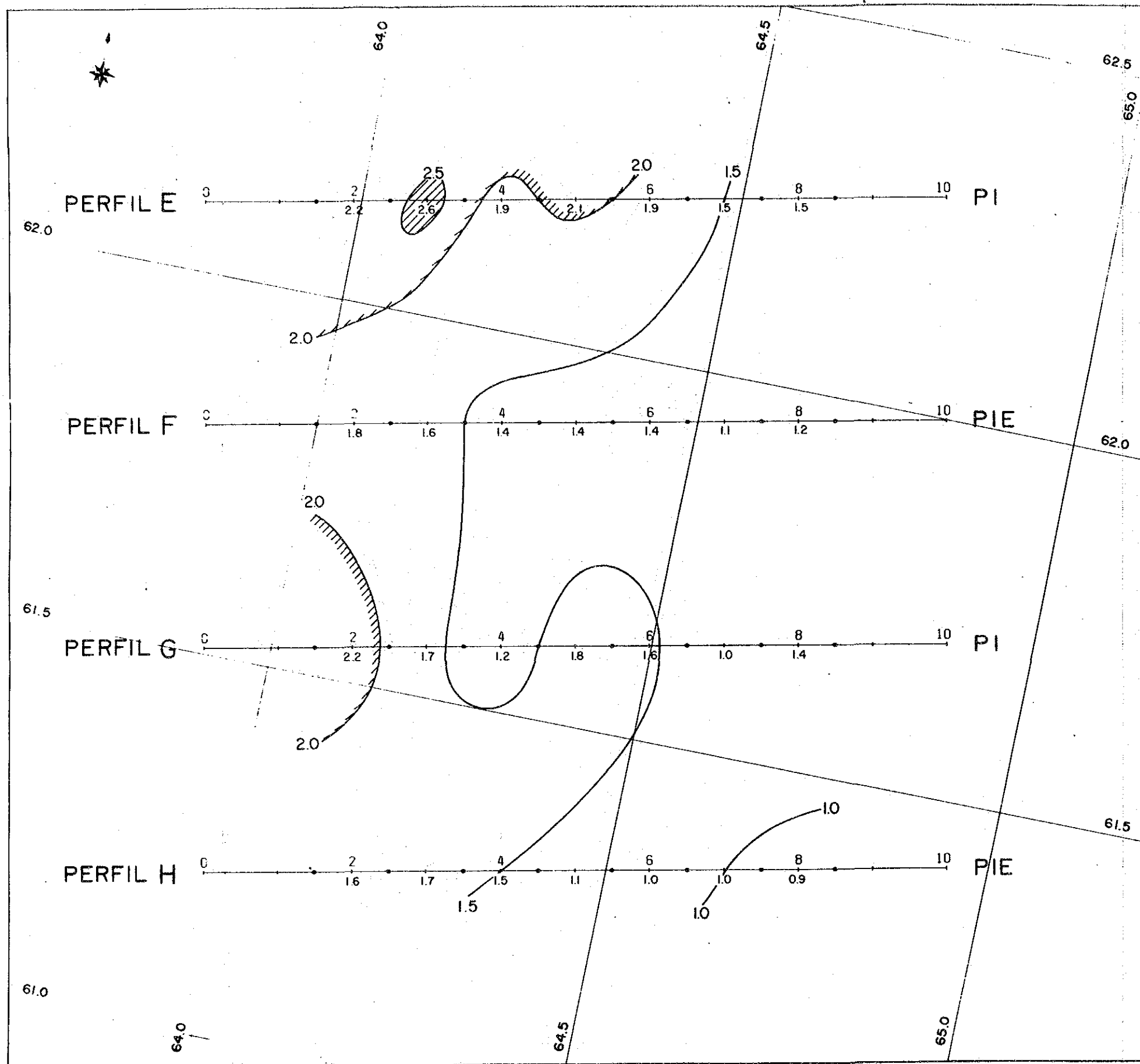
第 1-18 図 見掛比抵抗平面図 (n=2, I 地区)



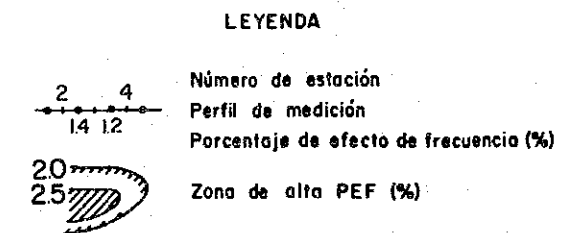
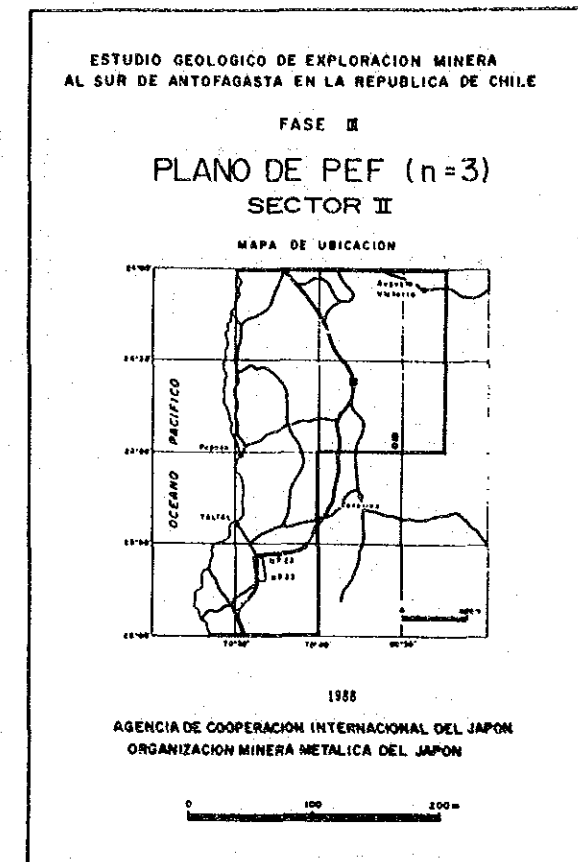
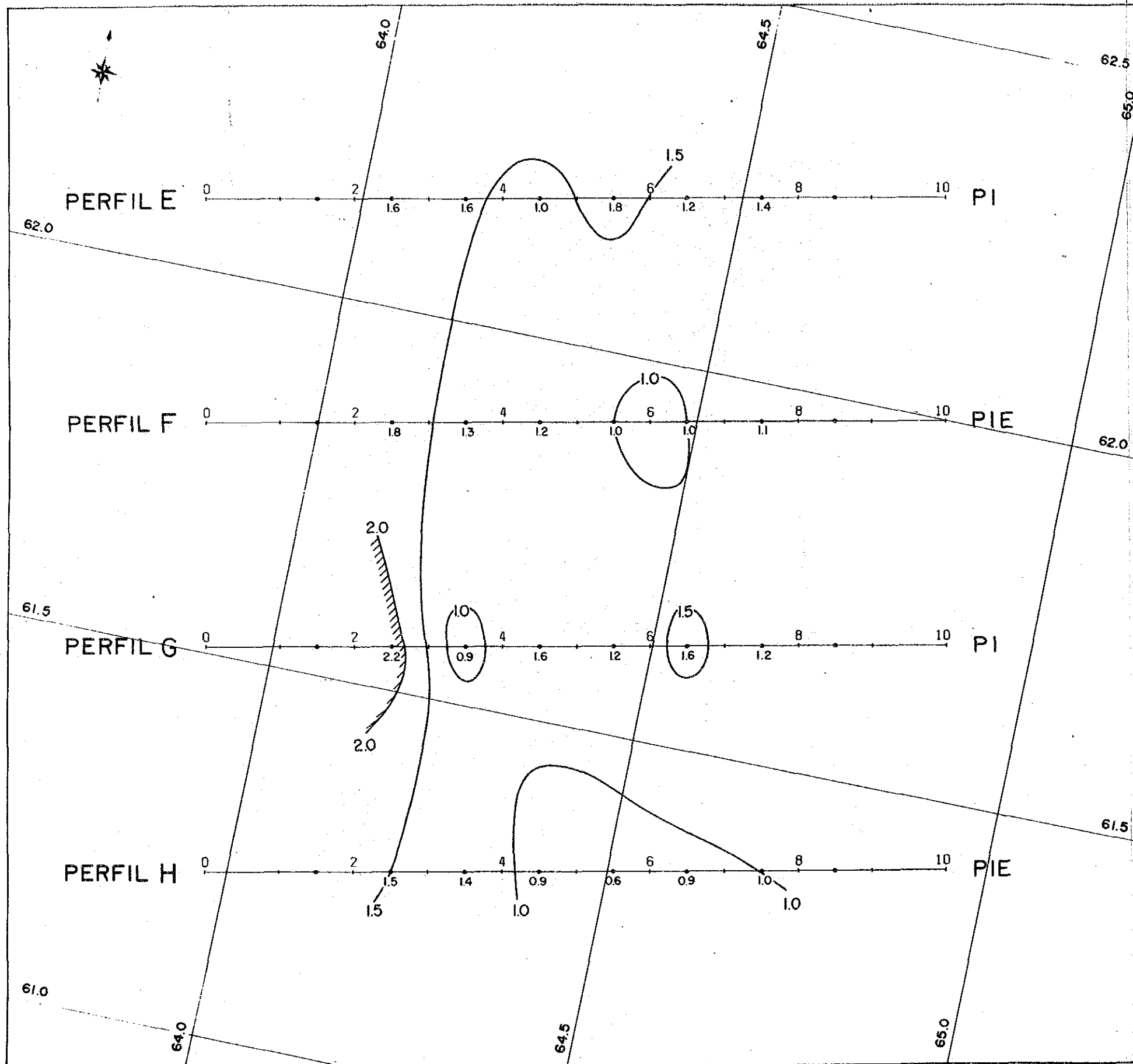
第 1-19 図 見掛比抵抗平面図 (n=3, I 地区)



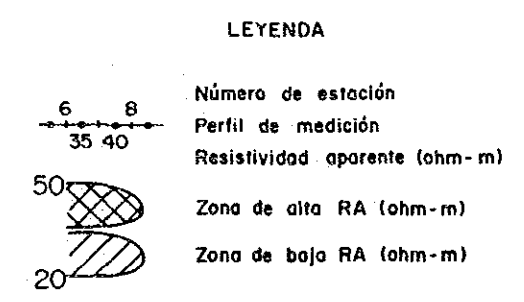
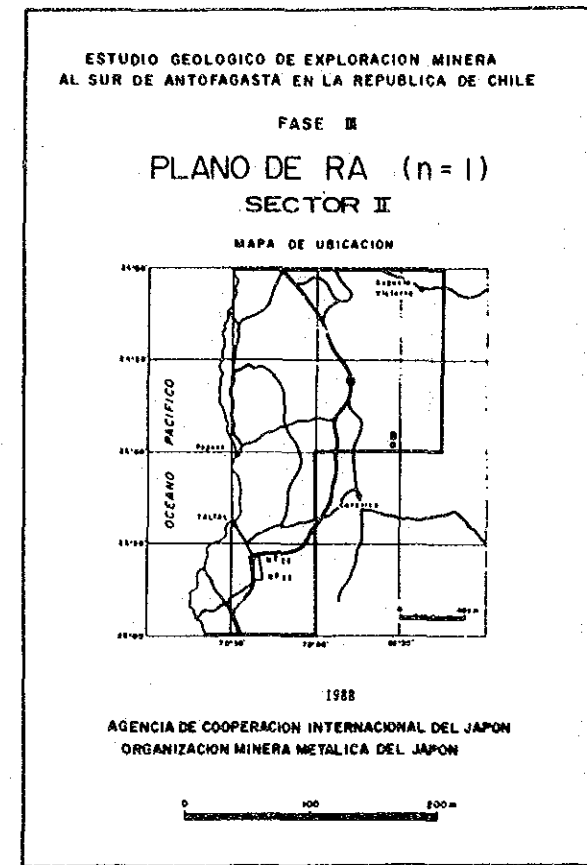
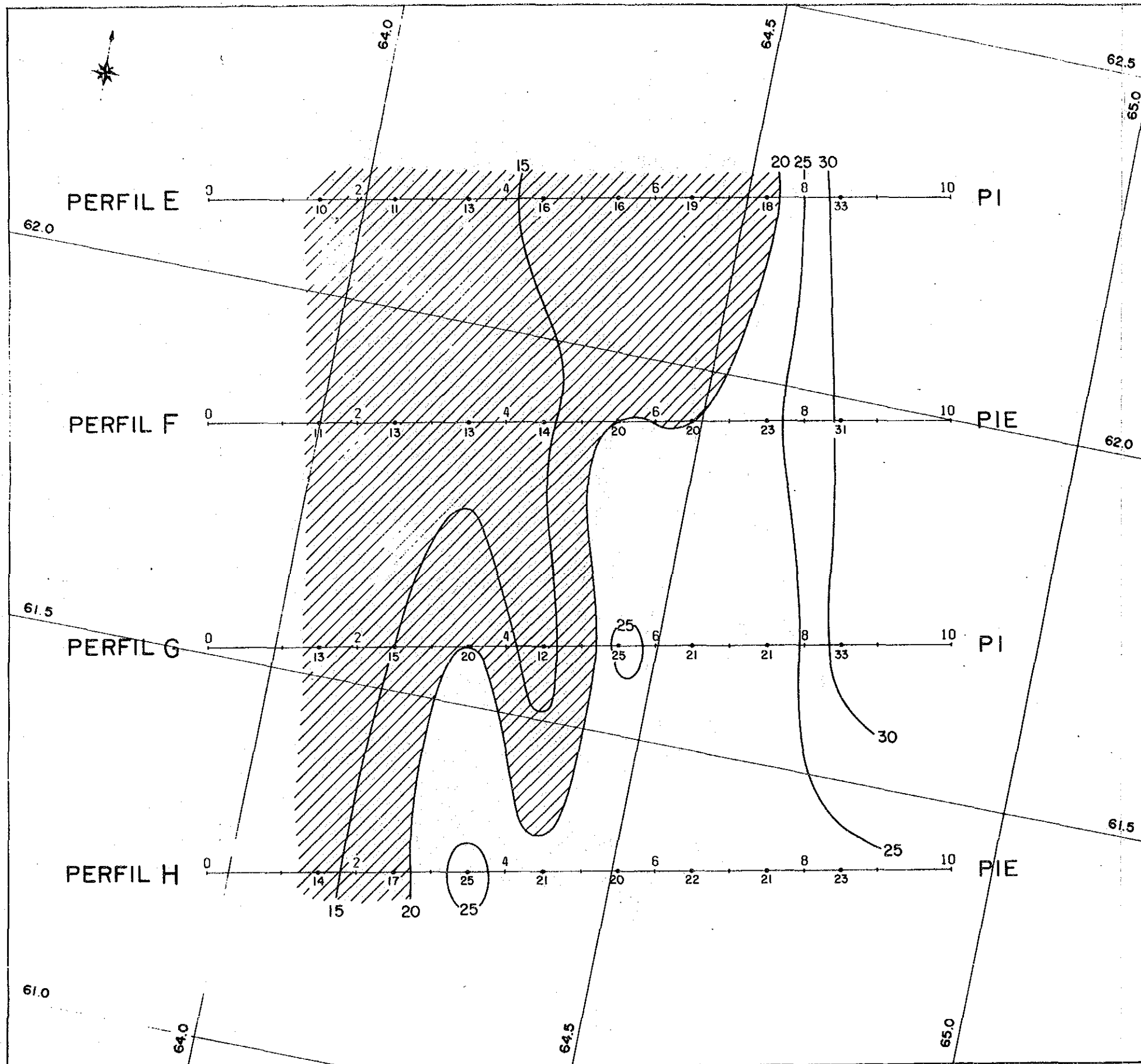
第 1-20 图 PFE平面图 (n=1, II地区)



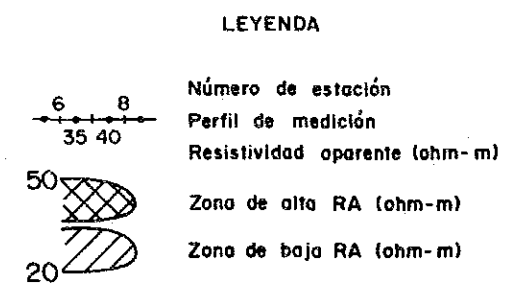
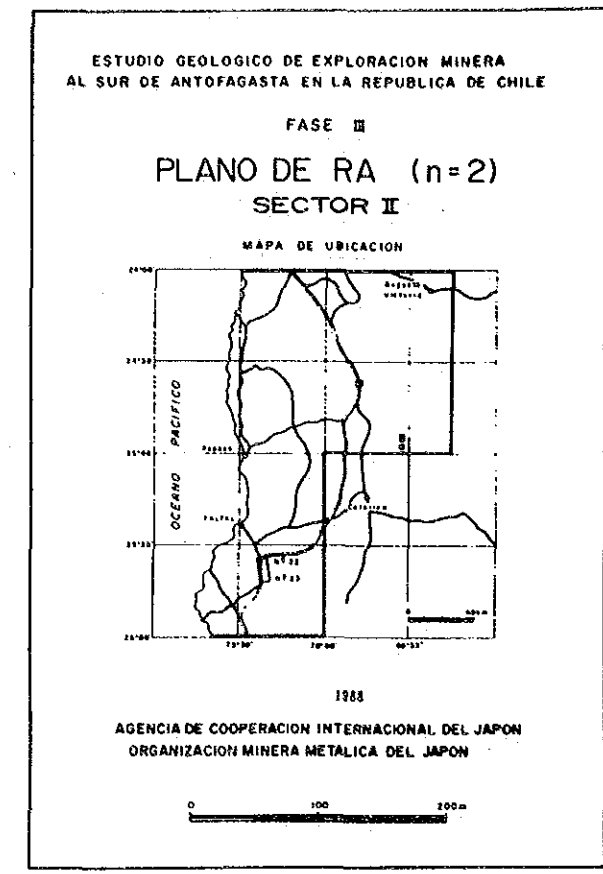
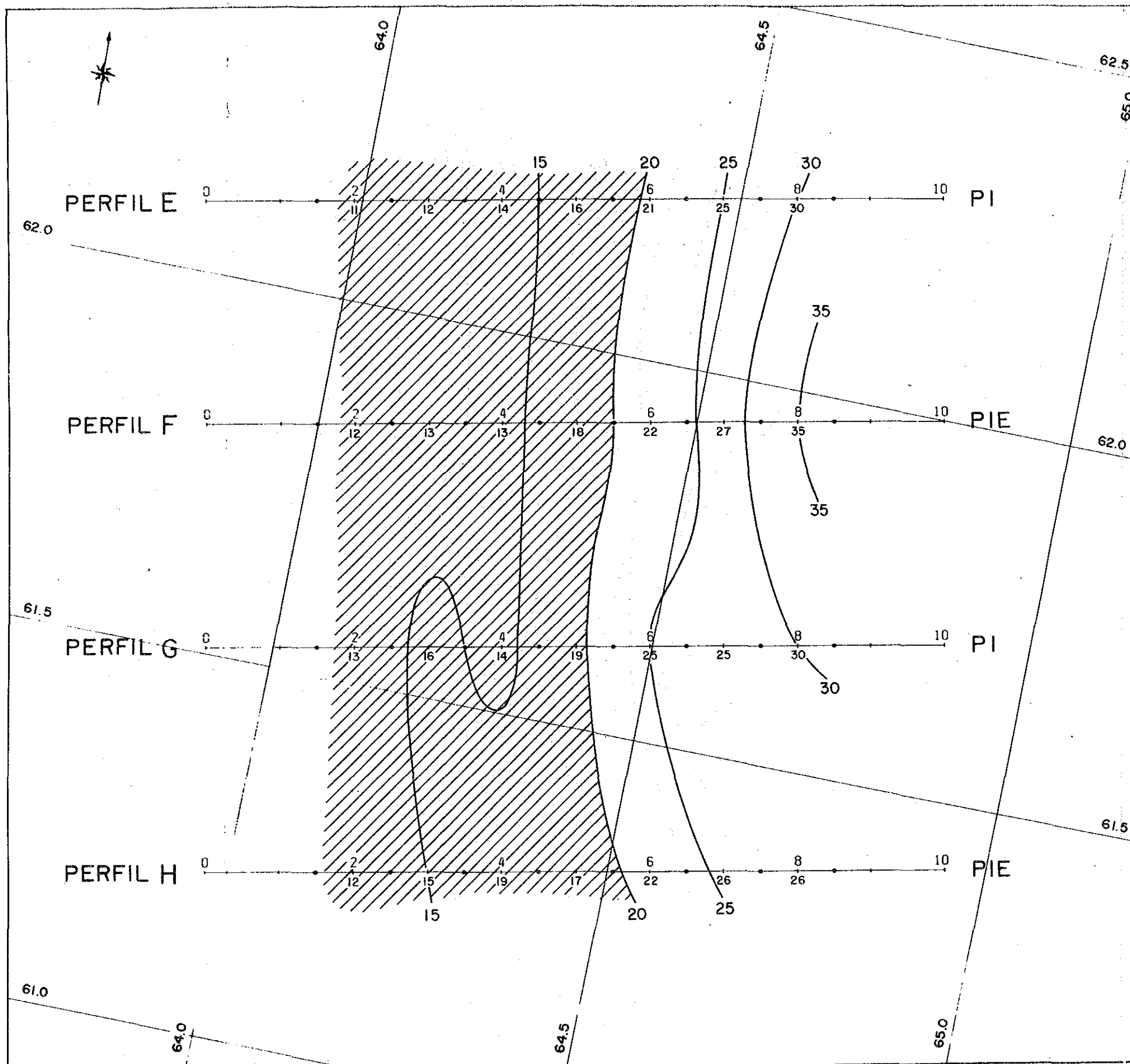
第 1-21 图 PFE平面图 (n=2, II地区)



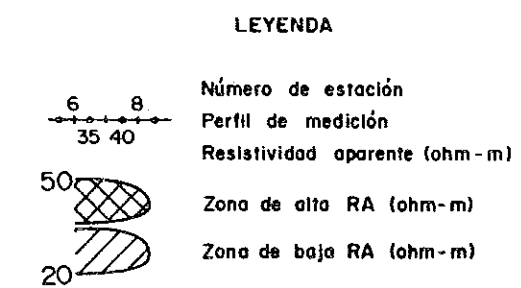
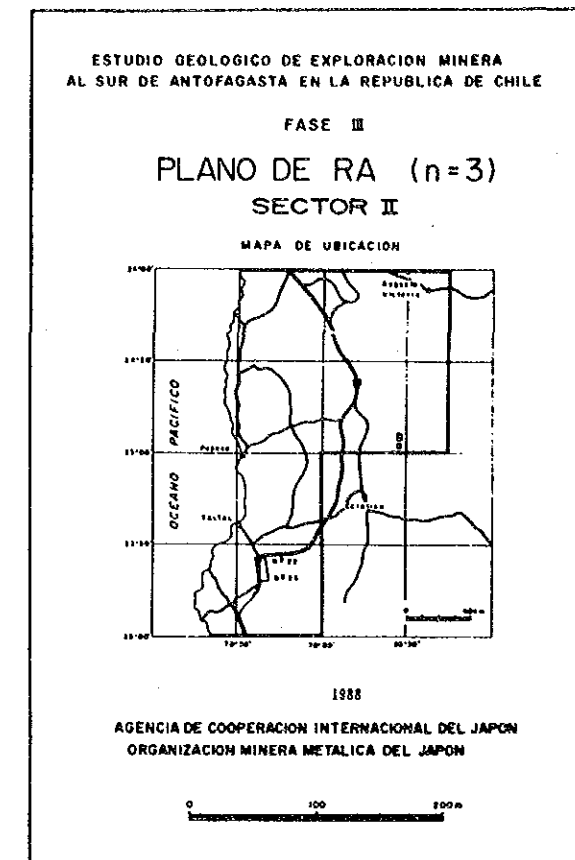
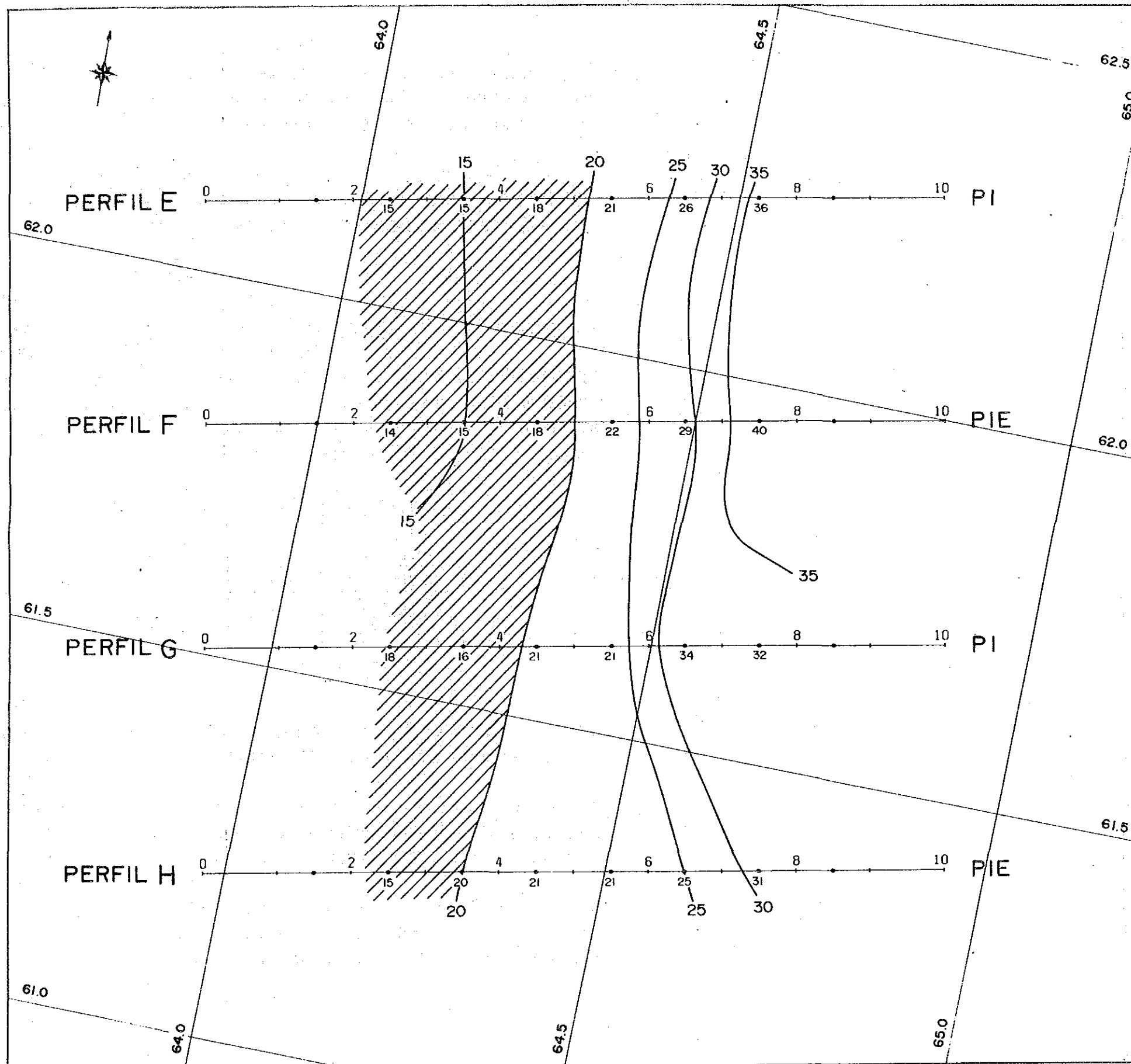
第 1-22 图 PFE平面图 (n=3, II 地区)



第 1-23 図 見掛比抵抗平面図 (n=1, II 地区)



第 1-24 図 見掛比抵抗平面図 (n=2, II 地区)



第 1-25 図 見掛比抵抗平面図 (n=3, II 地区)

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is crucial for ensuring transparency and accountability in the organization's operations.

2. The second part of the document outlines the various methods and tools used to collect and analyze data. It highlights the need for consistent data collection practices and the use of advanced analytical techniques to derive meaningful insights from the data.

3. The third part of the document focuses on the role of technology in data management and analysis. It discusses how modern software solutions can streamline data collection, storage, and processing, thereby improving efficiency and accuracy.

4. The fourth part of the document addresses the challenges associated with data management, such as data quality, security, and privacy. It provides strategies to mitigate these risks and ensure that the data remains reliable and secure throughout its lifecycle.

5. The fifth part of the document concludes by summarizing the key findings and recommendations. It stresses the importance of a data-driven approach in decision-making and the need for continuous monitoring and improvement of data management processes.

ii) II 地区

a. PFE (第I-26図~第I-28図, PL.16~PL.18)

n =1平面では、I測線の一部および L測線西部に 2.0%以上の PFEが認められる。I、JおよびK測線の東部には 1.5%以下の PFEが認められる。n =3 の平面では、I測線東部、J測線中央部およびL測線の西部と中央部に 2.0%以上の PFE が分布する。また、K測線は、1.5%以下の PFEが卓越している。

b. AR (第I-29図~第I-31図, PL.19~PL.21)

n =1~3 平面のJ測線以南で 50 ohm-m以上の AR 高異常を把握した。この高異常を取り巻いて北部、東部および西部に低 AR域が分布する。I測線西端および東端は 20ohm-m以下の AR 低異常域となっている。

(2) 位相差擬似断面

SIP 測線B、D、F、H、I、Kについて、0.125、0.375、0.625、1および 3Hz~5種類の周波数に対する位相差擬似断面を求め、第I-32図~第I-34図に示した。

デカップリング処理前の位相差は、全測線の全測点において位相の遅れを示す負の値が得られた。この位相の遅れは、周波数の増大に伴って大きくなる傾向を示す。0.125Hzの位相差について見ると、-15mrad以下の値が位相差擬似断面の下記の位置で把握された。これは前述 PFE 擬似断面で PFE 2.0% 以上の値が得られた位置にほぼ一致している。

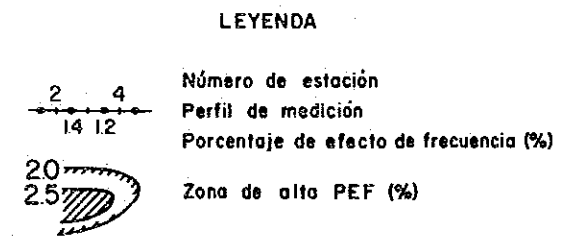
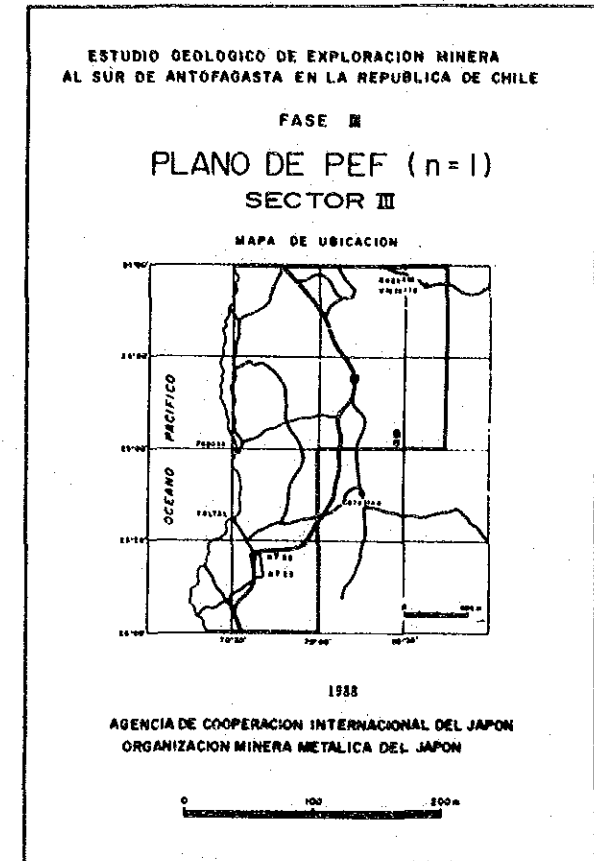
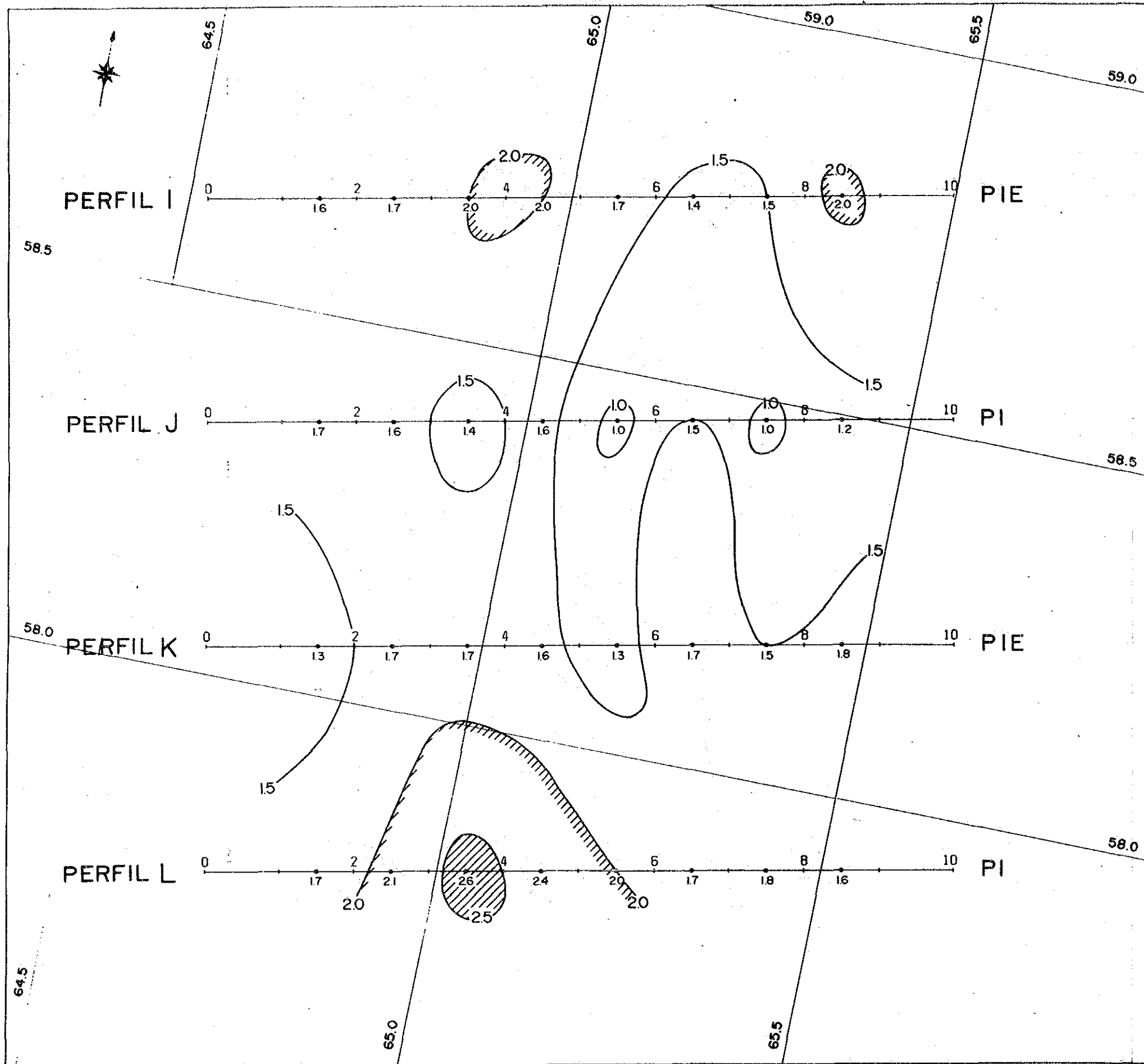
測線	測点番号	電極隔離係数	測定点数	位相差 (mrad)
B	-	-	0	-
D	4~8	n=1	4	-15.5~-17.6
F	1~2	n=1~2	2	-15.1~-16.2
H	1~4	n=1	3	-15.1~-17.8
I	7~8	n=2~4	3	-15.2~-16.1
K	-	-	0	-

(3) 各種スペクトル

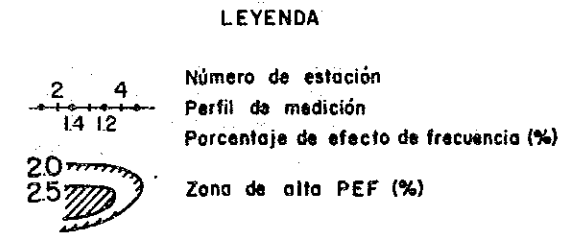
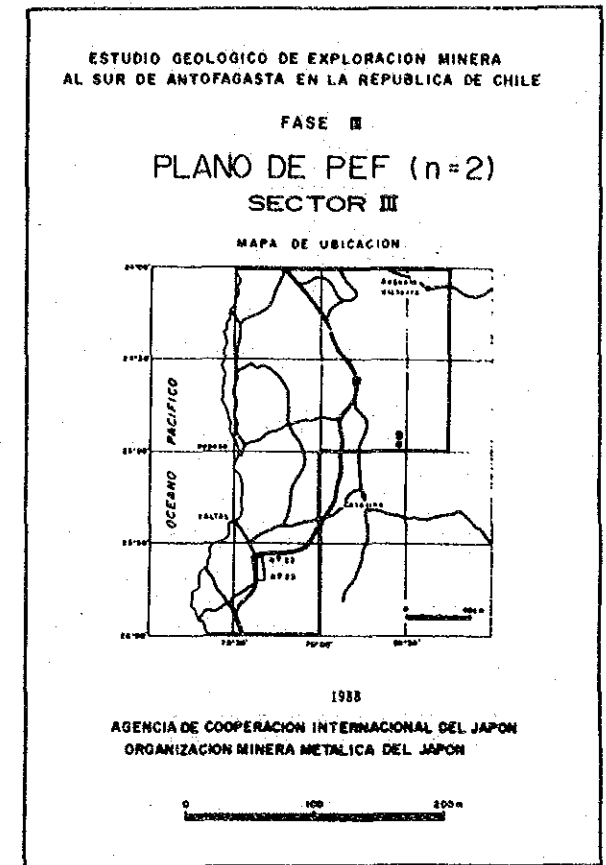
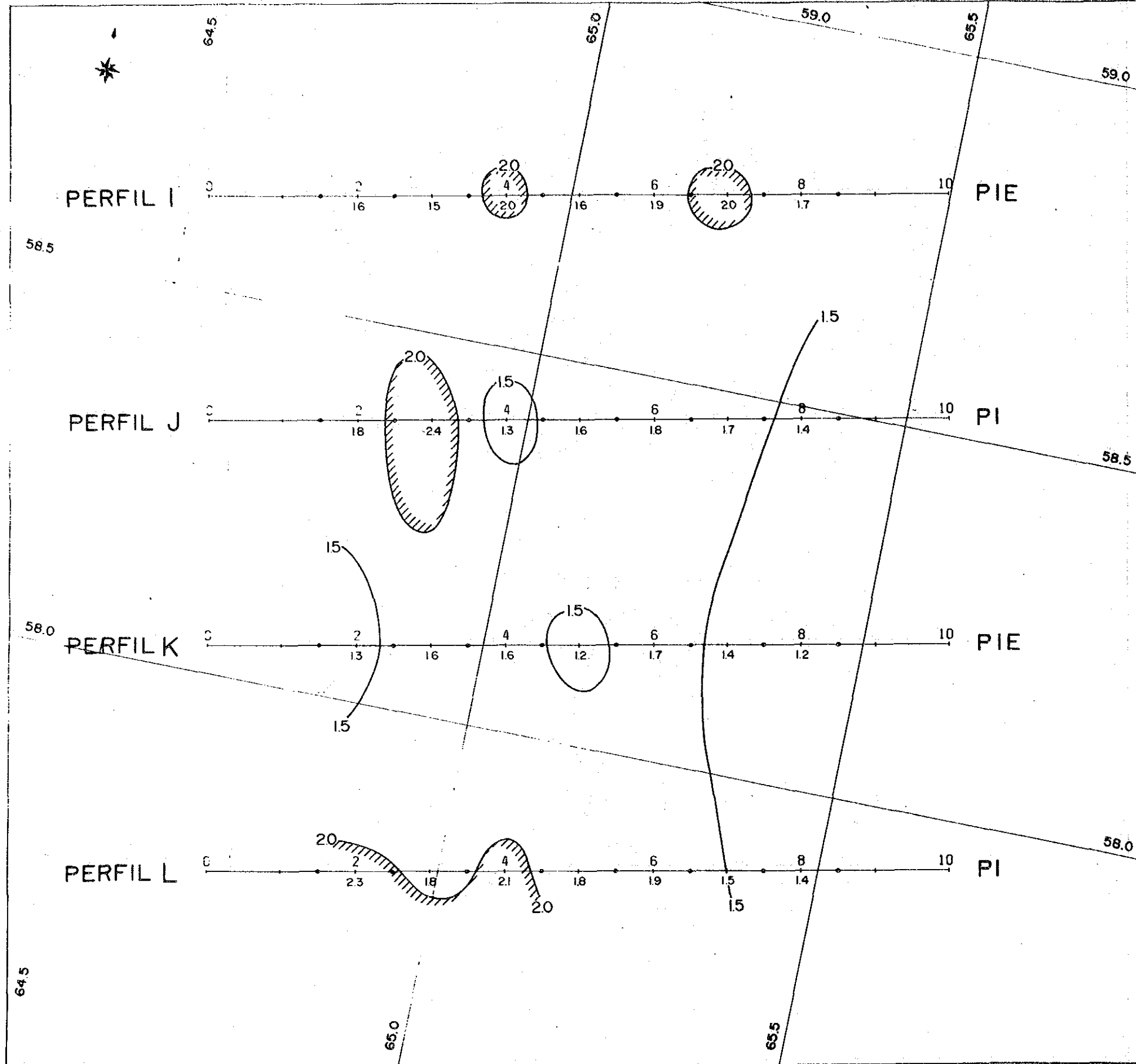
SIP測線 B、D、F、H、IおよびK について、位相差スペクトル、マグニチュードスペクトルおよびコール・コール図を 0.125~88Hzの周波数に対して求め、擬似断面表示したものが第I-35図~第I-37図である。

位相差は全測線において、負の値である。位相差スペクトルは、1~3Hz 以下の低周波数領域では周波数の増大に伴って緩やかに変化し、高周波数領域になるに従って急勾配で変化する(位相の遅れが大きくなる)傾向が認められる。また、電極隔離係数 n が大きくなるに従って高周波数領域での位相の遅れは大きくなる。

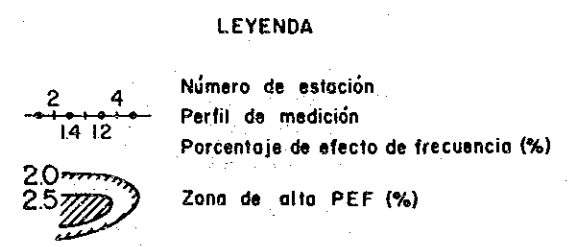
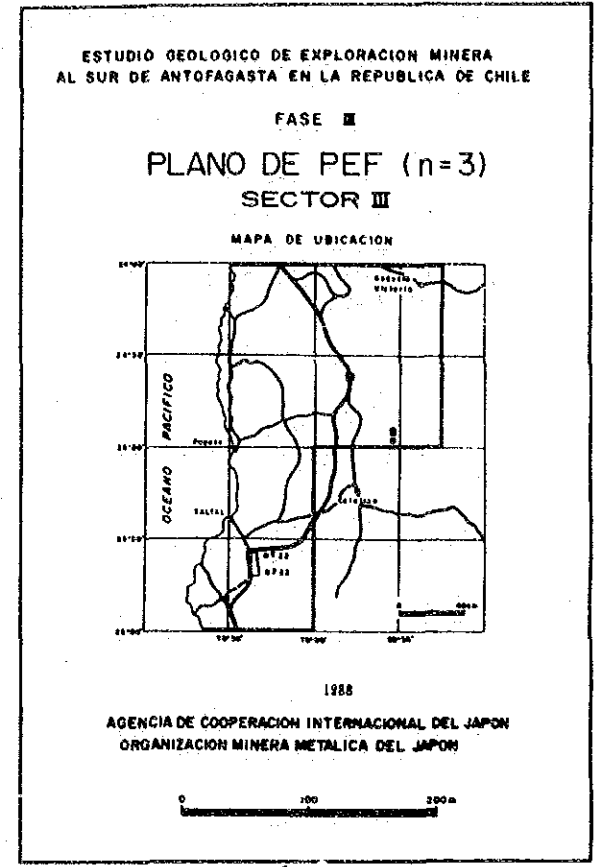
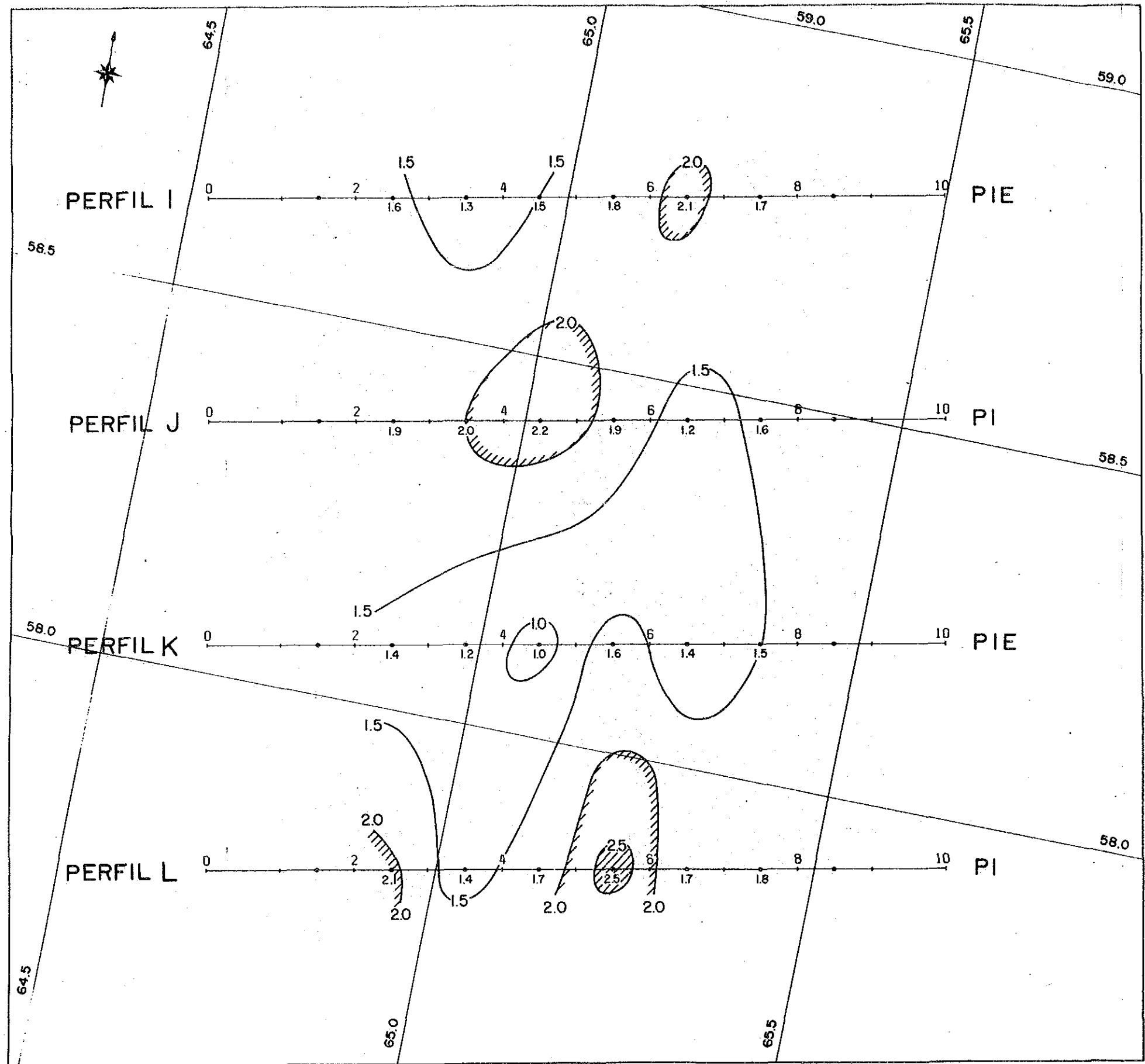
マグニチュードスペクトルは全測線において、n=1 では周波数の増大に伴うわずかの減少が見られる。また、n の増大につれて高周波数領域では急勾配で減少する。コール・コール図は全測線において虚数成分が負の値であり、周波数の減少に伴い、右下がりの特徴(実数成分の増大に伴う虚数成分の減少)が認められる。



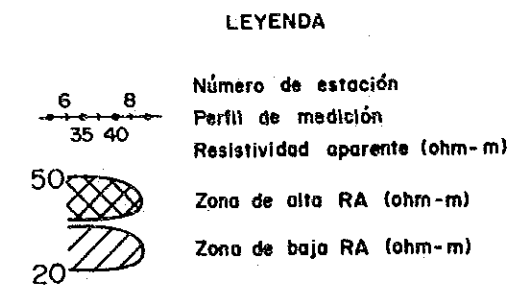
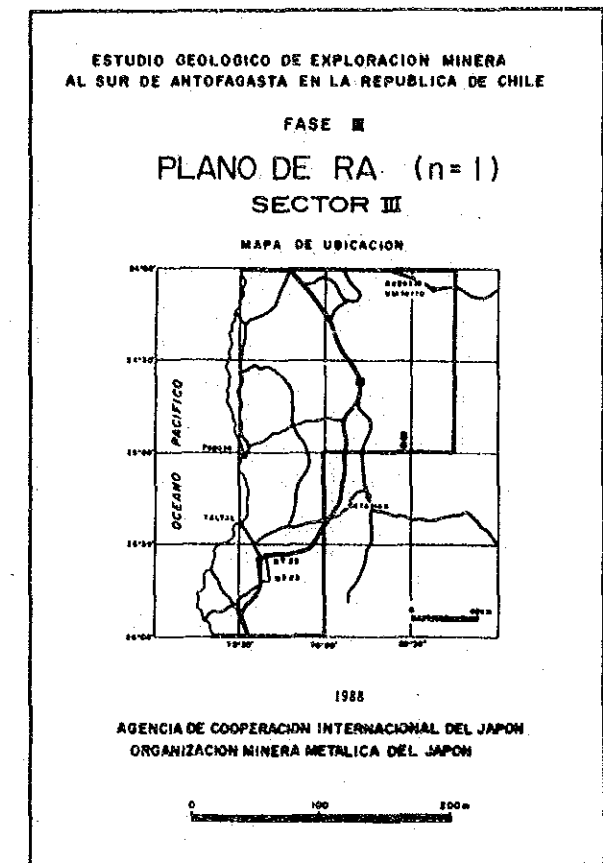
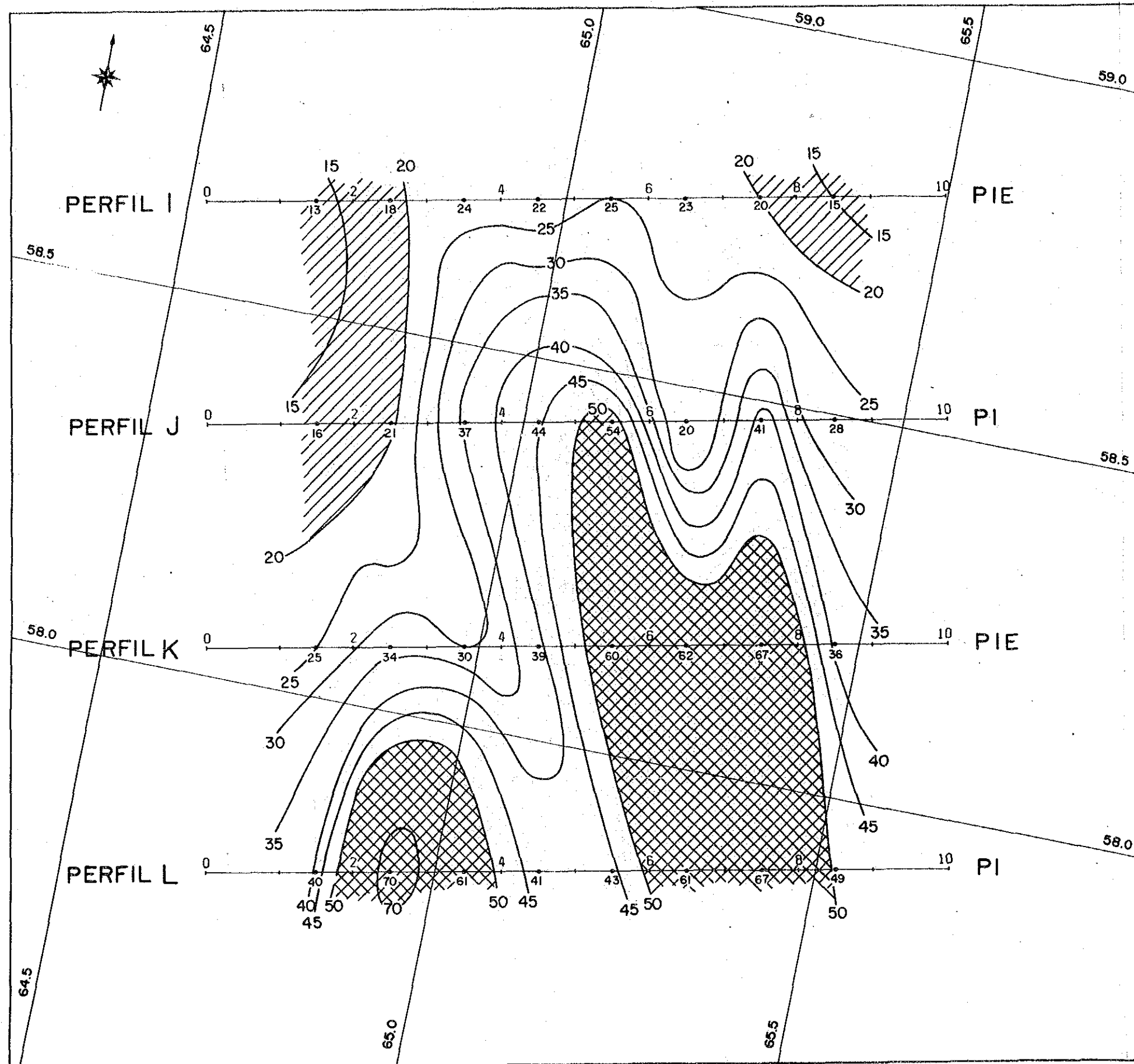
第 1-26 图 PFE平面图 (n=1, III地区)



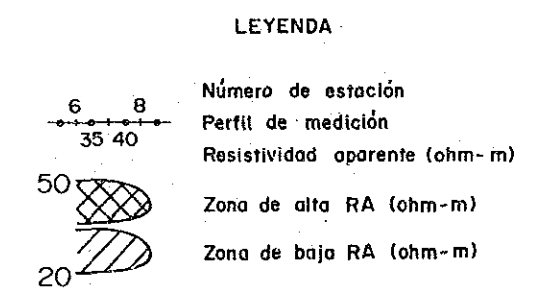
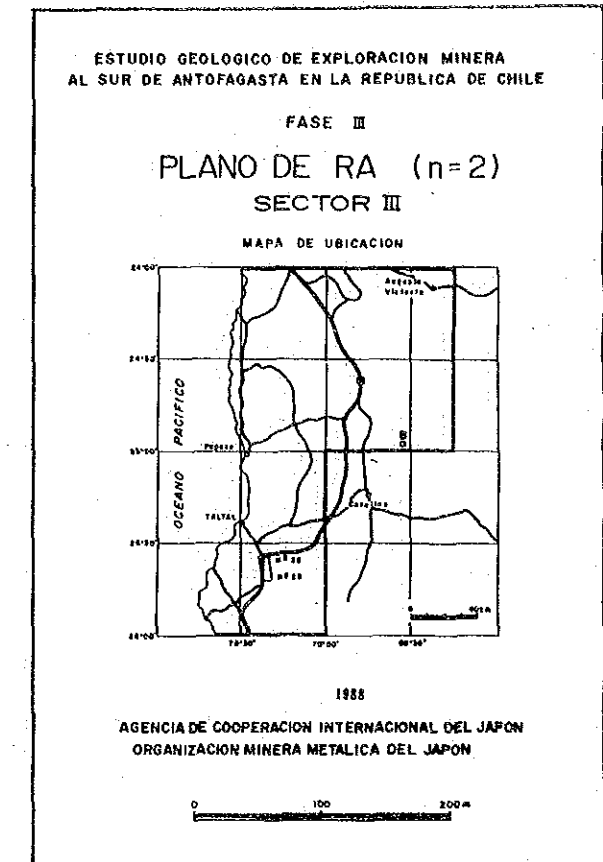
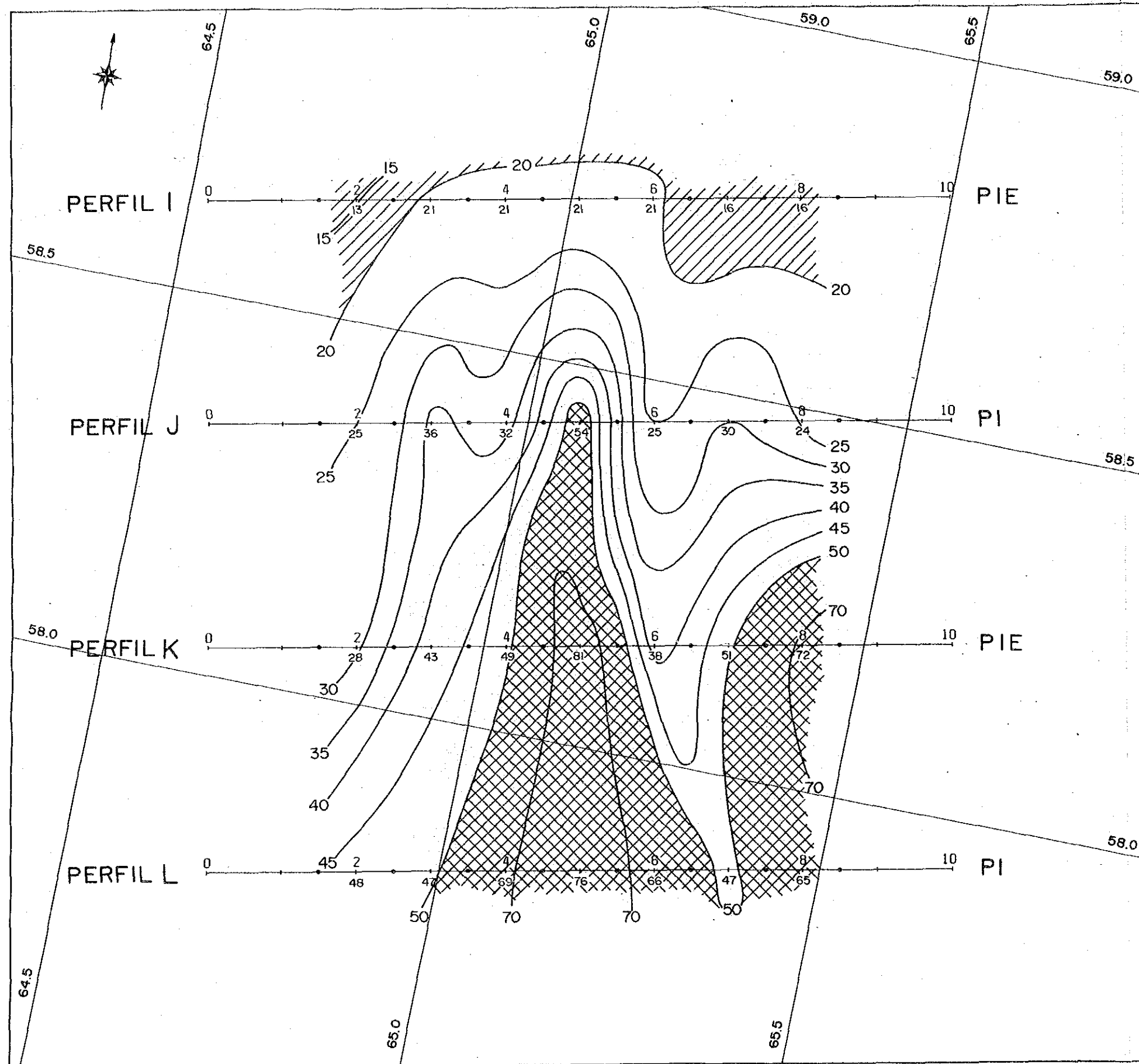
第 1-27 图 PFE平面图 (n=2, III地区)



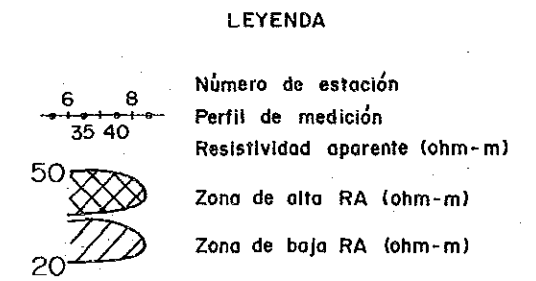
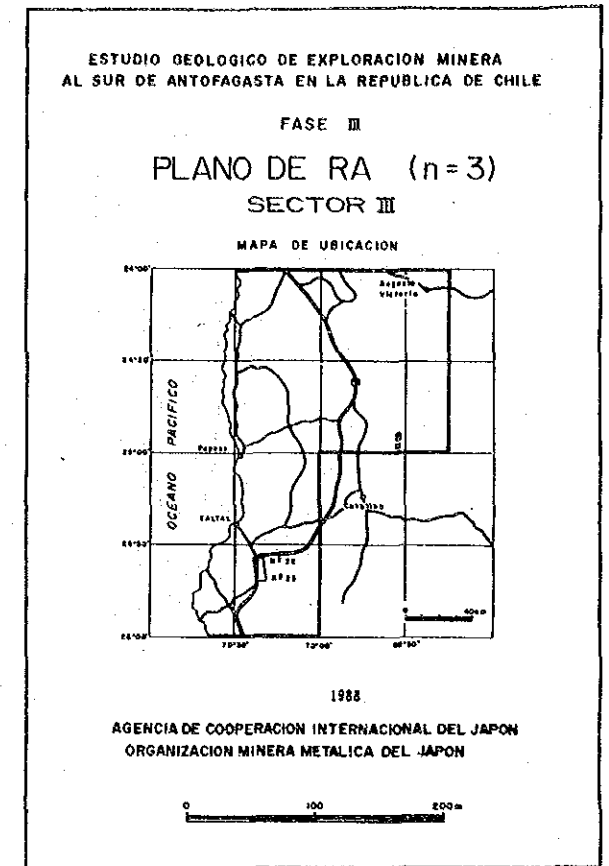
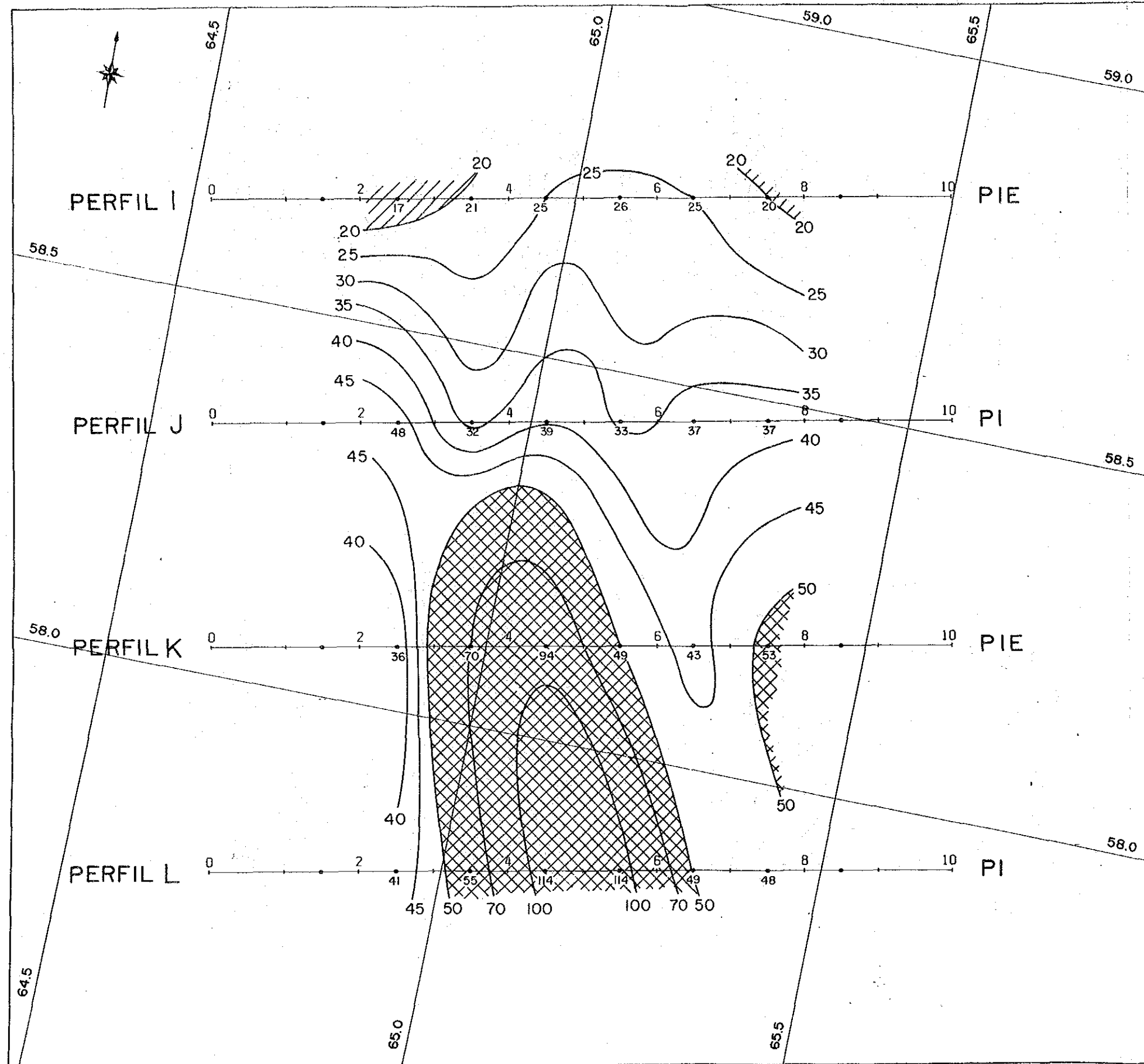
第 1-28 图 PFE平面图 (n=3, III地区)



第 1-29 图 見掛比抵抗平面図 (n=1, III地区)

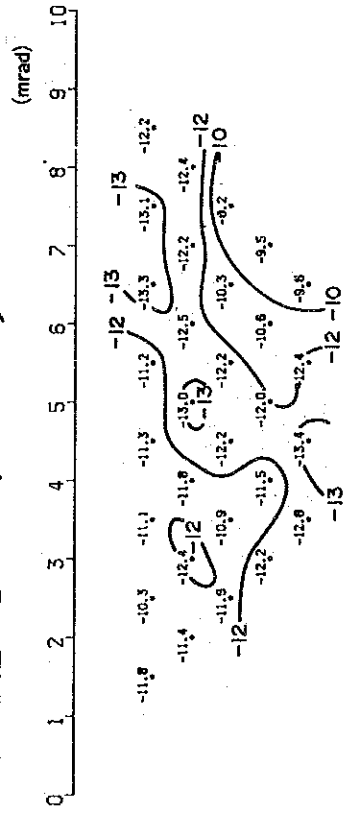


第 1-30 図 見掛比抵抗平面図 (n=2, III地区)

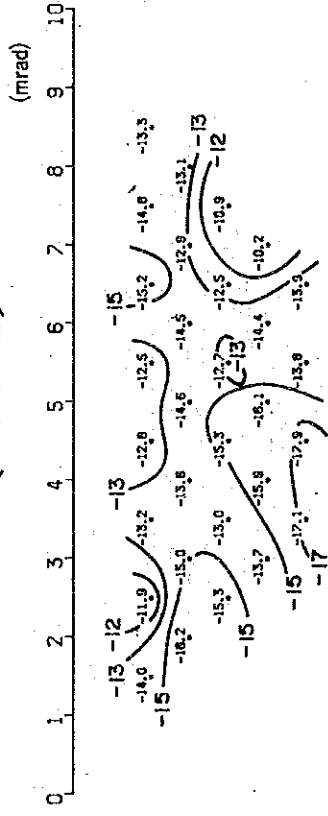


第 1-31 图 見掛比抵抗平面図 (n=3, III 地区)

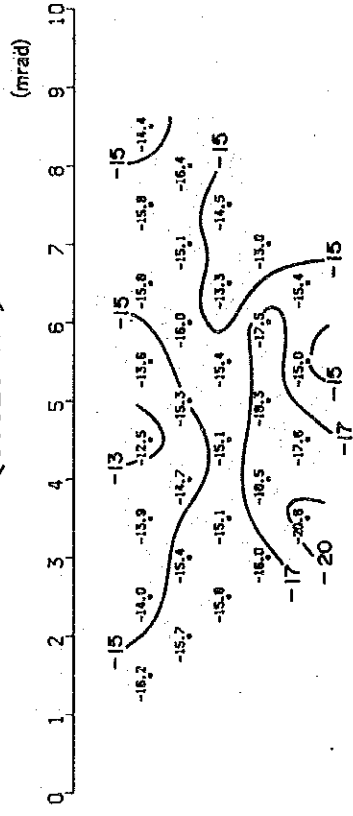
PERFIL B [0.125 Hz]



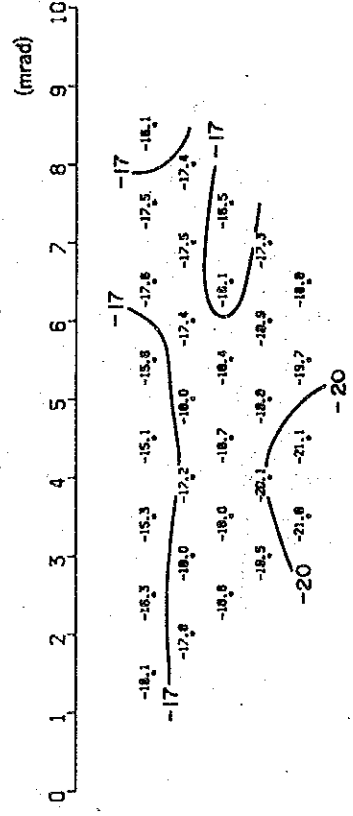
[0.375 Hz]



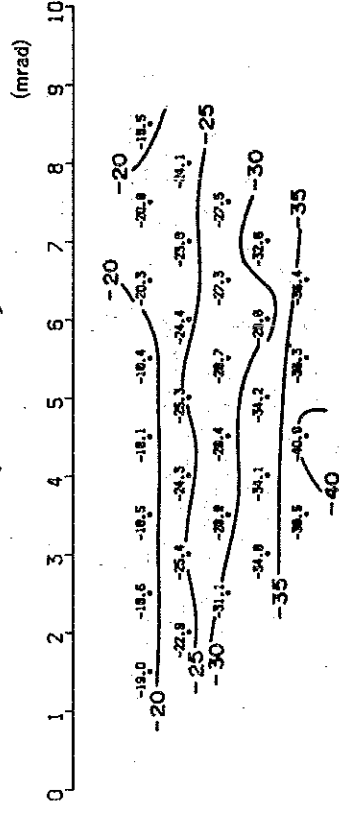
[0.625 Hz]



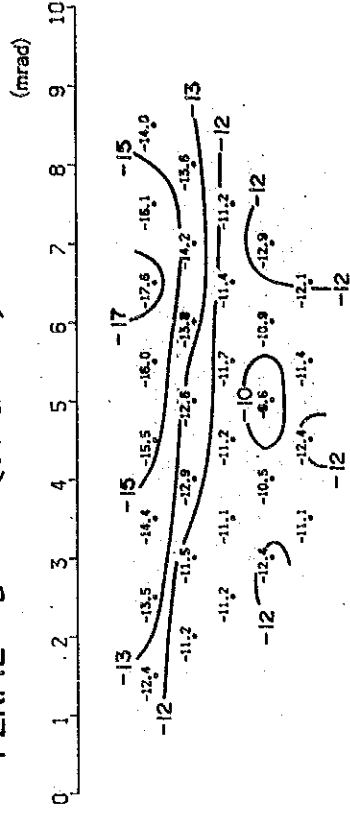
[1 Hz]



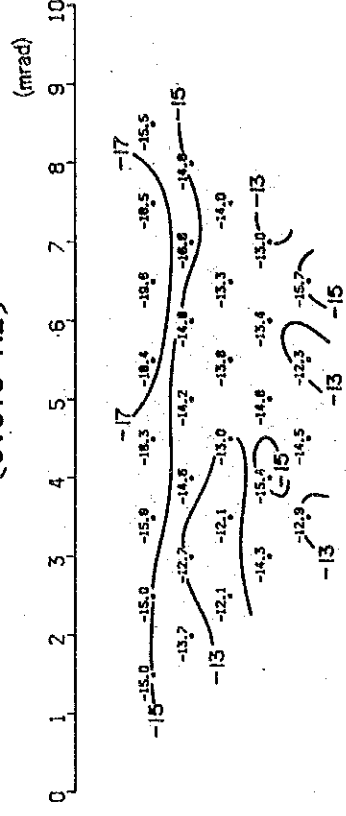
[3 Hz]



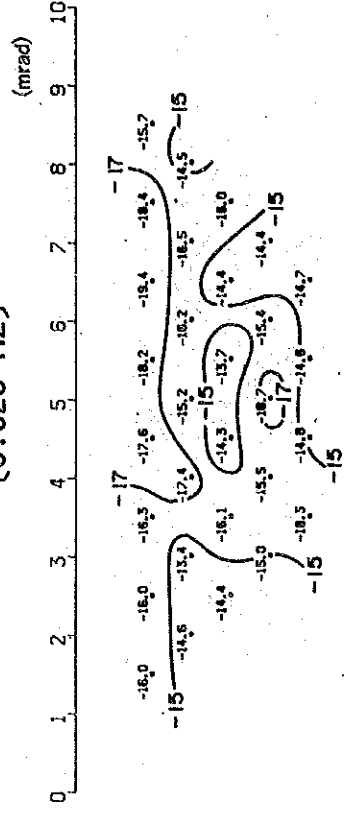
PERFIL D [0.125 Hz]



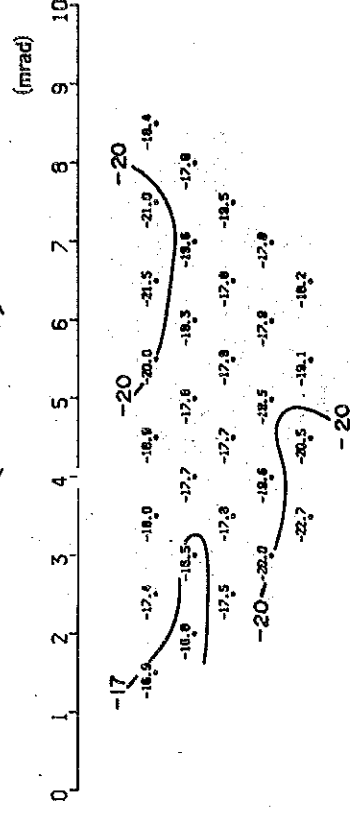
[0.375 Hz]



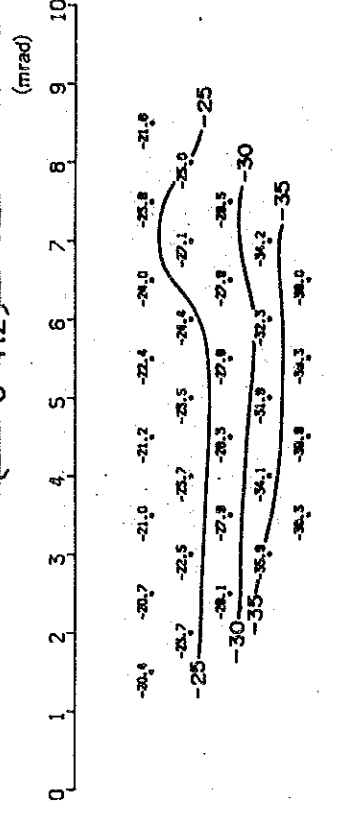
[0.625 Hz]



[1 Hz]

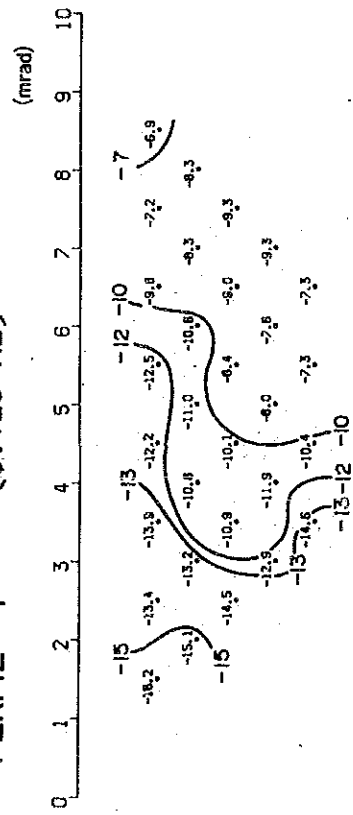


[3 Hz]

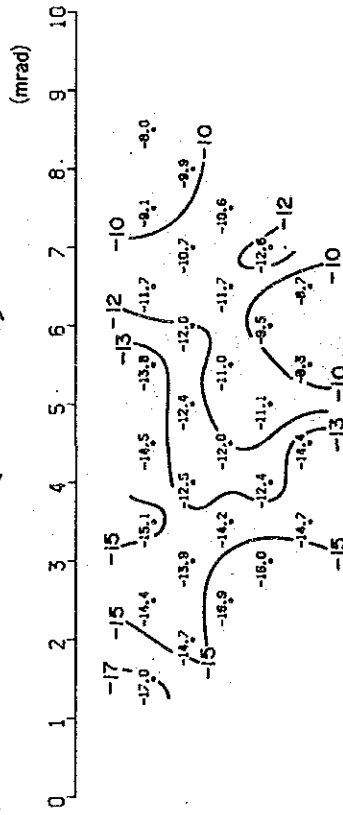


第 1-32 図 位相差断面図 (BおよびD測線) (I地区)

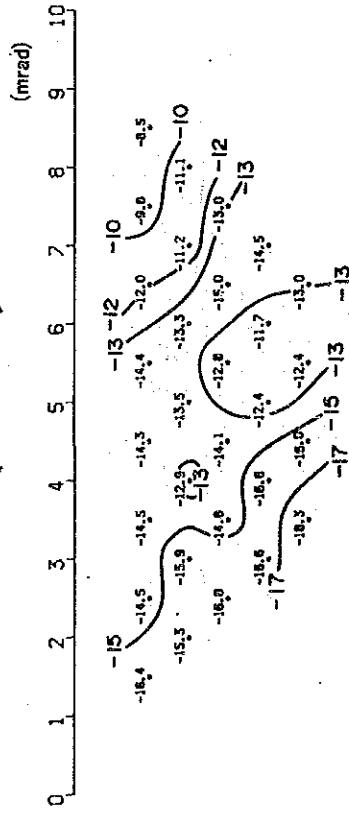
PERFIL F [0.125 Hz]



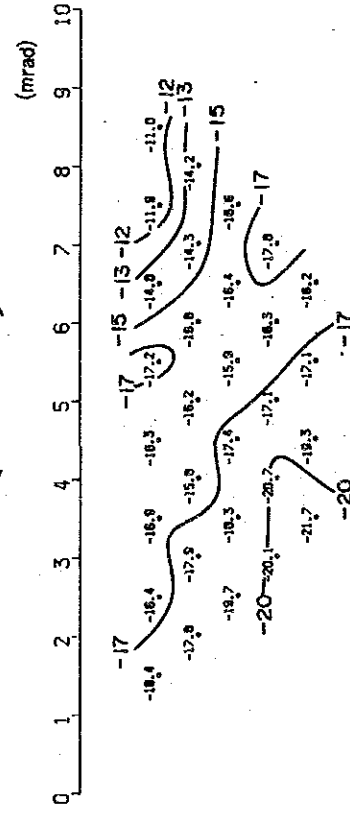
[0.375 Hz]



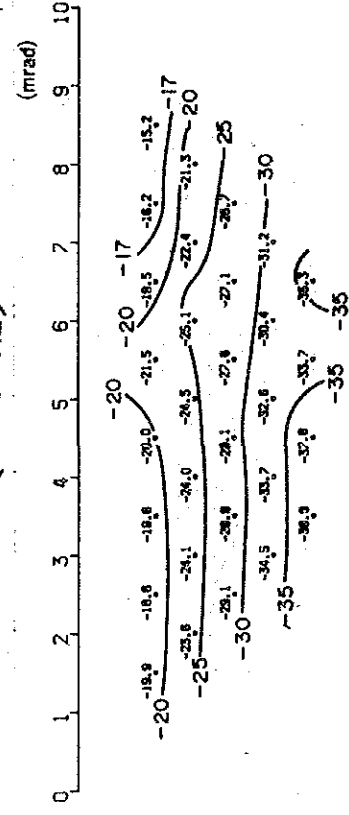
[0.625 Hz]



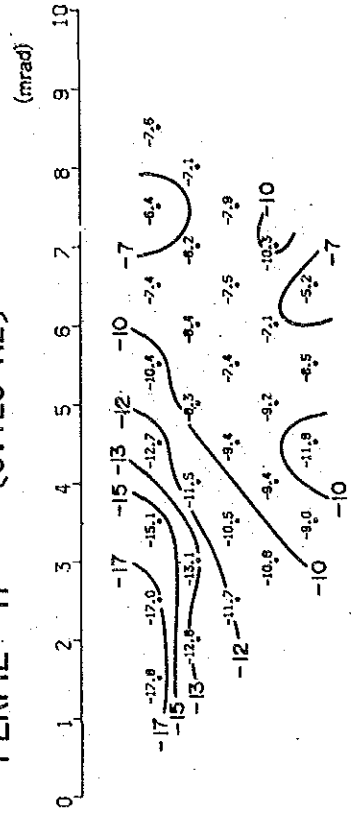
[1 Hz]



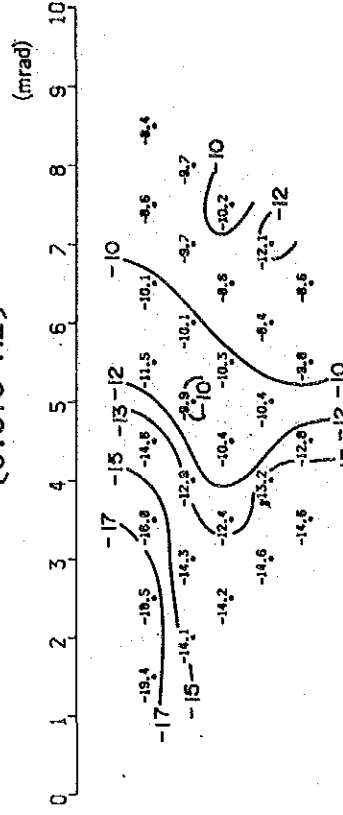
[3 Hz]



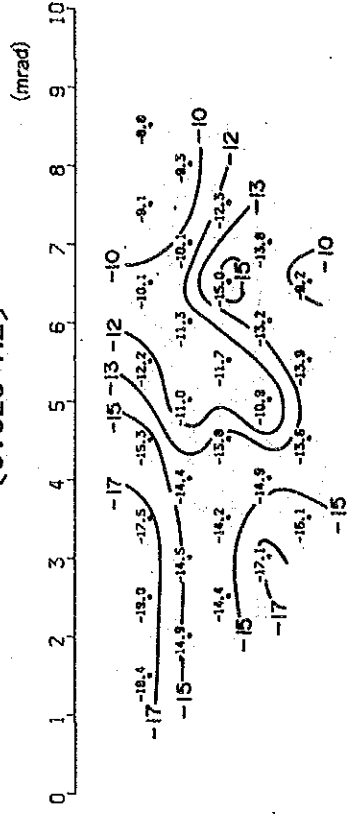
PERFIL H [0.125 Hz]



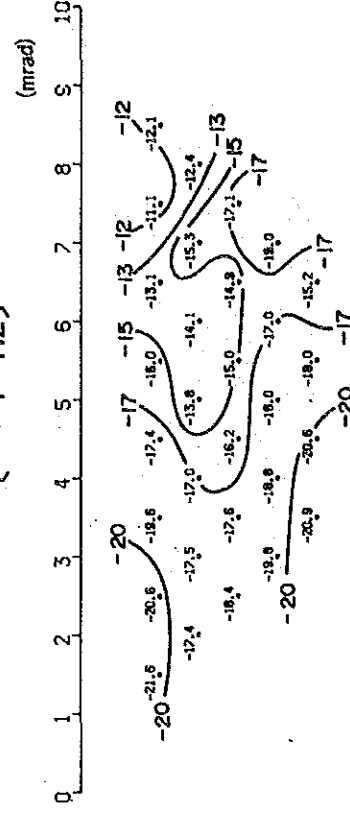
[0.375 Hz]



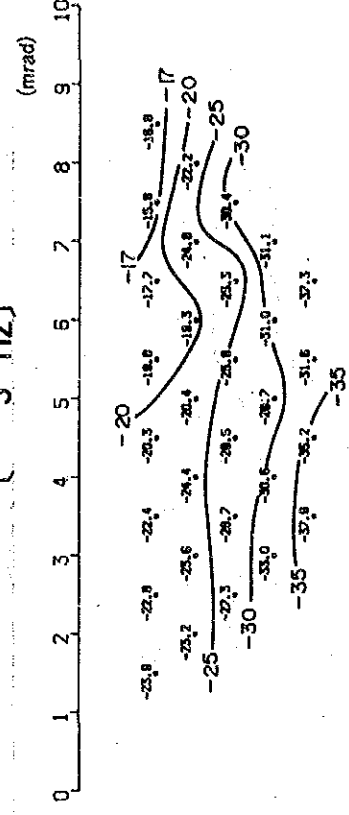
[0.625 Hz]



[1 Hz]

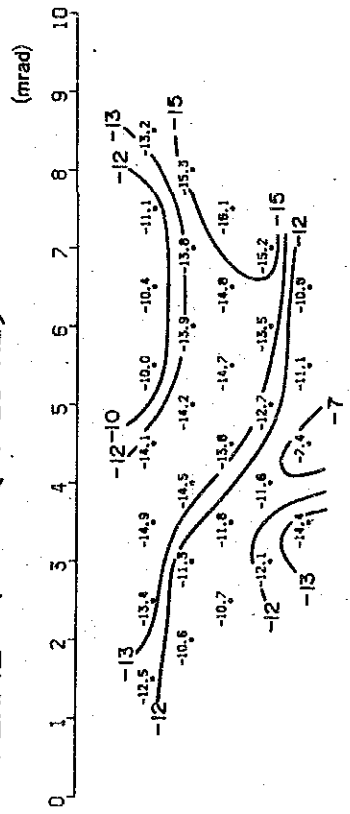


[3 Hz]

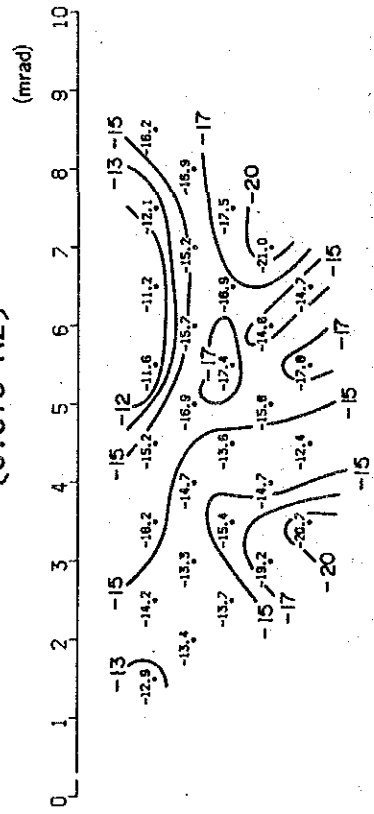


第 I-33 図 位相差断面図 (FおよびH測線) (II地区)

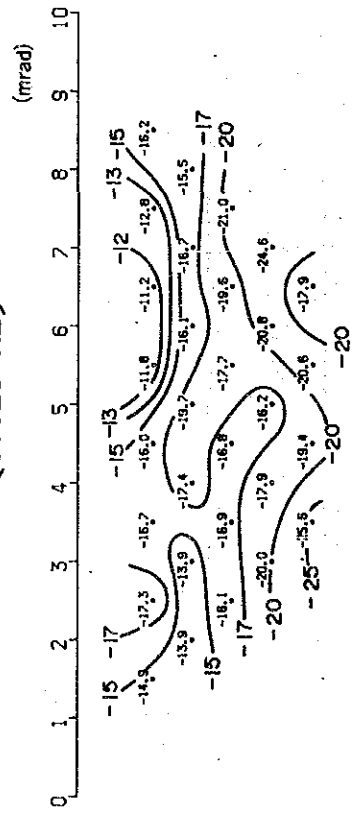
PERFIL I [0.125 Hz]



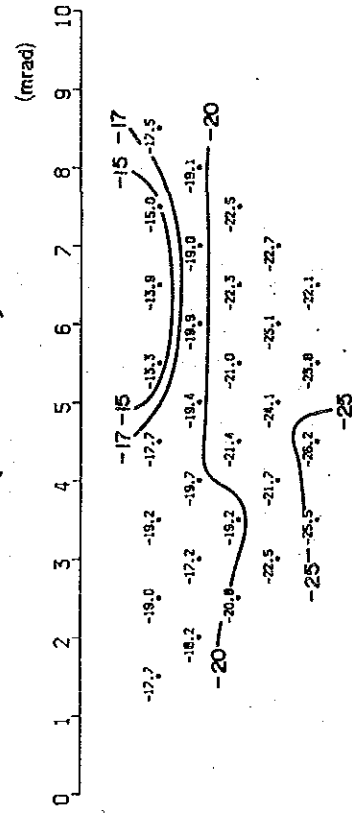
[0.375 Hz]



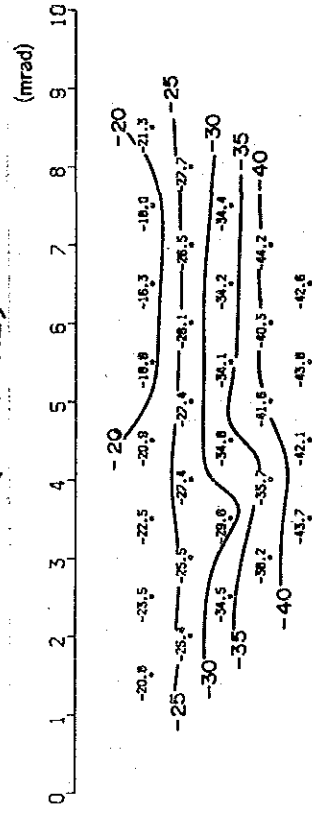
[0.625 Hz]



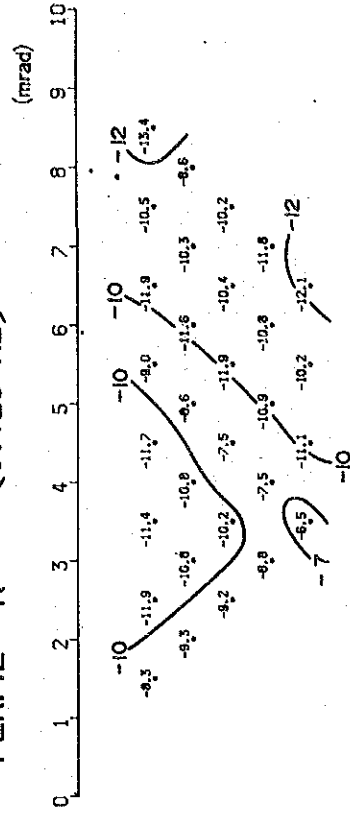
[1 Hz]



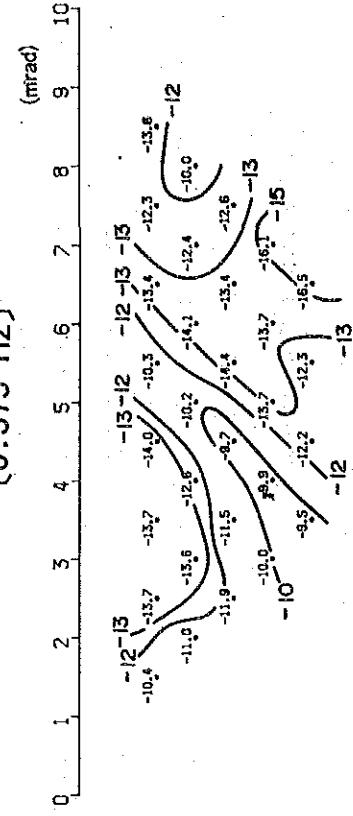
[3 Hz]



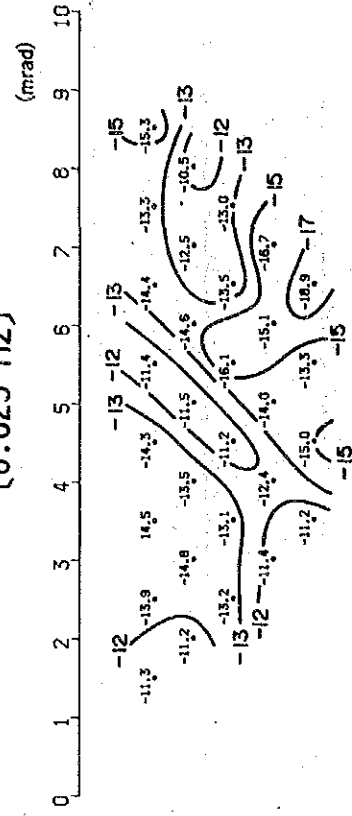
PERFIL K [0.125 Hz]



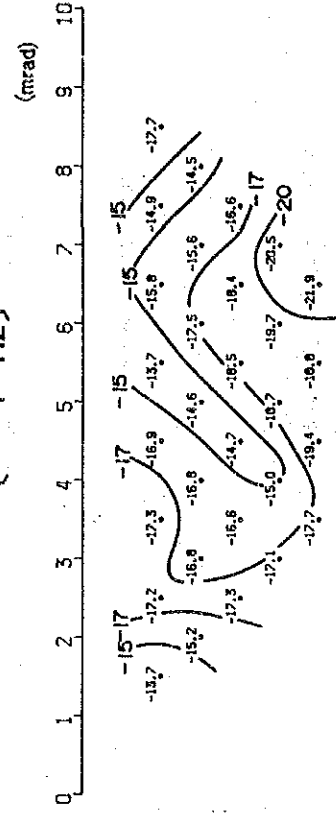
[0.375 Hz]



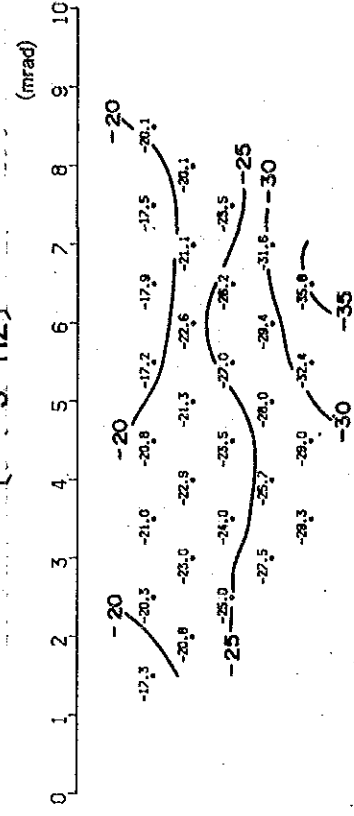
[0.625 Hz]



[1 Hz]

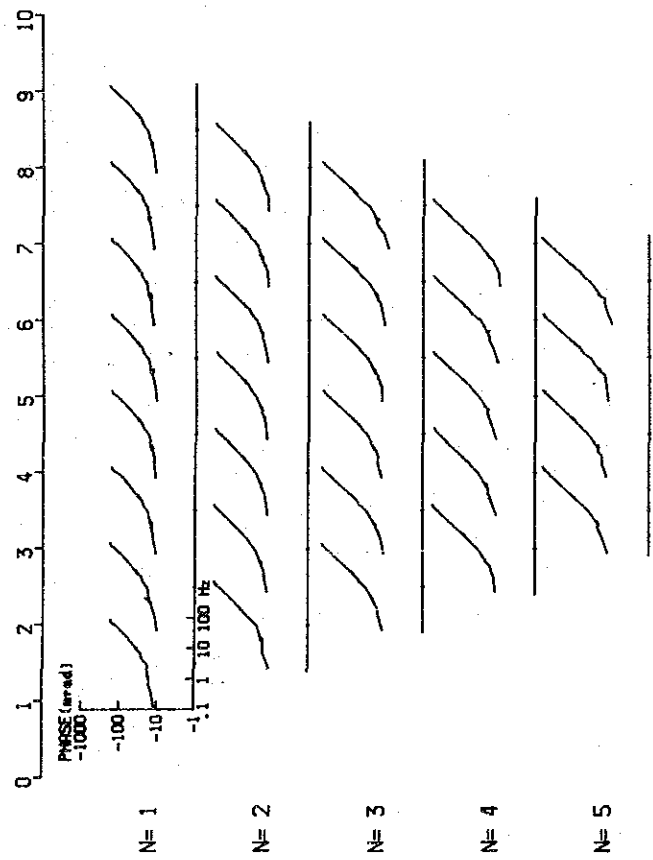


[3 Hz]

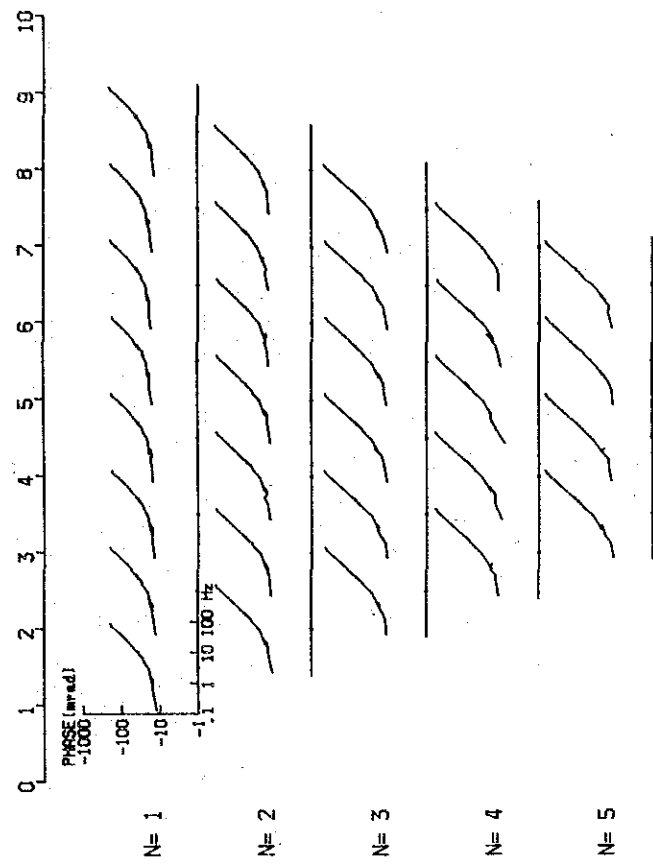


第 1-34 図 位相差断面図 (IおよびK測線) (III地区)

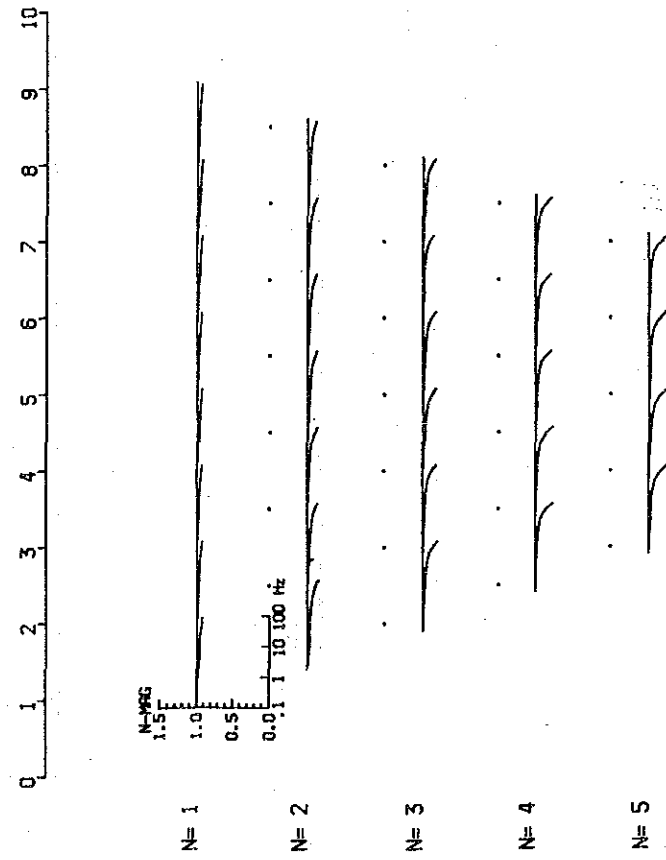
PERFIL B Espectro de fase



PERFIL D Espectro de fase



Espectro de magnitud



Espectro de magnitud

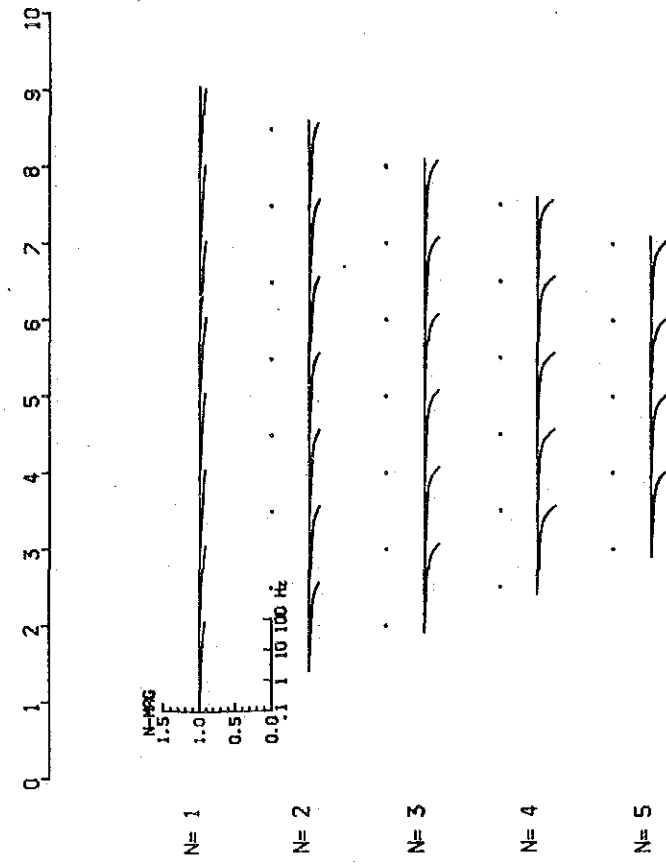


Diagrama Cole-Cole

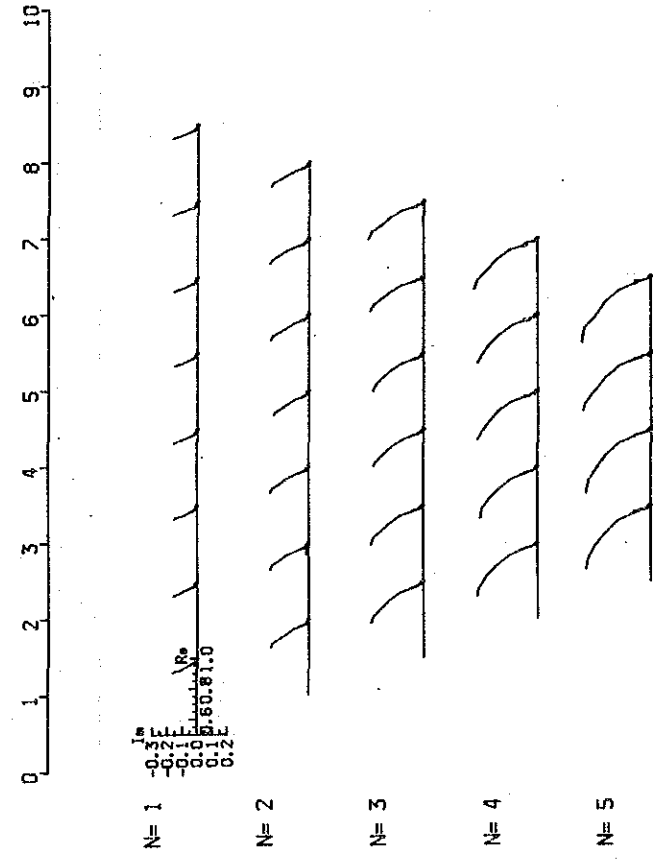
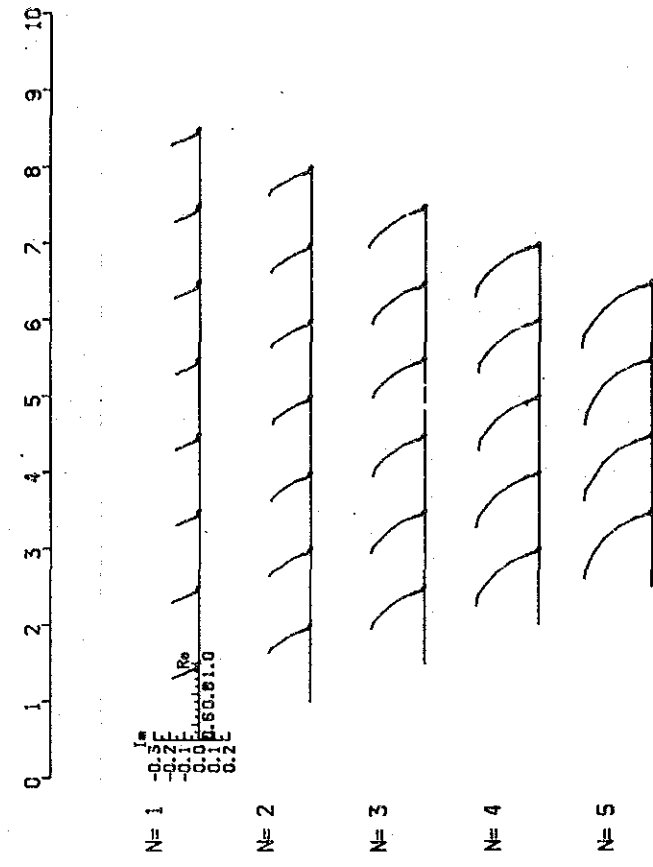
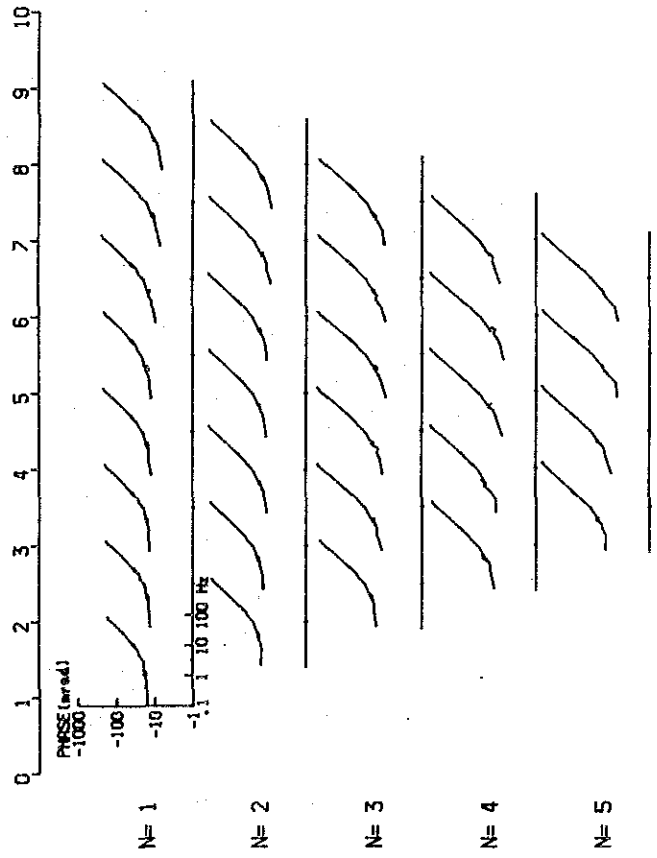


Diagrama Cole-Cole



第 1-35 図 位相差・マグニチュードスペクトル
およびコール・コール図 (I 地区)

PERFIL F Espectro de fase



Espectro de magnitud

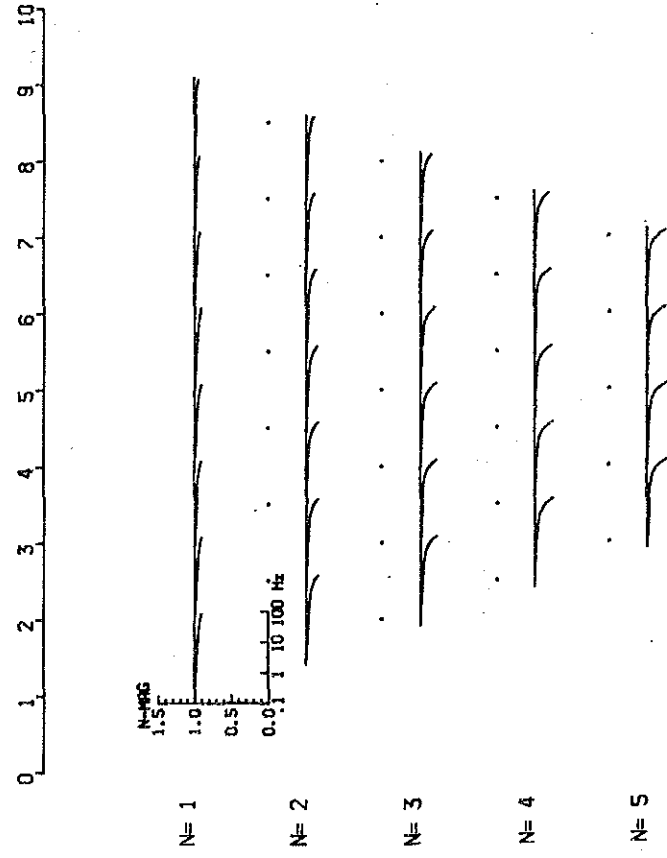
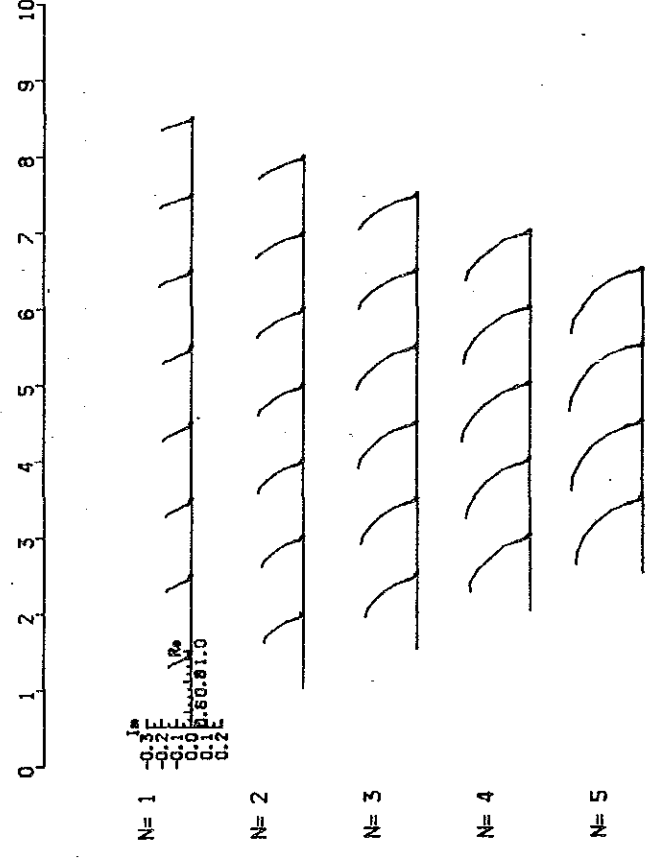
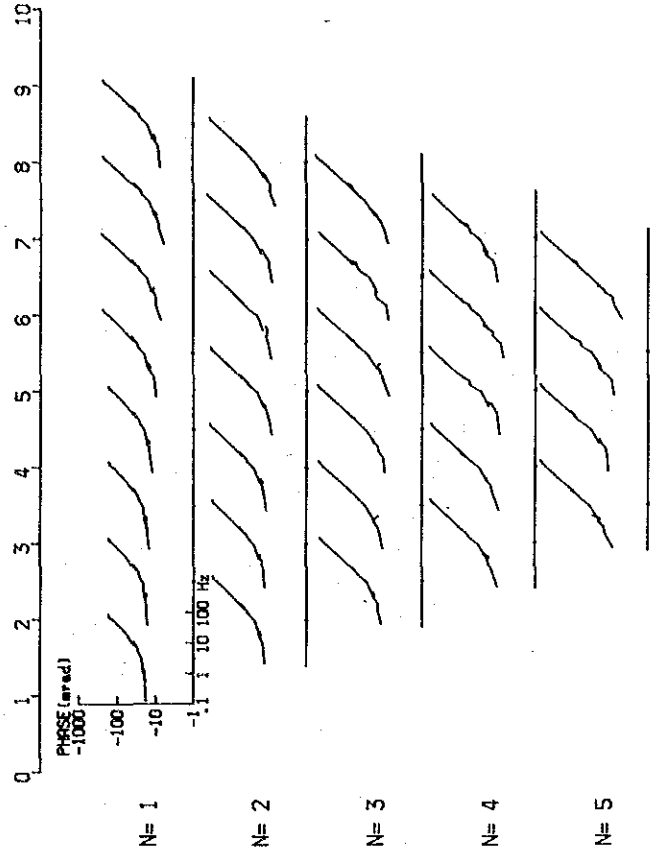


Diagrama Cole-Cole



PERFIL H Espectro de fase



Espectro de magnitud

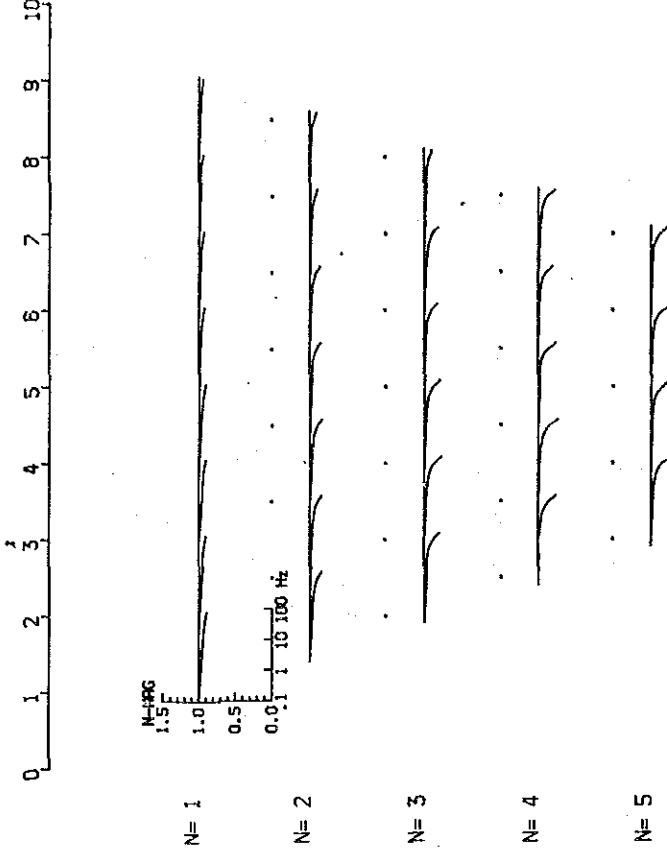
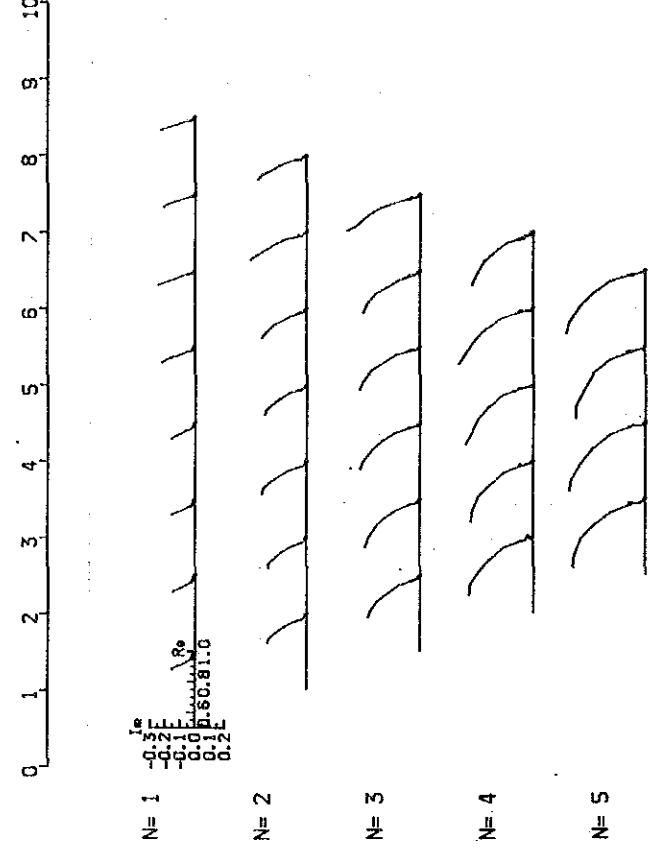
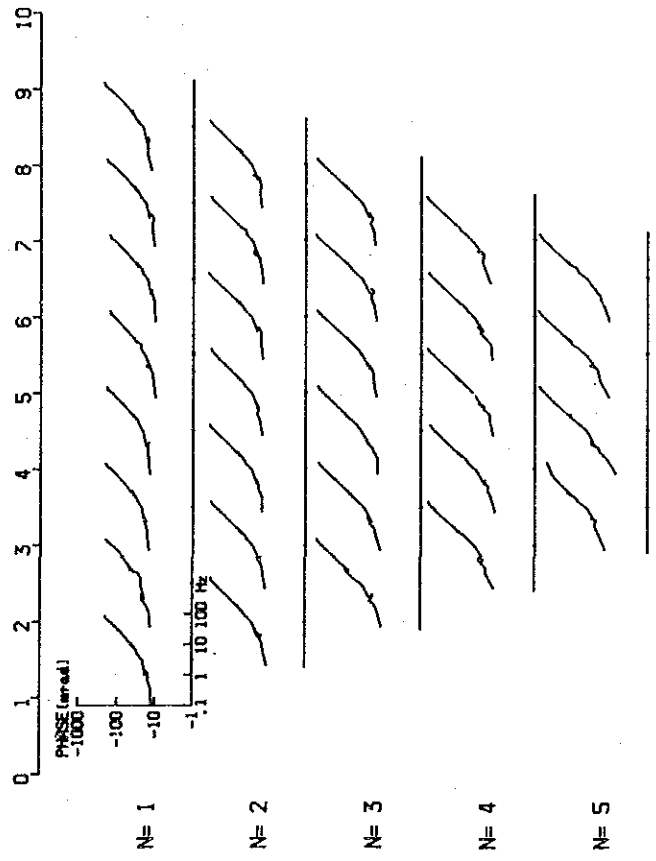


Diagrama Cole-Cole

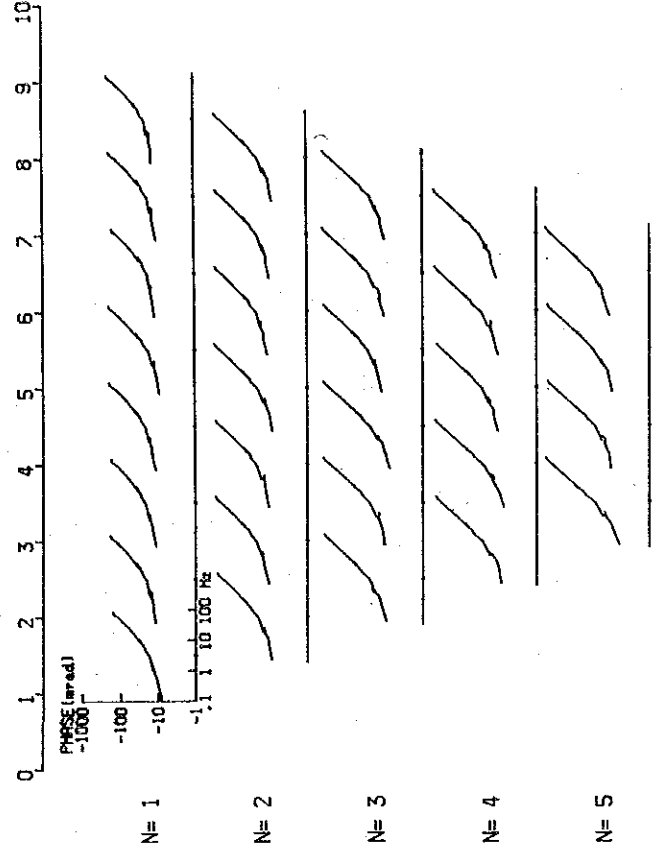


第 1-36 図 位相差・マグニチュードスペクトル
およびコール・コール図 (II 地区)

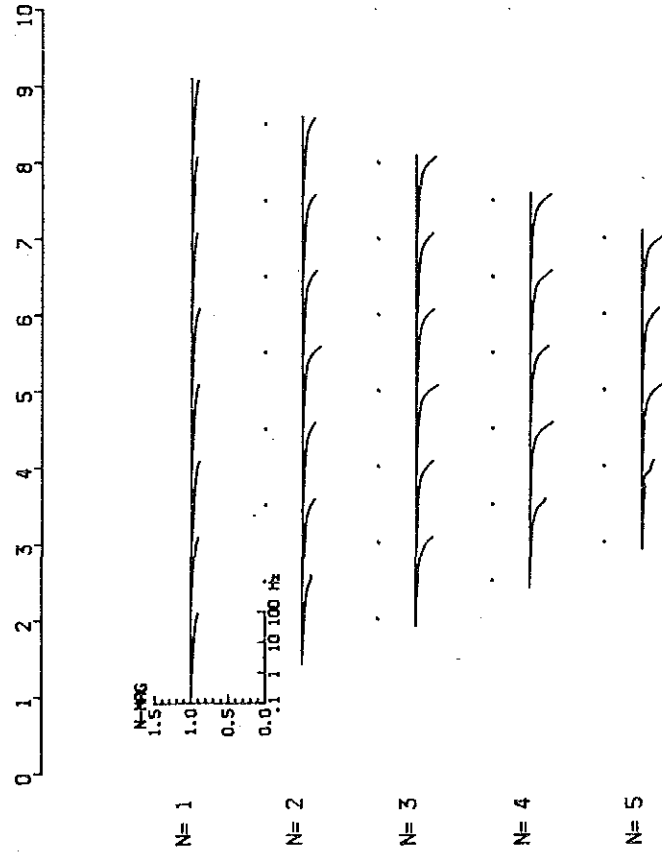
PERFIL I Espectro de fase



PERFIL K Espectro de fase



Espectro de magnitud



Espectro de magnitud

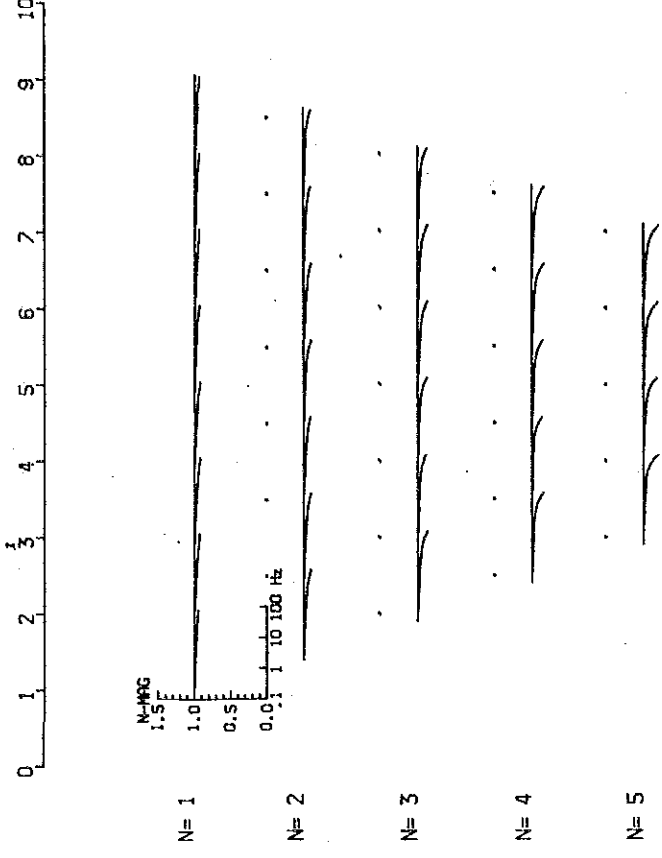


Diagrama Cole-Cole

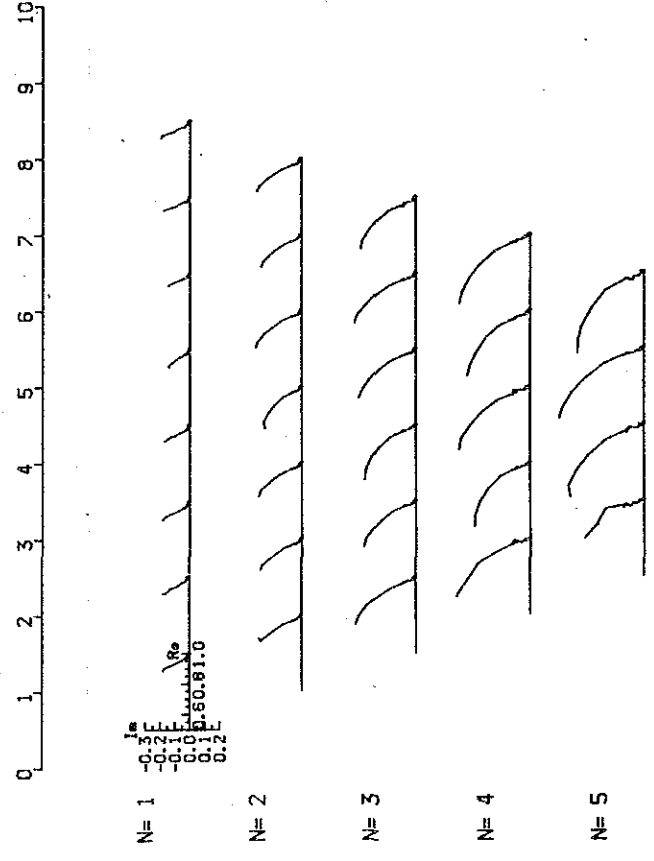
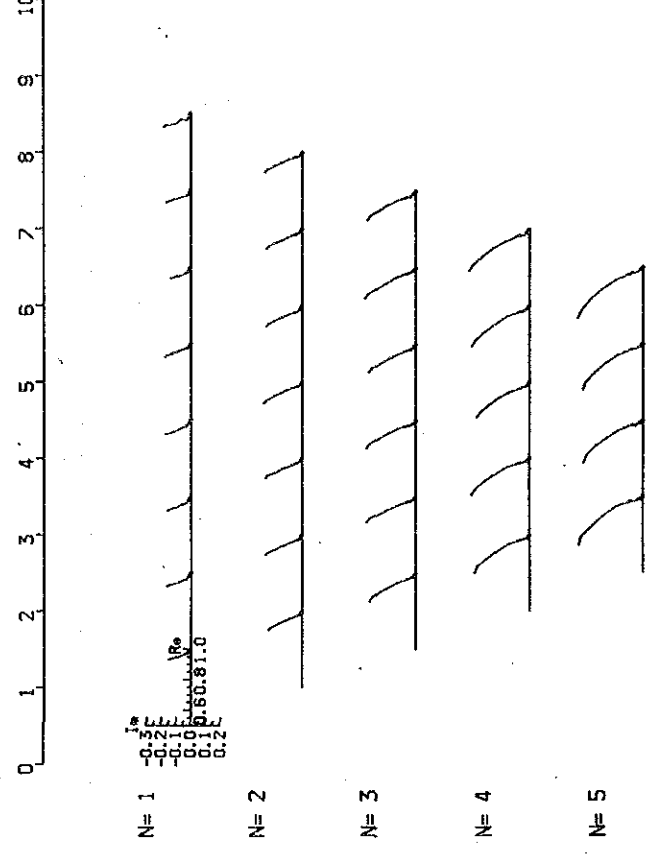


Diagrama Cole-Cole



第 1-37 図 位相差・マグニチュードスペクトル およびコール・コール図 (Ⅲ地区)

(4) デカップリング処理結果

デカップリング処理後の位相差擬似断面を第1-38図～第1-40図に示す。また、デカップリング処理後の各種スペクトル（位相差、マグニチュード、コール・コール）を第1-41図～第1-43図に示す。

デカップリング処理後の5周波数の各擬似断面の位相差は、全測線とも基本波（0.125Hz）のパターンと類似している。また、位相差の値も基本波のそれと同様である。従って、デカップリング処理前の位相差擬似断面図の特徴であった、位相差が周波数の増大に伴って大きくなる傾向は消滅している。

位相差スペクトルは全般に、 $n=1$ の深度では位相差がほとんど変化せず一定であるもの、または10Hz付近から高周波領域にかけてわずかに減少する右下がりのタイプが多い。 $n=2$ 以深のスペクトルは、周波数の増大とともに位相差が大きくなる右上がりのタイプが卓越している。

マグニチュードスペクトルは全測線において、ほぼ同じ傾きで周波数の増大とともにわずかに減少するスペクトルを示している。 $n=1\sim 5$ の深度別についても顕著な違いは認められない。コール・コール図は全般に水平なスペクトルが多い。

(5) シミュレーション解析結果

本章1-2-3項(1)で述べたようにSIP、IP全測線のPFE測定値から求めた統計値は、平均 $M=1.58\%$ 、標準偏差 $\delta=0.42\%$ である。これらの統計値から、 $M+2\delta=2.42\%$ 以上のPFEは明らかな異常値と判定される。シミュレーション解析は2.5%以上のPFEが把握された測線C、D、E、Lのうち、IP測線CおよびSIP測線Dの2測線について実施した。この結果を第1-44図～第1-45図に示す。

C 測線（第1-44図）：本測線に対するシミュレーション解析結果は、測線の東部域および西部域の地表下浅部（地表下30～70m）にシート状の高PFEの異常源（code 4）を得ている。

ARは、測線全域にわたる地表下浅部（地表下100m以浅）に低比抵抗層（code 2, 3および4）の分布を、また、深部（地表下100m以深）には高比抵抗層（code 1）の存在を示す結果が得られている。

以上のシミュレーション結果から得られたPFEおよびARのパターンは、フィールドの測定結果とほぼ類似している。

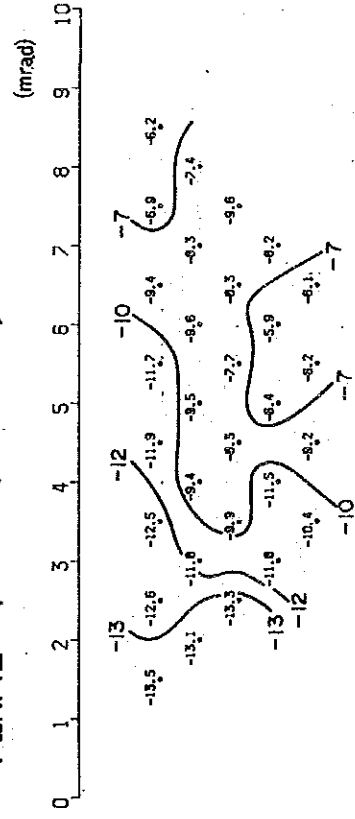
D 測線（第1-45図）：本測線のシミュレーション結果は、C測線の結果と類似している。すなわち、測線の中央部付近から東部域にかけての地表下浅部（地表下30～70m）に層状の高PFEの異常源（code 4）を得ている。

ARは、地表下浅部（地表下100m以浅）に $15\Omega\text{-m}\sim 50\Omega\text{-m}$ の低比抵抗層（code 2, 3および4）、それ以深には $500\Omega\text{-m}$ 程度の高比抵抗層（code 1）が厚く分布する結果が得られている。

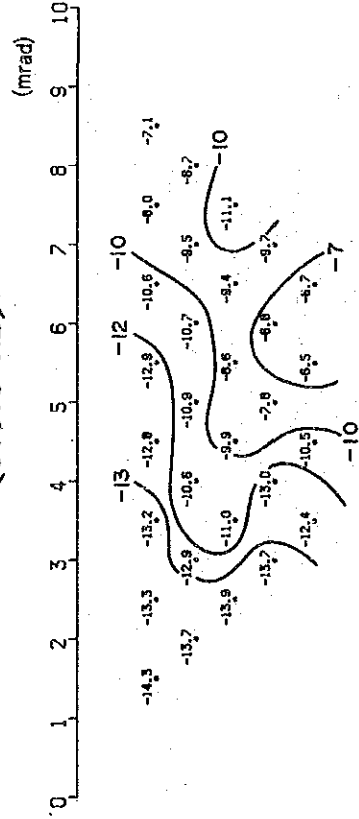
(6) 岩石試料室内試験結果

調査地域に分布する岩石、鉍石試料41個の試料についてSIP測定を行い、位相差スペクトル、マグニチュード・スペクトル、コール・コール特性、PFE、比抵抗（ ρ ）を求めた。なお、位相差スペクトルおよびコール・コール特性のタイプは第1-46図に示した。試料の内訳は、Unión 鉍床帯：26個（このうち肉眼観察で鉍化作用が認められるもの15個）、Atahualpa 鉍床帯：11個（同8個）およびその他の箇所：4個（同1個）、である。

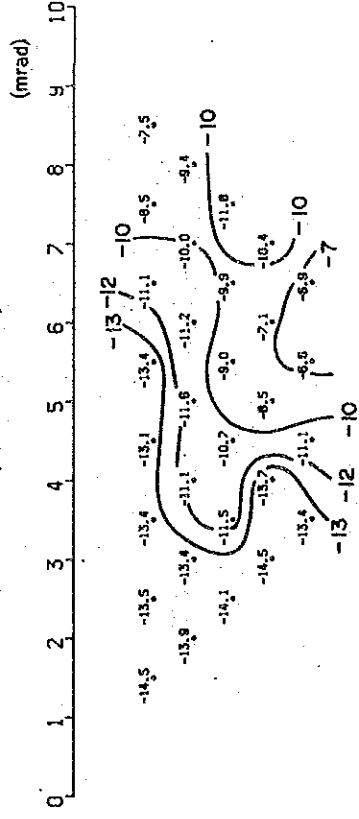
PERFIL F [0.125 Hz]



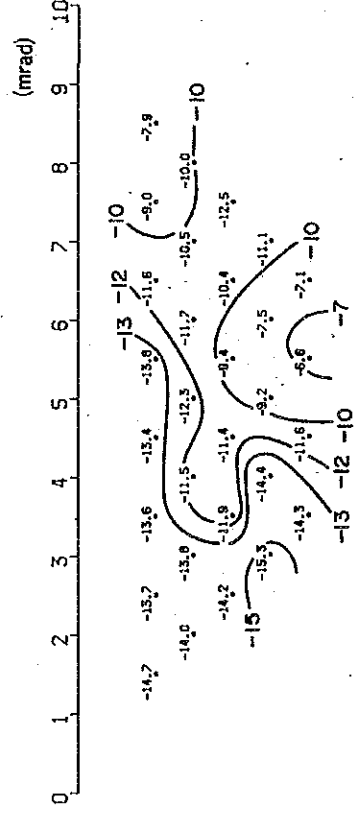
[0.375 Hz]



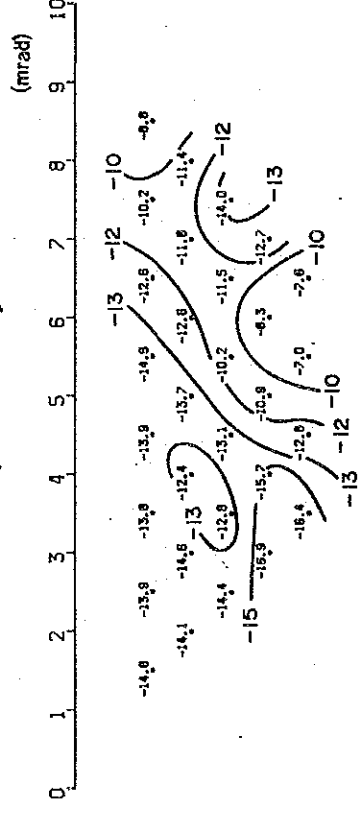
[0.625 Hz]



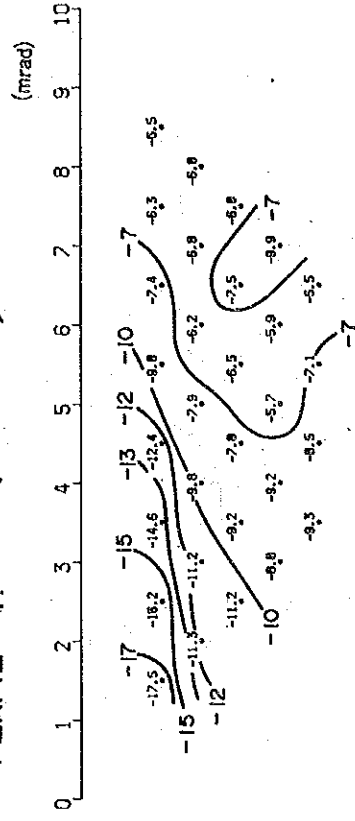
[1 Hz]



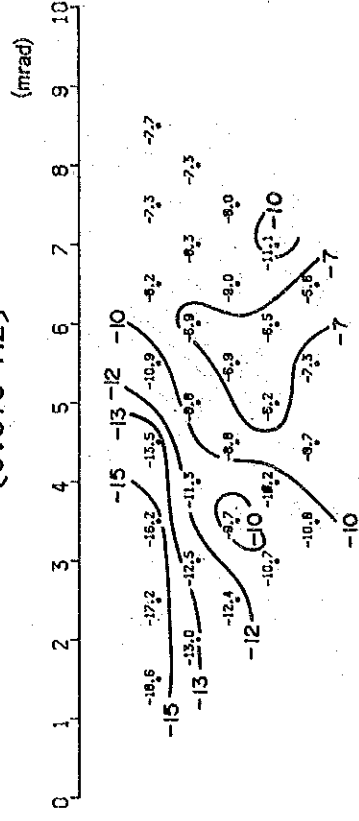
[3 Hz]



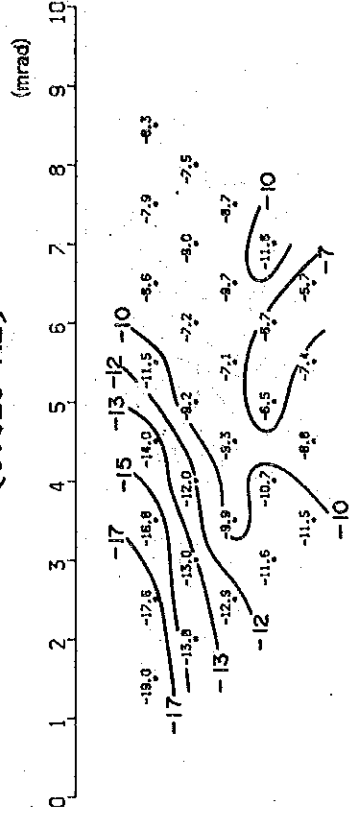
PERFIL H [0.125 Hz]



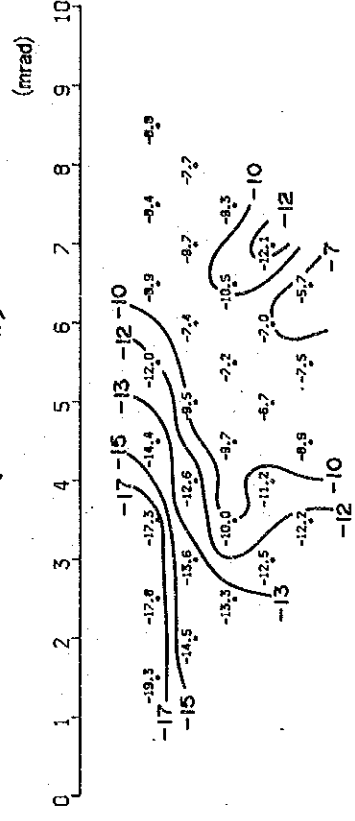
[0.375 Hz]



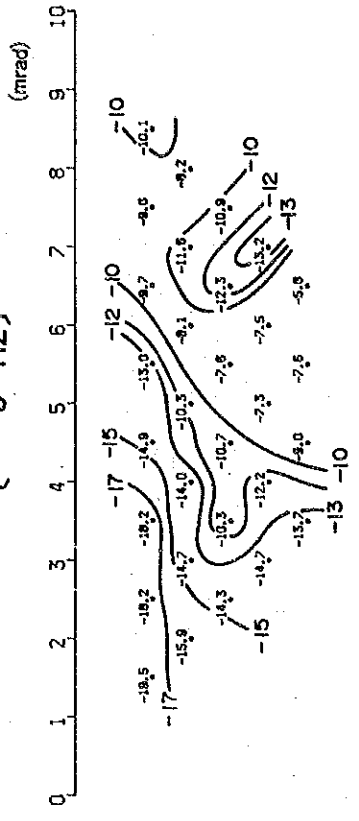
[0.625 Hz]



[1 Hz]

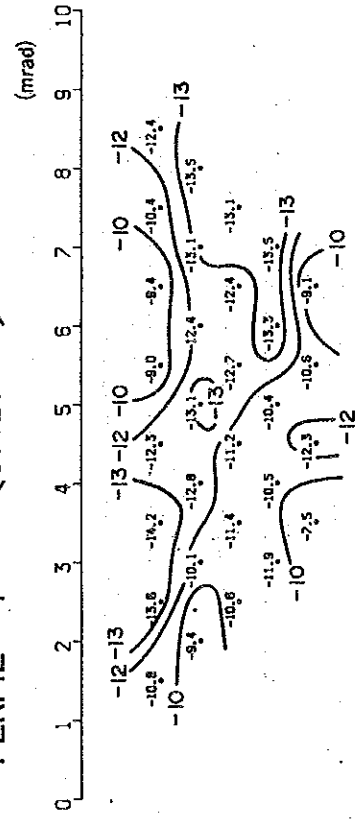


[3 Hz]

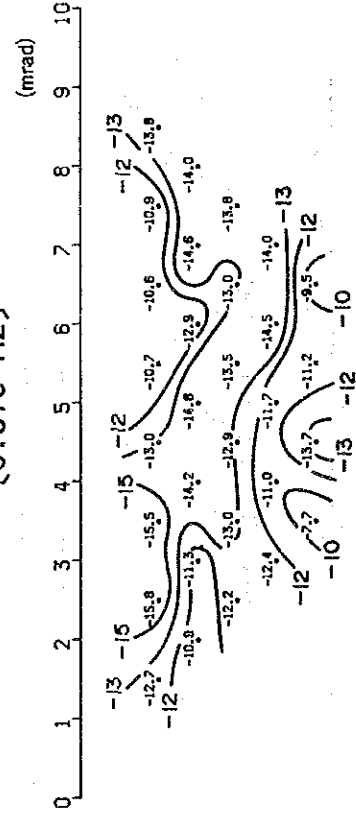


第 1-39 図 位相差断面図 (デカップル処理後)
(II 地区)

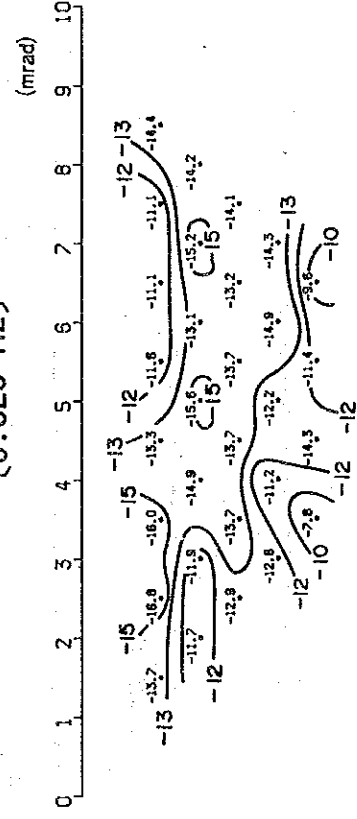
PERFIL I [0.125 Hz]



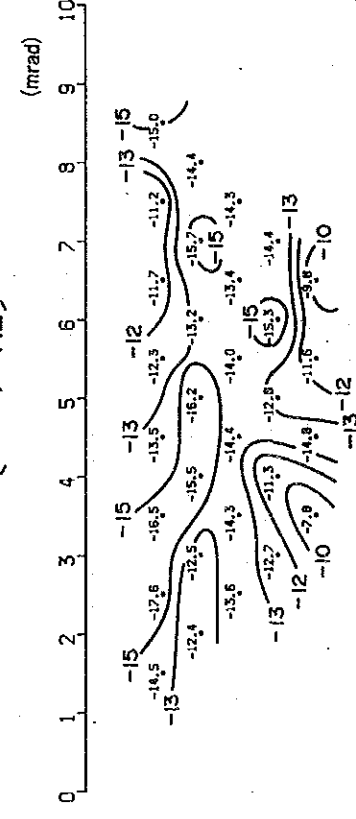
[0.375 Hz]



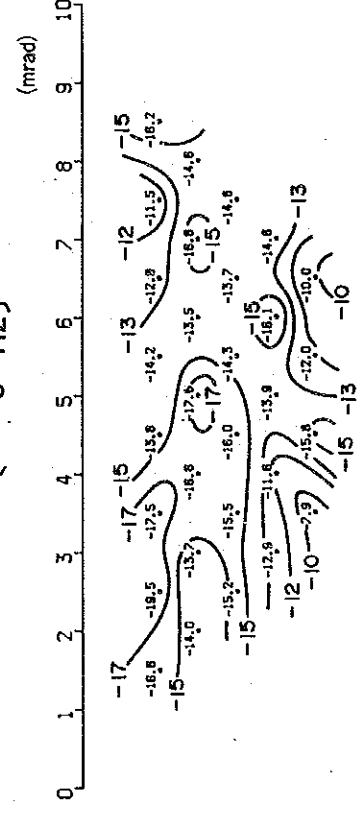
[0.625 Hz]



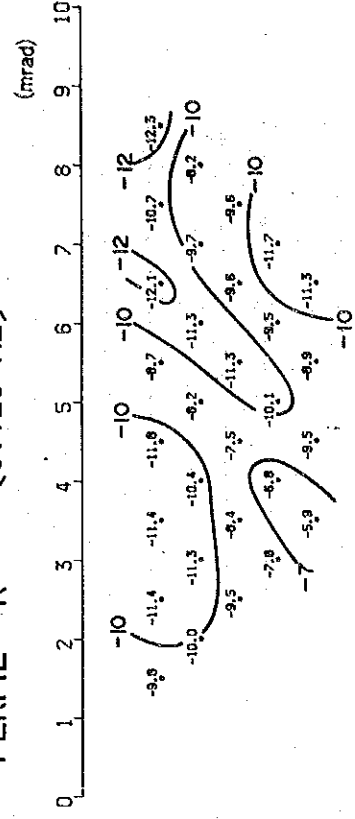
[1 Hz]



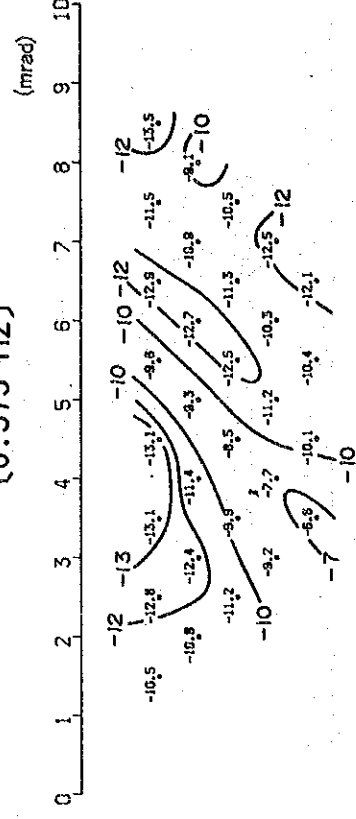
[3 Hz]



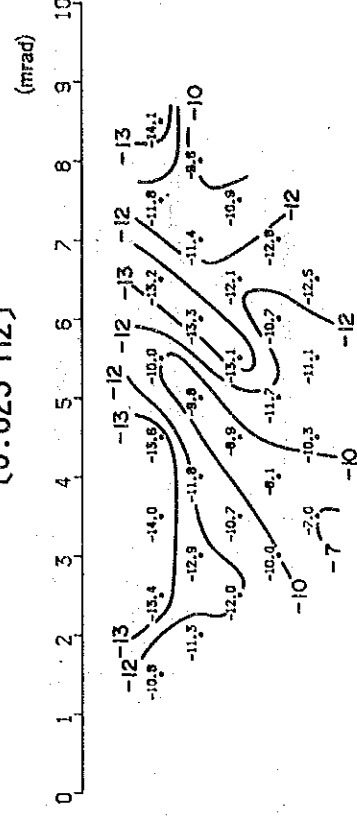
PERFIL K [0.125 Hz]



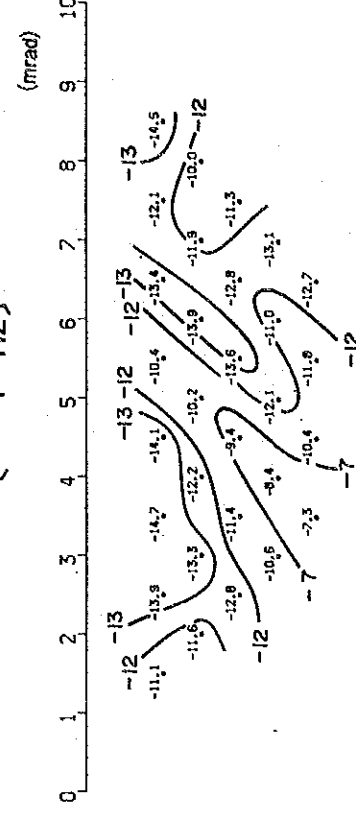
[0.375 Hz]



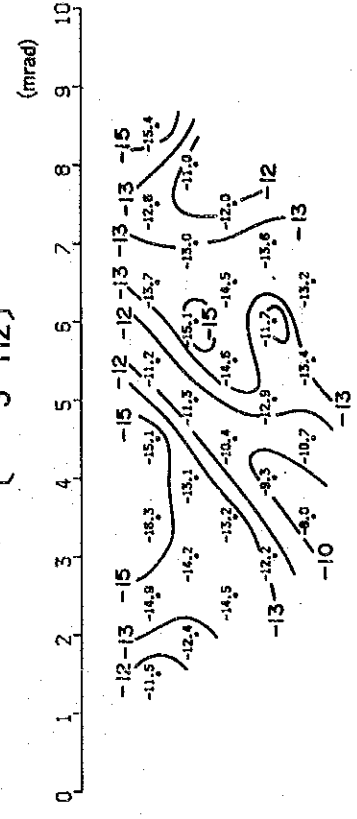
[0.625 Hz]



[1 Hz]

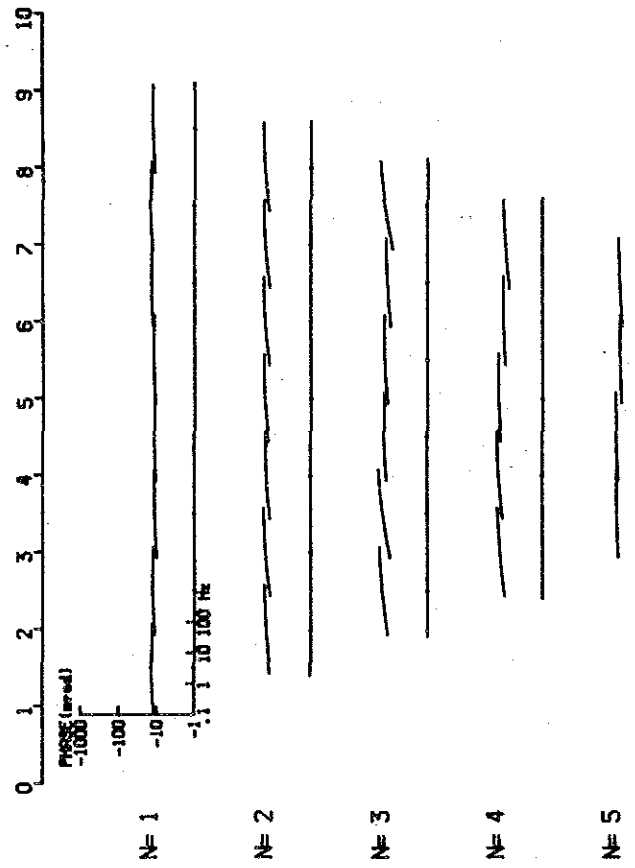


[3 Hz]

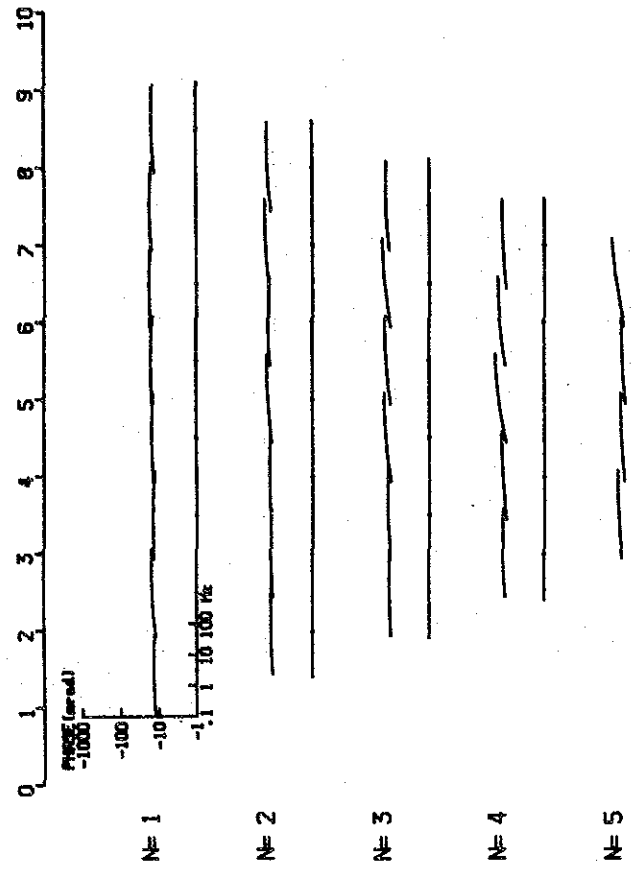


第 1-40 図 位相差断面図 (デカップル処理後)
(Ⅲ地区)

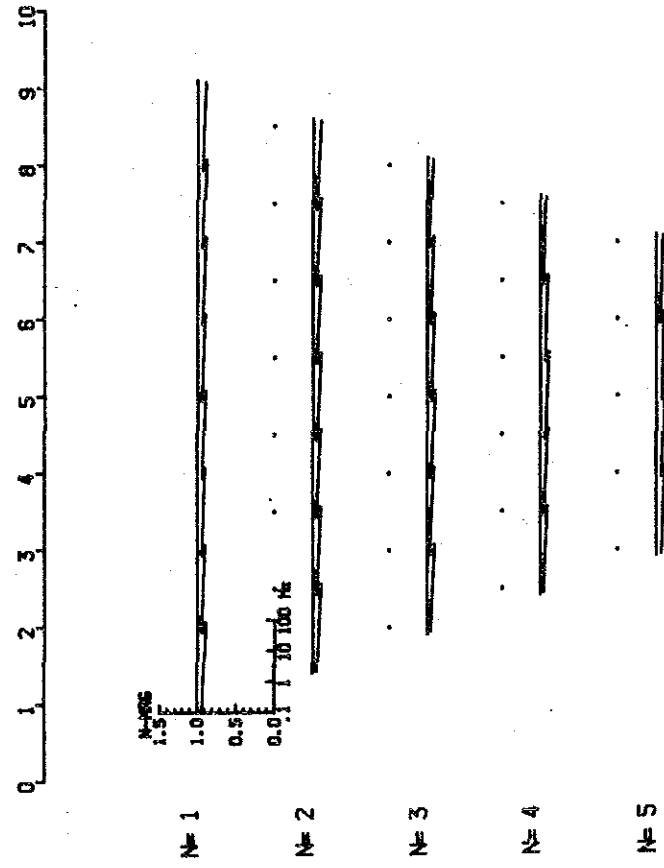
PERFIL B Espectro de fase



PERFIL D Espectro de fase



Espectro de magnitud



Espectro de magnitud

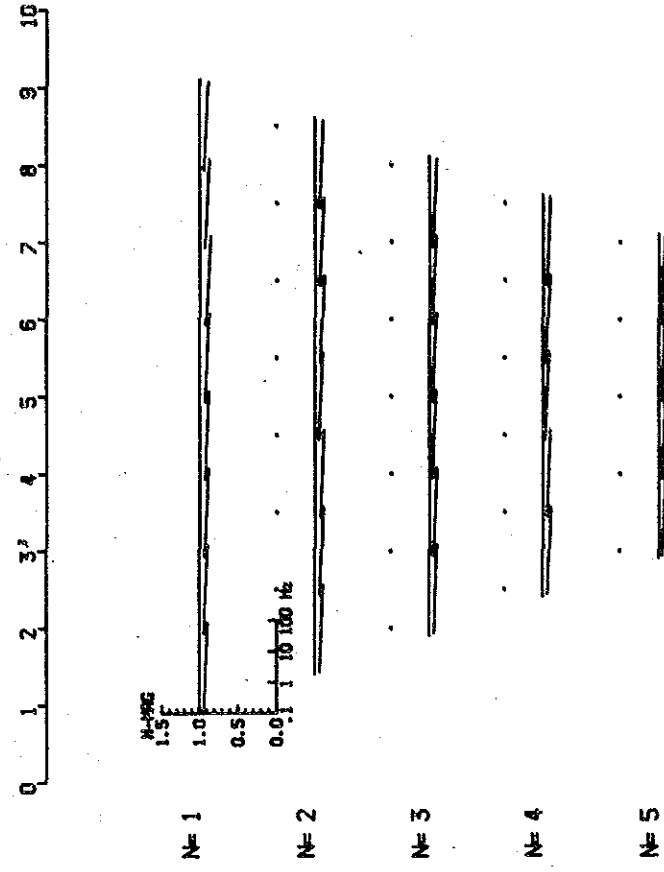


Diagrama Cole-Cole

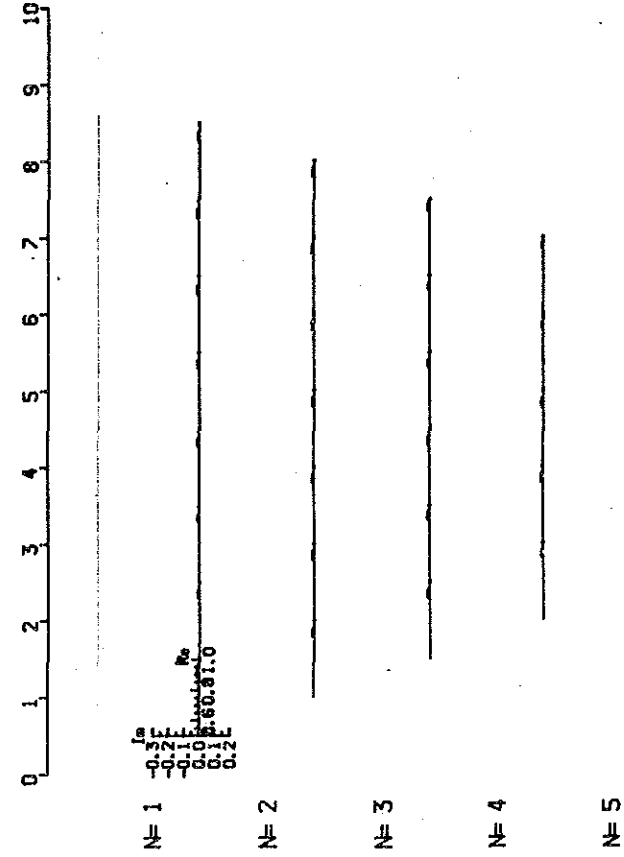
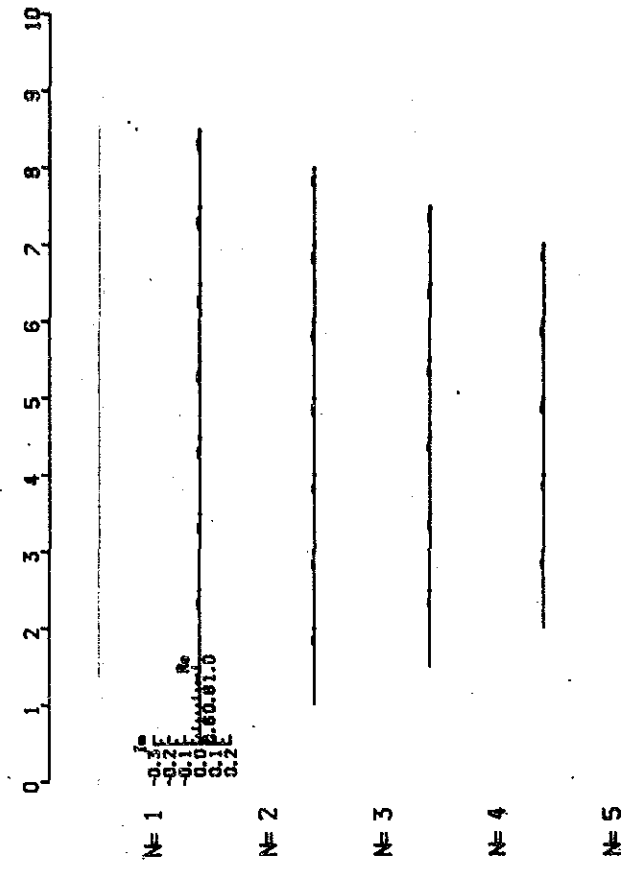
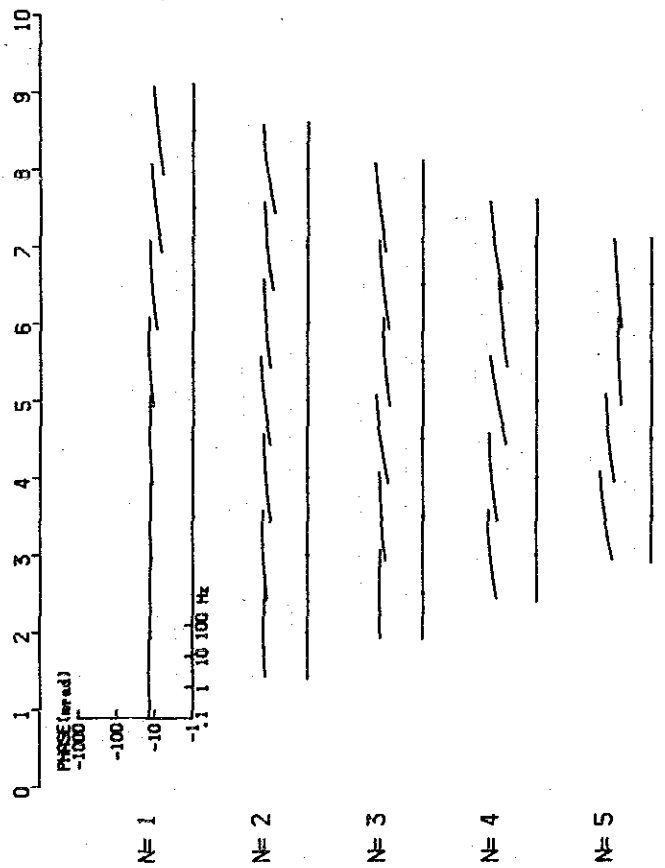


Diagrama Cole-Cole



第 1-41 図 デカップル処理後の位相差・マグニチュードスペクトル
およびコール・コール図 (I地区)

PERFIL F Espectro de fase



Espectro de magnitud

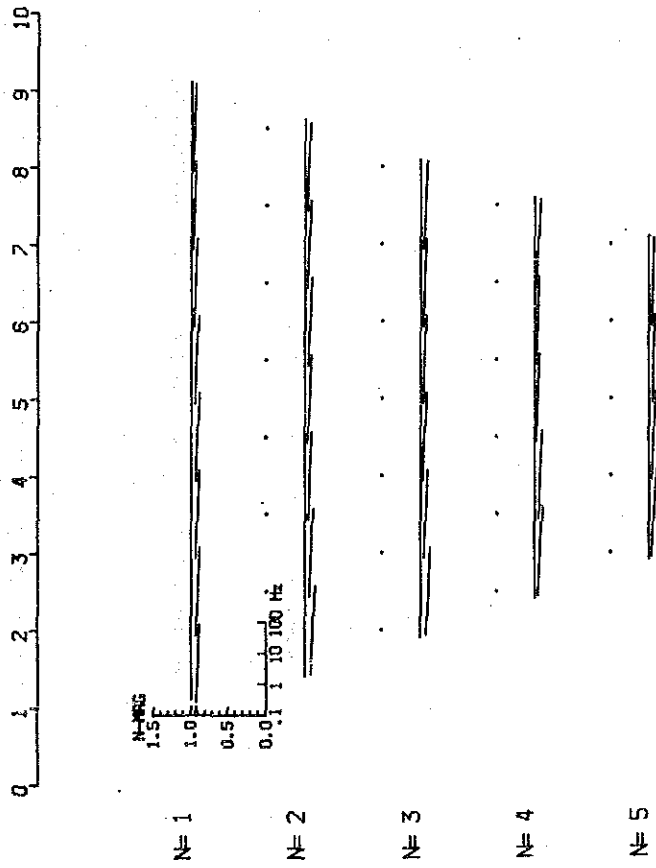
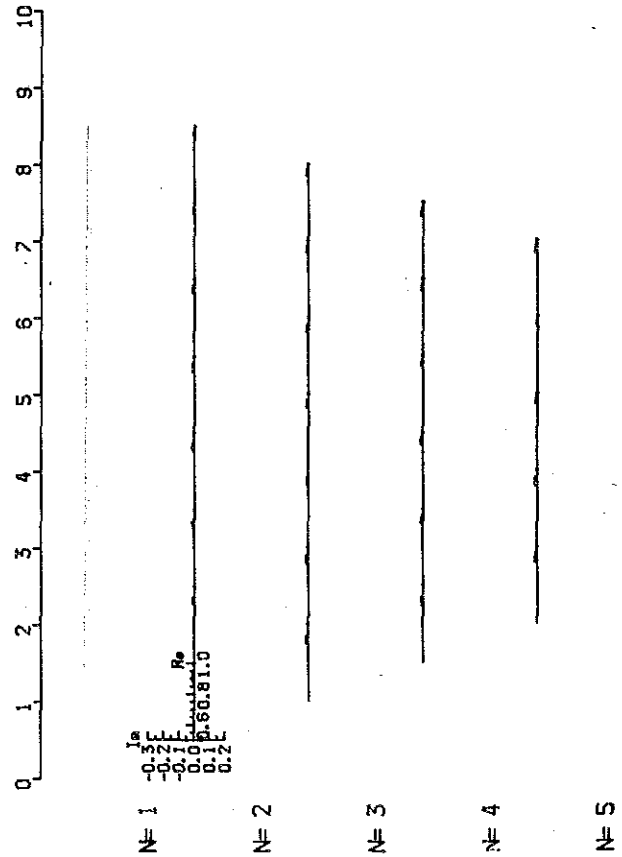
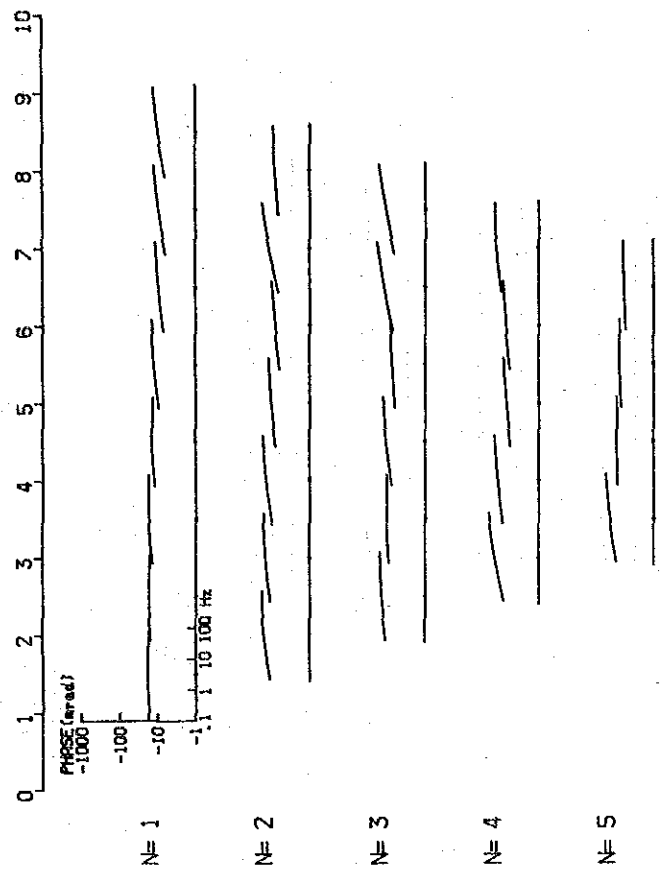


Diagrama Cole-Cole



PERFIL H Espectro de fase



Espectro de magnitud

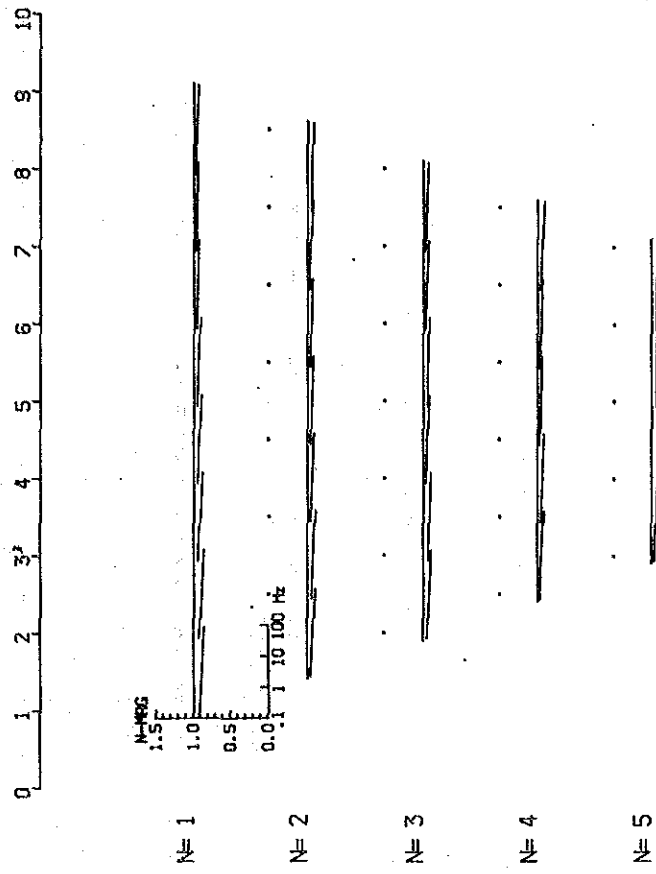
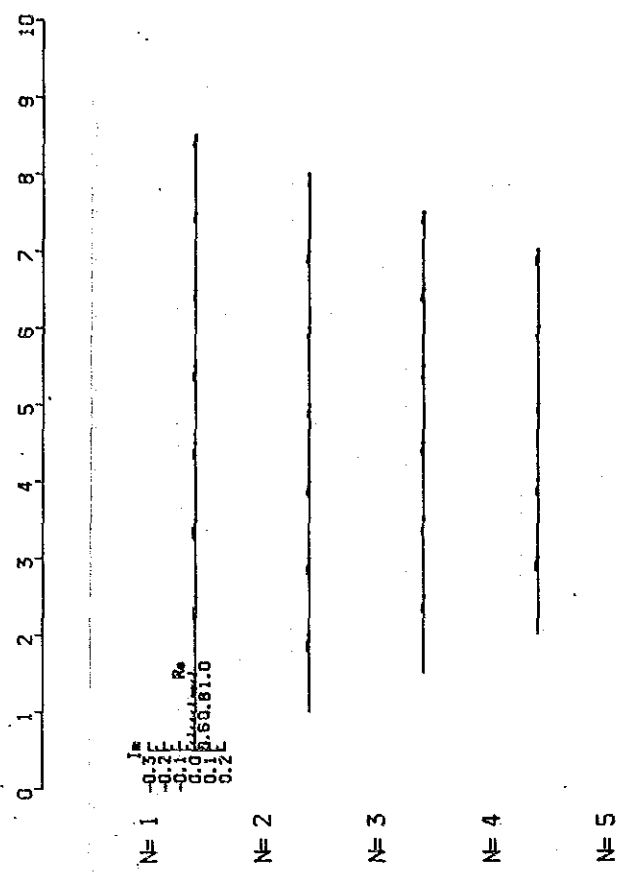
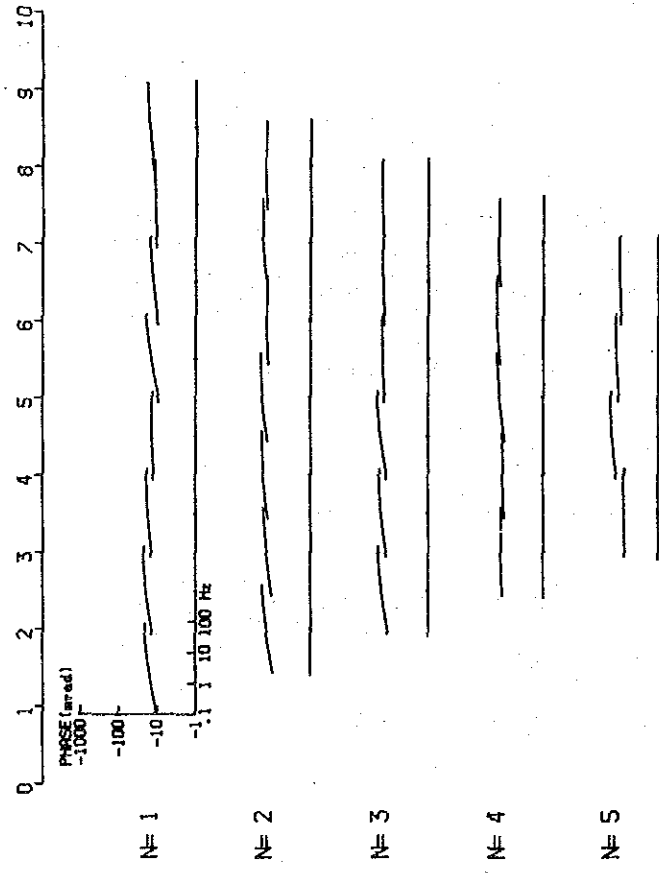


Diagrama Cole-Cole



第 1-42 図 デカップル処理後の位相差・マグニチュードスペクトル およびコール・コール図 (II地区)

PERFIL I Espectro de fase



Espectro de magnitud

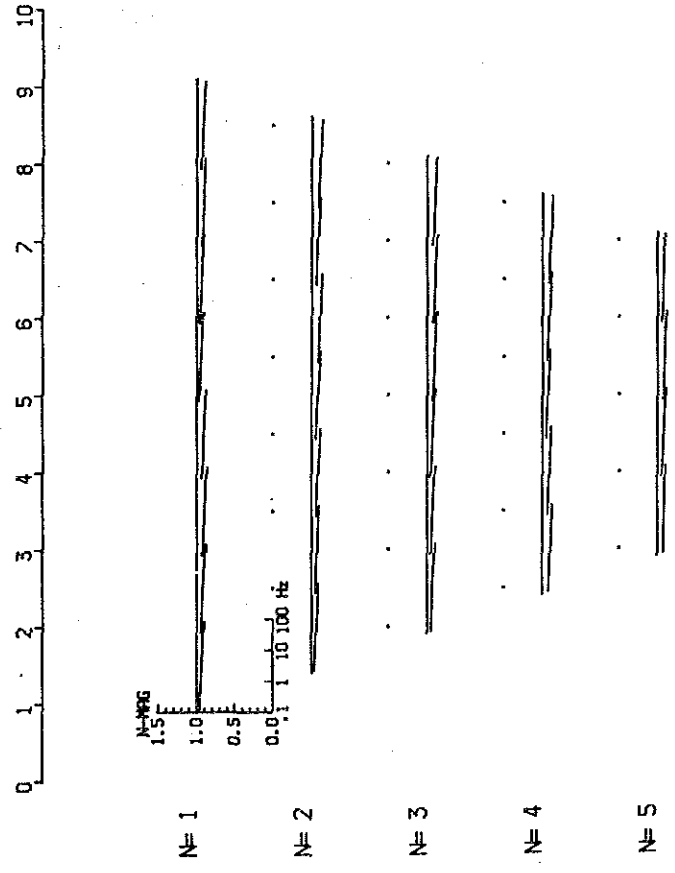
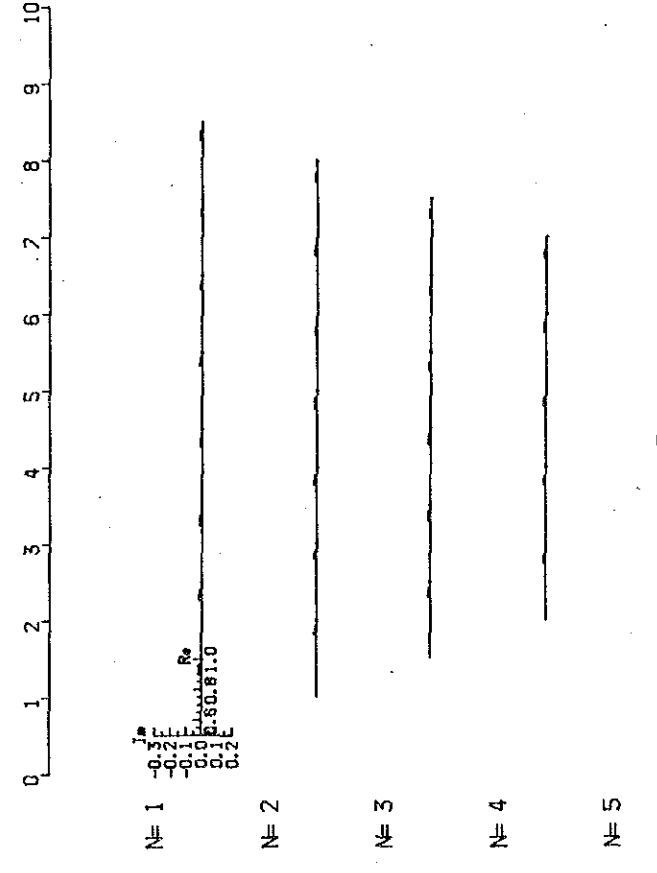
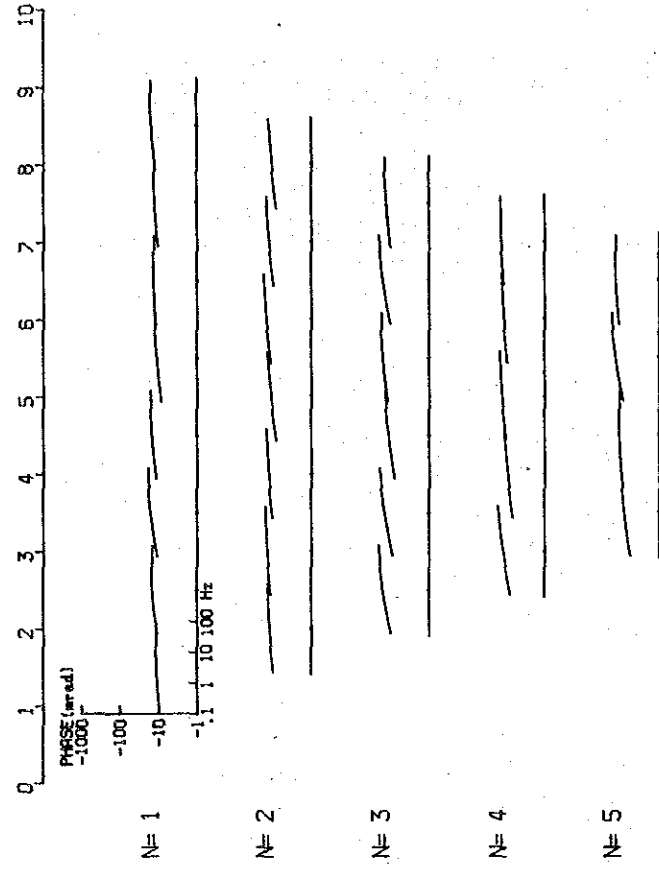


Diagrama Cole-Cole



PERFIL K Espectro de fase



Espectro de magnitud

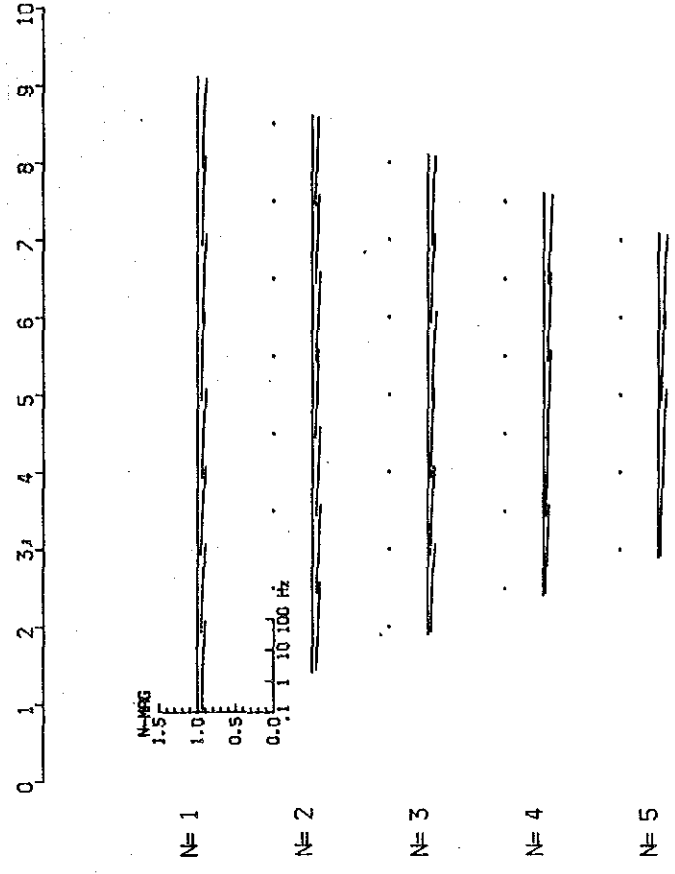
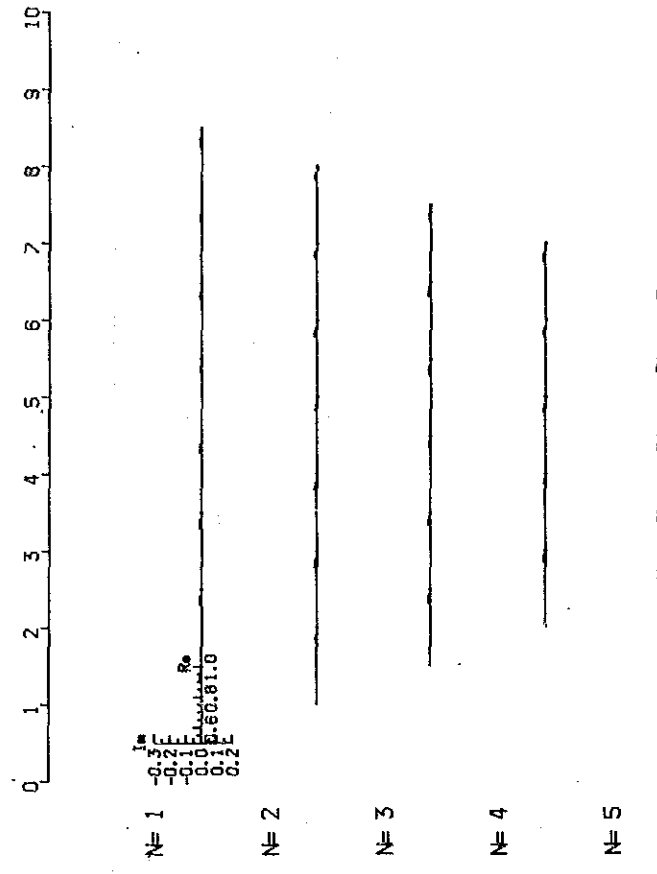


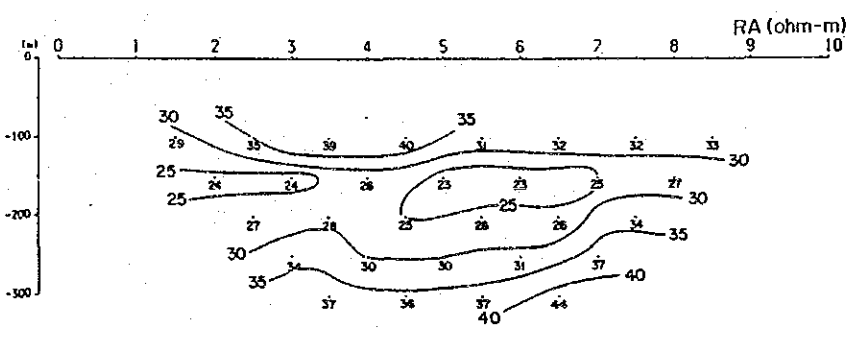
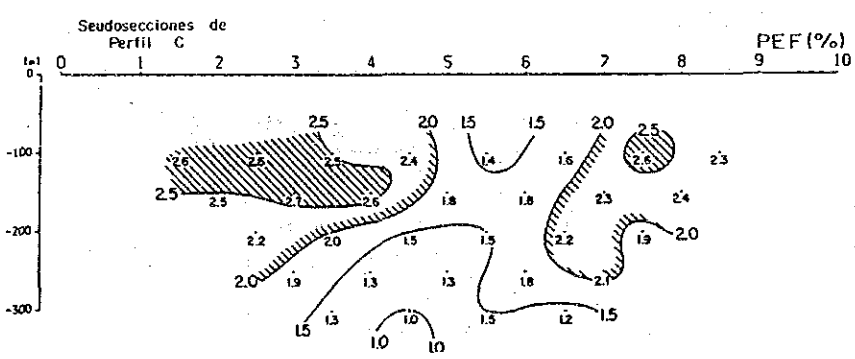
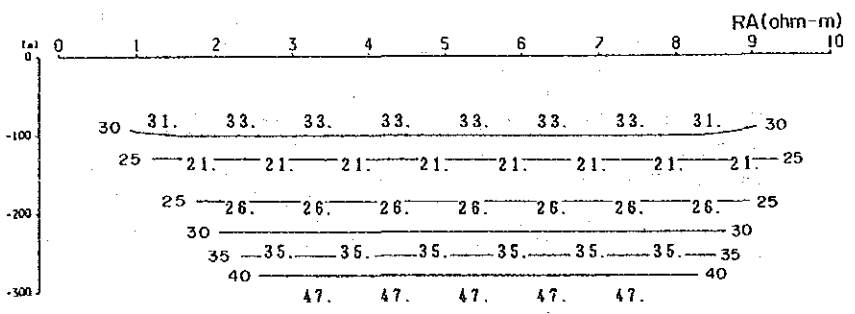
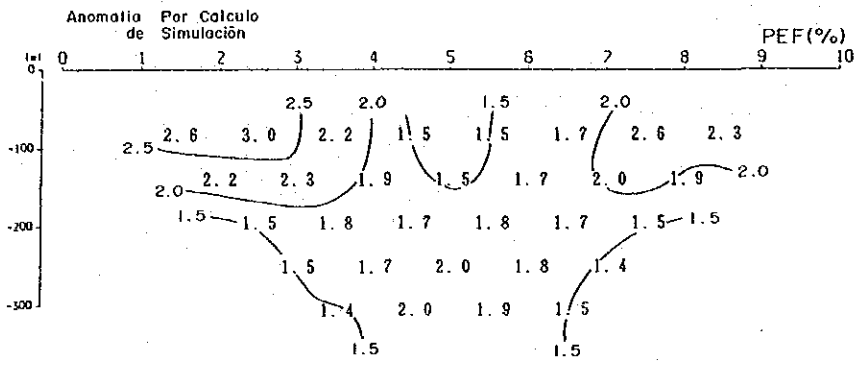
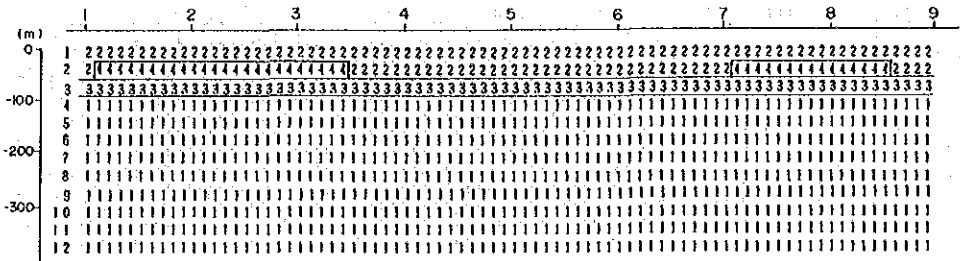
Diagrama Cole-Cole



第 1-43 図 デカップル処理後の位相差・マグニチュードスペクトル
およびコール・コール図 (Ⅲ地区)

MODELO N° C1

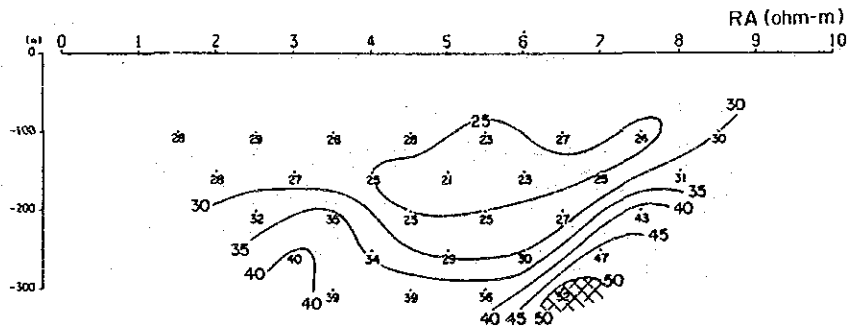
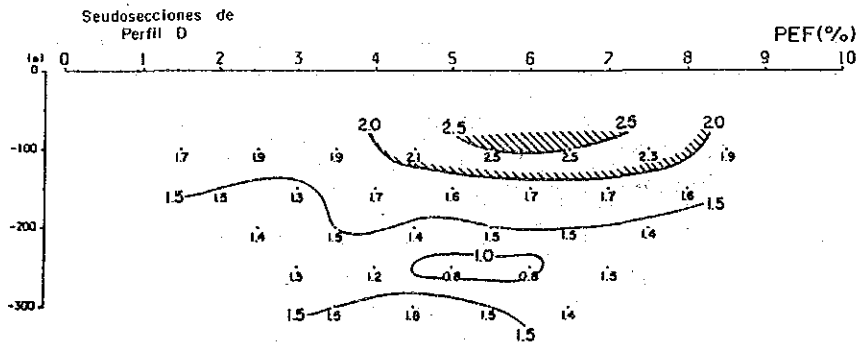
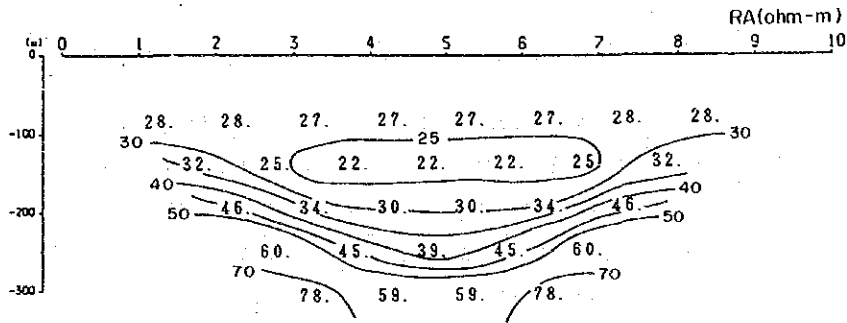
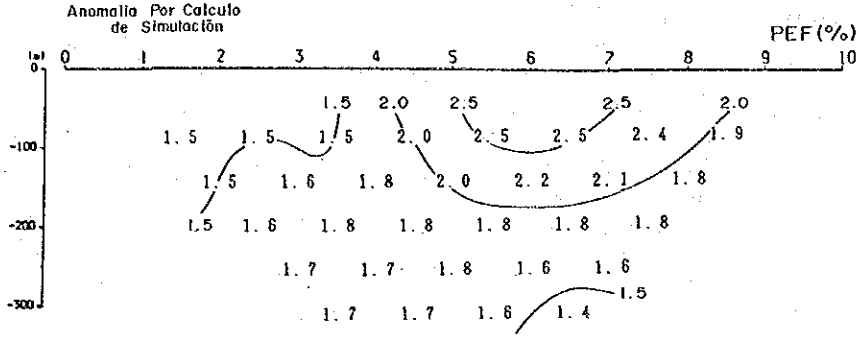
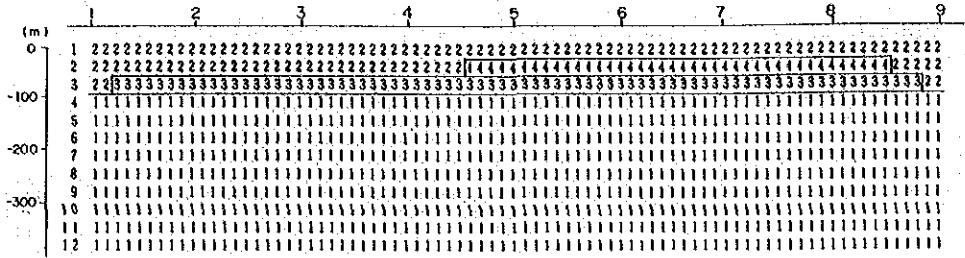
CLAVE	RESISTIVIDAD	E.F
	OHM-M	%
1	500.	1.5
2	60	1.5
3	10.	1.5
4	60.	3.5
5	0.	0
6	0.	0
7	0.	0
8	0.	0
9	0.	0



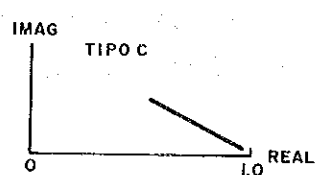
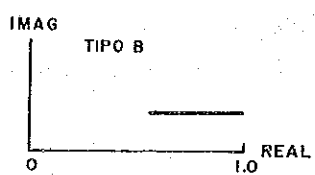
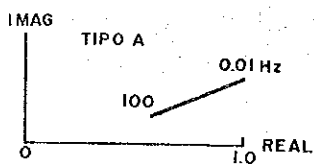
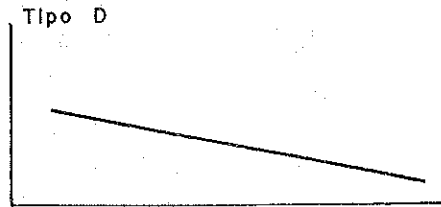
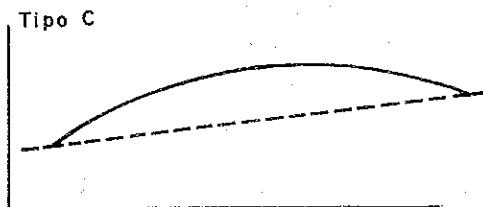
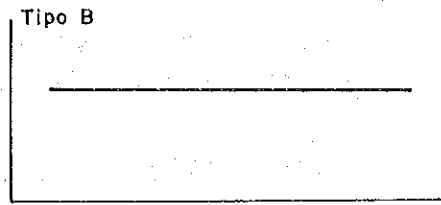
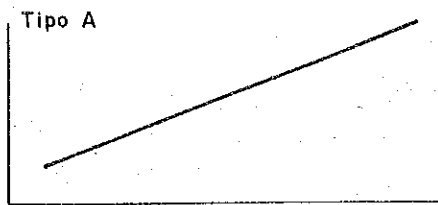
第 1-44 図 シミュレーション解析図 (C測線)

MODELO N° D1

CLAVE	RESISTIVIDAD	E.F
	OHM-M	%
1	500.	1.5
2	50.	1.5
3	15.	1.5
4	50.	3.0
5	0.	0
6	0.	0
7	0.	0
8	0.	0
9	0.	0



第 1-45 図 シミュレーション解析図 (D測線)



第 1-46 図 岩石試料のスペクトルタイプ区分

採取位置は第1-1図に示した。個々の試料についてのSIP特性は巻末資料(添付図1)に示した。これらを総括して第1-3表に示す。なお、SIP測定試料のうち、24個の試料については、Au、Ag、Cu、Pb、Zn、FeおよびSの7成分について化学分析を実施したのでこの結果も参考資料として第1-3表に示した。

これらの結果をまとめると次の通りである。

i) PFE

- 鉍化試料(24個) 平均 2.5%(0.5~11.6%)
- 二次富化帯(10個)(銅硫化物、赤銅鉍(?)、自然銅(?)など) : 平均 4.4%
(1.1~11.6%)
- 酸化帯(14個)(酸化銅鉍、褐鉄鉍、方解石) : 平均 1.2%
(0.5~2.4%)
- 無鉍化試料(17個) 平均 1.3%(0.3~3.9%)

ii) 比抵抗(対数平均)

- 鉍化試料 : 354 ohm-m
- 二次富化帯 : 207 ohm-m
- 酸化帯 : 520 ohm-m
- 無鉍化帯 : 196 ohm-m
- 安山岩 : 780 ohm-m (9個)
- 石灰岩 : 720 ohm-m (5個)
- 砂岩 : 270 ohm-m (7個)
- 礫岩 : 50 ohm-m (4個)
- 泥岩 : 1,040 ohm-m (7個)
- シルト岩 : 120 ohm-m (8個)
- 石英安山岩 : 3,370 ohm-m (1個)

iii) PFE と 化学分析値の関係

化学分析をした24試料について、PFEおよび分析値の統計処理を行って相関係数を求めた結果は次表の通りである。なお、表に示した相関係数で、対角線よりも右上の値はPFE、Ag、Cu、Pb、Zn、Fe、およびSの各成分の値を対数変換したものに対して求めた結果である。また、対角線より左下の相関係数については、PFE、FeおよびSを除いた成分のみを対数変換して求めた値である。

	PFE	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	S
PFE		0.332	0.380	0.322	-0.014	0.347	0.171
Ag	0.187		0.870	0.593	0.489	-0.076	0.307
Cu	0.280	0.870		0.647	0.441	-0.075	0.425
Pb	0.258	0.593	0.647		0.578	0.204	0.308
Zn	-0.091	0.489	0.441	0.578		0.217	-0.025
Fe	0.002	-0.264	-0.233	-0.159	0.037		-0.235
S	-0.000	0.213	0.323	-0.033	-0.068	-0.204	

第 1 - 3 表 物 性 測 定 結 果 - 覽 表 (1)

N°	Ubicación	Roca	Fase (mrad)	P.E.F (%)	ρ (ohm-m)	Espectro		Análisis químicos							Observaciones	
						fase	Cole	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Fe (%)	S (%)		CuS (%)
1	niv.-100m, piq. 3.5. mina U.	Lutita	-23.8	3.2	2303	B	B	<20	150	2.80%	154	52	1.20	0.80	0.36	dis.cp
2	niv.-70m, piq. 3. mina U.	Lutita	-25.0	4.6	185	A	C	<20	120	3.00%	1.40%	0.15%	3.80	1.85	0.13	dis.cp con vll.cal.
3	id	Lutita	-22.2	3.6	339	A	C	<20	110	2.80%	0.33%	98	2.90	0.67	0.43	id
4	niv.-50m, piq. 3. mina U.	Limolita	-4.2	1.1	47	C	A	<20	0.21%	8.00%	580	0.22%	3.00	0.04	6.52	dis.cox con Ag mineral(?)
5	id	Limolita	-25.3	4.9	54	D	A	<20	0.31%	7.22%	560	300	1.50	0.03	6.58	id
6	id	Limolita	-12.0	2.2	60	C	B	<20	90	6.70%	460	0.13%	0.90	0.02	6.54	dis.cup(?)
7	niv.-75m, piq. 3. mina U.	Limolita	-79.1	9.8	401	B	A	<20	3.3	0.21%	17	48	0.22	0.02		dis.y vll.cp
8	id	Limolita	-76.0	11.6	415	C	A	<20	8.3	1.23%	0.13%	380	3.20	1.19		id
9	niv.-100m, piq. 2. mina U.	Arenisca	-18.4	3.0	1053	A	C	<20	58	1.86%	10	240	2.90	0.36		zona mineralizada débil
10	niv.-65m, piq. 8. mina U.	Limolita	-6.3	1.2	85	C	A	<20	66	5.07%	0.17%	0.29%	1.20	0.01	4.46	vll.cox
11	id	Limolita	-9.9	2.4	52	C	A	<20	50	4.29%	0.25%	0.23%	1.80	0.02	4.04	id
12	superficie, mina U.	Arenisca	-23.0	3.0	240	D	A	<20	10	100	15	840	4.60	0.01		sin.min.
13	id	Caliza	-7.7	1.0	1143	B	B	<20	1.5	44	79	120	0.22	0.03		id
14	id	Caliza	-3.0	0.4	243	B	B	<20	0.3	13	15	123	0.14	0.03		id
15	id	Caliza	-6.3	0.9	645	B	B	<20	0.5	34	24	148	0.80	0.05		id
16	id	Conglomerado	-4.6	0.8	48	C	A	<20	1.8	750	15	0.10%	2.20	0.01		id
17	id	Caliza	-2.9	0.5	483	B	B									id
18	id	Andesita	-1.9	0.3	359	A	B									id
19	id	Conglomerado	-3.0	0.9	76	C	B									id
20	id	Arenisca	-2.4	0.6	64	C	B									id
21	id	Conglomerado	-4.6	1.1	71	C	B									id
22	afior. de mina U.	Arenisca	-6.0	0.8	372	A	B									vll.cox
23	id	Arenisca	-5.4	0.8	612	A	B									id
39	id	Caliza	-6.4	1.0	2181	B	B									stw.cox
40	superficie, mina U.	Arenisca	-22.7	3.9	195	B	B	<20	18	800	27	360	3.80	0.03		sin.min.
41	desmonte, mina U.	Lutita	-6.5	1.2	1058	B	B									dis.cox

第 1 - 3 表 物 性 測 定 結 果 一 覽 表 (2)

Nº	Ubicación	Roca	Fase (mirad)	P E F (%)	ρ (ohm-m)	Espectro fase Cole	Análisis químicos							Observaciones
							Au(ppm)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe(%)	S(%)	
24	superficie, mina A.	Conglomerado	-8,9	2,0	31	C	<20	2,5	58	3	151	5,70	0,02	sin min.
25	aflor. de mina A.	Andesita	-4,8	0,7	657	A	<20	57	3,30%	3	113	<0,01	5,80	vll.cox en falla
26	superficie, mina A.	Andesita	-5,3	0,9	1155	A								sin min.
28	desmonte del piq., mina A.	Arenisca	-5,2	2,2	134	A	<20	0,1	26	6	66	3,60	<0,01	dis. limonita
29	id	Lutita	-4,1	0,6	1318	A								stw.cox
30	id	Arenisca	-10,9	1,7	151	A	<20	2,8	0,17%	520	560	4,30	1,10	dis. cp
31	id	Limolita	-7,4	1,2	256	B	<20	0,5	260	78	920	5,70	0,22	dis. pi
32	id	Lutita	-1,9	0,5	3004	A								stw.cox y vll.cal.
33	superficie, mina A.	Andesita	-6,2	0,8	1714	A								sin min.
34	aflor. de un picado al este de mina A.	Andesita	-5,6	0,9	741	B								stw.cox
35	desmonte del piq. al este de mina A.	Lutita	-5,1	0,7	2242	A								vll.cox y vll.cal. epidotización débil
36	fuera de zona de min.	Andesita	-11,4	1,7	3474	A								
37	id	Andesita	-8,4	1,1	877	A								
43	id	Andesita	-16,5	2,5	737	A	<20	0,2	240	2	47	7,60	0,02	
45	id	Dacita	-4,7	0,9	3372	A	<20	0,1	158	18	14	3,10	0,02	vll.cal.

Abreviatura

A. : Atahualpa
aflor. : afloramiento
cal. : calcita
cox : cobre oxidado
cp : calcopirita
cup : cuprita
CuS : cobre soluble
dis. : diseminación
min. : mineralización
M. : muestra
niv. : nivel
pi : pirita
piq. : pique
stw. : stockwork
U. : Uicón
vll. : vetilla

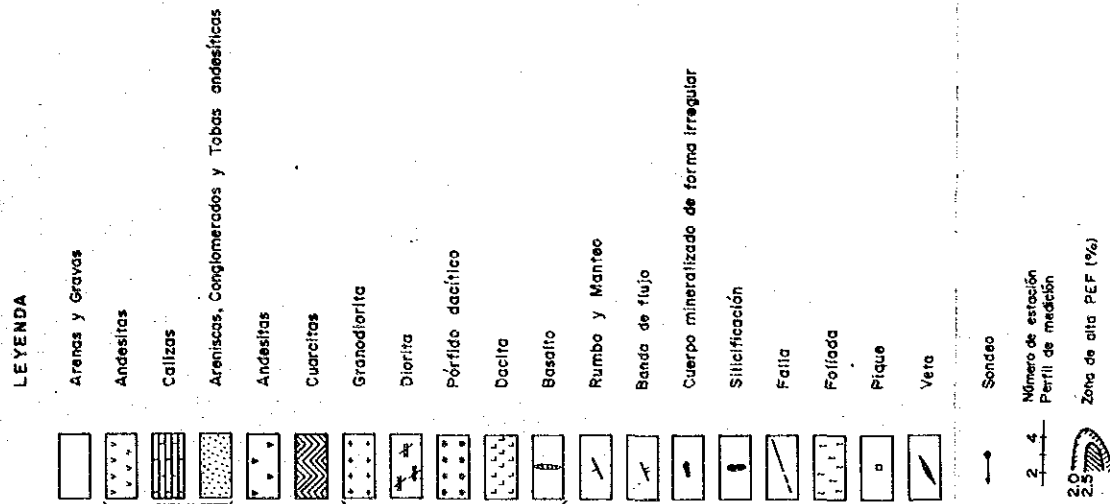
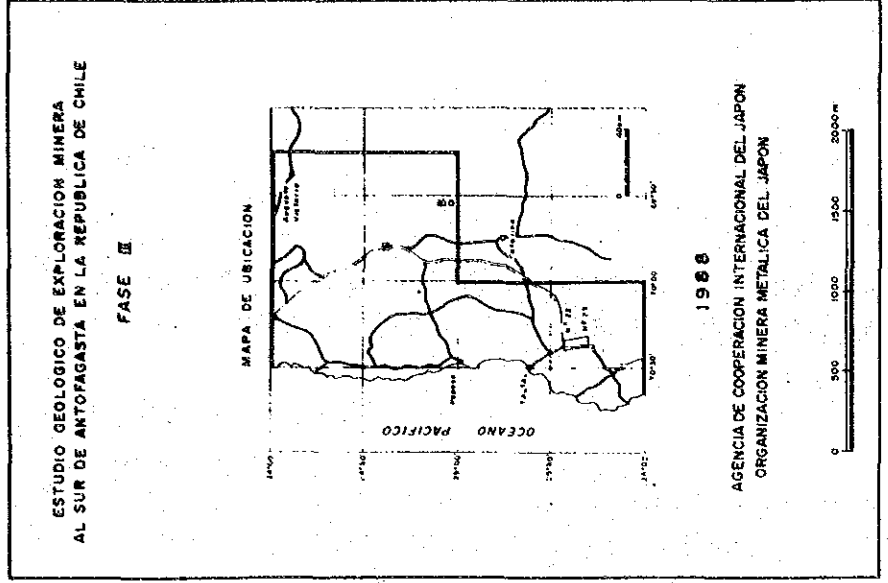
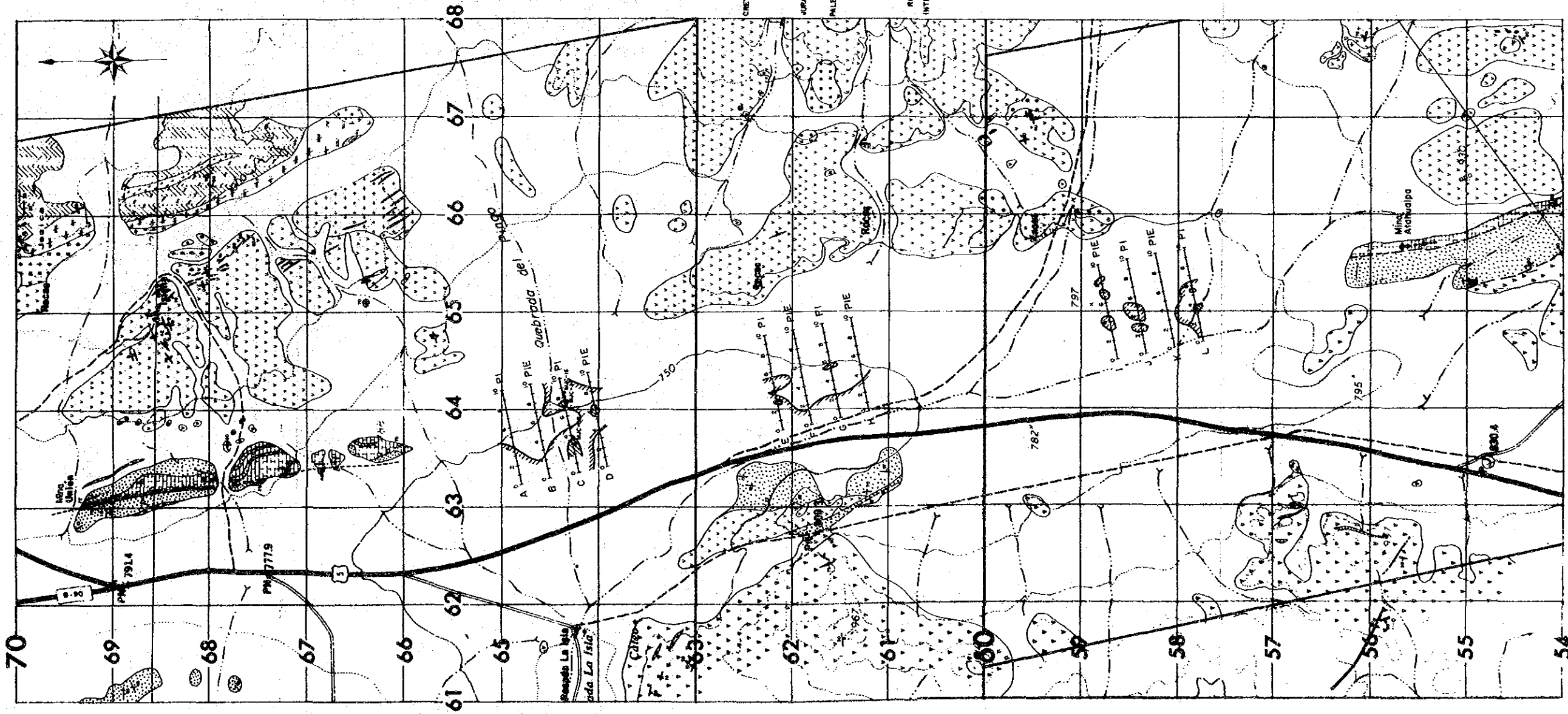
以上の結果から次のようなことが指摘できる。

- ① Ag と Cu に高い正の相関がみられる。これは本地区の鉱化作用の特徴を良く表現している。
- ② Ag、Cu、Pbおよび FeとPFEの間に弱い正の相関がみられるが、総じて各成分とPFEの相関性は低い。
- ③ 鉱化試料と無鉱化試料とでは上記の通り、PFEにおいて明瞭な差がみられる。
- ④ 鉱化試料のうち、Union 鉱床の酸化帯と初生帯の漸移帯（二次富化帯）（地表下20～100m）から採取されたものは上記の通り高いPFEを示している。この漸移帯に生成している主な鉱物は酸化銅鉱、褐鉄鉱、輝銅鉱、黄銅鉱などであり、少量の赤銅鉱、自然銅、銀鉱物、黄鉄鉱などを随伴している。なお、上表で S品位が CuやFe品位に対して低いのは銅の硫化物や黄鉄鉱が少なく、銅の酸化物あるいは自然銅などが比較的多いことによる。これらの鉱物が細脈集合体、網状あるいは鉱染状をなして産出している。これらの鉱物のある組み合わせおよび産状が高いIP現象を生んだものと考えられる。
- ⑤ 鉱化試料でも酸化銅鉱、褐鉄鉱などからなっている酸化帯の PFEは無鉱化帯と変わらない。
- ⑥ Atahualpa鉱床帯のPFEは総じて低い。これは、あまり強い IP現象を起こさない地表近くの酸化帯（酸化銅鉱、褐鉄鉱など）からの試料が多かったためであろう。

1-2-4 総 括

野外測定値、シミュレーション解析結果および岩石試料の室内測定結果を総括し、当地域の鉱床賦存の可能性を検討すると次の事項が指摘される（第1-47図 参照）。

- ① C測線のシミュレーション解析の結果、PFE 3.5%程度のIP異常源が想定されたが、この値は室内測定で得られた Union 鉱床の二次富化帯の平均PFEに近いものである。
- ② このIP異常源の賦存深度が既知鉱床の場合よりもやや浅く、かつその形状が水平に近い層状をなしている点からすると、この付近では鉱染帯が水平方向に異常に広がっているか、あるいは金属鉱床とは異なった異常源の存在も考えられないことはない。
- ③ C測線に隣接したBおよびD測線で得られた各種スペクトル図はあまり明瞭なパターンを示していない。このことは、予想されるIP異常源はそれほど強いIP現象を起こさないものであろうと考えられる。ただ、室内測定の結果から、既知鉱床の場合でも明瞭なスペクトルパターンは得られていないので、このことが鉱床の賦存を否定するものではない。



第1-47图 SIP·IP示微图

1-3 ボーリング調査

1-3-1 調査目的

前項に述べた通り、物理探査の測線 C上の測点 3~4間および 7~9間の浅部にIP異常が把握された。これらの異常を確認するため同測線上において 3孔のボーリングを行った。

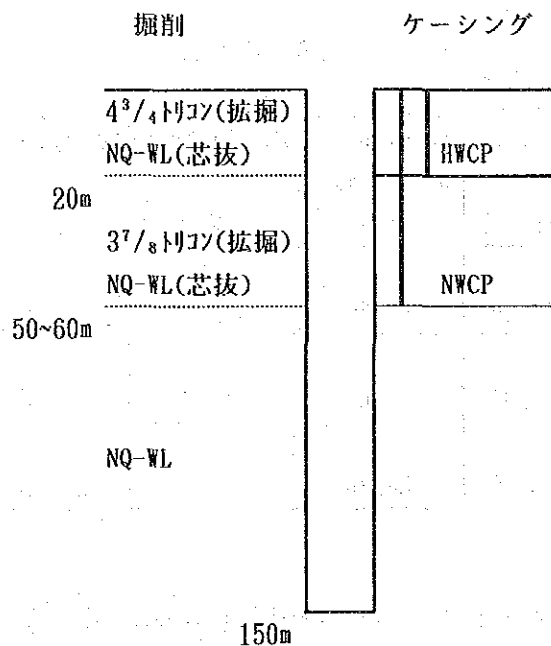
1-3-2 工法、使用機材および工事実績

(1) ボーリング工法

3孔とも上部(104~113m)は未固結の砂礫層からなり、特に 50~60mまでは硬質な礫と軟弱なマトリックスからなるため、最初 NQダイヤモンド・ビットで芯抜きをして、 $4\frac{3}{4}$ " および $3\frac{7}{8}$ " トリコン・ビットで掘削し、HWおよび NWケーシング・パイプを挿入しながら掘進した。

50~60m 以深はやや固結度が増し、崩落も減少したので NQ-WLで孔底まで掘削した。なお、0~50m の崩落の著しい未固結砂礫層に対しては CMC、シークレイなどを使用し、また、50~60m以深の砂礫層あるいは軟弱箇所に対してはリボナイト泥水を多用するなどして泥水管理に努めた。

以上の工法を図化すると第 II-1 図 の通りとなる。



第 II-1 図 掘削工法

(2) 使用機材

試錐機、ポンプなどの型式、仕様は添付表 5 に、消耗品類は添付表 7 に示した。また、ダイヤモンド・ビット使用状況は添付表 6 に示した。

(3) 調査実績

1) 位置

各孔の位置、方位および傾斜は第Ⅱ-1表および第Ⅱ-2図の通りである。

第Ⅱ-1表 ボーリング孔の位置、方位および傾斜

Sondaje	Latitud(m)	Longitud(m)	Cota(m)	Azimet	Inclinación
MJC-16	7.164.365	364.155	754	257°00'	-60°
MJC-17	7.164.350	364.095	752	257°00'	-60°
MJC-18	7.164.270	363.700	735	257°00'	-60°

2) 調査量

各孔の実績は第Ⅱ-2表の通りである。

第Ⅱ-2表 ボーリング調査実績表

Nº Sondaje	Prof. en programa (m)	Prof. real izado (m)	Nivel de gravas (m)	Longitud de testigo (m)	Rendimiento (%)	Periodo de perfor.
MJC-16	150	150,50	104,40	91,50	98,0	28/agt. a 2/sep.
MJC-17	150	150,50	104,60	91,00	94,3	13/sep. a 18/sep.
MJC-18	150	150,50	113,80	86,80	92,8	5/sep. a 10/sep.

3) 作業実績

ボーリング作業時間総括表は添付表 8 に、各孔の掘進作業実績表は添付表 22~24 に、掘進成績総括表は添付表 14~16 に、また、掘進工程図は添付図 7~9 に各々示した。

なお、本地区における全孔平均の方当たり掘進長は 9.0m/方、コア採取率は表土およびトリコン・ビットにより掘進した砂礫層を除き本地区全孔平均で 95.0%であった。チリー国内における機材の搬入出は 2台の大型トレーラーで行い、孔間の移動は小型トラックで行った。ボーリング用水は Taltal市 の水道局より購入しボーリング地点までの約 25kmを 10m³のタンクローリーで運搬した。

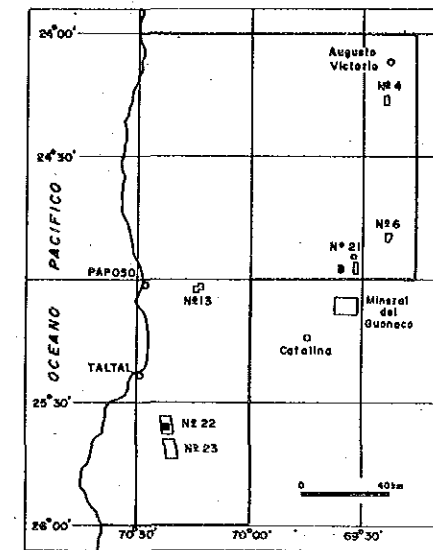
ボーリング・コアは SERNAGEOMINの Antofagasta支所倉庫に収納し、カウンターパートに引き渡した。

ESTUDIO GEOLOGICO DE EXPLORACION MINERA
AL SUR DE ANTOFAGASTA EN LA REPUBLICA DE CHILE

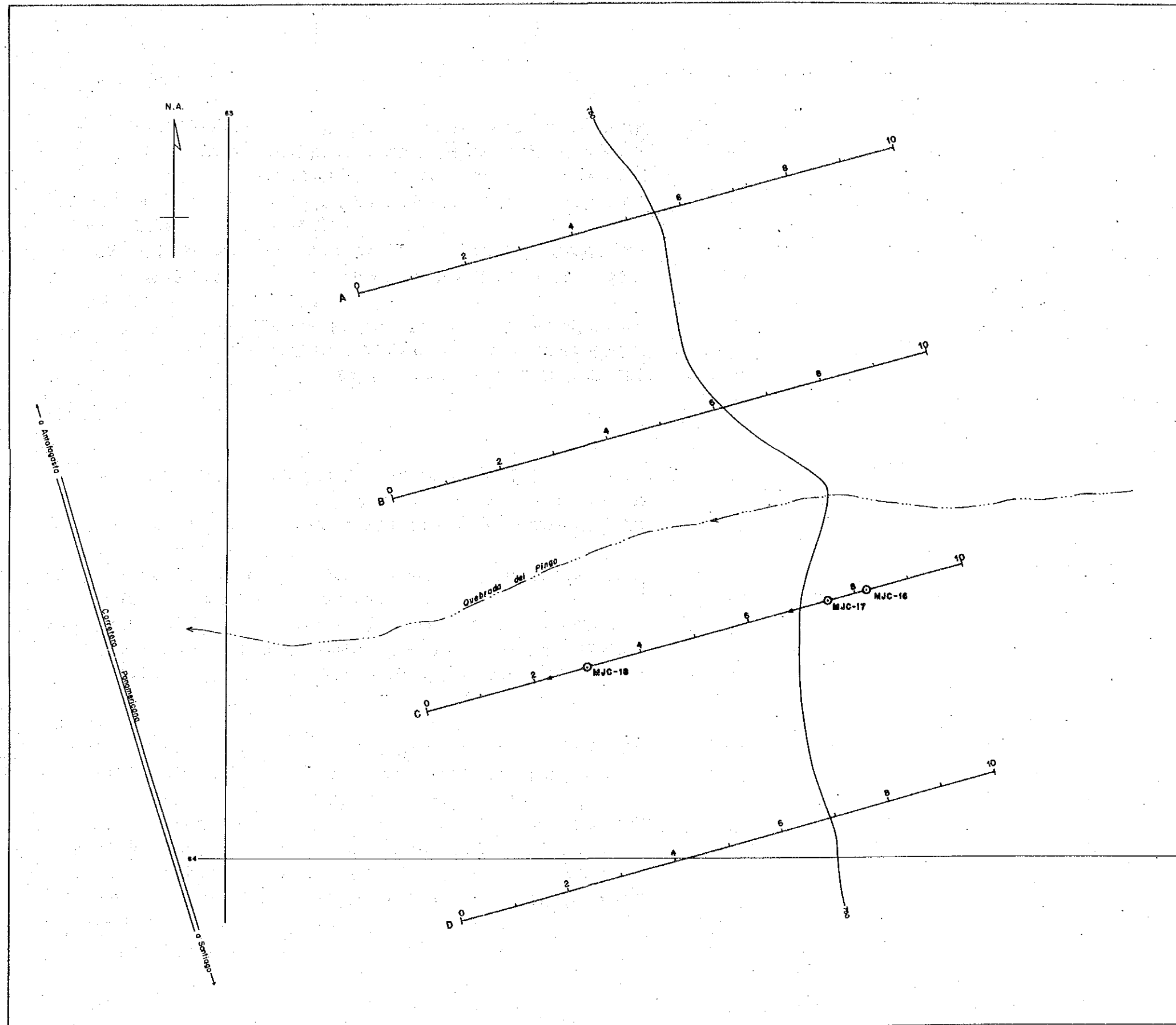
UBICACION DE SONDAJE
AREA Nº 22-23



MAPA DE UBICACION



- ←○ SONDAJE
- A|—| PERFIL GEOFISICO
- ← QUEBRADA SECA
- 750 CURVA DE NIVEL
- 63
64 COORDENADAS U.T.M.
(Origen Datum Provisorio Sudamericano
La Canea, Venezuela 1956)
- 797 X COTA DE ALTURA
SOBRÈ NIVEL MEDIO DEL MAR



第 1-2 図 ボーリング位置図

