

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

PHYSICS 350

PHYSICS 350

PHYSICS 350

ブラジル連邦共和国 パルメイロポリス地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 3 年 次

JICA LIBRARY



1072473E0J

18757

平成元年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

18757

は し が き

日本国政府はブラジル連邦共和国政府の要請に応え、同国の中央部に位置するバルメイロポリス地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査・地化学探査、物理探査及びボーリング調査等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、昭和61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4名の調査団を編成し昭和63年5月28日から9月17日まで現地に派遣した。

現地調査は、ブラジル連邦共和国政府関係機関である鉱山動力省鉱産局及び鉱物探鉱公社の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、第3年次の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力いただいたブラジル連邦共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ブラジル連邦共和国日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成元年2月

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙介

金属鉱業事業団

理事長 佐藤 淳一郎

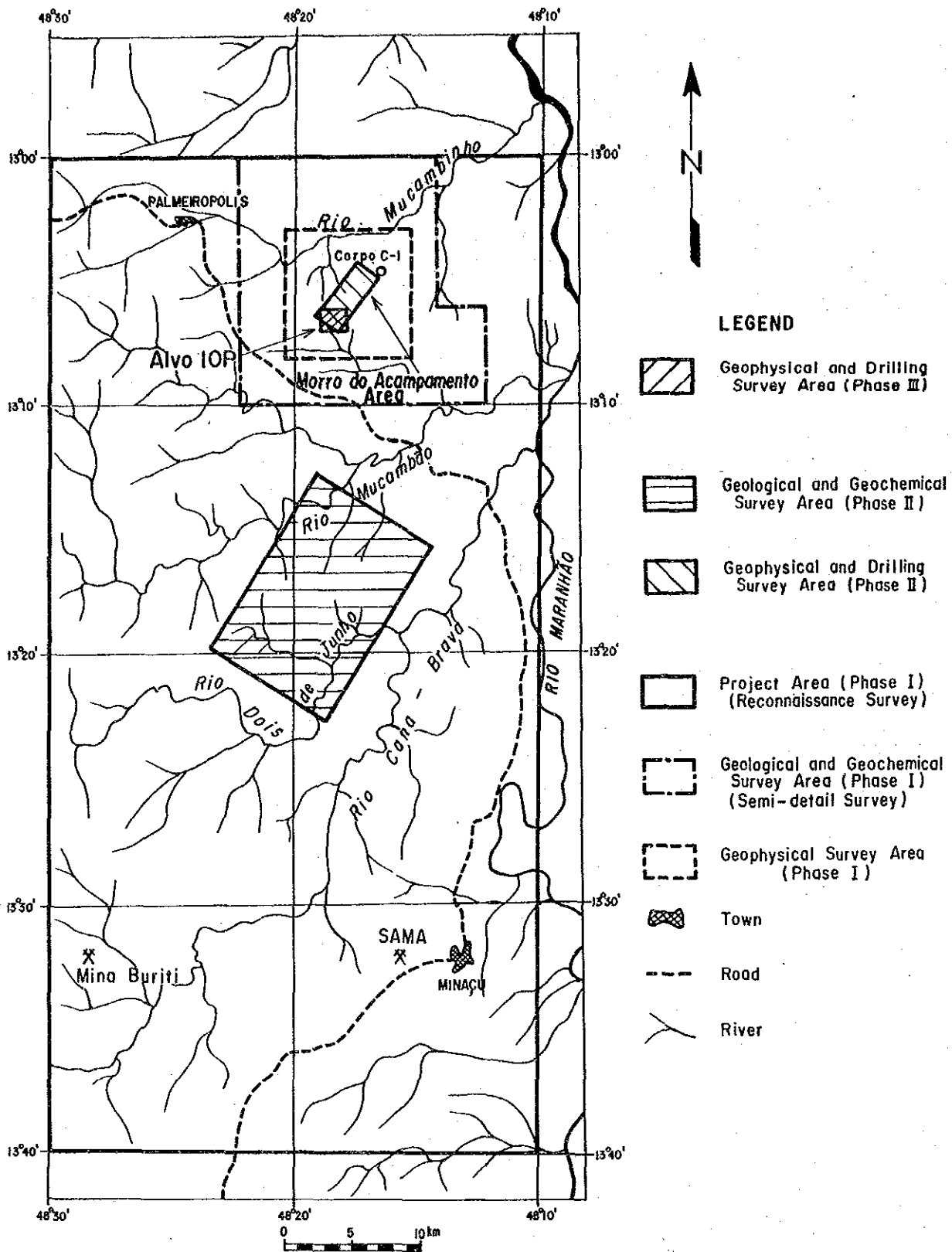


Fig. 2 Location Map of the Surveyed Area

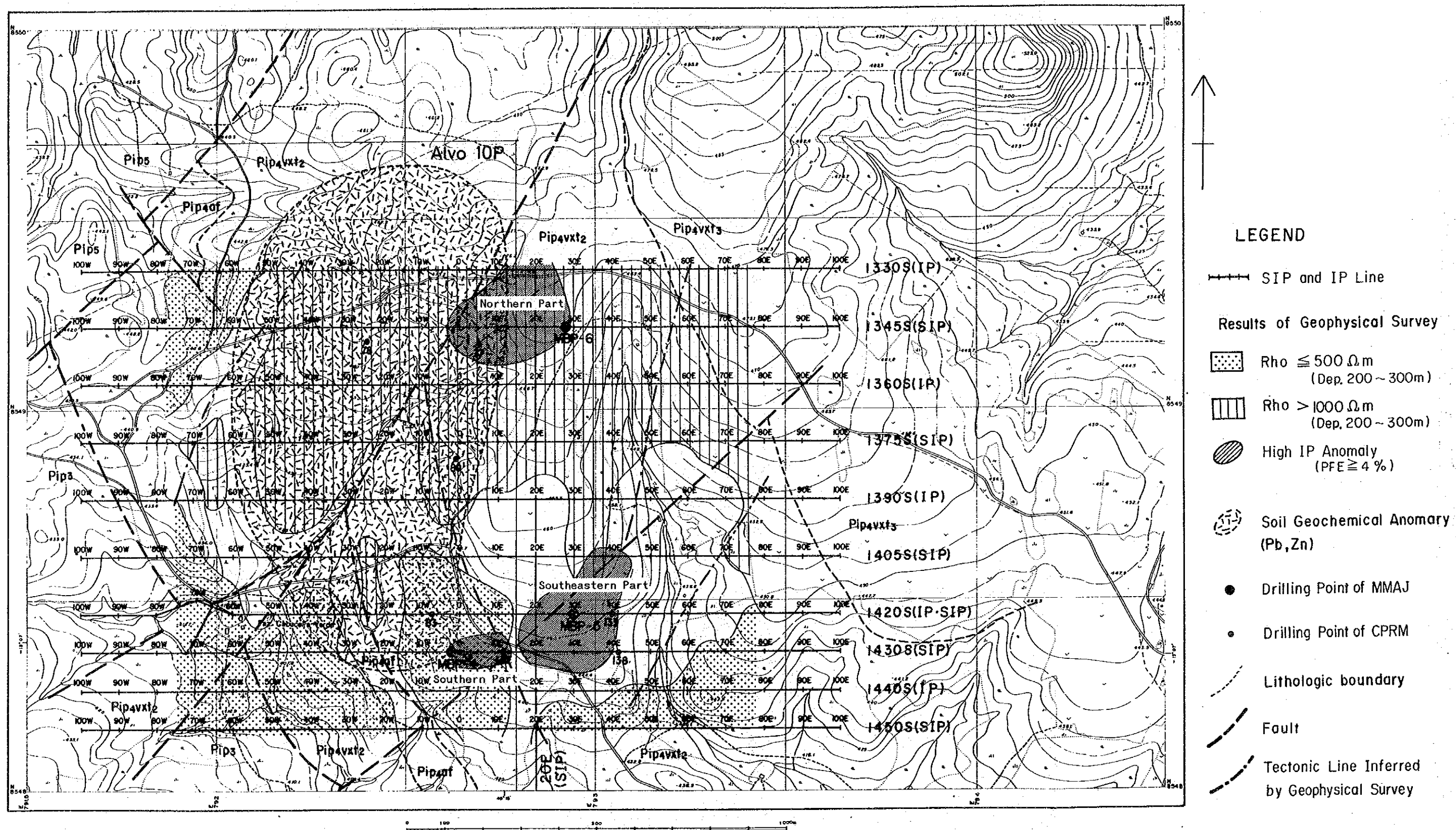


Fig. 3

Summary of Phase III Survey

要 約

パルメイロポリス地域の資源開発協力基礎調査は、昭和61年度を第1年次とする3ヶ年計画で実施されたものである。

第3年次調査は、第1年次及び第2年次の調査結果を踏まえ、Morro do Acampamento 地域内のAlvo 10Pを中心とする地区で、物理探査及びボーリング調査を行った。

物理探査(IP法、SIP法)では、調査域内の北部、南部、南東部の3地域で、いずれも200m以浅部に硫化物によると考えられるIP異常を把握した。南部の異常域と南東部の異常域は連続しており、この連続した異常域と北部の異常域は双方ともNE-SW方向に伸びる形体をもつ。南東部の異常域では、SIPスペクトルに黄鉄鉱以外の鉱物からのものが認められたが、鉱物種及びその状態は確定できなかった。また、ボーリング位置選定のため実施したモデル・シミュレーションでは地質構造をモデルに充分反映させることができず、必ずしも満足できるものではなかった。

ボーリングは、3孔(MBP-4、MBP-5、MBP-6)、総延長1201.77mを実施した。MBP-4孔は物理探査と併行して実施し、MBP-5孔及びMBP-6孔は物理探査終了後、南東部のIP異常域及び北部のIP異常域にそれぞれ実施した。

MBP-4、MBP-5孔で把握された鉱染状鉱化部と、物理探査のIP異常源とは深度的にはほぼ一致したが、MBP-6孔ではIP異常源としての鉱化の位置は正確には把握できなかった。

鉱化は2つの層準に認められた。ひとつは、 Pip_4 中の、角閃岩と雲母片岩の境界部に位置し、塊状の磁硫鉄鉱を伴う小規模のものであり、MBP-4孔のみで把握した。もうひとつは、 Pip_4 の中位の雲母片岩中に位置し、鉱染状の黄鉄鉱を主とし、微量の閃亜鉛鉱・方鉛鉱・黄銅鉱などを伴うものであり、MBP-4孔・MBP-5孔・MBP-6孔の全ての孔で把握した。これらは、いずれも層準規制鉱化であるが、地質構造が褶曲・断層などにより非常に複雑になっているために、鉱化部はそれぞれのボーリング孔内では、様々な深度に出現した。

以上の調査結果より将来の調査について、以下の事項を提言した。

- (1) Alvo 10Pの東部において、第3年次に把握した鉱化体の追跡とその評価のための詳細な調査。
- (2) Alvo 10Pの北部で把握された鉱化帯と62年度に把握されたブロック南部の鉱化帯との関連性を解明するための調査。
- (3) 調査にあたっての、その手段・順序の望ましいあり方、即ち、物理探査による地質構造調査→構造ボーリング→鉱化帯把握のための物理探査→鉱化帯把握のためのボーリング。

目 次

はしがき

調査地域位置図

要約

第I部 総 論

第1章 序 論	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 第2年次調査の結論と提言	2
1-2-1 第2年次調査の結論	2
1-2-2 第2年次調査の提言	2
1-3 第3年次調査の概要	3
1-3-1 調査地域	3
1-3-2 調査目的	3
1-3-3 調査方法	3
1-3-4 調査団の編成	3
1-3-5 調査期間	4
第2章 調査地域の地理	5
2-1 地形及び水系	5
2-2 気候及び植生	5
第3章 一般地質	7
第4章 調査結果の総合検討	9
4-1 地質鉱床について	9
4-2 物理探査結果	9
4-3 ボーリング調査結果	10

第5章 結論及び提言	13
5-1 結論	13
5-2 提言	13

第II部 各 論

第1章 調査概要	15
1-1 調査方法	15
1-1-1 物理探査	15
1-1-2 ボーリング調査	19
1-2 解析方法	21
1-2-1 物理探査	21
1-2-2 ボーリング調査	21
第2章 調査結果	25
2-1 物理探査結果	25
2-1-1 断面解釈	25
2-1-2 平面解釈	53
2-1-3 スペクトル解析	67
2-1-4 モデルシミュレーション解析	85
2-2 ボーリング調査結果	107
2-2-1 MBP-4孔の地質及び鉱化作用	113
2-2-2 MBP-5孔の地質及び鉱化作用	121
2-2-3 MBP-6孔の地質及び鉱化作用	125
2-3 考 察	135
2-3-1 物理探査結果の考察	135
2-3-2 ボーリング調査結果の考察	139
2-3-3 まとめ	145

第III部 結論及び提言

第1章 結 論	147
---------	-----

第2章 提 言	149
REFERENCES	151

LIST OF FIGURES

Fig. 1	Location Map of Project Area
Fig. 2	Location Map of Survey Area
Fig. 3	Summary of Phase III Survey
Fig. I-3-1	Generalized Stratigraphic Columnar Section in Project Area
Fig. II-1-1	Location Map of SIP-IP Survey and Drilling Holes
Fig. II-2-1	SIP Pseudo-Section (Line-1345S)
Fig. II-2-2	SIP Pseudo-Section (Line-1375S)
Fig. II-2-3	SIP Pseudo-Section (Line-1405S)
Fig. II-2-4	SIP Pseudo-Section (Line-1420S)
Fig. II-2-5	SIP Pseudo-Section (Line-1430S)
Fig. II-2-6	SIP Pseudo-Section (Line-1450S)
Fig. II-2-7	SIP Pseudo-Section (Line-20E)
Fig. II-2-8	IP Pseudo-Section (Line-1330S)
Fig. II-2-9	IP Pseudo-Section (Line-1360S)
Fig. II-2-10	IP Pseudo-Section (Line-1390S)
Fig. II-2-11	IP Pseudo-Section (Line-1420S)
Fig. II-2-12	IP Pseudo-Section (Line-1440S)
Fig. II-2-13	Apparent Resistivity Map [n-spread 1]
Fig. II-2-14	Apparent Resistivity Map [n-spread 3]
Fig. II-2-15	Apparent Resistivity Map [n-spread 5]
Fig. II-2-16	Frequency Effect Map [n-spread 1]
Fig. II-2-17	Frequency Effect Map [n-spread 3]
Fig. II-2-18	Frequency Effect Map [n-spread 5]
Fig. II-2-19	Phase Spectrum Diagram
Fig. II-2-20	Magnitude Spectrum Diagram
Fig. II-2-21	Cole-Cole Diagram
Fig. II-2-22	Cole-Cole Diagram of Three Spectral Types for Rock and Ore Samples
Fig. II-2-23	Location Map of SIP Survey (Phase I, II, III)
Fig. II-2-24	Typical Spectra in the Surveyed Area

Fig. II-2-25(1)	Typical SIP Spectra in Line-1420S
Fig. II-2-25(2)	Typical SIP Spectra in Line-1430S
Fig. II-2-26 (1-2)	2-D Model Calculation (Line-1345S)
Fig. II-2-27 (1-2)	2-D Model Calculation (Line-1420S)
Fig. II-2-28 (1-5)	2-D Model Calculation (Line-1430S)
Fig. II-2-29(1)	Progress Record of MBP-4
Fig. II-2-29(2)	Progress Record of MBP-5
Fig. II-2-29(3)	Progress Record of MBP-6
Fig. II-2-30(1)	Generalized Lithologic Log of MBP-4
Fig. II-2-30(2)	Generalized Lithologic Log of MBP-5
Fig. II-2-30(3)	Generalized Lithologic Log of MBP-6
Fig. II-2-31	Geophysical Interpretation Map
Fig. II-2-32	Geological Profile of MBP-4, MBP-5, and MBP-6

LIST OF TABLES

Table II-1-1	Geophysical Survey Method
Table II-1-2	Amount of Geophysical Survey
Table II-1-3	Geophysical Survey Instruments
Table II-1-4	Electrical Property of Core Samples
Table II-1-5	Items Analysed and Numbers
Table II-1-6	<i>Flow-chart of Model Analysis for Geophysical Survey</i>
Table II-2-1	Drilling Equipments
Table II-2-2	Drilling Results and Consumed Articles
Table II-2-3	Chemical Assay Data of Drilling Cores

LIST OF APENDICES

Photo A-1	Microphotograph of Thin Section
Photo A-2	Microphotograph of Polished Section
Table A-1	Microscopic Observations (Thin Section)
Table A-2	Microscopic Observations (Polished Section)
Fig. A-1	Phase Pseudo-Section
Fig. A-2	Spectra of Drilling Cores
Fig. A-3	Lithologic Logs of Drilling Cores (1 : 200)

LIST OF PLATES

PL. II-1-1	Location Map of SIP-IP Survey and Drilling Holes
PL. II-2-1	SIP Pseudo-Section (Line-1345S) (1 : 5000)
PL. II-2-2	SIP Pseudo-Section (Line-1375S) (1 : 5000)
PL. II-2-3	SIP Pseudo-Section (Line-1405S) (1 : 5000)
PL. II-2-4	SIP Pseudo-Section (Line-1420S) (1 : 5000)
PL. II-2-5	SIP Pseudo-Section (Line-1430S) (1 : 5000)
PL. II-2-6	SIP Pseudo-Section (Line-1450S) (1 : 5000)
PL. II-2-7	SIP Pseudo-Section (Line-20E) (1 : 5000)
PL. II-2-8	IP Pseudo-Section (Line-1330S) (1 : 5000)
PL. II-2-9	IP Pseudo-Section (Line-1360S) (1 : 5000)
PL. II-2-10	IP Pseudo-Section (Line-1390S) (1 : 5000)
PL. II-2-11	IP Pseudo-Section (Line-1420S) (1 : 5000)
PL. II-2-12	IP Pseudo-Section (Line-1440S) (1 : 5000)
PL. II-2-13	Apparent Resistivity Map [n-spread 1] (1 : 5000)
PL. II-2-14	Apparent Resistivity Map [n-spread 3] (1 : 5000)
PL. II-2-15	Apparent Resistivity Map [n-spread 5] (1 : 5000)
PL. II-2-16	Frequency Effect Map [n-spread 1] (1 : 5000)
PL. II-2-17	Frequency Effect Map [n-spread 3] (1 : 5000)
PL. II-2-18	Frequency Effect Map [n-spread 5] (1 : 5000)
PL. II-2-19	Geological Profile for MBP-4, MBP-5 and MBP-6 (1 : 5000)

第I部 総論

第1章 序 論

1-1 調査の経緯

パルメイロポリス地域では CPRM (1975~1984) の調査によりパルメイロポリス鉱床 (3 鉱体, 鉱量400万トン, Cu: 0.46~1.25%, Pb: 0.33~1.38%, Zn: 4.22~5.85%) が発見されている。

本資源開発協力基礎調査は, パルメイロポリス地域において鉱物資源賦存の可能性を確認することを目的とし, 昭和61年度に開始した。

第1年次にはパルメイロポリス地域全域において地質概査及び河床堆積物による地化学探査を, またパルメイロポリス地域内部に有望地域として設定した準精査地区において地質調査・土壤地化学探査・物理探査 (CSAMT 法) を実施した。その結果準精査地区内の数ヶ所をさらに有望であるとし, 新たな有望地区として, 準精査地区南方の Rio Dois de Junho 地区を抽出した。

第2年次には第1年次に選定された地区の地質状況の解明と鉱床賦存有望地区の抽出を目的として, 準精査地区内の Morro do Acampamento の北東 (ブロック北部) 及び南西 (ブロック南部) で物理探査 (SIP 法) 及びボーリング調査 (3 孔) を, また Rio Dois de Junho 地区で地化学探査を実施した。その結果は次節に述べる通り, 鉱化帯は把握したものの特に高く評価されるものではなかった。

本年度は第2年次調査地域のさらに南に位置する Alvo 10P 地区 (面積約 3 km²) を調査対象地区とした。

Alvo 10P 地区では, パルメイロポリス鉱床胚胎層と同層準の地層が分布し, 第1年次における土壤地化学探査によって Cu-Pb-Zn 異常帯が抽出され, 過去のブラジル側の調査によっても土壤の地化学異常と IP 異常が確認されている。またブラジル側はボーリング調査も実施し, 150m 以浅で鉱微をつかむなど, 浅部情報を得ている。しかしながら, 鉱床胚胎層準及び地質構造などを含めた深部の情報が不十分なため, これらの情報を得ることが望まれた。

このため本年度は物理探査 (IP・SIP 法) 及びボーリング調査により, 本地域の深部情報を獲得するとともに鉱化帯を抽出し, 鉱床の有無を検証することを目的とした。

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

第2年次の調査対象地区は、Rio Dois de Junho 地区及び Morro do Acampamento 地区である。

(1) Rio Dois de Junho 地区

この地区の南部において、Cu-Pb-Zn の地化学異常を捕捉したが、小規模であり、パルメイロポリス 鉱床と同タイプの鉱床が存在する可能性は少ないと推定した。

(2) Morro do Acampamento 地区

本地区では、ブロック北部とブロック南部の2区域に分割されて調査が実施された。

① ブロック北部では、測線150Sの測点85W付近で深部にIP異常を検出し、それに対しボーリング(MBP-1)を実施したが、顕著な鉱化作用を捕捉するに至らなかった。

② ブロック南部では、西部の低～中比抵抗帯中でC-1鉱床に匹敵する南北方向に伸びる強いIP異常を検出した。この異常帯に対して、MBP-2及びMBP-3の2本のボーリングを実施した。その結果、幅70m～100mにわたって含石墨石英片岩を挟在する最大7 wt%程度の硫化鉱物(主として黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱) 鉱染帯を捕捉したが、黄銅鉱などの有用鉱物は微量認めただけであった。

1-2-2 第2年次調査の提言

ブロック南部の地表に分布し、ボーリングでも捕捉された含石墨石英片岩は、調査地域対象外北部のC-2、C-3鉱体上盤側の鉄鉱層に対比される可能性があり、本地区に分布する地層の鉱床胚胎層準としての有望さをうかがわせる。また未調査のまま残されているIP異常域も存在するのでブロック南部には依然として探鉱余地が残る。

また第2年次調査域(ブロック南部)に南接する Alvo 10P では、過去のブラジル側の調査によって土壌の地化学異常とIP異常が確認され、第1年次の本調査でも地化学異常を捕捉している。またブラジル側の200m級のボーリングで鉱徴を掴むなど浅部情報は得られている。しかしパルメイロポリス 鉱床と同タイプの鉱床が期待される深部情報が不十分である。このため、第3年次の調査では Morro do Acampamento 地区において、以下の調査の実施が提言された。

(1) ブロック南部において第2年次に捕捉した鉱化帯の層序的位置づけを確実にする。また未調査のまま残されているIP異常帯の解明等のためにボーリング調査を実施する。

(2) Alvo 10P で深部情報を得るために、物理探査(SIP法)及びボーリング調査を実施する。

1-3 第3年次調査の概要

1-3-1 調査地域

調査地域は、Morro do Acampamento 地区の南端に位置する Alvo 10P を主とする地域である (Fig. 2 参照)。

1-3-2 調査目的

本調査の目的は次のとおりである。パルメイロポリス鉛床胚胎層と同層準の地層が分布し、地化学異常が捕捉され、ブラジル側の調査により浅部に鉛化帯が得られている、Alvo 10P において、物理探査により地質状況を推定するとともに、IP 異常を誘起する異常源の特性を解明し、鉛床あるいは鉛化帯賦存有望地域を抽出する。次に抽出した地域に対し、ボーリング調査を実施して、鉛床あるいは鉛化帯の有無を検証することである。

1-3-3 調査方法

IP・SIP 法電気探査は、Dipole-Dipole 電極配置を用いて実施した。測線は、地層の一般走向にほぼ直角になるように東西に10本設定し、IP 法と SIP 法を交互に実施した。また、南北方向にも1本 SIP 法測線を設定した。

各測点で得られたデータは、ベースキャンプに設置したコンピュータを利用して現地解析を行い、更に、日本に戻ってシミュレーション解析をすることにより、IP 異常をもたらす異常源の分布形態を決定した。

ボーリングは3孔 (MBP-4, MBP-5, MBP-6)、各400mを実施した。MBP-4 孔は、過去に CPRM によって実施された PM-52-GO の近くで物理探査と同時に実施し、MBP-5, MBP-6 孔は物理探査の結果に基づき、Fig. II-2-26(1), II-2-27(1)に示した IP 異常源に対して実施した。

1-3-4 調査団の編成

本年度調査のための計画と折衝及び現地調査に参加した団員は以下の通りである。

現地調査には、ブラジル連邦共和国鉛産局 (Departamento Nacional da Produção Mineral : DNPM) の地質技師及び DNPM の委託を受けた鉛物探鉛公社 (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais : CPRM) の地質技師が参加した。

① 調査計画策定及び折衝

日本側調査計画策定及び折衝

小山恭一 (Kyoichi KOYAMA)

金属鉱業事業団

林 歳彦 (Toshihiko HAYASHI)

金属鉱業事業団

向井英昭 (Hideaki MUKAI)

金属鉱業事業団 (リオデジャネイロ駐在)

ブラジル側調査計画策定及び折衝

Jose Belfort dos Santos Bastos

DNPM

Carlos Oiti Berdert

DNPM

Boliver Goncalves Siqueira

DNPM

Walter Hugo Schmaltz

DNPM

② 現地調査

日本側調査団員

川上 和夫 (Kazuo KAWAKAMI)

(団 長) 大手開発株式会社

田中 富雄 (Tomio TANAKA)

(物理探査) 大手開発株式会社

田中 啓二 (Keiji TANAKA)

(物理探査) 大手開発株式会社

松久保和人 (Kazuto MATSUKUBO)

(物理探査) 大手開発株式会社

ブラジル側調査団員

Homero Lacerda (団 長) DNPM

Jose dos Anjos Barreto (物理探査) DNPM

1-3-5 調査期間

① 物理探査

調査期間 昭和63年5月28日～平成元年2月10日

現地調査期間 昭和63年6月5日～昭和63年7月10日

② ボーリング調査

調査期間 昭和63年5月28日～平成元年2月10日

現地調査期間 昭和63年6月4日～昭和63年9月10日

③ 報告書作成期間

昭和63年7月11日～平成元年2月10日

第2章 調査地域の地理

本調査地域は、ゴイアス州の中央部、Parana Municipio のパルメイロポリス部落の東～東南部に位置する。

調査地域へは、ゴイアス州の州都であるゴイアニアから州道 (GO-080) 及び国道 (BR-153) を利用し、Sta. Tereza de Goias を経由してパルメイロポリス部落に至る。Morro do Acampamento 地区は、パルメイロポリス部落から約20km東に位置する。

ゴイアニアから調査地区までの距離は約617kmであり、車で9時間を要する。

2-1 地形及び水系

調査地域の地形は、概してなだらかな平坦地形を呈する。南央部の最低部と北央最高部の比高も75mに過ぎない。この一見なだらかな地形の中にも地質と関連する小起伏が存在する。一般に、雲母片岩の分布する地域はなだらかであるが、その中に珪岩が存在する所では、珪岩が風化に耐して残存するために数10cmの比高を示し、カンガ (風化産物で水酸化鉄を主とする) が存在する所では、約1m程度の高い地域となる。また、地域南西部、本年度ボーリングを実施した場所の西側では、角閃岩が風化に耐え、数mの高さになっている。

地域中央から西側にかけて、Rio Maranhão の支流である Rio Mocambão の最上部が南へ向け流下する。傾斜が緩く、ゆるやかな流れである。沢の末端部は、小さな崖状に侵食されている所が多く、表土の厚さと、雨期の水流の強さを物語る。

2-2 気候及び植生

本調査地域は、熱帯湿潤型気候に属し、雨季と乾季とが明瞭に分れている。降雨量及び気温は、次の通りである。

雨	季	11月～3月	降雨量1,300～1,800mm
乾	季	4月～10月	降雨量はほとんどなし
気	温	年平均	23～24℃
		最高	41℃
		最低	15℃

植生は、セラード型～サバンナ型に属し、かん木と雑草が繁茂する。

第3章 一般地質

パルメイロポリス地域の地質は、南米大陸の大地質構造上からブラジル中央楕状地塊に属し、先カンブリア系始生代 (Archaean) ~ 原生代 (Proterozoic) の変成岩類及び火成岩類で構成されている。

ブラジルにおける原生代の地層に胚胎する金属鉱床は多種、多数発見されているが、ゴイアス (Goias) 州においても原生代の地層は広く分布している。

パルメイロポリス地域を含むゴイアス州で、これらの地層に胚胎する主な鉱床としては、超塩基性岩中の Cu-Ni 鉱床、アスベスト鉱床、超塩基性~酸性火山岩-堆積岩起源の変成岩中の Cu 鉱床、Cu-Pb-Zn 鉱床及びこれらを貫く花崗岩類に伴う Sn-W 鉱床等が知られている。

本地域の地質は先カンブリア時代の始生代及び原生代の地層に大別され、原生代はさらに下部、中部、上部に区分されている。(Fig. I-3-1)

① 始生代

Complexo Cana Brava……グラニュライト-塩基性~超塩基性複合岩、花崗岩-片麻岩-ミグマタイト複合岩

② 原生代

(a) 原生代下部; Sequencia Vulcano-Sedimenter de Palmeiropolis

……超塩基性~塩基性岩、片岩、花崗岩

(b) 原生代中部; Grupo Serra da Mesa

……珪岩、片岩類、石灰岩~大理石、塩基性岩類

Rio Maranhão カタクラサイト化帯

……珪岩、片岩類、片麻岩

(c) 原生代上部; Grupo Paranoa

……珪岩、苦灰岩、粘板岩、礫岩

パルメイロポリスの Cu-Pb-Zn 鉱床は原生代下部の“Sequencia Vulcano-Sedimenter de Palmeiropolis”に胚胎することが DNPM/CPRM (1983) 及び CPRM (1984) により解明されている。

Sequencia Vulcano-Sedimenter は CPRM (1984) によればさらに西部ユニット、中部ユニット、東部ユニットに細分されているが、この層序区分の適用範囲は、本調査地域の北部に限られるため、広域には DNPM/CPRM (1983) の分類が有効である。即ち、下位より Pip₁、Pip₂、Pip₃、Pip₄ 及び Pip₅ と分類する。パルメイロポリスの Cu-Pb-Zn 鉱床は、Pip₃ と Pip₄ の間及び Pip₄ 中に胚胎する。

Geological Unit	Symbol	Columnar Section	Lithology	Geohistory	Metallurgy	Tectono-Magmatic Cycle	Geologic Age
Pezano Group	Ppa		Photo interpretative Unit: quartzite, calcareous and graphitic phyllite, calc-schist, marble and sericite-quartzite	Sedimentation	<ul style="list-style-type: none"> * Limestone associated with Pb-Zn-Cu-Ag Showings. * Graphite. * Magnetite dissemination and Mn supergene Belt. 	Brasiliano Cycle (700-550 m.a.)	Late Proterozoic (1,100-570 m.a.)
Rio Maranhão Cataclastic Zone	Ct		<ul style="list-style-type: none"> r: granite intrusive qt: quartzite xt: qtz-mv sch., qtz-sch., bt-mv sch., gnt-mv sch., calc sch. and cl-mv-qtz sch. af: amphibolite intrusion gn: gneiss (basement) 	Cataclastic metamorphism including basement and orogenic belt	Sn and other minerals associated with pegmatite within and around granitic body.		
Serra da Mesa Group (MARINI, 1976)	Pni		<ul style="list-style-type: none"> qt: mg-bearing sc. quartzite fl: gray phyllite, with mg. In local xt: qtz-cl sch. and cl-qtz sch. with lenticular friable quartzite and graphite sch. mb: basic rock in sch. with mg. (post-metamorphism) cc: marble clt: cl. sch. and foliated quartzite 	Sedimentation with subordinate volcanism. Intrusion of stanniferous granite during orogeny of Serra da Mesa Group.	<ul style="list-style-type: none"> ⑤ Limestone and graphite. Magnetite dissemination in phyllite. 	Uruçuama Cycle (1,300-900 m.a.)	Middle Proterozoic (1,900-1,100 m.a.)
	Pmsm		<p>Photo interpretative Unit:</p> <ul style="list-style-type: none"> r: Serra Dourada and Serra da Mesa Granite Pmsm: graphite sch., mv-qtz sch., gnt-mv-qtz sch., bt-mv-qtz sch. and quartzite cc: calcareous quartzite 		<ul style="list-style-type: none"> ① ** Barite, limestone and graphite. ⑦ ** Sn, F, Ta, Nb, beril, tourmaline and muscovite. 		
Palmotópolis Volcano - Sedimentary Sequence (RIBEIRO FILHO and TEIXEIRA, 1981)	Pp		<ul style="list-style-type: none"> r: Filo granite S: st-bt-mv-qtz sch., ky-bt-mv-qtz sch., gnt-mv-qtz sch. and ky-rh-mv-qtz sch. associated with basic sill and dyke (db), banded iron formation (ff) and quartzite (qt) 	Aluminous pelitic sedimentation	<ul style="list-style-type: none"> ⑥ Fe in iron formation. ⑧ Kyanite associated with quartzite along fault. 		
			<ul style="list-style-type: none"> 4vxt: sc-mc-qtz sch. (rhyolitic composition) 4vxt: pl-mc-bt-qtz sch. and pl-bt-qtz sch. intercalated with amphibolite (af) (rhyolitic to rhyodacitic composition) 4vxt: feldspathic bt-qtz sch., str-gnt-bt-qtz sch., bt-af sch., biotite and cl. rock (dacitic to rhyodacitic composition) 4vs: feldspathic gnt-bt-qtz sch. and mica sch. including ky. and quartz meta tuff, with quartzite (qt) and amphibolite (af) 	Volcanism-Sedimentation: acidic-intermediate fissure eruption and "neck" (?). Concentration of base metal and Au.	<ul style="list-style-type: none"> ④ "Stratabound"-type volcanogenic Zn-Cu-Pb massive and disseminated sulfide ore deposit. (Corpo C-1 and Albo J0F) 	Transamazonian Cycle (2,300 - 1,900 m.a.)	Early Proterozoic (2,600 - 1,900 m.a.)
			<ul style="list-style-type: none"> 3: dark fine-grained amphibolite with quartzite (qt), ferruginous quartzite (qt(f)), gnt-bt-mv-qtz sch. (xt) and basic to ultrabasic dyke (db, ub) r: Morro Solto granite 2gv: metagraywacke, metaconglomerate and ultrabasic sill (ub) 2vc: acidic to intermediate tuff, lapilli tuff, volcanic breccia and their schist 1: gabbroic banded coarse-grained amphibolite 	Basic fissure eruption with volcanoclastics. Sedimentation of graywacke. Intrusion of Morro Solto Granite and basic to ultrabasic rock.	<ul style="list-style-type: none"> ③ Volcanogenic Zn-Cu-Pb massive sulfide mineralization detected by drilling hole of Billiton Metals. ② Supergene lateritized Ni ore deposit concentrated with ultrabasic "sill" in mine claim of Billiton Metals. 		
Cana Brava Basic-Ultrabasic Massif	Acb		<ul style="list-style-type: none"> mg: metagabbro, melanorite and metagabbro-norite sp: serpentinite px: pyroxenite ub: serpentinite and pyroxenite mb: basic to ultrabasic rock (post-metamorphism) 	Basic-ultrabasic complex.	<ul style="list-style-type: none"> ① *** Asbestos mineralization consisting of chrysotile (ct). "Stockwork" type in serpentinite - SAMA 	Jequitá Cycle (2,800 - 2,600 m.a.)	Archaean (2,600 m.a.)

Fig. I -3-1

Generalized Stratigraphic Columnar Section in Project Area

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質・鉱床について

調査地区の地質は、原生代下部のパルメイロポリス火山岩—堆積岩類の中の Pip₃ 層及び Pip₄ 層で構成されており、NE-SW 系及び NW-SE 系の断層、NE-SW 系の軸をもつ褶曲などによって形成された複雑な地質構造を呈している。調査地区の東側大部分には Pip₄ 層の雲母—石英片岩が分布し、調査地区の西側及び南西部には、Pip₄ 層中の角閃岩 (Pip₄af) 及び Pip₃ 層の角閃岩が分布する。

Pip₄ 層は重要な鉱床胚胎層準であり、本調査地区内の鉱化(本年、CPRM のボーリング、PM-138-GO で確認された鉱床も含めて) も全て Pip₄ 層中である。既に発見されている鉱床として C-1、C-2、C-3 鉱床があるが、C-1 鉱床は、Pip₄ 層中で Pip₃ 層の直上に胚胎する銅—鉛—亜鉛鉱床であり、C-2、C-3 鉱床は Pip₄ 層の最上部に位置づけられている鉄鉱層の下位に胚胎する銅—鉛—亜鉛鉱床である。

本調査地区で確認された鉱化には、C-1 鉱床と同層準ではないが C-1 鉱床と同様に角閃岩と片岩の境界部に位置する鉱化、及び C-1 鉱床と C-2、C-3 鉱床の間の片岩の層準に位置する鉱化、の 2 種の鉱化がある。

4-2 物理探査結果

本調査地区の比抵抗構造は、NW-SE 及び NE-SW 方向に規制されたブロック構造を呈している (Fig. II-2-31)。MBP-4 及び PM-137-GO のボーリング位置周辺は、破碎帯 (断層?) 及びそれに伴う粘土化帯に因ると考えられる 500Ω·m 以下の低比抵抗が分布し、地区北部及び東部には 1000Ω m 以上の高比抵抗が広範囲に分布する。地区の高比抵抗は Pip₄ 層 (片岩類) に、中～低比抵抗は破碎帯 (断層?) にそれぞれ調和して分布するが、比抵抗変化が著しい。この比抵抗変化は、Pip₄ 層が石英及び黒雲母を多く含有することに伴う石英及び黒雲母の分布量あるいは分布形態に因ると考えられる。

一方、中～低比抵抗は地表浅部の低比抵抗帯 (沼地及び強風化帯) 及び破碎帯に伴う粘土化帯に因る可能性があり、MBP-4 及び PM-137-GO のボーリング調査結果では鉱化作用に因ると考えられる中～低比抵抗帯は認められていない。

IP 異常の多くは高比抵抗分布域に認められ、高比抵抗・高 P. F. E 異常帯を形成している。異常帯は地区南東部、南部及び北部に認められる (Fig. II-2-31)。この中で鉱化帯の胚胎する可能性の高い

異常帯は地区南東部のものである。この異常帯は、地表浅部から分布する強い黄鉄鉱に因ると推定されるスペクトル・パターンを一般的に示すが、局部的に特異なパターンを含有する。特異なスペクトル・パターンは、銅・鉛・亜鉛による可能性がある。

また、地区南東部、南部及び北部に認められる異常帯は大局的には連続した異常形態を呈し、異常源も類似する。しかし、これらの異常帯は、異常帯間に分布する断層及び褶曲の規制を受けていると考えられるため、必ずしも鉱床胚胎環境は同一で無いと推定される。このような環境下では物理探査を実施する前に地質構造をより詳しく解明するために構造ボーリングを実施し、鉱化帯の胚胎する区域を適確に推定することが必要であると考えられる。

4-3 ボーリング調査結果

ボーリング調査は、既存の調査結果及び本年度の物理探査結果を検討し、3孔、総延長1,201.77mを掘進して実施した。

(1) MBP-4孔

地表から孔底まで全て Pip_4 層中を掘進し、最終深度は400.00mである。地層の傾斜は主として30°以内であるが、場所により50°程度の所もある。局部的に微小な褶曲がある。2つのタイプの鉱化が見られた。第1のタイプは Pip_4 層中の白雲母・黒雲母・石英片岩などに胚胎する鉱染状鉱化で、黄鉄鉱を主とし、黄銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱等を伴うものであり、第2のタイプは、 Pip_4 層中のザクロ石・斜長石・黒雲母・石英片岩と角閃岩 (Pip_{4af})との境界部に存在する磁硫鉄鉱を主とする小規模(コア長95cm)の鉱化である。第1のタイプの鉱化では、亜鉛の最高品位が1.2%に達するが、他はいずれもごく低い (Table II-2-3)。

(2) MBP-5孔

本孔の地質はすべて Pip_4 であり、最終深度は400.45mである。本孔付近には、褶曲軸がNE-SW~NNE~SSW方向の大規模な褶曲の存在が推定される。微弱な黄鉄鉱鉱染がボーリング孔全体に及んでいるが、61m付近及び200~240mにはMBP-4孔で述べた第1のタイプと同様の鉱化が認められた。鉱化帯の深度及び鉱物組成からみて、物理探査で把握された異常源であると考えられる。銅、鉛、亜鉛の含有量はいずれもごく低い (Table II-2-3)。

(3) MBP-6孔

本孔の地質はすべて Pip_4 であり、最終深度は401.32mである。本孔付近にも、褶曲軸がNE-SW~NNE~SSW方向の大規模な褶曲の存在が推定される。ごく微量の黄鉄鉱鉱染が、ボーリング孔全体にわたり断続的に存在する。その中で369m以深にはごく微量の閃亜鉛鉱を伴う。銅、鉛、亜鉛等の

分析値はごく低い (Table II-2-3)。

以上の通り、ボーリングの調査結果、3孔のいずれにおいても、 Pip_4 層内で黄鉄鉱鉱染を主としごく低品位の銅・鉛・亜鉛を含む鉱化帯 (第1のタイプ) を把握した。また、本年度の物理探査によって特定されたIP異常地域内において、CPRMが実施したボーリング (PM-138-GO) により、黄鉄鉱鉱染帯の中で一部塊状を呈する高品位の銅・鉛・亜鉛の鉱化が、 Pip_4 層内のコア長12mにわたって把握された。IP異常域は日本側及びブラジル側のボーリングで確認されたように、全体として黄鉄鉱鉱染を主とし塊状鉱床を伴う鉱化帯であることが判明したが、各ボーリングで把握された構成鉱石鉱物及びそれらの産状の類似性、鉱化帯がいずれも Pip_4 層中の雲母片岩中に胚胎すること、また3ヶ所のIP異常域は連続すると考えられることなどから鉱化帯は一連のものであろうと推定する。本第1のタイプの鉱化帯は本調査地域北東方に位置するC-1, C-2, C-3鉱床との層序的比較から、C-1鉱床の上位で、C-2, C-3鉱床の下位であろうと解釈される。第2のタイプの鉱化帯は、C-1鉱床の上位で第1のタイプの鉱化帯の下位であると推定される。

C-1鉱床近くから南西方向に延長する軸を持つ転倒褶曲と同様の褶曲構造がMBP-5及びMBP-6孔付近に存在すると推定される。従って、これらの褶曲によって移動された Pip_4 層の中に上記の鉱化帯が賦存すると考えられ、それが3孔の鉱化部の深度の違いになって現われていると解釈したい。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

本年度調査の結果、Morro do Acampament 地区南西部の黄鉄鉱鉱染を主とする鉱化帯は広範囲にわたると考えられる。また本鉱化帯の一部と見なされる場所で実施された CPRM のボーリングによって塊状の銅・鉛・亜鉛鉱床が発見されたので、広範囲な黄鉄鉱鉱染を主とする鉱化帯と塊状鉱床は一連のものであると考えられる。従って、本鉱化帯においては新たな塊状鉱床が発見される可能性もあり、さらに詳細な調査をすることにより最終的に評価すべきである。

鉱化帯の有無を把握する調査手段としての電気探査 (SIP, IP 法) は、本地域におけるような地質環境においても有効であるが、データの解析にあたっては鉱化帯の形体を規制する地質構造要素が非常に重要であり、構造ボーリング等による地質構造の解析を物理探査に先行させるべきである。

5-2 提言

本年度の調査域における IP 異常帯を含む地域の詳細な地質構造及び鉱床胚胎環境を解明し、新たな塊状鉱床の有無を調査するとともに、CPRM のボーリングで把握された塊状鉱床の鉱量・規模等を確認することにより、本地域を評価することが必要である。そのため過去の調査結果を考慮し、以下の調査を提言する。

- (1) Alvo 10P 内の既存及び新規のボーリング資料を利用しての地質構造の見直し。特に褶曲構造の解析による既知鉱化帯の3次元的追跡のための調査。本調査域では NE-SW 方向の軸をもち、SE 方向に傾斜する褶曲軸面をもつ褶曲構造があると推定されるので、鉱床の形体もこの褶曲構造に規制されていると考えられる。従って NW 方向に向ける傾斜ボーリングを NE 方向に並ぶ位置で複数実施することが有効であろう。
- (2) Alvo 10P 内の既存及び新規のボーリング資料を利用しての層序の解析。特に微量元素を用いる岩石化学、鉱物組成等を利用しての地層の上下の解明、及び鉱床胚胎の場の層序解明のための調査。
- (3) 第2年次物理探査によるブロック南部の異常域と本年度物理探査による北部の異常域との層序的成因的関連性の確定のための調査。
- (4) 調査にあたっては、その手段、順序を次のようにすることが望ましい。即ち、物理探査による地質構造調査→構造ボーリング→鉱化帯把握のための物理探査→鉱化帯把握のためのボーリング。

第Ⅱ部 各 論

第1章 調査概要

本年度調査地域の大部分を占める Alvo 10P 区域では、第1年次の土壤地化学探査によって鉛、亜鉛の異常帯を抽出しており、過去におけるブラジル側の調査によっても土壤地化学探査と物理探査 (IP 法) で異常が確認されている。さらに、上記の異常地域で CPRM によりボーリングが行なわれ、深度 100m 以浅で鉛、亜鉛等の鉱徴が把握されていた。しかしながら、それより深部については、情報がな
いために評価できず、深部の地質及び鉱化帯の有無等の解明が望まれていた。

このため、本調査地域において、まず物理探査 (IP 法、SIP 法) 及びボーリング1本を実施することにより、既知鉱徴部の鉱徴の性格を把握し、そのスペクトル特性を見い出すとともに、さらに深部での鉱徴及び IP 異常を見い出して、期待される銅・鉛・亜鉛鉱床の胚胎状況を他の2本のボーリング調査によって明らかにすることとした。

1-1 調査方法

1-1-1 物理探査

一対の電流電極から任意の周波数信号を大地に送信し、他の一対の電極により大地からの信号を受信する。送信信号には、IP 法では2種類、SIP 法では15種類の周波数を使用した。受信信号 (応答信号) は、地下の状態により異なり、地下に伝導帯が分布する場合には送信波形に対し、位相のずれが生ずる。このずれを測定することにより異常の強度及び分布形態を推定する。SIP 法では、多くの周波数を使用するため点としての異常を捕えるのみならず、得られる情報はスペクトルとして考察出来るため鉱床及び鉱物の判別が可能となる。

測線は、PM-52-GO 孔を基準点として簡易測量を実施して設定した。測点は、基準点を00として50mごとに設定した。また、SIP 法を実施した測線については本線と平行に信号線を設定した。

SIP・IP 法電気探査で使用した周波数及び調査方法を Table II-1-1に示す。

Table II-1-1 Geophysical Survey Method

	SIP Method	IP Method
Measured Frequencies	0.125, 0.375, 0.625, 0.875, 1.0, 1.125, 3, 5, 7, 8, 9, 24, 40, 56, 72 Hz	0.3, 3Hz
Electrode Configuration	Dipole-Dipole	Dipole-Dipole

(1) 物理探査量

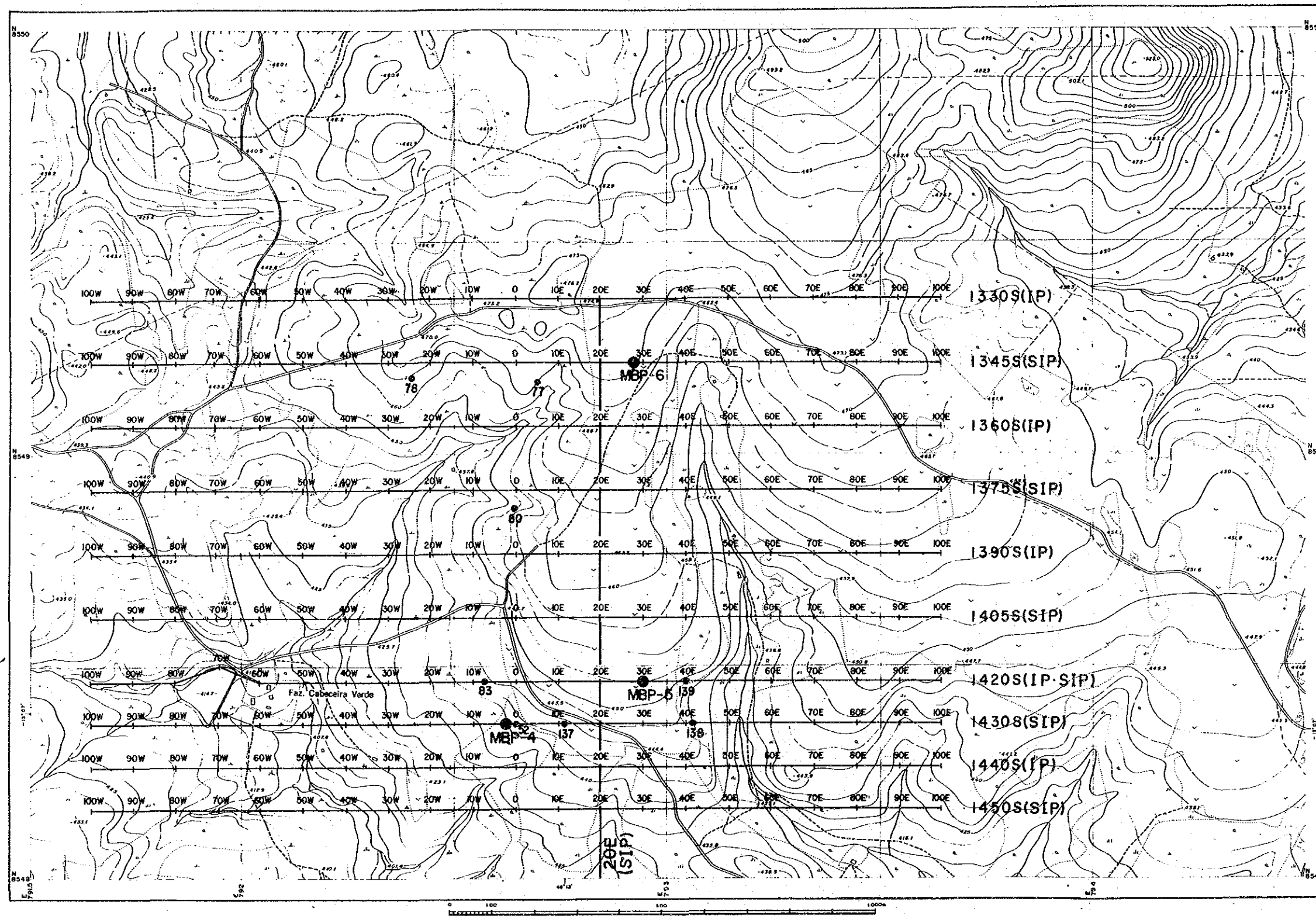
調査量は、Table II-1-2に示す通りである。

Table II-1-2 Amount of Geophysical Survey

	SIP Method	IP Method
Line Length	2.0 km × 5 Lines 1.8 km × 1 Line 1.6 km × 1 Line	2.0 km × 5 Lines
Measuring Points	488 point	400 point
Line Name	1345 S, 1375 S, 1405 S, 1420 S, 1430 S, 1450 S, 20E	1330 S, 1360 S, 1390 S, 1420 S, 1440 S

(2) 測定機器

本調査に使用した主な測定機器を Table II-1-3に示す。



- LEGEND**
- SIP and IP Line
 - Drilling Point of MMAJ
 - Drilling Point of CPRM

Fig. II-1-1 Location Map of SIP-IP Survey and Drilling Holes

Table II-1-3 Geophysical Survey Instruments

	SIP Method	IP Method
Transmitting Part	Transmitter GGT-5 SIP Frequency Generator (Model CH-86A) Motor Generator (G400)	Motor Generator (G400)
Receiving Part	Multi-Function Receiver (GDP-12/2GB, GDP-16/8) Data Recorder (DR-1) Isolation Amp (ISO/1)	IP Receiver (Model CH-R7802)

(3) 物性試験

物性試験は、調査地域に分布する岩石の電気的特性を把握することを目的として実施した。使用した周波数は SIP 法探査と同様に 0.125Hz~72Hz の15種類である。

物性試験に供された試料は、全試料がボーリング・コアであり、試料数は26個である。試料の採取位置及び測定値を Table. II-1-4に示す。Table. II-1-4に記載した比抵抗、位相差値は0.125Hzのものであり、P. F. E 値は0.125Hz~1 Hz の値である。

物性測定に供された試料全体の平均比抵抗は、10,800Ω m、平均 P. F. E 値4.0%である。孔別に分類すると、MBP-4 孔では、12,900Ω m(4.2%)、MBP-5 孔では、5,840Ω m(3.3%)、MBP-6 孔では、8,550Ω m (4.0%) である。

また、試料の岩質は片岩が90%近く占め、角閃岩は3試料のみであるが、角閃岩の平均比抵抗は、8,700Ω m、平均 P. F. E 値は2.8%と比抵抗、P. F. E 共に片岩よりも低めの数字を示している。

試料の比抵抗は、MBP-4 孔の浅層部を除けば、概略4,000-12,000Ω mの間に収まっており、表層部付近の試料が低比抵抗を示すのは、風化、変質のためと考えられる。

P. F. E 値は、1.0%から最大11.7%と変化に富むが、肉眼的に観察された黄鉄鉱の量比と必ずしも一致しない。P. F. E 値は、肉眼的には識別不可能な微細な黄鉄鉱粒子の量に依存している可能性をうかがわせる。

1-1-2 ボーリング調査

ボーリングは、3孔 (MBP-4, MBP-5, MBP-6)、総延長1,201.77m を掘進し、コアを利用したの岩石学的調査、鉱床学的調査、地質層序・構造調査及び電気的特性の調査を行った。調査項目及び調査量を Table II-1-5に示した。

Table II-1-4 Electrical Property of Core Samples

Depth of Samples (m)	Resistivity (ohm-m)	Raw Phase (-mrad)	P.F.E. (%)	Lithology	Amount of Sulfide (Pyrite)
MBP-4 16.80 - 16.85	1,030	12.3	1.9	Ms-Qt schist	
MBP-4 24.40 - 24.45	720	24.6	3.8	Ms-Bi-Qt schist	○
MBP-4 42.90 - 42.95	6,270	81.4	11.7	Bi-Ms-Qt schist	⊙
MBP-4 46.70 - 46.75	12,410	24.2	4.2	Bi-Ms-Qt schist	●
MBP-4 85.90 - 85.95	12,560	17.9	2.4	Pl-Bi-Qt schist	○
MBP-4 90.40 - 90.45	11,080	16.7	2.4	Am-Bi-Qt schist	
MBP-4 121.40 - 121.45	4,300	8.7	1.3	Pl-Gn-Bi-Qt schist	
MBP-4 163.95 - 164.00	18,000	20.5	3.0	Pl-Bi-Qt schist	
MBP-4 203.70 - 203.75	35,100	32.9	4.8	Gn-Ms-Bi-Qt schist	
MBP-4 245.20 - 245.25	43,500	61.6	11.5	Gn-Pl-Bi-Qt schist	
MBP-4 286.40 - 286.45	3,280	18.3	2.6	Gn-Pl-Bi-Qt schist	●
MBP-4 295.45 - 295.50	9,490	27.4	4.7	amphibolite	●
MBP-4 313.80 - 313.85	12,480	21.2	3.5	Bi-Qt schist	
MBP-4 348.10 - 348.15	9,500	17.0	2.7	amphibolite	●
MBP-4 358.35 - 358.40	8,060	16.0	2.3	Gn-Ms-Bi-Qt schist	●
MBP-4 381.10 - 381.15	19,000	22.8	3.1	Bi-Qt schist	●
MBP-5 79.55 - 79.60	5,900	11.5	1.6	(Ms-Bi)-Qt schist	
MBP-5 120.90 - 120.95	7,580	30.9	3.6	Pl-Bi-Qt schist	●
MBP-5 217.95 - 218.00	2,710	59.1	7.1	Ms-Bi-Qt schist	○
MBP-5 249.65 - 249.70	7,160	6.1	1.0	amphibolite	●
MBP-6 72.95 - 73.00	11,360	35.1	4.8	Pl-(Bi-Ms)-Qt schist	○
MBP-6 155.10 - 155.15	6,150	22.1	3.0	Gn-(Ms-Bi)-Qt schist	
MBP-6 200.05 - 200.10	5,200	17.7	2.6	Gn-(Ms-Bi)-Qt schist	
MBP-6 218.95 - 219.00	4,300	12.7	1.8	Ms-Bi-Qt schist	○
MBP-6 250.00 - 250.05	19,130	47.7	7.6	Pl-Gn-Ms-Bi-Qt schist	●
MBP-6 387.45 - 387.50	5,120	30.4	4.0	Gn-Ms-Bi-Qt schist	○

Relative amount of sulfide determined by naked eye. ● < ○ < ⊙

MBP-4孔は、既存資料を検討し、土壤地化学探査異常域内で、既に鉱徴を把握しているボーリング孔（ブラジル側のPM-52-GO）の西方25mの位置で実施した。本ボーリングは既知鉱徴部の追跡、及びより深部での鉱徴等の情報の把握を目的としたが、同時に、物理探査を本ボーリング孔付近で行うことにより、ボーリング孔内の地質情報と物理探査による情報を対比させることも、MBP-5, MBP-6孔の位置選定のための大きな課題とした。

MBP-5, MBP-6孔は、本年度の物理探査によって特定されたIP異常域内で、しかもSIP法スペクトルから銅・鉛・亜鉛鉱化の可能性が高いとされた位置で実施した。

Table II-1-4 Electrical Property of Core Samples

Items Analyzed	Number
Thin Section	10
polished Section	6
Chemical Assay (ore)	60
Au, Ag, Cu, Pb, Zn, S'	(360 elements)

1-2 解析方法

1-2-1 物理探査

測定データから、リアルタイムで見掛比抵抗、位相差、スペクトル・パターン及びP. F. E値が計算され、データ・レコーダに記憶される。

記憶された値を、コンピュータに転送し、各種補正を付して処理し、断面図及び平面図等を作成する。平面図はSIP法及びIP法の両方の測定値を合わせて作成した。使用した周波数は見掛比抵抗平面図では0.375Hz (SIP), 0.3Hz (IP) であり、PFE平面図では0.375Hz—3.0Hz (SIP), 0.3Hz—3.0 Hz (IP) である。

有望な異常帯では、2次元モデルを作成し、異常帯を誘起する異常源の分布形態を推定する。また、測定した各周波数領域の変化を解析し、異常源の性質を解明した。

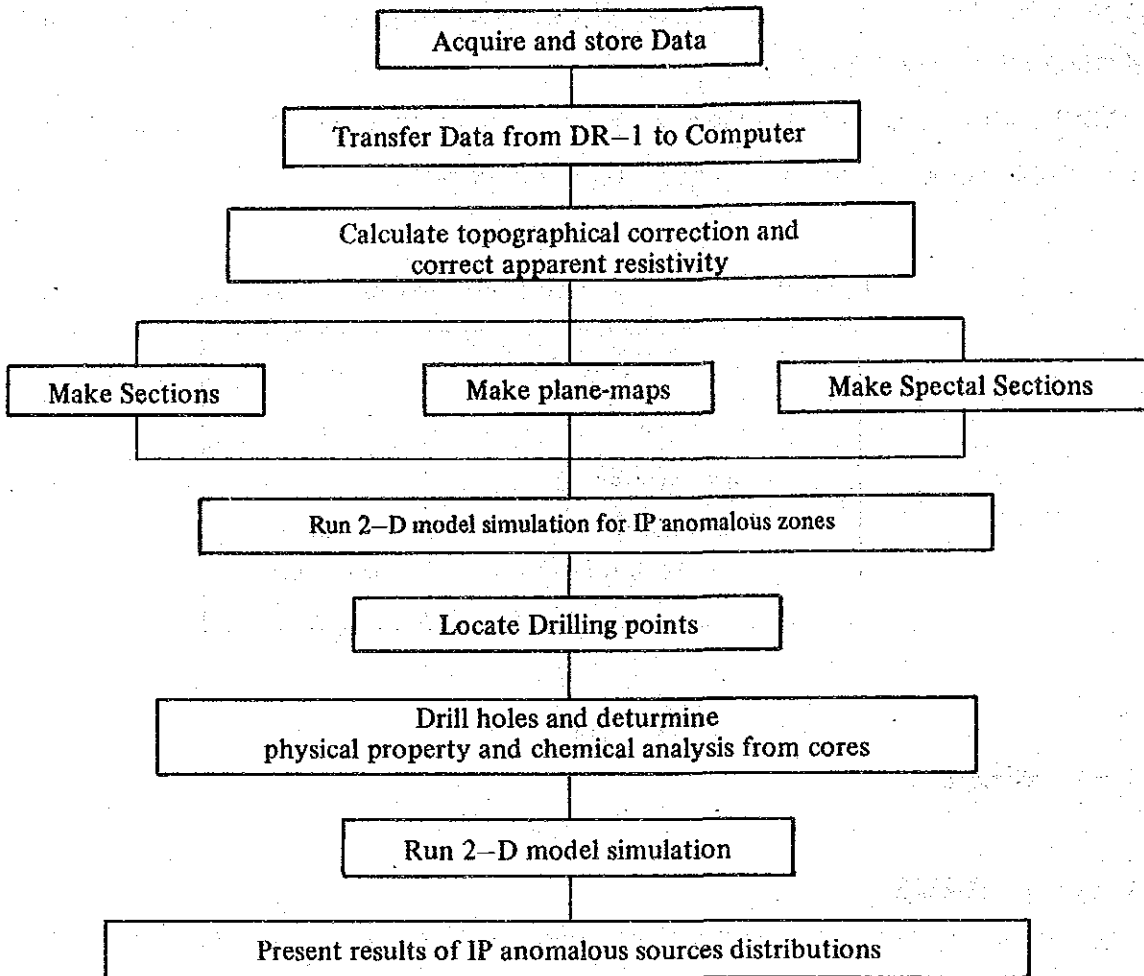
Table II-1-6に解析作業手順を示す。

1-2-2 ボーリング調査

ボーリング位置は、既述のように物理探査(IP法, SIP法)、過去及び本年度の地質調査のデータの

Table II-1-6

Flow-chart of Model Analysis for Geophysical Survey



解析の結果選定された。ボーリングは、ダイヤモンドビットを使用した普通工法で行い、岩石コアを採取した。

ボーリングコアは、地質層序・構造の解明のために岩石学的調査、構造調査を行い、鉍化帯の胚胎層、性状等の解明のため鉍床学的調査を行った。

上記調査のためのボーリングコアの調査及び試料の抽出作業は、CPRMのキャンプで行った。コア調査は、コア長50cmを一単位として、その部分の岩石構成鉍物、鉍石鉍物、構造等について記載し、コア長1mを一単位とした縮尺1/200の柱状図 (Fig. A-3) にまとめた。現地における岩石構成鉍物、鉍石鉍物等の鑑定は肉眼で行い、各鉍物については5段階に分けた半定量的な記載をこれも肉眼で行った。

ボーリングコアは、コア箱2箱ごとに写真撮影し、主要な鉍徴部については近接撮影を実施した。

試験・分析用サンプルの抽出作業は、各孔のコア鑑定が終了した後にまとめて実施した。電気探査のための電気的特性測定用サンプルは種類の異なる岩相ごと、特に電気探査に影響を与えられられる部分から抽出し、岩石薄片用サンプルは鉍化との関連性を解析する目的から、特に鉍化部の付近から集中して抽出した。鉍石研磨片用サンプルは鉍化の性状を表わしていると考えられる部分から、鉍石分析用サンプルは鉍化部より抽出した。コアは原則として縦割にして半分を残し、残りを各種試験のサンプルとした。物性測定用サンプルは、その測定法によりコアを5cm程度切り取って使用した。

抽出した試験・分析用サンプルは岩石薄片用10個、鉍石研磨片用6個、鉍石分析用60個、電気特性試験用26個である。抽出したサンプルは鉍石分析用を除き全て日本に持ち帰り、それぞれの試験・分析を実施した。鉍石分析は、現地の会社 Geosol が行った。

第2章 調査結果

2-1 物理探査結果

2-1-1 断面解釈

測定した全ての測線について、10本の東西断面図及び1本の南北断面図を作成した。調査地が平坦なので、各断面の見掛比抵抗値における地形補正は、必要としないと判断し、実施しなかった。

以下に11本の断面図について解釈した結果を述べる。解釈するにあたって、見掛比抵抗値及びIP異常値(PFE値)を以下の通りに分類した。

見掛比抵抗	I P 異常
高比抵抗：1,000 Ω ・m以上	高 IP 異常：4%以上
中比抵抗：500～1,000 Ω ・m	中 IP 異常：3～4%
低比抵抗：500 Ω ・m以下	低 IP 異常：2～3%

(1) 測線 1330S (Fig. II-2-8)

本測線は調査地の最北端に設定したものであり、その断面図を Fig. II-2-8に示す。

本断面図の見掛比抵抗は、測線の両端が500 Ω ・m以下であり、測線の中央部が1,000 Ω ・m以上であるが、見掛比抵抗の分布形態から測線の中央部付近では高比抵抗層が浅部から深部まで分布すると推定できる。

500 Ω ・m以下の低見掛比抵抗は、測点70W～測点30W間及び測点30E以東に分布する。前者は、地表から深部に西傾斜で分布し、後者は地表浅部に水平に分布する。

高IP異常域は、1,000 Ω ・m以上の高見掛比抵抗分布域に分布する。

(2) 測線 1345S (Fig. II-2-1)

見掛比抵抗は、測線 1330S に類似する分布形態を呈し、西側では断層に起因すると考えられる強い比抵抗コントラストが看取される。

1,000 Ω ・m以上の高見掛比抵抗は、測点50W以東に優勢に分布する。500 Ω ・m～1,000 Ω ・mの中見掛比抵抗は測点20E以東の浅部に分布する。測点20E以東の中見掛比抵抗は、測線 1330S の測点40E 以東

の低見掛比抵抗の変化したものであり、低～中見掛比抵抗の南北方向への連続性を示していると考えられる。低見掛比抵抗は測点50W以西に分布する。この低見掛比抵抗と高見掛比抵抗の境界は測点50W付近に認められ、強い比抵抗コントラストを呈する。一般的に比抵抗コントラストの顕著な箇所は断層及び地層の境界を示唆している場合が多い。

本調査地域においては、位相差 -20mrad ～ -25mrad はPFE値の3～3.5%に対応し、 -25mrad ～ -30mrad は3.5～4.0%に対応（中IP異常と呼ぶ）、 -30mrad 以下は4.0%以上に対応（高IP異常と呼ぶ）するが、Rawphase断面、3-point D. Phase断面及びPFE断面の中の中～高IP異常域は、いずれも測点50W～50E間に認められ、各断面図内の分布形態は、ほぼ同一である。 -30mrad 以下のIP異常は、測点10W～30E間の $n = 1 \sim 2$ （深度100～150mに相当）に認められる。

本断面図のIP異常は、高見掛比抵抗分布域に集中している。

(3) 測線 1360S (Fig. II-2-9)

本断面図の見掛比抵抗分布は、測線 1345S 断面図に類似する形態を呈する。また、IP異常は測線の中央部に集中している。

高見掛比抵抗は、測点60W～90E間に広範囲に分布する。中見掛比抵抗は、地表浅部に局部的に認められる他に測点20E～90Eの $n = 1 \sim 4$ （深度100～250m）に分布する。低見掛比抵抗は、測点70W以西に分布するのみである。

PFE値が3.0%以上のIP異常域は、測点40W～30E間に認められ、異常値が一定の変化を示すことから一様に分布する異常源（鉱染帯）によるものと推定される。特に測点20W～10W間の浅部には、高IP異常（PFE値4.0%以上）が分布する。

(4) 測線 1375S (Fig. II-2-2)

本断面図には、断層構造に起因すると考えられる比抵抗コントラストの強い箇所が利点10E及び60E付近に東傾斜で認められる。また、測点10W以西の浅部には地表の低比抵抗層を反映していると推定される中見掛比抵抗が分布する。

高見掛比抵抗は測点30W～60W間、測点10W～50E間及び測点60E以東の3箇所に、低～中見掛比抵抗に分断されて分布する。中見掛比抵抗は、測点30W～20W間及び測点10E～50E間の地表浅部に局部的に分布する。前者は東傾斜の分布形態を呈する。後者は、風化あるいは水の影響に因ると考えられる。

中～高IP異常域（P. F. E. 値3.5%以上）は、測点30W～80E間の3箇所の異常源に起因すると推定される分布を呈する。それらのIP異常域は、

- (イ) 測点30W～20W間の $n = 1$ （深度100m）付近を中心とするもの。
- (ロ) 測点10E～20E間の $n = 1$ （深度100m）以浅にやや西傾斜で分布するもの。
- (ハ) 測点80E以東の $n = 2$ （深度150mに相当）以浅に分布するもの。

であり、これらの異常はいずれも地表浅部(地表下100m以浅)に分布している異常源に因るものであると考えられる。

(5) 測線 1390S (Fig. II-2-10)

本断面図の見掛比抵抗は、測線1375S以北の断面とは若干異なる分布形態を呈する。また、全体的にIP異常値は減衰している。

高見掛比抵抗は、測点10W~10E間及び測点60E~70E間では地表から深部へ分布しているが、測点50W~40E間では $n=3$ (深度200m)以深に広く分布する。低見掛比抵抗は、測点80W以西及び測点30W~20W間に分布し、30W~20Wの間には断層が推定される。また10E~50E間の、地表浅部にも低見掛比抵抗が分布する。

顕著なIP異常は、測点30W~10E間の比抵抗コントラストの強い箇所から東側の高見掛比抵抗分布域にかけて認められる。これらは、いずれも地表浅部の異常源に因ると考えられる分布形態を呈する。両者の異常域の形態は、やや東傾斜である。

(6) 測線 1405S (Fig. II-2-3)

本断面図は、複雑な、ブロック状の見掛比抵抗分布を示す。この徴候は測線 1390Sにも表われている。

高見掛比抵抗は測点50W~20W、10E~50E及び60E以東の深部に分布する。低見掛比抵抗域は、地表深部に広範囲に分布する高見掛比抵抗域を分割するように地表から深部に西傾斜で認められるものと測点10W以西に分布するものがある。前者は測点0~10E及び測点70E付近に分布し、断層の存在を示唆している。後者は測点60Wまでは地表浅部に分布するが、測点70W以西では深部まで分布する。

中~高IP異常は、測点50W~0間及び測点30E~60E間に認められる。前者は、3箇所の異常源に因ると推定される分布形態を呈する。その一つは、測点50W~60Wの深部に西傾斜で分布するもので、他の二つは、測点30W~20W及び測点20W~10Wの地表浅部~中部にかけてそれぞれ東傾斜で分布するものである。測点30E~50E間の異常源は深度200m~250m付近に分布する。

(7) 測線 1420S (Fig. II-2-4, Fig. II-2-11)

本断面図の見掛比抵抗分布は、大局的に測点10E付近を境にして異なる。IP異常は、測線 1405Sよりも広範囲に分布する。

高見掛比抵抗は、測線30W~20W間及び測点10E~80E間に認められる。前者は、測点10E以西に分布する低見掛比抵抗に覆われるように深部に分布する。後者は、中見掛比抵抗分布域内に局部的に分布する。

IP異常は、測点20W~60E間に集中する。PFE値4.0%以上の異常帯は、測点10E~50E間に認められ、中~高見掛比抵抗分布域に分布する。この異常帯の異常源は、異常分布形態から推定すると、地

表浅部から分布している鉱染状のものであると考えられ、その濃集部は測点30Eの深度150~200m付近に分布すると思われる。

(8) 測線 1430S (Fig. II-2-5)

本断面図には、高見掛比抵抗は認められず、低~中見掛比抵抗が広く分布する。IP異常は、測線の中央部に集中し、測線1420Sの分布形態に類似する。

低見掛比抵抗は、測点10E以西及び測点50E以東に広範囲に分布する他、測点20E~30Eに局部的に分布する。測点10E以西で、測点30W~00間に分布するものは、断層及びそれに伴う破碎帯を反映していると考えられる。中見掛比抵抗は、測点40W~10W間及び測点10E~60E間に認められる。前者は、深度150m以深に塊状に分布し、後者は地表より分布する。

位相差が -30mrad 以下のIP異常は、測点20W~10W及び測点00~40Eのいずれも比抵抗変化の著しい箇所に分布する。前者は、深度150m以深で西傾斜を示し、後者は地表より東傾斜で分布する。

本断面図のIP異常は、前述した測線のどの断面図よりも強いIP効果を呈する。これは、即ち、より多くの硫化鉱物が存在することを意味する。

(9) 測線 1440S (Fig. II-2-12)

本断面図では、調査地区南側ほど地質構造が複雑であることを示唆する見掛比抵抗の分布形態を呈し、しかもIP異常は弱くなる傾向を示す。

低見掛比抵抗は、断面図の全域に亘って分布し、中見掛比抵抗は測点50Wの直下、測点40W~10E、測点10E~50E及び測点70Eの直下に小規模に分布する。

PFE値3~4%のIP異常は測点10W~60E間に西傾斜で分布する。この分布形態は西傾斜の数条の小規模異常源によると考えられるものである。

(10) 測線 1450S (Fig. II-2-6)

本断面図の見掛比抵抗分布は、測線1440Sの断面図に類似するが、IP異常帯は小規模である。

低見掛比抵抗域は、断面図の両端では外側から中央に向かって傾斜する。中央部では、ほぼ水平な層状である。中見掛比抵抗は、測点30W~30E及び測点30E~40E間の深度200m以深に分布する。

IP異常は、測点40W~20W間及び測点00~20E間に認められ、いずれも西傾斜の分布形態を呈する。測点40W~20W間では、Raw Phase断面図及び3-pt断面図において -20mrad 以下の異常は西傾斜の形態を示すが、PFE断面図ではPFE値3%以上の異常は断続的に西傾斜を示すものの位相差とPFE値との比が若干大きい。これは、地質構造の局所的な変化に起因するスペクトルの変化(ノイズ)に因るものであると推定される。

(11) 測線 20E (Fig. II-2-7)

本断面図では、 $1000\Omega\cdot\text{m}$ 以上の高見掛比抵抗は測点1410S以北に分布する。この分布形態から測点1370Sの北側では高比抵抗層が地表浅部から深部まで分布し、測点1370S南側では緩い南傾斜をなし

Line-1345S

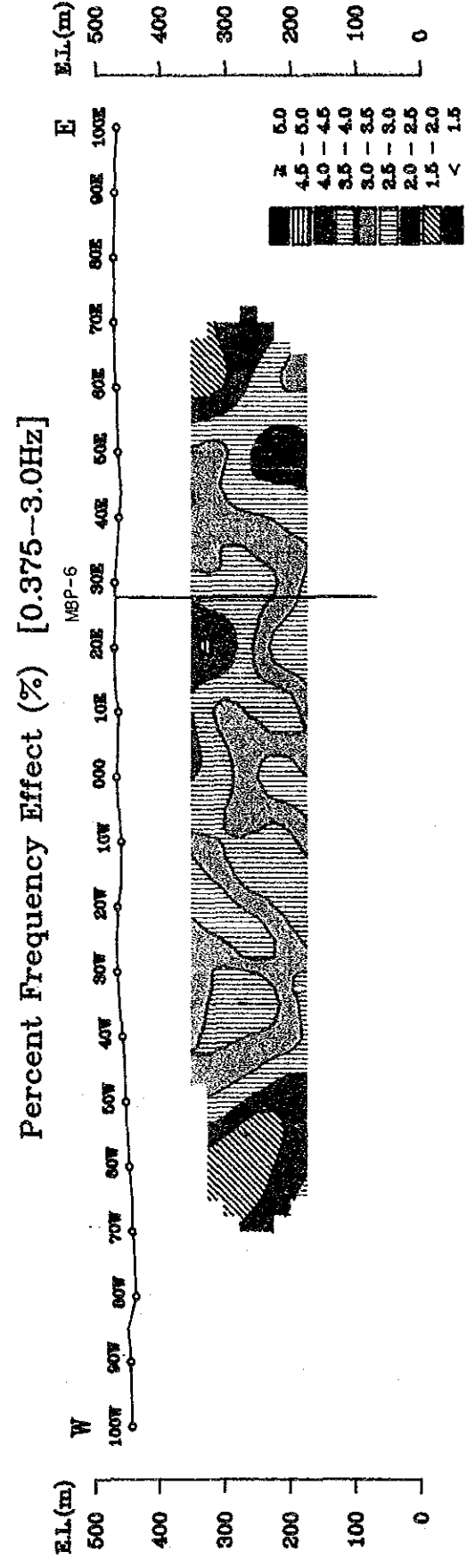
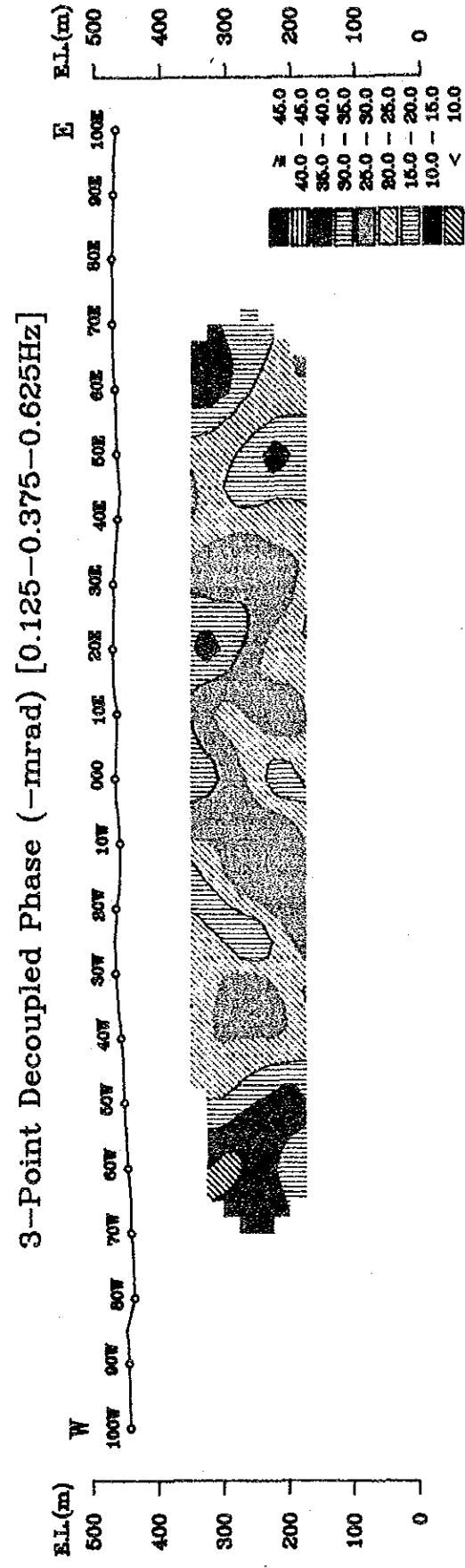
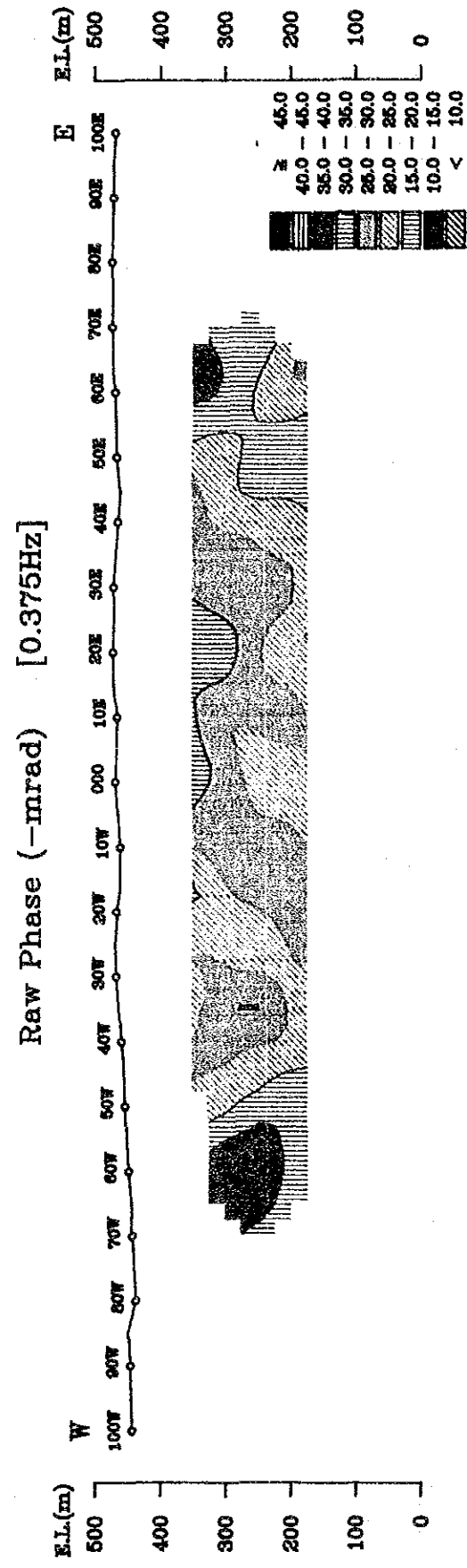
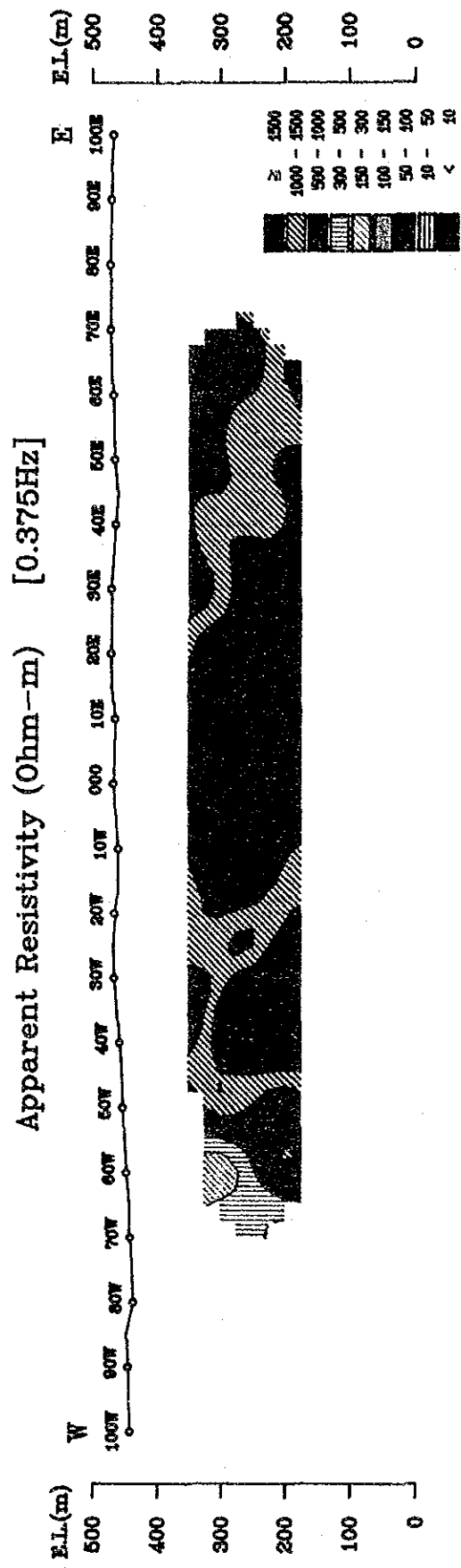


Fig. II-2-1 SIP Pseudo-Section (Line-1345S)

Line-1375S

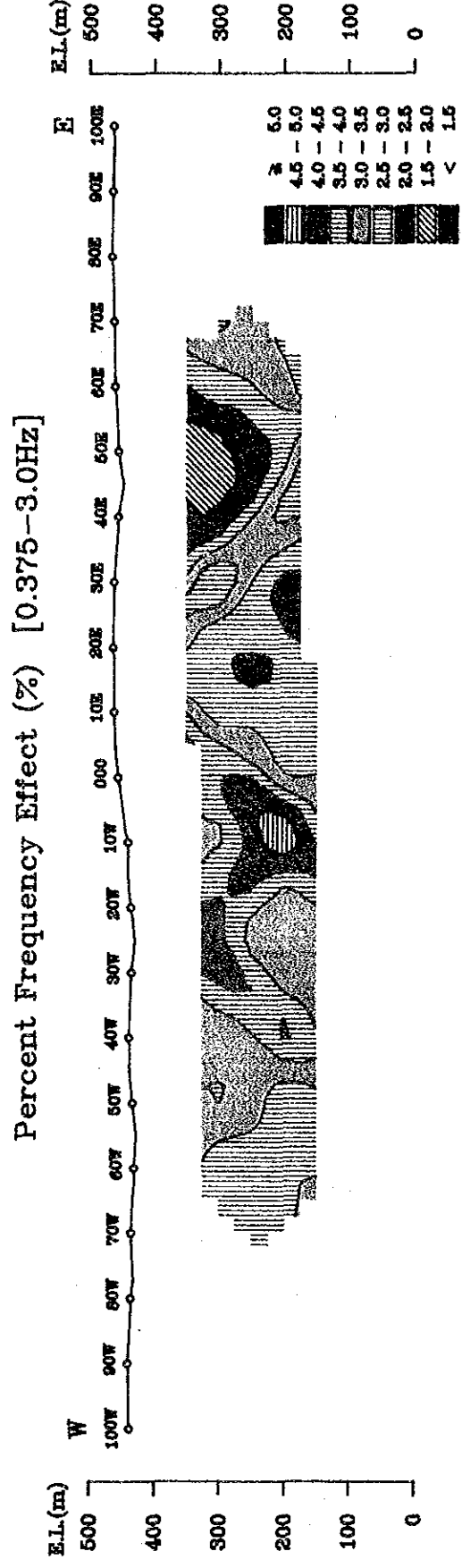
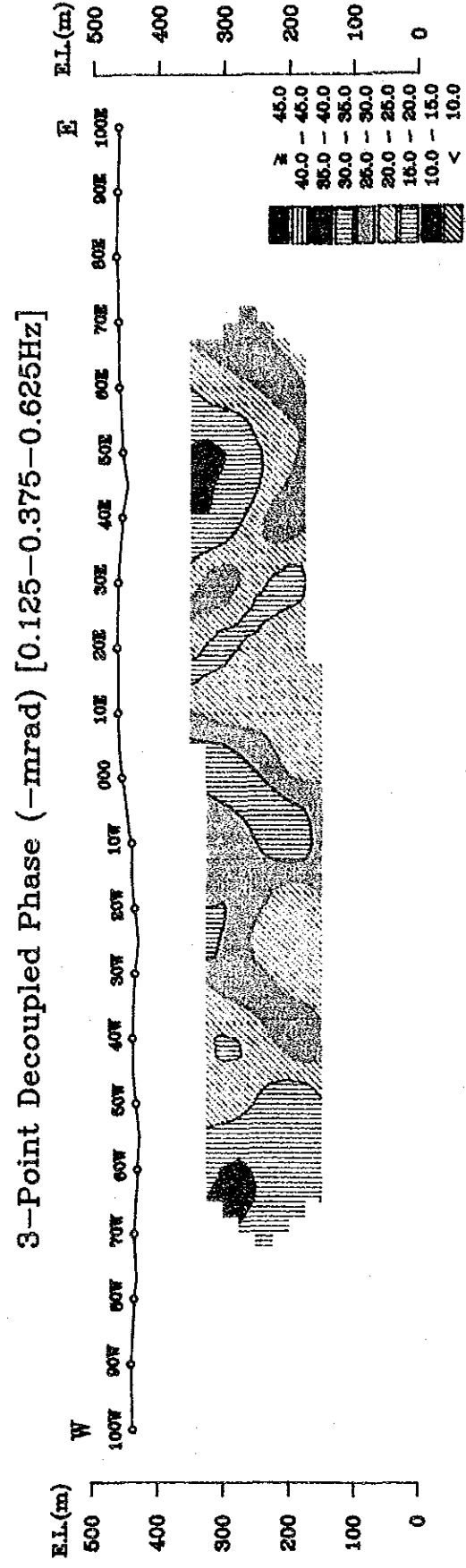
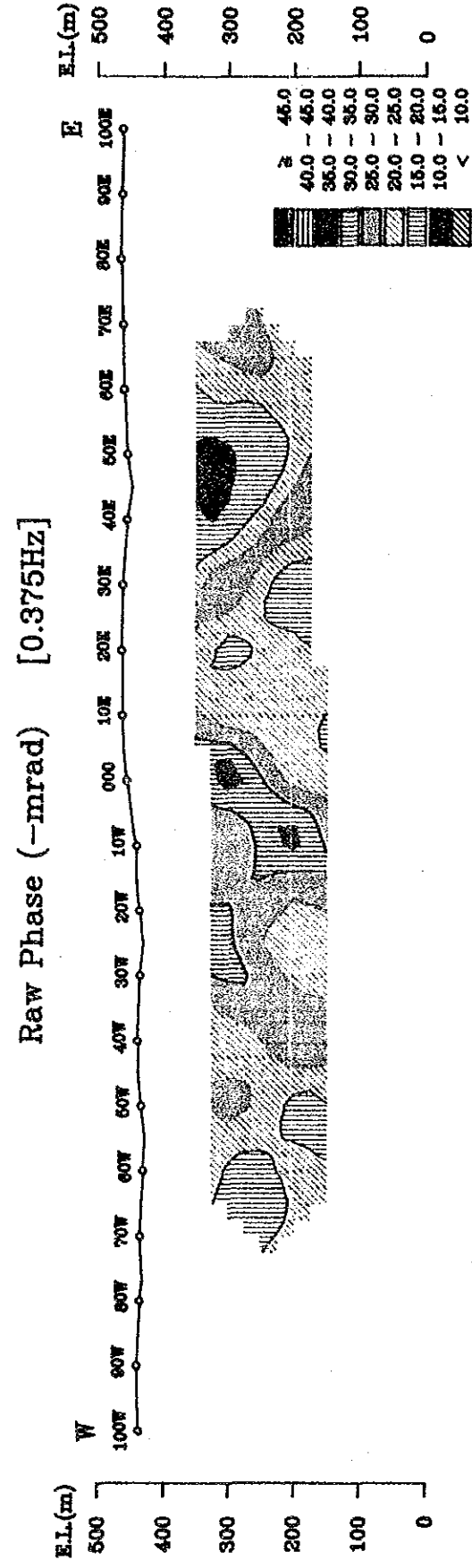
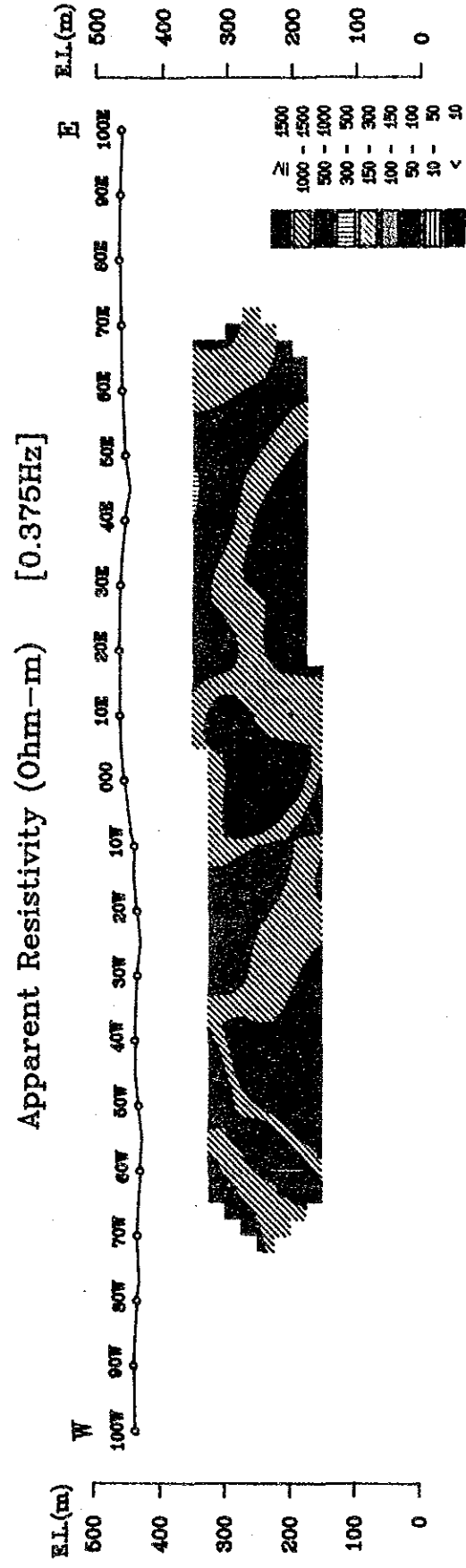
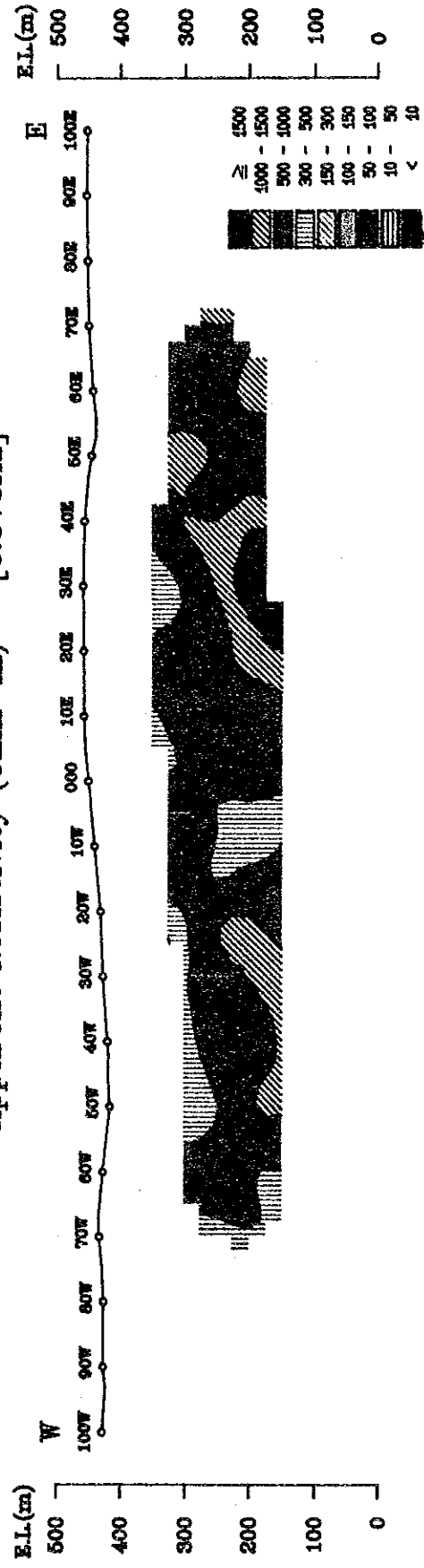


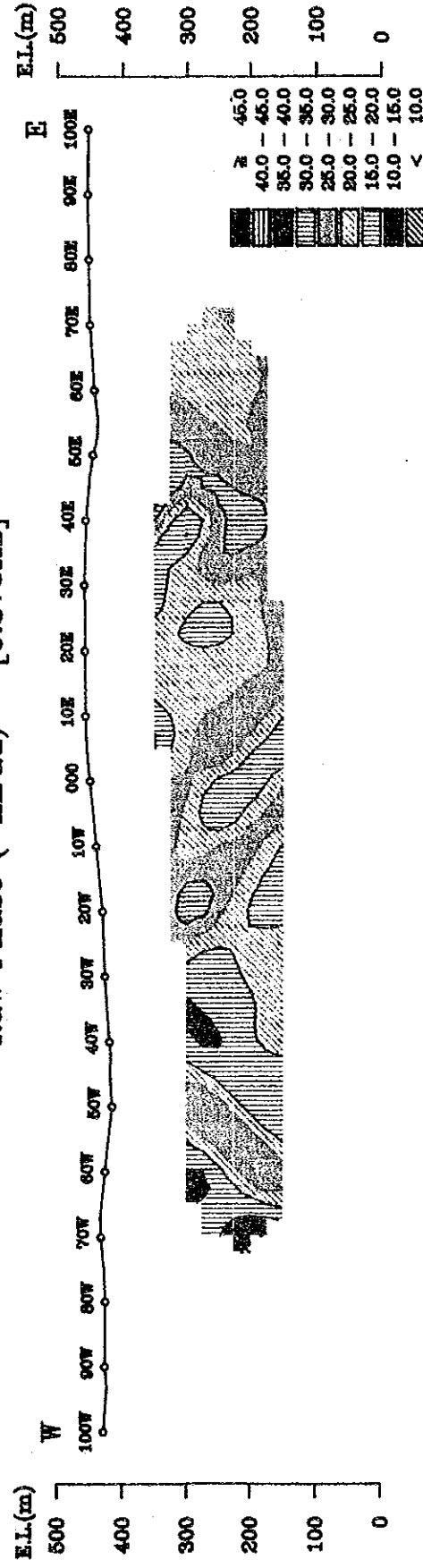
Fig. II-2-2 SIP Pseudo-Section (Line-1375S)

Line-1405S

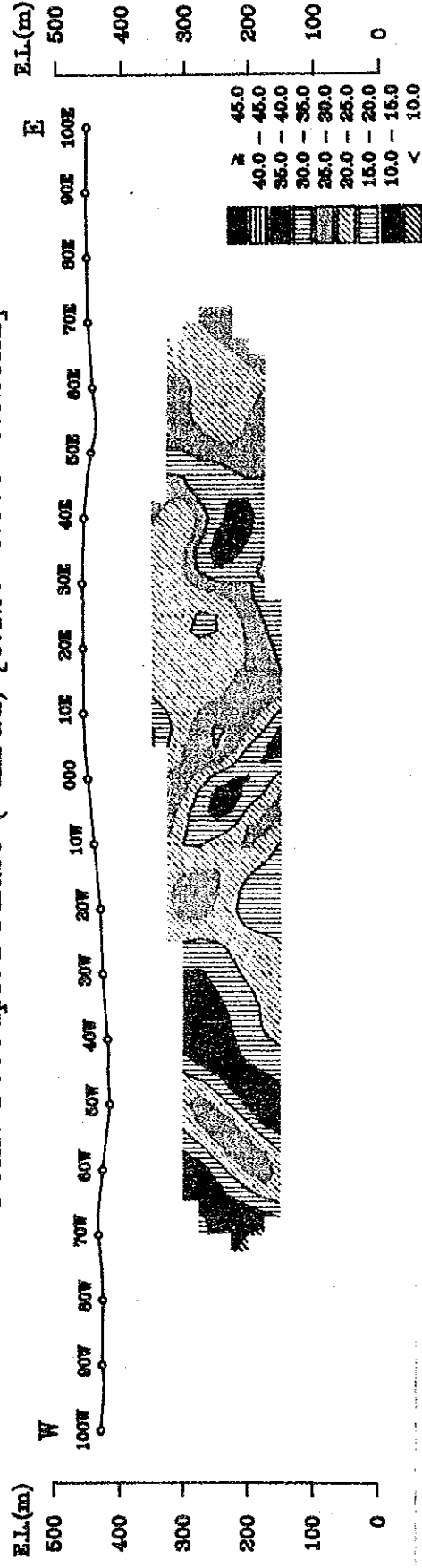
Apparent Resistivity (Ohm-m) [0.375Hz]



Raw Phase (-mrad) [0.375Hz]



3-Point Decoupled Phase (-mrad) [0.125-0.375-0.625Hz]



Percent Frequency Effect (%) [0.375-3.0Hz]

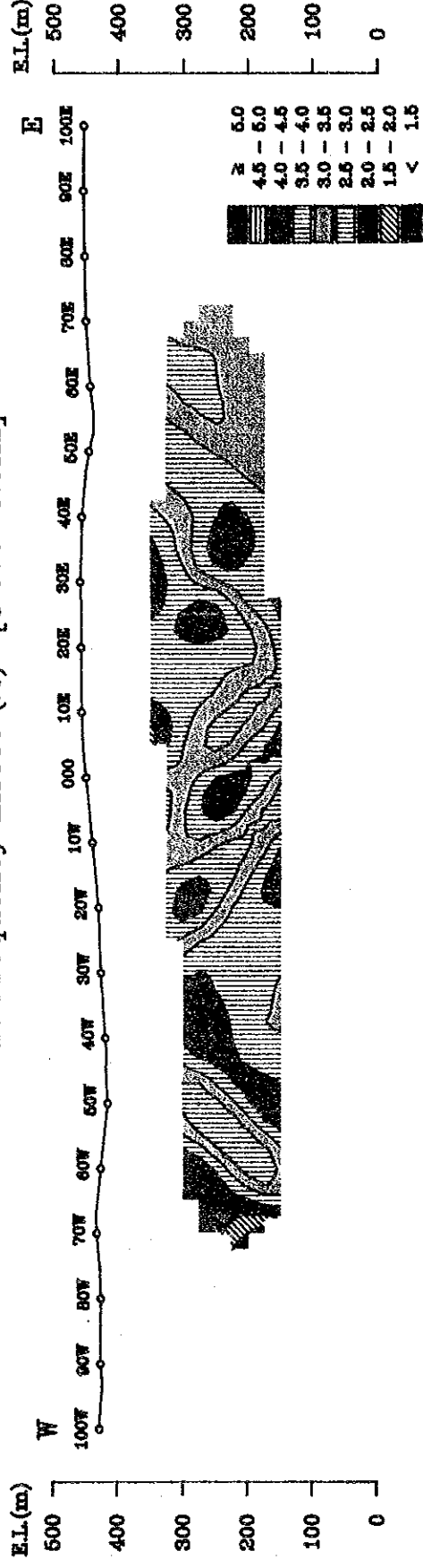
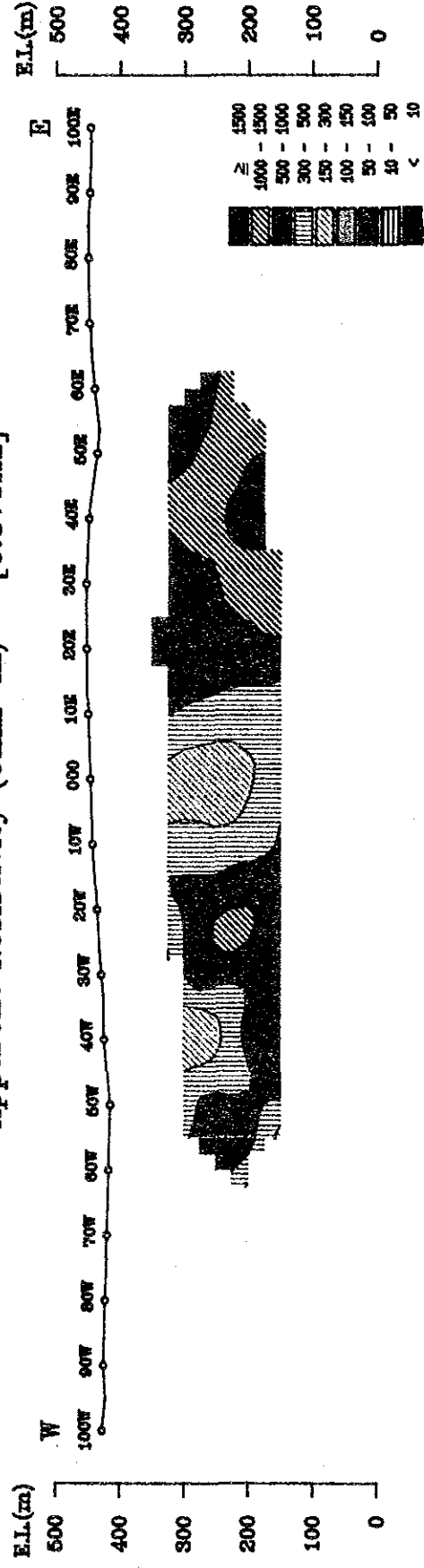


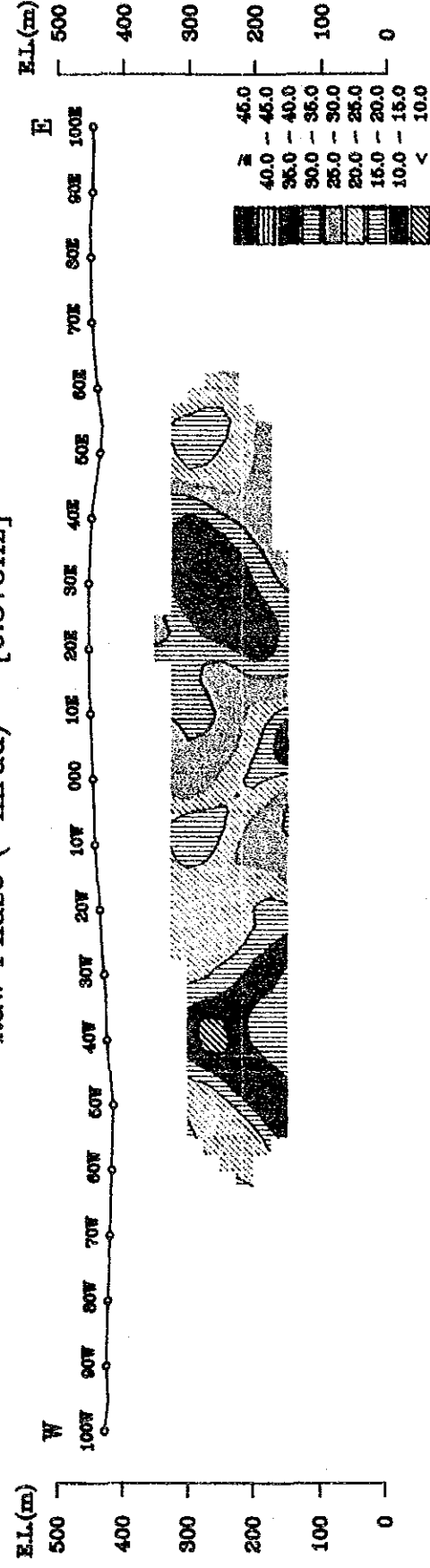
Fig. II-2-3 SIP Pseudo-Section (Line-1405S)

Line-1420S

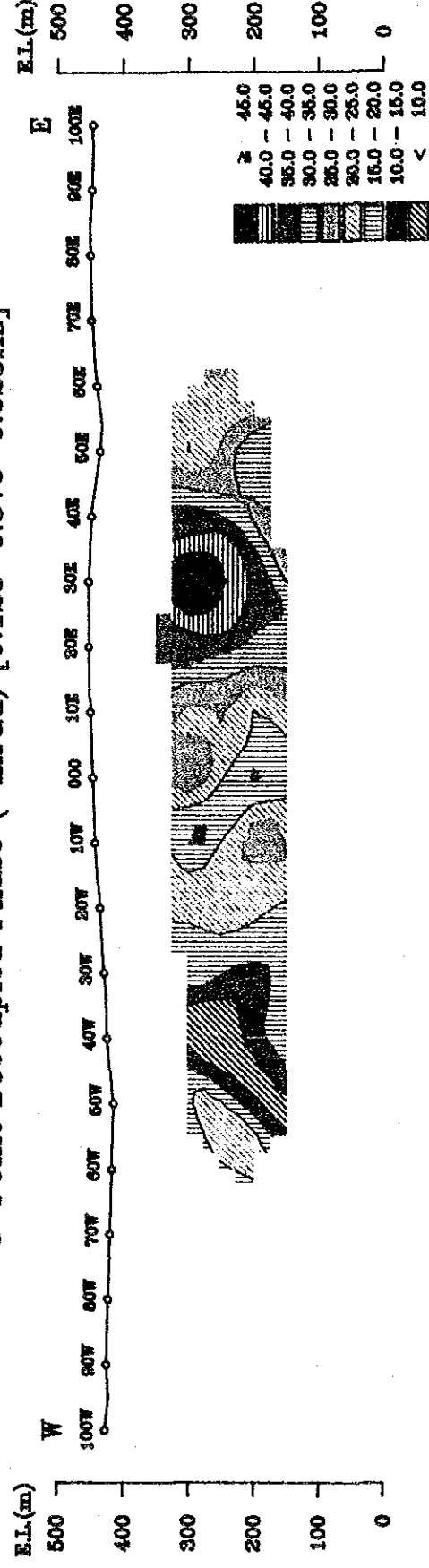
Apparent Resistivity (Ohm-m) [0.375Hz]



Raw Phase (-mrad) [0.375Hz]



3-Point Decoupled Phase (-mrad) [0.125-0.375-0.625Hz]



Percent Frequency Effect (%) [0.375-3.0Hz]

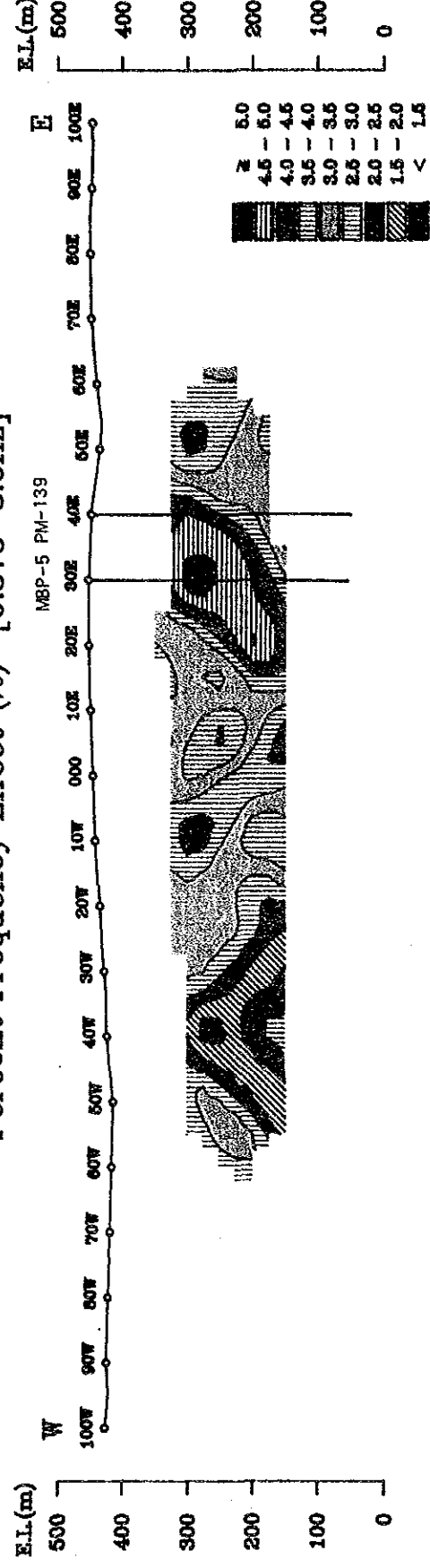
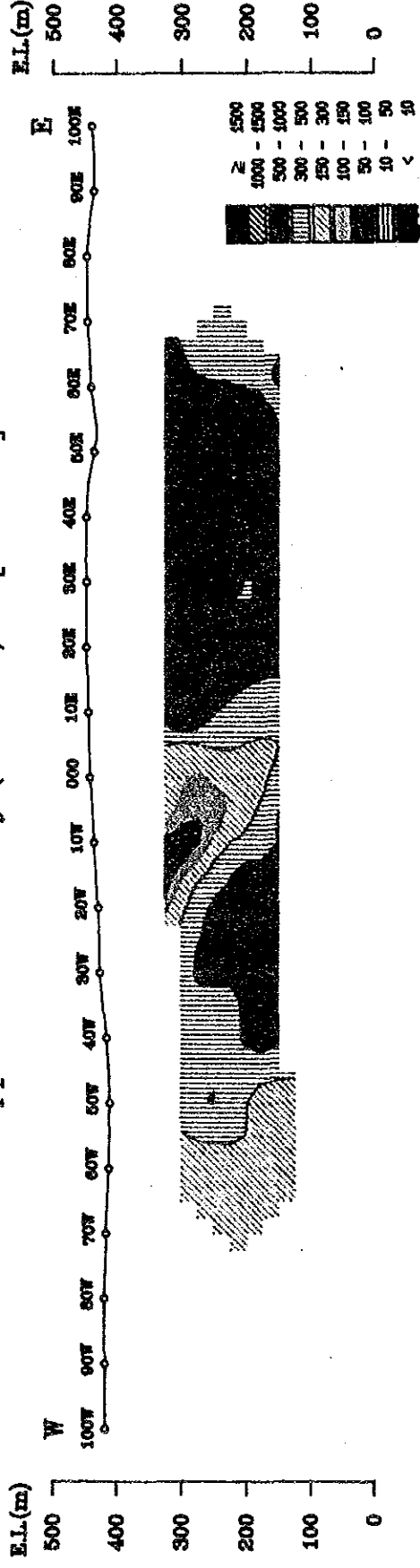


Fig. II-2-4

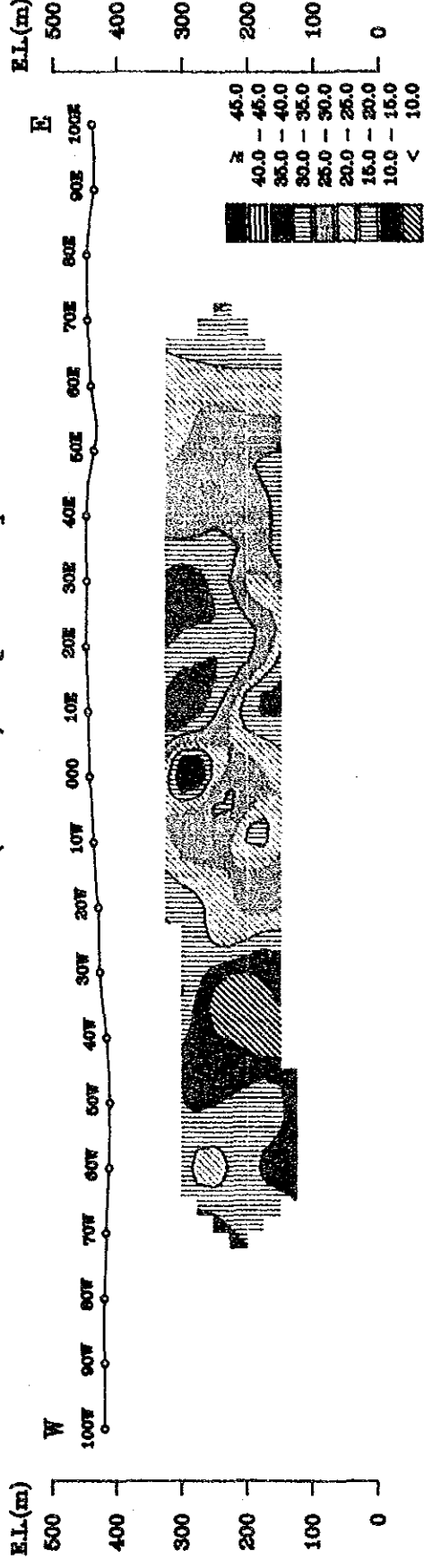
SIP Pseudo-Section (Line-1420S)

Line-1430S

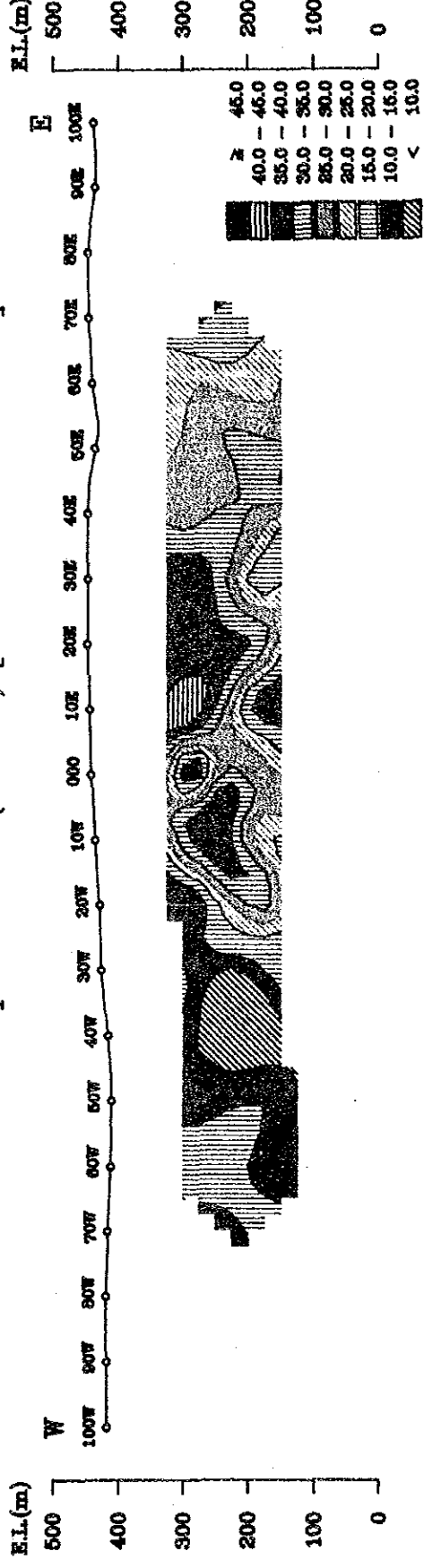
Apparent Resistivity (Ohm-m) [0.375Hz]



Raw Phase (-mrad) [0.375Hz]



3-Point Decoupled Phase (-mrad) [0.125-0.375-0.625Hz]



Percent Frequency Effect (%) [0.375-3.0Hz]

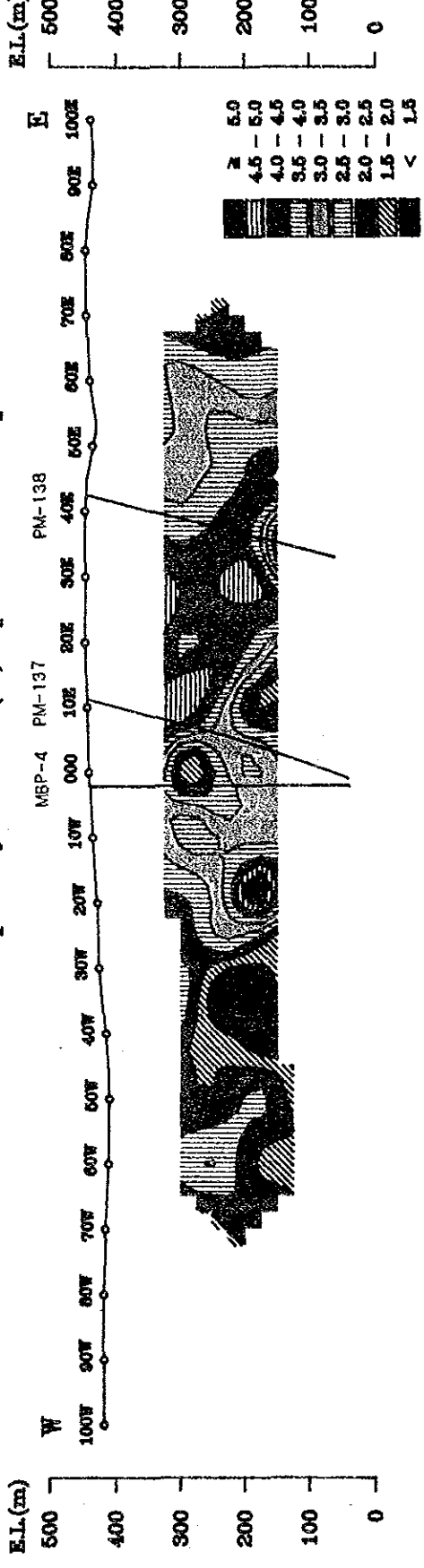
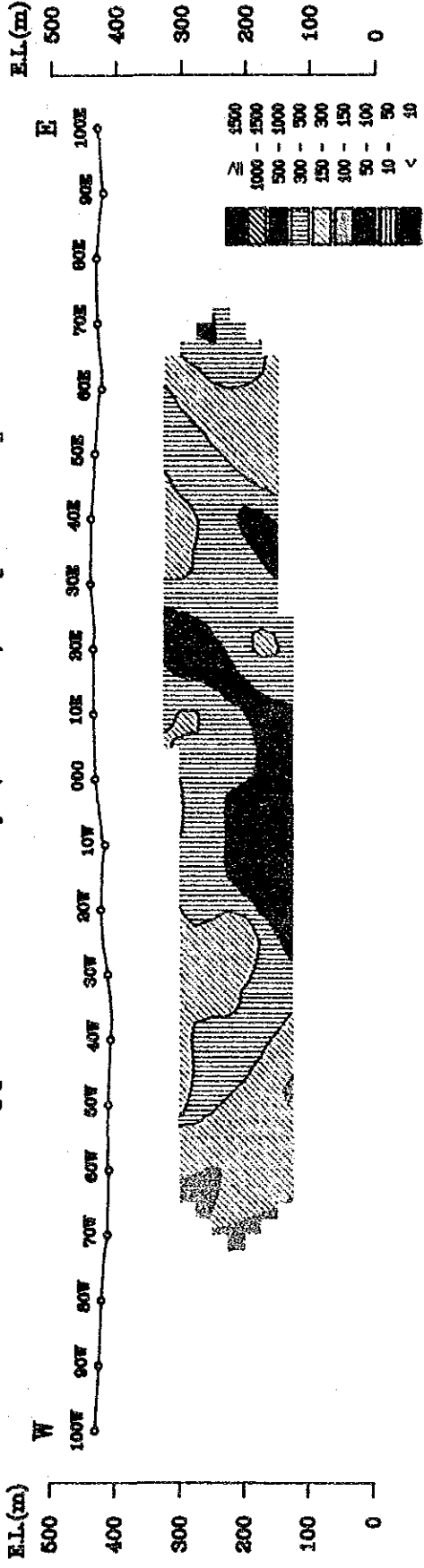


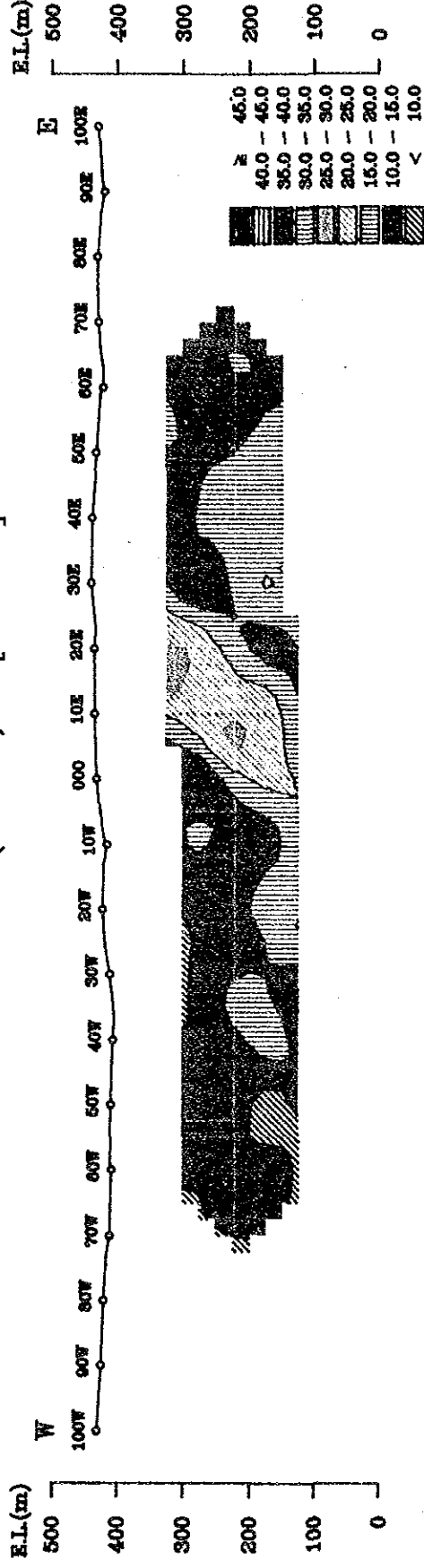
Fig. II-2-5 SIP Pseudo-Section (Line-1430S)

Line-1450S

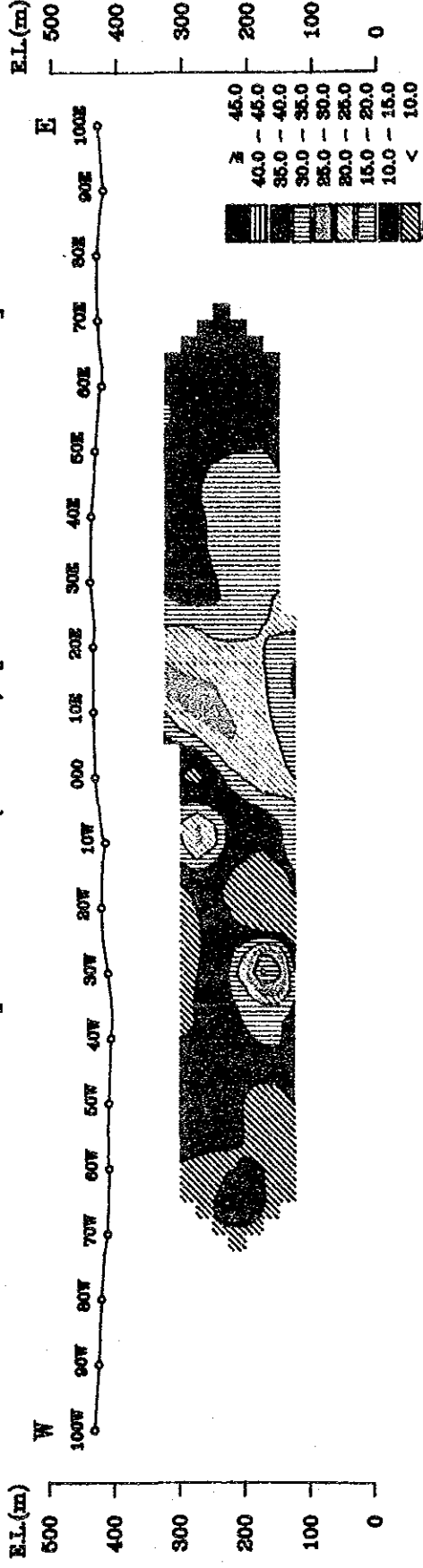
Apparent Resistivity (Ohm-m) [0.375Hz]



Raw Phase (-mrad) [0.375Hz]



3-Point Decoupled Phase (-mrad) [0.125-0.375-0.625Hz]



Percent Frequency Effect (%) [0.375-3.0Hz]

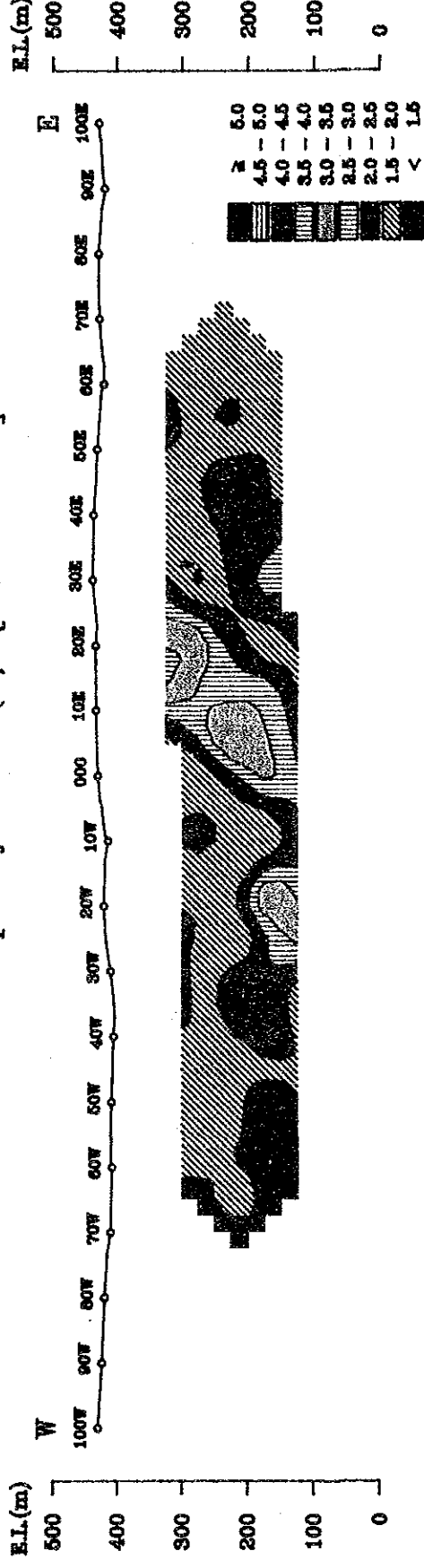


Fig. II-2-6 SIP Pseudo-Section (Line-1450S)

Line-20E

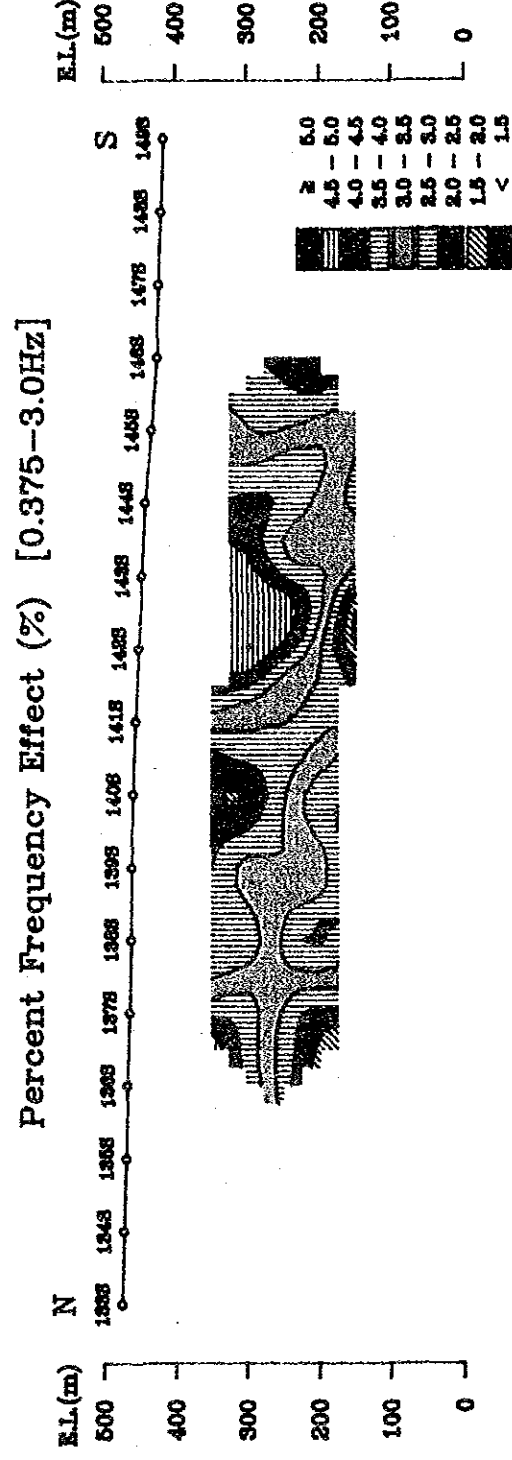
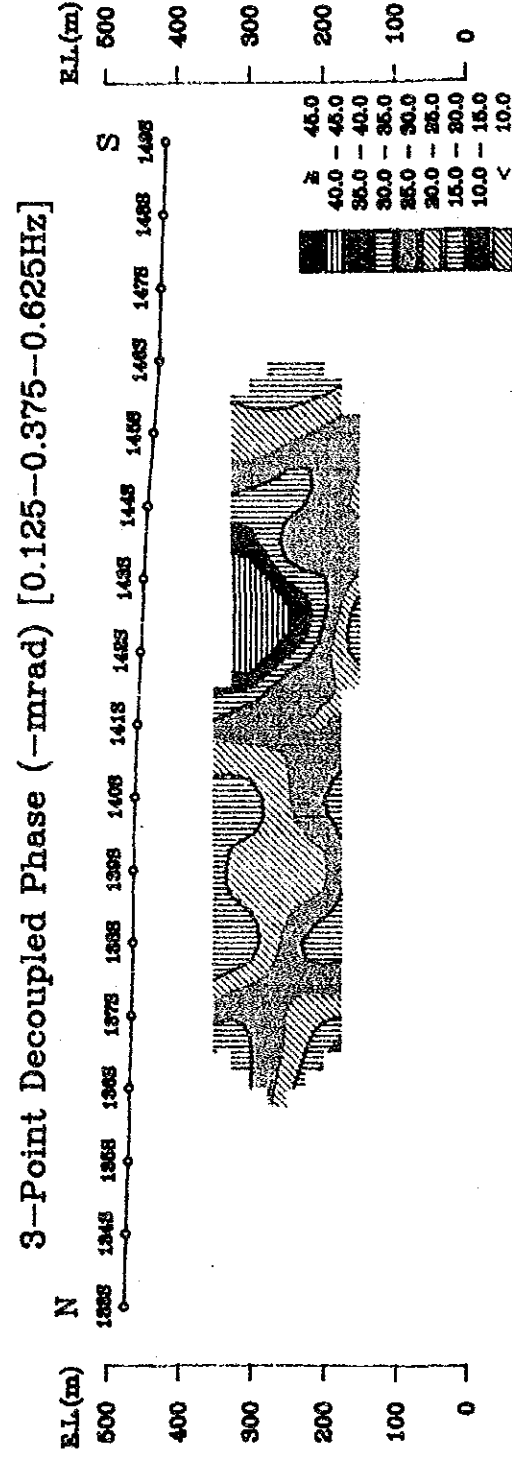
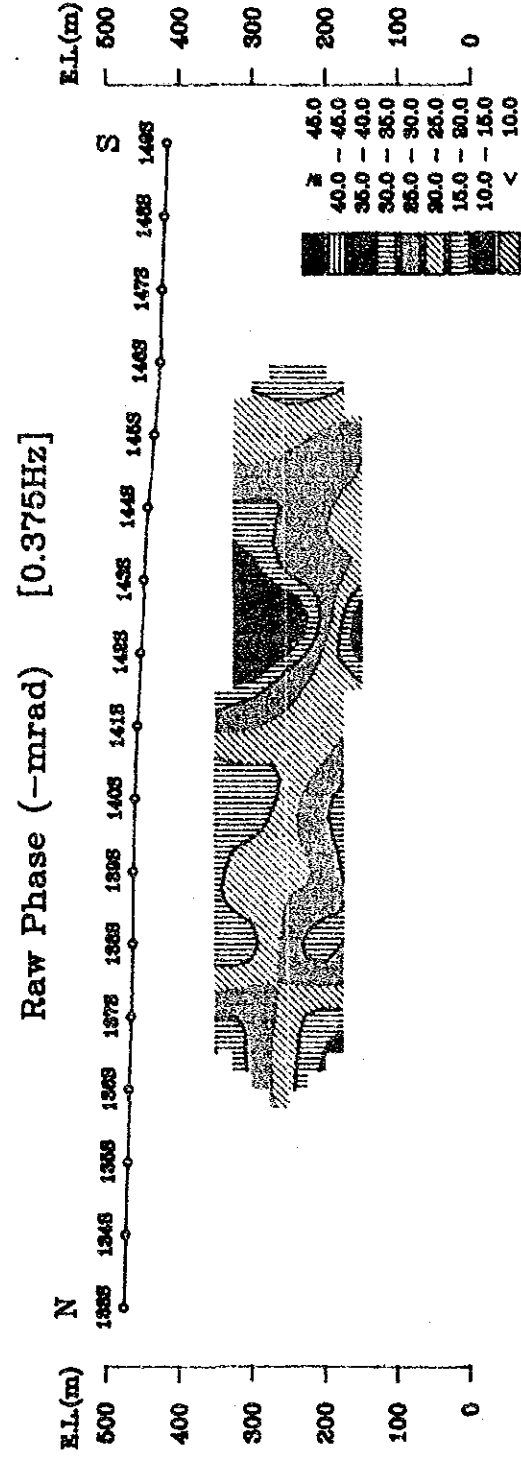
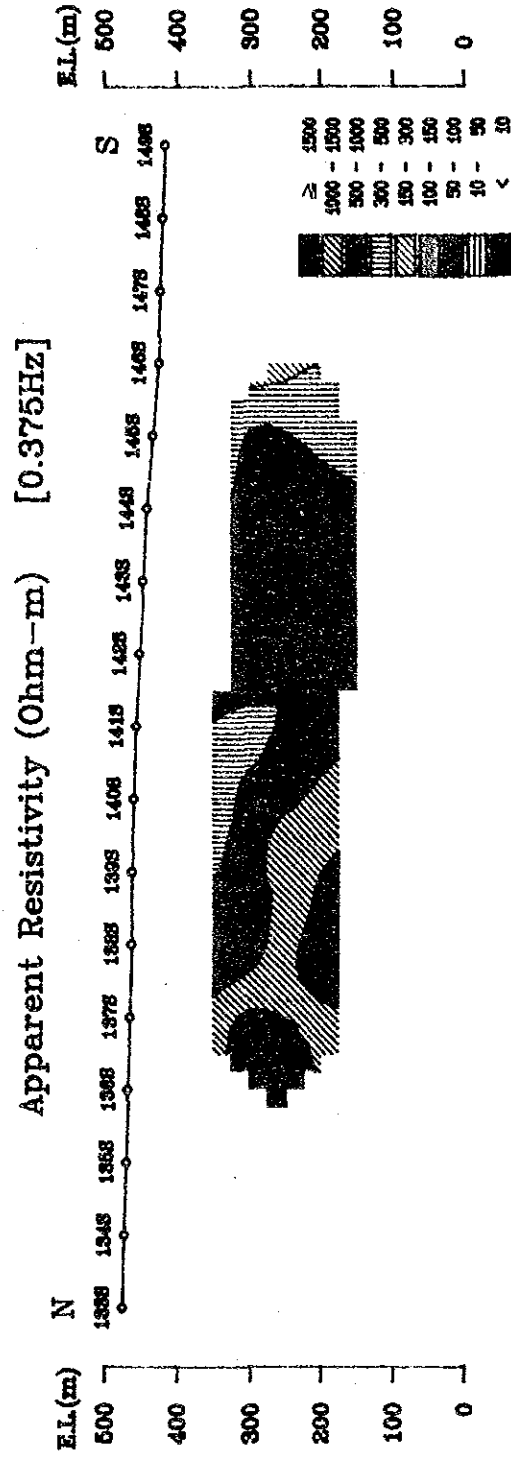
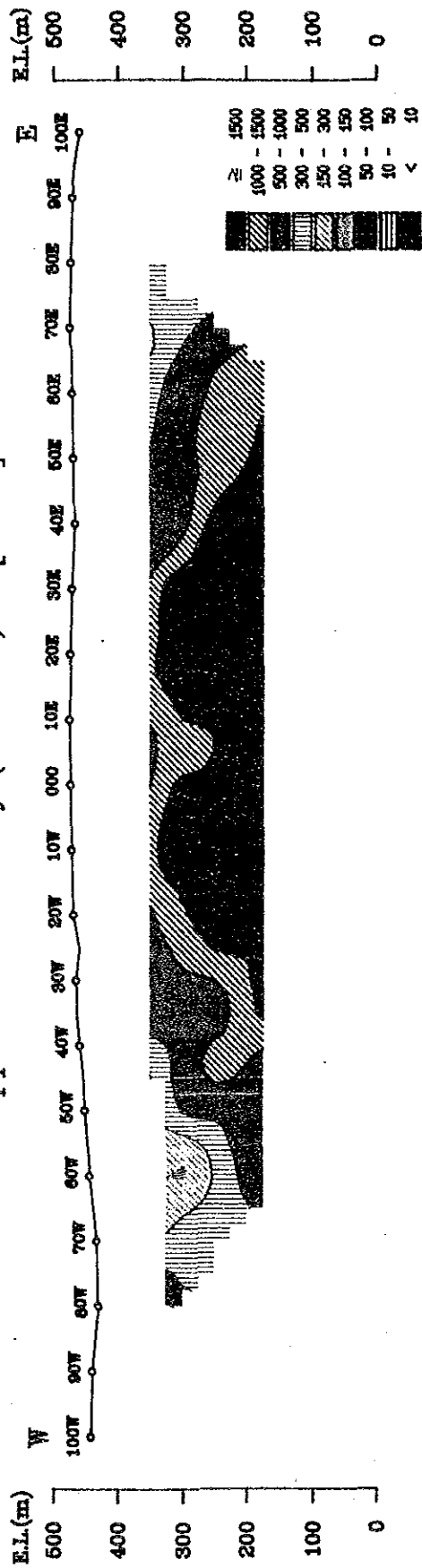


Fig. II-2-7 SIP Pseudo-Section (Line-20E)

Line-1330S

Apparent Resistivity (Ohm-m) [0.3Hz]



Percent Frequency Effect (%) [0.3-3.0Hz]

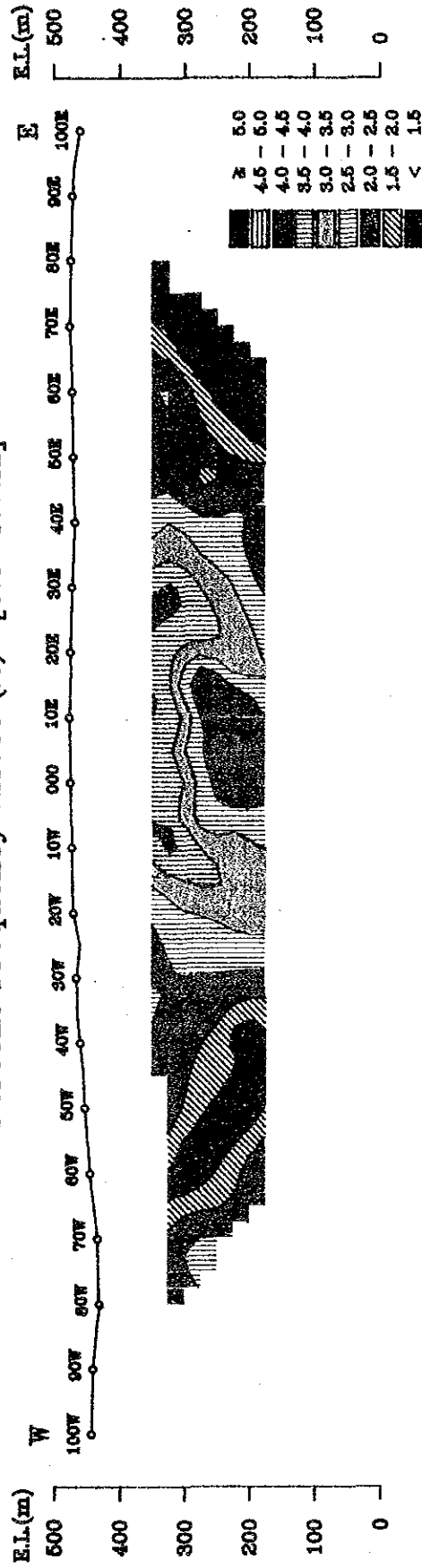
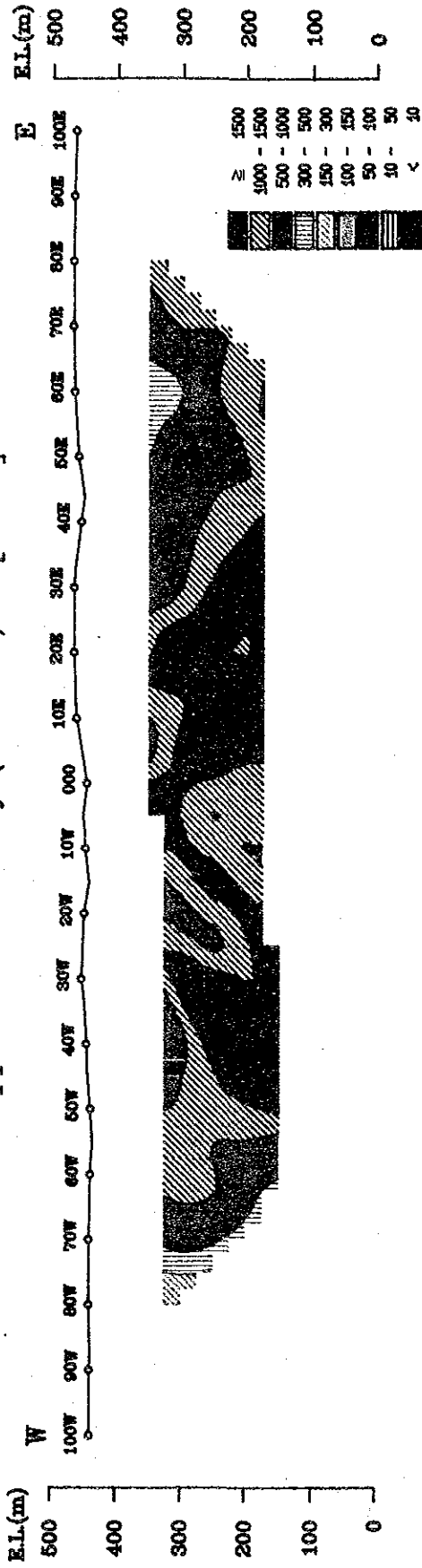


Fig. II-2-8 IP Pseudo-Section (Line-1330S)

Line-1360S

Apparent Resistivity (Ohm-m) [0.3Hz]



Percent Frequency Effect (%) [0.3-3.0Hz]

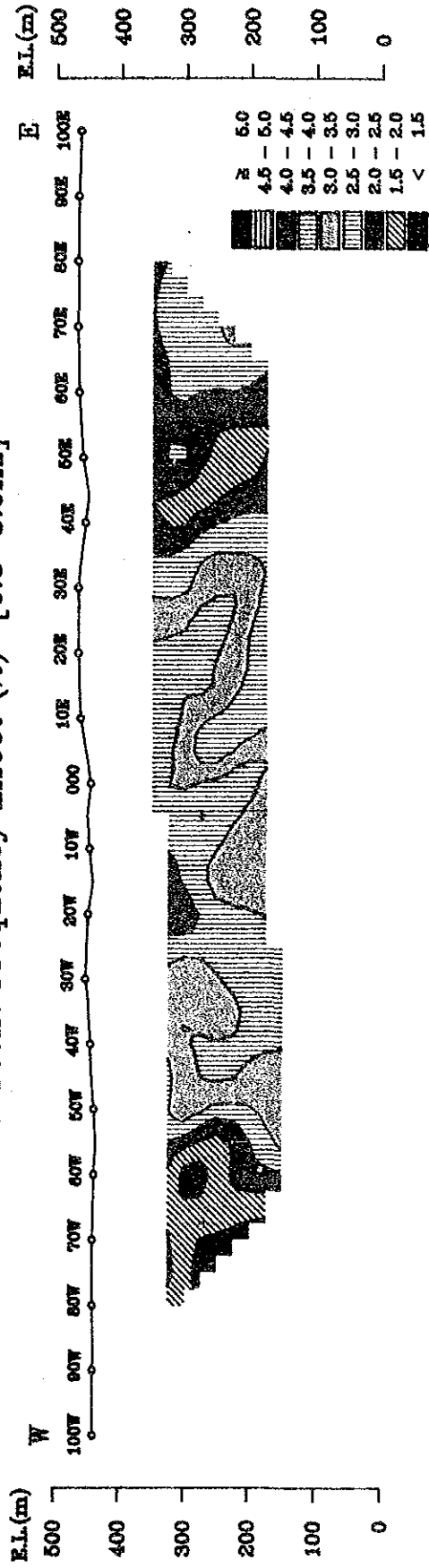
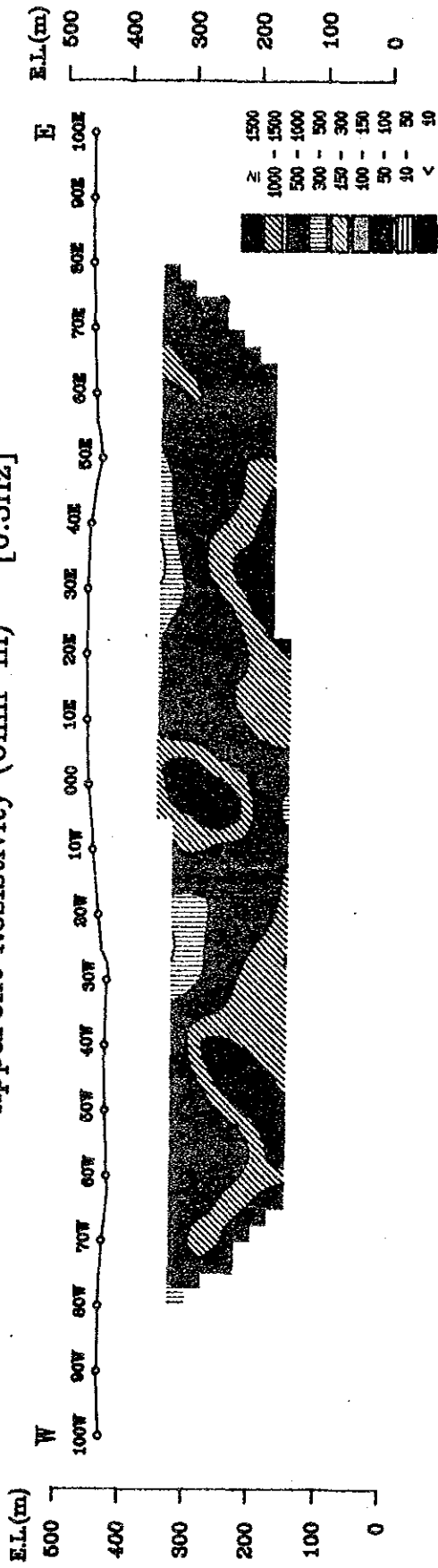


Fig. II-2-9 IP Pseudo-Section (Line-1360S)

Line-1390S

Apparent Resistivity (Ohm-m) [0.3Hz]



Percent Frequency Effect (%) [0.3-3.0Hz]

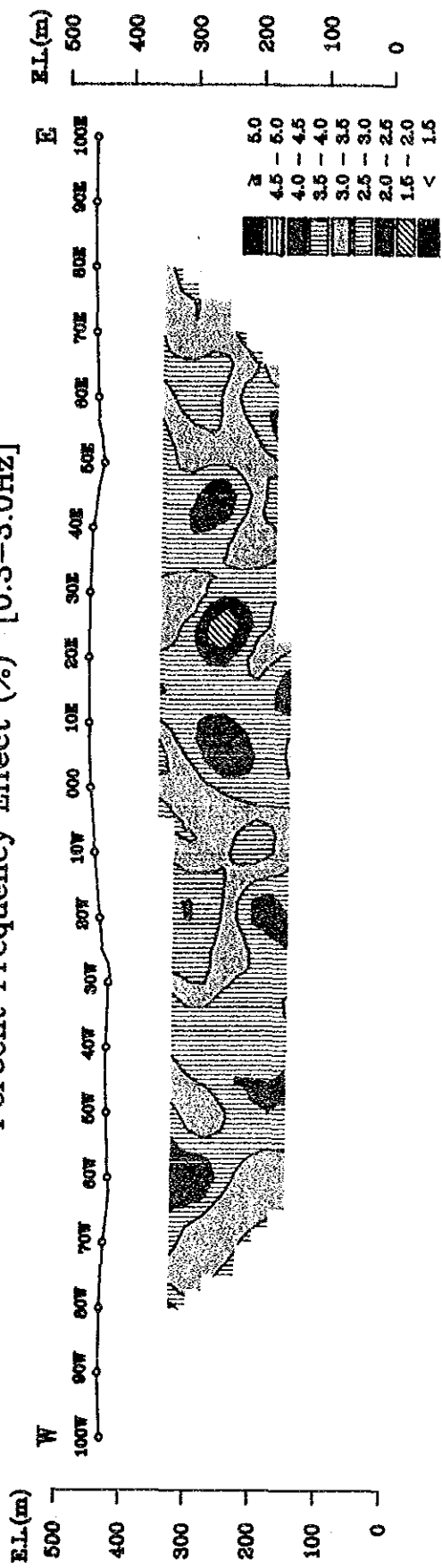
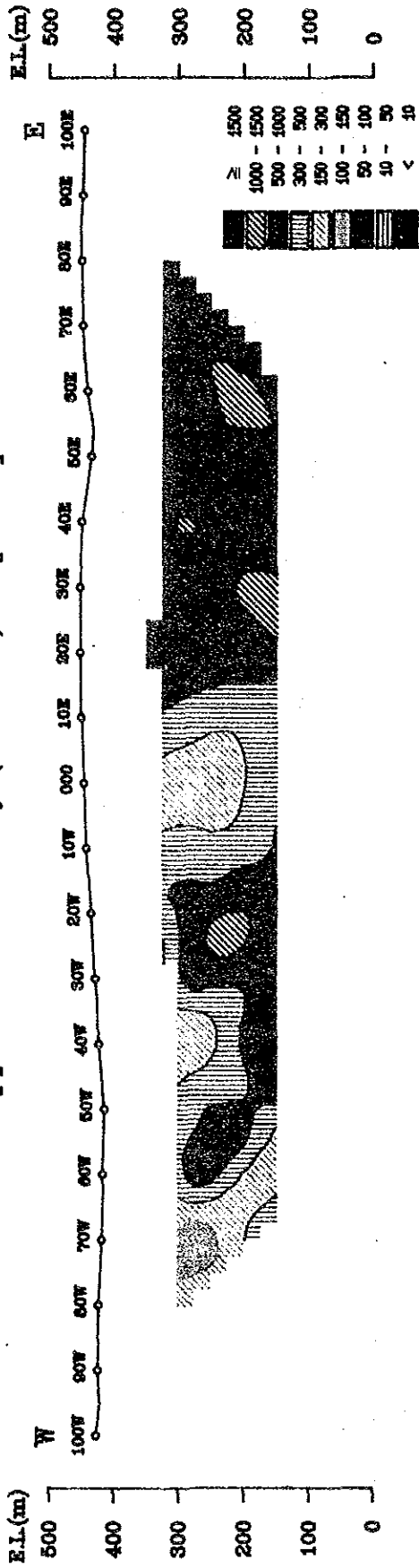


Fig. II-2-10 IP Pseudo-Section (Line-1390S)

Line-1420S

Apparent Resistivity (Ohm-m) [0.3Hz]



Percent Frequency Effect (%) [0.3-3.0Hz]

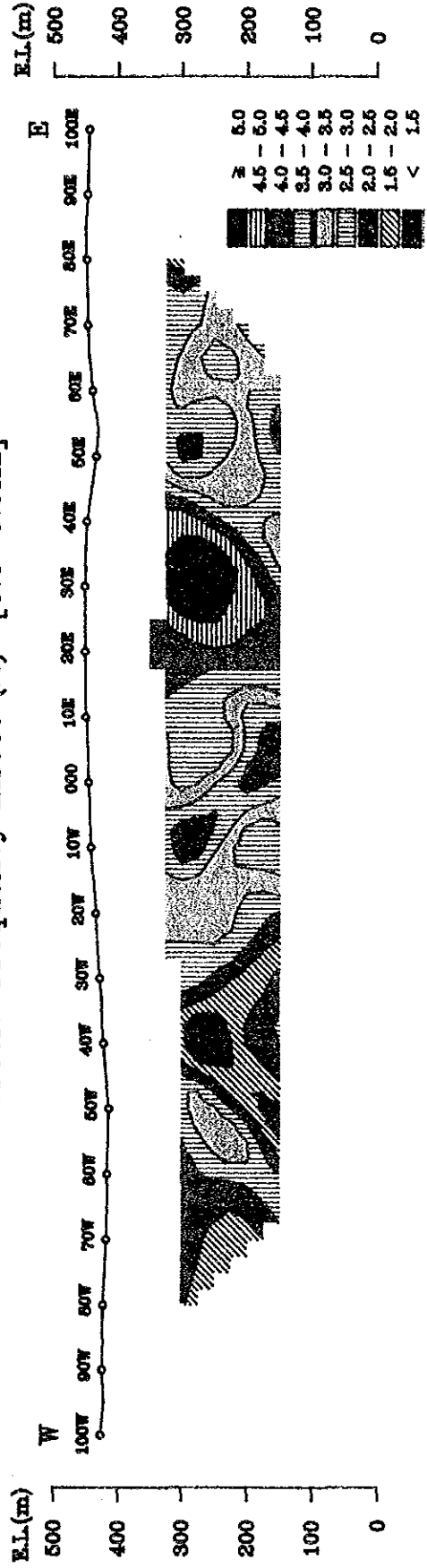
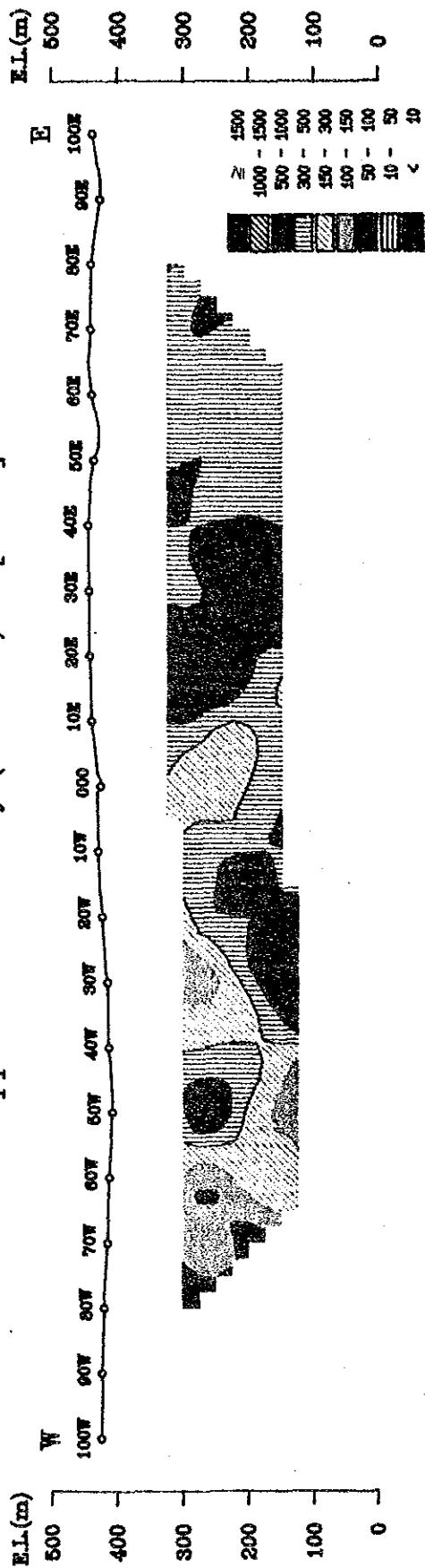


Fig. II-2-11 IP Pseudo-Section (Line-1420S)

Line-1440S

Apparent Resistivity (Ohm-m) [0.3Hz]



Percent Frequency Effect (%) [0.3-3.0Hz]

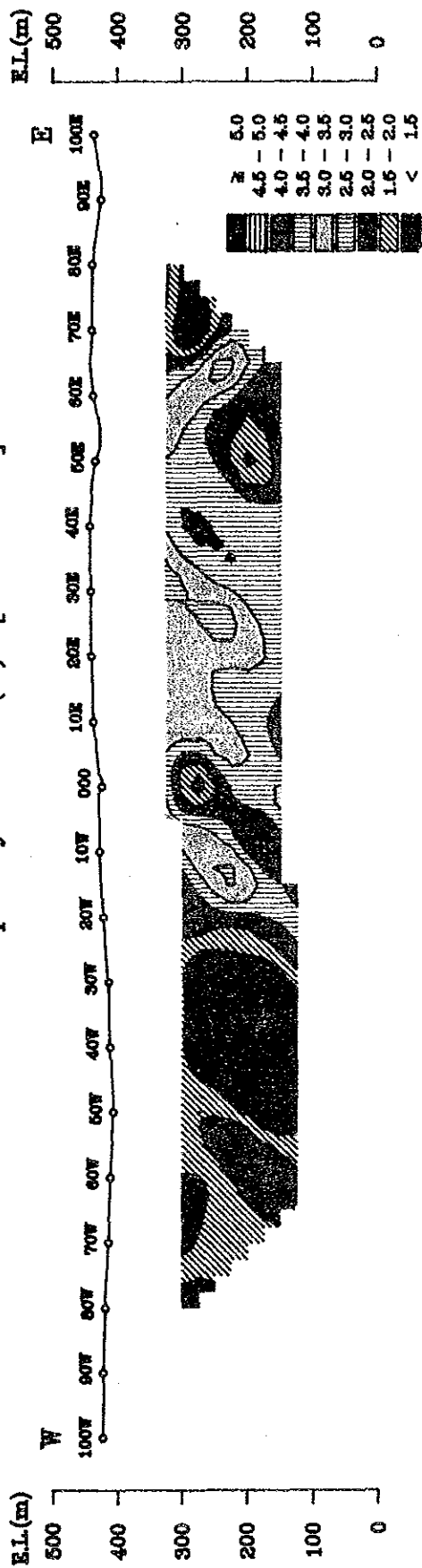


Fig. II-2-12 IP Pseudo-Section (Line-1440S)

て徐々に深くなっていくものと推定できる。

500 $\Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗は測点1450S以南に分布する。その分布形態は測点1450S付近に地層の境界あるいは断層が存在することを示唆している。

500 $\Omega \cdot m$ ～1000 $\Omega \cdot m$ の中見掛比抵抗は測線の中央に広く分布する。

PFE値4%以上の高IP異常は、測点1370以北の高見掛比抵抗域内と測点1410S～1440S間の中見掛比抵抗域内に認められる。前者は本測線の北端に検出されたためIP異常の分布形態は明らかでないが、他の東西測線とのIP異常の連続性を考慮すると、測線1345Sの20E付近を中心とするIP異常域に連続しているものと考えられる。後者は、測点1420S～1430S間の中心部ではPFE値4.5%以上の強いIP域である。このIP異常の分布形態から、異常源は地表浅部から深度150m間に存在するものと推定される。

2-1-2 平面解釈

見掛比抵抗平面図 (Fig. II-2-13, 14, 15) 及びPFE平面図 (Fig. II-2-16, 17, 18) の2種類の平面図を作成した。各平面図のレベルは、 $n=1, 3, 5$ の3種類である。 $n=1$ は地表下100m, $n=3$ は地表下200m, $n=5$ は地表下300mの情報を反映していると考えられる。

(1) $n=1$ 平面図 (Fig. II-2-13, Fig. II-2-16)

本平面図では、高・低両見掛比抵抗が明瞭に分離分布する。等見掛比抵抗線は、地区東部(測点00以東)ではNE-SW方向の構造線の存在を示唆する傾向を呈し、地区西部ではNE-SWとNW-SE方向の構造線が顕著であることを示唆する分布形態を示す。

高見掛比抵抗(1,000 $\Omega \cdot m$ 以上)は地区東部、中央部及び西部に分布する。地区西部及び東部のものは、いずれも小規模であり、前者は測線1360S～測線1375Sの測点50W～60W間、後者は測線1375S～測線1390Sの測点60E～70E間に認められる。地区中央部のものは、測線1390S以北にN-Sの方向性を有し、北に向かうほど分布域を拡大している。しかし、この拡大傾向は、測線1330Sの測点00～測点20W間に推定されるNNE-SSW系の断層により消滅するが、さらに北方へ伸長すると推定される。何故なら、地質図によれば、高比抵抗をもたらしているPip₄vxt₂層が北方に伸長分布していることと、第2年次の結果では高比抵抗が南に伸びる傾向を有するからである。

一方、低比抵抗は地区南部、北西部、東部及び南東部に広く分布する。地区南部のものは、測線1390S～測線1450Sの測点00以西に認められ、北西部のものと連続する。東部及び南東部のものは、NNE-SSWの方向性を顕著に示し、その分布形態は地層の境界あるいは断層構造を示唆するものである。

IP異常(PFE値:3.0%以上)は、主に中～高見掛比抵抗分布域に認められ、“U”字形の分布形態を呈する。この形態は、ほぼ推定断層の方向と調和する。

(2) $n = 3$ 平面図 (Fig. II-2-14, Fig. II-2-17)

本平面図では、 $500\Omega \cdot m$ 以上の中～高見掛比抵抗が地区の北側から中央部に優勢に分布し、低見掛比抵抗は地区南部に集中的に認められる。

高見掛比抵抗は、地区東部にほぼ N-S 方向に分布する中見掛比抵抗分布域により分割されているものの測線1405S 以北に広範囲に分布する。高見掛比抵抗分布域が深部ほど拡大することは、風化作用の影響が深部まで及んでいないことと、片岩が石英分と微密度を増加させていることによると考えられる。

低見掛比抵抗は、地区南部3カ所に中比抵抗に分断されて分布する。これらは、更に調査地区外南方に分布する傾向を示している。また、本断面図では $n=1$ の平面図で地区東部に認められた中見掛比抵抗分布域に NNE～SSW 方向で分布する低見掛比抵抗は、消滅している。

IP 異常は、次の3つの分布に分帯できる。

- ① 地区中央部に N-S 方向で分布する。
- ② 地区南東部に NE-SW 方向で分布する。
- ③ 地区西部にほぼ N-S 方向で分布する。

①と②の異常帯は、 $n=1$ の平面図では連続した広範囲な異常域を形成することから、この2つの異常帯は基本的に同一異常源に因るものと考えられ、異常源の深部への連続性を示している。③は $n=1$ の平面図では認められないものであり、地表下200m 付近に分布する異常源の胚胎を示唆する局部異常である。

(3) $n = 5$ 平面図 (Fig. II-2-15, Fig. II-2-18)

本平面図の見掛比抵抗分布は、地区北部から地区南部に向かうに従い低比抵抗に移行する形態を呈する。高比抵抗は地区の中央部から北部一帯に広く分布し、中及び低比抵抗は地区南部に集中するが、高比抵抗をつつみこむ傾向を示し、地区西端及び東端に分布するとともに地区中央部では高比抵抗を分割するように北方へ伸長し、“W”型の分布形態を呈する。

IP 異常 (3.0%以上) は、地区中～西部及び南東部に分布する。前者は、N-S 方向に分布し、主に高比抵抗分布域に認められるが、異常部の南端は中～低比抵抗分布域に認められ、MBP-4 孔はこの異常域で実施した。後者は、ほぼ円形を呈して分布し、中比抵抗分布域に認められ、 $n=1, 3$ の平面図と異なる分布形態を示す。 $n=1, 3$ の平面図では、異常は NNE-SSW 方向の分布が顕著に認められ、異常の中心と考えられる4.0%以上の P. F. E 値が異常の分布方向に一ヶ所に認められるのみであるが、本平面図では測線1375S (測点40E～50E) ～測線1390S (測点40E～50E) 間、測線1405S (測点20E～30E) ～測線1430S (測線20E～30E) 間、測線1420S (測線50E～60E) 及び測線1430S (測点40E～50E) の4ヶ所にみとめられる。前者2ヶ所のものは、N-S 方向に分布する。この分布方向は、 $n=1, 3$ の平面図では認められない。測線1375S (測点40E～50E) ～測線1390S (測点40E～50E) 間のもの

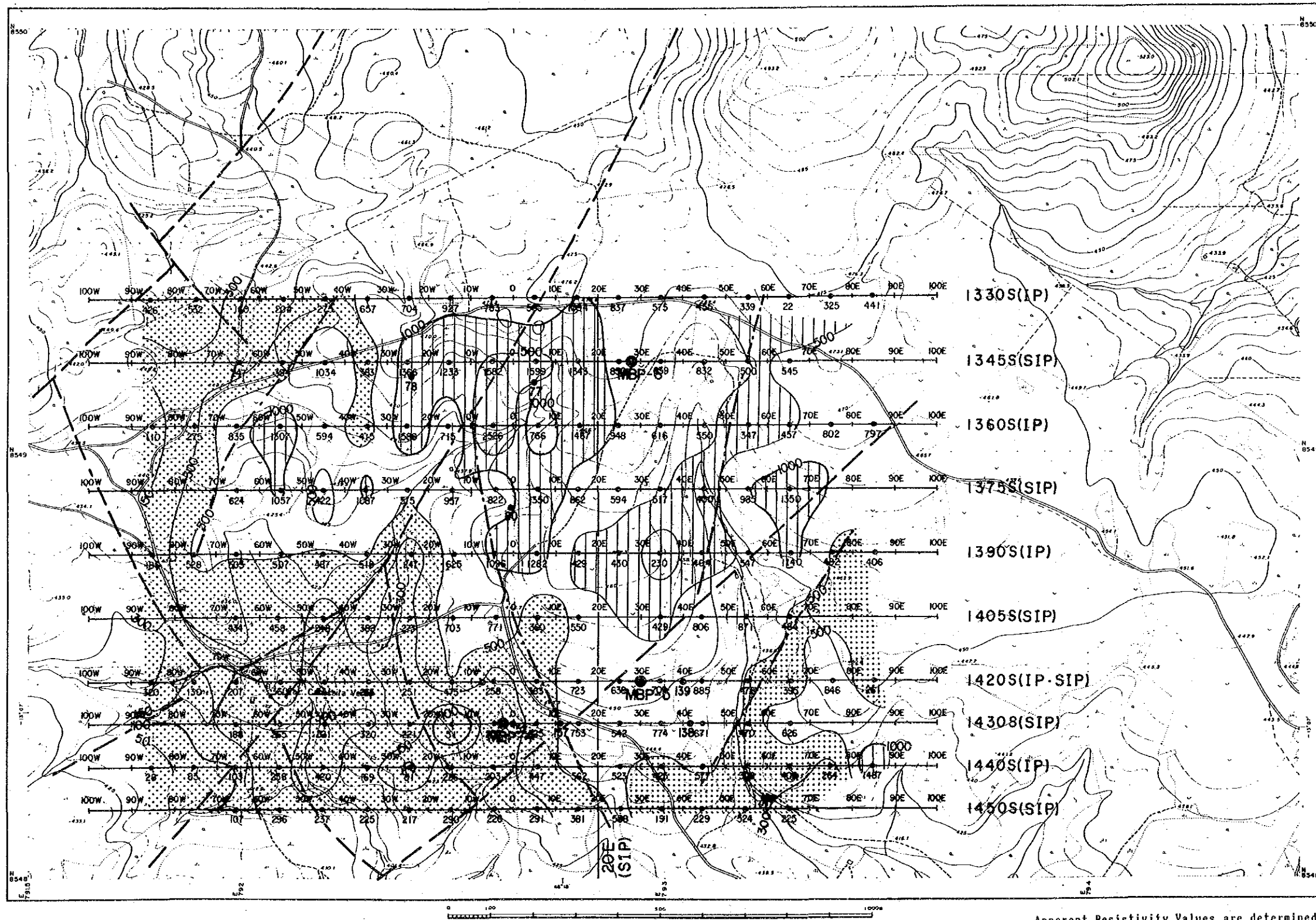


Fig. II-2-13 Apparent Resistivity Map [n-spread 1]

Apparent Resistivity Values are determined from the frequency of 0.375Hz for SIP, and from the frequency of 0.3Hz for IP

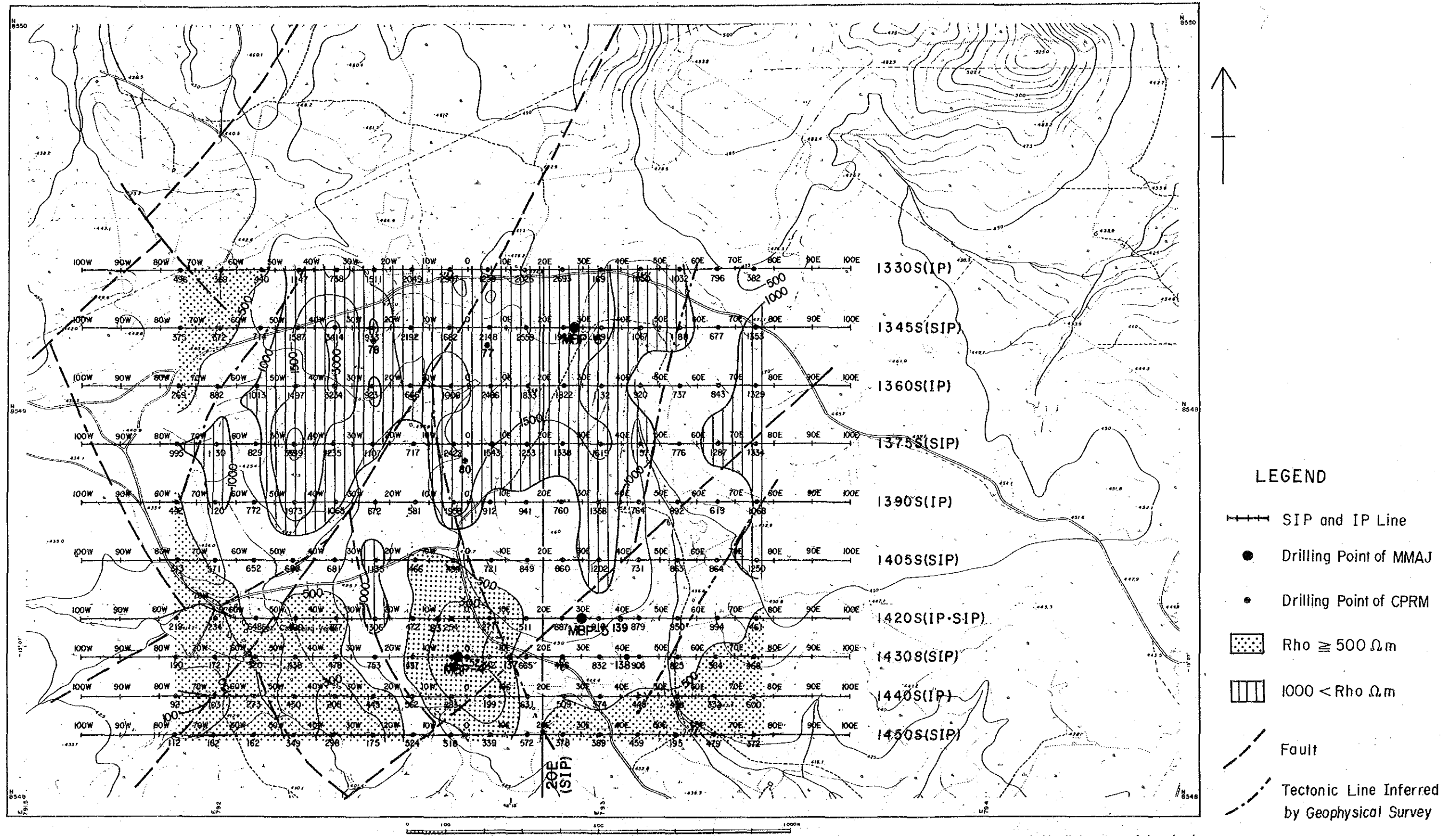
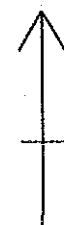
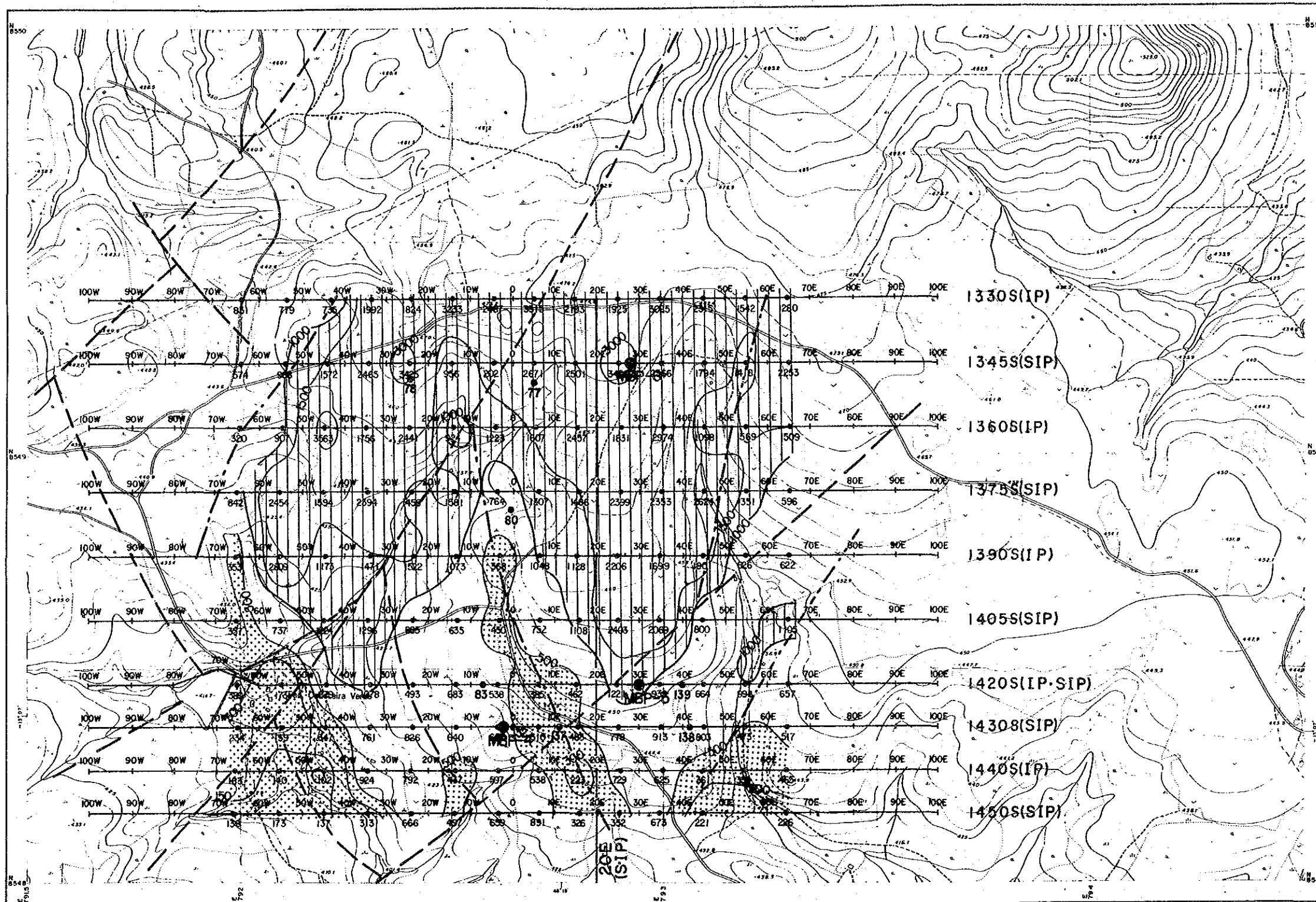


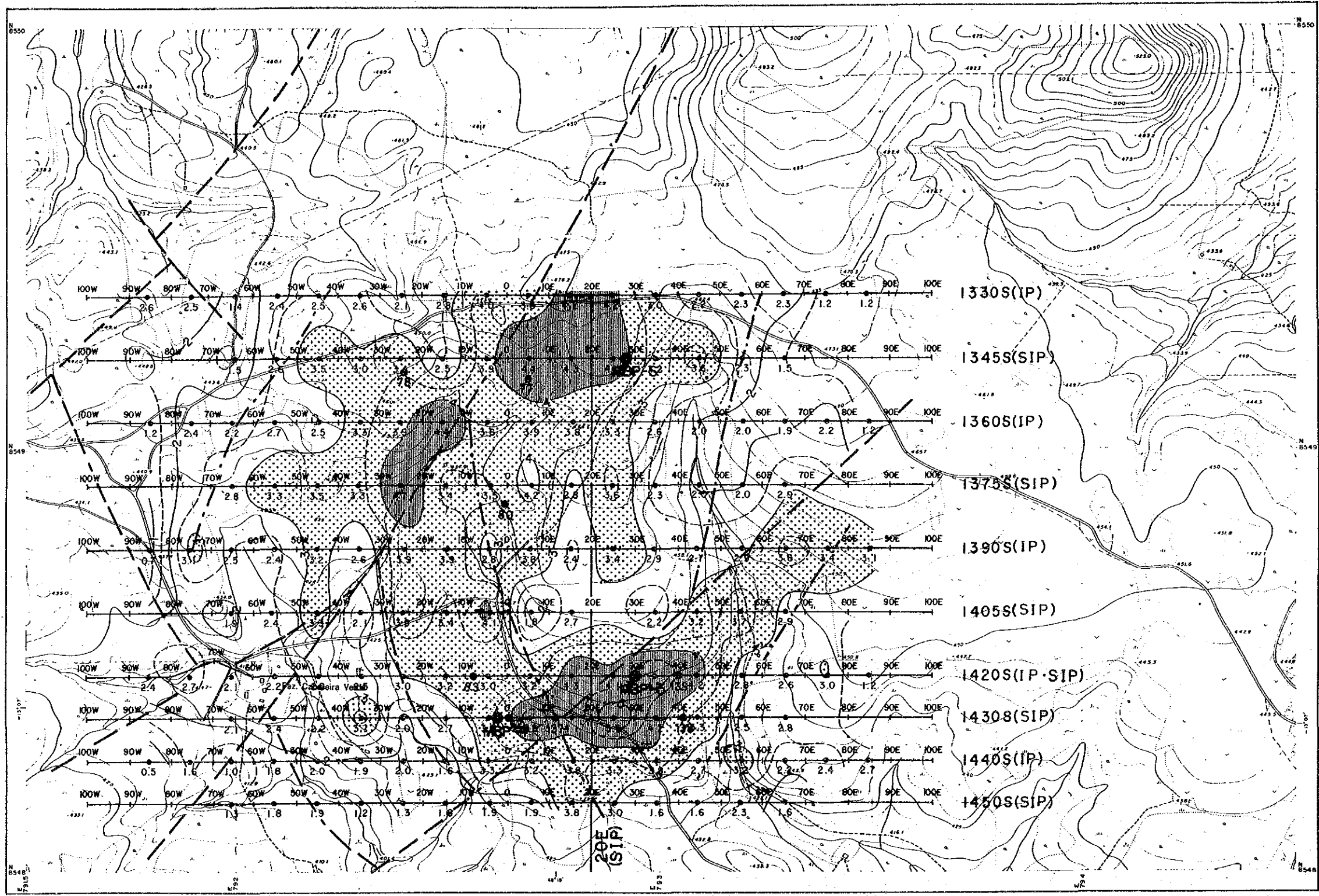
Fig. II-2-14 Apparent Resistivity Map [n-spread 3]



- LEGEND**
- SIP and IP Line
 - Drilling Point of MMAJ
 - Drilling Point of CPRM
 - ▨ 500 \geq Rho Ω m
 - ▧ 1000 < Rho Ω m
 - - - Fault
 - · - · - Tectonic Line Inferred by Geophysical Survey

Apparent Resistivity Values are determined from the frequency of 0.375Hz for SiP, and from the frequency of 0.3Hz for IP

Fig. II-2-15 Apparent Resistivity Map [n-spread 5]



LEGEND

- +— SIP and IP Line
- Drilling Point of MMAJ
- Drilling Point of CPRM
- ▨ $3 \leq \text{PFE} < 4\%$
- ▧ $\text{PFE} \geq 4\%$
- - - Fault
- · - · - Tectonic Line Inferred by Geophysical Survey

PFE Values are determined from the freq. of 0.375Hz~3.0Hz for SIP, and from the freq. of 0.3Hz~3.0Hz for IP

Fig. II-2-16 Frequency Effect Map [n-spread 1]

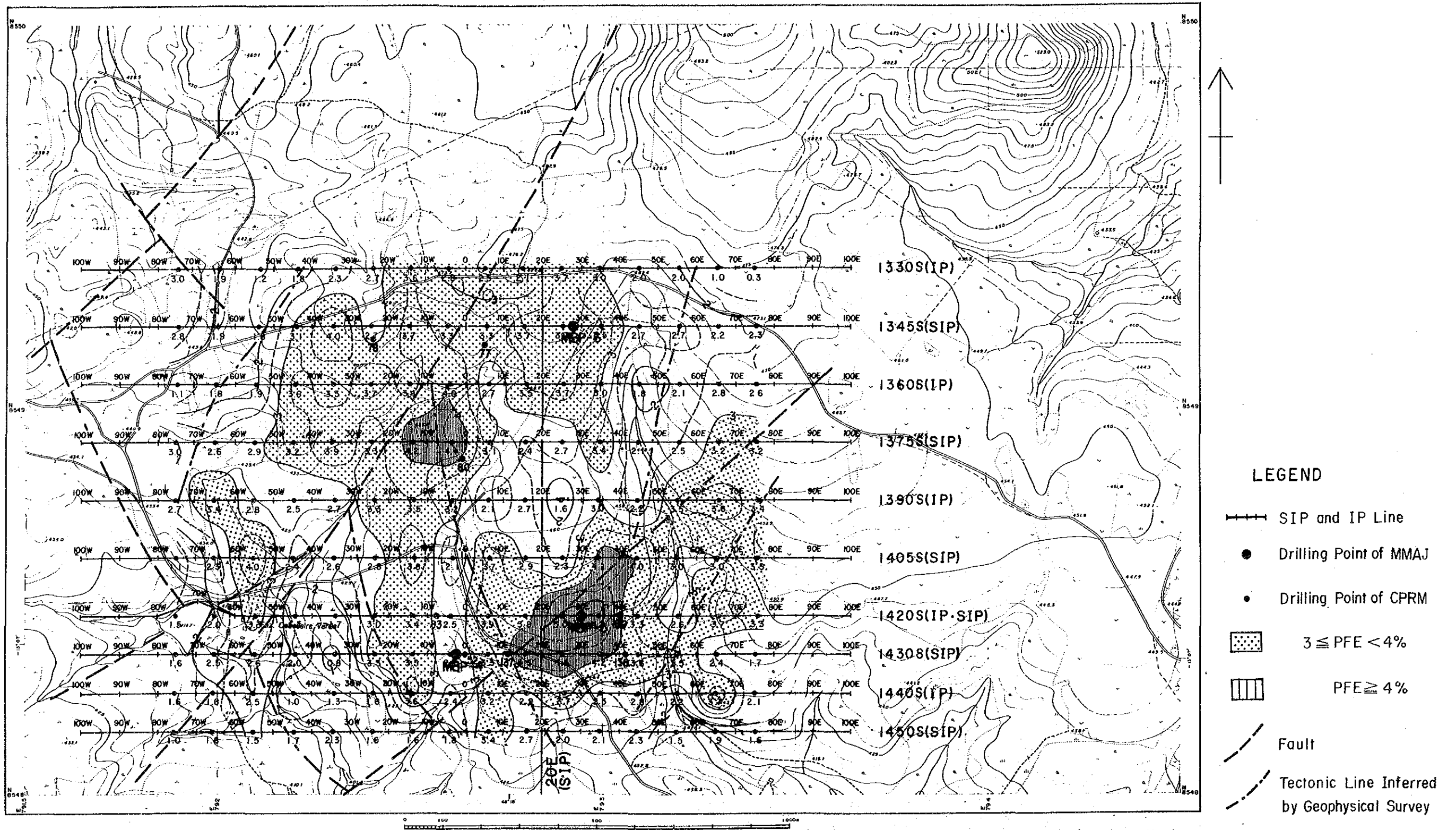


Fig. II-2-17 Frequency Effect Map [n-spread 3]

PFE Values are determined from the freq. of 0.375Hz~3.0Hz for SIP, and from the freq. of 0.3Hz~3.0Hz for IP

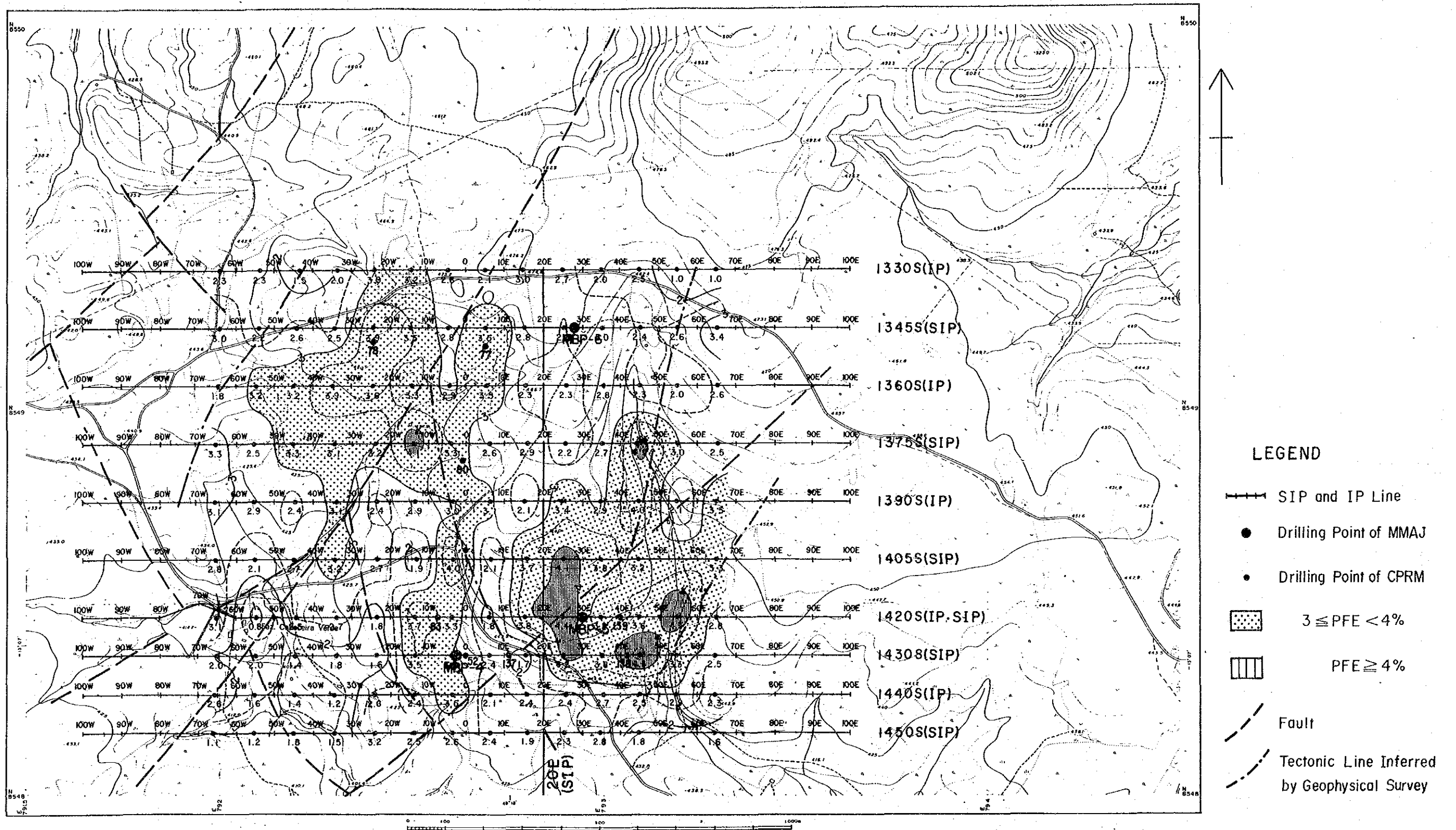


Fig. II-2-18 Frequency Effect Map [n-spread 5]

PFE Values are determined from the freq. of 0.375Hz~3.0Hz for SIP, and from the freq. of 0.3Hz~3.0Hz for IP

は、深部異常源に因るものであり、測線1405S（測点20E～30E）～測線1430S（測点20E～30E）間のもは、その北端では深部異常源に因るものであると考えられるが、南端では $n=1, 3$ の平面図から東傾斜で分布する一連の異常帯を反映していると考えられる。後者2ヶ所のもは、 $n=1, 3$ の平面図から連続するものであるが、 $n=3$ の平面図に比べ分布位置は100mほど東側に認められる。

2-1-3 スペクトル解析

スペクトル解析は、SIP法を行った5測線について実施した。解析のために作成した図面は次に示す(1)、(2)及び(3)の3種類である。(4)は(1)～(3)図の結果について、Morro do Acampamento地区全体の特徴あるスペクトル・パターン並びにC-1鉱体及びその周辺のパターンと比較検討した結果である。

(1) 位相差図 (Phase Spectrum)

(2) コール・コール図 (Cole-Cole Diagram)

(3) マグニチュードスペクトル図 (Magnitude Spectrum)

(4) C-1鉱体周辺及びMorro do Acampamento地区のスペクトル特性について

(1) 位相差図 (Fig. II-2-19)

調査地区の位相差は、異常帯の強度、硫化鉱物（黄鉄鉱）及び異常帯の分布形態、連続性を考察するにあたって、十分な変化を示している。しかし、その変化は鉱種の判別を明確に行なえるほどのものではないが、本地区から獲得されたスペクトルには、位相差の微小な変化を示すパターンも認められるため、スペクトル・パターンを次の3種類に分類した。

①位相が高周波数領域に移行するにしたがい減少し、スペクトルは下向きの曲線を描く (Fig. II-2-24(H))。

②位相が0.1 Hz～1.125 Hz間で一定である (Fig. II-2-24(F))。

③位相が0.1 Hzより低い周波数域と0.1 Hz～1.125 Hz間にピークを有すると思われるもの (Fig. II-2-24(I))。

これら3種類のスペクトル・パターンは、いずれも強いIP効果 (IP示徴) を示し、5 Hz以下の周波数領域を見るかぎりでは、位相が0.1 Hzより低い周波数域にピーク部を有するか、ほぼ一定であるため黄鉄鉱を反映していると推察されるのである。IP効果を示さない場合は Fig. II-2-24(J)に代表されるパターンを示す。

①は測線1405S・測線1420S・測線1450Sの東部のネガティブカップリング現象*を示す箇所周辺に

*ネガティブカップリング現象：位相差の値が高周波数に移行するにつれて急激に減少（スペクトルは下向きの曲線を描く）し、値が(-)から(+)に逆転する現象である。

分布している。本地区のネガティブカップリング現象は、断層構造に因ると推定される比抵抗不連続線に沿って認められることから、比抵抗差に因るものであると判断される。したがって、①の位相が高周波数領域に移行するにしたがい急激に減少することはネガティブカップリング現象を反映したものであると判断した。ネガティブカップリング現象は一般に隣接する地層の比抵抗差が大きければ容易に検出可能であり、石墨片岩の分布する地域や低比抵抗で規模の大きい塊状硫化物鉱床の付近においてもこの現象は見られることがある。

②の主な分布域は地区北部、南東部及び南部の3地域(Fig. II-2-31)に分帯した異常域に集中する。黄鉄鉱を要因とすると考えられる本スペクトル・パターンは、地区のIP異常帯における基本的なものであるといえる。

③は測線1420S及び測線1430Sの南東部IP異常域に認められ、Fig. II-2-24(A)に類似するスペクトル・パターンを示す。このスペクトル・パターンは、②の要素を合わせ持っているが、単純に黄鉄鉱によるパターンではない。このことは、低周波数領域(0.1 Hz~1.0 Hz)に現れている。低周波数領域の位相の変化は、鉱種判別の上で重要な要素である。本スペクトル・パターンは、位相の変化が顕著でないため明確に鉱種判別は困難であるが重要なパターンであることに違いはなく、その分布域はボーリング調査の対象地域であると考えられる。

(2) コール・コールダイヤグラム (Fig. II-2-20)

コール・コール図は、異常帯の鉱化変質の強度を知ることを目的として作成され、Fig. II-2-22に示す3種類を一般的に判断基準としている。

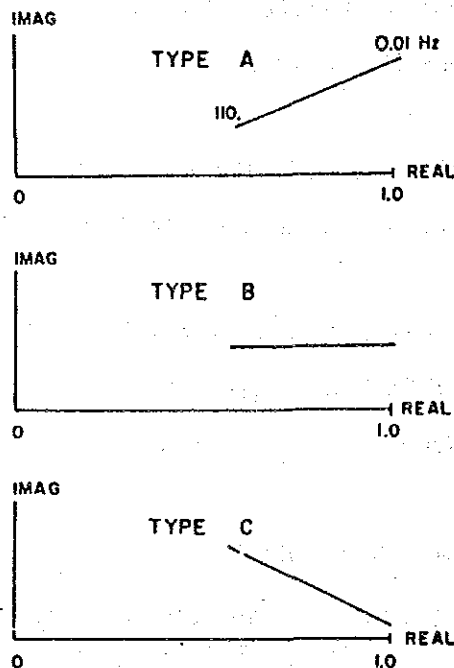


Fig. II-2-22

Cole-Cole Diagram of Three Spectral Types for Rock and Ore Samples

① Fig. II-2-22(A)は、硫化物、石墨片岩、ある種の粘土に認められ、低比抵抗で強いIP効果を示す、強変質帯を示すパターンである。

② Fig. II-2-22(B)は、中程度 (<①) の変質帯、少量の黄鉄鉱を含むものを示すパターンである。

③ Fig. II-2-22(C)は、鉱化変質の全く認められない沖積層、石灰岩等を示すパターンである。したがって、IP異常帯がIP効果(周波数効果:PFE)が強く低比抵抗であれば、①あるいは②に類似するパターンが認められる。IP異常帯が鉱床胚胎の可能性の高い地域であると考えられる。

①あるいは②のパターンは、南東部の異常分布域に認められるが、その多くは①と②の中間的なものであり、本異常帯はあまり強い鉱化変質を受けていると思われない。地区北部の異常分布域には、②のパターンが多い。

③は、IP異常分布域外に認められる。

(3) マグニチュードスペクトラム (Fig. II-2-21)

マグニチュードスペクトラム図は、IP効果の強度を知るために作成する。

IP効果が強ければ、マグニチュードは著しく減少する。減少角度の大きいマグニチュードのスペクトルを示す地域はいずれも有望なIP異常域として抽出した地区南東部、南部及び北部の異常帯に認められる。このうち、最も多く分布する地区は、南東部の異常分布域である。

以上、3種類のスペクトル図で、いずれも強いIP効果を有するパターンを示すスペクトルパターンは地区北部、南部及び南東部異常分布域に多く認められることが判明した。したがってこの3異常分布域は、ボーリング調査の対象地域になりうると思われる。

(4) C-1 鉱体周辺及び Morro do Acampamento 地区のスペクトル特性について

3年間に亘り実施したSIP法電気探査により獲得した本地区の特徴的なスペクトル・パターンについて、ボーリング・コアの物性試験から得られたスペクトル・パターンとC-1 鉱体周辺から得られたスペクトル・パターンをFig. II-2-24に示し、それぞれについて対比を行なった結果を以下に述べる。

(A) 図は、第1年次のC-1 鉱体の実測データであり、(B) 図は鉱体内の角閃岩部、(C) 図は片岩部のボーリング・コアの試験結果である。これ等はいずれもC-1 鉱体の特徴的なスペクトル・パターンであり、以下の図と対比するために抽出したものである。

(D) 図は、第2年次に実施した測線310Sから抽出したスペクトル・パターンである。(E) 図は、測線310S上で(D) 図のスペクトル・パターンに対応する深度のボーリング・コア(MBP-3)の試

験結果である。このボーリング・コアは、磁硫鉄鉱・黄鉄鉱を含有する含石墨石英片岩である。

(F)～(J) 図は、第3年次の調査結果より抽出したものであり、(F) 図は地区南部の測線1430 Sの異常域より抽出した黄鉄鉱を反映していると考えられるものである。(G) 図は、MBP-4孔の深度24mのボーリング・コアの試験結果であり、コアは黄鉄鉱を主体として閃亜鉛鉱・方鉛鉱・黄銅鉱を含有する。このパターンは、地表下170mまでと300m以深の本ボーリング・コアに一般的なものである。(H) 図は測線1420Sの強いIP異常域のスペクトル・パターンである。(I) 図は、測線1430Sの測点42で掘削し、塊状硫化鉱体を把握したPM-138GO周辺の代表的なスペクトル・パターンである。(J) 図は、IP異常域外の地域全体に認められるものである。

これら10種類のスペクトル・パターンのうち(J)を除く残りの9種類は、コール・コール図ではいずれも高周波数に移行するに従い虚数部が減少するパターンを示す。これは石墨片岩のような良伝導物質が分布すること、あるいは、鉱化変質が強いことを示唆するものであるとともに硫化鉱物がもたらす基本的なスペクトル・パターンでもある。

鉱種の判別は位相差図で行う場合が多く、本地区では獲得したスペクトル・パターンを厳選し、その代表的なスペクトル・パターンである(A)～(I)の9図について可能な限りの異常源の判別を行った。その結果、コール・コール図にも表現されている通り、(A)～(I)の位相差図のスペクトルは、硫化鉱物に因る基本的なパターンを示す。この中で最も強くIP異常を反映しているものは、(B)、

(C)及び(G)図であり、その影響は高周波数領域に移行するほど位相差の減少が顕著に認められることに現れている。位相差の減少傾向は、ネガティブカップリング現象でも見ることができ、この減少傾向はネガティブカップリングほど顕著ではない。また、強いIP異常をもたらす石墨片岩や硫化鉱物は、それらが胚胎する環境、規模及び量によりスペクトルは変化するため一概に得られたスペクトルを限定することは危険であるが、一般的には黄鉄鉱や黄銅鉱が多い場合や閃亜鉛鉱・方鉛鉱の多い場合は、低周波数領域においてそれぞれ特徴的なスペクトル・パターンを示す。

黄鉄鉱や黄銅鉱が多い場合は、(C)図に見られるように低周波数から高周波数に移行するに従いスペクトルは緩やかな“凸”型の曲線を示し、閃亜鉛鉱・方鉛鉱の多い場合は、緩やかな“凸”型の曲線の中に位相値の異常部(ピーク部)が認められ、この異常部は0.1 Hz～1.0 Hz間の周波数領域に多い。(A)、(B)、(F)及び(I)図には、微少なながら亜鉛鉱・方鉛鉱に因ると思われるスペクトル変化(ピーク部)が認められる。このスペクトル変化の大小は、閃亜鉛鉱・方鉛鉱及び磁硫鉄鉱の量比に因ると考えられ、品位の高い閃亜鉛鉱・方鉛鉱鉱床であれば異常部は顕著に現れるものと思われる。

また、緩やかな“凸”型の曲線の中心部の周波数は黄鉄鉱と黄銅鉱では異なる。前者は0.125 Hz以下の周波数領域に、後者は1.0 Hz前後にそれぞれ認められると一般に言われている。

以上、各図のスペクトル変化について述べてきたが、(D)、(F)及び(I)図はC-1鉱体直上で獲得された(A)図のスペクトル・パターンに類似する。したがって、(A)図のスペクトル・パター

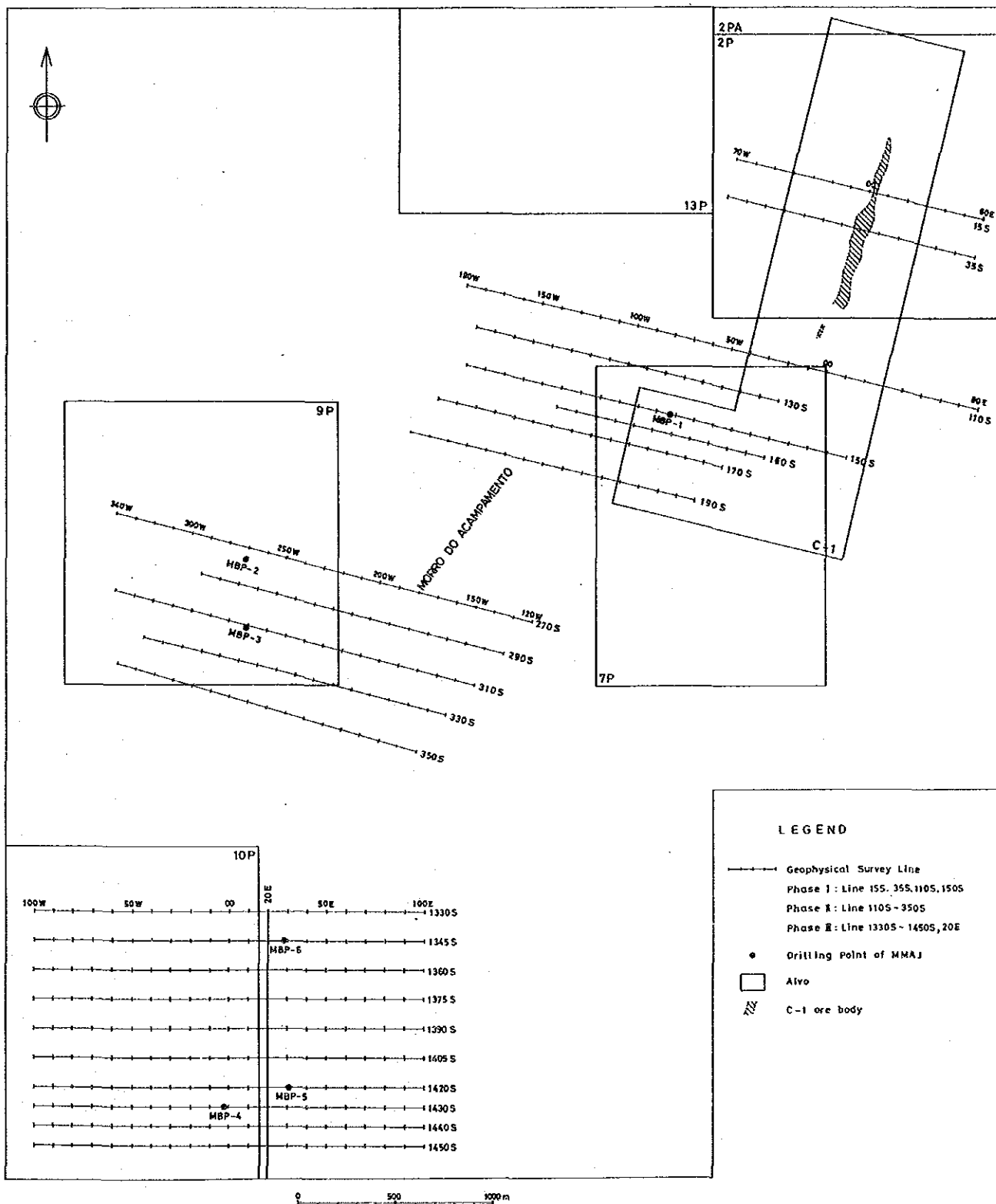


Fig. II-2-23

Location Map of SIP Survey (Phase I, II, III)

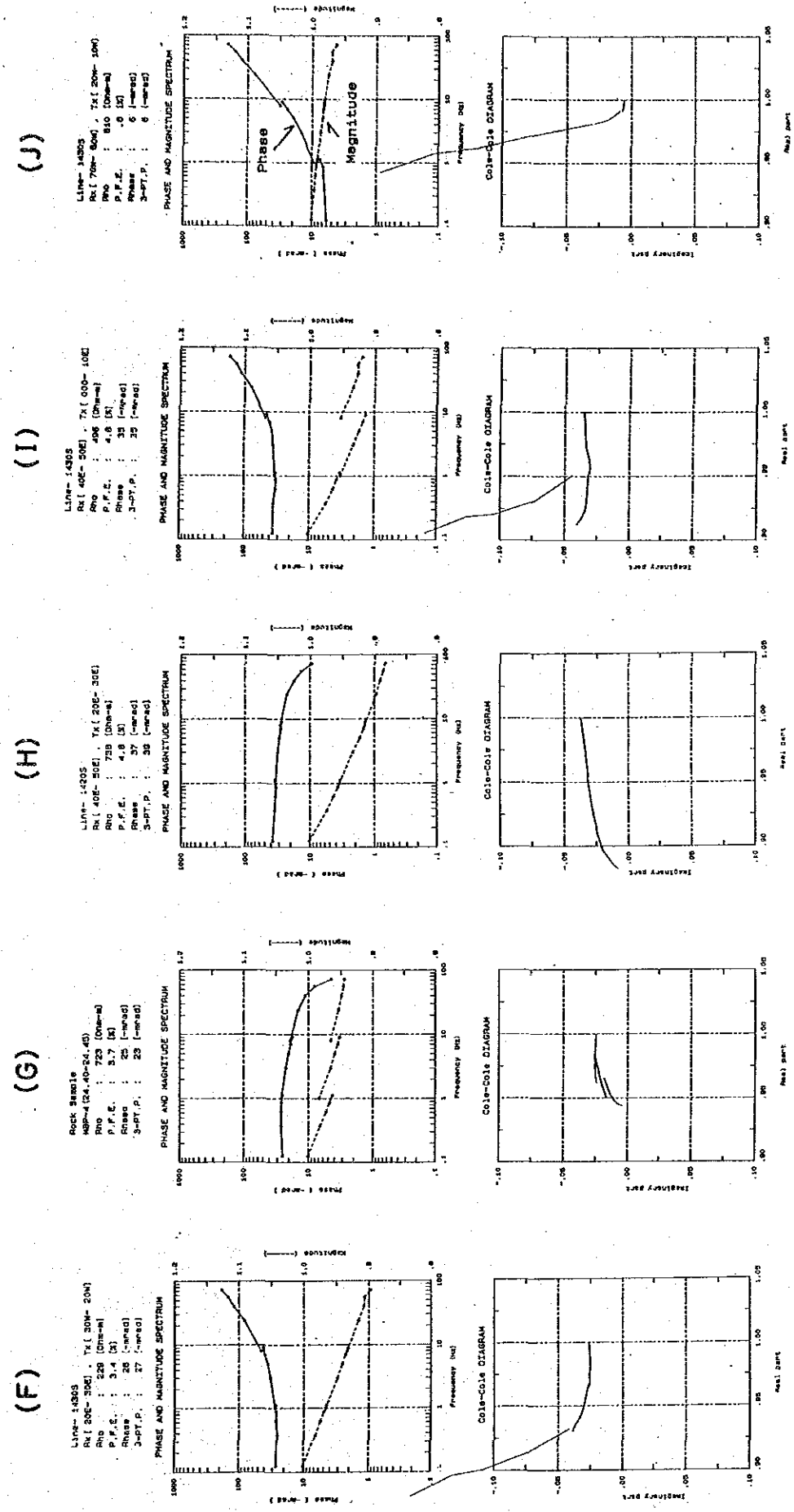
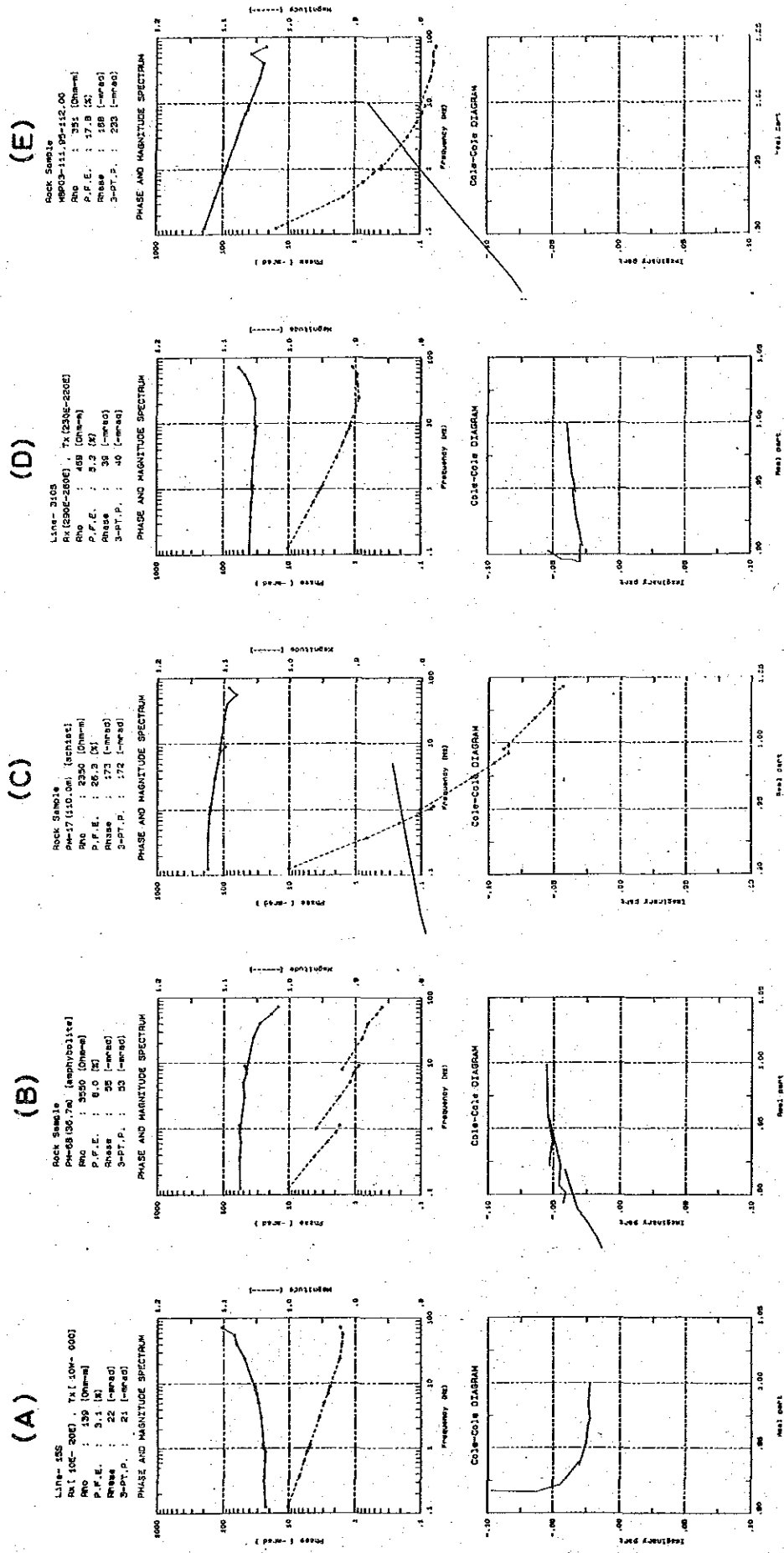


Fig. II-2-24 Typical Spectra in the Surveyed Area

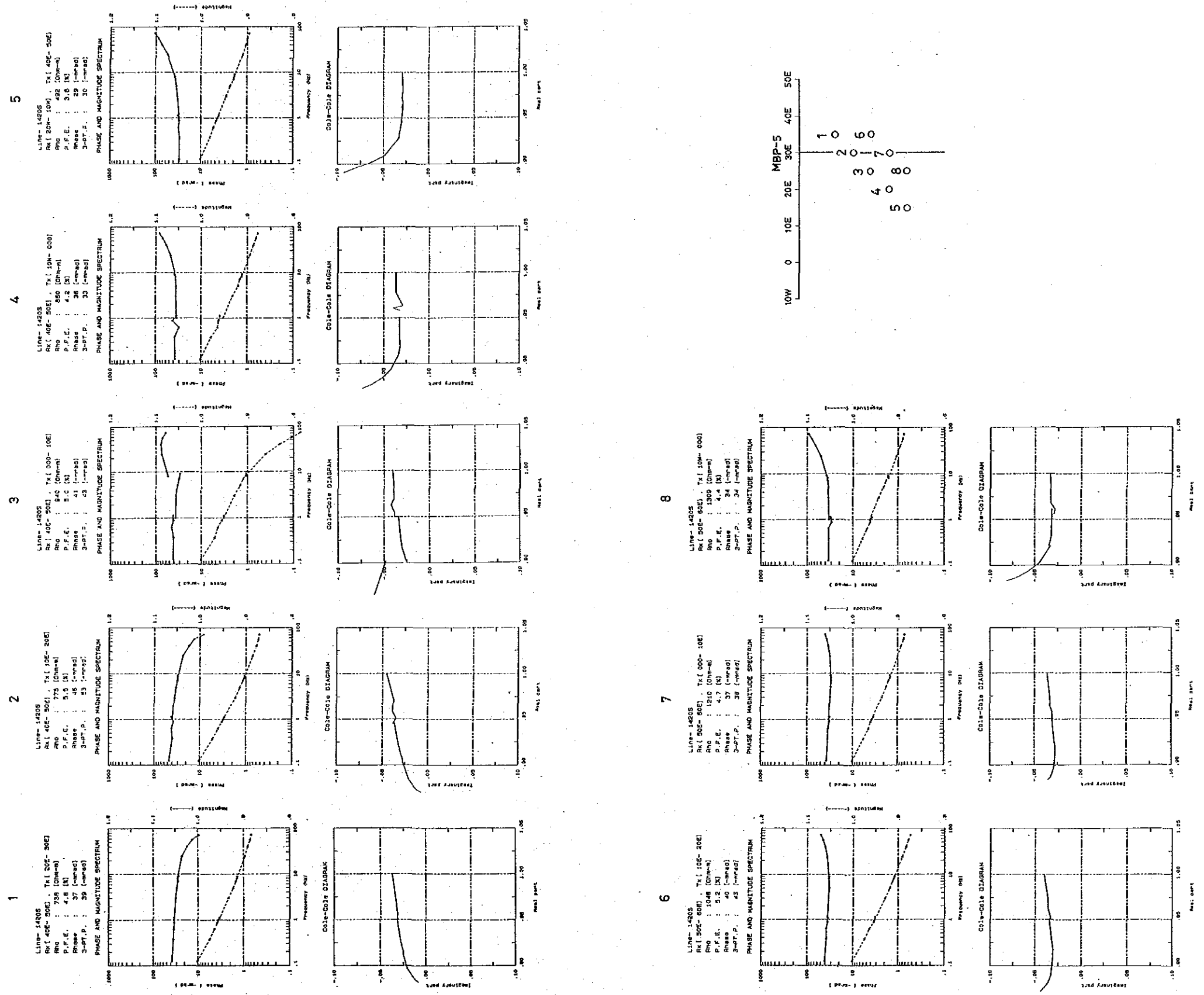


Fig. II-2-25(1) Typical SIP Spectra in Line-1420S

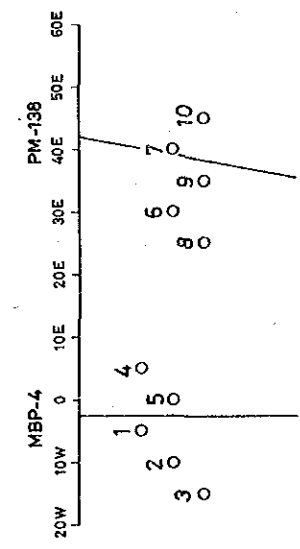
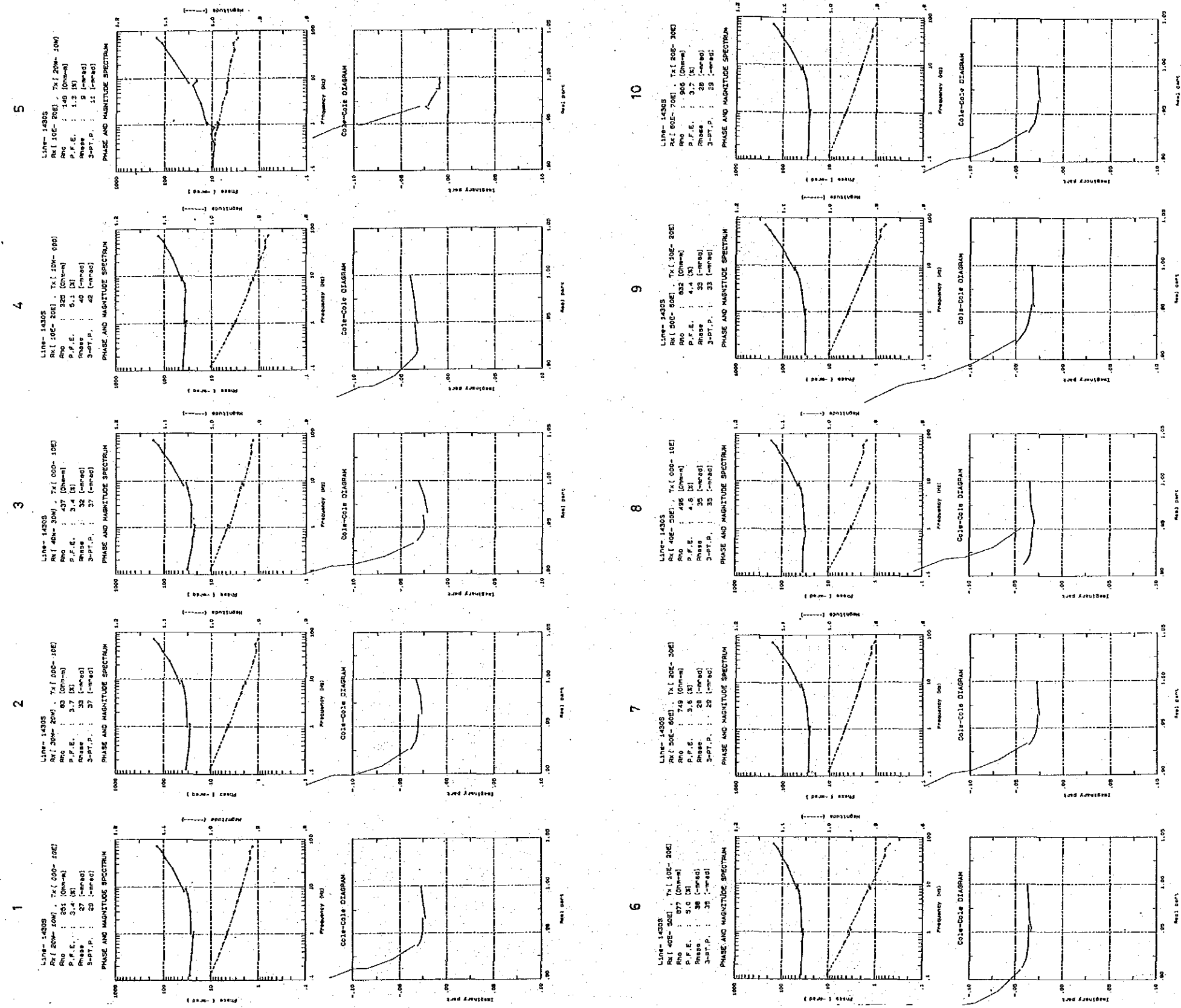


Fig. II-2-25(2) Typical SIP Spectra in Line-1430S

