

100

少年維也納 第一輯
維也納 第一輯

維也納

維也納

維也納 第一輯
維也納 第一輯

100
100
100

703
66.1
MPN
LIBRARY

ブラジル連邦共和国 アンタゴルダ地域
資源開発協力基礎調査報告書

(第四年次)

JICA LIBRARY



1030084[6]

昭和 59 年 5 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 '84. 7. 17	703
登録No. 10519	66.1
	MPN

マイフロ
ファイル作成

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、同国の南部に位置する Anta Gorda 地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質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事業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 58 年度が第四年次にあたり、金属鉱業事業団は、5 名の調査団を編成して昭和 58 年 8 月 26 日から昭和 59 年 2 月 7 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、特に鉱山動力省鉱山局及び鉱物探鉱公社の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第四年次の調査結果をまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力をいただいたブラジル連邦共和国政府関係機関ならびに日本国外務省、通産省、在ブラジル連邦共和国日本大使館及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 59 年 3 月

国際協力事業団

総 務 有 田 圭 輔

金属鉱業事業団

理事長 西 家 止 起

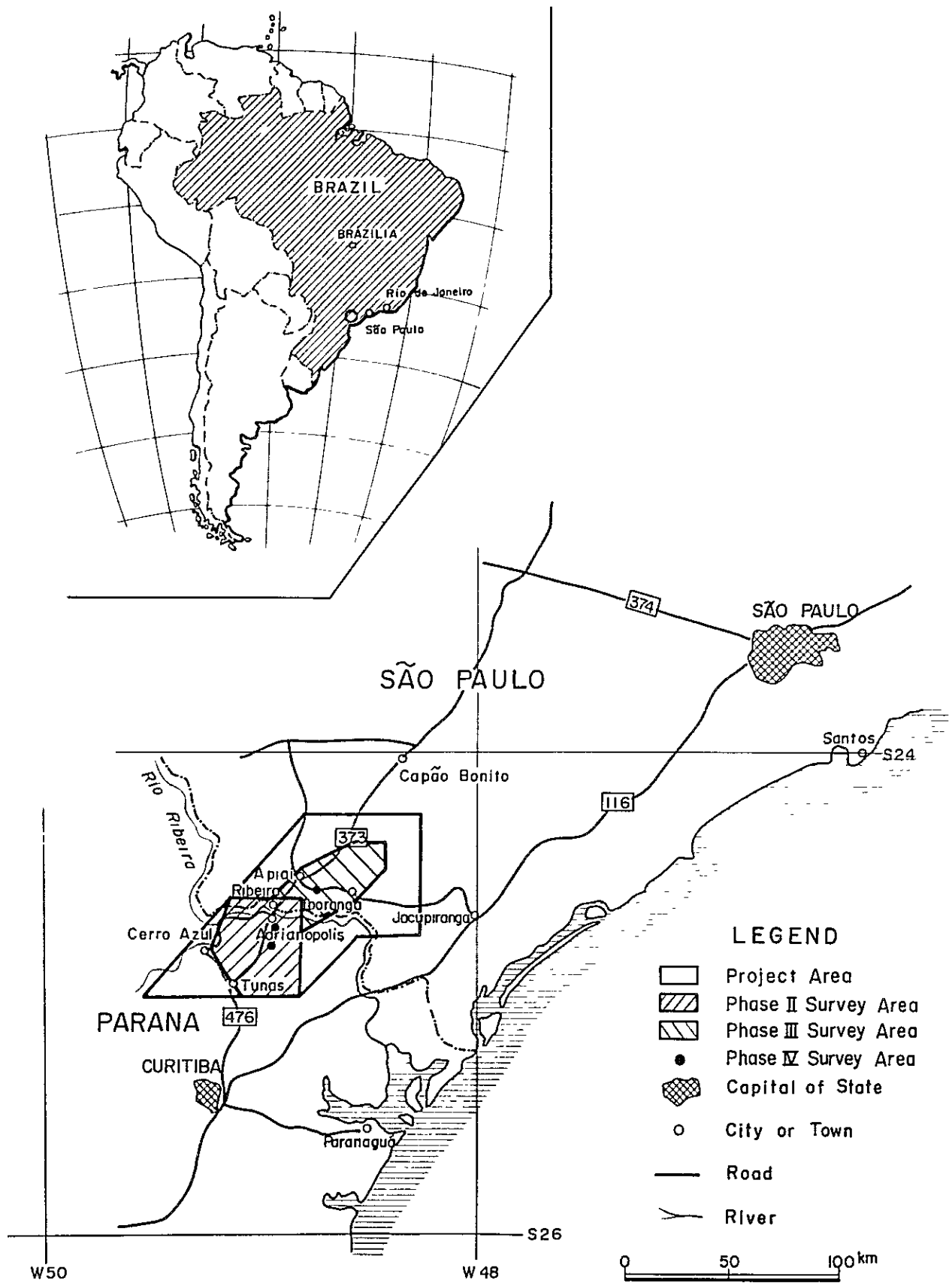
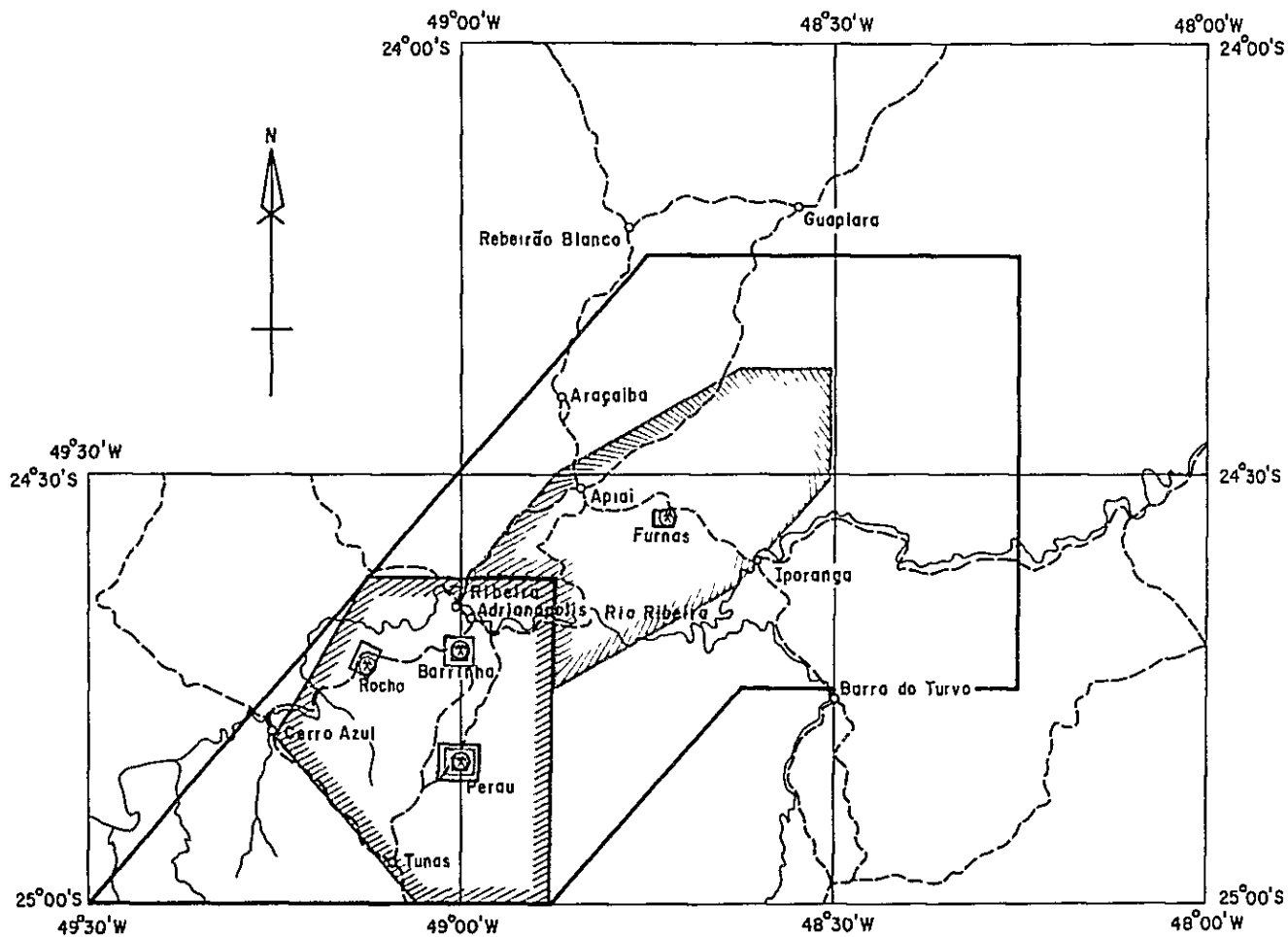









Fig. 1 Location Map of the Project Area



LEGEND

- | | | | |
|---|-------------------------|---|--------------|
|  | Phase I Surveyed Area |  | City or Town |
|  | Phase II Surveyed Area |  | Road |
|  | Phase III Surveyed Area |  | River |
|  | Phase IV Surveyed Area | | |

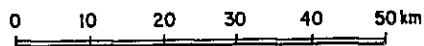


Fig. 2 Location Map of the Surveyed Area

目 次

は し が き
位 置 図
目 次
要 約

総 論

第1章 序 論	1
1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 調査の内容	1
1-3 調査団の編成	2
1-4 従来 of 調査	2
1-5 参考文献	4
第2章 総合検討	6
2-1 地質調査	6
2-1-1 地 質	6
2-1-2 鉦 床	6
2-2 物理探査	7
2-3 ボーリング調査	8
2-3-1 Perau地区	8
2-3-2 Barrinha地区	8
第3章 結論及び提言	10
3-1 結 論	10
3-2 提 言	10

各 論

第 I 部 地 質 調 査

第 1 章 概 説	1 2
1-1 調 査 目 的	1 2
1-2 調 査 区 域	1 2
1-3 調 査 期 間	1 2
第 2 章 地 質	1 3
2-1 地 質 概 要	1 3
2-2 地 質 層 序	1 3
2-2-1 A III L ₂ 層	1 3
2-2-2 A III S ₂ 層	1 4
2-2-3 A III L ₃ 層	1 5
2-2-4 A III S ₃ 層	1 7
2-3 変 成 作 用	1 8
2-4 地 質 構 造	1 8
第 3 章 鉍 床	2 0
3-1 鉍 床 概 要	2 0
3-2 鉍床の形態及び規模	2 0
3-3 鉍石鉍物の組合せ	2 0
3-4 鉍石分析の結果	2 2
3-5 地質構造と鉍床の関連性	2 3
3-6 地質構造と物理探査結果の関連性	2 3
3-7 今後の探鉍について	2 4

第Ⅱ部 物理探査

第1章 概 説	25
1-1 調査目的	25
1-2 調査区域	25
1-3 調査期間	25
第2章 SIP法・IP法電気探査	26
2-1 調査方法	26
2-1-1 測定方法	26
2-1-2 測線設定	27
2-1-3 データ解析手順	28
2-2 SIP法電気探査結果	28
2-2-1 擬似断面及び断面解釈	28
2-2-2 岩石物性測定	30
2-3 IP法電気探査結果	32
2-3-1 擬似断面及び断面解釈	33
2-3-2 平面解釈	33
2-3-3 In-Situ 調査	34
2-3-4 モデル計算結果	35
2-4 調査結果と地質との関係	36
2-5 ま と め	37

第Ⅲ部 ボーリング調査

第1章 ボーリング調査工事概要	38
1-1 目 的	38
1-2 工 事 概 要	38
1-3 コア-鑑定及び解析作業	39
第2章 ボーリング調査工事	40
2-1 資・機材搬入路	40
2-2 ボーリング位置	40
2-3 設 営 作 業	40

2-3-1	資・機材の搬入	40
2-3-2	設 営	40
2-3-3	ボーリング用水	41
2-4	掘進作業	41
2-4-1	AG-04孔	41
2-4-2	AG-05孔	42
2-4-3	AG-06孔	43
2-4-4	AG-B1孔	43
2-4-5	AG-B2孔	44
2-5	孔曲り測定	44
第3章	ボーリング孔の地質及び鉱化作用	47
3-1	AG-04孔	47
3-2	AG-05孔	48
3-3	AG-06孔	49
3-4	AG-B1孔	50
3-5	AG-B2孔	51
第4章	ボーリング調査結果の考察	52
4-1	Perau 地区	52
4-2	Barrinha 地区	53

APPENDICES

LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. 1 Location Map of the Project Area
- Fig. 2 Location Map of the Surveyed Area
- Fig. I-1 Geological Map and Geological Profile of Furnas Area
- Fig. I-2 Generalized Stratigraphic Columnar Section in Furnas Area
- Fig. I-3 Principal Stress Field Analysis of Fracture and Strain Ellipsoid of Planar Schistosity Plane of Furnas Area
- Fig. I-4 Geological Sketch of Trench, Open Pit and Underground in Furnas Area
- Fig. I-5 Geotectonic Profile of Phase III Surveyed Area
- Fig. II-1 Location Map of IP & SIP Survey Lines
- Fig. II-2 Schematic Diagram of SIP Measurement
- Fig. II-3 Flow Chart of IP & SIP Data Analysis
- Fig. II-4 SIP Pseudosection of Apparent Resistivity [0.125 Hz] (Line-FA, FD, FI)
- Fig. II-5 SIP Pseudosection of Raw Phase [0.125 Hz] (Line-FA, FD, FI)
- Fig. II-6 SIP Pseudosection of 3-Point Decoupled Phase [0.125-0.375-0.625 Hz] (Line-FA, FD, FI)
- Fig. II-7 SIP Pseudosection of Percent Frequency Effect [0.125-1.0 Hz] (Line-FA, FD, FI)
- Fig. II-8 Classification of Phase Spectral Type
- Fig. II-9-1~3 Phase Spectrum (Line-FA, FD, FI)
- Fig. II-10-1~3 Magnitude Spectrum (Line-FA, FD, FI)
- Fig. II-11-1~3 Cole-Cole Diagram (Line-FA, FD, FI)
- Fig. II-12 Location Map of Collected Rock Samples
- Fig. II-13 Block Diagram for Laboratory Measurement
- Fig. II-14 Typical Phase Spectral Type of Dolomite
- Fig. II-15 Typical Phase Spectral Type of Limestone
- Fig. II-16 Typical Phase Spectral Type of Sericite Schist
- Fig. II-17-1~11 IP Pseudosection (Line-FA~FK)
- Fig. II-18-1 Correlation of PFE (0.3 - 3.0 Hz) with PFE (0.375 - 3.0 Hz)
- Fig. II-18-2 Correlation of AR (0.125 Hz) with AR (3.0 Hz)
- Fig. II-19-1~3 Plan Map of Apparent Resistivity [N=1, 3, 5]
- Fig. II-20-1~3 Plan Map of Percent Frequency Effect [N=1, 3, 5]

Fig II-21	Pseudosection of Percent Frequency Effect in Test Lines (T-1, T-2, T-3)
Fig. II-22-1~2	Model Simulation (Line-FA, FD)
Fig. II-23	Example of Prism Model for IP Response
Fig. II-24	Interpretation Map in Furnas Area
Fig. III-1	Location Map of the Drilling Holes
Fig. III-2-1~5	Progress Record of Diamond Drilling
Fig. III-3-1	Geological Profile for AG-04 and AG-03
Fig. III-3-2	Geological Profile for AG-05, AG-01 and AG-02
Fig. III-3-3	Geological Profile for AG-06
Fig. III-3-4	Geological Profile for AG-06, AG-01 and AG-04
Fig. III-3-5	Geological Profile for AG-B1
Fig. III-3-6	Geological Profile for AG-B2
Table I-1	Assay Results of Ores of Furnas Area
Table II-1	Specification and Instruments
Table II-2	List of Survey Lines
Table II-3	Results of Laboratory Measurement in Rock Samples
Table II-4	Ranges of PFE and AR
Table II-5	Results of In-Situ Measurement
Photo A-1	Microphotograph of Thin Section
Photo A-2	Microphotograph of Polished Section
Table A-1	List of Mines and Showings in Furnas Area
Table A-2	Microscopic Observations (Thin Section) (Geological Survey)
Table A-3-1	Microscopic Observations (Polished Section) (Geological Survey)
Table A-3-2	Microscopic Observations (Polished Section) (Logging Core)
Table A-4	Assay Results of Drilling Core
Fig. A-1	Raw Phase Pseudosection of Each Frequency (Line-FA, FD, FI)
Plate I-1	Geological Map and Geological Profile of Furnas Area (1:10,000)
Plate I-2	Location Map of the Rock and Ore Samples of Furnas Area (1:10,000)
Plate I-3	Distribution Map of the Mines and Showings in Furnas Area (1:10,000)
Plate III-1~3	Columnar Section of Core Logs in Perau Area (1:200)
Plate III-2~2	Columnar Section of Core Logs in Barrinha Area (1:200)

要 約

フランス連邦共和国 Anta Gorda 地域における調査は、昭和55年度の基礎調査から始まり、逐次調査精度を高めた結果、最終年度である昭和57年度には Perau 地区で新鉱床が発見されるなど、十分な成果を上げることができた。フランス政府はこれを高く評価し、調査期間の延長を要請してきた。日本側はこれを受けて調査期間を1年延長することとし第4年次に調査が継続された。

第4年次の調査は、Furnas 地区の地質精査と物理探査、Perau 地区及び Barrinha 地区のホールディング調査を実施した。

それぞれの調査目的は、地質調査では、石灰岩類及び裂か系の特徴を詳しく調査し、鉱床賦存状況を明らかにすること、物理探査（IP法、SIP法）では鉱床の地下深部への連続性を解明すること及び異常帯の抽出とその性質の解明を行うこと、ホールディング調査では Perau 地区において層状鉛鉱床の規模を把握すること、Barrinha 地区において第三年次の物理探査結果によるIP・SIP異常帯の原因を明らかにすることである。

1 地 質 調 査

本調査の結果、Furnas 地区の地質を構成する先カンブリア系の Agungui III 層の変堆積岩類及び石灰岩類が細分され、詳細な層序が確立され鉱床胚胎層準が明確になった。

調査地区の地質構造は、Serra Manduri 背斜及び Calabouço 向斜の中間にあり、一般走向 $N 60^{\circ} E$ 、一般傾斜 $45^{\circ} NW$ の同斜構造を呈す。

Furnas 鉱床を胚胎する母岩は A III L₃ 層下部の石灰岩、苦灰岩で、鉱床は、層理面と調和的な NE-SW 系割目と、E-W 系の割目に胚胎する脈型（～不規則塊状型）含銀鉛鉱床で、両系統の割目の交差部で富鉱部を形成する。

鉱床胚胎層準内に新たに鉱徴地がいくつか発見されたが、これらを含む地域で実施した物理探査（IP法、SIP法）の結果からは鉱床の存在を指示する顕著な異常帯は検出されなかった。

この地区及び周辺部における今後の探鉱は、鉱床胚胎層準の精密調査と地化学探査が有効と考えられる。

2 物 理 探 査

物理探査（IP法、SIP法）の結果、見掛比抵抗では地質構造を良く反映したパターンが検出された。

鉱床胚胎層準の上盤及び下盤で地層に沿った IP 異常帯が検出されたが、鉱床胚胎層準内では顕著な異常帯は検出されなかった。その理由として、鉱床母岩が非分極性高比抵抗岩体であるため、胚胎鉱床が十分な IP 効果をもたらさなかったためと考えられる。

3 ボーリング調査

第四年次のボーリング調査はPerau地区及びBarrinha地区で実施された。

3-1 Perau地区のボーリング調査の結果、第三年次に発見された層状鉛・亜鉛鉱床の周辺状況が解明され、特に鉱床の西北限及び南限が確認された。

3-2 Barrinha地区のボーリング調査の結果、Quatro 鉱床の南東部のSIP異常帯及び調査地区北東部のIP異常帯と地質構造の関連性と探鉱余地が解明された。すなわち南東部のSIP異常帯にはQuatro 鉱床と同様の鉛鉱床が胚胎することが推定され、北東部のIP異常帯中のE-W系の断層以南に黄鉄鉱-方鉛鉱鉱床が胚胎する可能性が判明した。

總 論

第1章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

ブラジル連邦共和国における資源開発協力基礎調査は、国際協力事業団（JICA）の委託により、金属鉱業事業団（MMAJ）が、昭和55年度から調査を開始した。昭和55年10月金属鉱業事業団は、ブラジル連邦共和国の鉱産局（Departamento Nacional da Produção Mineral, DNPM）と本プロジェクトに関する作業協定（Scope of Work）を締結した。

ブラジル南東部のSão PauloとParaná両州にまたがる地域には、多数の小規模な鉛鉱床が知られ、古くから種々研究が行われているが、鉱化作用と地質構造や火成活動の関係及び鉱床の成因については、これまで定説がなかった。

本調査は第一年次の基礎調査からはじまり、逐次調査の精度を高めて地質構造・鉱床の成因を解明しつつ第三年次においてPerau鉱床西部で新鉱床を発見するに至るなど多大な成果を収めることができた。ブラジル側はこれを高く評価し調査期間の延長を要請してきた。本側はこれを受け1年間の延長を行うこととし、昭和58年度第四年次の調査を行った。

第四年次に当る本年度調査は、第一年次～第三年次の調査によって抽出された鉱床賦存の可能性の高い地区のうち、特に有望なPerau、Barrinha及びFurnasの3地区における鉱床賦存状況を把握し、これらの評価を行うことを目的とした。

1-2 調査の内容

第四年次の調査ではPerau、Barrinhaの地質調査・ボーリング調査とFurnas地区の地質調査（精査）及び物理探査（IP法、SIP法）を実施した。

(1) 地質調査（Furnas地区）

面積10km²の地域の地質調査（精査）を実施して地質図（スケール1:10000）の1/3を作成した。

(2) 物理探査（Furnas地区）

石灰岩～苦灰岩中に胚胎する脈状・パイプ状鉛鉱床を対象としてIP法電気探査1.5km、SIP法電気探査4.5kmを実施した。

(3) ボーリング調査

Perau地区で3孔、9316m（AG-04孔220m、AG-05孔36160m、AG-06孔350m）、Barrinha地区で2孔、600m（AG-B1孔300m、AG-B2孔300m）合計5孔15316mを実施した。

今回の調査は日本人技師5名とブラジル人技師2名により行われた。

1-3 調査田の編成

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調査団員は下記のとおりである。

1-3-1 調査計画策定及び折衝

(1) 日本側調査計画策定及び折衝

三浦 徹 (Toru Miura)	金属鉱業事業団
鶴岡 毅 (Kisou Tsuruoka)	国際協力事業団
中山 健 (Ken Nakayama)	金属鉱業事業団
安食 恒和 (Tsunekazu Ajiki)	" リオア・ジャオイロ海外調査員
上田 英之 (Hideyuki Ueda)	"

(2) ブラジル側調査計画策定及び折衝

Carlos Oiti Berbert
Kiomar Oguino
Lutz Eraldo de Mattos
Fernando Batolla Junior

1-3-2 現地調査

(1) 日本側調査団員

団長 鈴木 強 (Tsuyoshi Suzuki)	大手開発物
地質 池田 則生 (Norio Ikeda)	"
物理 探査 田中 富雄 (Tomio Tanaka)	"
" 田島 俊雅 (Toshimasa Tajima)	"
" 加藤 雅胤 (Masatane Kato)	"

(2) ブラジル側調査団員

団長 Elias Carneiro Dantas	C P R M
地質 José Carlos Garcia Ferreira	"

1-4 従来の調査

本調査地域周辺の地質は、多くの人々によって研究されており、先カンブリア時代の岩石が主要部分を占めて分布することが知られている。

Cordani (ほか、1967) は放射年代の研究により 3000 ~ 150 m. y. の測定結果を得て、何回かの造山運動 (Orogeny) が生じたことを述べている。

岩石学的、層序学的研究としては Bigarella (ほか、1956), Marini (ほか、1967), Fuck (ほか、1971), Ebert (1971), Coutinho (1971) 及び Kaefen (1972) などがあり、

地質層序の区分を試みている。

鉱床学的な研究としては、Melcher (1968) が Açungui Group の石灰岩類中の鉱床について報告している。Leonardos ほか (1956) は、本地域の鉱床の成因は付近に分布する花崗岩類に関係した深成鉱床と考えたが、Melcher (1968) や他の人々は Pb 放射年代や母岩の Pb 品位の研究などから意見を異にしており今日まで定説がない。

調査地域及び周辺の広域地質図幅は、DNPM が編さんした縮尺 1/1,000,000 Curitiba 図幅 (1974)、CPRM が DNPM より委託された Projeto Leste do Paraná で編さんした縮尺 1/1,000,000 図幅、1974 年 São Paulo 州における Projeto Sudelpa で CPRM が作成した 1/500,000 地質図などは広く利用されている。

近年の調査では、1978～1979 年 CPRM が DNPM の依頼により実施した Projeto Chumbão では Perau 地域及び Rocha 地域の地質、鉱床の調査が行われ、1980 年その報告書 (縮尺 1/250,000 地質図を含む) が発刊 (未公開) された。MMAJ は JICA の委託を受けて 1980 年 1 月～1 月及び 1981 年 7 月～10 月、Anta Gorda 地域の資源開発協力基礎調査を実施した。この報告書では地質層序の区分は基本的に 1/1,000,000 Curitiba 図幅 (1974) に従ったが、Açungui 層群を 3 層に区分して、それぞれ Açungui I 層、II 層及び III 層とした。さらに同報告書では、本地域の鉛鉱床は Perau 型の層状鉱床と Rocha 型の石灰岩中の割目充填鉱床に大別され、Perau 型は I 層中に、Rocha 型は III 層の石灰岩中に分布すると述べている。

1 - 5 参 考 文 献

- (1) De Almeida, F.F.M., Hasui, Y., De Brito Neves, B.B. and Fuck, R.A. –1981– Brazilian structural provinces an introduction. *Earth-Sci. Rev.* 17 1–29.
- (2) AMARAL, G.; CORDANI, U.G., KAWASHITA, K & REYNOLDS, J.H. –1966– Potassium-argon dates of basaltic rocks from Southern Brazil, *Geoch. Cosmoch. Acta.* v. 30, pp. 159–189.
- (3) AMARAL, G. et al –1967– Potassium Argon Ages of Alkaline rocks from Southern Brazil. *Geoch. Cosmoch. Acta*, v. 31, n.2., pp. 117–142.
- (4) BARBOSA, A.F –1956– Algumas observações sobre a jazida de chumbo de Panelas. Estado do Paraná. *Bol. Soc. Bras. Geologia*, 5(2): 51–76.
- (5) BATOLLA Jr., F., HAMA, M. and LOPES Jr., I –1977– Idades radiométricas Rb/Sr e K/Ar em rochas cristalinas Pré-Brasilianas da região leste do Estado do Paraná. Atas 1º simpósio Regional de Geologia, São Paulo. pp. 324–337.
- (6) BATOLLA Jr., F., SILVA, A.T.S.F. da and ALGARTE, J.P. –1981– o Pre-Cambriano da região sul-sudeste do Estado de São Paulo e este-nordeste do Estado do Paraná Atas 3º Simpósio Regional de Geologia, Curitiba. pp. 94–108.
- (7) BIGARELLA, J.J. & SALAMUNI, R. –1956– Estudos Preliminares na Série Açungui. V-Estruturas organógenas nos dolomitas da Formação Capirú (Estado do Paraná). *Dusenya, Curitiba*, VIII(6) 317–323.
- (8) CORDANI, U.G. and BITTENCOURT, I. –1967– Determinações de idade potássio-argônio em rochas do Grupo Açungui. *Anais 21º Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba*. pp. 218–233
- (9) CORDANI, U.G. and KAWASHITA, K. –1971– Estudo geocronológico pelo método Rb-Sr, de rochas graníticas intrusivas no Grupo Açungui. *Anais 25º Congresso Brasileiro Geologia, São Paulo*, v.1, pp. 105-110.
- (10) D.N.P.M. –1974– Carta Geologica do Brazil ao Milionésimo Folha Curitiba – SG22.
- (11) DNPM/CPRM –1977– Projeto Leste do Paraná. São Paulo, 14v, inédito
- (12) DNPM/CPRM –1978– Projeto Geoquímica no Vale do Ribeira. São Paulo. 8v., inédito.
- (13) DNPM/CPRM –1981– Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira. São Paulo, 15v. inédito.
- (14) EBERT, H. –1971– observações sobre a litologia e sub-divisão do “Grupo Setuva” no Estado do Paraná, com sugestões à tectônica geral do “Geossinclinio Açungui”. *Anais 25º Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo*, v.1, pp. 131–146.

- (15) FUCK, R.A., MARINI, O.J., TREIN, E. and MURATORI, A –1971– Geologia do Leste paranaense. Anais 25º Congresso Brasileiro Geologia. São Paulo, v.1, pp 121–130.
- (16) JICA/MMAJ –1981– On Geological Survey of Anta Gorda Brazil, Phase I.
- (17) JICA/MMAJ –1982– On Geological Survey of Anta Gorda Brazil, Phase II.
- (18) JICA/MMAJ –1983– On Geological Survey of Anta Gorda Brazil, Phase III
- (19) KAEFER, L Q. and ALGARTE, J.P. –1972– Projeto sudeste do Estado de São Paulo. Folha de Itararé SG–22–X–B. Relatório Geológico Preliminar, DNPM/CPRM, São Paulo, v.1, 181p., 1972 (inédito).
- (20) MARINI, O.J., TREIN, E. and FUCK, R.A. –1967– O Grupo Açungui no Estado do Paraná Bol. Paran. Geoci., Curitiba, nº 23–25, pp. 43–103.
- (21) MELCHER, G.C. –1968– Contribuição ao conhecimento do distrito mineral do Ribeira do Iguape, Estados de São Paulo e Paraná Tese Livre Doc Geol., Ese. Politécnica USP. São Paulo, 122p. (inédito).
- (22) ODAN, Y., FLEISCHER, R. and ESPOURTEILLE, F. –1978– Geologia da mina de chumbo de Pannels – Adrianópolis –PR. Anais 30º Congresso Brasileiro Geologia, Recife, v4, pp. 1545–1552.
- (23) SUDELPA/DPRM –1975– Projeto Sudelpa. São Paulo, 18v., inédito
- (24) Gerald W.H (1977); Numerical IP Modeling, Induced Polarization for Exploration Geologists and Geophysicists, The University of Arizona
- (25) Hallof P.C. (1964, 1967), A Comparison of the Various Parameter Employed in the Variable Frequency Induced Polarization Method
- (26) Kaku H. (1966). On the Coupling Effect in the Induced Polarization Method Butsuri Tanko, 19 (405)
- (27) Pelton W.H., Ward S.H., Hallof P.G., Sill W.R. and Nelson P.H (1977). Mineral Discrimination and Removal of Induced Coupling with Multi-frequency IP. Metal Mining Agency of Japan, 1980 – 1982
Report on Research and Development Survey for Mineral Resources – Spectral IP
- (28) Summer J.S. (1976); Principles of Induced Polarization for Geophysical Exploration
- (29) Wait J.R. (1958); Discussions on a Theoretical Study of Induced Electrical Polarization, Geophysics, 23

第2章 総合検討

2-1 地質調査 (Furnas 地区)

2-1-1 地 質

本調査地区の地質は、先カンブリア系 Agungui III 層の変堆積岩類 (S) 及び石灰岩類 (L) から構成され、下位より AIII L₂ 層、AIII S₂ 層、AIII L₃ 層及び AIII S₃ 層に区分される。

AIII L₂ 層は暗灰色細粒石灰岩を主とし、AIII S₂ 層は灰色～黄褐色含石筍石英-セリサイト片岩を主体とし変細粒砂岩を挟在する。AIII L₃ 層は石灰岩を主とし、泥質苦灰岩、石英-セリサイト片岩及び変砂岩を挟在し、下部・中部・上部に3分される。Furnas 鉱床は一部の石灰岩及び苦灰岩に胚胎し、この鉱床胚胎層を含む地質層序は調査地区西端まで連続する。

今回の調査では既知の Furnas 鉱床南西部に新たに数ヶの鉱徴地が同層集中に確認された。AIII S₃ 層は変石英砂岩よりなる。

本地区は広域的に第1次のオーターの Serra Manduri 背斜と Calabougo 向き構造の中間に位置し、一般走向 N 60° E、一般傾斜 45° NW の同斜構造を呈し、大規模な断層褶曲構造は認められない。

2-1-2 鉱 床

本地区で現在稼行中の Furnas 鉱山は、地表露頭部に多数のオープン・ピットあるいはトレンチ跡が認められ、坑口も数ヶ所存在する。これらの南西部にも既知の鉱徴地と、今回新たに確認された数ヶの鉱徴地が分布する。

鉱床は、AIII L₃ 層のうち下部の石灰岩 (AIII L₃ ls A) 及び苦灰岩 (AIII L₃ dol A₁・A₂) の層理面と調和的な NE-SW 系の割れ目及び E-W 系急傾斜の割れ目に胚胎する鉱脈型 (～不規則塊状型) 含銀鉛鉱床である。鉱床の形態は一般に膨縮に富む不規則なパイプ状又はチムニ-状を示し、上記の2系統の割れ目の交差点でボナンザを形成する。鉱床の規模は、単一鉱体は小規模ではあるが、複数の鉱体が集中する位置は、既知鉱床内で3ヶ所 (Laranjeiras 以東のノーン、Santo Antonio 周辺及び Tres Bocas) が抽出された。

鉱石鉱物の組合せは方鉛鉱、白鉛鉱を主体とし黄鉄鉱及び少量の黄銅鉱や閃亜鉛鉱を随伴する。地表付近では赤鉄鉱及び針鉄鉱を多く含有する。鉱石分析 (Pb, Zn, Cu, Ag) の結果は鉛及び銀品位が高く、亜鉛は局部的に高いが全体に少量、銅品位は極く微量である。

地質構造と鉱床の関連については、鉱床胚胎岩系は NE-SW 系の褶曲構造を形成した NW-SE 系の横圧力によって同時に形成されたと考えられる。

以上の地質鉱床の状況から判断して、下部の探鉱がなされていない Santo Antonio 周辺と Tres Bocas 鉱徴地を含んだ地域に物理探査 (IP 法・SIP 法電気探査) を実施したが、

鉍床胚胎層準中には顕著な F E 異常が検出されなかった。この理由は、鉍床が小規模であったこと、鉍床母岩が非分極性高比抵抗であると共に鉍床層準の上、下盤に I P 効果を強く示す地層が存在して鉍床層準中の小規模異常は検出困難であることが考えられる。

今後の探鉍として、本地区の鉍床胚胎層準が限定されたことから土壤のグリッド地化学探査あるいは鉍床母岩の岩石地化学探査による鉍化帯の抽出が効果的と考えられる、又、本地区外南西部にも鉍床胚胎層準の地質が連続することが明らかとなったので、詳細な地質調査の実施が望まれる。

2-2 物理探査

Furnas 地区において鉍床賦存状況を明らかにする目的で S I P 法及び I P 法電気探査が実施された。

地質構造にほぼ直角に設定された測線は S I P 法 3 測線、I P 法 8 測線の 11 測線であるが測線 F A, F D については S I P 法、I P 法とが重複した測線である。以下に考察した結果を述べる。

(1) 見掛比抵抗分布形態は測線北側より高—低—高—中を示している。この分布形態は測線 F A より測線 F K までほぼ同一形態で看取される。またこの分布形態は本地区の地質構造と調和的でありその値は各地層を良く反映したものであると考えられる。

(2) I P 異常は各測線の NQ 3 ~ NQ 8 付近と、NQ 12 ~ NQ 14 付近とに検出された。

前者の異常はその示徴形態より複数の異常源より構成されたものであり、その異常源のスペクトラムは 0.125 Hz ~ 8 Hz 付近まで周波数の増加に伴い位相差がほぼ一定からやや上昇するスペクトルタイプを示すものである。後者の異常は前者の異常と異なり単一異常源に起因するものであり、周波数の増加に伴い位相差が単調増加するスペクトルタイプを示すものである。

(3) また前者の異常の異常源は岩石物性試験及び地質環境より、石灰岩中に挟在する黄鉄鉍を含んだ苦灰岩、あるいはセリサイト片岩及び千枚岩に起因する異常であると推察される。一方、後者の異常源は、片岩の片理面にフィルム状に認められる石礫に起因するものであると考えられる。またこの片岩には若干の黄鉄鉍鉍染が認められる。

(4) この 2 つの異常は北傾斜の示徴形態を示し、更に N E - S N 方向へ分布すると考えられる。

(5) しかし Furnas 鉍床胚胎層準には I P 異常を検出することが出来なかった。その理由として、鉍床母岩が非分極性高比抵抗岩体であるため、それに胚胎する鉍床が十分な I P 効果をもたらさなかったためと考えられる。しかしながらいかに鉍床母岩が非分極性岩体であったとしても鉍化作用が広範囲な場合や小規模鉍床がある範囲に集中した場合、異常の検出は可能である。と考えられる。

2-3 ホーリング調査

第四年次のボーリング調査はPerau地区で3孔、9316m及びBarrinha地区で2孔、600mの合計5孔、1,5316mが実施された。Perau地区では第三年次に発見された層状鉛・亜鉛鉱床の周辺状況が解明され、Barrinha地区では第三年次に検出されたQuatro鉱床南東部のSIP異常帯及び地域北東部のIP異常帯の原因が判り、地質構造が解明された。

2-3-1 Perau 地区

Perau地区の地質は、先カンブリア系Agungui I層に属す変成岩類が広く分布している。本調査では主に雲母片岩、角閃岩、炭酸塩岩片岩、石英片岩及び石英岩等を掘進した。

鉱床は炭酸塩岩片岩を母岩とする層状鉱床で、主要鉱物は重晶石、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱などで構成される。

コア採取率は95%以上、特に鉱床付近ではほぼ100%である。

各孔の着鉱部の分析品位は次のとおりである。

孔名	着鉱深度(m)	着鉱長(m)	Pb %	Zn %	Cu ppm	Ag ppm
AG-04	19695 ~ 19715	0.20	160	0.46	330	26
AG-04	19980 ~ 19990	0.10	800	0.03	18	200
AG-04	20065 ~ 20075	0.10	450	1.60	30	100
AG-05	35465 ~ 35565	1.00	250	2.90	100	75
AG-05	35785 ~ 35835	0.50	490	2.80	160	185
AG-06	32755 ~ 32805	0.50	220	0.04	22	38
AG-06	32860 ~ 32940	0.80	180	4.40	70	38
AG-06	33015 ~ 33060	0.45	130	1.10	30	38

この調査の結果AG-04孔及びAG-06孔付近は、それぞれ鉱床の南限及び西北限を示し、AG-05孔に向って鉱床規模が減少していることが判明した。

2-3-2 Barrinha 地区

Barrinha地区の地質はAgungui III層の石英岩類(AIII L₂)及び雲母片岩類(AIII S₂)が複雑な褶曲を示して分布する。Barrinha鉱山の既知鉱床は石英岩類に胚胎する脈状～不規則塊状含銀鉛亜鉛鉱床で、褶曲構造の軸部から翼部にかけて鉱床が集中している。

第三年次の物理探査(IP法、SIP法)で検出された異常帯はSIP3ヶ所、IP3ヶ所が認められたがこのうち特に注目されたQuatro鉱床南東部のSIP異常帯及び地域北東部のIP異常帯に実施した2本のボーリングAG-B1孔及びAG-B2孔とブラジル側が追加実施したAG-B1Sの結果、複雑な褶曲構造が解明され今後の探鉱余地が明確になった。

Quatro 鉱床南東部 AG-B1 孔付近の地質構造は急傾斜の褶曲構造を形成しており、AG-B1 孔は主として雲母片岩中を掘進した。表土が厚く、その直下に珪化帯、石英脈が発達するために見掛け抵抗値が高く表われる。

AG-B1 S 孔は雲母片岩、炭酸塩岩片岩、苦灰岩～石灰岩を掘進したが、炭酸塩岩片岩、苦灰岩～石灰岩層中に黄鉄鉱化帯を捕捉した。この黄鉄鉱化帯は Quatro 鉱床と同一層準にあり、したがってこの黄鉄鉱化帯が Quatro 鉱床南東部の SIP 異常をもたらしたと考えられる。

地域北東部の AG-B2 孔は雲母片岩、石英質片岩及び石英質雲母片岩を掘進し、石灰岩層及び珪化帯は捕捉されなかったが、Barrinha 鉱山で実施した S-9 孔では苦灰岩～石灰岩層が捕捉され、その中に黄鉄鉱～方鉛鉱化帯が確認されている。

AG-B2 孔付近の地質構造は、AG-B2 孔と S-9 孔の間に断層構造が推定される。したがってこの付近の SIP 異常帯は、黄鉄鉱～方鉛鉱化帯と石英質雲母片岩及びその中に発生する黄鉄鉱等による SIP 効果の複合したものと考えられる。

第3章 結論及び提言

3-1 結 論

第四年次の調査は Furnas 地区で地質精査及び物理探査（I P法及びS I P法）、Perau地区及び Barrinha 地区でボーリング調査が実施された。

(1) Furnas 地区

地質調査（精査）の結果、詳細な地質層序が確立され、Furnas 鉱床の胚胎する地質層準がより明確となった。又、今回の調査で同層準中に従来から存在している鉱徴地の他に、新たに鉱徴地が発見された。

物理探査の結果、鉱床胚胎層準の上・下盤に黄鉄鉱及び石膏などによる強い I P 効果を示す地層が存在することが判明したが、鉱床胚胎層準中では母岩が非分極性岩体であるため鉱床の存在を示す様な顕著な異常帯は検出されなかった。

(2) Perau 地区

ボーリング調査の結果、第三年次に発見された層状鉛 - 亜鉛鉱床の連続性が解明された。鉱床の形態はほぼ NE - SW 方向に伸張し、AG - 04 孔及び AG - 06 孔付近かそれぞれ南限及び西北限であると推定される。

(3) Barrinha 地区

ボーリング調査の結果、第三年次の物理探査で検出された Quatro 鉱床南東部の S I P 異常は炭酸塩岩類中に胚胎する黄鉄鉱鉱化帯によるものであることが判明した。又、地域北東部の I P 異常は石膏質雲母片岩中の石膏、黄鉄鉱と、Barrinha 鉱山が実施したボーリングで捕捉された炭酸塩岩類中の黄鉄鉱 - 方鉛鉱によるものか視合したものであることが判明した。

3-2 提 言

日本政府による技術協力プロジェクトは 1983 年度をもって終了するが、上記の各地区でブラジル側が継続して調査を実施するならば、次の事項について調査方針を提言する。

(1) Furnas 地区

鉱床胚胎層準の上・下盤に強い I P 効果を示す地層が存在する為、今回実施した物理探査（I P 及び S I P 法）の手法では鉱床胚胎層準内で深部までの異常帯の検出は困難である。したがって、今後も物理探査を実施するならば浅所の異常を検出する為に測線長や測点間隔を短く設定する等、別種の方法を検討することが望ましい。

鉱床胚胎層準は調査地域外まで連続的に分布することが判明したので、これらの追跡調査を実施し、併せて詳細な地化学探査（土壌、岩石）- トレンチ調査 - ボーリング調査に

によって新鉱床発見に努めることが望ましい。

既知鉱床内では、鉱床裂か系の調査を実施し、鉱体の富鉱部の“落し”を解明してト部探鉱を行うことが望ましい。

(2) Perau 地区

これまでに実施されたボーリング調査に継続して AG-02 孔の北部及び北東部のボーリング調査を実施して、層状鉛・亜鉛鉱床の全貌を確認することが望ましい。更に鉱床の評価を実施する場合、これらのボーリングの間に 30～50 m 間隔で精査ボーリングが望まれる。

(3) Barrinha 地区

Quatro 鉱床南部の黄鉄鉱鉱化帯は、Quatro 鉱床と同じ鉱床胚胎層中にあり、SIP法によるスペクトルも類似することから、この黄鉄鉱鉱化帯中に鉛鉱床が胚胎する可能性が考えられる。特に AG-B1S 孔付近から I-Line の No.10 付近にかけてボーリングの実施が望まれる。又、地域北部～北東部では AG-B2 孔で判明した断層の南側で、炭酸塩岩類中の鉱化帯にボーリングを実施することが望ましい。

各 論
第I部 地 質 調 查

第1章 概 説

1-1 調査目的

Furnas 鉱床を胚胎する母岩を細分し、その分布状況を調べると同時に、鉱脈裂か系を詳しく測定し、鉱床の賦存状況を把握する。

1-2 調査区域

調査区域は Aptaí のほぼ東約 2.0 km に位置し、範囲は Furnas 鉱山を含む NW-S E 方向 2 km、NE-S W 方向 5 km である。

1-3 調査期間

現地調査 昭和 58 年 8 月 26 日～昭和 58 年 10 月 27 日

解析・報告書作成 昭和 58 年 10 月 28 日～昭和 59 年 3 月 30 日

第2章 地 質

2-1 地 質 概 要

本調査地区周辺の広域的地質は、先カンブリア系の Açungui 層群の変成岩類から構成され、これにブラジル造山輪廻期(750~500m.y.)の変塩基性岩類、花崗岩類及びニューラギ〜白亜紀の輝緑岩類岩脈が貫入している。Açungui 層群は Açungui I・II・III 層に区分され、更に Açungui III 層は石灰岩類(L)及び変堆積岩類(S)の組合せにより、AIII L₁・AIII S₁から AIII L₄・AIII S₄までの4部層に細分される(JICA・MMAJ, 1983)。この地質のうち、本調査地区には Açungui III 層が分布する。本調査地区の Açungui III 層は、下位より石灰岩・苦灰岩からなる AIII L₂層、雲母片岩・変砂岩からなる AIII S₂層、石灰岩・苦灰岩・雲母片岩からなる AIII L₃層及び変石英砂岩からなる AIII S₃層より構成されている。

広域地質構造は、ブラジル造山輪廻期に形成されたと考えられる NE-SW 系の断層及び褶曲が発達するが、本調査地区内には大規模なものは認められない。

Fig. 1-1 及び Plate 1-1 に地質図を、Fig. 1-2 に総合地質柱状図を示す。

2-2 地 質 層 序

本調査地区の地質は、上述した Açungui III 層のうち AIII L₂層、AIII S₂層、AIII L₃層及び AIII S₃層から構成される。

2-2-1 AIII L₂層

分布及び層厚

本層は調査地区南縁部に NE-SW 方向で狭小に分布する。層厚は 280 m 以上であるが、調査地区以南の Lageado (ラジェアド) 地区にも本層が広く分布し、全層厚は 750 m である。

岩 相

本層は主として灰色〜暗灰色細粒石灰岩(NI-06)よりなり、石灰質苦灰岩(NI-35, JG-14)及びセリサイト片岩薄層を挟存する。又局部的に少量の細粒黄鉄鉱・鉄燧が認められる。

代表的な岩石の検鏡結果は次のとおりである。

細粒結晶質石灰岩(NI-06)

位置: São Paulo 州道 165 号線

組織: granoblastic

構成鉱物: 方解石(95%) > 石英 + 白雲母(5%) > 斜長石, 黒雲母, 不透明鉱物,

緑泥石, 緑レン石

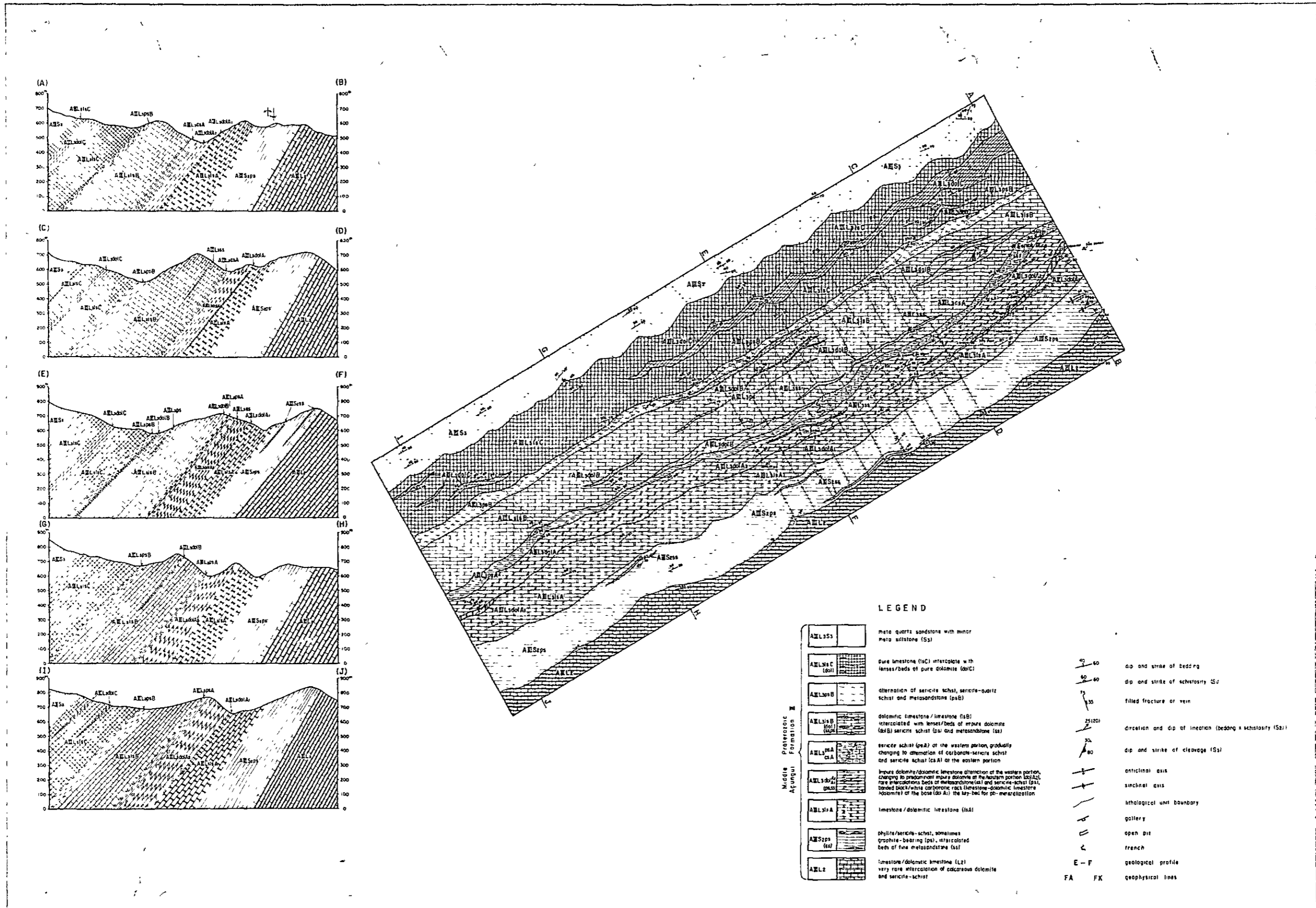


Fig. I-1 Geological Map and Geological Profile of Furnas Area

Formation	Columnar Section	Lithology	Thickness (m)		
Açungui Formation III	A III S3	AMS3 meta quartz sandstone with meta siltstone (A III S3)	220 +		
	A III L3	A III L3dolC	dolomite	350	
		A III L3lsC	limestone	450	
		A III L3psB	alternation of sericite schist, sericite-quartz schist and meta sandstone	30 65	
		A III L3dolB	dolomite	1090	
		A III L3ps	intercalation of sericite schist	230	
		A III L3lsB	limestone	340	
		A III L3ss	intercalation of meta quartz sandstone		
		A III L3psA	sericite schist	40 60	
		A III L3dolA2	dolomite with limy part	110	
		A III L3dolA1	banded white dolomite and black limestone	185	
		A III L3lsA	limestone with dolomitic part	100 200	
		A III S2	A III S2ss	intercalation of sericite-quartz schist ~ meta sandstone	150
			A III S2ps	sericite schist ~ phyllite	260
		A III L2	A III L2 limestone with dolomitic part, very rare sericite schist	280 +	

Fig. I-2 Generalized Stratigraphic Columnar Section in Furnas Area

方解石は劈開が発達した0.1 mm以下の結晶が多量に認められ、淘汰が良好である。

白雲母は最大0.15 × 0.02 mmで一部定方向配列を呈する。

石英は最大0.2 mmで波動消光が認められる。

石灰質苦灰岩 (JG-14)

位置：南東端部

組織：granoblastic, lepidoblastic

構成鉱物：苦灰岩 (50%) > 方解石 (25%) > 石英 (10%), 白雲母 (10%) > 黒雲母, 不透明鉱物, ノルコン

苦灰石は平均0.08 mm大で淘汰は余り良くない。

石英は最大0.3 mm, 平均0.08 mm大である。又、石英及び不透明鉱物から構成された0.5 mm大のレンズ状集合体が認められる。

白雲母は定方向配列が顕著である。

2-2-2 AIII₂層

分布及び層厚

本層はAIII₂層とAIII₃層に挟まれて調査地区南部に帯状に分布する。層厚は中流で150 m, 東西に向かって増加し240~260 mである。本層と下位のAIII₂層との関係は、Corrego Furnas下流において整合関係で接している。

岩相

本層は灰色~黄褐色セリサイト片岩 (AIII₂ ps) (NJ-29, JG-10) を主体とし、赤褐色~桃色セリサイト 石英片岩~変細粒砂岩 (AIII₂ ss) (JG-09) 薄層を挟在する。Corrego Furnas下流においてセリサイト片岩中に2 mm大のクロリトイド結晶及び細粒黄鉄鉱が認められる。

代表的な岩石の検鏡結果は次のとおりである。

緑泥石-石英-セリサイト片岩 (NJ-29)

位置：Corrego Furnas下流

組織：lepidoblastic

構成鉱物：石英, セリサイト, 緑泥石 > 不透明鉱物 > 斜長石, 白雲母, 電気石, ノルコン, リン灰石, 石礫, 緑レン石

全体に0.1 mm以下の鉱物が卓越するが、局部的にセリサイト化した1 mm大の斜長石及び0.2 mm大の電気石が認められる。

石英は粒状集合体を示し、緑泥石はセリサイトの粒間を埋めている。

フィルム状の石礫が認められる。

セリサイト-石英片岩 (JG-09)

位置: FE-137 地点

組織: lepidoblastic

構成鉱物: 石英 > 白雲母, 不透明鉱物, セリサイト, 緑泥石・黒雲母, 緑レー石

石英は 0.08 ~ 0.2 mm 大で波動消光が認められる。

セリサイトの粒間を緑泥石が埋めている。

全体に二次的な褐鉄鉱が多い。

2-2-3 A III L₃ 層

分布及び層厚

本層は調査地区の中央部に NE-SW 方向を有し、広く分布する。層厚は北東部で 980 m、南西に向かって厚くなり 1.090 m となるが、南西端部では 1.045 m である。本層と下位の A III S₂ 層との関係は整合と考えられている (JICA MMAJ, 1981~1983)。

岩 相

本層は石灰岩 (A III L₃ ls) を主とし、苦灰岩 (A III L₃ dol) 及び含石墨セリサイト片岩 (A III L₃ ps) と極く少量の変石英砂岩 (A III L₃ ss) を挟在する。本層は A III L₃ ps のうち 2 枚の連続性良好なセリサイト片岩 (A III L₃ ps A, A III L₃ ps B) を境として、下部 (A)、中部 (B) 及び上部 (C) に 3 分される。すなわち、下位より A III L₃ ls A, A III L₃ dol A₁, A III L₃ dol A₂, A III L₃ ps A, A III L₃ ls B, A III L₃ dol B, A III L₃ ps B, A III L₃ ls C 及び A III L₃ dol C に区別される。

A III L₃ ls A (JG-12), A III L₃ ls B 及び A III L₃ ls C (JG-01) は、暗灰色細粒で比較的層理が明瞭な石灰石~苦灰質石灰岩で、層厚数 cm ~ 数 m のセリサイト片岩及び変石英砂岩を挟在する。又、A III L₃ ls A 中には層厚 1.0 m 前後の苦灰岩が優勢な層準が、調査地区以東の São Manoel 鉱床地から南西に約 1.00 m 連続し、黄鉄鉱の鉱染も認められる。これと同一層準で調査地区のほぼ中央部の岩石は、淡灰色珪質苦灰岩 (NI-43) となる。

A III L₃ ls B のうち NI-13 は白色及び黒色の縞模様を呈した苦灰質石灰岩であるが、A III L₃ dol A₁ に比べて縞状組織は明瞭ではない。

A III L₃ dol A₁ は白色・半色縞状苦灰岩~苦灰質石灰岩 (NI-28) で、調査地区東端の Maximal 坑口から調査地区西端まで断続的に認められる。A III L₃ dol A₂ は分布域のうち東部半分は、黄鉄鉱を伴う灰色~暗灰色泥質苦灰岩~石灰質苦灰岩 (NI-08, 20, 37) を主体とし、西部半分は苦灰質石灰岩が増加する。又、セリサイト片岩及び変石英砂岩を挟在する。A III L₃ dol B は A III L₃ dol A₂ と同様の岩相を呈し黄鉄鉱鉱染も認められる (NI-55)。A III L₃ dol C は灰色中粒の苦灰岩~石灰質苦灰岩 (JG-02, 06) で、白色苦灰岩

の網状脈も認められ、一部角礫状組織を呈する。苦灰岩は石灰岩に比べて一般に塊状となり、層理は不明瞭であるが、フラクチャーが発達する。

AIII L₃ ps Aは、分布域のうち東半分が暗灰色石灰片岩～石灰千枚岩・褐色セリサイト片岩互層(AIII L₃ cs A)(NI-54)からなり、西半分が灰色～褐色セリサイト片岩(NI-36)からなる。AIII L₃ ps Bは紫灰色セリサイト片岩・黄褐色セリサイト-石英片岩互層であり(NI-56)、中央やや西側では石炭片岩を挟在する。AIII L₃ ssは灰色～褐色を呈し、細～中粒の変石英砂岩である(NI-46, 50)。

以上の地質のうち、Furnas 鉱床はAIII L₃ ls A、AIII L₃ dol A₁、及びAIII L₃ dol A₂に胚胎する。AIII L₃ dol A₁は鉱床層準の鍵層として有効であり、又上位のAIII L₃ ps Aは鉱床胚胎層準の上盤を示す鍵層として有効である。

代表的な岩石の検鏡結果は次のとおりである。

石灰岩(JG-12): AIII L₃ ls A

位置: FI-115

組織: granoblastic

構成鉱物: 方解石(85%) >> 苦灰岩(5%) > 石英(4%) > 白雲母(1%)
> 斜長石, 不透明鉱物

方解石は劈開が発達した平均0.2 mmの結晶として多量に認められ、淘汰良好である。

石英は最大0.2 mmで波動消光を示す。

黒色・白色縞状結晶質苦灰質石灰岩(NI-28): AIII L₃ dol A₁

位置: Maximal

組織: porphyroblastic

構成鉱物: 方解石(50%) > 苦灰石(30%) > 石英(10%) > 白雲母(5%)
> 斜長石, 不透明鉱物

黒色部は平均0.03 mm大の淘汰良好な苦灰岩・方解石が認められ、石英及び斜長石を7%程度含む。

白色部は平均0.2～0.3 mm, 最大1 mmの淘汰不良の苦灰岩の結晶間を、石英(0.05 mm大, 10%)、白雲母(0.1 mm、5%)及び0.01～0.03 mm大の苦灰岩が不規則に充填している。

黒色部と白色部との境界は明瞭で、細粒の不透明鉱物が認められる。

細粒泥質苦灰岩(NI-08): AIII L₃ dol A₂

位置: São Paulo 州道165号線

組織: lepidoblastic

構成鉱物：苦灰岩（65%）>石英（10～20%）>白雲母（10%）>不透明
鉱物

苦灰岩は最大0.1 mmで淘汰はふつうである。

石英は一般に0.1 mm以下の結晶で、粗粒（最大1.4 × 0.7 mm）の結晶を含
み淘汰不良である。含有量は10%、最大20%である。

白雲母は0.1 mm以下で定方向配列を呈する。

全体に細粒の不透明鉱物が認められる。

石英—セリサイト片岩（NI-54）：AⅢL₃ ps A

位置：São Paulo 州道165号線

組織：lepidoblastic

構成鉱物：セリサイト，石英>不透明鉱物>ニルコン，緑泥石

全体に0.1 mm以下の鉱物が lepidoblastic に配列する。各鉱物の特徴は
NI-29と同様である。

又，脈状の空隙が認められるが，方解石脈の溶脱跡と考えられる。

セリサイト片岩・セリサイト—石英片岩互層（NI-56）：AⅢL₃ ps B

位置：São Paulo 州道165号線

組織：lepidoblastic

構成鉱物：セリサイト，石英>不透明鉱物>白雲母，ニルコン，緑泥石

薄片は赤褐色のセリサイト片岩が無色に近いセリサイト—石英片岩を挟ん
でいる。鉱物の大きさは0.1 mm以下で後者がやや粗粒となり crenulation
が認められる。

苦灰岩（JG-06）：AⅢL₃ dol C

位置：北西端部

組織：granoblastic

構成鉱物：苦灰岩（80%）>方解石（5%），不透明鉱物

本資料の大部分は0.04～0.4 mmの淘汰不良の苦灰岩である。

2-2-4 AⅢS₃層

分布及び層厚

本層は調査地区北縁部に帯状に分布する。層厚は220 m以上であるが，調査地区以北
の Serra Vista を含めると900 mに達する。本層と下位のAⅢL₃層との関係は，直接接
するところは認められないが，整合関係と考えられている（JICA・MMAJ，1981～
1983）。

岩 相

本層は主として変石英砂岩(NI-03, JG-07)よりなり、変シルト岩薄層(NI-04)を挟在する。前者は灰褐色～桃灰色を呈し、細～中粒の岩石で、一般に層理が明瞭である。後者は淡緑灰色を呈し、層厚5～20cm(最大3m)の薄層として変石英砂岩中に挟在される。

代表的な岩石の顕微鏡結果は次のとおりである。

変石英砂岩(NI-03)

位置：São Paulo 州道165号線

組織：blastopsammitic

構成鉱物：石英、白雲母、不透明鉱物、電気石、スフェーン、緑泥石、緑レン石

石英は最大4mm, 平均0.3～0.6mm大で波動消光を示す。

白雲母は石英の粒間を不規則に埋めている。

本岩は砂岩の組織を残している。

変シルト岩(NI-04)

位置：São Paulo 州道165号線

組織：blastoclastic

構成鉱物：石英、セリサイト、不透明鉱物、電気石、緑泥石、白雲母、ノルコン、

緑レン石、方解石

本岩は0.1mm以下の鉱物より構成され、部分的に0.2～0.5mm大の変シルト岩の垂角礫を含む。又、石英がモザイク状に発達するゾーンが認められる。

2-3 変成作用

本調査地区の変成岩類は、ブラジル造山輪廻期に形成された砂・泥質堆積物起源の片岩及び千枚岩から構成される。変成度は低く、石英-セリサイト-白雲母の鉱物組合せを示す。

2-4 地質構造

本調査地区は広域的地質構造上NE-SW系のCalabougo向斜及びSerra Manduri背斜の中間に位置する(JICA・MMAJ, 1983)。本調査地区に分布する各地層の一般走向はN60°E, 一般傾斜は45°NWの同斜構造を示す。地表では小褶曲構造が数ヶ所で観察されるが、大規模で複雑な褶曲構造及び断層構造など特筆すべきものは認められない。Furnas鉱山の坑内ではNE-SW～E-W系の断層及び鉱脈裂か系が発達する。

Furnas鉱床胚胎の場は、層理面と調和的なNE-SW系の割れ目とE-W系で急傾斜な割れ目に主として胚胎し、両者の交差部に鉱床のボナンザが形成されている。本年次の調査で、第

三年次同様地表及び坑内において切りつ切られつの関係にある上述した両者の割れ目を共役なセクトとして主応力場解析をした結果、最大圧縮主応力軸はSE下方からの非常に緩いNW上がりが見られた (Fig. 1-3)。つまり応力はNW-SE系の横圧力が求まり、第二年次及び第三年次調査結果と良く一致する。

又、本調査地区の変成岩類には片理面 (S_1 , S_2) 及び劈開面 (S_3) が顕著に認められる。片理面は主に走向 $N 40^\circ \sim 70^\circ E$, 傾斜 $25^\circ \sim 60^\circ NW$ (S_1) と走向 $N 60^\circ \sim 80^\circ W$, 傾斜 $20^\circ \sim 25^\circ NE$ (S_2) の2面が観察され、劈開面は S_1 及び S_2 を切る走向 $N 20^\circ \sim 30^\circ E$, 傾斜 $70^\circ \sim 80^\circ SE$ の細密褶曲劈開 (S_3) である。これらのうち S_1 の歪楕円体は上述の主応力場解析結果を支持し、片理面 S_1 及び鉱床を胚胎する割れ目は同じ応力場で形成されたと考えられる (Fig. 1-3)。

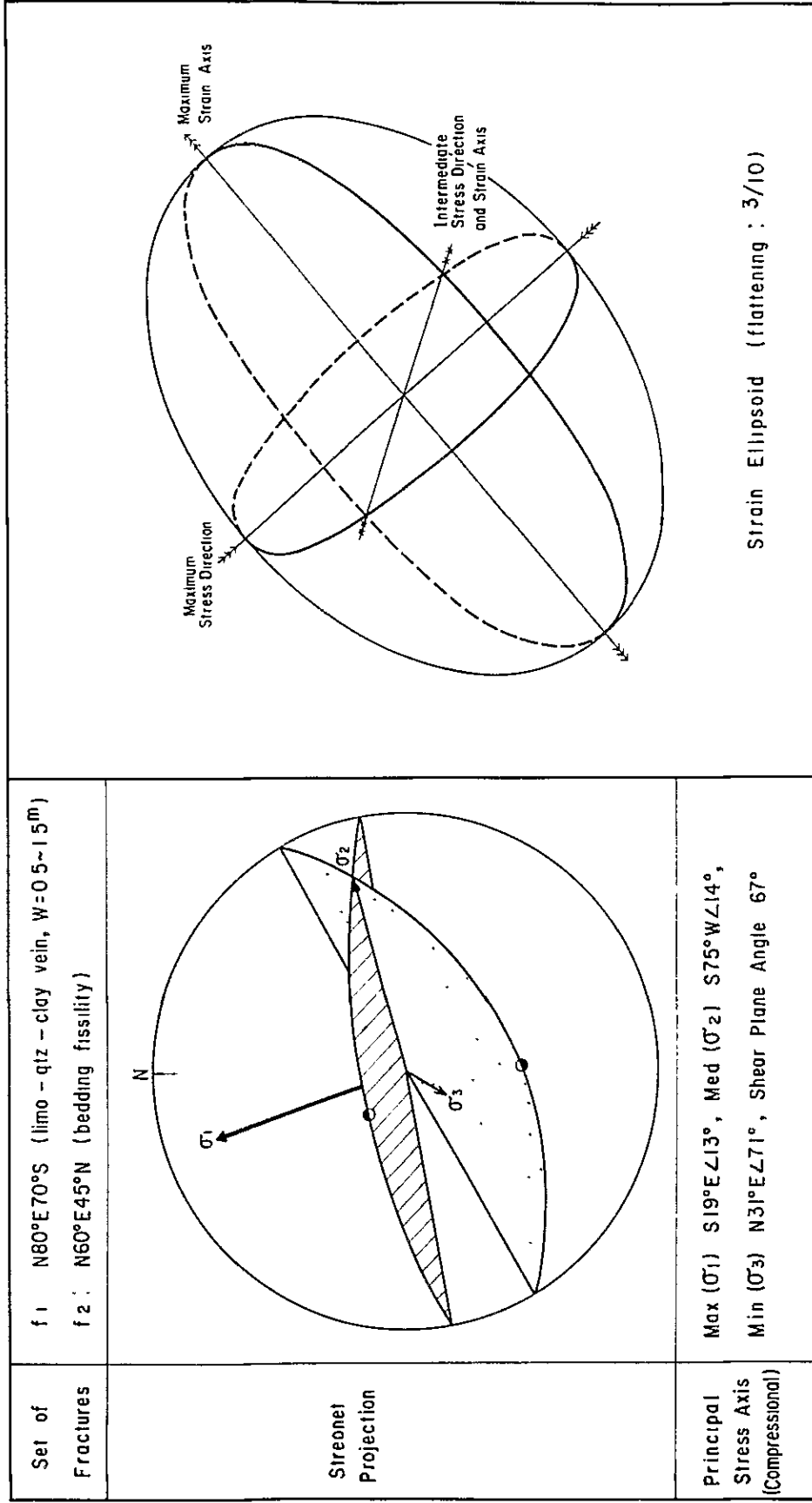


Fig. 1 -3 Principal Stress Field Analysis of Fracture and Strain Ellipsoid of Schistosity Plane of Furnas Area

第3章 鋳床

3-1 鋳床概要

本プロジェクト地域内の鋳床は、Açungui I層の石灰岩—石灰・珪酸塩岩類の層理に調和的に胚胎する Perau 型層状鉛・亜鉛鋳床及び Açungui III層の石灰岩類に脈状～不規則塊状に胚胎する Rocha 型含銀鉛鋳脈型（～不規則塊状）鋳床に大別される。これらのうち、本調査地区の Furnas 鋳床は後者に属する。

Furnas 鋳床は Apiaí の東部約 17 km に位置し、サンパウロ州道 165 号線沿いに存在する。本鋳床は現在主として Santa Barbara 2 坑を採鋳、採掘中で、粗鋳生産量は硫化鋳 20 t/月 (Pb: 50%)、酸化鋳 150 t/月 (Pb: 19%) である。地表露頭部に多数のオープン・ピントあるいはトレンチ跡が存在し、その主なものは Vala 8 から Laranjeiras の尾根に集中している (Fig. 1-4, Plate 1-3, Table A-1)。又、同一鋳体を下部で捕捉するために坑道も展開されており、Maximal 坑、Santa Barbara 1・2 坑のほか数ヶ所に坑口が認められる。これらの南西部にも Santo Antonio 及び Tres Bocas などの鋳徴地が知られており、旧坑あるいはトレンチ跡が認められる。これら既知鋳床群の南西部で今回新たに数ヶ所の鋳徴地が確認された。そのほかに地域外北東部の AM L₃ ps B 中に金の鋳徴地も知られている。

3-2 鋳床の形態及び規模

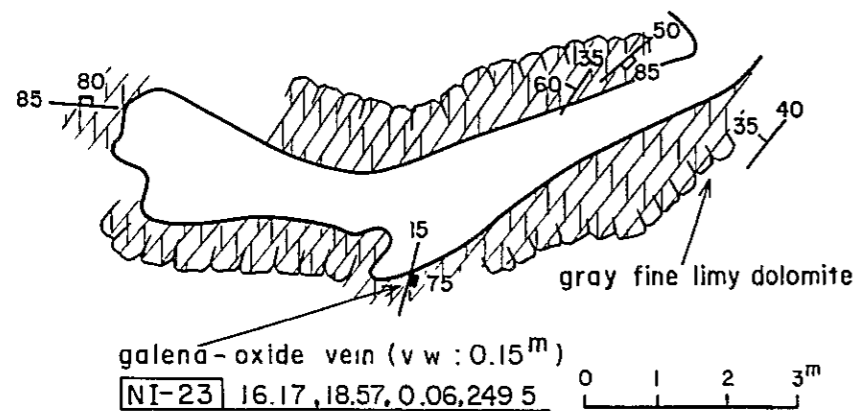
鋳床は、石灰岩 (AM L₃ ls A) 及び苦灰岩 (AM L₃ dol A₁, AM L₃ dol A₂) 中の層理面に調和的な NE—SW 系の割れ目と E—W 系の急傾斜な割れ目に胚胎する。特に両者の割れ目の交差部ではボナンザが形成され、鋳体は膨縮を繰り返したパイプ状又はチムニー状の不規則な形態を示す。ボナンザの“落し”の方向は、層理面に調和的な割れ目の面と E—W 系で急傾斜な割れ目の面の交線に一致し一般に西落して、傾斜は 40°～50°を示す。

鋳床の規模は、層理と調和的な鋳脈幅は最大 1 m、斜交する鋳脈幅は最大 2 m である。これらの交差部からなるパイプ状の単一鋳体の水平的な広がりには最大数 10 m、垂直的な広がりには 100 m 以上に達する。鋳体は複数存在し、Laranjeiras 北東部、Santo Antonio 周辺及び Tres Bocas の 3ヶ所に集中する傾向を示す。

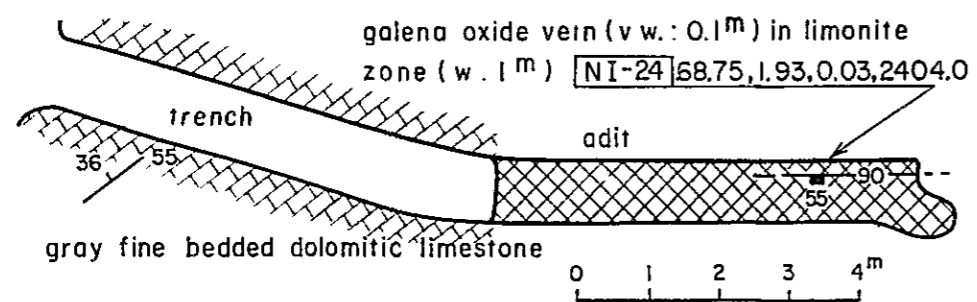
3-3 鋳石鋳物の組合せ

本調査地区の鋳床は、顕著な酸化作用を蒙っているため、地表下約 100 m 付近までは酸化鋳物の割合が多い。したがって肉眼による鋳石鋳物の組合せは、地表部では多孔質褐鉄鋳—赤鉄鋳からなる gossan が卓越し、局部的に方鉛鋳—白鉛鋳を伴う。坑内では地表に近い所で褐鉄鋳—赤鉄鋳が卓越し、この中に方鉛鋳・白鉛鋳・黄鉄鋳が塊状又はレンズ状に残存し、下部に向かっ

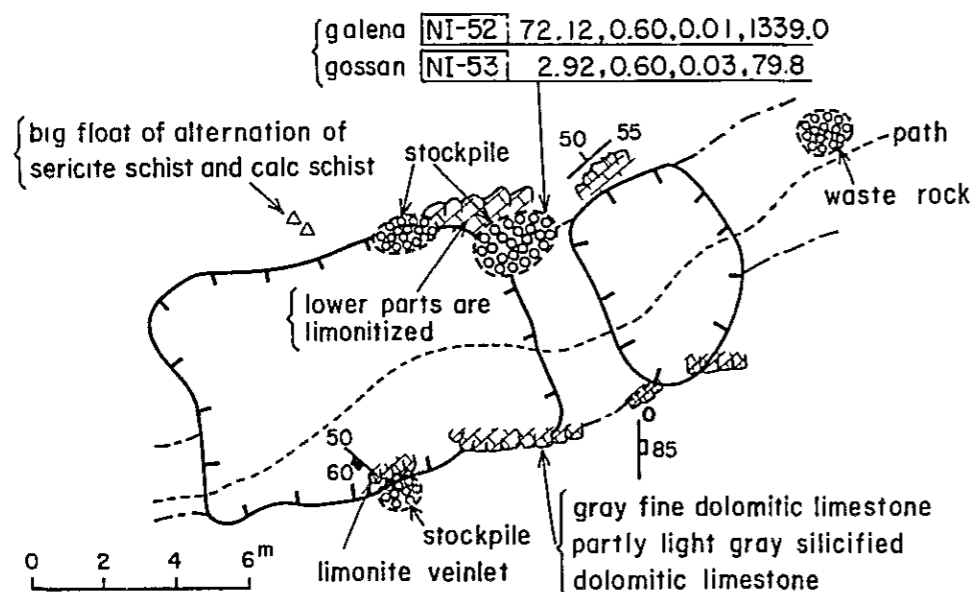
[Vala 8] (trench of west part)



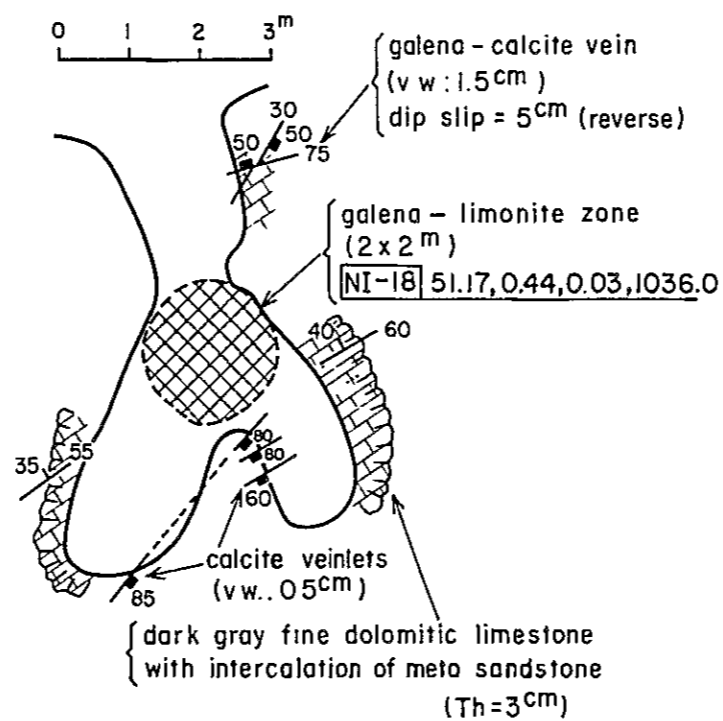
[East of Barreira] (trench and adit)



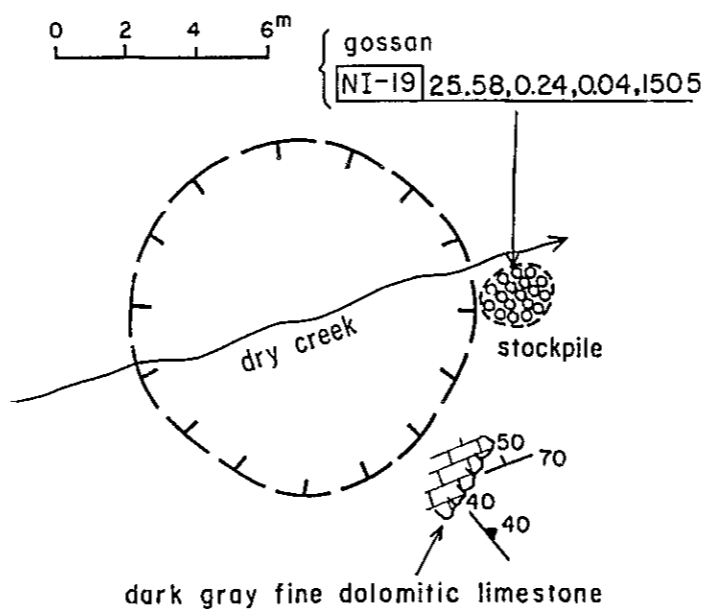
[Santo Oswaldo] (open pit)



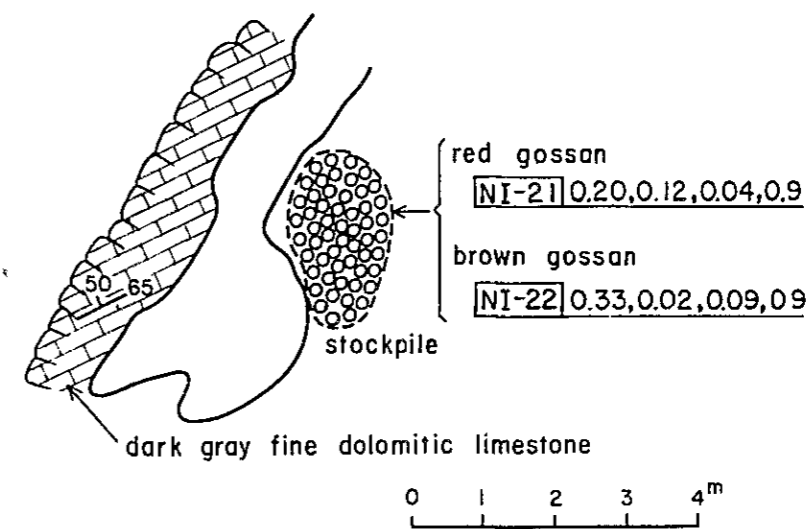
[St. Antonio de Cima] (trench)



[St. Antonio de Baixo] (open pit)



[Tres Bocas de Cima] (trench)



[Tres Bocas de Baixo] (adit)

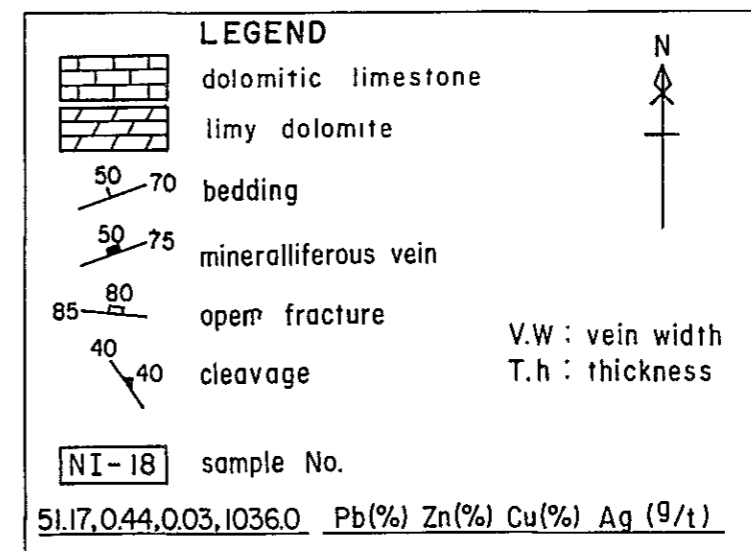
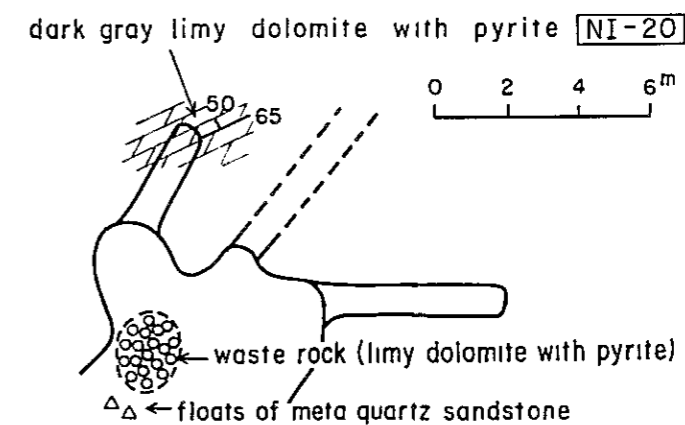


Fig. 1-4 Geological Sketch of Trench, Open Pit and Underground in Furnas Area

て方鉛鉱・黄鉄鉱が優勢となる。

代表的な鉛石研磨片の肉眼及び鏡下による観察は次のとおりである (Table A-3-1)。

N 1 - 1 6 (南西端部)

肉 眼 観 察

本試料は、石英及び黒色珪化部よりなり、石英中には細粒の方鉛鉱鉛染が認められる。

顕 微 鏡 観 察

方鉛鉱、白鉛鉱 > 黄銅鉱、黄鉄鉱、硫酸鉛鉱

方鉛鉱は白鉛鉱に密接に伴って産し、白鉛鉱が方鉛鉱を交代した組織を呈する。多量の不定形細粒方鉛鉱が、白鉛鉱中に残存しているのが認められる。方鉛鉱及び白鉛鉱は石英中のクラックに沿って産する。一方極細粒の半自形～自形黄銅鉱及び黄鉄鉱が黒色珪化部中に鉛染している。少量の硫酸塩鉱も同様珪化部に認められる。

N 1 - 1 8 (Santo Antonio de Cima)

肉 眼 観 察

研磨面には累帯配列が認められ、中央から外側に粗粒方鉛鉱→黒色白鉛鉱→赤褐色針鉄鉱・脈石鉱物の集合体となる。

顕 微 鏡 観 察

方鉛鉱 > 白鉛鉱、黄鉄鉱、硫酸塩鉱、針鉄鉱

方鉛鉱は硫化鉱物の大部分を占め、半自形あるいは自形の黄鉄鉱を伴っており、劈開沿い及び周縁部は白鉛鉱に交代されている。方鉛鉱と接している白鉛鉱は、多量の不定形方鉛鉱及び細粒の自形黄鉄鉱を含有する。硫酸塩鉱は、薄板状及び stringer 組織を呈する針鉄鉱及び脈石鉱物よりなる集合体中に産する。

N 1 - 2 4 A (Barreira 東部)

肉 眼 観 察

本試料は方鉛鉱に富み、粗粒方鉛鉱の縁は黒色白鉛鉱に取り囲まれている。

顕 微 鏡 観 察

方鉛鉱 ($10 \mu m \sim 1 cm$) > 白鉛鉱、針鉄鉱、閃亜鉛鉱 ($30 \mu m \sim 2 mm$) > 黄鉄鉱 ($20 \mu m \sim 15 mm$), 硫砒鉄鉱 ($5 \sim 300 \mu m$)、四面銅鉱 ($10 \sim 20 \mu m$), 硫酸塩鉱
方鉛鉱が卓越し、 $0.5 \sim 1 cm$ 大の方鉛鉱がち密な mass を形成する。方鉛鉱中に多量の不規則に融食された閃亜鉛鉱及び黄鉄鉱が認められる。閃亜鉛鉱は細粒方鉛鉱及び自形又はラス形の黄鉄鉱を含む。比較的粗粒の黄鉄鉱は方鉛鉱を含む。自形の硫砒鉄鉱が方鉛鉱中に産する。方鉛鉱の縁と一部の劈開及び三角形の溝に沿って白鉛鉱が交代している。白鉛鉱中に多量の細粒方鉛鉱残晶が認められる。

N1-25 (São José)

肉眼観察

本試料は塊状の方鉛鉱を含み、周囲を薄い暗色の縞に取り囲まれる。

顕微鏡観察

方鉛鉱 ($500\ \mu\text{m} \sim 12\ \text{cm}$)、白鉛鉱、黄鉄鉱 ($20 \sim 200\ \mu\text{m}$)、針鉄鉱、閃亜鉛鉱 ($30 \sim 100\ \mu\text{m}$)、赤鉄鉱

鉱石鉱物中方鉛鉱が優勢で密集な mass を示す。方鉛鉱中には不規則に融食された黄鉄鉱が多量に認められ、又劈開に沿って白鉛鉱が発達する。方鉛鉱の縁も、不規則に融食された多量の細粒方鉛鉱の残晶を含む白鉛鉱によって交代されている。赤鉄鉱は部分的に黄鉄鉱の仮像として発達する。

N1-52B (Santo Osvaldo)

肉眼観察

本試料は方鉛鉱に富む。

顕微鏡観察

方鉛鉱 \gg 黄鉄鉱 ($10 \sim 400\ \mu\text{m}$)、閃亜鉛鉱、白鉛鉱、針鉄鉱、硫酸塩鉱、磁硫鉄鉱、銅藍

方鉛鉱は研磨面つ50%を占める。白鉛鉱は方鉛鉱の縁を交代し、方鉛鉱の劈開に沿って充填している。又白鉛鉱は不規則に融食された半自形の細粒の方鉛鉱の残晶を多量に含む。目形又は半目形の黄鉄鉱が方鉛鉱及び白鉛鉱中に産する。黄鉄鉱は針鉄鉱及び脈石鉱物とも共生して産する。少量の閃亜鉛鉱及び磁硫鉄鉱が方鉛鉱中に認められる。銅藍は閃亜鉛鉱と磁硫鉄鉱を交代している集合体として産する。針鉄鉱は集合体及び細脈として産し、針鉄鉱の縁は部分的に硫酸塩鉱に交代されている。

3-4 鉱石分析の結果

本年次の調査で鉱床露頭及び鉱石から鉱石試料を合計22個採取し、Pb, Zn, Cu及びAgの4成分について分析した (Table 1-1)。前者3者は湿式分析法を、最後者は原子吸光分析法を用いた。ただし鉱床露頭部は既に採掘済みのものがほとんどであるため、貯鉱から採取した試料が多い。したがって分析結果は粗鉱品位より高い値を示すものと考え、全体の傾向を把握できる。

鉛品位は、方鉛鉱・白鉛鉱・硫酸鉄鉱からなる鉱石で非常に高く、最高値72.12% (N1-52)を示す。一方赤鉄鉱・針鉄鉱を主体とする鉱石では1%未満である。しかし前項で述べたように Furnas 鉱床の地表部が酸化作用を蒙っていることを考慮すると、今回新たに確認された数ヶ所の鉱微地から得られた試料の鉛品位が低い点に関しては、稼行対象にならないとは速

Table 1-1 Assay Results of Ores of Furnas Area

No	Sample No	Location	Occurrence	Pb (%)	Zn (%)	Cu (%)	Ag (g/t)
1	NI - 15	the western extremity	limonite-calcite vein (W 0.1~1.0m)	0.41	0.02	0.01	4.7
2	NI - 16	do.	float of galena-quartz vein	0.43	0.02	0.04	29.1
3	NI - 18	St. Antonio de Cima	float of galena-Pb oxide	51.17	0.44	0.03	1036.0
4	NI - 19	St. Antonio de Baixo	float of gossan	25.58	0.24	0.04	150.5
5	NI - 21	Tres Bocas	do.	0.20	0.12	0.04	0.9
6	NI - 22	do	do	0.33	0.02	0.09	0.9
7	NI - 23	Vala 8	galena-Pb oxide vein (W 0.15 m)	16.17	18.57	0.06	249.5
8	NI - 24	east side of Barreira	do. (W 1.0 m)	68.75	1.93	0.03	2404.0
9	NI - 25	São José	do (W 0.3 m)	70.96	0.77	0.06	779.8
10	NI - 30	the eastern outside	float of gossan	2.24	0.15	0.01	23.4 (Au 125.3)
11	NI - 33	west side of FK-10.0	do	0.67	0.41	0.03	3.5
12	NI - 40	FA-9.0	galena-quartz vein (W 2~5 cm)	0.57	0.02	0.03	26.8
13	NI - 41	do	do	0.53	0.02	0.25	23.9
14	NI - 42	FH-10.2	float of gossan	0.99	0.02	0.00	6.1
15	NI - 49	FJ-10.0	float of quartz	0.08	0.01	0.00	0.2
16	NI - 51	FB-7.7	quartz vein (W 0.6 m)	0.09	0.01	0.00	0.3
17	NI - 52	St. Oswaldo	float of galena	72.12	0.60	0.01	1339.0
18	NI - 53	do	float of gossan	2.92	0.60	0.03	79.8
19	NI - 57	FJK-3.5	quartz vein (W 5 cm)	0.08	0.01	0.01	3.0
20	JG - 15	FD-8.5	galena-quartz vein (W 3 cm)	0.07	0.02	0.00	5.9
21	JG - 19	FFG-7.0	float of gossan	0.13	0.01	0.00	1.2
22	JG - 20	do	do	0.16	0.01	0.03	1.4

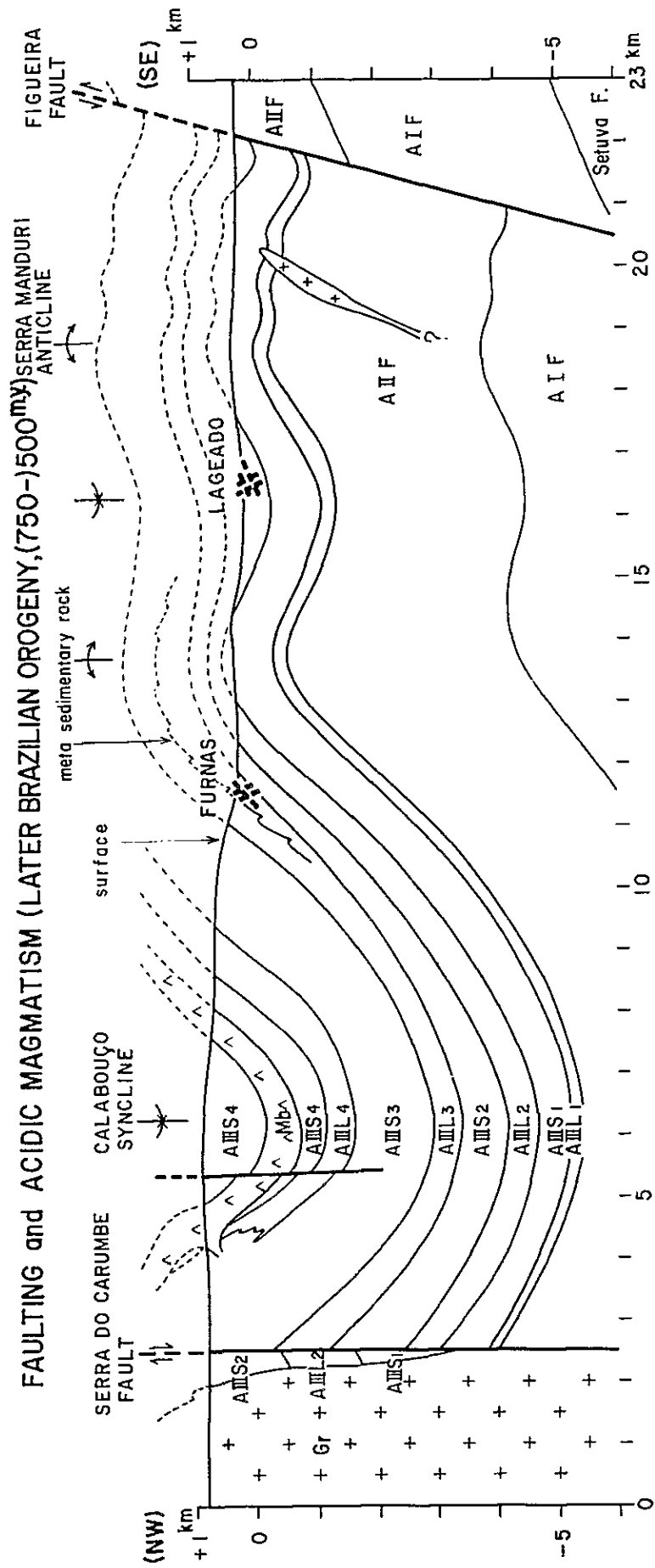


Fig. 1-5 Geotectonic Profile of Phase III Surveyed Area

断できない。

亜鉛品位は、試料 N1-23 で最高値 18.57% を示すほかは、全体に低い。Furnas 鉱山から出鉱される鉱石の一部には、閃亜鉛鉱・方鉛鉱からなる鉱石も含まれており、局部的に亜鉛が濃集するゾーンがあると考えられる。

銅品位は全体に非常に低く、最高値は 0.25% (N1-41) にすぎない。

銀品位は鉛品位同様方鉛鉱・白鉛鉱・硫酸塩鉱からなる鉱石で非常に高く、最高値 2104g/t (N1-21) を示し、赤鉛鉱・針鉄鉱を主体とする鉱石では数 g/t と低く、銀品位と鉛品位は正の相関を示す。鏡下の観察では銀鉱物は認められないが、鉛品位が高くなっても肉眼で方鉛鉱が認められる試料 (N1-16, 40, 41) で銀品位が約 30 g/t であること及び従来報告されているように方鉛鉱や四面銅鉱中の金属元素の一部を銀が置換していることなどから推察すると、本地区の鉱石中の銀も方鉛鉱や四面銅鉱中に含有されている可能性が強い。

以上のように、稼行対象となる鉱石は、Pb-Ag-Zn 鉱である。

3-5 地質構造と鉱床の関連性

本調査地区の地質は一般走向 N60°E、一般傾斜 45°NW の同斜構造を呈し、大規模な断層及び褶曲は認められない。しかし本地区は広域的な地質構造上 NE-SW 系の Calabouço 向斜と Serra Manduri 背斜の中間に位置すること及び鉱床を胚胎する見れ目の主圧力場解析から NE-SW 系の横圧力が求めたことを総合的に考察すると、本調査地区の鉱脈裂か系は褶曲構造と同時に形成されたと考えられる。Fig. 1-5 に第三年次報告書で示した地質構造発達史の一部を引用する。これによると Furnas 鉱床の寄与は、南東部の Serra Manduri 背斜より 1 オータ低次である背斜軸部から自徴に AIII_{L3} 層の層厚が減少する翼部にあたることは興味深い。

本地区内の鉱徴地は、Plate 1-3 から明らかかなように地形上鞍部に集積する傾向があり、地質構造上の劣線部と鉱床の位置が関係することを示すものも知れない。

3-6 地質構造と物理探査結果の関連性

これまで述べてきた諸事項より判断して、現在 Furnas 鉱山で探鉱・採掘が実施されている最南西端の Laranjeiras 鉱体の南西方向で、下部の探鉱がなされていない Santo Antonio, Tres Bocas 鉱徴地を含む地域に実施された電気探査 (IP 法, SIP 法) の結果と、地質調査の結果の関連性を考察する。

電気探査の結果、見掛比抵抗は各測線について北西部から南東部にかけて高比抵抗帯、低比抵抗帯、高比抵抗帯及び中比抵抗帯がほぼ帯状に配列している。これらの分布状況は本地区の地質の分布及び地質構造と良く一致し、それぞれ AIII_{L3} 層上部、AIII_{L3} 層中部、AIII_{L3} 下部及び AIII_{S2} 層の見掛比抵抗を反映していると考えられる。

またPFEの分布も地質構造と調和的で北西部から南東部にかけて低PFE、高PFE、低PFE及び高PFEのほぼ帯状分布を示す。このうち、中央部の高PFE帯はAⅢL₃層中部に挟在される泥質苦灰岩中の黄鉄鉱と石炭質セリサイト片岩が強いIP効果を示していると考えられ、南部の高PFE帯はAⅢS₂層のセリサイト片岩中のフィルム状の石炭及び黄鉄鉱と石炭質セリサイト片岩が同様に強いIP効果を示しているものと考えられる。

一方、鉛鋳床胚胎層準のAⅢL₃層下部において顕著なPFE異常が認められなかったが、これは鋳床の規模が小さすぎたこと、鋳床母岩が非分極性の高比抵抗体であったこと及び鋳床層準の上下盤の高PFE異常による干渉作用など種々の原因によりPFE異常の検出が困難であったと考えられる。

3-7 今後の探鋳について

Furnas 鋳床及び同種の鋳床の胚胎層準が明確になったので、この層準の分布する範囲で精密土壌地化学探査又は岩石地化学探査により、有望な鋳化帯を抽出することが効果的な探鋳法と考えられる。

Furnas 鋳床胚胎層準は、本調査地区外にも連続することが判明したので、地質精査及び地化学探査を実施することが望ましい。

第Ⅱ部 物理探査

第1章 概 説

1-1 調査目的

第四年次の物理探査として、I P法及びS I P法がFurnas（フルナス）地区において採用された。

調査地区の北東に稼行中のFurnas 鉱山があり、第三年次の地質調査で同鉱山の南西方に、方鉛鉱・閃亜鉛鉱の脈状～網状鉱床が潜在する可能性が指摘された。この結果に基づき、この地区の鉱床の賦存状況を明らかにすることを目的として、I P法10測線（1.5 km×10本）、S I P法3測線（1.5 km×3本）が設定され、調査が行われた（Fig. II-1）。

1-2 調査区域

調査区域は、Apiaí（アピアイ）市の東方約20 kmに位置する1.5 km×1.5 kmの範囲である。

1-3 調査期間

現地調査 昭和58年10月28日～昭和59年2月7日

解析・報告書作成 昭和59年2月8日～昭和59年3月30日

第2章 SIP法・IP法電気探査

2-1 調査方法

2-1-1 測定方法

SIP法、IP法電気探査とは、電気伝導、イオン伝導により誘起された過渡電位（IP現象）を測定する方法である。

IP法には、IP現象の測定方法により“周波数領域法”と“時間領域法”があり、本調査では3 Hzと0.3 Hzによる“周波数領域法”を使用した。

SIP法は、0.125 Hz～88 Hzの広帯域の周波数を用いて観測し、IP現象をスペクトル特性として捉え、そのスペクトル特性に基づき、岩相の判別を可能とした。

調査仕様及び本調査で使用した機器をTable II-1に示す。

Table II-1 Specification and Instruments

	SIP survey	IP survey
Line length	4.5 km	15.0 km
Line interval	450 m - 750 m	150 m
Electrode spacing	100 m	100 m
Electrode configuration	Dipole-dipole	Dipole-dipole
Space factor	n = 1 - 5	n = 1 - 5
Auxiliary survey	Laboratory measurement of 28 samples	In-situ measurement at 13 localities
Instruments	Transmitter FT-4 Receiver GDP-12	Transmitter CHT-7802 Receiver CHR-7801 Receiver CHR-7802

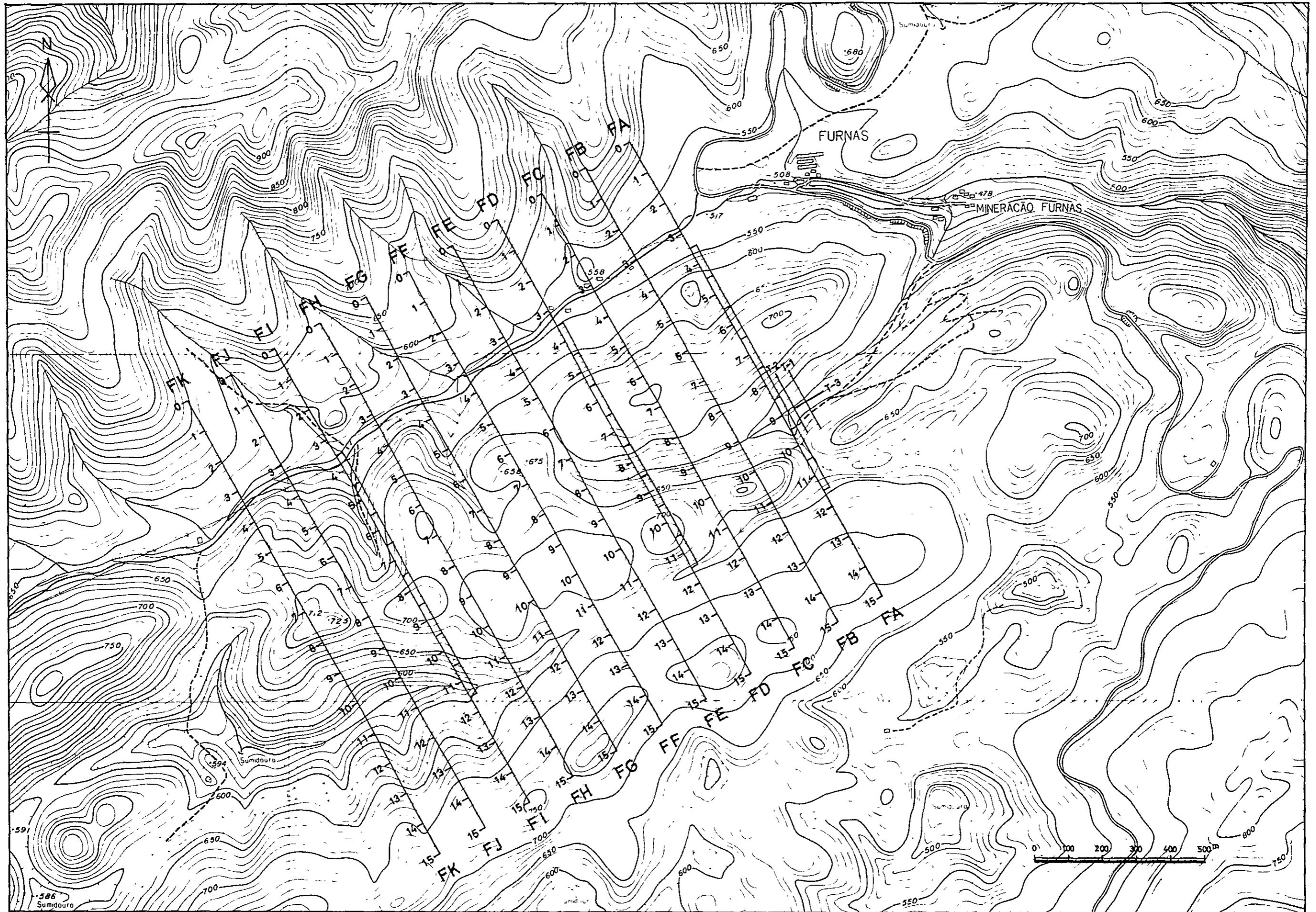


Fig. II-1 Location Map of IP & SIP Survey Lines

SIP法の測定システムをFig. II-2に示す。

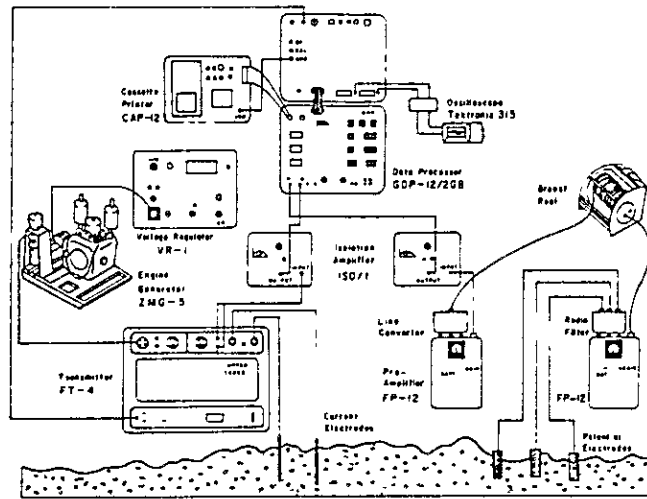


Fig. II-2 Schematic Diagram of SIP Measurement

2-1-2 測線設定

測線は、調査地域の地質の走向方向に直交するようにFA, FB, ……………, FJ, FKの11測線が設定された。測量は、ポケットコンパスと間組を用い、水平距離100m毎に木杭を打ち込み測点を設定した。測点番号は各測線共通で、北端から0, 1, ……………, 14, 15と番号を付した。Table II-2に測線一覧を示す。

Table II-2 List of Survey Lines

Line Name	SIP survey		IP survey	
	Line Length (km)	Observation Point	Line Length (km)	Observation Point
FA	1.5	49	1.5	55
FB			1.5	55
FC			1.5	55
FD	1.5	49	1.5	55
FE			1.5	55
FF			1.5	55
FG	1.5	49	1.5	55
FH			1.5	55
FI			1.5	55
FJ	1.5	49	1.5	55
FK			1.5	55
Total	4.5 km	147 points	15.0 km	550 points

2-1-3 データ解析手順

測定データの処理，解析は Fig. II-3 に示す手順で実施された。

2-2 SIP法電気探査結果

SIP法電気探査は，測線FA，FD及びFIの3測線で実施された。このうち，測線FA，FDではIP法電気探査と重複して測定を行った。

測線FAは，稼行鉋床上に設定され，他の2測線は地質的に最も鉋床賦存の可能性があると考えられた位置に設定された。

以下に，調査結果を述べる。

2-2-1 擬似断面及び断面解釈

擬似断面図は見掛比抵抗，位相差，PFE，3PTの4種類，また断面図はPhase spectrum，Cole-Cole Diagram及びMagnitude spectrumの3種類を作成した。

○見掛比抵抗擬似断面図 (Fig. II-4)

この断面図は0.125 Hzでの見掛比抵抗を表わしている。

これによると各測線とも測線北側より高-低-高-中見掛比抵抗分布を示している。この分布形態は後述するIP法電気探査の結果と同様である。この見掛比抵抗分布形態は地質と調和的であり，岩石比抵抗を十分反映したものであると判断される。各測線のNo.3以北では2,500 Ωm 以上の高見掛比抵抗，No.3～No.7では1,000 Ωm 未満の低～中見掛比抵抗，No.7以南では1,000 Ωm 以上の中～高見掛比抵抗値が検出された。特に，No.7以南の高見掛比抵抗とNo.3以北の高見掛比抵抗は一樣に分布しており，均質な高密度岩体の影響を反映していると考えられる。

○位相差擬似断面図 (Fig. II-5)

野外測定で使用した周波数は18周波数であるが，その中で最も電磁カノリングの影響が少ないと考えられる最低周波数の0.125 Hzの位相差について解釈した。位相差擬似断面を Fig. II-5 に示す。

この断面を考察するにあたって-20 mrad以上を異常とした。この-20 mrad以上の位相差は各測線のNo.3～No.8，No.12～No.14付近との2箇所を検出された。この2箇の異常はNo.8～No.10深部で連続するような示徴形態を示しており，異常の範囲は測線FI付近で最も広く検出されている。

これら2箇の異常の中心と考えられる-30 mrad以上の示徴形態は，測線FAでは南北

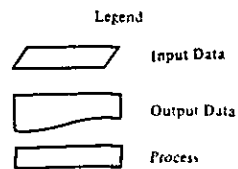
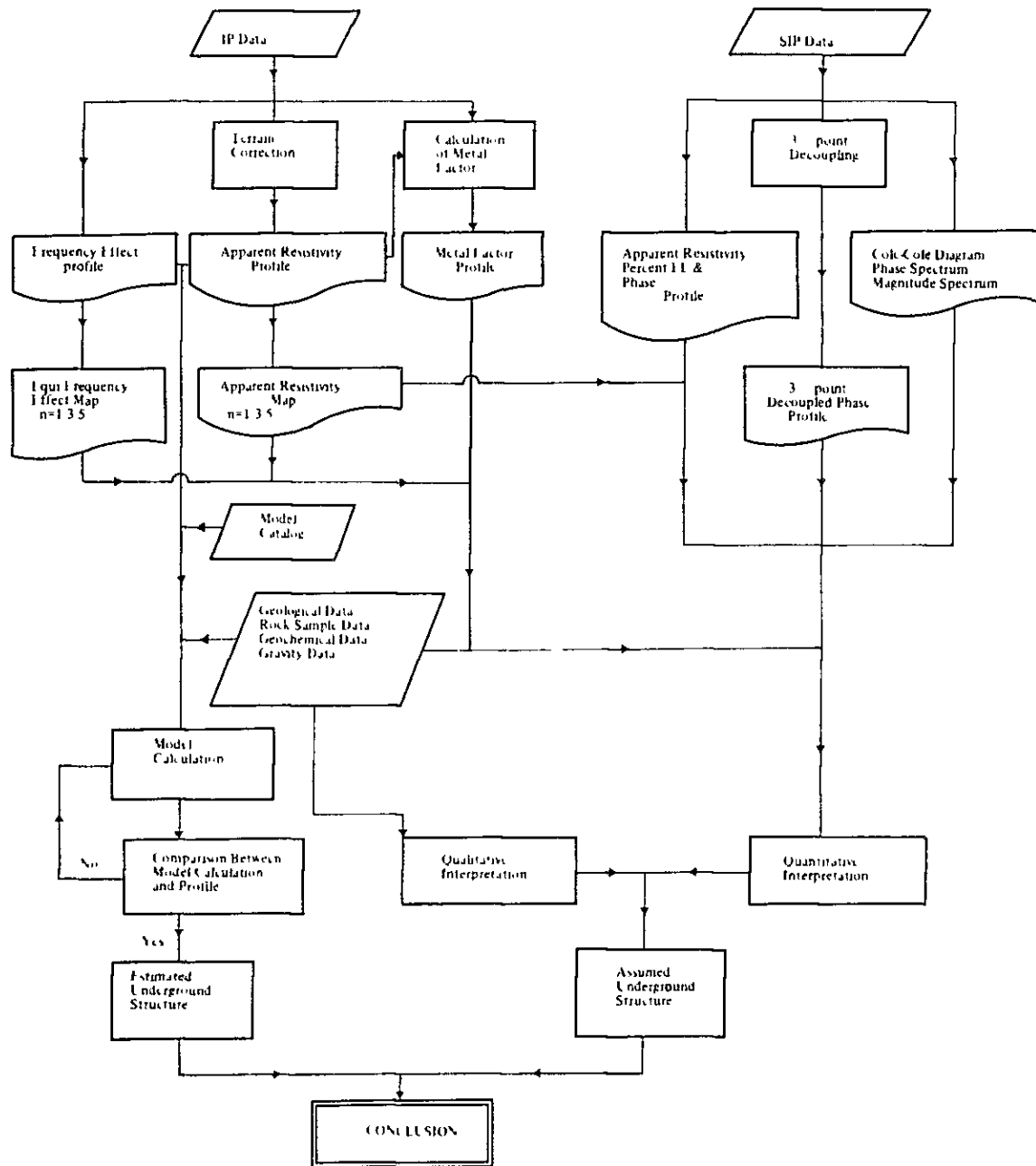


Fig. II-3 Flow Chart of IP & SIP Data Analysis

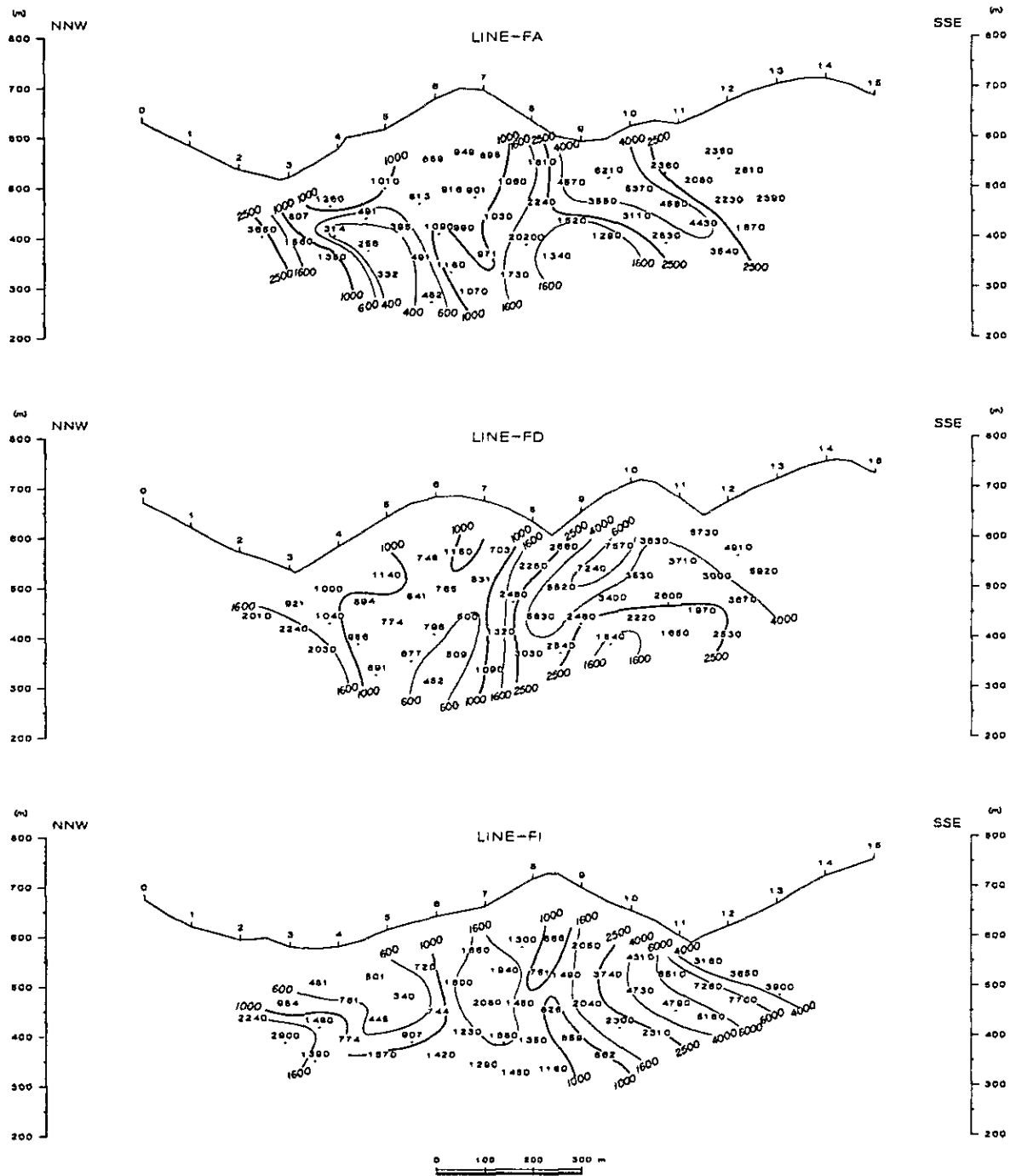


Fig. II-4 SIP Pseudosection of Apparent Resistivity[0.125Hz]
(Line-FA, FD, FI)

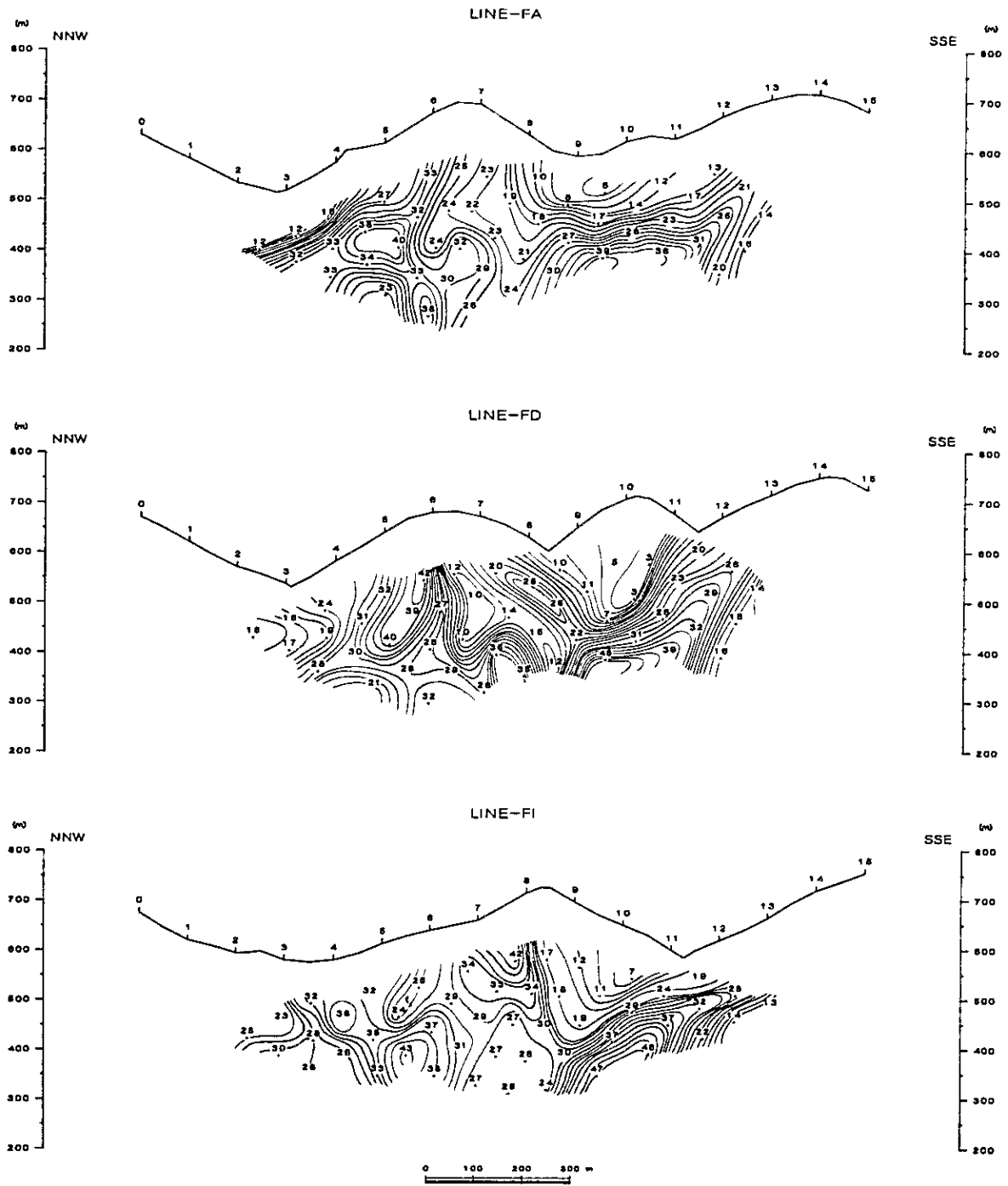


Fig. II-5 SIP Pseudosection of Raw Phase [0.125Hz]
(Line-FA, FD, FI)

両異常とも北傾斜を示している。しかし、測線 F D 及び F I の Na 1 2 ~ Na 1 4 の異常は北傾斜であるが、Na 3 ~ Na 8 の異常は北傾斜からやや垂直な小規模な異常へと変化している。また、この異常には非分極性岩体の規制を強く受けた示徴形態を看取することが出来る。

各測線の Na 1 2 ~ Na 1 4 の異常は、3 測線ともほぼ同一異常示徴形態を示している。この示徴形態は非常にコントラスト (I P 効果) が強いため、異常の両側の地層には I P 効果を誘起する岩体の存在しないことを意味する。また、この異常は同形状で \ E - S W 方向に連続するものと予想される。

○ 3 - P T Decoupled Phase 擬似断面図 (Fig. II - 6)

3 - P T Decoupled Phase は周波数と位相差に二次関数の関係があると考え、近似的に直流における位相差を求めたものである。この断面を作成するにあたっては 0 1 2 5 Hz - 0 3 7 5 Hz - 0 6 2 5 Hz の 3 周波数を用いた。この 3 周波数は 0 1 2 5 Hz の第 1, 3, 5 次高調波である。

これによると 0 1 2 5 Hz における位相差擬似断面の異常形態とほぼ同一の形態が看取される。このことは低周波領域においてほとんどカノプリングの影響を受けていないスペクトルであると判断される。

○ P F E 擬似断面図 (Fig. II - 7)

P F E 擬似断面図は 0 1 2 5 Hz - 1.0 Hz を用いて作成されたものである。

3 0 % 以上を異常値として考えると、各測線の Na 3 ~ Na 8, Na 1 2 ~ Na 1 4 付近の 2 箇所に異常が検出された。この 2 箇所の異常は測線 F D 付近で若十分離するような示徴形態を示しているが、Na 8 ~ Na 1 1 の深部で連続して検出されている。

また各測線の Na 3 ~ Na 8 に検出された 5 % 以上の値はこの異常をもたらしている異常源を反映したものと考えられる。この異常源は測線 F A, F D においては Na 6 の地表付近より北傾斜で深部へ延びているが、測線 F I では垂直している。しかし測線 F I の Na 3 ~ Na 5 付近には、測線 F A, F D においては検出されなかった南傾斜の異常が検出されている。一方、各測線の南側 Na 1 2 ~ Na 1 4 に看取される異常は 3 測線ともほぼ同形状で検出されている。この 2 箇所の異常における異常源の I P 効果の強さはほぼ同程度のものであると考えられる。

○ Phase Spectrum 断面図 (Fig. II - 9 - 1 ~ 3)

一般に高比抵抗岩体における I P 異常は電磁カノプリングの影響が少ないと考えられており、0 1 2 5 Hz と 1 0 Hz のハーモニックにおける各測線のスペクトルは全般に高比抵抗岩体を反映したカノプリングの少ない緩傾斜を示すスペクトルが検出されている。各測線の北側 (Na 3 ~ Na 8) に検出された異常のスペクトルは、0 1 2 5 Hz ~ 5 Hz までの

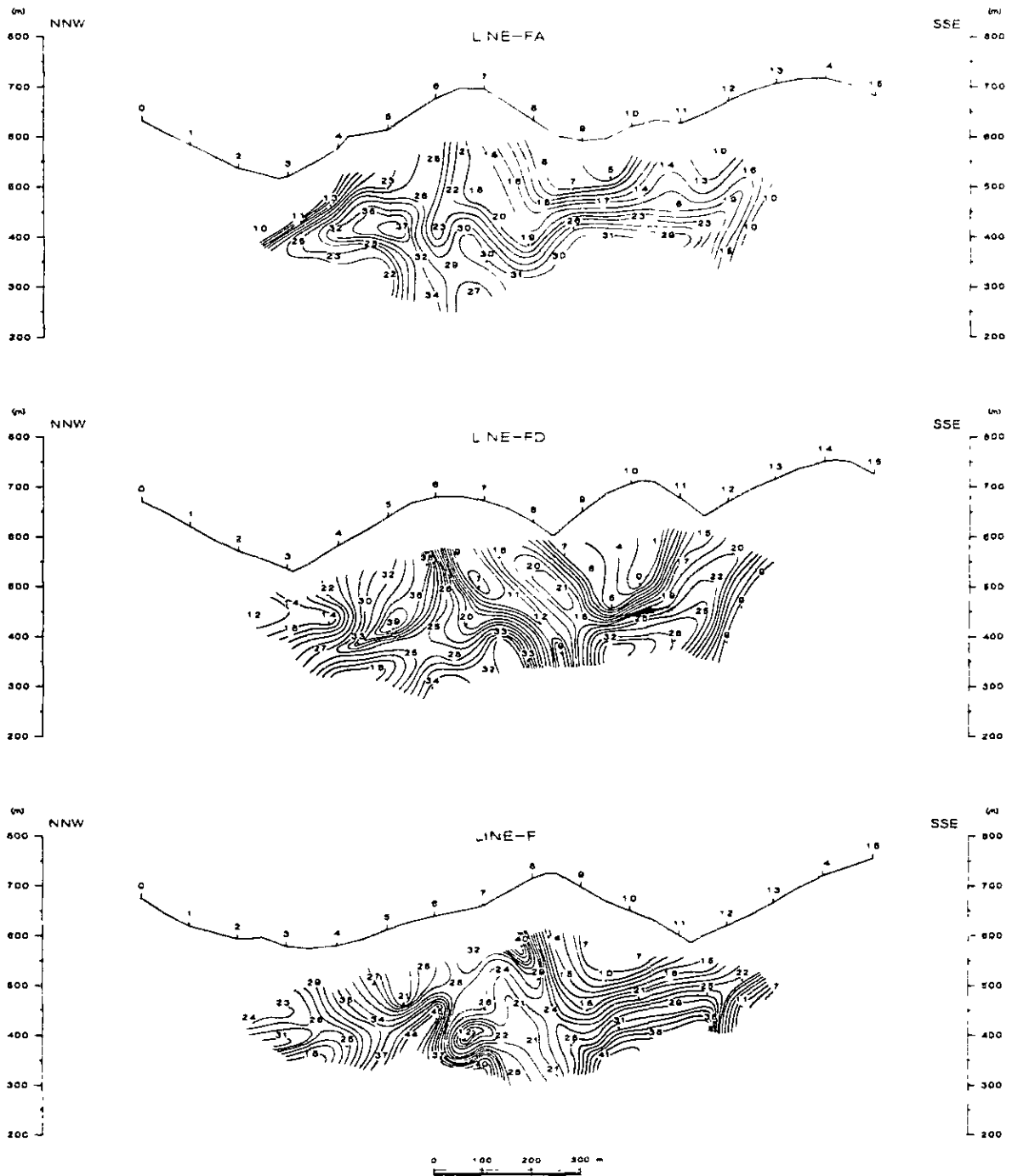


Fig. II-6 SIP Pseudosection of 3-Point Decoupled Phase
 [0.125-0.375-0.625Hz] (Line-FA, FD, FI)

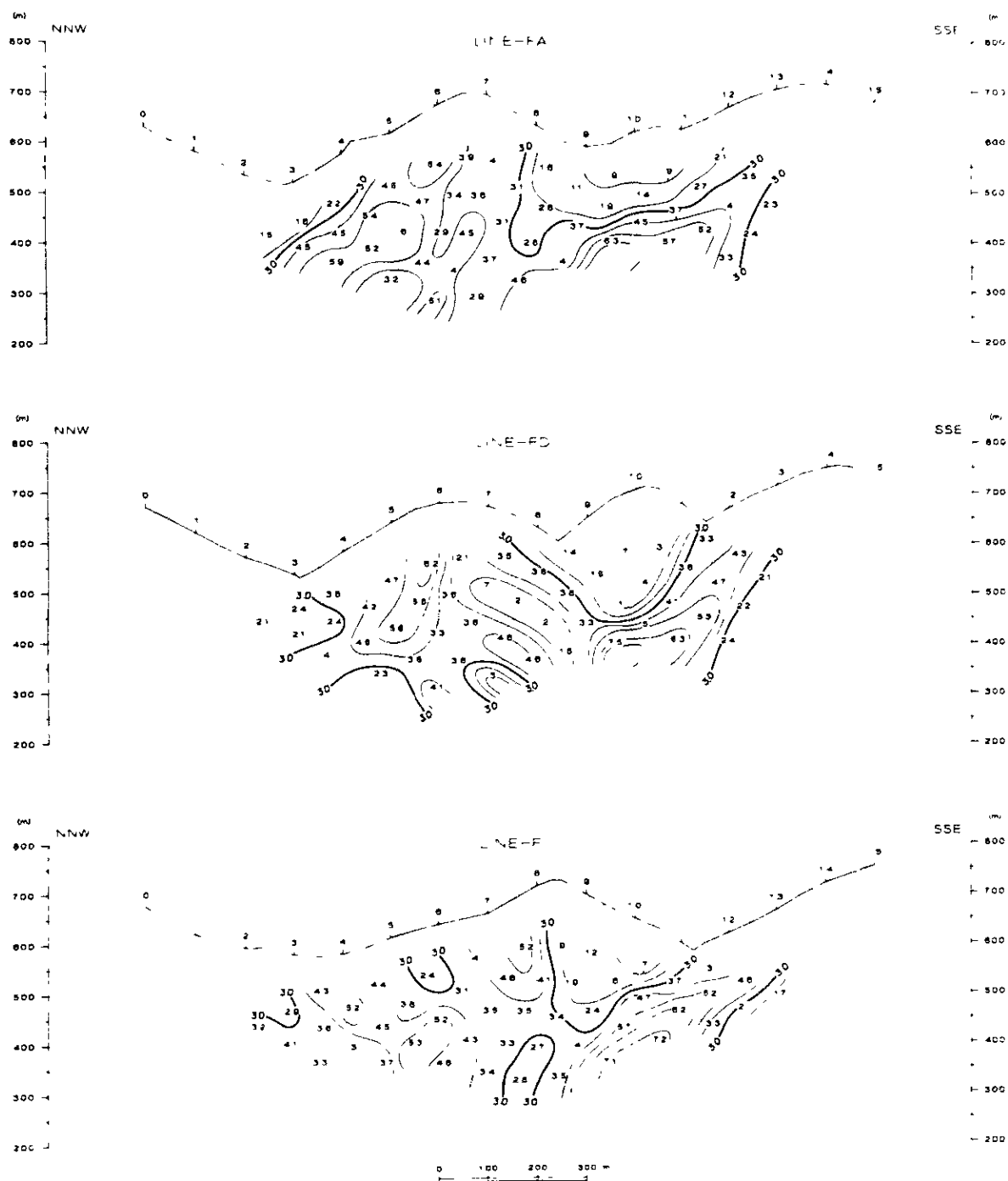


Fig. II-7 SIP Pseudosection of Percent Frequency Effect
 [0.125-1.0Hz](Line-FA, FD, FI)

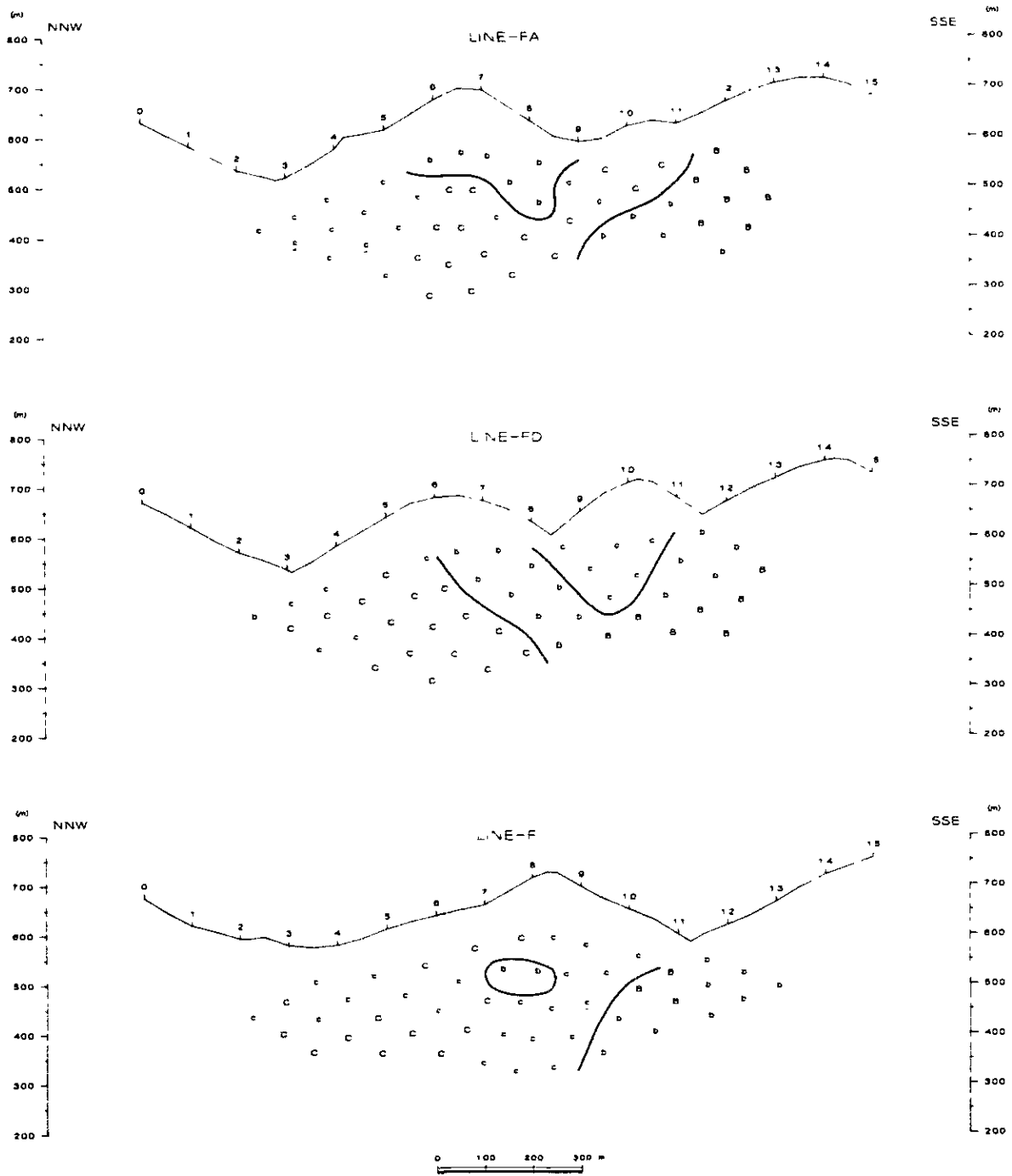


Fig. II-8 Classification of Phase Spectral Type

周波数領域において周波数の増加に伴い位相差がやや一定のスペクトルが看取される。このスペクトルは測線 F A では測点 No. 5 付近を中心とし、深部で広がる「ハリ字」型が微として検出されている。今後、このスペクトルを「C」型スペクトルタイプと呼称する。

一方、各測線の南側 (No. 12 ~ No. 14) に検出された強い I P 効果を有した異常のスペクトルは、地表付近から深部まで北傾斜で検出されている。この異常は深部ほど位相差が大きくなっている。

またこの異常におけるスペクトルは、周波数が増加に伴い位相差の増大が認められるもので、電磁カノフリングの影響を若干受けているものの、非常に強い I P 効果を有した異常帯の存在を示唆している。今後このスペクトルを「B」型スペクトルタイプと呼称する。

その他、本調査地区において特徴的なスペクトルとしては、各測線の No. 9 ~ No. 11 付近の $n = 1 \sim 2$ に電磁カノフリングの影響だけのものが検出されている。全般的には北側の異常と同タイプのスペクトルが検出されているのが特徴である。

④ Magnitude Spectrum 断面図 (Fig. II - 10 - 1 ~ 3)

上述した 2 個の異常についてのマグニチュードスペクトルを比較すると、両異常とも周波数の増加に伴い急激にマグニチュードの減少を看取することが出来るが、北側の異常は南側の異常に比べてマグニチュードの減少率がやや小さい。しかも 8 Hz 付近でやや上昇する傾向が認められるのが特徴的である。この傾向の認められるマグニチュードスペクトルは測点 No. 8 付近以北に広く検出されている。

⑤ Cole-Cole Diagram 断面図 (Fig. II - 11 - 1 ~ 3)

周波数の増加に伴い (1) 虚数成分が一定から 8 Hz 付近で急激に増加するもの、(2) 実数成分にはほとんど変化なく虚数成分が低周波領域より増加しているもの、および、(3) 虚数成分が徐々に増加するものの、3 種類パターンが検出されている。

(1) は各測線の No. 15 ~ No. 85 付近に地表より深部まで北傾斜で検出され、(2) は各測線の No. 9 ~ No. 11 付近の $n = 1 \sim 2$ 付近、(3) は No. 11 ~ No. 14 付近に地表より深部まで北傾斜で検出されている。

2 - 2 - 2 岩石物性測定

調査地区内で 35 個の試料を採取し、SIP 法により比抵抗 P F E 値及び位相差等の測定を行った。試料採取位置図を Fig. II - 12 に、測定系を Fig. II - 13 に、測定結果を Table II - 3 に示す。しかしながら、測定に供された試料は必ずしも地下に存在する岩石と同様な条件下で測定することは困難であり、また、試料採取条件及び位置等の理由により、測定値そのものが必ずしもその地層を代表する物性値ではないと考えられるが、調査結果を考察するうえで必要不可

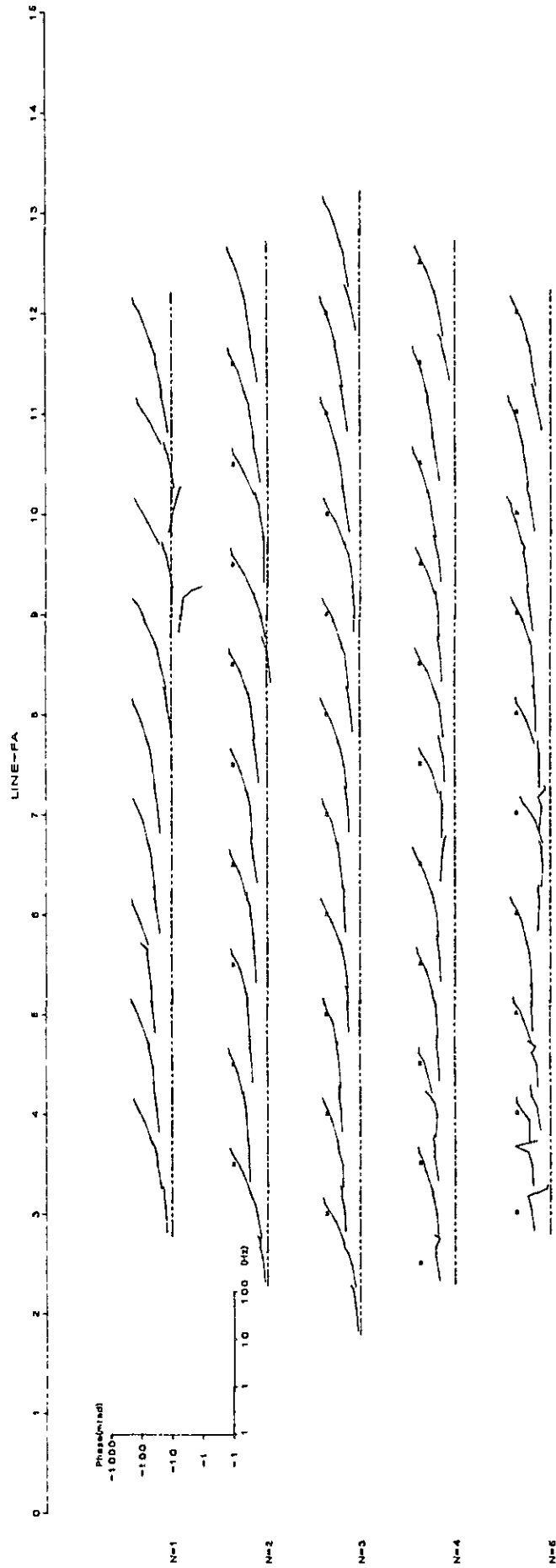


Fig. II-9-1 Phase Spectrum (Line-FA)

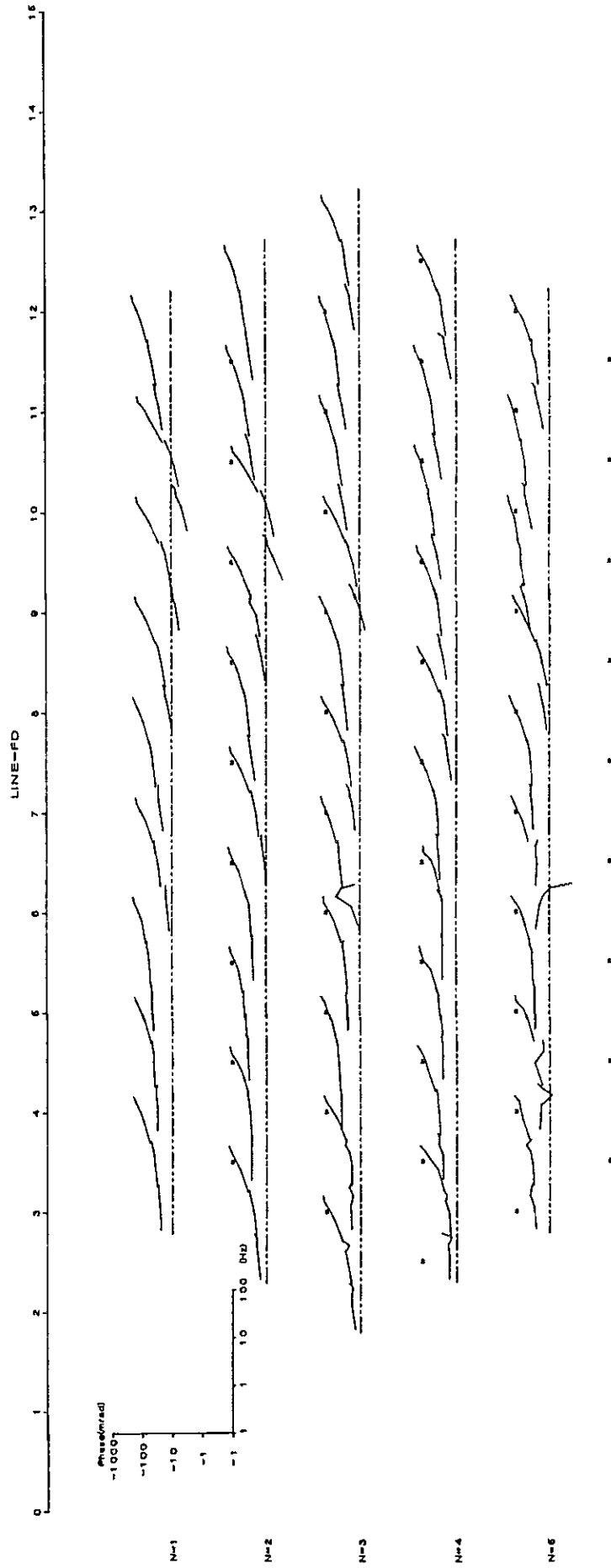


Fig. II -9-2 Phase Spectrum (Line-FD)

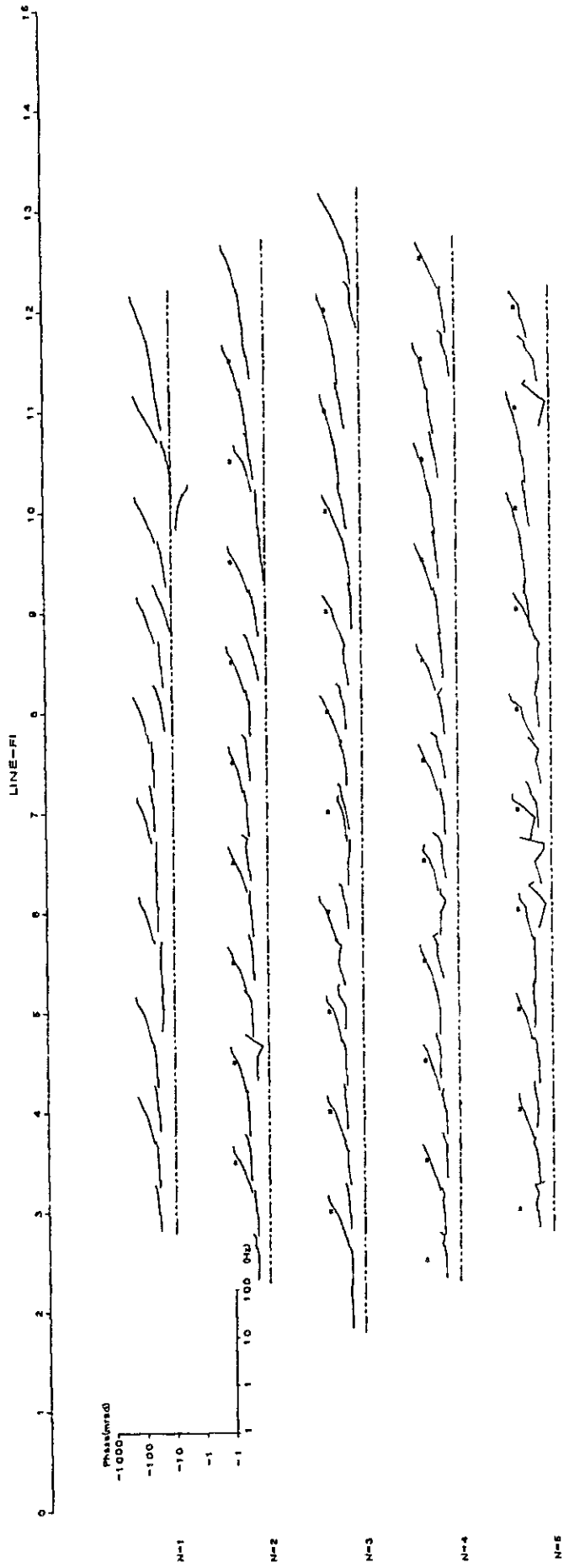


Fig. II-9-3 Phase Spectrum (Line-FI)

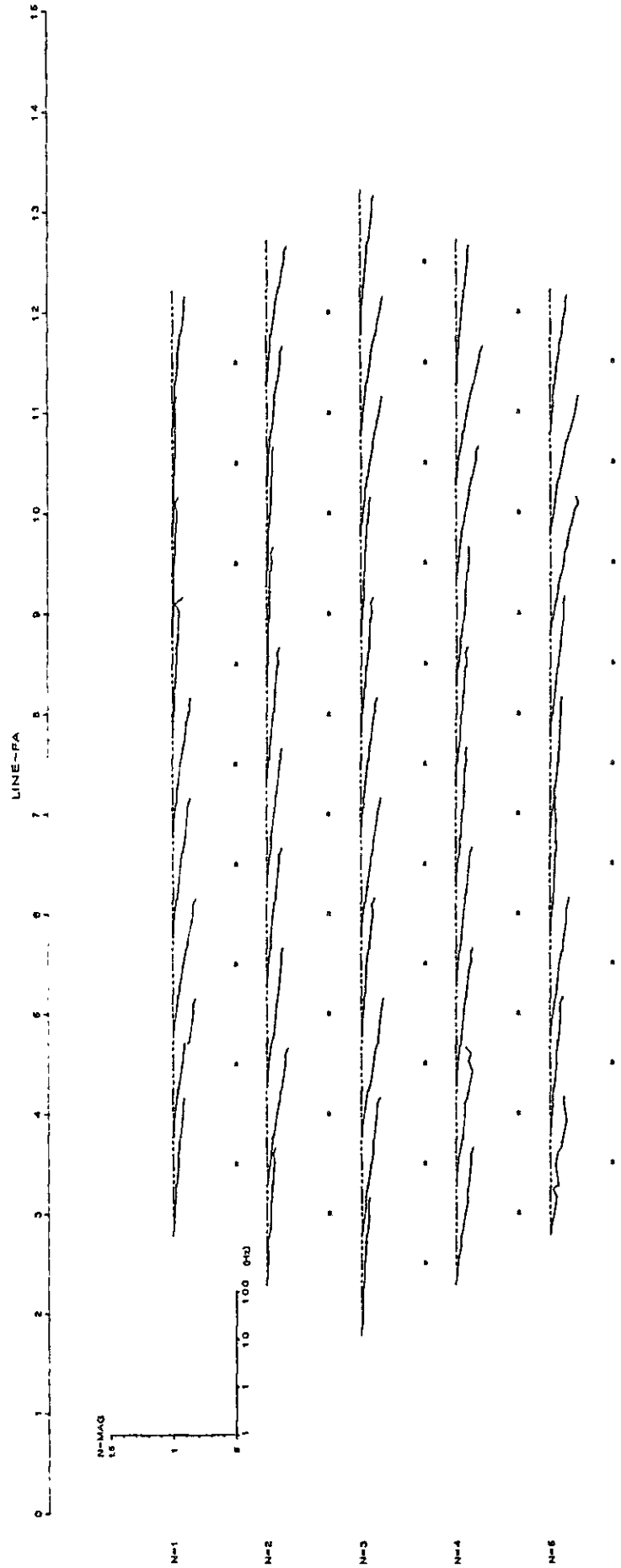


Fig. II-10-1 Magnitude Spectrum (Line-FA)

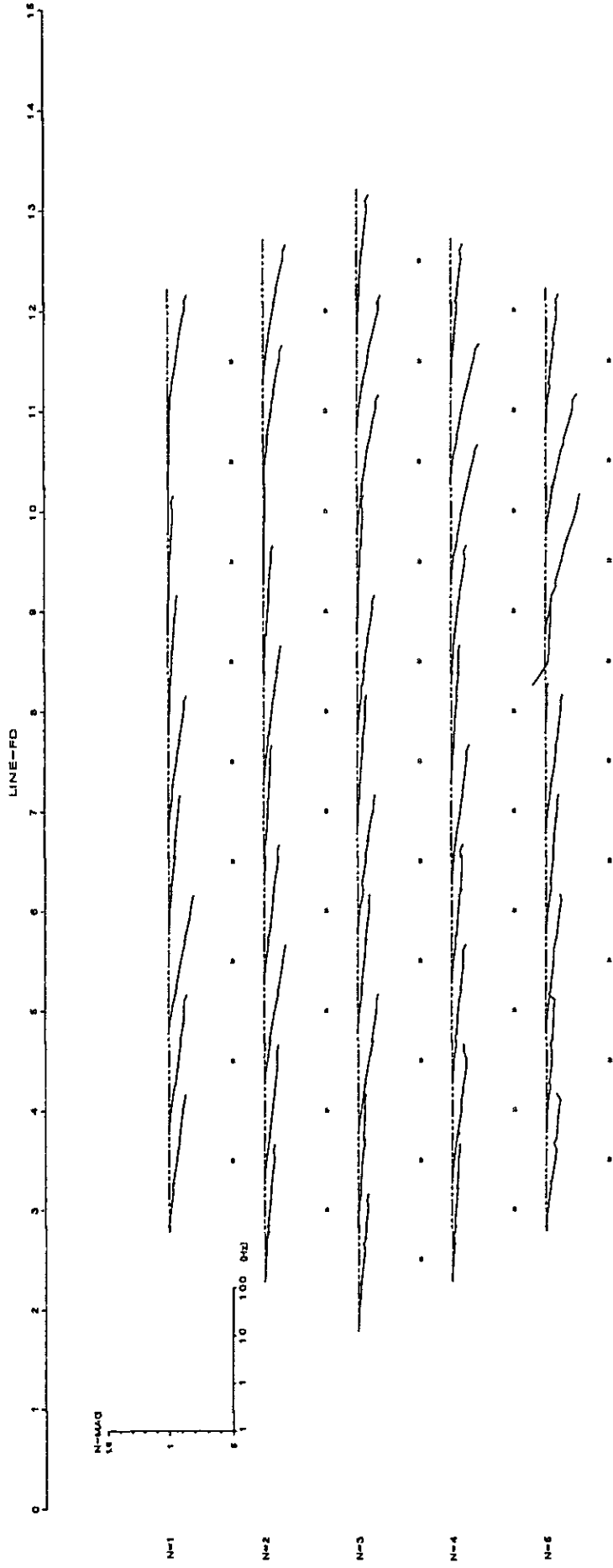


Fig. II-10-2 Magnitude Spectrum (Line-FD)

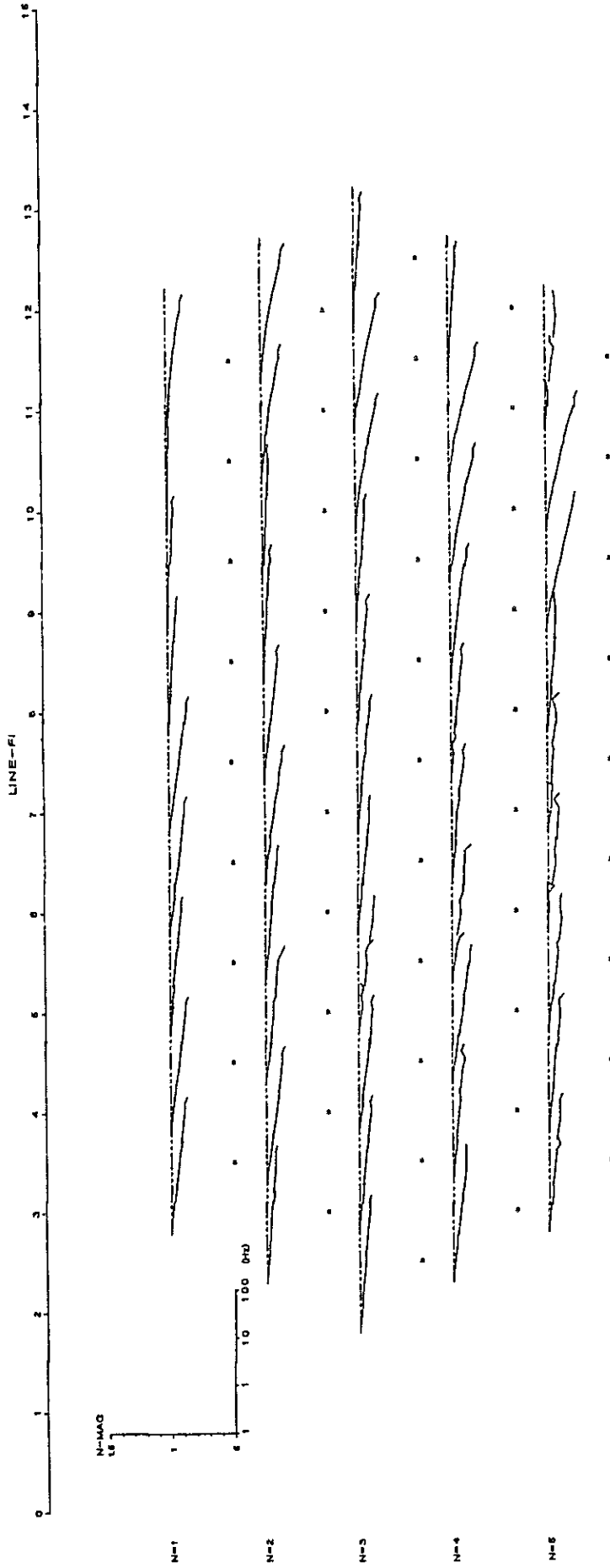


Fig. II-10-3 Magnitude Spectrum (Line-FI)

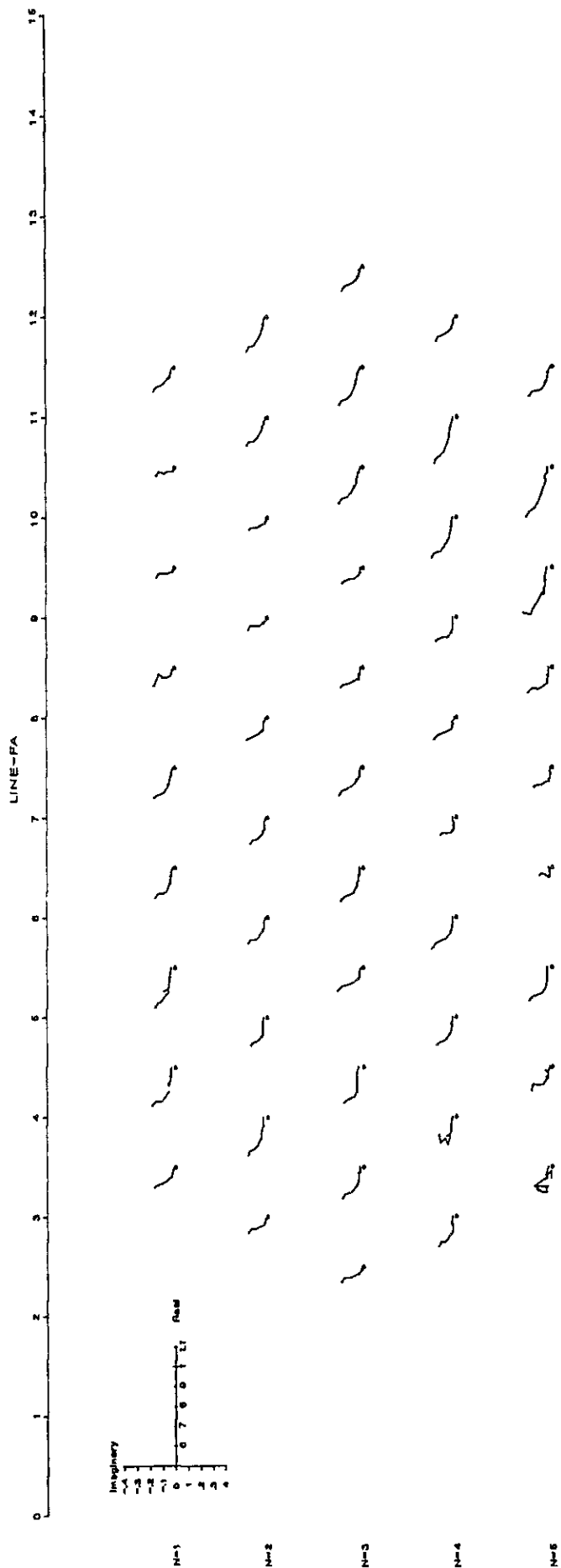


Fig. II - 11-1 Cole-Cole Diagram (Line-FA)

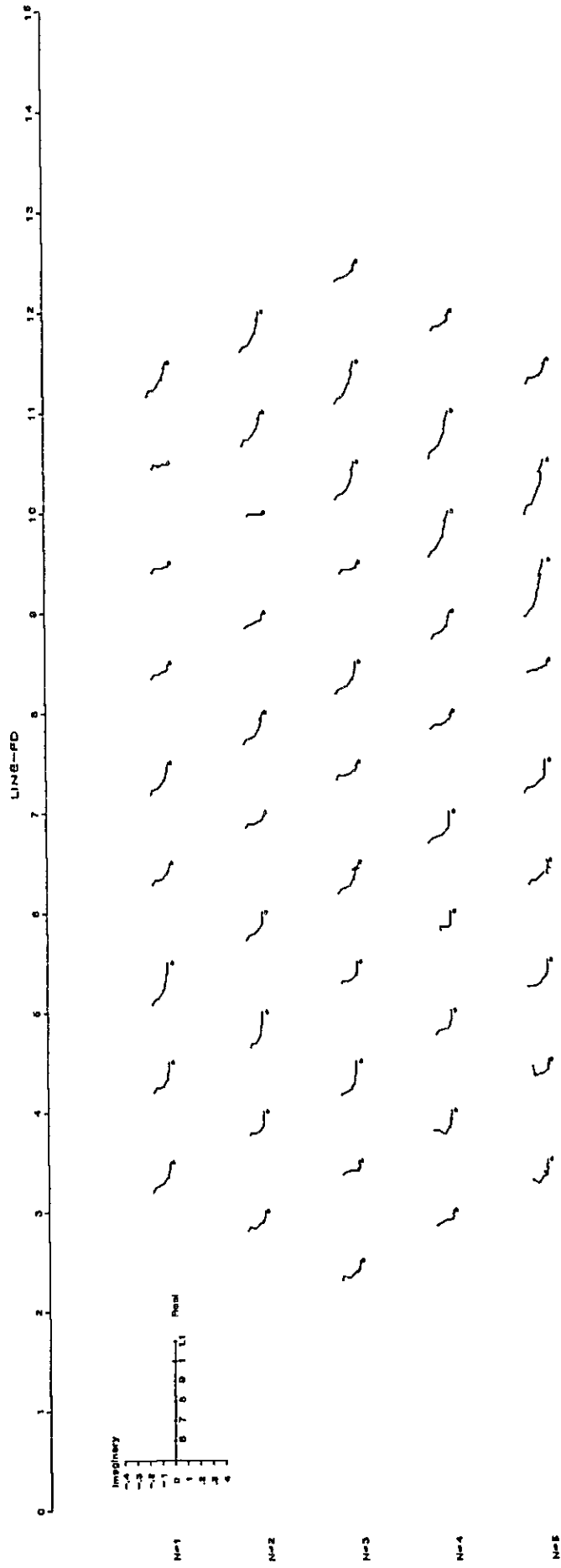


Fig. II-11-2 Cole-Cole Diagram (Line-FD)

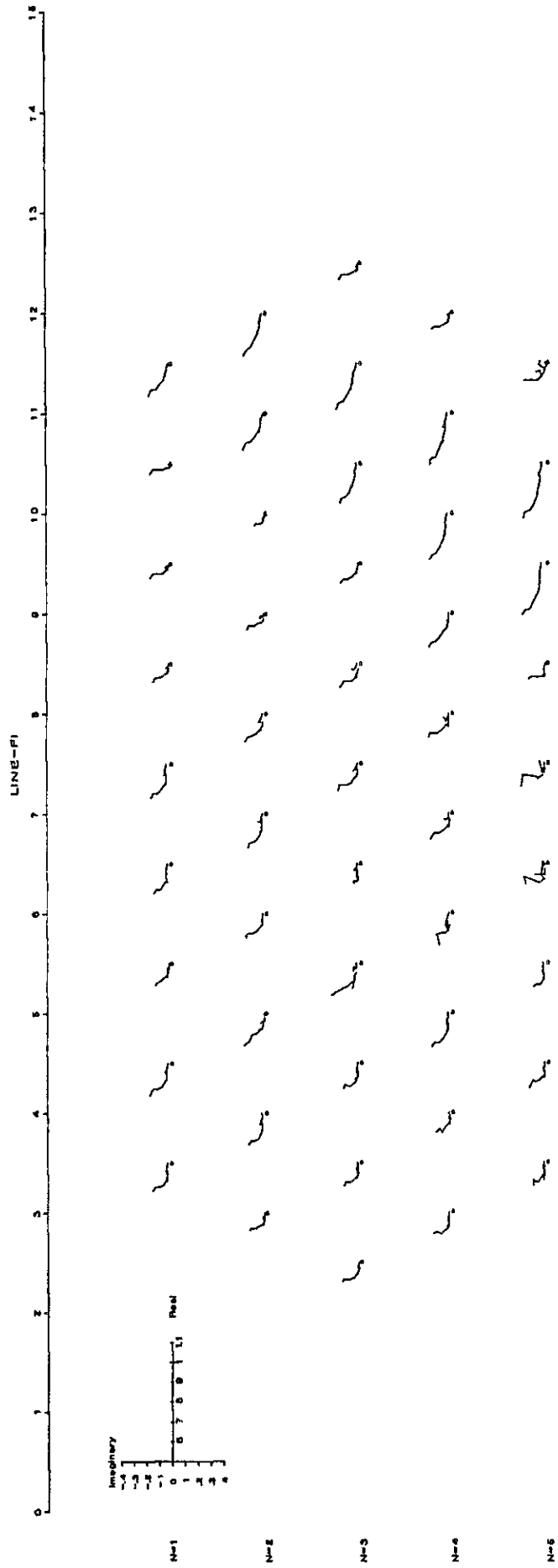
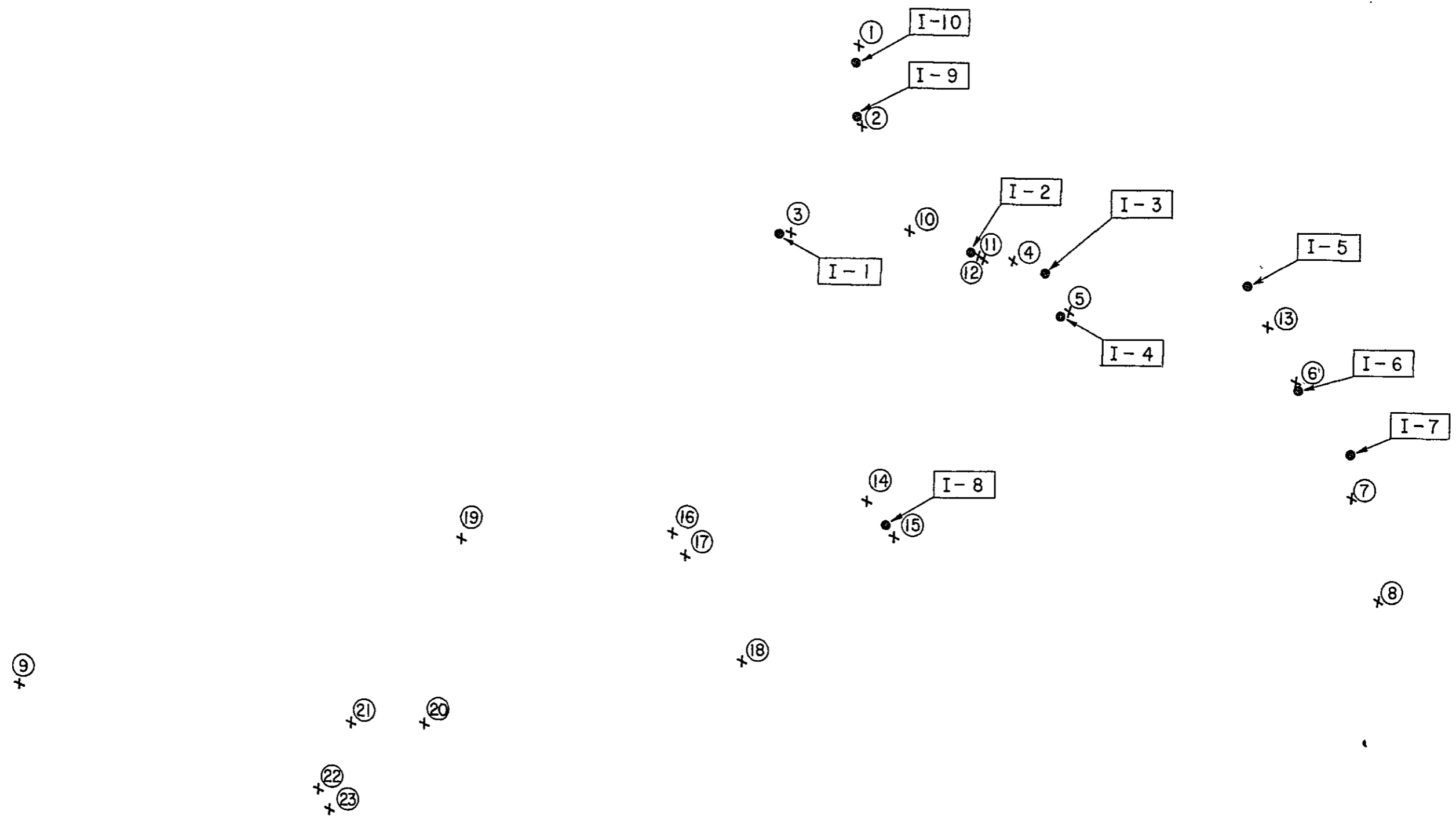


Fig. II-11-3 Cole-Cole Diagram (Line-FI)



LEGEND
 x (10) Sample No. & Sampling Location
 o I-5 In-Sitú Location

Fig. II-12 Location Map of Collected Rock Samples

欠なものである。35個の試料のうち崩変等の理由により測定不可能であったものは7個である。

また、岩石番号S31～S35は Furnas 鉱山で採取した方鉛鉱，閃亜鉛鉱の鉱床である。以下に測定結果を述べる。

- (1) 岩種別にまとめた結果をTable II-3下表に示す。これによれば、片岩及び苦灰岩のPFEは変化に富むが、全体的に中～高PFEを示している。しかしながら片岩は中比抵抗，苦灰岩は高比抵抗である。石灰岩は低PFE，高比抵抗を示し，鉱石は高PFE，低比抵抗である。
- (2) Table II-3の測定結果から高PFEを示す試料はL₃psA, S₂ps, L₃dolB及びL₃psB層より採取されたものである。

このうち、L₃psBは低～中比抵抗であり、L₃dolBは低～高比抵抗を示し変化に富んでいる。また、S₂psは中比抵抗である。

- (3) L₃S₃, L₃dolC及びL₂層より採取された試料は、比較的まとまりのある測定値が得られており低比抵抗である。
- (4) 中～高PFE値が検出されたL₃psA, S₂ps, L₃psB層から採取されたセリサイト片岩には硫化鉱物が全く認められないが、中～高PFE値が検出された理由として、本来本調査地区の片岩類は石炭を含んでいるか、石炭化しているためではないかと判断される。
- (5) L₃dolBには若干ではあるが黄鉄鉱が認められることから、この黄鉄鉱に起因する中～高PFE値であると考えられる。
- (6) L₃dolB層より採取された岩石のスペクトルは、各測線の北側に検出されたスペクトルと酷似している。
- (7) S₂ps層から採取された試料は低～中比抵抗を示しているが、野外調査では高比抵抗として検出されている。この理由としては採取された試料には亀裂が多く、風化の進んだ試料であったためと考えられる。この層における試料のスペクトルは各測線の南側に検出されたスペクトルと同様のものである。
- (8) また、本調査地区における石灰岩，苦灰岩のスペクトルは、0.125 Hz～0.625 Hz付近までやや一定の位相差が認められるが、それより高い周波数領域においては位相差が急激に増加し、更に、位相差の増加は40 Hz付近より減少する。

Table II-3 Results of Laboratory Measurement in Rock Samples

Sample No	Name	Rock Name	Formation	PRE (%)	A R (Ω m)	Raw Phase Shift (mrad)	Spectral Type
1	ES- 1	Dolomitic limestone	L ₃ dol C	0.2	162	0.1	C
2	ES- 2	Limestone banded	L ₁ ls C	0.8	6490	5.3	C
3	ES- 4	Meta siltstone	L ₁ Ps B	1.9	815	11.3	B
4	ES- 5	Dolomitic limestone	L ₁ ls B	0.1	4540	0.5	C
5	ES- 6	Quartz sericite schist Graphite sericite schist	L ₁ Ps A	5.5	2380	293	B
6	ES- 7	Sericite schist	S ₂ Ps	4.5	1390	29.6	B
7	ES- 9	Sericite-calcite-graphite schist	I ₂	1.1	625	6.1	B
8	ES-10	Limestone	L ₂	0.3	20900	2.2	B
9	ES-11	Phyllite	L ₁ Ps B	4.5	3380	28.7	C
10	ES-14	Dolomitic limestone	L ₁ ls B	0.6	12600	4.2	B
11	ES-15	Calcitic dolomite with pyrite	L ₁ dol B	5.4	1480	5.4	C
12	ES-16	Calcitic dolomite with pyrite	L ₃ dol B	2.9	362	15.9	C
13	ES-18	Limestone	L ₁ ls A	1.3	10800	8.3	B
14	FA-9	Dolomitic limestone	L ₁ dol A ₂	0.7	10600	3.7	B
15	FA-10	Dolomitic limestone	L ₁ dol A ₂	1.9	37000	15.5	B
16	FD-7.5	Dolomitic limestone	L ₁ ls B	0.7	9090	2.9	B
17	FD-8	Limestone with pyrite	L ₁ dol B	7.5	4660	7.5	B
18	FD-10.9	Limestone	L ₁ ls A	2.6	70800	2.6	B
19	FG- 5	Phyllite	L ₁ Ps B	3.2	288	18.0	C
20	FI- 8.3	Calcitic dolomite with pyrite	L ₁ dol B	2.8	9590	16.3	C
21	FJ-7.5	Dolomitic limestone	L ₁ dol B	6.9	16700	6.9	C
22	FK-8.5	Dolomitic limestone	L ₁ dol A ₂	2.4	25400	14.9	C
23	FK-9	Dolomitic limestone with pyrite	L ₁ dol A ₂	2.2	33000	13.5	C
24	Ore-1	Sphalerite		180	17	180	C
25	Ore-2	Galena		165	28	165	C
26	Ore-3	Galena		231	17	831	C
27	Ore-4	Galena		337	21	784	C
28	Ore-5	Galena		210	50	210	C

Rock Name	Resistivity (Ω m)		PFE (%)	
	Observed	Average	Observed	Average
Ps (Schist)	283 ~ 3,380	1,210	1.9 ~ 5.5	3.92
Ls (Limestone)	4,540 ~ 70,800	11,700	0.1 ~ 2.6	1.02
Dol (Dolomite)	162 ~ 37,000	5,360	0.1 ~ 7.5	3.28
Ore	17 ~ 50	26.6	165 ~ 337	224.6

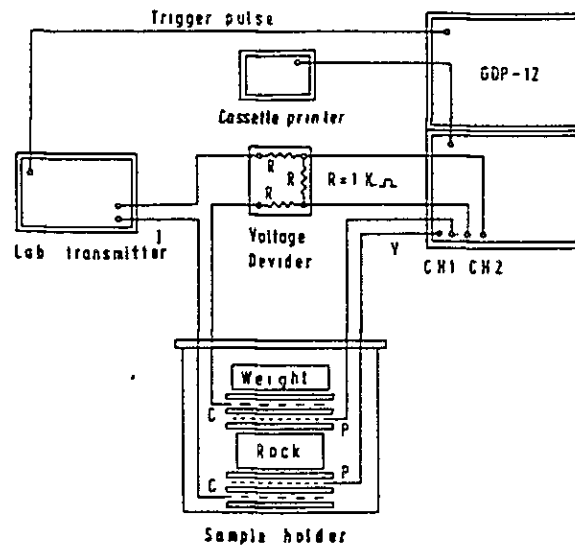


Fig. II-13 Block Diagram for Laboratory Measurement

2-3 IP法電気探査結果

各測線で測定されたPFE値と見掛比抵抗の疑似断面図をFig. II-17-1~11に示す。見掛比抵抗は地形補正後の値を用いた。各測線で得られたPFE値、見掛比抵抗の範囲をTable II-4に示す。

Table II-4 Ranges of PFE and AR

Line Name	PFE (%)	AR (Ωm)
FA	0.7 ~ 10.0	248 ~ 6,390
FB	0.1 ~ 9.3	471 ~ 10,100
FC	0.7 ~ 10.4	470 ~ 4,880
FD	0.8 ~ 8.9	426 ~ 7,610
FE	0.4 ~ 9.7	438 ~ 4,520
FF	0.6 ~ 10.3	424 ~ 11,300
FG	-0.2 ~ 10.0	151 ~ 11,400
FH	0.6 ~ 10.7	267 ~ 8,890
FI	0.7 ~ 10.0	481 ~ 7,700
FJ	0.1 ~ 11.5	371 ~ 9,590
FK	-0.3 ~ 10.9	178 ~ 31,800

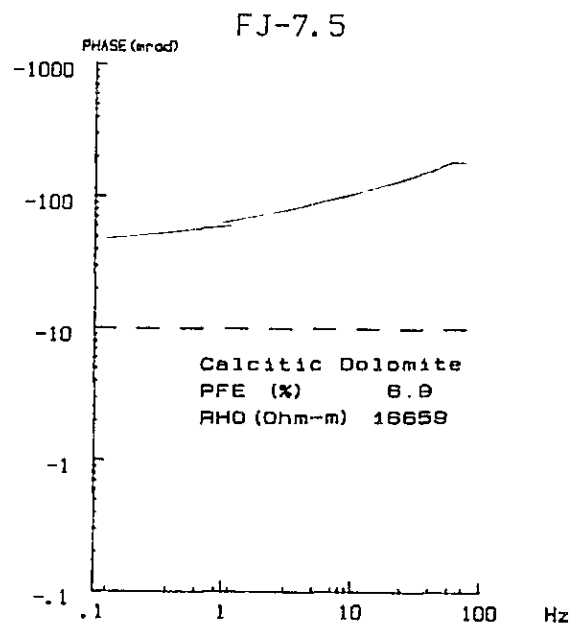
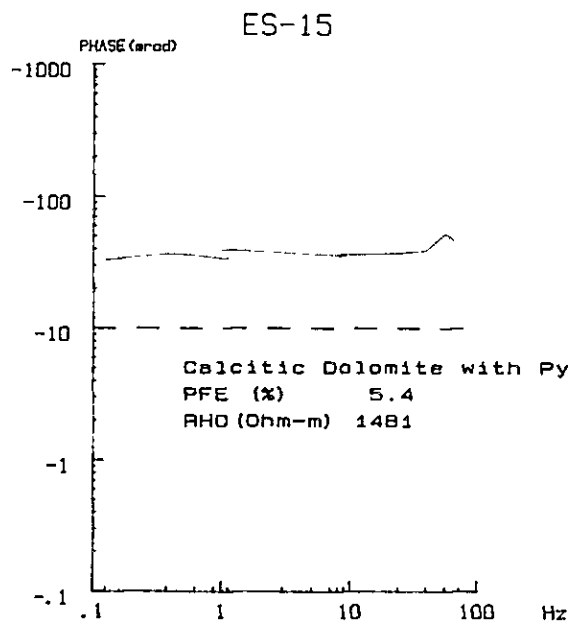
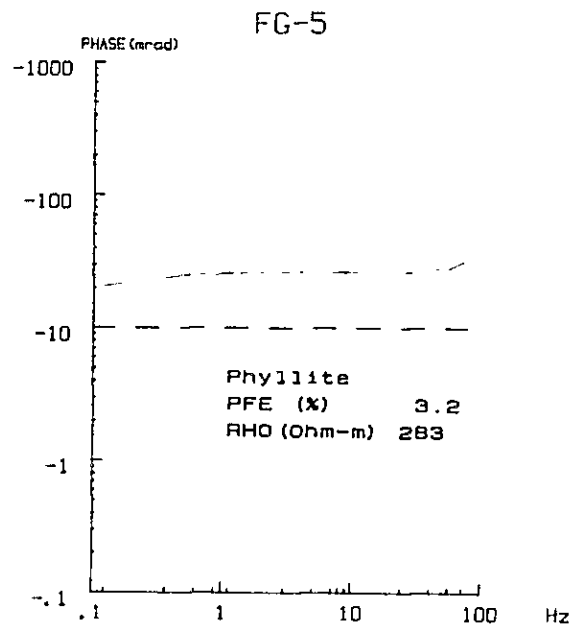
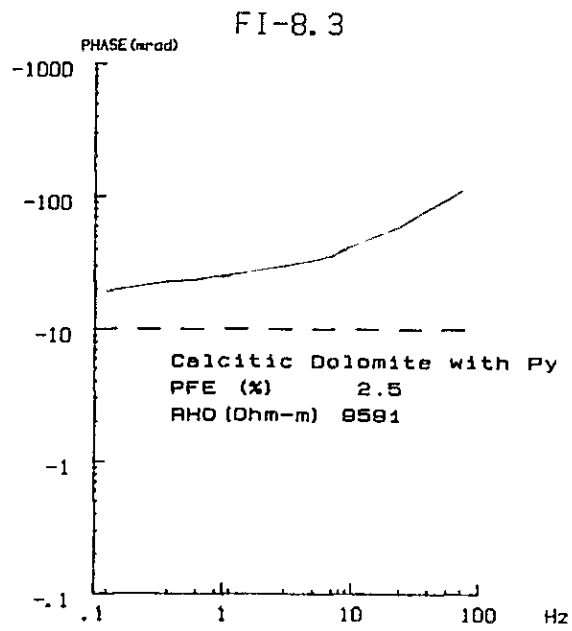


Fig. II-14 Typical Phase Spectral Type of Dolomite

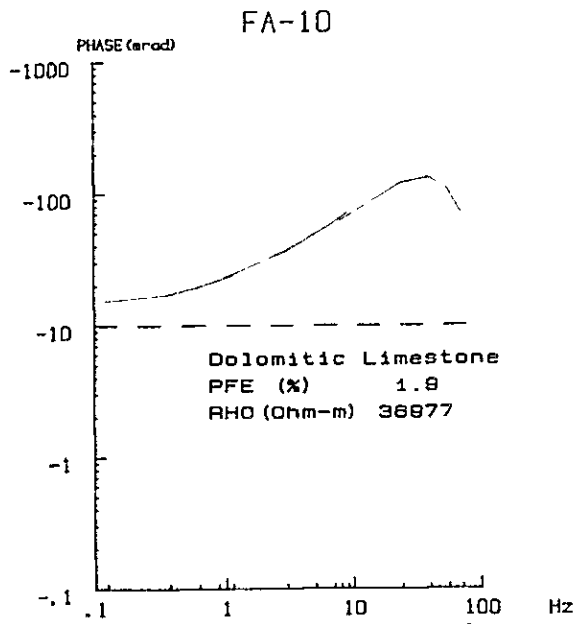
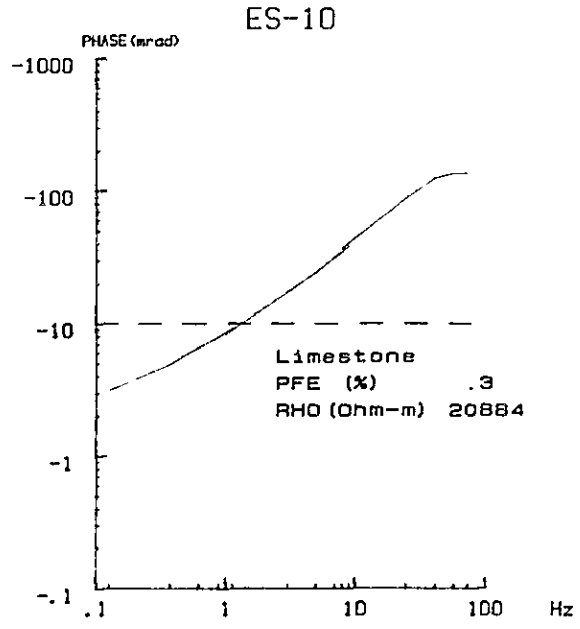
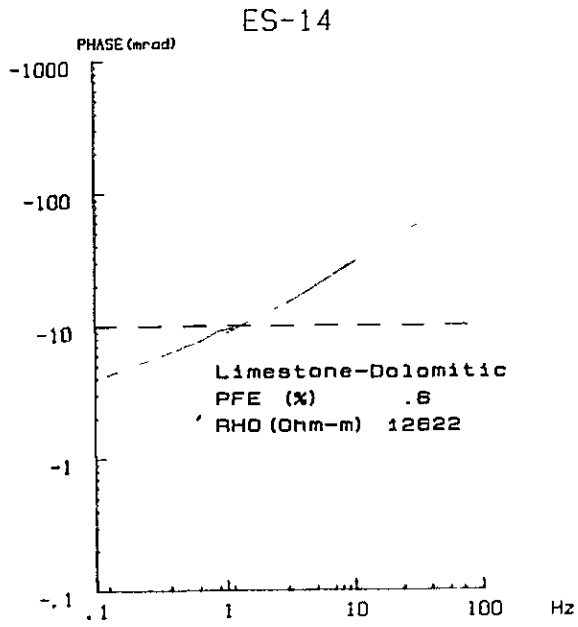


Fig. II-15 Typical Phase Spectral Type of Limestone

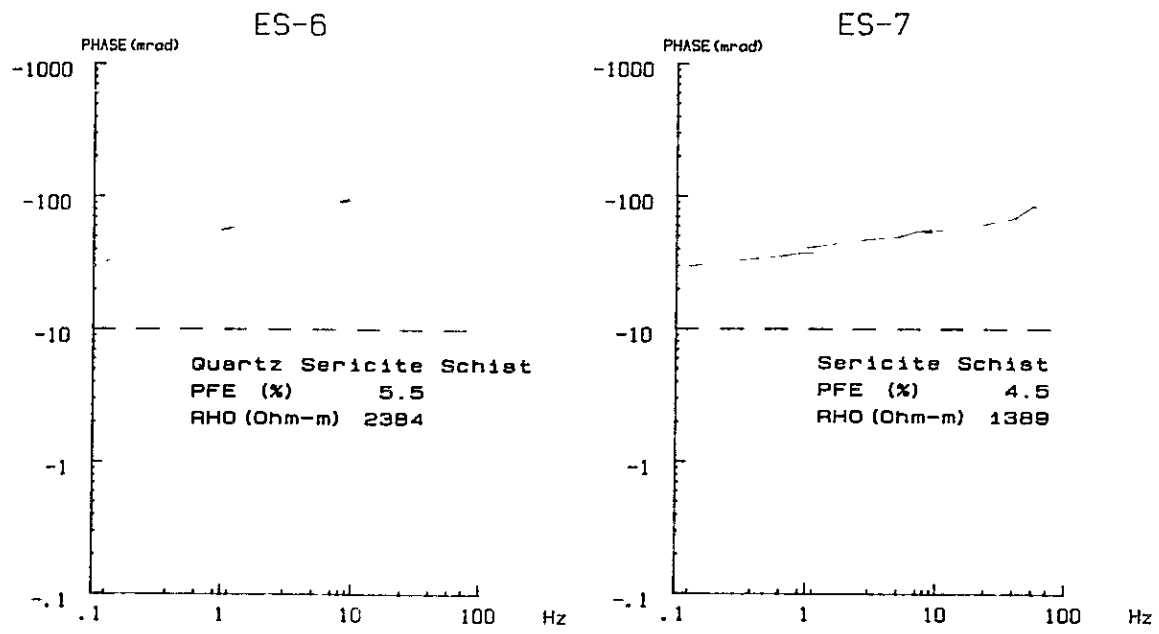


Fig. II-16 Typical Phase Spectral Type of Sericite Schist

SIP法とIP法を重複して測定したFA, FD測線でのPFE値をプロットして0.375～3 Hzと0.3～3 HzのPFE値の相関図を作成し(Fig. II-18-1), 両PFE値の関係式を求めた。また, 0.125 Hz 見掛比抵抗値と30 Hzの見掛比抵抗の相関図(Fig. II-18-2)を作成し, 同様に関係式を求めた。この関係式から, FI測線のFE値として, SIP法による0.357～3 HzのPFE値を1.2倍した値を用いた。

2-3-1 擬似断面及び断面解釈 (Fig. II-17-1～11)

○見掛比抵抗擬似断面図

コンターの分布形態から判断して, 1.000 Ωm未満を低見掛比抵抗, 1.000～2.500 Ωmを中見掛比抵抗, 2.500 Ωm以上を高見掛比抵抗に分類した。コンターの分布形態は各測線とも類似し, 各測線のNo.3以北が高見掛比抵抗, No.3～No.8が低～中見掛比抵抗, No.8～No.12が高見掛比抵抗, No.12が中見掛比抵抗に大別される。

○PFE擬似断面図

コンターの分布形態から判断して, 3%未満を低PFE, 3～5%を中PFE, 5%以上を高PFEに区分し, 3%以上をPFE異常とした。

PFEコンターの分布形態は見掛比抵抗と同様, 各測線とも類似しており, 3%以上のPFE異常が, No.12～No.14のn=1からNo.10～No.12のn=5にまたがる箇所(異常帯Aと呼称)と, No.3～No.8の範囲(異常帯Bと呼称)で検出されている。しかしながら, 異常帯Bにおける5%以上の高PFEは, No.3～No.8の全域に認められるものではなく, その分布は測線毎に若干異なり, 局部的に不規則になっている。

上記2個の異常帯には含まれた箇所, 異常帯Aの南側, 異常帯Bの北側では低PFEを呈している。

2-3-2 平面解釈

○見掛比抵抗平面図 (Fig. II-19-1～3)

コンターの分布形態は, 測線とほぼ直角方向に卓越し, 地層の走向方向と一致している。n=1の平面図において, 1.000 Ωm未満の低見掛比抵抗がNo.4～No.8の範囲にほぼ帯状に分布している。この低見掛比抵抗域を比抵抗帯Lと仮称する。n=3.5の図において見掛比抵抗がさらに低くなることから, 比抵抗帯Lをもたらした低比抵抗岩体は深部まで連続していると考えられる。2.500 Ωm以上の高見掛比抵抗が, 測線FA～FD, FJ, FKのNo.8～No.12, 測線FE～FIのNo.9～No.12に認められる。この高見掛比抵抗域を, 比抵抗帯Hと仮称する。この比抵抗帯Hの中心部に4.000 Ωm以上の非常に高い見掛比抵抗が測線とほぼ直角して帯状に狭く分布し, 測線FA～FDではNo.9～No.10, 測線FF～FHではNo.11～No.12, 測線FI～FKではNo.10～No.11にその分布がみら

GEOLOGICAL SECTION

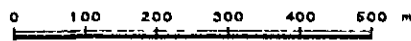
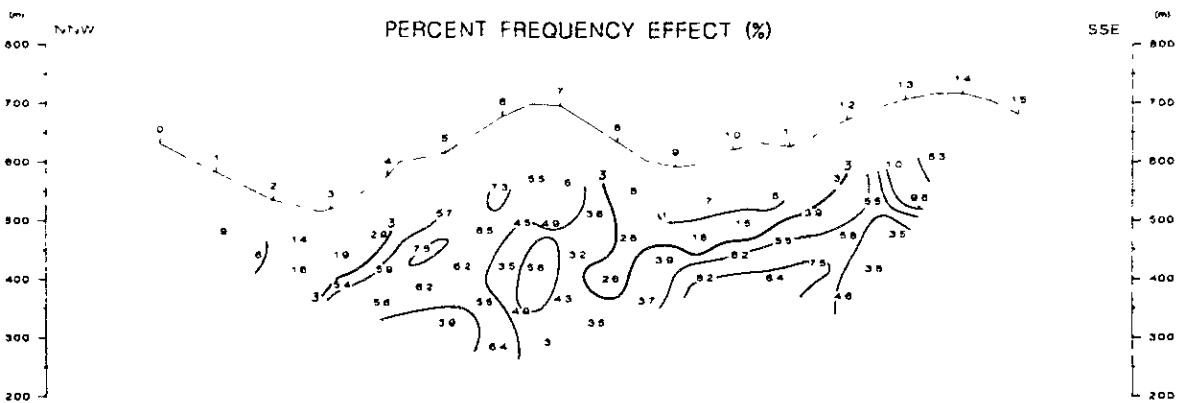
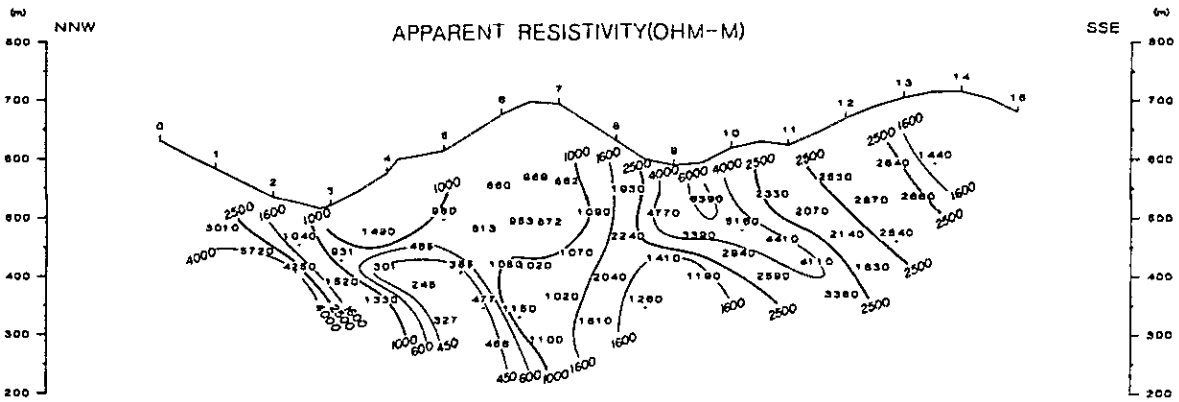
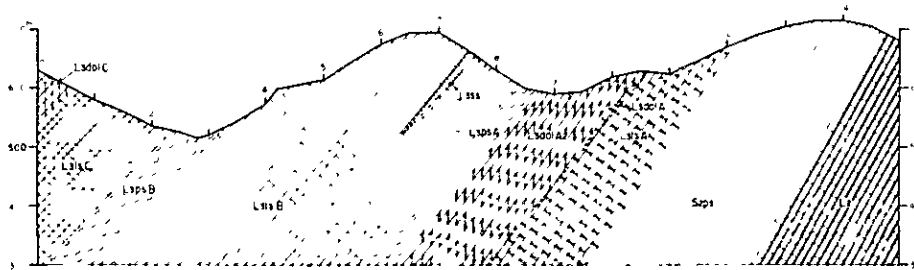


Fig. II -17-1 IP Pseudosection (Line-FA)

GEOLOGICAL SECTION

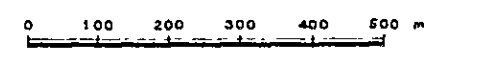
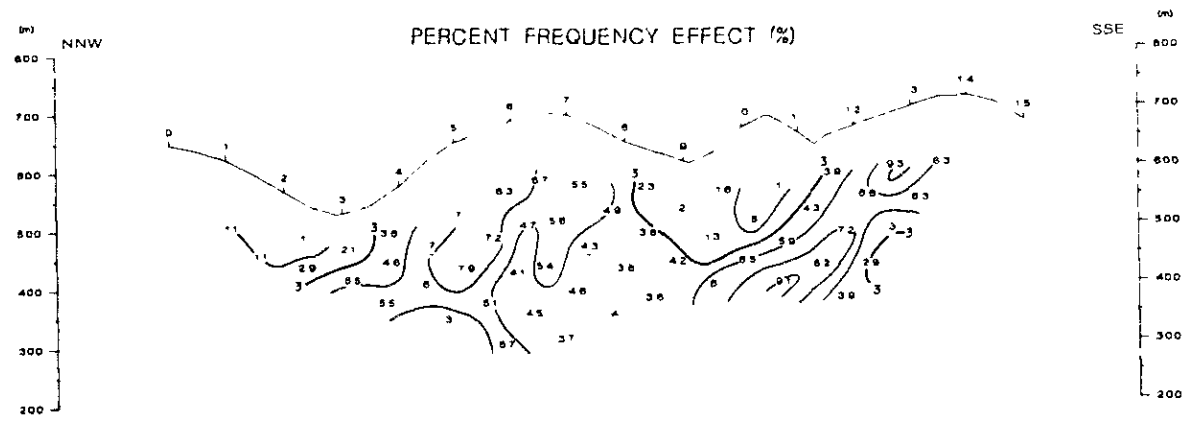
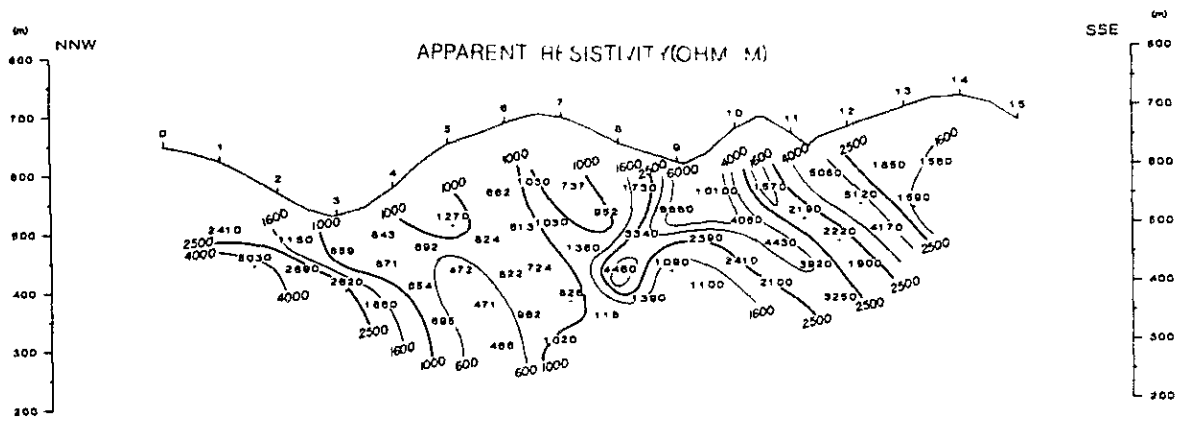
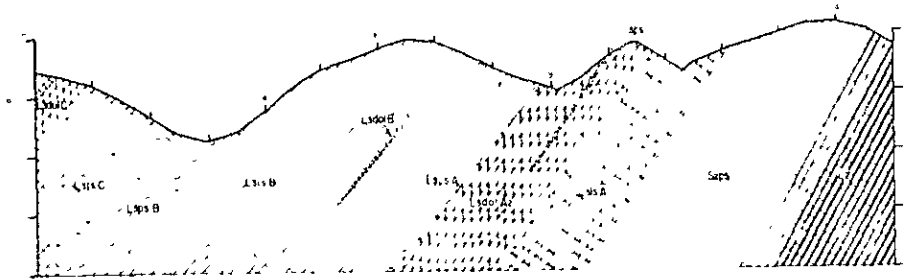


Fig. II-17-2 IP Pseudosection (Line-FB)

GEOLOGICAL SECTION

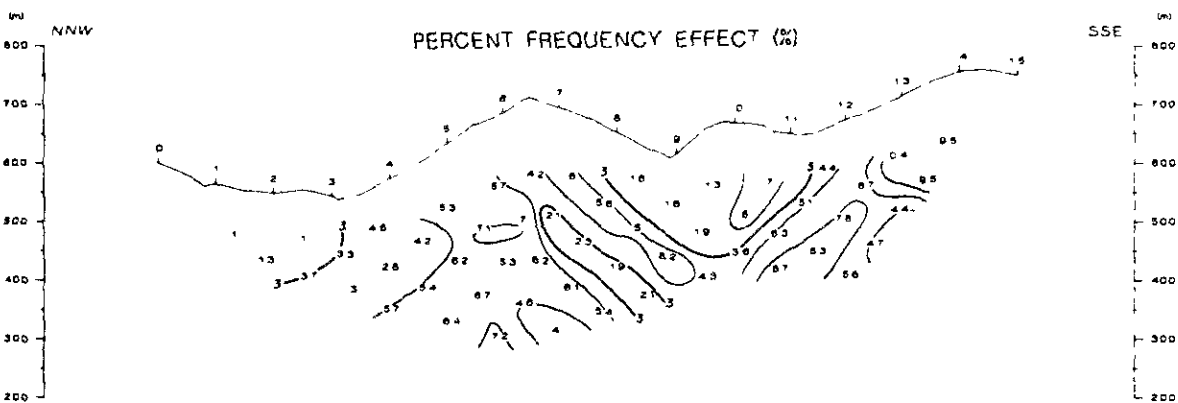
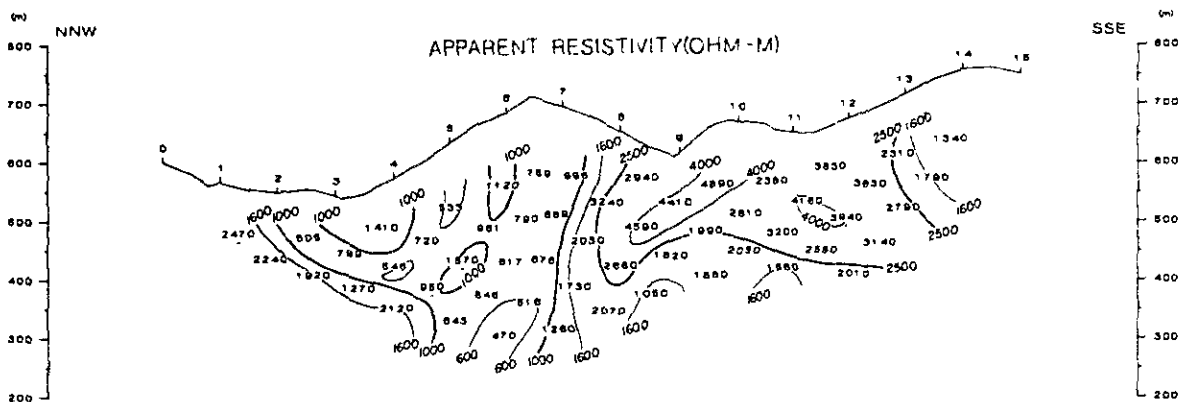
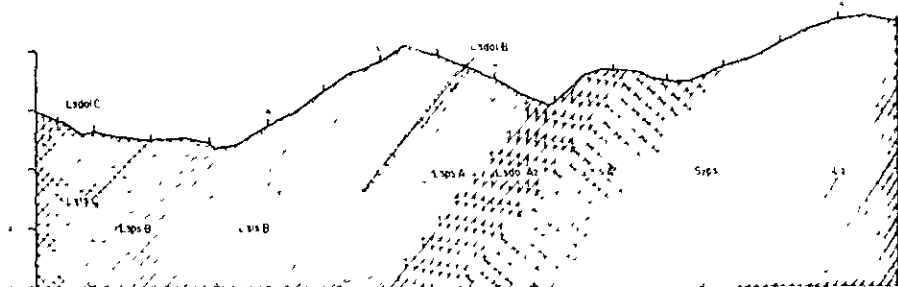


Fig. II-17-3 IP Pseudosection (Line-FC)

GEOLOGICAL SECTION

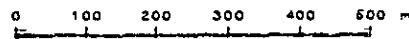
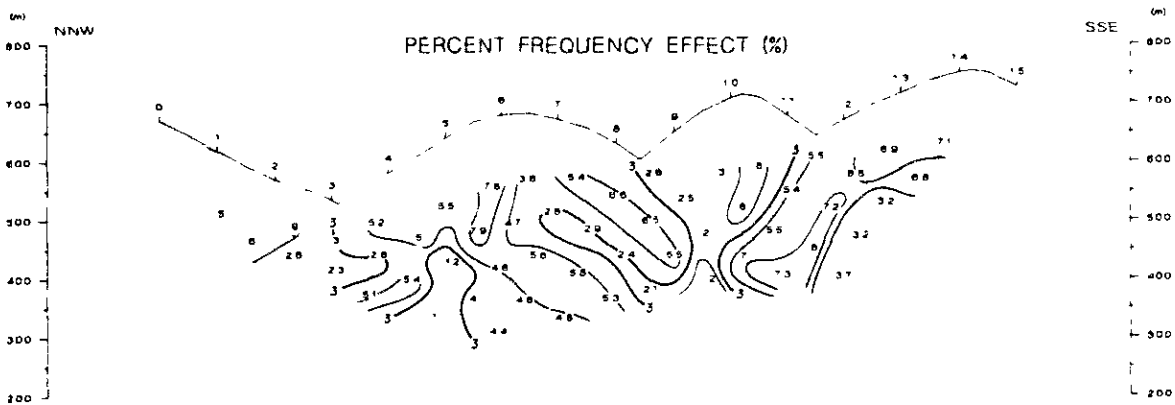
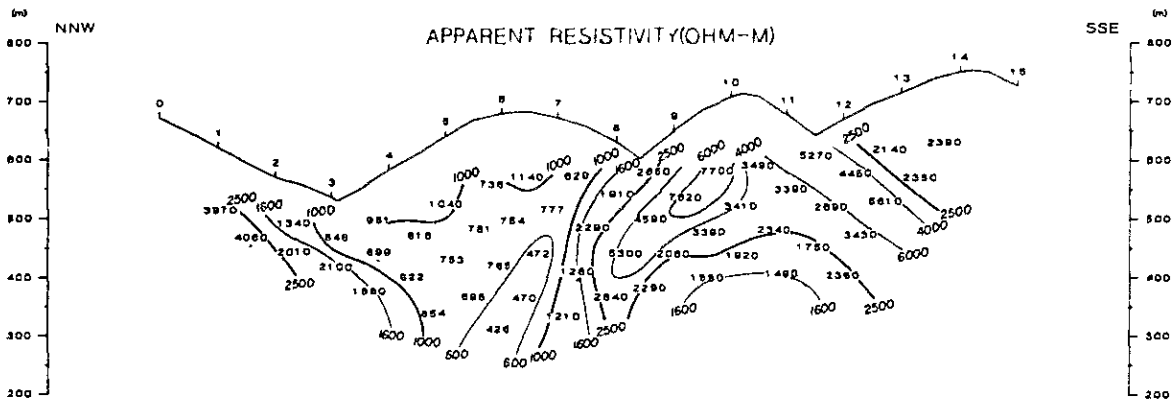
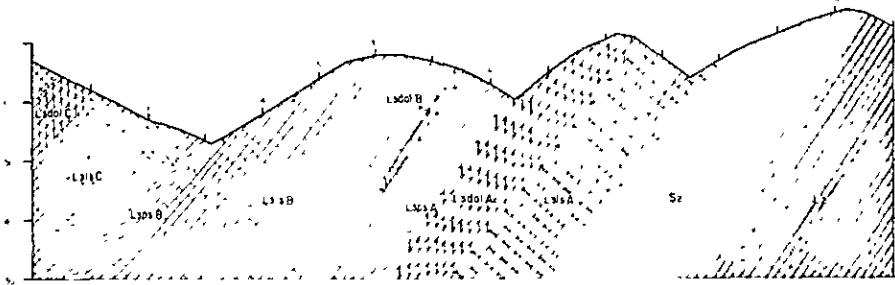


Fig. II-17-4 IP Pseudosection (Line-FD)

GEOLOGICAL SECTION

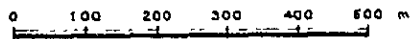
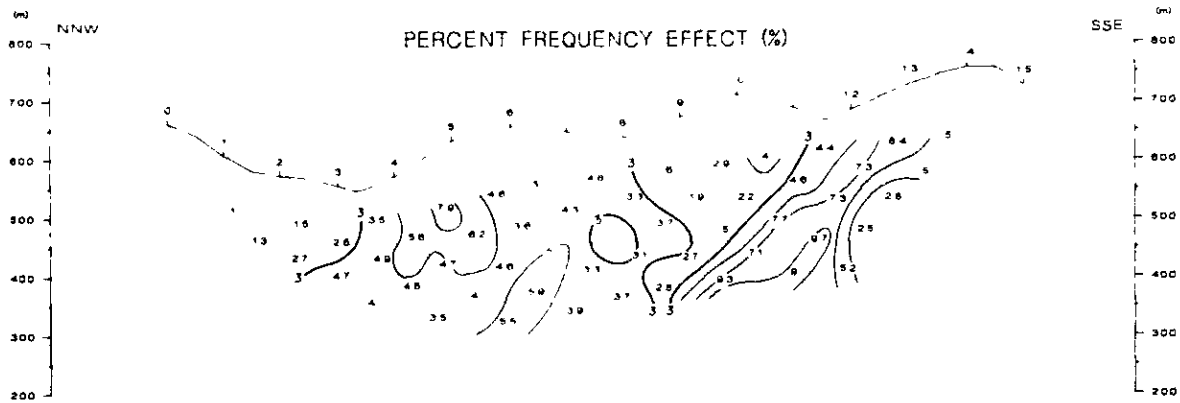
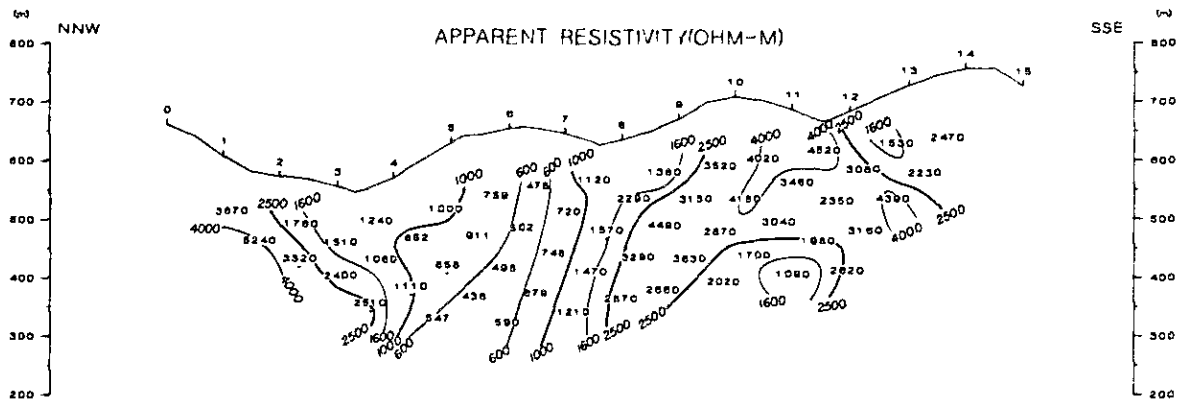
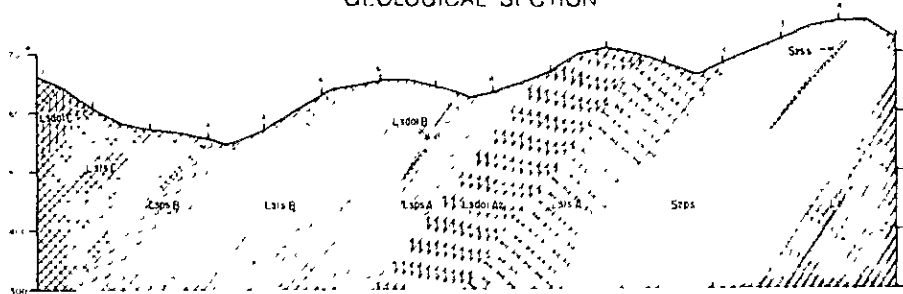


Fig. II-17-5 IP Pseudosection (Line-FE)

GEOLOGICAL SECTION

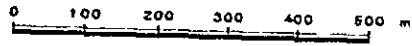
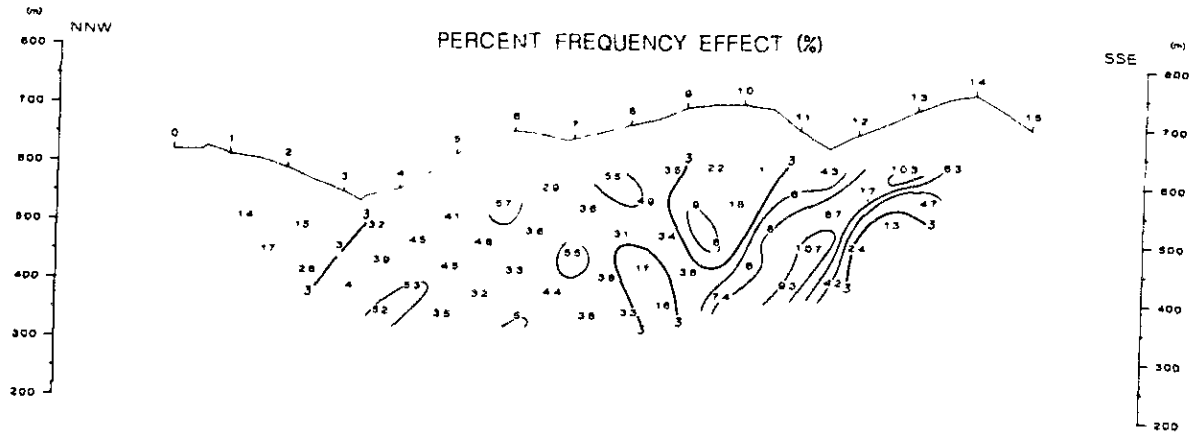
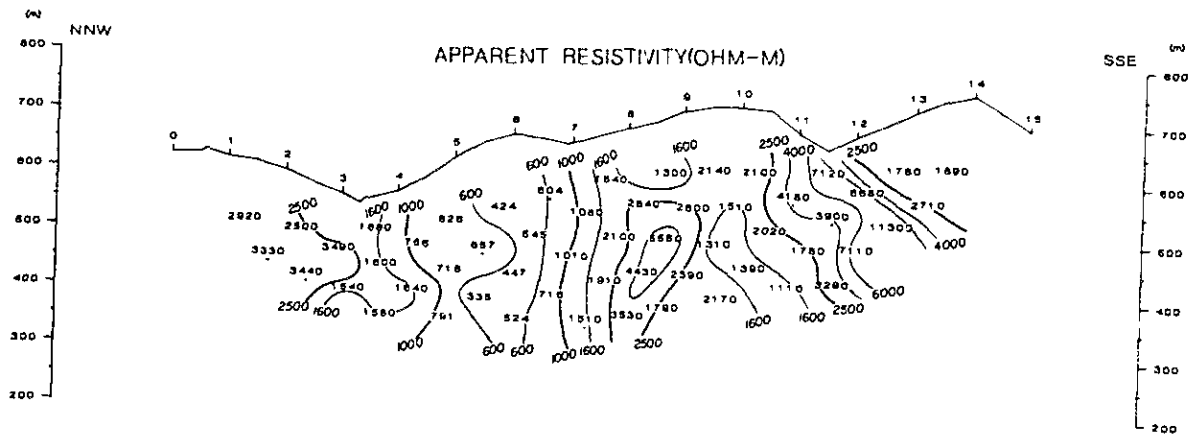
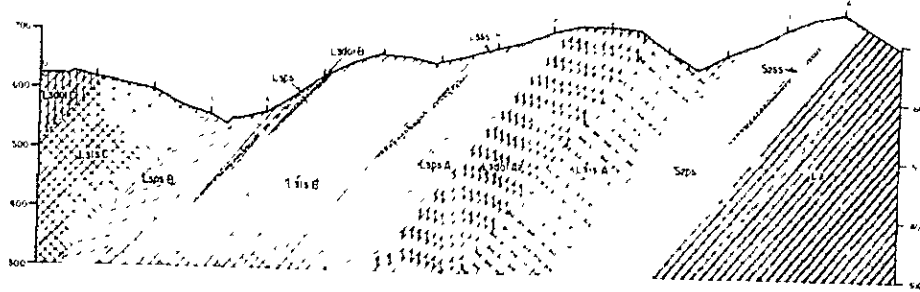


Fig. II-17-6 IP Pseudosection (Line-FF)

GEOLOGICAL SECTION

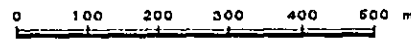
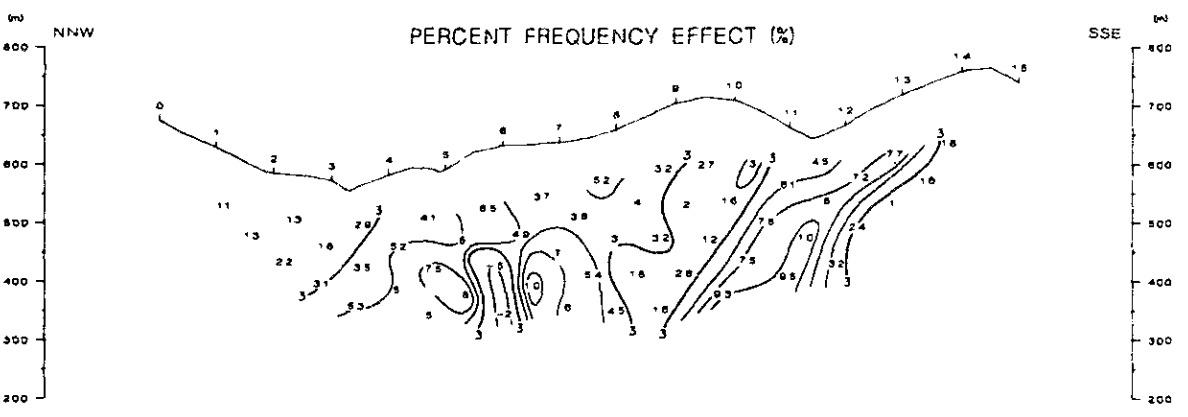
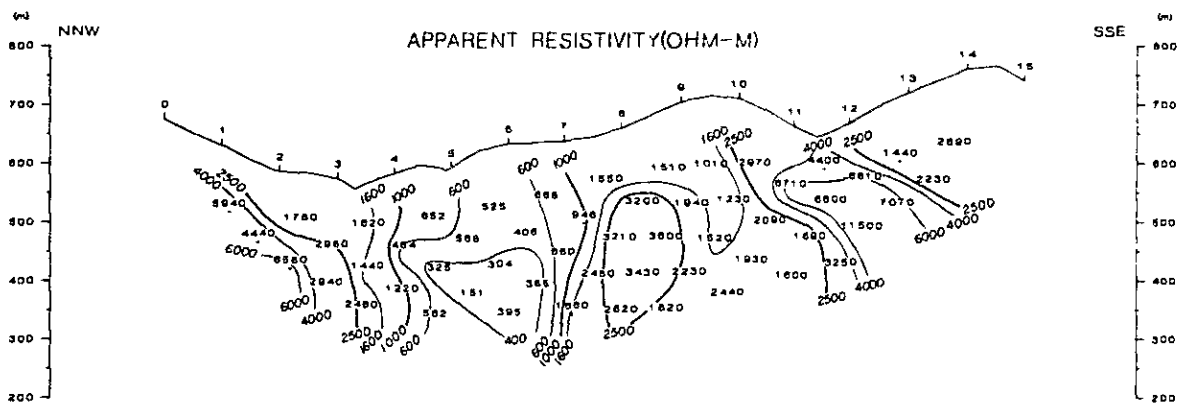
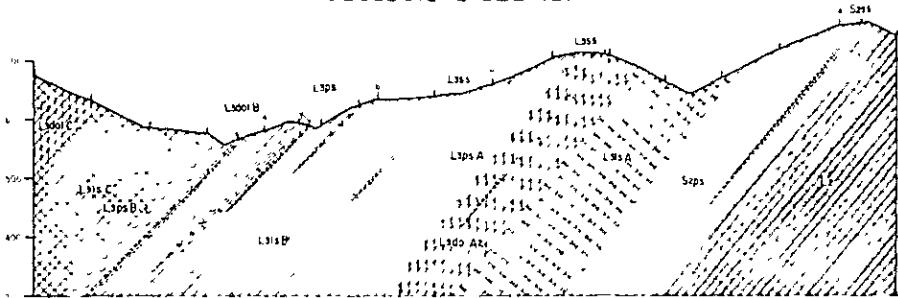


Fig. II-17-7 IP Pseudosection (Line-FG)

GEOLOGICAL SECTION

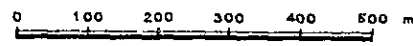
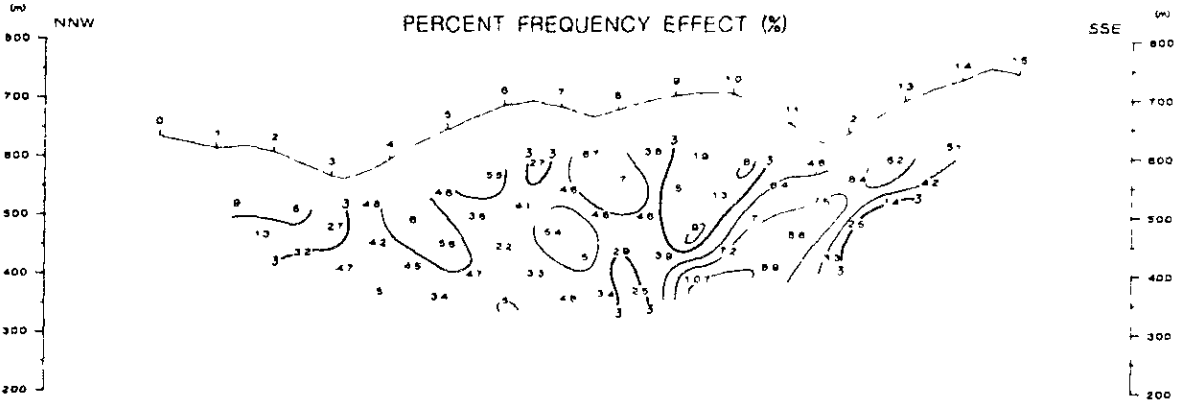
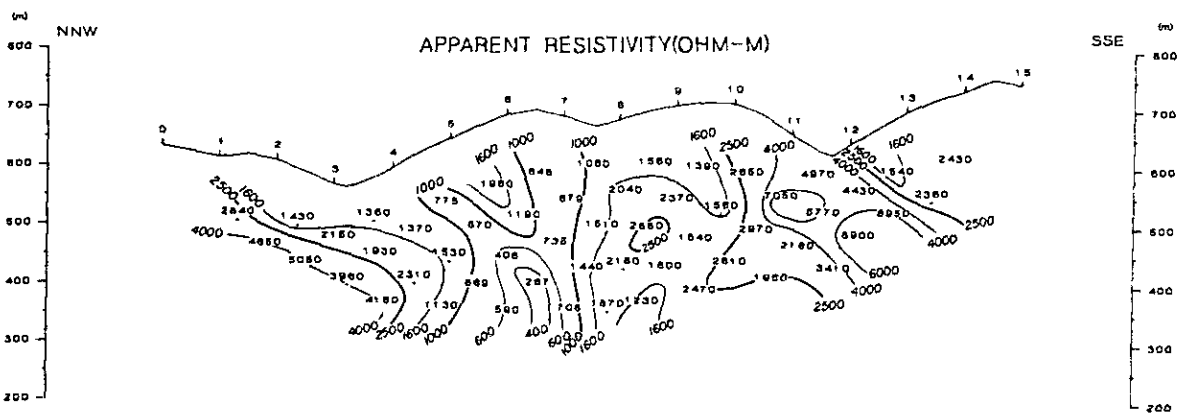
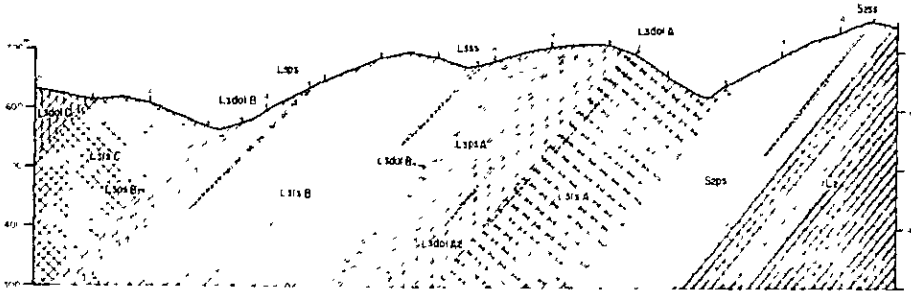
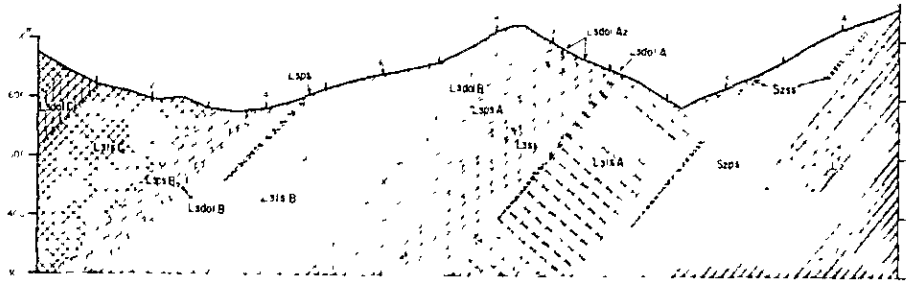
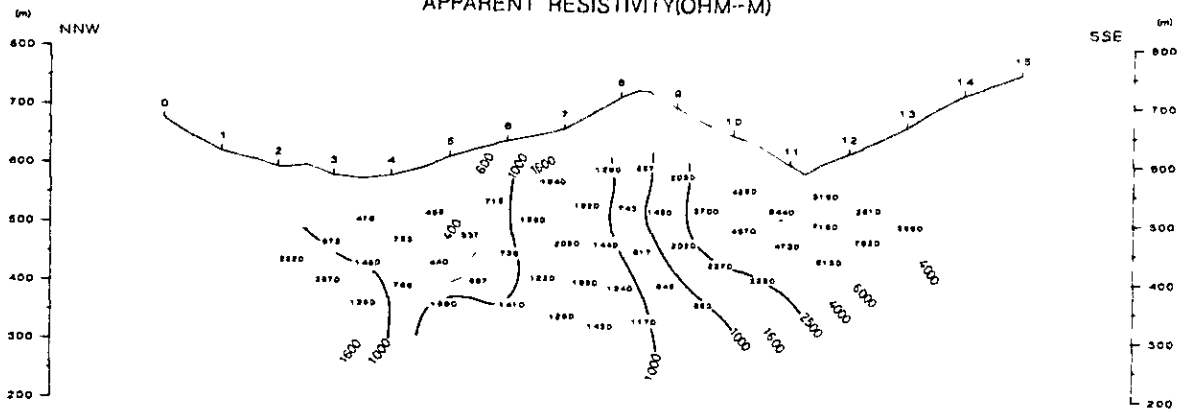


Fig. II-17-8 IP Pseudosection (Line-FH)

GEOLOGICAL SECTION



APPARENT RESISTIVITY(OHM-M)



PERCENT FREQUENCY EFFECT (%)

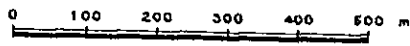
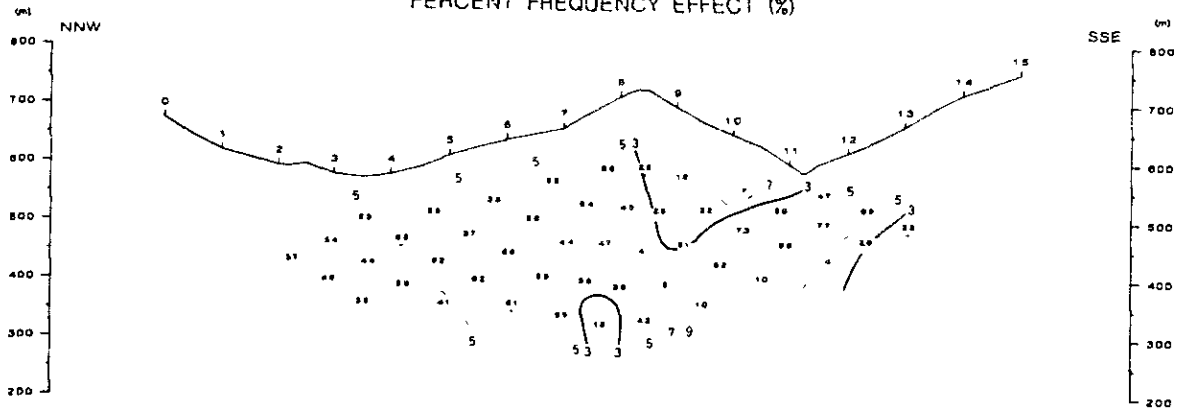


Fig. II-17-9 IP Pseudosection (Line-FI)

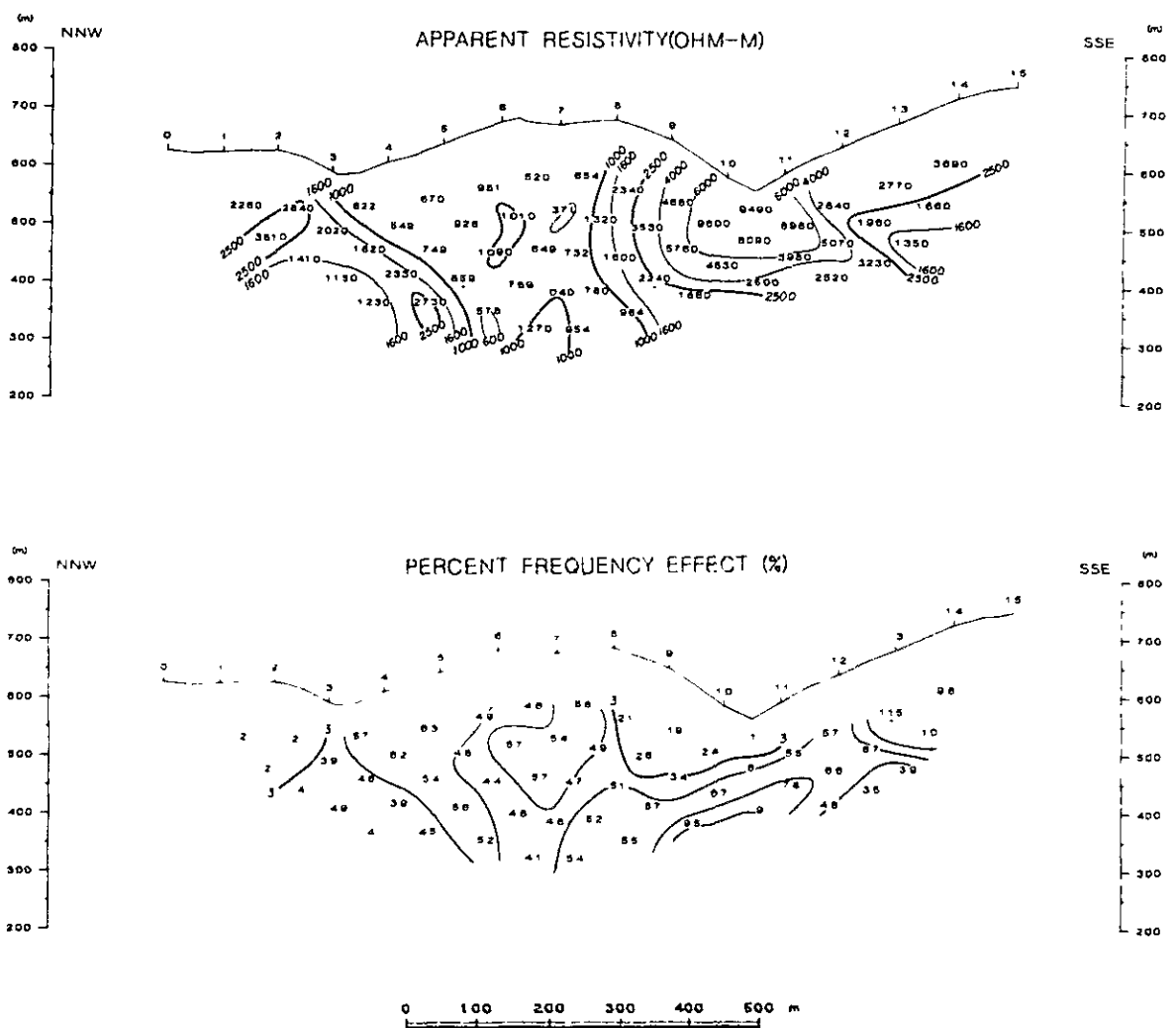
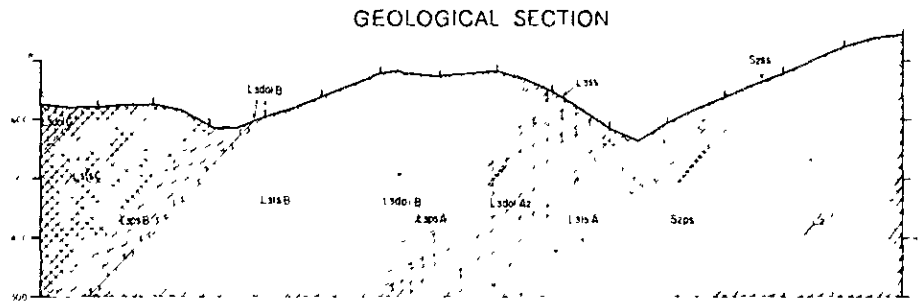


Fig. II-17-10 IP Pseudosection (Line-FJ)

GEOLOGICAL SECTION

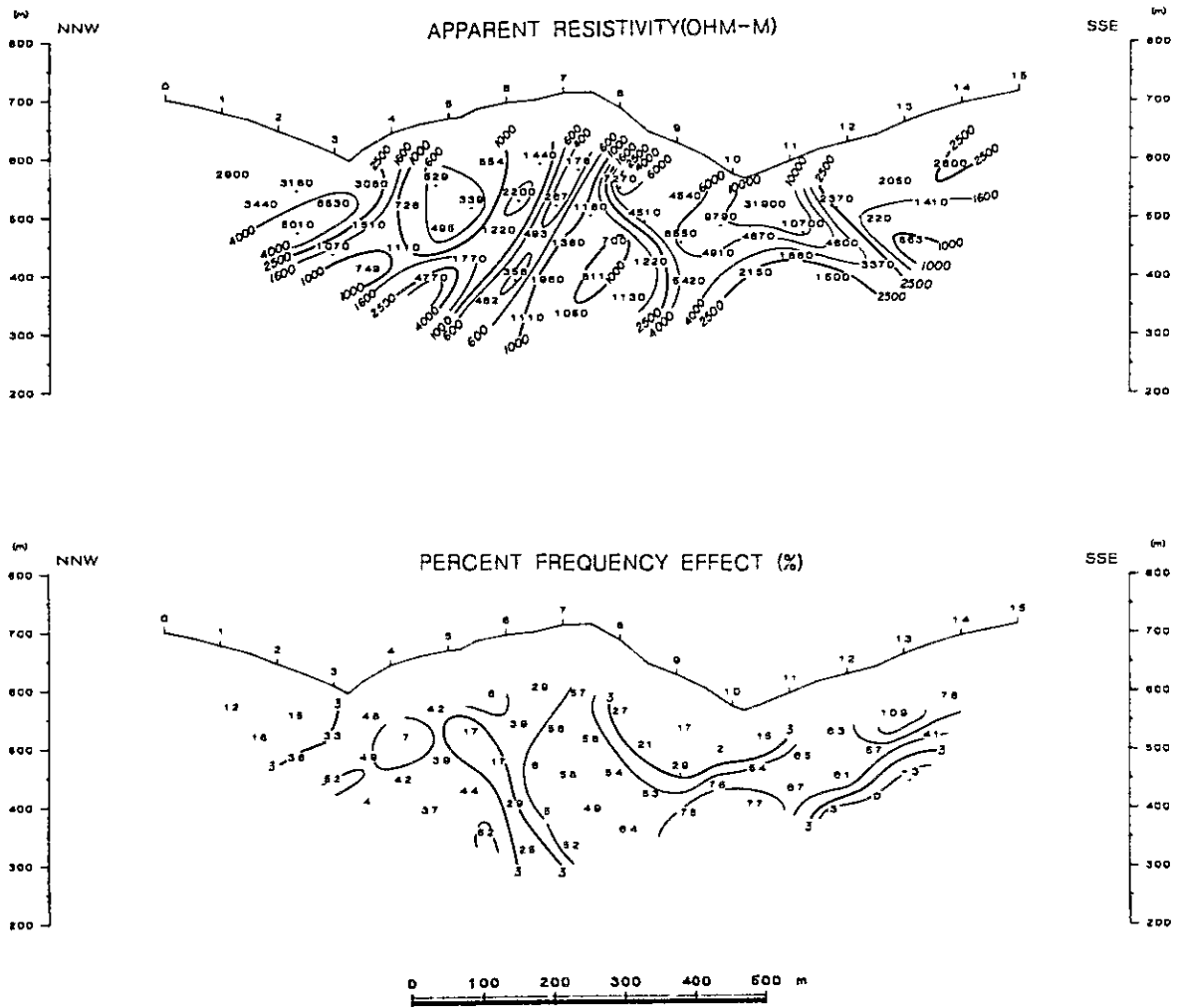
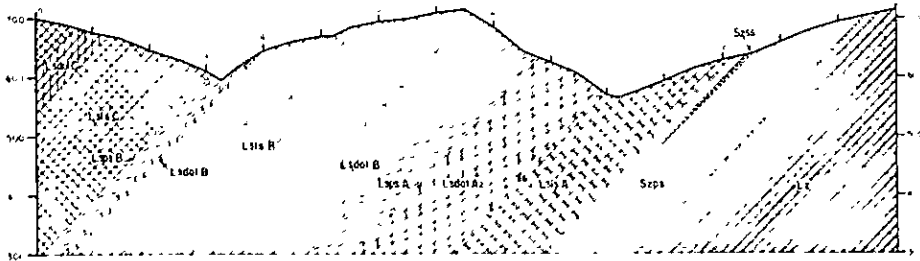


Fig. II-17-11 IP Pseudosection (Line-FK)

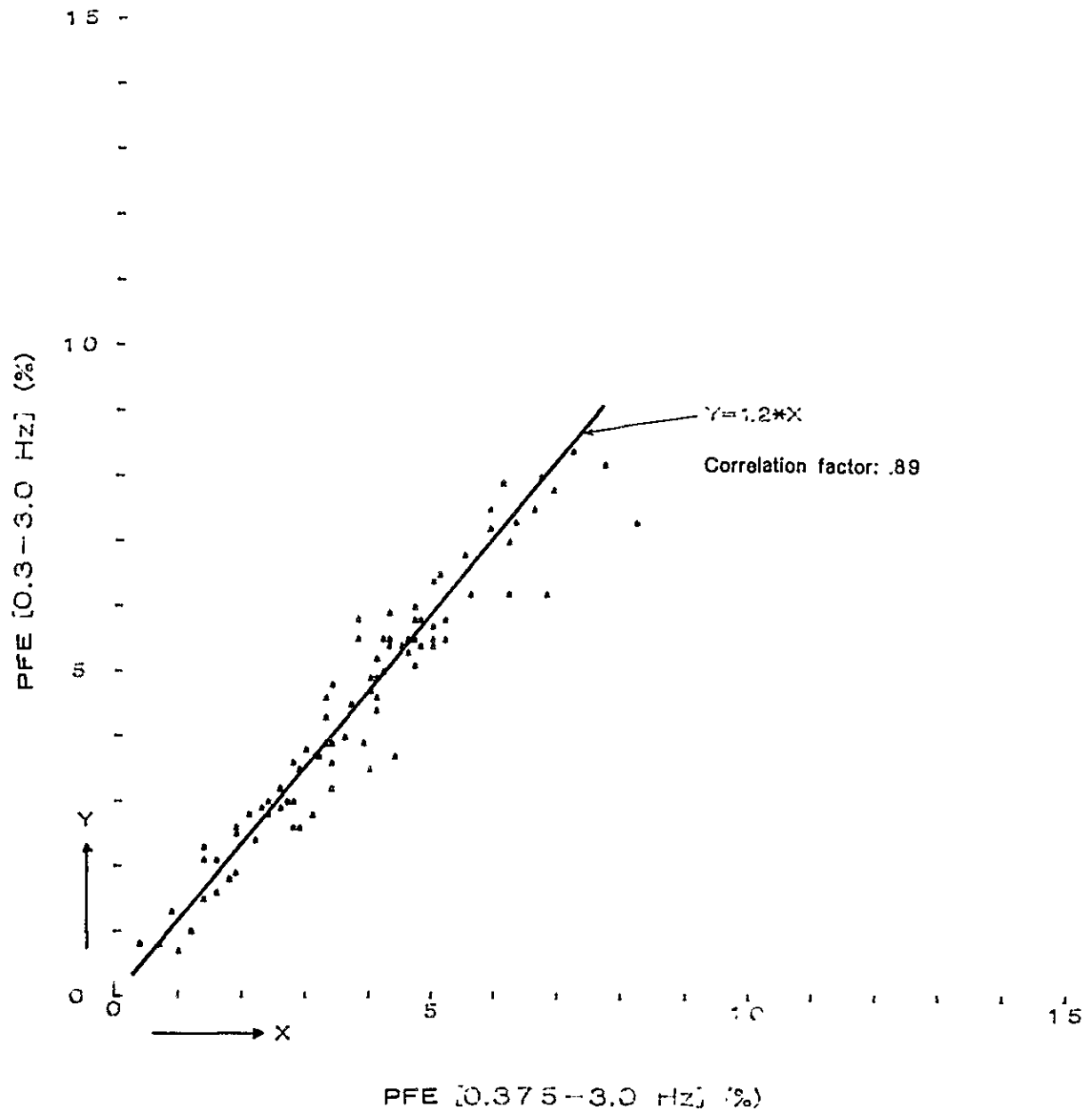


Fig. II-18-1 Correlation of PFE(03.-3.0Hz) with PFE(0.375-3.0Hz)

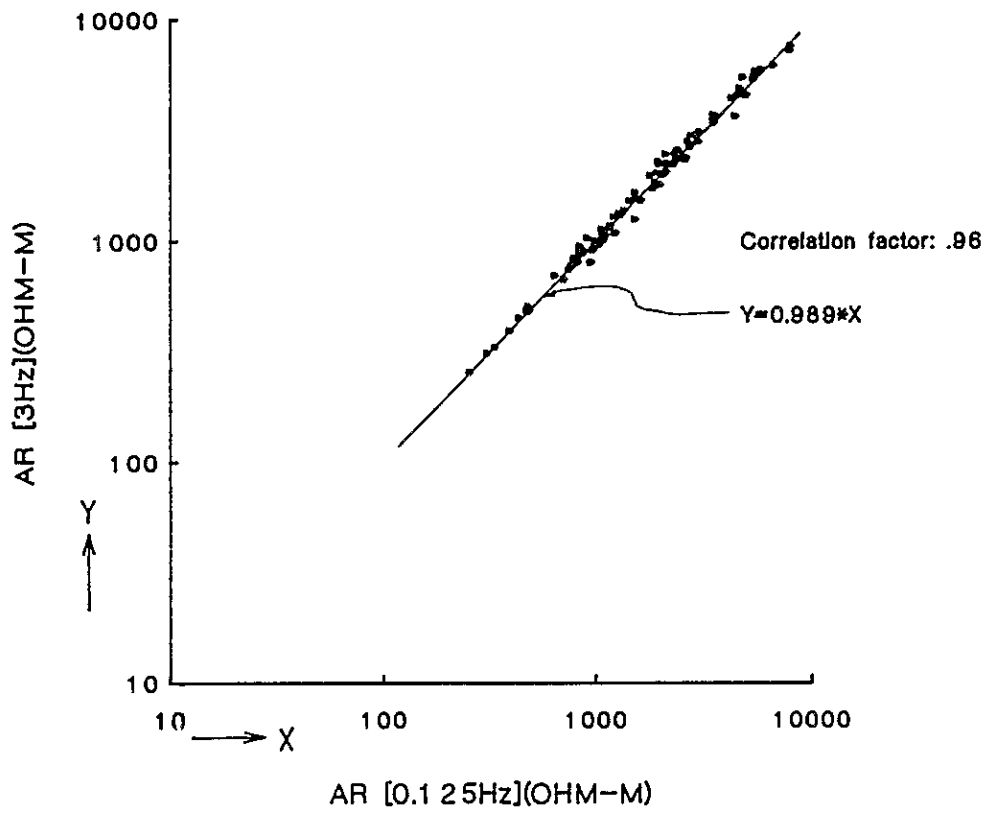


Fig. II-18-2 Correlation of AR (0.125Hz) with AR (3.0Hz)

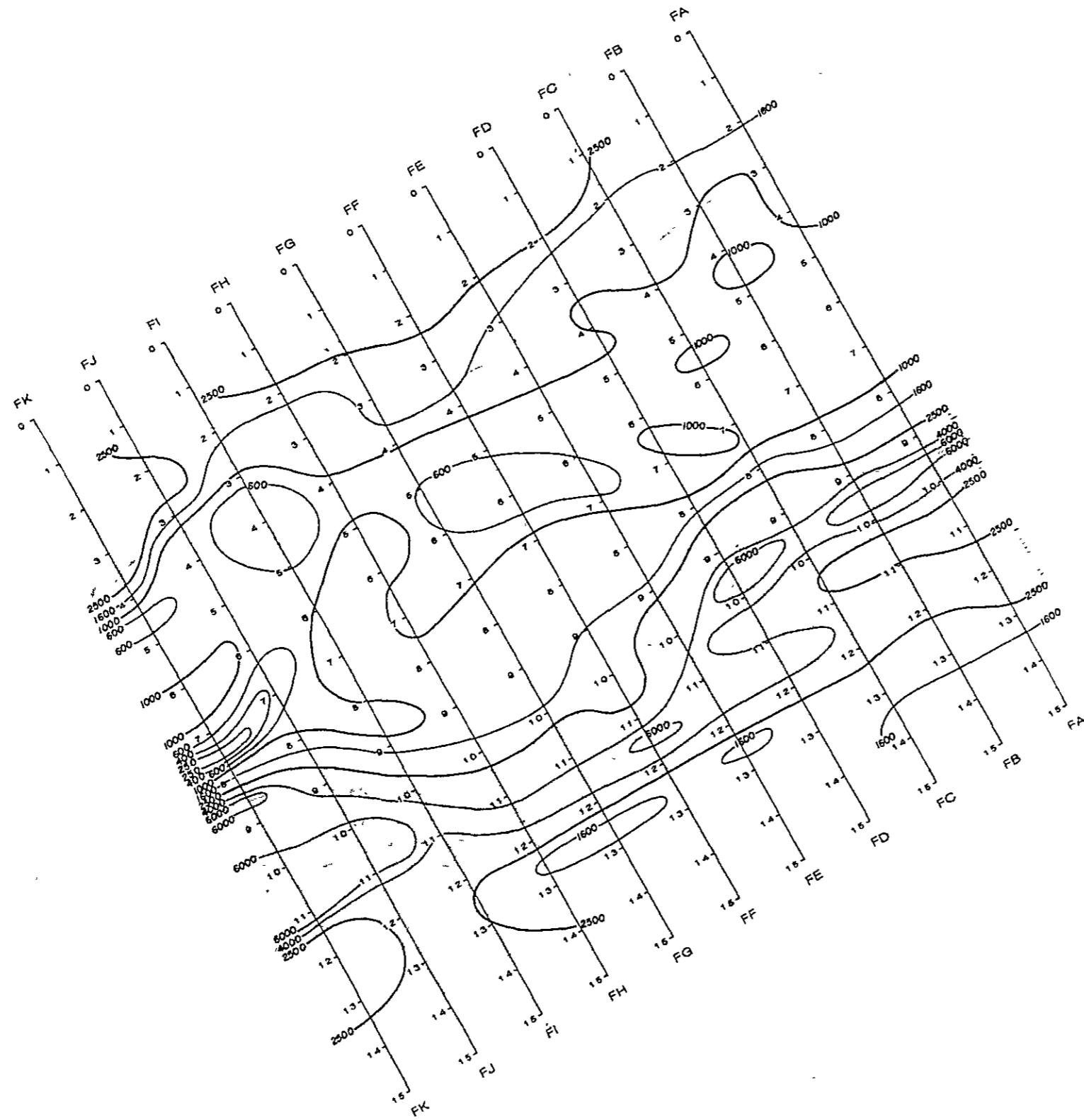


Figure 19-1 Plan Map of Apparent Resistivity (N=1)

Fig. II-19-1 Plan Map of Apparent Resistivity[N=1]

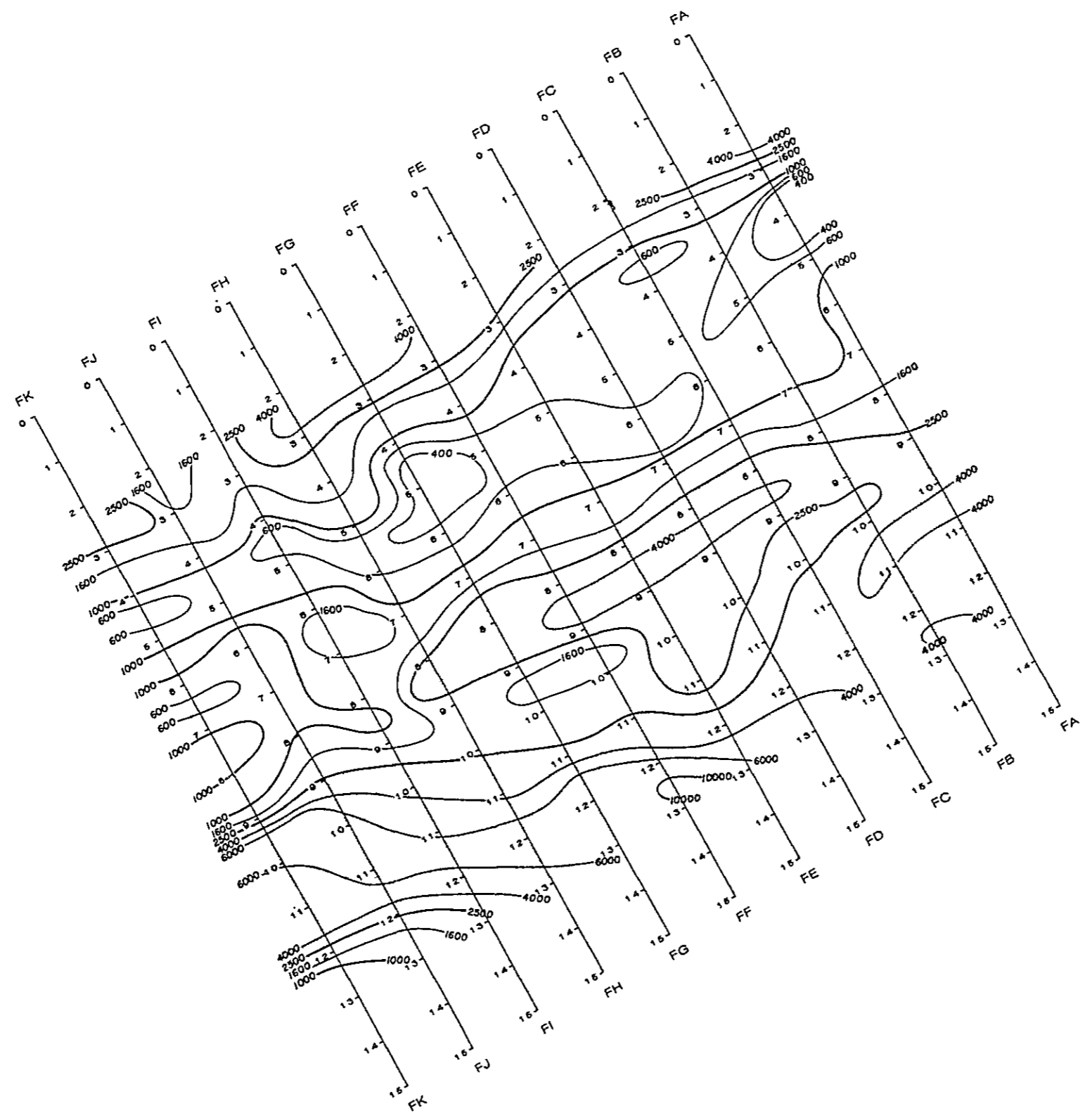


Fig. II-19-2 Plan Map of Apparent Resistivity[N=3]

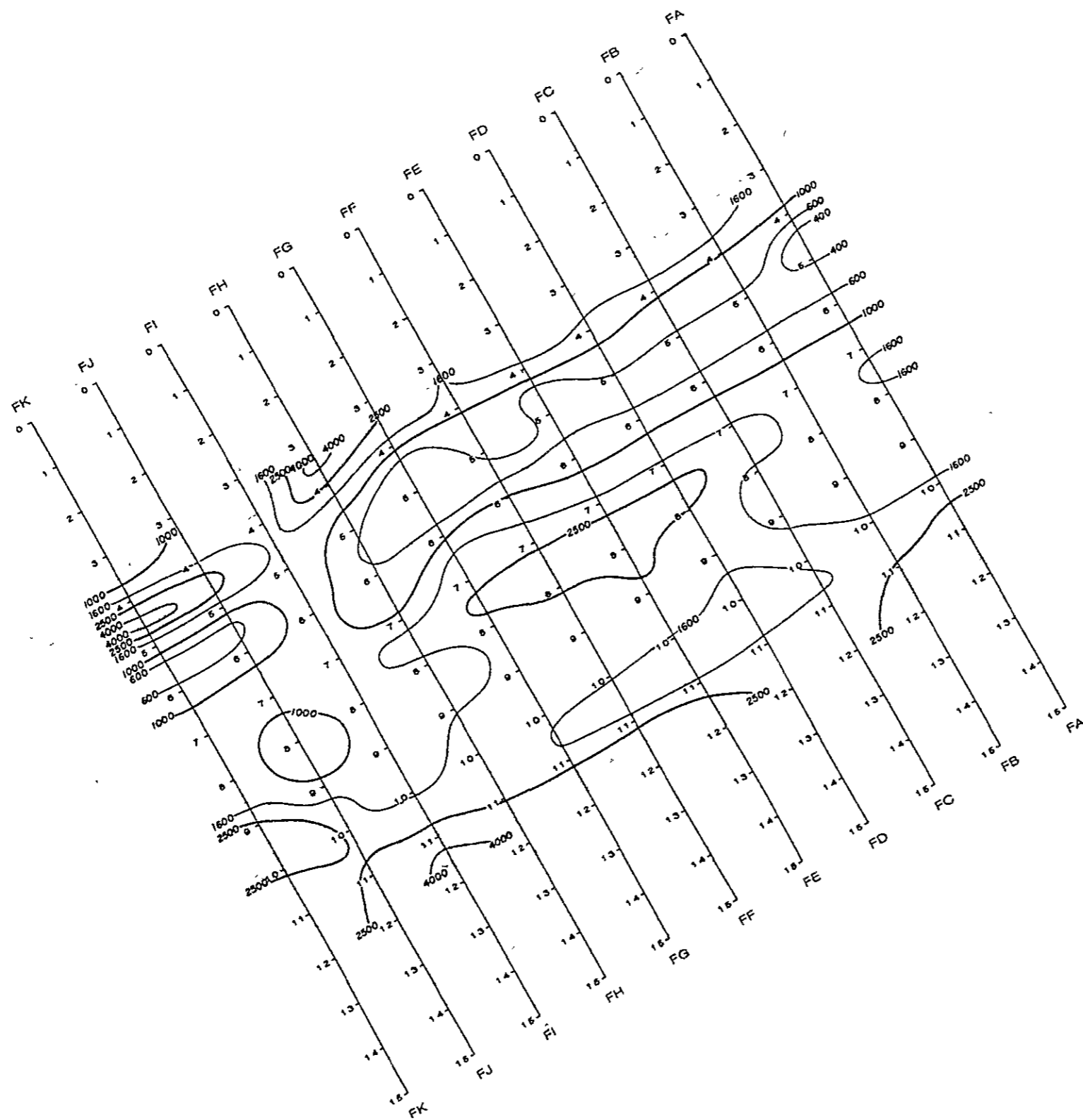


Fig. II-19-3 Plan Map of Apparent Resistivity(N=5)

れる。これらの高見掛比抵抗が $n = 3$ の平面図で、測線 F A ~ 測線 F F では北側に約 100 m ずれ、逆に測線 F G ~ 測線 F K では南側にずれて検出されている。

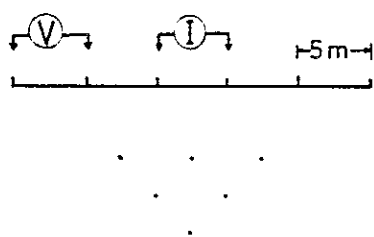
○ P F E 平面図 (Fig. II - 20 - 1 ~ 3)

P F E コンターの分布形態は、見掛比抵抗分布と同様に地層の走行方向と一致している $n = 1$ の平面図で 5 % 以上の高 P F E 異常が各測線の南部 (No 1 2 以南) 及び No 4 ~ No 8 に認められる。

前者は擬似断面図で記述した異常帯 A に対応し、後者は異常帯 B に対応する。異常帯 A は測線と直交方向に帯状に分布し、深部に行くにしたがい北に移動し、 $n = 5$ の平面図では各測線では No 9 ~ No 11 に移動している。これ異常源が深部に向かうにつれて北方へ移動していることを示している。異常帯 B の連続性は異常帯 A に比べて不明瞭で、深部に向かうほどその傾向がある。異常帯 B に挟まれた箇所、異常帯 B の北側の区域は低 P F E を示し、これらの区域には I P 異常源 (分極性岩体) が存在しない。

2 - 3 - 3 In - Situ 測定

調査地区内の 10 地点で In - Situ 調査を実施した。本調査は地表に露出する地層固有の比抵抗、P F E を現位置で求める目的で実施された。測定方法は電極間隔 5 m の双極子法により、各地点で下図に示す 6 点の測定を行った。Table II - 5 にその結果を示す



この結果 L_3 ps B 層、 S_2 ps 層が高 F E を示し、 L_3 dol B 層、 L_3 ls B 層が中 F E、その他の地層は低 P F E を示すことが明らかとなった。比抵抗では、 S_2 ps 層、 L_3 ps B 層、 L_3 dol C 層がほぼ高比抵抗、他の地層は $1000 \Omega m$ 以上の低比抵抗を示している。

また、鉱脈による I P 効果の強さを調べる目的で測線 F A の No 9 の北東約 150 m に位置する St. Oswaldo 露頭周辺で 3 測線を設定して I P 測定を実施した。測定は電極間隔 20 m (測線 T - 1, T - 2) 及び電極間隔 10 m (測線 T - 3) の Dipole - Dipole 電極配置により行った。その結果、露頭付近で 3 ~ 4 % の異常を把握することができた。測線 T - 1, T - 2 にみられる 5 % 以上の異常は片岩 (L_3 ps A) によるものである。

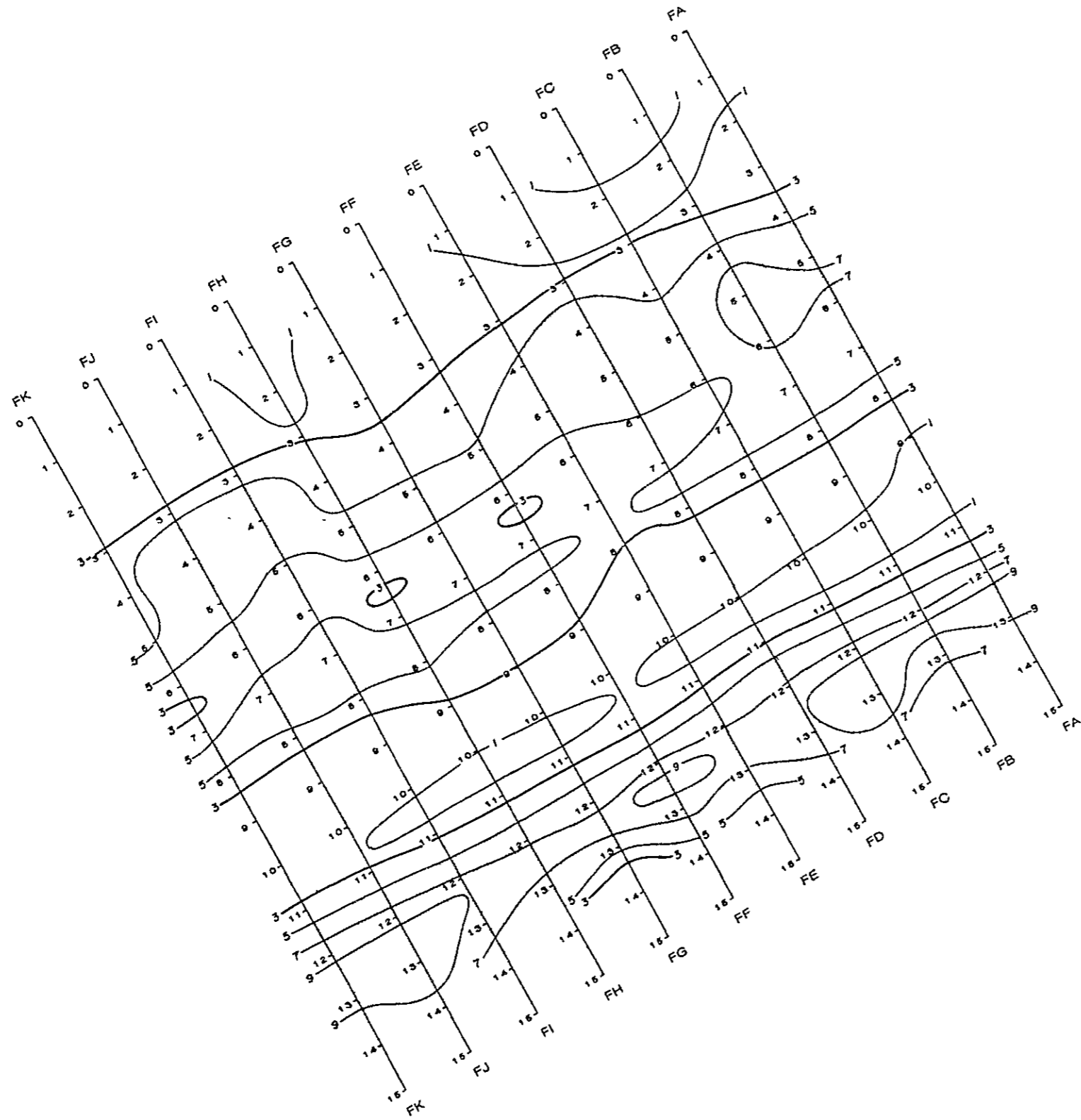
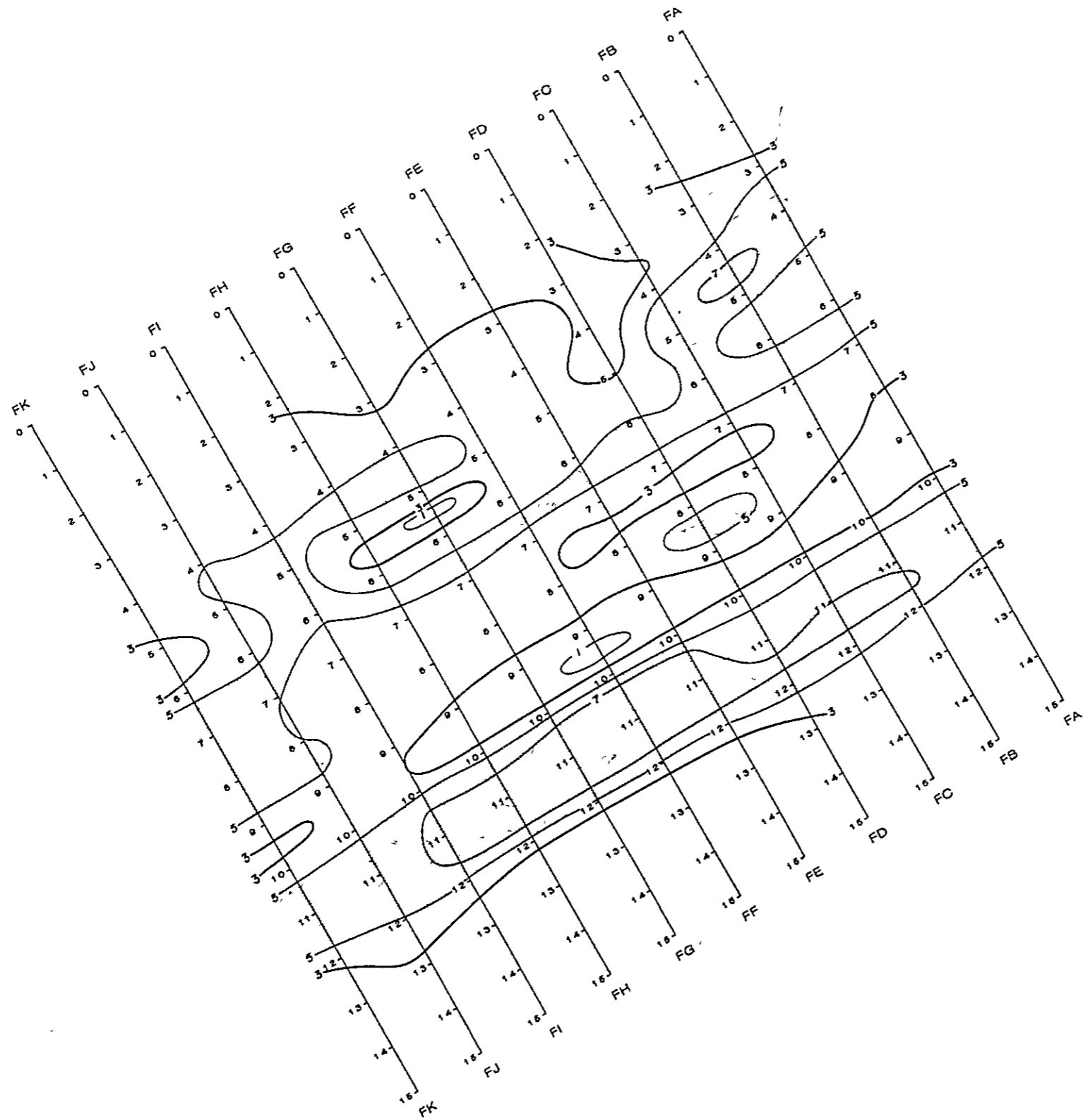


Fig. II-20-1 Plan Map of Percent Frequency Effect [$N=1$]



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Fig. II-20-2 Plan Map of Percent Frequency Effect (N=3)

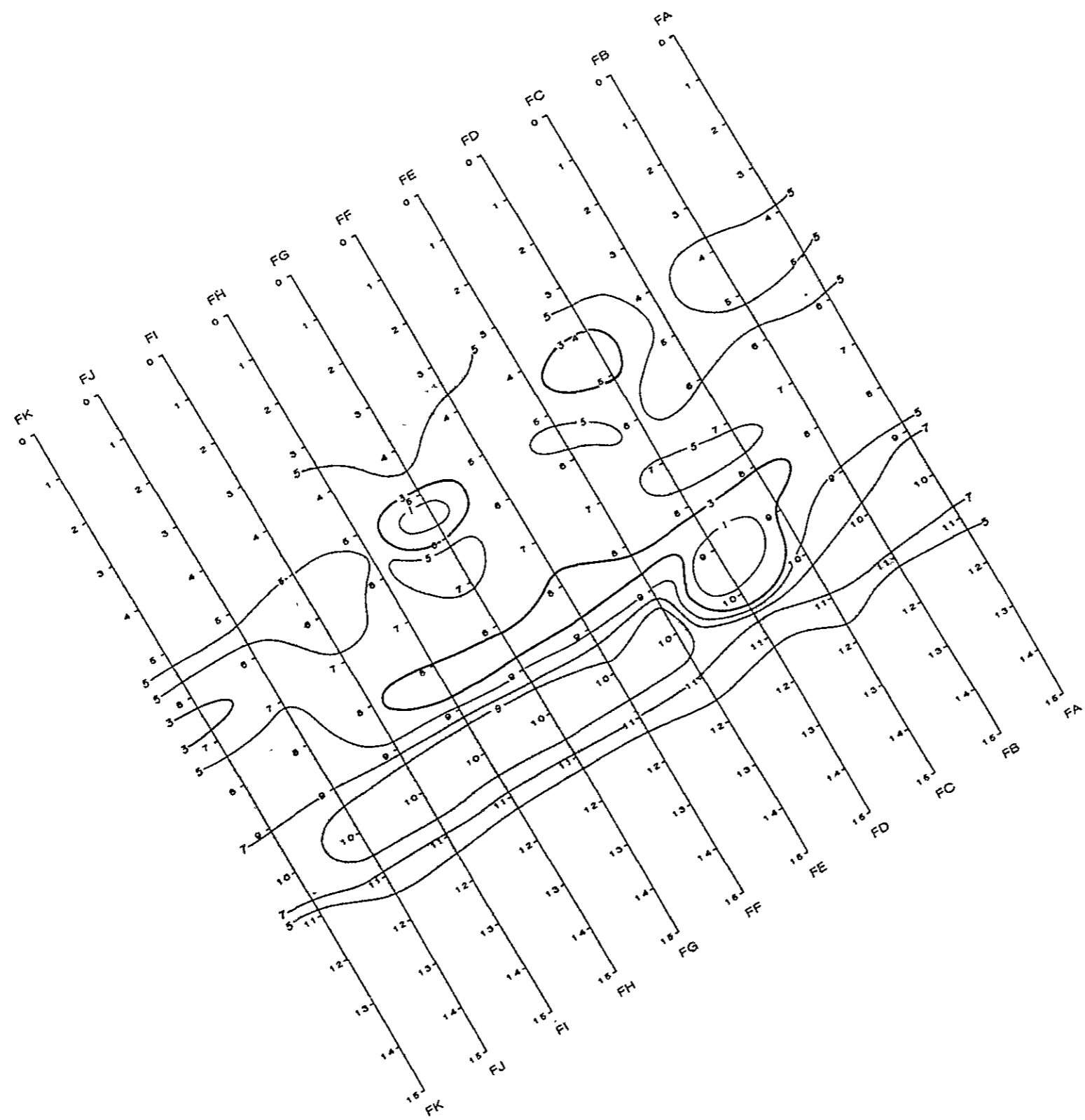


Fig. II-20-3 Plan Map of Percent Frequency Effect (N=5)

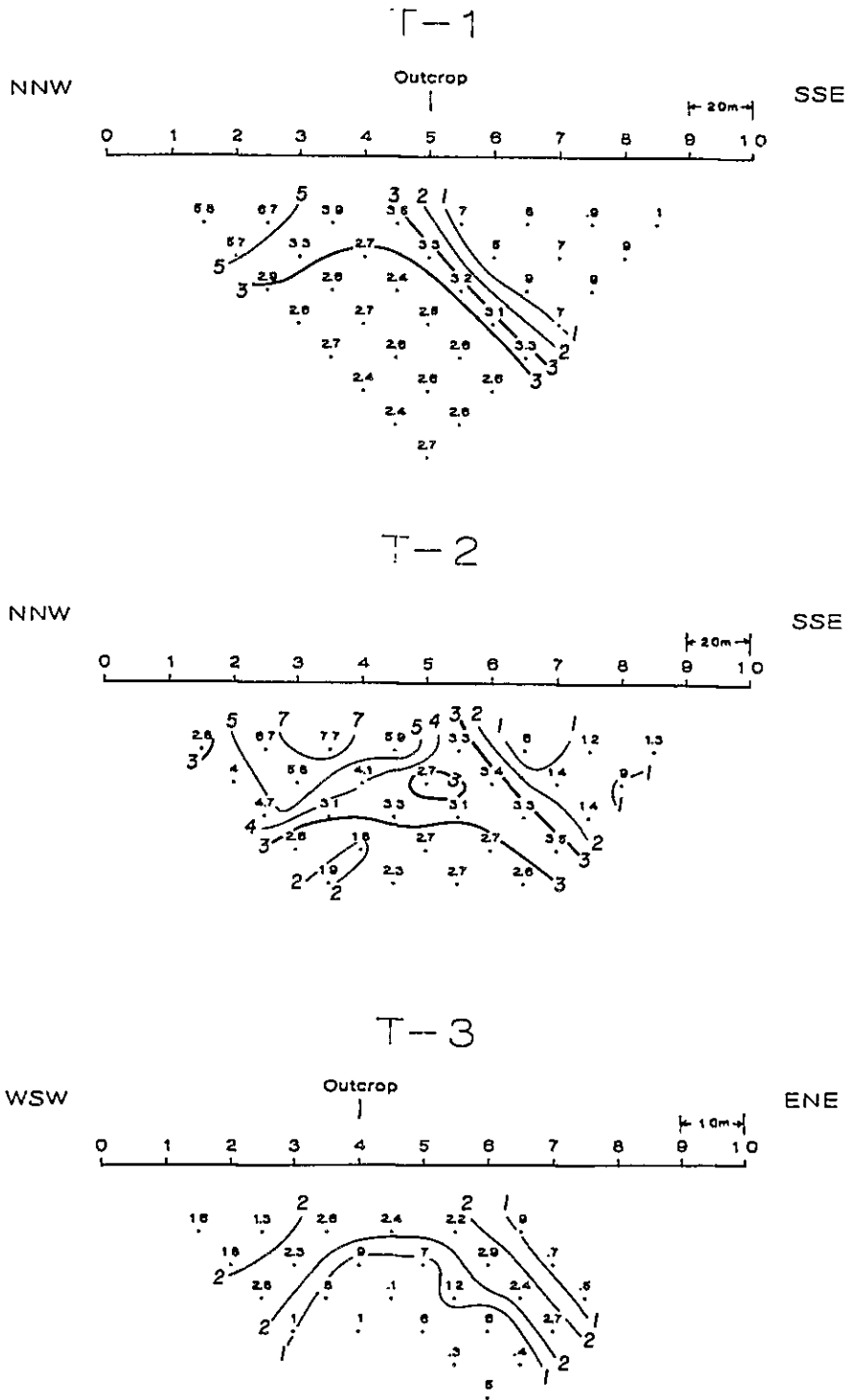


Fig. II-21 Pseudosection of Percent Frequency Effect in Test Lines (T-1, T-2, T-3)

Table II-5 Results of In-Situ Measurement

Location	PFE (%)	Apparent Resistivity (AR Ωm)	Average (PFE)	Average (AR)	Formation
1-1	5.5~7.3	1,290~2,830	6.2	2,100	L ₃ ps B
1-2	1.8~2.9	246~ 892	2.6	560	L ₃ dol B
1-3	1.8~2.9	176~ 633	2.2	354	L ₃ ls B
1-4	0.5~1.5	82~ 277	0.9	169	L ₃ ps A
1-5	0.8~1.5	694~1,830	1.1	974	L ₃ ls A
1-6	5.1~7.7	4,020~8,670	6.3	6,350	S ₂ ps
1-7	0.1~1.1	93~ 361	0.7	165	L ₂
1-8	0.5~1.0	224~ 432	0.7	338	L ₃ dol A ₂
1-9	0.1~0.8	239~ 623	0.5	465	L ₃ ls C
1-10	0.7~0.9	1,370~3,130	0.8	2,220	L ₃ dol C

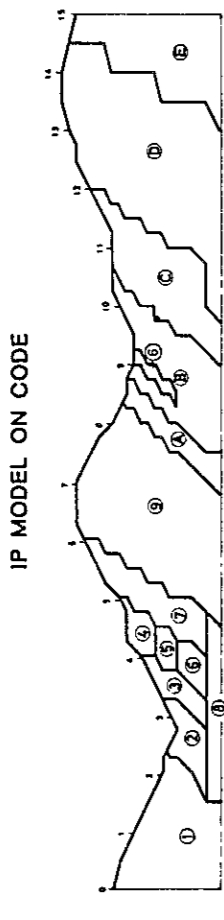
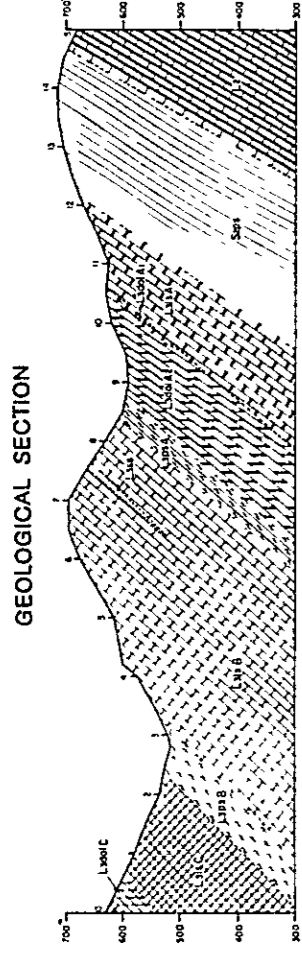
2-3-4 モデル計算結果 (Fig. II-2-2-1~2)

I-P法電気探査では、双極子電極配置による各種モデル計算が実施されている。実際に決定されたデータには各種の異常が重複しているため、決定結果から、地下のPFE異常源の形態、強度を解析する場合、通常多くのモデル計算結果と比較平台し、さらに地質構造を考慮して妥当なモデルを仮定する必要がある。

計算にあたっては、先づ仮定された基础上、PFE値と比抵抗値を当てはめ、できるだけ実測値に近くなるよう初期値を設定し、測線を格子化し、各格子に仮定したPFE値と比抵抗値を与え、有限要素法によりコンピュータを用いて計算する。出力には仮定したモデルによる計算結果(PFE値及び見掛け比抵抗値)を打ち出させた。この出力と実測値との比較を行い、次にモデルを修正することにより、実測値にできるだけ近づくよう反復計算を行う。これにおおよその傾向、パターンを近似することかできるが、シミュレーションは二次元であり、測定値は三次元のデータであること、また、地下構造は実際には複雑であり、これらの組合わせも無限に存在するため、理想的なシミュレーションを行うことは極めて困難である。

しかし、推定した地下構造の妥当性を検討するうえでは、極めて有効な方法であるといえる。

本調査では、測線FA、FDでモデル計算を実施した。モデルは地質断面に基づいて作成し、高PFE異常をもたらしたと考えられる片岩S₂psには8~10%のPFE値を、石灰岩L₃dol Bには1~8%のPFE値を与えた。比抵抗値は、In-Situ、物性測定結果を参考にして石灰岩L₃ls A、片岩L₃dol A₂には5.000~8.000 Ωm の高比抵抗、石灰岩L₃ls Bには1.000 Ωm 未満の低比抵抗を与えた。その他の地層に与えたPFE、比抵抗値はモデルのコード番号



C L O F 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A P E C D E F G H A L
 RESISTIVITY (OHM-M) 4000 1000 1500 1500 1000 1500 1000 4000 4000 1000 1500 1000 4000 4000
 PERMEABILITY 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0

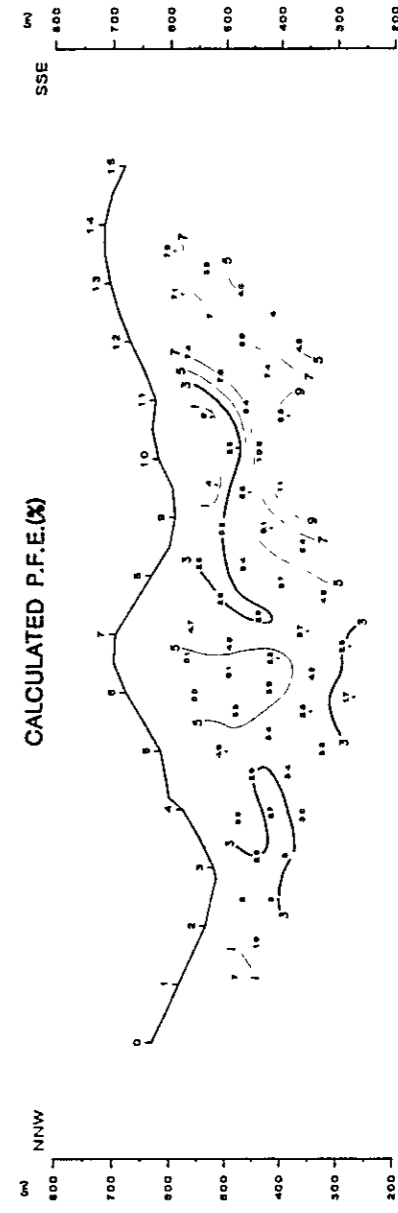
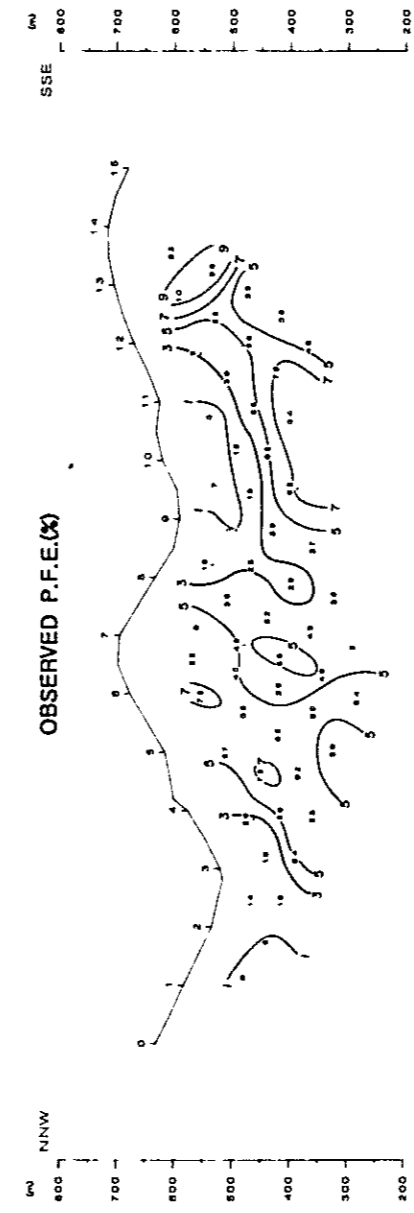
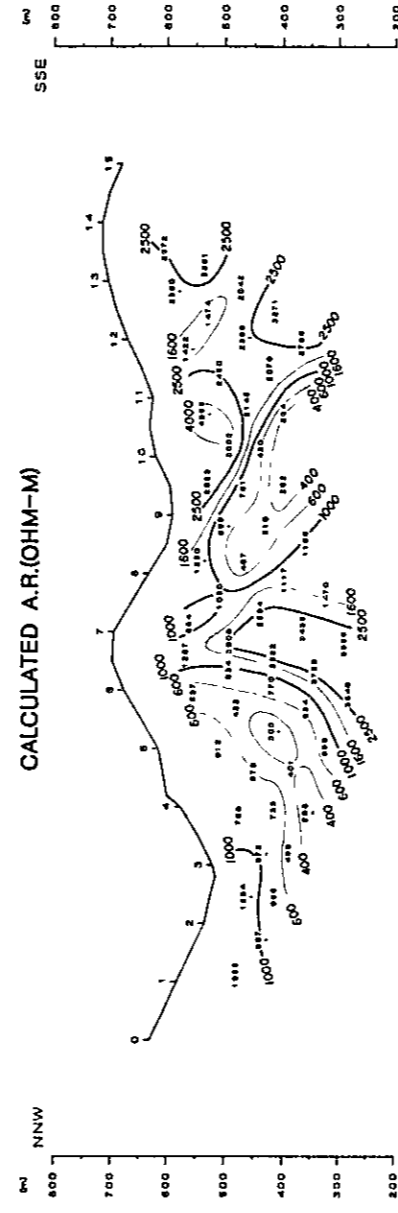
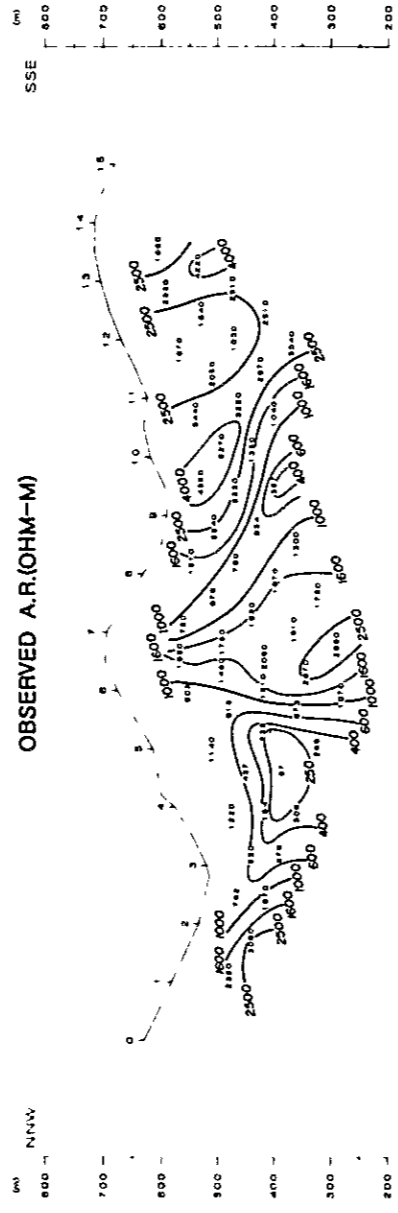
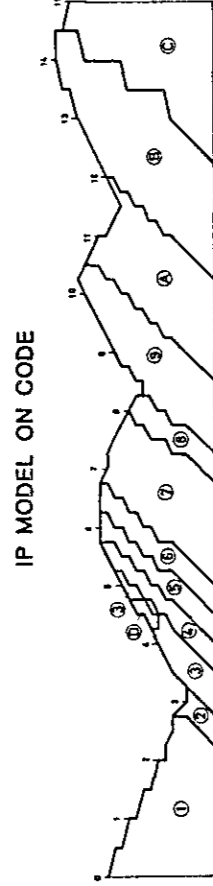
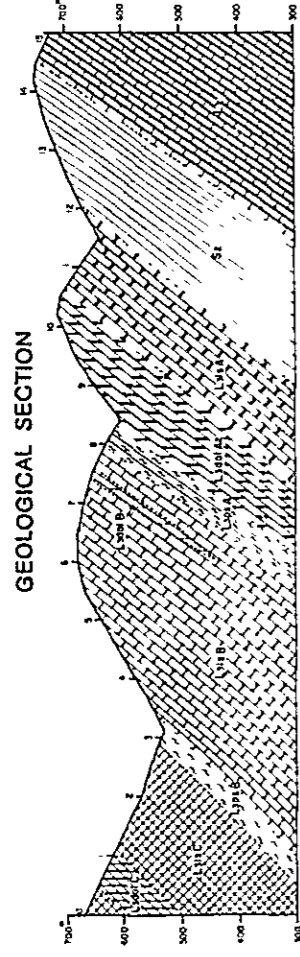


Fig. II -22-1 Model Simulation (Line-FA)



C O D E 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F S M K L
 RESISTIVITY (OHM-M) 4000 2000 300 800 800 800 4000 8000 2000 3000 800 0 0 0 0 0 0
 PERMEABILITY 0.5 1.0 3.0 1.0 10.0 4.0 3.0 0.5 0.5 8.0 1.0 8.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

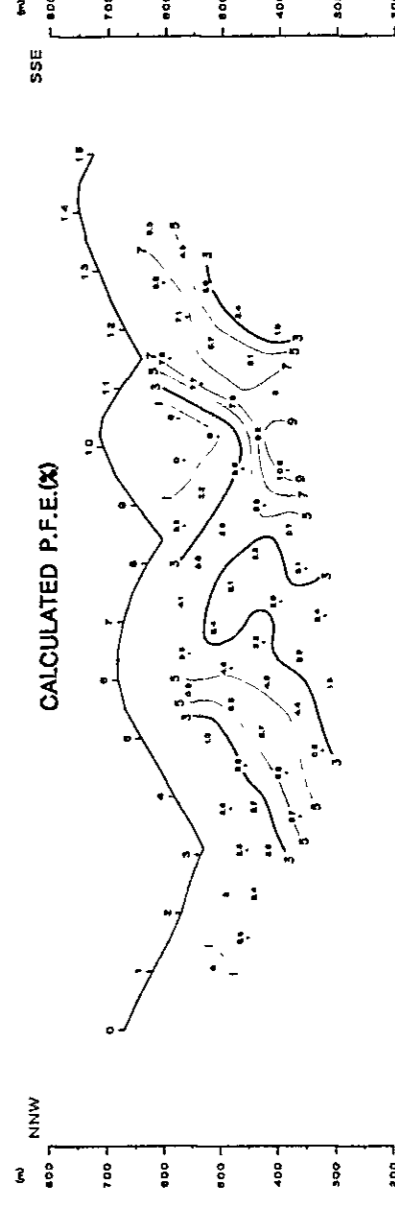
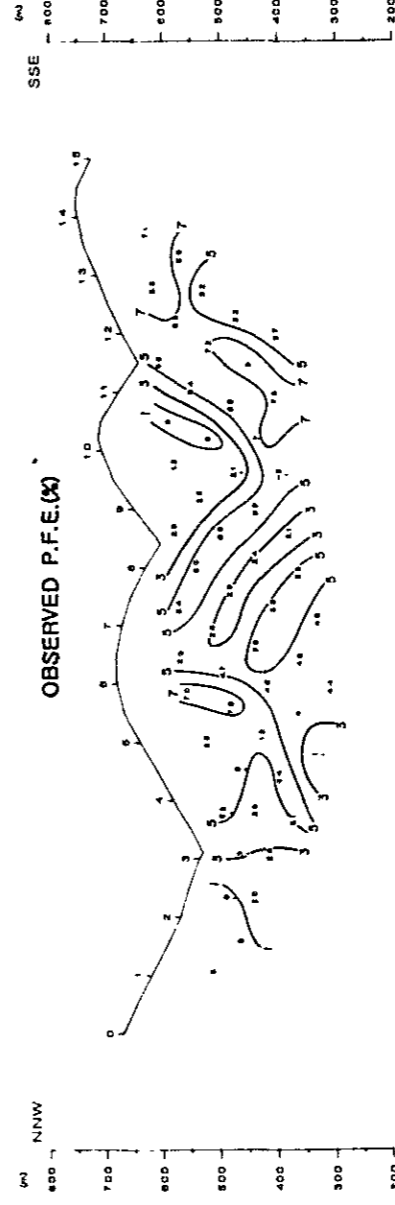
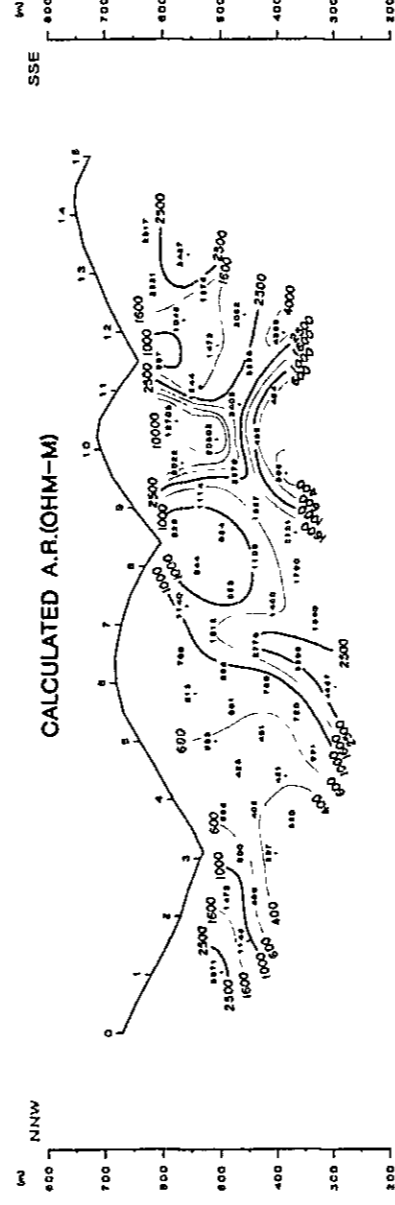
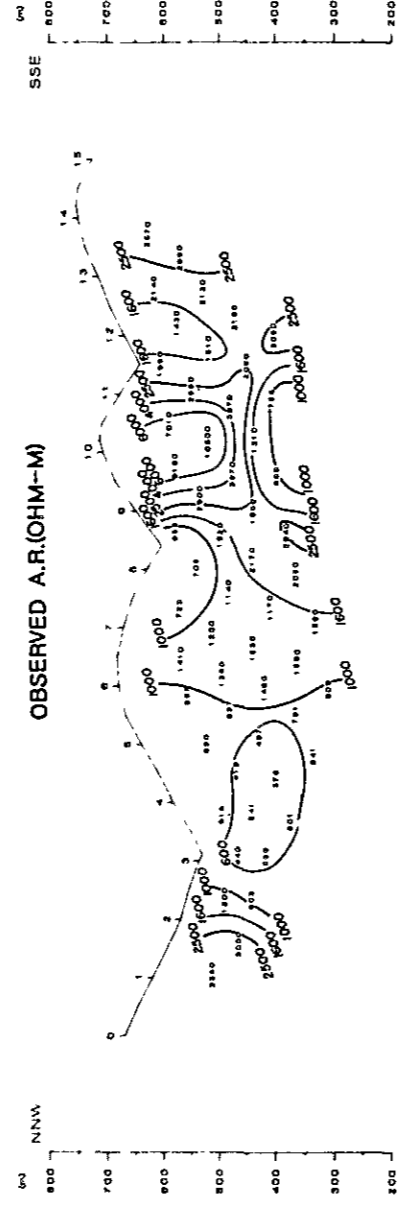
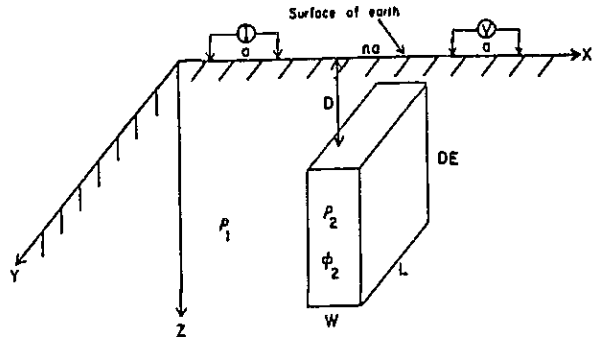


Fig. II -22-2 Model Simulation (Line-FD)



D : Depth from the surface
 DE: Hight of Prism
 L : Length of Prism
 W . Width of Prism
 ρ_1 Resistivity
 ρ_2 : Resistivity of Prism
 ϕ_2 : FE

Prism Model for IP Response Study

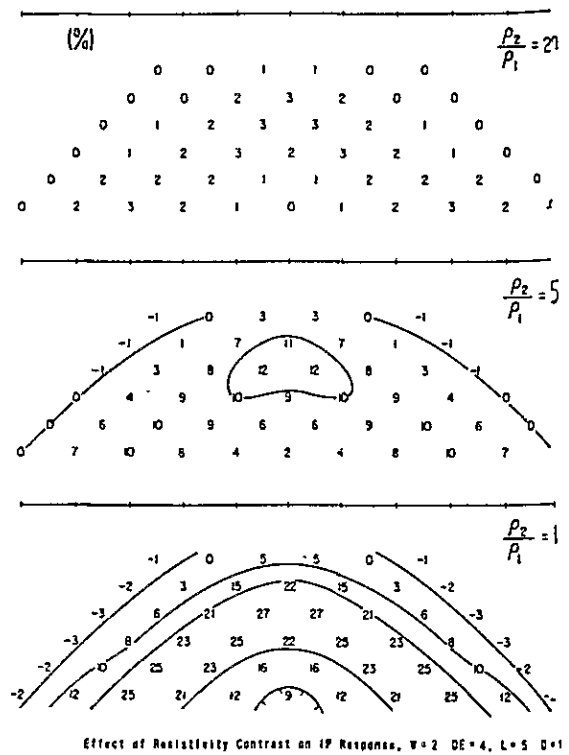
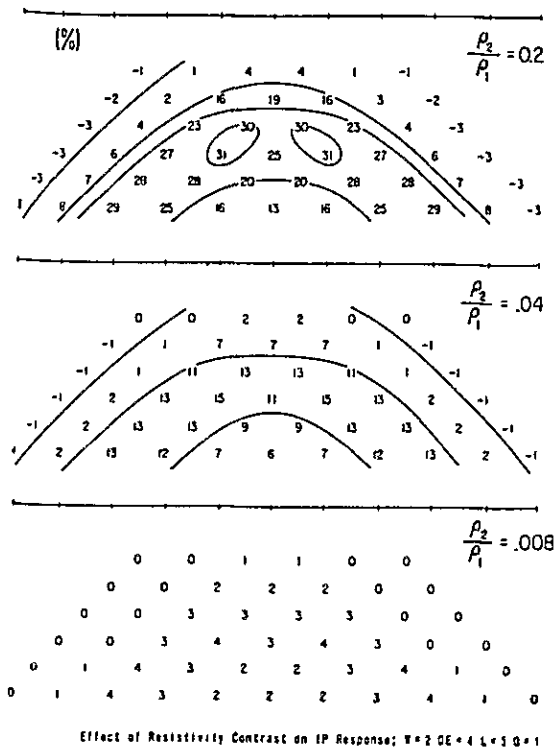


Fig. II-23 Example of Prism Model for IP Response

に示した通りである。この結果、PFE、見掛比抵抗擬似断面ともほぼ実測の擬似断面に類似した結果を得ることができた。

2-4 測定結果と地質との関係

SIP法及びIP法で検出された異常帯A、異常帯B、比抵抗帯L、比抵抗帯Hはすべて南西方向に連続した異常源、比抵抗岩体に起因し、この分布は地質構造と調和的である。異常帯Bは、ほぼ比抵抗帯Lの分布と一致し、この異常域に石灰岩L₃IsBが主として分布している。一般に石灰岩は高比抵抗であるが、この層は低見掛比抵抗である。その原因として石灰岩の層理面に泥質な苦灰岩と石炭を含む絹雲母片岩が挟在し、この層理面の電気伝導性が、L₃IsBの低比抵抗化をもたらしたためと考えられる。局部的に認められる400Ωmの低見掛比抵抗は地層水の影響によるものと判断される。

PFE異常については、この異常帯は小規模の異常源による異常が集合して形成された様相を示し、石灰岩L₃IsBに挟在する泥質な苦灰岩に黄鉄鉱鉱染が所々地表で観察されることから、これらによる異常と考えられる。また40mrad以上の異常箇所は特に黄鉄鉱鉱染の比較的多い場所と推定される。

一方、異常帯Aは、その示微形態が異常帯Bと異なり、複数の異常源に起因するものではない。この異常帯と片岩S₂psの分布と一致し、中比抵抗を示している。一般に、片岩は低比抵抗を小すが、本調査地区では石灰岩と同程度の比抵抗として検出されている。これは、この区域の片岩が比較的緻密で、しかも多量の石英を含有しているためと考えられる。PFE異常については、この片岩はフィルム状の石英を含み、若干の黄鉄鉱鉱染を受けているため、高PFE異常として検出されたと考える。

Furnas 鉱山の鉱床胚胎層準である石灰岩L₃IsA、苦灰岩L₃dolAの分布域ではPFE異常は認められなかった。また比抵抗帯Hがこの石灰岩、苦灰岩の分布域と一致することからこれらの地層は非分極性の緻密堅硬な岩体であると考えられる。この結果は、In-Situ、室内物性測定結果とも一致し、岩芯観察では石英を多く含んでいることが明らかにされている。これらの地層中に局部的にフィルム状黄鉄鉱鉱染が認められているが、黄鉄鉱の全体量が少なくIP効果に寄与しなかったと考える。

測線FAのNo85付近の深度100～150mに現在稼行中の脈状鉱床（方鉛鉱に富む）が胚胎しているが、本調査でこの鉱脈による異常は検出されなかった。この鉱脈の錘先の露頭上で実施したIn-Situ調査では露頭によるPFE異常を捕捉していることから、測線上でPFE異常が捕捉できなかった原因として、胚胎深度に比べ鉱脈が小規模であることと、鉱脈の周囲の母岩が非分極性の高比抵抗岩体であるため地表からの電流が高比抵抗岩に遮断され、鉱脈によるIP効果が十分生じなかったことがあげられる。

2-5 ま と め

本調査地区の2箇所でIP異常が検出された。これらの異常はスペクトルタイプ及び地質構造的に興味深い異常であり、この2箇所の異常に主眼をおいて総合的に考察した結果を以下にまとめとして列挙する。

- (1) 見掛比抵抗分布は地質構造と調和的であり、見掛比抵抗の変化する所はそれぞれの地層の境界を反映している。また、その値は岩質を表わしていると考えられる。
- (2) 位相差及びPFE擬似断面では2箇所の顕著なIP異常帯が検出された。一つは各測線の北側(No.3～No.8付近)に認められ、低比抵抗、中～高PFE異常を示す。この異常はこの区域に分布する石灰岩に挟在する黄鉄鉱を伴った苦灰岩及び石墨、絹雲母片岩の薄層等の影響を反映したものと考えられ、スペクトルタイプは“C”型である。
- (3) 他の異常は各測線の南側(No.12～No.14)に検出された。この異常は中～高比抵抗分布域に北傾斜で地表から深部まで連続して検出されており、その異常形態は片岩の分布と調和的である。一般に、片岩は低比抵抗岩体であると考えられるが、この区域におけるものは、他地区の片岩に比へ緻密であり、石英を多量に含んでいるため比較的高い見掛比抵抗として検出されたと考えられる。また、この片岩はフィルム状に石墨を含むため、この石墨に起因してIP異常が検出されたと考えられる。この異常のスペクトルタイプは“B”型である。
- (4) これらの2箇所の異常は更に南西から北東方向へ連続するものと考えられ、その方向は地質構造と一致している
- (5) 岩石物性測定の結果、石灰岩、特に苦灰岩に起因するスペクトルは、“C”スペクトルに酷似したスペクトルタイプであることが判明した。
- (6) Furnas 鉱床層準においてIP異常が検出されなかった理由としては、母岩が非分極性高比抵抗岩体であり、かつ、鉱床自体が小規模であったためと考えられる。しかし、非分極性の高比抵抗岩体を母岩とした鉱床であっても、鉱化作用が広範囲な場合や、小規模な鉱床が集合した場合には、異常の検出は容易であると考えられる。
- (7) 従って、本調査地域のような地質状況下における物理探査では、ボーリング孔、坑道を利用した手法が最適であると考えられる。

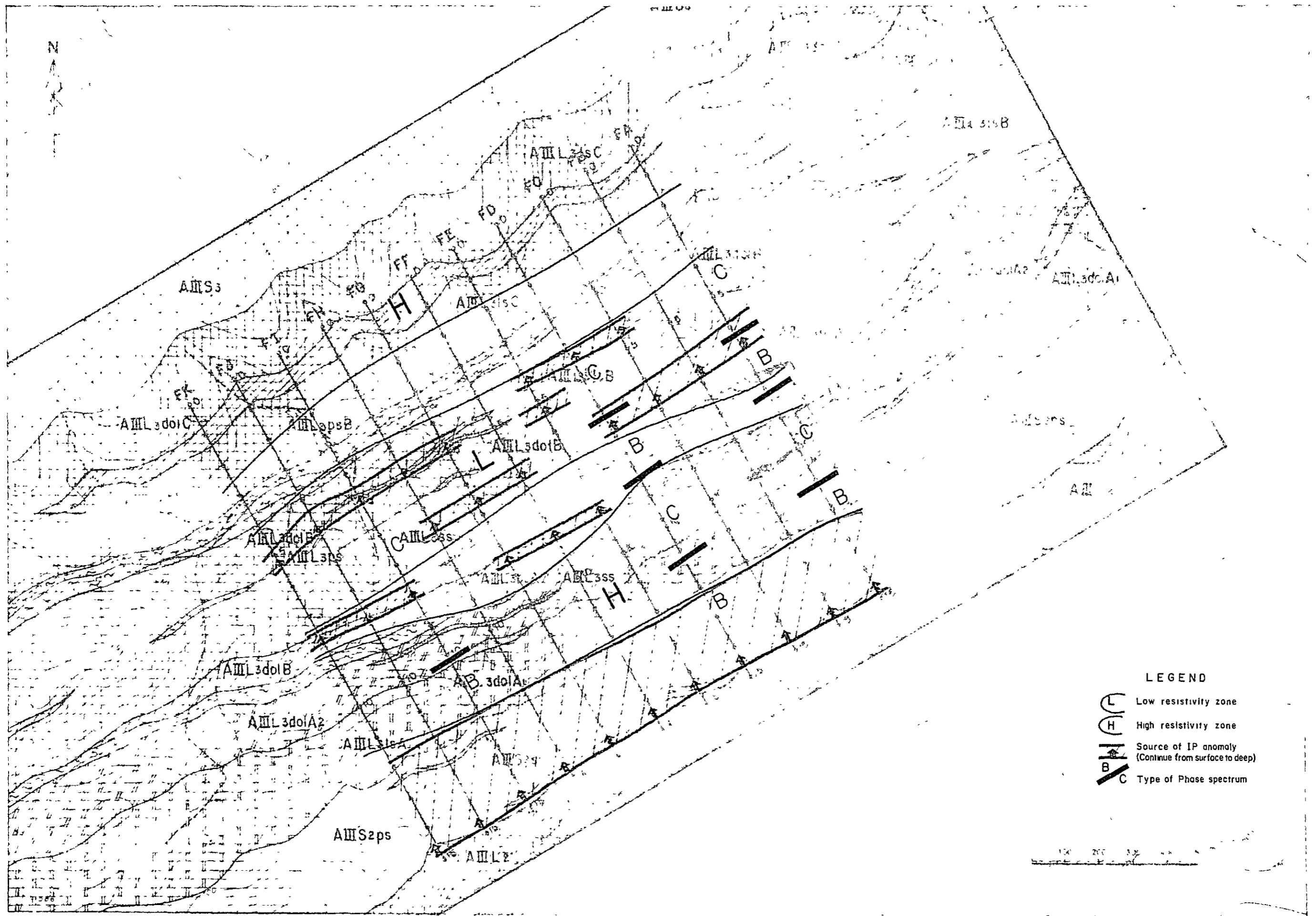


Fig. II-24 Interpretation Map in Furnas Area

第Ⅲ部 ボーリング調査

第1章 ボーリング調査工事概要

1-1 目 的

フランス連邦共和国アンタゴルダ地域における第四年次のボーリング調査は Perau 地区及び Barrinha 地区で実施された。

Perau 地区のボーリングは第三年次に実施したボーリング調査によって発見された層状鉛・亜鉛鉱床について、その連続性及び品位等を確認することを目的として AG-04 孔、AG-05 孔及び AG-06 孔の3本が実施された。

Barrinha 地区のボーリングは第三年次に実施した物理探査 (IP法及び SIP法) の異常帯の状況解明と周辺の地質構造を解明して、今後の探査に役立てることを目的として AG-B1 孔及び AG-B2 孔の2本が実施された。

1-2 工 事 概 要

本工事の現地における掘進作業は、フランスの探鉱会社 Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) が実施し、大手開発は作業監督、コア鑑定及び解析作業を実施した。

掘進作業は 1983 年 9 月 9 日 AG-B1 孔より開始し、1984 年 1 月 27 日 AG-05 孔の掘進終了で全ての掘進作業を完了した。本工事はフランス南部に降り続いた大雨の影響により掘進開始の遅延とロッド切断事故 (AG-05 孔) などにより、工事完了は予定した期間より大幅に遅れた。

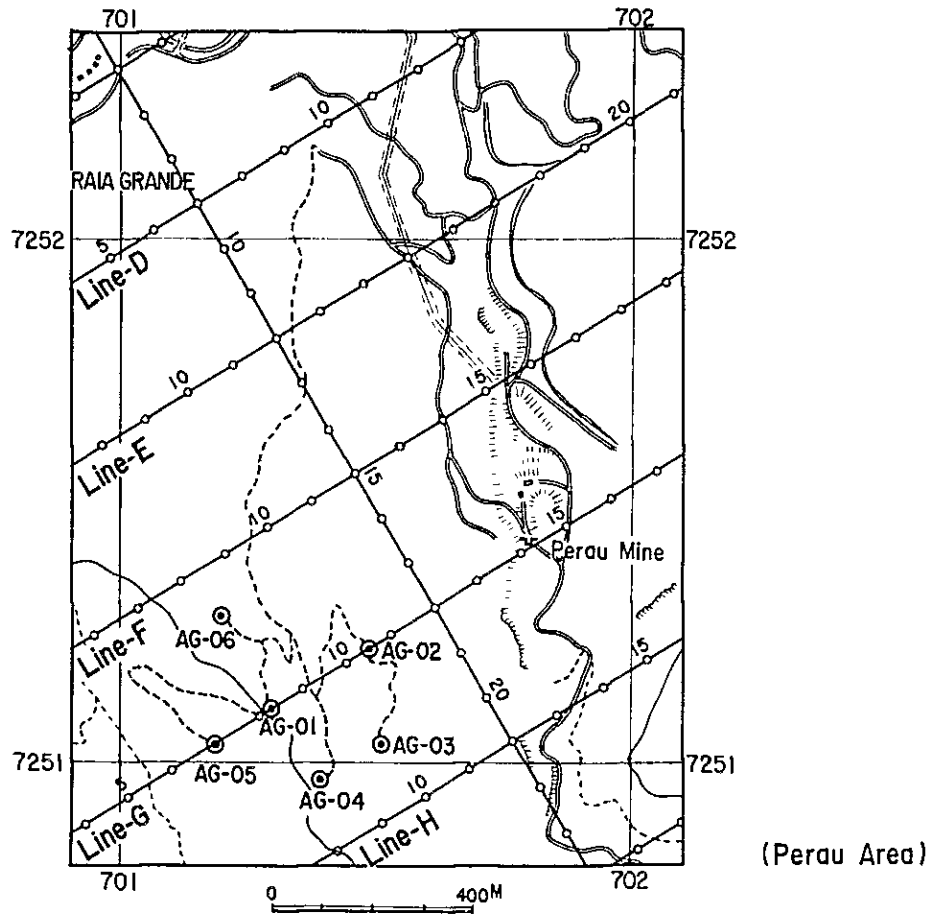
使用機械は Boyles Brothers 社製 BBS-56、掘進能力：NQ サイズ 600 m、BQ サイズ 1,000 m) 1 台、BBS-35 (掘進能力：NQ サイズ 400 m、BQ サイズ 600 m) 2 台及び Longyear 社製 L-34、掘進能力 NQ サイズ 300 m、BQ サイズ 500 m) 1 台の合計 4 台を使用した。

作業形態は原則として 1 方 10 時間 2 交替制作業とした。掘進方法は、ワイヤーライン工法により、コアの採取率及び工程の向上に努めた。又掘進中又は掘進後にトロハリーによる傾斜測定を実施した。

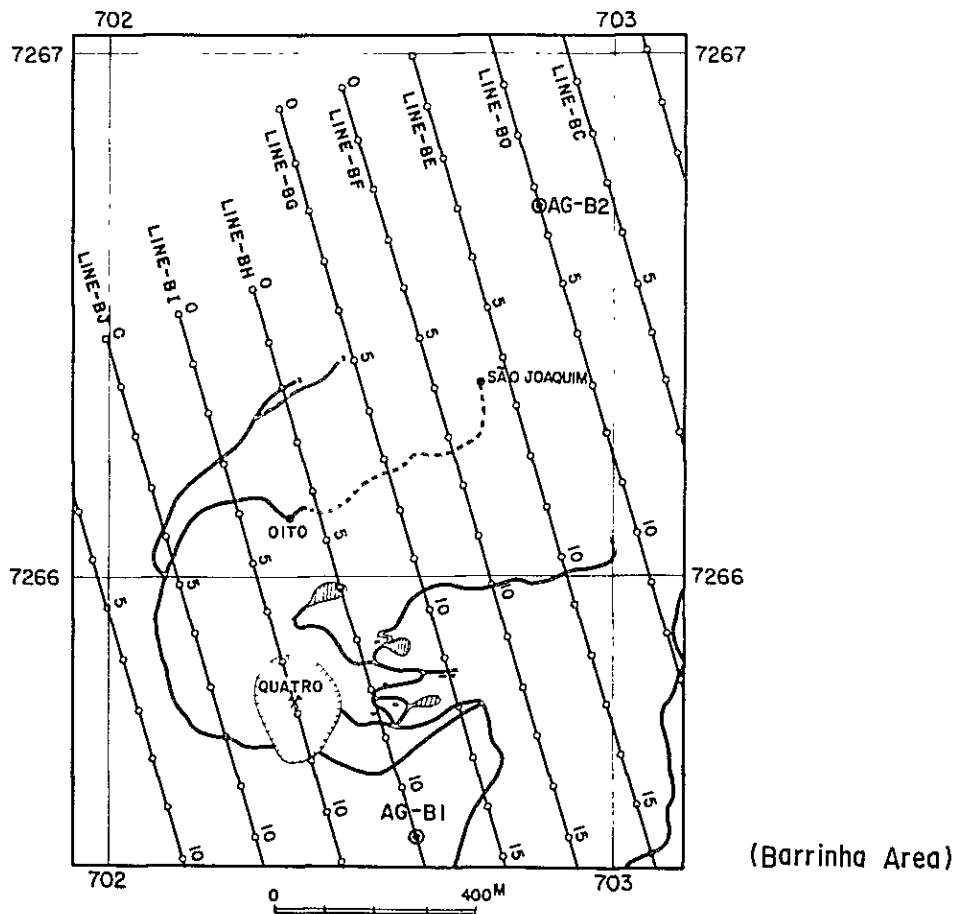
ボーリング工事量は次のとおりである。

地区名	孔名	傾斜	掘進長(m)	コア長(m)	コア採取率(%)
Perau	AG-01	-90°	22000	21440	9745
	AG-05	-90°	36160	34605	9570
	AG-06	-90°	35000	33540	9583
Barrinha	AG-B1	-90°	30000	29930	9976
	AG-B2	-60°	30000	29200	9733

(S20°E)



(Perau Area)



(Barrinha Area)

Fig. III -1 Location Map of the Drilling Holes

1-3 コア鑑定及び解析作業

全てのコア について、岩質、変質及び鉍化状況の鑑定が行われ、縮尺200分の1の地質柱状図にまとめた(PL. III-1, 2)。

鉍石部については、コアの半分を岩石カウンターを使用して採取し分析試料を調整し、Cu, Pb, Zn, Ag などの各元素について分析を行った。

又、岩石及び鉍石部の薄片及び研磨片を作成して、顕微鏡による観察を実施した。

分析・解析作業の主な内容とその個数は次のとおりである。

- | | |
|-----------------------------|-----|
| (1) 鉍石研磨片顕微鏡観察 | 10個 |
| (2) 鉍石部の分析 (Cu, Pb, Zn, Ag) | 22個 |

第2章 ボーリング調査工事

2-1 資・機材搬入路

1983年8月26日先発した調査員1名が、試錐現地の踏査を行い、搬入路の新設計画と資・機材の搬入計画などについてカウンターパート及びCPRMのボーリング担当者と打合せた。

搬入路はブルドーザー (Caterpillar 5-D) 2台にて新設距離約2.0 km, 改修距離約2.5 km, 巾員3.5 mの搬入路の工事を実施した。

搬入路は海拔400~700 mの急峻な地形で、樹木が多く、かつブラジル南部に続いた異常な長雨のため、地盤が軟弱で、搬入路開さく工事は困難を極めた。特にPerau地区は鉦山道路は大雨により寸断されて使用不可能となり、Perau鉦山が新たに開さくした鉦山運搬道路を使用した。この新設道路は雨が降ると不通となり、このため試錐運搬道路の開さくは予定より大巾に遅れた。

2-2 ボーリング位置

Perau地区及びBarrinha地区のボーリング位置はFig. III-1及びPlate III-1, 2に示すとおりであり、各地点の詳細は次のとおりである。

地区名	孔名	緯距	経距	標高	備考
Perau	AG-04	7,250,96N	701,40E	460	G-H line 中間 84 付近
	AG-05	7,251,03N	701,18E	490	G line 70
	AG-06	7,251,38N	701,18E	440	F-G line 中間 83 付近
Barrinha	AG-B1	7,265,49N	702,60E	630 m	BH line 110
	AG-B2	7,266,71N	702,83E	510 m	BD line 30

2-3 設営作業

2-3-1 資・機材の搬入

資・機材及び作業室はPoços de Caldasから9月1日に現地まで大型トラック及びピックアップで運搬された。

又、10月30日資・機材及び作業員が追加された。

2-3-2 設営

Perau地区の設営はAG-06から開始した。ボーリング座の整地はブルドーザーにより行った。

AG-04及びAG-05の搬入路建設とボーリング座の整地はAG-06孔掘進中に実施された。なお搬入道路は雨の為にしばしば切断されこの補修工事にかなりの時間を要した。

Barrinha地区の設営はAG-B1から開始した。AG-B2はAG-B1孔掘進中に実施された。

2-3-3 ボーリング用水

Perau地区での用水は、地区内を流れるRibeirão Grande川の支流を塞ぎ止め、揚水ポンプを使用して給水した。

又、Barrinha地区の用水はCorrego Barrinha do Forquilha川の支流を塞ぎ止め揚水ポンプによって給水した。

各試錐座までの揚水高は次のとおりである。

Perau	AG-04	5 m
	AG-05	85 m
	AG-06	5 m
Barrinha	AG-B1	30 m
	AG-B2	120 m

2-4 掘進作業

表土部分はNWメタルビットによる従来工法で掘進を行った。表土部分の少ない場所（AG-05）ではNQワイヤーライン工法で開始した。着岩後NQワイヤーライン工法で掘進し、最終口径はBQワイヤーライン工法とした。

各孔の掘進状況は次のとおりである（Fig. III-2-1~5）。

2-4-1 AG-04孔

掘進長	；	22000 m
コアー長	；	21440 m
コアー採取率	；	9745 %
掘進開始日	；	1983年10月25日, 1983年11月19日掘直し
掘進終了日	；	1983年12月8日

本孔は最初4935 mまで掘進したが、孔曲りが著しいため掘進を中止し、掘直しを実施した。

0 m ~ 380 m

SWメタルビットによる従来工法で表土を掘進した。

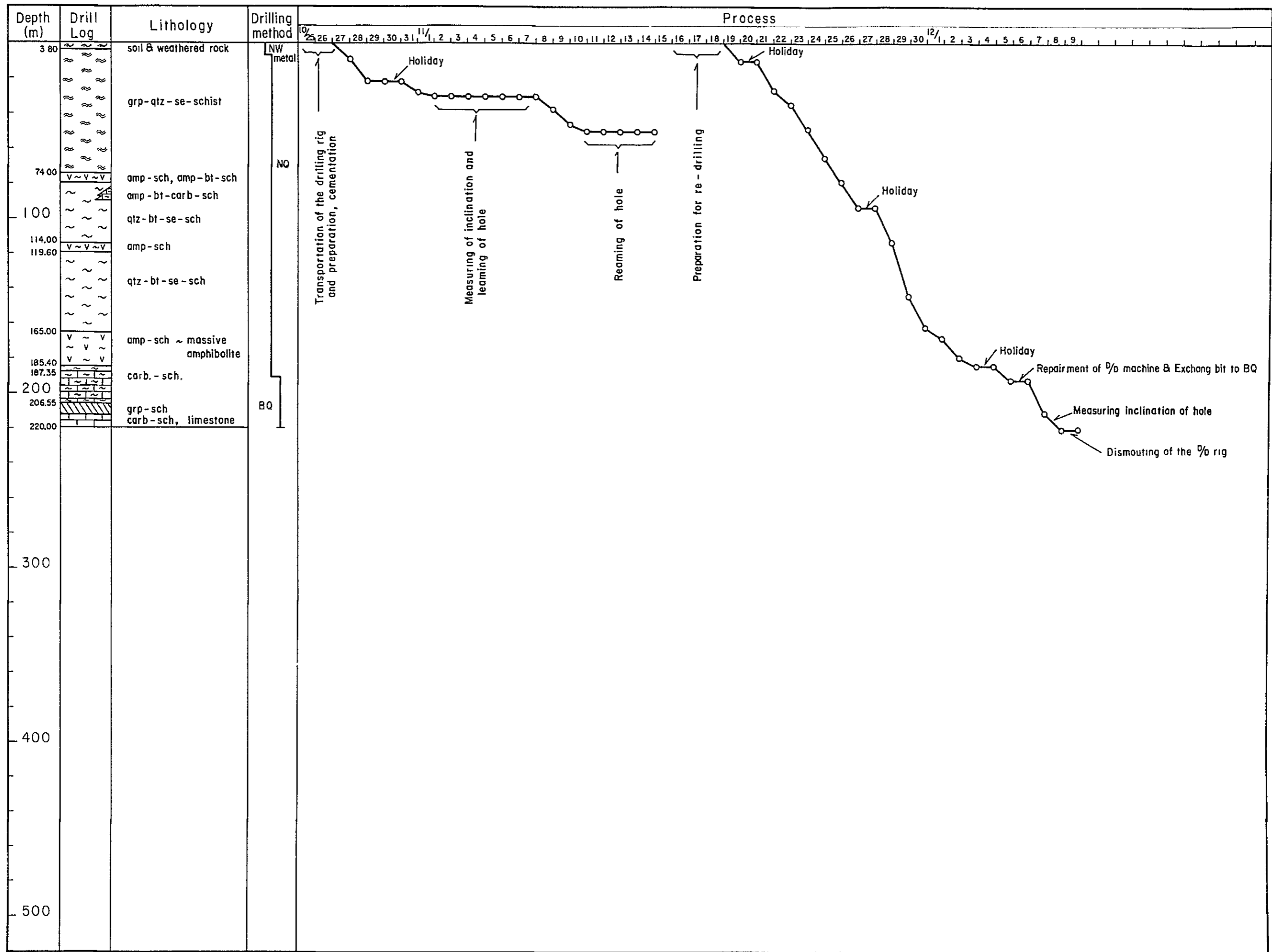


Fig. III-2-1 Progress Record of Diamond Drilling of AG-04

380 m ~ 191.75 m

NQダイヤモンドビットによるワイヤーライン工法で、雲母片岩、角閃岩、角閃片岩及び炭酸塩岩片岩等を掘進した。

岩質は安定しており、順調に掘進して191.75 mでNQダイヤモンドビットからBQダイヤモンドビットに交換した。

191.75 m ~ 220 m

BQダイヤモンドビットによるワイヤーライン工法で炭酸塩岩片岩、石墨片岩一千枚岩、石灰岩を掘進した。

200 m付近で鉛・亜鉛の弱い鉱化帯を捕捉し、その後鉱化帯下盤の石墨片岩、石灰岩層を確認したので220.00 mで掘進を終了した。

2-4-2 AG-05孔

掘進長 ; 361.60 m

コア長 ; 346.05 m

コア採取率 ; 95.70 %

掘進開始日 ; 1983年11月25日

掘進終了日 ; 1984年1月27日

0 m ~ 228.75 m

孔口より岩盤が露出している為NQダイヤモンドビットによるワイヤーライン工法で、雲母片岩及び角閃岩層を掘進した。

岩質は安定しており、順調に掘進し、228.75 mにてBQダイヤモンドビットに交換した。

228.75 m ~ 327.00 m

BQダイヤモンドビットによるワイヤーライン工法で雲母片岩、角閃岩を327.00 mまで掘進、319.30 ~ 328.60 m間で粘土化帯に逢着し掘進不能となる。228.75 mからNQダイヤモンドビットによる拡孔作業を実施した結果258.00 m付近でロード切断事故が発生し、この回復作業に26日間（12月3日 ~ 1月2日間はクリスマス新年休暇）を要した。その後31.6 mまでNQビットで拡孔作業を続け、31.6 mよりBQビットで掘進した。

327.00 m ~ 361.60 m

BQダイヤモンドビットにより雲母片岩、角閃岩、炭酸塩岩類を361.60 mまで掘進、354.65 ~ 358.35 mで鉛・亜鉛の鉱石部を捕捉した。その後鉱化帯下盤の石墨片岩一千枚岩を確認して361.60 mで掘進を終了した。

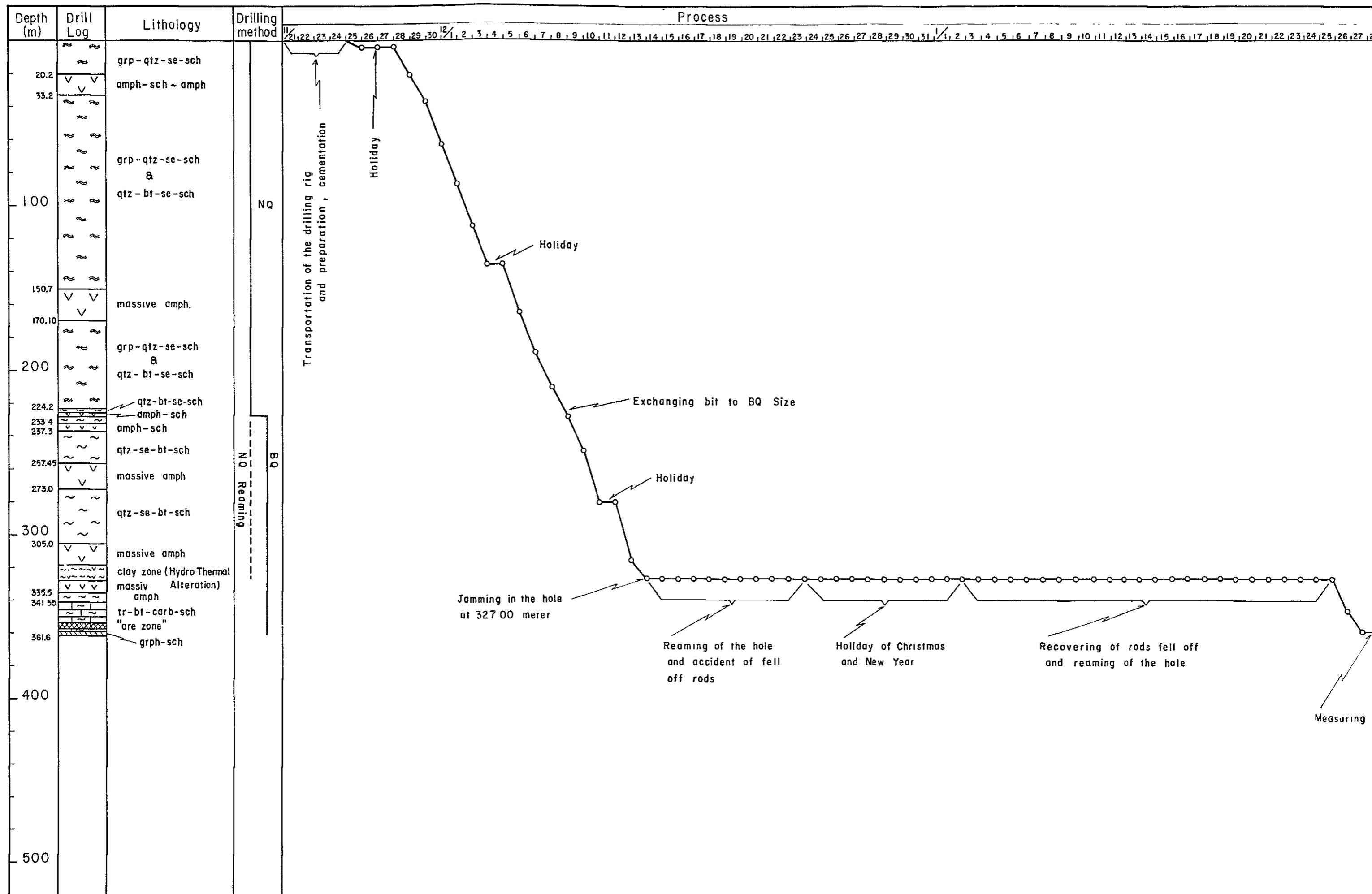


Fig. III-2-2 Progress Record of Diamond Drilling of AG-05

Process

30 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

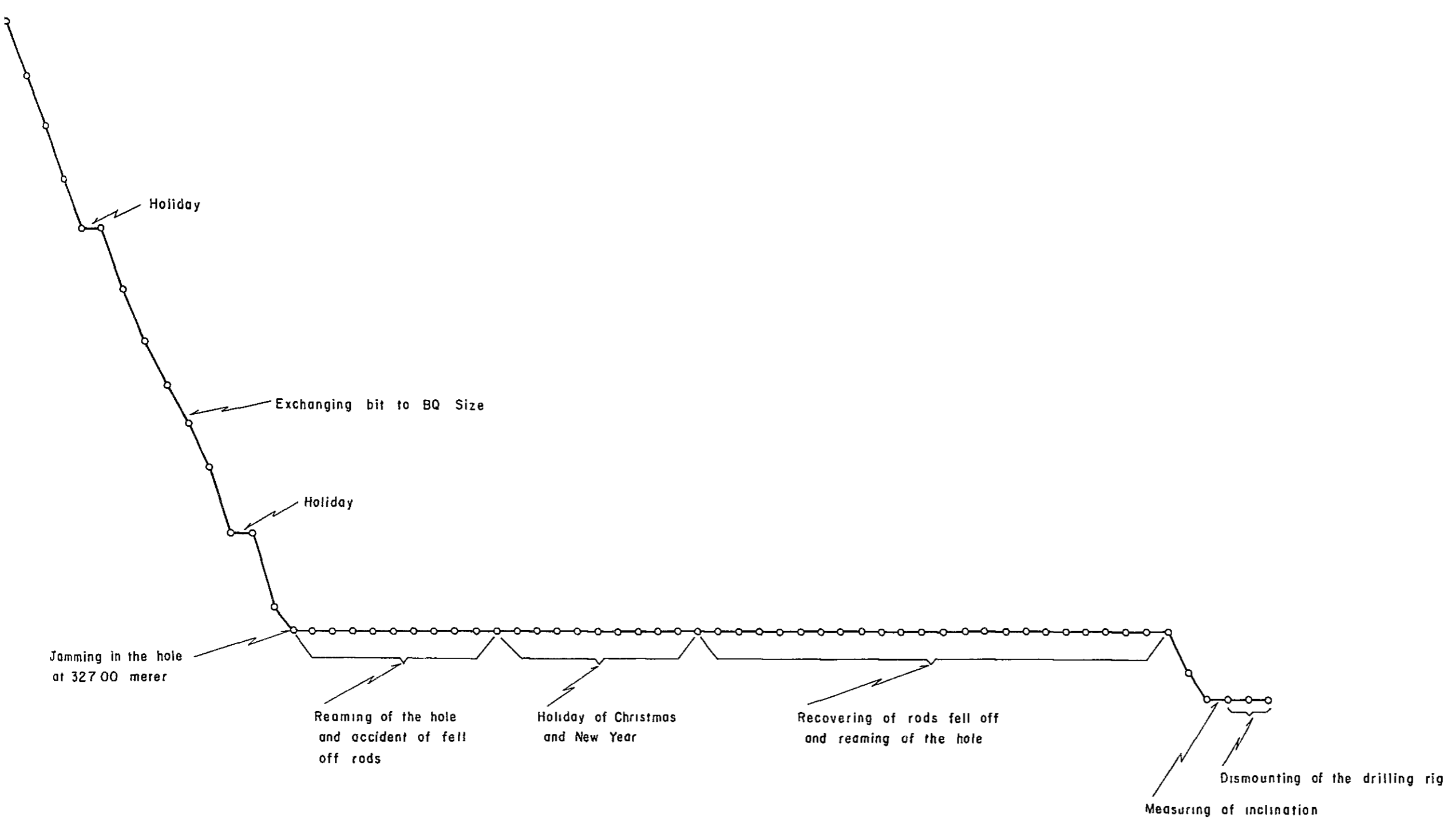


Fig. III-2-2 Progress Record of Diamond Drilling of AG-05

2-4-3 AG-06孔

本孔は最初16330mで孔曲りが著しい為掘進を中止し、掘直しを実施した。

掘進長 ; 35000m
コア長 ; 33540m
コア採取率 ; 9583%
掘進開始日 ; 1983年10月28日
掘進終了日 ; 1983年12月20日

0m~4.00m

NWメタルビットによる従来工法で表土を掘進

4.00m~21965m

NQダイヤモンドビットによるワイヤーライン工法で雲母片岩、角閃岩層及び輝緑岩岩脈等を掘進した。

岩質はいずれも安定して順調に掘進したが、18255mでボーリング機械(BBS-56)のスピンドルアームの接損事故があり、修理不可能の為、Longyear社製L-34に交換して掘進を続行した。21965mでNQダイヤモンドビットをBQダイヤモンドビットに交換した。

21965m~35000m

BQダイヤモンドビットによるワイヤーライン工法で雲母片岩、角閃岩層及び炭酸塩岩層を32940mまで掘進し、327.55m~32940mで鉛・垂鉛の鉍化帯を捕捉した。その後32940m~34650m間で鉍化帯下盤の石筍片岩一千枚岩を確認し、更にその下盤に石灰岩層を確認したので35000mで掘進を終了した。

2-4-4 AG-B1孔

掘進長 ; 30000m
コア長 ; 29930m
コア採取率 ; 9976%
掘進開始日 ; 1983年9月9日
掘進終了日 ; 1983年10月6日

0m~4580m

NQメタルビットによる従来工法でベントナイト泥水を使用して表土を掘進した。

4580m~13385m

着岩後NQダイヤモンドビットによるワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水を使用し緑泥石片岩、石英脈及び炭酸塩岩薄層等を掘進した。14.25m~45.80m間は風化が著

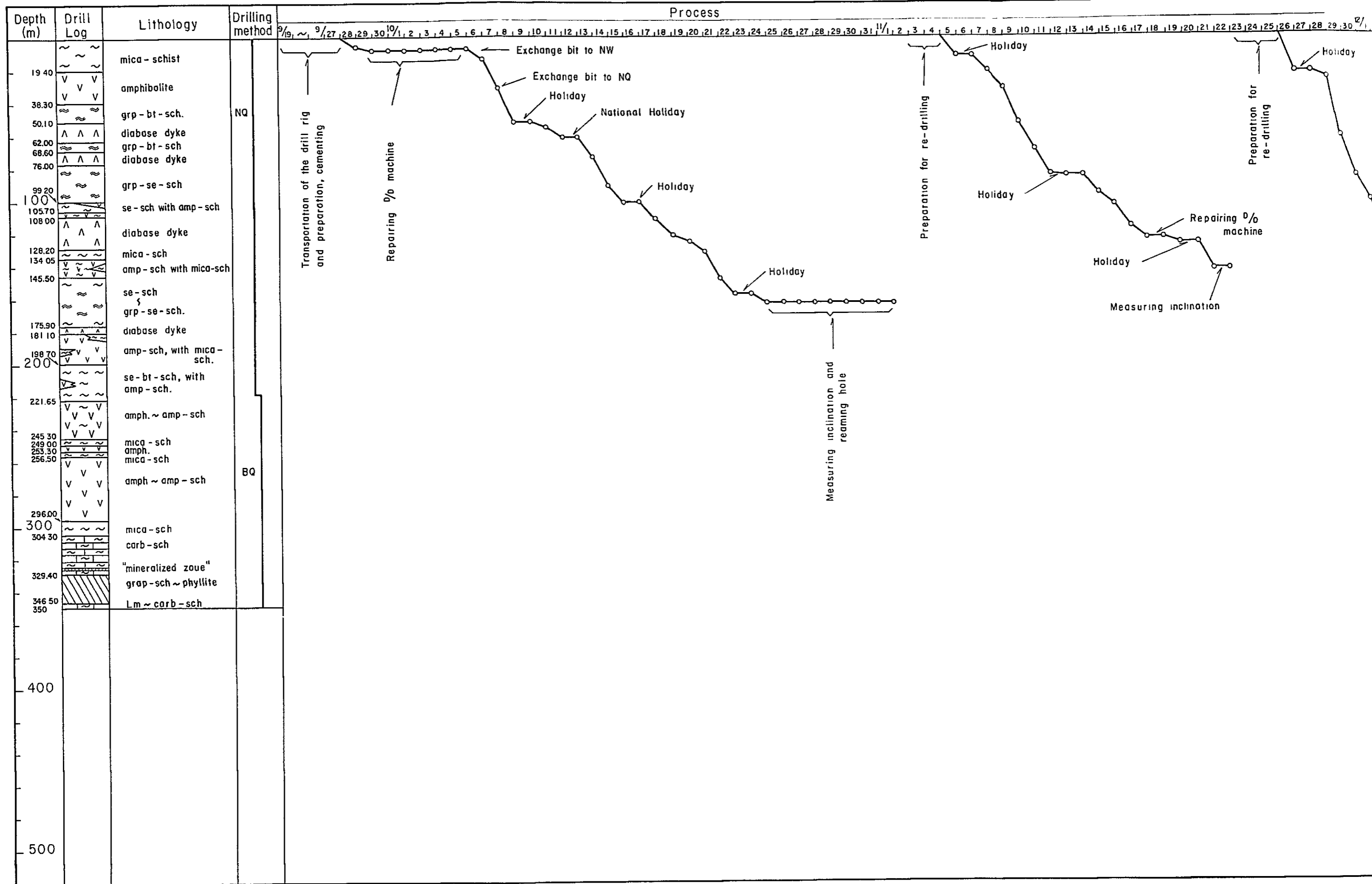


Fig. III-2-3 Progress Record of Diamond Drilling of AG-06

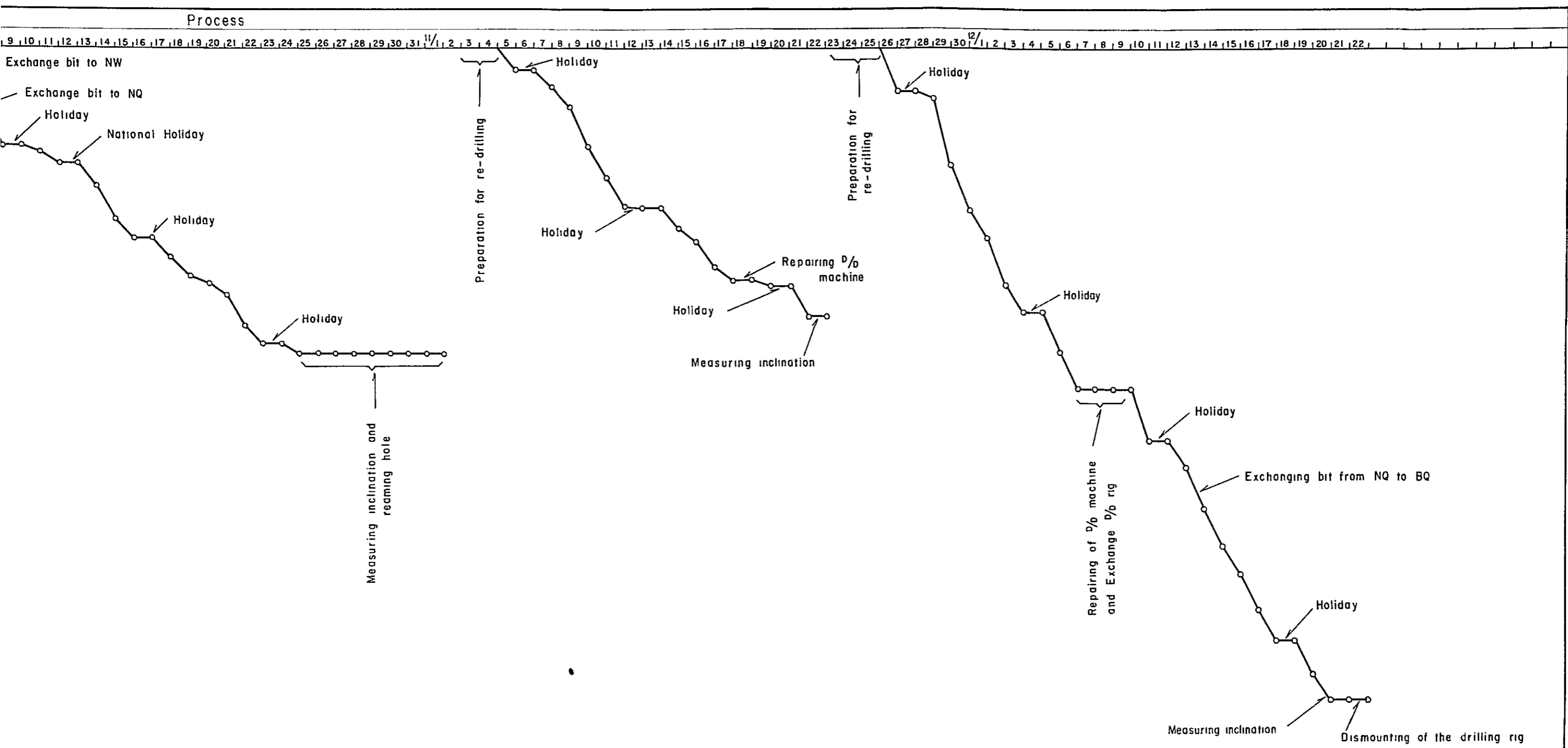


Fig. III-2-3 Progress Record of Diamond Drilling of AG-06

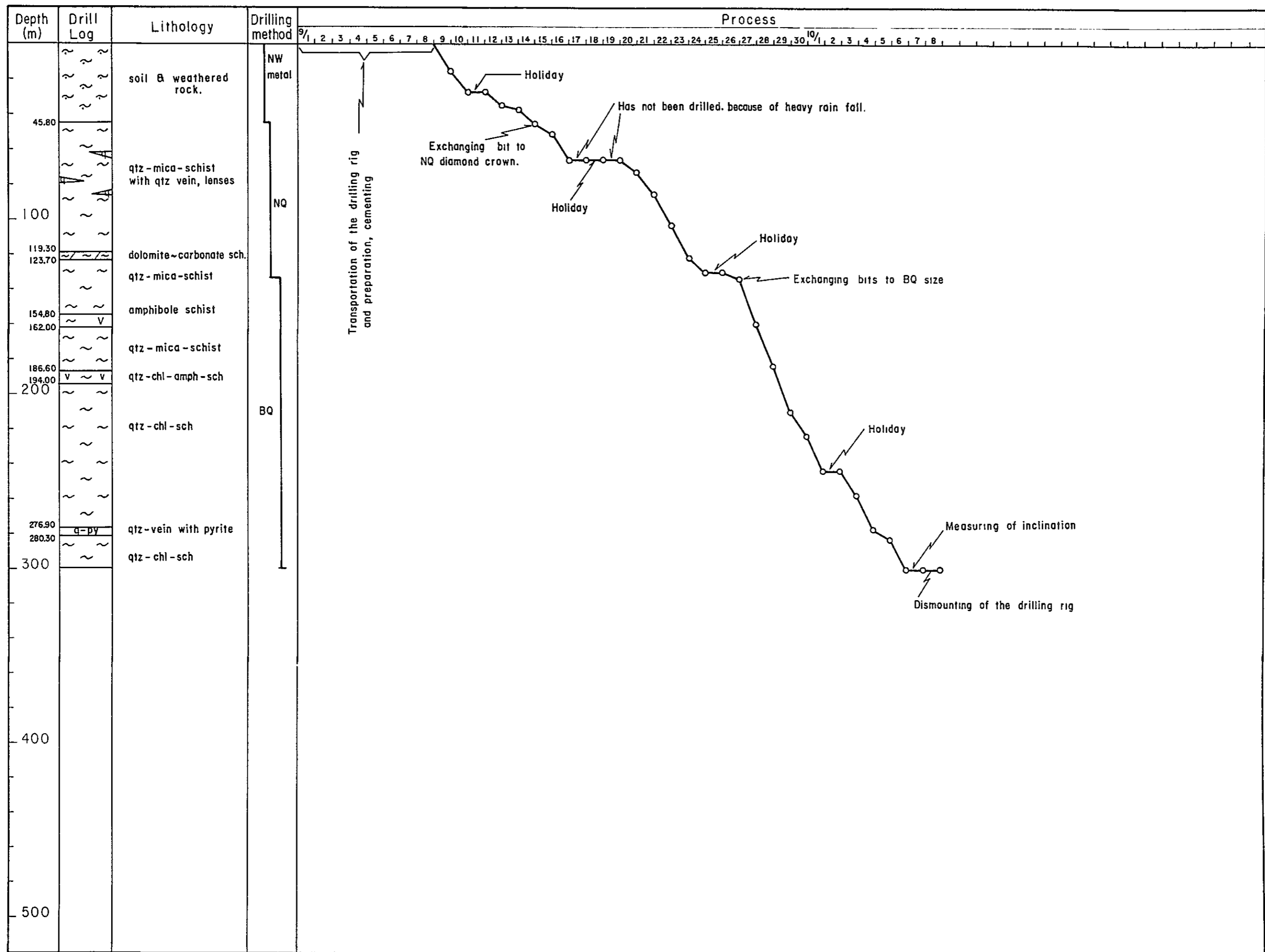


Fig. III-2-4 Progress Record of Diamond Drilling of AG-B1

しく、しばしばコア詰りを起し易く、掘進能率は悪い。又、石英脈に逢着すると掘進能率は著しく低下し、且つピントの消耗も激しい。

1 3 3 8 5 mでNQダイヤモンドピントからBQダイヤモンドピントに交換した。

1 3 3 8 5 m～3 0 0 0 0 m

BQダイヤモンドピントによるワイヤーライン工法で緑泥石～雲母片岩、石英脈、角閃片岩などを掘進した。2 7 6 9 0 m～2 8 0 3 0 mで黄鉄鉱化作用が顕著な石英脈を貫き、予定深度の3 0 0 0 0 mで掘進を終了した。岩質は安定しており順調に掘進した。

2-4-5 AG-B2孔

掘進長 ; 3 0 0 0 0 m

コア長 ; 2 9 2 0 0 m

コア採取率 ; 9 7.3 3 %

掘進開始日 ; 1 9 8 3 年 1 0 月 1 7 日

掘進終了日 ; 1 9 8 3 年 1 1 月 1 5 日

0 m～1 4 2 5 m

NWメタルピントによる従来工法で表土を掘進した。

1 4 2 5 m～2 0 4 5 5 m

NQダイヤモンドピントによるワイヤーライン工法で雲母片岩、石英質片岩～珉岩質片岩、石墨質雲母片岩及び輝緑岩岩脈を掘進した。4 0 m付近まで著しい酸化帯で、割れ目に酸化鉄及び空隙が発達してコア割れやコア詰りの原因となる。4 0 m以下は岩質が安定して順調に掘進した。2 0 4 5 5 mでSQダイヤモンドピントからBQダイヤモンドピントに交換した。

2 0 4 5 5 m～3 0 0 0 0 m

BQダイヤモンドピントによるワイヤーライン工法で石墨質雲母片岩及び輝緑岩岩脈を掘進した。岩質は安定しており順調に掘進し、予定深度の3 0 0 mで掘進を終了した。

2-5 孔曲り測定

一般に変成岩地帯でボーリングを実施した場合、ボーリング孔は地層面又は片理面に垂直な方向に曲ろうとする傾向があり、この為に孔曲りが起る。本ボーリング調査においては、この孔曲りの状況を正確に把握するため、測定器(Boyles Bos.社製トロバリー)を用いて孔曲り測定を実施した。

尚、AG-04孔及びAG-06孔は掘進途中で測定した結果孔曲りが著しく確認すべき鉱床層準の予定位置から大きくそれる恐れがあるためにいずれも掘り直しを実施した。

Perau 地区では角閃岩中に磁硫鉄鉍が鉍染することや、鉍床層準の上盤に "Magnetite Zone" が存在するために、方位の測定値は誤差が大きい。

測定結果は下記のとおりである。

AG - 0 4 (計画傾斜角 - 9 0°)

測定深度	曲り角度	方 位
7 0 m	5°~7	2 3 2°
1 2 0 m	8°~1 0°	6 2°
1 7 0 m	1 8°~1 9°	8 2°
2 2 0 m	1 9°	8 4°

AG - 0 5 (計画傾斜角 - 9 0°)

測定深度	曲り角度	方 位
8 0 m	2°	1 5 6°
1 3 0 m	5°	1 4 5°
1 8 0 m	1 0°	1 3 5°
2 3 0 m	1 8°	1 1 0°
2 8 0 m	2 5°	9 7°
3 3 0 m	2 5°	8 6°

AG - 0 6 (計画傾斜角 - 9 0°)

測定深度	曲り角度	方 位
5 0 m	8	1 2 2°
1 0 0 m	8	1 6 0°
1 5 0 m	1 0°	1 6 0°
2 0 0 m	1 4°	1 1 9°
2 5 0 m	2 2°	1 1 6°
3 0 0 m	2 7°	1 1 1°
3 5 0 m	2 8°	1 1 6°

A G - B 1 (計画傾斜角 - 9 0°)

測定深度	曲り角度	方位
5 0 m	1°	-
1 0 0 m	1°	-
1 5 0 m	6°	1 7 0°
2 0 0 m	2 4°	1 6 6°
2 5 0 m	3 6°	1 7 4°
3 0 0 m	4 9°	1 7 7°

A G - B 2 (計画傾斜角 - 9 0°, 方位 S 2 0° E)

測定深度	曲り角度	方位
5 0 m	2°	-
1 0 0 m	6°	-
1 5 0 m	1 0°	-
2 0 0 m	1 7°	1 8 8°
2 5 0 m	2 2°	1 8 7°
3 0 0 m	2 2°	1 8 6°

} ケーブルの方位測定不能

