

第 2 章 精査地区の地質鉱床

第二年度の調査結果 Perau 地区および Barrinha が精査対象地区として選出された。Perau 地区の調査は第二年度の調査に継続して実施された物理探査 (IP) の測線に沿って地質精査を実施した。この調査結果、第二年度に作成された地質図 (1/10,000) で地質の分布の一部が修正されたが、層序や構造に基本的な変化はない。さらに第二年度の地質調査および物理探査の結果、有望な範囲として選出された IP 測線の G-Line 付近において、ボーリング調査が実施されたので、この結果も加味して記述する。Barrinha 地区の調査は物理探査の IP および SIP の測線と主要道路に沿って地質精査を実施した。

2-1 Perau 地区の地質鉱床

2-1-1 Perau 鉱山の概要

Perau 鉱山は Adrianópolis の南約 25 km に位置し、Ribeirão do Grande の支流 Ribeirão do Perau 上流 1.5 km に Eletro São Marco Ltd. の鉱山事務所および坑口がある。

稼行中の Perau 鉱床は Açungui I 層中の石灰岩・苦灰岩～炭酸塩岩片岩中に胚胎する層状鉛鉱床で、現在は G1～G4 レベルに主要坑道が展開され、さらにこれらに約 10 m 間隔で 7 本のサブレベルが展開されている。

2-1-2 地 質

Perau 鉱山付近の地質は下位より Setuva 層 (Sgn) と Açungui I 層から成る (Fig. 1-15・1-16, PL. 1-9)。

この地区は NE 系の軸を有する Agua Clara 背斜の北部に位置し、Perau 背斜および Faria 向斜などの褶曲構造の影響を受けている。

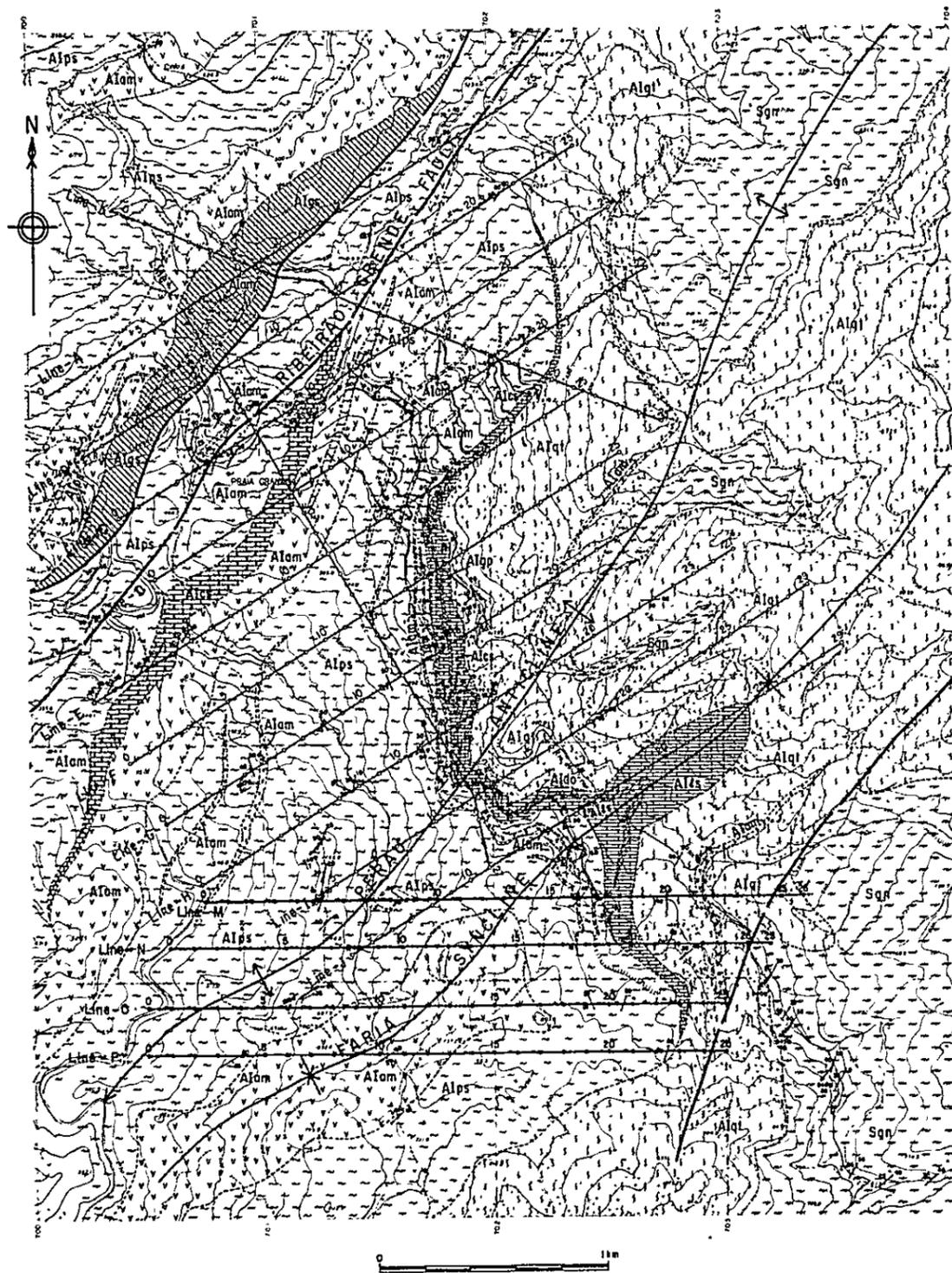
(1) Setuva 層

Setuva 層の分布は、Ribeirão do Perau 上流域に Agua Clara 背斜の軸部を形成して、一般走向 $N 20^{\circ} \sim 40^{\circ} E$ 、傾斜 $20^{\circ} \sim 35^{\circ} NW$ を示して分布する。主要岩相は白雲母-黒雲母片麻岩、角閃石-黒雲母片麻岩、眼球状片麻岩等の片麻岩類で、この中に黒雲母-緑レン石-角閃石片岩を挟在する。

(2) Açungui I 層

Açungui 層群の最下部層を構成する Açungui I 層が Setuva 層の上に整合的に広く分布する。

本層を構成する岩相は下位より、珪岩、石灰岩・苦灰岩～炭酸塩岩片岩 (Perau 鉱床、



LEGEND

- | | | | |
|--------------------------|--|------|---|
| Açungu
Formation
I | | Alqs | Graphite schist |
| | | Alca | calc - schist |
| | | Alom | Amphibolite, amphibole schist |
| | | Alps | Mica schist |
| | | Aldo | Dolomite layer |
| | | Alap | Graphite schist, phyllite layer |
| | | Alts | Limestone, dolomite, calc-silicate rock, barite and sulphides "Perau horizon" |
| Setuva
Formation | | Sgn | Gneiss with minor amphibolite |
| | | | Anticlinal axis |
| | | | Synclinal axis |
| | | | Fault |
| | | | Bedding |
| | | | Schistosity |
| | | | Lineation |
| | | | Plunge of fold |

Fig. I - 15 Geological Map of Perau Area

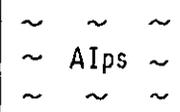
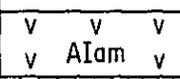
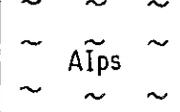
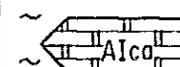
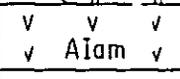
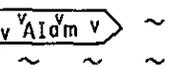
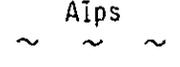
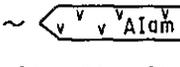
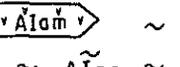
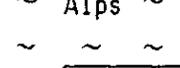
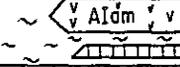
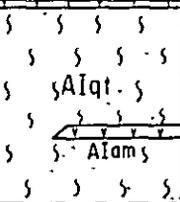
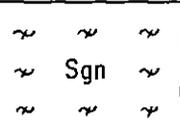
Geologic Age and Formation	Columnar section	Lithological description	Reference	
Pre - Cambrian	Açungui I Formation		Mica schist	Ribeirão Grande Fault
			Amphibolite	
	Graphite schist intercalate amphibolite beds			
				
	(80 ^m) Calc - schist			
	Amphibolite			
				
				
	Mica schist intercalate amphibolite			
				
				
				
				
				
	<ul style="list-style-type: none"> • Magnetite concentration • Barite concentration • Ore horizon intercalate 3 ore beds (10) 150 ^m Limestone, Calc - silicate rock	"Magnetite zone" "Perau ore deposit"		
	300 ^m ± Quartzite intercalate amphibolite			
Setúve Formation		Gneiss		

Fig. 1-16 Generalized Stratigraphic Columnar Section in Perau Area

石墨片岩薄層および苦灰岩薄層を挟在)，雲母片岩，角閃岩等から成る。

(a) 珪岩 (A Iqt)

白色～淡灰色，緻密，塊状を呈し，約300mの層厚を有するとみなされる。上位の石灰岩・苦灰岩～炭酸塩岩片岩類と互層をなして漸移的に移行する。ボーリングコア（AG-01，AG-02など）では，炭酸塩岩片岩と互層し，珪岩の部分でも炭酸塩物質を含有する。また，AG-02孔コアには原岩の堆積時に堆積したと考えられる微小な珪質角礫が観察される。ボーリングコアでは珪岩・炭酸塩岩の互層の開始する所から下部を珪岩の層準と解釈した。

(b) 石灰岩・苦灰岩～炭酸塩岩片岩 (A IIm)

この岩相は Perau 鉱床の胚胎層準である。Perau 鉱山北東部から " S 字 " 状に分布し，本年度調査地区で尖滅する。

主要岩相は石灰岩・苦灰岩，炭酸塩岩片岩および泥質～珪質片岩の互層である。鉱床付近では炭酸塩岩片岩および泥質～珪質片岩互層が優勢となる。

鉱床下盤に石墨片岩 (A Igp) が挟在され，鉱床下盤の鍵層として有効である。

Perau 鉱床上盤には鉱化作用を伴った重晶石帯が存在し，Perau 鉱山では鉛・黄鉄鉱を鉱染状に伴ってレンズ状～層状に分布する。この重晶石帯はボーリングコア（AG-01，AG-02，AG-03）中では2～10mの鉛～重鉛，層状鉱床を伴って発達している。

これらの鉱床層準の10～20m上盤に厚さ5～10mの磁鉄鉱の濃集帯 " Magnetite Zone " が地表の露頭，坑内及びボーリングコア等で観察され，鉱床上盤の鍵層として有効である。

(c) 雲母片岩 (A Ips)

本岩相は中～細粒，灰～暗灰色で片理の発達した片岩である。

主要構成鉱物は石英，黒雲母，白雲母（セリサイト）で斜長石，ザクロ石，角閃石および透角閃石などを随伴する。ボーリングコア中ではしばしば粗粒なザクロ石斑状変晶が観察される。

また石墨質な物質を含有することが多く，この部分では黄鉄鉱が片理面に沿ってフィルム状に随伴する。上記の構成鉱物の組合せにより白雲母の卓越した白雲母片岩と黒雲母の卓越した黒雲母片岩に細分される。前者は Perau 鉱山西側から北部にかけて発達し，後者は南部に向って発達する。また，石墨質な物質は黒雲母片岩中でより多くなる傾向を示す。

(d) 角閃岩～角閃石片岩 (A Iam)

雲母片岩中に整合的に多数挟在されている。

中～細粒，暗灰色～暗緑色を呈し，均質または不均質な塊状～縞状構造を呈す。

塊状構造の卓越した部分は，岩石が塩基性溶岩と考えられ均質で片状構造が非常に弱い。

縞状構造または片状構造が発達する部分は，原岩が火山性凝灰岩と考えられ，泥質物を混在して黒雲母－角閃石片岩の岩相を示す。

いずれの岩相も雲母片岩に調和的に分布することから塩基性火山溶岩および同質の噴出物が原岩と考えられる。

Perau 鉍床胚胎層準 (A I I s) の 5～10 m 上位から本岩の分布が認められ，層厚数 m から最大 200 m 以上のものまで分布する。ボーリングコア中では主要なものは 3～4 層あり，そのほかに数枚の薄層も確認されている。鏡下ではネマトプラスチック～ポーフイロプラスチックな組織が特徴的で，主要構成鉍物は斜長石，アクチノ閃石，緑レン石，角閃石および少量の石英などからなる。

2-1-3 地質構造

Perau 鉍山周辺の主要な地質構造は NE－SW 系の Perau 背斜および Faria 向斜に支配されている。断層構造は本調査地区では発達しないが，Perau 鉍山北西部の Ribeirão Grande 断層の存在が知られている。

Perau 背斜および Faria 向斜は N 30°～50°E 方向の軸を有してほぼ平行に分布し，褶曲軸は SW 方向にブランチする。Perau 背斜および Faria 向斜の影響により Perau 鉍床胚胎層準 (A I I s) とその上下盤は“S 字形”を示して分布し，本年度調査地域内で Perau 鉍床胚胎層準は尖滅する。Perau 鉍山は Perau 背斜の北西翼部に位置しており，坑内では小褶曲構造および微褶曲構造が観察され，かつ鉍床の富鉍部の落しとこれらの小褶曲構造の方向と調和的であることが知られている。

ボーリングコアの雲母片岩や炭酸塩岩片岩中にしばしば小褶曲～微褶曲構造が観察される。しかし，ボーリング断面図からは，Perau 鉍床胚胎層準はほぼ単斜構造を示して分布し，地質構造の乱れは認められない。

2-1-4 鉍床

(1) 鉍床の概要

Perau 地区には，現在稼行中の Perau 鉍床のみが知られていたが，今回実施したボーリング調査によって Perau 鉍床の西側で同一層準中に新鉍床の賦存を示す“鉍化帯”に着鉍した。

Perau 鉍床は Açungui I 層の石灰岩・苦灰岩～炭酸塩岩片岩 (A I I s) 中に層状の形

態を示してこれらと調和的に胚胎する鉛鋳床である。これまでに鋳山の坑道探鋳およびボーリング探鋳によって走向方向に約800m、傾斜方向に約120m（但し、地表部で鋳体の大部分は風化剝削されている）の範囲に鋳化作用の存在が確認され、稼行対象となっている“主鋳体”はG₁～G₃レベルの坑道が展開されている間で、走向延長約350m、傾斜延長約120mの範囲に存在する。

この主鋳体は、その膨縮によりいくつかの富鋳部を形成しているが、その下限は地表下約120mのG₂レベル付近である。

今回のボーリング調査で発見されたPerau西部の鋳化帯は、重晶石-硫化物（方鉛鋳、閃亜鉛鋳、黄鉄鋳ほか）でPerau鋳床を胚胎するPerau Horizon内に存在する。これらの鋳化帯は3本のボーリングAG-01、AG-02およびAG-03孔で捕捉された。

AG-01孔では255.95～265.90m間で厚さ9.95m、AG-02孔では242.85m～253.60m間で厚さ10.75mおよびAG-03孔では194.30m～196.20m間で厚さ1.9mを捕捉し、AG-03孔の方向、南西方向に向って劣化する傾向を示すが、西方および北方には未だ大きな可能性を有している。この鋳化帯は、方鉛鋳、閃亜鉛鋳および黄鉄鋳が重晶石を伴って鋳染状に濃集した層状鋳床の特徴を示し、Perauの“主鋳体”の方鉛鋳、黄鉄鋳のみを主とする鋳床とは異なった特徴を示す。

なお、稼行中のPerau鋳山のG₂レベルおよびG₃レベルの一部では“主鋳体”の5～8m上盤に重晶石の濃集するゾーンがあり、細粒の方鉛鋳が雲状に濃集していることが知られていたが、従来はこれが稼行対象となるとは考えられていなかった。

極く最近G₂レベルで実施した坑道探鋳結果 この重晶石帯中で方鉛鋳の強い濃集部に着鋳し、この種の鋳化帯の重要性が上記ボーリングの着鋳結果と併せて認められつつある。

(2) 鋳石鋳物の組合せ

現在稼行中のPerau鋳床の鋳石鋳物の組合せの特徴は、方鉛鋳、黄鉄鋳を主とし、少量の黄銅鋳、閃亜鉛鋳を随伴しているほかに磁硫鉄鋳、白鉄鋳および四面銅鋳などが鏡下で観察される。鋳石鋳物の量的関係は、方鉛鋳および黄鉄鋳が他の鋳物より非常に多く、層状を呈して母岩の層理に調和的に配列する。黄鉄鋳は中～細粒の半自形～他形結晶（少量の自形結晶を含む）がモザイク状に集合し、少量の方鉛鋳や閃亜鉛鋳を伴う。方鉛鋳は中～粗粒結晶の集合で、肉眼的に均質な見掛けを呈することが多いが、しばしば角礫状～円礫状の母岩や黄鉄鋳を含む。また、母岩や黄鉄鋳層の割目に流動化して充填する現象が認められる。他の鋳物を包有し、それらを融食していることが多い。

一方、今回のボーリング調査で着鋳した重晶石-硫化物帯の鋳石鋳物の組合せは、基本的には上記Perau鋳床に比べて大きな変化はないが、重晶石を伴うこと、閃亜鉛鋳の

量が多いこと、さらに各鉱物粒子が一定層準に鉱染状に濃集し、方鉛鉱の流動化現象が顕著でないことなど、Perau 鉱床とは異なった特徴を示す。

鉱石鉱物の量的関係は、重晶石、炭酸塩岩および石英などの脈石の中に方鉛鉱および閃亜鉛鉱がほぼ等量鉱染状に分布し、黄鉄鉱は Perau 鉱床に比べて少い。鏡下では上記の鉱物のほかに閃亜鉛鉱に伴って黄銅鉱が観察される。稀に磁硫鉄鉱を認める。方鉛鉱は細～中粒（ $5\ \mu m \sim 1\ mm$ ）の不規則形状を示し、閃亜鉛鉱と共に脈石の粒子の間を埋めて分布する。一般に脈石の粒子の配列方向（層理の方向に一致）に調和的に分布するが、局所的にこれを切るような方向も観察される。

閃亜鉛鉱は方鉛鉱とほぼ同じ粒径で、常に方鉛鉱に伴って分布し、局所的に方鉛鉱によって融食されている。

黄鉄鉱は細～中粒（ $20\ \mu m \sim 1\ mm$ ）の結晶で自形結晶を示すものから円礫状～不規則形状を示して黄鉄鉱単独または方鉛鉱に伴って分布する。ボーリングコア AG-01 では自形結晶を示すものが多く観察されるが、AG-02 や AG-03 孔では円礫状のものや、不規則形状のものが多い。

黄銅鉱は鏡下で細粒他形を示して少量観察される。量的には少ないが、鉱化帯全般に認められる。とくに閃亜鉛鉱に密接に伴って産出する傾向を示す。

以上 Perau 鉱床の鉱物組合せも、ボーリングコア中の重晶石－硫化物帯の鉱物組合せも、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱および黄銅鉱などを主要構成鉱物とする多金属鉱床の特徴を示し、とくに Perau 鉱床の鉱物は低温溶液から晶出し、母岩の層理に調和的に堆積したと考えられている（JICA and MMAJ, 1981）。

ボーリングで得られた重晶石－硫化物帯は、Perau 鉱床とほぼ同一層準内に分布する層状鉱床と考えられる。しかし、鉱物組合せの特徴は重晶石を多量に伴い、閃亜鉛鉱の割合が多いことから、Perau 鉱床とは異なる性質の鉱液から晶出沈積したものと考えられる。この鉱化帯の層序学的位置は、大局的に同一層準とみなされるが、AG-01 孔で重晶石－硫化物帯の直下に重晶石、閃亜鉛鉱を伴わない Perau 鉱床型の鉱化帯が捕捉されていることや Perau 坑内で、Perau 鉱床の数 m 上盤に重晶石－方鉛鉱帯が存在することからこの重晶石－硫化物帯の鉱化作用は Perau 鉱床の鉱化作用よりも若干遅い時期で、層序的にやや上位に位置するものと考えられる。

(3) 鉱石分析の結果

稼行中の Perau 鉱床とボーリング調査で発見された重晶石－硫化物帯では主要鉱石鉱物の量比が異なることが判明したが、これらの関係は分析結果にもよく表われている。

Perau 鉱床の稼行鉱種は Pb, Ag で月産 1,500 t, Pb 7～10%, Ag 80～120

g/t の粗鉍を出鉍している。

JICA and MMAJ (1981) では坑内各所から採取したチップサンプルの分析結果では、Pb 品位 10% 前後、Ag 200~600 g/t を示し、Cu および Zn は 1% 以下で稼行対象とはならない。一方、今回得られたボーリングコアを分析した結果は Table A-4-2 に示すとおりである。

AG-01 孔では 255.95 m~263.45 m まで重晶石-硫化鉍物帯で BaO 品位が 15~27% を示し、さらに Pb 4% 前後、Zn 3% 前後、Ag 100 g/t 前後、Cu 100~500 ppm を示す。

重晶石-硫化鉍物帯では SiO₂ は 4~10% と少ない。重晶石-硫化鉍物帯の下盤の重晶石のない鉍化帯 (263.45 m~269.90 m 間) では、SiO₂ は 35~50% に達し肉眼的にチャート質な薄層を挟在する。ここでは Pb 品位 2.3~5.0% を示すが Zn、Cu は非常に少ない。また、Ag 品位は 60~100 g/t を示し、Perau 鉍床に似たパターンを示す。

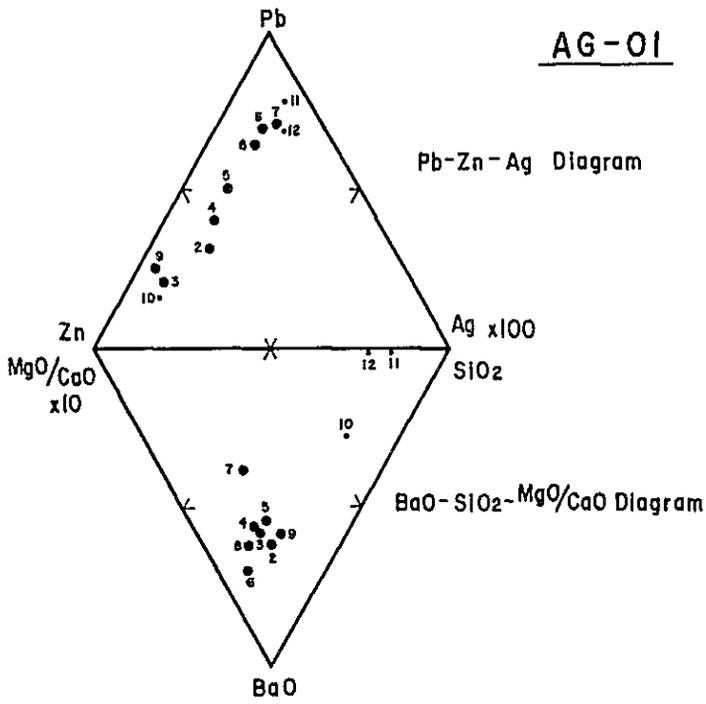
また、鉍化帯中およびその周辺の母岩の MgO/CaO 比は高く、0.5 以上の値を示す。

AG-02 孔では重晶石-硫化鉍物帯は 242.85 m~247.85 m と 251.40 m~253.60 m の 2 層存在する。上位の鉍化帯は Pb 5% 前後を示すが、Zn は 1% 以下と低い。Ag は 90 g/t 前後を示し、また、Cu は 45~480 ppm と変化が大きい。なお Cu はこの鉍化帯より上位の炭酸塩岩中に強く、局所的に 1.2% Cu を示す。MgO / CaO 比、SiO₂ および BaO の量比関係は AG-01 孔とほぼ同じ傾向を示す。251.40 m~253.60 m 間の鉍化帯では Pb 品位および Zn 品位がほぼ同じ値を示し、上位の鉍化帯より Zn 品位が高い。AG-03 孔では鉍化帯は劣化し、鉍床末端部の様相を呈す。Zn 品位や BaO 品位が低く、SiO₂ 品位が高くなる。MgO および CaO の量比関係は変わらないが、この鉍化帯は Perau 鉍床パターンに似る。

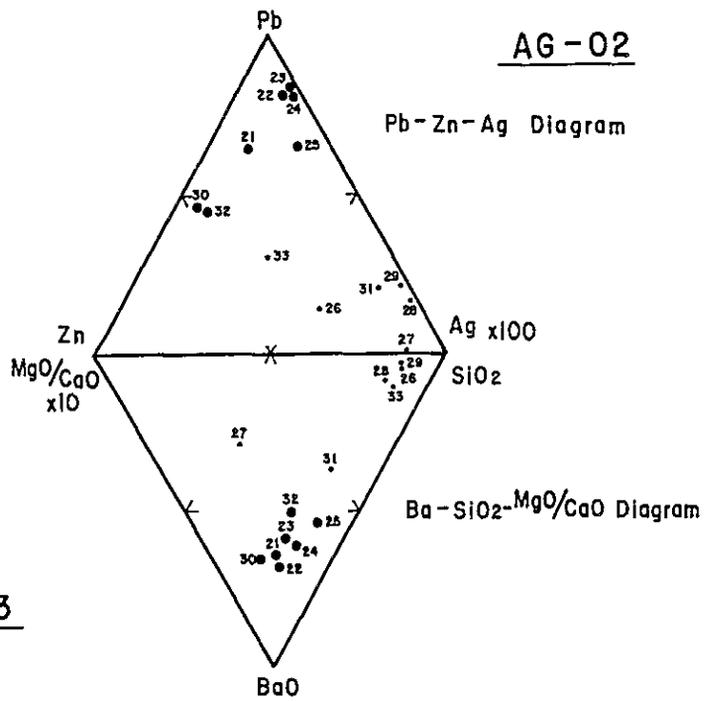
Fig. 1-17 は上記の各成分の量比関係を Pb-Zn-Ag ダイアグラムおよび BaO-SiO₂-MgO / CaO ダイアグラムに表わしたものである。AG-01 孔では主要鉍化帯は BaO の高い範囲に一致し、Pb と Zn の割合は広く変化する。ただし、サンプル #11 および #12 は Pb の割合が高く、かつ SiO₂ に富むもので、重晶石-硫化鉍物帯のパターンとは明らかに異なる。AG-02 孔では同様に主要鉍化帯は BaO の高い範囲と一致する。上位の鉍化帯では Zn / Pb 比が小さくなるが、下位の鉍化帯ではほぼ同量となる。さらに AG-03 孔では主要鉍化帯は SiO₂ の優勢な範囲に一致し、BaO は非常に少なくなり、かつ Zn の量比も少ない。

以上のボーリングコア分析結果、重晶石-硫化鉍物帯は AG-01 孔および AG-02 孔に認められるが、AG-03 孔では劣化する。とくに AG-01 孔では Pb、Zn 鉍化作

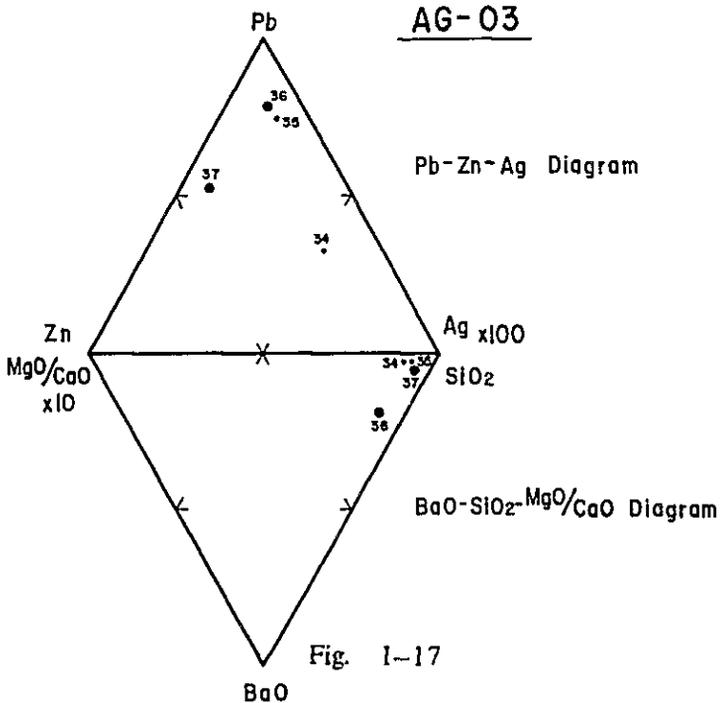
AG-01



AG-02



AG-03



- Ore
- Mineralized wall rock

Fig. 1-17

Pb-Zn-Ag Diagram and BaO-SiO₂-MgO/CaO Diagram of Perau Area

用が優勢でAG-02孔及びAG-03孔に向ってZnの含有量が減少する傾向を示している。

(4) 物理探査結果と鉍床の関連性

Perau 鉍山周辺での物理探査は1981年に重力探査および電気探査（IP法およびSIP法）が実施され、さらに引き続き今年度はPerau 南部にIP法電気探査が実施された。このうち1981年実施の電気探査の解析結果を参考にして今年度実施したボーリング調査により既述の新鉍化帯が発見された。

Perau 鉍山周辺で得られた電気探査の異常帯は、つぎの4つのパターンに分類される。すなわち、

- ① 石墨片岩の分布に一致した異常帯
- ② Perau 鉍床胚胎層準より上盤の黄鉄鉍の鉍染帯と石墨片岩を挟在する雲母片岩中の異常帯
- ③ Perau 鉍床層準に一致した異常帯
- ④ Perau 鉍床層準より下盤の珪岩に挟在された角閃岩の層準に一致する異常帯

などがあり、このうち③の異常帯が重要な探査目標である。

今回ボーリング調査を実施した地域には②および③の異常帯が存在し、とくに②の異常帯が卓越する。ボーリング調査結果と電気探査の解析結果とは非常によく一致し、②の異常帯では雲母片岩中に石墨質な片岩が発達する。この中に黄鉄鉍が片理面に沿ってフィルム状に胚胎していて、これが電気探査の異常源となっている。③の異常帯では新鉍化帯の重晶石-硫化鉍物帯が存在している。またこの鉍化帯の上盤に分布する“磁鉄鉍帯”も電気探査の異常源の一部であった可能性もある。

今年度実施したPerau 南部のIP探査結果では、②の異常帯の一部が検出されたのみで、③の異常帯は検出されなかった。すなわち、Perau 層準の鉍化帯が南部に発達する可能性は少ないと考えられる。

2-1-5 今後の探査について

地質調査、物理探査およびボーリング調査を総合的に検討した結果、Perau 鉍山周辺においてはつぎのような探鉍が考えられる。

- (1) ボーリングで着鉍した新鉍床の規模および鉍化作用の程度を追跡する必要がある。とくにAG-01孔およびAG-02孔着孔範囲の西側および北側でのボーリング調査が望まれる。
- (2) Perau 坑内で従来稼行対象としていた鉍体の上盤にある“Barite zone”の探鉍

を充分に行う必要がある。

2-2 Barrinha 地区の地質鉱床

2-2-1 Barrinha 鉱山の概要

Barrinha 鉱山は Adrianopolis 南方 10 km に位置し、標高 500 ~ 600 m 付近に旧坑や露頭が数ヶ所存在する。主要鉱床は Quatro 鉱床で、現在旧 Open Pit の下部で坑道採掘を実施している。このほか Quatro 北部に Oito および São Joaquim, Quatro 東部に Cecrisa および Laranjal などの露頭および旧坑群が分布する。この中、Oito 付近で Barrinha 鉱山独自のボーリング調査を実施中で、酸化帯中に小規模な方鉛鉱の鉱化帯を捕捉している。

2-2-2 地 質

Barrinha 鉱山付近の地質は下位より Açungui Ⅲ 層の雲母片岩 (AⅢS₁)、石灰岩・炭酸塩岩 (AⅢL₂) および千枚岩・雲母片岩 (AⅢS₂) から成る (Fig. I-18, I-19, PL. I-10)。本調査地域は, Ribeira 断層の北側に位置し、一般走向 N 50° ~ 80° E を示して NW ~ N 方向に 30° ~ 60° 傾斜している。Barrinha 鉱山付近では複雑な褶曲構造が発達して、AⅢL₂ がくり返し露出している。

Barrinha 鉱床は褶曲構造の発達した地域の L₂ に胚胎する脈状 ~ 不規則塊状鉛鉱床である。

(1) 雲母片岩 (AⅢS₁)

本調査地域南東部から調査地域外にかけて一般走向 N 80° E を示して分布する。

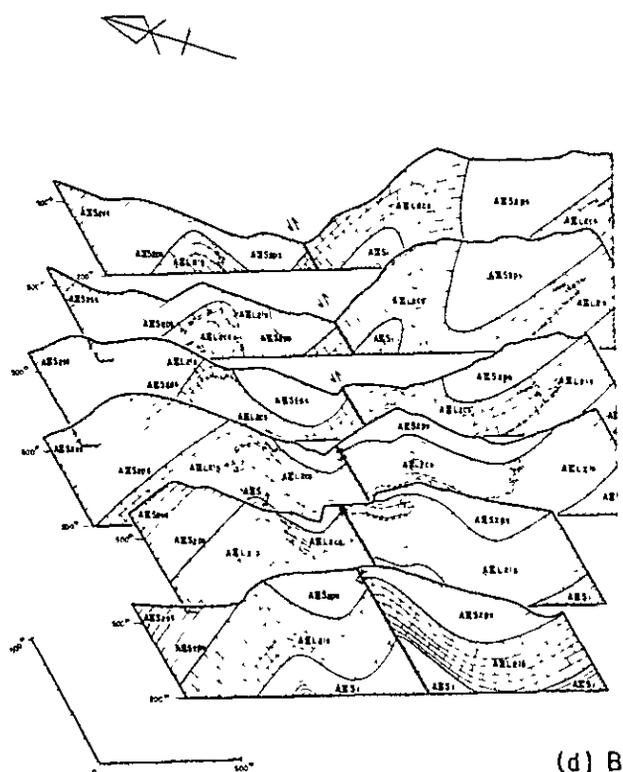
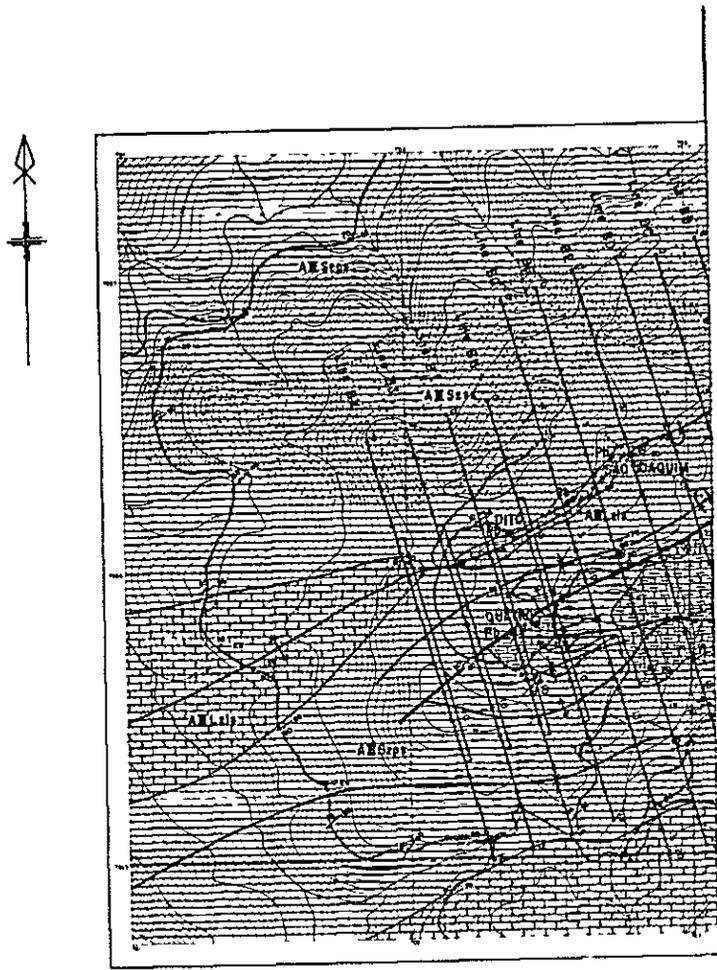
主要岩相は赤褐色 ~ 暗褐色、細粒のセリサイト片岩で、局部的にセリサイト - 黒雲母片岩を挟在する。

(2) 石灰岩・炭酸塩岩片岩 (AⅢL₂)

本層は石灰岩を主要岩相とする部分 (AⅢL₂ls) と炭酸塩岩片岩または石灰片岩を主要岩相とする部分 (AⅢL₂cs) から成る。

石灰岩 (AⅢL₂ls) は地域南部にほぼ N 80° E の走向を示して分布するものと、褶曲構造を反映して、Quatro 鉱床、Oito ~ São Joaquim およびその南西部等背斜軸の頂部に分布する。São Joaquim 東部では背斜軸下部に伏在すると考えられる。

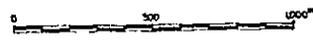
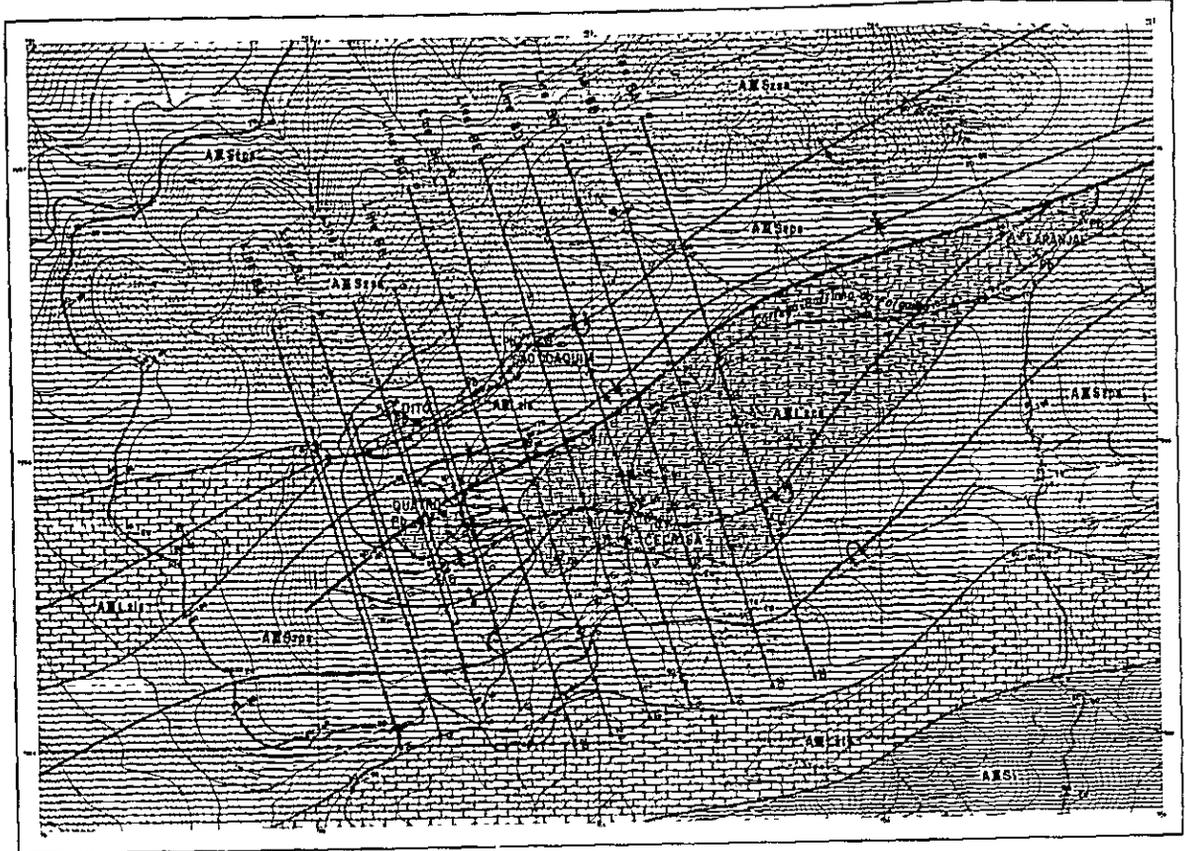
暗灰色、緻密質塊状の岩相を示し、下位の AⅢS₁ や上位の AⅢS₂ との境下部で雲母片岩や炭酸塩片岩薄層を挟在する。しばしば方解石脈を伴うが、とくに Barrinha 鉱山道路入口付近で網状、角礫状方解石脈が発達する。Quatro や Oito ~ São Joaquim 付近の石灰岩の上部では、炭酸塩岩片岩または石灰片岩をほかの部分より多く挟在しているが、



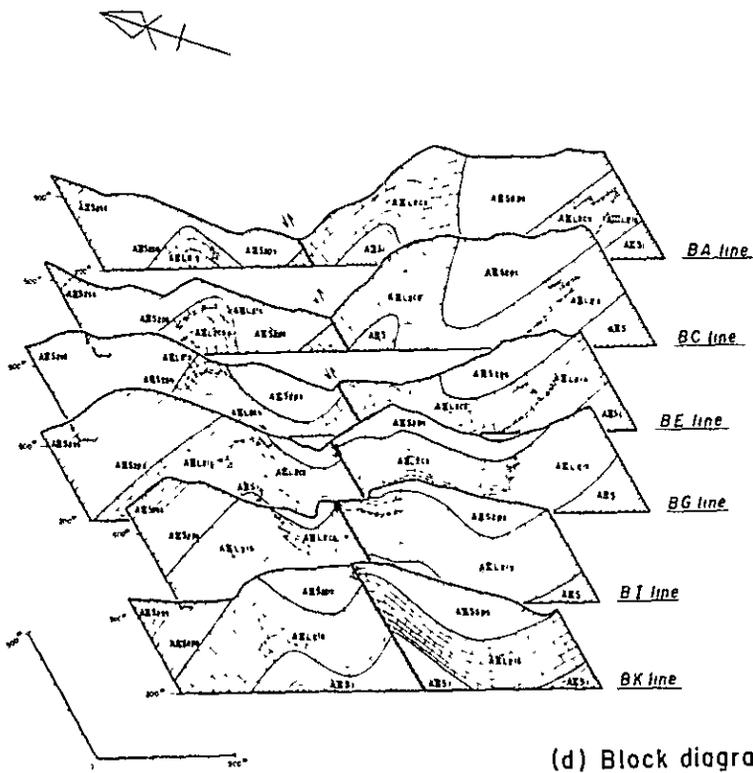
(d) B

Fig. I - 18

Geological Map and Geologica



(a) Plane



(d) Block diagram

LEGEND

- | | | |
|---|--------|---|
| Upper Permian - Cambrian
Açungui Formation | AMS2 | sericite schist-phyllite (ps)
meta quartz sandstone (ss) |
| | AMS1 | carbonate schist-calc-schist
limestone (ls) |
| | AMS1 | sericite schist |
| | / | bedding |
| | / | schistosity |
| | + | anticline |
| | + | syncline |
| | + | overfold anticline |
| | + | overfold syncline |
| | / | fault |
| | 0 5 10 | IP, SIP survey line |
| | X | Operating Mine |
| | X | Closed Mine |
| | • | Shoring |

Fig. I-18

Geological Map and Geological Profile of Barrinha Area

Formation	Columnar section	Lithology	Thickness
Açungui Formation III		<p>AIII S2ss : meta quartz sandstone with meta conglomerate</p> <p>AIII S2ps : quartz-sercite schist-phyllite</p>	+700 ^m
		<p>AIII L2ls : limestone with calc-schist</p> <p>AIII L2cs : carbonate schist ~ calc-schist with sercite schist</p>	±200 ^m
		<p>AIII S1 : sercite schist with sercite-biotite schist</p>	+600 ^m

Fig. 1-19

Generalized Stratigraphic Columnar Section in Barrinha Area

これは Cecrisa ~ Laranjal に分布する炭酸塩岩片岩 (A \parallel L₂cs) の末端部に近いと
めと考えられる。

炭酸塩岩片岩 (A \parallel L₂cs) は調査地域中央部に背斜構造の頂部に分布し、Quatro 付近
で消滅する。

岩相は主に暗灰色炭酸塩岩片岩または石灰片岩で、千枚岩や雲母片岩と互層を成す。透
角閃石、黒雲母、セリサイトなどを多く包有し、片理が良く発達する。Cecrisa 付近で
石墨質片岩を挟在する。

本岩は石灰岩 (A \parallel L₁ls) と同じ層準に位置し、局所的な原岩の岩相変化に起因して
形成されたものと考えられ、石灰岩に比べ、より不純な炭酸塩岩や泥質岩類から生成した
ものであろう。

(3) 雲母片岩~千枚岩・変石英砂岩 (A \parallel S₂)

調査地域の約 2/3 を占めて広く分布する。一般走向 N 5 0° ~ 8 0° E を示し、Barrinha
鉦山付近で上記 A \parallel L₂ と共に複雑な褶曲構造を示す。

岩相は主として暗灰色、黄褐色、赤褐色の中粒~細粒、セリサイト片岩または千枚岩
(A \parallel S₂ps) である。A \parallel S₁ の雲母片岩とは見掛上非常に似た岩相を示すが、変成度がや
や低い。Barrinha 鉦山付近では地表部が酸化して赤褐色を呈する場所が多い。また
Oito ~ São Joaquim 北部から西側の州道 4 7 6 号線にかけて細礫岩を挟在する淡褐
色中粒石英砂岩 (A \parallel S₂ss) が発達する。

2-2-3 地質構造

本調査地域は広域地質の観点からみると Ribeira 断層の北側に広く分布する Açungui \parallel
層の石灰岩、雲母片岩の一部に位置する。

一般走向 N 5 0° ~ 8 0° E, 一般傾斜 3 0° ~ 6 0° N を示すが、Barrinha 鉦山周辺から Pan-
eles 鉦山周辺まで、背斜~向斜褶曲がくり返して分布する。

本地域の地質構造は 4 本の褶曲軸と中央部を通る断層構造によって支配されている。

(1) 褶曲構造

Oito ~ São Joaquim を通る背斜および Cecrisa 南部を通る向斜が本地域の主要な
褶曲構造である。

これらの主要な褶曲構造の間に Quatro ~ Laranjal を通る背斜とその北側を通る向斜
が分布する。これらの各褶曲の褶曲軸は波動しており、より一層複雑な褶曲構造を呈して
いる。Quatro 付近から東部では急傾斜の褶曲構造を示し、とくに São Joaquim ~
Cecrisa 付近から東部では北落しの過褶曲構造が発達している。

(2) 断層構造

本地域の中央部 Quatro - Laranjal を通る走向断層が推定されている。本断層は地表で確認することは困難であるが、Quatro 坑内に断層破砕帯が存在することや、地質分布の不連続性から本断層の存在が推定された。断層のセンスは北落しで、落差は約 100 m で東側に向って落差が大きくなる傾向を示す。

2-2-4 鉍 床

(1) 鉍床の概要

Barrinha 鉍山には多数の鉍床または鉍徴地が分布するが、その主なものは Quatro, Oito, São Joaquim, Cecrisa および Laranjal などがある。これらの鉍床または鉍徴地はすでに坑道探坑, トレンチ, ボーリングなどの探鉍が実施されているが、稼行対象となる鉍床は現在まで Quatro 鉍床のみである。

Quatro 鉍床は Open pit として開発されたが、pit の崩壊により現在は pit 下部の鉍床を坑内採掘している。Quatro 鉍床および他の鉍床や鉍徴地はすべて A₁L₂ の石灰岩 (ls) や炭酸塩岩片岩～石灰片岩 (cs) 中に胚胎している。

鉍床の形態は Quatro 鉍床は石灰岩層の背斜軸部に位置して不規則塊状～層状を示し、Cecrisa は炭酸塩岩片岩の地層を切って発達する脈状形態を示す。他の鉍床～鉍徴については詳細不明だが、上記のいずれかのタイプに属すと考えられる。

(2) 鉍石鉍物の組合せ

鉍石鉍物は方鉛鉍, 黄鉄鉍を主とし、少量の閃亜鉛鉍や黄銅鉍を随伴する。地表部の酸化帯では白鉛鉍や緑鉛鉍が多量に認められる。

Quatro 鉍床の鉍石サンプルの鏡下の観察によれば、主要な鉍石鉍物は方鉛鉍, 黄鉄鉍でこれらに閃亜鉛鉍, 黄鉄鉍, 四面銅鉍および磁鉄鉍などが随伴する。方鉛鉍は炭酸塩岩や石英粒を埋めて不規則形状を示して濃集したり、細粒の鉍染として観察される。黄鉄鉍は中～粗粒の自形～他形結晶で、しばしば方鉛鉍により融食される。閃亜鉛鉍は不規則な形状を示し、しばしば方鉛鉍や四面銅鉍のフィルムで被われる。黄銅鉍および四面銅鉍は方鉛鉍や黄鉄鉍の罅りや内部に少量随伴するのが観察される。その他少量の白鉛鉍が方鉛鉍の周縁部に認められる。また、少量の磁鉄鉍が赤鉄鉍に交代されている。

Barrinha 鉍山の各鉍床はすべて A₁L₂ に胚胎する脈状～不規則塊状鉛鉍床で、褶曲の頂部から翼部に位置し、さらに A₁S₂ との境界部付近に濃集する傾向を示す。この傾向は今後この地域を探鉍する場合の一つの探鉍指針として有効と考えられる。

(3) 物理探査結果と鉍化作用の関連性

調査地域で実施された電気探査 (IP, SIP) の結果、各測線において見掛比抵抗の

ントラストが強く、地質構造を良く反映している。

また、検出されたFE異常帯は調査地域のほぼ中央部を東に流れるCorrego Barrinhado Forquilhaを境として、北部異常帯および南部異常帯に大別される。このうちCecrisa周辺に分布する南部異常帯はいくつかの不連続な小規模異常帯から構成されており、Cecrisa鉱床と同様脈状の鉱化帯を反映したものと考えられる。一方、北部異常帯はSão Joaquim 東部の背斜構造頂部から北翼部にかけて分布する。この地域にはOitoおよびSão Joaquimなどの鉱化帯を胚胎する石灰岩(A₁L₂ls)が伏在し、この異常帯は連続的かつ、石灰岩層の上部に調和的に分布する。このことはBarrinha 鉱山の主要鉱床や鉱徴の地質構造的な位置関係とよく一致し、層状または不規則塊状の鉱化帯の存在が期待される。

Quatro 鉱床およびその南南東方向にSIP異常帯が検出されている。現在稼行中のQuatro 鉱床は石灰岩中の不規則塊状の鉛鉱床であるが、周辺部への広がりには確認されていない。Quatro 鉱床の南南東に検出された異常帯により、この地域に同様の鉱化帯の存在が期待される。

2-2-5 今後の探鉱について

地質調査および物理探査結果を総合的に検討した結果、Barrinha 鉱山周辺においてはつぎのような探鉱が考えられる。

- (1) São Joaquim 東部の背斜軸部から北翼部に分布するIP異常帯は潜頭性の鉱化作用に関係する可能性があるため、これを究明するためにボーリング調査の実施が望ましい。
- (2) Quatro 鉱床の南南東のSIP異常帯は同鉱床の延長の可能性があるのでこれを解明するために、ボーリング調査の実施が望ましい。

II. 物理探查

第 1 章 概 説

第 3 年次の物理探査として、I P 法およびスペクトル I P 法電気探査が実施された。

Perau (ペラウ) 地区は、第 2 年次 (昭和 5 6 年度) 調査により把握された Perau 鉍床層準に起因すると推察される I P 異常の南方への追跡調査を第 1 目的として、4 測線 (2.5 km × 4 本) を 200 m 間隔で設定し実施された。

Barrinha (バリーニャ) 地区には多数の鉍床、鉍徴地が点在する。これらの鉍床は Açungui (アスンギ) Ⅲ 層と同一層準にある脈状～網状鉍床である。また鉍床は Barrinha 背斜構造の頂部付近に位置し、雲母片岩下部の石灰片岩中に潜頭的に胚胎しているため潜頭性鉍床の探鉍余地を解明することを目的として I P 法およびスペクトル I P 法電気探査が実施された。

I P 法電気探査においては 7 測線 (2.0 km × 7 本) を Quatro 鉍床東部に設定した。また、スペクトル I P 法電気探査 4 測線 (1.5 km × 4 本) を Quatro 鉍床を中心に設定して実施された。

第 2 章 I P 法 電 気 探 査

2-1 調査方法

I P 法電気探査とは、電気電導、イオン電導により誘起された過度電位（I P 現象）を測定する探査方法である。

I P 法には、I P 現象の捉え方により次のような方法がある。

(1) 周波数領域法 (Frequency-domain method)

高低 2 種の周波数による分極の割合、即ち周波数効果 (Frequency Effect, 単位%) を測定する方法。

(2) 時間領域法 (Time-domain method)

断続交替直流電流を送り、電流切断後のある時間における過度電位を測定する方法。

(3) 位相領域法 (Phasedomain method)

入力電流波形と受信電位波形間の位相角を測定する方法。

(4) スペクトル I P 法 (Spectral IP method)

多周波数を使用し、その最低周波数に正規化した強度と位相を測定する方法。

2-1-1 測定方法

本調査では、現在最も多く用いられている周波数領域法と最近注目されているスペクトル I P 法を適用し、双極子法電極配置 (Dipole-Dipole) を用い実施した。

電流電極には、ステンレス棒を使用し、一極につき 8~10 本埋設した。電位電極には、硫酸銅溶液を入れた素焼の壺を設置して測定した。

Table II-2-1 に使用した機器および調査仕様を示す。

Table II-2-1 List of Method and Equipments for Geophysical Survey

	PERAU AREA	BARRINHA AREA
Line Interval	200 m	150 m
Electrode Spacing (a)	200 m	100 m
Electrode Configuration	Dipole-Dipole	Dipole-Dipole
Space Factor (n)	1 to 5	1 to 5
Equipments Used	Transmitter T-7801 Receiver R-7801 R-7802	IP Survey Transmitter CHT-7801 Receiver CHR-7801 CHR-7802 SIP Survey Transmitter FT-4 Receiver GDP-12G

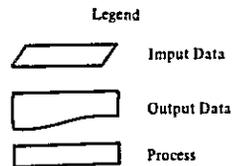
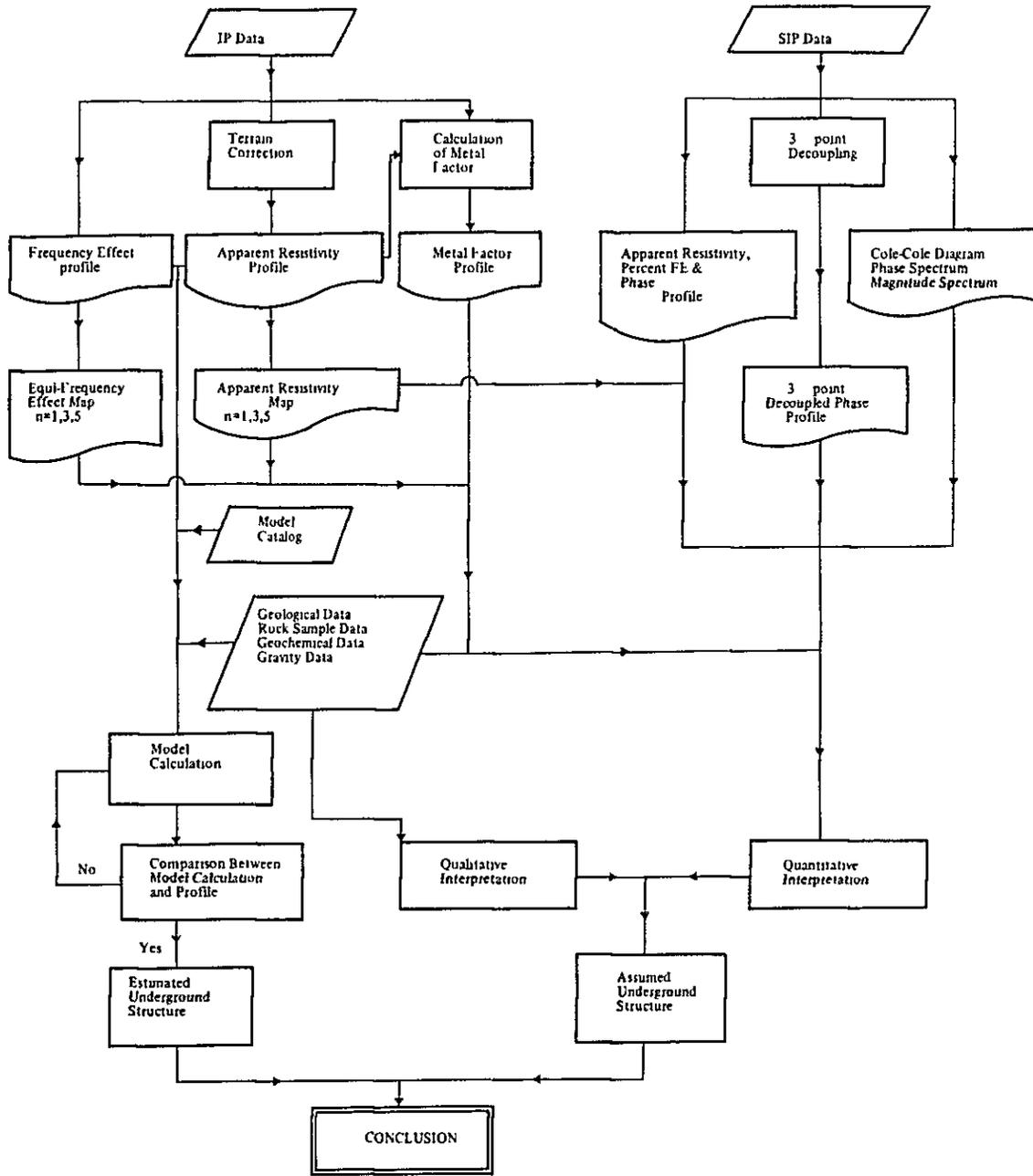


Fig. II -2-1 Flow Chart of IP and Spectral Data Analysis

2-1-2 測線設定・測量

測線は、Perau地区、Barrinha地区とも調査地域の地質構造を検討し設定した。

測量は、ポケットコンパスと間縄を用い、開放トラバース測量を実施した。測点は、水平距離100m間隔に設定した。

なお、スペクトルIP法では、本線より25m東側に補助線を設定した。

測点番号は、Perau地区においては西端から0, 1, 2, ……またBarrinha地区においては北端から0, 1, 2, ……と100mおよび50m毎に番号を付した。

Table II-2 2 List of Survey Lines

PERAU AREA		BARRINHA AREA	
Name of Line	Length	Name of Line	Length
Line M	2.6 km	IP Method	
Line N	2.6 km	Line BA	2.0 km
Line O	2.5 km	Line BB	2.0 km
Line P	2.5 km	Line BC	2.0 km
		Line BD	2.0 km
		Line BE	2.0 km
		Line BF	2.0 km
		Line BG	2.0 km
		Spectral IP Method	
		Line BH	1.5 km
		Line BI	1.5 km
		Line BJ	1.5 km
		Line Bk	1.5 km
TOTAL LENGTH 10.2 km		TOTAL LENGTH IP 14.0 km SIP 6.0 km)20.0 km	

2-2 整理・解析方法

2-2-1 解析方法概要

解析方法手順をFig. II-2-1に記す。

○ IP法概要

一对の電流電極 (C_1, C_2) より大地に交流電流 (I_{AC}) を供給し、他の一对の電位電極 (P_1, P_2) にて電位 (V_{AC}) を測定する。

このとき、大地の見掛け抵抗 (Apparent Resistivity) ρ_{AC} は、次式により算出される。

$$\rho_{AC} = K \cdot \frac{V_{AC}}{I_{AC}} \quad (\Omega m)$$

ここに、Kは電流電極のなす相互隔離係数であり、

$$K = 2\pi / \left(\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_1} + \frac{1}{C_2 P_2} \right)$$

となる。

周波数 3 Hz の電流を地中に流し、受信器により電位 V_{AC} を読み、電流を一定にしたまま、その周波数を直流に近い低周波数 0.3 Hz に切替えることにより、見掛比抵抗の周波数による偏差を直読することができる。

これを周波数効果 (Frequency Effect, Percent Frequency Effect) と称し、次式に定義される。

$$FE = \frac{V_{AC} - V_{AG}}{V_{AC}} \times 100(\%) = \frac{\rho_{DC} - \rho_{AC}}{\rho_{AC}} \times 100(\%)$$

本調査では 0.3 Hz と 3 Hz を使用した。

一般に IP 現象を誘起する金属鉱物は低比抵抗・高 FE を示すことが多く、次式で定義される金属伝導係数 (Metallic Conduction Factor, MF) が電導性鉱物の検出に利用されている。

$$\text{金属伝導係数 (MF)} = \frac{FE}{\rho_{AC}(3 \text{ Hz})} \times 1,000 (\Omega/m)$$

以上の式によって求められた、見掛比抵抗, FE, 金属伝導係数は各電極系の中点を結ぶ直線を斜辺とする直角二等辺三角形の頂点にプロットされる。しかしこの測点表示点は必ずしもその位置における物理量を示すものではないので注意しなければならない。

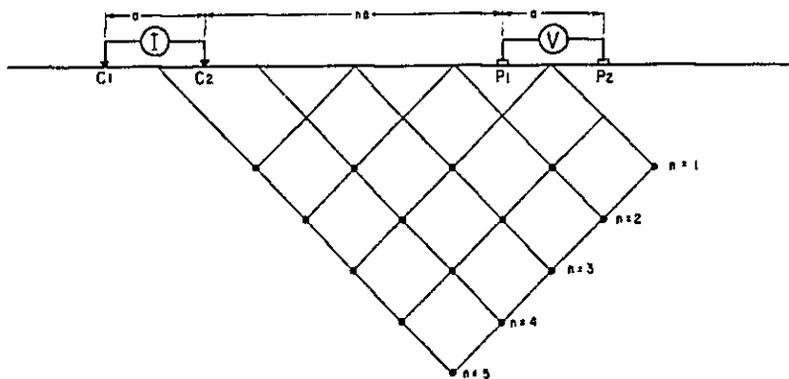


Fig. 11-2-2 Plotting Method in IP Pseudo-Section

○ 地形補正

FE は、見掛比抵抗の偏差であるため、地形変化の影響を受けることは少ないが、見掛比抵抗は電極係数 K を無限平面上での測定と仮定しているために、地下が電氣的に均質であっても、地表地形が平坦でない限り電極配置により地形の影響を受けやすい。例えば、谷地形の下部では見掛比抵抗は低く、山地形の下では高く検出される。地形による影響を定量的に補正する方法としては、電導紙を利用した二次元的補正法がある。こ

の方法では、一様な比抵抗をもつ炭素塗布紙を縮小地形に沿って切断し、この擬似断面上に微弱電流を流してその電位分布を測定する (Fig. II-3-3)。

この地形補正は、地形を2次元半無限と仮定してなされるものであるため、3次元的地形の影響、尾根沿い、沢沿いの測線の場合や小規模な地形変化および地表付近の比抵抗変化による影響は除去し得ない。

しかし、本調査の様に測線が山体にほぼ直交しているような場合、ほぼ地形の影響を除去することができる。

本調査地域では、地形が起伏に富み急峻であったため、全測線にわたって地形変化の影響がみられたので、全測線に地形補正を施し、補正済値を見掛比抵抗値として断面および平面図を作成した。

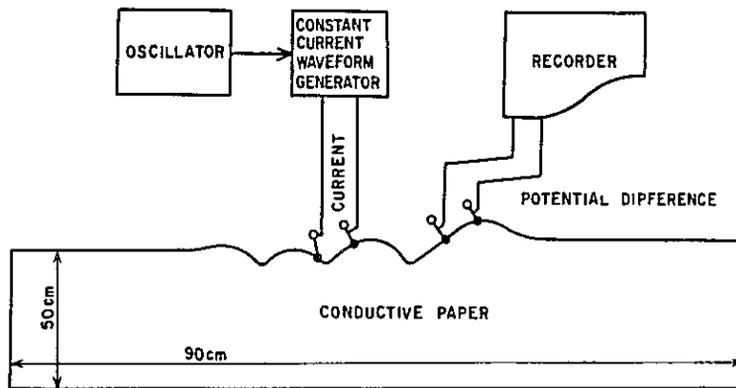


Fig. II-2-3 Block Diagram of Terrain Correction

2-2-2 IP物性測定

地表で測定された物理量は岩体あるいは鉋床の真の物性を表わすことは少ないため、見掛比抵抗、FE分布を解析して地下構造を推定するには、調査地に分布する岩石の真の比抵抗、FEを知る必要がある。

それには次の2つの方法が用いられている。

1) In-Situ法 — 調査地域に露出する岩体を自然状態のまま測定する方法。

2) 試料測定法 — 調査地域内で岩石試料を採取し、実験室で測定する方法。

今回は、スペクトルIP法で使用している測定機器を用い、調査地域内で採用された50個の岩石試料について、比抵抗、FEを測定した。

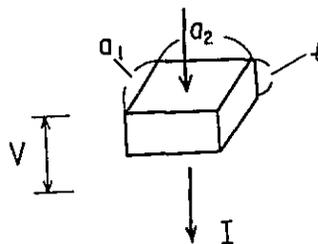
岩石試料は測定前に直方体 (5 cm × 5 cm × 5 cm) に整形した。岩石試料は採取時の状態に近い方が望ましいので、試料を10日間蒸溜水の中に浸し含水飽和状態にし、すべての試料

が同一条件下で測定出来るよう配慮した。

なお、比抵抗(ρ)は次式によって求められる。

$$\rho = \frac{a_1 \times a_2}{\ell} \times \frac{V}{I}$$

ここに、 ℓ : サンプルの厚さ
 a_1, a_2 : 長方形サンプルの辺長
 V : 電位差
 I : 電流



2-2-3 IPモデル・シミュレーション

IP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、実際に測定されたデータには各種の異常が重複しているので、測定結果から、地下のFE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照合し、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、先づ仮定された構造にFE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、断面を格子分割し、各格子に仮定したFE値と比抵抗値を与え、有限要素法によりコンピューターを用いて計算する。出力には仮定したモデル、FEおよび見掛比抵抗を打ち出させた。この出力と実際の断面との比較を行い、更にモデルを修正することにより、実測に近づくよう反復計算を行う。これにより、おおよその傾向、パターンは近似することができるが、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、これらの組み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。

2-3 解析結果

本年度は Perau 地区, Barrinha 地区において I P 法を実施した。

断面図には F E, 見掛比抵抗および金属伝導係数の 3 種を表示した。見掛比抵抗値としては地形補正後の値を採用した。

なお, 金属伝導係数は F E 異常形態と類似したパターンを示しているため, 特記事項が認められない限り言及しない。

2-3-1 Perau 地区

1) 断面解析 (Fig. II-2-4~Fig. II-2-7)

本調査地区は 0.3 % ~ 1.0 % の範囲で F E 値が分布している。F E 異常としては解析上第 2 年次と同様 3 % 以上とした。

見掛比抵抗については, 300 Ωm 未満を低見掛比抵抗, 300 Ωm ~ 600 Ωm を中見掛比抵抗, 601 Ωm 以上を高見掛比抵抗として解析を行った。

A) F E

第 2 年次に実施された測線 J と斜交する測線 M には, 本地区で実施された 4 測線中最も顕著な異常が検出された。

しかし, この測線の南に設定した N, O, P の各測線には, 3 ~ 5 % 未満の弱異常が測線の両端に検出されているのみで, 探査上有望と考えられる異常は検出されなかった。

測線 M には, $\mu 10$ 以西の深部および $\mu 16$ の地表付近から深部に 2 つの強異常が検出された。この 2 つの異常はその異常形態より, 前者は西傾斜, 後者は水平 ~ やゝ東傾斜の異常源に起因するものと考えられる。

測線 N の $\mu 10$ 以西には弱異常が検出された。この異常は, その分布位置より測線 M の $\mu 10$ 以西に検出された異常と同一異常源に起因するものと考えられる。

しかし, この異常源に起因すると考えられる異常は, 更に南の測線 O, P には検出されていないため, 測線 N が異常の南限であると推察される。

一方, 測線 M, $\mu 16$ 地表付近から深部に検出された異常は, 測線 N, O, P で弱い深部異常として検出された。

B) 見掛比抵抗

本地区は非常に比抵抗コントラストが強く, 5 ~ 1200 Ωm の見掛比抵抗が検出されている。

測線 M $\mu 6$ ~ $\mu 9$ の地表付近から深部および測線 N $\mu 8$ ~ $\mu 11$ の浅部には, 100 Ωm 以下の低比抵抗が検出された。これらの低見掛比抵抗は測線 O, P には検出されていない。測線 O, P には中 ~ 高見掛比抵抗が優勢に分布している。

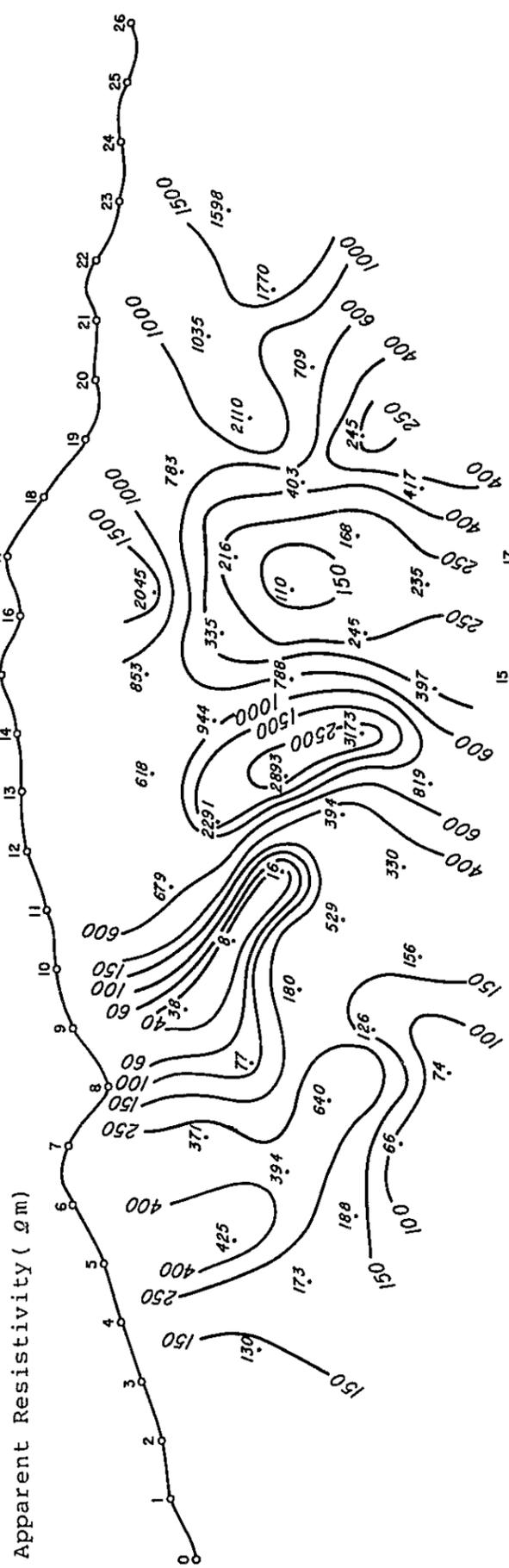
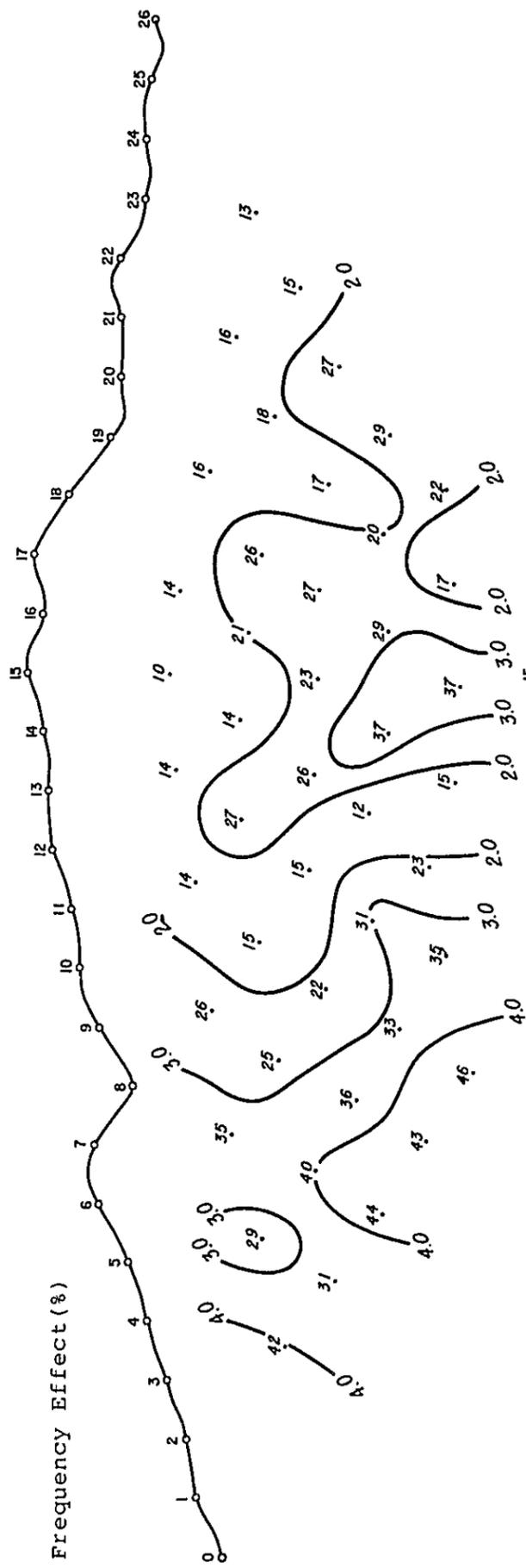
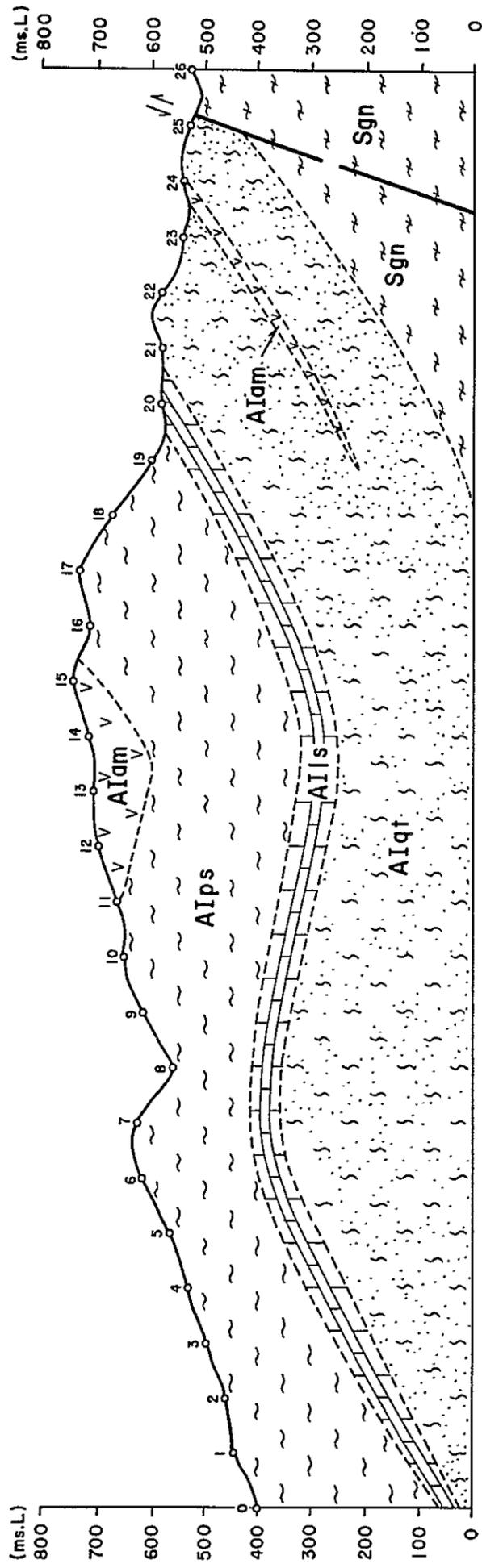


Fig. II-2-5 IP Pseudo-Section in Perau Area (Line-N)

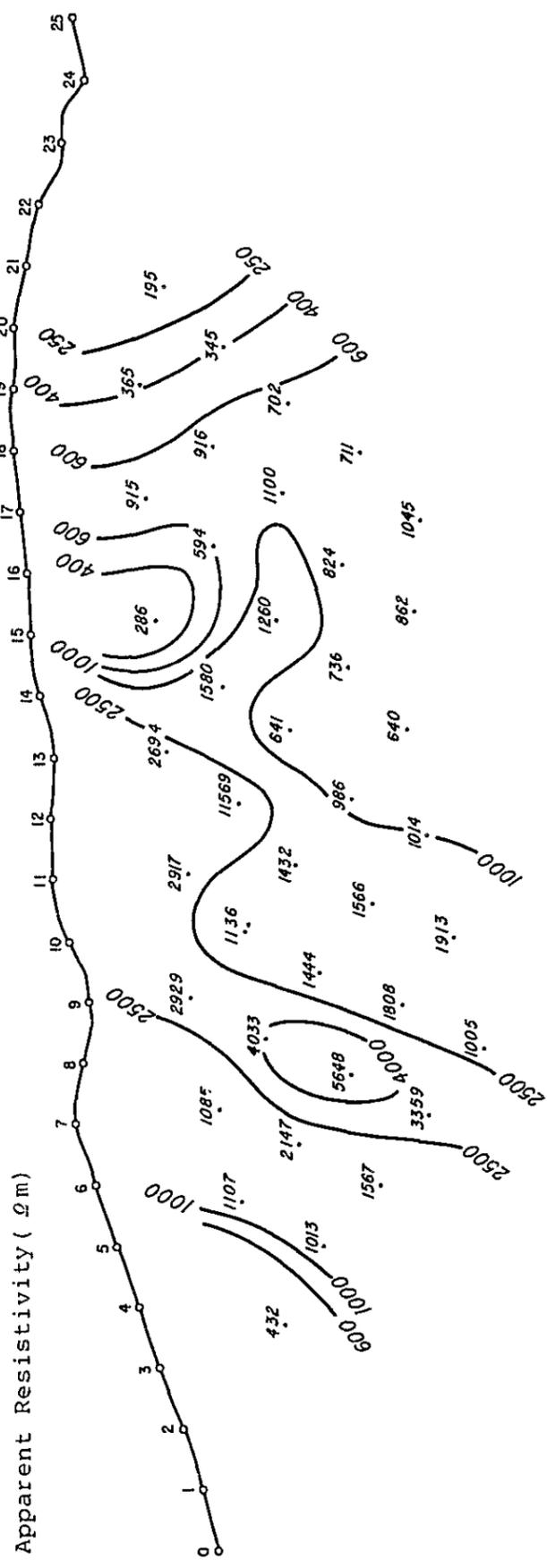
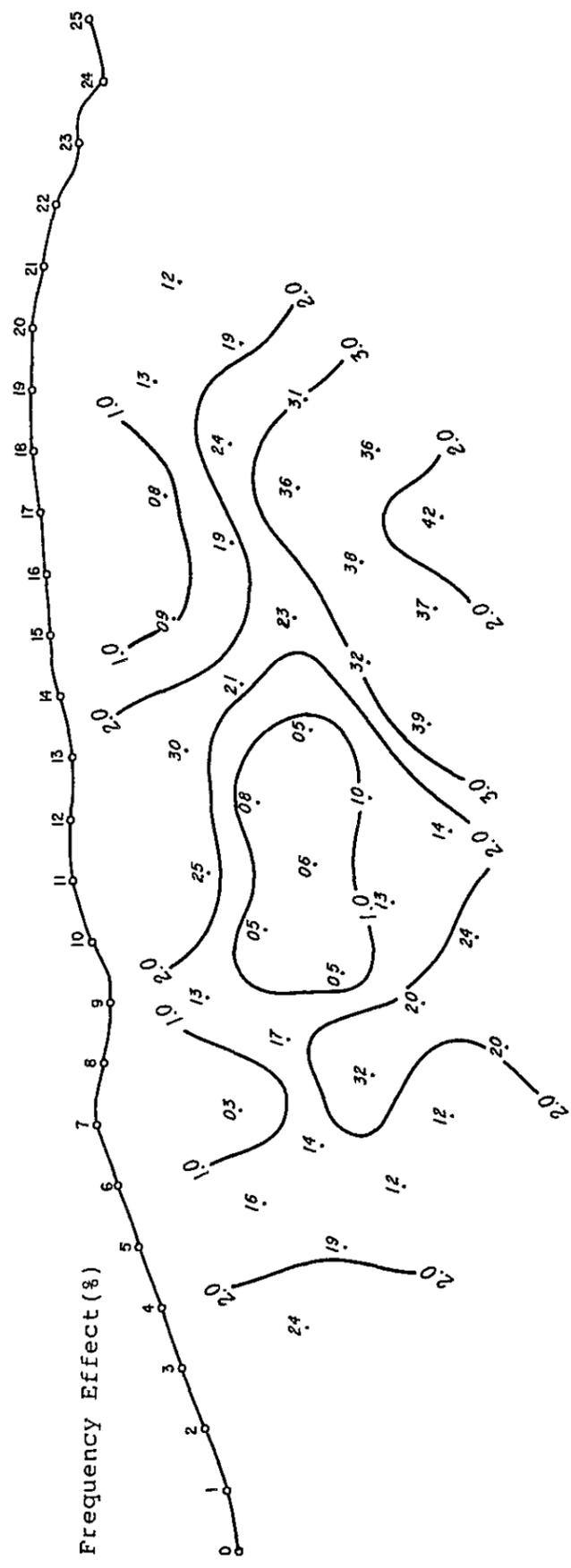
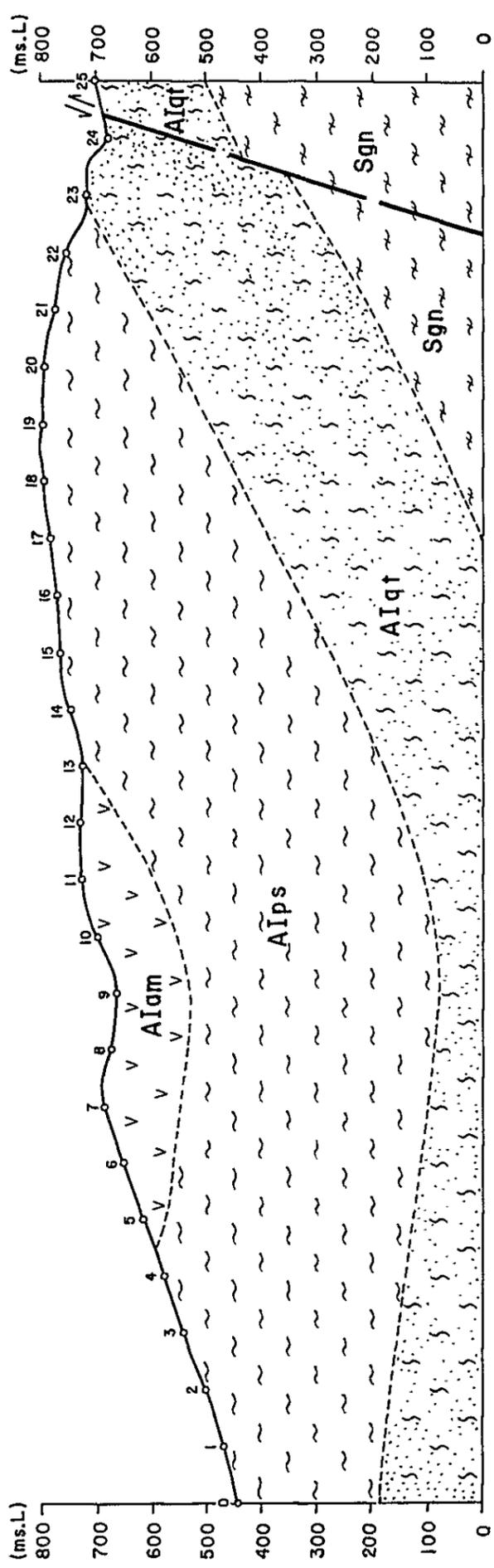


Fig. II-2-6 IP Pseudo-Section in Perau Area (Line-O)

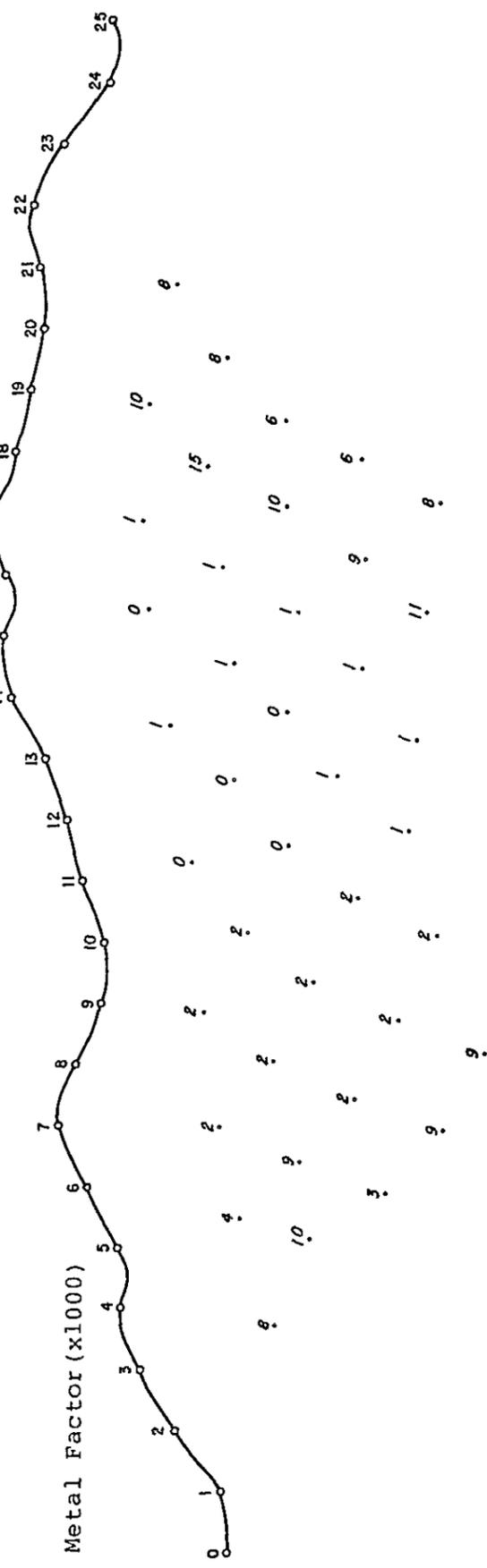
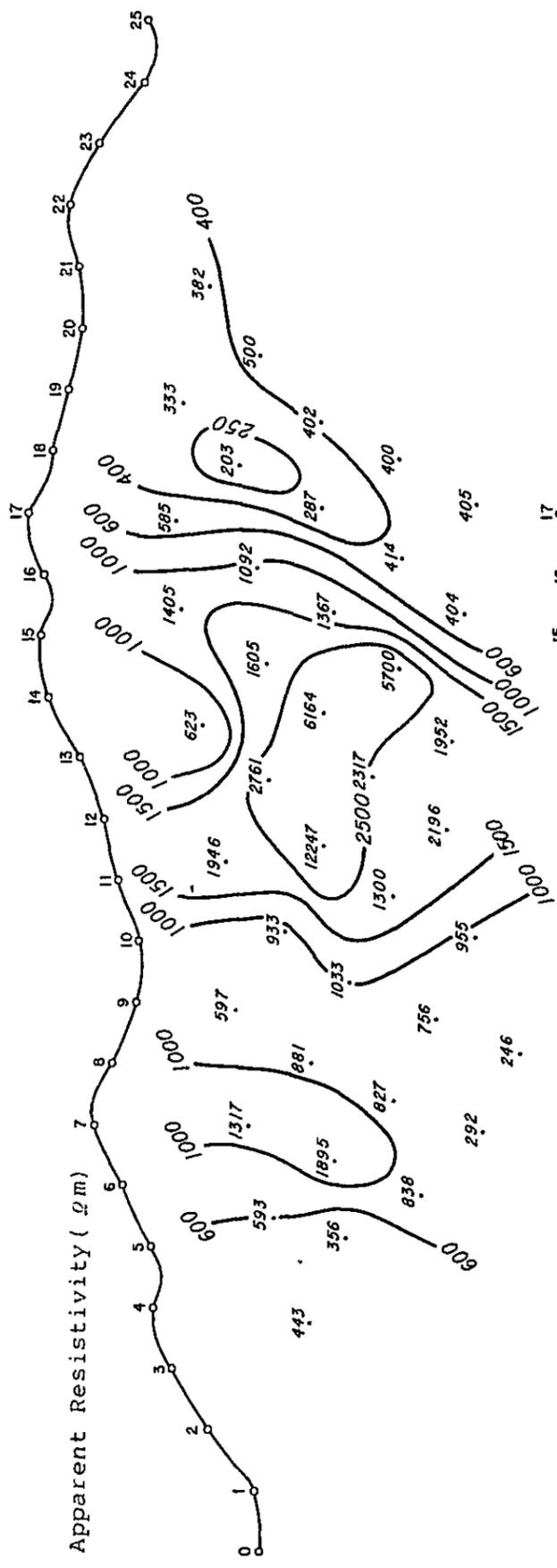
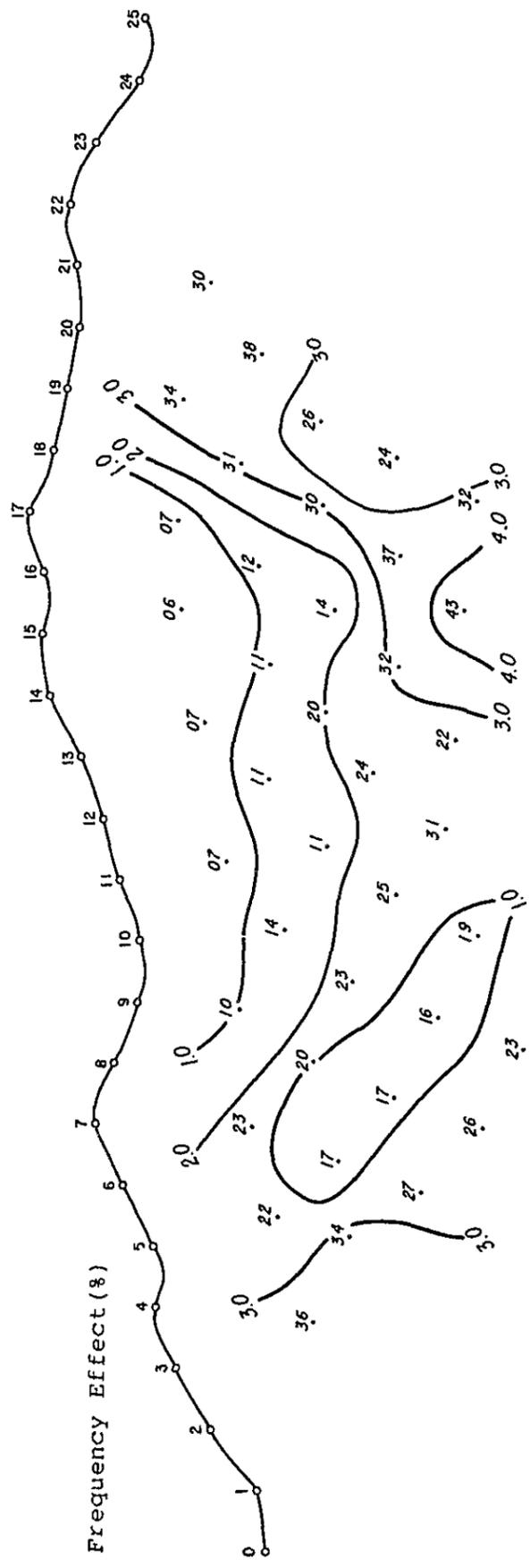
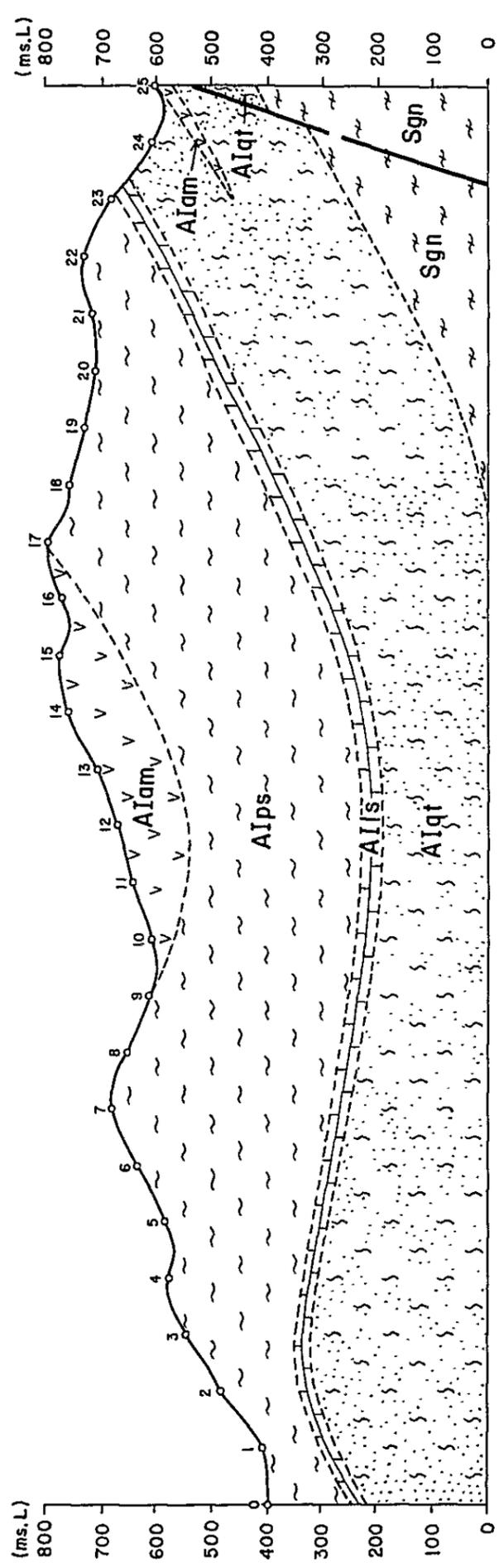


Fig. II-2-7 IP Pseudo-Section in Perau Area (Line-P)

2) 平面解析 (PL. II-2-1~3, PL. II-3-1~3)

異常は調査地区西部および東部に検出された。調査地西部の異常は南西方向に延びており、東部の異常は地表浅部では南東方向へ、深部では中央部付近から弱異常と変化して、南方へ連続する傾向が認められる。

○ $n = 1$

調査地区西部に検出された異常は、測線O付近まで検出されている。この異常は測線M付近が異常の中心と考えられ高FE値が検出されている。

一方、東部に検出された異常は、測線N付近より東方へ連続する傾向を示しているが、その異常値は徐々に弱くなっている。

西部FE異常の分布域には、 $50\ \Omega m$ 以下を含む低見掛比抵抗が検出され南西に分布している。

一方、東部には中見掛比抵抗が南東へ分布しており、東部FE異常はこの分布域に検出されている。また、 $1000\ \Omega m$ 以上の高見掛比抵抗は調査地区南部(測線P付近)に優勢に分布している。

○ $n = 3$

$n = 3$ では調査地区西部・東部および南東部にFE異常が検出された。

西部に検出されたFE異常は測線Mでは中央部付近より西方に広く分布しているが、測線N付近では測線の西端に認められる程度である。この異常は更に北西深部に分布する傾向を示している。また東部のFE異常は、測線M、Nの東端に検出されており、北東方向へ分布する傾向を示している。一方、南東部に検出された4%未満の弱い異常は $n = 1$ には検出されていないものである。見掛比抵抗は $n = 1$ とほぼ同形態および同傾向を示して分布している。測線M、Nの $\mu 10$ 以西および測線M、N、Oの $\mu 19$ 付近には低～中見掛比抵抗が検出されている。

西部FE異常はほぼ低見掛比抵抗分布域に位置している他の2異常は中～高見掛比抵抗分布域に位置している。

○ $n = 5$

調査地区西部および中央部付近にFE異常が検出された。

西部のFE異常は $n = 1, 3$ に検出されたものと同一異常であると考えられるが、その分布範囲は最も小さい。この異常の分布傾向は $n = 1, 3$ のものと同じ傾向を示し、更に西方深部へ連続しているものと考えられる。

中央部付近に南北方向に検出されたFE異常は $n = 3$ で東部および南東部に検出された異常に関連するものと考えられる。

低～中見掛比抵抗は測線M～Oまでの西部および東部に検出された。

高見掛比抵抗は調査地区中央部にNE—SW系で検出された。

西部に検出された低～中見掛比抵抗は南西に分布する傾向が認められ、東部に検出されたものは、東部一帯に分布する傾向を示している。また、この2つの低～中見掛比抵抗を分離するように調査地区中央部に検出された高見掛比抵抗はSW方向に分布する傾向を示している。

3) 地質との関係

第2年次(昭和56年度)に実施し、検出されたFE異常、見掛比抵抗および地質条件を加味して考察した結果を以下に列挙する。

- (i) 調査地区西部に地表付近から深部まで検出されたFE異常は、低比抵抗と同形状で分布しており、低比抵抗・高FE異常帯を形成している。この異常帯は、その分布、見掛比抵抗および地質環境より、第2年次に検出された石墨質雲母片岩と黄鉄鉱を反映したC異常帯と同一異常帯と考えられる。また、この異常帯はその分布傾向より測線N付近が南限と考えられ、北傾斜でさらに西方深部に分布していると推察される。
- (ii) $n = 1, 3$ では調査地区東部、 $n = 5$ では調査地区中央部に検出された異常は、低～中見掛比抵抗分布域に位置している。この低～中見掛比抵抗分布域には、Perau層準が分布しており、この影響を反映したものと考えられる。しかし、浅部の見掛比抵抗が若干、第2年次のPerau鉍床層準のものより低いため、或いは鉍床下盤の石墨片岩または上盤の磁鉄鉍帯が優勢に分布しているためとも考えられる。いずれにしても、測線M以南の測線には顕著な異常が認められないため、地質的にはPerau層準は存在するが、その中に胚胎する鉍床は測線M付近より急激に劣化していると考えられる。

2-3-2 Barrinha地区

1) 断面解析 (Fig. II-2-9～Fig. II-2-15)

この地区はFEのバックグラウンドが高く、3%以上を異常値とするとほとんど全域が異常域となるため、4%以上をFE異常値とした。

また、見掛比抵抗については下表のように分類した。

低見掛比抵抗	中見掛比抵抗	高見掛比抵抗
250 Ωm 未満	250～600 Ωm	601 Ωm 以上

A) FE

本調査地区におけるFE異常の一般的な傾向としては、次の事項があげられる。

- (i) 各測線の北部に検出された異常は、ほとんど北傾斜を示しており、比較的横方向

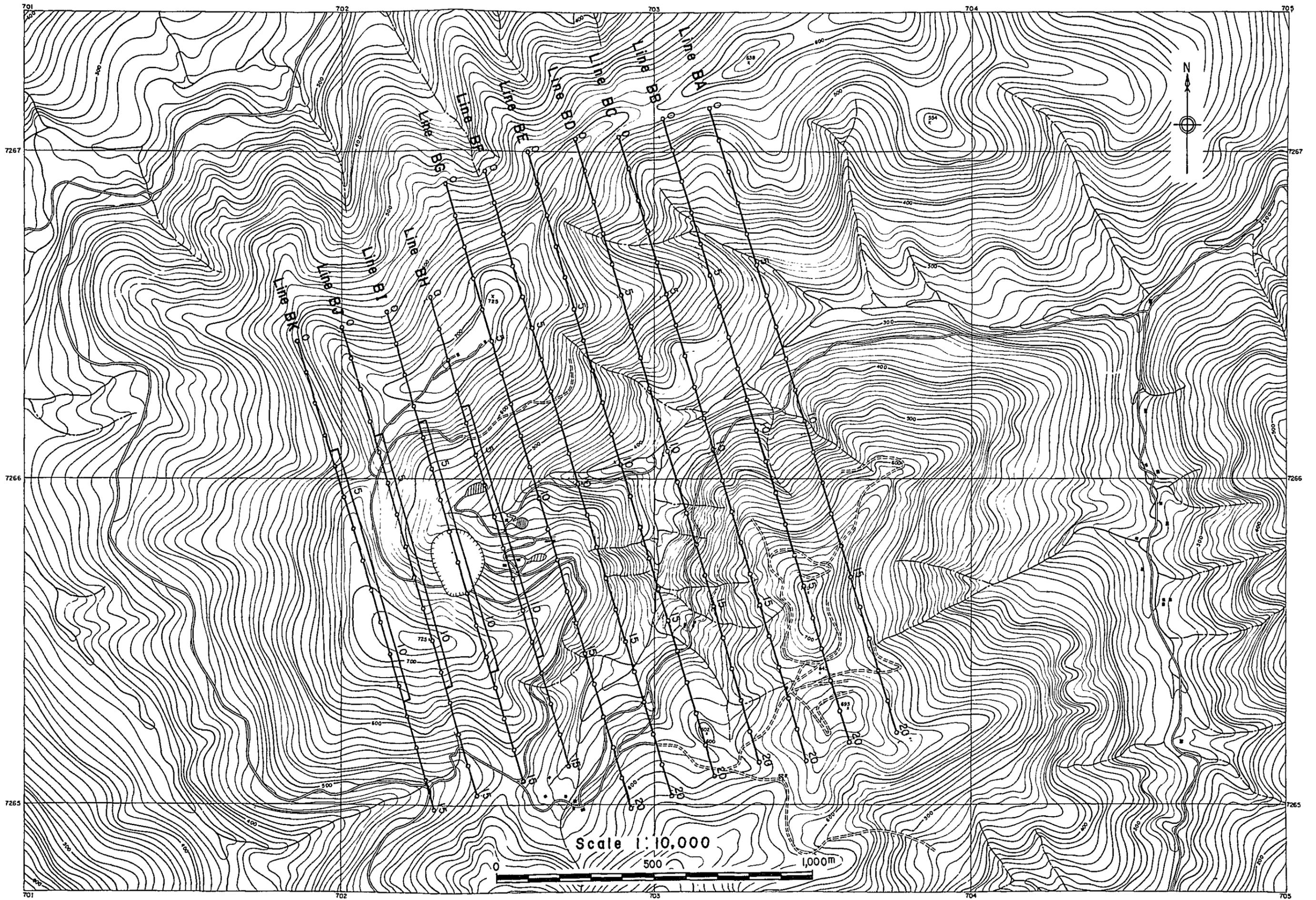


Fig. II-2-8 Location Map of IP and Survey Lines in Barrinha Area

(東西) への連続傾向が認められる。

(ii) 一方、調査地区南部に検出された異常は浅部では横方向への連続性に欠け、局部的な異常を示している。

(iii) 局部異常の傾向は特に測線 B E 以西の各測線に顕著に認められる。

以上の事項に重点を置き各断面より特に注目できる異常を以下に列挙する。

1) 測線 B A Ⅱ 1 1 ~ Ⅱ 1 3 付近の異常

- ① この異常は地表付近から深部まで検出され、その示徴形態より南傾斜の異常源によるものと考えられる。
- ② 測線 B B Ⅱ 1 1 ~ Ⅱ 1 2 に検出された異常は、その分布位置、分布形態よりこの異常と同一異常源に起因するものと考えられ、この異常の延長異常であると推察される。
- ③ 測線 B C Ⅱ 1 1 ~ Ⅱ 1 5 の深部異常は、この異常の変化したのものと考えられる。

2) 測線 B C Ⅱ 3 ~ Ⅱ 7.5 付近の異常

- ① この異常は Ⅱ 3.5 ~ Ⅱ 4 付近を中心とするものと、Ⅱ 7 付近を中心とする異常より構成されている。前者の異常は垂直な異常源、後者の異常は北傾斜の異常源がそれぞれ考えられる。
- ② Ⅱ 3.5 ~ Ⅱ 4 付近を中心とする異常は、検出位置、示徴形態等より測線 B A Ⅱ 2.5 ~ Ⅱ 4 付近の異常および測線 B B Ⅱ 2.5 ~ Ⅱ 4 付近の異常と同一の異常源に起因するものと考えられる。
- ③ これらの同一異常源によると考えられる異常は、測線 B C 付近が最大と考えられ、測線 B D では減衰する傾向が認められる。
- ④ 一方 Ⅱ 7 を中心とする異常は、測線 B B 以東の測線には検出されていない。
- ⑤ この異常の検出された測線 B C には他に Ⅱ 7 ~ Ⅱ 1 1 の浅部から深部および Ⅱ 1 2 ~ Ⅱ 1 7 の深部に 5 % 以上の異常が検出された。この異常と同一異常源に起因すると考えられる異常は測線 B D、B E の深部にも検出されている。

3) 測線 B D Ⅱ 3 ~ Ⅱ 9 付近の異常

- ① この異常は本地区で検出されたものの中で最も顕著な F E 示徴を示している。
- ② この異常は 2) の異常と同一形態を示しており、Ⅱ 3 ~ Ⅱ 4 を中心とする異常と Ⅱ 6.5 ~ Ⅱ 8.5 付近を中心とする 2 つの異常より構成されている。
- ③ Ⅱ 3 ~ Ⅱ 4 を中心とする異常は北傾斜を示しており、2) の測線 B C の Ⅱ 3.5 ~ Ⅱ 4 付近を中心として検出された異常と同一異常源に起因するものと考えられる。
- ④ Ⅱ 6.5 ~ Ⅱ 8.5 付近を中心とする異常は、深部まで強い北傾斜の示徴を示しており、2) の測線 B C Ⅱ 7 を中心として検出された異常と同一異常と考えられる。

また、その分布範囲はこの測線付近が最大と考えられる。

- ⑤ しかし、この $\rho_{\text{a}} 6.5 \sim \rho_{\text{a}} 8.5$ 付近を中心とする異常は、測線BEでは深部に分布しているため、この付近で急激に減衰しているものと考えられる。

4) 測線BE $\rho_{\text{a}} 1.4 \sim \rho_{\text{a}} 1.5.5$ 付近の異常

- ① この異常は、前述の各異常と比べそれ程強い異常ではないが、本地区の特徴的異常の一つである。
- ② この異常の検出された測線の隣接する測線には、この異常と同一異常源に起因すると考えられる異常は検出されていない。
- ③ 従ってこの異常は局部的な異常であると考えられる。特に測線BF・BGの各異常にはその傾向が認められる。

B) 見掛比抵抗

本調査地区の見掛比抵抗は $50 \Omega m \sim 2500 \Omega m$ で検出された。各見掛比抵抗は各断面のほぼ同位置に検出されており、地域的にバラツキの少ないまとまりのある分布を示している。また測線BB $\rho_{\text{a}} 1.6$ 下では、等見掛比抵抗線が密集しており、比抵抗の異なる岩質の境界などを明瞭に示していると考えられる。

1) 低見掛比抵抗 ($250 \Omega m$ 未満)

低見掛比抵抗は測線BA～BEまでの各測線の北側および測線BA～BGまでの各測線南側に検出された。

前者の低見掛比抵抗は各測線の $\rho_{\text{a}} 2 \sim \rho_{\text{a}} 7$ 付近に地表から深部まで検出され、分布範囲は測線BB付近が最大である。しかし、この低見掛比抵抗は測線BD付近から消滅する傾向が認められ、測線BEでは $\rho_{\text{a}} 4 \sim \rho_{\text{a}} 6$ の深部に検出されているだけで、測線BF、BGにはまったく検出されていない。

後者の低見掛比抵抗は全測線 $\rho_{\text{a}} 1.3$ 付近以南に広く分布しており、特に測線BF、BGの $\rho_{\text{a}} 1.6$ 以南では $100 \Omega m$ 未満の見掛比抵抗が地表付近から深部に優勢に分布している。

2) 中見掛比抵抗 ($250 \Omega m \sim 600 \Omega m$)

本調査地区の中見掛比抵抗は、各測線の中央部付近に主に検出されている。

測線BAでは主に $\rho_{\text{a}} 7 \sim \rho_{\text{a}} 1.3$ 付近の地表付近から深部に検出されており、更に西方の測線にもほぼ同位置に検出されている。特に測線BD $\rho_{\text{a}} 3$ 以北および $\rho_{\text{a}} 5 \sim \rho_{\text{a}} 1.6$ 付近、測線BEでは $\rho_{\text{a}} 1.6$ 以北に広範囲に認められる。しかし測線BF、BGでは $400 \Omega m$ 以上の値が測線全域に検出されており、高見掛比抵抗が優勢に分布する傾向が認められる。

3) 高見掛比抵抗 (600 Ωm 以上)

高見掛比抵抗は、調査地区西方の測線ほど広く分布している。測線BA～BDまでの高見掛比抵抗は、各測線のほぼ中央部中見掛比抵抗分布域内に点在して検出されている。この高見掛比抵抗は測線BC $\#7 \sim \#13$ 付近では、北傾斜で検出され比較的強い見掛比抵抗コントラストを示している。また、測線BCの $\#7 \sim \#13$ 付近に優勢に検出されている高見掛比抵抗は、測線BD、BEでは小規模に検出されているのみである。しかし、測線BF、BGでは $\#15$ 以北に測線BA～BDまでのほぼ中央部に検出された高見掛比抵抗と同一地質を反映していると考えられる高見掛比抵抗が優勢に分布している。

c) FE異常と見掛比抵抗

この項では本調査地区の各測線で検出された特筆すべき4 FE異常について見掛比抵抗との関係を述べる。

1) 測線BA $\#11 \sim \#13$ 付近のFE異常

このFE異常は400 Ωm 以下の低～中見掛比抵抗分布域に検出されており、類似した分布形態を示す低比抵抗・高FE異常である。

2) 測線BC $\#3 \sim \#7.5$ 付近のFE異常

このFE異常は低見掛比抵抗分布域に調和的な形態で分布しており、特に6%以上のFE値の分布している位置には150 Ωm 以下が検出されている。また、測線BA、BBの同位置にもFE異常が検出されており、その位置には低見掛比抵抗が分布している。

従って測線BA、BB、BCの $\#3 \sim \#7.5$ 付近までの異常は、同一異常源に起因する低抵抗・高FE異常であると考えられる。

3) 測線BD $\#3 \sim \#9$ 付近のFE異常

このFE異常が検出されている地区には低～中見掛比抵抗(400 Ωm 以下)が検出され、特に $\#6.5 \sim \#8.5$ 付近を中心とする異常の深部には150 Ωm 以下の見掛比抵抗が検出されている。この異常はその分布位置より2)の異常とは同一源に起因する異常であると考えられる。しかし測線BEでは同一異常と考えられるものは、 $\#3 \sim \#6$ の深部に検出され、その分布域と同位置に低見掛比抵抗も検出されている。従ってこの低～中見掛比抵抗と高FE異常は鉍化帯の存在を考える上で重要な関係にあると推察される。

4) 測線BE $\#14 \sim \#15.5$ 付近のFE異常

このFE異常は中見掛比抵抗分布域に検出されており、前述の3異常とは異常源の胚胎層準が若干異なるものと考えられる。この位置における金属伝導度は高い値を示

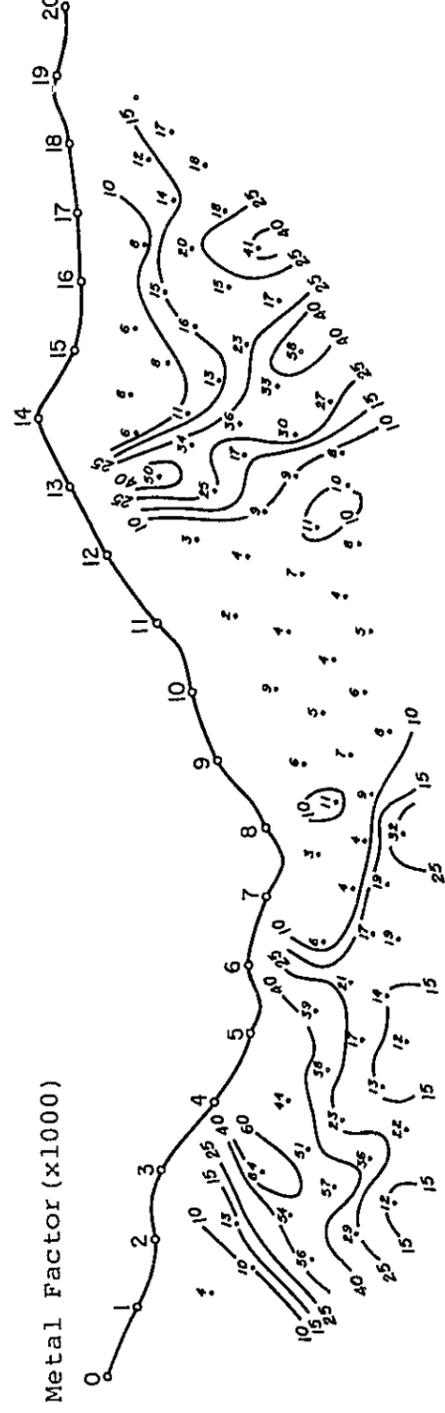
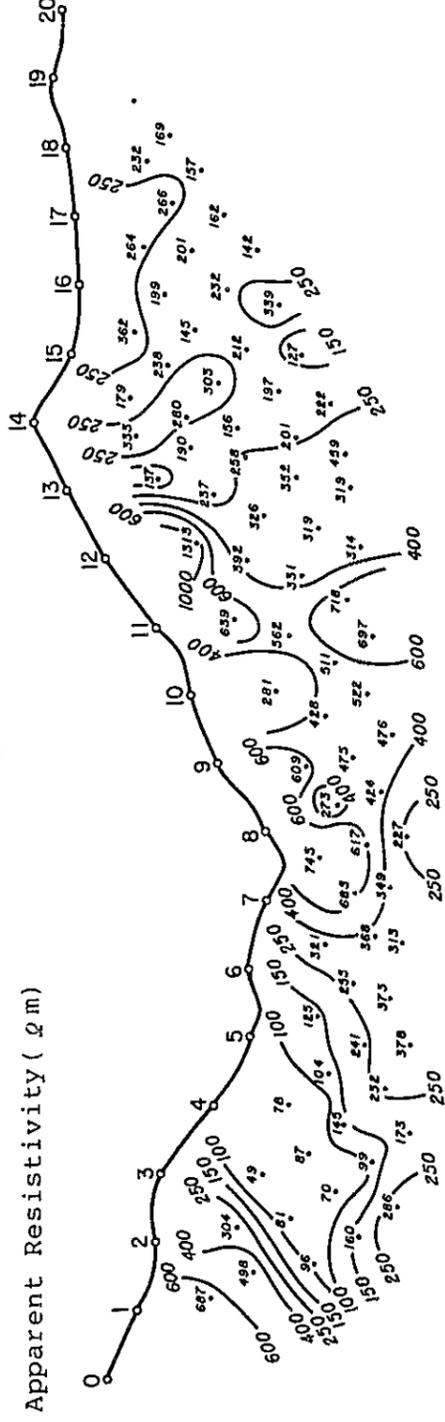
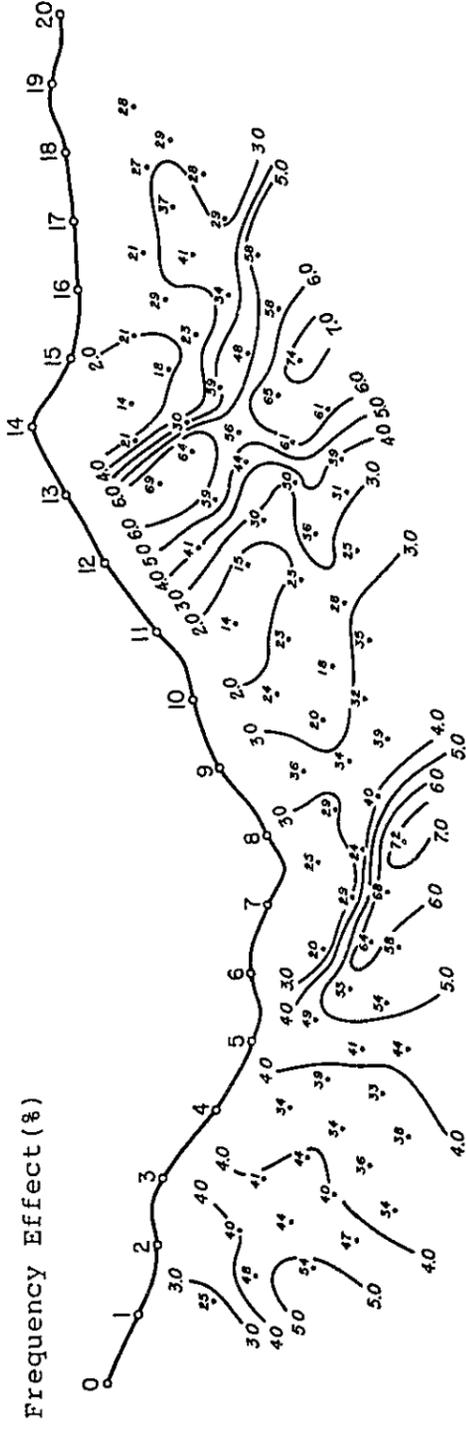
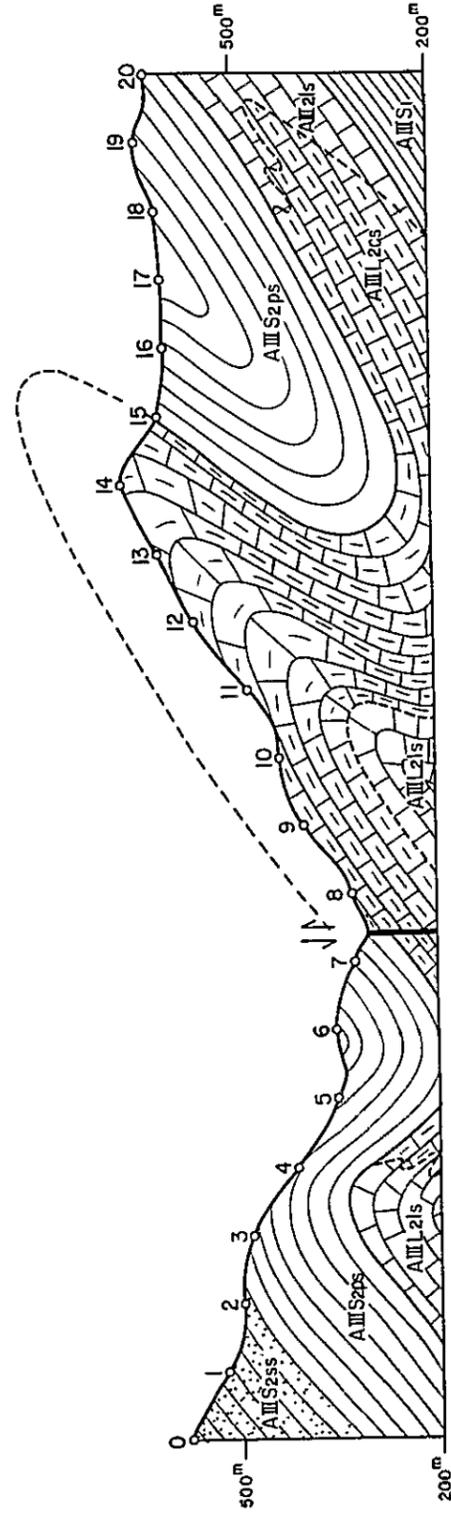


Fig. II-2-9 IP Pseudo-Section in Barrinha Area
(Line-BA)

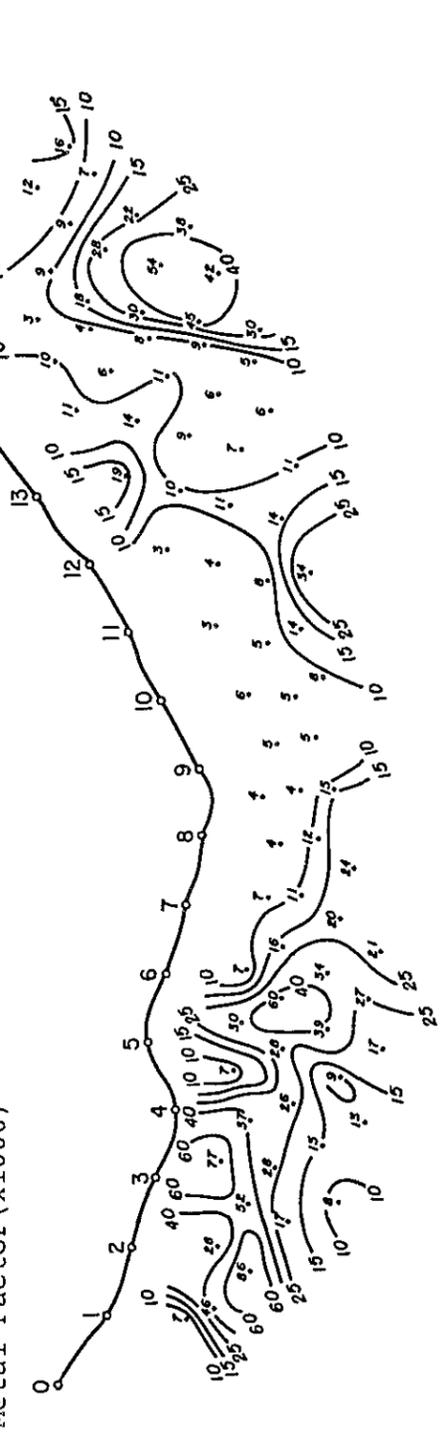
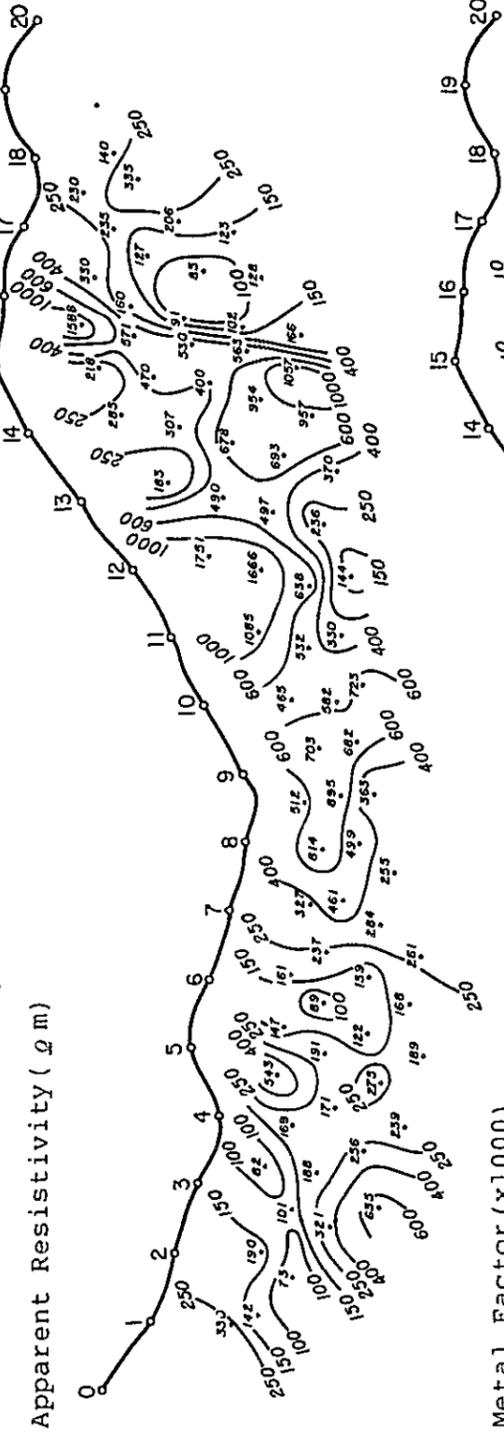
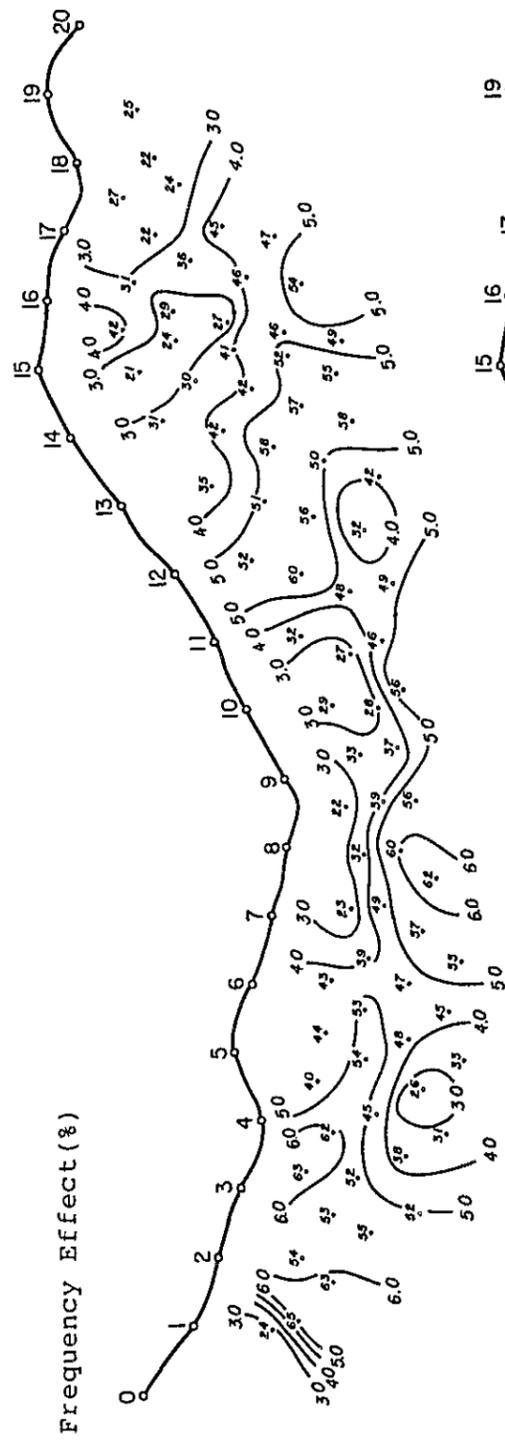
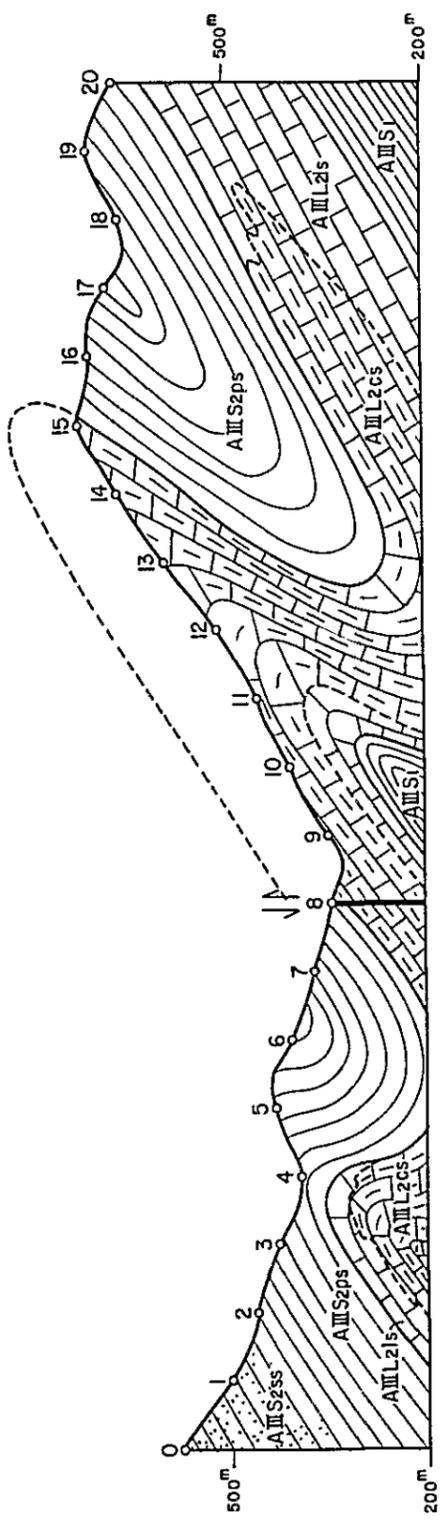


Fig. II - 2 - 10 IP Pseudo-Section in Barrinha Area
(Line-BB)

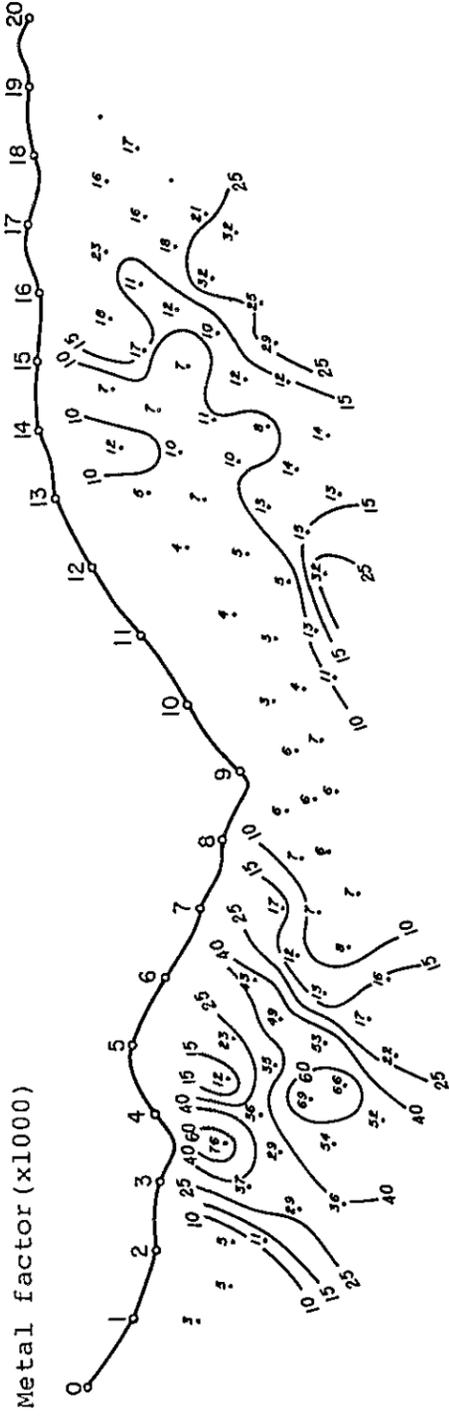
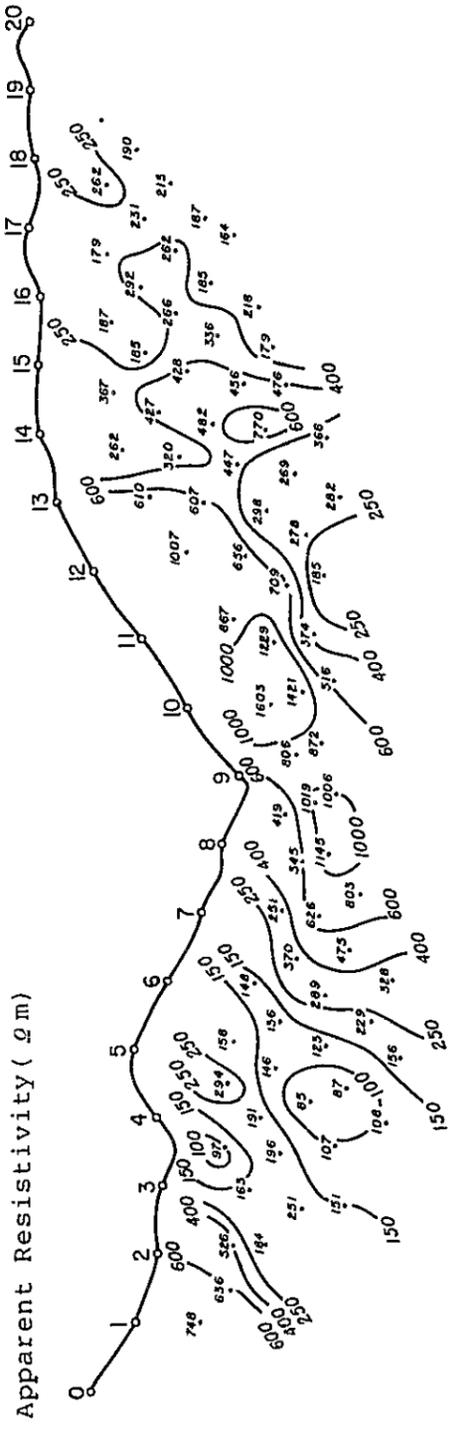
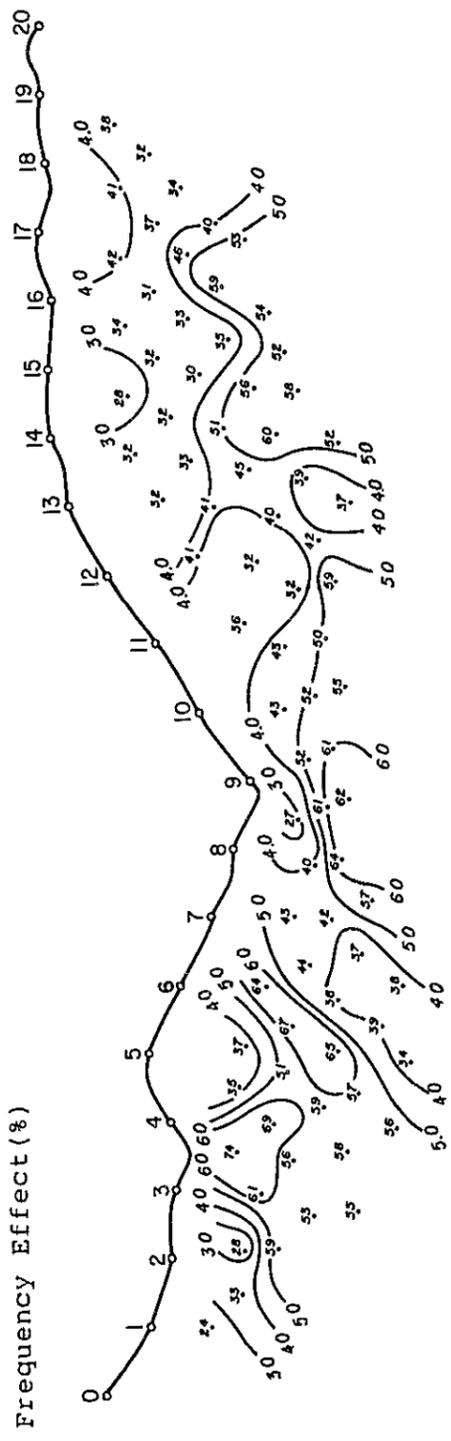
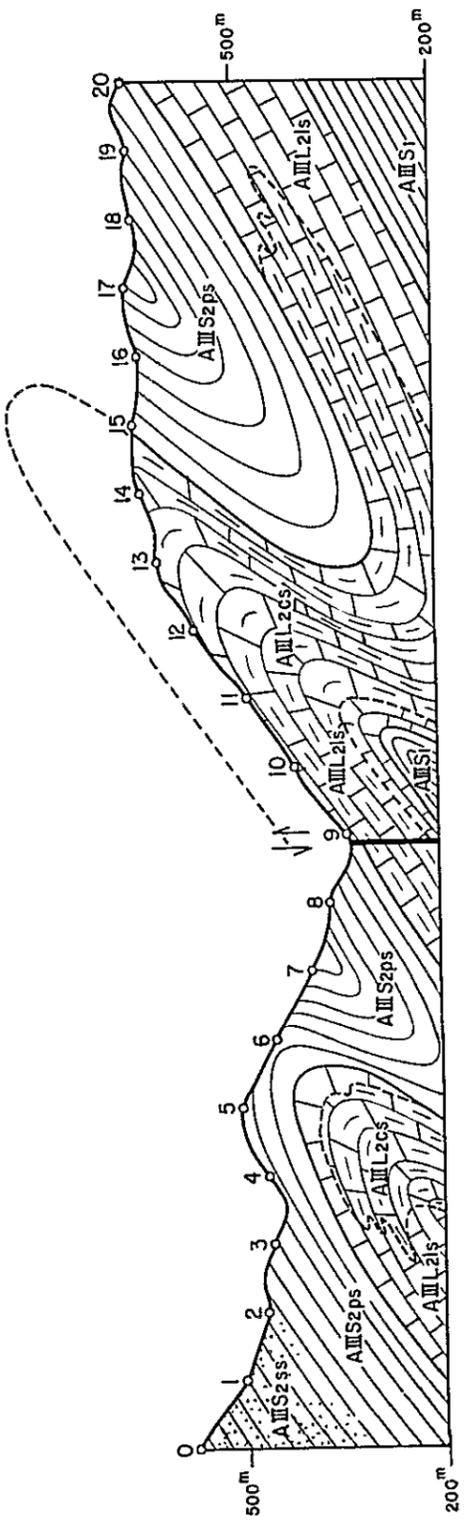
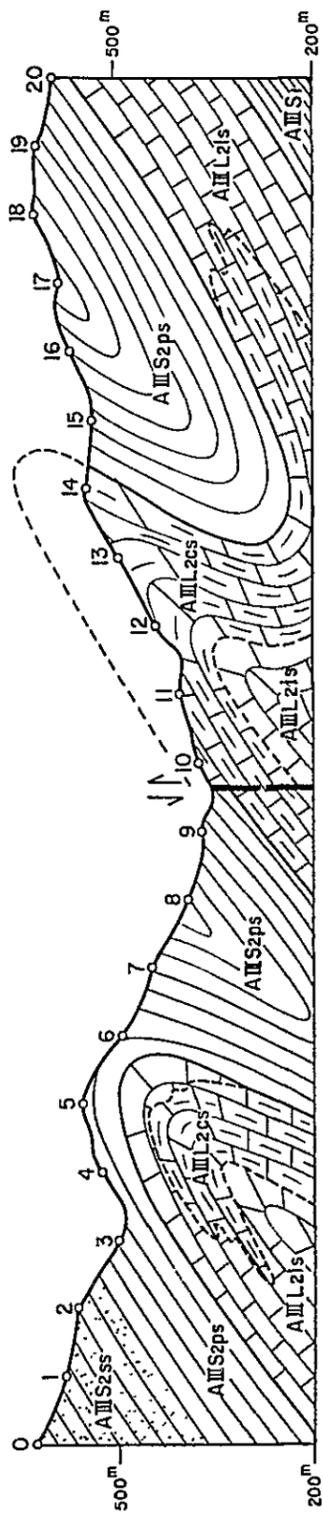
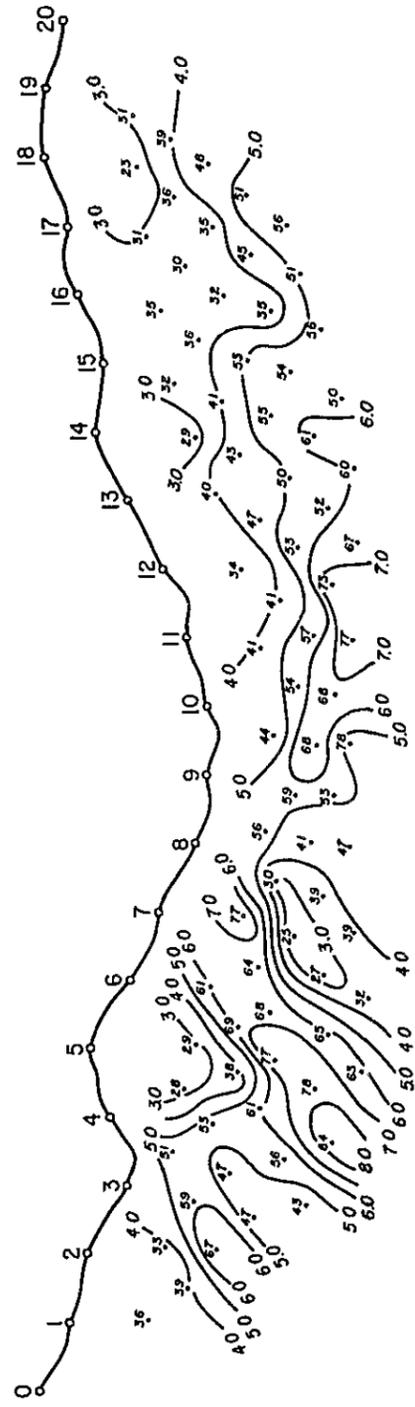


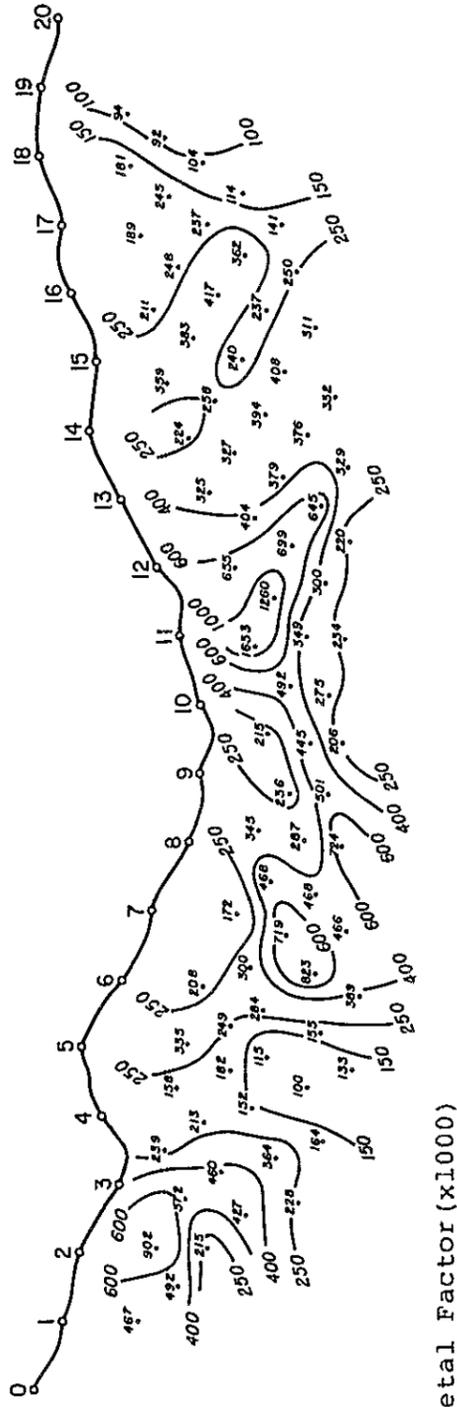
Fig. II - 2 - 11 IP Pseudo-Section in Barrinha Area
(Line-BC)



Frequency Effect (%)



Apparent Resistivity (Ωm)



Metal Factor (x1000)

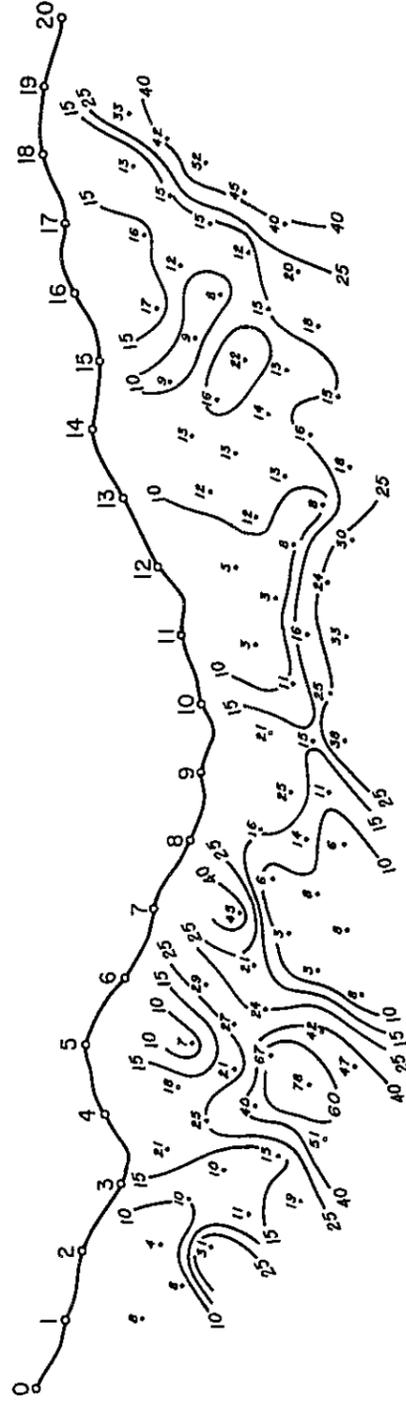


Fig. II-2-12 IP Pseudo-Section in Barrinha Area
(Line-BD)

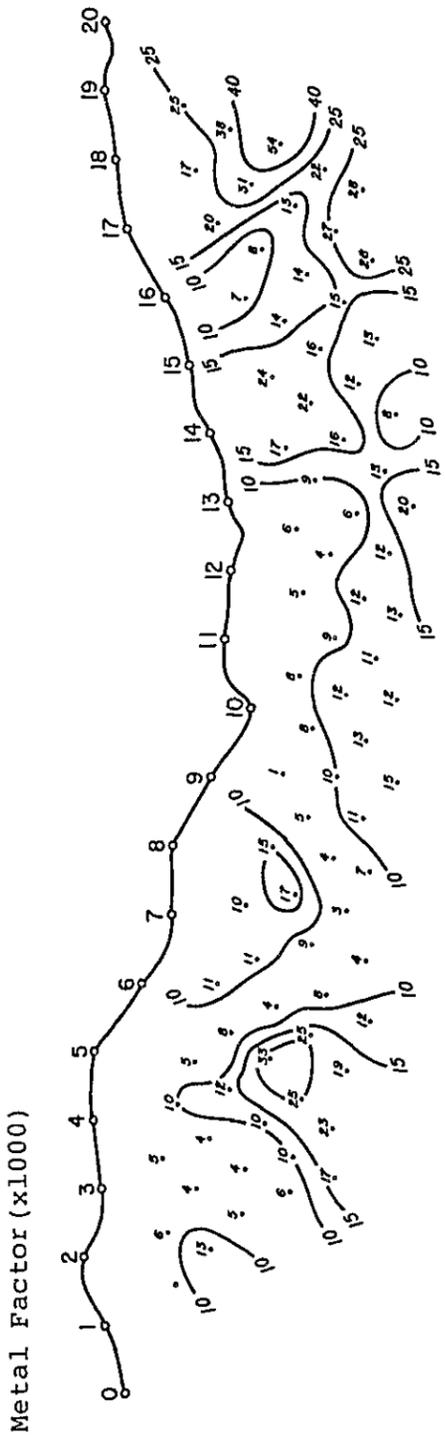
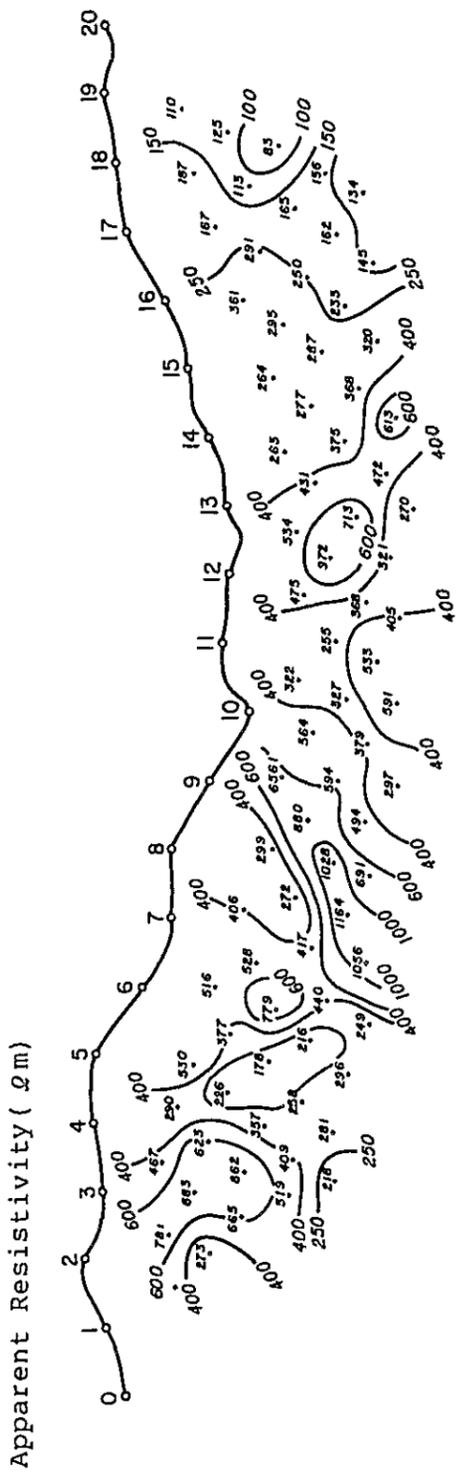
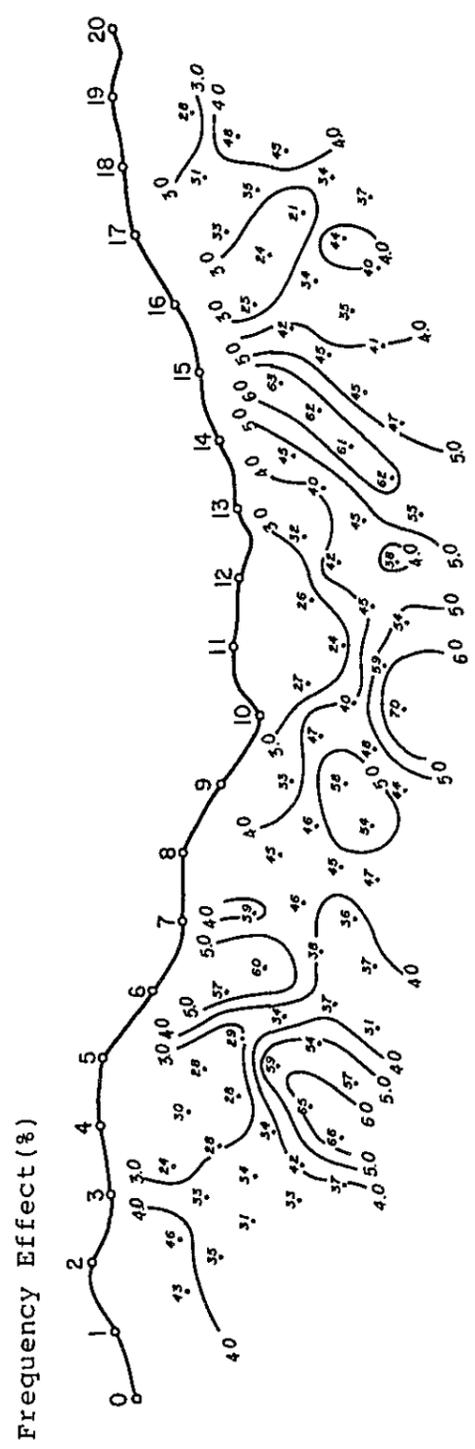
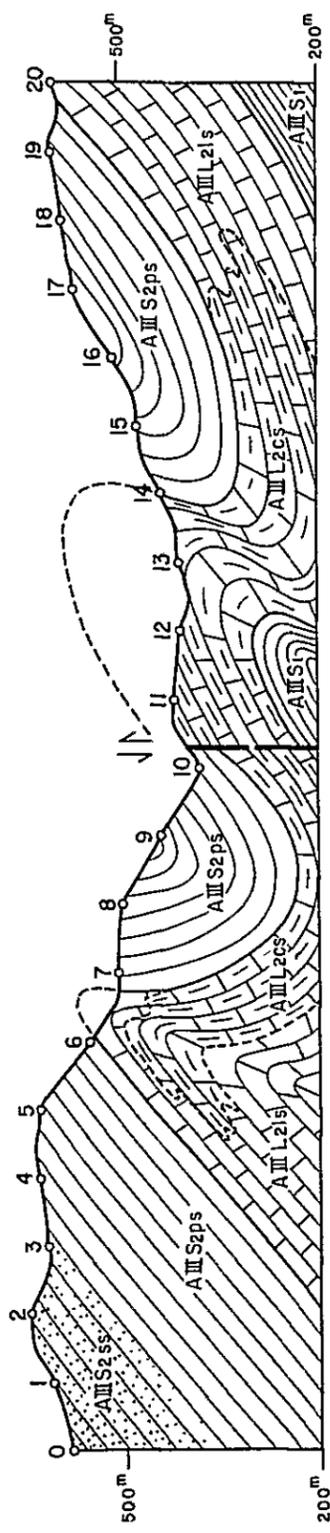
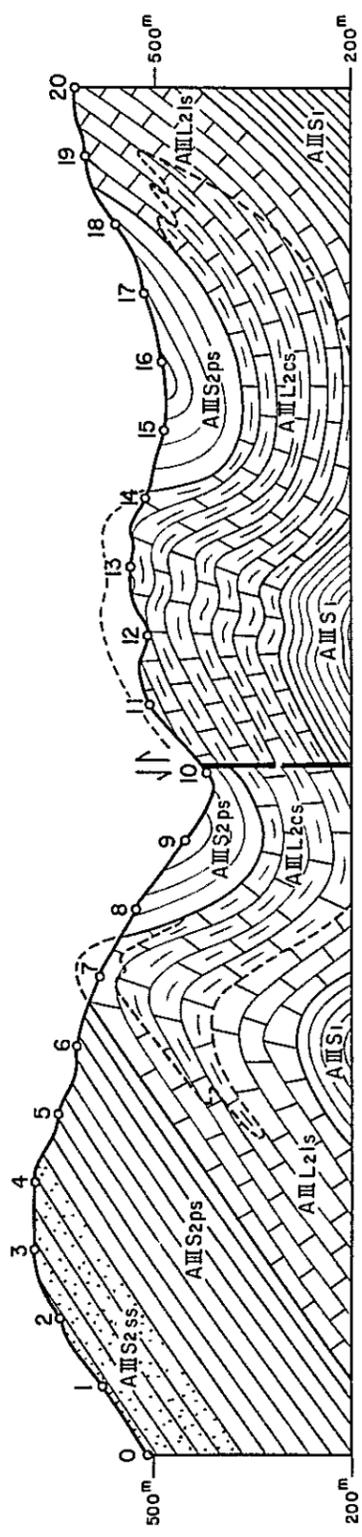
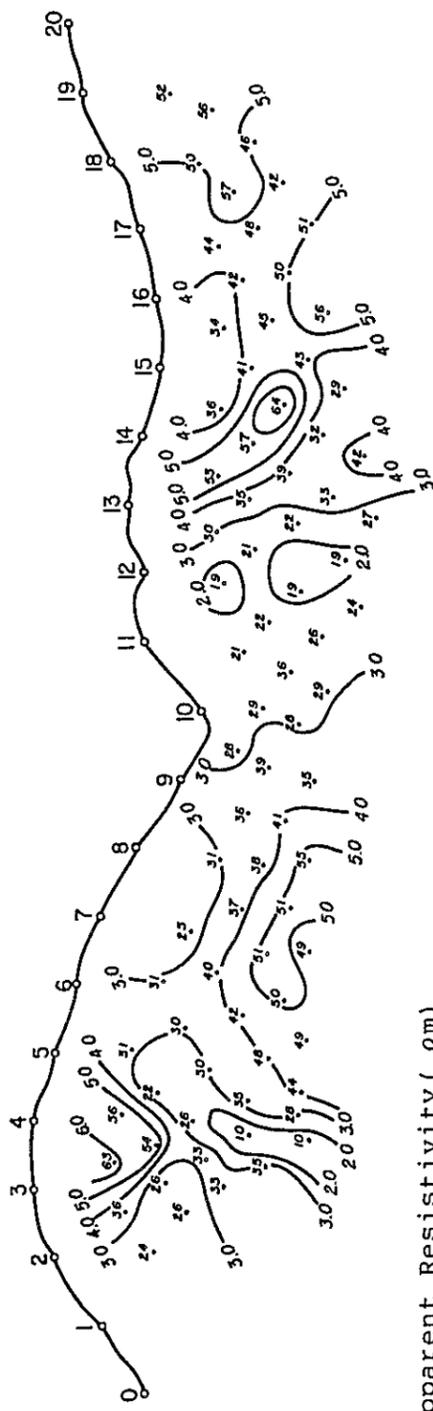


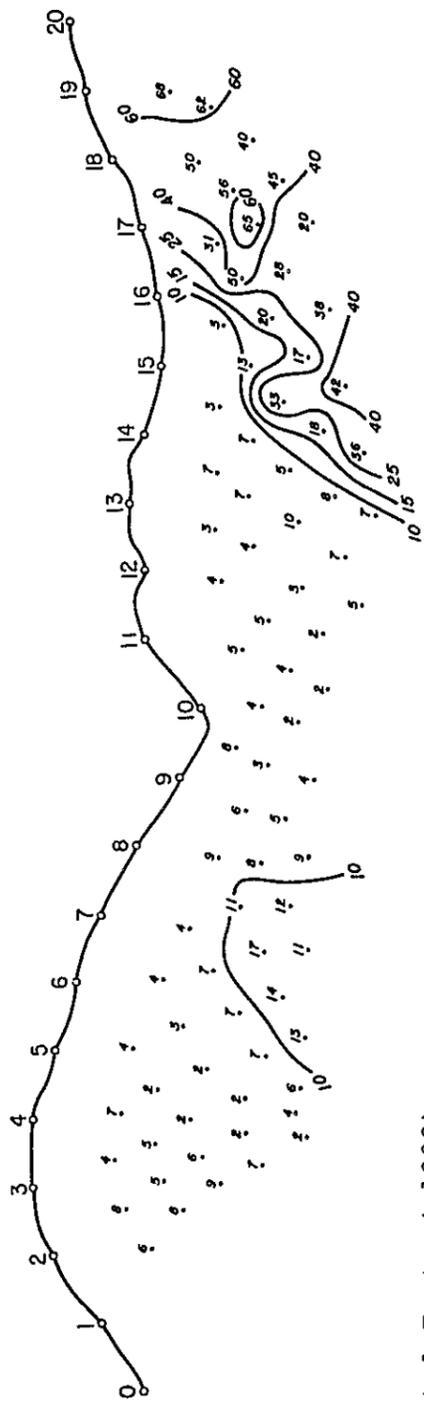
Fig. II-2-13 IP Pseudo-Section in Barrinha Area
(Line-BE)



Frequency Effect (%)



Apparent Resistivity (Ωm)



Metal Factor (x1000)

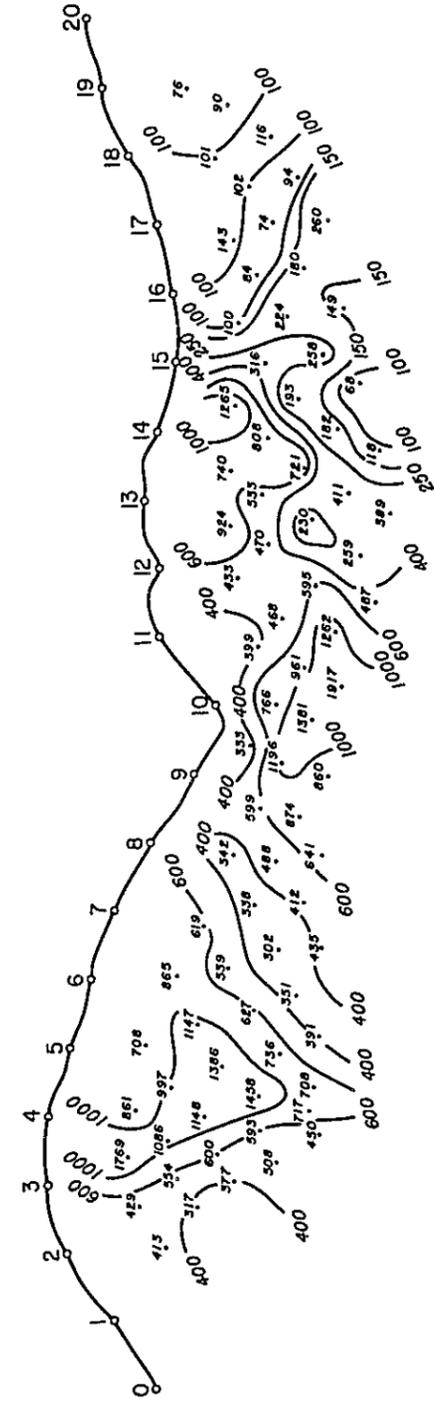


Fig. II - 2-14 IP Pseudo-Section in Barrinha Area
(Line-BF)

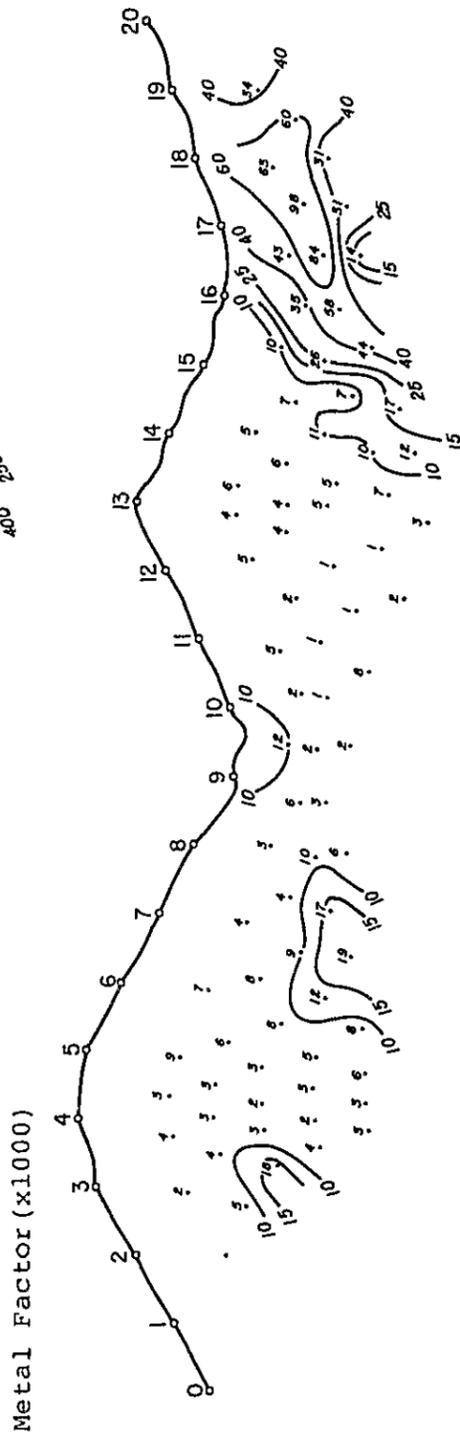
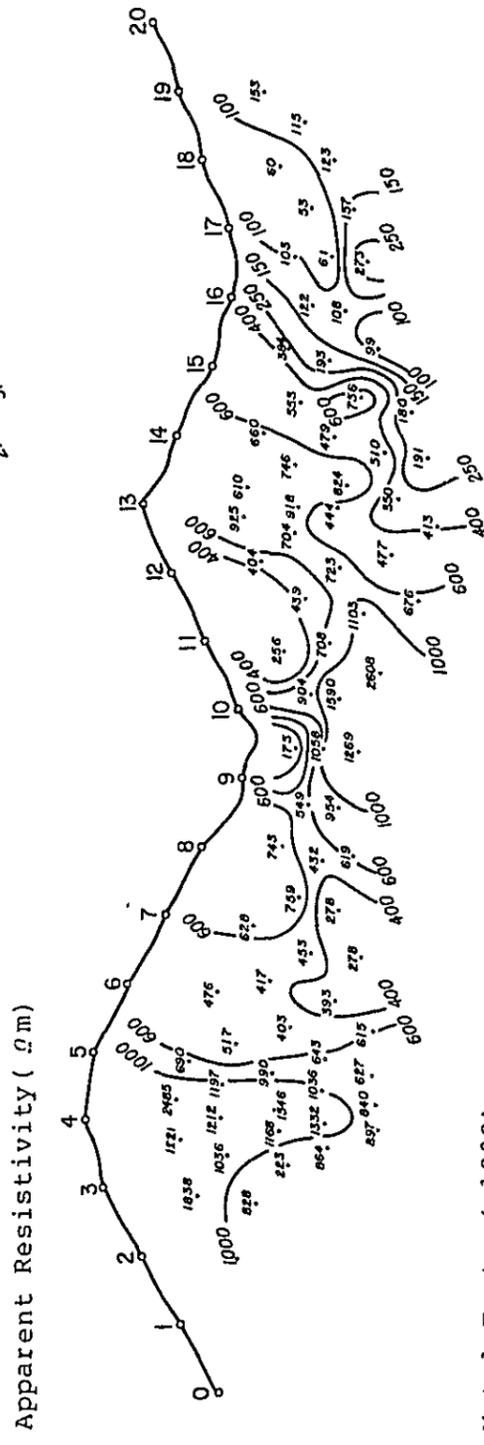
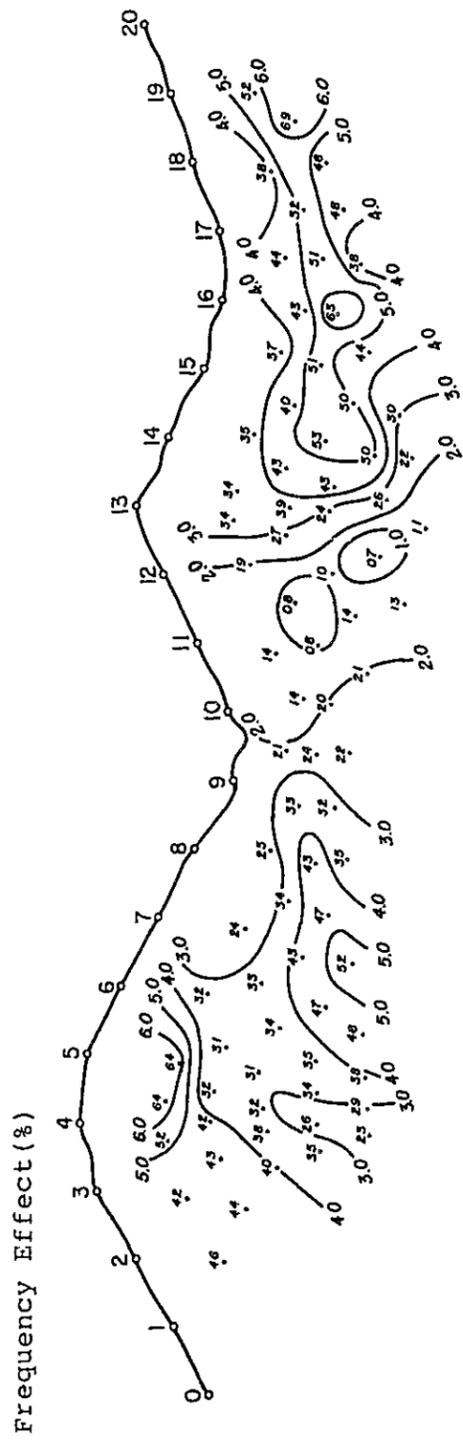
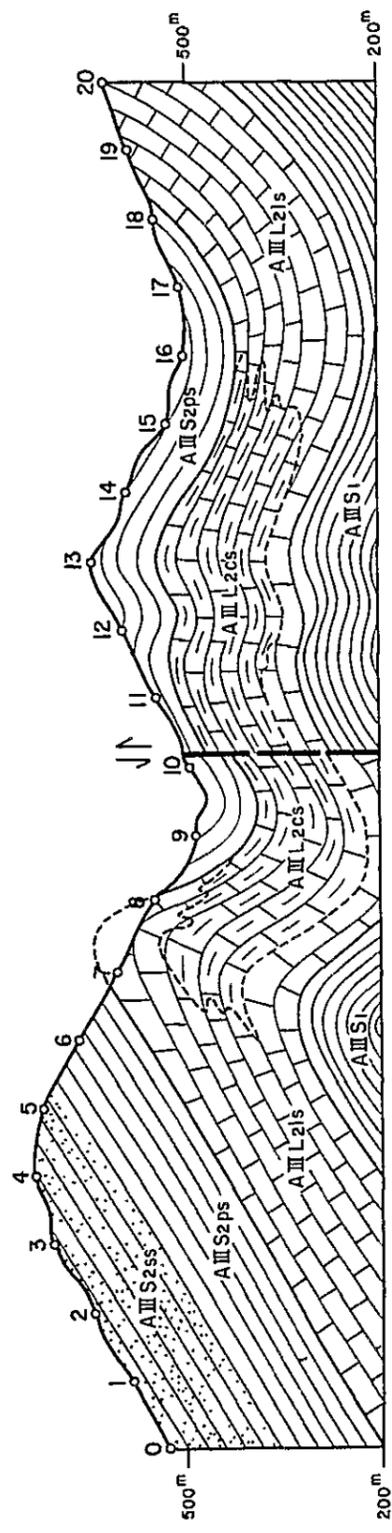


Fig. II - 2 - 15 IP Pseudo-Section in Barrinha Area
(Line-BG)

している。

(2) 平面解析 (PL. II-5)

本調査地区で検出された F E 異常，見掛比抵抗は，いずれも地表付近から深部まで認められ，深部ほどこれらの示徴形態は明瞭であり，NE-EW系の分布傾向が顕著に認められる。

○ $n = 1$

5%以上の F E 異常はほぼ南北に点在し，6ヶ所検出された。これらの異常のうち特に示徴の強いものは，調査地区北部（測線 BB~BD ㈬3 付近），中央部（測線 BC~BE ㈬6 付近）および南東部（測線 BA~BB ㈬1 3 付近）の3ヶ所に検出され，低~中見掛比抵抗分布帯に認められる。

見掛比抵抗は，低~中見掛比抵抗が調査地区北東部から中央部にかけて NE-SW系で分布しているものと，南部一帯に E-W系で分布し，更に南へ連続して分布する傾向の認められるものが検出された。高見掛比抵抗は調査地区北東部から NE-SW系で分布する低~中見掛比抵抗を両側より挟むように NE-SW系で調査地区北部および中央部に検出された。

○ $n = 3$

5%以上の F E 異常は調査地北部（測線 BB~BD ㈬6 以北），中央部（測線 BC~BD, ㈬8~11 付近）および南部（測線 BA~BG, ㈬14~㈬16 付近）の3ヶ所に検出された。

見掛比抵抗は $n = 1$ と同様の分布傾向を示しているが，調査地区中央部には，中見掛比抵抗が優勢に分布している。

調査地区北部の F E 異常は，低~中見掛比抵抗帯に分布している。この異常は $n = 1$ で北部および中央部に検出された異常が深部へ連続したものと考えられ，その中心部がやや北方に認められることより北傾斜の傾向を示しているものと推察される。

調査地区中央部の F E 異常は， $n = 1$ で検出されていない異常であり，南部へ分布する傾向を示している。しかし，この異常は調査地区北部の異常のハローと推察される。

調査地区北東部に検出された低見掛比抵抗は，測線 BE 付近より北東方向に扇状で分布しており，更に調査地区外に分布する傾向を示している。この低見掛比抵抗は， $n = 1$ でほぼ同位置に検出された低見掛比抵抗が深部連続したものと考えられる。その分布範囲は北東部で拡大しており，西部（測線 BE, BF の ㈬5 付近）では中見掛比抵抗へと変化している。

調査地区南部に検出された低見掛比抵抗は， $n = 1$ とほぼ類似の分布傾向を示しているが， $n = 1$ と比較するとその分布範囲は狭くなっている。

一方、高見掛比抵抗は調査地区北西部および中央部に検出された。

調査地区北西部に検出された高見掛比抵抗は、測線 B E ~ B E, ㄥ 3 ~ ㄥ 6 付近に認められ、 $n = 1$ よりその分布範囲は狭くなっている。また中央部に検出された高見掛比抵抗は、測線 B A ~ B G, ㄥ 7 ~ 1 1 付近に認められ、 $n = 1$ で検出された位置よりも北方に認められたことより北傾斜の傾向が認められ、N E - S W 系で分布していると考えられる。

○ $n = 5$

5 % 以上の F E 異常は調査地区北部および北東部から「く」の字形で南部に連続する 2 異常が検出された。

見掛比抵抗は、 $n = 3$ より更に中見掛比抵抗が優勢に分布している。

調査地区北部（測線 B B ~ B E）に検出された F E 異常は、 $n = 1, 3$ の調査地区北部に認められた異常の深部異常と考えられる。この異常の中心は $n = 1, 3$ より更に北方に認められ、低見掛比抵抗帯内に検出されている。調査地区北東部から南部へ「く」の字形で検出された F E 異常は測線 B A ~ B E の ㄥ 1 4 以南の異常、測線 B A ㄥ 6 ~ 9 付近より N E - S W で測線 B E まで連続しているものとの 2 つの異常より構成されていると考えられる。

前者の異常は北部異常のハローと考えられ、後者の異常は $n = 1, 3$ では認められないものであり、この地域における深部異常と考えられる。低見掛比抵抗は調査地区北東部および南部に高見掛比抵抗は中央部にそれぞれ検出された。

北部の F E 異常は N E - S W 方向で、更に調査地区外北東へ分布する傾向を示しており、また、南部の F E 異常は中央部から南部に「くの字」形で検出され、更に調査地区外東部に分布する傾向を示している。

北東の低見掛比抵抗は、N W - S E 分布傾向が $n = 3$ より顕著に認められる。中央部から南部一帯に分布する低見掛比抵抗には、E - W と N E - S W の 2 つの分布傾向が認められ、更に北東深部および南部に分布するものと考えられる。

(3) 地質との関係

各平面毎に述べたそれぞれの F E 異常、見掛比抵抗に共通すること、および地質条件を加味して考察した結果を以下に列挙する。

(i) 調査地区北部の異常のうち、北西部の異常は、深部まで強 F E 異常として検出され、深部へ向うほどその中心は北方に認められたことより、北傾斜の地質構造を反映していると考えられる。

(ii) 本調査地区の見掛比抵抗は深部まで N E - S W で検出されており、高・中・低いずれも北方深部へ分布する傾向が認められる。したがってこの地区の地質構造は N E -

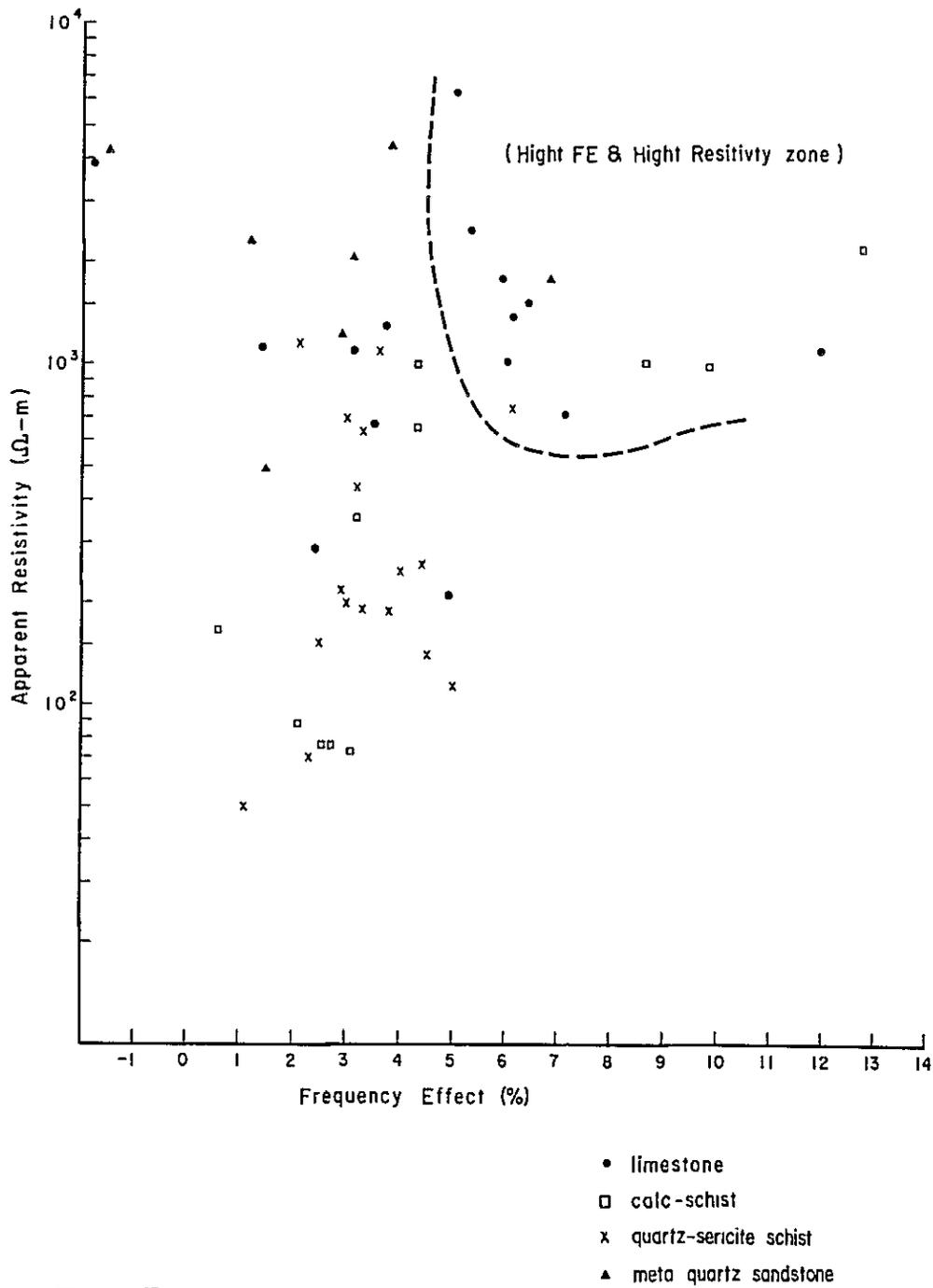


Fig. II-2-16

Correlation between PFE and Resistivity of Rock Samples

Table II-2-3 PFF and Resistivity of Rock Samples in Barrinha Area

Limestone		
Sample name	Resistivity (0m)	PEE (%)
BA- 8.5	1068	6.0
10.5	6230	5.0
15	722	7.1
BB- 9.5	1271	3.7
BC- 10	1544	6.4
BC- 10	1362	6.1
11	1111	3.1
12	2453	5.3
13	670	3.5
BE- 10	3912	-1.8
16	1778	5.9
BF- 7	1140	1.4
18.5 (B)	214	4.9
19	228	2.4
BG- 7	1105	11.9
15 pcs	2089	4.7

Calc-Schist		
Sample name	Resistivity (0m)	PEE (%)
BA- 8.5	1026	8.6
12	76	2.7
BB- 11	1015	4.3
12	77	2.6
BC- 8.5	975	9.8
13	88	2.1
BE- 11	364	3.2
BF- 10	168	0.6
12	73	3.1
13	660	4.3
BG- 9	2341	12.7
11 pcs	624	4.9

Quartz Sericite Schist		
Sample name	Resistivity (0m)	PEE (%)
BB- 2	249	4.0
BC- 9	51	1.1
15	191	3.8
BD- 6	116	5.0
8	201	3.0
15	71	2.3
BE- 2	216	2.9
6.5	141	4.5
15.7	747	6.1
BF- 4	259	4.4
16	1173	2.1
18.5 (S)	442	3.2
BG- 2.5	191	3.3
4.5	700	3.0
9.3	643	3.3
16	154	2.5
16 pcs	344	3.4

Meta quartz Sandstone		
Sample name	Resistivity (0m)	PEE (%)
BA- 7.5	2105	3.1
BB- 3	2331	1.2
7	1839	6.8
BC- 3	512	1.5
BD- 3	4398	3.8
BF- 2	1253	2.9
6.5	4345	-1.5
7 pcs	2398	2.5

SWあるいは、E-W系で、北西方向の深部へ分布するものと推察される。

- (III) 見掛比抵抗示徴が明瞭であることにより、比抵抗差の大きい地質を反映していると考えられる。
- (IV) 本調査地区で最も注目出来る北東部の異常の中心は、等見掛比抵抗線の密な部分に検出されており、地層の境界付近にこの異常を誘起する異常源が存在するものと推察される。
- (V) 調査地区南部一帯には低～中見掛比抵抗が深部ほど優勢に分布しており、深部ほど低比抵抗岩体が広く分布しているものと考えられる。

2-3-3 物性測定結果

物性測定に供した試料は、石灰岩、炭酸塩片岩、雲母片岩、変石英砂岩の4種類であり、全試料Barrinha地区で採取した50ヶである。このうち1ヶは測定に際し崩壊したため、測定値の得られた試料は49ヶである。

測定は比抵抗およびFEについて行った。

その結果をFig. II-2-16に示し、岩石別に分類した結果をTable II-2-3に示した。

しかし本物性測定に供された試料は、地表より採取されたものであり必ずしも測定結果が全てその地区の岩石特性を示しているとはいえないため、その点を考慮し、Barrinha地区に対し指摘出来る事項を以下に述べる。

石灰岩

本測定に供された石灰岩は15ヶである。そのうち純粋な石灰岩と思われるものは11ヶあり、残り4ヶは不純物を含むものであった。

試料の比抵抗は214～6230 Ωm を示し、全平均値は1658 Ωm である。FE値は-1.8～1.9%を示し、全平均値は4.7%であり、-1.8% (BE-10)の特異値を除いた平均値は5.2%である。

Table II-2-3に示した通り石灰岩の比抵抗は、1000 Ωm 未満と1000 Ωm 以上とに分類出来る。これは、1000 Ωm 未満の比抵抗を示している試料(BA-15, BD-13, BF-18.5, 19)は、不純な石灰岩、1000 Ωm 以上のものは純粋な石灰岩をそれぞれ反映しているものと考えられる。

この地区における石灰岩の比抵抗は、1000～2000 Ωm 、FE値は3～6%であると推察される。

炭酸塩片岩 (石灰片岩)

測定に供された試料は11ヶである。その全比抵抗平均値は624 Ωm であり、FE値は4.9%である。

FE値は採取された種類中最も平均値は高い、個々にはBA-8.2, BC-8.5, BG-9が高い値を示している。

また比抵抗はBA-12, BB-12, BC-13, BF-10 および BF-12は100Ωm以下と非常に低い値を示している。

これらの低比抵抗な試料は多孔質であり、風化変質を強く受けているためと考えられる。

またこれらの試料を詳細に分類すると

- | | |
|---------------|--------|
| (1) 強風化変質試料 | 80Ωm |
| (2) 弱～中風化変質 " | 400Ωm |
| (3) 無変質 " | 1340Ωm |

となり、石灰片岩の比抵抗は1000Ωm以上と推察され、石灰岩よりやや低い比抵抗であるとえられる。

雲母片岩

測定に供された試料は、16ヶである。比抵抗は51～1173Ωmを示し、FE値は1.1～6.1%を示している。

平均比抵抗は344Ωmであり、本測定に供された4種類中最も低い。また平均FE値は3.4%である。

これらの試料の中で平均比抵抗値より高いBE-15.7, BF-16, BG-4.5およびBG-9.3は、600Ωm以上の比抵抗を示しており、特に珪質なものであると考えられる。

一方100Ωm以下で低FE値を示しているBC-9, BD-15は、強い風化変質を反映したためと考えられる。

これらの特異な試料を除いた比抵抗の平均値は240Ωmであり、FE値は3.5%である。

したがって、この地区の一般的雲母片岩における比抵抗は100～250Ωmであり、FE値は2.0～4.0%であると推察される。

変石英砂岩

試料は7ヶと少なかったが、比較的バラツキのない結果が得られた。試料の全平均比抵抗は、2398Ωmであり、平均FE値は2.5%である。

BC-3の試料はクラッキーの発達したものであるため低比抵抗を示していると考えられ、黄鉄鉱の見られるBB-7は高いFE値を示している。

それら特異な試料を除いた平均比抵抗は、2712Ωmであり、平均FE値は2.5%である。

したがってこの地区における変石英砂岩の比抵抗は、2000Ωm以上であり、FE値

は2～3%であると推察される。

以上これらのことより、この調査地区においては次の事項が指摘出来る。

- (1) 変石英砂岩は最も高い比抵抗を示し、調査地区北西部の高見掛比抵抗分布域と一致する。
- (2) 雲母片岩には、岩石特性が明瞭にみられ、珪質なものは高比抵抗である。
- (3) 石灰片岩にも変石英砂岩と同様地域性が認められ、調査地区南部の低～中見掛比抵抗分布域より採取されたものは、低比抵抗を示している。
- (4) 石灰岩および1,000Ωm以上の石灰片岩のFEは高い。

2-3-4 モデルシミュレーション結果

本調査結果により、最も有望と考えられる異常が検出されている測線についてモデルシミュレーションを行った。今回モデルシミュレーションの行なわれた測線はBA, BB, BC, BDの4測線である。その結果をFig. II-2-17～Fig. II-2-20に示す。結果は実測形態と近似していると考えられる。

測線BA

No 10以北におけるモデル計算結果は、実測値と近似しており、妥当なモデルであると思われるが、No 10以南では若干形態が異っている。これはNo 10～No 14の深部に1000Ωmの比抵抗を仮定したためと思われ、実際にはもっと低い比抵抗岩体が存在しているものと考えられる。

測線BB

示徴形態は一致していると考えられるが、No 11～No 12の地表付近から深部に南傾斜で算出された異常は、実測形態より示徴範囲が狭くなっている。

これは測線BAと同様No 10～No 20の深部に仮定した比抵抗値が高かったためであると考えられる。

測線BC

No 3.5～No 4に仮定した8%, 250Ωmのモデルは短かかったと思われ、異常はやや北傾斜で深部へ伸びている可能性もあると思われる。

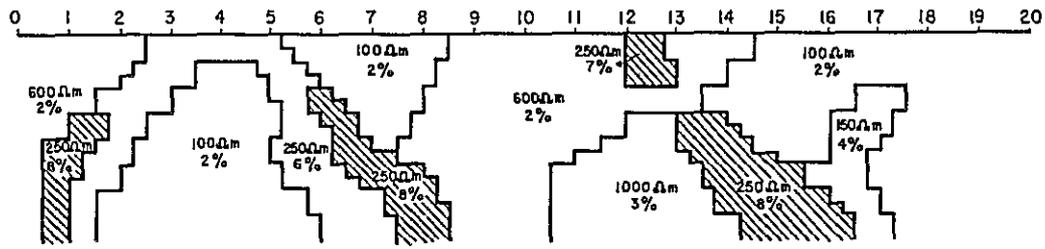
No 7～No 18の深部には7%前後の異常が広範囲に存在していると考えられ、これは測線BBにも認められる。

測線BD

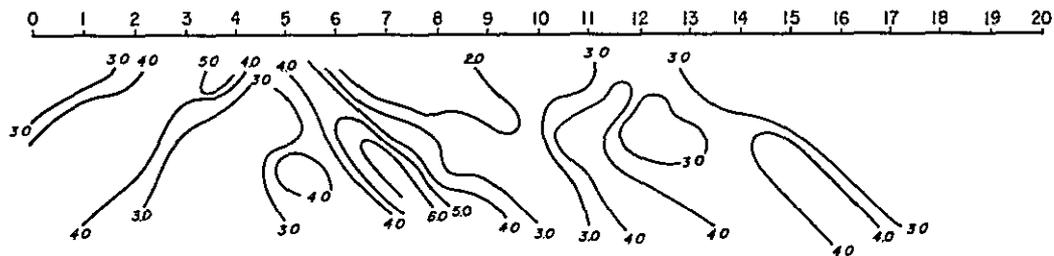
計算結果は実測値と酷似しており、No 3～No 4, No 7～No 8.5及びNo 10深部に仮定したモデルは妥当なものであったと考えられる。

また測線BB, BC₁₂以南の深部に存在すると考えられる異常は、この測線の₁₂
12以南の深部に連続していると考えられる。

Assumed model



Calculated value



Observed value

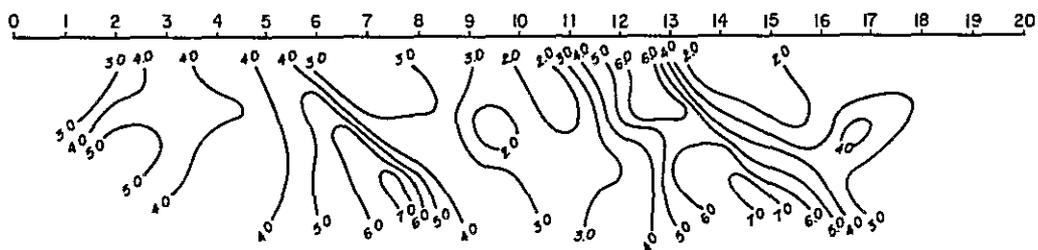
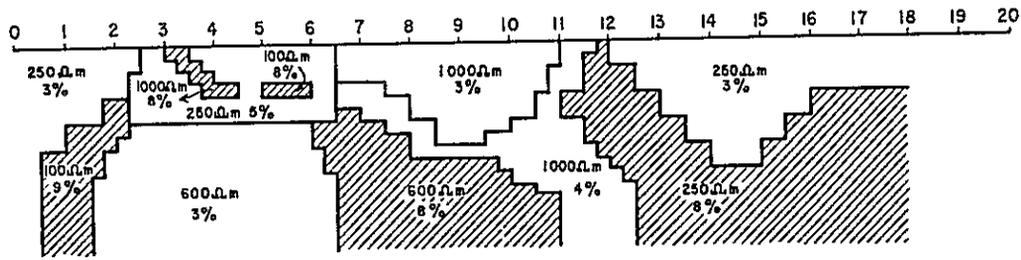
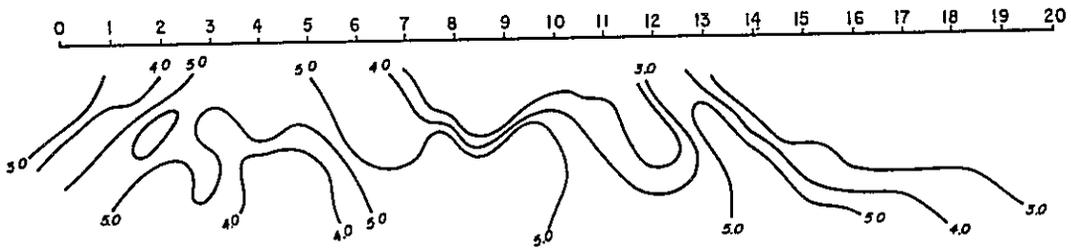


Fig. II - 2 - 17 IP Model Calculation (Line-BA)

Assumed model



Calculated value



Observed value

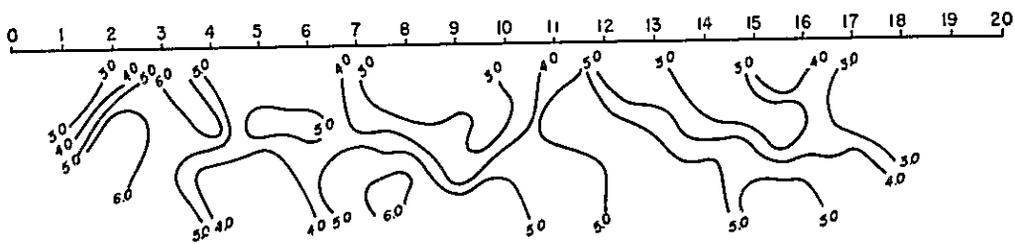
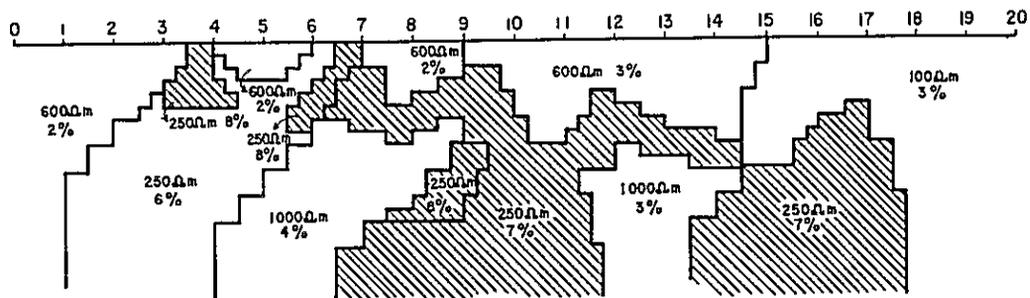
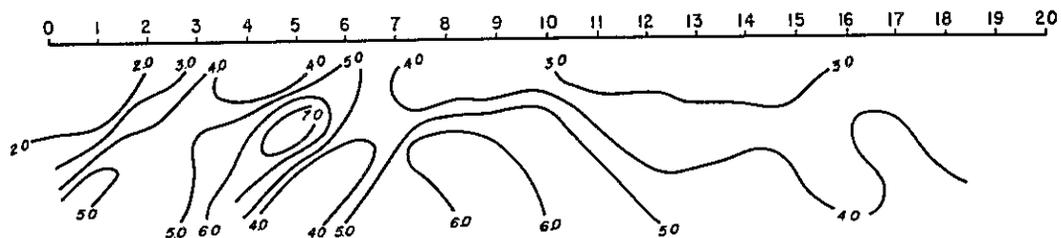


Fig. II-2-18 IP Model Calculation (Line-BB)

Assumed model



Calculated value



Observed value

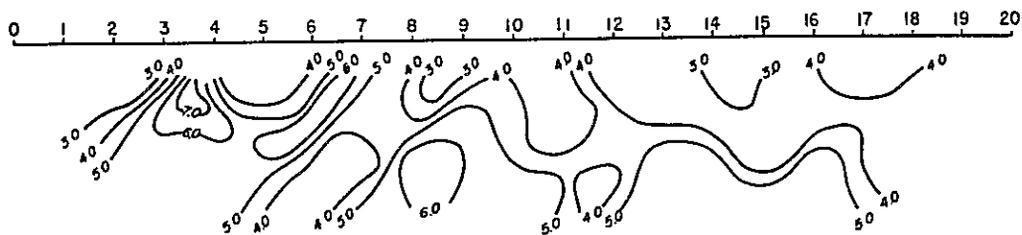
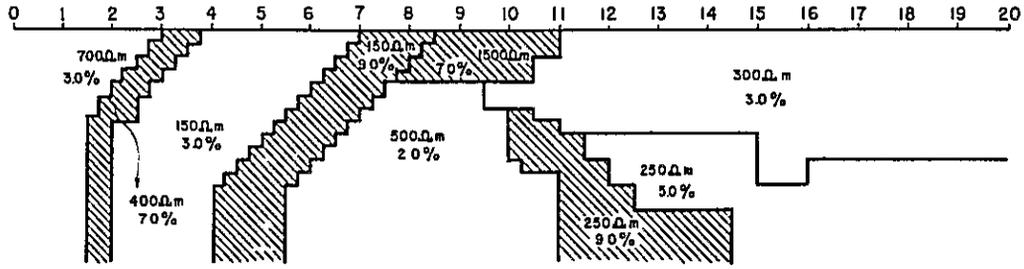
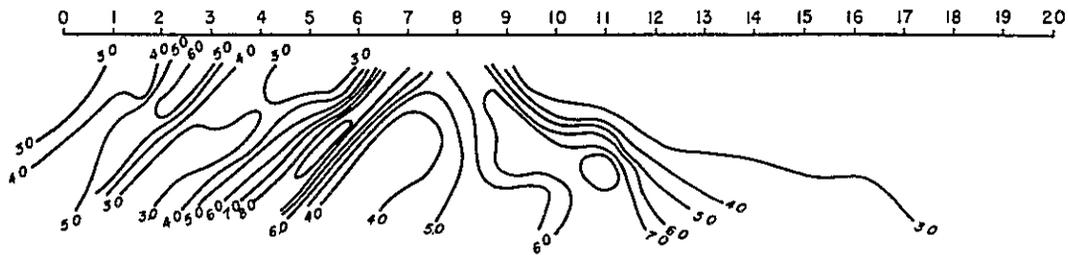


Fig. II - 2 - 19 IP Model Calculation (Line-BC)

Assumed model



Calculated value



Observed value

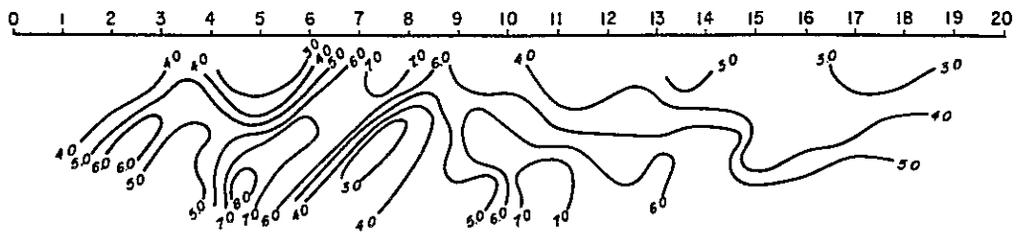


Fig. II - 2 - 20 IP Model Calculation (Line-BD)

2-4 ま と め

本調査によって得られた結果を総括すると、次の通りである。

1) Perau 地区

本調査は、第2年次調査で検出された各異常帯の分布および傾向を解明するため、第2年次調査地区の南側で実施されたものであり、本年度のボーリング調査結果も加味して考察した結果を以下に列挙する。

(A) 本調査によって得られたFE値は、0.3～1.0%の範囲であり、確認された3%以上の異常値は、調査地区西部および東部に認められる。調査地区西部に認められる異常は南西方向に分布し、低見掛比抵抗帯と調和的である。

この異常は、第2年次調査により調査地区西部に低比抵抗・高FE異常として検出されたC異常帯の連続したものと考えられ、AIPS (Açungui I層雲母片岩)中に認められる。またこの異常はさらに調査地区外南西方向に分布する傾向を示しているが、その南限はPerau背斜軸付近と推察される。

一方、調査地区東部に検出された異常は浅部では南東方向へ分布し、深部では南方へ分布している。

この異常は、第2年次調査により調査地区中央部に検出されたB異常帯の連続したものと考えられ、Perau層準を反映していると推察される。しかし、この地区では第2年次調査地区より弱い異常として検出されているため、Perau層準における鉍化作用は測線M付近で急激に弱まっていると考えられる。

(B) 本調査によって得られた見掛比抵抗値は、5～1200Ωmの範囲である。また高・中・低見掛比抵抗はいずれも浅部から深部まで連続して分布しており、等見掛比抵抗線が密なため、非常にコントラストの強い地質構造を反映していると考えられる。見掛比抵抗値は調査地区南部へ向うほど高くなっている。Perau層準の比抵抗は300～500Ωmと考えられる。一方、FE異常の検出された調査地区南部に分布する雲母片岩の比抵抗は100Ωmであろう。

2) Barrinha 地区

(A) 見掛比抵抗示徴が明瞭であり、53～1769Ωmの範囲に見掛比抵抗値が認められることにより、比抵抗差の大きい地質を反映していると考えられる。

高見掛比抵抗は調査地区北部および中央部に検出されている。北部の高見掛比抵抗は変石英砂岩、中央部の高見掛比抵抗は石灰片岩～石灰岩にそれぞれ起因するものであると考えられる。

一方、低～中見掛比抵抗は調査地区北東部および南部に検出されている。北東部に検出された低～中見掛比抵抗は、雲母片岩および石灰岩を反映しており、南部では地表下

200 m 付近まで風化作用を受けた雲母片岩、さらに、深部では石灰岩を反映していると考えられる。

これらの見掛比抵抗はいずれも北傾斜、NE-SW系の分布を示しており、この地区の地質構造と一致している。

(B) 本調査地区で得られたFE値は0.7～8.4%の範囲であり、特筆すべき異常が調査地区北東部測線BB～BDのNo.8以北に検出された。

この異常の検出された調査地北部には、他に北西部測線BF、BGのNo.6以北にも異常が検出されている。北東部の異常は浅部から深部まで強異常として検出されており、その中心は深部へ向うほど北方に認められる。この異常は低比抵抗・高FE異常として検出されており、地質的には上部の変石英砂岩（一部雲母片岩）との境界部付近の石灰片岩～石灰岩中に位置している。

この付近の地質構造は過褶曲し、北傾斜しており、異常の傾斜と調和的であり、測線BC、BDでは2つの北傾斜異常が検出されている。また測線BA付近では、正常な背斜構造を呈しており、異常はその軸の両翼に分布する。

この異常の南西には、上位の変石英砂岩との境界部付近の石灰片岩～石灰岩中に胚胎するSão Joaquim等の鉍徴があり、異常がそれらの鉍徴の延長上にあることから、この異常は鉍化作用に関連があると推察される。

一方、北西部の異常は高比抵抗・高FE異常として浅部に検出されており、北東部の異常と同様北傾斜を示している。地質的には変石英砂岩中に位置している。物性測定結果ではこの変石英砂岩は、高比抵抗を示す。またこの高比抵抗・高FE異常は、地表でよく含褐鉄鉍石英脈の転石が見られることから、この種の石英脈に起因する可能性が考えられる。

(C) 調査地区南部に検出された異常は、地表浅部では局部異常を呈しているが、深部では広く分布している。しかし深部では異常の中心と思われるものは認められない。

この異常の付近には、石灰片岩中に脈状に胚胎するCecrisaなどの地表鉍徴が分布しているので、この異常は鉍化作用に関連があると考えられる。

第3章 スペクトルIP法電気探査

3-1 調査方法

スペクトルIP法は従来のIP法に比べ、0.001～1,000 Hzの広い範囲の周波数を用いて観測するため、情報量は比較にならない程多い。これによって得られたIP現象をスペクトル特性として捉え、従来のIP法では困難であった電磁カップリングを分離除去することにより、低比抵抗帯における深部探査を可能にした。またそのスペクトル特性に基づき、鉱種、鉱床のタイプの判別を可能性の高いものにした。

本調査においては、0.125～72 Hzまでの15周波数を使用して実施された。

3-1-1 測定方法

スペクトルIP法の原理は従来のIP法と基本的には相違はない。

○ 測線設定

スペクトルIP法の実施された測線は、本線の他に電磁カップリングを避けるため電位電極用連絡線を設定しなければならない。この電位電極用連絡線は本線より25 mの距離を置いて設定された。(Fig. II-3-1) また本線の測線間隔は150 mである。

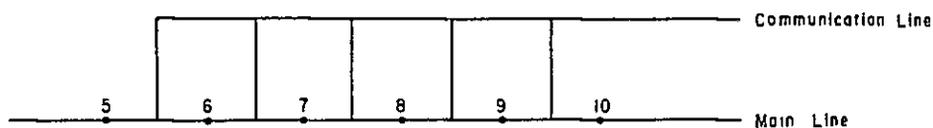


Fig. II-3-1 Survey and Communication Line

○ 電位電極の設定

電位電極には非分極性電極を用いる。通常、素焼の壺に硫酸銅溶液を入れた銅電極を用いる。通常のIP法と異なり、3つの電極を設置する。

これはAB, BCを等距離にすることにより、前置増幅器の差動増幅機能でノイズを除去する役割を果たす。(Fig. II-3-2)

○ 電流電極の設定

電流電極の設定は、機動性や作業能率を考慮し設定しなければならない。その一例をFig. II-3-3に示す。

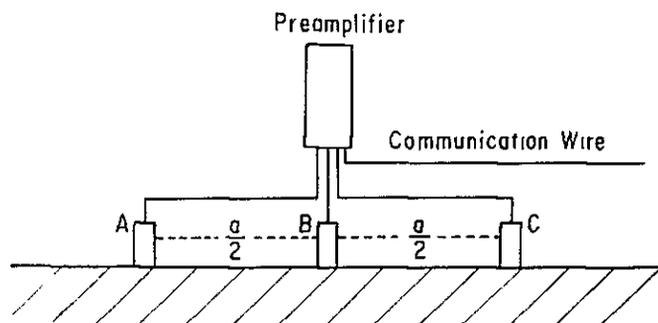


Fig. II-3-2 Arrangement of Potential Electrodes and Preamplifiers

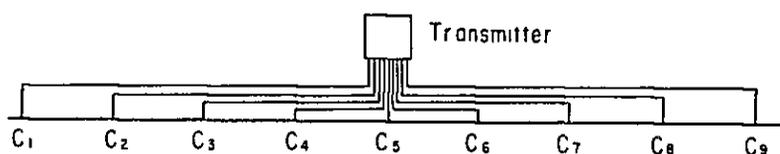


Fig. II-3-3 Arrangement of Current Electrodes and Wires

3-1-2 測定機器および機器設定

本調査で使用した測定機器は、米国 Zonge Engineering & Research Organization 製であり、Fig. II-3-4 に機器の配線、使用した機器名を示す。

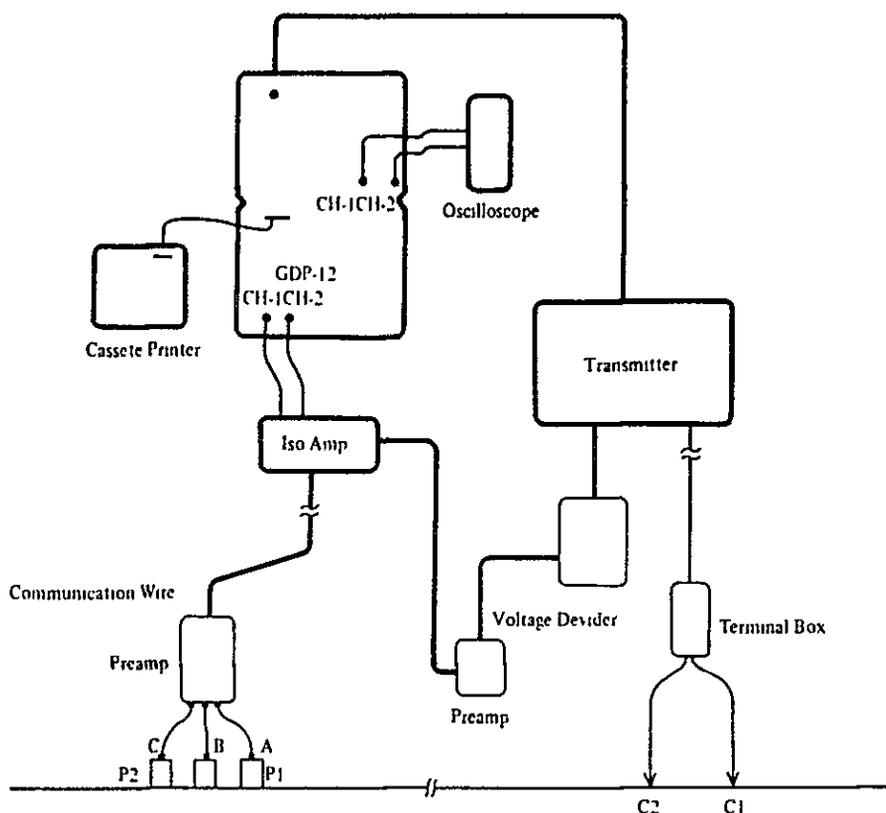


Fig. II-3-4 Block Diagram of Spectral IP Survey Instruments

3-2 データ処理・解析方法

スペクトル IP 法においては、広い周波数範囲にわたって、最低数波数に正規化した強度 (Magnitude) と位相 (Phase) を測定する。測定結果は、周波数に対するスペクトルの形又はコール・コール図で表現する。

○ スペクトル IP の概念

Fig. II-3-5 はスペクトル IP の概念を示している。(a) は鉍石の模擬断面で、イオンの通路が金属鉍物によりブロックされたり、されなかつたりした様子を示しており、これを等価回路で置き換えると (b) のようになる。(c) は周波数領域における強度と位相の応答で、(d) は時間領域の応答である。(c) の $|Z|$ と ϕ がスペクトル IP の測定値である。

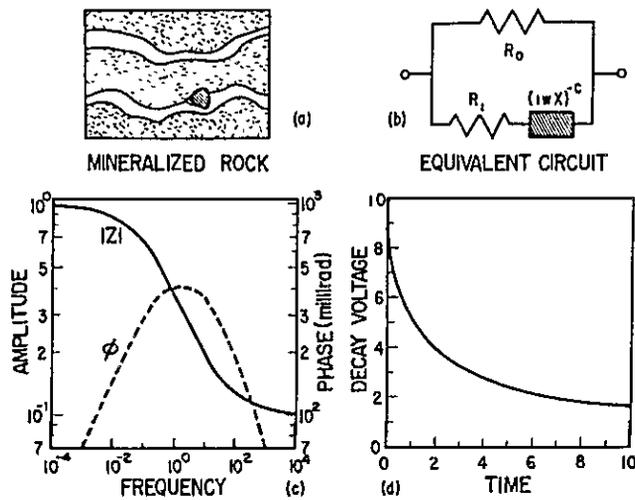


Fig. II-3-5 Spectral IP Effect

同相 (In phase), 離相 (Out of phase) の概念を示したのが Fig. II-3-6 で、送信機から断続矩形波を送ると、受信機では位相差 θ を持つ振幅 V の信号が得られ、送信波形と同相の成分、 90° 位相のずれた離相成分の受信波形は図の下の部分のようになる。

縦軸に負の離相成分を、横軸に正の同相成分をとって、コール・コール図の形で周波数効果と位相角の関係を示したのが Fig. II-3-7 である。0.1 Hz 及び 1 Hz における強度がそれぞれ M_1 , M_2 , 位相角が ϕ_1 , ϕ_2 である。

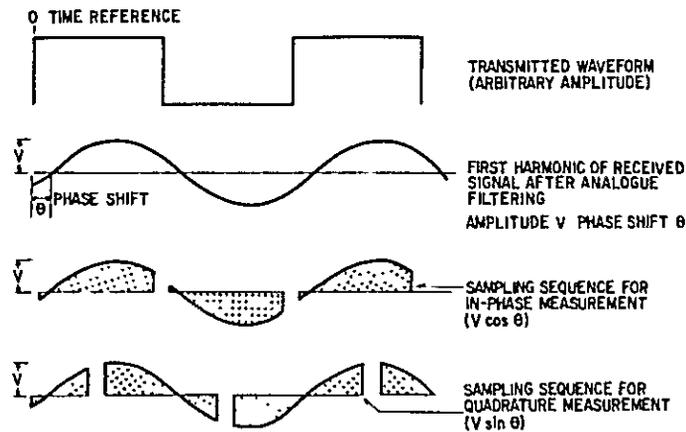


Fig. II-3-6 Transmitting and Receiving Wave-forms

周波数効果はほぼ同相成分に比例し、位相角は離相成分に比例する。黒点は測定結果で、右側ほど低周波、左側ほど高周波である。

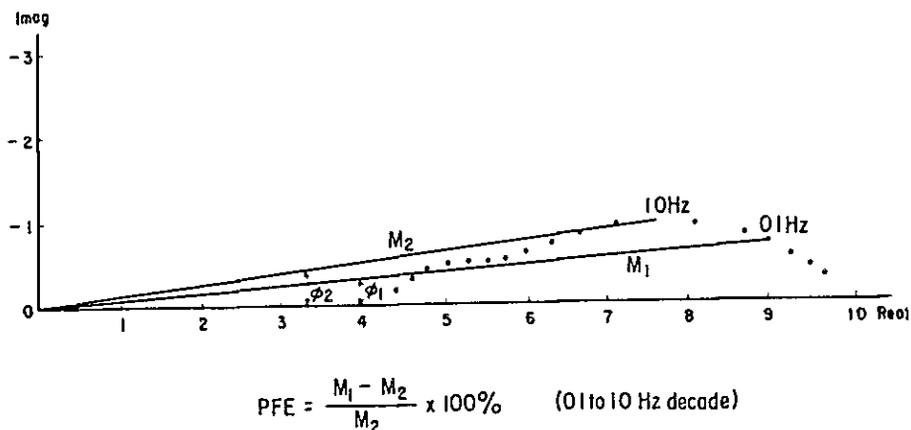


Fig. II-3-7 Relation between Frequency Effect and Phase Shift

○ データ処理

現場の測定で得られるデータは、0.1 2 5 Hz から 7 2 Hz における位相差(φ), 見掛比抵抗(ρa), CH₁ の受信電圧(M₁), CH₂ の受信電圧(M₂)およびM₁/M₂ 値である。これらを用いて各周波数において実数部, 虚数部を求め, コール・コール図を作成する。その計算方式の一例を以下に示す。

1) 実数部と虚数部の求め方

(Hz)	(強度の比)	(規格化)	(位相差)	(実数部)	(虚数部)
0.1 2 5	M ₁ /M ₂ =M ₄	/ = N ₄	φ ₄	N ₄ cos ₄	N ₄ sin φ ₄
0.375	" =M ₅	M ₅ / M ₄ = N ₅	φ ₅	N ₅ cos ₅	N ₅ sin φ ₅
0.625	" =M ₆	M ₆ / M ₄ = N ₆	φ ₆	N ₆ cos ₆	N ₆ sin φ ₆
0.875	" =M ₇	M ₇ / M ₄ = N ₇	φ ₇	N ₇ cos ₇	N ₇ sin φ ₇
1	" =M ₈	M ₈ / M ₄ = N ₈	φ ₈	N ₈ cos ₈	N ₈ sin φ ₈
1.125	" =M ₉	M ₉ / M ₄ = N ₉	φ ₉	N ₉ cos ₉	N ₉ sin φ ₉
3	" =M ₁₀	M ₁₀ / M ₄ = N ₁₀	φ ₁₀	N ₁₀ cos ₁₀	N ₁₀ sin φ ₁₀
5	" =M ₁₁	M ₁₁ / M ₄ = N ₁₁	φ ₁₁	N ₁₁ cos ₁₁	N ₁₁ sin φ ₁₁
7	" =M ₁₂	M ₁₂ / M ₄ = N ₁₂	φ ₁₂	N ₁₂ cos ₁₂	N ₁₂ sin φ ₁₂
8	" =M ₁₃	M ₁₃ / M ₄ = N ₁₃	φ ₁₃	N ₁₃ cos ₁₃	N ₁₃ sin φ ₁₃

9	$M_1/M = M_{14}$	$M_{14}/M_4 = N_{14}$	ϕ_{14}	$N_{14} \cos \phi_{14}$	$N_{14} \sin \phi_{14}$
24	" = M_{15}	$M_{15}/M_4 = N_{15}$	ϕ_{15}	$N_{15} \cos \phi_{15}$	$N_{15} \sin \phi_{15}$
40	" = M_{16}	$M_{16}/M_4 = N_{16}$	ϕ_{16}	$N_{16} \cos \phi_{16}$	$N_{16} \sin \phi_{16}$
56	" = M_{17}	$M_{17}/M_4 = N_{17}$	ϕ_{17}	$N_{17} \cos \phi_{17}$	$N_{17} \sin \phi_{17}$
72	" = M_{18}	$M_{18}/M_4 = N_{18}$	ϕ_{18}	$N_{18} \cos \phi_{18}$	$N_{18} \sin \phi_{18}$

一番低い周波数に規格化するため、各周波数の強度の比 (M_i/M_2) を 0.1 2 5 Hz の値で割る。その値を N とすると、実数部は $N \cos \phi$ であり、虚数部は $N \sin \phi$ となる。これを横軸に実数部、縦軸を虚数部をとった図に記載すると、Fig. II-3-8 のような曲線が得られる。

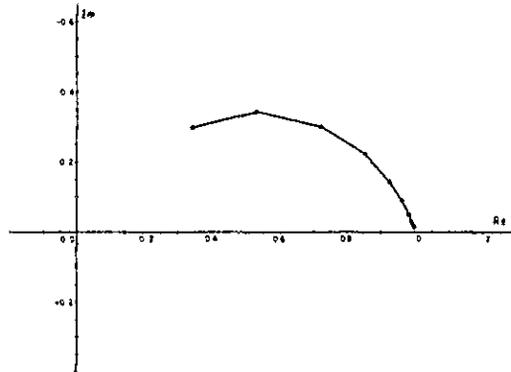
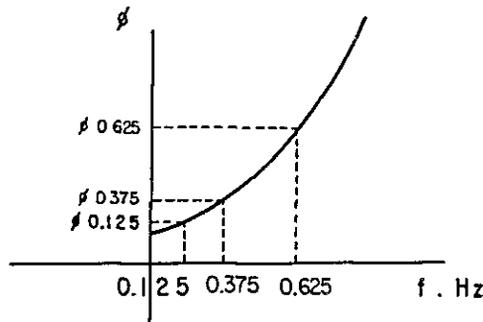


Fig. II-3-8 Example for Cole-Cole Diagram

2) THREE POINT DECOUPLING 位相差

周波数と位相差に二次関数の関係があるとして、近似的に直流における位相差を求める方法である。下図にその関係を示した。



二次関数を $y = ax^2 + bx + c$ と仮定し、周波数 x を 0.6 2 5 , 0.3 7 5 , 0.1 2 5 を入れ、位相差 y を $\phi_{0.625}$ $\phi_{0.375}$ $\phi_{0.125}$ を代入すると

$$\phi_{0.625} = a(0.625)^2 + b(0.625) + c$$

$$\phi_{0.375} = a(0.375)^2 + b(0.375) + c$$

$$\phi_{0.125} = a(0.125)^2 + b(0.125) + c$$

が得られ、これを c について解くことにより、

$$c = \frac{8}{3} \phi_{0.125} - 2 \phi_{0.375} + \frac{1}{3} \phi_{0.625}$$

となる。 c を直流における位相差とすれば近似的に求められる。

3) PFE の求め方

PFE 強度比の規格化した N を用いることにより以下のように得られる。

$$PFE (0.125 \sim 1.0) = (N4 - N8) / N8 \times 100$$

またこれは

$$PFE (0.125 \sim 1.0) = (M4 - M8) / M8 \times 100$$

とも表現される。

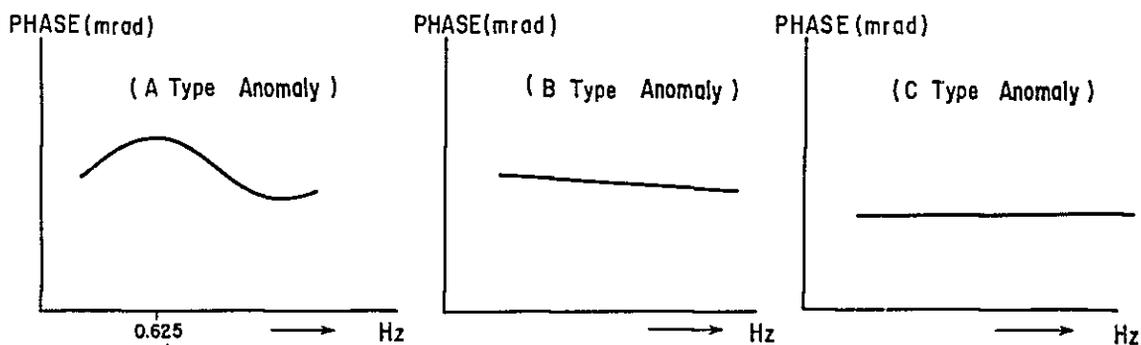
3-3 解析結果

測線 BH, BI, BJ, BK の 4 測線において実施された測定結果について以下に述べる。

Barrinha 地区には多数の鉱床、鉱徴地が点在している。スペクトル IP 法はこれらの中で現在稼行中の Quatro 鉱床を中心とした地区で、その潜頭鉱床胚胎の可能性を検討することを目的として実施された。

その結果位相差スペクトルより、この地区における特徴的な 3 種のスペクトルの型を把握することが出来た。それらの "型" を下図に示す。

- (1) A 型異常；0.625 ~ 0.875 Hz 付近に位相差のピークが認められる。
- (2) B 型異常；1 Hz までの低周波領域において、周波数の増加とともに位相差の減少が認められる。
- (3) C 型異常；周波数が増加しても位相差がほぼ一定ないしはやや大きくなる。



これら3種のスペクトル・タイプは測線BHにすべて検出されているため、この測線を中心として、各スペクトルタイプ毎に説明する。

1) A型異常

A型異常は0.625～0.875 Hz付近に位相差のピークが認められるものであり、測線BH $\#$ 6.5付近の $n=1$ から深部まで検出され、深部程強いIP効果を示す異常である。

しかし、このA型異常は他の3測線では検出されていない。この異常とほぼ同位置には250 Ωm 以下の見掛比抵抗が調和的に認められる。

この見掛比抵抗値は異常が強くなるにつれ、減少する傾向を示している。

2) B型異常

B型異常は、1 Hzまでの低周波領域において、周波数の増加とともに位相差の減少する“型”を示す異常である。

この異常は測線BH $\#$ 8 (A型異常の南側)下に、「ハの字」形の強いIP示徴として検出されている。この異常は一般にパイプ・ライン効果と呼ばれているものに酷似しており、その典型的なパターンが、コール・コール図上で(Fig.Ⅲ-3-30) $\#$ 8.5の $n=1$ から深部にかけて南傾斜にて検出されている。

この現象は、地表下の比較的浅部にパイプ・ラインのような非常に電導性の良い人工物が埋設されている場合や、良電導性岩体が存在する場合などによくあらわれる電磁現象の一種である。

しかし、今回の場合この現象を惹起する可能性のある人工物としては、Quattro 鉞床を採掘するために敷設中のレールが考えられるが、このレールは小規模であるため、この異常は鉞化帯によるものと考えられる。

さらに、この異常は0.5 Hz付近から低周波になるにつれ、急激に位相差が大きくなっているため、強いIP効果を有しているものと推察される。

したがって、この異常は測線BH付近の下部に存在する、強いIP効果を示す良電導性岩体に起因するものと考えられ、鉞床あるいは鉞化帯の存在が期待される。

またこのB型異常と同型と考えられる位相差スペクトルが、測線BI, BJ, BKにも認められる。

- 測線BIでは、 $\#$ 8の下部 $n=2$ を頂点として「ハの字」示徴を示すものと、 $\#$ 11.5の $n=1$ から深部へ南傾斜で認められるものが検出されている。
- 測線BJでは、 $\#$ 7～ $\#$ 10の下部 $n=3\sim5$ で認められるが、測線BIの $\#$ 8付近の異常と比較するとIP効果の強さは減少している。
- 測線BKでは、各測線の $\#$ 8付近に認められた異常は検出されておらず、この測線では消滅していると考えられる。一方、測線の南端では0.125 Hzでの位相差が20 mrad

以上のやや強い I P 効果が見られる。したがってこの測線南端に検出された異常は、測線 B I から連続したものと推察される。

3) C型異常

C型異常は、1 Hz までの低周波領域では、位相差のスペクトル・タイプは周波数の増加とともに、一定ないしはやや大きくなる傾向がみられる。

この C型異常は現在稼行中の Quattro 鉱床および Oito 鉱床付近で検出されているため、これらの鉱床に起因すると考えられる。

(1) Oito 鉱床に起因すると考えられる C型異常は、各測線では以下のように分布している。

- 測線 B H では、 $\mu 4 \sim \mu 5$ の $n = 1 \sim 2$ に認められ、0.125 Hz の位相差は 17 mrad 程度の弱い I P 効果を示している。
- 測線 B I では、 $\mu 4 \sim 5$ の $n = 1$ を頂点とする弱い「ハの字」型示徴を示している。
- 測線 B J の $\mu 4 \sim 5$ の地表付近にはこのタイプの異常は検出されていない。しかしながら、深部 ($n = 4, 5$) では 0.125 Hz での位相差が 20 mrad 以上のものが検出されている。これは測線 B H より連続している別の異常源に起因するものと考えられ、測線 B K の $\mu 4 \sim 5$ の深部へ連続するものと考えられる。

したがって、Oito 鉱床に起因すると考えられる C型異常は、測線 B J 付近で消滅しているものと推察される。

(2) Quattro 鉱床に起因すると考えられる C型異常各測線の分布状況は以下の通りである。

- 測線 B H では、 $\mu 11$ の $n = 2$ 付近に 0.125 Hz での位相差が 30 mrad 前後で「ハの字」型示徴で検出されている。
- 測線 B I では $\mu 8.5$ の $n = 1$ から南傾斜でやや強い I P 効果を示して検出されている。
- 測線 B J では $\mu 4 \sim 5$ の $n = 4 \sim 5$ で、0.125 Hz での位相差が 20 mrad 以上のやや強い I P 効果を示している。この異常は測線 B H, B I で認められた異常が深部異常と変化したものと考えられる。
- 測線 B K では $\mu 6 \sim 9$ 、とくに $\mu 6.5$ 付近の $n = 1$ にこのタイプの強い I P 効果が認められる。これは測線 B H, B I 付近では浅部から深部にかけて検出された異常が、測線 B J では深部異常となり、再びこの測線上で浅部異常として検出されたものであると考えられ、同一異常源 (Quattro 鉱床) に起因するものであると推察される。

以上 I P 異常を各スペクトル・タイプ別に述べたが、これらの異常と見掛比抵抗について地質条件を加味して以下に述べる。



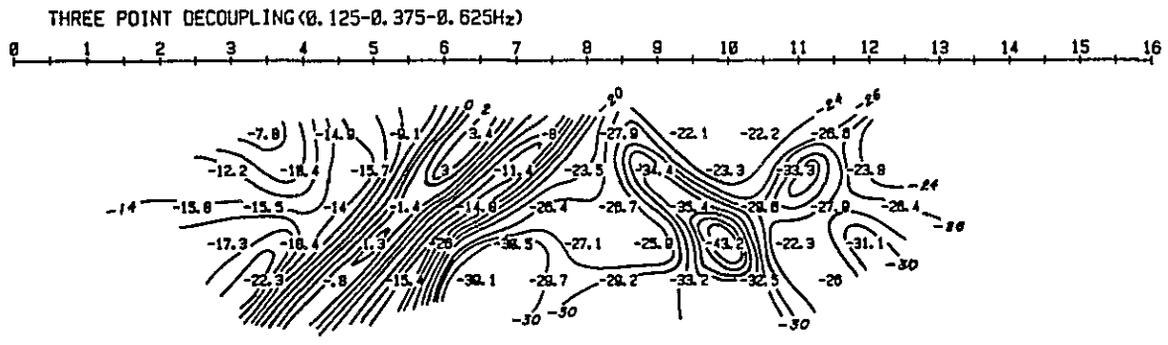
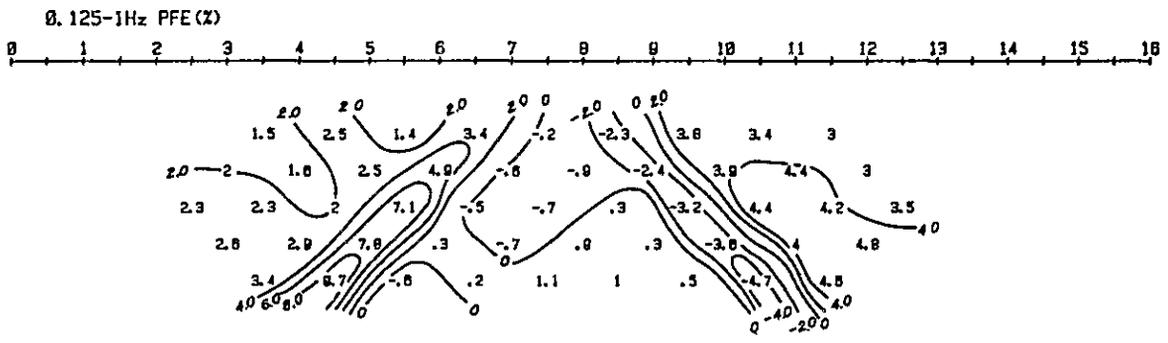
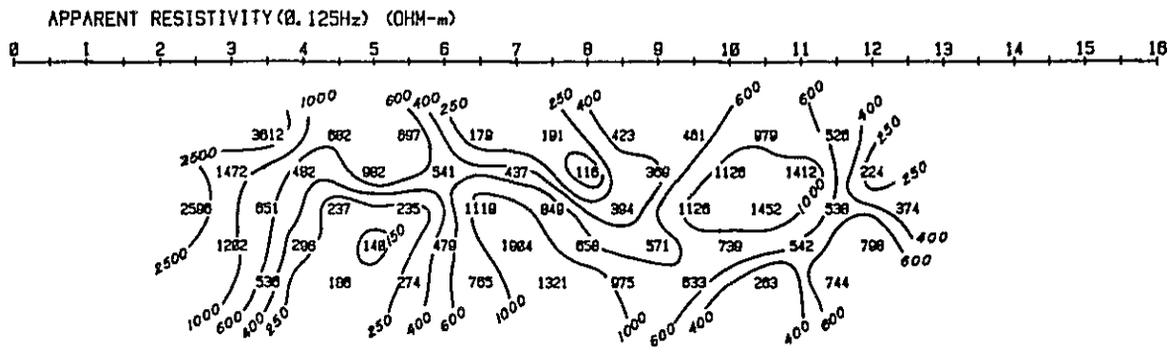
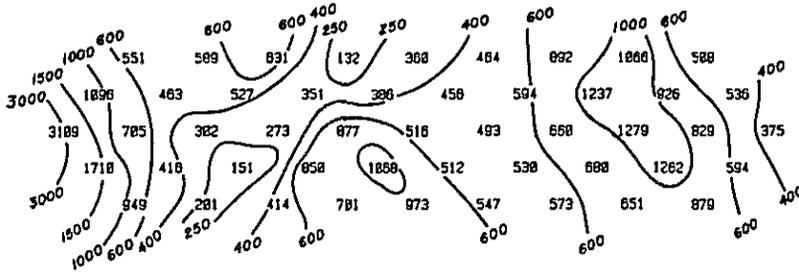
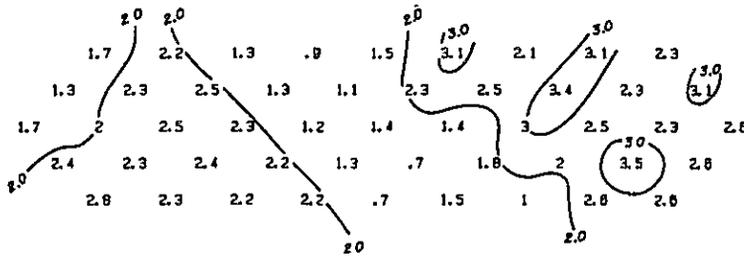


Fig. II-3-9 Spectral IP Pseudo-Section (Line-BH)

APPARENT RESISTIVITY (0.125Hz) (OHM-m)



0.125-1Hz PFE (%)



THREE POINT DECOUPLING (0.125-0.375-0.625Hz)

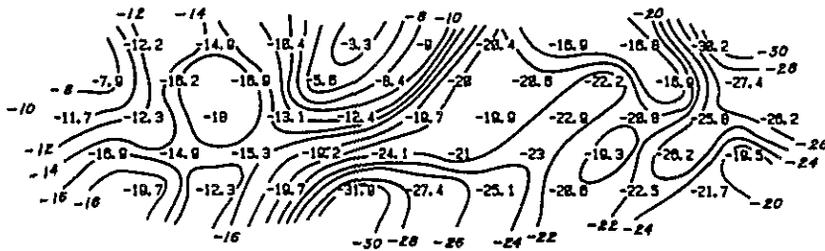


Fig. II-3-10 Spectral IP Pseudo-Section (Line-BI)

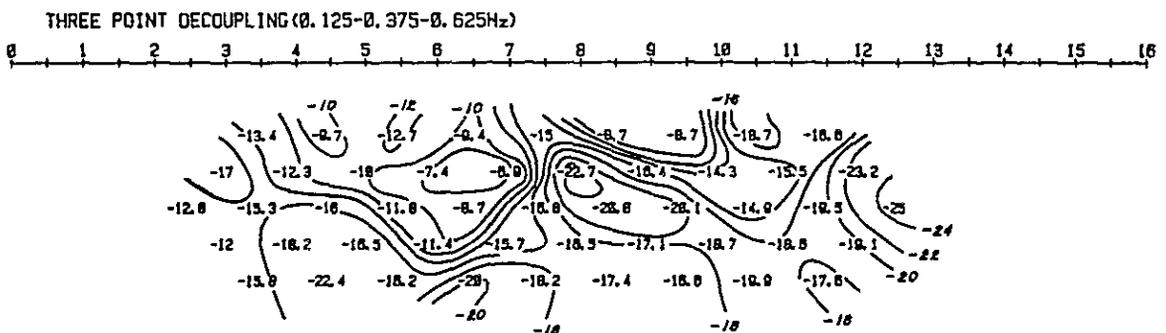
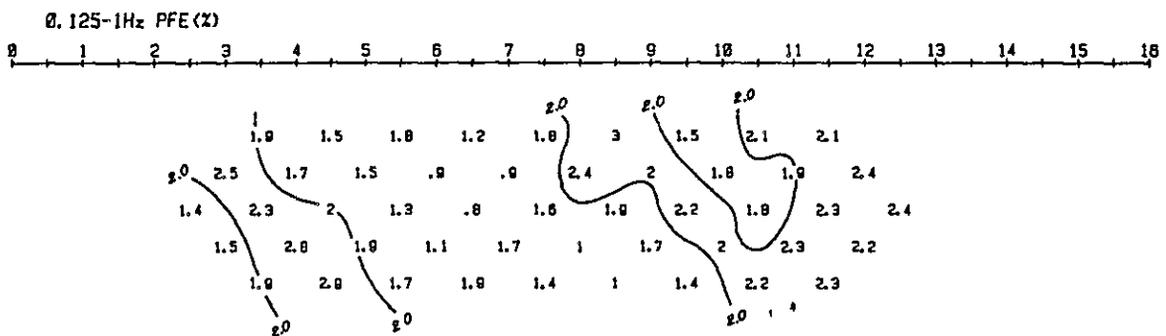
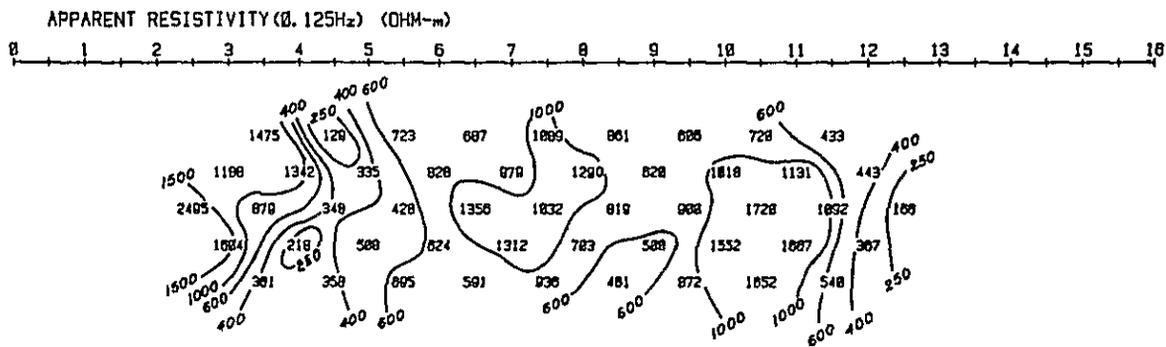


Fig. II-3-11 Spectral IP Pseudo-Section
(Line-BJ)

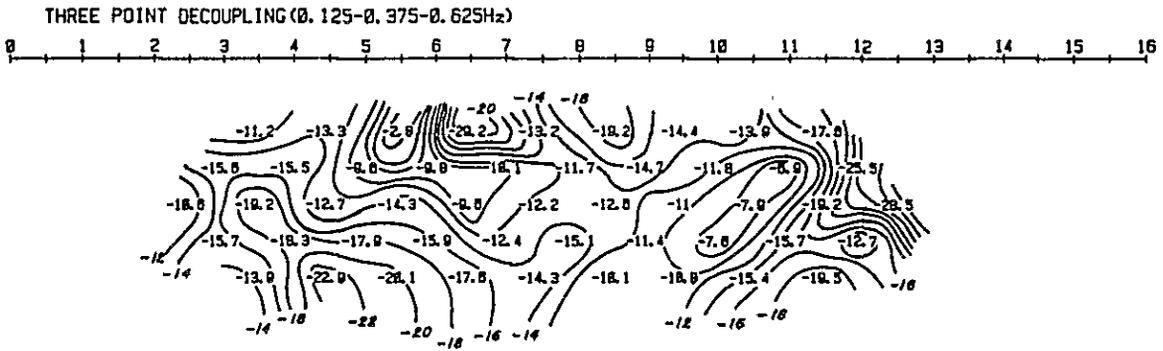
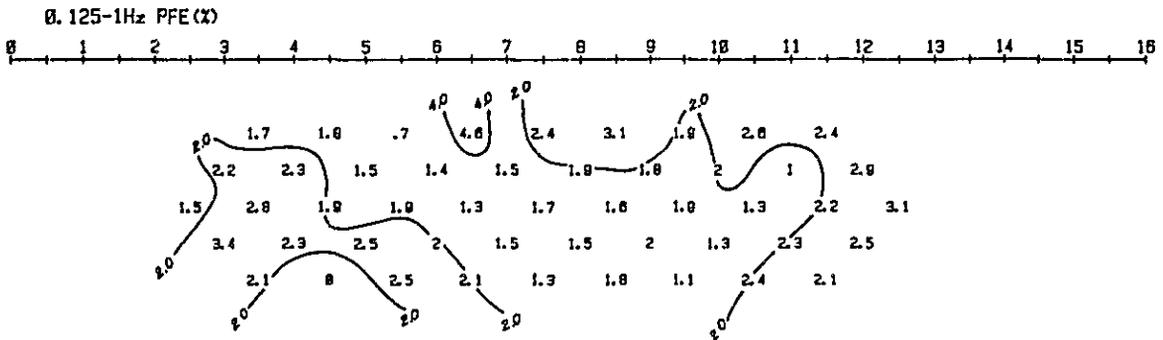
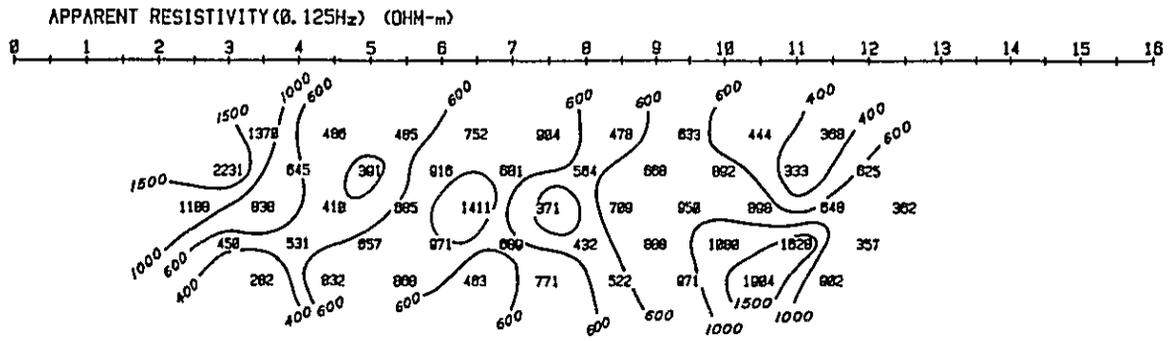


Fig. II-3-12 Spectral IP Pseudo-Section (Line-BK)

この地区における見掛比抵抗は、各測線ともほぼ類似の分布形態を示して分布している。測線BHの ρ_{4} 以北、 $\rho_{6} \sim \rho_{8}$ の深部および $\rho_{9.5} \sim \rho_{11}$ の $n = 2, 3$ 付近には高見掛比抵抗が検出されている。測線BH ρ_{4} 以北に検出された高見掛比抵抗 ($601 \Omega m$ 以上) は、変石英砂岩を反映したものと考えられる。この変石英砂岩を反映していると考えられる高見掛比抵抗は、測線BI, BJおよびBKのそれぞれ ρ_{3} 以北に検出されている。

測線BH $\rho_{9.5} \sim \rho_{11}$ の $n = 2, 3$ 付近にやや北傾斜で検出された高見掛比抵抗は、雲母片岩の下位に位置する石灰片岩～石灰岩を反映しているものと考えられる。また、他の3測線においては $\rho_{10} \sim \rho_{11}$ の浅部から深部に検出されている。

また、測線BH $\rho_{6} \sim \rho_{8}$ の深部に検出された高見掛比抵抗は、前述の測線BH $\rho_{9.5} \sim \rho_{11}$ と同一岩体を反映していると考えられ、各測線 $\rho_{6} \sim 8$ の深部に認められる。その分布傾向は西方の測線ほど北傾斜を示している。

これらの高見掛比抵抗は地質構造と調和して分布している。

一方、IP異常の検出された位置には $600 \Omega m$ 以下の見掛比抵抗が同形状で認められる。地質的にはこの $600 \Omega m$ 以下の見掛比抵抗が検出された位置には、石灰片岩～石灰岩が分布しており、高見掛比抵抗として検出されなければならないが、これは石灰片岩～石灰岩中における鉍化作用に起因するものと考えられ、比抵抗変化は鉍化作用の強弱を反映していると考えられる。

3-4 まとめ

測線は、地質構造にほぼ直交して計画されたため、各測線に類似の比抵抗分布が見られ、NE-SW系の地質構造を反映している。またいくつかの顕著なスペクトルIP異常が検出され、そのタイプ差より鉍種について検討することが可能となった。

またIP法電気探査の結果を加味し、考察した結果を以下に列挙する。

1) A型異常

このA型異常は極めて強いIP効果を示し、深部ほどその強度を増しており、見掛比抵抗も減少している。

しかし、この異常はBH測線以外の測線には認められず局部異常的要素が強い。したがって何に起因するものかは今回の調査だけでは判断出来ない。

一般にはこのタイプの位相差スペクトルは黄鉄鉍に特有のものであると言われており、本調査地区の鉍床が黄鉄鉍を多量に随伴すると考えられていることから、脈状あるいは塊状鉍床に胚胎する可能性が強いと考えられる。したがって今後さらに詳細な調査が必要と考えられる。

2) B型異常

このB型異常は測線BHからのび測線BJ付近で消滅していると考えられる。異常のスペクトルから鉱種の判定をすることは困難であるが、測線BHで強いIP効果を示していることより、硫化物鉱床に起因する可能性がある。

3) C型異常

このC型異常はQuatro鉱床上、Oito鉱化帯に検出されており、これらに起因する異常と考えられる。

Quatro鉱床に起因すると考えられる異常は南東深部へ分布し、IP法の異常と連続すると推察される。

さらにこの異常は測線BI, BJ, BKの $\mu 11 \sim 12$ の深部にも連続している可能性がある。Oito鉱化帯に起因すると考えられる異常は西南西方向に分布する傾向が認められる。しかしこの異常とQuatro鉱床に起因すると考えられる異常とは関連性はないと思われる。

この異常は北東方向へ分布するものと考えられ、IP法で検出された北部異常と連続すると推察される。

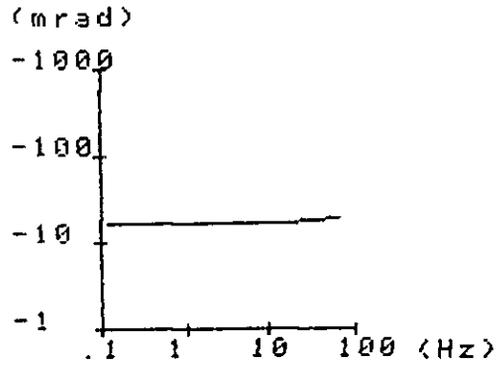
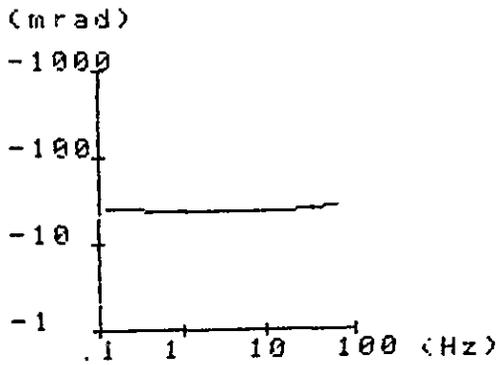
この2つの異常を比較した場合、異常源の広がり、IP効果の強さ等から、Quatro鉱床に起因すると考えられる異常が有望であると推察される。

この両者の異常についてはさらに精度の高い調査が必要であると考えられる。

4) スペクトルIP法とIP法における見掛比抵抗は同一形態を示して検出され、NE-SW系の地質構造と調和的に認められ、各岩体における比抵抗差を顕著に反映していると考えられる。

AREA: BARRINHA
 No: BA-8 5
 AR: 1068 (Ohm-m)

AREA: BARRINHA
 No: BA-15
 AR: 722 (Ohm-m)

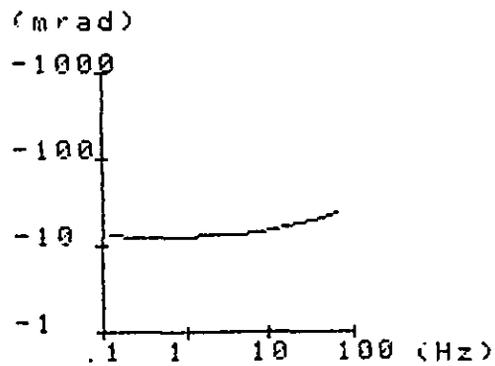
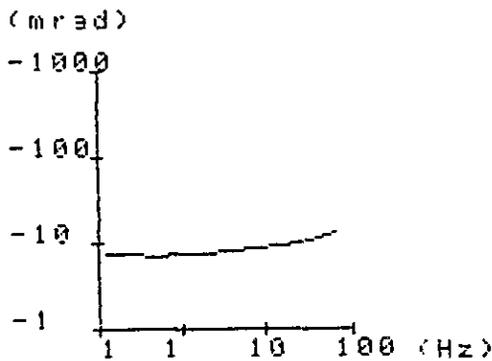


FREQ	125	PHASE	-25 010
FREQ	250	PHASE	-24 150
FREQ	500	PHASE	-23 580
FREQ	1 000	PHASE	-23 510
FREQ	2 000	PHASE	-23 240
FREQ	4 000	PHASE	-23 220
FREQ	8 000	PHASE	-23 130
FREQ	16 000	PHASE	-23 450
FREQ	32 000	PHASE	-24 520
FREQ	64 000	PHASE	-26 670

FREQ	125	PHASE	-16 169
FREQ	250	PHASE	-15 841
FREQ	500	PHASE	-16 036
FREQ	1 000	PHASE	-16 333
FREQ	2 000	PHASE	-16 379
FREQ	4 000	PHASE	-16 537
FREQ	8 000	PHASE	-16 529
FREQ	16 000	PHASE	-16 606
FREQ	32 000	PHASE	-16 930
FREQ	64 000	PHASE	-18 611

AREA: BARRINHA
 No: BC-10
 AR: 1544 (Ohm-m)

AREA: BARRINHA
 No: BD-12:3
 AR: 2453 (Ohm-m)

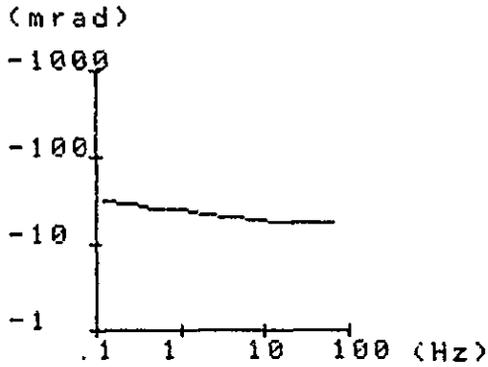


FREQ	125	PHASE	-7 274
FREQ	250	PHASE	-7 289
FREQ	500	PHASE	-6 887
FREQ	1 000	PHASE	-7 255
FREQ	2 000	PHASE	-7 350
FREQ	4 000	PHASE	-7 726
FREQ	8 000	PHASE	-8 349
FREQ	16 000	PHASE	-9 157
FREQ	32 000	PHASE	-10 482
FREQ	64 000	PHASE	-13 385

FREQ	125	PHASE	-12 686
FREQ	250	PHASE	-12 472
FREQ	500	PHASE	-11 952
FREQ	1 000	PHASE	-12 325
FREQ	2 000	PHASE	-12 545
FREQ	4 000	PHASE	-13 239
FREQ	8 000	PHASE	-14 153
FREQ	16 000	PHASE	-16 017
FREQ	32 000	PHASE	-18 916
FREQ	64 000	PHASE	-23 980

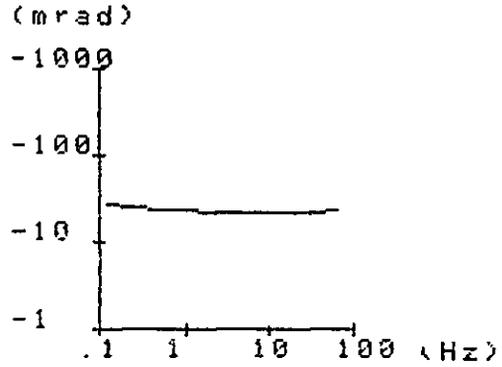
Fig. II-3-13 Phase Spectral of Rock Samples
 (limestone)

AREA: BARRINHA
 No: BA-12
 AR: 76 (Ohm-m)



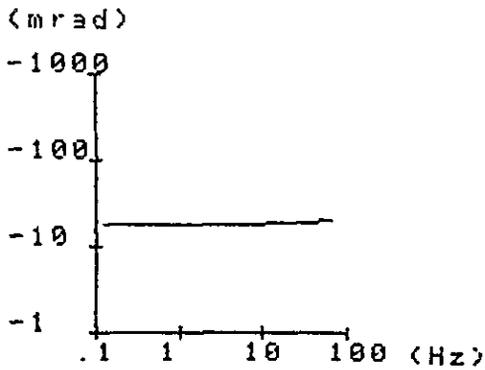
FREQ	125	PHASE	-1590
FREQ	250	PHASE	-28160
FREQ	500	PHASE	-25000
FREQ	1000	PHASE	-24100
FREQ	2000	PHASE	-22020
FREQ	4000	PHASE	-20700
FREQ	8000	PHASE	-18980
FREQ	16000	PHASE	-17657
FREQ	32000	PHASE	-16854
FREQ	64000	PHASE	-17040

AREA: BARRINHA
 No: BC-85
 AR: 975 (Ohm-m)



FREQ	125	PHASE	-26490
FREQ	250	PHASE	-25350
FREQ	500	PHASE	-23960
FREQ	1000	PHASE	-23100
FREQ	2000	PHASE	-22160
FREQ	4000	PHASE	-21340
FREQ	8000	PHASE	-20830
FREQ	16000	PHASE	-20880
FREQ	32000	PHASE	-21530
FREQ	64000	PHASE	-23970

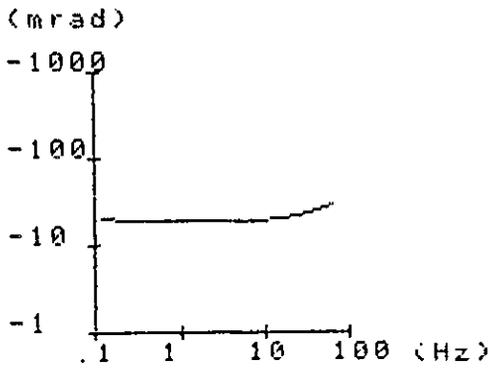
AREA: BARRINHA
 No: BE-11
 AR: 364 (Ohm-m)



FREQ	125	PHASE	-17109
FREQ	250	PHASE	-16877
FREQ	500	PHASE	-17157
FREQ	1000	PHASE	-17043
FREQ	2000	PHASE	-17266
FREQ	4000	PHASE	-17320
FREQ	8000	PHASE	-17523
FREQ	16000	PHASE	-18004
FREQ	32000	PHASE	-18834
FREQ	64000	PHASE	-20780

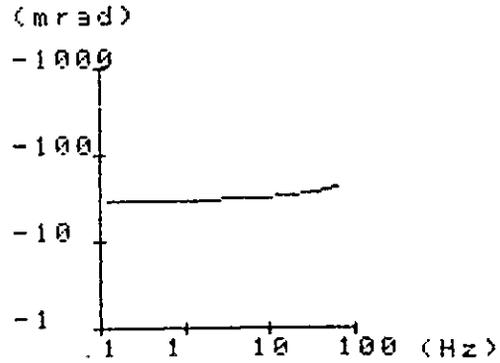
Fig. II-3-14 Phase Spectral of Rock Samples
 (calc-schist)

AREA: BARRINHA
 No: BB-2
 AR: 249 (Ohm-m)



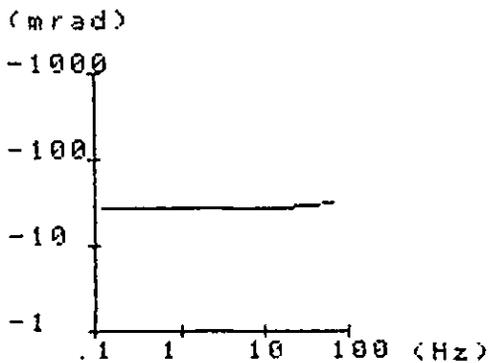
FREQ	PHASE
125	-19 749
250	-19 133
500	-18 856
1 000	-18 530
2 000	-18 236
4 000	-18 140
8 000	-18 232
16 000	-19 725
32 000	-23 530
64 000	-27 850

AREA: BARRINHA
 No: BE-15.7
 AR: 747 (Ohm-m)



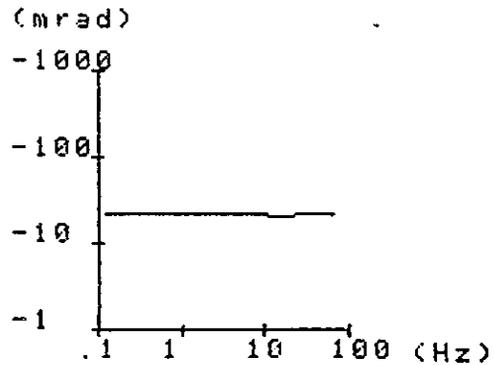
FREQ	PHASE
125	-29 440
250	-29 320
500	-28 640
1 000	-29 260
2 000	-29 420
4 000	-30 100
8 000	-31 000
16 000	-32 710
32 000	-35 420
64 000	-39 840

AREA: BARRINHA
 No: BF-4
 AR: 259 (Ohm-m)



FREQ	PHASE
125	-25 990
250	-26 370
500	-26 580
1 000	-26 550
2 000	-26 510
4 000	-26 540
8 000	-26 640
16 000	-26 890
32 000	-28 120
64 000	-30 170

AREA: BARRINHA
 No: BF-18.5
 AR: 442 (Ohm-m)

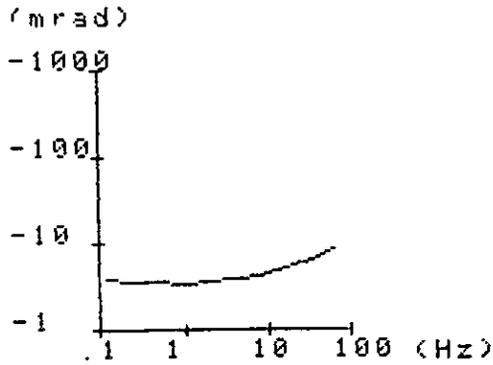


FREQ	PHASE
125	-21 270
250	-21 270
500	-21 630
1 000	-22 100
2 000	-21 490
4 000	-21 530
8 000	-21 080
16 000	-20 760
32 000	-20 890
64 000	-22 000

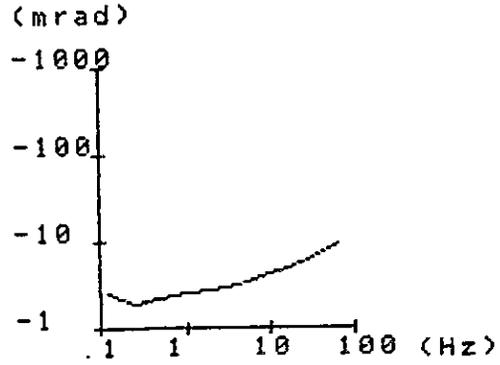
Fig. II-3-15 Phase Spectral of Rock Samples
 (quartz-sericite-schist)

AREA: BARRINHA
 No: BA-7 5
 AR: 2105 (Ohm-m)

AREA: BARRINHA
 No: BB-7
 AR: 1839 (Ohm-m)

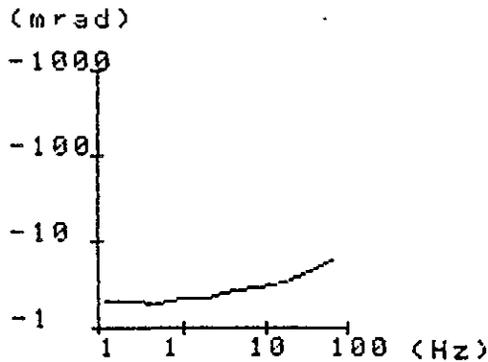


FREQ	125	PHASE	-3 680
FREQ	250	PHASE	-3 429
FREQ	500	PHASE	-3 484
FREQ	1 000	PHASE	-3 303
FREQ	2 000	PHASE	-3 520
FREQ	4 000	PHASE	-3 849
FREQ	8 000	PHASE	-4 124
FREQ	16 000	PHASE	-4 943
FREQ	32 000	PHASE	-6 217
FREQ	64 000	PHASE	-8 477



FREQ	125	PHASE	-2 383
FREQ	250	PHASE	-1 911
FREQ	500	PHASE	-2 061
FREQ	1 000	PHASE	-2 480
FREQ	2 000	PHASE	-2 707
FREQ	4 000	PHASE	-3 073
FREQ	8 000	PHASE	-3 737
FREQ	16 000	PHASE	-4 753
FREQ	32 000	PHASE	-6 531
FREQ	64 000	PHASE	-9 130

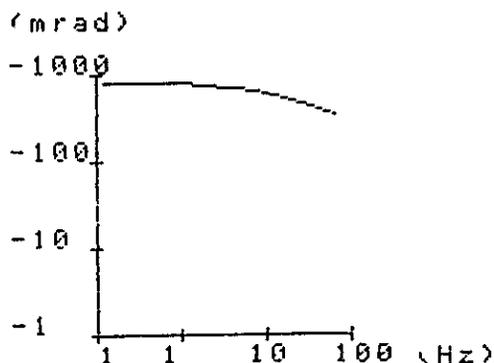
AREA: BARRINHA
 No: BF-2
 AR: 1253 (Ohm-m)



FREQ	125	PHASE	-2 004
FREQ	250	PHASE	-2 004
FREQ	500	PHASE	-1 873
FREQ	1 000	PHASE	-2 060
FREQ	2 000	PHASE	-2 162
FREQ	4 000	PHASE	-2 576
FREQ	8 000	PHASE	-2 784
FREQ	16 000	PHASE	-3 239
FREQ	32 000	PHASE	-4 310
FREQ	64 000	PHASE	-5 853

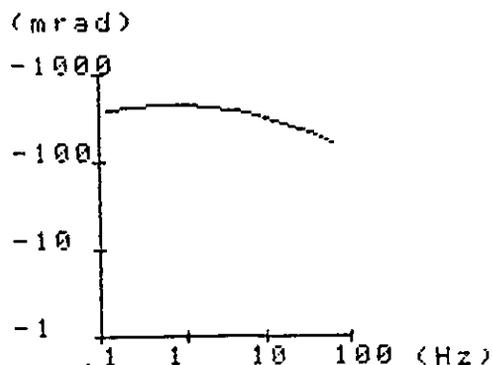
Fig. II-3-16 Phase Spectral of Rock Samples
 (meta quartz sandstone)

AREA: BARRINHA
 No: B0-1
 AR: 4 (Ohm-m)



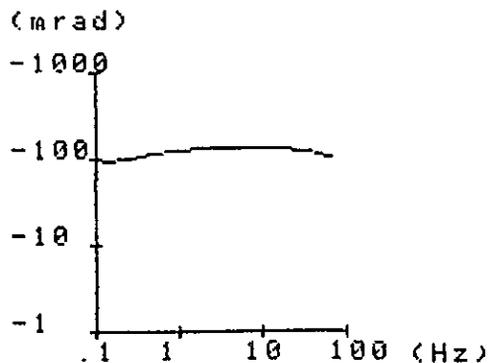
FREQ	125	PHASE	-773 500
FREQ	250	PHASE	-781 900
FREQ	500	PHASE	-825 300
FREQ	1 000	PHASE	-788 800
FREQ	2 000	PHASE	-752 100
FREQ	4 000	PHASE	-709 400
FREQ	8 000	PHASE	-662 800
FREQ	16 000	PHASE	-531 600
FREQ	32 000	PHASE	-430 900
FREQ	64 000	PHASE	-325 900

AREA: BARRINHA
 No: G2+811
 AR: 106 (Ohm-m)



FREQ	125	PHASE	-792 500
FREQ	250	PHASE	-428 100
FREQ	500	PHASE	-448 600
FREQ	1 000	PHASE	-450 000
FREQ	2 000	PHASE	-431 800
FREQ	4 000	PHASE	-392 200
FREQ	8 000	PHASE	-339 400
FREQ	16 000	PHASE	-278 700
FREQ	32 000	PHASE	-219 160
FREQ	64 000	PHASE	-168 190

AREA: BARRINHA
 No: G2-8S
 AR: 404 (Ohm-m)



FREQ	125	PHASE	-88 210
FREQ	250	PHASE	-99 720
FREQ	500	PHASE	-111 390
FREQ	1 000	PHASE	-121 790
FREQ	2 000	PHASE	-129 190
FREQ	4 000	PHASE	-133 600
FREQ	8 000	PHASE	-133 930
FREQ	16 000	PHASE	-128 380
FREQ	32 000	PHASE	-118 930
FREQ	64 000	PHASE	-108 140

Fig. II-3-17 Phase Spectral of Rock Samples
 (ore)

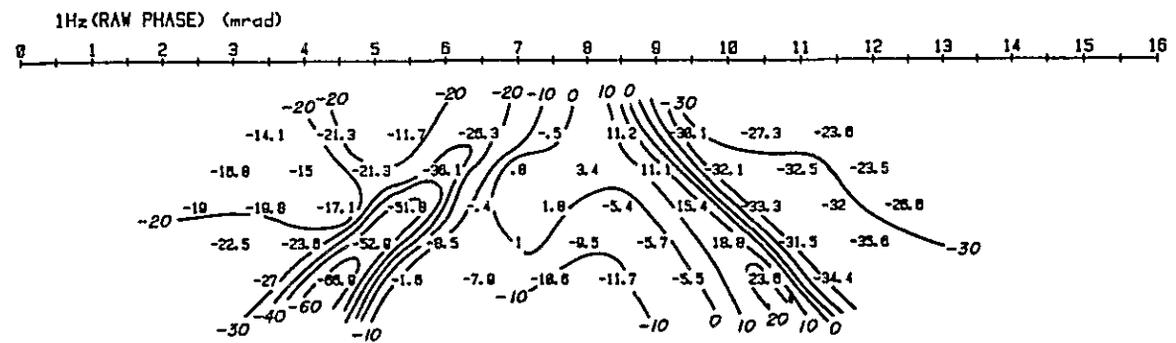
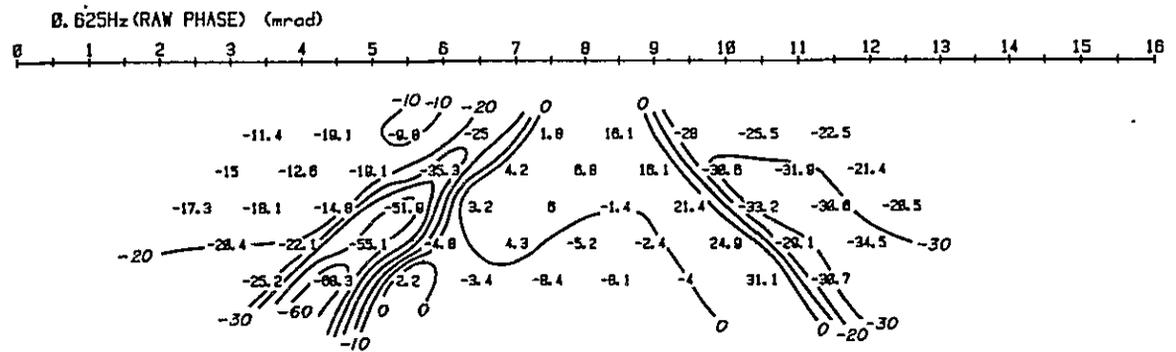
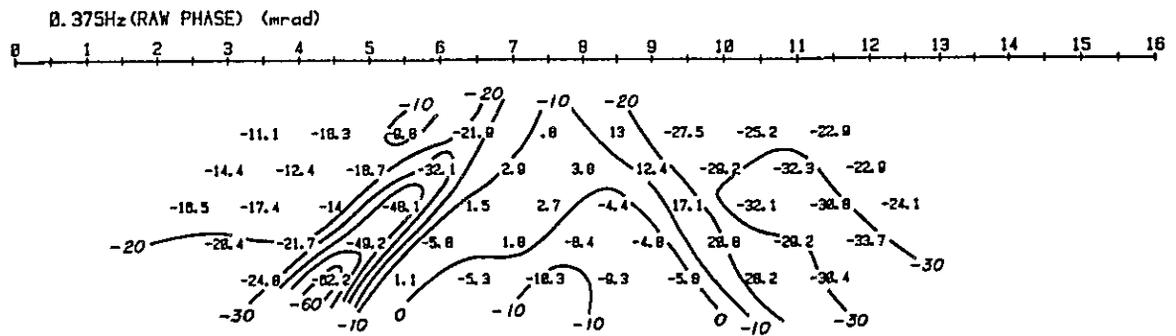
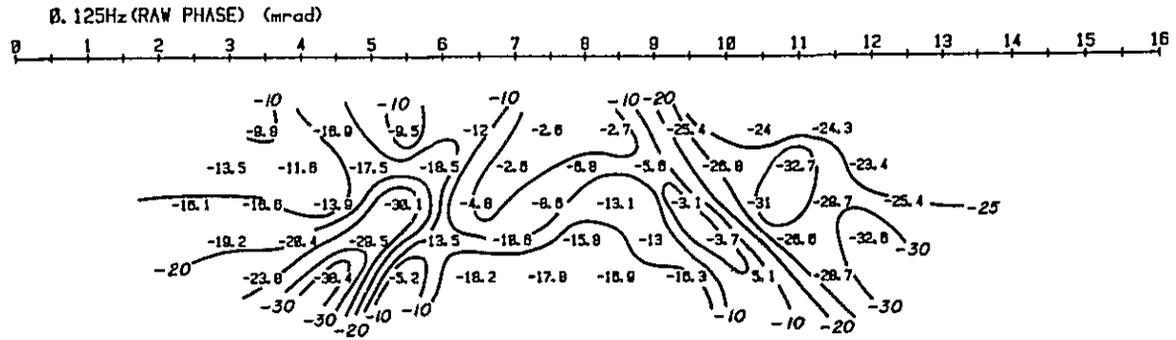


Fig. II-3-18 Phase Pseudo-Section

(Line-BH) - (1)

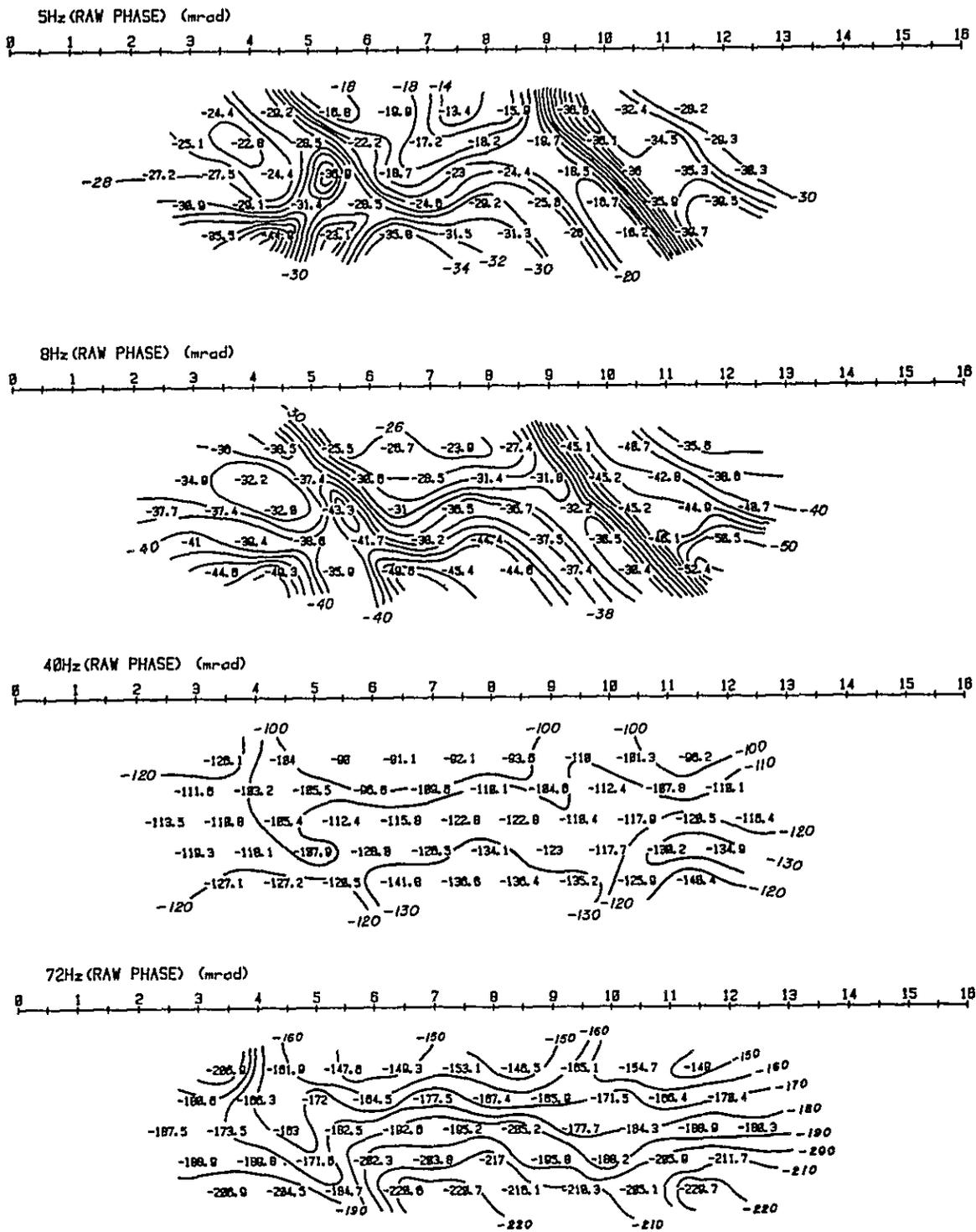


Fig. II - 3 - 19 Phase Pseudo-Section

(Line-BH) - (2)

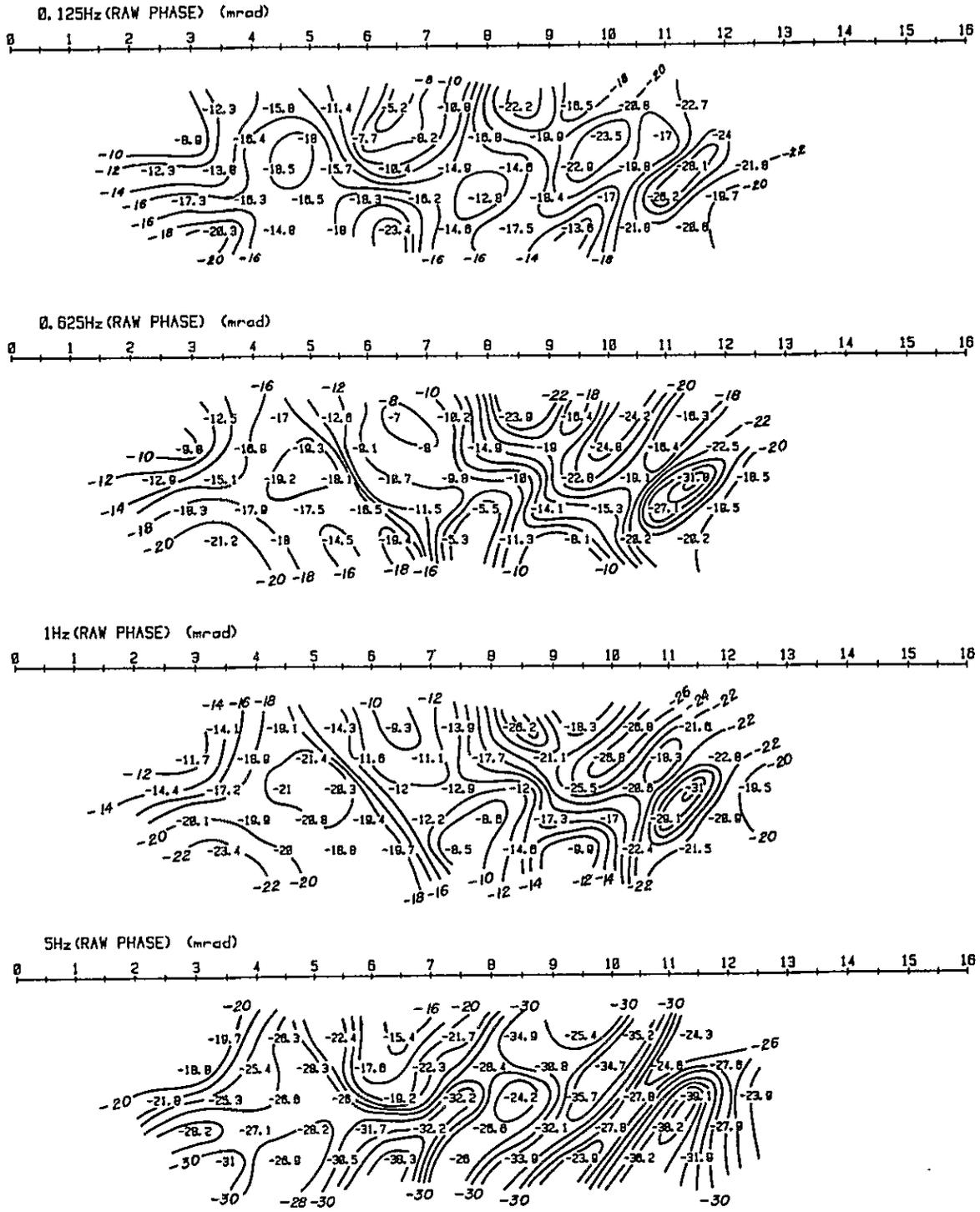


Fig. II - 3 - 20 Phase Pseudo-Section

(Line-BI) - (1)

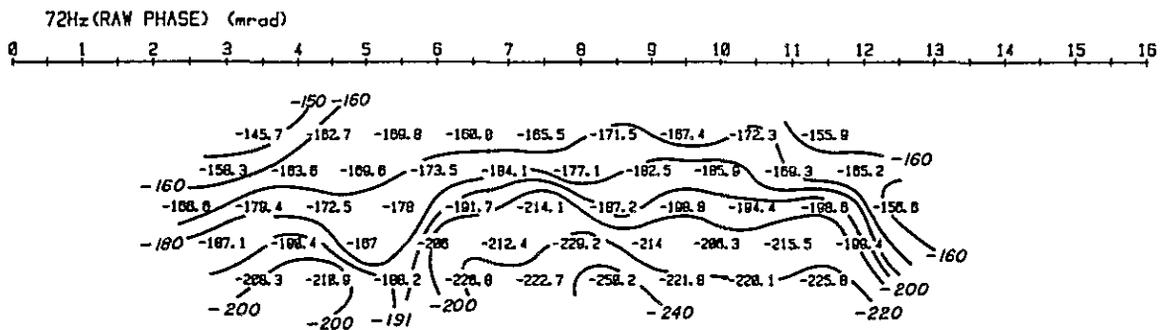
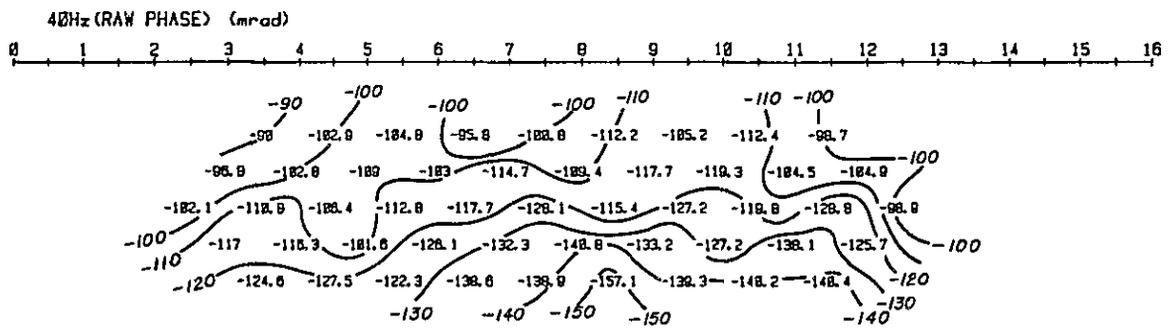
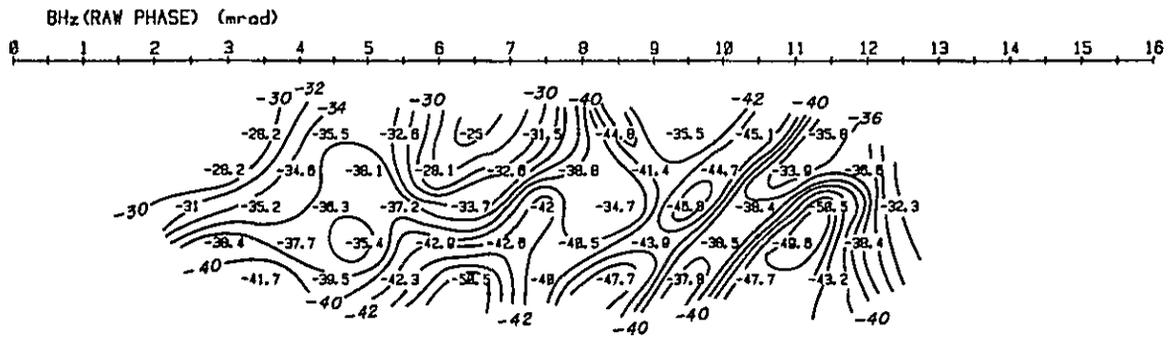


Fig. II - 3 - 21 Phase Pseudo-Section
(Line-BI) - (2)

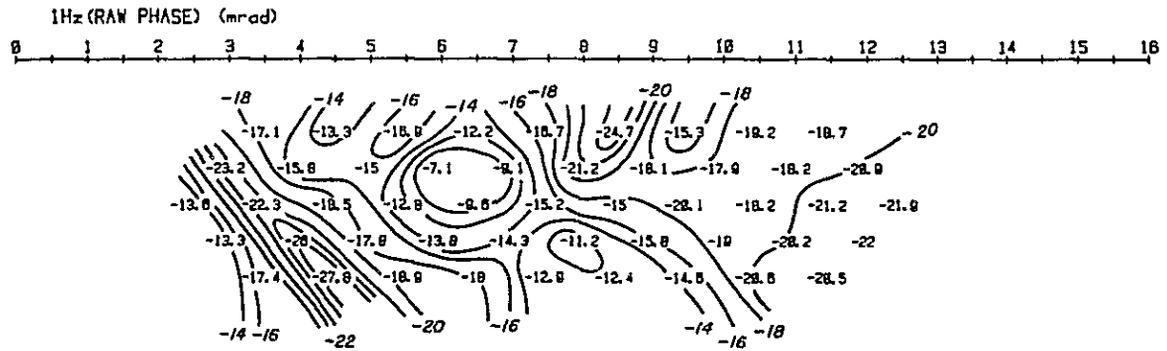
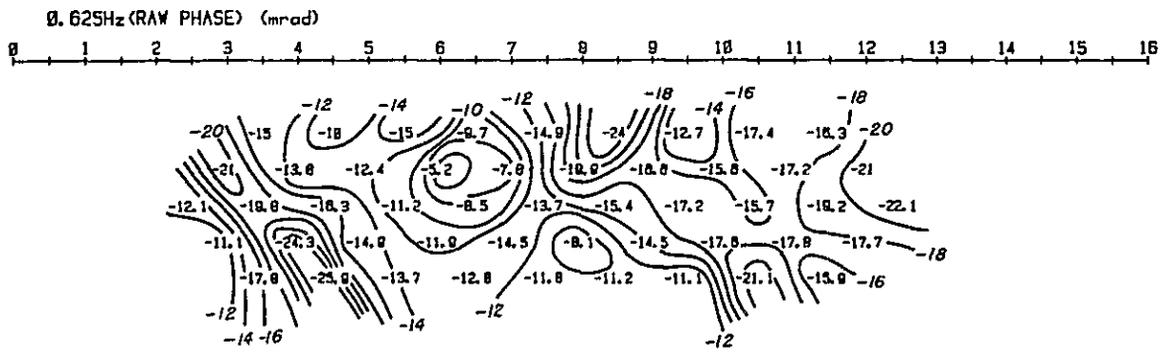
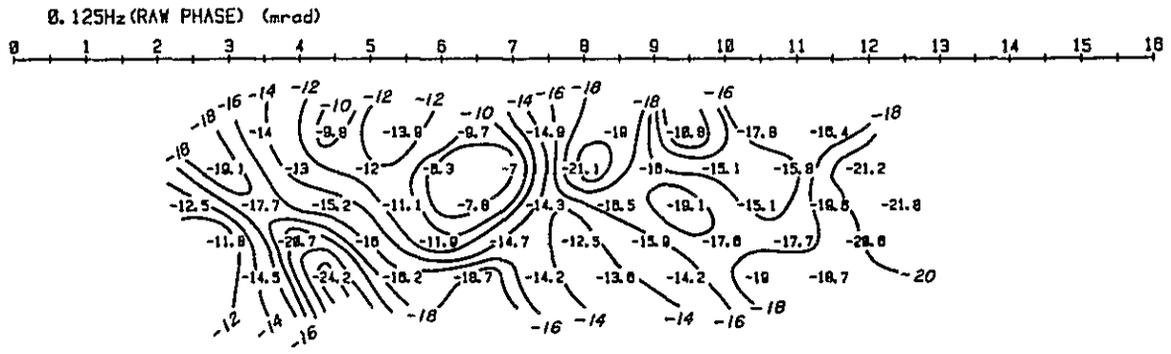


Fig. II - 3 - 22 Phase Pseudo-Section

(Line-BJ) - (1)

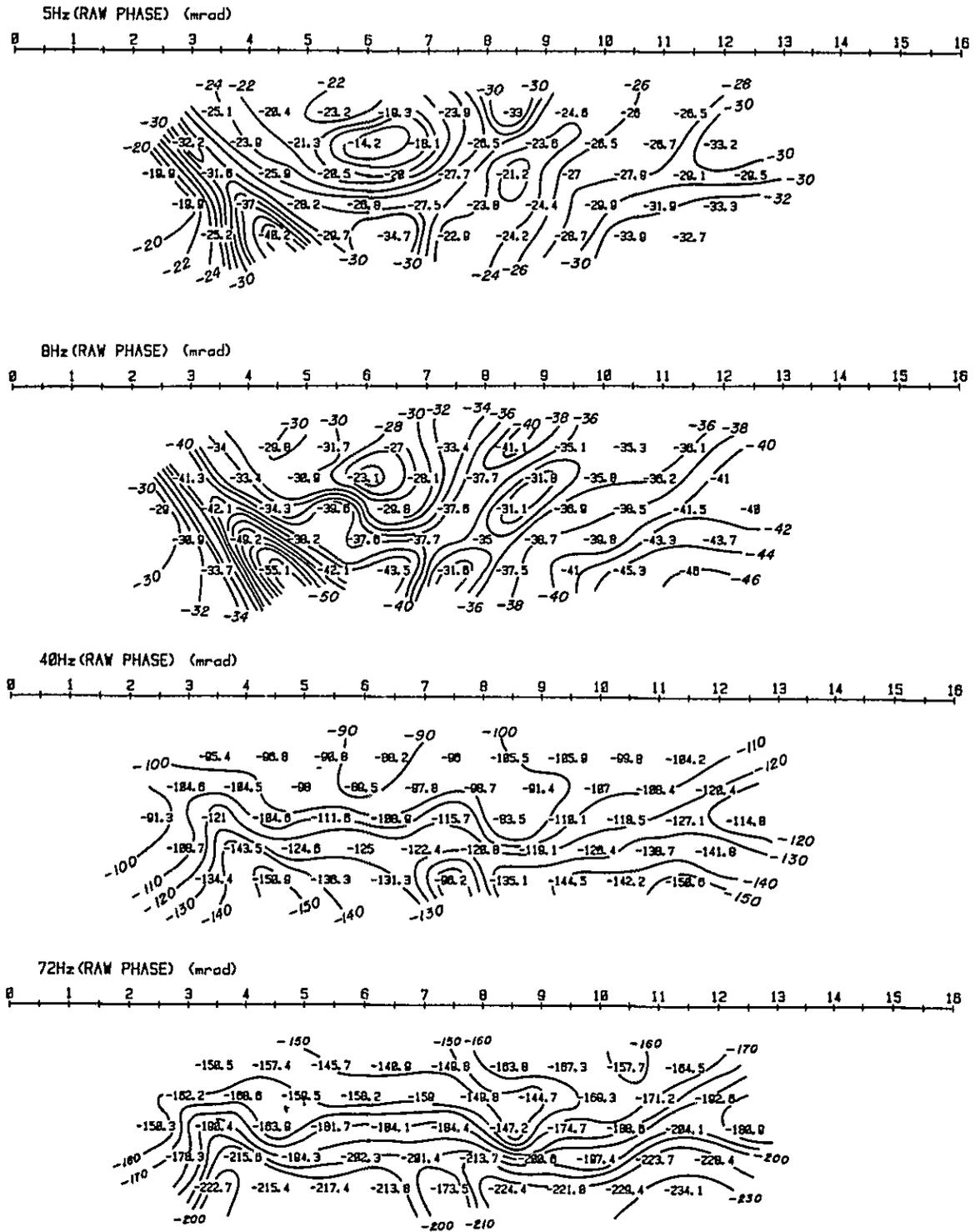


Fig. II - 3-23 Phase Pseudo-Section

(Line-BJ) - (2)

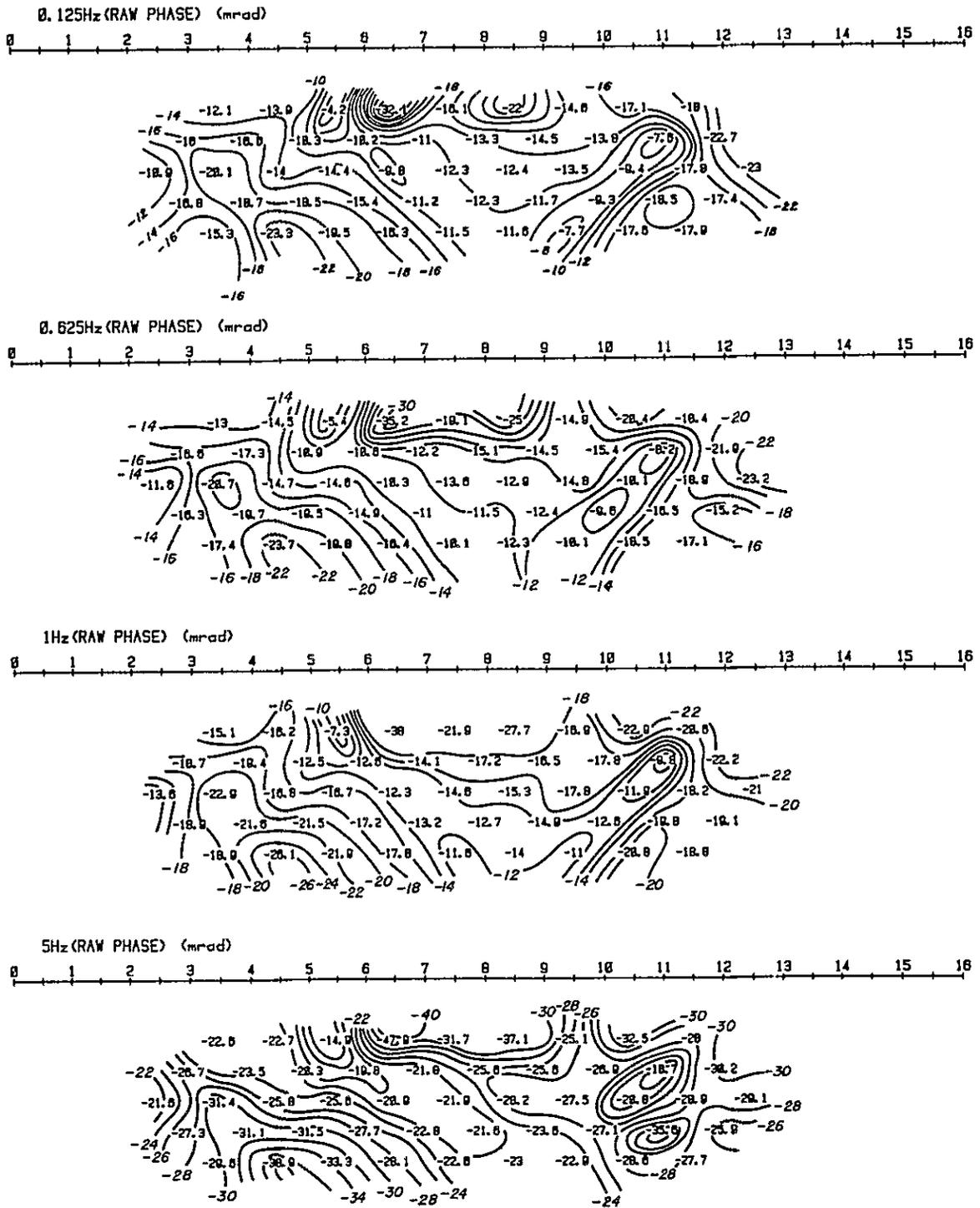


Fig. II - 3-24 Phase Pseudo-Section

(Line-BK) - (1)

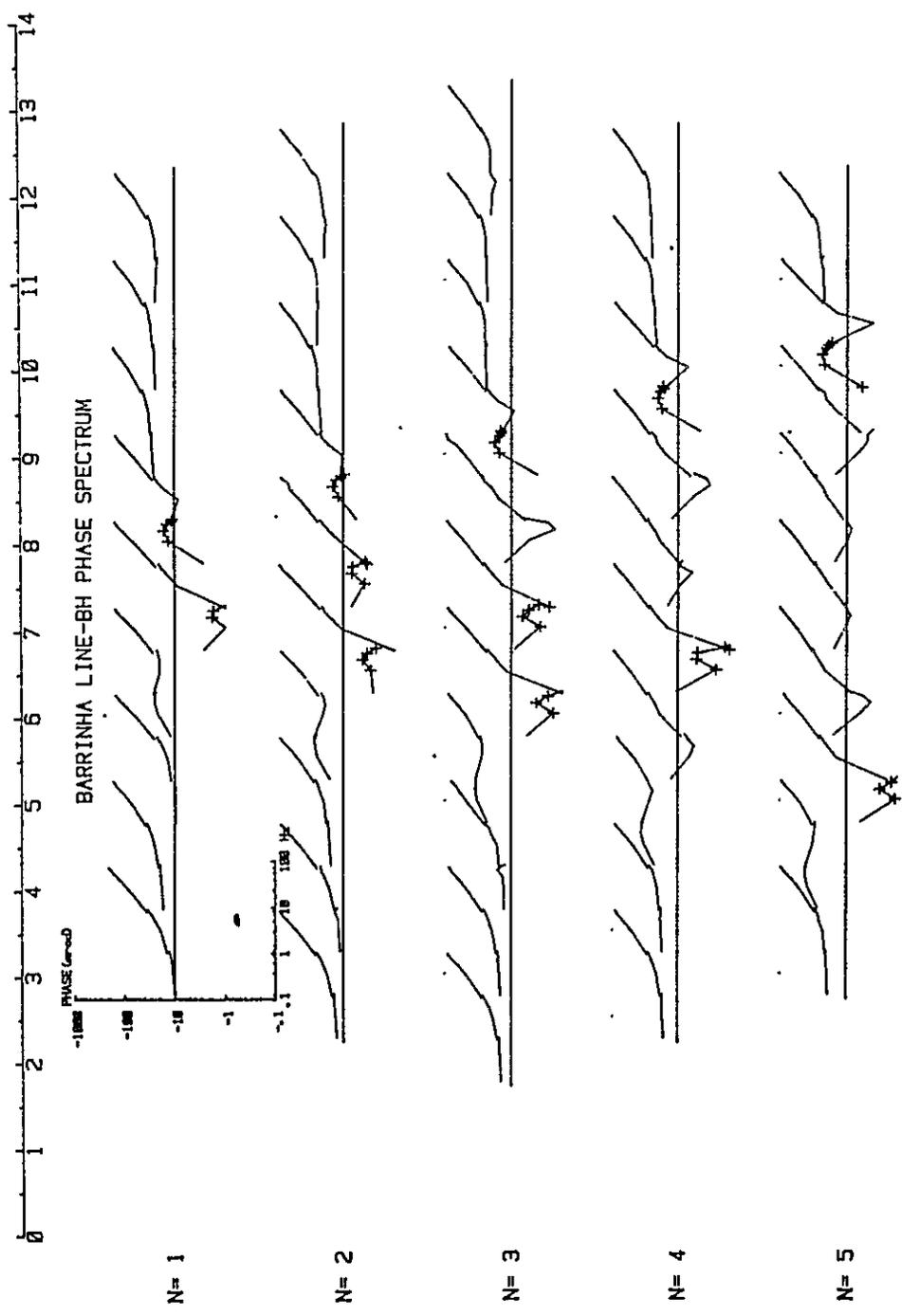


Fig. II -3-26 Phase Spectrum (Line-BH)

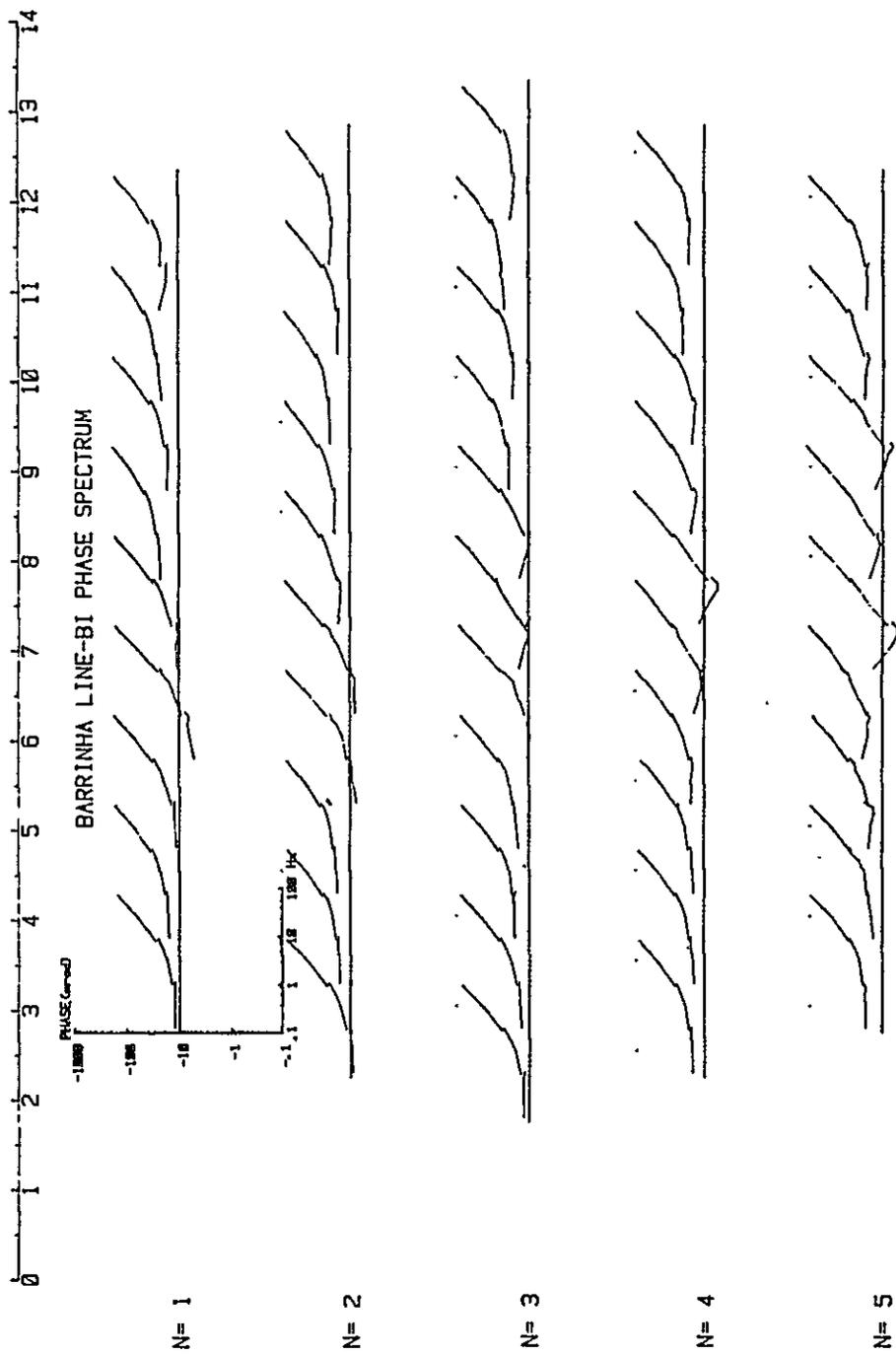


Fig. II-3-27 Phase Spectrum (Line-BI)

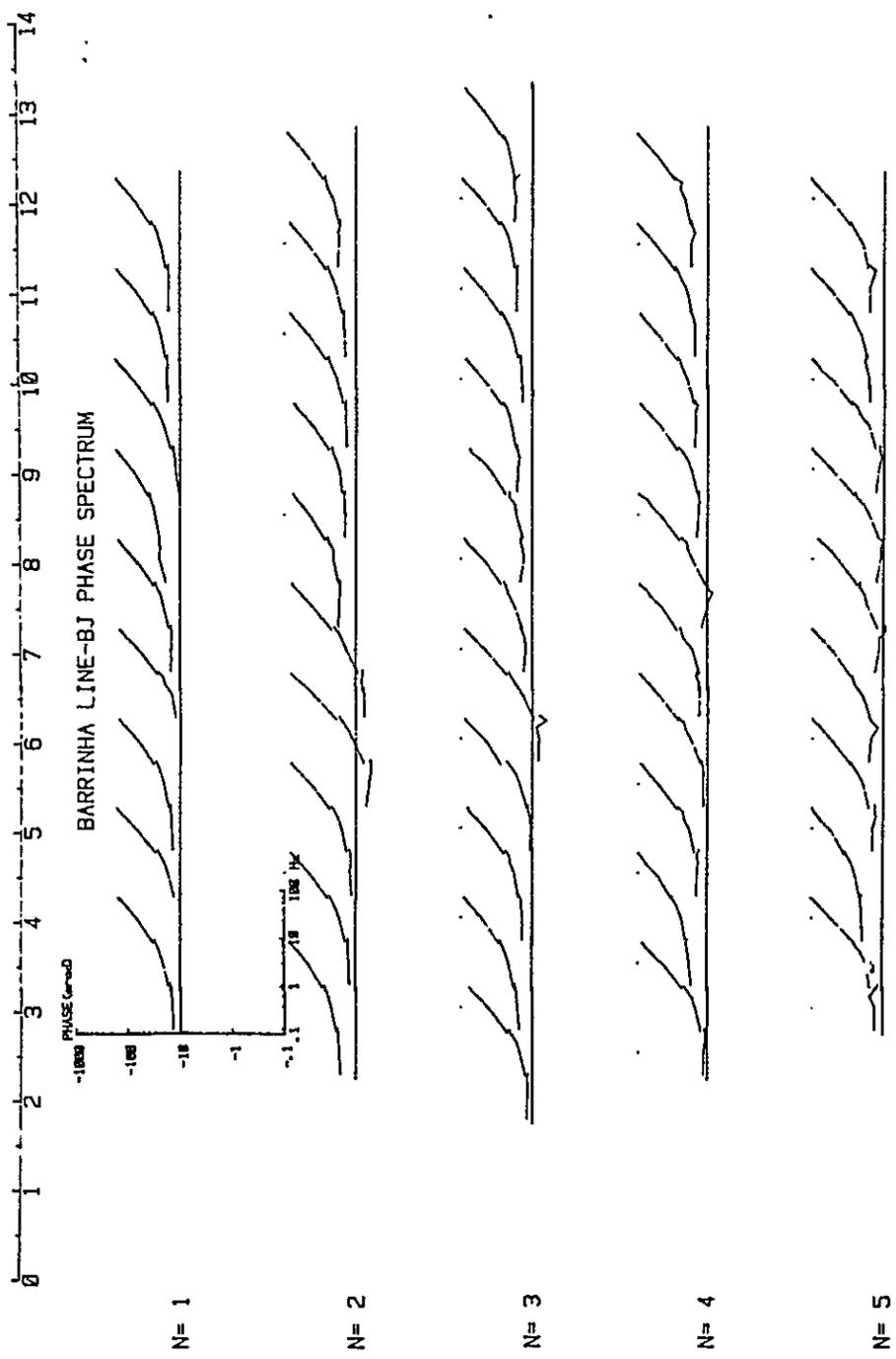


Fig. II - 3 - 28 Phase Spectrum (Line-BJ)

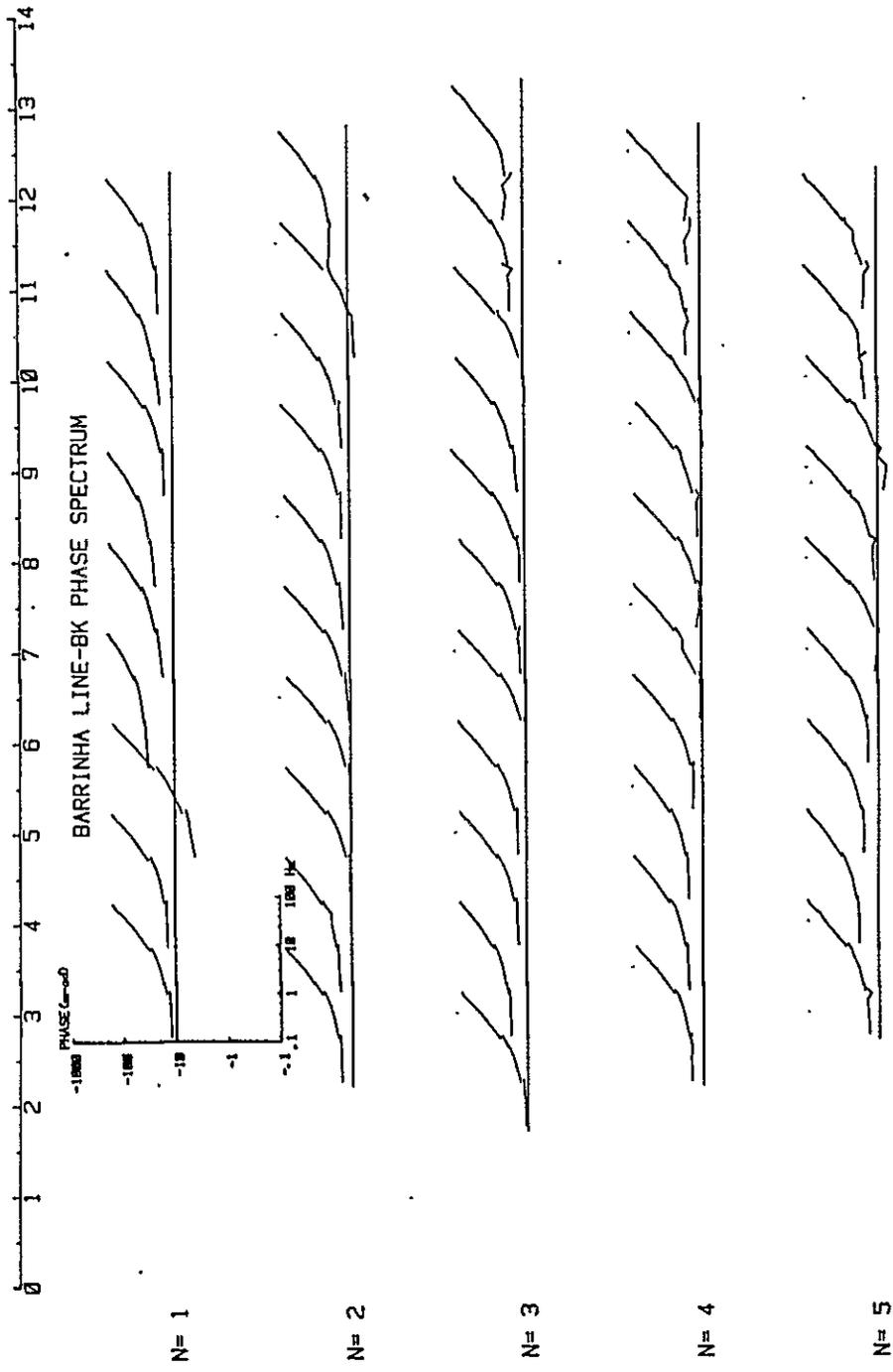
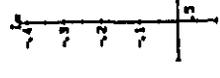


Fig. II-3-29 Phase Spectrum (Line-BK)



N= 1



N= 2



N= 3



N= 4



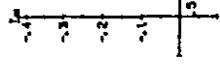
N= 5



Fig. II -- 3 -- 30 Cole-Cole Diagram (Line-BH)



N= 1



N= 2



N= 3



N= 4



N= 5



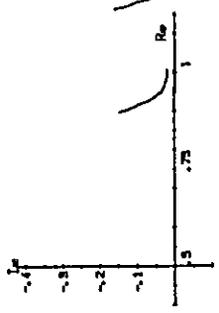
Fig. II --3--31 Cole-Cole Diagram (Line-BI)



N= 1



N= 2



N= 3



N= 4



N= 5



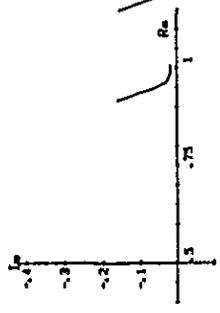
Fig. II -3-32 Cole-Cole Diagram (Line-BJ)



N= 1



N= 2



N= 3



N= 4



N= 5



Fig. II -3-33 Cole-Cole Diagram (Line-BK)

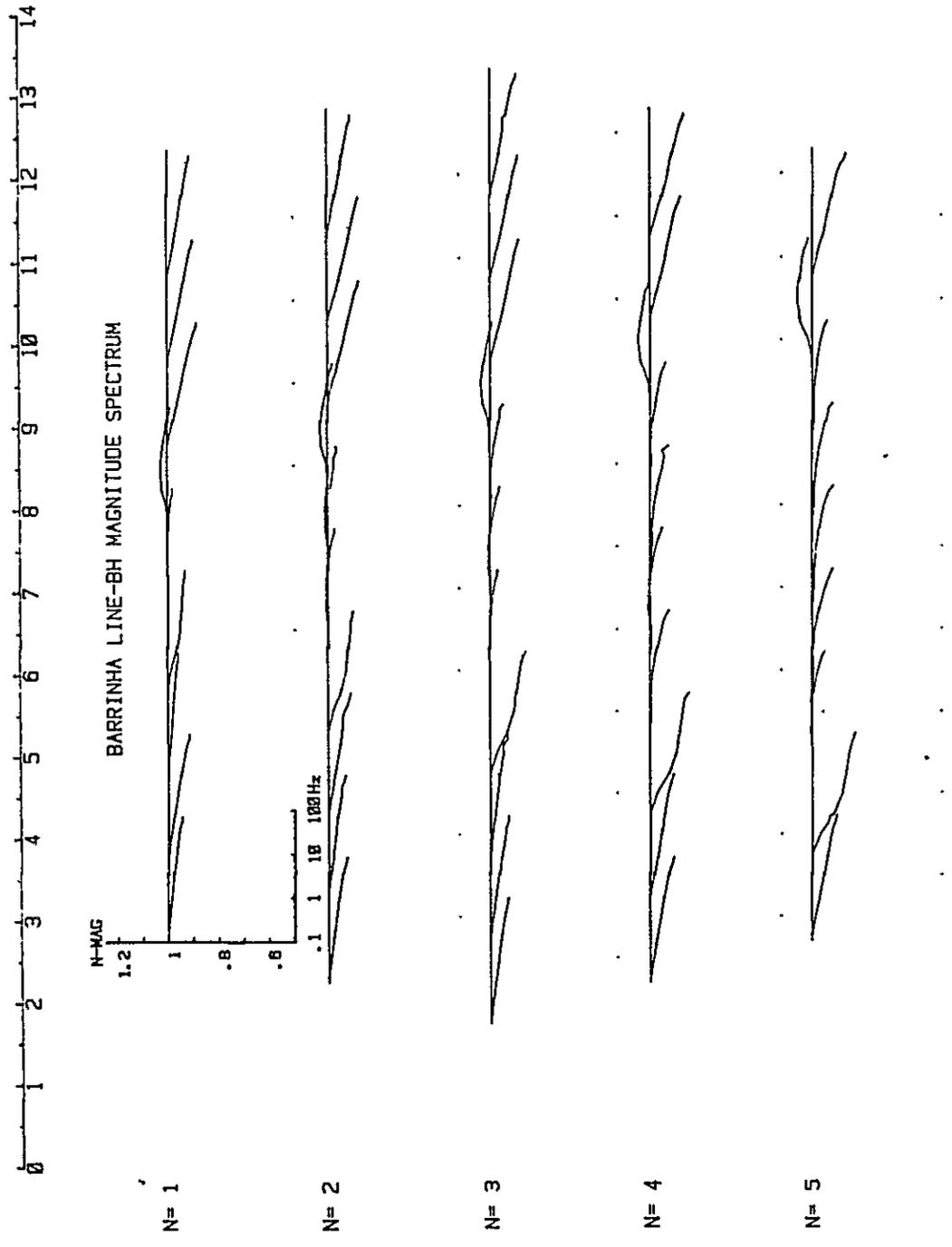


Fig. II - 3 - 34 Magnitude Spectrum m (Line-BH)

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

BARRINHA LINE-BI MAGNITUDE SPECTRUM

N-MAG

1.2
1
.8
.6

.1 1 10 100 Hz

N= 1

N= 2

N= 3

N= 4

N= 5

Fig. II-3-35 Magnitude Spectrum (Line-BI)

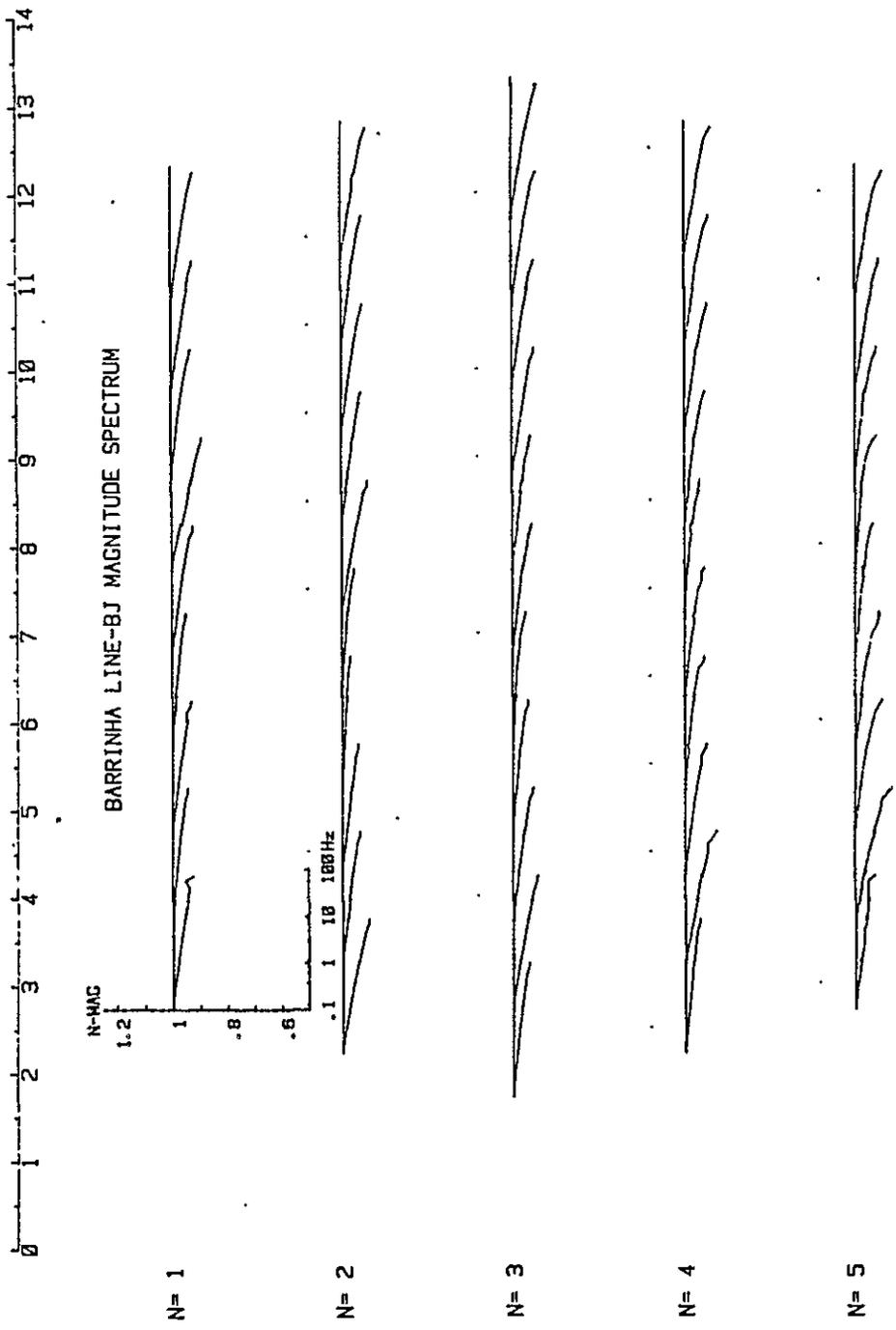


Fig. II-3-36 Magnitude Spectrum (Line-BJ)

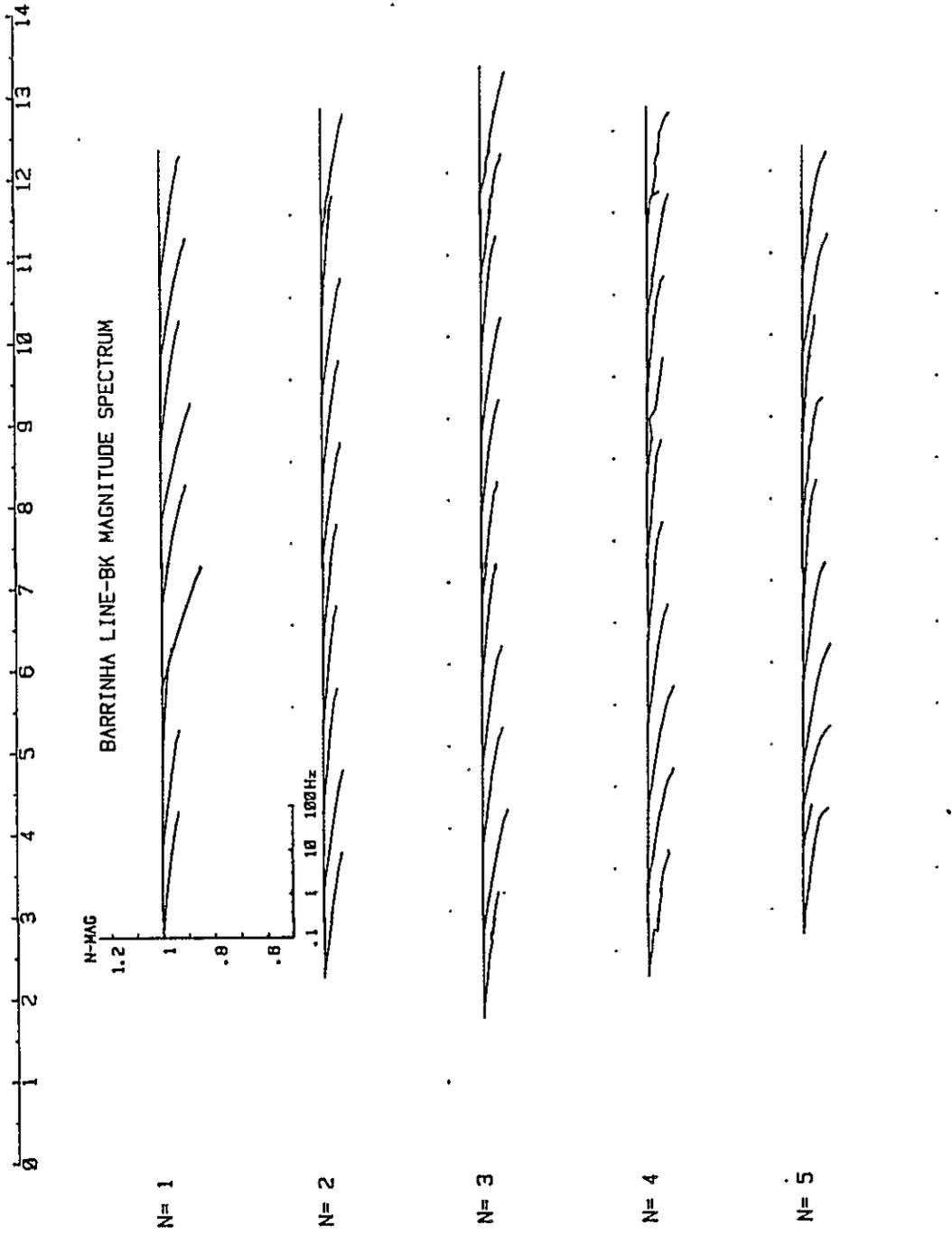


Fig. II --3--37 Magnitude Spectrum (Line-BK)

Ⅲ. ボーリング

第 1 章 ボーリング調査工事概要

1-1 目 的

ブラジル連邦共和国 Anta Gorda 地域における第二年次の地質調査および物理探査の結果、第三年次の調査地域として Perau (ペラウ) 地区が抽出された。

本地区において地質構造と鉱化作用の関連を解明することを目的としてボーリング調査工事が実施された。

1-2 工 事 概 要

本工事は当初 μ 1孔 (AG-01) 500 m, μ 2孔 (AG-02) 400 m の計画であったが、両孔共に有望な鉱化帯を捕捉した結果、両孔の掘進深度を変更し、 μ 3孔 (AG-03) を追加した。各孔の掘進深度は AG-01 孔 331.15 m, AG-02 孔 330.55 m, AG-03 孔 250.50 m である。

本工事の現地における掘進作業はブラジルの探鉱会社 Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (C.P.R.M.) が実施し、大手開発は作業の監督、コア鑑定および解析作業を実施した。

1982年7月2日、日本から調査員1名が先発し、7月9日 Perau 地区に入りボーリング位置を選定した。7月12日からブルドーザー (Caterpillar D-5) を使用して資機材の搬入路 2.5 km の建設を開始し、7月20日完了した。

なお、追加の AG-03 孔の搬入道路約 300 m およびボーリング座は 8月16日完了した。使用機材 Boyles-56 (掘進能力; NQ600 m, BQ1000 m) 2台で3孔、総掘進長 912.20 m を掘進した。

作業形態は原則として1方10時間2交代制作業とした。掘進方法は、ワイヤーライン工法により掘進し、コア採取率および工程の向上に努めた。

ボーリング工事量はつぎのとおりである。

孔 名	掘進長 (m)	コア長 (m)	コア採取率 (%) [※]
AG-01	331.15	326.20	98.50
AG-02	330.55	299.90	96.26
AG-03	250.50	238.35	98.69

ボーリング工事の掘進期間は7月27日から9月27日までの63日間であった。

※ コア採取率は表土を除く。

1-3 コアー鑑定および解析作業

ボーリング孔の全コアーについて、岩質・変質および鉱化状況について鑑定が行われ、縮尺200分の1の地質柱状図にまとめた(PL-Ⅱ-1~3)。

鉱石部については、コアー半分を岩石カッターを使用して採取し分析試料を調整し、Cu, Pb, Zn, Ag, CaO, MgO, SiO₂, BaOなどの各元素について分析を行った。

また、岩石および鉱石部の薄片およ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つぎのとおりである。

(1) 岩石薄片顕微鏡観察	26枚
(2) 鉱石研磨片顕微鏡観察	13個
(3) 鉱石部の分析(Pb, Zn, Cu, Ag, CaO, MgO, SiO ₂ , BaO)	37個

