

やや低い値を示す低比抵抗帯が認められ、また地区南部では、測点D-4-39付近の500 Ω -m以上の高比抵抗帯の周囲に、測点D-3-33, D-3-45, D-6-42の20 Ω -m以下の低比抵抗帯が点在している。

深部では20 Ω -m以下の低比抵抗帯が、地区東部の測点D-9-45, D-7-36~42, D-3-33付近に認められ、それぞれ中心部では10 Ω -m以下と顕著な低比抵抗を示す。

高比抵抗帯は、上記の測点D-4-39付近と北部に分布している。

比抵抗構造平面図から、浅所は、測点D-3-33付近及びD-7-36~7-12を中心とする低比抵抗帯が認められ、深部では測点D-10-48付近まで大きく発達する。地区の東南端測点D-4-45付近にも低比抵抗帯が認められる。北部、北西部は全般的に高比抵抗を示す。

比抵抗構造断面図では、測点D-7-33~7-42にかけては、深度200m付近まで10 Ω -m以下の低比抵抗を示す。測点D-4-42は200m付近で0.3 Ω -mの低比抵抗を示す。

測点D-9-45の低比抵抗帯は、過去に探鉱された箇所である。堆積岩、縞状鉄岩、コマチャイト質玄武岩、同質火砕岩の中に貫入した蛇紋岩に伴って胚胎するTynan ニッケル鉍化帯とほぼ一致し、地化学探査の異常も認められる。

測点D-7-36~7-42付近の低比抵抗帯は、縞状鉄岩の分布に対比されるが、前の低比抵抗帯と連続しており、深部において鉍化帯の存在が推定される。

測点D-3-33付近の低比抵抗帯は、縞状鉄岩、コマチャイト質玄武岩の分布に対比され、小規模の地化学探査異常と一致している。

測点D-4-45付近の低比抵抗帯は、縞状鉄岩が分布し、地化学探査の異常も認められる。

2-3-2 考 察

前項で述べたCSAMT法の結果と地質及び地化学探査結果を総合的に検討した結果、以下のように7本のSIP測線が計画された。

D1地区

(1) 測点D-30-9を中心とする低比抵抗帯上を横切る1.0kmの測線。

低比抵抗帯の分布と地表の地化学探査異常が一致しており、浅所から深部にわたって蛇紋岩中の鉍化帯の存在が期待される。

(2) 測点D-37-6を中心とする低比抵抗帯上を横切る1.0kmの測線。

測点C-38-6付近には地化学探査第1主成分の異常がある。

また、測点C-39-9付近には、Lochness旧坑があり、含錫石ペグマタイトを採掘したといわれているが、現在地表では鉍徴は認められてない。

低比抵抗帯はNNW方向に膨縮しながら、測点D-33-6付近まで延びている。

地質は、堆積岩、蛇紋岩に対比されるが、深部において蛇紋岩中の鉍化帯の存在が期待される。

D 2 地区

- (3) 測点 D-7-15 を中心とする低比抵抗帯上を横切る 1.0 km の測線。

浅所は沖積層中の含粘土層などの影響が考えられるが、深部では西側の蛇紋岩体の深部に鉍化帯の存在が期待される。

- (4) 測点 D-4-9 付近の低比抵抗帯上を横切る 1.0 km の測線。

比抵抗構造平面図では、この低比抵抗帯は D-3-12 を中心とし、深部まで続いている。蛇紋岩体中の鉍化帯の存在が期待される。

D 3 地区

- (5) 測点 D-9-45 付近の低比抵抗帯上を横切る 1.0 km の測線。

- (6) 測点 D-7-39 付近の低比抵抗帯上を横切る 1.0 km の測線。

(5)、(6) の低比抵抗帯は、深度 125 m では二つに分離しているが、深度 225 m 以下は同一のもので広範囲にわたっている。

この低比抵抗帯は、測点 D-10-39 ~ D-9-42 付近にある堆積岩、縞状鉄岩、ゴマチアイト質玄武岩、同質火砕岩の中に貫入した蛇紋岩に伴って胚胎する Tynan ニッケル鉍化帯を含んでおり、鉍化帯がかなり広範囲にあるものと考えられる。

- (7) 測点 D-3-33 及び測点 D-3-45 を中心とする二つの低比抵抗帯を横切る 1.8 km の測線。

測点 D-3-33 付近の低比抵抗帯は、地表地質は縞状鉄岩であるが、深部には、蛇紋岩体の延長部の潜在が予想され、鉍化帯の存在が期待される。

測点 D-3-45 付近の低比抵抗帯は、地表は縞状鉄岩であるが、深部に鉍化帯の存在が期待される。

これらの考察の結果、優先順序も考慮して次章に記述する SIP 法の A, B, C, D 測線が決定された。

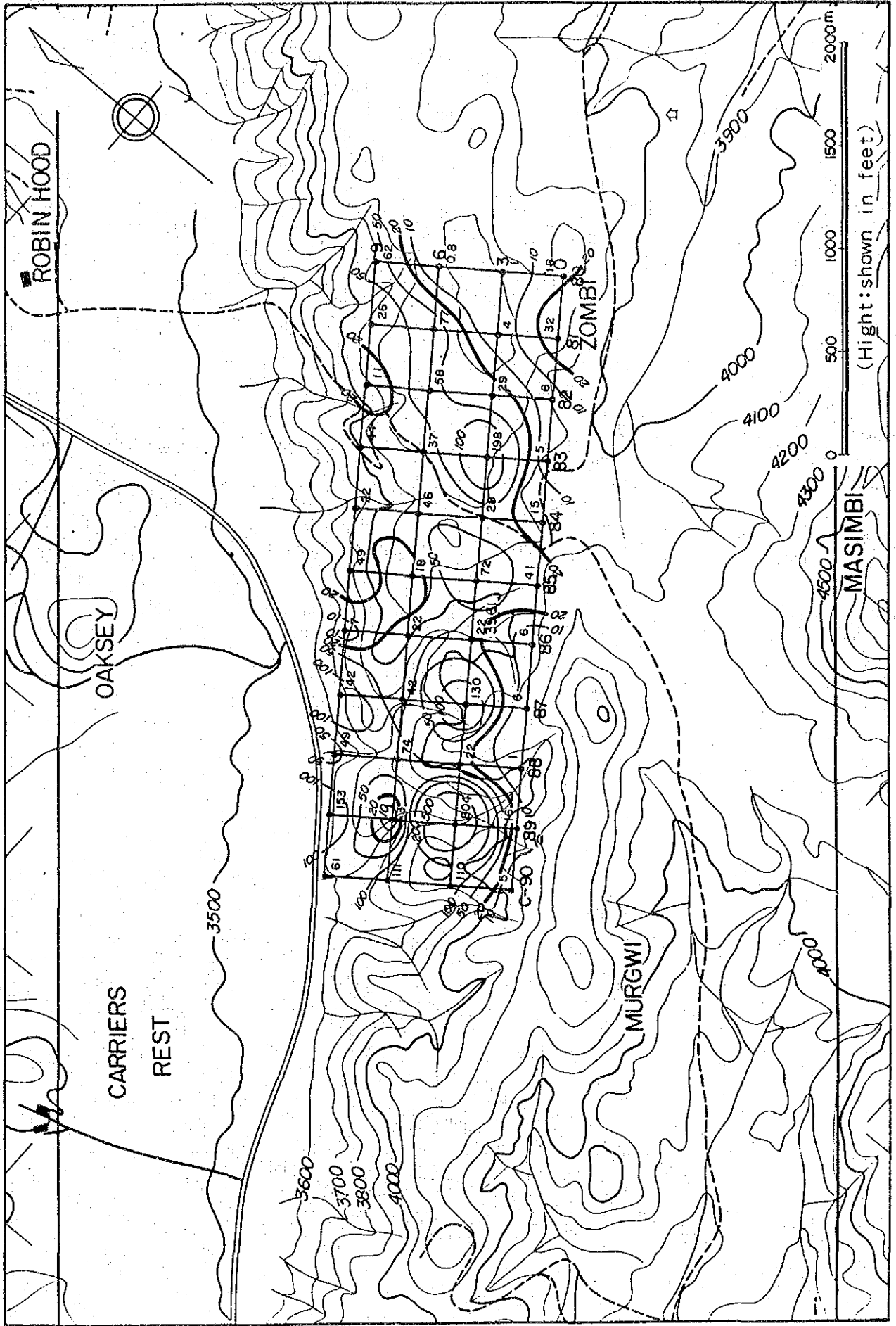


Fig. II - 7 Plan of Apparent Resistivity (Area C, 1024Hz) unit:Ω-m

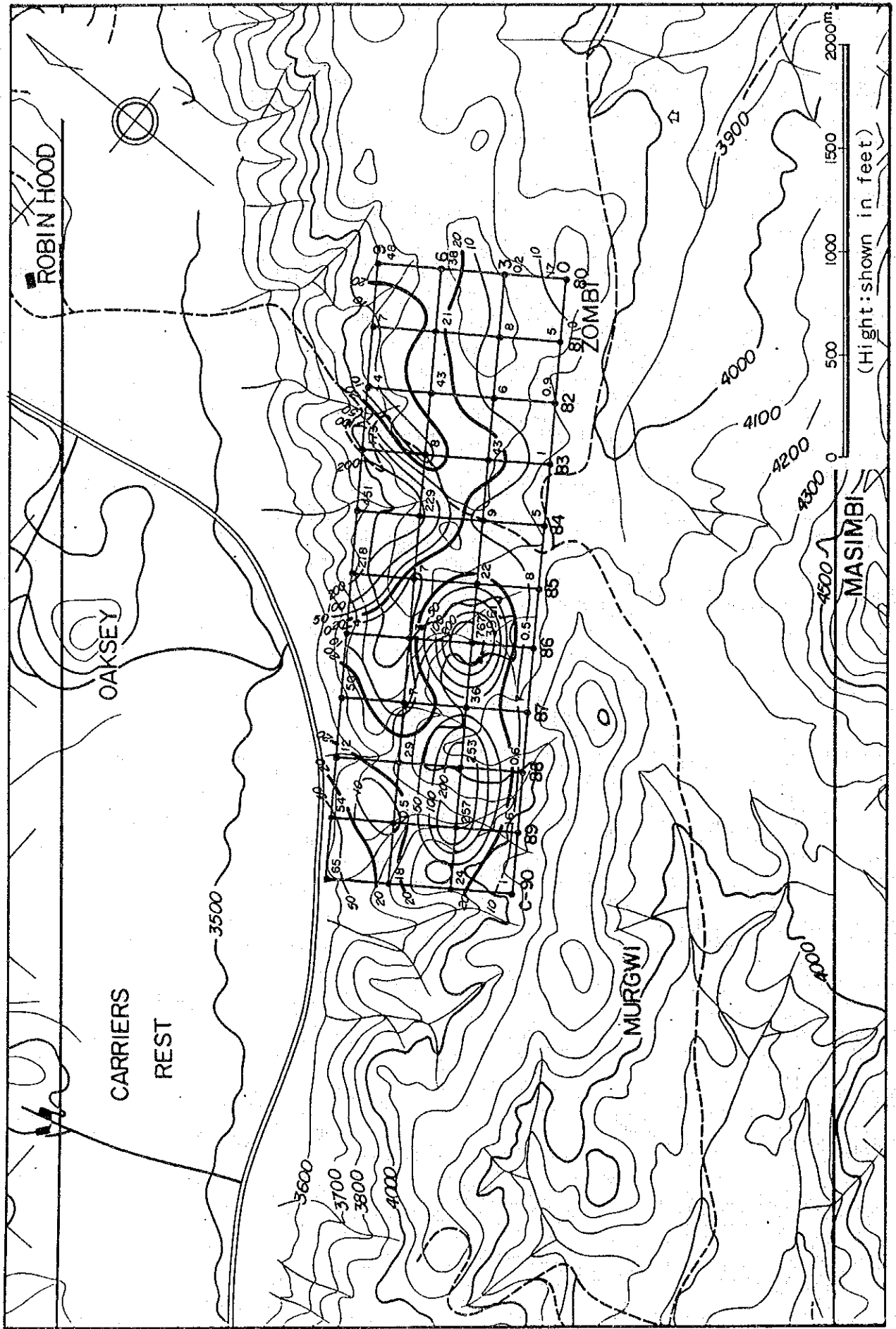


Fig. II-8 Plan of Apparent Resistivity (Area C, 256Hz) unit:Ω-m

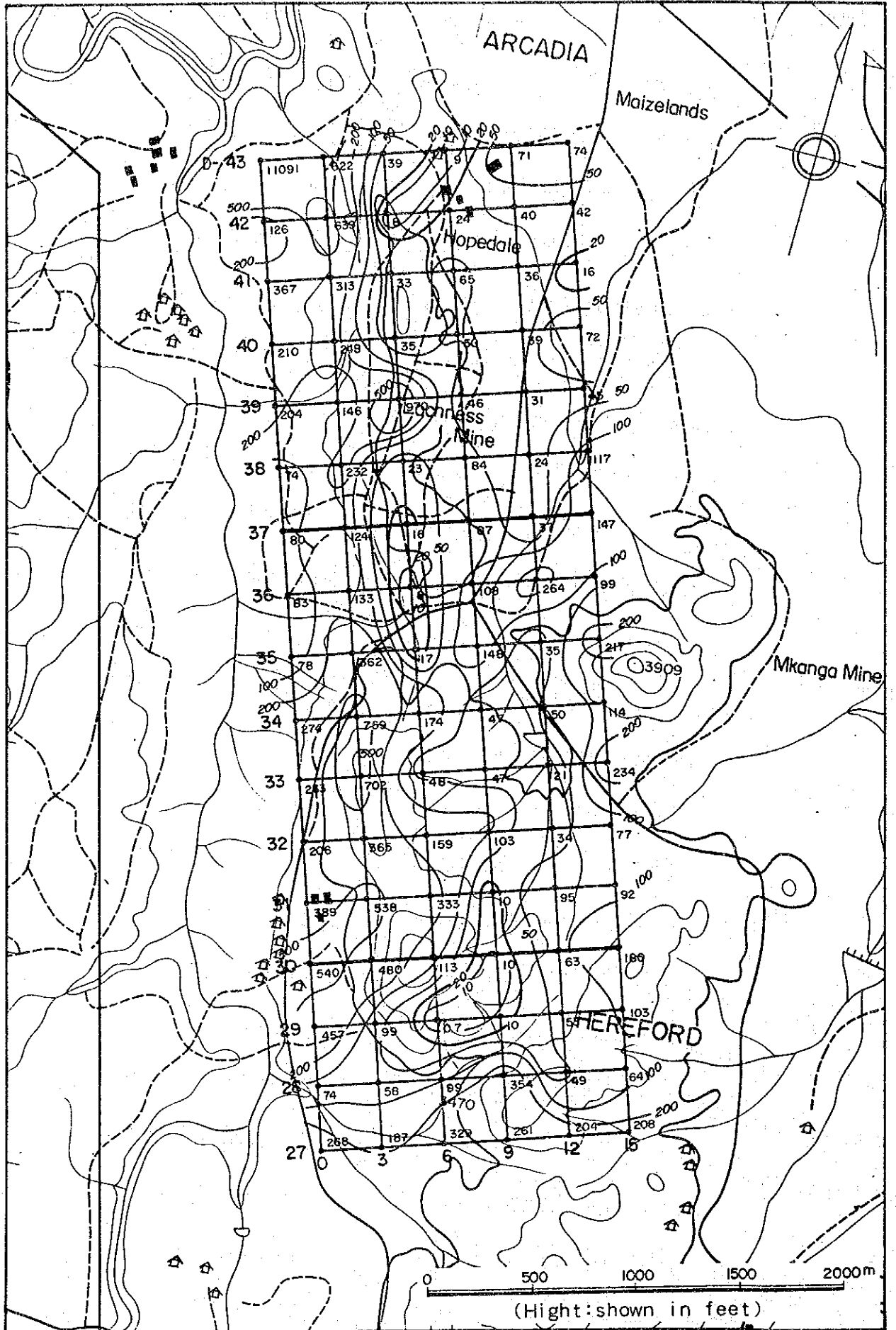


Fig. II-10 Plan of Apparent Resistivity (Area D1, 1024Hz) unit:Ω-m

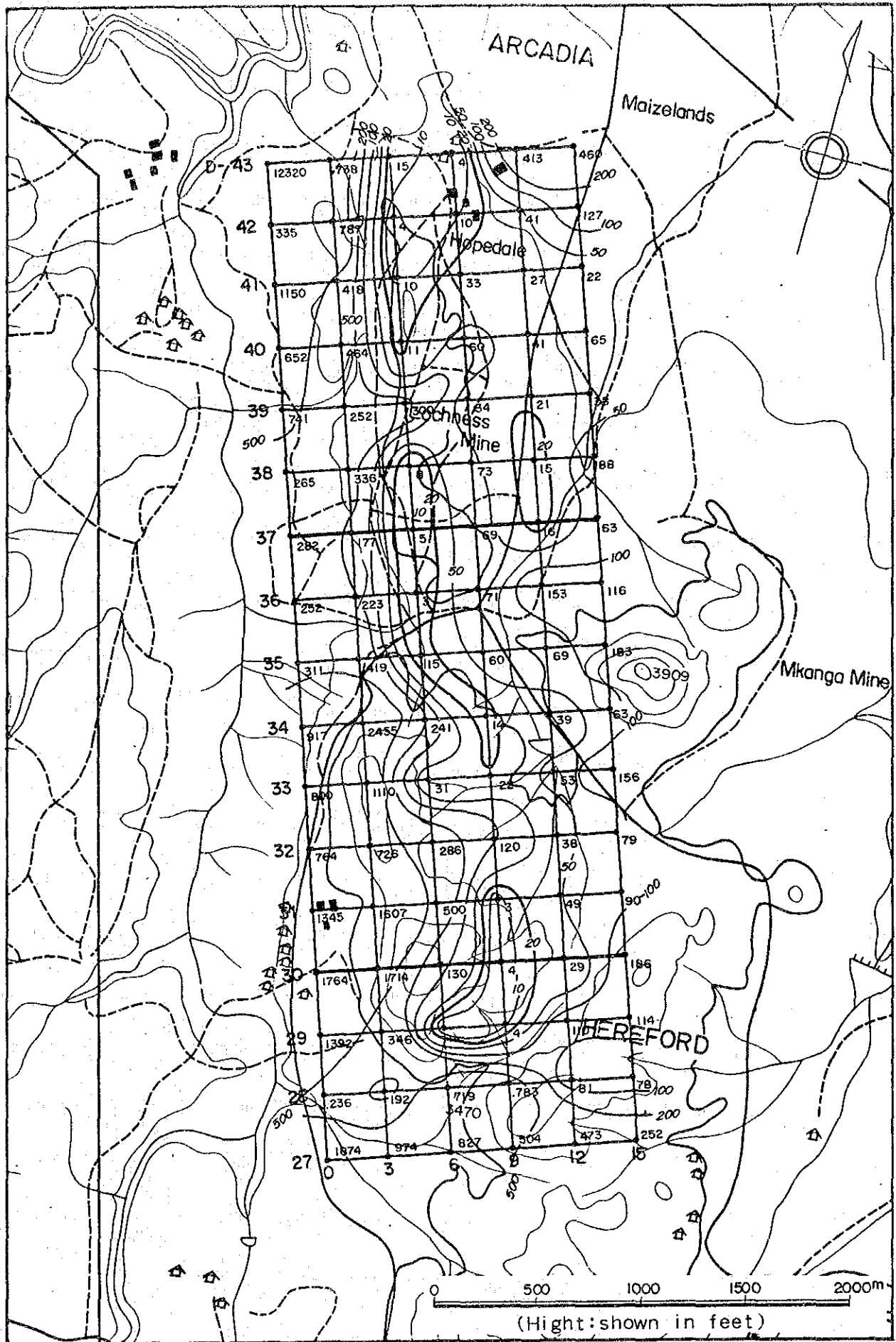


Fig. II-II Plan of Apparent Resistivity (Area D1, 256Hz) unit: $\Omega\text{-m}$

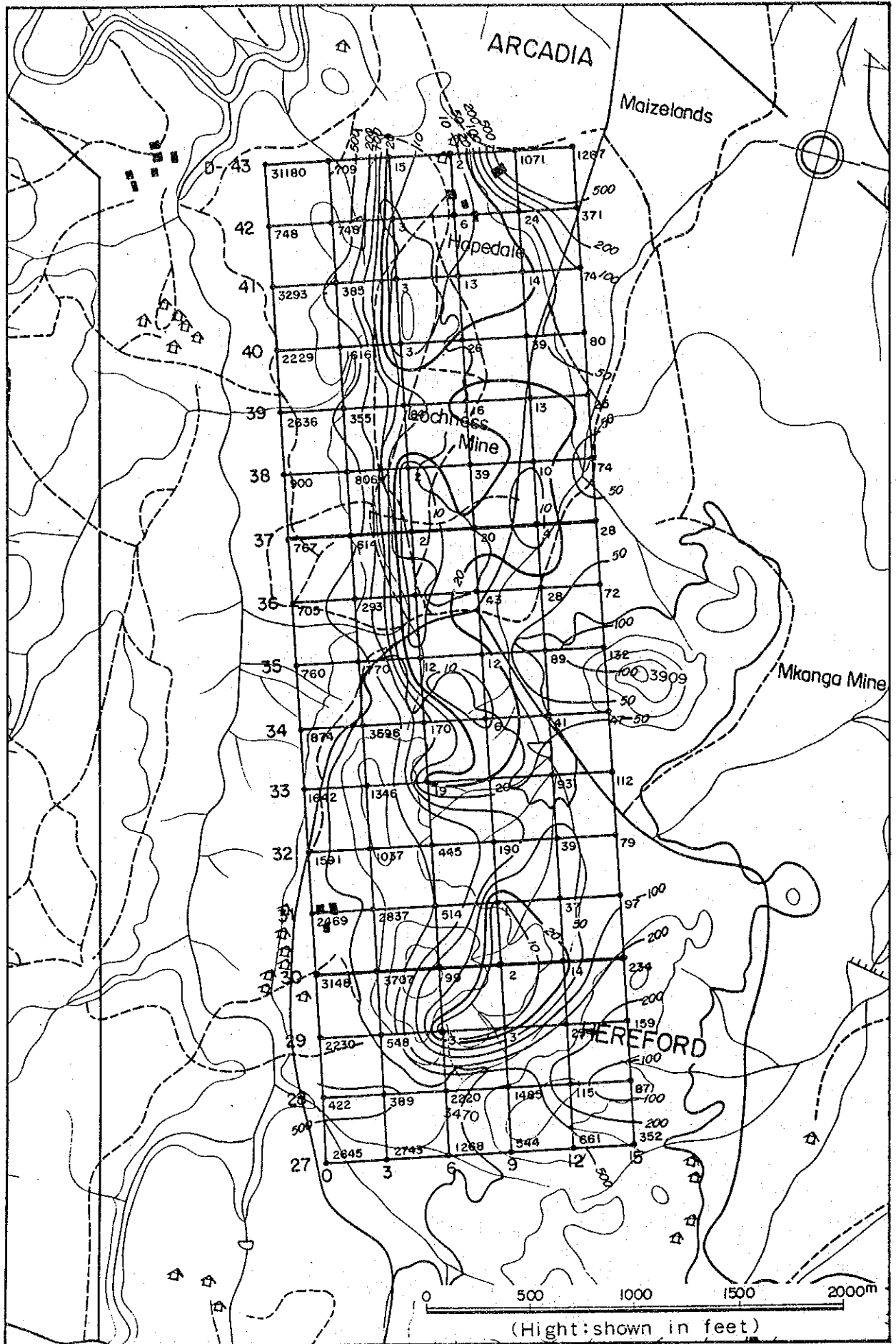


Fig. II-12 Plan of Apparent Resistivity (Area DI, 64Hz) unit: $\Omega\text{-m}$

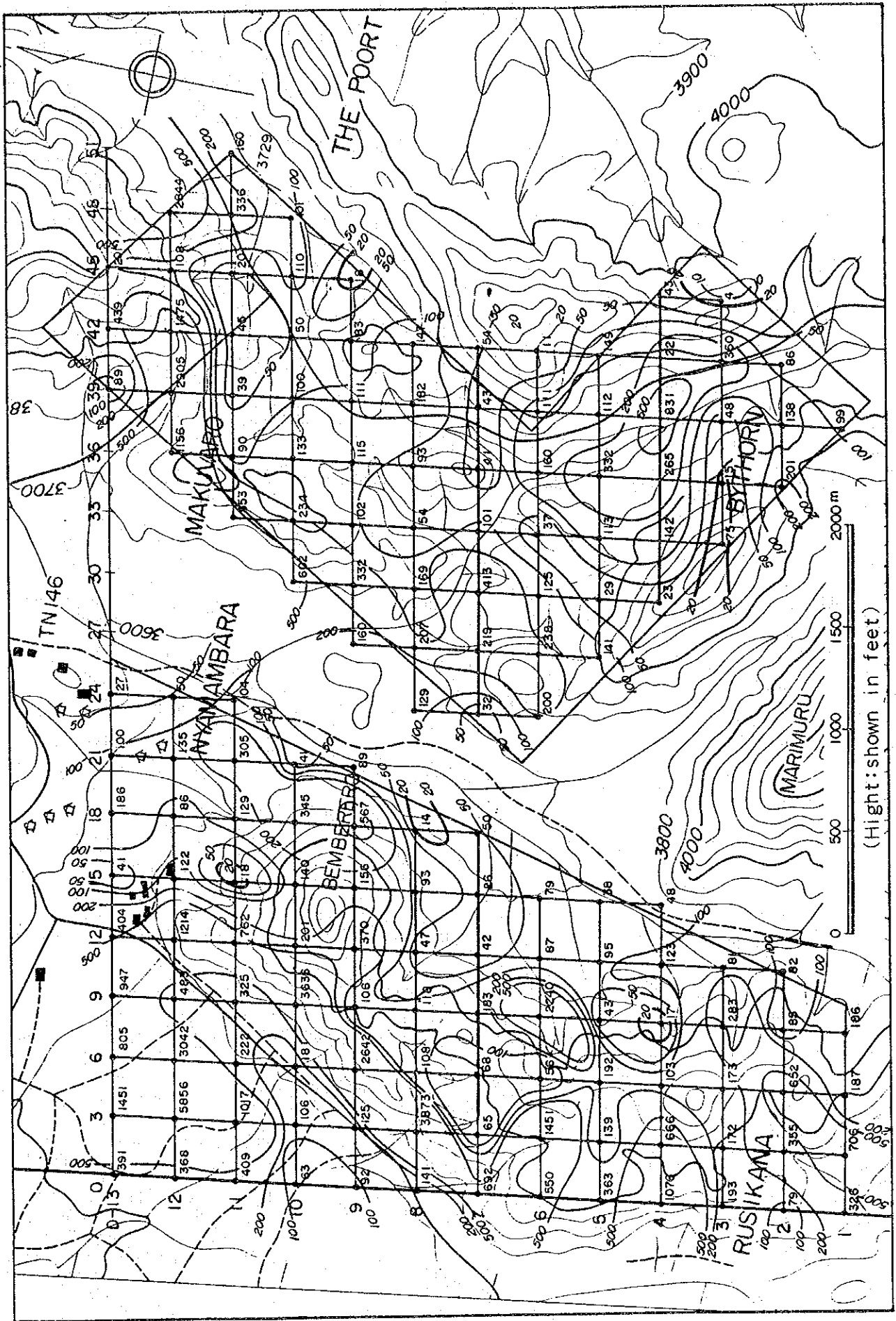


Fig. II-13 Plan of Apparent Resistivity (Area D2-D3, 1024Hz) unit:Ω-m

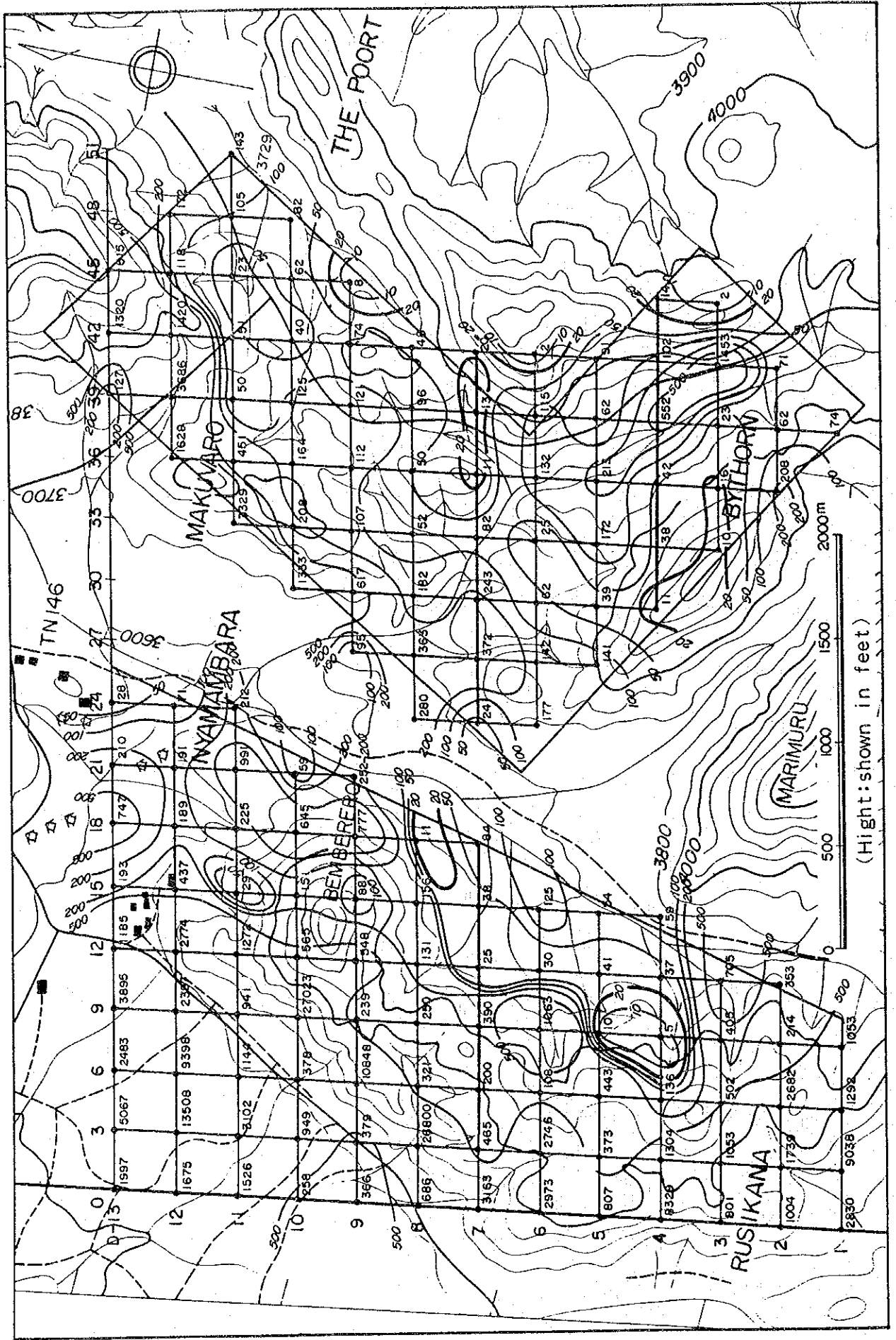


Fig. II-14 Plan of Apparent Resistivity (Area D2, D3, 256Hz) unit:Ω-m

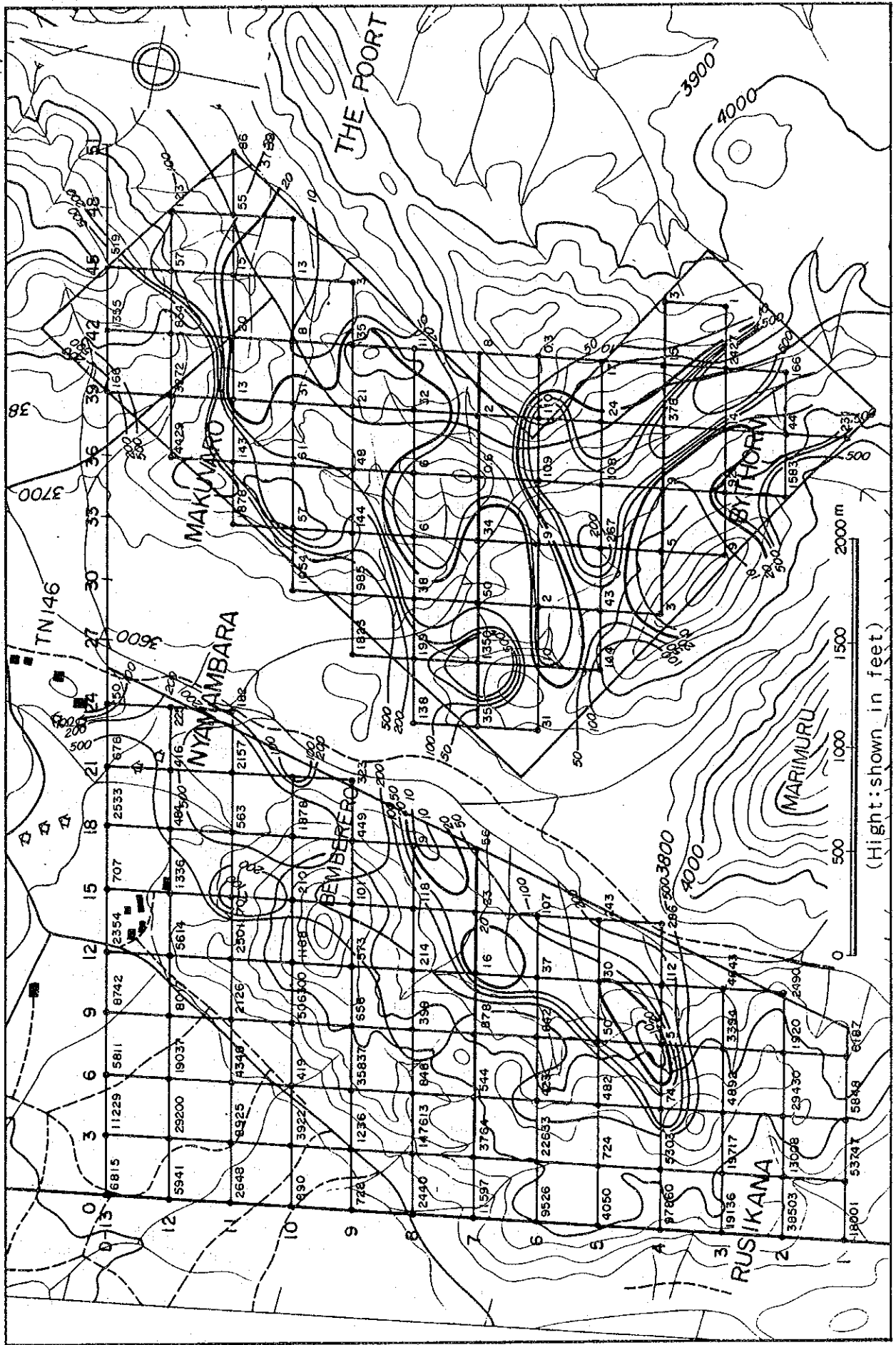


Fig. II-15 Plan of Apparent Resistivity (Area D2, D3, 64Hz) unit: $\Omega\text{-m}$

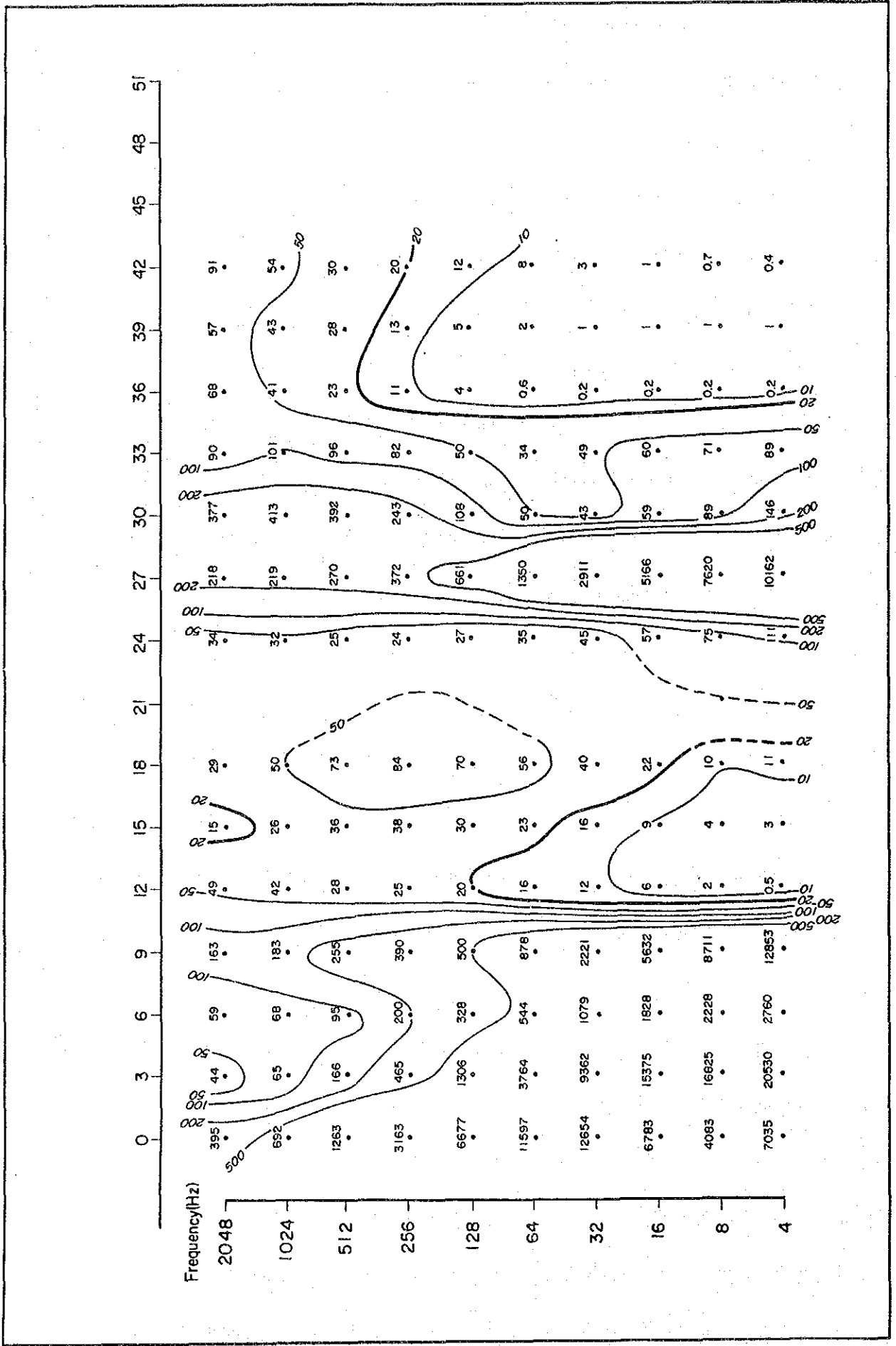


Fig. II-16 Section of Apparent Resistivity (Line D-7) unit: $\Omega\text{-m}$

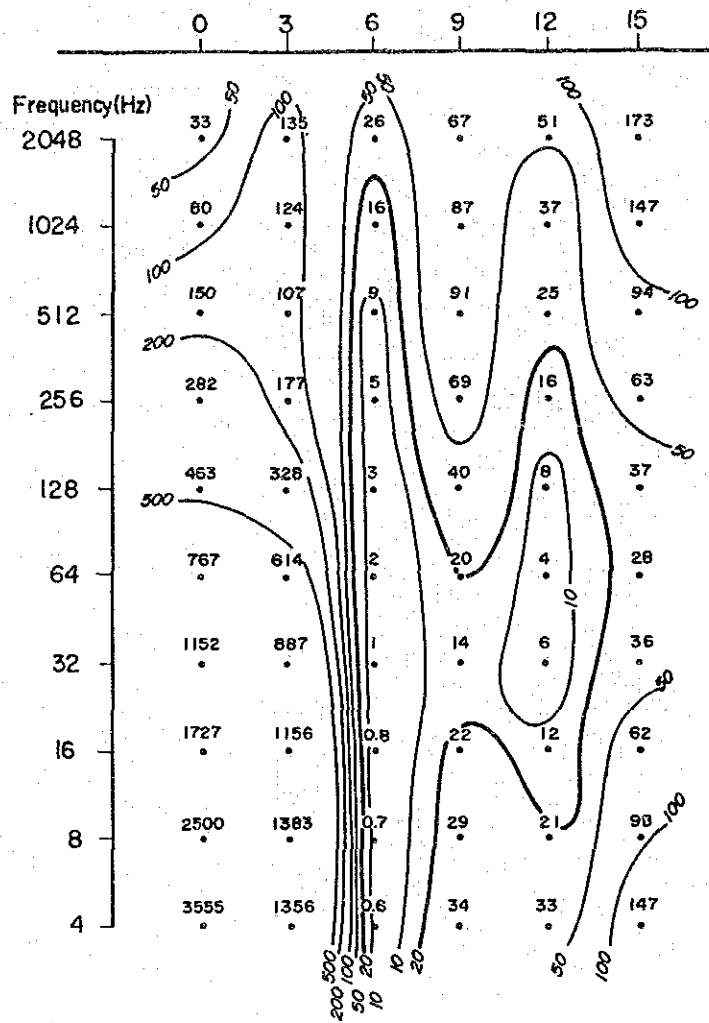


Fig. II-18 Section of Apparent Resistivity (Line D-37) unit: $\Omega\text{-m}$

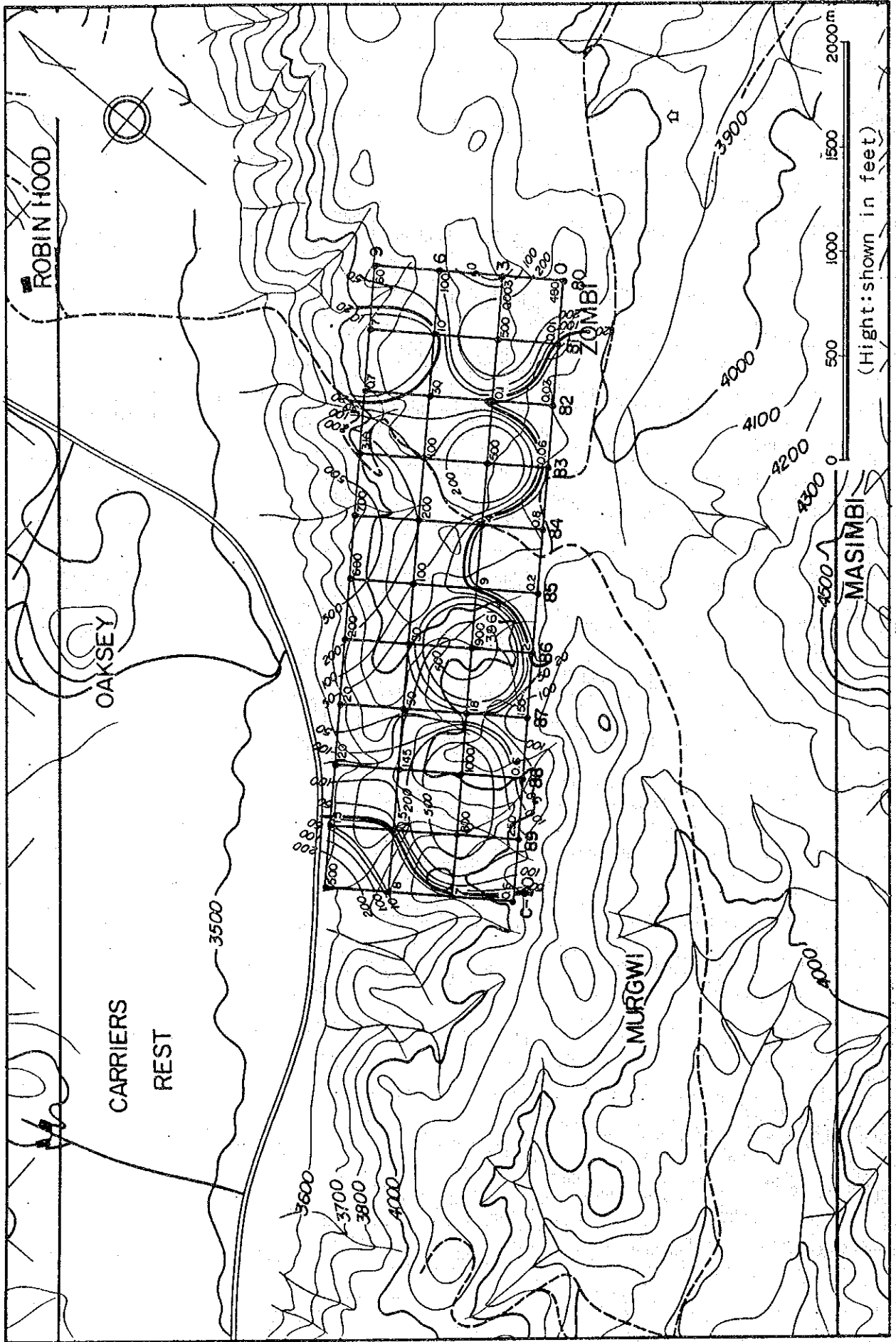


Fig. II-20 Plan of Resistivity Structure (Area C) unit: $\Omega\text{-m}$
 A representative level, below 125m from the surface

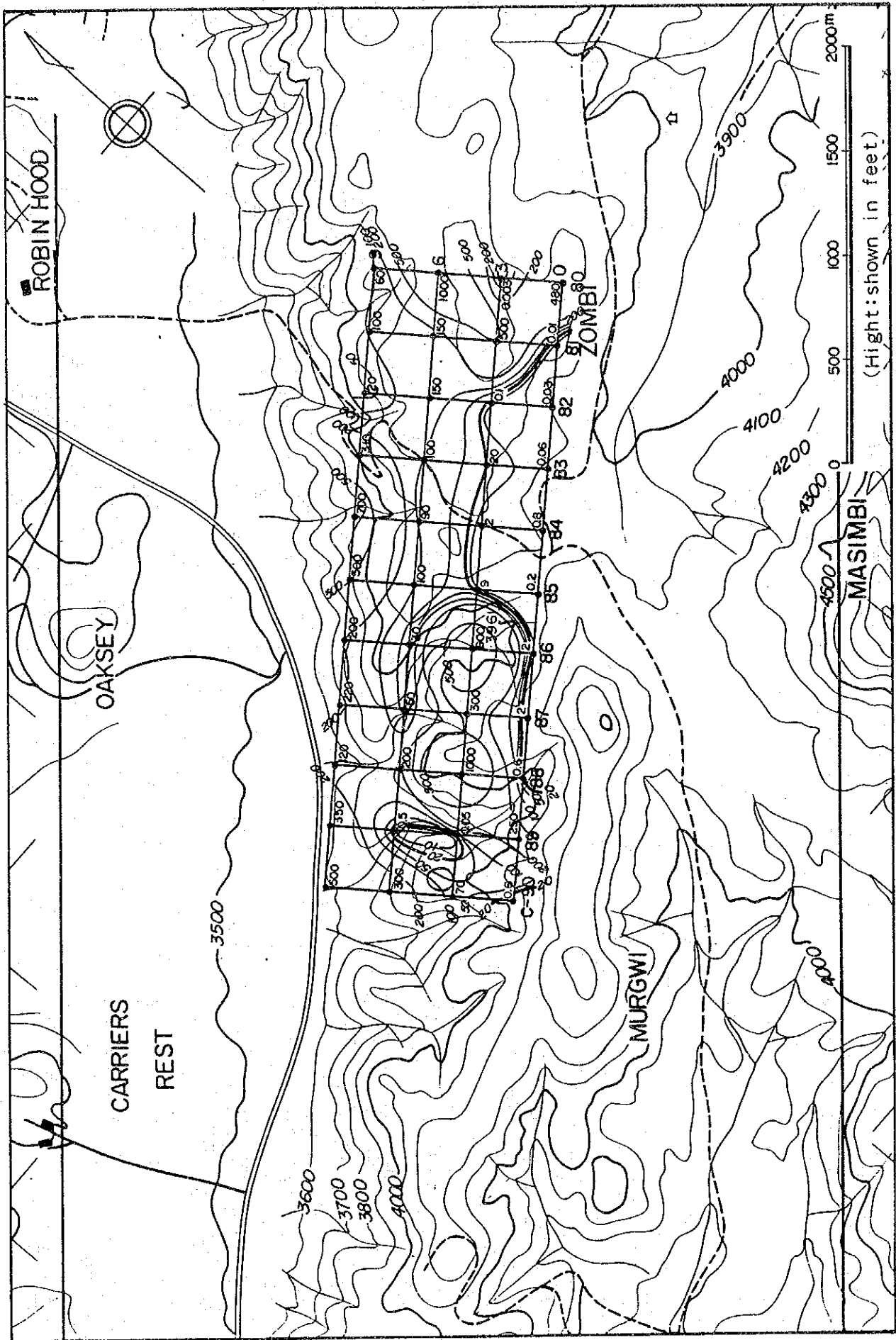


Fig. II-21 Plan of Resistivity Structure (Area C) unit: $\Omega\text{-m}$
 A representative level, below 325m from the surface

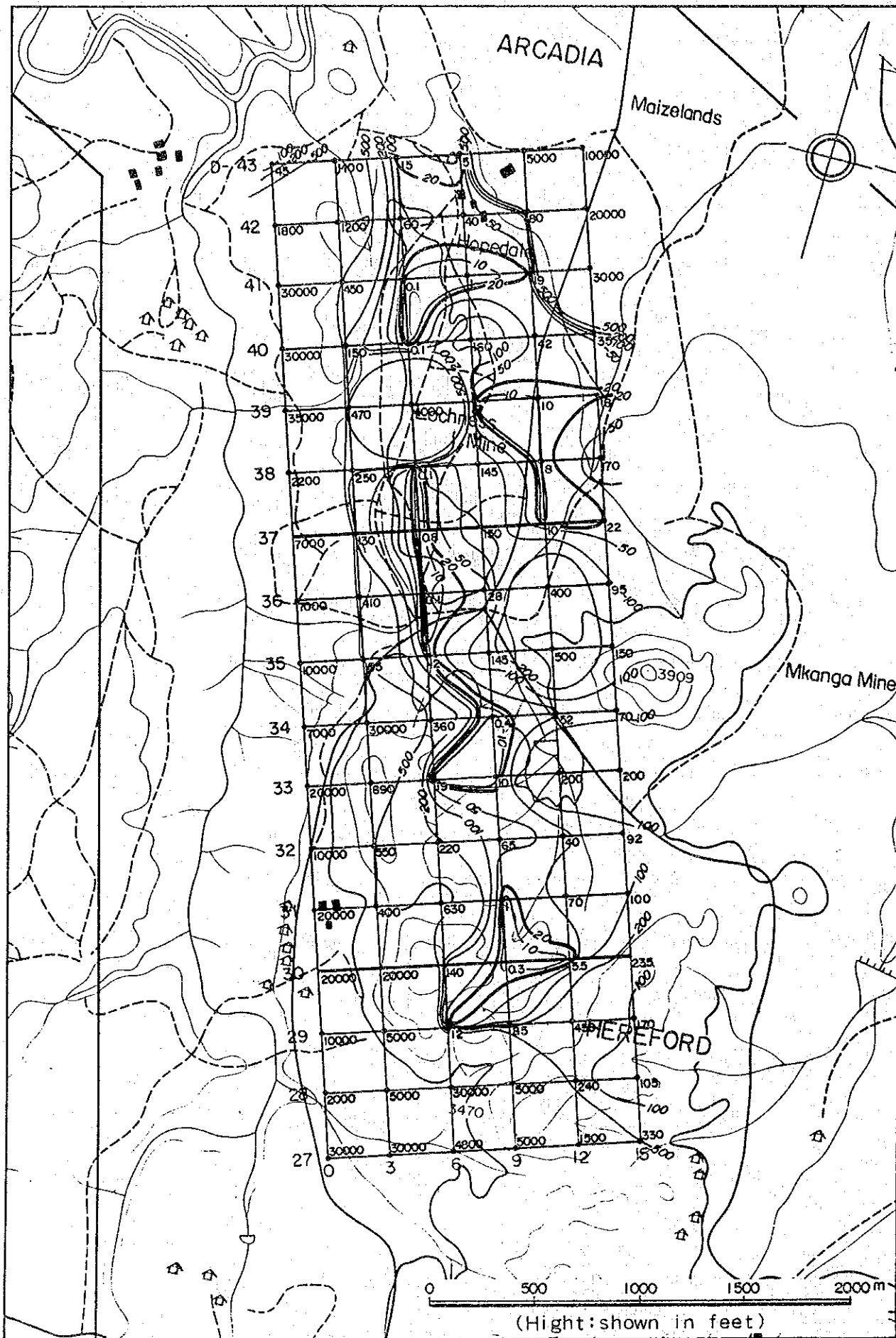


Fig. II-22 Plan of Resistivity Structure (Area DI) unit: $\Omega\text{-m}$
 A representative level, below 125m from the surface

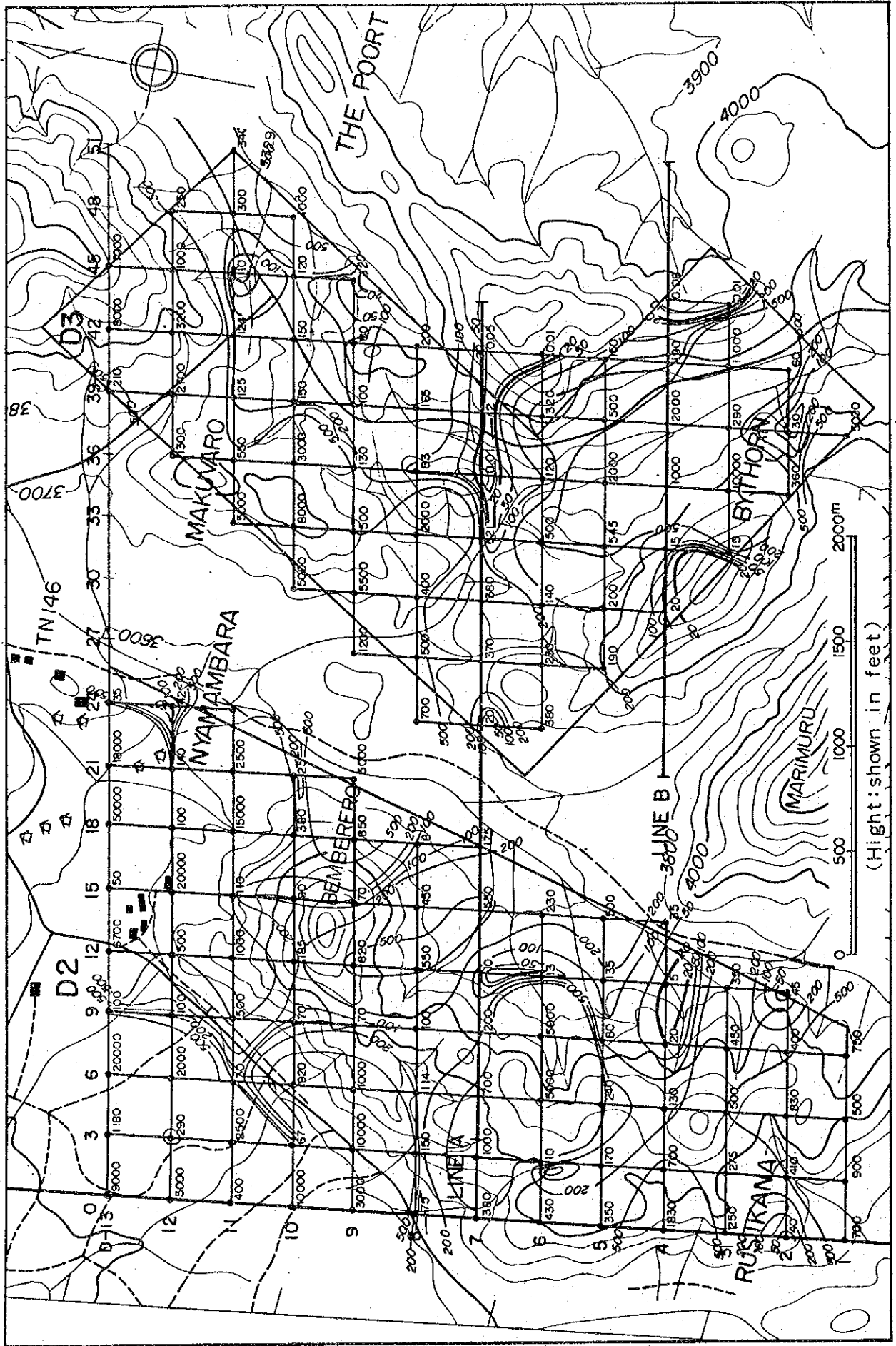


Fig. II-24 Plan of Resistivity Structure (Area D2, D3) unit: $\Omega\text{-m}$
 A representative level, below 125m from the surface

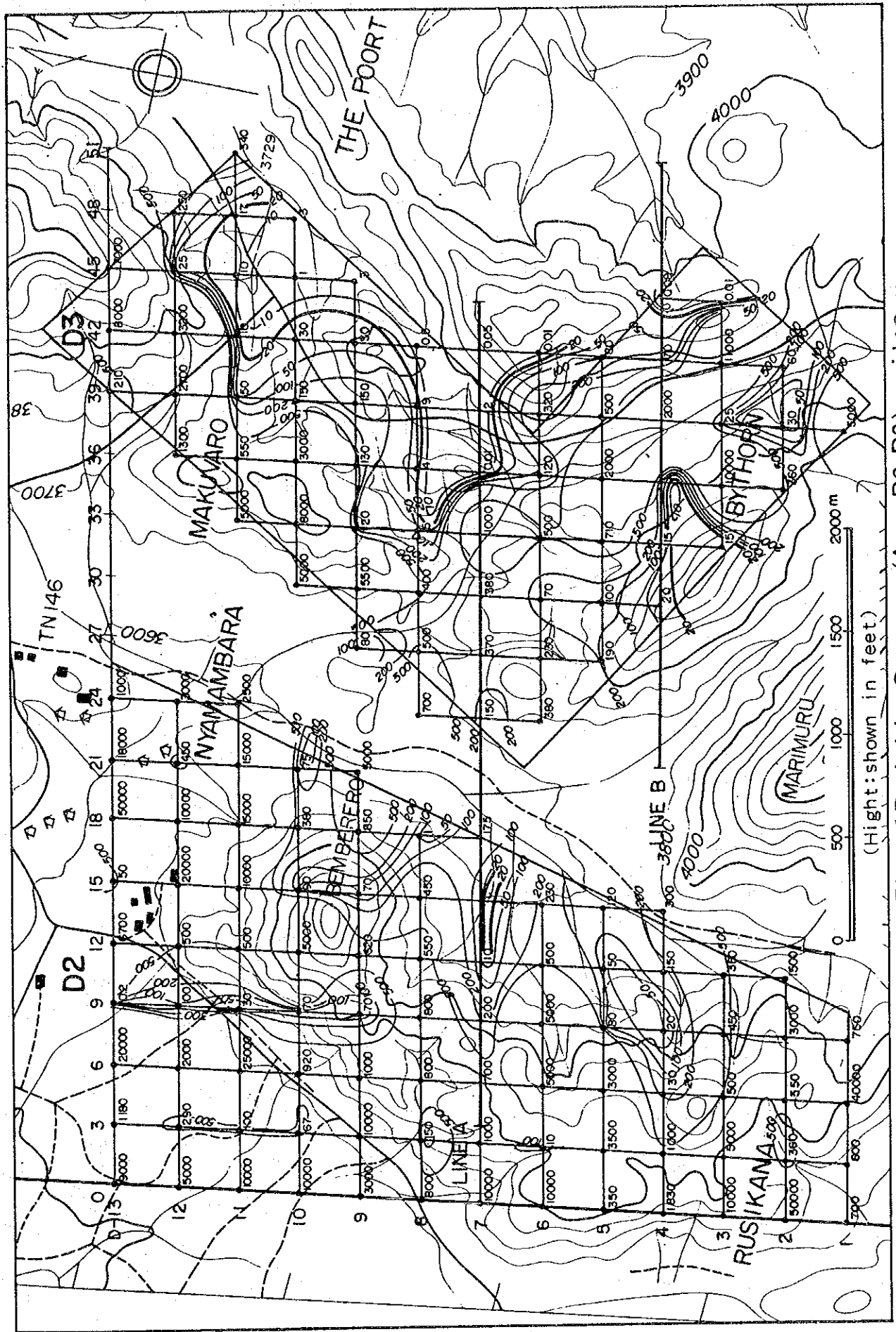


Fig. II-25 Plan of Resistivity Structure (Area D2, D3) unit: Ω -m
 A representative level, below 325m from the surface

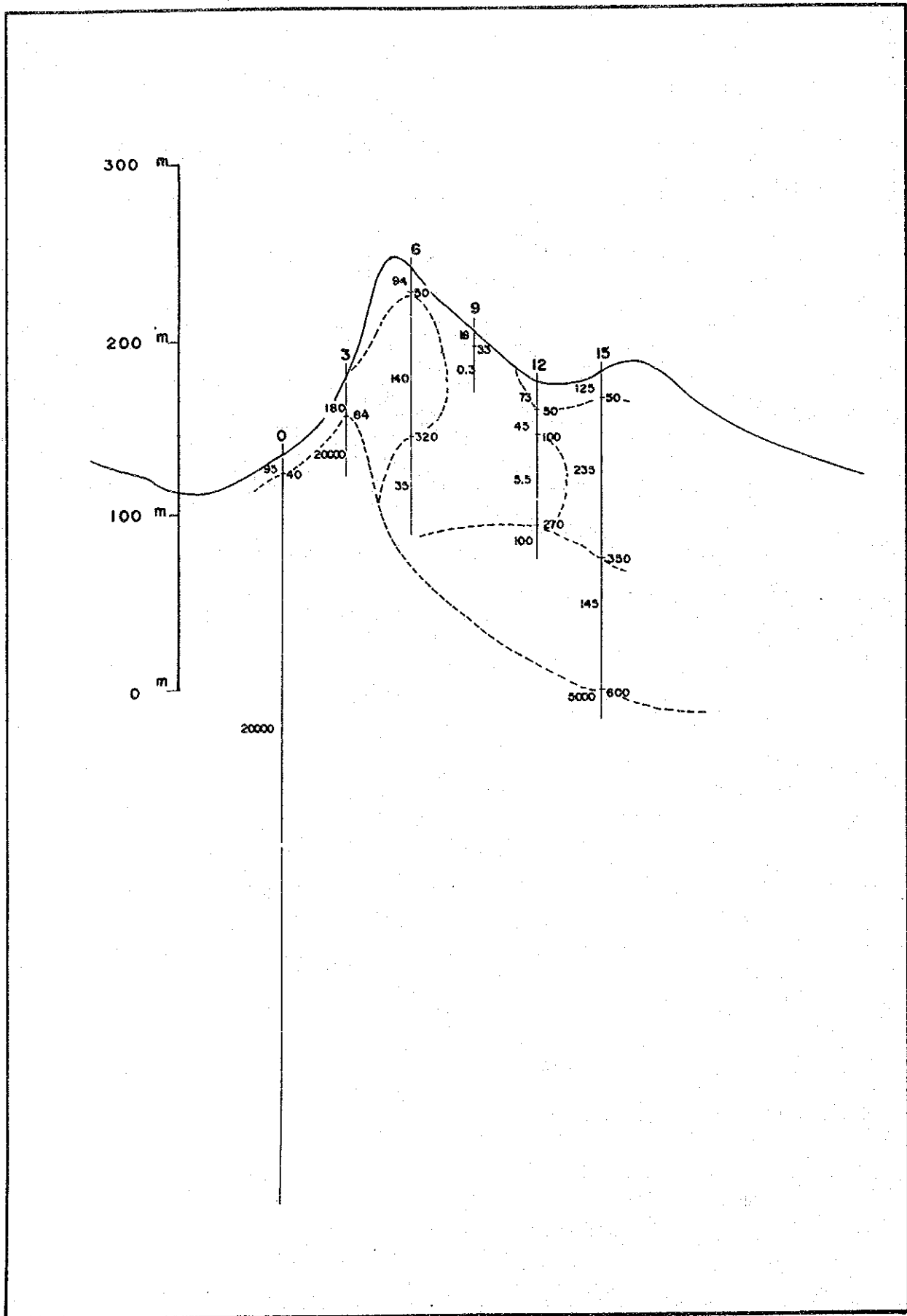


Fig. II-26 Section of Resistivity Structure (Line D-30) unit: Ω -m

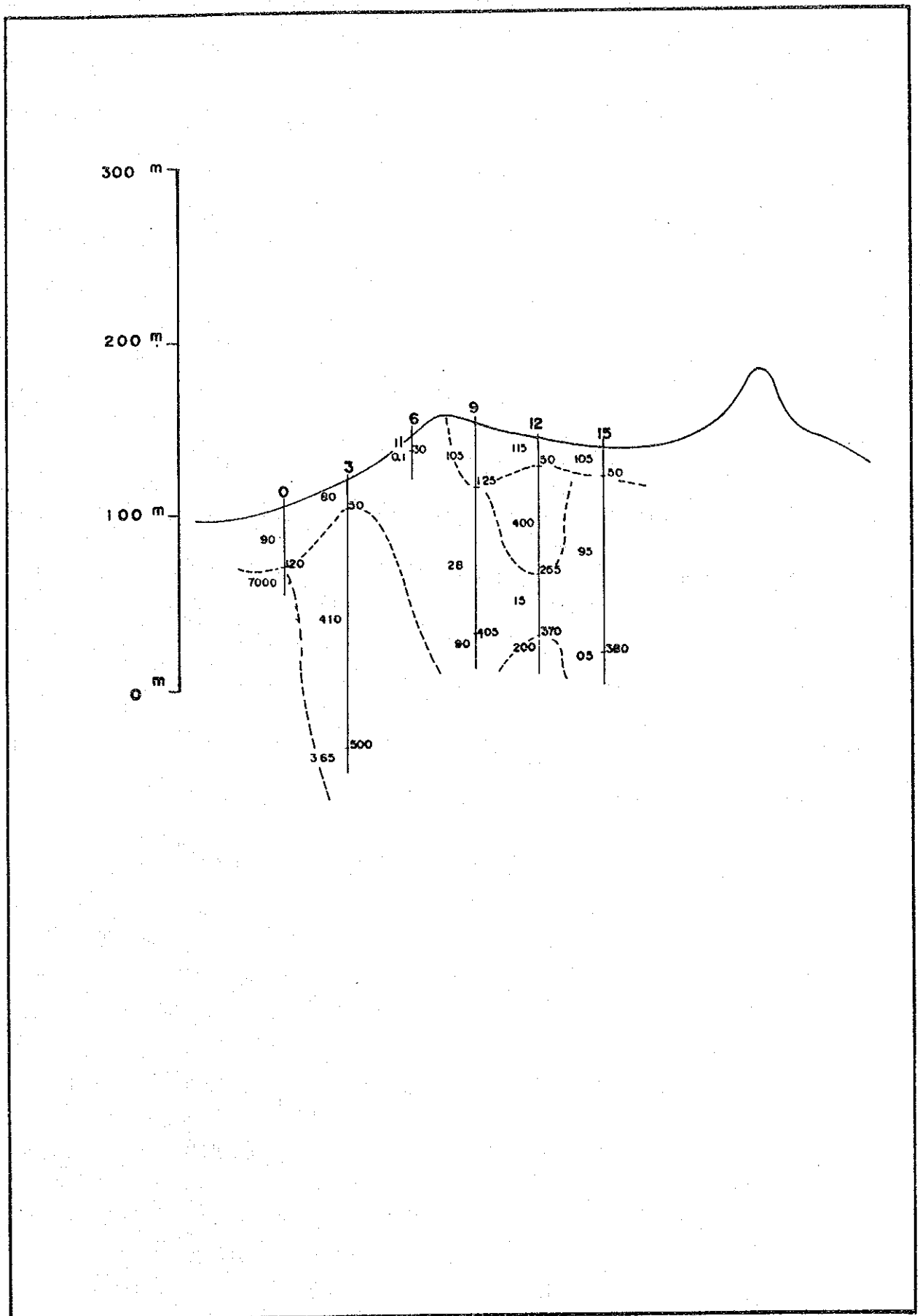


Fig. II-27 Section of Resistivity Structure (Line D-37) unit:Ω-m

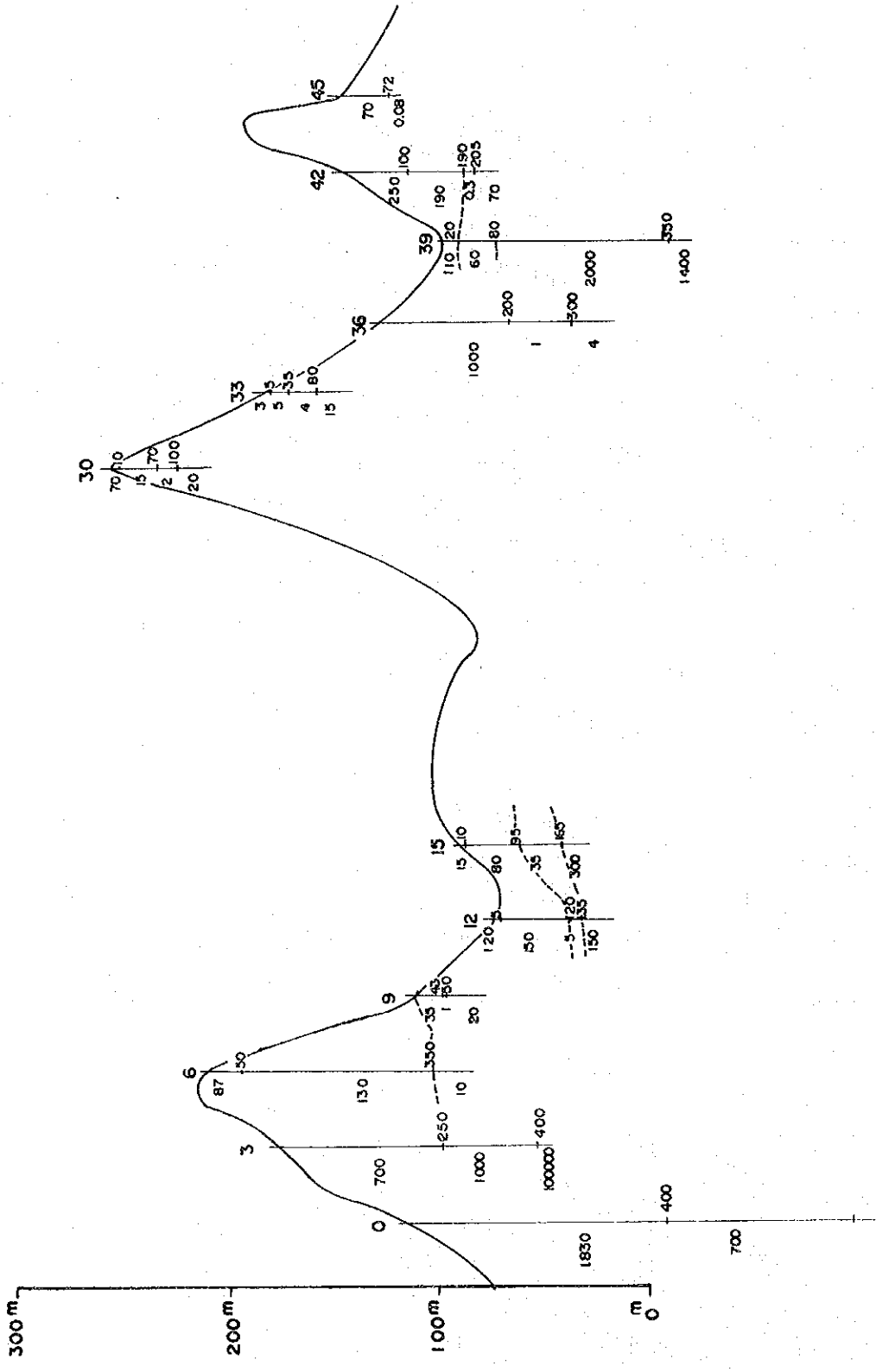


Fig. II -28 Section of Resistivity Structure (Line D-4) unit: Ω-m

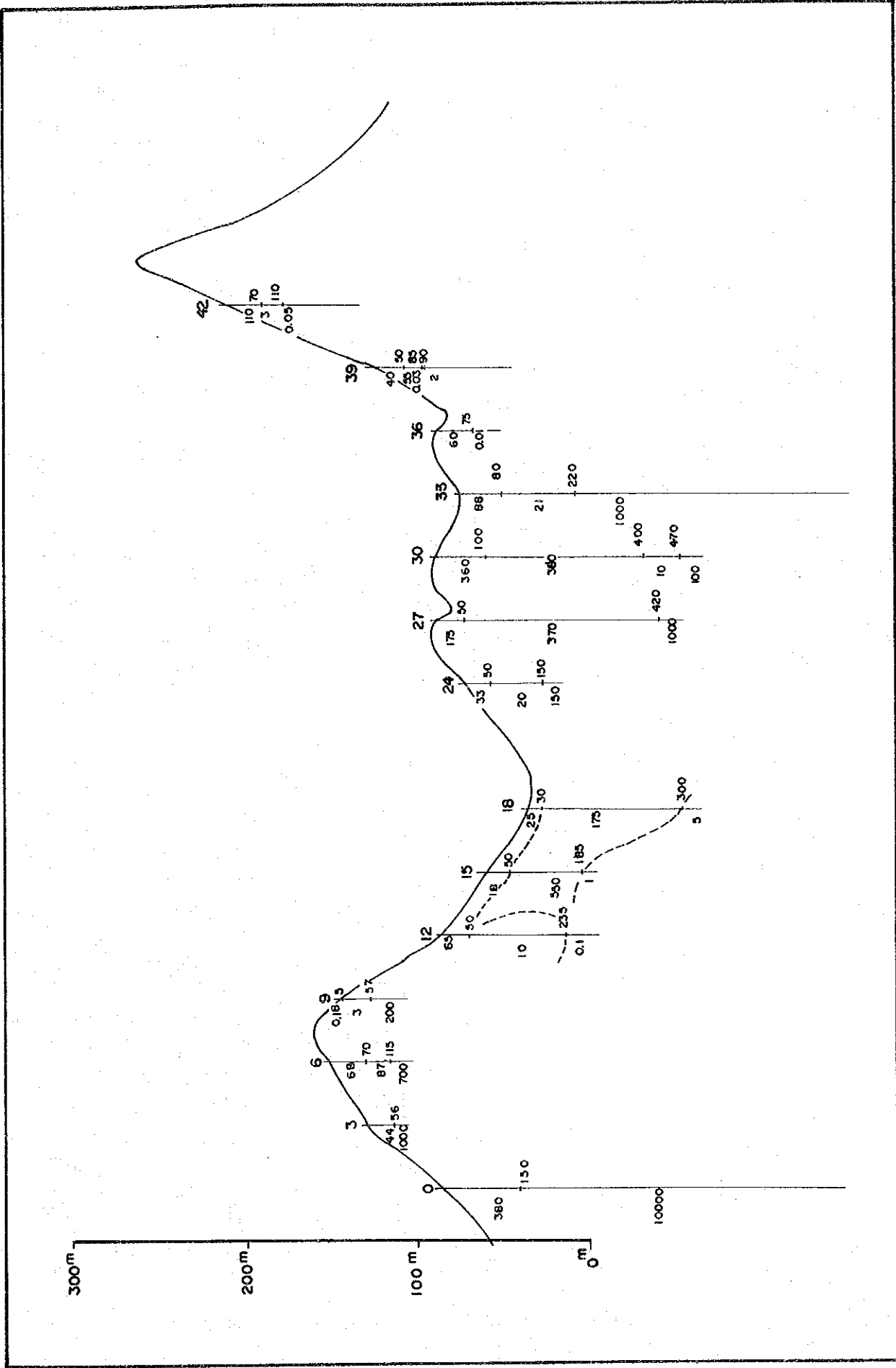


Fig. II-29 Section of Resistivity Structure (Line D-7) unit:Ω-m

第 3 章 S I P 法

3-1 調査方法

3-1-1 測定方法

S I P 法は、従来の周波数 I P 法が $0.1 \sim 5.0 \text{ Hz}$ の範囲の 2 つの周波数の変化による比抵抗と周波数効果を測定する方法であるのに対し、 $0.001 \sim 1,000 \text{ Hz}$ の周波数の広い範囲にわたって測定を行い、電位差 (Magnitude) と位相差 (Phase) を得る方法で、I P の応答の変化をスペクトル特性として捉えるものである。

本調査で採用した S I P 法の測定システムを Fig. II-30 に示す。

使用した周波数は $0.125 \sim 88 \text{ Hz}$ で、 0.125 、 1 、及び 8 Hz を基本波として送信し、この基本波の受信信号をフーリエ解析し、第 3 次、5 次、7 次、9 次、及び 11 次の高周波 (Harmonics) を計算して、上記の周波数領域の I P 応答を求めた。

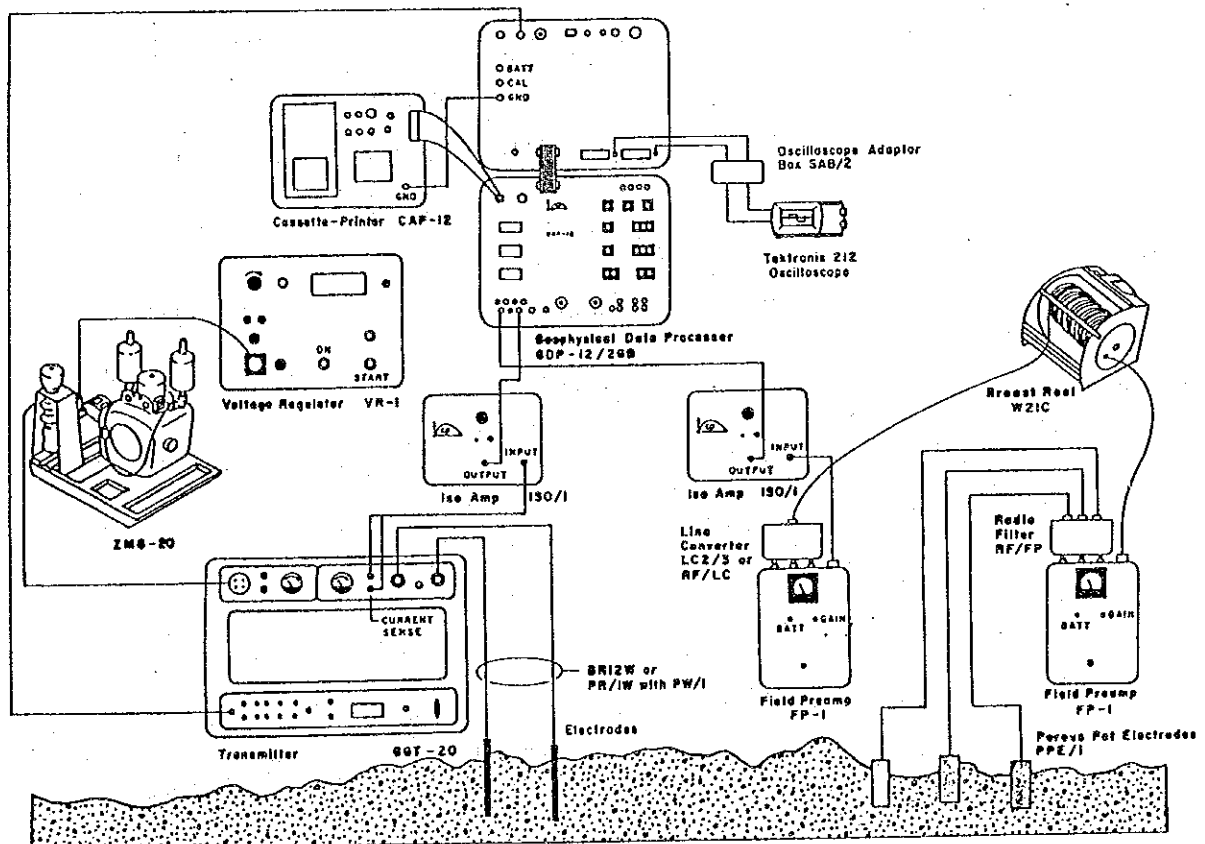


Fig. II-30 Block Diagram of Spectral IP Survey Instruments

電極配置は、ダイポール・ダイポール配置を採用した。

電位電極としては、素焼き電極に銅電極と飽和硫酸銅溶液を入れた非分極性電極を3個、Fig. II-31のように設置した。

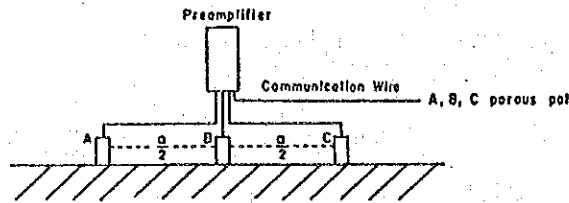


Fig. II-31 Layout of Potential Electrodes and Preamplifier

$a = 100\text{ m}$ で中点Bから50 mの等距離にA, Cを設けた。

前置増幅器の差動増幅機能によりノイズを除去するためにこの方法を採用した。

多周波数の電位差 (Magnitude) と位相差 (Phase) を測定するために送信信号と受信信号の同期をとる必要があり、送信電流による電磁カップリングを避けるために, communication wire を主測線と平行に25 m程度離して展開するようにした。

送信線は、複数の配線方式を採用した。

電流電極は、5～10本の鉄電極を使用した。

3-1-2 使用機器

調査に使用した測定装置、器材は Table II-5のとおりである。

Table II - 5 Spectral IP Survey Instruments

System	Equipment	Specification	Number
Transmitter System	Zonge Inc. Model GGT-20 Transmitter	Output Voltage: 400 ~ 800 V Output Current: 0.2 ~ 25 A	1
	Model ISO/1 Isolation Amplifier		2
	Model VR-1 Voltage Regulator		1
	Model 2MG-10 Engine-Generator	Max. Output Power: 10 KW Engine: 23 HP, 2 Cylinders Air-cooling	1
Receiver System	Model GDP-12 Receiver	Input Signal: 2 channels AMT Receiving Frequency: 0.5 ~ 2048 Hz Receiving Voltage Sensitivity: 0.2 μ V	1
	Model FP-12 Pre-amplifier		2
	Model CAP-12 Mini-Casset Recorder		1
	Techtronics Model 212 Oscilloscope		1
Electrode	Current Potential	Iron Rod: ϕ 16 mm, 80 cm Saturated Copper Sulphate - Non-Polarized Electrode	200
Wire		VSF \times 1.25 mm ² Vinyl covered CVV ₁ \times .35 mm ² Vinyl covered	1000 m 6000 m
Survey Equipment	Ushikata Pocket Compass		2
	Eslon Tape	100 m	2

3-1-3 測線設定

CSAMT法によって抽出された優勢な低比抵抗帯に対して、A測線4.0 km、B測線3.0 km、C測線1.5 km、D測線1.5 kmの4本のSIP測線が計画されたので、既にCSAMT法の場合に設定された測点からポケットコンパスと間縄を使用して100 m間隔の測点を設けた。

3-2 データ処理と解析方法

3-2-1 SIP法の基礎について

SIP法は、通常スペクトルIP法(Spectral IP method)と呼ばれ、従来のIP法を一層幅広く高度化したもので、IP効果の周波数による変化の様子を調べる方法である。

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

Fig. II-32はスペクトルIPの概念を示している。(a)は鉱石の模擬断面で、イオンの通路が金属鉱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)は周波数領域及び位相領域の場合の応答で、(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。

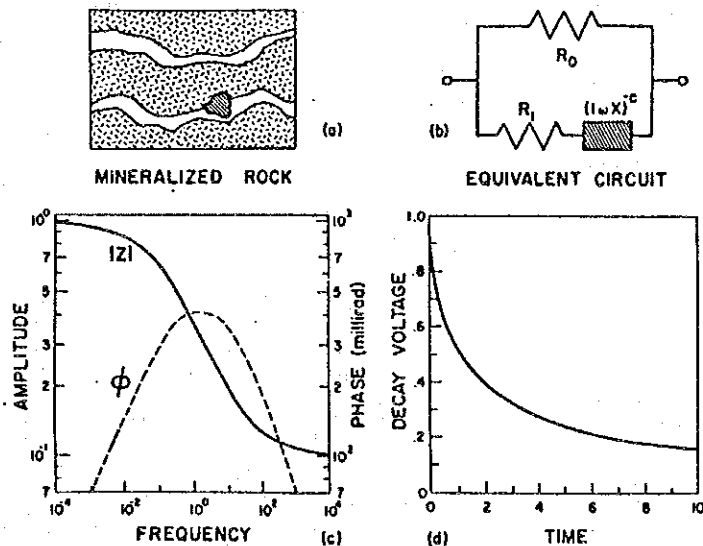


Fig. II-32 Concept of Spectral IP

同相 (In phase), 離相 (Out of phase) の概念を示したのが Fig. II-33 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。

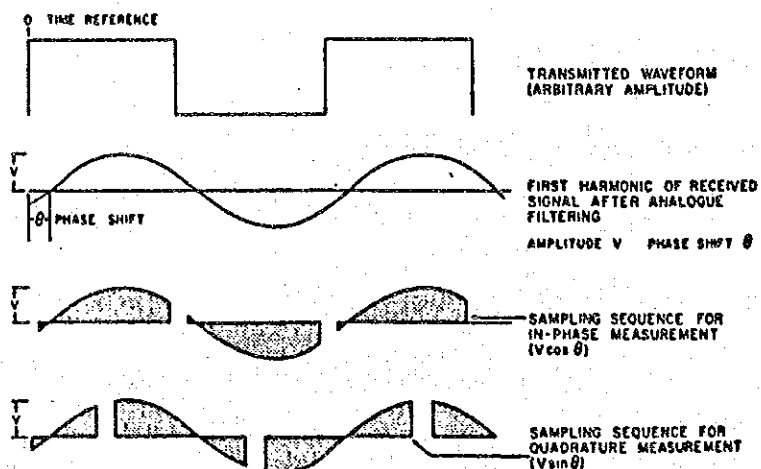


Fig. II-33 Transmitted Wave Form and Received Wave Form

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と位相角の関係を示したのが Fig. II-34 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。

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。チャージビリティも離相成分の方を測定した形になる。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。

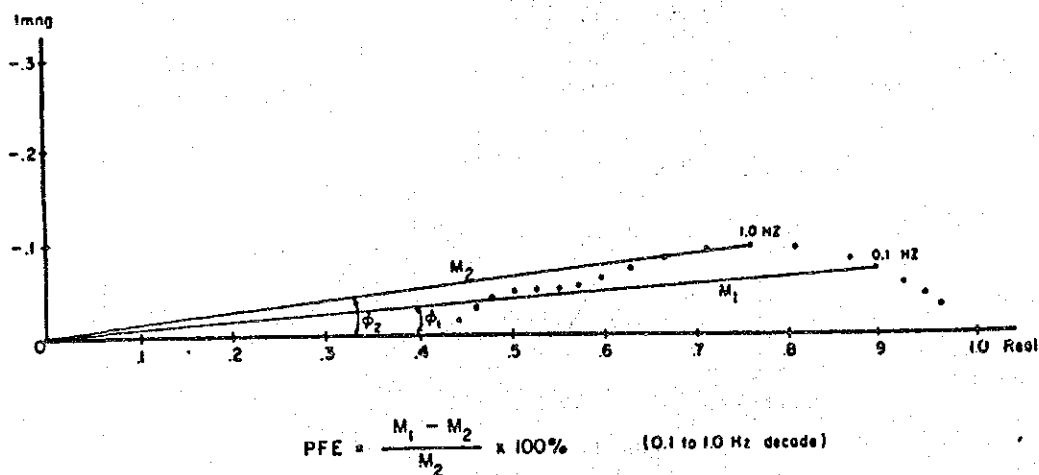


Fig. II-34 Relationship between Frequency Effect and Phase Angle

3-2-2 データ処理

測定は、0.125Hz, 1Hz, 及び8Hzの基本波の電流を送信し、各基本波に対応する受信電位波形をGDP-12/2GBに入力させる。GDP-12/2GBでは、送信及び受信波形に対してフーリエ解析を施して各基本波及びその高調波(3次, 5次, 7次, 9次及び11次の奇高調波)の計18周波数の実数部, 虚数部を計算するとともに、18周波数の電位差(Magnitude)と位相差を求めており、さらに各基本波の比抵抗値, スリーポイント・デカップル位相差及び周波数効果(PFE)を算出している。これらの値は、送信電流値, 送信波形に対する受信波形の誤差(SEM), 電流電極対・電位電極対の測点番号, 電極隔離係数(n)及び測定条件(ゲイン, ノッチフィルタの有無, スタッキング回数)などとともに、カセット・プリンタに印刷出力され、マイクロカセット磁気テープへ記録される。

データ・プロセッサの回路の特性変化を把握し、補正するために、現地調査では毎日の作業開始前に測定系のキャリブレーション(較正)を行っている。

各測定値から、このキャリブレーション値を除去することによって、大地からの応答のみとなる。

カセットプリンタの印刷出力から、各種擬似断面を作成し、位相差スペクトル, マグニチュード・スペクトル及びコール・コール図をプロッターで作成した。

3-2-3 物性測定結果

調査地域内で採取した計22個の鉍石, 岩石試料のIP物性を測定した。試料は地域内に分布する岩石の代表的なものを選び、同種の岩石でも変質の程度の異なるものなど、できるだけ多種にわたるようにした。また、地域もD3, D2, D1, Cの各地区から万遍なく採るよう心掛けた。

測定法のダイアグラムをFig. II-35に示し、測定結果をTable II-6に示す。

また、位相差, マグニチュードスペクトル及びコール・コール図をFig. II-36に示す。これらをまとめると以下のとおりである。

鉍石は低比抵抗, 高IPを示す。蛇紋岩, 凝灰岩, 縞状鉄岩はやや低比抵抗を示すがIP値は高くない。貫入岩類は高比抵抗を示し, IP値は高くない。

鉍石については位相差が4Hz付近に約-800mradのピークを持ち, 比抵抗値は, 周波数が増すにつれて0.125Hzの59Ω-mから88Hzの45Ω-mまで低下しており, 岩石と比較するとスペクトル特性の明瞭な差が認められる。

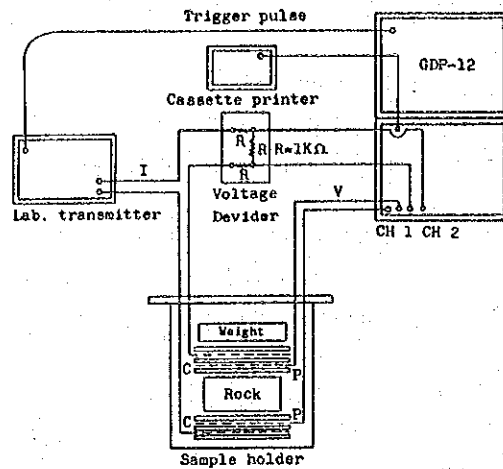


Fig. II - 35 Block Diagram of Laboratory Measurement

3-2-4 解析方法

測定データから下記の平面図，断面図及びスペクトル図を作成し，スペクトルIP異常の解析を実施した。それぞれについて概略を述べる。

(1) 見掛比抵抗平面図及び断面図 (0.125 Hz)

(2) P F E平面図及び断面図 (0.125 Hz)

従来のIP法と同様に擬似断面図上に表示され，通常の解析法が適用できる。

(3) 位相差断面図 (各周波数)

プリンター結果から直接得られ，擬似断面図上に表示する。

(4) マグニチュードスペクトル図

これは見掛比抵抗に比例した電位データの変化を表示したもので，データは最低周波数 (0.125 Hz) の電位で規格化を行ない，両対数表示を用いて横軸に周波数，縦軸に規格化された値をプロットする。

(5) 位相差スペクトル図

これは各周波数ごとの送受信機間における位相差データを表わすもので，両対数表示を用いて横軸に周波数，縦軸に位相差をプロットする。

(6) コール・コール図

測定によって求められる周波数の変化に対応したマグニチュード及び位相差データを1つの平面上 (複素平面上) に表示したもので，上述した(4)と(5)のデータが同時に把握できる利点がある。

横軸に実数成分 (Real component)，縦軸に虚数成分 (Imaginary component) をプロットする。各周波数ごとのマグニチュードをM，位相差をφとすれば

$$Rc (実数成分) = M \cos \phi$$

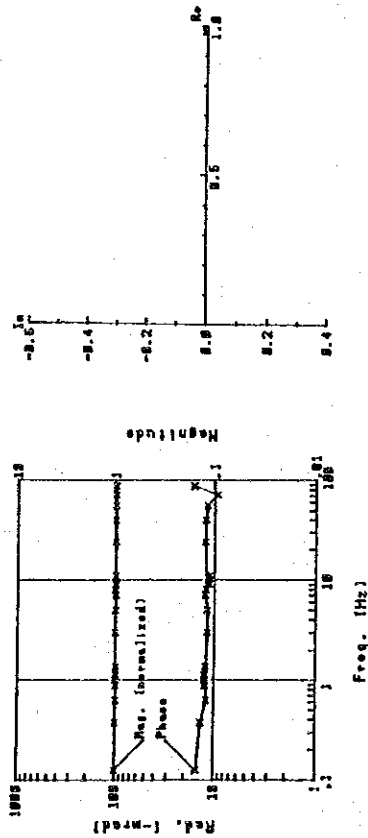
$$Im (虚数成分) = M \sin \phi$$

で求められる。(Table II - 7)

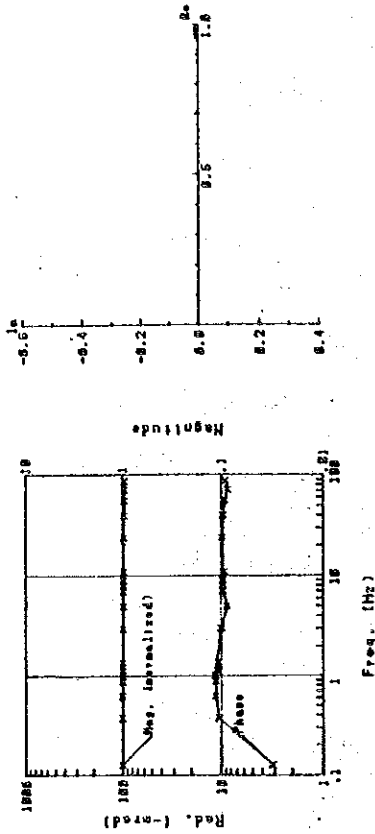
Table II-6 IP Properties of Ore and Rock Sample

No.	Sample No.	Resistivity 0.125Hz(Ω -m)	Raw Phase 0.125Hz(-mrad)	3ptDecoupled (-mrad)	P.F.E. (%)	Rock name	Sample Locality
1	1	792	3.08	-0.43	1.04	Banded Ironstone, cherty part	D-3
2	2	1111	15.0	15.7	1.84	Banded Ironstone, iron-rich part	D-3
3	3	1531	11.1	10.5	1.54	Banded Ironstone, hard cherty part	D-3
4	5	3028	11.0	11.1	1.45	Serpentinite, strong	D-3
5	9	1214	6.95	4.48	1.35	Serpentinite, weak	D-3
6	10	17011	14.0	12.70	2.07	Pyroxene Andesite, (komatiite ?)	D-3
7	12	2768	7.53	6.79	1.14	Dolerite	D-3
8	13	2571	11.33	9.02	1.91	Chert, (sandstone ?)	D-3
9	14	2078	10.1	9.73	1.43	Granite	D-3
10	15	8989	10.1	8.95	1.59	Gabbro	D-3
11	16	4072	5.13	4.37	0.86	Andesite	D-3
12	18	1707	9.52	8.78	1.39	Andesite, weak serpentinized	D-2
13	19	3671	3.74	3.66	0.61	Pegmatitic Granite	D-2
14	20	611	13.35	16.0	1.25	Serpentinite	D-1
15	27	498	5.77	2.91	1.34	Acidic tuff	D-1
16	28	173	3.11	-3.01	1.58	Serpentinite	D-1
17	21	9864	3.70	3.12	0.61	Basalt	C
18	22	8691	7.13	5.75	1.06	Dolerite	C
19	23	8642	5.68	5.14	0.84	Porphyrite	C
20	24	21760	4.30	3.74	0.66	Basalt, weak serpentinized	C
21	30	14040	4.41	4.40	0.63	Komatiite	C
22	31	59	54.01	457.7	138.4	Ni-Cu Ore	Trojan

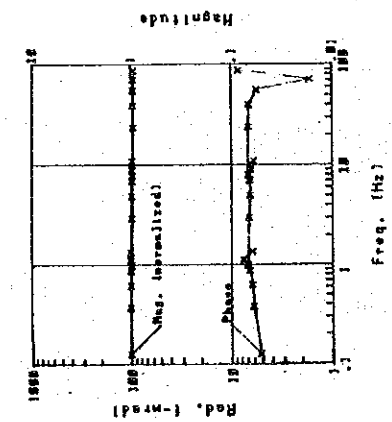
NO. 2 (Banded Ironstone) NO. 2 Cole-Cole Diagram



NO. 28 (Serpentinite) NO. 28 Cole-Cole Diagram



NO. 16 (Andesite) NO. 16 Cole-Cole Diagram



NO. 31 (Ni-Cu Ore) NO. 31 Cole-Cole Diagram

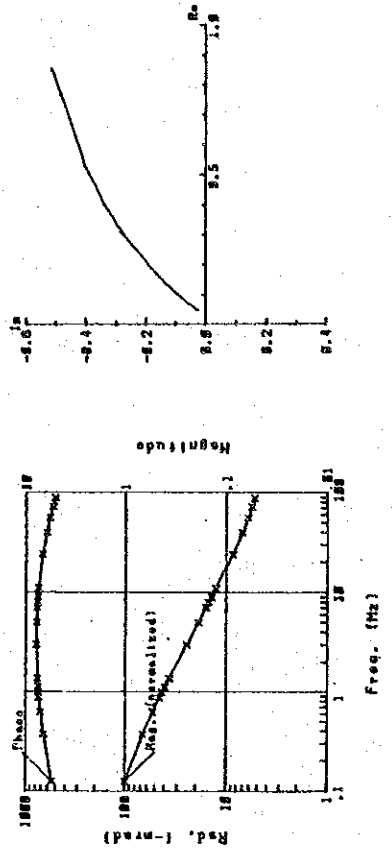


Fig. II-36 Phase Spectral of Rocks Samples

Table II-7 Calculation of Real Part, Imaginery Part

Hz	Rate of Magnitude	Normalize	Phase difference		Real	Imaginery
0.125	$M_1/M_2 = M_4$	$M_4/M_4 = N (=1)$	ϕ_4	$N_4 \cos \phi_4$		$N_4 \sin \phi_4$
0.375	" = M_5	$M_5/M_4 = N$	ϕ_5	$N_5 \cos \phi_5$		$N_5 \sin \phi_5$
0.625	" = M_6	$M_6/M_4 = N$	ϕ_6	$N_6 \cos \phi_6$		$N_6 \sin \phi_6$
0.875	" = M_7	$M_7/M_4 = N$	ϕ_7	$N_7 \cos \phi_7$		$N_7 \sin \phi_7$
1	" = M_8	$M_8/M_4 = N$	ϕ_8	$N_8 \cos \phi_8$		$N_8 \sin \phi_8$
1.125	" = M_9	$M_9/M_4 = N$	ϕ_9	$N_9 \cos \phi_9$		$N_9 \sin \phi_9$
1.375	" = M_{10}	$M_{10}/M_4 = N$	ϕ_{10}	$N_{10} \cos \phi_{10}$		$N_{10} \sin \phi_{10}$
3	" = M_{11}	$M_{11}/M_4 = N$	ϕ_{11}	$N_{11} \cos \phi_{11}$		$N_{11} \sin \phi_{11}$
5	" = M_{12}	$M_{12}/M_4 = N$	ϕ_{12}	$N_{12} \cos \phi_{12}$		$N_{12} \sin \phi_{12}$
7	" = M_{13}	$M_{13}/M_4 = N$	ϕ_{13}	$N_{13} \cos \phi_{13}$		$N_{13} \sin \phi_{13}$
8	" = M_{14}	$M_{14}/M_4 = N$	ϕ_{14}	$N_{14} \cos \phi_{14}$		$N_{14} \sin \phi_{14}$
9	" = M_{15}	$M_{15}/M_4 = N$	ϕ_{15}	$N_{15} \cos \phi_{15}$		$N_{15} \sin \phi_{15}$
11	" = M_{16}	$M_{16}/M_4 = N$	ϕ_{16}	$N_{16} \cos \phi_{16}$		$N_{16} \sin \phi_{16}$
24	" = M_{17}	$M_{17}/M_4 = N$	ϕ_{17}	$N_{17} \cos \phi_{17}$		$N_{17} \sin \phi_{17}$
40	" = M_{18}	$M_{18}/M_4 = N$	ϕ_{18}	$N_{18} \cos \phi_{18}$		$N_{18} \sin \phi_{18}$
56	" = M_{19}	$M_{19}/M_4 = N$	ϕ_{19}	$N_{19} \cos \phi_{19}$		$N_{19} \sin \phi_{19}$
72	" = M_{20}	$M_{20}/M_4 = N$	ϕ_{20}	$N_{20} \cos \phi_{20}$		$N_{20} \sin \phi_{20}$
88	" = M_{21}	$M_{21}/M_4 = N$	ϕ_{21}	$N_{21} \cos \phi_{21}$		$N_{21} \sin \phi_{21}$

(7) スリーポイント・デカップル位相差図

0.125Hz, 0.375Hz, 及び0.625Hzの位相差を利用して計算した近似的な直流における位相差である。周波数(f)と位相差(ϕ)の間に二次関数($\phi = a \cdot f^2 + b \cdot f + c$)の関係が成立するものと仮定している。

上式で、cが直流に極めて近い周波数における位相差、すなわちスリーポイント・デカップル位相差である。

0.125Hz, 0.375Hz, 及び0.625Hzの位相差をそれぞれ $\phi_{0.125}$, $\phi_{0.375}$ および $\phi_{0.625}$ とすると、cは次式で与えられる。

$$c = \frac{15}{8} \phi_{0.125} - \frac{10}{8} \phi_{0.375} + \frac{3}{8} \phi_{0.625}$$

3-3 調査結果と考察

3-3-1 調査結果

前述した解析方法により求めた結果に基づいて、A~Dの各測線ごとにおける全般的な傾向(見掛比抵抗, PFE, 位相差等)について述べ、本調査で特に抽出された異常帯については考察の項で後述する。

(1) A 測線

本測線の見掛比抵抗は、測点8~10下部($n=2\sim5$), 測点21~22下部($n=2\sim3$)及び測点31以東下部($n=2\sim5$)において、 $10\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗帯の存在が推定され、特に測点34~37下部($n=4\sim5$)では $1\Omega\text{-m}$ 前後の非常に低い比抵抗値を示す。また、測点9以西、測点11~20下部($n=2\sim5$)及び測点23~29($n=1\sim5$)では、 $100\Omega\text{-m}$ 以上の高比抵抗帯の存在が推定される。

上記3箇所における低比抵抗帯上では、5%以上の高PFE値が認められるとともに、位相差のスペクトル特性から比抵抗コントラストの強い地下構造を反映したと考えられるネガティブカップリング現象が捕捉された。この異常帯を特に第I型異常帯として後で考察する。なお、3ポイントデカップル位相差については、本地区においてネガティブカップリングが卓越しており、この手法によるデカップリングは困難であると判断されるため、本報告書では述べないこととした。また、上記高比抵抗帯上では、2%以下の低PFE値が認められるとともに、位相差のスペクトル特性は周波数の増加に従い、ほぼ 45° の傾きを持つ直線で示される。これは通常の電磁カップリング現象を表わしており、ほとんどIP効果はないと考えられる。

さらに、測点23.5下($n=3$)東傾斜及び測点29.5下($n=1$)西傾斜のゾーンで

は、数Hz以下の周波数帯における位相差スペクトル特性は周波数の増加に従い、ほぼ一定あるいはやや右下りの傾向を示す。この異常帯を特に第Ⅱ型異常帯として後で考察する。

(Fig. II-35-1~Fig. II-35-3, Fig. II-39-1・2)

(2) B 測線

本測線の見掛比抵抗は、測線全域 ($n=3\sim 5$) において低い値を示すが、特に測点30~32下部 ($n=1\sim 5$)、測点35~38下部 ($n=3\sim 5$) 及び測点42以東 ($n=3\sim 5$) において $10\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗帯の存在が推定される。

上記3箇所における低比抵抗帯上では、5%以上の高PFE値が認められる。

また、位相差のスペクトル特性は、測点32以西 ($n=1\sim 2$)、測点39~41下部 ($n=1\sim 3$) 及び測点44以東 ($n=1\sim 2$) において、周波数の増加に従い、ほぼ一定あるいはやや右下りの傾向を示しており、これを第Ⅱ型異常帯として後で考察する。

また、上記3箇所を除いたほぼ全域においては、ネガティブカップリング現象が認められる。この異常帯を第Ⅰ型異常帯として後で考察する。

(Fig. II-36-1~Fig. II-36-3, Fig. II-40-1~2)

(3) C 測線

本測線の見掛比抵抗は、測点4~7下部 ($n=2\sim 5$) において $10\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗帯の存在が推定される。

また、測点5以西 ($n=1\sim 3$)、測点7以東 ($n=1\sim 3$) では、 $100\Omega\text{-m}$ 以上の高比抵抗帯の存在が推定される。

上記の低比抵抗帯上では、5%以上の高PFE値が認められるとともに、位相差のスペクトル特性は、ネガティブカップリング現象を示す。この異常帯を第Ⅰ型異常帯として後で考察する。

また、上記高比抵抗帯上では、位相差のスペクトル特性は、周波数の増加に従い、ほぼ45°の傾きを持ち、通常の電磁カップリング現象を表わしており、ほとんどIP効果はないと考えられる。

なお、測点6.5下 ($n=1\sim 4$) 東傾斜のゾーンでは、低周波数帯における位相差スペクトル特性が、周波数の増加に従ってほぼ一定あるいはやや右下りの傾向を示す。この異常帯を第Ⅱ型異常帯として後で考察する。

(Fig. II-37-1~Fig. II-37-3, Fig. II-41-1~2)

(4) D 測線

本測線の見掛比抵抗は、測点7~10下部 ($n=2\sim 5$) において、 $10\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗帯の存在が推定され、特に $n=2\sim 3$ において、 $1\Omega\text{-m}$ 以下の非常に低い比抵抗を示す。

本年次のSIP法調査は、CSAMT法により抽出された低比抵抗帯について、IP効果の有無及びスペクトル特性の把握を目的として、A～Dの4測線、測線長10km、300測点を実施した。調査地域内で採取した計22個の鉱石、岩石試料の物性を測定した。これらの物性測定の結果、鉱石中の硫化鉱物の含有量が大きければ、強いスペクトルIP異常を生じることが判明した。測定されたスペクトルIPデータから、第I型、第II型の2つの異常帯を抽出した。以下に各異常帯の特徴について考察する。

3-3-2 考 察

本年次のSIP法調査により、IP効果の強い第I、第IIの2つの型の異常帯を抽出した。以下に各異常帯の特徴について述べる。

(1) 第I型異常帯

前述したように、この異常帯上ではネガティブカップリング現象が卓越しており、一般にこの現象は、比抵抗構造の不均質性を反映するものである。特に高比抵抗構造中に局部的に低比抵抗帯が存在する場合に現われる現象であり、本地区の調査結果と一致する。

A測線の測点31以東は広範囲にネガティブカップリングが認められるが、測点21.5下部では、ハの字型の特性が現われている。

また、B測線では、測点32以西($n=1\sim 2$)、測点39～41下部($n=1\sim 3$)及び測点44以東($n=1\sim 2$)を除いてほぼ全域にわたりネガティブカップリングが認められる。したがって、A、B測線で捕捉された上記異常帯は、スペクトル特性が類似していることから、非常に電導性の良い同質の地質に起因するものと推定される。

なお、C測線では、測点5.5下部($n=1\sim 5$)、D測線では、測点8下部($n=1\sim 5$)にネガティブカップリングが認められ、ともに、ハの字型の特性が現われており、スペクトル特性が類似していることから、非常に電導性の良い同質の地質に起因するものと推定される。

(2) 第II型異常帯

この異常帯上では、数Hz以下の周波数帯における位相差のスペクトル特性が周波数の増加に従い、ほぼ一定あるいはやや右下りの傾向を持つことによって特徴づけられる。

このようなスペクトル特性は、一般に強いIP効果を示すものである。A測線では、測点23.5下($n=3$)東傾斜及び測点29.5下($n=1$)西傾斜のゾーンに、この第II型異常帯が認められる。

B測線では、測点32以西($n=1\sim 2$)、測点39～41下部($n=1\sim 3$)及び測点44以東($n=1\sim 2$)において、この第II型異常帯が認められる。

上記異常帯はともに、第I型異常帯の周辺部に位置していることから、第I型異常帯

への移行段階にある岩体に起因するものと推定される。

C, D測線においても、各測線において検出された第Ⅰ型異常帯の周辺部に、この第Ⅱ型異常帯が認められる。

以上、各異常帯の特徴について述べたが、これらの異常帯と見掛比抵抗について地質状況を加味して以下に述べる。

A 測線

見掛比抵抗分布は、測点8～10下部、測点21～22下部、及び測点31以東下部において、 $10\Omega\text{-m}$ 以下の著しい低比抵抗帯が認められる。

測点8～10下部は、蛇紋岩と縞状鉄岩の接触部にあたる。

なお、本地域の鉍床胚胎モデルであるTrojan鉍床が両層の境界部に賦存することから、上記の3箇所の低比抵抗帯に鉍化帯の存在が期待される。測点31～42下部は、縞状鉄岩に対比される。

B 測線

測点30～32下部、測点35～38下部及び測点42以東下部において、 $10\Omega\text{-m}$ 以下の著しい低比抵抗帯が認められる。

測点30～32下部、測点35～38下部は、縞状鉄岩に対比される。測点42以東下部は、縞状鉄岩と堆積岩の境界部にあたる。

C 測線

見掛比抵抗分布は、測点4～7下部において、 $10\Omega\text{-m}$ 以下の著しい低比抵抗帯が認められる。蛇紋岩中の鉍化帯、もしくはペグマタイトの貫入による鉍化帯の存在が期待される。

D 測線

見掛比抵抗分布は、測点7～10下部において、 $10\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗帯が認められる。蛇紋岩中の鉍化帯、もしくはペグマタイトの貫入による鉍化帯の存在が期待される。

(参考資料) Trojan SIP 法試験

本地域の鉱床胚胎モデルであるTrojan 鉱床上においてSIP法の測定試験を実施した。本鉱床上のA測線の結果をFig. II-37, 38に示す。

今回の試験結果では、位相差のスペクトル特性において比抵抗コントラストの強い地下構造を反映しているネガティブカップリング現象が捕捉された。前述のとおりこの異常帯を第1型異常帯と称した。この異常帯は非常に電導性の良い地層に起因するものと推定され、Trojan 鉱床を含む一連の鉱化帯を反映しているものと考えられる。

擬似断面は、見掛比抵抗においては非常に低い値を示し、周波数効果では高いIP効果が認められる。

このように、今回の試験により本地域の鉱床胚胎モデル特有のスペクトル特性を把握することができた。このことは、本調査の解析において役立つ。

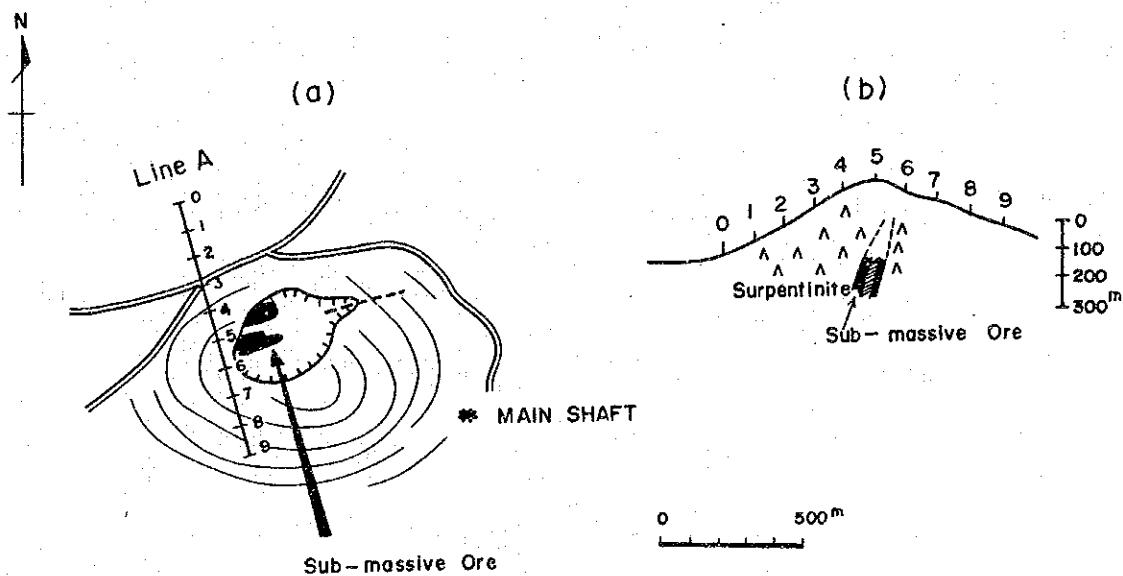
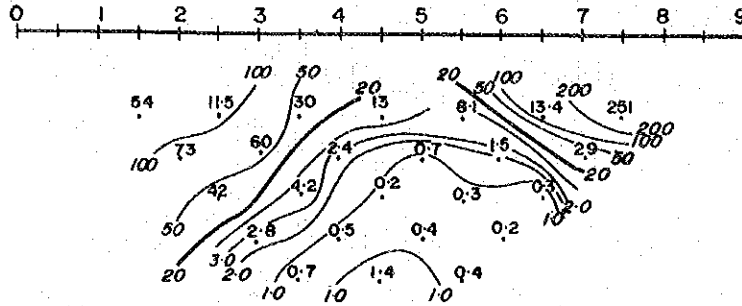
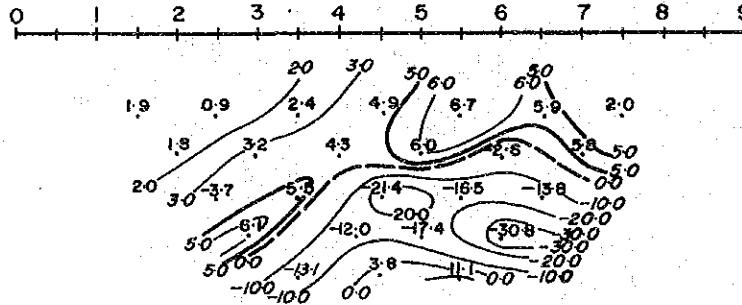


Fig. II-37 (a) Location of SIP Survey Lines
(b) Section of Line A

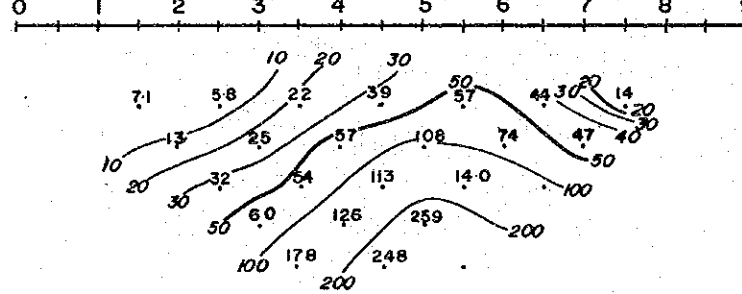
APPARENT RESISTIVITY (Ω -m) (0.125 Hz)



PERCENT FREQUENCY EFFECT (%) (0.125 Hz)



3-POINT DECOUPLING PHASE (mrad) (0.125-0.375-0.625 Hz)



PHASE SPECTRUM

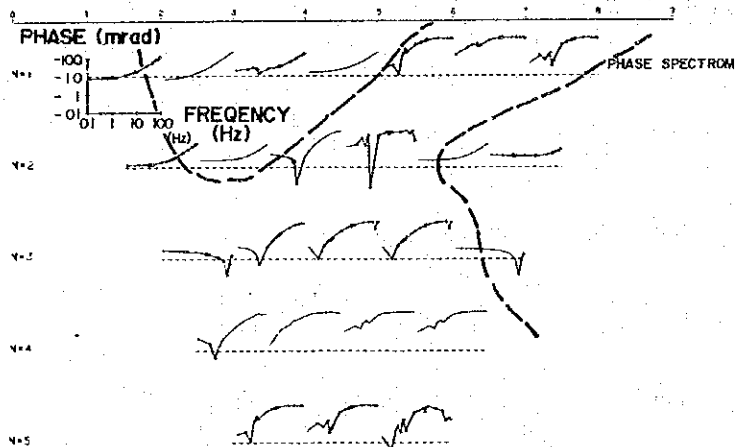


Fig II-38 Spectral-IP Pseudo-Secton Line A (Trojan Mine)

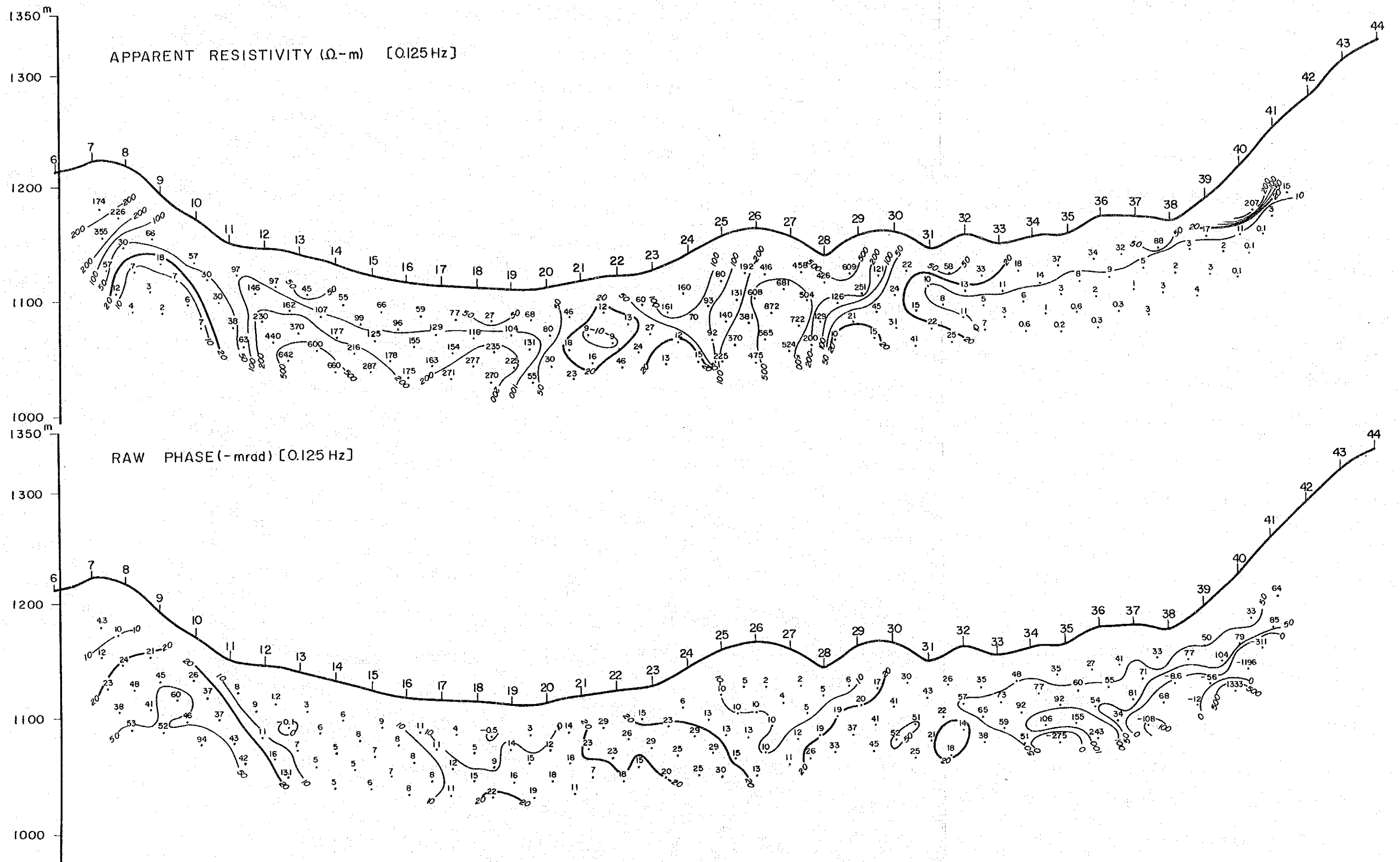


Fig. II-39- I Spectral IP Pseudo-Section of Line A (I)

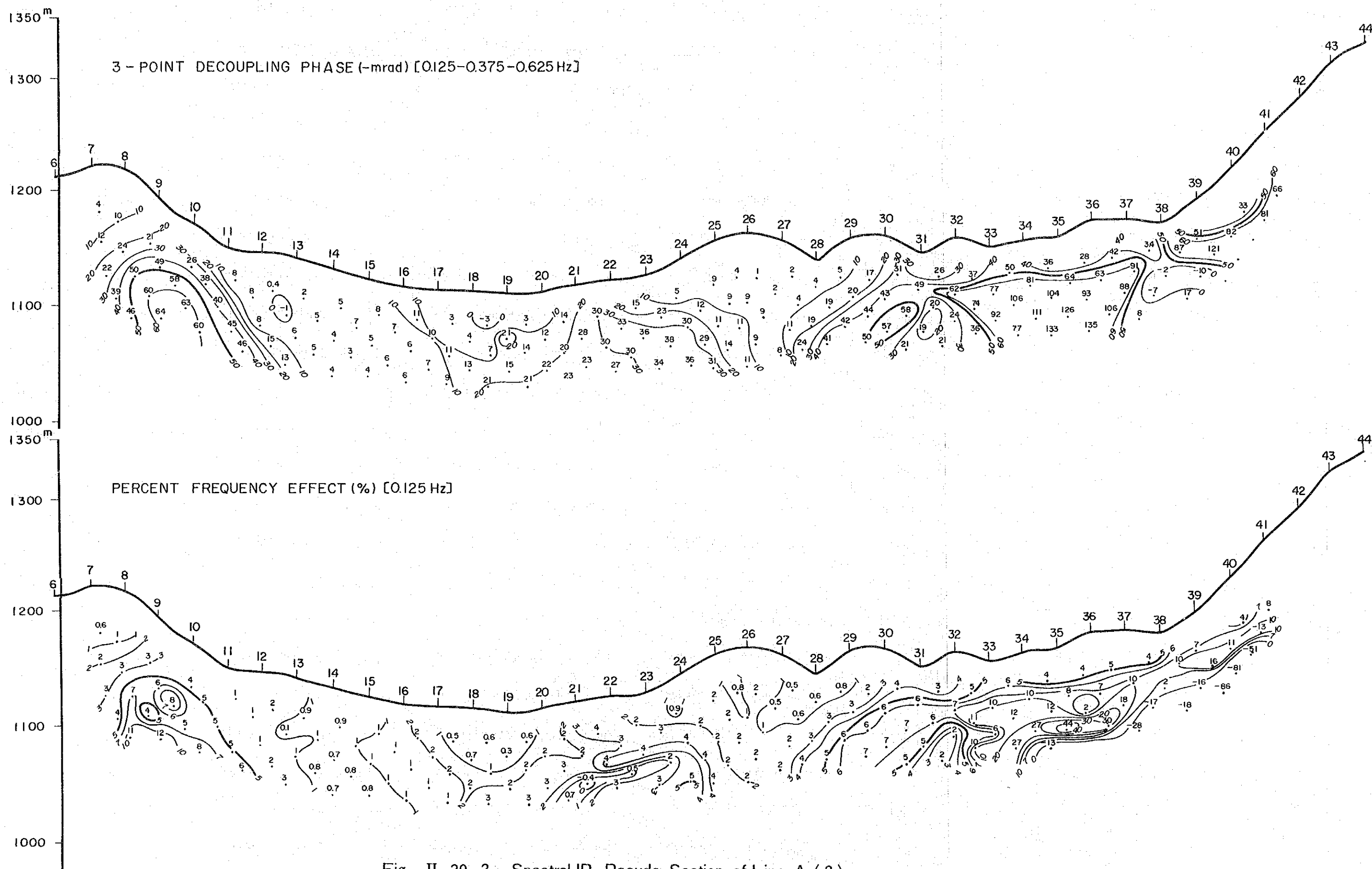


Fig. II-39-2 Spectral IP Pseudo-Section of Line A (2)

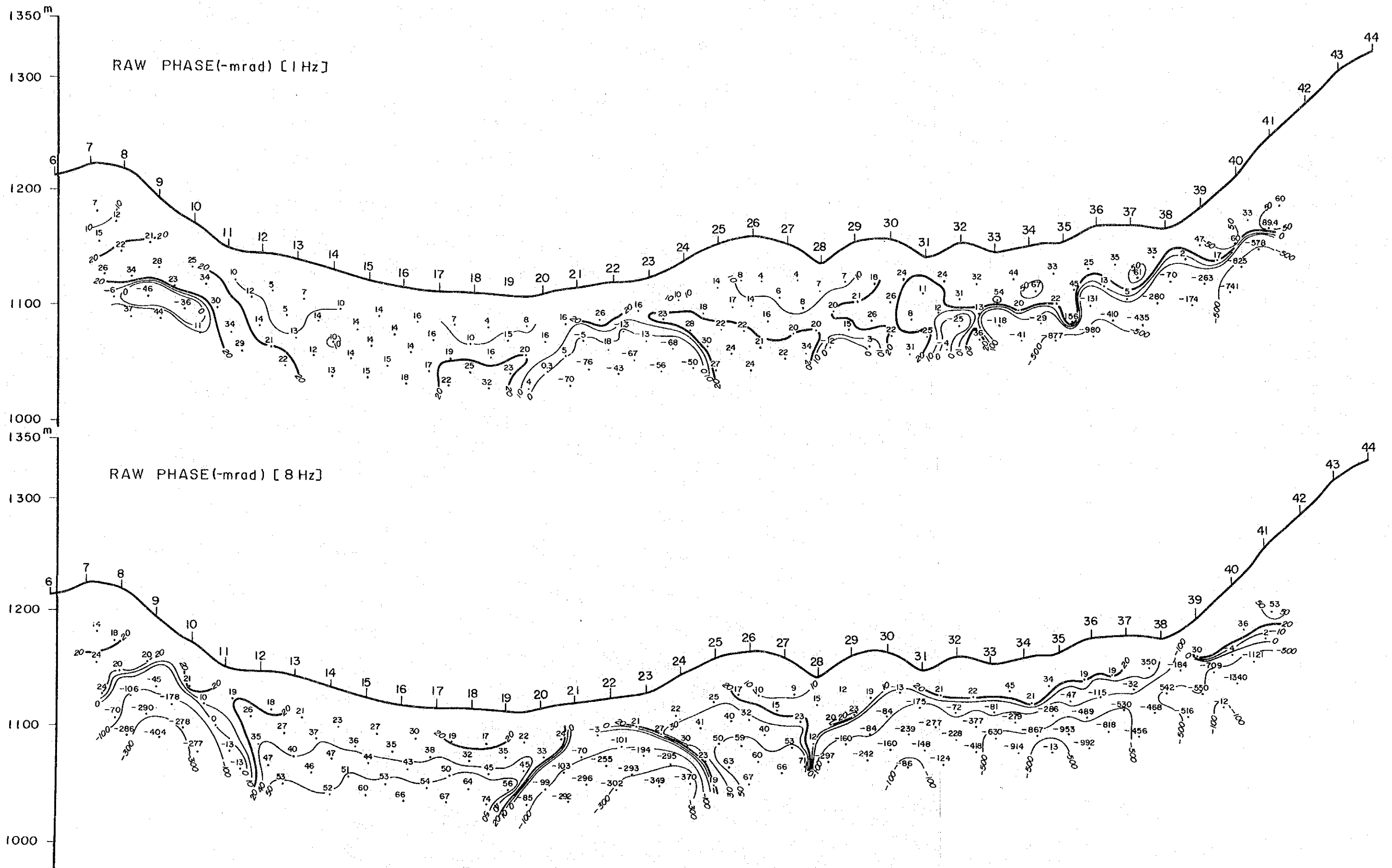


Fig. II-39-3 Spectral IP Pseudo-Section of Line A (3)

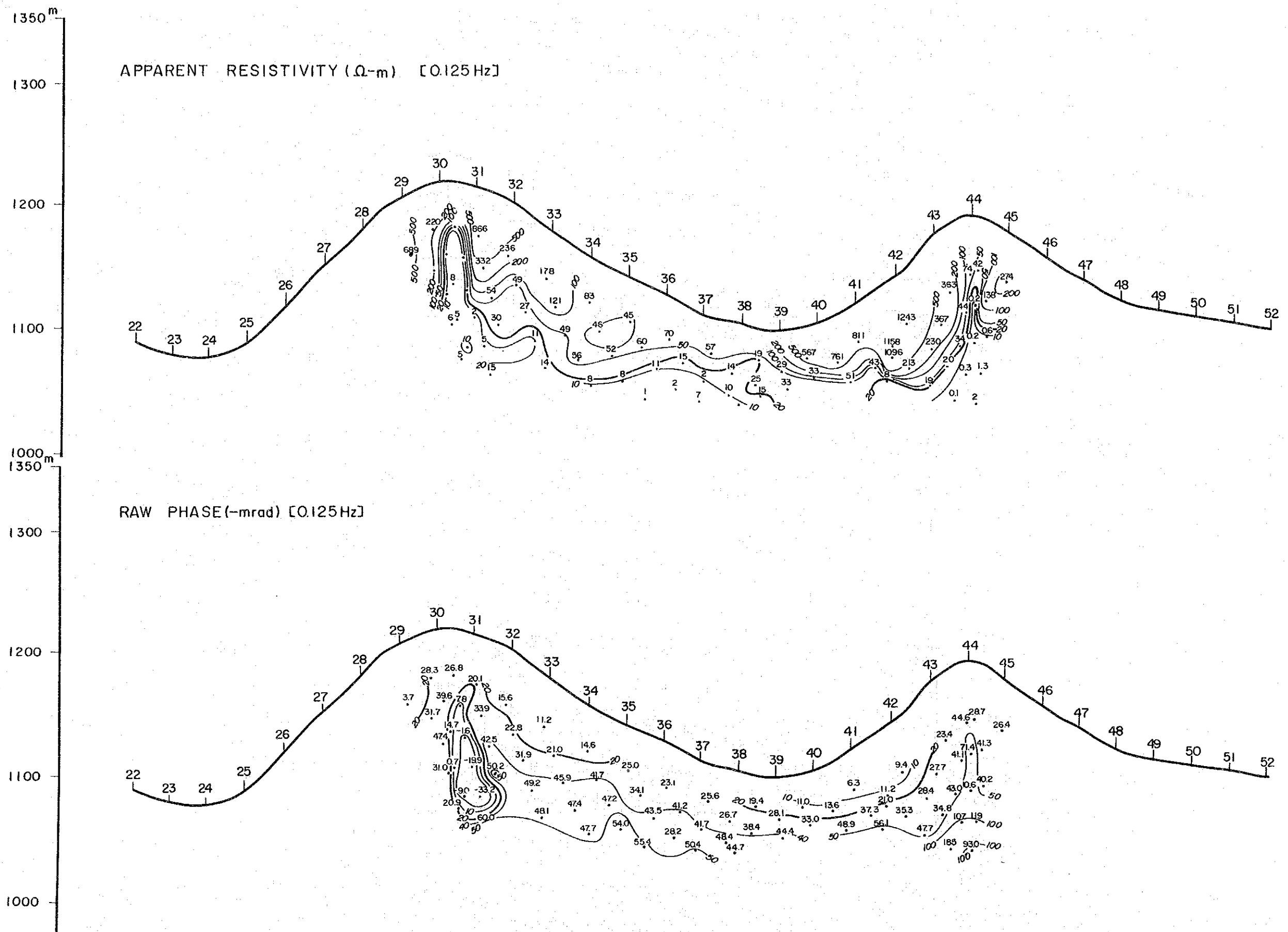


Fig. II-40-1 Spectral IP Pseudo-Section of Line B (I)

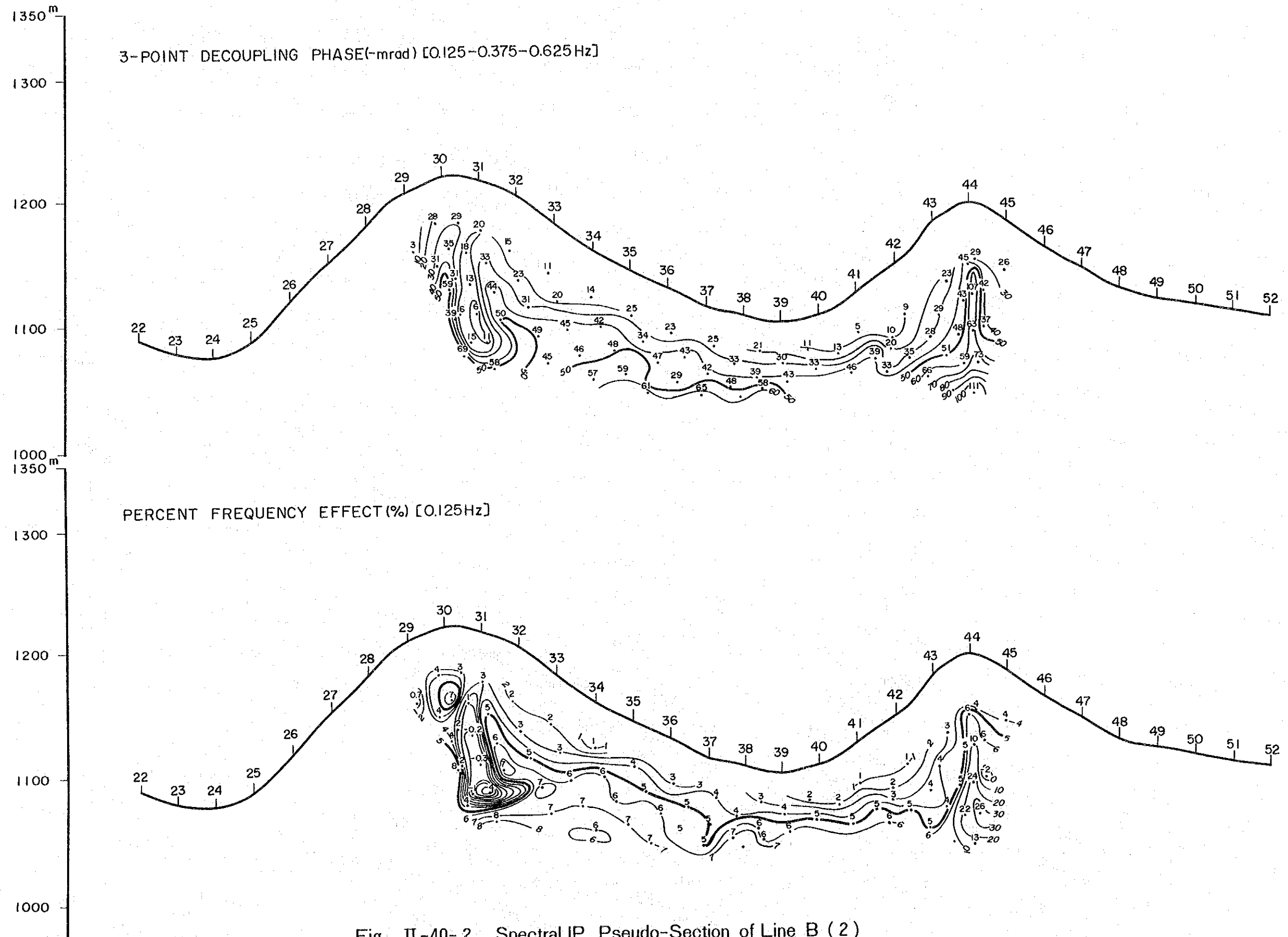
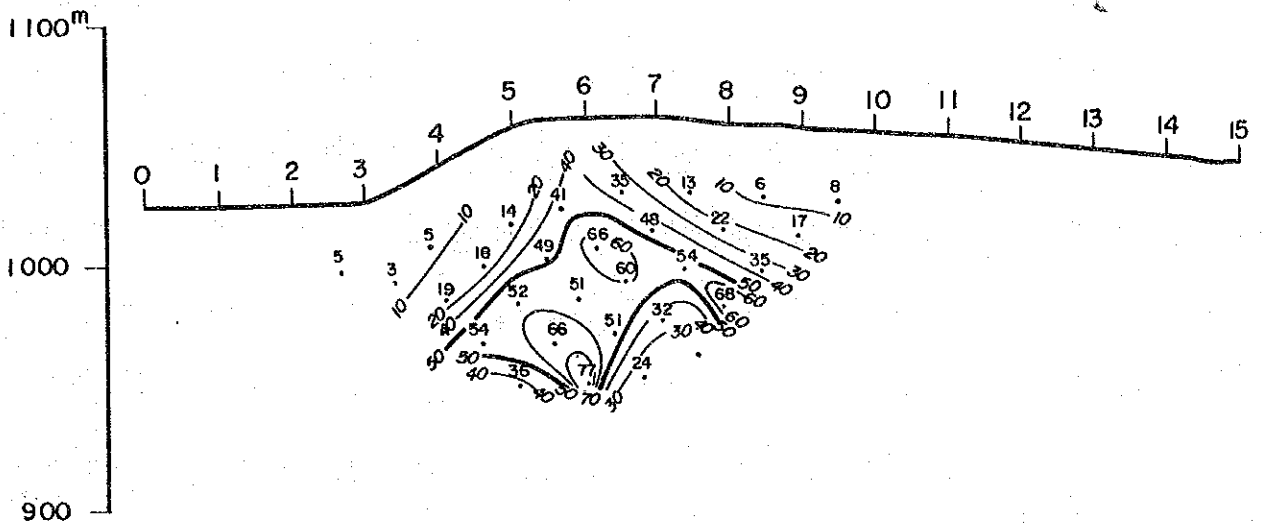


Fig. II-40-2 Spectral IP Pseudo-Section of Line B (2)

3-POINT DECOUPLING PHASE(-mrad)[0.125-0.375-0.625Hz]



PERCENT FREQUENCY EFFECT (%) [0.125Hz]

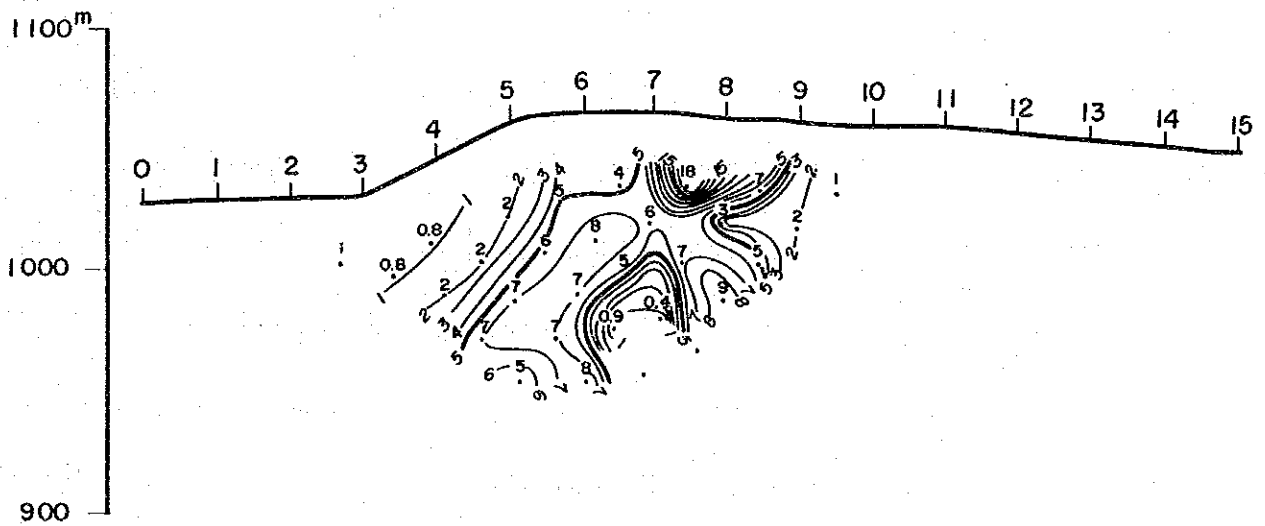


Fig. II-41-2 Spectral IP Pseudo-Section of Line C (2)

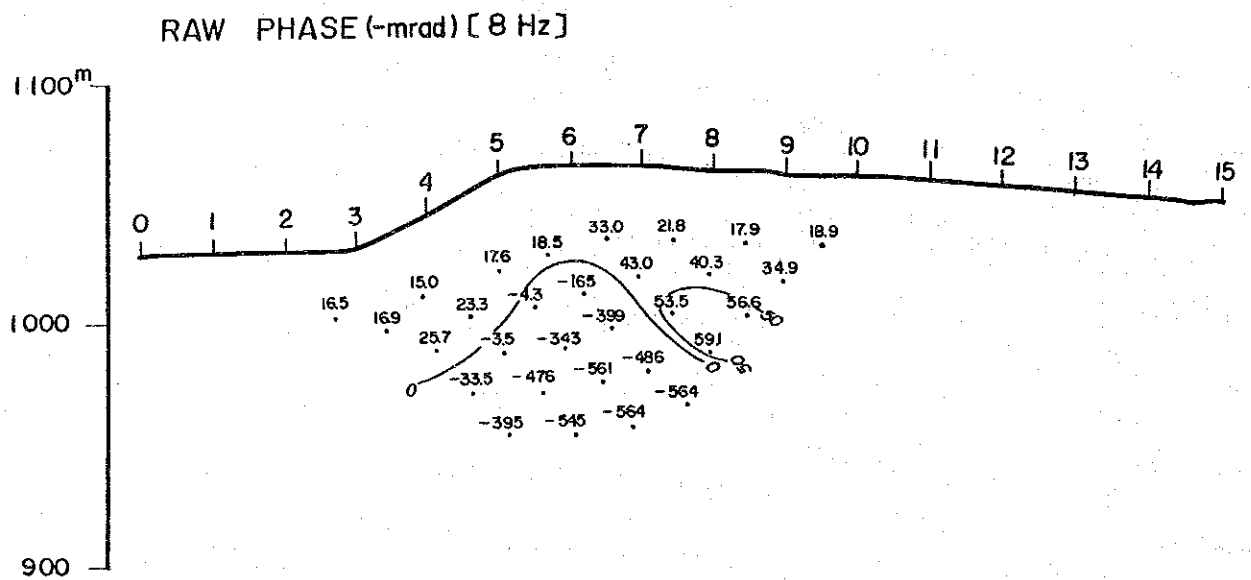
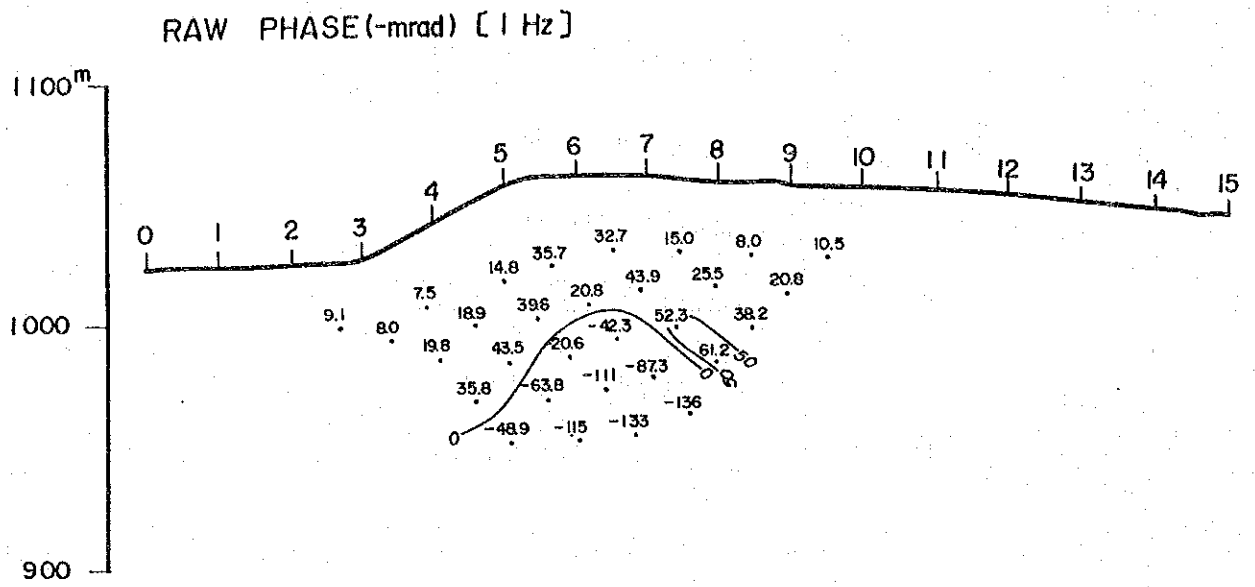


Fig. II-4I-3 Spectral IP Pseudo-Section of Line C (3)

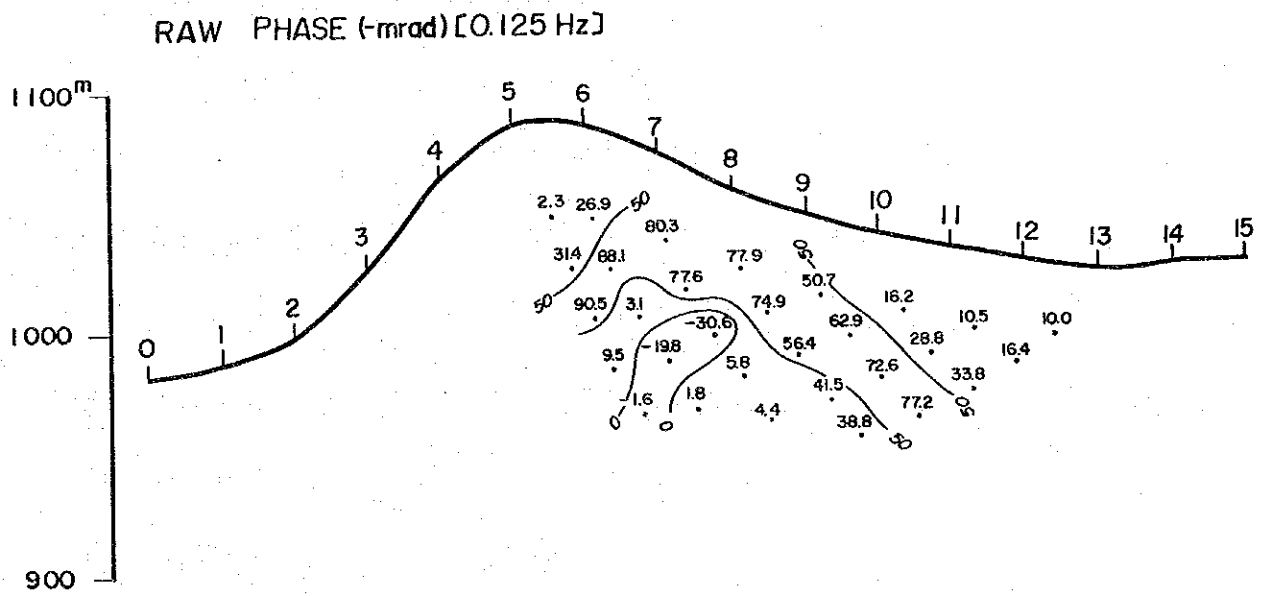
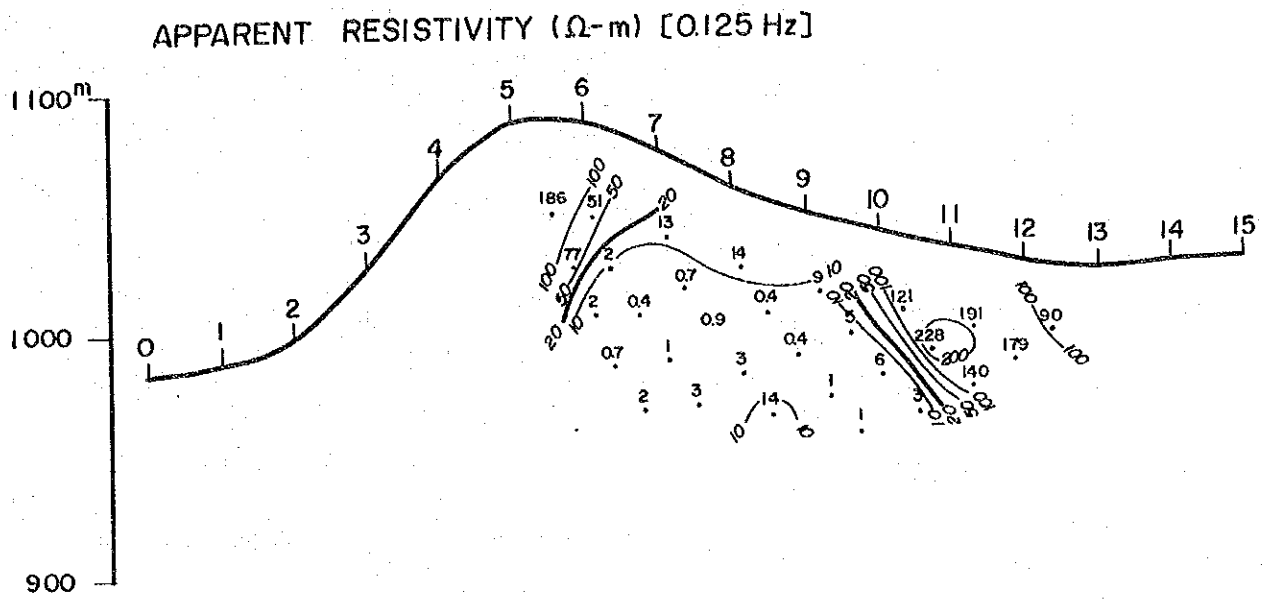


Fig. II-42-1 Spectral IP Pseudo-Section of Line D (1)

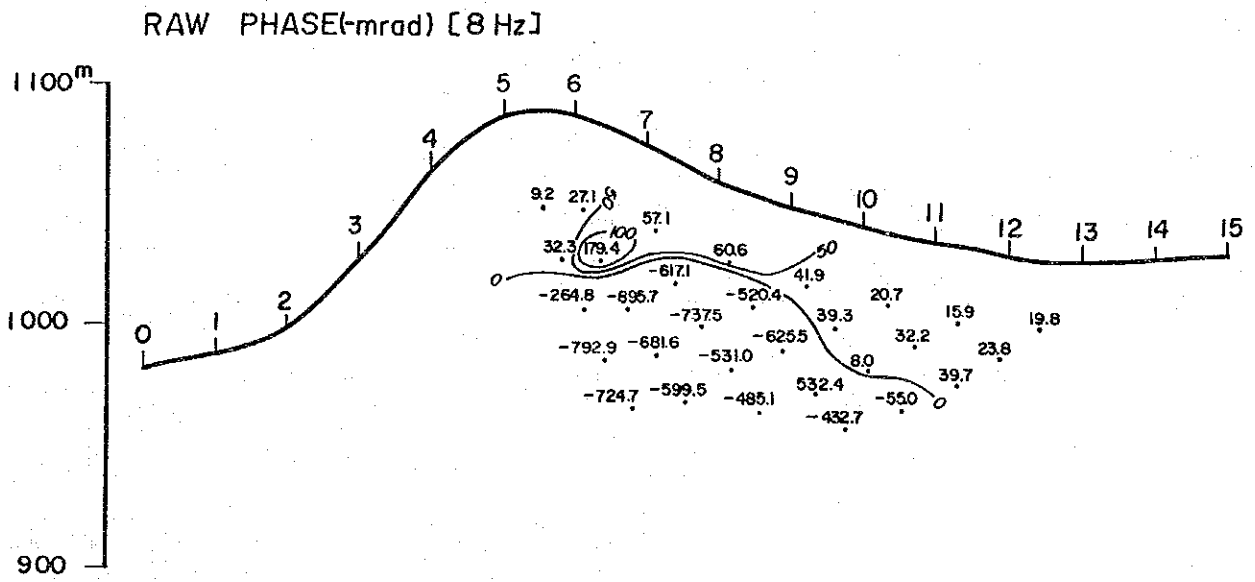
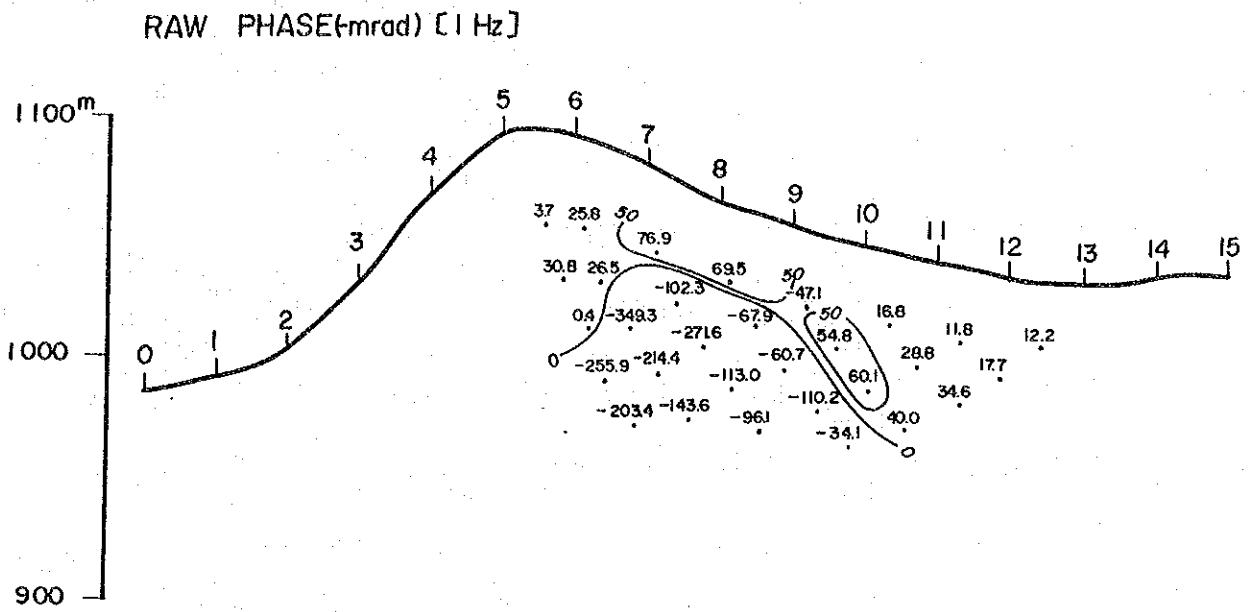


Fig. II-42-3 Spectral IP Pseudosection of Line D (3)

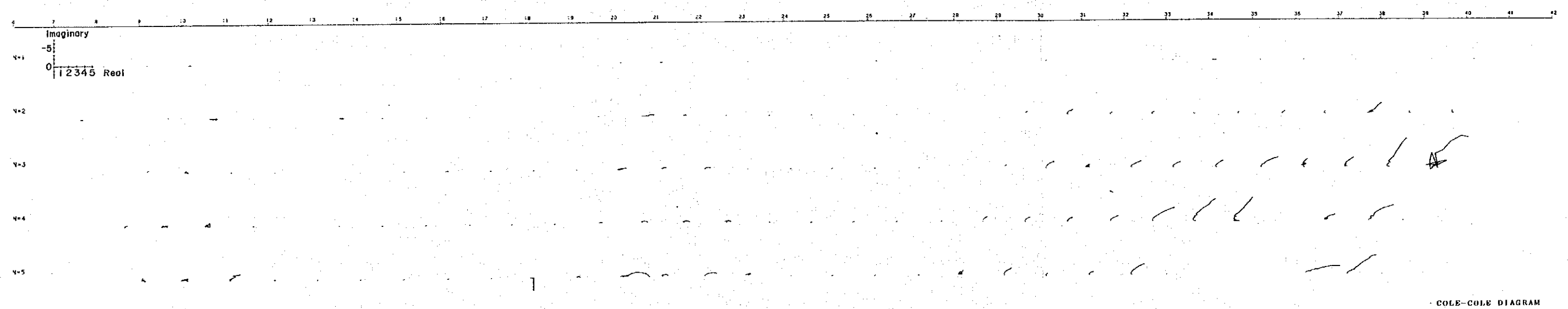
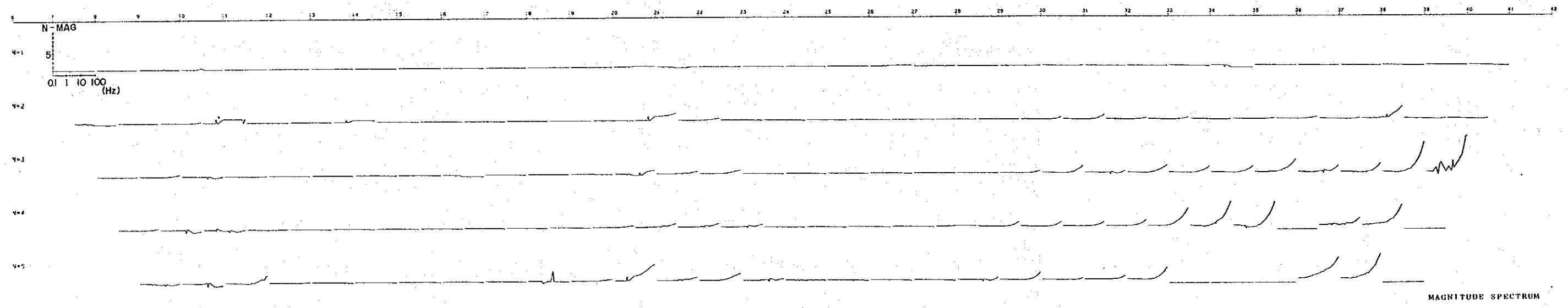
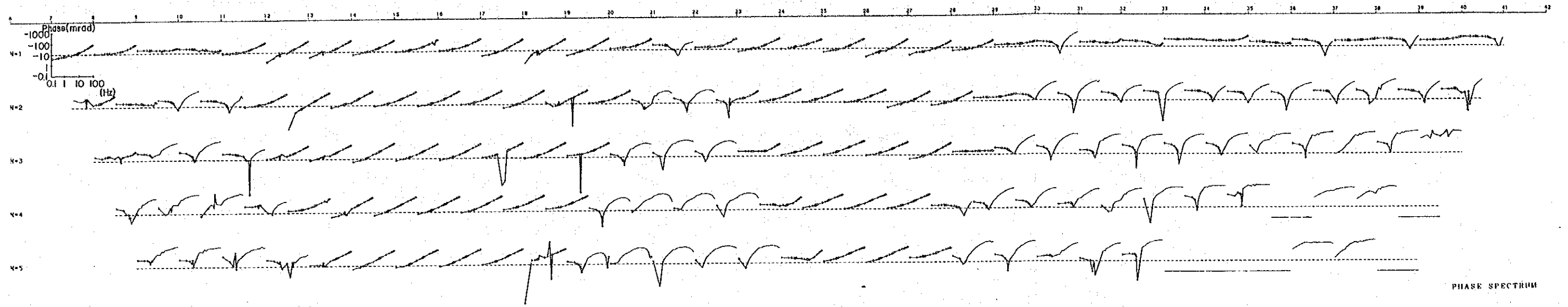


Fig. II-43-1 Spectrum Diagram of Line A (1)

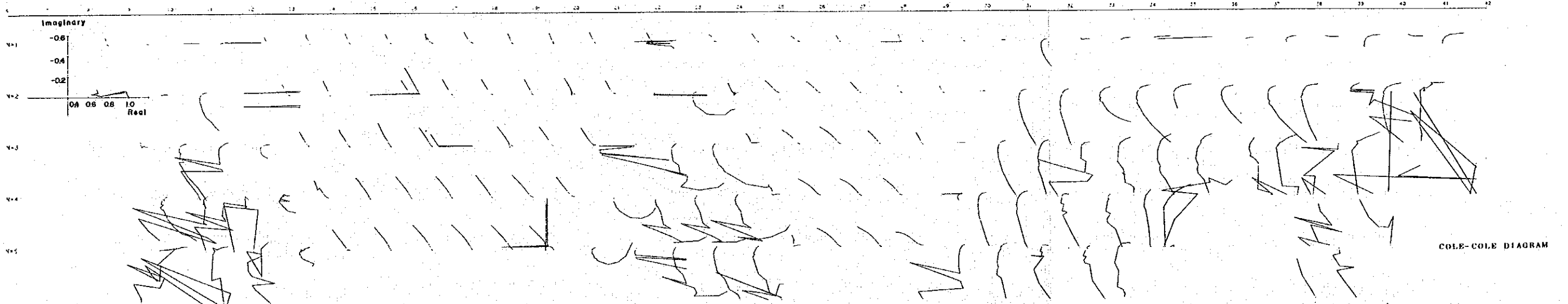
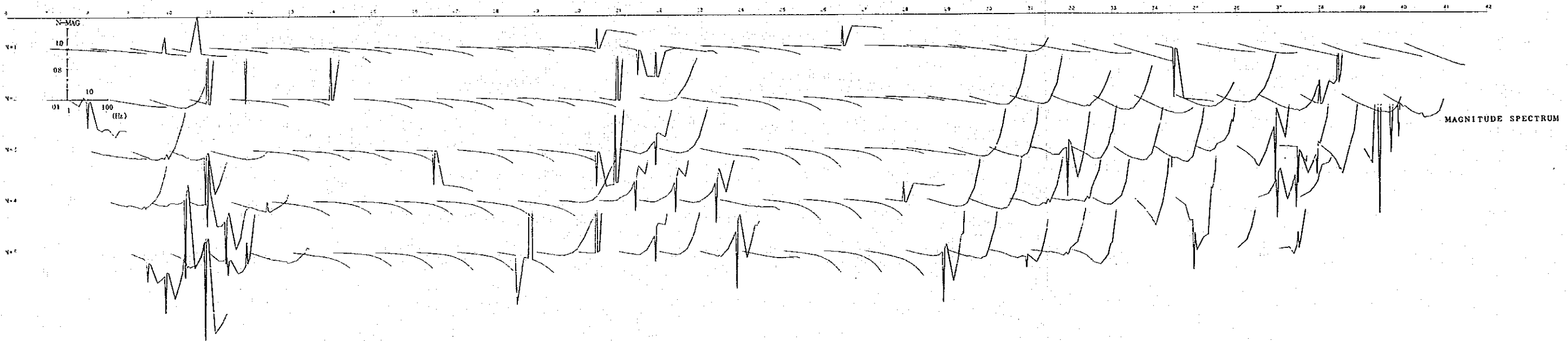
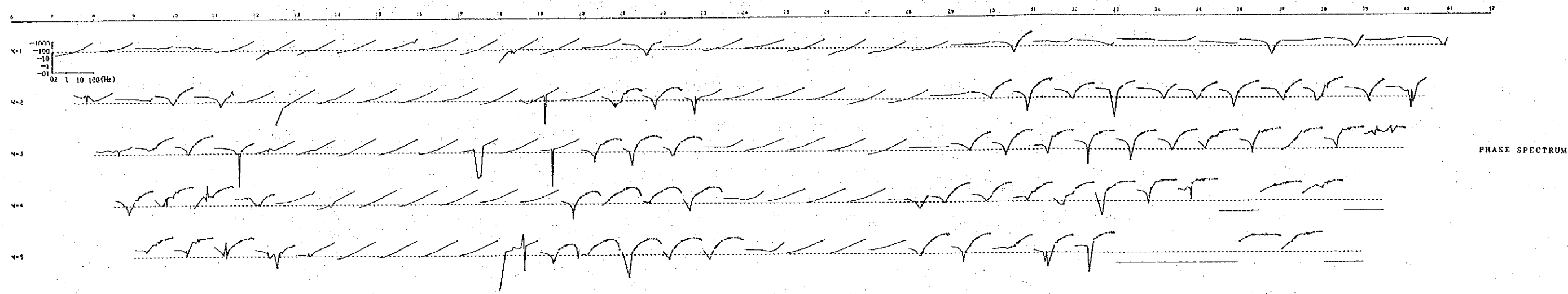


Fig. II-43-2 Spectrum Diagram of Line A (2)

The scale of plotting is enlarged 25 times for N-MAG and Imaginary, 125 times for Real component comparing with the previous figure (1)

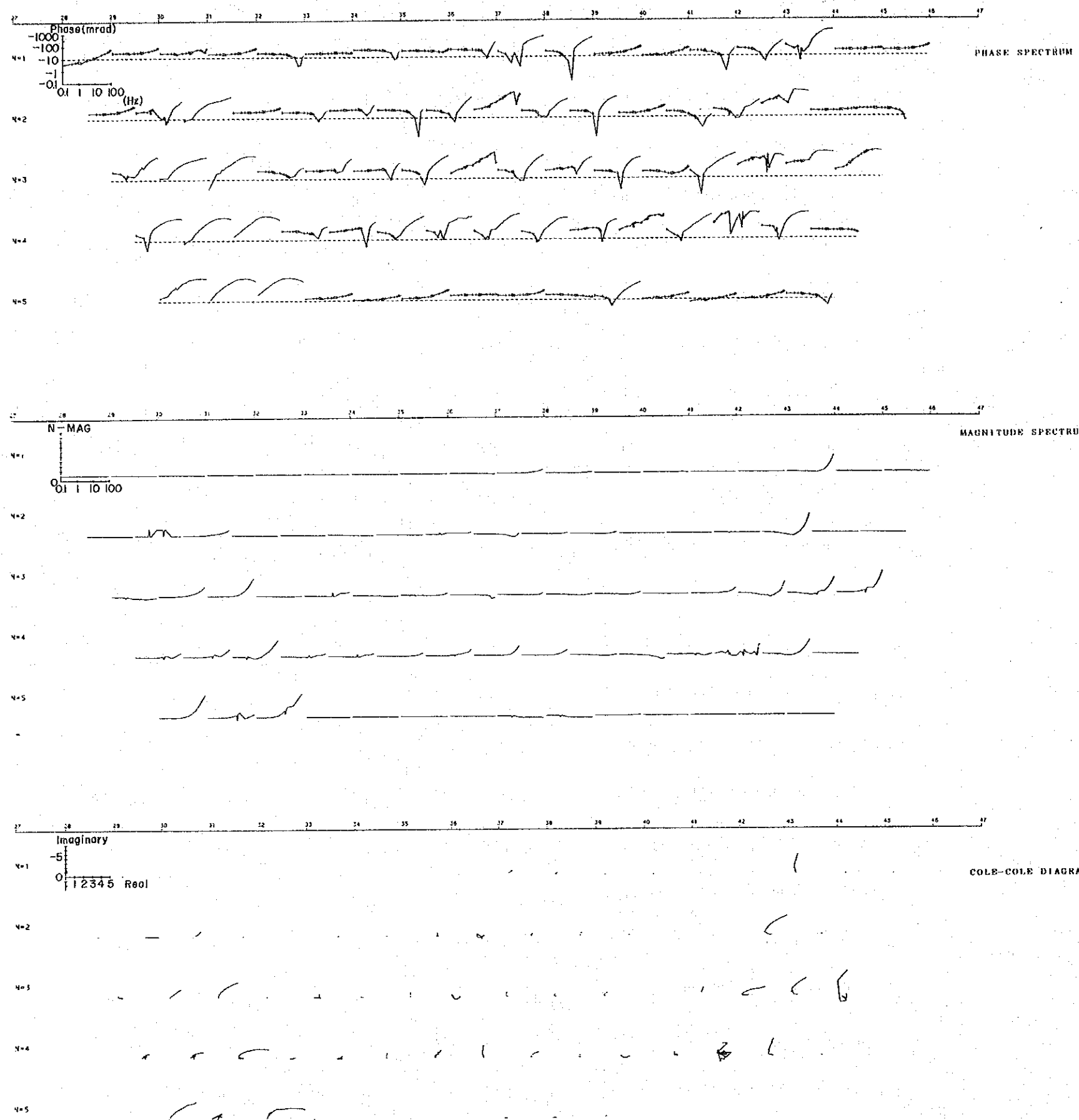


Fig. II-44-1 Spectrum Diagram of Line B (I)

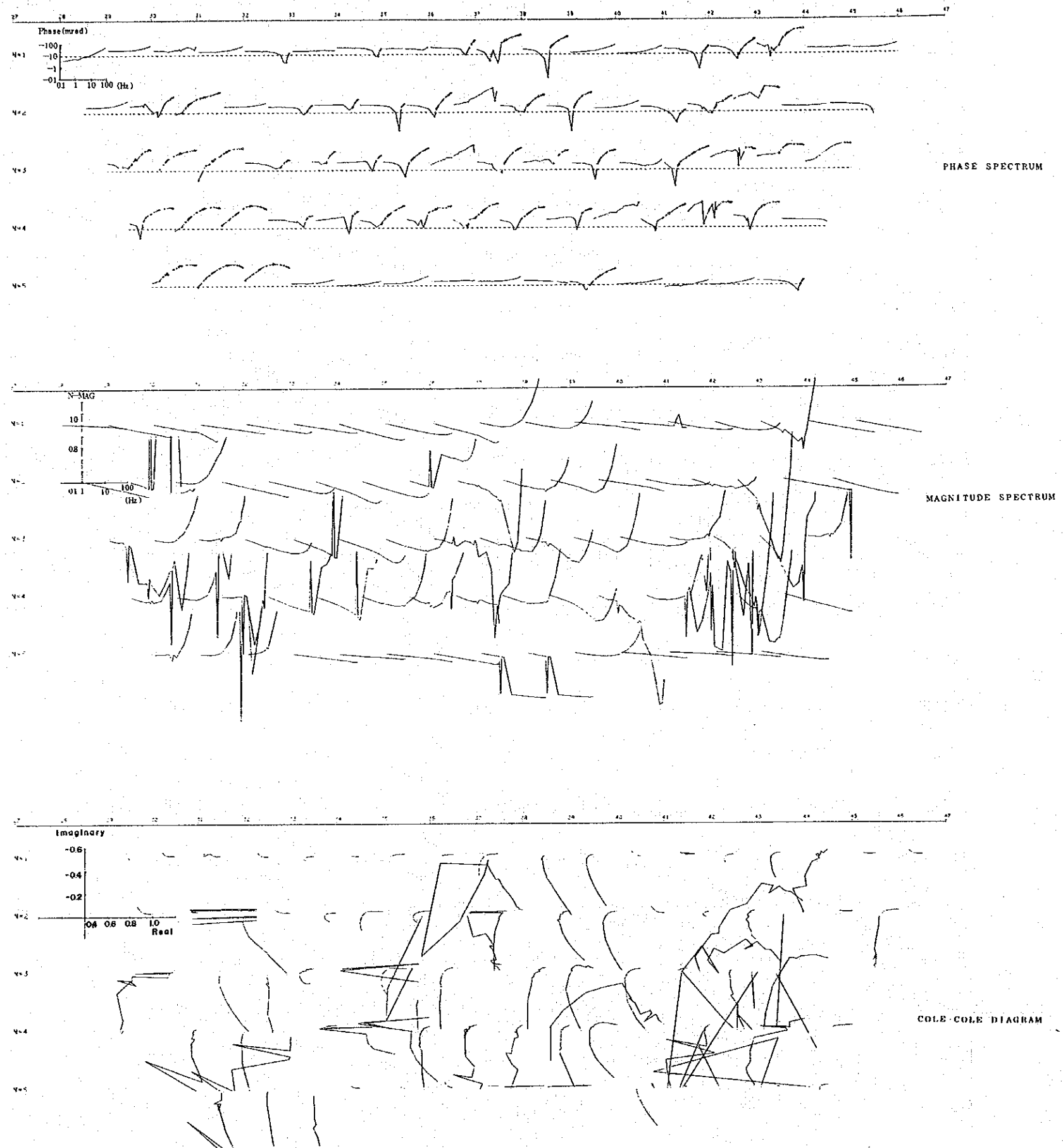


Fig. II-44-2 Spectrum Diagram of Line B (2)
 The scale of plotting is enlarged 25 times for N-MAG and Imaginary,
 125 times for Real component comparing with the previous figure (1)

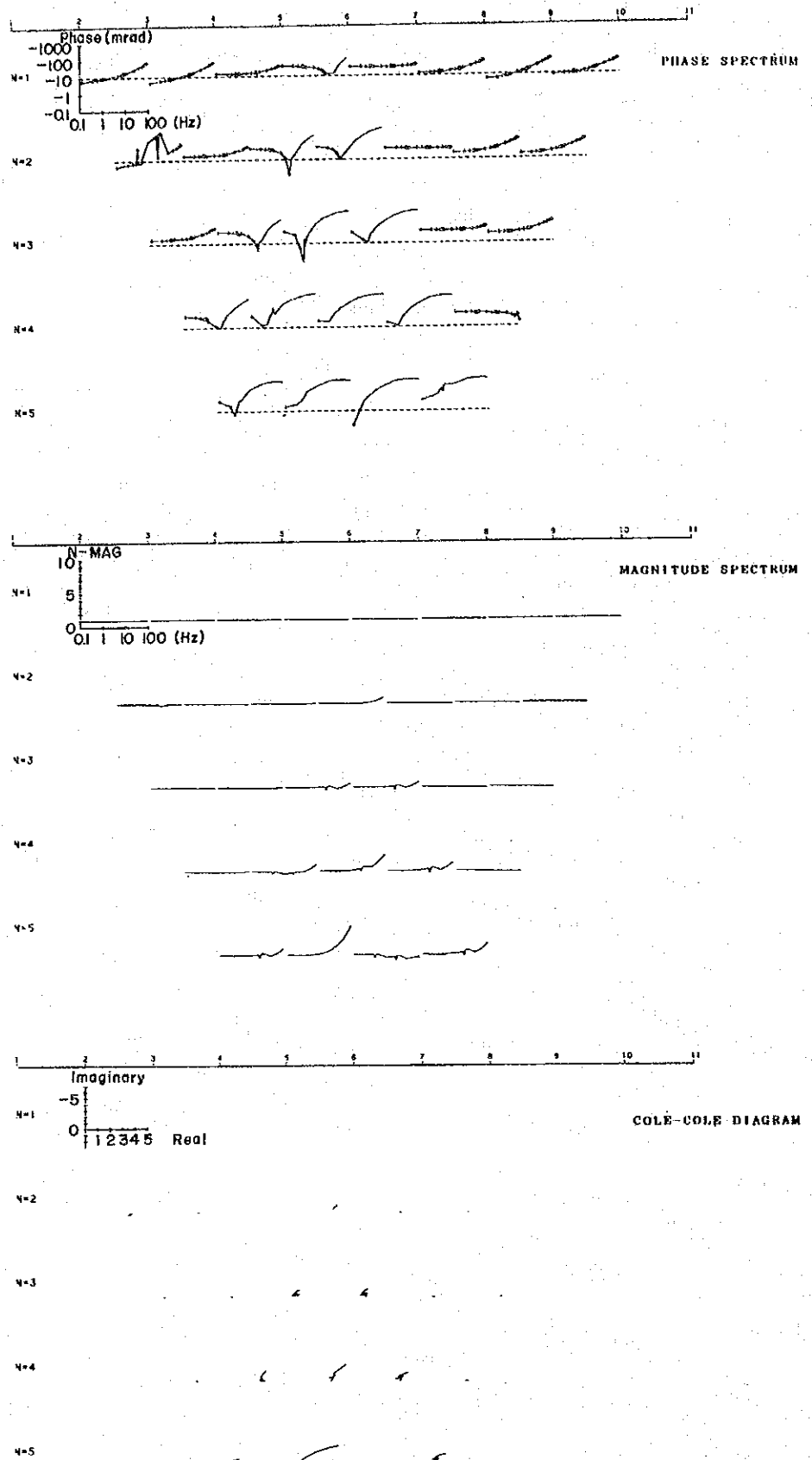


Fig. II-45-1 Spectrum Diagram of Line C (I)

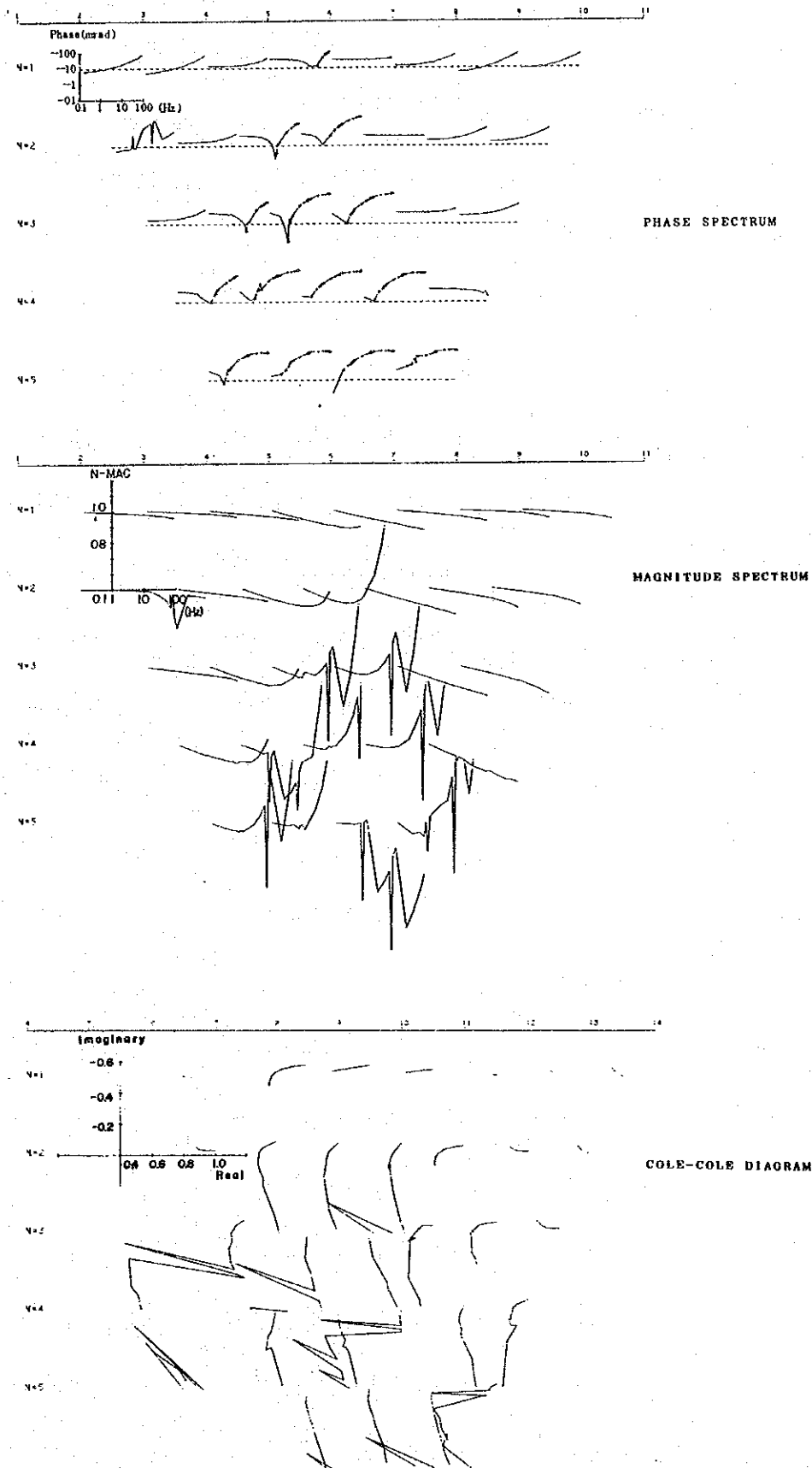


Fig. II-45-2 Spectrum Diagram of Line C (2)

The scale of plotting is enlarged 25 times for N-MAG and Imaginary, 125 times for Real component comparing with the previous figure (1)

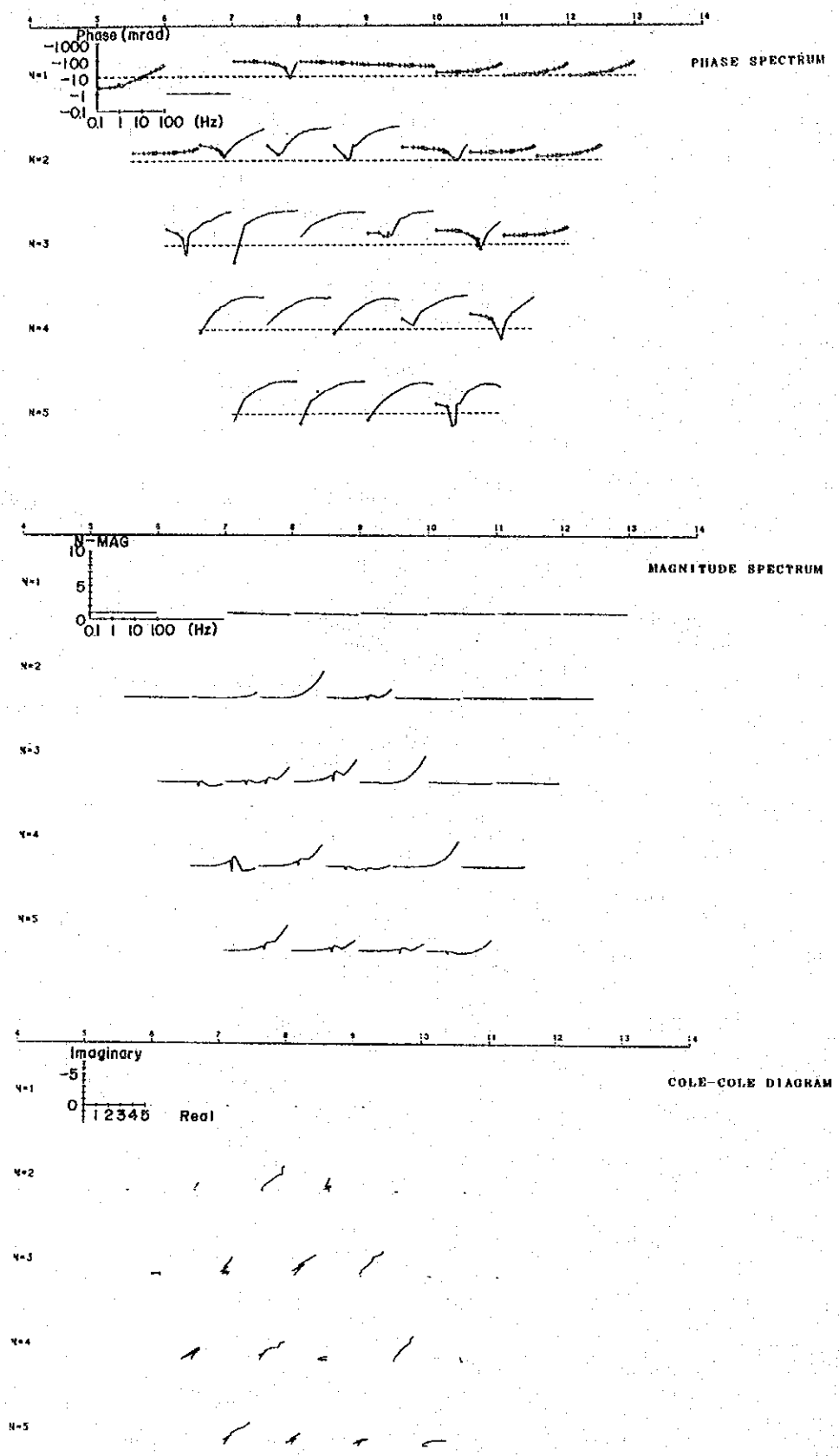


Fig. II-46-1 Spectrum Diagram of Line D (I)

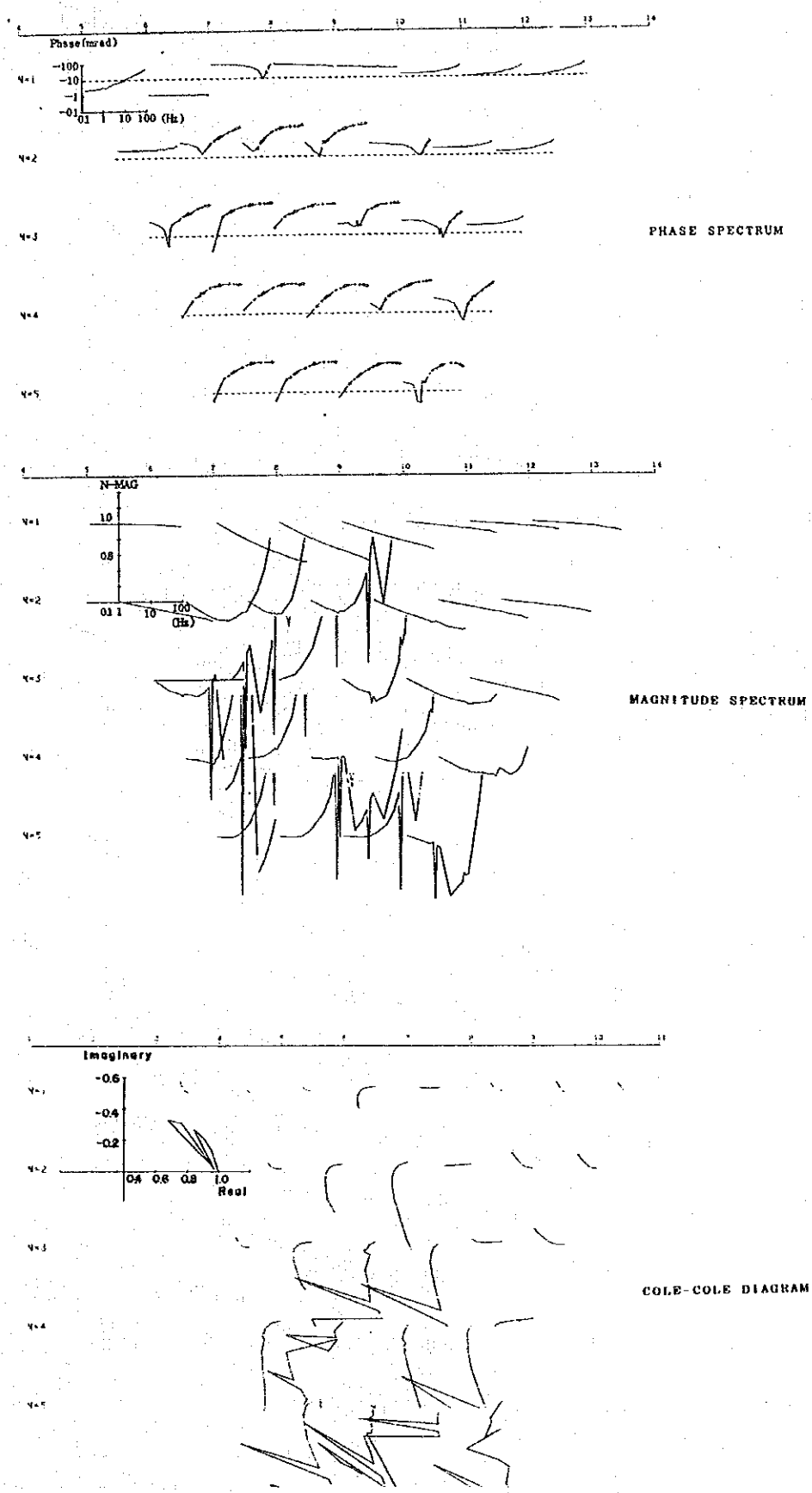


Fig. II-46-2 Spectrum Diagram of Line D (2)

The scale of plotting is enlarged 25 times for N-MAG and Imaginary, 125 times for Real component comparing with the previous figure (1)

第 3 部
総合検討

総 合 検 討

本年次実施したCSAMT法とSIP法による物理探査の結果を、第1年次実施した地質調査及び地化学探査の結果並びにTrojan鉱床床上でのSIP法試験結果と併せ、総合的に検討すると次のとおりである。

C 地 区

CSAMT法の結果認められた地区南縁のC-81-0からC-86-0にわたる低比抵抗帯は、地表下浅所から深部まで連続しているが、地表では主として塩基性火山岩類が分布し、一部に堆積岩類を伴っている。Trojan 鉱床胚胎層準と考えられる蛇紋岩を挟在する層準は、この低比抵抗帯の北方600mから900mに分布している。さらに、地化学探査の異常は、このTrojan 鉱床胚胎層準をほぼ覆う形で分布しており、この低比抵抗帯の分布とは一致しない。そのため、この低比抵抗帯は、SIP法を実施する価値は低いと判断した。

また、C-82-9及びC-89-6を中心とする低比抵抗帯は、地質的には前記のTrojan 鉱床胚胎層準の蛇紋岩体に近接し、かつ地化学探査の異常帯の中に認められるが、その低比抵抗帯の規模は小さく、また深部への連続性は悪いので、SIP法を実施する価値は低いと判断した。

D1 地 区

CSAMT法の結果認められたD-41-6、D-39-12、D-38-6、D-33-6、及びD-30-9を中心とする低比抵抗帯は、本地区の北部から南部にわたり分布し、地下深部への連続性もよい。これらの低比抵抗帯は、地区中央部に分布するTrojan 鉱床胚胎層準の蛇紋岩体の分布とほぼ一致する。このうち、D-41-6及びD-38-6の低比抵抗帯は、地表のペグマタイトの分布域に位置する。これは、一般にペグマタイトは高比抵抗帯を示すのが普通であることから、一見矛盾した関係のように見えるが、反面このペグマタイト岩脈の規模が小さく、かつ地下深部への連続が悪いことを示しているのかもしれない。

D-38-6及びD-30-9の低比抵抗帯は、特に地化学探査の異常帯と密接に関係しており、CSAMT法により捕捉した低比抵抗帯の深部への連続性とも併せ判断して、地下の蛇紋岩体中に胚胎する硫化物鉱化帯に起因する可能性が考えられるので、SIP法を実施することとした。

D-30測線(SIP, D測線1.5km)で実施したSIP法の結果検出されたD-30-7~10付近の深部のIP異常は、硫化物などの良電導体が存在する場合に見られる特徴的なものであり、前記蛇紋岩体に伴う硫化物鉱化帯の賦存が期待される。

D-37測線(SIP, C測線1.5km)で実施したSIP法の結果では、分散した弱いIP異常しか検出されていないので、今後の探査は、前述のD-30-7~10異常帯に対する試錐等による探査の結果を見てから再検討すべきであると判断する。

D2 地区

CSAMT法の結果認められたD-3-12及びD-7-15付近の低比抵抗帯は、いずれもD1地区に見られるTrojan 鈹床胚胎層準の蛇紋岩体の南方延長部の東側にあり、地表には縞状鉄石が分布している。これらの低比抵抗帯の下部への連続性はよいが、地化学探査の結果では顕著な異常が認められていない。しかし、D-7-15付近の低比抵抗帯については、D3地区のCSAMT法の結果同じ測線上にあるD-7-36~42で低比抵抗帯が認められているため、両低比抵抗帯を結ぶSIP, A測線4kmを設定した。

SIP法の結果検出されたD-7-10付近のIP異常は、前記の蛇紋岩体に近接した位置にあり、地表における地化学探査の異常の欠如はその深度から見て仕方のないものと考えられるので、その地質環境の良さからみても硫化物鈹化帯の賦存が期待される。

D3 地区

CSAMT法の結果認められたD-3-33, D-7-36~42, 及びD-10-39~D-9-42の3箇所の低比抵抗帯は、いずれも前記のTrojan 鈹床胚胎層準と考えられる蛇紋岩体中、あるいはそれに接する縞状鉄岩中にある。この蛇紋岩体の分布とほぼ一致して地化学探査の異常が認められている。また、これらの低比抵抗帯の地下深部への連続性もよい。

このうち、D-10-39~D-9-42の低比抵抗帯は、Tynan 鈹徴地として古くから知られ、試錐を含む探査も十分行われた地区であるので、SIP法の対象外とした。

D-7-36~42の低比抵抗帯については、同一測線上の西方に位置するD2地区の低比抵抗帯と結ぶSIP, A測線4kmを、また、D-3-33の低比抵抗帯については、SIP, B測線3kmを設定した。

A測線でのSIP法の結果検出されたD-7-36付近の深部IP異常は、Trojan 鈹床胚胎層準にある蛇紋岩体の分布域にあり、かつTynan 鈹徴地に近いため、硫化物鈹化帯の賦存が期待される。

B測線でのSIP法の結果検出された深部IP異常は、全測線域に全般にわたり分布するが、特にその両端部D-4-30付近とD-4-44付近で強く現われている。これらは地表においては蛇紋岩体からやや離れており、また地化学探査の異常帯とも一致していない。しかし、顕著な低比抵抗帯を伴う強いスペクトルIP異常を示していることから、硫化物鈹化帯の賦存が期待される。

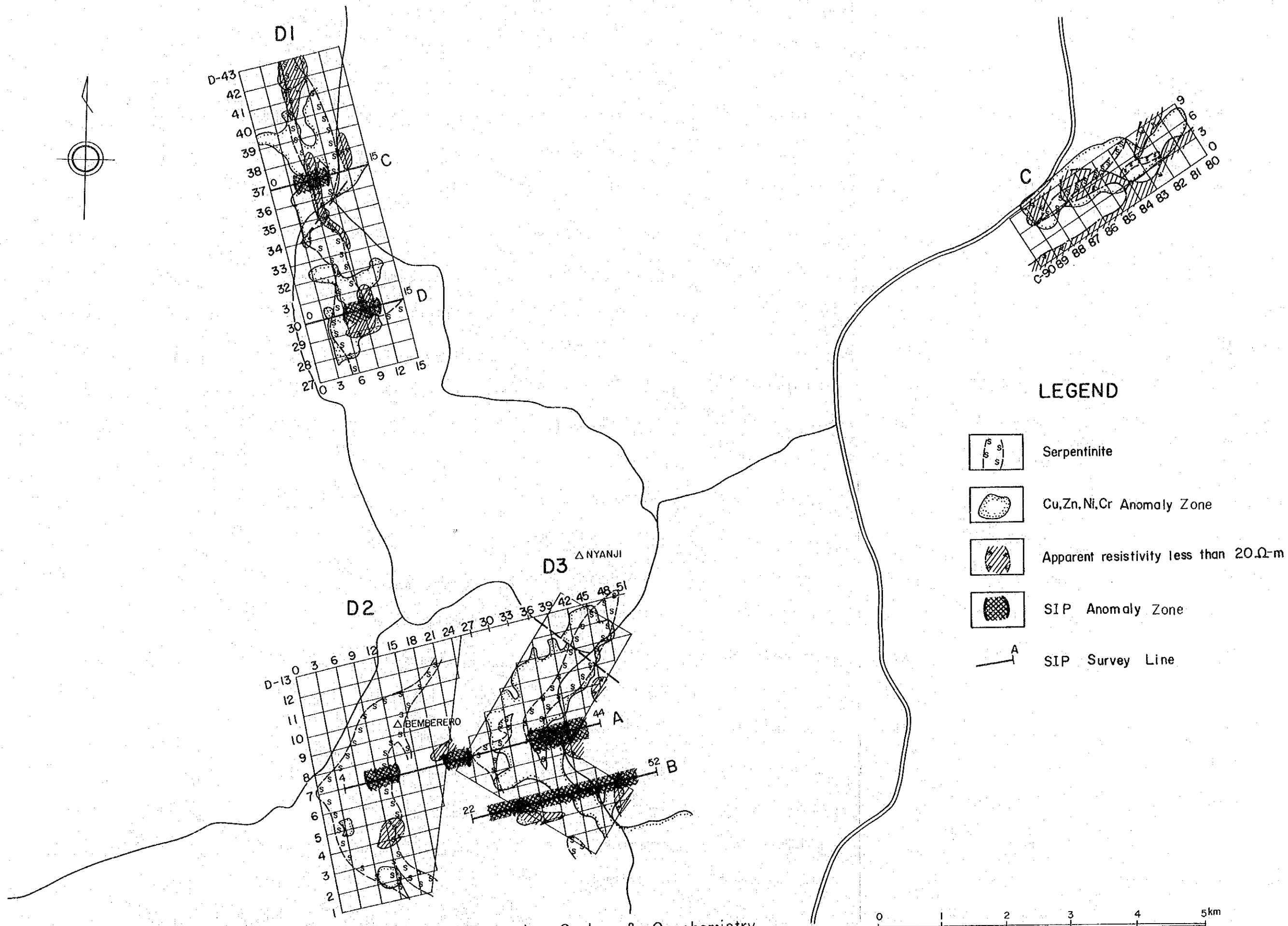


Fig. III-1 Compilation Map of CSAMT, SIP results, Geology & Geochemistry