

### Ⅲ 物理探査



## 第 1 章 総 説

第一年次に、ルソン北西部地区の 6,000 Km<sup>2</sup> の地域について、地質調査、地化学探査が実施され、準精査地域として、アブラ、ソルソナ、カプガオおよびポントックの 4 地域が選定された。

第二年次は、物理探査にさきだち、上記 4 地域での地質調査、地化学探査（河川堆積物）が実施され、アブラ地域内のボクロック、ラクブ、マリブコン及びアブレグの 4 地域が精査地域として選定され、この中で最も地化学異常が強いボクロック地域について物理探査を実施することとなった。

本調査では IP 法電気探査を実施することにより、鉍化帯の分布と規模を知り、また地上磁気探査を併用することにより、磁鉄鉍を伴なり貫入岩体の分布を把握して、総合的に鉍化帯の分布、形態を考察し、有効な試錐探鉍位置を選定することを目的とした。

## 第2章 調査要項

### 2-1 測定機器

I P 送信機	千葉電子研究所製	CH-T7802	1 セット
		CH-505	1 セット
	最大出力	2.5 A 800 V	
発 電 機	Geotronics社(米)製	Model 421	3 セット
	最大出力	2 kW, 400 Hz, 115 V	
I P 受信機	横浜電子研究所製	YDC443	1 台
	千葉電子研究所製	CH-R7801	1 台
I P チェッカー	横浜電力研究所製	YN-502	1 台
	千葉電子研究所製	552A	1 台
トランシーバー	ソニー製	ICB-350 (500 mW)	20 台
プロトン磁力計	Geometrics社(米)製	G-816	2 セット
	Scintrex社(加)製	MP-2	1 セット
	精度	±1%	
定点磁力計	Geometrics社(米)製	G-806	1 セット
	精度	±1%	

### 2-2 測 量

測線は主に東西方向 ( $N 78^{\circ}E \sim S 78^{\circ}W$ ) に計画し、測線間隔は  $200 m$  とした。

本地域の偏角は西偏  $0^{\circ}8'$  であり、磁針により、主測線は  $N 78^{\circ}E \sim S 78^{\circ}W$ 、タイラインは  $N 12^{\circ}W \sim S 12^{\circ}E$  の方向にとった。

測量には、牛方ポケット・コンパスと  $50 m$  エスロンテープを用い、開放トラバース測量を実施し、測点を水平距離  $100 m$  間隔に設定した。

測点番号は、東西測線については西端を 0 とし、東へ 1, 2, …… と、南北測線については、北端を 0 とし、南へ 1, 2, …… と、 $100 m$  毎に番号を付した。

基点は、本地域の中央部を北流する沢の支沢との合流点を南北タイライン R の No. 10.5 とし、これより  $N 12^{\circ}W$  及び  $S 12^{\circ}E$  の方向へそれぞれ測線を展開した。基点の標高 ( $600 m$ ) は 5 万分の 1 地形図から読み取った。

Line-A の #11 は Line-R の #0 及び Line-B, C, D, E, F, G, H, I, J の #17 はそれぞれ Line-R の #2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 に対応している。

また、調査地域東部及び西部を南北に走る尾根ぞいにそれぞれ Line-T, S を設定した。

Line-Kの№15, Line-L, Mの№13, Line-Nの№15, Line-O, Pの№16,  
Line-Qの№15はそれぞれLine-Tの№8, 10, 12, 14, 16, 18, 20に対応している。

### 2-3 地質概要

物理探査はボクロック精査地域の南部, ボクロック川とイクミン川との分水界をなすランタガン山地付近において実施された。この区域を含む付近一帯はコルディレセントラル隆起帯の中心部から西翼にかかる区域で, 始新世後期の安山岩類とこれらに進入した底盤状の大規模な深成岩類で特徴づけられる地域である。

物理探査区域にみられる岩石は底盤をなす花崗閃緑岩とこれを貫く石英閃緑斑岩・石英安山岩の岩脈類である。花崗閃緑岩は粗粒ないし中粒の完晶質岩で, 有色鉱物として角閃石・黒雲母を, 無色鉱物として石英・斜長石と少量のカリ長石をそれぞれ含む緻密・堅硬な岩石である。石英閃緑斑岩はNE-SW系の岩脈をなして花崗閃緑岩を貫いている。岩質は石英・斜長石の斑晶が明瞭な斑状岩で, 有色鉱物は緑泥石・緑レン石に変っている。石英安山岩はNW-SE系の小規模な岩脈をなしており, 岩質は石英・斜長石と時に角閃石を斑晶として含む斑状岩で, 石英閃緑斑岩に比較して非常に新鮮である。

このほか局部的に被貫入岩である安山岩が小範囲にみられるが, 強度のホルンフェンス化を受け, 著しい熱変成作用を蒙っている。

この区域には多数の黄鉄鉱・銅鉱帯が花崗閃緑岩および石英閃緑斑岩中に分布し, 特に物理探査実施区域の西側には多数の黄鉄鉱・銅鉱帯～黄鉄鉱微細脈の網状帯が分布している。しかしながら黄銅鉱はごく一部の露頭で認められるだけで, 全般には少ない。また孔雀石など二次的な銅鉱物は比較的少ない。鉱化帯の母岩は強い珪化作用を受け, 特に銅鉱部では絹雲母化・粘土化作用がみられ, また全般的に緑泥石が著しい。

このように物理探査区域はその全域にはほぼ一様に分布する花崗閃緑岩と, これを母岩とする黄鉄鉱を主とする鉱化帯で特徴づけられる区域である。

### 第3章 調査方法

#### 3-1 IP法概要

本調査に適用されたIP法は、周波数法IPであり、電極配置は双極子法(Dipole-Dipole Array)を採用している。

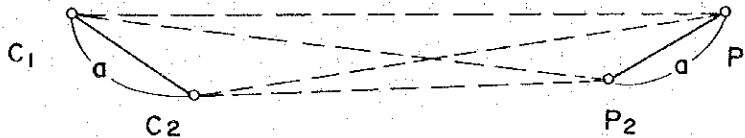
IP法では、一対の電流電極( $C_1, C_2$ )から大地に交流電流 $I_{AC}$ を供給し、他の一対の電位電極( $P_1, P_2$ )にて電位 $V_{AC}$ を測定する。このとき、大地の見掛比抵抗 $\rho_{AC}$ は、次式により算出される。

$$\rho_{AC} = K V_{AC} / I_{AC}$$

ここに、 $K$ は電流電極と電位電極のなす相互距離函数であり、電極間隔を $a$ とすれば、

$$K = 2\pi a \left[ \frac{1}{C_1 P_1} + \frac{1}{C_1 P_2} + \frac{1}{C_2 P_1} + \frac{1}{C_2 P_2} \right]$$

となる。



測定器により電位 $V_{AC}$ が読まれたのち、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に切りかえることにより、見掛比抵抗の周波数による偏差を直読することが出来る。これを周波数効果FE(Frequency Effect)と称し、次式で定義される。

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

今回の調査では、周波数を3.0 Hzおよび0.3 Hzとしている。

#### 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、電極函数 $K$ が半無限平面を仮定しているために、電極の位置により地形の影響を受け易い。即ち、谷地形の下部では見掛比抵抗が低く、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、導電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。

この補正は、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、尾根沿い、沢沿いの

測線の場合や、小規模な地形変化及び地表付近の比抵抗変化による影響は除去しえない。

しかし、山体が測線方向にほぼ直交している地域では、傾向的に地形の影響を除去することができる。

本調査地区では、一部を除き地形急峻であり、全測線にわたって地形変化の影響が見掛比抵抗分布にみられたので、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及び平面におとした。

Line - I の地形補正結果を Fig. III - 2 に示す。

例えば、No 11 深部にみられた  $2480 \Omega m$  の高比抵抗が  $943 \Omega m$  と低下し、No 17 浅部の  $278 \Omega m$  の低比抵抗が  $430 \Omega m$  と高くなっており、それぞれ、山地形および谷地形の影響がある程度除去され、花崗閃緑岩としては  $500 \sim 1,000 \Omega m$  の比抵抗分布を得ることができたが、測線の東側は山体の斜面を走っているため、3次元的地形変化の影響を受けており、2次元地形補正では不十分であったと考えられる。

高FE異常部は必ずしも低比抵抗帯に対応しておらず、鉍化帯としては、粘土化変質は極めて弱いと推定される。

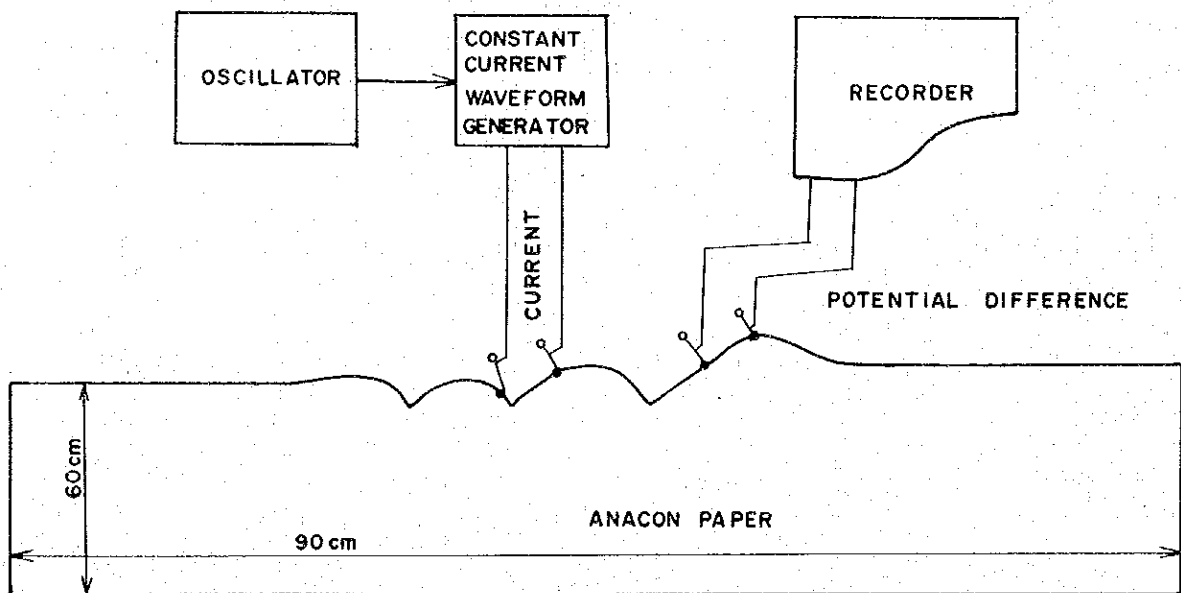


Fig. III-1 Block Diagram of the Terrain Correction

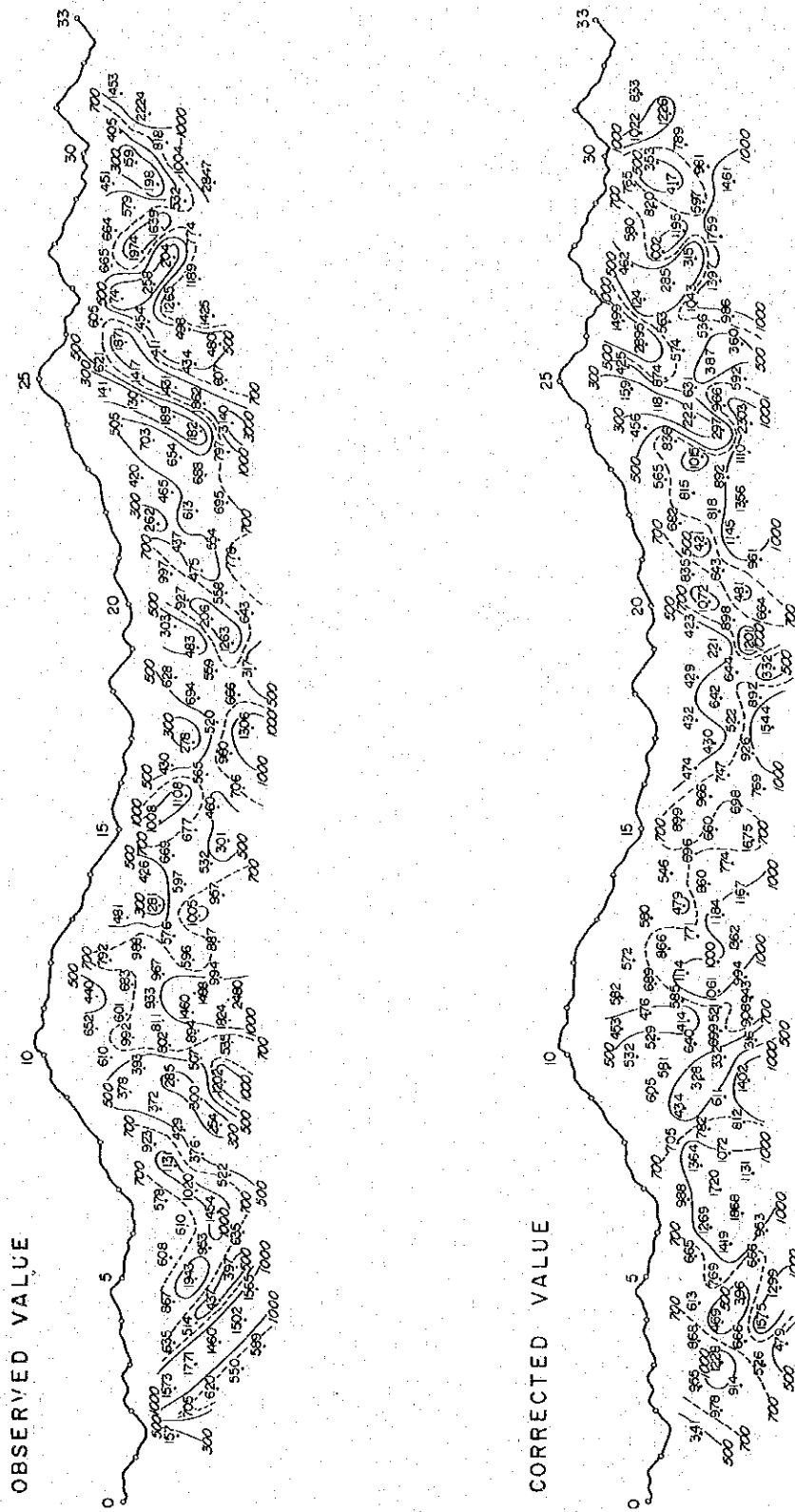


Fig. III-2 An Example of the Terrain Correction for the Apparent Resistivity on Line-I



### 3-2 磁気探査法概要

本調査では、地球磁場の全磁力測定に利用されている核磁気共鳴型磁力計（プロトン磁力計）を使用した。

プロトン磁力計により測定される全磁力は、方向に無関係な地球磁界ベクトルの大きさ（スカラー量）であり、測定点での地球標準磁場と磁気異常との合成ベクトルの大きさを意味している。

特に、地上磁気探査の場合で、磁性岩体が、磁力計に近く、かつ強い場合には、全磁力のかたよりは全磁力の異常に対応しないが、磁気異常を解析することにより、十分に磁性岩体の分布形態を考慮することができる。

磁気異常の波長が長い場合には、磁性岩体の深度が深い、その幅が広い場合であり、一方、波長が短い場合は、磁性岩体の深度が浅いか幅の狭い場合であり、磁気異常のパターンから磁性岩体の形態、深度、帯磁率を定量的に算出できる。

#### 日変化補正

地球磁界の日変化変動に対して、磁気探査では、日変化及び短周期変化の補正が必要である。

本調査では、調査地域内に定点磁力計を設置し、地球磁界の日変化を観測するとともに、磁気嵐を監視した。

日変化記録により、実測全磁力値に日変化補正を施した。

#### 全磁力図

日変化補正済全磁力値には、短波長成分が卓越しており、測定点周辺の影響を反映していると考えられたので、これらの短波長成分を除去するために、25 m 間隔の実測値に7点移動平均を施した。さらに、本地域の全磁力平均値の41,500 $\gamma$ を差引いて磁力変化値とし、全磁力図を作成した。

#### フィルター図

本調査は地上磁気探査のため各測定点の標高が異なり、また、測定点周辺の地形変化の影響を極めて大きく受けており、7点移動平均を施した後も、この影響が残っており、短波長成分の卓越した磁力変化図となっている。

標高を同一高度とし、同一水平面上で測定したのと同様の磁力図を作成するために、上方接続法（Upward-continuation）を利用した。

各測線毎にフーリエ級数を利用した数学的方法により、各測線の900 mでの磁力値を求めた後、フィルター図（Upward-continuation 図）を作成した。

或る測線の  $i$  番目の測定点（25 m 間隔）の磁力値、座標および標高をそれぞれ  $T(i)$ 、 $x_i$  および  $z_i$  とすると、この測線上の任意の点の磁力値はフーリエ級数を利用して、次式で表わされる。

$$T(i) = \frac{A_0}{2} + \sum_{k=1}^M (A_k \cdot \cos\left(\frac{2\pi k x_i}{L}\right) + B_k \cdot \sin\left(\frac{2\pi k x_i}{L}\right)) \cdot e^{2\pi k \frac{900 - z_i}{L}}$$

ただし、 $L$ は測線長および  $M = (L/25)/2$  で与えられる。 $x_i$ 、 $z_i$  および  $T(i)$  は既知であるので、最小自乗法により係数  $A_k$ 、 $B_k$  を決定すると、各測定点の標高  $900\text{ m}$  での磁力値は

$$T(i)^{900} = \frac{A_0}{2} + \sum_{k=1}^M (A_k \cdot \cos\left(\frac{2\pi k x_i}{L}\right) + B_k \cdot \sin\left(\frac{2\pi k x_i}{L}\right))$$

で与えられる。

全測線に対し、Upward-Continuationを施して  $900\text{ m A.S.L.}$  の磁力値を求めた後、フィルター図 (Upward-Continuation 図) を作成した。

### 3-3 ルソン北西部地区空中磁気探査結果について

NACOMESO (National Committee on Mineral Exploration and Survey Operations) により、1975年と1977年の2ケ年、ルソン北西部地区をほぼおおう地域で空中磁気探査が実施された。

L.B.Kalinisan (1980) により中間解析結果が報告されているが、最終報告書は未公開である。中間報告書の内容を検討し、さらに定性的解釈を施して、地質構造との関連について考察を加えた。

#### 調査の概要

- 1975年 東経  $120^{\circ}50'$  より西側の海岸までの地域 飛行高度  $1,800\text{ m A.S.L.}$
- 1977年 東経  $120^{\circ}50'$  より東側の山間部地域 飛行高度  $2,700\text{ m A.S.L.}$
- 主測線 (南北方向) 間隔 約  $2.5\text{ Km}$
- 交叉測線 (東西方向) 間隔 約  $1.0\text{ Km}$

#### 定性的解釈結果

磁気異常のパターンおよび分布形態から調査地域を次の4地域に分けることができる。

- I 調査地域の殆んど全域を占めており、東西方向のコンターが卓越した正異常分布域である。また、多数の小規模な異常が分布している。

コンターの歪および小規模磁気異常の分布から判断すると、この地域では、NNE-SSW方向の構造線 (Geotectonic Lineament) の分布が優勢であり、深成岩類の分布は、この方向の Lineament によって規制されていると考えられる。

- II Iの地域の北西端、即ち、調査地域北西端に位置し、NE-SW方向の大規模な負異常が分布している。

本地域では、NE-SW方向及びこれを斜交する方向のGeotectonic Lineamentが発達しており、大規模な負異常を誘起した塩基性岩体の分布を規制している。

Ⅲ Iの地域の西側、即ち、アブラ川から海岸へかけた地域であり、磁力値の変化が小さく、顕著な磁気異常は検出されていない。北流するアブラ川の付近に構造線が推定され、本地域は堆積岩類の優勢な地域と考えられる。

Ⅳ Iの地域の東南端、即ち、調査地域東南端に位置し、東西方向のコンターの卓越した短波長磁気異常が分布する地域である。

Iの地域とはENE-WSW方向の構造線でわけられており、ENE-WSW及びEW方向の幅の狭い磁性岩体が分布し、Iの地域と比較し、その磁性は高いと考えられる。

Iの地域で推定された構造線の分布は、地質調査での断層群の分布との一致がみられる。各地域に分布する磁性岩体の磁性の大きさを大きい順に並べると

$$\text{Ⅱ} > \text{Ⅳ} > \text{Ⅰ} > \text{Ⅲ}$$

ということになる。



Fig. III-3 Aeromagnetic Interpretation Map

## 第4章 結果解析

### 4-1 断面解析

調査地域西部に、大規模なFE異常帯が確認されたので、これを西部IP異常帯と仮称する。

#### Line-A

測線西端 $\#3 \sim 4$ に6%の深部FE示徴が検出された他は、測線全体としては3%以下で本地域のバック・グラウンド値を表わしており、ほとんど鉱化の存在が考えられない。

$\#3 \sim 4$ の深部示徴は、本調査地域西部に広く分布するIP異常帯の北端が検出されたものであり、このFE異常帯は北に向かうに従いさらに深くなるものと考えられる。

#### Line-B

$\#16$ より東側ではFE値も3%以下であり、鉱化は全く考えられない。

$\#5 \sim 11$ の $n=2 \sim 5$ にかけて5%以上のFE示徴が広く検出されている。この示徴は、Line-Aと同様に、大規模な西部IP異常帯の北端を表わしているが、Line-Aと比較すると浅く、かつ幅が広がっている。

#### Line-C

測線西部の $\#5 \sim 13$ にかけて5%を越えるFE異常が分布しており、特に $\#6 \sim 8$ では10%以上のFE値が検出されており地表付近から深度150mまでの間に強い鉱化帯の存在が考えられる。この鉱化帯は、大規模IP異常帯を誘起するものであるが、Line-Cでは、FE異常のパターンから $\#7$ の地表付近からわずかに東へ傾斜して深部へのびていると考えられる。

このFE異常帯は、Line-Cでは、Line-Bと比較してさらに浅く、かつ広がっている。即ち、南に向かうに従い浅くかつ規模が大きくなっていることがわかる。

一方、 $\#15$ から東側では、Line-A、Bと同様、殆んど鉱化が考えられない。

#### Line-D

Line-Cと同様に、測線西部の $\#3 \sim 12$ にかけて5%以上のIP異常帯が検出された。このIP異常帯は、主に $\#6 \sim 7$ 及び $\#10$ の10%以上の2個のFE異常と $\#4$ 深部のFE異常からなっている。 $\#4$ の深部の異常を除き、 $\#6 \sim 7$ 及び $\#10$ のFE異常はどちらも東に傾斜する鉱化帯によりひきおこされたものである。FE異常のパターンから、鉱化帯の中心はLine-Cよりもやや深くなっているが、鉱化の度合は大きくなっていると考えられる。

この大規模なFE異常帯の他には、 $\#15$ の地表付近に異常源を有する5%のFE値が検出された他は、 $\#20$ から東側では3%以下であり鉱化の存在は考えられない。

#### Line-E

西部IP異常帯が $\#15$ から西側で広く検出されているが、北側のLine-Dと比較すると、鉱化帯の幅——5%以上のFE異常帯の幅は広がっているにも拘わらず、FE値は8%と低

くなっており、また、深くなっていることがわかる。即ち、鉍化はLine-D程強くはないが、幅広い鉍化帯が $\#5$ から $\#13$ の地表から深部にかけて分布していると考えられる。

$\#24$ 付近の地表から西側へ傾斜する鉍化帯による5%のFE異常と $\#27$ のやや深部に東へ傾斜する鉍化帯による6%をこえるFE異常が検出されている他は、 $\#17$ から東側では3%程度のバックグラウンド値に近く、鉍化の存在は考えられない。

#### Line-F

$\#17$ より西側に西部IP異常帯が検出されているが、 $\#2\sim4$ 及び $\#4\sim17$ の2つの異常帯にわかれていた。  $\#2\sim4$ では5~6%のFE値が検出されている程度で、弱い鉍化帯によるものと考えられる。また、 $\#4\sim17$ のFE示徴は $\#11, 12$ 付近で浅く地表付近にある他は、200~300mの深さに分布している。Line-Eと比較すると、FE異常としてのまとまりはみられるが、全体として深くかつFE値が低くなっている。

Line-AからLine-Eまでは、まとまりのあるFE示徴のみられなかった $\#17$ より東側の地域で、 $\#25$ を中心とするFE異常が検出されている。このFE示徴は、地表付近の弱い鉍化帯によるものと考えられる。このFE示徴を除くと、 $\#17$ より東側は、バック・グラウンド値を表わしている。

#### Line-G

$\#5\sim\#17$ に西部IP異常帯が検出されているが、全体としてFE値は5~6%と低く、8%を超えるのはわずかであり、鉍化は全体として弱い。Line-Fと比較すると浅くなっているのがわかる。詳しく検討すると、 $\#8, 9$ 及び $14\sim15$ の浅所、 $\#10, 14$ の深部に異常源があるのがわかる。

この西部FE異常帯の他に、 $\#22, 24$ の浅所と $\#25$ のやや深所に弱いFE示徴が検出されたが、これらは、Line-Fの小規模なFE示徴の南方延長と考えられる。

また、測線西端 $\#2$ の深所にも弱いFE示徴が検出されている。

測線全体として、3%未満のFE値は数ヶ所しかみられず、弱いながらも測線全体として鉍化を受けていると考えられる。

#### Line-H

$\#5$ から $\#27$ にかけて5%以上の幅広いFE異常帯が検出されており、この他には $\#30$ の浅所に7%程度及び $\#39$ の浅所に5%の弱FE示徴が捉えられているのみである。

$\#5$ から $\#27$ にかけての大FE異常帯は、 $\#5$ から $\#17$ に分布する10%以上の西部IP異常帯とその東側の比較的の小規模なFE異常が見掛上合成されたものである。西側の $10\sim14$ では、地表付近から深部にわたって強い鉍化帯が分布し、Line-Gと比較すると鉍化が強くなっていることがわかる。一方、東側のFE異常は $\#21$ の浅所から東へ向って傾斜するように分布する鉍化帯によるものと考えられる。

#### Line-I

西部IP異常帯が、 $\#5 \sim 17$ にかけて広く分布している。10%以上のFE異常が広く捉えられており、 $\#9 \sim 13$ の浅部から深部にわたって強い鉍化帯によるものと考えられる。

Line-HのFE値との比較から、Line-Iでは鉍化の度合いが強くなり、鉍化帯の幅も広くなり、南に向かうに従い強い鉍化帯の存在が推定される。

この他には、 $\#3, 4, 19, 24, 29$ 及び $35, 37$ 付近にも5%から7%のFE示徴が検出されているが、これらはいずれも小規模な鉍化によるものと考えられる。

#### Line-J

$\#16$ 以西に広範なFE異常が検出されており、これは西部IP異常帯に対応するが、Line-Iと比べると、FE値も14.3%と本調査で最大の値が検出され、また、10%以上のFE異常の広がりも大きく、かつ地表から深部にわたって分布している。特に、 $\#11$ から $\#15$ にかけては、鉍化帯が地表付近から深部へ分布していると考えられる。

西部IP異常帯が、Line-Jから更に南方へ連続することは容易に推察されるが、地元民の反対のため、調査を実施することができず、追跡不可能であった。

この他に $\#22$ の浅所から深部へ向かって東に傾斜する弱い鉍化帯による8%程度のFE異常が検出されており、他に5%を越えるFE示徴が東側の数ヶ所に検出されている。

#### Line-K

Line-Kは、Line-Jの南方へ200m離れた測線であるが、測線の西方延長が設定不可能のため、西部IP異常帯の南方延長追跡は不可能であった。

この測線のFE分布の傾向は、Line-A~Jの東側の分布とはほぼ同様であり、6%のFE値が数ヶ所検出される程度で規模の大きな鉍化は期待できない。

$\#5 \sim 6$ の地表から東傾斜する小規模な鉍化によるFE異常が、西側で検出されているが、これはLine-Jの $\#22$ 付近のFE異常の南方延長によるものであり、鉍化も弱いことがFE値が減少していることからわかる。

この他に $\#14$ から $\#20$ にかけて小規模な鉍化によると思われるFE示徴が数個検出されている。

#### Line-L

検出されたFE値も、Line-Kと同様、5%であり、測線全体としては、弱い鉍化によるFE異常が $\#3, 4, 6$ 及び $14$ 付近にみられる程度である。

#### Line-M

5~6%のFE異常が $\#6 \sim 7$ の浅所、 $\#3, 5, 10$ のやや深部に検出されているが、これらはいずれも弱い鉍化によるものと考えられる。

#### Line-N

5%以上のF E示徴が㊦10, 11のn=2及び㊦12のn=5に検出された他は, 測線全体としてバックグラウンド値を反映する分布となっている。

#### Line-O

4%以上のF E値が㊦13付近の浅所に検出された他は, バックグラウンド値を反映した分布となっており, 測線全体として鉱化は全く考えられない。

#### Line-P

4%以上のF E値が数ヶ所検出されたが, 全体としてバック・グラウンド値を反映したものと考えられる。

#### Line-Q

調査地域最南端の測線である。バック・グラウンド値を反映したLine-O, Pとは異なり, 測線西側(㊦7以西)の浅所及び㊦11の深部に5%以上のF E示徴が検出されている。これらは, いずれも小規模な鉱化によるものであり, さらに南方へ続いている可能性が考えられる。

#### Line-R

調査地域北部中央をほぼ南北に切る交叉測線であり, 西部I P異常帯の東端の南北方向の異常の分布パターンを把握できる。

南程F E値が高く, かつ地表から深部へ連続しているのに対し, 北側では, バックグラウンド値であり鉱化が全く考えられない。

南側のF E異常は, 西部I P異常帯の東端を反映したものであり, 顕著なものではない。

#### Line-S

本測線は調査地域北西部中央をほぼ南北に切る尾根ぞいの測線であり, 西部I P異常帯の南北方向の分布パターンがLine-Rより明瞭に把握できる。

北側では, バックグラウンド値であり全く鉱化は考えられないが, 南に向かう程F E値は高くなり, かつ, 浅くなる傾向がある。南端深部では10%以上のF E値が検出され, さらに南へ向かう程, さらに鉱化が強くなり, かつ浅所から深部にかけて分布していることが期待される。

#### Line-T

本測線は, 調査地域東南部をほぼ南北に切る測線であるが, この地域の鉱化の分布を反映している。小規模なF E示徴が数ヶ所検出されるのみであり, 全体として, バックグラウンド値を反映したものである。



## 4-2 平面解析

### 4-2-1 IP平面図からの解釈

本調査では、IP法により予想される鉍化帯の平面的なひろがりをつえ、出来うればこの異常帯の中で鉍化の方向、傾斜を考察することを目的とする。

各測線のIP断面から、 $n=1, 3$ および $5$ の値を取り出し、3種類の平面図を作成した。しかし、地形が急峻であるために、これらの平面図は同一水準面を表現しているわけではなく、地表からそれぞれ $100\text{m}$ 、 $200\text{m}$ および $300\text{m}$ までの平面を表現しているものである。

$n=1$ 平面図で、FE $5\%$ 以上の地区が浅所における鉍化帯の分布域を反映していると考えられる。

FE値から判断して、鉍化の明らかに無いと考えられる地域が調査地域北東部(Line-AおよびLine-B, C, D東側)にみられる。

FE異常の分布から、西部IP異常帯の分布する調査地域西部、および小規模なFE異常が分布するLine-Rから東側の地域に分けられる。

西部IP異常帯は、調査地域西部に約 $1\text{km}$ の幅でNW-SE方向に分布しており、 $n=1$ ではLine-C、 $n=3$ およびLine-H、 $n=5$ 、Line-J、 $n=12\sim 15$ にFE異常の中心が見られるのみであるが、 $n=5$ ではLine-Rから西側のほぼ全域に広がっており、全体としてまとまった異常となっている。

この異常帯をもたらした大規模な鉍化帯は、北端のLine-Aでは深部にあり、さらに北に向かうに従い深くなるものと考えられるが、南に向かうに従い徐々に浅くかつ鉍化が強くなり、Line-Cでは地表付近に分布している。しかし、Line-Cから南に向かうと、いったん潜在する形となり、Line-E, Fでは深部にあるが、さらに南に向かうに従い、徐々に浅くなりLine-H, I, Jでは地表付近にあり、深部まで続いており、また、鉍化が最も強くなっている。この鉍化帯は分水嶺を越えて、南方の未調査地域に延びており、さらに鉍化が強くなることが予想される。

一方、Line-Rから東側の地域ではまとまったFE異常は検出されず、小規模な鉍化帯が多数分布するのみである。

### 4-2-2 磁気平面図からの解釈

ボーフィリイ・銅型鉍床では、鉍化変質部に磁鉄鉍の濃集を伴うこともあり、ルソン北部地区第3年次物理探査では、石英閃緑斑岩の鉍化変質部の分布が磁気異常分布から推定できた。本地域でも、花崗閃緑岩体内の鉍化変質に伴う磁鉄鉍濃集が期待されたので、地上磁気探査を実施した。

本地域には、花崗閃緑岩が広く分布し、一部に石英安山岩および石英閃緑斑岩が岩脈として分布するのみであるが、これらの岩石の帯磁率は $10^{-3}\text{cgsemu}$ 台と一般的に高いので、本地

域のような地形急峻な地域の地上磁気探査では、地形変化による磁気異常が卓越することが予想される。

全体として、半波長200~300mの磁気異常群が卓越して分布しており、連続性のみられる磁気異常としては、(1)中央部をほぼ東西に(Line-H№23~Line-G№40)延びる負異常、(2)西部をNW-SE方向に走る負磁気異常群および(3)Line-H№8からLine-F№15にかけて分布する(2)の異常群にほぼ直交するNE-SW方向の負磁気異常、などが挙げられる。

これらの異常群は、主に花崗閃緑岩体内の磁鉄鉱濃集部により誘起されたものと考えられる。この中で、(3)の負磁気異常は、石英閃緑斑岩岩脈分布域とほぼ一致することから、岩質の違いにより誘起された可能性も考えられる。

調査地域南西端には東南方向の負磁気異常が分布しているが、この地域は西部IP異常帯と一致しており、興味深い地域である。

#### 4-3 物性測定結果

##### 4-3-1 概要

地表で測定された物理量は、表土、風化帯、地下水等の影響を受けており、岩体、鉱床などの真の物性を直接示すことは少ない。このため、地下の物性をできるだけありのまま知ることが、物理探査にとって重要である。

これには、調査地域において露出する岩石を自然状態のまま測定する方法(In-site調査)と、比較的風化、変質の少ない岩石試料を実験室で測定する方法がある。

本調査では、調査地域内で岩石試料を採取し、日本へ帰国後、47個の岩石試料に対し比抵抗、FEおよび帯磁率の測定を行ない、また、20個の定方位試料について残留磁気測定を行った。

##### 4-3-2 岩石物性測定

###### IP物性測定

実験室でのIP物性用岩石試料は、測定前に直方体に成形された。測定は採取時の状態に近い方が望ましいが、採取後日本に持帰り、試料も乾燥するため、今回の測定では減圧水槽を利用して試料を飽和状態にし、すべての試料を同一条件下で測定できるよう配慮して実施した。

試料が地下にある状態にできるだけ近づけて測定し、かつ、測定値の変動を防ぐために恒温槽を使用している。恒温槽は内径30×50×30cmの鉄製で、内部を減圧するための真空ポンプ、水蒸気を発生するためのヒーター入り水槽および温度計が付属している。試料ホルダーは恒温槽内に収められている。

測定装置全体の概要をFig. III-5に示す。

使用した送信器は米国Burr Brown社製のModel 1801型定電流パルス発生器および前置

増幅器から構成され、時間領域法、周波数領域法の両方式を測定できる。なお、周波数は0.3と3.0 Hzを使用した。受信器は野外測定用のIP受信器であり、横浜電子研究所製のModel YDC-443を使用した。

比抵抗 ( $\rho$ ) は次式により求められる。

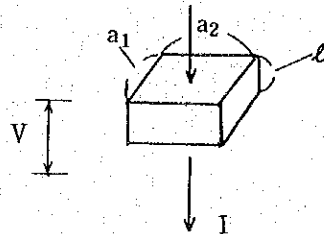
$$\rho = \frac{a_1 \times a_2}{\ell} \times \frac{V}{I}$$

ここに、 $\ell$  : 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



測定結果は Table III-1 に示す通りである。

○ 岩石試料の比抵抗は、岩石の孔隙率、風化、割れ目の状態などにより変化に富み  $500\Omega m$  から  $29000\Omega m$  に変化している。

○ Line-J で採取された J-14 は、黄鉄鉱の鉱染を受けており、 $600\Omega m$  程度の低比抵抗を示し、また 21.3% と高 FE を示し、西部 IP 異常帯の Line-J にみられる浅部異常と同一の鉱兆によるものである。

○ 5% 以上のやや高い FE を示す試料としては、Line-I の I-21B、Line-J の J-13.5 および Line-L の L-12.5 などが挙げられるが、これはいずれも浅部 FE 異常が検出された地区周辺で採取されたものである。

#### 帯磁率測定

IP 物性に供したのと同一の岩石試料について、ハンマーおよび乳鉢により、鉄粉が混入しないように十分配慮し、80メッシュに粉砕された。この試料 60 gr をプラスチック容器（内径 1 インチ、長さ 3 インチの円筒状）に入れ、Bison 3101 により、帯磁率が求められた。

測定結果は Table III-1 に示す通りである。

帯磁率はほぼ  $10^{-3}$  cgsemu の大きさであり、地形変化による磁気異常の存在が容易に推定される。

帯磁率と比抵抗また帯磁率と FE とのそれぞれの間の相関は明らかでない。

Table III-1 FE, Resistivities and Magnetic Susceptibilities of Rock Samples

No.	Location & Sample No.	Rock Name	FE (%)	$\rho$ ( $\Omega$ m)	$K$ ( $\times 10^{-6}$ cgsemu)
1.	A-3.5	Granodiorite	4.2	2089	2138
2.	A-12	Dacite	3.7	2981	3011
3.	B-7.75	Granodiorite	2.6	2197	2632
4.	B-13	Granodiorite	3.8	3507	505
5.	B-33	Granodiorite	1.6	2427	4157
6.	C-3	Granodiorite	2.6	1083	1011
7.	C-3.5	Granodiorite	2.9	5091	2722
8.	C-8	Granodiorite	4.4	871	915
9.	C-30	Granodiorite	4.2	3800	6674
10.	D-7.75	Granodiorite	2.4	4115	4078
11.	D-16	Granodiorite	1.4	8181	899
12.	D-27	Granodiorite	1.4	5974	3019
13.	D-36.5	Diorite	3.0	2533	3600
14.	E-7	Granodiorite	2.7	1757	2267
15.	E-16	Quartz diorite porphyry	3.1	13018	206
16.	E-25	Granodiorite	4.0	962	3253
17.	E-30.5	Granodiorite	4.1	838	1663
18.	F-5	Granodiorite	1.8	4182	1539
19.	F-8	Granodiorite	2.9	1275	1295
20.	F-9.5	Granodiorite	1.8	22746	3248
21.	F-26	Quartz diorite porphyry	2.5	3555	1669
22.	F-35.5	Granodiorite	1.9	3104	1415
23.	G-4.5	Granodiorite	2.4	12738	53
24.	G-23	Quartz diorite porphyry	1.4	806	1662
25.	H-4.5	Granodiorite	3.2	501	3653
26.	H-5	Granodiorite	2.6	1700	3679
27.	H-13	Quartz diorite porphyry	1.7	5296	3146
28.	H-35.5	Granodiorite	2.1	884	1950
29.	I-1.5	Granodiorite	1.6	9136	4355
30.	I-3.5	Granodiorite	0.8	9239	2678
31.	I-17	Granodiorite	2.3	1840	460
32.	I-21A	Granodiorite	3.7	1377	914
33.	I-21B	Granodiorite	5.2	2129	1675
34.	I-30	Granodiorite	2.9	2865	3570
35.	I-37	Quartz diorite porphyry	0.9	2030	1785
36.	J-13.5	Granodiorite	7.9	7101	1226
37.	J-14	Granodiorite	21.3	584	2359
38.	J-16.5	Granodiorite	2.9	5254	2648
39.	J-35	Quartz diorite porphyry	2.3	1053	2430
40.	J-38.5	Granodiorite	3.3	1870	3285
41.	K-22	Quartz diorite porphyry	2.0	1074	3359
42.	L-12.5	Granodiorite	5.3	1995	4446
43.	N-7	Granodiorite	1.3	1846	130
44.	N-9.5	Andesite	1.6	11913	5563
45.	P-7.5	Granodiorite	2.0	3365	1031
46.	R-8.5A	Granodiorite	1.6	10653	2359
47.	R-8.5B	Granodiorite	3.0	29181	2886

### 残留磁気測定

スピナー型磁力計により、20個の岩石試料について残留磁気を測定した。

測定結果を Table III-2 に示す。

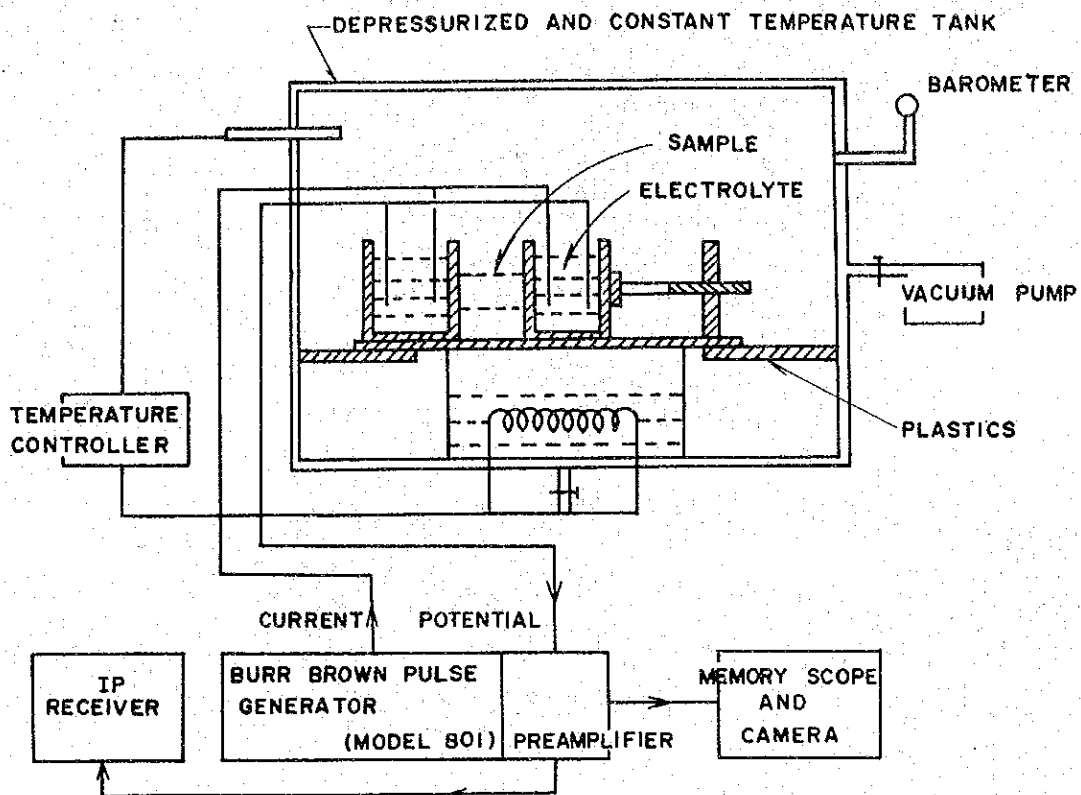


Fig. III-5

Block Diagram of the Measurement of IP Physical Properties of Rock Samples

Table III-2 Remanent Magnetism of Rock Samples

Sample No.	Rock Name	Intensity of Magnetization ( $\times 10^{-6}$ cgsemu)	Declination	Inclination
X-1	Granodiorite	792	N80°E	+22°
X-2	Quartz diorite porphyry	795	N70°E	+55°
X-3	Granodiorite	678	N52°E	+11°
X-4	Granodiorite	463	N64°W	+57°
X-5	Andesite	170	N19°W	+87°
X-6	Granodiorite	1432	N 3°W	+35°
X-7	Granodiorite	3410	N38°E	+75°
X-8	Granodiorite	627	N68°W	+63°
X-9	Granodiorite	310	N63°E	-38°
X-10	Granodiorite	131	N45°W	+80°
X-11	Granodiorite	588	N74°W	+53°
X-12	Granodiorite	1646	N70°W	-80°
X-13	Granodiorite	721	N 5°E	+61°
X-14	Granodiorite	318	N10°W	+85°
X-15	Granodiorite	1427	N58°W	+20°
X-16	Granodiorite	455	N78°W	+70°
X-17	Granodiorite	330	N30°W	+83°
X-18	Granodiorite	201	N52°W	+68°
X-19	Granodiorite	119	N31°W	+35°
X-20	Granodiorite	208	N30°E	+85°

#### 4-4 モデル計算結果

物理探査の測定結果から地下の異常源の形態、強さを解析するには、通常、多数のモデル計算結果と比較照合し、地質構造を考えて妥当なモデルを仮定する必要がある。

IP法電気探査では、ダイポール・ダイポール電極配置による各種モデルに対する標準曲線が求められているが、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、これを考慮して、標準曲線と比較して、モデルを仮定した。

また、磁気異常に対しては、地球磁場による誘起磁場のみ仮定してモデル計算を実施し、残留磁気は無視した。

##### 4-4-1 IPモデル計算

20測線の中から、Line-E, F, H, IおよびSを選びだし、IPモデル計算を実施した。これらの測線ではいずれも強いFE示徴が検出されている。

観測断面から各断面の地下構造モデルを考察した。この仮定された構造に対し、FE値と比抵抗値をあてはめ、出来るだけ実測値に近くなるように設定した。

計算では、各断面を1,400の格子に分割し、各格子に仮定されたFEと比抵抗をわりあてており、この抵抗網に対しGauss-Seidelの反復計算法により、IBM-370-195を用いて計算した。

計算機出力としては、仮定したモデルの型、FE、比抵抗が打ち出される。この出力と実際

の断面の比較は、特にFEについてのみ検討され、パラメーター又は鉱体の型を変えることにより更に実測に近づくよう計算された。これにより、おおよその傾向に近づくよう改良された。これにより、おおよその傾向、パターンは近似することが出来たが、地下構造は実際には複雑であり、これらの物性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なうことはきわめて困難である。FEと比抵抗の近似はほぼ実測に近づいたと思われる。10種のコードに対して仮定が可能であるが、本計算には6～7種のコードを使用した。各測線の仮定モデルは幾何学的な単純な鉱体を仮定した。

#### 4-4-2 磁気異常モデル計算

磁気探査で観測される磁力値はポテンシャル量であるので、磁気異常を誘起する磁性岩体のモデルは無限に存在する。これらの無限個のモデルから、対象とする地域の地質構造に対して妥当なモデルを選択することが必要である。

磁気異常の定量解釈は、角柱状構造、断層状構造、ダイク状構造などの単一構造およびこれらを組み合わせた構造を仮定して行なわれ、地質構造に矛盾のないモデルが導きだされる。

本調査では、測線方向が主に東西であることから磁気異常のパターンを把握することが困難なこと、および、地上磁気探査で地形の起伏が大きく地形の影響による短波長の磁気異常が多数あらわれていることなどにより、個々の磁気異常に対する定量解釈は容易ではない。

調査地域中央西部のLine-FのNo 10-15、Line-Gの10-13及びLine-HのNo 6-15にかけて分布するNE-SW方向の磁気異常に対して定量解析を行なった。定量解析の方法として、ダイク状構造を利用した曲線照合法を採用した。ダイク状構造のような2次元モデルを採用した理由としては、(1)地上磁気探査であり測点周辺の影響が大きいと考えられること、(2)本調査地域のような低磁気緯度(伏角 $20^\circ$ )での磁気異常のコンターパターンの特性として角柱状構造のようなモデルでも東西方向にコンターが広がるパターンとなり、ダイク状構造とあまり変わらないコンターパターンをとること、などがあげられる。

磁気断面及び解析結果をFig. III-7に示す。この磁気異常をほぼ南北に切るLine-Sの観測値を利用した。

解析結果によれば、磁性岩体の帯磁率(K)、幅(W)、深さ(D)および傾斜角(i)は以下の通りである。

$$K = 7 \times 10^{-3} \text{ cgsemu}$$

$$W = 5.5 \text{ m}$$

$$D = 1.4 \text{ m}$$

$$i = 90^\circ$$

この異常の場所は、花崗閃緑岩中に石英閃緑斑岩の岩脈が分布している場所であることから、石英閃緑岩岩脈或いは花崗閃緑岩中の磁鉄鉱濃集部により誘起されたものと考えられる。

LINE E

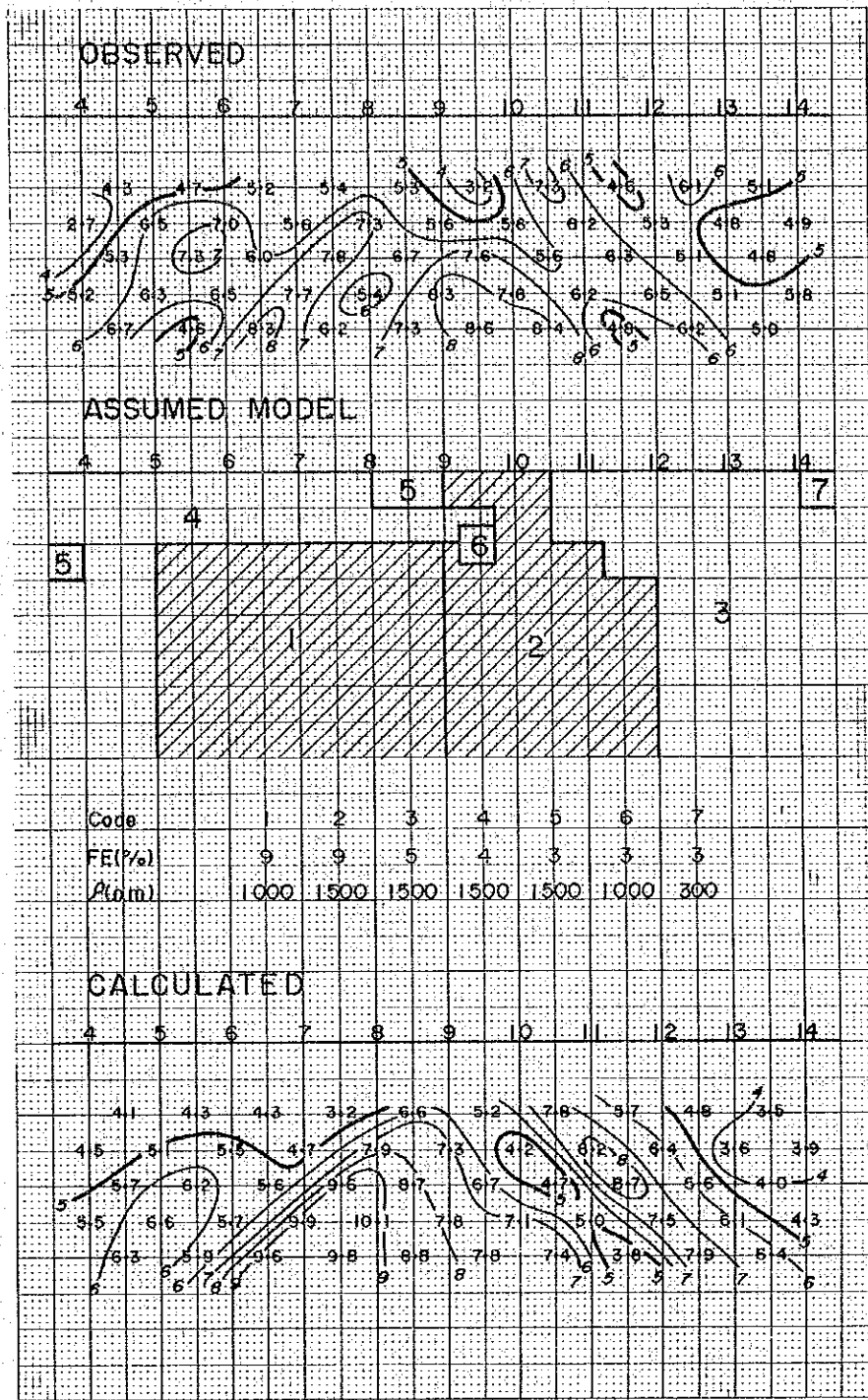


Fig. III-6-1 Result of IP Model Calculation



# LINE F

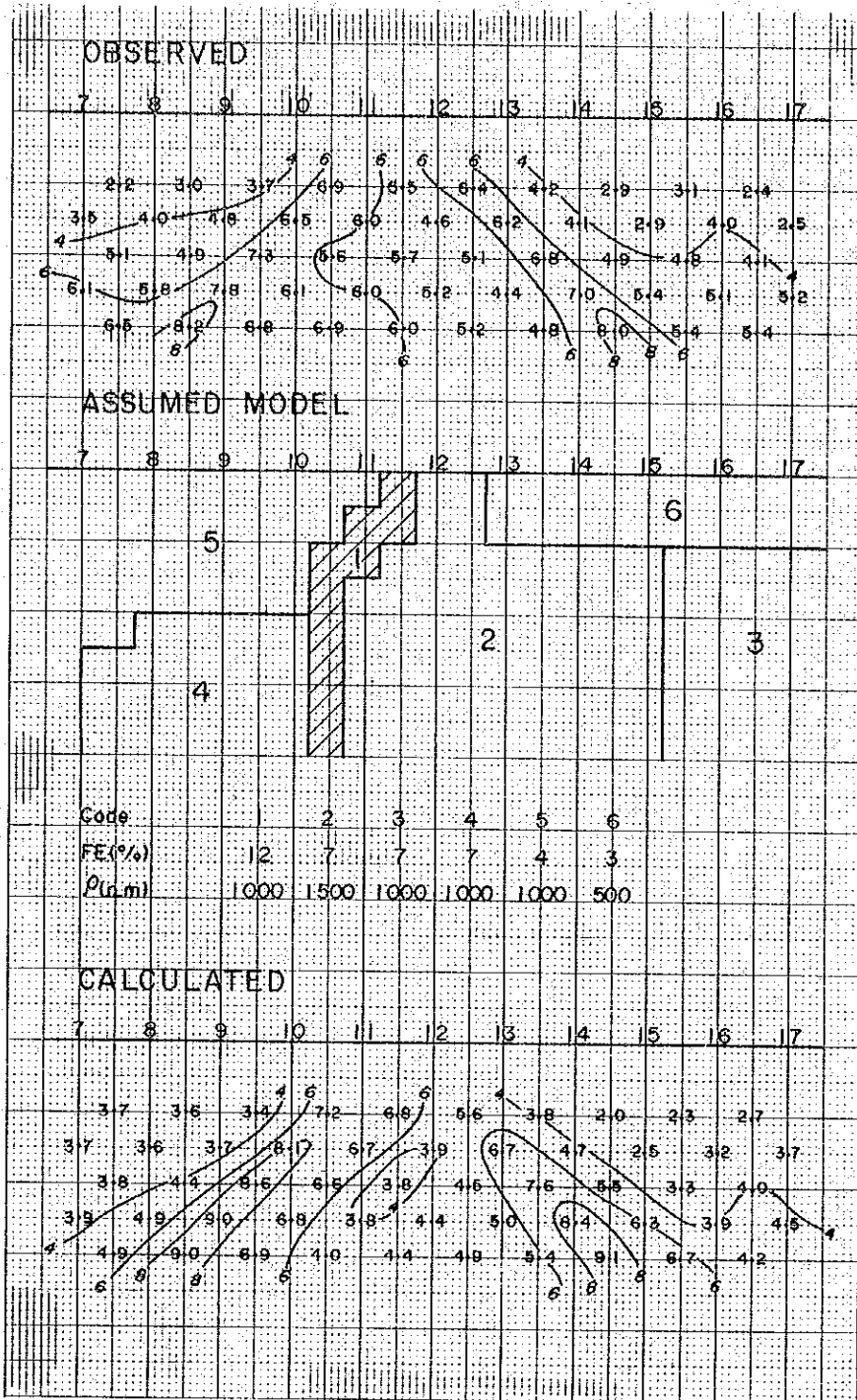


Fig. III-6-2 Result of IP Model Calculation

LINE H

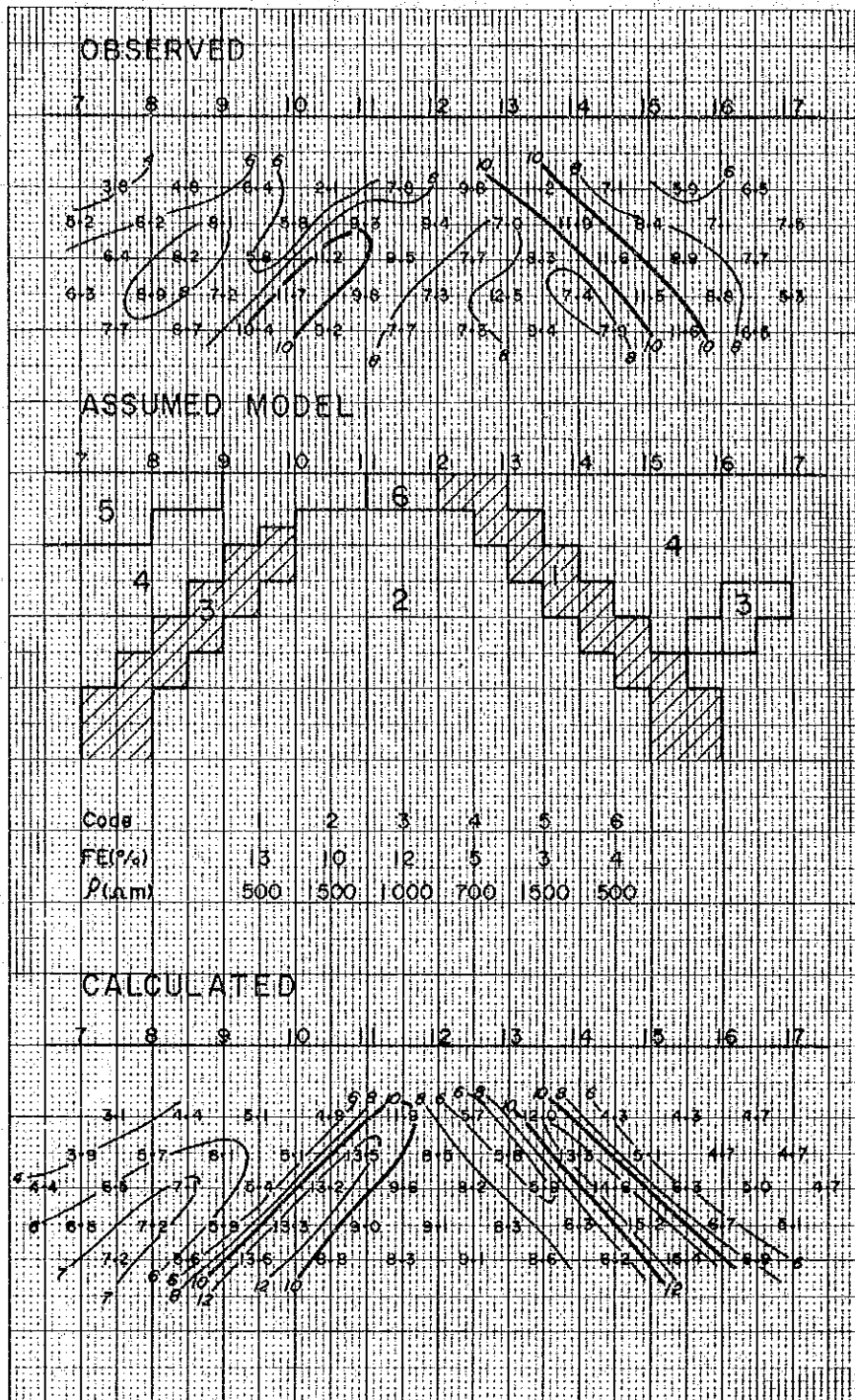


Fig. III-6-3 Result of IP Model Calculation

LINE I

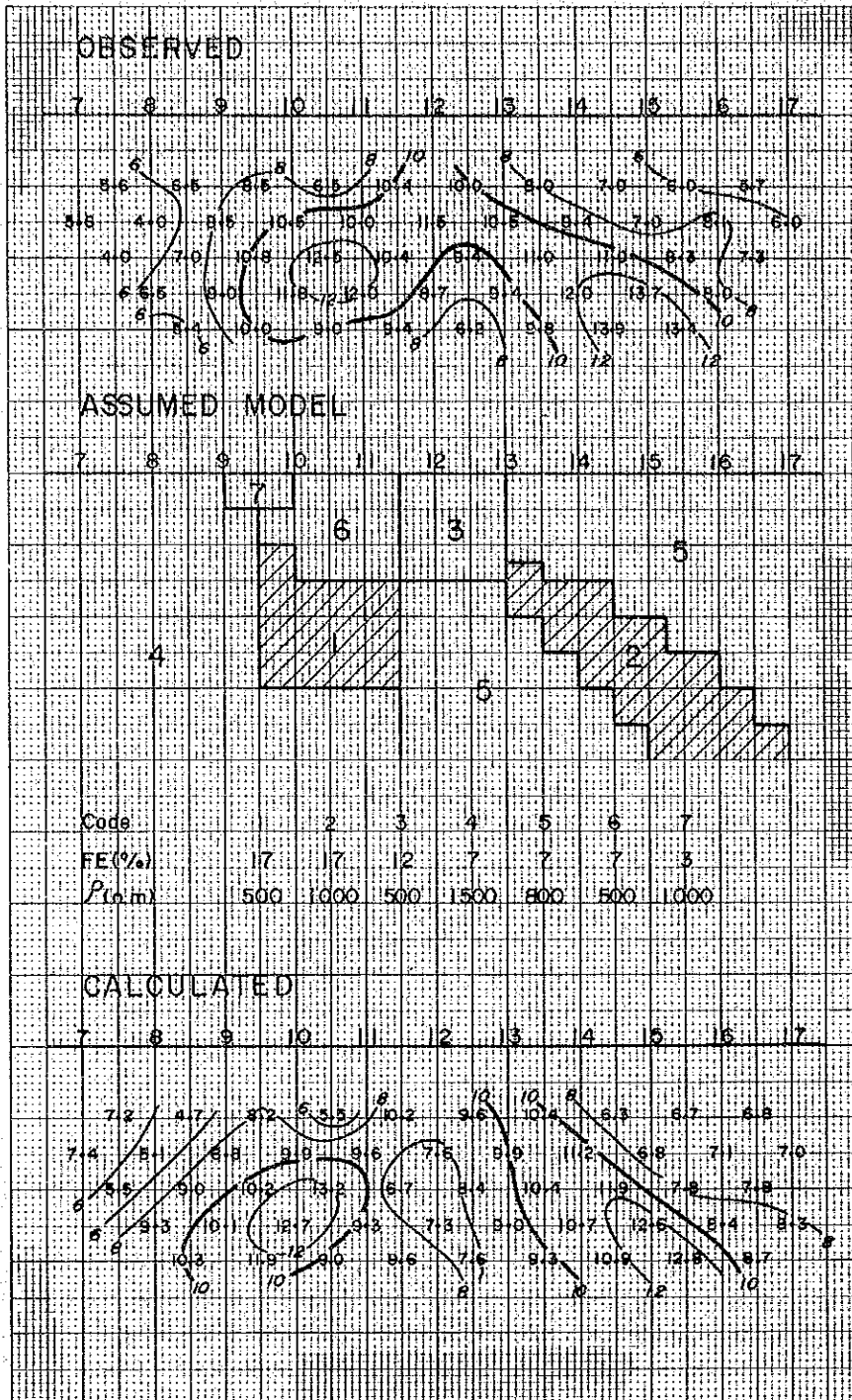


Fig. III-6-4 Result of IP Model Calculation

LINE 5

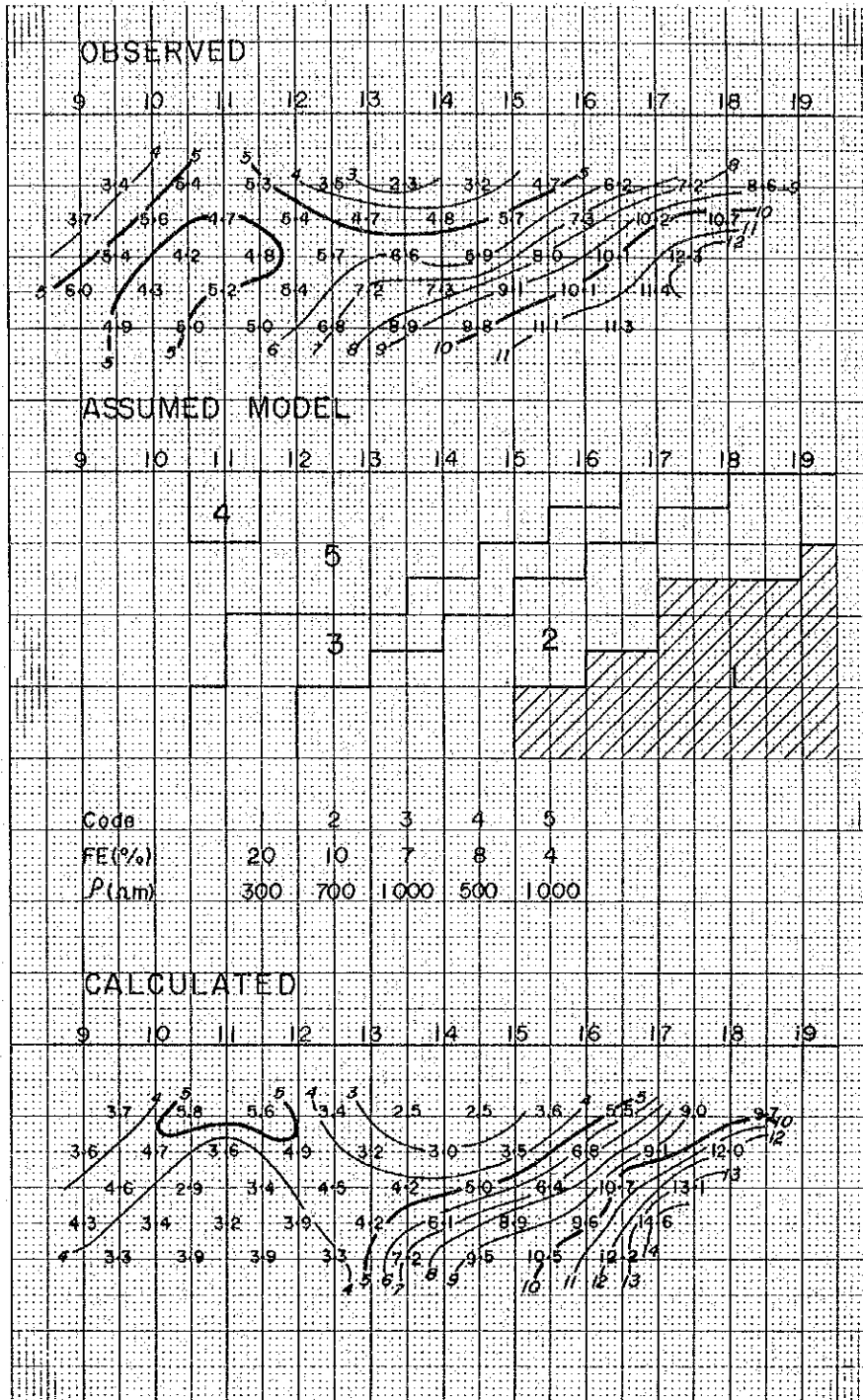


Fig. III-6-5 Result of IP Model Calculation

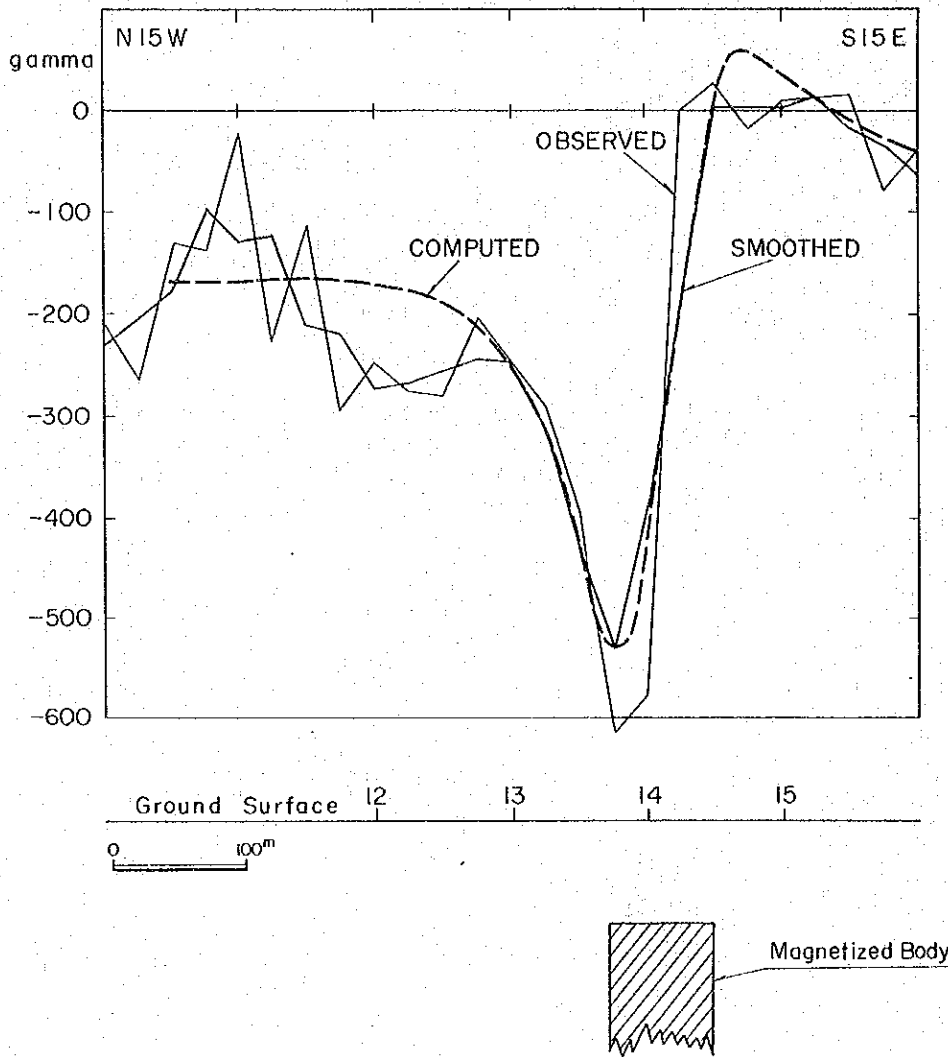


Fig. III-7 Magnetic Anomaly and Magnetic Body Causing It

## 第5章 結 論

### 5-1 結 論

ポーフィリ・銅型鉱床は、IP法電気探査の最も良い対象の一つであり、フィリピン各地の鉱山においても周波数領域IP法電気探査が実施され、かなりの成果を挙げている。

①本調査では、調査地域西部で大規模な強IP異常帯が確認された他、調査地域南東部に小規模なFE異常が多数検出された。

②強IP異常帯は調査地域西部をほぼNNW-SSE方向に幅約1Kmで延びており、北側では弱くかつ深くなっているが、南へ向うに従い徐々に強くなり、特に、Line-G, H, IおよびJの $\rho_{10}$ から $\rho_{15}$ にかけては浅部から深部へ続く異常であることが確認された。さらに、この異常帯は調査地域外の南方へ延びており、さらに強くなると予想される。

③このIP異常帯の浅部高FE異常分布域は、地化学異常分布域にほぼ一致している。

④他の小規模なFE異常も地化学異常との間に良い一致がみられる。

⑤本地域は地形急峻のため、見掛比抵抗は地形の影響を受けている。全測線に施した2次元地形補正の結果、花崗閃緑岩の比抵抗は500~1000 $\Omega m$ 程度と考えられる。鉱化帯に対応する低比抵抗が見られないことから、本地域では粘土化変質が極めて弱いと考えられる。

⑥鉱化変質、特に黄鉄鉱化に対応するような消磁効果は確認されなかった。これに対し、花崗閃緑岩の帯磁率が高く、また安山岩、石英閃緑斑岩などとの間の磁性の差が殆んど無いことから、急峻な地形変化の影響を受けた磁気異常が多数検出された。

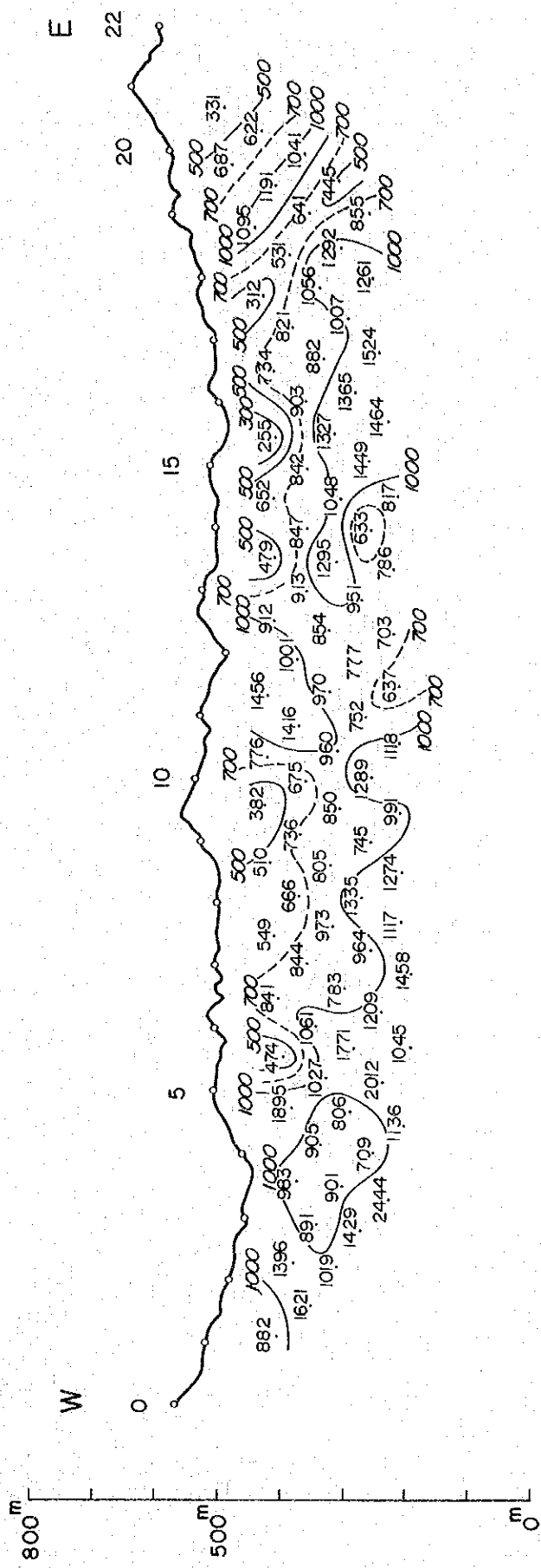
### 5-2 今後の問題

調査地域西部の強IP異常帯の南限を確認することは、地元民による南部への立入り拒否のため不可能であった。しかしながら、同地域ではすでにMarcopper Mining Corporationによって地化学探査及び試錐探鉱が実施されている。同社の地質担当者によれば、同地域では強いCu異常帯が検出され、この異常帯に対して20孔以上の試錐を実施した結果、数孔でCuの中~高品位鉱を確認したものの全般的には低品位であったとのことである。本年度の調査結果およびMarcopper社の探鉱結果から、本地域では追加測線を設定する必要はないと考えられる。

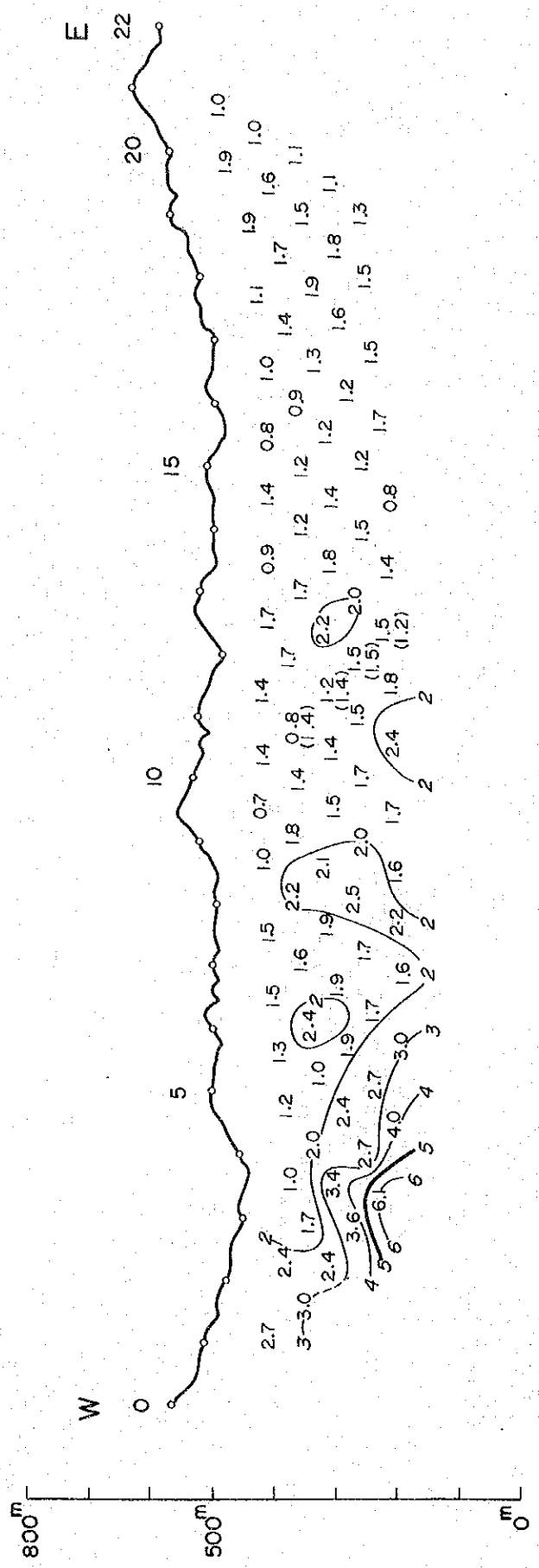
しかしながら、本年度の調査によって物理探査実施地域以外の精査において、本地域に匹敵する鉱化帯と地化学異常が確認されており、マニクベル、マリブコンおよびラクブの3地域が、鉱床賦存の可能性が最も高い地域として抽出された。次年度はこれらの鉱化帯の規模、分布を確認するとともに、有効な試錐探鉱位置を選定するために、IP法電気探査の実施が望まれる。

さらに、従来のIP法では硫化物の鉍種の判定が困難なために、一部地域での複素比抵抗法の併用が望まれる。

Apparent Resistivity (  $\Omega - m$  )



Frequency Effect (%)

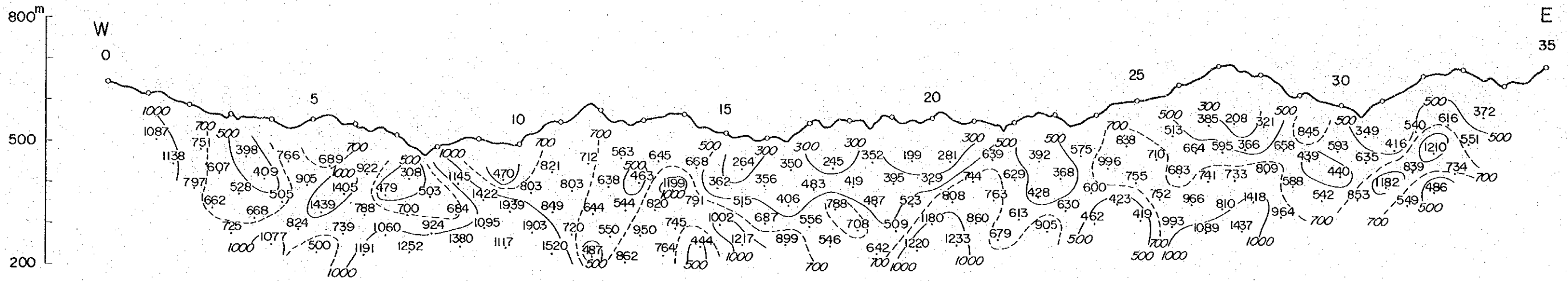


LINE A

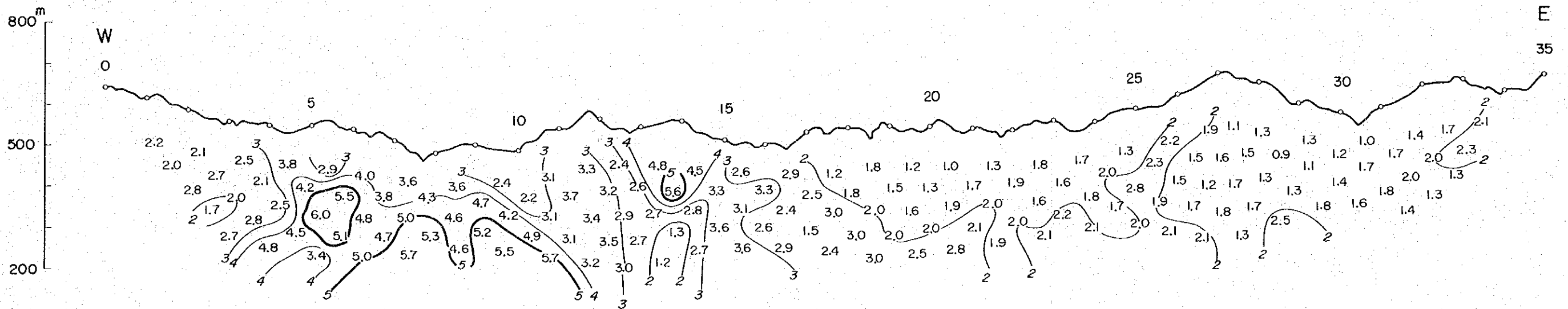
Fig III -4-1 IP PROFILE



Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



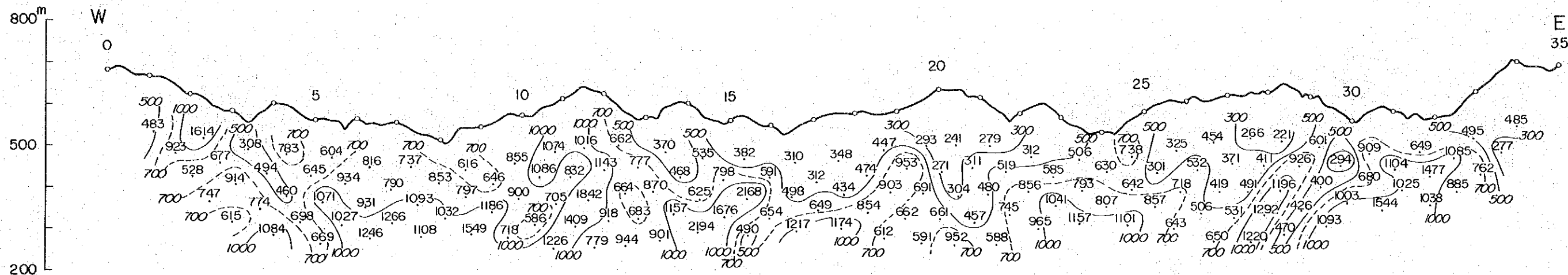
Frequency Effect (%)



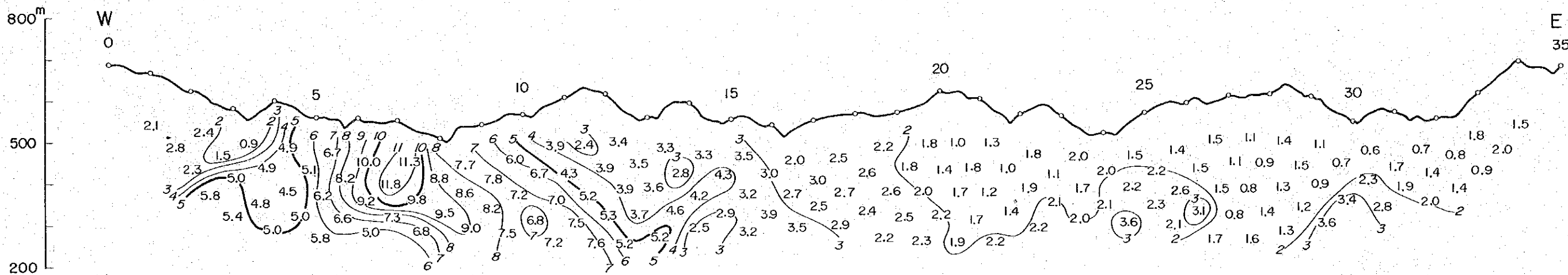
LINE B

Fig III-4-2 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega$ -m)



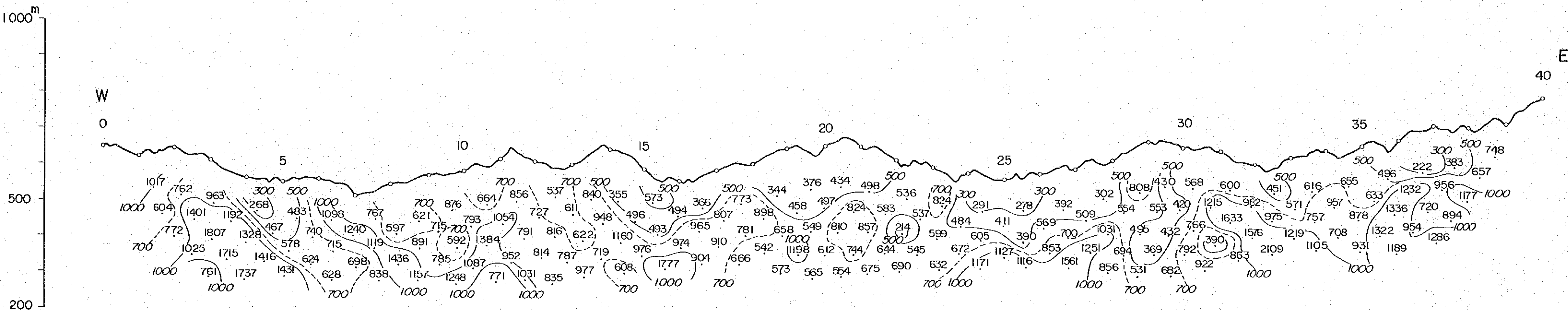
Frequency Effect (%)



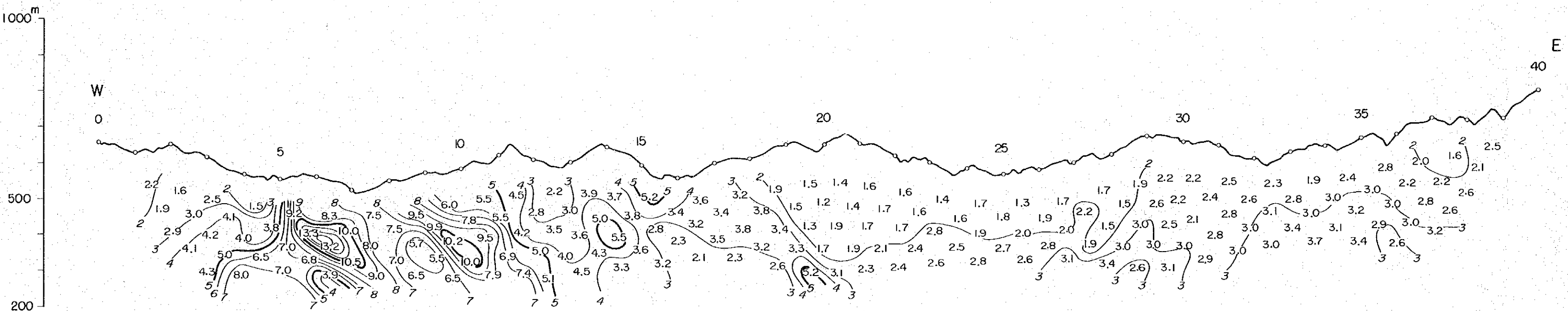
LINE C

Fig III-4-3 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



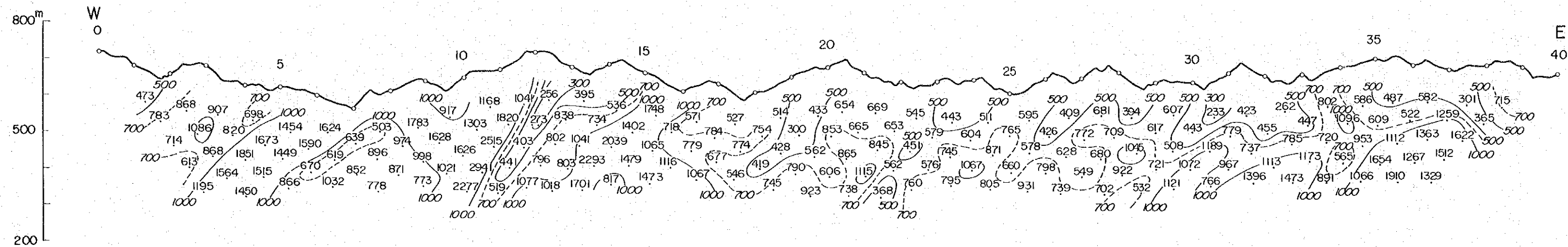
Frequency Effect (%)



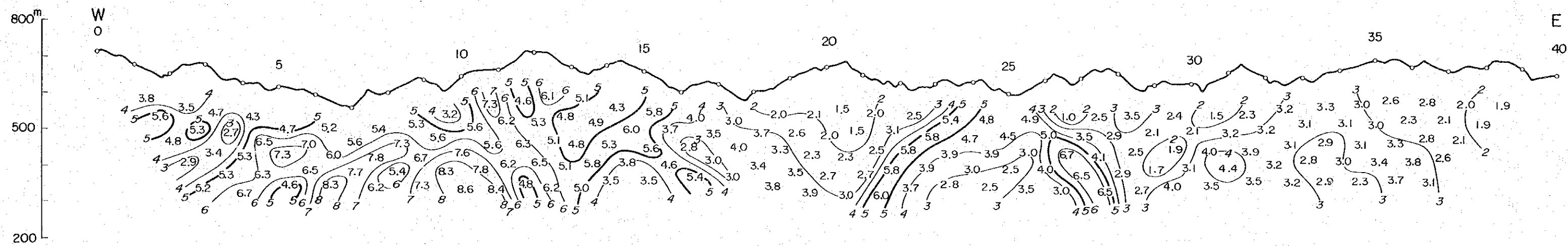
LINE D

Fig III-4-4 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



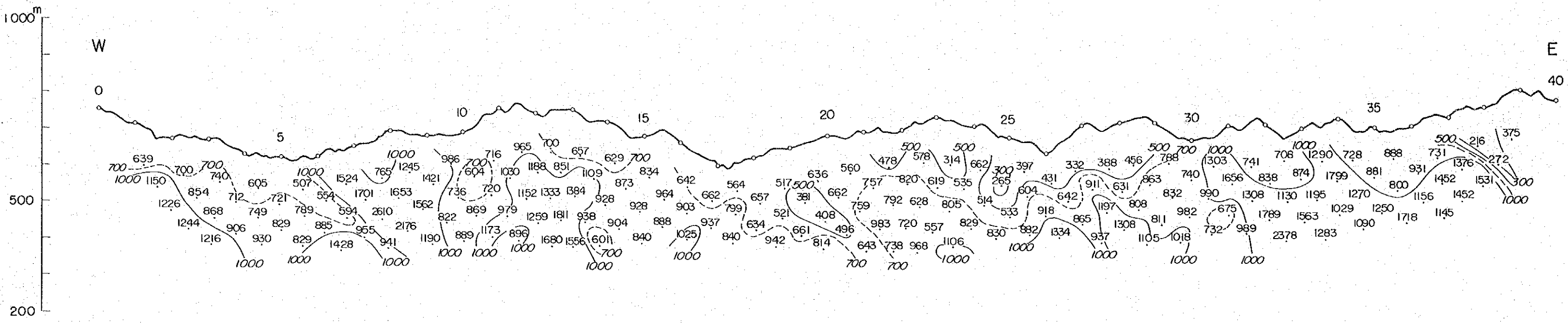
Frequency Effect (%)



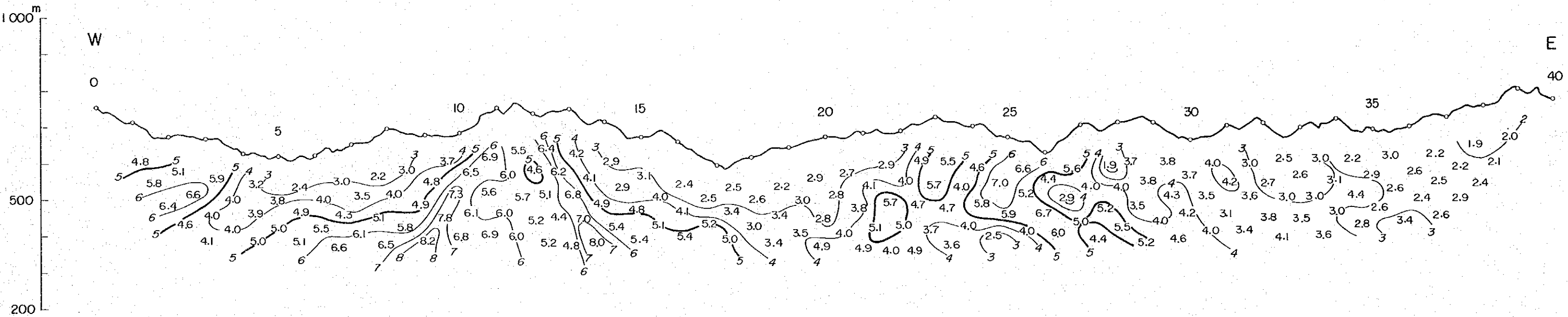
LINE E

Fig III-4-5 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega$ -m)



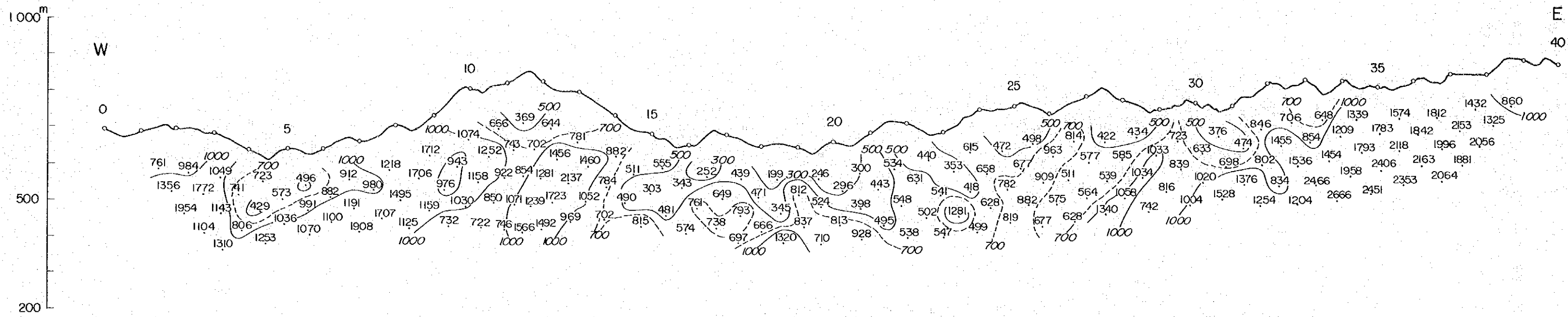
Frequency Effect (%)



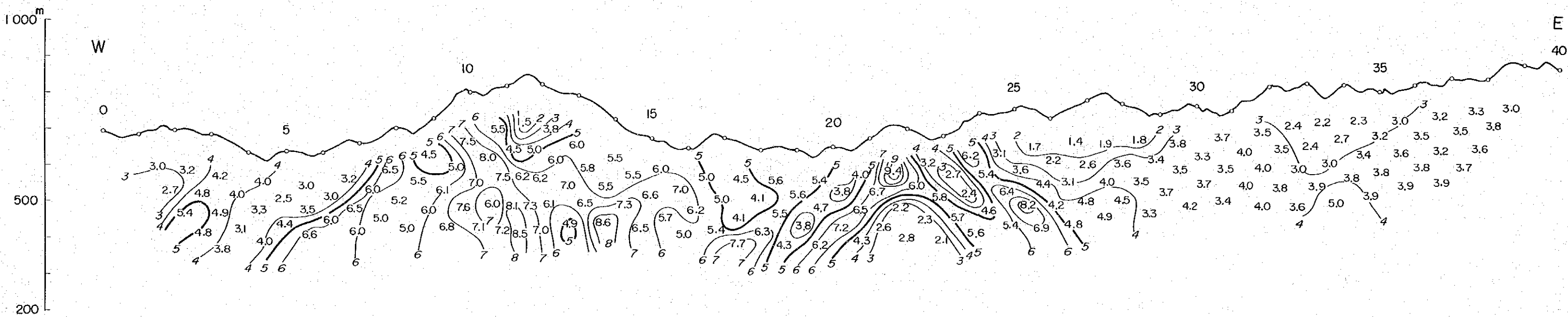
LINE F

Fig III-4-6 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



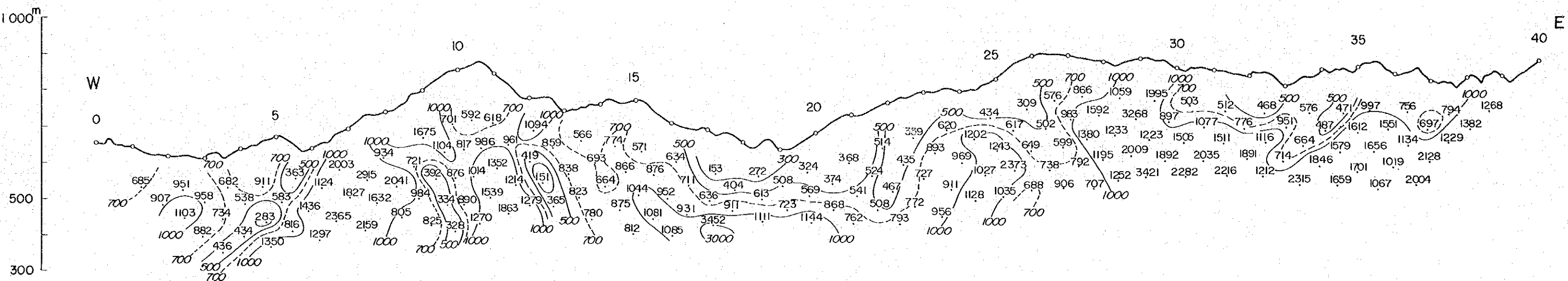
Frequency Effect (%)



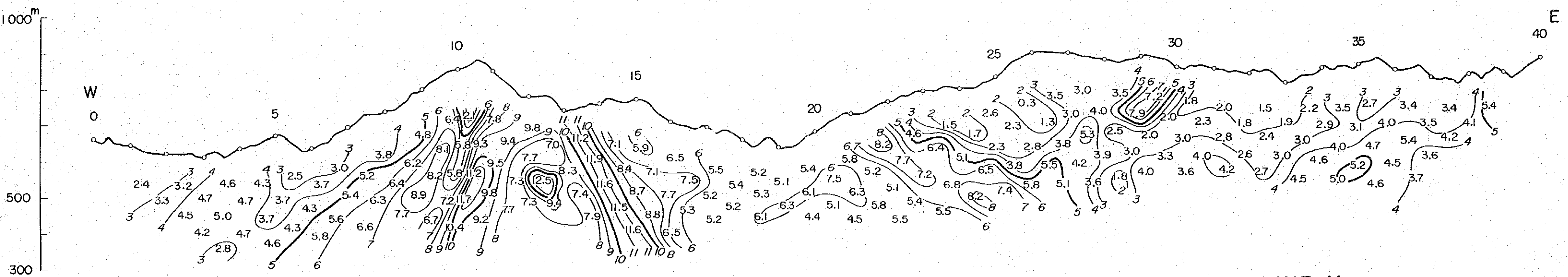
LINE G

Fig III-4-7 IP PROFILE

# Apparent Resistivity ( $\Omega\text{-m}$ )



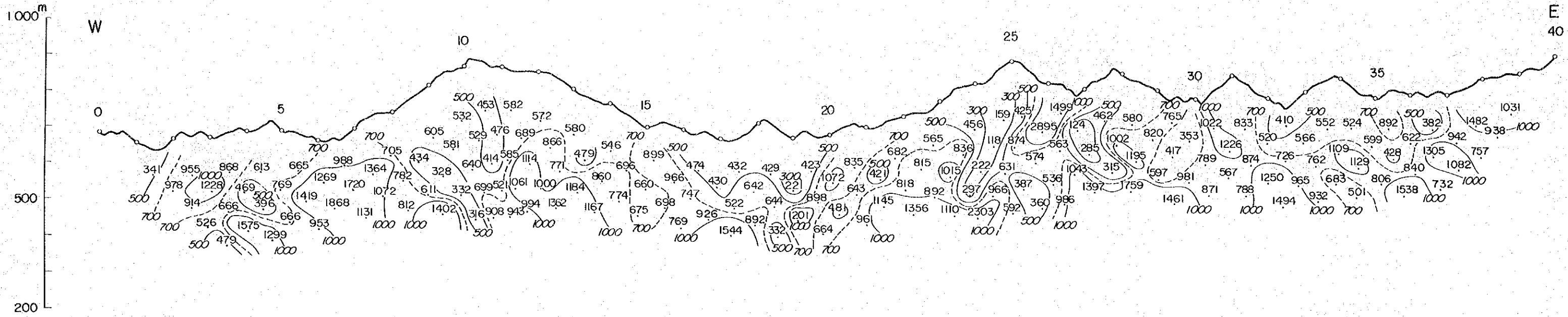
# Frequency Effect (%)



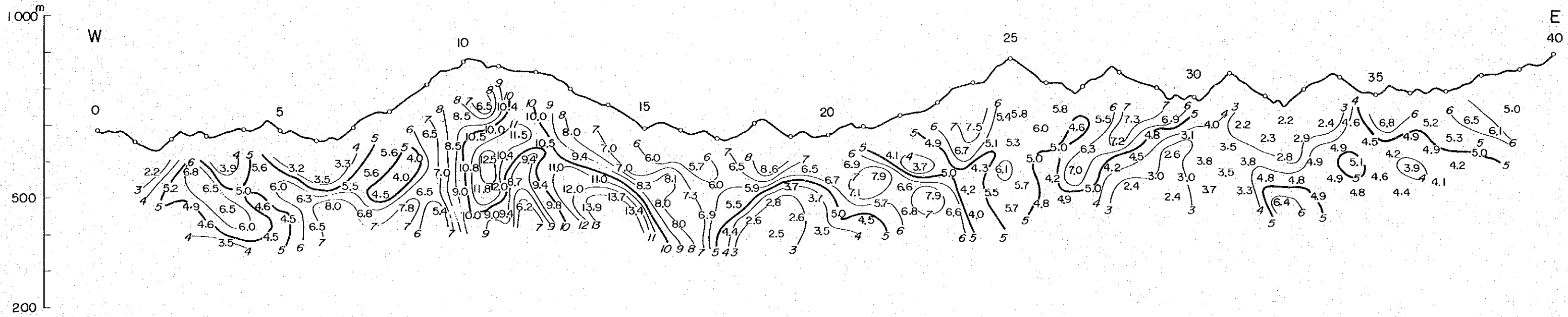
LINE H

Fig III-4-8 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



Frequency Effect (%)

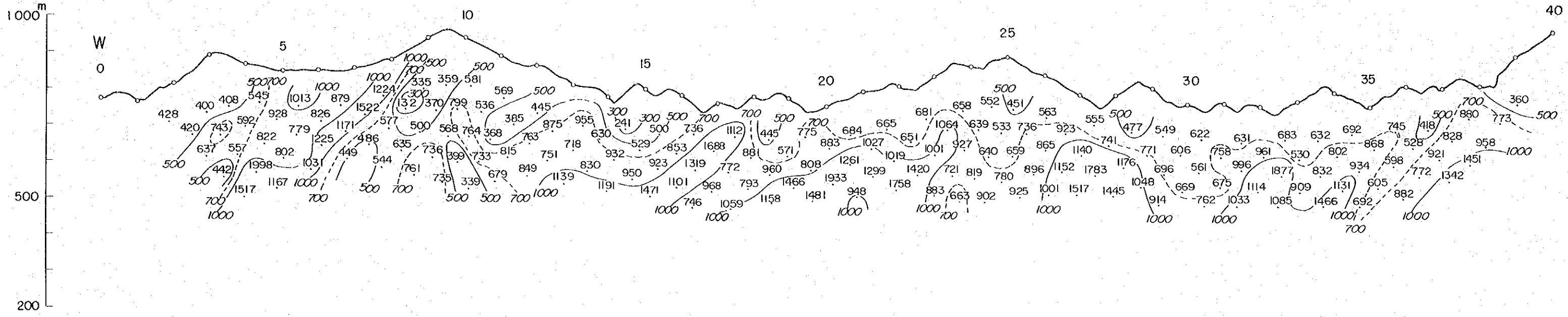


LINE I

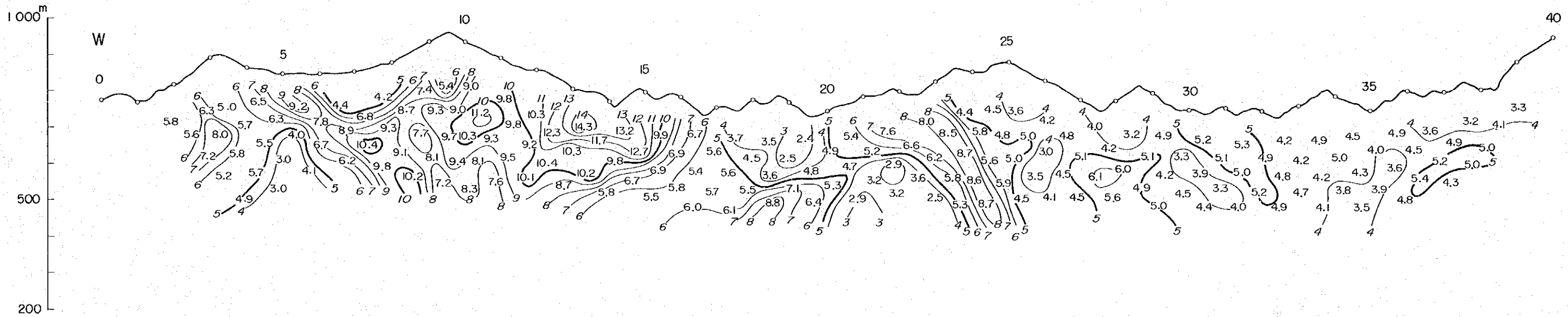
Fig III-4-9 IP PROFILE



Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



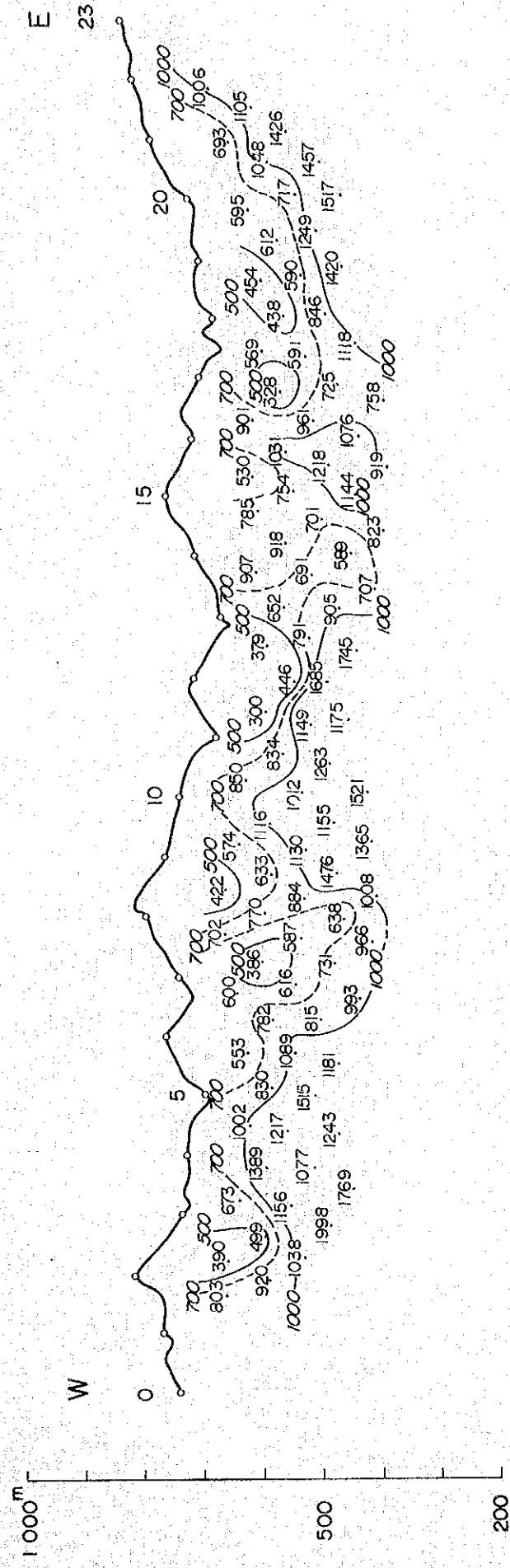
Frequency Effect (%)



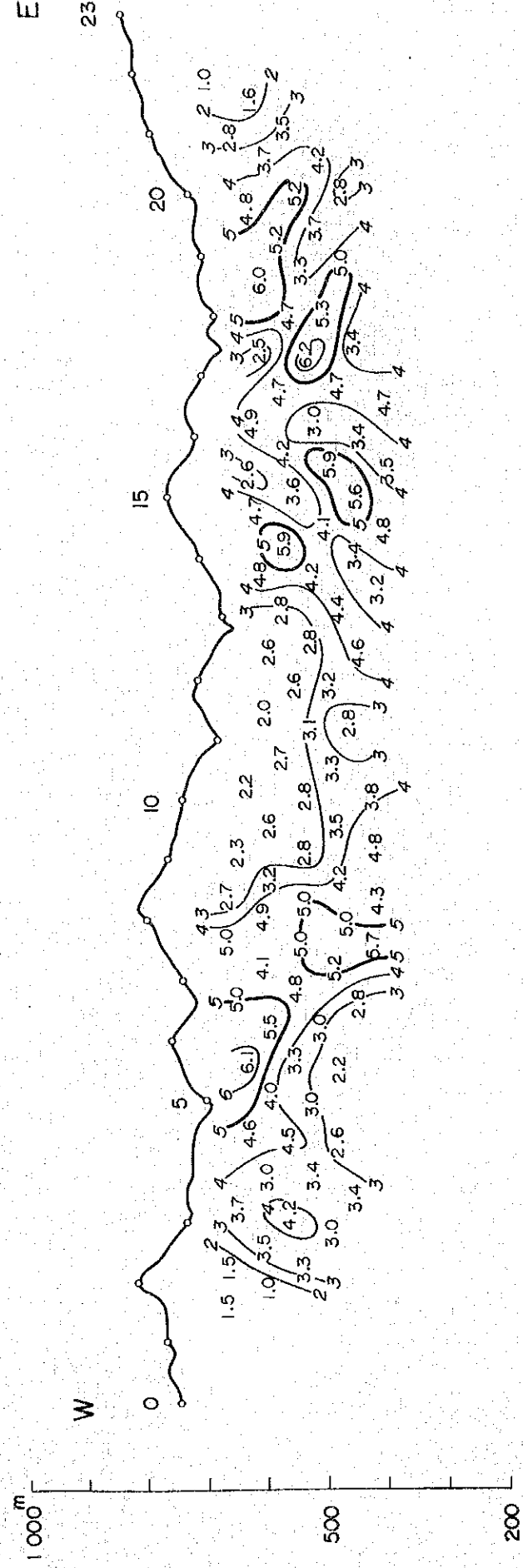
LINE J

Fig III-4-10 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



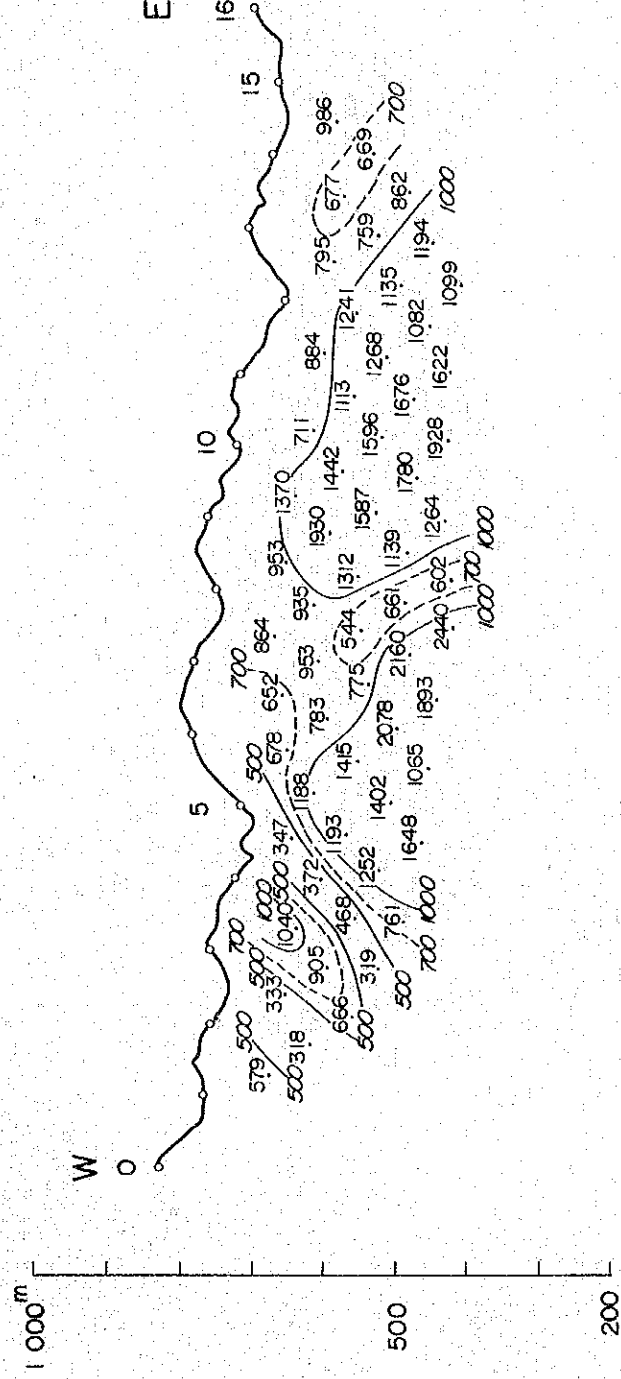
Frequency Effect (%)



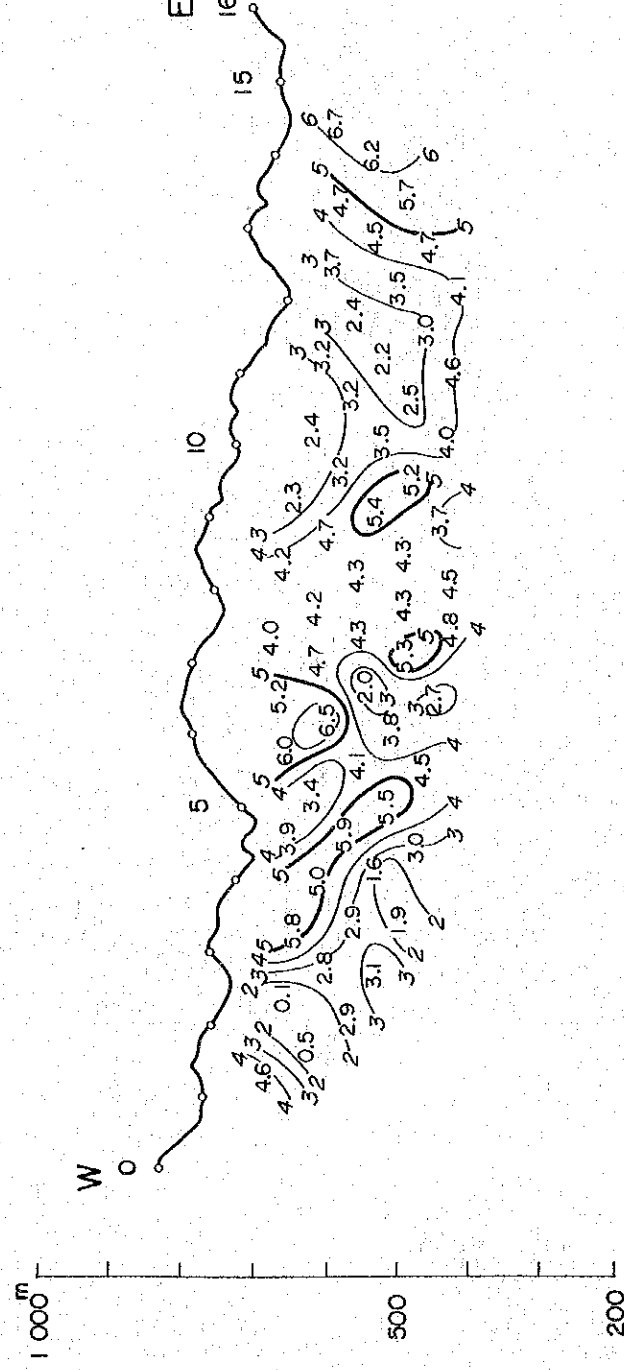
LINE K

Fig III -4-11 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



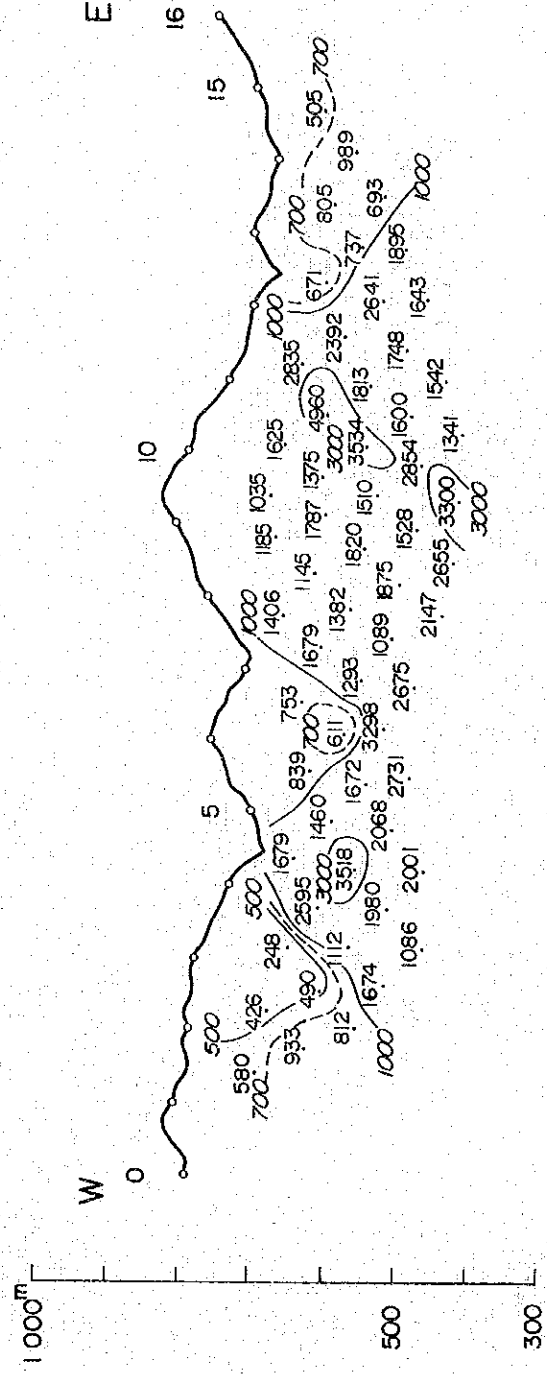
Frequency Effect (%)



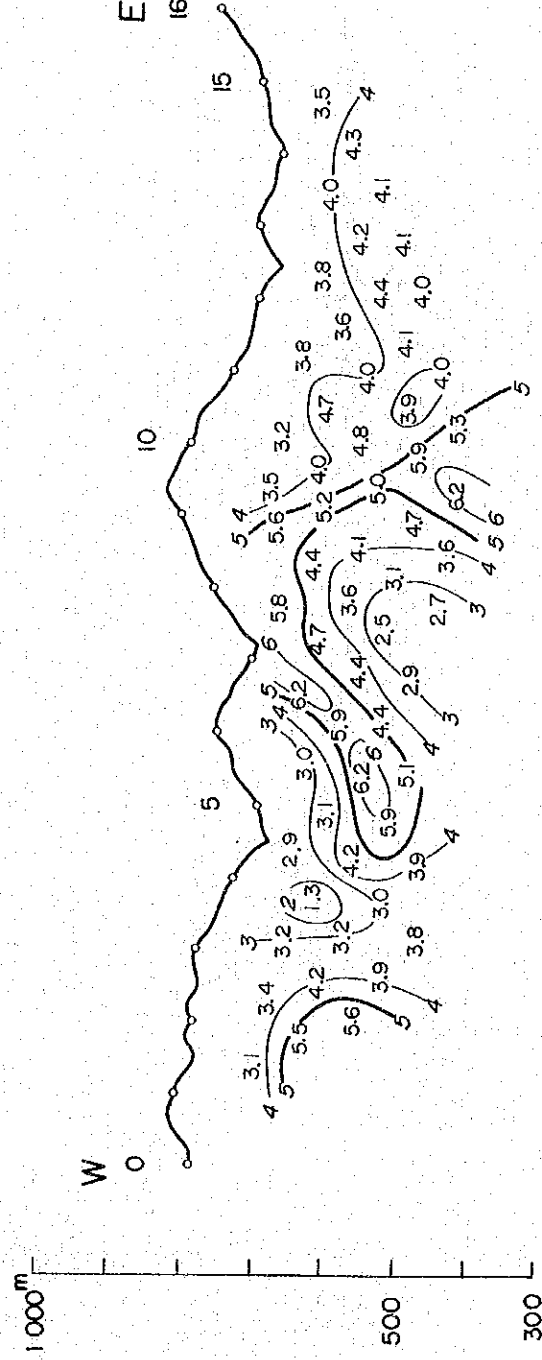
LINE L

Fig III -4-12 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



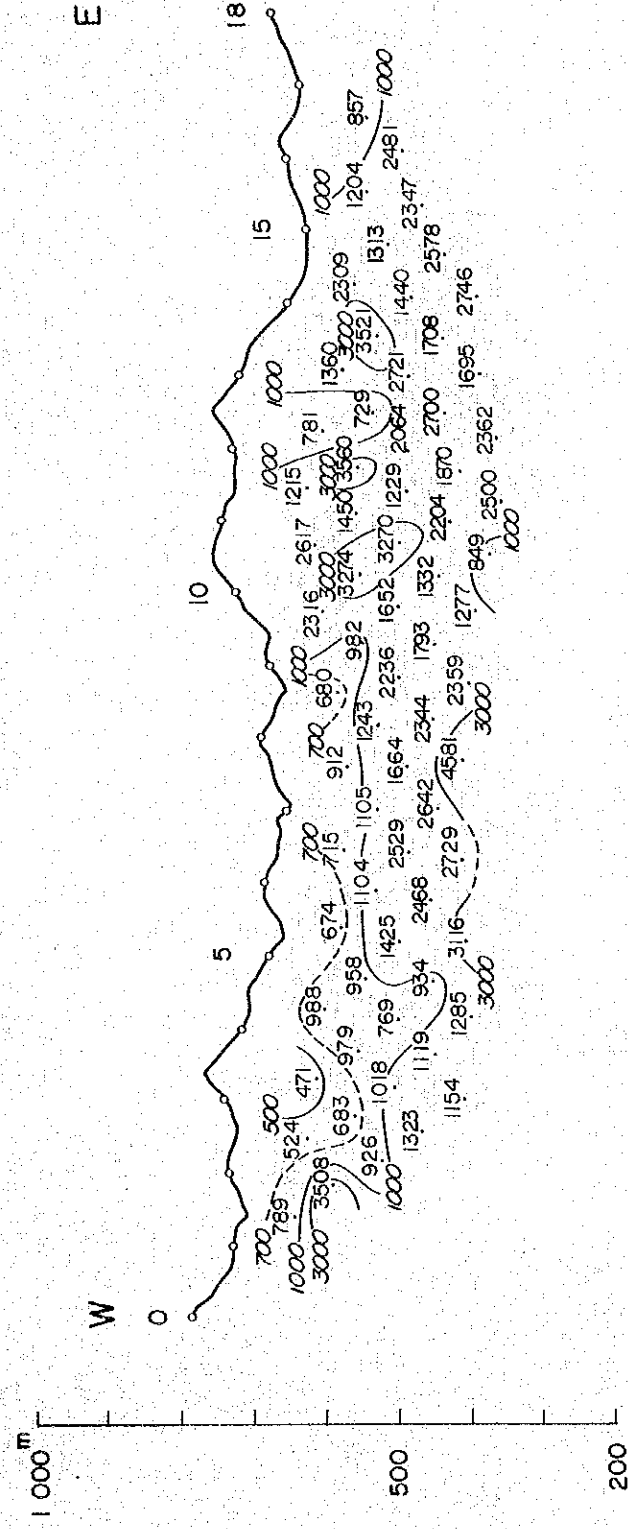
Frequency Effect (%)



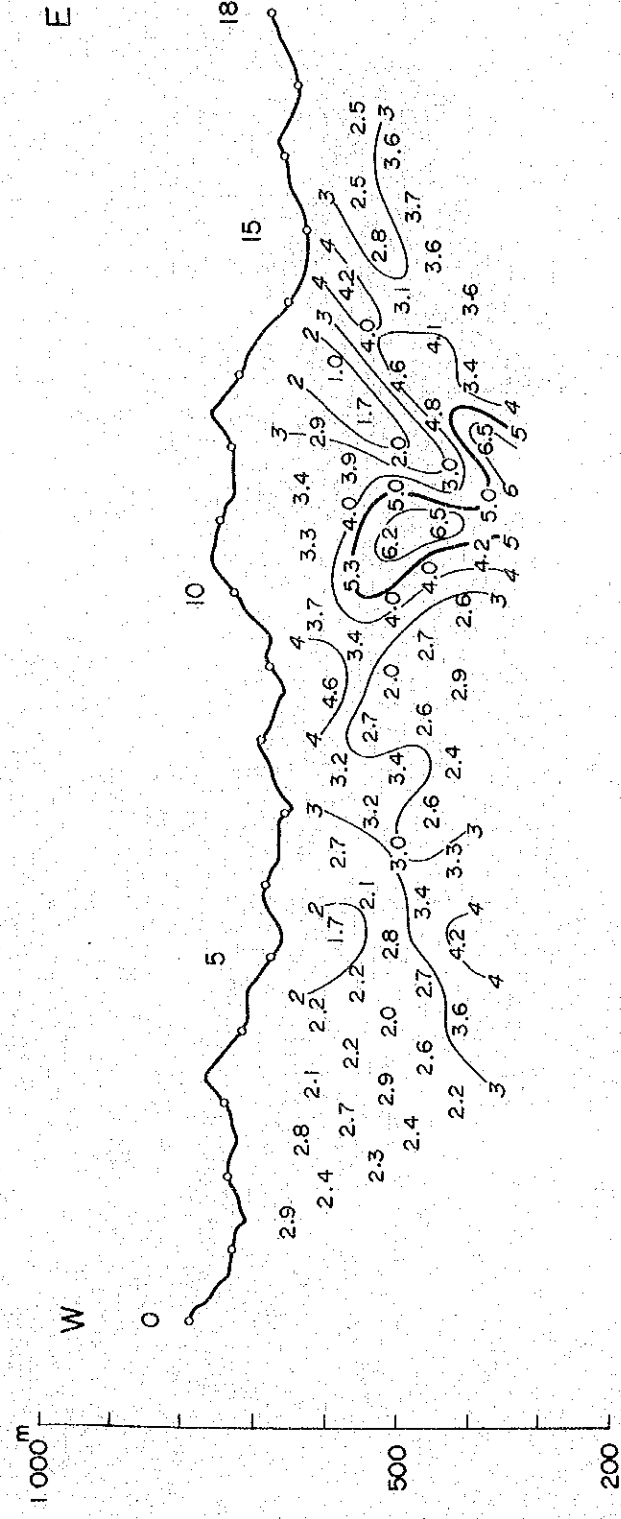
LINE M

Fig III -4-13 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



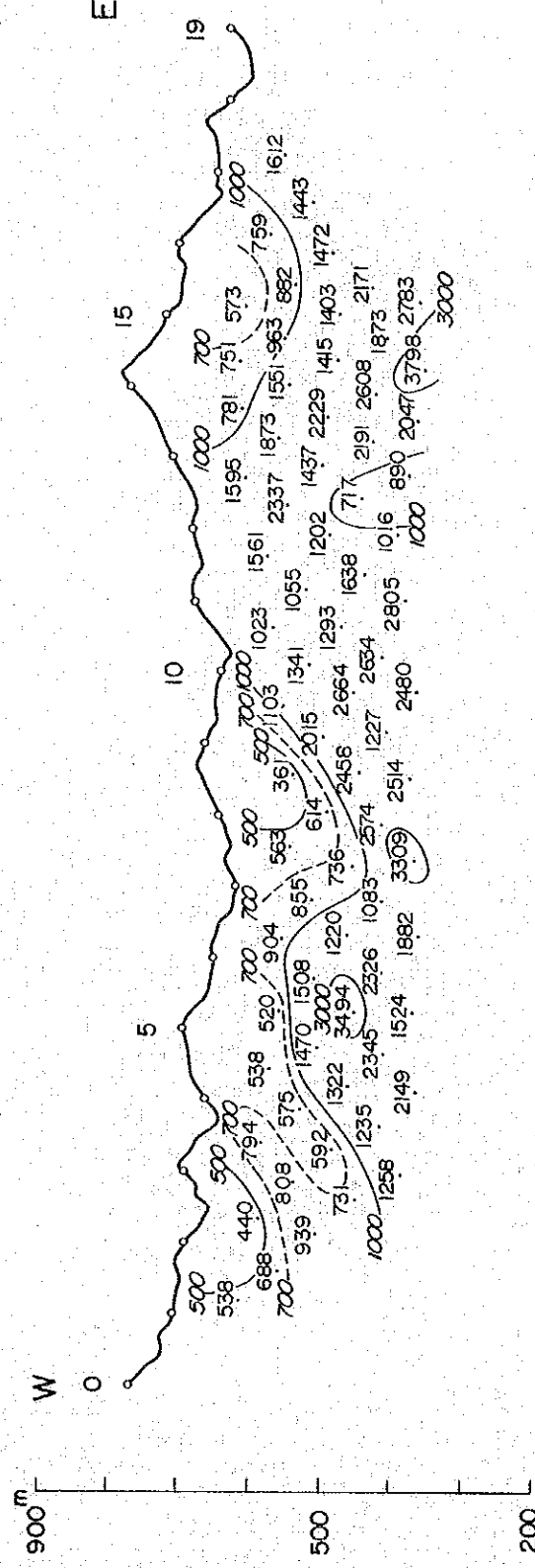
Frequency Effect (%)



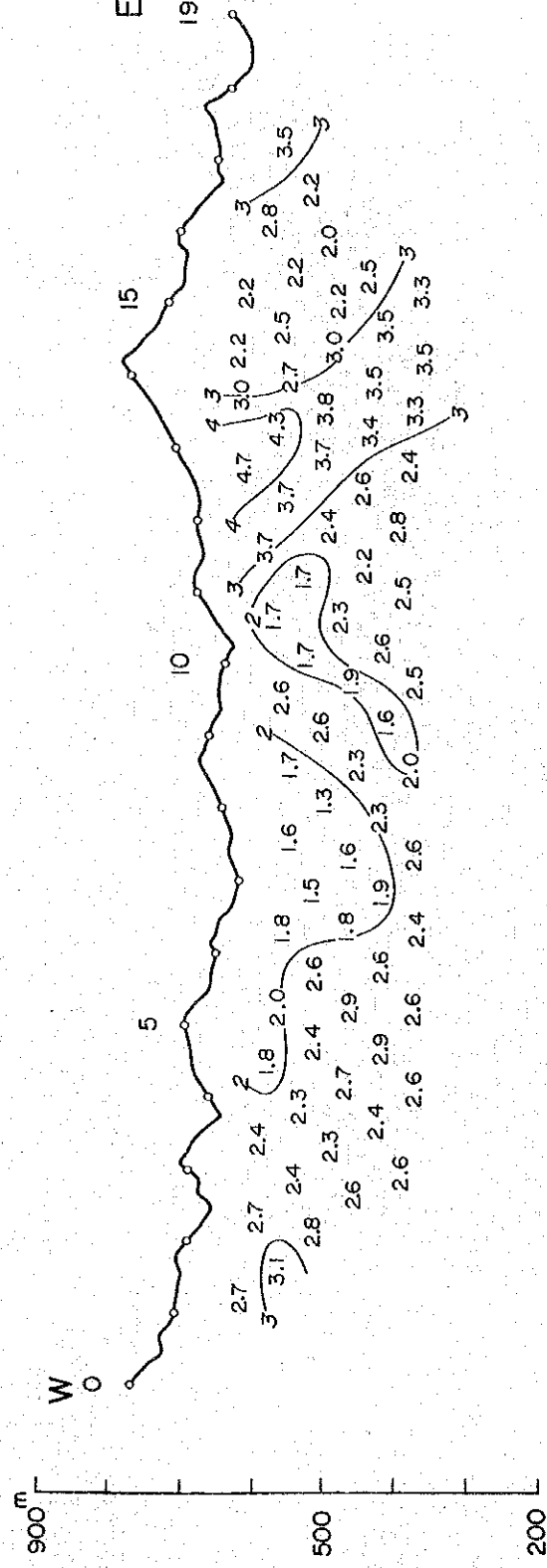
LINE N

Fig III -4-14 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



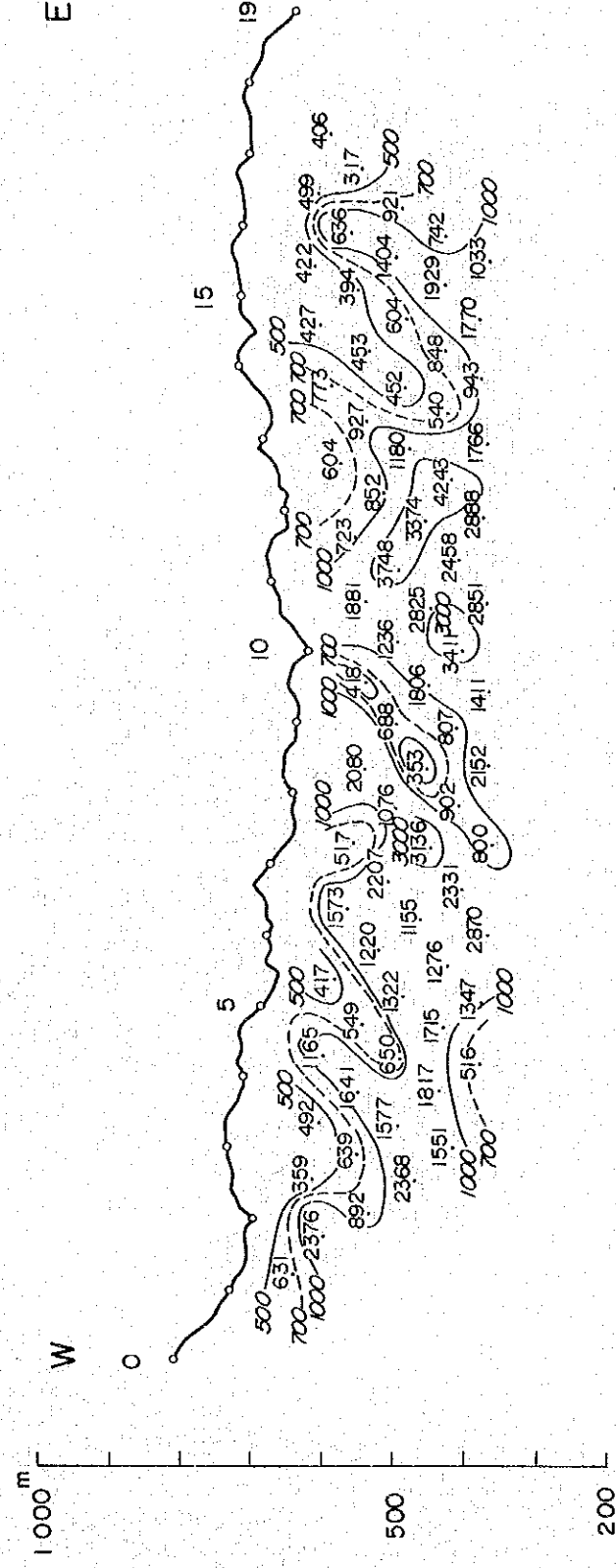
Frequency Effect (%)



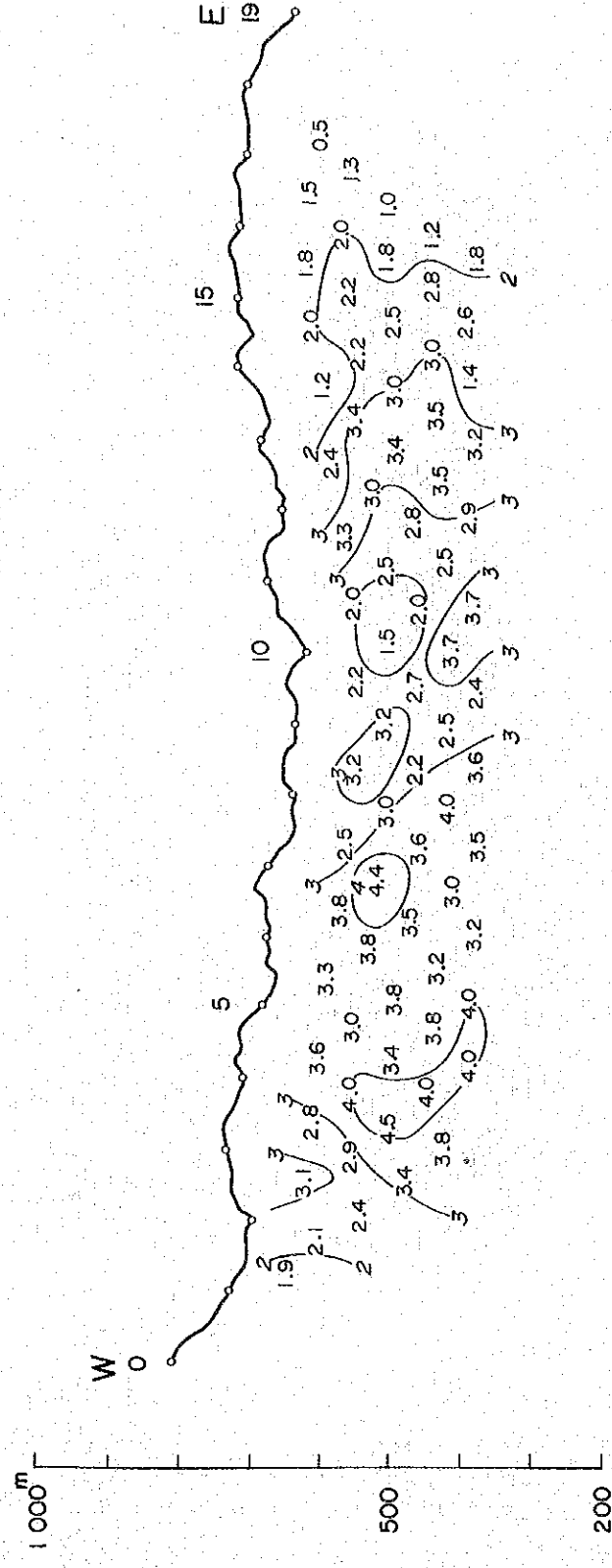
LINE O

Fig III -4-15 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



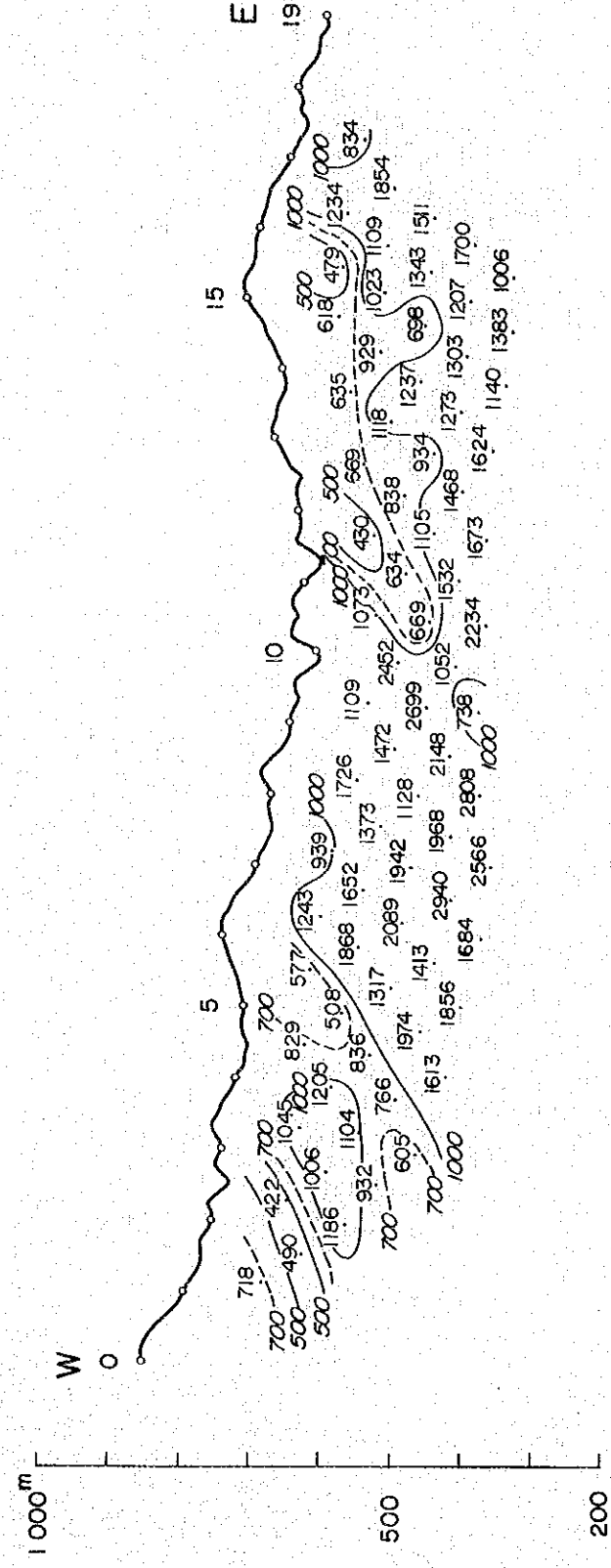
Frequency Effect (%)



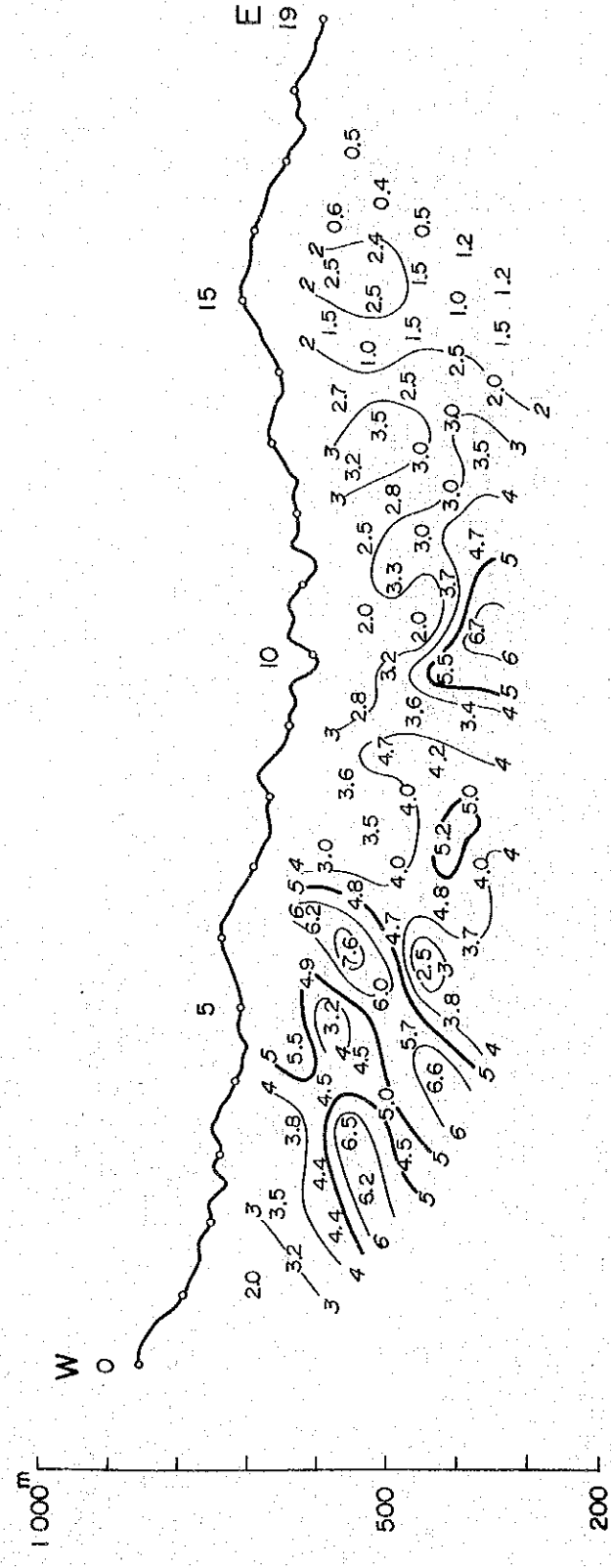
LINE P

Fig III -4-16 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



Frequency Effect (%)

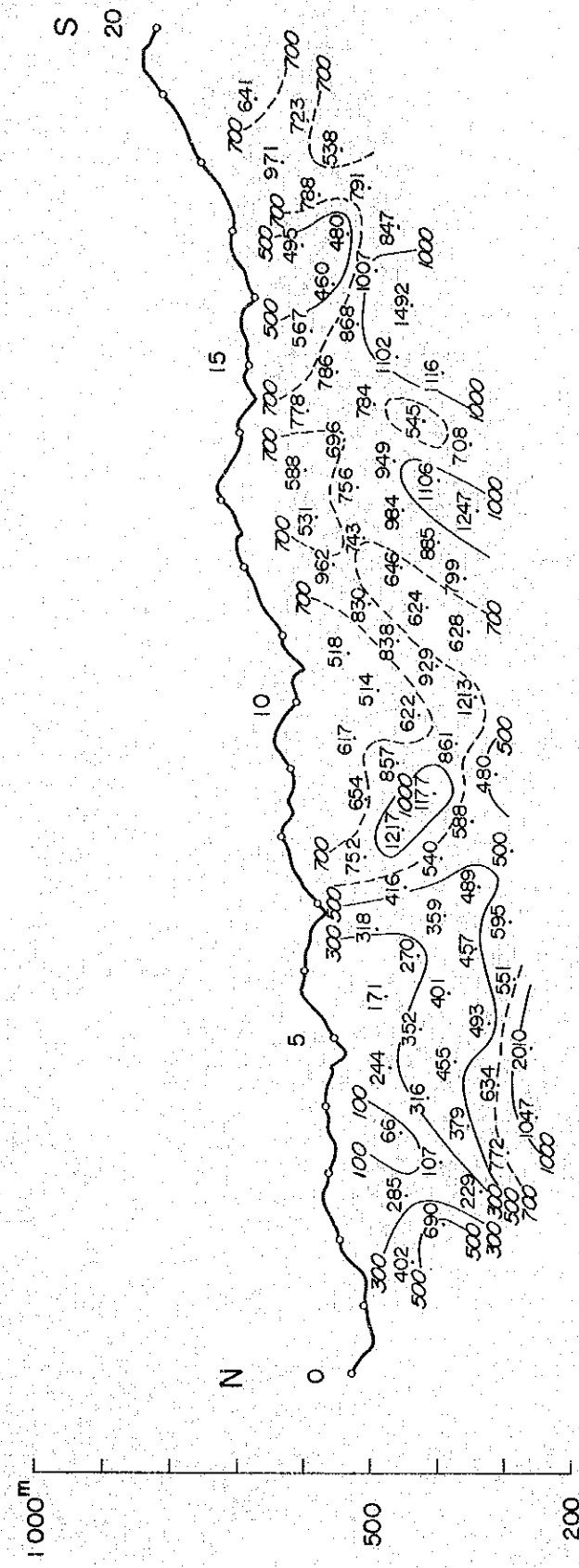


LINE Q

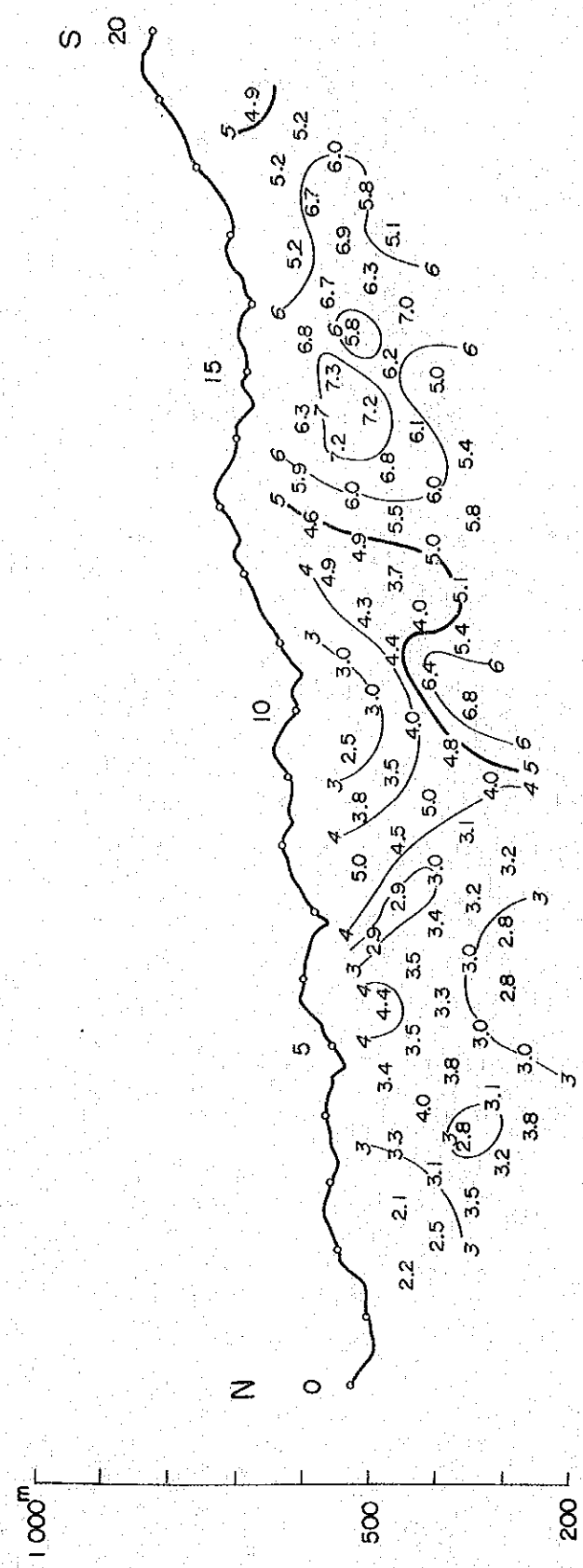
Fig III -4-17 IP PROFILE



Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



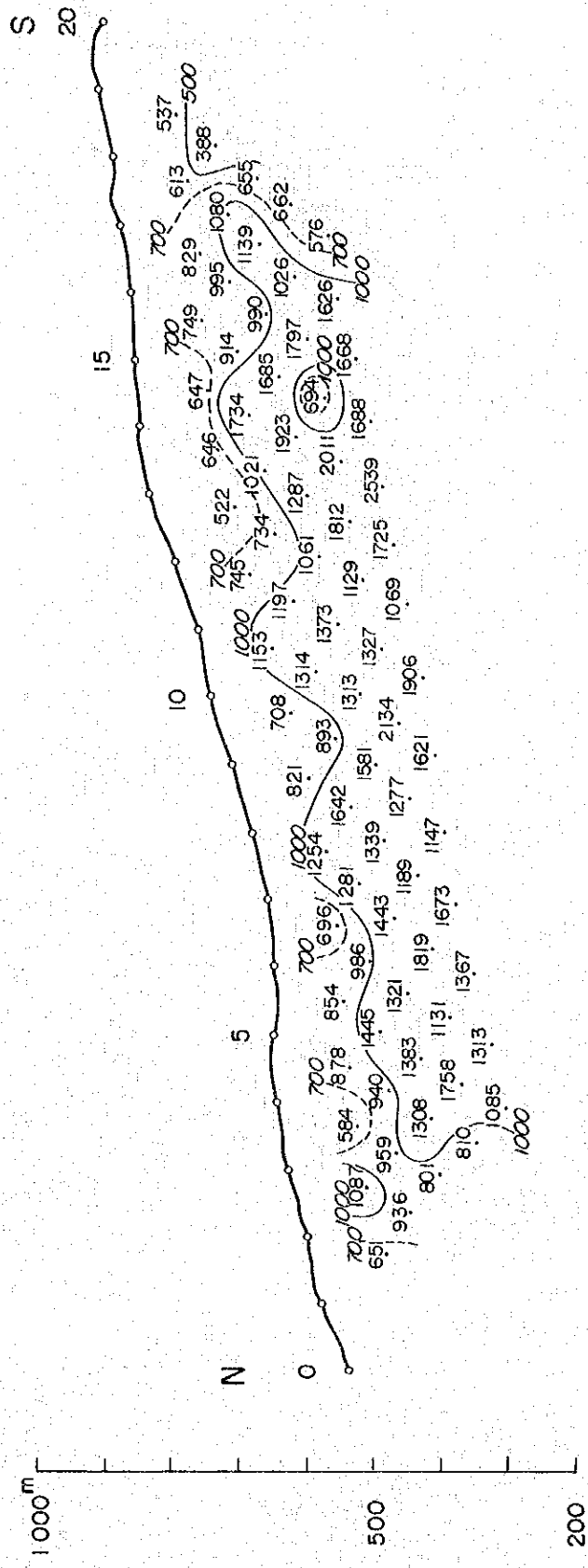
Frequency Effect (%)



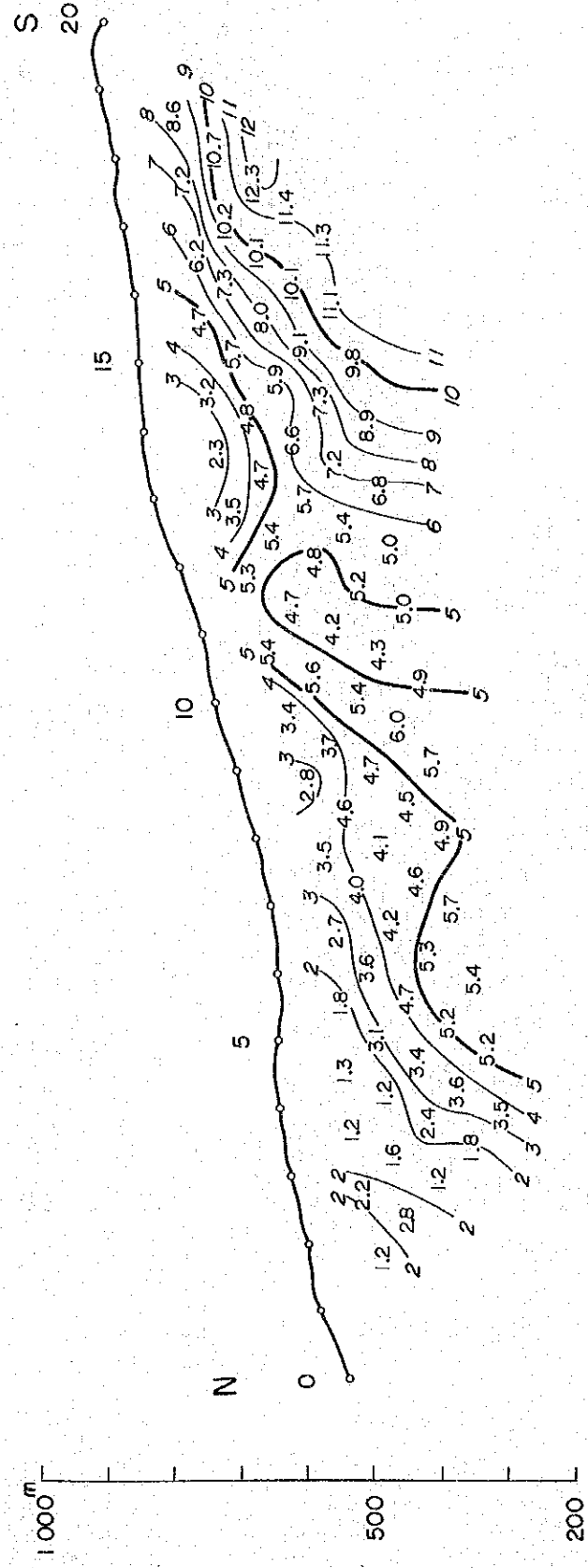
LINE R

Fig III -4-18 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



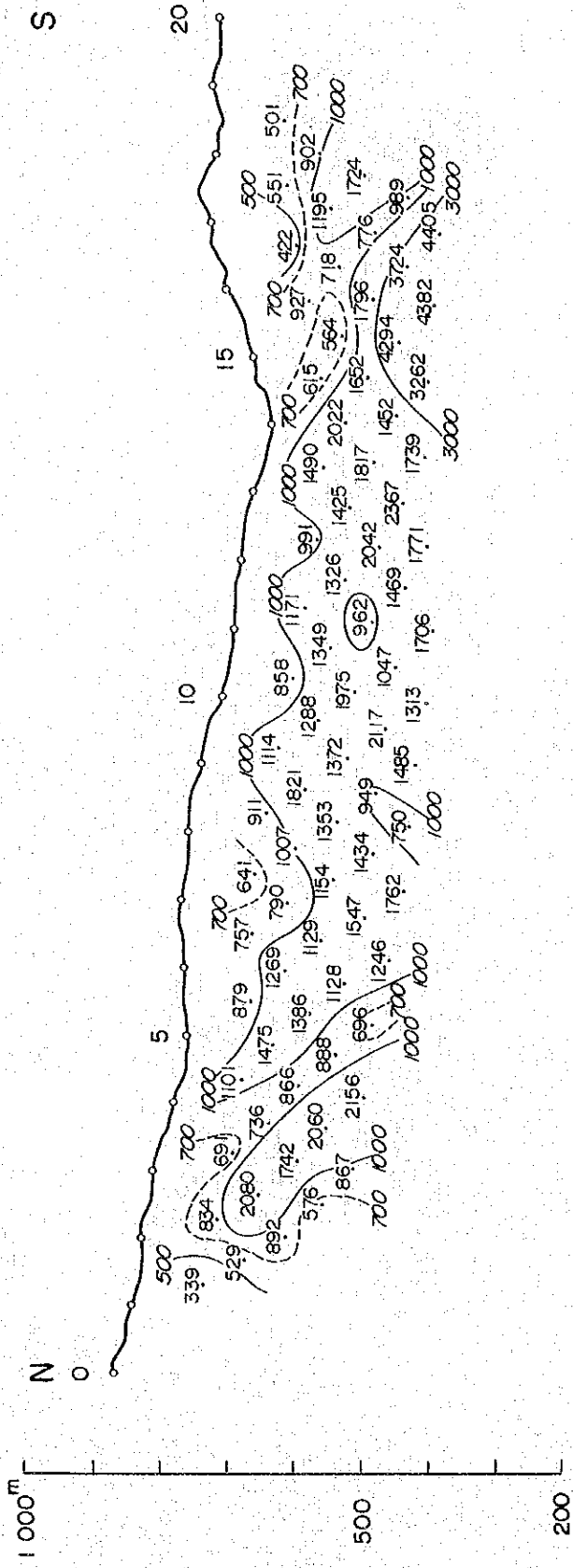
Frequency Effect (%)



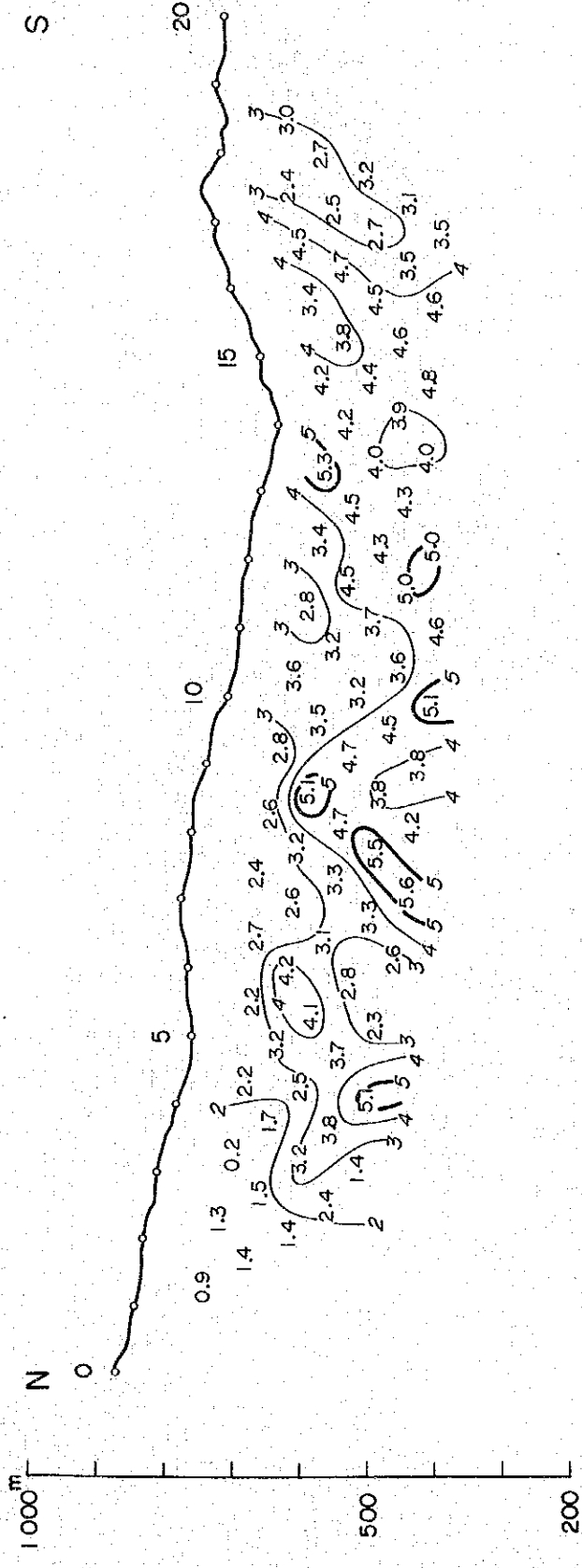
LINE S

Fig III -4-19 IP PROFILE

Apparent Resistivity ( $\Omega - m$ )



Frequency Effect (%)



LINE T

Fig III -4-20 IP PROFILE