

II 地化学探查

第 1 章 総 説

本プロジェクト地域における地化学探査は、第一、二年次に河川堆積物を対象とした概査・準精査が、また第二年次には土壌を対象とした精査がそれぞれ実施され、それらの結果は鉍床賦存の可能性の高い区域を抽出するための主要な判定基準の 1 つとして活用されてきた。第三年次調査の対象とされた 2 地域のうち、マニクベル地域では第二年次に河川堆積物および土壌を対象とした地化学準精査・精査が実施されており、ラヤカン地域では第一、二年次において河川堆積物を試料とする概査・準精査が実施されている。

本年度はマニクベル・ラヤカン両地域において、鉍化帯の分布範囲・鉍化の強度をより詳細に把握することを目的として、土壌を対象とした地化学精査が実施された。試料の採取にあたっては第一、二年次の調査で明らかにされている鉍化帯の分布域および地化学異常域を重点的にカバーするよう配慮され、マニクベル地域で採取された 191 試料はマニラにおいて、ラヤカン地域で採取された 320 試料は日本国内において、それぞれ Cu の分析が行われた。

分析結果は調査地域ごとに簡易統計処理法によって解析され、他の調査結果と併せて総合的に検討された。

以下、本年度に実施された土壌地化学探査の方法、結果について詳述する。

第2章 探査の概要

2-1 試料の採取および分析

試料は、第二年次までの調査によって明らかにされている鉱化帯あるいは地化学異常帯の分布範囲およびそれらの周辺を重点的にカバーすべく、予め計画された調査ルートに沿って採取された。特に、マニクベル地域ではIP法電気探査が実施されたため、IP探査結果と地化学探査との比較・検討を行う目的で、IP測線に沿って100m間隔で試料が採取された。一方、ラヤカン地域においては第二年次までの調査では土壌を対象とした地化学探査は実施されていないため、試料数を多くし、地域内をでき得る限り広くかつ均等にカバーするよう計画された調査ルートに沿って試料採取が行われた。以上のことから、試料採取密度はマニクベル地域では60個/Km²、ラヤカン地域では32個/Km²となっている。

試料は主として集積層(B層)から採取され、ビニール袋に入れてベースキャンプに送られた。ベースキャンプでは、試料は自然乾燥のあと篩によって-80メッシュに調整され、マニクベル地域の191個の試料はマニラの分析所へ送付され、ラヤカン地域の320個の試料は二等分されて一方は鉱山地球科学局へ送られ、他方は日本に持帰られた。

分析は全て原子吸光分析法によってCuの定量分析が行われた。第二年次まではCuのほかZnも分析されたが、本年度はせまい区域内での鉱化範囲の限定を主な目的としたため最も直接的なCuを指示元素とした。

2-2 分析結果の処理

分析の結果得られたマニクベル地域191個およびラヤカン地域320個の各データ(Table A-4 参照)は、それぞれの地域の異常値を決定するため、対数正規確率グラフによって統計的に処理された。

Fig. II-1 はマニクベルおよびラヤカン両地域の分析データの累積度数分布を対数正規確率紙上にプロットしたものである。これらの2つのグラフから統計数値は

	b	ip	b+s	b+2s
マニクベル地域	265	300	800	2,650
ラヤカン地域	105	225	225	900

註) b : 後背値の平均値
ip : 屈折点の横軸値
s : 標準偏差値

b+s : 確率16%の横軸値
b+2s : 確率2.5%の横軸値
数値の単位: ppm

の通りである。

異常値を決める場合、しきい値(t)は通常確率2.5%の横軸の値(b+2s)がとられることが

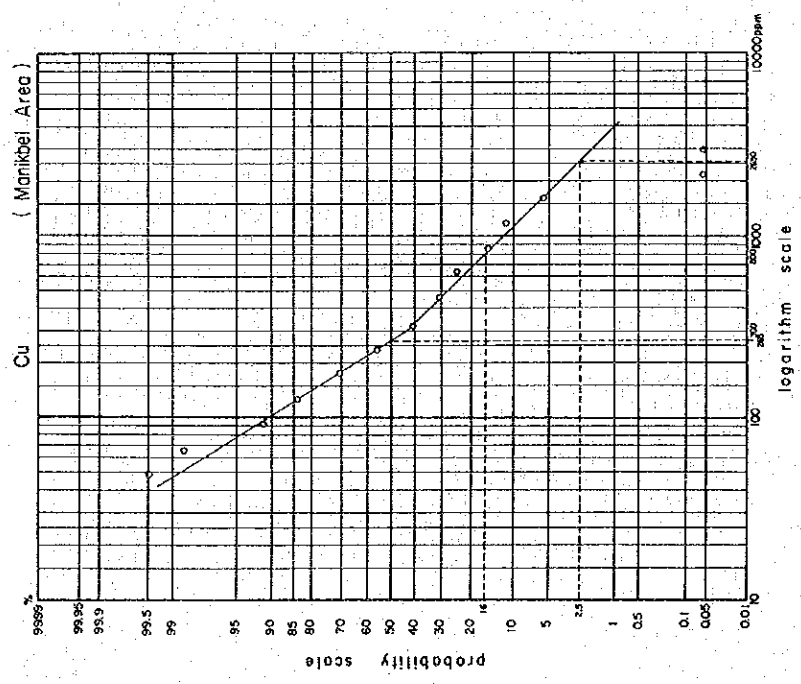
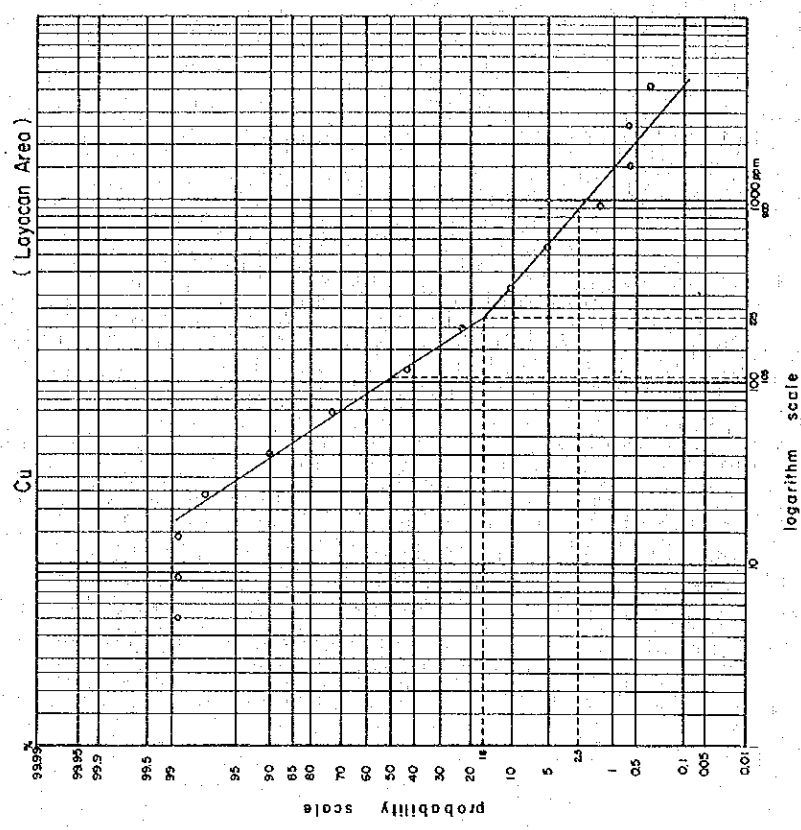


Fig. II-1 Cumulative Frequency Distribution Diagram of Cu in Manikbel and Layacan Areas

多いが、確率グラフが折れ曲る場合は屈折点の横軸の値がとられることもある。今回の場合両地域とも屈折点の横軸の値が非常に低いため、確率2.5%の横軸の値をしきい値とし、屈折点での値を補助しきい値 (t' あるいは t'') として利用した。

PL.Ⅱ-1-1 および PL.Ⅱ-2-1 はマニクベル・ラヤカン両地域の地化学異常を表したものであるが、この地化学異常を表したものであるが、この地化学異常図を作成するに当っては次に示す数値が使用された。その際、各数値の端数は意味をなさないため全てラウンドされている。

	b	t''	t'	t
マニクベル地域	—	300	800	2,500
ラヤカン地域	100	—	200	900

(単位: ppm)

第3章 異常帯の分布

3-1 マニクベル地域

この地域では第二年次までの地質・地化学調査によってマミシング沢流域に鉍化帯と銅の地化学異常帯が分布することが明らかにされていた。そこで本年度はマミシング沢の流域一帯およびIP測線沿いの採試が行われた。その結果、Fig. II-2に示されるように、マミシング沢を中心としてほぼ東西1.5 km・南北1.1 kmの規模の異常帯が検出された。この異常帯はマミシング沢を境にして西側と東側とに分けられる。

西側の異常帯は主としてCuの値が800 ppm未満の異常からなり、800 ppmを超える異常はわずか3地点にすぎない。この異常域は石英閃緑岩の分布範囲にあり、鉍化帯としてはMB-3, MB-4, MF-1の鉍染状ないし脈状の露頭がある。

東側の異常帯はマミシング沢とマニクベル川との分水界をなす山稜沿いおよびその西側に広く分布し、しきい値である2,500 ppmを超える異常3地点を含む強い異常を示している。この異常帯は石英閃緑岩と安山岩溶岩との境界部およびこの境界付近の石英閃緑岩中に貫入した花崗閃緑岩岩株の分布にほぼ一致している。特に、しきい値以上の異常を含む範囲は石英閃緑岩と安山岩との境界に沿って伸長しており、この範囲にはMA-2, MA-3, MA-4 ほかの露頭が分布し、異常帯の分布は鉍化帯の分布とよく調和している。

マミシング沢流域の異常帯の東部、特にIP測線Line-H以東ではまとまった異常帯はみられず、かすかにCu 300~800 ppmの7異常点がそれぞれ孤立して分布するにすぎない。この区域にも石英閃緑岩と安山岩との境界はみられるが、鉍化作用は認められずマミシング沢一帯とは著しい対照を示している。

鉍化作用にみられるこのような顕著な対照は花崗閃緑岩の分布に関係あるものと考えられる。すなわち、マミシング沢では石英安山岩と安山岩溶岩との境界付近の石英閃緑岩中に、境界とほぼ平行に花崗閃緑岩が岩株状に貫入しており、鉍化作用は岩株の周辺部、特に岩株と安山岩との間の石英閃緑岩中に集中的に認められる。しかしながら、Line-Hの東部には花崗閃緑岩は露出しておらず、既に述べた通り鉍化作用、Cu地化学異常も認められない。従って、地質・地化学調査の結果からみる限り鉍化作用は花崗閃緑岩と密接に関係しているものと考えられる。

3-2 ラヤカン地域

本地域では、Fig. II-3に示される通り、地域のほぼ半分の面積を占める広い異常帯が得られた。しかしながら、この地域の異常図を作成する際に使用した補助しきい値 t' は、マニクベル地域がCu 800 ppmであるのに対して、ラヤカン地域ではCu 200 ppm となっており非常に低い。従って、マニクベル地域と比較する場合は、マニクベル地域の最も低い異常帯

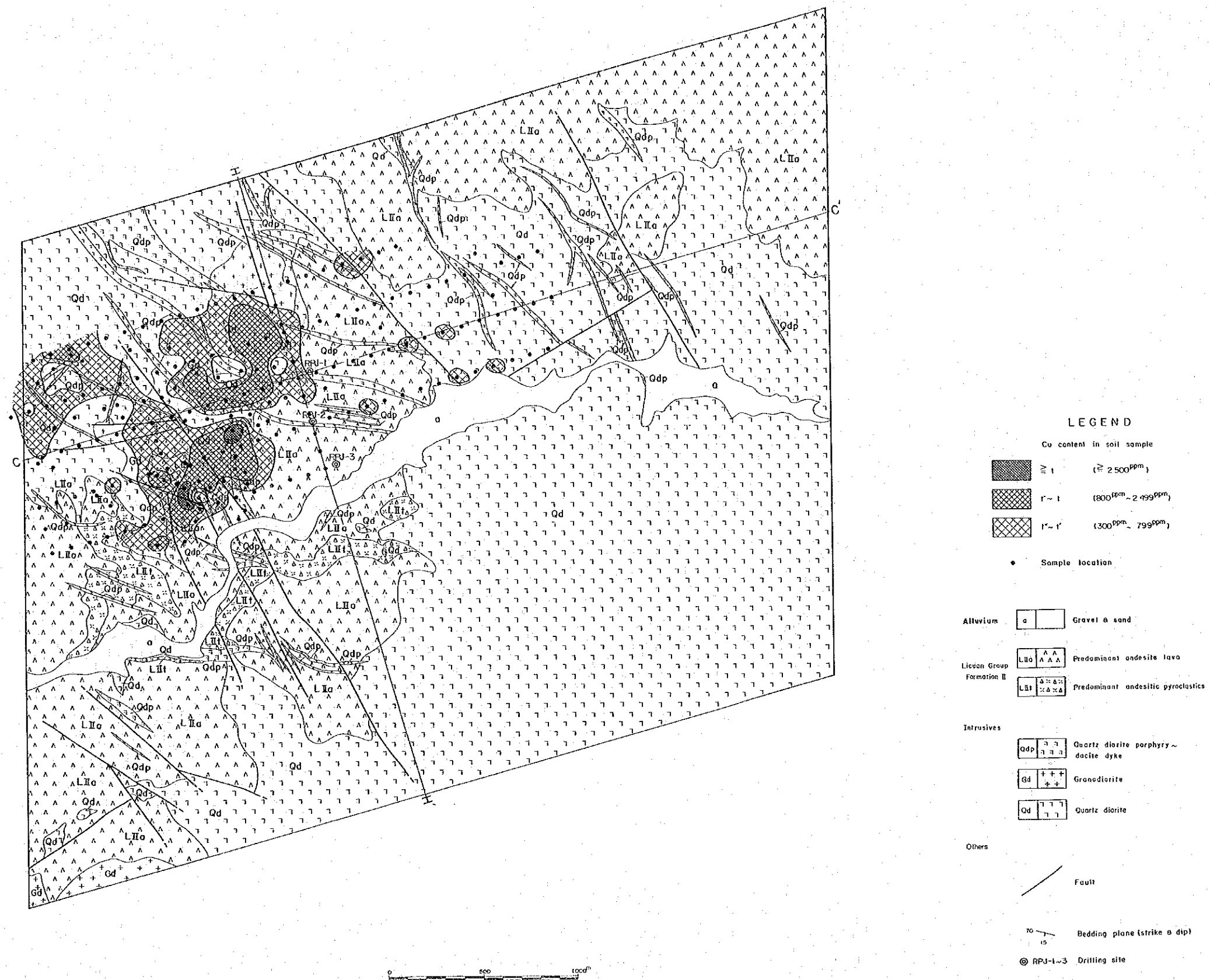


Fig. II-2 Distribution Map of Geochemical Anomalies in Manikbel Area

(Cu 300~799 ppm) が本地域の中間の異常帯 (Cu 200~899 ppm) に相当するもの
と考えるのが妥当である。

この考えでラヤカン地域の異常帯をみると、その範囲はかなり限定され、ババング部落から
バラシアン川にかけて広がる異常帯とパッチアカン部落からババング部落の西方を通ってバラ
シアン川まで伸びる細長い異常帯とに分けられる。このほか小範囲の異常帯がバングエウ部落
周辺、セグセグ沢中・上流部などに分布するが、これらはすべて異常値を1点ないし2点含む
異常帯であって互に孤立した分布をなしている。

ババング部落からバラシアン川に至る広い異常帯には Cu 900 ppm 以上の異常が2点含まれており、
ラヤカン地内では最も規模の大きい異常である。この異常帯はリクアン層群 I 層の玄武岩-塩基性安
山岩溶岩とこれを貫く石英閃緑斑岩の分布域を覆っており、石英閃崗斑岩の分布と調和的であ
る。また、この異常帯の中央部には銅鉱物に富む脈を含む LA-3 鉱化帯があり、鉱化帯の延長
部に相当する位置には Cu 900 ppm 以上を示す異常点があり、この限りにおいては鉱化帯と
異常帯とはよく一致していると言える。

ババング部落西方の南北に伸びる異常帯は Cu 900 ppm を超える異常は全く含まれず、異常
の程度としては弱い異常帯である。この異常帯の北半分は玄武岩-塩基性安山岩溶岩の、また
南半分はティネグ層の石英安山岩質火山砕屑岩のそれぞれ分布域で、鉱化帯の存在は確認され
ていない。従って、この異常帯が何に起因するかは今年度の調査では明らかでない。

一方、この異常帯の北端のバラシアン川北岸およびその西方にはともに多量の黄鉄鉱を含む
粘土脈群よりなる LA-1 鉱化帯および LA-2 鉱化帯が分布するが、その付近には異常帯は
検出されておらず、従って両鉱化帯は銅に乏しい脈よりなるものと考えられる。

調査地域の南縁部には小範囲の異常帯が検出されており、その近辺には LA-4 露頭と LM
-1 露頭とが露出している。このうち、LA-4 露頭は硫化物に乏しい粘土脈であり、LM-
1 露頭は銅の二次鉱物を含む粘土脈で、Cu の地化学異常としてはむしろ LM-1 露頭に強
く現われると予想されるが、LM-1 露頭近傍には異常は検出されていない。

バングエウ部落の北部および南部には Cu 900 ppm 以上の異常を1~2点含む小範囲の異常
帯が分布するがそれらの異常帯についても近付には露頭は存在せず、鉱化作用との関係は明ら
かでない。恐らくは極めて局所的な異常と考えられる。

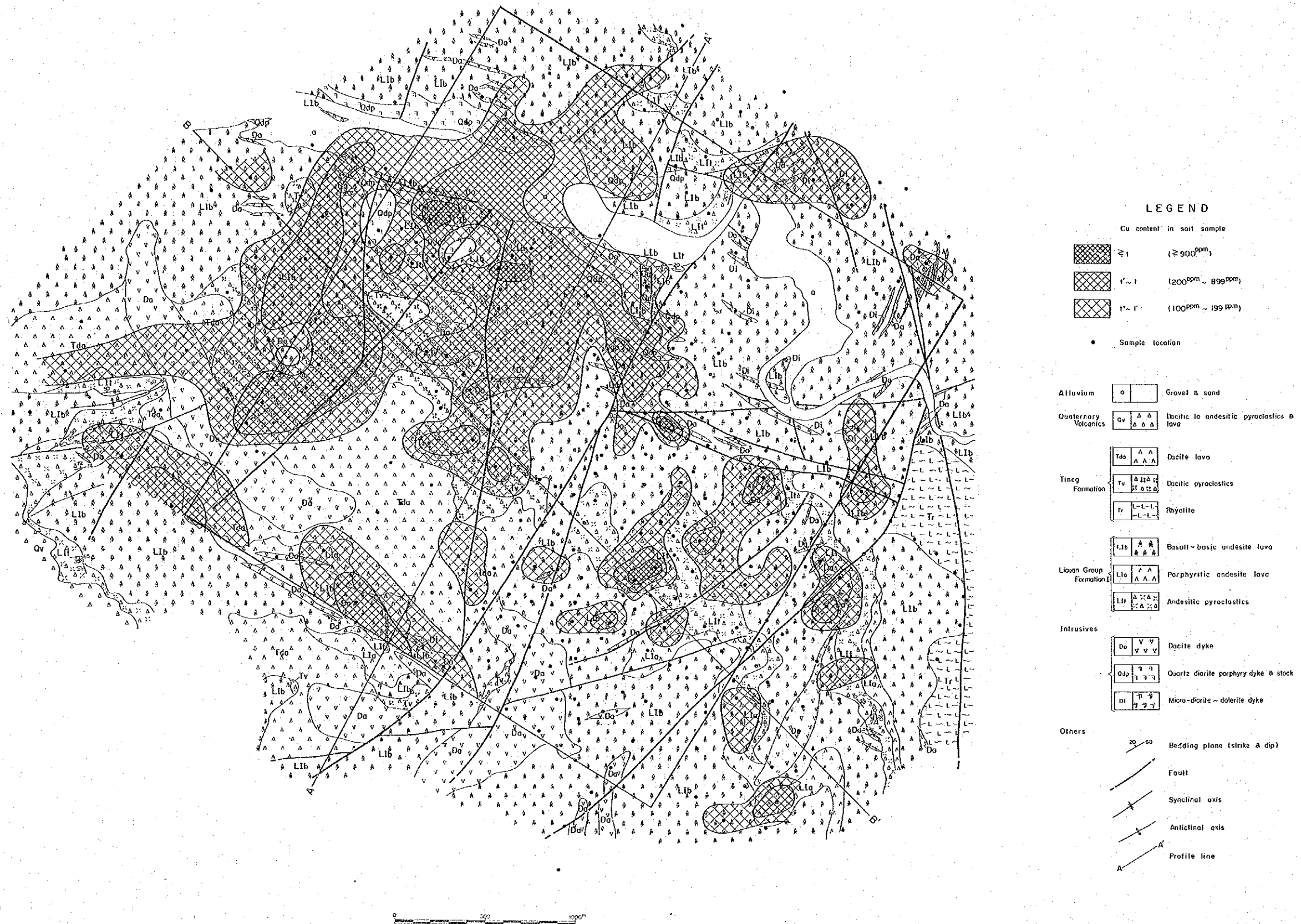


Fig. II-3 Distribution Map of Geochemical Anomalies in Layacan Area

第4章 結果の要約

本年度の土壤地化学精査は鉍化帯の分布範囲をより高い精度で把握することを第一の目的として実施された。このため、採試密度を第二年次の土壤地化学精査の平均密度 3.7 個 / Km² に対して本年度は 20.4 個 / Km² と高めて試料採取が行われた。

この結果、マニクベル地域では露頭の分布範囲とほぼ完全に一致した異常帯が検出された。特に、Cu 2,500 ppm を超える異常が検出された付近には銅の二次生鉍物を多く含む MA-2・MA-3・MA-4 の各露頭が分布しており、露頭の品位に応じた Cu 高異常が得られている。

マニクベル地域における露頭の分布と地化学異常帯の分布との強い相関関係は、露頭の大部分が二次富化作用によって孔雀石などを生じてより高品位化していることも影響していると思われるが、高い採試密度で試料が採られたため鉍化部分と非鉍化部分の区分がより明瞭に示されたことに起因しているものと考ええる。従って、平面的広がり致富鉍染～網状鉍床においては、高採試密度の土壤地化学探査を行うことによって可成り高い精度で鉍化帯の範囲を把握することが可能であると考えられる。

ラヤカン地域では全体に異常の程度が低く、また鉍化帯との相関関係もマニクベル地域の場合ほど明瞭ではない。これは鉍化帯が平面的広がり乏しい鉍脈型よりなり、主要鉍石鉍物が黄鉄鉍で銅鉍物をほとんど含まないことによる。従って、今後ラヤカン地域で地化学探査を行うに際しては鉍脈型であることを十分に考慮したグリッドサンプリングを採用することが効果的と考えられる。

Ⅲ 物理探査

第 1 章 総 説

第二年次におけるボクロック，ラクブ，マリブコンおよびアブレグ 4 地域での地質・地化学精査により，ボクロック地域北部のマニクベル川上流部において，Cu-Zn 地化学異常ならびに鉍染状～網状のマニクベル鉍化帯が確認された。

本鉍化帯の一部で以前鉍山地球科学局によって地質・地化学調査および 6 孔の試錐探鉍が実施されていたが，鉍化帯の全貌は明確にされていなかった。本年度は本鉍化帯の分布と規模，さらに鉍化物の鉍種を判定するために I P 法電気探査ならびに初めての試みであるスペクトル I P 法を実施した。スペクトル I P 法は，Zonge Engineering & Research Organization の応援を得て実施された。

第2章 探 査 要 項

2-1 測定機器

2-1-1 IP法測定機器

(1) IP送信機	千葉電子研究所製	CH-T7802	1台
		CH-505	1台
	最大出力	2.5A, 800V	
(2) 発電機	Geotronics社(米)製	Model 421	3台
	最大出力	3kw, 400Hz, 115V	
(3) IP受信機	横浜電子研究所製	YDC-7505-B	1台
	千葉電子研究所製	CH-R7801	1台
(4) IPチェッカー	横浜電子研究所製	YN-502	1台
(5) トランシーバー	ソニー製	ICB-350 (500mW)	14台
	ナショナル電気製	RJ-38 (")	8台
	ソニー製	ICB-650	6台

2-1-2 物性測定装置

(1) 送信機

名称・型名	Constant Current Pulse Generator Model 801		
製作所	BURR-BROWN RESEARCH CORPORATION		
1次入力電圧・周波数	115 ± 10V, 50~420Hz		
出力周波数	0.01 ~ 1,100Hz	5段切換, 微調整付	
出力電流	1 μA ~ 11mA	4段切換, 微調整付	

(2) 受信機

名称・型名	IP測定受信機	Model YCD-434
製作所	横浜電子研究所	
入力電圧	0.3, 1, 3, 10, 30, 100, 300, 1,000mV	
	8段切換, 微調整付	
周波数	0.1, 0.3, 1, 3Hz	
時定数	2.6, 15, 60, 150sec	
入力抵抗	10M-ohm	
電源	±15.6V 水銀電池2個	

2-1-3 スペクトルIP法測定機器

(1) 受信関係機器

A	Zonge 社製	GDP-12/2G	1台
B	"	CAP-12	1台
C	"	ISO- 2	1台
D	"	FP - 1	2台
E	"	EL -12	2台
F	"	VDB-2/3	1台
G	Tectronix 社製	212	1台

(2) 送信関係機器

A	Geotronics 社製	FT-4	1台
	最大出力	4A, 800V	
B	Geotronics 社製	B-2	1台
	最大出力	3kw, 400Hz, 115V	

2-2 測 量

測線の設定は現地の地形、地質・地化学調査のデータをもとに地質班と協議をし、最も効果的と思われる測線をほぼ東西方向 ($N74^{\circ}E - S74^{\circ}W$) に、測線間隔 $250m$ で7測線、これに直行する測線を1測線設定した (Table III-1)。

測量には、牛方コンパスと $100m$ 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 $100m$ 間隔に設定した。

また、LINE-C, DおよびEについてはスペクトルIP法実施のため各測線の北側へ $30m$ の距離をおいて補助測線を設定した。

測点番号は東西測線については西端を0とし、東へ1, 2, 3, ……と $100m$ 毎に番号を付した。

基点は本地域のほぼ中央部を西流するマニクベル川と支沢との合流点より $90m$ 上流に設け、この点を南北測線 (H側線) の #12.5, F測線 (東西測線) の #15 とした。基点の標高は、5万分の1の地形図より読みとり $470m$ とした。

Table III-1 List of survey line

LINE	LENGTH	INTERVAL	SPACE FACTOR
A	2.5	100 m	n = 1 ~ 5
B	4.0	"	"
C	4.0 (1.6)	"	"
D	4.0 (1.6)	"	"
E	4.0 (1.6)	"	"
F	4.0	"	"
G	2.5	"	"
H	1.5	"	"
Total	26.5 (4.8) Km		

* () : For Complex Resistivity Survey

2-3 地質概要

この地域および付近一帯の地質は、始新世後期のリクアン層群Ⅱ層に属する安山岩類とこれに進入した中新世の大規模な底盤状深成岩類で特徴づけられる。

物理探査実施区域内には、安山岩溶岩とこれに進入した石英閃緑岩が分布し、両者を随所で岩脈状の石英閃緑斑岩～石英安山岩が貫いている。

石英閃緑岩は、この地域の北東部、マミシク沢中・上流および南西部マニクベル川上流支沢に広く露出している。本岩は、一般に堅硬な中粒完晶質岩で、黄鉄鉱の微粒鉱染が普遍的に認められる。後述する安山岩に近い部分では、細かい割れ目が発達し、微粒黄鉄鉱－石英あるいは微粒黄鉄鉱－粘土で充填されていることが多い。

安山岩溶岩は、この地域の中央部から南西部にかけて分布するほか、北東部の比較的高所にも分布する。本岩は上述の石英閃緑岩の進入の影響を受け、強弱の差はあるものの、珪化、ホルンフェルス化し緻密・堅硬な岩石になっているが、同時に割れ目の発達も顕著で、微粒黄鉄鉱－石英で充填されている部分が多い。

石英閃緑斑岩～石英安山岩の岩脈は、上述の石英閃緑岩および安山岩溶岩をWNW－ESE～NNW－SSEの方向で貫いており、本地域の随所で見られる。本岩は微量の黄鉄鉱々染を伴うことがあるが、一般に石英閃緑岩に比べて新鮮である。

この地域の銅鉱化作用は、微量の黄銅鉱－黄鉄鉱々染からなるポーフリー－カッパー型鉱化作用である。鉱化は主として、本地域北西部の石英閃緑岩中にみられ、特に安山岩溶岩との境界付近に強い鉱化が認められる。

第3章 探 査 方 法

3-1 IP法電探査

本調査で適用したIP法は、ポーフィリー-カッパー型鉱床探査に広く用いられている周波数法 (Frequency Domain Induced Polarization Method) であるが、スペクトルIP法 (Complex Resistivity Method) も実施した。電極配置は双極子配置 (Dipole - Dipole) を用いた。

3-1-1 IP法概要

一対の電流電極 (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。

$$\rho_{AC} = K \cdot \frac{V_{AC}}{I_{AC}}$$

ここに、 K は電流電極のなす相互隔離係数であり、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。

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 に切り替えることにより、見掛け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。

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

本調査では 0.3 Hz と 3 Hz を使用した。

測点表示点を、各電極系の中心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した。

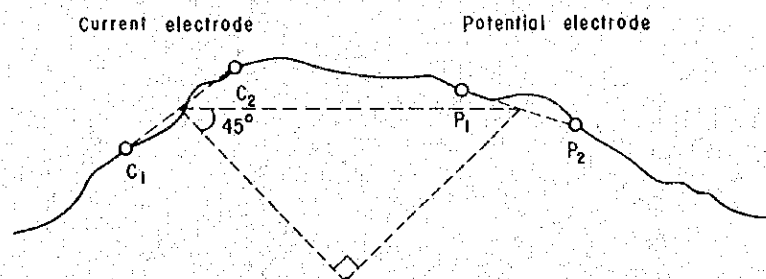


Fig. III-1 Plotting Method

○ 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、見掛比抵抗は電極関数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. III-2）。

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を除去し得ない。

しかし、今回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および平面図を作成した。

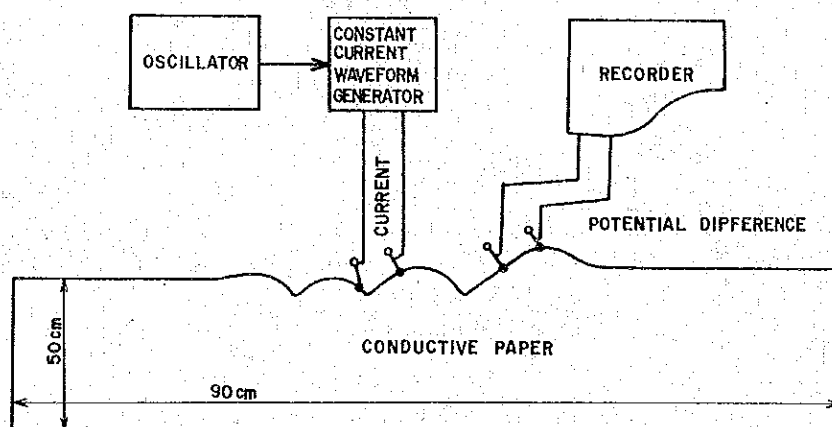


Fig. III-2 Block Diagram of Terrain Correction

3-2 スペクトルIP法電気探査

従来のIP法に比べ、多周波数の電流を用いて大地の見掛比抵抗の周波数スペクトルを観測する方法である。本方法の利点は比抵抗スペクトル観測データを解析することにより、IP法の難点であった電磁カップリングの影響を除去でき深部探査が可能で、さらに比抵抗スペクトル

ルの特徴を利用して地下鉱物の種類の判定の可能性があることである。

測定方法は、送信機からある周波数で C_1 、 C_2 極に方形波を流し、大地からの P_1 、 P_2 極間の電位差をブリアンプで増幅し、アイソアンプを通して受信機のチャンネル 1 に入力する。受信機のチャンネル 2 には送信機からの信号波形を $0.1\ \Omega$ の標準抵抗で分流して入力する。これらの信号は a ~ c のアナログ回路を通り、d ~ e 回路でデジタル処理と周波数分析されその結果がパネル表示される。1 つの周波数での測定操作が終了すれば、次の周波数に切り換えて同様の測定をくり返す。

GDP - 1 2 型受信機の回路構成は下記の通りである。

- a. チャンネル 1，チャンネル 2 の入力信号の差動増幅器
- b. チャンネル 1 の S P 除去回路
- c. ローパスフィルター，50 / 60 Hz ノッチフィルター
- d. デジタル化回路 …………… 12 ビット A / D 変換，サンプリング，スタッキング
- e. FFT 回路
- f. デコンボリューション回路
- g. 見掛複素比抵抗，位相角の計算回路

データ処理は現場測定で得られたカセットテープ記録を室内データ処理して、測点ごとの複素比抵抗の Cole - Cole 図を作り、また見掛比抵抗，位相角などの数値をそれぞれ擬似断面図に表示する。擬似断面への表示法は I P 法と同様である。

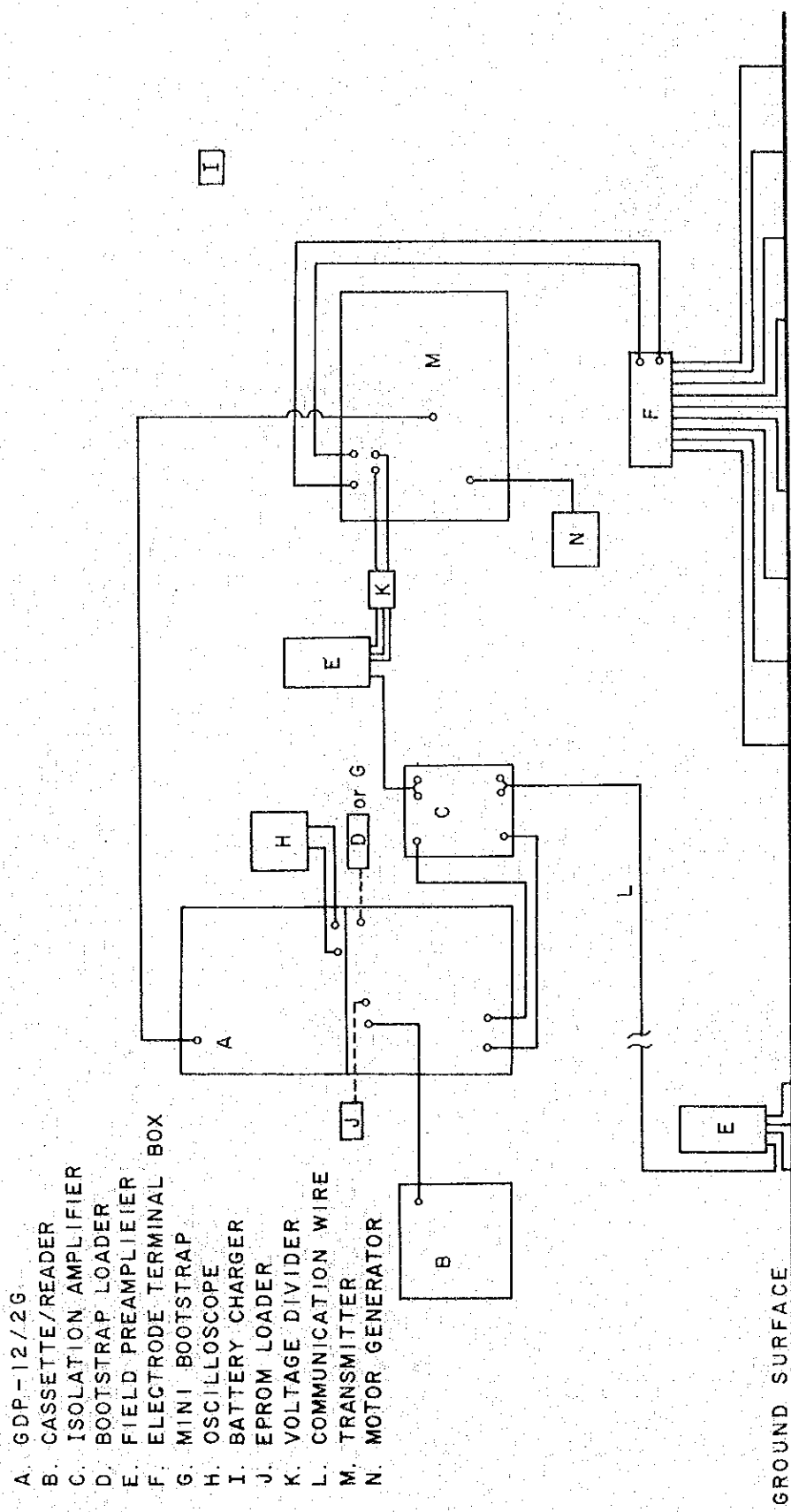


Fig. III-3 Block Diagram of CR System

第4章 結果解析

4-1 IP法結果解析

4-1-1 断面解析 (Fig. Ⅱ-4-1~8)

本地域で検出されたFE値は0.5~16.0%を示し、FE5%以上の広範囲な異常帯が測線西部、中央部および東部に認められた。

以下、これらの異常帯を西部異常帯、中央部異常帯および東部異常帯と仮称する。その中で検出される異常を下記の表の如く分類し、各測線において捕捉されたFE異常ならびに見掛比抵抗について説明する。

FE:

弱FE異常	中FE異常	強FE異常
3.0~5.0%	5.1~7.0%	7.1%以上

見掛比抵抗:

低比抵抗	中比抵抗	高比抵抗
500Ω-m以下	501~1000Ω-m	1001Ω-m以上

LINE-A

№12付近以西に弱~中FEの西部異常帯、№12以東には中~強FEの中央部異常帯が分布している。

西部異常帯のうち、№2以西の異常は、測線の西端に位置するため分布範囲の全貌を把握できないが、№2以西にFE示徴源の存在が推定される。

№2~№12の異常は№3~№4、№6~№8の地表付近に存在すると予想される低FE示徴源により分割されているが、この区域は全体として弱FE示徴源が分布していると推定される。

中央部異常帯のうち№13~№17のn=1から№15~№23のn=5にまで分布する異常は強FEを示し、№16~№17を中心にした塊状分布の強FE示徴源が測線の東側(№23付近まで)の深部にまで存在することを示している。№19~№25の浅部には中FE示徴源が板状に分布している。

見掛比抵抗は№5~№14付近の深部に高比抵抗が検出されているが、全体に低~中比抵抗帯が分布している。

高比抵抗の検出された地域は、弱~中FE異常に対応し、一方強FE異常においては低~中比抵抗が分布している。

LINE - B

㏒16 付近以西に弱～中 F E の西部異常帯，㏒17～㏒21 に強 F E の中央部異常帯，㏒33 以東に強 F E の東部異常帯が分布している。

西部異常帯のうち，㏒9～㏒11 を中心としたハの字型の F E 異常は㏒10 付近浅部に板状の中 F E 示徴源が存在することを示している。又㏒4～㏒5，㏒11～㏒12 の地表付近に存在すると推定される低 F E 示徴源を除いて，この西部異常帯は全体として弱 F E 示徴源の分布を示している。

㏒17～㏒21 の $n=1$ から㏒14～㏒25 の $n=5$ にまでおよぶ強 F E の中央部異常帯はコンターの形態から推定すると，㏒18～㏒19 の浅所に平板状の強 F E 示徴源，㏒20～㏒23 の深部に柱状の強 F E 示徴源が存在することを示している。

㏒33 以東の F E 異常は東端に位置するため，その全貌を把握することはできなかったが，浅部から深部にまで強 F E 示徴源が連続していることを示している。

高比抵抗は㏒13 以西の深部，㏒23～㏒33 の地表より深部に分布している。低～中比抵抗の分布は F E 異常域とほぼ一致している。

LINE - C

㏒8 以西に弱～強 F E の西部異常帯，㏒17～㏒23 に強 F E の中央部異常帯，㏒34 以東に強 F E の東部異常帯が分布している。

西部異常帯は Line - A，Line - B のそれと比較して分布域が狭くなっているが，㏒3～㏒6 に強 F E 異常が認められ，その分布形態から㏒4 付近の浅所，㏒6～㏒7 の浅所に板状の強 F E 示徴源の存在が推定される。

中央部異常帯は Line - A，Line - B のそれと比較してやや F E 値の低下が認められるが全体として強 F E 示徴源が分布していることを示している。しかしながら㏒19～㏒20 を中心としたハの字型の中 F E 異常は㏒19～㏒20 の地表付近に低 F E 示徴源が存在することを示している。

東部異常帯は Line - B とほぼ同様の分布を示しその分布形態から㏒34～㏒38 の地表付近にやや西傾斜の板状の F E 示徴源の存在が推定できる。

見掛比抵抗は Line - B とほぼ同一傾向を示し，強 F E 異常が検出された測線の両側，中央部の地表付近には低比抵抗が検出されている。高比抵抗は㏒31～㏒34 の地表付近にも検出されているが，測線の深部に一様に認められる。

LINE - D

測線の㏒6 以西に強 F E の西部異常帯，㏒12～㏒22 に中～強 F E の中央部異常帯，㏒33

以東には中～強 F E の東部異常帯が分布している。

№ 6 以西に検出された強 F E 異常は Line - C の西部異常帯とほぼ類似の分布形態を示している。№ 3 ～ № 5 の浅部より深部には、やや西傾斜の板状の強 F E 示徴源の存在が推定される。

№ 12 ～ № 22 に検出された中央部異常帯は、Line - C よりやや西方に分布している。№ 24 ～ № 25 の地表付近に中 F E 示徴源の存在が推定される。№ 33 以東に検出された東部異常帯は、№ 34 ～ № 36 の地表付近から深部のやや東傾斜の強 F E 示徴源によるものと推定されるが、前述の Line - A, B, C における東部異常帯の分布と比較すると、強 F E 異常の範囲は狭くなっている。

見掛比抵抗は浅部に低～中比抵抗が分布し、深部には高比抵抗が優勢に分布している。

LINE - E

№ 3 以西に中 F E の西部異常帯、№ 11 ～ № 20 に中～強 F E の中央部異常帯、№ 33 ～ № 38 に中～強 F E の東部異常帯が分布している。

西部異常帯は Line - C, D と比較し西側に 300 m ～ 400 m 移動し、弱～中 F E 異常を示している。その異常の中心は № 2 以西にあると推定される。

№ 11 ～ № 20 の中央部異常帯のうち 2ヶ所に顕著なハの字型異常が認められ、№ 11 ～ № 12 の地表付近には東傾斜、№ 17 ～ № 19 の地表かつ浅部には水平板状の F E 示徴源の存在が、それぞれ推定できる。

一方、№ 33 ～ № 38 に認められる中 F E 異常は、深部へ向うほど異常が弱く、かつ分布範囲が狭くなっている。この異常は № 34 ～ № 35 の地表付近に水平板状および № 38 の $n=1$ ～ 3 の小規模な西傾斜の板状の F E 示徴源の存在によるものと考えられる。

高比抵抗は № 13 以西の浅部に見られるものの、その深部および № 13 以東に優勢に浅部より深部に分布している。

LINE - F

中央部異常帯を除いて Line - A, B, C, D, E で検出された西部異常帯、東部異常帯に対応する異常が認められない。

№ 1 ～ № 3 の $n=1$ から 45° 方向に № 4 ～ № 5 の $n=5$ へ延びている F E 異常は № 2 を中心とし、地表付近に存在する平板状の F E 示徴源によるものと推定される。

№ 17 ～ № 20 の $n=1$ から № 15 ～ № 21 の $n=5$ に認められる中～強 F E の中央部異常帯は、Line - A, B, C, D, E のそれと比較して異常域が狭く、この異常はその形態により № 17 ～ № 19 の西傾斜の柱状 F E 示徴源の存在によるものと推定される。

№ 32 ～ № 33 を中心としたハの字型異常および、№ 38 以東に認められる中 F E 異常は、

その形態より $\#32 \sim \#33$ の地表付近および $\#38$ 以東に存在する西傾斜の脈状F E示徴源によるものと考えられる。 $\#36$ の深部に検出されている 10.5% のF E値は、それらの影響が重複したことによるものと考えられる。

比抵抗はLine-Fと同型の分布形状を示しているが、 $\#7 \sim \#15$ 付近では $1000\Omega m$ 以下の比抵抗がLine-Fより広く分布している。

LINE-G

この測線はLine-B, C, D, E, Fと比較して西側で $500m$ 、東側では $1,000m$ 短く、西部および東部異常帯の分布の全貌を把握するに至っていないが、 $\#4$ 以西には弱異常、 $\#9 \sim \#15$ 付近に中F E異常、 $\#18$ 付近から以東には弱異常帯が分布している。 $\#4$ 以西に検出された弱F E異常は、その示徴形態より $\#1 \sim \#2$ の地表付近に東傾斜の平板状F E示徴源が存在していることを示している。 $\#9 \sim \#15$ 付近には、中F E異常による π の字型示徴が検出され、 $\#11 \sim \#12$ の地表付近にやや東傾斜の平板状F E示徴源の存在が推定される。

また、 $\#18$ 以東に分布する弱異常は、測線端に位置するためその形態は明らかではない。 $\#3$ 付近の深部から $\#18$ の深部には、 $3,000 \sim 5,000\Omega m$ の高比抵抗が検出されており、高比抵抗帯が測線の深部全域に亘って優勢に分布している。

LINE H

本測線は、前述の各測線に直交しLine-A \sim Fでは測点 $\#15$ を通りLine-Gの $\#10$ に至る測線である。

$\#5$ 以北、 $\#6 \sim \#8$ 、 $\#9 \sim \#11$ には強F E異常が検出された。 $\#5$ 以北に検出された強F E異常は、Line-A, BおよびCの深部の強F E異常と一致している。

$\#6 \sim \#8$ の強F E異常帯は、その分布から $\#6 \sim \#8$ 付近の浅部の北傾斜の板状F E示徴源によるものと考えられ、Line-Dの強F E異常と同一のものである。

$\#8 \sim \#11$ の $n=2$ 以深に検出された強F E異常から、やや北傾斜柱状F E示徴源の存在が推定される。

これらの異常帯を総合的に見ると、北へ向うに従って地表より深部まで一様に分布するが、一方、南方へは徐々に浅くなり、かつ、狭くなる傾向が見られる。

4-1-2 平面解析

各測線のF E、見掛比抵抗断面より $n=1, 3$ および 5 の値を取り出し、3種の平面図を作成した。しかし、これらの平面図は、本調査地域の地形が急峻であったため、同一水準面を表現しているのではなく、地表からの深度を反映しているもので、地表から $100m$ 、 $200m$

および300mまでの情報を表わしている。

また、双極子配置法による測点表示位置は、あくまで便宜的なもので、異常点に必ずしも異常源が存在するものではないので、3種の平面図は勿論のこと、更に各測線の断面を考察に入れ、予想される鉱化帯の平面的広がりを捉え、延長方向、傾向等を推定し総合的に解釈しなければならない。

○FE平面図(PL. Ⅱ-2-1~3)

調査地域西部、中央部および東部にみられる5%以上の中～強FE異常は、 $n=1, 3$ および5の平面図のすべてに認められる。

西部異常帯は $n=1$ においては、N-S方向とNW-SE方向に分布する傾向が認められ、その異常の中心はLine-Cの $\#3 \sim \#5$ 、Line-Dの $\#3 \sim \#4$ 付近にあると考えられる。 $n=3$ ではその異常の分布範囲は拡大し、E-W方向に分布する傾向が認められ、 $n=5$ ではそれらの異常は東-西に二分された形となっている。従って、この異常帯は深部に行くに従って弱くかつ狭くなり、FE示徴源は $n=3$ 以浅にあると考えられる。

この地域中最も大きな異常帯として検出された中央部異常帯は、ほぼN-S方向に延び地表より深部まで同形状で分布している。

FE7%の異常域は、 $n=1$ では狭く、 $n=3, 5$ では広くなり、特に測線Dより北側でその傾向がよく認められる。従ってこのFE示徴源は主に $n=3$ 以深に存在すると推定される。又この異常帯は北方未調査地域に向かうに従って異常は強く、逆に南方へ向って異常は弱くなっている。

東部異常帯は、測線Fより北方にNW-SE方向で分布しており、 $n=1$ ではFE値が高く、まとまりをもっている。この異常は中央部異常帯と同様北方へ延びている。しかし、測線D以南では $n=3, 5$ と深部へ向うほど異常は弱くなり、かつ南方へ向って減衰する傾向が認められる。

これらをまとめると

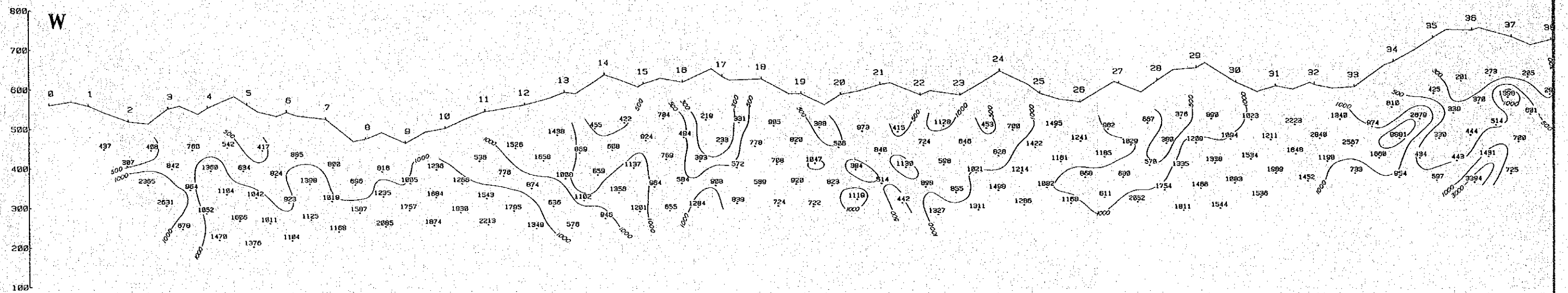
- ① 各異常帯とも北へ向うに従い異常は強く、かつ浅部から深部まで続くものと考えられる。
- ② 南方に向うに従い徐々に異常が弱くなり、かつ浅くなるものと考えられる。

○見掛け抵抗平面図(PL. Ⅲ-3-1~3)

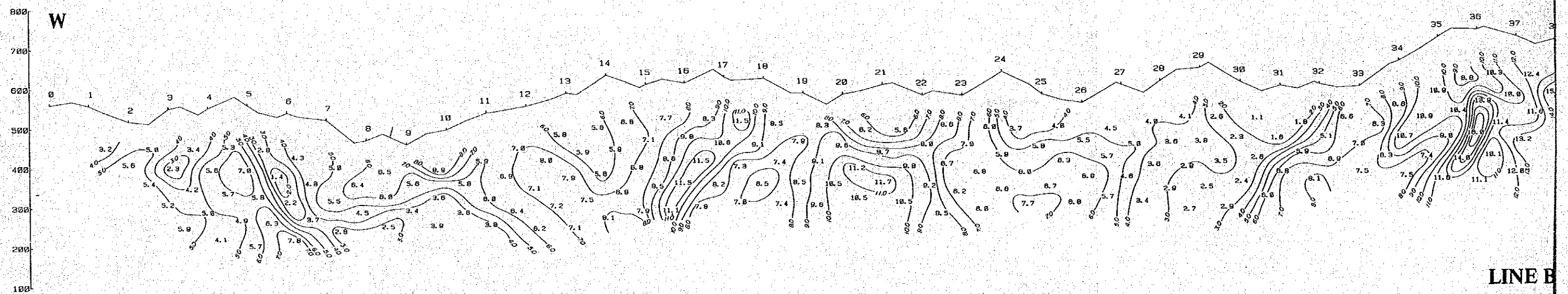
$n=1$ の平面図では全体的に $1000\Omega m$ 以下の低-中比抵抗帯が分布している。しかし局部的に $1000\Omega m$ 以上の高比抵抗帯がN-S方向に点在し複雑な様相を呈している。

$n=3$ では高比抵抗帯が各測線 $\#10$ 以西およびLine-Bの $\#23 \sim \#33$ 付近を頂点とする南に開いた扇形の地域に広く分布している。 $1000\Omega m$ 以下の低-中比抵抗帯は中央部

Apparent Resistivity (Ω -m)



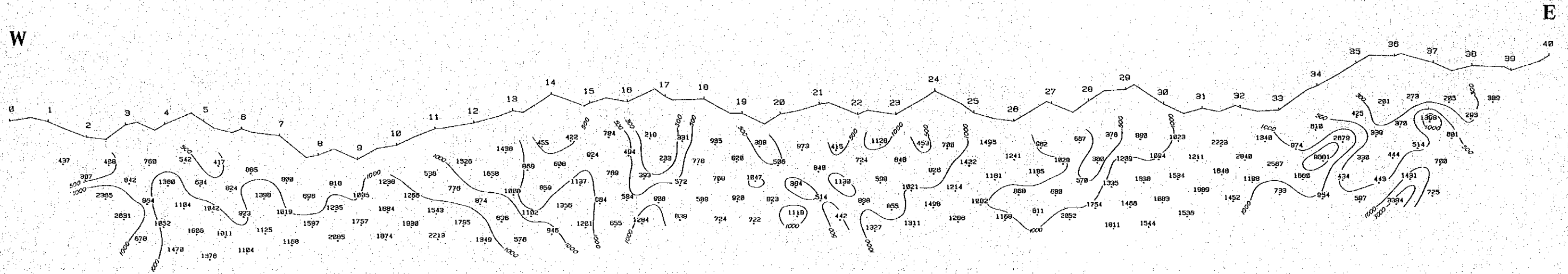
Frequency Effect (%)



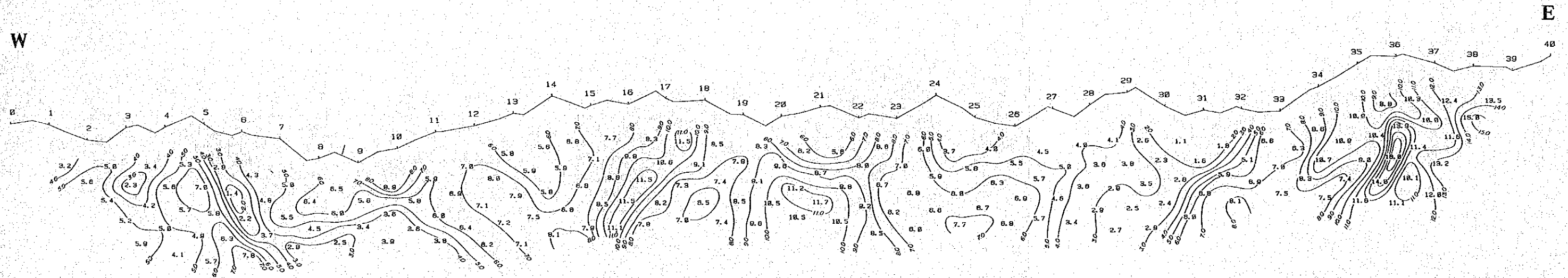
LINE B

Fig. III-4-2 I

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



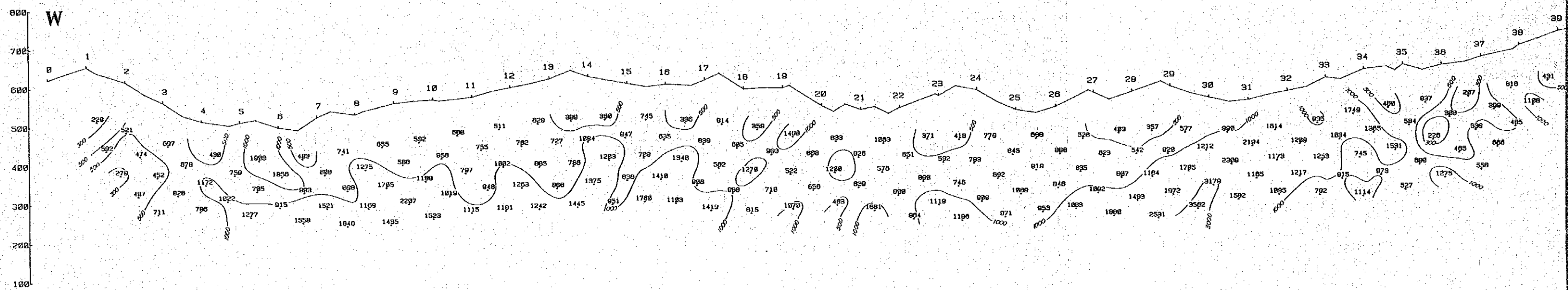
Frequency Effect (%)



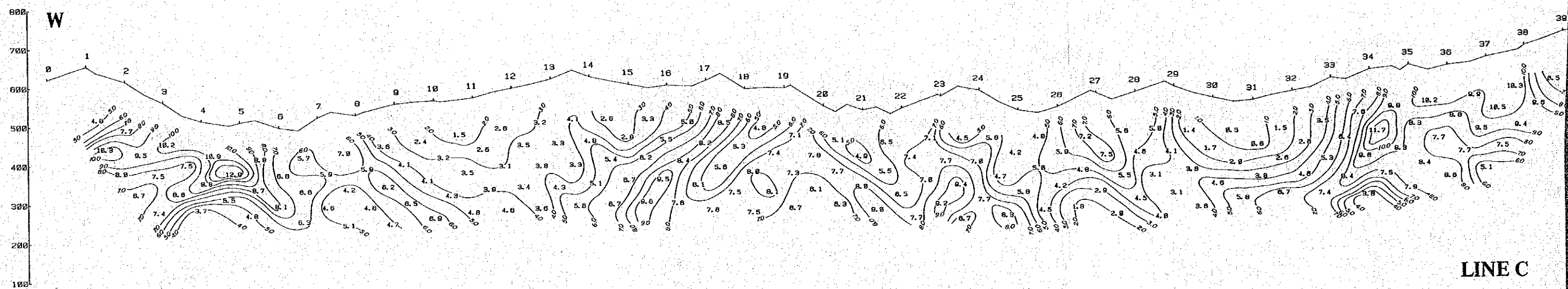
LINE B

Fig. III-4-2 IP Profile

Apparent Resistivity (Ω -m)



Frequency Effect (%)



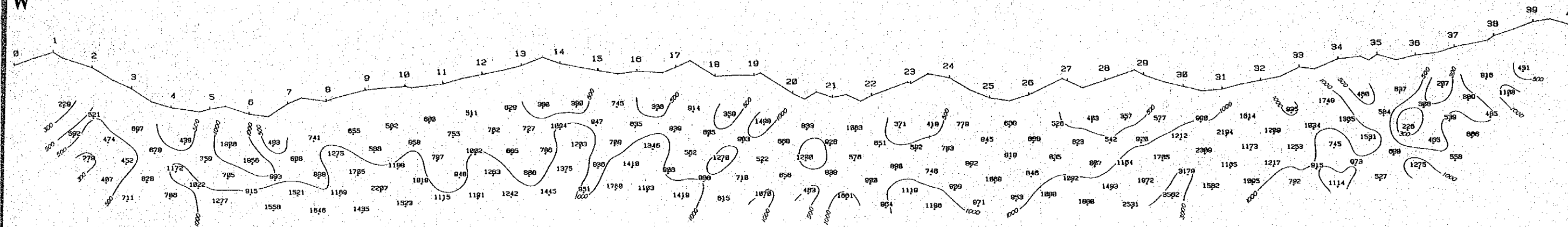
LINE C

Fig. III-4-3 IP Pro

pparent Resistivity ($\Omega\text{-m}$)

W

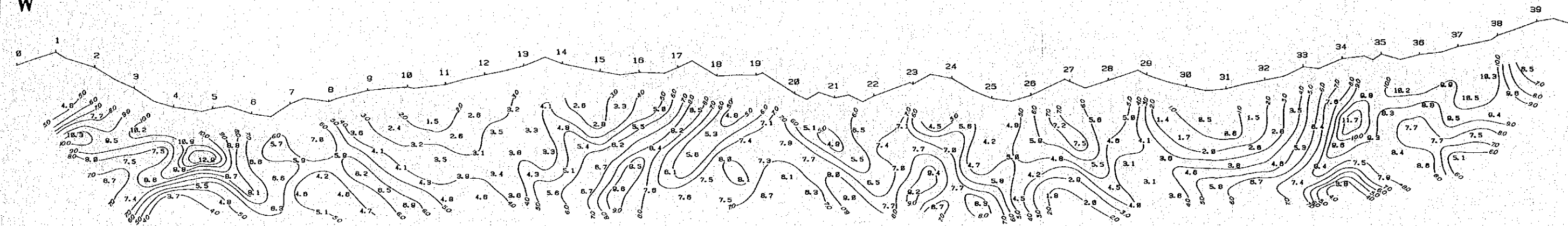
E



Frequency Effect (%)

W

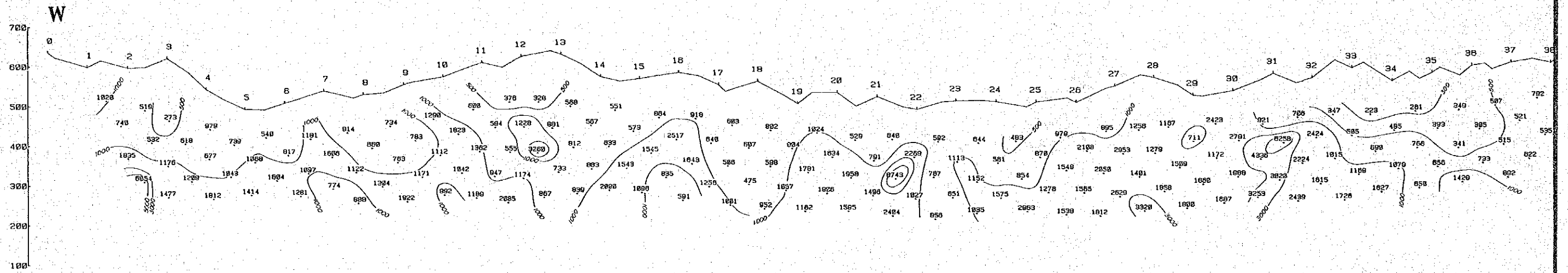
E



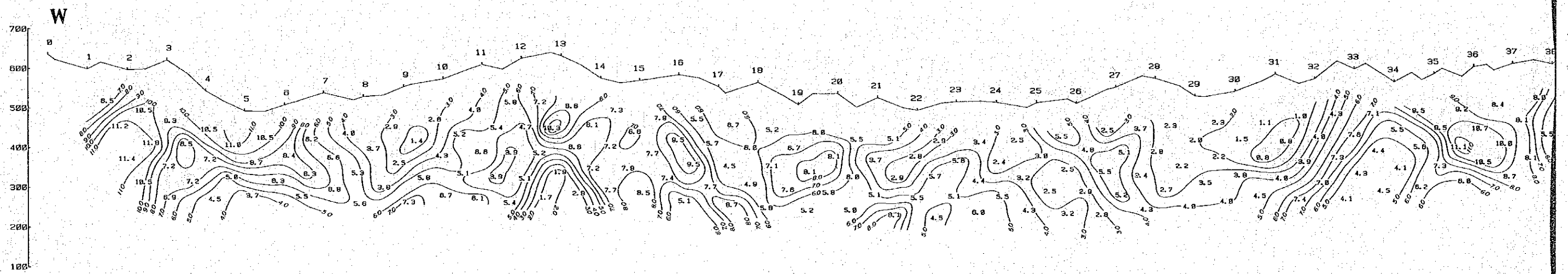
LINE C

Fig. III-4-3 IP Profile

Apparent Resistivity (Ω -m)



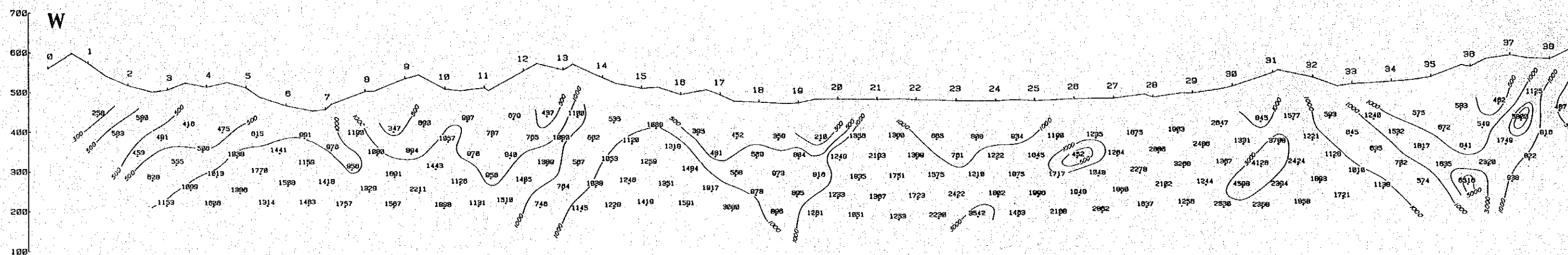
Frequency Effect (%)



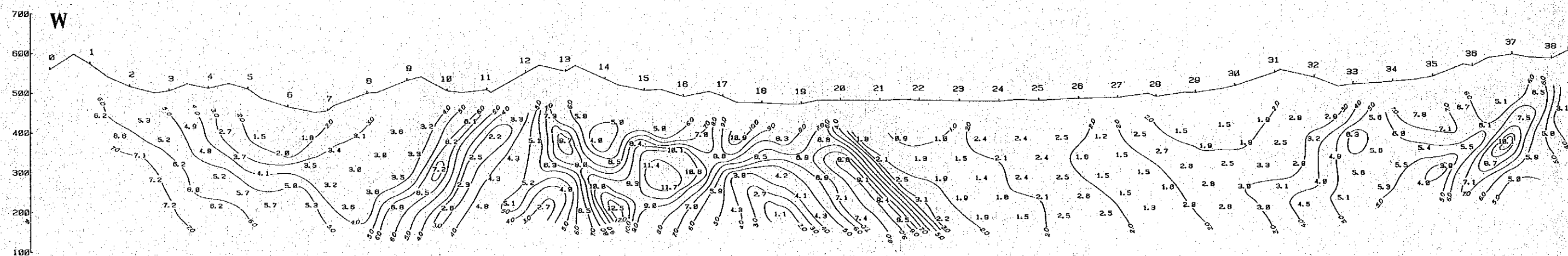
LINE D

Fig. III-4-4 I

Apparent Resistivity (Ω -m)



Frequency Effect (%)



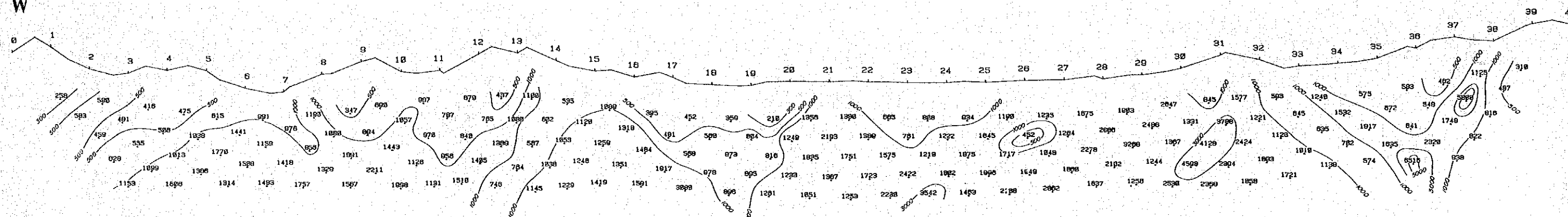
LINE E

Fig. III-4-5 IP E

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

W

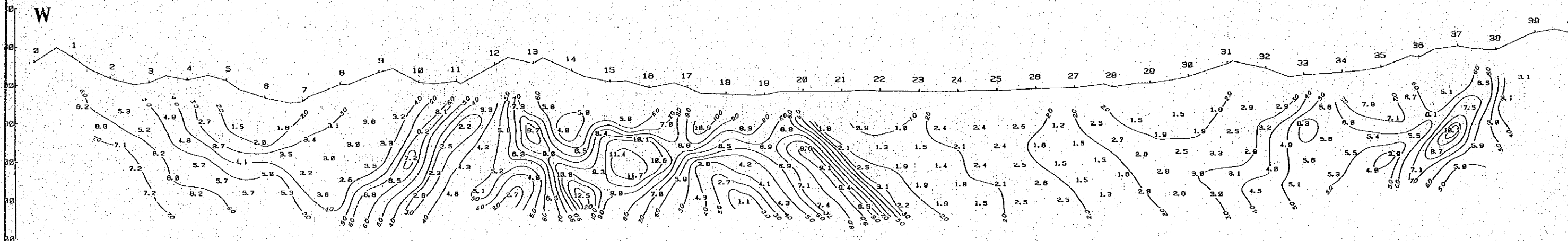
E



Frequency Effect (%)

W

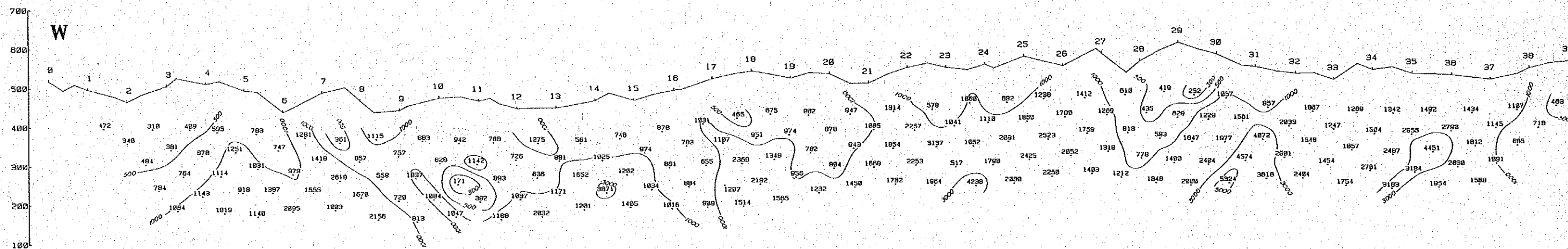
E



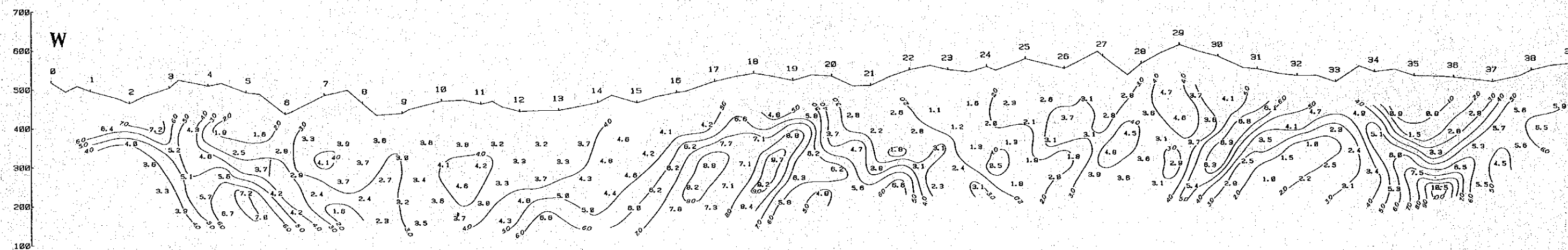
LINE E

Fig. III-4-5 IP Profile

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



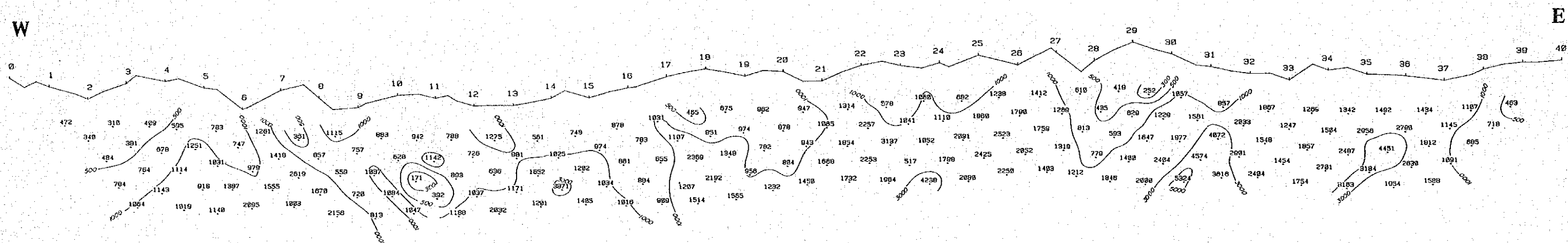
Frequency Effect (%)



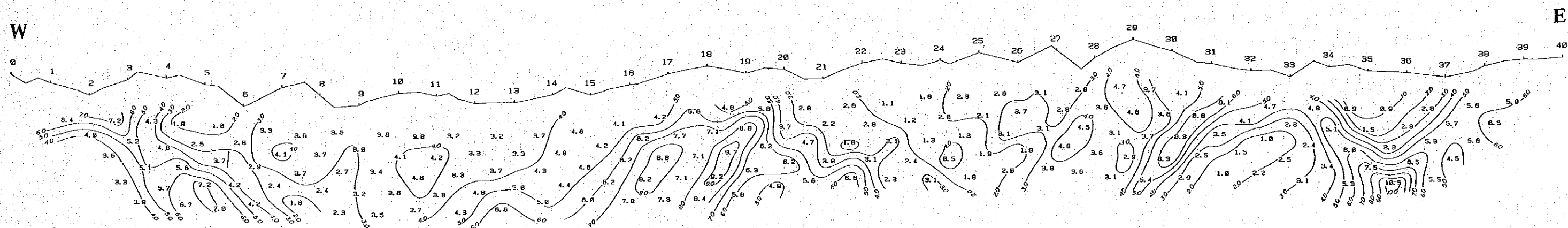
LINE F

Fig. III-4-6 IP Pro

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



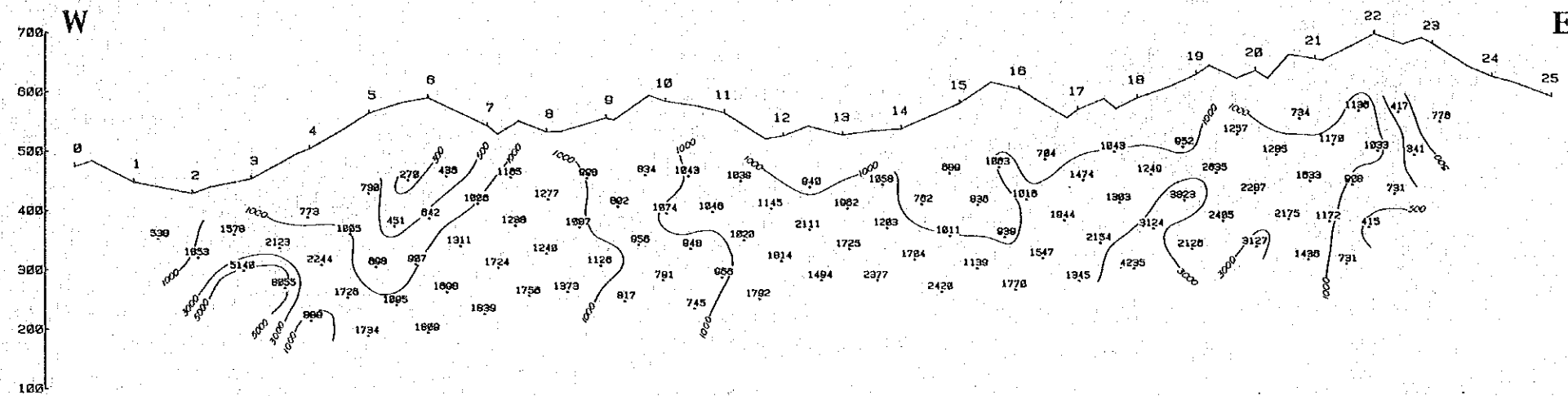
Frequency Effect (%)



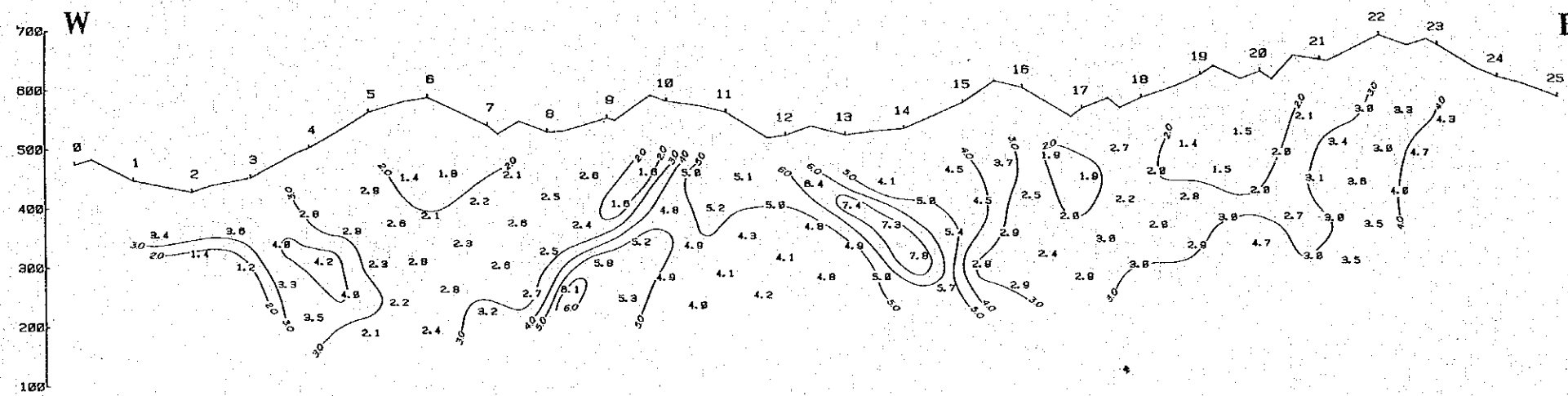
LINE F

Fig. III-4-6 IP Profile

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



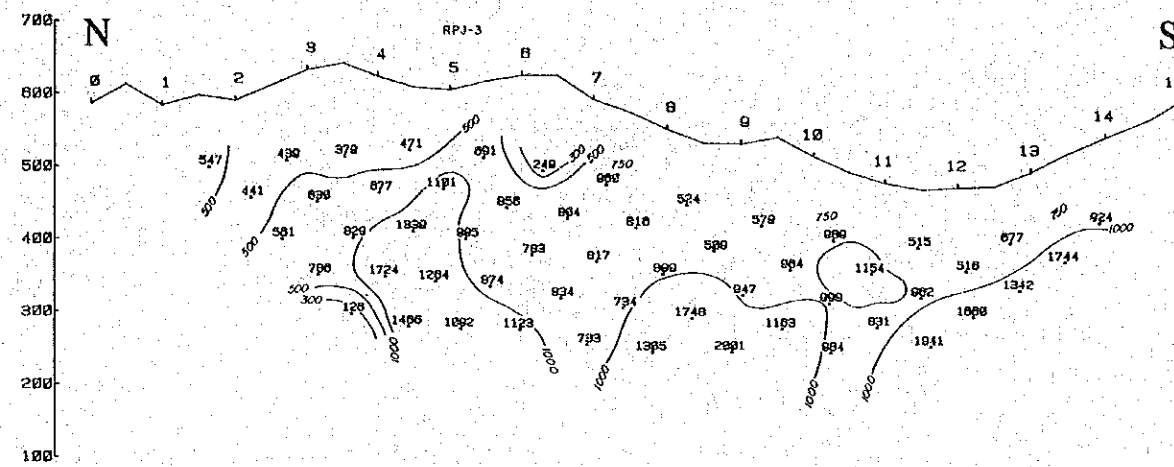
Frequency Effect (%)



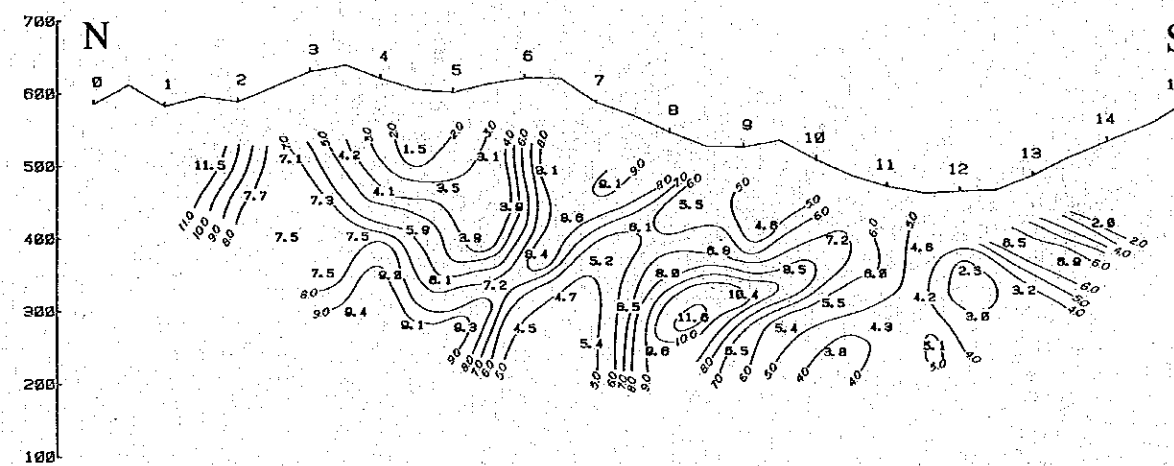
LINE G

Fig. III-4-7 IP Profile

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



Frequency Effect (%)



LINE H

Fig. III-4-8 IP Profile

F E異常および東部F E異常帯と類似の分布を示している。

n = 5では低-中比抵抗帯がLine-A, B, Cの#5より西側, Line-A, B, Cのほぼ中央部, および東端に検出されている。それ以外の地域では高比抵抗帯が優勢に分布している。

以上各平面について述べたが, それらをまとめると

- ① 高比抵抗帯は深部および南方に向うに従って優勢に分布し, F E異常帯と高比抵抗分布域は一般に一致しない。
- ② 低-中比抵抗帯は浅部に優勢に分布し, 中央部および東部の低-中比抵抗帯は北に向うほど深部まで続き, その分布域が広がるものと考えられる。

断面解析と平面解析結果から調査地域の地表地質とF E, 比抵抗値を対応づければ下表の如く分類される。

F E 比抵抗	バックグラウンド 3 %以下	弱-中F E異常 3 ~ 7 %	強F E異常 7 %以上
低-中比抵抗 1000 Ωm 以下	石英閃緑岩 (B) 安山岩 (A)	石英閃緑岩 (C) 安山岩 (B)	石英閃緑岩 (D) 安山岩 (C)
高比抵抗 1000 Ωm 以上	石英閃緑岩 (A)		(安山岩 (D))

又, Line-C, DおよびEで実施されたボーリングRPJ-1, RPJ-2, RPJ-3の地質柱状とI P結果を比較すれば, RPJ-2, RPJ-3で補捉された安山岩は高比抵抗・強F Eに対応している。

これらの分類された岩体の分布区域および岩質を検討すれば下記の通りまとめられる。

石英閃緑岩 (A)

東部異常帯と中央部異常帯に囲まれた広い地域に分布し, 特にLine-D以南に顕著にみられる。地表よりn = 5までほとんど比抵抗, F Eの変化が認められない。従って堅硬・緻密で硫化物を含まない均質な岩体と考えられる。

石英閃緑岩 (B)

主にLine-B, C上の西部異常帯, 中央部異常帯, 東部異常帯に挟まれた区域に分布している。これらの区域の地表よりn = 3までにほぼ地形の起伏に調和して分布し, その下部に例外なく石英閃緑岩 (A) が分布している。従ってこの岩体は石英閃緑岩 (A) の風化層と推定され硫化物を含有しないと考えられる。

石英閃緑岩 (C)

主に西部異常帯，中央部異常帯，東部異常帯の周辺部に認められこの岩体の下部では普遍的に高比抵抗岩体に移行している。従ってこの岩体は割れ目がやや発達し，その割れ目に沿って硫化物が多少充填したもので下部では堅硬・緻密な岩体に移行していると推定される。

石英閃緑岩 (D)

主に調査地域北側の西部異常帯，東部異常帯に認められ東部異常帯では深部まで低比抵抗，西部異常帯では深部で高比抵抗になる傾向がある。F E 値が高いことから硫化物を多く含み，東部異常帯での石英閃緑岩は深部まで低比抵抗を示すことから小節理・割れ目が深部まで発達していると推定される。一方西部異常帯での石英閃緑岩は深部では緻密・堅硬な岩体と推察される。

安山岩 (A)

Line - F, G の西側にしか認められない。下位には高比抵抗・低 F E 岩体が分布し，硫化物を含まない岩体と考えられる。

安山岩 (B)

Line - A の東端，Line - D の中央部に局部的に分布している。石英閃緑岩 (C) と同様に小節理，割れ目が発達しており，それらに沿って弱い鉍化作用が及んだ岩体と推定される。

安山岩 (C)

中央異常帯と密接に関連して分布し，Line - A, B, C では中央異常帯の中心部に分布している。又 Line - D, E では異常帯のコンターと安山岩 (C) の分布状況が良く一致している。低比抵抗を示すことから小節理，割れ目が深部までおよび，F E 値が高いことから比較的多量の硫化物を含む岩体と考えられる。

安山岩 (D)

ボーリング RPJ-2, RPJ-3 で補捉された岩体で，高比抵抗・強 F E に対応し，コアにはネットワーク状の黄鉄鉍の細脈が顕著に見られる。しかし岩石は比較的堅硬・緻密である。フィルム状に鉍化した黄鉄鉍脈が高 F E をもたらしたと考えられる。

4-1-3 物性測定

○概要

地表で測定された物理量は，岩体あるいは鉍床の真の物性を表わすことは少なく，表土，風化帯，地下水等の影響を受けた地下情報であることが多いため，目的とする物性をできる限りありのまま知ることが，物理探査にとって重要である。

それには次の2つの方法が用いられている。

- (1) In-Situ 調査 — 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) 室内物性測定 — 調査地域内で岩石資料を採取し、実験室で測定する方法

本調査では、調査地域内に適当な露頭が確認されなかったため、In-Situ 調査を行うことができなかったが、測線上およびその周辺から比較的風化、変質の少ない岩石を43個採取し、FE、比抵抗測定を行った。

○岩石物性測定方法

実験室での物性用岩石試料は、測定前に直方体に成形した。測定は採取時の状態に近い方が望ましいが、測定を実施するまで数日かかるため、試料が乾燥する。

そのために今回の測定では試料を一昼夜水に浸け、減圧水槽を利用して試料を含水飽和状態にし、すべての試料を同一条件下で測定できるよう配慮した。試料を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。恒温槽は鉄製で内部を減圧するために真空ポンプが、水蒸気を発生するためにヒーター入り水槽および温度計が付属している。資料ホルダーは恒温槽内に収められている。

なお、今回使用した周波数は0.3と3 Hzである。

比抵抗(ρ)は次式により求められる。

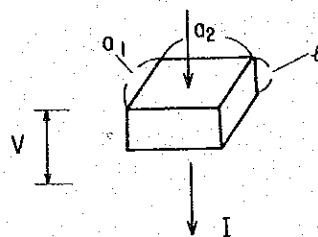
$$\rho = \frac{a_1 \times a_2}{\ell} \times \frac{V}{I}$$

ここに、 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



○物性測定結果

岩石試料は43個採取したが、測定中に1個崩壊したため42個について測定した。その結果をTable III-2に示す。

測定結果、試料の比抵抗は $639\Omega m \sim 50,600\Omega m$ 、FE値は1.4%~11.5%を示した。

比抵抗

採取した試料は安山岩、石英閃緑岩、石英閃緑斑岩の3種類で、各々の比抵抗の平均値は安山岩が $4,000\Omega m$ 、石英閃緑岩が $8,400\Omega m$ 、石英閃緑斑岩が $6,300\Omega m$ である。

これらの値を現場測定の見掛け比抵抗値と比較すると、サンプル測定値がかなり高くなっている。この理由として第1に現場で測定された見掛け比抵抗値には、地表付近に分布している表土、風化層等の孔隙率の高い低比抵抗層の影響が含まれること。第2にサンプルは岩体の極く一部

Table III-2 FE and Resistivity of Rock Samples

Location and Sample No.	FE (%)	ρ (Ω m)	Rock Name
A-5	3.2	4,500	quartz diorite porphyry dyke
A-9.5	4.8	6,320	quartz diorite porphyry dyke
B-8	1.9	3,170	quartz diorite porphyry dyke
B-19.5	3.0	3,640	andesite
B-27.5	5.1	12,800	granodiorite
B-30.5	5.0	2,820	granodiorite
B-32	3.1	18,800	granodiorite
C-4	8.0	8,170	quartz diorite porphyry dyke
C-6.5	2.9	11,900	granodiorite
C-11	2.4	2,300	quartz diorite porphyry dyke
C-15.5	8.5	29,800	andesite
C-16.5	4.5	38,600	andesite
C-18	1.8	4,350	andesite
C-20	2.4	4,190	andesite
C-20.25	9.6	9,490	andesite
C-26	2.5	2,240	andesite
C-36	2.0	4,770	andesite
D-0.5	3.5	2,530	quartz diorite porphyry dyke
D-7.5	2.0	5,130	quartz diorite porphyry dyke
D-8.5	3.6	2,730	andesite
D-11.5A	2.7	2,430	andesite
D-11.5	2.8	2,150	andesite
D-13.75	2.8	16,500	andesite
D-14.5	1.4	29,700	andesite
D-17	3.0	1,520	andesite
D-17.20	3.0	3,780	andesite
D-19A	5.0	639	andesite
D-19	3.3	7,180	andesite
D-20.5	6.0	19,600	andesite
D-31.2	2.5	36,700	quartz diorite porphyry dyke
D-35.2	1.8	2,230	quartz diorite porphyry dyke
D-35.5	2.4	5,060	quartz diorite porphyry dyke
E-8.5A	4.3	4,610	andesite
E-8.5	11.5	15,700	quartz diorite porphyry dyke
E-11	2.4	1,480	andesite
E-11.20	4.0	5,730	andesite
E-14.5	3.7	21,500	andesite
E-32.3	2.9	3,680	quartz diorite porphyry dyke
E-40	2.1	50,600	quartz diorite porphyry dyke
F-2	1.8	15,400	andesite
F-28	9.6	5,790	granodiorite
G-21	5.5	7,740	granodiorite

分のみを表わし、一般に採取試料は岩体中でも堅硬、緻密な部分であること。第3に安山岩、石英閃緑岩体には割れ目が発達し、それらの中には粘土、地下水、硫化物等の極低比抵抗物質が挟在している。地表から電流を供給した場合、主に電流がこれらの割れ目に流れ込み、見掛上岩体の比抵抗を低下させることがあげられる。

従って今回のサンプル測定結果は地山の比抵抗を直接表わしてはいないが、相対的に安山岩が石英閃緑岩よりも比抵抗が低いことは、サンプル測定からも推定される。

F E

一般に硫化物の含有量はF E値と密接な相関があり、硫化物の含有量が増すとF E値は増大するとされている。

今回採取試料の中から適当な試料を10個選び、イオウの分析を行い、硫化物とF E値との関係を調べた。その結果を表Ⅲ-3に示す。

Table III-3 Result of Chemical Analysis for Rock Samples

Sample No.	FE (%)	Cu (ppm)	S (%)	Rock Name
A-9.5	4.8	128	0.21	quartz diorite porphyry dyke
B-8	1.9	76	0.16	"
C-6.5	2.9	92	0.18	grannodiorite
C-15.5	8.5	124	0.09	andesite
C-16.5	4.5	94	0.05	andesite
D-8.5	3.6	103	0.24	andesite
D-13.75	2.8	47	0.05	andesite
D-17	3.0	42	0.29	andesite
E-11	2.4	100	0.51	andesite
E-14.5	3.7	59	0.06	andesite

その結果、特にイオウの含有量とF E値には相関が認められない。しかしながら、各サンプルを詳細に観察した結果、サンプル中の硫化物の分布形態に違いがあることが判明した。そのタイプには大きく分けて2通りあり、1つは硫化物が割れ目に沿ってフィルム状に分布している場合、もう1つはサンプル全体に鉱染状に分布している場合である。上記サンプルのうち代表的な前者のタイプとしては、A-9.5 (4.8%), C-15.5 (8.5%), C-16.5 (4.5%), 後者のタイプとしてはB-8 (1.9%), C-6.5 (2.9%), D-13.75 (2.8%) があげられる。しかし、両者のサンプルのイオウ含有量にはそれ程差がない。この結果から判断して硫化物がサンプル中にフィルム状に分布している場合の方が、鉱染状に分布している場合よりもI P効果を強く引き起こすと推定される。