

第3章 物理探査

3-1 調査目的・内容および使用主要機材

3-1-1 調査目的・内容

本調査は、メキシコ合衆国インマクラード地域において鉱床賦存状況を解明することにより、新鉱床を発見することを目的とする。また、相手国機関に対し、技術移転を図ることを目的とする。

電気探査は既存資料解析や現地の地質に基づいて測線を設定したIP調査を行った。

調査内容は表Ⅱ-3-1の物理探査調査内容のとおりである。なお、調査地域位置図を図Ⅱ-3-1に示す。

表Ⅱ-3-1 物理探査調査内容

方 法 測定方式 電極配置 電極間隔 電極隔離係数 測線数 延測線長	強制分極法(IP法) タイム・ドメイン法 ダイポール・ダイポール配置 a = 100m n = 1~5 10測線 18.0km
物性測定(室内試験)	分極率および比抵抗測定 25個

3-1-2 使用主要機材

調査に使用した使用主要機材一覧は表Ⅱ-3-2のとおりである。

表Ⅱ-3-2 使用主要機材一覧

	機 器	メ ー カ ー	型 式	仕 様 ・ 性 能	数 量
電	送 信 機	(有)千葉電子 研究所	CH-97T	900V, 15A max 4.5kW, 200V	1台
			CH-97P	Power controller	1台
気	エ ン ジ ン 発 電 機	HONDA 社	ET-4500	50Hz 200V 4.5KVA 3相	1台
	受 信 機	SCINTREX	IPR-12	8チャンネル, 14ビット Input Range:50 μ V to 14V	1台
	電 極		電流電極	ステンレス棒, 鉄棒	1式
			電位電極	飽和硫酸銅溶液非分極性電極	1式
探	電 線	藤倉電線(株)		VSF1.25mm ² , 電線, 同軸ケーブル	1式
	測 量 器	MAGELLAN	GPS MERIDIAN XL		1式
査	測 量 器 材	牛方製作所	ポケットコンパス S-25		3台
			間 縄	100m エスロンテープ	4式
	通 信 機	ケンウッド(株)	トランシーバー TH-42	出力:600mAh 電源:12V バッテリー	11台
物 性	送 信 機	IRIS インストール	IP-L	出力:1 μ A ~100 μ A max 10V	1台
測 定	受 信 機	SCINTREX	IPR-12	8チャンネル, 14ビット Input Range:50 μ V to 14V	1台
	電 極		白金線		1式

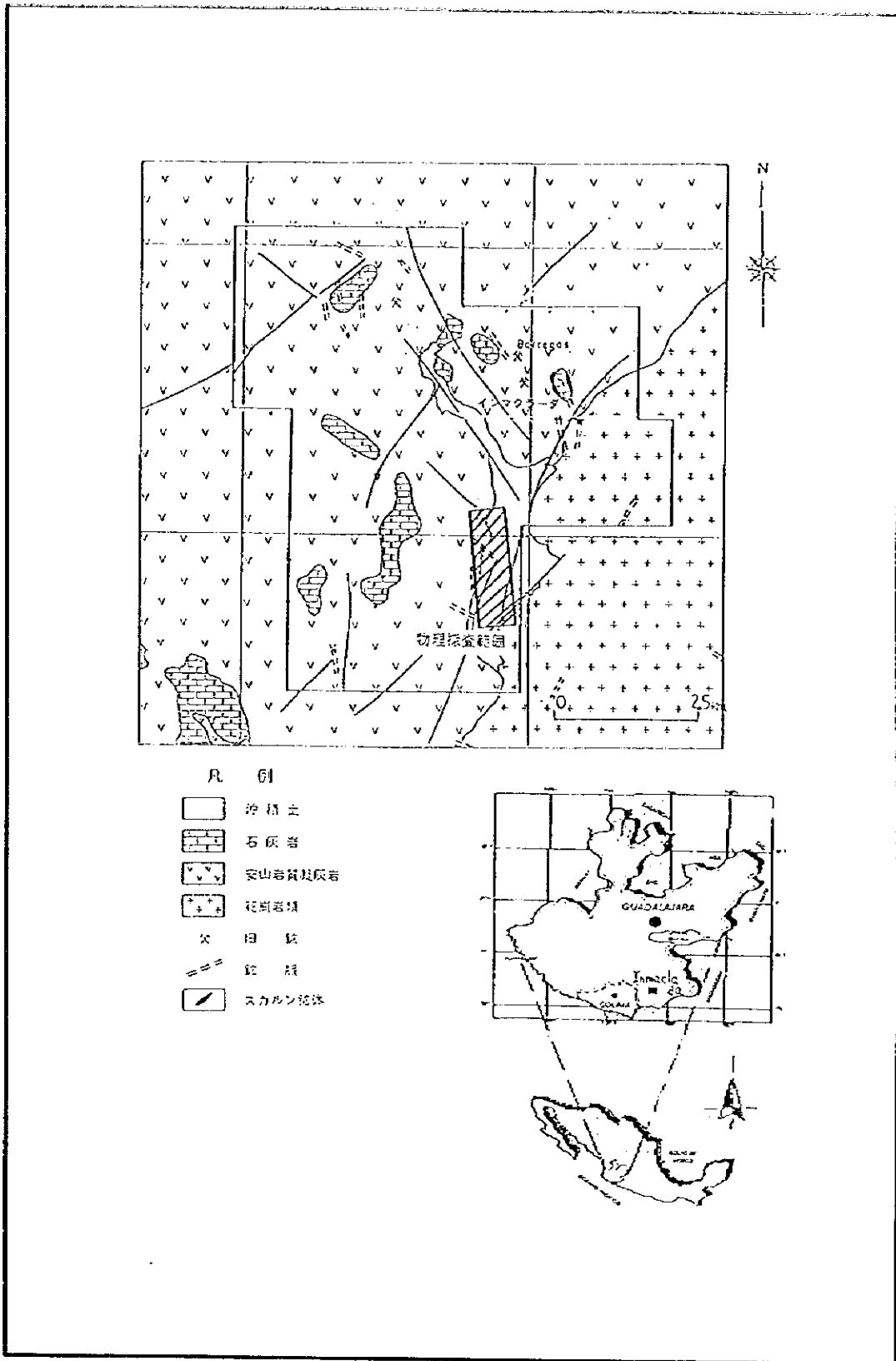


図 II - 3 - 1 調査地域位置図

3-2 測定方法

3-2-1 測線設定および測量

測線の位置は既存資料調査により判明した鉄化変質帯および鉄脈に重なるように設定した。測線方向は地質状況を考慮し、地質走向にほぼ直交するようにした。

測量における基点はA測線の No. 9とし、GPS 測位を用いて決定した。測量はポケットコンパスおよびエスロンテープで行い、適宜 GPS 測位で測線設定位置の確認および修正をした。

測線位置図を図Ⅱ-3-2に示す。

3-2-2 物性測定

岩石の電気的特性の基礎データを収集する目的で、地表の代表的な岩石および鉄石25個についてIP測定を行った。

試料は4面整形後、水道水に24時間浸してからタイム・ドメイン法でIPと比抵抗の測定を実施した。なお、測定機は本調査の野外調査で用いられた受信機を使用した。

3-2-3 IP測定

1. IP法の原理

地面に電流を流すと地面を構成する媒質中に各種の電気化学的現象が発生する。このうち、IP法で測定されるのは以下に示す① Over Voltage Effectと② Normal Effectまたは Backgroundの2種類の現象である。

① Over Voltage Effect

通電により硫化物や金属導体の表面には電気二重層が生じ、電流を切ると通電方向とは逆の方向に放電が起こる。この現象はイオン伝導と電子伝導の組み合わせによって引き起こされる。この現象の起因となるものは電子伝導性をもつ鉄物であり、IP法による探査対象になりうる。

② Normal Effectまたは Background

通常岩石は通電によってわずかに分極する。これは岩石の空隙に少量ながら混在する粘土鉄物の膜分極が主因である。種々の粘土鉄物のうち、膜分極が最も大きいのはモンモリロナイトであり、小さいのはカオリンである。膜分極は粘土の容積比が5%程度のときに極大値を示し、その前後の容積比のときは減少する。

膜分極の最大値は、モンモリロン石量比5%付近にあつてFE値で表せば約2%である。硫化鉄物における Over Voltage Effect に比べると極めて小さい。

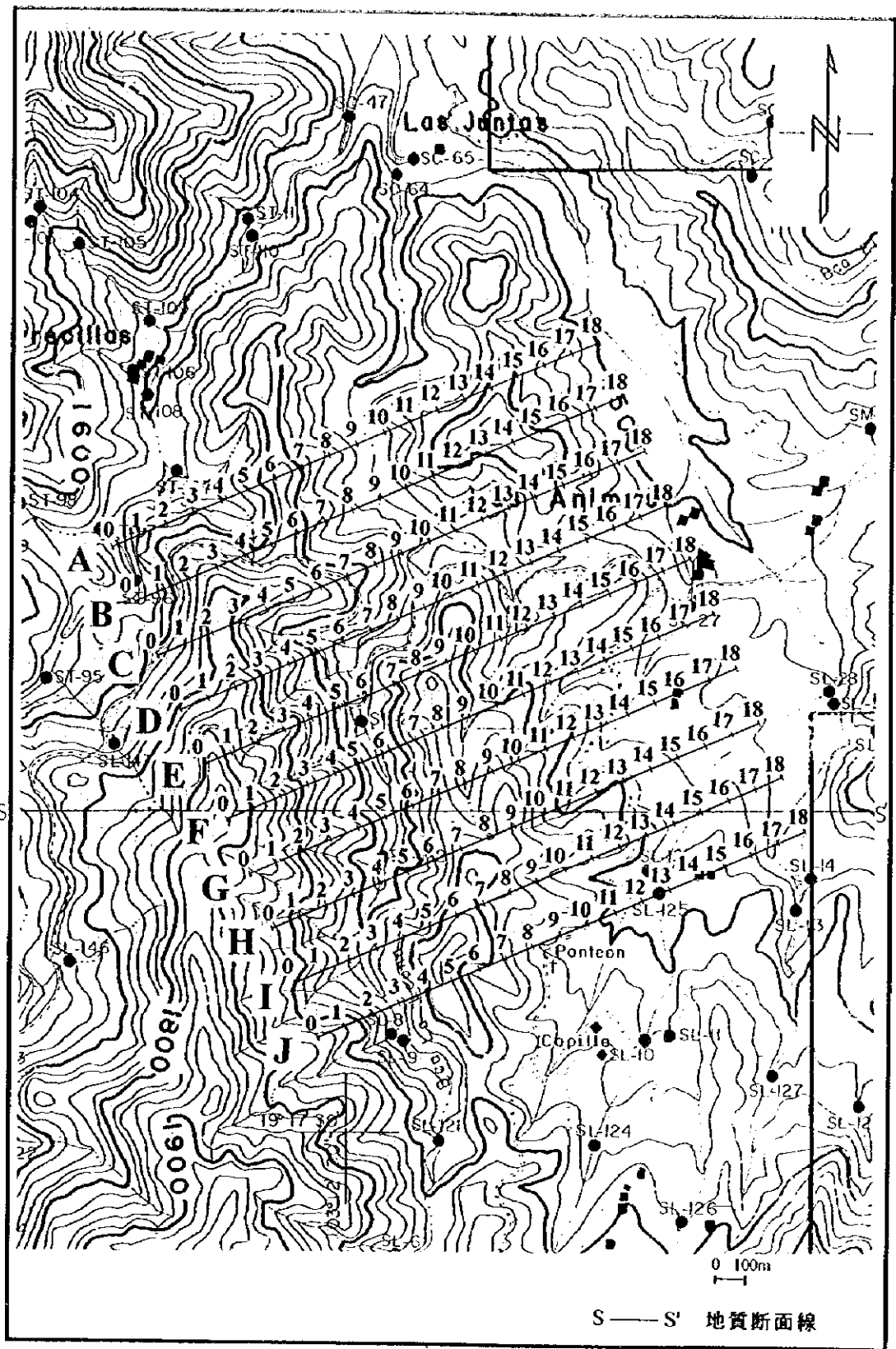


图 II-3-2 测线位置图

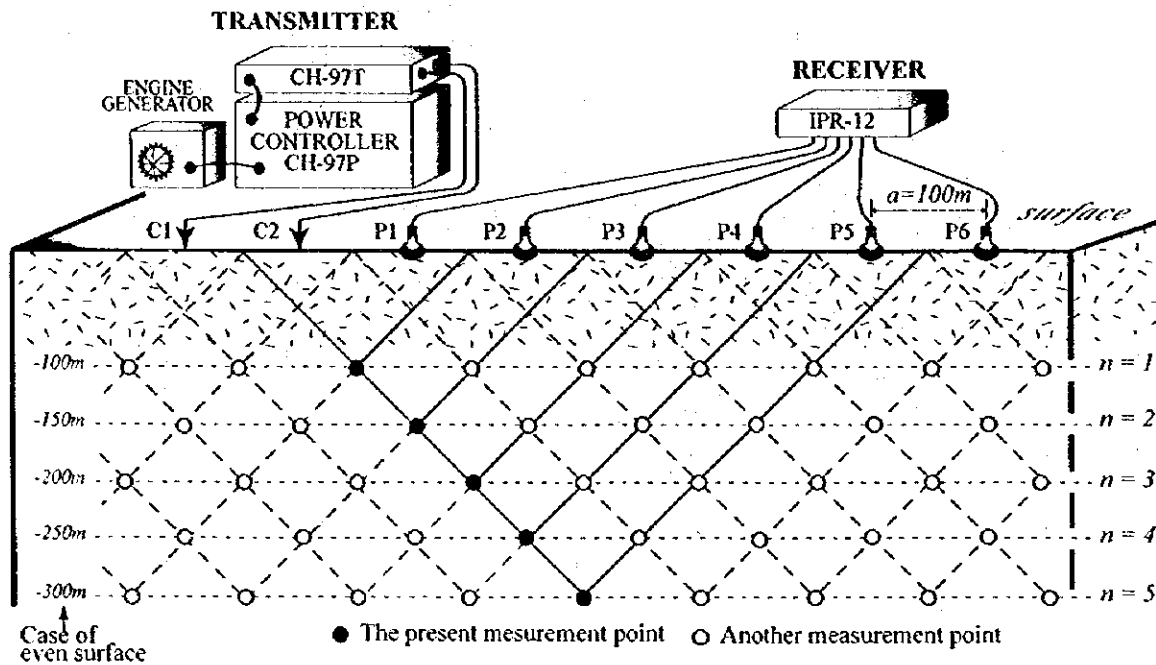
2. IP現象の測定法

タイム・ドメイン法（略記号 T.D.法，過渡現象法）は，一対の電流電極 C1, C2を通じて大地に断続直流(on/off 2.0sec)を流し，他の一対の電位電極 P1, P2の間で電流切断直前の1次電位差 V_p および電流切断後の t 時間における2次電位 V_s を測定する。

今回の調査では，測定概念図（図Ⅱ-3-3）に示したように機器等を配置した。また，計測方法概念図（図Ⅱ-3-4）およびサンプリングタイム一覧表（表Ⅱ-3-3）に示したように，電流切断後の時間 t が 820msec～1050msec における V_s を測定した。

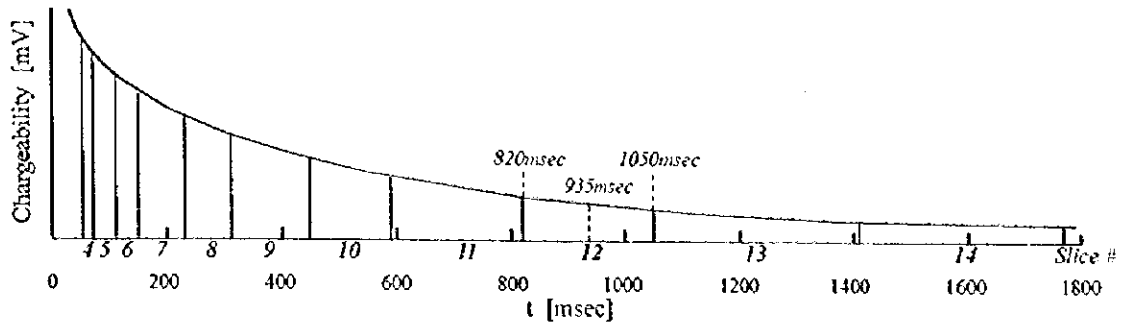
IP法におけるIP効果の測定値は一般に分極率と呼ばれ， $V_s(t)/V_p[mV/V]$ で表される。調査結果の2次電位データは電磁カップリングの影響をほとんど受けていない。

本調査において，分極率は Mid-Point 935(msec)のデータを採用した。また，周波数法およびタイム・ドメイン法における分極率はそれぞれ 1 [%]と 5 [mV/V] が対応する。



図Ⅱ-3-3 測定概念図

IP Decay Curve



図Ⅱ-3-4 計測方法概念図

表Ⅱ-3-3 サンプルングタイム一覧表

Slice #	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Width (msec)	20	40	40	80	80	140	140	230	230	360	360
Mid-Point (")	60	90	130	190	270	380	520	705	935	1230	1590

3-3 測定結果

3-3-1 見掛比抵抗および分極率断面図

調査地域における地質断面図を図Ⅱ-3-5に示し、この断面線を図Ⅱ-3-2にS-S'として示す。また、見掛比抵抗断面図パネルダイアグラムおよび分極率断面図パネルダイアグラムを図Ⅱ-3-6～図Ⅱ-3-7に示す。

ダイポール・ダイポール電極配置による分極率異常パターンは、断面図では「ハの字」型パターンとして現れる。各断面の見掛比抵抗および分極率の分布を地質と対比して検討した結果の概要を以下に述べる。

- ①分極率のバックグラウンド値は、約 1 mV/V 以下であると推定された。
- ②比抵抗が 100Ω・m 以上を示している大部分は、調査地域の大半を占める安山岩質凝灰角礫岩を反映したものと推定された。
- ③調査地域東部に現れる低比抵抗・分極率異常は沖積土および花崗岩の表層の影響が大きいと考えられる。これらの深部にみられる高比抵抗は花崗岩を反映したものであると推定された。
- ④C, D, E, F, G, H 測線の No. 2 ~ No. 8 付近に現れる分極率異常は深部に起因する異常源の存在を示唆している。

⑤地表において鉍化変質帯および鉍脈が認められた箇所では分極率異常が認められた。

各測線毎に断面の比抵抗分布および分極率分布の概要および地質との関連について以下に記す。

< A測線 >

全体的な地質は安山岩質凝灰角礫岩が優勢である。測線東部に鉍化変質帯がみられる。

比抵抗は、No. 14の浅部から No. 13の深度300m付近に伸びる領域があるが、これは表層部の風化等あるいは鉍化変質帯の影響を反映したものと考えられる。No. 8の深部でも100Ω・m以下の低比抵抗を示す。No. 6～ No. 7の深部で周囲に比べ高比抵抗を示す。測線の西部領域では主に安山岩質凝灰角礫岩を反映したものと考えられる。

分極率は、No. 11～ No. 12の地下を中心に No. 8～ No. 15にかけて「ハの字」型の異常パターンが見られる。その他領域は単調な分布を示し、特に注目すべき異常パターンは見られない。

< B測線 >

全体的な地質はA測線とほぼ同様であるが、鉍化変質帯が No. 5 付近以東にみられる。

比抵抗は、No. 13～ No. 15の浅部に低比抵抗が認められるが、これは表層部の風化等あるいは鉍化変質帯を反映したものと考えられる。また No. 8～ No. 10の深部で100Ω・m以下の低比抵抗を示す。測線の西部領域では高比抵抗を示すが、主に安山岩質凝灰角礫岩を反映したものと考えられる。

分極率は、No. 9～ No. 10付近の河川沿いの浅部を中心に No. 7～ No. 11にかけて約2 mV/V以上の「片ハの字」型の弱い異常が見られる。

< C測線 >

全体的な地質はA測線のものと同様であるが、鉍化変質帯が No. 3 付近以東にみられる。

比抵抗は、河川沿いに位置する No. 9～ No. 10および No. 13～ No. 16の主に浅部で100Ω・m以下の低比抵抗を示すが、表層部の風化等あるいは鉍化変質帯等の影響を反映したものと考えられる。西部に行くにしたがって次第に高比抵抗になる傾向がある。これは安山岩質凝灰角礫岩を反映したものと推定される。

C測線の No. 9～ No. 10の浅部に認められた低比抵抗は、北西方向のA測線の No. 5～ No. 6の深部に向かって連続していると推測される。

分極率は、No. 6 から No. 13の広い範囲に約3 mV/V以上を示す「ハの字」型の異常パターンが認められる。

<D測線>

全体的な地質は安山岩質凝灰角礫岩が優勢であるが、No. 2付近から東側に鉍化変質帯がみられる。

比抵抗は、No. 11の浅部から No. 12の深部にかけての領域と No. 12～ No. 16の浅部にかけての領域に $100\ \Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗が認められるが、表層部における風化等、鉍化変質帯あるいは鉍脈等を反映しているものと考えられる。

分極率は、C測線と同様の傾向を示す。

<E測線>

全体的な地質はD測線と同様である。

比抵抗は、No. 12～ No. 16にかけてはD測線とほぼ同様な傾向を示す。No. 11～ No. 12にかけては、深部から $100\ \Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗を示す領域が浅部にまで伸びている。

分極率は、C測線と同様な傾向を示し、No. 12の浅部では $5\ mV/V$ 以上を示す。

<F測線>

全体的な地質はE測線と同様な傾向を示すが、測線東端部に沖積土が存在する。

比抵抗は、急峻な地形を持つ河川沿いの No. 5～ No. 6付近の浅部、No. 9～ No. 10の深部で $100\ \Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗を示す。No. 11の浅部から No. 14の深部を結ぶ境界から東部で $100\ \Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗を示すが、これは表層部の風化等、鉍化変質帯あるいは鉍脈等の影響を受けていると考えられる。測線東端部の低比抵抗は表層部の沖積土の影響が大きいと考えられる。No. 8の深部で周囲より高い比抵抗が認められる。

分極率は、河川沿いに位置する No. 5付近を中心に No. 2～ No. 9にかけてと、No. 9～ No. 15にかけてにおいて約 $2\ mV/V$ 以上の「ハの字」型異常パターンがみられる。No. 10～ No. 14付近では地表で鉍脈が認められる。また、No. 15～ No. 16の浅部で弱い異常が見られるが、測線東端部の沖積土に対応される。

<G測線>

全体的な地質は安山岩質凝灰岩が優勢である。鉍化変質帯が No. 1と No. 2の間から東側に認められる。No. 14付近以東には沖積土が広がる。

比抵抗は、No. 13の深部をのぞいた No. 12の浅部から No. 10の深部を結ぶ境界より東側で $100\ \Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗を示すが、表層部にみられる鉍化変質帯、沖積土あるいは鉍脈等を反映したのと考えられる。No. 15以東の浅部では $50\ \Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗が見られる。測線西部は安山岩質凝灰角礫岩の影響が大きいものと考えられ、 $100\ \Omega \cdot m \sim 800\ \Omega \cdot m$ の高比抵抗を示し、No. 8の深部で周囲に比べて高い比抵抗が見られる。

分極率は、ほぼF測線と同様な傾向を示す。

<H測線>

全体的な地質はG測線と同様である。

比抵抗は、No. 4付近の深部に $100\Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗がみられる。No. 9の浅部からNo. 11の深部に伸びる領域で $100\Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗を示すが、表層部の鉱化変質帯あるいは鉱脈等を反映したものと考えられる。No. 13の浅部からNo. 14の深部とを結ぶ境界から東側で $100\Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗を示すが、表層部の沖積土の影響が大きいと考えられる。No. 7～No. 8の深部で周囲と比較して高比抵抗が認められる。

分極率は、No. 7の浅部からNo. 7～No. 8の深部にかけて異常が認められる。また、No. 12の浅部からNo. 10の深部にかけての領域と、No. 12の浅部からNo. 15の深部を結ぶ境界より東側の領域で3 mV/V程度の異常を示すが、表層部にみられる鉱化変質帯あるいは沖積土および花崗岩表層の影響が考えられる。

<I測線>

全体的な地質はG測線と同様である。

比抵抗は、No. 14～No. 16の浅部領域とNo. 14の浅部からNo. 13の深部に伸びる領域で $100\Omega \cdot m$ 以下を示す低比抵抗がみられる。これは表層部の鉱脈あるいは沖積土を反映していると考えられる。また、No. 9付近の浅部とNo. 11～No. 12付近の浅部で $100\Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗を示すが、表層部の鉱脈、鉱化変質帯等あるいは風化等の影響を受けているものと考えられる。No. 6の浅部からNo. 5の深部に伸びる領域で周囲に比べて高い比抵抗が認められ、No. 6の浅部では $1,000\Omega \cdot m$ 以上の領域が存在する。

分極率は、表層部に鉱化変質帯の存在するNo. 10～No. 11の浅部からNo. 7の深部にかけてと、No. 12の浅部から深部を結ぶ境界より東部において、2 mV/V以上の弱い異常が認められる。No. 15以東では3 mV/V以上の異常が認められ、浅部に位置する沖積土および花崗岩表層を反映しているものと考えられる。

<J測線>

全体的な地質はI測線と同様であるが、沖積土がNo. 12以東に見られる。

比抵抗は、No. 10～No. 14とNo. 15～No. 16の浅部で、 $100\Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗を示すが、表層部の鉱化変質帯、沖積土あるいは鉱脈等の影響を受けていると考えられる。No. 4の浅部からNo. 5の深部にかけては、周囲より相対的に高い比抵抗が存在する。

分極率は、No. 14の浅部からNo. 15の深部を結ぶ境界より東部で3 mV/V以上の異常を示すが、測線以東の浅部に位置する沖積土および花崗岩表層を反映していると考えられる。これより西側のNo. 7の浅部からNo. 5の深部を結ぶ境界までの領域では、弱い異常が点在している。

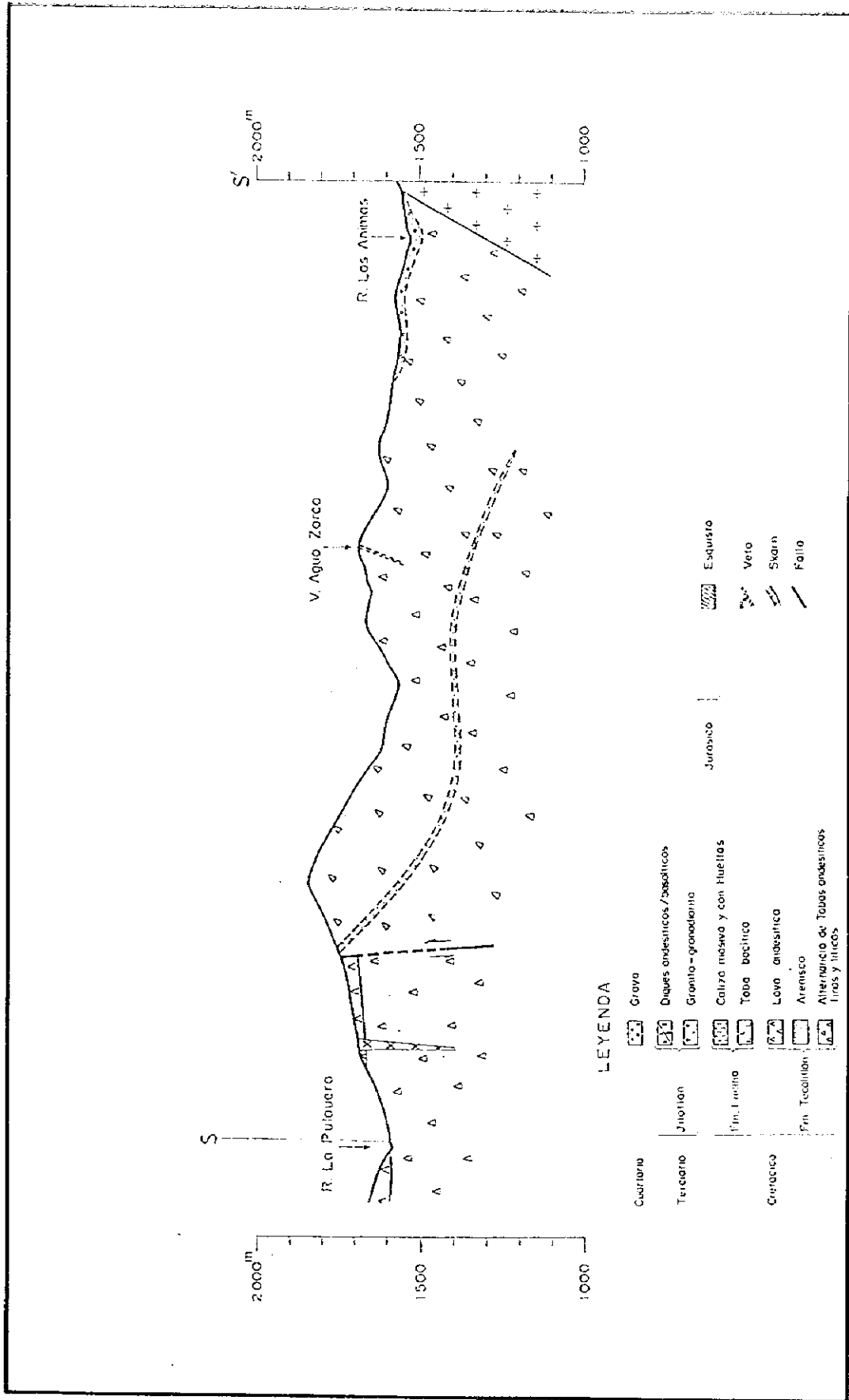


图 II-3-5 地質断面图



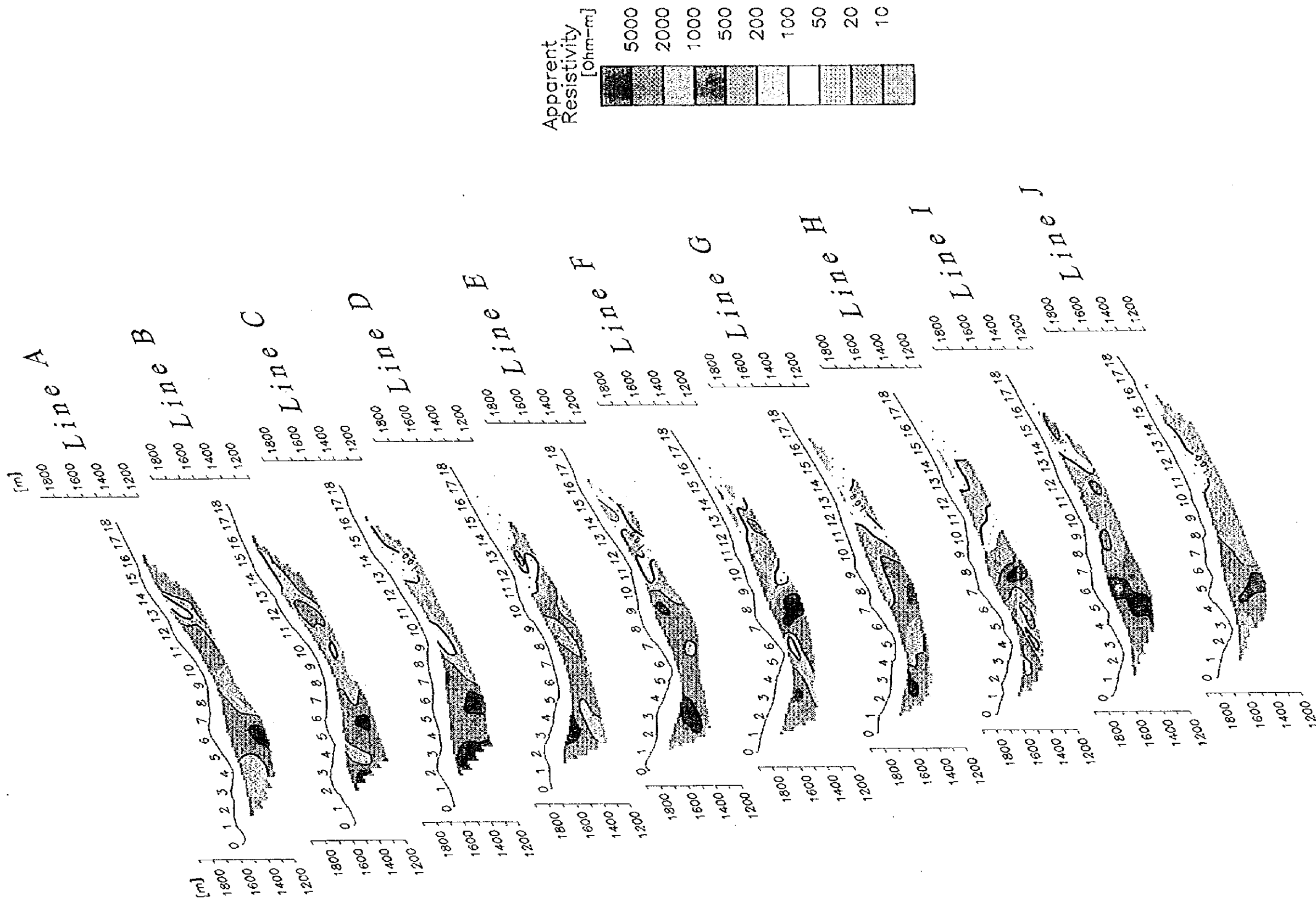


図 Ⅱ-3-6 見掛比抵抗断面図パネルダイアグラム

3-3-2 見掛比抵抗および分極率平面図

見掛比抵抗平面図パネルダイアグラムおよび分極率平面図パネルダイアグラムをそれぞれ図Ⅱ-3-8および図Ⅱ-3-9に示す。

なお、ダイポール・ダイポール電極配置による分極率異常パターンは断面図では「ハの字」型パターンとして現れる。これを電極隔離係数 n レベルで切った平面図に表すと、異常の分布は異常源をはさんで2つの異常として現れる。 n が大きくなるにしたがって2つの異常パターンの間隔は次第に広がり、実際の異常源の位置とは対応しない分布になる。

そこで、表層付近の地質状況との対応や地表付近にある異常源に起因する異常については電極隔離係数 $n=1$ の図面を用いて、深部異常については $n=3$ と $n=4$ の平面図を用いて検討を行った。

<見掛比抵抗平面図パネルダイアグラム>

($n=1$)

$n=1$ の見掛比抵抗平面図は、地表に近い浅部の比抵抗分布状況を表している。

調査地域の東部にあたるB測線～J測線のNo.13以東で $100\Omega\cdot m$ 以下を示す低比抵抗が広く分布しているが、これは鉱化変質帯および沖積土を反映していると考えられる。この傾向は $n=1\sim 5$ まで共通して認められる。E測線とG測線のNo.13～No.15付近およびG測線とH測線の東端部で $50\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗を示す。調査地域の西部は概して高比抵抗が分布するが、安山岩質凝灰角礫岩の影響が大きいと考えられる。

($n=3, 4$)

$n=1$ と同様、調査地域東部に $100\Omega\cdot m$ 以下を示す低比抵抗が分布する傾向がある。

$n=3$ において、 $100\Omega\cdot m$ 以下を示す低比抵抗は、B測線のNo.10付近とC測線のNo.9付近とを結ぶ領域、C測線のNo.13～No.14付近からE測線のNo.12までを結ぶ領域で認められる。 $n=4$ においても、ほぼ $n=3$ と類似した分布形態を示す。

調査地域西部は $n=1\sim 5$ とも $100\Omega\cdot m$ 以上の高比抵抗を示す。

<分極率平面図パネルダイアグラム>

($n=1$)

F測線～J測線の測線東部で 3 mV/V 以上の異常を示すが、沖積土の分布とよく一致している。

B測線のNo.10から調査地域東部の異常域へと続く領域とF測線のNo.5からG測線のNo.4～No.6を結ぶ領域で 3 mV/V 以上を示す異常が認められるが、地表に存在する鉱化変質帯および鉱脈に対応する。それ以外の範囲には注目すべき異常は認められない。

(n = 3, 4)

n = 3 と n = 4 では、C測線の No. 7 ~ No. 8 付近から G測線の No. 8 付近まで伸びる領域、C測線の No. 12 ~ No. 13 付近から E測線の No. 12 ~ No. 13 付近を結ぶ領域で 3 mV/V 以上を示す異常が認められる。

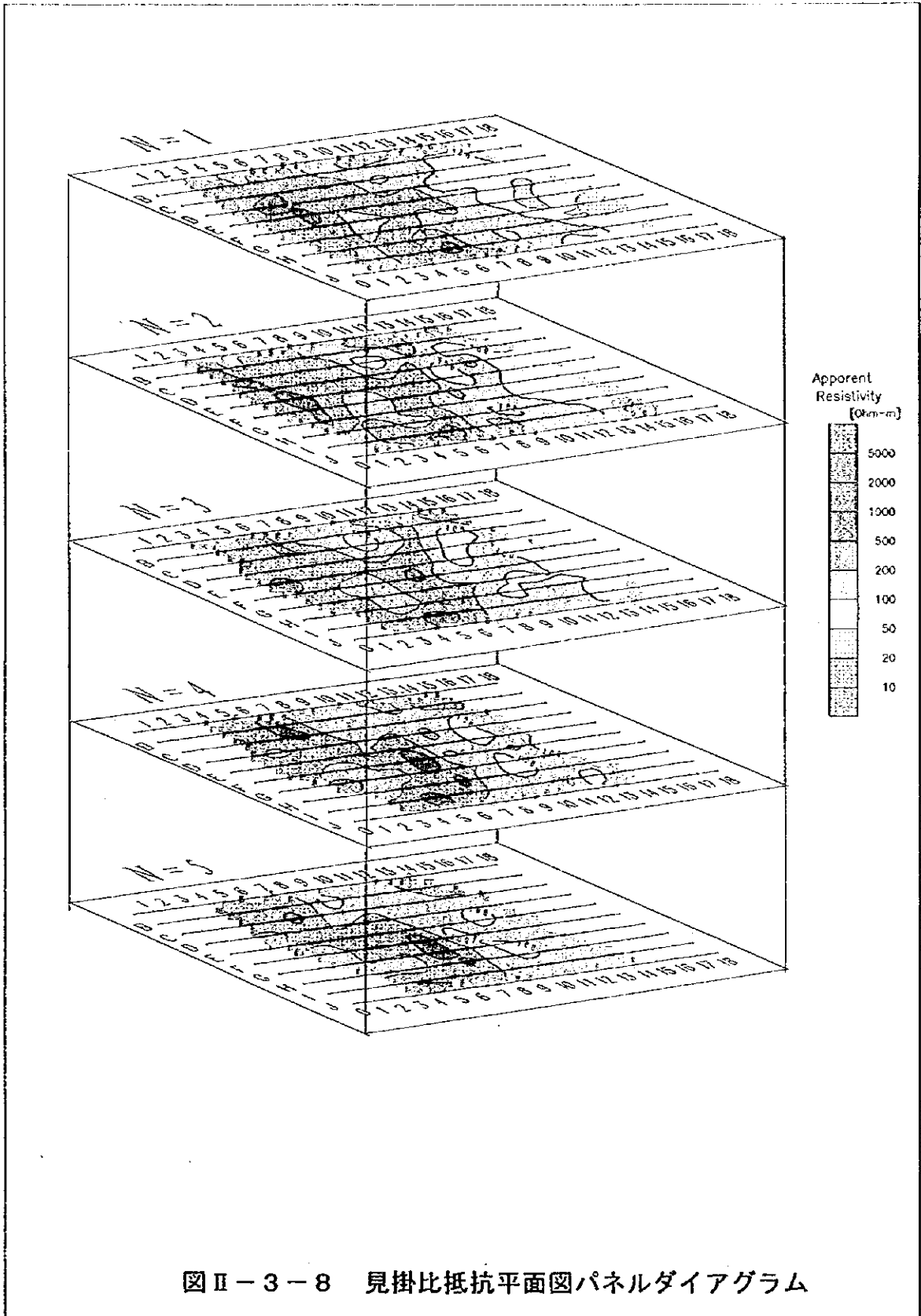
D測線の No. 7 ~ No. 8 付近から G測線の No. 8 付近までの 3 mV/V 以上を示す異常は n = 1 ~ 5 まで連続してみられる。その他の領域は n = 1 のとほぼ同様の分極率の分布傾向を示す。

3-3-3 測定結果のまとめ

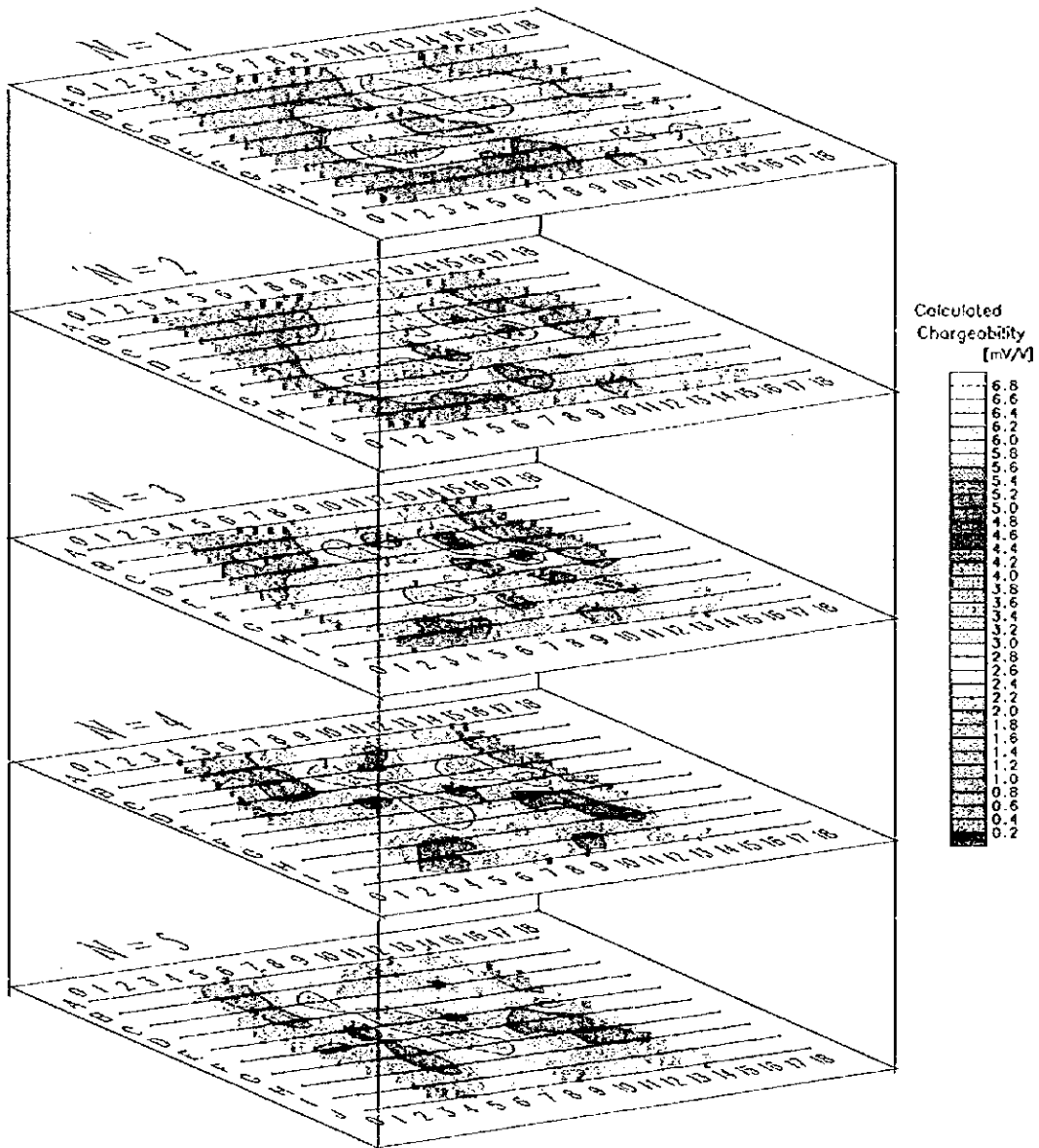
各測線の分極率分布の特徴をまとめ、表 II - 3 - 4 に示す。

表 II - 3 - 4 測定結果一覧表

測線名	比抵抗 [$\Omega \cdot m$] 最小値 ~ 最大値	分極率 [mV/V] 最小値 ~ 最大値	分極率分布の特徴
A	68 ~ 627	1.1 ~ 3.3	No. 9 ~ 13 に「ハの字」IP 弱異常。
B	81 ~ 1602	1.0 ~ 3.1	No. 7 ~ No. 10 に 2 mV/V 以上の片ハの字 IP 弱異常。
C	56 ~ 799	0.9 ~ 4.4	No. 6 ~ 13 にハの字型 IP 異常。
D	56 ~ 709	1.0 ~ 5.1	C測線と同様の傾向。
E	32 ~ 984	1.0 ~ 5.7	C測線と同様の傾向。
F	31 ~ 943	0.4 ~ 4.7	No. 4 ~ 9 と No. 9 ~ 14 に 2 mV/V 以上のハの字型 IP 異常。測線東部に IP 異常。
G	21 ~ 779	1.0 ~ 4.3	F測線と同様の傾向。
H	48 ~ 975	1.1 ~ 3.4	No. 7 ~ 8 の深部、No. 12 の浅部、測線東部に IP 弱異常。
I	49 ~ 1153	0.8 ~ 4.0	No. 10 ~ 11 の浅部から No. 7 の深部に IP 弱異常。No. 12 以東に IP 異常。
J	70 ~ 805	1.0 ~ 4.0	No. 7 の浅部と No. 5 の深部を結ぶ境界以東で異常が点在。東端部では 3 mV/V 以上の IP 異常。



図Ⅱ-3-8 見掛比抵抗平面図パネルダイアグラム



図Ⅱ-3-9 分極率平面図パネルダイアグラム

3-4 解析方法

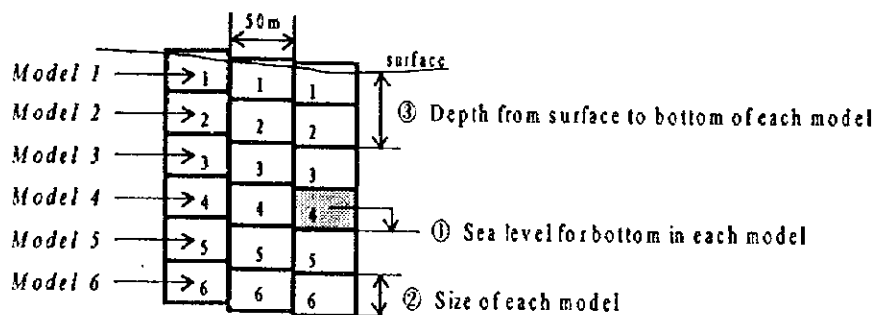
2次元断面解析の結果として得られたモデルの概念図を2次元断面解析の結果の概念図として図II-3-10に示した。また、各測線毎に最小値と最大値にまとめて、それぞれのモデルの底の海拔を表II-3-5に、モデルの垂直方向の高さを表II-3-6におよび表層からモデルの底までの深度を表II-3-7に示した。

比抵抗およびIP疑似断面の2次元断面解析には、Zong Engineering & Reserch Organization, Inc.のSmooth-Model Resistivity and IP Inversion version 2.03プログラムを用いた。

Smooth-Modelとして表現されるインバージョンモデルは計算値と測定値の誤差が5%以内に収まるまで反復修正される。Smooth-Modelは、今までに発表された研究をさらに拡張して、2次元における正確な地形が考慮されたモデルの有限要素法で計算される。初期モデルは測定値の並びに沿ってフィルタ処理を施して生成される。計算値は2次元モデルの有限要素法で算出される。この2次元モデルは地形に合うように配列された有限要素メッシュで構成されている。プログラムはTripp, Hohmann and Swift(1984)およびWanamaker(1992)らによって記述された。

2次元断面解析によって得られるSmooth-Modelはモデル毎の値で与えられる。モデルは図II-3-10に示してあるように、垂直方向は表層から深部へ向かってModel 1, Model 2, Model 3, Model 4, Model 5, Model 6の6段階、水平方向は50mの等間隔で37列によって形成されている。なお、Smooth-Model図はモデルの中心部に値をプロットしてコンタリングしてある。

2次元断面解析を実施することで、Model 1で深度20m付近、Model 2で深度60m付近、Model 3で深度100m付近、Model 4で深度150m付近、Model 5で深度200m付近、Model 6で深度270m付近における比抵抗分布と分極率分布の様子が明らかになった。



図II-3-10 2次元断面解析結果の概念図

表 II-3-5 モデルの底の海拔

① Sea level for bottom in each model (m)

Line	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5		Model 6	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
A	1486	~ 1604	1459	~ 1559	1429	~ 1507	1393	~ 1448	1353	~ 1379	1303	~ 1318
B	1486	~ 1641	1459	~ 1594	1429	~ 1541	1394	~ 1480	1353	~ 1410	1310	~ 1350
C	1482	~ 1686	1454	~ 1640	1422	~ 1587	1386	~ 1526	1344	~ 1455	1293	~ 1401
D	1486	~ 1721	1455	~ 1670	1420	~ 1611	1379	~ 1543	1333	~ 1478	1283	~ 1408
E	1504	~ 1776	1475	~ 1725	1442	~ 1665	1403	~ 1597	1360	~ 1519	1310	~ 1435
F	1513	~ 1800	1481	~ 1745	1444	~ 1682	1401	~ 1610	1352	~ 1527	1299	~ 1438
G	1520	~ 1746	1488	~ 1696	1452	~ 1638	1410	~ 1571	1362	~ 1494	1310	~ 1412
H	1527	~ 1702	1496	~ 1655	1459	~ 1600	1418	~ 1537	1370	~ 1465	1318	~ 1393
I	1521	~ 1696	1492	~ 1651	1458	~ 1599	1420	~ 1539	1375	~ 1473	1328	~ 1416
J	1526	~ 1724	1496	~ 1679	1462	~ 1628	1421	~ 1569	1373	~ 1501	1322	~ 1430

表 II-3-6 モデルの高さ

② Size of each model (m)

Line	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5		Model 6	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
A	25	~ 42	27	~ 45	31	~ 52	35	~ 60	40	~ 68	43	~ 73
B	25	~ 43	27	~ 46	30	~ 53	35	~ 61	40	~ 70	43	~ 75
C	25	~ 43	27	~ 46	31	~ 53	35	~ 61	40	~ 70	43	~ 75
D	26	~ 48	28	~ 51	32	~ 59	37	~ 68	43	~ 78	46	~ 84
E	25	~ 48	27	~ 52	30	~ 59	35	~ 68	40	~ 78	43	~ 84
F	25	~ 51	27	~ 55	30	~ 63	35	~ 72	40	~ 83	43	~ 89
G	25	~ 47	27	~ 51	30	~ 58	35	~ 67	40	~ 77	43	~ 82
H	25	~ 44	27	~ 47	30	~ 55	35	~ 63	40	~ 72	43	~ 77
I	27	~ 42	29	~ 45	33	~ 52	38	~ 60	44	~ 69	47	~ 74
J	27	~ 42	29	~ 45	33	~ 51	38	~ 59	44	~ 68	47	~ 73

表 II-3-7 モデルの底の深度

③ Depth from surface of each model (m)

Line	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5		Model 6	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
A	12	~ 21	39	~ 66	69	~ 118	105	~ 177	145	~ 246	188	~ 319
B	12	~ 21	39	~ 68	69	~ 121	104	~ 182	145	~ 252	188	~ 327
C	12	~ 22	39	~ 68	70	~ 121	105	~ 182	145	~ 253	188	~ 328
D	13	~ 24	41	~ 75	74	~ 134	111	~ 202	154	~ 280	200	~ 364
E	12	~ 24	39	~ 75	69	~ 135	104	~ 203	145	~ 281	188	~ 365
F	12	~ 25	39	~ 80	69	~ 143	104	~ 215	145	~ 298	188	~ 387
G	12	~ 24	39	~ 74	69	~ 132	104	~ 199	145	~ 276	188	~ 358
H	12	~ 22	39	~ 69	69	~ 124	104	~ 187	145	~ 259	188	~ 336
I	13	~ 21	42	~ 66	75	~ 118	114	~ 178	158	~ 247	204	~ 321
J	14	~ 21	43	~ 66	76	~ 117	114	~ 176	159	~ 244	206	~ 317
min	12	~ 21	39	~ 66	69	~ 117	104	~ 176	145	~ 244	188	~ 317
max	14	~ 25	43	~ 80	76	~ 143	114	~ 215	159	~ 298	206	~ 387
avg	13		55		99		149		206		267	

3-5 解析結果

3-5-1 物性測定結果

岩石物性試験結果を表II-3-8に示す。岩石、鉍石試料の分極率と見掛比抵抗の関係を図II-3-11に示す。

安山岩の比抵抗値は、 $103\Omega \cdot m \sim 6284\Omega \cdot m$ と変化に富む。

安山岩の分極率は最大 $23.5mV/V$ ～最小 $0.3mV/V$ を示し、比抵抗と同様に変化が大きい。

比抵抗値が $100\Omega \cdot m$ 前後で分極率が $10mV/V$ 以上を示す試料もある。全体に多いのは、数 $100\Omega \cdot m \sim$ 数 $1000\Omega \cdot m$ の高比抵抗で数 mV/V の分極率を示す試料である。

鉍石の比抵抗値は、 $317\Omega \cdot m \sim 2298\Omega \cdot m$ を示す。

鉍石の分極率は、最大 $29.5mV/V$ ～最小 $1.1mV/V$ を示す。試料 No. 18は、高比抵抗で分極率も高い。試料 No. 24は高比抵抗であり分極率異常は認められない。

花崗岩の比抵抗値は、 $3409\Omega \cdot m \sim 4821\Omega \cdot m$ を示し、全般に高比抵抗である。

花崗岩の分極率は、最大 $6.89mV/V$ ～最小 $2.9mV/V$ を示す。

石灰岩と石英脈の比抵抗値は試料 No. 25を除いて約 $10000\Omega \cdot m$ 以上を示す高比抵抗である。石灰岩の分極率は $1mV/V$ 程度を示す。

試料 No. 25は比抵抗値が $200\Omega \cdot m$ 台にありながら、分極率は $40mV/V$ 以上を示し、硫化鉍物の含有量が大きいと考えられる。

表 II - 3 - 8 岩石物性試驗結果一覽表

Sample No.	Locality No.	Rock Name	Remarks	No.	Vp[mV]	Rho [g/cm ³]	M4 mV/V	M5 mV/V	M6 mV/V	M7 mV/V	M8 mV/V	M9 mV/V	M10 mV/V	M11 mV/V	M12 mV/V	M13 mV/V	M14 mV/V	
1	MR-004	Andesite	Mixed None alteration	1	6974.43	5362	23.61	19.95	16.83	13.94	11.43	9.33	7.54	6.03	4.82	3.82	3.00	
				2	3749.11	6284	26.46	17.15	14.46	11.98	9.86	8.03	6.54	5.28	4.24	3.39	2.70	
				3	4342.21	4990	23.74	19.90	16.75	13.88	11.41	9.36	7.53	6.07	4.84	3.85	3.04	
2	MR-006	Andesite	Weak alteration	1	92.13	242	60.62	51.20	46.42	39.70	33.49	27.82	22.83	18.18	14.54	11.26	8.54	
				2	82.33	273	72.33	63.30	54.69	46.64	39.17	32.47	26.67	21.59	17.21	13.42	10.24	
				3	116.34	297	63.33	54.76	47.02	39.42	32.64	26.72	21.68	17.18	13.73	10.68	8.21	
3	MR-010	Andesite	Sification	1	736.12	3391	34.53	30.06	26.03	22.11	18.53	15.31	12.51	10.08	8.04	6.53	5.05	
				2	808.24	3273	35.74	30.80	26.43	22.19	18.38	15.06	12.11	9.65	7.59	5.91	4.54	
				3	1856.21	2562	30.22	25.06	21.68	17.93	14.61	11.72	9.32	7.32	5.76	4.42	3.40	
4	MR-018	Andesite Tuffbreccia	Mixed	1	109.65	179	74.42	65.23	56.93	48.80	41.23	34.76	28.67	23.63	19.02	15.03	11.69	
				2	61.11	212	56.68	49.30	42.62	35.97	29.83	24.29	19.22	14.86	11.19	8.17	5.79	
				3	165.33	116	62.65	53.39	45.83	37.62	30.93	24.63	19.06	14.92	11.51	8.72	6.48	
5	MR-051	Andesite	Mixed	1	215.99	950	20.33	16.74	13.74	10.93	8.91	7.41	6.11	4.74	3.40	2.36	1.57	0.99
				2	150.78	513	2.20	1.55	1.14	0.84	0.58	0.53	0.33	0.10	0.86	0.67	0.32	
				3	636.76	579	22.44	18.65	15.40	12.38	9.80	7.65	5.96	4.48	3.37	2.49	1.89	
6	MR-058	Andesite	Mixed	1	76.02	378	64.80	55.15	45.93	36.37	27.15	18.43	10.76	5.48	2.87	1.51	0.87	
				2	59.91	214	11.10	35.49	28.22	22.00	17.17	13.52	10.71	8.48	6.66	5.14	3.87	
				3	230.29	207	45.22	37.53	30.76	24.50	19.24	14.90	11.44	8.64	6.43	4.67	3.33	
7	MR-063	Andesite	Sification	1	628.85	1477	11.43	11.23	9.43	7.27	6.34	5.47	4.19	3.37	2.72	2.21	1.76	
				2	876.90	2060	14.38	11.99	10.06	8.31	6.83	5.57	4.56	3.72	3.03	2.47	2.03	
				3	5239.24	1183	14.69	12.56	10.80	9.12	7.63	6.31	5.18	4.23	3.43	2.76	2.22	
8	MR-064	Andesite Tuffbreccia		1	28.98	103	44.16	39.78	35.57	31.11	26.81	22.78	19.19	15.88	12.54	9.54	6.94	
				2	41.38	123	88.00	79.90	71.81	62.99	54.20	45.56	37.51	30.04	23.46	17.80	13.14	
				3	14.50	112	60.68	54.01	47.73	41.18	34.85	28.81	23.32	18.34	14.05	10.43	7.52	
9	MR-069	Mudstone		1	92.81	125	29.41	23.39	21.69	18.00	14.61	11.53	8.92	6.68	4.85	3.43	2.32	
				2	76.51	297	39.13	34.61	29.36	24.71	20.44	16.57	13.19	10.21	7.74	5.73	4.15	
				3	188.13	245	22.36	18.27	14.91	11.87	9.32	7.18	5.44	4.01	2.94	2.09	1.44	
10	MR-100	Limestone		1	1658.22	15200	5.09	4.03	3.28	2.59	2.04	1.57	1.19	0.89	0.66	0.48	0.39	
				2	4885.35	12285	6.22	5.04	4.20	3.39	2.71	2.17	1.70	1.31	1.06	0.85	0.68	
				3	14169.99	18121	6.82	5.60	4.69	3.87	3.16	2.56	2.06	1.65	1.31	1.04	0.83	
11	MR-101	Andesite	Alteration	1	30.27	181	37.16	29.75	21.62	13.07	13.78	9.53	6.36	4.08	2.30	1.06	0.26	
				2	92.91	746	95.27	79.06	64.85	52.00	41.41	32.73	25.92	20.34	15.88	12.27	9.23	
				3	161.09	148	36.80	29.71	24.06	19.10	15.43	11.92	8.41	5.37	3.59	2.14	1.09	
12	MR-104	Andesite	None alteration	1	14.13	241	81.78	71.90	62.98	54.14	45.95	38.33	31.52	25.27	20.03	15.45	11.63	
				2	37.30	147	66.54	60.60	55.35	49.37	43.66	37.89	32.39	27.11	22.28	17.93	14.16	
				3	82.10	136	46.17	39.70	34.14	28.99	24.39	20.42	16.99	13.98	11.39	9.14	7.22	
13	MR-106	Andesite Dyke	Inclusive rock	1	296.92	877	36.91	29.36	23.48	18.54	14.60	11.46	9.02	7.07	5.52	4.28	3.32	
				2	212.23	785	37.80	30.65	23.96	18.82	14.67	11.41	8.87	6.85	5.25	4.03	3.06	
				3	306.93	782	36.48	28.46	22.45	17.43	13.46	10.33	7.93	6.04	4.60	3.45	2.59	
14	MR-109	Quartz vein	Rare Pyrite	1	3172.64	11185	18.76	16.23	14.18	12.14	10.29	8.62	7.17	5.90	4.83	3.92	3.17	
				2	4995.43	10320	14.85	12.83	11.16	9.32	7.86	6.75	5.60	4.60	3.76	3.04	2.45	
				3	7258.84	12885	14.66	12.64	10.98	9.36	7.91	6.62	5.50	4.52	3.69	3.00	2.42	
15	MR-110	Andesite	Alteration	1	130.18	936	31.13	25.26	24.01	20.50	17.87	15.16	12.72	10.54	8.61	6.92	5.52	
				2	241.64	853	19.50	15.82	12.91	10.33	8.16	6.39	4.98	3.83	2.93	2.24	1.73	
				3	573.25	757	26.06	21.99	18.63	15.52	12.93	10.66	8.55	7.12	5.78	4.60	3.65	
16	MR-111	Andesite	Homofels	1	258.76	893	53.70	46.81	39.25	32.27	26.24	21.10	16.84	13.11	10.46	8.14	6.34	
				2	269.76	1141	34.95	28.99	24.44	19.82	16.18	13.09	10.56	8.48	6.79	5.41	4.32	
				3	371.13	859	57.56	46.10	38.83	32.24	26.27	21.24	17.04	13.36	10.72	8.40	6.55	
17	MR-112	Porphyry	Inclusive rock	1	909.13	3255	13.96	11.74	9.92	8.22	6.73	5.47	4.42	3.51	2.78	2.29	1.73	
				2	1239.92	2913	14.41	12.17	10.32	8.61	7.12	5.83	4.73	3.81	3.05	2.43	1.95	
				3	1129.61	2911	13.72	11.08	9.37	7.62	6.21	5.03	4.03	3.21	2.55	2.03	1.63	
18	MR-113	Ore	Pyrite rich	1	2098.91	7304	114.33	100.47	87.73	75.09	63.99	53.04	43.96	36.11	29.50	23.93	19.94	
				2	773.73	2667	106.82	93.98	80.47	68.32	57.41	47.80	39.52	32.38	26.39	21.56	17.24	
				3	2258.82	5469	93.69	81.89	71.24	60.75	51.23	42.78	35.14	29.10	23.76	19.26	15.55	
19	MR-115	Granite		1	814.42	4821	20.89	16.79	13.53	10.68	8.34	6.45	4.93	3.82	2.94	2.29	1.80	
				2	1268.79	3765	20.60	16.50	13.74	10.80	8.75	6.88	5.43	4.24	3.32	2.60	2.06	
				3	2496.64	4519	24.14	20.22	17.07	14.21	11.77	9.68	7.95	6.45	5.13	4.24	3.38	
20	MR-116	Granite		1	764.83	3419	33.06	27.67	23.16	18.99	15.39	12.06	9.87	7.80	6.15	4.83	3.77	
				2	809.76	3409	33.48	28.47	24.82	19.78	15.82	12.46	9.76	7.97	6.36	4.92	3.86	
				3	2175.32	3546	33.66	28.45	24.06	19.95	16.39	13.33	10.78	8.64	6.89	5.36	4.34	
21	MR-121	Andesite	Strong alteration	1	54.19	108	13.58	9.70	6.78	4.58	2.64	1.49	0.77	0.45	0.30	0.14	0.11	
				2	458.99	2123	35.16	30.28	26.09	22.11	18.61	15.51	12.90	10.63	8.68	7.07	5.76	
				3	573.65	2421	39.81	34.50	29.90	25.47	21.54	18.02	14.97	12.33	10.08	8.49	6.61	
22	MR-05	Andesite	Homofels	1	781.17	2562	36.59	31.56	27.22	23.06	19.35	16.09	13.29	10.88	8.78	7.18	5.81	
				2	366.45	1979	11.81	9.51	7.73	6.15	4.93	3.77	2.92	2.25	1.72	1.36	1.11	
				3	299.80	1175	11.63	8.98	6.96	5.25	3.91	2.89	2.12	1.56	1.16	0.83	0.68	
23	A	Andesite	Homofels	1	521.82	939	12.58	10.24	8.15	6.37	4.95	3.82	2.94	2.25	1.73	1.31	1.00	
				2	363.49	2036	14.55	11.51	10.56	8.81	7.31	6.06	5.02	4.15	3.44	2.81	2.34	
				3	317.43	2047	9.07	6.92	5.34	4.04	3.04	2.29	1.75	1.37	1.10	0.91	0.78	
24	B	Ore	Pyrite rich	1	818.90	917	17.47	14.84	12.70	10.72	8.99	7.18	6.21	5.11	4.18	3.40	2.73	
				2	57.87	270	203.08	177.93	154.36	130.80	109.12	89.63	72.86	58.41	46.41	36.50	28.52	
				3	77.24	242	193.34	169.55	147.18	124.67	104.01	85.30	69.23	55.45	44.03	34.63	27.10	
25																		

▲ No.1 Andesite (Massive)	Andesite
▲ No.4 Andesitic Tuffbreccia (Massive)	
▲ No.5 Andesite (Massive)	
▲ No.6 Andesite (Massive)	
▲ No.13 Andesite (Dyke)	
▲ No.3 Andesite (Silicification)	
▲ No.7 Andesite (Silicification)	
▲ No.12 Andesite (None alteration)	
▲ No.2 Andesite (Weak alteration)	
▲ No.11 Andesite (Alteration)	
▲ No.15 Andesite (Alteration)	
▲ No.21 Andesite (Strong alteration)	
▲ No.8 Andesitic Tuffbreccia	
▲ No.16 Andesite (Hornfels)	
▲ No.22 Andesite (Hornfels)	
▲ No.23 Andesite (Hornfels)	
+ No.19 Granite	Granite
+ No.20 Granite	Granite
◆ No.18 Ore (Pyrite rich)	Ore
◆ No.24 Ore (Pyrite rich)	
◆ No.25 Quartz vein (Gravel)	Quartz vein
◇ No.14 Quartz vein (Rare Pyrite)	
□ No.9 Mudstone	
○ No.10 Limestone ...	
× No.17 Porphyry (Intrusive rock)	

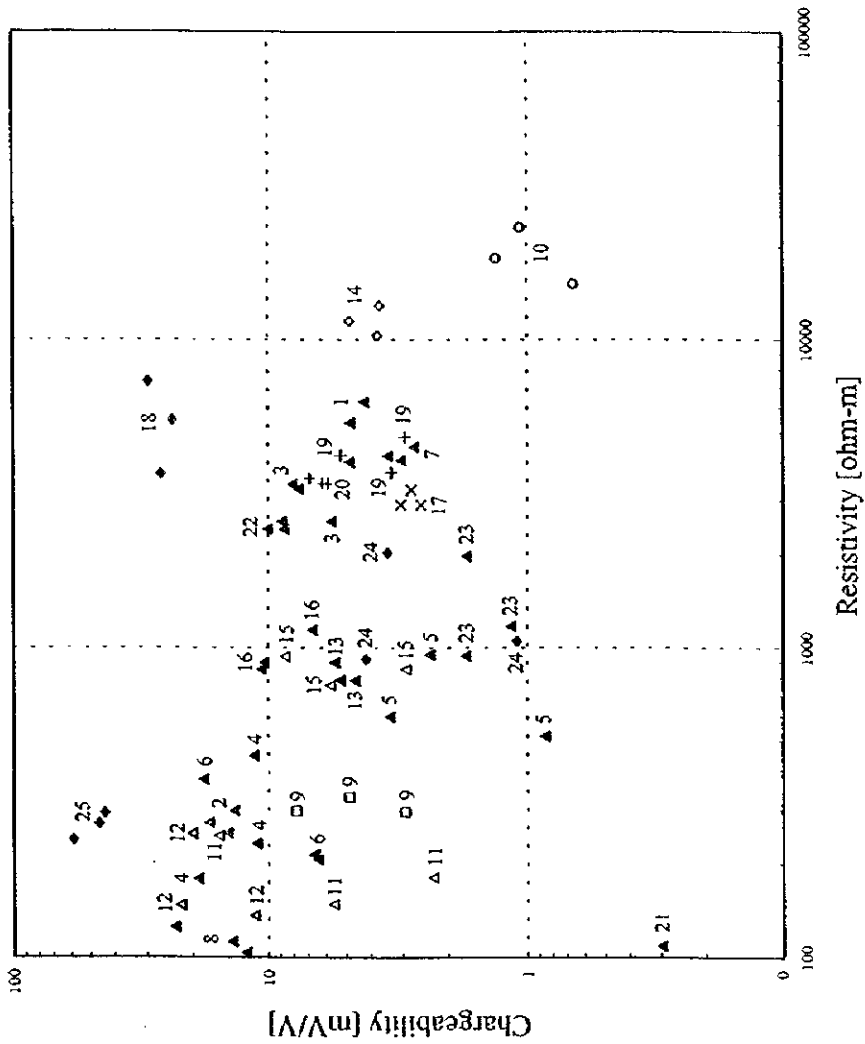


図 II - 3 - 11 岩石試料の分極率と比抵抗の関係

3-5-2 IP 解析結果

全測線について2次元断面解析を実施した。

なお、これらの結果を図Ⅱ-3-12～図Ⅱ-3-21に比抵抗・IP シミュレーション断面図として示した。

これらの図の上側に比抵抗、下側に IP を配置し、それぞれについて、測定値、計算値、シミュレーション結果の Smooth-Model 値を順に示した。

<A測線>

比抵抗は、全体的に $100\Omega\cdot m$ 以上の高比抵抗を示すが、主に安山岩質凝灰角礫岩に対応される。No. 0～No. 2の深部、No. 13付近の深部から浅部に伸びる領域およびNo. 14～No. 15付近の浅部で $100\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗が解析された。また、表層部にも低比抵抗が点在する。

分極率は、No. 12の浅部を中心にしてNo. 9～No. 13の広い範囲に3 mV/V 以上を示す異常が解析された。

<B測線>

比抵抗は、全体的に $100\Omega\cdot m$ 以上の高比抵抗が大部分を占めているが、主に安山岩質凝灰角礫岩を反映したものと考えられる。No. 12～No. 15付近の山体の浅部に $100\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗が解析された。No. 12付近の表層部にも低比抵抗が解析されたが、これはNo. 12付近にみられる鉱脈の位置と一致している。また、No. 0～No. 1付近の表層部から深部に至る領域では約 $1,000\Omega\cdot m$ 以上の高比抵抗として解析された。

分極率は、No. 9～No. 14付近の表層部および浅部から深部にかけて約3 mV/V 程度の異常が解析された。

<C測線>

比抵抗は、No. 11～No. 17の浅部から表層部付近に $100\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗が解析されたが、これは風化等や鉱化変質帯を反映したものと考えられる。特にNo. 11～No. 13付近の解析された表層部の低比抵抗は鉱脈位置と一致する。深部は $100\Omega\cdot m$ 以上の高比抵抗として解析された。

分極率は、No. 5の深部、No. 10とNo. 13の浅部から深部までの領域に3 mV/V 以上を示す異常が解析されたが、これらは鉱化変質帯に起因するものであると推測される。No. 5～No. 6の表層部とNo. 13にみられる異常は地表の鉱脈位置に相当している。

<D測線>

比抵抗は、No. 0付近の浅部とNo. 12からNo. 18の深部を結ぶ境界よりも浅部で 100Ω

・ m以下の低比抵抗が解析された。No. 13～ No. 14の表層部では50 Ω・ m以下の低比抵抗が存在するが、地表の鉱脈位置と一致している。測線東部の表層部の低比抵抗は、風化等あるいは鉱化変質帯を反映したものと考えられる。

分極率は、No. 6, No. 10～ No. 11, No. 13付近の表層部から深部にわたり3 mV/V以上を示す異常が解析された。No. 9～ No. 14の表層部には鉱化変質帯および鉱脈が存在しており、これらの異常の原因と考えられる。

< E測線 >

比抵抗は、No. 0付近, No. 8の深部, No. 12～ No. 14付近の浅部およびNo. 15～ No. 17の浅部から深部に続く領域で100 Ω・ m以下の低比抵抗が解析された。表層部に50 Ω・ m以下の低比抵抗が解析された箇所には鉱脈がみられる。また、測線東部に広がる低比抵抗は表層部に起因する風化等あるいは鉱化変質帯を反映したものと考えられる。また、No. 0～ No. 5の深部に1,000 Ω・ m以上の高比抵抗が解析された。

分極率は、No. 5の浅部からNo. 7付近の深部にわたり約3 mV/V程度の異常が解析された。No. 10～ No. 11の表層部から深部に続く領域でも3 mV/V以上を示す異常域が解析されたが、ここの表層部には鉱脈が存在する。

< F測線 >

比抵抗は、No. 12～ No. 15付近の表層部から浅部, No. 16～ No. 17の表層部から深部に100 Ω・ m以下の低比抵抗が解析された。これらは表層部の鉱化変質帯および鉱脈に起因しているものと考えられる。

分極率は、No. 4～ No. 10付近の浅部から深部にわたり3 mV/V以上を示す異常が解析されたが、No. 5と No. 6の間には鉱脈がみられる。No. 17～ No. 18の深部, No. 11～ No. 12付近の浅部およびNo. 14～ No. 15の浅部で3 mV/V程度の異常が解析されたが、いずれも表層部でみられる鉱化変質帯および鉱脈に対応される。測線東端部の深部で分極率異常が認められるが、花崗岩の表層の影響が考えられる。

< G測線 >

比抵抗は、No. 12～ No. 14付近の表層部に100 Ω・ m以下を示す低比抵抗が解析されたが、鉱化変質帯および鉱脈の影響と考えられる。No. 15～ No. 18の表層部から深部に続く領域でも100 Ω・ m以下の低比抵抗が解析されたが、沖積土および硫化鉱物を多く含む花崗岩表層を反映したものと考えられる。また、No. 1～ No. 2の深部に1,000 Ω・ m以上の高比抵抗が解析された。

分極率は、No. 4～ No. 7の浅部から深部, No. 11の深部, No. 12～ No. 13と No. 14と No. 15およびNo. 16～ No. 17付近の表層部に3 mV/V程度の異常が解析された。No. 7～

No. 14までの異常は表層部に起因する鈹化変質帯および鈹脈を反映したものと考えられる。No. 15以東の表層部にみられる異常は沖積土に対応される。

<H測線>

比抵抗は、No. 6～No. 7付近とNo. 8～No. 9付近の浅部と、No. 11の浅部からNo. 16の浅部を通りNo. 18の深部を結ぶ境界より浅部に $100\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗が解析された。No. 8～9付近には鈹脈が存在する。No. 14以東は沖積土および硫化鈹物を多く含む花崗岩表層の影響が大きいと考えられる。No. 5の浅部に $1,000\Omega\cdot m$ 以上の高比抵抗が解析された。

分極率は、No. 7の深部を中心にNo. 4～No. 10の広範囲の領域とNo. 12～No. 16の浅部およびNo. 16～No. 18の浅部から深部にかけての領域に 3 mV/V 程度の異常が解析された。測線東端部の深部は、花崗岩の表層の影響が考えられる。

<I測線>

比抵抗は、No. 8とNo. 13付近の深部、またNo. 9付近、No. 10～No. 11付近、No. 12～No. 13付近およびNo. 15～No. 16付近の表層部に $100\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗が解析された。No. 14以東の深部は $100\Omega\cdot m$ 以上の比抵抗を示す。また、No. 6の浅部から深部に $1,000\Omega\cdot m$ 以上の高比抵抗が解析された。

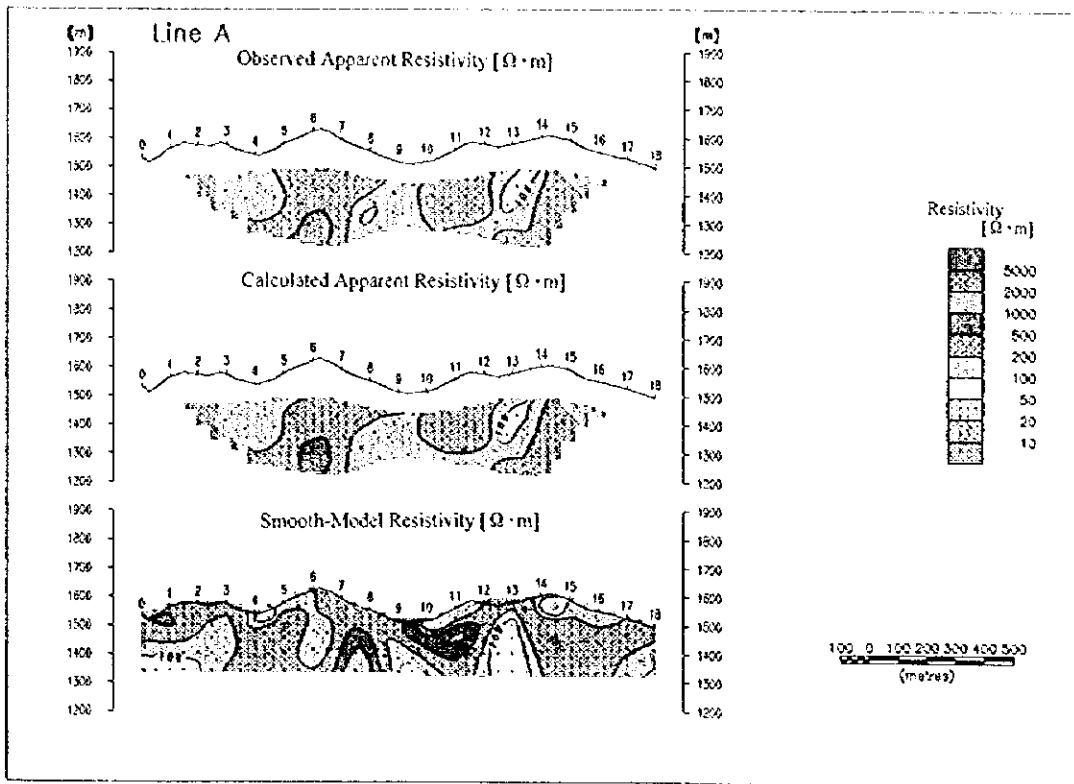
分極率は、No. 11～No. 12付近の浅部からNo. 9の深部に続く領域とNo. 13～No. 18の浅部から深部に 3 mV/V 程度の異常が解析された。測線東端部の深部は、花崗岩表層の影響が考えられる。

<J測線>

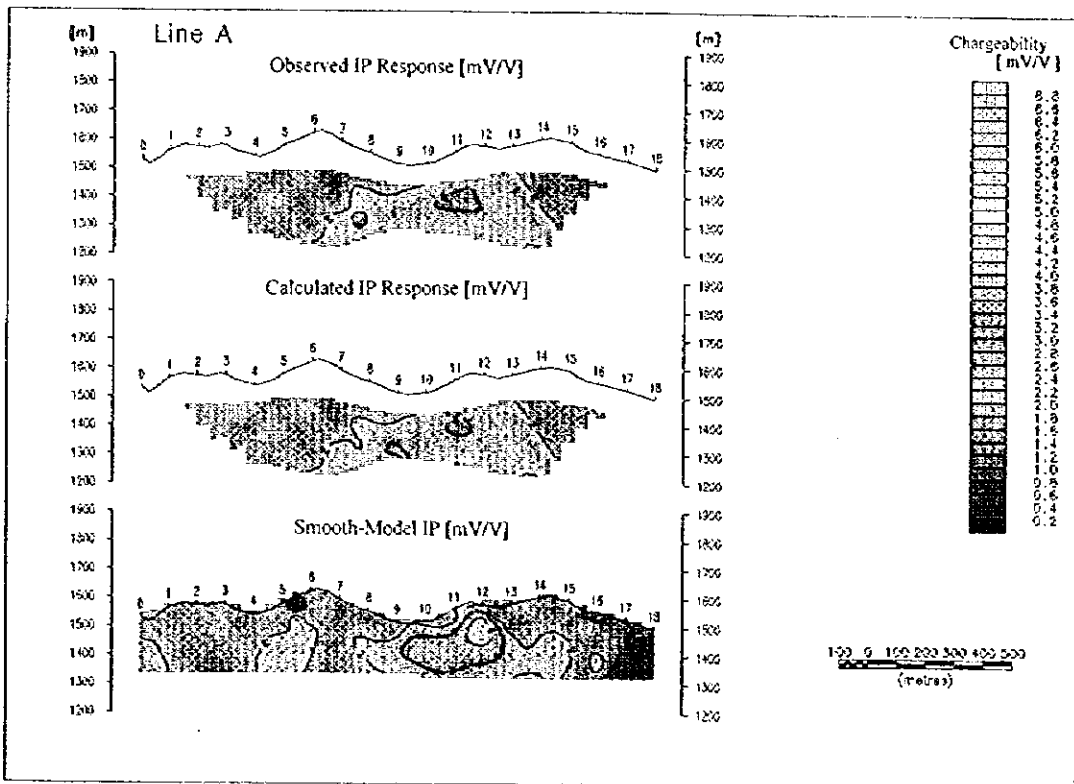
比抵抗は、No. 9～17の浅部に $100\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗が解析された。

分極率は、No. 8の浅部、No. 13の浅部とNo. 17の深部を結ぶ境界以浅で 3 mV/V 程度の異常が解析された。測線東端部の深部は、花崗岩表層の影響が考えられる。

測線東部の浅部にある低比抵抗は、沖積土を反映したものであると考えられる。また、測線東端部の深部でみられる高比抵抗・分極率異常は、調査地域東部に存在する花崗岩表層の影響が考えられる。

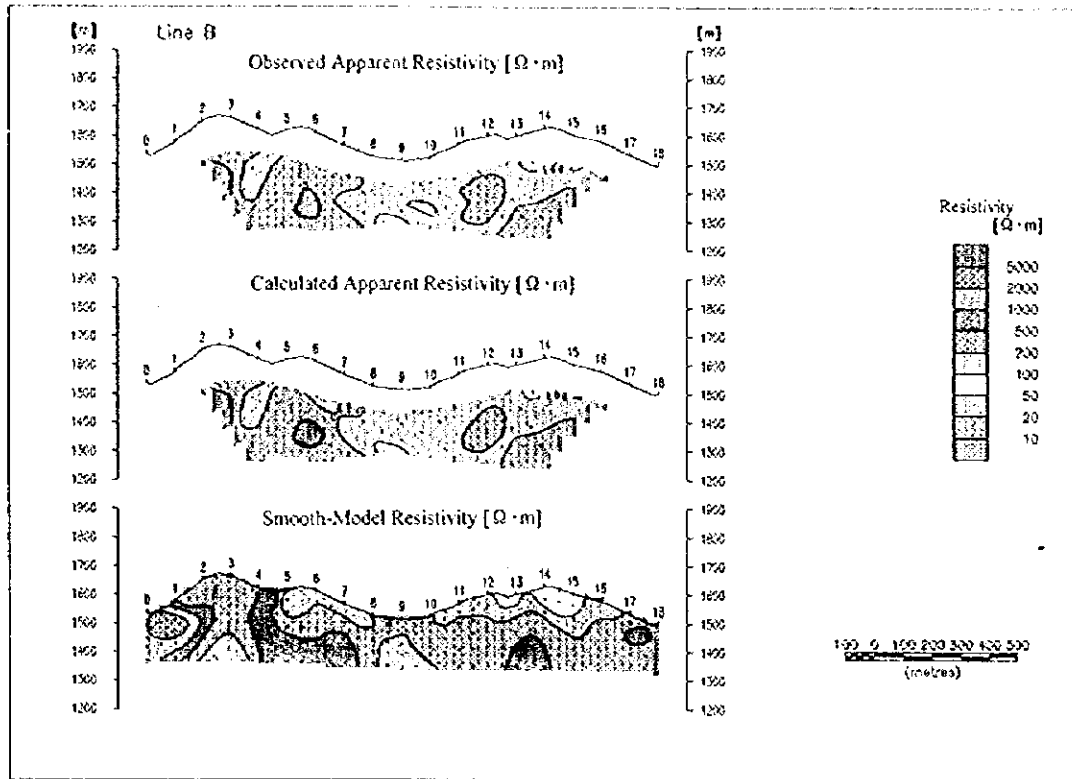


RESISTIVITY [$\Omega \cdot m$]

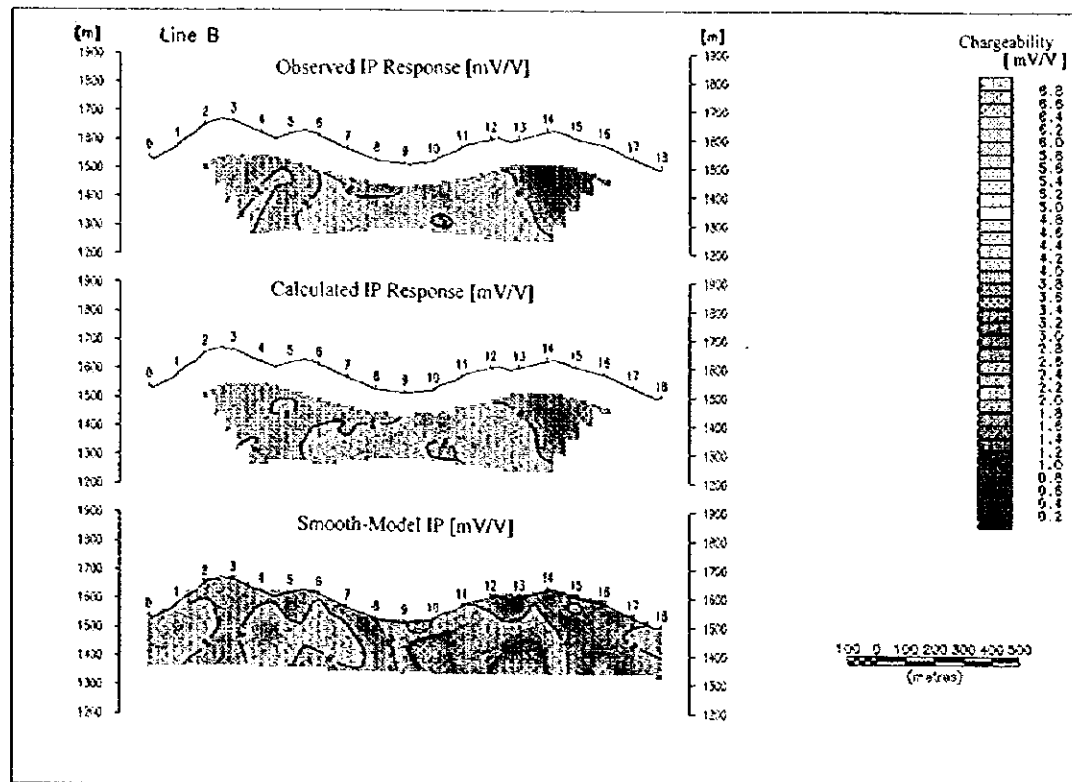


IP [mV/V]

図Ⅱ-3-12 比抵抗・IPシミュレーション断面図 (A測線)

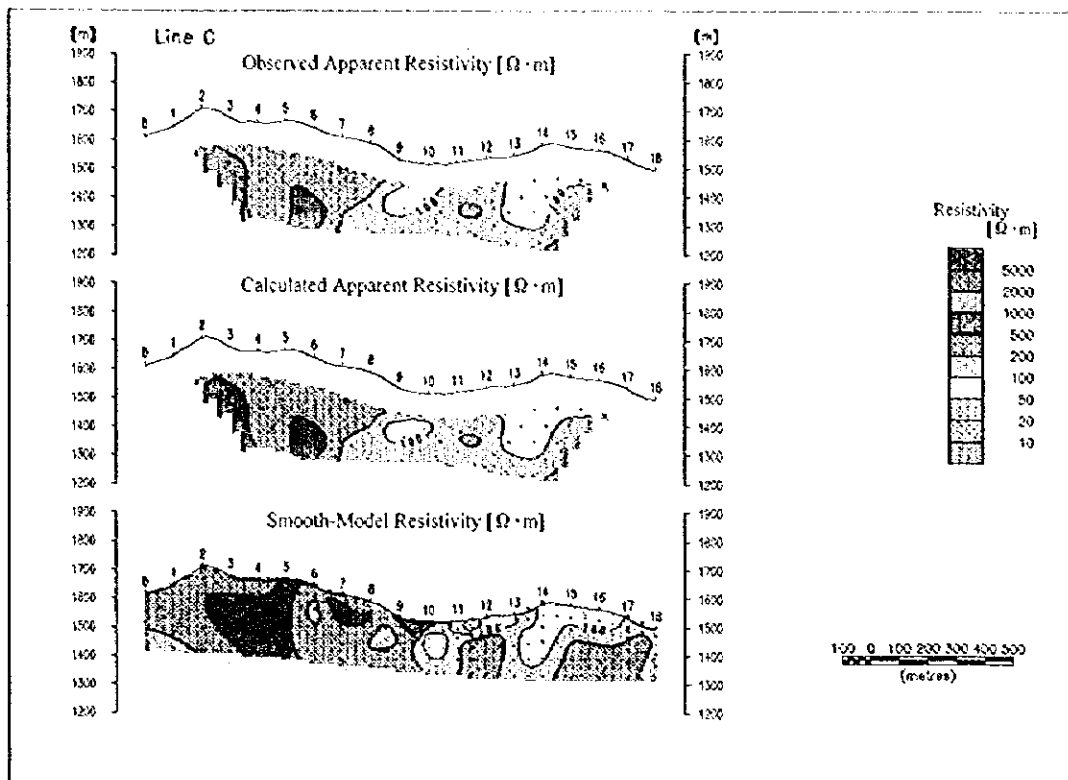


RESISTIVITY [$\Omega \cdot m$]

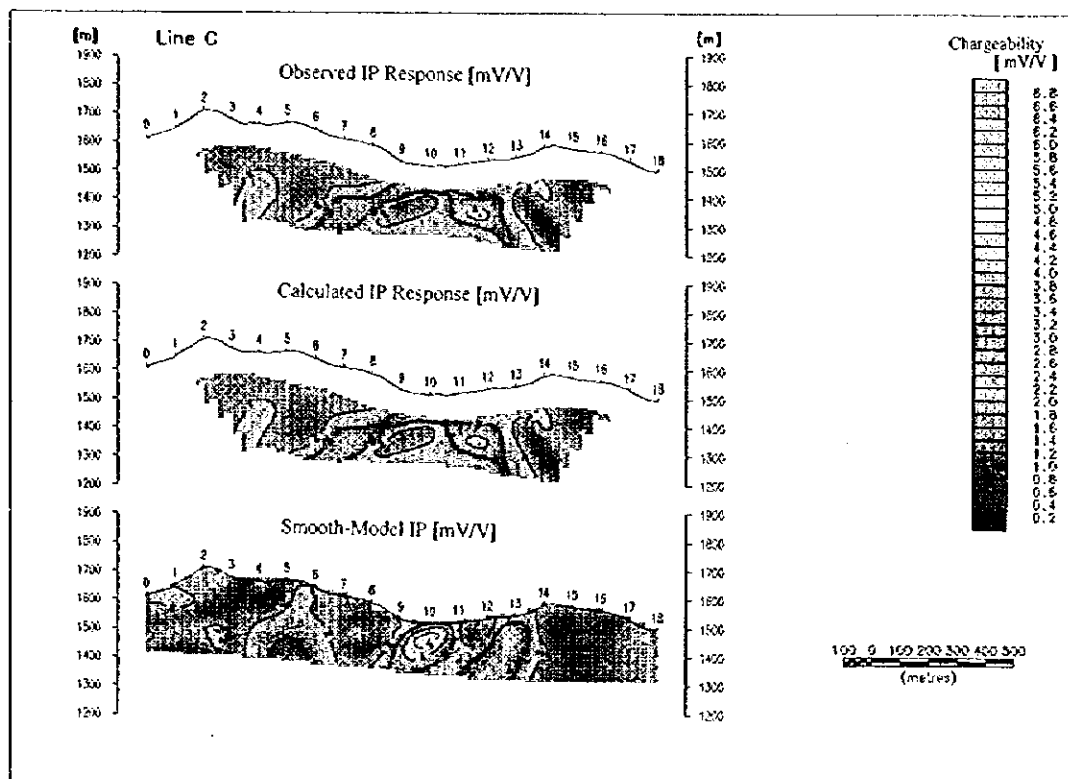


IP [mV/V]

図 II - 3 - 13 比抵抗・IPシミュレーション断面図 (B測線)

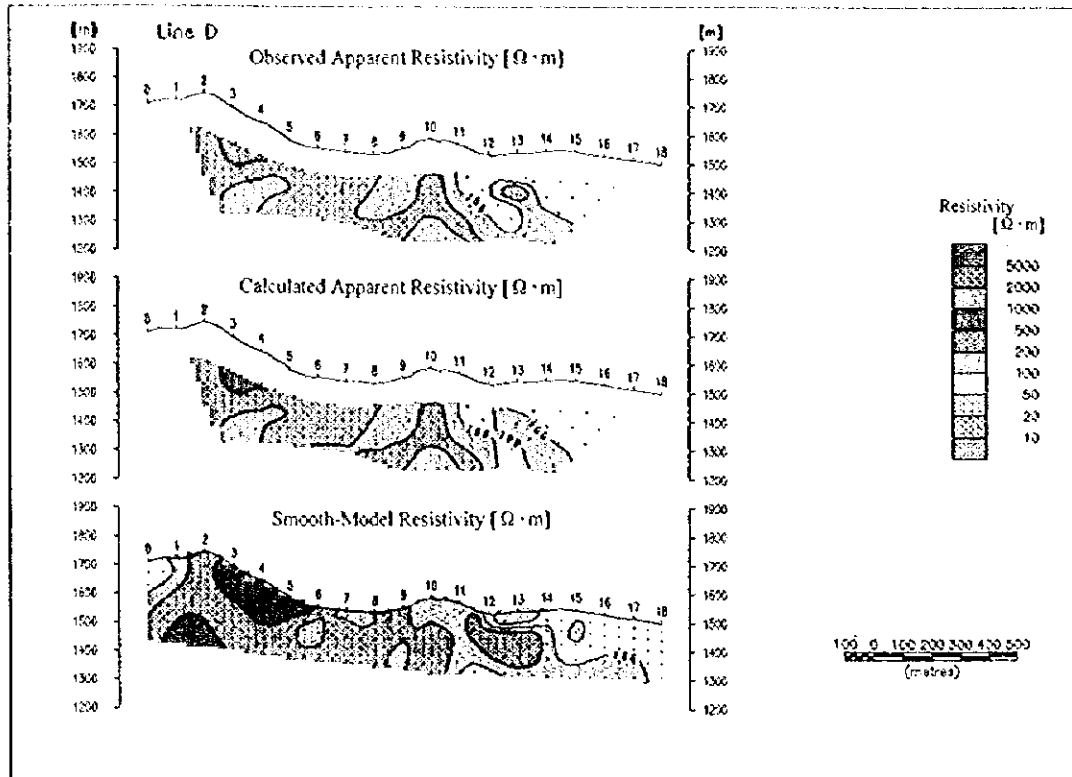


RESISTIVITY [$\Omega \cdot m$]

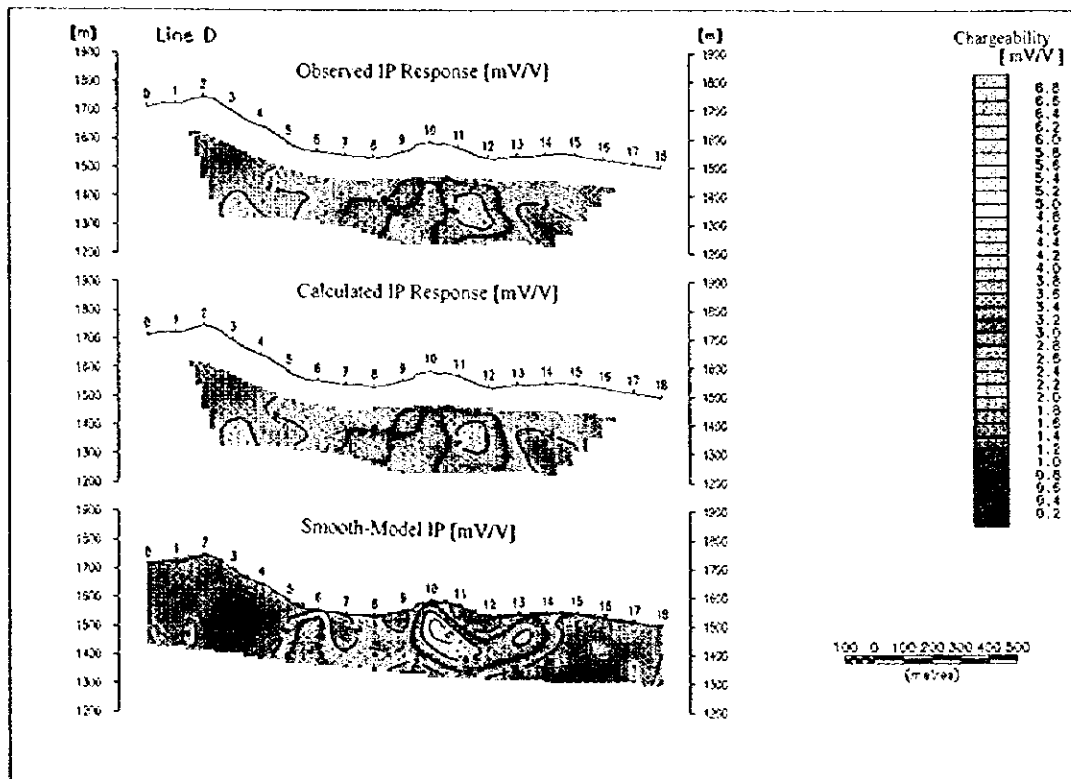


IP [mV/V]

図Ⅱ-3-14 比抵抗・IPシミュレーション断面図(C測線)

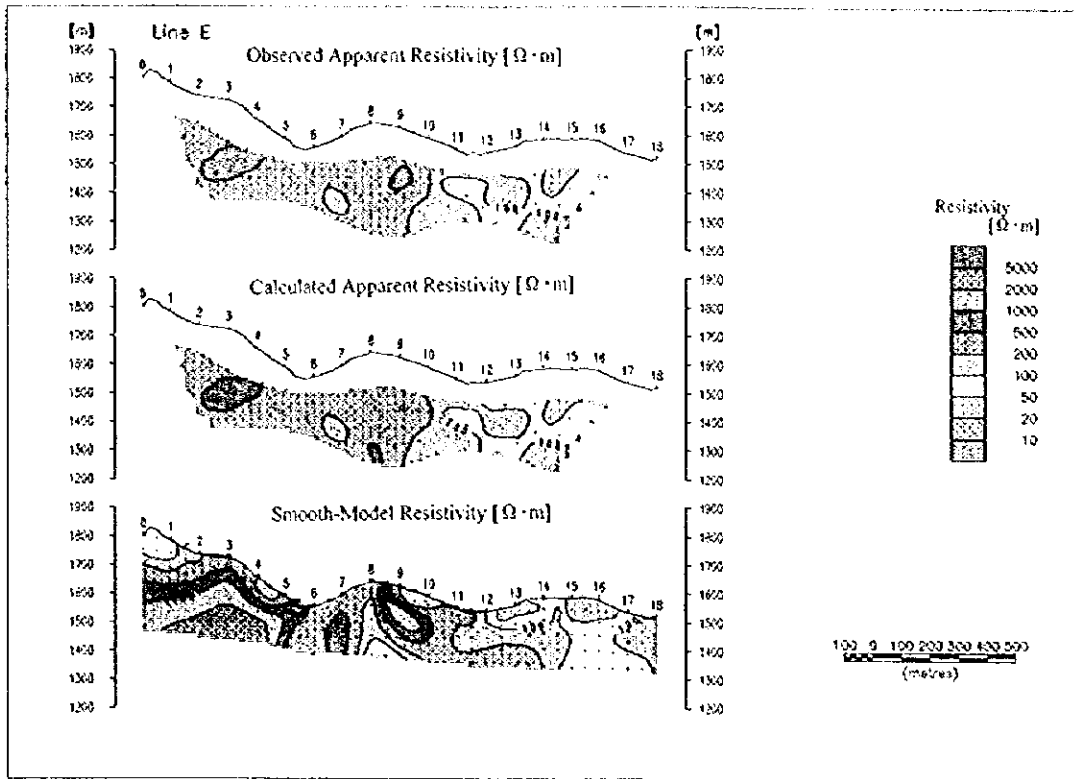


RESISTIVITY [$\Omega \cdot m$]

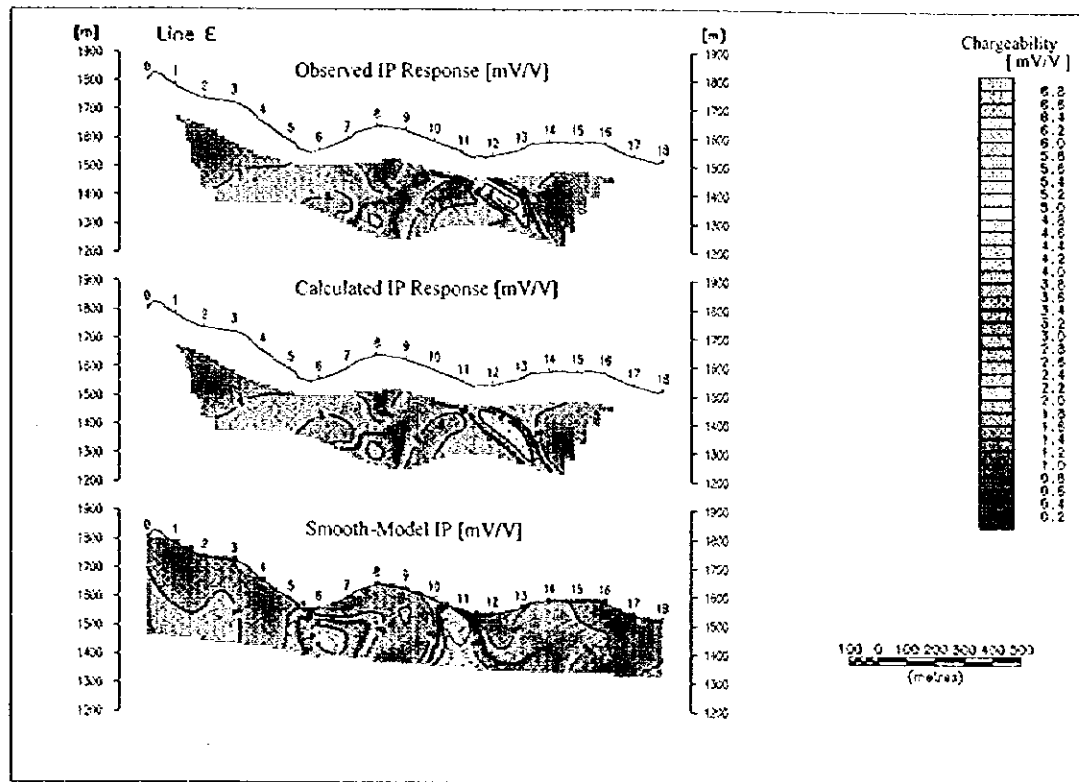


IP [mV/V]

図Ⅱ-3-15 比抵抗・IPシミュレーション断面図 (D測線)

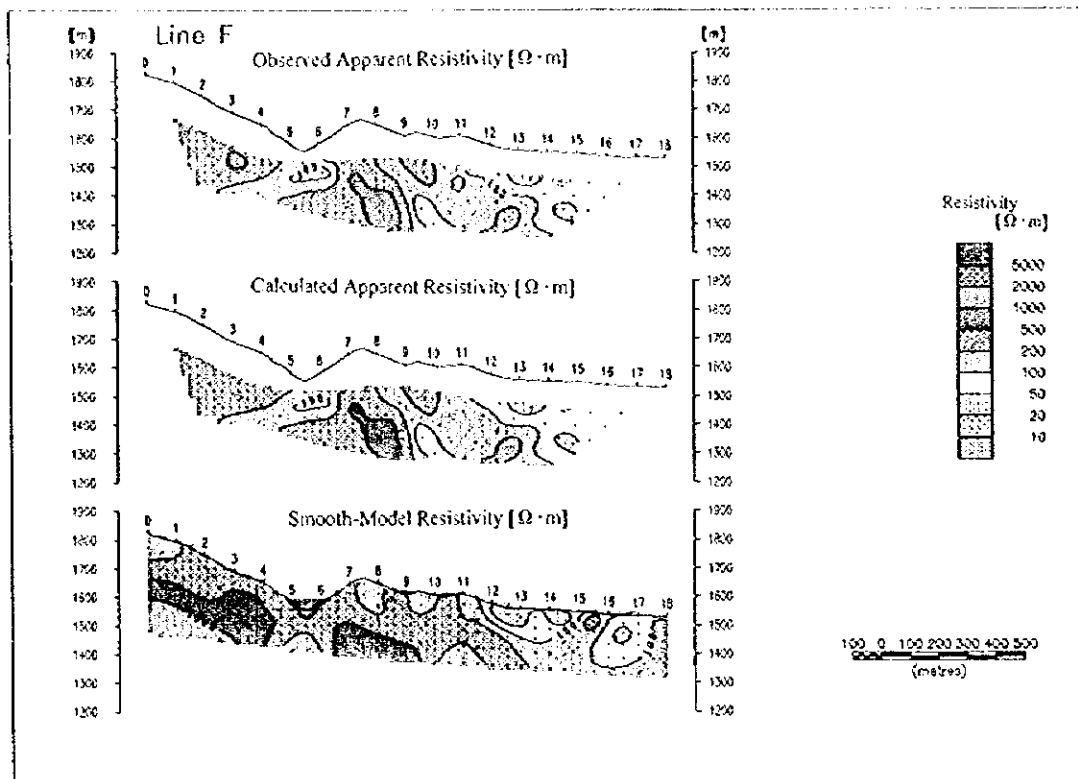


RESISTIVITY [$\Omega \cdot m$]

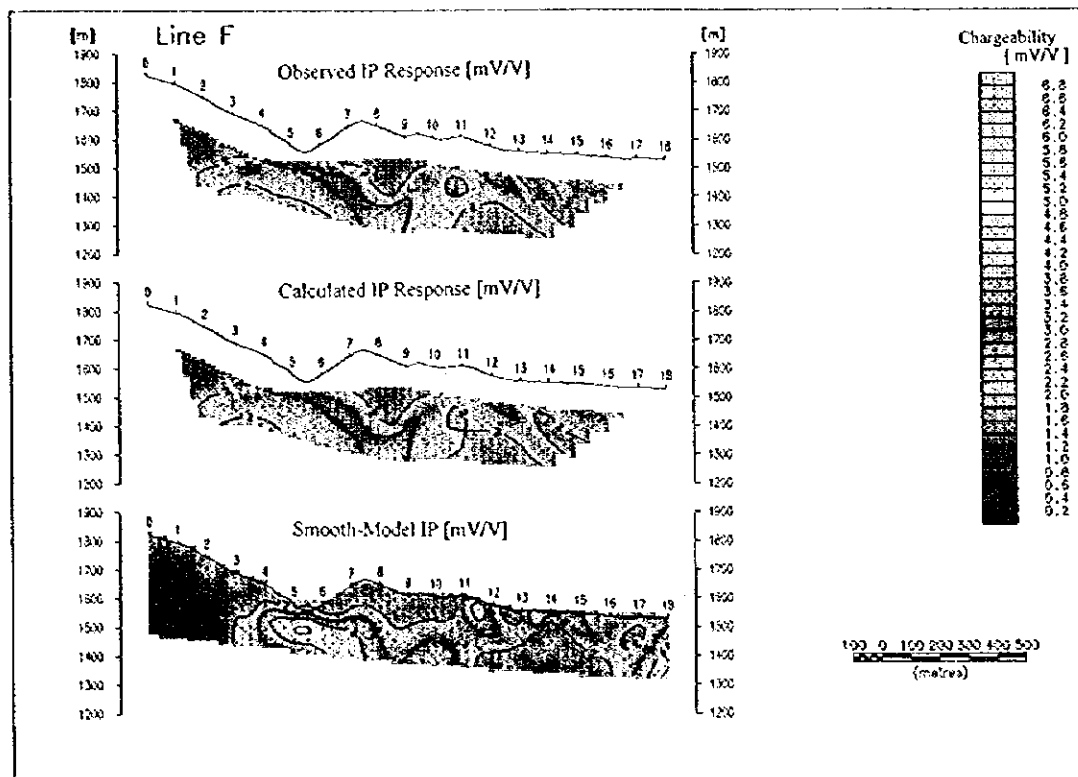


IP [mV/V]

図Ⅱ-3-16 比抵抗・IPシミュレーション断面図 (E測線)

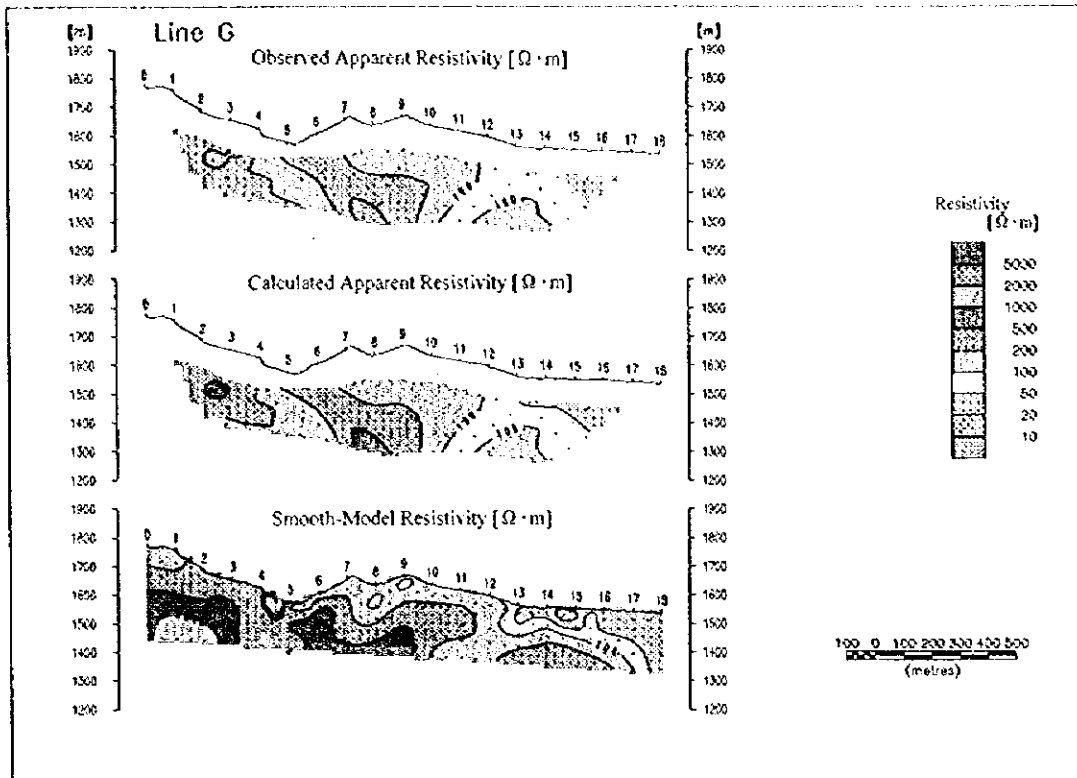


RESISTIVITY [$\Omega \cdot m$]

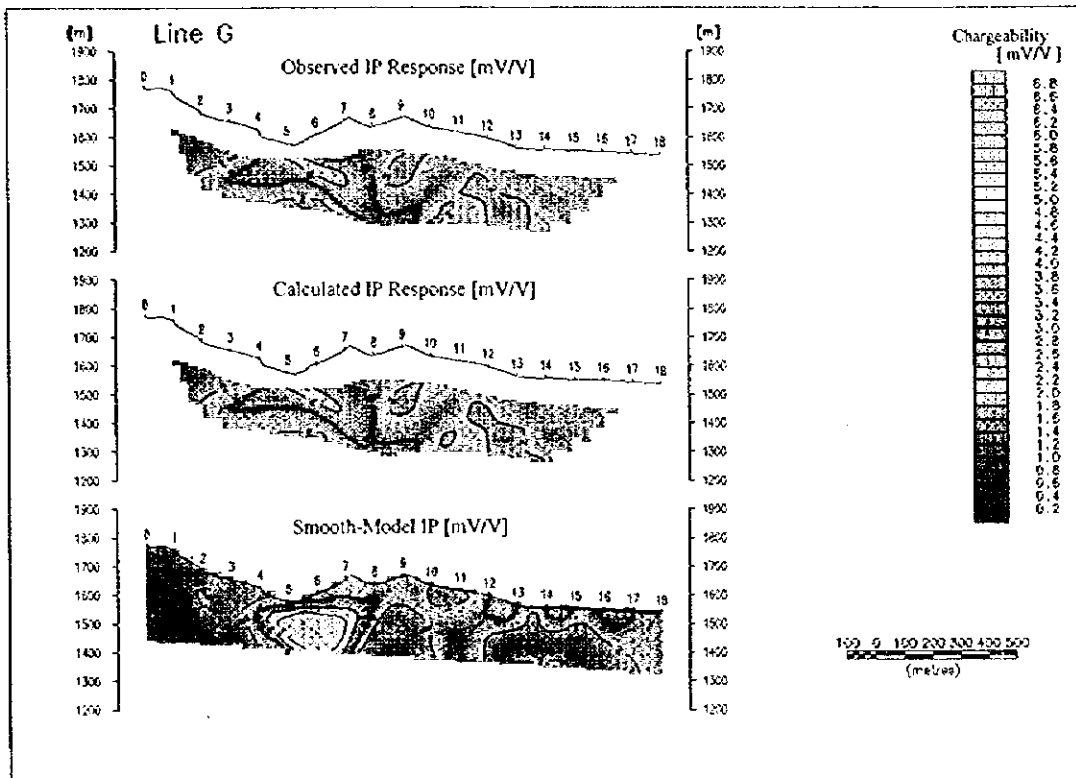


IP [mV/V]

図 II - 3 - 17 比抵抗・IPシミュレーション断面図 (F測線)

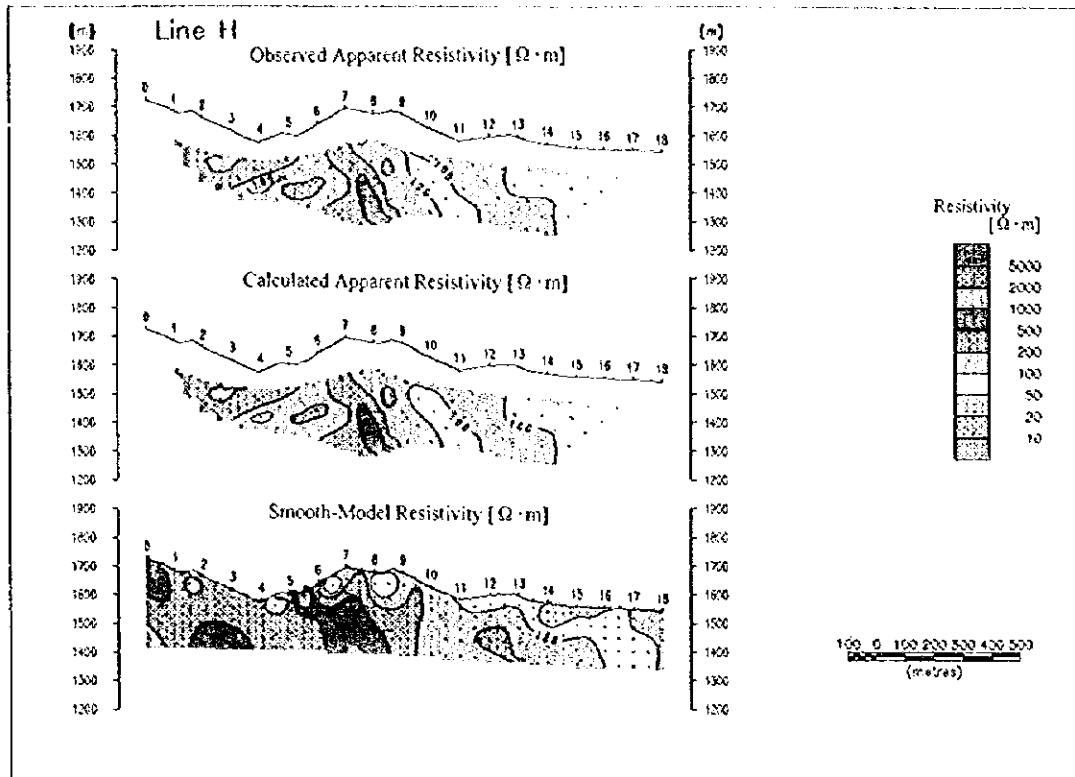


RESISTIVITY [$\Omega \cdot m$]

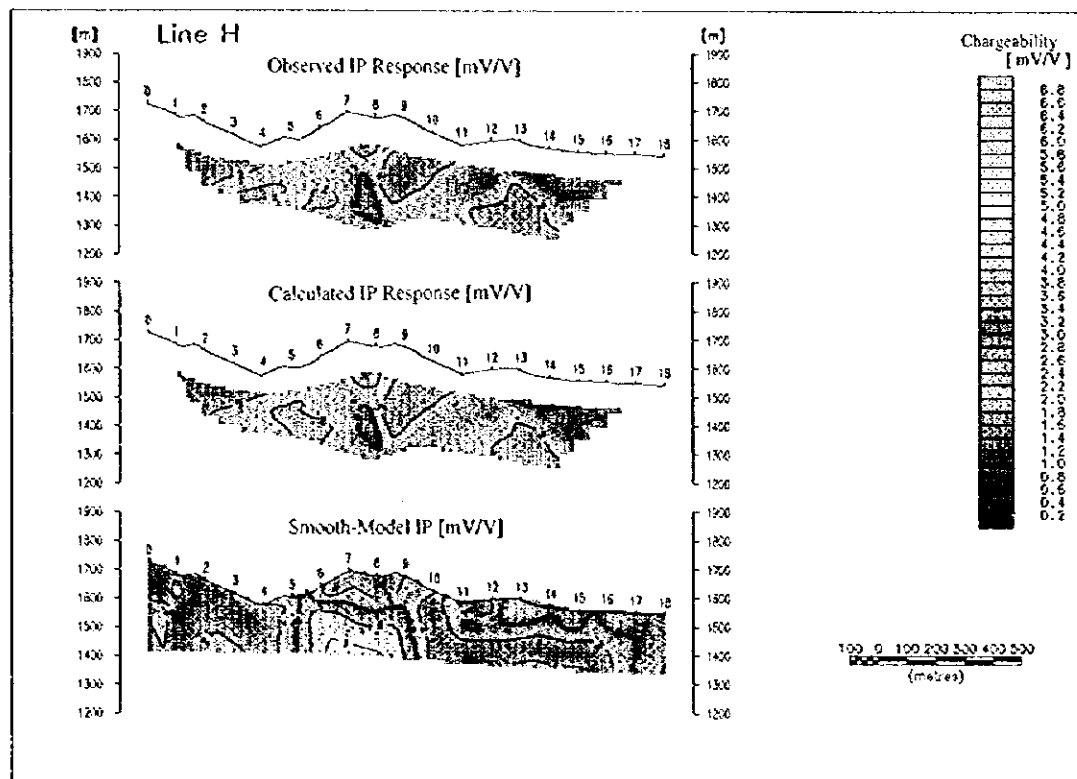


IP [mV/V]

図Ⅱ-3-18 比抵抗・IPシミュレーション断面図 (G測線)

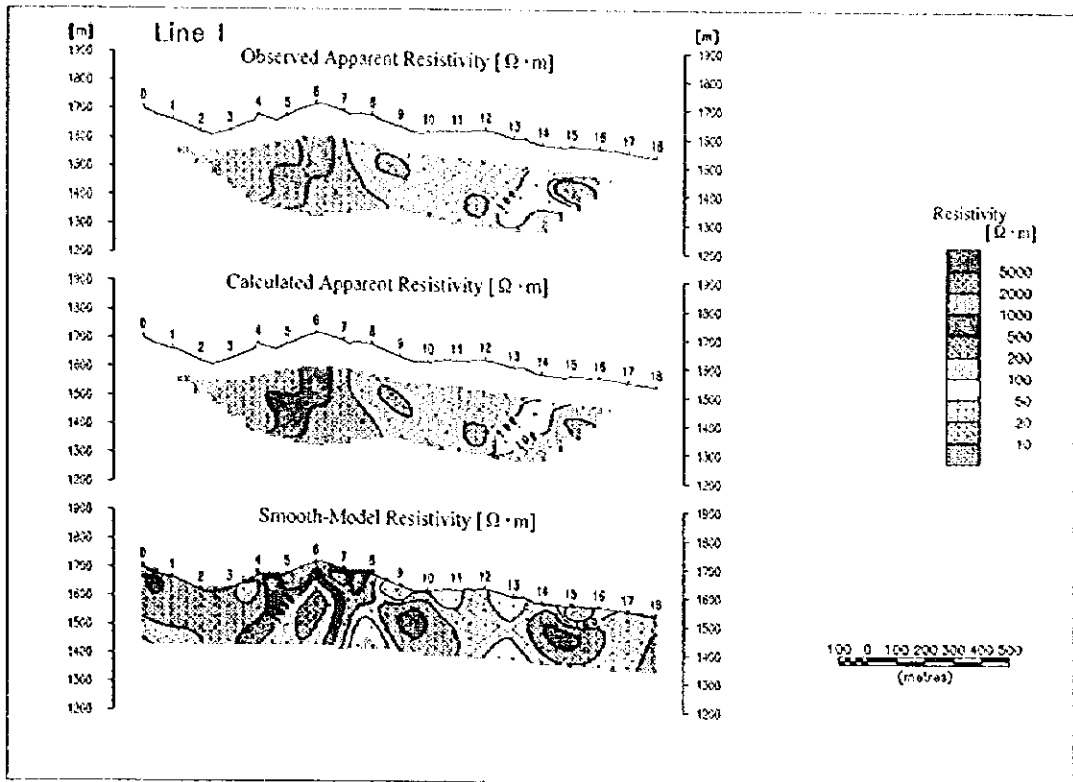


RESISTIVITY [$\Omega \cdot m$]

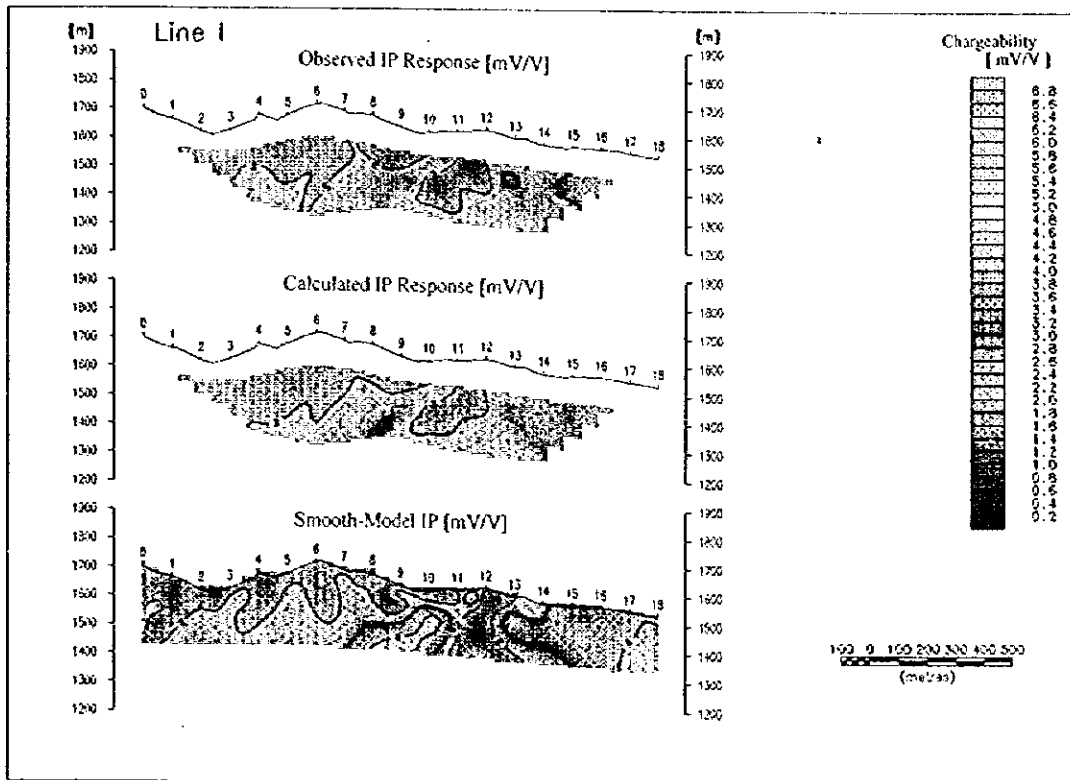


IP [mV/V]

図Ⅱ-3-19 比抵抗・IPシミュレーション断面図 (H測線)

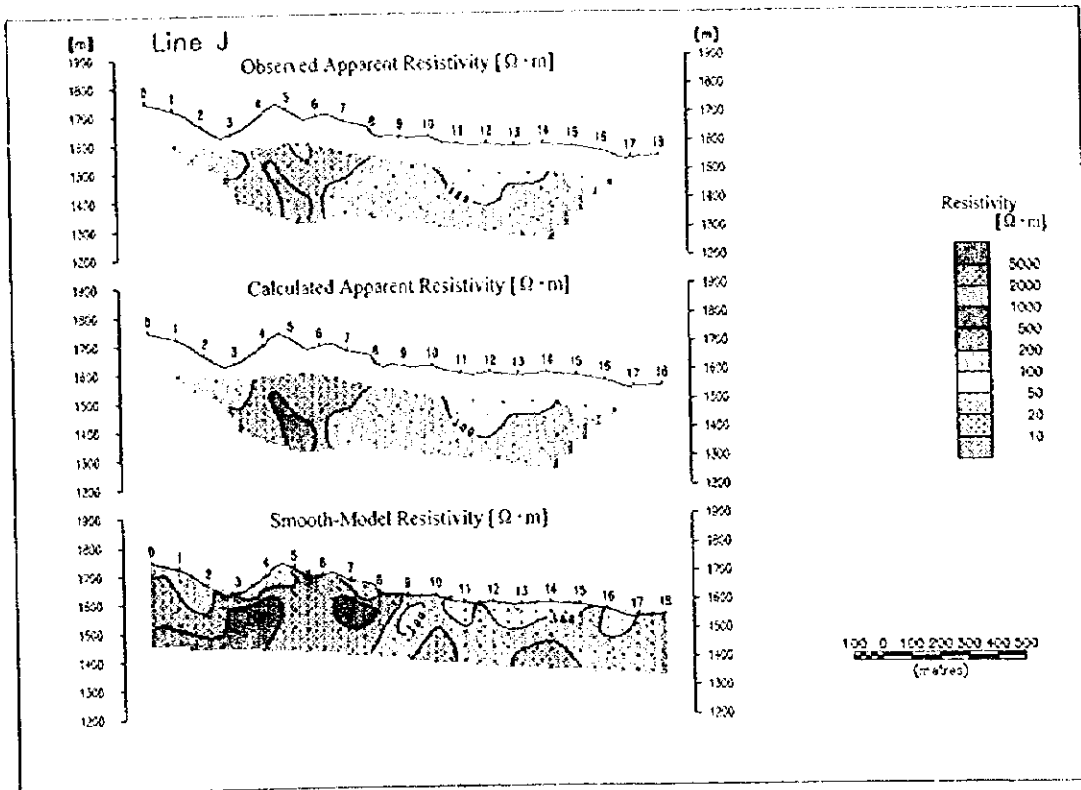


RESISTIVITY [$\Omega \cdot m$]

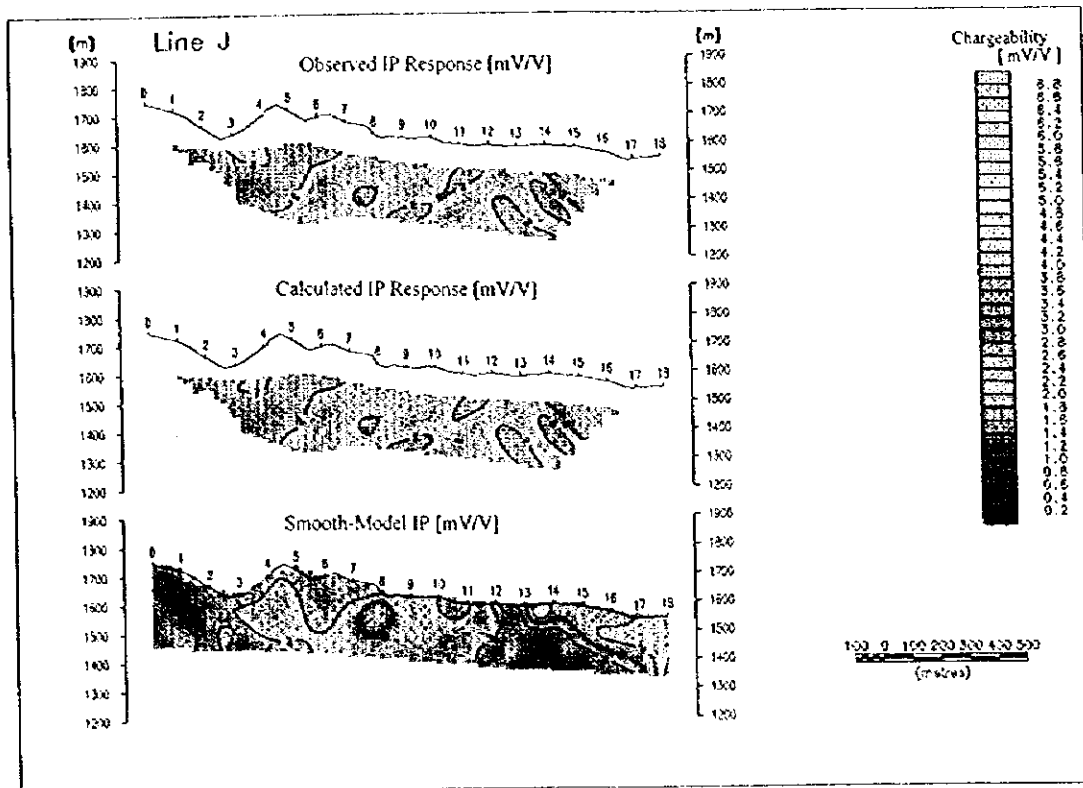


IP [mV/V]

図 II - 3 - 20 比抵抗・IPシミュレーション断面図 (I測線)



RESISTIVITY [Ω·m]



IP [mV/V]

図Ⅱ-3-21 比抵抗・IPシミュレーション断面図 (J測線)

3-6 考 察

物理探査異常域抽出図を図Ⅱ-3-24に示す。

以下に考察を述べる。

本調査で明瞭な分極率異常を示したのは、主に調査地域の東部領域、さらにこれから北西に伸びる領域および測線GのNo. 8付近の領域である。

物性試験では、調査地域全体に位置する安山岩の比抵抗および分極率は変化に富んでいる。花崗岩は高比抵抗 ($3000 \Omega \cdot m$ 以上) を、分極率は平均して 5 mV/V を示した。鉱石の中には比抵抗が約 $300 \Omega \cdot m$ で、高分極率 (40 mV/V 以上) を示す試料が認められた。

2次元断面解析では、D測線～H測線の東部における浅部から深部に続く領域で低比抵抗、分極率異常領域が認められた。これは、浅部では沖積土、深部では硫化鉱物を多く含む花崗岩表層の影響が大きいためと考えられる。A測線のNo. 13の深部から浅部に伸びる領域でも低比抵抗および分極率異常を示す。C測線から南側の測線のNo. 10～No. 14付近の浅部領域で低比抵抗が示された。分極率はこの領域において弱異常を示すことが認められた。

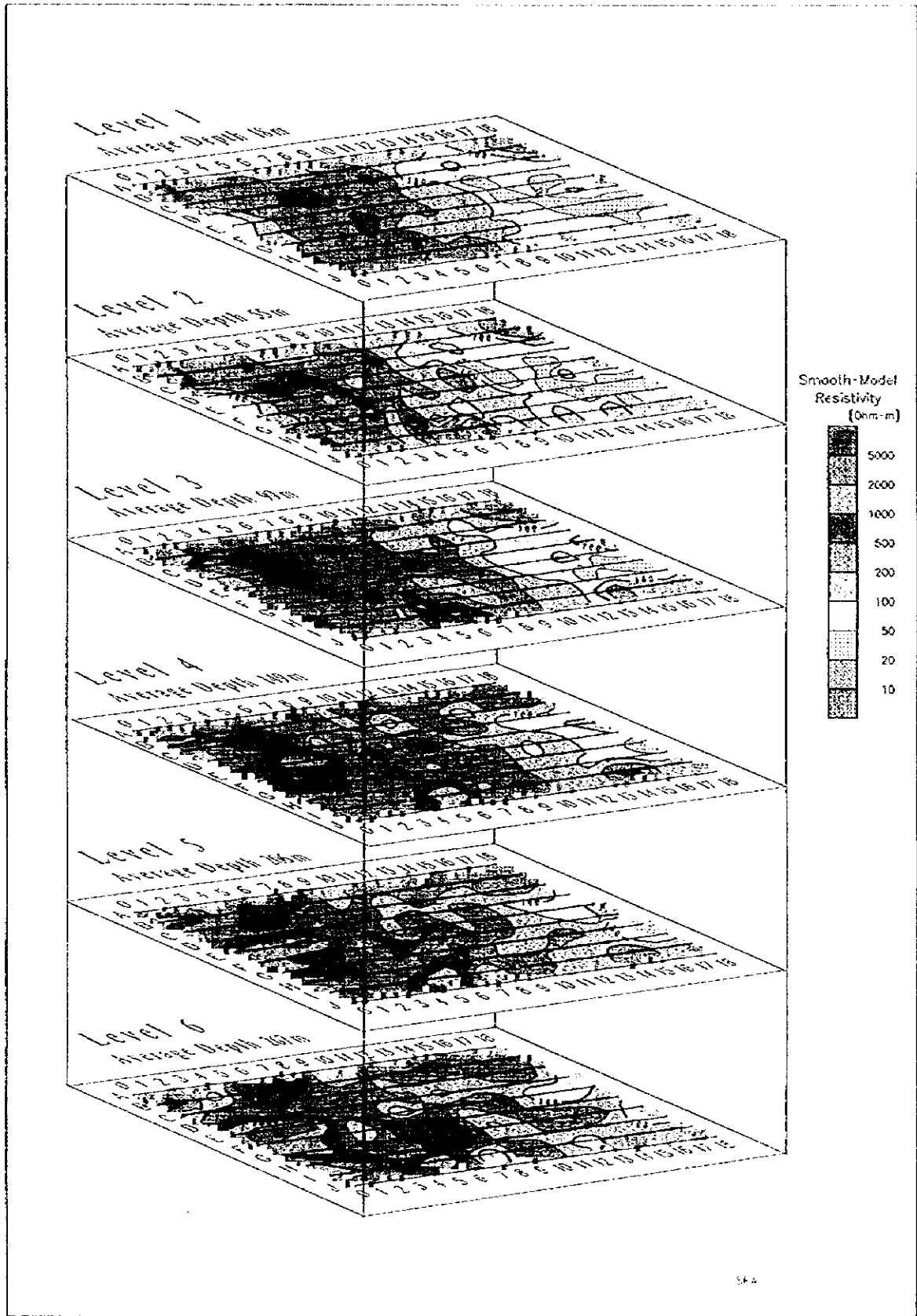
2次元断面解析結果を用いて作成した比抵抗シミュレーション平面図パネルダイアグラムを図Ⅱ-3-22に、またIPシミュレーション平面図パネルダイアグラムを図Ⅱ-3-23に示した。これらのパネルダイアグラムのLevel 1～Level 6はそれぞれModel 1～Model 6に対応する。

比抵抗シミュレーション平面図の深度100m付近を表しているLevel 3で、周囲よりも相対的に低比抵抗を示したのは、C測線～J測線のNo. 10付近から調査地域の東側部分の領域、G測線のNo. 8付近からJ測線のNo. 9付近を結ぶ領域に認められる。特に、調査地域東部とこれから北西方向に伸びていく低比抵抗は、浅部から深度200m付近にまで連続してみられる。また、この北西に伸びる領域を示す傾向はLevel 1～Level 5まで共通してみられる。

IPの値は、調査地域全体に小さい値を示すが、Level 2とLevel 3の平面図のE測線No. 11付近とLevel 4とLevel 5のG測線No. 6付近で 5 mV/V 程度の弱い異常が認められた。

以上より、調査地域の北部と南部に位置する測線の東部においては、深部にいくにつれて次第に比抵抗が大きくなり、また分極率は異常を示す傾向があることから、調査地域の東部に位置する花崗岩の調査地域への潜り込みを反映しているものと考えられる。

2次元解析結果による低比抵抗のうち、調査地域の東部は主に沖積土に存在する粘土鉱物および花崗岩の表層の影響を多大に受けたためと考えられる。しかし、この調査地域の東部領域から北西に伸びる領域、測線Gの No. 8 付近から測線Jの No. 9 付近を結ぶ領域は、鉱脈、あるいは鉱脈の周辺の割れ目系に関連するものと考えられる。



図Ⅱ-3-22 比抵抗シミュレーション平面図パネルダイアグラム

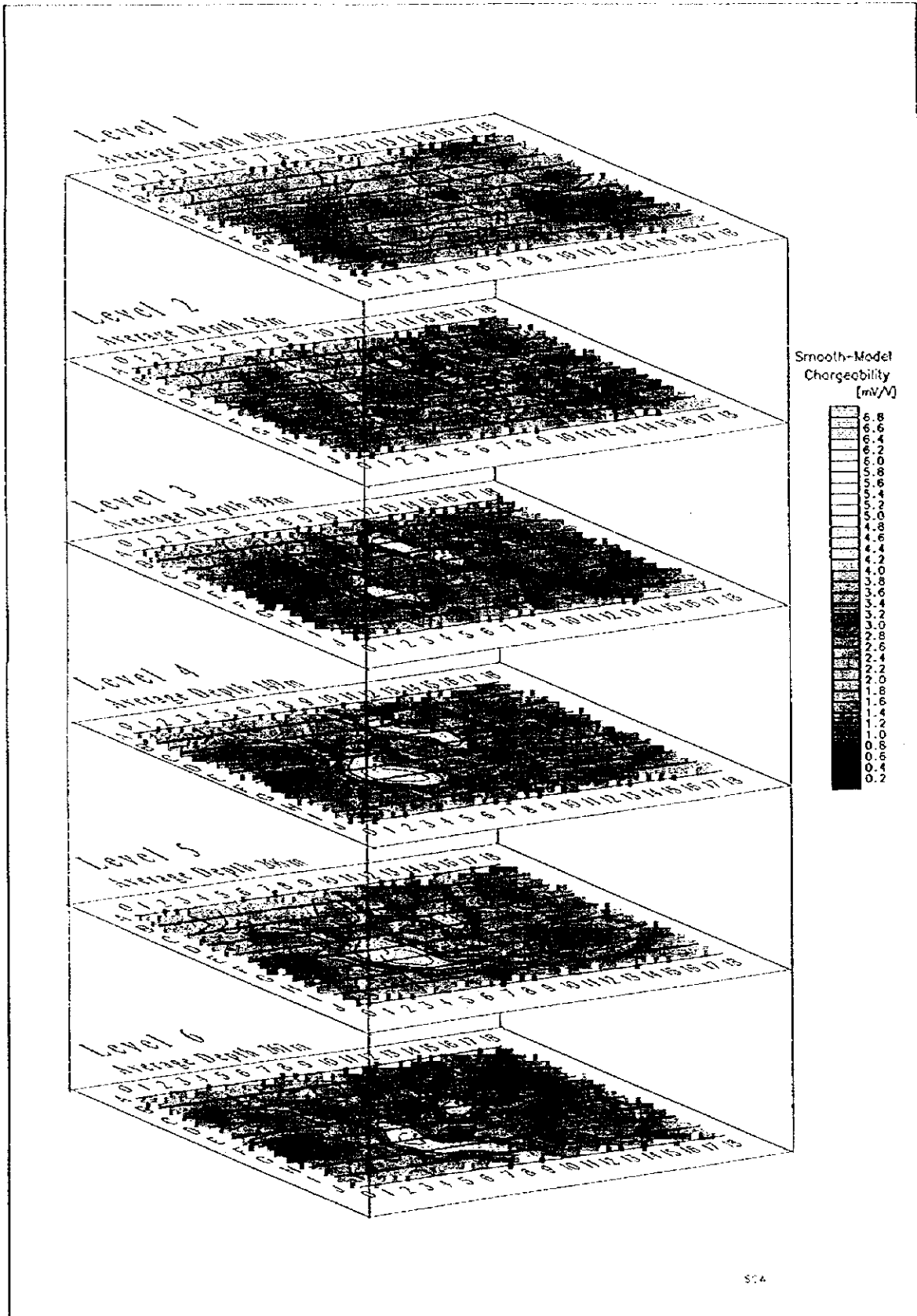


図 II - 3 - 23 IPシミュレーション平面図パネルダイアグラム

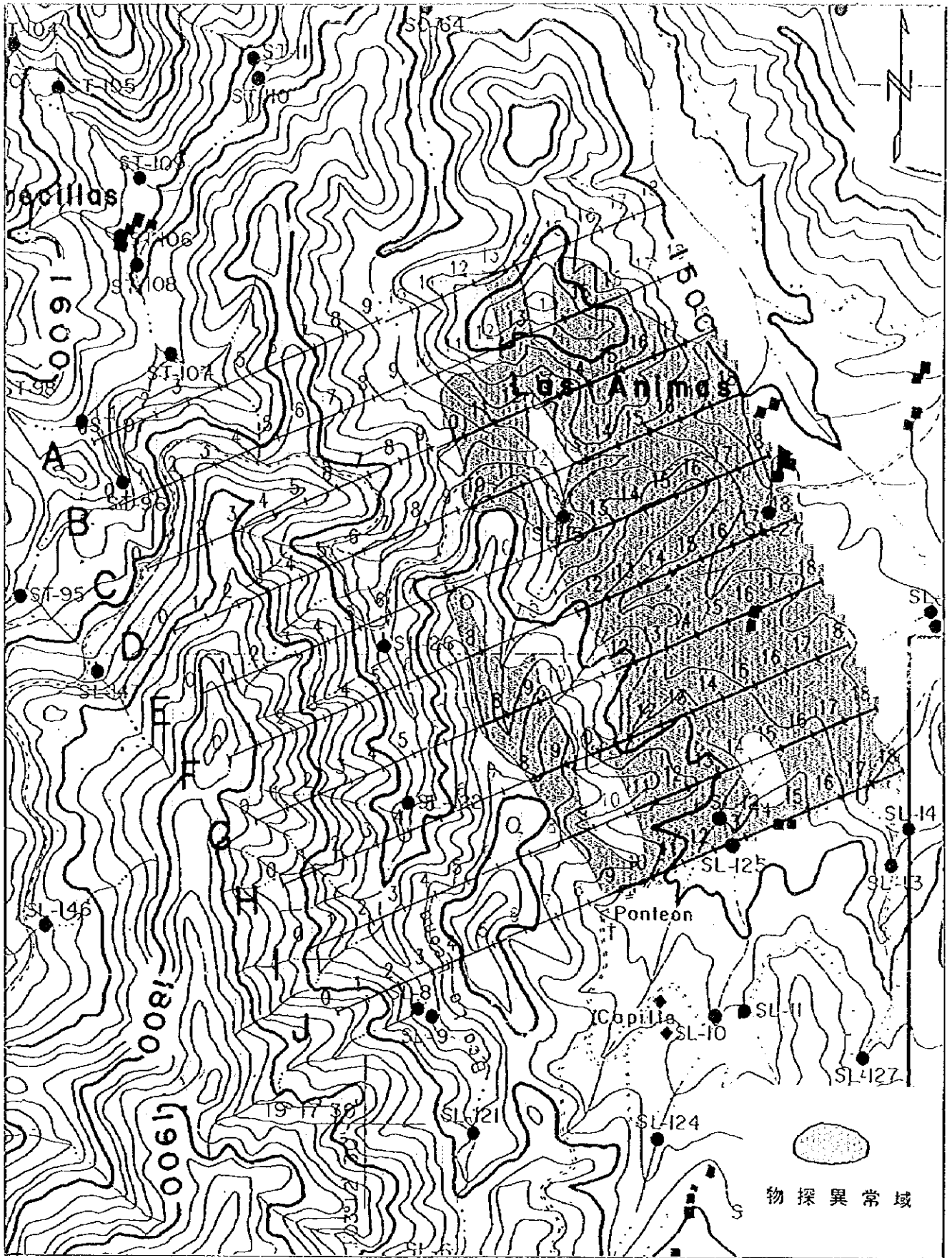


图 II - 3 - 24 物理探查異常域抽出图

第Ⅲ部 結論および提言

第Ⅲ部 結論および提言

第1章 結論

新鉱床探査のための地質図のリバイスについては、本年度3地域ともC.R.M.による精度の高い調査が実施されており、大きな相違はなかった。本調査で新たに判明した事項としては、インマクラダ地域において、基盤の変成岩の露出域を発見し、詳細な調査の結果、当地域周辺の塊状硫化物鉱床を胚胎する層準に類似することが判明したが、露出があまりにも断片的で、塊状硫化物鉱床の可能性を論ずることはできなかつた。オレガノ地区では、判定不能な火成岩が出現し、専門学者に鑑定を依頼したところ、本邦には出現せず、世界的にも珍しいアルカリ岩系の半深成岩と同定された。インデウノ地域では、三疊紀の礫岩とされていた地層の大部分が、白亜系上部の可能性が生じ、化石鑑定の結果、時代を特定できる示準化石を含まないが、白亜紀後期の可能性が高いと判明した。

既存データ解析においては、C.R.M.の既往調査を中心に解析し、インマクラダ地域については、鉱脈鉱床の下部発展性が評価の重点ポイントと判断し、効率の良い調査が可能となった。インデウノ地域では、最新調査結果を入手するとともに、過去の全ボーリング実施地点を確認し、効果的な次年度提言が可能となった。

技術移転については、相手国カウンターパートは、既に充分高い技術レベルにあり、地質調査、地化探調査においては、変質鉱物簡易同定装置(POSAM)による粘土鉱物の判定法を重点にした。また物理探査においては、最新の解析ソフトを持参し、現地におけるインバージョン解析、即ち、現地において最適鉱化モデルを計算し、電極間隔や測線配置を再検討する手法の技術移転をおこなった。

地質調査で得られた結論は次の通りである。

本年度調査地域は、3地域とも鉱脈鉱床が調査対象となる。3地域の内、インディウノ地域が最もポテンシャルが高い。ただし、国有鉱区内に多数の個人鉱区があり、幾つかの有望地が除外されることを勘案すると、インマクラダ地域とほぼ同等のポテンシャルといえる。オレガノ地域は、これら2者よりポテンシャルは低いと判断する。

インマクラダ地域では、全域の地化探調査で既知鉱脈に対応しない異常地が存在しないこと、およびスカルン型鉱床は既にC.R.M.によるボーリングが実施されていることを考えあわせると、地域北部と、中央部の金銅累帯型鉱脈鉱床が精査対象となる。地域中央のチュパデロ脈の下部、あるいはチュパデロ脈と東西系の脈群とが重複する地区などが有望と考えられる。物理探査もこれを裏付ける結果が得られている。また、エルコブレ脈とチュパデロ脈を結ぶ構造線と石灰岩とが交差する地区もポテンシャルが高い地区といえる。

オレガノ地域は、ポーフィリー銅型ではなく、鉱脈鉱床が期待されるが、地表部の鉱況は極めて貧弱であり、また国有鉱区も小さいため、発展性は小さいと判断した。

インデウノ地域では、多数の個人鉱区がある。このため、鉱床学的可能性と鉱業権の制

約の兼ね合いで評価しなければならない。また、既存データ解析の章で述べた通り、15箇所の地区で、C.R.M.のボーリング調査が実施されている。従って、有望地の選定にはこの点も考慮しなければならない。当地域の鉱化帯は、先第三系露出域、即ち、北北西-南南東方向の隆起帯にほぼ限られる。イグニプライト地帯の下部にも存在する可能性は否定できないが、鉱化作用と密接に関連する貫入岩や流紋岩ドームの活動が、上記隆起帯の構造線に規制されている点を考えると、その可能性は小さいと判断する。次に、鉱化帯は隆起帯全域に分散せず、火成活動の旺盛な地域中央部に集中する傾向がある。当地域にはNW系の含金石英脈とNE系の鉛亜鉛脈とがあるが、両者とも中央部の5km四方の範囲に集中し、これらの鉱化作用と関連する地化探異常も、地域中央に集中している。従って、精査対象となる有望地は、地域中央、隆起帯の国有鉱区に事実上限定される。

以上を総合して、地域中央部のNW系とNE系の脈が交差するマリポサ(Mariposa)脈やラトン(El Raton)脈周辺、ラトン脈と西方のアルヘンティナ(Argentina)脈との連続性の調査、石灰岩が国有鉱区に延長し、NE系の鉱化帯と交差するクルス(La Cruz)鉱山西方などが重要と考えられる。

物理探査はインマクラダ地域中央部の鉱脈密集地において、鉱化作用に起因する比抵抗および分極率異常を検出する目的で実施された。二次元解析の結果、測線東半分にNNW方向に配列する浅所から深所に達する顕著な低抵抗異常と弱い分極率異常が検出され、地質、鉱化帯との対応を検討した。この結果、測線東端の弱い分極率異常は、深部でやや顕著となり、北東部の異常とは独立するため、花崗岩に起因する異常と判断して除外し、さらに、地表部の地滑り粘土の影響を除外すると、チュバデロ脈の下部100～150m付近に鉱脈の方向と良く対応する異常が抽出された。物性試験の結果を加味すると、この異常は、鉱脈とそれを取り巻く割れ目系に起因するものと考えられる。

第2章 第2年次への提言

本年度調査3地域とも、既に十分な地表調査が行われており、今後は、インマクラダ地域とインデウノ地域で鉱況を直接確認するボーリングが必要である。

文献リスト

- CONSEJO DE RECURSOS MINERALES (1993): MONOGRAFIA GEOLOGICO-MINERA DEL ESTADO DE DURANGO
- CONSEJO DE RECURSOS MINERALES (1992):GEOROLOGICAL-MINING MONOGRAPH OF THE STATE OF JARISCO
- GUILLERMO P.SALAS,Y OTROS (1988):GEOLOGIA ECONOMICA DE MEXICO
- KENNETH F.CLARK (1982):Cenozoic mineral deposit and subduction-related magmatic arcs in Mexico Geological Society of America Bulletin,v.93,p.533-544
- Kenneth F Clark and Guillermo A.Salas P. (1988):A SPECIAL ISSUE DEVOTED TO THE GEOLOGY AND MINERAL DEPOSITS IN MEXICO, ECONOMIC GEOLOGY and the Bulletin of the Society of Economic Geologists
- Scott MacInnes(1996): Zonge Data Processing Smooth-Model Resistivity and IP Inversion version 2.02, Zonge Engineering & Research Organization,Inc.
- Scott MacInnes(1996) and Ken Zonge(1996): Two-dimensional Inversion of Resistivity and IP Data with Topography, Zonge Engineering and Research Tucson, Arizona.
- Scott MacInnes(1997): Zonge Data Processing Smooth-Model Resistivity and IP Inversion with Topography version 2.03, Zonge Engineering & Research Organization,Inc.
- Wannamaker, P.E.,1992, IP2DI-v1.00: Finite element program for dipole-dipole resistivity/IP forward and parameterized inversion of two-dimensional earth resistivity structure: Univ. of Utah Reseach Inst. Rept. ESL92002-TR.
- Takeda H.(1980): Review of the geology and mineralization in northern part of Sierra Madre Oriental,Mexico(Part1,geology). MINING GEOLOGY,30(6),363-371
- 財団法人 国際鉱物資源開発協力協会(平成9年):平成8年度資源開発協力基礎調査プロジェクト選定調査報告書 メキシコ合衆国

収集資料リスト

- CONSEJO DE RECURSOS MINERALES (1996):GEOROGIA GENERAL DE LA ASIGNACION MINERA"LA INMACULADA",MPIO.DE TECALITLAN,ESTADO DE JALISCO
- GUILIERMO AGUILERA TORRES et al (1985):INFORME FINAL GEOLOGICO-MINERO INDE,DGO,CONSEJO DE RECURSOS MINERALES
- Gerardo Mercado Pineda(1997): INFORME GEOLOGICO DE LA ASIGNACION EL COBRE MUNICIPIO DE TECALITLAN,EDO.DE JARISCO,OFICINA REGIONAL GUADARAJARA (C.R.M.)
- GERARDO MERCADO PINEDA (1997): INFORME EJECUTIVO DE LA ASIGNACION MINERA "EL COBRE",MPIO.DE TECALITLAN JARISCO MEXICO,OFICINA REGIONAL GUADARAJARA(C.R.M.)
- JURIO REYES ROMO RAMIREZ YOTRA(1996):INFORME FINAL GEOLOGICO GEOQUEMICO Y GEOFISICO DE LA ASIGNACION LA INMACULADA,MPIO.DE TECALITLAN,JALISCO,OFICINA REGIONAL JALISCO(C.R.M.)
- Jose Guadalupe Salas Vazques (1997):INFORME DE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN LA RESERVA MINERA NACIONAL DE INDE,MUNICIPIO DE INDE,ESTDO DE DURANGO,OFICINA REGIONAL DURANGO(C.R.M.)
- JAIME RAUL RIOS VAZQUEZ (1997):INFORME DEL PROYECTO OREGANO PARA LA PRESENTACION DEL SEMINARIO INTERNO.MUNICIPIO DE SAN JUAN DE GUADALUPE DEL ESTODO DE DURANGO,OFICINA RESIONAL DURANGO(C.R.M.)
- JAIME RAUL RIOS VAZQUEZ (1996):RESUMEN DEL INFORME DEL PROYECTO OREGANO,MUNICIPIO DE SAN JUAN DE GUADALUPE,DGO, OFICINA REGIONAL DURANGO(C.R.M.)
- OFICINA REGIONAL DURANGO, C.R.M.(1983):GERENCIA DE EVALUACION Y CONTRATOS TRABAJOS E INVERSION AL INICIO DEL PROYECTO EN AGOSTO DE 1983
- OFICINA REGIONAL DURANGO,C.R.M.(1997):PROYECTO:CONVENIO MEXICO -JAPON(R.M.N.INDE UNO) MUNICIPIO DE INDE,ESTADO DE DURANGO PLANO GEOLOGICO A DETALLE(1/5000).
- OFICINA REGIONAL GUADALAJARA(C.R.M.):LOG DE BARRENACION,INMACULADA.

