

## 第2章 物理探査

### 2-1 調査目的

本調査は、エクアドル共和国インパブラ州のインバオエステ地域中央地区内において、CSAMT法による物理探査を実施し、比抵抗と地質構造の関係を解明するとともに、鉱化帯の分布状況を把握することを目的とする。

### 2-2 調査方法

#### 2-2-1 CSAMT法の概要

CSAMT (Controlled Source Audio-Frequency Magneto-telluric) 法は、Cagniard (1953) により提唱された、MT法の理論に基づいており、MT法が自然界の電磁誘導を対象としているのに対し、CSAMT法は、地表に敷設した長さ 1.5 ~ 2.0 km の電流電極に任意の周波数の矩形波電流を流し、人工的に電磁波を誘起させ、それによって生じた二次電磁場の強度を測定して地下の比抵抗構造を求める手法である。

地球外部の電離層や磁気圏において変動する磁場は、電磁感応により電氣的に導体である地球内部に誘導電流を起し、それに伴う二次磁場を発生させる。これらの信号が、大地に平面波として入射すると仮定した場合、Maxwellの方程式により①式が導かれる。

$$\rho_a = \frac{1}{5f} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \dots\dots\dots \text{①}$$

$\rho_a$  : 見掛け比抵抗 ( $\Omega \cdot m$ )

$f$  : 周波数 (Hz)

$E_x$  : 電場の強さ (V/m)

$H_y$  :  $E_x$ に直行する方向の磁場の強さ (A/m)

①式より、地表で電場と磁場を測定することによって見掛け比抵抗を算出し、大地の比抵抗構造を解明することができる。

大地に入射した電磁波は、その周波数によって減衰率が異なり、高周波成分では大きく、低周波成分では小さい。したがって、低周波数の電磁波によって誘導された電磁場の信号ほど、より深部の比抵抗情報を伝える。また、電磁場の強さが地表における値の  $1/e$  (約 37%) になる深度は、表皮深度 (Skin Depth) と呼ばれ、探査深度の目安とされている。表皮深度は、②式で表される。

$$d = 503 \left( \frac{\rho_a}{f} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots \text{②}$$

$d$  : 表皮深度(m)

②式より、周波数が低く、大地の比抵抗が高いほど表皮深度は大きく、入射電磁波は地下深部まで到達することがわかる。

## 2-2-2 測定方法

電流電極は、測定点との距離が5 km以上離れるように調査地区の南側に設定した(図II-2-1)。電流電極の間隔は約2 kmで、金網・アルミニウム等の良導電体を地表下約1 mの深さに埋設し、電極の接地抵抗が100  $\Omega$ 以下となるようにした。流電電流は最大で10.8 Aであった。

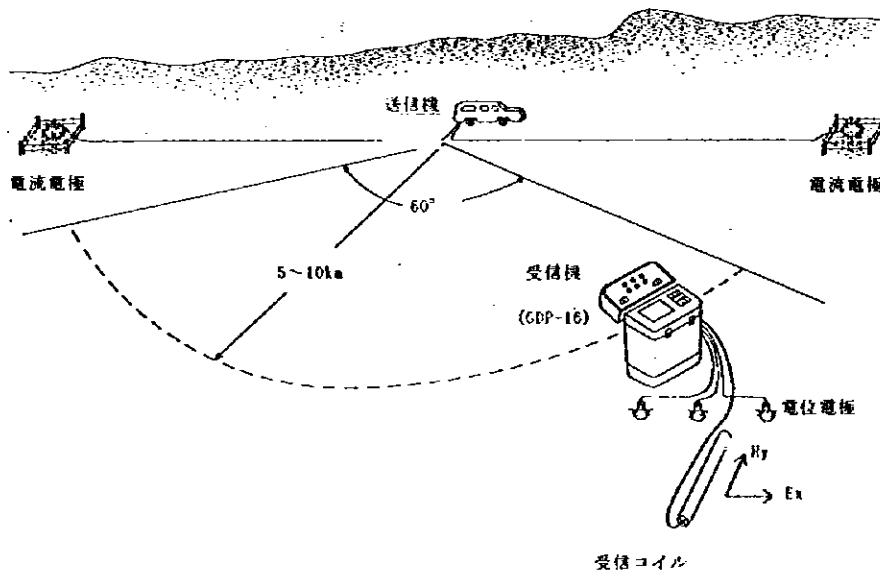
測定点は、調査範囲内に100 ~ 150 m間隔で、主として尾根沿い及び沢沿いに91点を配点した。(図II-2-2)また、測定点の位置は簡易コンパスによる開放トラバース法により決定した。

電場は、非分極性の電位電極で受信した。電極配置は電流電極に対して平行なダイポール配置、電極間隔は原則として30 m、電位電極の位置決定には簡易コンパスを使用し、電極の接地抵抗は安定した信号を受信するため、原則として10 k  $\Omega$ 以下となるようにした。

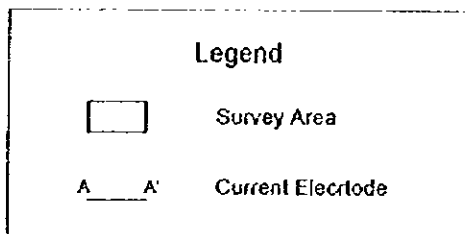
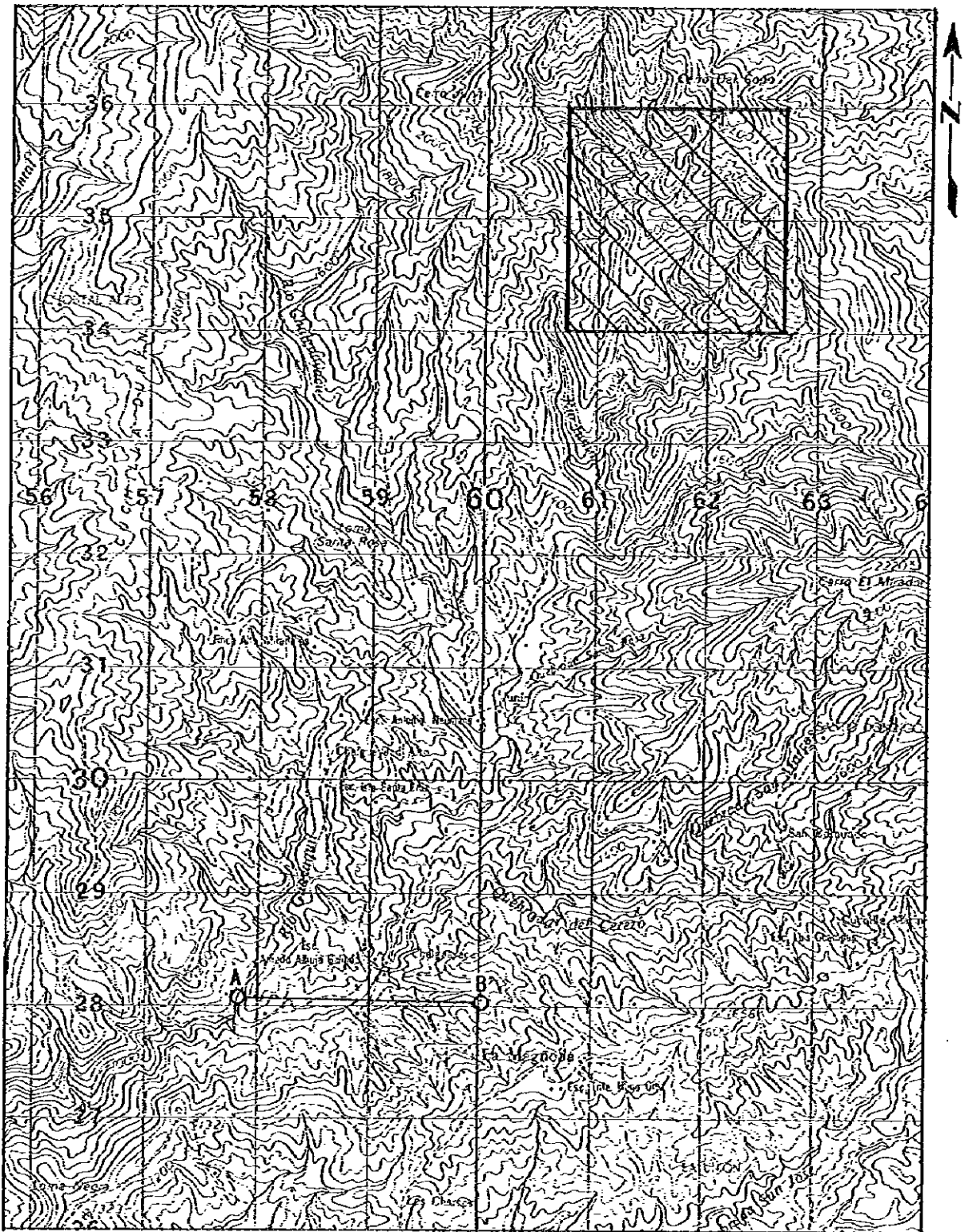
磁場は、磁気センサーで受信した。この時、センサーは電流電極に対して直交する方向に水平に設置した。

測定周波数は、本地域では高周波でのS/N比が良いことと、64 ~ 128 Hz付近からニアフィールド現象が出現することから、8192, 4096, 2048, 1024, 512, 256, 128, 64, 32, 16 Hzの10周波数とした。

各測定点での測定は、原則として3回以上行なった。各測定点の高周波数において若干のバラツキが認められたが、総じてデータの品質は良好であった。CSAMT法測定概念を図II-2-3に示す。



図II-2-3 CSAMT法概念図



図Ⅱ-2-1 インパオエステ地域中央地区物理探査調査位置図

### 2-2-3 使用機器

CSAMT法調査に使用した測定機器は、米国 Zonge (Zonge Engineering & Research Organization) 社製のシステムである。本システムは、受信部と送信部より構成されており、マイクロコンピュータにより制御されている。

調査に使用した主な測定機器を表II-2-1に示す。

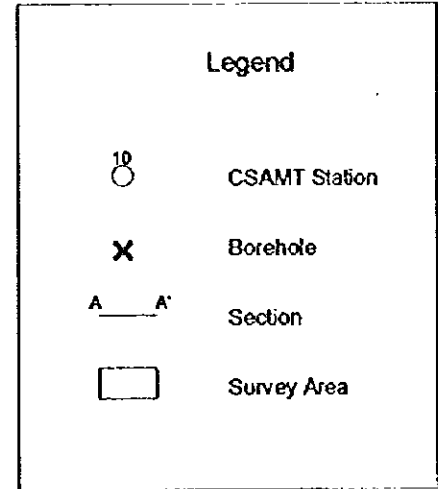
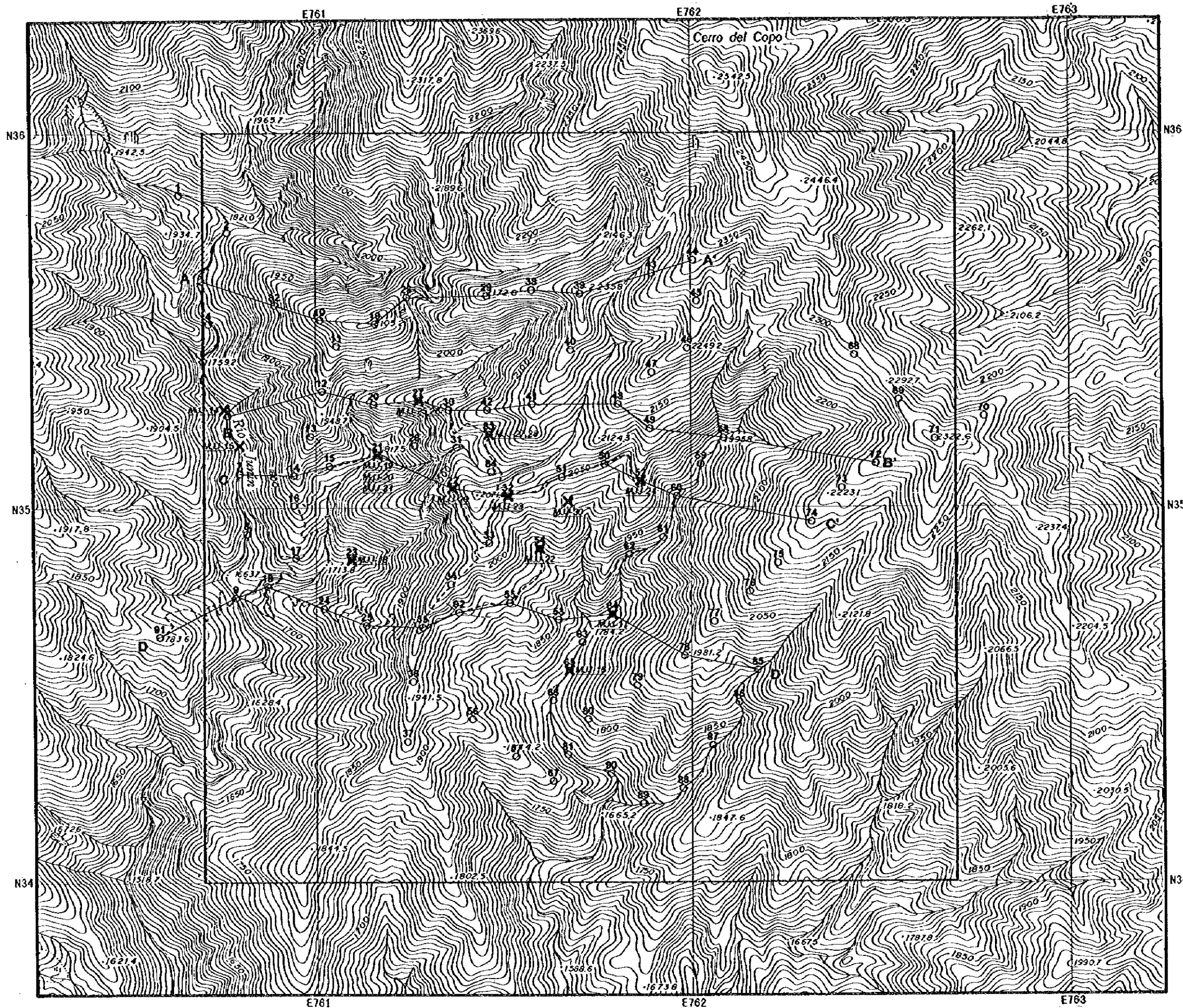
表II-2-1 CSAMT法測定機器一覧

送信部	<p>a)エンジン (HONDA 製) 最大馬力 5 HP</p> <p>b)トランスミッター (CH-90,千葉電子研究所製) 最大電圧 1,200 V 電 流 0.2~20 A 周 波 数 DC~8,192 Hz</p> <p>c)トランスミッター・コントローラー (XMT-16,ZONGE 社製) 制御周波数 0.001~8,192 Hz</p>
受信部	<p>a)データ・プロセッサ (GDP-16/3ch, ZONGE 社製) 16ビット CMOS マイクロプロセッサ 2 個内臓 バイナリーステップゲイン 1/8~4,096 (自動) 受信電位差精度 0.03 <math>\mu</math> V 最大入力電圧 10 V 入力インピーダンス DC~10M <math>\Omega</math> ダイナミックレンジ 160dB,精度 16 ビット SPオフセット調整 <math>\pm</math> 2V (自動) RAM 512 KB データ保存メモリー 896 KB A/D変換 16 bit ノッチフィルター 50/150,60/180 Hz</p> <p>b)磁場センサー (ANT/1B,ZONGE 社製) 一軸フェライトインダクションコイル 周波数 1/8~4,096 Hz 感 度 0.5mV/<math>\gamma</math> · Hz</p>

### 2-2-4 室内物性試験

岩石の電気的特性データを収集する目的でボーリング・コア及び地表から代表的な岩石・鉱石試料 34 個を採取し、室内測定を実施した。測定では、岩石試料を電極面が平面になるように整形し、湿润状態にした後、見掛比抵抗及び分極率の測定を実施した。



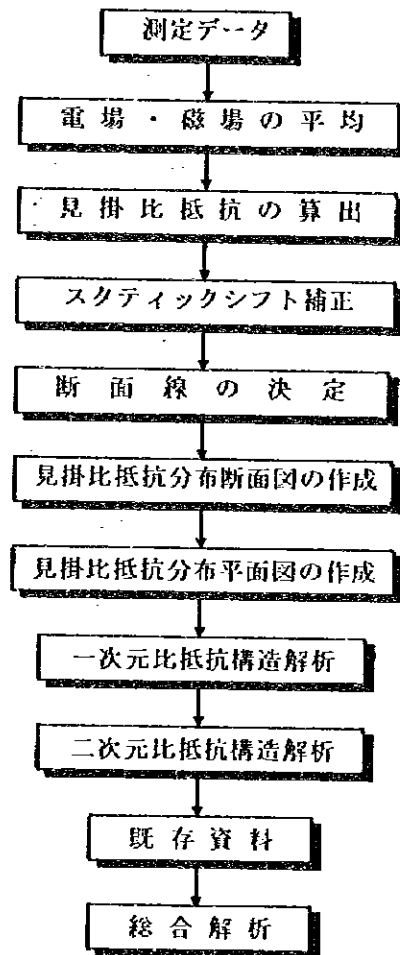


図II-2-2 インバオエステ地域中央地区物理探査測点位置図  
-51-52-



## 2-2-5 解析方法

データ処理・解析のフローチャートを図Ⅱ-2-4に示す。



図Ⅱ-2-4 解析フローチャート

### (1) スタティックシフト補正

本調査地域の地形は非常に急峻であり、尾根は痩せ、沢の兩岸は急崖を呈している。ほとんどの測定点が尾根沿い及び沢沿いに設定されているため、測定された見掛け比抵抗は地形の影響を受け、尾根では低く、沢では高くなるスタティックシフト現象が顕著であった。このままで一次元解析を行っても、解析結果は各測定点でかけはなれたものになってしまう。そこで、本調査では以下の前提条件の基にスタティックシフト補正及び解析を行った。

- ・調査地域は約2 Km×2 Kmと狭く、地質も比抵抗的には花崗閃緑岩類の単一ユニットである。
- ・調査地域の比抵抗構造は、1つ又は数個の見掛け比抵抗曲線で代表できる。
- ・各測定点での比抵抗差は風化、鉍化作用及び変質の違いにより生じる。
- ・同じ形の見掛け比抵抗曲線は、地表付近の薄層を除き、同じ比抵抗構造を意味する。



スタティックシフト補正は以下の手順で行った。

- ・全測定点のデータを用い、平均見掛比抵抗曲線を作成する。
- ・平均見掛比抵抗曲線と各測定点の見掛比抵抗曲線との形状の相関を求める。
- ・相関係数より、相関の高いもの、相関の低いもの、負の相関を持つものの3グループに分類し、各グループの平均見掛比抵抗曲線を求める（一次元解析を容易にするため）。
- ・平均見掛比抵抗曲線の各周波数の平均見掛比抵抗値を求める。
- ・各測定の各周波数の平均見掛比抵抗値を求め、グループ平均見掛比抵抗値との差を補正量とする

## (2) 一次元解析

一次元解析は、実測見掛比抵抗曲線にスタティックシフト補正を施した後、これに最も良く合う理論曲線を与えるような水平多層構造モデルをみいだすシミュレーション法により行った。

## (3) 二次元解析

二次元解析は、内田・小川（1993:地質調査所）のMT法フォワードインバージョン解析プログラムを使用して行った。インバージョン解析のパラメータとしては、TMモードによる計算処理を行い、見掛比抵抗及び位相差を収束因子とした。また、解析にあたり、各格子に与える比抵抗値を均質として二次元解析初期モデルを作成した。

CSAMT法の測定は、MT法のTMモードの測定を行っているのとほぼ同じ事になるため、上記のプログラムのパラメータをTMモードとしている。この結果、解析可能な断面は、電流電極とほぼ平行な断面に限られ、本調査ではE-W系の断面に相当する。

## 2-3 調査結果

### 2-3-1 室内物性試験

調査ボーリング孔及び地表の露頭から採取した36個の岩石試料を用いて、比抵抗および分極率を測定した。測定結果を表II-2-2に示す。

岩石試料の比抵抗値は、243 ~ 75,200  $\Omega \cdot m$ 、分極率は1.3 ~ 45.4 msecの範囲に分布している。

岩石試料の採取位置及び比抵抗から地下の比抵抗分布を推定すると、地表付近および地下深部で高く、その中間に低比抵抗層の挟在が認められる。

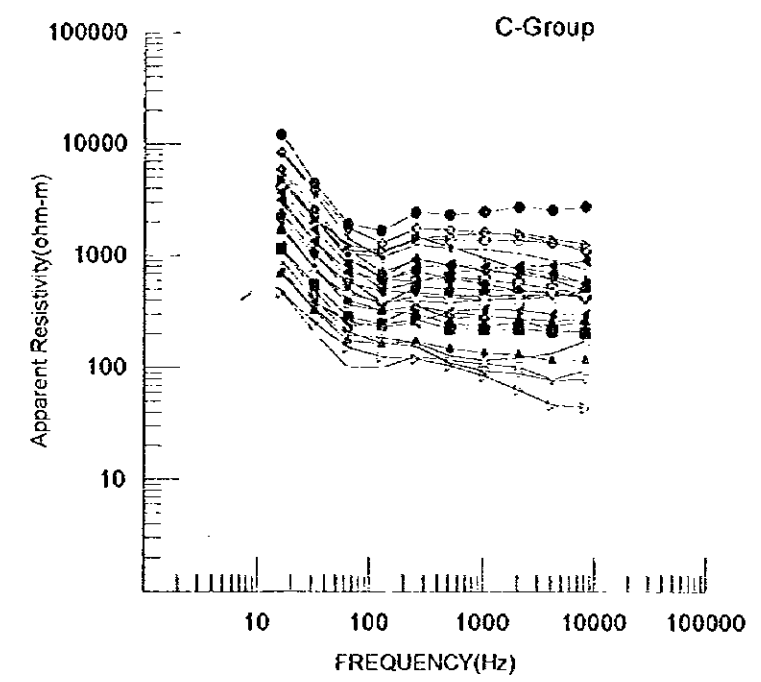
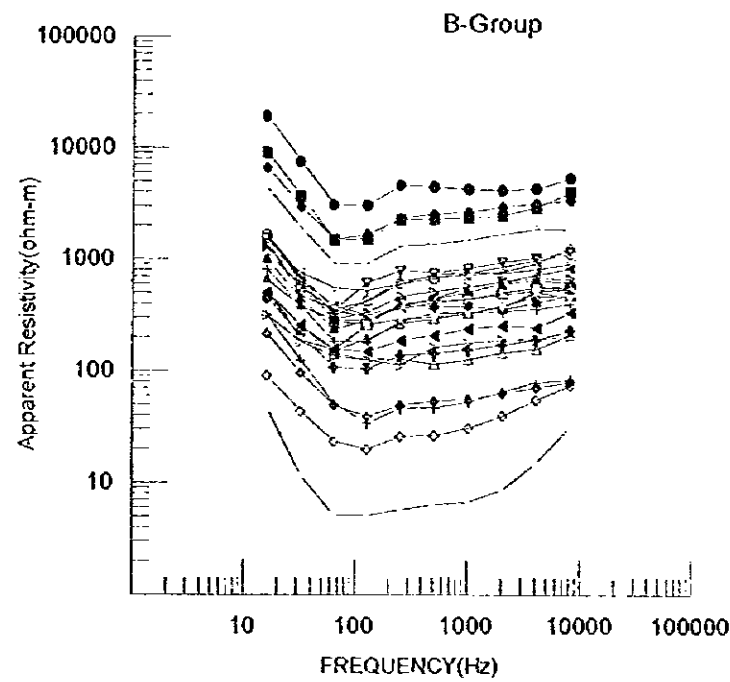
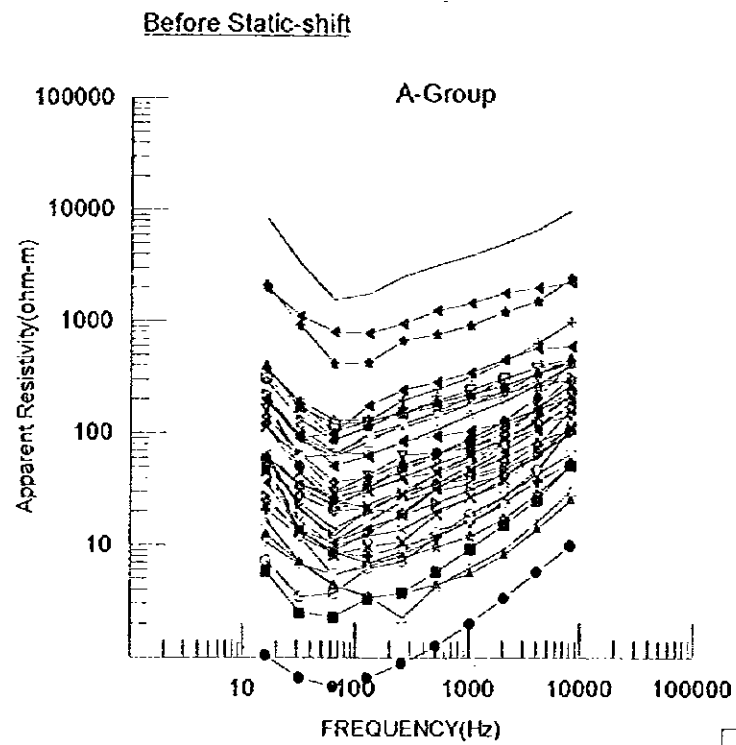
### 2-3-2 見掛比抵抗曲線

各測定点の見掛比抵抗曲線とスタティックシフト補正後の見掛比抵抗曲線を図II-2-5に示す。

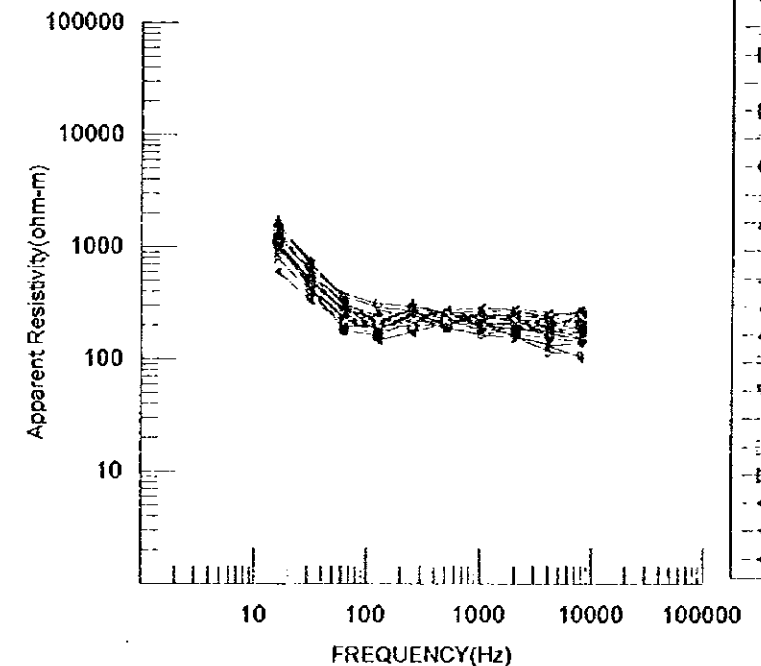
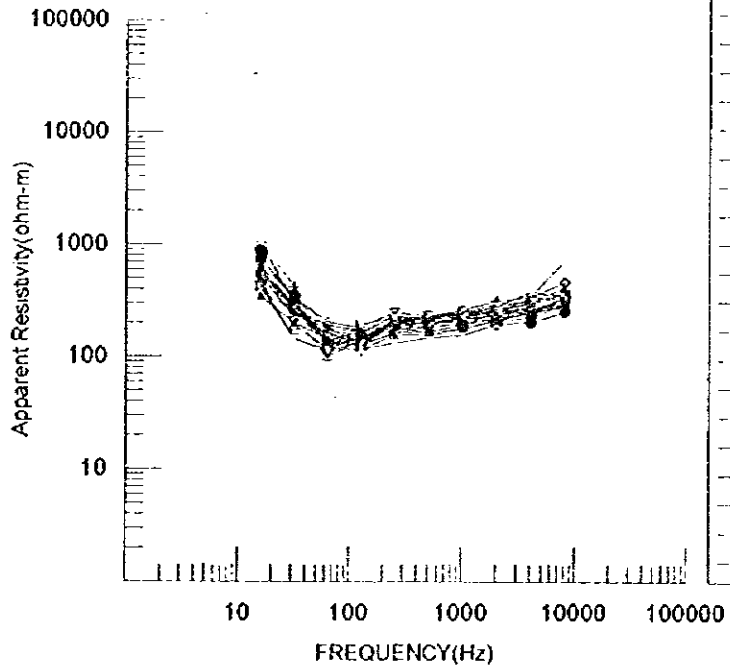
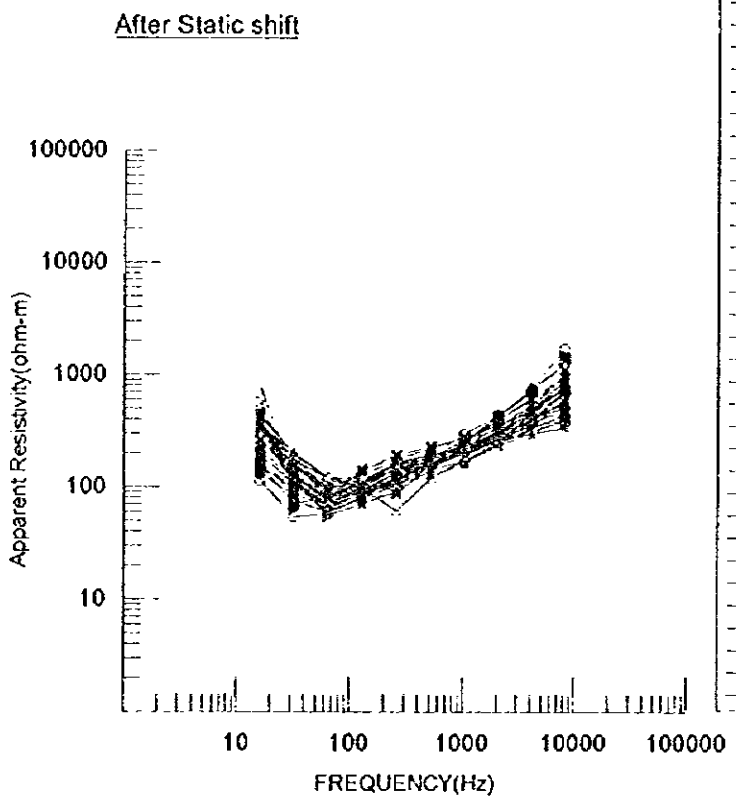
本調査では、見掛比抵抗の分布形状から以下の3グループに分類した。

<Aグループ>：平均見掛比抵抗曲線との相関が高いグループで、高周波数側から、高-低-高の見掛比抵抗パターンを示す。ニアフィールド現象は64 Hz付近から出現している。





- Legend
- Station 10
  - Station 11
  - Station 12
  - Station 13
  - Station 16
  - Station 18
  - Station 22
  - Station 25
  - Station 32
  - Station 33
  - Station 34
  - Station 35
  - Station 36
  - Station 37
  - Station 38
  - Station 40
  - Station 41
  - Station 42
  - Station 44
  - Station 45
  - Station 47
  - Station 48
  - Station 49
  - Station 50
  - Station 55
  - Station 56
  - Station 70
  - Station 71
  - Station 72
  - Station 73
  - Station 74
  - Station 75
  - Station 76
  - Station 77
  - Station 78
  - Station 79
  - Station 80
  - Station 82
  - Station 84
  - Station 88



- Legend
- Station 1
  - Station 14
  - Station 15
  - Station 17
  - Station 18
  - Station 20
  - Station 24
  - Station 26
  - Station 27
  - Station 29
  - Station 30
  - Station 38
  - Station 43
  - Station 51
  - Station 52
  - Station 53
  - Station 57
  - Station 58
  - Station 59
  - Station 67
  - Station 68
  - Station 69
  - Station 81
  - Station 83
  - Station 85
  - Station 87

- Legend
- Station 2
  - Station 3
  - Station 4
  - Station 5
  - Station 6
  - Station 7
  - Station 8
  - Station 9
  - Station 21
  - Station 23
  - Station 28
  - Station 31
  - Station 54
  - Station 59
  - Station 60
  - Station 61
  - Station 62
  - Station 63
  - Station 64
  - Station 65
  - Station 56
  - Station 86
  - Station 88
  - Station 89
  - Station 90
  - Station 91

図II-2-5 地形補正前後の見掛け抵抗曲線  
- 55 - 56 -



表 II - 2 - 2 岩石試料物性測定結果一覽表

番号	採取位置	岩石名	比抵抗 ( $\Omega \cdot m$ )	分極率 (mV)	備考
1	MJJ-25(118.80m)	Altered Rock	6,150	9.3	強珪化、中絹雲母
2	MJJ-25(238.00m)	Altered Rock	6,020	7.2	強珪化、弱絹雲母
3	MJJ-25(363.20m)	Granodiorite	4,940	11.8	
4	MJJ-25(427.50m)	Granodiorite	498	1.3	
5	MJJ-25(476.20m)	Granodiorite	3,500	12.5	
6	MJJ-27(13.80m)	Granodiorite Porphyry	4,750	7.1	
7	MJJ-27(59.40m)	Granodiorite	791	9.4	
8	MJJ-27(122.0m)	Granodiorite Porphyry	744	11.8	
9	MJJ-27(123.40m)	Granodiorite Porphyry	578	3.8	
10	MJJ-27(184.85m)	Granodiorite	1,340	10.8	
11	MJJ-27(280.40m)	Altered Rock	2,680	12.2	強珪化、中絹雲母
12	MJJ-27(328.30m)	Altered Rock	2,280	11.6	中珪化、強絹雲母
13	MJJ-27(382.20m)	Altered Rock	2,410	5.6	強珪化、強絹雲母
14	MJJ-27(471.60m)	Granodiorite	243	7.0	
15	MJJ-29(60.60m)	Quartz Porphyry	2,100	12.6	
16	MJJ-29(242.80m)	Altered Rock	900	45.4	中珪化、中絹雲母
17	MJJ-29(360.40m)	Granodiorite	3,920	10.2	
18	MJJ-29(390.20m)	Altered Rock	2,100	16.5	中珪化、中絹雲母
19	MJJ-29(541.60m)	Altered Rock	3,370	29.0	強珪化、中絹雲母
20	MJJ-30(34.00m)	Granodiorite	589	11.6	
21	MJJ-30(99.50m)	Quartz Porphyry	540	12.2	
22	MJJ-30(319.50m)	Granodiorite Porphyry	1,250	9.9	
23	MJJ-30(498.50m)	Altered Rock	1,580	9.6	強珪化、強絹雲母
24	MJJ-30(516.70m)	Altered Rock	904	16.1	強珪化、強絹雲母
25	MJJ-30(566.15m)	Altered Rock	1,990	12.1	中珪化、強絹雲母
26	Y96001(G)	Granodiorite	13,100	7.8	地表
27	Y96002(G)	Granodiorite Porphyry	14,100	14.0	地表
28	Y96004(G)	Granodiorite Porphyry	19,100	12.0	地表
29	Y96006(G)	Granodiorite	24,900	10.7	地表
30	Y96007(G)	Granodiorite	6,300	18.9	地表
31	Y96011(G)	Granodiorite	75,200	7.0	地表
32	Y96019(D)	Granodiorite Porphyry	29,900	2.9	地表
33	Y96336	Quartz Porphyry	1,045	9.3	地表
34	Y96143	Granodiorite	3,510	6.1	地表

すべて尾根上の測定点で、 $1\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下から $1,000\ \Omega\cdot\text{m}$ 付近までの広い範囲に分布している。

ほとんどが上方にシフトされ、補正後は $200\ \Omega\cdot\text{m}$ 付近に集中している。

<Bグループ>：相関の低いグループで、中-低-高の見掛比抵抗パターンを示す。ニアフィールドは、 $64\ \text{Hz}$ 又は $128\ \text{Hz}$ から出現している。測定点53を除き、 $10\ \Omega\cdot\text{m}$ から $1,000\ \Omega\cdot\text{m}$ の間に分布し、ほとんどが下方に補正されている。尾根の測定点、沢の測定点が混在しているが、東西方向に延びる尾根の測定点が多く認められる。

<Cグループ>：負の相関を示すグループで、低-低-高のパターンを示す。ほとんどの測定点で、 $128\ \text{Hz}$ からニアフィールドが出現している。 $100\ \Omega\cdot\text{m}$ から $10,000\ \Omega\cdot\text{m}$ の間に分布している。測点91を除き、すべて沢に位置する測定点であり、ほとんどが下方に補正されている。

各測定点の見掛比抵抗曲線、位相曲線、次元解析曲線は巻末に示す。

### 2-3-3 見掛比抵抗分布

#### (1) 見掛比抵抗断面

東西方向に計4本の断面線を切り、各断面線について、見掛比抵抗断面図を作成した(巻末19参照)。

全体的に、南北方向に伸びる尾根上にある測定点において $100\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗を、また、沢上にある測定点において $600\ \Omega\cdot\text{m}$ 以上の高比抵抗を示す。これは地形の影響(スタティックシフト)を反映しているものであり、このまま解析すれば尾根で低比抵抗、沢で高比抵抗という地形と逆相関の解析結果が得られることは容易に判断できる。

A断面からD断面に向かって、即ち、北から南に向かって低抵抗化する傾向は認められる。

#### (2) 見掛比抵抗平面

周波数256, 1,024, 4,096 Hzの計3周波数について、地形補正前・後の比抵抗平面図を作成した。

4,069 Hzの見掛比抵抗平面図を図II-2-6に示す。256 Hz及び1,024 Hzについては、巻末に示す。

地形補正前の平面図は、見掛比抵抗断面図と同様に地形の影響を反映しており、全体的に尾根で低見掛比抵抗を沢で高見掛比抵抗を示している。また、周波数が下がるに従い、尾根沿いの低比抵抗帯が全体的に広がる傾向が認められ、下部に低比抵抗層が存在することを示唆している。

地形補正後の平面図は、Aグループが $250\ \Omega\cdot\text{m}$ 以上の高見掛比抵抗、Bグループが $160\sim 400\ \Omega\cdot\text{m}$ の中見掛比抵抗、Cグループが $250\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下の低見掛比抵抗を示している。

低見掛比抵抗は、調査地域の北西部にE-W系に、西部のフニン川沿いにN-S系に、測定点21を中心とした地域、フォルツナ沢沿い及びその東方の沢沿いにNE-SW系に分布している。前者2つの低見掛比抵抗異常は断層に伴う破砕帯及び鉍化帯を反映し、後者3つの低異常は鉍化作用に伴う変質を示していると考えられる。一方、高見掛比抵抗は、いずれも尾根沿いに分布しており、尾根部の水分の少ない風化層を反映していると考えられる。



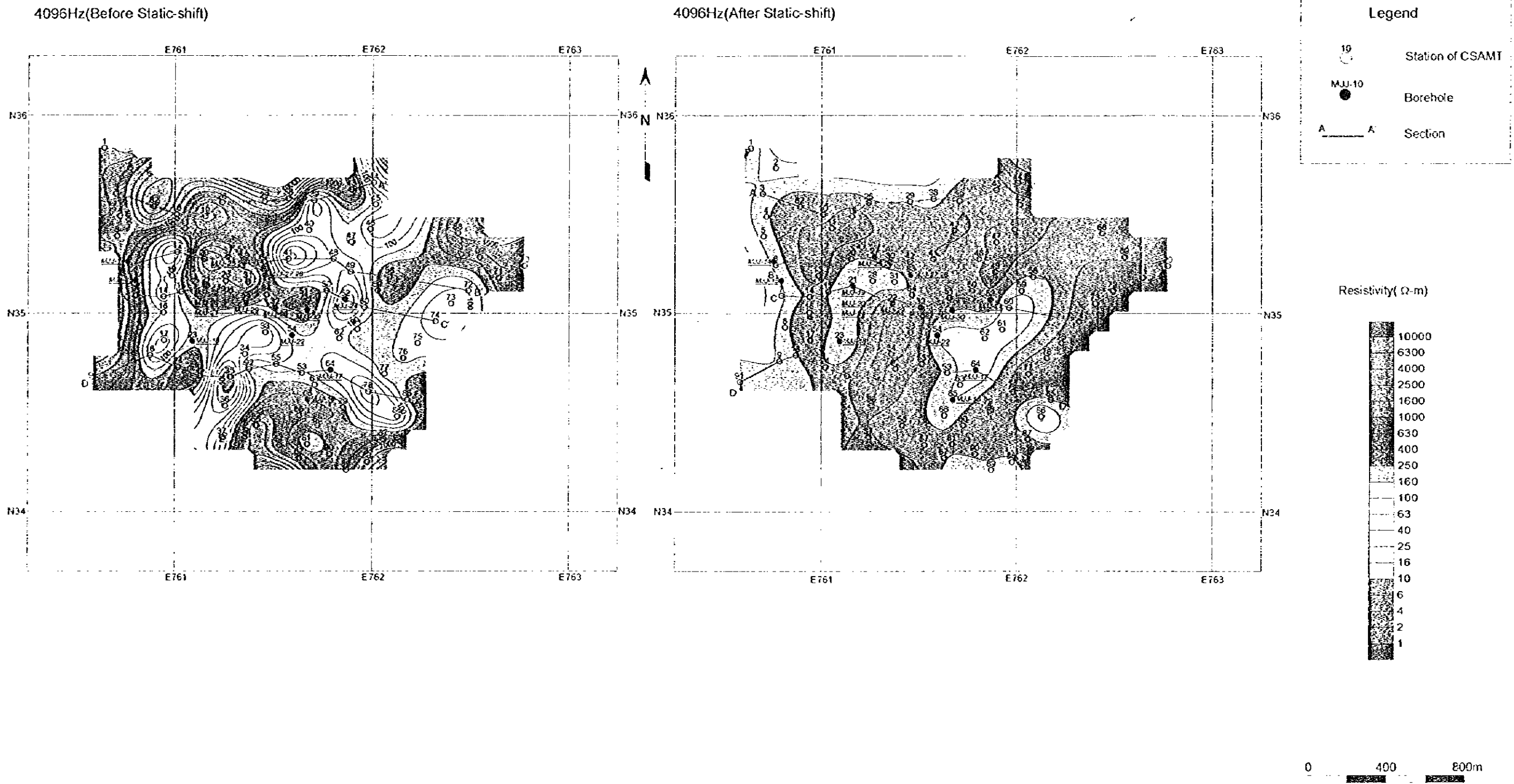


图 II-2-6 见卦比抵抗平面图 (4096Hz)





#### 2-3-4 一次元解析

見掛比抵抗断面と同じ、計4本の断面線について一次元解析結果をプロットし、比抵抗断面図を作成した。この結果を図Ⅱ-2-7に示す。また、各測定点における標高1,800, 1,650, 1,500mの比抵抗値を抽出し、一次元解析比抵抗平面図を作成した。この結果を図Ⅱ-2-8に示す。

全断面とも、おおむね地表から高-低-高比抵抗の3層構造を呈している。表層の250  $\Omega \cdot m$ 以上の高比抵抗は、層厚100m前後に解析され、風化層を表現しているものと考えられる。250  $\Omega \cdot m$ 以下の中間低比抵抗層は、層厚約200~600mで分布しており、南に向かって深く厚くなる傾向を示している。中間低比抵抗層は、その分布形状から以下の4つに分類される。

〔北部低比抵抗帯〕測定点3から26にかけてE-W系に分布する低比抵抗帯で、この付近にはE-W系の断層が確認されていることから、断層破砕帯に関連した低比抵抗帯と考えられる。

〔西部低比抵抗帯〕フニン川沿いにN-S系に分布する低比抵抗帯で、フニン川沿いの断層破砕帯を反映していると考えられる。低比抵抗帯の中心は測定点11から17にかけての尾根下にあり、北部でより低比抵抗で厚く、南に向かって薄く高比抵抗化する傾向が認められる。

〔中央部低比抵抗帯〕調査地域ほぼ中央の測定点33を中心として分布する低比抵抗帯である。本低比抵抗帯は、南南東方に向かってより低比抵抗で深く厚く分布し、北東方の測定点40及び北北東方の測定点49に向かって浅く薄く分布する傾向を示している。

〔フォルツナ沢低比抵抗帯〕フォルツナ沢沿いにNE-SW系に分布する低比抵抗帯で、沢では薄く、東方の尾根下で深く厚く分布する傾向を示している。本調査では、さらに東方及び北東方への分布は把握されていないが、さらに北東方へ延びる傾向は認められる。

これら以外にも、測定点44に低比抵抗が解析されており、調査地域の北東方に低比抵抗帯が存在する可能性を示唆している。

#### 2-3-5 二次元解析

各断面について二次元解析を実施した。二次元解析では、ある程度の地形の影響をも解析することが可能なため、スタティックシフト補正前の実測見掛比抵抗データを使用した。図Ⅱ-2-9には断面C及びDの二次元解析結果を示す。断面A及びBの解析結果は、巻末に示す。

本調査では東西系の断面に対して二次元解析を実施した。東西系の断面では、南北系の尾根や谷による地形の影響を考慮して解析することができるが、東西系の尾根や谷による影響を解析することはできない。したがって、本調査地域のように急峻な地形の場合、二次元解析を実施しても東西系の地形の影響が含まれた結果しか得られない。

一次元解析結果と比較すると、大局的には高-低-高比抵抗の3層構造であり、一次元解析結果と類似している。部分的に異なる構造が解析されている所は、使用した実測値データに東西系の地形の影響によるスタティックシフトがあるためと考えられる。一方、比抵抗値は一次元と二次元とでは大きな差がなく、これは、スタティックシフト補正により各測定点の見掛比抵抗が適切な値に補正されたことを意味している。

## 2-4 結 論

本調査では、各ボーリング孔のコアを使用して各種の分析が緻密に実施されている。ここでは、これらの結果から、標高 1,800 m, 1,650 m, 1,500 m 付近のデータを抽出し、比抵抗構造との対比を行う。標高 1,650 m について分析結果と一次元比抵抗平面とを併せて図示したものを総合解析図として図 II-2-10 に示す。標高 1,800 m 及び 1,500 m については巻末に示す。

抽出した分析データは、Cu, Mo, S, Na であるが、Cu と Mo については非常に相関が高く、ほぼ同じ結果を示したので、ここでは Cu, S, Na と比抵抗との関係について述べる。

調査地域の中央部に位置する MJJ-29, 30 等では、本年度良好な鉍化帯に達している。ボーリング調査の結果と比抵抗分布とを比較すると、鉍化帯と 250  $\Omega \cdot m$  以下の低～中比抵抗が良い相関を示している。これに分析結果を加味すると、浅部においては高 Cu, 中 S, 高 Na, 低比抵抗、深部においては高 Cu, 中 S, 低 Na, 低比抵抗である。このことから、本地域で高品位の Cu を期待できる低～中比抵抗帯は、浅部では弱変質・中硫化物、深部では強変質・中硫化物であると定義できる。これに基づいて本調査で捕捉された低～中比抵抗帯について検討してみると以下のとおりである。

〔中央部低比抵抗帯〕低比抵抗は、中心部から南西及び北北東に延びている。南西部に延びる低比抵抗帯は、MJJ-18 の分析結果から考えると、低 Cu, 高 S, 高 Na の低比抵抗であると推測され、弱変質で黄鉄鉍の多い鉍化帯の可能性が高い。北北東及び北東に延びる低比抵抗は分析結果も上述の定義をみたす傾向にあり、高 Cu の鉍化帯が賦存する可能性が高い。

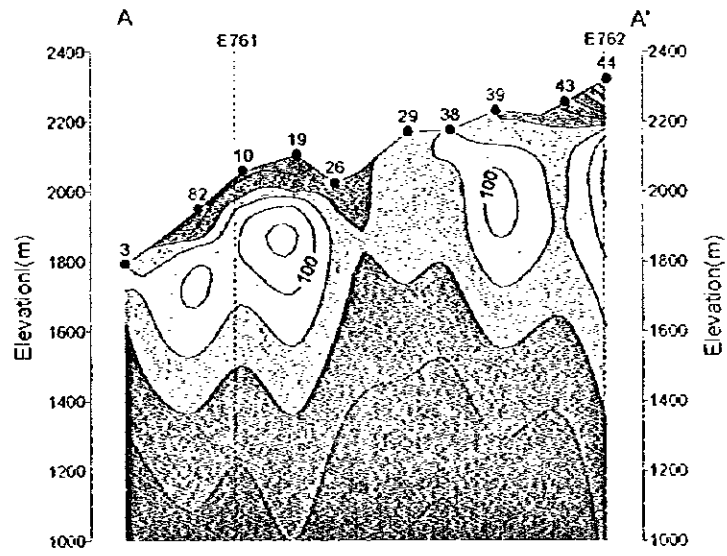
〔北部低比抵抗帯〕深部では、低 Cu, 低 S, 高 Na であり、変質及び鉍化作用が弱いことを反映して高比抵抗を示しているが、浅部では低 S, 中 Na の傾向が認められる。低比抵抗は、主として断層破砕帯を反映していると考えられるが、浅部では断層に沿った鉍化帯の存在が考えられる。

〔西部低比抵抗帯〕調査地域北部とほぼ同様な傾向を示しており、深部で高比抵抗化する傾向から深部に鉍化帯の散在する可能性は低いと思われる。しかしながら、北部低比抵抗帯との交点にあたる測点 10, 11 付近の浅部には、低比抵抗の分布形状より鉍化帯が賦存する可能性がある。

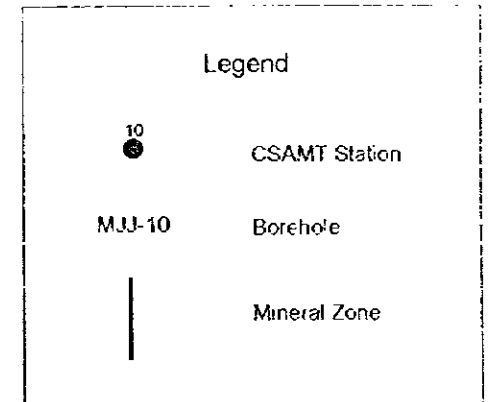
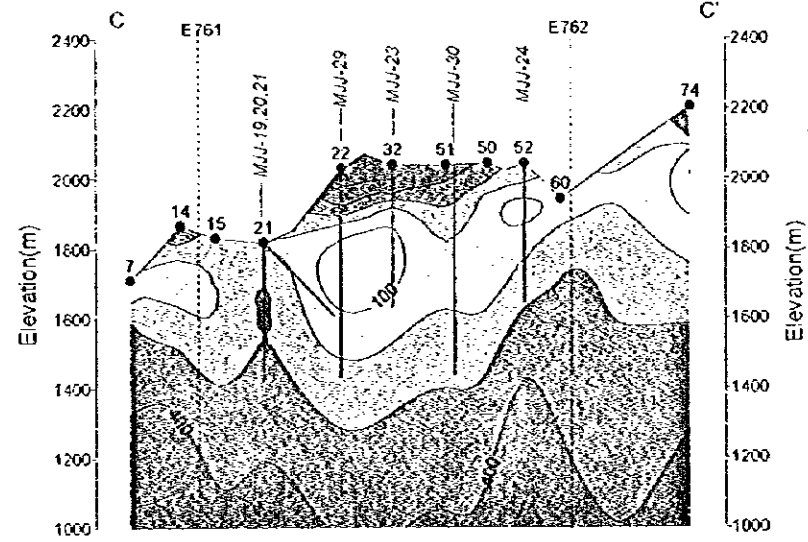
〔フォルツナ沢低比抵抗帯〕本低比抵抗は、フォルツナ沢から東方深部及び北東に延びる低比抵抗帯で、MJJ-16, 17 の分析結果から、浅部から深部にかけて Cu はあまり変化しないが、S は低下し、Na は高化する傾向にある。これは、前述の定義にそわないが、ボーリングでは東方深部に潜頭する鉍化帯の西端を捕捉したにすぎない可能性も残されている。



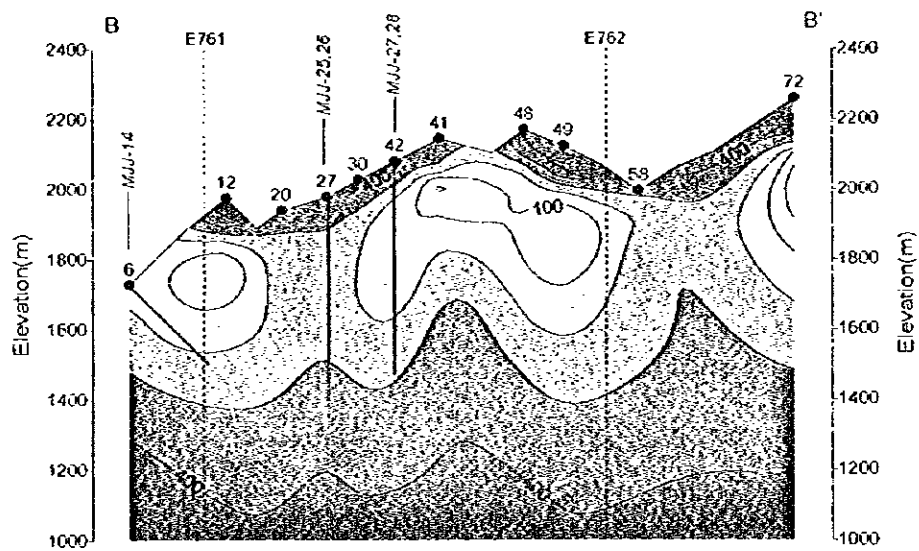
A-Section



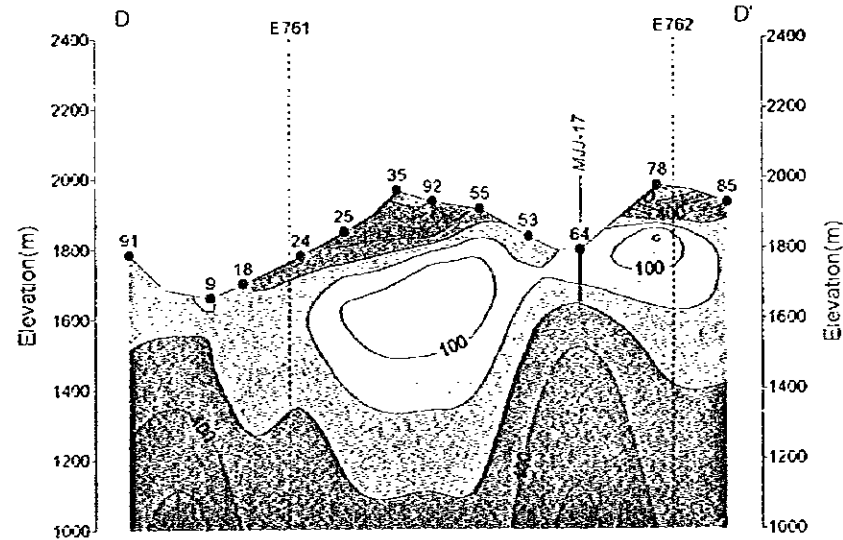
B-Section



B-Section



D-Section



Resistivity(Ω-m)

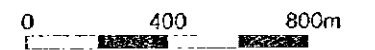
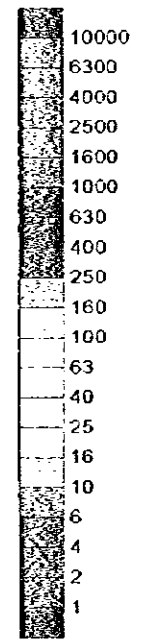


图 II-2-7 一次元解析比抵抗断面图

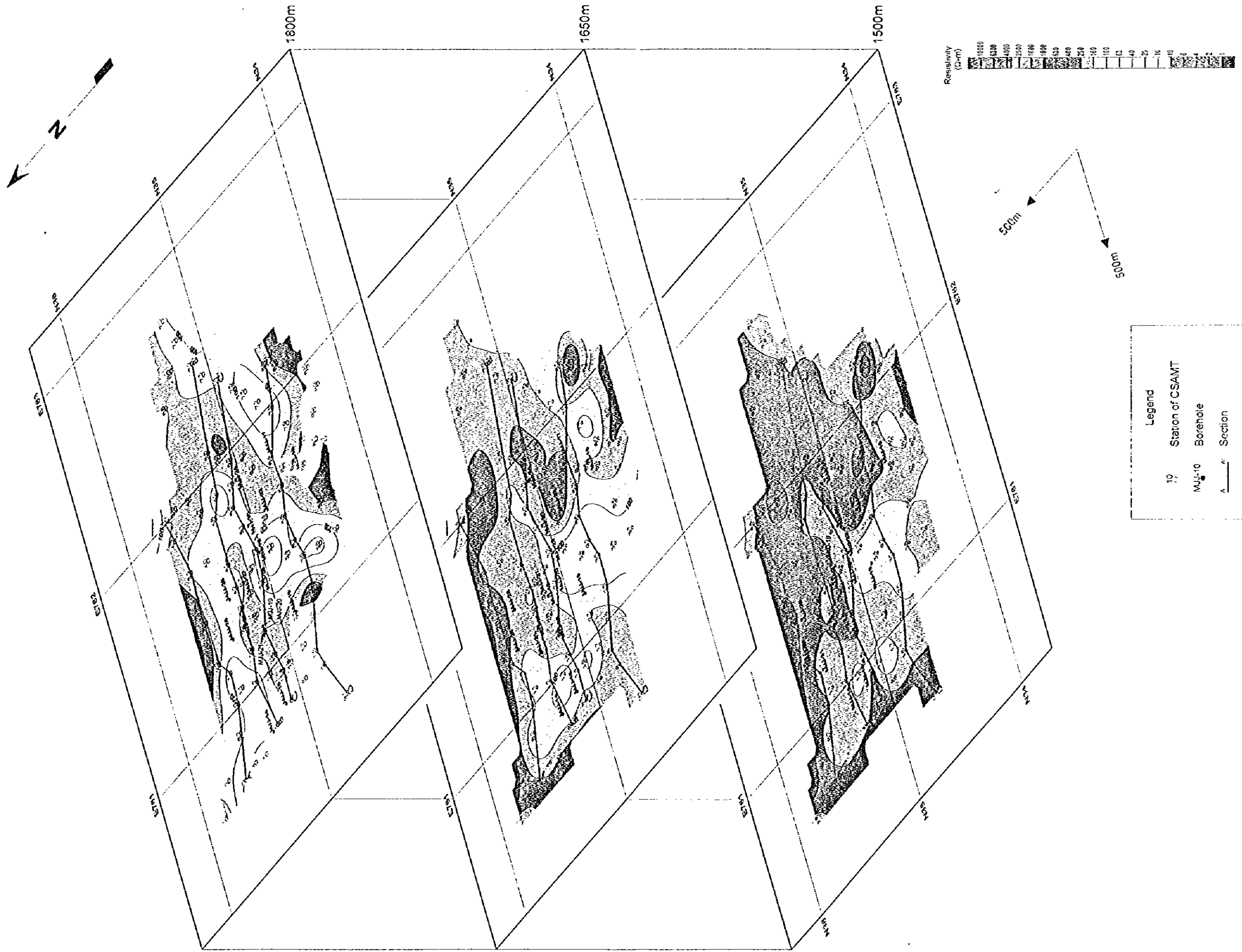
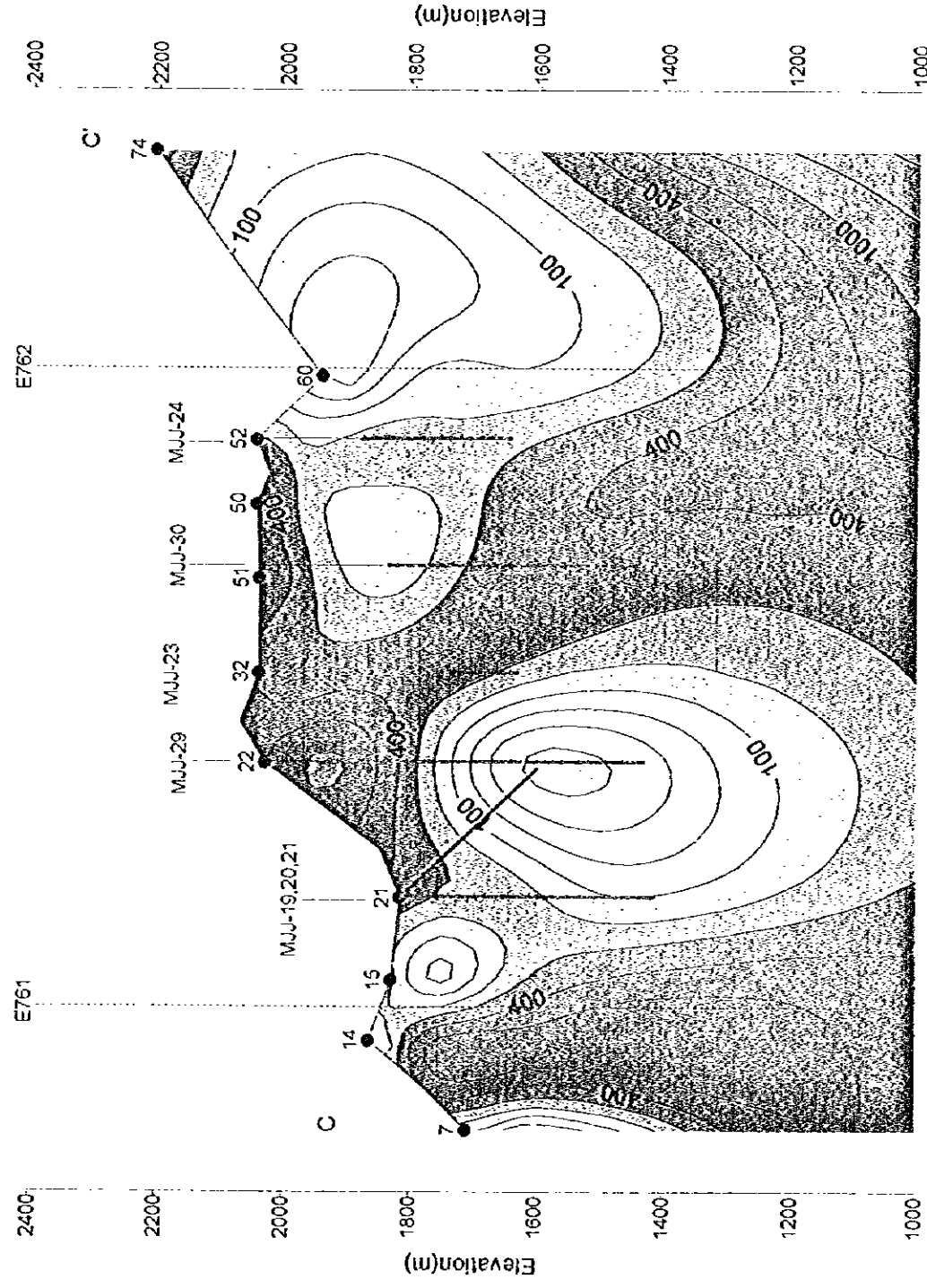


图 II-2-8 一次元解析比抵抗平面图

C-Section



2D-SECTION

D-Section

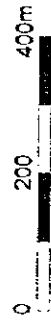
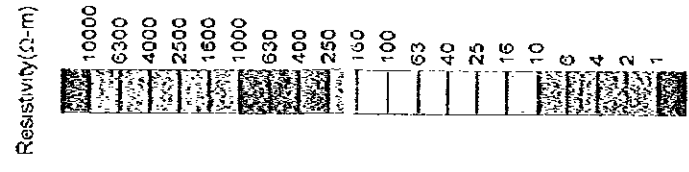
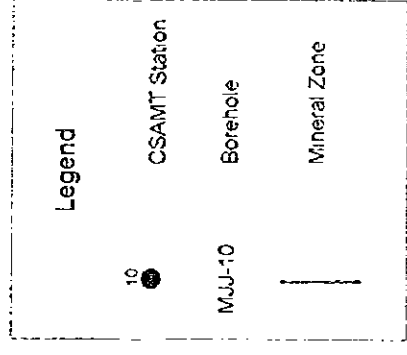
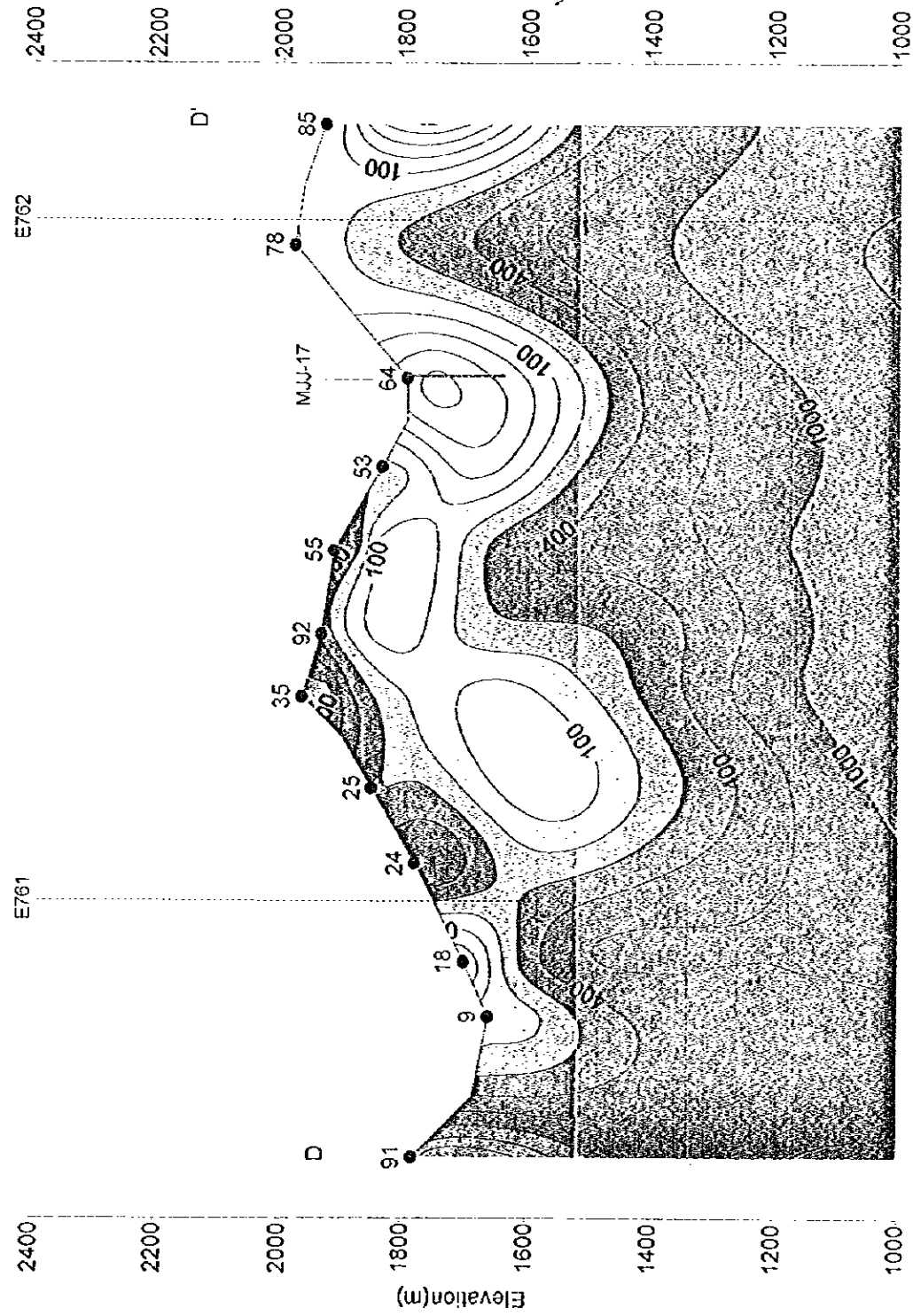
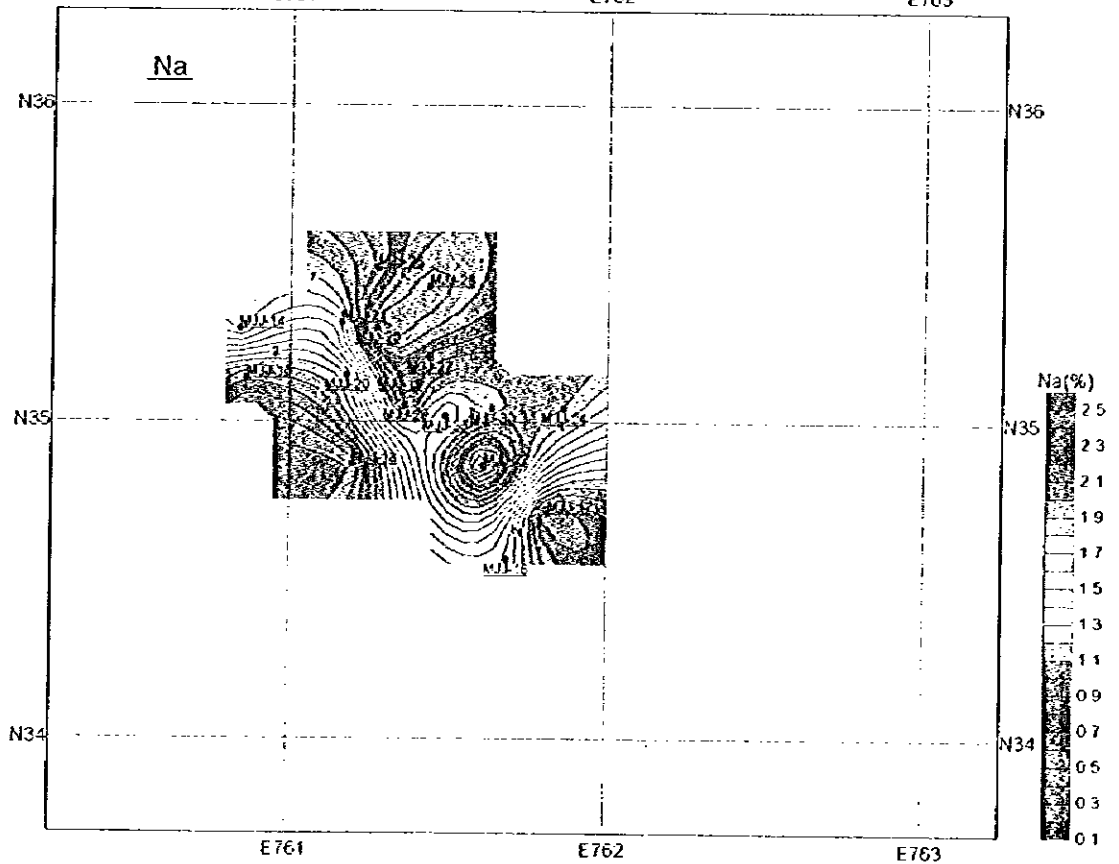
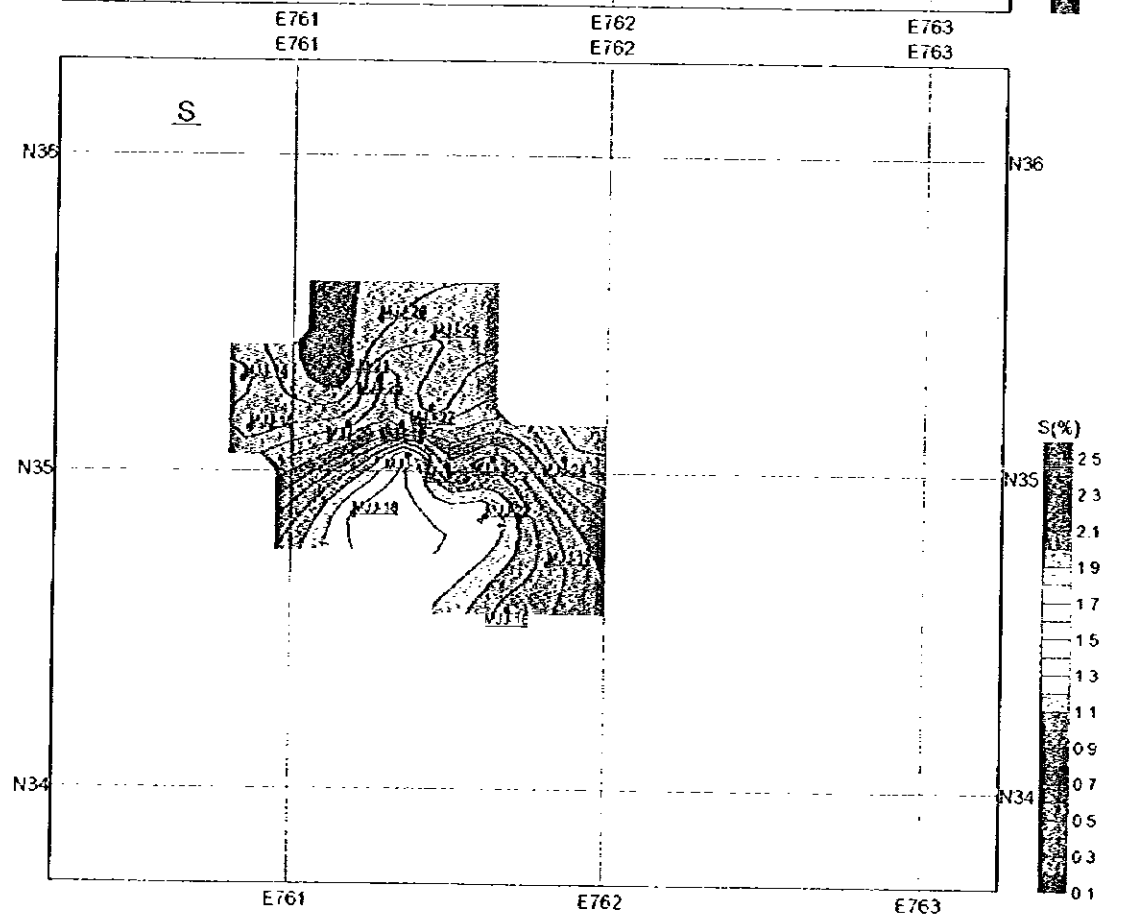
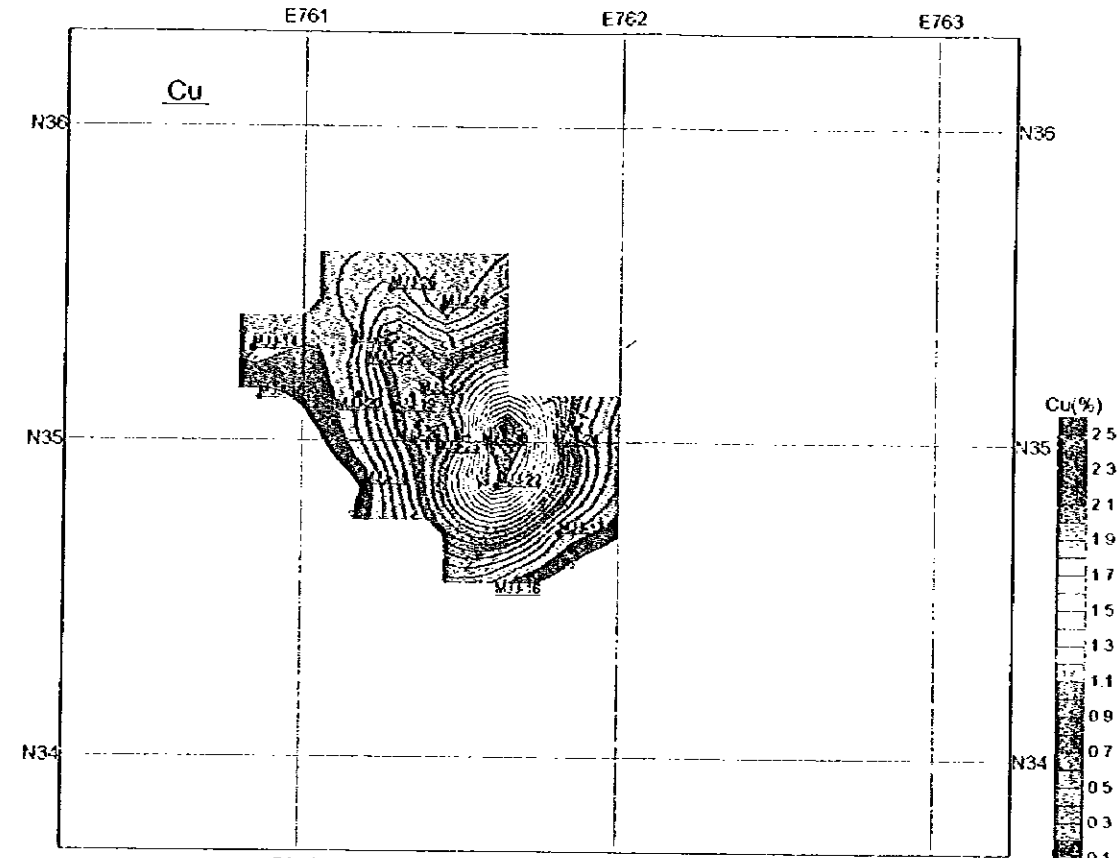
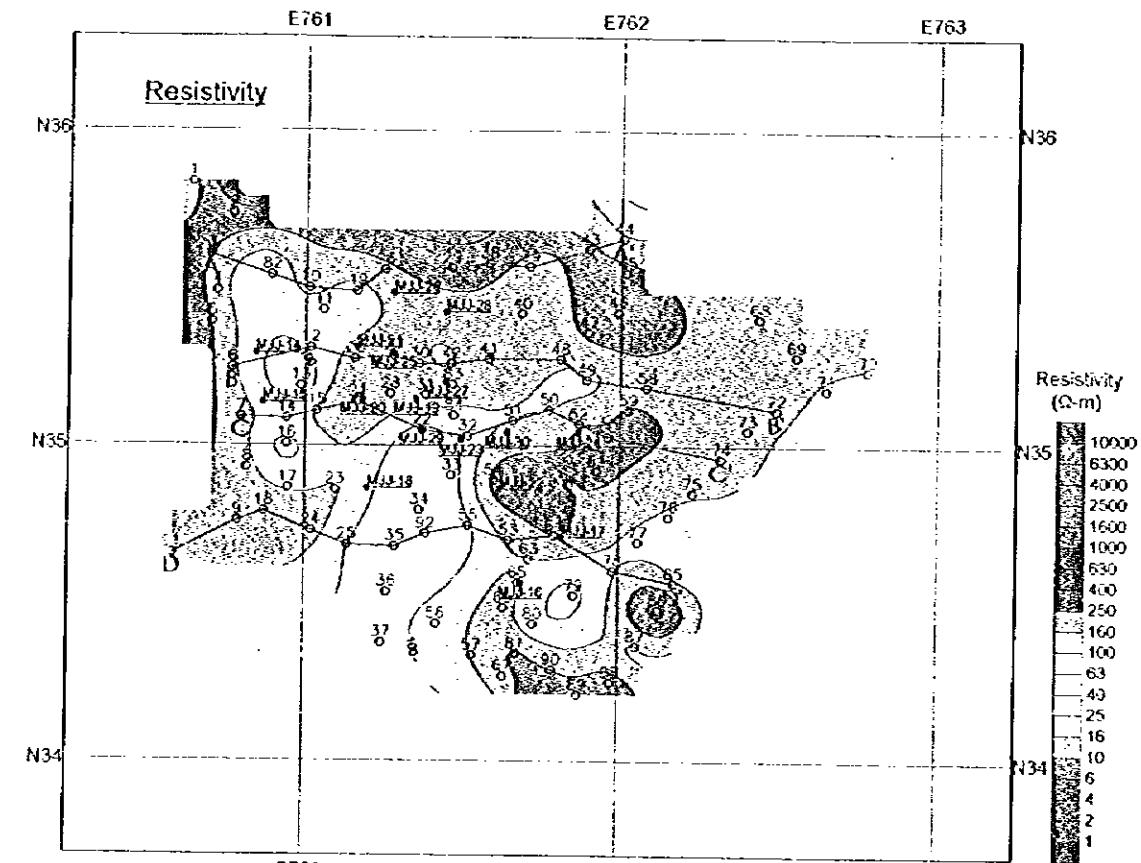


图 II-2-9 二次元解析比抵抗断面图 (C 断面, D 断面)



図II-2-10 物理探査調査結果総合解析図  
(標高 1.650m)





### 第3章 ボーリング調査

#### 3-1 調査目的

調査目的は、コントロベルシア沢、リカ沢、フォルツナ沢間の地下深部の鉱化作用及び鉱化状況を確認することである。

#### 3-2 調査方法

地下深部の鉱化作用及び鉱化状況を確認するため最大深度 600 m のワイヤライン工法によるボーリング調査を実施した。6 孔のうち、4 孔は垂直掘り、2 孔は傾斜掘り（ $-60^\circ$ ）である。

ボーリング孔の位置を、図 II-3-1 に示す。

ボーリングの位置、標高、深度、方向、傾斜を下記に示す。

孔番号	位置	標高	深度	方向	傾斜
MJJ-25	N35.294 E761.275	1,977.44m	602.58m	—	$-90^\circ$
MJJ-26	N35.294 E761.275	1,977.44m	502.00m	N 0 E	$-60^\circ$
MJJ-27	N35.200 E761.440	2,018.23m	602.58m	—	$-90^\circ$
MJJ-28	N35.200 E761.440	2,018.23m	602.58m	N 0 E	$-60^\circ$
MJJ-29	N35.050 E761.365	2,034.67m	601.98m	—	$-90^\circ$
MJJ-30	N35.041 E761.638	2,012.25m	602.56m	—	$-90^\circ$

#### 3-3 掘削作業

ボーリング掘削作業の実績を巻末 30 に示す。

##### (1) 資機材の搬入及び設営

ボーリング資機材の搬入は、キットからガルシアモレノを經由してフニンヘリポートまでトラック及び四輪駆動ピックアップにより行い、ヘリポートに宿舎を設営し資機材の集積地とした。ヘリポートから各ボーリングサイトまでの搬入は、造成した幅 2.20 m の運搬路により人力及び馬で行った。

ボーリングサイトは、約 10m × 10m の広さであり、尾根及び斜面に設置した。

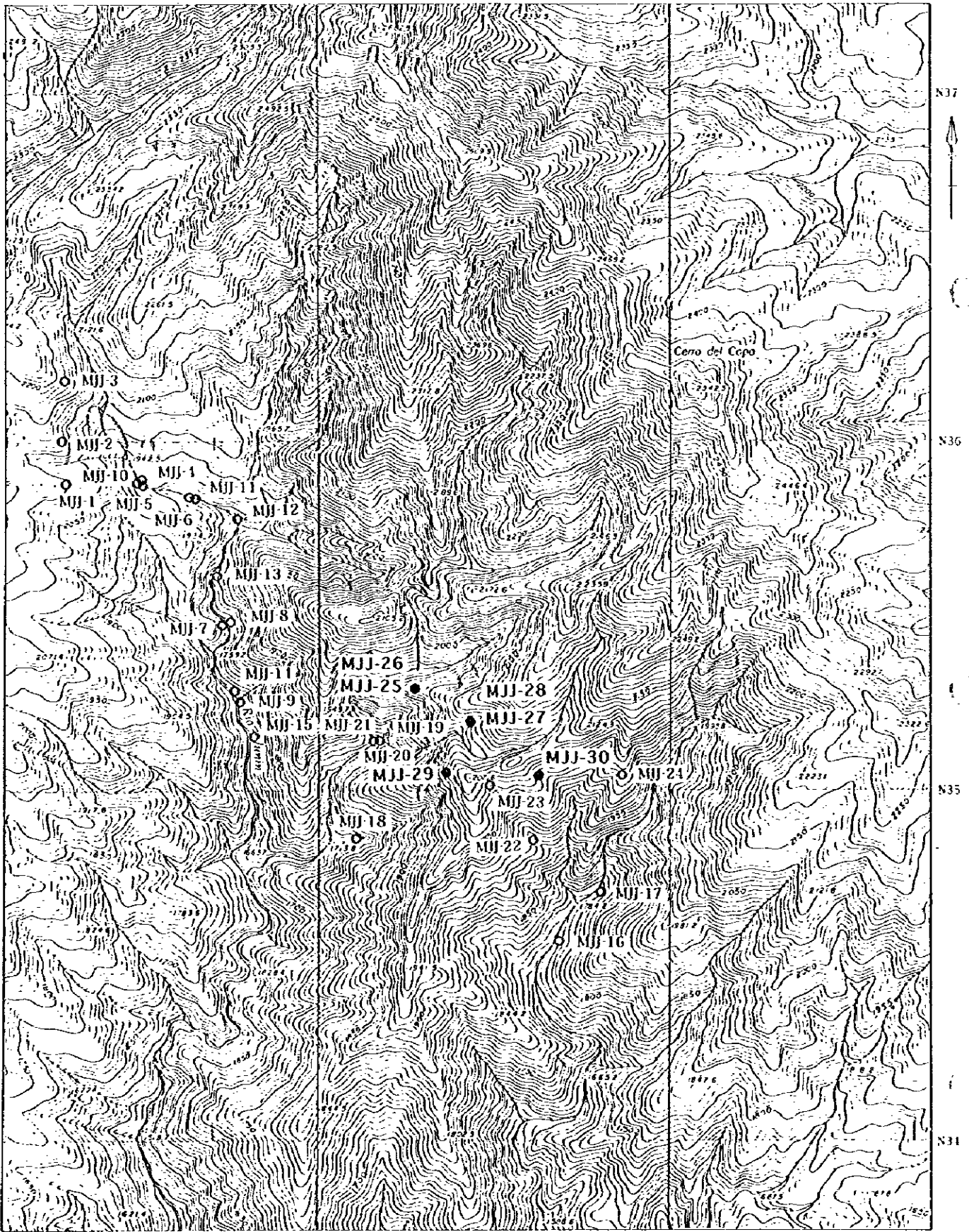
ボーリング用水は、コントロベルシア沢及びフォルツナ沢からポンプにより採取した。

##### (2) 掘進作業

掘進作業は、2 台のボーリング機械を用いて、2 方交代（1 方：12 時間）で平成 8 年 11 月 9 日から平成 8 年 12 月 19 日に実施した。掘進方法は、表土層を除き、ワイヤライン工法である。使用したボーリング機械及び資材消耗品は、巻末 31 に示す。

##### (3) 撤収

各ボーリングサイトからヘリポートまでの撤収は、人力及び馬で行った。ヘリポートからチャルグヤク川までの撤収は、雨のため道路状況が悪くなりブルドーザー及びチェーン装備の四輪駆動ピックアップにより行なった。チャルグヤク川からキットまではトラックにより行なった。



- Drill Hole (1996)
- Drill Hole (1991-1995)

図Ⅱ-3-1 ボーリング調査位置図

### 3-4 コア調査

コア調査は、ガルシアモレノ作業基地にて行い、調査結果は縮尺1:200の柱状図にまとめた。また、各種室内試験用試料を採取した。鉱石分析用試料は、コアの半分を用い、原則として深度2mの連続サンプリングとした。

### 3-5 調査結果

コア調査結果を巻末32に示す。また、薄片鑑定結果を巻末33に、研磨片鑑定結果を巻末34に、x線回折試験結果を巻末35に、流体包有物温度測定結果を巻末36に、鉱石分析結果を巻末37、巻末38に、年代測定結果を巻末39に各々示す。

各ボーリング孔の地質及び鉱化作用は、下記のとおりである。ボーリング孔付近の地質平面図及び地質断面図を図II-3-2に示す。

#### 3-5-1 MJJ-25孔

地質：花崗閃緑岩が広く分布し、これに花崗閃緑斑岩の岩脈が貫入している。斑岩は深度150mまで多いが、それ以深では少ない。珪化、絹雲母化、緑泥石化、緑簾石化が交互に見られる。断層が深度166.90m-169.40m間に認められる。

鉱化：深度60mまでは、褐鉄鉱が殆どで硫化鉱物は認められないが、一部に輝銅鉱、マラカイトを認める酸化帯である。銅鉱化は、花崗閃緑斑岩及び付近の花崗閃緑岩に認められ、深度60m-140m間、深度300m-350m間、深度380m-420m間、深度460m-602.58m間で良好な鉱況を示す。良好な鉱化部では強い珪化・絹雲母化変質が認められる。モリブデン鉱化は、深度60m-130m間に認められる。深度105m-140m間及び深度210m-250m間に石英脈の発達ที่著しい。

0-4.60m : 表土

4.60m-60.00m : 花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩に褐鉄鉱化、カオリナイト化、弱緑泥石化が認められる。

花崗閃緑斑岩は、傾斜40-60°で花崗閃緑岩に貫入し、褐鉄鉱化を受ける。一部に酸化銅が存在するが、硫化鉱物は認められない。カオリナイト化、緑泥石化、緑簾石化を受ける。

化学分析結果：55.40m、Cu 0.09%、Mo 0.004%。

60.00m-140.00m : 花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

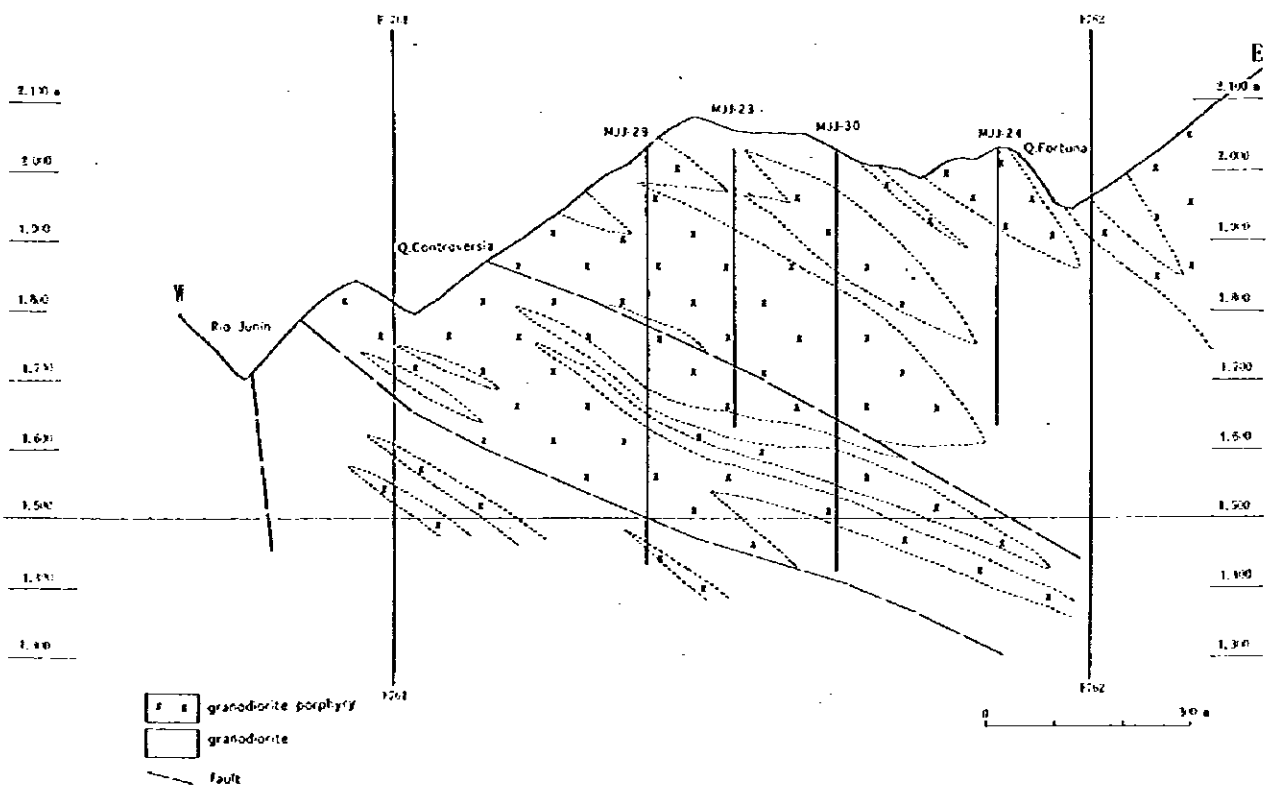
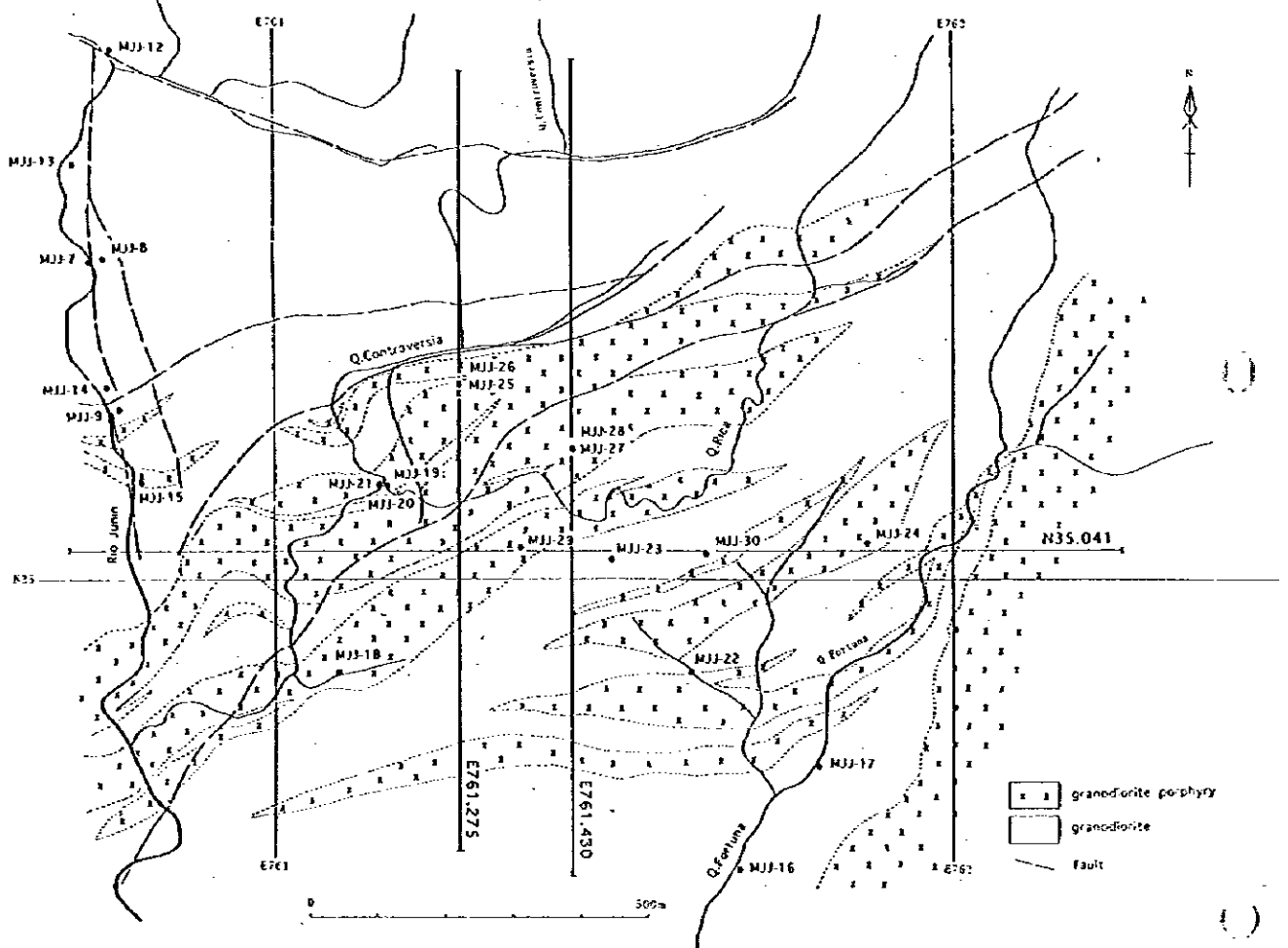
花崗閃緑岩には、網状斑銅鉱が認められ、弱珪化、弱絹雲母化、弱緑泥石化、弱緑簾石化を受けている。

花崗閃緑斑岩は、傾斜45-55°で花崗閃緑岩に貫入し、強珪化、弱絹雲母化、黒雲母化、カリ長石が認められる。網状～鉱染状の斑銅鉱、黄銅鉱、黄鉄鉱、輝銅鉱、輝水鉛鉱が認められる。

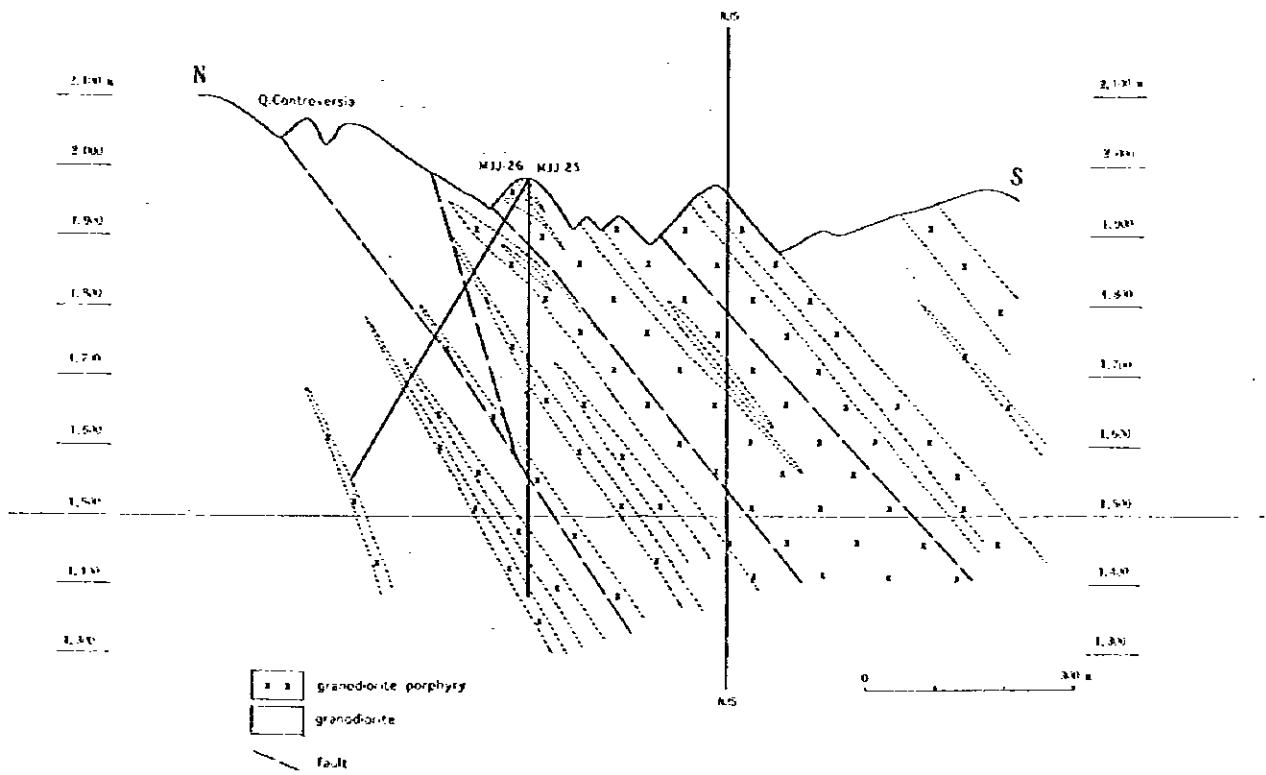
化学分析結果：80.00m、Cu 0.64%、Mo 0.038%。

140.00m-300.00m : 花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

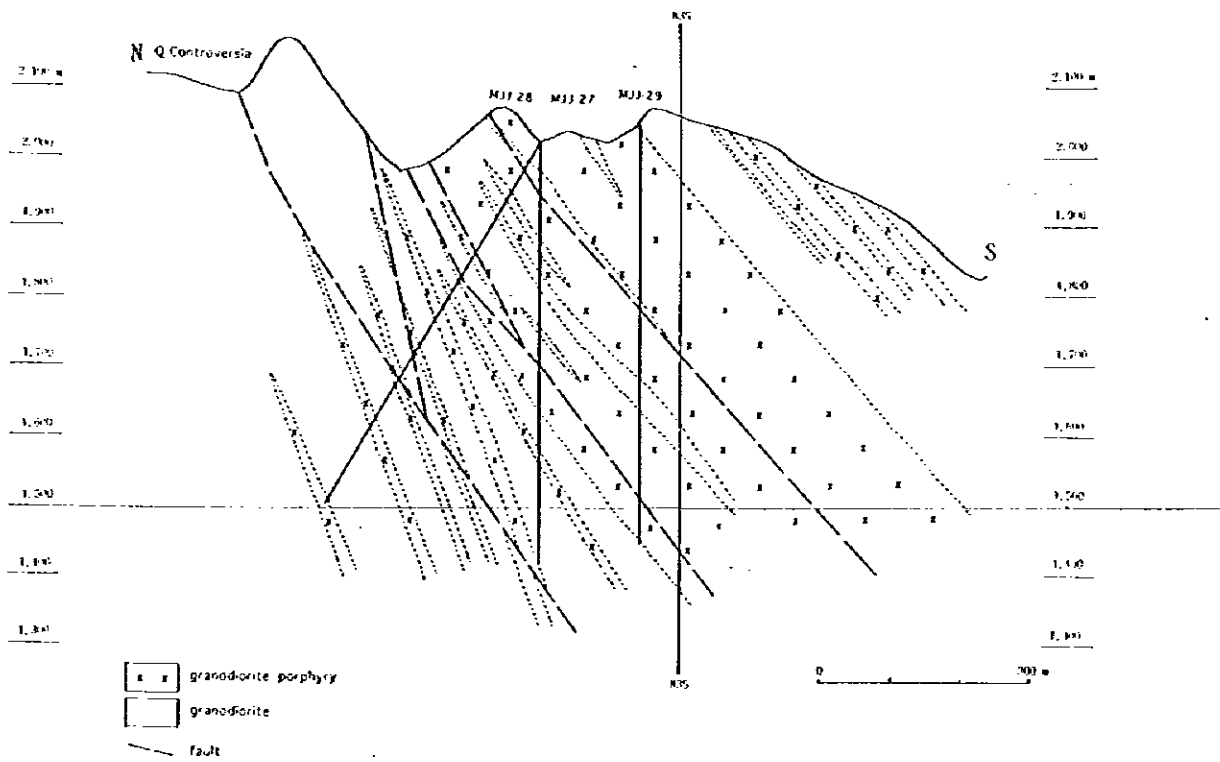
花崗閃緑岩には、網状黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱が認められ、弱～強珪化、弱絹雲母化、



図II-3-2 ボーリング地質断面図(1)



E761.275 断面図



図II-3-2 ボーリング地質断面図(2)

E761.430 断面図

弱緑泥石化、弱緑簾石化を受けている。深度 160m 付近には、黒雲母化、カリ長石が認められる。深度 210m-250m には、石英脈の発達が見られ、強珪化を受ける。

花崗閃緑斑岩は、傾斜 30-60° で花崗閃緑岩に貫入し、網状～鉍染状の斑銅鉍、黄銅鉍、黄鉄鉍が認められ、弱～中珪化、弱絹雲母化、弱緑泥石化、弱緑簾石化を受ける。深度 166.90m-169.40m に鉍染状黄鉄鉍、黄銅鉍の存在する傾斜 50° の断層が認められる。

化学分析結果：160.00m、Cu 0.27%、Mo 0.005%。

300.00m-350.00m：花崗閃緑岩と閃緑岩。

花崗閃緑岩中の粗粒石英脈（深度 314.80m-320.50m）付近には網状～鉍染状の斑銅鉍、黄銅鉍、黄鉄鉍、輝銅鉍が認められ、中珪化、弱絹雲母化を受ける。

閃緑岩は、中緑泥石化、中緑簾石化を受ける。

化学分析結果：50.00m、Cu 0.73%、Mo 0.012%。

350.00m-380.00m：花崗閃緑岩と閃緑岩。

花崗閃緑岩では、網状斑銅鉍、黄銅鉍が認められ、中珪化、弱絹雲母化を受ける。

閃緑岩は、中緑泥石化、中緑簾石化を受ける。

化学分析結果：30.00m、Cu 0.27%、Mo 0.002%。

380.00m-420.00m：花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑斑岩は、網状斑銅鉍、黄銅鉍が認められ、中珪化、中絹雲母化、弱緑泥石化、中緑簾石化を受ける

化学分析結果：40.00m、Cu 0.52%、Mo 0.009%。

420.00m-460.00m：花崗閃緑岩と閃緑岩。

花崗閃緑岩、閃緑岩ともに、わずかに網状斑銅鉍、黄銅鉍が認められる。強緑泥石化を受ける。

化学分析結果：40.00m、Cu 0.23%、Mo 0.003%。

460.00m-602.58m：花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩では、網状黄銅鉍が認められ、弱珪化、弱絹雲母化、弱緑泥石化を受けている。カリ長石が一部で認められる。

花崗閃緑斑岩は、傾斜 20-60° で花崗閃緑岩に貫入し、網状斑銅鉍、黄銅鉍、鏡鉄鉍が認められる。石英脈に揮水鉛鉍がわずかに認められる。中珪化。中絹雲母化、弱緑泥石化を受ける。

化学分析結果：142.56m、Cu 0.59%、Mo 0.008%。

平均及び良好部の化学分析結果は、下記のとおりである。

深 度	コア長	Cu 品位	Mo 品位
平 均：4.60m-602.58m	597.98m	0.43%	0.011%
良好部：60.00m-140.00m	80.00m	0.64%	0.038%
良好部：300.00m-350.00m	50.00m	0.73%	0.012%
良好部：380.00m-420.00m	40.00m	0.52%	0.009%
良好部：460.00m-602.58m	142.58m	0.59%	0.008%

### 3-5-2 MJJ-26孔

地質：花崗閃緑岩が広く分布し、これに花崗閃緑斑岩の岩脈が貫入している。斑岩は深度 60m まで多いが、それ以深では少なく、小規模である。珪化、絹雲母化、緑泥石化、緑簾石化が交互に認められる。断層が多数あり、顕著なものは深度 87.65m-90.90m、深度 105.45m-106.50m、深度 175.70m-176.20m、深度 256.00m-261.20m、深度 475.00m-478.00m に認められる。

鉍化：深度 80m まで褐鉄鉍のある酸化帯であり、深度 80m-150m 間には、褐鉄鉍、酸化銅、黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍が共に存在する。銅鉍化は、弱い深度 80m から孔底まで認められる。モリブデン鉍化は、深度 80m-110m 間、深度 440-480m 間に認められる。断層の付近では、鉍況が良くなり、断層が鉍化と関係していることが考えられる。深度 270m-315m 間及び深度 445m-460m 間に石英脈の発達著しい。

0-4.88m : 表土

4.88m-86.00m : 花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩は、褐鉄鉍化、弱緑泥石化、弱緑簾石化を受けている。

花崗閃緑斑岩は、花崗閃緑岩に貫入し、褐鉄鉍化、カオリナイト化を受けている。硫化鉍物は認められない。

化学分析結果：81.12m、Cu 0.05%、Mo 0.002%。

86.00m-174.00m : 花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩には、わずかに褐鉄鉍、酸化銅、黄銅鉍、斑銅鉍が認められ、強～弱珪化、中～弱絹雲母化、中～弱緑泥石化、中～弱緑簾石化を受けている。特に、深度 110m-120m では強珪化、中絹雲母化、黒雲母化、カリ長石が認められる。

花崗閃緑斑岩は、花崗閃緑岩に貫入する。わずかに褐鉄鉍、酸化銅、網状～鉍染状の黄銅鉍、斑銅鉍が認められ、弱珪化、弱絹雲母化、弱緑泥石化を受けている。深度 87.65m-90.90m、深度 100.40m-100.60m、深度 105.45m-106.50m の断層には、灰色粘土と珪化変質岩からなる角礫が認められる。

化学分析結果：88.00m、Cu 0.32%、Mo 0.009%。

174.00m-256.00m : 花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩は、極くわずかに網状斑銅鉍が認められ、弱絹雲母化、中緑泥石化、中緑簾石化を受けている。

花崗閃緑斑岩は、極くわずかに網状斑銅鉍が認められ、弱絹雲母化、弱緑泥石化を受けている。深度 175.70m-176.20m には灰色粘土の断層が認められる。

化学分析結果：82.00m、Cu 0.23%、Mo 0.004%。

256.00m-262.00m : 灰色粘土及び花崗閃緑岩の角礫からなる断層。

化学分析結果：6.00m、Cu 0.43%、Mo 0.003%。

262.00m-316.00m : 花崗閃緑岩。

花崗閃緑岩は、わずかに鉍染状の黄銅鉍、斑銅鉍が認められる。強珪化、弱絹雲母化、黒雲母化、カリ長石が認められる。

化学分析結果：54.00m、Cu 0.10%、Mo 0.002%。

316.00m-376.00m : 花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。



花崗閃緑岩には、網状～鉍染状の黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍が認められ、強珪化、弱絹雲母化、弱緑泥石化を受けている。

花崗閃緑斑岩は、花崗閃緑岩に貫入し、網状～鉍染状の黄鉄鉍、黄銅鉍が認められ、中珪化、弱絹雲母化を受けている。

化学分析結果：60.00m、Cu 0.43%、Mo 0.006%。

376.00m-468.00m：花崗閃緑岩と閃緑岩。

花崗閃緑岩、閃緑岩ともに、わずかに網状黄鉄鉍、黄銅鉍が認められ、中珪泥石化を受けている。

化学分析結果：92.00m、Cu 0.32%、Mo 0.006%。

468.00m-502.00m：花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩には、わずかに網状～鉍染状の黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍が認められ、強珪化、弱～中絹雲母化、弱緑泥石化を受けている。

花崗閃緑斑岩は、花崗閃緑岩に貫入し、わずかに黄鉄鉍、黄銅鉍が認められ、弱珪化、弱絹雲母化を受けている。深度 475.00m-478.00m に断層が認められる。

化学分析結果：34.00m、Cu 0.26%、Mo 0.008%。

平均及び良好部の化学分析結果は、下記のとおりである。良好部は小規模であるが、断層付近に多く認められる。

深 度	コア長	Cu 品位	Mo 品位
平 均：4.88m-502.00m	497.12m	0.25%	0.005%
良好部：84.00m-92.00m	8.00m	0.99%	0.034%
良好部：246.00m-262.00m	16.00m	0.64%	0.012%
良好部：354.00m-358.00m	4.00m	0.75%	0.009%
良好部：370.00m-378.00m	8.00m	0.74%	0.009%
良好部：466.00m-480.00m	14.00m	0.56%	0.020%

### 3-5-3 MJJ-27孔

地質：花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩の岩脈からなる。斑岩は深度 455m まで多いが、それ以深では認められない。珪化、絹雲母化が深度 70m-460m 間に広く発達する。緑泥石化、緑簾石化は、深度 20m-250m 間、深度 450m-600m 間に発達する。断層が深度 150.30m-150.60m、深度 305.00m-306.20m、深度 315.70m-316.30m、深度 563.20m-568.00m 間に認められる。

鉍化：深度 20m までは、酸化帯である。銅鉍化は、70m-470m 間の花崗閃緑斑岩及び付近の花崗閃緑岩に認められる。また、深度 563m の断層付近にも銅鉍化が認められる。モリブデン鉍化は、深度 70m-270m 間に認められる。

0-5.79m：表土

5.79m-22.00m：花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑斑岩には、褐鉄鉍化、硫化鉍物は認められない。カオリナイト化を受けている。

化学分析結果：16.21m、Cu 0.16%、Mo 0.015%。

22.00m-66.00m：花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩には、網状黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱が認められ、弱珪化、弱絹雲母化、中～弱緑泥石化、中～弱緑簾石化を受けている。

花崗閃緑斑岩は、傾斜 20-30° で花崗閃緑岩に貫入し、網状黄鉄鉱、黄銅鉱が認められ、弱珪化、弱絹雲母化を受けている。

化学分析結果：44.00m、Cu 0.25%、Mo 0.015%。

66.00m-316.00m：花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩には、網状黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱が認められ、弱～中珪化、弱～中絹雲母化、弱緑泥石化、弱緑簾石化を受けている。

花崗閃緑斑岩は、傾斜 20-60° で花崗閃緑岩に貫入し、網状～鉱染状黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱が認められ、中珪化、強絹雲母化を受けている。黄鉄鉱は、深度 180m 以深では認められなくなる。斑銅鉱は、深度 190m-300m 間では黄銅鉱より多い。中珪化、強絹雲母化部では、鉱染状の黄銅鉱、斑銅鉱が認められ、良好な鉱況となる。深度 150.30m-150.60m に傾斜 50° の断層、深度 305.00m-306.20m に傾斜 50° の断層、深度 315.70m-316.30m に傾斜 50° の断層がそれぞれ認められる。

化学分析結果：250.00m、Cu 0.67%、Mo 0.028%。

316.00m-456.00m：花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩には、網状～鉱染状の黄銅鉱、斑銅鉱が認められ、中珪化、中～強絹雲母化を受け、深度 375m-425m で黒雲母化、カリ長石が認められる。

花崗閃緑斑岩は、傾斜 50-60° で花崗閃緑岩に貫入し、網状～鉱染状の黄銅鉱、斑銅鉱が認められ、弱～中珪化、中～強絹雲母化を受けている。中珪化、強絹雲母化部では、鉱染状の黄銅鉱、斑銅鉱が認められ、良好な鉱況となる。

化学分析結果：140.00m、Cu 0.67%、Mo 0.010%。

456.00m-560.00m：花崗閃緑岩。

花崗閃緑岩には、極くわずかに網状斑銅鉱が認められ、弱珪化、弱絹雲母化、弱緑泥石化を受けている。

化学分析結果：104.00m、Cu 0.27%、Mo 0.003%。

560.00m-602.58m：花崗閃緑岩。

花崗閃緑岩には、極くわずかに網状斑銅鉱が認められ、弱緑泥石化を受けている。

深度 563.20m-568.00m 間に黄鉄鉱、黄銅鉱が鉱染状に存在する傾斜 45° の断層が認められる。

化学分析結果：42.58m、Cu 0.79%、Mo 0.008%。

平均及び良好部の化学分析結果は、下記のとおりである。

深 度	コア長	Cu 品位	Mo 品位
平 均：5.79m-602.58m	596.79m	0.56%	0.017%
良好部：66.00m-456.00m	390.00m	0.67%	0.022%
良好部：560.00m-602.58m	42.58m	0.79%	0.008%

### 3-5-4 MJJ-28孔

地質：花崗閃緑岩が広く分布し、これに貫入する花崗閃緑斑岩の岩脈からなる。斑岩は深度480mまで存在するが、それ以深では認められない。珪化、絹雲母化、緑泥石化、緑簾石化が交互に発達する。断層が多数あり、深度50.20m-50.30m、深度178.60m-180.50m、深度217.50m-218.50m、深度232.80m-233.00m、深度368.60m-370.10m、深度380.20m-382.40m、深度386.55m-391.00m間に認められる。

鉱化：深度20mまでは、酸化帯である。銅鉱化は、花崗閃緑斑岩及び付近の花崗閃緑岩に認められ、良好部は深度50.00m-178.00m、深度360.00m-402.00mに存在する。深度360.00m-402.00mの鉱化部には断層が発達し、断層が鉱化と関係していることが考えられる。モリブデン鉱化は、深度50m-260m、深度380m-400m間に認められる。深度425m-455m間に石英脈の発達が著しい。

0-5.79m：表土

5.79m-20.00m：花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑斑岩には、褐鉄鉱化、硫化鉱物が認められない。わずかに酸化銅が認められる。カオリナイト化を受けている。

化学分析結果：14.21m、Cu 0.08%、Mo 0.004%。

20.00m-50.00m：花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩には、網状黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱が認められ、中緑泥石化、中緑簾石化を受けている。

花崗閃緑斑岩は、花崗閃緑岩に貫入し、網状黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、弱絹雲母化、弱緑泥石化、中緑簾石化を受けている。

化学分析結果：30.00m、Cu 0.24%、Mo 0.005%。

50.00m-178.00m：花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩には、網状～鉱染状の黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱が認められ、弱珪化、弱絹雲母、弱緑泥石化、弱緑簾石化を受けている。カリ長石が認められる。

花崗閃緑斑岩は、花崗閃緑岩に貫入し、網状～鉱染状の黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、弱～中珪化、中～強絹雲母化、弱緑泥石化を受けている。中珪化、強絹雲母化部では、鉱染状の黄銅鉱、斑銅鉱が認められ、良好な鉱況となる。深度50.20m-50.30mに断層が認められる。

化学分析結果：128.00m、Cu 0.90%、Mo 0.044%。

178.00m-368.00m：花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩には、わずかに網状の斑銅鉱が認められ、弱珪化、弱絹雲母、中緑泥石化、中緑簾石化を認める。

花崗閃緑斑岩は、花崗閃緑岩に貫入し、網状黄銅鉱、斑銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、中珪化、中絹雲母化を受けている。深度178.60m-180.50mに鉱染状黄銅鉱が認められる断層が存在する。深度217.50m-218.50m、深度232.80m-233.00mに断層がそれぞれ認められる。

化学分析結果：190.00m、Cu 0.36%、Mo 0.010%。

368.00m-402.00m : 花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩には、網状斑銅鉱が認められ、弱緑泥石化を認める。

花崗閃緑斑岩は、花崗閃緑岩に貫入し、網状の黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、中珪化、中絹雲母化を受けている。深度 368.30m-370.10m に、深度 380.20m-382.40m にそれぞれ断層が認められる。深度 386.55m-391.00m に鉱染状黄鉄鉱、黄銅鉱を認める断層が存在する。

化学分析結果 : 34.00m、Cu 0.85%、Mo 0.017%。

402.00m-602.58m : 花崗閃緑岩、閃緑岩、花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩及び閃緑岩には、わずかに網状の黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱が認められ、弱緑泥石化、弱緑簾石化を認める。深度 405m-430m 間には、中珪化、中絹雲母化、黒雲母化、カリ長石が認められる。

花崗閃緑岩に貫入する小規模な花崗閃緑斑岩が存在し、網状の黄銅鉱、斑銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、中珪化、中絹雲母化を受けている。

化学分析結果 : 200.58.00m、Cu 0.25%、Mo 0.004%。

平均及び良好部の化学分析結果は、下記のとおりである。

深 度	コア長	Cu 品位	Mo 品位
平 均 : 5.79m-602.58m	596.79m	0.45%	0.015%
良好部 : 50.00m-178.00m	128.00m	0.90%	0.044%
良好部 : 368.00m-402.00m	34.00m	0.85%	0.017%

### 3-5-5 MJJ-29 孔

地質 : 花崗閃緑岩と、これに貫入する花崗閃緑斑岩の岩脈からなる。斑岩は、著しく発達する。珪化は深度 250m-600m 間、絹雲母化は 50m-600m 間、緑泥石化は 50m-450m 間、緑簾石化は 50m-250m 間にそれぞれ認められる。断層は、深度 246.00m-247.00m、深度 527.70m-528.10m、深度 528.80m-529.40m 間に認められる。

鉱化 : 深度 90m までは、酸化帯である。銅鉱化は、花崗閃緑斑岩及び花崗閃緑岩中に認められ、良好部は深度 60m から孔底まで連続して認められる。モリブデン鉱化は、深度 150m から孔底まで良好である。

0-4.70m : 表土

4.70m-90.00m : 花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩では、褐鉄鉱化、輝水鉛鉱が認められるが、他の硫化鉱物は認められない。花崗閃緑斑岩では、褐鉄鉱化し、硫化鉱物は認められない。カオリナイト化を受ける。

化学分析結果 : 85.30m、Cu 0.06%、Mo 0.006%。

90.00m-246.00m : 花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑斑岩は、花崗閃緑岩に貫入し、石英斑岩質～花崗閃緑斑岩質の岩相変化があり、網状の黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、弱珪化、弱絹雲母化、弱緑泥石化を受けている。

化学分析結果 : 156.00m、Cu 0.53%、Mo 0.026%。

246.00m-410.00m : 花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩には、網状～鉍染状の黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍が認められ、弱～中珪化、弱～中絹雲母化、弱緑泥石化を受けている。黒雲母化、カリ長石が認められる。

花崗閃緑斑岩は、傾斜 40-60° で花崗閃緑岩に貫入し、石英斑岩質～花崗閃緑斑岩質の岩相変化があり、網状～鉍染状の黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍、輝水鉛鉍が認められ、中珪化、中絹雲母化を受けている。強変質部では鉍染状硫化鉍物が認められ、鉍況は良好である。深度 246m-

247m に傾斜 45° の断層が認められる。

化学分析結果 : 164.00m、Cu 0.87%、Mo 0.054%。

410.00m-528.00m : 花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑斑岩には、石英斑岩質～花崗閃緑斑岩質の岩相変化があり、網状～鉍染状の黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍、輝水鉛鉍が認められ、中珪化、中～強絹雲母化を受けている。強変質部では鉍染状となり、鉍況は良好である。深度 527.70m-528.10m に鉍染状黄鉄鉍、黄銅鉍が認められる。深度 527.70-528.10m、深度 528.80-529.40m に傾斜 40° の断層が認められる。

化学分析結果 : 118.00m、Cu 0.98%、Mo 0.068%。

528.00m-601.98m : 花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩には、網状～鉍染状の黄銅鉍、斑銅鉍が認められ、弱～中珪化、弱～中絹雲母化を受けている。カリ長石が認められる。強変質部では鉍染状となり、鉍況は良好である。花崗閃緑斑岩は、傾斜 65° で花崗閃緑岩に貫入し、石英斑岩質であり、網状～鉍染状の黄銅鉍、斑銅鉍、輝水鉛鉍を認め、中珪化、強絹雲母化を受けている。強変質部では鉍染状を示し、鉍況は良好である。

化学分析結果 : 73.98m、Cu 1.30%、Mo 0.041%。

平均及び良好部の化学分析結果は、下記のとおりである。

深 度	コア長	Cu 品位	Mo 品位
平 均 : 4.70m-601.98m	597.28m	0.74%	0.041%
良好部 : 90.00m-601.98m	511.98m	0.85%	0.047%

### 3-5-6 MJJ-30 孔

地質 : 花崗閃緑岩と、これに貫入する花崗閃緑斑岩の岩脈からなる。斑岩が深度 530m まで発達する。珪化は深度 200m-600m 間、絹雲母化は 25m-600m 間、緑泥石化は 30m-150m 間、緑簾石化は 30m-150m 間にそれぞれ認められる。断層は、深度 232.50m-232.55m 間に認められる。

鉍化 : 深度 20m までは、酸化帯である。銅鉍化は、花崗閃緑斑岩及び花崗閃緑岩中に認められ、良好部は深度 190m から孔底まで認められるが、品位の変動が激しく深度 300m-390m 間及び深度 480m-550m 間は Cu 品位 1%以上を示す。また、深度 350m まで黄鉄鉍が黄銅鉍より多いことが特徴である。モリブデン鉍化は深度 300m から孔底まで良好である。

0-4.60m : 表土

4.60m-36.00m : 花崗閃緑岩。

花崗閃緑岩は、深度 20m まで褐鉄鉱化し、他の硫化鉱物は認められない。深度 20m-36m には、褐鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、弱～中珪化、弱～中絹雲母化を受けている。

化学分析結果：31.40m、Cu 0.16%、Mo 0.009%。

36.00m-170.00m : 花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩には、網状黄鉄鉱、黄銅鉱が認められ、弱珪化、弱絹雲母化、弱～中緑泥石化、弱～中緑簾石化を受けている。

花崗閃緑斑岩は、傾斜 25-55° で花崗閃緑岩に貫入し、石英斑岩質～花崗閃緑斑岩質の岩相変化があり、黄鉄鉱、黄銅鉱が認められ、弱珪化、弱絹雲母化、弱～中緑泥石化、弱～中緑簾石化を受けている。

化学分析結果：134.00m、Cu 0.29%、Mo 0.005%。

170.00m-190.00m : 花崗閃緑岩。

花崗閃緑岩には、網状黄鉄鉱、黄銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、弱珪化、弱絹雲母化、弱～中緑泥石化、弱～中緑簾石化を受ける。

化学分析結果：20.00m、Cu 0.35%、Mo 0.049%。

190.00m-232.00m : 花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑斑岩は、傾斜 55° で花崗閃緑岩に貫入し、網状黄鉄鉱、黄銅鉱が認められ、中～強珪化、弱絹雲母化、弱緑泥石化、弱緑簾石化を受ける。

化学分析結果：42.00m、Cu 0.55%、Mo 0.009%。

232.00m-300.00m : 花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑斑岩には、石英斑岩質～花崗閃緑斑岩質の岩相変化があり、網状黄鉄鉱、黄銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、弱～中珪化、弱絹雲母化、弱緑泥石化を受ける。深度 232.50m-232.55m に傾斜 50° の断層が認められる。

化学分析結果：68.00m、Cu 0.25%、Mo 0.004%。

300.00m-390.00m : 花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑斑岩には、網状黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、中～強珪化、中～強絹雲母化、弱緑泥石化、弱緑簾石化を受ける。深度 336m-356m 及び深度 374m-385m の強珪化、強絹雲母化部では、鉱染状黄銅鉱、斑銅鉱により、良好な鉱況を示す。

化学分析結果：90.00m、Cu 1.06%、Mo 0.021%。

390.00m-480.00m : 花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑斑岩は、傾斜 50° で花崗閃緑岩に貫入し、石英斑岩質～閃緑斑岩質であり、網状黄銅鉱、斑銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、弱～強珪化、中絹雲母化を受ける。強珪化、中絹雲母化部では、鉱染状黄銅鉱、斑銅鉱により、良好な鉱況を示す。深度 445m 付近にカリ長石が認められる。

化学分析結果：90.00m、Cu 0.56%、Mo 0.020%。

480.00m-550.00m: 花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩。

花崗閃緑岩には、網状黄銅鉱、斑銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、弱～中珪化、弱～中絹雲母化、弱緑泥石化を受ける。カリ長石が認められる。

花崗閃緑斑岩は、傾斜 50-60° で花崗閃緑岩に貫入し、石英斑岩質であり、網状黄銅鉱、黄銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、中～強珪化、中～強絹雲母化を受ける。強珪化、強絹雲母化部では、鉱染状黄銅鉱、斑銅鉱により、良好な鉱況を示す。

化学分析結果: 70.00m、Cu 1.48%、Mo 0.036%。

550.00m-602.56m: 花崗閃緑岩。

花崗閃緑岩には、網状黄銅鉱、斑銅鉱、輝水鉛鉱が認められ、弱珪化、弱～中絹雲母化を受ける。深度 560m-580m に黒雲母化、カリ長石が認められる。

化学分析結果: 52.56m、Cu 0.68%、Mo 0.011%。

平均及び良好部の化学分析結果は、下記のとおりである。

深 度	コア長	Cu 品位	Mo 品位
平均: 4.60m-602.56m	597.96m	0.63%	0.014%
良好部: 190.00m-602.56m	412.56m	0.79%	0.018%

### 3-5-7 室内試験結果

室内試験として、岩石薄片観察(巻末 33)、鉱石研磨片観察(巻末 34)、粉末 X 線回折試験(巻末 35)、流体包有物温度測定(巻末 36)、鉱石分析(巻末 37)及び年代測定(巻末 39)を実施した。

岩石薄片観察では、花崗閃緑岩、花崗閃緑斑岩ともに変質し、変質鉱物として石英、絹雲母、黒雲母、緑泥石、緑簾石が認められた。特に、絹雲母が多く観察された。

鉱石研磨片観察では、黄銅鉱及び斑銅鉱が単独で観察されることもあるが、斑銅鉱、輝銅鉱、ダイジェナイトが微細な離溶組織を示すことが多く観察された。この組織は、二次的富化作用により形成されたものではなく、比較的高温の初成鉱化作用により形成されたものと推定される(巻末 40)。

粉末 X 線回折試験の結果、石英-カリ長石-絹雲母、石英-絹雲母-緑泥石、石英-斜長石-緑泥石-緑簾石の組み合わせに区分される。石英-カリ長石-絹雲母は、ポタシック変質に、石英-絹雲母-緑泥石はフィリック変質に、石英-斜長石-緑泥石-緑簾石はプロピライト変質にそれぞれ相当すると考えられる。肉眼観察と X 線回折試験の結果からポタシック変質帯の各孔における分布は下記ようになる。

MJJ-25 孔	80m-140m、160m	良好な鉱化部に対応。
MJJ-26 孔	120m-180m、260m-330m	良好な鉱化に対応する部分 としない部分がある。
MJJ-27 孔	200m-450m	良好な鉱化部に対応
MJJ-28 孔	110m-130m、260m-300m、405m-430m	良好な鉱化部に対応
MJJ-29 孔	330m-580m	良好な鉱化部に対応
MJJ-30 孔	310m-580m	良好な鉱化部に対応

ポタシック変質帯が良好な鉍化部に対応し、その周辺にフィリック変質帯、更にその外側にプロピライト変質帯が分布するというパターンが考えられる。

流体包有物温度測定の結果、均質化温度  $220.0^{\circ}\text{C}$ – $377.6^{\circ}\text{C}$ を得た。良好な鉍化の認められる MJJ-25 孔、MJJ-27 孔、MJJ-29 孔、MJJ-30 孔下部では、 $300^{\circ}\text{C}$ 以上の温度を示すが、鉍化が優勢でない MJJ-26 孔、MJJ-28 孔、MJJ-30 孔上部では、 $300^{\circ}\text{C}$ 以下の温度である。また、MJJ-25 孔の 319.20 m では、因相が観察され、塩濃度 36%~38%を得た。

化学分析の結果、鉍化帯は、Na 1%以下の範囲に一致している。

年代測定の結果、強変質岩では  $5.94 \pm 0.13\text{Ma}$  が得られた。この強変質岩は、ポタシック変質帯のもので良好な鉍化を示し、 $5.94 \pm 0.13\text{Ma}$  は鉍化作用の年代を示すと推定される。花崗閃緑斑岩では  $5.88 \pm 0.13\text{Ma}$  が得られた。この花崗閃緑斑岩は、変質しているため、年代値は若返りの可能性がある。

### 3-6 結論

6 孔のボーリング調査の結果、花崗閃緑岩中に多数の花崗閃緑斑岩が岩脈状に貫入していることが明らかとなった。地表地質調査の結果から、これらの斑岩は走向 ENE-WSW、傾斜 SSE  $50^{\circ}$ – $60^{\circ}$  であると推定される。コントロールシア沢より北部では、斑岩の発達は少ないと考えられる。また、MJJ-25、MJJ-26、MJJ-27、MJJ-28 の各孔で認めた多数の断層は、コアでは傾斜  $40^{\circ}$ – $60^{\circ}$  を示し、コントロールシア沢中流で認められた走向 ENE-WSW の断層と類似の走向・傾斜の断層と考える。

鉍化は、花崗閃緑斑岩の多い MJJ-29 及び MJJ-30 孔で顕著であり、斑岩の少ない MJJ-26 で劣勢であることから、花崗閃緑斑岩の活動と密接に関係しているものと考え。従って、鉍化帯の範囲は斑岩の貫入形態あるいは斑岩の分布範囲に規制されるものと考え。また、断層付近で鉍化が認められることから鉍化は断層とも密接な関係にあると考え。断層中の礫には、鉍化を受けた礫を認めること、また断層中に黄銅鉍の鉍染を認めることから、断層は鉍化作用の前後にあったものと推定される。

銅鉍化は、主として斑岩及び花崗閃緑岩中の割れ目にある黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍、輝銅鉍、ダイジェナイト、砒四面銅鉍からなる。変質の著しい部分では、これらの硫化鉍物が鉍染状に認められ高い品位を示す。銅品位の分布を検討した結果、コントロールシア沢支流沿いの ENE-WSW 走向の断層と MJJ-27 孔付近の間に分布する花崗閃緑斑岩に 0.8%以上の高い品位を示す部分が多く、高品位部は南東に向かって深く厚くなる傾向が見られる。また、断層付近で高い品位を示す。

モリブデン鉍化について、輝水鉛鉍は石英脈に伴うこともあるが、顕微鏡観察の結果、黄銅鉍、斑銅鉍が鉍染状に認められる部分では輝水鉛鉍も鉍染状に存在することが明らかとなった。従って、銅鉍化とモリブデン鉍化は、ほぼ同じ時期にあったものと考え。

粉末 X 線回折試験の結果、石英–カリ長石–絹雲母、石英–絹雲母–緑泥石、石英–斜長石–緑泥石–緑簾石の組み合わせに区分される。石英–カリ長石–絹雲母は、ポタシック変質に、石英–絹雲母–緑泥石はフィリック変質に、石英–斜長石–緑泥石–緑簾石はプロピライト変質にそれぞれ相当すると考えられる。ポタシック変質帯が良好な鉍化部に対応し、その



周辺にフィリック変質帯、更にその外側にプロピライト変質帯が分布するというパターンが考えられる。

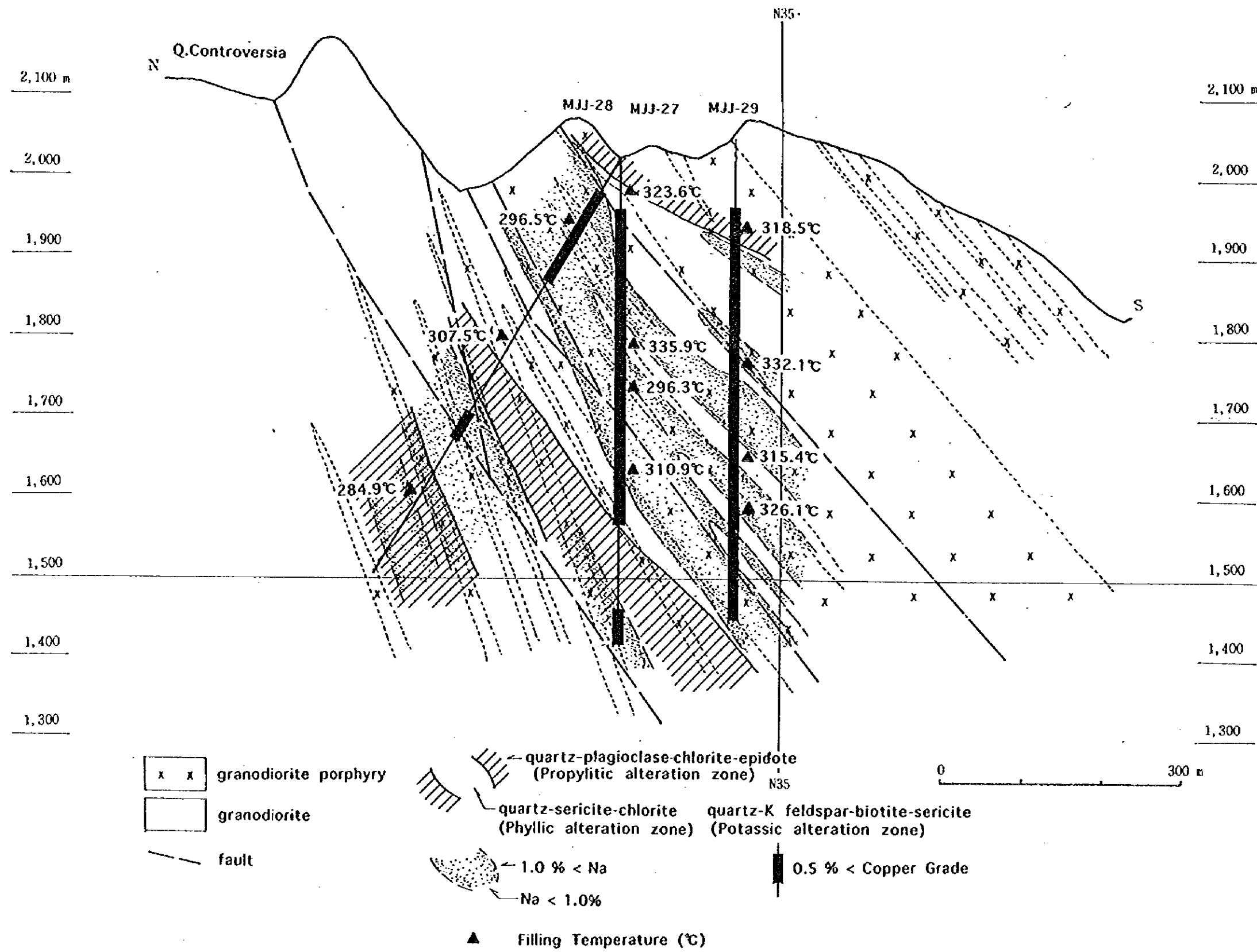
化学分析の結果、鉍化部は Na 1%以下の範囲に一致している。

顕微鏡観察では、黄銅鉍及び斑銅鉍が単独で産することもあるが、斑銅鉍、輝銅鉍、ダイジェナイトが微細な離溶組織を示すことが多い。この組織は、黄銅鉍の二次的富化作用により形成されたものではなく、比較的高温の初成鉍化作用により形成されたものと推定される。

流体包有物温度測定の結果、均質化温度 220.0℃-377.6℃を得た。良好な鉍化の認められる MJJ-25、MJJ-27、MJJ-29、MJJ-30 下部では、300℃以上の温度を示すが、鉍化が優勢でない MJJ-26、MJJ-28、MJJ-30 上部では、300℃以下の温度である。また、MJJ-25 の 319.20 m では、固相が観察され。塩濃度 36%~38%を得た。

年代測定の結果、強変質岩では  $5.94 \pm 0.13\text{Ma}$ 、花崗閃緑斑岩では  $5.88 \pm 0.13\text{Ma}$  がそれぞれ得られた。 $5.94 \pm 0.13\text{Ma}$  は、鉍化作用の年代を示すと推定される。





図II-3-3 ボーリング調査総合解析図

