

地形が急峻な場合には、コンピュータを用いた二次元モデル計算によって地形の補正を行うという手法が採用されている。地形が三次元的な場合や、複雑すぎてコンピュータにうまく表現できない場合等には、地形の補正が困難になる。幸いにも、本調査地域は地形が比較的平坦であり、地形補正は必要とされなかった。

### 1-3-2 平面図のコンパイル

各断面図に表示した見掛比抵抗及びPFEについて、隔離係数  $n = 1 \sim 5$  毎に平面図に記し、第2年次調査のIP結果とコンパイルして図化を行った。見掛比抵抗及びPFE平面図はそれぞれ、10, 15, 25, 40, 60, 100 ... ( $\Omega \cdot m$ )、及び、1, 2, 3, ... (%) のコンターで表示し、次の領域区分を採用した。

| Apparent Resistivity |   |   | PFE |   |   |
|----------------------|---|---|-----|---|---|
| 40                   |   |   | 2   |   |   |
| 250 $\Omega \cdot m$ |   |   | 4 % |   |   |
| L                    | M | H | L   | M | H |
|                      |   |   |     |   |   |

### 1-3-3 計算機によるモデル計算

dipole-dipole電極配置による測定結果について、低比抵抗異常及びIP異常(PFE異常)の認められた測線について計算機によるモデル計算を実施した。

二次元の有限要素法によるシミュレーションプログラムを使用した。まず、測定結果の擬似断面表示をもとに、過去に行われたモデル計算結果、水槽実験結果、現地の地質構造に関する情報等を考慮して地下構造モデルを作成する。この時、任意の構造モデルに対して特定の比抵抗値及びPFE値を与える。次に、そのモデルに対して計算機で数値計算を実施し、計算結果と測定結果の差が最小になるようにモデルを変更して数値計算を繰り返す。こうしたシミュレーション結果と地質構造を比較検討して、最終的に最も妥当と考えられる地下構造モデルを作成した。

ただし、現実の地下構造は三次元であるのに対し、二次元のモデルのシミュレーションを実施することから、両者がうまく一致しない場合もある。

### 1-4 測定仕様

本調査におけるIP測線の位置をFig. I-2(PL. I-1)に示す。また、各測線の仕様の一覧

を次表に示す。

|              | Location   | I P Line | Line Length | Number of Stations |
|--------------|------------|----------|-------------|--------------------|
| Eastern Area | Lamrah     | E-1      | 1.0 km      | 30                 |
|              |            | E-2      | 1.3         | 45                 |
|              |            | E-3      | 1.5         | 55                 |
|              |            | E-4      | 1.4         | 50                 |
|              | Akhlij     | E-5      | 1.4         | 50                 |
|              |            | E-6      | 1.6         | 60                 |
|              |            | E-7      | 1.2         | 40                 |
|              |            | E-8      | 1.6         | 60                 |
|              |            | E-9      | 1.6         | 60                 |
|              |            | E-10     | 1.6         | 60                 |
|              |            | E-11     | 1.6         | 60                 |
|              | Hajar mine | E-12     | 1.6         | 60                 |
|              |            | E-13     | 1.4         | 50                 |
|              |            | E-14     | 1.4         | 50                 |
| Western Area | Frizem     | W-1      | 2.0         | 80                 |
|              |            | W-2      | 2.0         | 80                 |
|              |            | W-3      | 2.0         | 80                 |
| Total        |            | 17 Liens | 26.2 km     | 970 Stations       |

電極配置としてはdipole-dipole配置を用い、電極間隔  $a = 100\text{m}$ 、隔離係数  $n = 1 \sim 5$  を使用した。また、電流は可能な限り多く流すよう努力し、ほとんどの測線で  $1\text{A}$  程度であった。

測定周波数は  $2.5\text{Hz}$  と  $0.3\text{Hz}$  を使用して周波数効果 (PFE値) を計算し、見掛比抵抗は  $2.5\text{Hz}$  に対応するものを採用した。

Tab. I - 1 Rock Properties in Phase II

| No. | Formation                          | Rock Name         | Resistivity ( $\Omega \cdot m$ ) |      | P F E (%) |      | Density (g/cc) |      |      |      |      |
|-----|------------------------------------|-------------------|----------------------------------|------|-----------|------|----------------|------|------|------|------|
|     |                                    |                   | mean                             | mean | mean      | mean |                |      |      |      |      |
| 1   | Quaternary                         | Sand              | 61                               | 73   | 2.3       | 1.1  | 2.27           | 2.21 |      |      |      |
| 2   |                                    | "                 | 53                               |      | 1.7       |      | 2.30           |      |      |      |      |
| 3   |                                    | "                 | 27                               |      | 2.1       |      | 2.16           |      |      |      |      |
| 4   |                                    | "                 | 89                               |      | 0.9       |      | 2.44           |      |      |      |      |
| 5   |                                    | Tuff              | 150                              |      | 0.3       |      | 2.01           |      |      |      |      |
| 6   |                                    | "                 | 76                               |      | 0.8       |      | 1.86           |      |      |      |      |
| 7   |                                    | Mud               | 120                              |      | 1.3       |      | 2.48           |      |      |      |      |
| 8   | Permian<br>I<br>Carboni-<br>ferous | Mudstone          | 240                              | 510  | 1.9       | 0.8  | 2.70           | 2.70 |      |      |      |
| 9   |                                    | "                 | 460                              |      | 330       |      | 1.5            |      | 2.73 |      |      |
| 10  |                                    | Siltstone         | 1000                             |      | 880       |      | 0.2            |      | 2.68 |      |      |
| 11  |                                    | "                 | 780                              |      |           |      | 0.9            |      | 2.67 |      |      |
| 12  |                                    | Carbonatic Schist | 710                              |      | 0.7       |      | 2.71           |      |      |      |      |
| 13  |                                    | "                 | 550                              |      | 0.2       |      | 2.73           |      |      |      |      |
| 14  |                                    | "                 | 520                              |      | 1.4       |      | 2.67           |      |      |      |      |
| 15  |                                    | "                 | 670                              |      | 0.2       |      | 2.78           |      |      |      |      |
| 16  |                                    | "                 | 650                              |      | 0.1       |      | 2.64           |      |      |      |      |
| 17  |                                    | Pelitic Schist    | 480                              |      | 520       |      | 4.3            |      | 0.8  | 2.76 | 2.70 |
| 18  |                                    | "                 | 500                              |      |           |      | 0.6            |      |      | 2.70 |      |
| 19  |                                    | "                 | 420                              |      | 0.2       |      | 2.79           |      |      |      |      |
| 20  |                                    | "                 | 290                              |      | 0.6       |      | 2.65           |      |      |      |      |
| 21  |                                    | "                 | 510                              |      | 0.9       |      | 2.74           |      |      |      |      |
| 22  |                                    | Dacite            | 230                              |      | 340       |      | 1.1            |      | 2.73 |      |      |
| 23  | "                                  | 700               | 3.0                              | 2.70 |           |      |                |      |      |      |      |
| 24  | "                                  | 250               | 2.1                              | 2.61 |           |      |                |      |      |      |      |
| 25  | Quartz vein                        | 1100              | 1.5                              | 2.61 |           |      |                |      |      |      |      |
| 26  | Ore of<br>Hajar mine               | Pb-Zn-Pyrr. ore   | 21                               | 18   | 29.5      | 15.4 | 4.32           | 4.25 |      |      |      |
| 27  |                                    | "                 | 15                               |      | 15.4      |      | 4.49           |      |      |      |      |
| 28  |                                    | "                 | 14                               |      | 18.7      |      | 4.34           |      |      |      |      |
| 29  |                                    | "                 | 11                               |      | 11.9      |      | 3.95           |      |      |      |      |
| 30  |                                    | "                 | 23                               |      | 13.8      |      | 3.89           |      |      |      |      |
| 31  |                                    | "                 | 35                               |      | 8.5       |      | 3.74           |      |      |      |      |
| 32  |                                    | "                 | 17                               |      | 13.2      |      | 4.56           |      |      |      |      |
| 33  | "                                  | 20                | 19.8                             | 4.83 |           |      |                |      |      |      |      |
|     | Mean                               |                   |                                  | 150  |           | 1.7  |                | 2.89 |      |      |      |

\* mean ... Geometrical Average



Tab. I - 2      Rock    Properties  
of    Boring    Core    Samples

| Sample No. | Location & Depth | Resistivity ( $\Omega \cdot m$ ) |      | P F E (%) |      | Rock Name                  |
|------------|------------------|----------------------------------|------|-----------|------|----------------------------|
|            |                  |                                  | mean |           | mean |                            |
| 1          | MJMH-1 101 m     | 1,400                            | 760  | 2.6       | 2.7  | Pelitic Schist Intc.Silts. |
| 2          | " 201 m          | 230                              |      | 5.6       |      | Pelitic Schist (Py Diss.)  |
| 3          | " 255 m          | 550                              |      | 1.0       |      | Pelitic Schist             |
| 4          | " 301 m          | 2,200                            |      | 4.3       |      | Pelitic Schist Intc.Silts. |
| 5          | " 400 m          | 670                              |      | 2.3       |      | Pelitic Schist             |
| 6          | MJMH-2 141 m     | 98                               | 560  | 17.4      | 2.3  | Py-Po Network Ore          |
| 7          | " 183 m          | 1,700                            |      | 0.3       |      | Psammitic Schist           |
| 8          | " 220 m          | 920                              |      | 1.2       |      | Pelitic Schist             |
| 9          | " 247 m          | 300                              |      | 11.4      |      | Py Network Ore             |
| 10         | " 317 m          | 1,200                            |      | 0.9       |      | Pelitic Schist             |
| 11         | MJMH-3 92 m      | 110                              | 51   | 0.9       | 4.0  | Pelitic Schist             |
| 12         | " 126 m          | 12                               |      | 12.0      |      | Py-Po Massive Ore          |
| 13         | " 141 m          | 100                              |      | 5.8       |      | Py Veinlet Ore             |
| Mean       |                  | 360                              |      | 2.8       |      |                            |



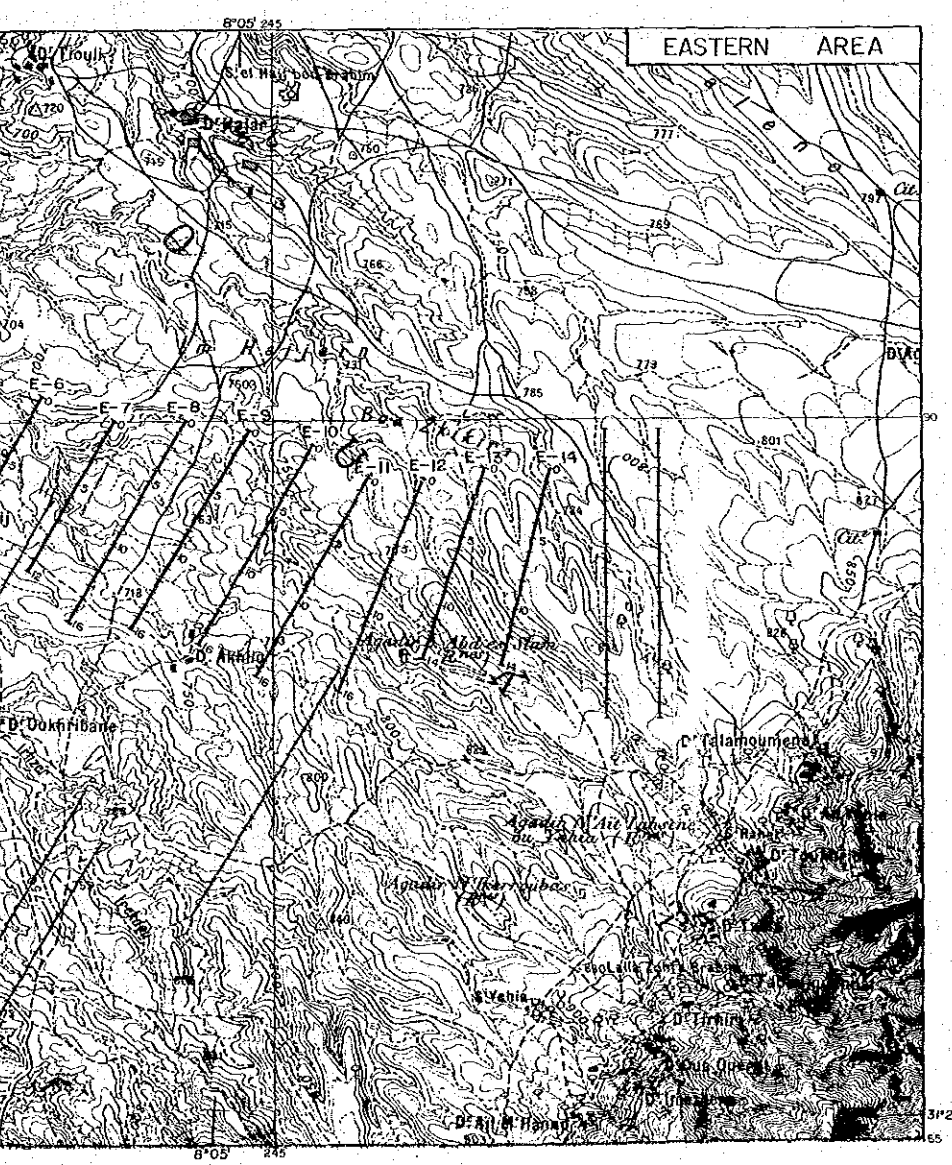
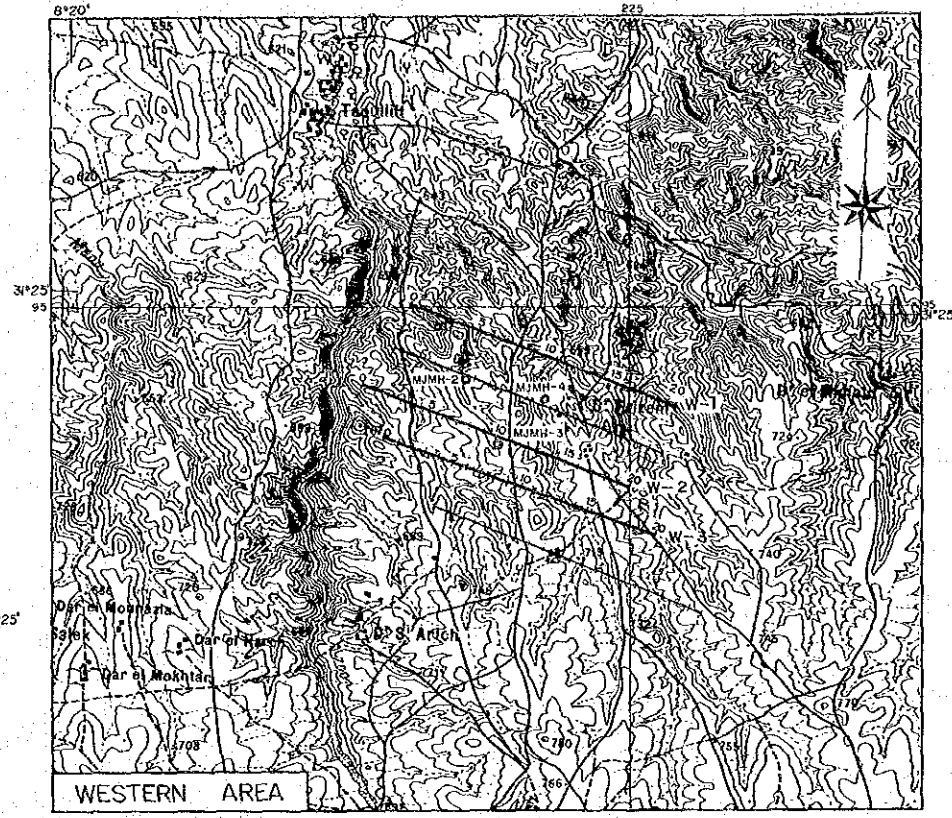
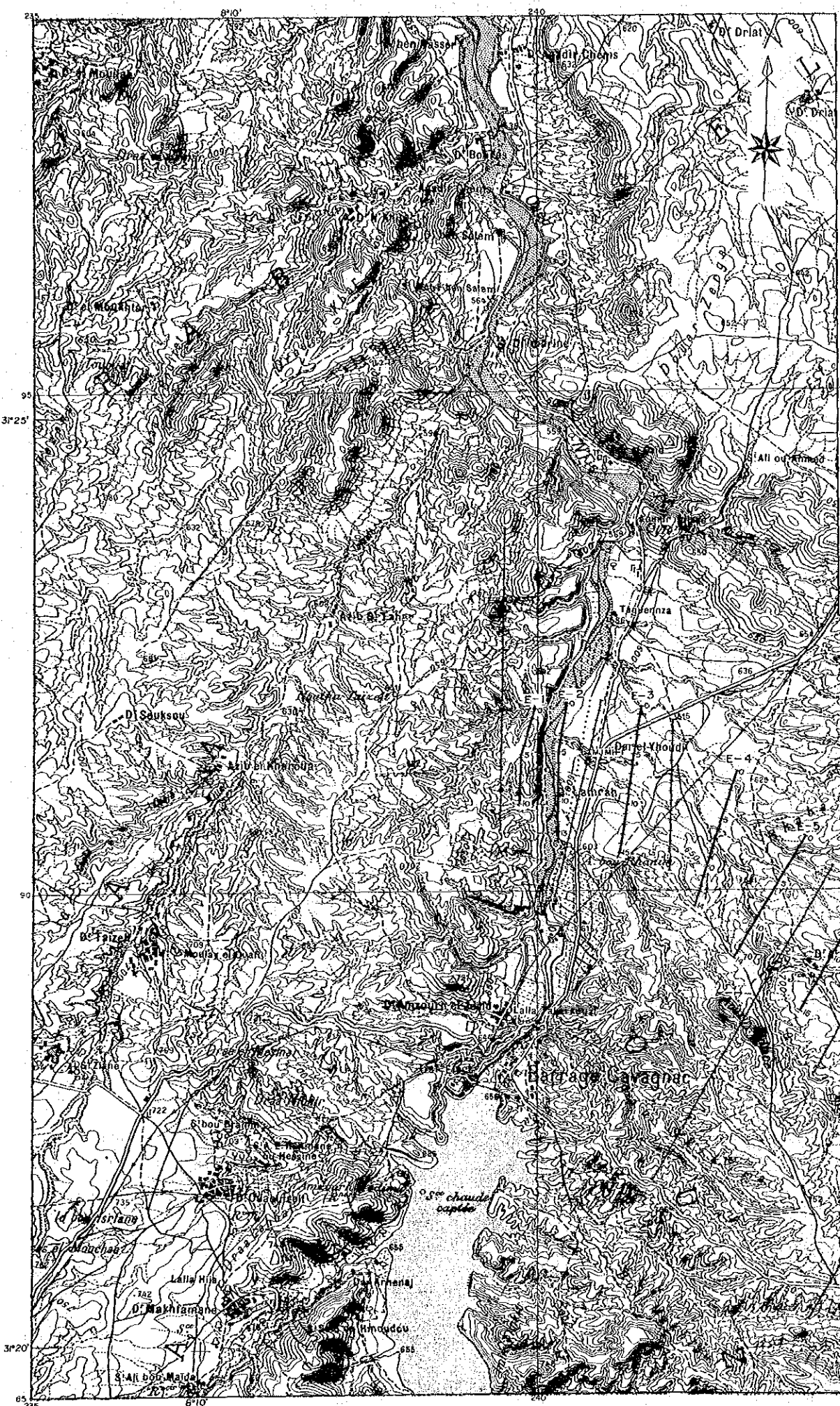
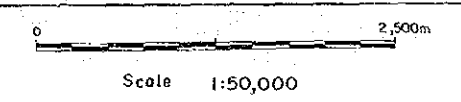


Fig. 1-2

COOPERATIVE MINERAL EXPLORATION  
IN  
HAOUZ CENTRAL AREA, MOROCCO  
(PHASE III)

**I P Survey Area with Survey Lines**

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
METAL MINING AGENCY OF JAPAN  
FEBRUARY 1990  
Prepared by MINDECO



- LEGEND
- E-8      Line Number
  - 0      5      Station Number
  - I P Survey Line (Phase III)
  - I P Survey Line (Phase II)
  - MJM-1      Boring Site





## 第2章 調査結果

### 2-1 見掛比抵抗及びPFEの測定結果

#### 2-1-1 各測線の見掛比抵抗

各測線の隔離係数  $n$  ごとに求めた見掛比抵抗の平均値と、各測線における最大・最小値、標準偏差を次表に示す。

見掛比抵抗の平均値

| Line | Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ ) |       |       |       |       |      |      |      | Standard Dev. $\sigma_n$ |
|------|---|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------------------------|
|      | $n=1$                                     | $n=2$ | $n=3$ | $n=4$ | $n=5$ | Ave. | Max. | Min. |                          |
| E-1  | 28  | 37    | 47    | 58    | 79    | 47   | 130  | 17   | 26                       |
| E-2  | 35  | 50    | 61    | 71    | 69    | 56   | 180  | 14   | 32                       |
| E-3  | 32  | 43    | 56    | 69    | 93    | 57   | 310  | 20   | 44                       |
| E-4  | 30  | 41    | 50    | 63    | 75    | 51   | 110  | 21   | 18                       |
| E-5  | 53  | 74    | 94    | 100   | 130   | 90   | 210  | 22   | 49                       |
| E-6  | 64  | 100   | 120   | 120   | 140   | 110  | 310  | 22   | 80                       |
| E-7  | 120                                       | 140   | 150   | 150   | 160   | 150  | 340  | 20   | 83                       |
| E-8  | 58  | 110   | 120   | 140   | 160   | 120  | 250  | 10   | 68                       |
| E-9  | 29  | 47    | 64    | 81    | 100   | 63   | 230  | 18   | 37                       |
| E-10 | 19  | 30    | 43    | 56    | 71    | 42   | 94   | 14   | 19                       |
| E-11 | 25  | 40    | 53    | 62    | 71    | 49   | 110  | 18   | 20                       |
| E-12 | 23  | 31    | 40    | 54    | 61    | 41   | 110  | 13   | 18                       |
| E-13 | 25  | 34    | 45    | 50    | 60    | 42   | 93   | 17   | 17                       |
| E-14 | 33  | 40    | 43    | 45    | 46    | 41   | 78   | 22   | 11                       |
| W-1  | 120                                       | 130   | 120   | 120   | 120   | 120  | 280  | 20   | 61                       |
| W-2  | 110                                       | 120   | 140   | 160   | 180   | 140  | 490  | 32   | 88                       |
| W-3  | 130                                       | 180   | 210   | 230   | 230   | 190  | 700  | 32   | 150                      |
| Ave. | 55  | 73    | 86    | 96    | 110   | 83   |      |      |                          |

表の右側の欄には、各測線での平均値 (Ave.)、最大値 (Max.)、最小値 (Min.) 及び標準偏差  $\sigma_n$  が示してある。例えば、東部地区のE-1の平均見掛比抵抗値は、 $n=1$ の時に28  $\Omega \cdot m$  であり、この測線の全平均値は47  $\Omega \cdot m$  である。さらに、最大値及び最小値はそれぞれ 130  $\Omega \cdot m$  及び17  $\Omega \cdot m$  である。

測定結果全体に、 $n$ が増加するほど見掛比抵抗は高くなる傾向が見られる。全測線の平均値は、 $n=1$ の $55 \Omega \cdot m$ から $n=5$ の $110 \Omega \cdot m$ へ変化し、全測定の平均値は $83 \Omega \cdot m$ である。測線ごとの平均値を比較すると、東部地区のE-1及びE-10~E-14が $50 \Omega \cdot m$ 以下と低く、E-6~E-8及び西部地区の3測線が $100 \Omega \cdot m$ 以上と高いように、地区別による偏りが著しい。

標準偏差はデータのばらつきの程度を示す数値で、大きいほどばらつきが大きい。平均値が $100 \Omega \cdot m$ を越えている測線では標準偏差は大きく、ばらつきの大きいことがわかる。

### 2-1-2 各測線のPFE

各測線の隔離係数 $n$ ごとに求めたPFE（周波数効果）の平均値と、各測線における最大・最小値、標準偏差を次表に示す。

PFEの平均値

| Line | PFE (%) |     |     |     |     |      |      |      | Standard<br>Dev. $\sigma_n$ |
|------|---------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----------------------------|
|      | n=1     | n=2 | n=3 | n=4 | n=5 | Ave. | Max. | Min. |                             |
| E-1  | 0.7     | 1.0 | 1.2 | 1.7 | 2.2 | 1.3  | 3.0  | 0.4  | 0.6                         |
| E-2  | 1.2     | 1.7 | 2.2 | 2.7 | 3.7 | 2.2  | 5.1  | 0.3  | 1.0                         |
| E-3  | 1.1     | 1.3 | 1.7 | 2.1 | 2.6 | 1.7  | 4.2  | 0.6  | 0.7                         |
| E-4  | 0.9     | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 1.1  | 2.1  | 0.4  | 0.4                         |
| E-5  | 0.8     | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.9 | 1.3  | 2.5  | 0.3  | 0.5                         |
| E-6  | 0.7     | 0.9 | 1.0 | 1.4 | 1.6 | 1.1  | 2.8  | 0.4  | 0.5                         |
| E-7  | 1.0     | 1.2 | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 1.5  | 3.1  | 0.0  | 0.9                         |
| E-8  | 1.0     | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 2.2 | 1.4  | 3.1  | 0.0  | 0.8                         |
| E-9  | 0.5     | 0.7 | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 0.8  | 2.0  | 0.1  | 0.4                         |
| E-10 | 0.5     | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 0.7  | 1.5  | 0.2  | 0.3                         |
| E-11 | 0.6     | 0.7 | 0.8 | 1.1 | 1.2 | 0.9  | 2.0  | 0.3  | 0.4                         |
| E-12 | 0.6     | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 0.9  | 2.2  | 0.3  | 0.4                         |
| E-13 | 0.9     | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 2.0 | 1.4  | 2.7  | 0.5  | 0.5                         |
| E-14 | 0.8     | 1.0 | 1.4 | 2.3 | 2.8 | 1.6  | 4.2  | 0.2  | 0.9                         |
| W-1  | 2.6     | 3.5 | 3.9 | 4.2 | 4.6 | 3.7  | 6.6  | 1.5  | 1.0                         |
| W-2  | 2.1     | 2.9 | 3.1 | 3.4 | 3.8 | 3.0  | 5.4  | 0.2  | 1.3                         |
| W-3  | 2.2     | 2.5 | 2.8 | 3.1 | 3.2 | 2.8  | 5.5  | 0.0  | 1.3                         |
| Ave. | 1.1     | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.3 | 1.6  |      |      |                             |

P F E 値についても見掛比抵抗の場合と同様に、 $n$ が大きくなるほど平均値は大きくなっている。全測線の平均値は 1.6%であるが、東部地区で小さく、西部地区では大きい傾向が認められる。また、最大で 4%以上の P F E が得られている測線として、東部地区の E-2、E-3、E-14 及び西部地区の 3 測線の計 6 測線がある。

標準偏差は全体に小さいが、東部地区の E-2 及び、西部地区の全測線の計 4 測線で 1%以上を示している。

## 2-2 見掛比抵抗及び P F E 断面図

Fig. I-3~Fig. I-19 の断面図は、それぞれの見掛比抵抗と P F E を疑似断面表示したものである。地域全体の見掛比抵抗値と P F E 値の分布は、概ね次のように区分できる。

|  |                          |
|--|--------------------------|
| 低見掛比抵抗域 (L) ... $40 \Omega \cdot m$ 以下       | 低 P F E 域 (L) ... 2% 以下  |
| 中見掛比抵抗域 (M) ... $40 \sim 250 \Omega \cdot m$ | 中 P F E 域 (M) ... 2 ~ 4% |
| 高見掛比抵抗域 (H) ... $250 \Omega \cdot m$ 以上      | 高 P F E 域 (H) ... 4% 以上  |

ただし、全般に東部地区では見掛比抵抗、P F E ともに低く、西部地区では両者とも高い傾向が認められる。

### 2-2-1 東 部 地 区 (Fig. I-3~Fig. I-16)

Barrage Cavagnac の北の Lamrah 付近から調査地域東端の Hajar mine に至る東部地区において、西から東へ向かって E-1 ~ E-14 の計 14 本の測線を配置した。

以下に、Lamrah 付近 (E-1 ~ E-4) と、Akhlilj ~ Hajar mine 付近 (E-5 ~ E-14) との 2 地区に分けて見掛比抵抗と P F E の特徴を説明する。

#### (1) Lamrah 付近 (Fig. I-3~Fig. I-6 参照)

Lamrah 付近の I P 測線は E-1 ~ E-4 の 4 本で、Barrage Cavagnac から流下する N' Fis 川の両岸に位置する。この地区の平均見掛比抵抗値は約  $40 \Omega \cdot m$  と他の地区と比較して低く、浅部では  $25 \Omega \cdot m$  以下の部分も見られる。また、東部地区の中では比較的高い P F E 値が分布している。

測線 E-1 及び E-2 の見掛比抵抗は南側の深部ほど高く、北側の浅部に向かって低くなる傾向を示しており、地表付近に  $40 \Omega \cdot m$  以下の低見掛比抵抗域が広がる。P F E 値は浅部 ( $n=1$ ) では低いが、深部へ向かって次第に高くなる。特に、測線 E-2 の測点 4 ~ 5 の深部 ( $n=5$ ) では東部地区最高の 4 ~ 5% に達する。

測線E-3の見掛比抵抗分布は、測点5~7で深部に続く低見掛比抵抗域と、その南側に近接する中~高見掛比抵抗域との対比によって特徴付けられる。PFE値は全般に低い、測線北部のn=5で3%以上の部分が認められ、第2年次に捕捉されたLamrah地区のIP異常と対応している。

測線E-4の見掛比抵抗は、浅部の低見掛比抵抗域から深部の中見掛比抵抗域へ緩やかに推移する。PFE分布は変化に乏しい低PFE域を形成している。

## (2) Akhlilj~Hajar mine付近 (Fig. I-7~Fig. I-16 参照)

本地区は、Lamrah南東約3kmのAkhlilj部落付近から、調査地域東端のHajar mineまでの広い範囲である。見掛比抵抗及びPFE分布の特徴から、さらに測線E-5~E-8、E-9~E-12、E-13~E-14の3地区に分けられる。

測線E-5からE-8までのAkhlilj部落周辺の4測線では平均見掛比抵抗値が高く、且つ見掛比抵抗変化に富む。特に、E-6~E-8の3測線の平均見掛比抵抗は $100\Omega\cdot m$ 以上を示すとともに、中央から北部にかけて地表近くに高見掛比抵抗域が分布するのが大きな特徴である。この地表付近の高見掛比抵抗域は、第2年次に実施された重力探査の高重力異常域とも一致している。E-5~E-8のPFE分布は、大部分が1%前後の低PFE域であり、部分的に2~3%の領域が分布する。

一方、測線E-9~E-12では平均見掛比抵抗値が低くなり、浅部の低見掛比抵抗域から深部の中見掛比抵抗域へ水平的な変化を示している。また、PFE分布は極めて変化の少ない低PFE域を形成し、1%未満の部分が深部まで続いている。

東端の測線E-13及びE-14では、東に向かって低見掛比抵抗域が徐々に深部に広がるとともにPFE値は次第に大きくなる。Hajar mine立坑の西約500mに位置するE-14では、深部で最高4%の高PFE域が捕捉された。

これらのことから、Akhlilj部落近辺では地下浅部に高比抵抗基盤が分布し、測線E-9付近以東では、基盤を覆う低比抵抗層が厚さを増す構造が考えられる。さらに、E-14付近の低見掛比抵抗且つ高PFEの領域は、Hajar 鉱床周辺の鉱染部或いは鉱化変質帯を反映したものと考えられる。

## 2-2-2 西部地区 (Fig. I-17~Fig. I-19.)

本地区には、Barrage Cavagnacの西北西約16kmに位置するPrizem部落の北に1測線、南に2測線の計3測線を配置した。いずれも西北西-東南東に横切る2kmの測線である。

西部地区の見掛比抵抗及びPFEの分布は、東部地区と比較して著しい差が認められる。

即ち、平均見掛比抵抗、平均PFE値ともに2倍程度の数値を示すばかりでなく、変化に富んだ分布を表している。

測線W-1の平均見掛比抵抗値は約120Ω・m、平均PFE値は3.7%であり、西部地区の測線の中では低見掛比抵抗・高PFE値を示している。測点13付近の浅部に40Ω・m以下の低見掛比抵抗域が見られ、これに一致して5%程度の高PFE域が分布しており、低比抵抗・高PFEの有望な示徴を現している。同様の関係は測点5付近及び測点11付近の深部でも見られ、周囲に比べてやや低い見掛比抵抗部に対応して、本調査最高のPFE値6%に及ぶIP異常が抽出されている。

測線W-2の平均見掛比抵抗値は約140Ω・m、平均PFE値は3.0%である。本測線は中心を境に、西は中見掛比抵抗域・高PFE域に属し、東は概して高見掛比抵抗域・中PFE域に区分される。測点6付近の浅部の若干低見掛比抵抗な部分及び測点10付近の深部の高見掛比抵抗部に、それぞれ5%前後の高PFE異常が対応している。

測線W-3の平均見掛比抵抗値は全測線中最高の約190Ω・m、平均PFE値は2.8%であり、西部地区の測線の中では高見掛比抵抗・低PFE値を示している。本測線では、測点5の浅部から西方の深部へ向かって、低見掛比抵抗域・高PFE域の帯状構造が合致している。また、測点7付近の深部で5%以上の高PFE域が見られるが、対応する見掛比抵抗は100~200Ω・mとやや高い。

### 2-3 見掛比抵抗及びPFE平面図

今回のIP法調査と第2年次の調査結果をコンパイルして、見掛比抵抗平面図に表現したものをPL I-2~ PL I-6に示す。同様に、PFE分布を平面図に示したものをPL I-7~ PL I-11に示す。PL I-2~ PL I-6及びPL I-7~ PL I-11はそれぞれ、電極隔離係数 $n=1\sim 5$ の順に見掛深度の浅い所から深い方へ図化されている。

見掛比抵抗及びPFE平面図の分布は、断面図の場合と同様に次の区分を採用した。

|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| 低見掛比抵抗域(L) … 40 Ω・m以下   | 低PFE域(L) … 2%以下 |
| 中見掛比抵抗域(M) … 40~250 Ω・m | 中PFE域(M) … 2~4% |
| 高見掛比抵抗域(H) … 250 Ω・m以上  | 高PFE域(H) … 4%以上 |

東部地区と西部地区とにおける見掛比抵抗及びPFE分布は、次のような相違または特徴が認められる。

- ① 東部地区では見掛比抵抗・PFEともに低く、西部地区では両者とも高い。

- ② 東部地区の見掛比抵抗分布は浅部で著しく低く、深度を増すにしたがって高くなるが、西部地区では全般に高く、しかも深度変化が少ない。
- ③ P F E分布は、両地区いずれも深度を増すにしたがって高くなる。

## 2-3-1 東 部 地 区

### (1) 見掛比抵抗平面図 ( PL. I-2 ~ PL. I-6 参照 )

PL. I-2は  $n = 1$  の場合の最も浅い所を示す見掛比抵抗平面図である。東部地区中央の Akhlij 付近に  $250 \Omega \cdot m$  を越える高見掛比抵抗域が発達するが、それ以外のほとんどの領域は  $40 \Omega \cdot m$  以下の低見掛比抵抗域で占められており、全体に極めて低い見掛比抵抗分布を呈している。中でも、 $25 \Omega \cdot m$  以下の著しい低見掛比抵抗域が測線 E-6 の南部から東方に向かって測線 E-13 付近までの広範囲を占めるほか、西部 Lamrah 付近や Hajar mine 中心部にも点在するなど、全域におよんでいる。

$n = 2$  ( PL. I-3 ) の見掛比抵抗分布は、中央部の高見掛比抵抗域は  $n = 1$  の場合とほぼ同様であるが、低見掛比抵抗域の占める面積は減少している。特に、測線 E-6 から ~ E-12 にいたる  $25 \Omega \cdot m$  以下の著しい低見掛比抵抗域はほとんど消滅し、Lamrah 付近及び Hajar mine 近辺に E-W 系の方向性を伴ってわずかに分布している。

$n = 3 \sim 5$  ( PL. I-4 ~ PL. I-6 ) の見掛比抵抗分布は E-W 系の方向性が卓越する。また、 $100 \Omega \cdot m$  以上の比較的高見掛比抵抗の高い領域が中央部の Akhlij 付近、Lamrah の南方、Hajar mine 南東等に勢力を増し、所々に  $250 \Omega \cdot m$  以上の高見掛比抵抗域が点在する。 $n = 3 \sim 5$  における低見掛比抵抗域は次第に縮小し、 $25 \Omega \cdot m$  以下の著しい低見掛比抵抗域は  $n = 3$  で Lamrah 付近と Hajar mine 付近に数ヶ所分布するが、 $n = 4$  及び  $n = 5$  になると Lamrah 付近の 1ヶ所で見られるのみである。さらに、 $40 \Omega \cdot m$  以下の低見掛比抵抗域も、 $n = 5$  の深部では Lamrah 付近、Akhlij 南方、Hajar mine の 3ヶ所にのみ分布する。

### (2) P F E 平面図 ( PL. I-7 ~ PL. I-11 参照 )

本地区の全般的な P F E 分布の特徴は、 $n$  が増加するにしたがって P F E 値が若干増加する点と、Lamrah 付近及び Hajar mine 周辺の深部で 4% 以上の高 P F E 域が出現することである。

$n = 1 \sim 2$  ( PL. I-7 ~ PL. I-8 ) の P F E 分布は、ほとんどの領域が 2% 未満の低 P F E 域で占められ、P F E の変化に乏しい。2% を超える中 P F E 域が Lamrah 付近、Akhlij 付近、Hajar mine 周辺の 3 地区にわずかに点在する。

$n = 3 \sim 4$  ( PL. I-9 ~ PL. I-10 ) では、Hajar mine に一致して 4% ( $n = 3$ ) ~ 5%

( $n = 4$ ) 以上の高PFE域が現われる他、Lamrah付近の中PFE域が勢力を増す。

さらに $n = 5$  (PL. I-11) になると、Hajar mine周辺で最大6%、Lamrah付近で最大5%の高PFE域が形成されており、前者は南西への延長、後者は東西方向の伸長が認められる。

以上から、東部地区における見掛比抵抗分布とPFE分布の対比は、以下のようにまとめられる。

- ① 低見掛比抵抗域と高PFE域の際立った対応が認められるのは、Hajar mine周辺及びLamrah付近のみである。
- ②  $n = 1 \sim 3$ の地下浅部に発達する低見掛比抵抗域は、上記①以外の地区では低PFE域に属する。また、見掛比抵抗とPFEとの相関は見られないようである。
- ③ 東部地区中央のAkhlil付近に卓越する高見掛比抵抗域は、むしろ比較的高いPFE分布に対比される。

## 2-3-2 西部地区

### (1) 見掛比抵抗平面図 (PL. I-2~ PL. I-6参照)

西部地区の見掛比抵抗分布の特徴は、全般的に見掛比抵抗値が高いことと、高見掛比抵抗異常・低見掛比抵抗異常ともに南北方向の帯状配列を示す点である。また、 $n = 1 \sim 5$  (PL. I-2~ PL. I-6) の見掛深度の変化に対して、大局的には大きな見掛比抵抗分布の相違は見られない。例えば、西部地区のほぼ中央部には、南側に発達する $250 \Omega \cdot m$ 以上の高見掛比抵抗域から北へ延びる高見掛比抵抗異常が連なり、その東西両側に $40 \Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗域が所々に分布する。こうした傾向は $n = 1 \sim 5$ のいずれの図面にも見られるものである。

局部的に見ると、上述した高見掛比抵抗異常の西側の低見掛比抵抗域は、 $n = 1 \sim 5$ に共通して測線W-2の測点8付近から測線W-3の測点3~4にかけて小規模に分布するが、 $n$ の増加に伴って(深くなるほど)低見掛比抵抗域の中心が西へ若干移動する傾向が認められる。他方、東側の低見掛比抵抗域の中心は、 $n = 1$ で測線W-2の測点16~18、 $n = 2$ 及び3で測線W-1の測点13、 $n = 4$ 及び5では測線W-1の測点11の南方というように、深度によって著しく位置が変化する。さらに、測線W-2の測点16付近を見ると、浅部において低見掛比抵抗域であったものが深部では逆に高見掛比抵抗域へ大きく変化している。

### (2) PFE平面図 (PL. I-7~ PL. I-11 参照)

本地区のPFE分布は極めて変化に富む。n = 1 ~ 5のすべての図面に4%を超える高PFE域が見られ、深くなるにしたがって高PFE域の占める割合が増加する。特にn = 4以深では、西半分のほとんどの範囲が高PFE域を形成している。さらに、これら高PFE域は深度の浅いものほど低見掛比抵抗異常と強い相関をもつのが特徴的である。

高PFE域に着目すると、浅部を示すn = 1 ~ 2 ( PL. I-7 ~ PL. I-8) では、測線W-1の測点13付近と、測線W-2の測点5 ~ 7付近を中心に高PFE域が分布しており、どちらも低見掛比抵抗域と対応している。n = 3 ( PL. I-9) では、これら高PFE域は大きく広がり、周辺にも高PFE域を伴うようになる。さらにn = 4 ~ 5 ( PL. I-10 ~ PL. I-11) になると、高PFE域の頂部は各地に分散し、西半分の地区の大部分が高PFE域で占められる。また、浅部に見られた高PFE域と低見掛比抵抗域との対応があまり明瞭ではなくなる。

n = 5では、測線W-1の測点5付近及び測点8 ~ 9付近に、西部地区では最高の6%に達する高PFE異常が捕捉されている。

以上から、西部地区における見掛比抵抗分布とPFE分布との対比は、以下のようにまとめられる。

- ① 概して低見掛比抵抗域に対応して高PFE域が分布する一方、高見掛比抵抗域には比較的PFEの低い領域(中PFE域)が対比される。
- ② 見掛比抵抗異常は南北方向に細い帯状配列を示すが、PFE分布は見掛比抵抗異常を中心に緩やかに広がる傾向が見られる。
- ③ 見掛比抵抗分布は深度変化に対して大きな相違は見られないが、PFE分布は特に西半分の地区において、深くなるほど高PFE域が増大する。

#### 2-4 シミュレーション解析結果

本年度のIP法調査によって、東部地区の測線E-2及びE-14、西部地区の3本の測線すべてで低見掛比抵抗且つ強いIP異常が確認された。これら5測線の比抵抗構造を推定するため、計算機を用いた有限要素法による二次元シミュレーションを実施し、その結果をFig. I-20 ~ Fig. I-24 及び PL. I-12 に示した。

二次元シミュレーションは、見掛比抵抗及びPFEの擬似断面を参考にした初期モデル構造からスタートして試行錯誤を繰り返して、その都度モデル構造を変更して測定データをよく再現する構造を選択的に求めた。なお、任意のモデル構造に対し比抵抗値及びPFE値を同



時に与えたため、見掛比抵抗及びPFE分布が精度よく再現されない部分もある。

(1) 東 部 地 区 (Fig. I-20 ~Fig. I-21 参照)

東部地区の測線の中で、低見掛比抵抗域・高PFE域が得られたLamrah付近の測線E-2とHajar mine西側の測線E-14について二次元シミュレーションを実施した。

測線E-2のシミュレーション結果 (Fig. I-20) を見ると、測定結果であるFig. I-4の見掛比抵抗分布における断面南の深部で高く、北の浅部で低い特徴が再現されている。また、PFE分布は見掛比抵抗ほどの一致は見られないものの、地表付近で小さく地下深部ではやや大きい大局的な特徴を捕らえている。解析結果のモデル構造から、地表付近には $30 \Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗層が分布し、下位の高比抵抗部 ( $100 \Omega \cdot m$ ) 及び高比抵抗基盤 ( $200 \Omega \cdot m$ ) を覆う構造が得られた。また、測点4を中心に低比抵抗 ( $15 \sim 30 \Omega \cdot m$ ) 且つ高PFE (5%) な構造が与えられている。なお、この測線の測点5の東方で行われたMJMH-1ボーリングの結果では、基盤の粘板岩中に弱い鉱染が認められている。

Fig. I-21 は測線E-14のシミュレーション結果を表している。Fig. I-16 の見掛比抵抗分布の傾向と、PFE分布の特徴を再現している。解析結果のモデル構造から、地表付近に $25 \Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗層が分布し、下位の高比抵抗基盤 ( $150 \Omega \cdot m$ ) を覆う構造が得られた。測点10~11付近の高比抵抗基盤中に低比抵抗 ( $12 \Omega \cdot m$ ) 且つ著しく高PFE (20%) な構造が把握された。この低比抵抗・高PFEな応答体は、この測線東方約500mにHajar mineが位置することから、Hajar 鉱体またはHajar 鉱体周囲の鉱化変質帯の西へ延長部を捕らえたものと思われる。

(2) 西 部 地 区 (Fig. I-22 ~Fig. I-24 参照)

西部地区ではすべての測線で5%を超える強いIP異常があったので、測線W-1、W-2、W-3の3本の測線について二次元シミュレーションを実施した。3本の測線のシミュレーション結果を見ると、それぞれFig. I-17、Fig. I-18、Fig. I-19に示した測定結果の見掛比抵抗分布と概ね一致しており、PFE分布の特徴も再現している。

以下に、各測線のモデル構造解析結果について簡単に述べる。

測線W-1のモデル構造 (Fig. I-22) から、断面全体に地表から深部にいたる高比抵抗 ( $100 \sim 300 \Omega \cdot m$ )、中PFE (2~3%) 領域を構成するが、局所的に低比抵抗部やPFE変化に富む構造が解析されている。特に、測点5付近及び測点13付近には、低比抵抗 ( $20 \Omega \cdot m$ ) 且つ高PFE (10%) な構造が把握されている。

測線W-2のモデル構造 (Fig. I-23) においても測線W-1とほぼ同様に、断面全体に地表近くから深部まで高比抵抗 ( $150\sim 500 \Omega \cdot m$ )、中～高PFE (2～5%) 領域を構成するが、局所的に著しく比抵抗変化及びPFE変化に富む複雑な構造が示されている。中でも、測点10付近の地下浅部に、低比抵抗 ( $20 \Omega \cdot m$ ) 且つ高PFE (10%) な構造が把握された。この低比抵抗・高PFE応答体は、本測線の測点10付近で行われたMJMH-3ボーリングで認められた千枚岩・シルト岩互層中の鉱化帯の位置とほぼ一致している。

測線W-3のモデル構造 (Fig. I-24) では、断面中央の顕著な高比抵抗部 ( $500 \Omega \cdot m$ ) を含み、地表付近から深部までにいたる高比抵抗 ( $200\sim 500 \Omega \cdot m$ )、中PFE (3%) 領域を構成する。局所的に低比抵抗部やPFE変化に富む構造が見られ、測点5～6付近には低比抵抗 ( $20 \Omega \cdot m$ ) 且つ高PFE (10%) な構造が解析された。

## 第3章 考 察

### 3-1 調査結果のまとめ

本年度のIP法調査の結果は以下のようにまとめられる。

- (1) Hajar 鉱床の鉱石は、物性測定結果から低比抵抗・高PFE・高密度で、しかも著しい高磁気異常を形成する。Hajar 鉱床と同タイプの低比抵抗且つ高PFEな硫化鉱体を抽出するためには、第2年次IP法調査によってIP法の有効性が確認されている。
- (2) 東部地区と西部地区の見掛比抵抗及びPFE分布には大きな相違が認められる。東部地区の見掛比抵抗・PFEは低く、西部地区では高い。また、東部地区の見掛比抵抗分布は浅部で著しく低く深部では高くなる傾向が見られるが、西部地区では深度による変化が少ない。
- (3) 東部地区の見掛比抵抗及びPFE分布の特徴は次のとおりである。
  - ① 高PFE域と低見掛比抵抗域の間立った対応が認められるのはHajar 鉱床の周辺とLamrah付近のみである。
  - ② 高比抵抗基盤の露頭が分布する中央部のAkhluj付近以外のほとんどの地区で、地下浅部に顕著な低見掛比抵抗域が広がっている。
  - ③ 上記①の高PFE域のほかには、東部地区の地表から地下深部に至るまで、特に高いPFE分布は見られない。
- (4) 一方、西部地区の見掛比抵抗及びPFE分布の特徴は次のとおりである。
  - ① 西部地区のPFE分布は変化に富み、各深度に4%以上の高PFE域が認められる。概して低見掛比抵抗域に対応して高PFE域が分布する。
  - ② 見掛比抵抗異常は南北系の帯状配列を示す一方、PFE分布は見掛比抵抗異常を中心とした広がりを示す。
  - ③ 見掛比抵抗分布は深度変化に対して大きな相違は見られないが、PFE分布は深くなるほど高PFE域が増大し、特に西半分の地区においてその傾向が著しい。
- (5) Hajar 鉱床と同様に高PFE域を形成し、また、見掛比抵抗が比較的低い条件を満た

す次の箇所が、鉍化ポテンシャルの高い地区として挙げられる。

- ① 東部地区 Lamrah の測線 E-2 の測点 4~5 の深部、及び Hajar 鉍床の西側、測線 E-14 の測点 9~10 の深部。
- ② 西部地区の測線 W-1 の測点 5・測点 11 付近の深部及び測点 13 付近の浅部、測線 W-2 の測点 6 付近の浅部・測点 10 付近の深部、測線 W-3 の測点 7 付近の深部。

(6) 二次元シミュレーションの結果から、Hajar 鉍床に匹敵する強 IP 異常 (PFE 10~20%)、低比抵抗異常 ( $12\sim 20\ \Omega\cdot m$ ) を示す構造が次の箇所に解析された。

- ① 東部地区の測線 E-14 の測点 10 付近。
- ② 西部地区の測線 W-1 の測点 4~6 及び測点 12~13 付近、測線 W-2 の測点 10 付近、測線 W-3 の測点 5~6 付近。

### 3-2 既存調査と IP 法調査結果との対比

#### 3-2-1 地質との対比

東部地区の地質は、片岩~粘板岩及びシルト岩の互層 (Palaeozoic) を主とする基盤を表土層 (Quaternary) が広く被覆している。地質構造は北~北東に傾斜し、NW-SE~E-W 系の断層が発達する。岩石物性によれば、Palaeozoic の岩石は高比抵抗・低 PFE 値を示し、Quaternary の岩石は中比抵抗・低 PFE 値を示した。これは、東部地区の見掛比抵抗分布が、中央部を除く地域の地下浅部で著しい低見掛比抵抗地域を形成する事実と一見矛盾するように思える。しかし、Fig. I-20 及び Fig. I-21 の二次元シミュレーション結果に見られるように、地下に普遍的に分布する高比抵抗基盤 (Palaeozoic) を地下水に満たされて低比抵抗化した低比抵抗層 (Quaternary) が厚く覆う比抵抗構造を考えれば矛盾はない。また、この地区のほとんどが低 PFE 域を構成することは、岩石物性と調和している。

一方西部地区の地質は、主として一部に火砕岩を挟在する片岩~千枚岩及びシルト岩の互層 (Palaeozoic) で構成され、NNW-SSE 系の断層を伴って東へ傾斜する。西部地区の見掛比抵抗は全般に高いものの、低見掛比抵抗が南北方向の帯状分布を示すことや、PFE 値が一般に高く、特に西半分の地区で深くなるほど高 PFE となることは、Palaeozoic の岩石が高比抵抗・低 PFE である岩石物性と矛盾する。こうした相反する事実から考えて、本来高比抵抗・低 PFE である西部地区において、ほぼ南北系の断層に沿って行われた鉍化作用の強い部分が、低比抵抗・高 PFE 部を形成したものと推定される。

### 3-2-2 磁気異常との対比

今回実施されたIP法調査結果を総合的に考察するために、以下の項目を一枚の平面図にまとめ、Fig. I-25 (Pl. I-13)として示した。

#### ① 低見掛比抵抗異常

東部地区：n = 5の40 Ω・m以下、西部地区：n = 5の60 Ω・m以下。

#### ② 高PFE異常

東部地区：n = 5の4%以上、西部地区：n = 5の5%以上。

#### ③ 磁気異常図

本地域中に認められる顕著な磁気異常は、東部地区のHajar 鉱体直上に卓越する一対の高異常・低異常と、西部地区のFrizen北西及び南西側に発達する高異常である。Fig. I-25に示した低見掛比抵抗異常と高PFE異常は、Lamrah付近及びAkhlilij付近のものを除けば、これらの顕著な磁気異常と相互に強い相関を示している。

本地域の代表的な強磁性鉱物である磁硫鉄鉱が顕著な磁気異常を反映すると考えた場合、Hajar 鉱床及びFrizen地区の低見掛比抵抗異常・高PFE異常は磁硫鉄鉱の生成に関与したIP異常であり、Lamrah付近及びAkhlilij付近のものは磁硫鉄鉱に乏しいIP異常であると考えられる。

以上の磁気異常とIP異常の関係を、ボーリング調査結果を加えて次にまとめた。

| 主な示徴地区    | 磁気異常   | 比抵抗  | PFE | 鉱化作用  | 主要鉱物               |
|-----------|--------|------|-----|-------|--------------------|
| Hajar 鉱床区 | 著しい強異常 | 低異常  | 高異常 | 塊状鉱床  | Cu, Pb, Zn, Po     |
| Lamrah 地区 | 弱異常    | 低異常  | 高異常 | 鉱染・細脈 | Pb, Zn, Po, Py     |
| Frizen 地区 | 強異常    | 弱低異常 | 高異常 | 脈状・鉱染 | Cu, Pb, Zn, Po, Py |

(注) Po = 磁硫鉄鉱は強磁性

各示徴地区で多様な鉱化作用が認められたが、いずれの地区においても磁気異常・低比抵抗異常・高PFE異常との強い相関が指摘できる。このように、磁硫鉄鉱を随伴するHajar型鉱床の探鉱には、磁気探査、比抵抗探査、及びIP探査の適用が有効であることが裏付けられた。

なお、東部地区南方のTiferouine地区にもHajar 鉱床区と同様の磁気異常が存在し、第2年次調査でこれを対象にIP法調査を実施したが、IP異常は把握されなかった。このことは、Tiferouine地区では磁気異常を誘発する磁硫鉄鉱は存在するが、IP異常を形成するほ

どの鉍化作用が行われなかったことを示唆すると思われる。

### 3-2-3 ボーリング調査結果との対比

本調査と並行して実施されたボーリング調査の結果と、見掛け抵抗異常及びPFE異常との関係は次表のとおりである。

| ボーリング<br>No | ボーリング位置                        | 主な地質           | 鉍 徴  | 見掛け抵抗<br>及びPFE      |
|-------------|--------------------------------|----------------|--|---------------------|
| MJMH-1      | 東部地区Lamrah付近<br>E-2 測点5の東300m  | 粘板岩・シ<br>ルト岩互層 | 全体的にPy・Poの鉍染、<br>346-353m間にPb・Zn細脈                 | 全般に低比抵抗<br>深部で4%程度  |
| MJMH-2      | 西部地区Frizem北西<br>W-2 測点7の北400m  | 千枚岩・シ<br>ルト岩互層 | 132-136, 219-251, 293-295,<br>330-335, 365-373mで鉍化 | 深部で30Ω・m<br>前後、5%以上 |
| MJMH-3      | 西部地区Frizem西方<br>測線W-2 測点10     | 千枚岩・シ<br>ルト岩互層 | 125-144, 193-227, 278-287,<br>307-332m間に鉍化帯あり      | 全般に低比抵抗<br>深部で5%程度  |
| MJMH-4      | 西部地区Frizem北西<br>W-2 測点13の北400m | 千枚岩・シ<br>ルト岩互層 | 158-161, 193-198, 225-<br>235m間に鉍化帯を捕捉             | 深部で50Ω・m<br>程度、5%未満 |

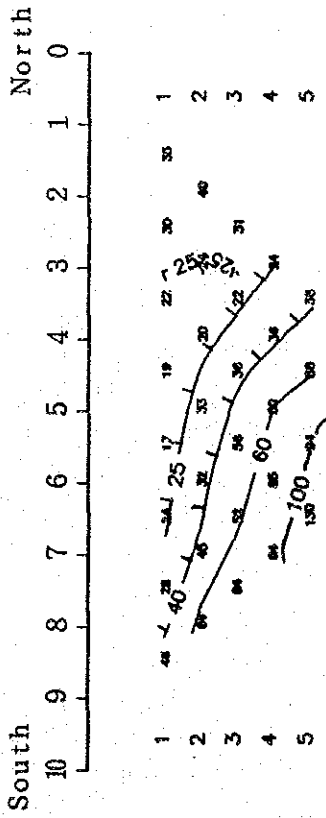
(注) 鉍化帯はCu・Pb・Zn・Po・Py鉍化帯

ボーリング調査は東部地区のLamrah付近で1本、西部地区のFrizem付近で3本の計4本が実施されたが、見掛け抵抗異常及びPFE異常と地質情報を考慮して位置を選定している。Fig. I-25 に示した見掛け深度 300m (n=5) の見掛け抵抗異常及びPFE異常とボーリング位置が必ずしも一致しないのは、n=1~4の深度も検討したためである。

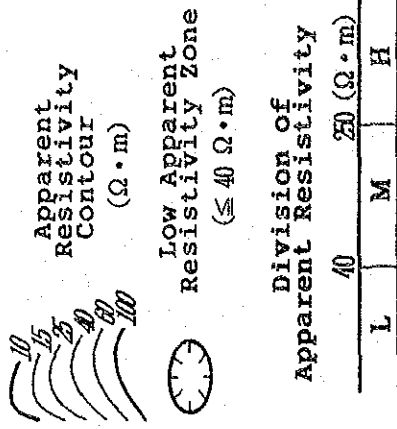
ボーリング調査の結果、各孔で上表に見られる鉍染や鉍化帯を捕捉した。しかしながら、規模・品位に優れた鉍床を発見するには至らず、MJMH-1は弱い鉍染が主であり、MJMH-2・MJMH-3・MJMH-4の鉍化帯はいずれも小規模または低品位の細脈を伴うものであった。この中では、MJMH-3の鉍化帯が最も優勢である。

以上のボーリング調査結果を勘案し、今後本地域で探鉍を継続する場合、東部地区Hajar鉍床から派生して南西に延長・傾斜する地下深部のIP異常と、西部地区の西半分のさらに地下深部に開発の余地が残されていると思われる。

# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



## LEGEND



# P F E (%)

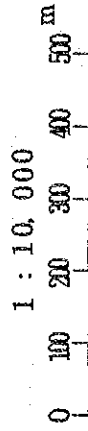
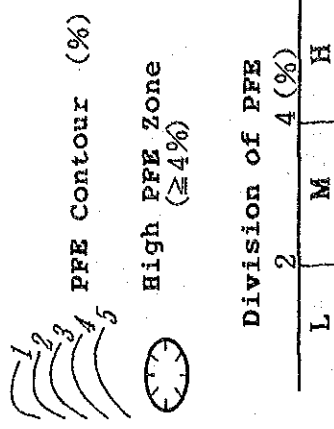
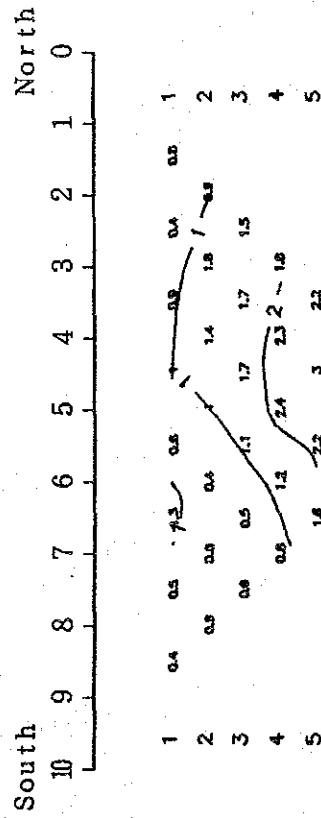
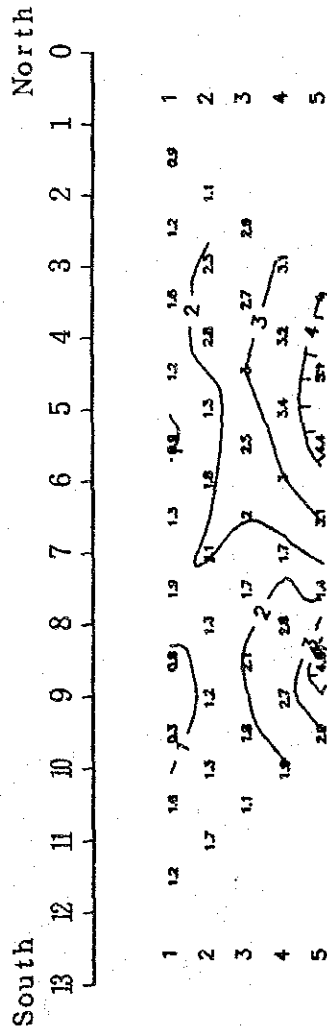
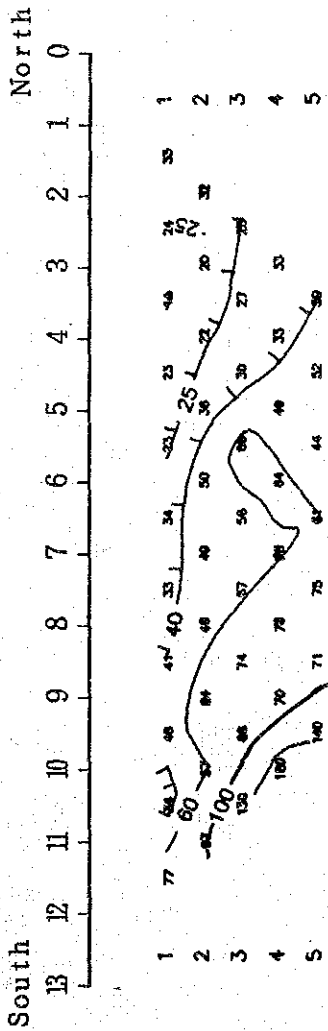


Fig. 1-3 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-1)

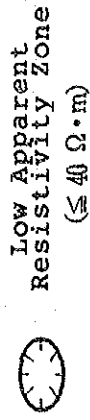
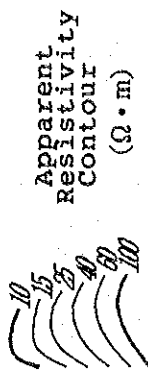




# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )

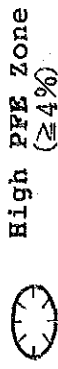
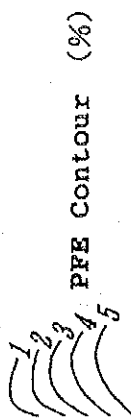


## LEGEND



Division of Apparent Resistivity

|    |    |                      |
|----|----|----------------------|
| 40 | 20 | ( $\Omega \cdot m$ ) |
| L  | M  | H                    |



Division of P F E

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 2 | 4 | (%) |
| L | M | H   |

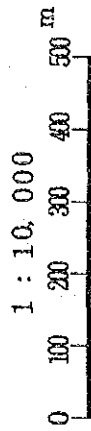


Fig. I -4 Apparent Resistivity and P F E Pseudo Section (Line E-2)



# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )

# LEGEND

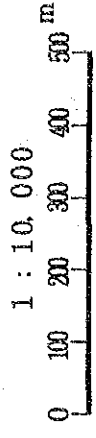
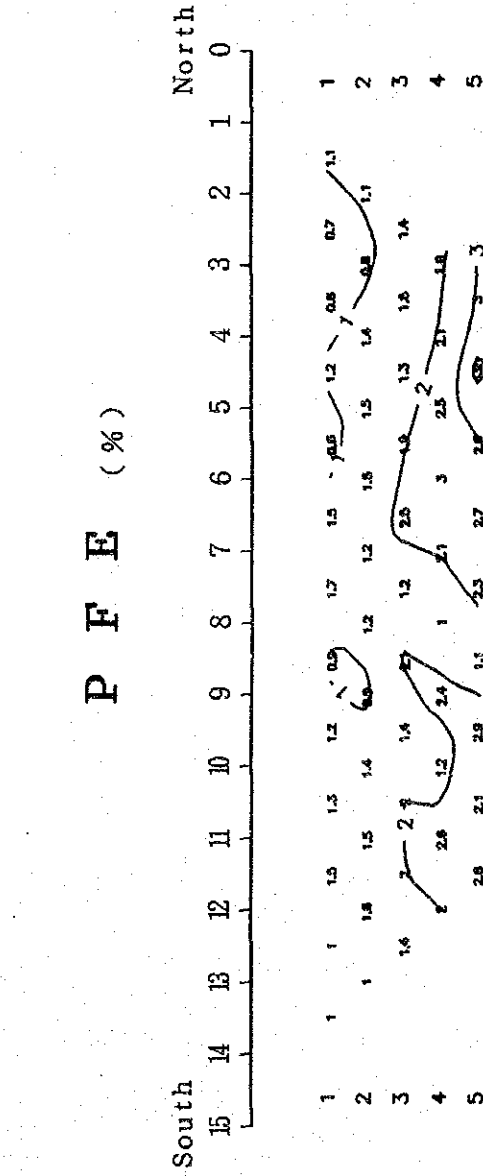
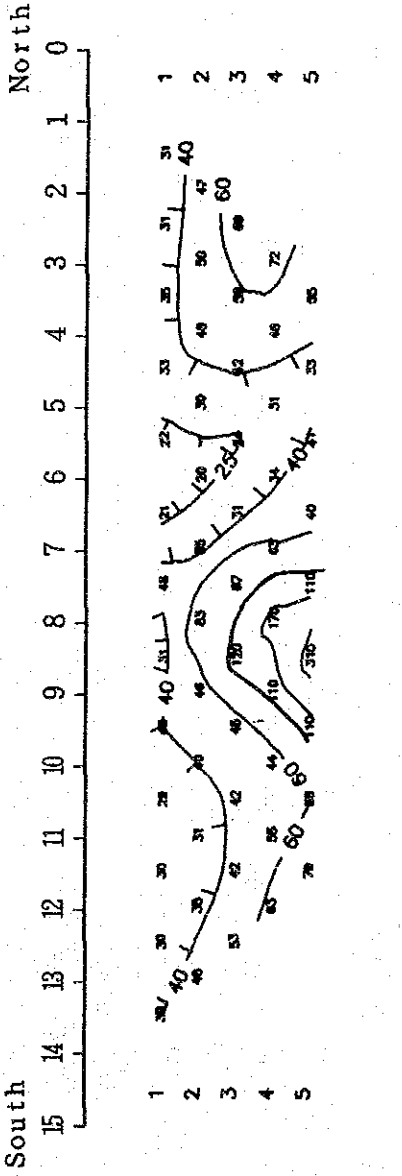
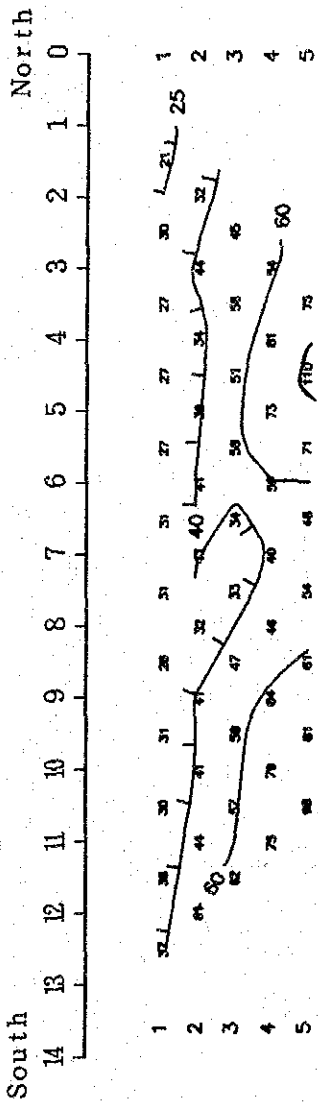


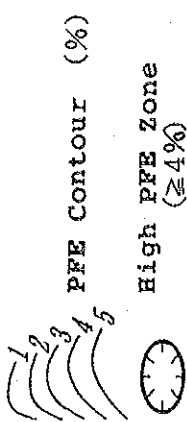
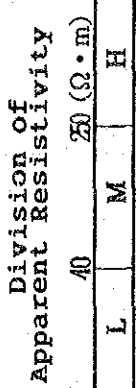
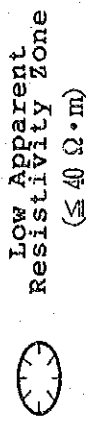
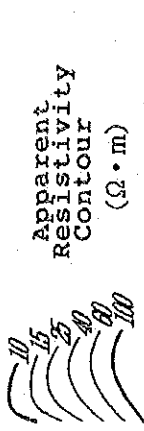
Fig. I -5 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-3)



# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



# LEGEND



# P F E (%)

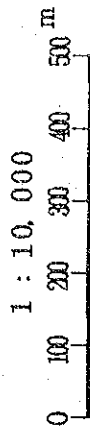
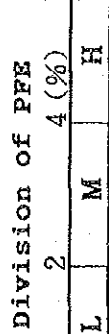
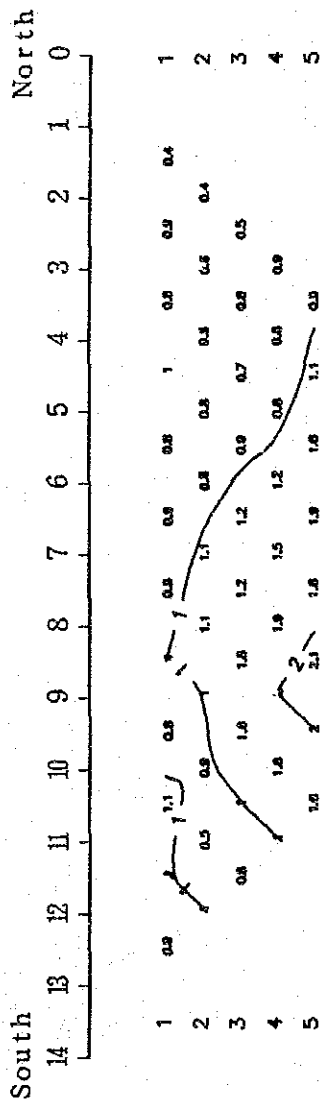
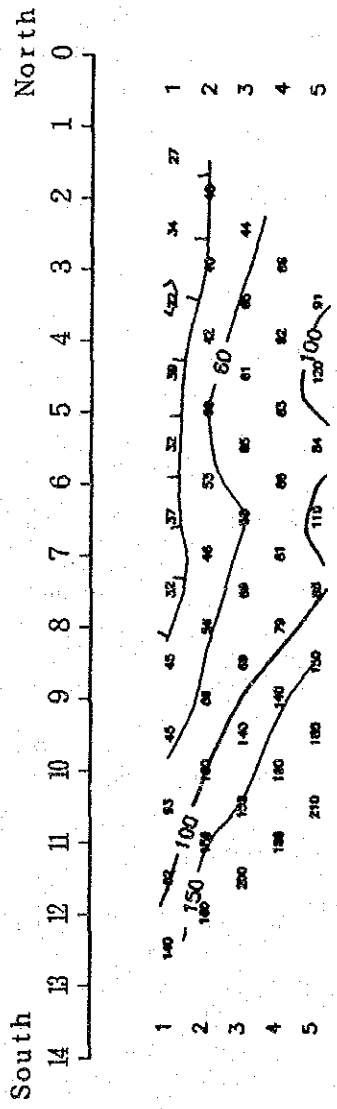


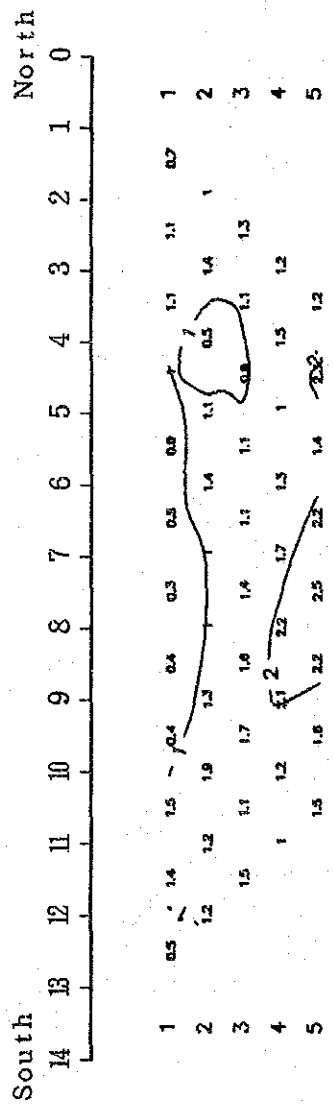
Fig. I -6 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-4)



# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



# P F E (%)



## LEGEND

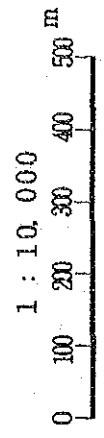
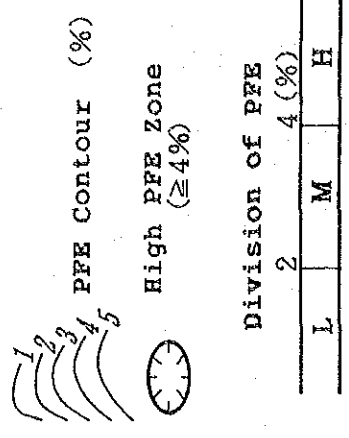
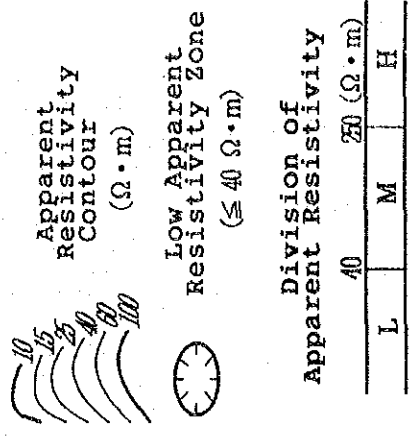
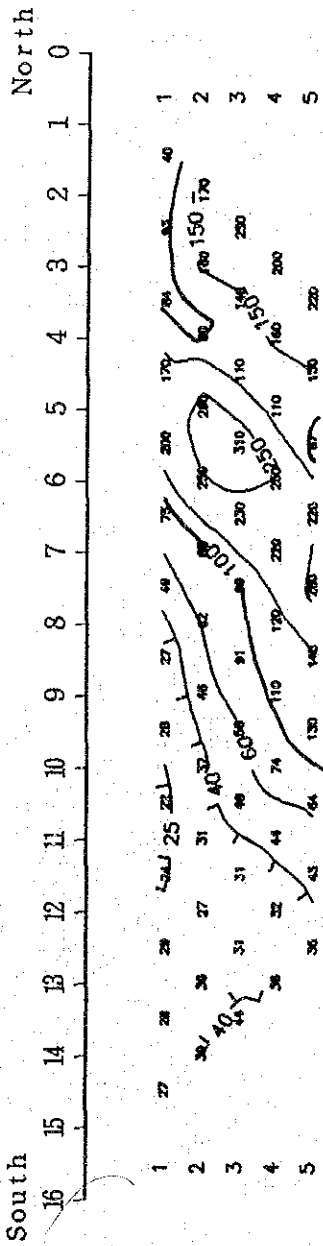


Fig. I -7 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-5)

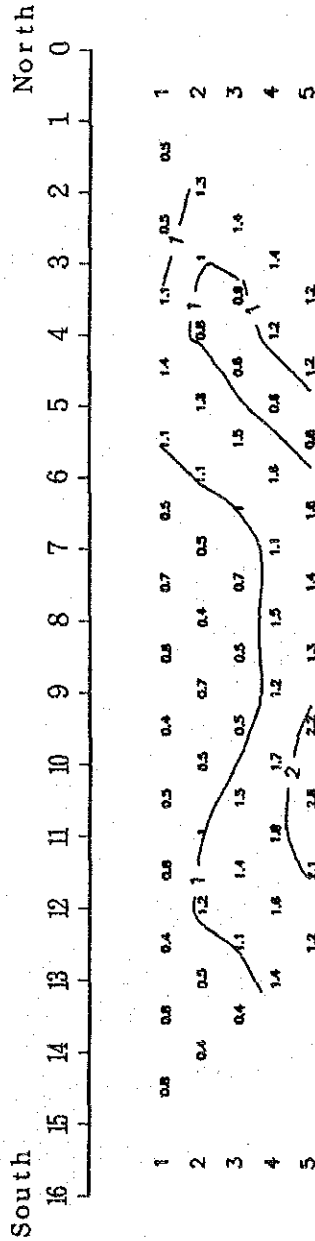




# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



# P F E (%)



## LEGEND

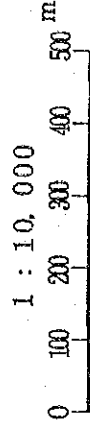
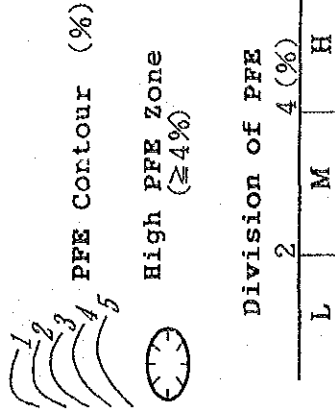
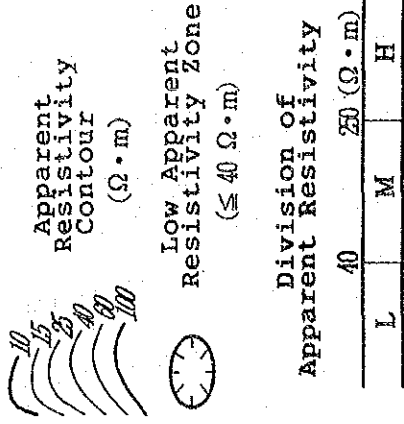
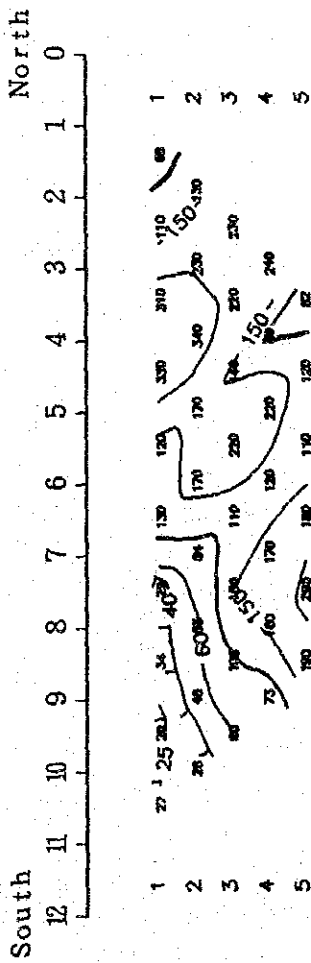


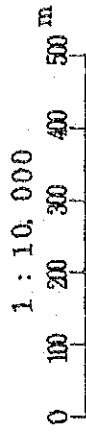
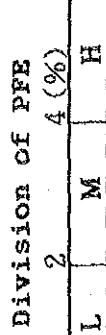
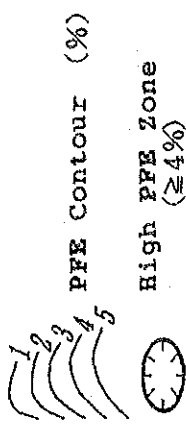
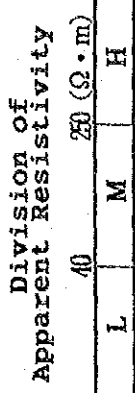
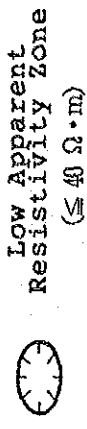
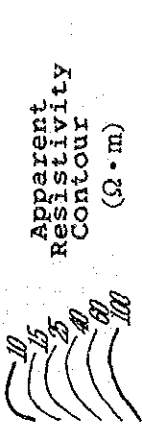
Fig. I-8 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-6)



# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



# LEGEND



# P F E (%)

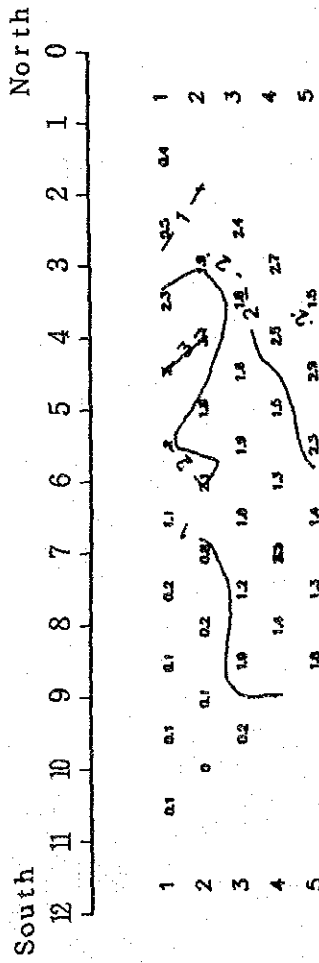
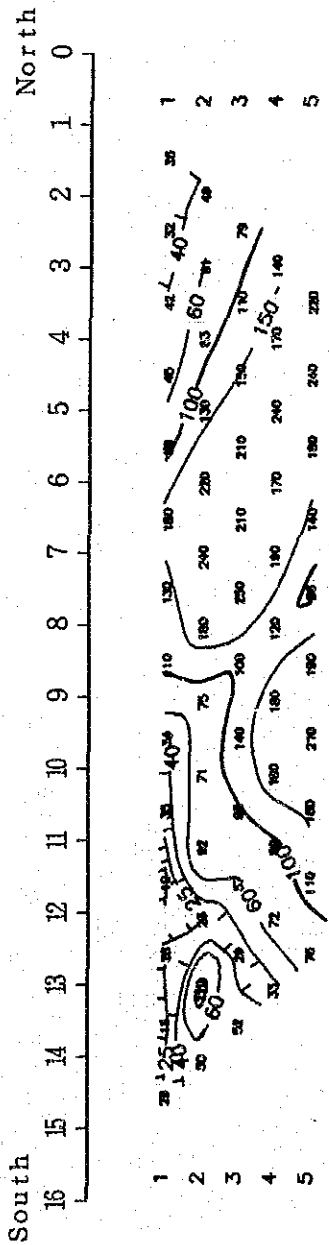


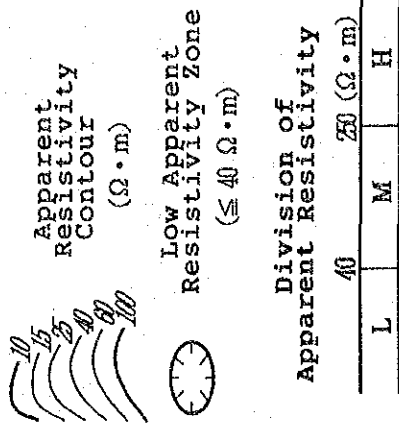
Fig. I-9 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-7)



# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



## LEGEND



# P F E (%)

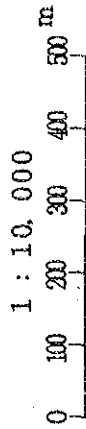
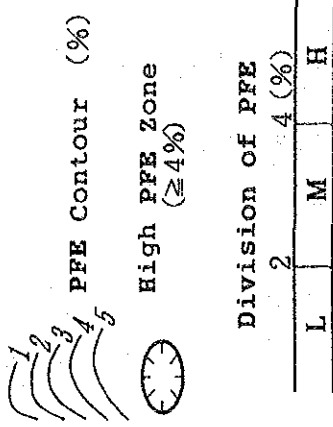
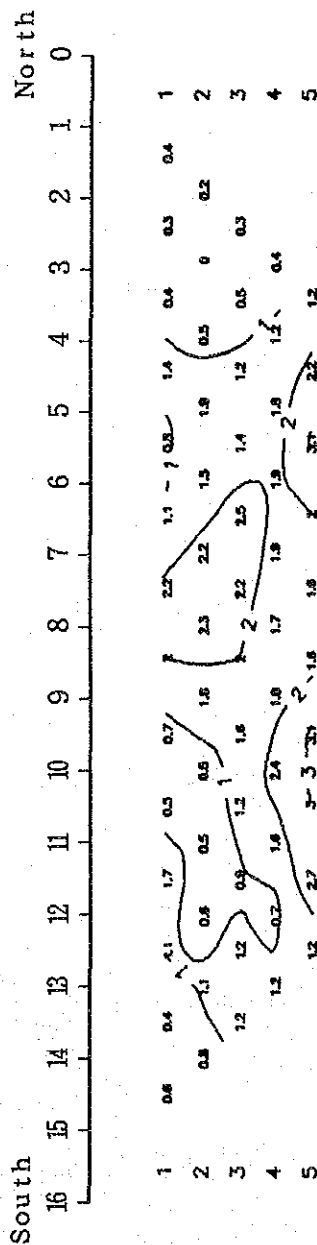
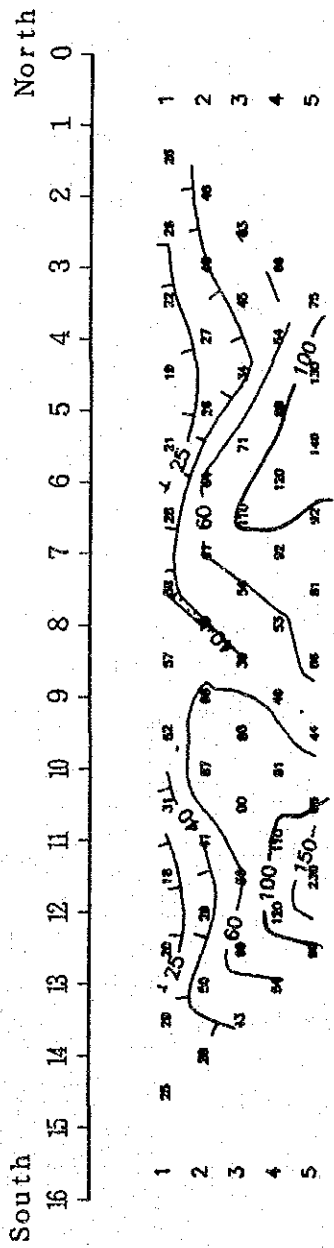


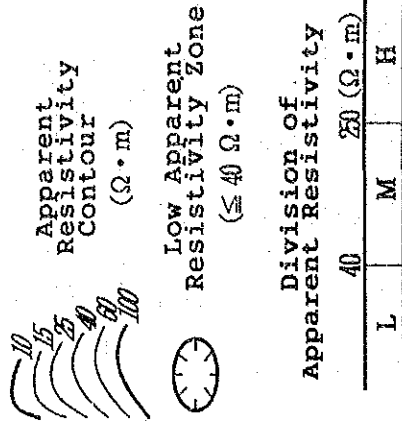
Fig. I -10 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-8)



# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



## LEGEND



# P F E (%)

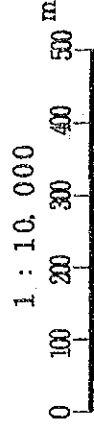
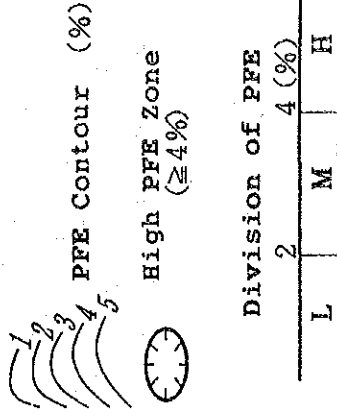
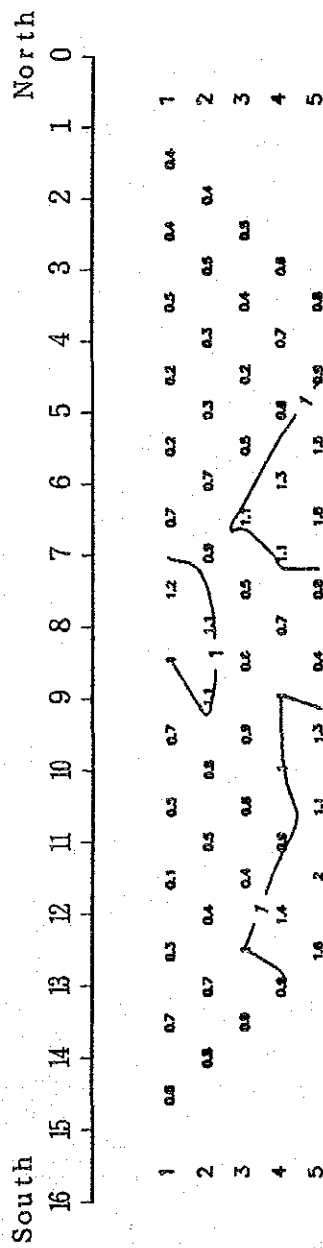
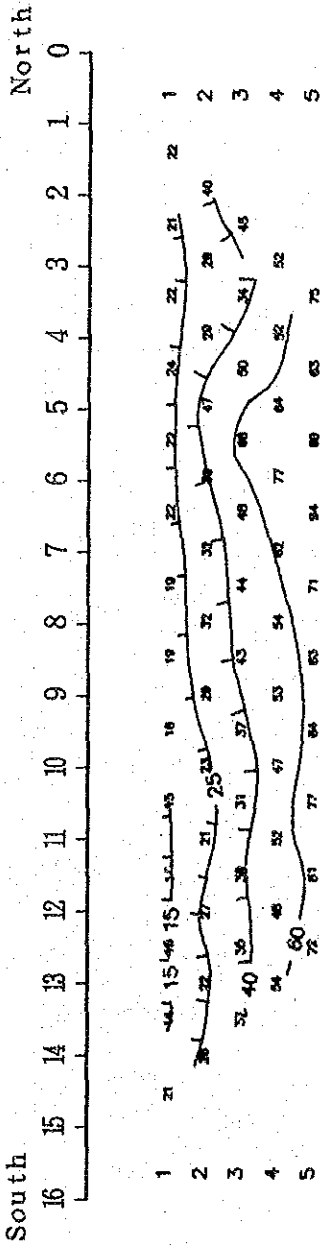


Fig. I -11 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-9)

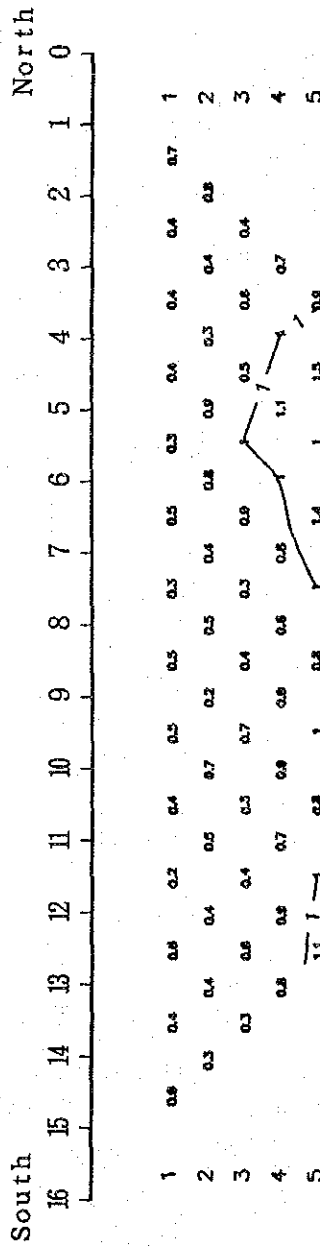




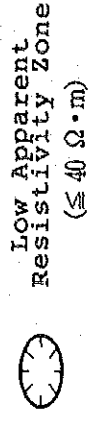
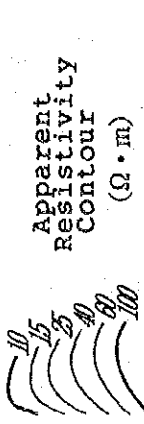
# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



# P F E (%)

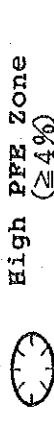
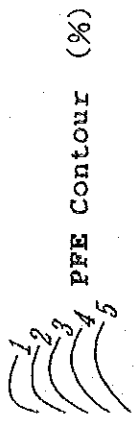


## LEGEND



Division of Apparent Resistivity

|    |                         |   |
|----|-------------------------|---|
| 40 | 20 ( $\Omega \cdot m$ ) |   |
| L  | M                       | H |



Division of P F E

|   |       |   |
|---|-------|---|
| 2 | 4 (%) |   |
| L | M     | H |

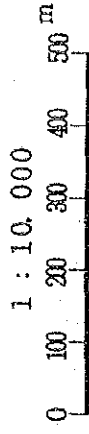
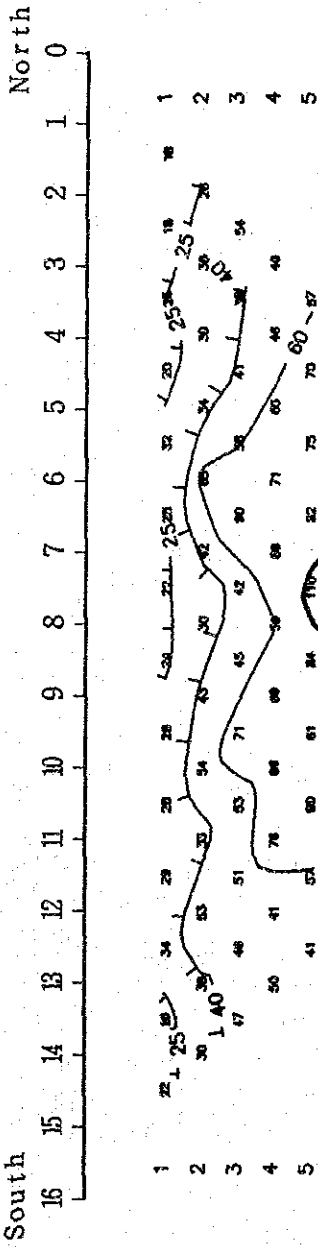


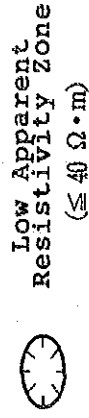
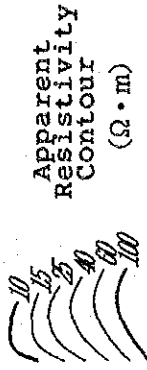
Fig. I-12 Apparent Resistivity and P F E Pseudo Section (Line E-10)



# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )

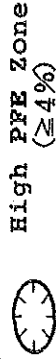
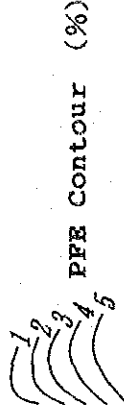


## LEGEND



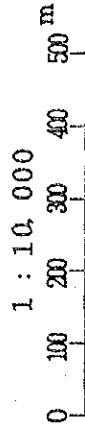
Division of Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )

|    |                         |
|----|-------------------------|
| 40 | 20 ( $\Omega \cdot m$ ) |
| L  | M   H                   |



Division of PFE (%)

|   |       |
|---|-------|
| 2 | 4 (%) |
| L | M   H |



# P F E (%)

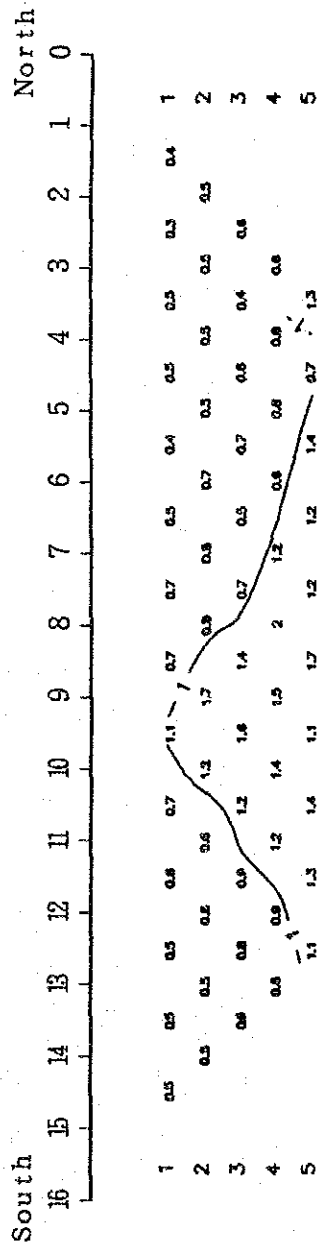
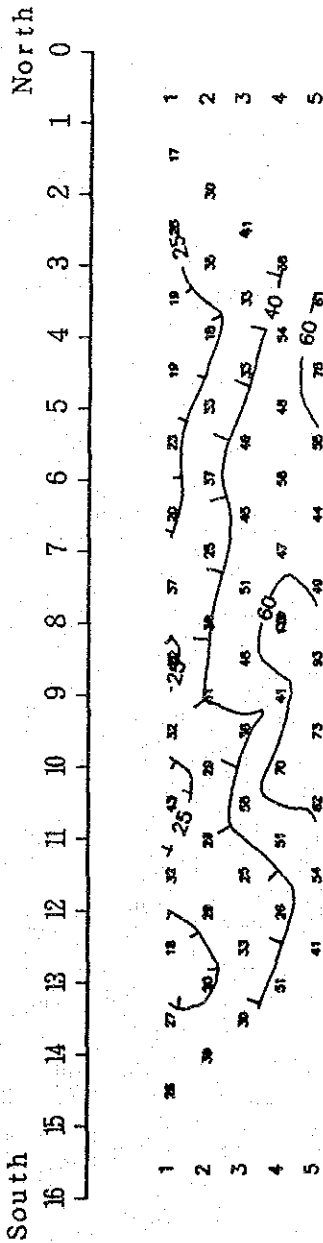


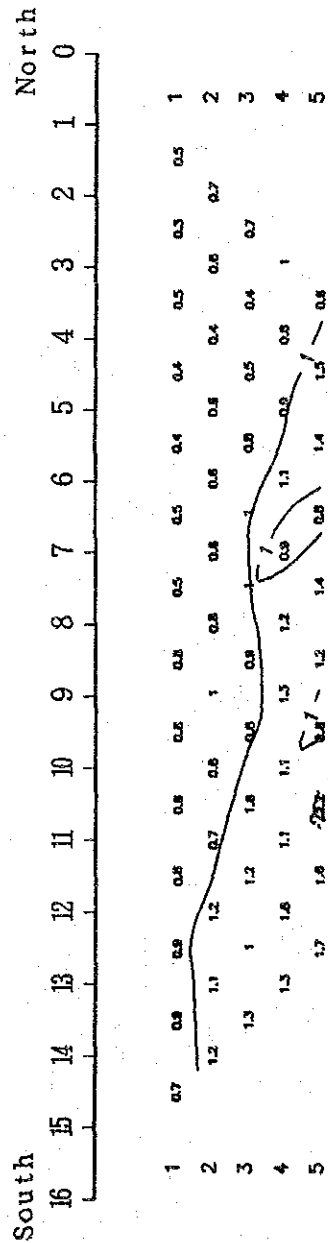
Fig. I -13 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-11)



# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



# P F E (%)



## LEGEND

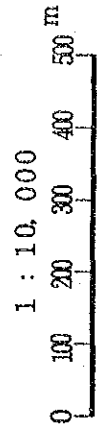
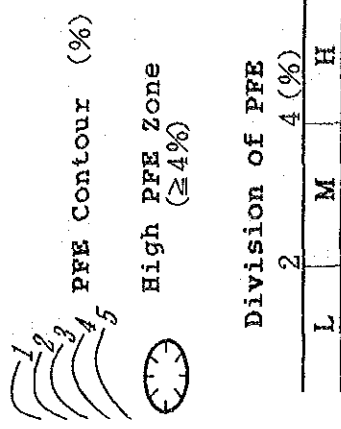
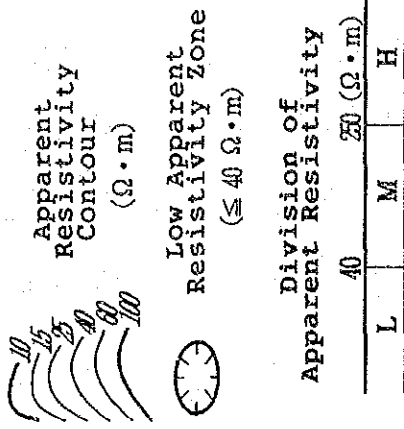
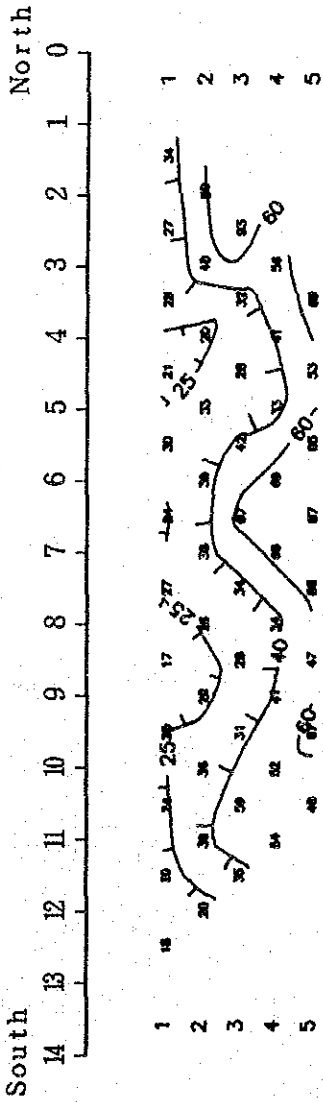


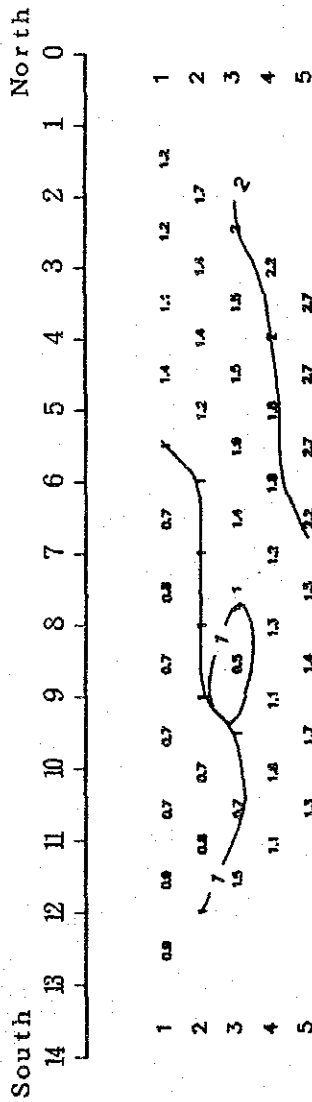
Fig. I -14 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-12)



# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



# P F E (%)



## LEGEND

**Division of Apparent Resistivity**  

|    |    |                      |
|----|----|----------------------|
| 40 | 20 | ( $\Omega \cdot m$ ) |
| L  | M  | H                    |

**Division of PFE**  

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 2 | 4 | (%) |
| L | M | H   |

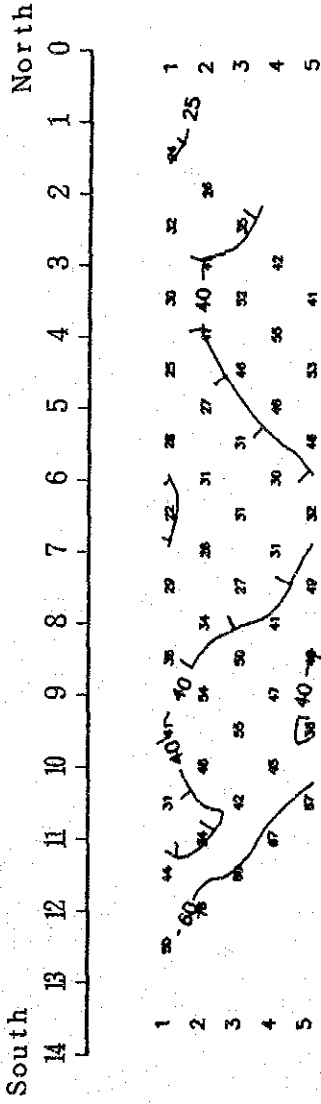
Scale: 1 : 10,000  
 0 100 200 300 400 500 M

Fig. I -15 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-13)

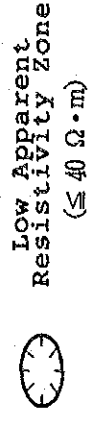
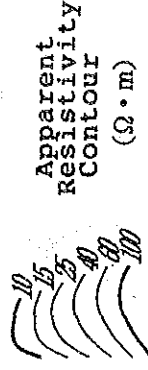




# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )

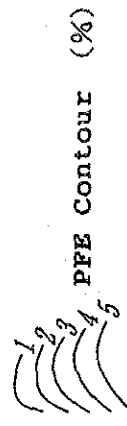


## LEGEND



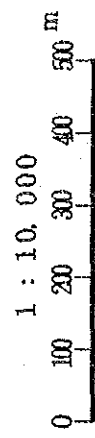
Division of Apparent Resistivity

|    |                         |   |
|----|-------------------------|---|
| 40 | 20 ( $\Omega \cdot m$ ) |   |
| L  | M                       | H |



Division of PFE

|   |       |   |
|---|-------|---|
| 2 | 4 (%) |   |
| L | M     | H |



# P F E (%)

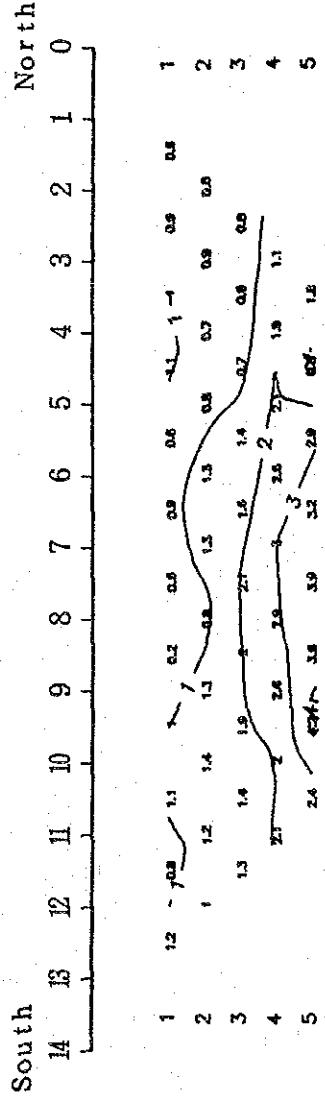
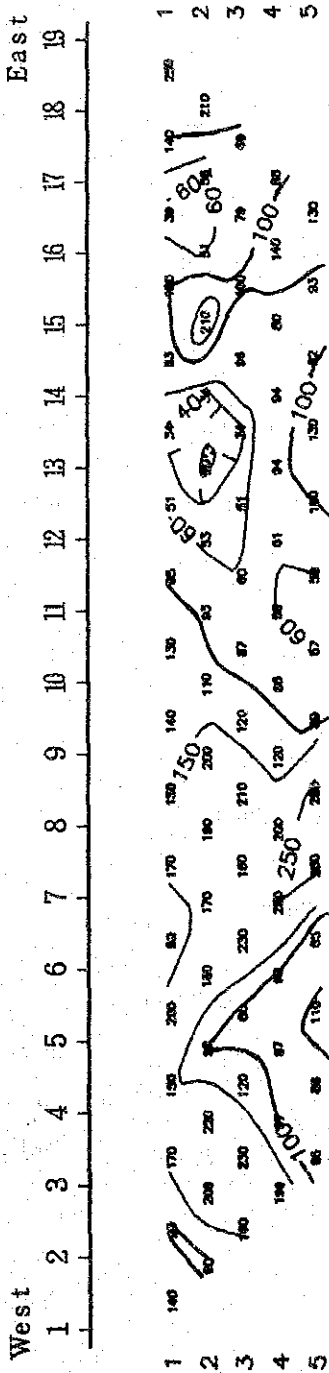


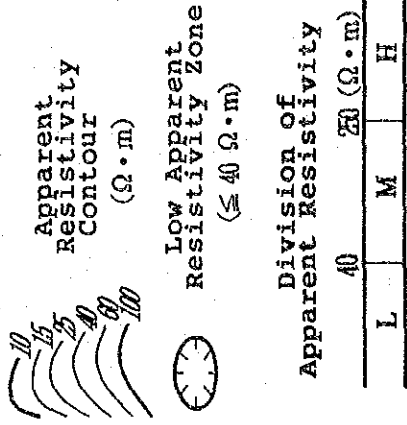
Fig. I -16 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-14)



# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



# LEGEND



# P F E (%)

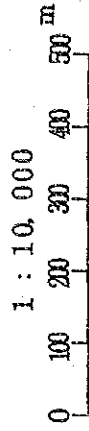
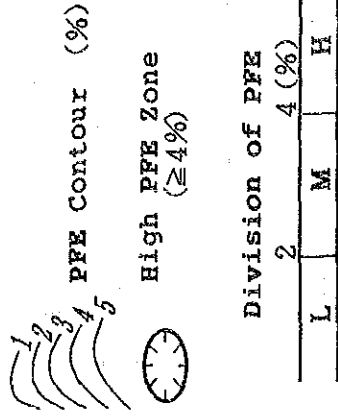
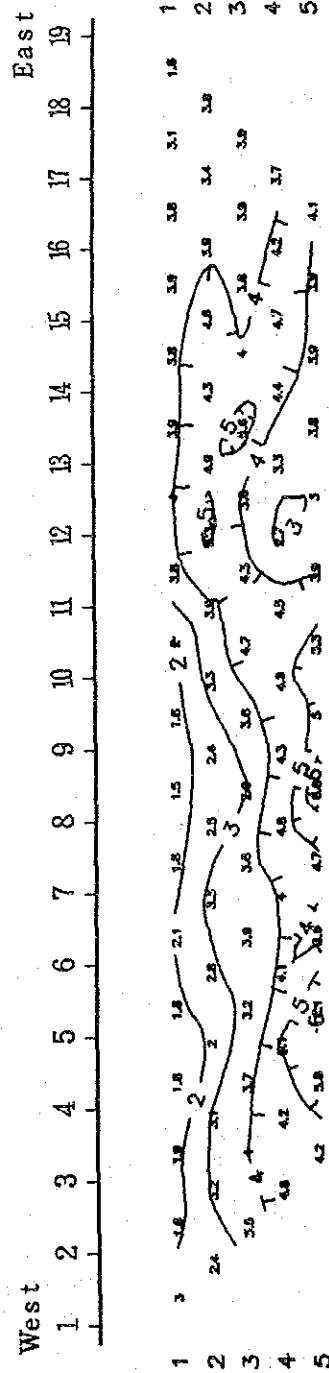
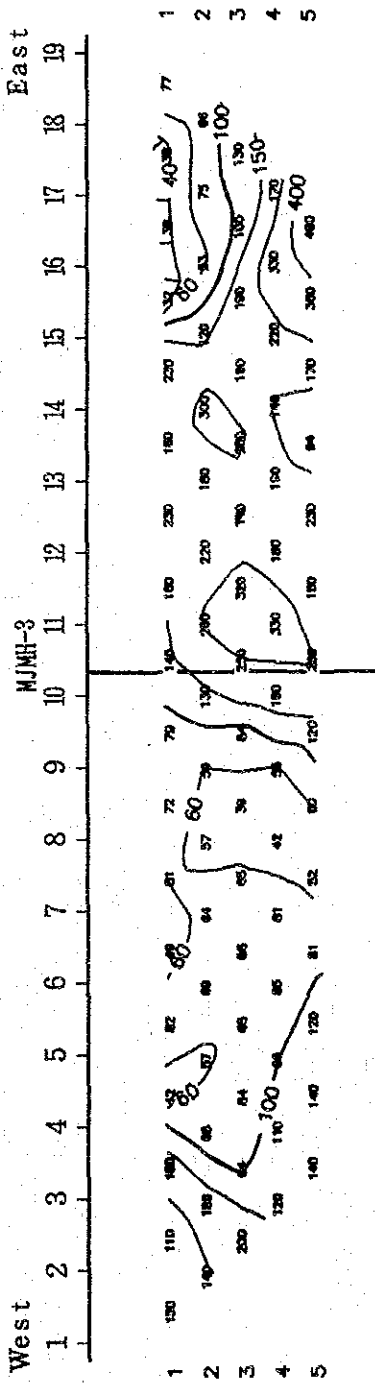


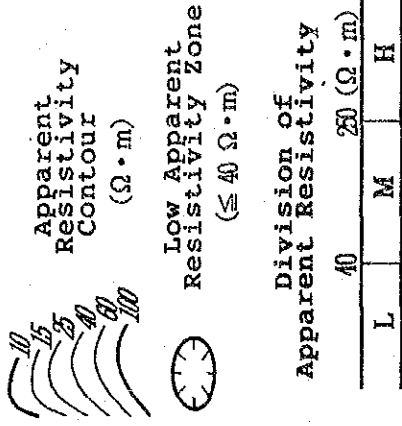
Fig. I --17 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line W-1)



# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



# LEGEND



# P F E (%)

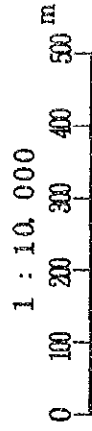
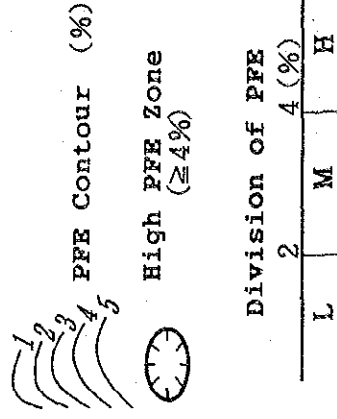
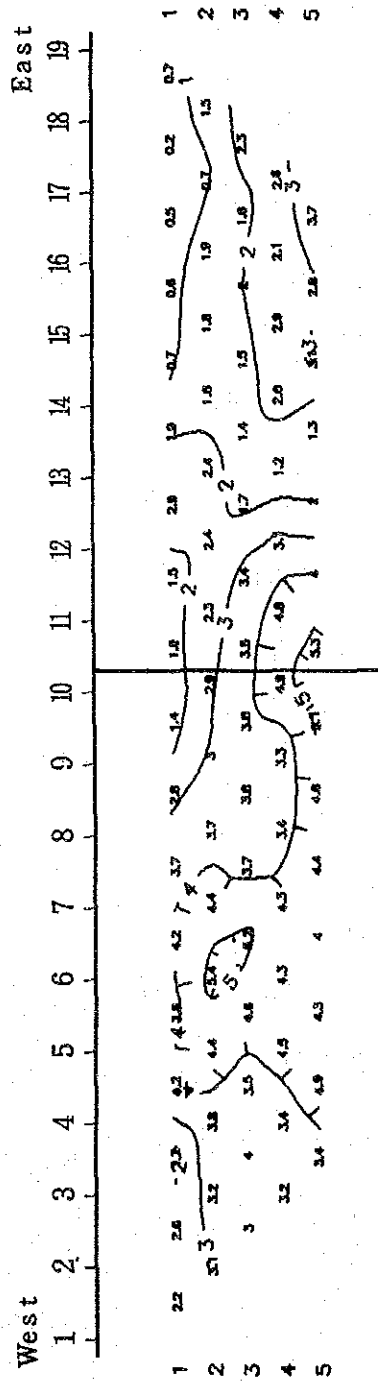
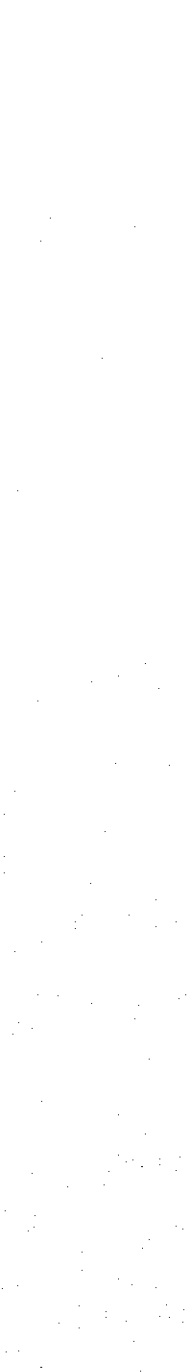
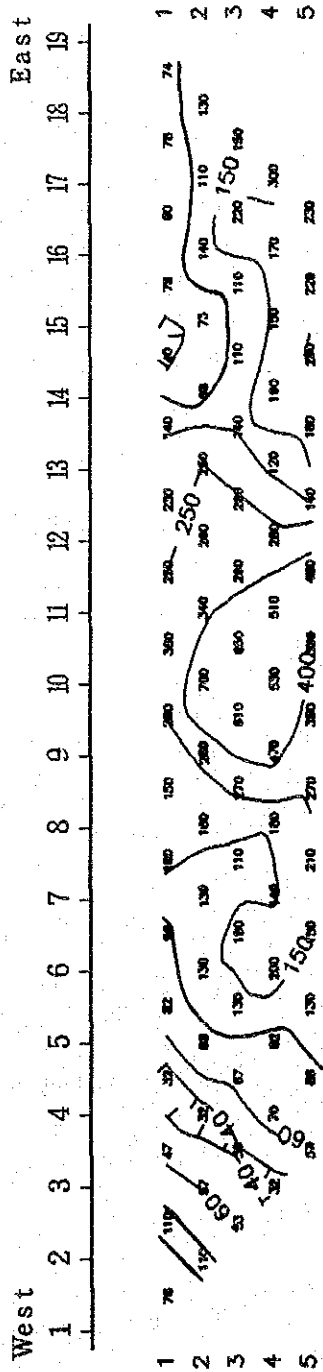


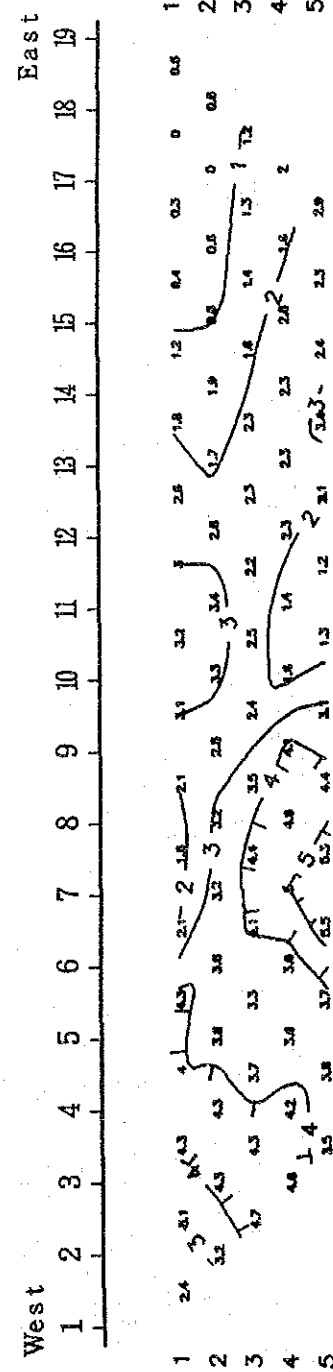
Fig. I -18 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line W-2)



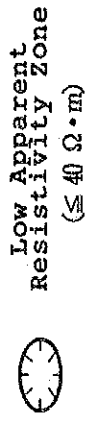
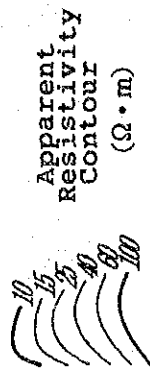
# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



# P F E (%)

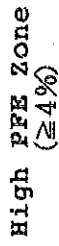
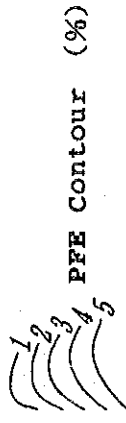


## LEGEND



Division of Apparent Resistivity

|    |    |                      |
|----|----|----------------------|
| 40 | 50 | ( $\Omega \cdot m$ ) |
| L  | M  | H                    |



Division of PFE

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 2 | 4 | (%) |
| L | M | H   |

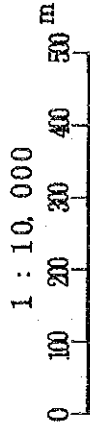


Fig. I -19 Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line W-3)





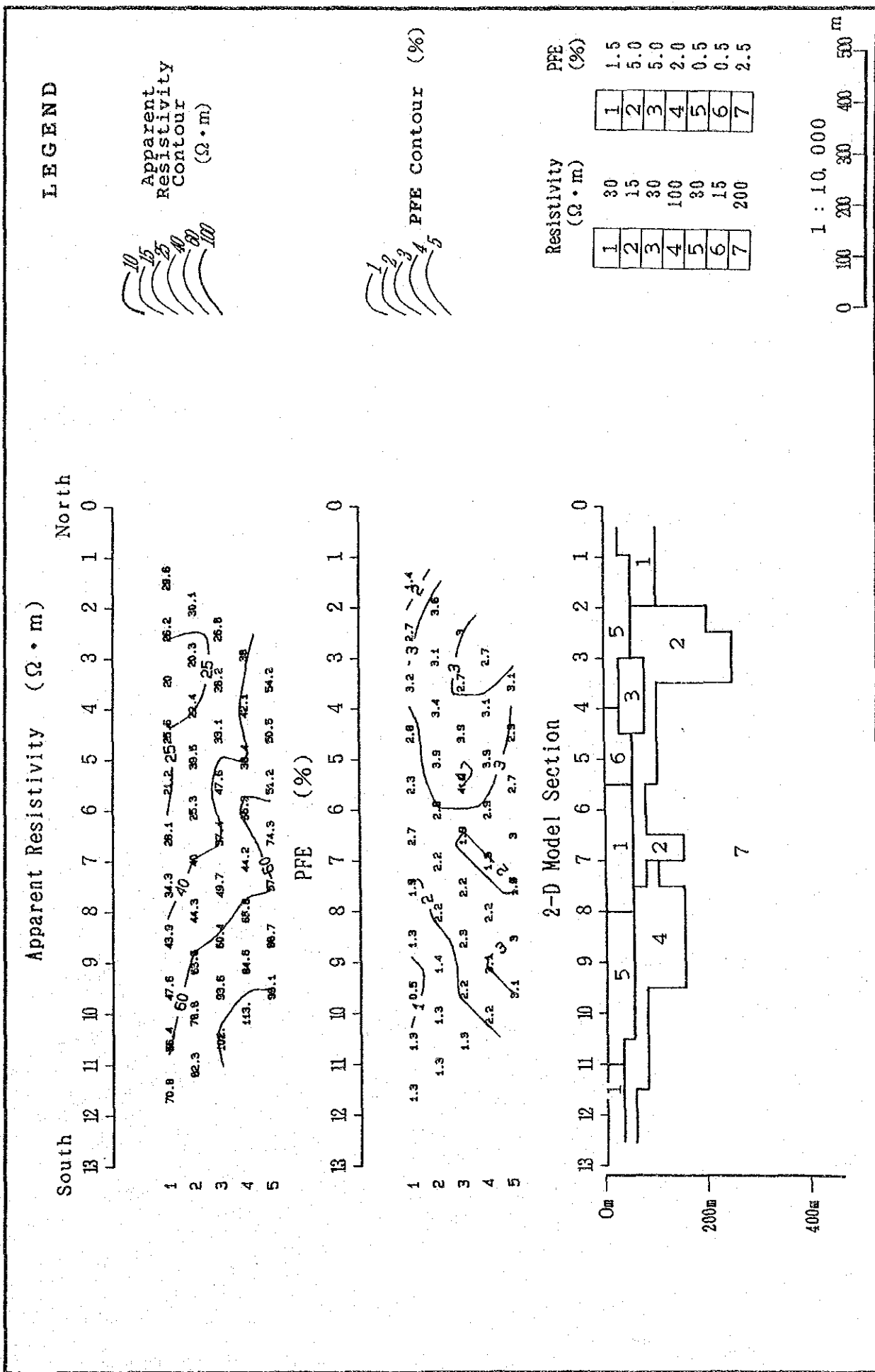


Fig. I -20 Results of I P Modeling (Line E-2)



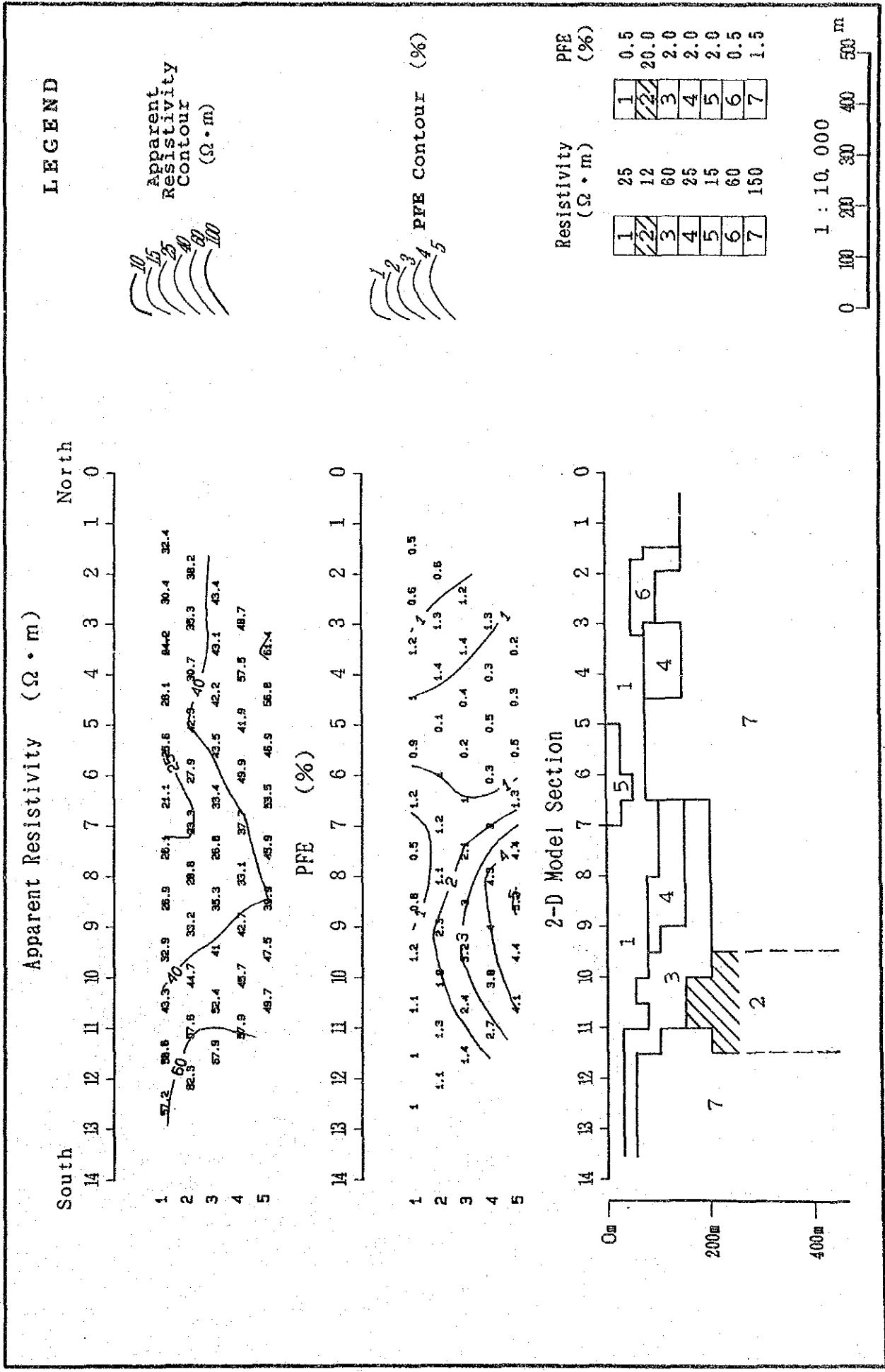
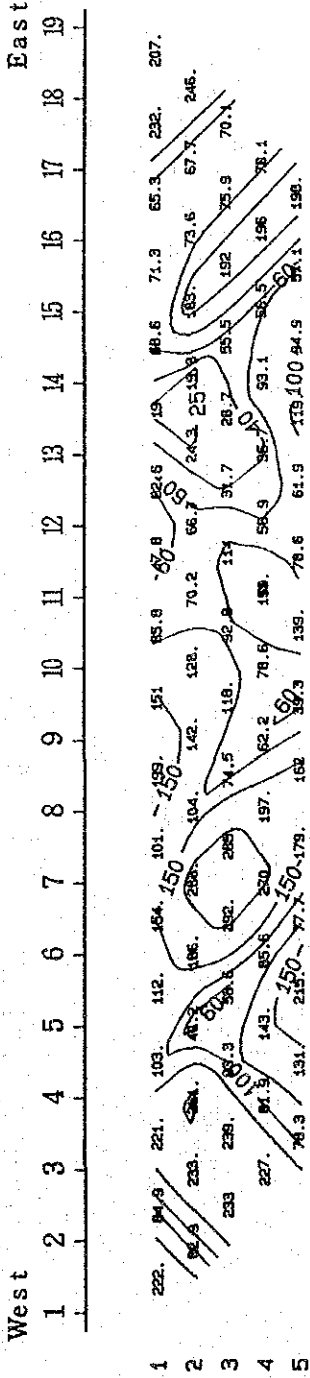


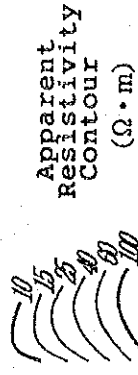
Fig. I -21 Results of I P Modeling (Line E-14)



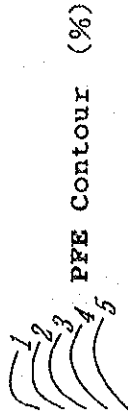
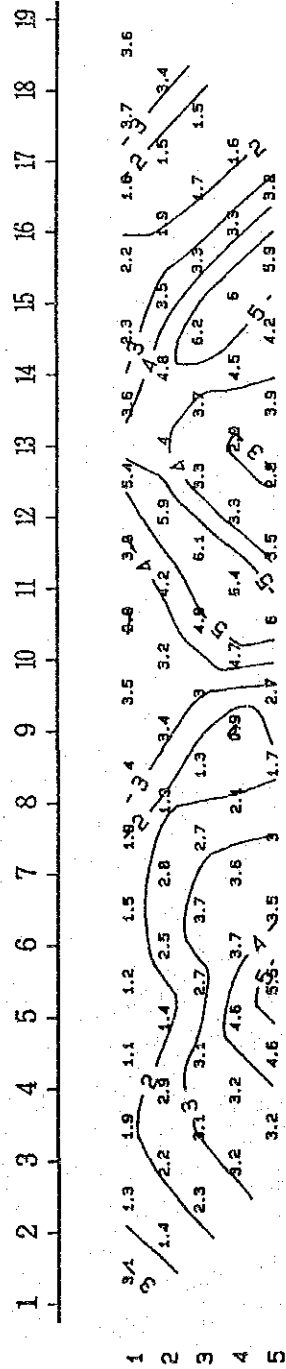
Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



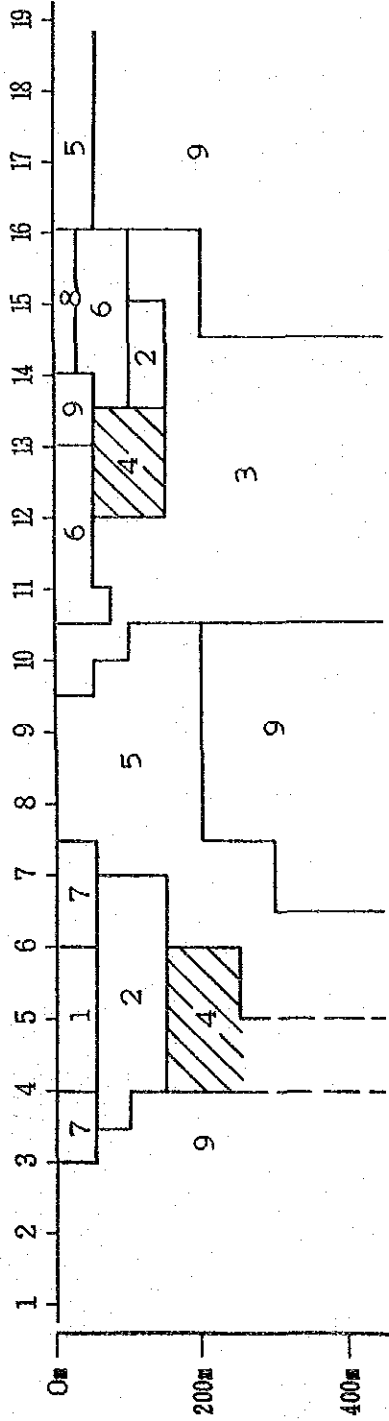
LEGEND



PFE (%)



2-D Model Section



Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )

|   |     |
|---|-----|
| 1 | 200 |
| 2 | 300 |
| 3 | 100 |
| 4 | 20  |
| 5 | 200 |
| 6 | 50  |
| 7 | 50  |
| 8 | 30  |
| 9 | 200 |

PFE (%)

|   |      |
|---|------|
| 1 | 0.5  |
| 2 | 3.0  |
| 3 | 3.0  |
| 4 | 10.0 |
| 5 | 4.0  |
| 6 | 3.0  |
| 7 | 0.5  |
| 8 | 0.5  |
| 9 | 3.0  |

1 : 10,000

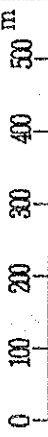


Fig. I -22 Results of IP Modeling (Line W-1)



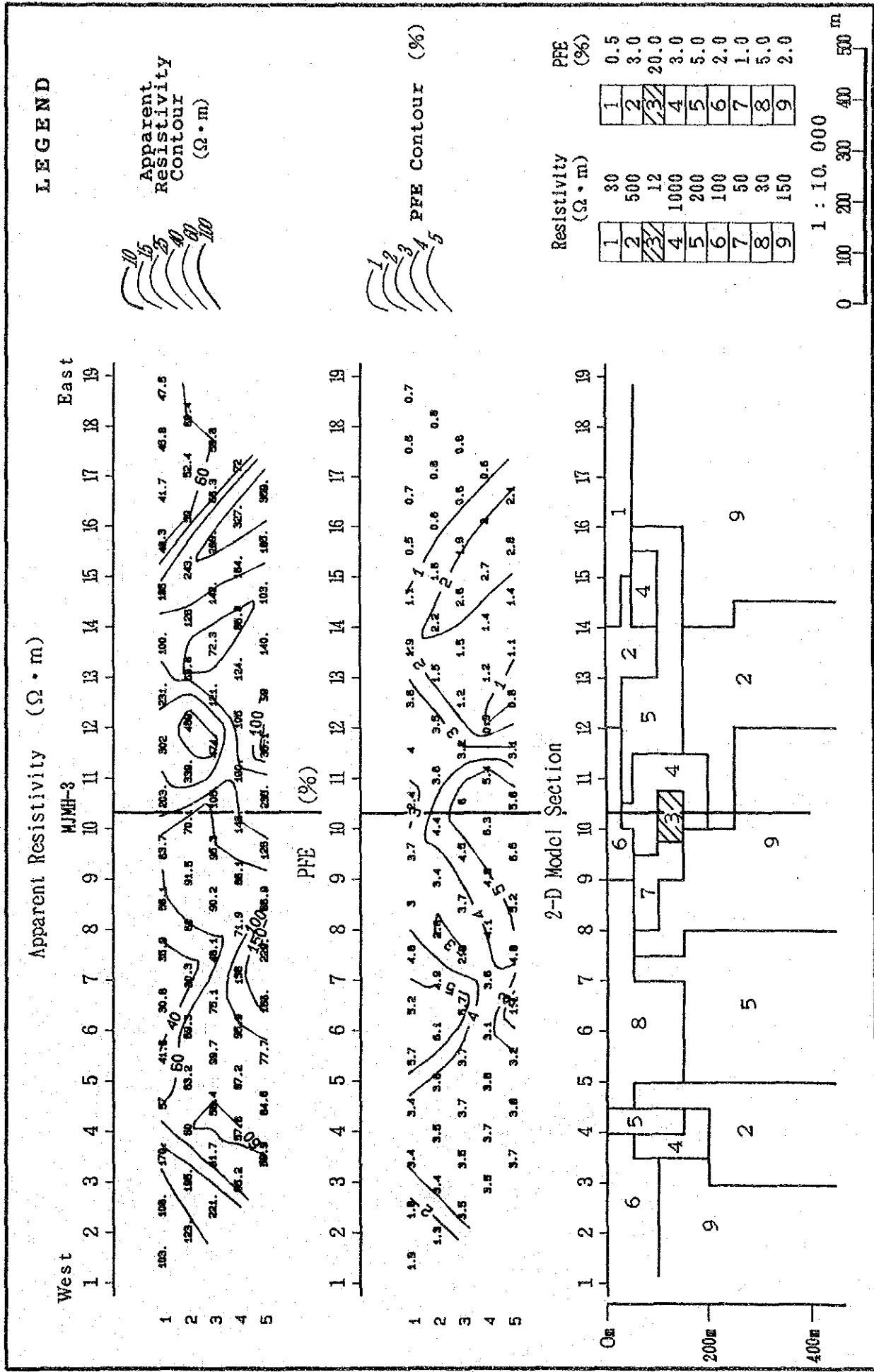
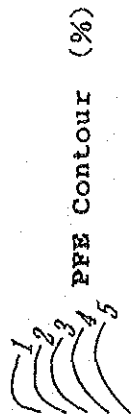
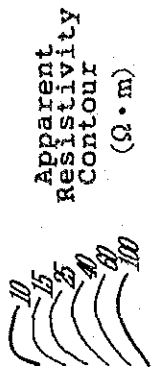


Fig. I -23 Results of IP Modeling (Line W-2)





LEGEND



|   |     |   |      |
|---|-----|---|------|
| 1 | 50  | 1 | 0.5  |
| 2 | 500 | 2 | 3.0  |
| 3 | 20  | 3 | 10.0 |
| 4 | 30  | 4 | 5.0  |
| 5 | 200 | 5 | 1.0  |
| 6 | 100 | 6 | 4.0  |
| 7 | 100 | 7 | 2.0  |
| 8 | 30  | 8 | 0.5  |
| 9 | 200 | 9 | 3.0  |

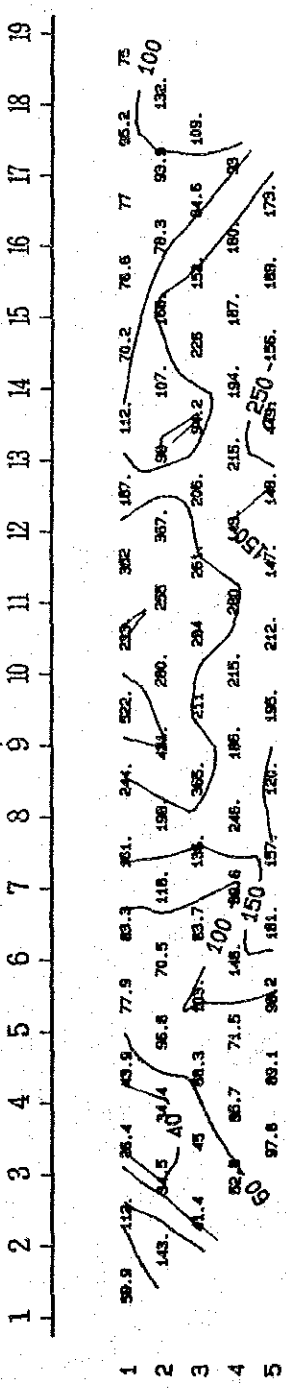
1 : 10,000



Apparent Resistivity (Ω·m)

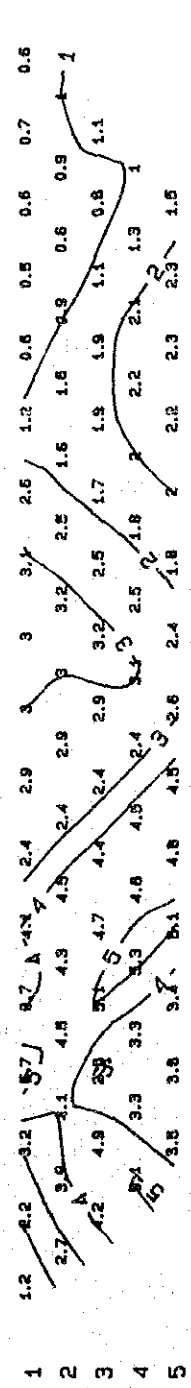
East

West



PFE (%)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19



2-D Model Section

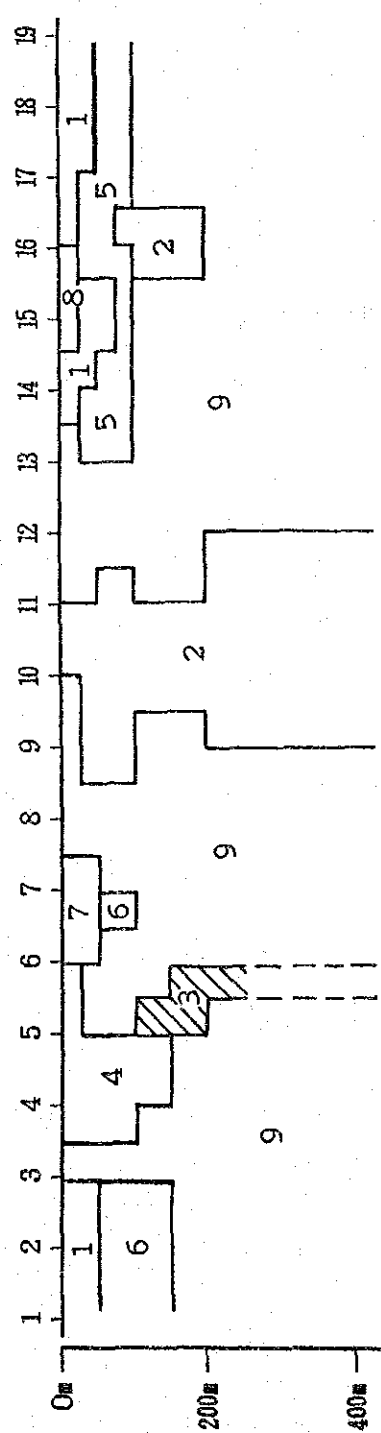
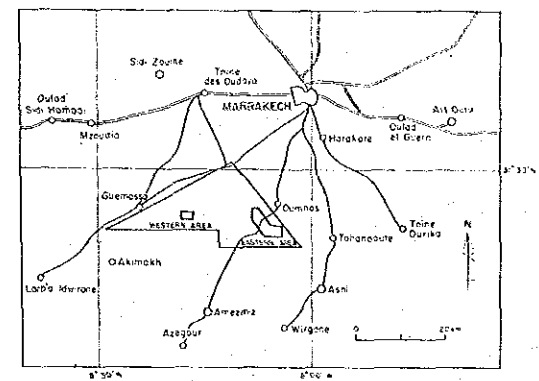


Fig. I -24 Results of I P Modeling (Line W-3)

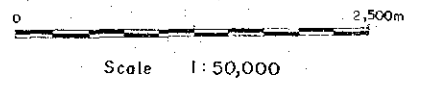


COOPERATIVE MINERAL EXPLORATION  
IN  
HACUZ CENTRAL AREA, MOROCCO  
(PHASE III)

Map of Geophysical Interpretation

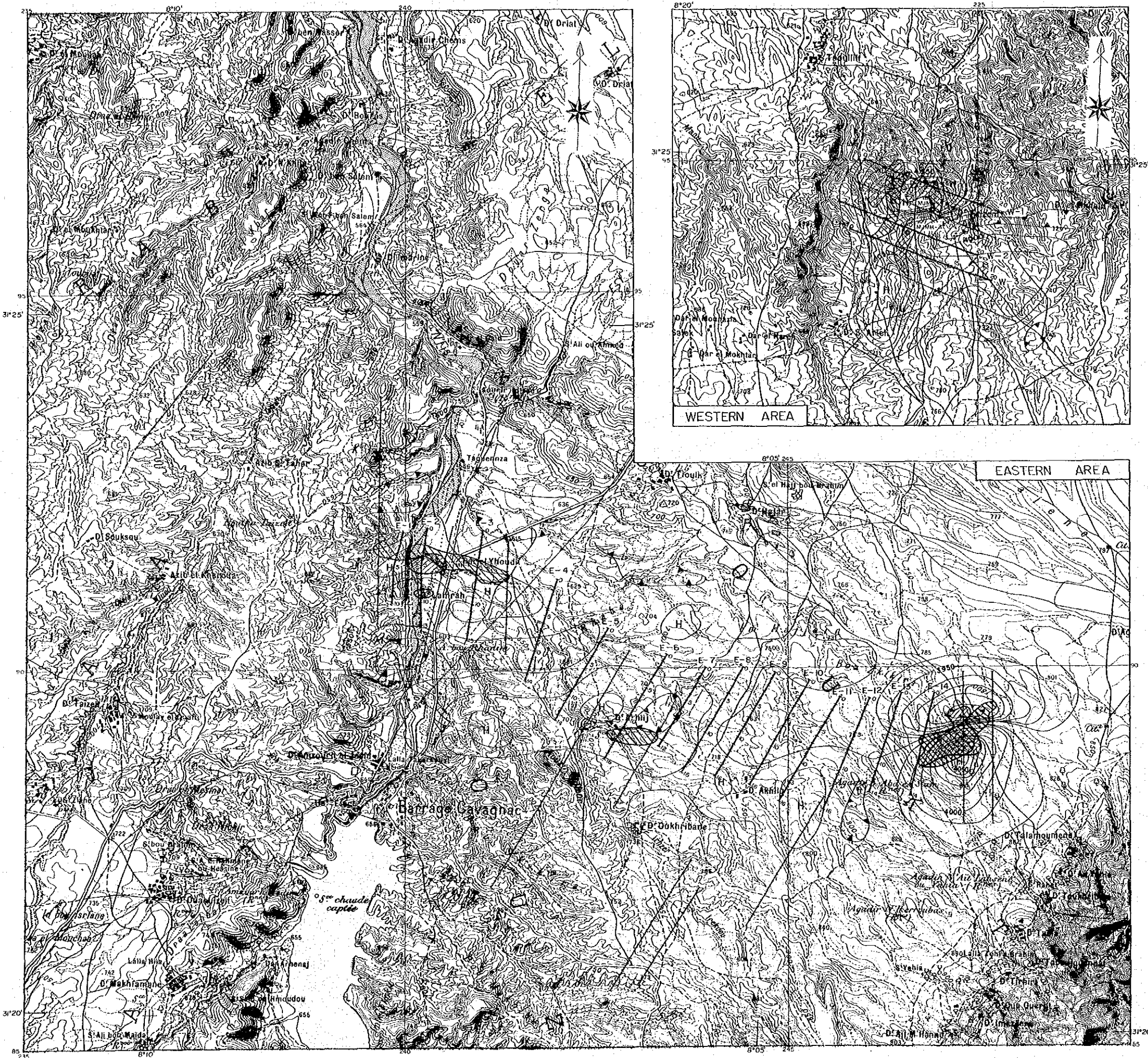


JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
METAL MINING AGENCY OF JAPAN  
FEBRUARY 1990  
Prepared by MINDECO



LEGEND

- E-8 5 Line Number  
Station Number  
IP Survey Line (Phase II)
- IP Survey Line (Phase II)
- MJM-1 Boring Site
- Low Apparent Resistivity Anomaly  
Eastern Area :  $n=5, \leq 40 \Omega\cdot m$   
Western Area :  $n=5, \leq 60 \Omega\cdot m$
- High PFE Anomaly  
Eastern Area :  $n=5, \geq 4\%$   
Western Area :  $n=5, \geq 5\%$
- Low Magnetic Anomaly
- High Magnetic Anomaly





各論 第Ⅱ部

ボーリング調査



## 第1章 ボーリング調査概要

### 1-1 目的

第1年次調査及び第2年次調査で実施された地質・地化学調査及び物理探査により、鉍床賦存の有望地区として、Hajar-Amzourh 地区とFrizem地区が抽出された。

第3年次調査として、ボーリング調査が両地区の鉍床胚胎層準・地化学異常帯・物性異常帯に対して、鉍床賦存状況を把握することを目的として実施された。

### 1-2 ボーリング工事概要

実施されたボーリング工事は、4地点・4本で、深度各々400m、合計掘進長1,600mである (Fig. II-1)。

ボーリング工事はモロッコ国内コントラクターにより実施された。使用機械はLongyear-38、2台である。

工事期間は、1989年9月17日～12月15日の90日間である。

実施地点及び掘進実績は次のとおりである。

| No.    | 地区         | 位置     |         | 標高   | 傾斜   | 掘進長     |
|--------|------------|--------|---------|------|------|---------|
|        |            | N      | E       |      |      |         |
| MJMH-1 | (Lamrab地区) | 91.250 | 240.540 | 600m | -90° | 400.40m |
| MJMH-2 | (Frizem地区) | 94.470 | 223.830 | 688m | -90° | 401.30m |
| MJMH-3 | (Frizem地区) | 94.050 | 224.120 | 712m | -90° | 400.80m |
| MJMH-4 | (Frizem地区) | 94.330 | 224.410 | 692m | -90° | 400.20m |

### 1-3 コア鑑定・解析

採取されたコアについては、岩質・鉍化状況について鑑定し、縮尺1:200の地質柱状図を作成した。

鉍石部については、原則として、コアの1/4量を採取し銀・銅・鉛・亜鉛4元素の化学分析を行った。また鉍石部や代表的な岩石について薄片・研磨片を作成し顕微鏡観察を行うとともにX線回折を行った。室内試験項目は次のとおりである。

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| (1) 岩石薄片顕微鏡観察            | 20個 |
| (2) 鉍石研磨片顕微鏡観察           | 10個 |
| (3) 鉍石部の分析 (Ag・Cu・Pb・Zn) | 62個 |
| (4) X線回折                 | 10個 |



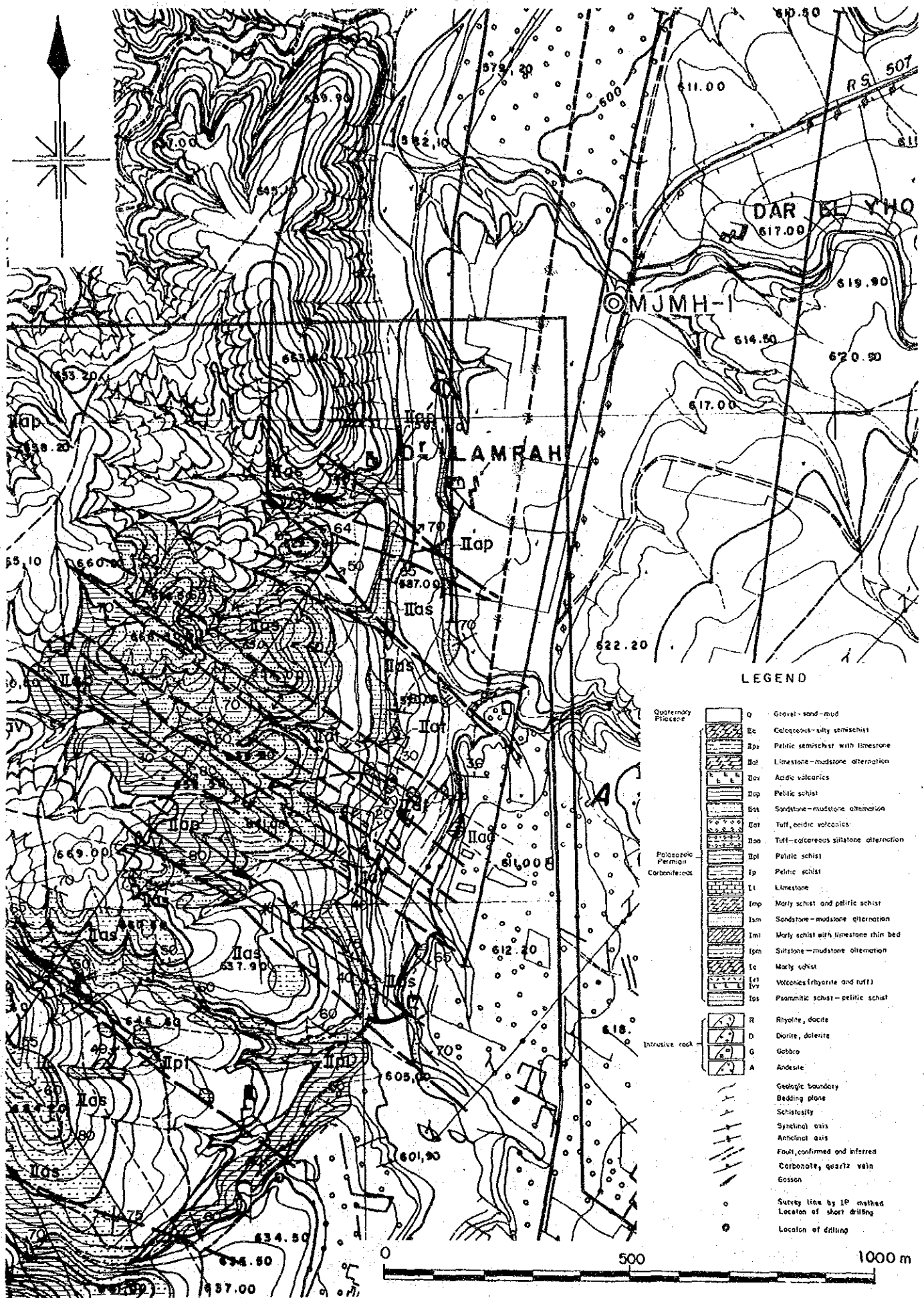


Fig. II-1-1 Location Map of Drilling Site (1) Lamrah Area



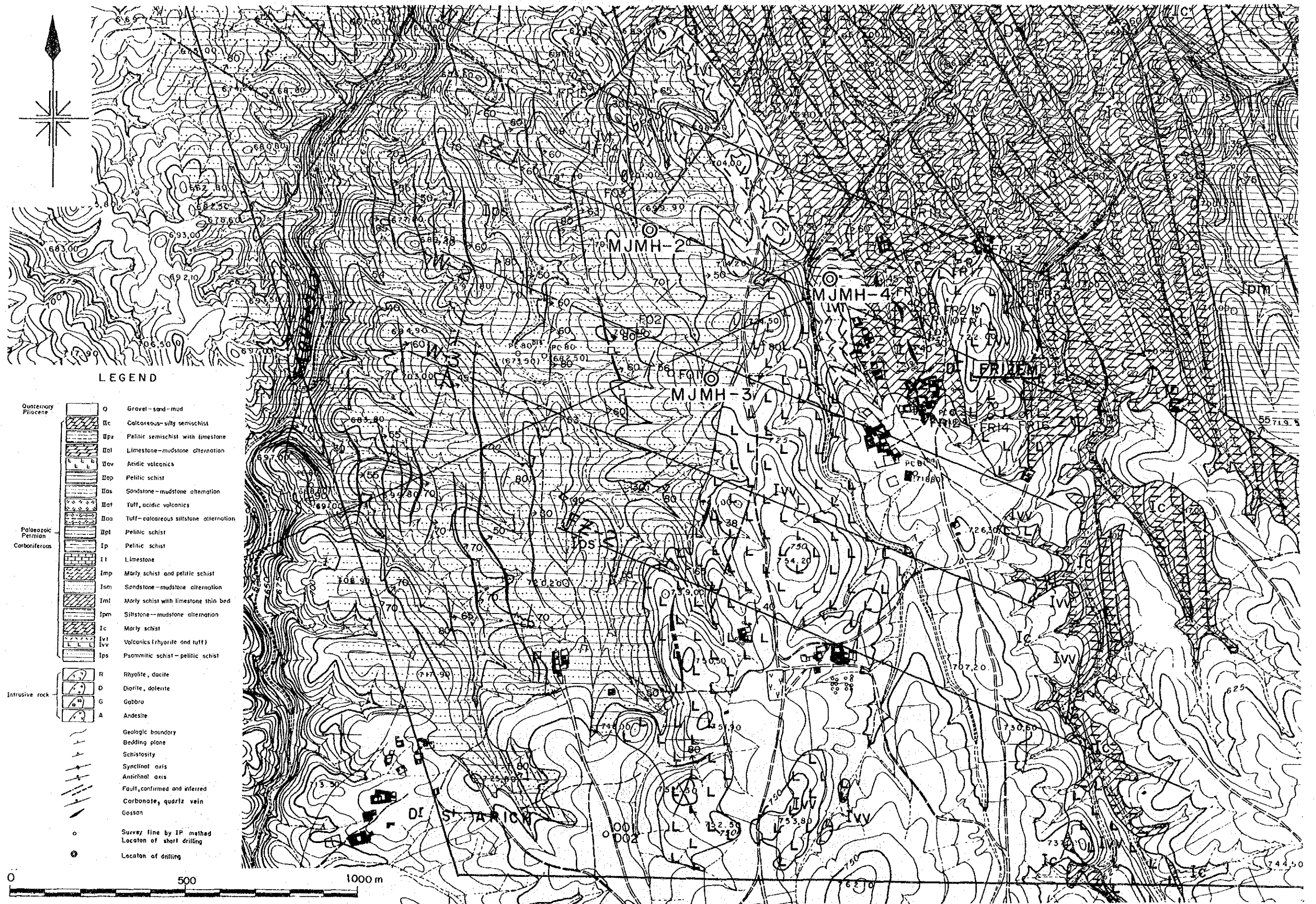


Fig II-1-2 Location Map of Drilling Site (2) Frizem Area



## 第2章 ボーリング工事

### 2-1 設営・運搬

ボーリング工事に使用した機種は、BRPMより借用したLongyear-38である。工事に必要な機材・資材は、Marrakechの北西30kmのKellara (ケタラ) 鉱山とRabatから、6tトラックにより運搬した。

ボーリング用水は、MJMH-1では沢水を揚水して使用した。MJMH-2, MJMH-3, MJMH-4では、近辺に用水が得られず、Frizem南方16kmのAt Tnine (アトニン) よりトラック運搬により給水した。

宿舎は、Takerkoust (タケコスト) 及びFrizemの民家を借用した。

### 2-2 掘進作業

表土は、原則としてトリコン・ビットを使用して掘進した。着岩後は、ワイヤーライン工法に切换え、HQビットを使用し、逐次NWケーシング・パイプを挿入し、最終口径はNQとした。常時ベントナイト泥水又はGSP泥水を使用して掘進した (Fig. II-2)。

#### (1) MJMH-1

掘進長：400.40m

コア長：355.30m

コア採取率：88.7%

掘進開始日：1989年9月20日

掘進終了日：1989年10月11日

0 - 50.00m：6" トリコン・ビットにより50m迄掘進した。この間1m間隔で岩屑を採取し、着岩の判定を行った。

50.00 - 68.20m：表土から基盤岩に着岩したことを確認したので、ワイヤーライン工法に切换えHQビットを使用して掘進し、67.20m迄NWケーシング・パイプを挿入設置した。

68.20 - 400.40m：NQビットで掘進した。322mで、トランスミッションのギアが破損したためギア交換・機械整備を行った。

(2) MJMH-2

掘進長：401.30m

コア長：392.20m

コア採取率：97.7%

掘進開始日：1989年10月9日

掘進終了日：1989年11月3日

0-9.00m：6" トリコン・ビットにより掘進した。

9.00-103.70m：HQビットにより掘進し、逐次NWケーシング・パイプを挿入した。

103.70-401.20m：NQビットにより掘進した。この間、353.10mで、トランスミッションが不調となったため、機械修理・ギアの交換を行った。

(3) MJMH-3

掘進長：400.80m

コア長：391.80m

コア採取率：97.7%

掘進開始日：1989年10月22日

掘進終了日：1989年11月9日

0-9.00m：4 3/4" トリコン・ビットで掘進した。

9.00-88.30m：HQビットにより掘進し、逐次NWケーシング・パイプを挿入した。

88.30-400.80m：NQワイヤーライン工法で掘進した。154mでギア破損事故をおこしたが、直ちに修復し、掘進作業は終始順調に推移した。

(4) MJMH-4

掘進長：400.20m

コア長：393.60m

コア採取率：98.2%

掘進開始日：1989年11月9日

掘進終了日：1989年12月11日

0 - 6.50m : 6 1/4" トリコン・ビットで掘進した。

6.50 - 54.65m : HQビットで掘進し、逐次NWケーシング・パイプを挿入した。

54.65 - 400.20m : NQワイヤーライン工法で掘進した。本孔は 250m以深で、岩石が細かく破碎されており、逸水が激しくなったため、用水運搬のためトラック2台を導入した。330-350m間は破碎帯となり、軟岩と石英脈から成る硬岩が交互に出現したため、330mでビット焼失事故をおこした。299m及び395mでもトランスミッションの破損事故をおこし、その度にギア及びベアリングを交換し、機械の分解・修理を行った。

### 2-3 移設・撤収

機材の運搬・移設・撤収は6tトラック2台で行った。ボーリング機械本体及びエンジンは台車にセットされており、6tトラックで牽引して運搬した。掘進作業終了後、すべての機材・資材をKettara鉱山及びRabatの倉庫に収納した。

運搬・移設に要した日数は次のとおりである。

|        | 運 搬 | 移 設 | 撤 収 | 合 計 (日) |
|--------|-----|-----|-----|---------|
| MJMH-1 | 2   | 5   |     | 7       |
| MJMH-2 | 4   | 1   |     | 5       |
| MJMH-3 |     | 5   | 6   | 11      |
| MJMH-4 |     | 3   | 4   | 7       |
| 合 計    | 6   | 14  | 10  | 30      |

### 2-4 掘進実績

掘進実績・作業能率・コア採取率は次のとおりである。

|           | MJMH-1 | MJMH-2 | MJMH-3 | MJMH-4 | 合 計      |
|-----------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 掘進総延長 (m) | 400.40 | 401.30 | 400.80 | 400.20 | 1,602.70 |
| 稼働日数 (日)  | 22     | 25     | 18     | 31     | 96       |
| 掘進長/稼働日数  | 18.2   | 16.0   | 22.3   | 12.9   | 16.7     |
| コア採取率 (%) | 88.7   | 97.7   | 97.7   | 97.2   | 95.3     |





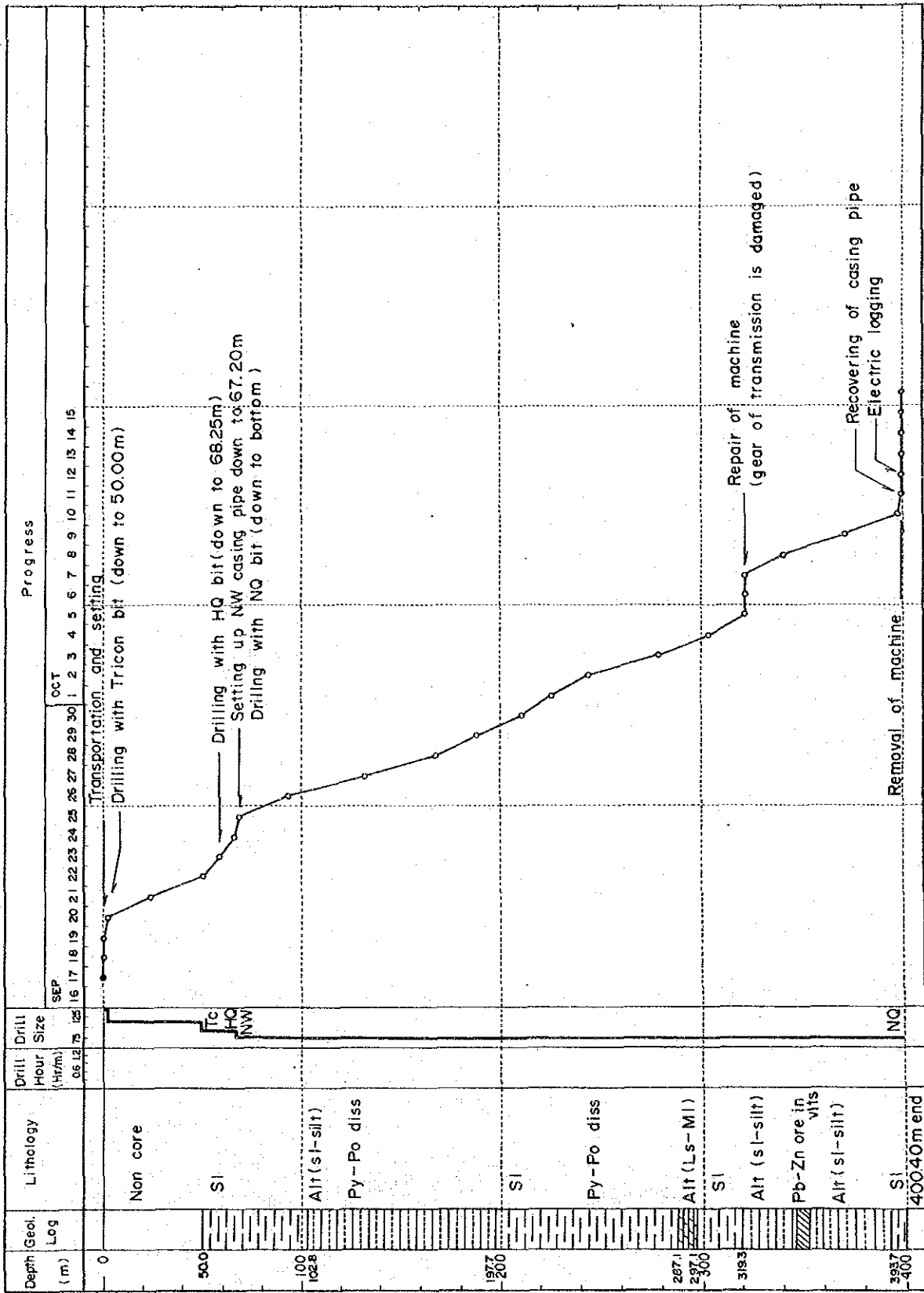


Fig. II-2-1 Progress Diagram of Drilling (1) MJMH-1



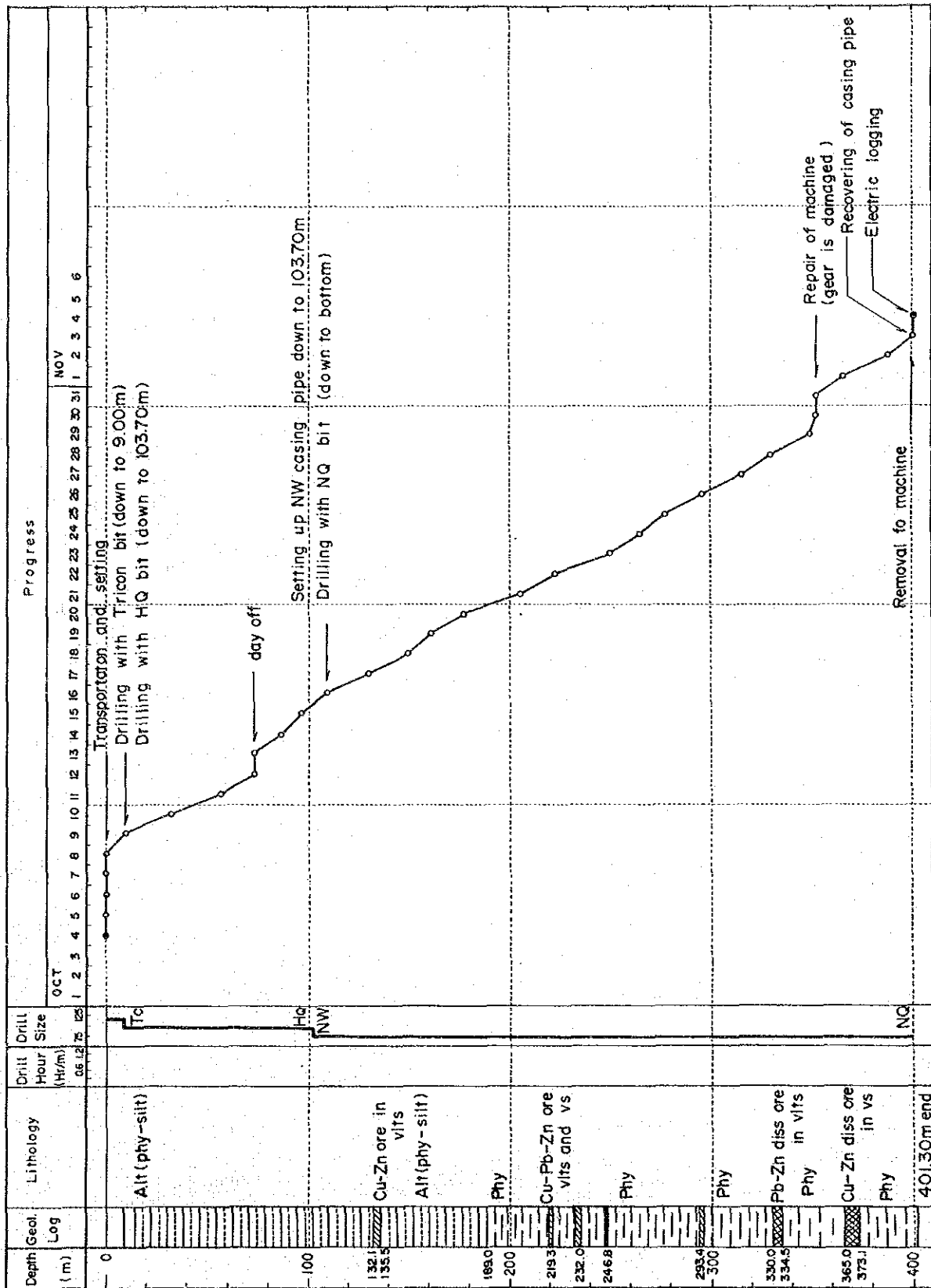


Fig. II-2-2 Progress Diagram of Drilling (2) MJMH-2



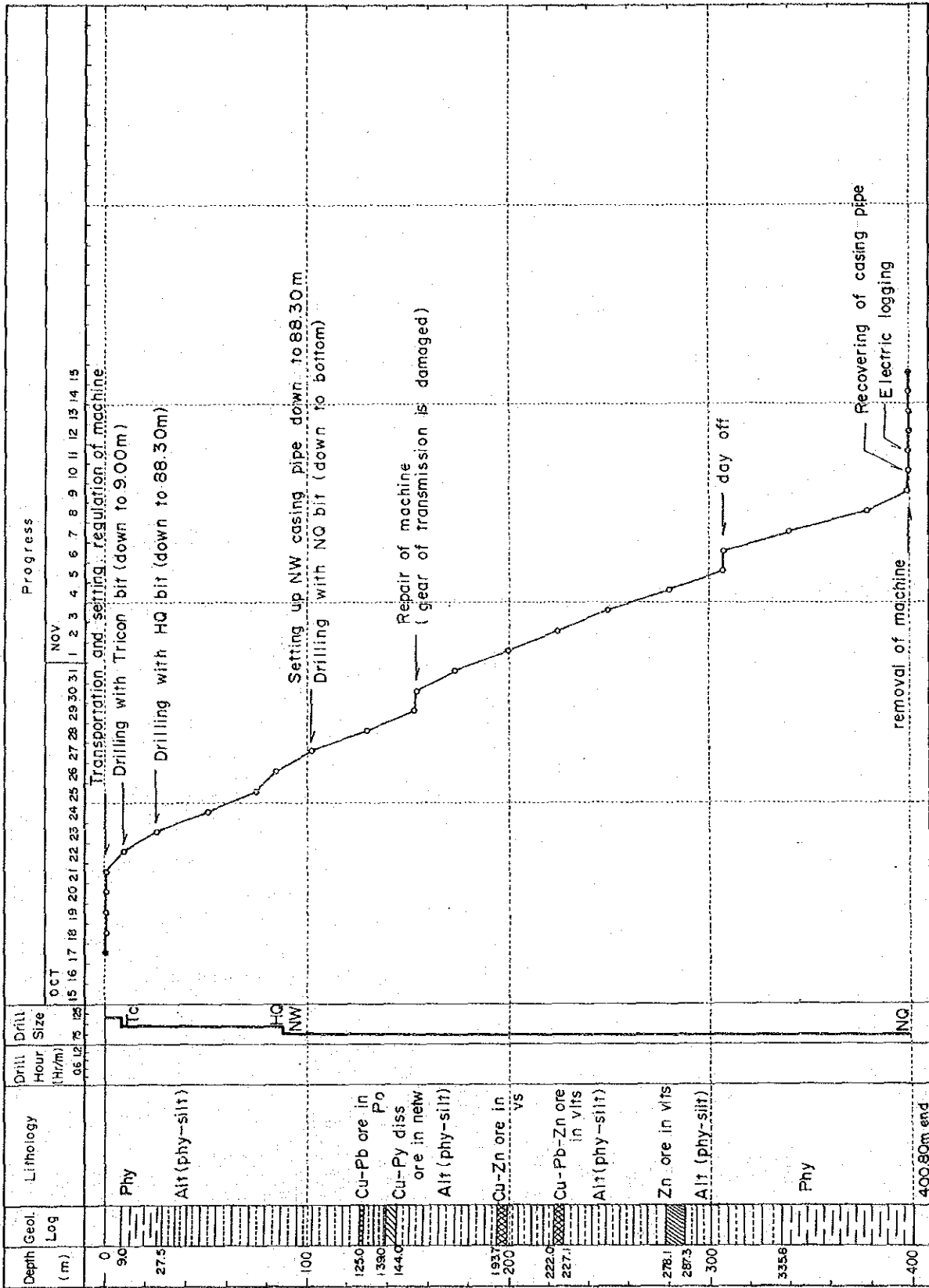


Fig. II-2-3 Progress Diagram of Drilling (3) MIMH-3



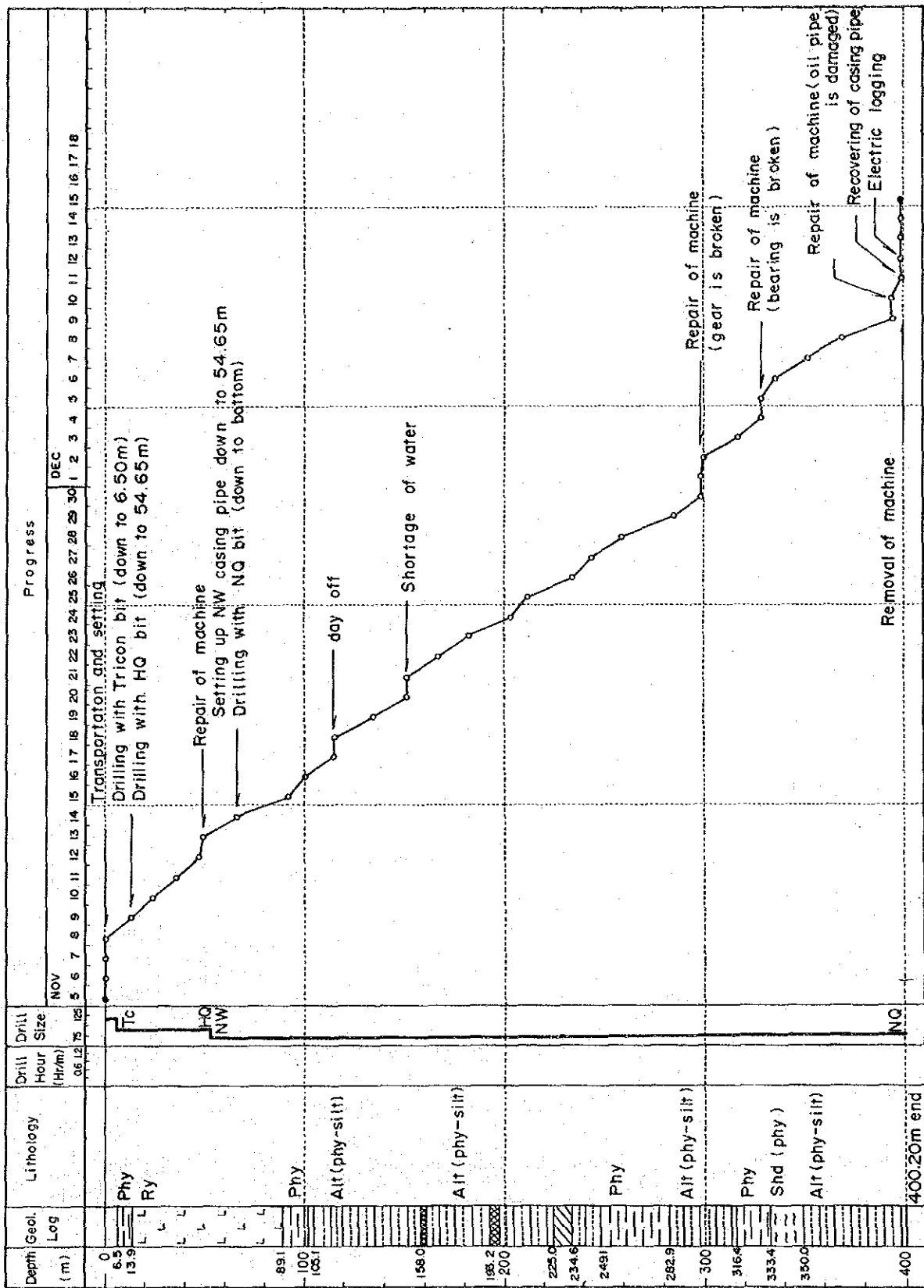


Fig. II-2-4 Progress Diagram of Drilling (4) MJMH-4





### 第3章 ボーリング孔の地質及び鉱化作用

#### 3-1 MJMH-1

- (1) 位置：Lamrah地区、IP測線LM-2、測点6の東方15m。
- (2) 目的：伏在IP異常帯(PFE=3~4%)、比抵抗異常帯(AR=20~30Ωm)の調査(Fig. II-3-1)。
- (3) 岩質：被覆層は34m迄で、以降基盤岩である。基盤岩は、主として粘板岩及び粘板岩・シルト岩互層より成る。粘板岩は通常シルト岩の薄層(層厚1mm~10cm)を挟在し、粘板岩・シルト岩互層は層厚1mm~10cm~1mのパターンで密に互層している。両岩層は漸移関係を示す。粘板岩は暗灰色~黒色、シルト岩は淡灰色で一部で石灰質である。  
103m迄が主として粘板岩、以後198m迄が粘板岩・シルト岩互層である。198m以降319m迄は粘板岩で、288m~297m間に石灰岩・泥灰岩を挟む。319m以降は粘板岩・シルト岩互層であるが、394m以降孔底付近は粘板岩である(Pl. II-1)。
- (4) 組織・構造：粘板岩・シルト岩は片岩化作用を受け葉理構造が発達する。葉理面の傾斜は、100m迄が25°~35°、100m~340m間が30°~40°、340m以降が30°である。
- (5) 鉱化作用：66m迄が酸化帯で粘土化変質を受け軟弱で、褐鉄鉱を鉱染する。  
66m以降は初生帯で、微細な黄鉄鉱・磁硫鉄鉱を広く鉱染している。鉱染の様式は細脈状・フィルム状・雲状である。  
346mから353mにかけて、鉛・亜鉛・磁硫鉄鉱・黄鉄鉱の鉱化細脈(脈幅10cm程度)が認められた(Fig. II-4-1)。本鉱化脈の分析結果は次のとおりである。