

第2章 T D I P法調査

2-1 調査の経緯及び目的

本調査は、オマーン国南バチナコースト地域において鉱床賦存状況を解明することにより、新鉱床を発見することを目的とする。

本年度は第1年次にあたり、平成7年度と平成8年度の中央バチナコースト地域の調査では、グザイン地区において塊状硫化物鉱床が発見されている。また、ドカール地区においてもIP異常が捕捉されており鉱床の賦存が期待されている。

グザイン地区においては、発見された硫化物鉱床の周辺部での鉱床賦存の可能性を把握するためにTDIP法物理探査を実施した。

ドカール地区においては、平成8年度捕捉されたIP異常を追跡し、鉱化帯の分布域を把握し、硫化物鉱床の賦存の有無及び分布範囲を推定するためにTDIP法物理探査を実施した。

2-2 調査位置及び調査量

本年度の調査地区は、バチナコースト地域の西方に位置するグザイン及びドカールの2地区であり、平成7年度と平成8年度に同地区で実施した調査範囲の周辺部にあたる。各地区における調査量をTable II-2-1に示す。

Table II-2-1 Survey amounts of TDIP

| AREA | LENGTH(Km) | No. of LINES | No. of POINTS |
|---------|------------|---------------|---------------|
| Ghuzayn | 23.0 | 5 Lines×2.5Km | 830 |
| | | 5 Lines×2.0Km | |
| | | 1 Line×0.5Km | |
| Doqal | 21.0 | 8 Lines×2.0km | 780 |
| | | 2 Lines×2.5Km | |
| Total | 44.0 | 21 Lines | 1610 |

2-3 調査方法

2-3-1 測定方法

測定手法は時間領域におけるIP法を用いた。大地に金属鉱物などが分布する場合、直流電流を流すと金属鉱物の表面に電荷が蓄えられ、直流電流を遮断すると蓄えられていた電荷が徐々に放出される。比抵抗値と共にこの現象(IP効果)を測定することにより比抵抗の変化のみでは検出できない地下の金属鉱床を探査することができる。

本調査では、直流電流として1/8Hzの休止波形を流し、通電中の受信電位より見掛比抵抗を求め、電流切断後の減衰電位より分極率を測定した。

電極配置は、ダイポール・ダイポール配置とし、電極間隔は100m、電極隔離係数は $n=1\sim 4$ 、測線間隔は200mとした。ダイポール・ダイポール電極配置及び測定データのプロット概念図

を Fig. II-2-1 に示す。各測点における測定は、原則としてスタッキング回数を 10 回以上とした。本調査地域におけるデータの品質は総じて良好であったが、ワジ内の測点の一部において分極率にバラツキが認められたため必要に応じ再測定を行った。

測定に用いた信号源の出力波形を Fig. II-2-2 に、測定した時間領域データのサンプリング方法を Fig. II-2-3 に示す。

2-3-2 使用機器

本調査に使用した測定機器はカナダの Phoenix 社製の送受信システムである。機器の仕様一覧を Table II-2-2 に示す。

Table II-2-2 Specifications of TDIP survey instruments

| | |
|------------------------------|--|
| Receiver | Phoenix Multipurpose Receiver V5 |
| Number of Channels | 8 |
| Dynamic Input Range | ±10V |
| Gain | from 0.25 to 4,096 |
| Resolution of A/D Conversion | 16bits, 500kHz |
| Notch Filter | 50/60Hz, 11/21st order harmonics maximum |
| Transmitter | Phoenix IPT1 |
| Maximum Output Power | 3kW |
| Output Current | 10A maximum |
| Frequency | 0.125Hz, 50% duty cycle |
| Generator | Robin |
| Maximum Output Power | 3kW |
| Output Voltage | 220V |
| Output Frequency | 50Hz |
| Potential Electrode | Non-polarizable Pb/PbCl ² Pot |

2-4 解析方法

2-4-1 データ処理

本調査に用いた IP 法の電極配置はダイポール・ダイポール配置である。ダイポール・ダイポール配置における大地の見掛比抵抗値 (ρ) は、

$$\rho = K \frac{V_p}{I}$$

で表される。ここで V_p は電流電極 ($C1, C2$) 間に周波数 0.125Hz (duty cycle 50%) の電流 (I) を供給し、電位電極 ($P1, P2$) 間において測定される一次電位である。また、 K は電極隔離係数と呼ばれ、次式で表される。

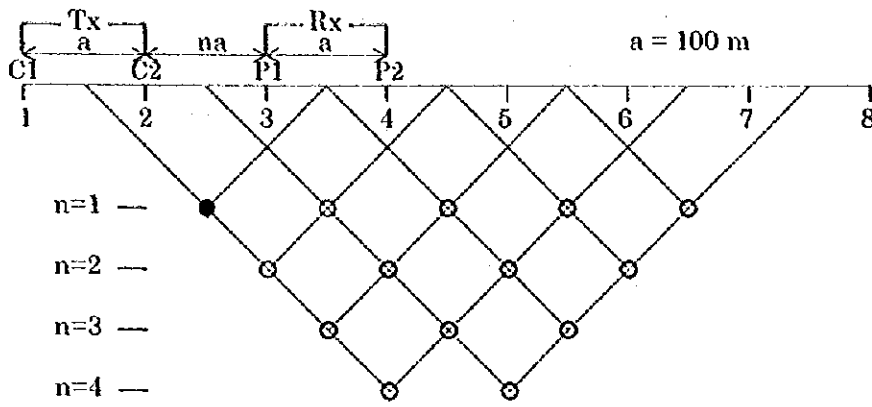


Fig. II-2-1 Dipole-dipole array and plotting procedure

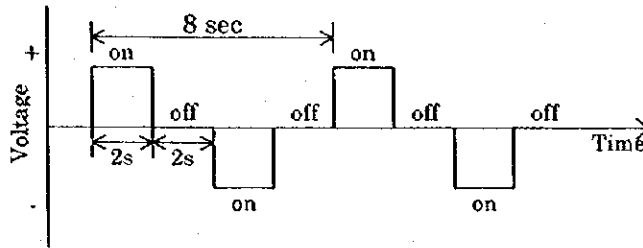


Fig. II-2-2 Waveform produced by the transmitter

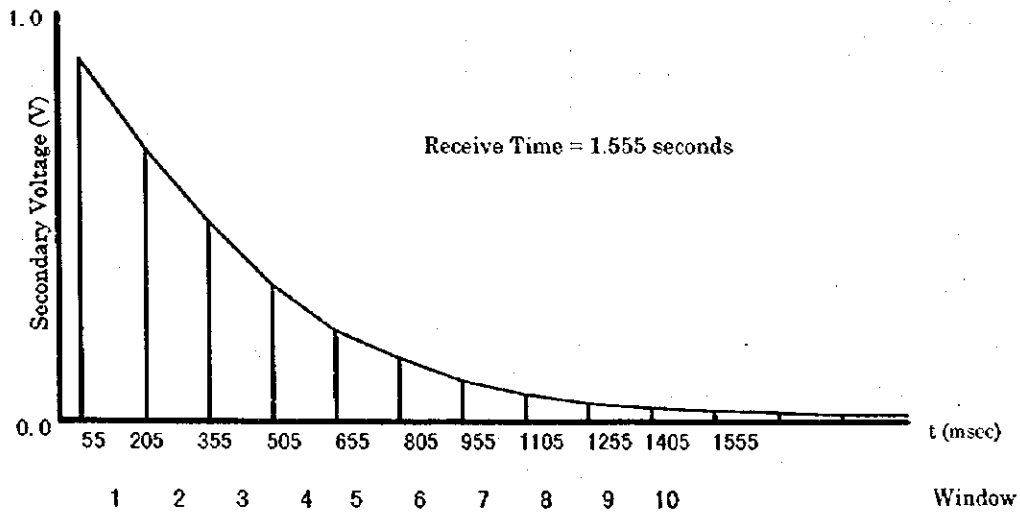


Fig. II-2-3 Sampling interval of the TDIP receiver

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_1} - \frac{1}{C_2 P_2}}$$

一般にダイポール・ダイポール配置で電流電極と電位電極の間隔が電極間の n 倍である場合は、

$$K = \pi a n(n+1)(n+2)$$

と表される。ここで a は電極間隔である。

また、直流電流通電中の一次電位と、電流切断後 55msec (t_1) から 1555msec (t_2) までの電位の過渡現象 (二次電位: V_t) の時間積分値の比を IP 効果の大きさの指標 (チャージアビリティ: M) としており、次式により表される。

$$M = \frac{1}{V_p} \int_{t_1}^{t_2} V_t dt$$

見掛比抵抗値及びチャージアビリティは、測定機に各種測定条件を入力することによりリアルタイムで自動算出される。調査時に、これらデータの品質チェックを行い、測定値がバラツク場合には、再測定を行いデータ品質の向上に努めた。

また、IP 効果を表現する量の一つであるメタルファクター (MF) は、上記の見掛比抵抗値及びチャージアビリティより、次式により算出される。

$$MF = \frac{M}{\rho} \times 100$$

2-4-2 地形補正

測定により得られた見掛比抵抗値は、各電極を無限平面に配置したものとして電極配置係数を仮定し算出されている。しかし本調査地域内には地形の起伏が激しい部分があり、そのような場所における見掛比抵抗値は地形起伏による影響を受けているものと考えられる。

IP 法のダイポール・ダイポール電極配置では、山地形の場合は電流密度が高くなり高比抵抗異常、谷地形の場合は電流密度が疎となり低比抵抗異常が形成される。

そのため、本調査では地形の起伏の激しいグザイン地区の測線 1200E~2000E 及び測線 1200W~2000W、ドカール地区の測線 800N~1000S に対し、二次元有限要素法を用いて地形補正係数を求め、見掛比抵抗値を補正し断面図及び平面図を作成した。

2-4-3 2次元モデル解析

IP 法の解析には、標準モデルによる見掛比抵抗分布や分極率分布を参考にしながら断面図および平面図を定性的に解析する定性解析及び推定地下構造モデルを作成しその理論値を計算する定量解析が用いられている。この定量解析は一般にモデルシミュレーションと呼ばれている。

本調査では、有限要素法によるモデル計算 (Forward modeling) と非線形最小 2 乗法による自動解析法を組み合わせた 2 次元インバージョン解析法を使用した。地下構造が水平多層構造で近似できない場合、測線方向の比抵抗変化の影響を考慮しない水平多層構造を前提とした 1 次元解析では地下比抵抗構造を十分反映した解析が不可能であり、測線方向の比抵抗不連続境界の影響を含めて解析できる 2 次元解析が必要である。従来は地下構造を任意の比抵抗ブロックに分割し、この比抵抗ブロックに推定される比抵抗値を当てはめた地下比抵抗モデルを作成し、この地下比抵抗モデルにより計算される理論値と実測値とを比較し、測定値にできるだけ近い応答を示すモデルを試行錯誤で組み立てていくフォワードモデリングが試みられていたが、この方法は解析者の恣意が含まれるなどの問題があった。今回解析に使用したインバージョン解析法は、各ブロックに当てはめる比抵抗値を非線形最小 2 乗法により推定させる自動反復解析法を適用することにより、解析者の恣意に依らない客観的な解析結果を得ることが可能である。モデルでは隣り合った測点の中間に比抵抗ブロック境界を設け、さらに各測点下のブロックを深度方向に浅部では薄く、深部では厚くなるように分割した四辺形比抵抗ブロックを作成した。これを地表の地形に合わせて変形させ、水平方向には地形と平行な形の比抵抗ブロックとした。これらの一つ一つの比抵抗ブロックに比抵抗値が与えられると、有限要素法によるモデル計算により地下の比抵抗構造に対応する地表での応答として各測点における見掛比抵抗が得られる。これらの地表での応答と測定値の残差が最も小さくなるように比抵抗ブロックの値を最小二乗近似法による自動反復解析により求めた。反復解析を行う第一回目の比抵抗ブロックの値 (初期値) は全て同一比抵抗として与え、初期値が解析結果に与える影響を除去した。

2-5 調査結果

2-5-1 物性測定

(1) 測定方法

岩石の電気的特性データを収集する目的で、ボーリングコアから代表的な岩石・鉱石試料 (32 個) を採取して室内測定を行った。測定では試料を湿潤状態にした後、時間領域 IP 法により、比抵抗及び分極率の測定を行った。

(2) 測定結果

岩石・鉱石試料の室内測定結果を Table II-2-3 に示す。

比抵抗は、 $1.4 \sim 2,800 \Omega \cdot m$ の範囲で変化する。試料番号 13, 30, 31 は塊状硫化鉱であり、 $1.5 \Omega \cdot m$ 前後のきわめて低い値を示す。上部層と下部層では特に比抵抗の差異は認められない。変質の違いによる比抵抗の変化は明瞭で、珪化を受けた岩石は $1,000 \Omega \cdot m$ 以上を示し、黄鉄鉱の強い鉱染を受けている岩石は $100 \Omega \cdot m$ 以下の比抵抗を示す。また、鉱化変質を受けていないが試料番号 7, 14, 15, 16, 17, 18 の岩石も $100 \Omega \cdot m$ 以下の比抵抗を示す。

分極率は $1.0 \sim 453 mV/V$ の範囲で変化する。塊状硫化鉱は $300 mV/V$ 以上のきわめて高い値を

Table II-2.3 Resistivity and chargeability of rock samples

| Sample No | Borehole and Depth | Resistivity ($\Omega \cdot m$) | Chargeability (mV/V) | Rock Name and Formation | Alteration and Mineralization |
|-----------|--------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 1 | D5-131.1m | 320 | 22.7 | Ba, Pw(VI-2) | Cp diss(very slight) |
| 2 | D5-212.0m | 254 | 31.3 | Ba, Pw(VI-2) | Py diss(very slight) |
| 3 | Q2-90.5m | 1114 | 56.7 | Ba, Pw(VI-2) | Py diss(sl), Py vein, Sili(sl) |
| 4 | Q2-123.8m | 2391 | 50.1 | Ba, Ma(VI-2) | Py diss, Py vein |
| 5 | G18-277.0m | 371 | 7.1 | Ba, Ma(VI-1) | Sili (sl) |
| 6 | G19-95.0m | 2800 | 8.1 | Ba (VI-2) | Sili(in) |
| 7 | G20-38.2m | 17 | 1.0 | Ba, Pw(VI-2) | Chl |
| 8 | G20-90.3m | 258 | 2.6 | Ba, Pw(VI-2) | |
| 9 | G20-277.9m | 32 | 63.0 | Magnetite layer | Magnetite with py |
| 10 | G21-150.6m | 340 | 9.4 | Ba, Ma(VI-1) | Sili |
| 11 | G22-82.0m | 133 | 87.0 | Ba, Pw(VI-2) | Py-Cp-Epi-Qz vein, Sili(sl) |
| 12 | G22-114.8m | 181 | 95.8 | Sili Rock(VI-1) | Py net |
| 13 | G22-121.4m | 1.4 | 355.0 | Sili Rock(VI-1) | Cp-Py-Qz net, Py diss(in) |
| 14 | G23-44.5m | 99 | 2.9 | Ba, Pw(VI-2) | |
| 15 | G23-221.5m | 45 | 10.5 | Ba, Pw(VI-2) | Py diss(sl) |
| 16 | G24-37.5m | 52 | 1.4 | Ba, Pw(VI-2) | |
| 17 | G24-191.0m | 87 | 44.2 | Ba, Pw(VI-2) | Py-Qz net |
| 18 | G24-349.6m | 83 | 2.1 | Ba, Ma(VI-1) | |
| 19 | G25-162.2m | 218 | 29.7 | Sili Rock(VI-1) | Sili(in), Argi, Py diss(in) |
| 20 | G26-85.15m | 118 | 103.0 | Mg, Py | Massive Magnetite with Py, Cp |
| 21 | G26-110.25m | 88 | 110.0 | Ba, Pw(VI-1) | Py diss(in), Sili(in), Argi(sl) |
| 22 | G27-120.2m | 465 | 12.0 | Ba, Pw(VI-1) | Py diss |
| 23 | G27-132.6m | 570 | 4.0 | Ba, Pw(VI-1) | |
| 24 | G27-186.3m | 273 | 2.8 | Ba, Ma(VI-1) | |
| 25 | G28-73.6m | 92 | 9.9 | Mg layer(VI-2) | |
| 26 | G29-125.3m | 966 | 19.6 | Ba, Pw(VI-1) | Cp-Py diss |
| 27 | G29-162.5m | 487 | 23.0 | Ba, Ma(VI-1) | Py diss(sl), Sili(sl) |
| 28 | G30-89.4m | 180 | 27.6 | Ba, Pw(VI-2) | Py diss(sl), Py vein, Sili |
| 29 | G30-245.8m | 59 | 74.6 | Ba, Pw(VI-1) | Py diss(in), Sili(in) |
| 30 | G31-139.1m | 1.6 | 453.0 | MS | Massive Sulphide |
| 31 | G31-169.9m | 1.7 | 308.0 | MS | Massive Sulphide |
| 32 | G31-187.8m | 132 | 9.0 | Ba, Pw(VI-1) | Py, Cp diss(in), Py net, Sili(in) |

Remarks:

DA : DARIS
Q : DOQAL
G : GHUZAYN

VI-1 : Lower Extrusives 1
VI-2 : Lower Extrusives 2

Ba : Basalt
Pw : Pillow lava
Ma : Massive lava
Ba : Basalt
Mg : Magnetite

MS : Massive Sulphide
Cp : Calcopyrite
Epi : Epidote
Qz : Quartz
Py : Pyrite
Argi : Argillization
diss : Dissemination
(sl) : Slight
(in) : Intense
Sili : Silicified
Vein : Veinlets
Net : Network

Chl:Chlorite

示し、黄鉄鉱を含んだ磁鉄鉱、黄鉄鉱の強い鉄染を受けている岩石では 50~100mV/V 程度の高い分極率を示す。黄鉄鉱が認められない岩石では 8mV/V 以下の低分極率を示し、黄鉄鉱の含有量が多くなるにしたがって分極率が高くなる傾向にある。

2-5-2 グザイン地区

(1) 測線設定

本地区では平成 7 年度 (1995) にゴッサンを中心に測線 1000E~1000W の計 11 測線での調査がすでに実施されている。本年度は、既調査地の西側に測線長 2.5km の測線を 5 本、東側に測線長 2.0km の測線を 5 本設定した。また、測線 1000W については北側に 500m 測線を延長した。測線の方向は平成 7 年度と同様に N14° W である。

測線位置を Fig. II-2-4 に示す。

(2) 測定結果

見掛比抵抗、分極率及びメタルファクターの断面図をそれぞれ Fig. II-2-5~Fig. II-2-10 に、また平面図を Fig. II-2-11~Fig. II-2-14 に示す。

地区西側での見掛比抵抗分布は、南部で 100Ω・m 以上の高比抵抗帯を示し、北部ではそれ以下の低比抵抗帯をなしている (Fig. II-2-12)。この低比抵抗帯と高比抵抗帯の境界部に当たる。測線 1800W の測点 14~15 で 20Ω・m 前後の顕著な低比抵抗異常が N=2~4 で捕捉された。見掛比抵抗断面図におけるこの異常は、平成 8 年度に発見された No.2 鉱体上での異常 (測線 800W 測点 7 付近) よりも顕著であり、明瞭な山型構造を示している (Fig. II-2-5)。このことは、異常源の規模が No.2 鉱体よりも大きいかあるいは浅いことを示唆している。この低比抵抗異常の南側では急激に比抵抗値が大きくなることから、比抵抗の不連続構造が推定される。また、測線 2000W の測点 14 の深部にも、小規模ではあるが同様な異常が見られことから、測線 2000W 付近にまで異常源が延びている可能性がある。

分極率については N=1 から 15mV/V 前後の異常が捕捉されていることから (Fig. II-2-11)、地表浅部まで高分極率をもたらす異常源 (鉄化帯) が分布していることを示している。分極率断面図におけるこの異常は、見掛比抵抗断面での異常よりも広範囲におよんでおり、北側深部に延びる様相を呈する (Fig. II-2-6)。また、この異常源は深部 (N=3~4) において、ほぼ東方に連続していると推定され、断面図、平面図にその傾向が現れている。

メタルファクターについては、N=1 から 50 前後の高い異常が捕捉され (Fig. II-2-11)、N=3 で最大値 80 前後を示し、第 2 鉱体よりも高い値となっている。また、分極率と同様に測線 1600W~2000W の深部に連続する傾向を示すが、値はやや小さくなる。

その他の異常として、測線 1800W、2000W の南端側では 20mV/V 以上の値が得られているが、測線端のためその分布は定かでない。

北部で捕捉された低比抵抗異常帯は、約 5mV/V 以下の低分極率帯に位置することからこの異

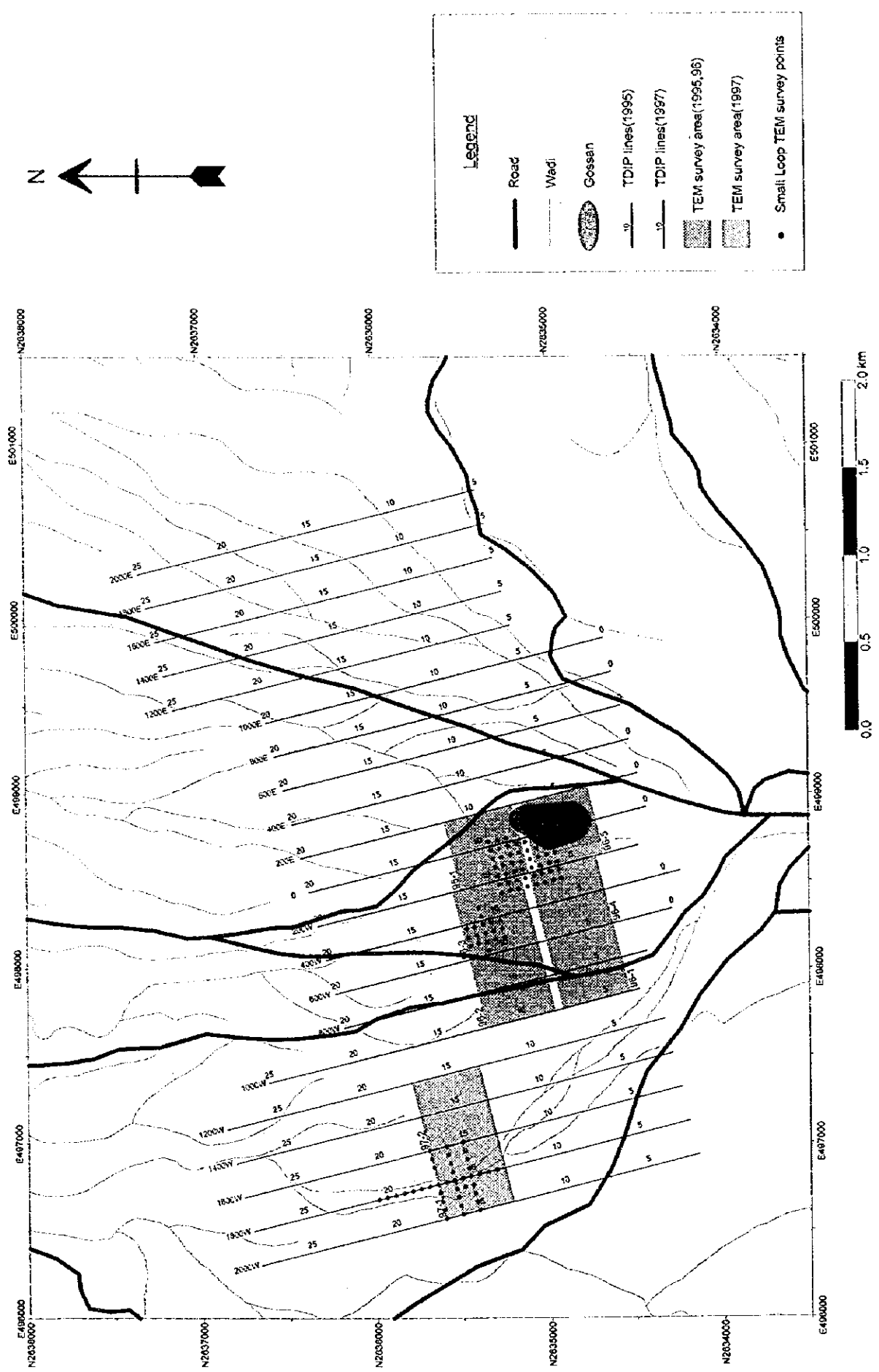


Fig. II -2-4 Geophysical survey location in Ghuzayn area

0

0

0

常域には鉱床が賦存する可能性はない。

地区東側の見掛け比抵抗分布は、南部で $100\Omega\cdot\text{m}$ 以上の高比抵抗帯を示し、北部ではそれ以下の低比抵抗帯をなしている (Fig. II-2-12)。この高比抵抗帯は、平成 7 年度にゴッサンを取り囲むように捕捉された高比抵抗帯に連続するものであり、北部の低比抵抗帯との境界は測線 1200E の測点 18 付近より測線 2000E の測点 9 付近を通って南東方向に延びている。

分極率分布では、この高比抵抗帯の分布に対応するように地区南部で 10mV/V 前後の中程度の分極率が認められ (Fig. II-2-12)、北部では 5mV/V 以下の低分極率を示す。このことは断面図においても顕著に現れている (Fig. II-2-9)。

メタルファクターについては、測線 1200E、1400E の測点 15 付近の深部で 20 前後の値が得られているが (Fig. II-2-10)、顕著なものではない。以上のことから判断して、グザイン地区の東側では鉱床の賦存は期待できない。

(3) 2次元解析結果

2次元解析は、測線 1200W~2000W に対し行った。解析により得られた比抵抗、分極率及びメタルファクターの断面図をそれぞれ Fig. II-2-15, Fig. II-2-16, Fig. II-2-17 に示す。

比抵抗分布は、測線 1800W の測点 15 を中心に深度約 100m 以深に $20\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗部が解析され、深くなるほど比抵抗値が低くなっている。この低比抵抗部の連続と推定される約 $30\Omega\cdot\text{m}$ の低比抵抗部が隣りの測線 1600W、測線 2000W の深部にも解析されている。また、測線 1400W から測線 2000W の北側地表付近に $10\sim 20\Omega\cdot\text{m}$ 程度の低比抵抗部が解析され、測線 1800W では測点 23 付近から南落ちで深部へ連続する $20\Omega\cdot\text{m}$ 程度の帯状の低比抵抗部が解析されている。また、測線 1200W の測点 20 深部では $25\Omega\cdot\text{m}$ 以下の中比抵抗部が解析された。

分極率は、測線 1800W の測点 15 の深度約 150m を中心に約 20mV/V の異常が解析され、測線 1200W~1600W の深部にも分極率異常部が解析されている。また、測線 1800W 及び 2000W の南端では約 25mV/V の異常が解析されている。

メタルファクターは、測線 1800W 測点 15 付近の深度約 100m から 100 以上の高い値が解析され、深部ではさらに高くなる。分極率の分布状況と同様に、隣り合う測線 1600W と 2000W の測点 15 の深部でも 50 前後の値が得られている。

2-5-3 ドカール地区

(1) 測線設定

本地区では平成 8 年度 (1996) に測線 600N~600S の計 7 測線での調査がすでに実施されている。本年度は、既調査地の北側に新たに測線長 2.8km の測線を 1 本及び南側に測線長 2.50km の測線を 2 本設定した。また、既調査測線 600N~600S の 7 測線についてはそれぞれ西側に 2.0km 延長して測線を設定した。測線の方向は平成 8 年度と同様に EW である。

測線位置を Fig. II-2-18 に示す。

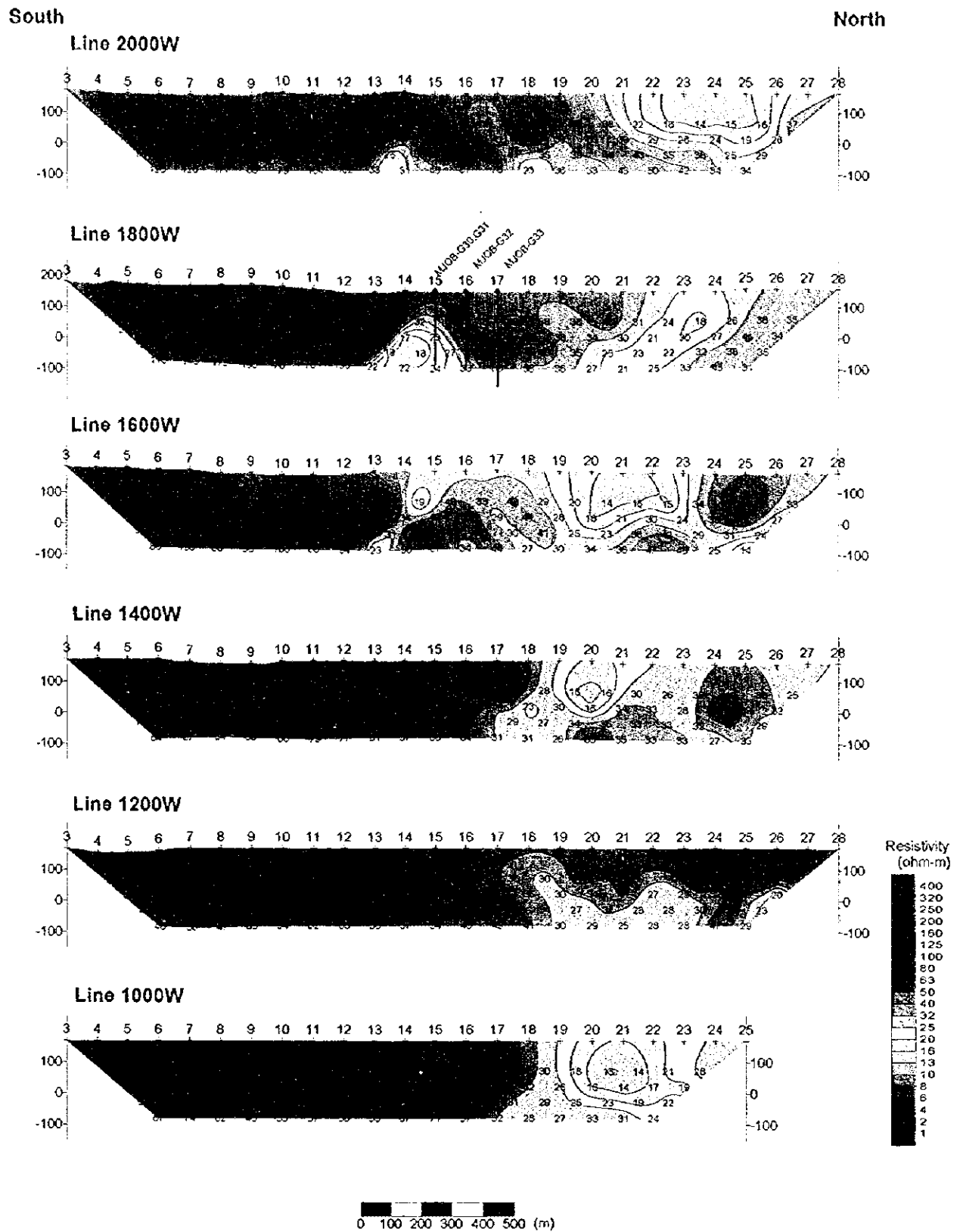


Fig. II -2-5 Apparent resistivity pseudo-sections in Ghuzayn area west side

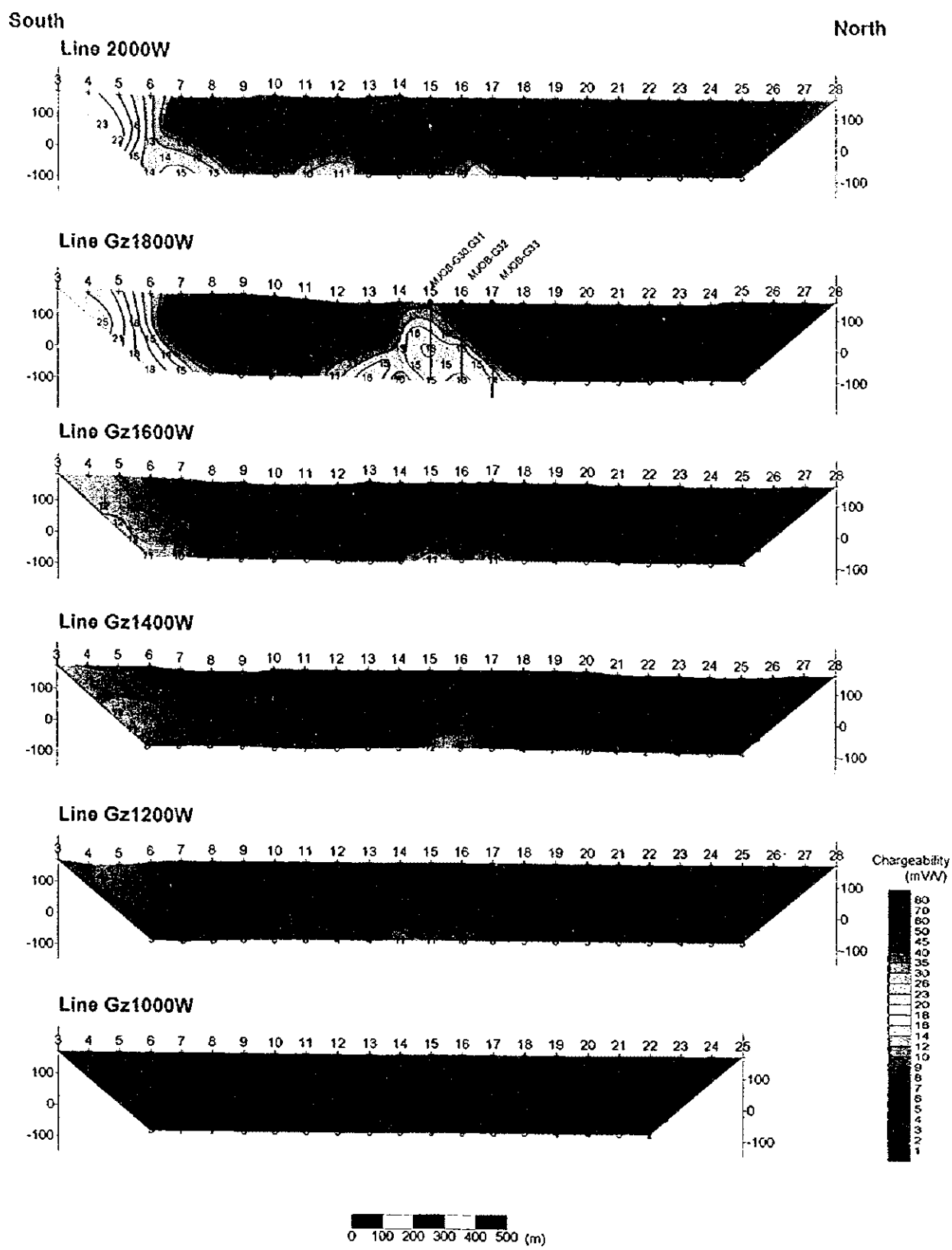


Fig. II-2-6 Chargeability pseudo-sections in Ghuzayn area west side

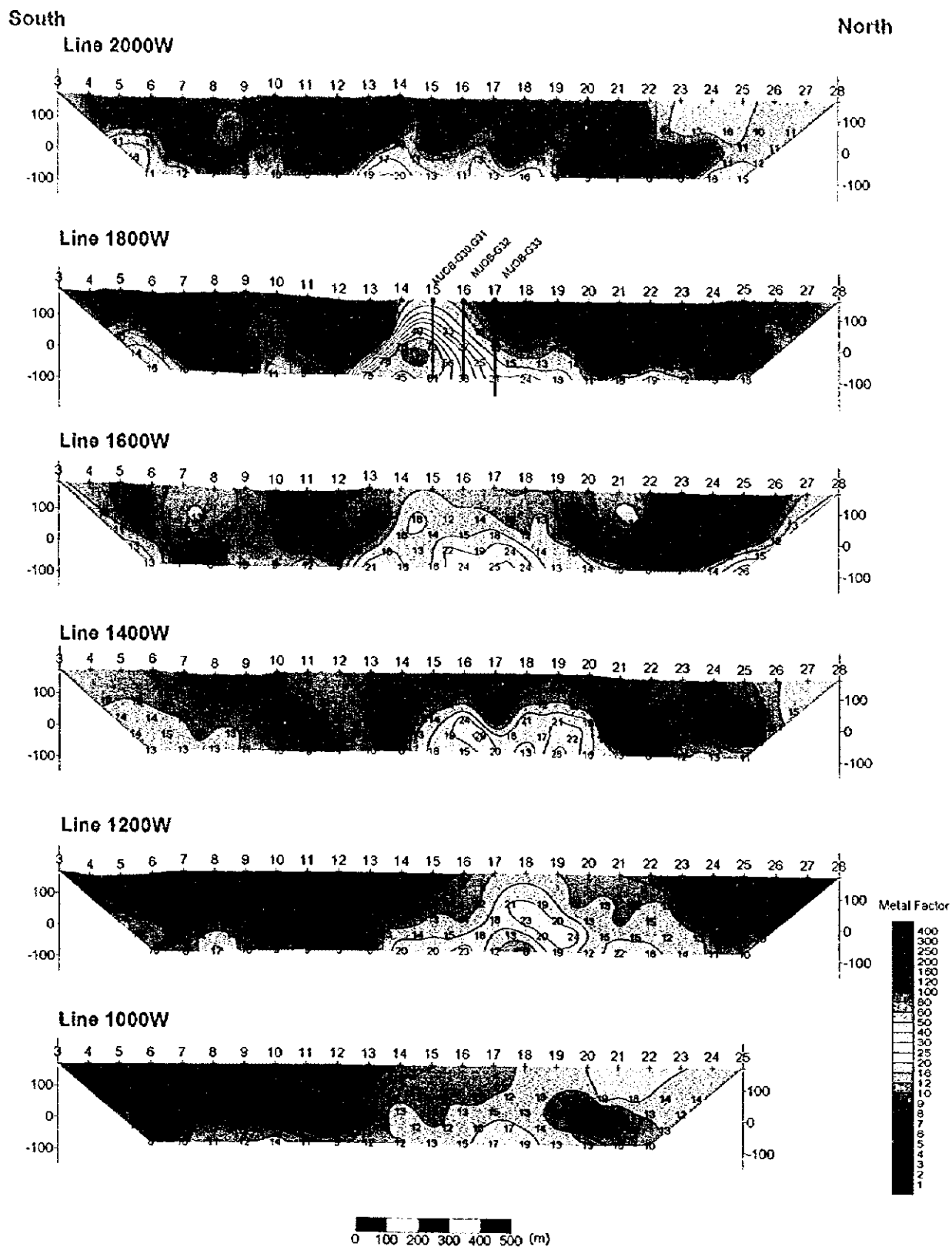


Fig. II-2-7 Metal factor pseudo-sections in Ghuzayn area west side

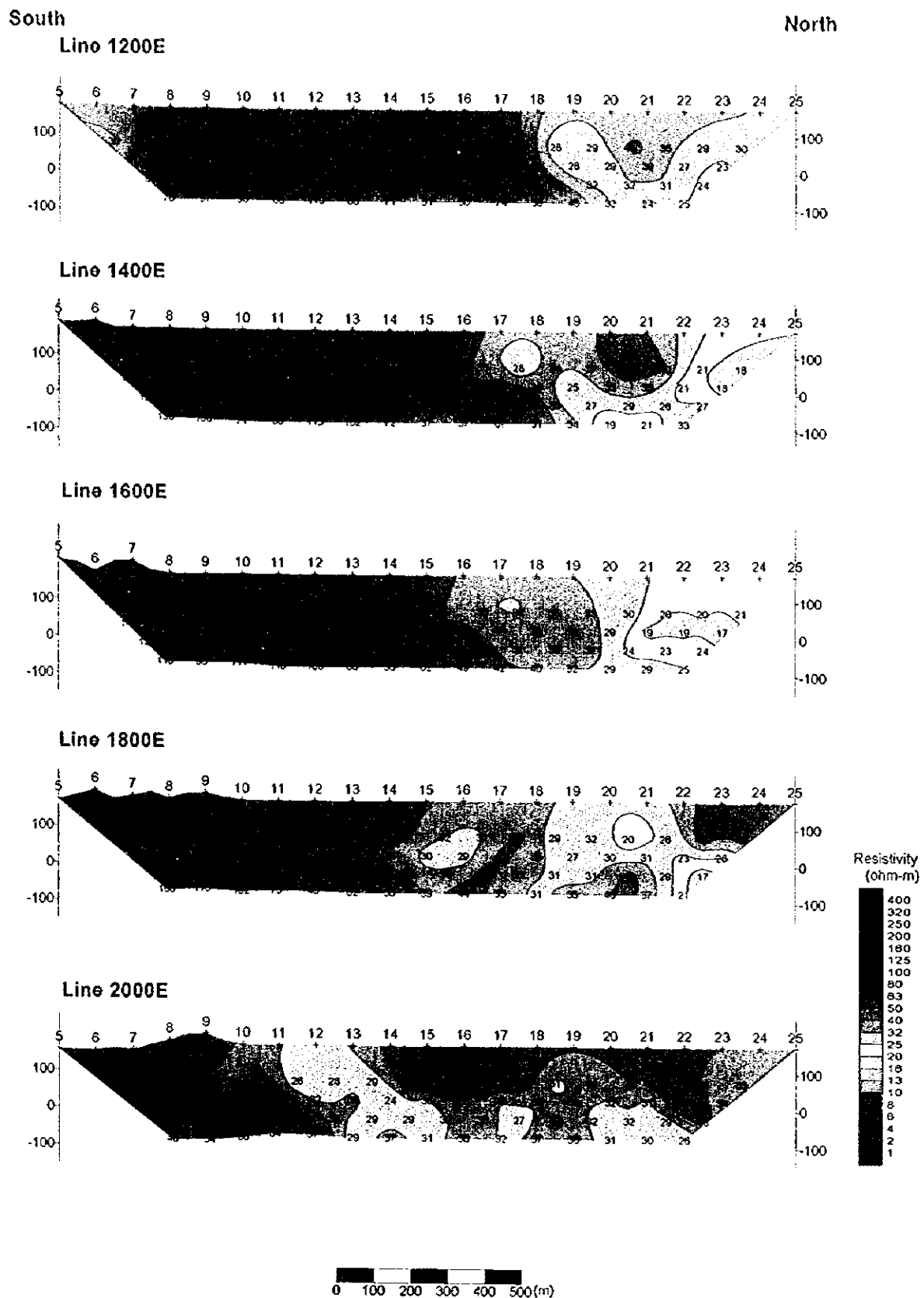


Fig. II-2-8 Apparent resistivity pseudo-sections in Ghuzayn area east side

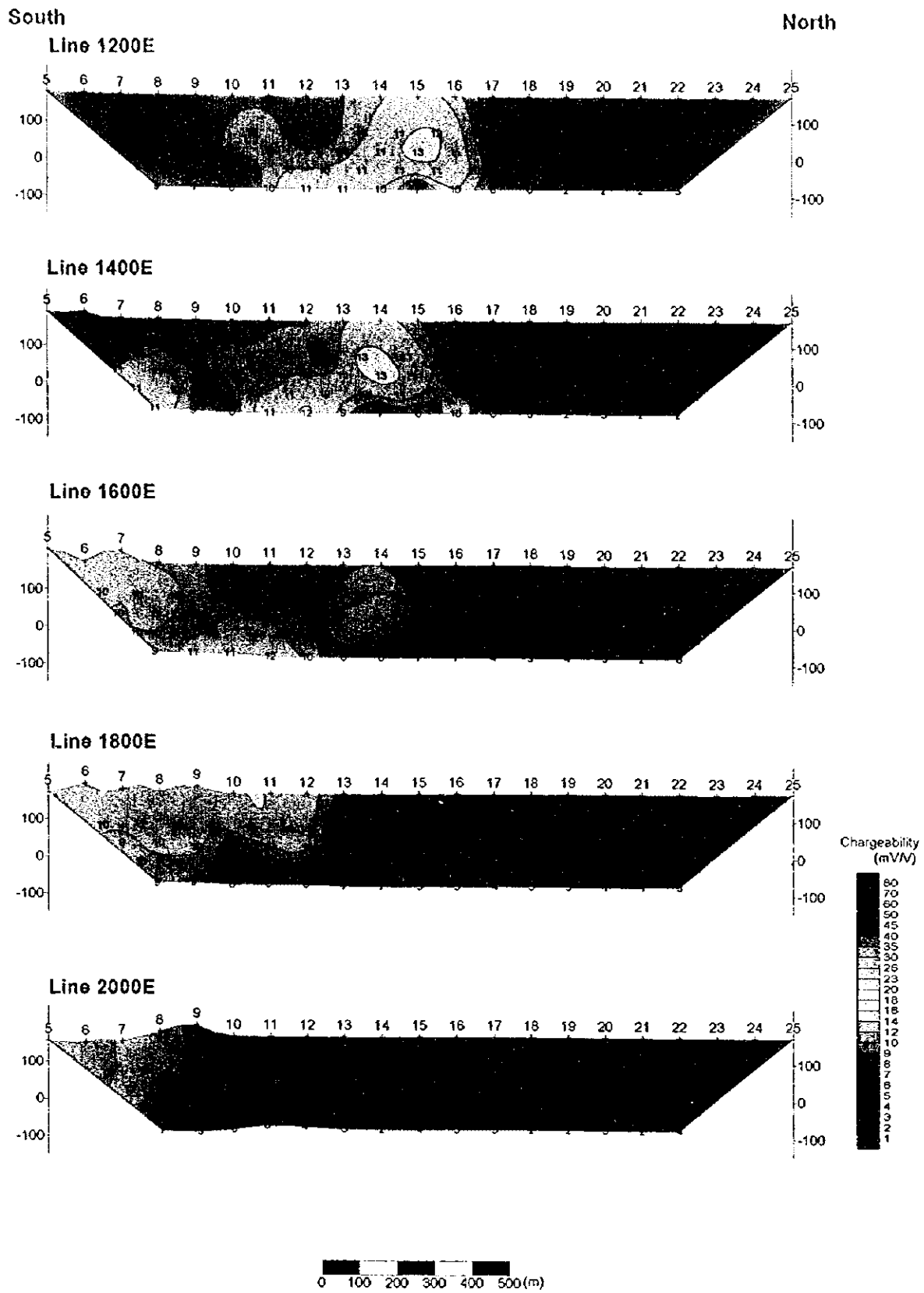


Fig. II-2-9 Chargeability pseudo-sections in Ghuzayn area east side

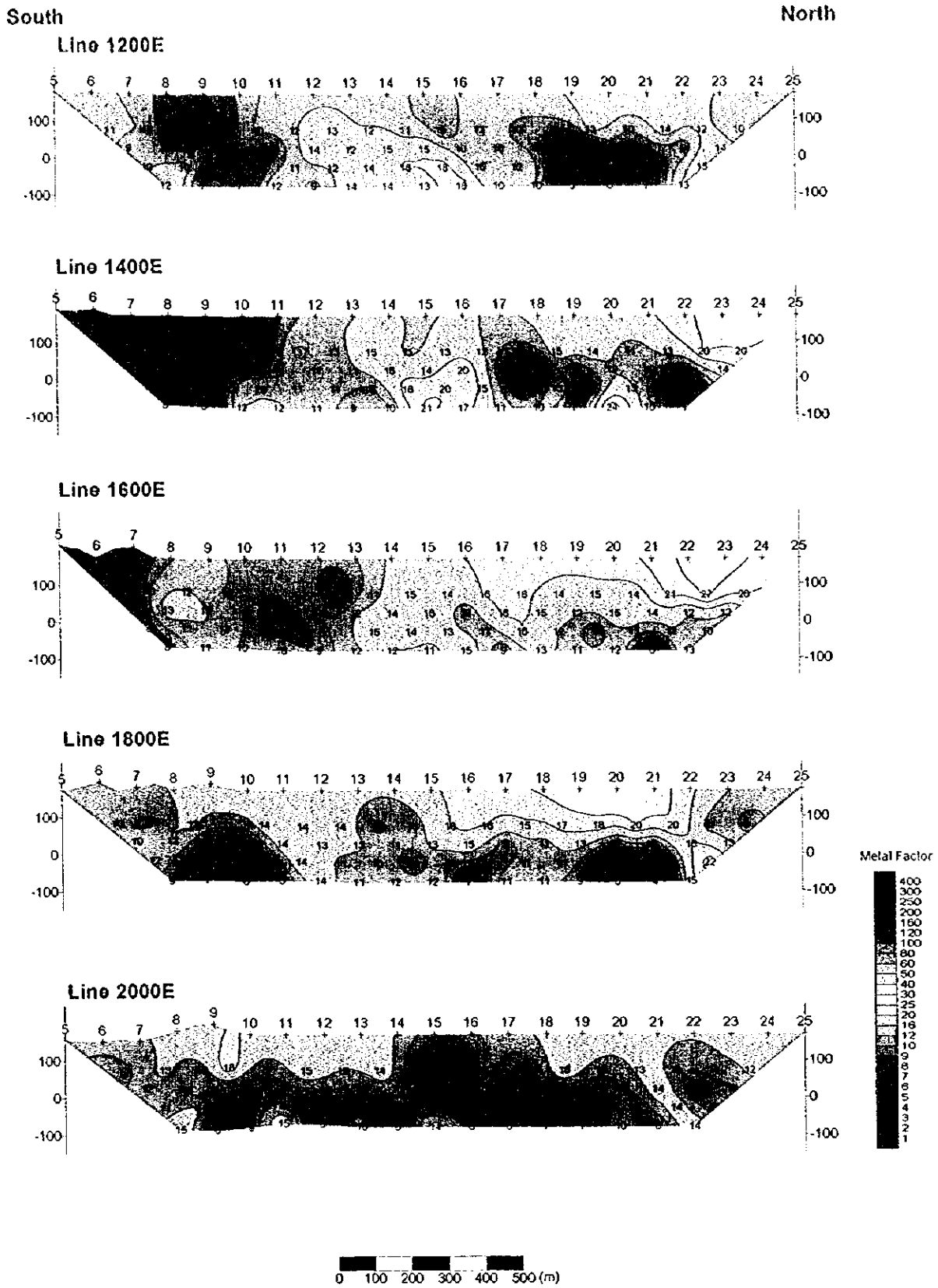


Fig. II-2-10 Metal factor pseudo-sections in Ghuzayn area east side

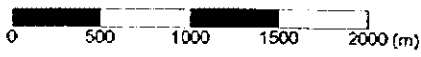
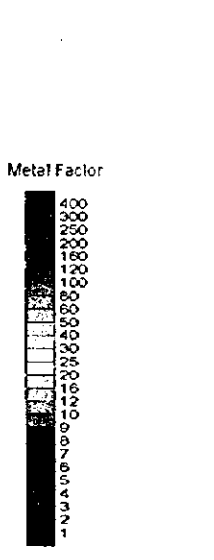
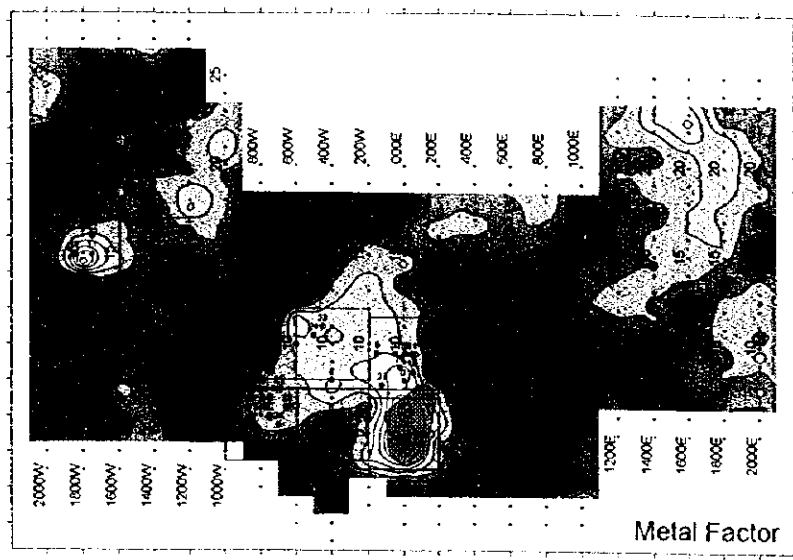
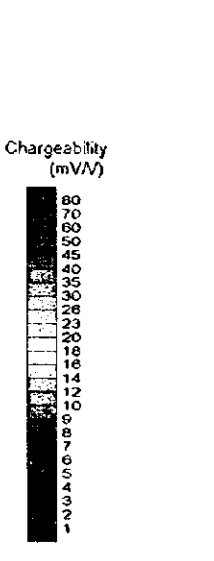
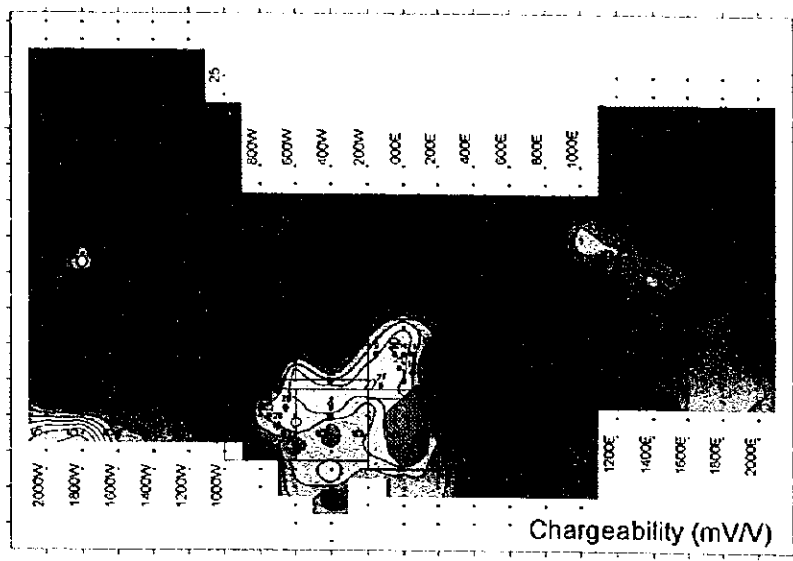
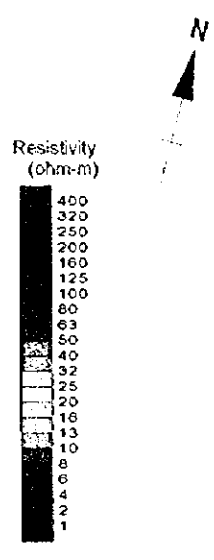
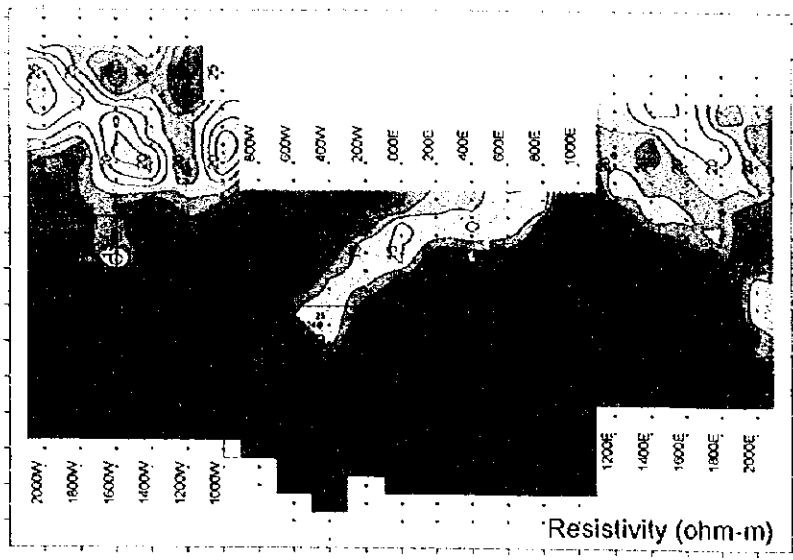
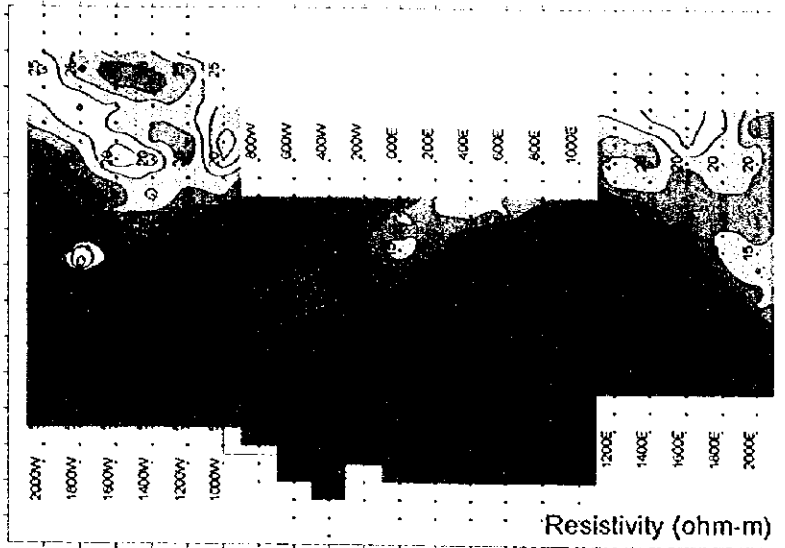
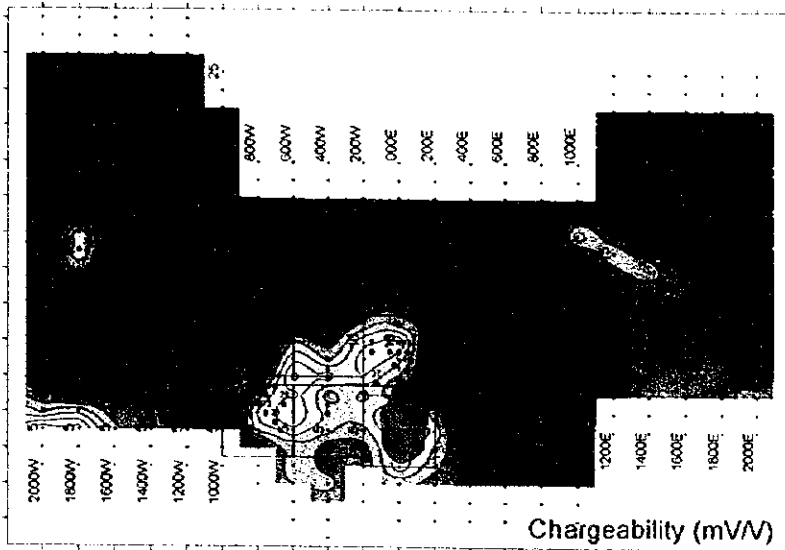


Fig. II -2-11 IP plane map of n=1 in Ghuzayn area

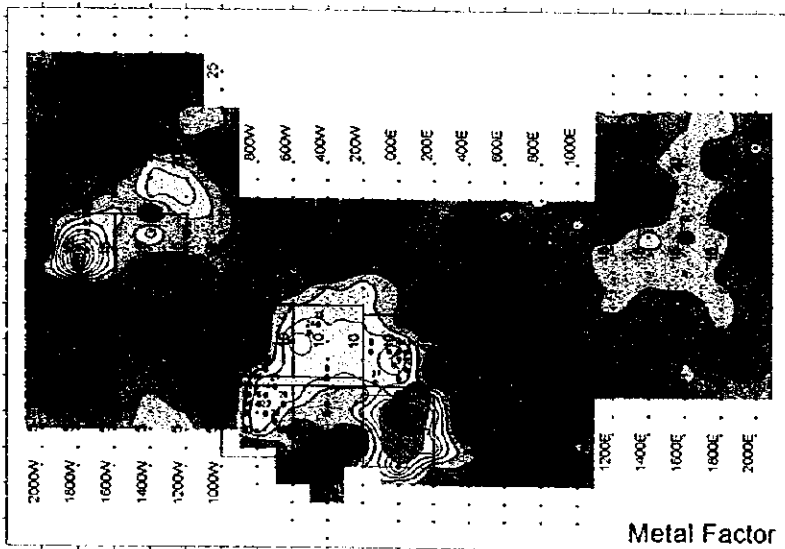
- 10 : Borehole
- ◻ : Gossan
- ◻ : TEM Survey area



Resistivity (ohm-m)



Chargeability (mV/V)



Metal Factor



Fig. II-2-12 IP plane map of n=2 in Ghuzayn area

- 10 : Borehole
- : Gossan
- : TEM Survey area

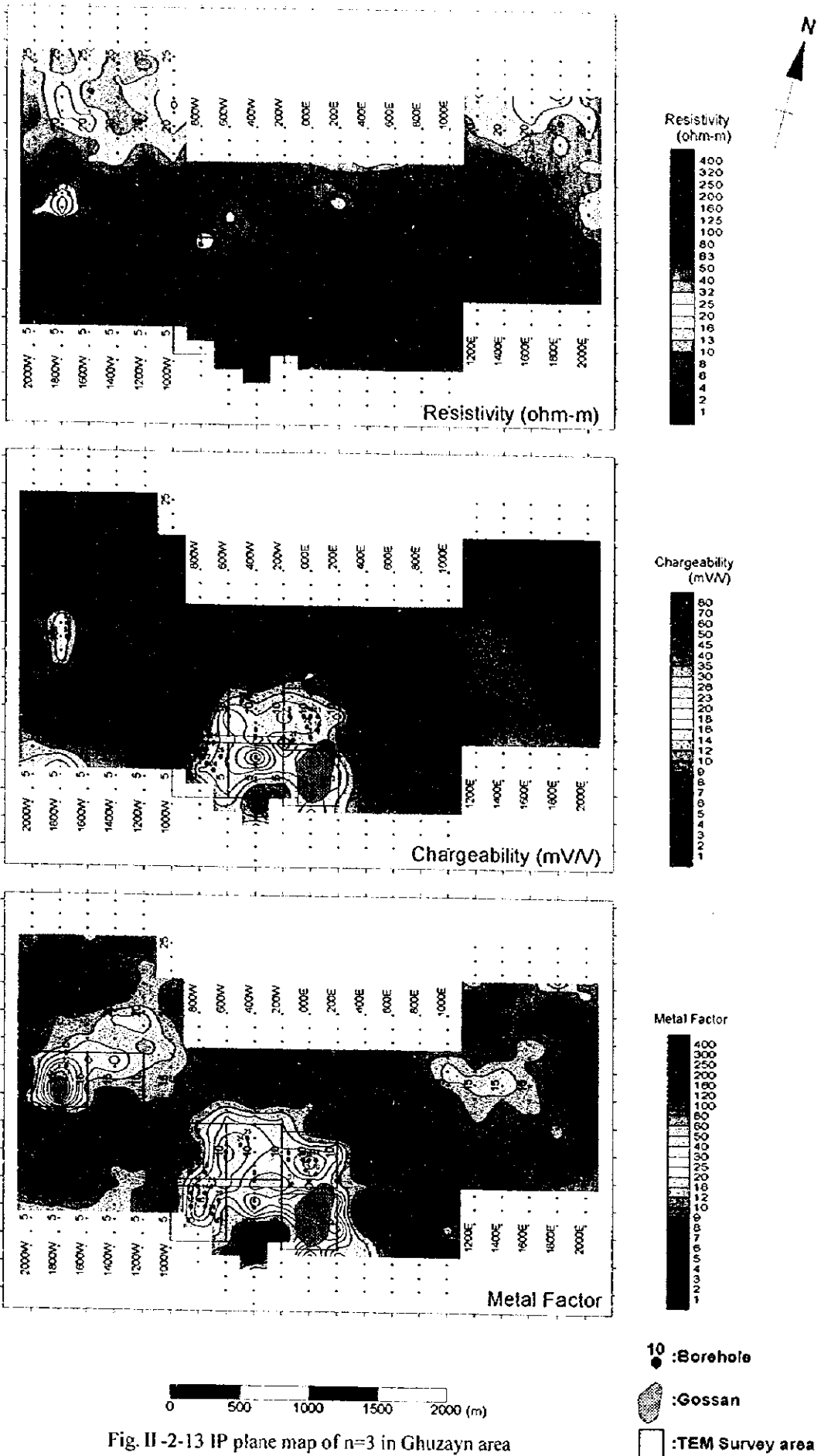


Fig. II -2-13 IP plane map of n=3 in Ghuzayn area

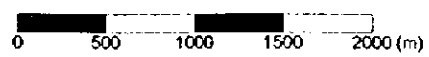
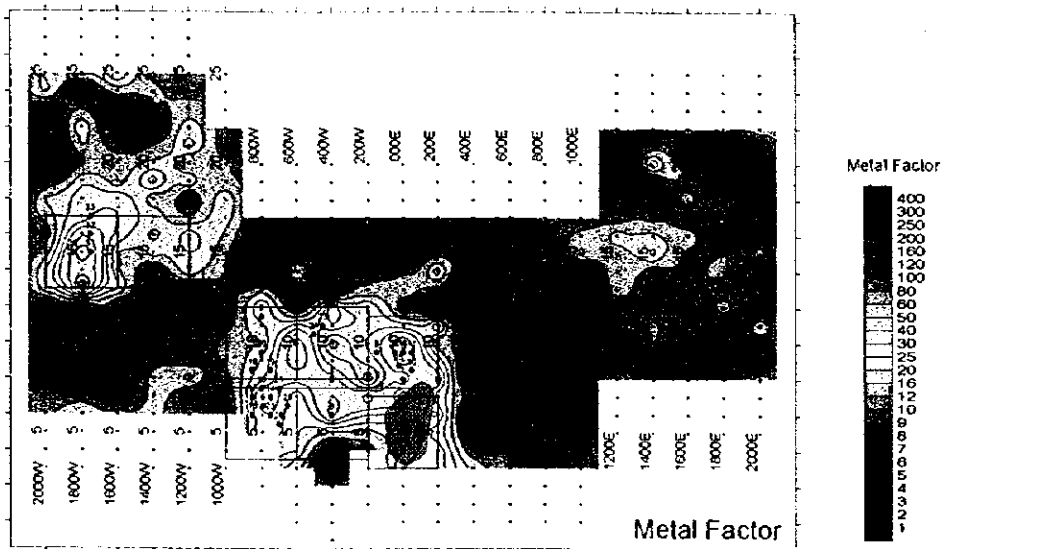
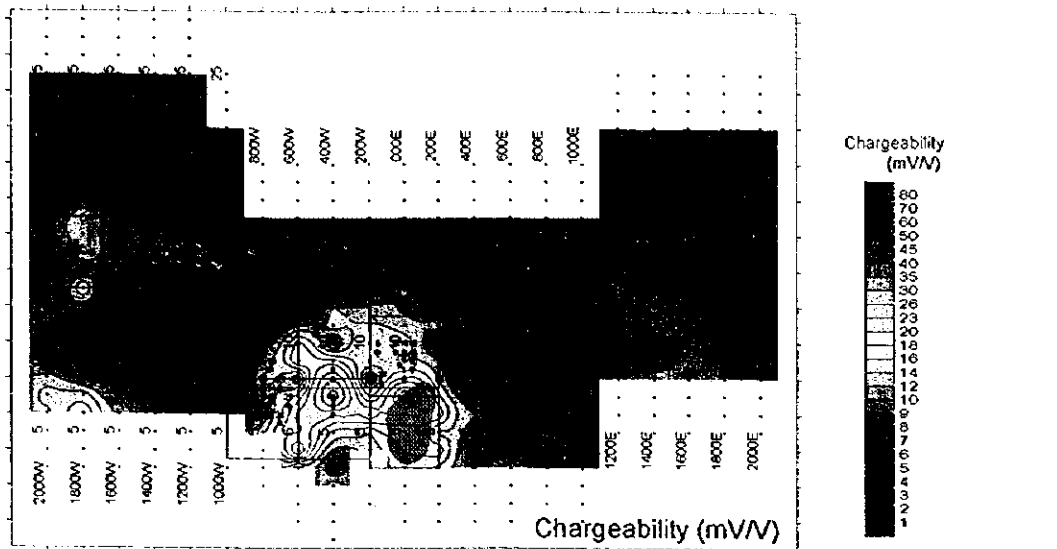
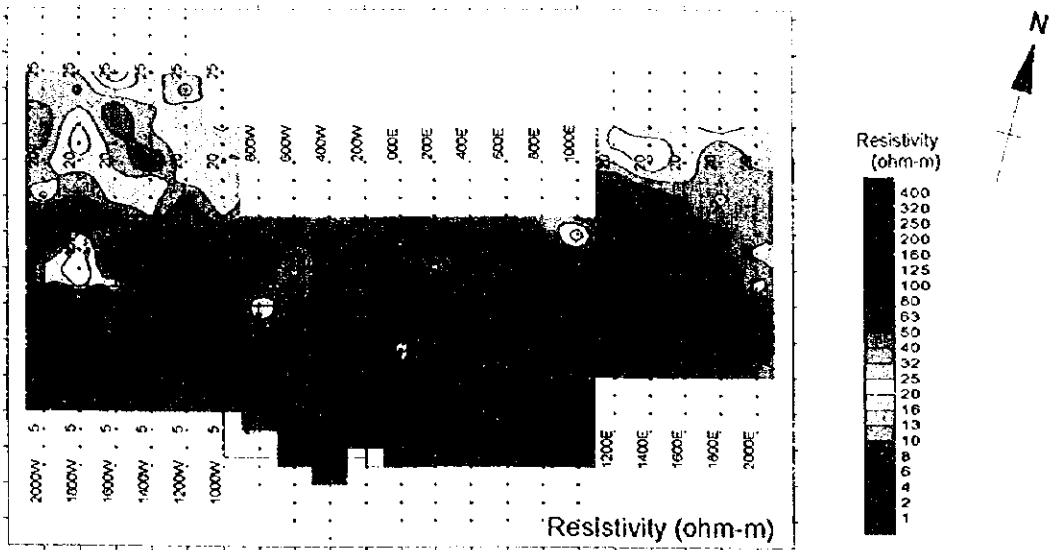


Fig. II-2-14 IP plane map of n=4 in Ghuzayn area

- 10 : Borehole
- : Gossan
- : TEM Survey area

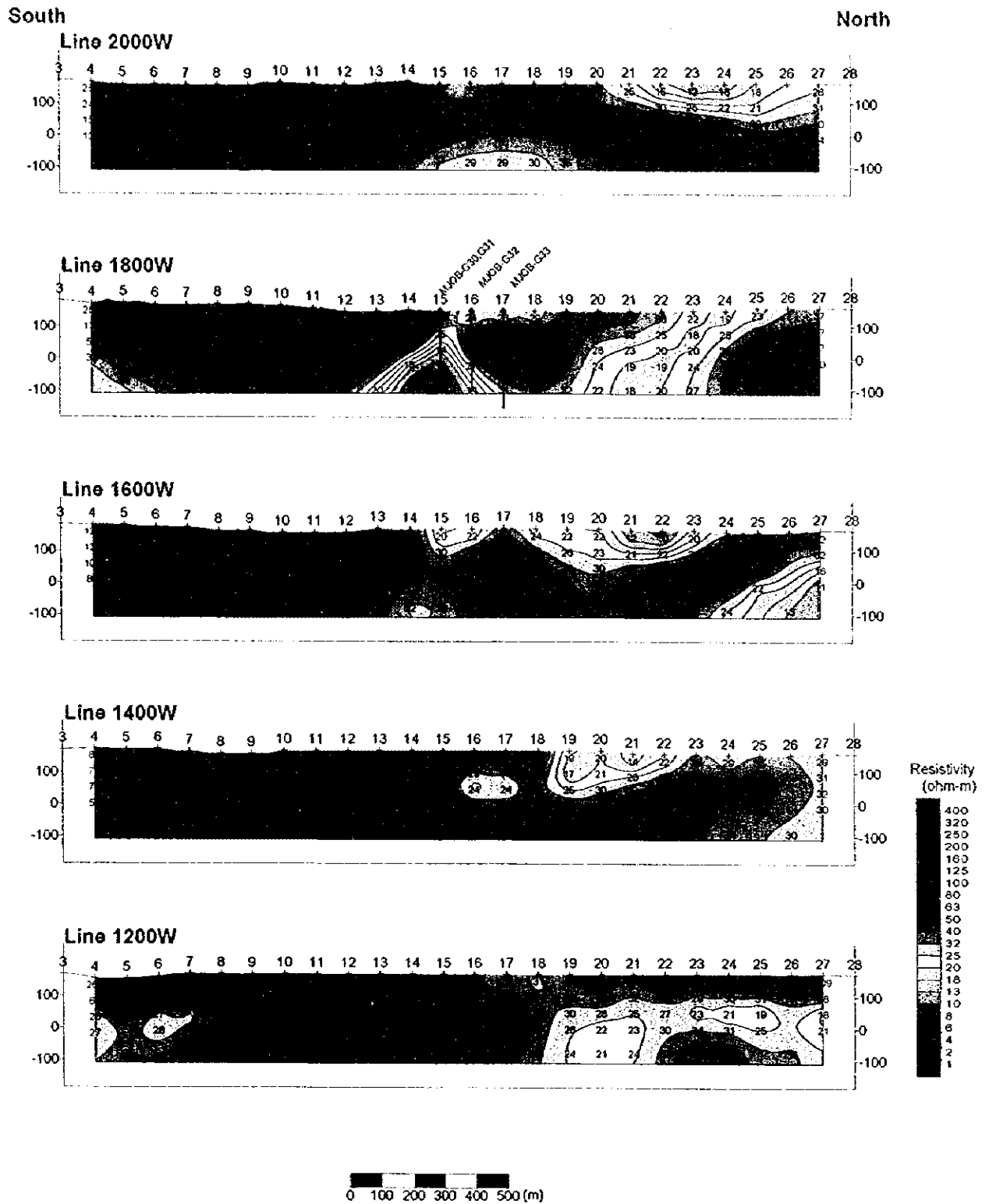


Fig. II-2-15 IP resistivity model simulation on Ghuzayn area west side

South

North

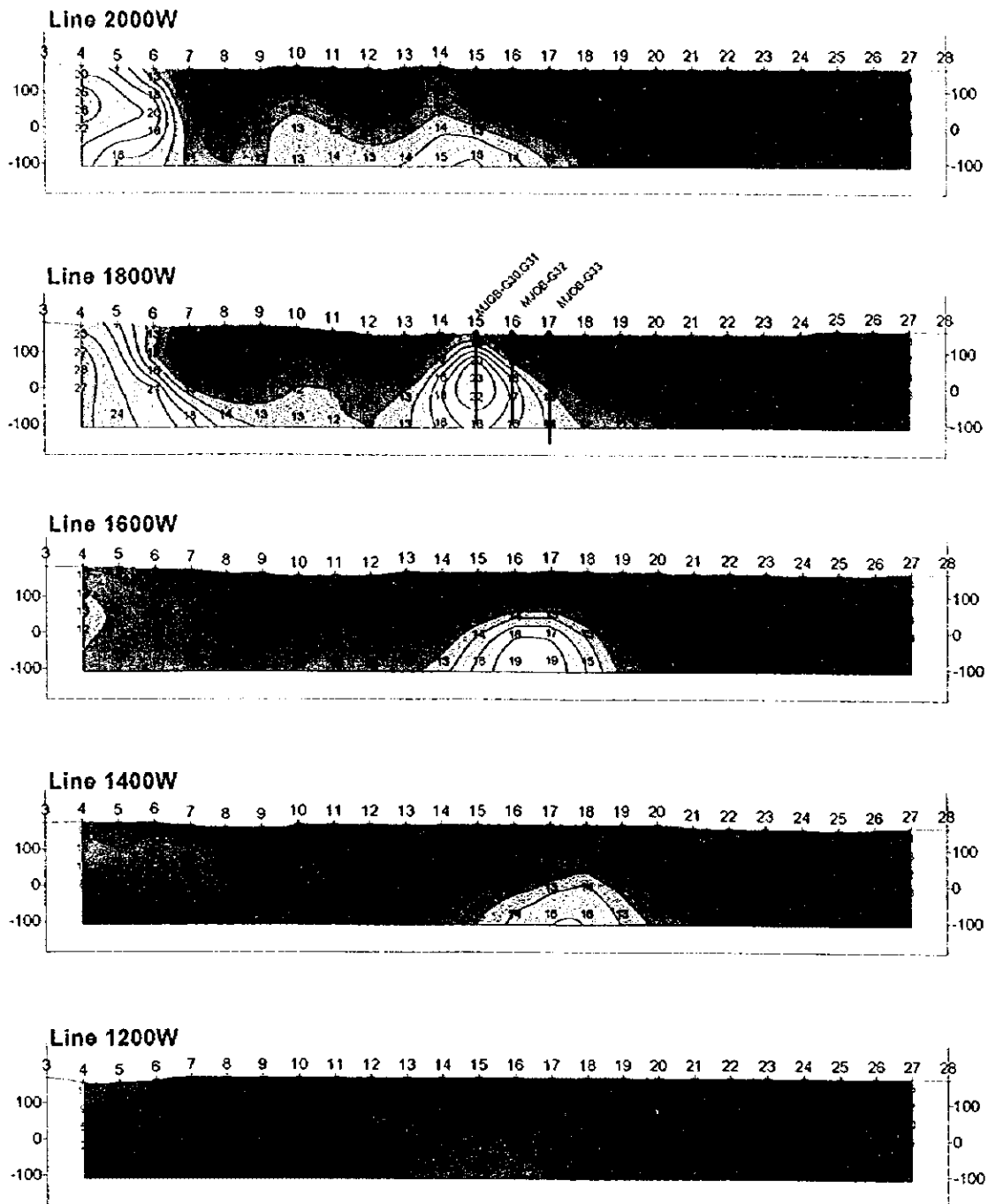


Fig. II -2-16 IP Chargeability model simulation on Ghuzayn area west side

South

North

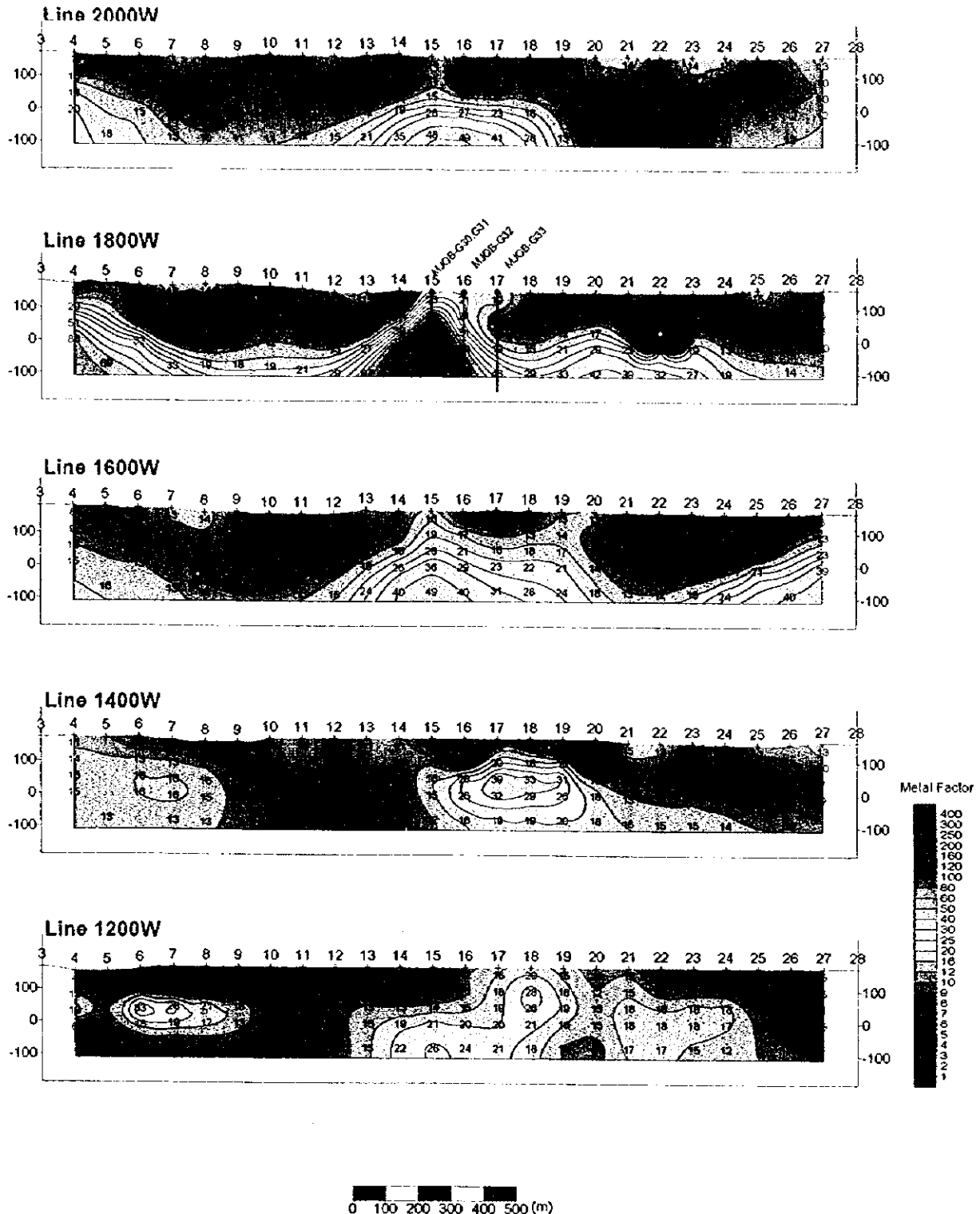


Fig. II -2-17 IP Metal factor model simulation on Ghuzayn area west side

0

0

0

(2) 測定結果

見掛比抵抗、分極率及びメタルファクターの断面図をそれぞれ Fig. II-2-19(1)~Fig. II-2-19(2), Fig. II-2-20(1)~Fig. II-2-20(2), Fig. II-2-21(1)~Fig. II-2-21(2)に、また平面図を Fig. II-2-22~Fig. II-2-25 に示す。

見掛比抵抗は、全体的に北部が低く、南部で高く、測線 200S と測線 400S との間に比抵抗不連続が認められる (Fig. II-2-23)。北部の低比抵抗帯では、測線 800N 測点-11 付近の浅部 (N=1~2) での $10\Omega\cdot m$ 前後の低比抵抗は測線 200S まで連続している。また、測線 800N の東端と測線 600N の測点-1 付近に見られる $10\Omega\cdot m$ 前後の低比抵抗帯は測線 400N 付近まで連続している。地区南部では、中央部に測線 1000S まで連続した幅 400m 程度の中比抵抗が分布するが、顕著な低比抵抗は認められない。

分極率では、平成 8 年度の調査でゴッサンの周辺部で捕捉された異常帯 (最大 $26mV/V$) が、南に連続し、北方向では北西方向に延び、800N の測点-6 付近まで連続することが確認された (Fig. II-2-23)。しかしながら、分極率はゴッサン付近に比べて弱くなっており、北西ではその分布域も狭く、幅 200m 程度である。この異常帯の西側では分極率が小さく、特に、測線 200S の北側では西端まで異常は認められない (Fig. II-2-20(1))。測線 200S の南側では分極率が幾分高い箇所が捕捉されているが、分極率は最大 $15mV/V$ で顕著な異常は捕捉されなかった。

メタルファクターは、平成 8 年度にゴッサンの周辺部で捕捉された異常帯が、北西方向に測線 800N の測点-8 付近まで連続していることが確認された。南側では異常が弱くなっている (Fig. II-2-23)。

(3) 2次元解析結果

2次元解析は、全測線に対し行った。解析により得られた比抵抗、分極率及びメタルファクターの断面図をそれぞれ Fig. II-2-26(1)~Fig. II-2-26(2), Fig. II-2-27(1)~Fig. II-2-27(2), Fig. II-2-28(1)~Fig. II-2-28(2)に示す。

比抵抗についてみると、測線 800N の測点-5 の深度 200m 付近に $20\Omega\cdot m$ 程度の低比抵抗部が解析され、測線 200N の測点-2 の深部まで連続するように解析されている (Fig. II-2-26(1))。地表付近については、測線 800N の測点-11 を中心に $10\Omega\cdot m$ 以下の薄い低比抵抗部が解析され、測線 200S まで分布している。

分極率は、測線 800N の測点-6 付近から南端の測線 1000S まで顕著な異常部が連続しており、特に測線 200N~測線 400S で異常部の範囲が広く、測線 400N 以北では、規模が小さくなっている。また、測線 400S~1000S では上記の異常帯の西側に弱異常部が数箇所に解析されている。

メタルファクターは、分極率とほぼ同様な分布を示すが、測線 800N の測点-6 付近から南の測線 800S までの異常部の他には、顕著な異常は認められない。

13

14

15

16

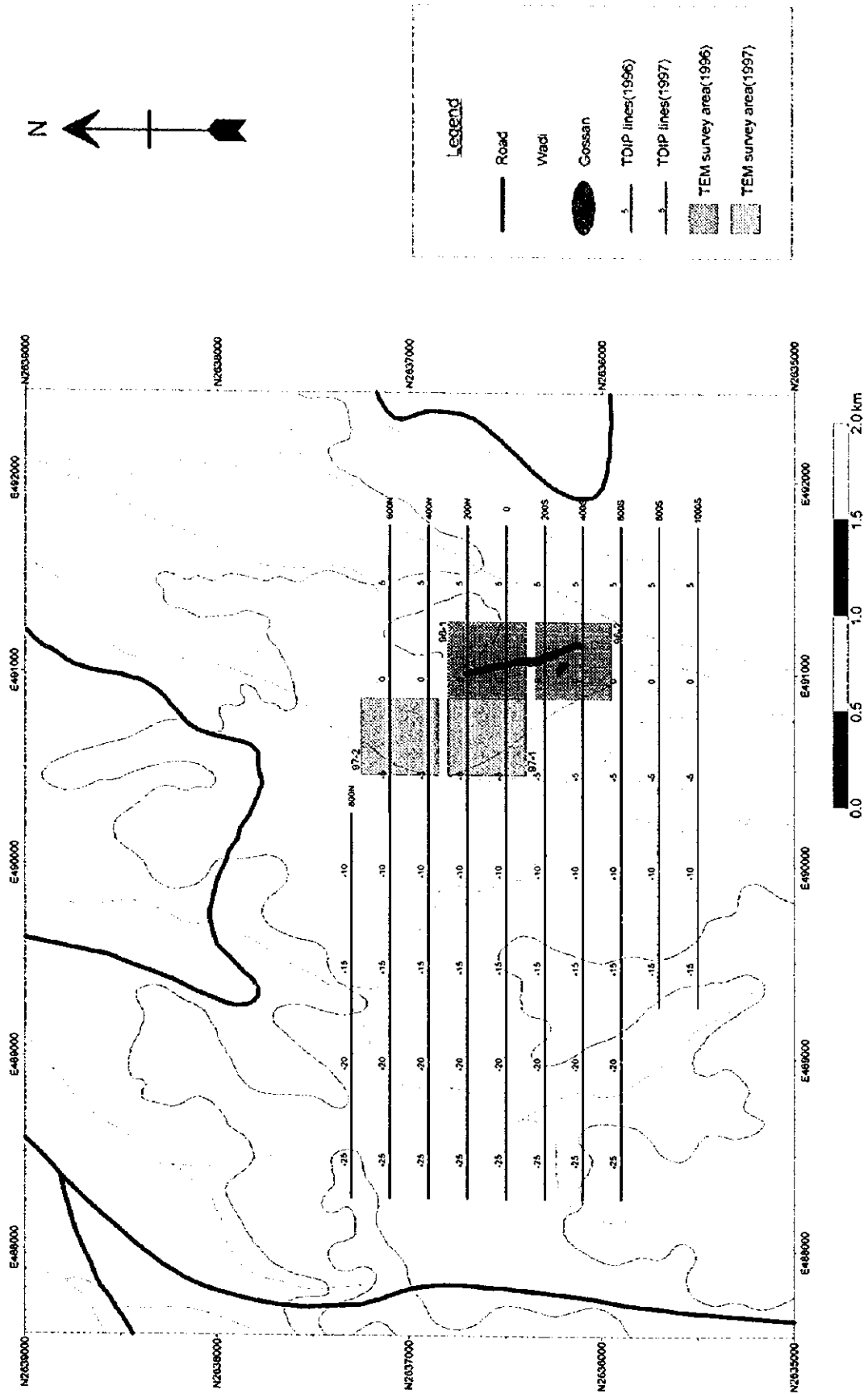


Fig. II -2-18 Geophysical survey location in Doqal area

West East

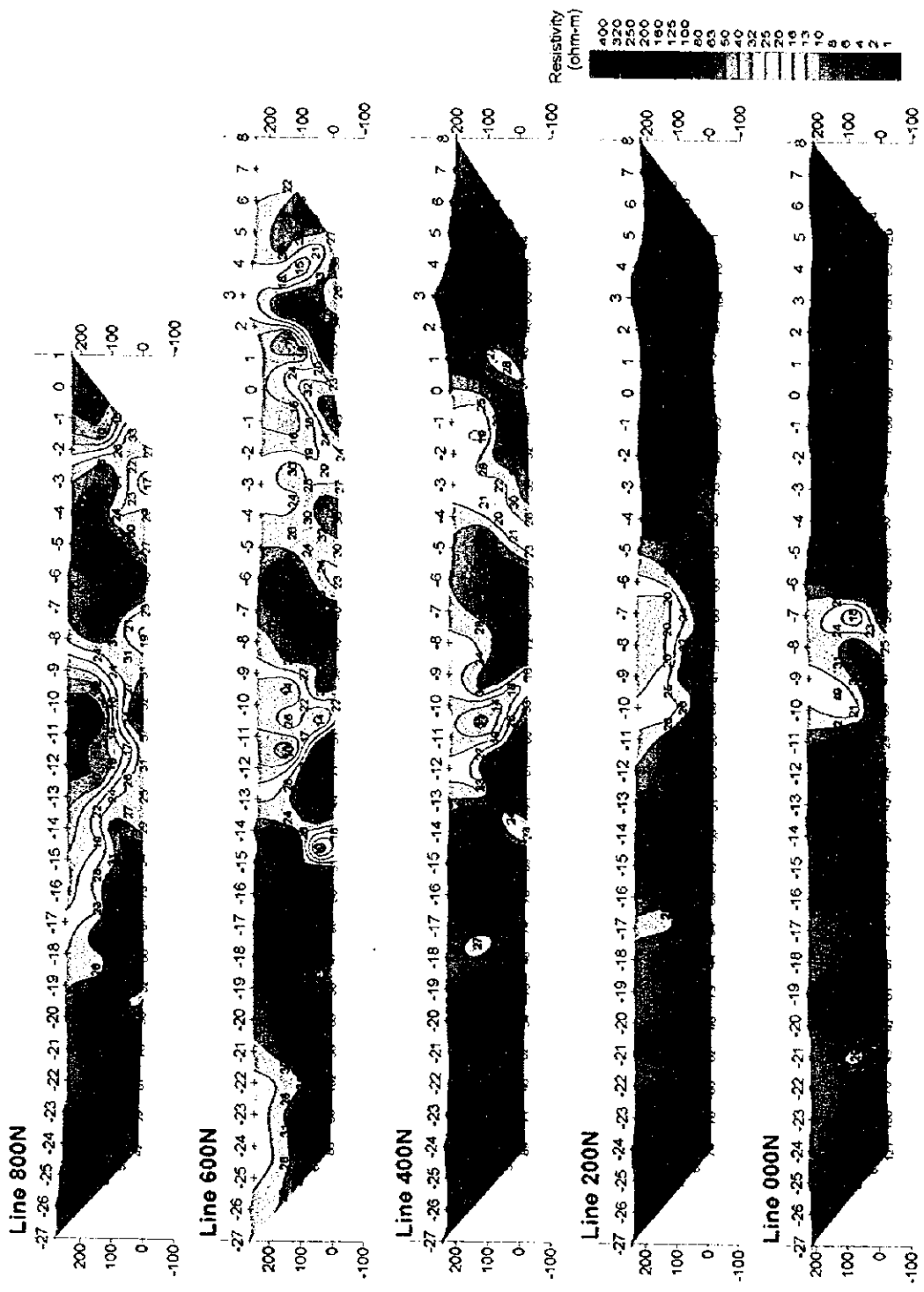


Fig. II -2-19(1) Apparent resistivity pseudo-sections in Doqal area

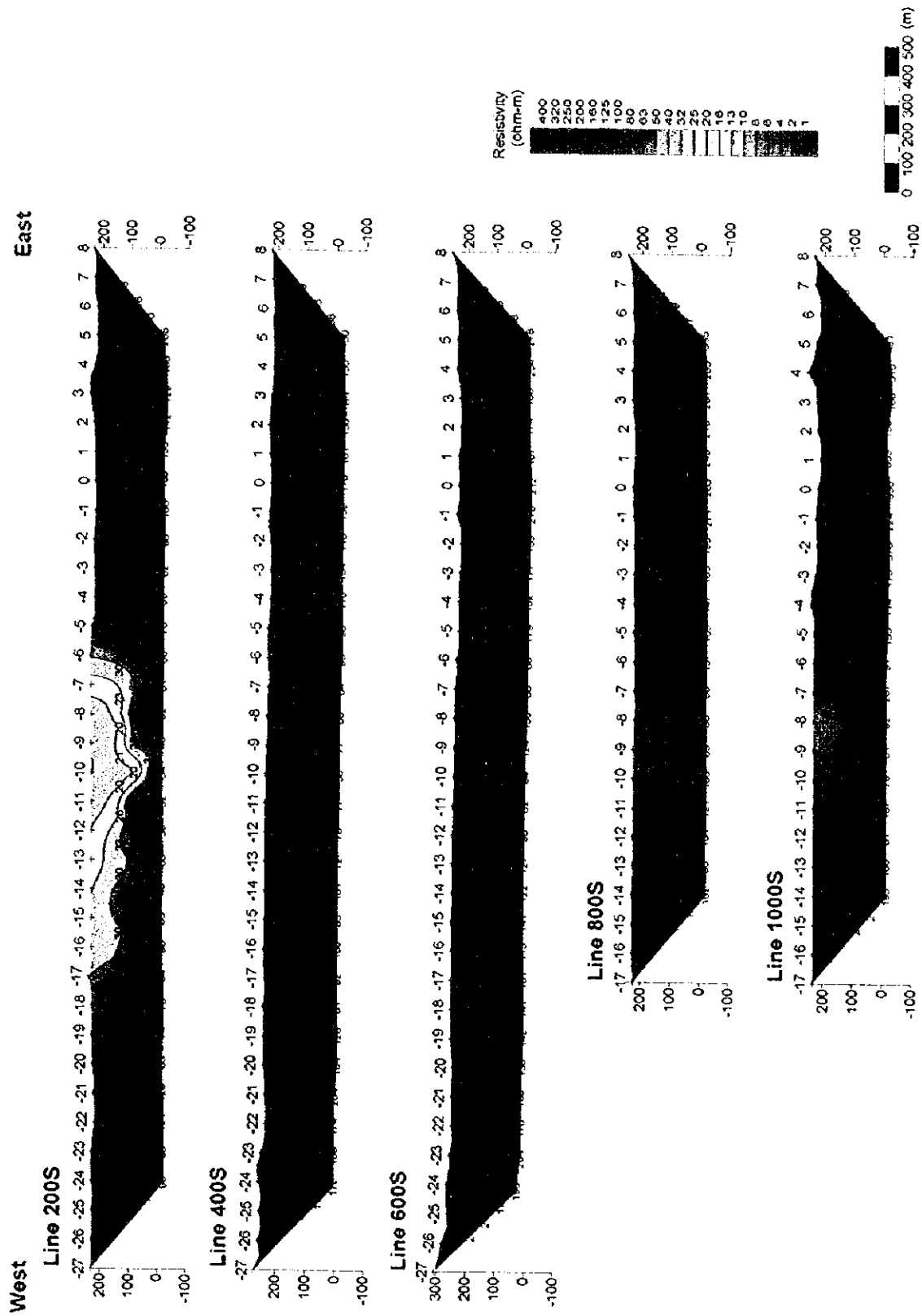


Fig. II -2-19(2) Apparent resistivity pseudo-sections in Doqal area

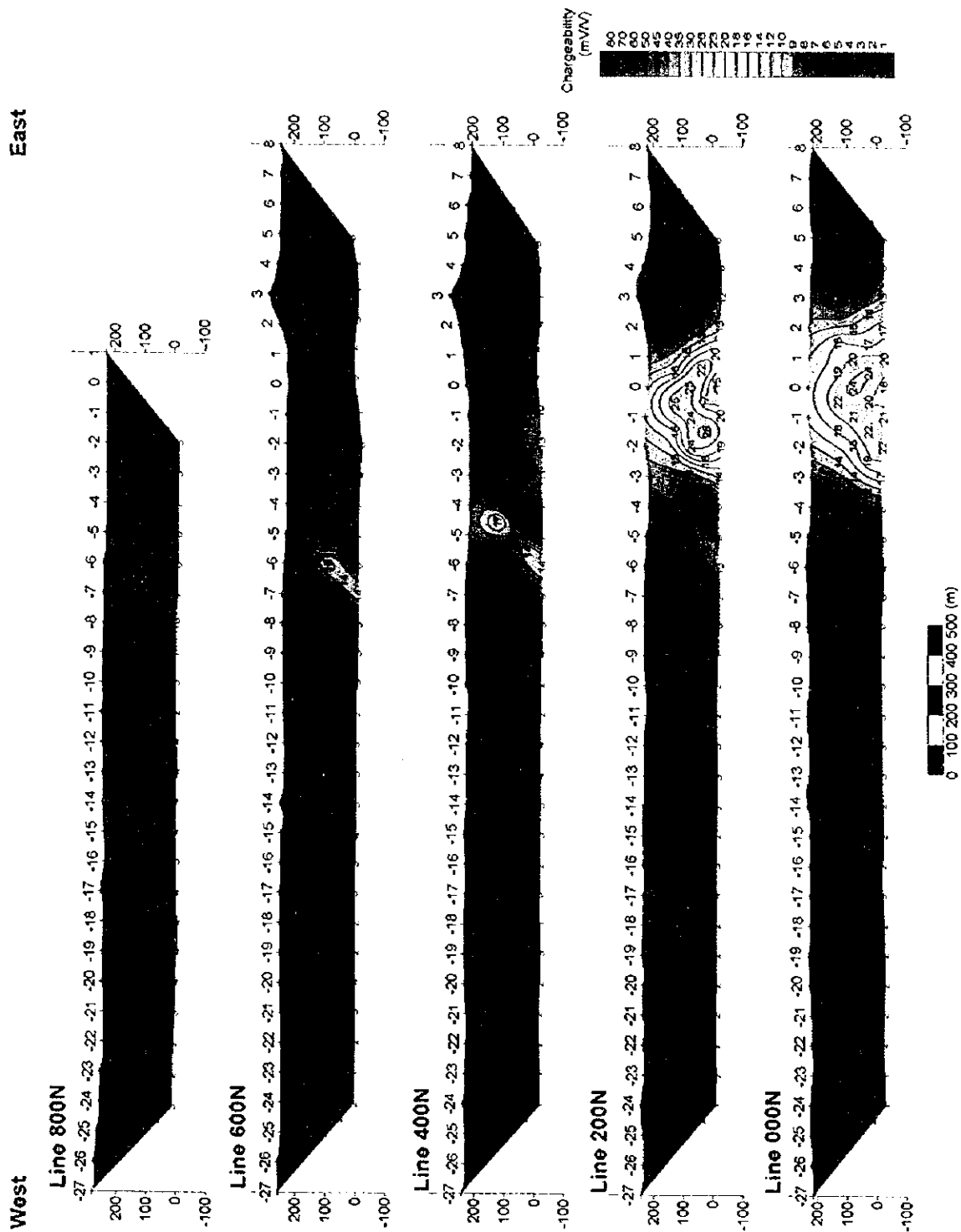


Fig. II -2-20(1) Chargeability pseudo-sections in Doqal area

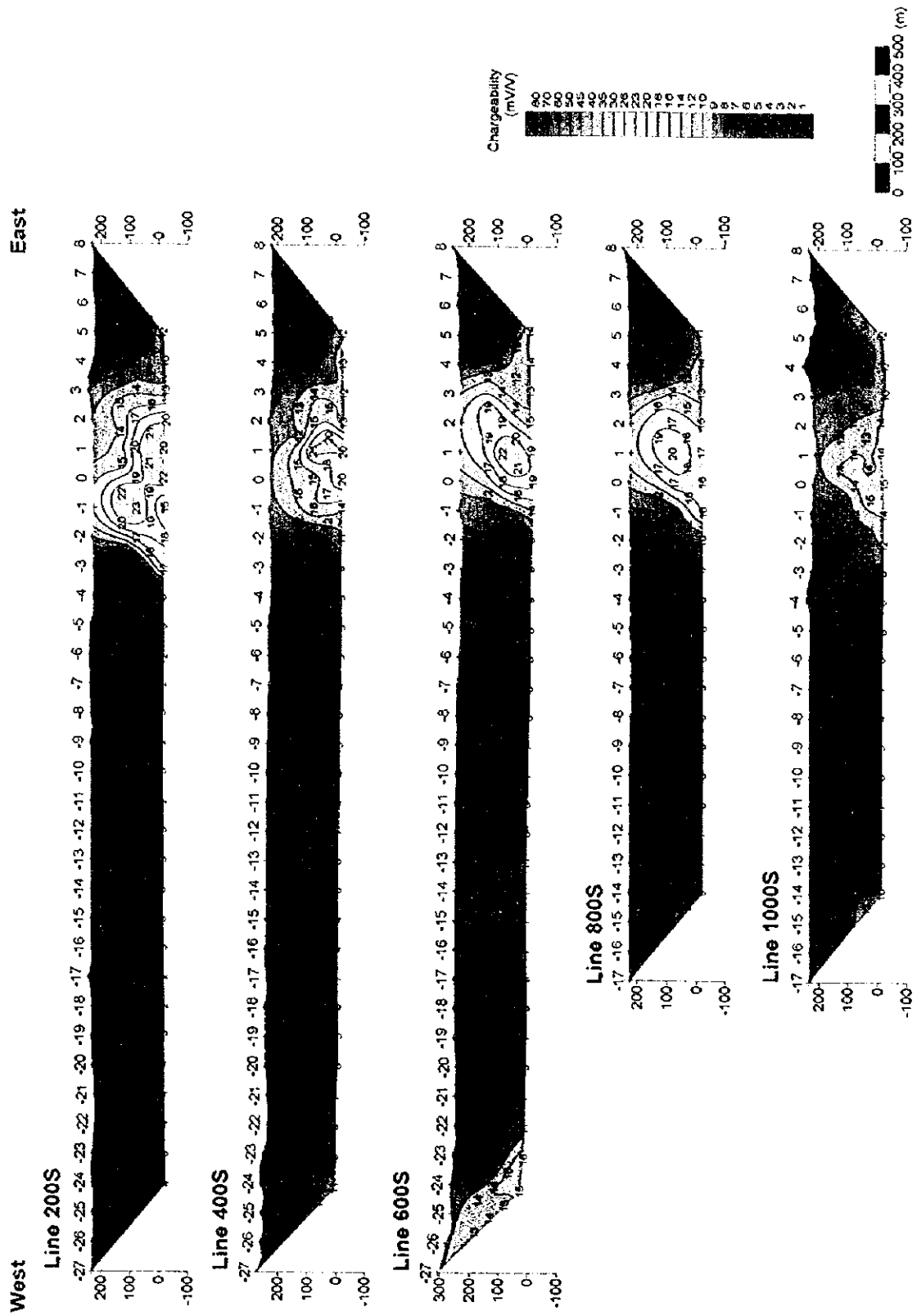


Fig. II -2-20(2) Chargeability pseudo-sections in Doqal area

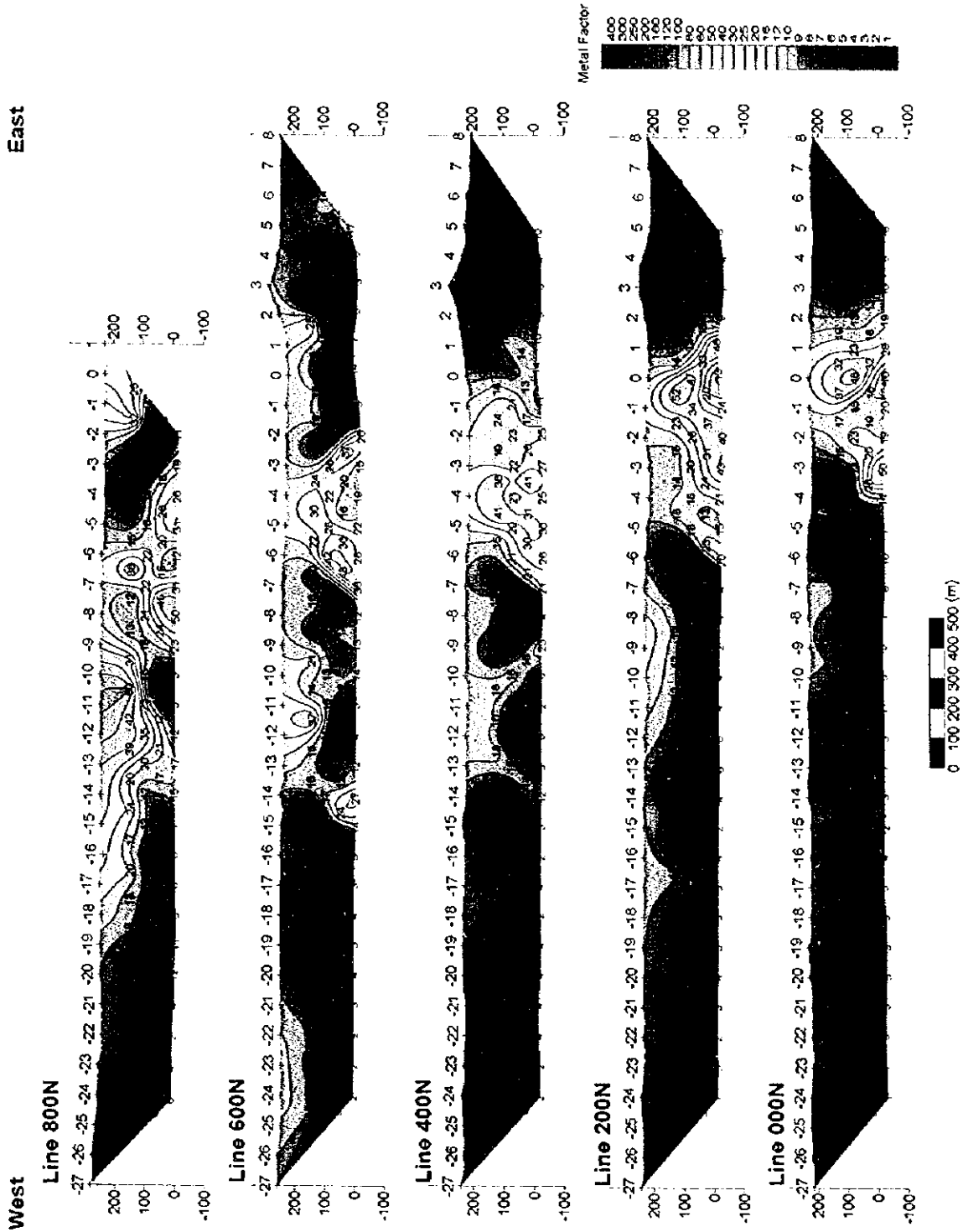


Fig. II-2-21(1) Metal factor pseudo-sections in Doqal area

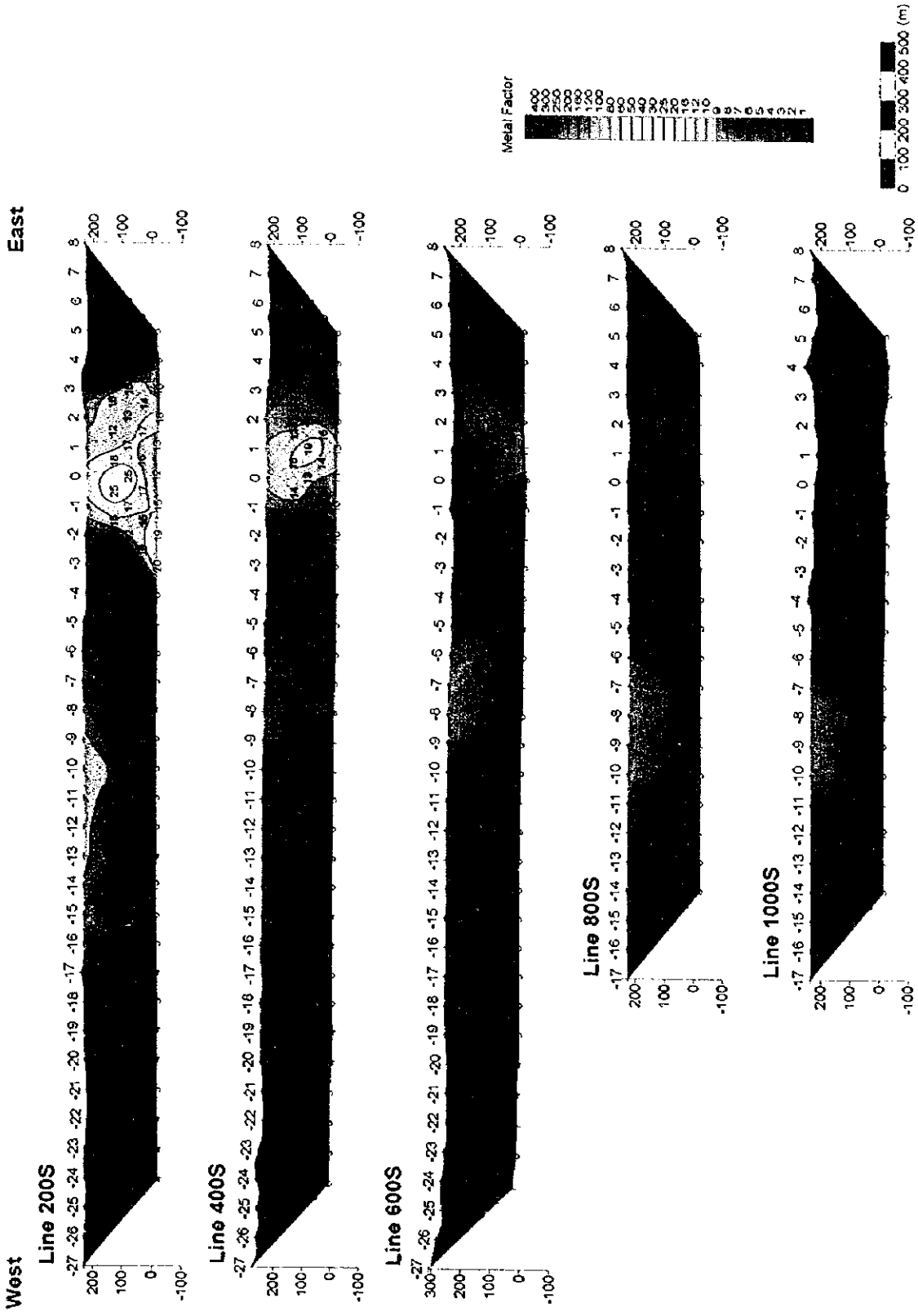


Fig. II -2-21(2) Metal factor pseudo-sections in Doqal area

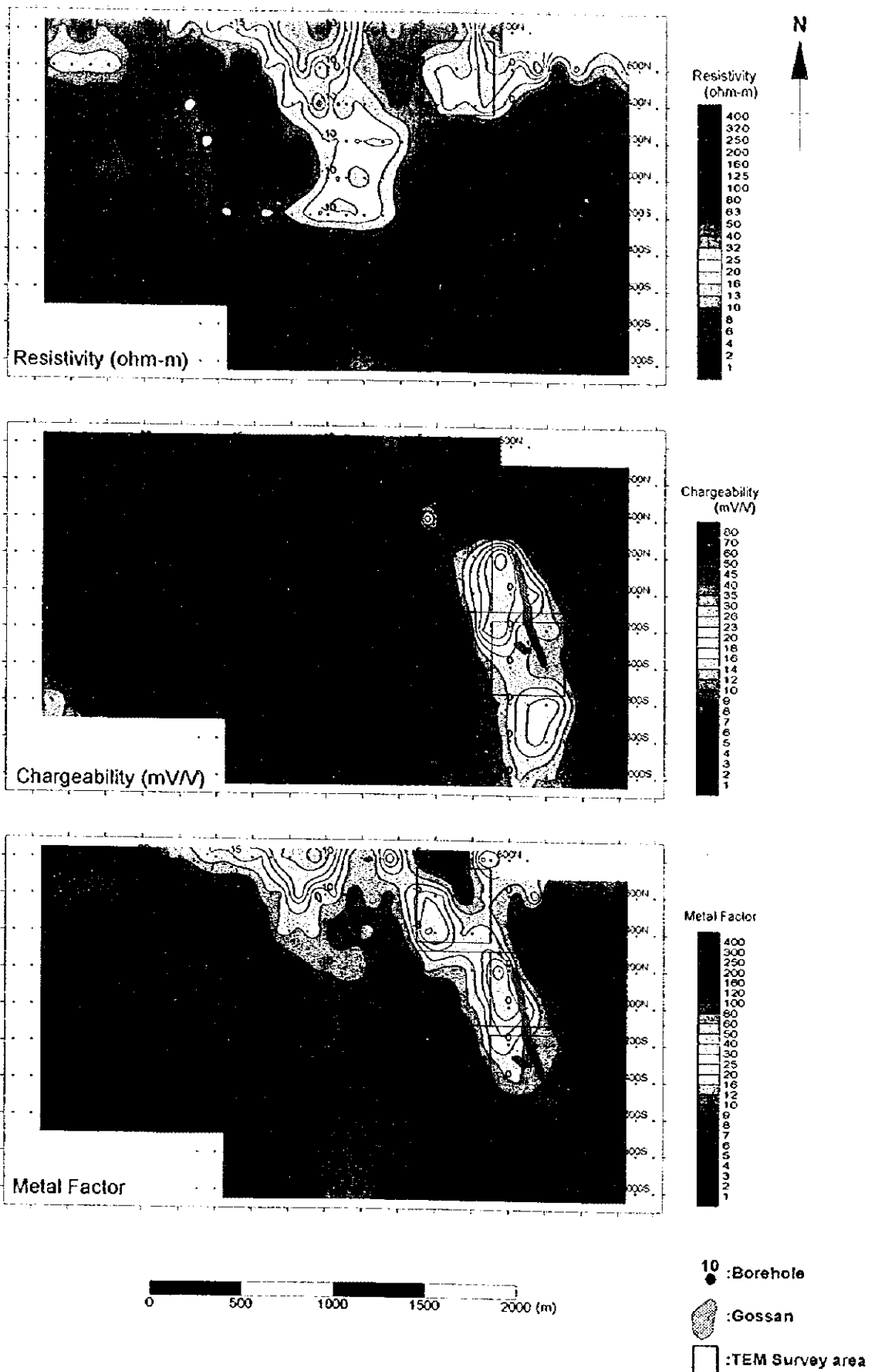


Fig. II -2-22 IP plane map of $n=1$ in Doqal area

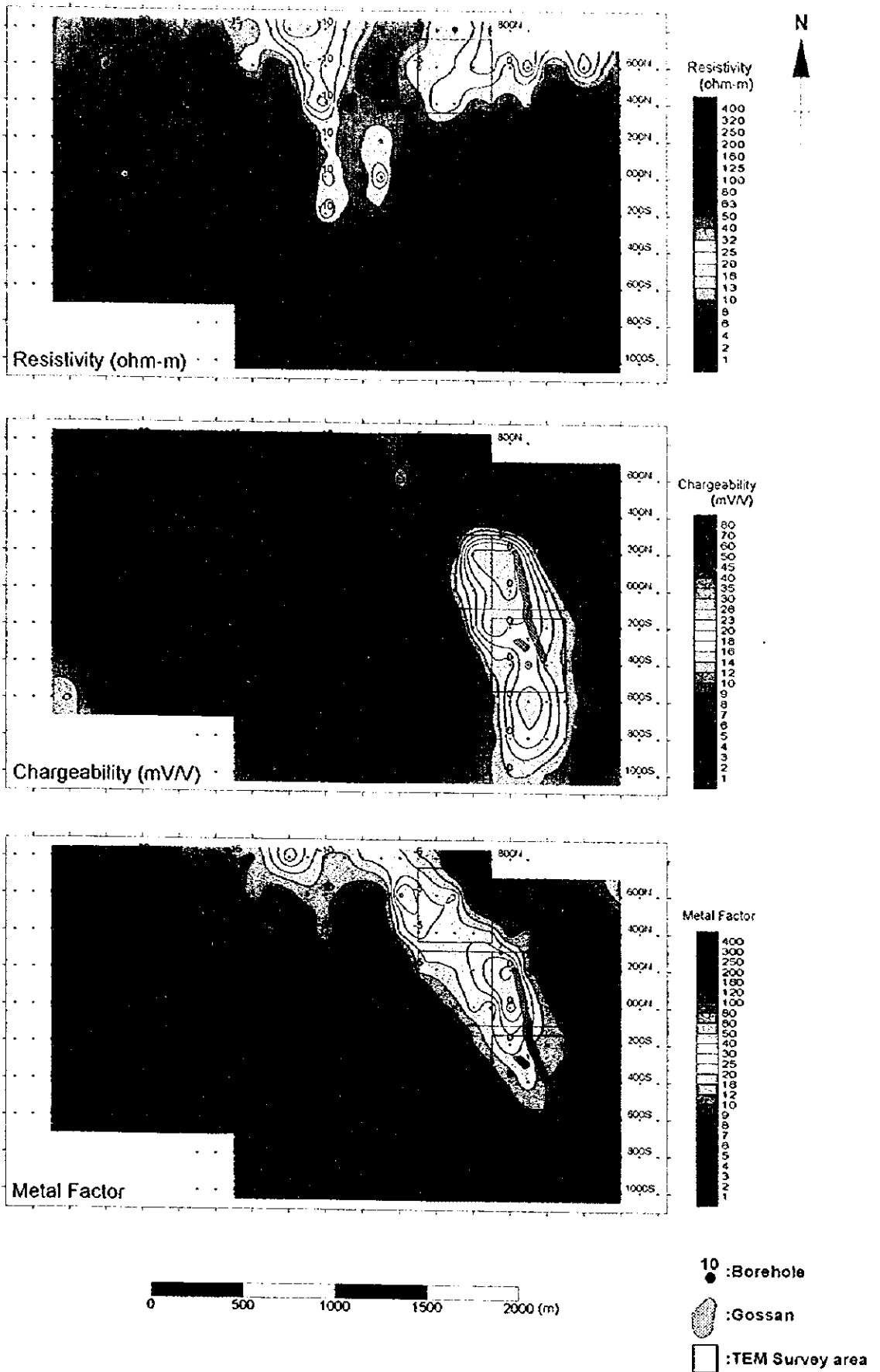
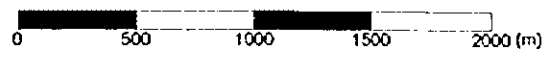
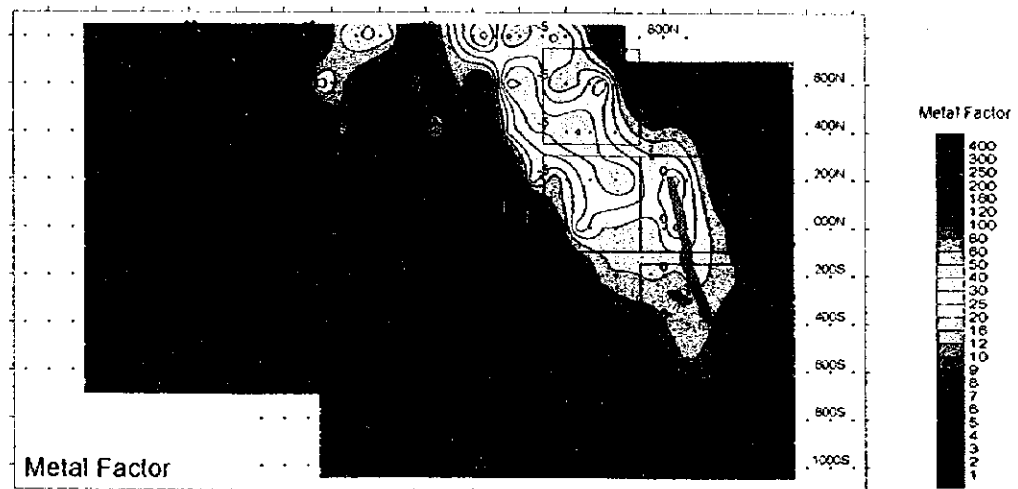
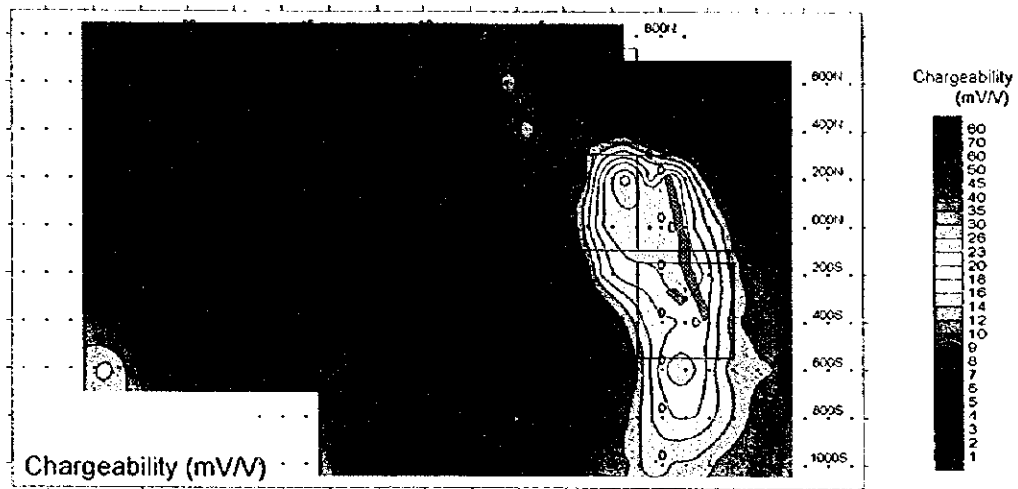
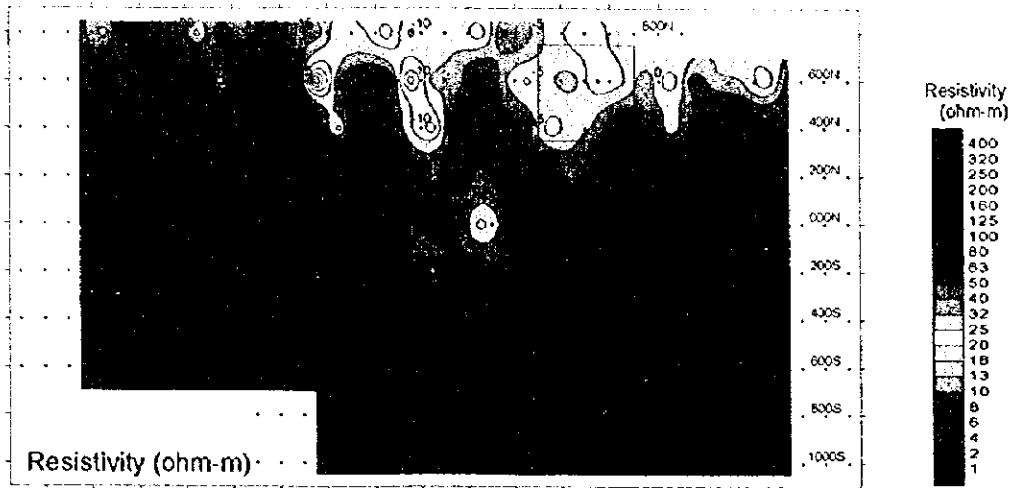
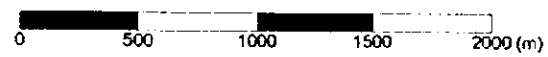
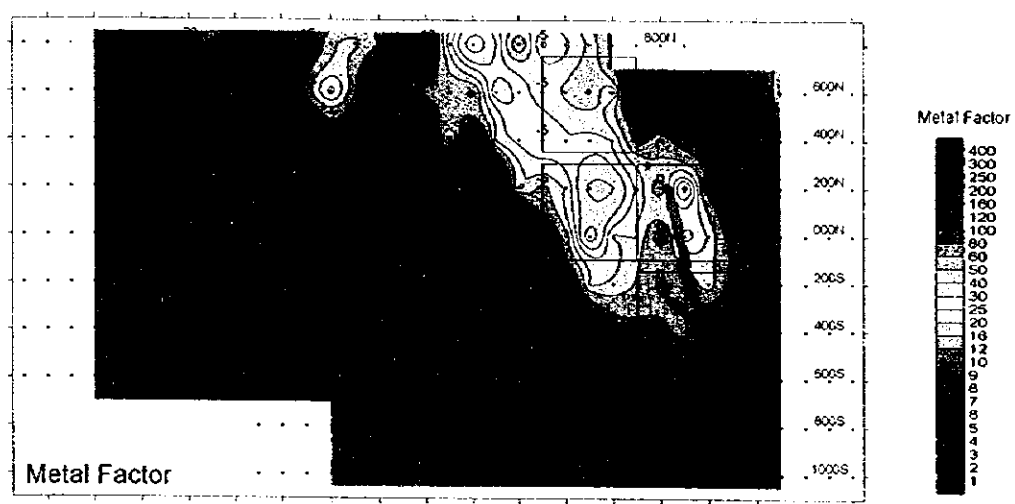
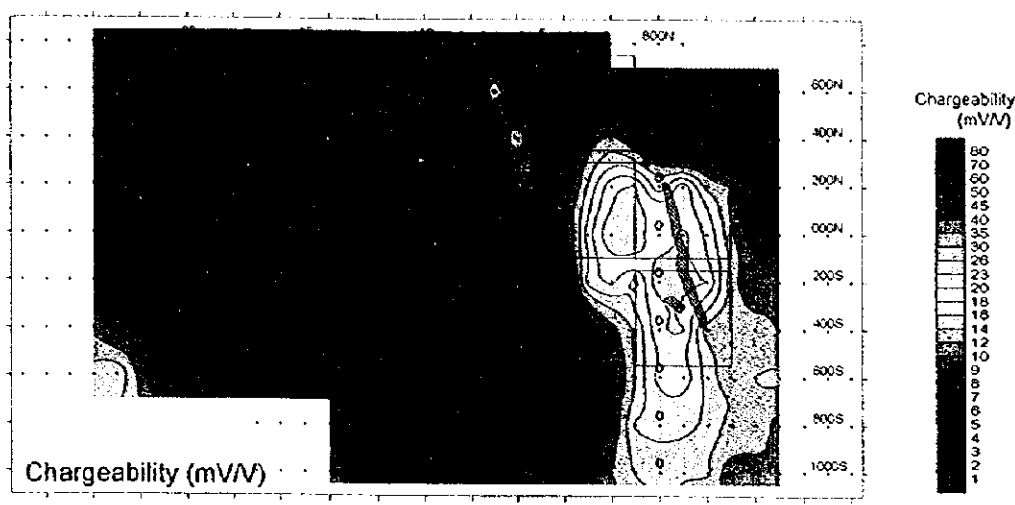
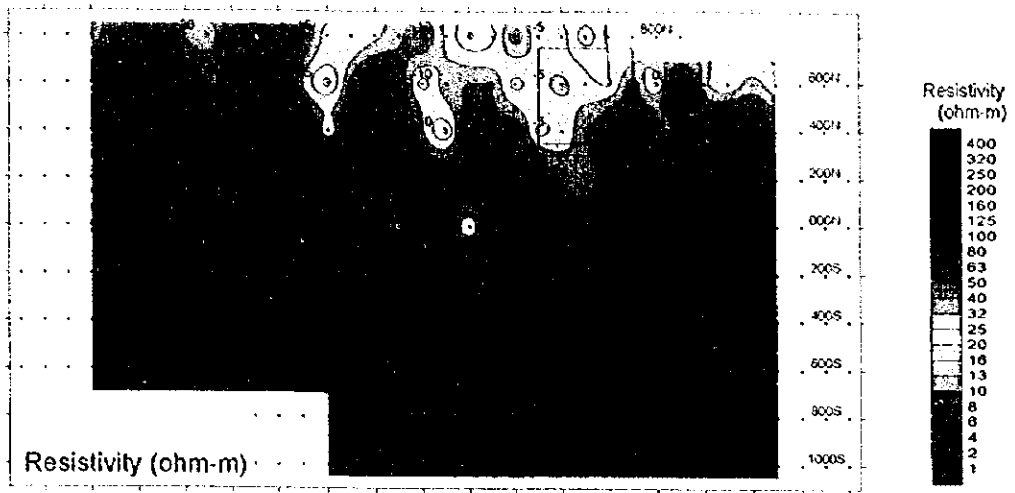


Fig. II -2-23 IP plane map of n=2 in Doqal area



- : Borehole
- ◉ : Gossan
- : TEM Survey area

Fig. II-2-24 IP plane map of n=3 in Doqal area



- : Borehole
- ◉ : Gossan
- ◻ : TEM Survey area

Fig. II -2-25 IP plane map of n=4 in Doqal area

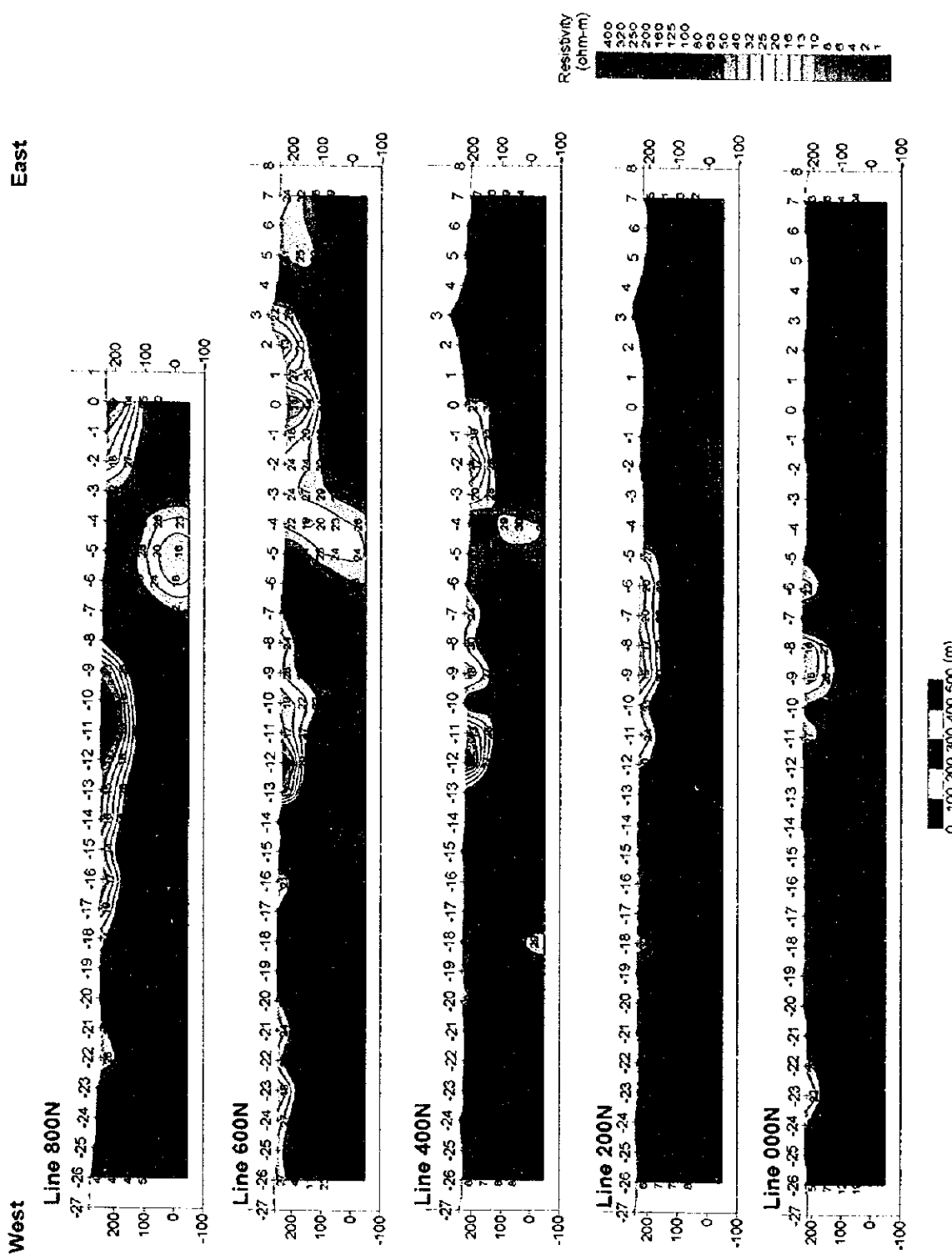


Fig. II -2-26(1) IP resistivity model simulation on Doqal area

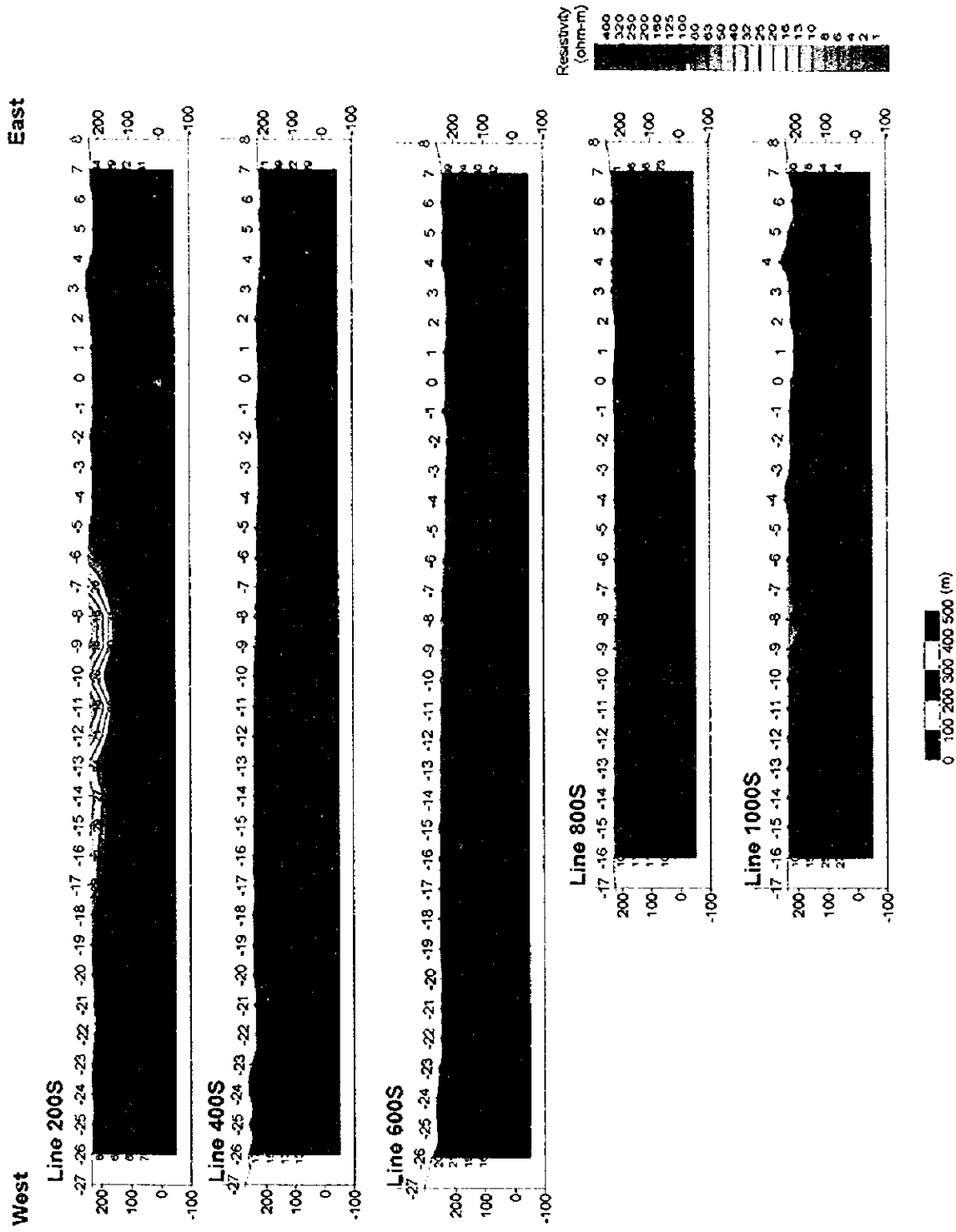


Fig. II -2-26(2) IP resistivity model simulation on Doqal area

East

West

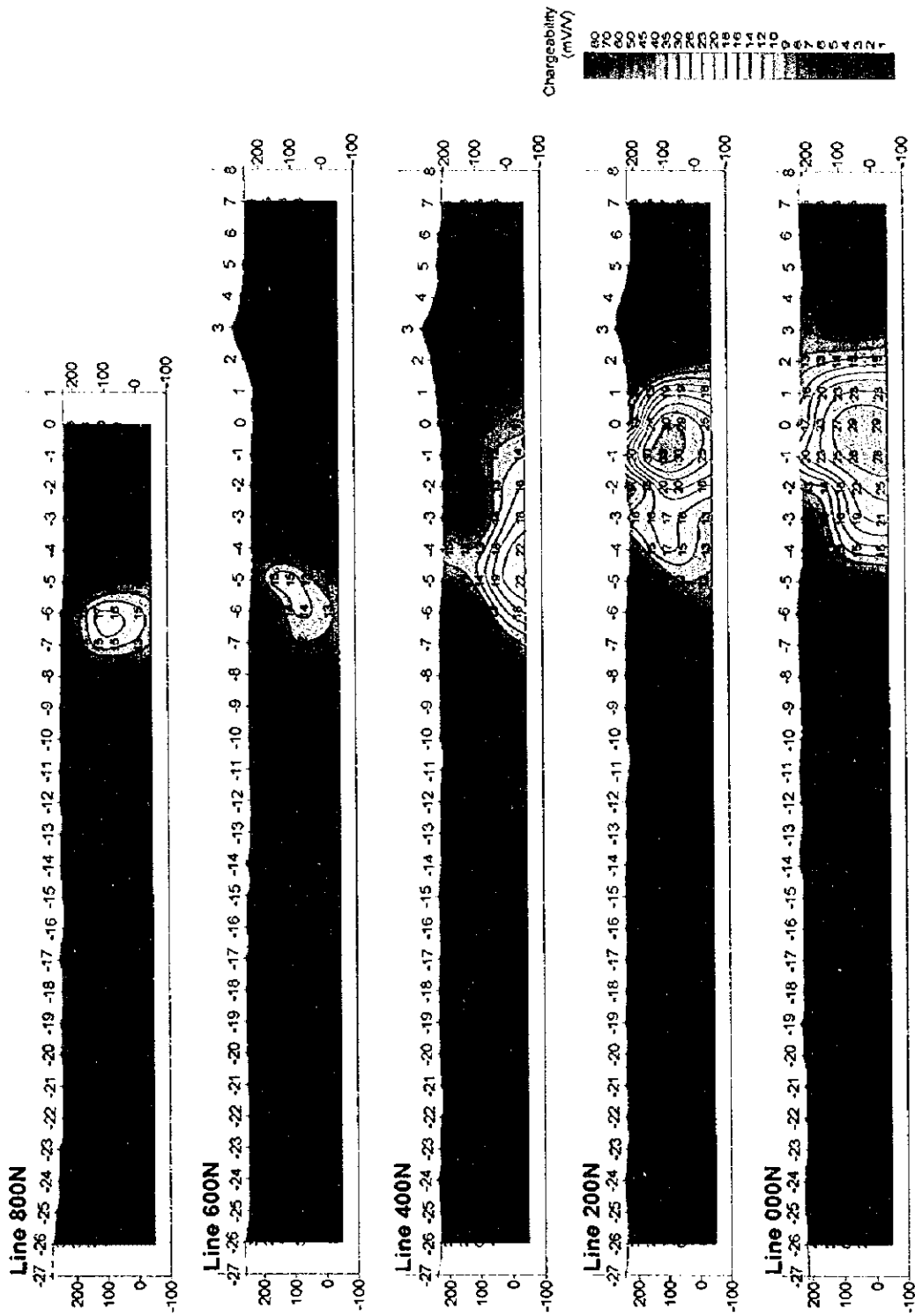


Fig. II -2-27(1) IP Chargeability model simulation on Doqal area

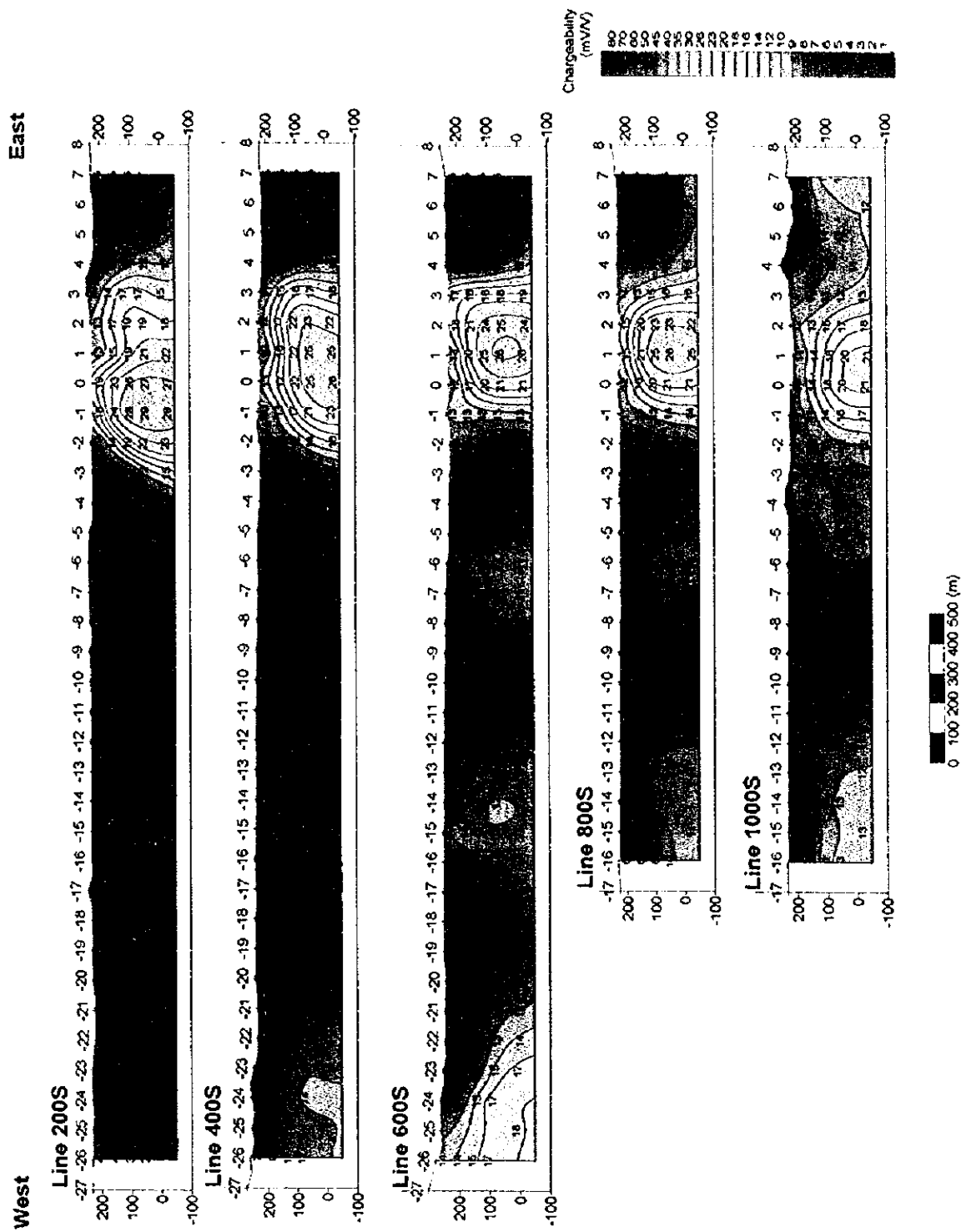


Fig. II -2-27(2) IP Chargeability model simulation on Doqal area

West East

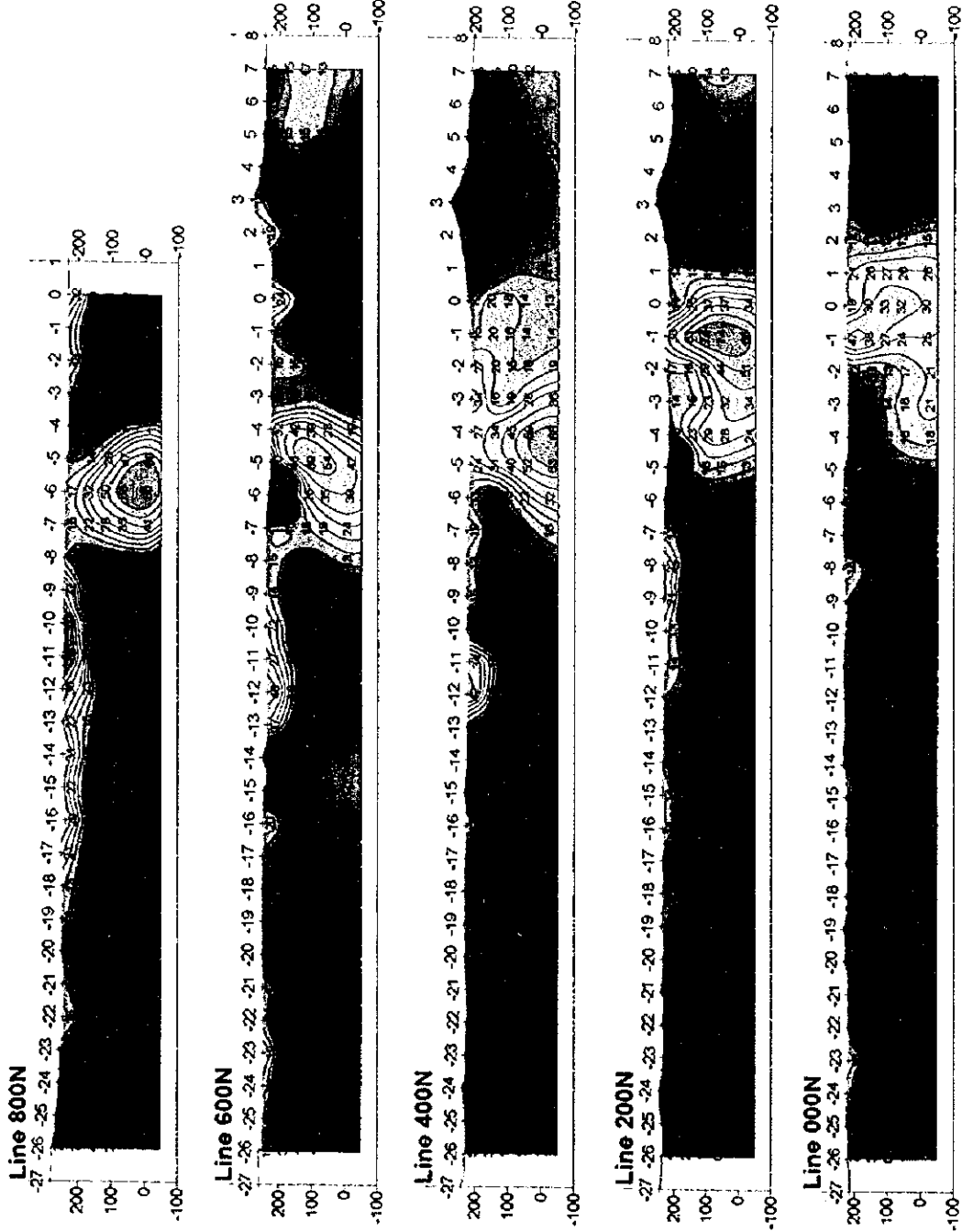


Fig. II-2-28(1) IP Metal factor model simulation on Doqal area

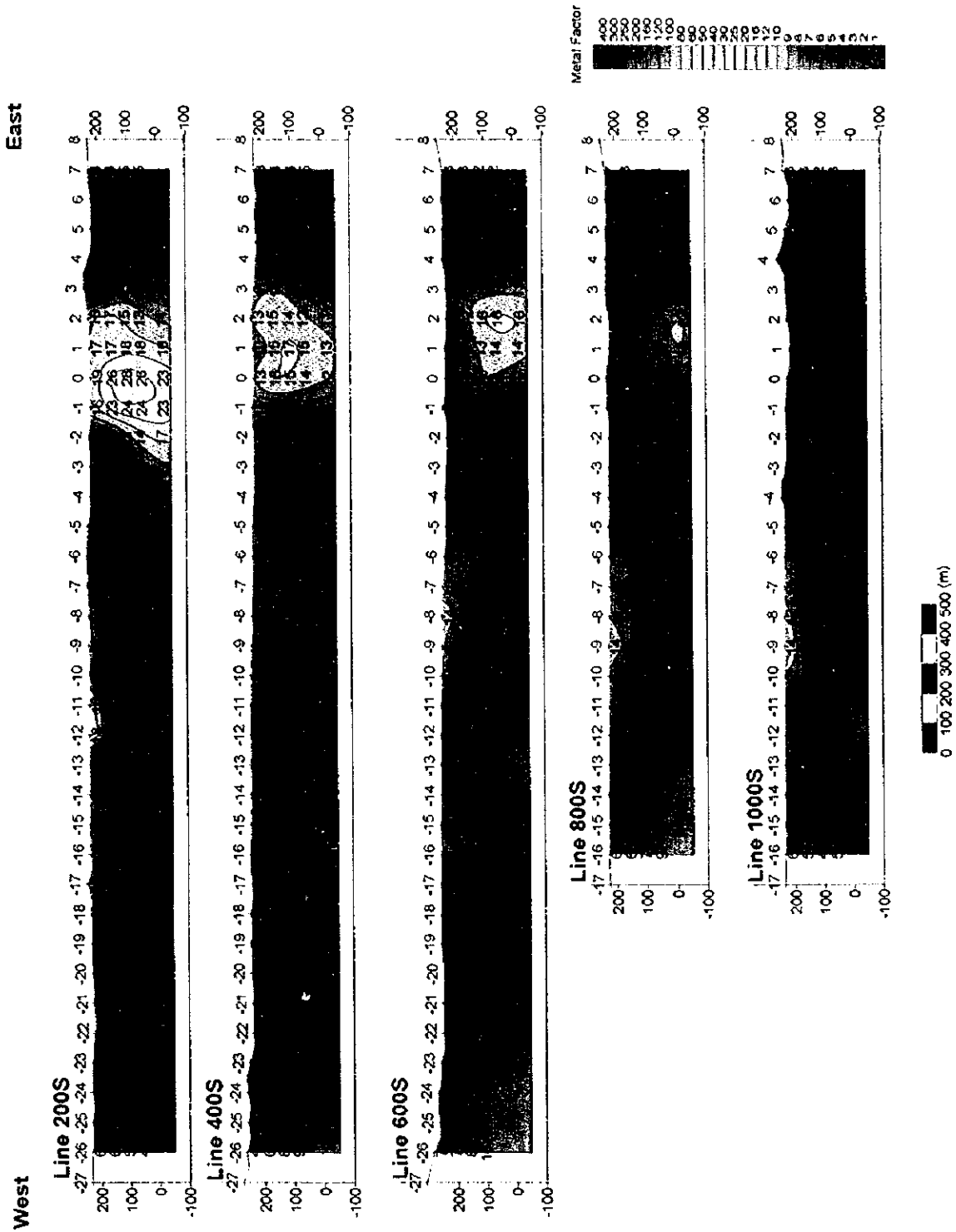


Fig. II -2-28(2) IP Metal factor model simulation on Doqal area

0

0

0

第3章 TEM法調査

3-1 調査の経緯及び目的

TDIP法により得られた異常帯は鉄化帯の分布域を現し、異常域には硫化物鉄床の賦存の可能性がある。本手法は塊状硫化物鉄床のような導電性の物質に鋭く応答するため、TDIP法で抽出された有望地においてより詳細に硫化物鉄床の存否を判断し、その位置・形状などを推定する目的で固定大ループによるTEM法を実施した。また、塊状硫化物鉄床が発見された箇所においては、ボーリング調査を効率的に行うために移動小ループによるTEM法を実施した。

3-2 調査位置及び調査量

本年度はTDIP法による調査の結果、有望と考えられたダリス地区、ドカール地区及びグザイン地区において大ループによるTEM法調査を実施した。また、平成8年度にグザイン地区で見られたNo.1鉄体の周辺部及び今年度発見されたNo.3鉄体の周辺部で小ループ(50m×50m)によるTEM法調査を実施した。

調査量の詳細はTable II-3-1に示すとおりで、測定点は合計581点である。

3-3 調査方法

3-3-1 概要

TEM法は、Fig. II-3-1に示すようにループに電流を流して磁場を発生させる手法である。ループに流した電流を切断すると電磁誘導により大地に渦電流が発生する。渦電流は大地の比抵抗、導電体の比抵抗、形状、大きさなどに依存する。この渦電流がつくる2次磁場はFig. II-3-2に示す時間変動する過渡電圧として磁場誘導コイルで受信され、この過渡電圧を測定することにより導電体を検出できる。過渡電圧は電流切断後間もない時間では地下浅部の比抵抗情報を表し、時間が経過するにつれて深部の情報を反映するようになる。

TEM法の特徴は、電流切断後、つまり1次磁場が存在しない状態での誘導磁場(2次磁場)を測定するので、2次磁場信号は地下の比抵抗情報のみを含んでいる。したがって、電流の引荷切断の時間を送受信機とも正確に知る必要がある。これには送受信機に内蔵した高精度の時計で同期をとる。

3-3-2 測定と配置

TEM法の測定手法には数種類あるが、本調査では硫化物鉄床の抽出には大きな固定ループを用い、発見された鉄体周辺部ではボーリング調査を効果的に行うために移動小ループ(50m×50m)による調査を行った。固定ループの利点は、探査能率が良く、また、深部探査が可能である。ループには600m×600mの正方形アンテナを用い、TDIPで抽出された有望地を取り囲むようにアンテナを設置した。アンテナには4.5mm²のビニール被覆銅線を使用し、送信電流は約12A(

Table II-3-1 Survey amounts of TEM

| | AREA | No. of LARGE LOOP | No. of POINTS |
|------------|-----------------|-------------------|---------------|
| Large Loop | Daris | 2 | 162 |
| | Doqal | 2 | 162 |
| | Ghuzayn | 2 | 153 |
| Small Loop | Ghuzayn GArea1 | | 19 |
| | Ghuzayn GArea2 | | 46 |
| | Ghuzayn IIArea3 | | 39 |
| | Total | 6 | 581 |

Table II-3-2 Channel times after switch off

| Channel No. | Sampling time | Window width |
|-------------|---------------|--------------|
| 1 | 88 μ s | 18 μ s |
| 2 | 110 | 24 |
| 3 | 140 | 36 |
| 4 | 177 | 37 |
| 5 | 220 | 40 |
| 6 | 280 | 72 |
| 7 | 355 | 76 |
| 8 | 443 | 100 |
| 9 | 564 | 142 |
| 10 | 713 | 156 |
| 11 | 881 | 180 |
| 12 | 1096 | 250 |
| 13 | 1411 | 380 |
| 14 | 1795 | 390 |
| 15 | 2224 | 500 |
| 16 | 2850 | 720 |
| 17 | 3600 | 780 |
| 18 | 4490 | 1080 |
| 19 | 5700 | 1420 |
| 20 | 7190 | 1560 |

Table II-3-3 Specifications of TEM survey instruments

| Items | Specifications |
|-----------------|---|
| Transmitter | Max output, 30A, 180V |
| Generator | 5HP, 120V, 3phase, 400Hz |
| Receiver | 25Hz: 0.088-7.19ms 6.25Hz: 0.35-28.7ms 2.5Hz: 0.88-71.9ms |
| Magnetic Sensor | Induction coil Effective area 100m ² |
| Recorder | Model DAS54, 500kb |

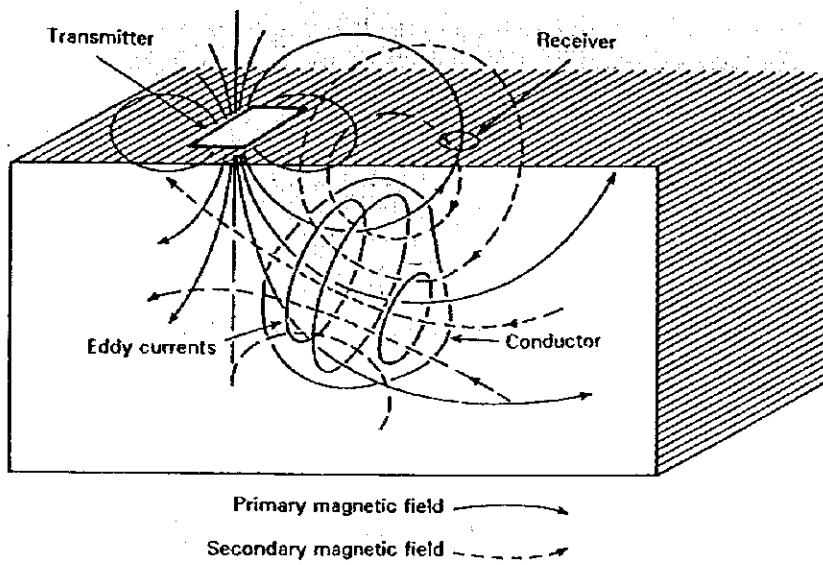
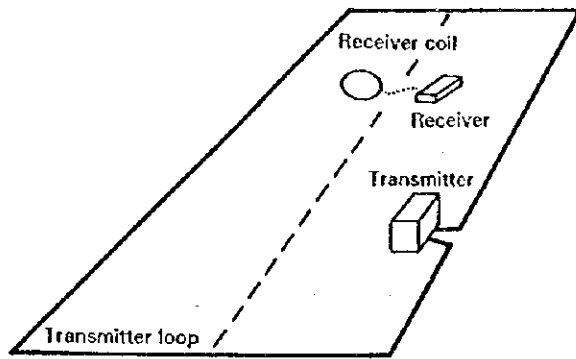


Fig.II-3-1 Schematic TEM survey configuration

アンペア), 送信電圧は約 100V (ボルト) とした。

移動小ループの利点は、導電体による磁場異常が大ループに比べ明瞭に検出でき、測点ごとの分解能に優れていることである。アンテナには 2.5mm^2 のビニール被覆銅線を使用し、送信電流は約 20A (アンペア), 送信電圧は約 50V (ボルト) とした。

送信電流は休止波形で、電流の引荷・切断周波数は原則として 25Hz とし、固定大ループでは 1 ループにつき中心の 1 測点では 2.5Hz でも測定した。測定ではループの内側で 50m 間隔に 2 次磁場の垂直成分を受信した。移動小ループではループの中心で 2 次磁場の垂直成分を測定し、測定後ループを移動し、同様な測定を繰り返した。

磁気誘導コイルでは 2 次磁場の変化を過渡電圧として出力するため、2 次磁場が強い程、大きな過渡電圧が測定される。

データの品質を高めるために 6 回以上の繰り返し測定を行ない、その平均値を解析データとした。一回の測定でのスタッキング数は 28 回である。25Hz でのサンプリング時間は、Table II-3-2 に示すとおり電流切断後 $80\mu\text{s}$ - $7150\mu\text{s}$ の間で、20 分割 (ウィンドウ) で受信した。2.5Hz の場のサンプリング時間はすべてのウィンドウで 25Hz の 10 倍となる。

Fig. II-3-2 が測定された過渡電圧の減衰状況の例である。25Hz での測定と 2.5Hz での測定を合成しており、サンプリング時間は $80\mu\text{s}$ - $7150\mu\text{s}$ の間である。

電流切断後、電流が完全に零になるまでの時間 (ターンオフタイム) は固定大ループで $220\mu\text{s}$, 小ループで $40\mu\text{s}$ であった。

3-3-3 測定機器

本調査で使用した装置はカナダ国ジェオニクス社の EM37 電磁探査システムで、Table II-3-3 に示す機器で構成されている。

3-4 解析方法

2 次磁場による過渡電圧の減衰状況は、大地や導電体の比抵抗に関係する。大地の比抵抗が高く、地下に導電体が存在しない均質大地の場合は、過渡電圧は急激に減衰し、強度も小さい。逆に、導電体が存在する場合はそこに強い渦電流が生じ、大きな 2 次磁場を発生するので過渡電圧も大きい。

この過渡電圧の大きさは導電体の比抵抗値に関係し、比抵抗値が小さいほど測定される過渡電圧が大きくなる。したがって、多くの測点で過渡電圧を測定し、その強度をチャンネル毎に平面的に表示することにより深度別に導電体の位置を推定することができる。

しかしながら、過渡電圧の強さは、比抵抗値に依存するのみでなく、送信ループと測点の位置関係にも左右され、均質あるいは水平多層比抵抗構造大地の場合では、送信ループの中央ほど測定される過渡電圧が強く現れる特徴がある。

したがって、固定大ループの場合は測点位置の違いによる過度電位の強度の差を取り除き、導

電体からの応答による過渡電圧だけを抽出する方法を試みた。以下にその方法について述べる。

3-4-1 固定大ループ

送信ループの中心点での過渡電圧の測定値からループ中心点での水平多層比抵抗構造を求め、この構造を送信ループ内での平均比抵抗構造と仮定する。次に、平均比抵抗構造と測点位置 (x, y) 及びループのサイズをパラメータとして、各測点でチャンネル毎の過渡電圧 $B_c(x, y)$ を計算する。

各測点下の比抵抗構造が平均比抵抗構造に近く、かつ塊状硫化物などの導電体が存在しない場合、測定された過渡電圧 $B_o(x, y)$ は各チャンネルとも計算値にほぼ等しくなり、観測値と計算値の偏差 $\Delta B(x, y)$ は小さい。逆に平均比抵抗構造のなかに導電体が存在する場合、導電体の直上の測点での過渡電圧が大きくなるため、偏差は大きくなる (Fig. II-3-3)。

したがって、各測点でチャンネル毎に偏差を計算し、偏差分布図を作成することにより導電体の賦存状況を推定できると考えられる。つまり、偏差が大きい場所に鉱床が賦存する可能性が高い。

$$\Delta B(x, y) = \log(B_o(x, y)/B_c(x, y)) \quad \text{式 3-(1)}$$

$\Delta B(x, y)$: 過渡電圧の偏差 (nV/A)

$B_o(x, y)$: 測定値 (nV/A)

$B_c(x, y)$: 計算値 (nV/A)

log : 対数

また、各チャンネルでの深度の推定には多層比抵抗構造のモデリングで用いられる境界面深度の式を用いた。

$$d = (500 \cdot \rho_a \cdot t)^{1/2} \quad \text{式 3-(2)}$$

ρ_a : 平均比抵抗 ($\Omega \cdot m$)

t: 時間 (m 秒)

d: 深度 (m)

$$\rho_a = 1/n \sum 1/\rho_n$$

ρ_n : 第 n 層の比抵抗

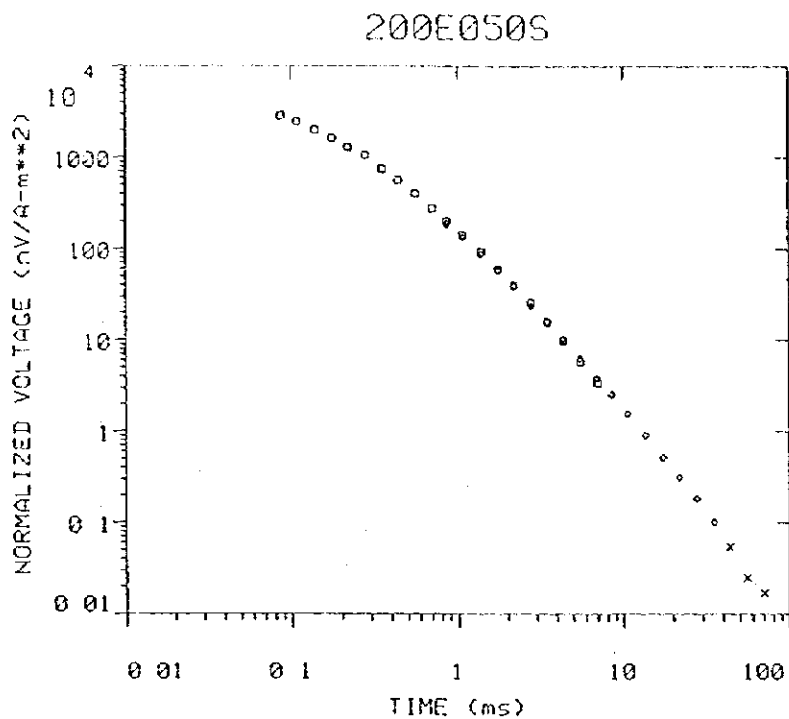


Fig.II-3-2 Example of TEM decay curve

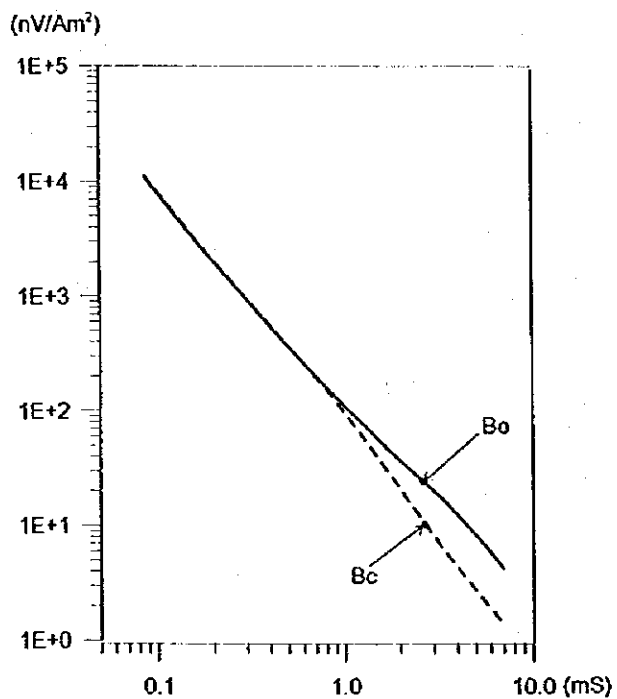


Fig. II -3-3 Observed and background TEM responses

3-4-2 移動小ループ

小ループ TEM ではループの中心での測定になり、大ループに比べて地下の導電体による磁場変化が明瞭に現れる。Fig. II-3-4 に同一地点で得られた大ループと小ループでの磁場応答の例を示す。本年度着鉱した G30 孔上での磁場曲線は、小ループでは大ループに比べ磁場変化の異常が明瞭であり、磁場異常が認められなかった地点での磁場応答からの偏差が大きい。したがって、磁場異常の変化から導電体の賦存を推定できると判断し、測点毎の磁場変化曲線の特徴から定性的に導電体の広がりやを推定した。

さらに、定量的解析手法として 2 次磁場による過渡電圧から Late-time での見掛比抵抗を各チャンネルで求め、この見掛比抵抗の時間変化から各測点下の比抵抗構造を Occam の逆解析手法で求めた。解析では比抵抗層数を 15 層に固定した。Fig. II-3-5 の右図は多層構造解析の結果を示し、左図は多層構造解析から計算された理論曲線と測定値を示している。

解析結果は、各測点で求めた各層の比抵抗値と深度情報から 2 次的に断面図として表示し、その結果に基づいて考察した。

3-5 調査結果

3-5-1 グザイン地区

(1) 測点設定

本地区では TDIP 法調査により測線 1200W～2000W で捕捉された IP 異常を精査する目的で大ループによる TEM 法を実施した。

調査位置は前述の Fig. II-2-4 に示す 400m×800m の範囲である。

また、グザイン地区で発見された鉱体上及びその周辺部で小ループ (50m×50m) による TEM 法調査を実施した。

偏差分布を解釈する上で、便宜上、過渡電圧の偏差分布を磁場分布と呼称する。

磁場分布では電流切断後まもない時間、つまりチャンネルの小さい分布図は地表付近の表土、堆積物及び地下水などの鉱化作用に関係しない地質環境の影響を受けているので、鉱化作用の影響が現れていると考えられるチャンネルの大きい磁場分布について主に考察した。各チャンネルと深度の関係は調査地の平均比抵抗に依存し、式 3-(2) から計算した各地区のループ毎のチャンネルと深度の対応を Table II-3-4 に記載した。但し、この深度はループの中心での比抵抗構造から計算されたものであり、かならずしも真の深度を示すものではない。

(2) 測定結果

(a) 大ループ

Loop1

磁場分布平面図を Fig. II-3-6(1) ～Fig. II-3-6(2) に示す。

高磁場異常が、1) ループの中央部、2) ループの北東部の 2ヶ所で捕捉されている。

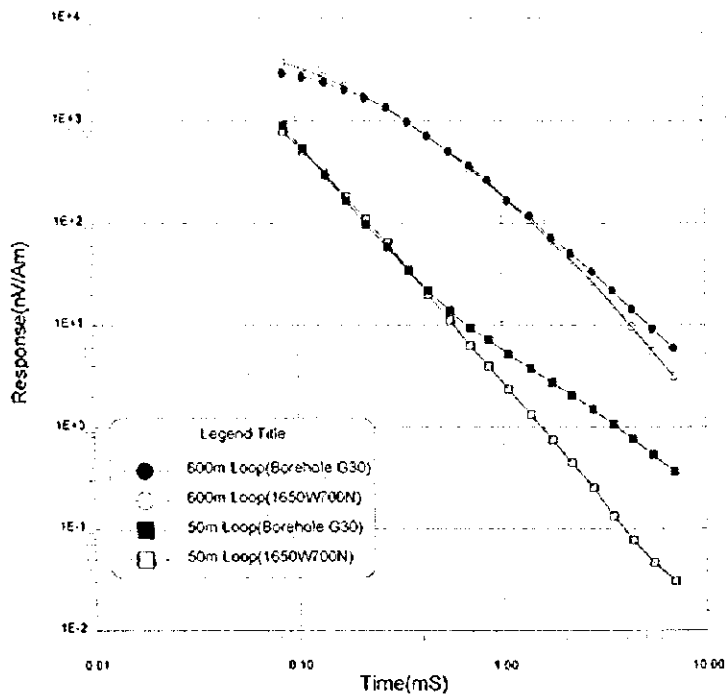


Fig. II -3-4 TEM decay response comparison between 600m and 50m loops

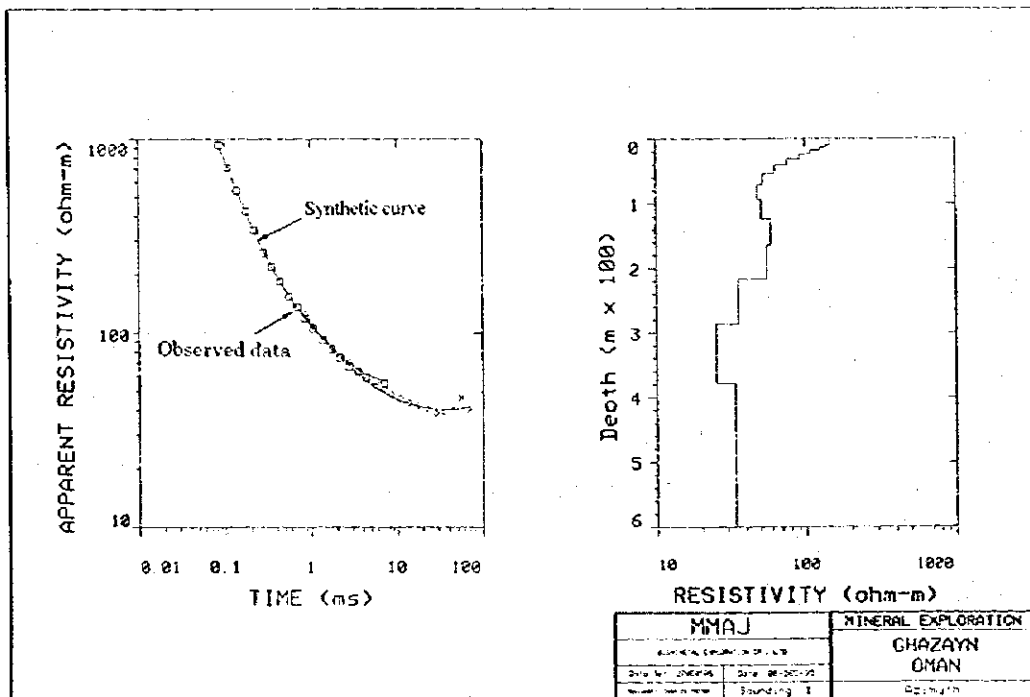


Fig. II -3-5 Multilayered resistivity analysis by Occam inversion method

Table II-3-4 Depth estimation in survey area

Unit: meter

| Channel | Ghuzayn | | Doqal | | Dar is | |
|---------|---------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | Loop1 | Loop2 | Loop1 | Loop2 | Loop1 | Loop2 |
| Ch1 | 25 | 39 | 39 | 38 | 45 | 41 |
| Ch2 | 28 | 44 | 44 | 43 | 50 | 46 |
| Ch3 | 32 | 49 | 49 | 48 | 56 | 52 |
| Ch4 | 36 | 55 | 56 | 54 | 63 | 58 |
| Ch5 | 40 | 62 | 62 | 61 | 71 | 65 |
| Ch6 | 45 | 69 | 70 | 68 | 80 | 73 |
| Ch7 | 51 | 78 | 79 | 77 | 90 | 83 |
| Ch8 | 57 | 87 | 88 | 86 | 100 | 92 |
| Ch9 | 64 | 99 | 99 | 97 | 113 | 104 |
| Ch10 | 72 | 111 | 112 | 109 | 127 | 117 |
| Ch11 | 80 | 123 | 124 | 121 | 141 | 130 |
| Ch12 | 89 | 137 | 138 | 135 | 158 | 145 |
| Ch13 | 101 | 156 | 157 | 153 | 179 | 165 |
| Ch14 | 114 | 176 | 177 | 173 | 202 | 186 |
| Ch15 | 127 | 196 | 197 | 192 | 225 | 207 |
| Ch16 | 144 | 222 | 223 | 218 | 254 | 234 |
| Ch17 | 162 | 249 | 251 | 245 | 286 | 263 |
| Ch18 | 180 | 278 | 280 | 273 | 319 | 294 |
| Ch19 | 203 | 314 | 316 | 308 | 360 | 331 |
| Ch20 | 228 | 352 | 355 | 346 | 404 | 372 |

1) Ch16以降急激に南北に長い楕円形状の高磁場異常が現われ、東西方向に約250m、南北方向には250m以上で分布し、ループ外に異常が延びていると推定される。この高磁場異常の長軸方

向(南北)にボーリング孔G30, G31, G32, G33孔を選定した。

掘削の結果、深度100m以深に塊状硫化鉄を捕捉し、G30, G31孔で厚く(約70m~90m)北に向かって薄く且深くなることが確認された。

2)北東部の異常は、Ch1~Ch12で認められることから異常体の深度が浅い。低分極率内に位置することから鉄化作用に関係しない塩濃度の高い地下水などの導電体あるいは風化層を表わしているものと推定される。

Loop2

磁場分布平面図をFig. II-3-7(1)~Fig. II-3-7(2)に示す。

高磁場異常が、測点1400W600Nを中心に北方向に捕捉されている。

高磁場異常がCh6~Ch12で明瞭に認められることから異常源の深度は浅い。浅部塊状硫化鉄の場合、磁場異常はより強く、明瞭に現れると予想されることから、塩濃度の高い地下水あるいは風化層によるものと考えられる。

11

12

13

14

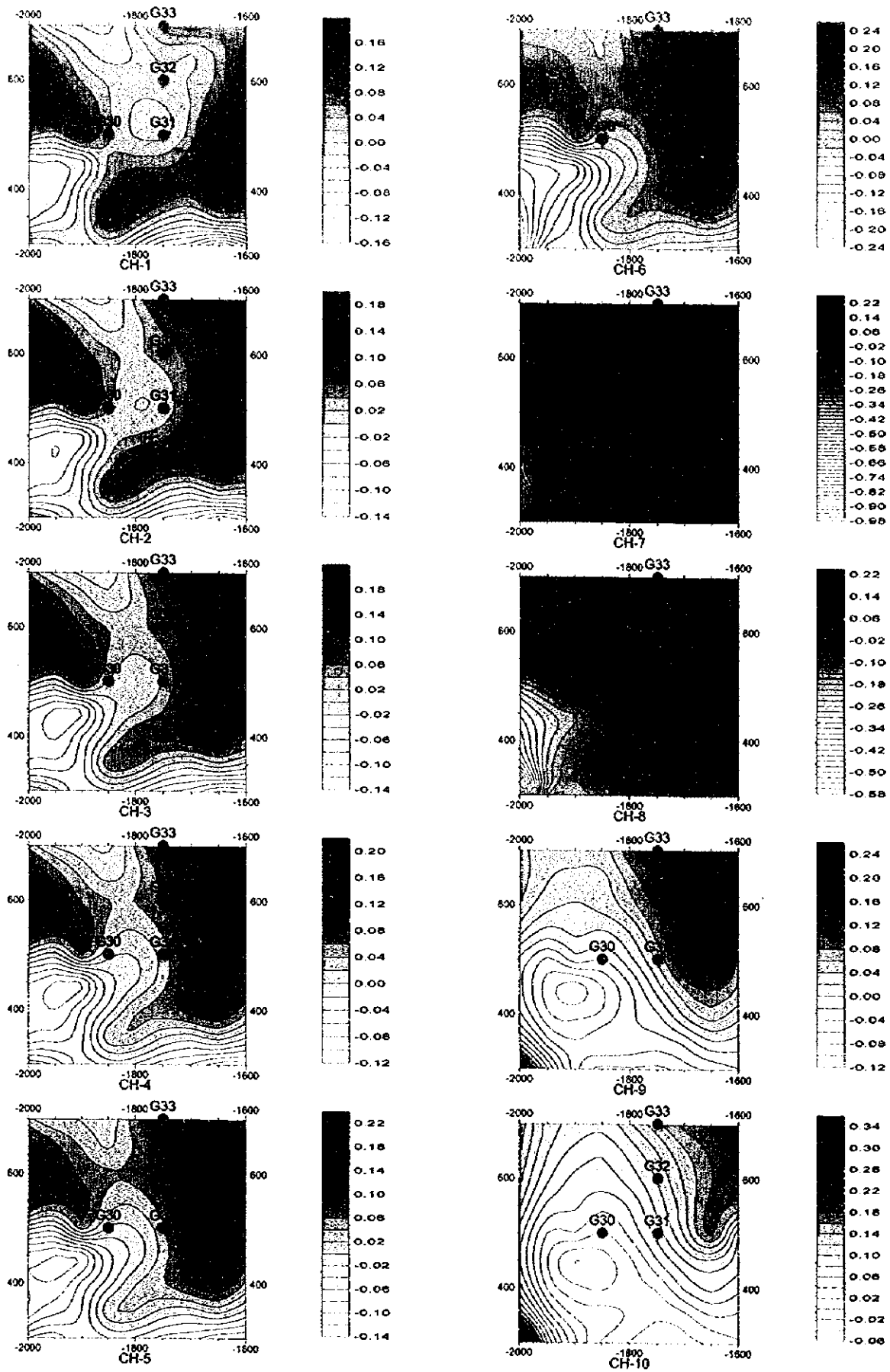


Fig. II-3-6(1) TEM response maps of Loop1 in Ghuzayn area(Ch1-Ch10)

1

2

3

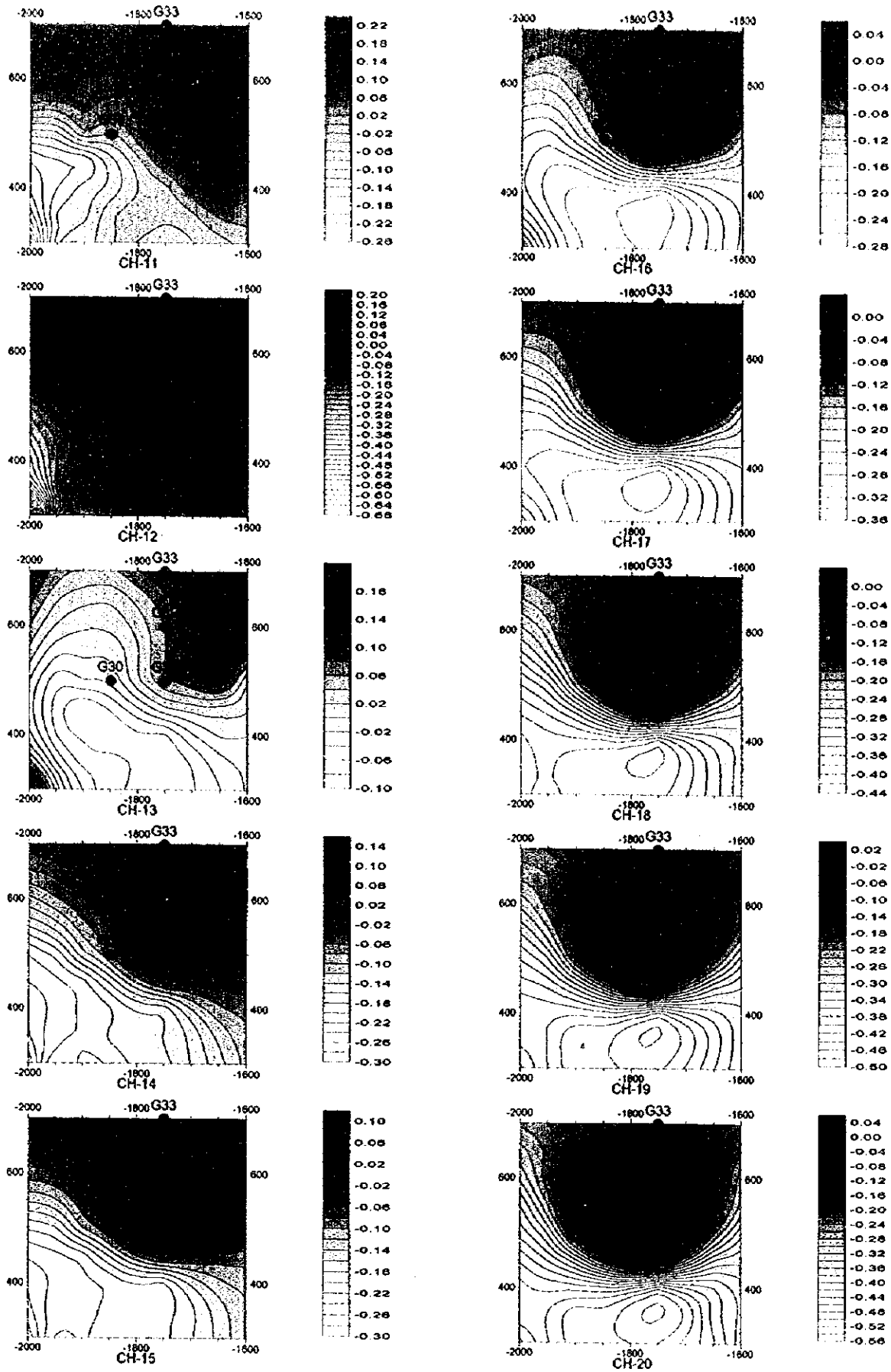


Fig. II -3-6(2) TEM response maps of Loop1 in Ghuzayn area(Ch11-Ch20)



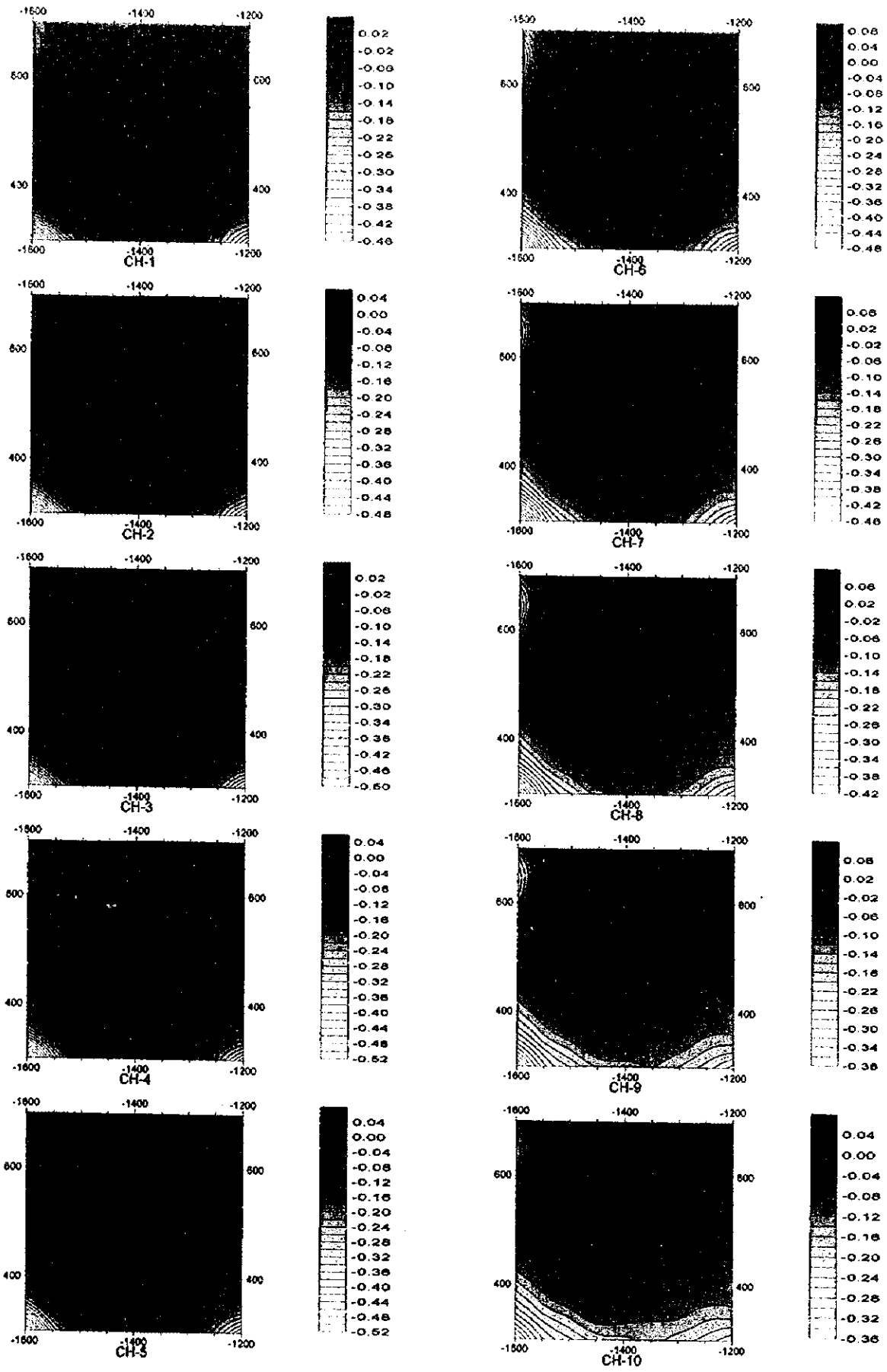


Fig. II -3-7(1) TEM response maps of Loop2 in Ghuzayn area(Ch1-Ch10)

①

②

③

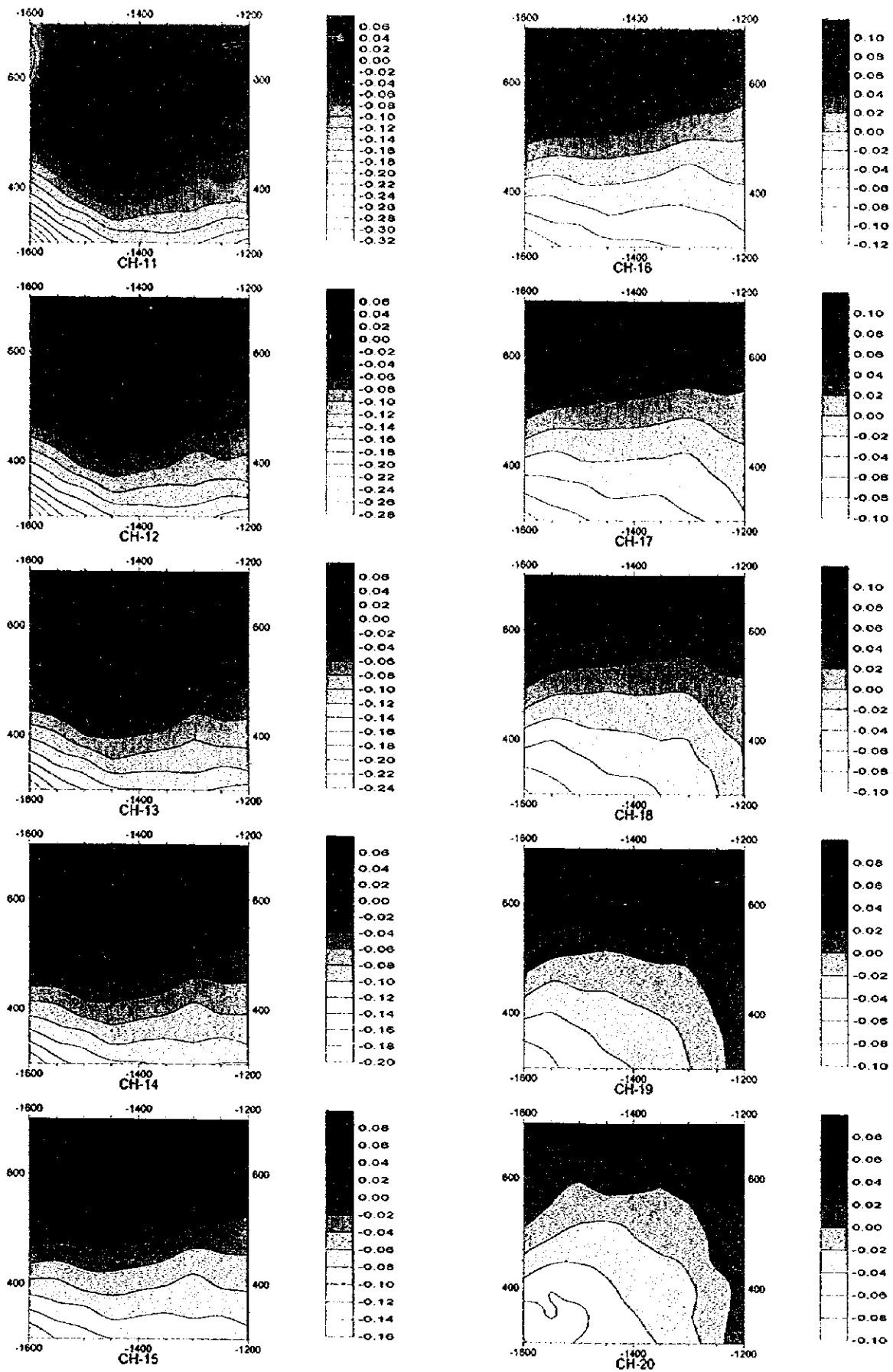


Fig. II-3-7(2) TEM response maps of Loop2 in Ghuzayn area(Ch11-Ch20)

①

①

①

(b) 小ループ

本年度着鉱した No.3 鉱体の周辺部及び昨年度の大ループ TEM で抽出された異常域で 50m×50m ループによる TEM 法の精査を実施した。Fig. II-2-4 図に測点の位置を示す。

GArea1

各測点で選られたデータを磁場曲線として Fig. II-3-8 に示す。各磁場曲線の縦軸が単位アンペアでの磁場強度、横軸が電流切断後のサンプリング時間を表し、時間が長くなるほど深部の情報を反映していることになる。

磁場曲線の考察は以下の通りである。

本地区では G30, G31, G32, G33 孔で着鉱した塊状硫化鉱体の広がり、厚さなどを推定するために、掘削地点及び周辺部で 50m×50m ループによる TEM 法調査を実施した。調査位置は Loop1 の内側及びその周辺部で、測点数は計 39 点である。なお、G33 孔上では掘削機が稼働しており、リグの影響により良好なデータが取得できなかったため測定を割愛した。G30 孔西側及び北西の測点で一部データに乱れが認められるが、これはこの付近の南北方向にパワーライン、埋設ケーブルが敷設されており、その影響によるものである。

着鉱地点での磁場曲線で特徴的なことは、電流切断後 1ms 以内の早い時間帯では磁場の減衰割合が大きく（傾きが大）、それ以降磁場の減衰が小さくなることである（Fig. II-3-8）。1ms 以降の緩やかな磁場減衰は、鉱体に大きな渦電流（2 次電流）が誘導され、それにより大きな 2 次磁場が発生したことによるものである。鉱体の深度が浅いほど、早い時間から磁場の減衰割合が小さくなり、鉱体が厚いほど遅い時間まで緩やかな磁場減衰が続く。

Fig. II-3-8 においてデータを青表示した減衰曲線は、電流切断後 1ms 以降に磁場減衰が緩やかになる測点を示し、これらの直下には塊状硫化鉱体が賦存する可能性が極めて高い。これらの曲線の平面的広がりから推定すれば、本年度着鉱した塊状硫化鉱体の南北方向の伸びは約 400m、東西方向の幅は約 250m 程度と考えられる。

Fig. II-3-9 に比抵抗構造解析により得られた比抵抗断面図を示す。解析断面線は南北方向に 1 本、東西方向に 3 本である。断面図にはボーリング孔の軌跡とボーリングによる推定鉱体の位置も表示した。

推定鉱体の位置と比抵抗断面図とを比較すると、岩石室内試験では鉱石の比抵抗値約 $1.5\Omega\cdot\text{m}$ が得られていることから、約 $2\Omega\cdot\text{m}$ 以下のゾーンが塊状硫化鉱体に対応すると考えられる。約 $2\Omega\cdot\text{m}$ 以下のゾーンは南北測線 1800W では測点 500N 付近で浅く（深度約 100m）、南側で急激に、北側では約 30° の傾斜で深くなっており、ボーリング結果と符合している。東西測線 500N では G30 孔の西側及び G31 孔の東側で急激に深くなると予想される。

測線 600N、測線 700N では北に行くに従い鉱体の深度は深くなると予想される。G32 孔では特異な構造に解析されているが、ボーリングの付帯設備による影響の可能性がある。

0

0

0

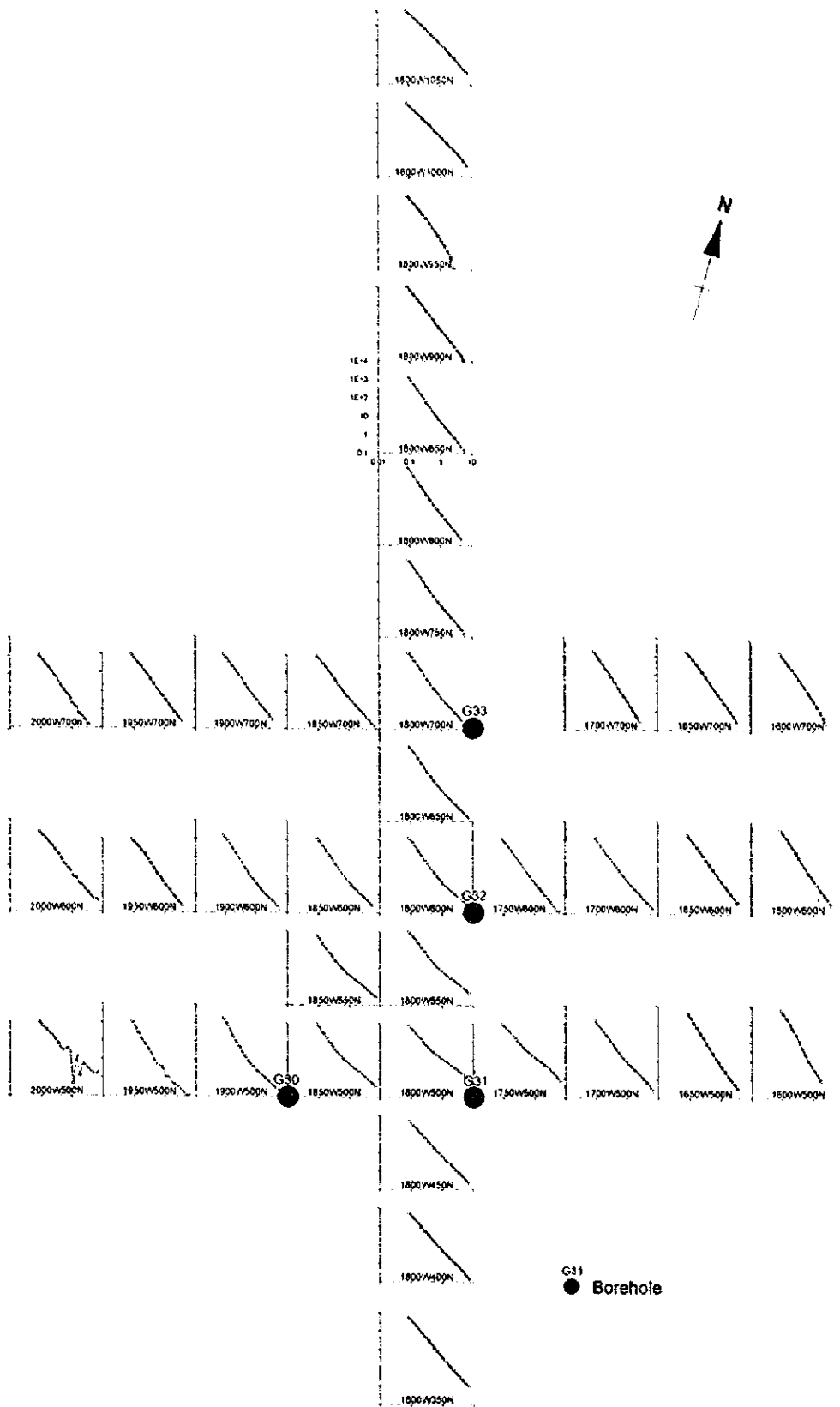


Fig. II -3-8 TEM response decay curves in Gareal of Ghuzayn area

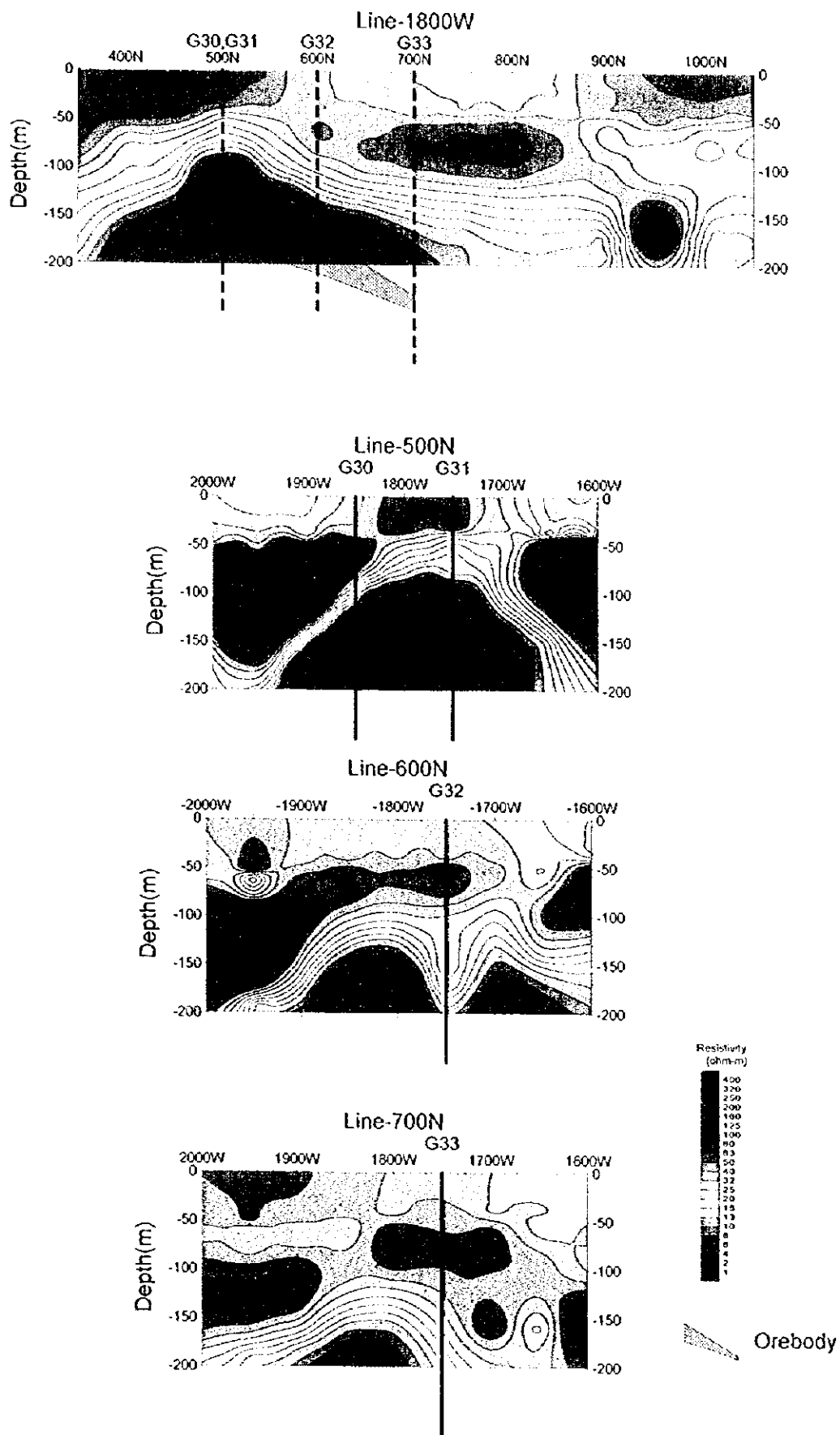


Fig. II -3-9 Analyzed resistivity cross-section in Gareal of Ghuzayn area

①

①

①

GArea2

昨年度の大ループ TEM により No.2 鉱体の北東部で捕捉された磁場異常を精査する目的で 50m × 50m ループによる TEM 調査を実施した (Fig. II-2-4)。測点数は計 19 点である。

Fig. II-3-10 に磁場応答曲線を示す。

電流切断後早い時間 (約 0.5ms 以内) での磁場減衰が G23 孔周辺で小さい (傾きが小) ことから浅部に導電体の存在が推定される。0.5ms 以降ではほとんどすべての測点で減衰割合が大きく、塊状硫化鉱体の賦存を示唆する異常は認められない。

Fig. II-3-11 に多層構造解析による G23 孔と G24 孔の間をとる東西断面図を示す。解析には 625W075N~325N075N までの 6 測点でのデータを使用した。解析から得られた比抵抗構造は、地表から深度数十 m までに約 $10 \Omega \cdot m$ の低比抵抗層がほぼ層状に分布し、それ以深では $100 \Omega \cdot m$ 以上の高比抵抗層が分布し、より深部でやや比抵抗が低くなる。ボーリング結果では浅部に脆弱な岩石、地下水の賦存が確認されており、深度約 200m 以深にも一部で脆弱な岩石が確認された。鉱化作用では G23, G24 孔では比較的強い黄鉄鉱の鉱染帯は捕捉されたが、塊状硫化鉱は捕捉できなかった。大ループによる TEM 異常は浅部と深部の脆弱な岩石によるものと推定される。

GArea3

本地区では平成 8 年度に G3 孔, G13 孔で No.1 鉱体が発見されている。この鉱体の広がり及び周辺部での鉱体賦存の有無を把握するために小ループによる TEM 法調査を実施した (Fig. II-2-4)。測点数は計 47 点である。小ループ TEM 調査の結果に基づいて G25 孔と G27 孔を掘削し、G25 孔の深度 115.6m で厚さ 7.45m の塊状鉱を捕捉した。

Fig. II-3-12 に磁場曲線, Fig. II-3-13 に比抵抗構造断面図を示す。

磁場曲線では、G3 孔と G9 孔との間の測点で約 1ms 以降にわずかに緩やかな磁場の減衰が認められ、この間に塊状硫化鉱の賦存が予想される。しかしながら、No.3 鉱体周辺で検出されたような顕著な磁場異常は示しておらず、異常の範囲も狭いことから塊状鉱体の規模は小さいと推定される。

南北測線 75W の比抵抗断面図においては測点 50S~150S の約 120m 以深の低比抵抗が鉱体に対応すると推定される。G25 孔を通る東西測線 125S では測点 0~測点 150W の深度約 150m に低比抵抗が解析されており、鉱体に対応すると考えられる。

3-5-2 ダリス地区

(1) 測点設定

本地区では第 1 年次の TDIP 法の調査で得られた地区中央部での IP 異常を精査する目的で TEM 法を実施した。

ダリス地区の分極率異常は広範囲に及んでおり、その中で比較的比抵抗が低く、メタルファク

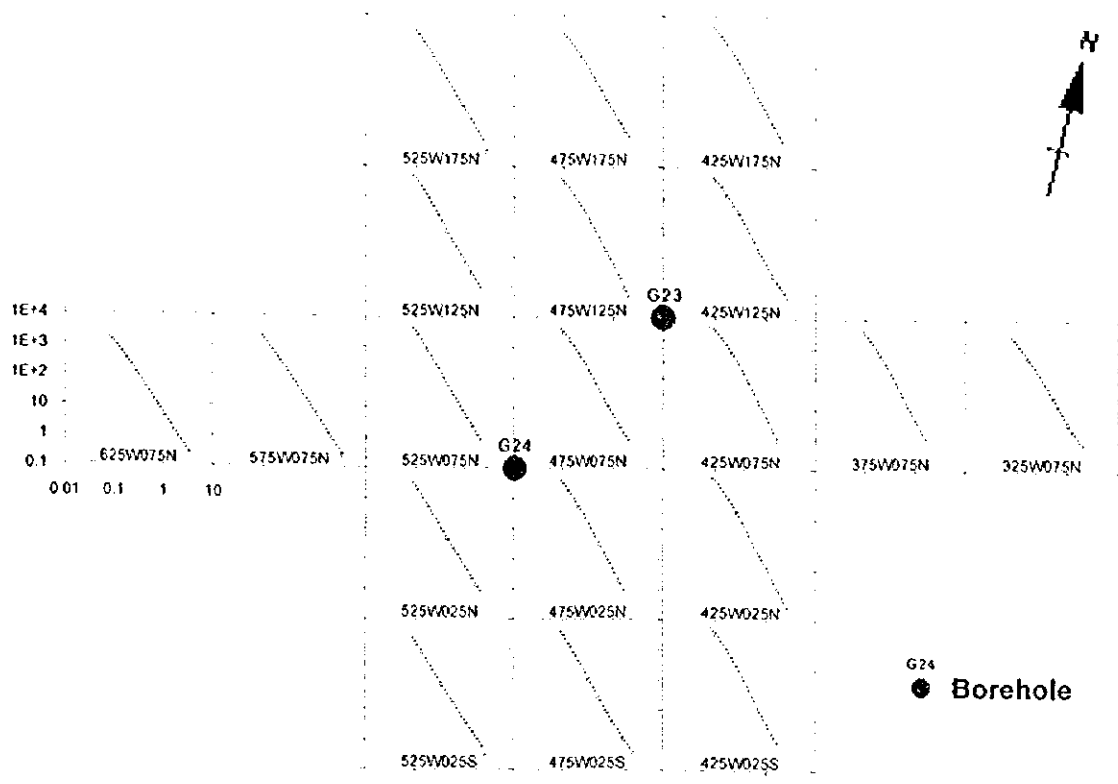


Fig. II-3-10 TEM response decay curves in Garea2 of Ghuzayn area

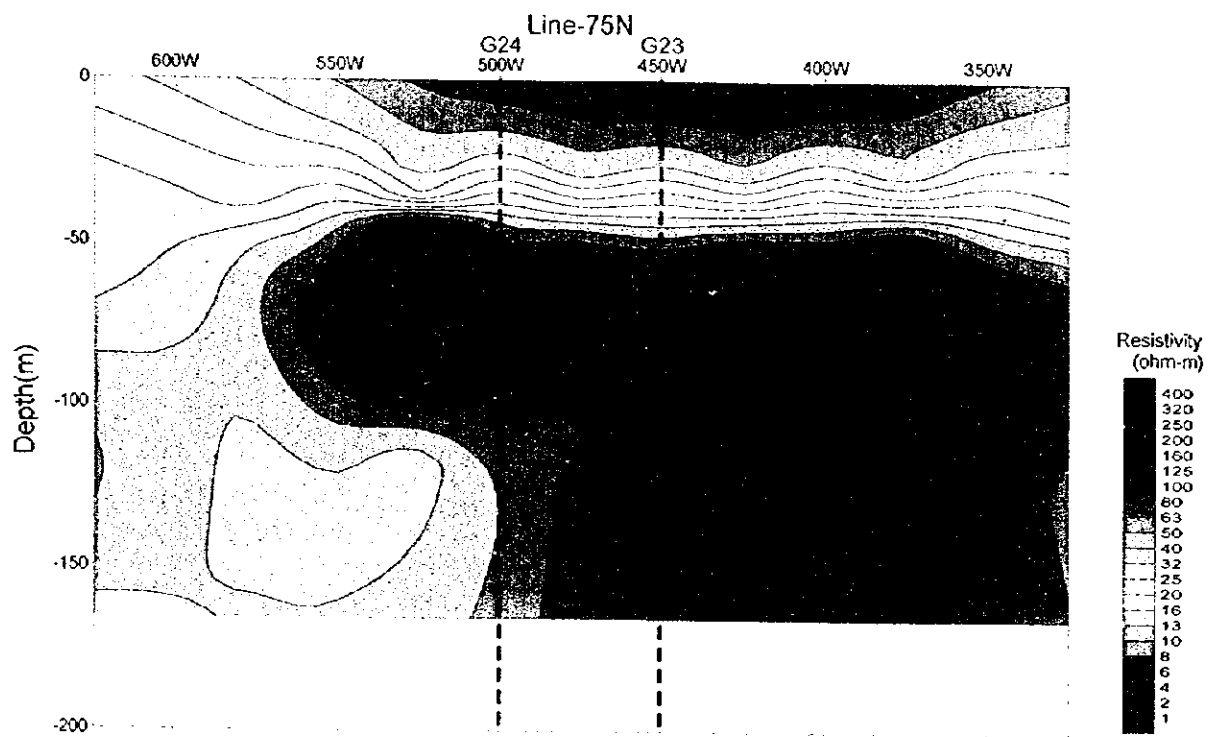


Fig. II-3-11 Analyzed resistivity cross-section in Garea2 of Ghuzayn area

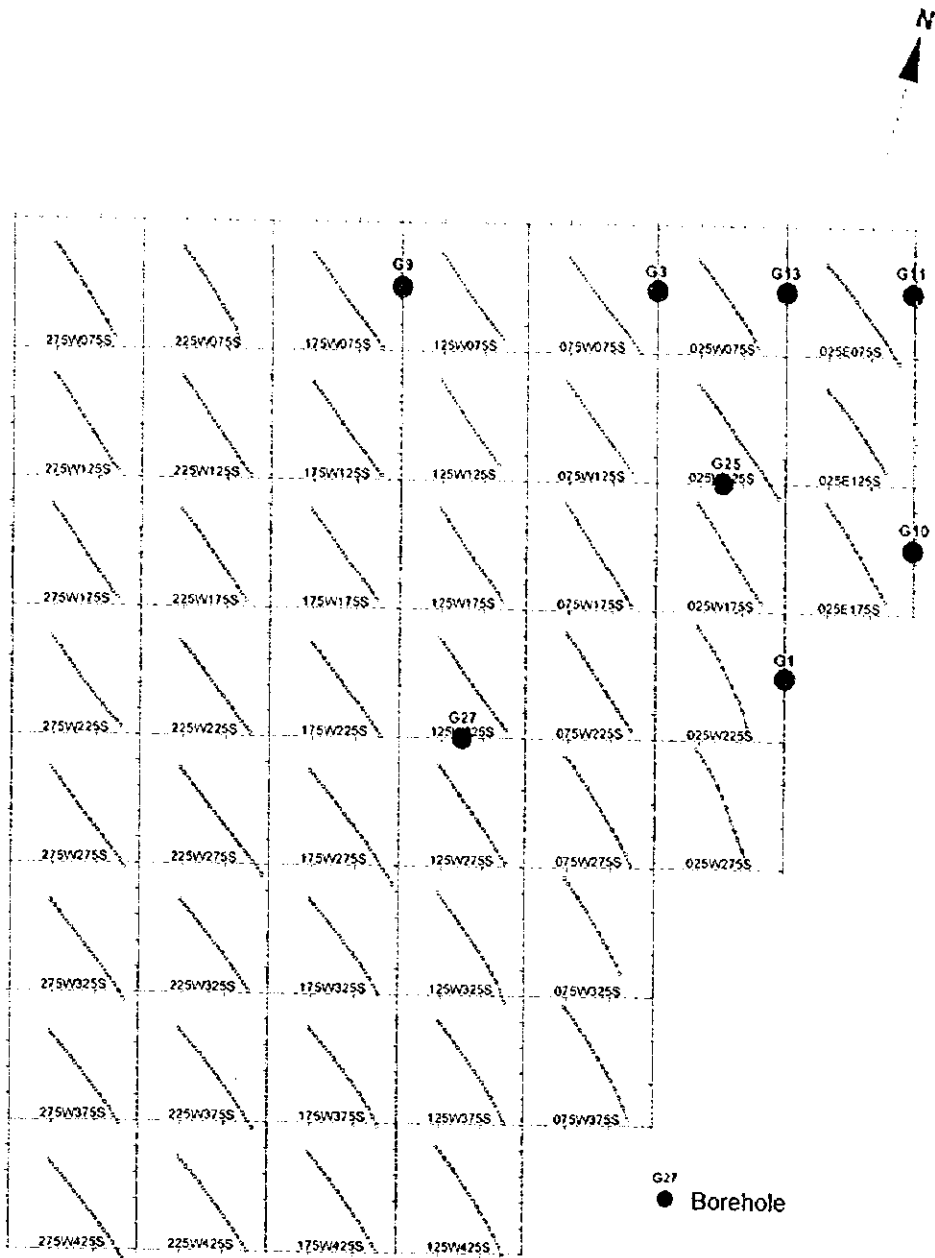


Fig. II -3-12 TEM response decay curves in Gareaj in Ghuzayn area

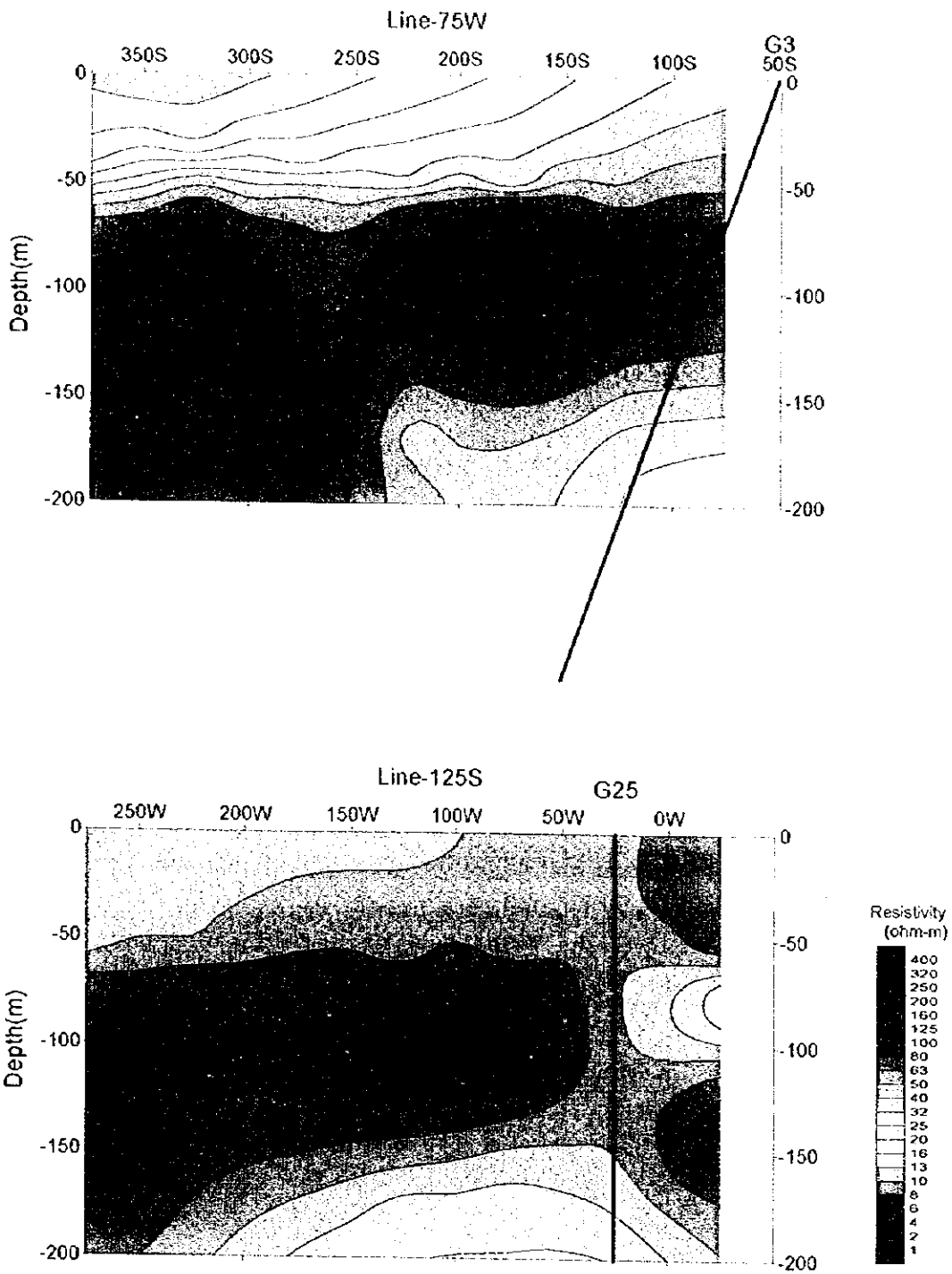


Fig. II -3-13 Analyzed resistivity cross-section in Gareaa3 in Ghuzayn area

0

0

0

1

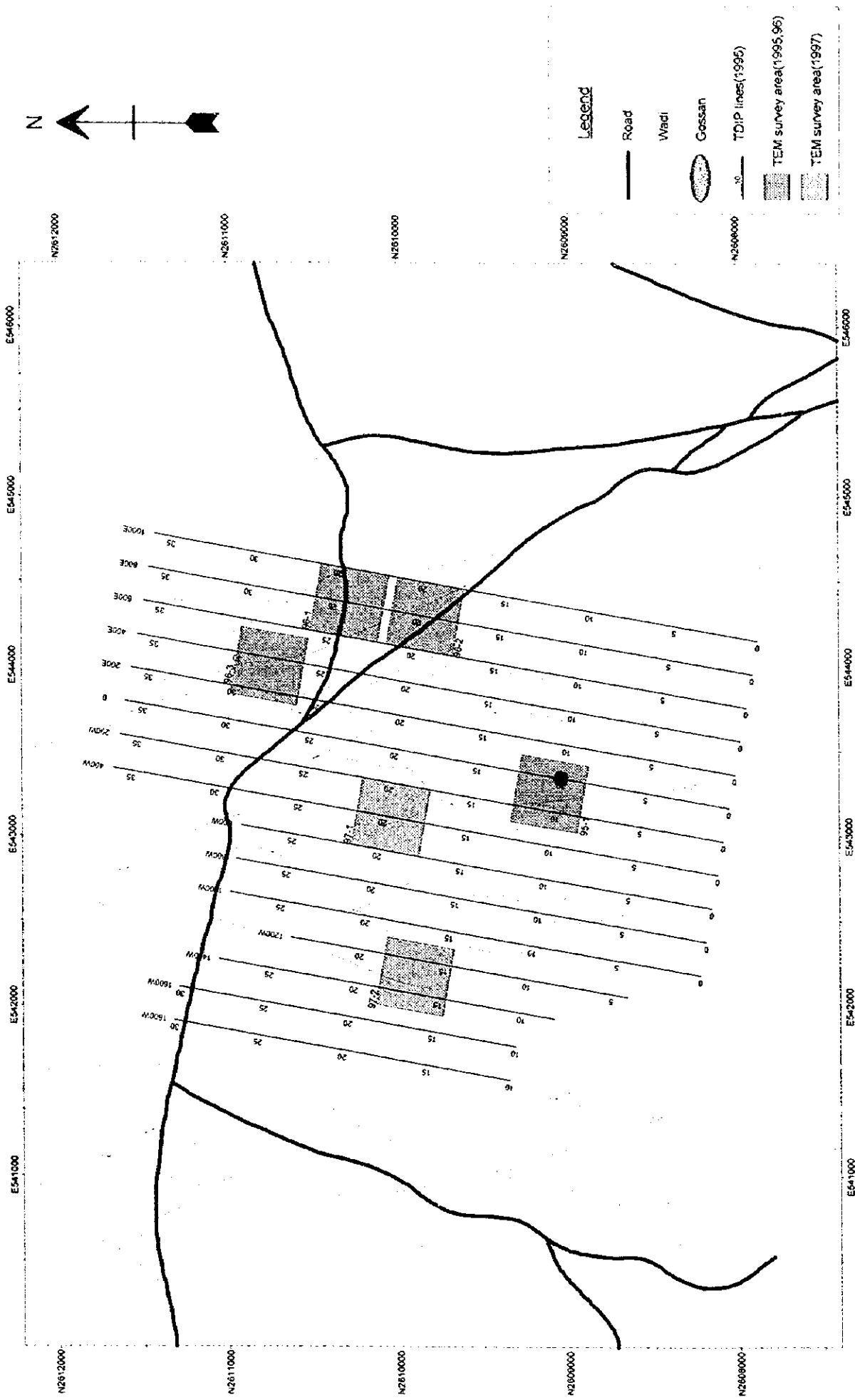


Fig. II -3-14 Geophysical survey location in Daris area

0

0

0

ターのやや高い箇所で TEM 法調査を実施した。

測定位置は Fig. II-3-14 に示すとおり 400m×400m の範囲 2ヶ所である。

(2) 測定結果

Loop1

磁場分布平面図を Fig. II-3-15(1)～Fig. II-3-15(2)に示す。

やや高い磁場異常が、測点 500W1100N 付近で捕捉されている。

ループの北部で全体的に磁場が高く、Ch8～Ch16 でやや高い磁場異常が認められる。異常源は中深部にあると推定される。

この異常源に対してボーリング調査 (D5) を実施した。その結果、わずかな黄鉄鉱の鉱染が捕捉されたが、硫化鉄は認められなかった。

Loop2

磁場分布平面図を Fig. II-3-16(1)～Fig. II-3-16(2)に示す。

高磁場異常が、ループの南部側及び南西端で捕捉されている。

この磁場異常は全チャンネルにおいてループの南側に認められ、特 Ch1～Ch10 で明瞭であることから、ループの南側では浅部に導電体が存在していることを示している。しかしながら、Ch15 以降では磁場異常が弱くなることから、塊状硫化鉄の賦存の可能性は少ない。

3-5-3 ドカール地区

(1) 測点設定

昨年度及び今年度の TDIP 法により調査地区の東部の広い範囲でほぼ南北方向に捕捉されたメタルファクター異常 (20 以上) 精査する目的で TEM 法を実施した。

昨年度はこの異常帯の中心部で TEM 法を既に実施しており、今年度は昨年度カバーできなかったこの異常帯の西側及び北延長での塊状鉄床賦存の可能性を TEM 法により調査した。

測定位置は前述の Fig. II-2-18 に示すとおり 400m×400m の範囲 2ヶ所である。

(2) 測定結果

Loop1

磁場分布平面図を Fig. II-3-17(1)～Fig. II-3-17(2)に示す。

ループの中央部に南北方向に延びる低磁場異常が捕捉されたが、塊状硫化鉄の賦存を示唆する高磁場異常は検出されなかった。

Loop2

磁場分布平面図を Fig. II-3-18(1)～Fig. II-3-18(2)に示す。

高磁場異常が、1) ループの中央部、2) ループの東部及び北東部、で捕捉されている。

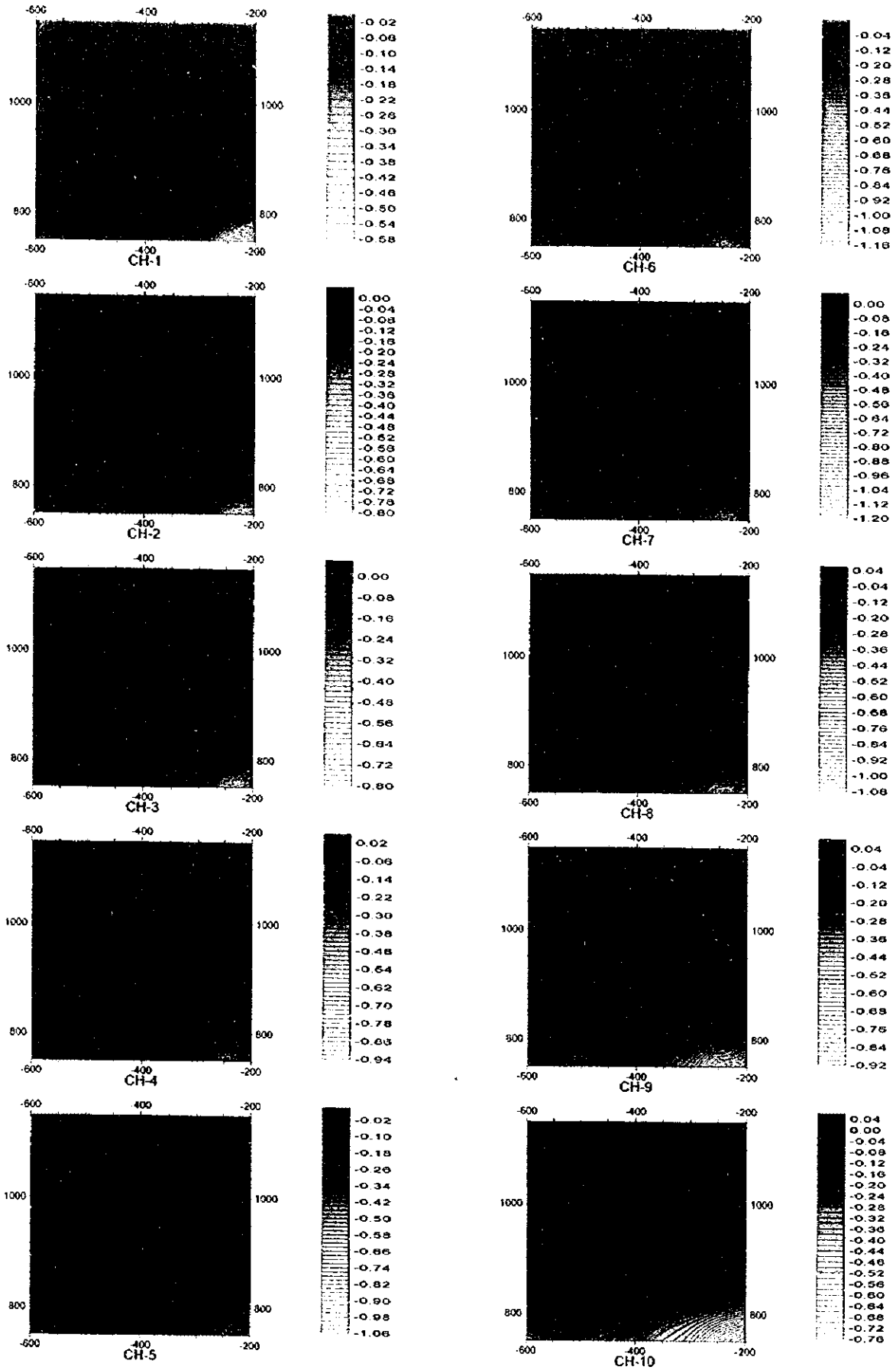


Fig. II-3-15(I) TEM response maps of Loop I in Daris area(ChI-Ch10)

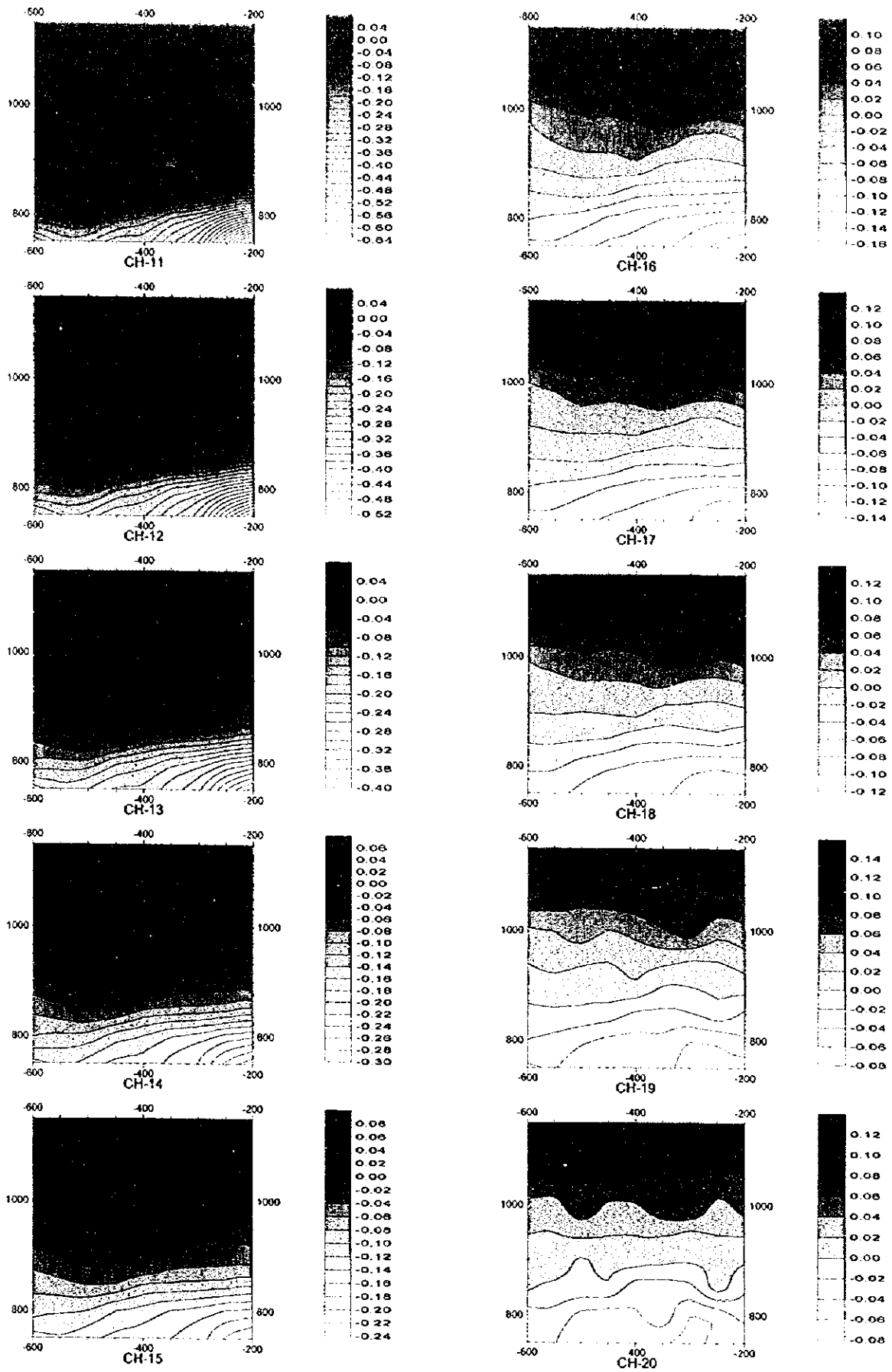


Fig. II-3-15(2) TEM response maps of Loop I in Daris area(Ch11-Ch20)

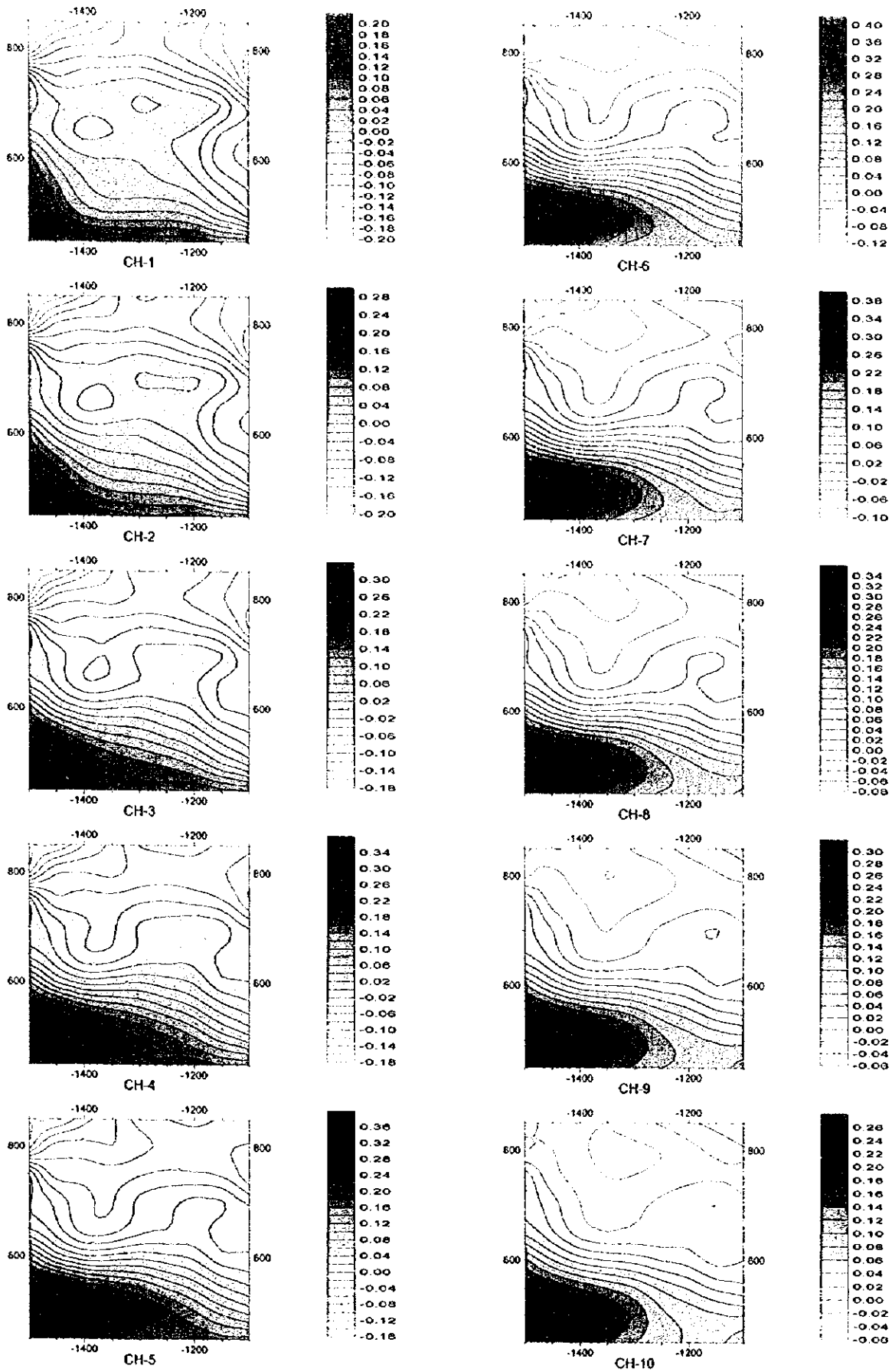


Fig. II -3-16(I) TEM response maps of Loop2 in Daris area(CH1-CH10)

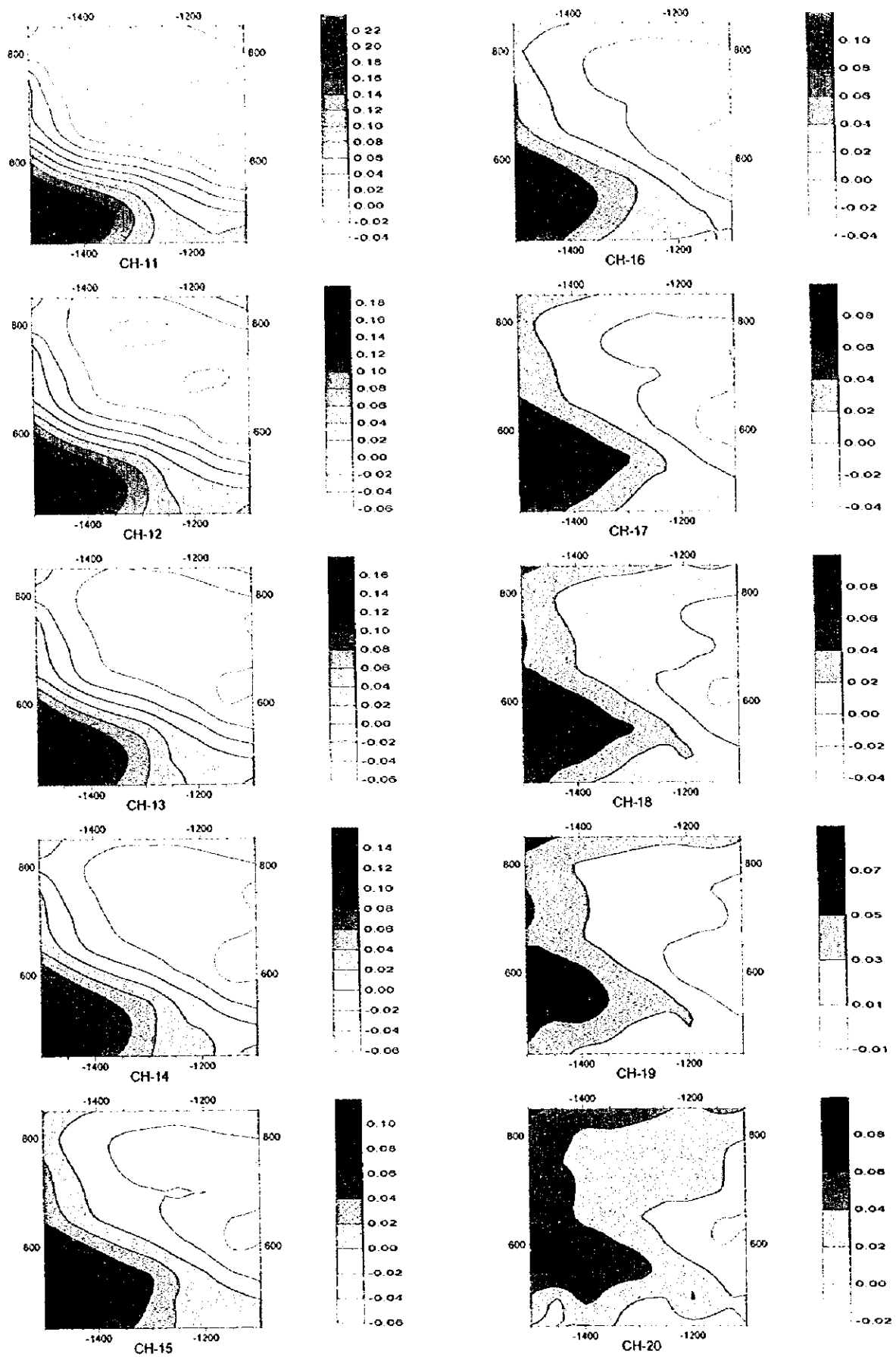


Fig. II -3-16(2) TEM response maps of Loop2 in Daris area(Ch11-Ch20)

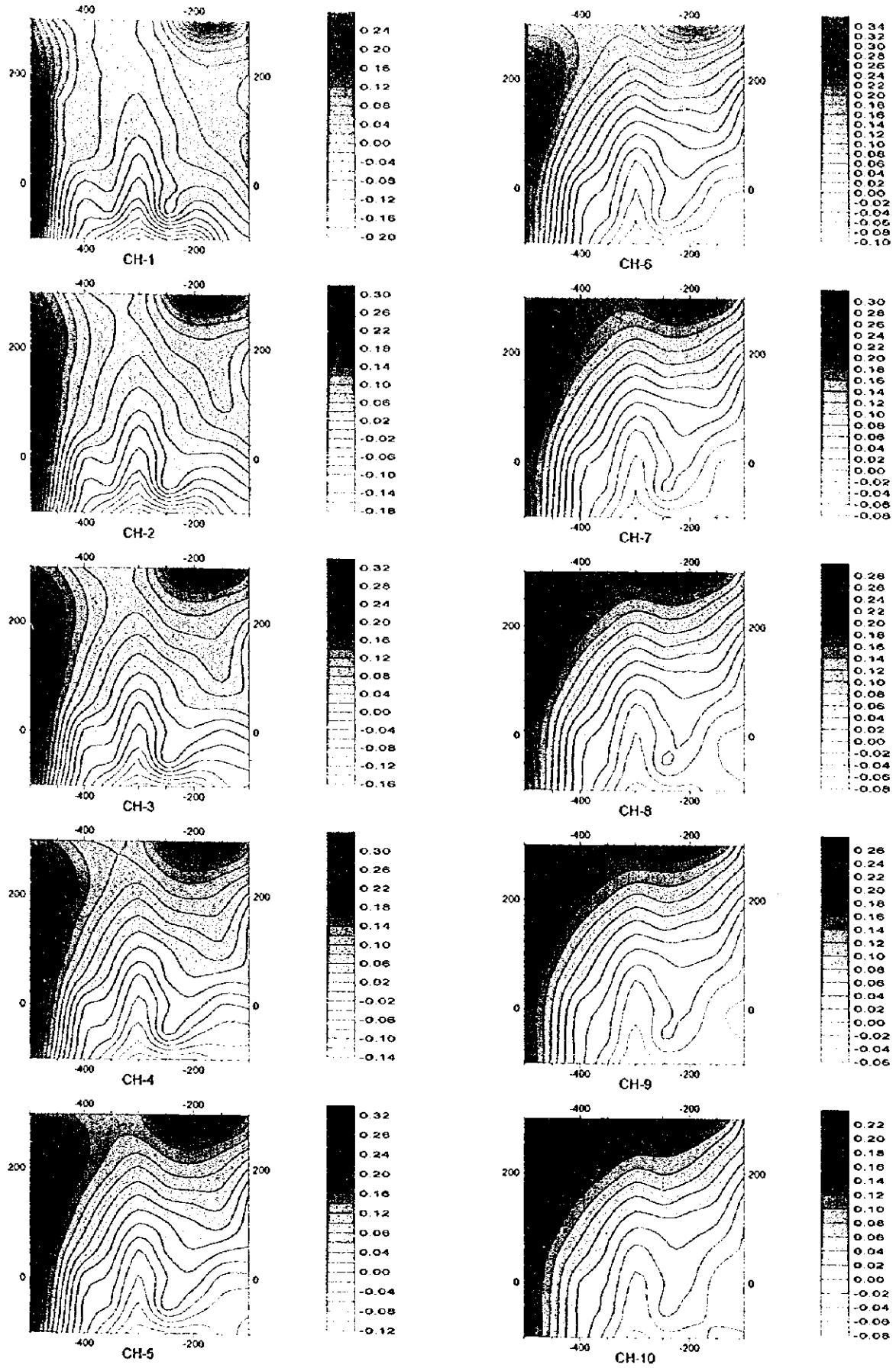


Fig. II -3-17(I) TEM response maps of Loop1 in Doqal area(CH1-Ch10)

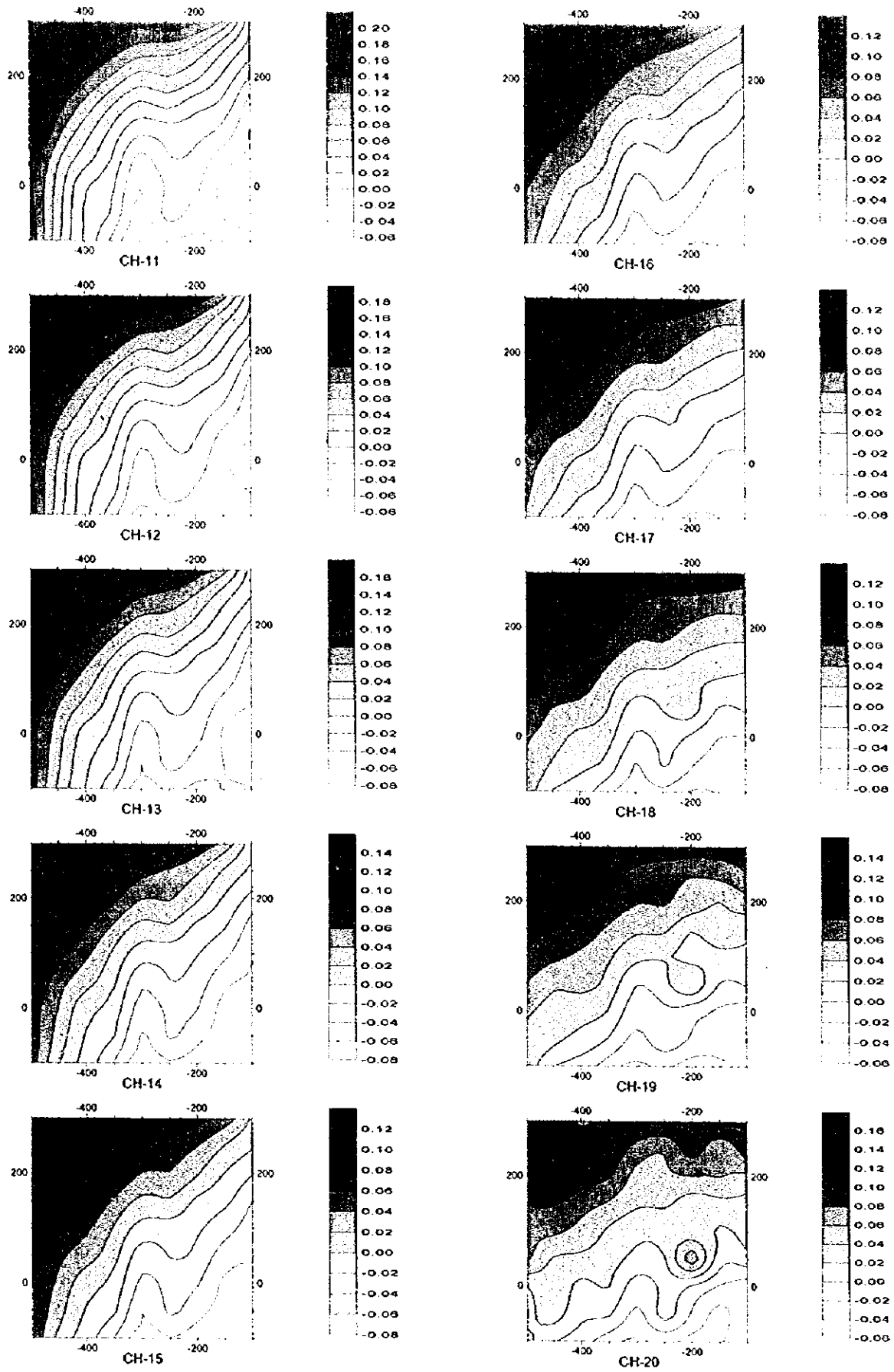


Fig. II -3-17(2) TEM response maps of LoopI in Doqal area(Ch11-Ch20)

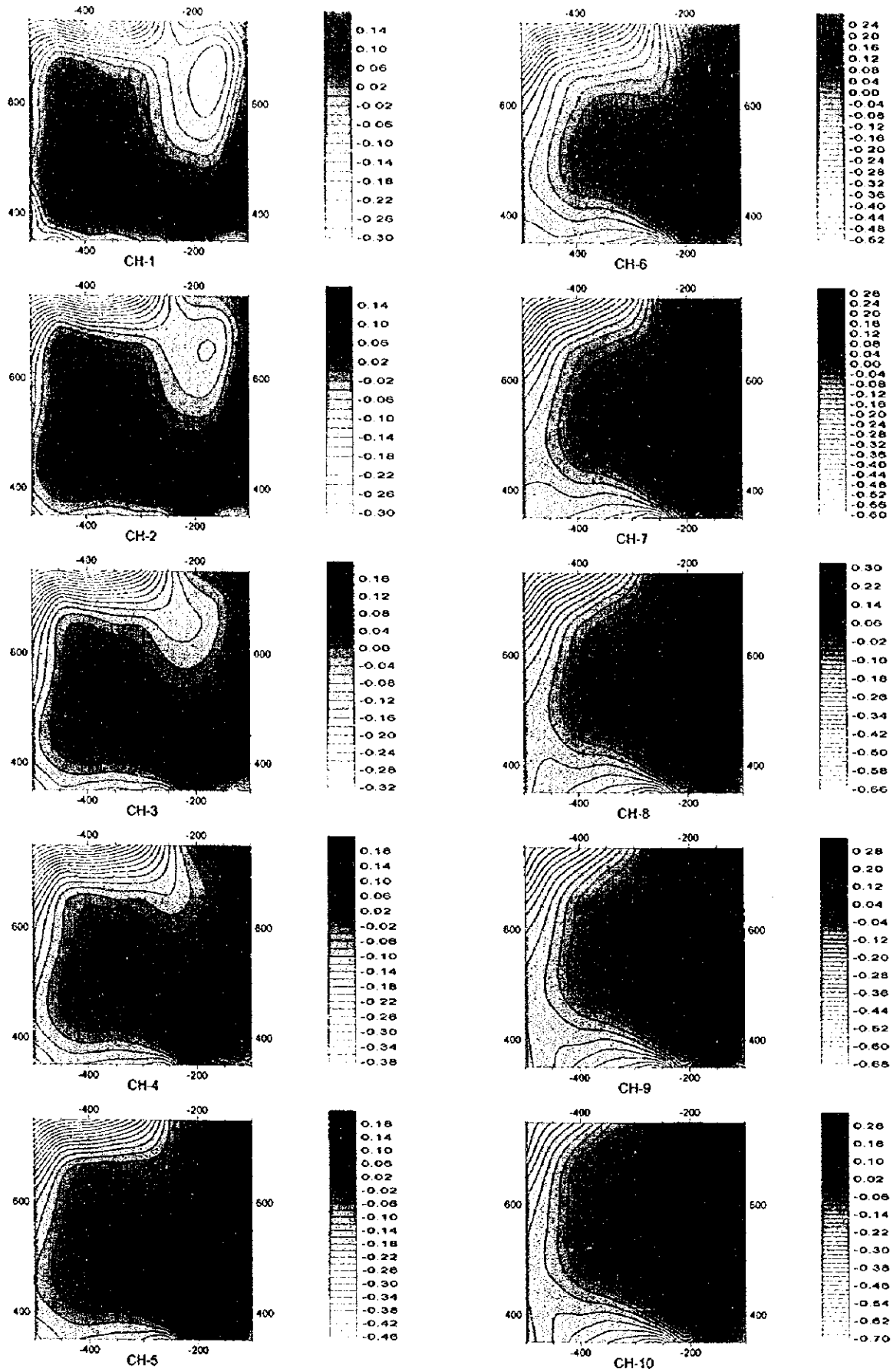


Fig. II -3-18(1) TEM response maps of Loop2 in Doqal area(CH1-CH11)

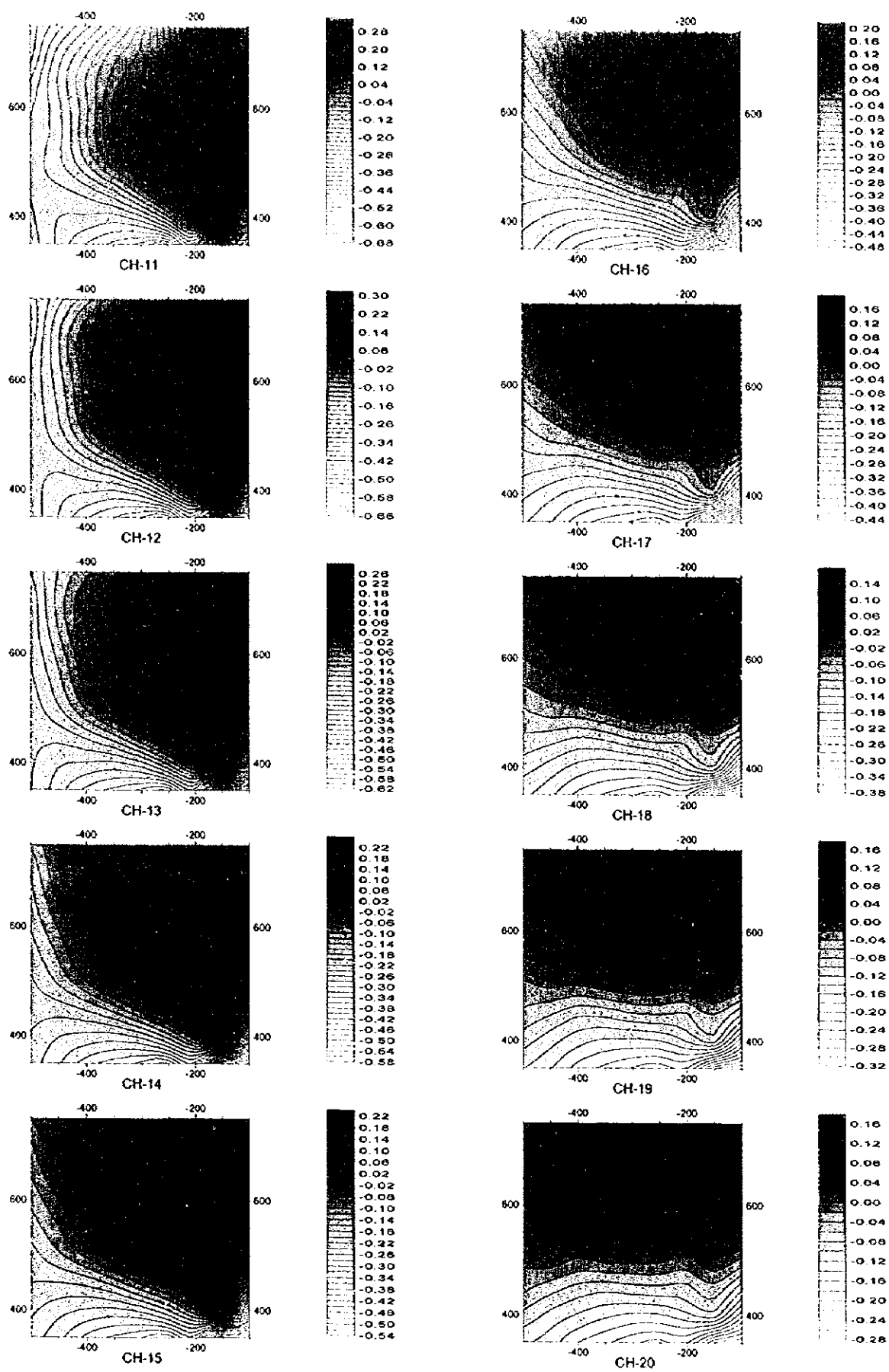


Fig. II -3-18(2) TEM response maps of Loop2 in Doqal area(Ch11-Ch20)

0

0

0

1)この異常は Ch1~Ch7 で認められることから異常源の深度は浅い。しかしながら、低分極率内に位置することから鉱化作用に関係しない導電体によるものと推定される。

2)東部の異常は、Ch1~Ch10 で認められ、北東部の異常は Ch11 以降に認められる。いずれの異常も TDIP 法調査で抽出された低分極率内に位置することから、これらの高磁場異常域に硫化鉱が賦存する可能性はない。

3-6 考察

3-6-1 グザイン地区

物理探査結果の総合図を Fig. II-3-19 に示す。上図は TDIP 法調査結果、下図が TEM 法調査結果で、深度約 150m~200m での情報を示している。

上図に示す通り、グザイン地区の 3ヶ所（西部、中央部、東部）で分極率 8mV/V 以上の高分極率帯が検出され、また、西部及び中央部においては分極率異常帯にオーバーラップする高メタルファクター異常帯が数箇所捕捉された。ボーリングで確認された No.1 鉱体、No.2 鉱体、No.3 鉱体はいずれもこの高メタルファクター帯に位置することから、分極率異常域での低比抵抗部、つまり高メタルファクター部が鉱床賦存の有望地点であることが明らかである。

本区域では 3 年間の調査で 3 つの塊状硫化鉱床が発見されたことから考えて、鉱床賦存のポテンシャルの極めて高い地域であると言える。本地区では今年度発見された No.3 鉱体の南方にも高分極率異常が捕捉されており、今後の調査で高メタルファクター部が抽出される可能性がある。また、周辺部においても TDIP 法による追跡調査が必要であると考えられる。

下図は大ループ TEM 法調査により解析された 2 次磁場の偏差分布を表し、色が濃い箇所ほど高磁場を示している。着鉱したボーリング地点（赤丸）は一部を除き高磁場異常域に位置し、TDIP 法調査で抽出された分極率異常帯内での高磁場異常は塊状硫化鉱体によるものであることを裏付けている。No.3 鉱体周辺部で実施した TEM 法調査の結果では、磁場異常が北方に延びることを示唆している。今後、その広がりを追跡し、効率的にボーリング位置を選定するためには TEM 法による追跡調査が必要であると考えられる。

3-6-2 ダリス地区

物理探査結果の総合図を Fig. II-3-20 に示す。上図は TDIP 法調査結果、下図が TEM 法調査結果を示している。

平成 7 年度に実施した TDIP 法調査により地区の中央部及び北東部に広範囲な分極率異常域が検出された。また、高メタルファクター帯が地区の北半分に広く捕捉され、その結果に基づいて大ループによる TEM 法調査を実施した。また、その結果抽出された磁場異常に対して今年度は D5 孔のボーリング調査を実施した。ボーリングの結果、破碎帯は捕捉されたが硫化鉱は認められなかった。

3-6-3 ドカール地区

物理探査結果の総合図を Fig. II-3-21 に示す。上図は TDIP 法調査結果，下図が TEM 法調査結果である。

TDIP 法調査の結果，上図に示す通り，地区東部（ゴッサン周辺）に南北～北西方向に延びる分極率 8mV/V 以上の高分極率帯，西南部においても高分極率帯が捕捉された。この分極率異常帯にオーバーラップする高メタルファクター異常帯がゴッサン周辺から北西に検出された。

下図の TEM 法調査結果では，高メタルファクター異常帯内にやや高い磁場異常がゴッサン付近に捕捉され，その結果に基づいて Q1 孔，Q2 孔を掘削した。ボーリングの結果，黄鉄鉱の鉄染帯はみとめられたが塊状硫化鉄は捕捉できなかった。

地区西南部の高分極率は南に広がる様相を呈しており，TDIP 法による追跡調査が必要と考える。

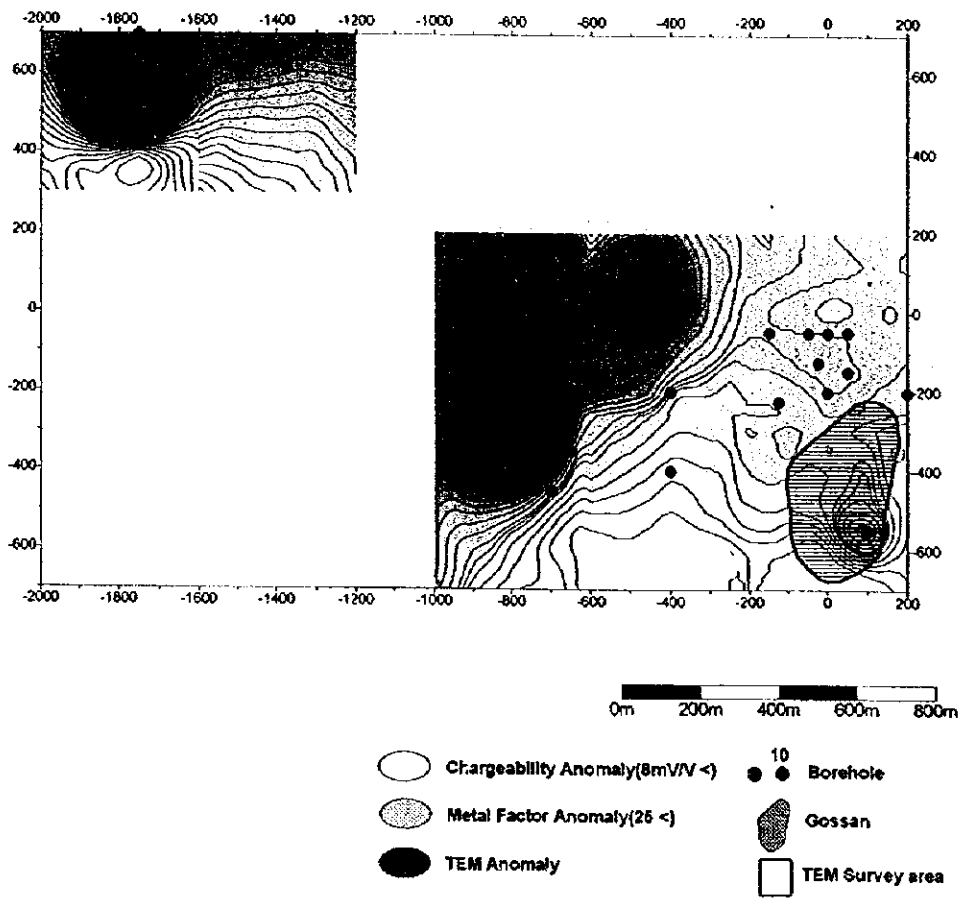
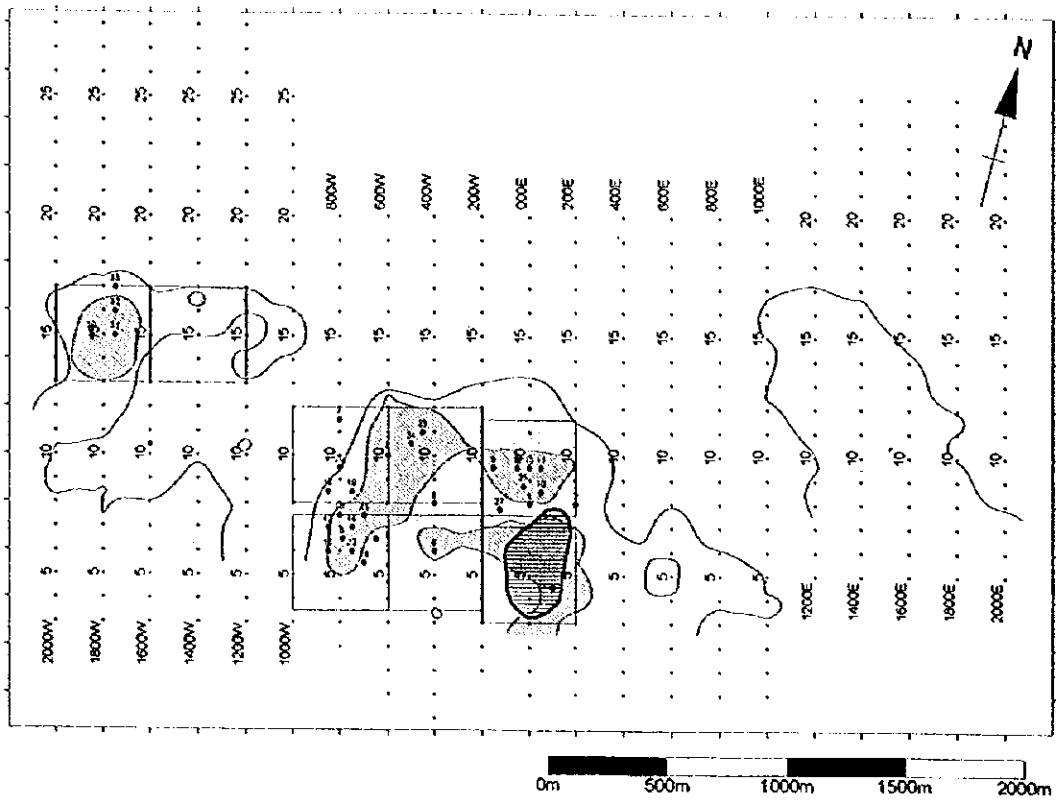


Fig. II -3-19 Compiled geophysical map in Ghuzayn area

①

②

③

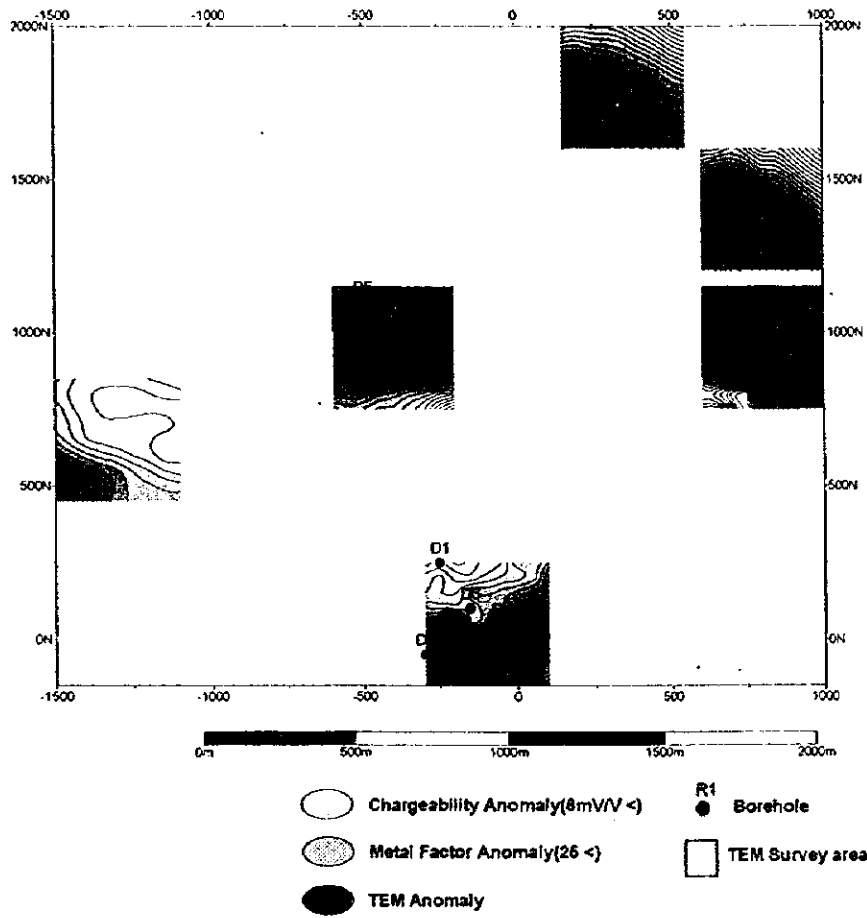
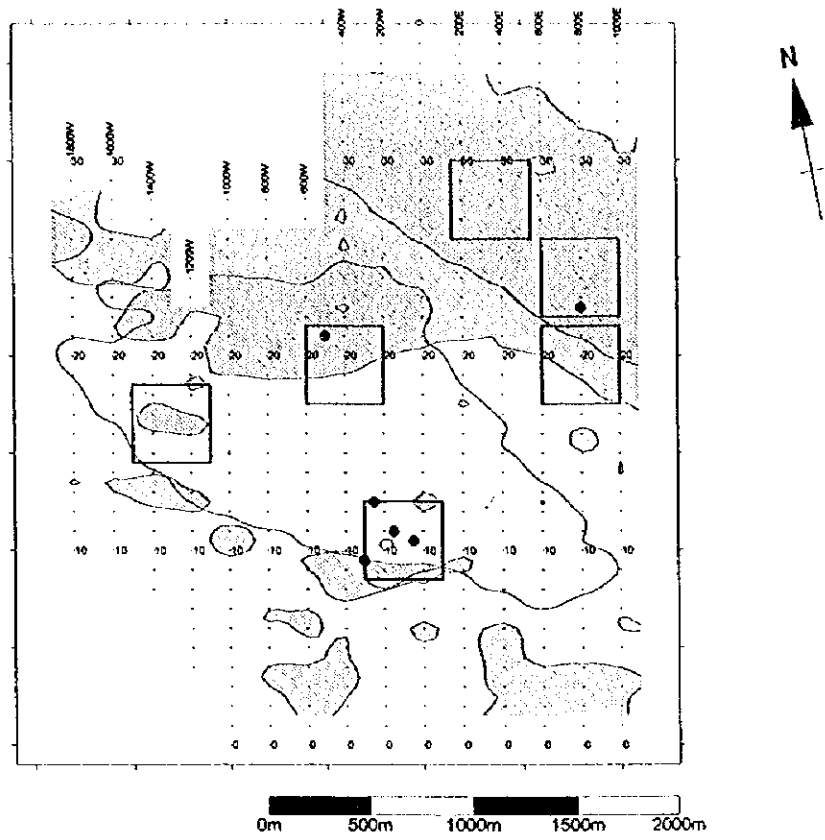


Fig. II-3-20 Compiled geophysical map in Daris area

9

10

11

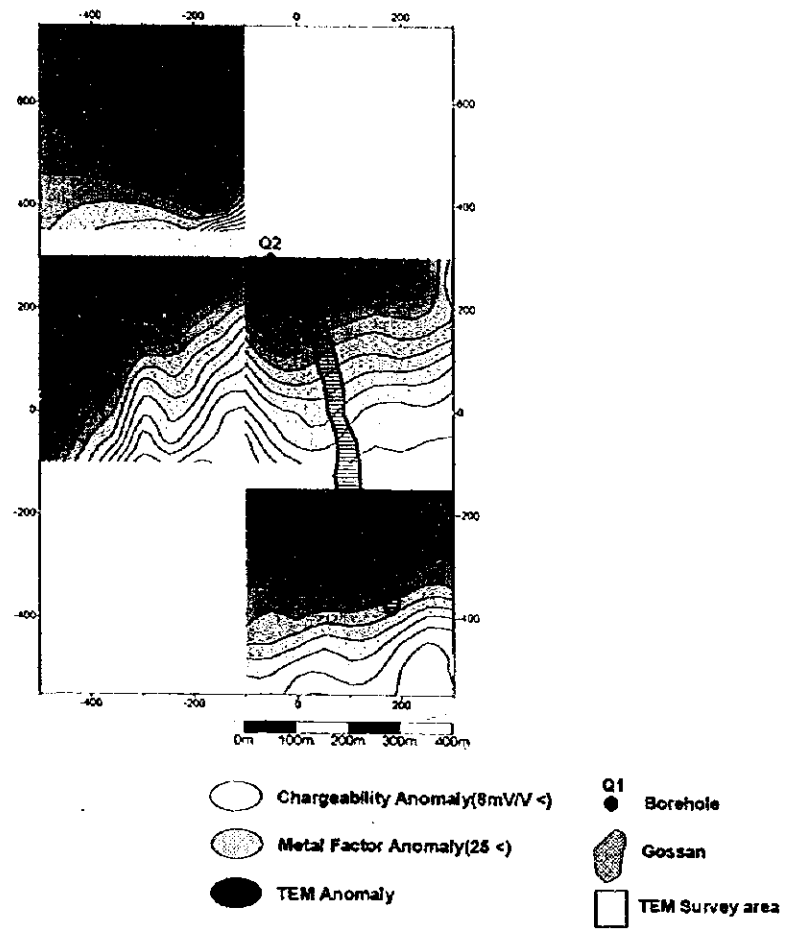
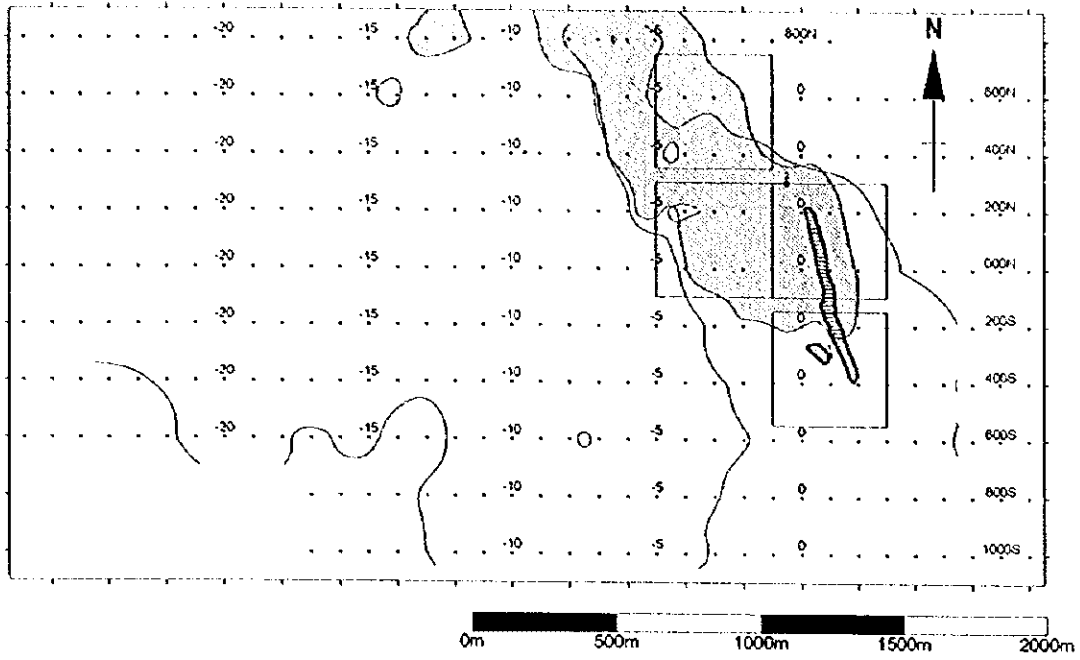


Fig. II -3-21 Compiled geophysical map in Doqal area

0

0

0