

Fig. II -5-26(4) 2D analysis plane maps in Hay1 as Safil area at 250m depth

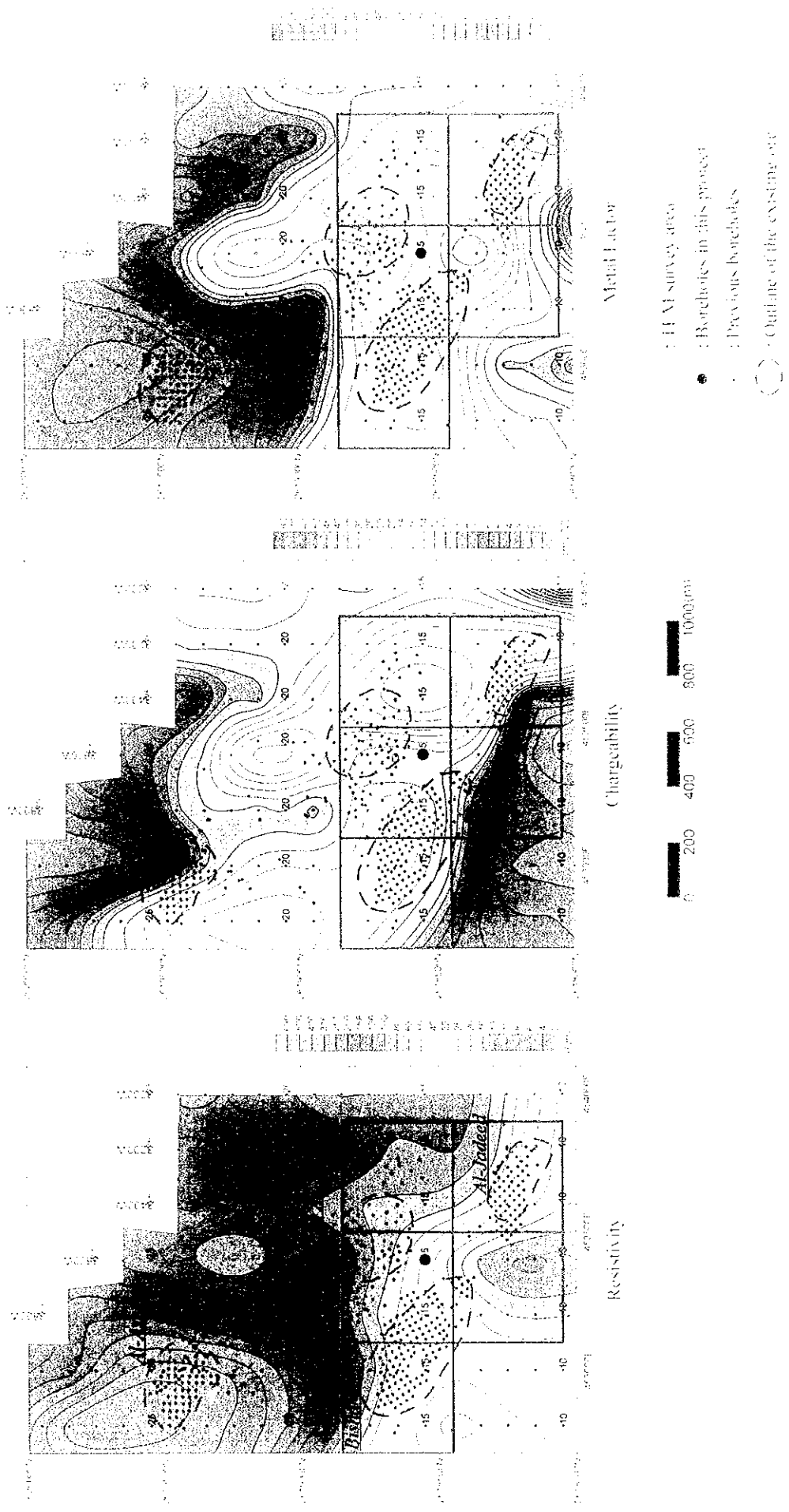
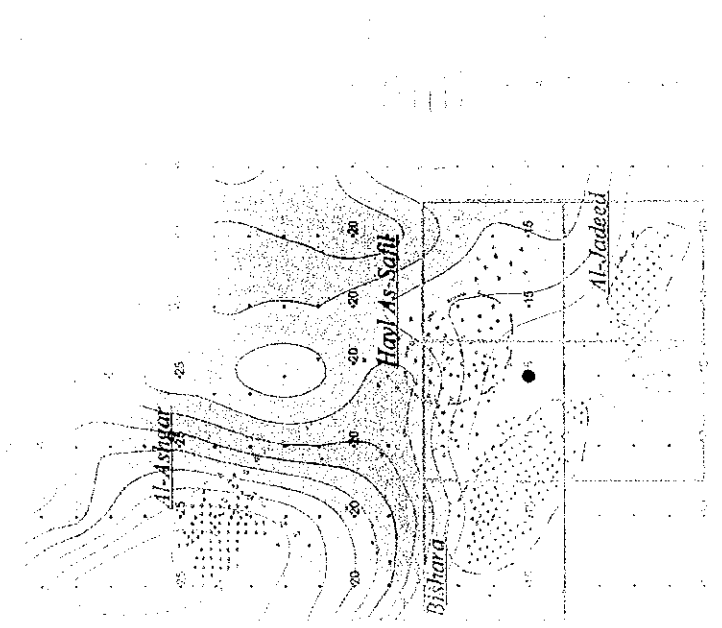
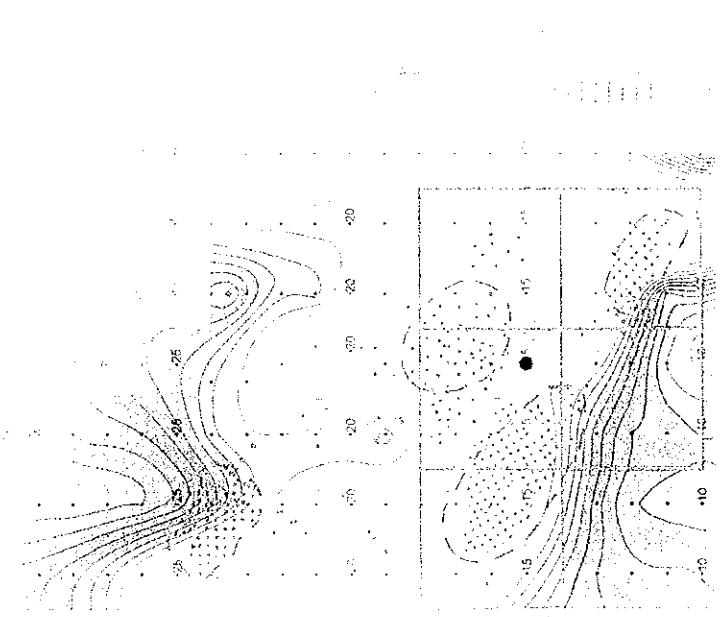


Fig. II-5-26(4) 2D analysis plane maps in Hayfah Saffi area at 250m depth



15°N 10°E

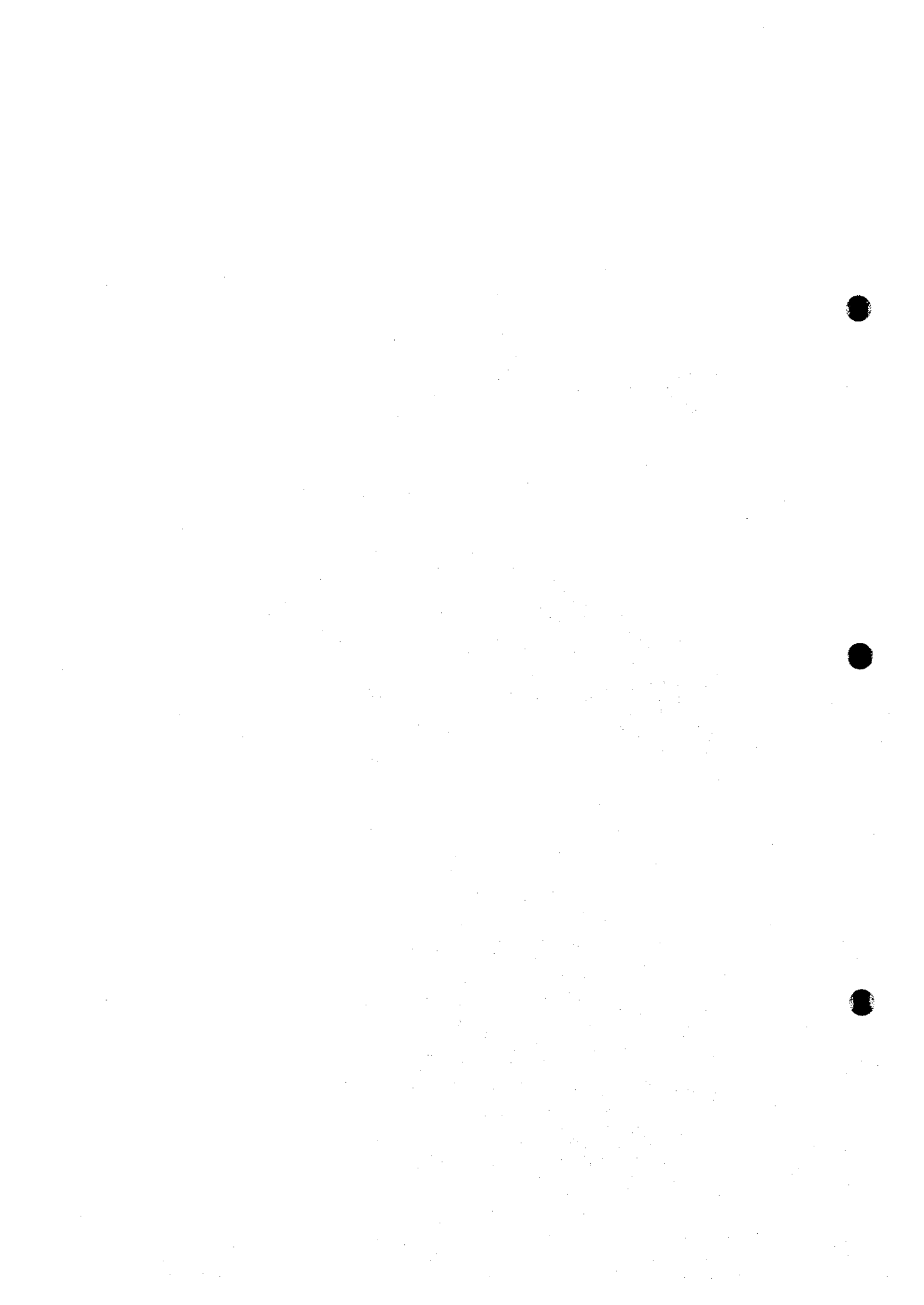
15°N 10°E

15°N 10°E

15°N 10°E
 15°N 10°E
 15°N 10°E

15°N 10°E
 15°N 10°E
 15°N 10°E

Figure 1. Topographic maps of the study area showing the location of the study sites.



5-5-5 ナジャイド地区

ナジャイド地区の2次元解析断面図 Fig. II-5-27 に示す。

本地区は、ラカー金鉱山とタウィ・ラカー鉱微地の中間付近に位置する。測線 1600E 及び 1800E の測点 600N-700N 付近の浅部に東西約 200m, 南北約 100m の範囲に高分極率が分布する。比抵抗が高いので、塊状硫化物鉱の可能性は低いがストックワーク鉱の存在が期待される。

5-5-6 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、ボーリングコア及び露頭から代表的な岩石を採取して室内測定を行った。試料数は 42 個である。測定では、TDIP 法により、比抵抗及び分極率の測定を行った。

使用送信機は、Zonge 社製室内試験装置 モデル LDT-10, 受信機は現地調査と同一機を使用した。

岩石サンプルの測定手順及び比抵抗, 分極率の計算式を以下に示す。

- ① 48 時間以上蒸留水に浸して, 含水飽和状態にする。
- ② 岩石サンプルの両端に Cu-CuSO₄ 電極を接触させ, 電極に 0.125Hz の微弱電流を流す。
- ③ サンプルの両端で電位差及び減衰曲線を測定する。
- ④ 以下に示す計算式より, 比抵抗及び分極率を算出する

比抵抗:

$$\rho = \frac{A}{L} \times \frac{V_p}{I}$$

ρ : 比抵抗(Ωm) V_p : 受信電位(V)
 A : 岩石サンプルの断面積(m^2) I : 送信電流(A)
 L : 岩石サンプルの長さ(m)

分極率:

$$M = \frac{187}{V_p} \times \int_{t_1}^{t_2} V_s dT$$

M : 分極率(mV/V) dT : サンプル間隔(秒)
 V_p : 一次電位(V) t_1 : 電流切断後 450msec
 V_s : 二次電位(mV) t_2 : 電流切断後 1,100msec

二次電位のデータ取得範囲は 450~1,100msec である。

(2) 測定結果

ボーリングコア及び露頭のサンプルの室内測定結果をそれぞれ Table II-5-2(1), (2)に示す。



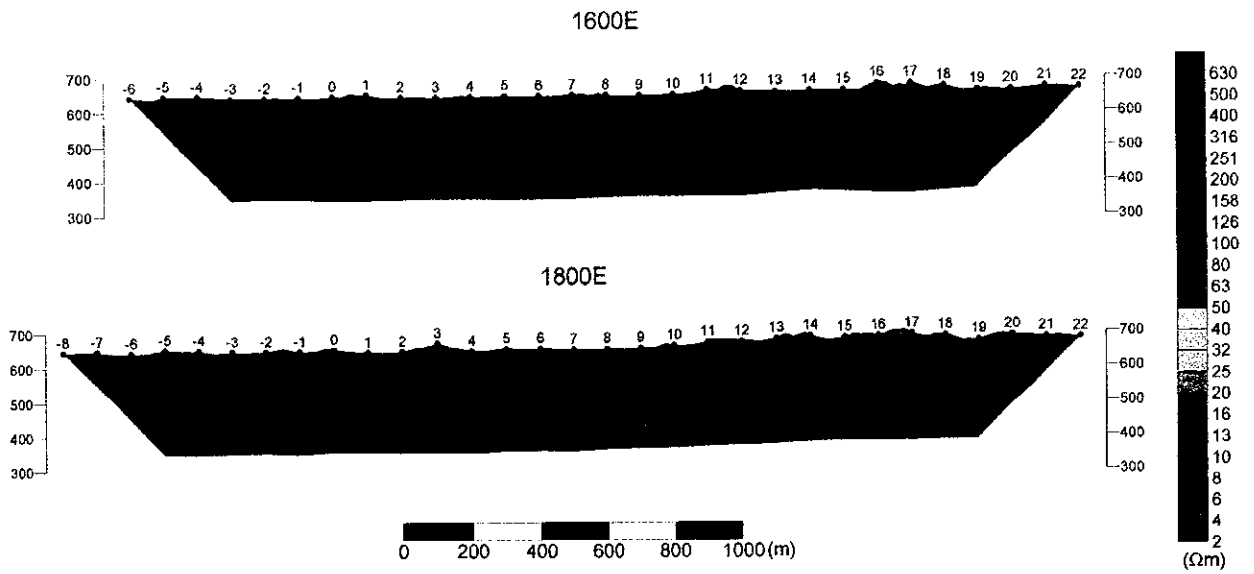


Fig. II -5-27(1) 2D analysis sections for resistivity in Najaid area

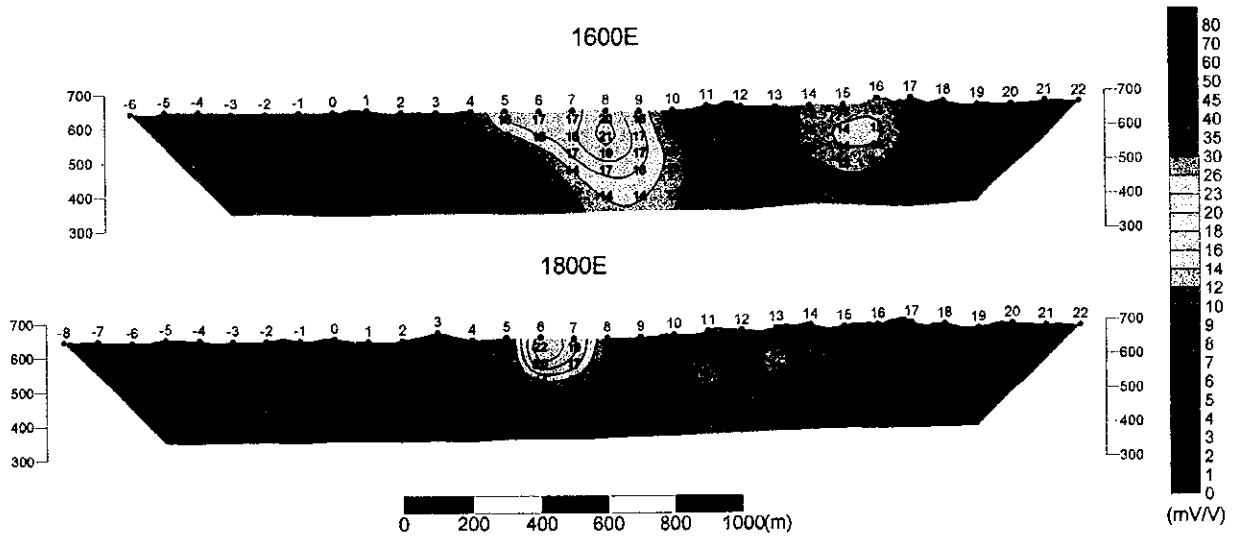


Fig. II -5-27(2) 2D analysis sections for Chargeability in Najaid area

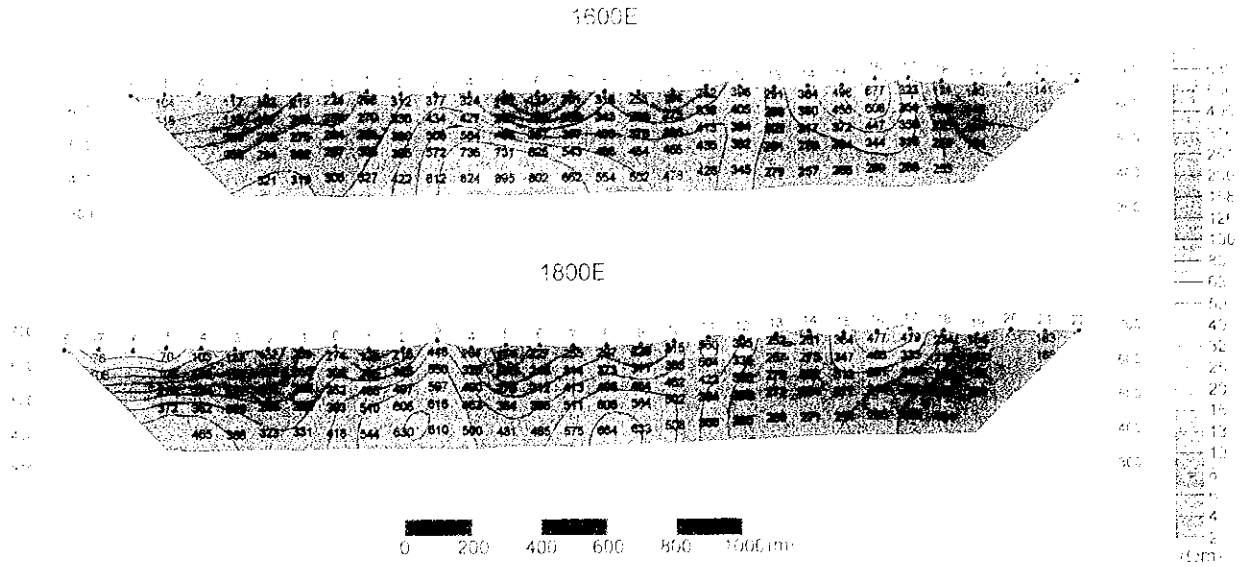


Fig. II -5-27(1) 2D analysis sections for resistivity in Najaid area

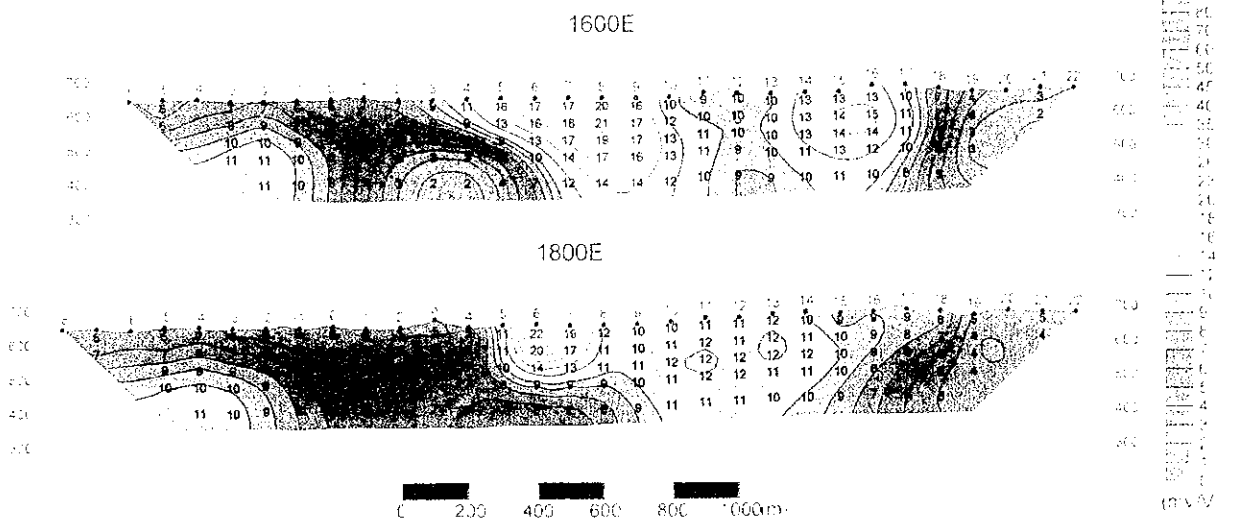


Fig. II -5-27(2) 2D analysis sections for Chargeability in Najaid area

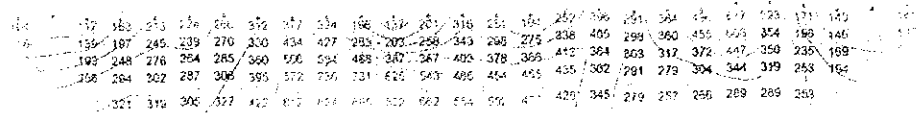


Fig. 11.5. Contour maps sections for resistivity in North direction.

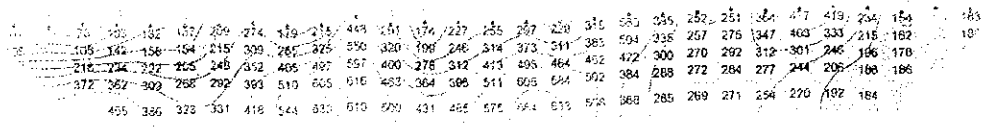
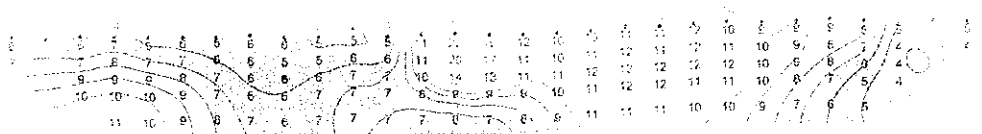


Fig. 11.6. Contour maps sections for resistivity in East direction.



Fig. 11.7. Contour maps sections for resistivity in South direction.



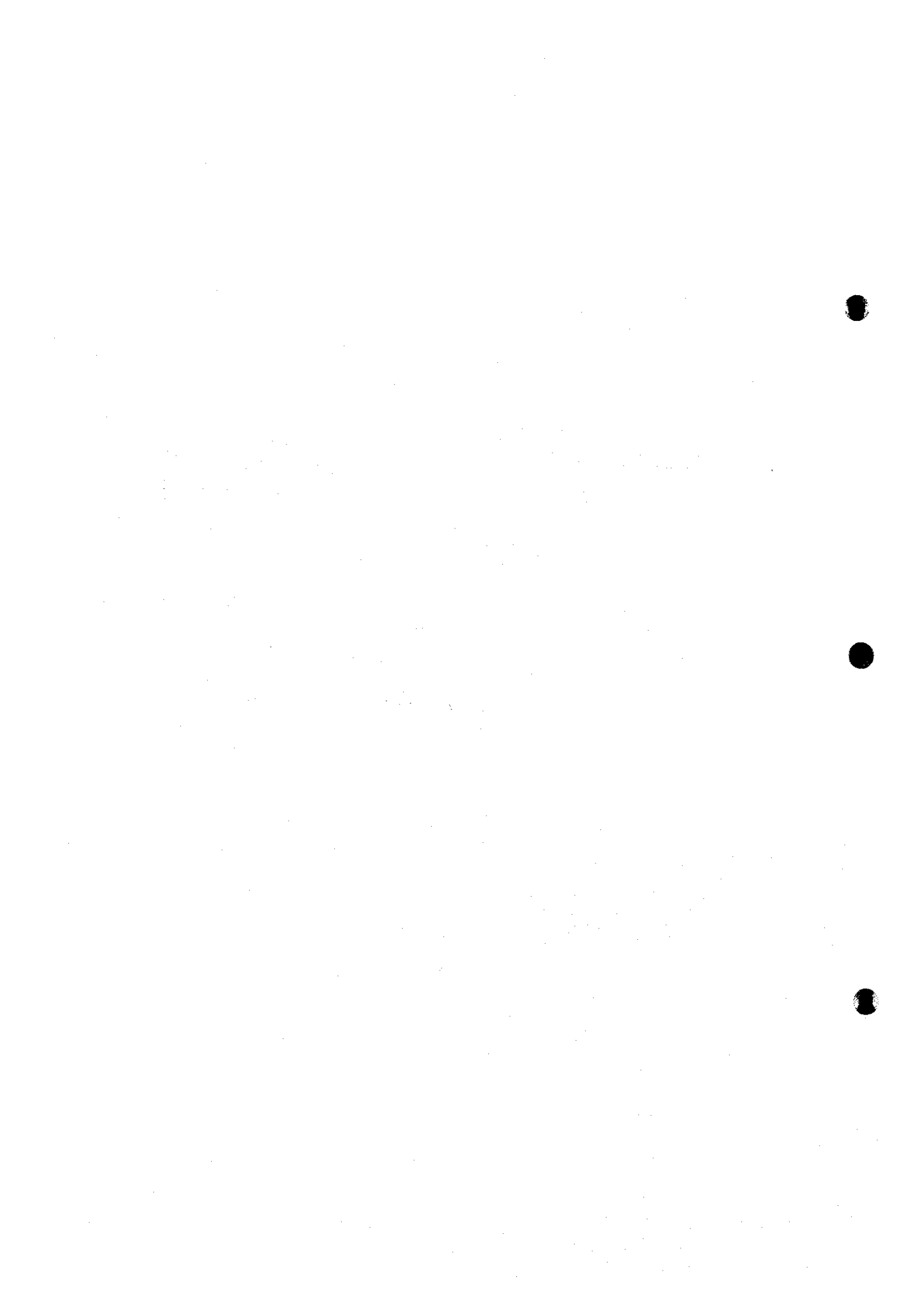


Table II-5-2(1) Resistivity and chargeability of rock samples(core)

No.	Borehole	Depth (m)	Resistivity (Ω m)	Chargeability (mV/V)	Rock Name and Formation	Alteration and Mineralization
1	MJOY-2	167.70	4147.0	7.5	Ma (Lasail)	Sili, Py vein & diss (sl)
2		180.75	1713.0	3.3	Pw (Lasail)	Sili, Py vein & diss (sl)
3		195.90	687.2	3.0	Pw (Lasail)	Sili, Epi diss, Py diss (sl)
4	MJOY-3	18.20	139.0	1.5	Ma (Lasail)	Sili
5		65.20	114.8	4.0	Pw (Lasail)	Sili (sl)
6		140.10	132.8	2.4	Pw (Lasail)	Sili, Py vein & diss
7		157.30	120.6	4.3	Pw (Lasail)	Sili, Py vein & diss
8		167.30	145.1	1.4	Pw (Lasail)	Sili, Py diss (sl)
9		189.50	157.7	30.6	Pw (Lasail)	Sili, SW ore, Py-Cp vein, Py diss
10		202.50	223.1	22.3	Pw (Lasail)	Sili, SW ore, Py-Cp vein
11		216.90	798.4	2.6	Pw (Lasail)	Sili, Py diss (sl)
12		225.40	1583.0	14.4	Pw (Lasail)	Sili, Py-Cp vein
13		241.30	836.2	7.5	Pw (Lasail)	Sili, SW ore, Py-Cp vein, Py diss
14	MJOY-5	30.00	341.5	1.3	Ma (Lasail)	Sili (sl)
15		58.85	190.5	4.2	Ma (Lasail)	
16		103.40	56.8	0.5	Pw (Lasail)	
17		131.40	134.6	48.4	Pw (Lasail)	Sili, SW ore, Py-Cp vein, Py & Cp diss (sl)
18		170.15	265.5	2.6	Pw (Lasail)	Sili, Py diss (sl)
19		208.20	13.4	149.1	Pw (Lasail)	Sili, Cp vein, Py diss (sl)
20	MJOY-6	24.95	5225.0	7.9	Pw (Lasail)	Sili, Py diss (sl)
21		73.60	2525.5	5.2	Pw (Lasail)	Sili, Py diss (sl)
22		152.80	1.6	75.1	Pw (Lasail)	Sili, SW ore, Py-Cp vein, Py diss (sl)
23		176.80	1606.0	3.4	Pw (Lasail)	Sili, Py vein, Py diss (sl)
24		222.80	3172.5	8.7	Pw (Lasail)	Sili, SW ore, Cp vein, Py diss (sl)
25	MJOY-7	26.00	99.0	2.4	Pw (Lasail)	Sili (sl), Py vein, Py diss (sl)
26		83.95	856.4	7.1	Ma (Lasail)	Sili (sl), Py vein, Py diss (sl)
27		117.45	1509.5	9.4	Pw (Lasail)	Sili (sl), Py-Cp vein
28		183.10	541.4	3.3	Pw (Lasail)	Sili (sl)
29		215.20	2570.0	5.0	Pw (Lasail)	Sili (sl), Py diss(sl)
30		249.10	501.0	2.4	Pw (Lasail)	Sili (sl)

Remarks

Ba: Basalt
Pw: Pillow lava
Ma: Massive lava
Do: Dolerite

Cp: Chalcopyrite
Py: Pyrite
Ca: Calcite
Epi: Epidote
Qz: Quartz
Sili: Silicified
SW: Stockwork
diss: dissemination
vein: veinlets
(sl): Slight

Table II -5-2(2) Resistivity and chargeability of rock samples(outcrop)

No.	Sample Name	Location (UTM)	Resistivity (Ω m)	Chargeability (mV/V)	Rock Name and Formation	Alteration and Mineralization
31	YN01	459800E 2617750N	974.2	7.3	Basalt(Lasail unit); Massive lava, light green.	silicified
32	YN02	459800E 2618400N	5169.3	3.5	Dolerite(dike in Lasail unit), light green.	silicified
33	YN03	460000E 2616500N	3287.3	2.3	Basalt(Lasail unit); lava, greenish gley.	
34	YN04	460000E 2618250N	492.0	2.5	Mudstone(Lasail unit); metalliferous sediment, reddish brown.	
35	YN05	460200E 2616750N	8107.8	2.0	Andesite(Lasail unit); pillow lava, light gley.	
36	YN06	460400E 2615050N	474.9	5.2	Basaltic andesite(Alley unit); lava, dark gley.	
37	YN07	460400E 2618424N	1720.3	2.5	Dolerite(Sheeted dike), light green.	similar to YN03
38	YN09	456600E 2617300N	8071.5	3.2	Limestone; magnetic, black.	
39	YN10	456400E 2616650N	18.3k, 9.8k, 38.6k	8.8, 4.3, 7.1	Limestone; gley	
40	YN11	456200E 2617750N	49.4k, 12.7k, 6.9k	7.6, 1.1, 1.0	Limestone; white	
41	YN18	455200E 2618300N	11.2k, 4.9k	2.6, 1.0	Gabbro	
42	YN27	458940E 2615827N	653.2	0.3	Basaltic andesite(dike in Alley unit), light green.	silicified

ボーリングコアのサンプルは、枕状溶岩と塊状溶岩からなり、ほとんどのサンプルで珪化が認められる。また、黄鉄鉱や黄銅鉱の鉱染及び微脈が認められるサンプルも多い。

比抵抗は、1.6 ~5k Ω m の範囲で変化し、平均値は約 1k Ω m である。比抵抗は珪化作用や金属鉱物の含有量に影響を受けると考えられる。一般的に珪化作用が強くなれば比抵抗は高くなり、金属鉱物の量が多くなれば比抵抗は低くなる。これらの要因が複合的に影響しあってサンプルの比抵抗が決定されるため、珪化・鉱染が認められるサンプルでもその度合いや鉱物の量によっていろいろな比抵抗の値を示すと考えられる。No.16, 19, 22 は 100 Ω m 以下の低比抵抗を示しているが、このうち No.19, 22 は黄銅鉱、黄鉄鉱の脈が発達しており金属鉱物の含有量が高いため低比抵抗を示すと考えられる。特に No.22 はサンプルの測定方向に黄鉄鉱-黄銅鉱の脈が連続しており、1.6 Ω m という極端に低い比抵抗となっている。No.16 では鉱化作用は認められないが、珪化も認められない。その他のサンプルは 100 Ω m 以上の高い比抵抗を示しており、珪化の影響が大きいと考えられる。ストックワーク鉱とされるサンプルは 6 個あるが、それらの比抵抗は 1.6 ~3k Ω m の範囲で変化しており、比抵抗だけからストックワーク鉱の存在を推定するのは難しいといえる。

分極率は 0.5~149.1mV/V の範囲で変化し、平均値は 14.7 である。分極率は主にサンプル中の硫化物の含有量に影響を受ける。黄銅鉱の脈が認められるサンプル及びストックワーク鉱とされているサンプルは全て 7.5mV/V 以上の高い値を示している。鉱化作用として黄鉄鉱の鉱染のみが認められるサンプルでは、1.4~7.9mV/V の範囲で変化する。

露頭のサンプルは、玄武岩、安山岩、ハンレイ岩、泥岩、石灰岩からなる。

比抵抗は、474.9~50k Ω m の範囲で変化し、全体的に高い値を示す。特に石灰岩及びハンレイ岩は 10k Ω m 以上の高比抵抗を示す。石灰岩では異方性が認められた。

分極率は 0.3~8.8mV/V の範囲で変化する。No.31 の玄武岩、No.36 の玄武岩質安山岩、No.39 及び No.40 の石灰岩以外は 4mV/V 以下の低い値を示す。No.31 及び No.36 は粘土鉱物の影響でやや高い値を示すと考えられる。石灰岩では比抵抗と同様に異方性が認められた。

5-6 考察

TDIP 法調査の結果、5つの地区で鉱化作用によると思われる異常帯を捕捉した。新規の塊状硫化物鉱体の発見には至らなかったが、クルン・アル・アクバブ地区の IP 異常帯で有望なストックワーク鉱が確認された。既に鉱体が確認されているハイル・アス・サフィール地区では、鉱体による IP 異常が明瞭に捕捉された。そのうち、アル・アシュガル鉱体、アル・ジャディード鉱体のような比較的小規模な塊状硫化物鉱体も低比抵抗・高分極率としてよく抽出されており、あらためて TDIP 法の有用性が確認された。また、クルン・アル・アクバブ地区で確認されたストックワーク鉱に対する物理探査、ボーリング調査の結果から、ストックワーク鉱は高分極率・中~高比抵抗を示すことが判明した。ラカー鉱山の南東部やナジャイド地区では、比抵抗はそれほど低い値を示していないが、分極率は高い値を示しているため、ストックワーク鉱の存在が期待される。

第6章 TEM法調査

6-1 調査の目的

TDIP法により抽出された異常帯は鉱化帯の分布域を現し、鉱化帯には硫化物鉱床の賦存の可能性がある。本手法は塊状硫化物鉱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、より詳細に硫化物鉱床の存否を判断し、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。

6-2 調査位置及び調査量

本年度はTDIP法による調査の結果、有望と考えられたラカー金鉱山地区、クルン・アル・アクバブ地区及びハイル・アス・サフィール地区において大ループによるTEM法調査を実施した。調査量の詳細はTable II-6-1に示すとおりで、合計7ループで測定点は567点である。

Table II-6-1 Survey amounts of TEM

Area	Number of Loops	Number of Points
Rakah Gold Mine	1	81
Quron Al Akhbab	1	81
Hayl As Safil	5	405
Total	7	567

6-3 調査方法

6-3-1 概要

TEM法は、Fig. II-6-1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次磁場は時間変動する過渡電圧として磁気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。電流切断直後の過渡電圧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法は、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、データが1次磁場の影響を受けず、地下の比抵抗情報を安定して測定することができる。また、送受信機に内臓した高精度の時計で同期をとることにより、電流の引荷切断の時間を正確に測っている。

6-3-2 測定と配置

TEM法の測定手法には数種類あるが、本調査では固定大ループを送信源として用いた固定ループを使うことにより、探査能率が向上し、また、大ループを使うことにより、深部探査が可能となる。送信ループのサイズは600m×600mとし、TDIPで抽出された有望地を取り囲むように

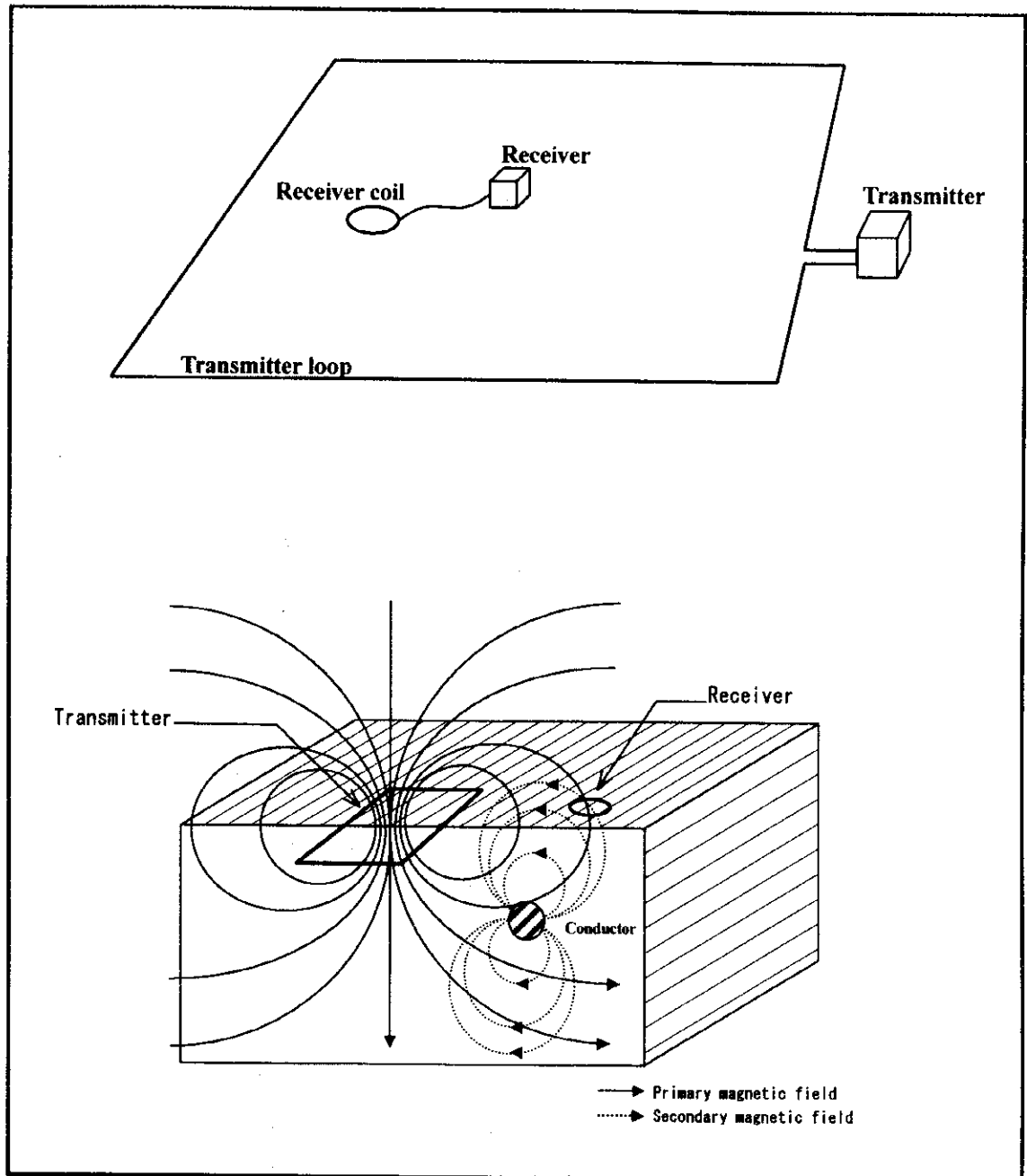


Fig. II-6-1 Schematic TEM survey configuration

設置した。送信ループには 6.0mm^2 のビニール被覆銅線を使用し、送信電流は約 10A 、送信電圧は約 110V 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、1ループにつき中心の1測点では 2.5Hz でも測定した。測定はループの内側の $400\text{m} \times 400\text{m}$ の範囲内にグリッド状に設けた 50m 間隔の測点で行った。

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3回以上の繰返し測定を行ない、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 2^8 回である。25Hzでのサンプリング時間は、Table II-6-2に示すとおり電流切断後80-7,150 μ 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-6-2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80-71,500 μ sの間である。

電流切断後、送信電流が完全に零になるまでの時間（ターンオフタイム）は220 μ sであった。

Table II-6-2 Channel times after switch off

Channel Number	Sampling Time (μ sec)	Window Width (μ sec)
1	88	18
2	107	24
3	131	36
4	162	37
5	201	40
6	251	72
7	314	76
8	396	100
9	499	142
10	631	156
11	799	180
12	1,014	250
13	1,287	380
14	1,636	390
15	2,081	500
16	2,648	720
17	3,373	780
18	4,297	1,080
19	5,475	1,420
20	6,978	1,560

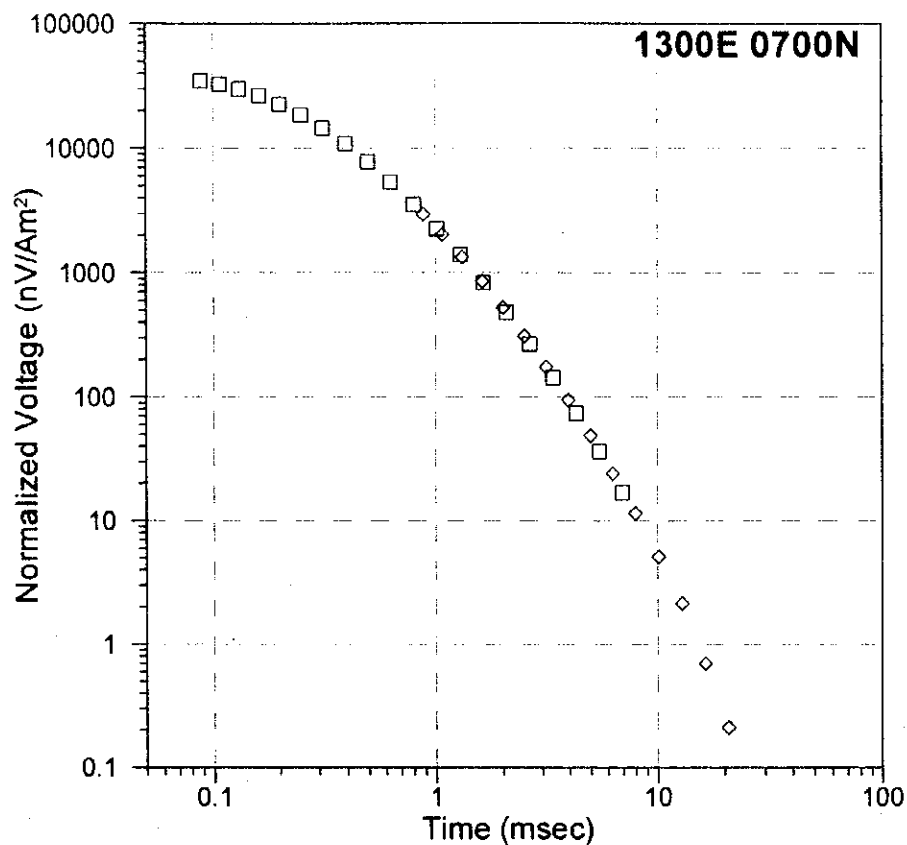


Fig. II-6-2 Example of TEM decay curve

6-3-3 測定機器

本調査で使用した装置はカナダ国 Geonics 社の Protem 電磁探査システムで、Table II-6-3 に示す機器で構成されている。

Table II-6-3 Specifications of TEM survey instruments

Items	Specification
Transmitter : EM-37	Max output:30A,180V
Generator : GPU-2000	5HP,120V,3phase,400Hz
Receiver : PROTEM	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

6-4 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なる。

したがって、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。

送信ループの中心点での過渡電圧の測定値から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-6-3)。

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。

$$\Delta B(x, y) = \log(B_o(x, y) / B_c(x, y))$$

$\Delta B(x, y)$: 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。

$$d = (500 * \rho * t)^{1/2}$$

ρ : 平均比抵抗($\Omega \cdot m$)

t : 時間(m秒)

d : 深度(m)

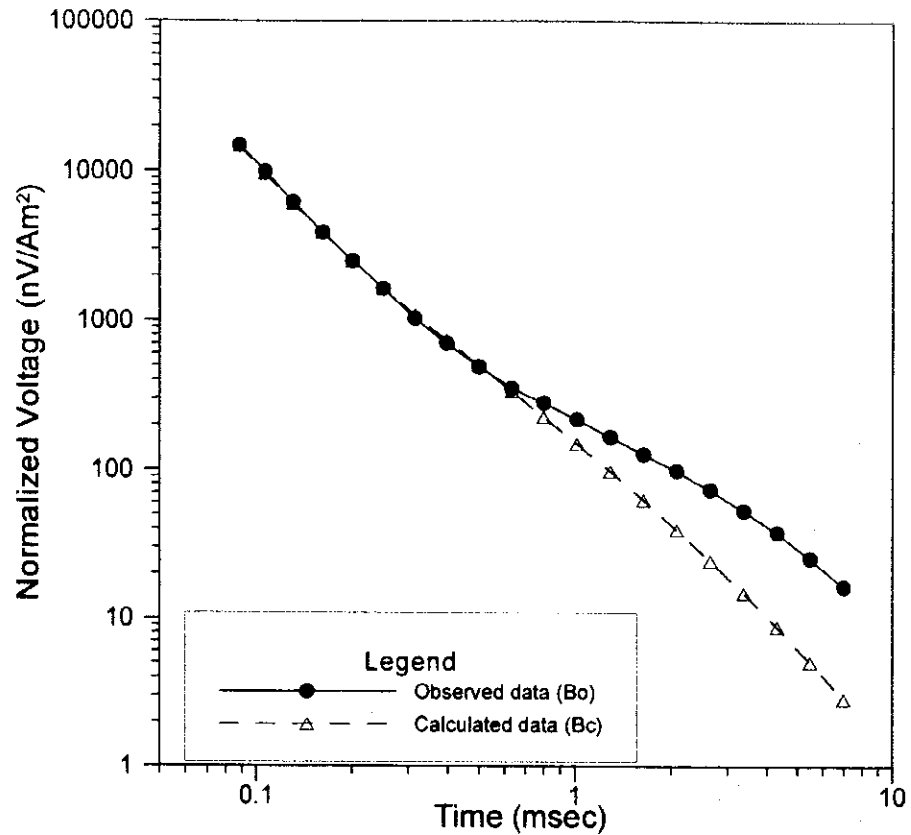


Fig. II-6-3 Observed and background TEM responses

6-5 調査結果

各地区のループ毎のチャンネルと深度の対応を Table II-6-4 に示す。但し、この深度は、ループの中心で取得されたデータを用いて行った一次元解析の結果の比抵抗構造から推定されたものであり、かならずしも真の深度を示すものではない。

TEM 法調査の探査深度は大地の比抵抗に依存し、高比抵抗部では深く、低比抵抗部では浅くなる。Loop-1 および Loop-2 が位置する調査地域東部は全体的に比抵抗が高いため、各チャンネルの探査深度が深くなっている。Loop-3~7 が位置するハイル・アス・サフィール地区は、鉱体や南部の堆積岩などの影響で全体的に低比抵抗となっているため、探査深度が浅くなっている。

文中では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。

6-5-1 ラカー金鉱山

(1) 測点設定

TDIP 法調査により捕捉されたラカー金鉱山のオープンピット南東部の高分極率異常を精査する目的で TEM 法を実施した。測点間隔は 50m、測定範囲は 400m×400m、測定ループ数は 1 ループである。

調査位置を Fig. II-5-4, Fig. II-5-16 に示す。

Table II-6-4 Depth estimation in survey area

Channel	Rakah Gold Mine	Quron Al Akhbab	Hayl Al Safil				
	Loop-1	Loop-2	Loop-3	Loop-4	Loop-5	Loop-6	Loop-7
Ch-01	112	124	33	46	33	37	35
Ch-02	125	139	37	51	37	41	39
Ch-03	142	157	41	58	42	46	44
Ch-04	160	176	47	65	47	52	50
Ch-05	178	197	52	73	52	58	56
Ch-06	201	222	59	83	59	66	63
Ch-07	226	250	66	93	67	74	71
Ch-08	253	279	74	104	74	83	79
Ch-09	285	315	83	117	84	93	89
Ch-10	320	353	93	131	94	105	100
Ch-11	353	390	103	145	104	116	110
Ch-12	394	435	115	162	116	129	123
Ch-13	447	493	130	183	132	146	139
Ch-14	503	556	147	206	148	165	157
Ch-15	562	621	164	231	166	184	175
Ch-16	635	702	185	260	187	208	198
Ch-17	714	789	208	293	210	233	223
Ch-18	798	881	233	327	235	261	249
Ch-19	900	994	263	369	265	294	281
Ch-20	912	1,118	295	415	298	331	316

(2) 測定結果

磁場分布平面図を Fig. II-6-4(1), (2) に示す。

浅部から中深部にかけて(Ch-01~Ch-10)オープンピットに対応する顕著な高磁場異常が認められる。深部では(Ch-15以深)ループの中心部付近を北東-南西方向に延びる高磁場異常が認められる。この高磁場異常帯のうち特に高い値を示している 400E, 1550N においてボーリング調査が実施された。

オープンピット内の一部の測点では、IP 効果によると思われる磁場の急激な減衰が認められた。分極率が高い物体が地表付近に存在した場合、電流切断後地下に流れる渦電流によって分極現象が起これ、時間が経過するとともに渦電流とは逆向きの電流が流れ、2次磁場が急激に減衰する。オープンピット内は地表に硫化物が認められる箇所があり、この影響で IP 効果が現れたと考えられる。

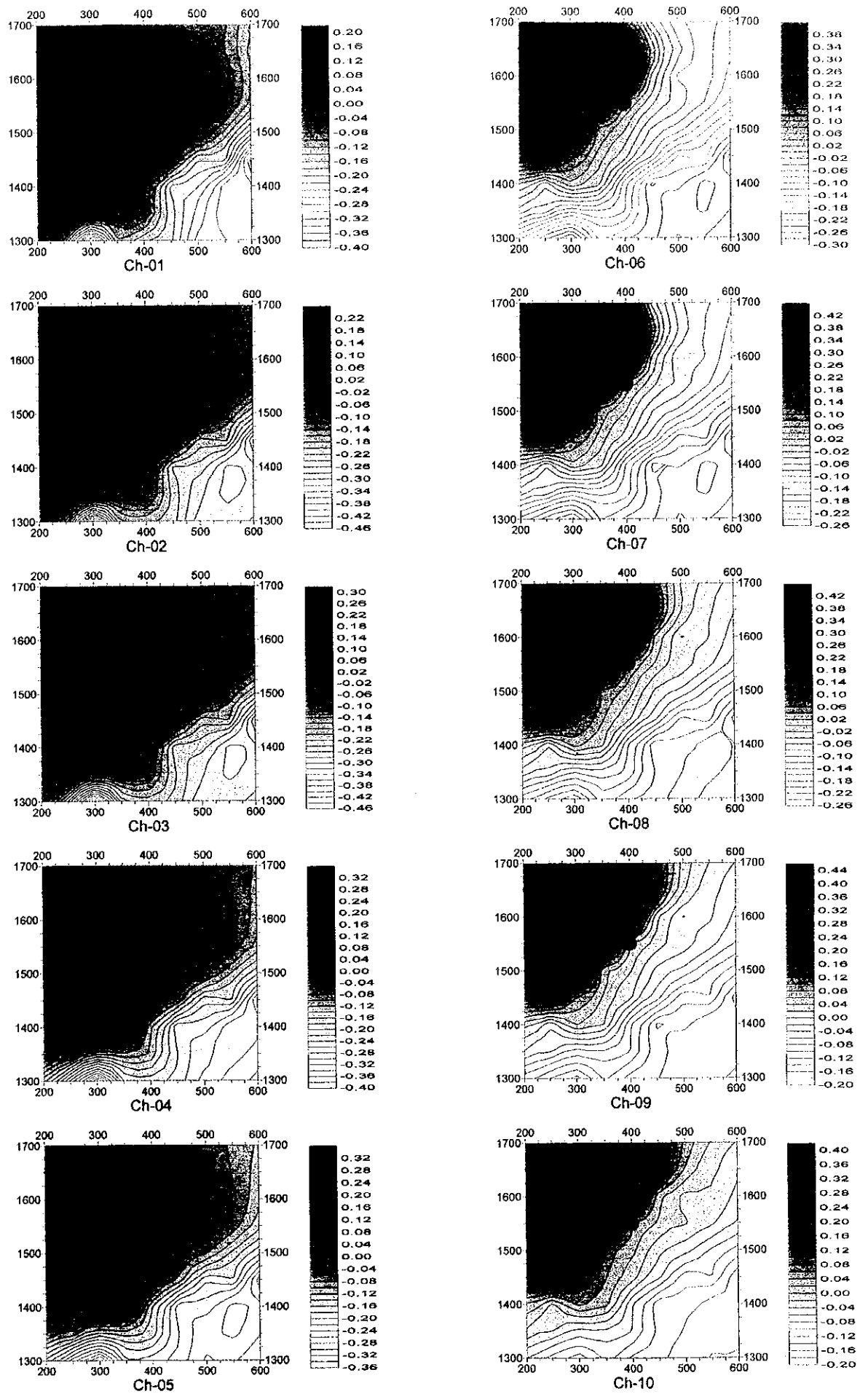


Fig. II -6-4(1) TEM response maps of Loop1 (Ch1-Ch10)

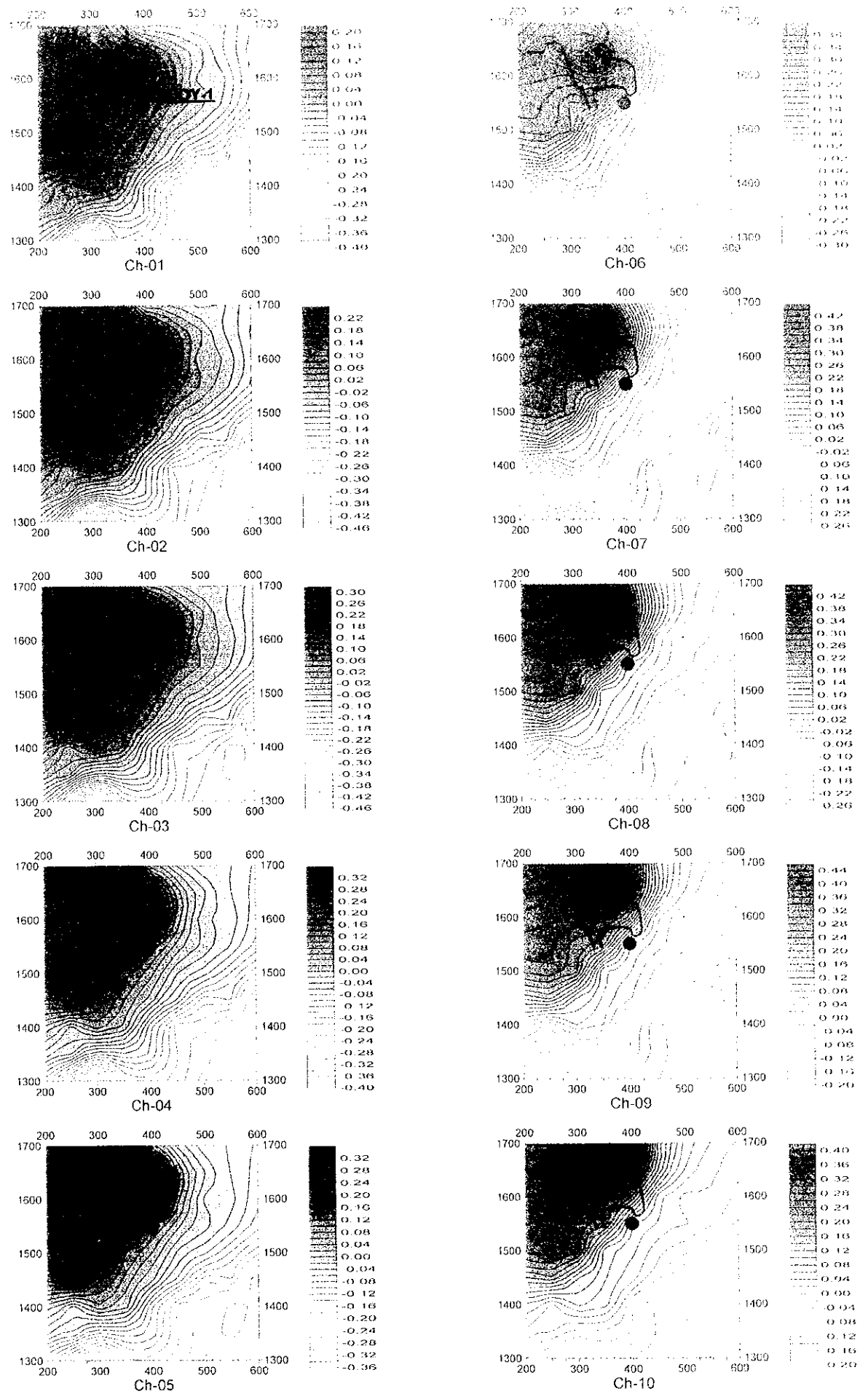


Fig. II-6-4(1) TEM response maps of Loop1 (Ch1-Ch10)



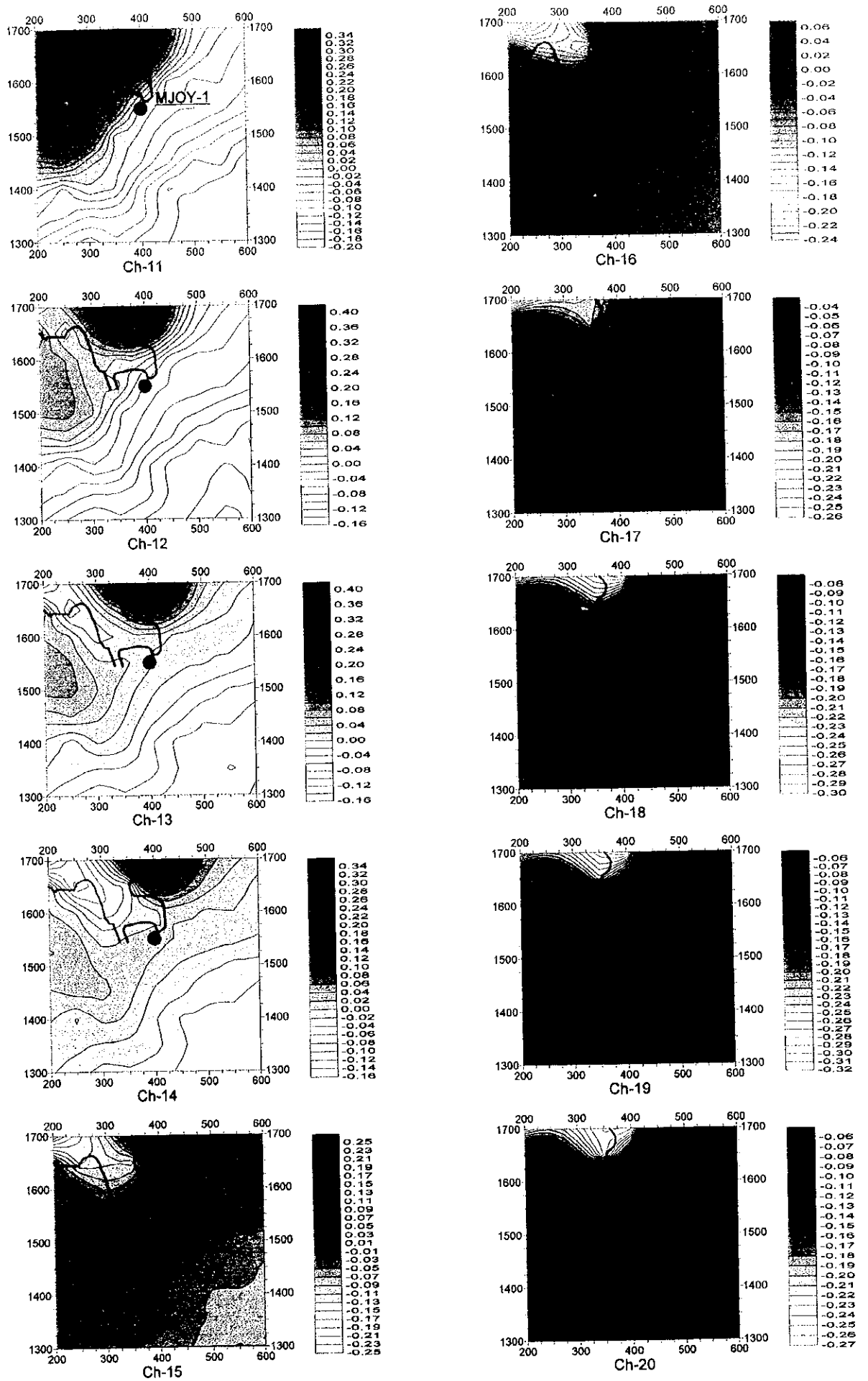
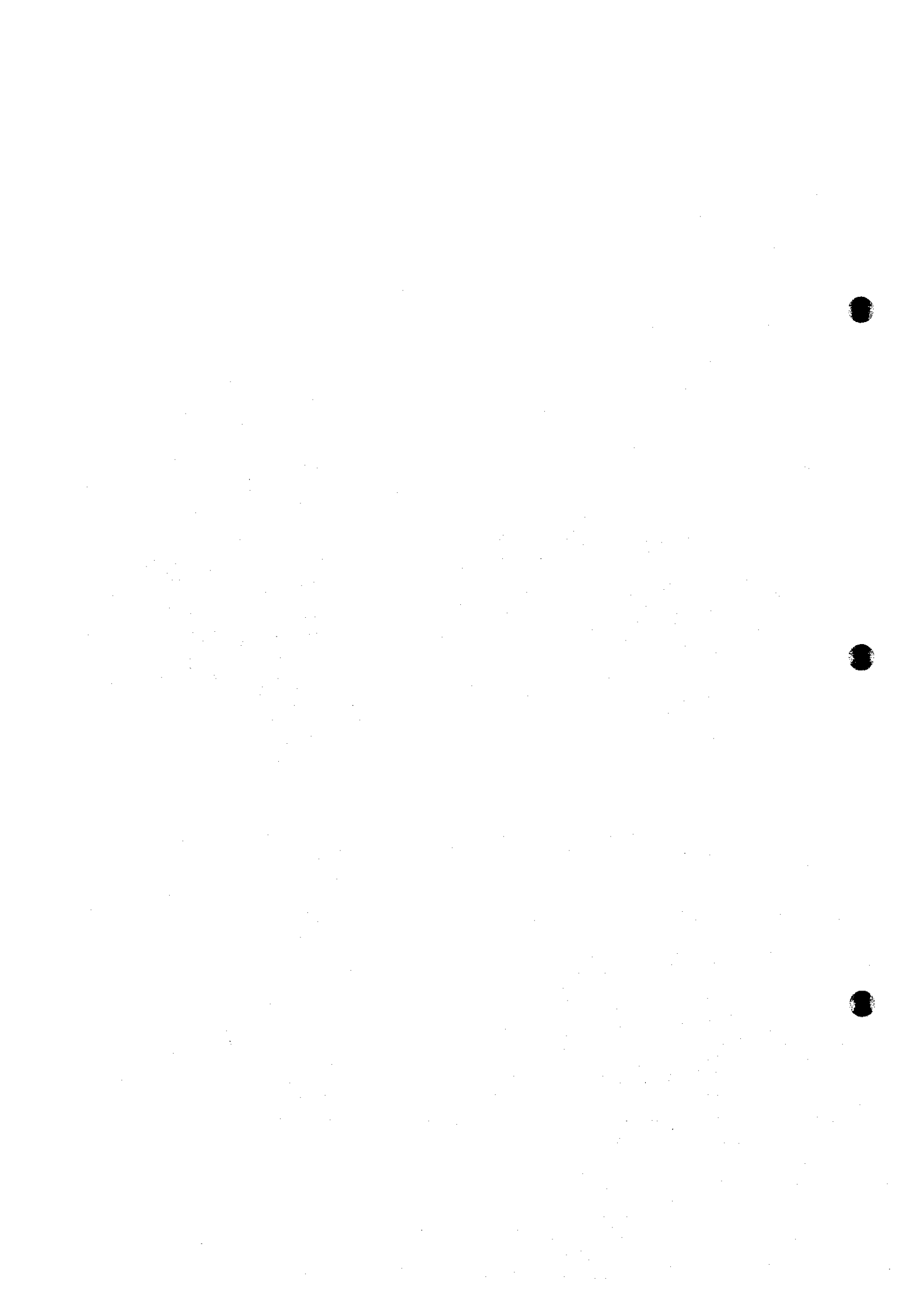


Fig. II -6-4(2) TEM response maps of Loop1 (Ch11-Ch20)



6-5-2 クルン・アル・アクバブ地区

(1) 測点設定

本地区では TDIP 法により低比抵抗・高分極率異常が捕捉された。塊状硫化物鉱床の可能性が考えられたため、TEM 法調査を実施した。TDIP 法で捕捉された低比抵抗帯をカバーするようにループを設定した。測点間隔は 50m、測定範囲は 400m×400m、測定ループ数は 1 ループである。

調査位置を Fig. II-5-4, Fig. II-5-19 に示す。

(2) 測定結果

磁場分布平面図を Fig. II-6-5(1), (2) に示す。

2800E, 1500N 付近を中心とする顕著な高磁場異常が浅部～中深部(Ch-01～Ch-12)に認められる。この高磁場異常に対してボーリング調査 (MJOY-3 孔) を実施したところ深部においてストックワーク鉱体に着鉱した。ボーリングのコア観察によると浅部～中深部では顕著な鉱化作用が認められないため、TEM 法調査で認められる高磁場異常は鉱化作用によるものではないと考えられる。本地区で実施したボーリング孔 5 本の全てでストックワーク鉱が確認されたが、捕捉された箇所は高分極率・中～高比抵抗 (TDIP 法調査), 低磁場強度 (TEM 法調査) の分布範囲とよく一致しているため、ストックワーク鉱体は高分極率・中～高比抵抗を示すと考えられる。

6-5-3 ハイル・アス・サフィール地区

(1) 測点設定

本地区では、既存の鉱体による TDIP 異常が広い範囲に分布する。既存鉱体の構造の把握および新規鉱体の発見を目的として、TEM 法調査を実施した。既存鉱体のうち、ハイル・アス・サフィール鉱体、ビシャーラ鉱体およびアル・ジャディード鉱体をカバーする範囲にループを設定した。測点間隔は 50m、測定範囲は 400m×400m、測定ループ数は 5 ループ (Loop-3～7) である。

調査位置を Fig. II-5-4, Fig. II-5-24 に示す。

(2) 測定結果

Loop-3

磁場分布平面図を Fig. II-6-6(1), (2) に示す。

Loop-3 の調査範囲にはハイル・アス・サフィール鉱体とビシャーラ鉱体の一部が含まれる。

南西部のビシャーラ鉱体の範囲では、Ch-05 以深で 3850W, 1500N を中心とした高磁場異常が認められる。この高磁場異常は深部になるにつれて、南東方向に延びる傾向が見られる。ストックワーク鉱を主体とするハイル・アス・サフィール鉱体では全体的に顕著な磁場異常は認められないが、3700W, 1700N を中心として一部に高磁場異常が認められる。ここでは過去に実施されたボーリング調査で塊状硫化物鉱が確認されている。



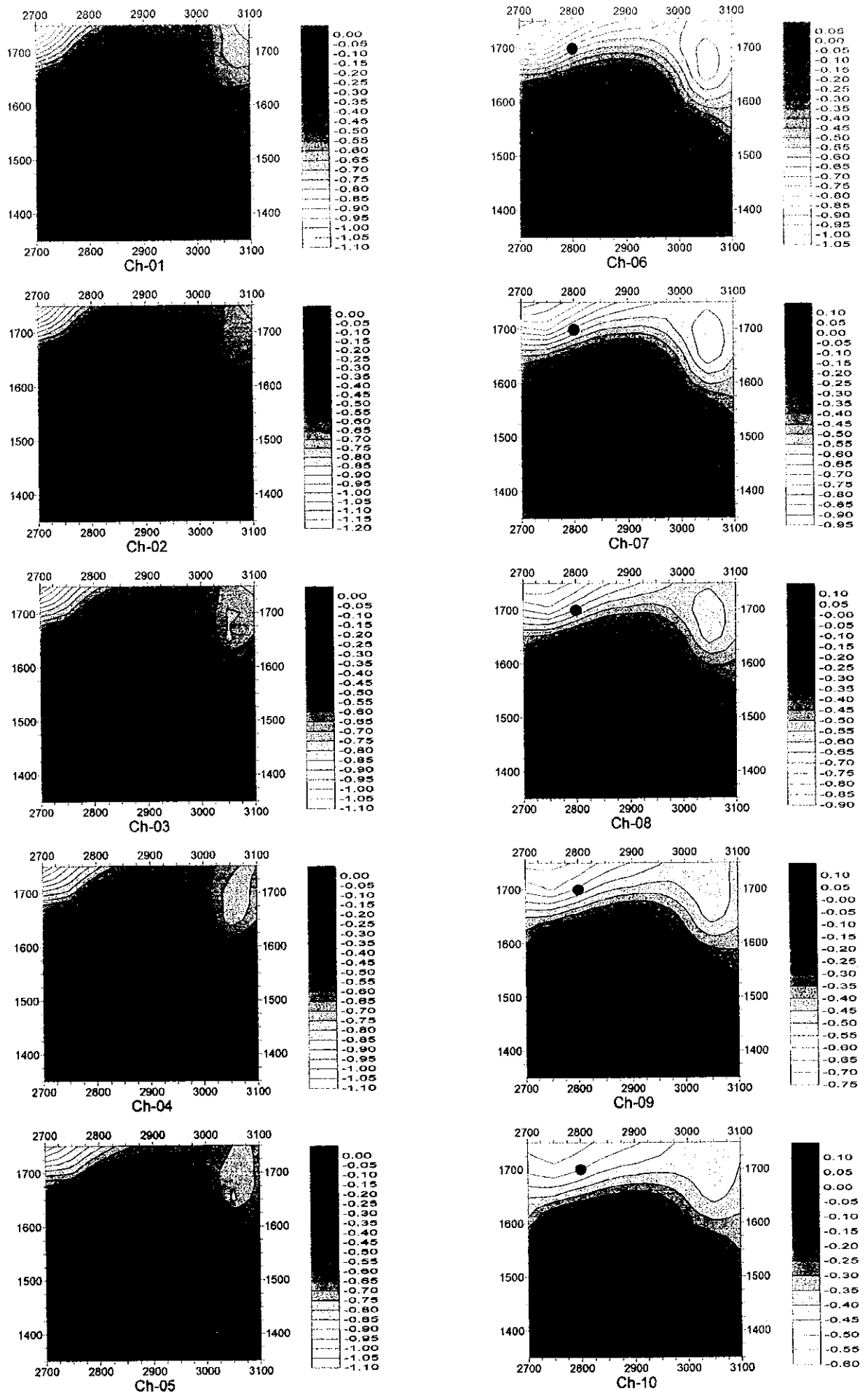


Fig. II -6-5(1) TEM response maps of Loop2 (Ch1-Ch10)

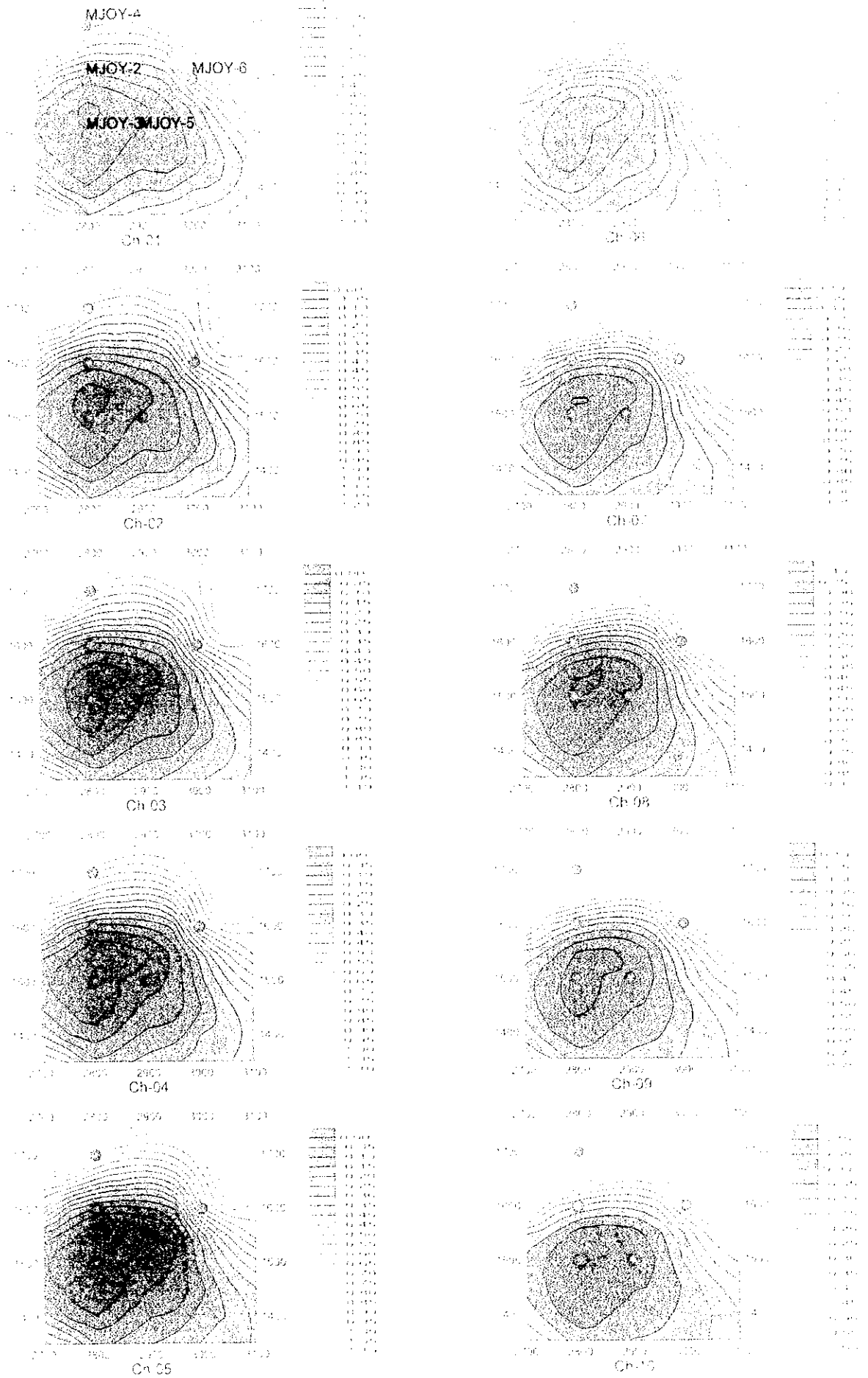


Fig. II-6-5(1) HEM response maps of Loop² (Ch1-Ch10)



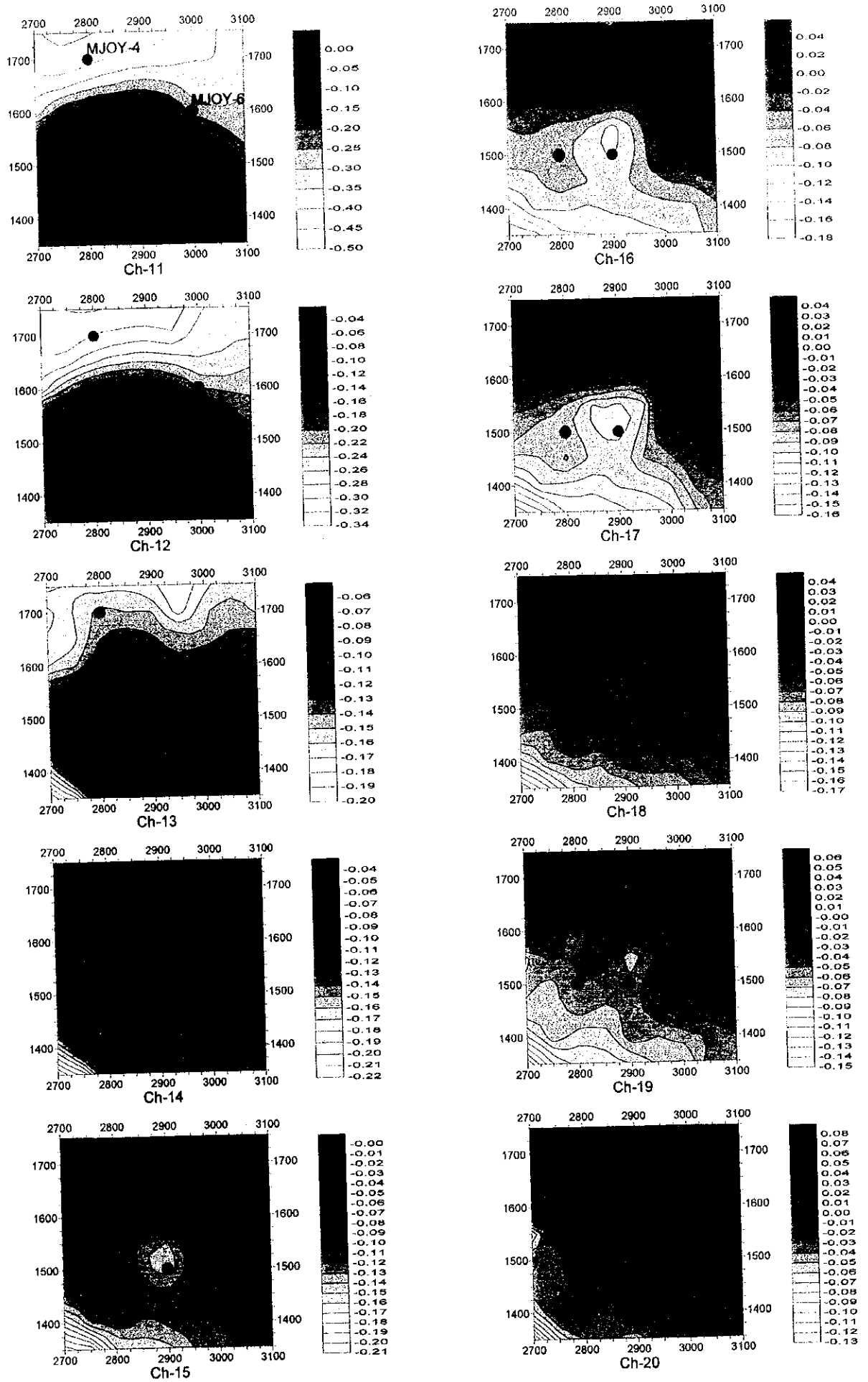


Fig. II-6-5(2) TEM response maps of Loop2 (Ch11-Ch20)

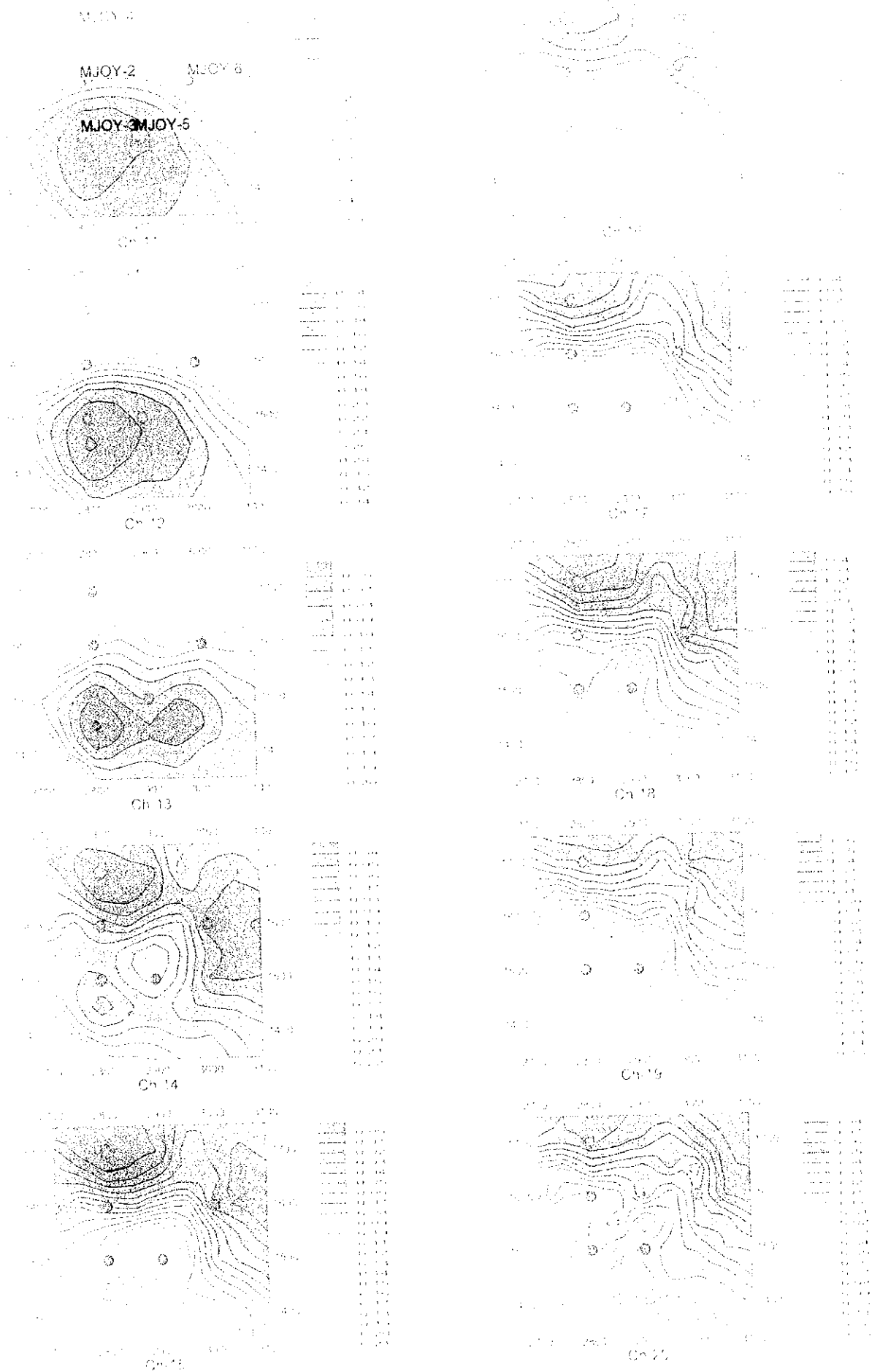


Fig. B-6-5(2) BEM response maps of Loop 2 (Ch 11-Ch 20)



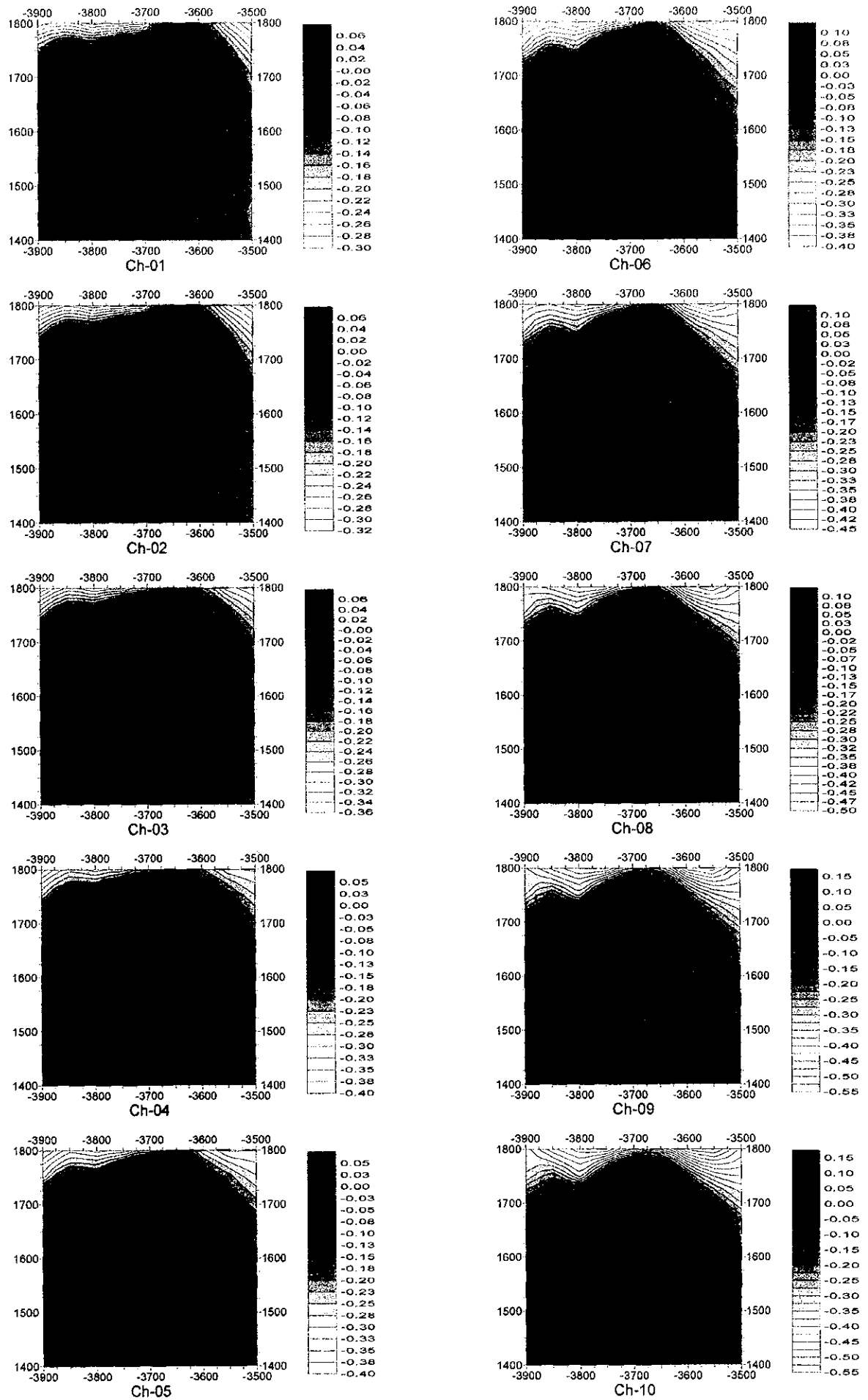


Fig. II -6-6(1) TEM response maps of Loop3 (Ch1-Ch10)

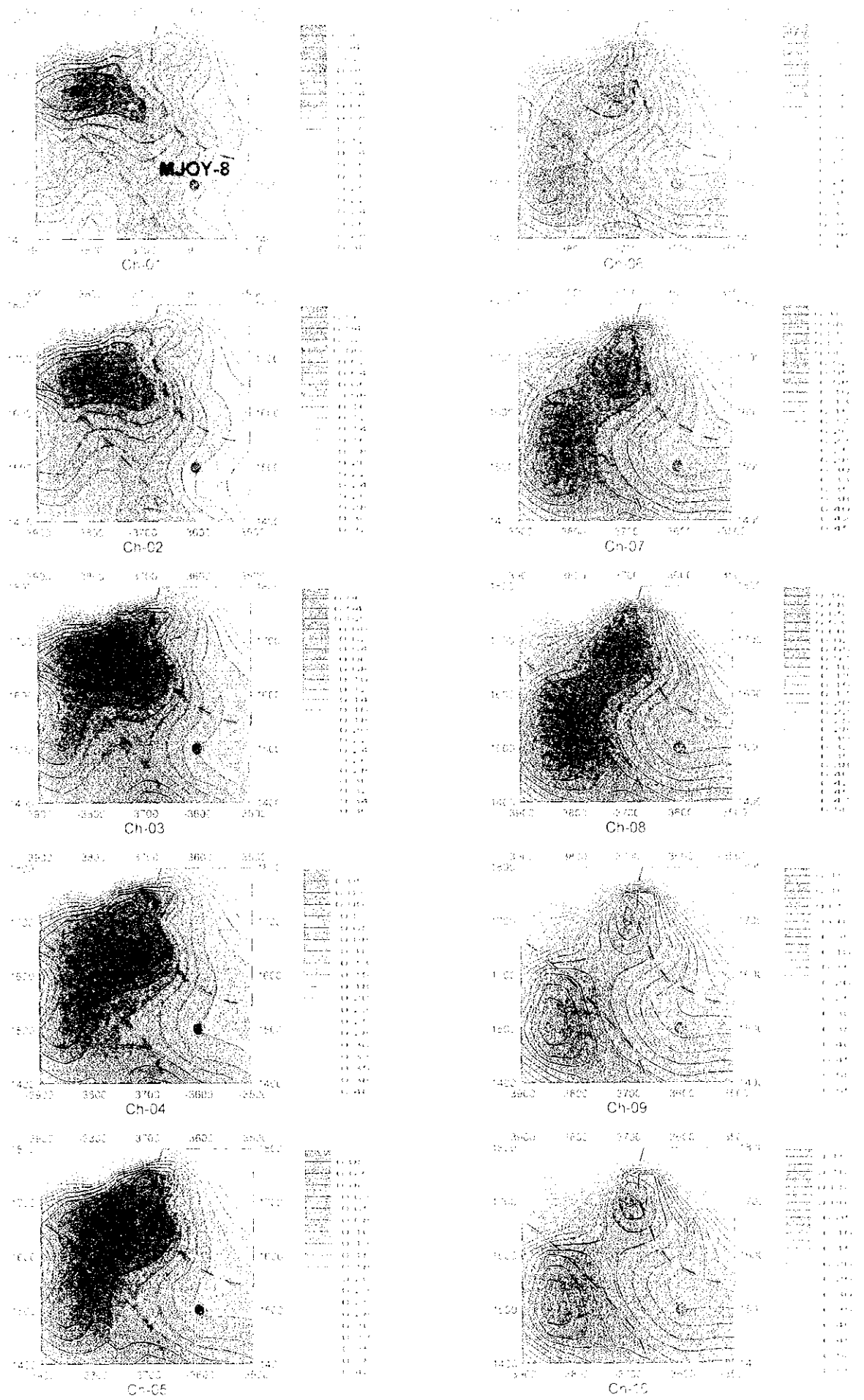


Fig. II-5-6(1) ILM response maps of Loop² (Ch1-Ch10)



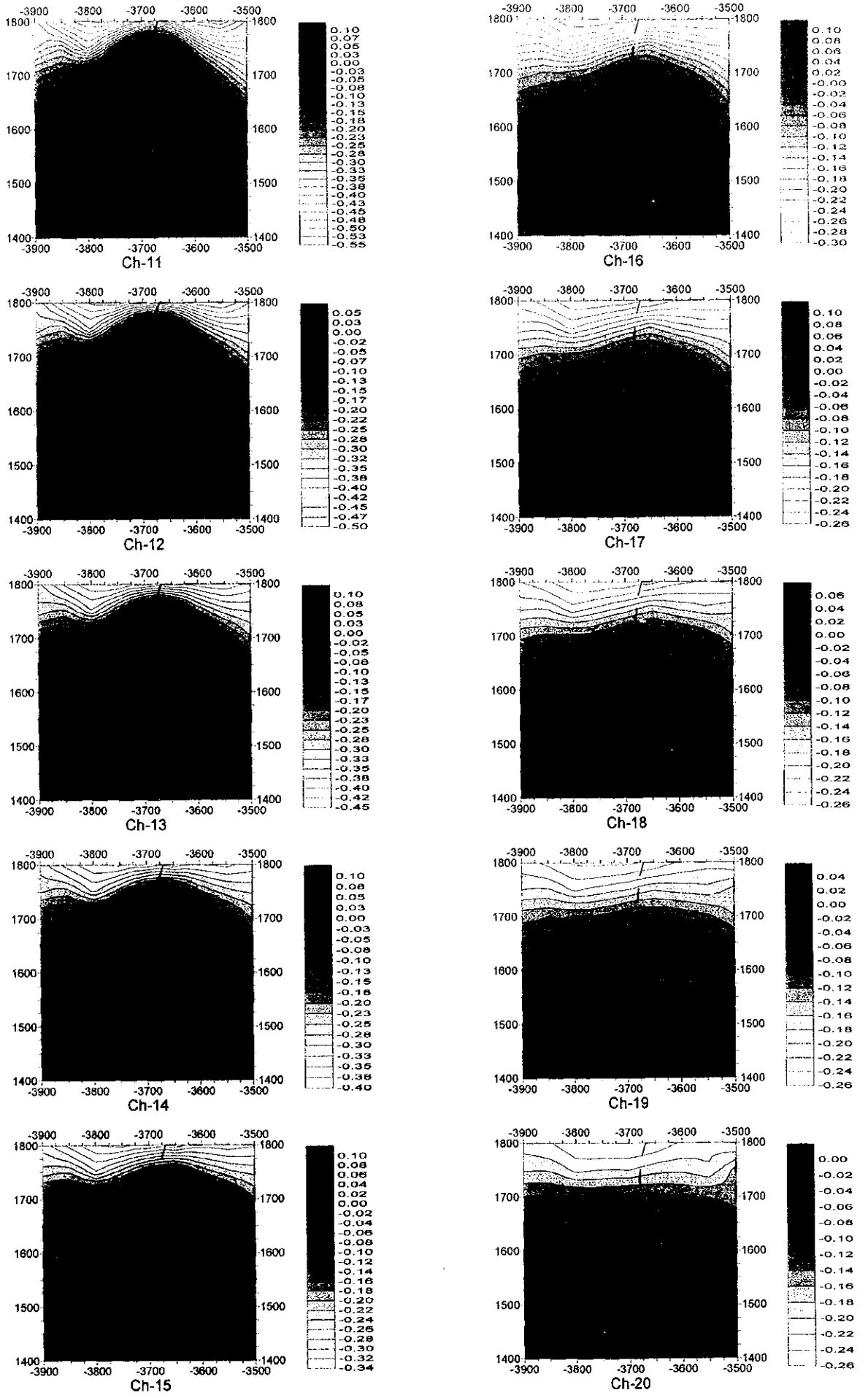


Fig. II -6-6(2) TEM response maps of Loop3 (Ch11-Ch20)

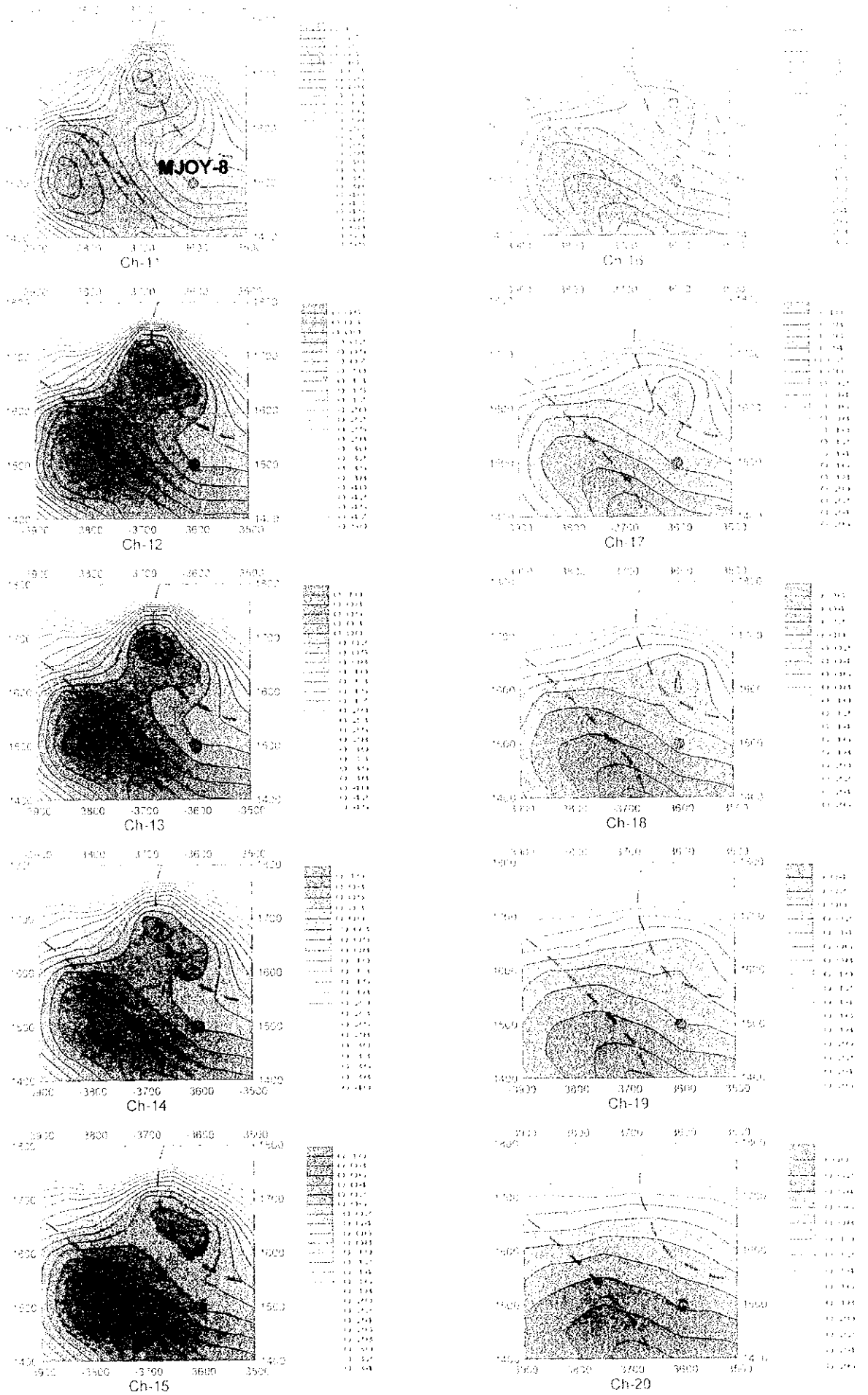
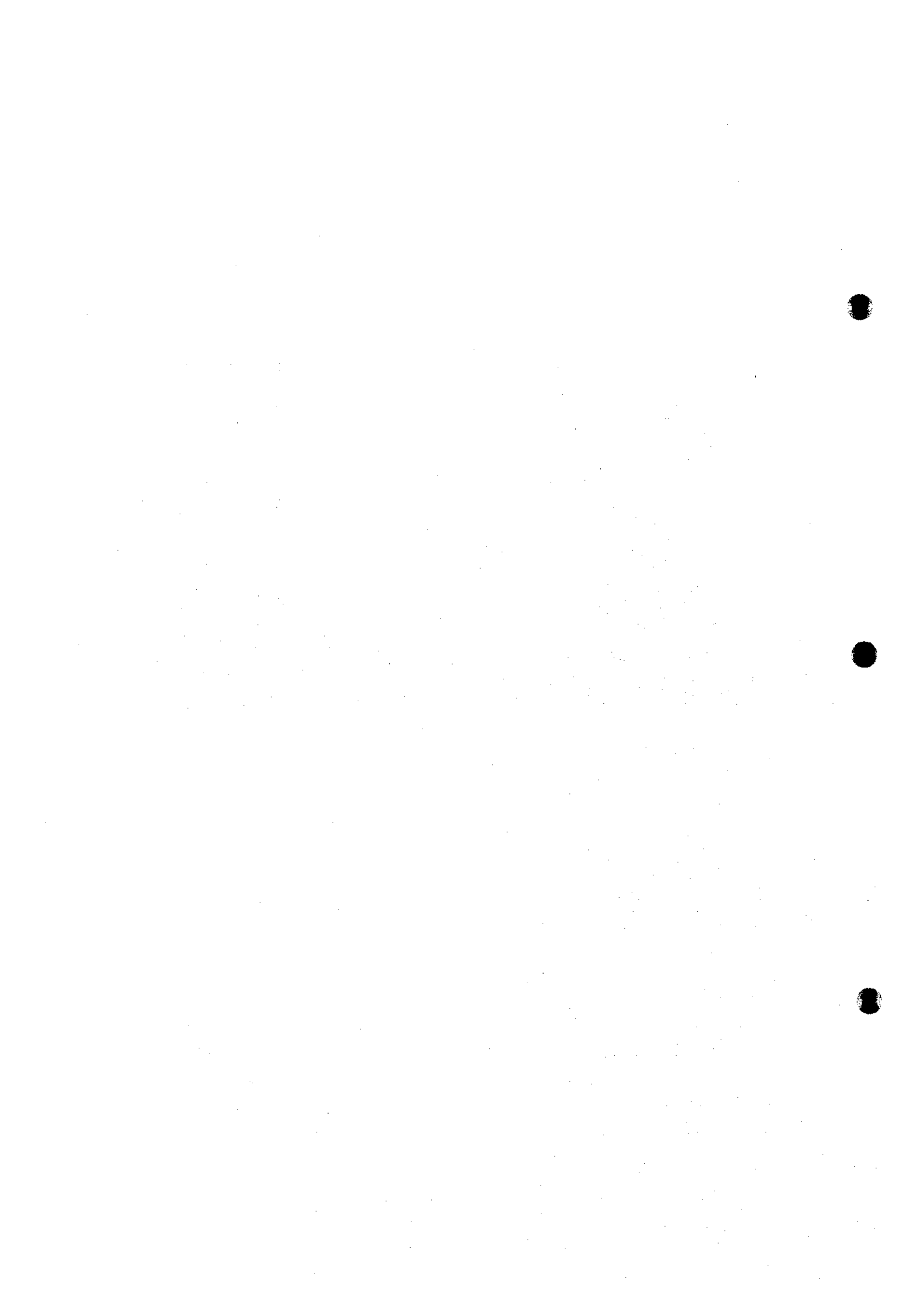


Fig. II-6-6(2) TEM response maps of Loop3 (Ch11-Ch20)



Loop-4

磁場分布平面図を Fig. II-6-7(1), (2)に示す。

Loop-4 は Loop-3 の東隣に設置した。ハイル・アス・サフィール鉱体の一部が含まれる。

ハイル・アス・サフィール鉱体では、3500W, 1700N を中心として小規模な高磁場異常が Ch-05 ~ Ch-10 で認められる。ループ北東部では、浅部から中深部にかけて (Ch-01 ~ Ch-10) 高磁場異常が分布している。ここは TDIP 法調査でも低比抵抗が認められたが、分極率が低いので鉱化作用によるものではないと考えられる。

Loop-5

磁場分布平面図を Fig. II-6-8(1), (2)に示す。

Loop-5 は Loop-3 の南隣に設置した。ビシャーラ鉱体の一部を含む。

ループ北西端を中心に小規模な高磁場異常が Ch-05 ~ Ch-15 で認められる。ここはビシャーラ鉱体の南端部に位置する。3500W, 1200N を中心とした高磁場異常が Ch-01 ~ Ch-10 で認められる。この高磁場異常のすぐ東側にはアル・ジャディード鉱体が位置しており、その影響が西側に延びていると考えられる。

Loop-6

磁場分布平面図を Fig. II-6-9(1), (2)に示す。

Loop-6 は Loop-5 の東隣に設置した。アル・ジャディード鉱体を含む。

全体的に見ると、Ch-05 以深で北東側で低磁場異常、南西側で高磁場異常となっている。南西側の高磁場異常は地区南部に広く分布する堆積岩の影響であると考えられる。高磁場異常域の中でも特に高い値を示す部分が Ch-08 ~ Ch-15 で認められ、これがアル・ジャディード鉱体に対応する。

Loop-7

磁場分布平面図を Fig. II-6-10(1), (2)に示す。

Loop-7 は Loop-3 の西隣に設置した。ビシャーラ鉱体の一部を含む。

Ch-01 ~ Ch-10 でビシャーラ鉱体に対応する高磁場異常が認められる。Ch-11 以深では南部を中心に高磁場異常が広く分布するが、TDIP 法調査では分極率が低い箇所であるため、堆積岩の影響であると考えられる。

6-6 考察

塊状硫化物鉱体を捕捉するために、ラカー金鉱山およびクルン・アル・アクバブ地区で Loop-1, Loop-2 を実施した。Loop-1 では、深部に小さな高磁場異常が認められたため、ボーリング調査を実施したが、塊状硫化物鉱体は捕捉されなかった。Loop-2 では地表付近から認められる顕著な高磁場異常に対してボーリング調査を実施したところ、ストックワーク鉱に着鉱した。TDIP 法



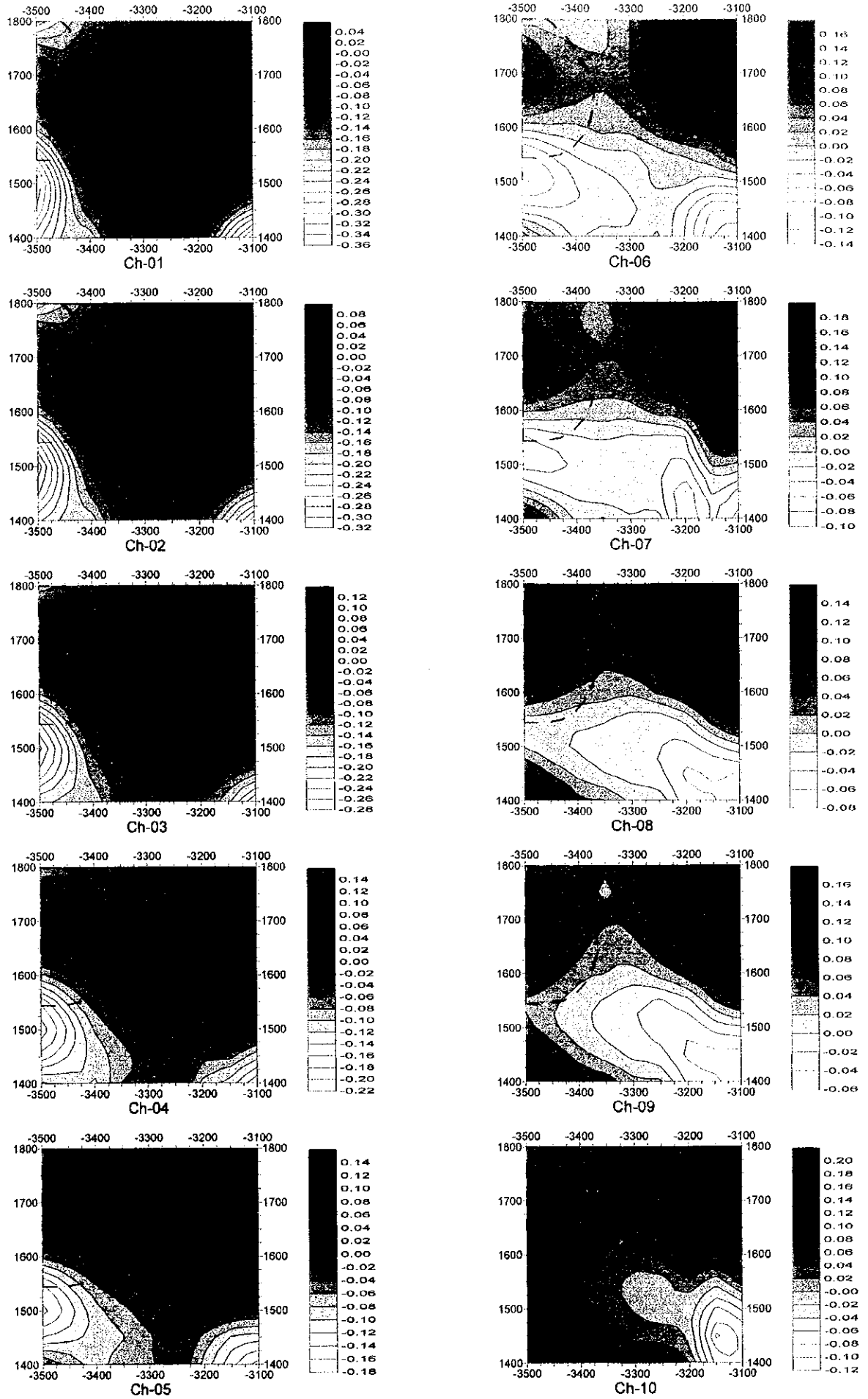


Fig. II-6-7(1) TEM response maps of Loop4 (Ch1-Ch10)



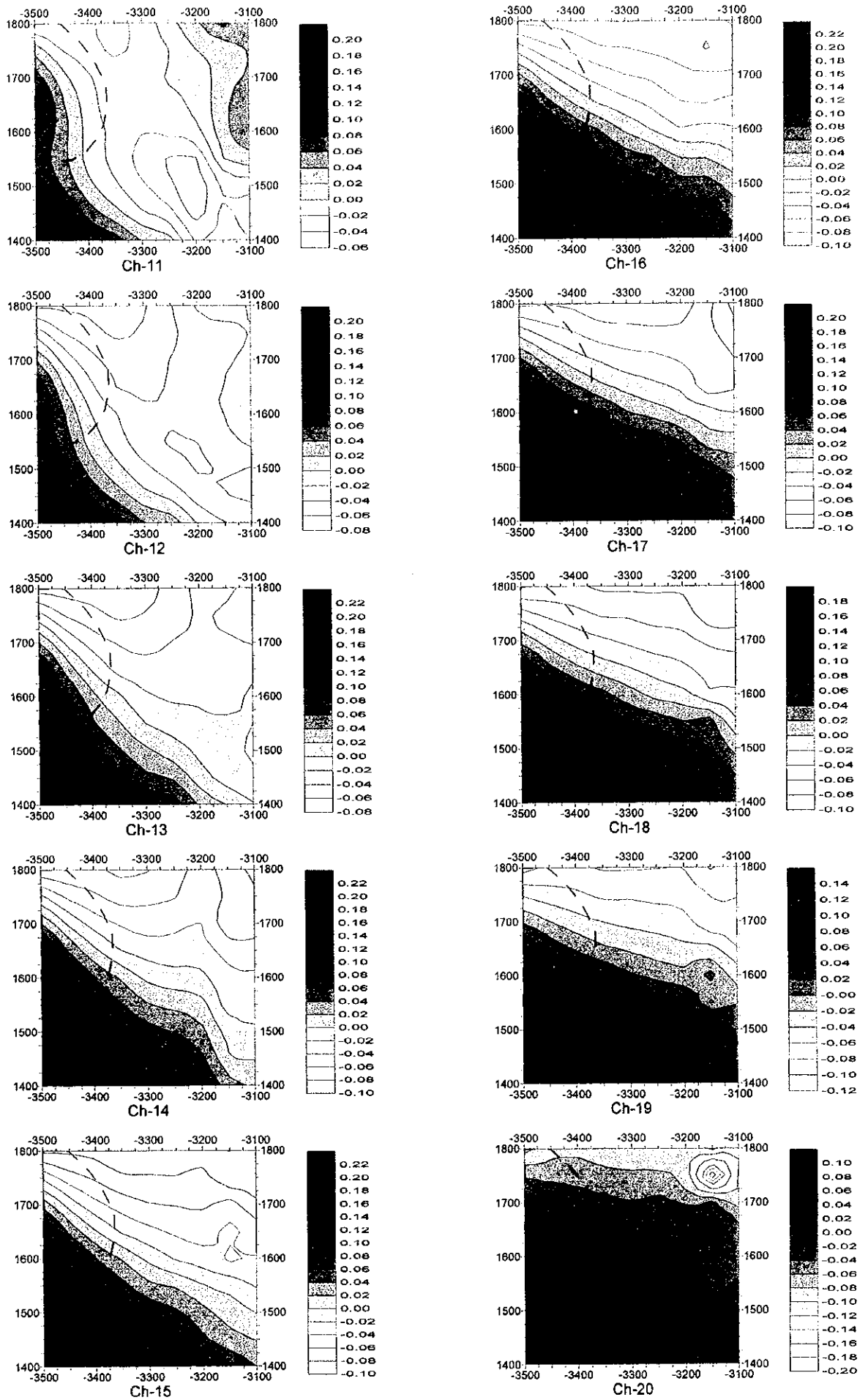


Fig. II -6-7(2) TEM response maps of Loop4 (Ch11-Ch20)



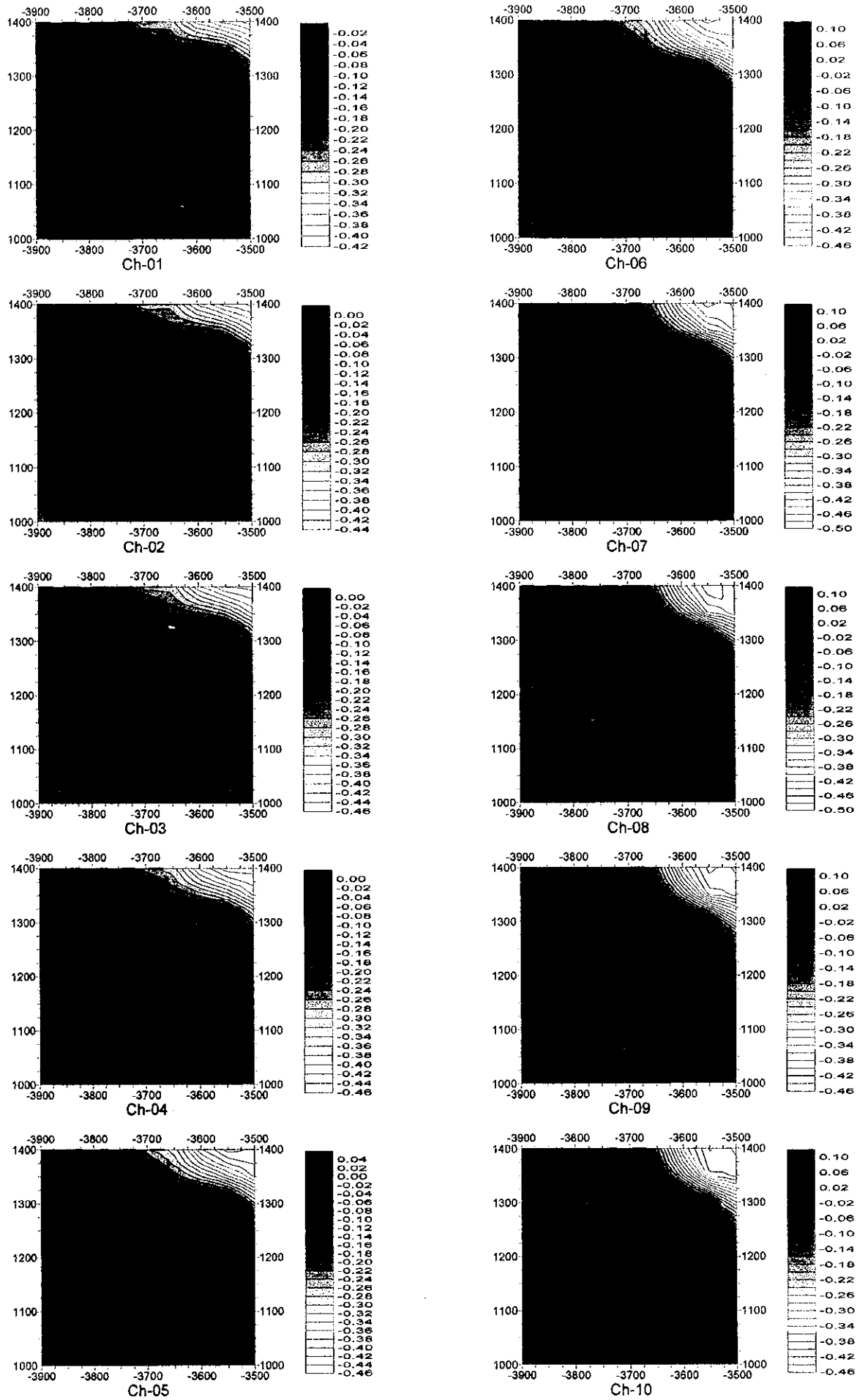


Fig. II -6-8(1) TEM response maps of Loop5 (Ch1-Ch10)



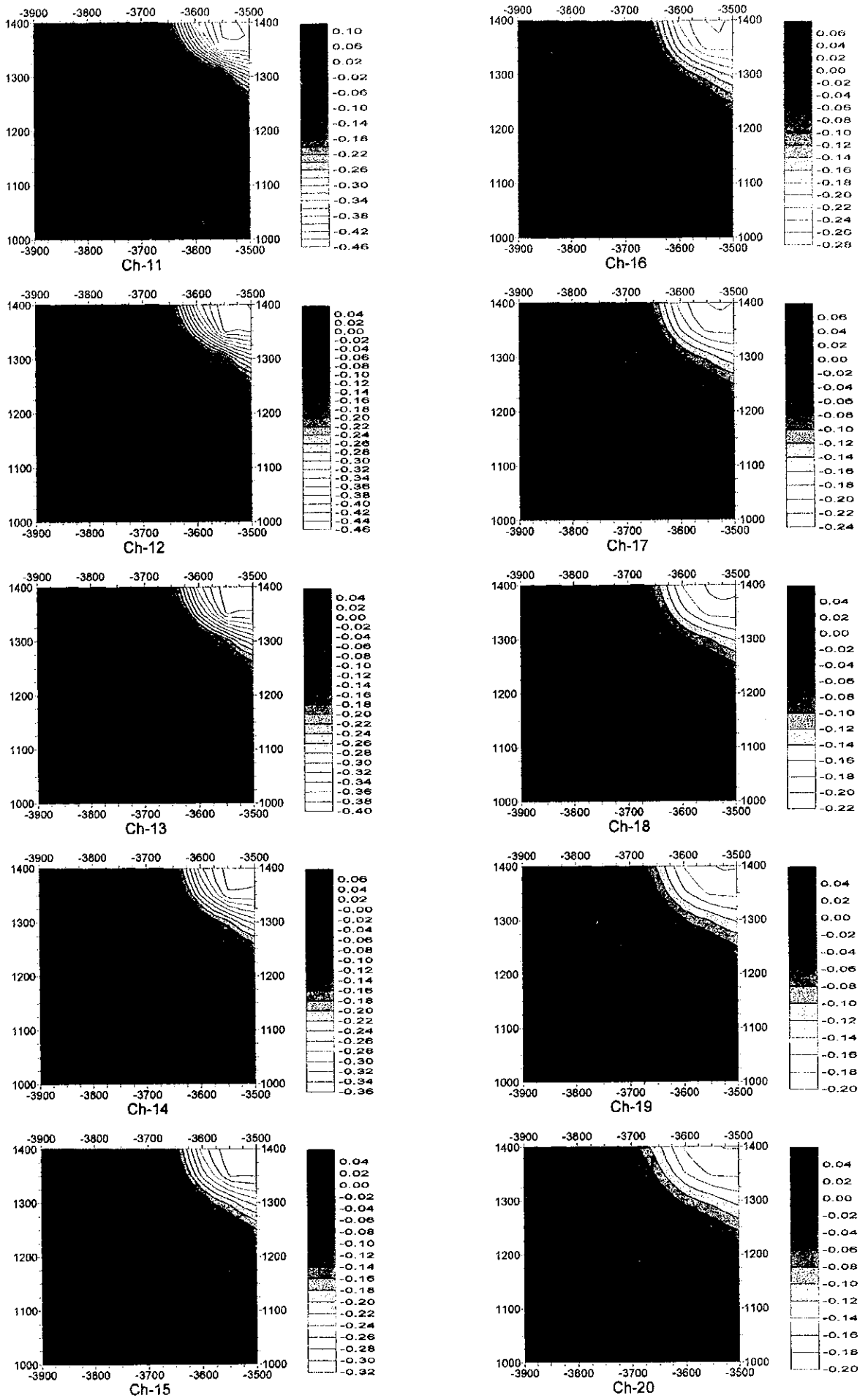


Fig. II-6-8(2) TEM response maps of Loop5 (Ch11-Ch20)



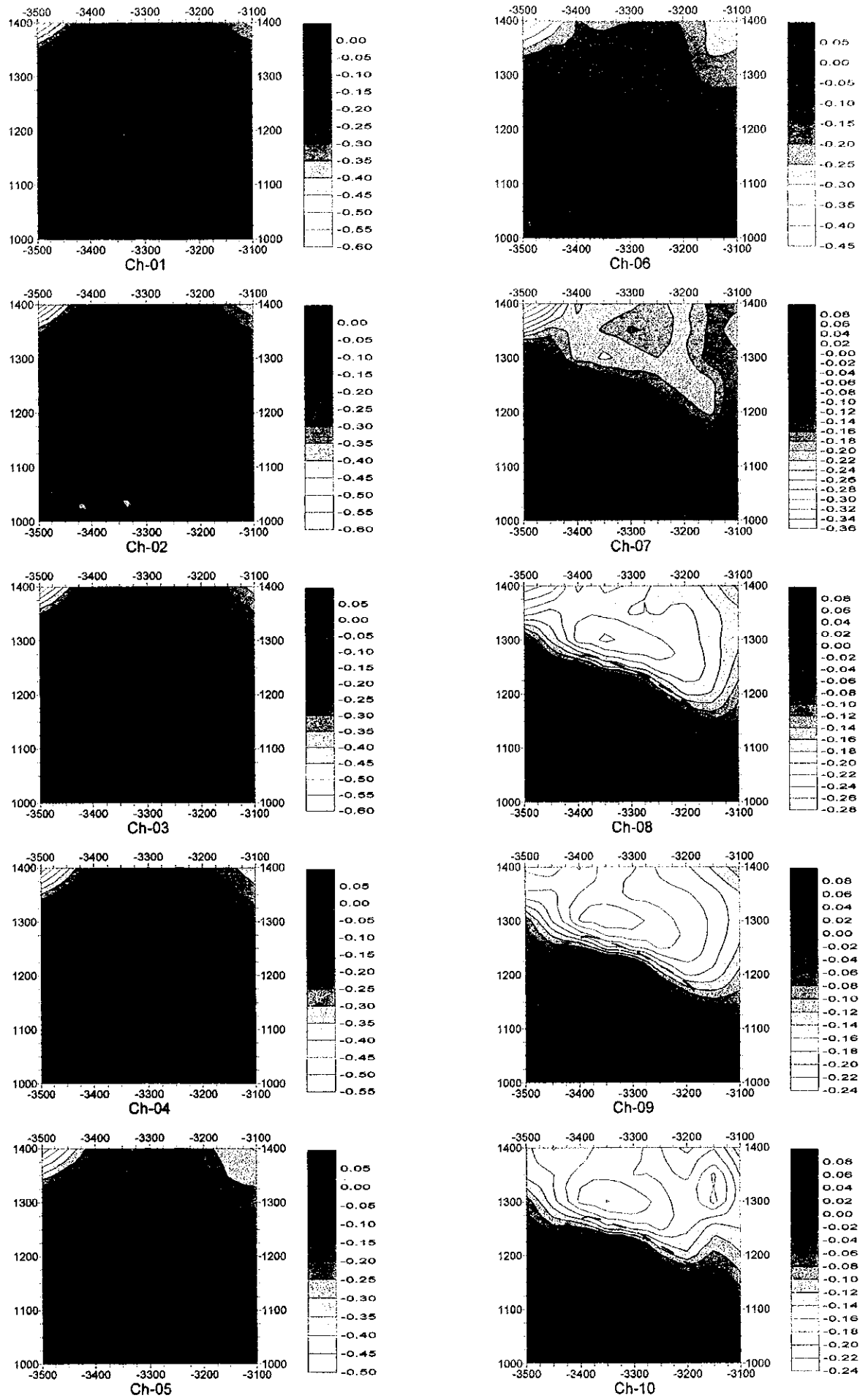


Fig. II-6-9(1) TEM response maps of Loop6 (Ch1-Ch10)



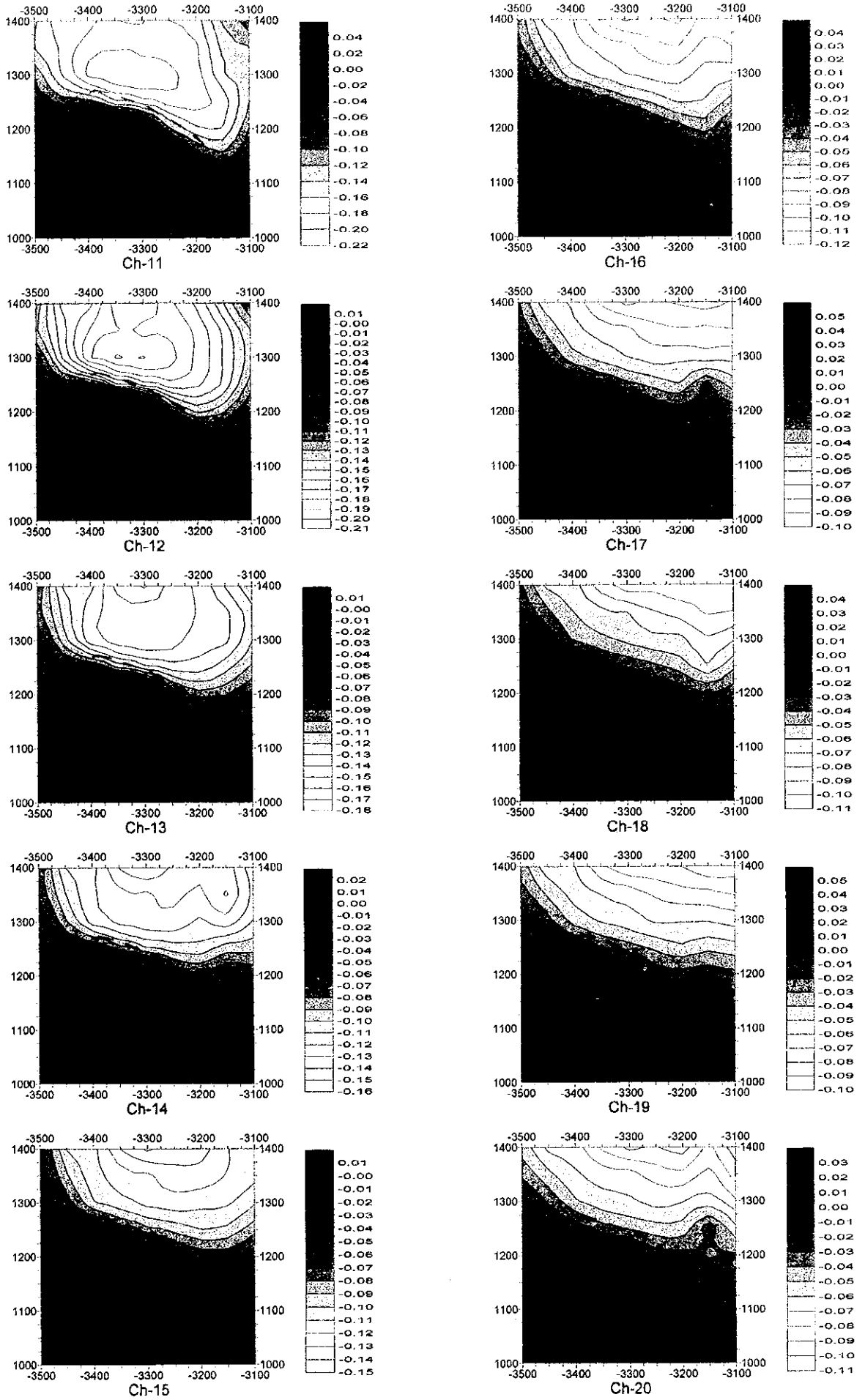


Fig. II -6-9(2) TEM response maps of Loop6 (Ch11-Ch20)



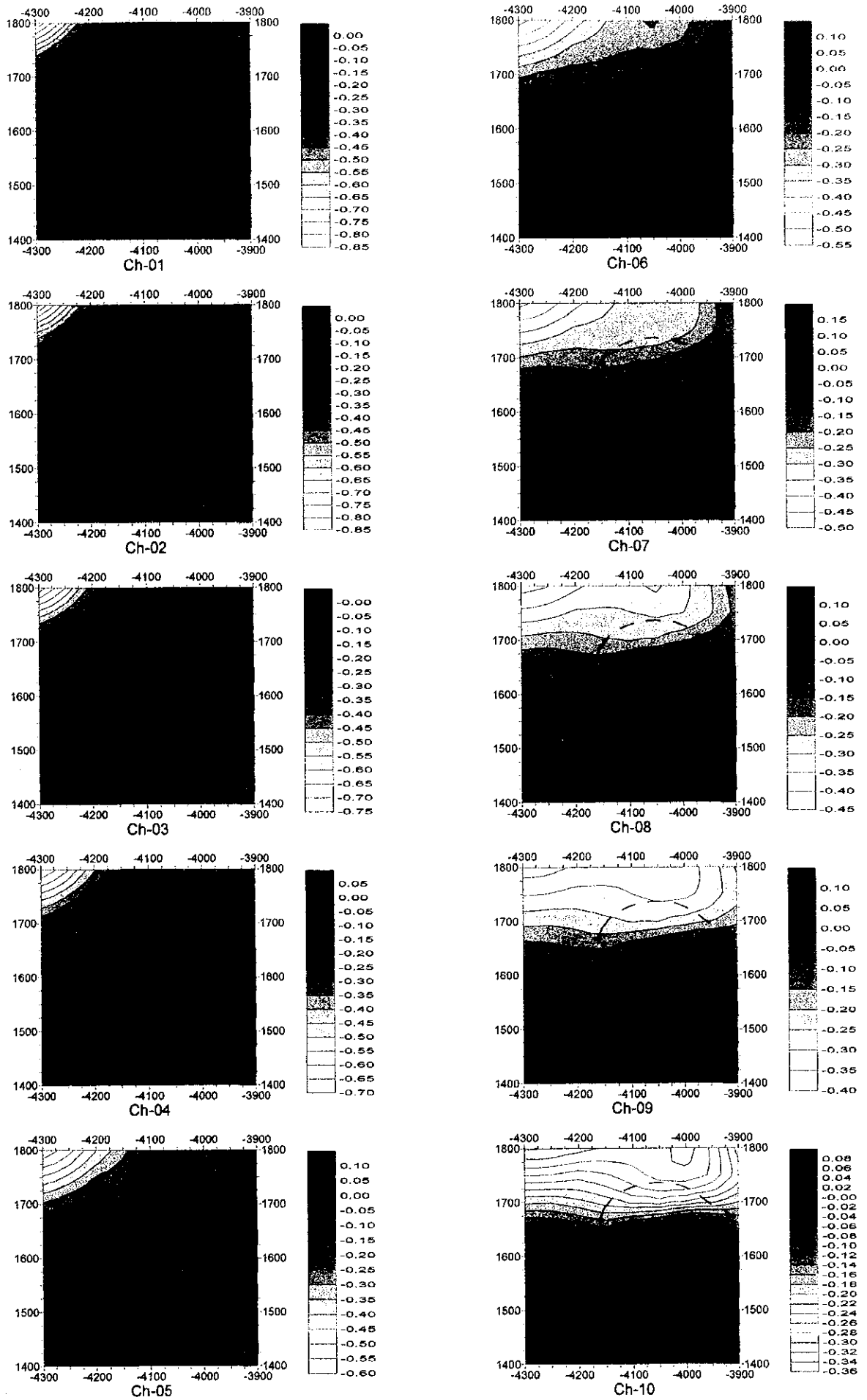


Fig. II -6-10(1) TEM response maps of Loop7 (Ch1-Ch10)



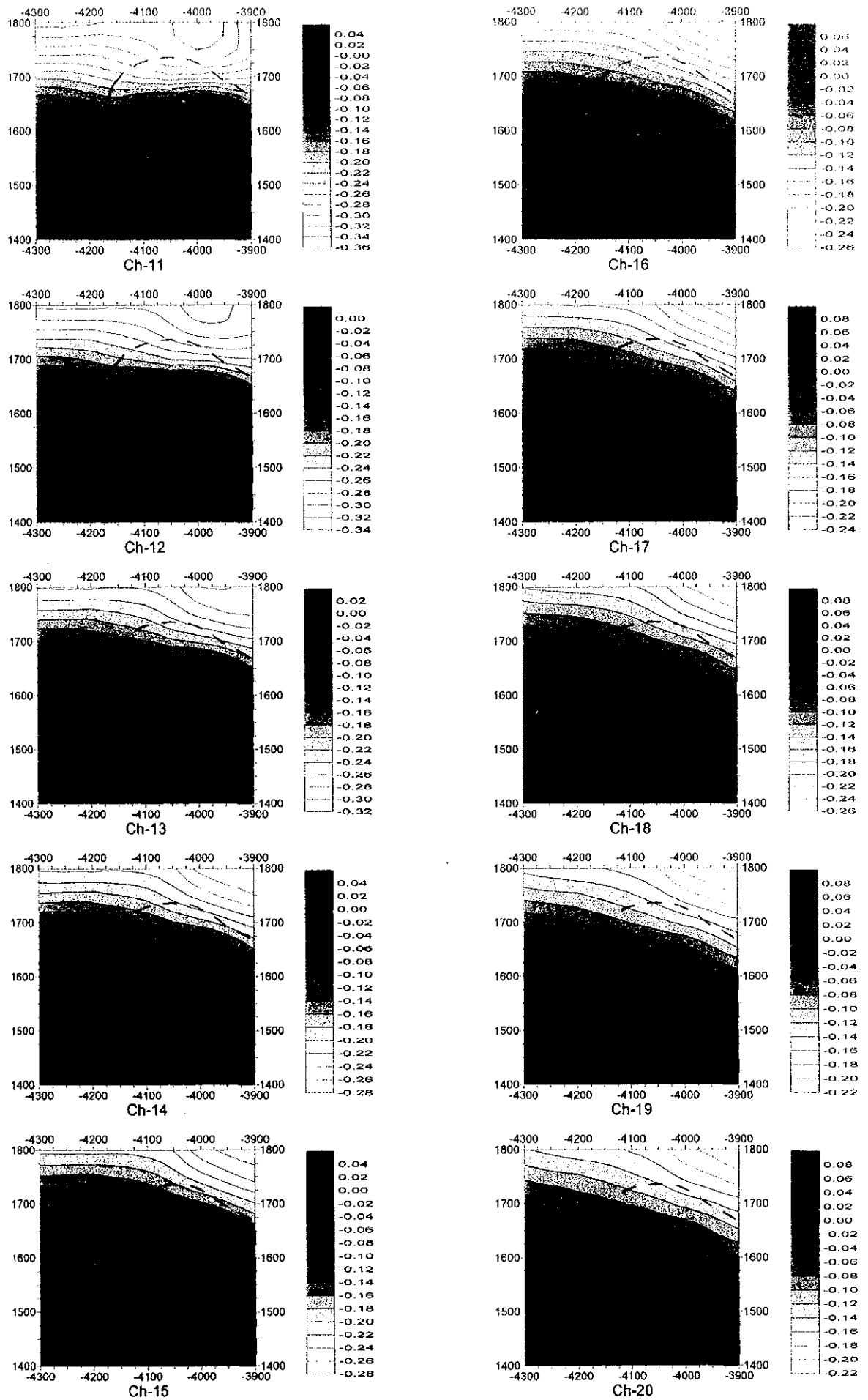
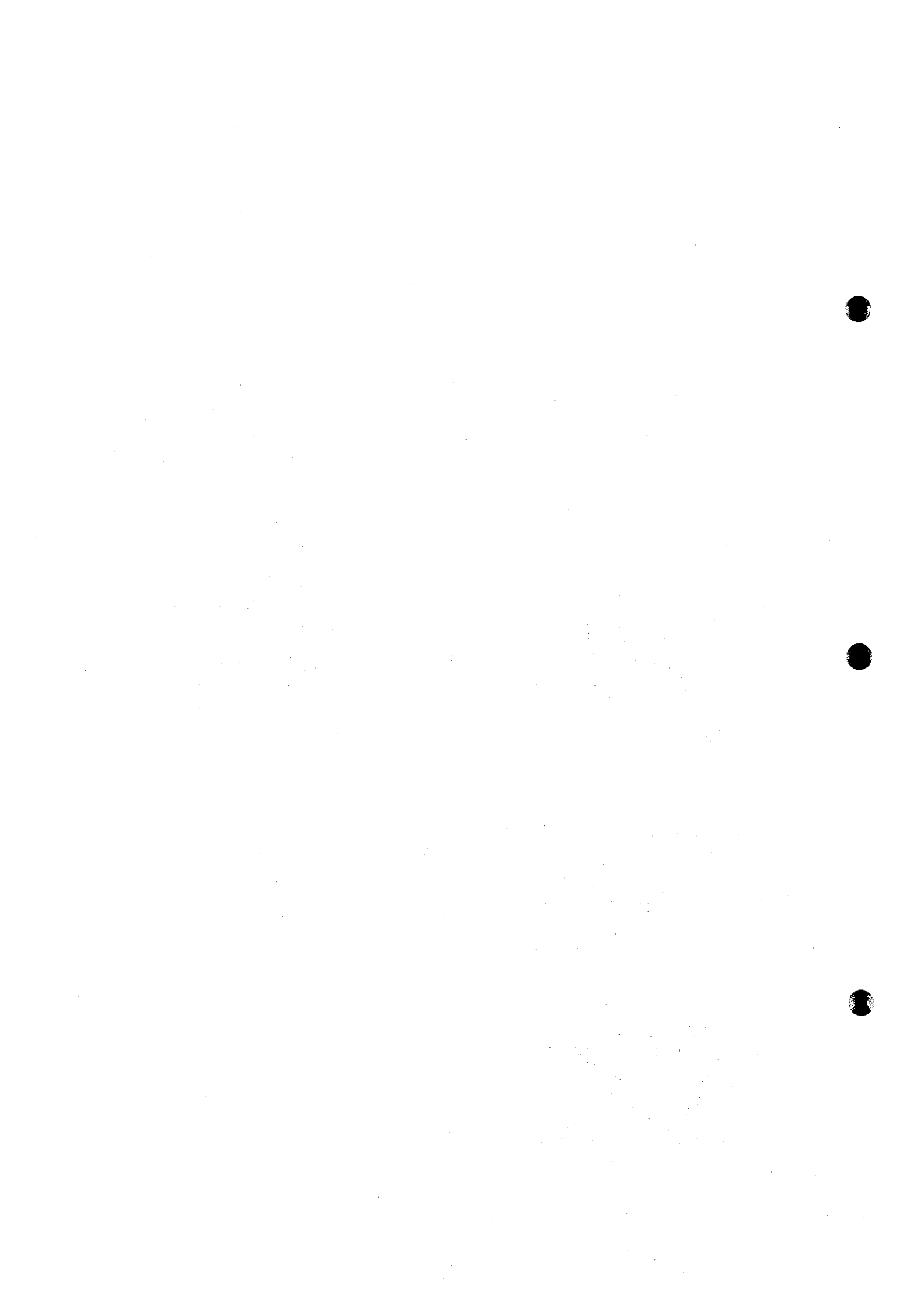


Fig. II -6-10(2) TEM response maps of Loop7 (Ch11-Ch20)



の2次元解析およびTEM法の1次元解析の結果とボーリング調査の結果を比較すると、低比抵抗は、測点14～15の地表付近に限られ、ストックワーク鉱が確認されたところは高比抵抗となっている。また、高分極率帯とストックワーク鉱が確認された箇所はよく一致している。以上のことから、ストックワーク鉱は高分極率・中～高比抵抗を示すということが判明した(Fig. II-6-11)。

ハイル・アス・サフィール地区では、既存の鉱体の分布状況の把握および新規鉱体の捕捉を目的としてLoop-3～Loop-7の5ループを実施した。Fig. II-6-12にハイル・アス・サフィール地区の物理探査総合解析図を、また、Fig. II-6-13にTEM解析断面図を示す。塊状硫化物鉱体を主体とするアル・アシュガル、ビシャーラ、アル・ジャディード鉱体はTDIP法で低比抵抗・高分極率としてよく捕捉されている。また、TEM法でもビシャーラ、アル・ジャディード鉱体が高磁場異常として捕捉されている。ストックワーク鉱を主体とするハイル・アス・サフィール鉱体では分極率は高い値を示しているが、比抵抗はそれほど低くなく、またTEMの磁場異常も全体的に小さい。同鉱体の西側の3700W、1700N付近では高磁場異常が認められるが、この箇所では過去のボーリング調査で塊状硫化物鉱体を確認されている。TEM解析断面図を見ると、塊状硫化物鉱体および角礫鉱は低比抵抗の分布域とよく一致しているが、ストックワーク鉱が確認されている箇所では比抵抗は高い値を示している。

既存の鉱体以外の物理探査異常として以下のものが挙げられる。ハイル・アス・サフィール鉱体の北側に15mV/V以上の高分極率帯が分布する。比抵抗は高い値を示すのでストックワーク鉱の可能性が考えられる。また、TEM解析断面図によると測点15以北の深部に低比抵抗が認められるので、塊状硫化物鉱体が深部に存在する可能性がある。



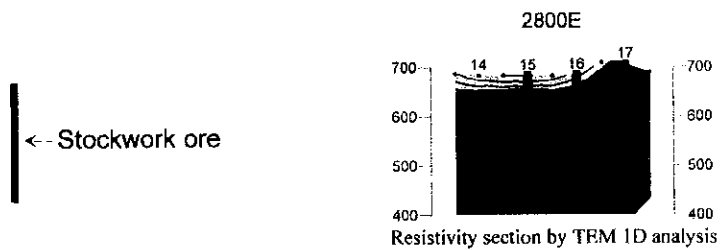
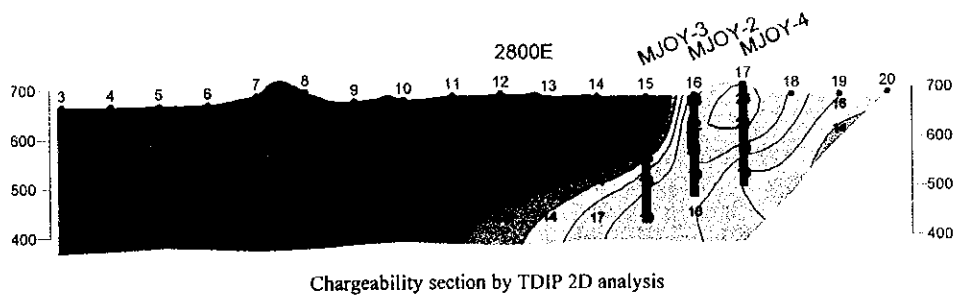
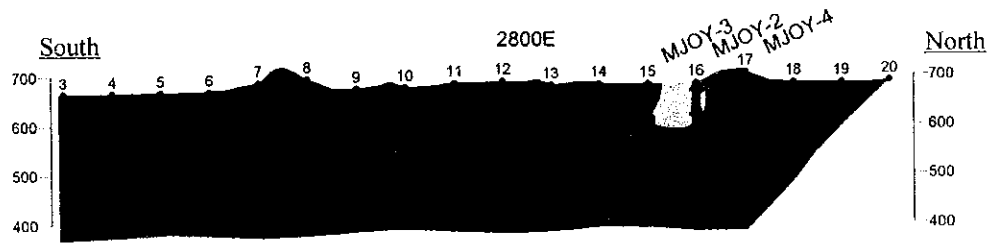
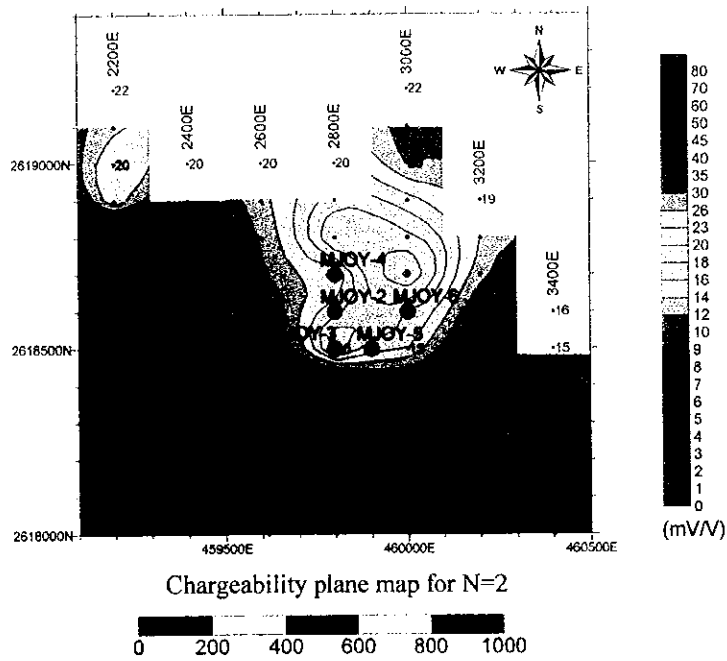


Fig. II -6-11 Results of TDIP & TEM survey in Quron Al-Akhabab area

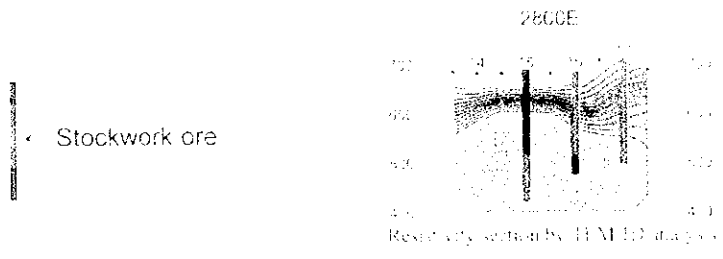
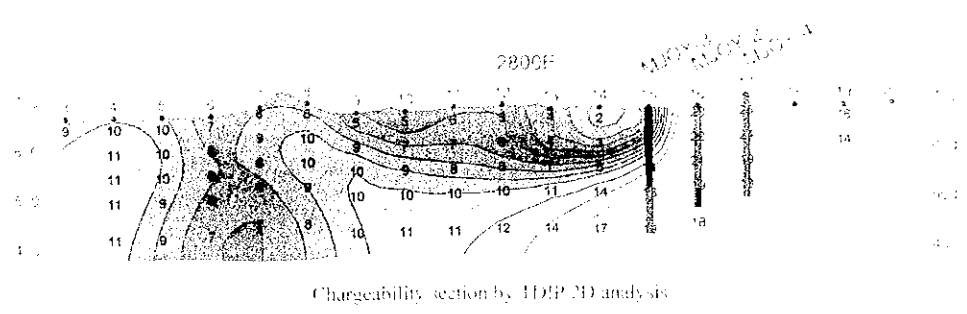
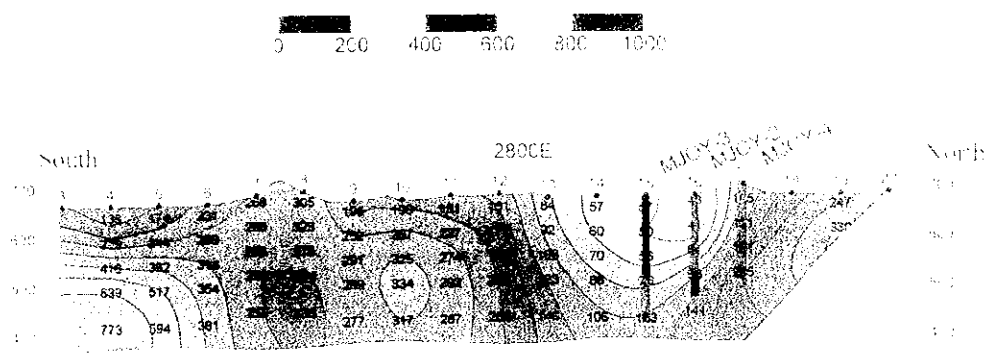
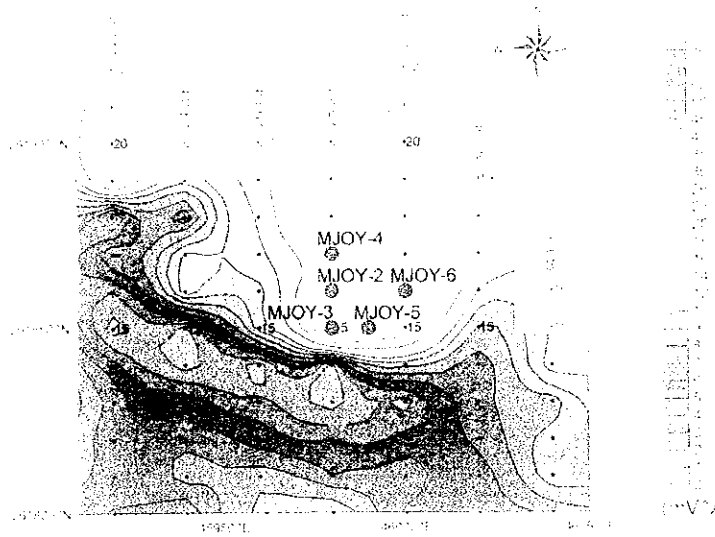


Fig. II-6-11 Results of TDIP & TEM survey in Quron Al-Ashbab area



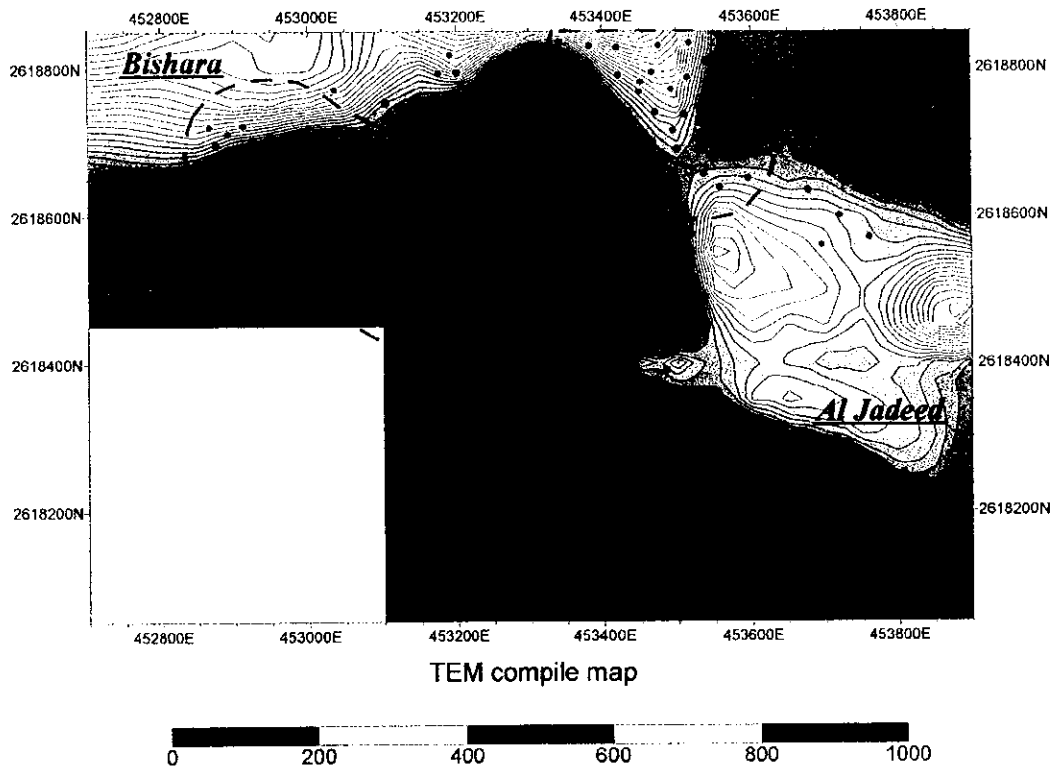
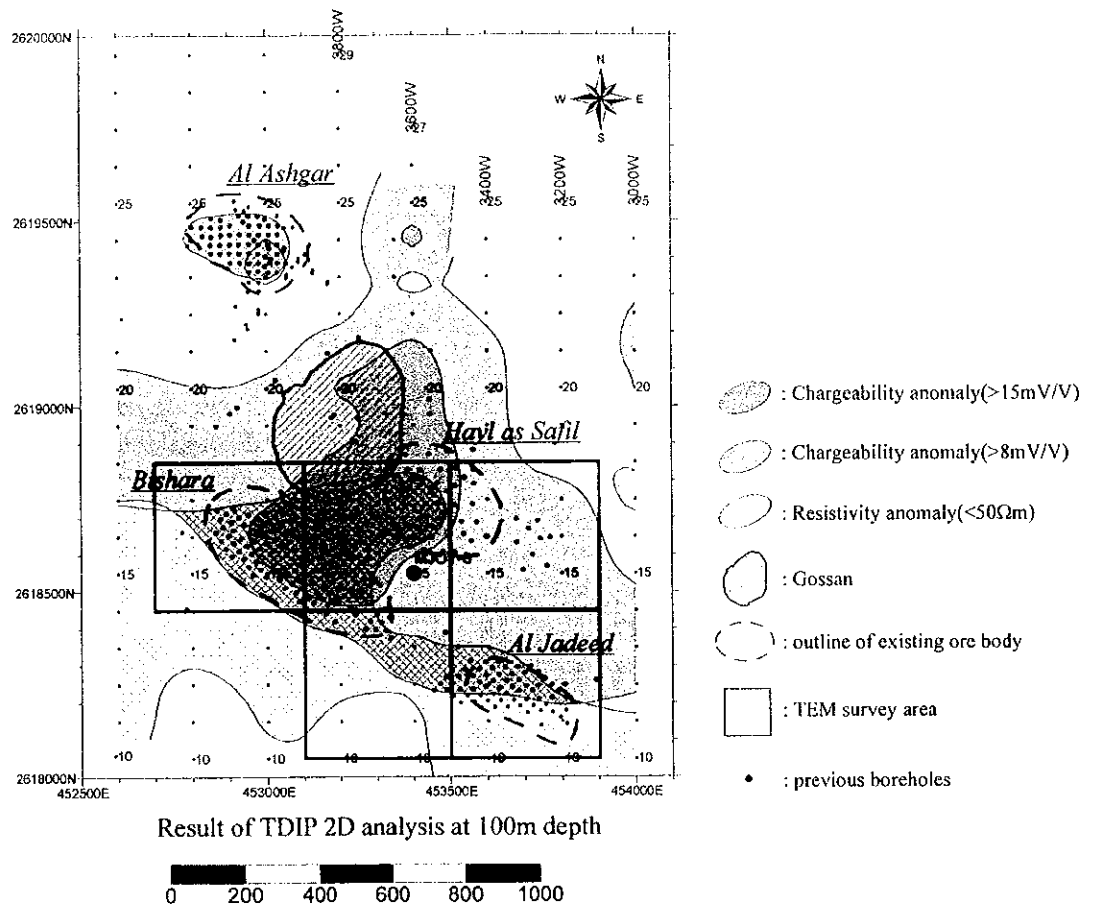


Fig. II -6-12 Results of TDIP & TEM survey in Hayl as Safil area

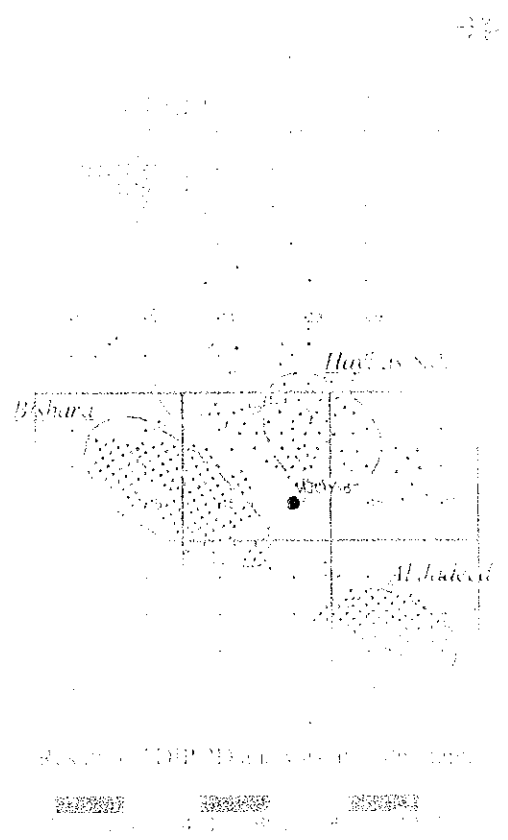


Figure 11- Results of TDP with TMS in the field in Sabir area

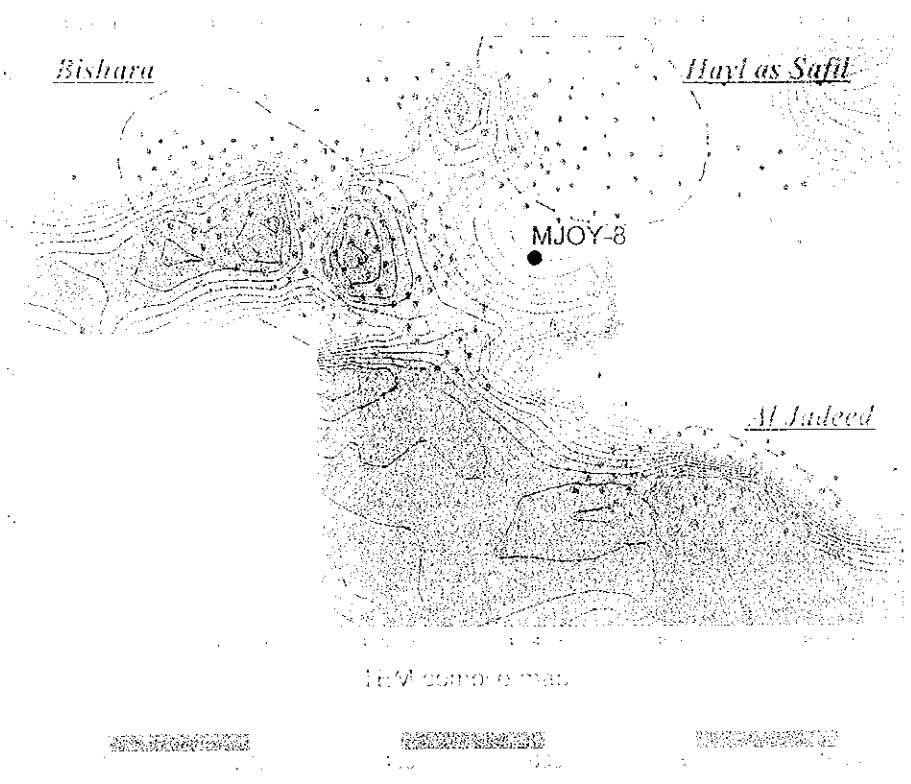


Figure 12- Results of TDP with TMS in the field in Sabir area



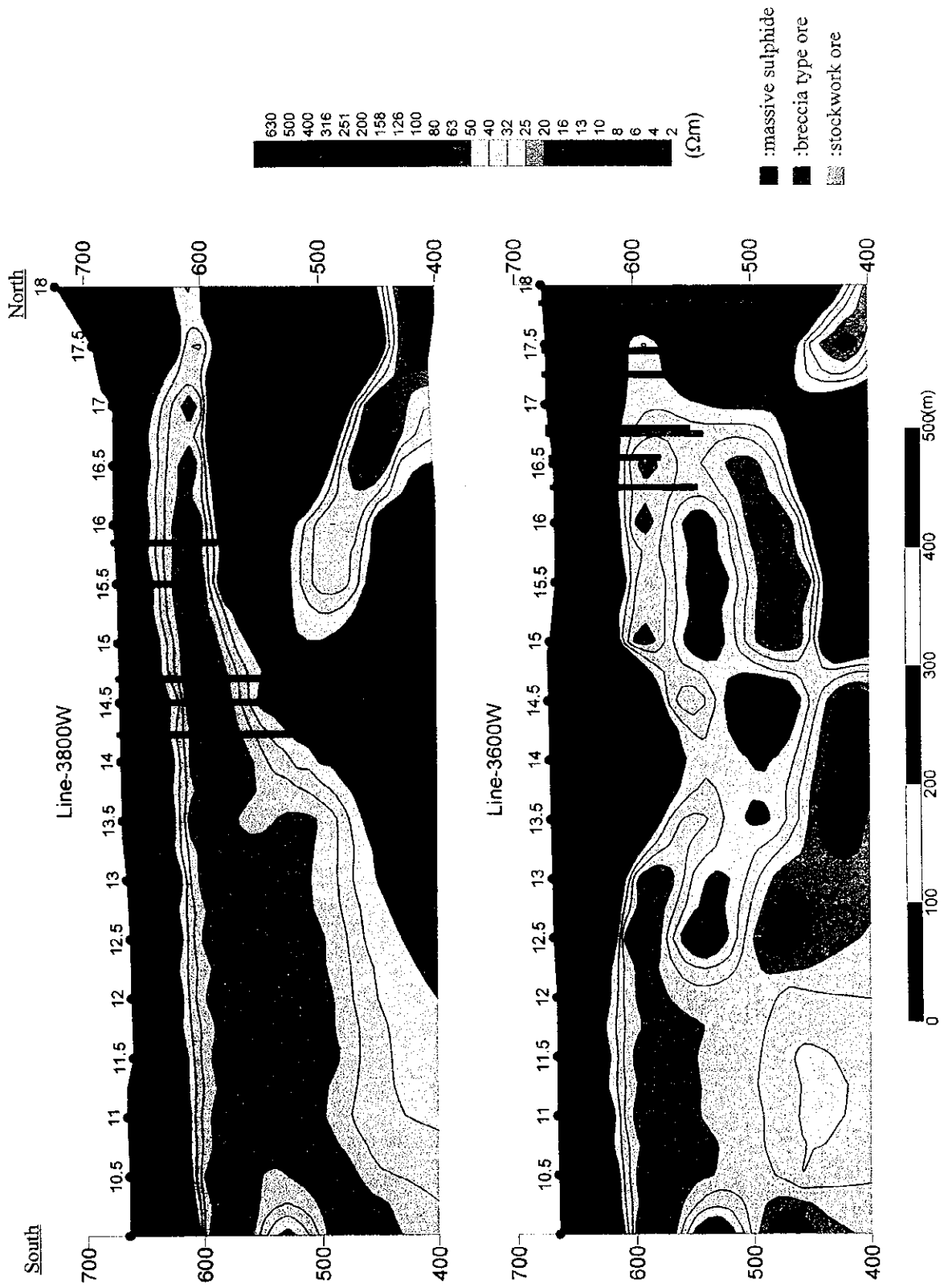
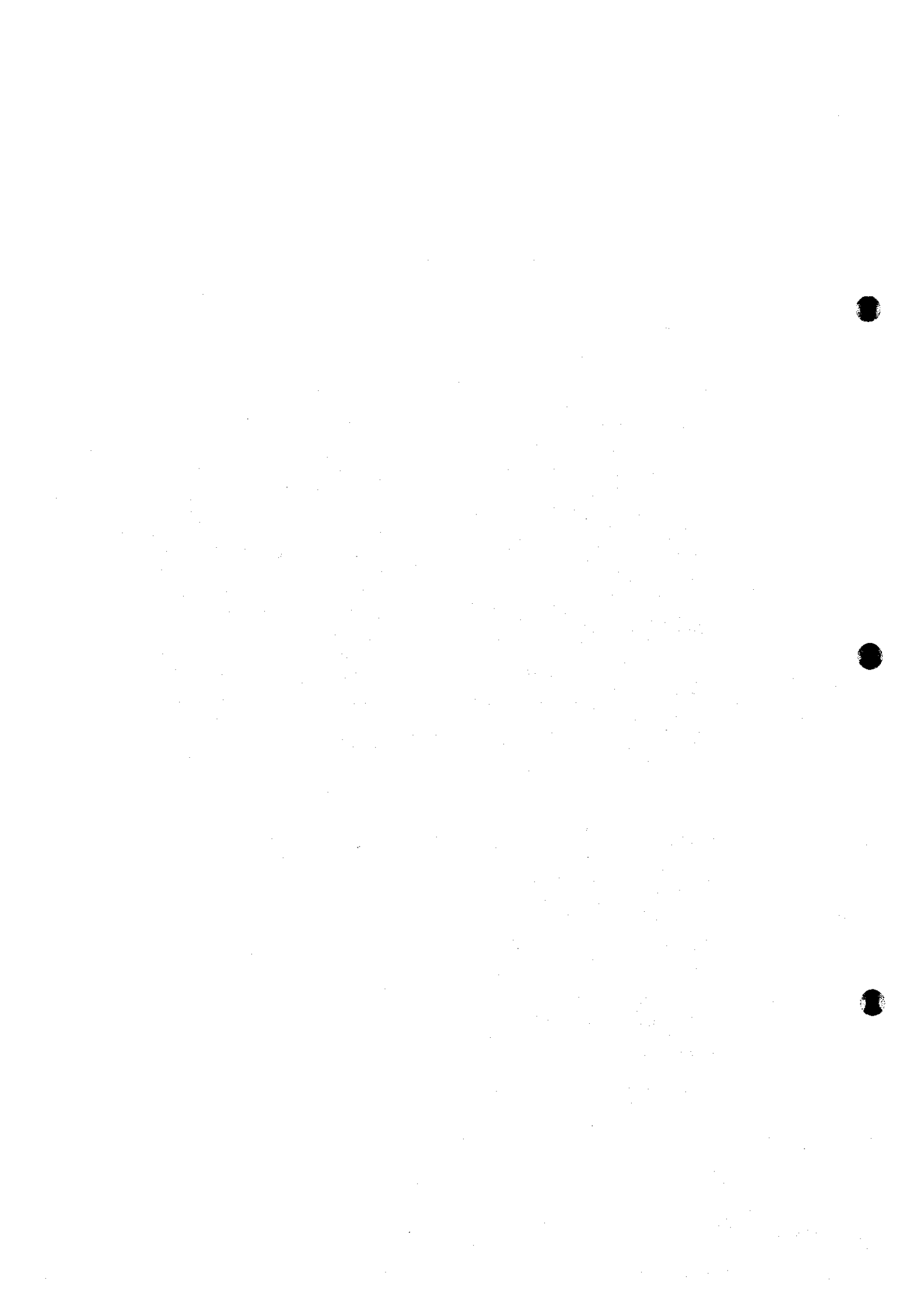


Fig. II-6-13 Resistivity sections by TEM 1D analysis in Hayl as Safil area



第7章 ボーリング調査

7-1 調査の経緯及び目的

本年度実施した物理探査により抽出された異常域に対して、深部の鉱化状況の把握と鉱化帯の構造を解明することを目的としてボーリング調査を実施した。

7-2 調査位置及び調査量

ボーリング調査を実施したのは、ラカー地区、クルン・アル・アクバブ地区、タウィ・ラカー地区及びハイル・アス・サフィール地区の4ヶ所である。これらの位置図を Fig. II-7-1 に示す。調査量は合計8孔、総掘進長1,904.25mである。

7-3 調査方法

7-3-1 掘進作業

掘進方法は、表土を除きワイヤーライン工法を採用し、コアの採取率及び作業効率の向上に努めた。ボーリング機械の能力は、予定深度を延長することもあることから、予定深度に対して十分な掘進能力のあるものを使用した（Appendix 1 参照）。コアは表土を除き、全コアを採取するように努めた。

ボーリング調査の掘進実績表と工程表をそれぞれ Table II-7-1 と Appendix 2 に示す。

7-3-2 ボーリングコア調査

ボーリングコア調査は掘進作業と並行して行い、観察結果は縮尺200分の1の地質柱状図にまとめた。鉱化作用の状況を明らかにするために、ボーリングコアを用いて鉱石の化学分析を実施した。その数量は、総論の Table I-1-3 に示すとおりである。

7-4 ボーリング調査結果

各ボーリング孔の地質柱状図は Appendix 3A に、化学分析の結果は Appendix 4 に示す。以下各地区ごとに調査結果を述べる。

7-4-1 ラカー地区

ラカー地区では、IP法調査によってラカー金鉱山のピットの南東部に検出された小規模な低比抵抗を伴う顕著な分極率異常に対してTEM法調査を実施し、その結果で得られた中～深部の高磁場異常について1孔のボーリング調査を行った。

(1) MJ0Y-1 孔

地質：サマイル火山岩類の Lasail 層からなる。

0.00m～7.15m Lasail 層。ややゴッサン化した風化部。

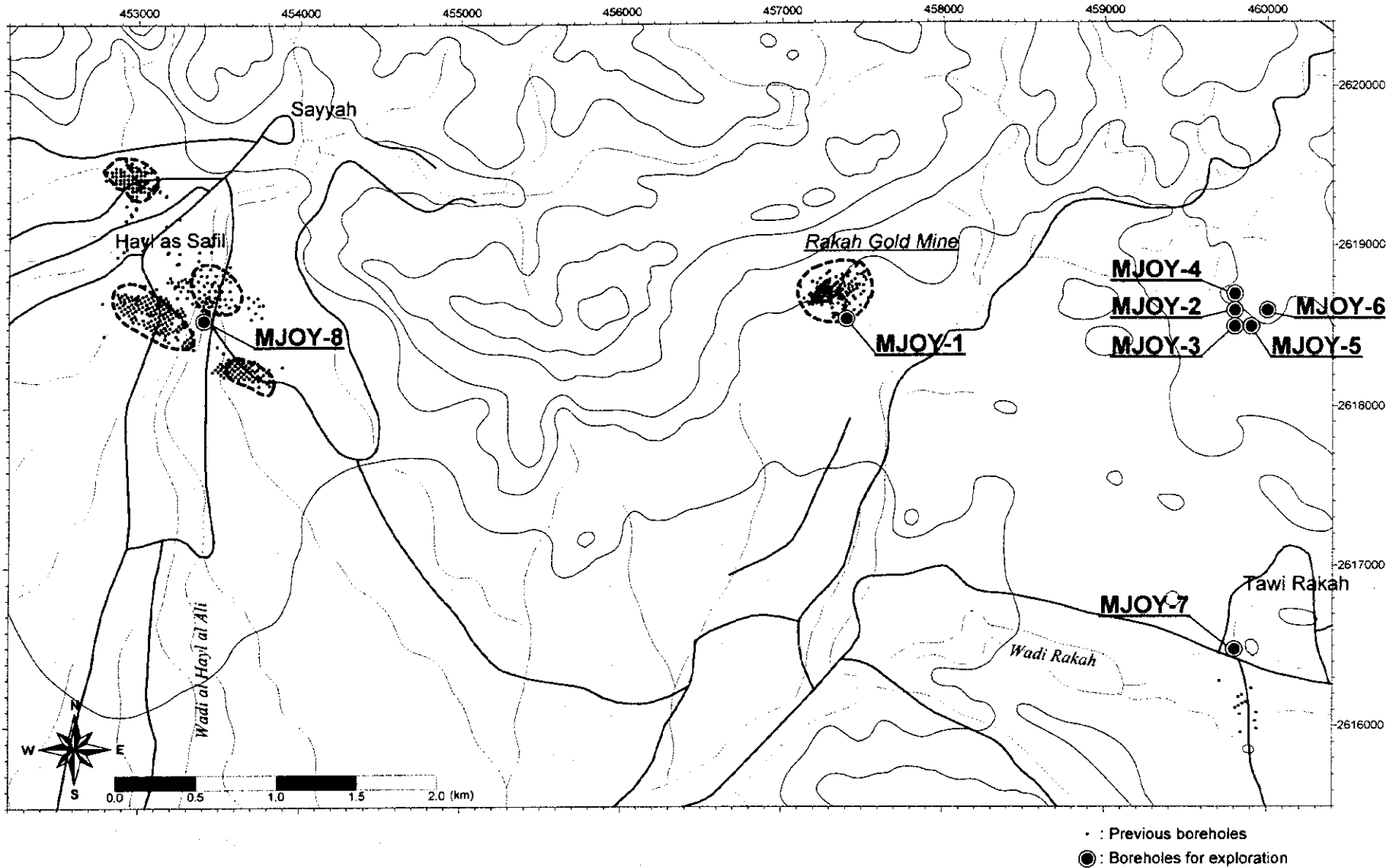


Fig. II -7-1 Location map of boreholes for exploration

Table II-7-1 Drilling survey conducted in Phase I

Area Name	Holes	Coordinate		Length planned (m)	Length excuted (m)	Inclination (deg.)	Direction
		N (km)	E (km)				
(1) Rakah area	MJOY-1	2,618.587	457.422	250	251.10	-90	-
	Total length			250	251.10		
(2) Quron Al-Akhabab area	MJOY-2	2,618.681	459.832	200	200.35	-90	-
	MJOY-3	2,618.580	459.836	250	251.10	-90	-
	MJOY-4	2,618.797	459.836	200	200.10	-90	-
	MJOY-5	2,618.576	459.939	250	250.10	-90	-
	MJOY-6	2,618.693	460.041	250	250.65	-90	-
	Total length			1,150	1,152.30		
(3) Tawi Rakah area	MJOY-7	2,616.471	459.882	250	250.60	-90	-
	Total length			250	250.60		
(4) Hayl as Safil area	MJOY-8	2,618.558	453.449	250	250.25	-90	-
	Total length			250	250.25		
Grand total length				1,900	1,904.25		

-7.15m~-171.35m Lasail層。玄武岩質塊状溶岩を主とし、同質の枕状溶岩及びハイアロクラスタイトを伴う。-77.80m~-78.35m間には厚さ15~20cmの金属質堆積岩を2枚挟む。

-171.35m 断層。

-171.35m~-251.10m (孔底) Lasail層。玄武岩質枕状溶岩及び塊状溶岩からなる。玄武岩岩脈が多く貫入している。

鉱化作用：-171.35mより浅い部分では極く一部に黄鉄鉱の鉱染と微脈が認められるのみである。-171.35m以深では全体に黄鉄鉱の鉱染が発達し、黄鉄鉱を含む石英微脈も認められる。

-191.10m以深では、黄銅鉱を伴う黄鉄鉱-石英脈が部分的に認められた。

鉱化変質：全体に珪化が認められるが、-171.35mの断層を境にしてその上位では比較的に弱く、下位で強くなっている。

7-4-2 クルン・アル・アクバブ地区

本地区では、IP法調査で低比抵抗異常を伴う顕著な分極率異常が得られ、この異常に対して実施したTEM法調査の結果に基づいて最初にMJOY-3孔を掘削した。このMJOY-3孔の結果から、本地区の鉱化帯がIP法の分極率異常と密接な関係を有することが示されたことから、ターゲットを分極率異常に絞ってさらに4孔のボーリング調査を行った。

(1) MJOY-2 孔

地質：サマイル火山岩類のLasail層からなる。

0.00m-200.35m (孔底) Lasail層。主として玄武岩質枕状溶岩からなり、深部にわずかに塊状溶岩を挟む。枕状溶岩中には部分的にバリオール組織が認められる。

鉱化作用：地表から-160.75mまではストックワーク鉱部で、黄銅鉱を主とする黄鉄鉱-石英脈が発達している。このうち-17.70mまではほとんどの硫化物が酸化している。黄鉄鉱の鉱染は弱いながらも孔底までほぼ全体にわたって認められ、黄銅鉱の極く弱い鉱染も-130.50mまで認められる。-160.75m以深では銅の鉱化は認められなかった。なお、比較的高品位である-17.70m~-89.70m間の銅の平均品位は0.83%であった。

鉱化変質：全体に珪化が認められる。-104.00m以深では一部に鉱染状の緑れん石を伴う。

(2) MJOY-3 孔

地質：サマイル火山岩類のLasail層からなる。

0.00m~-159.40m Lasail層。玄武岩質枕状溶岩から主としてなり、同質の塊状溶岩を伴う。-87.15m以深では枕状溶岩中にバリオール組織が部分的に認められる。

-159.40m 断層。

-159.40m~-251.10m (孔底) Lasail層。玄武岩質枕状溶岩から主としてなり、一部にハイアロクラスタイトを伴う。枕状溶岩の一部にバリオール組織が認められ

た。

鉱化作用：・106.70m より浅い部分では黄鉄鉱の弱い鉱染が部分的に認められるのみである。その下部の・106.70m～・159.40m 間では、ほぼ全体に中～強度の微粒黄鉄鉱の鉱染が認められ、これには黄鉄鉱の微脈も多く伴われている。銅の鉱化は・166.00m 以深で認められ、・170.10m から孔底までは黄銅鉱を主とし黄鉄鉱を伴う石英脈からなるストックワーク鉱部をなす。この間では黄鉄鉱の鉱染と微脈も伴われる。黄銅鉱の鉱染も一部のみで認められた。

鉱化変質：全体に珪化が認められ、・103.20m 以深の方がそれより上部よりも強く珪化している。

(3) MJOY-4 孔

地質：サマイル火山岩類の Lasail 層からなる。

0.00m～・200.10m (孔底) Lasail 層。玄武岩質枕状溶岩から主としてなり、中部から深部にかけて同質塊状溶岩を挟む。一部に玄武岩岩脈が貫入している。

鉱化作用：ほぼ全体に弱～極く弱い黄鉄鉱の鉱染と黄鉄鉱－石英微脈が認められ、頻度はかなり低い。石英と黄鉄鉱を少量伴う黄銅鉱の細脈もほぼ全体に認められる。

鉱化変質：全体に珪化しており、特に・171.00m～・191.75m 間にはかなり強い珪化が認められた。

(4) MJOY-5 孔

地質：サマイル火山岩類の Lasail 層からなる。

0.00m～・119.40m Lasail 層。玄武岩質枕状溶岩から主としてなり、同質塊状溶岩を挟む。

・119.40～・119.80m 断層。強く珪化した破碎帯を伴う。

・119.80m～・250.10m (孔底) ・150.10m～・167.20m に玄武岩岩脈を伴うドレライト質のシートフローを挟むが、それ以外は玄武岩質枕状溶岩からなる。

鉱化作用：・119.40m の断層より浅い部分では、鉱化は全く認められない。一方それより深部では黄鉄鉱－石英微脈を伴う黄鉄鉱の弱い鉱染が全体に認められ、頻度は低い。石英と黄鉄鉱を少量伴う黄銅鉱の細脈もほぼ全体に認められた。

鉱化変質：断層より浅い部分では、鉱化変質は全く認められない。断層より深い部分では珪化が全体に認められ、・122.15m～・142.90m 間には緑れん石の微脈が観察された。

(5) MJOY-6 孔

地質：サマイル火山岩類の Lasail 層からなる。

0.00m～・250.65m (孔底) Lasail 層。玄武岩質枕状溶岩から主としてなり、同質塊状溶岩を頻繁に挟む。・195.95m 以深では玄武岩岩脈が貫入している。

鉱化作用：・23.35m～・165.05m 間はほぼ連続して黄鉄鉱をわずかに伴う黄銅鉱－石英脈が認められる。・114.15m～・165.05m 間では銅品位が比較的高く、その間の平均品位は 0.76% であつ

た。～165.05m 以深でも銅鉱化は認められるが、黄銅鉱-石英脈の分布は疎らである。黄鉄鉱化は鉱染及び微脈として全体に認められるが、いずれも極く弱いものである。

鉱化変質：全体に珪化している。

7-4-3 タウィ・ラカー地区

タウィ・ラカー地区では、クルン・アル・アクバブ地区と同様な顕著な分極率異常が、既知の鉱微地の範囲とそのやや北方に検出された。この北方の異常に対して1孔のボーリング調査を実施した。

(1) MJOY-7 孔

地質：第四紀層及びサマイル火山岩類の Lasail 層からなる。

0.00m～3.50m 未固結第四紀層。

3.50m～250.60m (孔底) Lasail 層。玄武岩質の枕状溶岩及び同質塊状溶岩からなるが、上部の139.20m までは枕状溶岩が卓越する。玄武岩岩脈がわずかに貫入している。

鉱化作用：鉱化作用は135.85m より浅い部分で主として認められ、それ以深では極く一部で認められるのみである。14.90m～135.85m 間では黄鉄鉱の鉱染及び微脈がほぼ連続して観察される。銅の鉱化は、緑れん石及び黄鉄鉱を伴う黄銅鉱-石英微脈が16.35m～135.85m 間に部分的に認められ、黄銅鉱の鉱染も一部に存在する。

鉱化変質：全体に弱い珪化を受けている。113.95m 以深では緑れん石-石英脈が認められる。

7-4-4 ハイル・アス・サフィール地区

ハイル・アス・サフィール地区では、ゴッサン付近に非常に顕著な分極率異常が検出され、その異常の南部では低比抵抗も伴われており、そこでは高いメタルファクターを示した。この高メタルファクターの範囲内の、いまだボーリング調査が行われていない部分で1孔のボーリング調査を実施した。

(1) MJOY-8 孔

地質：第四紀層、サマイル火山岩類の Lasail 層及び Geotimes 層からなる。

0.00m～17.40m 未固結第四紀層。

17.40m～146.30m Lasail 層。玄武岩質の枕状溶岩及び塊状溶岩からなる一部の枕状溶岩にバリオール組織が認められる。小さな割れ目やインターピロー中を充填した赤鉄鉱が多く認められる。

146.30m～183.60m Lasail 層。赤褐色の金属質堆積岩及びペペライト（玄武岩溶岩の礫とその間を埋める金属質堆積岩からなり、固結する前の軟弱な金属質堆積岩中に溶岩が流れ込むか、貫入してできたもの）からなる。

・183.60m～225.60m Geotimes 層。厚いインターピローを伴う玄武岩質の枕状溶岩からなる。インターピロー中に赤鉄鉱を多く伴う。

・225.60m～250.25m (孔底) Geotimes 層。灰色～暗灰色の火山性碎屑岩と赤褐色金属質堆積物が片理様の縞状構造を示すスランプ様堆積岩からなる。

鉱化作用： 鉱化は全く認められなかった。スランプ様堆積岩に含まれている珪化した角礫中に黄銅鉱が認められたのみである。

鉱化変質： Lasail 層, Geotimes 層はともに珪化を受けており, 多くの部分で石英微脈を伴っている。

7-5 考察

上述した結果について各地区ごとに考察を行った。

7-5-1 ラカー地区

IP 法調査の結果, ラカー金鉱山のピットの南東部に高い分極率異常が検出された。この異常とその後実施した TEM 法調査の結果に基づいてボーリング調査を実施した。その結果, 深度 171.35m 以深においてのみ一部に銅の微脈を伴う低品位のストックワーク帯を捕捉した。Fig. II-7-2 に断面図を示す。過去に実施されたボーリングでは, 主としてピットの北東部でストックワーク帯を捕捉しているにもかかわらず, IP 法調査の結果ではその南側でより顕著な異常が検出されている。このことから既知鉱体の南部にも別のブロックの鉱体が存在する可能性があり, 鉱量獲得のための補足調査を行う必要があると考えられる。

7-5-2 クルン・アル・アクバブ地区

IP 法調査で顕著な分極率異常が得られ (総論の Fig. I-4-1 参照), それに対してボーリング調査を行った。本地区で実施した 5 孔すべてでストックワーク帯に着鉱し, そのうち MJOY-2 孔では深度 17.70m で着鉱, 比較的高品位である深度 89.70m までの平均品位は Cu: 0.83% であった (Table II-7-2)。Fig. II-7-3 に断面図を示す。ボーリング調査及び物理探査の結果から, この鉱化帯の規模は東西約 250m, 南北約 150m に及ぶものと推定される (総論の Fig. I-4-2 参照)。次年度は本鉱化帯の全容を把握するための精密な調査が必要である。

7-5-3 タウィ・ラカー地区

クルン・アル・アクバブ地区と同様な顕著な分極率異常が, 既知の鉱徴地の範囲とそのやや北方に検出された。この北部の異常に対するボーリング調査の結果, 深度 14.90m～107.00m 間において強い黄鉄鉱の鉱染に伴われる黄銅鉱の低品位ストックワーク帯を捕捉し, 銅の鉱化は弱いながらも深度 140m 付近まで認められた。Fig. II-7-4 に断面図を示す。過去に実施されたボーリング調査と今回の IP 法調査の結果を比較すると, 既知の鉱徴地の西部及び南部に未だ探鉱余地があるものと考えられる。

