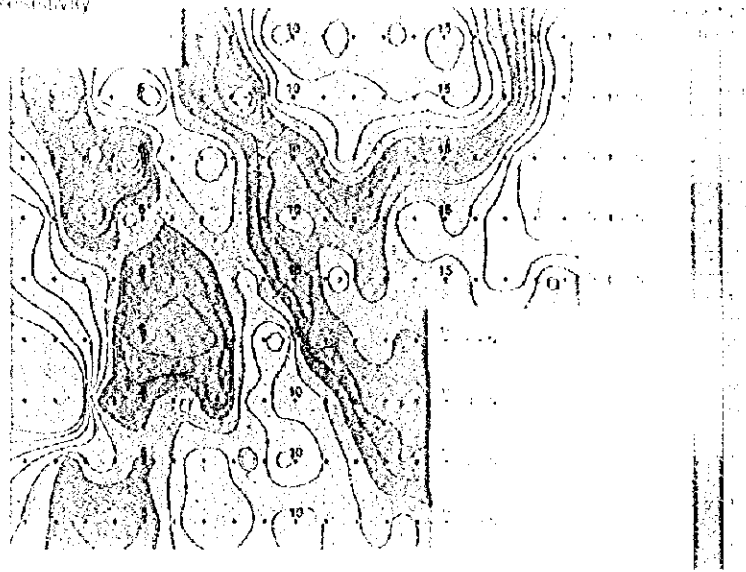


Fig. II -2-44 IP plane map of n=1 in Maqail area

Resistivity



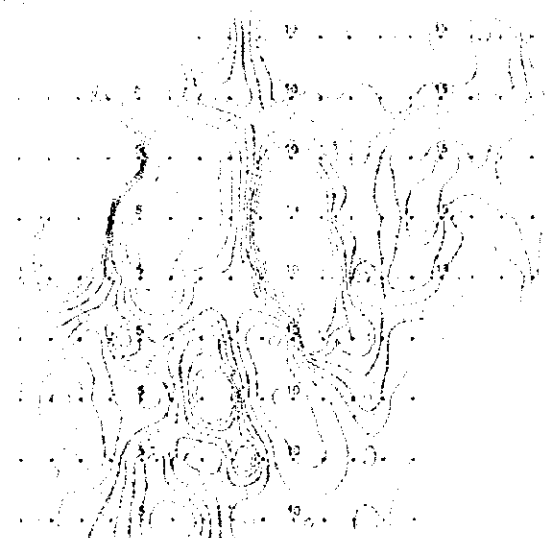
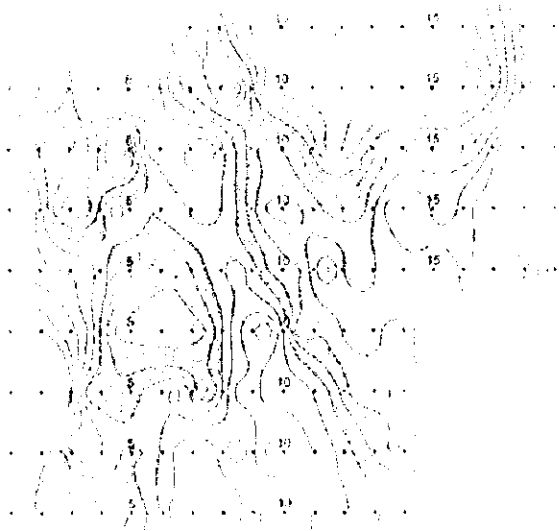
Chargeability



Metal Factor



Fig. B-2-41 IP plane map of n₁ in Maqail area





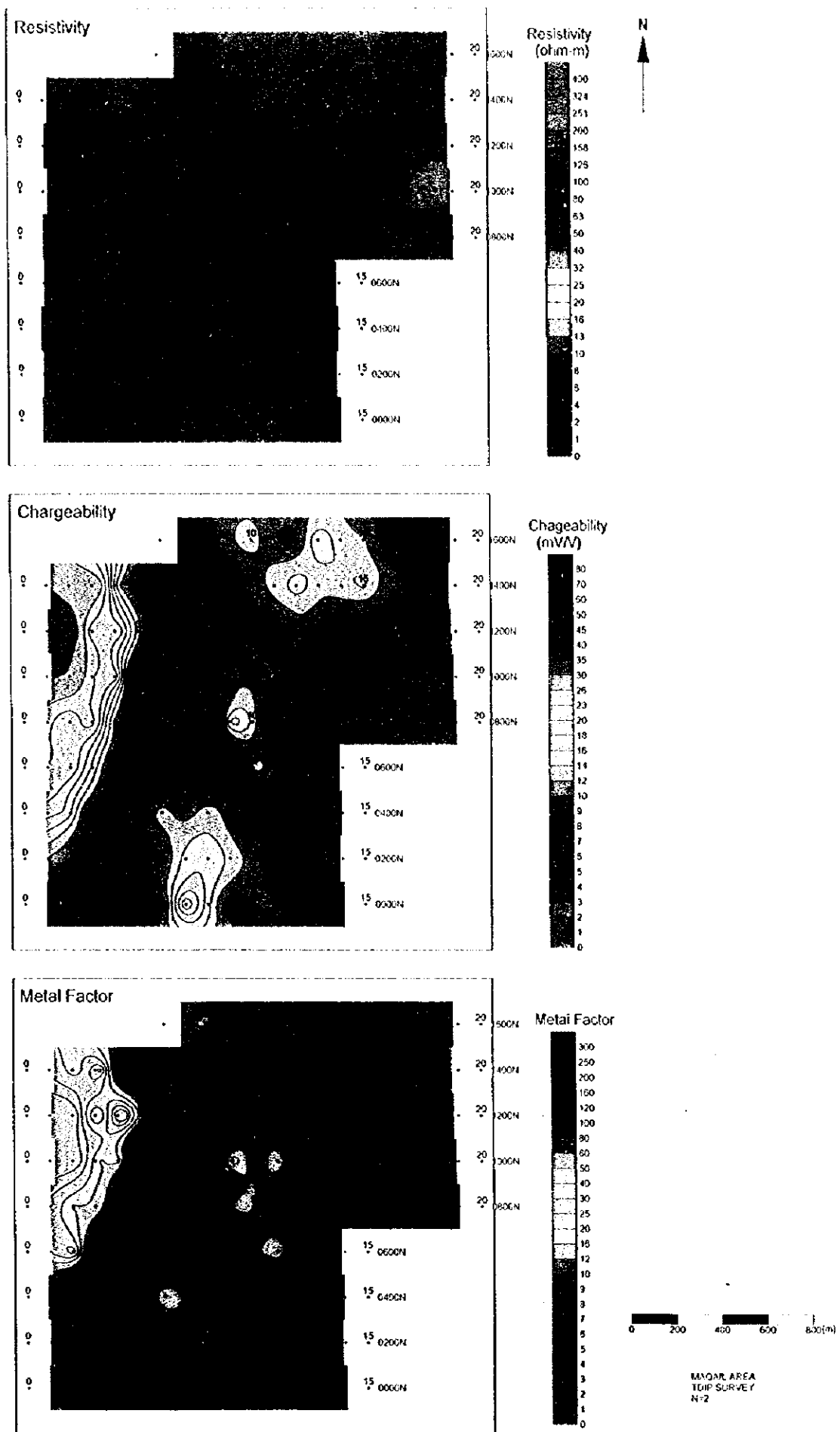


Fig. II-2-45 IP plane map of n=2 in Maqail area

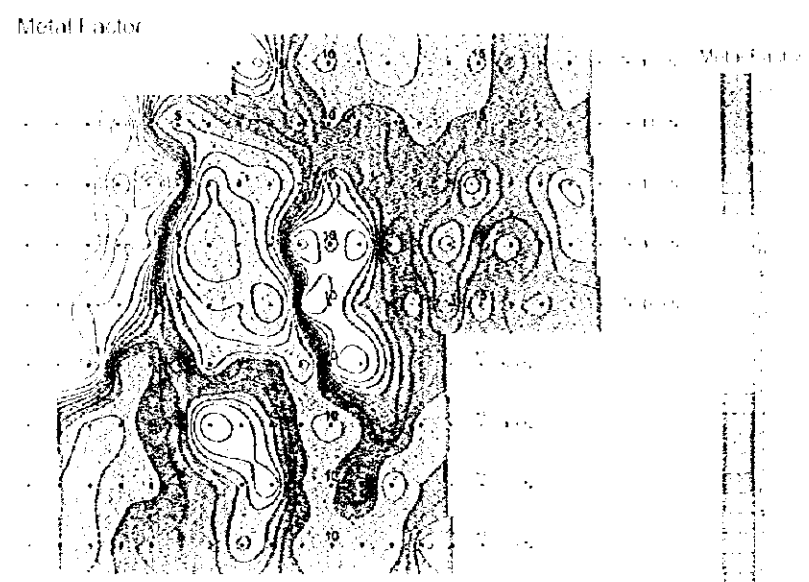
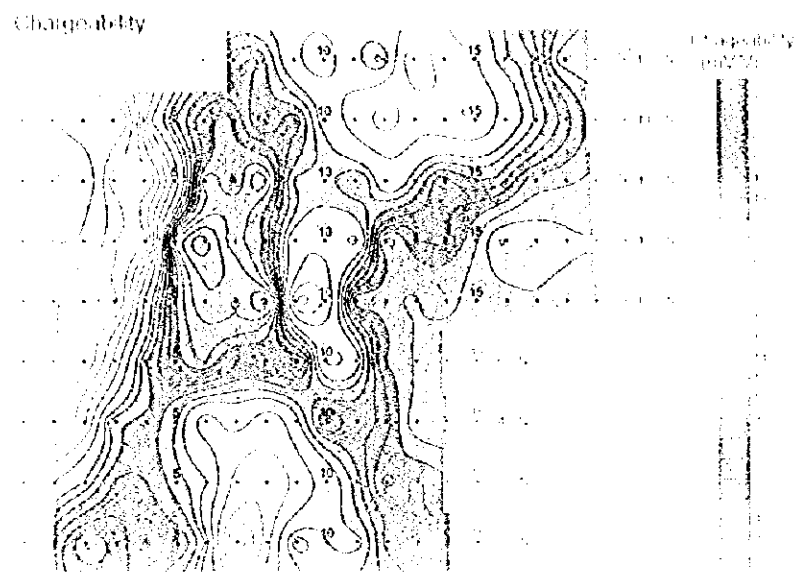
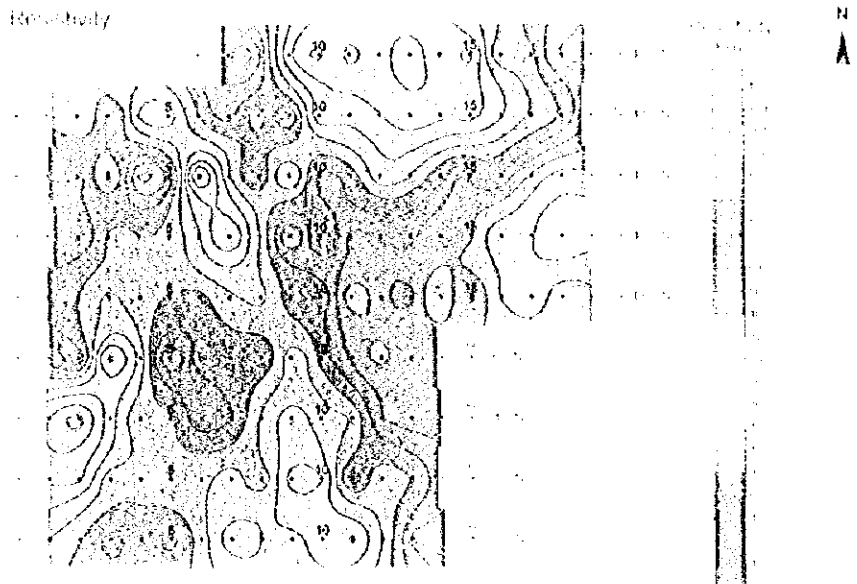
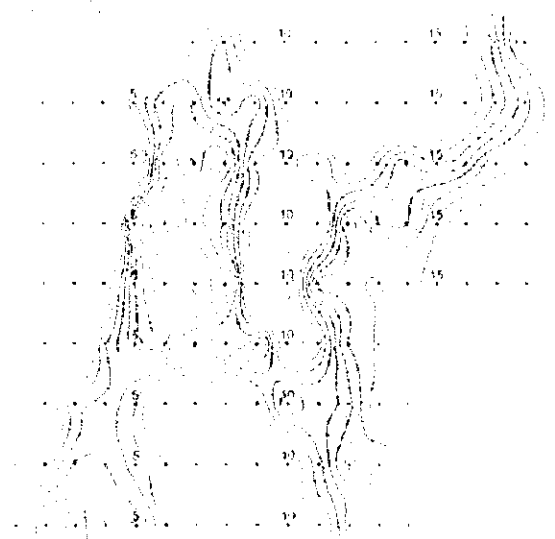
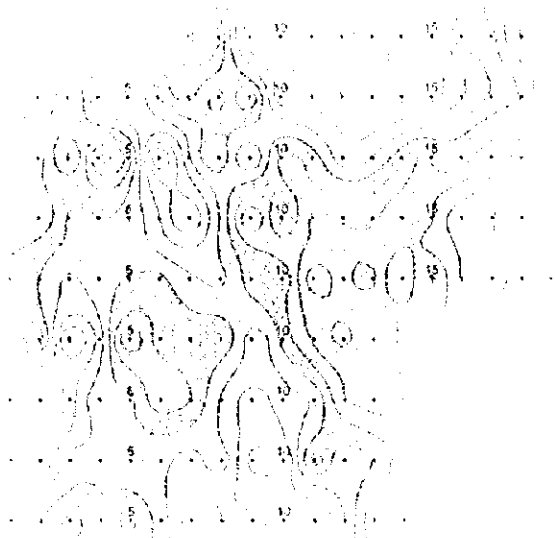


Fig. II-2-15 IP plane map of n. 2 in Maquil area
175





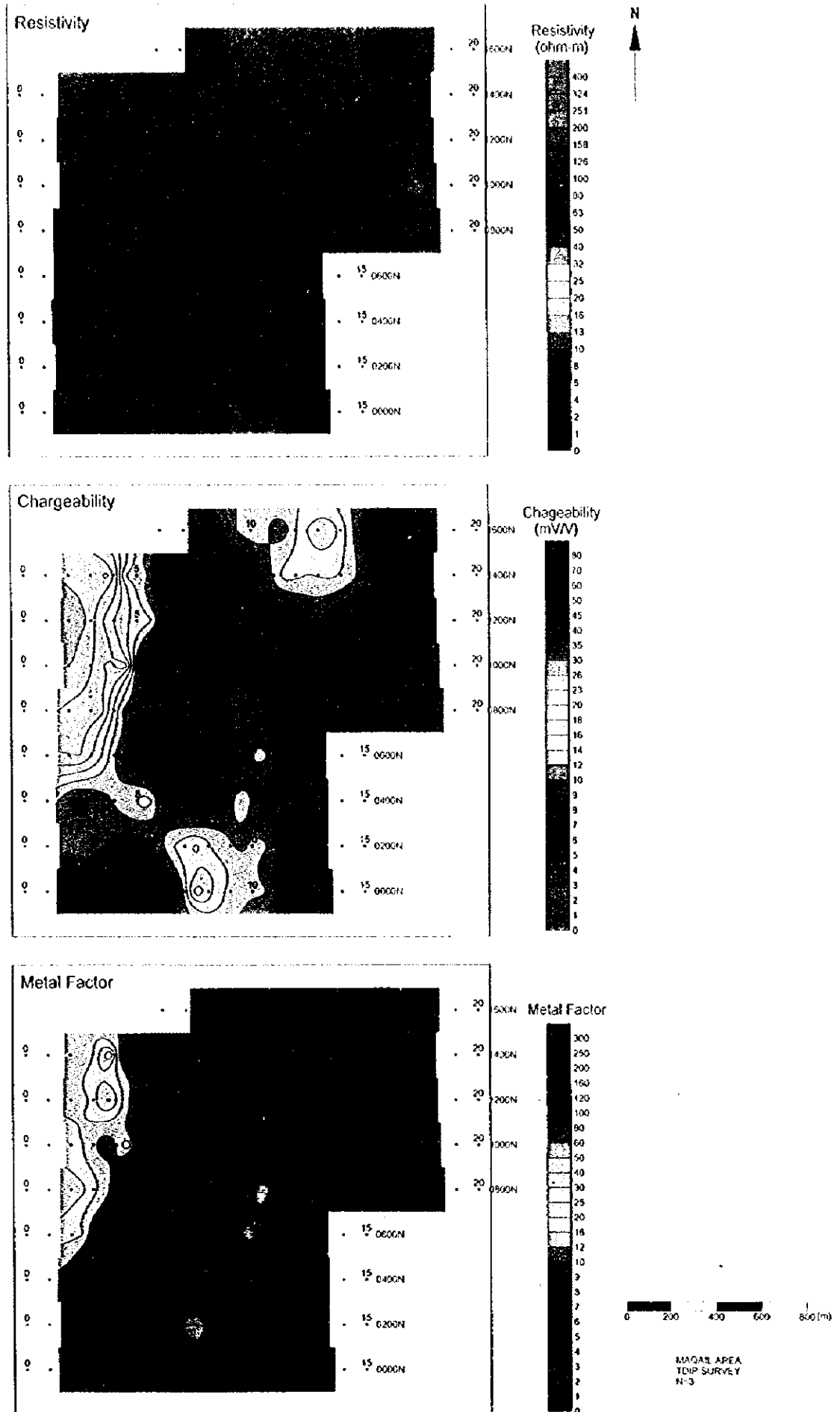
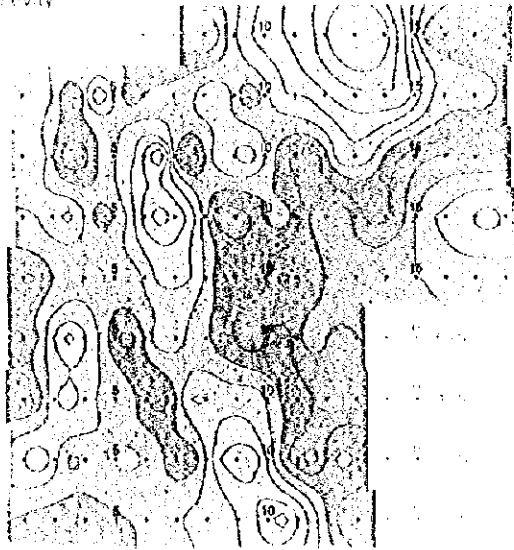
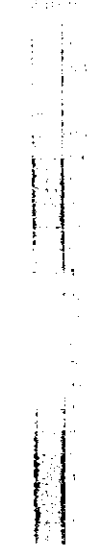


Fig. II-2-46 IP plane map of n=3 in Maqail area

Resistivity

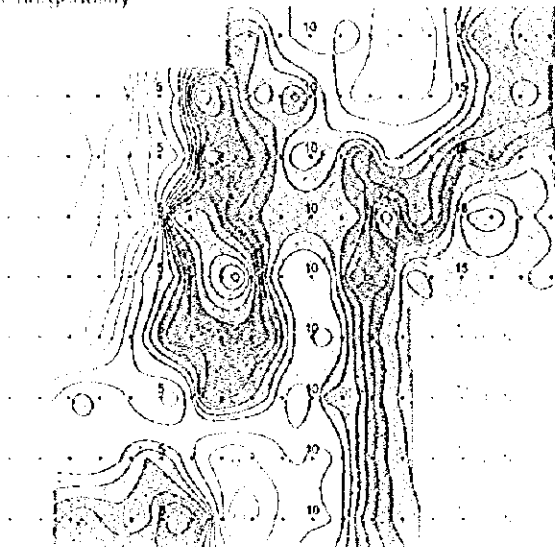


Resistivity



N
▲

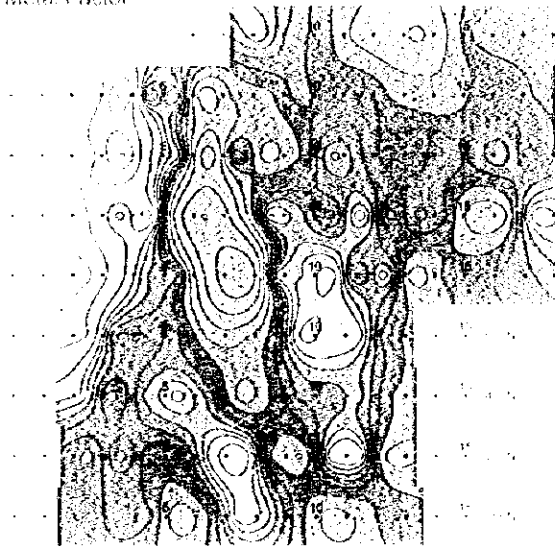
Chargeability



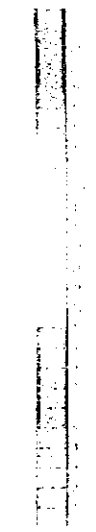
Chargeability



Metal Factor



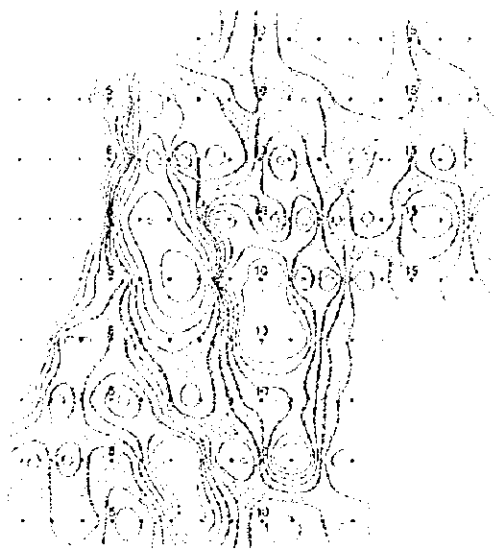
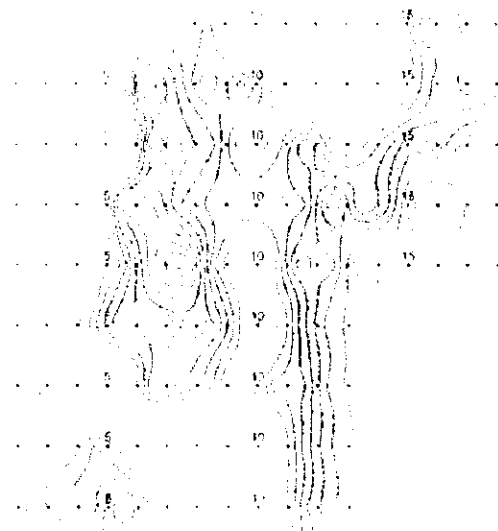
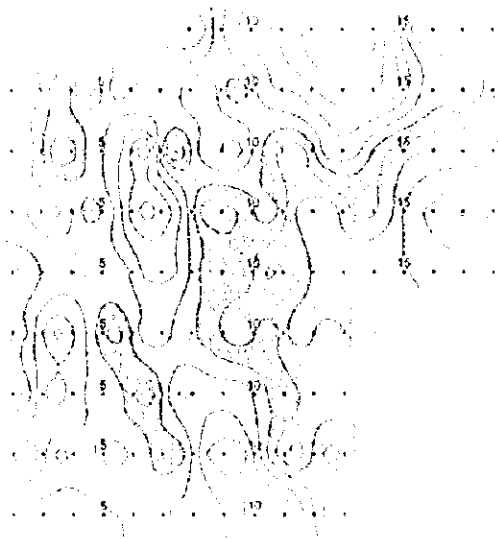
Metal Factor



0.0000 0.0001

0.0002 0.0003

Fig. II-2-16 IP plane map of n. 3 in Maqil area





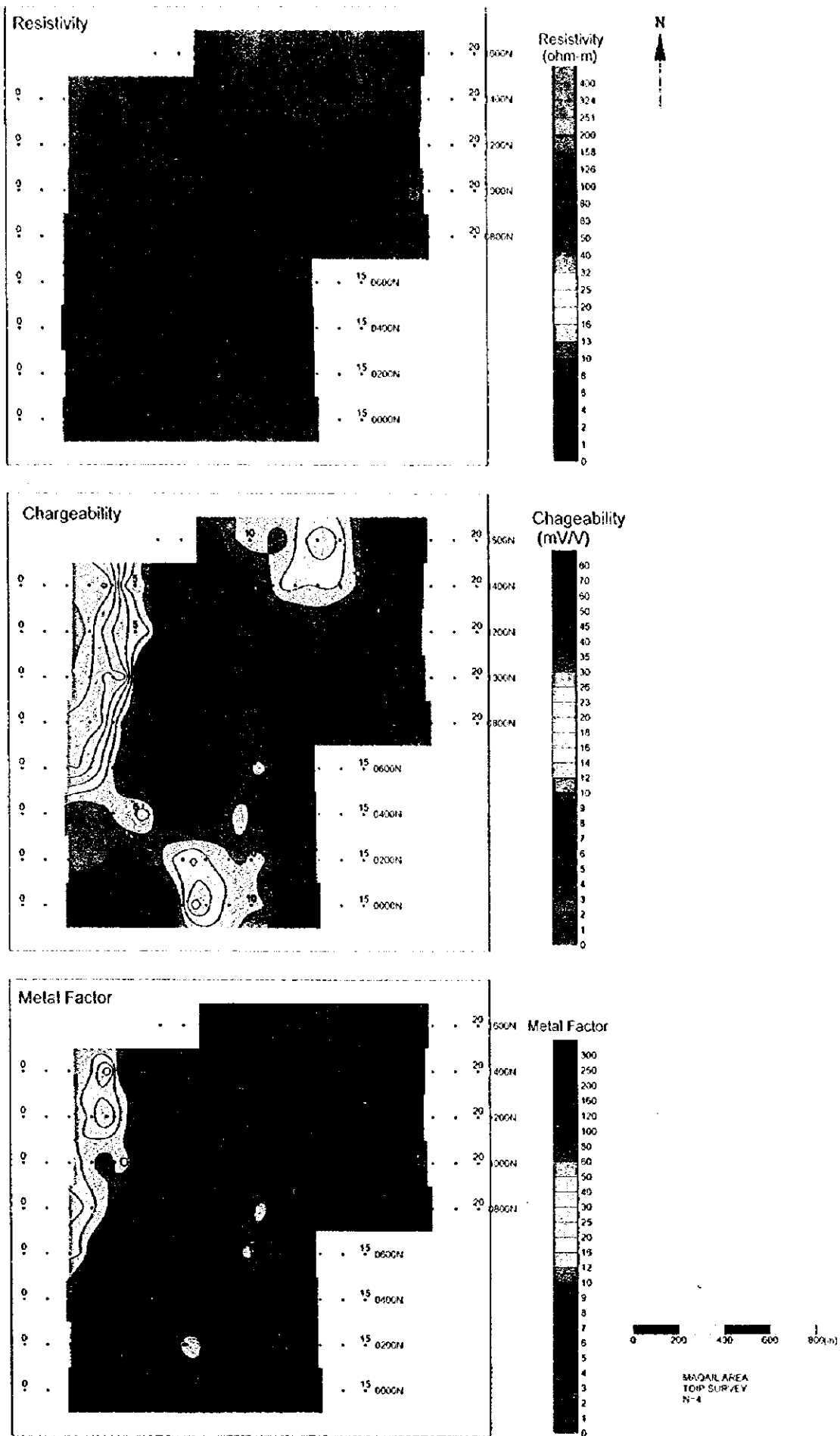
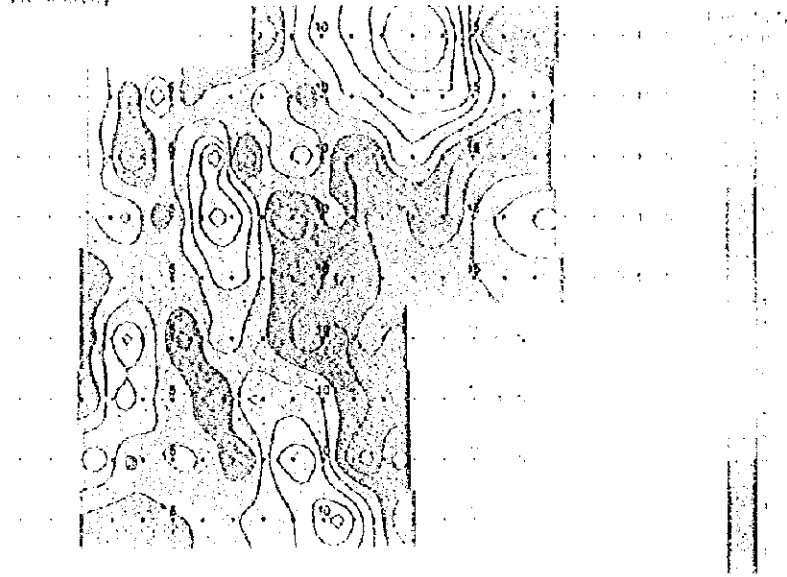


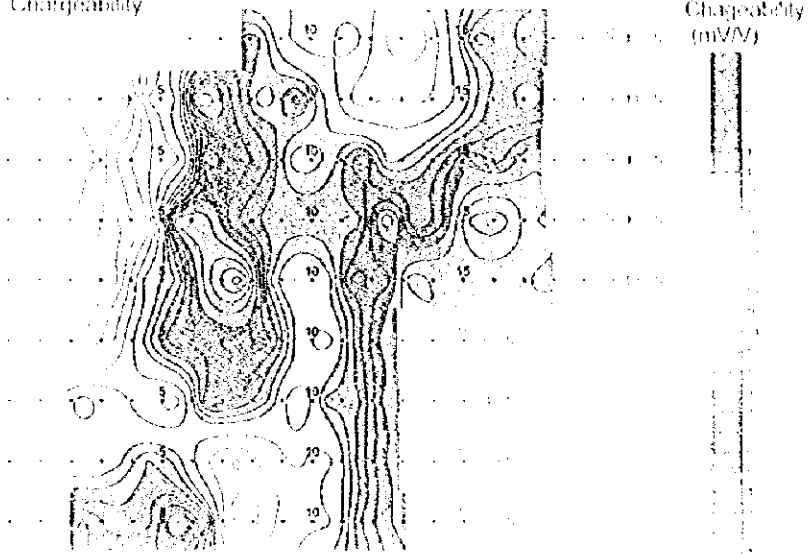
Fig. II -2-47 IP plane map of $n=4$ in Maqail area

Resistivity



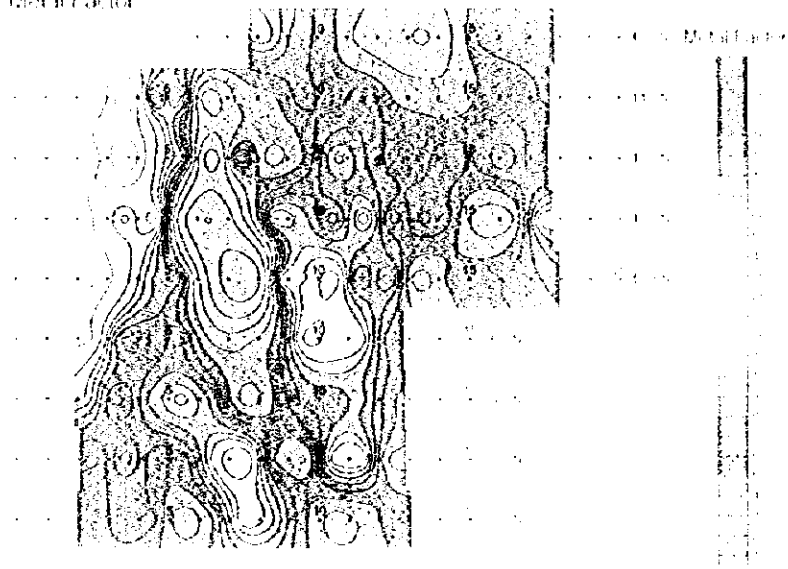
0
1000
A

Chargeability



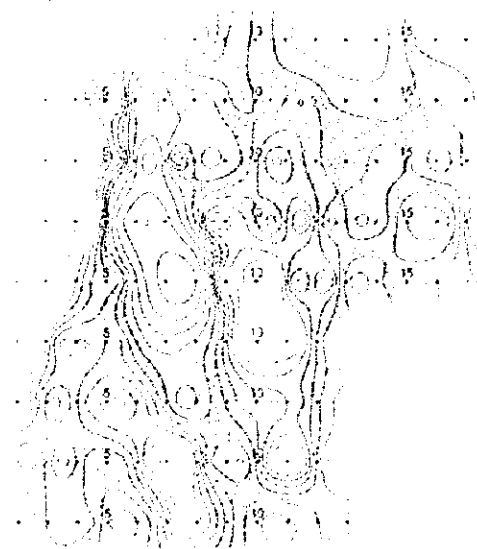
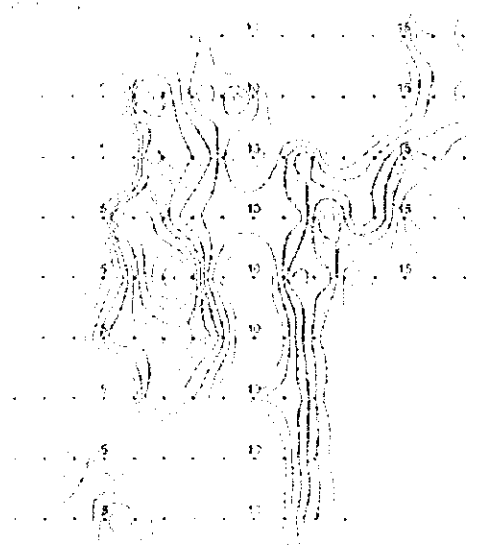
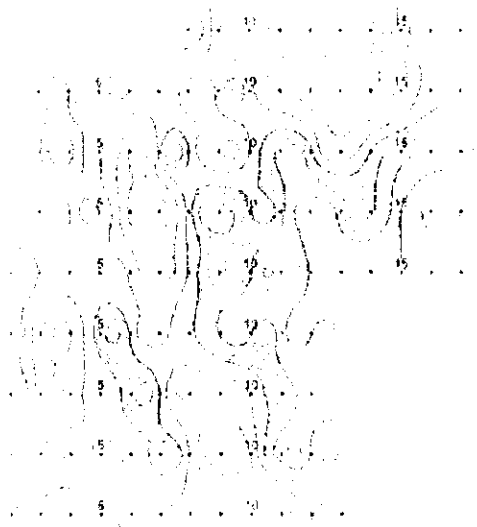
Chargeability
(mV/V)

Metal Factor



Metal Factor

Fig. II-2-17 HP plane map of n-type InGaP area





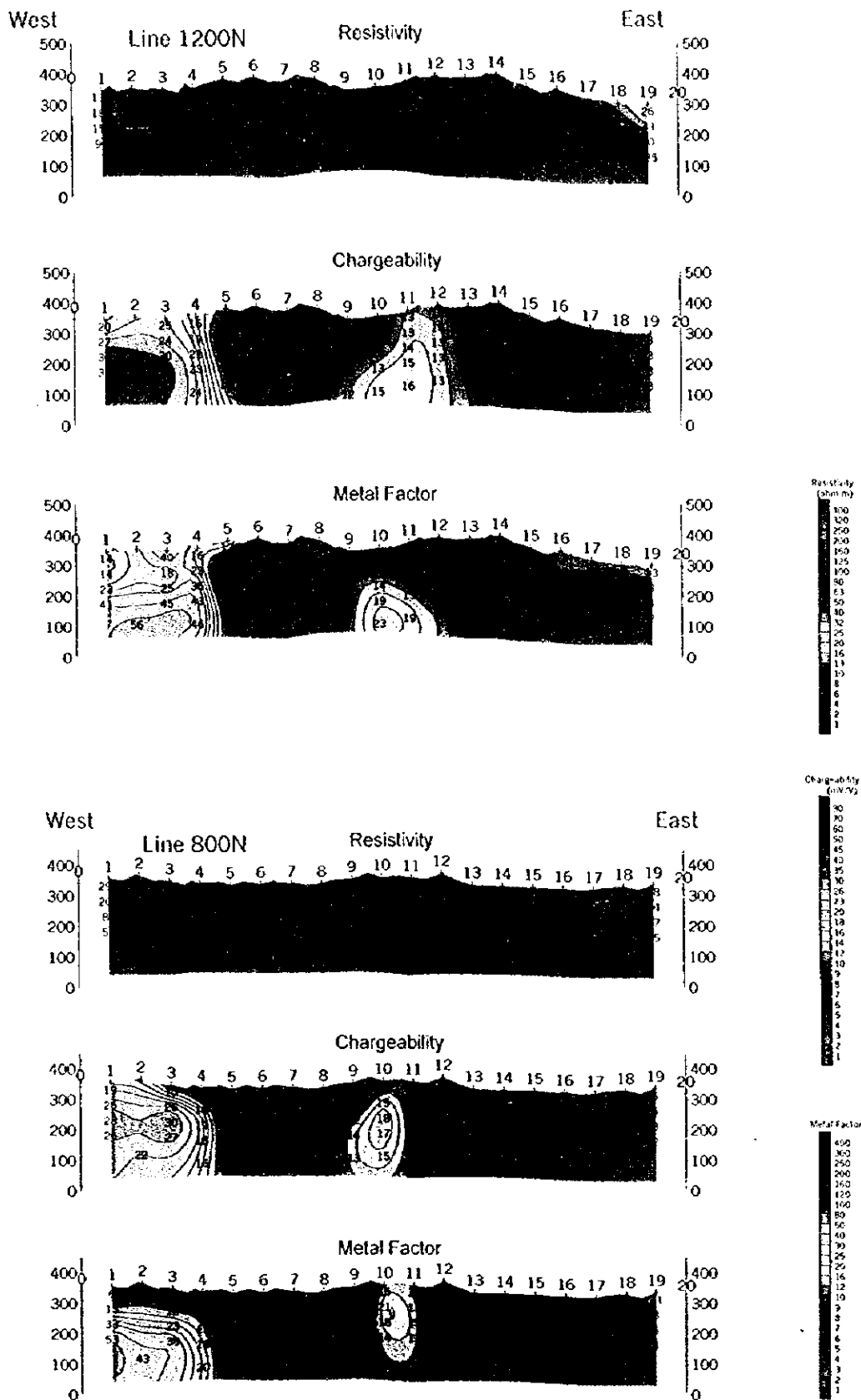


Fig. II-2-48 IP 2D model simulation on lines 800N and 1200N in Maqail area

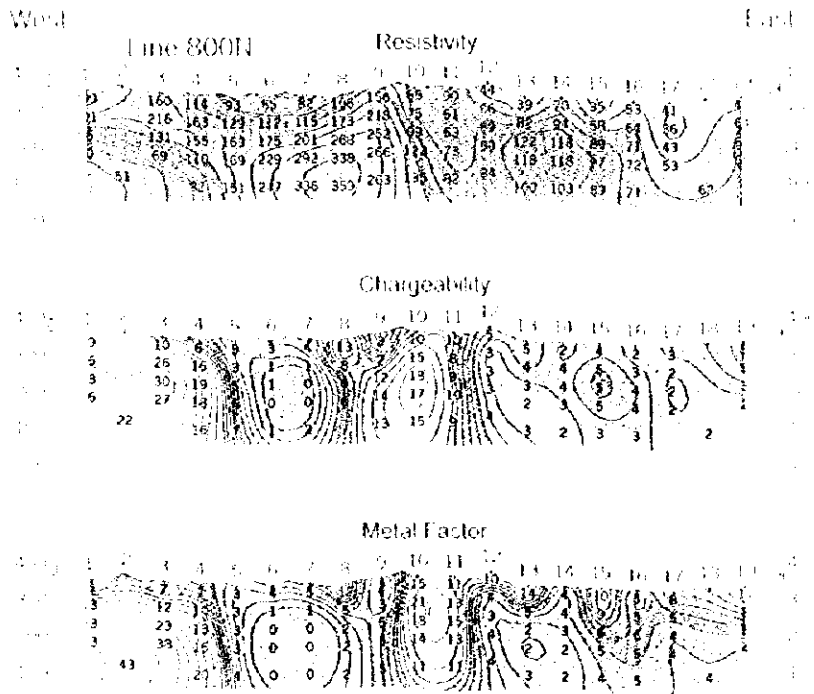
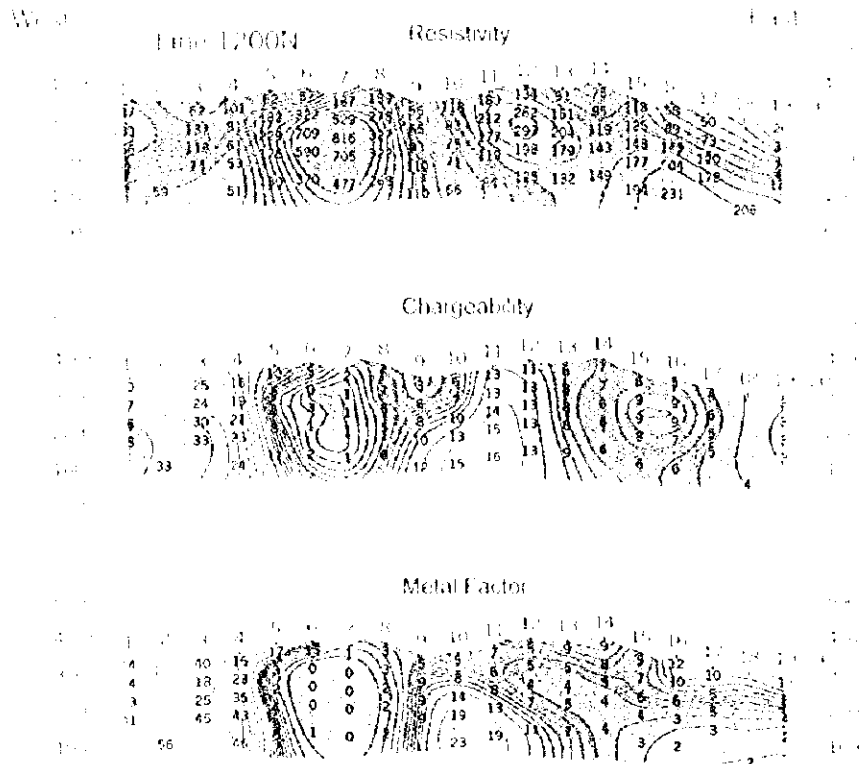


Fig. B-2-18 IP 2D model simulation on lines 800N and 1200N in Mapuif area



2-6 考察

ここではマハブ地区及びマケール地区の考察を行い、TEM 法調査を実施したグザイン、サラミ及びハラキラブ地区の考察は第3章で記述する。

2-6-1 マハブ地区

物理探査結果の総合図を Fig. II-2-49 に示す。

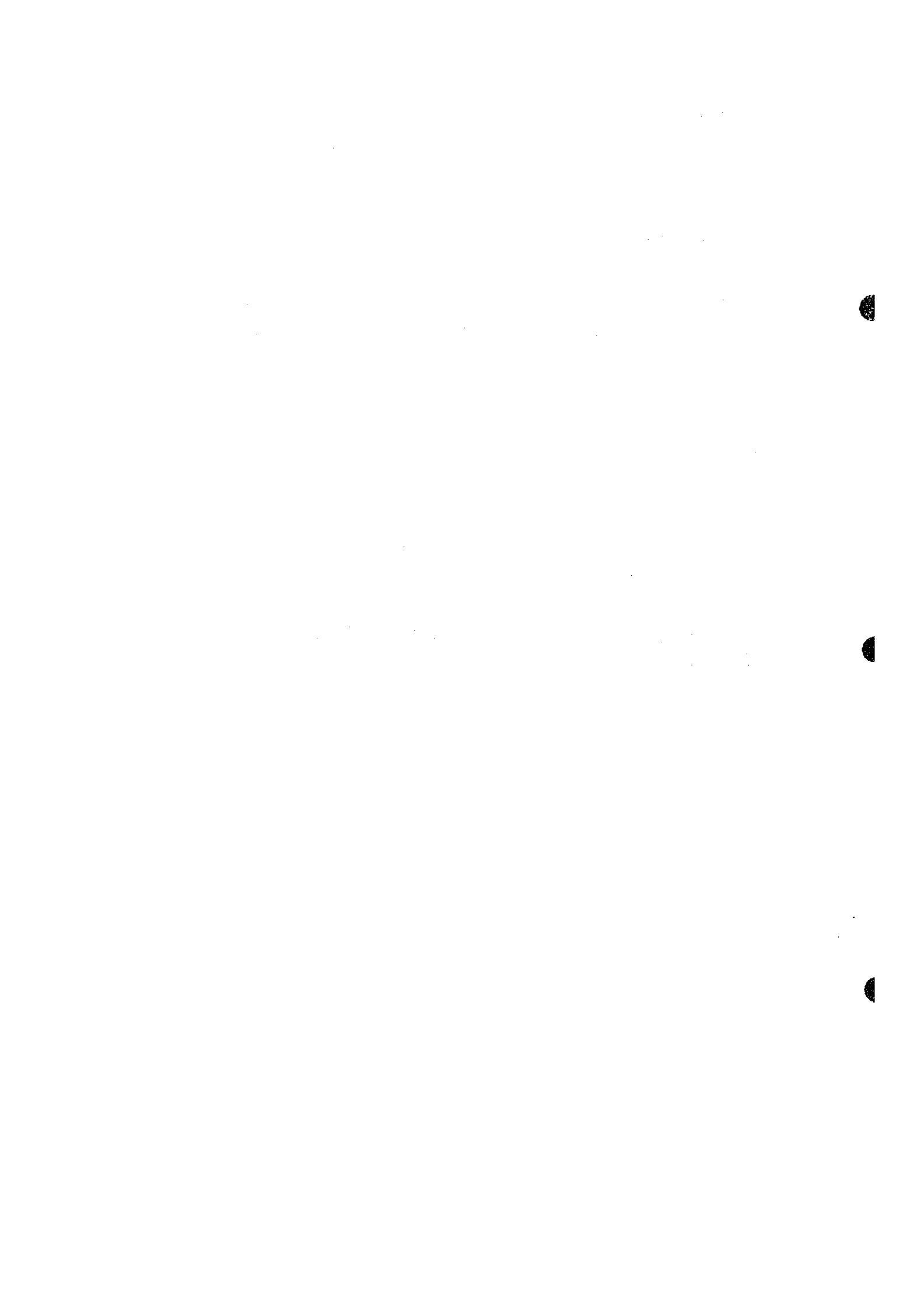
TDIP 法調査の結果、図に示す通り、調査地区の南部で分極率 8mV/V 以上の異常帯が捕捉された。この分極率異常帯は、ほぼ下部噴出岩類の分布域に対応する。北半部に広く捕捉された高メタルファクター異常帯は、極めて低い比抵抗（数 $\Omega\cdot\text{m}$ ）によるもので、分極率異常を伴わないことから、鉱化作用に関連しない地質環境によるものと考えられる。

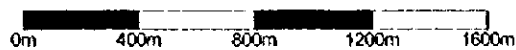
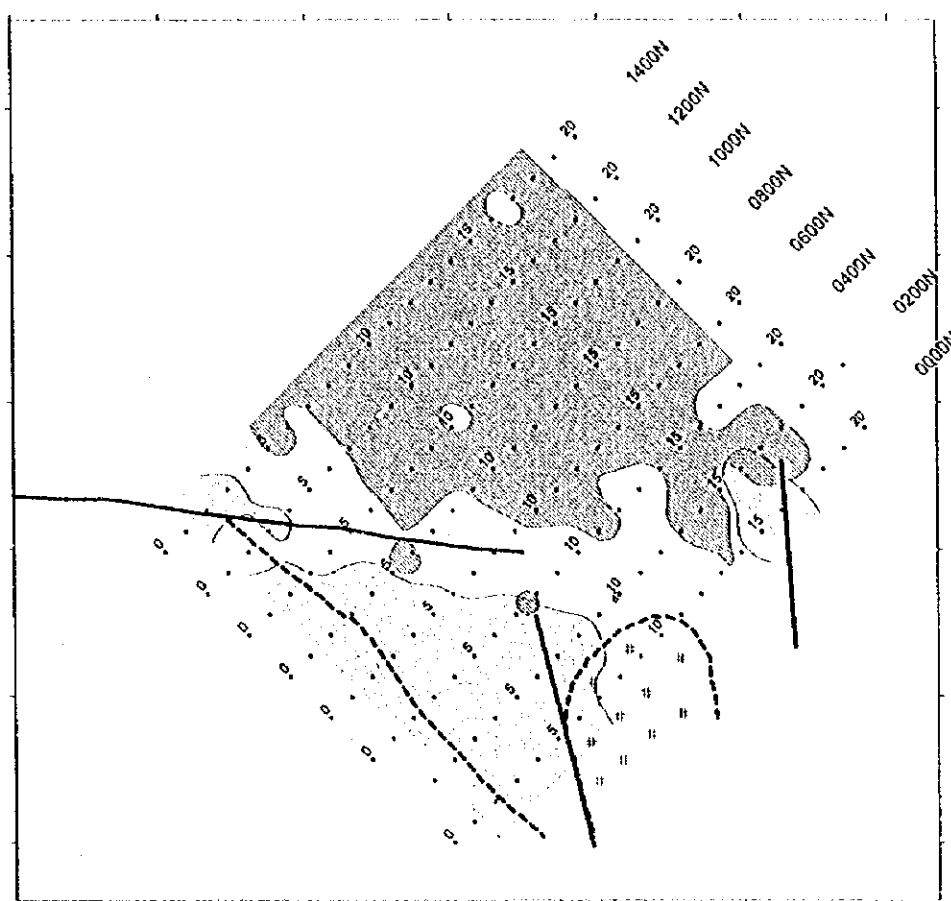
2-6-2 マケール地区

物理探査結果の総合図を Fig. II-3-50 に示す。

調査地区中央部及び西部に南北方向に連続する高分極率異常が捕捉された。中央部の異常は上部噴出岩類の中の断層近傍に認められ、西部の異常は上部噴出岩類と下部噴出岩類の境界部、トロニエマイトの分布域に認められる。

高メタルファクター異常帯は西部の一部のみにしか認められず、上部噴出岩類と下部噴出岩類の境界部に沿った形で分布している。本地区は全体に比抵抗が高いことから、塊状硫化鉄の賦存の可能性は低い。中央部の高分極率異常帯がさらに南北に連続する様相を示すことから物理探査による追跡調査が必要であると考えられる。










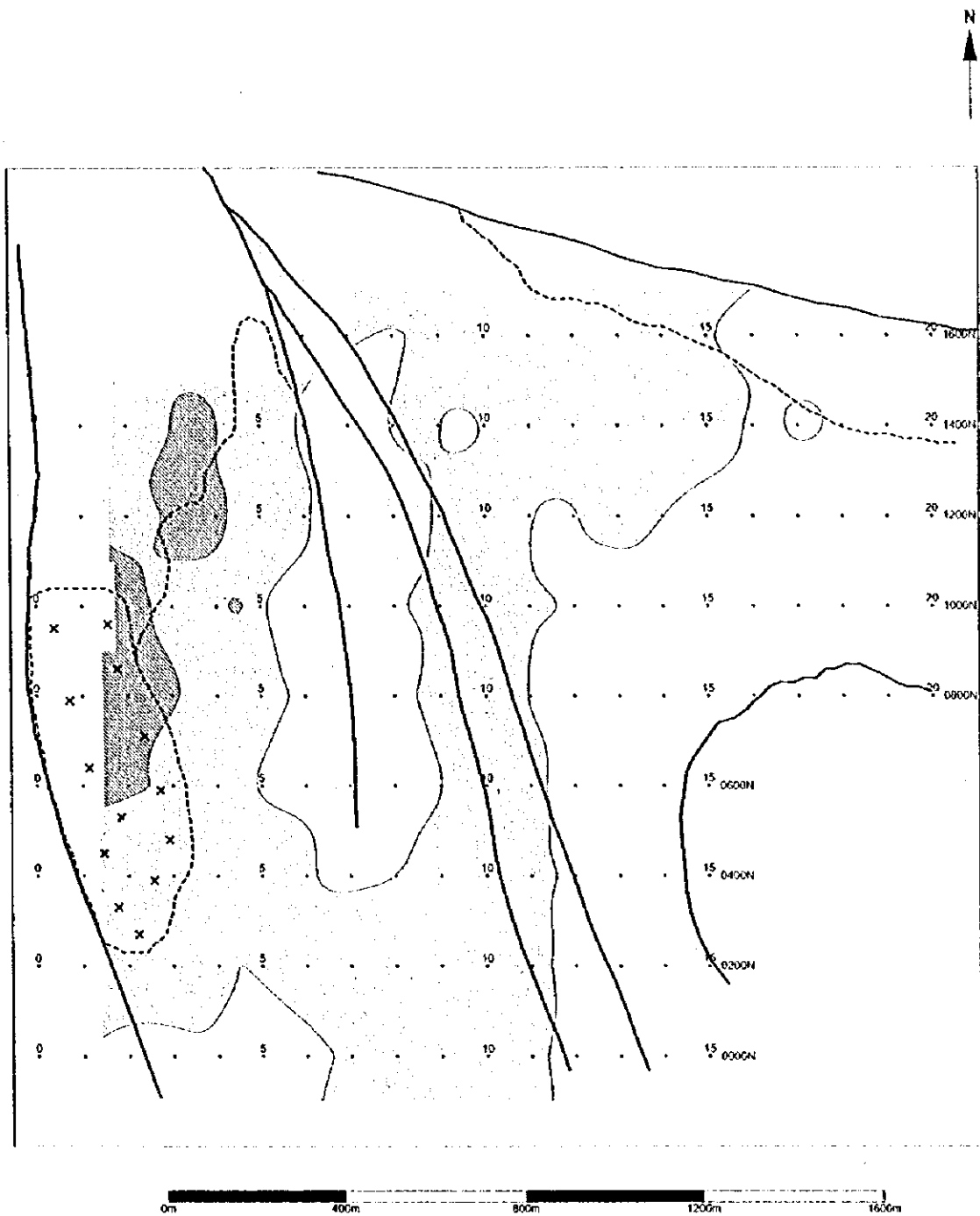
-  : Chargeability Anomaly(8mV/V<)
-  : Metal Factor Anomaly(25<)
-  : Geological Boundary
-  : Fault
-  : Gabbro

Fig. II -2-49 Compiled geophysical map in Mahab area





- : Chargeability Anomaly(8mV/V<)
- : Metal Factor Anomaly(25<)
- - - : Geological Boundary
- : Fault
- ★ : Toronjomite

Fig. II -2-50 Compiled geophysical map in Maqail area



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。

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、有望と考えられたグザイン地区、ハラキラブ地区及びラミ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-3-1 に示すとおりで、合計 14 ループで測定点は 1,134 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臓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、本調査では硫化鉄床の抽出には大きな固定ループを用いた調査を行った。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 11A (

Table II-3-1 Survey amounts of TEM

AREA	Number of Loops	Number of Points
Ghuzayn	1	81
Hara Kilab	5	405
Sarami	8	648
Total	14	1134

Table II-3-2 Channel times after switch off

Channel No.	Sampling time	Window width
1	88 μ s	18 μ s
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	1014	250
13	1287	380
14	1636	390
15	2081	500
16	2648	720
17	3373	780
18	4297	1080
19	5475	1420
20	6978	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	Protem,2Mb

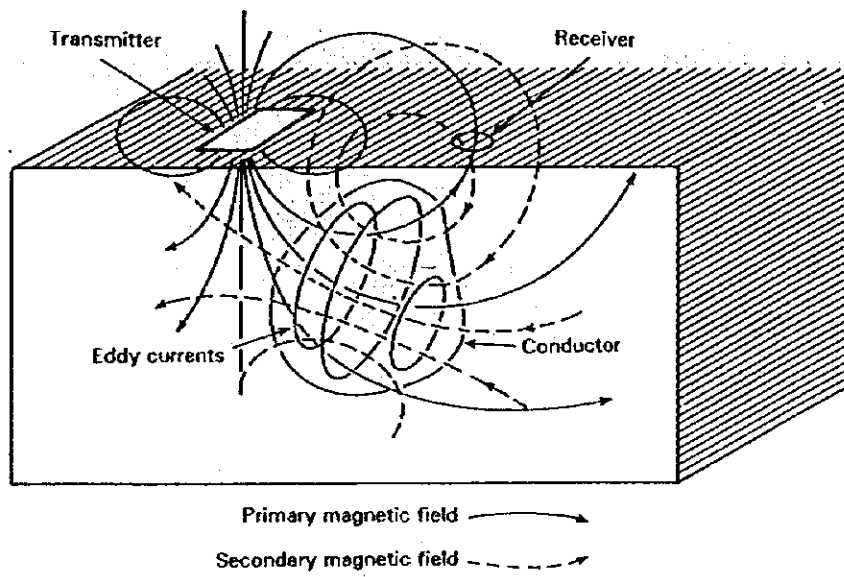
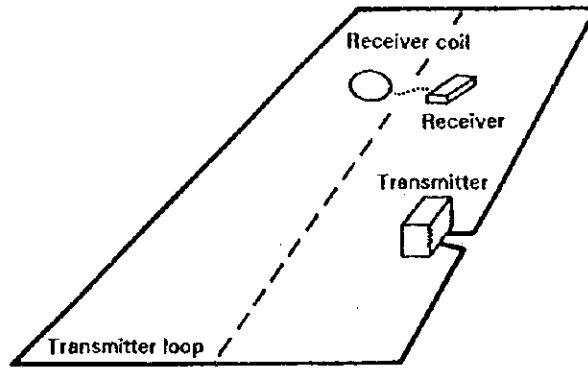


Fig. II-3-1 Schematic TEM survey configuration

アンペア)、送信電圧は約 100V (ボルト) とした。

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。

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-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 $80\mu\text{s}$ - $71500\mu\text{s}$ 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 $220\mu\text{s}$ 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 Protem 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。

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

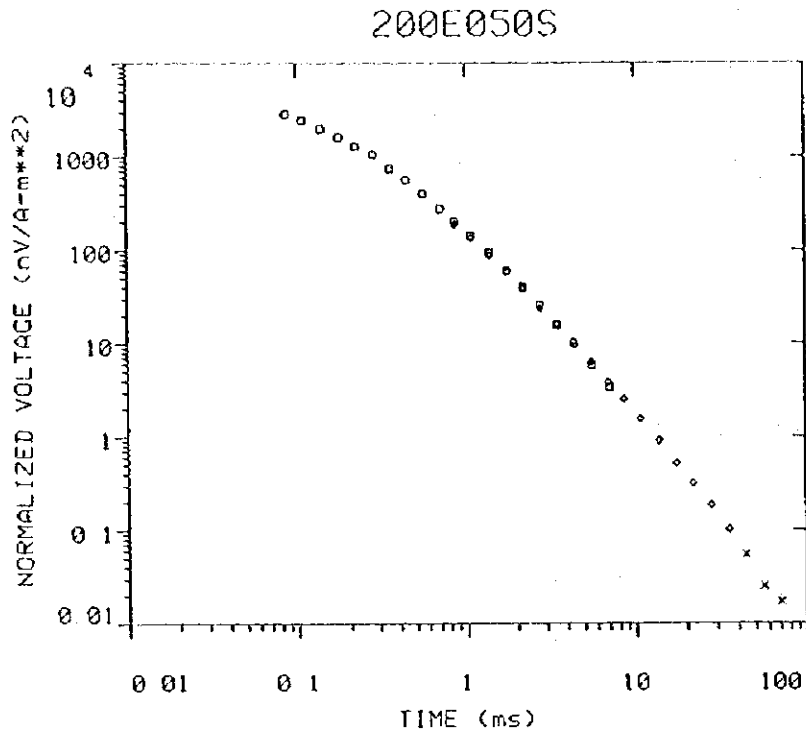


Fig. II -3-2 Example of TEM decay curve

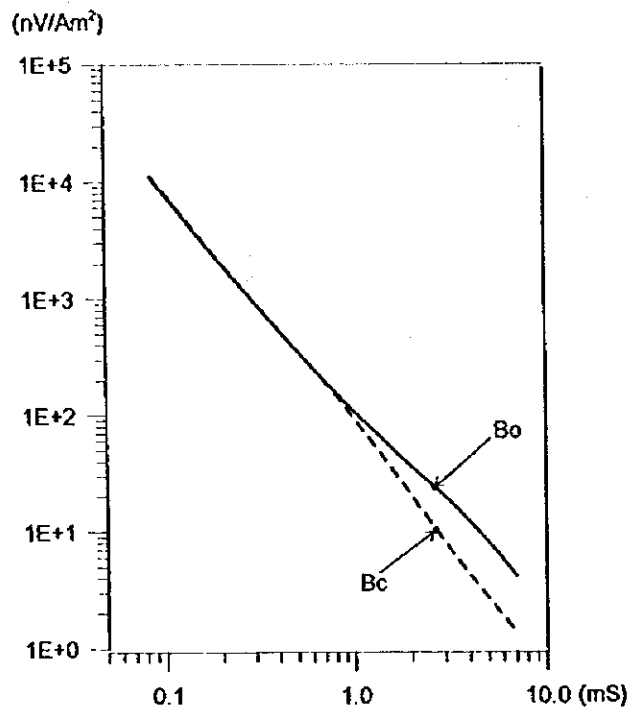


Fig. II -3-3 Observed and background TEM responses

3-5 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 2400W~2800W で捕捉された高分極率異常を精査する目的で TEM 法を実施した。

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

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

Loop1

磁場分布平面図を Fig. II-3-4(1) ~Fig. II-3-4(2) に示す。

高磁場異常が、1)ループの中央部、2)ループの右上の2ヶ所で捕捉されている。

Table II-3-4 Depth estimation in survey area

Channel	Unit: meter													
	Ghuzayn	Sarami								Hara Kilab				
	Loop1	Loop1	Loop2	Loop3	Loop4	Loop5	Loop6	Loop7	Loop8	Loop1	Loop2	Loop3	Loop4	Loop5
Ch1	40	45	45	56	56	43	39	51	44	32	52	36	38	56
Ch2	44	50	49	62	62	47	43	56	48	35	57	39	42	62
Ch3	49	55	54	68	68	53	48	62	53	39	63	43	47	69
Ch4	55	61	60	76	76	58	53	69	59	43	70	48	52	76
Ch5	61	68	67	84	84	65	59	76	66	48	78	54	58	85
Ch6	68	76	75	94	94	73	66	85	73	53	87	60	65	95
Ch7	76	85	84	106	106	81	74	95	82	60	98	67	73	106
Ch8	85	95	94	119	119	91	83	107	92	67	109	75	82	119
Ch9	96	107	106	133	133	102	93	120	104	75	123	85	92	134
Ch10	108	120	119	150	150	115	105	135	117	85	138	95	103	151
Ch11	121	136	134	168	168	130	118	152	131	95	156	107	116	170
Ch12	137	153	151	190	190	146	133	171	148	107	175	120	131	191
Ch13	154	172	170	214	214	164	150	193	166	121	197	136	147	215
Ch14	174	194	192	241	241	185	169	218	188	136	223	153	166	243
Ch15	196	219	216	272	272	209	191	246	212	154	251	173	187	274
Ch16	221	247	244	307	307	236	215	277	239	173	283	195	211	309
Ch17	249	279	275	346	346	266	243	313	269	196	320	220	238	348
Ch18	282	314	311	391	391	300	274	353	304	221	361	248	269	393
Ch19	318	355	351	441	441	339	310	398	343	249	407	280	303	444
Ch20	359	401	396	498	498	383	349	450	387	281	460	316	342	501



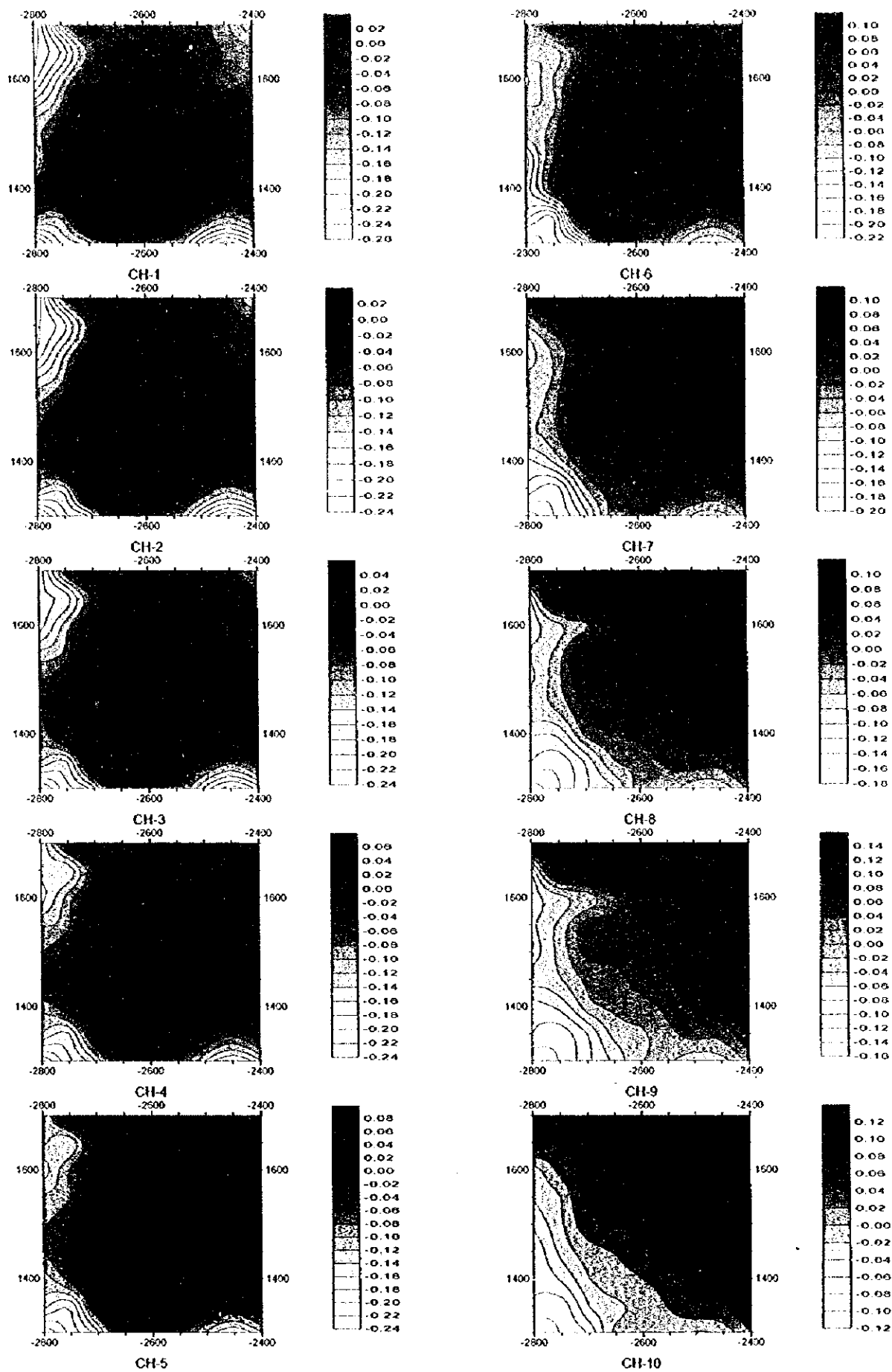


Fig. II -3-4(1) TEM response maps of Loop1 in Ghuzayn area(Ch1-Ch10)



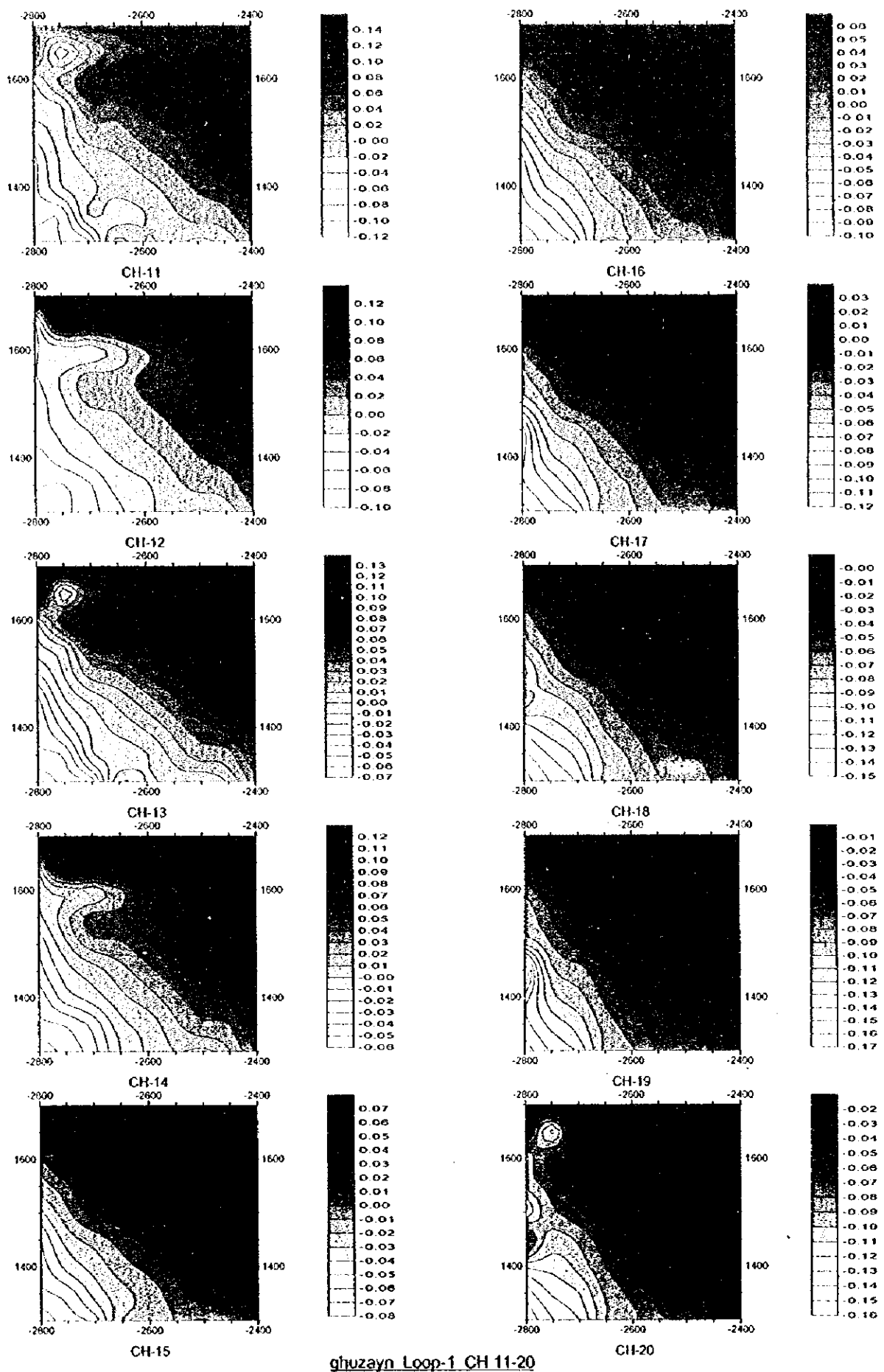


Fig. II-3-4(2) TEM response maps of Loop1 in Ghuzayn area(Ch11-Ch20)



1) この異常は Ch1~Ch3 にのみ認められ、極浅部の導電体によるもので地下水の影響によるものと推定される。

2) 右上部の異常は、Ch9 以降に認められ、ループの左下から右上にかけて徐々に磁場が高くなる傾向を示すが顕著なものではなく塊状硫化鉄床の賦存を示唆するものではない。

Ch8,Ch9,Ch12,Ch24 の上部で左-右方向に認められる磁場の急変は、この付近を走る商用電線による影響によるものである。また、所々局部的に見られる同心円状の異常も商用電線の引き込み線などによるものであり、地下の異常を示すものではない。

3-5-2 サラミ地区

(1) 測点設定

今年度の TDIP 法により調査地区の北部の広い範囲で捕捉されたメタルファクター異常帯を精査する目的で TEM 法調査を実施した。

測定位置は前述の Fig. II-2-14 に示すとおり 1200m×800m の範囲及び 400m×800m の範囲である。

(2) 測定結果

Loop1

磁場分布平面図を Fig. II-3-5(1)~Fig. II-3-5(2)に示す。

ループの中央部において、Ch5~Ch13 まで続く高磁場異常が捕捉された。この異常帯は TDIP で捕捉された明瞭な高メタルファクターの分布域と一致している。この異常に対してボーリング調査 (MJOB-S2 孔) を実施した。

Loop2

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

Loop1 の異常の下延長に相当する高磁場異常が Ch6~Ch12 に認められる。この異常はループの中央部付近にまで及んでいるが、磁場強度はやや弱くなっている。

Loop3

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

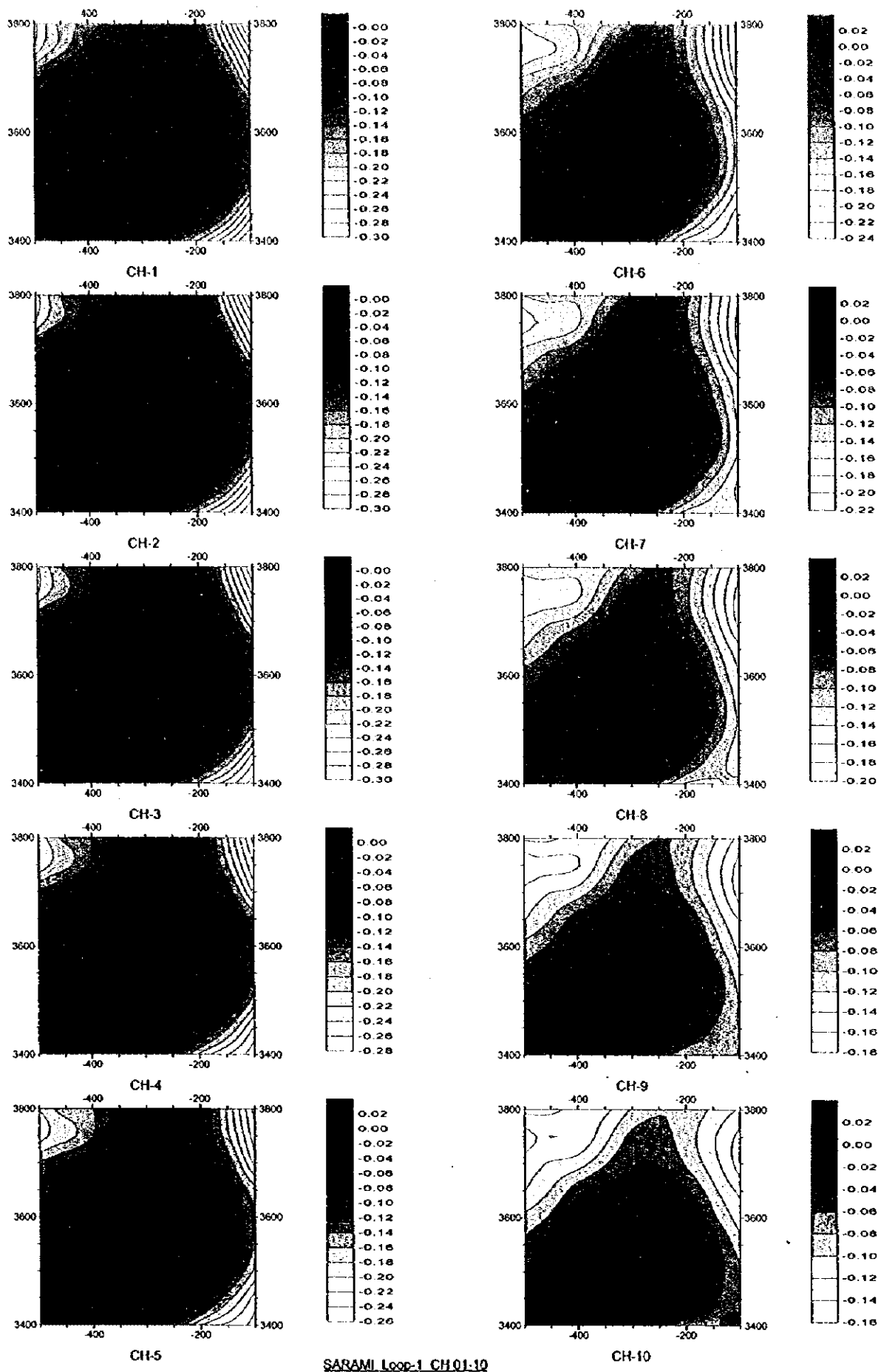
ループの中央のやや左よりに高磁場異常が Ch3~Ch13 に認められる。Loop1,Loop2 の高異常の延長部に相当する。

この異常に対してボーリング調査 (MJOB-S1 孔) を実施した。

Loop4

磁場分布平面図を Fig. II-3-8(1)~Fig. II-3-8(2)に示す。





SARAMI Loop-1 CH01-10

Fig. II-3-5(1) TEM response maps of Loop1 in Sarami area(CH1-CH10)

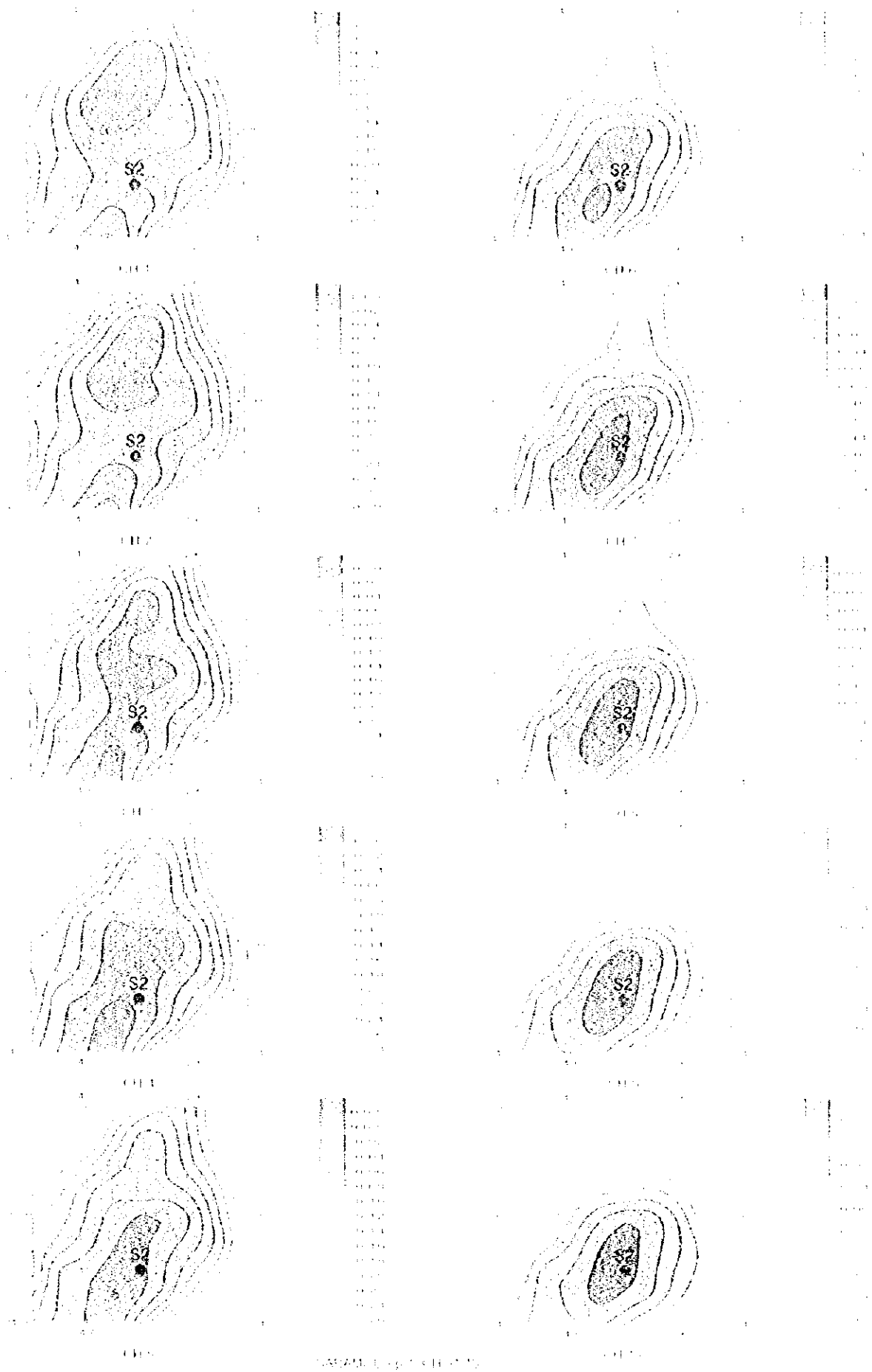


Fig. 11. (cont.) HMI recon. map of Loop 10 at various times.



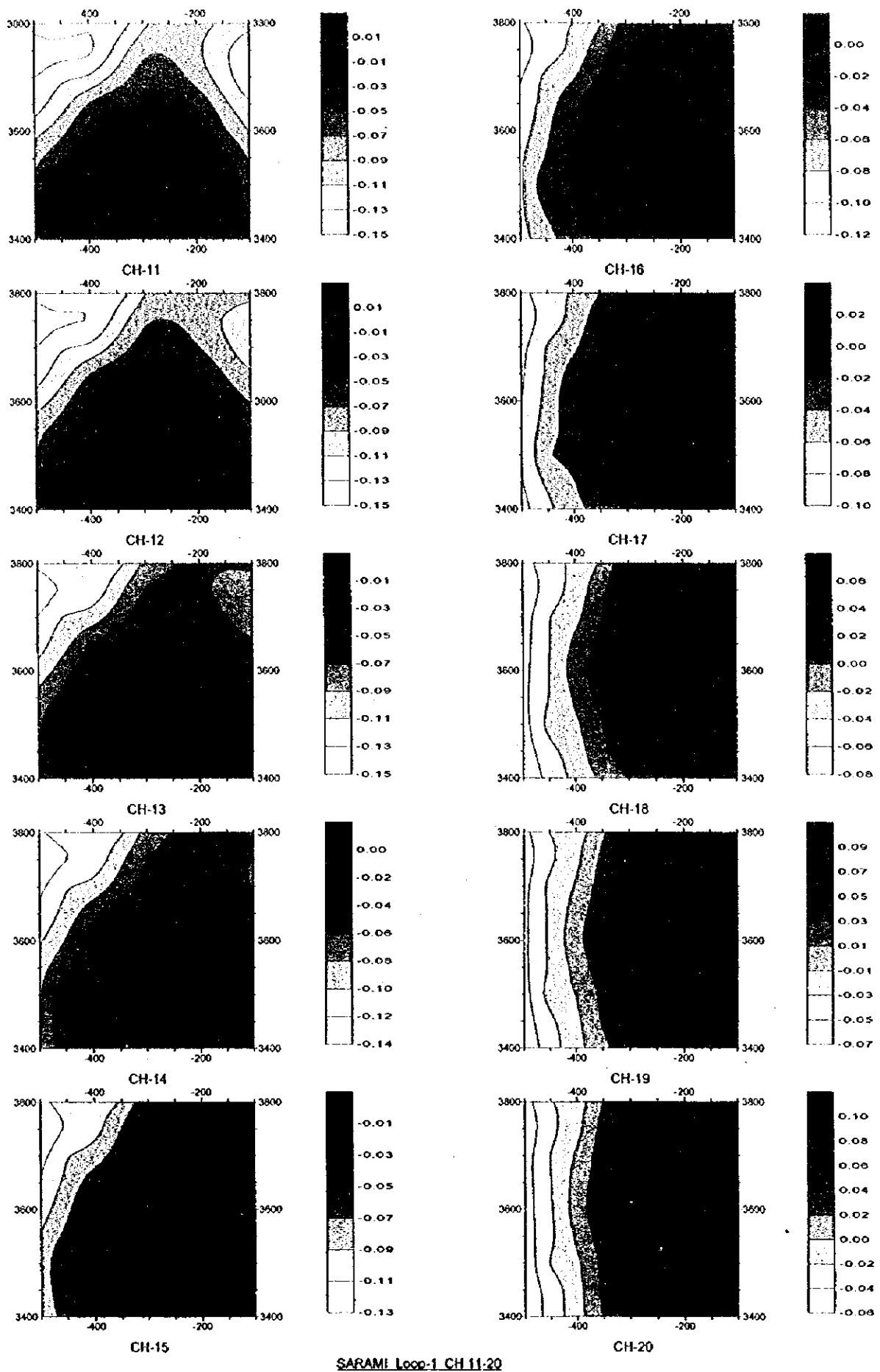


Fig. II-3-5(2) TEM response maps of Loop1 in Sarami area(Ch11-Ch20)

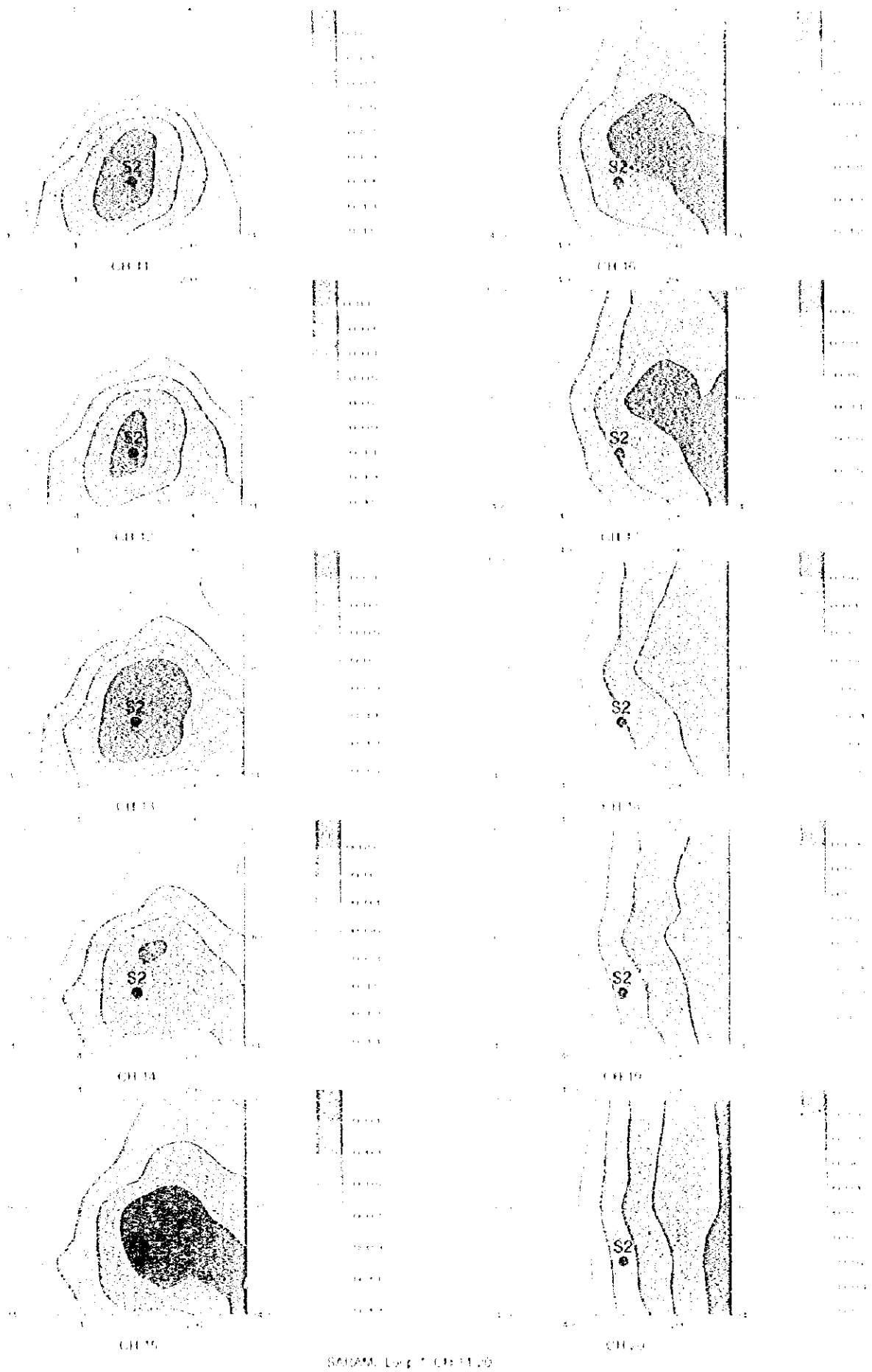


Fig. II-3-9(2) F1M response maps of Loop1 in Sarani area (Ch11-Ch20)



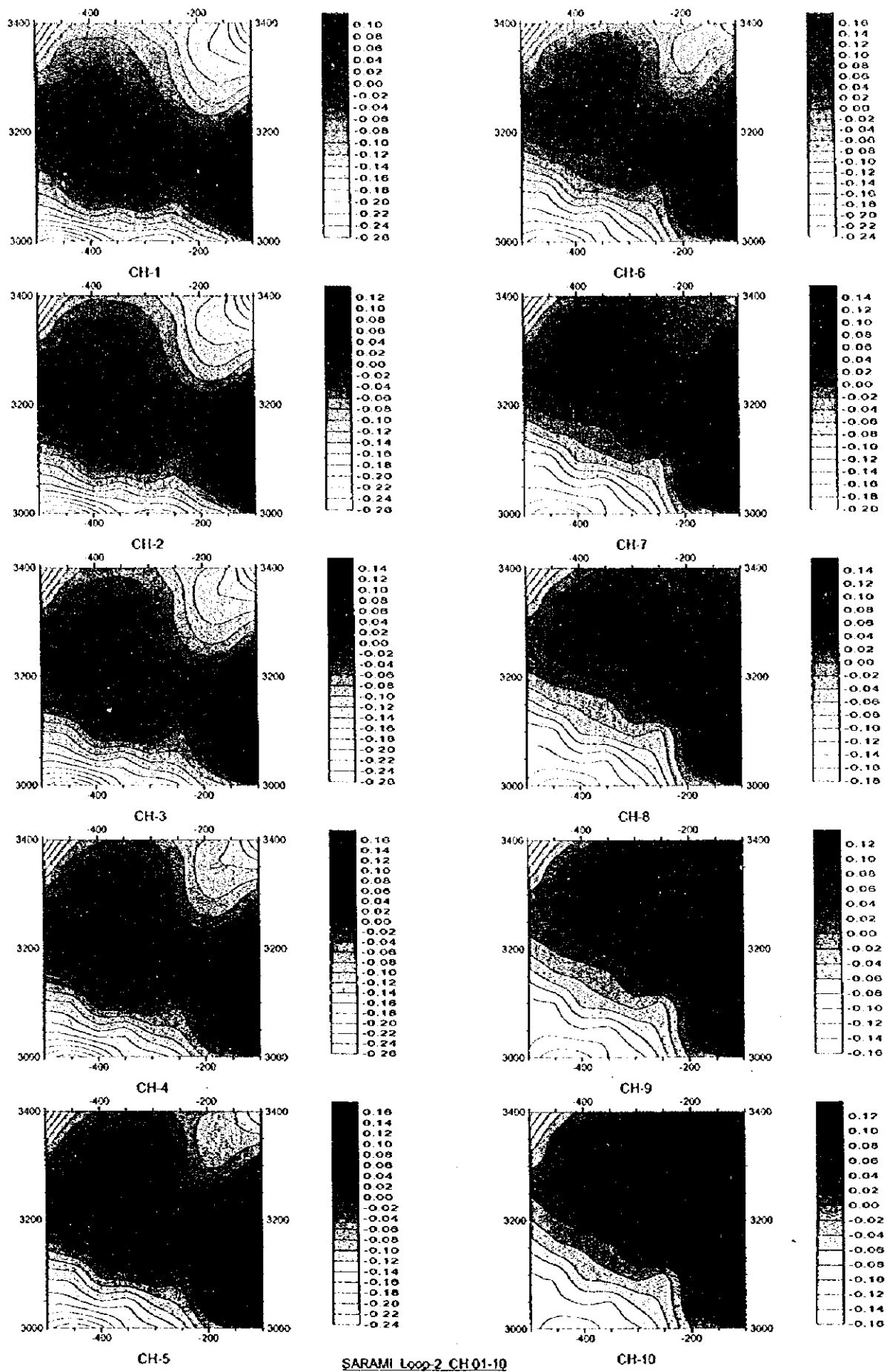


Fig. II-3-6(1) TEM response maps of Loop2 in Sarami area(CH1-Ch10)



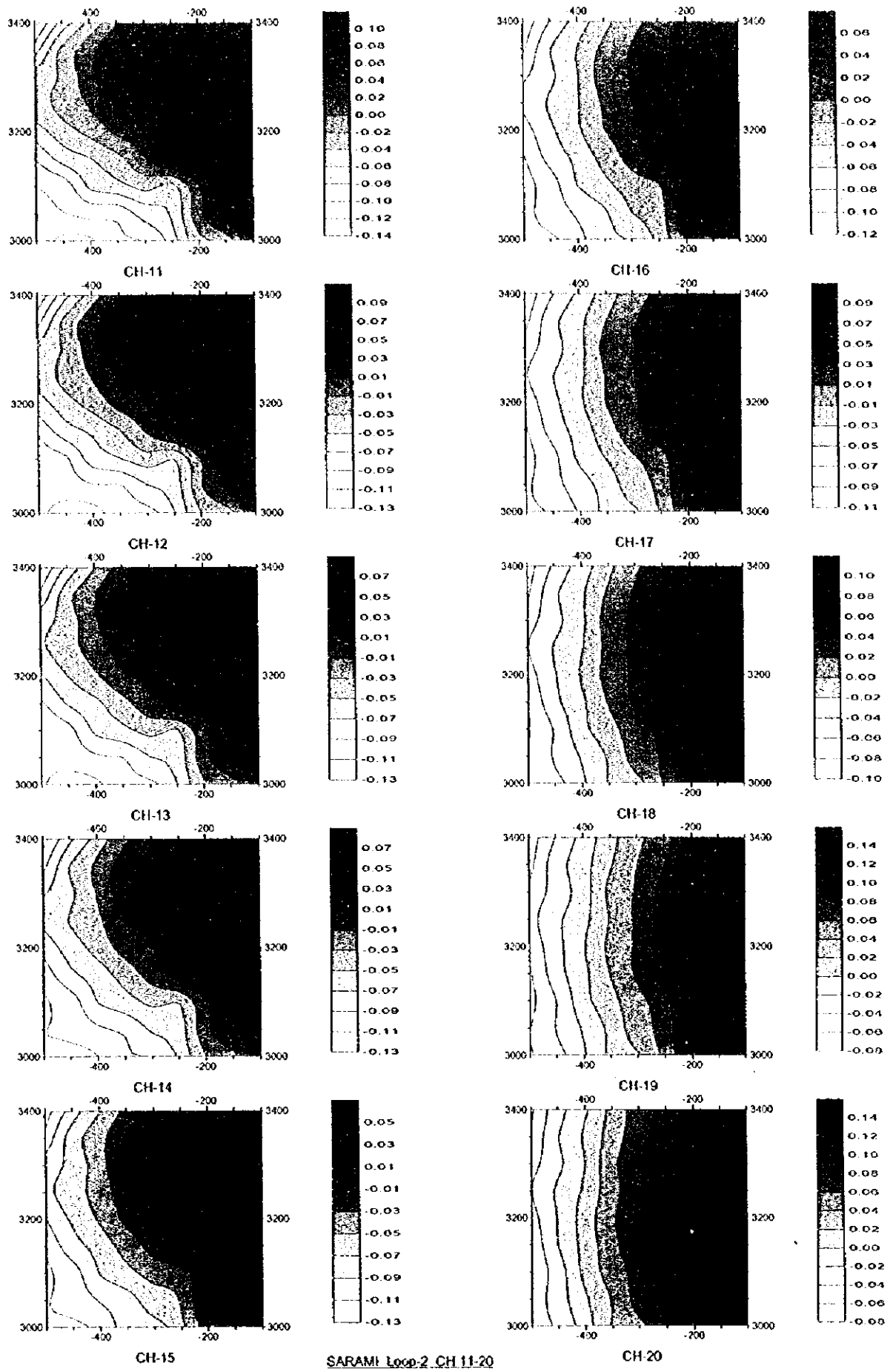


Fig. II-3-6(2) TEM response maps of Loop2 in Sarami area(CH11-CH20)



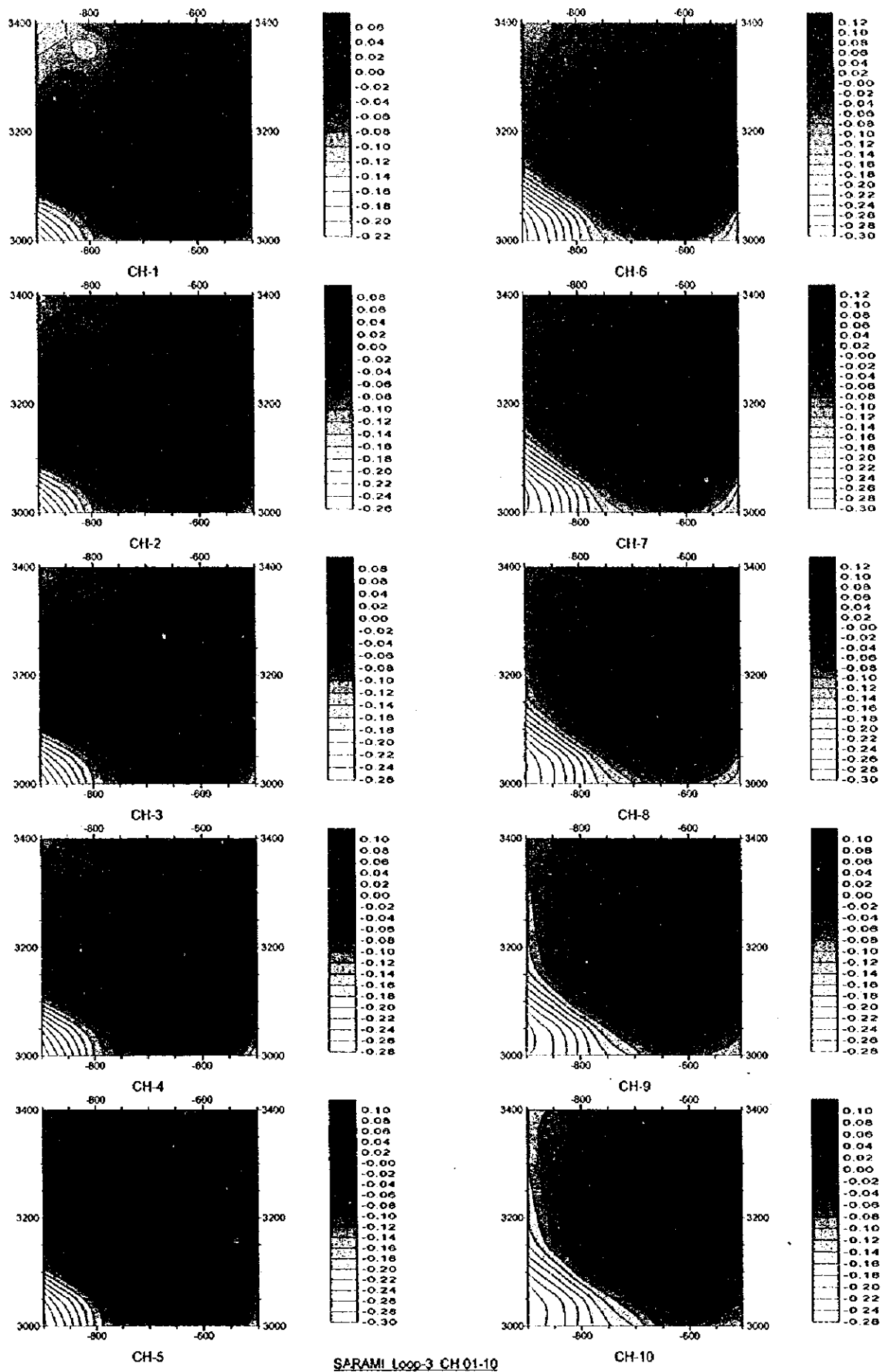


Fig. II-3-7(1) TEM response maps of Loop3 in Sarami area(CH1-Ch10)

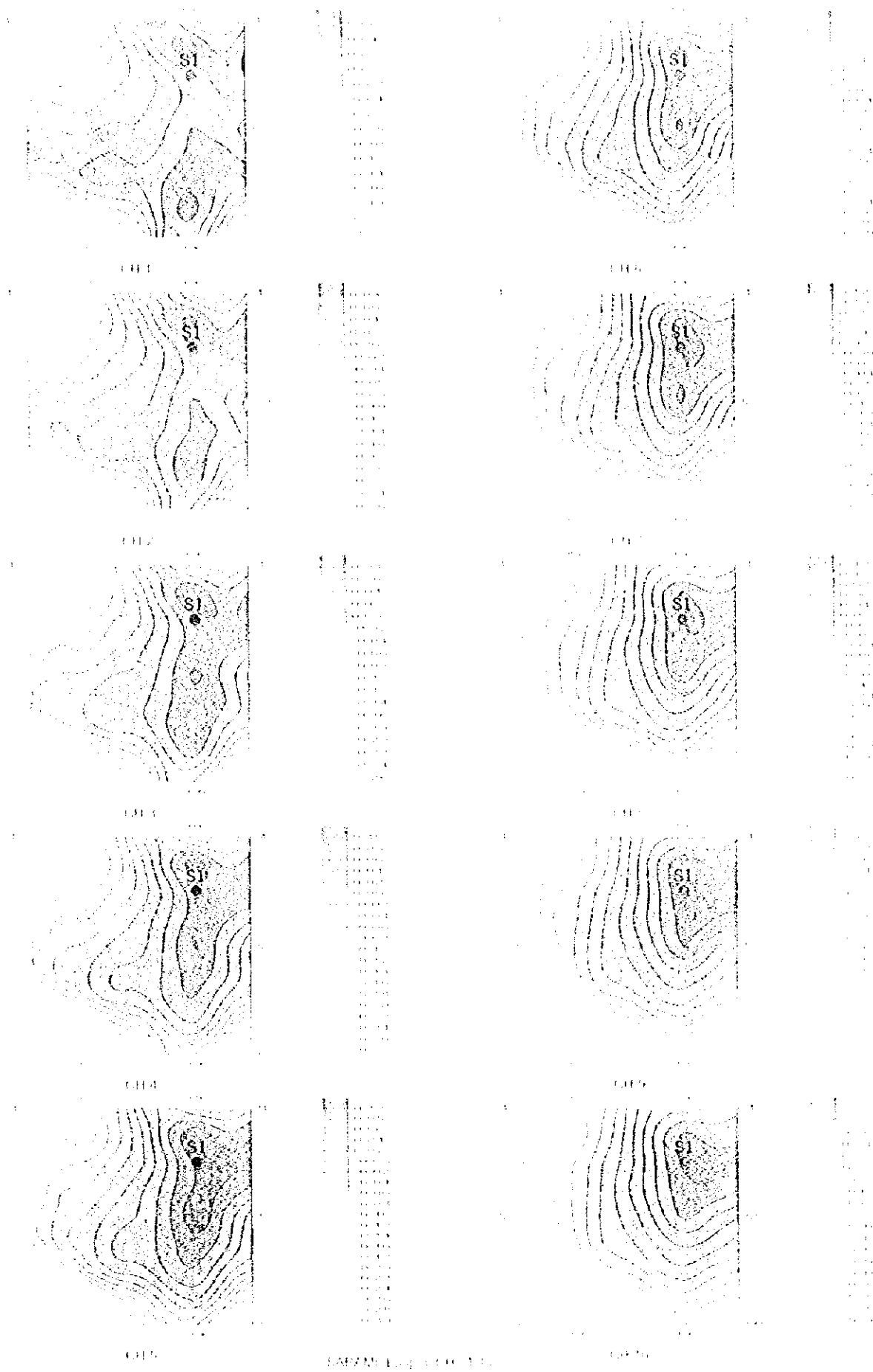


Fig. B. 3. 7 (1) - HMI response map of Loop 5 in Sarana area (bl. Ch10)



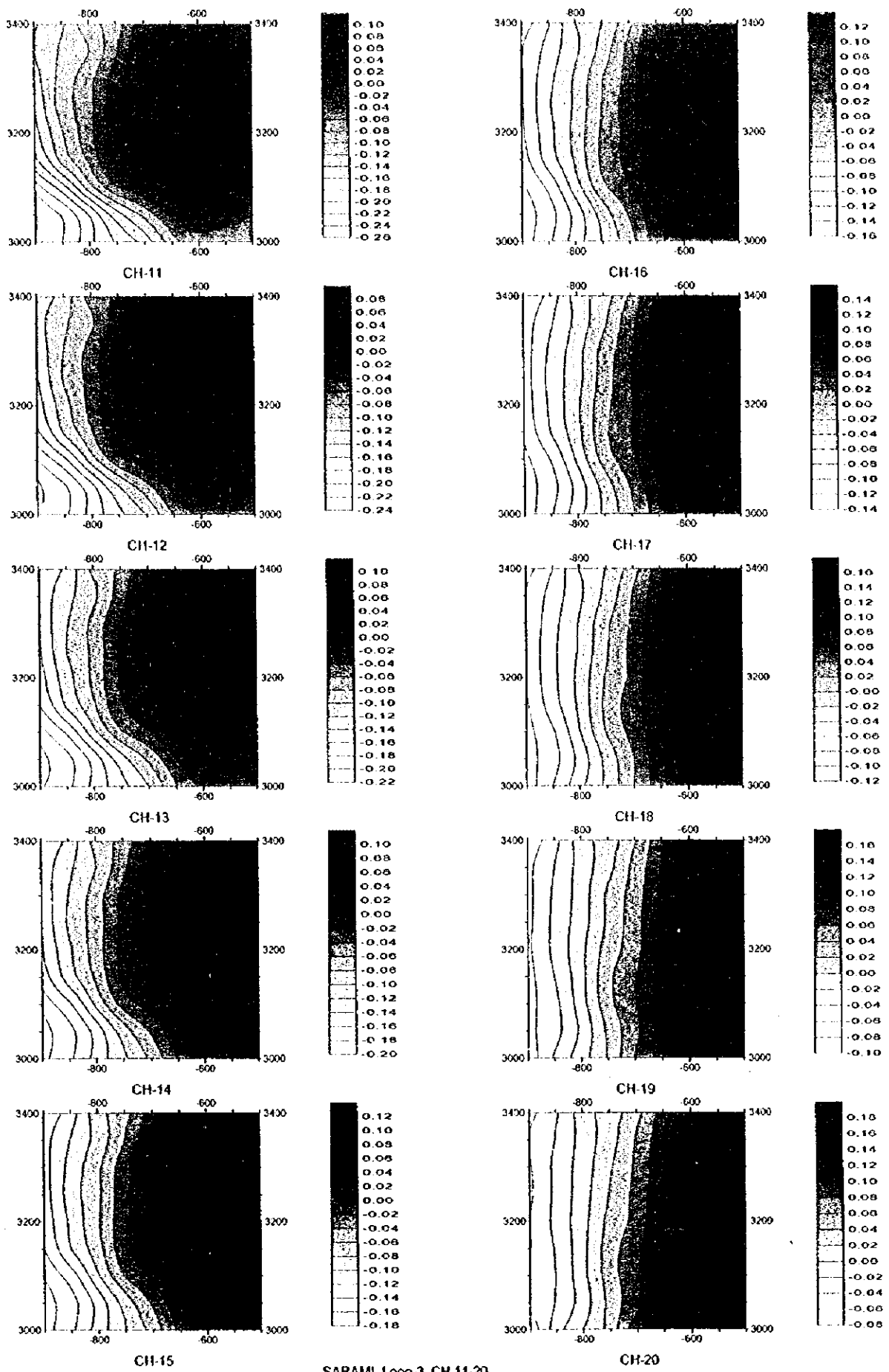
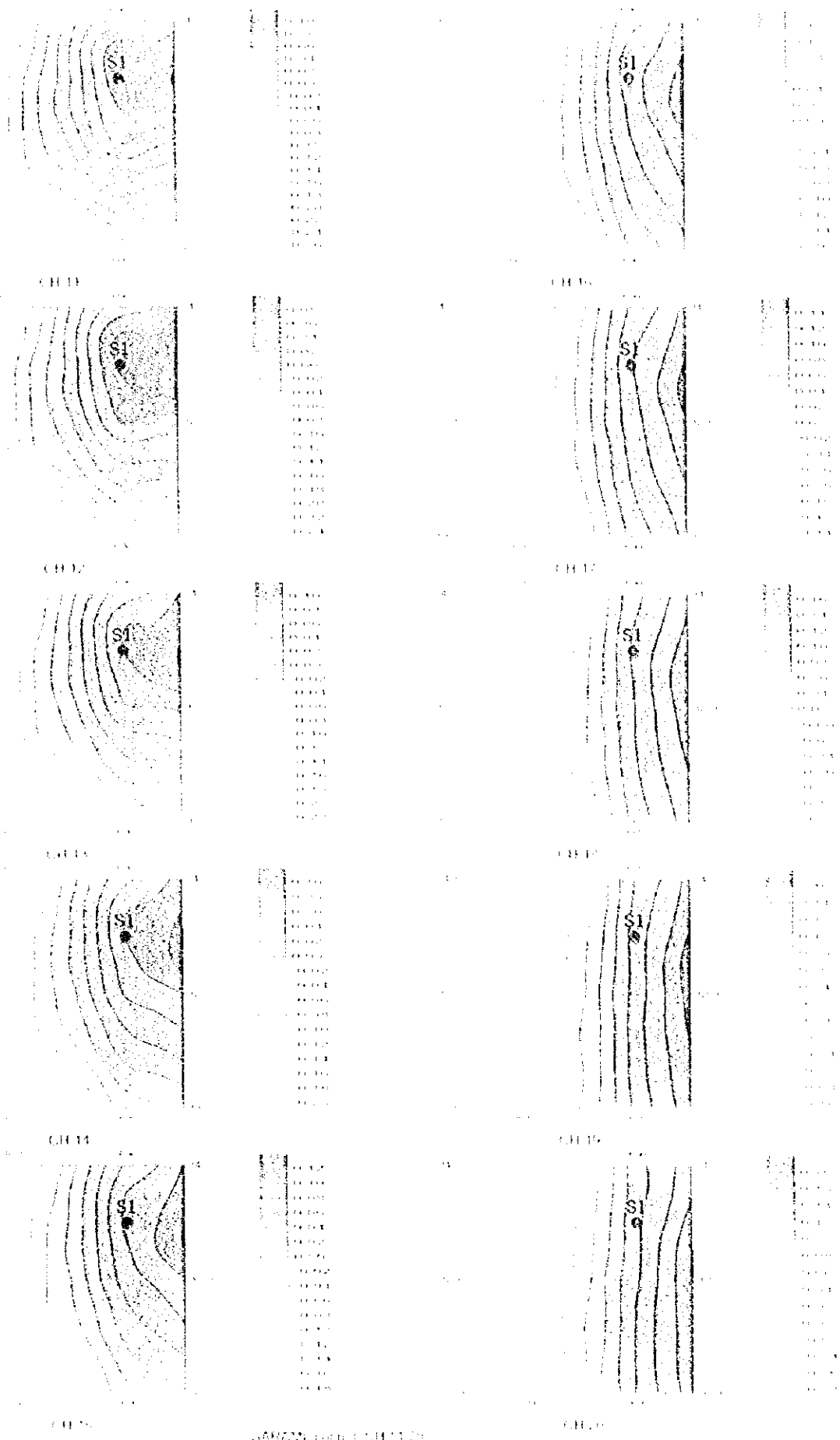


Fig. II-3-7(2) TEM response maps of Loop3 in Sarami area(Ch11-Ch20)



060720 (exp) 04/11/20

Fig. II-3-7(2) FEM response maps of Top3 in Samuilars (CH11-CH20)



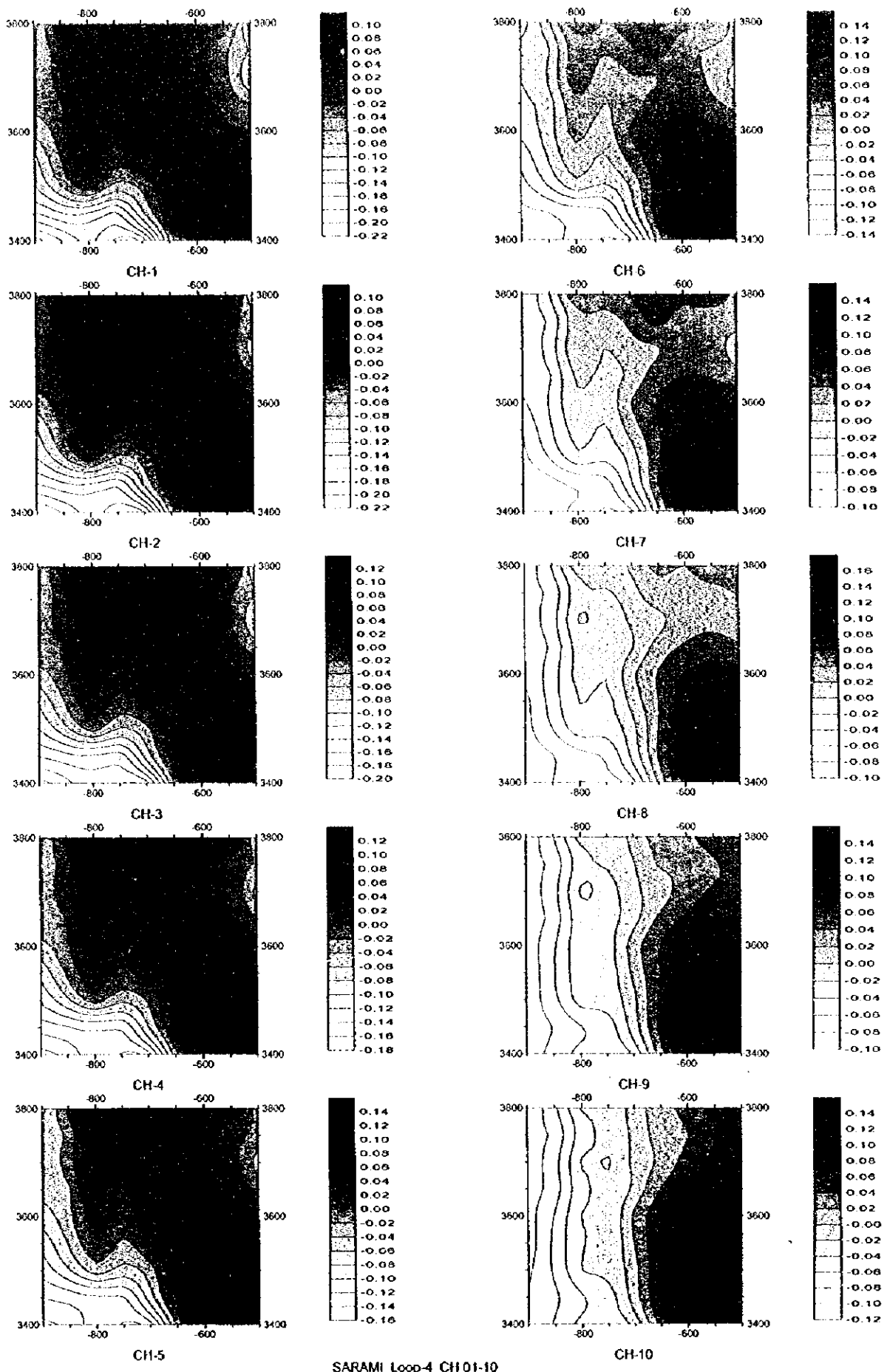
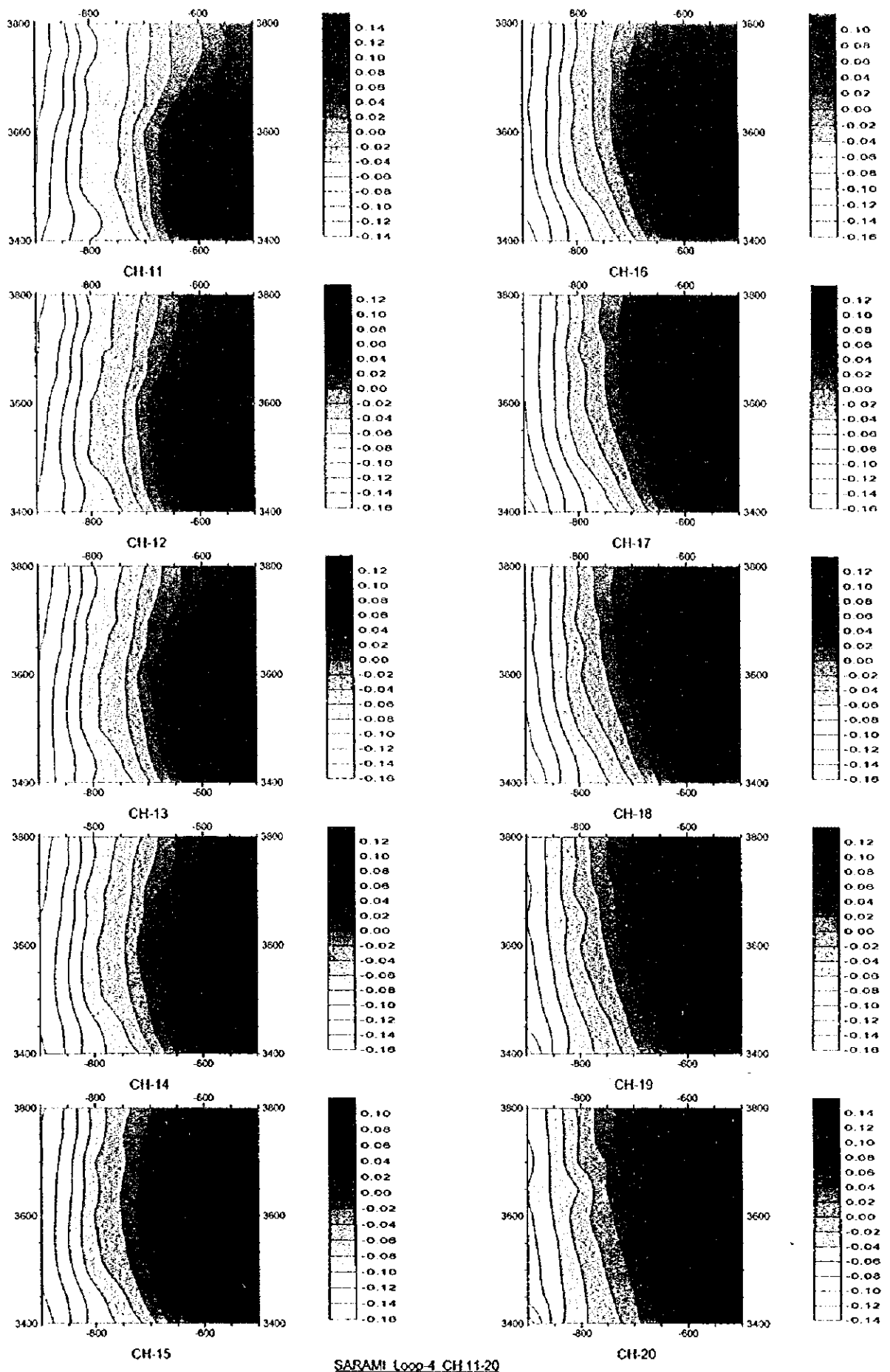


Fig. II -3-8(1) TEM response maps of Loop4 in Sarami area(Ch1-Ch10)





SARAMI Loop-4 CH11-20

Fig. II-3-8(2) TEM response maps of Loop4 in Sarami area(Ch11-Ch20)



ループの右下部に高磁場異常が Ch1~Ch15 まで認められる。Loop1 の異常に連続するものと推定されるが、磁場強度は全体に弱くなっている。

Loop5

磁場分布平面図を Fig. II-3-9(1)~Fig. II-3-9(2)に示す。

高磁場異常が、1)ループの左部、2)ループの下部の2ヶ所で捕捉されている。

1) この異常は Ch1~Ch10 に認められ、上下方向に直線状に細く延びていることから、破碎帯を伴った断層などの可能性が強い。

2) この異常は Ch11~Ch15 に認められる。TDIP による分極率の急変部に位置し、鉱化作用に関連した破碎帯の可能性がある。

Loop6

磁場分布平面図を Fig. II-3-10(1)~Fig. II-3-10(2)に示す。

ループの左上部を除いて大半を高磁場異常が占め、このループでは全体に比抵抗が低い。但し、この高磁場異常は TDIP による分極率の低い範囲と一致することから、鉱化作用に関連しない低比抵抗体によるものと考えられる。

Loop7

磁場分布平面図を Fig. II-3-11(1)~Fig. II-3-11(2)に示す。

地表部を除けば、右ほど磁場が高くなる単調な磁場分布を示し、特に磁場異常は認められない。

Loop8

磁場分布平面図を Fig. II-3-12(1)~Fig. II-3-12(2)に示す。

高磁場異常が、1)ループの左部、2)ループの右部の2ヶ所で捕捉されている。

1) この異常は Ch1~Ch8 に認められ、局所的な鉱化作用に関連した破碎帯の可能性がある。

2) この異常はチャンネル全体に認められ、高分極率の境界部に位置することから鉱化作用に関連したものと考えられる。

ボーリング MJOB-S1 孔及び MJOB-S2 孔をとる磁場断面図を Fig. II-3-13 にそれぞれ示す。

3-5-3 ハラキラブ地区

(1) 測点設定

本地区では 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。

ハラキラブ地区の分極率異常は、調査地区の西側及び中央部で広範囲に認められる。西側の異



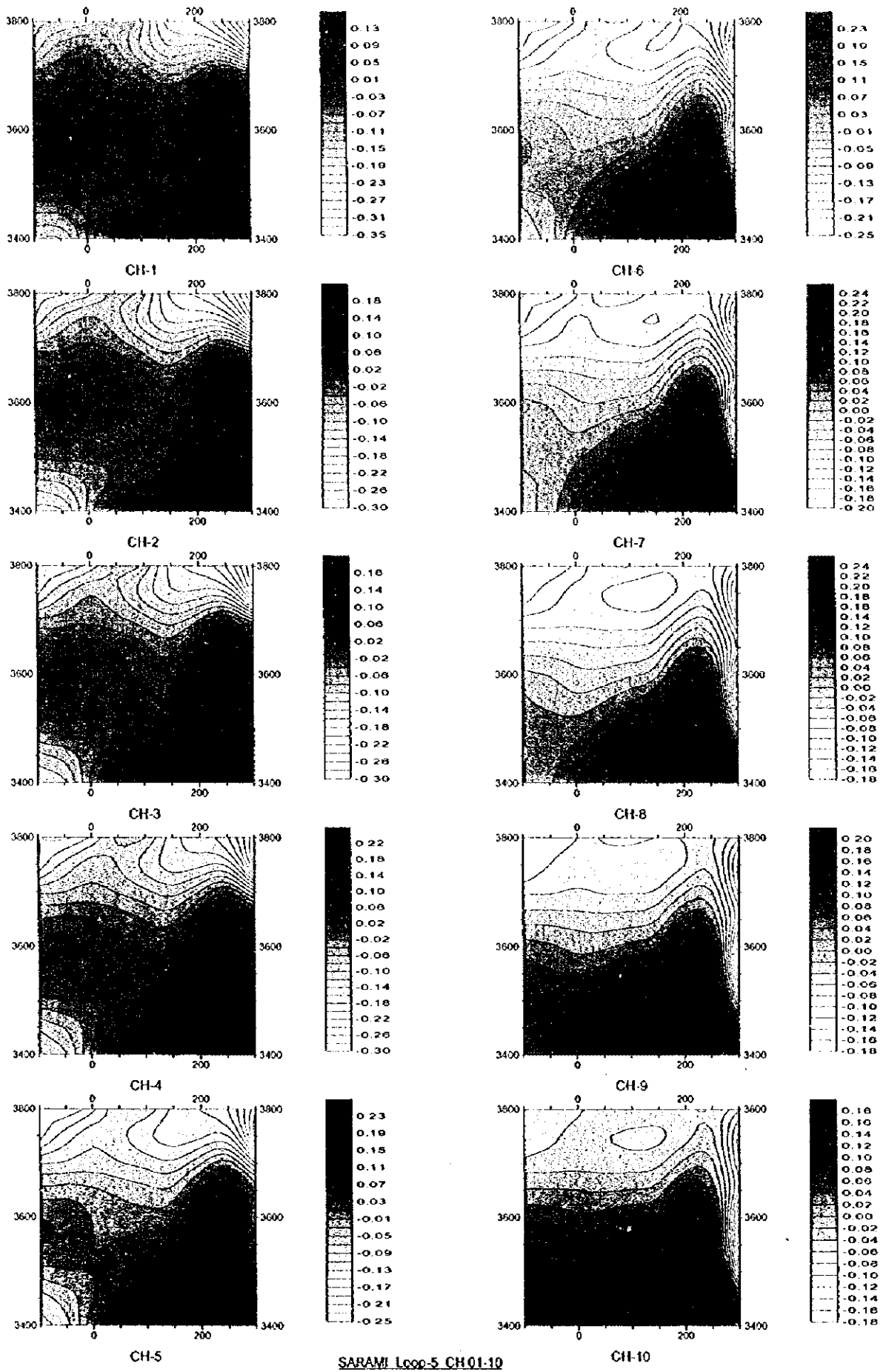


Fig. II-3-9(1) TEM response maps of Loop5 in Sarami area(CH1-Ch10)



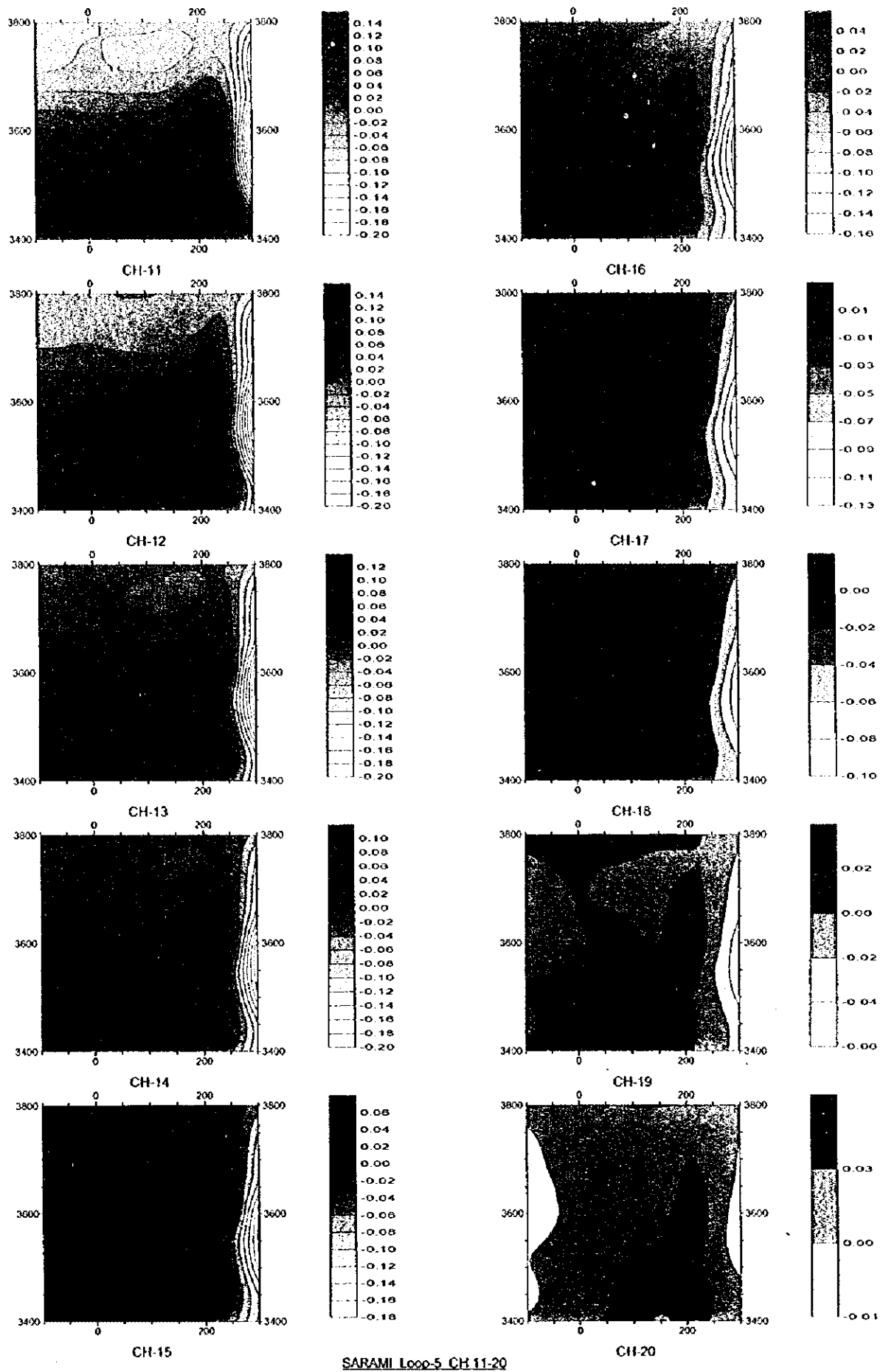


Fig. II-3-9(2) TEM response maps of Loop5 in Sarami area(Ch11-Ch20)



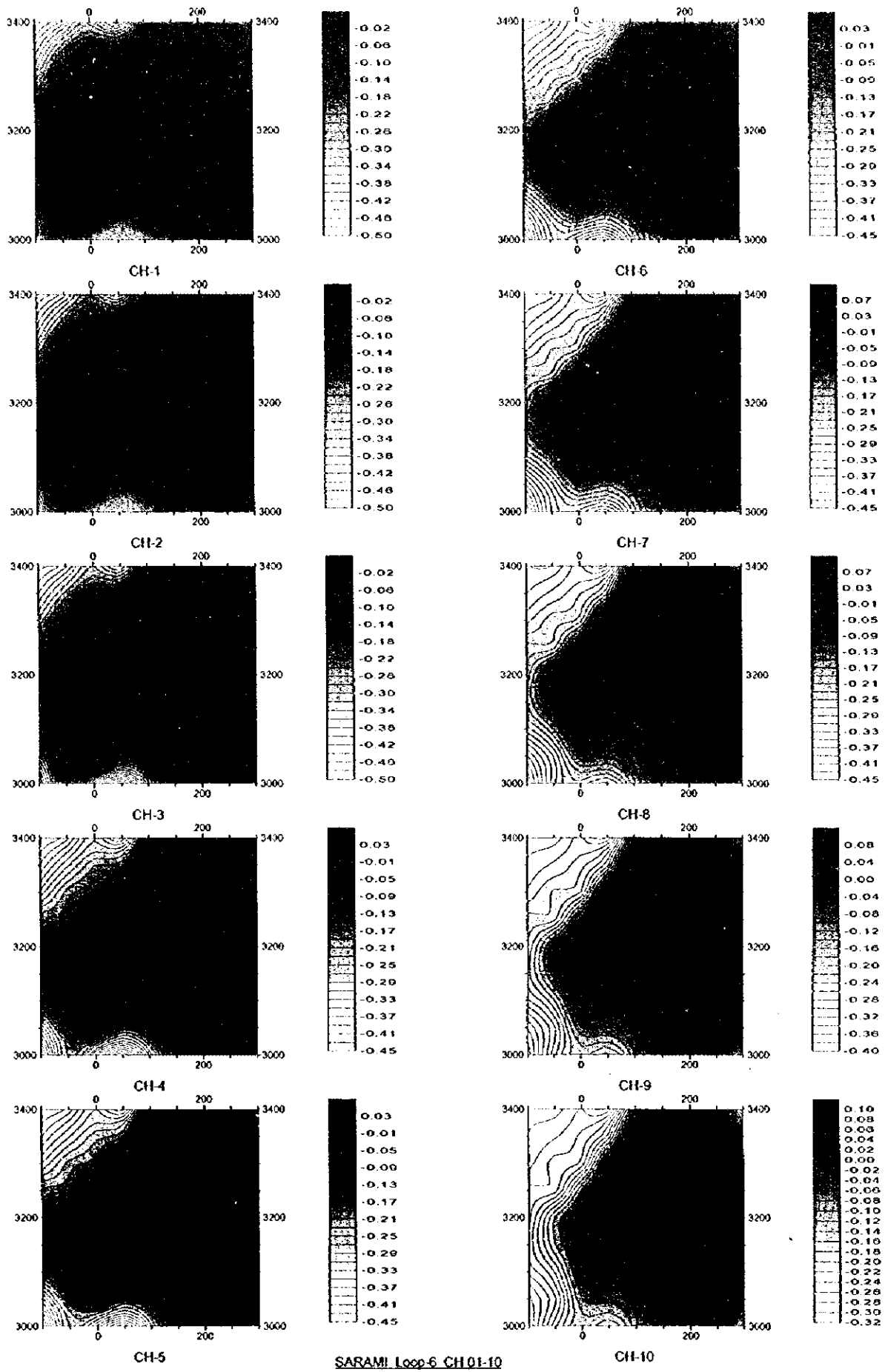


Fig. II-3-10(1) TEM response maps of Loop6 in Sarami area(CH1-Ch10)



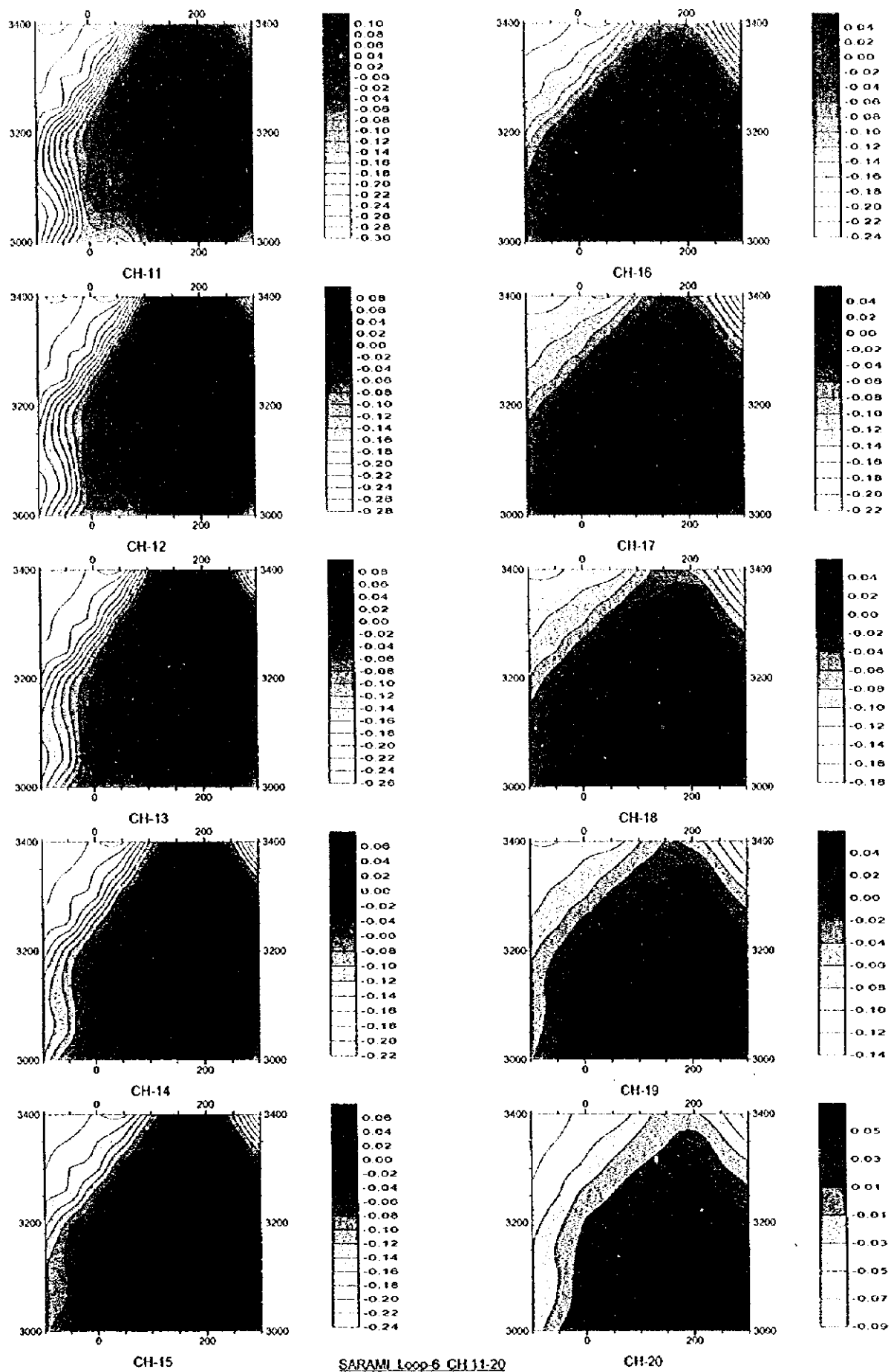


Fig. II-3-10(2) TEM response maps of Loop6 in Sarami area(Ch11-Ch20)



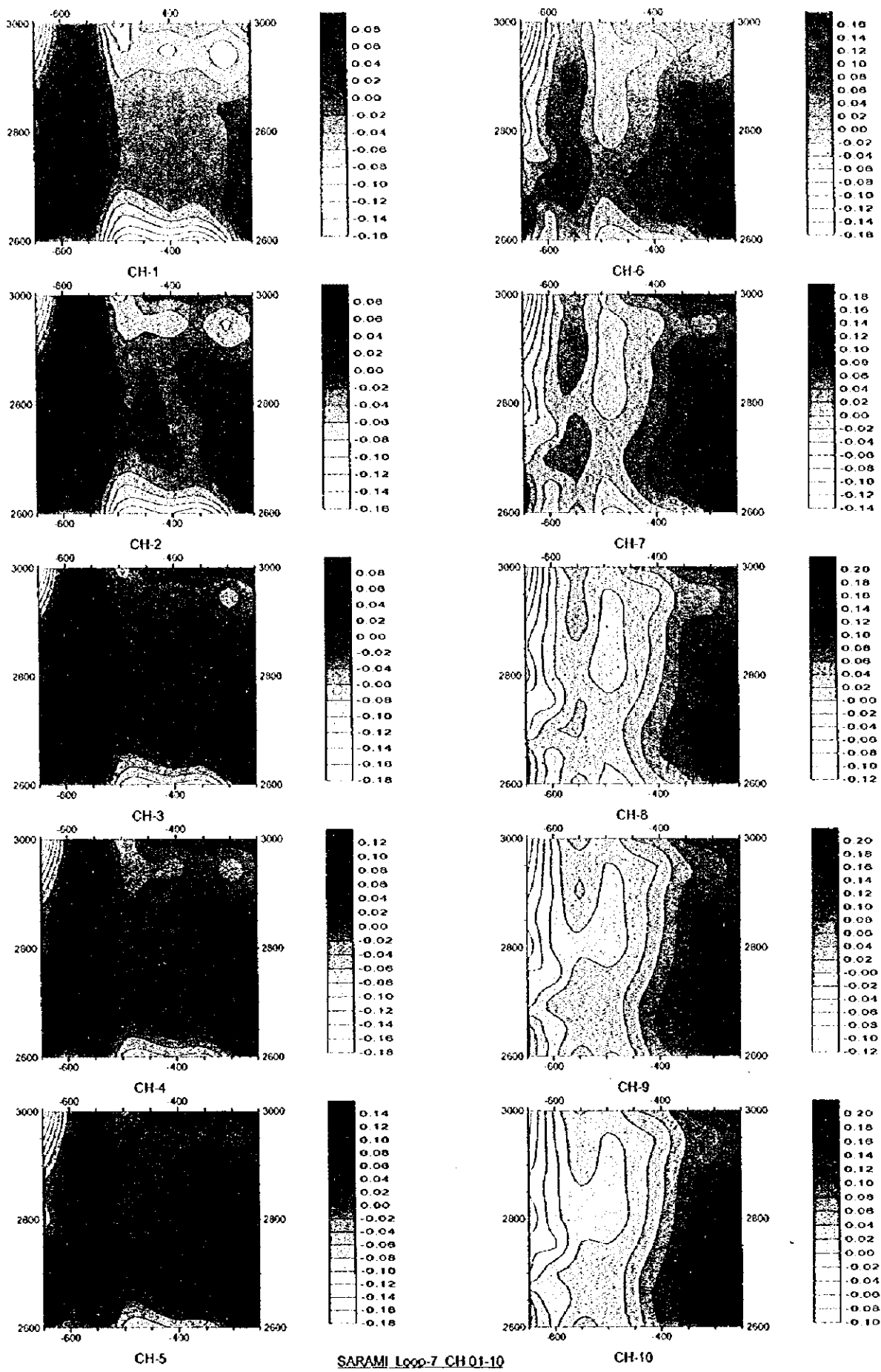


Fig. H-3-11(I) TEM response maps of Loop7 in Sarami area(CH1-CH10)



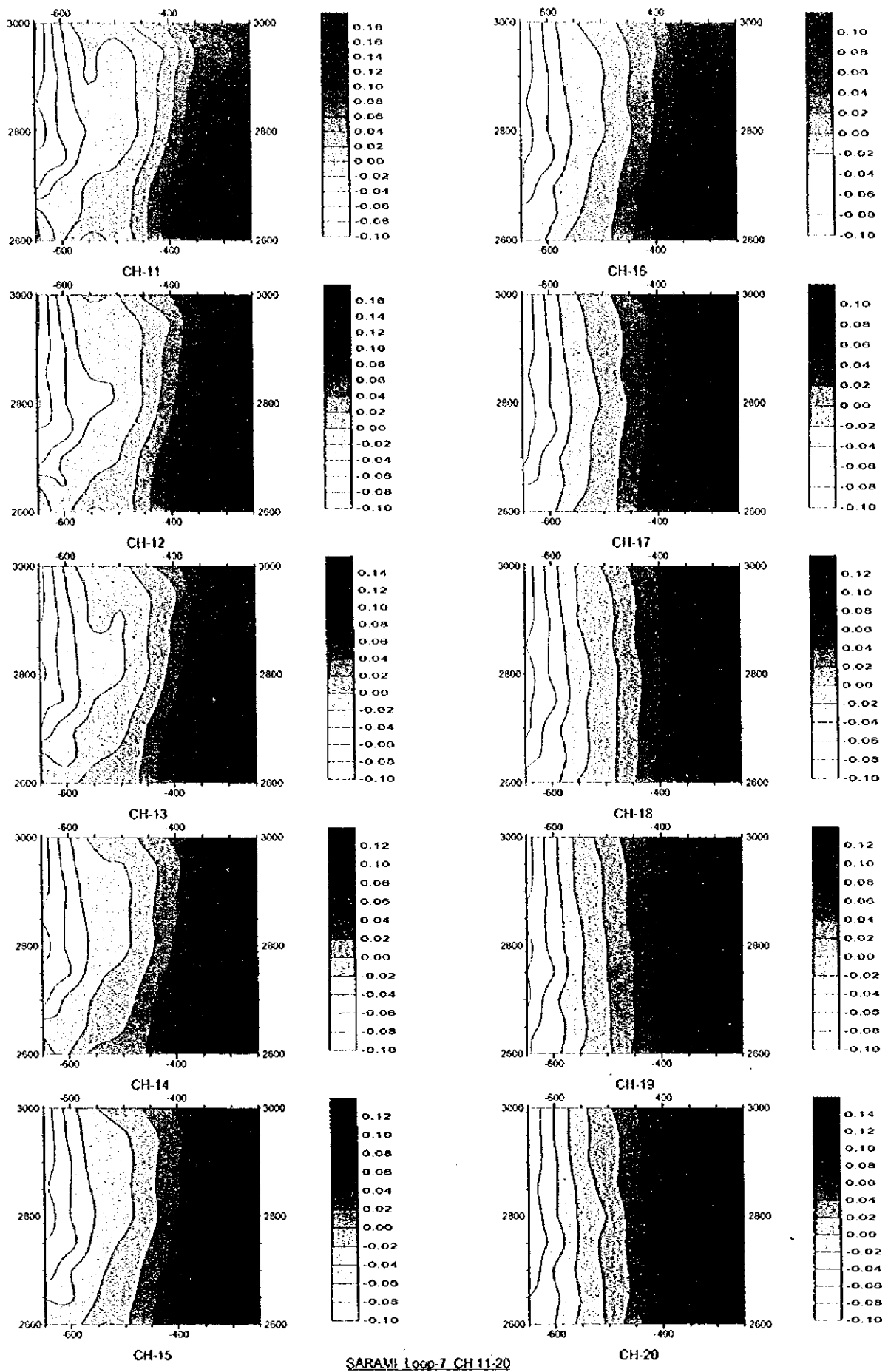


Fig. II-3-11(2) TEM response maps of Loop7 in Sarami area(Ch11-Ch20)



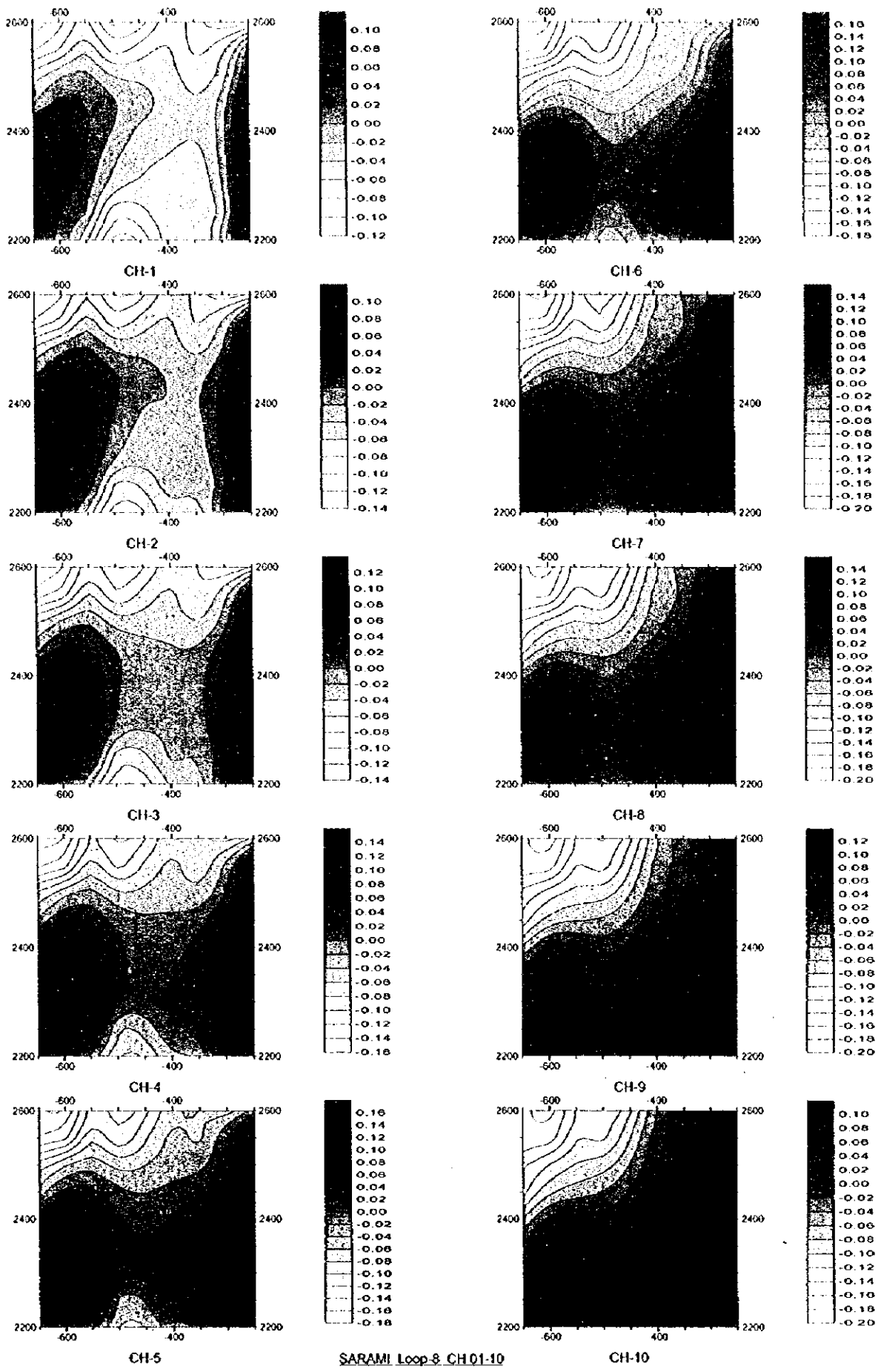


Fig. II-3-12(I) TEM response maps of Loop8 in Sarami area(Ch1-Ch10)



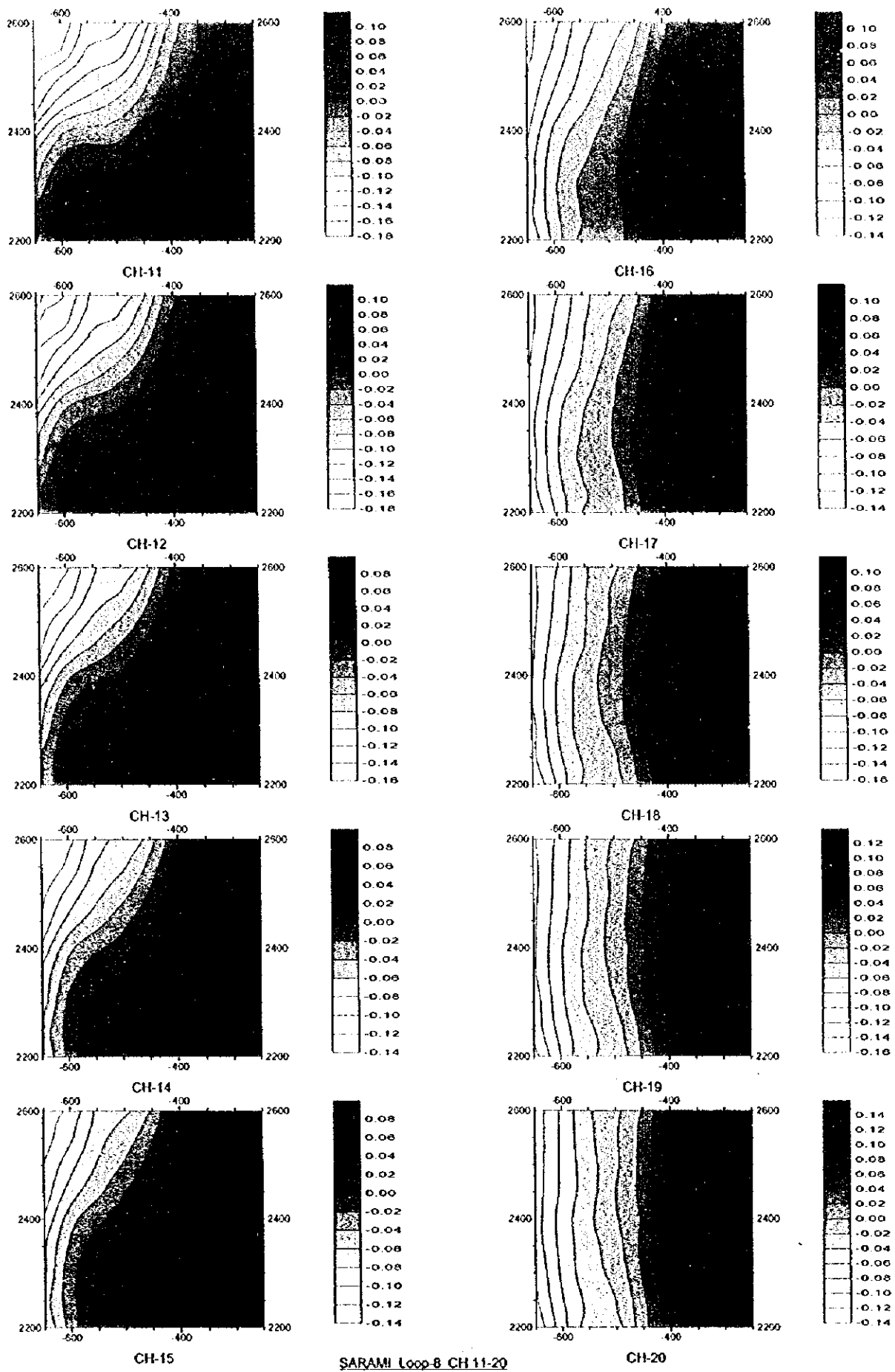


Fig. II-3-12(2) TEM response maps of Loop8 in Sarami area(Ch11-Ch20)



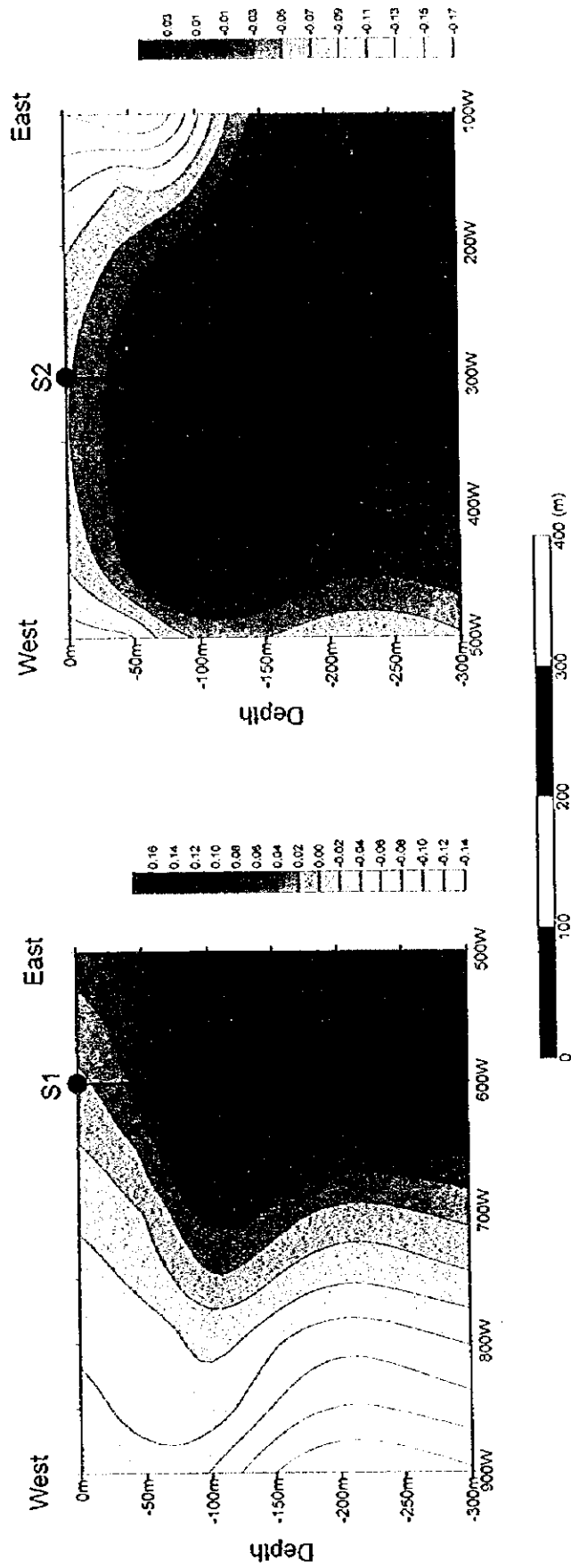


Fig. II -3-13 TEM response profile crossing drilling holes in Sarami area



常は鉄床胚胎層準の下盤である V1-1 層分布域に認められることから、この異常帯には塊状硫化鉄体は期待できない。中央部の異常は胚胎層準の上盤に認められ、その中で比較的比抵抗が低く、メタルファクターのやや高い箇所をカバーするように TEM 法調査を実施した。

測定位置は Fig. II-2-23 に示すとおり約 800m×800m の範囲である。

(2) 測定結果

Loop1

磁場分布平面図を Fig. II-3-14(1)～Fig. II-3-14(2)に示す。

高磁場異常が、1)測点 1350E2200N～1500E1800N、2) ループの右上部の 2 ヶ所で捕捉されている。

1) この異常は Ch1～Ch8 で認められる。地下水の影響によるものと推定される。

2) 右上部の異常は、Ch13 以降で認められが、顕著なものではなく塊状硫化鉄床の賦存を示唆するものではない。

Loop2

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

磁場強度はループの右にいくにしたがい高くなり、Ch11 以降は単調に増加している。Loop2 の右側（ループ外）に導電体の存在が推定されるが、このループ内では塊状硫化鉄体は期待できない。

Loop3

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

1600E2300N 付近を中心に左上～右下方向に延びる高磁場異常が Ch9～Ch17 で捕捉されている。この異常帯は TDIP 法の高メタルファクターの分布域と一致することから鉄化作用に関連するものと考えられる。

この異常に対してボーリング調査 (MJOB-H2 孔) を実施した。

Loop4

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

ループの左部に上下方向に延びる高磁場異常が Ch9～Ch16 で捕捉されている。この異常帯は Loop3 と同様に TDIP 法の高メタルファクターの分布域と一致することから鉄化作用に関連するものと考えられる。

この異常に対してボーリング調査 (MJOB-H1 孔) を実施した。



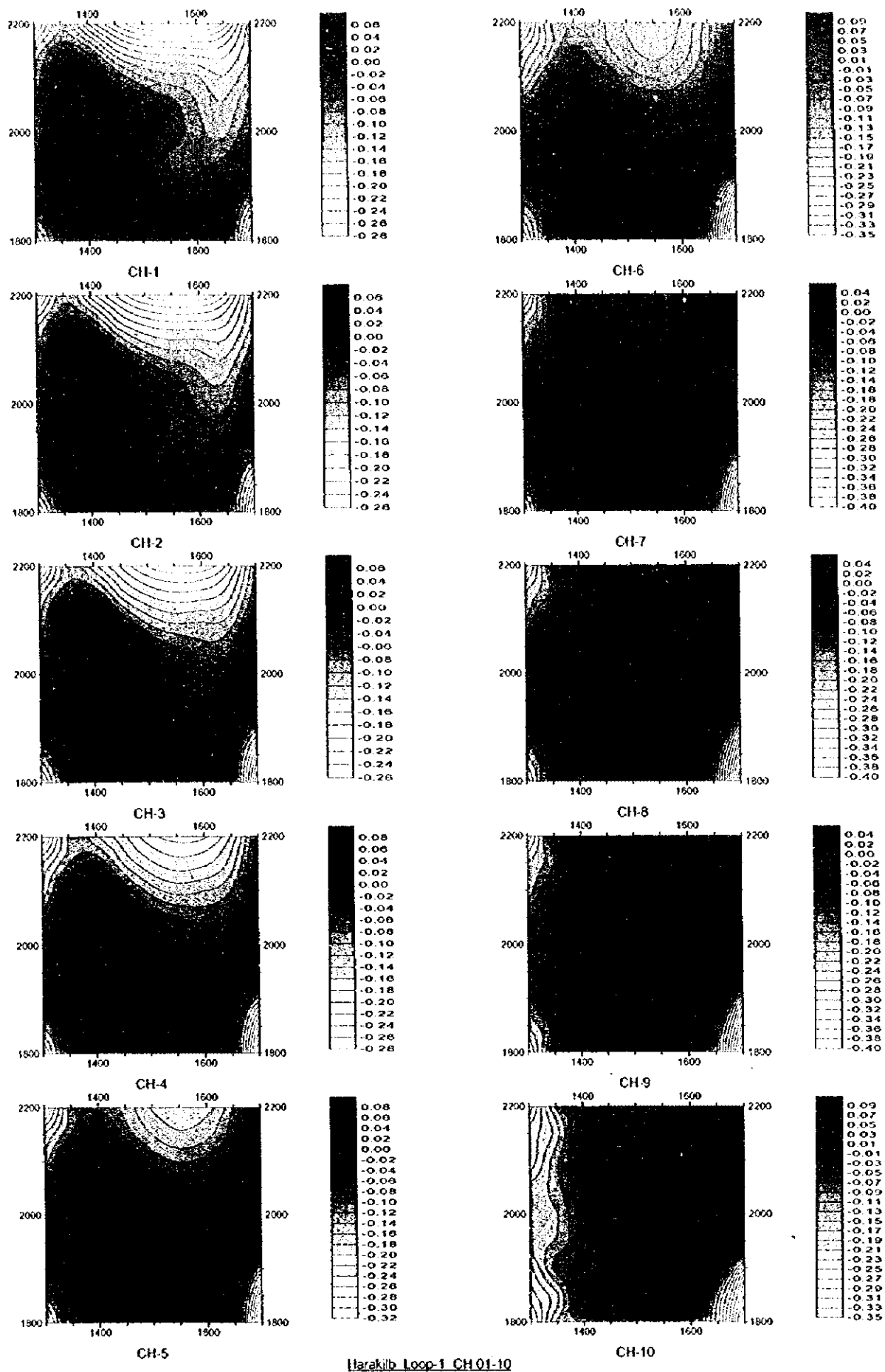


Fig. II-3-14(1) TEM response maps of Loop1 in Hara Kilab area(CH1-CH10)



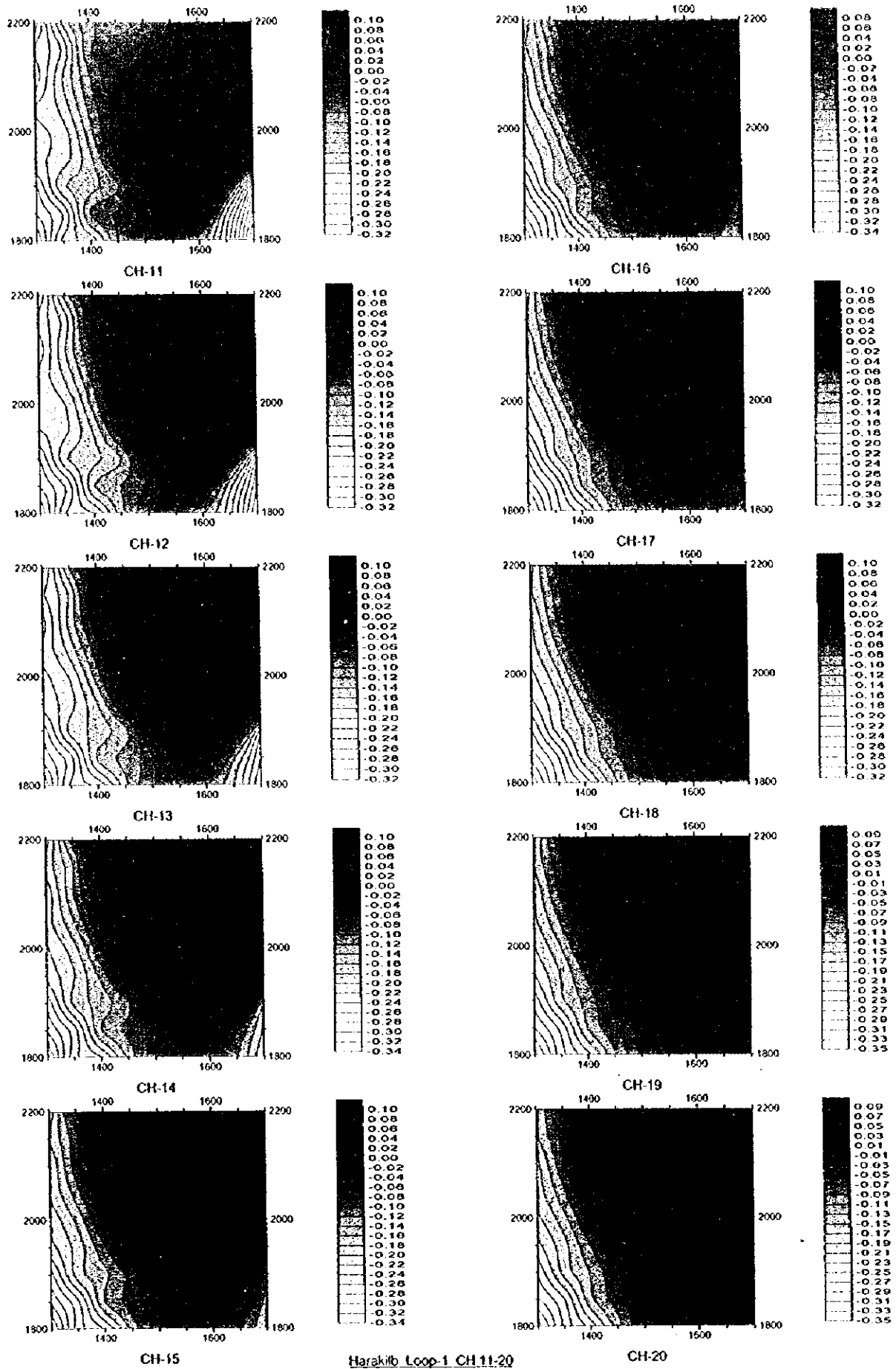


Fig. II-3-14(2) TEM response maps of Loop1 in Hara Kilab area(CH11-Ch20)



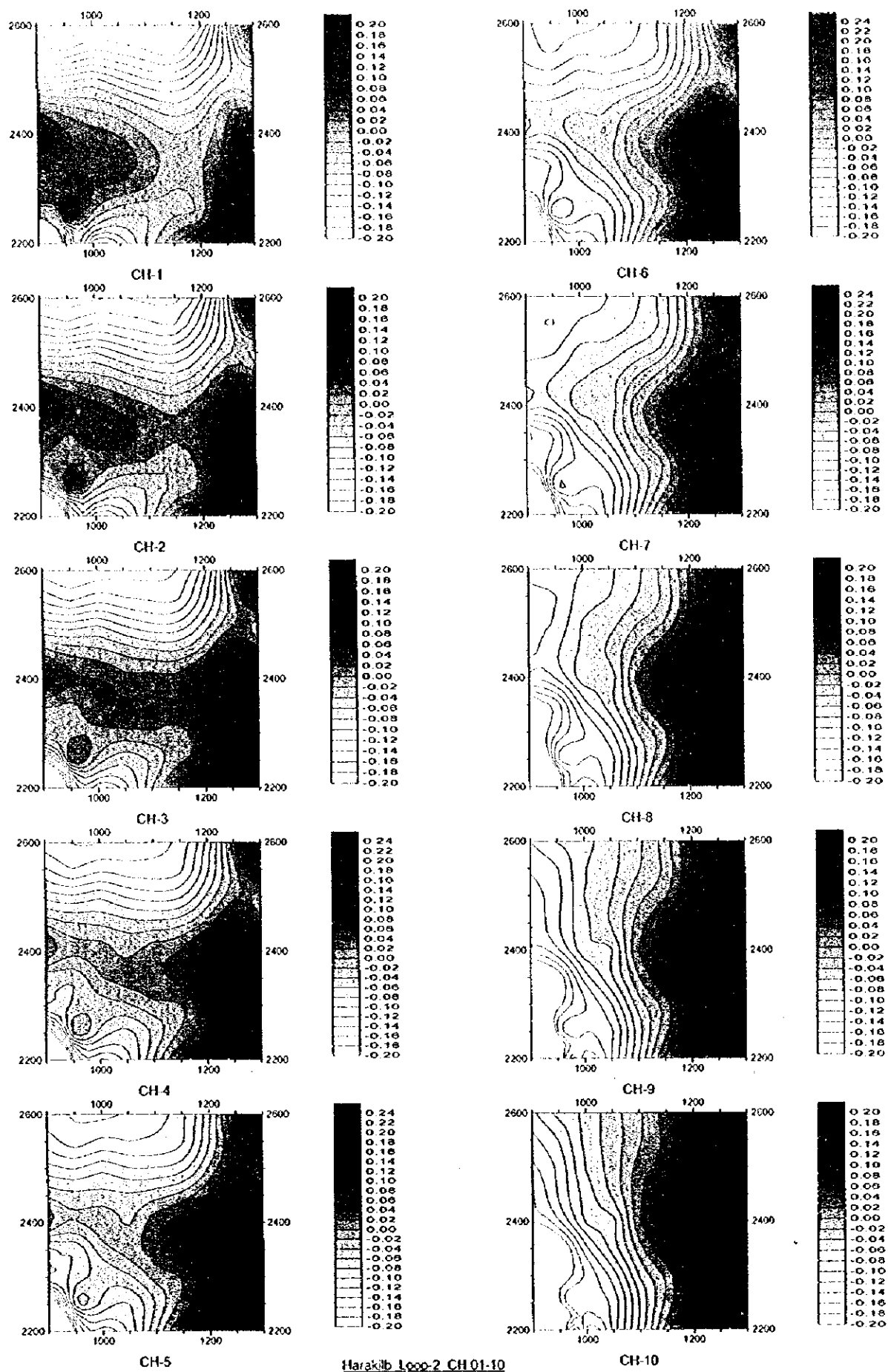


Fig. II-3-15(I) TEM response maps of Loop2 in Hara Kilab area(CH1-CH10)

