

オマーン国中央バチナコースト地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 2 年 次

平成 9 年 3 月

JICA LIBRARY



J 1136931 (1)

国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱脚資

J R

97-043

オマーン国中央バチナコースト地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 2 年 次

平成 9 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



1136931 (1)

は し が き

日本国政府はオマーン国政府の要請に応え、同国の北部に位置する中央バチナコースト地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、物理探査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査は、平成7年度を第1年次とする2年次にあたり、金属鉱業事業団は7名の調査団を編成して平成8年7月9日から平成8年12月26日まで現地に派遣した。

現地調査はオマーン国政府機関、石油鉱物省鉱物局の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたオマーン国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在オマーン国日本国大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成9年3月

国際協力事業団
総裁 藤田 公 郎

金属鉱業事業団
理事長 清瀧 昌三郎

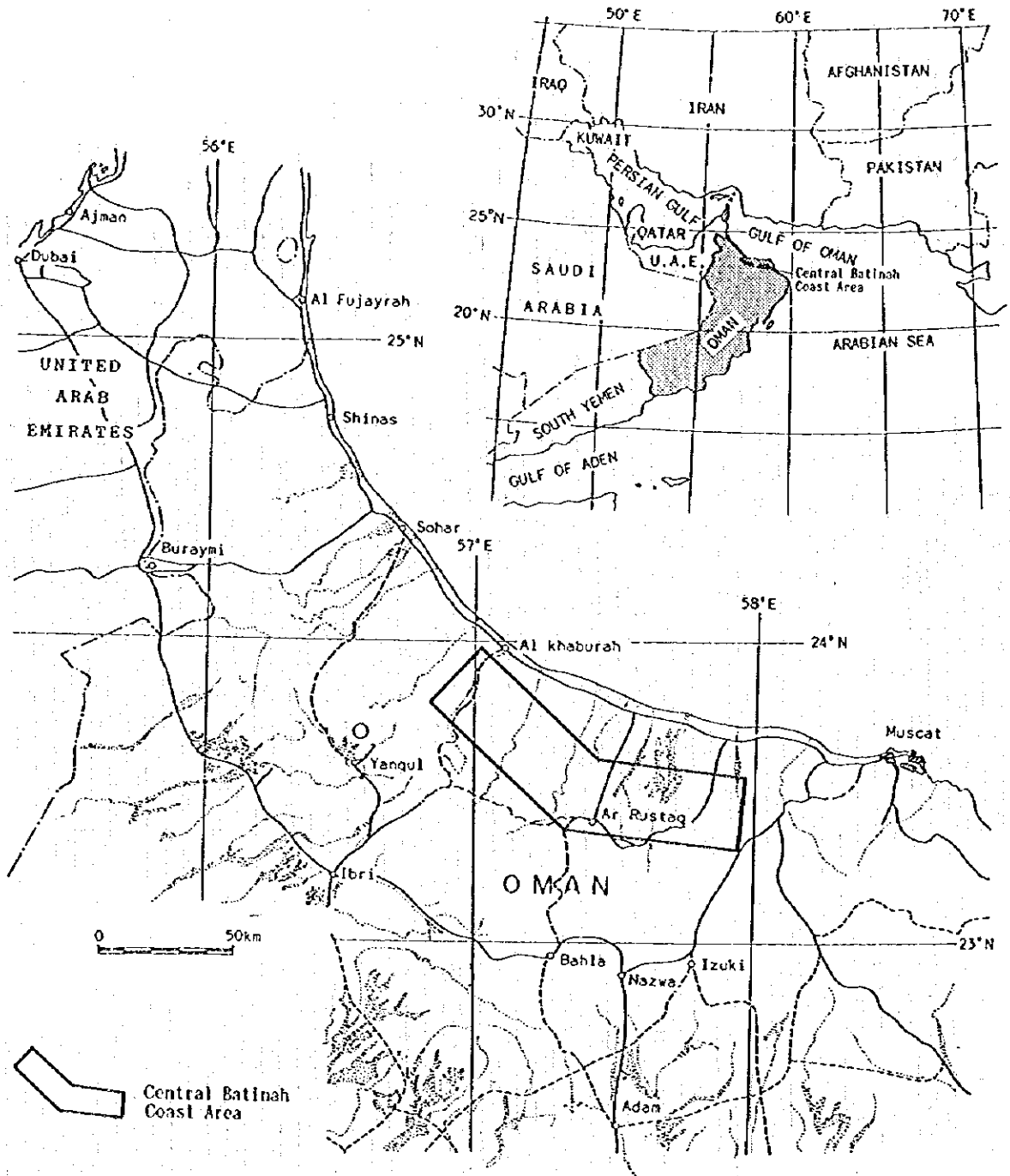


Fig.1 Location Map of the Central Batinah Coast area

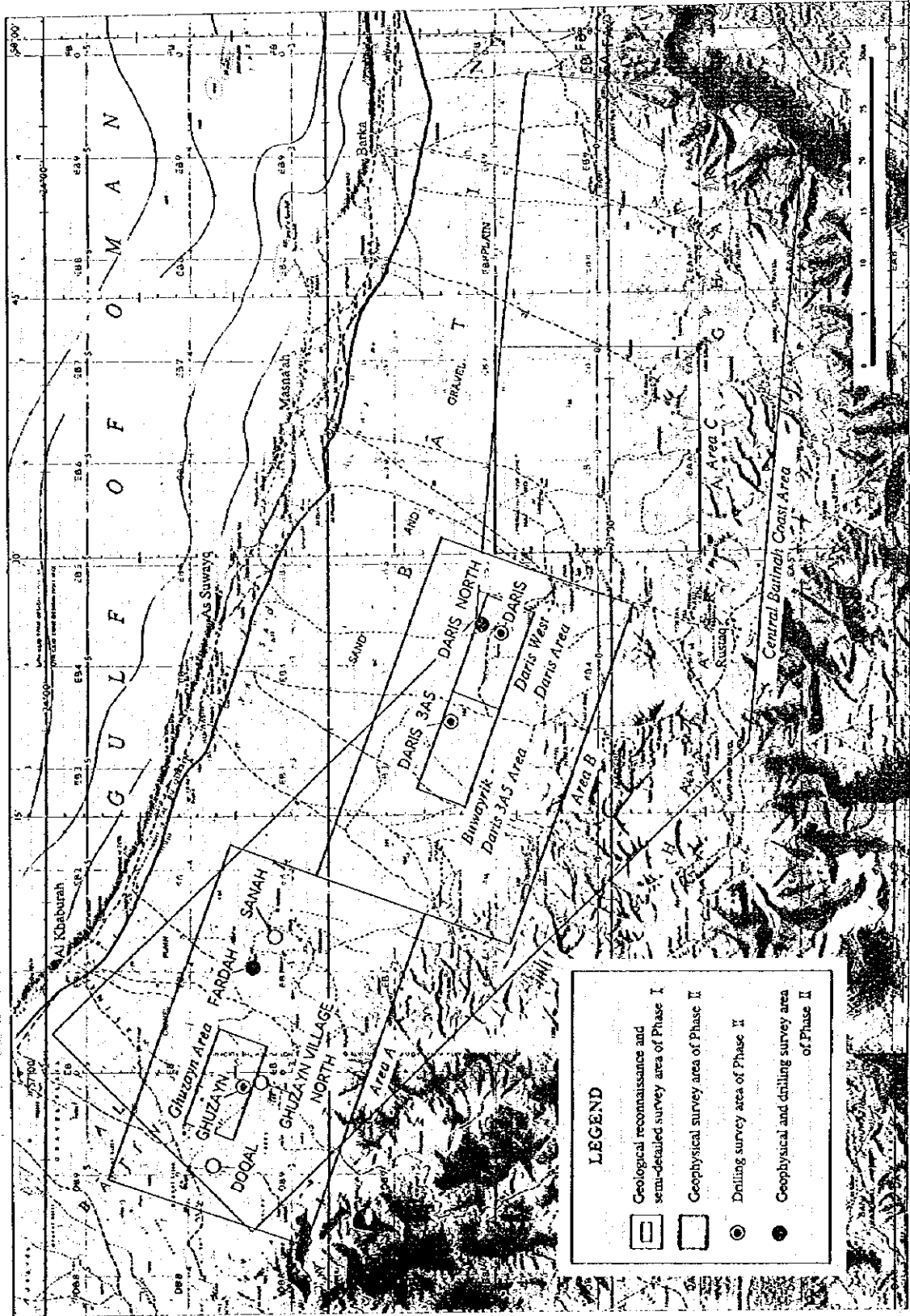


Fig.2. Location map of the survey areas

要 約

本調査は、日本国政府とオマーン国政府との間で平成7年2月7日付けで締結されたScope of Workに基づいてオマーン国中央バチナコースト地域において実施した資源開発協力調査である。

本地域では、すでに地表徴候のある既知鉍徴地を中心として、数々の探査が実施されてきた。しかしながらそれらは鉍徴地の極く近傍に限られており、全地域として見れば極めて限られた部分の探査が行われたのみである。これは本地域が非常に広い範囲にわたって第四紀の堆積物に覆われていることが原因であり、この堆積物の下を如何にして効率的に調査するかが本地域の探査の重要課題である。

第2年次である本年度は、第1年次に実施した地質調査と物理探査の結果に基づいて、ボーリング調査及び物理探査を行った。ボーリング調査はグゼイン(Ghuzayn)地区、ダリス(Daris)地区、ダリス3A5地区、ダリス北部地区およびファルダー(Fardah)地区において、物理探査はファルダー地区、サナー(Sanah)地区、グゼイン村北部地区およびドカール(Doqal)地区においてI P法調査を、グゼイン地区、ダリス北部地区、ファルダー地区、サナー地区およびドカール地区においてT E M法調査を実施した。

グゼイン地区におけるボーリング調査の結果、ゴッサンの北方と西方の2ヶ所において塊状硫化物鉍床を捕捉した。ゴッサンの北方で捕捉した塊状硫化物鉍体(グゼイン北部鉍体)はMJ0B-G3孔で最大コア長7.95mを示し、その平均品位は4.66%であった。またゴッサンの西方で捕捉した鉍体(グゼイン西部鉍体)はMJ0B-G14孔で最大コア長37.1mを示し、その平均品位は1.88%であった。

グゼイン地区で実施したT E M法調査の結果は、上述のボーリング調査で捕捉した2ヶ所の塊状硫化物鉍床の分布範囲を明瞭に示した。その結果から、西部鉍体はさらに北方へ延長しており、東西150m×南北400m程度の規模を有しているものと考えられる。これに対し北部鉍体は小規模で、東西150m×南北100m程度の規模と考えられる。このT E M法調査の結果はまた、上記2ヶ所以外にも3ヶ所で塊状硫化物鉍体が分布する可能性が高い有望な異常を抽出した。

ドカール地区で実施したT D I P法調査の結果は、グゼイン地区に類似したI P異常の特徴を示しており、引き続き実施したT E M法調査も顕著な異常を捉えた。したがって、本地区にも塊状硫化物鉍体が分布する可能性が高いと考えられる。

以上の本年次の結果から、本地域においては今後さらにグゼイン地区及びドカール地区の2地区における塊状硫化物鉍床の存在とその分布範囲を正確に把握するためのボーリング調査及び物理探査(T D I P法、T E M法)を実施する必要がある。また、上記2地区の周辺部及びダリス地区北部においても塊状硫化物鉍床が存在する可能性があると考えられるため、物理探査(T D I P法、T E M法)を実施し、鉍床賦存のポテンシャル評価を行う必要がある。

目 次

はしがき

調査地域位置図

要 約

目 次

第 1 部 総 論

第 1 章 序 論	1
1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 調査範囲及び作業の概要	1
1-3 調査団の編成	2
1-4 調査期間	2
第 2 章 調査地域の地理	4
2-1 位置及び交通	4
2-2 地形及び水系	4
2-3 気候及び植生	4
第 3 章 調査地域の既存地質情報	5
3-1 一般地質	5
3-2 鉍化作用及び鉍業略史	6
第 4 章 調査結果	12
4-1 物理探査結果	12
4-2 ボーリング調査結果	15
第 5 章 結論及び提言	20
5-1 結 論	20
5-2 提 言	20

第 II 部 各 論

第 1 章 地質概要	23
1-1 地質層序	23
1-2 中央パチナコースト地域の塊状硫化物鉱床	25
1-3 その他の塊状硫化物鉱床の鉱徴地	31
第 2 章 TDI P法調査	39
2-1 調査の経緯及び目的	39
2-2 調査位置及び調査量	39
2-3 調査方法	39
2-4 解析方法	42
2-5 物性測定	44
2-6 ファルダール地区	44
2-7 サナー地区	61
2-8 グゼイン村北部地区	81
2-9 ドカール地区	103
第 3 章 TEM法調査	128
3-1 調査の経緯及び目的	128
3-2 調査位置及び調査量	128
3-3 調査方法	128
3-4 解析方法	131
3-5 グゼイン地区	143
3-6 ダリス北部地区	173
3-7 ファルダール地区	178
3-8 サナー地区	193
3-9 ドカール地区	205
第 4 章 ボーリング調査	221
4-1 調査の経緯及び目的	221
4-2 調査位置及び調査量	221
4-3 調査方法	221
4-4 ボーリング調査結果	221

4-4-1	グゼイン地区	221
4-4-2	ダリス地区	238
4-4-3	ダリス3A5 地区	239
4-4-4	ダリス北部地区	240
4-4-5	ファルダール地区	241
4-5	考察	242
4-5-1	グゼイン地区	243
4-5-2	ダリス地区	250
4-5-3	ダリス3A5 地区	250
4-5-4	ダリス北部地区	250
4-5-5	ファルダール地区	257
第5章	塊状硫化物鉱床のための最適地表物理探査手法の検討	261
5-1	探査手法の選択	261
5-2	適用結果	263

第 III 部 結論及び提言

第1章	結 論	275
第2章	将来への提言	277
参考文献		279
図表一覧		281
巻 末		
付 図		

第 I 部 總 論

第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

本調査は、日本国政府とオマーン国政府との間で平成7年2月7日付けで締結された作業協定 (Scope of Work) に基づいて、オマーン国中央バチナコースト地域において実施した資源開発協力調査である。

本調査は、中央バチナコースト地域に於いて地質状況及び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。

本地域では、既に地表徴候のある既知鉱徴地を中心として、数々の探査が実施されてきた。しかしながらそれらは鉱徴地の極く近傍に限られており、全地域として見れば極めて限られた部分の探査が行われたのみである。これは対象となる地域が非常に広い範囲にわたって第四紀の堆積物に覆われていることが原因であり、従ってこの堆積物の下を如何にして効率的に調査するかが本地域の探査の重要課題である。

第1年次においては地質調査(概査、準精査)及び物理探査(TDI P法調査、TEM法調査)を実施し、既知の鉱徴地であるグゼイン(Ghuzayn)、ダリス(Daris) 3A5 及びダリスの他に、新たにドカール(Doqal)、ファルダール(Fardah)、サナー(Sanah)、グゼイン部落北方及びクライヤ(Qulayyah)において有望なゴッサンを発見した。これらのうち、ドカールとファルダールで採取した試料からは金及び銀が検出された。準精査地区内において実施したTDI P法調査の結果、グゼイン地区ではゴッサンの北と西に有望なIP異常が補足され、ダリス地区においてもゴッサンの周辺に明瞭なIP異常が確認された。またダリス 3A5地区においては、比較的分極率の高いゾーンがゴッサンから西の方に伸びているのが確認された。IP異常に対して実施したTEM法調査では、グゼイン地区で、ゴッサンのすぐ北の浅部及び北東の深部にTEM異常を検出した。またダリス地区では、ゴッサンから地区の北東部にかけて北東方向に伸びる浅部の異常、ゴッサンの西方から北西方向に伸びる浅部の異常及び地区の北西部における深部の異常を捕捉した。

以上の第1年次の調査結果から、第2年次の調査は第1年次で捕捉したTEM異常およびIP異常に対するボーリング探査、新たに発見したゴッサンに対する物理探査を実施することが提言された。

1-2 調査範囲及び作業の概要

本調査の対象地域である中央バチナコースト地域は、首都マスカット(Muscat)の西方に位置し、オマーン山脈とオマーン湾に挟まれた地域である。調査対象地域の位置図をFig. 1及びFig. 2に示す。

本年度の調査はボーリング調査と物理探査からなるが、ボーリング調査は、グゼイン地区、ダリス地区、ダリス3A5 地区、ダリス北部地区およびファルダール地区において、物理探査は、ファルダール地区、サナー地区、グゼイン村北部地区およびドカール地区においてIP法調査を、グゼ

イン地区、ダリス北部地区、ファルダー地区、サナー地区およびドカール地区においてTEM法調査を実施した。

ボーリング調査及び物理探査の調査量、また室内試験の数量は、それぞれTable1-1-1及びTable1-1-2に示す通りである。

1-3 調査団の編成

第2年次の現地調査に参加した調査団員は、次の通りである。

(1) 現地指導監督

中村 研治 金属鉱業事業団海外部計画課課長

(2) 現地調査

(日本国側)

柴田 芳彰	大手開発(株)	総括、ボーリング調査
梶間 幹雄	大手開発(株)	ボーリング調査
田島 俊雅	大手開発(株)	物理探査
エソバ・光博	大手開発(株)	物理探査
笠置 敏郎	大手開発(株)	物理探査
高橋 武春	大手開発(株)	物理探査
遠藤 晋	大手開発(株)	物理探査

(オマーン国側)

Salim Omer Abdullah Ibrahim	Ministry of Petroleum and Minerals	総括
Mohammed Salem Al-Battashi	Ministry of Petroleum and Minerals	ボーリング調査
Durair Ismail A' Shaikh	Ministry of Petroleum and Minerals	ボーリング調査
Mohammed Salich Hanned Al-Araimi	Ministry of Petroleum and Minerals	ボーリング調査

1-4 調査期間

本調査に伴うオマーン国での調査の期間は、以下の通りである。

(1) 現地指導監督

平成8年11月1日 ～ 平成8年11月6日

(2) ボーリング調査

平成8年7月9日 ～ 平成8年12月26日

(3) 物理探査

平成8年9月17日 ～ 平成8年12月7日

Table I-1-1 Content and amount of work of Phase II

Area and Content	Amount of Work	
	Total line length	Number of measurements
1. Geophysical Survey		
(1) IP method Doqal, Ghuzayn village north, Fardah and Sanah areas	36.7 km	1,118 points
(2) TEM method Daris north, Doqal, Ghuzayn village north, Fardah, Sanah and Ghuzayn areas	46.8 km	1,018 points
2. Drilling Survey	Total length	Number of holes
Daris, Daris 3A5, Fardah, Daris north and Ghuzayn areas	6,197.80 m	26 holes

Table I-1-2 Laboratory Work in Phase II

Laboratory work	Amount
1. Drilling Survey	
1) Thin section	30 samples
2) Polished section	12 samples
3) X-ray diffraction analysis	20 samples
4) Chemical analysis	
Ore Assay (6 elements : Fe, Cu, Zn, Ag, Au, Pb)	325 samples
2. Geophysical Survey	
1) Resistivity measurement	20 samples
2) Polarizability measurement	20 samples

第 2 章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

オマーン国は、アラビア半島の南東端に位置し、約30万km²の面積を有する。人口は約200万人で、首都はマスカット(Mascat)である (Fig.1)。

本調査対象地域は、この首都マスカットの西に位置し、オマーン山脈及びオマーン湾に平行する面積約3,300km²の範囲である。本地域の中心位置はほぼ北緯23° 30'，東経57° 30'である。

首都マスカットから本地域の中央部に近いアススウェイク (As Suwaiq) までは、海岸線を走る国道1号線を用いて130km、車で1時間30分を要する。

2-2 地形及び水系

調査対象地域はオマーン山脈のすそ野を形成する標高100mから1,000mの丘陵地とオマーン湾に沿う海岸平野 (バチナ海岸平野) からなる。

枯れ川であるワジはバチナ海岸平野をほぼ南北に流れ、南の丘陵地からオマーン湾に流れ込んでいる。主要なワジは東から西に、Wadi Ajal, Wadi Bani Kharus, Wadi Ma'awil, Wadi al Abiad, Wadi Far', Wadi al Hawoayn, Wadi Wadiyah, Wadi Mabrah, Wadi Halhal及びWadi al Hawasinahである。

2-3 気候及び植生

バチナ海岸平野の気候は半乾燥気候であるものの、オマーン山脈によって砂漠地方から切り離されているため高温多湿型の性格も併せ持っている。海から来る湿気がオマーン山脈に止められるため、冬季には山間地においては通常雨が降る。この雨は海岸平野に地下水を供給することから、そこではライム、マンゴ、タバコ等のオマーンの代表的な農作物の他に、多くの野菜や果物が栽培されている。しかし、耕作地を除くと植生は極めて乏しく、アカシア等の植生が認められるのはワジの中及びその周辺部のみである。

気温は夏期 (4月から10月) には平均気温が40℃、ときには50℃に達し、湿度も日中で40%、夜間には100%近くまで達する。冬期 (11月から3月) の平均気温は25℃前後である。

第 3 章 調査地域の既存地質情報

3-1 一般地質

本地域の地質は、Fig. 1-3-1 に示すように、概略的には南から海側に向かって原地性から準原地性の先後期二疊紀の堆積性基盤岩及びハジャー (Hajar) ユニット、ハワシナ (Hawasina) ナッペ (原地性の基盤の上位に衝上した異地性岩体) 及びサマイル (Samail) ナッペ、原地性の第三紀の後ナッペユニット及び第四系からなる。

先後期二疊紀の基盤岩は本調査地の西端に分布し、玄武岩質から安山岩質の枕状溶岩からなる。

ハジャーユニットは本調査地の東端及び中央南端に分布し、石灰岩とドロマイトからなる後期二疊紀のアフダル (Akhdar) 層群、砂岩及び石灰岩からなるジュラ紀のサータン (Sahtan) 層群、石灰岩からなるジュラ紀から白亜紀のカーマ (Kahmah) 層群、石灰岩からなる白亜紀のワシア (Wasia) 層群、及び礫岩・石灰質岩・角礫岩・石灰岩・砂岩・チャートからなるムティ (Mutti) 層から構成される。

ハワシナナッペは本調査地の西端及び中央南端に分布する後期二疊紀からジュラ紀のバイド (Baid) 層とハムラット (Hamrat) 層群、及び調査地域の主に北西に分布する三疊紀のウマール (Umar) 層群からなる。バイド層は炭酸塩岩から、ハムラット層群は石英砂岩・頁岩・チャート・石灰岩・玄武岩・安山岩・ケラトファイアーから、ウマール層群はチャート・石灰岩・角礫岩からなる。

サマイルナッペは調査地域の大部分を占める主にオフィオライト (海洋地殻起源) からなる。オフィオライトは、最下位に変成岩層を持ち、下位からテクトナイト (ハルツバージャイト)、ダナイト、ガブロ、シート状岩脈群及び下部火山岩類からなる初期火成活動シーケンスと、ウェーライト・ダナイト・斑れい岩・トロニエマイト・花崗岩及び上部火山岩類からなる後期火成活動ユニットからなる。

後ナッペユニットは白亜紀最上部のアルマ (Aruma) 層及び第三紀のハドラムット (Hadhramu t) 層からなり、調査地域の東縁から北縁のバチナ海岸平野の南部に線状に分布する。アルマ層はポリミクティック角礫岩及び泥灰岩からなり、またハドラムット層は石灰岩・炭酸塩岩・泥灰岩からなる。

第四系は、中央部から東縁ないし北縁に広く分布する扇状地堆積物、段丘堆積物、河川堆積物及び崩壊性堆積物からなる。

本調査対象地域の地質構造は、原地性から準原地性の先後期二疊紀の堆積性基盤岩、ハジャーユニット、異地性のハワシナナッペ及びサマイルナッペが、白亜紀後期にアラビア盾状地に付加されるときに形成された積重構造を主要構造とする。原地性の第三紀の後ナッペユニット及び第四系はその後にバチナコーストに下位とは不整合関係で堆積した。積重構造を形成するサマイルナッペは西側のハイライン (Hailayn) ブロックと東側のルスタク (Rustaq) ブロックの2つのブロックから構成され、調査対象地域中央南部からバチナ海岸のパルカ (Barka) 西方の10km

付近に延びるNE-SW系の断層及び線状構造によって区分される。また多くの衝上断層が発達し、第三紀以前の積重構造の境界部を形成するとともに、積重構造を形成する原地性及び異地性のブロックをスライスしている。さらに高角断層が良く発達し、各ブロックを切り、地質的境界を転移させている。これら断層は主に第三紀以前に形成されたものである。

3-2 鉱化作用及び鉱業略史

3-2-1 鉱床概要

本調査対象地域には、銅、金及びクロムの鉱床・鉱微地が分布する。

これらのうち、本地域の探査ターゲットである銅の鉱床及び鉱微地について、そのタイプと胚胎位置との関係をオマーン山脈北部をモデルとして模式的に示したものがFig. 1-3-2である(Bishimetal, 1987)。このような鉱床タイプのうち、本地域で経済性が期待できる塊状硫化物鉱床について以下に述べる。

オマーン山脈地域に見られる塊状硫化物鉱床は、いずれもサマイル火山岩類を構成する下部火山岩類の最上部に位置し、層準規制を受けている。鉱床は、形態及び構成鉱物の特性よりキプロス型の銅鉱床と考えられている。キプロス型の銅鉱床は、大洋底で生成したと考えられる含銅硫化鉄鉱床で、下盤側に塩基性火山岩類を伴っている。

オマーン山脈地域に分布する代表的なキプロス型の銅鉱床としては、ソハール(Sohar)地域のラセイル(Lasail)及びベイダ(Bayda)鉱床、ラカー(Rakah)地域のハイル・アス・サヒル(Hayl as Sahil)鉱床及びラカー鉱床が挙げられる。このうち最大の規模であるラセイル(Lasail)鉱床の概要を例として以下に示す。

ラセイル鉱床

鉱床賦存位置 : 下部火山岩類の最上部。上部火山岩類に覆われる。

鉱体の広がり : 600 m (N-S) x 300 m (E-W)。

鉱体の延長と厚さの比 : 12:1 (厚さに対して広がり大きい)。

鉱体数 : 1 鉱体 (衛星鉱体を伴わない)。

主要構成鉱物 : 黄銅鉱, 黄鉄鉱。

主要随伴鉱物 : 閃亜鉛鉱, 赤鉄鉱, 磁鉄鉱, 石膏, 石英。

鉱石の産状 : 塊状黄銅鉱・黄鉄鉱, 塊状黄鉄鉱, 網状黄鉄鉱。

随伴鉱物の産状 : 側方部及び上部に赤鉄鉱, 磁鉄鉱及び鉄石英を伴う。

鉱物の累帯分布 : 明瞭。

鉱物の組織 : コロフォーム組織及び堆積組織(側方部), 交代組織(中央部)。

下盤側の鉱化作用 : 黄鉄鉱-石英網状鉱。

下盤側の変質作用 : 緑泥石化及び強珪化。

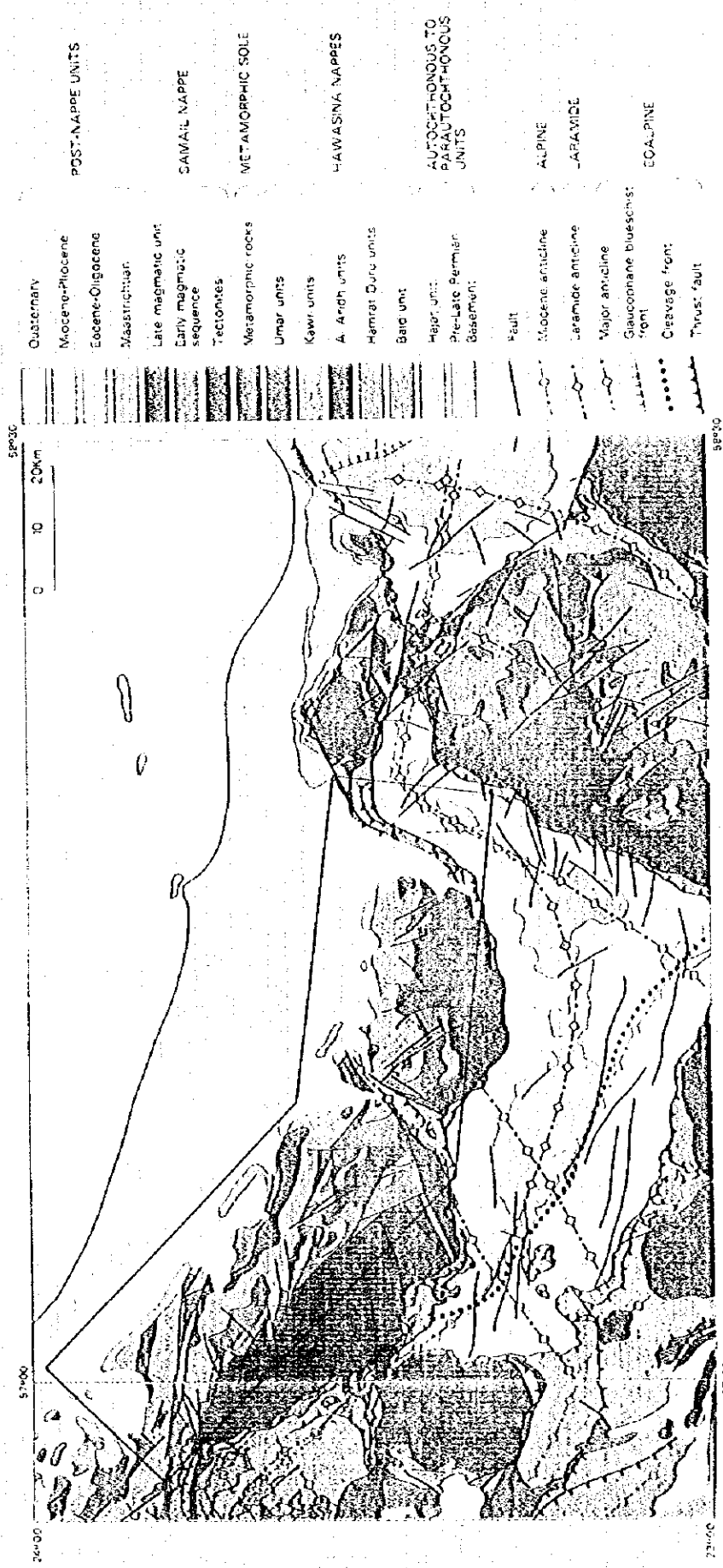
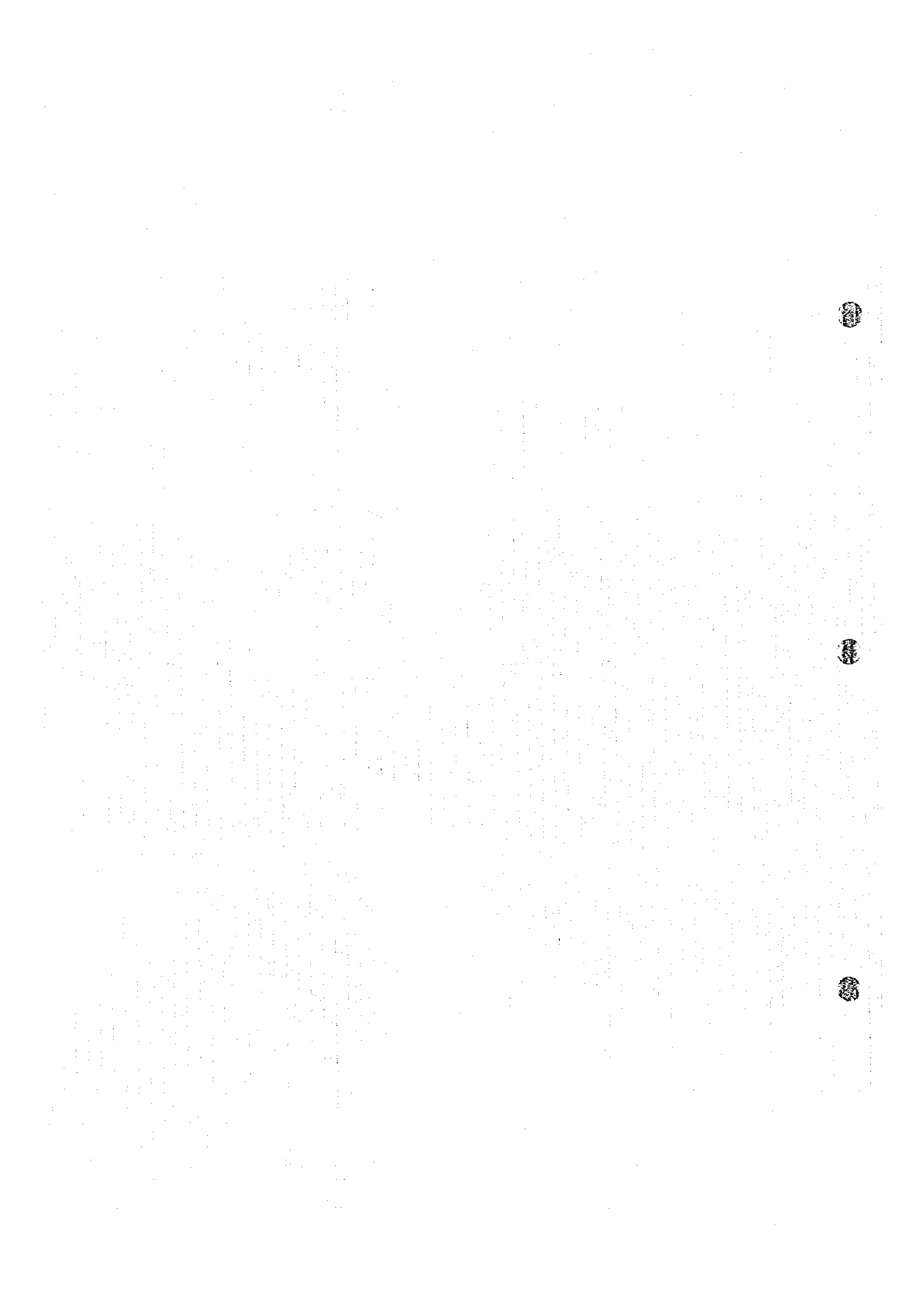
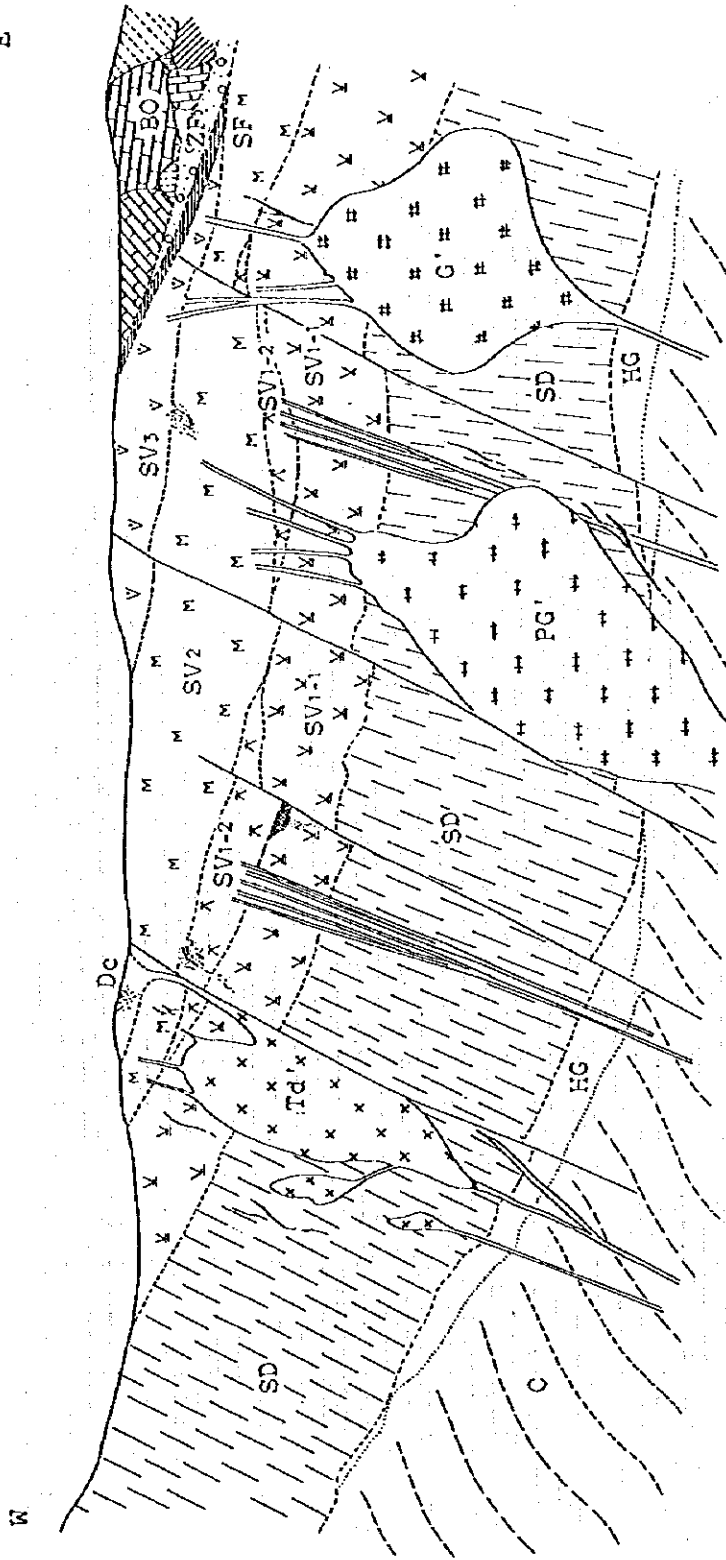


Fig. 1-3-1 Geologic map of the Central Bahnah Coast area.



E



- | | | |
|-----------------------------|---------------------------|---|
| C : Cumulate sequence | DC : Dacite | PG' : Peridotite and gabbro complex |
| HG: High-level gabbro | SV3: Upper volcanic rocks | Id' : Trondjemite |
| SD: Sheeted-dyke complex | SF : Suhaylah formation | ● : Massive type mineralization |
| SV1-1 : Lower extrusives 1 | ZF : Zabyat formation | ▲ : Vein type mineralization |
| SV1-2 : Lower extrusives 2 | BO : Barinah olistostrome | ★ : Stockwork/dissemination type mineralization |
| SV2 : Middle volcanic rocks | G' : Gabbro | |

Fig.1-3-2 Schematic distribution of Samail Volcanic Rocks and mineralization in Sohar area

3-2-2 鋳業略史

オマーン国北部のオマーン山脈地域は、メソポタミアの時代には銅の主要な生産地であったことが知られている。この古代の銅の採掘、製錬はイスラム時代初期の西暦940年頃まで続いたと伝えられている。この時代に稼行された銅の鉱床は、現在のラセイル鉱床やラカー鉱床と推定され、現在でもこの地域でこの時代のもと考えられる多量のスラッグや製錬跡を見ることができる。

オマーン山脈地域において銅鉱床を主な対象とする近代的な探査は、1960年代にカナダのProspection Ltd.により始められ、現在知られているソハール地域のラセイル鉱床、ベイダ鉱床、アアジャ（Aarja）鉱床やラカー地域のラカー鉱床に対してこの時期にボーリング調査を含む探査が実施され、鉱床の賦存が確認された。

1970年代にはオマーン国政府は、Prospection Ltd.の所有していた利権を買収し、ソハール地域の鉱山開発に着手した。この結果1983年、オマーン国政府の全額出資により設立されたOMCO（オマーン国営鉱山社）によりラセイル及びベイダの両鉱山及びソハール銅製錬所の操業が開始された。この製錬所の能力は、銅地金24,000トン/年である。

オマーン政府は、このソハール製錬所に対し原料の安定供給を図るため、1984年に国際入札によりソハール製錬所を中心とする8,000 km²の範囲に対する銅鉱床探査を大手開発（株）に発注した。調査は1987年までの4年間実施され、既知鉱床周辺において新たに鉱量を獲得するとともに、多くの鉱徴地を確認した。

一方、フランスのBRGMは、1983年にオマーン国政府より北部オマーン山脈地域に対する地質図幅作成調査プロジェクトを受注し、1985年までの間実施した。この図幅調査中オマーン山脈の西麓に位置するハイル・アス・サヒル（Hayl as Sahil）部落近くで大規模なゴッサン帯を発見すると共に、幾つかの鉱徴地を確認した。

1985年にはオマーン国政府は、図幅作成調査中に発見された主要な13ヶ所の銅の鉱徴地に対する探鉱をBRGMに発注し、1986年までの間実施した。この結果ハイル・アス・サヒル部落近くのゴッサン帯において塊状硫化物鉱床の賦存を確認した。なお、本協力調査の対象となるグザイン、ブワイリク、ダリス西部、ダリス 3A5、ダリス及びアルアジャール（Al Ajal）の各鉱徴地は、この13の鉱徴地に含まれる。

1988年には、ハイル・アス・サヒル鉱床とラカー鉱床の開発の可能性を明らかにするため、オマーン国政府はその調査を日本政府に要請した。この要請に対して日本政府は、国際協力事業団及び金属鋳業事業団を通じて、この地域に対して資源開発協力基礎調査・地域開発計画調査を実施し、その開発の可能性を調査した。

一方、OMCOは、ラセイル、ベイダ両鉱床の鉱量が枯渇してきたことから、ソハール製錬所への原料供給のため1988年にソハール地域のアアジャ鉱床の開発に着手したが、1993年にはこの鉱床も終掘しており、現在は海外からの買鉱により操業を続けている。終掘した各鉱床の総生産量と品位を以下に示す。

鉱山名	総生産量	品位
ラセイル(Lasail)鉱山	9,183,677t	1.42%
アアジャ(Aarja) 鉱山	2,561,887t	0.97%
ベイダ(Bayda) 鉱山	790,891t	1.60%
ラセイル西(Lasail West) 鉱山	434,478t	1.02%

このような背景よりオマーン国政府とOMCOは、引き続き国内鉱山開発のため精力的に探鉱活動を実施している。特に、ハイル・アス・サヒル鉱床に対しては、重点的に探鉱を実施しており、これまでに既知鉱床の周辺部でアルジャディード(Al Jadeed), アルアスガー(Al Asghar), アルビシャラ(Al Bishara)という3つの衛星鉱体を確認している。これらの探査によって捕捉された鉱量は、ハイル・アス・サヒル鉱床とその衛星鉱体及びラカー鉱床を併せて合計約11百万t, 銅平均品位1.44%, 金平均品位0.73g/t である。

また、1994年にはラカー鉱床の地表部のゴッサンを対象としてラカー金鉱山が操業を開始し、年間500kgの金を生産している。このラカー金鉱床とハイル・アス・サヒル鉱床の衛星鉱体であるアルビシャラ鉱床のゴッサン部を合計した確認鉱量は895,042tで、その金品位は5.23g/tである。

さらに、これまで実施した探鉱結果の見直しを行うため、オマーン国政府はオマーン山脈北東側の地域に対して1990年より1992年までヘリコプターによる空中磁気探査を実施し、鉱化作用に関連する磁気異常帯の抽出を行った。この結果に基づいた物理探査を主とする調査が1995年から開始されており、本協力調査もその一環として位置付けされている。

第4章 調査結果

4-1 物理探査

物理探査手法として精査地区を抽出するためにT D I P法、精査用としてT E M法を用いた。

T D I P法は分極率と比抵抗の2つのパラメーターを同時に測定できることから、分極率異常を伴った低比抵抗異常（メタルファクター異常部）部の平面的分布域を抽出でき、その広がりから鉱化作用が及んでいる地域（鉱化帯）を推定できる。しかし、測線に沿った探査であるために測線下のみならず側方からの影響をも受け、異常体の位置の特定及びその特性の把握に限界があり、ボーリング地点を決定するためにはさらに精度の良いデータを取得する必要がある。

これに対して、T E M法は比抵抗に関するデータが得られるのみであるが、側点直下からの応答が得られ、かつ電導体に対する感度が高いため、比抵抗異常体の位置を特定するのに優れている。したがって、T D I P法で抽出される高メタルファクター異常部に対してT E M法による調査を実施することにより、塊状硫化物鉱体が分布する可能性を示す低比抵抗異常部の位置を精度良く把握することができる。

4-1-1 T D I P法調査

T D I P法調査は、第1年次の地質概査によって塊状硫化物鉱体の胚胎層準の分布域で発見されたゴッサンを対象として実施した。実施した地区は、ファルダ、サナー、グゼイン村北部及びドカールの4地区である。

これら4地区のうちドカール地区では、調査地区の中央部に広範囲の高分極率異常が抽出され、その中に低比抵抗異常を示す部分が存在することが確認された。分極率と比抵抗から求めたメタルファクターは調査地区の中央部で最も高い値を示し、その分布は南北に伸張する傾向が認められた。この調査結果をFig. 1-4-1 に示す。

ファルダ及びサナー地区では、ゴッサン（粘土質）の北側に東西方向に連続する顕著な低比抵抗異常帯が抽出された。しかし分極率は火山岩類の分布域内では低い値しか得られなかったため、酸化鉱体（ゴッサン）の賦存のみが期待された。

グゼイン村北部地区については、火山岩類の分布域には分極率及び比抵抗とも異常値を示す部分が認められず、鉱床賦存の可能性はないものと判断された。

4-1-2 T E M法調査

第1年次のT D I P法調査によって広範囲な高メタルファクター異常の分布が確認されたグゼイン地区とダリス北部地区、本年次のT D I P法調査でI P異常が抽出されたドカール、ファルダ及びサナー地区においてT E M法調査を実施し、これらの地区の比抵抗構造の解明と塊状硫化物鉱床賦存部の抽出を行った。

グゼイン地区で実施したT E M法調査の結果は、後述するボーリング調査で捕捉された2ヶ所

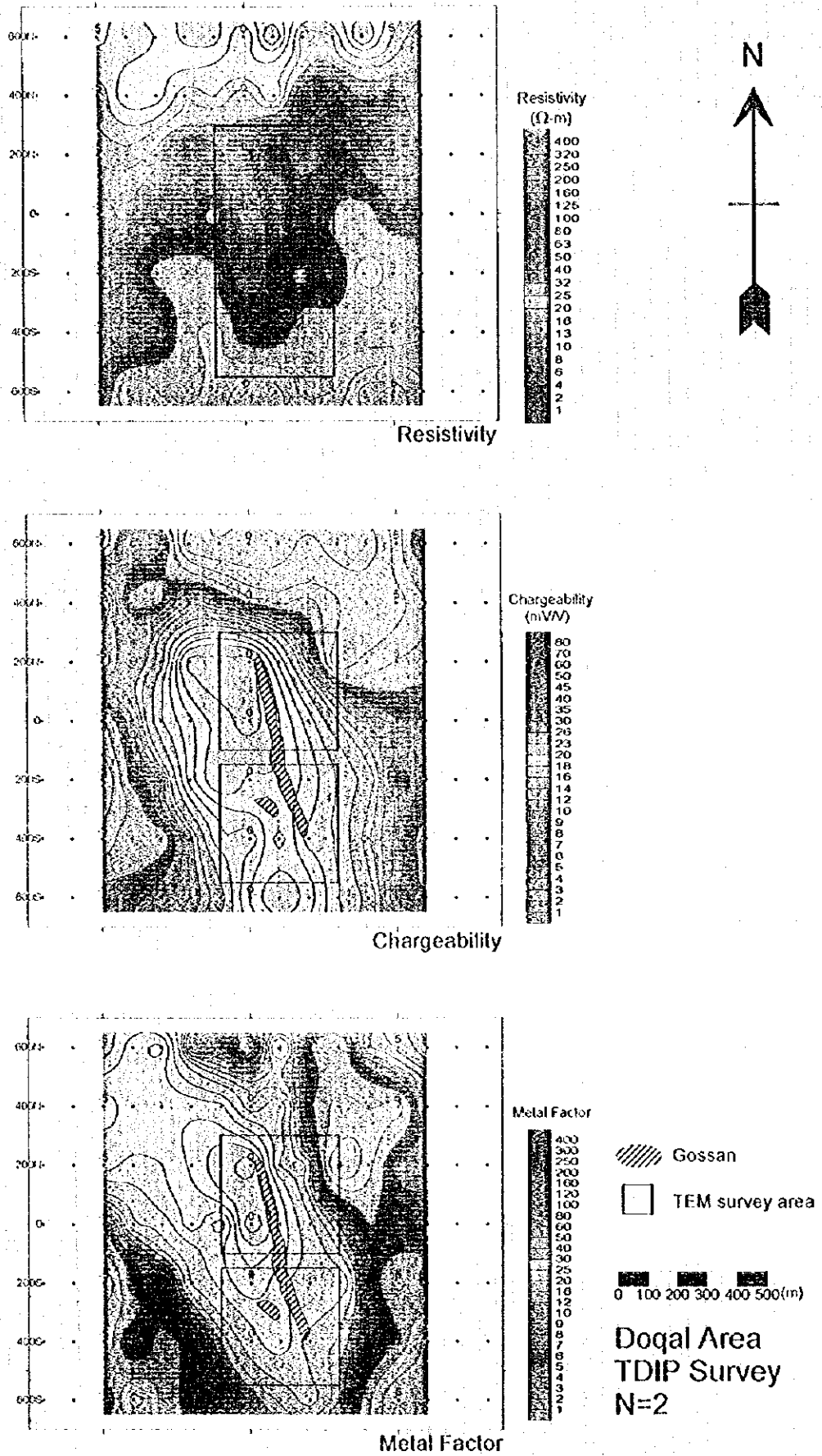


Fig.I-4-1 IP plane map in Doqal area

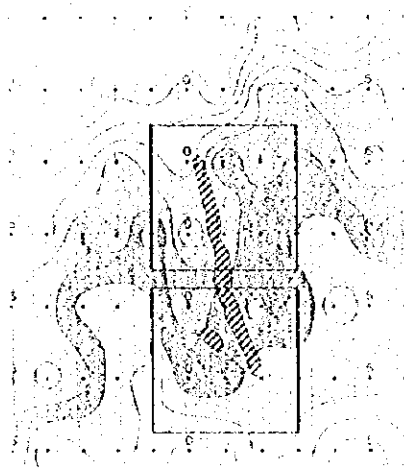


Figure 1

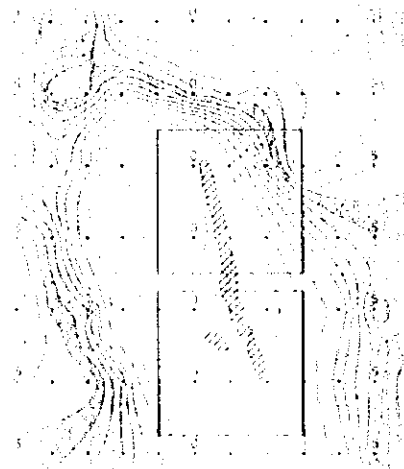


Figure 2

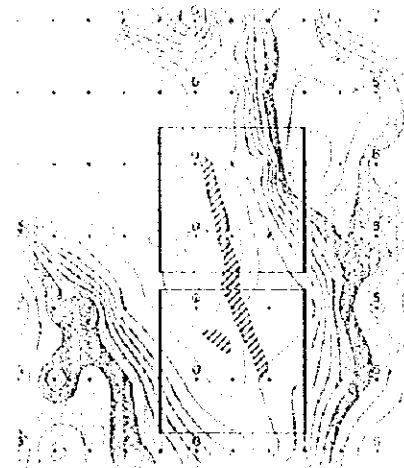


Figure 3

100 500 1000

Doqal Area
 HDH Survey
 11/2



の塊状硫化物鉱床の分布範囲を明瞭に示した。その分布範囲の規模は、西部鉱体が東西150m、南北300m程度、北部鉱体は小規模で東西150m、南北100m程度であると推定された。このTEM法調査では、上記2ヶ所以外にも3ヶ所で塊状硫化物鉱体が分布する可能性が高い有望な異常を抽出した (Fig. 1-4-2)。

ドカール地区ではTDIP法調査で抽出したメタルファクターの値の高い部分に対してTEM法調査を行った。その結果、TEM異常がメタルファクターの最も高い部分にオーバーラップするように抽出され、それによって塊状硫化物鉱床が分布する可能性が高いことが明らかになった。

ダリス北部については第1年次のTDIP法調査で抽出された北西-南東方向に連続する広範囲のIP異常部についてTEM法調査を実施した。その結果、それにオーバーラップするように広範囲のTEM異常が抽出された。

ファルダ-及びサナー地区については、TDIP法調査で抽出された低比抵抗異常部の中心部付近に東西方向に伸張したTEM異常が抽出された。

4-2 ボーリング調査

第1年次及び第2年次の物理探査結果に基づいて、グゼイン、ダリス、ダリス3A5及びファルダ-の4地区において、合計26孔、総掘進長6,197.80mのボーリング調査を実施した。

その結果グゼイン地区において、ゴッサンの北方と西方の2ヶ所において塊状硫化物鉱床を捕捉した。ゴッサンの北方ではMJ0B-G3孔とG13孔で塊状硫化物鉱体を捕捉し (グゼイン北部鉱体)、MJ0B-G3孔では塊状部のコア長が7.95m、その銅平均品位は4.66%を示した。またゴッサンの西方の鉱体 (グゼイン西部鉱体) はMJ0B-G5孔、G14孔、G15孔、G16孔及びG17孔で捕捉され、それらにおける塊状鉱体部のコア長とその銅平均品位は、それぞれ33.7mで1.47%、37.1mで1.88%、29.9mで1.55%、2.5mで1.63%、6.9mで1.17%を示した。なお着鉱部の深度は、北部鉱体が130mから154m、西部鉱体は134mから220mの間であった。

以上の塊状硫化物鉱体のほかに、MJ0B-G3孔とG14孔では塊状鉱体の下部に鉱染とネットワークからなるストックワーク鉱体が存在するのを確認した。これらの主要部のコア長とその銅平均品位は、それぞれ36.6mで0.47%と65.75mで0.61%であった。これらの結果をとりまとめたのがTable 1-4-1である。ボーリングの位置及び鉱体の位置をFig. 1-4-3に示す。

グゼイン地区で実施したボーリング調査はまた、この地区の火山岩類及び塊状硫化物鉱体が北東-南西性の走向を持ち、北西方向に20度~30度傾斜した地質構造を一般に示していることを明らかにした。なお、ダリス、ダリス3A5及びファルダ-地区におけるボーリング調査では、塊状硫化物鉱床を捕捉することはできなかった。

Table I-4-1 Summary of results on drilling survey in Ghuzayn Area

Ore Body Name	Bore Hole NO.	Type of Ore	Depth (m)		Thickness (m)	Average Grade	
			from	to		Cu%	Zn(%)
Ghuzayn Northern Body	MJOB-G3	stockwork(upper)	115.15	133.00	17.85	0.22	0.01
		massive sulphide	133.45	138.60	5.15	4.85	0.04
		massive sulphide	140.00	142.80	2.80	3.77	0.06
		stockwork(lower)	142.80	166.65	23.85	0.40	0.11
		stockwork(lower)	167.15	179.90	12.75	0.59	0.03
		stockwork(lower)	185.35	233.50	48.15	0.27	0.02
		stockwork(lower)	246.10	247.25	1.15	0.30	0.17
		stockwork(lower)	279.50	288.20	8.70	0.15	2.66
	MJOB-G13	massive sulphide	152.80	154.40	1.60	0.17	0.04
Ghuzayn Western Body	MJOB-G5	stockwork	134.00	136.90	2.90	0.33	0.01
		massive sulphide	136.90	170.60	33.70	1.47	0.04
	MJOB-G14	massive sulphide	119.80	164.75	37.10	1.88	0.04
		stockwork	164.75	171.50	6.75	2.74	0.44
		stockwork	171.50	230.50	59.00	0.37	0.32
	MJOB-G15	(metaliferous sediment)	178.85	179.20	0.35	2.10	0.01
		massive sulphide	179.20	212.30	29.90	1.55	0.05
	MJOB-G16	stockwork	186.30	186.90	0.60	0.14	0.04
		massive sulphide	186.90	189.40	2.50	1.63	0.05
	MJOB-G17	massive sulphide	215.90	222.80	6.90	1.17	0.05

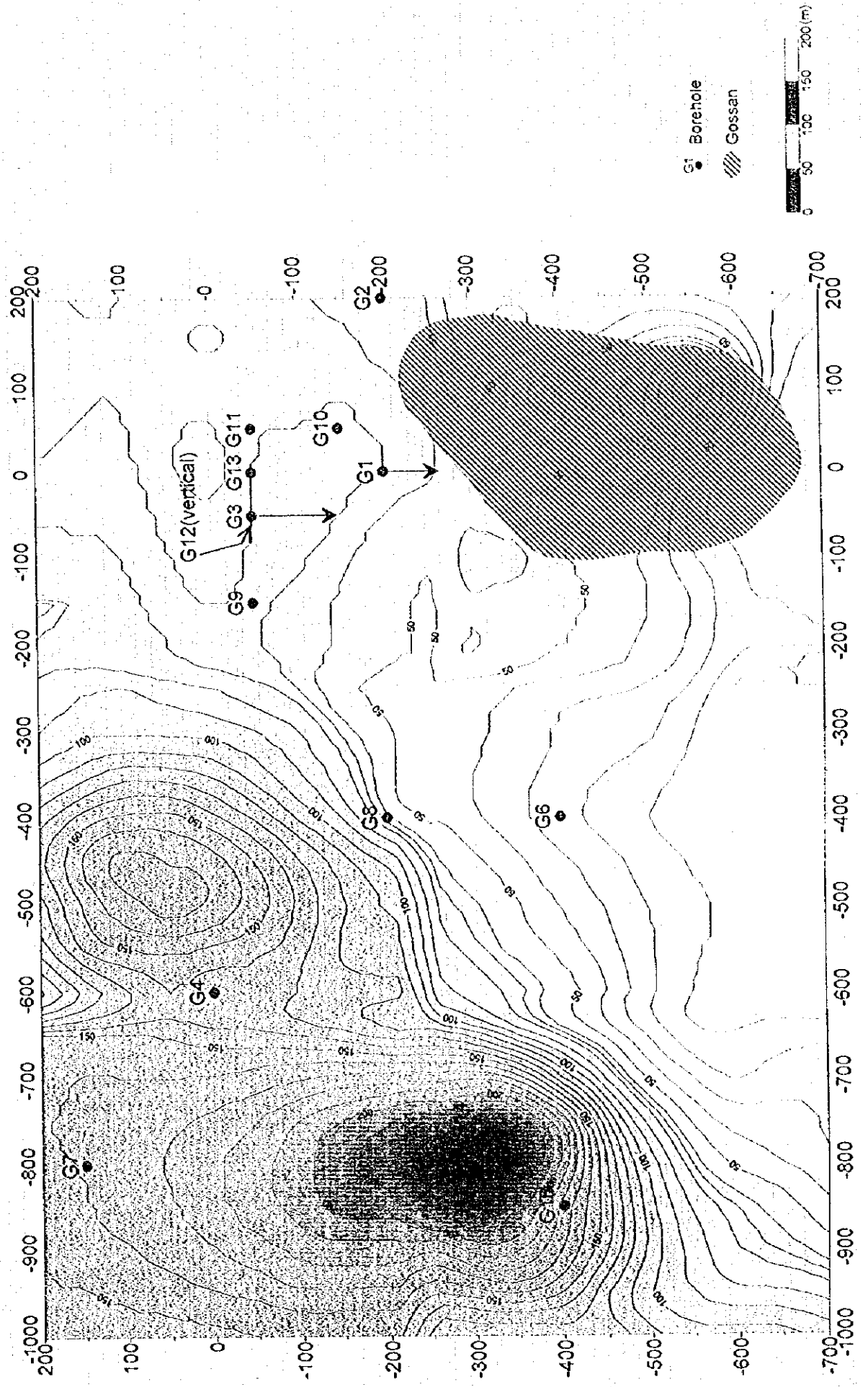
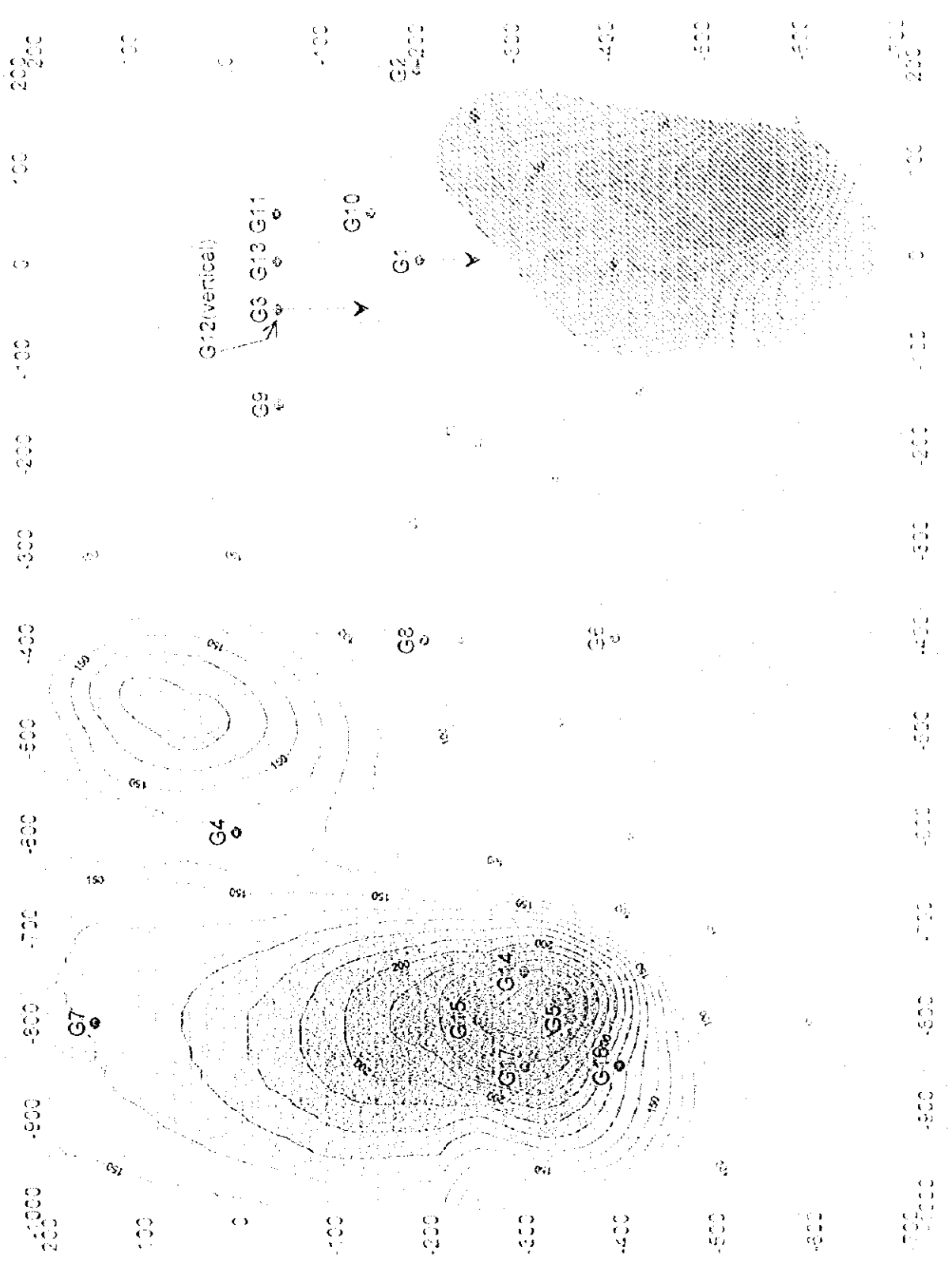


Fig.1-4-2 TEM response compiled map in Chuzayn area



1000
 500
 0
 -500
 -1000



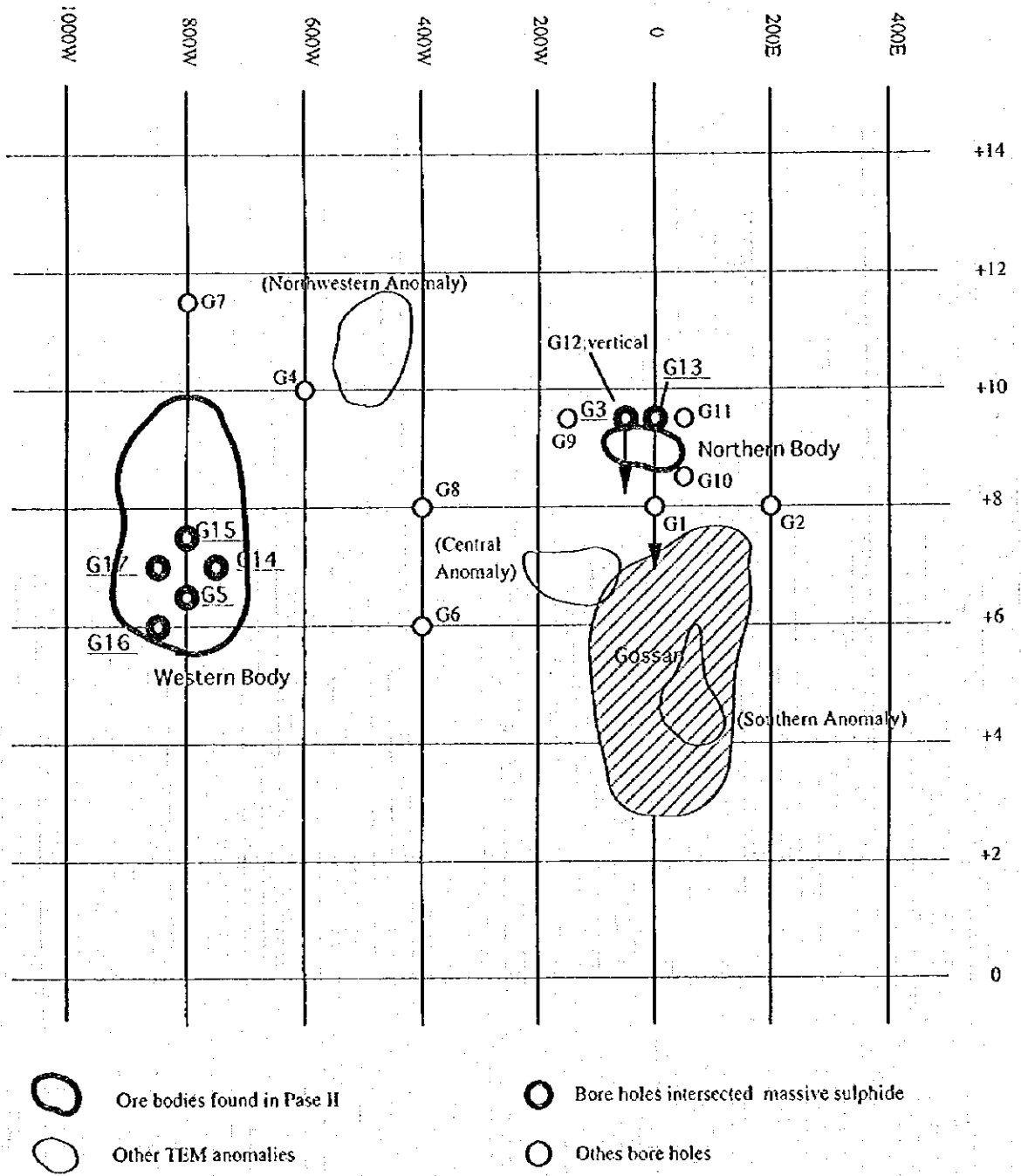


Figure I-4-3 Location map of Ore bodies, TEM anomalies and bore holes in Ghuzayn area

第 5 章 結論及び提言

5-1 結論

本年度の調査結果は以下のように結論付けられる。

(1) グゼイン地区におけるボーリング調査の結果、ゴッサンの北方と西方の2ヶ所において塊状硫化物鉱床を捕捉した。ゴッサンの北方で捕捉した塊状硫化物鉱体（グゼイン北部鉱体）はMJ0B-G3孔で最大コア長7.95mを示し、その平均品位は4.66%であった。またゴッサンの西方で捕捉した鉱体（グゼイン西部鉱体）はMJ0B-G14孔で最大コア長37.1mを示し、その平均品位は1.88%であった。

(2) グゼイン地区で実施したTEM法調査の結果は、上述のボーリング調査で捕捉した2ヶ所の塊状硫化物鉱床の分布範囲を明瞭に示した。その結果から、西部鉱体はさらに北方へ延長しており、東西150m×南北300m程度の規模を有しているものと考えられる。これに対し北部鉱体は小規模で、東西150m×南北100m程度の規模と考えられる。このTEM法調査の結果はまた、上記2ヶ所以外にも3ヶ所で塊状硫化物鉱体が分布する可能性が高い有望な異常を抽出した。

(3) ドカール地区で実施したTDIP法調査の結果は、グゼイン地区に類似したIP異常の特徴を示しており、引き続き実施したTEM法調査も顕著な異常を捉えた。したがって、本地区にも塊状硫化物鉱体が分布する可能性が高いと考えられる。

(4) オマーンにおける銅鉱床探査では、第四紀層の広い被覆のために地上物理探査が探査の重要なポイントを握っている。この2年間の調査からオマーンにおけるキプロス型塊状硫化物鉱床の物理探査手法として、第1段階の鉱化帯の把握のためにTDIP法、そして第2段階の鉱化帯からの鉱体の抽出のためにTEM法を用いることが最適であるとの結論を得た。さらにボーリング調査を効率的に行うためには、小さいループ（50m×50m）によるTEM法調査を併用することが望ましいと考えられる。

5-2 提言

本年度の調査によってグゼイン地区において有望な塊状硫化物鉱床を捕捉したことにより、本調査地域の鉱床賦存ポテンシャルが高いことが証明され、また探査ターゲット地域の抽出のために用いた物理探査手法及びその解析処理手法についてもその有効性が証明されたことから、引き続き以下の地区において物理探査及びボーリング調査を実施することを提言する。

(1) グゼイン地区

1. 第2年次のボーリング調査で捕捉した西部及び北部鉱体についてその詳細を確認するためのボーリング調査を実施するとともに、小さいループ（50m×50m）のTEM法調査を行って塊状硫化物鉱体の分布範囲を詳細に把握する。

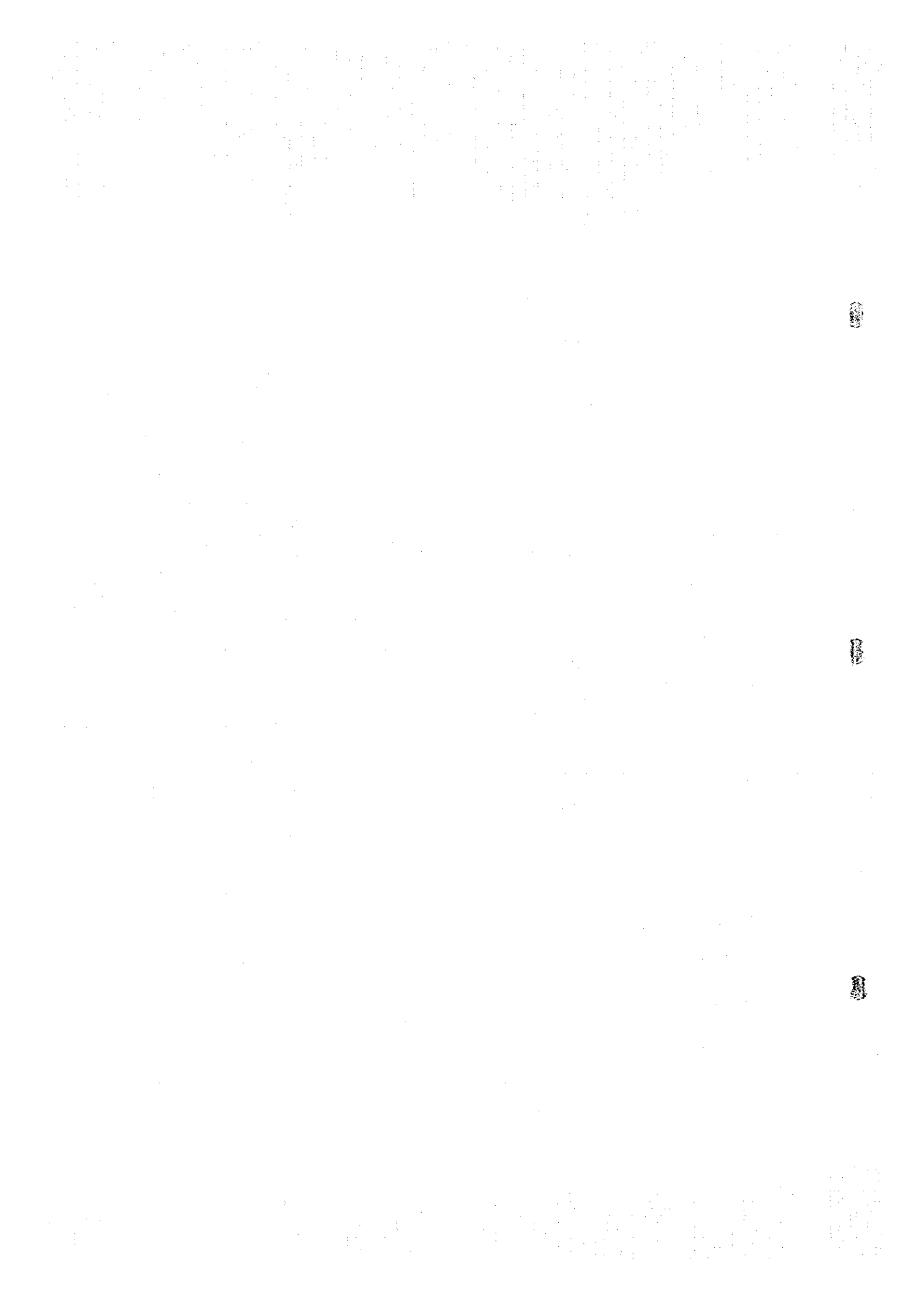
2. TEM法調査において抽出された5つの異常部のうち、ボーリングですでに塊状硫化物鉱体の存在が確認されたもの以外の異常部に対して、ボーリング調査を実施するとともに50mの小ループのTEM法調査を行う。
3. TDI P法調査を第1年次に実施した範囲の東西の延長部において実施し、周辺部における塊状硫化物鉱床存在の可能性を調査する。

(2) ドカール地区

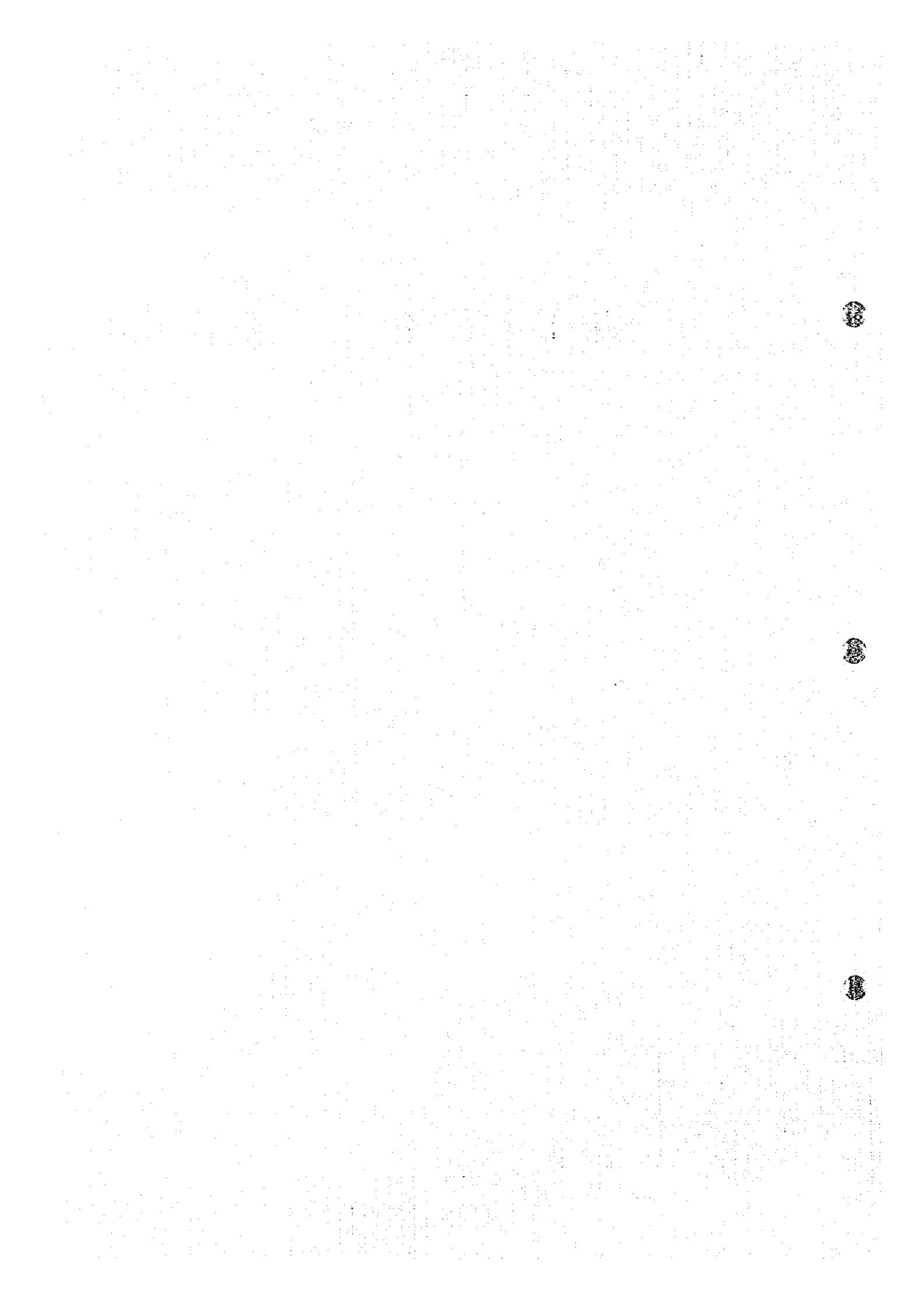
1. TEM法調査で抽出された異常部に対してボーリング調査を実施し、塊状硫化物鉱床の存在を調査する。
2. 第2年次のTEM法調査結果によるとまだ異常部が北に連続しているため、さらに北にループを設けて調査するとともに、IP異常が連続して抽出された西部においてもTEM法調査を実施する必要がある。
3. TDI P法調査を第2年次に実施した範囲の外側まで延長して実施し、周辺部における塊状硫化物鉱床存在の可能性を調査する。

(3) グリス地区

1. 第1年次のTDI P法調査によって抽出された中央部の広範囲な高分極率異常部の北半部についてTEM法調査を実施し、塊状硫化物鉱床存在の可能性を調査する。



第 II 部 各 論



第 1 章 地質概要

1-1 地質層序

中央パチナコースト地域には異地性のサマイル・オフィオライト及びオフィオライト最上部層のパチナ・オリストストローム、それらを不整合に覆う第三紀から第四紀にかけての原地性の堆積物が分布している。本地域の地質層序をFig. II-1-1に示す。

それらのうちサマイル・オフィオライトは下部よりテクトナイト（ハルツバーチャイト）、ダナイト、ガプロ、シート状岩脈群、サマイル火山岩類及び貫入岩類からなるが、このうちのサマイル火山岩類中に塊状硫化物鉱床が胚胎されている。本年次の調査地域には主としてシート状岩脈群とサマイル火山岩類が分布するが、それらについて以下に述べる。

1-1-1 シート状岩脈群(SD)

シート状岩脈群(SD)は幅0.5mから3mの岩脈から構成され、細粒～中粒のドレライトから細粒ガプロよりなる。岩脈の縁辺部には急冷相が発達する。このシート状岩脈群はその上位のサマイル火山岩類の下部火山岩類とは漸移関係にある。

1-1-2 サマイル火山岩類(SV)

サマイル火山岩類(SV)は下部火山岩類(SV1)、中部火山岩類(SV2)及び上部火山岩類に分けられるが、本地域には上部火山岩類は分布しない。

(1) 下部火山岩類(SV1)

下部火山岩類(SV1)は下部噴出岩類(VI-1)、上部噴出岩類(VI-2)及び金属質堆積岩(U1)からなる。下部噴出岩類は下位のシート状岩脈群とは漸移的關係にあり、下部噴出岩類と上部噴出岩類とは整合的關係にある。なお、金属質堆積岩は上部噴出岩類中に挟まれている。

下部噴出岩類(VI-1)は玄武岩質溶岩で、大部分は直径1.5mから2mの大きな茶褐色の枕状溶岩から主としてなり、ほかに茶褐色から灰色の塊状溶岩、シート状溶岩、ハイアロクラスライト及びピローブレッチャーからなる。風化した岩石表面は割れ方が鋭く、ギザギザしており、尖ったものが多い。本岩類の枕状溶岩は、無斑晶質あるいは非頸晶質で厚いインターピロー（10cm～40cm）を有するのが特徴である。塊状溶岩は数10cmから数mの厚さを有し、厚い塊状溶岩には柱状節理が発達する場合が多い。

上部噴出岩類(VI-2)は玄武岩質から安山岩質の溶岩で、淡緑色から紫灰色の枕状溶岩より主としてなる。本岩類は下部噴出岩類とは漸移的關係にあり、下部噴出岩類との境界付近には金属質堆積岩及び厚い塊状溶岩が発達することが多い。枕状溶岩のサイズは直径1.5mに達することもあるが、一般には10cmから1mで、下部噴出岩類中の枕状溶岩と比較してより小さい。また本岩類の枕状溶岩は、斑晶質かつポーフィリティックで、バリオール様組織を示すことがあり、イン

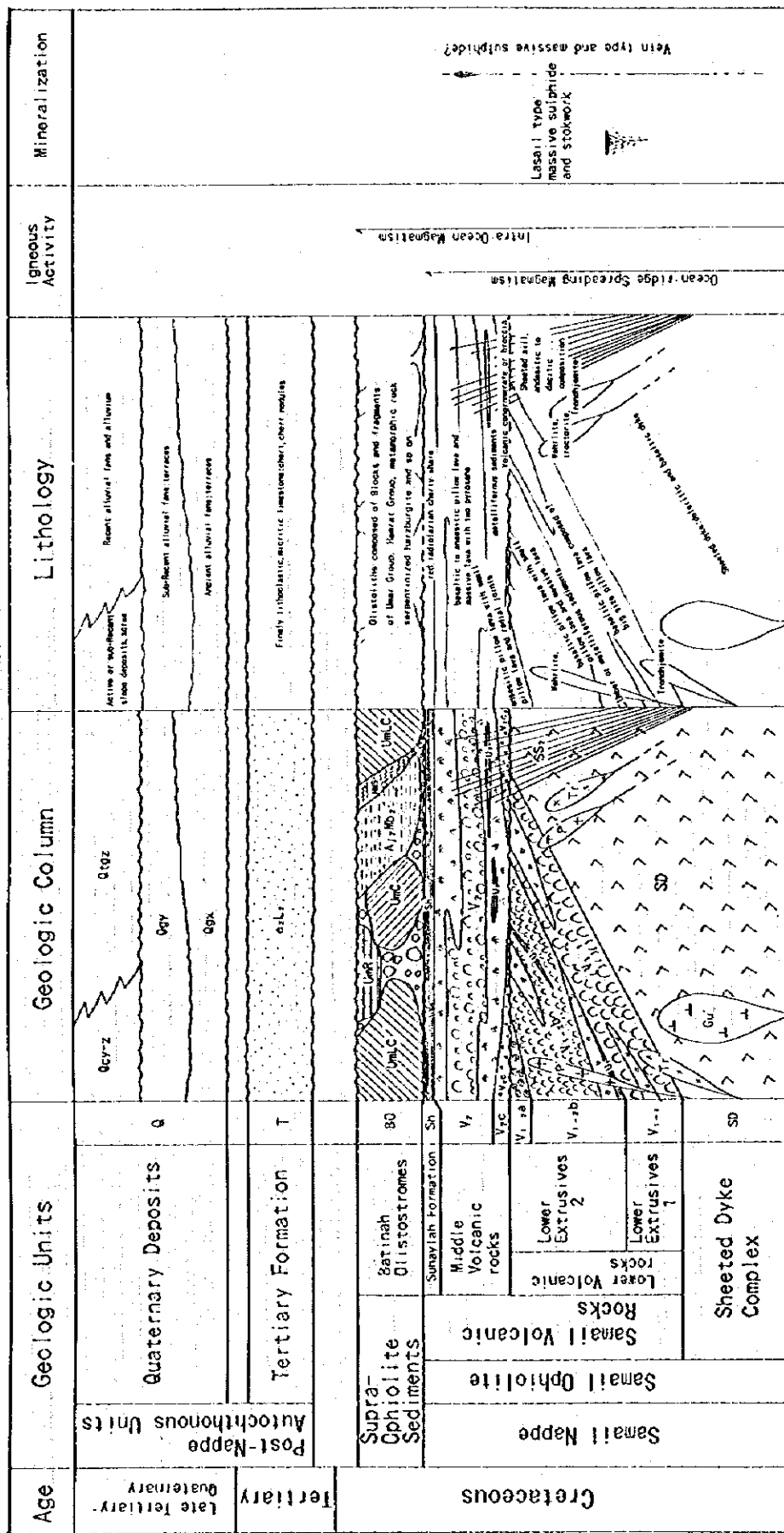


Fig. II-1-1 Stratigraphic columnar section of survey area

ターピローが薄い(5cm~10cm)のが特徴である。本岩類は上部に放射状節理の発達する小型から中型の枕状溶岩を伴う。

塊状硫化物鉱床は、この下部火山岩類中の上部噴出岩類と下部噴出岩類との境界部に胚胎されており、上部噴出岩類の初期の活動に伴って形成されたものと考えられている。この層準規制は本鉱床の探査において最も重要な指針であるため、上述した上部噴出岩類と下部噴出岩類の識別は極めて重要である。Table. II-1-1に既述した両者の特徴を比較して示した。

金属質堆積岩(U1)は一般にアンバーと呼称されているもので、暗褐色の放散虫化石を含む一般に鉄及びマンガン成分に富む金属質堆積岩である。

(2) 中部火山岩類(SV2)

中部火山岩類(SV2)は火山円礫岩から角礫岩(V2c)、シート状シル(SS2)、噴出岩類(V2)、金属質堆積岩(U2)及びスハイラー層(Sh)からなる。本岩類はシート状岩脈群及び下部火山岩類を不整合で被覆する。

火山円礫岩から角礫岩(V2c)は、円礫~角礫からなる砂礫岩質のマトリックスと、シート状岩脈群及び下部火山岩類のブロック及び岩片から構成された再移動堆積物からなる。

シート状シル(SS2)は灰色の安山岩質からデイサイト質のシート、シル及び岩脈からなる。

噴出岩類(V2)は単斜輝石と斜方輝石の両輝石を含む安山岩質枕状溶岩及び塊状溶岩からなり、塊状溶岩を主体とする。塊状溶岩は露頭では灰色、褐灰色、緑色、青灰色、オレンジ色と多種の色を示し、特に風化面では溶岩の急冷相がオレンジ色を示すことが多い。溶岩の中央部では緑色から青灰色を示す。また最下部の塊状溶岩は茶褐色を示すことが多い。塊状溶岩は岩相的には粗粒玄武岩質である。枕状溶岩は紫色、緑色及び緑灰色を呈し、直径0.5mから1mの大きさのものが主体で、1.5mに及ぶものは稀である。

金属質堆積岩(U2)はアンバーと呼称されるもので、黒色から黒褐色の放散虫化石を含む金属質堆積岩である。本岩は噴出岩類(V2)中に挟在する。

(3) スハイラー層(Sh)

スハイラー層(Sh)はサマイル火山岩類の最上部に位置し、赤褐色の放散虫化石を多く含むチャート質頁岩からなる。本層は中部火山岩類の噴出岩(V2)を整合で被覆する。

1-2 中央バチナコースト地域の塊状硫化物鉱床

本調査地域に分布する塊状硫化物鉱床は、中期から後期白亜紀のネオテチス海の閉塞の時期における海洋内サブダクションと背島弧での海洋の拡大に関係して、拡大軸付近での熱水の循環によって形成されたと考えられている。

北部オマーン山脈における鉱床探査の結果から、Bishimetal(1987)は塊状硫化物鉱床形成のプ

Table II-1-1 Comparison of pillow lavas in Samail Ophiolite

Pillow Lavas	Rock Type	Color	Size and Shape	Petrographic Features	Field Observation Features
Pillow lava(V2) of Middle Volcanic rocks	Basalt to andesite	Light green	Size: 0.6m to 2.5m in across. (large sized pillow) Irregular shape.	Sub-ophytic and partially porphyritic textures. Phenocryst: Clinopyroxene and coarse groundmass.	Dominant metalliferous sediment layer. Rugged surface. Amigdaloidal texture.
Pillow lava(V1-2) of Upper extrusive 2. Lower Volcanic rocks	Basalt	Light greenish gray	Size: 0.3m to 0.5m in across. (small sized pillow) Closely packed.	Porphyritic texture. Phenocryst: Clinopyroxene and orthopyroxene	Dominant metalliferous sediment layer. Variole-like texture. Thin interpillows(1cm to 5cm in thickness).
Pillow lava(V1-1) of Lower extrusive 1. Lower Volcanic rocks	Basalt to andesite	Dark brown and greenish brown	Size: 0.6m to 1.2m in across. (medium sized pillow) Round to oval shape, elongated tube with radial cooling joint.	Aphyric and aphanitic texture. Phenocryst: Clinopyroxene	Thick interpillows(5cm to 40cm in thickness).

ロセスを次のように推論した。それを模式的に図示したものがFig. II-1-2である。

1) 下部噴出岩類(VI-1)の噴出後、海洋の拡大に伴って、マグマ溜り縁片部において主要な正断層或いは断裂に沿った岩脈の貫入が起こった。上部噴出岩類(VI-2)はこの貫入活動に伴って後に噴出した。

2) この貫入活動の初期に、すでに存在する主要な熱水循環と重なるように局所的な熱水循環が岩脈群の周辺で起こった。

3) この局所的な熱水循環が鉱床を形成する重金属を含む多量の熱水溶液をもたらした。この熱水溶液は、主要断層に平行する多数の断裂を通して上昇し、下部噴出岩類からなる海洋底の上に放出された。

4) 海洋底の上に放出された重金属に富む熱水溶液は、下部噴出岩類が形成する比較的大きな凹地に流れ込み、鉱石鉱物を晶出し、塊状硫化物鉱体を形成した。

5) その後、塊状硫化物鉱体は上部噴出岩類によって被覆された。

本調査地域には既知鉱床としてグゼイン、ダリス及びダリス3A5 鉱床がある。以下にそれらの概要を述べる。

1-2-1 グゼイン鉱床

グゼイン鉱床は、本調査地域の西端部にあるアルカブラ (Al Khaburah) の町の南西約20kmのところにある。

グゼイン鉱床地区には大きな珪質のゴッサンが存在し、これは標高差約60mの丘の頂部(約100m×200m)に分布している。このゴッサンは、下部火山岩類中の下部噴出岩類と上部噴出岩類の境界部付近の黄鉄鉱・黄銅鉱鉱染及び網状脈帯に形成された酸化鉱体である。ゴッサンの下部を対象として1975年から1977年にかけてカナダのProspection Ltd. が実施したボーリング調査により、ゴッサンの南東部の深度70m付近で塊状硫化物鉱体が捕捉された(Fig. II-1-3, II-1-4)。

この鉱体は最大19.72mのコア長を示すものであるが、銅品位は平均0.2%程度と低い。

このボーリング調査では塊状鉱のほか鉱染状鉱及び黄鉄鉱・磁鉄鉱脈を捕捉しており、これらを併せて銅品位0.33%で鉱量 554,000トンという鉱量計算結果が得られている (Ildadadin M. A. et al, 1983)。

1-2-2 ダリス鉱床

ダリス鉱床は本調査地域の中央部に位置し、アススウェイクの町の南約25kmのところにある。本鉱床には小規模なゴッサンが地表部に存在し、その周辺部においてProspection Ltd. が1976年から1978年にかけてボーリング調査を実施し、東ブロックと西ブロックの2つの異なる鉱化帯が

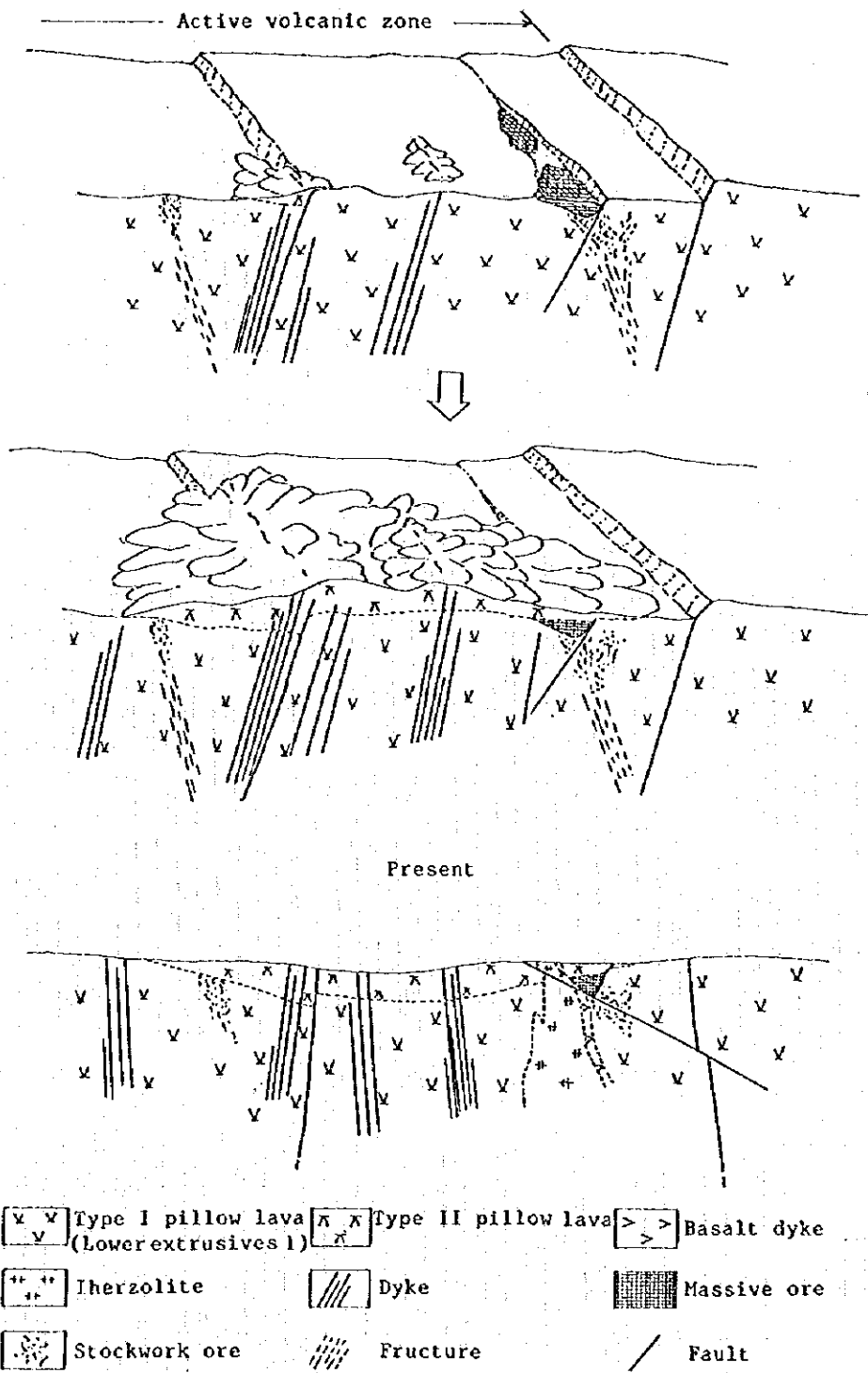


Fig. II-1-2 Schematic formation processes of massive sulphide deposits in Sohar

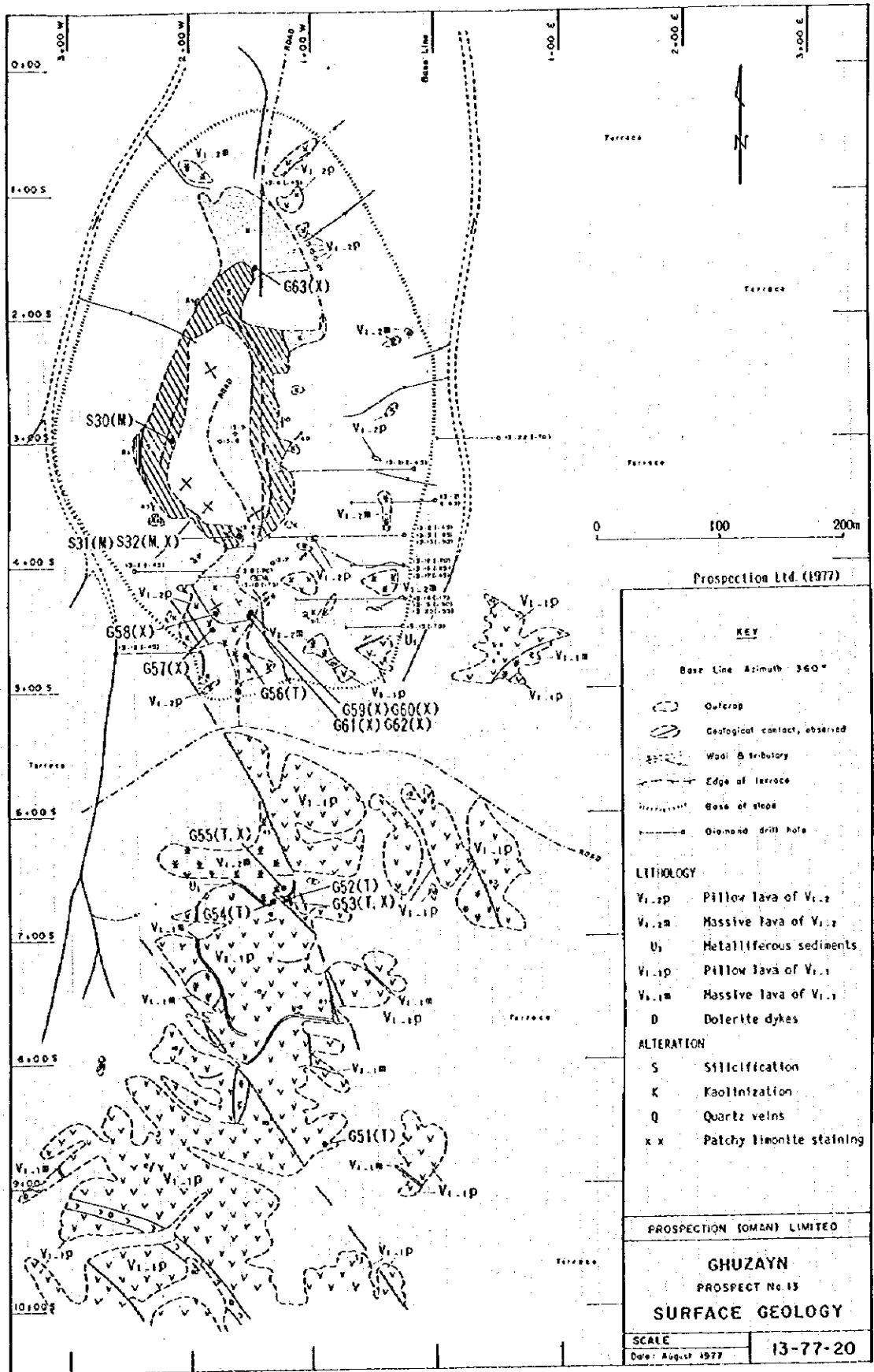


Fig.II-1-3 Geologic map and mineral showing of Ghuzayn Gossan

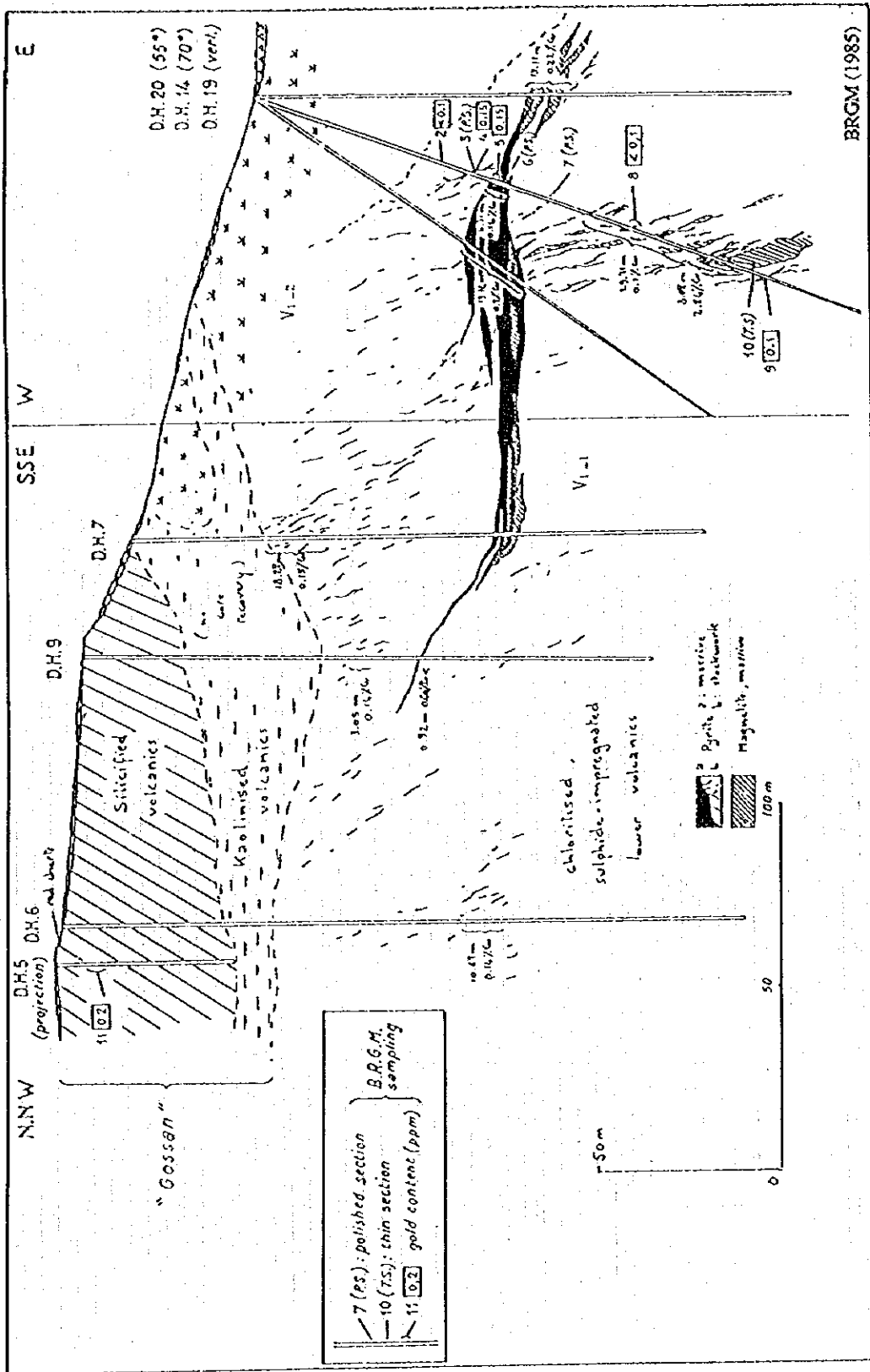


Fig. II-1-4 Geologic profile of Chuzayn Gossan

存在することを確認した (Fig. II-1-5, II-1-6)。

東ブロックは、ゴッサンを中心としてそれから東方に伸びる範囲で、ここでは塊状硫化物鉱体はゴッサンの下位に少量の存在が確認されているのみで、ほとんどは酸化鉱体 (ゴッサン) からなる。Prospection Ltd. はこの鉱体について平均品位Cu1.9%で0.6Mtの鉱量を見積っている。

西ブロックは東ブロックと断層で境されているものと考えられており、ここで実施されたProspection Ltd. のボーリング調査では2本のボーリング(DH-1とDH-26)で塊状硫化物鉱体を捕捉している。この塊状硫化物鉱体については、その後に実施されたBRGMによるボーリング調査の結果から、西方向に少なくとも200m以上延長する幅20m~50mの浅いセミグラベン (幅20mから50m) に形成された小規模鉱体 (DA-6孔でのコア長7mが最大) であることが確認されている。この西ブロックの鉱体の平均品位はCu 1.95%, Zn 0.21%, Ag 12 g/t, Au 0.6 g/tで、鉱量は145,000tと計算されている。

1-2-3 ダリス3A5鉱床

本地区には金の含有量が高い小規模なゴッサンが地表部に存在する。1986年にBRGMはこのゴッサンの周囲でボーリング調査を実施し、ゴッサンの北40mに位置する3A-3孔で、コア長2.25m (真の厚さ1.5m) の塊状硫化物鉱体を捕捉した (平均品位: Cu 0.71%, Zn 2.71%, Ag 32g/t, Au 0.4g/t)。また、3A-4孔ではコア長9mでAu 2.8g/t, Ag 28.6g/t, 3A-2孔ではコア長8mでAu 3.2g/t, Ag 33.5g/tという金に富むゴッサンを捕捉した。その後、石油鉱物省及びオマーン国営鉱山会社のOMCOによってボーリング調査が継続され、Fig. II-1-7のパネル断面図に示すように塊状硫化物鉱体と酸化鉱体 (ゴッサン) の分布形態が詳細に把握された。その結果から求められた鉱量は、塊状硫化物鉱体部がAu 0.95 g/t, Cu 5.18%で61,146t, 酸化鉱体部がAu 3.21g/t, Cu 0.09%で31,680tである。

1-3 その他の塊状硫化物鉱床の鉱徴地

第1年次の地質調査の結果、ドカール、グゼイン部落北方、ファルダー及びサナーにおいて塊状硫化物鉱床賦存の可能性のある鉱徴地が抽出された。

ドカール鉱徴地はグゼイン鉱床からさらに10km西方のドカール部落の南方に位置する。本鉱徴地はFig. II-2-8に示すように中部火山岩類の中に分布する。ゴッサンの主要部は幅約10mで、延長は600m以上に及ぶ。第1年次の鉱石分析の結果、金・銀の含有量が高いゴッサン部が存在することが判明した (Ag 44.2 g/t, Au 2.0 g/t)。

グゼイン部落北方鉱徴地はグゼインゴッサンの南東方2kmのところに位置する。本鉱徴地はFig. II-2-9に示すように下部噴出岩類と上部噴出岩類の境界部付近に存在し、酸化銅を伴うゴッサン、磁鉄鉱を伴う金属質堆積岩、珪化及び白色粘土化が認められる。

ファルダー鉱徴地はグゼイン鉱床の東方12kmのファルダー部落の近傍に位置する。本鉱徴地はFig. II-2-10に示すように下部噴出岩類と上部噴出岩類の境界部付近に認められ、ゴッサン化し

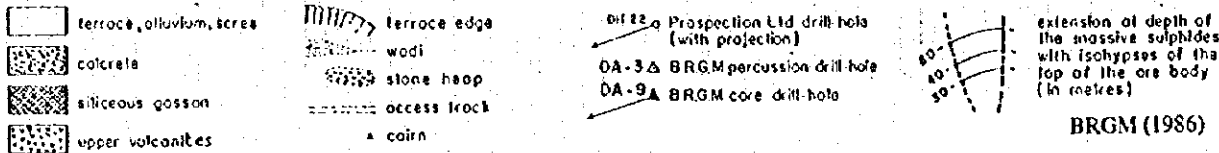
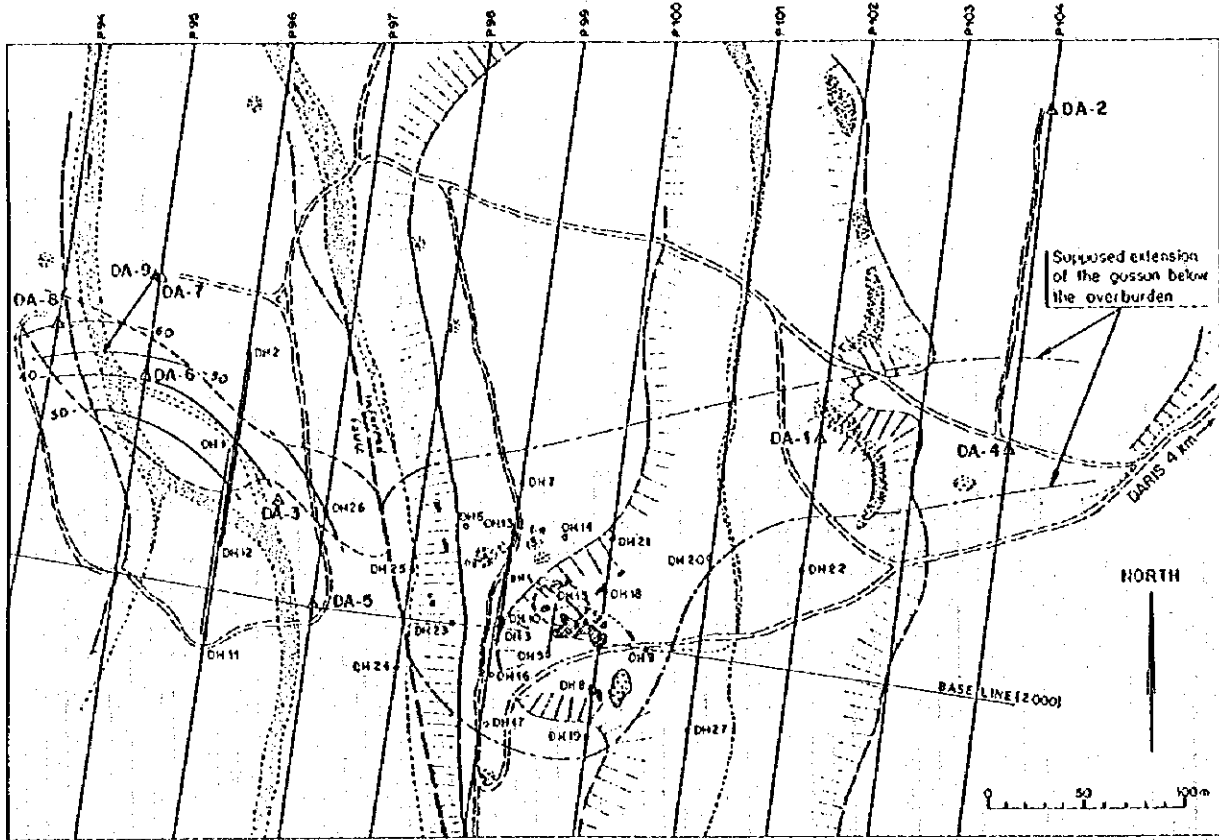


Fig.II-1-5 Location map of previous surveys in Daris prospect area

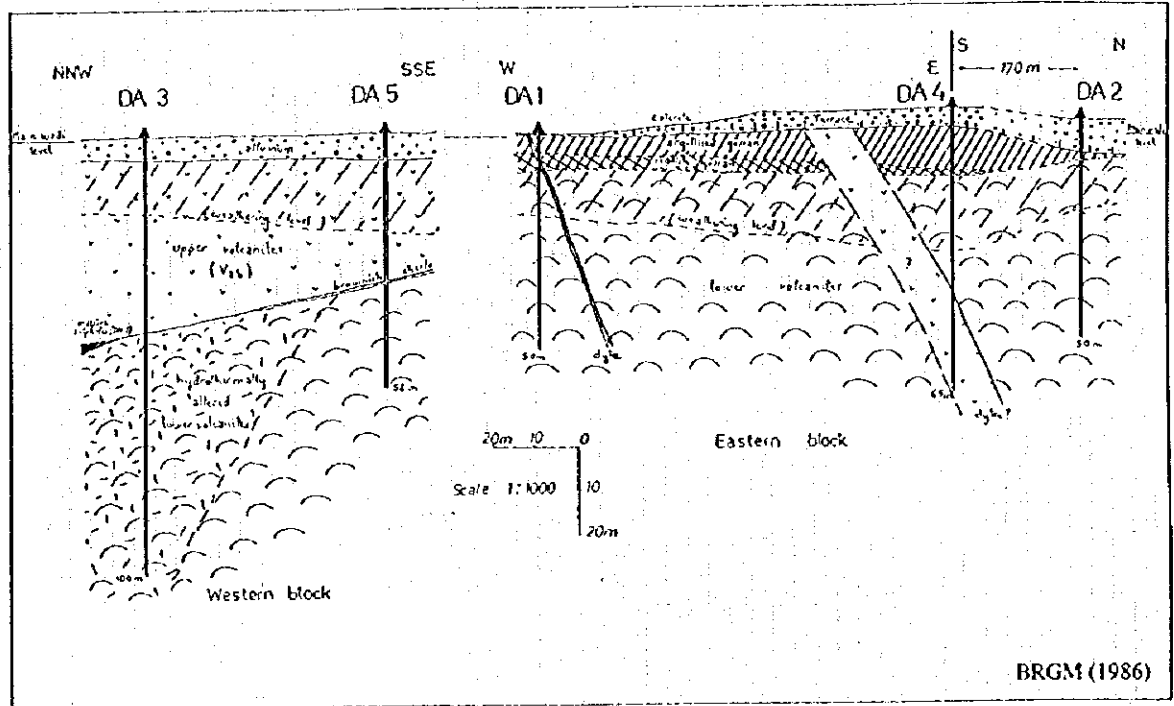
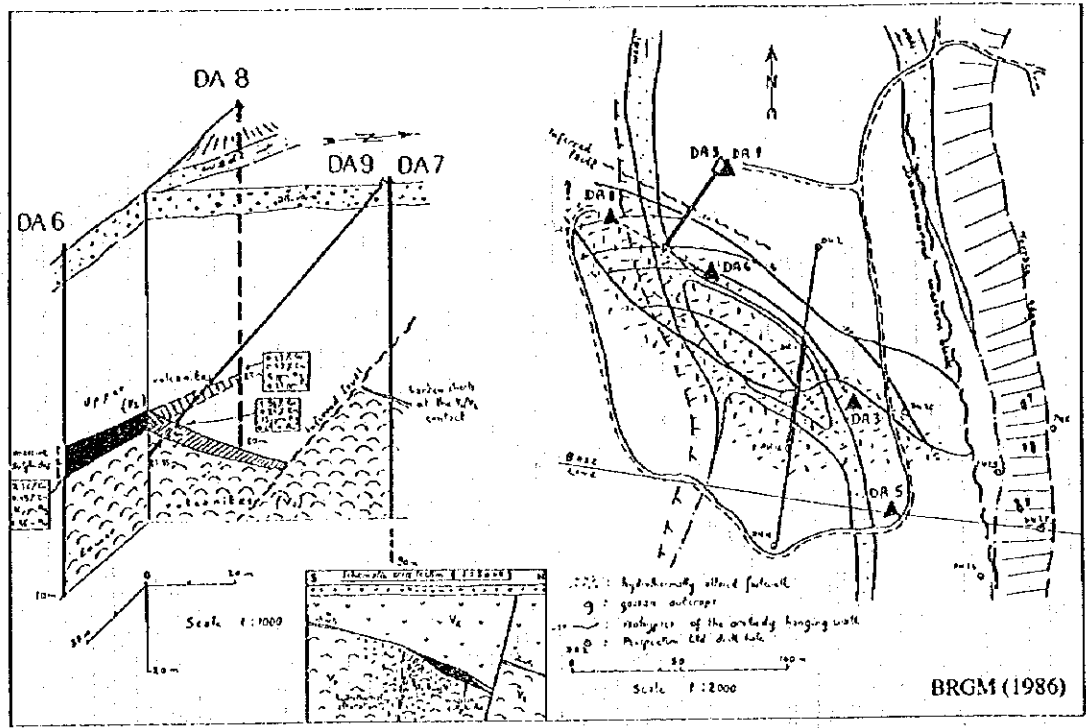


Fig.II-1-6 Cross section of borehole site in Daris prospect area

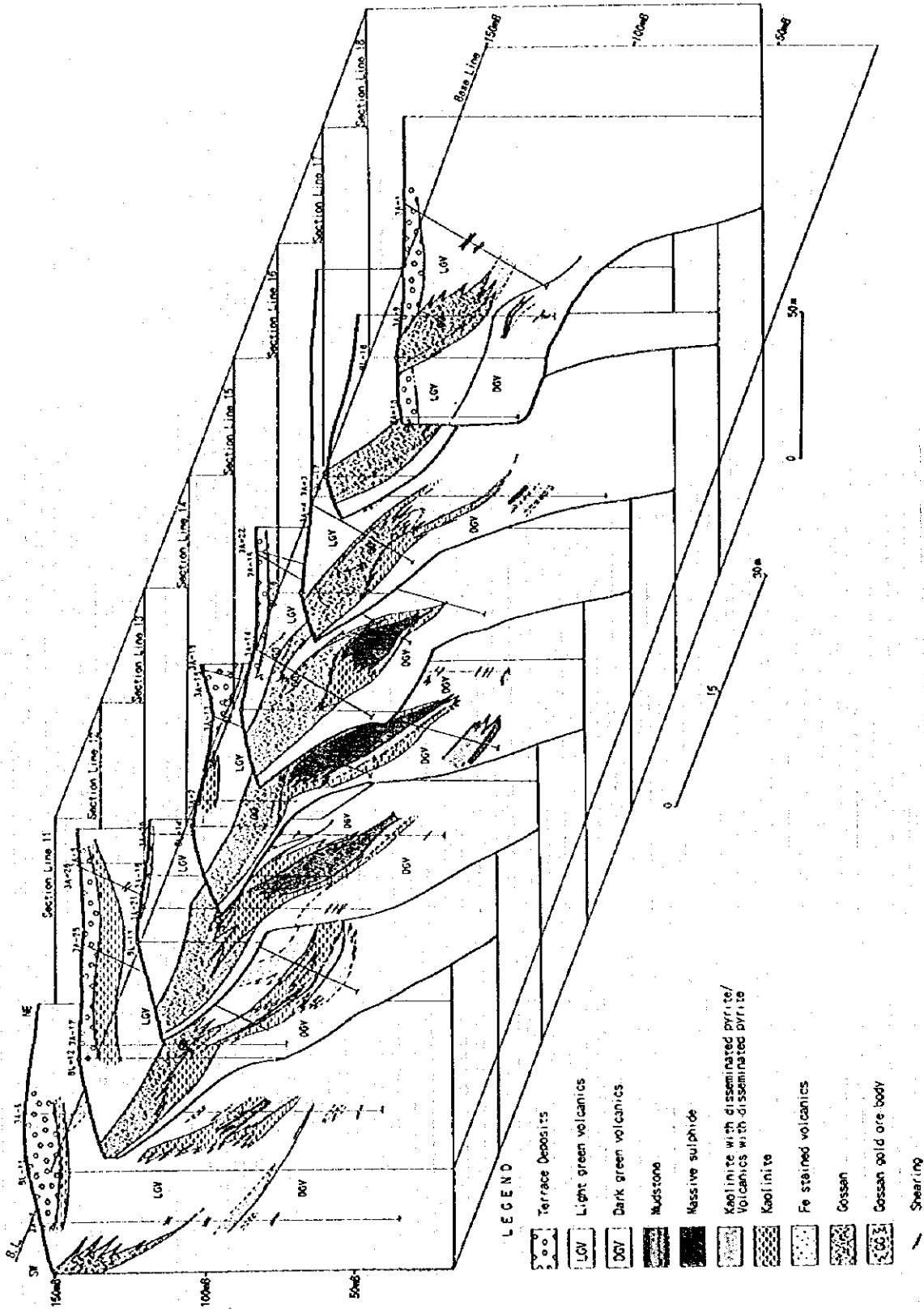
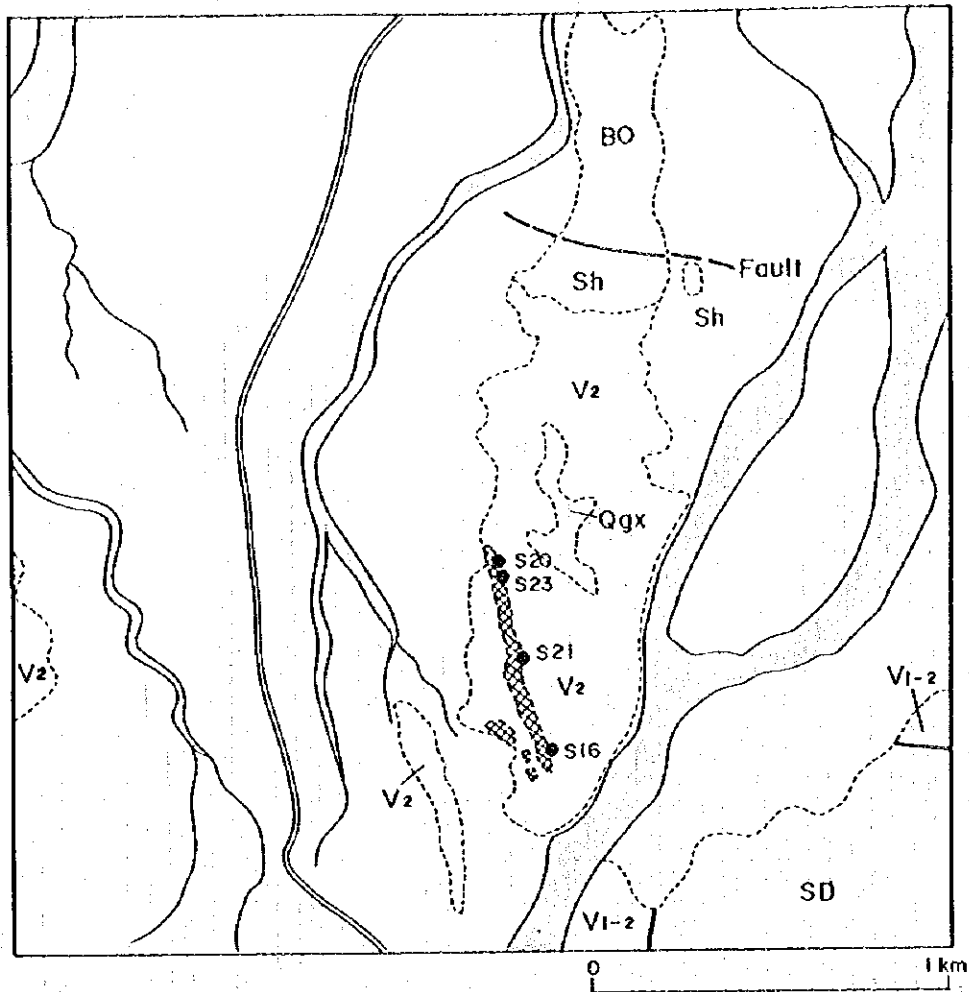




Fig.II-1-7 Panel diagram of Daris 3A5 deposits




LITHOLOGY
QUATERNARY


 Wadi sediments and Sub-recent alluvial fans; terraces


 Qgx Ancient alluvial fans; terraces


SUPRA-OPHIOLITE SEDIMENTS

 BO Batinah Olistostromes


SMALL OPHIOLITE
Smail Volcanic Rocks

 Sh Suhaylah Formation


 V₂ Middle Volcanic Rocks

 V₁₋₂ Lower Volcanic Rocks
Lower extrusives 2

Sheeted-dyke complex


 SD Sheeted dykes; dolerite

MINERALIZATION

 Gossan

Other symbols

 S20 Sample location (in Phase I)

 Road

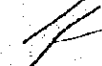
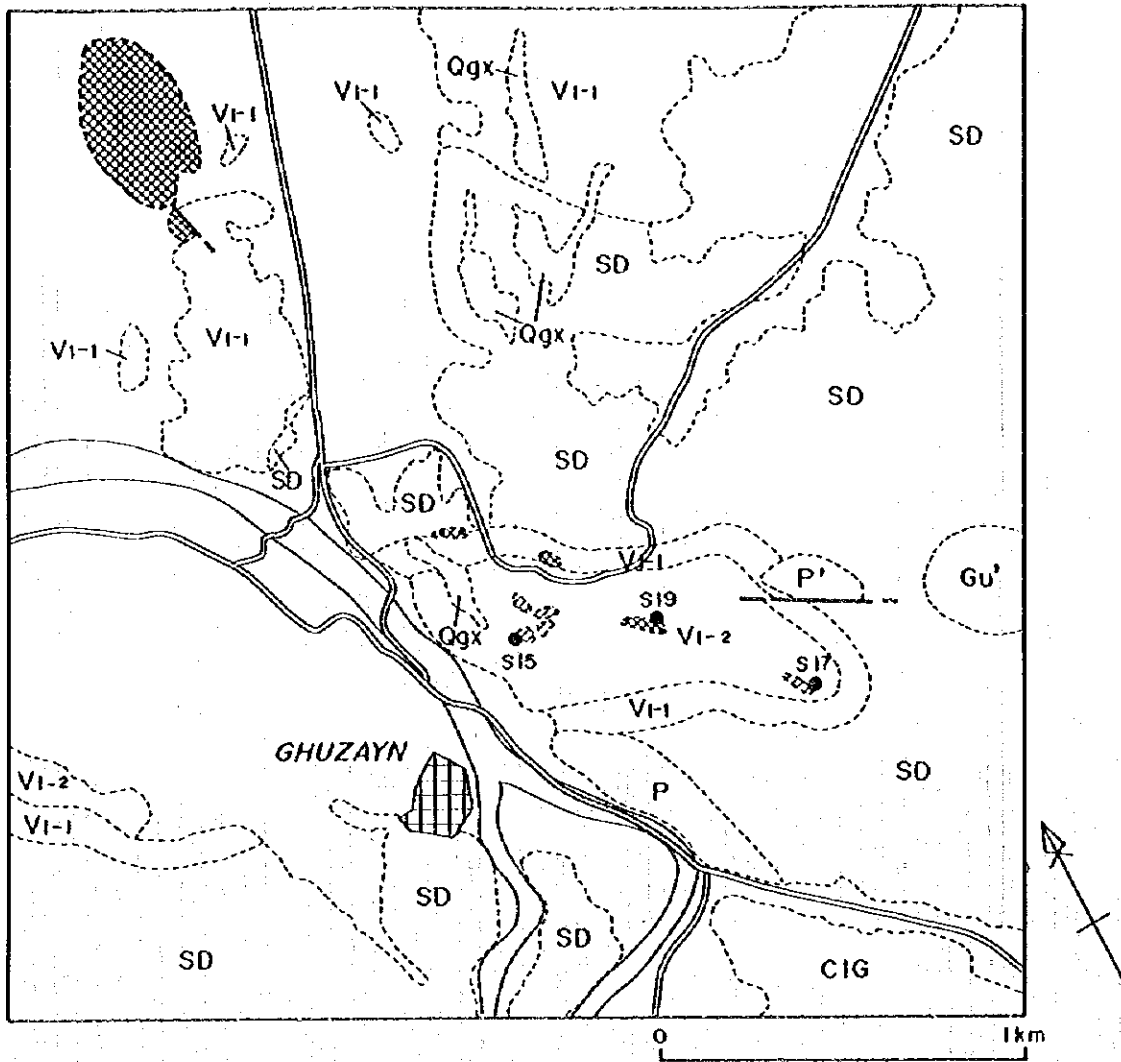
 Wadi

Fig.II-1-8 Mineral showing of Doqal area



LITHOLOGY
QUATERNARY

- Wadi sediments and Sub-recent alluvial fans; terraces
- Qgx Ancient alluvial fans; terraces

SAMAIL OPHIOLITE
Samail Volcanic Rocks

- V₁₋₂ Lower extrusives 2
- V₁₋₁ Lower extrusives 1

Sheeted-dyke complex

- SD Sheeted dykes; dolerite

Cumulate Sequence

- CIG Cumulate layered gabbro

Intrusives

- Gu' Uralitic Gabbro
- P' Peridotite

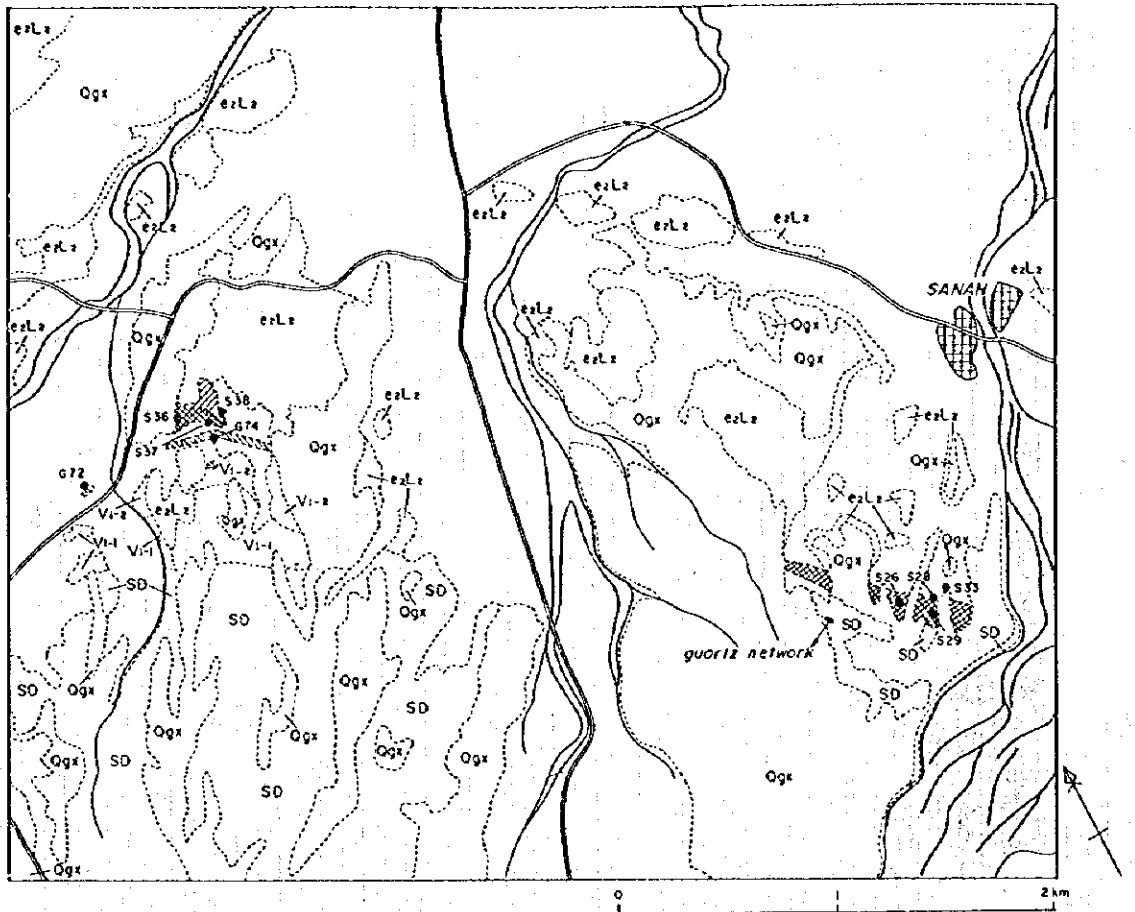
MINERALIZATION

- Gossan
- Silicified or argillized zone

Other symbols

- S15 Sample location (in Phase I)
- Ghuzayn village
- Road
- Wadi

Fig.II-1-9 Mineral showing of Ghuzayn village north area



LITHOLOGY
QUATERNARY

- Wadi sediments and Sub-recent alluvial fans; terraces
- Oqx Ancient alluvial fans; terraces

TERTIARY

- e₂L₂ Upper nodular limestone

SAMAIL OPHIOLITE
Samail Volcanic Rocks

- V₁₋₂ Lower extrusives 2
- V₁₋₁ Lower extrusives 1

Sheeted-dyke complex

- SD Sheeted dykes; dolerite

MINERALIZATION

- Gossan
- Argillized zone
- Gossanized metalliferous sediments

Other symbols

- S36 Sample location (in Phase I)
- Road
- Wadi

Fig.H-1-10 Mineral showing of Fardah and Sanah area

た金属質堆積岩及び白色粘土からなる。延長1kmに及ぶ金属質堆積岩を伴う。

サナー鉱徴地はファルダ―鉱徴地の東方4kmのサナー部落の南に位置する。本鉱徴地では第三紀石灰岩層中の最下部の礫岩がゴッサン化しており、その範囲は幅100mで東西延長900m以上である。

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 Range	$\pm 5V$
Gain	from 1 to 2,048
Resolution of A/D Conversion	16 bits
Notch Filter	50/60 Hz, 21st order harmonics maximum
Transmitter	Phoenix IPT1
Maximum Output Power	2 kW
Output Current	10 A maximum
Frequency	0.125 Hz, 50 % duty cycle
Generator	Robin
Maximum Output Power	3 kW
Output Voltage	200 V
Output Frequency	50 Hz
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_a) は、

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

で表される。ここで V_p は電流電極 (C_1, C_2) 間に周波数 0.125 Hz (duty cycle 50%) の電流 I を供給した時、電位電極 (P_1, P_2) 間において測定される一次電位である。また、 K は電極配置係数と呼ばれ、次式で表される。

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

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、

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

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 55 msec (t_1) から 1.555 msec (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 (分極率: M) としており、次式により表される。

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

見掛比抵抗値及び分極率は、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品質が悪い場合には、再測定を行いデータ品質の向上に勤めた。

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分極率より、次式により算出される。

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

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、その様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、山地形の場所では電流密度が高くなり高比抵抗異常、谷地形の場所で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ゼイン村北部地区の測線000N及び測線180S、ドカール地区の測線600N、測線400N、測線200N及び測線200S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 二次元モデル解析

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た解析のできる2次元解析が必要である。この2次元解析のため、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際の測定値とを比較し、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。しかしながら、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。IP法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)は全て同一比抵抗値の地下均質構造として与え、初期値が解析結果に与える影響を除去した。

2-5 物性測定

2-5-1 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（26個）を採取し、室内測定をした。測定では試料を湿润状態にした後、時間領域IP法により、比抵抗及び分極率の測定を行った。

2-5-2 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、0.9~1,134 $\Omega \cdot m$ の範囲で変化する。試料番号4, 8, 21, 23は塊状硫化鉱であり、1 $\Omega \cdot m$ 前後のきわめて低い値を示す。試料番号5, 6, 12, 13, 14, 16, 18, 24, 25, 26は50~250 $\Omega \cdot m$ の中程度の比抵抗を示す。試料番号1, 2, 3, 7, 9, 10, 11, 15, 17, 20, 22は300 $\Omega \cdot m$ 以上の高比抵抗を示す。

分極率は1.6~203mV/Vの範囲で変化する。塊状硫化鉱は53~203mV/Vの範囲のきわめて高い値を示す。また、試料番号5, 17も100mV/V以上の高分極率を示す。試料番号7, 10, 18, 19は30mV/V前後の比較的高い分極率を示す。試料番号1, 3, 9, 14, 15, 20, 22は10mV/V以上の中程度の分極率を示す。

試料番号27, 28は、低比抵抗・高分極率の塊状硫化鉱が中~高比抵抗・低~中分極率の岩石に挟まれた場合の比抵抗、分極率を示したものである。比抵抗は3試料の平均的な値を示すが、分極率は塊状硫化鉱の高分極率の影響は見られず、塊状硫化鉱を挟んでいる岩石の分極率に近い値を示す。

2-6 ファルダール地区

2-6-1 測線設定

本地区における測線の方向はN28° Eであり、測線長1.5kmの測線7本に対し調査を計画した。西側の測線400W, 測線600Wについては測線北端部分が人家の中を通るため各々300m南側へ移動した。調査の結果、東方向への低比抵抗帯の延びが判明したので東側に1測線を追加し計8本に対し調査を実施した。

測線位置を Fig. II-2-4に示す。

2-6-2 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, II-2-6, II-2-7に、また平面図をFig. II-2-8~II-2-11に示す。

見掛比抵抗は、3~288 $\Omega \cdot m$ の範囲で変化するが、ほとんどの測点で50 $\Omega \cdot m$ 以下の値を示し、全

Table II-2-3 Resistivity and chargeability of core samples

No.	Area	Borehole No.	Sampling Depth(m)	Resis. (Ω -m)	Charge. (mV/V)	Rock Name	Remarks
1	GG	G2	76.10	654.7	13.1	Pw(VI-1)	Py diss(sl)
2	GG	G2	170.30	454.3	5.1	Pw(VI-1)	Py diss, Py-Qz net, Sili(sl)
3	GG	G3	80.00	817.8	15.2	MI(VI-2)	Py-Cp diss(sl), Sili(sl)
4	GG	G3	140.30	1.1	53.3	Ms	Massive Sulphide
5	GG	G4	83.50	105.3	135.9	Pw(VI-2)	Sph-Cp net, Py diss(in), Sili(sl)
6	GG	G4	212.00	79.1	6.6	Pw(VI-2)	Py diss(sl), Py str
7	GG	G5	86.10	1000.0	34.6	Pw(VI-2)	Py diss, Py vein
8	GG	G5	165.40	0.9	177.6	Ms	Massive Sulphide
9	GG	G5	238.30	693.1	11.3	BaDy	Py diss, Sili(sl)
10	GG	G6	164.80	626.4	27.0	MI(VI-2)	Py diss(sl), Cp-Epi-Cal vein
11	GG	G7	28.10	930.5	5.1	Calc(Q)	
12	GG	G7	194.00	57.2	1.6	MI(VI-2)	Py diss(sl)
13	GG	G7	252.90	70.1	2.1	Pw(VI-2)	Py diss(sl)
14	GG	G8	115.60	225.6	12.0	MI(VI-2)	Py diss(sl), Cp-Py-Cal vein
15	GG	G9	52.70	489.0	16.3	Pw(VI-2)	Py diss
16	GG	G10	50.00	124.1	3.1	GaDy	
17	GG	G11	163.90	1134.0	104.1	Js	Hm, Py, Cp
18	GG	G12	64.00	248.7	31.5	Pw(VI-2)	Py diss, Py-Chl vein
19	GG	G13	167.80	81.2	32.1	Pw(VI-1)	Py diss(in), Py-Qz net, Sili(in)
20	GG	G14	80.00	423.0	11.4	BaDy	Py diss(sl), Py fine net
21	GG	G14	150.00	1.8	202.9	Ms	Massive Sulphide
22	GG	G15	52.50	327.0	14.6	Pw(VI-2)	Py diss, Sili
23	GG	G15	207.55	1.2	149.6	Ms	Massive Sulphide
24	GG	G16	45.25	253.5	3.7	MI(VI-2)	Py diss(sl)
25	DA	D1	31.20	147.7	6.7	Cata	Brecciated
26	DA	D4	37.50	221.9	7.6	MI(VI-2)	Py diss(sl), Py-Cal vein
27		14+23+7		261.4	33.0		
28		14+23+2		126.8	9.2		

Notes

GG : Ghuzayn Gossan
DA : Daris

Resis. : Resistivity
Charge. : Chargeability

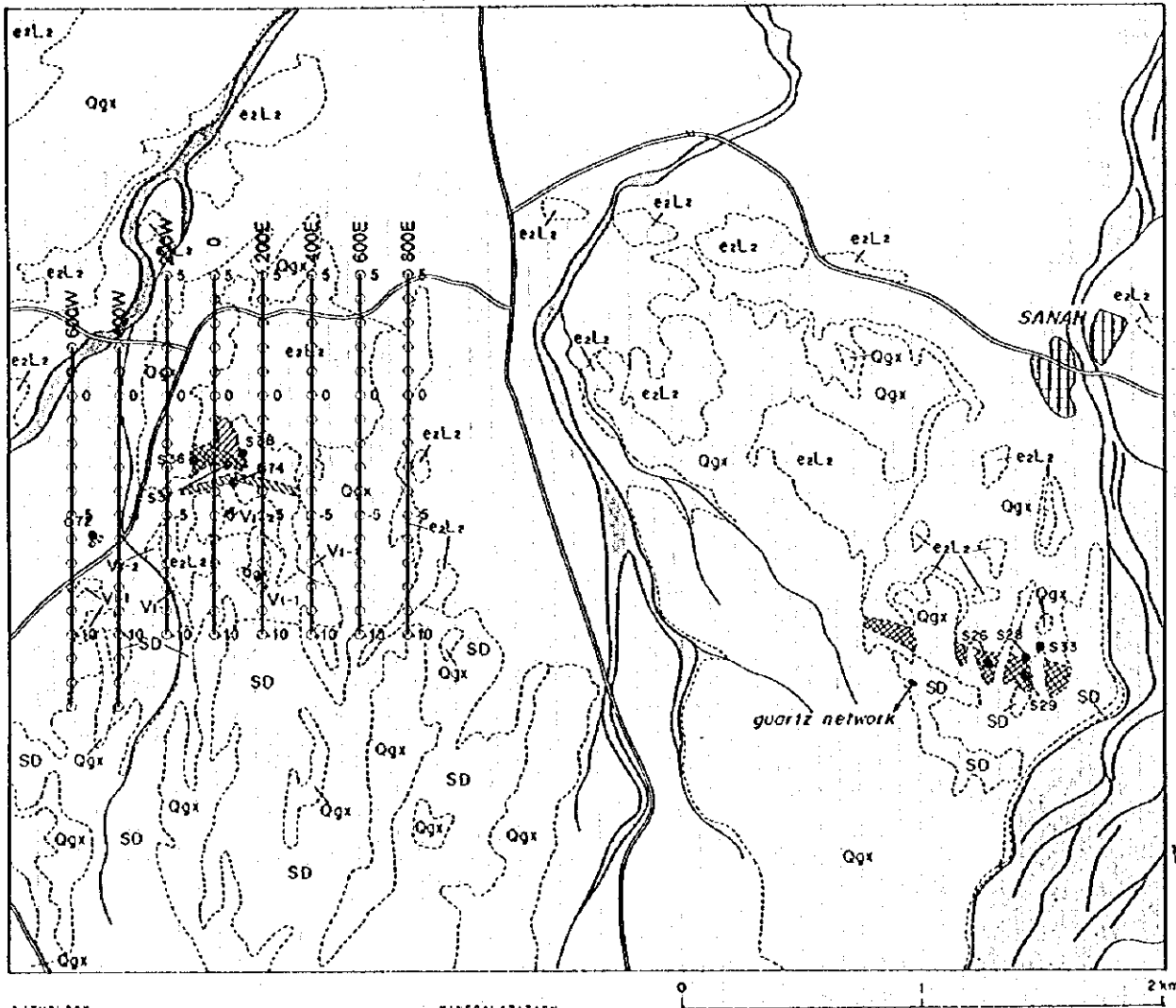
Pw : Pillow lava(basalt)
MI : Massive lava(basalt)
MS : Massive sulphide
Js : Jasper
BaDy : Basalt~doleritic lava
GaDy : Gabbroic lava
Calc : Calcreto
Cata : Cataclastic volcanic rock

VI-1 : Lower Extrusives 1
VI-2 : Lower Extrusives 2
Q : Quaternary

Py : Pyrite
Cp : Calcopryrite
Sph : Sphalerite
Epi : Epidote
Cal : Calcite
Hm : Hematite
Chl : Chlorite
Qz : Quartz

diss : dissemination
net : network
vein : veinlets
(sl) : slight
(in) : intense
Sili : Silicified

Fardah - Sanah Area



LITHOLOGY

- QUATERNARY**
- Wadi sediments and sub-recent alluvial fans/terraces
- Qgx Ancient alluvial fans/terraces
- TERTIARY**
- ezLz Upper nodular limestone
- SAMAIL OPHIDOLITE**
- Samail Volcanic Rocks**
- Y₁₋₂ Lower extrusives 2
- Y₁₋₁ Lower extrusives 1
- Sheeted-dyke complex
- SD Sheeted dykes/dolerite

MINERALIZATION

- Gossan
- Argillized zone
- Gossanized metalliferous sediments

Other symbols

- S36 Sample location
- Road
- Wadi

○—○—○ TDIP Survey Lines

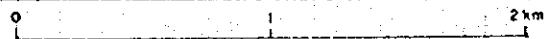


Fig.II-2-4 IP line locations in Fardah area

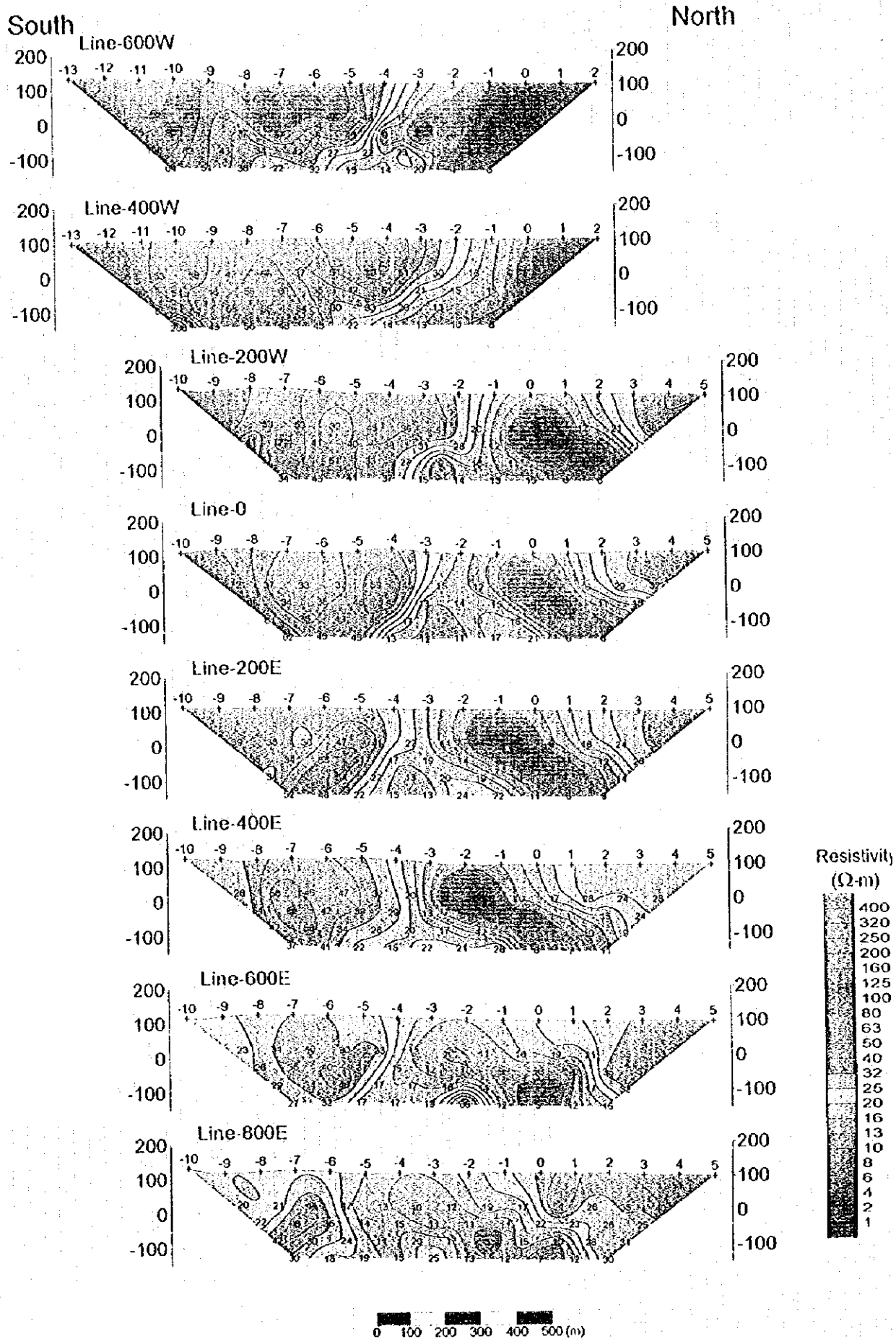


Fig.II-2-5 Apparent resistivity pseudo-sections in Pardah area 33

South

North

200

200

100

100

0

0

100

100

200

200

100

100

0

0

100

100

200

Line 200W

200

100

100

0

0

100

100

200

Line 10

200

100

100

0

0

100

100

200

Line 50

200

100

100

0

0

100

100

200

Line 40

200

100

100

0

0

100

100

200

Line 30

200

100

100

0

0

100

100

200

Line 20

200

100

100

0

0

100

100

1854 1854 1854



South

North

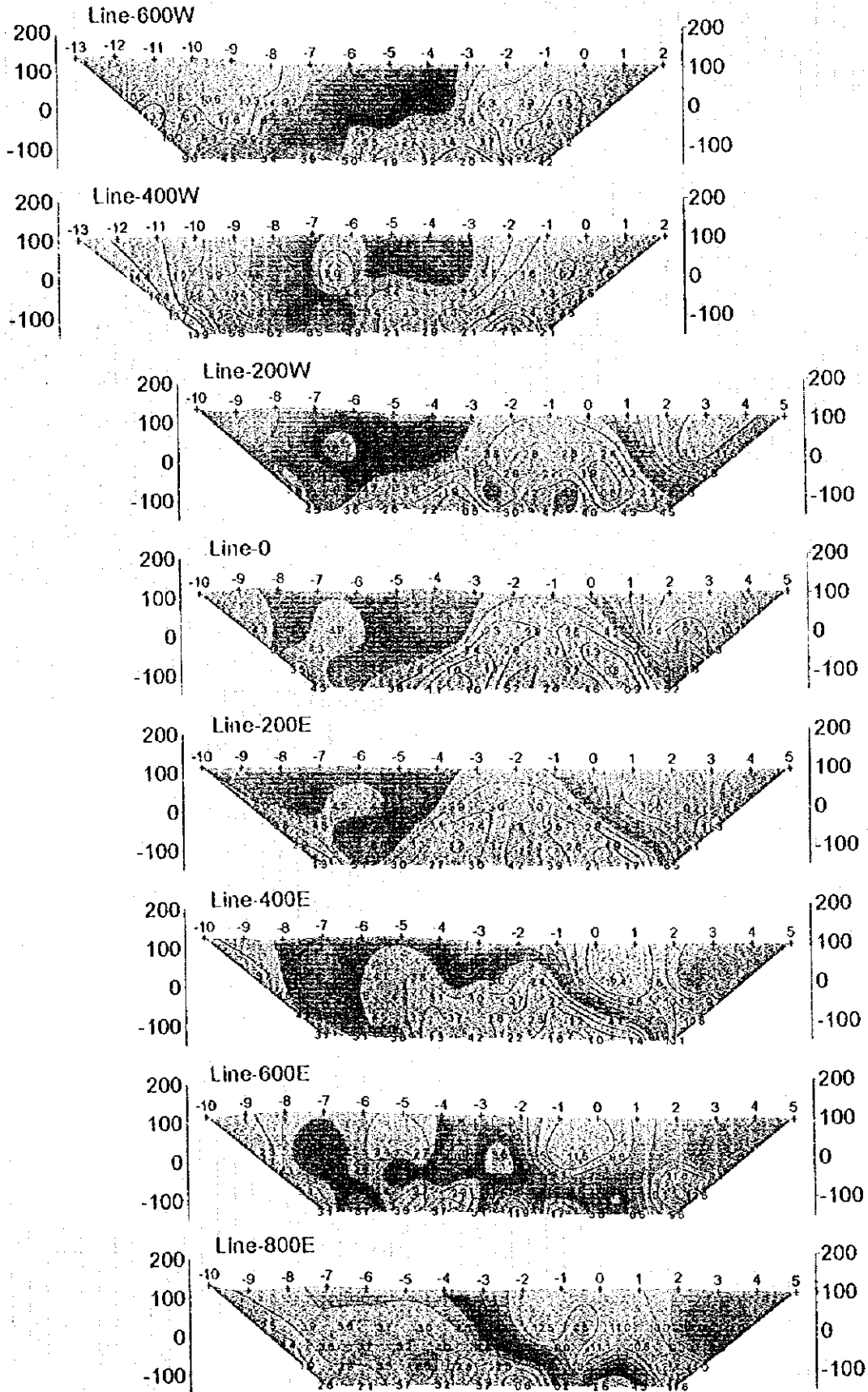
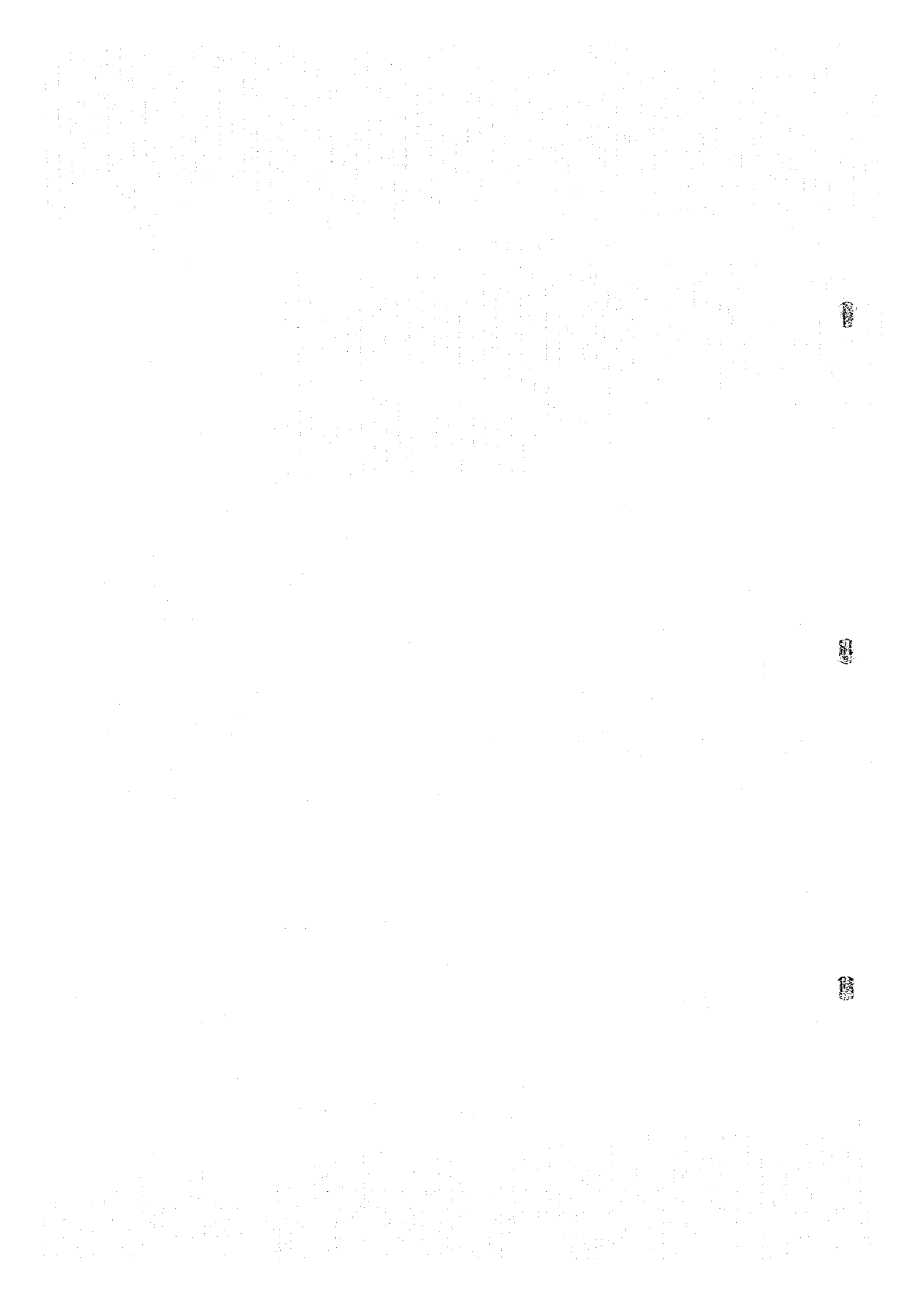


Fig.H-2-6 Chargeability pseudo-sections in Fardah area



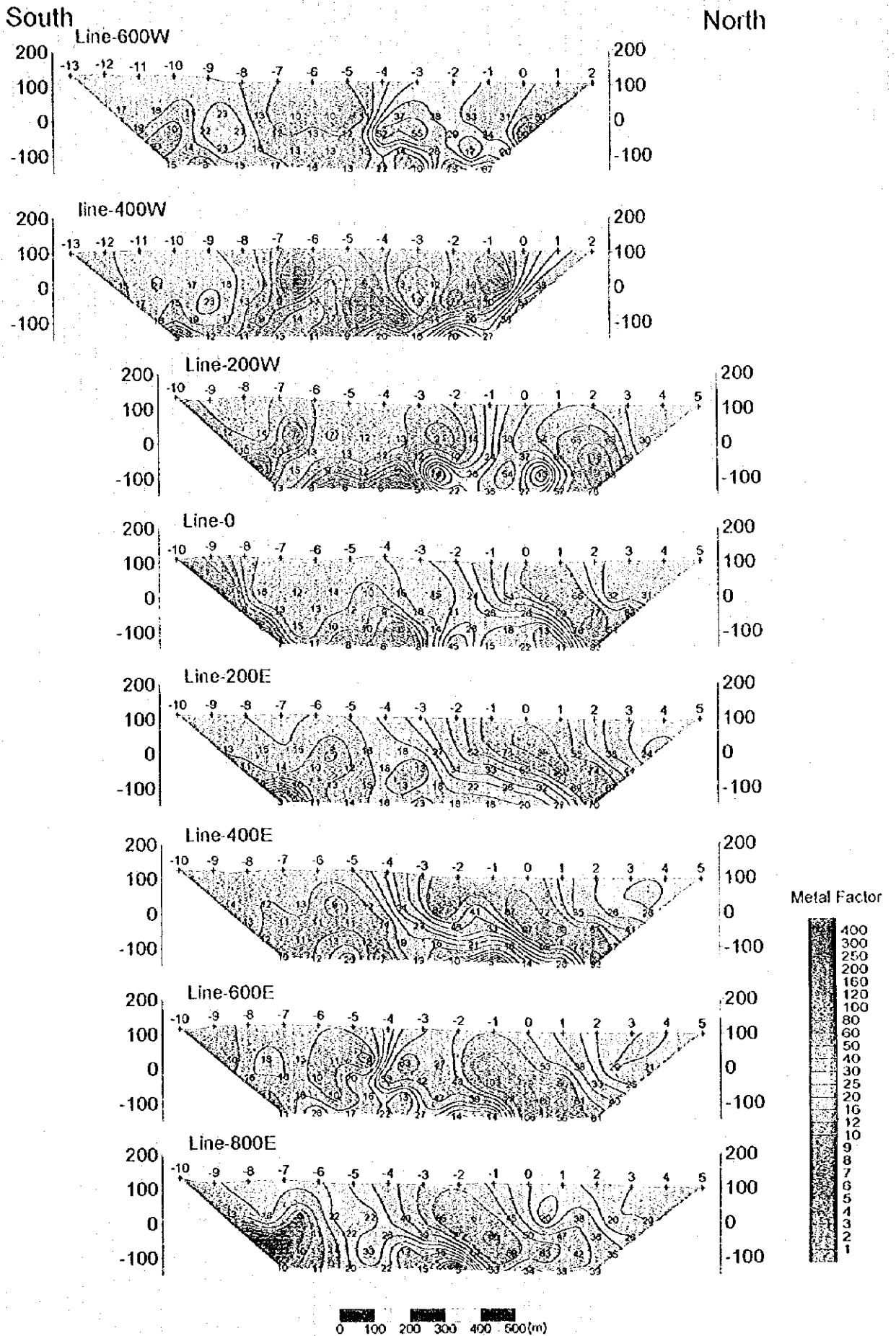
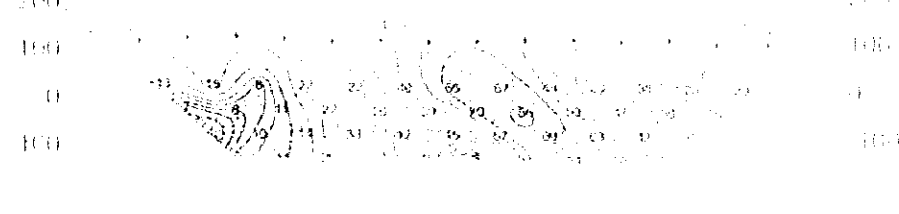
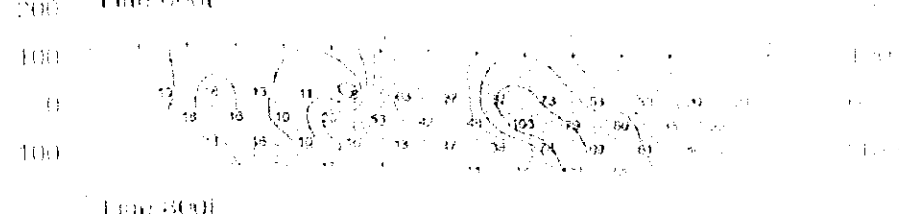
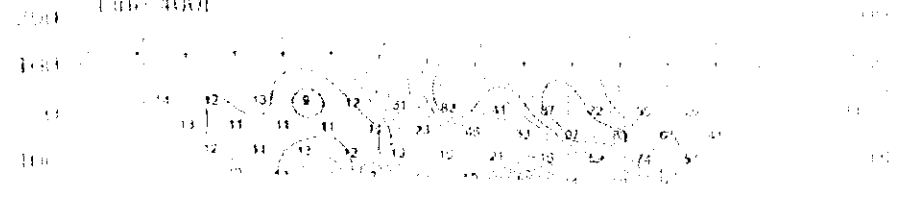
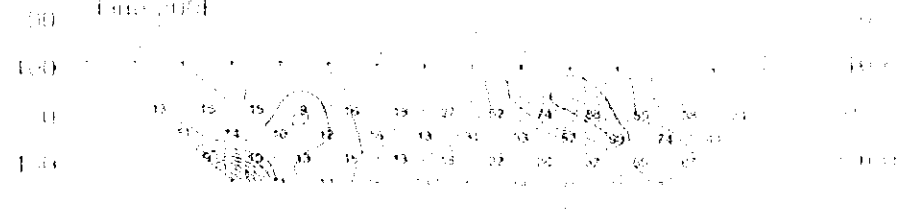
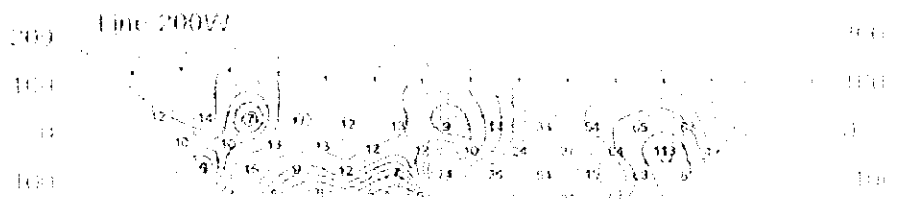
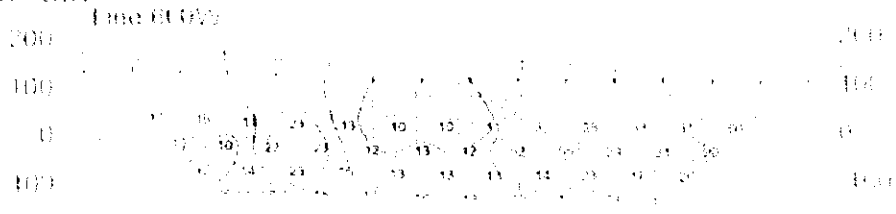


Fig.II-2-7 Metal factor pseudo-sections in Pardah area

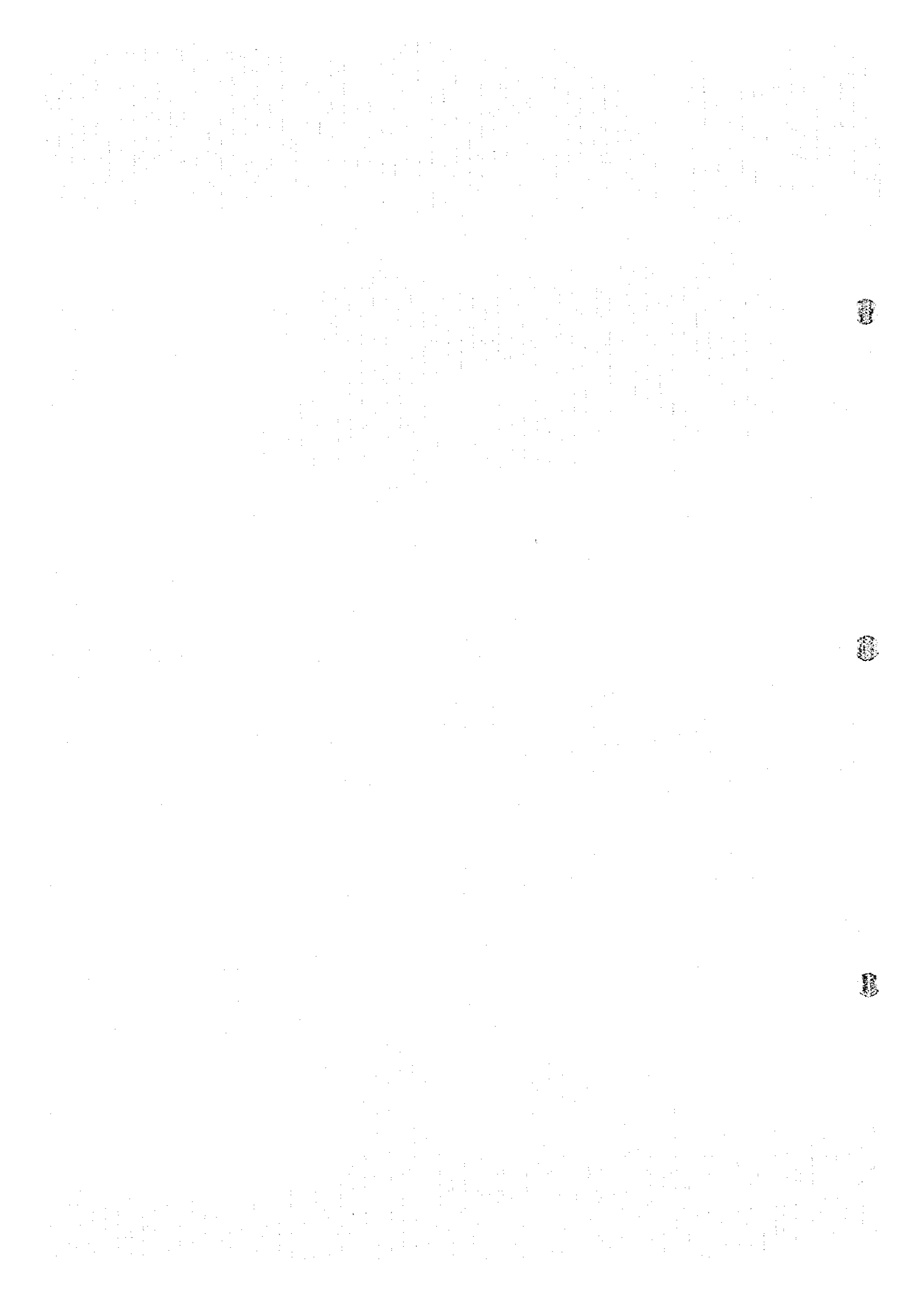
South

North



1:1000 1:2000 1:5000

Figure 1: Topographic maps of the study area at different scales.



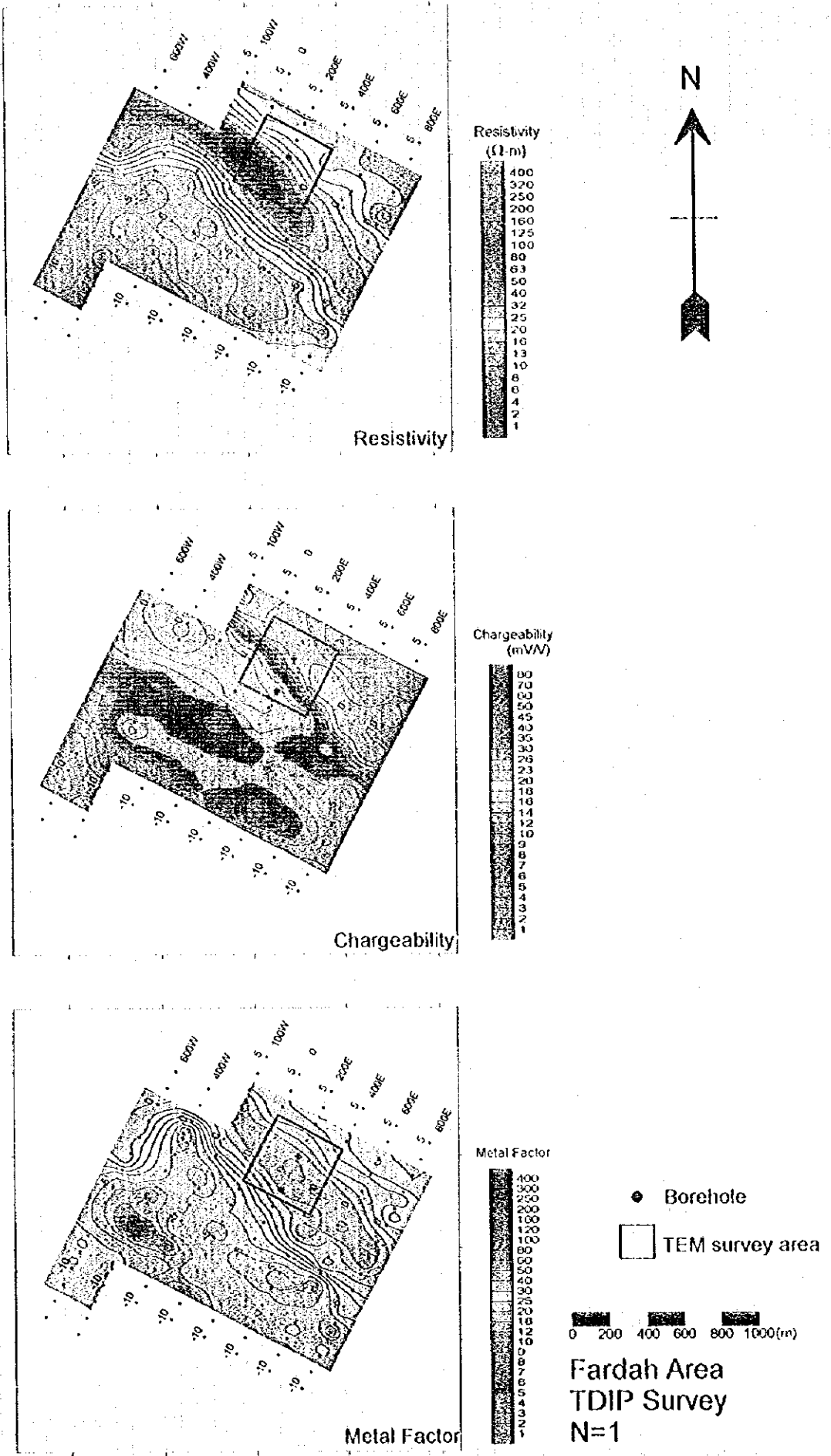
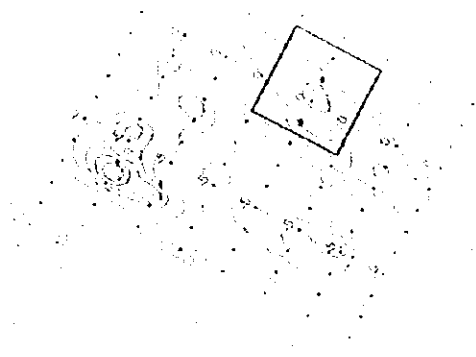
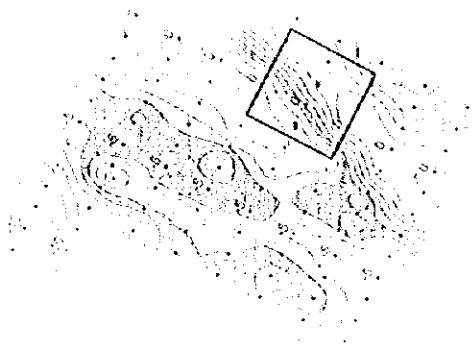


Fig.II-2-8 IP plane map of $n=1$ in Farda area

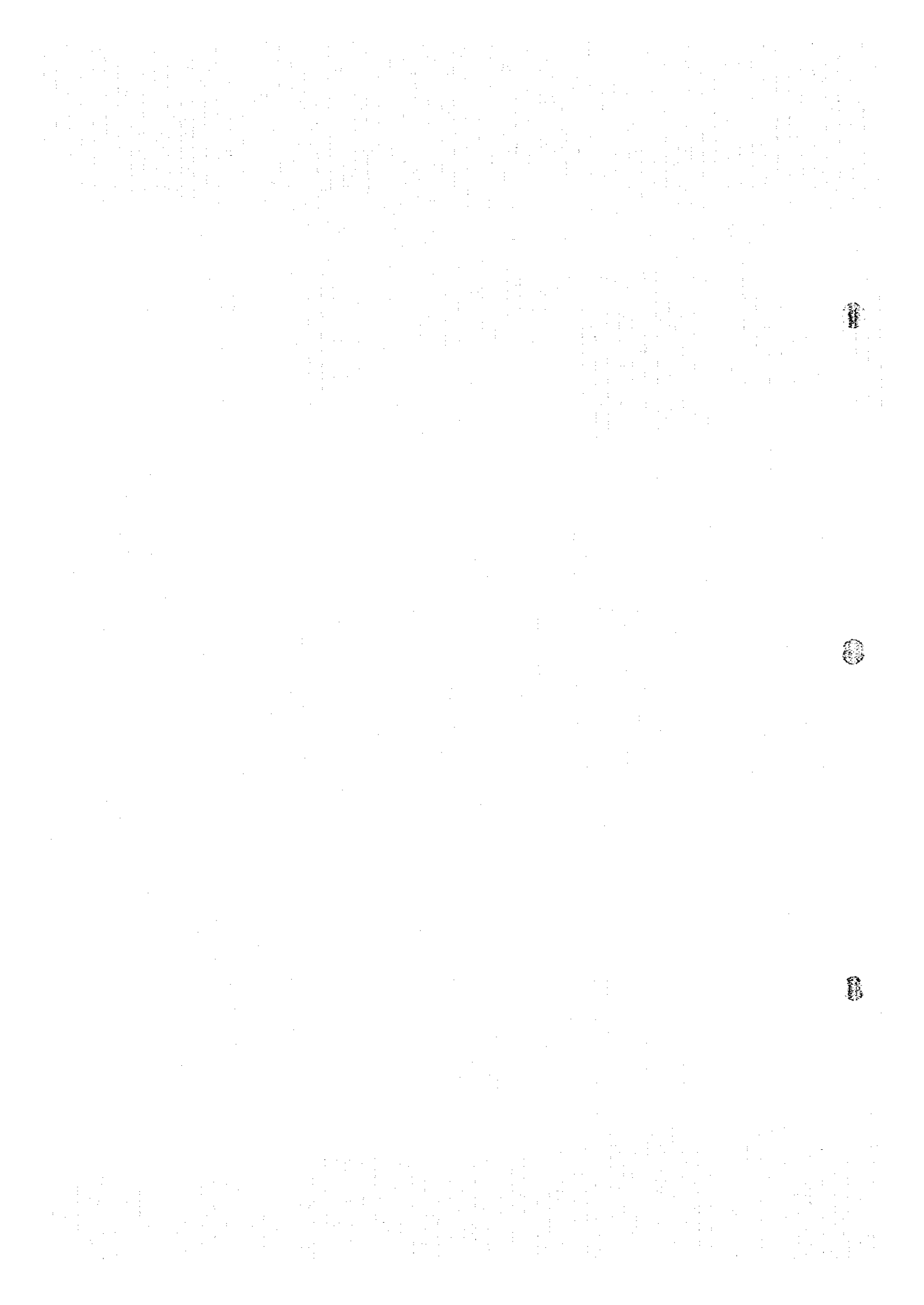


UNITED STATES GOVERNMENT

PHOTO COPY

11

11



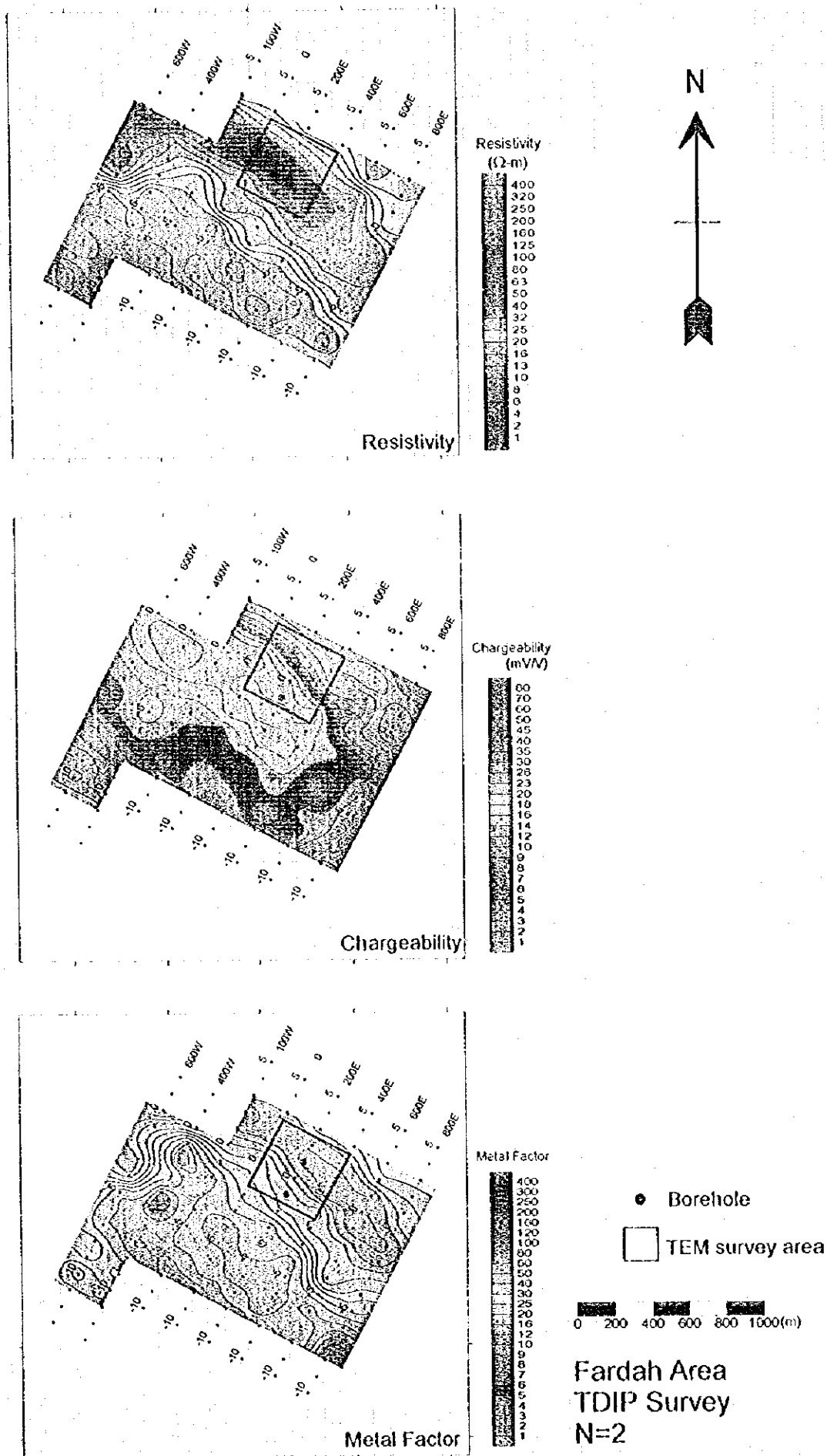
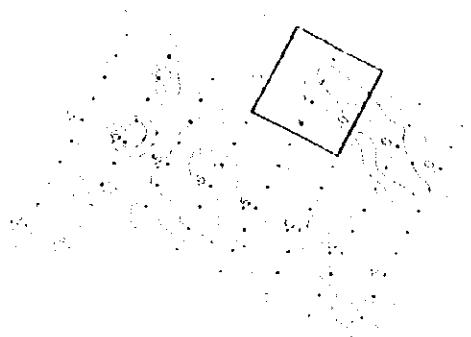
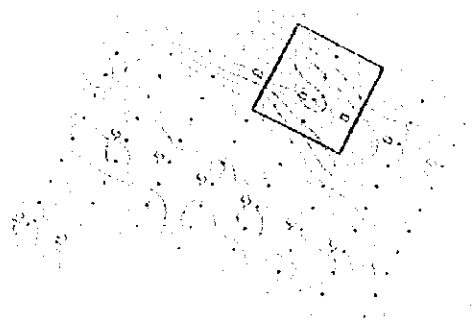


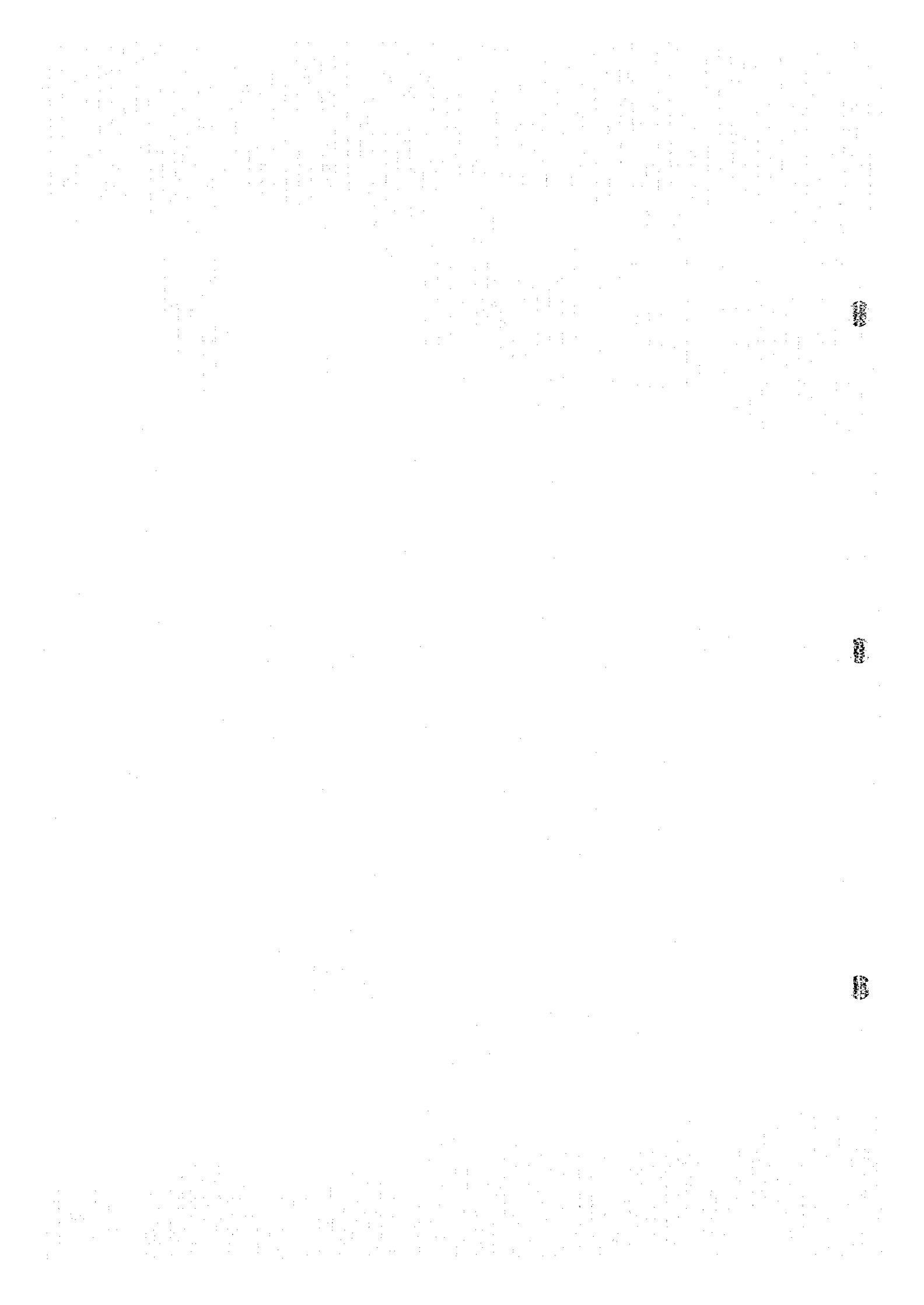
Fig. II-2-9 IP plane map of n=2 in Fardah area



100x 100x 100x

100x 100x 100x

100x 100x 100x



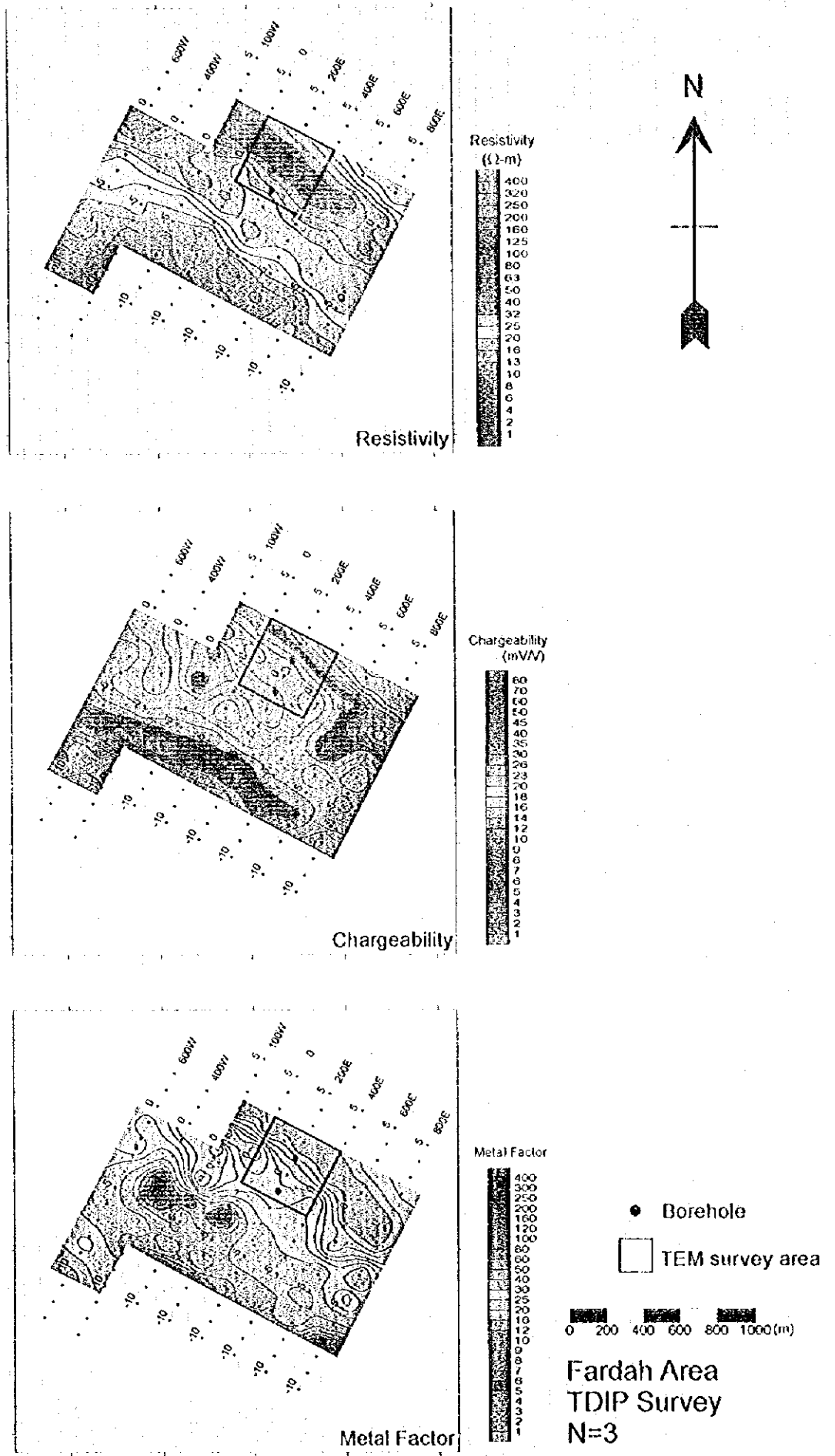


Fig.II-2-10 IP plane map of n=3 in Fardah area

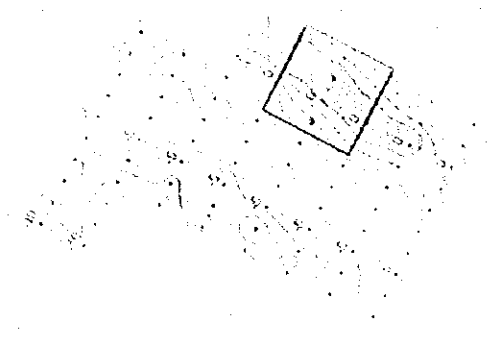


Figure 1

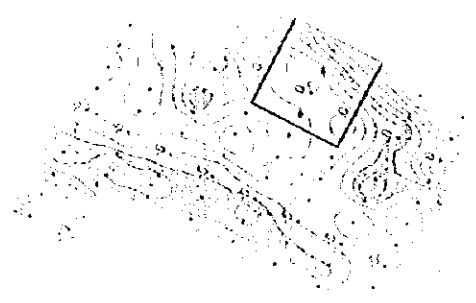


Figure 2

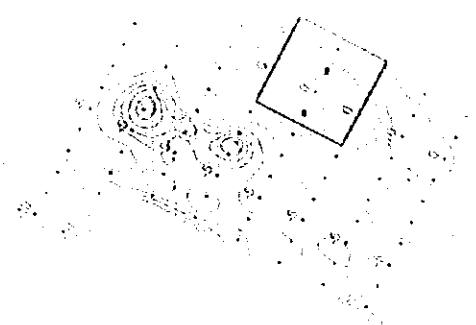


Figure 3

1980 1981 1982

East Area
 1980-1982
 1983

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. The text is too light to transcribe accurately.]



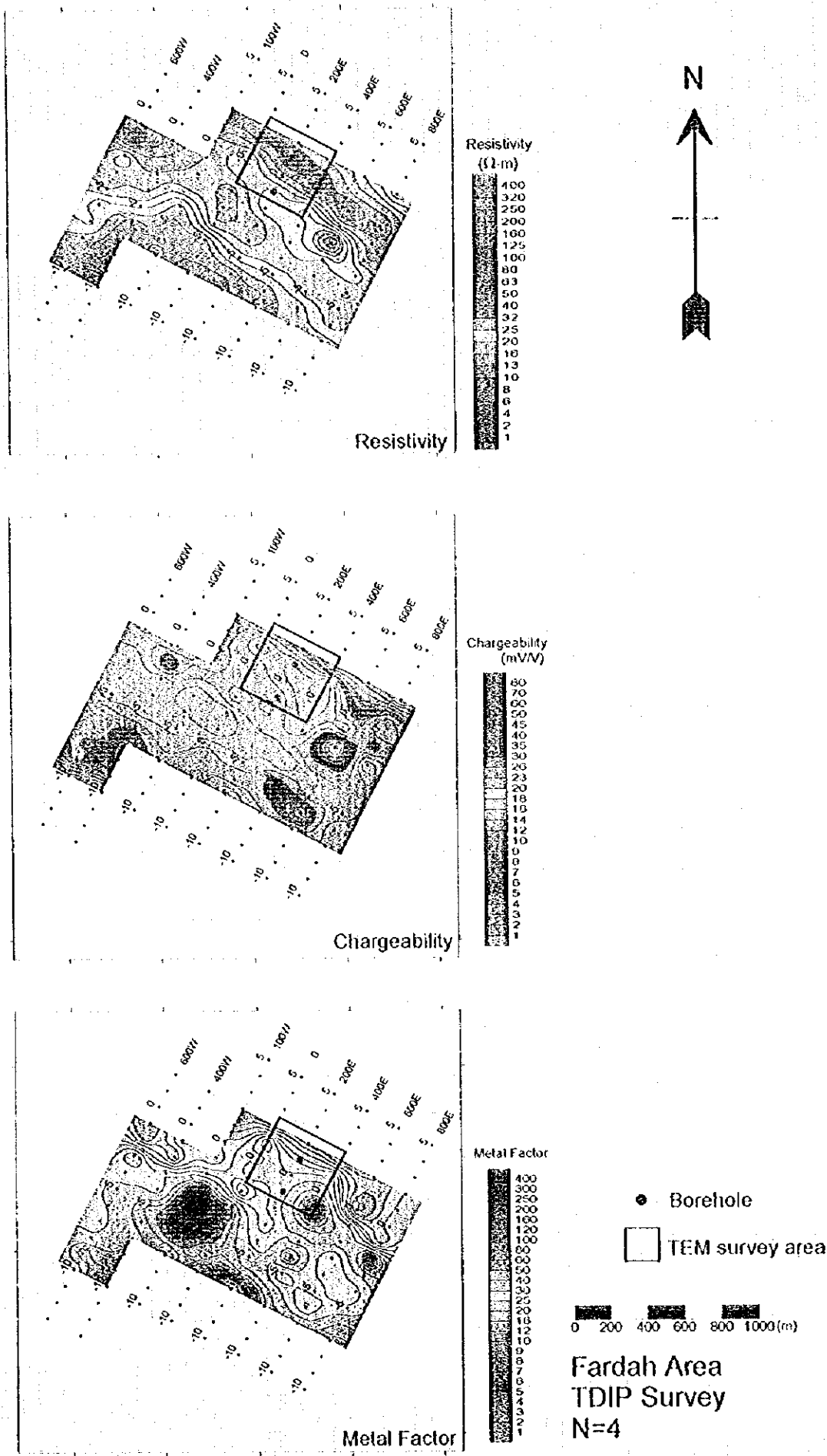


Fig. II-2-11 IP plane map of $n=4$ in Fardah area

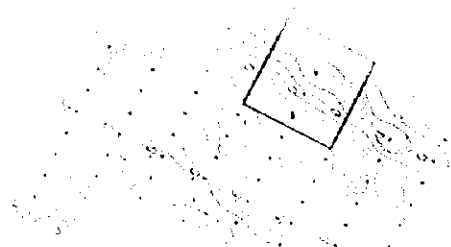


Figure 1

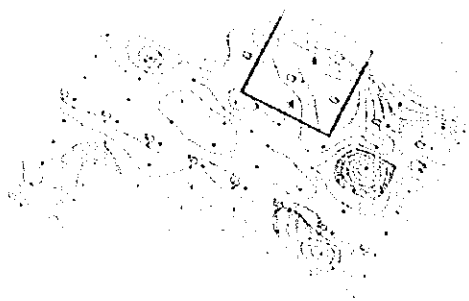


Figure 2

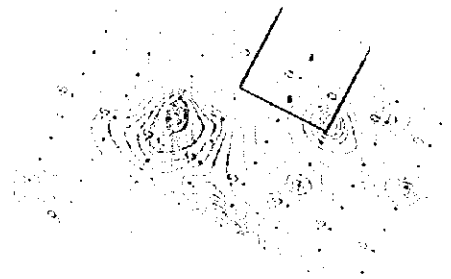


Figure 3

1984

English Area
 EDP Survey
 1984



体的に低い。その中で、鉾徴地の北東側に北西-南東方向へ連続する低比抵抗帯が見られる。この低比抵抗帯は幅約250mで $10\Omega\cdot\text{m}$ 以下の値を示し、深部へ行くに従い北東側へ移動している。この低比抵抗帯周辺の比抵抗値は約 $40\Omega\cdot\text{m}$ 以上の値を示す。

分極率は、 10mV/V 前後の値を示す中分極率帯が前述した低比抵抗帯の北側に隣接する形で北西-南東方向へ連続する。この中分極率帯も深部へ行くほど北東側へ移動し $n=4$ では調査地区から外れてしまう。地区西南端でも 10mV/V 以上の中分極率が分布する。

メタルファクターは、低比抵抗帯と中分極率帯の境界部に位置し、60以上の値を示す範囲が低比抵抗帯と同様に北西-南東方向へ連続している。

2-6-3 2次元解析結果

測線200Eに対し2次元解析を実施した。2次元解析の結果をFig. II-2-12に示す。

比抵抗は、幅200m程度で $10\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が測点-1より約60度の傾斜で北側に落ち込んでいる。

分極率は、測点1以北の深度100m以浅に 9mV/V 以上の中分極率が分布する。

メタルファクターは、測点0の浅部で60以上の値を示し、比抵抗同様北側へ落ち込みながら連続している。

2-7 サナー地区

2-7-1 測線設定

本地区における測線の方向は $N28^\circ E$ であり、測線長1.5kmの測線7本に対し調査を実施した。東側の測線400Eについては測線北端部分が人家の中を通るため100m南側へ移動した。測線位置をFig. II-2-13に示す。

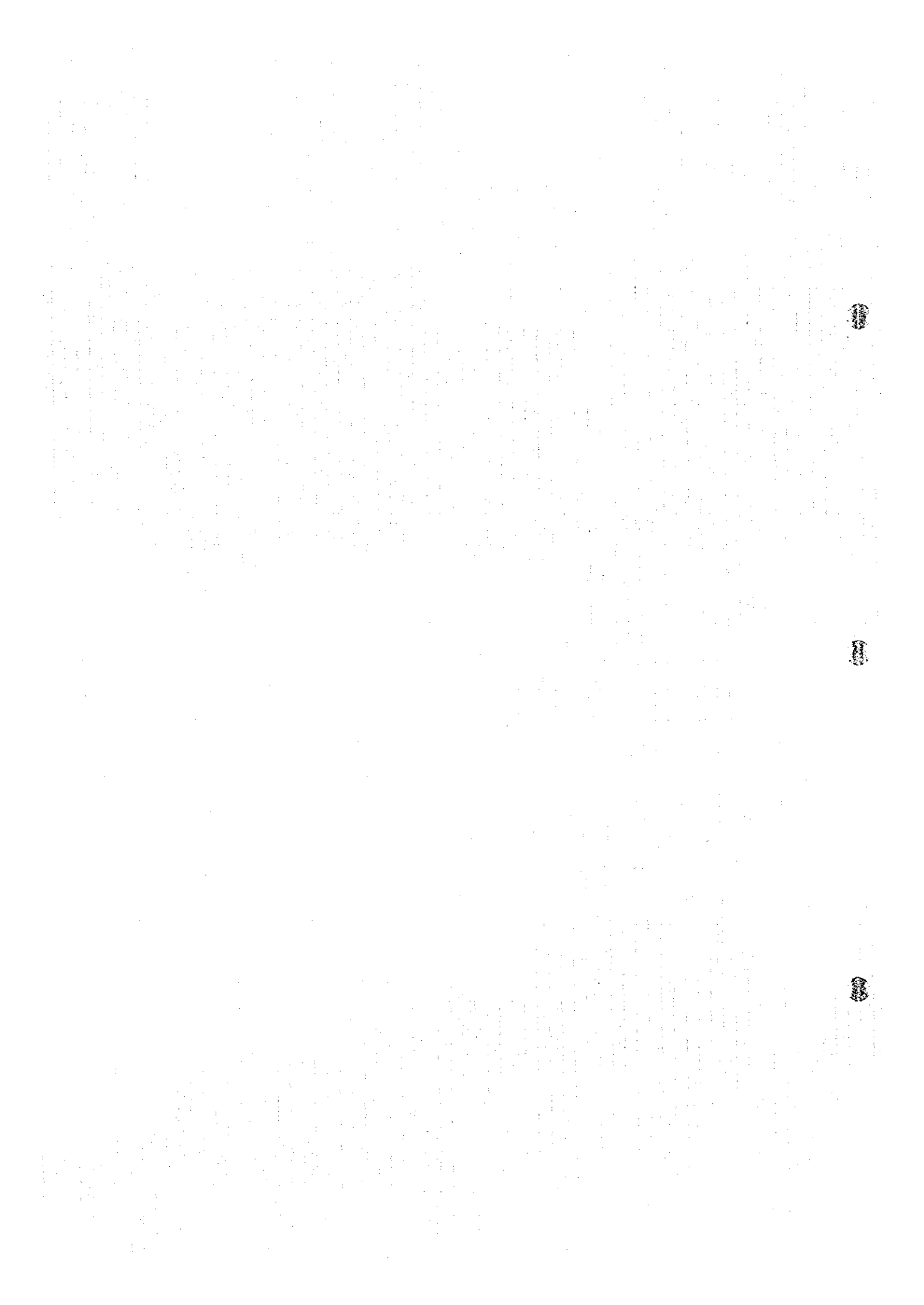
2-7-2 測定結果

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-2-14、II-2-15、II-2-16に、また平面図をFig. II-2-17～II-2-20に示す。

見掛比抵抗、分極率共にファルダ地区の分布状況とよく似ている。

見掛比抵抗は、 $3\sim 134\Omega\cdot\text{m}$ の範囲で変化するが、90%以上の測点で $50\Omega\cdot\text{m}$ 以下の値を示し、全体的に低い。北西-南東方向に延びている鉾徴地の北側に、 $10\Omega\cdot\text{m}$ 以下で幅300m前後の低比抵抗帯が北西-南東方向へ連続している。この低比抵抗帯は浅部では測線0の測点-2付近が中心で、深部へ行くに従い緩やかに北東方向へ移動している。また、この低比抵抗帯と平行する形で調査地区の南端にも所々 $10\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が確認された。

分極率は、全体的に小さな値を示すが、前述した低比抵抗帯の北側に隣接して 10mV/V 前後の中分極率帯が北西-南東方向に連続して分布する。また、低比抵抗帯の南側で各測線の測点-5付近



Line 200E

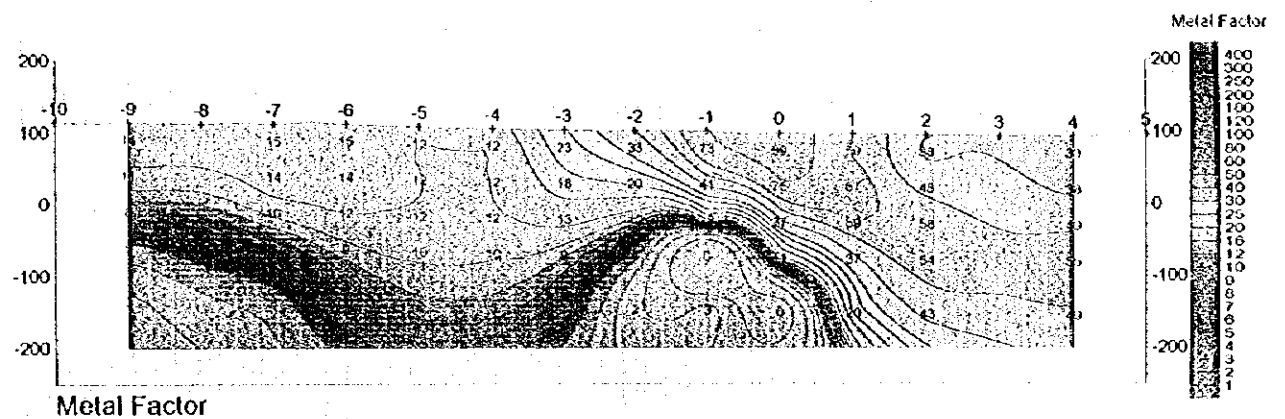
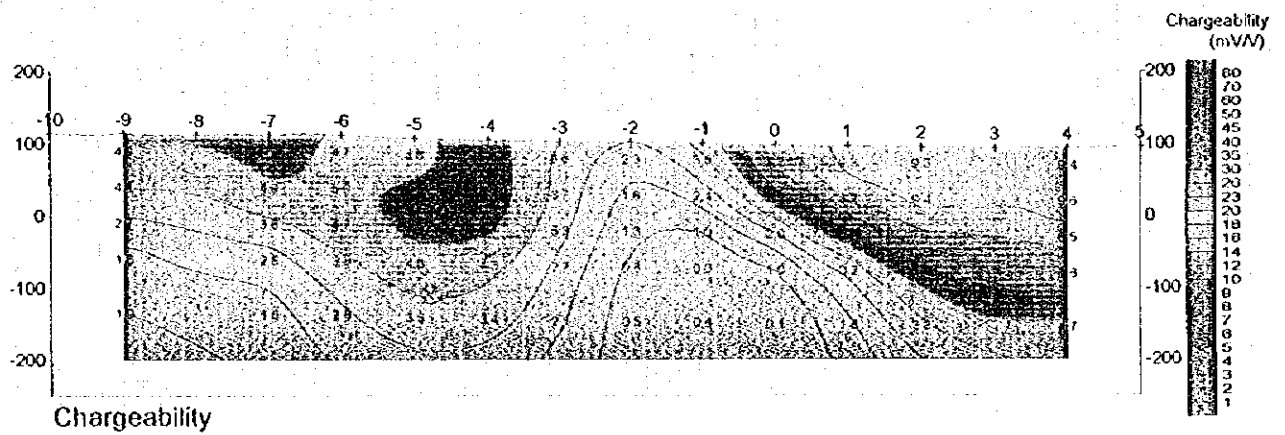
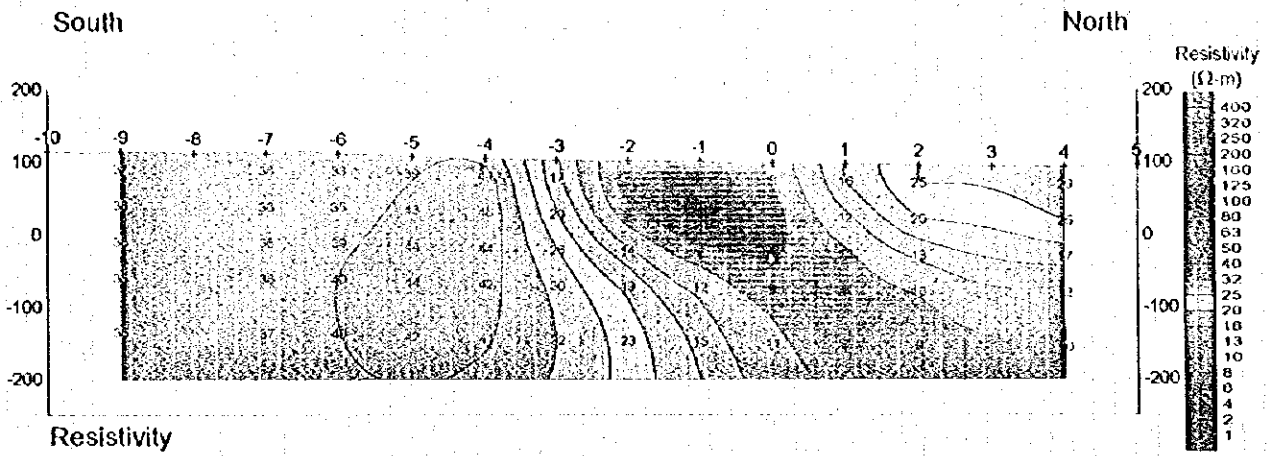
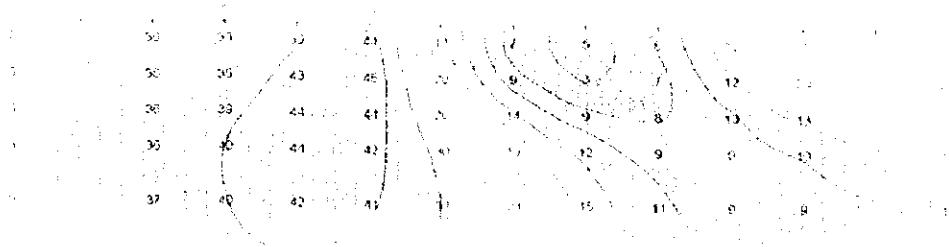


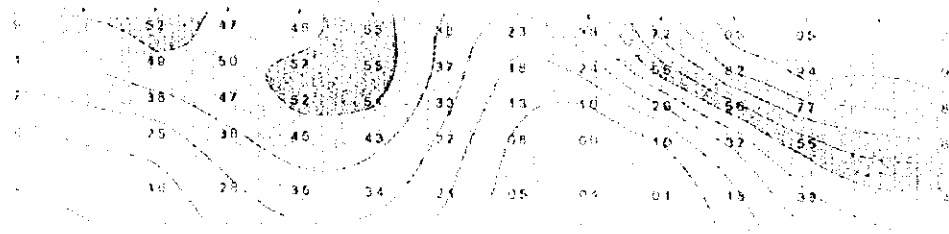
Fig. II-2-12 Results of model simulation on Line 200E in Fardah area

Line 2001

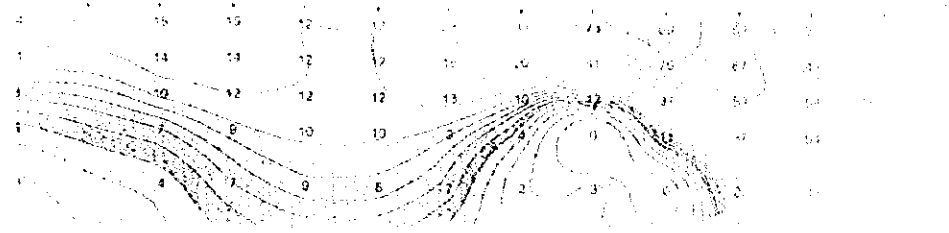
contour



contour

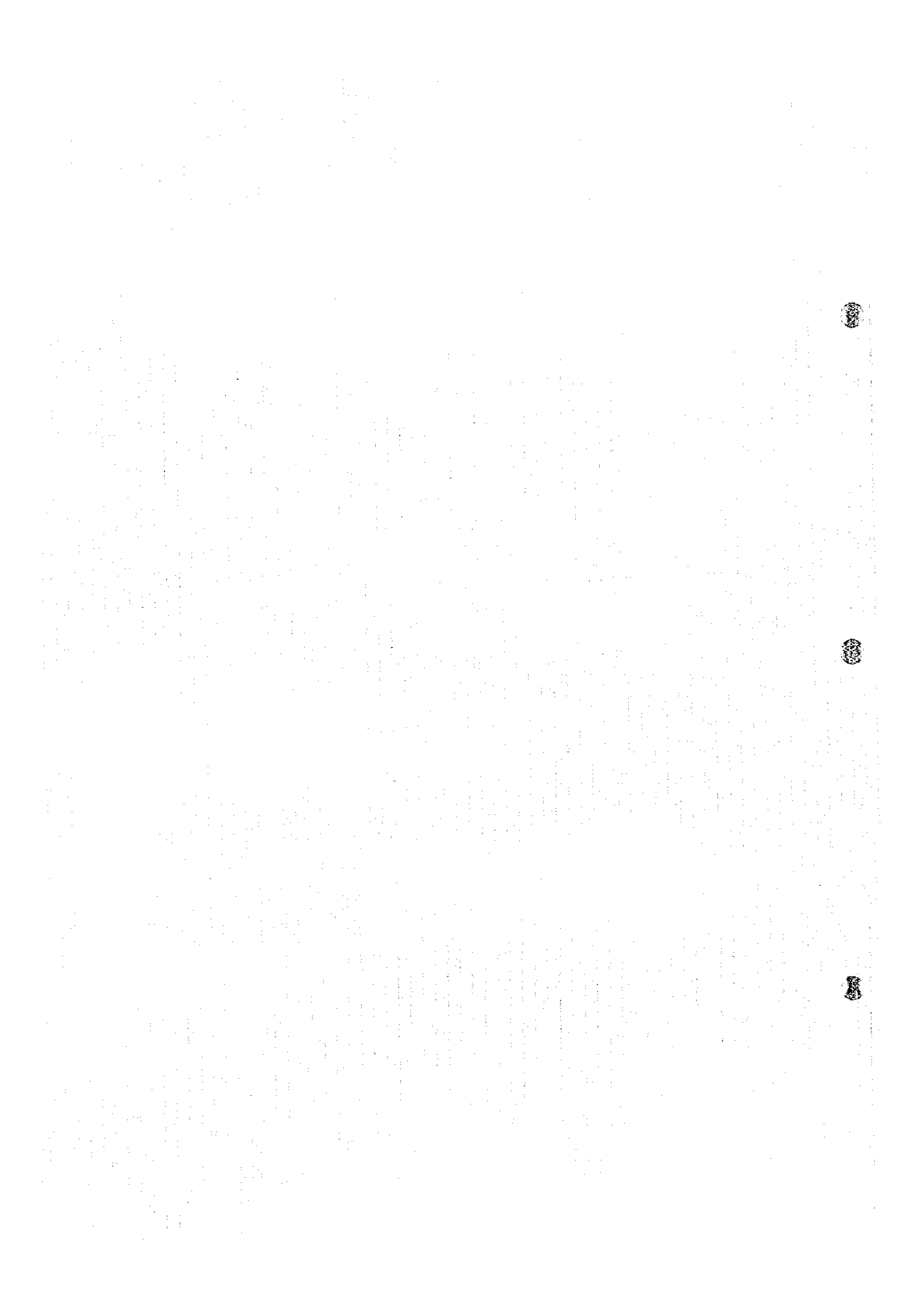


contour

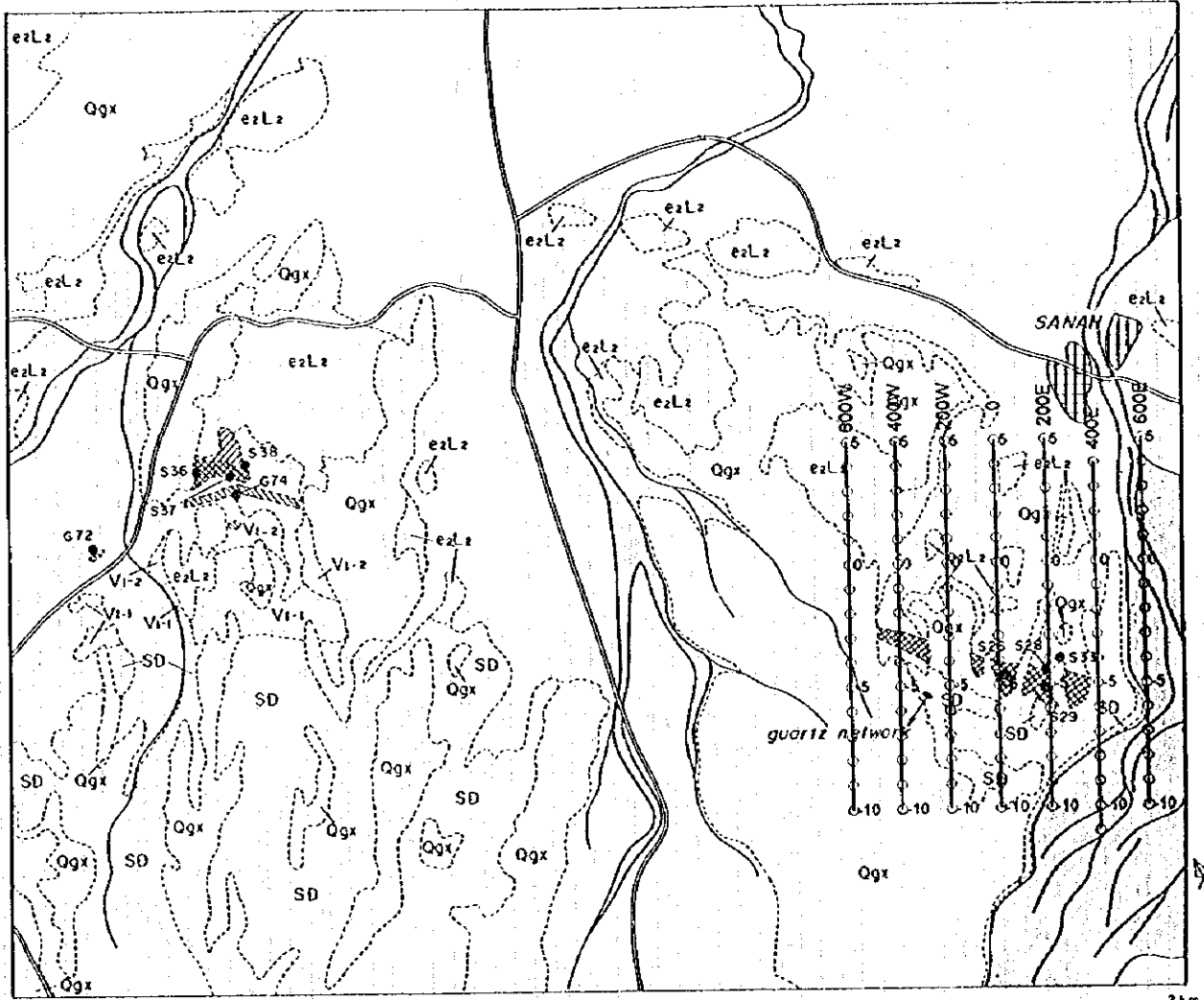


contour

5000000 5000000 5000000



Fardah - Sanah Area



LITHOLOGY

- QUATERNARY**
- Wadi sediments and Sub-recent alluvial fans/terraces
 - Qgx Ancient alluvial fans/terraces
- TERTIARY**
- ezL2 Upper nodular limestone
- SANAIL OPHIOLITE**
- Sana'il Volcanic Rocks**
- Vi-2 Lower extrusives 2
 - Vi-1 Lower extrusives 1
- Sheeted-dyke complex**
- SD Sheeted dykes;dolerite

MINERALIZATION

- Gossan
- Argillized zone
- Gossanized metalliferous sediments

Other symbols

- S36 Sample location
- Road
- Wadi

○-○-○ TDIIP Survey Lines

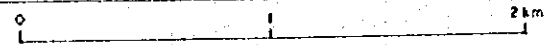
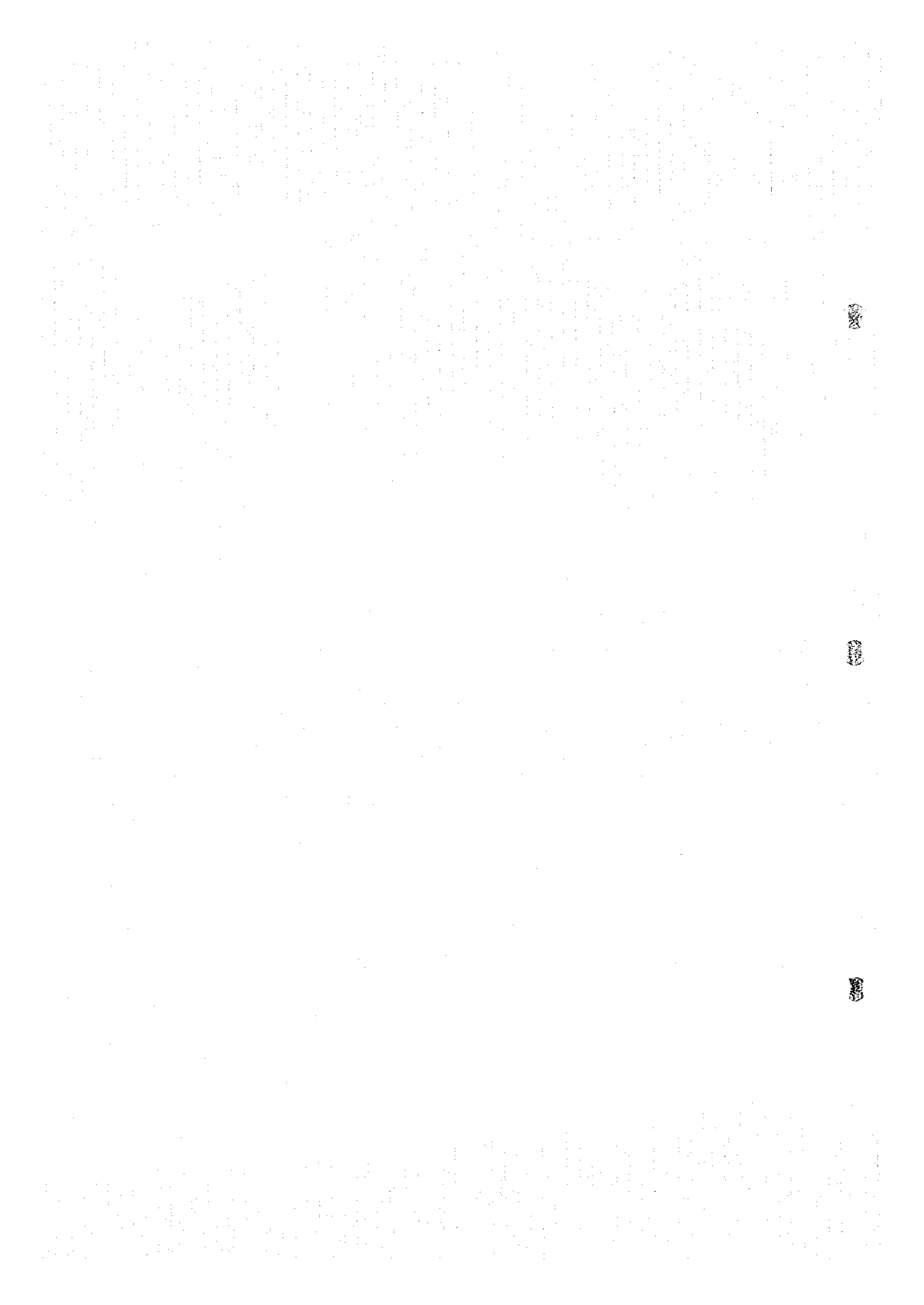


Fig.II-2-13 IP line locations in Sanah area



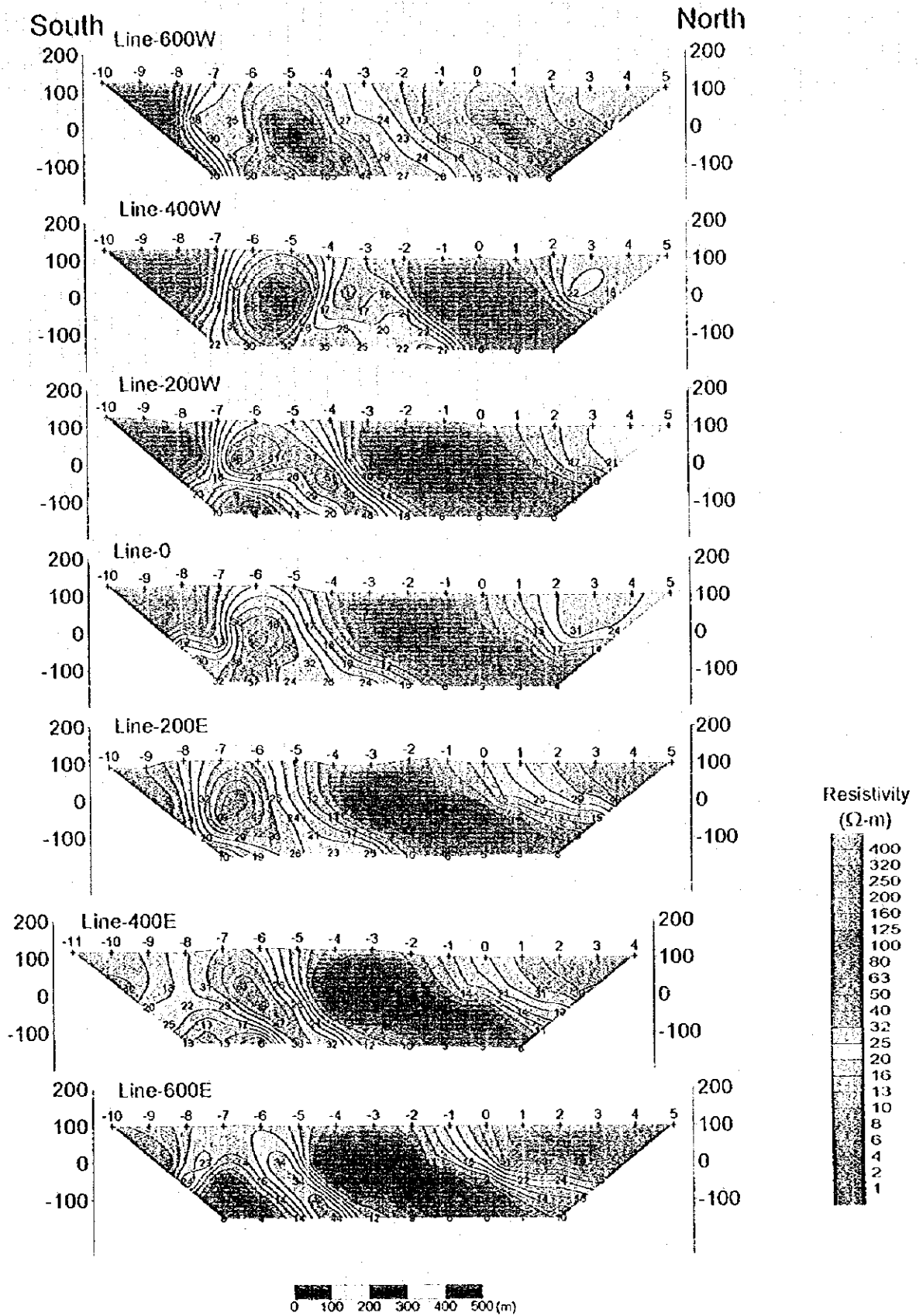
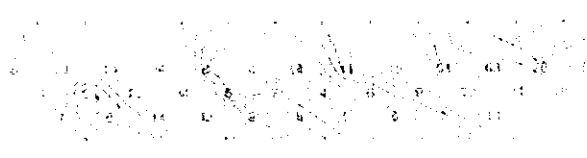
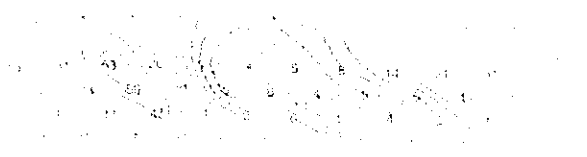
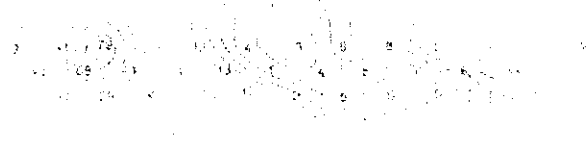
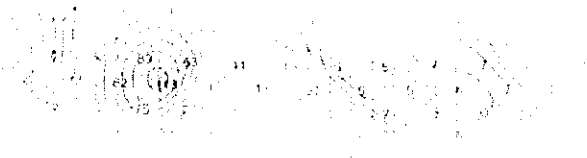
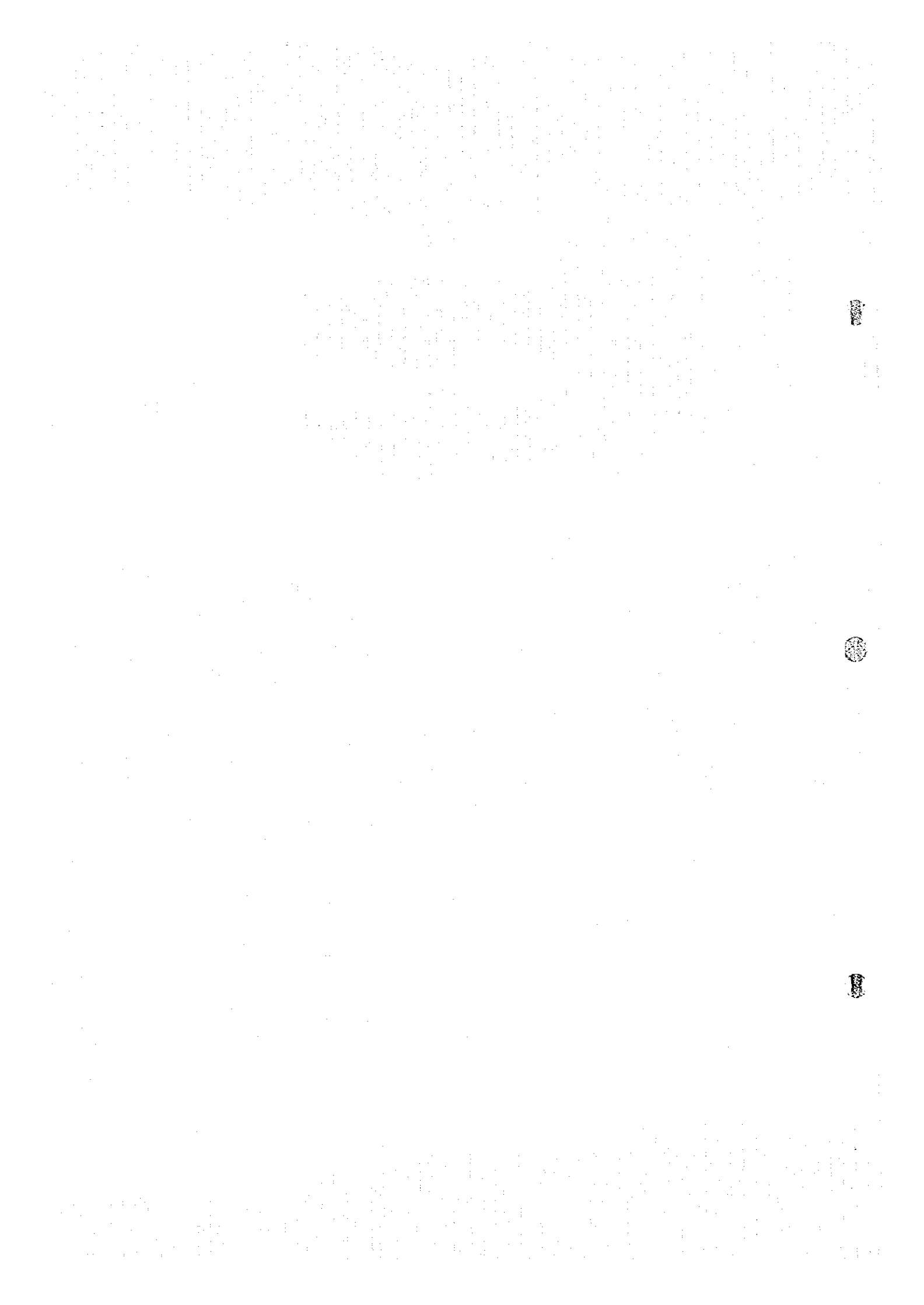


Fig. II-2-14 Apparent resistivity pseudo-sections in Sanah area





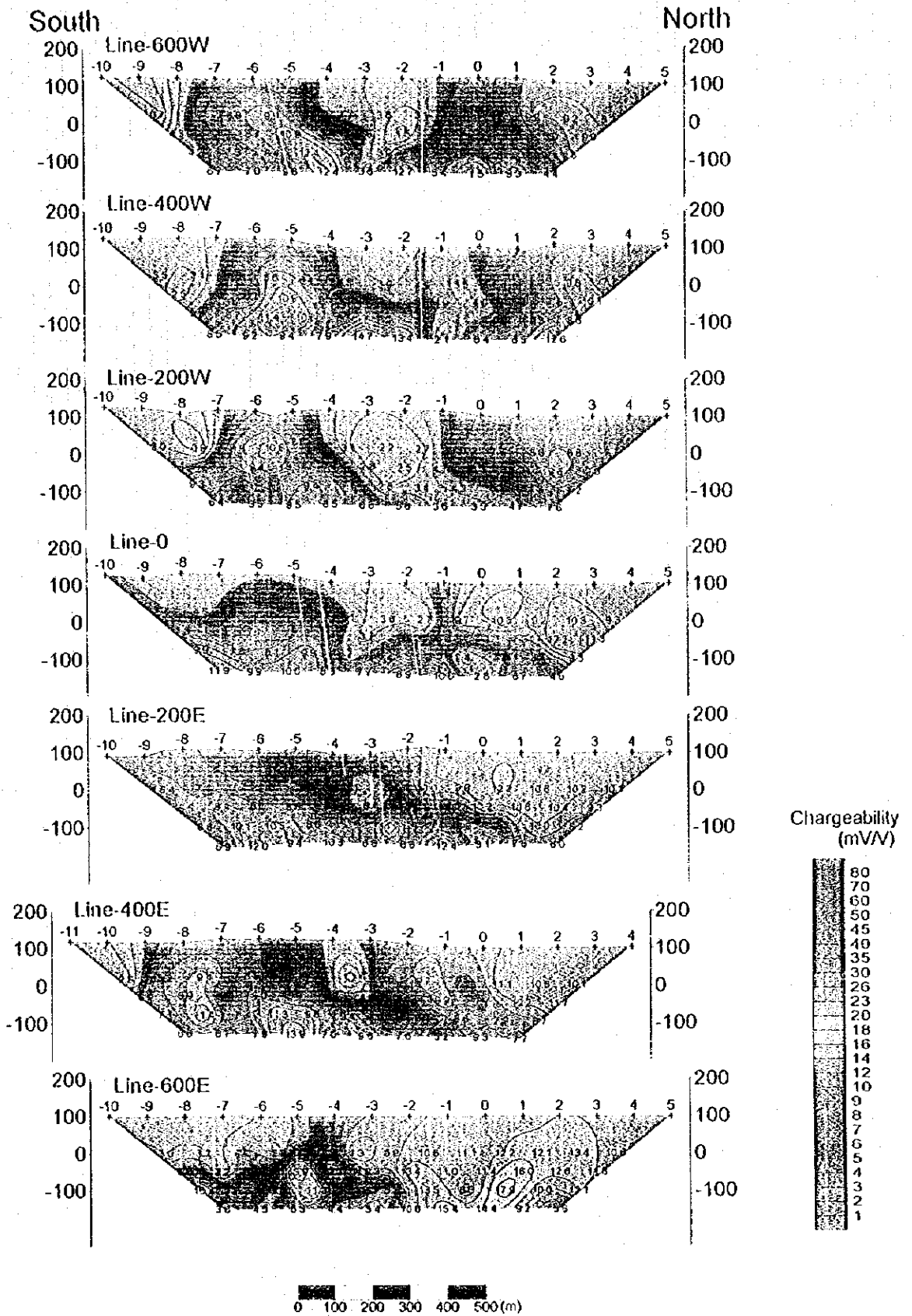


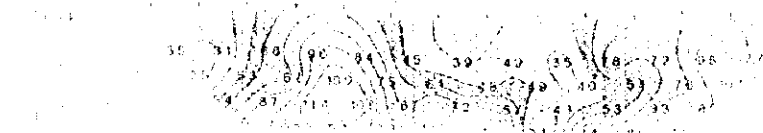
Fig.II-2-15 Chargeability pseudo-sections in Sanah area

South
1000

1000



1000



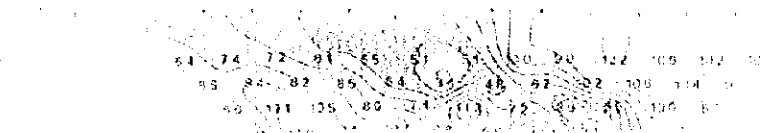
1000



1000



1000

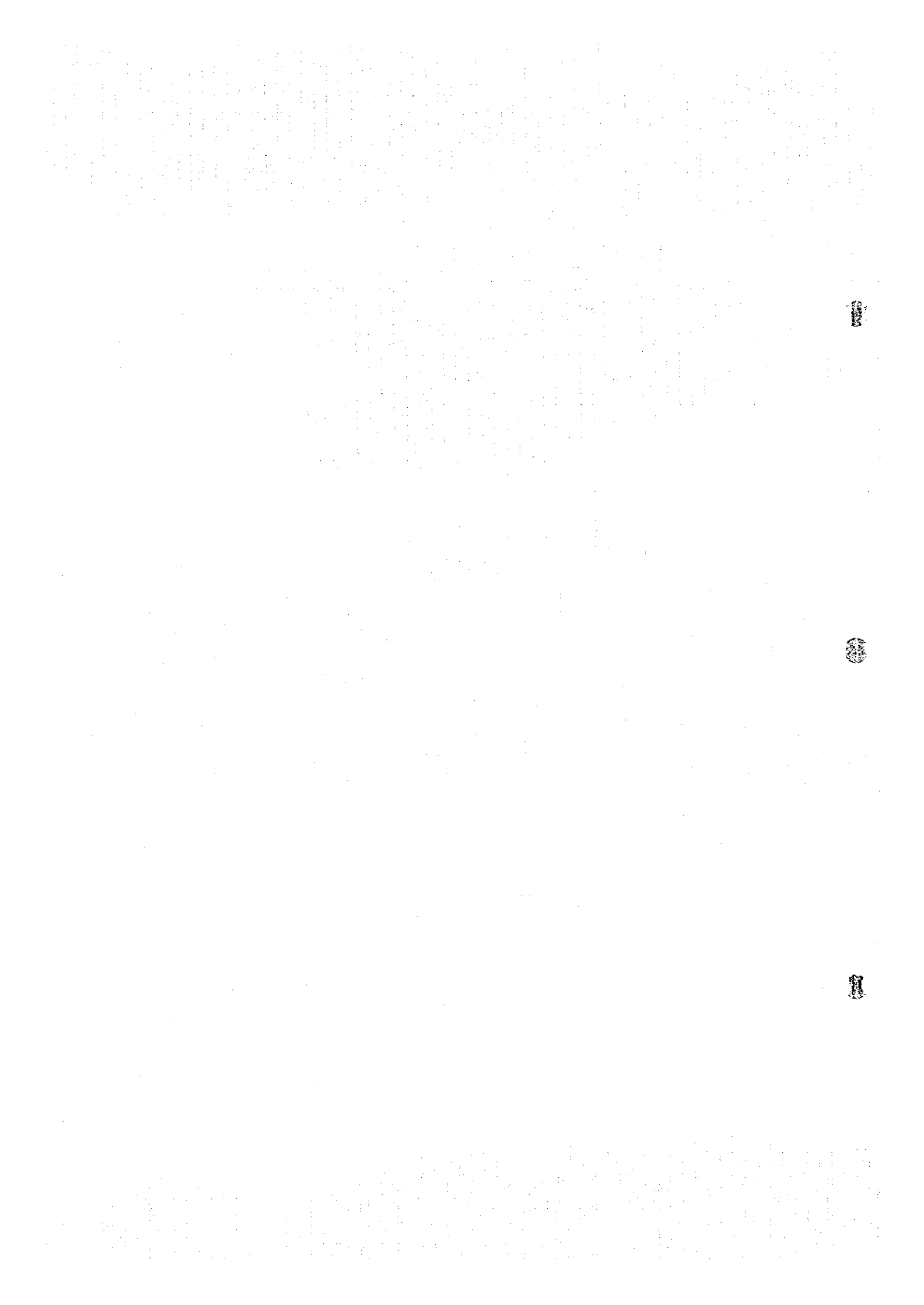


1000



1000





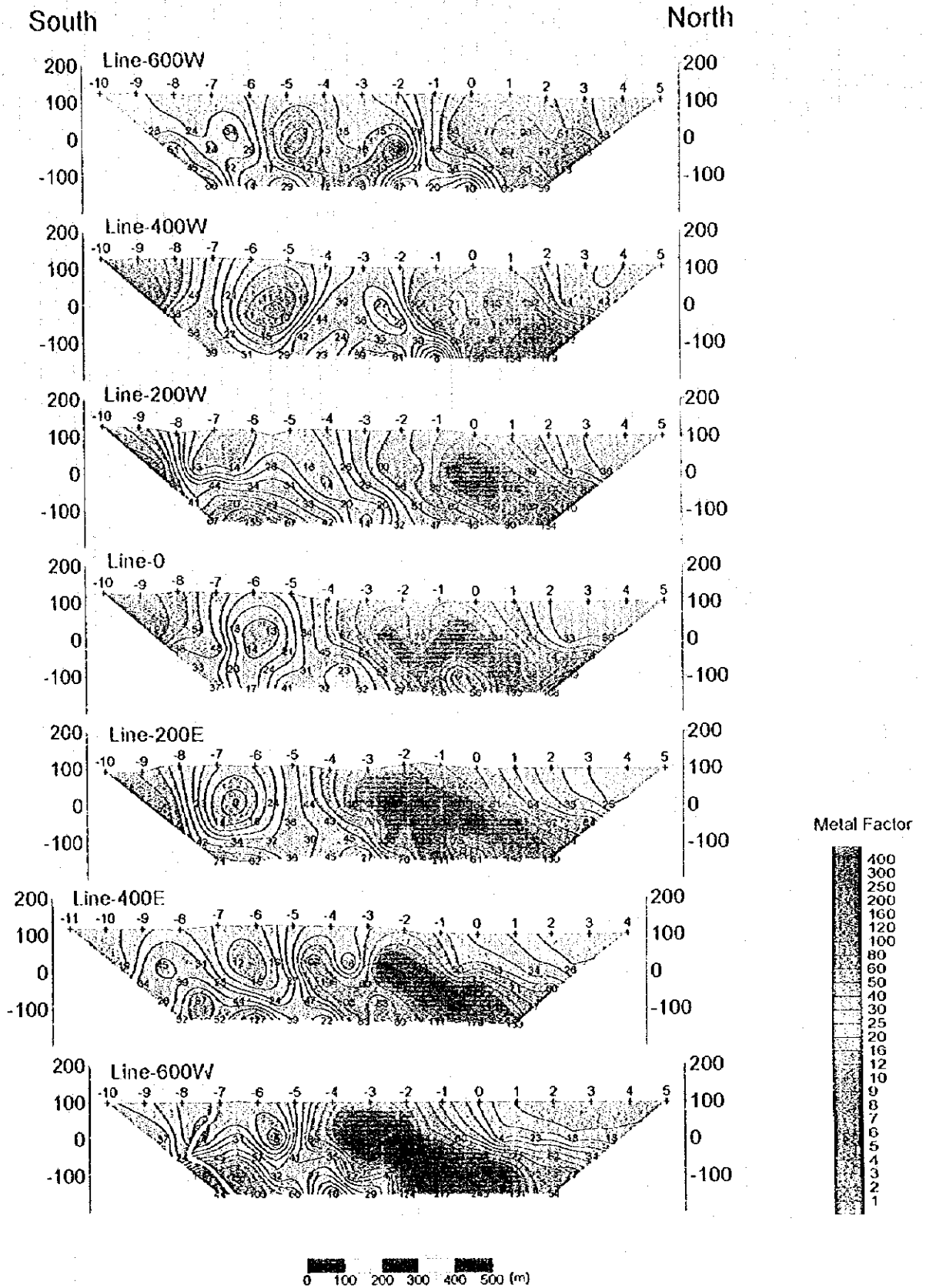


Fig.II-2-16 Metal factor pseudo-sections in Sanah area

