

# モロッコ王国マラケシュ・テクナ地域 資源開発協力基礎調査報告書 総括報告書

平成 17 年 3 月  
(2005年)

## はしがき

日本国政府は、モロッコ王国の要請に応え、同国の中西部に位置するマラケシュ・テクナ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査・物理探査等の鉱床探査に関する諸調査を実施することし、その実施を国際協力事業団（現：独立行政法人 国際協力機構）に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び地質資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団（現：独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構）に委託することとした。

本調査は、平成14年9月から平成17年2月までの3年間にわたって実施され、モロッコ王国政府機関、モロッコ鉱山探査公社（BRPM; Bureau de Recherches et de Participations Minières）の協力を得て予定通りに完了した。

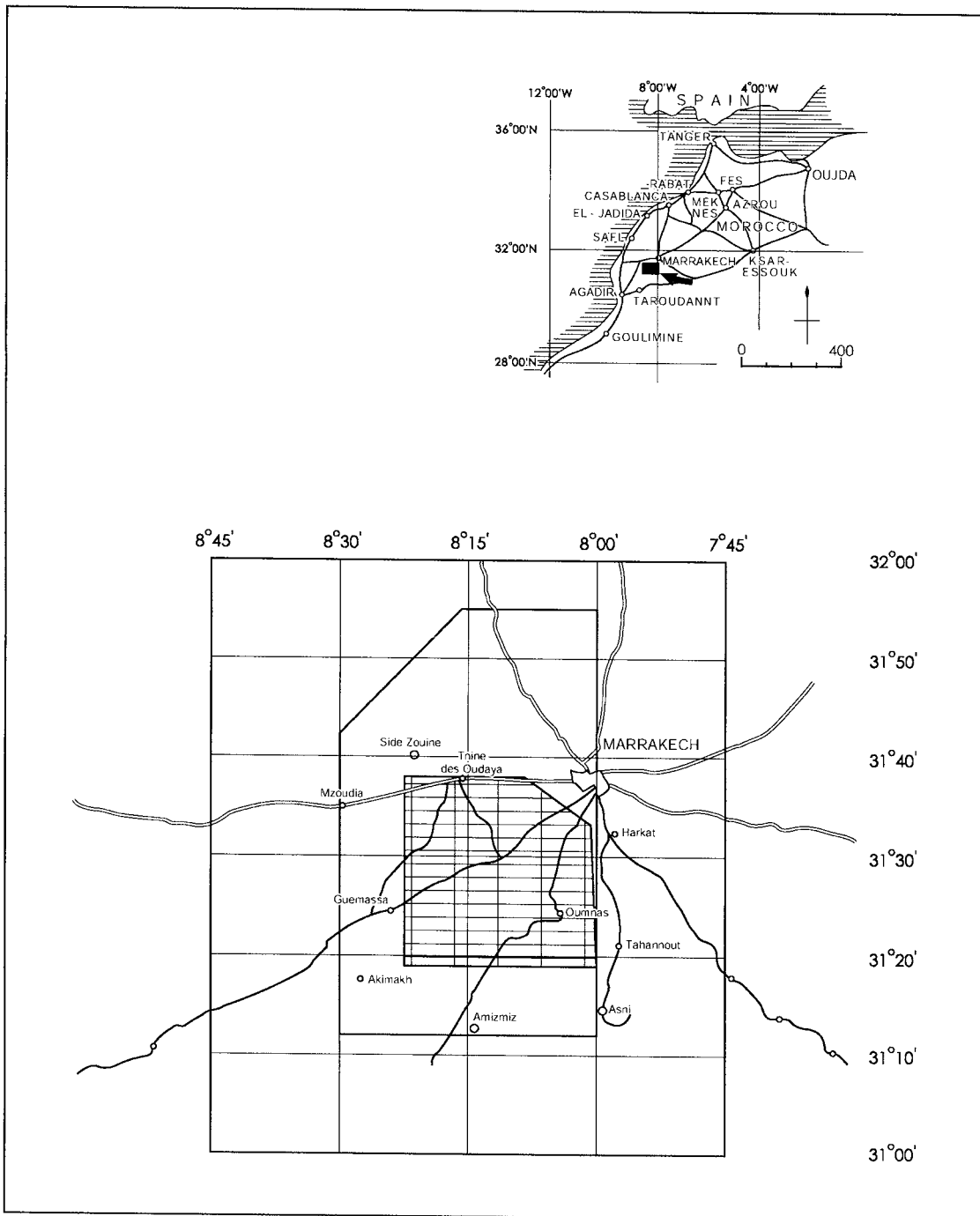
本報告書は、3年間の調査結果をとりまとめたものである。

終わりに、本調査の実施にあたりご協力頂いたモロッコ王国政府関係機関並びに外務省、経済産業省、在モロッコ王国大使館及び関係各位に衷心より感謝の意を表するものである。

平成17年 2月

独立行政法人 国際協力機構  
担当理事 伊沢 正

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構  
理事長 大澤 秀次郎



**Fig.I-1-1** Location Map of the Survey Area

## 要 約

本調査は、モロッコ王国マラケシュ・テクナ地域を対象とし、地質状況及び鉱床賦存状況の調査・解析を通じ、銅・鉛・亜鉛を主体とする火山性塊状硫化物鉱床の賦存有望地区を抽出すること、また、相手国機関に対して技術移転を図ることを目的として実施された。

第1年次の調査では、塊状硫化物鉱床の鉱化作用の特徴を把握し、空中物理探査の解析・解釈に資する知見を得ることを目的とした地質調査・ボーリングコア調査を実施するとともに、鉱床存在可能性地区の抽出を目的とした空中物理探査を実施した。

地質調査の結果を受け、空中物理探査では従来の磁硫鉄鉱の高磁性を空中磁気異常で捉える方法に加え、中～低磁気異常を示す鉱床の存在の可能性を考慮し、以下の空中物理探査異常を示す地区を有望地区として考えられる。

- 1) 低比抵抗部＋高～中磁気異常部：高磁性塊状硫化物鉱床の存在の可能性
- 2) 高磁気異常部：高磁性塊状硫化物鉱床の存在の可能性
- 3) 低比抵抗部：中～低磁性塊状硫化物鉱床の存在の可能性

地表のかなりの部分が新期堆積物に覆われていることもあり、第2年次調査および第3年次調査では、空中物理探査で抽出された有望地に対して、IP法電気探査およびTEM法電磁探査を行い、更に地上物理探査により得られた物理探査異常においてボーリング調査を実施し、地下構造を把握するとともに、鉱化状況を把握した。

その結果、泥質～シルト質片岩の中に、硫化物（磁硫鉄鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱等）が頻繁に観察された。Azzouz地区のMJTK-6で産した硫化物の硫黄同位体比は、火山活動の影響を示唆している。

Azzouz地区の西側で重力探査を行うことによって、火山性塊状硫化物の下盤に相当する火山岩類を捕捉できる可能性がある。

# 目 次

はしがき

調査地域位置図

要 約

目 次

図表目次

## 第 I 部 総 論

第 1 章 調査概要	1
1-1 調査目的	1
1-2 調査地域	1
1-3 調査方法及び数量	1
1-4 調査期間及び調査員	4
1-5 調査地域の概要	7
1-5-1 位置及び交通	7
1-5-2 地形、気候及び植生	7
1-5-3 地質概要	9
1-5-4 鉱山及び鉱業活動	13
第 2 章 結論及び提言	14
2-1 結 論	14
2-2 将来への提言	14

## 第 II 部 各 論

第 1 章 既存データの収集・解析	17
第 2 章 地質調査	18
2-1 地質・地質構造	18
2-2 鉱化・変質作用	19
第 3 章 空中物理探査	24
3-1 探査概要	24
3-2 鉱床ポテンシャル	24

第4章 物理探査	33
4-1 第2年次物理探査	33
4-2 第3年次物理探査	95

第5章 ボーリング調査	129
5-1 第2年次ボーリング調査	129
5-2 第3年次ボーリング調査	131

### 第III部 結論及び提言

第1章 結論	135
--------	-----

第2章 将来への提言	136
------------	-----

参考文献	137
------	-----

Figure

Fig.1	Location Map of the Survey Area	
Fig I-1-5-1	Geological Column at Marrakech-Tekna Area	9
Fig I-1-5-2	Geological Map of Marrakech-Tekna Area	11
Fig.II-3-1-1	Location Map of Airborne geophysical survey area	25
Fig.II-3-1-2	Residual Magnetic Intensity	27
Fig.II-3-1-3	Apparent Conductivity	29
Fig.II-3-1-4	Interpretation Map of Airborne geophysical survey	31
Fig.II-4-1-1	Survey location map of the Marrakech-Tekna area	35
Fig.II-4-1-2	Outline map of survey line	37
Fig.II-4-1-3	2D Analysis section of resistivity (MJTK-IP-1)	39
Fig.II-4-1-4	2D Analysis section of chargeability (MJTK-IP-1)	41
Fig.II-4-1-5	2D Analysis section of metal factor (MJTK-IP-1)	43
Fig.II-4-1-6	2D Analysis plane map of resistivity (MJTK-IP-1)	45
Fig.II-4-1-7	2D Analysis plane map of chargeability (MJTK-IP-1)	47
Fig.II-4-1-8	2D Analysis plane map of metal factor (MJTK-IP-1)	49
Fig.II-4-1-9	2D Analysis section of resistivity (MJTK-IP-6)	51
Fig.II-4-1-10	2D Analysis section of chargeability (MJTK-IP-6)	53
Fig.II-4-1-11	2D Analysis section of metal factor (MJTK-IP-6)	55
Fig.II-4-1-12	2D Analysis plane map of resistivity (MJTK-IP-6)	57
Fig.II-4-1-13	2D Analysis plane map of chargeability (MJTK-IP-6)	59
Fig.II-4-1-14	2D Analysis plane map of metal factor (MJTK-IP-6)	61
Fig.II-4-1-15	2D Analysis section of resistivity (MJTK-IP-7)	63
Fig.II-4-1-16	2D Analysis section of chargeability (MJTK-IP-7)	65
Fig.II-4-1-17	2D Analysis section of metal factor (MJTK-IP-7)	67
Fig.II-4-1-18	2D Analysis plane map of resistivity (MJTK-IP-7)	69
Fig.II-4-1-19	2D Analysis plane map of chargeability (MJTK-IP-7)	71
Fig.II-4-1-20	2D Analysis plane map of metal factor (MJTK-IP-7)	72
Fig.II-4-1-21	Observed points of TEM method at MJTK-IP-1 area	75
Fig.II-4-1-22	Observed points of TEM method at MJTK-IP-6 area	77
Fig.II-4-1-23	Observed points of TEM method at MJTK-IP-7 area	77
Fig.II-4-1-24	Resistivity structure cross sections at MJTK-IP-1 area	79
Fig.II-4-1-25	Resistivity structure cross sections along the N-S direction line MJTK-IP-6c at MJTK-IP-1 area	81
Fig.II-4-1-26	Resistivity structure cross section along the E-W direction line at MJTK-IP-6 area	83

Fig.II-4-1-27	Resistivity structure cross sections at MJTK-IP-7 area	85
Fig.II-4-1-28	Resistivity distribution at level 500m	87
Fig.II-4-1-29	Resistivity distribution at level 450m	89
Fig.II-4-1-30	Resistivity distribution at level 400m	91
Fig.II-4-1-31	Resistivity distribution at level 350m	93
Fig.II-4-2-1	Location map at survey area	97
Fig.II-4-2-2	Survey location map at Azzouz area	99
Fig.II-4-2-3	2D Analysis plane map of resistivity at Azzouz area	101
Fig.II-4-2-4	2D Analysis plane map of chargeability at Azzouz area	103
Fig.II-4-2-5	2D Analysis plane map of metal factor at Azzouz area	105
Fig.II-4-2-6	2D Analysis plane map of resistivity at Khefawna area	107
Fig.II-4-2-7	2D Analysis plane map of chargeability at Khefawna area	109
Fig.II-4-2-8	2D Analysis plane map of metal factor at Khefawna area	111
Fig.II-4-2-9	Ground mag and IP anomaly at Azzouz area	113
Fig.II-4-2-10	Observed stations of TEM in Azzouz	115
Fig.II-4-2-11	Resistivity structure sections by Occams inversion in Azzouz	117
Fig.II-4-2-12	Resistivity distribution maps by Occams inversion in Azzouz	119
Fig.II-4-2-13	Resistivity structure sections by 1-D inversion in Azzouz	121
Fig.II-4-2-14	The resistivity structure model by TEM in Azzouz	123
Fig.II-4-2-15	Resistivity structure sections by TEM in Khefawna	125
Fig.II-4-2-16	Resistivity distribution maps by TEM in Khefawna	127
Fig.II-5-1-1	Location of MJTK-1 and MJTK-2	129
Fig.II-5-1-2	Conceptual Section around MJTK-1	129
Fig.II-5-2-1	Location of MJTK-3,4,5, and 6	131

Table

Table II-3-1-1	Location of Airborne survey area	25
Table II-5-2-1	The Result of Chemical Analysis of MJTK,3,5 and 6	133



# 第 I 部

## 総論

# 第 I 部 総 論

## 第 1 章 調査概要

### 1-1 調査目的

本調査の対象地域となったモロッコ王国マラケシュ・テクナ地域は、日本の黒鉛鉱床或はスペイン・ポルトガルに分布するイベリアン黄鉄鉛帯に類似した多金属元素を含む塊状硫化物鉛床の賦存ポテンシャルの高い地域であり、モロッコ鉛山探査公社 (Bureau de Recherches et de Participations Minières、以下「BRPM」) や海外を含む民間鉛山会社による鉛床探査が精力的に進められてきた地域である。調査は、火山性塊状硫化物鉛床の賦存有望地区を抽出すること、また、地質状況及び鉛床賦存状況の調査・解析を通じて相手国機関に対して技術移転を図ることを目的とした。

### 1-2 調査地域

調査地域は図-1 に示すようにモロッコ王国中央部に位置し、首都ラバトから約 330km 南下したオート・アトラス山脈の北方、マラケシュの南西部に相当する。概ね北緯 31° 19' ~31° 38'、西経 8° 01' ~8° 24' の範囲に位置する。

### 1-3 調査方法及び調査量

#### (1) 第 1 年次

鉛床層準を把握するために、既存データ解析、地質調査、既存ボーリングコア解析を実施した。また、空中物理探査を実施し、鉛床胚胎の可能性のある地域を抽出することを目的に以下の調査を実施した。

Items	Quantity
地質調査	2,100km <sup>2</sup> (entire area),
ボーリング調査	3638.15 km (core length), 27 existing drilling cores
空中物理探査	6,853.5km (flight length), 1,110km <sup>2</sup> (survey area)

#### (2) 第 2 年次

以下に示す 8 地区で電気探査 IP 法を実施し、3 地区で電磁探査 TEM 法を実施した。更に 2 孔のボーリング調査を実施した。

・ 電気探査 (IP 法)

District	Line	Line kilometer	Points	Remarks
MJTK-IP-1	A	2.0	80	E-W direction
	B	2.0	80	E-W
	C	2.0	80	E-W
	D	2.0	80	E-W
	E(a-north)	2.0	80	E-W
	F(d-south)	1.6	60	E-W
MJTK-IP-2	A	2.0	80	E-W
	B	2.0	80	E-W
	C	2.0	80	E-W
MJTK-IP-3	A	1.2	40	N-S
	B	1.3	45	N-S
	C	1.2	40	E-W
	D	1.3	45	N-S
MJTK-IP-4	A	1.0	30	NE-SW
MJTK-IP-5	A	1.0	30	E-W
MJTK-IP-6	A	1.0	30	E-W
	B	1.0	30	E-W
	C	1.0	30	E-W
MJTK-IP-7	A	1.5	55	E-W
	B	1.5	55	E-W
	C	1.5	55	E-W
	A-200	1.6	20	E-W、Intervals:200m
MJTK-IP-8	A	1.0	30	E-W
Total		35.1	1,235	

・ ボーリング調査

Number	Inclination	Direction	Length	Coordinates		Altitude
MJTK-1	-90°	--	592.70m	N31 32 39.9	W08 04 25.9	577m
MJTK-2	-70°	90°	253.20m	N31 32 33.3	W08 04 49.2	571m
(Total)			845.90m			

(3) 第3年次

以下に示す6地区で電気探査IP法を実施し、2地区で電磁探査TEM法を実施した。

・ 電気探査 (IP法)

District	District Code	Method	Length (line)	Number of Point
Azzouz	MJTK-IP04-1	Dipole-Dipole	39.9km (下の*を参照)	1635
Hbib	MJTK-IP04-2	Dipole-Dipole	1.5km(=1.5km×1本)	55
Harch	MJTK-IP04-3	Dipole-Dipole	2.0km(=2.0km×1本)	80
Maouch	MJTK-IP04-4	Dipole-Dipole	1.6km(=1.6km×1本)	60
Khefawna-N	MJTK-IP04-5	Dipole-Dipole	6.0km(=2.0km×3本)	240
Talzelt-N	MJTK-IP04-6	Dipole-Dipole	6.0km(=2.0km×3本)	240
計			57.0km	2310

\*(=3.0km×3本+2.8km×1本+2.7km×1本+2.5km×1本+2.3km

×1本+2.2km×2本+2.0km×6本+1.5km×2本+1.2km×1本)

・ 電磁探査 (TEM法)

Area name	Tx-Rx configuration	Number of stations	Length of survey lines
Azzouz	In loop	146	
	Fixed loop		300m×3lines×2loop
Khefawna	In loop	19	
Total		165	1,800m

以上の物理探査の結果に基づいて、以下の4孔のボーリング調査を実施した。

・ ボーリング調査

No.	Inclination	Declination	Length	Coordinates		Altitude
MJTK-3	-70°	325°	701.0m	N31 28 30.5	W08 11 49.8	588m
MJTK-4	-55°	325°	601.2m	N31 28 40.1	W08 11 34.9	570m
MJTK-5	-70°	270°	502.1m	N31 24 59.1	W08 12 22.7	682m
MJTK-6	-70°	325°	301.9m	N31 28 10.2	W08 12 11.0	589m
		Total	2106.2m			

#### 1-4 調査期間及び調査員

各年度の調査期間は、次の通りである。

##### (1) 第1年度

調査内容	調査期間
事前調査	平成14年7月14日～平成14年7月24日
地質調査	平成14年9月10日～平成14年10月13日
空中物理探査	平成15年1月4日～平成15年3月7日

##### (2) 第2年度

物理探査	現地滞在期間	2003年8月31日～2003年10月14日
ボーリング調査	現地滞在期間	2003年12月16日～2004年2月13日
	掘削期間	2003年12月24日～2004年1月28日
	コア検芯期間	2003年12月29日～2004年2月12日

##### (3) 第3年度

物理探査	現地滞在期間	2004年8月31日～2004年10月22日
ボーリング調査	現地滞在期間	2004年11月20日～2005年2月15日
	掘削期間	2004年11月28日～2005年2月9日
	コア検芯期間	2004年11月29日～2005年2月10日

各年度の調査員は、次の通りである。

##### 第1年度

###### ①調査計画及び折衝

###### 日本側

中山 健	金属鉱業事業団調査事業部長
菊田 宗徳	経済産業省資源エネルギー庁 資源・燃料部鉱物資源課
江原 由樹	国際協力事業団 鉱工業開発調査部資源開発調査課
久保田 博志	金属鉱業事業団 調査事業部海外協力課
霜鳥 洋	金属鉱業事業団 ロンドン海外調査員

###### モロッコ側

El Bachir BARODI	モロッコ鉱山探査公社 探査局長 (Directeur de l' Exploration Bureau de Recherches et de Participations Minières : BRPM)
Hassan MAZNOUDI	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
M' hamed ANNICH	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

Ahmed KORCHI	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Mustapha CHAIB	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Said QUASRI	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Abderrahim QALBI	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

②現地調査団 (地質調査)

日本側

久保田 博志	金属鉱業事業団 調査事業部海外協力課
石川 信明	金属鉱業事業団 調査事業部海外協力課
霜島 洋	金属鉱業事業団 ロンドン海外調査員

モロッコ側

Mustapha CHAIB	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Abderrahim QALBI	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

③現地調査団 (空中物理探査)

日本側

Mr. J. C. Radenac	Fugro Airborne Survey Pty Ltd
Mr. Gerry Trepanier	Fugro Airborne Survey Pty Ltd
Mr. Eric Picaud	Fugro Airborne Survey Pty Ltd
Mr. Chris Karpowich	Fugro Airborne Survey Pty Ltd
Mr. David Murrary	Fugro Airborne Survey Pty Ltd
Mr. Jerzy Wojcicki	Fugro Airborne Survey Pty Ltd
Mr. Mustafa Bakkal	Fugro Airborne Survey Pty Ltd

モロッコ側

Muhamed NAJAH	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Mustapha CHAIB	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

現地指導監督

久保田 博志	金属鉱業事業団 調査事業部海外協力課
--------	--------------------

第2年度

(現地調査団)

日本側

石川 潤一	ジオテクノス株式会社 ジオサイエンス事業部
-------	-----------------------

岩城 倉榮	ジオテクノス株式会社	ジオサイエンス事業部
石川 秀浩	ジオテクノス株式会社	ジオサイエンス事業部
小川 美明	ジオテクノス株式会社	ジオサイエンス事業部
前川 勝利	ジオテクノス株式会社	ジオサイエンス事業部

モロッコ側

El Bachir BARODI	モロッコ鉱山探査公社探査局長 (Directeur de l'Exploration, Bureau de Recherches et de Participations Minières : BRPM)
Hassan MAZNOUDI	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Abdallah MOUTTAQI	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
M'hamed ANNICH	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Mohamed NAJAH	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Ahmed KORCHI	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Lahcen HMAIDOUCH	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Mustapha CHAIB	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Said QASRI	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Mohamed EL YAGOUBI	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Mohamed IDRISSE AZAMI	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Zakaria JIRARI	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Driss DRISSE	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)
Abdallah MEKKAOUI ALAOUI	モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

第3年度

(現地調査)

日本側

石川 潤一	ジオテクノス株式会社	ジオサイエンス事業部
岩城 倉榮	ジオテクノス株式会社	ジオサイエンス事業部
中湯 正	ジオテクノス株式会社	ジオサイエンス事業部
斎藤 光義	ジオテクノス株式会社	ジオサイエンス事業部
小林 敏政	ジオテクノス株式会社	ジオサイエンス事業部

モロッコ側

El Bachir BARODI

Hassan MAZNOUDI

Abdallah MOUTTAQI

M'hamed ANNICH

Mohamed NAJAH

Ahmed KORCHI

Lahcen HMAIDOUCH

Mustapha CHAIB

Said QASRI

Mohamed EL YAGOUBI

Mohamed IDRISSE AZAMI

Zakaria JIRARI

Driss DRISSE

Abdallah MEKKAOUI ALAOU

モロッコ鉱山探査公社探査局長

(Directeur de l'Exploration,

Bureau de Recherches et de

Participations Minières : BRPM)

モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

モロッコ鉱山探査公社 (BRPM)

作業監督

小島 元 独立行政法人 国際協力機構 経済開発部第二グループ(資源・エネルギー)

## 1-5 調査地域の概要

### 1-5-1 位置及び交通

首都ラバトから調査地域まで、ほとんど全て舗装道路が通じており、ラバト～カサブランカ～セタット間は高速道路で約 1.2 時間、カサブランカからマラケシュ間も幹線道路で約 2.5 時間の行程である。なお、ラバト、カサブランカ及びマラケシュには国際空港もあり、パリ、ロンドン等との直行便がある。

### 1-5-2 地形、機構及び植生

気候は、内陸性気候の乾燥地域にあたり、昼夜および年間の寒暖の差が大きい。夏季 40℃以上、冬季は 0℃近くに達する。

調査地域は、全体として、標高400～800mのなだらかな丘陵地形である。地域北方にジュビレット山塊(Jebilet Mountains)、中央部にハウズ平原(Haouz Plain)、南部にグエマサ山塊(Guemassa Mountains)が分布する。

植生は一般に乏しく、乾燥地に適したオリーブや柑橘類、葡萄等の果樹、小麦栽培、羊の放牧等が行われている。雨期は4～5月と10～11月で年間雨量は約300mm程度で



あるが、雨期の集中豪雨により水害が発生することがある。

### 1-5-3 地質概要

模式的な柱状図を Fig I-1-5-1 に、地質図を Fig I-1-5-2 に、それぞれ示す。北部の Jebilet 山塊中央部は、ほぼ南北ないし北北東-南南西方向における走向を有し、東傾斜で堆積する基盤岩類からなる。一方、南部の Guemassa 地区の地質構造はほぼ北北西-南南東ないし北東-南西方向における走向を有し、東傾斜で堆積する。基盤岩類は主として古生代デボン紀～石炭紀～二畳紀の泥質岩であり、石灰岩層、凝灰岩層、砂質岩層を挟む。また、酸性岩或いは塩基性岩のシル状岩体を多く挟んでいる。

Jebilet 山塊中央部および Guemassa 地区の石炭系上部 Visean の地質は、Sarhlef 層の泥質岩、酸性火山岩類および塩基性火山岩類、有律互層、千枚岩、その上位の Tequsim 層の炭酸塩岩、上位の泥質岩からなる。

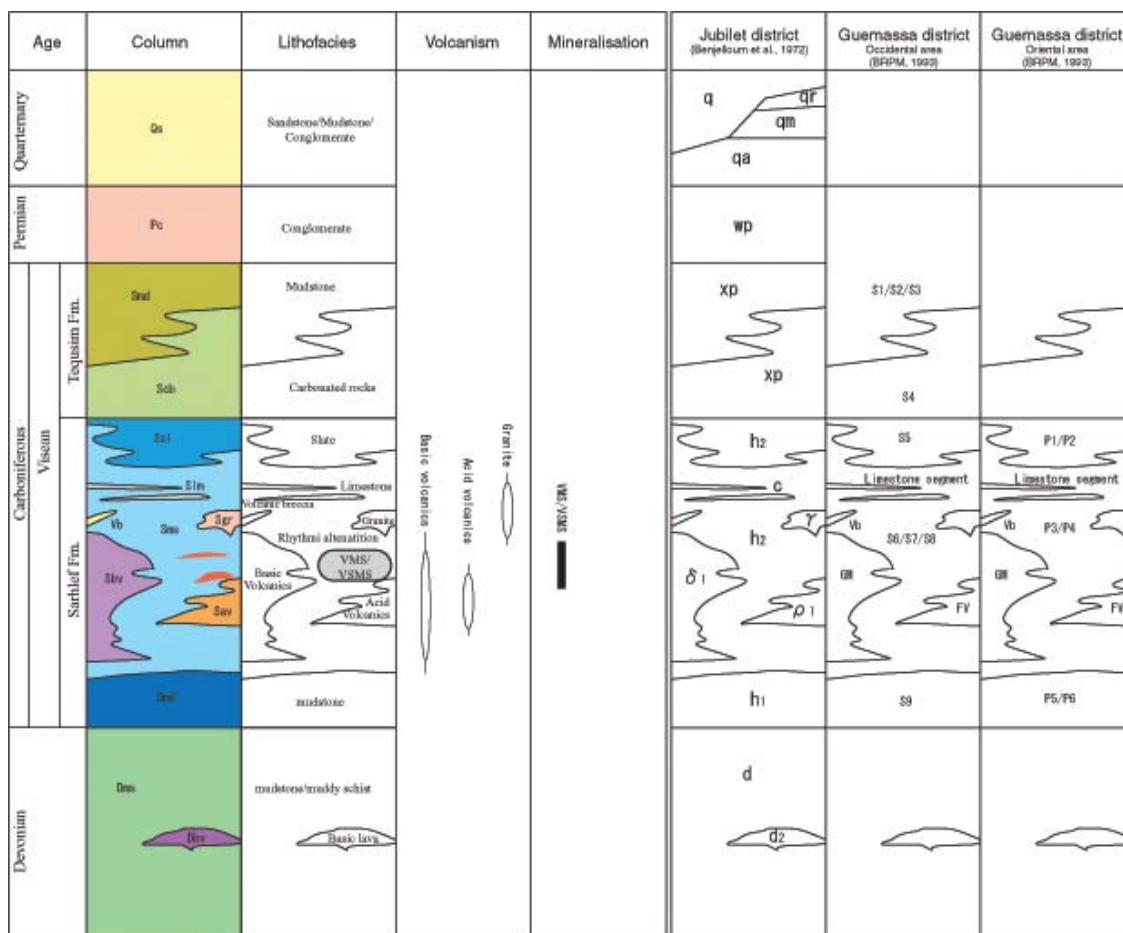


Fig I-1-5-1 Geological Column at Marrakech-Tekna Area

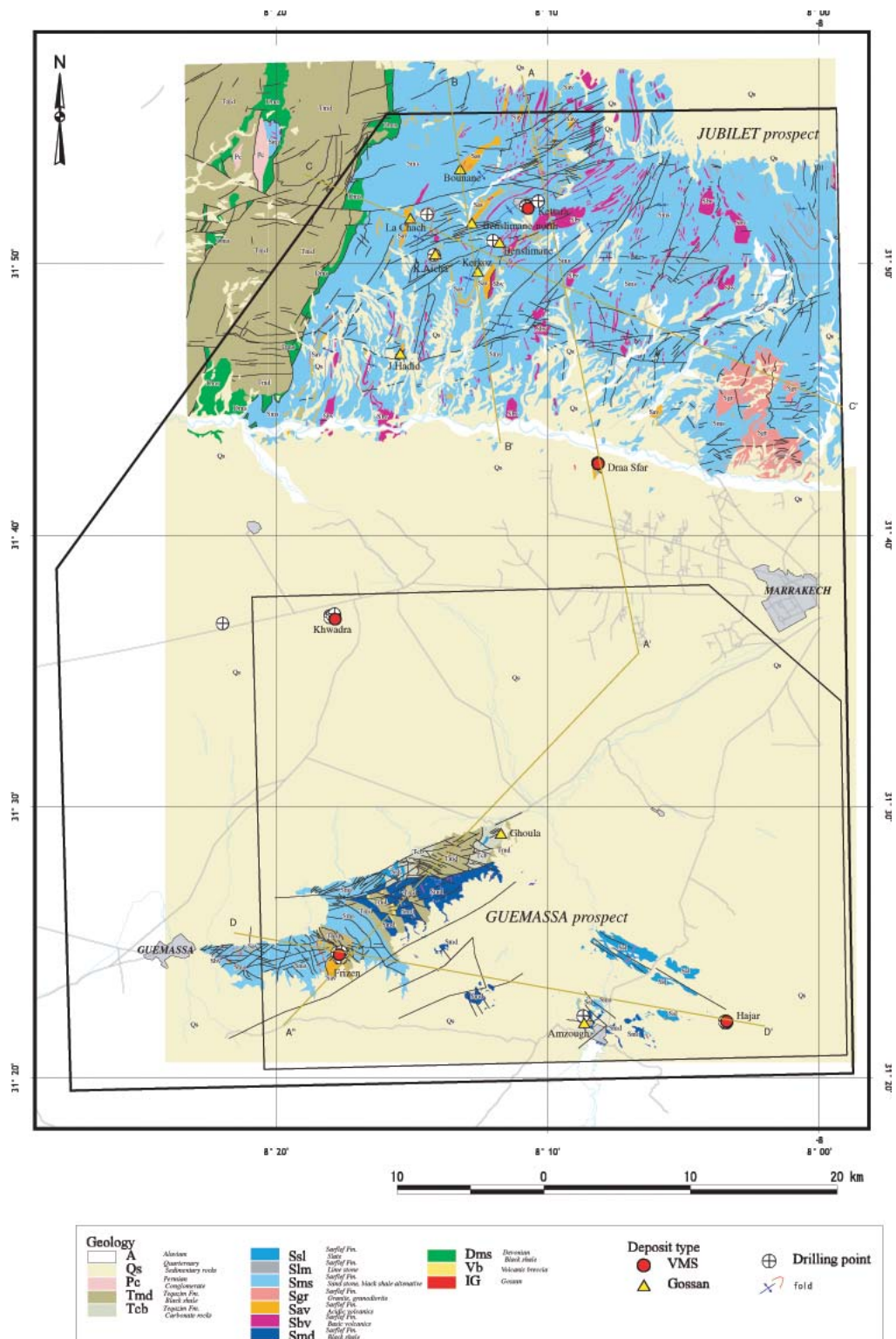


Fig I-1-5-2 Geological Map of Marrakech-Tekna Area

#### 1-5-4 鋳山及び業活動

現在、鋳産物はモロッコ王国の最大の外貨獲得源であり、輸出の約 35%、GDP の約 6%を占める。同国の最も重要な鋳産物は燐灰石を主体とするリン鋳石で、米国、中国に次ぐ世界第三位の生産国となっている。

同国では、リン鋳石のほか、シリコン、鉛、銅、亜鉛、銀、マンガンおよび重晶石なども生産・輸出しており、金、コバルト、ニッケル、鉄、クロム、ウランおよび螢石などの鋳床も知られている。

調査地域周辺では塊状硫化物鋳床が存在し、地域北方の Kettara 鋳山がかつて稼行され、地域北方の Draa Sfar 鋳山と、地域南東方の Hajar 鋳山が操業中である。

Kettara 鋳床は地域北方に位置する。1937 年に発見され、1982 年まで主として磁硫鉄鋳が採掘された。磁硫鉄鋳はモロッコ特産の燐鋳石の還元剤として利用された。1,000 万トンの磁硫鉄鋳が未採掘で残されているとされる。

Draa Sfar 鋳床は、地域北東方に位置する。1953 年に地表付近の酸化帯で鉄が採掘され始めた。1962 年に BRPM は磁気調査とボーリングを行い、含銅磁硫鉄鋳の薄いレンズ状鋳体を捕捉した。その後 BRPM は、1968 年～1982 年に地表から 150m までの範囲で 400 万トンの鋳石の採掘を行った。1986 年～1996 年に探鋳ボーリングが続けられ、1997 年に民間会社(Compagnie Minière des Guemassa ; CMG)に払い下げられた。Draa Sfar 鋳床では、流紋岩および流紋岩質凝灰岩の上位に垂直に胚胎する。鋳体は 800m 以上側方に延長し、上位はシルト質岩に覆われている。

Hajar 鋳床は、マラケシュの 35km 南に位置する。1984 年に磁気異常域を狙った BRPM のボーリングにより発見され、1988 年まで BRPM により探査が続けられた。1988 年、ONA と BRPM が Compagnie Minière des Guemassa (CMG) を設立し、同鋳山は CMG に譲渡された。1992 年、鋳石の生産が始まり、現在、毎年 10 万トン前後の亜鉛、4 万トンの鉛、および 3 万トンの銅が生産されている。

## 第2章 結論及び提言

### 2-1 結論

6孔井のうち5孔井で泥質～シルト質片岩の中の随所で、主として方解石と硫化物からなる鉱化が認められた。それらの多くは片理に沿う。

片岩類の粒度は、泥質～シルト質が主体で、砂質の部分があり、概して石灰質である。泥質で石墨が多い場所は割れやすい。ただし、大きな岩相変化はみられず、数mm単位の互層をなすこともあり、同様な岩相が繰り返すので単純な岩相区分は困難である。

また、片理と層理の方向が異なる箇所が多くみられたが、片理は変成作用を伴う構造運動で形成されたと考えられ、比較的褶曲軸に近い方向を持っていると思われる。従って、層理と片理が大きく異なる場所は、背斜や向斜に近い部分と推定される。

磁硫鉄鉱は黄鉄鉱が変成作用で変化したものであるが、鉱化が片理に沿う場合も多いので、変成作用は（主要な）鉱化作用の前後にまたがって起こったと推測される。黄鉄鉱の鉱化作用は2回以上あったと考えられるが、後期の鉱化作用はごく小規模である。すなわち黄鉄鉱の大部分は、初期の鉱化によってもたらされたもので、その初期の鉱化は閃亜鉛鉱を伴う場合があり、黄鉄鉱のかなりの部分は変成作用によって磁硫鉄鉱に変わっている。

岩芯試料の比抵抗と充電率の負の相関と充電率と磁化率の正の相関は、比抵抗と充電率の変化は磁硫鉄鉱の量比と関係していることを示す。MJTK-5では深度360m付近で磁硫鉄鉱が多く、同鉱化帯が磁気異常の原因と考えられる。その他の孔井についても、磁硫鉄鉱などの脈はIP異常の主要な原因と考えられる。孔井でみられた磁硫鉄鉱だけで磁気異常を説明するのは難があるが、同様の鉱化帯が付近にも分布しているために、磁気異常が分布していると推察される。

鏡下では、各試料とも磁硫鉄鉱が卓越し、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱、黄鉄鉱と共生関係にある。脈状或いは網状組織を示すが、これらは薄層状の組織とも考えられる。

硫黄同位体比はHajar鉱床の値と類似する。Azzouz地区では、MJTK-6孔がより火山岩起源とする熱水鉱床の近傍であり、MJTK-3孔はむしろ堆積性のおそらく生物起源の同位体交換をうけたものである可能性を示唆している。

### 2-2 将来への提言

磁気異常のみでは、その異常が鉱床本体なのか、周辺の硫化物濃集部帯なのかは、判断は困難である。近傍の下盤の火山岩類の存在が熱源に近い鉱床本体を示すことことから、重力探査による地質構造の把握が望ましい。また、硫化物の硫黄同位体のような分析ツールの利用は新規堆積物の下部におけるボーリング探査手法の捕捉として有効といえる。

Azzouz地区ではMJTK-6孔では同位体比から火山活動に起因する熱水活動の徴候

が得られた。磁気異常は西部にも分布しており、それらの延長に沿って重力探査を実施することで、火山性塊状硫化物鉱床の下盤に相当する火山岩を捉えられる可能性がある。

**Khefawna** 地区の磁気異常は小規模であり、今回のボーリング調査で補足された磁硫鉄鉱の鉱化帯が磁気異常の原因と考えられるので、これ以上の探鉱余地はほとんどないと考えられる。

## 第 II 部

### 各 論

## 第Ⅱ部 各論

### 第1章 既存データ収集・解析

本地域周辺の探査は、鉱山省地質局、BRPM 及びその共同探鉱者によって北側のジュビレット地区及び南側のグエマサ地区～ハウズ地区で実施されている。

本調査地域では、各種の物理探査が行われていることから、本調査地域に分布する鉱床と対比して、地球物理的異常との関連を検討した。本地区では以下に示すように、主に3期間に調査が行われた。

- ・ 1930年代頃のジュビレット地区のケッタラ鉱床などゴッサンを対象とした露岩地域での地表調査
- ・ 1960年代頃からジュビレット地区南部のドラスファー鉱床地区など潜頭鉱床及び地表の鉱徴地・ゴッサンの地下延長部を対象とした地上物理探査
- ・ 1980年代後半からのグエマサ山塊東方のハジャール鉱床、ハウズ平原の潜頭鉱床を対象とした空中物理探査・地上調査

その結果、空中磁気探査の高磁気異常と、ジュビレット地区のラチャチ～コウディット・アイチャ～ケチネット～ジェベル・ヘディットと連なる地表鉱徴地、ベンスリーマン～ケルコースにかけての地表鉱徴地、ケッタラの南北に分布する地表鉱徴地との分布は極めて良い対応を示していることを確認した。

また、高磁気異常を示す原因となるものとして斑糲岩などの塩基性火山岩類の分布、調査地の東縁及び西縁に分布する花崗岩類や珪岩などの接触変成岩類の分布、断層などの構造的要素などがあることが分かった。

一方、空中電磁気（比抵抗）異常に関しては、ゴッサン（鉱床及び鉱徴地）の殆どは中～低比抵抗（～数100Ω/m）を、塩基性火山岩類は高い比抵抗（3000Ω/m～）を示すことから、空中磁気では同様に高磁気異常を示す両者を識別するのに有効であることが分かった。

以上、既存データの検討からは、高磁気異常でかつ低比抵抗である部分において、鉱床の潜在性が高いという結果を得た。

## 第2章 地質調査

### 2-1 地質・地質構造

北部の Jebilet 山塊中央部は、ほぼ南北ないし北北東-南南西方向における走向を有し、東傾斜で堆積する基盤岩類からなる。一方、南部の Guemassa 地区の地質構造はほぼ北北西-南南東ないし北東-南西方向における走向を有し、東傾斜で堆積する。基盤岩類は主として古生代デボン紀～石炭紀～二畳紀の泥質岩であり、石灰岩層、凝灰岩層、砂質岩層を挟む。また、酸性岩或いは塩基性岩のシル状岩体を多く挟んでいる。

Jebilet 山塊中央部および Guemassa 地区の石炭系上部 Visean の地質は、Sarhlef 層の泥質岩、酸性火山岩類および塩基性火山岩類、有律互層、千枚岩、その上位の Tequsim 層の炭酸塩岩、上位の泥質岩からなる。

堆積岩類は、頁岩、粘板岩、片岩からなり顕微鏡観察及びX線回折では絹雲母、緑泥石等が多く含まれており、広域変成作用と鉍化変質の影響を強く受けている。塊状硫化物鉍床の上下盤におけるアルカリ変質強度の変化をボーリングコアを用いて検討した結果、上盤側においても高い変質強度が得られるものがあり、鉍床生成後もしばらく熱水活動継続したか重複した熱水活動の可能性を示唆している。主要元素に関して、碎屑起源を反映するとされる  $Al_2O_3$  と  $TiO_2$ 、V、 $K_2O$ 、 $P_2O_5$  とは正の相関、 $SiO_2$ 、CaO、 $Fe_2O_3$  とは負の相関があり一般的な海底堆積物の傾向が認められた。Hajar 鉍床、Draa Sfar 鉍床、Kettara 鉍床における  $SiO_2$  のばらつきは酸性火山活動による碎屑起源物質の供給によるものであり、Khwadra 鉍床における CaO が他に比べて高い傾向は生物起源物質の供給がそれぞれ他鉍床に比べ大きかったと考えられる。希土類パターンは LREE に富み Eu 異常が見られるがこれは島弧火山碎屑物起源物質によるものであり、鉍床上盤側で総希土類 (TREE) が増加する傾向は熱水によって下盤側から上盤側に希土類が移動したことによるものと考えられる。また、泥質岩中の硫化物の硫黄同位体は、概ね-35‰～+25‰の間でばらつき、下盤側から上盤側に軽くなる傾向があり、Kajiwara(1989)、Kajiwara and Kaiho(1992)、小室(1999)によれば堆積環境が還元的環境から酸化的環境に変化したことを示していると考えられる。

本地域の各鉍床付近に分布する火山岩類について、化学組成及び放射性年代を検討した。化学組成分析の結果、Hajar 鉍床、Khwadra 鉍床、Draa Sfar 鉍床の酸性火山岩類 (rhyolite) の希土類パターンは軽希土類に富み、Eu 異常値がある平坦なパターンを示し、主要成分では  $SiO_2$  と  $K_2O$ 、Rb、Ba、Cs とが負の相関を示す類似の傾向を呈することから、これらの酸性火山岩類は類似の地球化学的性質を有していると考えられるが、隣接する Safsafa 鉍床の酸性火山岩類 (tonalitic mylonite) とは異なることがわかった。また、本地域の塩基性火山岩類 (dolerite) について他地域の玄武岩類と LIL 元素及び HFS 元素とを対比すると、本地域の塩基性岩火山岩類は LIL 元素に富む島弧玄武岩類の特徴を有し、LIL 及び HFS 双方に乏しい N-MORB とは異なることがわかった。

鉍化年代と火成活動年代の把握を目的とした K-Ar 放射性年代測定の結果から、深成火



成活動、酸性火山活動、鉍化変質 (Guemassa)、鉍化変質 (Jebilet) に分類した。 深成火成活動と酸性火山活動の年代は 290~360Ma、鉍化変質 (Guemassa) の年代は 260~320Ma、鉍化変質 (Jebilet) であり深成岩及び火山岩の活動の末期に相当し、鉍化変質 (Guemassa) の年代は 260~290Ma であり深成岩及び火山岩の活動の後に相当する。

## 2-2 鉍化・変質作用

鉍床の分布を Fig.II-2-2-1 に示す。 Jebilet 地区および Guemassa 地区に見られる鉍床は、Viséan の Sarhlef 層の泥質岩と砂岩の互層、泥質岩と珪岩の互層および酸性火山岩類に胚胎する銅、鉛、亜鉛、鉄の塊状硫化物鉍床である。

主な塊状硫化物鉍床は、Jebilet 山塊中央部の Kettara 鉍床、Jebilet 山塊南限で第三紀層被覆部との境界付近に見られる Draa Sfar 鉍床、Khwadra 鉍床、Guemassa 山塊の西縁に位置する Hajar 鉍床、東部の Frizen 鉍床からなる。

これらの鉍床は、層状、塊状、レンズ状、縞状の形態を示し、主に磁硫鉄鉍、黄鉄鉍、閃亜鉛鉍、方鉛鉍、黄銅鉍の鉍物組み合わせからなる。また、鉍床近傍には酸性・塩基性の火山岩類が分布し鉍化作用と関連する。

本地域に分布する Khwadra 鉍床、Draa Sfar 鉍床、Kettara 鉍床、Hajar 鉍床、Frizen 鉍床は、その鉍床形態・鉍物組み合わせ・関係火成岩からみて塊状硫化物鉍床に属する。本調査では、これらの鉍床の産状・鉍石鉍物・母岩の変質を検討した結果、早期と後期の鉍化作用の重複により鉍床が形成していることが判明した。

早期と後期の鉍化作用は、Fe-S 系の鉍物から見れば、それぞれ磁硫鉄鉍と黄鉄鉍で代表される。Khwadra 鉍床、Hajar 鉍床においては早期鉍化作用は更に早期 I と II の鉍化作用に細分され、前者は六方型磁硫鉄鉍で、また後者は単斜型磁硫鉄鉍で代表される。後期の鉍化作用により早期 I の六方型磁硫鉄鉍は広範囲に単斜型化されているのに対し、早期 II に生成した単斜型磁硫鉄鉍は白鉄鉍化されている。したがって本地域の塊状硫化物鉍床は、時期の異なる鉍化作用が重複している鉍床に産する磁硫鉄鉍が、時期別に組成を変えている。それぞれの鉍化作用は共存する石英の流体包有物の均質化温度より、早期 I が 270-280℃、早期 II が 230-250℃、後期が 200-250℃で生成したものである。

また、同一鉍床内あるいは同一鉍化地域内での硫黄同位体比の大きな変動は、日本の黒鉍床の硫黄の均一性と比べて非常に対照的であった。その説明としては、鉍床形成の物理化学条件の違い、生物起源の硫黄の混入、鉍化熱水系への海水起源の硫黄の供給の制限など、各鉍床における生成環境の違いが考察された。すなわち、Khwadra 鉍床は相対的に生物起源の硫黄の混入影響が強く、Hajar 鉍床、Frizen 鉍床は相対的にマグマ起源の寄与が大きかったと考察された。

本地域に分布する Khwadra 鉍床、Draa Sfar 鉍床、Kettara 鉍床、Hajar 鉍床、Frizen 鉍床は、その鉍床形態・鉍物組み合わせ・関係火成岩からみて塊状硫化物鉍床に属する。本調査では、これらの鉍床の産状・鉍石鉍物・母岩の変質を検討した結果、早期と後期の鉍化

作用の重複により鉋床が形成していることが判明した。

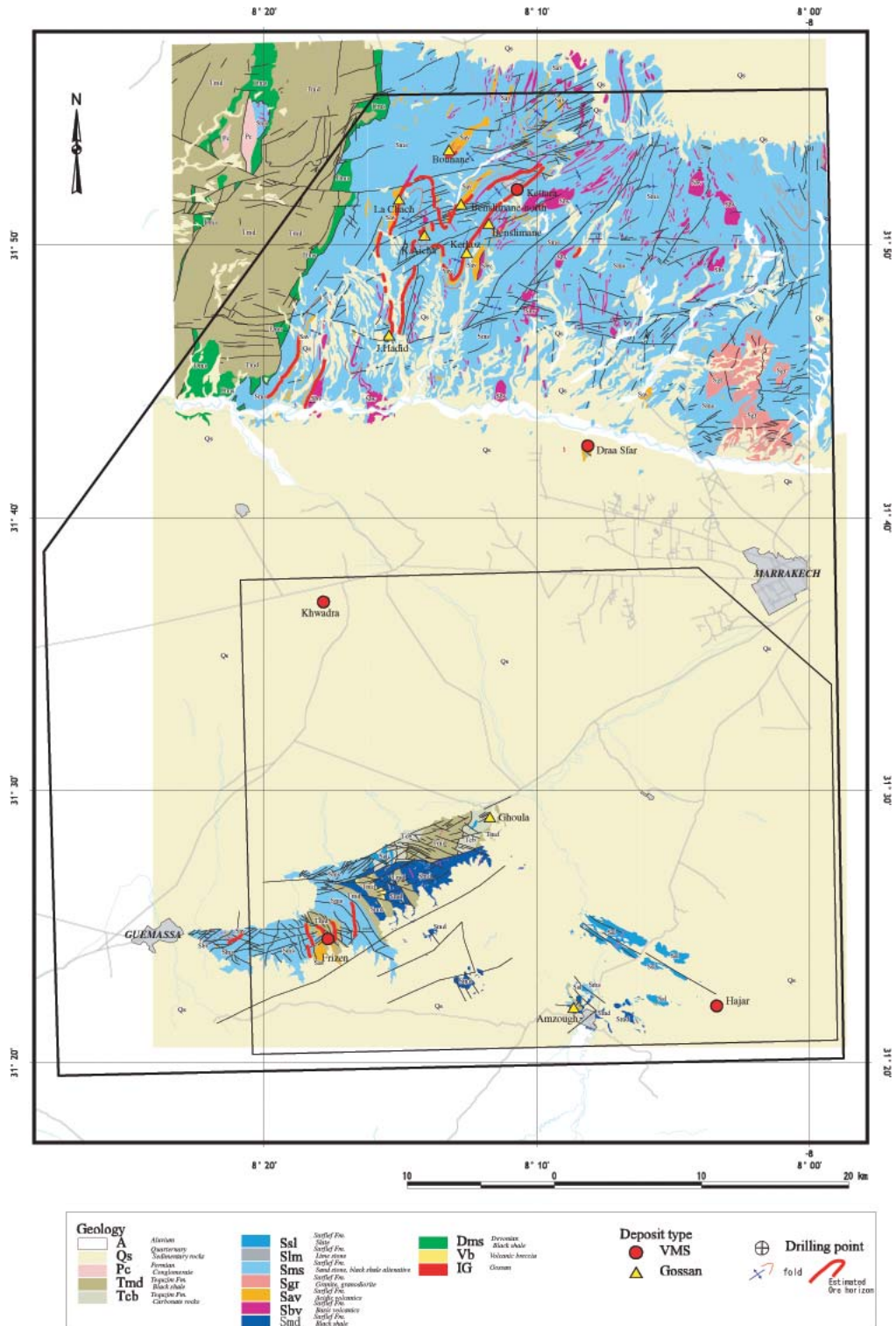


Fig.II-2-2-1 Distribution of deposits at Marrakech-Tekna area

早期と後期の鉱化作用は、Fe-S系の鉱物から見れば、それぞれ磁硫鉄鉱と黄鉄鉱で代表される。Khwadra 鉱床、Hajar 鉱床においては早期鉱化作用は更に早期 I と II の鉱化作用に細分され、前者は六方型磁硫鉄鉱で、また後者は単斜型磁硫鉄鉱で代表される。後期の鉱化作用により早期 I の六方型磁硫鉄鉱は広範囲に単斜型化されているのに対し、早期 II に生成した単斜型磁硫鉄鉱は白鉄鉱化されている。したがって本地域の塊状硫化物鉱床は、時期の異なる鉱化作用が重複している鉱床に産する磁硫鉄鉱が、時期別に組成を変えている。それぞれの鉱化作用は共存する石英の流体包有物の均質化温度より、早期 I が 270-280℃、早期 II が 230-250℃、後期が 200-250℃で生成したものである。

また、同一鉱床内あるいは同一鉱化地域内での硫黄同位体比の大きな変動は、日本の黒鉄鉱床の硫黄の均一性と比べて非常に対照的であった。その説明としては、鉱床形成の物理化学条件の違い、生物起源の硫黄の混入、鉱化熱水系への海水起源の硫黄の供給の制限など、各鉱床における生成環境の違いが考察された。すなわち、Khwadra 鉱床は相対的に生物起源の硫黄の混入の影響が強く、Hajar 鉱床、Frizen 鉱床は相対的にマグマ起源の寄与が大きかったと考察された。

単斜型磁硫鉄鉱が特徴的に産する Khwadra 鉱床、Hajar 鉱床では、高い磁気異常を得ている。一方、六方型磁硫鉄鉱と単斜型磁硫鉄鉱の混在する Draa Sfar 鉱床では高い磁気異常帯と弱い時期異常帯が隣り合って分布している。また、六方型磁硫鉄鉱に黄鉄鉱が重複する Kettara 鉱床、Frizen 鉱床では弱い磁気異常を捕らえているのみであった。したがって、中～弱程度の異常部分にも Kettara 鉱床、Frizen 鉱床といった六方型磁硫鉄鉱＋黄鉄鉱からなる塊状鉛垂鉛硫化物鉱床が存在する可能性や、高磁気異常と弱磁気異常が隣り合う部分に六方型磁硫鉄鉱＋単斜型磁硫鉄鉱からなる塊状鉛垂鉛硫化物鉱床が存在する可能性が挙げられた。

鉱化作用から鉱床タイプを分類すると、以下の通りである。

- |                |             |                        |
|----------------|-------------|------------------------|
| a) 早期 I 卓越型    | 中磁気異常       | [Draa Sfar 鉱床]         |
| b) 早期 I＋後期重複型  | 中磁気異常＋低磁気異常 | [Frizen 鉱床、Kettara 鉱床] |
| c) 早期 II＋後期重複型 | 高磁気異常＋低磁気異常 | [Khwadra 鉱床、Hajar 鉱床]  |

(総合解析)

以上のことから、地質・既存ボーリングコア解析・室内試験の総合解析から、以下の探査指標が挙げられる。

- ①深部にて Sarhlef 層の有律互層の分布が期待される地区
- ②深部にて Sarhlef 層の酸性火山岩類の分布が期待される地区
- ③鉱床タイプの区分による各種磁気異常組み合わせと調和する潜頭製硫化物鉱床が期待させる範囲

## 第3章 空中物理探査

### 3-1 探査概要

Fig. II-3-1 と Table II-3-1 に空中物理探査の範囲を示し、Fig. II-3-2 と Fig. II-3-3 にその結果を示す。空中磁気データと空中電磁データを合わせ、調査範囲の地質を解釈すると (Fig. II-3-4)、空中物理探査範囲中央の比抵抗境界 (NE-SW 系) の南側と北側とで大きく異なることがわかった。

南側では、基盤岩の分布域は、磁気残差で低磁気帯かつ減衰定数で高比抵抗 (一部中比抵抗) 帯が抽出された部分と推定されるが、火成岩～火山砕屑岩を含むのは南東部 (Hajar 鉱床)、西部 (Frizem 鉱床)、北部の3箇所、その他にも火成岩～火山砕屑岩を含むと思われる磁気示徴が認められる。鉱床賦存の有望地区としては、局所的な高比抵抗・高磁気異常が重なった所、あるいは隣接した所が挙げられるが、これらは Hajar 鉱床と Frizem 鉱床周辺の既知の場所で、新たな有望地区は抽出できない。

北側は空中電磁データを検討した結果、比抵抗構造によって、(a) 西端の領域：浅部～深部まで低比抵抗、(b) 中央部の東西系に延びる領域：浅部中-高比抵抗～深部低比抵抗、および、(c) 北の東西系に延びる領域：浅部低比抵抗～深部中比抵抗の、3領域に区分できる。(b)と(c)の領域に基盤岩が潜頭しているとする、そこに火成岩～火山砕屑岩が胚胎する場所は磁気残差で直径2～4kmの高磁気異常が抽出された所である。

鉱床賦存の有望地区としては、南側と同様局所的な高比抵抗・高磁気異常が重なった所、あるいは隣接した所が挙げられ、これらは北西部に複数箇所認められる。また、北東部の花崗岩ストックと思われる高磁気異常周辺に数箇所見られる。

### 3-2 鉱床ポテンシャル

Fig. II-3-2 と Fig. II-3-3 に示す空中物理探査の結果及び地質調査で得られた中～低磁性鉱床の存在から、次の空中物理探査異常を示す地区が有望地区として考えられる。

#### 1) 低比抵抗部+高～中磁気異常部：高磁性塊状硫化物鉱床の存在の可能性

(a) 今回の調査では顕著な高磁気異常は得られていないが、空中物理探査範囲北西部の Khwadra 鉱床から Guemassa 山塊 Ghoula にかけて多数点在する低比抵抗部と中磁気異常とが重なる部分。

(b) 北東部メナラ空港西方の比較的規模の大きな高磁気異常中に点在する低比抵抗部

#### 2) 高磁気異常部：高磁性塊状硫化物鉱床の存在の可能性

(a) 北東部メナラ空港西方の比較的規模の大きな高磁気異常中に点在する規模の小さな中～高磁気異常部。

(b) Khwadra 鉱床南西部 Nasfar の比較的規模の大きな高磁気異常中に点在する規模の小さな中～高磁気異常部。

#### 3) 低比抵抗部：中～低磁性塊状硫化物鉱床の存在の可能性

(a) Ghoula 東方の Tamasloht 付近の低比抵抗部、磁気異常はみられない。

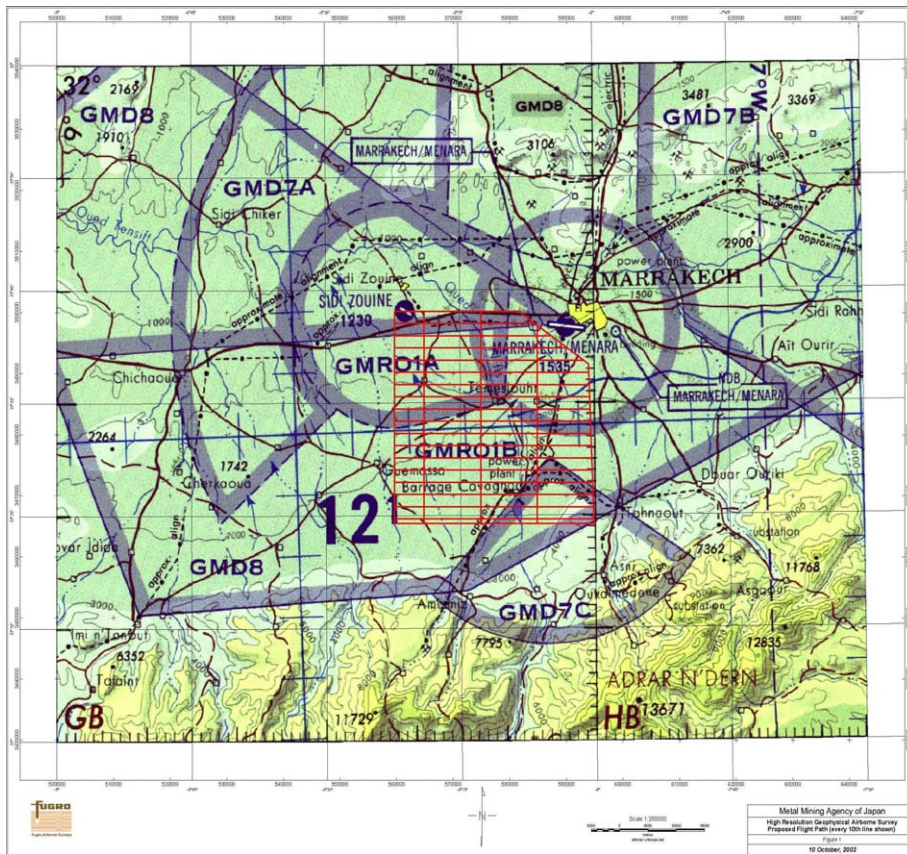


Fig.II-3-1-1 Location Map of Airborne geophysical survey area

Table II-3-1-1 Location of Airborne survey area

#	WGS84測地系、 UTM座標 Zone 29N		ランベルト正方位座標 モロッコ Zone1		10進緯経度		緯経度	
	x	y	E	N	Lon	Lat	dd mm ss.ss	dd mm ss.ss
1	218377.6	119540.9	560000	3500000	-8.367288	31.633619	8° 22'2.24"	31° 38'1.03"
2	240373.3	118788.9	582000	3500000	-8.135313	31.632258	8° 08'7.13"	31° 37'56.13"
3	252098.0	110381.3	594000	3492000	-8.009553	31.559170	8° 0'34.39"	31° 33'33.01"
4	251213.2	84384.8	594000	3466000	-8.012017	31.324618	8° 0'43.26"	31° 19'28.62"
5	217214.4	85544.2	560000	3466000	-8.369349	31.326871	8° 22'9.66"	31° 36'36.73"

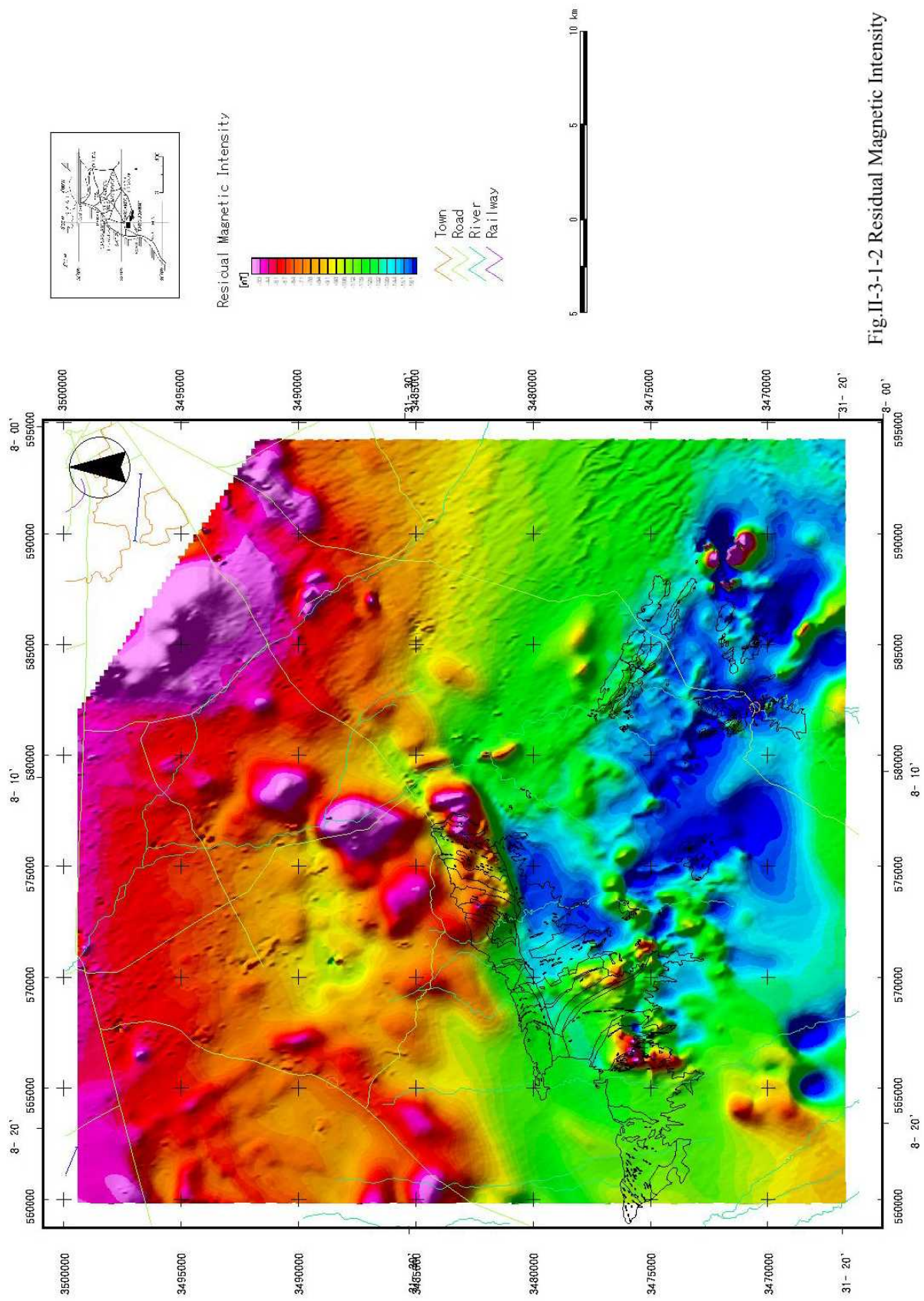


Fig.II-3-1-2 Residual Magnetic Intensity

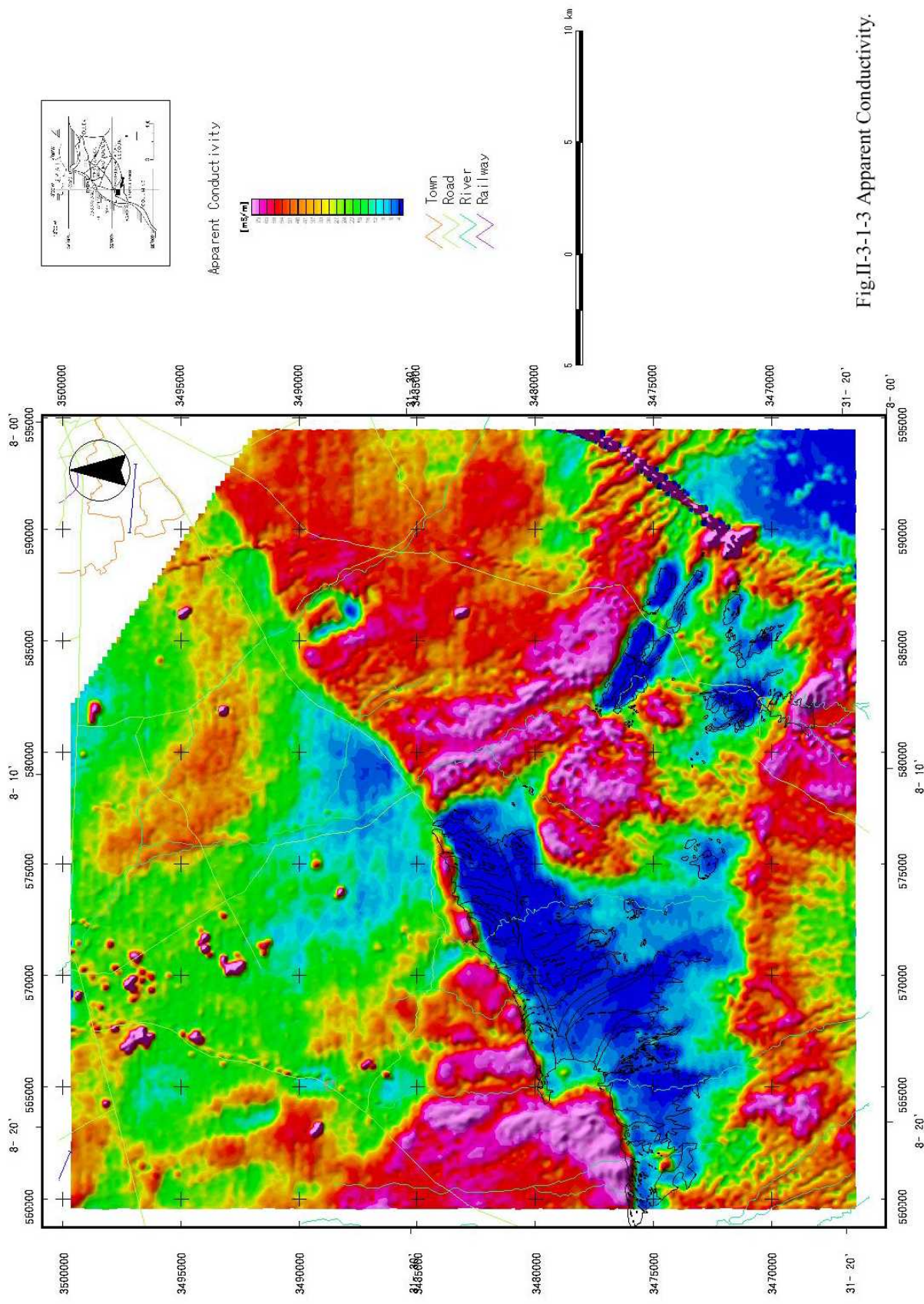


Fig.II-3-1-3 Apparent Conductivity.



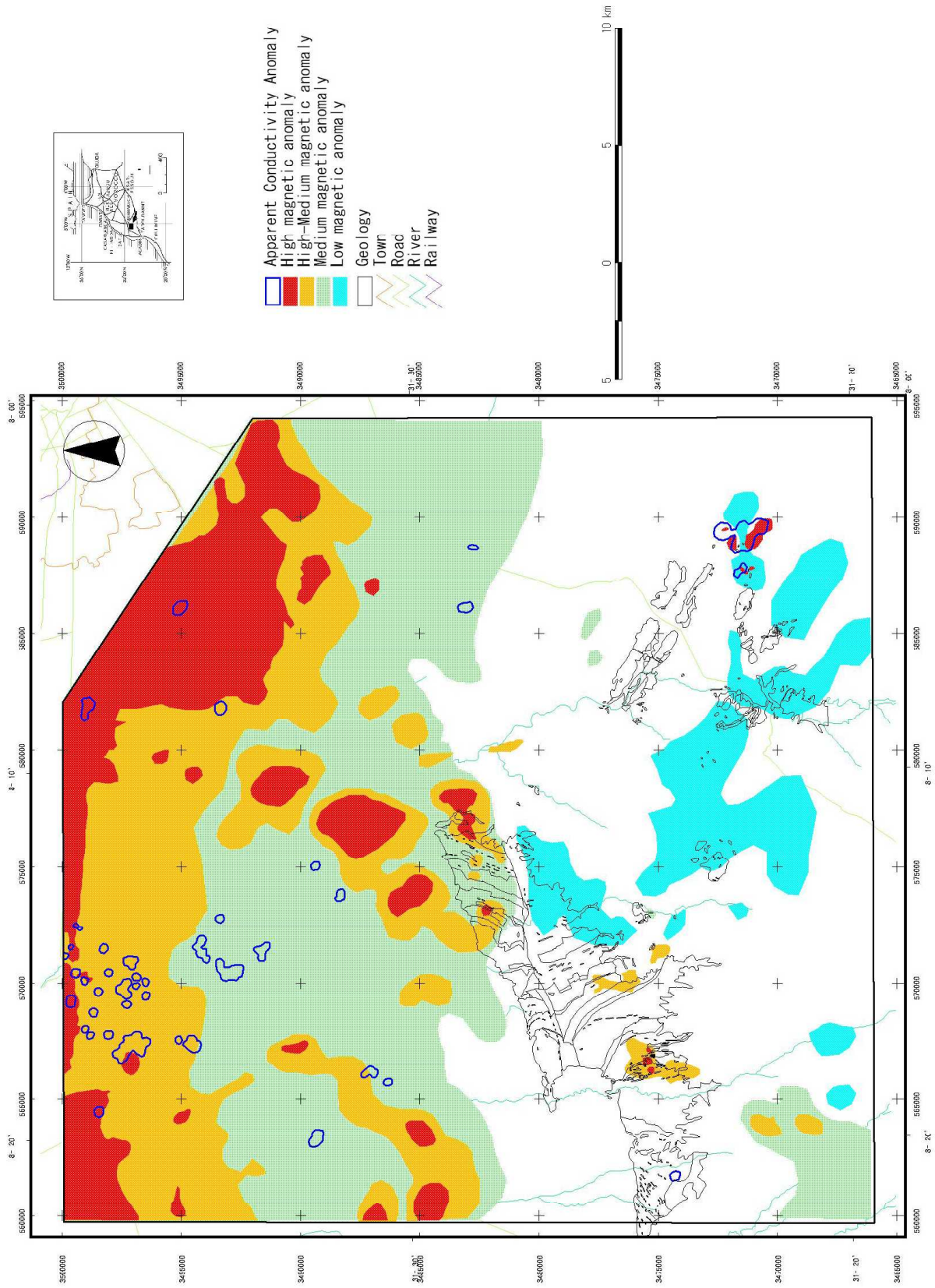


Fig.II-3-1-4 Interpretation Map of Airborne geophysical survey

## 第4章 物理探査

### 4-1 第2年次物理探査

第2年次の調査として、第1年次の調査で磁気または導電率の異常を示す箇所が抽出された地区について実施した。電気探査IP法は、Fig. II-4-1-1とFig. II-4-1-2に示す、マラケシュ市近郊の8地区で実施した。地表が広く低比抵抗の新期堆積物に覆われていることと、井戸ポンプなどからの電気ノイズが頻繁に感知されることによって、測定には時間を要したが、電流を通常より高出力で流すことにより問題を解決し、有効なデータを得ることができた。その結果、Fig. II-4-1-3～20に示すMJTK-IP-1地区でIP異常帯が分布することが判明した。MJTK-IP-6地区とMJTK-IP-7地区では新期堆積物が厚く、深部については不確定と考えられる。その他の地区については、鉍化帯の存在を示徴するデータは得られなかった。

電磁探査TEM法は、電気探査IP法の結果を受けて、MJTK-IP-1地区で重点的に実施した(Fig. II-2-1-21～23)。MJTK-IP-1地区で約150m、MJTK-IP-6地区で200m以上、MJTK-IP-7地区で250m以上の厚さで、新期堆積物が覆っていることが判明した(Fig. II-2-1-24～31)。MJTK-IP-6地区とMJTK-IP-7地区では、厚い新期堆積物の成層構造に対応した縞状構造がみられる。MJTK-IP-1地区では、新期堆積物は緩やかに北東に傾斜している。古生界中の解析上の比抵抗構造は、IP効果の影響を受けて必ずしも実際の岩石の比抵抗に対応しておらず、仮想的な高比抵抗域になっている。これらはIP法電気探査で認められたIP異常に対応している。

更に、今回の調査によって絞り込まれたMJTK-IP-1地区において、引き続きBRPMが地上磁気及び重力調査を実施した。その結果ではMJTK-IP-1地区中央部に明瞭な高重力域が存在し、それを挟むように、南側に正の磁気異常、北側に相対的な負の磁気異常が分布し、高密度で磁性を帯びた物体の潜在が考えられる。

以上より、次の二つの可能性が想定された。

- 1) 地区中央部のIP測線No. 8付近を中心に火成岩（磁硫鉄鉍が鉍染した流紋岩？）が分布する。北側を中心に火成岩の半周をIP異常部（高充電率部）が取り巻くように分布し、火成岩に付随する鉍化帯や鉍染帯に対応する。相対的な正負の磁気異常と高重力部は火成岩に対応する。
- 2) 地区中央部の地下に急傾斜の塊状～層状の大規模な硫化物鉍床が存在する。IP異常部（高充電率部）はその周囲を取り囲む。相対的な正負の磁気異常と高重力部は、磁硫鉄鉍を多く含む鉍床に対応する。

いずれの可能性も鉍化帯の存在を想定しているが、それぞれの可能性を検証し、鉍化帯の性状を把握するために、ボーリング調査を実施することが望まれた。

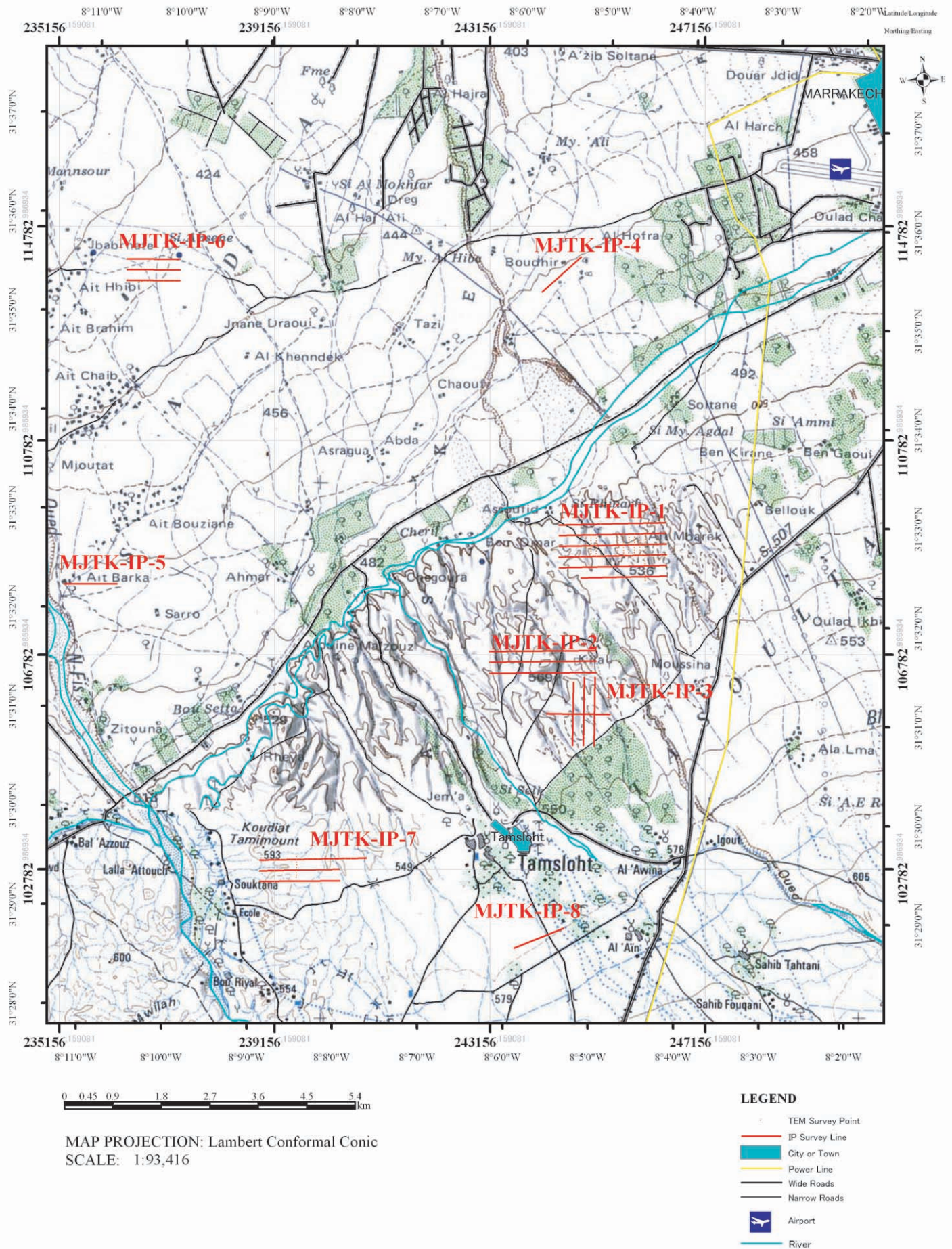


Fig.II-4-1-1 Survey location map of the Marrakech-Tekna area

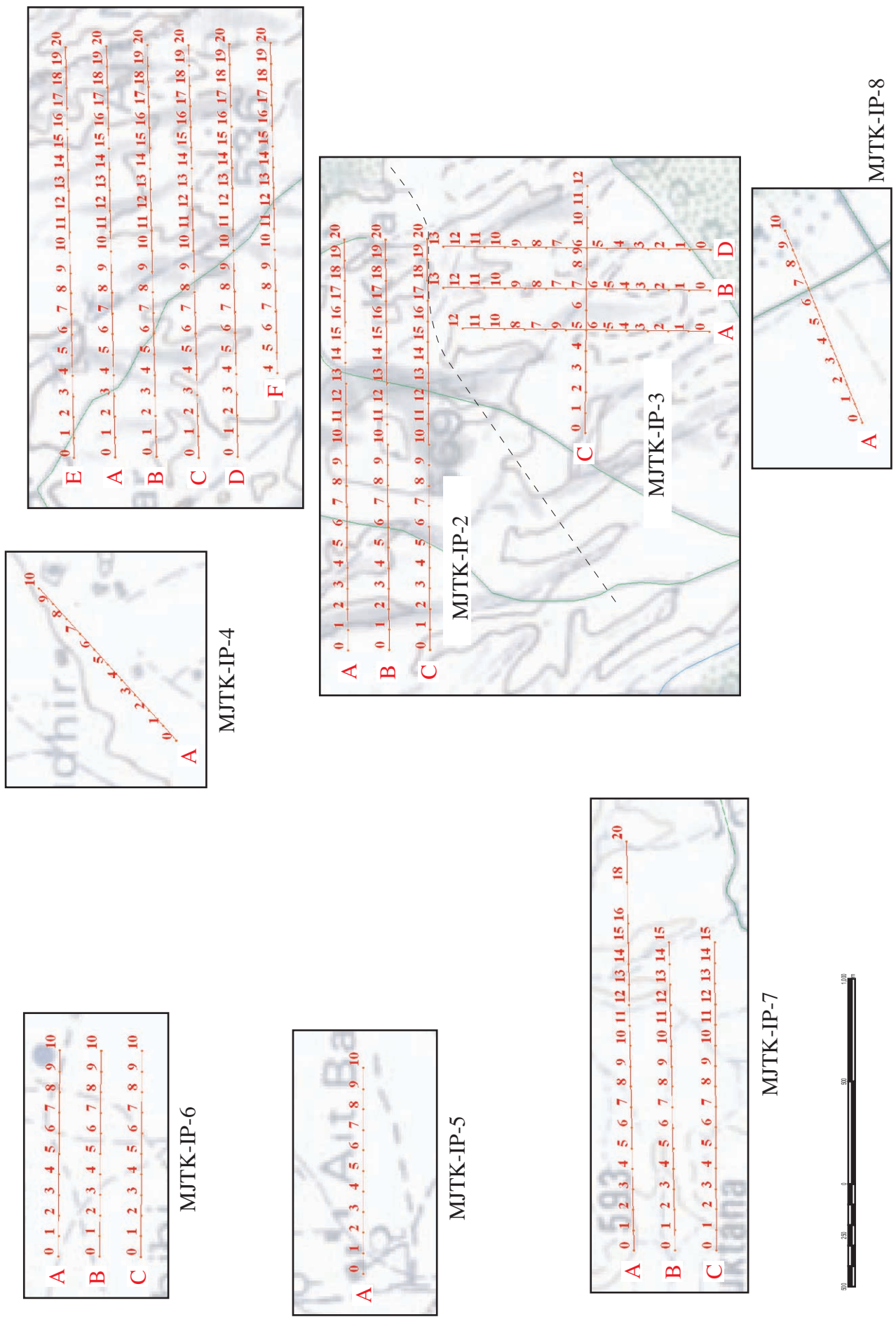


Fig.II-4-1-2 Outline map of Survey line

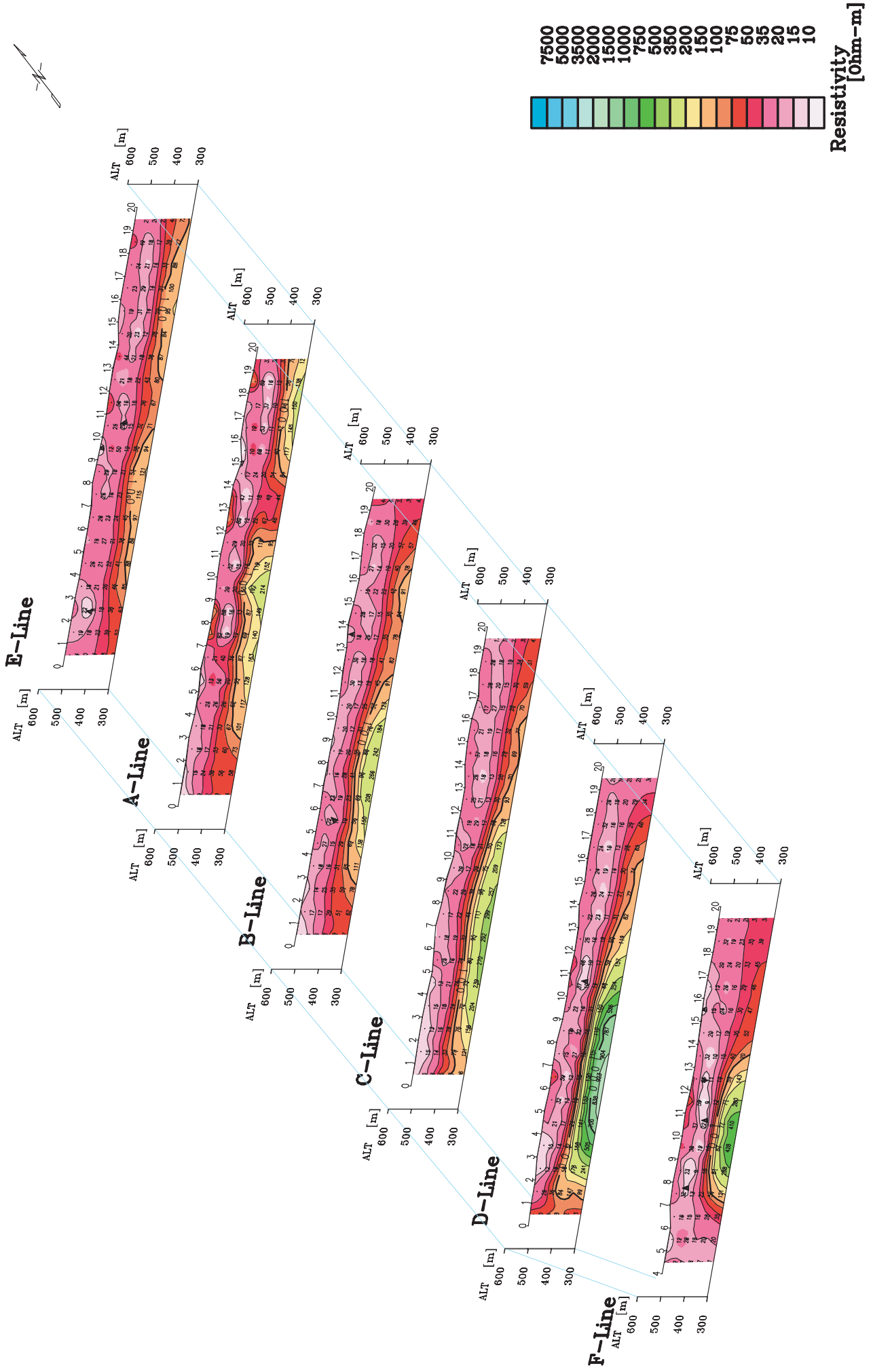


Fig.II-4-1-3 2D Analysis section of resistivity (MJTK-IP-1)

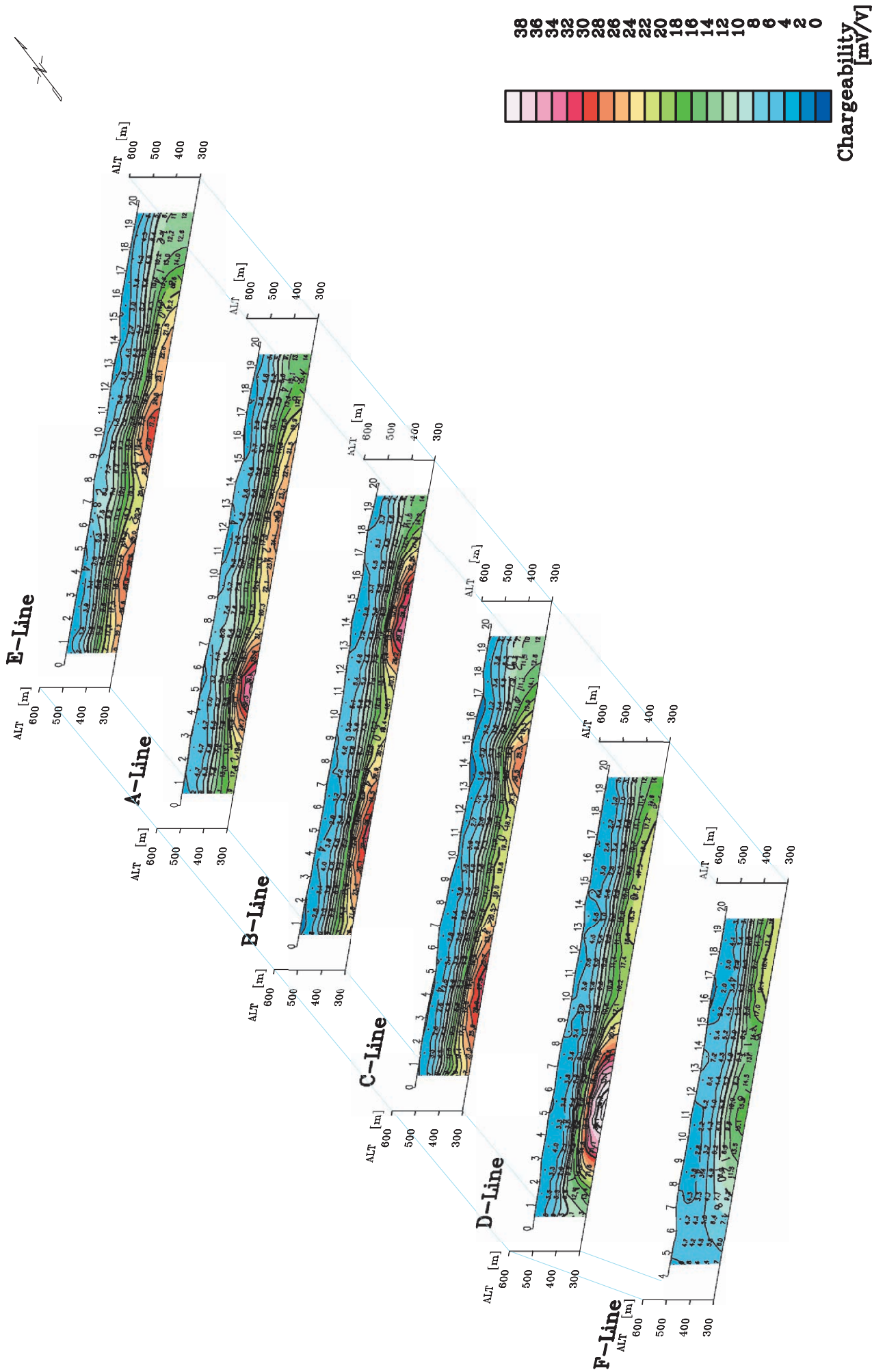
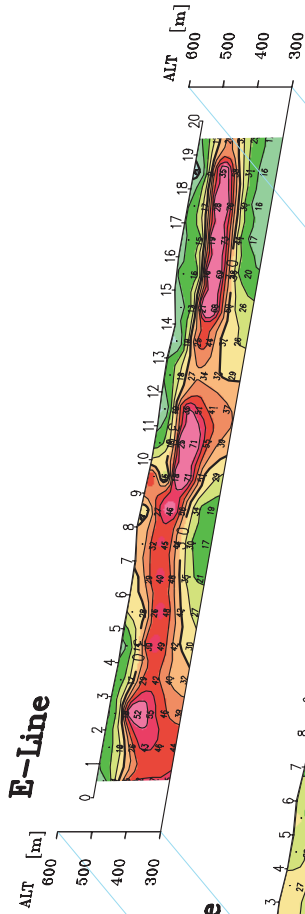
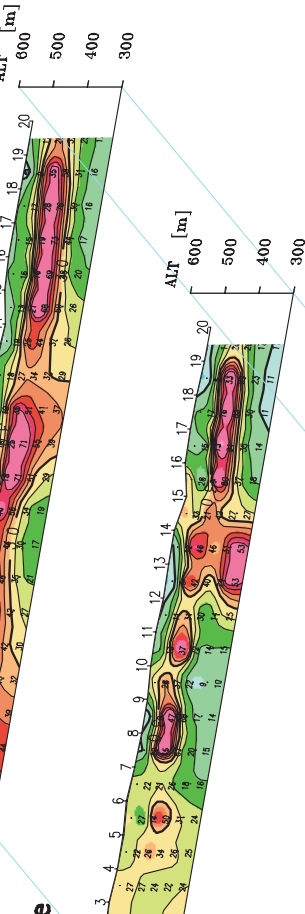


Fig.II-4-1-4 2D Analysis section of chargeability (MJTK-IP-1)

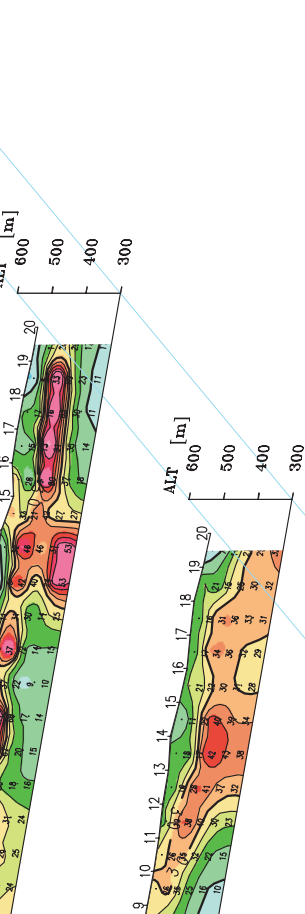
**E-Line**



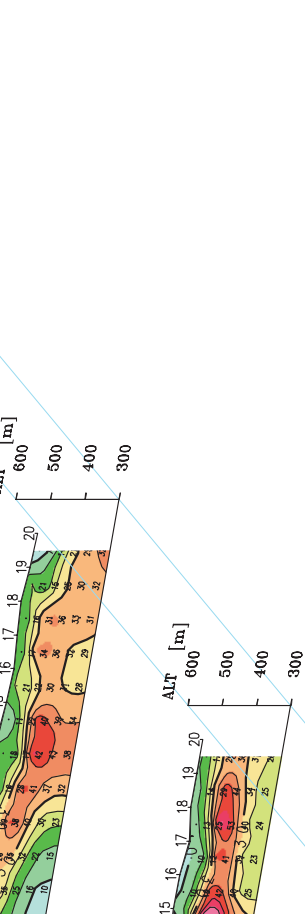
**A-Line**



**B-Line**



**C-Line**



**D-Line**



**F-Line**



Fig.II-4-1-5 2D Analysis section of metal factor (MJTK-IP-1)