

## 第2章 物理探査

### 2-1 CSAMT法

第1年次調査として、鉾巻及び火成岩が分布するハウズ平原地域の南部地区、面積150km<sup>2</sup>に対して、CSAMT法による物理探査を実施した。測定点数は302点である。本調査により、Hajar鉾巻周辺地区、Hajar層準分布地区、Frizen地区などで比抵抗異常が検出された (Fig. 17)。

#### (1) 岩石試料の物性測定結果

本地域で採取した岩石試料について実施した比抵抗・密度・磁化率の測定結果は次のとおりである。

- ① 基盤岩類は著しく高比抵抗且つ高密度であるが、磁化率は低い。
- ② 第四紀被覆層は比較的比抵抗低且つ低密度であり、磁化率も低い。
- ③ Hajar鉾巻の鉾巻石は顕著な低比抵抗・高密度・高磁化率を示し、本地域の地質構成岩層と比較して特徴的な物性を有している。

#### (2) 比抵抗構造の概要

本地域の比抵抗構造は大局的に3層構造を構成する。上位から順に、第1層は地表付近の比抵抗変化に富んだ部分を含む低比抵抗層で、新第三系～第四系の被覆層に対比される。第2層は極めて高比抵抗の比抵抗基盤で、石炭系～二畳系の基盤岩類上部に対比される。第3層は比較的比抵抗の部分で、基盤岩類下部の低比抵抗層準と考えられる (Fig. 18)。

比抵抗構造は地質構造を反映しNW-SE方向が卓越している。しかし西部地区と中部～東部地区とでその状況は異っている。

西部地区では極めて高比抵抗且つ均質な比抵抗基盤が広範囲に地表近く潜在する。一方中部～東部地区では、厚い被覆層と基盤岩類のスポット的露出状況を反映し、比抵抗基盤は起伏に富む。

中部～東部地区における第1層低比抵抗層は、薄いところで100m以内、厚いところでは数100m以上に達し、地下水の影響とみられる比抵抗値の変動が認められる。本地区の比抵抗基盤中では比抵抗値の変化が大きく、各所に比抵抗基盤の凹部を形成する低比抵抗異常が把握された。

### (3) 既存物理探査との対比

本地域で実施されている磁気探査及び重力探査と比抵抗構造とを対比した結果、次のような関係が得られた (Fig. 19)。

- ① 西部地区の磁気基盤は、生成時期・磁化率から考えて他の地区とは異質であり、また、重力基盤は浅い。これは、本地区の高比抵抗基盤の構造が他の地区と異なることも対応するものである。
- ② 中部～東部地区では、磁気異常・比抵抗異常ともに、NW-S E方向の配列が認められ、高重力異常の張り出し方向もこれと調和的である。
- ③ 高磁性体と低比抵抗異常、高重力異常と高比抵抗分布との間には相関が認められる。
- ④ 調査地域南端において著しい低比抵抗異常が発達するが、これにほぼ対応して低重力異常の落込みがみられることから、帯水層を含む低密度被覆層の厚い分布が考えられる。
- ⑤ Hajar 鉱床に対応して典型的な磁気異常及び高重力異常が検出されているが、比抵抗構造は比抵抗基盤内の比較的low比抵抗の部分 (凹部) として捕捉された。

### (4) 比抵抗構造と鉱化との関係

Hajar 鉱床付近で検出された比抵抗構造は、鉱体を含めた周辺の鉱化変質帯が比抵抗基盤内の低比抵抗異常部 (凹部) を形成したものと推定される。これとほぼ同様の比抵抗構造を示す地区として、Souksou (スクスー) 北東、Taguenna (タゲンザ) 西方、Lamrah (ラムラー) 付近、Akhlij (アクリッジ) 付近、Barrage Cavagnac 東方、Oukhribane 南東、Oukhribane 南方、Frizem 西方などに抽出された。これらはいずれも磁気異常との相関が認められ、Hajar 型鉱床胚胎の可能性を有する地区と考えられる。

Frizem 西部地区を除くと、上記低比抵抗異常部 (凹部) が分布する地区は、すべて、Taguenna 西方～Lamrah～Oukhribane を NNW-SSE 方向に結ぶ幅約 3 km のゾーンにあり、このゾーンが鉱床賦存ポテンシャルのある地域であると考えられる。

なお、Hajar 鉱床の南東側には、比抵抗基盤内の低比抵抗凹部が延長しており、しかも高重力異常が検出されていることから、探鉱の余地が残されている。

## 2-2: I P 法

本地域の岩石試料の物性値を検討することにより、本地域の鉱床探査手法として、I P 法が有効であることが推定されたので、第2年次・第3年次調査で東部地区のHajar層準分布域及びHajar層準伏在域、及び西部地区のFrizen鉱化帯に対して、I P 法探査を実施した。

I P 法探査の調査量は次のとおりである。測点間隔は 100 m、電極隔離係数は  $n = 1 \sim 5$  とした。

東部地区： 25測線、測線延長 42.8km、測点数 1640点

西部地区： 5測線、測線延長 10.0km、測点数 400点

### (1) 岩石試料の物性測定結果

本地域の岩石試料の物性測定結果は次のとおりである (Tab. 4)。

岩種	サンプル数	比抵抗 ( $\rho$ ) ( $\Omega m$ )	P F E (%)	密度 (g/cc)	帯磁率 ( $10^{-5}$ cgs/emu)
第四紀層	7	73 (50~120)	1.1 (1~2)	2.21 (2.0~2.5)	2
基盤岩類	18	510 (300~800)	0.8 (0.2~4)	2.70 (2.6~2.8)	2
Hajar 鉱山 鉱石	8	18 (14~23)	15 (12~20)	4.25 (3.8~4.6)	530

( ) : 分布範囲

Hajar 鉱山の鉱石は、バックグラウンドである基盤岩類とは著しく物性を異にしており、比抵抗値で約1/30倍、P F E 値で約20倍、密度で約 2.2倍、帯磁率で 250倍の値を有することが判明した。

### (2) 見掛比抵抗及び周波数効果の測定値

各測線の見掛比抵抗値 (AR) と周波数効果 (P F E) を Tab. 5, Tab. 6 に示す。測定値の平均的な値は、およそ次のとおりである (Fig. 20, Fig. 21)。

地 区		A R 値 ( $\Omega m$ )	P F E 値 (%)
東部地区	浅 部	20~40	0.5~1
	深 部	40~150	1~2
西部地区	浅 部	120~130	2~3
	深 部	120~280	3~4

東部地区と西部地区では、上に示すとおり、AR値とPFE値に、著しい差異があることが判明した。

- ① AR値及びPFE値とも、西部地区が東部地区に比べて高い値を示す。これは地質状況と岩質分布に差異があることを示している。
- ② 東部地区では、浅部が低AR、低PFEを示し、PFE値は深部へ向いやや増大傾向があり、AR値は深部で明らかに増大している。このような物性分布は、地表部の被覆岩層と下部の基盤岩類の分布に対応している。
- ③ 西部地区では、高AR、低PFEを示し、AR値は浅部と深部で大きな差異はなく、PFE値は深部へ向いやや増大の傾向がある。これは本地区では、基盤岩類が地表部に露出していること、基盤岩類が鉱化作用を蒙っていることなどを意味している。

### (3) モデル構造のシミュレーション

高PFE値・低AR値が測定された測線について、2次元有限要素法によるシミュレーションを実施した。その結果次のような解析値が得られた。

地区	測線名	深度 (m)	比抵抗 ( $\Omega m$ )	PFE (%)
Hajar 地区	HJ-1	-200	12	20
	E-14	-200	12	20
Lamrah地区	LM-2	-200	10	15
	E-2	-100	15	5
Frizem地区	W-1	-100	20	10
	FZ-1	-200	20	25
	W-2	-100	20	10
	W-3	-100	20	10
	FZ-2	-200	50	20

#### (4) IP異常帯の抽出

地質構造、鉱徴及び地化学異常帯の分布、磁気異常との関連などを考慮して抽出された鉱床賦存の可能性を有するIP異常帯は次のとおりである。

地区	測定値		解析値		磁気異常	地質構造
	PFE (%)	AR ( $\Omega$ m)	PFE (%)	$\rho$ ( $\Omega$ m)		
Hajar南西地区	3~4	30~50	20	12	中	Hajar鉱床の南西延長部
Lamrah地区	3~5	20~40	5~15	15~20	弱	Hajar層準の西方延長部
Frizem地区	5~6	20~40	10~25	10~20	強	Frizem西部鉱化帯の下部延長

#### 2-3 重力法

CSAMT法により、低比抵抗異常帯が集中する地区として抽出されたLamrah-Okhribane地区、面積40km<sup>2</sup>に対し、第2年次調査として、IP探査と平行して、重力探査745点を実施した。

本地域の岩石試料の密度測定結果は次のとおりであり、Hajar鉱床の鉱石の密度値は、バックグラウンドの密度値と比べ十分な差異があるので、Hajarタイプの鉱床が賦存すれば高重力異常を示すはずである。

第四紀層	: 2.21~2.28
基盤岩類	: 2.70~2.71
Hajarの鉱石	: 4.25~4.27

重力探査の結果、Hajar地区、Okhribane地区、Akhljij地区、Amzourh地区が0.5mg以上の高重力異常域として把握された (Fig. 22)。これらの高重力異常域は、主として基盤岩類の露出域、被覆層が浅い部分、又は基盤の隆起部を示すと解釈され、Hajar鉱床に匹敵する鉱床の存在を必ずしも指示するものではないが、比較的浅所に鉱床賦存の可能性を示すものと考察された。



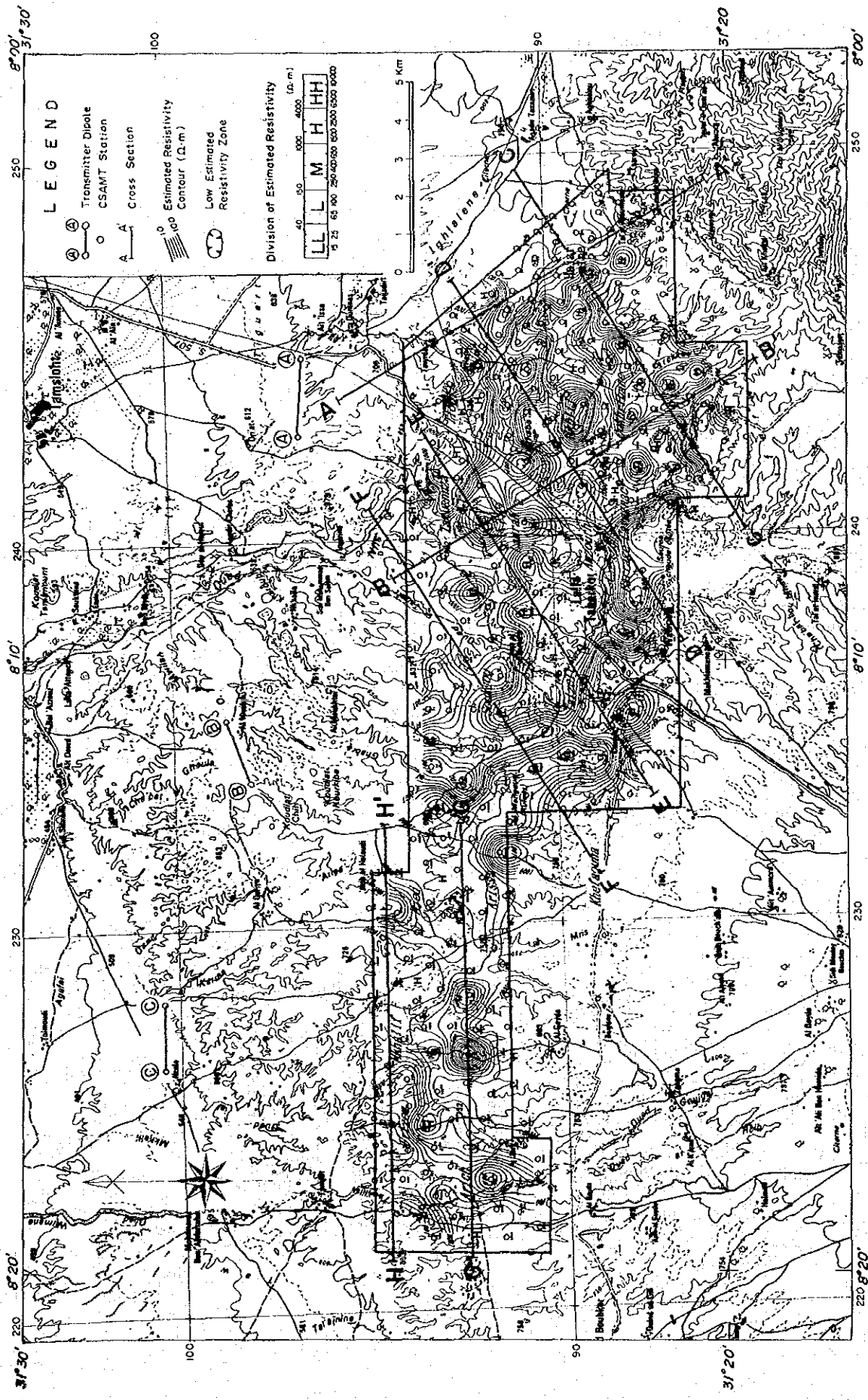
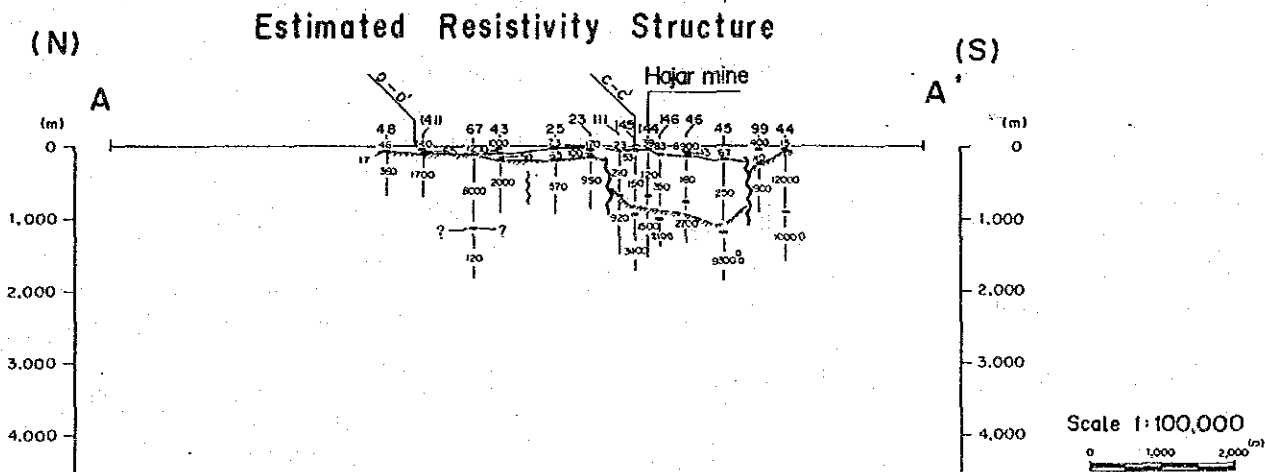
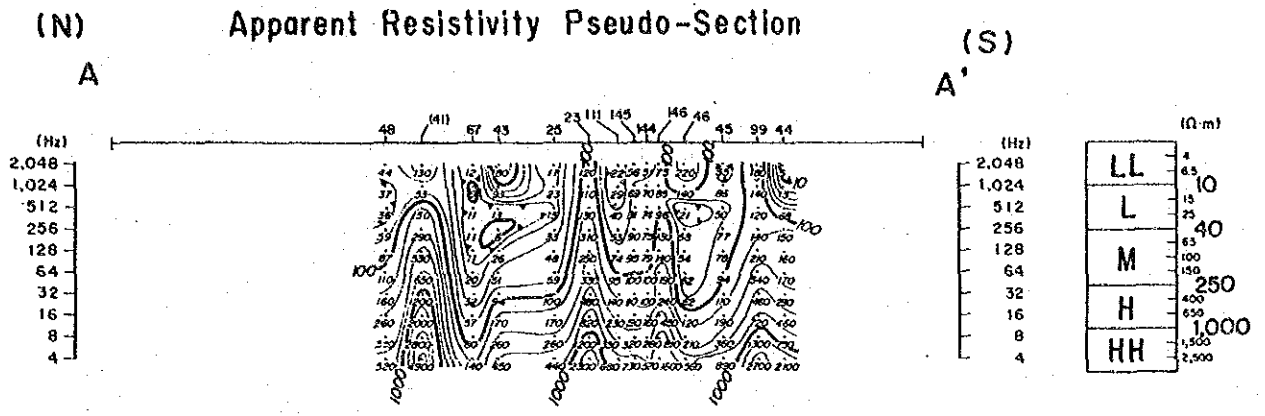


Fig. 17 Resistivity Structure Deduced by CSAMT Method (100m Depth)

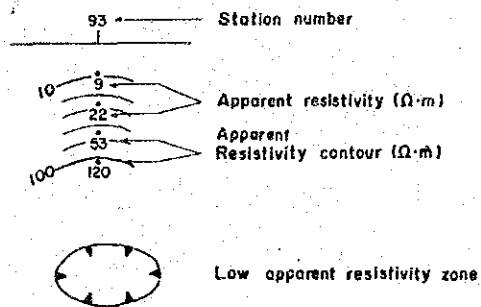




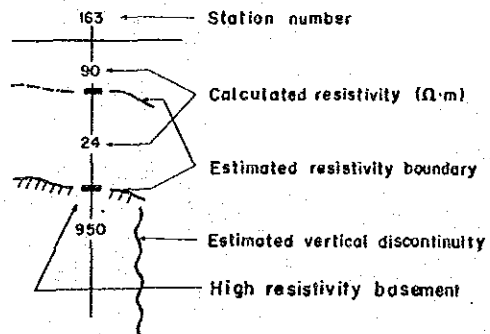


**LEGEND**

**Apparent Resistivity Pseudo-Section**



**Estimated Resistivity Structure**



**Fig. 18 Resistivity Structure Deduced by CSAMT Method (A-A' Section)**



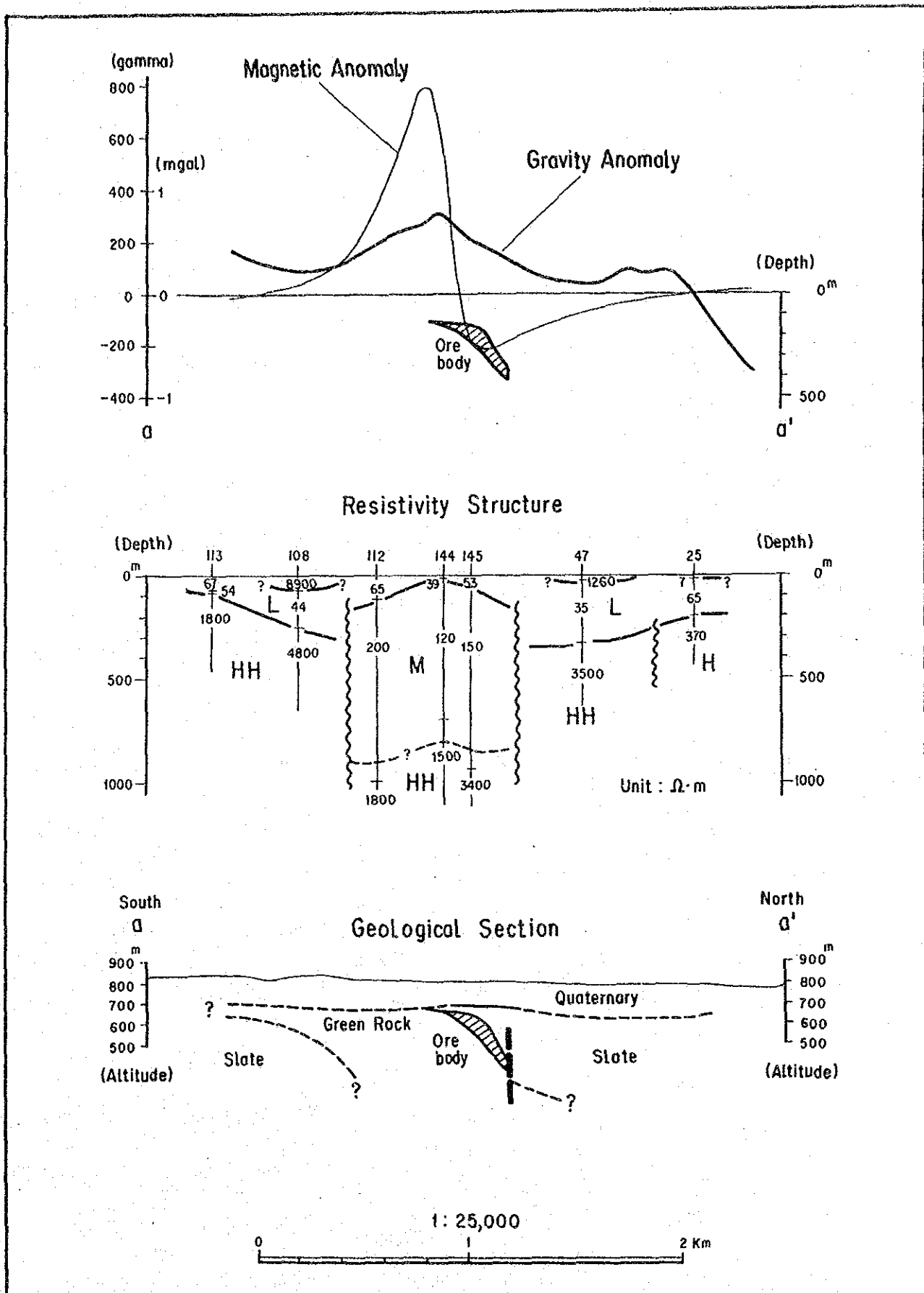


Fig. 19 Relation of Geophysical Survey Results by Different Methods over the Hair Mine



Tab.4 Measured Values of Rock Property

Sample No.	Location & Depth	Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )	P.F.E (%)	Rock Name
1	MWH-1 101 m	1.400	2.6	Pelitic Schist Intc.Silts.
2	" " 201 m	230	5.6	Pelitic Schist (Py Diss.)
3	" " 255 m	550	1.0	Pelitic Schist
4	" " 301 m	2.200	4.3	Pelitic Schist Intc.Silts.
5	" " 400 m	670	2.3	Pelitic Schist
6	MWH-2 141 m	98	17.4	Py-Po Network Ore
7	" " 183 m	1.700	0.3	Psammitic Schist
8	" " 220 m	920	1.2	Pelitic Schist
9	" " 247 m	300	11.4	Py Network Ore
10	" " 317 m	1.200	0.9	Pelitic Schist
11	MWH-3 92 m	110	0.9	Pelitic Schist
12	" " 126 m	12	12.0	Py-Po Massive Ore
13	" " 141 m	100	5.8	Py Veinlet Ore
Mean		360	2.8	

No.	Formation	Rock Name	Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )		P.F.E (%)	Density (g/cc)		Susceptibility ( $10^{-3}$ egs/emu)	
			mean	max		mean	max	mean	max
1	Quaternary	Sand	61		2.3	2.27		3	
2		"	53		1.7	2.30		2	
3		"	27	73	2.1	2.16	2.21	-	
4		"	89		0.9	2.44		-	
5		Tuff	150		0.3	2.01		-	
6		"	76		0.8	1.86		-	
7		Hud	120		1.3	2.48		-	
8	Permian	Hudstone	240	330	1.9	2.70		2	
9		"	480		1.5	2.73		3	
10		Siltstone	1000	880	0.2	2.68		2	
11		"	780		0.9	2.87		2	
12		Carbonatic Schist	710		0.7	2.71		-	
13		"	550		0.2	2.73		2	
14		"	520		1.4	2.87		2	
15		"	670		0.2	2.78		2	
16		"	850		0.1	2.64		-	
17		"	480		4.3	2.76	2.70	3	
18		Pelitic Schist	500	520	0.6	2.70		2	
19	Carboniferous	"	420		0.2	2.79		3	
20		"	290		0.6	2.65		2	
21		"	510		0.9	2.74		3	
22		Dacite	230		1.1	2.73		2	
23		"	700	340	3.0	2.70		1	
24		"	250		2.1	2.81		3	
25		Quartz vein	1100		1.5	2.81		1	
26		Pb-Zn-Pyrr. ore	"	21	25.5	4.32	4.32	360	
27			"	15	15.4	4.49	4.49	500	
28			"	14	18.7	4.34	4.34	1300	
29	"		71	11.9	3.95	3.95	480		
30	Hajar mine		23	18	15.4	4.25	4.25	580	
31	"	35		8.5	3.74		-		
32	"	17		13.2	4.56		-		
33	"	20		19.8	4.83		-		
Mean			150		1.7	2.89	5		

\* mean ... Geometrical Average



Tab.5 Mean Values of Apparent Resistivity

(Phase II)

Line	Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )					Standard			
	n-1	n-2	n-3	n-4	n-5	Ave.	Min.	Max.	Dev. $\sigma$ .
HJ-1	40	41	45	57	58	50	160	19	27
2	57	61	68	85	95	72	180	27	37
TF-1	36	50	66	76	90	61	230	15	45
2	30	45	57	76	98	58	220	20	38
3	24	28	37	45	55	37	99	17	15
AK-1	60	92	130	160	200	130	960	28	130
2	39	46	64	89	80	58	150	22	35
LH-1	30	39	50	58	61	46	99	22	19
2	40	58	71	88	86	67	260	19	49
3	26	34	43	49	56	41	91	14	19
4	17	23	32	40	47	30	61	11	13
PZ-1	120	130	110	110	130	120	380	24	74
2	190	250	270	290	280	250	980	48	180
Ave.	55	69	80	92	100	78			

Tab.6 Mean Values of PFE

(Phase II)

Line	PFE (%)					Standard			
	n-1	n-2	n-3	n-4	n-5	Ave.	Min.	Max.	Dev. $\sigma$ .
HJ-1	2.0	2.0	2.4	2.9	3.4	2.5	0.8	0.8	1.4
2	1.4	1.4	1.4	1.7	1.7	1.5	2.6	0.8	0.3
TF-1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	1.5	2.4	0.6	0.4
2	1.1	1.4	1.5	1.6	1.7	1.4	2.8	0.3	0.5
3	1.1	1.3	1.3	1.4	1.8	1.4	2.3	0.6	0.5
AK-1	1.3	1.4	1.5	1.5	1.7	1.5	3.3	0.0	0.3
2	1.4	1.5	1.6	1.6	1.8	1.5	2.5	0.6	0.5
LH-1	1.7	1.7	2.0	2.2	2.8	2.0	3.4	1.3	0.5
2	1.6	1.7	2.2	2.5	2.4	2.0	4.0	0.9	0.7
3	1.2	1.4	1.5	1.7	2.0	1.5	3.0	0.7	0.5
4	1.0	1.2	1.5	1.6	1.7	1.4	2.8	0.4	0.4
PZ-1	2.7	3.4	2.9	4.4	4.3	3.7	6.0	1.3	1.0
2	2.0	2.2	2.3	2.6	2.9	2.4	5.0	0.8	1.0
Ave.	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	1.9			

(Phase III)

(Phase III)

Line	Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )					Standard			
	n-1	n-2	n-3	n-4	n-5	Ave.	Min.	Max.	Dev. $\sigma$ .
E-1	28	37	47	58	79	47	130	17	26
E-2	35	50	61	71	69	56	180	14	32
E-3	32	43	56	69	93	57	310	20	44
E-4	30	41	50	63	75	51	110	21	18
E-5	53	74	94	100	130	90	210	22	49
E-6	64	100	120	120	140	110	310	22	80
E-7	120	140	160	160	160	150	340	20	83
E-8	58	110	120	140	160	120	250	10	68
E-9	28	47	64	81	100	63	230	18	37
E-10	19	30	43	56	71	42	94	14	19
E-11	25	40	53	62	71	49	110	18	20
E-12	23	31	40	54	61	41	110	13	16
E-13	25	34	45	58	60	42	93	17	17
E-14	33	40	43	45	46	41	78	22	11
Y-1	120	130	120	120	120	120	280	20	61
Y-2	110	120	140	160	180	140	490	32	88
Y-3	130	180	210	230	230	190	700	32	150
Ave.	55	73	86	96	110	83			

(Phase III)

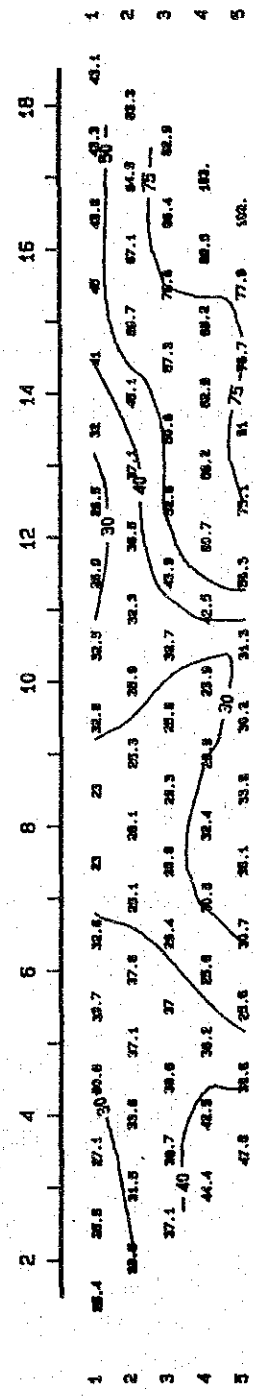
(Phase III)

Line	PFE (%)					Standard			
	n-1	n-2	n-3	n-4	n-5	Ave.	Min.	Max.	Dev. $\sigma$ .
E-1	0.7	1.0	1.2	1.7	2.2	1.3	3.0	0.4	0.6
E-2	1.2	1.7	2.2	2.7	3.7	2.2	5.1	0.3	1.0
E-3	1.1	1.3	1.7	2.1	2.6	1.7	4.2	0.6	0.7
E-4	0.9	0.8	1.0	1.3	1.6	1.1	2.1	0.4	0.4
E-5	0.8	1.2	1.3	1.5	1.9	1.3	2.5	0.3	0.5
E-6	0.7	0.9	1.0	1.4	1.6	1.1	2.6	0.4	0.5
E-7	1.0	1.2	1.6	1.8	1.9	1.5	3.1	0.9	0.9
E-8	1.0	1.1	1.3	1.5	2.2	1.4	3.1	0.0	0.3
E-9	0.5	0.7	0.6	0.9	1.2	0.8	2.0	0.1	0.4
E-10	0.5	0.5	0.6	0.8	1.0	0.7	1.5	0.2	0.3
E-11	0.6	0.7	0.8	1.1	1.2	0.9	2.0	0.3	0.4
E-12	0.6	0.8	0.9	1.1	1.3	0.9	2.2	0.3	0.4
E-13	0.9	1.1	1.3	1.6	2.0	1.4	2.7	0.5	0.5
E-14	0.8	1.0	1.4	2.3	2.8	1.6	4.2	0.2	0.9
Y-1	2.6	3.5	3.9	4.2	4.6	3.7	6.6	1.5	1.0
Y-2	2.1	2.9	3.1	3.4	3.8	3.0	5.4	0.2	1.3
Y-3	2.2	2.5	2.8	3.1	3.2	2.8	5.5	0.0	1.3
Ave.	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	1.6			

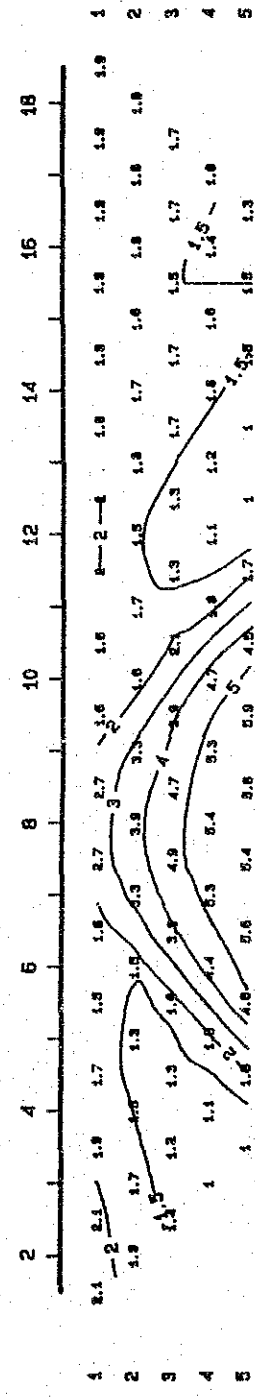




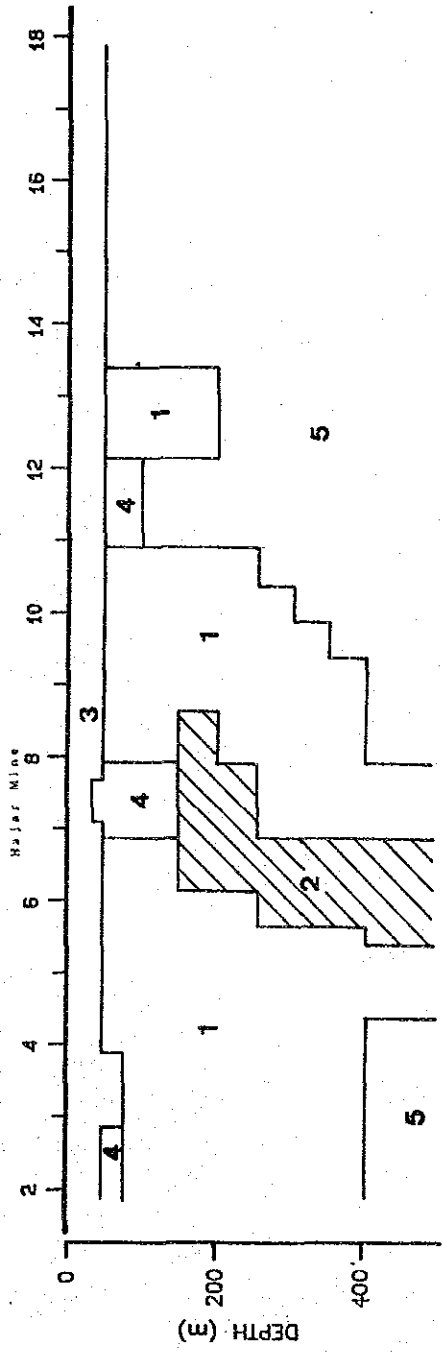
APPARENT RESISTIVITY (ohm-m)



FREQUENCY EFFECT (%)



2-D MODEL SECTION

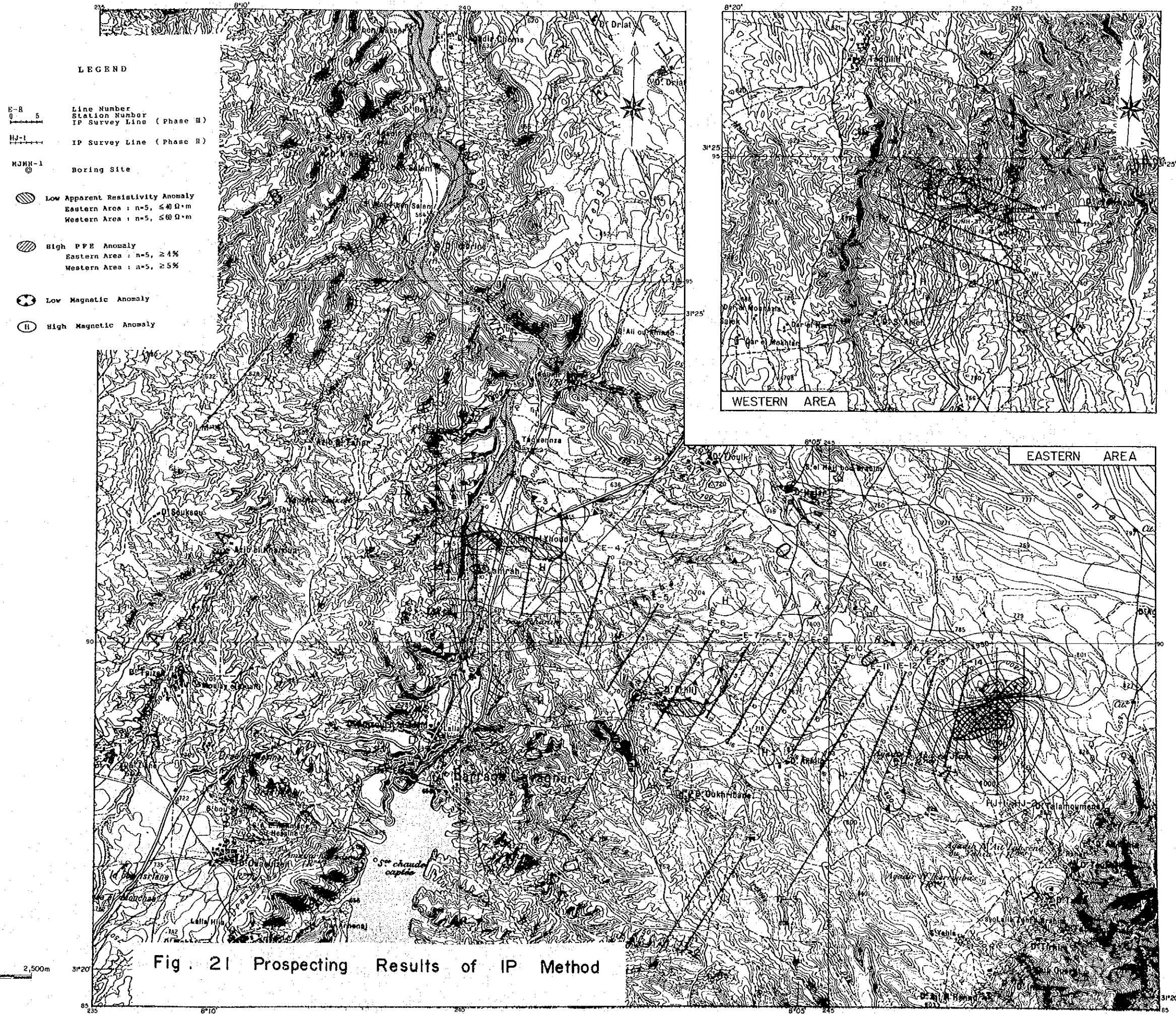


DIPOLE LENGTH: 100 m

Fig. 20 Results of IP Modeling (Line HJ-1)

SCALE = 1: 10000







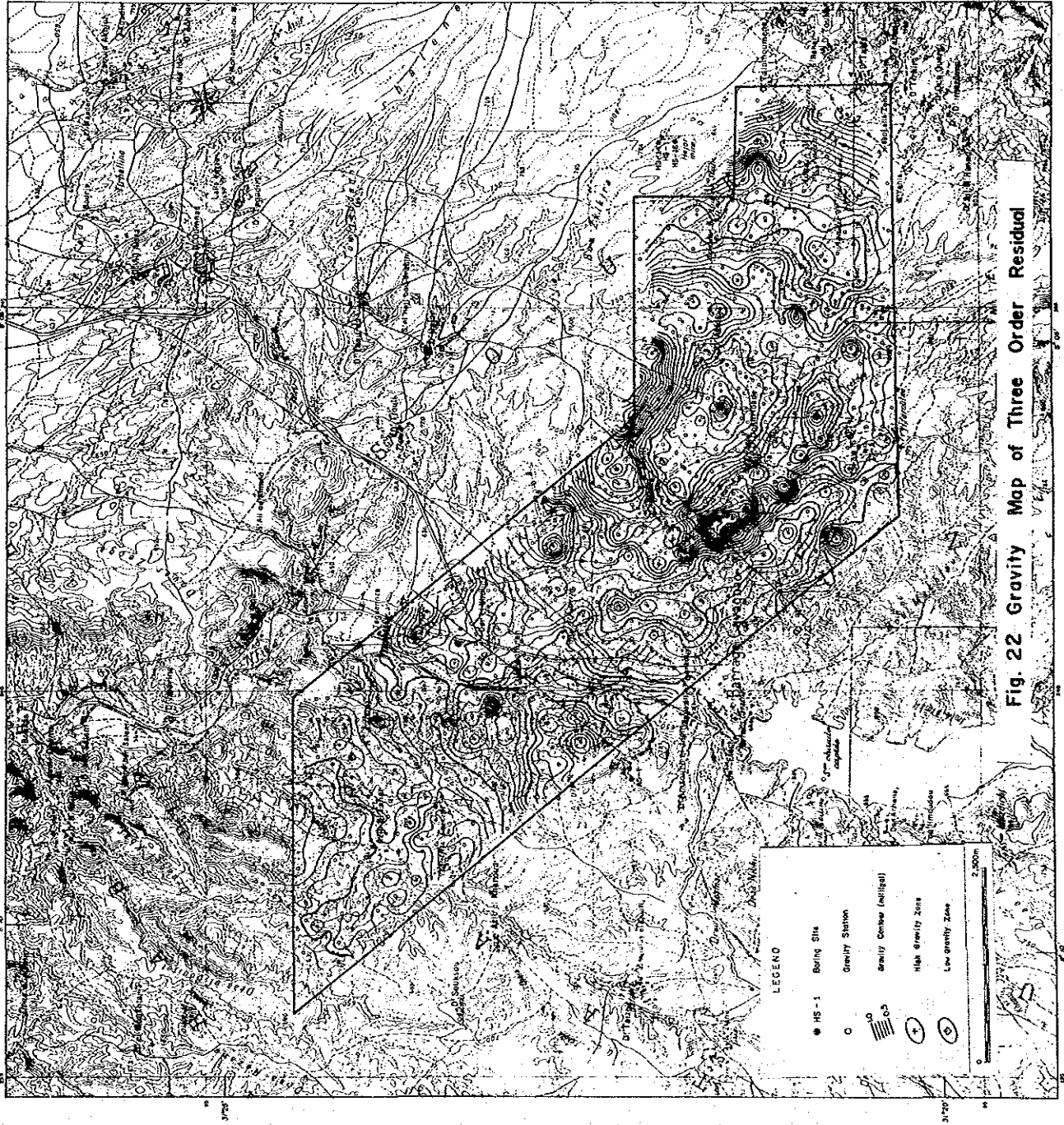


Fig. 22 Gravity Map of Three Order Residual



### 第3章 ボーリング調査

IP異常及び磁気異常が認められ、鉱床の賦存が有望視されたLamrah地区及びFrizem地区で、第3年次調査としてボーリング調査を実施した。調査量は400m×4本、総掘進長1,600mである。

#### (1) 東部地区

伏在IP異常帯(PFE=3~5%)及び低比抵抗異常帯(AR=20~40Ωm)が捕捉されたLamrah地区でボーリング調査MJMH-1、深度400mを実施した(Fig. 23)。

ボーリング調査の結果は、34mで基盤岩に着岩し、主として粘板岩-シルト岩互層が連続した。本互層中に広範囲に黄鉄鉱の鉱染が認められたほか、346m-353mの7m間に鉛・亜鉛の細脈を認め、本互層が顕著な鉱化作用を伴うことが確認された。

本互層は、Hajar層準の一部(Has)に対比される。

鉱化細脈4本の平均品位は、脈幅平均15cmで、Ag 8 g/t、Cu 0.05%、Pb 6.39%、Zn 6.91%である(Fig. 26)。

#### (2) 西部地区

西部地区(Frizem地区)のFrizem西部鉱化帯は、流紋岩・同質火砕岩の下位に位置している。

Frizem西部鉱化帯及びその東方下部延長部は、広範囲に伏在IP異常帯(PFE=5~6%)、低比抵抗異常帯(AR=20~40Ωm)及び磁気異常帯を形成している。これらの異常帯に対して、3箇所ではボーリング調査MJMH-2、MJMH-3、MJMH-4、合計3本、深度各400m、総掘進長1,200mを実施した(Fig. 24, Fig. 25)。

ボーリング調査の結果は、いずれも主として千枚岩-シルト岩互層より成り、広範囲に銅・鉛・亜鉛の鉱化作用を認めた。鉱石部は脈状、細脈状、網状及び鉱染状で母岩と漸移関係を示す(Fig. 27, Fig. 28)。

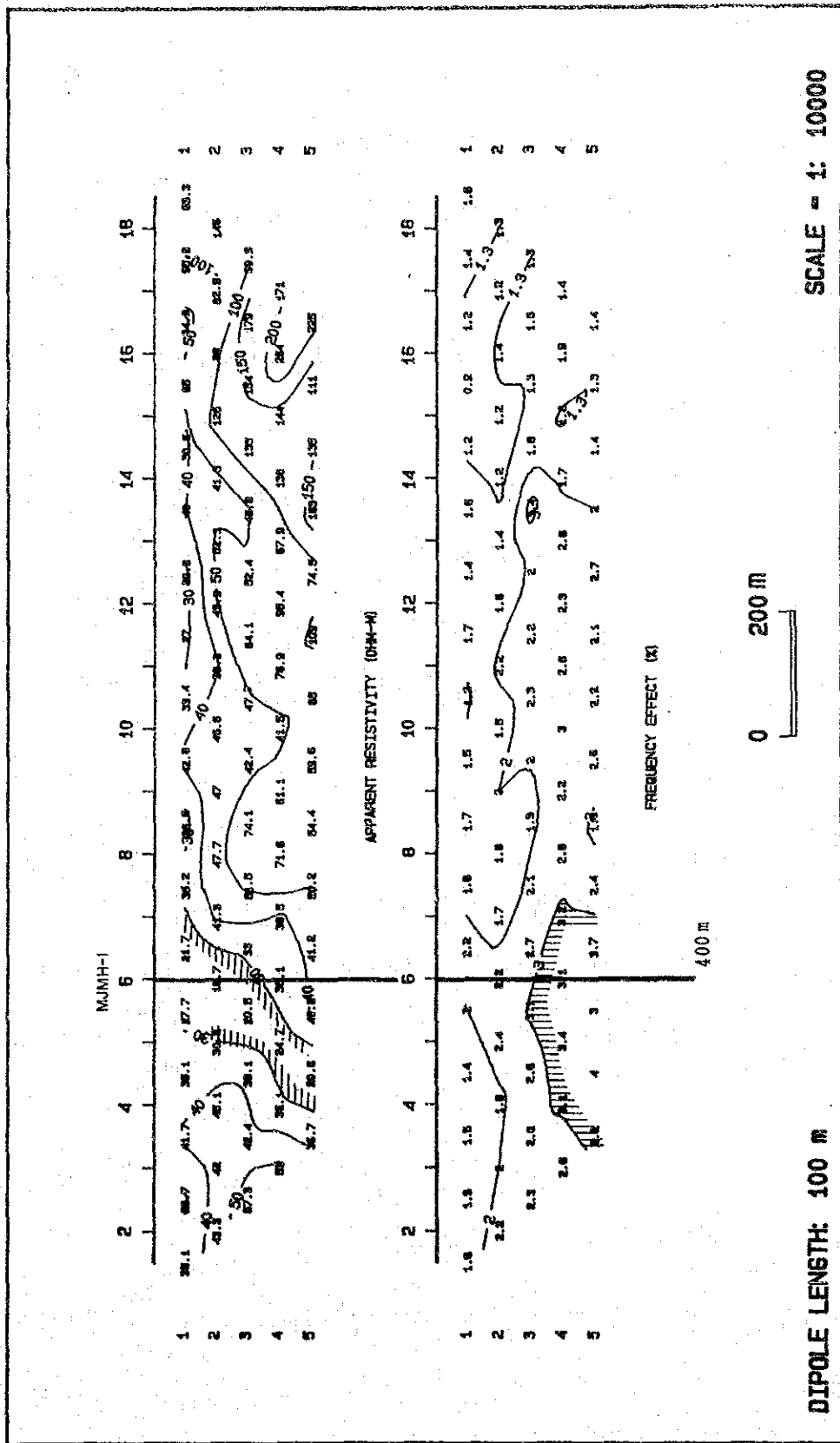
鉱石鉱物は、主として黄銅鉱・方鉛鉱・閃亜鉛鉱・磁硫鉄鉱・黄鉄鉱である。脈石鉱物は石英・方解石・ドロマイト・菱鉄鉱である。

本互層中のシルト岩は、その鉱物組成と組織からみて凝灰岩起源であると推定される。本互層は流紋岩・同質火砕岩下位の泥質片岩(Ips)の最上部に対比され、本互層はFrizem地区における主要な鉱化層準を構成していることが明らかとなった。

主要鉱石部の分析値は次のとおりである。

孔名	サンプル数	平均幅 (m)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
MJMH-2	4	1.2	10	0.23	0.91	1.44
MJMH-3	5	1.3	6	0.17	0.99	1.62
MJMH-4	4	0.3	8	0.11	0.88	1.82





DIPOLE LENGTH: 100 m

SCALE = 1: 10000

Fig. 23 Relation of Drilling Site and IP Survey Section (1) MJMH-I



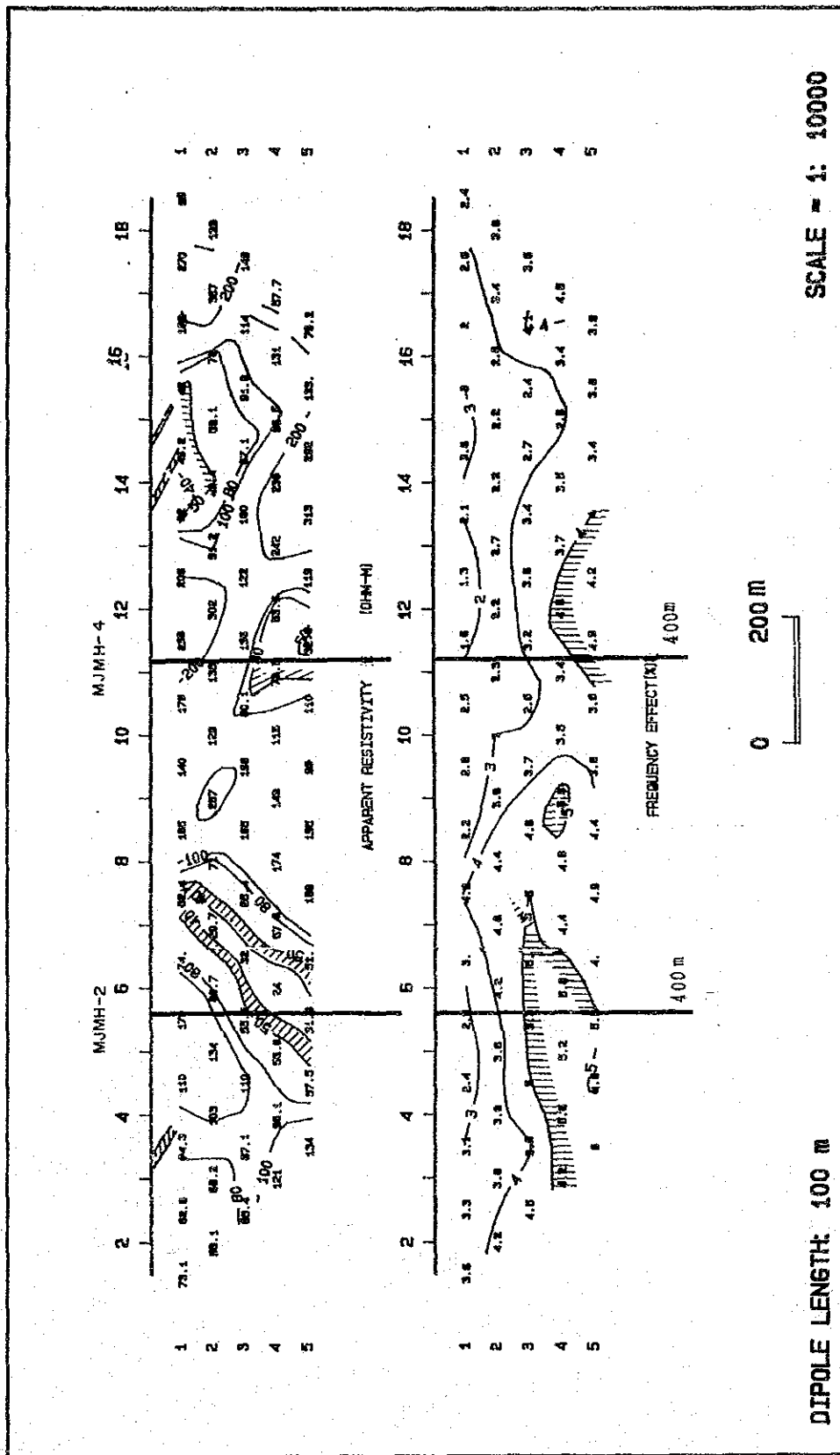
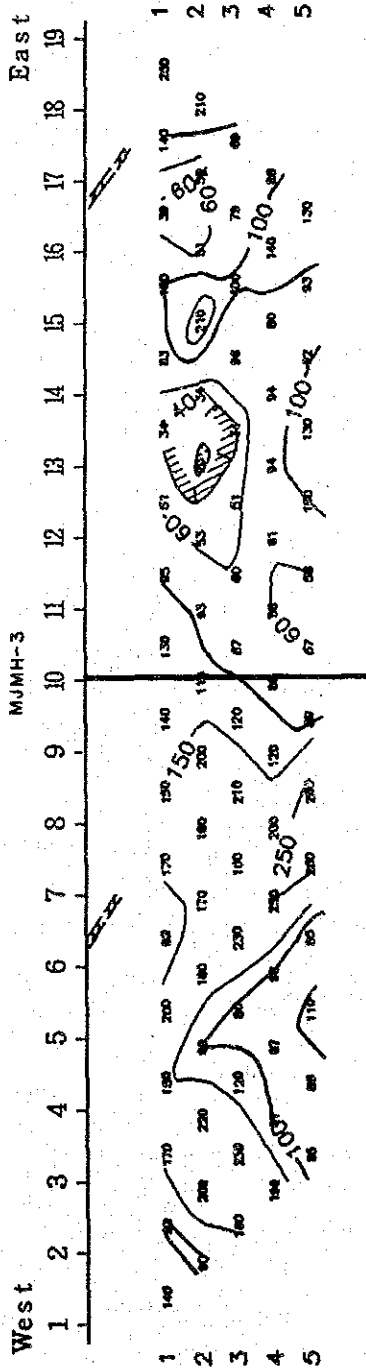


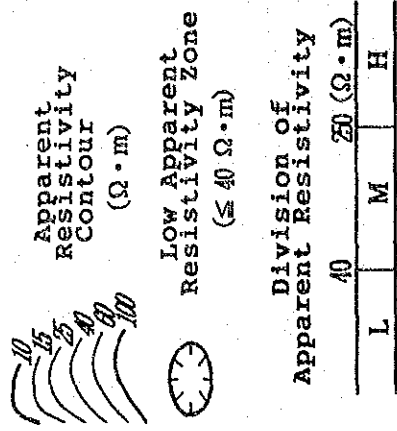
Fig. 24 Relation of Drilling Site and IP Survey Section (2) MJMH-2 and MJMH-4



# Apparent Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )



# LEGEND



# P F E (%)

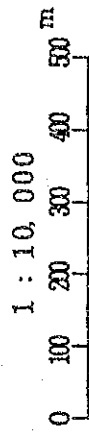
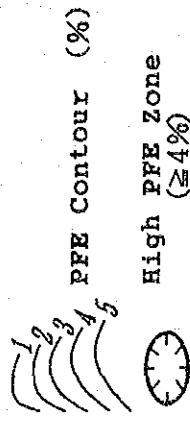
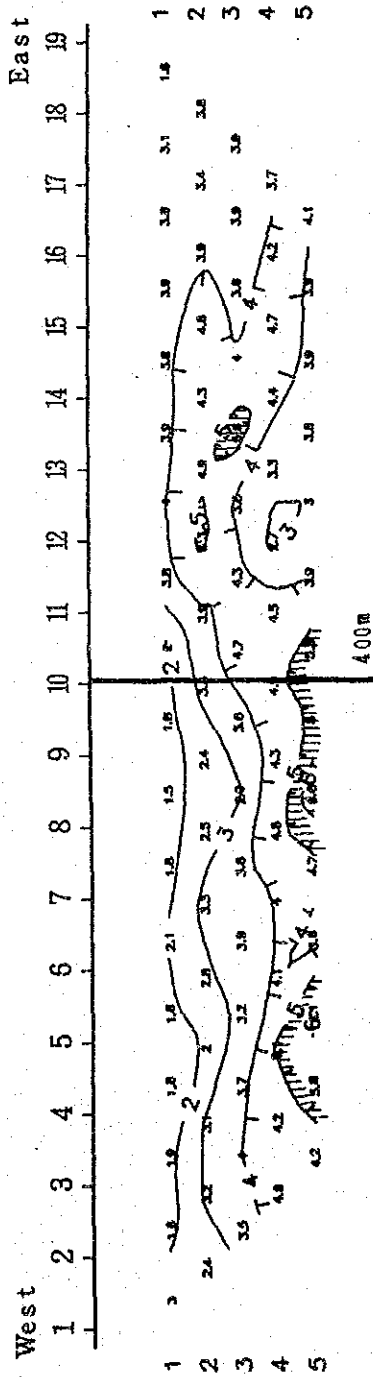


Fig. 25 Relation of Drilling Site and IP Survey Section (3) MJMH-3



Intv(m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	
1	0.2	5	0.11	6.36	0.96
2	0.2	16	0.01	0.01	7.05
3	0.1	3	0.03	6.12	16.00
4	0.1	3	0.02	9.58	9.58

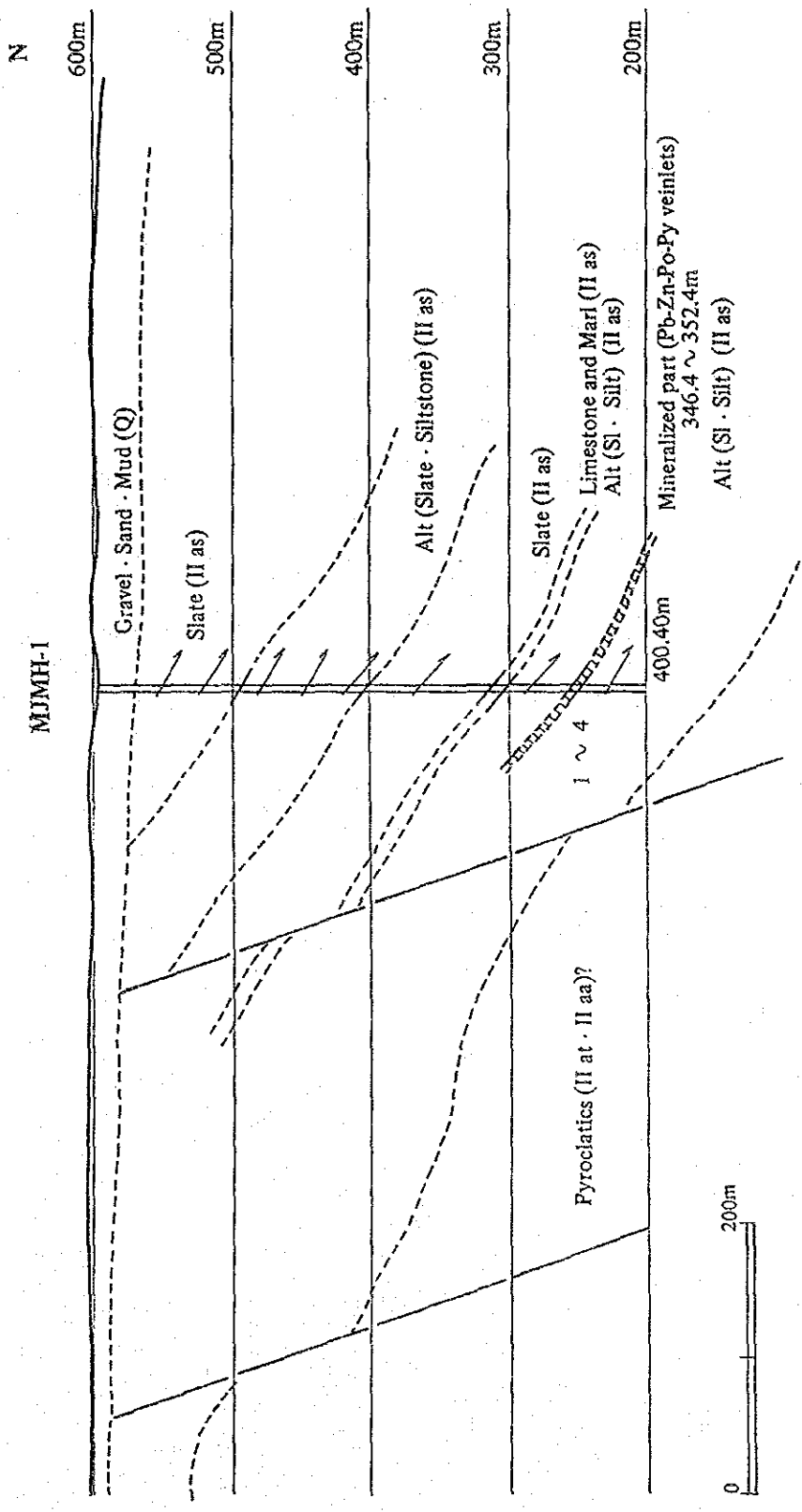


Fig. 26 Geological Section of Drilling Result (1) MJMH-1





	Intv(m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Intv(m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
1	1.3	8	0.01	2.31	1.86	6	0.6	5	0.01	1.14
2	1.0	9	1.07	0.02	0.17	7	0.2	16	0.19	0.48
3	1.6	4	0.05	0.33	1.59	8	0.1	3	0.92	0.04
4	1.0	23	0.02	0.91	1.92	9	0.4	11	0.03	0.91

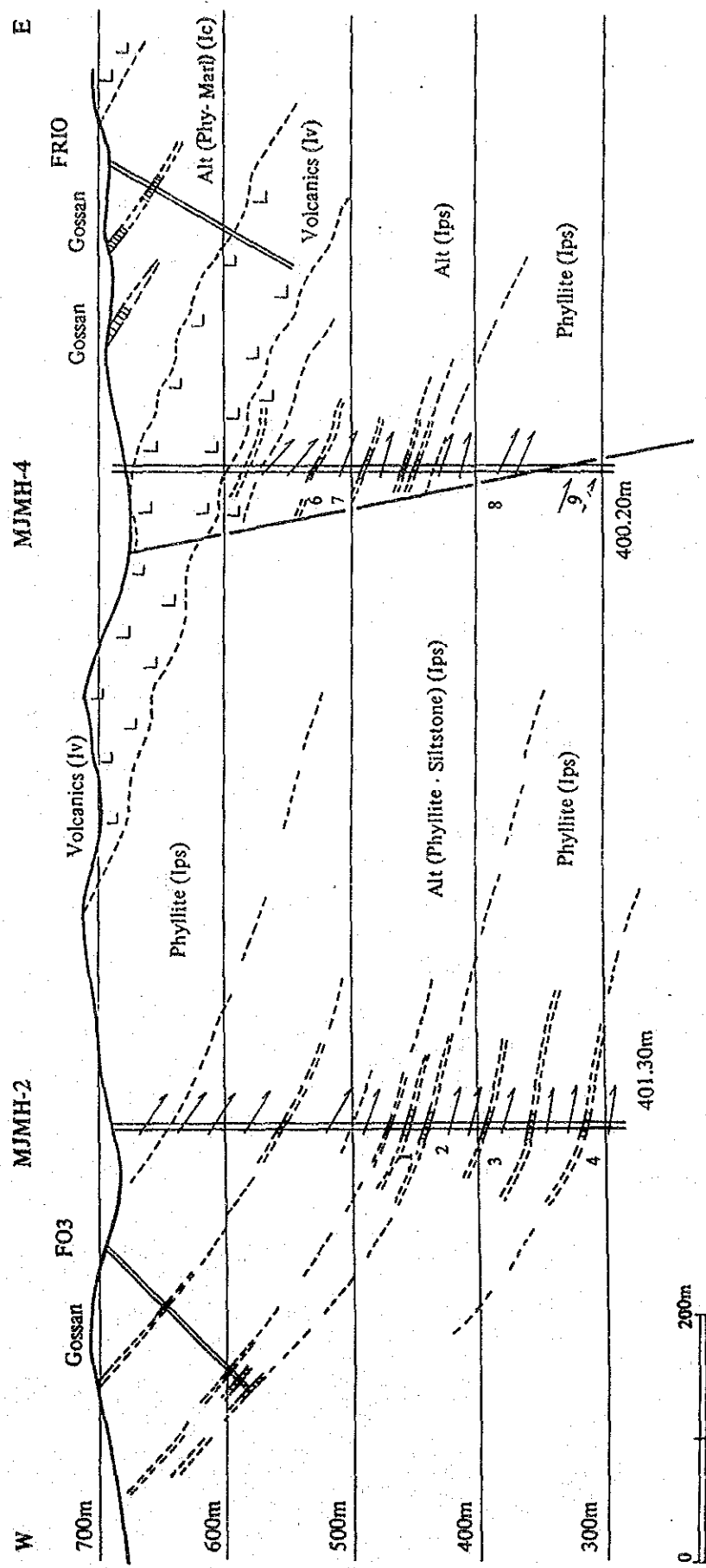


Fig. 27 Geological Section of Drilling Result (2) MJMH-2 MJMH-4



Intw(m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
1	1.0	8	0.61	0.10
2	1.0	3	0.11	0.79
3	1.9	3	0.11	0.28
4	1.3	11	0.09	3.08
5	1.3	5	0.04	0.76

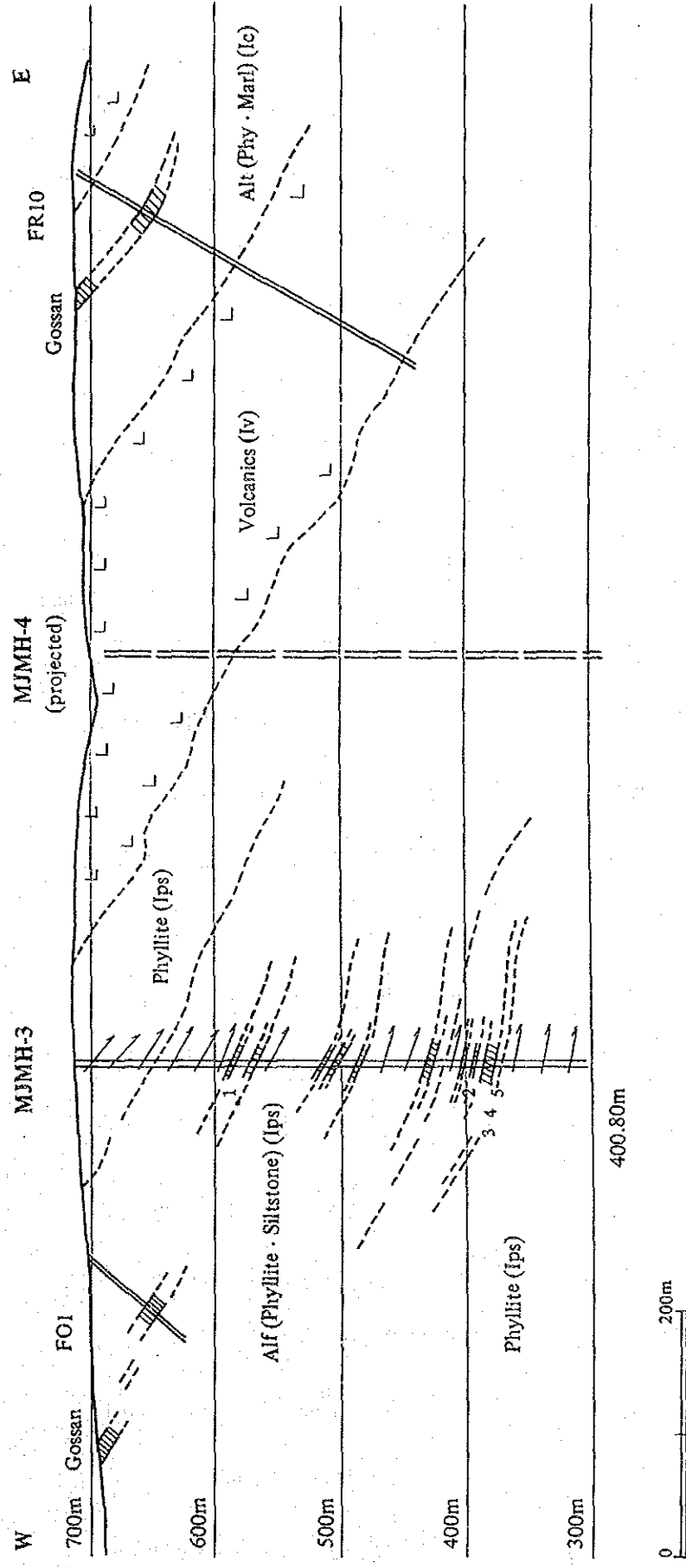


Fig. 28 Geological Section of Drilling Result (3) MJMH-3



## 第4章 総合検討

### 4-1 酸性火山岩の生成年代

Frizem地区及びHajar-Amzourh地区の酸性火山岩及び同質火砕岩は、鉍化作用と密接な関係を有する。その活動時期と鉍化作用との関係を確認するため、K-Ar法による年代測定を実施した (Tab. 7)。

岩石名	地 区	層 準	同位体年代 (Ma)
流紋岩	Frizem地区	I vv	328±16
流紋岩	Amzourh 地区	II av 2	303±15
流紋岩	Akhlij地区	II av 2	294±15
凝灰岩	Oukhribane地区	II at	297±15

上記4試料の同位体年代は、Frizem地区の流紋岩が石炭系下部に対応し、Hajar-Amzourh地区の流紋岩及び凝灰岩が石炭系上部に対応しており、化石による堆積岩の年代によく一致する (P. Huvelin (1973)によれば、本地域の片岩類は、石灰岩中にEntroquesを産するので、古生代石炭系下部～中部に対比される)。

これらの火山岩類は、いずれも片岩化作用を受け、葉片状を呈し、片状構造を有している。しかし、鏡下の観察によれば、いずれも石英の斑晶を有し絹雲母を生じているが原岩の鉍物組成及び構造は比較的よく保存されているので、変成期を通じて、加熱によるアルゴン・ガスの散逸はほとんど生じなかったと推定される。今仮に、アルゴンの散逸が起ったとすれば、同位体年代は実際より若くでるはずであり、火山岩類の生成時期は堆積岩の堆積以前ということになり、生層位学 (biostratigraphy) の結果と著しく矛盾することとなる。

年代測定結果と地質調査結果をあわせると次のように推論できる。

- ① 火山岩類の活動は、石炭期以前であり、二疊紀以後ではありえない。これは堆積岩の堆積時と一致する。
- ② 本地域の層序・地質構造の検討の結果、前後2回の火山活動の存在が推定されたが、Frizem地区の火山活動がより古く、Hajar-Amzourh地区の火山活動がより新しいことが再確認された。
- ③ 本岩は海底火山活動の産物であると類推される。本岩の活動がもたらした鉍化作用は、堆積岩と同時代である。

#### 4-2 Hajar 鉱床の特徴

Hajar 鉱床で最も開発が進んだ-235m 坑準の地質平面図を Fig. 29 (A) に示す。

片理面断層及び引摺褶曲による小規模な転位・変形を無視すれば、本坑準における全体的な層理構造は、走向 N45° W、傾斜 40° ~ 45° NE である。鉱床は生成後、N45° E 方向に略 45° 傾動しているのので、S45° W 方向に 45° 逆回転させた後、断面図を作成し (Fig. 29)、Hajar 鉱床の生成モデルを検討した。

その結果、Hajar 鉱床の形態はキノコ状であり、傘の部分が層状鉱体であり、幹の部分が網状鉱でその周辺に鉱脈が形成されていることが明らかとなった。

層状鉱体は、磁硫鉄鉱に富む幾つかの鉱層が繰返しており、層状鉱体の最上部に、銀・鉛・亜鉛が濃集し、この部分の高品位部は、Ag 200 g/t、Pb 10 %、Zn 20 % に達する。

層状鉱体の下部は、銀・鉛が減少し、比較的銅に富んでくる。網状鉱及び鉱脈は、比較的亜鉛・銅に富む黄鉄鉱・磁硫鉄鉱・石英脈である。

-235m 坑準の側壁連続坑道サンプリングの分析結果を下記に示す。

	立坑からの距離 (m)	鉱体巾 (m)	Pb (%)	Zn (%)	Cu (%)	Ag (g/t)	Fe (%)
鉱染鉱	212-222	10	4.50	8.25	0.14	112	11.5
上盤鉱体	192-212	20	9.83	19.39	0.23	209	35.3
鉱染鉱	177-192	15	1.78	3.10	0.13	29	7.8
下盤鉱体	145-177	32	2.31	8.33	0.58	36	31.9
鉱脈	121-131	10	0.15	0.08	0.53	4	8.6
鉱脈	67-73	6	0.58	4.12	0.40	6	28.8

(by BRPM, 1988)

Hajar 鉱床は、次のような特徴を有しており、黒鉱鉱床及び Noranda 型鉱床との類似点が多い (Fig. 30)。

- ① 鉱床母岩は酸性火砕岩・凝灰質岩である。
- ② 鉱床の主要部は、鉛・亜鉛に富む層状鉱体であり、その下部に比較的銅に富む網状鉱・脈状鉱が発達する。
- ③ 網状鉱・脈状鉱の周辺には、珪化・粘土化変質帯を伴う。
- ④ 鉱床上位の泥質岩は鉱化作用の影響を受けていない。

- ⑤ 黒鉱鉱床に特有な石こう鉱体は随伴しない。硫化鉄は磁硫鉄鉱を主とする。この2点でNoranda型鉱床により類似している。

#### 4-3 手法別物理探査結果の対比

本地域で実施された各種の物理探査及び地質・地化学調査により抽出された物性異常帯は次のとおりである。

地 区	磁気異常	AR値	IP異常	重力値	地化学異常	鉱 床 タ イ プ
① Hajar 鉱 床	SSS	L	SSS	M	—	塊状 (Po・Pb・Zn)
② Hajar南西地区	SS	L	SS	H	—	
③ Akhlig 地 区	W	M	W	M	—	鉱染 (Po・Zn)
④ Akhlij 地 区	W	L	W	H	—	
⑤ Lamrah 地 区	W	L	SS	M	—	
⑥ Tiferouine 地区	SSS	M	W	H	—	鉱染 (Po・Py・Mg)
⑦ Oukhribane 地区	W	M	W	H	SS	鉱染 (Py・Cu)
⑧ Amazourh 地区	SS	—	—	—	SS	脈状 (Py・Zn・Cu)
⑨ Frizem 東部地区	SSS	L	SS	—	SSS	塊状 (Py・Po・Zn・Pb)
⑩ Frizem 西部地区	SSS	L	SSS	—	SSS	

SSS = Very strong    H = high  
 SS = strong            L = low  
 W = weak                M = medium

磁気異常は主として磁硫鉄鉱・磁鉄鉱に起因し、FE異常は主として硫化物に起因すると推定される。Hajarタイプの鉱床探査には、磁気探査が最も有効であるが、磁硫鉄鉱に換って黄鉄鉱に富む鉱床の場合には、IP法調査がより有効であると考えられる。

#### 4-4 ボーリング調査結果の検討

ボーリング調査により解明された地質学的事項は次のとおりである。

##### (1) Lamrah地区

- ① ボーリング実施点における第四紀被覆層の層厚は34mに達する。
- ② 基盤岩は、主として粘板岩-シルト岩互層より成る。シルト岩は粘板岩と細互層しており、凝灰岩起源であると推定される。本互層は鉍化層準であるHajar層準の一部に対比される。
- ③ 本互層は全体的に細粒黄鉄鉍を鉍染しており、一部で鉛・亜鉛細脈を認めた。ただし小規模であった。
- ④ 本互層中の鉍化作用は、火山活動最末期のもので、堆積性塊状鉍体の周縁相を示すと推察される。

##### (2) Frizen西部地区

- ① 本地区は主として千枚岩-シルト岩互層より成る。シルト岩は千枚岩と細互層しており、凝灰岩起源と推定される。
- ② 本互層は広範囲に鉍化作用を受けている。主要鉍石鉍物は、黄鉄鉍と磁硫鉄鉍で黄銅鉍・方鉛鉍・閃亜鉛鉍を伴う。脈石鉍物は、方解石・ドロマイト・菱鉄鉍・石英である。
- ③ 鉍石部の形態は、細脈・鉍脈・網状・鉍染状で、母岩と漸移する。細脈・鉍脈は、ほとんどの場合、母岩の片理面に平行している。鉍石部は、いずれも小規模又は低品位である。
- ④ 鉍石部の一部は、地表部の脈状ゴッサンに対応するが、片理面断層及びE-W系断層による転移のため、その連続性は単純ではない。片岩化作用による2次的な変形・変質を受けている可能性が考えられる。
- ⑤ 鉍化作用は、上位の酸性火山岩の活動に関連するものと推定され、塊状鉍床下位の縁辺部の鉍徴を示すものと推察される。



#### 4-5 ボーリング調査結果と物理探査結果の対比

Lamrah地区で1本、Frizen西部地区で3本のボーリングを実施したが、4孔とも広範囲にわたって鉱化作用の存在を確認した。しかし、捕捉された鉱石部は、いずれも小規模又は低品位の鉱染鉱、網状鉱又は脈状鉱であり、開発対象とはなり難いことが判明した。

ボーリング調査結果と物理探査データの対比を下記に示す。

孔名	岩質	深度(m)	箇所	鉱化作用			IP異常	
				タイプ	鉱石鉱物	規模(m)	品位	PFE(%)
MJMH-1	Sl-St	346~353	4	細脈	Py-Zn-Pb	0.1	Pb 6% Zn 7%	3~4 20~40
MJMH-2	Ph-St	130~380	4	網状脈	Py-Po-Zn-Cu	1.2	Pb 1% Zn 2%	5~6 30~40
MJMH-3	Ph-St	120~340	5	網状脈	Py-Po-Zn-Cu	1.3	Pb 1% Zn 2%	4~6 50~90
MJMH-4	Ph-St	150~240	4	細脈	Py-Po-Zn	0.3	Pb 1% Zn 2%	4~5 30~60

Sl: 粘板岩, St: シルト岩, Ph: 千枚岩

Py: 黄鉄鉱, Po: 磁硫鉄鉱

他方、ボーリング・コアより採取した岩石・鉱石試料の物性値は下記のとおりである。

地区	鉱種(鉱石鉱物)	サンプル数	比抵抗値( $\Omega$ m)	PFE(%)
Lamrah地区	母岩	4	1205(550~2200)	2.6(1.0~4.3)
	鉱染鉱(Py)	1	230	5.6
Frizen地区	母岩	4	983(110~1700)	0.8(0.3~1.2)
	網状鉱(Py-Po-Zn-Cu)	3	166(98~300)	11.5(5.8~17.4)
	脈状鉱(Py-Po-Cu-Zn)	1	12	12.0

( ): 分布範囲

上記の測定値より、本地区の物性値と鉱化様式に関して、次のように推論された。

- ① 黄鉄鉱鉱染鉱及び黄鉄鉱・磁硫鉄鉱網状鉱は、磁硫鉄鉱・黄鉄鉱脈状鉱及び塊状鉱に匹敵するほどの異常に高いPFE値を示すこと。
- ② Lamrah地区のIP異常帯が磁気異常帯を伴わないのは、鉱石鉱物として黄鉄鉱を主とするためであること。
- ③ Frizen西部地区の強IP異常及び強磁気異常は、黄鉄鉱・磁硫鉄鉱の網状鉱の賦存に起因するもので、比較的浅所で高品位塊状鉱床の賦存は期待し難いと考えられること。



Tab. 7 Dating Result by K-Ar method

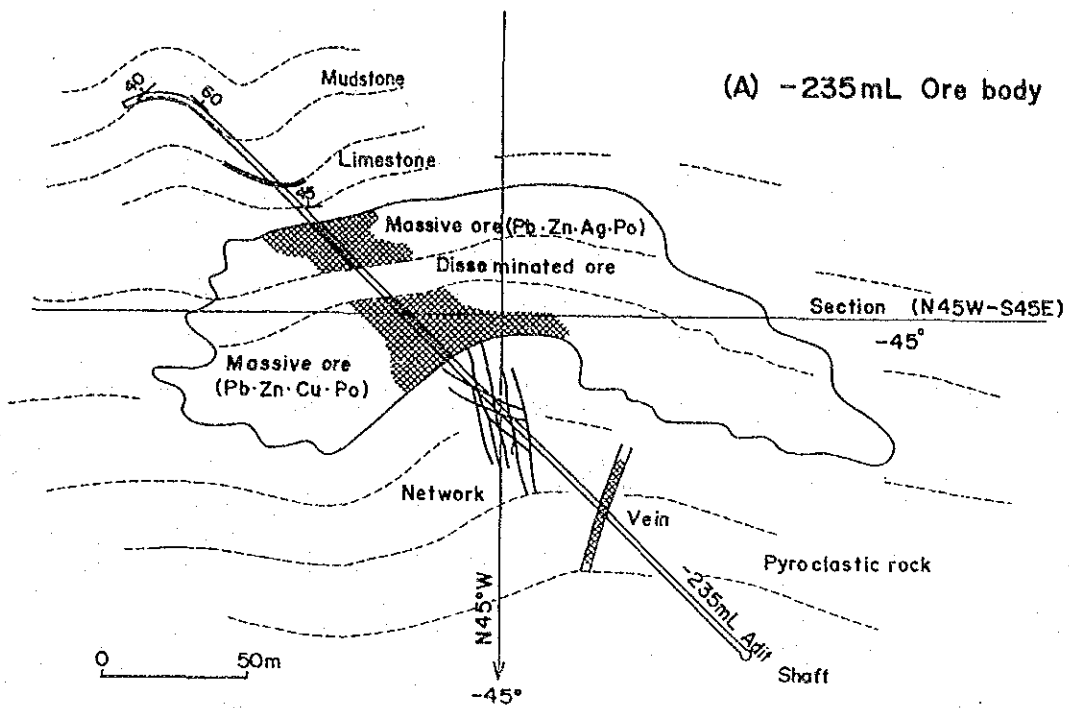
Sample No.	Rock Type (Formation)*	Area	Material Analyzed	Isotopic Age (Ma)	$^{40}\text{Ar}^*$ (scc/gm $\times 10^{-5}$ )	% $^{40}\text{Ar}^*$	%K
801	Rhyolite (Iv)	Frizem	Whole rock	328. $\pm$ 16.	3.63 3.61	97.5 98.3	2.58 2.59
802	Rhyolite (IIav2)	Amzourn	Whole rock	303. $\pm$ 15.	.858 .850	91.7 91.6	.67 .66
803	Rhyolite (IIav2)	Akhlij	Whole rock	294. $\pm$ 15.	2.80 2.99	96.5 98.0	2.33 2.33
804	Green Tuff (IIat)	Oukhribane	Whole rock	297. $\pm$ 15.	3.91 4.00	97.9 98.0	3.14 3.16

(by Teledyne Isotopes, USA)

$$T = 1804.08 \times \log_e \{ ({}^{40}\text{Ar}^* \div K \times 0.1426) + 1 \}$$

T = age in million years  
 K in weight percent natural potassium  
 $^{40}\text{Ar}^*$  in scc/gm  $\times 10^{-5}$





\* Shape of ore body was drawn using the surface drilling data

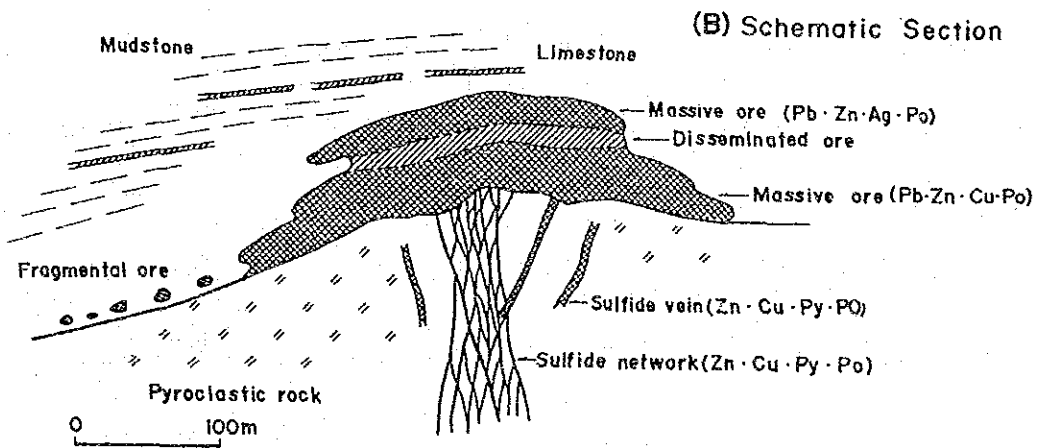
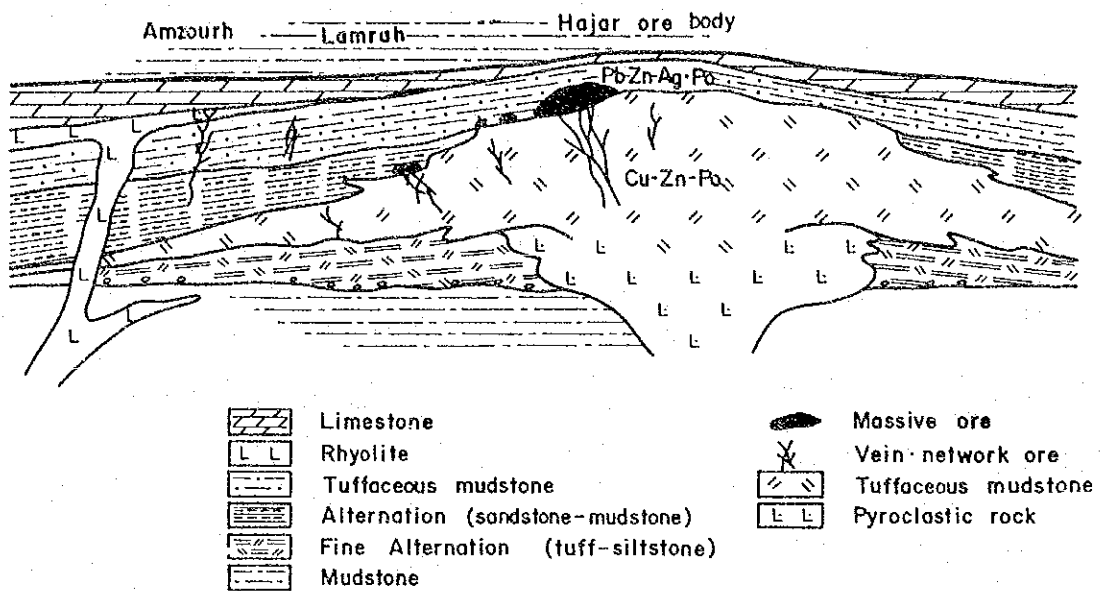


Fig 29 Genetic Model of the Hajar Ore Deposit



(A) Hajar Ore Deposit



(B) Frizem Mineralized Zone

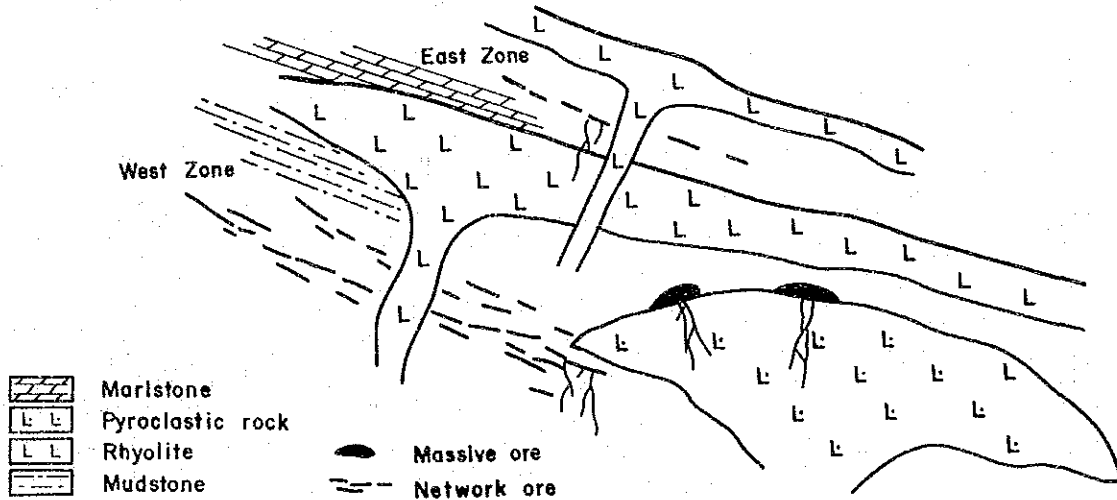


Fig. 30 Schematic Cross Section of Ore Deposit





## 第Ⅲ部 結論及び提言



## 第1章 結 論

### (1) 地質・鉱床

ハウズ平原地域の基盤岩は石炭～二畳系であり、主として泥質・泥灰質の準片岩・片岩類より成る。賦存する鉱床は、Hajar鉱床で代表される堆積性塊状硫化物鉱床である。鉱床は海底火山活動に関連して生成しており、酸性火山岩類で特徴付けられる特定の層準に賦存している。本地域では、Hajar層準とFrizem層準が、鉱床胚胎層準として重要である。

### (2) 鉱床と物性異常

Hajar鉱床は磁硫鉄鉱に富み、銀・銅・鉛・亜鉛を濃集している。鉱石の物性は、高帯磁率、低電気比抵抗、強IP異常（強周波数効果＝強PFE）、高密度を示す。Hajarタイプの鉱床探査法としては、磁気探査及びIP法探査が最も有効であると考えられる。

### (3) 異常帯の抽出

本地域で実施した一連の調査により、次の地区が、塊状硫化物鉱体が賦存する可能性を有する地区として抽出された。

地 区	測 定 値		解 析 値		磁気異常	地 質 構 造
	PFE (%)	AR ( $\Omega m$ )	PFE (%)	$\rho$ ( $\Omega m$ )		
Hajar南西地区	3～4	30～50	20	12	中	Hajar鉱床の南西延長部
Lamrah地区	3～5	20～40	5～15	15～20	弱	Hajar層準の西方延長部
Frizem地区	5～6	20～40	10～25	10～20	強	Frizem西部鉱化帯の下部延長

### (4) ボーリング調査結果

Lamrah地区及びFrizem西部地区で実施した4本のボーリング調査の結果、4孔とも、磁硫鉄鉱・黄鉄鉱とともに銅・鉛・亜鉛を濃集する鉱化帯を捕捉した。鉱石部は広範囲に分布するが、いずれも小規模又は低品位の鉱染鉱、網状鉱、脈状鉱である。これらの鉱石部は直ちに開発の対象とはなりえぬが、大規模堆積性塊状鉱床の下位及び周辺部の鉱化作用を示すものと推察される。

(5) 探査手法の評価

ボーリング・コアより採取した岩石・鉱石試料の物性値測定結果は、黄鉄鉱に富む網状鉱は磁硫鉄鉱塊状鉱と同程度の異常に高いPFE値を示している。

磁気異常は主として磁鉄鉱・磁硫鉄鉱の含有量に起因し、IP異常は主として硫化鉱物の含有量とその賦存様式に依存する。強磁気異常及び強IP異常は、鉱化帯の存在を指示するが、個々の鉱体ごとに鉱石鉱物の構成比とその含有量及び賦存様式は異なるので、必ずしも大規模・高品位塊状鉱床の存在を指示するわけではない。このため、性格の異なる複数の探査手法の組合せて行う組織的探査活動が必要である。

## 第2章 将来への提言

(1) Hajar鉱床の南西域には、弱いIP異常が認められるので、その原因を解明することが望ましい。

(2) Frizen地区では、比較的浅所で大規模・高品位塊状鉱床の賦存を期待するのは難しい。しかし、IP異常が深部へ向い強度を増す傾向が認められることから、深部では塊状鉱床が存在する可能性も考えられるので、開発の経済性を考慮した上で、研究・調査を続けることが望ましい。



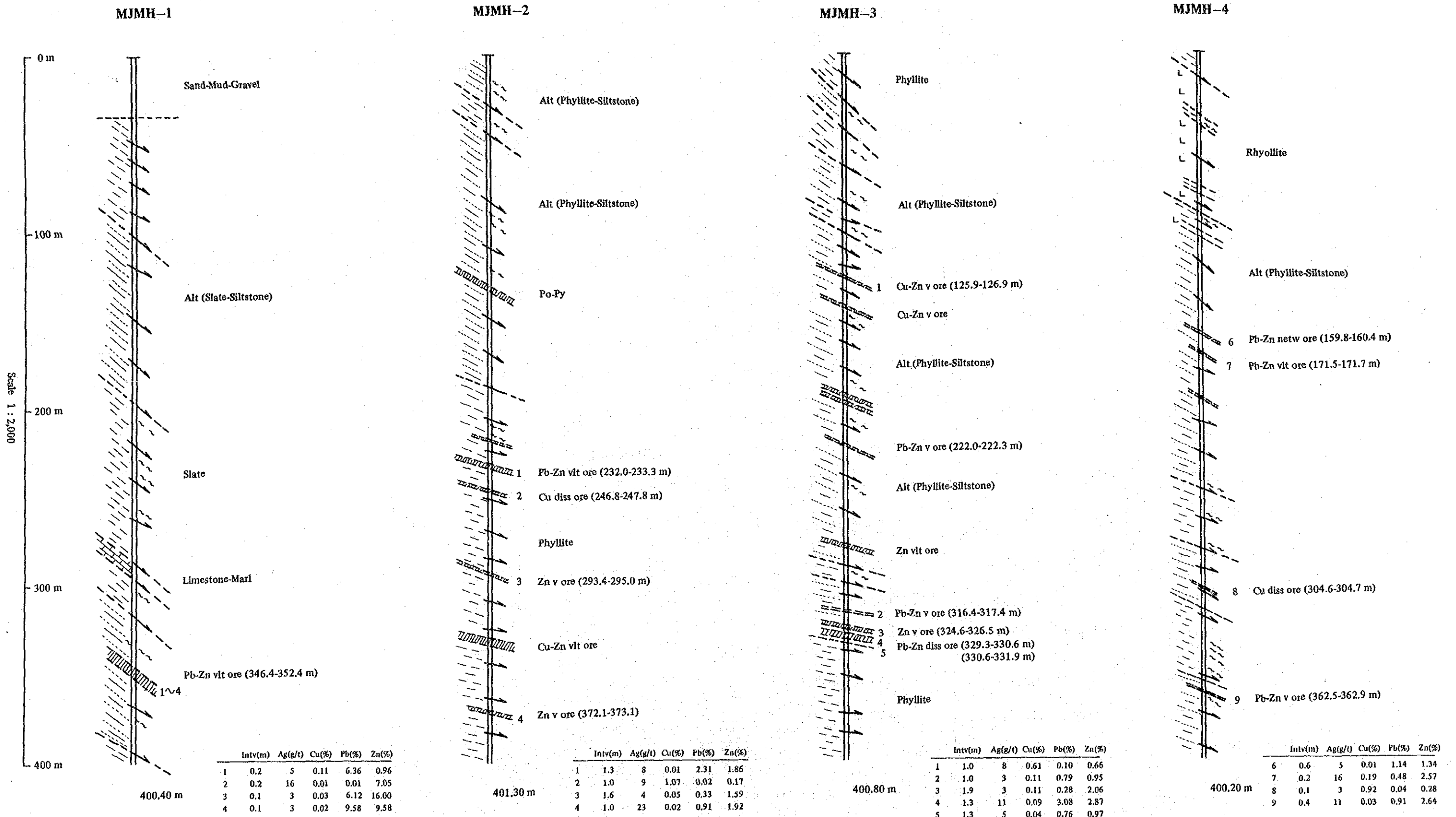








Geologic Drill Section



vlt : veinlet  
v : vein  
diss: dissemination





