

第4章 物理探査(SIP法・IP法)

4-1 調査概要

調査目的： 本地域は 第一年次の地質調査及び地化学探査によりポーフィリーカップパー型の鉱化帯が把握された地域である。物理探査(SIP 法)は第二年次より実施され、ボーリング地点を通る 2測線で測定された。その結果、各ボーリング間の鉱化帯の状況が究明された。第三年次の調査ではIP法 (6測線)とSIP法 (3測線)を併用することにより、本鉱化帯の平面的な広がり把握し、又地下深部への連続性を解明することを目的として物理探査が実施された。

調査範囲： 調査位置を 第 2 図に、調査範囲及び測線配置については 第 35 図に示す。

測線長：	二年次	SIP 法：2 測線	3.5 km
		A 測線	2.0 km, B 測線 1.5 km
	三年次	SIP 法：3 測線	6.0 km
		D, G, I 測線	各 2.0 km 各 80 測点
		IP 法：6 測線	12.0 km
		B, C, E, F, H, J 測線	各 2.0 km

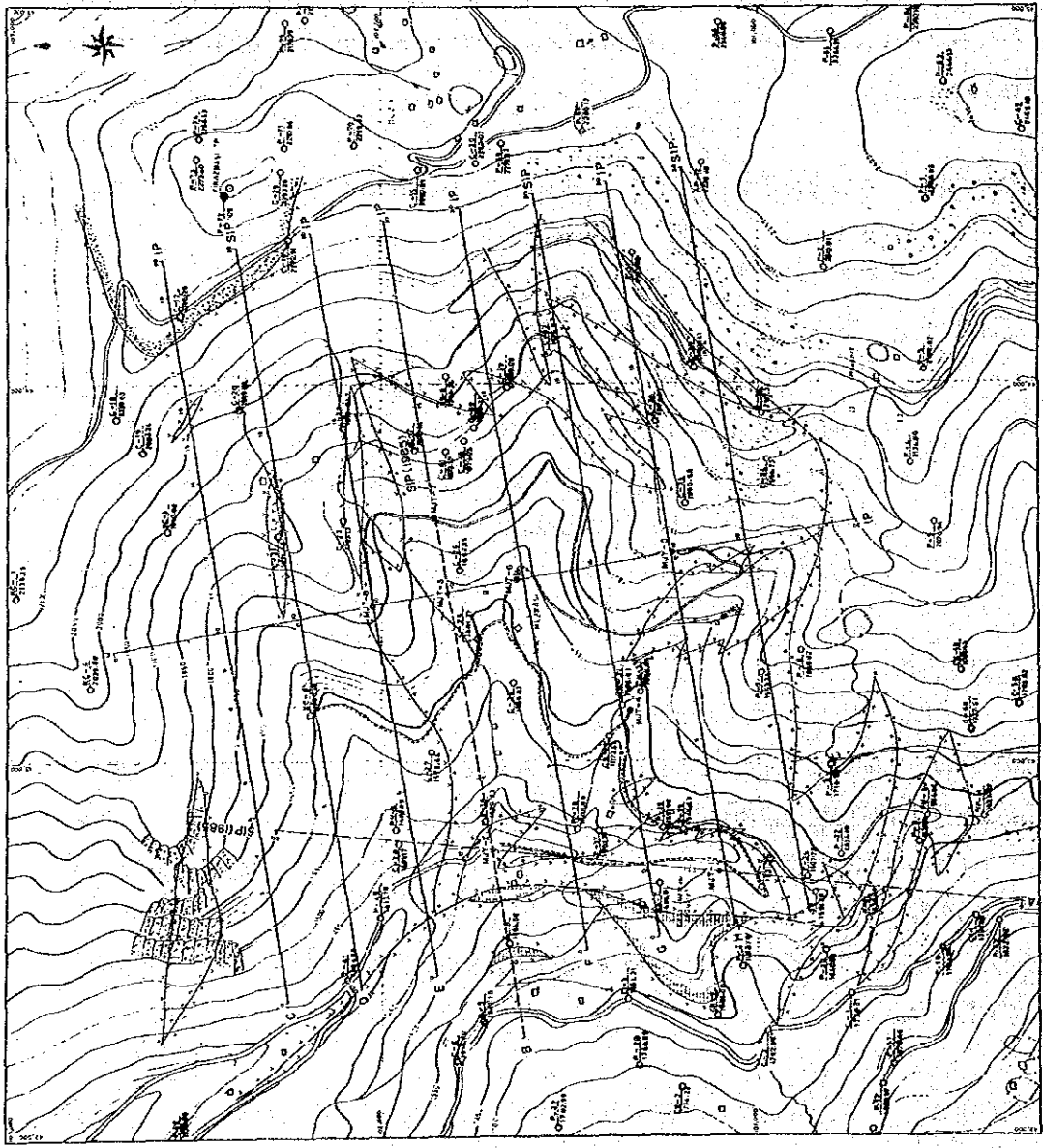
4-2 調査方法

SIP 法は、Spectral Induced Polarization Method の略称で、0.01 ~ 100Hz 間の多周波数での比抵抗変化や位相差等を測定する。このSIP 応答を解析することにより、鉱種・鉱床タイプの判別や電磁カップリングを除去しようとするものである。本調査では ゾング社(米国)の開発したハーモニックシステム(第 36 図)を使用した。

一方、IP 法は 0.125Hz 及び 1.0Hz の 2周波数を用いた周波数領域に属する通常の方法で実施した。

調査仕様： 調査に関する測定諸元は 二年次、三年次とも同じ仕様で、下記の通りである。

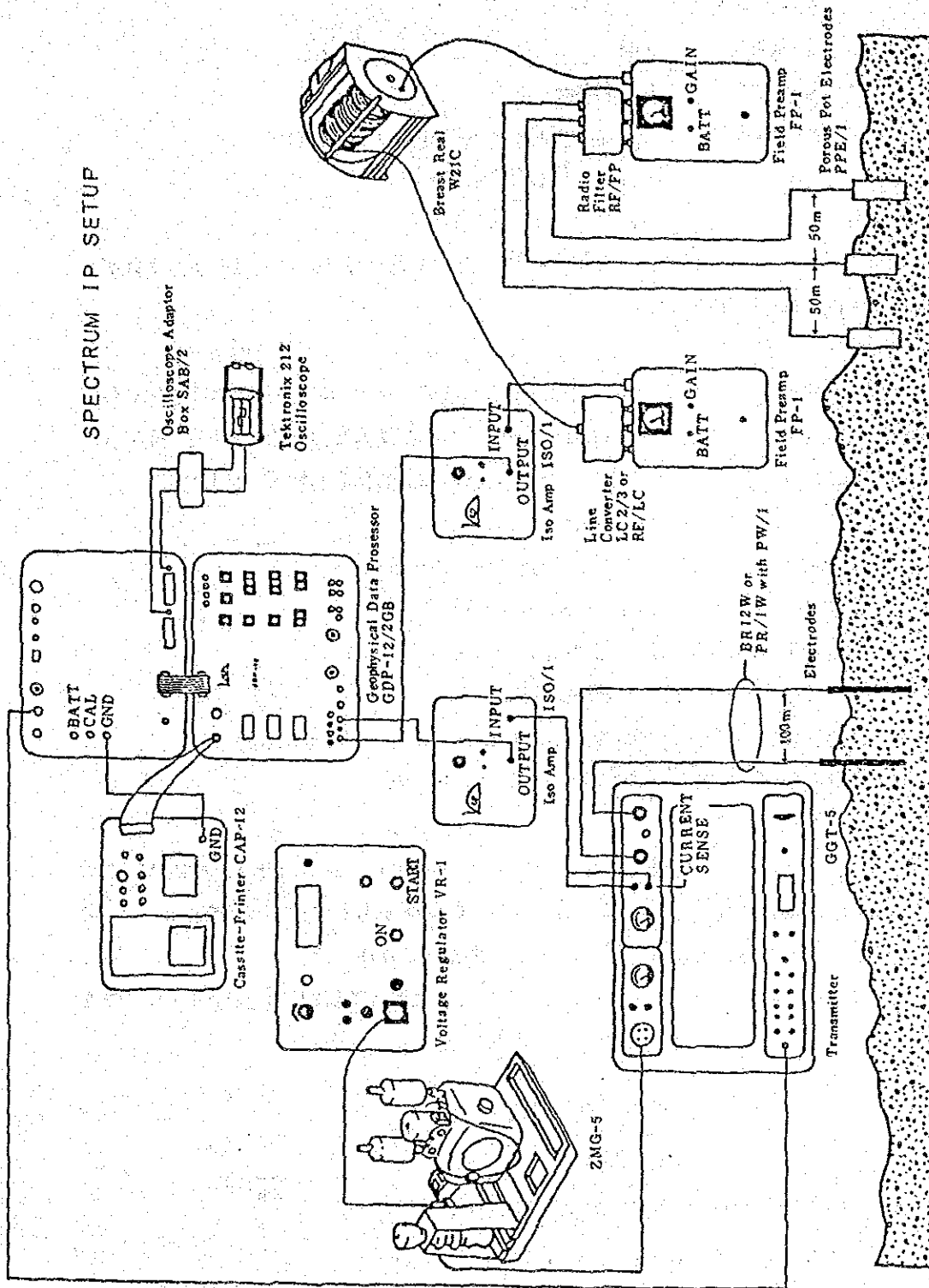
- a. 電極配置：ダイポール・ダイポール配置
- b. 電極間隔：水平距離 100m



LEGEND

- | | | |
|---|---|----------------|
| <p>Zigana F.</p> <p>Kupakioya F.</p> <p>Intrusive</p> | <p>Siltstone, Sandstone</p> <p>Andesite</p> <p>Limestone</p> <p>Quartz porphyry</p> <p>Serpentinitic granite (Pg-2)</p> <p>Serpentinitic granite (Pg-1)</p> <p>Fault (inferred)</p> <p>Drill holes Performed in 1985</p> <p>Drill holes Performed in 1986</p> | <p>0 400 m</p> |
|---|---|----------------|

第35图 Hasandere 地区 测线位置图



第36図 SIP 法測定装置ブロックダイヤグラム

- c. 電極隔離係数 : $n = 1 \sim 5$
- d. 測線間隔 : 200m
- e. 測定方式 : 周波数領域
- f. 測定周波数 : SIP 法 0.125Hz ~ 88Hz (18 周波数)
IP 法 0.125Hz/1.0Hz

測定機器 : 本調査に使用した測定機器を第 14 表に示す。尚、IP 法もプログラムを変えて同一機器を使用した。

SIP 法データ処理 : フィールド測定で得られるデータは各周波数における信号の実数成分 (Real part) 虚数成分 (Imaginary part) および基本波の見掛比抵抗、位相差、入力信号の振幅等である。これらのデータから次の図面を作成し解析に供した。

- ① コール・コール図 (Cole-Cole Diagram)
- ② マグニチュードスペクトル (Magnitude Spectrum)
- ③ 位相差スペクトル (Phase Spectrum)
- ④ 各周波数毎の位相差断面図 (Raw Phase)
- ⑤ PFE 断面図 (PFE Pseudo-section)
- ⑥ 見掛比抵抗断面図 (Apparent Resistivity Pseudo-section)

尚、SIP 測線の全データについてデカップル処理を行った。

IP 法データ処理 : 周波数効果 (Percent Frequency Effect : PFE) 及び見掛比抵抗 (Apparent Resistivity : AR) は、各測線毎の断面図をもとにパネル図を作成し、平面図に関しては電極隔離係数 $n = 1, 3, 5$ の 3 平面図を作成した。

- (A) 周波数効果 (PFE) は 0.125Hz 及び 1.0Hz における振幅 (Magnitude: M) の値から次式によって計算した。

$$PFE = \frac{M(0.125\text{Hz}) - M(1.0\text{Hz})}{M(0.125\text{Hz})} \times 100 \quad (\%)$$

- (B) 見掛比抵抗 (AR) は次式によって算出した。

$$AR = \pi a \cdot n (n+1)(n+2) \cdot V/I \quad (\text{ohm-m})$$

ここに a : 電極間隔 (m) n : 電極隔離係数
 V : 受信電圧 (Volt) I : 送信電流 (Amp)

第14表 SIP, IP 法測定機器一覽表

I t e m	S p e c i f i c a t i o n	Q u a n t i t y
Zonge GGT-5 Transmitter	Output Voltage : 250, 500, 750, 1,000 V Output Ampere : 1.2 - 20 A Wave Form : Square wave Frequency : 1/8 - 2,048 Hz Weight : 61 Kg	1
Zonge XMT-12 Transmitter controller	Frequency : 1/8 - 2,048 Hz Weight : 58 Kg Power Supply : 12 V Battery	2
Zonge ZMR-5 Engine generator Honda G-400 Engine	Output Power : 5 Kw Output Voltage : 115 V Frequency : 400 Hz : 10 hp 4 cycles	1
Zonge GDP-12/2GB Receiver	Input : 2-Channel Frequency : 1/8 - 2,048 Hz Sensitivity : 0.2 μ V Weight : 15 Kg Power Supply : 12 V Battery	2
Zonge CAP-12 Mini Cassette Recorder	Weight : 6.2 Kg Power Supply : 12 V Battery	2
Tektronic 212 Oscilloscope		1
Zonge ISO/1 Isolation Amp.	Weight : 1 Kg	3
Zonge FP-1 Field Preamp.	Gain : 1, 10	3
Electrode	Current Electrode : Stainless steel Potential Electrode : Cu-CuSO ₄ non-polarizable Porous Pots	200 rods 10 pcs.
Cable	Current : Communication : 640 m length	10 Km 3 rolls

本調査では、0.125Hz における見掛比抵抗値を計算しており、また導電紙を用いた地形補正を実施している。

4-3 調査結果

岩石試料の SIP 測定： 本調査では 地表の岩石及びボーリングコアを採取して SIP 応答を測定した。試料数は次の通り。

二年次	地表岩石	16 個
	ボーリングコア	19 個
三年次	ボーリングコア	25 個

測定結果を岩種別にまとめたものを第 15 表に示す。また 試料の位相差スペクトルは A, B, C, D, E, X, Y の 7種類のスペクトルに分類できた。

物性試験の結果から次の事項が指摘される。

- ① 位相差、PFE に関しては 安山岩、玄武岩質安山岩 が最も高く、次に斑状花崗岩 (Pgl) が高い。しかし、同種の岩石でも変質程度や黄鉄鉱鉱染の強弱により位相差 PFE 値は大幅に変化し幅広く分布する。
- ② 位相差と PFE には 正の相関が認められる。
- ③ 比抵抗に関しては 126~12,650ohm-m の広い範囲の値を示すが、全般に高い値の試料が支配的であって、500ohm-m 以下の比抵抗値を示すものは 6試料 (全体の17%)である。
- ④ 位相差スペクトルとの関連では、位相差、PFE ともに高い値の試料は X, Y タイプを示すが、比抵抗値とは 関連性が認められない。
- ⑤ 一方 弱い鉱化作用~新鮮な岩石試料は 比抵抗が 2000ohm-m 以上のものが多く、位相差スペクトルも A ~ Dタイプに属するものが多い。
- ⑥ コール・コール図のタイプとの比較は 位相差スペクトル A ~ Dがコール・コールの "C"タイプで、位相差スペクトルの E, X, Y がコール・コールの "A"タイプを示すケースが多い。

ボーリングのコア試料 44個の分析品位と物性値を第 16 表に、Cu 及び Mo 品位と位相差スペクトルの関係を第 17 表に示す。さらに位相差スペクトルのタイプ別に分類したものを第 18 表に示す。これらの表から下記の事項が指摘できる。

- ① Cu, Mo の特定の品位で特定の位相スペクトルタイプが得られているとは言えないが、Cu 品位の高い試料は A, B, D タイプのスペクトルを示し、また、Mo 品位が高い試料は B, D, E タイプのスペクトルを示す傾向が認められる。しかしなが

ら、これらのタイプは、Cu, Mo いずれも 低品位区分に属する試料にも多い。したがってこれらのタイプが得られても、Cu, Mo 品位が高いと推定することは困難である。

- ② 一方、X, Y タイプは、低 Cu, Mo 品位の試料に多く、高品位の試料にはこのタイプが皆無である。このタイプを示す試料は 肉眼観察によると明らかに黄鉄鉱の含有量が多い。したがってこれらのスペクトルは黄鉄鉱に起因するものと考えられる。
- ③ 第 17 表から Cu 品位の高い位相差スペクトルは、B 及び D タイプで、他のタイプに比べ 1.7 倍程 Cu 品位が高く、位相差は 30 mrad 前後、PFE 値は 4~6% の値である。
- ④ Mo に関しては D が最も高く、B, E, Y 等のスペクトルタイプの試料がやや高い品位を示し、A タイプが最も低い。
- ⑤ X タイプの試料は Cu, Mo 品位ともに低い傾向がある。

以上のことから、Cu 品位の高いものは B, D タイプを示す事が多く、位相差、PFE 値、比抵抗値とも中程度の値であること、X, Y タイプの試料は黄鉄鉱によるものと考えられ、Cu, Mo 品位は低いことが言える。Cu, Mo に特定なスペクトルが現れていない理由としては、品位が低い為で、含有量の多い試料であれば特定なスペクトルが得られる可能性があるものと考えられる。

野外測定結果： 見掛比抵抗、PFE の平、断面図及び各種のスペクトル図、さらにシミュレーション解析等のデータをもとに解析を行い解析図（第 39 図）に取りまとめた。

本調査の結果、下記の事項が明らかになった。

1) 見掛比抵抗分布（第 37 図）

- ① 本地域の見掛比抵抗値は 200~500ohm-m が支配的である。
- ② 低見掛比抵抗帯(100ohm-m以下)は主に地域西部の Maden 沢及び南部の Hasan 沢周辺に検出されている。これらは、安山岩と斑状花崗岩 Pg1 分布域で把握され、主に変質帯と地下水に起因するものと考えられる。
- ③ 高見掛比抵抗帯は 地域北部の C 測線上の No. 6~No. 9 と No. 13~No. 17 及び地域南東部の H, I 測線の東部（安山岩及び斑状花崗岩 Pg2 分布域）に分布する。

2) PFE 分布(第 38 図)

- ① PFE 値に関しては 4% 以上の値が 90% 以上を占める。
- ② 室内実験から、鉱化の弱い試料、新鮮な試料(主に、地域西部の断層より西で採取した試料及び斑状花崗岩 Pg2) は 1.5% 以下の PFE 値であるので 4% 以上のゾーンは異常域と考えられ、ほぼ全域が鉱化帯と考えられる。
- ③ 高 PFE 帯として 8% 以上を抽出すると、 地域北半分に馬蹄形を呈して分布す

第15表 Hasandere 地区 岩種別 SIP 測定結果

R o c k	Sample No.	Phase (-mrad)	P F E (%)	Resistivity (ohm-m)	Phase spectrum type								
					A	B	C	D	E	X	Y		
Andesite													
Andesite	13	-4.3~56.16 (109.6) (10.1)※	-0.19~144.57 (25.68) (1.73)※	126~10,068 (1,753) (1,976)※	4			4		3	2		
Basaltic Andesite	6	3.5~376.2 (108.5) (14.3)※	0.45~88.31 (22.20) (2.19)※	547~7,164 (3,970) (5,408)※	2	1		1		2			
Pyroclastic Andesite	3	3.9~5.1 (4.4)	0.58~0.73 (0.63)	1,819~4,996 (3,828)	3								
Porphyritic granite													
Pg-1	28	7.8~208.8 (38.5)	0.40~38.71 (5.97)	195~7300 (2,281)	5	4		11	3	2	3		
Pg-2	5	17.5~40.1	2.40~6.00	405~6,551	1	3			1				
Quartz Porphyry	1	6.5	0.84	5,207			1						
Quartz vein	1	13.8	2.20	3,120	1								
Calcareous mudstone	1	10.1	1.16	4,322			1						
Siltstone	2	1.9~2.4	0.32~0.34	3,273~12,649	2								
Total	60				18	8	2	16	4	7	5		

() Average value

※ Excepted anomalous value

第16表 Hasandere 地区 岩芯物性測定と Cu, Mo 品位

Sample No.	Depth (m)	Rock	Phase (- μ rad)	PFE (%)	Resist. (Ω -m)	Spectrum type	Cu (%)	Mo (%)	Remarks
Drilling No. MJT - 1									
21	52.10	Alternated andesite	-2.2	0.50	162	D	0.06	0.001	Sericite-chlorite, diss. pyrite
22	99.80	Alternated andesite	-4.3	-0.19	126	D	0.09	0.009	Diss. pyrite
23	139.90	Porphyritic granite (pg1)	21.8	4.56	219	D	0.08	0.004	Pyrite-quartz vein
24	150.80	Alternated andesite	561.6	134.17	449	Y	0.10	0.001	Epidote, pyrite along fissures
25	184.50	Porphyritic granite (pg1)	208.2	38.71	1,795	X	0.09	0.019	Diss. pyrite
26	200.10	Basaltic andesite	3.5	0.45	4,757	A	0.06	0.001	Propyliza.
27	250.90	Andesite	8.8	1.43	1,299	A	0.03	0.00	Film pyrite
28	274.30	Basaltic andesite	117.8	18.20	547	X	0.04		Propyliza., diss. pyrite
29	297.90	Basaltic andesite	376.2	88.31	1,361	K	0.01		Propyliza., diss. pyrite
Drilling No. MJT - 2									
31	44.70	Porphyritic granite (pg1)	7.8	1.60	294	D	0.15	0.003	Diss. pyrite, sericite-chlorite
32	51.70	Alternated andesite	6.7	1.49	824	D	0.40	0.010	Propyliza., diss. pyrite
33	154.30	Alternated andesite	541.2	144.57	550	X	0.12	0.003	Diss. pyrite along fissures
34	200.00	Alternated andesite	221.2	37.22	2,035	Y	0.12	0.004	Diss. pyrite along fissures
35	250.10	Alternated andesite	21.2	3.30	10,068	A	0.19	0.008	Diss. pyrite along fissures
36	299.30	Basaltic andesite	32.1	4.91	4,303	B	0.13	0.004	Diss. pyrite along fissures
Drilling No. MJT - 3									
41	151.05	Porphyritic granite (pg1)	36.7	5.53	849	A	0.21	0.006	Sil., sericite, molybdenite-qz
42	199.20	Porphyritic granite (pg1)	32.4	4.69	3,754	B	0.15	0.011	Sil., sericite, diss. pyrite
43	250.00	Porphyritic granite (pg1)	19.4	3.08	6,253	B	0.13	0.007	Sil., molybdenite, diss. pyrite
44	301.20	Porphyritic granite (pg1)	38.6	0.83	1,694	X	0.07	0.004	Sil., sericite, diss. pyrite
Drilling No. MJT - 4									
1	16.5	Porphyritic granite (pg1)	31.1	4.3	797	B	0.21	0.001	Diss. pyrite, sericite-biotite
2	52.0	Porphyritic granite (pg1)	83.1	13.3	990	D	0.06	0.002	Chalcopyrite, diss. pyrite, biotite-chlorite
3	100.0	Porphyritic granite (pg1)	8.5	0.4	360	E	0.02	0.000	Sericite-biotite-chlorite
4	500.0	Porphyritic granite (pg1)	41.8	6.3	1,390	D	0.05	0.000	Diss. pyrite, biotite-sericite
5	200.0	Porphyritic granite (pg1)	17.7	2.3	258	D	0.05	0.002	Sericite-chlorite-biotite
6	250.0	Porphyritic granite (pg1)	28.7	3.7	852	Y	0.04	0.005	Biotite-sericite
7	300.0	Porphyritic granite (pg1)	19.5	2.4	1,100	Y, (E)	0.04	0.010	Sericite-biotite-chlorite
Drilling No. MJT - 5									
8	49.0	Porphyritic granite (pg1)	63.0	9.3	3,560	A	0.05	0.000	Chalcocite, Chalcopyrite, sericite
9	99.0	Porphyritic granite (pg1)	41.2	6.6	2,160	D	0.03	0.000	Sericite
10	195.0	Basaltic andesite	114.0	20.2	5,690	D, (B)	0.06	0.000	
Drilling No. MJT - 6									
11	13.3	Porphyritic granite (pg1)	27.9	3.8	1,440	B	0.35	0.024	Sericite
12	49.8	Porphyritic granite (pg2)	24.7	3.6	1,630	B	0.04	0.000	Diss. pyrite
13	100.05	Porphyritic granite (pg1)	18.7	2.5	892	D, (E)	0.31	0.010	Sericite-chlorite
14	150.0	Porphyritic granite (pg2)	17.5	2.6	3,720	B	0.01	0.000	
15	198.8	Porphyritic granite (pg2)	40.1	6.0	1,580	B	0.06	0.000	
16	250.0	Porphyritic granite (pg1)	27.6	5.2	889	D	0.19	0.014	
17	301.0	Porphyritic granite (pg2)	20.5	2.4	405	E	0.09	0.002	Silicified
Drilling No. MJT - 7									
18	16.0	Porphyritic granite (pg1)	16.4	2.7	7,300	D	0.16	0.013	Sericite, quartz vein
19	55.0	Porphyritic granite (pg1)	54.5	10.2	2,530	D	0.05	0.020	Sericite
20	255.0	Porphyritic granite (pg1)	47.9	8.3	1,600	D	0.15	0.018	Sericite, quartz vein
21	300.0	Porphyritic granite (pg1)	62.7	8.7	4,200	Y	0.10	0.006	Sericite-anhydrite
Drilling No. MJT - 8									
22	36.5	Porphyritic granite (pg1)	24.0	3.7	6,700	A	0.03	0.001	Sericite
23	46.6	Quartz vein	13.8	2.2	3,120	A	0.04	0.000	
24	146.35	Porphyritic granite (pg1)	20.3	2.7	911	E	0.08	0.015	Sericite, quartz vein
25	190.1	Porphyritic granite (pg1)	31.2	3.9	195	E	0.14	0.006	Sericite, quartz vein

1985: MJT-1, -2, -3

1986: MJT-4, -5, -6, -7, -8

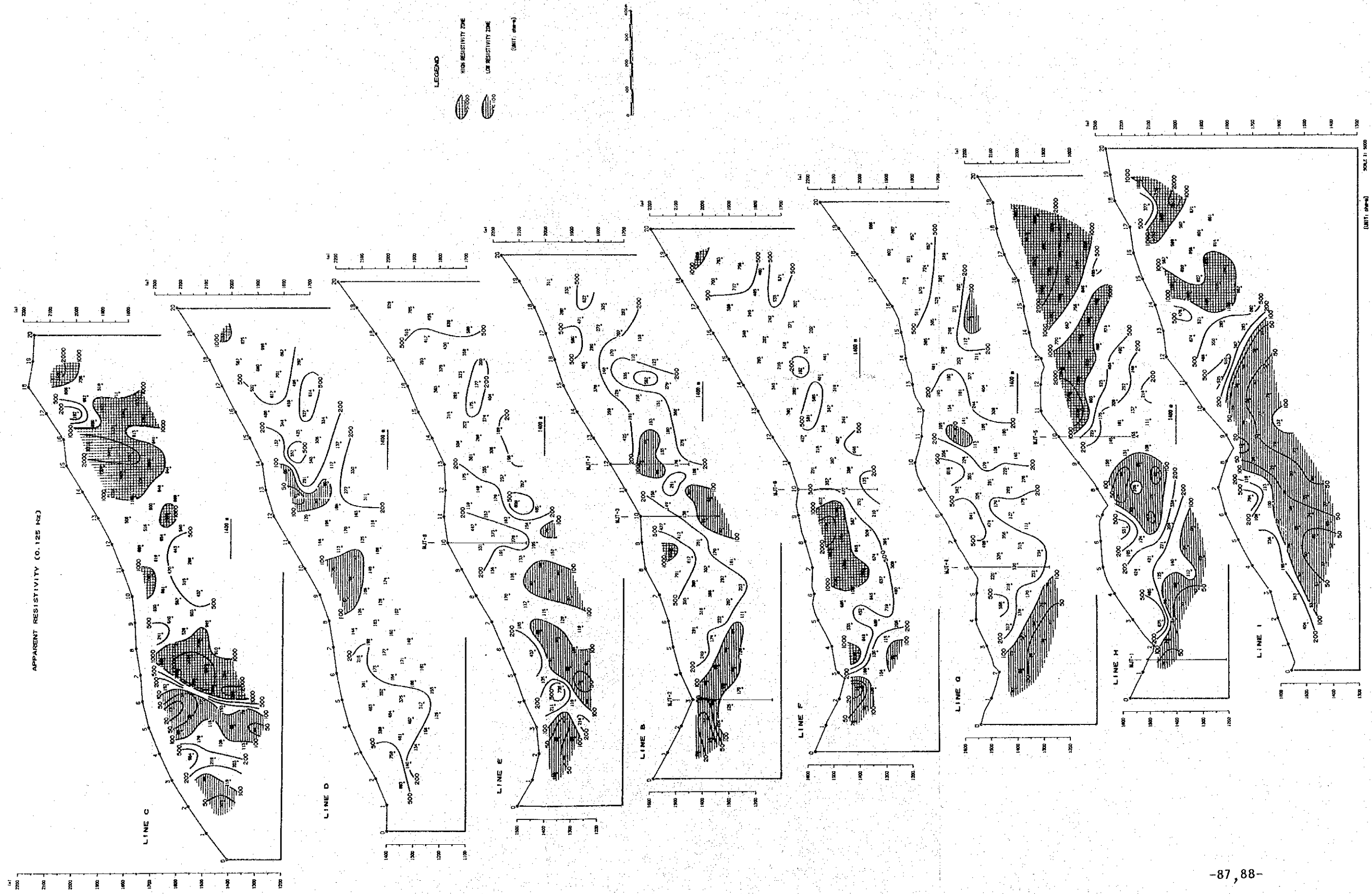
第17表 Cu, Mo 品位と位相差スペクトル

Cu (%)	SPECTRUM TYPE						
	A	B	C	D	E	X	Y
≦ 0.02		1				1	
≦ 0.04	3	1		1	1	1	2
≦ 0.06	2	1		6			
≦ 0.08				1	1	1	
≦ 0.10				1	1	1	2
≦ 0.12						1	1
≦ 0.14		2			1		
≦ 0.16		1		3			
≦ 0.18							
≦ 0.20	1			1			
≦ 0.22	1	1					
≦ 0.24							
≦ 0.26							
≦ 0.28							
≦ 0.30							
≦ 0.40		1		2			
Total No.	7	8		15	4	5	5

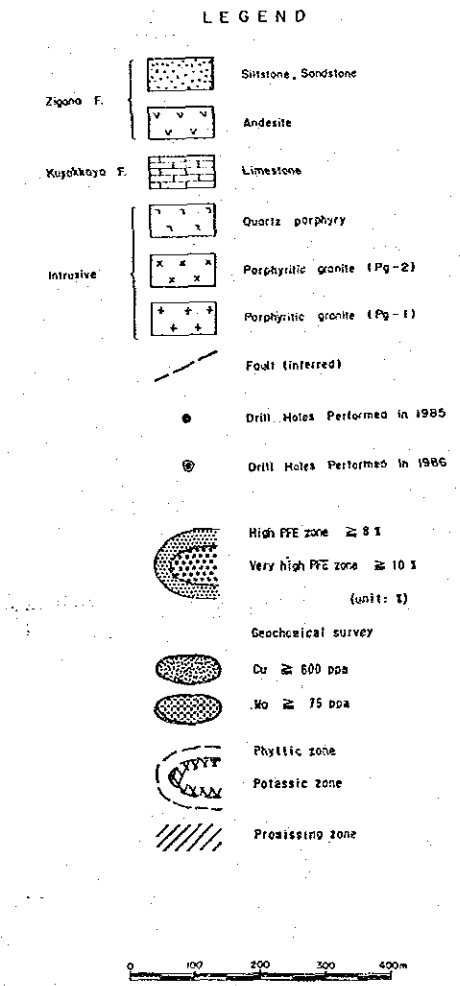
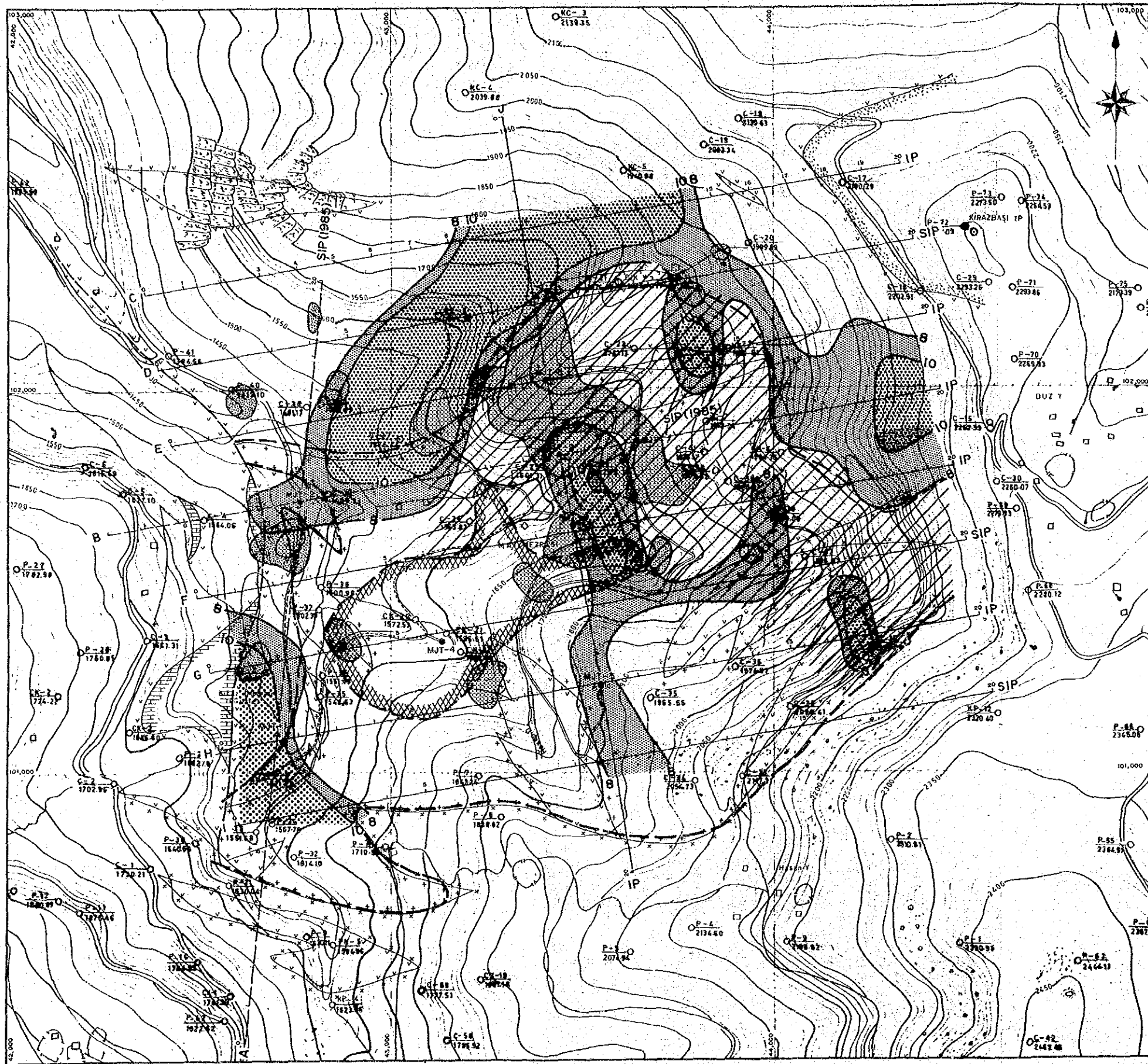
Mo (%)	SPECTRUM TYPE						
	A	B	C	D	E	X	Y
≦ 0.002	5	4		6	2	2	1
≦ 0.004		1		2		2	1
≦ 0.006	1				1		2
≦ 0.008	1	1					
≦ 0.010				3		1	
≦ 0.012		1					
≦ 0.014				2			
≦ 0.016					1		
≦ 0.018				1			
≦ 0.020				1		1	
≦ 0.022							
≦ 0.024		1					
≦ 0.026							
≦ 0.028							
≦ 0.030							
≦ 0.040							
Total No.	7	8		15	4	5	5

第18表 位相差スペクトル別物性値及び Cu, Mo 品位

Type	Sample No.	Phase -mrad	PFE %	Resistivity ohm-m	Cu %	Mo %	
A	7	Min.	3.5	0.45	849	0.03	0.000
		Max.	63.0	9.30	10,068	0.21	0.008
		Ave.	24.3	3.70	4,336	0.09	0.002
B	8	Min.	17.5	2.60	797	0.01	0.000
		Max.	40.1	6.00	6,253	0.35	0.024
		Ave.	28.2	4.12	2,934	0.14	0.006
D	15	Min.	-4.3	-0.19	126	0.03	0.000
		Max.	114.0	20.20	7,300	0.40	0.020
		Ave.	32.8	5.70	1,688	0.13	0.007
E	4	Min.	8.5	0.40	195	0.02	0.000
		Max.	31.5	3.90	911	0.14	0.015
		Ave.	20.1	2.40	468	0.08	0.006
X	6	Min.	38.6	0.83	449	0.01	0.001
		Max.	541.2	144.57	1,795	0.12	0.019
		Ave.	307.3	70.80	1,066	0.07	0.005
Y	4	Min.	19.5	2.40	852	0.04	0.004
		Max.	221.2	37.22	4,200	0.12	0.010
		Ave.	83.0	13.00	2,047	0.08	0.006



第37図 見掛け抵抗パネル図 [0.125 Hz] (Line B~I)



第39图 Hasandere 地区 解析图

る。さらに、地域中央にも南北方向へ続く高 PFE 帯が検出された。この高 PFE 帯は黄鉄鉱殻を表現するものと考えられ、Phyllic Zone は、この馬蹄形の高 PFE 帯とほぼ一致するが、北東部では D 測線付近まで拡大していることが本調査から推定された。

- 3) SIP 応答 : SIP の測定は 5 測線で実施された。その結果、次の事項が明らかになった。
- ① 位相差スペクトルは A, B タイプが多く、高 PFE 帯で X, Y タイプが検出された。また、I 測線の No. 6 ~ No. 11 (Hasandere の鉱化変質帯) では ネガティブな位相差スペクトルが測定された。X, Y タイプは主に、Phyllic Zone 内の黄鉄鉱に起因するものと推定される。
 - ② マグニチュードスペクトルは一部に傾きの大きな右下がりのスペクトルが把握されており、その位置は位相差スペクトルの X, Y タイプとほぼ同じ場所である。
 - ③ コール・コール図は B タイプが支配的で、鉱化帯を示す傾きの大きな A タイプは 位相差スペクトルの X, Y タイプの検出箇所と一致している。
 - ④ 本地域の SIP 応答は黄鉄鉱に起因すると推定されるものが大部分で Cu, Mo に起因すると考えられるスペクトルは検出されていない。これは Cu, Mo 品位が低いことに起因すると考えられる。
- 4) 地化学探査との関連 : 地化学探査によって把握された Cu の異常域 200ppm 以上のゾーンは、馬蹄形の高 PFE 帯に重なっており、また、Mo の 75ppm 以上の異常域は、この異常帯の内側に位置する。
- 5) 今後の探鉱 : 本調査で把握した馬蹄形をなす 8% 以上のゾーンは、Phyllic Zone の黄鉄鉱核を表現するものと考えられるので、探鉱上重要な箇所としては、この核の内部で Potassic Zone - Phyllic Zone 境界までの範囲であると考えられる。

第 5 章 ボーリング調査

5-1 調査概要

調査目的は、地質調査、地化学探査結果から有望な鉱床が、期待される Hasandere 地区の下部に対してのボーリング調査 (8 孔、計 2,508m) を実施するとともにボーリング結果と地質調査、地化学探査結果との関連を検討し、ポーフイリー型鉱床の賦存状況の解明を行った。各ボーリング孔の目的は下記の通りである。

- MJT-1 : 地表で Cu, Mo が認められる地域の下部探鉱
- MJT-2 : 付近の地表で Cu, Mo が認められ、土地化探の結果でも Cu のアノマリーが抽出された地域の下部探鉱
- MJT-3 : 土地化探の結果 Mo のアノマリーが抽出された地域の下部探鉱
- MJT-4 : Potassic Zone の中心部と推定される地域での下部探鉱
- MJT-5 : Phyllic Zone 南東部での下部探鉱
- MJT-6 : 土地化探の結果 Mo のアノマリーが抽出された地域での下部探鉱
- MJT-7 : 物理探査アノマリーに基づき Cu 含有の期待できそうな地域での下部探鉱
- MJT-8 : 物理探査アノマリーに基づき Cu 含有の期待できそうな地域での下部探鉱

各ボーリング孔の位置

試錐番号	Y	X	Z (標高 m)
MJT-1	42706	01098	1,518
MJT-2	42762	01708	1,438
MJT-3	43444	01825	1,635
MJT-4	43131	01338	1,578
MJT-5	43550	01227	1,857
MJT-6	43482	01640	1,635
MJT-7	43639	01860	1,752
MJT-8	43409	02023	1,761

5-2 調査期間及び調査量

第二年度

ボーリング孔	予定深度	実掘進長	傾斜	表土	コア総延長	採取率	掘進開始～終了
MJT-1	300m	301.00m	垂直	9.90m	290.40m	96%	9月12日-10月1日
MJT-2	300m	301.00m	垂直	9.50m	276.40m	91%	9月12日-10月8日
MJT-3	300m	401.00m	垂直	0.00m	398.85m	99%	10月6日-10月30日
3孔	1,005.00m		垂直	19.40m	964.65m	96%	9月12日-10月30日

第三年度

ボーリング孔	予定深度	実掘進長	傾斜	表土	コア総延長	採取率	掘進開始～終了
MJT-4	300m	301.00m	垂直	-	300.70m	99%	6月24日-7月10日
MJT-5	300m	301.00m	垂直	-	297.20m	99%	9月10日-9月23日
MJT-6	300m	301.00m	垂直	-	301.00m	100%	6月24日-7月12日
MJT-7	300m	301.00m	垂直	-	300.80m	99%	7月25日-8月10日
MJT-8	300m	301.00m	垂直	-	298.90m	99%	7月25日-8月12日
5孔	1,505.00m		垂直	-	1,498.60m	99%	6月24日-9月23日

5-3 ボーリング孔の変質作用及び鉱化作用

MJT-1号 [変質作用] 全体としてみれば、地表に近い安山岩や石英斑岩、斑状花崗岩では絹雲母化が目立つが、深度が増すにつれて緑泥石が多くなり、次第に緑泥石も認められるようになる。変質ゾーンとしては地表付近は Propylitic Zone、Qpl, Pgl の貫入している部分は絹雲母を主とし、その他の部分では緑泥石、絹雲母（緑簾石）が認められることから貫入岩の部分を除き、緑泥石を主とし絹雲母を伴い、緑簾石-方解石からなる Propylitic Zone である。

[鉱化作用] 孔口から孔底近くまで黄鉄鉱、黄銅鉱、輝水鉛鉱の鉱化作用が認められるものの、全体としては弱い。黄鉄鉱は鉱染状の他、割れ目や石英脈に伴うが、黄銅鉱、輝水鉛鉱は割れ目と石英脈にのみ認められる。比較的鉱化の強い部分は 200m から 250m 付近である。

MJT-2号 [変質作用] 小規模な貫入岩の斑状花崗岩が絹雲母化しているのみで、大部分の安山岩では主として緑泥石化と、僅かに絹雲母化、緑簾石化が認められる。変質ゾーンとしては Propylitic Zone である。

[鉱化作用] 黄銅鉱及び輝水鉛鉱を伴う鉱化作用は表土を除く総ての部分の割れ目や石英脈に認められた。このうち、10m から 80m 付近、180m から 300m 付近にかけ

ては磁鉄鉱を伴う緑泥石化した安山岩の割れ目や石英脈に黄銅鉱、輝水鉛鉱の強い鉱化が認められる。分析結果で最も高い品位は 199~222m の 3m 間 Cu: 0.92%, Mo: 0.043% を得ている。MJT-1号 と MJT-2号 を比較した場合、MJT-2号の方がまとまりが良い。これは MJT-1号 に比して 2号が方向性のない微細な割れ目が発達しており、この割れ目に沿って輝水鉛鉱及び黄銅鉱の鉱化がきていることによる。

MJT-3号 [変質作用] 地表から孔底の 401m まで珪化作用、絹雲母化作用を受け、緑泥石が全体に亘り微量に存在する。130m 付近より僅かにカリ長石、150m 付近より硬石膏、190m 付近より黒雲母等が現れ始め、これらの変質鉱物の産出状況より 150m 以深を Potassic Zone、150m 以浅を Phyllic Zone とみなした。

[鉱化作用] 孔口から 2.30m までは酸化して、リモナイト化したゾーンのため硫化鉱物は認められない。2.30~16.00m 間では自然銅や輝銅鉱がみられ、二次富化しているが、16m 付近より硫化鉱物が多くなり輝水鉛鉱、黄銅鉱の鉱化が目立ち始める。孔底の 401m まで輝水鉛鉱、黄銅鉱の鉱化作用が続くが、深度が増すにつれ弱くなる傾向が認められた。鉱化作用の大部分は MJT-1, 2号 と異なり鉱染状と割れ目に沿ってきている。石英脈中の輝水鉛鉱、黄銅鉱は少なく、弱いものが多い。

MJT-4号 [変質作用]

地表から孔底の 301m まで強弱はあるものの黒雲母化作用、絹雲母化作用を受けていて、緑泥石も全体にわたり微量に存在する。MJT-3号 とは異なり硬石膏は認められなかった。変質のゾーニングは地表では Potassic Zone のほぼ中心に位置し、ボーリング調査からも MJT-4号 は Potassic Zone であることが明らかとなった。

[鉱化作用] 孔口から孔底まで黄鉄鉱、黄銅鉱、輝水鉛鉱の鉱化作用が認められるものの、全体としては弱い。輝銅鉱は 5~30m 付近までである。黄鉄鉱は鉱染状のほか、割れ目や石英脈に伴うが、黄銅鉱、輝水鉛鉱は割れ目と石英脈にわずかに認められる。黄銅鉱、輝水鉛鉱の比較的鉱化の強い部分は 200m から 280m 付近である。

MJT-5号 [変質作用] 変質斑状花崗岩では絹雲母化して、僅かに緑泥石を伴うが、玄武岩質安山岩では主として緑泥石化と、僅かに絹雲母化、緑簾石化が認められる。変質ゾーンとしては 斑状花崗岩では Phyllic Zone、玄武岩質安山岩では Propylitic Zone となる。

[鉱化作用] 孔口から孔底まで黄鉄鉱、黄銅鉱、輝水鉛鉱の鉱化作用が認められるものの、全体としては弱い。黄鉄鉱は鉱染状のほか、割れ目や石英脈に伴うが、黄銅鉱、輝水鉛鉱は割れ目と石英脈に僅かに認められる。斑状花崗岩では黄銅鉱、輝水鉛鉱の鉱化作用は比較的強いが、玄武岩質安山岩中では斑状花崗岩に比して弱くなる傾向がある。

輝銅鉱、銅藍を伴う二次富化帯はここでは 10~112m 付近までと非常に厚い。

MJT-6号 [変質作用] 貫入岩の部分を除くと斑状花崗岩からなる。斑状花崗岩では地表から 112.50m までは殆ど絹雲母からなる Phyllic Zone であるが、244m 付近より僅かにカリ長石、248m 付近より硬石膏が現れ始め、これらの変質鉱物の産出状況より 244m 以深を Potassic Zone とみなした (MJT-3号の下部の変質に類似している)。

[鉱化作用] 孔口から 1.00m までは酸化して、リモナイト化した溶脱帯のため硫化鉱物は認められない。1.00~112.50m 間では二次富化により輝銅鉱がみられ、さらに輝水鉛鉱、黄銅鉱の鉱染も伴う。ただし 43.0~53.0m 間は貫入岩の Pg2 のため鉱化作用は認められないが、この部分を除き変質斑状花崗岩では顕著な輝水鉛鉱、黄銅鉱の鉱化作用が続き、当地域で認められた鉱化帯としてはかなり優勢である。それでも深度が増すにつれ次第に弱くなる傾向が認めらる。鉱化作用は主として鉱染状と割れ目に沿ってきていて、石英脈中の輝水鉛鉱、黄銅鉱は少なく、弱いものが多い。

MJT-7号 [変質作用] 地表から孔底の 301m まで総て変質斑状花崗岩ではあるが、変質分帯は 254m を境にして地表から 254m までが、主として絹雲母からなる Phyllic Zone、254m 以深は黒雲母-硬石膏からなる Potassic Zone である (MJT-3号の下部の変質に類似している)。

[鉱化作用] 孔口から孔底まで黄鉄鉱、黄銅鉱、輝水鉛鉱の鉱化作用が認められるものの、全体としては弱い。5.00~42.00m にかけては斑状花崗岩中や割れ目に沿って輝銅鉱、銅藍が認められ、かなりしっかりした二次富化帯をなしている。42m 以深では黄鉄鉱は鉱染状の他、割れ目や石英脈に伴うが、黄銅鉱、輝水鉛鉱は割れ目と石英脈に僅かに認められる程度である。黄銅鉱、輝水鉛鉱の比較的鉱化の強い部分は 160m から240m 付近である。

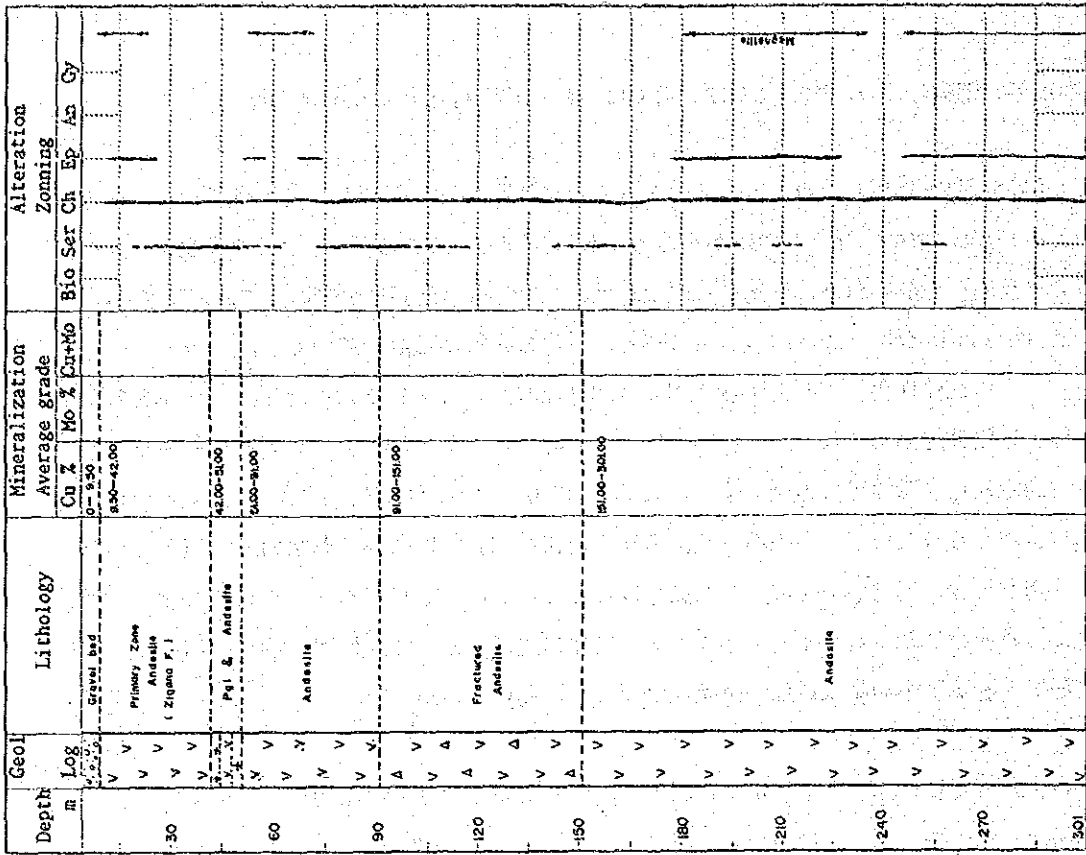
MJT-8号 [変質作用] 地表から孔底の 301m まで淡緑色~暗緑色斑状花崗岩、暗緑色安山岩からなり深度別に分帯すると

0.00~ 40.75m	淡緑色斑状花崗岩	Phyllic Zone
40.75~169.00m	暗緑色斑状花崗岩	Propylitic Zone
169.00~233.40m	暗緑色安山岩	Propylitic Zone
233.40~283.00m	暗褐色斑状花崗岩	Potassic Zone
283.00~301.00m	淡緑色斑状花崗岩	Phyllic Zone

以上のようになる。

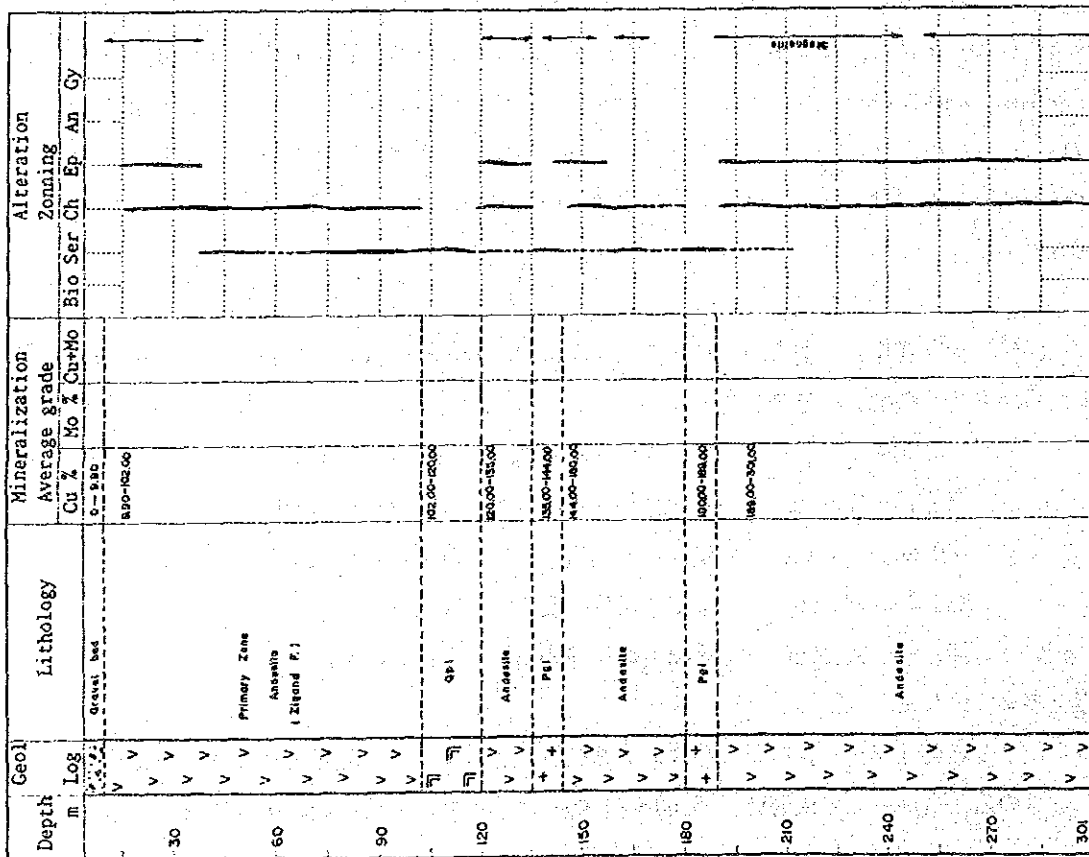
[鉱化作用] 孔口から孔底まで黄鉄鉱、黄銅鉱、輝水鉛鉱の鉱化作用が認められるものの、全体としては弱い。9.00~84.00m にかけては斑状花崗岩中や割れ目に沿っ

MJT-2



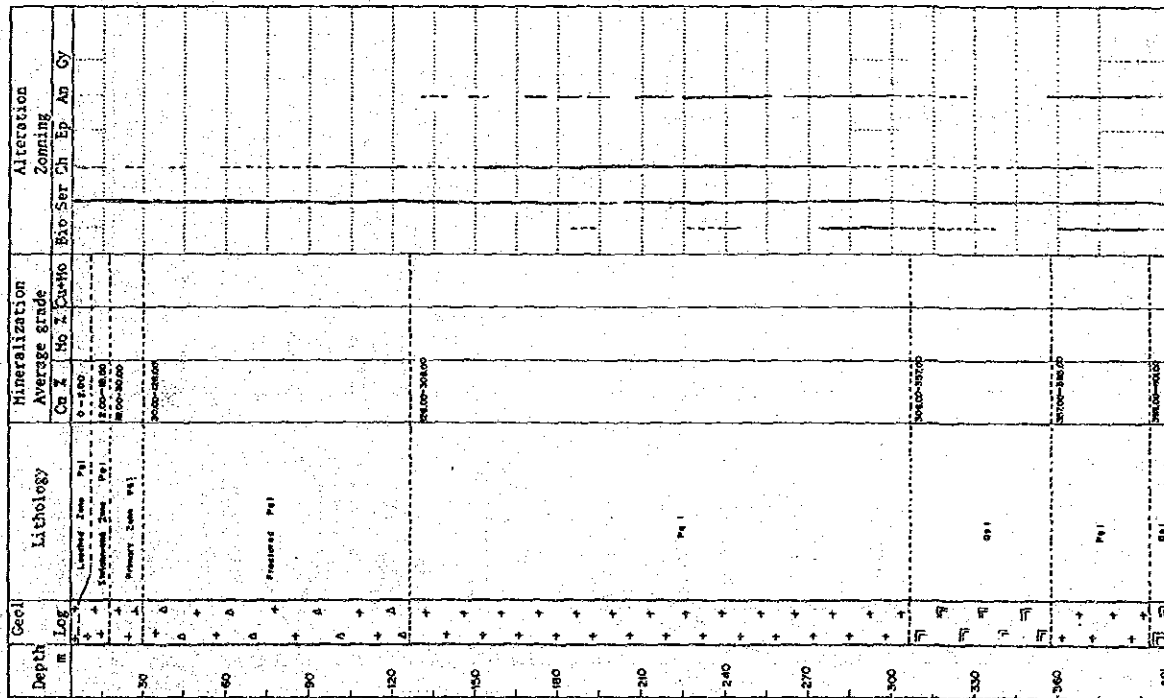
第40図 ボーリング柱状図 MJT-2号

MJT-1



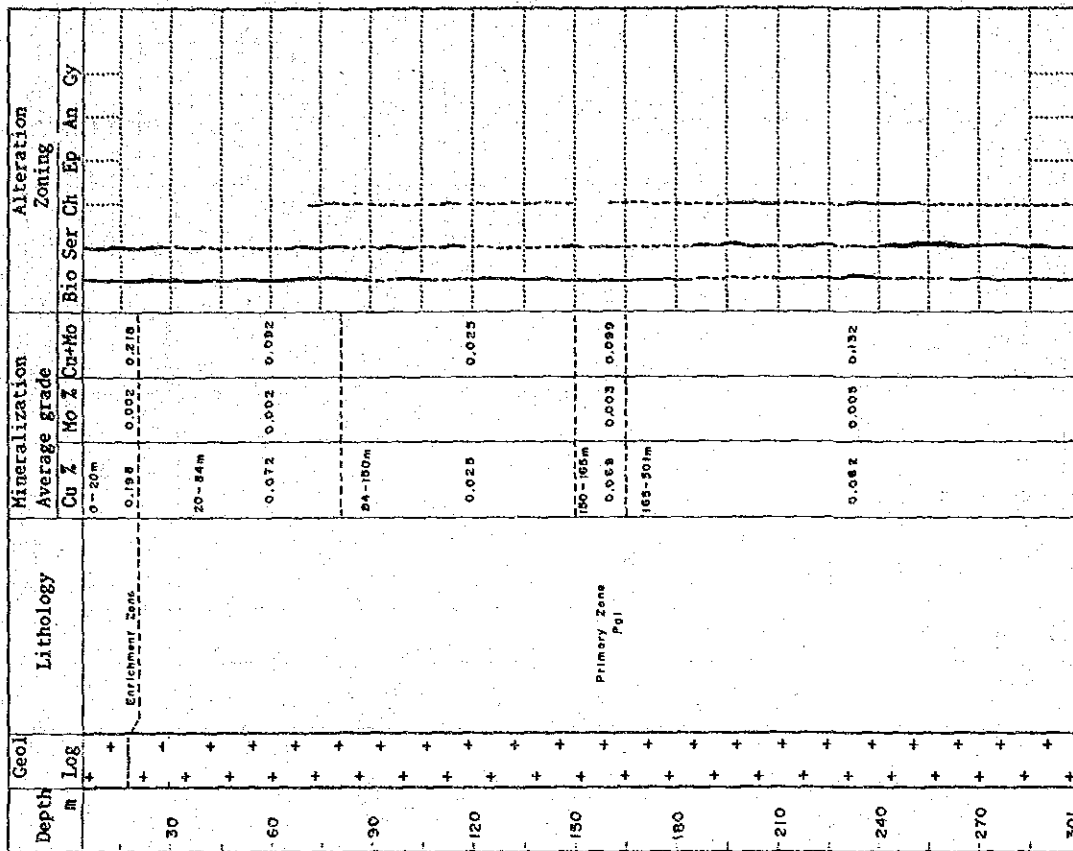
第40図 ボーリング柱状図 MJT-1号

MJT-3



第40図 ボーリング柱状図 MJT-3号

MJT-4



第40図 ボーリング柱状図 MJT-4号

MJT-5

Depth m	Geol Log	Lithology	Mineralization Average grade		Alteration Zoning					
			Cu %	Mo % Cu-Mo	Bio	Ser	Ch	Ep	An	Gy
30	+	Leached Zone Pgl	0-3m 0.016	0.015						
60	+	Enrichment Zone Pgl	9-105m 0.066	0.068						
90	+	Primary Zone Pgl	105-135m 0.036	0.036						
120	+	13390 Primary Zone Pgl	135-210m 0.036	0.036						
150	V									
180	V	Primary Zone Andesite (Zigona Formation)	0.087	0.087						
210	V	21170 Basalt dyke	210-222m 0.014	0.014						
240	V	22510 Primary Zone Andesite (Zigona Formation)	222-246m 0.061	0.071						
270	V	246-301m 25080 Primary Zone Andesite (Zigona Formation)	0.051	0.091						
301	V	30000 Pgl								

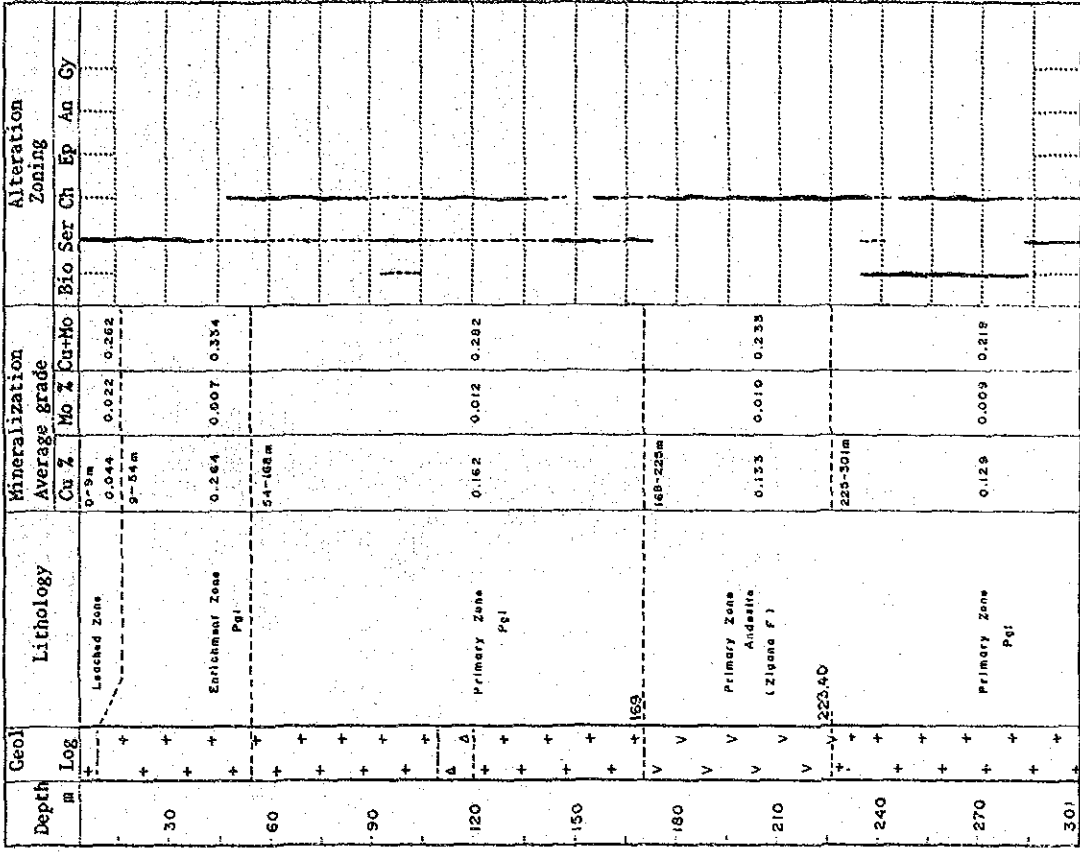
第40図 ホーリング柱状図 MJT-5号

MJT-6

Depth m	Geol Log	Lithology	Mineralization Average grade		Alteration Zoning					
			Cu %	Mo % Cu-Mo	Bio	Ser	Ch	Ep	An	Gy
30	+	Enrichment Zone Pgl	0-24m 0.404	0.032						
60	+	Primary Zone Pgl	24-49m 4300 45-55m 5300	0.015						
90	+	Primary Zone Pgl	53-111m 0.294	0.011						
120	+	11250								
150	+	Pgl	0.030	0.030						
180	+									
210	+									
240	+	Primary Zone Pgl	244-288m 0.217	0.010						
270	+									
301	V	Basalt Dyke	288-301m 0.029	0.001						

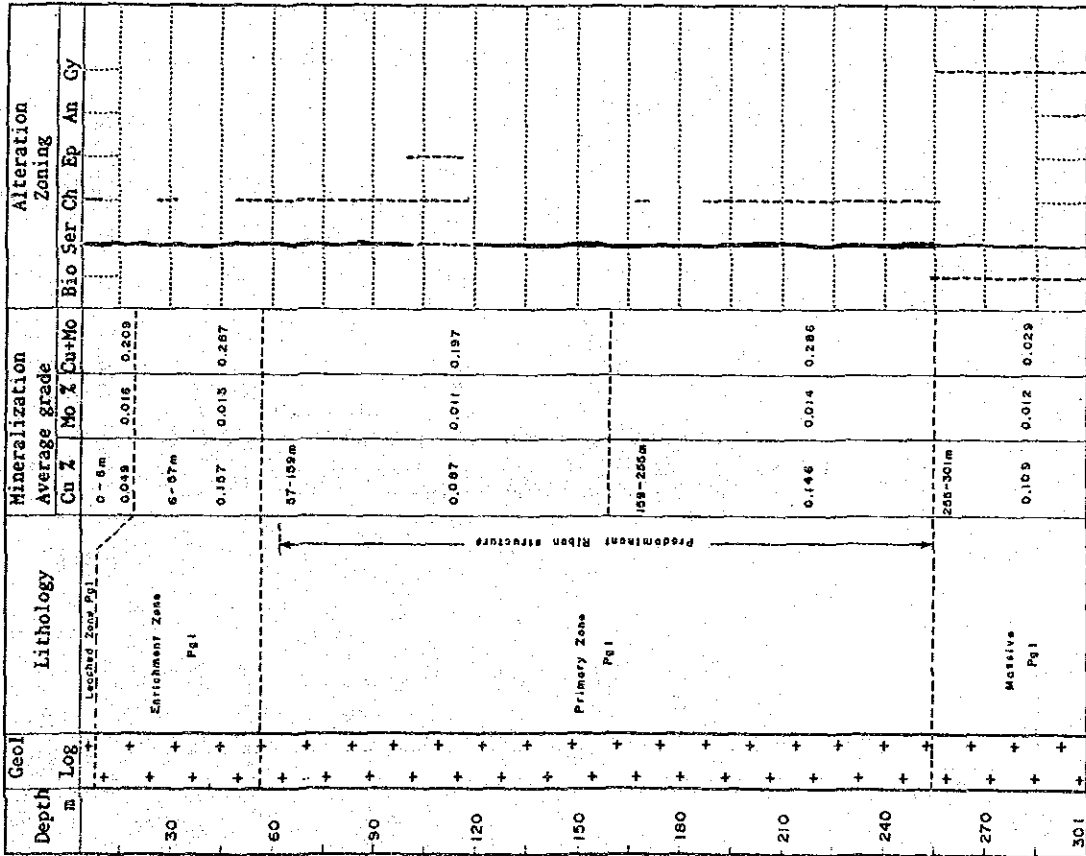
第40図 ホーリング柱状図 MJT-6号

MJT-8



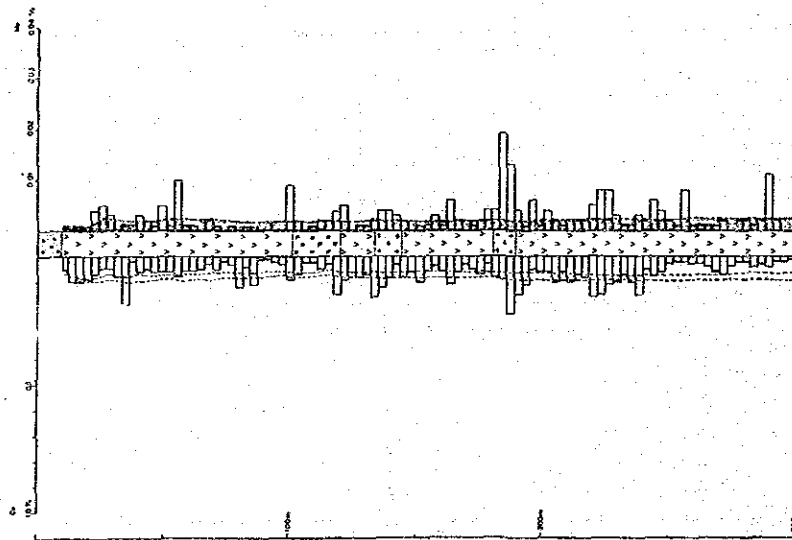
第40図 ホーリング柱状図 MJT-8号

MJT-7



第40図 ホーリング柱状図 MJT-7号

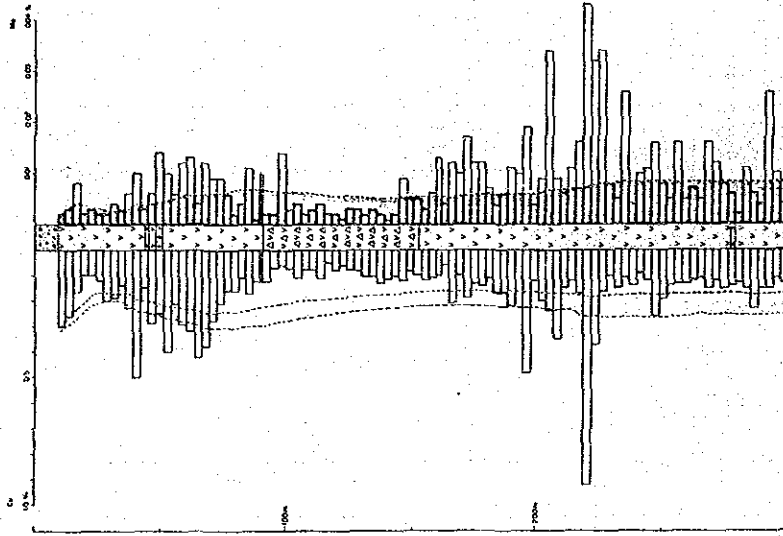
MJT-1



□ Cumulative average Cu grade
 ▨ Cumulative average Mo grade
 ▩ Cumulative average U₃O₈ grade

第41图 分析品位图 MJT-1号

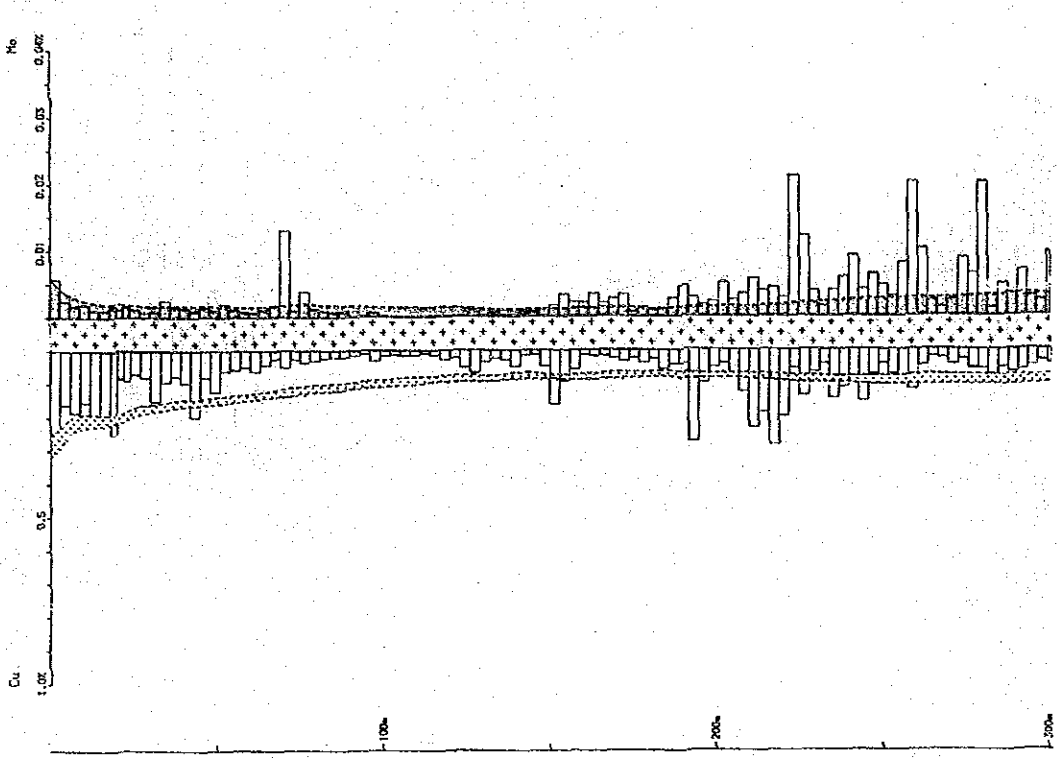
MJT-2



□ Cumulative average Cu grade
 ▨ Cumulative average Mo grade
 ▩ Cumulative average U₃O₈ grade

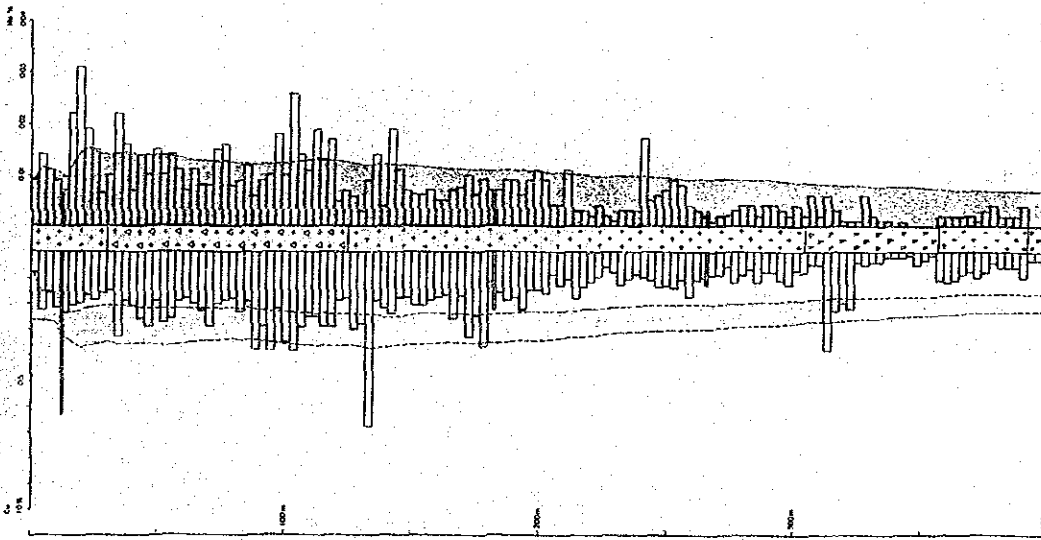
第41图 分析品位图 MJT-2号

MJT-4



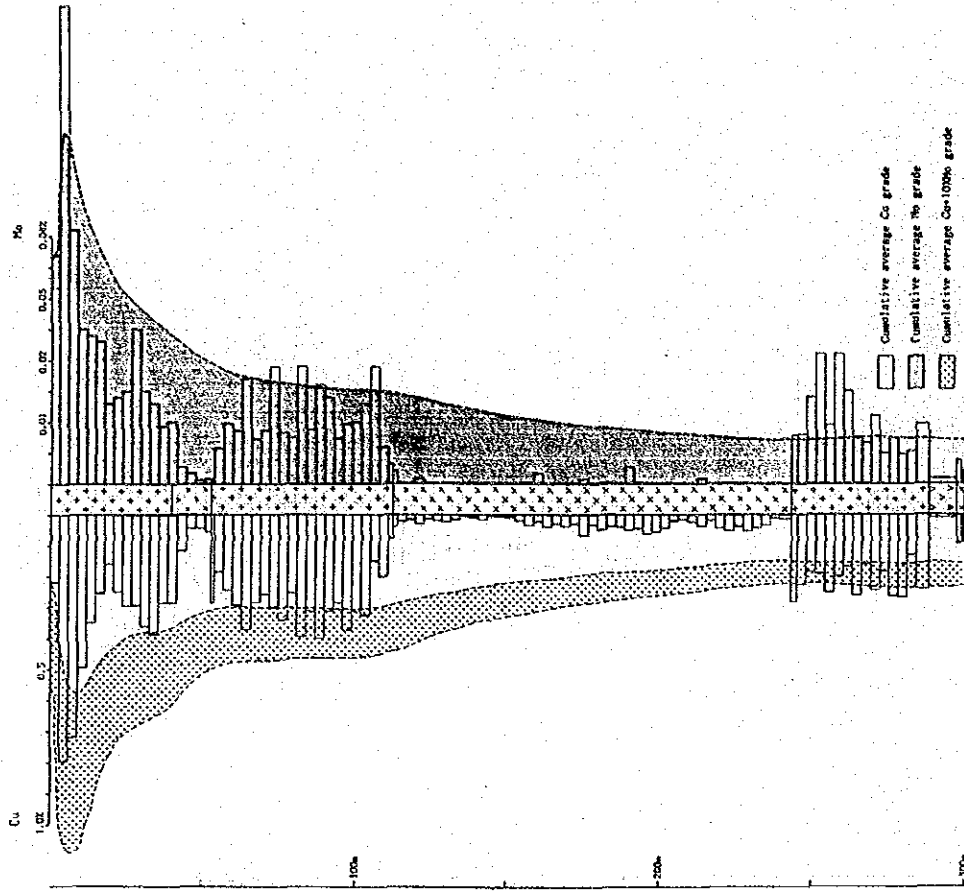
第41图 分析品位图 MJT-4号

MJT-3



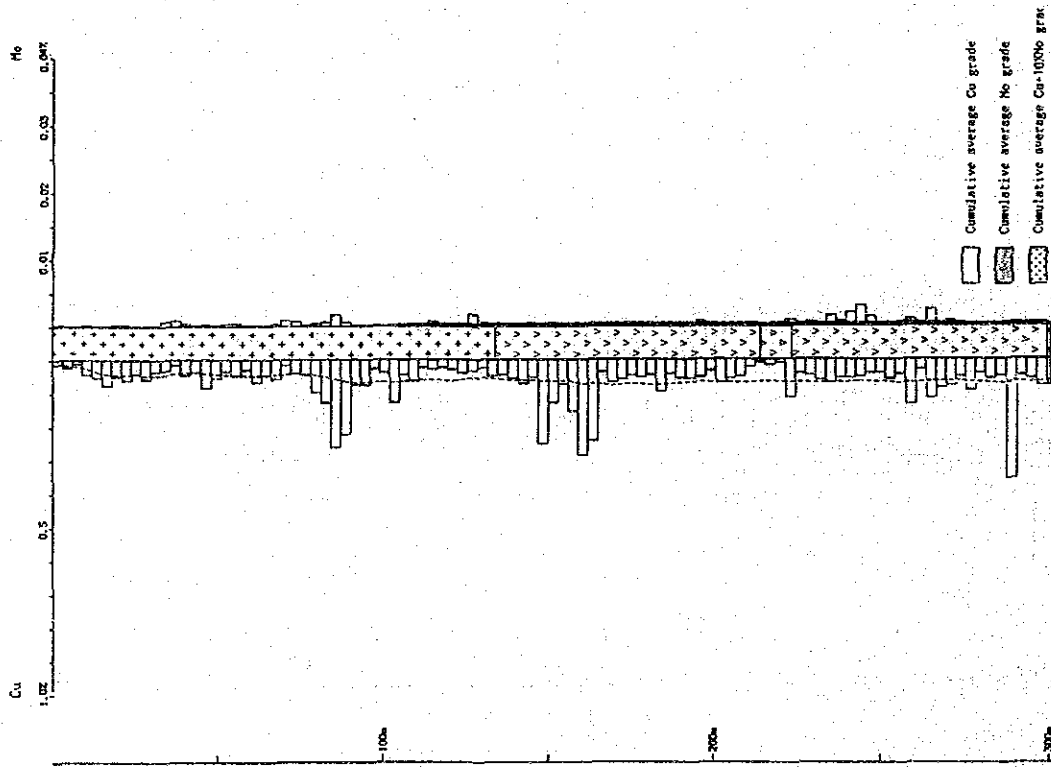
第41图 分析品位图 MJT-3号

MJT-6



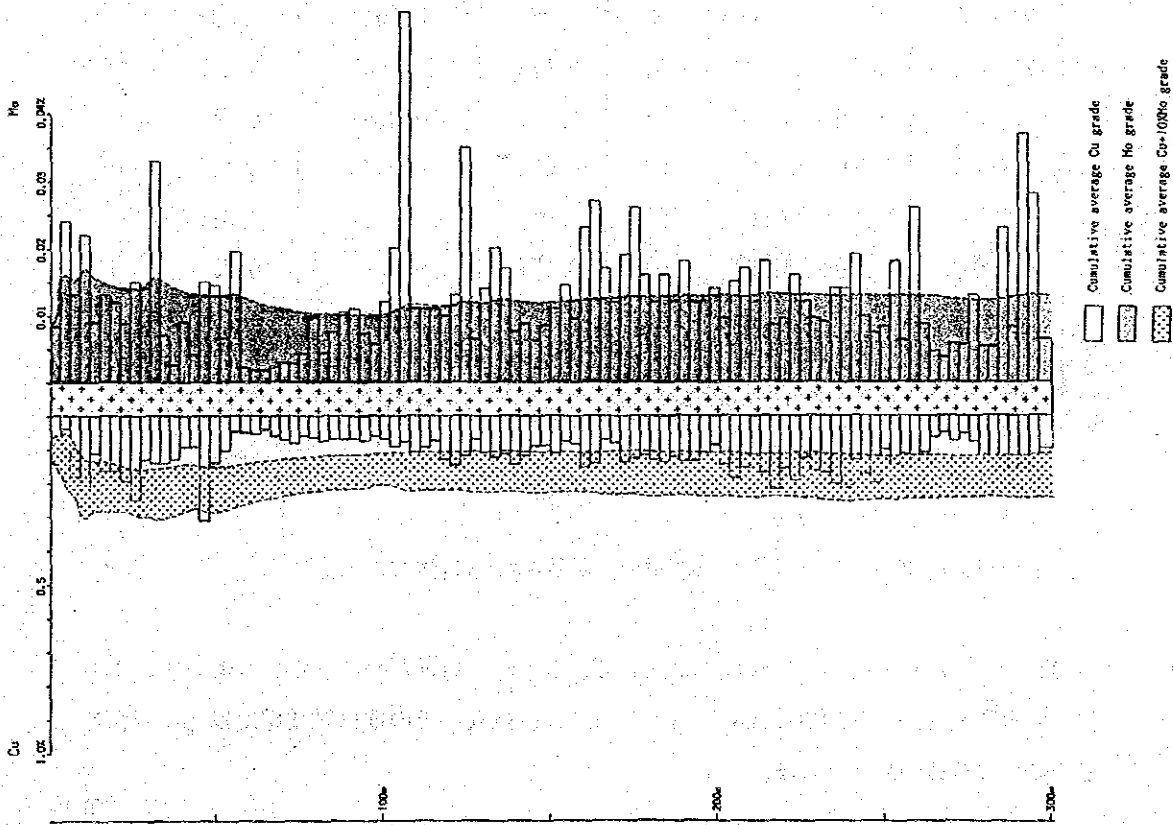
第41图 分析品位图 MJT-6号

MJT-5



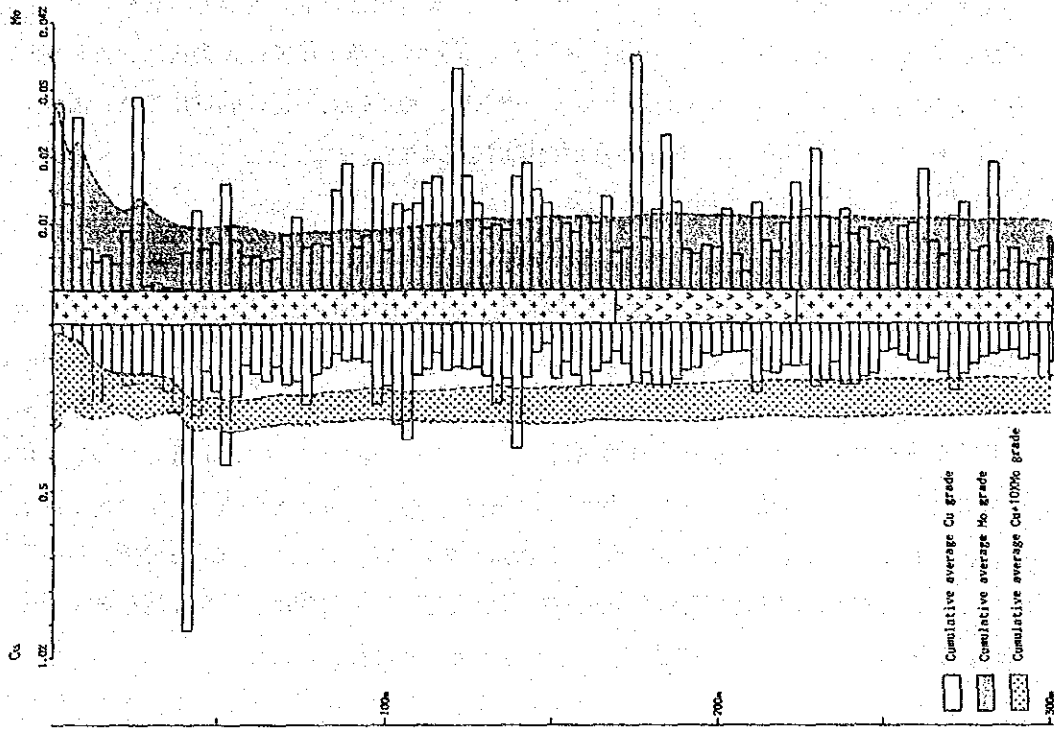
第41图 分析品位图 MJT-5号

MJT-7



第41图 分析品位图 MJT-7号

MJT-8



第41图 分析品位图 MJT-8号

て輝銅鉱、銅藍が認められ、かなりしっかりした二次富化帯をなしている。84m 以深では黄鉄鉱は鉱染状の他、割れ目や石英脈に伴うが、黄銅鉱、輝水鉛鉱は鉱染状に、また割れ目や石英脈に僅かに認められる程度である。黄銅鉱、輝水鉛鉱の比較的鉱化の強い部分は230m から 300m 付近である。以上各孔別柱状図を第40図にまとめた。

5-4 コアの分析結果

第二、三年次に実施したボーリング調査では 8孔で 2,508m 掘進した。このうち MJT-1号 の 0~9.90m、MJT-2号 の 0~9.50m の表土の部分を除き残りの2,488.6m をスプリットし、全試料の Cu, Mo 分析と一部の試料について Au, Ag, W, Sn の 4 成分について化学分析を行った。鉱床のタイプはポーフリー型鉱床であることから 3m 毎にスプリット、粉碎したものを分析用試料とした。分析試料数は 840 個で Cu, Mo を分析、このうち黄鉄鉱、黄銅鉱、輝水鉛鉱等の硫化鉱物の多い部分、粘土化作用、珪化作用を強く受けている部分等のなかから 37 個を選び Au, Ag, W, Sn の分析を行った。

ボーリング	分析巾	分析数	平均品位		Cu 換算%※
			Cu%	Mo%	
MJT-1号	9.90~301.00m	98	0.066	0.0024	0.091
MJT-2号	9.50~301.00m	99	0.172	0.0085	0.257
MJT-3号	0.00~401.00m	137	0.237	0.0108	0.345
MJT-4号	0.00~301.00	102	0.075	0.003	0.105
MJT-5号	0.00~301.00	101	0.067	-	0.071
MJT-6号	0.00~301.00	102	0.157	0.007	0.231
MJT-7号	0.00~301.00	100	0.120	0.013	0.247
MJT-8号	0.00~301.00	101	0.160	0.010	0.264

(※：現在の Mo 金属価格が銅価格の約 10倍になることから Cu 換算品位の算出に際して $Cu\% + 10 \times Mo\%$ とした。)

以上の分析結果をグラフで表したのが分析品位図の第41図である。

MJT-1号では 180~190m にかけて貫入している Pgl 付近がややまとまっていて、この付近では Mo: 0.01~0.02%, Cu: 0.1~0.2% となるが、その他は鉱化作用は認められるものかなり低い品位となる。

MJT-2号 では 9.50~87.00m が Cu: 0.234%, Mo: 0.0069% で Cu 換算で 0.303% とな

る。87~195m 間が低いので、この間を除いた場合は 195~301m と上記の 87m までの分を加えた平均品位は 185.5m 間で Cu:0.208% , Mo:0.0103% , Cu 換算で 0.311% となる。但し 0~100m のコア採取率が 81.7%、100~200m のコア採取率が 93.7% とコアが完全に取れず、この間は割れ目が発達しコアにならなかった部分で逃してしまっていることから、実際より低い品位となっている。

MJT-3号 では前項で述べたごとく Phyllic Zone→ Potassic Zone と鉱化帯の中心に近く、しかも鉱染部分が主体のため 1号、2号と比較すると高い品位となり 0~147m 間をとると Cu: 0.249% , Mo: 0.0121, Cu換算で 0.37% となる。

錫、タングステンは今回の分析で僅かに含有しているが金については Cu-Mo を伴う他のポーフィリー型鉱床同様 ppb 単位で僅かに認められる程度である。

MJT-4号 では地質図では Potassic Zone の中心とされ、ボーリング調査の結果でも地表と同様の結果が得られことより Cu 品位は上がらなかった。200m 以深ではCu, Moの品位の上昇が見られた。

MJT-5号では Mo の含有量が非常に低く、殆どが 10ppm 以下である。また地表に近い部分では肉眼で輝銅鉱、銅藍等が認められるが Cu 品位は低い、また初生鉱化帯の部分でも黄銅鉱が見られるがやはり Cu 品位は低い。

MJT-6号 では当初 MJT-3号 に近く品位的に良い結果が期待されたが、予想外に未変質斑状花崗岩 (Pg2) の張り出しが大きく、この部分を除くと Cu 換算品位は 0.487% となり、当地域としては高い品位が得られた。

MJT-7号 では当初は物理探査のアノマリーから品位の高い鉱化帯を期待したが予想したほどの Cu 品位は上がらなかった。そのかわり土壌地化学探査で Mo のアノマリーがでている地域であることから、やはり全体にわたり Mo の含有量が高い。

MJT-8号 でも MJT-7号同様物理探査のアノマリーから品位の高い鉱化帯を期待したが局部的に Cu 品位は上がったが全般的には低い。しかしながら MJT-7号 同様 Mo の含有量が高い。

第 6 章 考察

6-1 斑状花崗岩 (Pg1)

Pg1 と Pg2 は変質の差により区分し、Hasandere 地区のポーフリー型鉍化作用は変質斑状花崗岩 (Pg1) に伴う。貫入形態は初年度の地表調査からは推定できなかったため、ほぼ垂直方向としたが、第二年次、第三年次のボーリング調査 (MJT-1, 2, 8号) により Zigana 層の安山岩を $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ で Pg1 が貫入してきていることが明らかとなり、これより貫入岩体はやや北から東に向かって傾斜した岩体と推定される。

変質ゾーニングから Pg1 の中心は Potassic Zone で、流体包有物の均質化温度測定結果でも同様で Mat 沢から Hasan 沢にかけて均質化温度が高く、包有物から沸騰現象も認められた。Pg1 分布域の地表では硫化鉍物は溶脱され、輝水鉛鉍、黄銅鉍が認められるのは Hasandere のみで、その他はリモナイト化している。このように地形の高い尾根の部分は完全に溶脱され Mo のみが残っている。MJT-3, 7, 8号の結果から明らかになったことは Pg1 分布域、特に地形が突出している尾根などの地表は溶脱され、地形的に突出している部分ほど二次富化帯が発達し、二次富化帯の下部が初生鉍化帯となっている

6-2 安山岩 (Zigana 層)

Maden 沢の MJT-1, 2号、Mat 沢の上流の MJT-8号と Pg1 を取り囲むようにして Zigana 層の安山岩が分布し、これらの安山岩中には磁鉄鉍-黄鉄鉍の他に黄銅鉍、輝水鉛鉍を伴う。ボーリングの MJT-1, 2, 8号 では安山岩が発達していて多量の磁鉄鉍を伴う。変質ゾーニングは暗緑色の主として緑泥石からなる Propylitic Zone をなしている。この部分が鉍化帯の周辺部であるが鉍化帯が、さらにどのくらい外側に広がっているのか、明らかでない。地化学探査、物理探査結果を考慮に入れると $1.8\text{km} \times 1.8\text{km}$ の広さに達する地域が探鉍対象となり得ると考えられる。

6-3 硫化鉍物、その他の鉍石鉍物

硫化鉍物は下記のようなところで良く見られる。

- ① 磁鉄鉍; Propylitic Zone で鉍染状、脈状、少量の赤鉄鉍と共存することがある。
- ② 黄銅鉍; Potassic \rightarrow Propylitic Zone にかけて分布する。鉍物組合わせは黄銅-黄鉄鉍 (割れ目)、黄銅鉍-黄鉄鉍-石英 (石英脈) となることが多い。

- ③ 黄鉄鉱；鉱染状・割れ目・石英脈中と殆ど鉱化帯の全域にわたり Propylitic, Phyllic Zoneで多い。
- ④ 輝水鉛鉱；Potassic→ Propylitic Zone にかけて分布する。殆どが石英－輝水鉛鉱、石英－黄鉄鉱－輝水鉛鉱の組合わせの産状が多い。
- ⑤ 閃亜鉛鉱；MJT-3号の Potassic Zone のみで、僅かに存在する。
- ⑥ 輝銅鉱、斑銅鉱、自然銅；MJT-3～8号 の二次富化帯 (Phyllic Zone) 中に存在する。

6-4 鉱化作用

鉱化作用は“コア(核)”の Potassic Zone では鉱染状と割れ目 (veinlets) が主で石英脈は少なく、あっても黄銅鉱-輝水鉛鉱を伴うことは希である。割れ目の発達は弱く鉱化作用も弱い。Phyllic Zone では鉱染状、割れ目、石英脈中の鉱化作用となる。割れ目が発達し鉱化作用もしっかりしていて、黄鉄鉱の鉱染も強くなる。Propylitic Zone では石英脈中と割れ目に伴う鉱化作用が主で鉱染は認められない。磁鉄鉱-黄鉄鉱を伴う鉱化作用が多い。

6-5 変質ゾーニング

当地区での変質ゾーニングの特徴はX線回折より

- ① Potassic Zone ; 変質帯の中心部“コア”に当たり特徴的な鉱物はカリ長石と黒雲母とされているが、当地区では黒雲母、少量のカリ長石で、石英・硬石膏で特徴づけられている。
- ② Phyllic Zone ; Potassic Zoneをとり囲み、特徴的な変質鉱物は石英・絹雲母で少量の緑泥石を伴う。
- ③ Argillic Zone ; 粘土化帯は Phyllic Zone の周囲に分布するが当地区ではカオリナイトやモンモリロナイトで代表されるこの変質帯は存在しない。
- ④ Propylitic Zone ; 変質帯の外縁部に当たり緑泥石、緑廉石、磁鉄鉱を伴う。

6-6 鉱化帯内の割れ目

MJT-1～8号までのボーリング調査結果では垂直方向の割れ目は少なく、殆どは60°以下で方向性のない割れ目、シャックリングとなっている。地質調査でも Hasan 沢や Mat 沢で詳しく割れ目を調べたが、特に目立つ方向性は把握できなかった。このほかに MJT-2号の 91.2～152m、MJT-3号の 30～125m、MJT-7号の 25～254m ではコアがリボン構造に

沿って板状に薄く割れる。この割れ目に沿って黄銅鉱、黄鉄鉱がきている。このような部分はコアになりにくくコア採取率は低下するものの品位はまとまってきている。

6-7 鉱床規模

第二年次、第三年次のボーリング調査で 8孔 2,508m 実施され、低品位鉱化帯を把握した。これらのうち、まとまった品位を把握しているのは MJT-3, 6, 8 の 3孔である。この 3孔を使って Cu 累計品位 0.200% 以上の部分を鉱量計算すると以下のごとくなる。

	深度(m)	Cu %	Mo %	Cu+10×Mo%	埋蔵鉱量 (10 ⁶ トン)
MJT-3	0~285	0.200	0.009	0.290	200m×200m×2.5×285m=28.8
MJT-6	156	0.277	0.021	0.487	200m×200m×2.5×156m=15.6
MJT-8	0~54	0.228	0.010	0.328	200m×200m×2.5×54m=5.4
	計	0.227	0.013	0.356	49.8

鉱量計算するに当たり

- ① MJT-3号の 0~12m の溶脱帯、MJT-6号の 45~53m の貫入岩 (Pg2)、MJT-8号の 0~9 m の溶脱帯 (Cu 品位は低い Mo を伴う) 等を含めた。
- ② MJT-6号は 0~111m, 244~289m 間の 156m で 111~244m (133m 間) は鉱量計算から除外した。
- ③ 平面的広がりにはボーリング間隔が 200m であることから、各ボーリング孔の外側への広がりには 100m とした。従って平面積は 200m X 600m とした。
- ④ 比重は 2.5 とした。

また Mo に注目し Mo の含有量の高い MJT-7号と MJT-8号の下部を含めて鉱量計算をした結果が下記の通りである。

	深度(m)	Cu %	Mo %	Cu+10×Mo%	埋蔵鉱量 (10 ⁶ トン)
MJT-3	0~285	0.200	0.009	0.290	200m×200m×2.5×285m=28.8
MJT-6	156	0.277	0.021	0.487	200m×200m×2.5×156m=15.6
MJT-7	0~300	0.120	0.013	0.247	200m×200m×2.5×300m=30.0
MJT-8	0~300	0.160	0.010	0.264	200m×200m×2.5×300m=30.0
	計	0.177	0.012	0.300	104.4

6-8 ボーリング調査と物理探査との関連

Hasandere 地区で実施したボーリング調査と IP 法、SIP 法による物理探査から以下の点が把握された。

第二年度の各ボーリング孔間を結ぶ SIP 法による結果では

- ① MJT-1, 2号を結ぶ Maden 沢沿いの A 測線（南北方向）では高い PFE 及び位相差を示すゾーンが抽出された。MJT-2, 3号を結ぶ Mat 沢沿いの B 測線（東西方向）では、地表で南北方向の断層が推定される西側で PFE 及び位相差が非常に低く、これに対し 2~3号 間は逆にやや高く、3号の東側でやや減衰する傾向であった。
- ② 岩石、コアの SIP 特性の測定結果 PFE と位相差とは正相関にあるが、比抵抗値とは逆相関の関係となる。Cu, Mo の品位と SIP 特性との相関は認められず、位相スペクトルでも Cu 品位の高いものは、一般の非鉍化タイプを示すスペクトルに属する。

以上のことから高 PFE（位相差）異常は主として黄鉄鉍によるものと考えられる。したがって黄鉄鉍の多いゾーンを抽出することにより、地質や変質状況を考慮し、その周辺に広がる Cu 品位の高いゾーンが把握出来るものと推定された。

第三年度の IP 法、SIP 法による物理探査結果結果から

変質斑状花崗岩 (Pg1) の周辺から安山岩にかけた部分で高い PFE 及び位相差を示すゾーンが抽出された。この異常域は南部が未変質斑状花崗岩に貫入されていることから円弧状をなす。このほかに円弧状をなす中央部を南北に走る高い PFE 及び位相差が把握された。

第二、三年度の物理探査結果より高い PFE（位相差）異常は主として黄鉄鉍によるものと推定、円弧状高 PFE 分布域の内側で MJT-7, 8号を、また円弧状をなす部分の中央部を南北に走る高 PFE 域で MJT-5号 を実施し鉍化帯を把握した。各ボーリング孔と物理探査結果との関係は下記の通りである。

MJT-4号位置での PFE の分布状況は 8% 以下の低い範囲にあり、300m 以深では 8% 以上の高 PFE 値を示していることから地表より 200m 付近までは比較的硫化鉍物が少ない部分で、200m 付近から Cu 品位は良くなると予想された。ボーリング調査では150m 付近までは鉍化作用は弱いが 150m 以深は鉍化作用がやや強くなる傾向で終わった。

MJT-5号位置での PFE の分布状況は 100m~ 300m 間で PFE 値が 8% 以上となることから、300m 以深で銅品位が上昇すると予想された。ボーリング調査では 100m 付近までは銅品位良好(二次富化帯)、100m 以深は黄鉄鉍、磁鉄鉍が増加する傾向があり、300m で変質斑状花崗岩に達したところで終わった。

MJT-6号位置での PFE 分布状況では 8% 以上の範囲は 112m~244m 間の未変質斑状花崗岩の貫入岩を示している。この高 PFE 値の上下で Cu 品位がよくなっている。

MJT-7号位置での PFE 分布状況は MJT-2~3号間で高 PFE 値域が広がり、7号位置で一端減衰したあと再び東側で高 PFE 値域となっている。減衰していることから、この地点での銅品位は良いと予想されたが、地表から 42m (二次富化帯)までで、以下劣化したままで終わった。

MJT-8号での PFE 分布状況では 8% 以下で 300m 以深では 8% 以上の高 PFE 値となることから良い結果が期待された。ボーリング調査では 170m 付近までは Cu 品位良好(二次富化帯)、170~230m はやや劣化するが、再び良くなる傾向がうかがえた。

以上のことから本地域では PFE 値 8% 以上の高い部分は主として黄鉄鉱からなる硫化鉱物帯と考えられる。一方 fracture が発達し Cu-Mo の鉱化を伴う部分は 8% 以下の PFE 値がやや低い部分で、このような部分は PFE 値の高異常部 (8% 以上) の周辺部に発達している。

第4部 Karadağ地区

第 4 部 Karadağ 地区

第 1 章 地質鉱床

1-1 概要

Karadağ 地区の地質は、下位から古生代末期の Gümüşhane 花崗岩、ジュラ系下部 Lias 階に対比される Kırıklı 層、Kuşakkaya 石灰岩層と上部白亜系の Zigana 層に大別される。Zigana 層は前年度調査結果では 5つの層序単位 (Kermut dere部層、A1 部層、D1 層、A2 部層及び D2 部層) に細分されたが、本地区では最下部の A1 部層のみが分布する。これらを石英斑岩、花崗閃緑岩及び閃緑岩が貫入し、Zigana 層の石灰岩と安山岩の境界部にスカルン化を伴う鉱化作用が認められる。地質図、地質断面図及び模式柱状図をそれぞれ第42~44図に示した。

1-2 地質層序

Gümüşhane 花崗岩：本岩は Gümüşhane 市南部から、南西方向に伸びて広範囲に分布する基盤岩である。その分布範囲は東西 37km、南北部 15km の範囲に及び、調査地区はこのバソリス状岩体の西端に位置する。前年度調査による Rb-Sr 法による絶対年代は 406 Ma と推定され、デボン紀初期の進入と考えられた。岩質は一般に塊状で灰白色、黄灰色ないしピンク色を呈し、細粒から粗粒までさまざまな岩相を呈する。全体の傾向として岩体周縁部では細粒で岩体内部になると粗粒花崗岩となる。粗粒質の場合、全般にわたり脆く 2~3mm の石英及びカリ長石の巨晶が認められるほか、黒雲母に富む。また、半花崗岩状を呈する部分は石英、斜長石、長石に富み緻密、塊状である。

Kırıklı 層：本層は下位の古生界 (Gümüşhane 花崗岩) を不整合に被う。本層は玄武岩溶岩を主体として、その最下部に局部的に基底礫岩が認められる。また、玄武岩溶岩中には砂岩-泥岩の薄層が挟在する。

基底礫岩：本岩は局部的に発達し、連続性に乏しい。色調は、淡いピンク色を呈し、礫は主に花崗岩で、数cm ~ 10cm の円礫ないし亜角礫である。マトリックスは石英粒及び長石粒よりなり、淡緑色~灰白色を呈する。

玄武岩溶岩：本岩は一般に暗緑色~赤褐色を呈し、緑泥石化及び緑簾石化が認められる。玄武岩溶岩中には砂岩-泥岩の薄層が挟在する。Gümüşhane 花崗岩を不整合に被うが、この花崗岩の西側では本層の層厚は薄く、一方東側では、大規模に発達している。

Kuşakkaya 石灰岩層：本層は調査地区北部に小規模に分布する。下位の Kirıklı 層とは整合関係であると思われる。本石灰岩層は塊状、無層理で灰白色～白色を呈する。

調査地区外の Altıntaşlar 部落北東、約 3km の Ucbacalı 山付近ではジュラ紀上部の Dogger-Malm 階に対比される化石が報告されている。

Zigana 層：Zigana 層は昨年度の地質調査により、下位から Kermut dere 部層、A1 部層、D1 部、A2 部層及び D2 部層に細分されたが、調査地区内では A1 部層のみが広く分布する。本部層は玄武岩溶岩、安山岩溶岩及び石灰岩-シルト岩により構成されている。下位の部分ほど玄武岩溶岩が発達しているが、次第に安山岩質溶岩となる。玄武岩質溶岩は当地区から Avliyana 付近に発達する。

玄武岩溶岩は暗緑色塊状で、一部にはアミグダル組織が見られる。鏡下では斜長石と少量の輝石の斑晶が認められるが、斑晶の輪郭が不明瞭なほど変質が著しく、総て緑泥石・絹雲母化しており外形をとどめるのみである。石基はハイアロピリティック組織を示し、長柱状の斜長石の間隙をガラスが埋めるが、殆ど緑泥石・方解石化している。

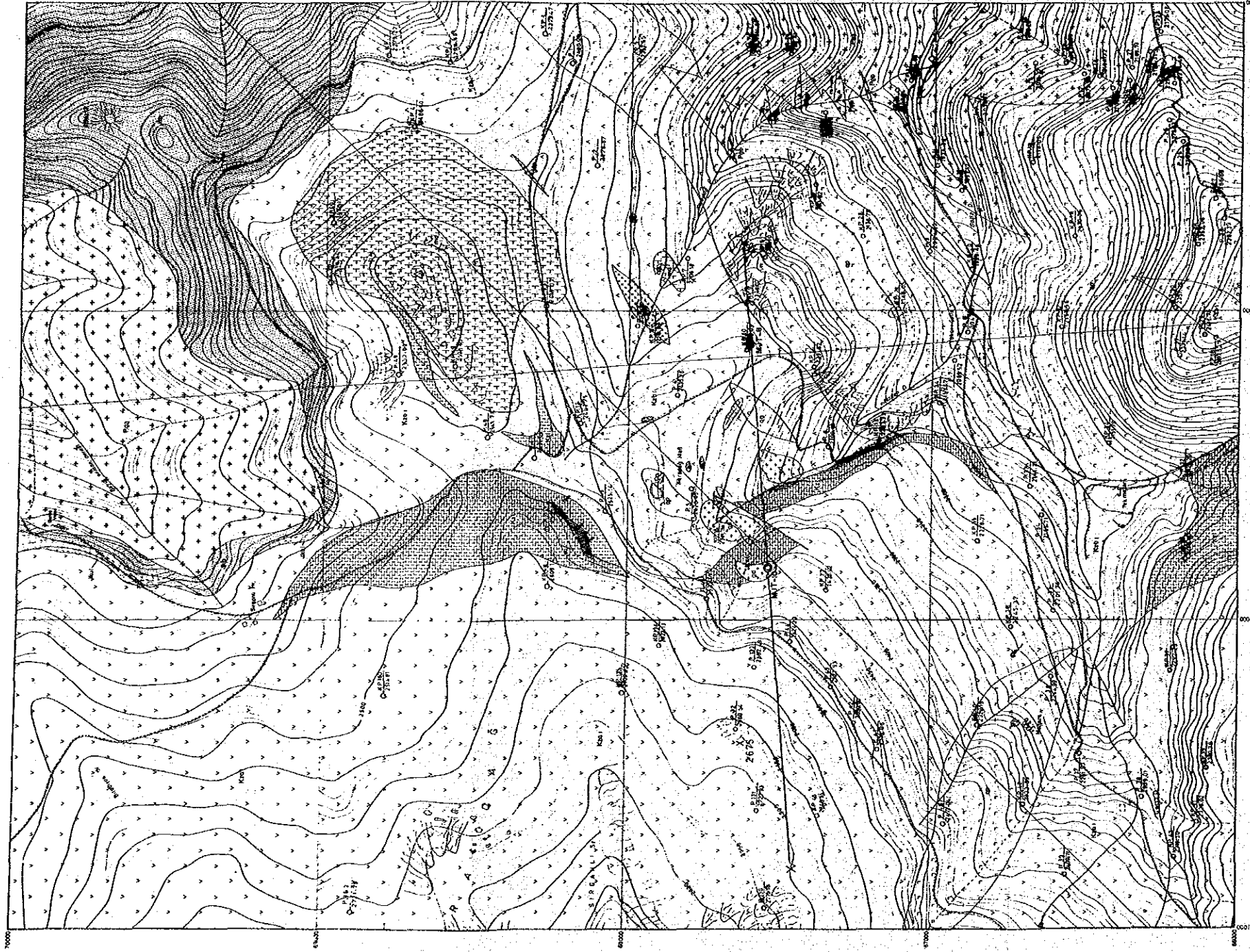
安山岩溶岩は一部破碎質であるが、一般に塊状で淡緑色ないし暗緑色を呈する。顕微鏡による観察では IP 測線の Bライン西側では普通輝石で特徴づけられ一部斜長石は緑簾石化しているが、IP 測線 Dラインの西側では角閃石で特徴づけられ斜長石は緑泥石、緑簾石化している。

当地区では石灰岩-シルト岩をはさみ下位の玄武岩質から安山岩質相に変わる。この石灰岩-シルト岩は走向 N~S、西に 30°~40° で傾斜し、結晶質石灰岩、塊状石灰岩、黒色シルト岩、粘土質泥岩からなる。旧 Karadağ 鉱山跡と思われる地域では、石灰岩は結晶質となり緑簾石がデキスカルン化している。走向 N~S 方向に広がる石灰岩-シルト岩は調査地区中央で東西方向に約 250m 程離れて分布し、この付近一帯に NE~SW 性の貫入岩がきていることから NE~SW 方向の断層に沿って貫入していると推定される。

貫入岩類：当地区の貫入岩は変質花崗閃緑岩、変質石英斑岩、閃緑岩、花崗閃緑岩からなる。これら 4種類の貫入岩はお互いに独立して分布するので貫入の順序は明らかでないが、変質花崗閃緑岩、変質石英斑岩のあとに閃緑岩、花崗閃緑斑岩が貫入している。

変質花崗閃緑岩；調査地域のほぼ中央部の Maden 沢の上流に小規模な岩株状（楕円状）をなして分布する。走向南北方向に広がる石灰岩-シルト岩はこの貫入岩体により二分される。鏡下では角閃石花崗閃緑岩で角閃石、斜長石、黒雲母等が変質し、緑泥石、緑簾石化している。

変質石英斑岩；Gümüşhane花崗岩の西側に沿って分布、その方向に NEN~SWS である。

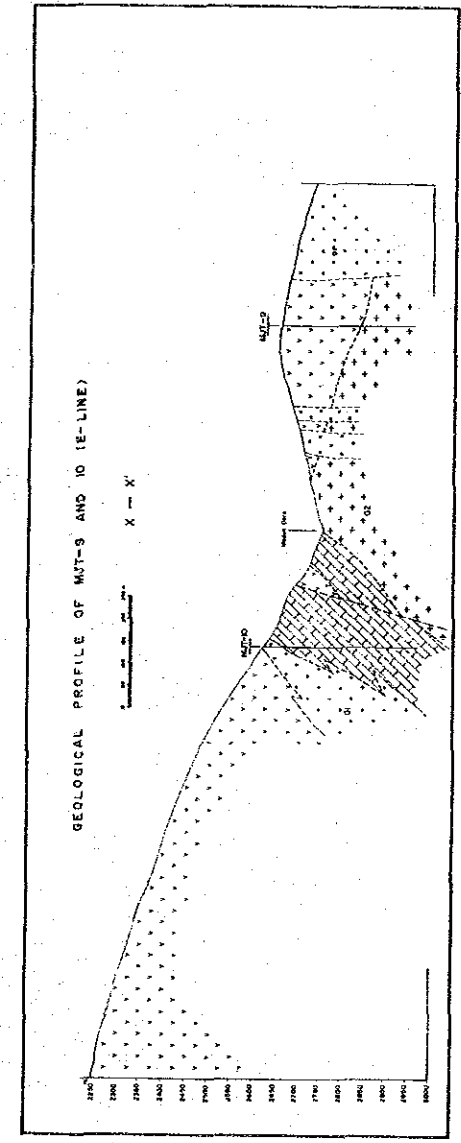


LEGEND

Quaternary Alluvium	Quaternary Clay	Quaternary Silt	Quaternary Sand	Quaternary Gravel	Quaternary Sandstone	Quaternary Shale	Quaternary Limestone	Quaternary Gypsum	Quaternary Salt	Quaternary Other
Quaternary Clay	Quaternary Silt	Quaternary Sand	Quaternary Gravel	Quaternary Sandstone	Quaternary Shale	Quaternary Limestone	Quaternary Gypsum	Quaternary Salt	Quaternary Other	
Quaternary Clay	Quaternary Silt	Quaternary Sand	Quaternary Gravel	Quaternary Sandstone	Quaternary Shale	Quaternary Limestone	Quaternary Gypsum	Quaternary Salt	Quaternary Other	
Quaternary Clay	Quaternary Silt	Quaternary Sand	Quaternary Gravel	Quaternary Sandstone	Quaternary Shale	Quaternary Limestone	Quaternary Gypsum	Quaternary Salt	Quaternary Other	

Scale 1:50,000

第42图 Karadağ 地区 地质图



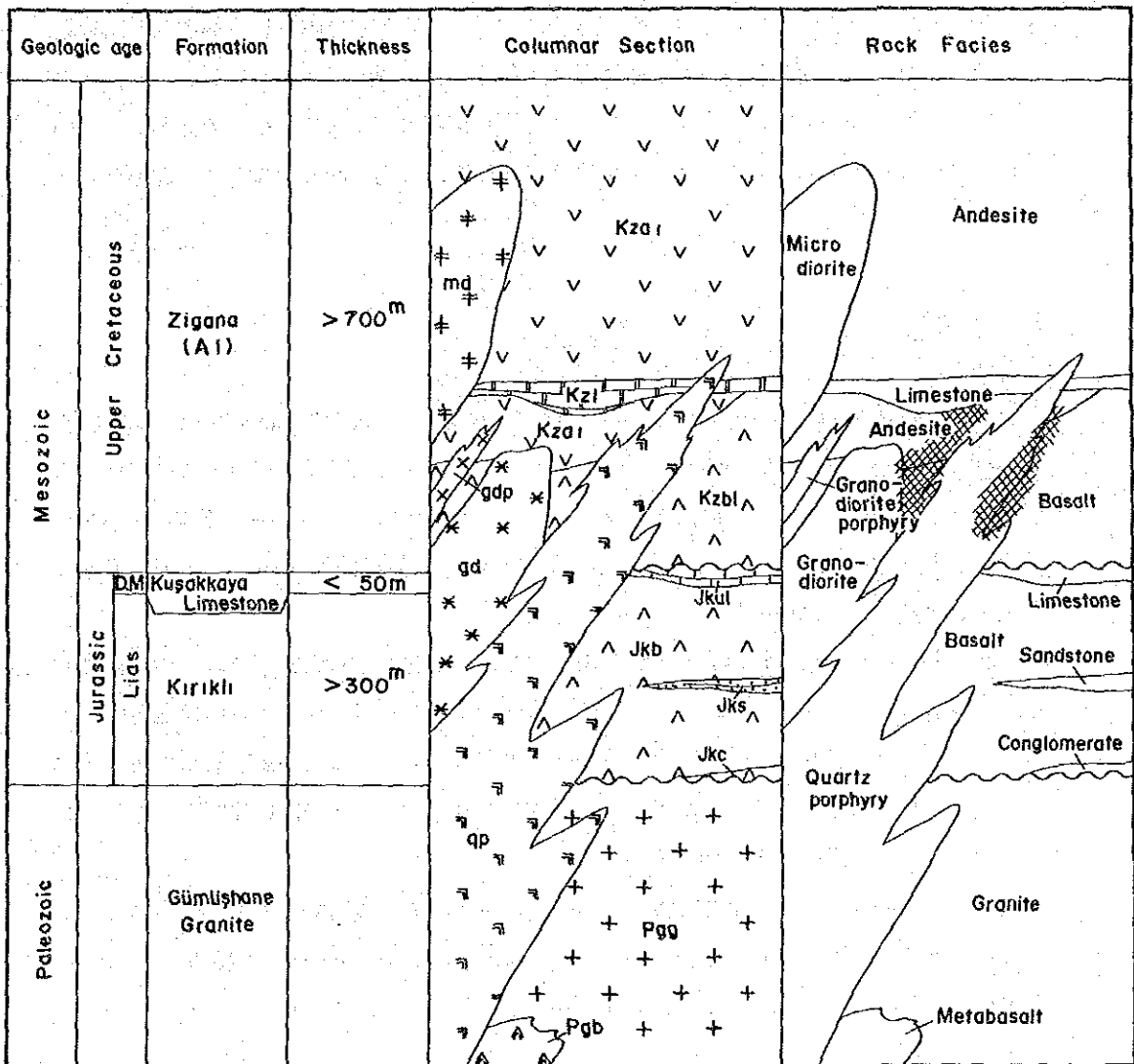
GEOLOGICAL PROFILE OF M/T-9 AND 10 (E-LINE)

Scale 1:50,000

LEGEND

Andesite	Basaltic andesite	Limestone	Quartz porphyry	Granodiorite
Andazit	Bazaltik andazit	Kireciz	Kvartz porfir	Granodiyorit

第43图 Karadağ 地区 地质断面图



DM : Dogger ~ Maim

Mineralization

第44图 Karadağ 地区 模式柱状图

Maden 沢付近では角礫化した部分に電気石や白雲母のほかに石英脈を伴う。地表は酸化により硫化鉱物はリモナイト化して初生の硫化鉱物は明らかでない。鏡下では強い変質作用により石英の斑晶以外は二次石英、絹雲母、緑簾石、赤鉄鉱の集合体となっている。

閃緑岩；調査地区の北東部に岩株状をなして分布、その大きさは 800m×500m でClaz 山を形成しており岩株状をなし、やや微晶質である。鏡下では等粒状組織をなし斜長石は曹長石 (Albite) 化し斜長石と普通輝石は一部緑泥石・緑簾石化している。

花崗閃緑斑岩；Maden 沢の北東側の沢からさらに北東の沢へと岩脈をなして分布し、その方向は NE~SW である。鏡下では等粒状組織で斜長石、普通角閃石が僅かに緑泥石化している。

1-3 地質構造

当地区は基盤をなす Gümüşhane 花崗岩の西側に位置し、調査地区北部で Kırıklı 層や Kuşakkaya 石灰岩層が Gümüşhane 花崗岩を被うが、調査地区の中央以南では Kırıklı 層 Kuşakkaya 石灰岩層が消滅し、Zigana 層が不整合に Gümüşhane 花崗岩を直接を被う。旧 Karadağ 鉱山付近は Zigana 層と Gümüşhane 花崗岩との境に NE~SWS 方向の石英斑岩が貫入し、直接接していない。

玄武岩質相から安山岩質相に岩質が変化する部分に南北性の石灰岩-シルト岩が膨張しながらレンズ状に分布する。調査地区中央部では、この石灰岩-シルト岩は東西方向にずれ、このずれた付近を NE~SW 性の花崗閃緑岩が貫入していることから断層発生後、弱線部に沿って貫入している。この弱線方向に変質斑岩もほぼ同一方向に伸びていることから、かなり大きな構造線と思われる。

以上のように石英岩-シルト岩層が走向南北、西傾斜で、調査地区の中央部以西は安山岩に被われているのに対し、上記のように旧 Karadağ 鉱山付近一帯が地質構造的な乱れが認められる。

1-4 鉱化・変質作用

Karadağ 地区では昔坑内採掘されているものの過去の資料はなく、旧 Karadağ 鉱山跡と思われる一帯に散在している転石から判断して Karadağ 鉱床は磁鉄鉱、黄鉄鉱の含有量が少なく Cu に Pb, Zn を含有する。古い時代のことから恐らく Cu を主体にして採掘されたと推定される。

鉱石鉱物は旧 Karadağ 鉱山跡付近では、僅かに黄銅鉱、閃亜鉛鉱が認められている。Karadağ 地区は高地のうえ内陸性の気候で温度差が大きく乾燥し、冬に積雪 3m 以上に達することなどから酸化が激しくリモナイト化し転石中に含まれる二次酸化銅鉱は孔雀石が

主で、そのほかに二次酸化亜鉛や Pb も含有している。

スカルン鉱物は柘榴石、緑簾石で、旧 Karadağ 鉱山付近から Maden 沢にかけての石灰岩や安山岩中でこれらスカルン鉱物がよく認められる。柘榴石は第一年次に実施したX線回折よりグラナタイト系に属するグロシュアールの組成に近いものである。

鉱化の特徴は転石より

- ① 黄鉄鉱、磁鉄鉱の含有が付近一帯の他の鉱化作用に比してかなり少ないこと。
- ② 二次富化作用により特に Cu 品位が多いこと。
- ③ 二次酸化銅鉱は網状であること。
- ④ 裂罅の発達した石英斑岩では電気石、黄鉄鉱がきていること。
- ⑤ 僅かに残っている硫化鉱物（黄銅鉱、閃亜鉛鉱）は鉱染状、網状であること。
- ⑥ 物理探査結果では旧 Karadağ 鉱山付近でアノマリーが得られなかったこと。

以上の点により主として鉱染状～網状タイプの鉱化作用と推定される。

旧 Karadağ 鉱山跡と思われる一帯や Maden 沢に沿って、スカルン中に酸化銅鉱が認められる。このような箇所ではチップサンプルを分析した結果 Cu 品位が高い。旧 Karadağ 鉱山跡付近の最高は Cu:19.8%, Zn:13.50% で、Maden 沢一帯では Cu:14.80% で Cu はやはり高いが、Zn の高いものは得られてない。Pb は分析していないが、X線回折では肉眼では分からなかった白鉛鉱 ($PbCO_3$) が検出されていることから、かなり含有しているものと推定される。このような分析結果とX線回折結果より旧 Karadağ 鉱山跡付近は Cu-Pb-Zn からなる鉱化帯、Maden 沢では Cu 主体の鉱化帯と、鉱化作用の特徴が若干異なるものと推定される。また、この地区の特徴として花崗閃緑岩は電気石、白雲母、石英、リモナイト等を伴い、石基部は鏡下でかなり絹雲母化している。この岩体と石英斑岩とが当地区の鉱化をもたらした。地表では NE~SW 方向の断層に沿って、これらの貫入岩が貫入し、この影響で割れ目が発達、この割れ目に沿って鉱化作用が発達しているものと予想される。

第 2 章 物理探査 (SIP法・IP 法)

2-1 調査概要

調査目的： 本地域は 第一年次の地質調査及び地化学探査により花崗閃緑岩、石英斑岩の貫入に伴う Cu-Pb-Zn の鉱化作用が認められた地域である。鉱床タイプとしては鉱染型が期待された。物理探査は第二年次を実施され、その目的は IP 法及び SIP 法の電気探査を実施することにより異常域を抽出し、その分布特性を把握する。また、鉱化作用の地下深部への連続性を解明することである。

調査範囲： 調査位置を 第 3 図に、調査範囲及び測線配置については第 45 図に示す。

測線長： SIP 法： 2 測線 4.0 km

H, I 測線 各 2.0 km 160 測点

IP 法： 7 測線 14.0 km

A, B, C, D, E, F, G 測線 各 2.0 km

2-2 調査方法

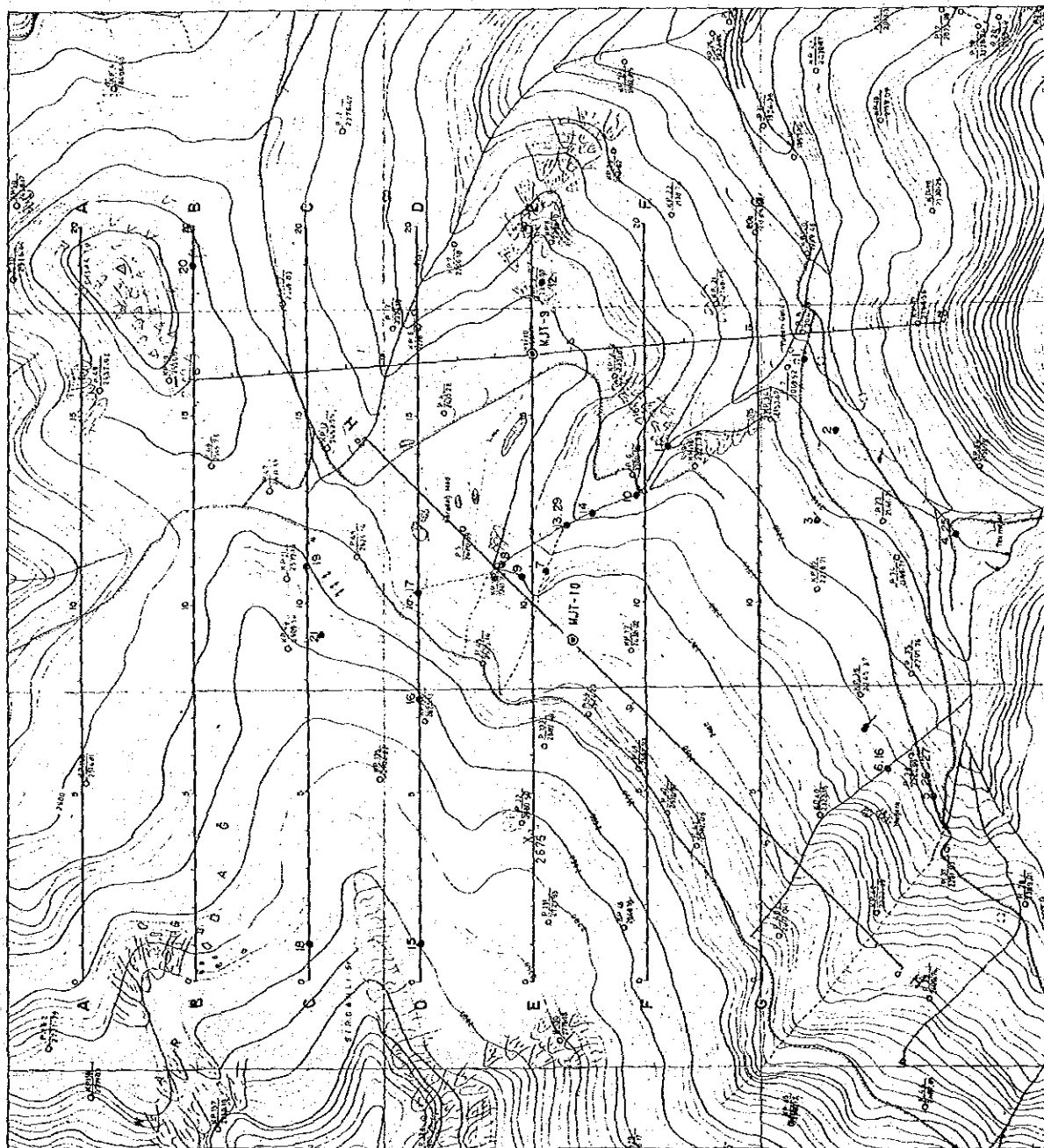
本地域の調査は初めに IP 法が実施され、把握された IP 異常に対し SIP 法 2 測線が実施された。調査方法は測線間隔が 300m であることを除き Hasandere 地区の調査方法と同一であるので本項では省略する。調査仕様、測定機器、データ処理方法は、Hasandere 地区の第 4 章 4-2 項を参照されたい。

2-3 調査結果

岩石試料の SIP 測定： 本地区の調査では 二年次に地表の岩石(25個)を採取し、三年次にボーリングコア(10個)を採取して SIP 応答を測定した。

地表岩石の測定結果を岩種別にまとめたものを第 19 表に示す。また、ボーリングコアの物性値と分析品位については第 20 表に示す。位相差のスペクトルは Hasandere 地区と同様に 7 種類のスペクトルに分類できた。物性試験の結果から次の事項が指摘できる。

- ① 位相差は 1.7~86.9 mrad の範囲にあり、泥岩の位相差が大きく、石灰岩、安山岩溶岩が小さい。平均値で比較すると前者は 後者の約 8 倍大きい。



LEGEND

○ SAMPLE DATE

□ SAMPLE LINE

● LOCATION OF ROCK SAMPLE

◎ MJT-3
Drill Holes Performed in 1986



第45図 Karadağ 地区 測線位置圖

第19表 Karadağ 地区 岩種別 SIP 結果

R o c k	No. of samples	P h a s e (-mrad)	P F E (%)	Resistivity (ohm-m)	Phase spectrum type							
					A	B	C	D	X	Y	Others	
Andesite	4	3.9 ~ 7.3 (5.23)	0.59 ~ 1.41 (0.88)	4,129 ~ 11,244 (6,605)	2		1					1
Qz. porphyry	7	4.9 ~ 19.5 (9.26)	0.50 ~ 2.61 (1.25)	404 ~ 3,308 (2,035)	1	4			1			1
Diorite	1	11.4	1.61	2,254	1							
Limestone	8	1.7 ~ 12.9 (4.99)	0.20 ~ 2.07 (0.76)	1,625 ~ 7,202 (4,611)	6		1					1
Mudstone	5	5.6 ~ 86.9 (41.36)	0.82 ~ 13.8 (6.55)	454 ~ 11,068 (4,164)		1	1			2		1
Total No.	25				10	5	3			3		4

() : Average value

第20表 Karadağ 地区 岩芯物性測定と分析品位

No.	Location (m)	Rock	Phase (-mrad)	PFE (%)	Resistivity (ohm-m)	Phase spectrum	Cu ppm	Zn ppm	W ppm	Mo ppm	Mineralization	Alteration
MJT-9												
1	36.6	Andesite	83.2	18.1	454	X	40	184	5	8	Py	ch-ep
2	172.5	Andesite	7.8	1.4	18,700	A	-	-	-	-	Mag-py	ch-ep
3	273.5	Granodiorite	40.5	5.5	5,260	B, (A)	41	43	-	1	Mag-hema	sericite
MJT-10												
4	39.2	Granodiorite	99.0	16.6	224	D	155	32	-	-	Py	ch-ep
5	51.0	Skarn	8.2	0.7	499	E	2,000	33	-	1	Malachite	skarn
6	96.0	Limestone	0.5	0.1	8,530	A	580	13	-	-	Massive	
7	235.0	Limestone	7.7	0.9	4,560	E	-	-	-	-	Sac	
8	319.0	Limestone	11.5	1.4	8,790	B	36	54	1	-	Sac	
9	335.0	Limestone	41.1	8.2	1,140	D	47	8	1	-	Sac	
10	344.5	Limestone	43.5	6.2	21,000	B, (C)	-	-	-	-	Muddy	

Abbreviation

ch : chlorite hema: hematite

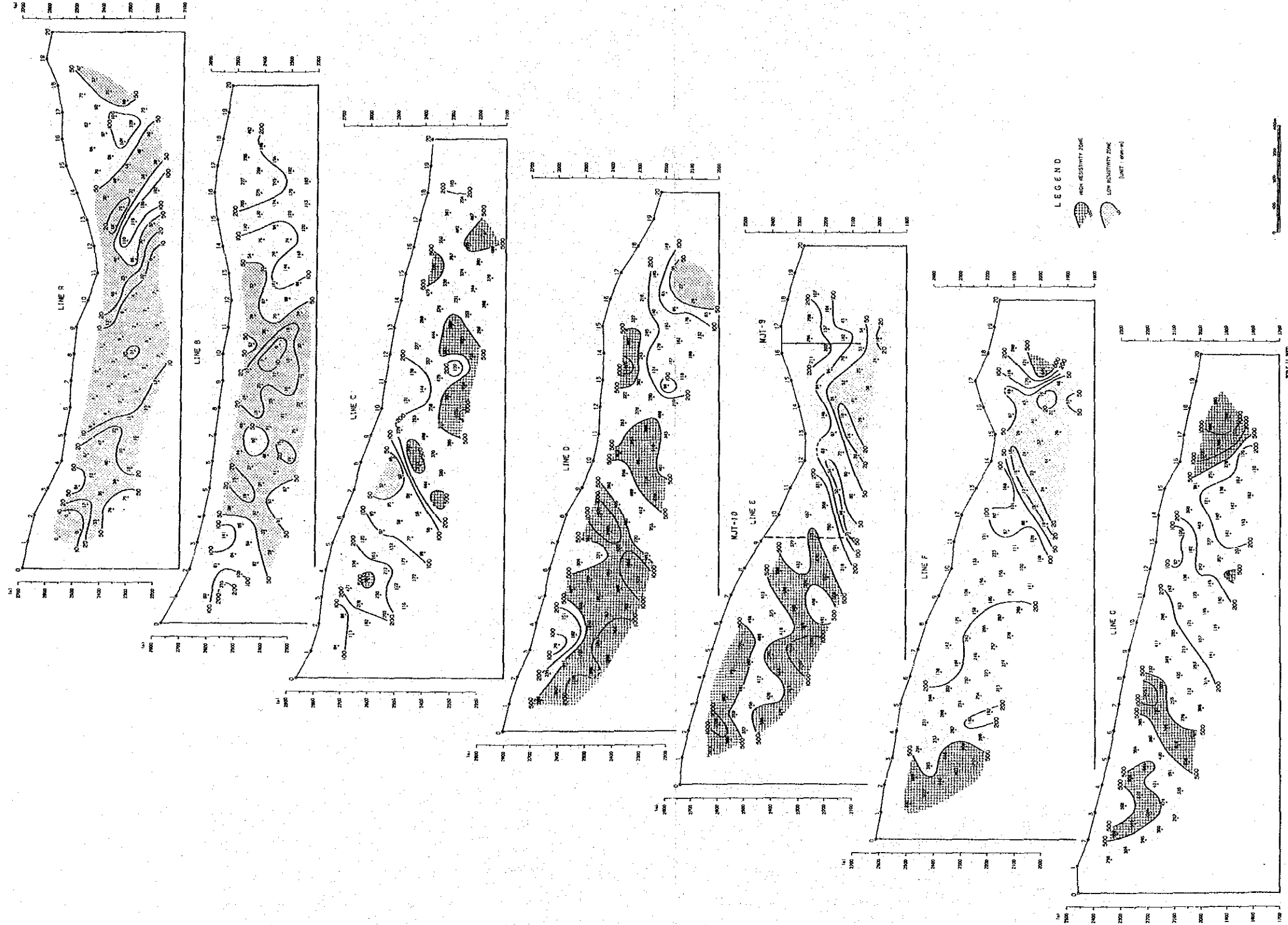
ep : epidote mag : magnetite

Py : pyrite Sac : saccharoidal

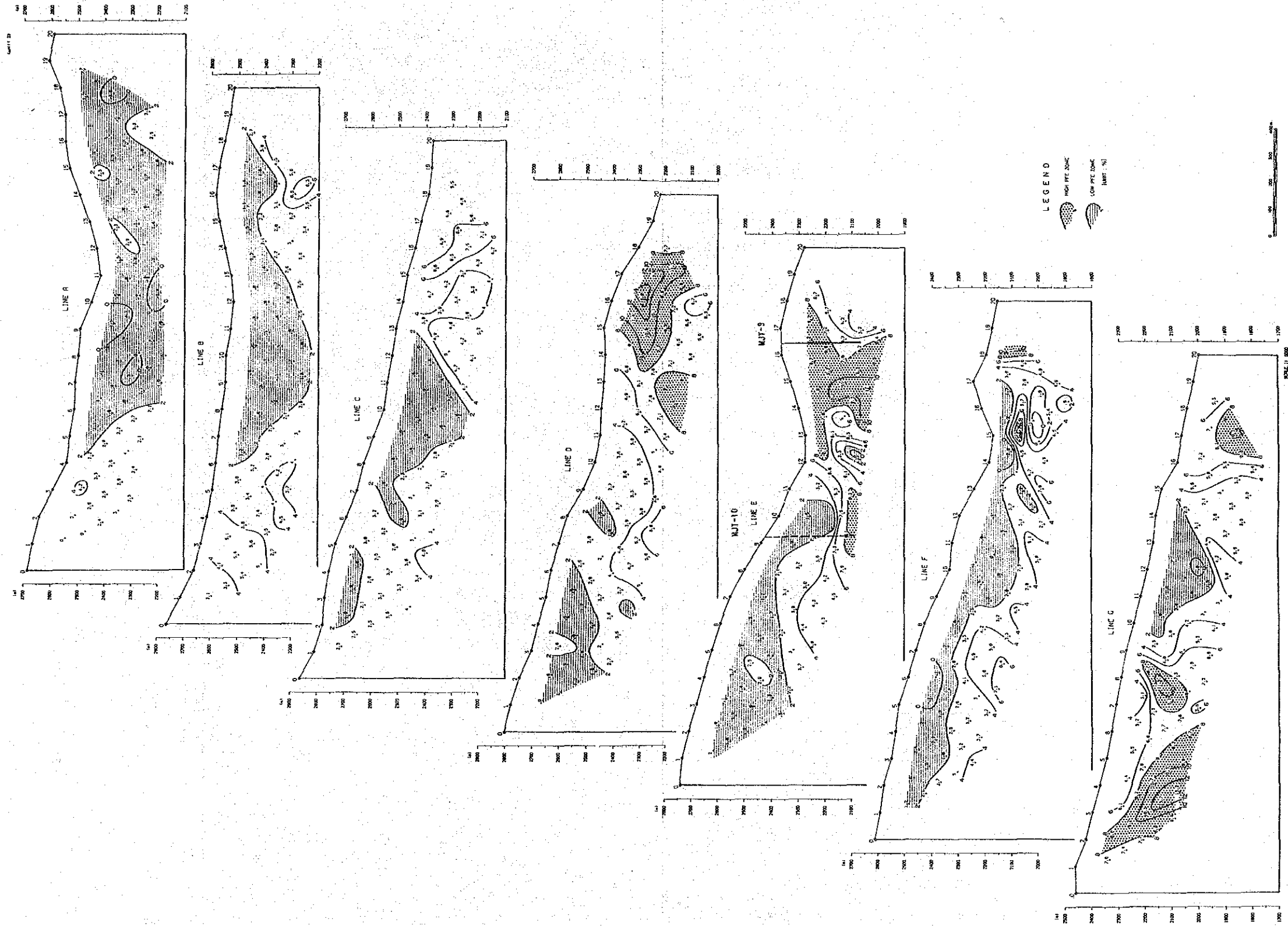
- ② PFEの値は 0.20~13.8% の範囲にあり、 泥岩が高く、石灰岩、安山岩溶岩が小さい。平均値で比較すると前者は 後者の約 8倍大きい。
- ③ 比抵抗に関しては、 404~11,244ohm-m の範囲にあつて、石英斑岩が 2,035 ohm-m で低く、安山岩溶岩 (6,605ohm-m)、石灰岩 (4,611ohm-m) が高い。
- ④ 位相差スペクトルは A タイプに属するものが 10 個で最も多く、鉍化作用と関連がある Xタイプのスペクトルは 石英斑岩に1個、泥岩に2個認められる。
- ⑤ ボーリングコア試料に関しては PFE 及び 位相差の大きい試料が安山岩、花崗閃緑岩に各1個あり、これは比抵抗値も 500ohm-m 以下低い。 スペクトルタイプは前者が Xタイプ、後者がDタイプを示す。しかし、分析値は 前者が Cu: 155ppm、後者が Zn: 184ppm で他の試料に比べて若干高い程度である。
- ⑥ MJT-10 の Skarn (試料 No.5) は Cu: 2,000ppm で他の試料より高いが、スペクトルは E タイプであった。
- ⑦ 三年次のボーリングの調査結果では、MJT-10 は着鉍には至らなかったが、下部の試料では位相差値が増加傾向が認められる。

野外測定結果：見掛比抵抗、PFE のそれぞれの平面図、断面図及び各種のスペクトル図、さらにシミュレーション解析等のデータをもとに解析を行い解析図(第 48 図)に取りまとめた。本調査の結果を総括すると 下記の事項が指摘できる。

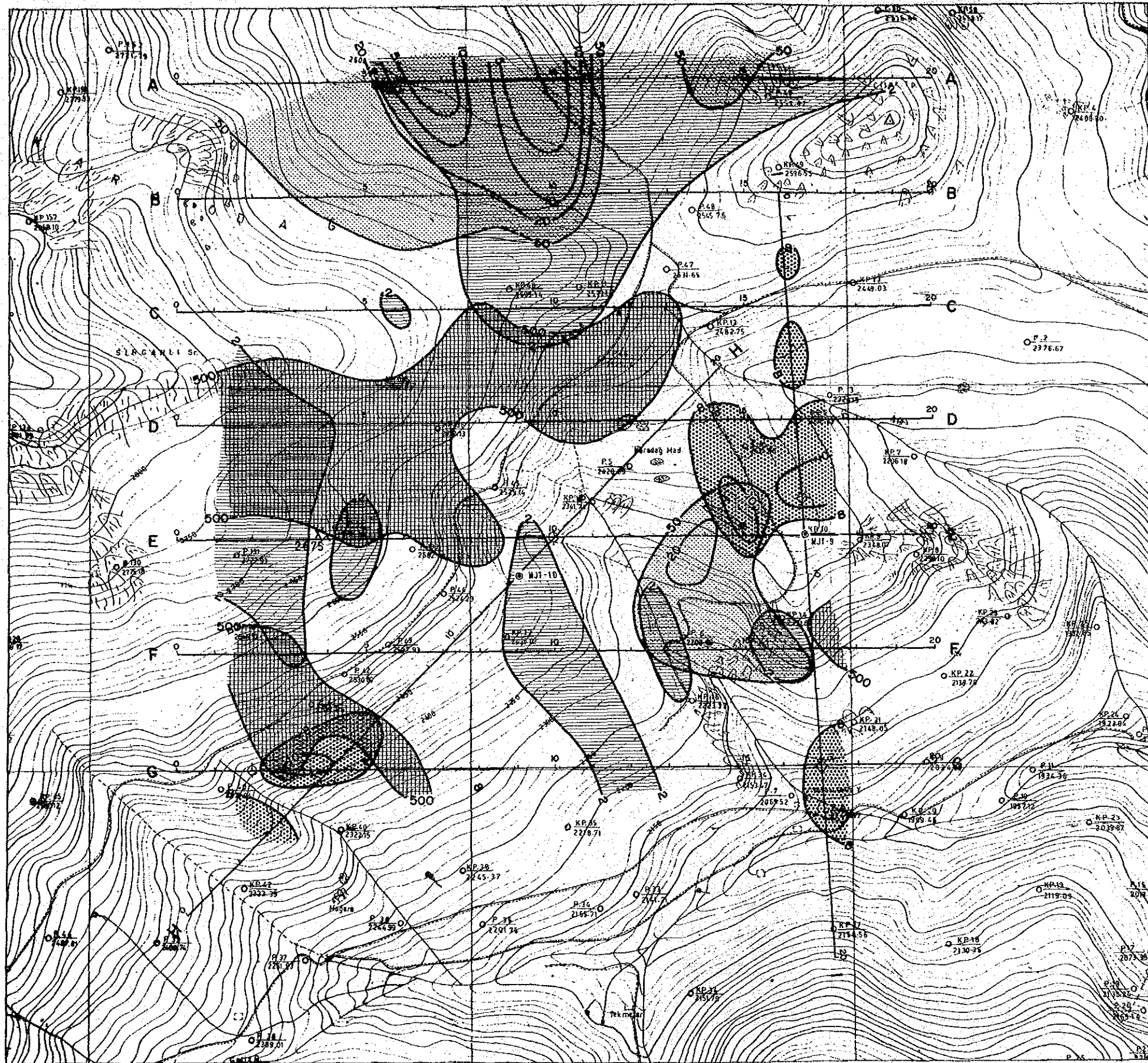
- ① 本地区東部の PFE 異常は 浅部に胚胎する異常源(強鉍化帯)によるもので、D 測線の東端の沢に認められる。主として黄鉄鉍からなる硫化鉍物に関連する異常と推定される。
- ② 南西部の異常は 深部に異常源があつて石英斑岩との関連が推定される異常である。また、この異常の南部の異常は Maden 沢下流の石英斑岩中に把握された異常で異常源は浅部にある。
- ③ E 測線の Maden 沢西側深部には 8% の PFE 異常が検出され、地質断面図からこの異常は石灰岩の分布と一致することからスカルンタイプの 鉍化作用と推定される。
- ④ 本地区北部の石灰岩が分布する一帯は地表の転石より旧 Karadağ 鉍山跡と思われるが PFE は 1.5% 以下と低い。このことは地表近くに賦存する Karadağ 鉍床は酸化しているのか、あるいは小規模なスカルン鉍床からなると推定される。



第46図 見掛比抵パネル図 [0.125 Hz] (Line A~G)



第47図 PFE パネル図 [0.125-1.0 Hz] (Line A~G)



第48图 Karadağ 地区 解析图

