

第2章 ロピ山—ジュアラ山地区

ロピ山・ジュアラ山両岩株は第一年次調査によつてCu・Moの鉱染型鉱床賦存の可能性が指摘され、それに基づき、これら両岩株分布域において、土壤を対象とした地化学探査とその採試線沿いの地質調査が実施された。両岩株はジャンプサン—タイ・パリット地区内にあるが、このような経緯から、両岩株分布域は特に重要な地区と考え、ロピ山—ジュアラ山地区として詳述することにした。

2-1 地質調査結果

両岩株はいずれも著しく風化して土壤化しており、結果的には、両岩株の岩相変化や変質帯の分布などを詳細に把握するのは困難であつた。以下は、多くの転石や限られた露頭の観察に基づいて得られた結果である。

2-1-1 地 質

ロピ山—ジュアラ山地区の地質は、Fig. 1-26に示す通り、新第三紀酸性貫入岩岩株とこれに貫かれたパウ石灰岩層からなつている。

新第三紀酸性貫入岩岩類のうち、北部のジュアラ山岩株は、標高262mのジュアラ山を中心に半径約0.5kmのほぼ円形を呈して分布しており、主としてNE—SWおよびNW—SE方向の多数の岩脈がこの岩株から派生して被貫入岩である周囲の石灰岩中に延びている。またジュアラ山の南東斜面には、大理石および砕屑岩起源のホルンフェルスがルーフ・ペンダントとして3ヶ所でパッチ状に分布している。

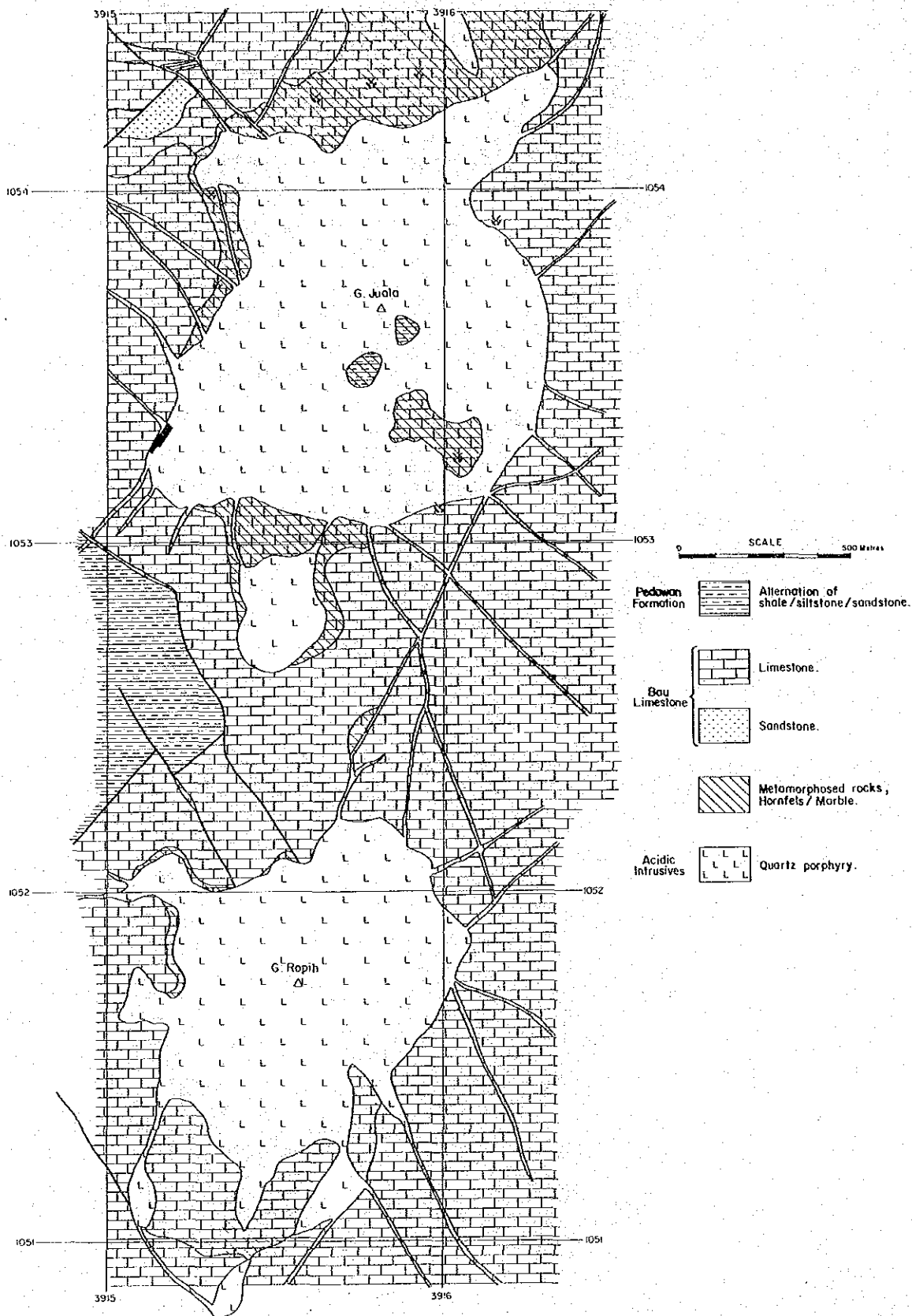
一方、南部のロピ山岩株は標高221mのロピ山を中心に半径約0.4kmの範囲に分布しており、南および西側にいくつかの分岐が出ておりアミーバ状の形態を有している。ジュアラ山岩株と同様にこの岩株からも多数の岩株が派生している。

両岩株とも変質を受けたものが多く、原岩の推定は必ずしも容易でないが、おそらく石英閃緑岩—石英斑岩と考えられる。

両岩株周辺のパウ石灰岩層は灰色—暗灰色の比較的純粋な石灰岩からなるが、ジュアラ山岩株の南・北両側とロピ山岩株の南側の石灰岩は大理石化している。特にジュアラ山岩株の南・北両側では糖状大理石化が著しい。

酸性貫入岩類の化学組成

パウ地域のAu・Ag・Sb鉱床やPb・Zn鉱床の生成に関係し、自らもCu・Moの鉱化を有するロピ山・ジュアラ山の酸性貫入岩岩株とその他の岩株とを、化学組成の上から判別することができるかどうか検討するために主要な各岩株から合計20試料が選択され、全岩分析に供された。



SM1359/1/84

Fig. I -26 Geological Map of Gunung Ropih-Gunung Juala Area

Fig. I-28 は分析された試料の採取位置を、Table I-6 は分析の結果得られた各試料の化学組成とそれから計算されたノルム鉱物組成を示している。これらの化学組成およびノルム鉱物組成を用いて各種のダイアグラムを作成し、鉱化作用に密接な関係があると推定されるロビ山・ジュアラ山両岩株のグループ (No 13~20) とその他の岩株のグループ (No 1~12) とを比較検討した。

Fig. I-29 は、ノルム石英・斜長石・カリ長石を各頂点とする三角ダイアグラムである。この図から、大半の試料は花崗閃緑岩の領域でしかもほぼその中央に集中しているが、ロビ山・ジュアラ山両岩株の試料 (黒丸で表示) はその集合から若干離れ、あるものは石英寄りに、あるものはカリ長石寄りにプロットされているのがわかる。これらは各々に対応する変質 (珪化あるいはカリ長石化) を示しているものと考えられる。

Fig. I-31 中図および Fig. I-31 下図は、各試料のカリ長石化・珪化などの変質の著しい試料を識別するには有効であるが、これらの図から、両グループを判別することはできない。第一年度報告書で CaO 量と分化指数を比較して石灰岩の同化の可能性について言及したが、ここでは、CaO 量と固結指数 (分化指数と同様にマグマの結晶分化の程度を示す尺度) とを比較してみた (Fig. I-31 上図参照)。この図から、石灰岩を貫くロビ山・ジュアラ山両岩株の試料のいくつかは結晶分化の程度を考慮してもなおかつ CaO の値が高く、石灰岩を同化した可能性を示すが、両グループを判別できるほど明瞭にはグルーピングできないことがわかる。

Fig. I-30 は、変成岩の化学組成と鉱物組成の間の関係を示すのによく使われる ACF ダイアグラムに分析値をプロットしたものである。この図を使うと、若干の重複はあるものの、ロビ山・ジュアラ山両岩株グループは CaO 寄りにプロットされており、両グループはかなりうまく判別できることを示している。しかしながら、いずれのグループに属しているか不明な未知の試料についてこのダイアグラムを用いた場合、その重複が示すように、かなりの誤答は避けられず、現実には両グループの境界をどのように設定するか問題がある。

そこで、両グループを数学的に判別するために、多変量解析の一手法である判別分析を試みた。Fig. I-32 は、判別に用いる変数 (成分) の数と種類を変えて何度も計算を繰り返し両グループが正しく判別できたときの判別得点を棒グラフに示したものである。また、この判別得点計算の基になつた判別関数もこの図に示されている。この図で、判別得点が負の試料がロビ山・ジュアラ山両岩株グループであり、正の試料はその他の岩株のグループとなつている。

このように判別分析を用いると、両グループを数学的に判別する事ができるが、用いた判別関数の地質学的意味を考察するには、20 試料では不十分である。

2-1-2 変 質

両岩株の変質は、主として珪化、セリサイト化、緑泥石化およびカリ長石化である。

Fig. I-27 は、岩石薄片検鏡結果 (Appendix 3)、X線回折チャート鑑定結果 (Appendix

4) および野外調査結果に基づいて作成された変質鉱物分布図である。

珪化は、ロピ山岩株に著しく、主として石英細脈となつて現われているが、珪化の強いものは、糖状細粒石英のみからなつて縞状を成し、脈と母岩の識別ができなくなる。

セリサイト化は、ジュアラ山・ロピ山両岩株に認められるが、セリサイト化の著しいものは風化し易く、大半は土壌化しているものと思われる。

緑泥化は、珪化の特に著しいものを除いて、強・弱はあるが全体的に認められる。大部分有色鉱物の変質であるが、石英と共に細脈を形成するものもある。

カリ長石化は、顕著ではないが、両岩株ともに認められる。母岩の斜長石の一部を置き換えたり、石英細脈に伴なっているが、いずれも少量である。

そのほか、アクチノ閃石が、変質鉱物として母岩中の普通角閃石の一部を置き換えているが、この種の母岩は一般に変質は弱い。

2-1-3 地質構造

この地区を含む調査地域には、新第三紀酸性貫入岩貫入後に形成された構造はない。したがつて、バウ石灰岩層中の多くの断層（主としてNE-SWおよびNW-SE方向）は岩脈によつて充填されているが、岩脈を切るような新しい断層は皆無である。また両岩株を中心としたバウ石灰岩層のドーム構造も全く認められない。

2-2 地化学探査結果

ロピ山-ジュアラ山地区では、酸性貫入岩岩株分布域における土壌を対象とした地化学探査が実施された。

2-2-1 試料採取および分析

地化学探査のための土壌試料は、予め計画された採試測点（採試測線方向E-W、採試測線間隔100mおよび50m、採試測点間隔25m）がポケット・コンパスと間縄によつて測量された後、ハンド・オーガーを使つて採取された。試料はB層土壌（深度0.3m~1.3m付近）から約1kg採取され、ビニール袋に密封された後、マレイシア地質調査所サラワフ支所に集められ、自然乾燥後、粉碎して80メッシュ篩下試料約20gが、分析のため日本へ空輸された。

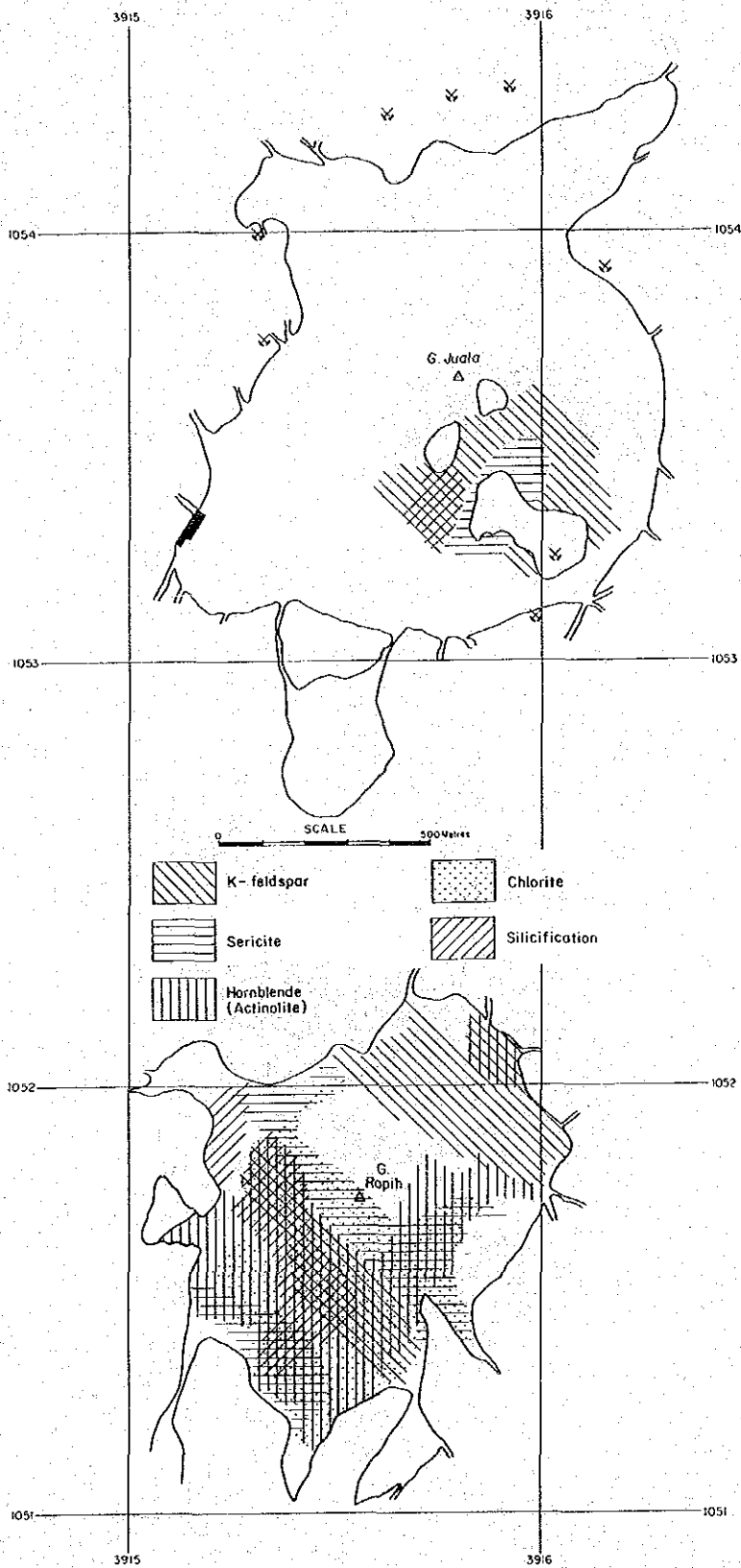
試料は、大手開発株式会社地科学試験所において、Au、Ag、Cu、Pb、ZnおよびMoの6元素について、Auは原子吸光分光分析器、他の5元素はプラズマ発光分析器を使つて分析された。試料の抽出方法はAppendix 1、分析結果はAppendix 7に示されている。

2-2-2 データ処理

6成分1,019個の分析データから、各成分ごとに異常値を抽出するために“確率グラフを使つた地化学データ中のスレッシュホールド値抽出”（A. J. Sinclair, 1974）法による単一変量解析、およびタイプの異なる鉱化作用を示すと予想される因子を抽出し、各サンプルの因子

Table I - 6 Chemical Composition and CIPW Norms

Sample No.	BR0112	BR0113	BR0114	BR0115	JR0197	JR0199	BR0216	DR0205	DR0216	DR0217	JR0203	JR0215	AR0302	AR0305	AR0458	BR0513	BR0522	BR0523	JR0328	JR0339
SiO ₂	74.96	69.42	70.55	65.12	69.63	65.29	69.91	68.20	71.82	78.45	62.32	68.37	66.68	65.80	67.73	66.28	66.43	67.49	67.92	73.29
TiO ₂	0.41	0.38	0.38	0.33	0.40	0.33	0.29	0.49	0.29	0.10	0.32	0.31	0.44	0.47	0.44	0.47	0.42	0.47	0.50	0.43
Al ₂ O ₃	13.63	14.51	13.94	14.30	13.37	13.41	13.83	14.90	13.94	13.08	13.90	13.09	14.61	14.84	13.25	13.58	13.68	14.12	14.14	11.27
Fe ₂ O ₃	2.13	0.49	1.23	0.64	1.13	0.19	1.20	2.76	1.04	0.07	0.14	0.19	2.13	2.10	1.50	0.20	0.74	1.67	0.51	1.20
FeO	0.27	1.99	1.39	2.19	1.45	2.06	1.20	0.67	1.07	0.31	2.33	2.39	0.86	0.40	1.07	2.52	1.79	0.53	2.19	1.07
MnO	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.01	0.05	0.04	0.04	0.08	0.05	0.06	0.04	0.06	0.08	0.05
MgO	0.49	1.21	0.97	1.15	1.00	1.10	0.70	1.42	0.69	0.13	1.31	0.80	1.23	1.18	1.18	1.09	1.22	1.28	1.21	1.30
CaO	0.09	3.71	3.49	4.32	3.15	4.02	3.35	3.63	2.98	0.03	3.62	3.32	4.18	5.55	4.16	3.44	3.73	4.64	4.17	3.93
Na ₂ O	0.40	4.04	4.16	3.72	4.08	3.27	3.78	3.98	4.14	0.52	2.67	3.90	4.28	4.12	4.00	4.48	3.60	3.70	3.76	3.15
K ₂ O	4.43	1.96	2.31	1.23	2.06	1.27	2.31	1.96	1.92	2.43	2.55	1.27	2.29	3.97	4.15	2.68	2.15	3.90	2.35	2.35
P ₂ O ₅	0.05	0.09	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.10	0.06	0.02	0.10	0.09	0.09	0.11	0.10	0.10	0.10	0.13	0.10	0.11
BaO	0.05	0.05	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.04	0.06	0.05	0.04	0.03	0.06	0.04	0.03
Ig. Loss.	4.25	1.45	1.80	6.34	4.89	7.42	1.84	2.71	0.90	3.78	5.94	3.64	0.70	0.41	0.70	1.62	5.27	1.22	1.81	1.31
TOTAL	101.21	99.35	100.41	99.52	101.33	98.53	98.57	100.89	98.43	98.97	95.28	97.43	97.57	99.09	98.38	96.56	99.20	99.27	98.38	99.49
q	54.86	28.13	29.31	27.14	30.14	30.21	31.16	28.00	32.44	65.73	25.88	31.34	23.82	16.85	21.16	21.10	27.44	22.08	26.33	37.72
c	8.10	-	-	-	-	-	-	-	-	9.56	0.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-
or	26.18	11.58	13.65	7.27	12.17	7.51	13.65	11.58	11.35	14.36	15.07	7.51	13.58	23.46	24.53	15.84	12.71	23.05	13.89	13.89
ab	3.38	34.19	35.20	31.48	34.52	27.67	31.99	33.68	35.03	4.40	22.59	33.00	36.22	34.86	33.85	37.91	30.46	31.31	31.82	26.65
an	0.20	15.67	12.54	18.69	12.08	18.16	13.95	17.00	13.78	0.09	17.35	14.46	13.89	10.27	5.94	9.03	14.82	10.40	15.04	9.67
wo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.55	2.42	-	-	1.27	-	-
diwo	-	0.93	1.72	0.90	1.22	0.52	0.93	0.17	0.28	-	-	0.61	2.64	3.40	3.48	3.11	1.29	3.69	2.11	3.83
dien	-	0.48	1.13	0.43	0.78	0.24	0.60	0.15	0.19	-	-	0.22	2.28	2.94	2.94	1.30	0.74	3.19	1.05	3.05
difs	-	0.43	0.46	0.45	0.36	0.28	0.28	-	0.08	-	-	0.41	-	-	0.09	1.82	0.50	-	1.02	0.34
hycn	1.22	2.54	1.28	2.44	1.71	2.50	1.15	3.39	1.53	0.32	3.26	1.78	0.78	-	-	1.41	2.30	-	1.96	0.19
hyfs	-	2.28	0.52	2.59	0.80	2.90	0.53	-	0.62	0.36	3.73	3.38	-	-	-	1.98	1.56	-	1.90	0.02
mt	-	0.71	1.78	0.93	1.64	0.28	1.74	0.87	1.51	0.10	0.20	0.28	1.63	0.19	2.17	0.29	1.07	0.54	0.74	1.74
hm	2.13	-	-	-	-	-	-	2.16	-	-	-	-	1.01	1.97	-	-	-	-	1.30	-
il	0.68	0.72	0.72	0.63	0.76	0.63	0.55	0.93	0.55	0.19	0.61	0.59	0.84	0.89	0.84	0.89	0.80	0.89	0.95	0.82
ru	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ap	0.12	0.21	0.25	0.23	0.23	0.21	0.19	0.23	0.14	0.05	0.23	0.21	0.21	0.25	0.23	0.23	0.23	0.30	0.23	0.25
TOTAL	96.93	97.87	98.58	93.16	96.43	91.09	96.71	98.16	97.50	95.16	89.32	93.78	96.84	98.64	97.65	94.91	93.91	98.01	97.04	98.16



**Fig. I -27 Distribution of Alteration Minerals,
Gunung Ropih-Gunung Juala Area**

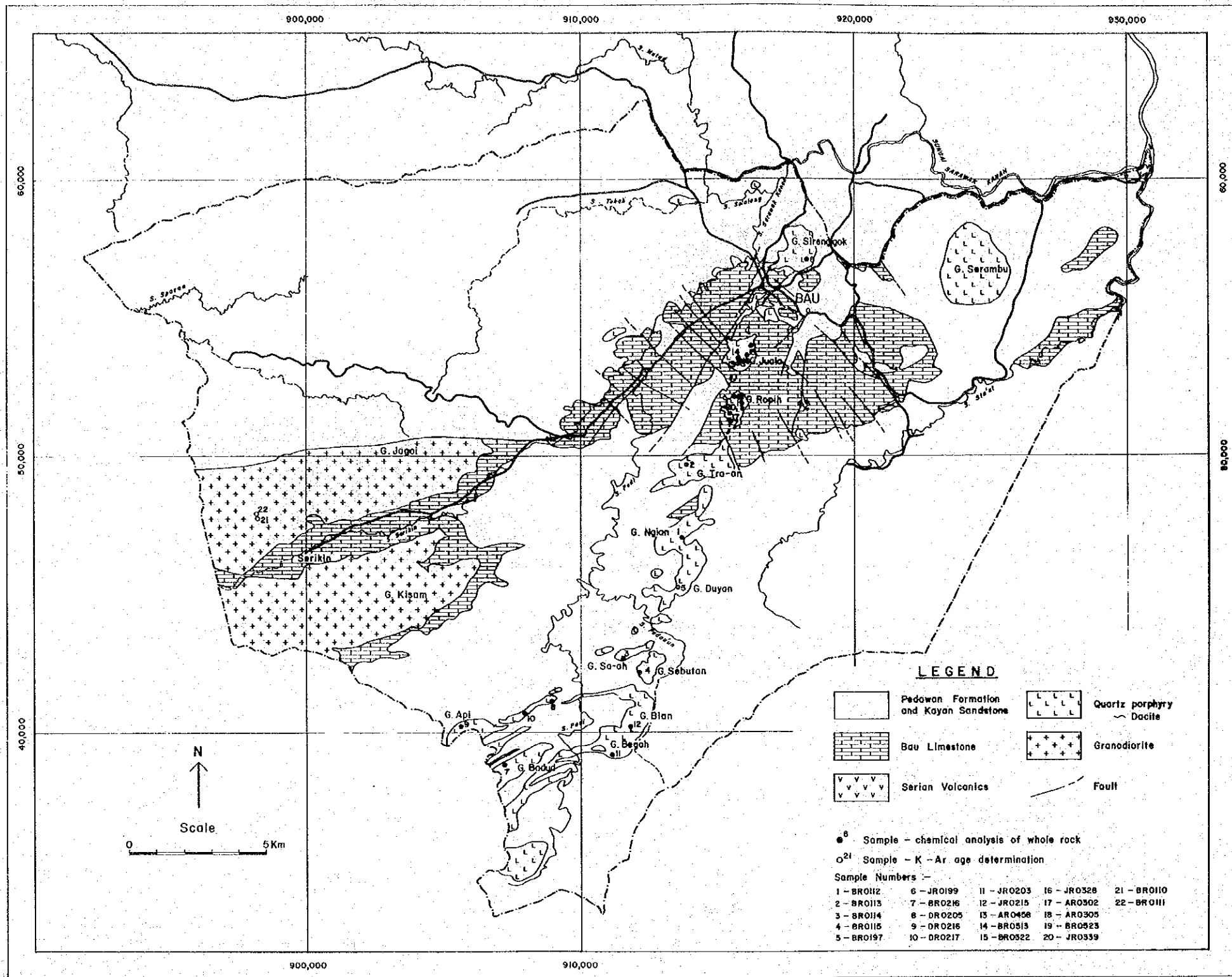


Fig. I -28 Location Map of Rock Samples for Chemical Analysis and K-Ar Age Determination.

SM 1293/10/83

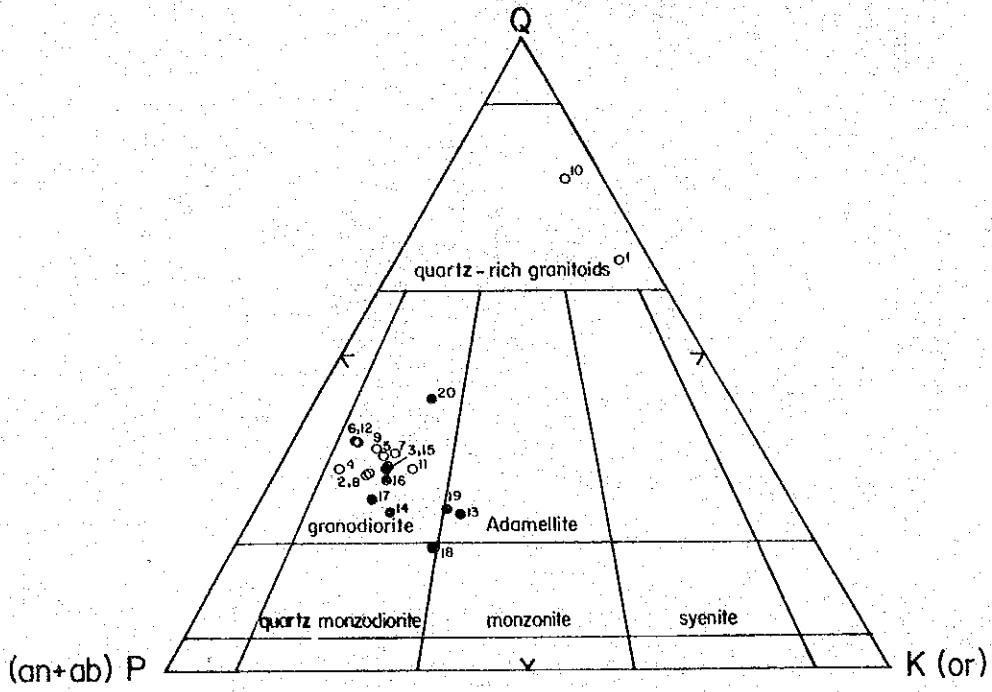


Fig. I -29 QPA Diagram

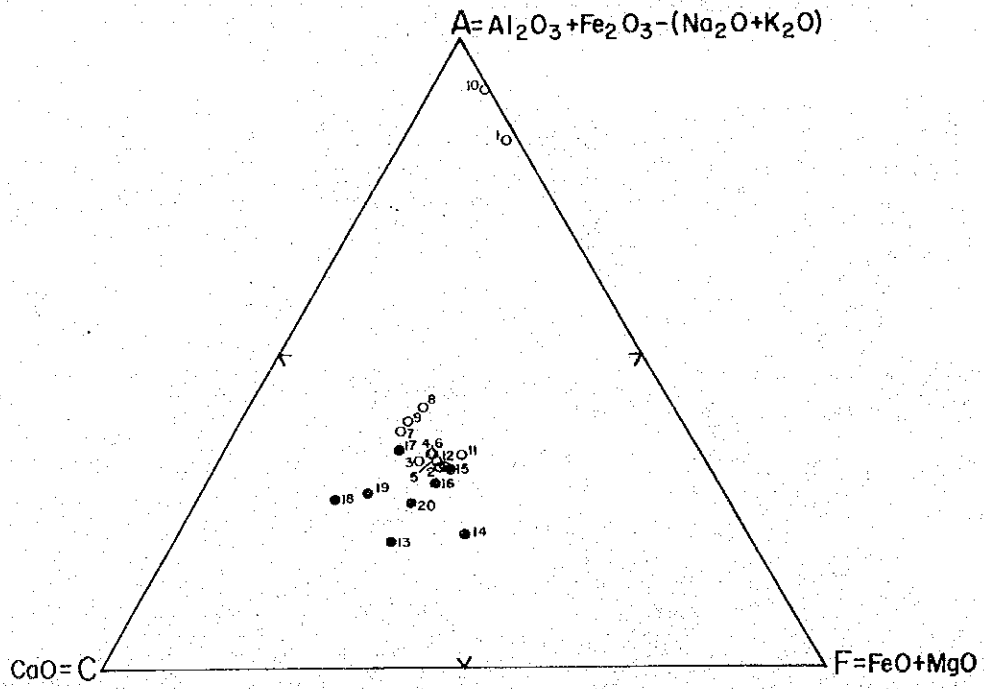
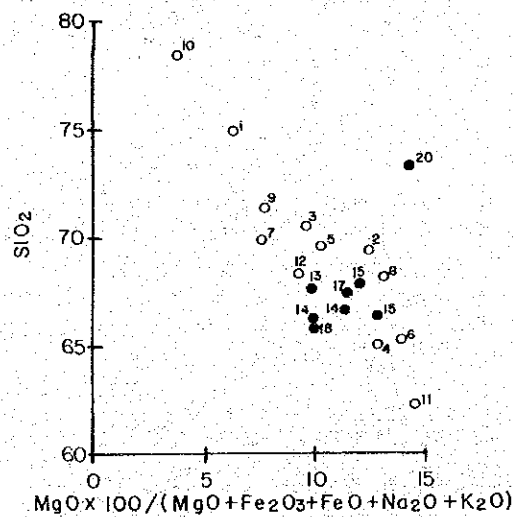
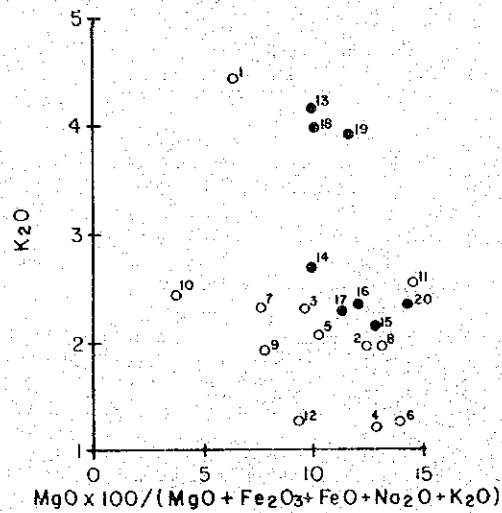
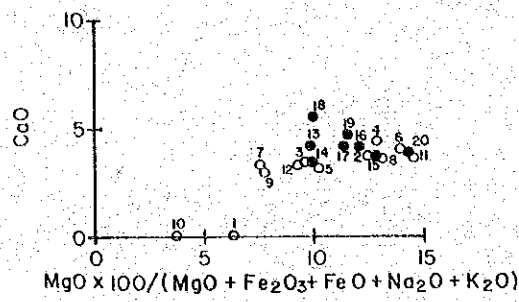
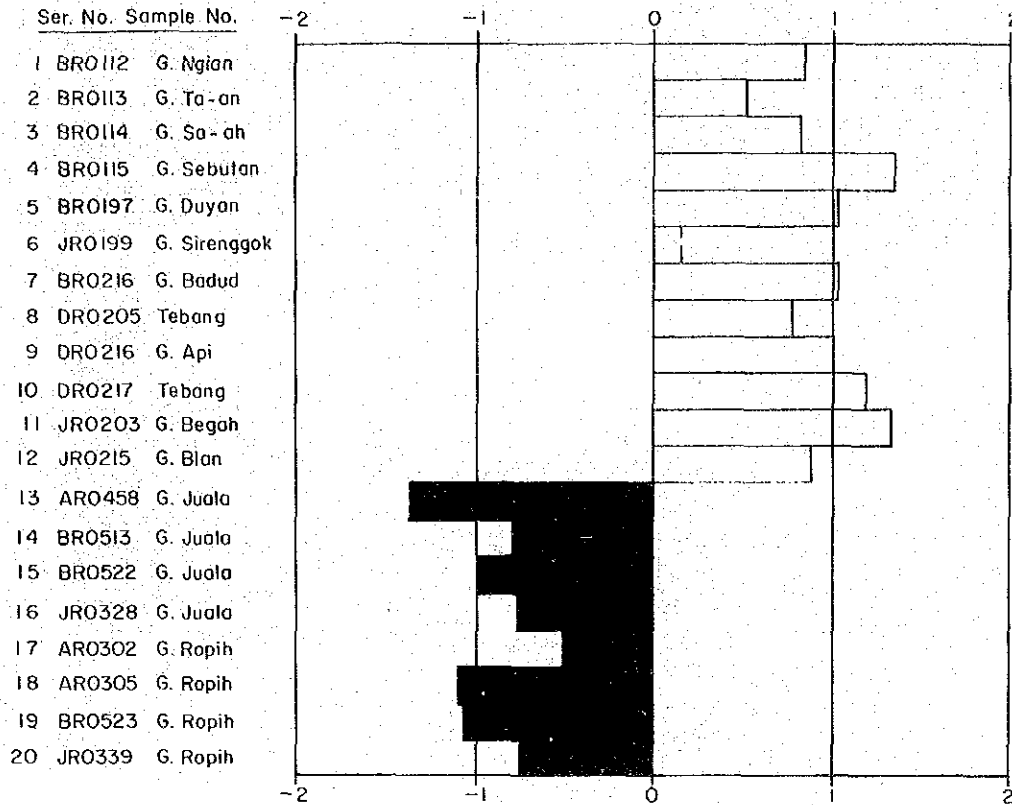


Fig. I -30 ACF Diagram



S02763/1/84

Fig. I-31 Variation Diagrams of CaO, MgO and SiO₂ Versus Solidification Index



Discriminant Function $Z = -0.62966 + 0.01222X_1 + (-2414.4963) X_2 + 0.13873X_3$
 $+ 1.66889X_4 + 0.83735X_5 + 67.40468X_6 + 2.47812X_7$
 $+ (-1.51230X_8) + 0.50305X_9 + (-0.30297) X_{10} + 31.92704X_{11}$

Where X_1, \dots, X_{11} are analysed
 Values in % of $SiO_2, TiO_2, Al_2O_3,$
 $Fe_2O_3, FeO, MnO, MgO, CaO,$
 Na_2O, K_2O and P_2O_5

SP2771/1/84

Fig. I-32 Result of Discriminant Analysis

スコアを求めるために因子分析が使われた。また、ロビ山貫入岩岩株分布域では、異常帯の分布を詳細に把握するために、傾向面解析が行なわれた。

単一変量解析では累積頻度を確率グラフにプロットするまで、因子分析では因子スコアの算出まで、すべてパーソナル・コンピュータ(NEC PC-8800)を使って処理された。

傾向面解析は、ジャンプサンライ・バリット地区で実施したと同様の方法でパーソナル・コンピュータ(シャープMZ-80B)を使って処理された。

(1) 単一変量解析

確率グラフにプロットされた累積頻度分布(Fig. I-33)から得られた各母集団の推定パラメータは、Table I-7に示されている。Au, AgおよびZnはバックグラウンド母集団と異常母集団の二つの母集団からなっており、したがって異常値抽出の基礎になるパラメータはバックグラウンド母集団のものが採用された。CuおよびPbはバックグラウンド母集団と二つの異常母集団の計三つの母集団からなっており、異常値抽出の基礎になるパラメータはバックグラウンド母集団のものが採用された。Moは単一母集団からなっているため、そのパラメータがそのまま異常値抽出に用いられた。

このようにして得られた各成分のパラメータ($\bar{x}+S$, $\bar{x}+2S$, $\bar{x}+3S$)(\bar{x} :平均値, S :標準偏差)が、データをクラス分けする際の級限界に用いられた。 $\bar{x}+2S$ は一般にバックグラウンド値と異常値の境界値(スレッシュホールド値)とされ、この値以上の値が異常値とみなされる。これらのパラメータを基にして、各成分ごとの異常帯分布図が作成された。

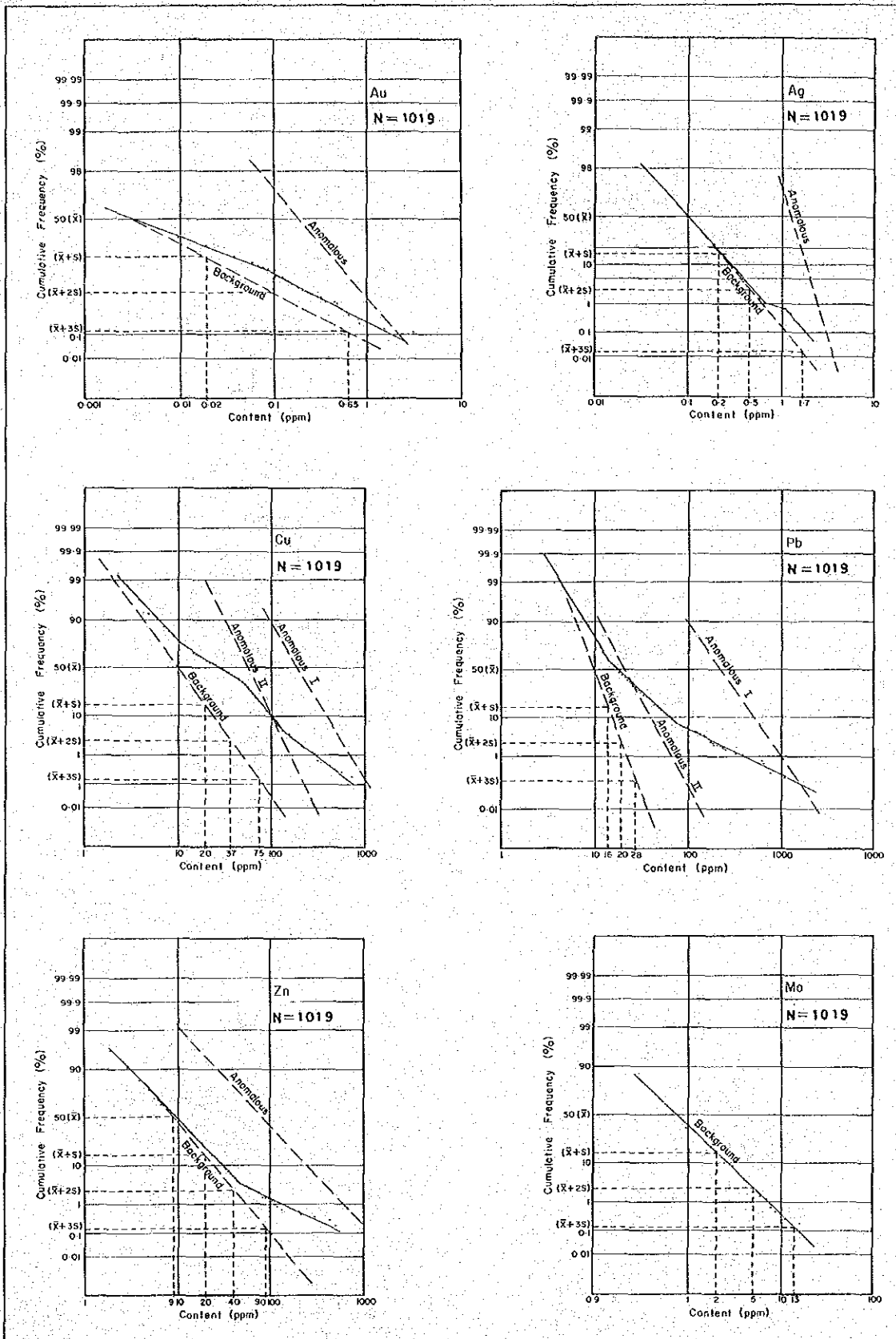
(2) 因子分析

因子分析の結果は、Table I-8およびTable I-9にまとめられている。各々の因子を鉱床地質の立場から解釈を試みると、

第1因子は、ZnおよびPbに対して0.6以上の高い因子負荷量をもっており、データ分布に対して39.3%寄与している。この因子はすでに述べたトンガ山鉱床のような方鉛鉱・閃亜鉛鉱を主とするPb・Zn鉱床の鉱化作用に関係した因子と考えられる。この因子はAgに対しても他の成分よりも若干高い負荷量(0.255)を示しておりわずかながら関与していると思われる。

第2因子は、MoおよびCuに対して0.7以上の高い因子負荷量を示しており、次項で詳述されるロビ山岩株南部の黄銅鉱・輝水鉛鉱・閃亜鉛鉱のようなポーフィリーCu・Mo鉱床の鉱化作用に関係した因子と考えられる。この第2因子はデータ分布に対し41.8%寄与している。

第3因子は、AgおよびAuに対して0.45以上の因子負荷量、Pbに対して0.342、Cuに対して0.236の因子負荷量をもち、データ分布に22.2%寄与している。この因子は前章で詳述されたAu・Agを主とする鉱脈鉱床に関係した因子と考えられる。PbとCuは、黄銅鉱、ブーランジェライト、車骨鉱、四面銅鉱などとしてこれらAu・Ag鉱床にわずかながら伴なわ



SP 2756/12/83

**Fig. I-33 Cumulative Probability Plots, Soil Samples,
Gunung Ropih-Gunung Juala Area**

Table I -7 Statistical Parameters of Metal Content in Soil Samples, Gunung Ropih-Gunung Juala

Element	Population	Proportion (%)	Nos. of Samples used in Statistical Treatment	\bar{x} (ppm)	$\bar{x} + s$ (ppm)	$\bar{x} + 2s$ (ppm)	$\bar{x} + 3s$ (ppm)
Au	Anomalous	8	82	0.20	0.43	0.93	2.1
	Background	92	937	—	0.02	0.10	0.65
Ag	Anomalous	0.9	9	1.3	1.7	2.2	3.6
	Background	99.1	1010	0.1	0.2	0.5	1.7
Cu	Anomalous	5	51	200	340	600	1000
	Background I	50	509	57	90	130	220
	Background II	45	459	10	20	37	75
Pb	Anomalous	6	61	220	420	800	1600
	Background I	54	550	22	35	57	93
	Background II	40	408	10	16	20	28
Zn	Anomalous	4	41	83	200	450	1100
	Background	96	978	9	20	40	90
Mo	Anomalous	—	—	—	—	—	—
	Background	100	1019	< 1	2	5	13

Table I -8 Correlation Matrix of 6 Elements

	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo
Au	1.000					
Ag	0.219	1.000				
Cu	0.176	0.193	1.000			
Pb	0.221	0.324	0.235	1.000		
Zn	0.051	0.215	-0.029	0.528	1.000	
Mo	0.044	0.056	0.570	-0.074	-0.217	1.000

Table I -9 Factor Loading after Varimax Rotation

		Factor 1	Factor 2	Factor 3	Communality
Element	Au	0.056	0.073	0.459	0.219
	Ag	0.255	0.098	0.466	0.292
	Cu	0.099	0.734	0.236	0.605
	Pb	0.667	0.073	0.342	0.567
	Zn	0.725	-0.141	0.080	0.551
	Mo	-0.167	0.753	0.022	0.595
Factor Contribution		1.076	1.146	0.608	
Data Variation		39.3%	41.8%	22.2%	

れており、それらがPb・Cuの因子負荷量に現われているものと推定される。

先の単一変量解析で、Cuについては2つの異常母集団が得られているが、これら2つの異常母集団とは、第2因子に関する母集団と第3因子に関する母集団であることが、因子分析の結果から推定される。同様に、Pbについては2つの異常母集団とは、第1因子と第3因子であると推定される。

これら得られた各因子を各々のサンプルがどの程度保有しているかを知るために、各々のサンプルについて因子得点が計算された。因子得点はすでに標準化されているので、得点0は平均値(\bar{x})、得点1は $\bar{x} + S$ 、得点2は $\bar{x} + 2S$ 、得点3は $\bar{x} + 3S$ (S :標準偏差)とみなすことができる。

ここでは、各成分の分析データと同様に、因子得点を用いて各因子の異常帯分布図 (Fig. I-34) が作成された。

(3) 傾向面解析

傾向面解析は、ジャンプサン・タイ・バリット地区の地化学探査と同様に、Fig. I-3のフローチャートに基づいて行われた。

Fig. I-35のグラフから、各元素に最も適したセクションおよびセルの面積が決定され、傾向値と異常値が計算され、異常面図が作成された。

2-2-3 各元素および各因子の異常帯分布

次にAu, Ag, Cu, Pb, ZnおよびMoの6成分と3因子の異常帯の分布の特徴を順に記述する。

Au Fig. I-36左図は、全データの約8%を占める $\bar{x} + 2S$ (0.10 ppm)以上の異常値の分布を示している。この図から、Auは、ロビ山・ジュアラ山両岩株ともに、岩株の中心部よりも周縁部に濃集する傾向にあることがわかる。特に顕著な異常帯は、ジュアラ山岩株の北西端 (面積6,000.0 m²中に最高値0.85 ppmを含む2.1異常値からなる)、ロビ山岩株西端 (面積2,300.0 m²中に最高値0.33 ppmを含む1.4異常値からなる)、ジュアラ山岩株北東端 (面積2,000.0 m²中に最高値1.64 ppmを含む5異常値からなる)である。このほか、ジュアラ山岩株南西端の旧選鉱場付近に0.83 ppm, 0.68 ppmおよび0.29 ppmの3異常値が見られるが、これらは、明らかにその選鉱場による汚染と考えられる。

Ag Fig. I-36中図は、全データの約2.5%を占める $\bar{x} + 2S$ (0.5 ppm)以上の異常値の分布を示している。この図からAgは、Auと同様に岩株の周縁部により濃集する傾向は認められるものの、まとまった異常帯は認められない。最高値3.1 ppmは、ジュアラ山岩株南西端の旧選鉱場の南東約150 mの地点にあり、その選鉱場に関係した人工汚染と考えられる。

Cu Fig. I-36右図は、全データの約4.5%を占める $\bar{x} + 2S$ (3.7 ppm)以上の異常値の分布を示している。この図から、ジュアラ山岩株の西南部と東部の計4ヶ所に大規模な異常

帯が明瞭に認められる。そのうちジュアラ山岩株北西端の異常帯は面積約100,000 m²で、 $\bar{x} + 3S$ (7.5 ppm) 以上を15点含む41点の異常値からなっており、その最高値は852 ppmである。南部の異常帯は面積約200,000 m²で、 $\bar{x} + 3S$ (7.5 ppm) 以上を39点含む130点の異常値からなっており、その最高値は170 ppmである。一方、ロピ山岩株南西部の異常帯は面積約250,000 m²で、ロピ山岩株分布域の約半分を占めている。 $\bar{x} + 3S$ (7.5 ppm) 以上を84点含む176点の異常値からなっており、その最高値は768 ppmである。東部の異常帯は面積約100,000 m²で、 $\bar{x} + 3S$ (7.5 ppm) 以上を51点含む81点の異常値からなる。

Pb Fig. 1-37 左図は、全データの約45%を占める $\bar{x} + 2S$ (2.0 ppm) 以上の異常値の分布を示している。ジュアラ山岩株では、異常帯は南部にあつて面積約300,000 m²を占めている。そのうち $\bar{x} + 3S$ (2.8 ppm) 以上の異常帯はE-WおよびWNW-ESE方向を示しているように見える。一方、ロピ山岩株では、南西部を除き、面積約400,000 m²で岩株分布域の過半を占めている。そのうち、 $\bar{x} + 3S$ (2.8 ppm) 以上の異常帯について見ると、多数の異常帯はいずれもNNE-SSW方向に分布しているのが顕著に認められる。

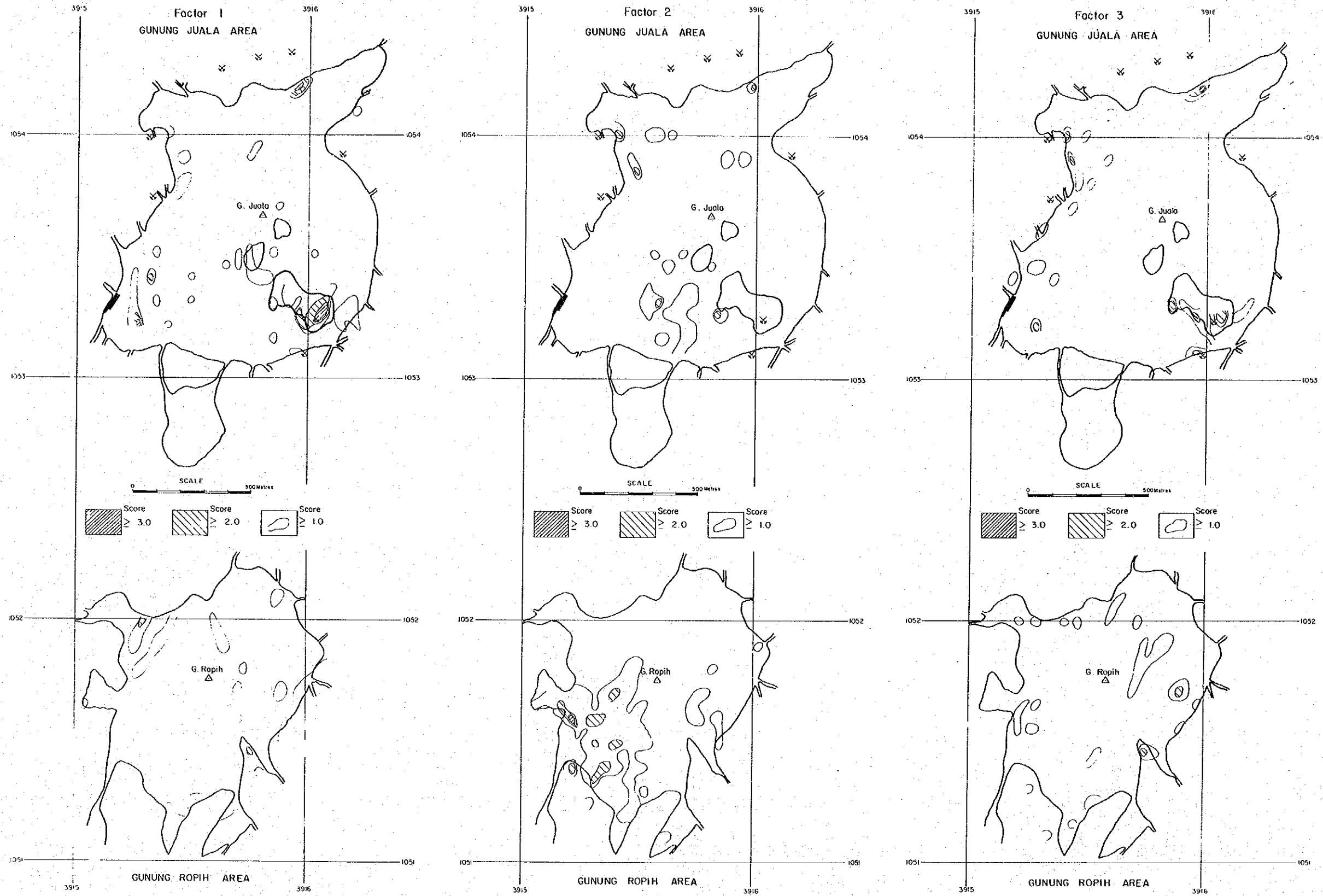
Zn Fig. 1-37 中図は、全データの約5%を占める $\bar{x} + 2S$ (4.0 ppm) 以上の異常値の分布を示している。この図から、比較的まとまつた異常帯として、ジュアラ山南東斜面の大理石ルーフ・ペンダント南端(面積約10,000 m²中に最高値316 ppmを含む9点の異常値からなる)、ジュアラ山北西麓(面積約6,000 m²中に最高値116 ppmを含む5点の異常値からなる)、およびジュアラ山山頂東部(面積約8,000 m²中に最高値63 ppmを含む5点の異常値からなる)が挙げられる。一方、ロピ山岩株では、特記すべき異常帯は認められず、異常値が散在しているのみである。最高値551 ppmはジュアラ山北麓の採試験No.5の西端道路沿いから得られたものであり、東隣の451 ppmは次に高い値である。しかしながら、これらの異常値は道路による人工汚染の可能性が強い。

Mo Fig. 1-37 右図は、全データの約16%を占める $\bar{x} + S$ (2 ppm) 以上の値の分布を示している。 $\bar{x} + 2S$ (5 ppm) 以上の異常値は散点しているが、 $\bar{x} + S$ (2 ppm) 以上の値の分布によつて、これらの異常値が概ね3ヶ所にまとまっていることがわかる。その1つは、ロピ山の南西側斜面にあり面積約150,000 m²中に最高値18 ppmを含む19点の異常値を含んでいる。そのほか、ロピ山南東斜面(面積約15,000 m²中に2点の異常値を含む)とジュアラ山南西斜面(面積約90,000 m²中に5点の異常値を含む)に分布する。

第1因子 (Pb・Zn 鉱床の鉱化作用因子)

Fig. 1-34 左図は、因子得点1.0以上の分布を示している。この図によると、過半がジュアラ山南東斜面の大理石ルーフ・ペンダント南端に集中している。この異常帯は、大理石ルーフ・ペンダントの外側すなわち岩株側にはほとんど及んでいない。最高得点(3.786)はジュアラ山岩株南西部の平坦地の旧選鉱場南東約150 m、次に高い得点(3.601)はジュアラ山

RESULTS OF FACTOR ANALYSIS



SM.332/2/83

Fig. I-34 Results of Factor Analysis, Gunung Ropih-Gunung Juala Area

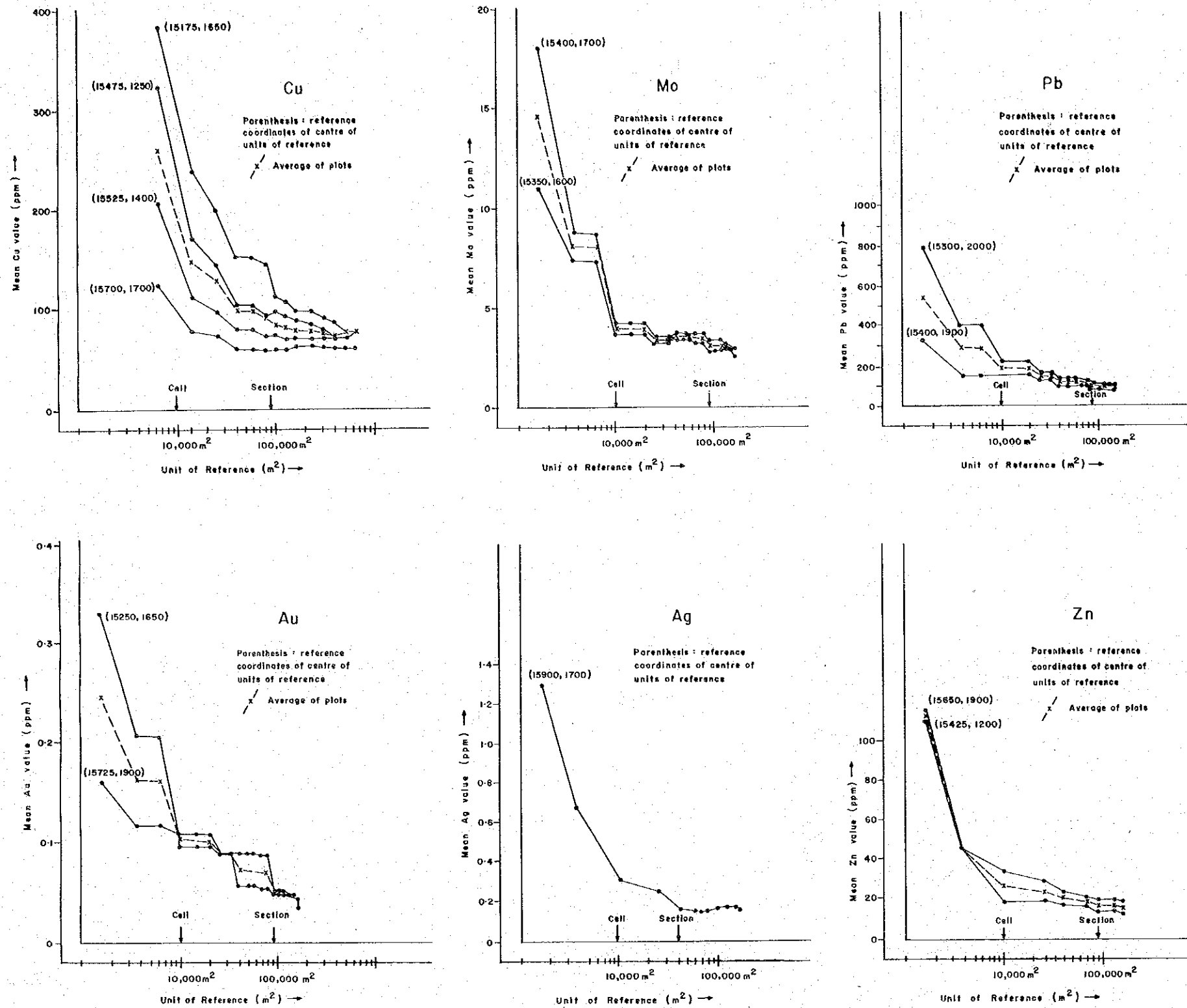


Fig. 1-35 Selection of Cell and Section Sizes, Gunung Ropih

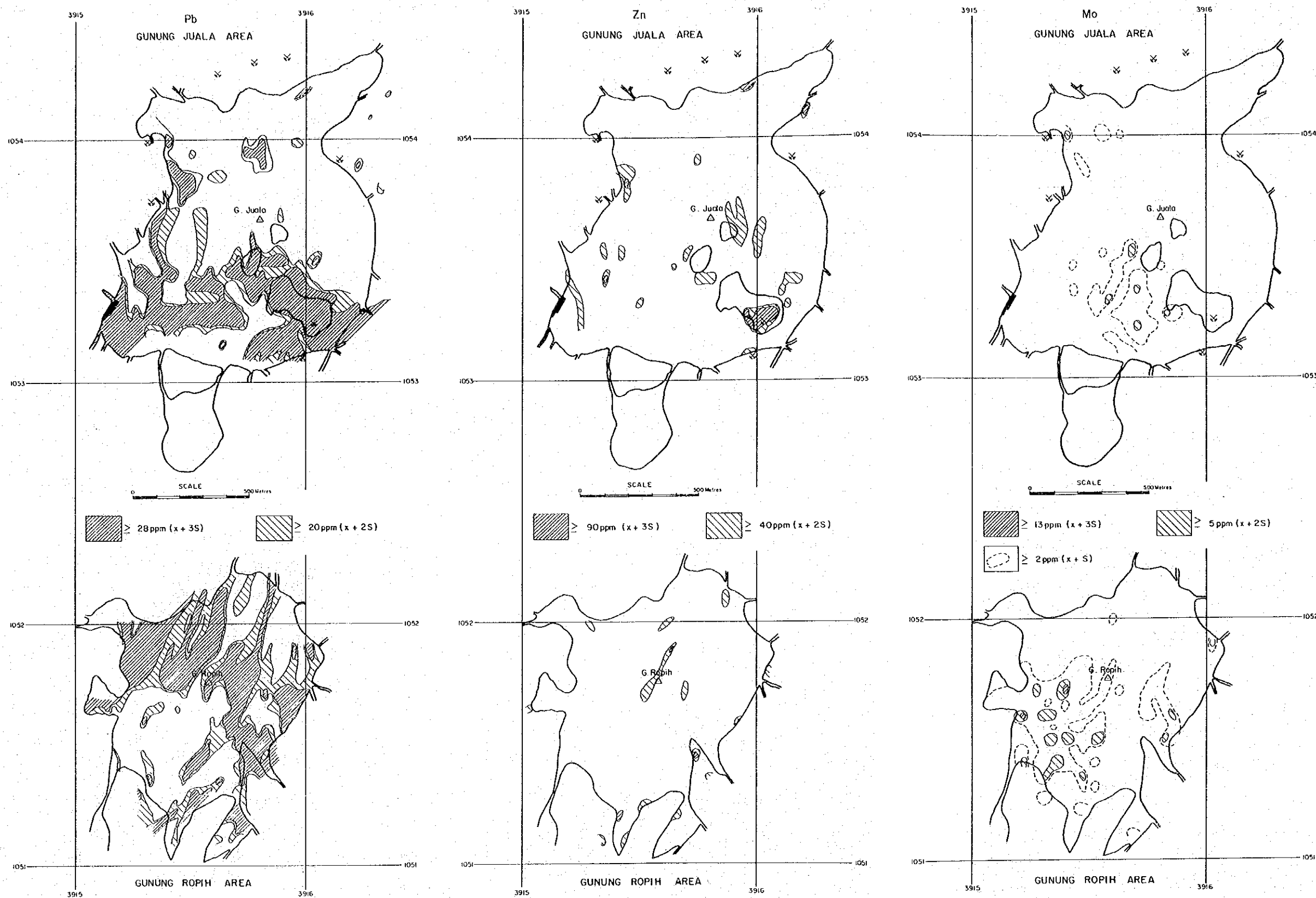
RESULTS OF GEOCHEMICAL SOIL SURVEY , Au, Ag AND Cu, GUNUNG ROPIH - GUNUNG JUALA AREA



SM 1320/12 / 83

Fig. I -36 Results of Geochemical Soil Survey, Au, Ag and Cu Gunung Ropih-Gunung Juala Area

RESULTS OF GEOCHEMICAL SOIL SURVEY , Pb, Zn AND Mo, GUNUNG ROPIH - GUNUNG JUALA AREA



SM 1331 / 12 / 83

Fig. I -37 Results of Geochemical Soil Survey, Pb, Zn and Mo Gunung Ropih-Gunung Juala Area

北麓の採試線№5西端道路沿いにそれぞれ分布するが、いずれも人工汚染の可能性が大である。

第2因子 (Cu・Mo 鉱染鉱床の鉱化作用因子)

Fig. I-34 中図は、因子得点 1.0 以上の分布を示している。これらの大半は、ロピ山岩株の南西部に集中しており、最高得点 3.306 もこの中に含まれている。

第3因子 (Au・Ag 鉱脈鉱床の鉱化作用因子)

Fig. I-34 右図は、1.0 以上の因子得点の分布を示している。この図から、第3因子は、AuあるいはAgの異常値と同じように、主として貫入岩の縁辺部に分布していることがわかる。

2-2-4 異常帯の分布傾向

ロピ山地区の傾向面解析によつて得られた6元素の異常面図は、Fig. I-38～Fig. I-43に示されている。これらの異常面図によると、高異常の分布は、既述した因子分析によつて推定された元素の共生関係すなわちCu-Mo、Pb-ZnおよびAu-Agとほぼ対応している。以下、その元素共生別に記述する。

Cu・Mo CuとMoの異常分布はほぼ一致しており、主としてロピ山の南西および東側に卓越している。Cu異常はMoよりも広範に分布しており、貫入岩体南西端の2ヶ所の異常はMo異常を伴っていない。これらのCu異常は浅成の二次富化の可能性と鉱脈型の鉱化作用の可能性をもっている。Mo異常は分布が狭く、おそらく初生鉱化作用の分布を示しているものと推定される。

Pb・Zn PbとZnの異常は、貫入岩の石灰岩との接触部付近に主として分布している。これらの異常のうち、北東部のものはAu異常の分布と重複し、東部のものはCu異常の分布と重複している。

Au・Ag AuとAgの異常は、主として貫入岩の縁辺部に集中している。

2-3 鉱化作用

ロピ山-ジュアラ山地区の鉱床(探鉱・採掘跡)・鉱徴地分布は、Fig. I-44に示されている。これらの鉱床・鉱徴地のうち、鉱床については、前章1-3項ですでに詳述したので、ここでは、今回の調査で明らかになつたロピ山酸性貫入岩岩株内の鉱徴およびジュアラ山の大理石ルーフ・ペンダント中の鉱徴について記述する。

ロピ山、特にその南西斜面には、鉱化の程度は微弱であるが、主として珪孔雀石、黄銅鉱および輝水鉛鉱によつて鉱染された多数の転石が散在している。このほか不毛石英脈あるいは石英細脈を含む石英閃緑斑岩～石英斑岩の転石が、南斜面に広く認められる。

珪孔雀石は、幅数mm～2cm程の網状石英脈を部分的に淡緑色に染めている。この石英脈は一般に不毛であるが、まれに微細な黄銅鉱あるいは輝水鉛鉱を少量伴うこともあり、網状石英脈の間の母岩は完全に黄褐色の“やけ”と化している。これら珪孔雀石を伴う転石は、岩株

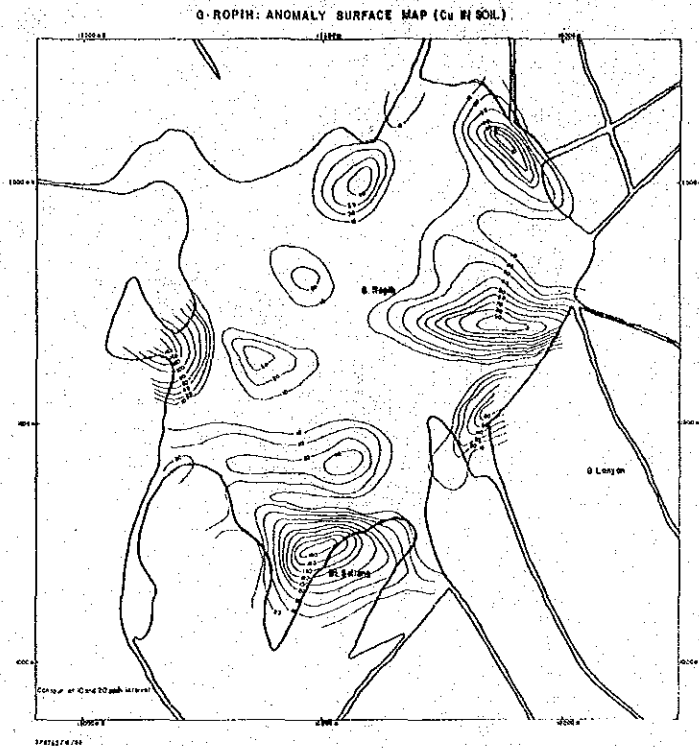


Fig. I -38 Gunung Ropih, Anomaly Surface Map (Cu in Soil)

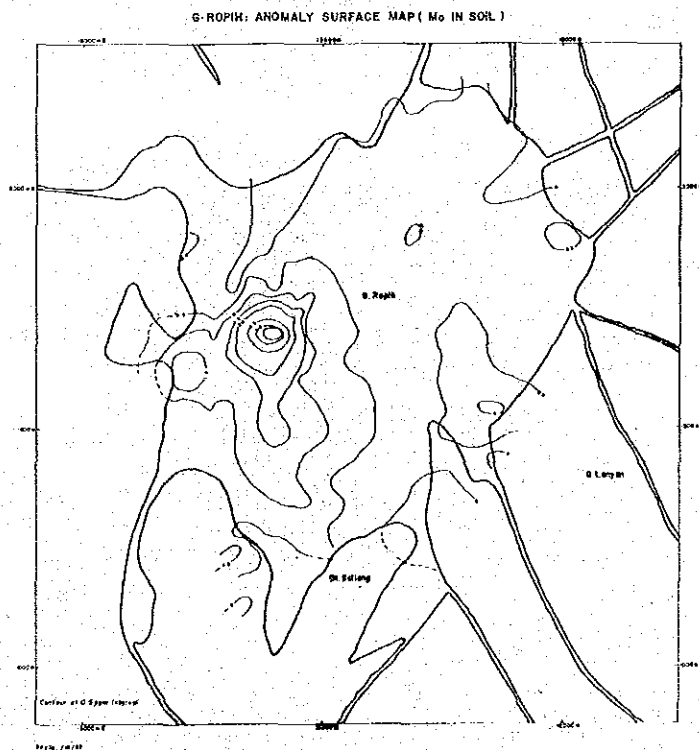


Fig. I -39 Gunung Ropih, Anomaly Surface Map (Mo in Soil)

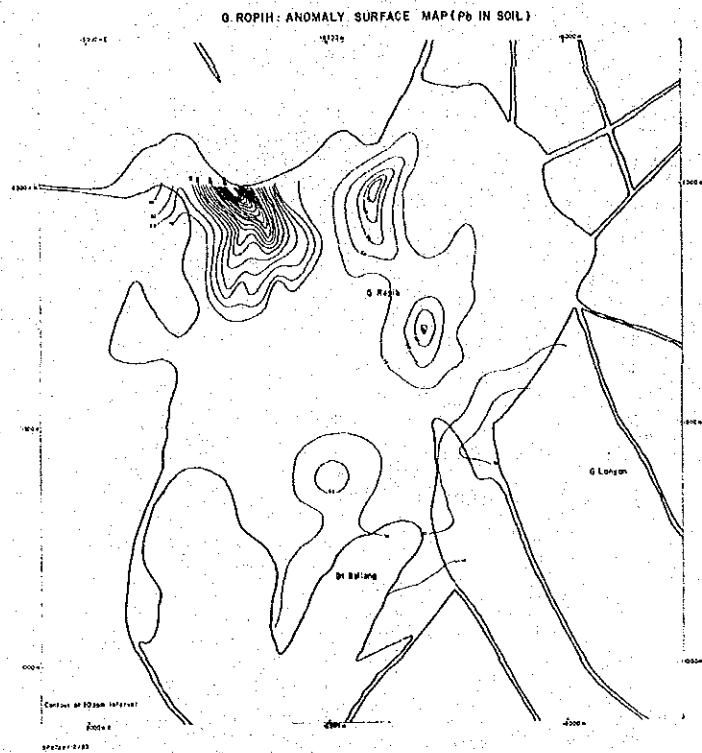


Fig. I -40 Gunung Ropih, Anomaly Surface Map (Pb in Soil)

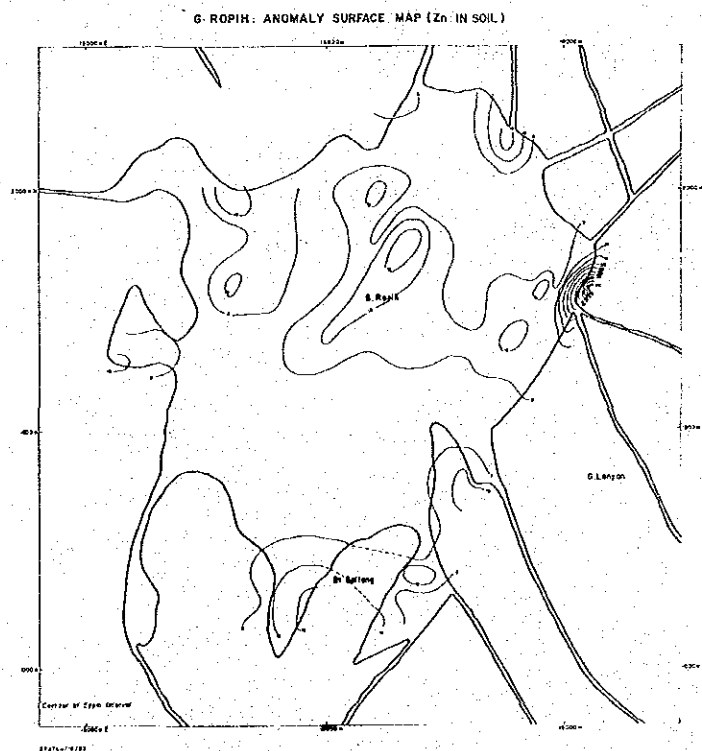


Fig. I -41 Gunung Ropih, Anomaly Surface Map (Zn in Soil)

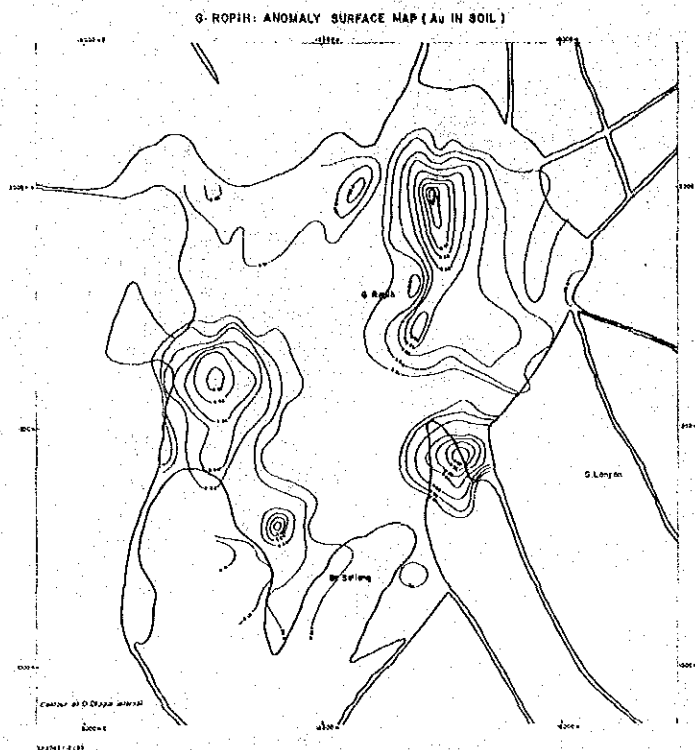


Fig. I -42 Gunung Ropih, Anomaly Surface Map (Au in Soil)

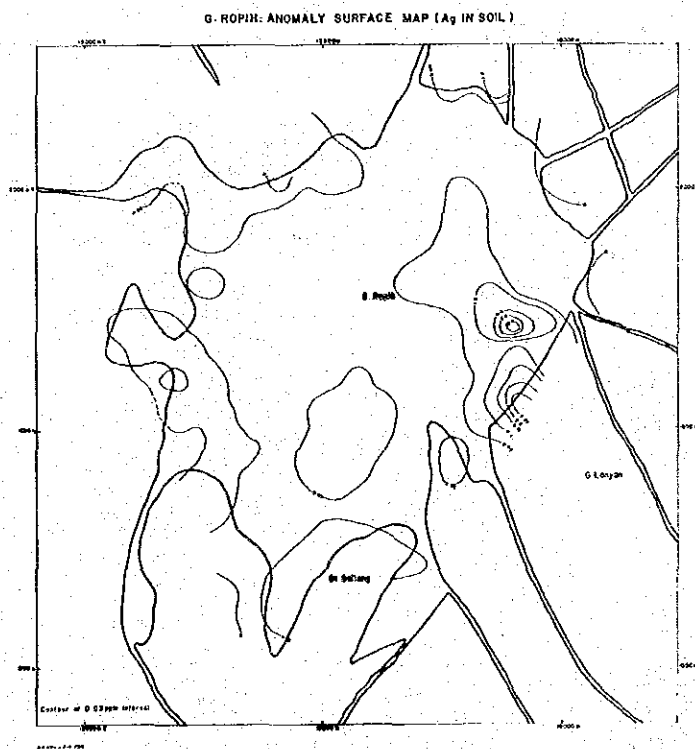


Fig. I -43 Gunung Ropih, Anomaly Surface Map (Ag in Soil)

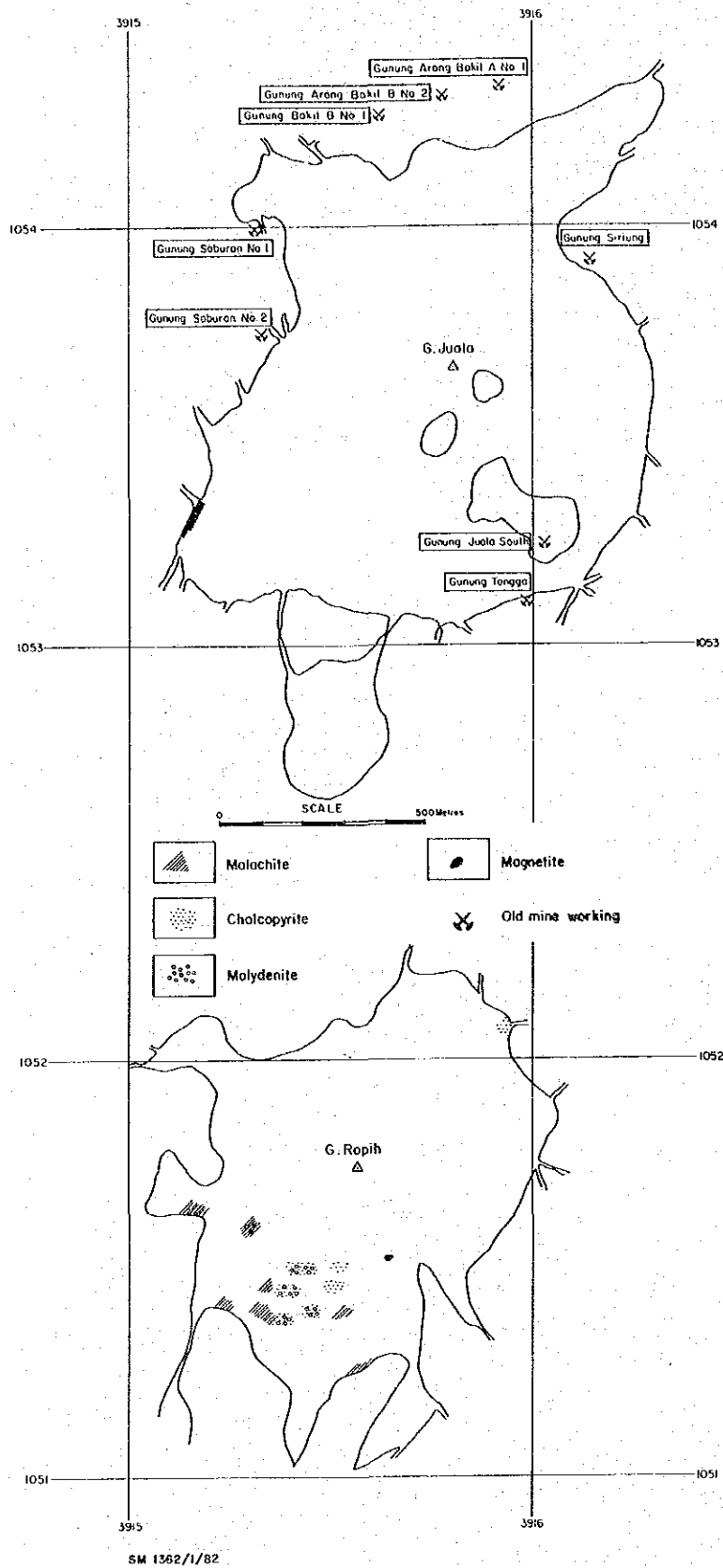


Fig. I -44 Old Mine Workings and Mineral Showings,
Gunung Ropih-Gunung Juala Area

周縁部の比較的低位に散在している。

黄銅鉱は珪化・セリサイト化を受けて斑状組織さえも不明瞭になつた母岩、あるいは珪化・緑泥石化を受けているが斑状組織の残存する母岩のいずれにも、黄鉄鉱と共に微細粒（径平均 0.02 mm）で鉱染し、あるいは緑泥石-石英微細脈中に輝水鉛鉱と共に随伴する。この黄銅鉱の一部は酸化して斑銅鉱になつているものもある。

輝水鉛鉱は、珪化・緑泥石化を受けているが比較的変質の弱い母岩中の緑泥石-石英細脈に伴なわれる。ふつう微粒であるが、中に径 5 mm 程の集合体を形成するものもある。

ロビ山の主として南西斜面から採取された鉱化の認められる岩石 12 試料の分析結果は、次の通りである。

試料番号	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Mo(%)
ARO301	tr.	tr.	0.07	0.012
ARO371	tr.	tr.	0.04	0.004
ARO374	tr.	tr.	0.08	tr.
ARO460	0.10	0.3	0.12	0.004
ARO464	tr.	tr.	0.09	0.003
ARO465	0.20	0.4	0.15	0.005
ARO470	tr.	tr.	0.01	tr.
JRO339	0.10	0.5	0.23	0.008
JRO340	tr.	tr.	0.03	0.010
JRO343	0.20	1.3	0.08	0.002
JRO346	tr.	tr.	0.05	0.009
JRO351	tr.	tr.	0.14	0.001
平均	0.05	0.2	0.09	0.005

ジュアラ山南東斜面に大理石ルーフ・ペンダントが存在することは、すでに 2-1 項で述べたが、その南東端に多数の鉱石塊（方鉛鉱-閃亜鉛鉱）が点在している。露頭が見られなため、その産状は不明であるが、その一つを分析したところ、Au 1.00 g/t, Ag 16.65 g/t, Cu 0.49%, Pb 2.696%, Zn 2.55% という結果が得られている。

2-4 考 察

金属元素の累帯分布について

ロビ山-ジュアラ山地区には、金属元素の組合せによつて、Au+Ag(脈), Pb+Zn(脈) および Cu+Mo(鉱染) の 3 種類の鉱化が存在することは、すでに 2-2 項の地化学探査結果の因子分析によつても指摘された通りである。単純な同心円は示さないが、中心になる岩株が

2つ存在ししかも地形的高低差があることを考慮すると、2つの岩株を中心にして外側・上方に向つて $Cu + Mo \rightarrow Pb + Zn \rightarrow Au + Ag$ の順に累帯分布を示していると考えられる。金属元素の累帯分布は、ポーフイリー・カッパー・鉱床の特性の一つであり、その意味でこの累帯分布の存在は重要である。

熱水変質について

一般的なポーフイリー・カッパーの変質分帯に従うと、ロビ山・ジュアラ山両岩株の変質で著しいのは石英-セリサイト変質作用がある。いくつかの岩石ではカリ長石も認められるが黒雲母は認められず、カリウム質変質作用は弱いものと考えられる。一方、アクチノ閃石を石英閃緑斑岩中に含むものがあり、またまれに灰ばん柘榴石や珪灰石を含むものがある。これらは石灰質珪酸塩鉱物変質作用の構成鉱物であり、これらの鉱物の認められる地帯は、被貫入岩である石灰岩の極く近い位置にあつたものと推定される。

Cu・Mo 初生鉱化作用について

ロビ山南西斜面は、地表踏査によつて多数のCu・Mo 鉱化転石が確認されており、しかも土壤による地化学探査で最も広範に異常帯が得られた地帯である。この中で、珪孔雀石や“やけ”を伴わない初生鉱化作用を示すと思われる転石は、主として地形的高所に分布している。これらの転石から採取された6試料の平均品位は、Cu 0.11%, Mo 0.007% であつた。試料数が少ないのでこの数値が必ずしもこの付近の初生鉱化作用の程度を示すとは言えないが、この数値を一般のポーフイリー・カッパー・鉱床に当てはめると、この付近の地表の鉱床は低品位型に属すると言えよう。

二次富化帯賦存の可能性について

石原(1970)は、二次富化作用の規制要素として、初生銅品位、黄鉄鉱量、母岩の岩質、変質鉱物、構造的要素および反応時間の6項目を挙げている。

これら6項目の各々について検討した結果、次の理由で二次富化帯の存在する可能性は少ないものと考えられる。

“鉱床が現在までどの程度侵食を受けてきたか(反応時間)” 二次富化帯の規模は鉱床の侵食量に関係すると考えられるが、ジュアラ山岩株中に大理石ルーフ・ペンダントが存在すること、ロビ山岩株中にアクチノ閃石・灰ばん柘榴石・珪灰石など被貫入岩である石灰岩(大理石)に極く近いことを示す変質鉱物が存在すること、および岩株周辺の大大理石の分布状態と地形の関係などを考慮すると、鉱床を含む両岩株はともにほとんど侵食を受けていないものと考えられる。

“酸性水生成に十分な量の黄鉄鉱が存在するか” 十分な二次富化作用には、黄鉄鉱/Cu 硫化物 ≥ 5 が必要である(石原, 1970)。定量的データはないが、地表踏査結果および検鏡結果から推定すると、ロビ山南西斜面の鉱染鉱床では黄鉄鉱/黄銅鉱 $\div 1$ 程度であり、この黄鉄

鉍量は二次富化帯形成には不十分である。

“断層や破碎帯など酸性水を浸透させる構造的要素が存在するか” 現在のところ岩株貫入後に形成された断層などの構造はこの地域には認められていない。

このほか岩株周辺の被貫入岩が石灰岩であるため、酸性水を中和させる可能性があることおよび初生銅品位が低いことなどが、二次富化帯形成にとって不利な条件となる。

下部への期待

上に述べたように鉍床はまだほとんど侵食を受けておらず、地表で見られる鉍染は大規模な初生の鉍体の頂部の極く一部であると考えることができる。ロビ山南斜面に多数散在する不毛石英脈の転石などは下部の鉍床の存在を暗示しているように見える。

第3章 アピ山—プテ川地区

3-1 地質調査結果

3-1-1 地 質

アピ山—プテ川地区の地質は、Fig. I-45 に示す通り、ベダワン層およびこれを買く新第三紀酸性貫入岩岩株・岩脈からなっている。

この地区のベダワン層の大部分は、すでに述べたジャンプサン—タイ・パリット地区のそれと同様に、頁岩・泥岩・シルト岩・砂岩の互層からなっているが、地域南東端のブンゴ山脈北西斜面には、本層の最上部層準と考えられる石灰質泥岩～砂岩および泥質石灰岩が分布している。頁岩あるいは泥岩とシルト岩・砂岩は数cm～20cm単位でリズムカルに互層している。石灰質砂岩と石灰質泥岩～泥質石灰岩もまた互層しており、外観は両者酷似するが、若干の風化様式の相異および希塩酸による反応の有無から識別される。

この地区のベダワン層は、一部のシルト岩あるいは細粒砂岩の葉理に沿って炭化植物片が認められることがあるが、一般には貧化石である。したがって時代を示す決定的証拠はないが、岩相からベダワン層の比較的上部と推定されるので、おそらく白亜紀中～後期であろう。

新第三紀酸性貫入岩は、地域東部プテ川上流のベガ山—ブラン山を形成するNNE—SSW 方向に伸長した岩株と、地域南西部のアピ山（グンバン山）、バドッド山などを形成しているENE—WSW 方向に伸長した岩株、および各所に見られる小規模岩脈からなっている。

ベガ山—ブラン山の岩体は珪化した石英安山岩からなっており、既述のロビ山—ジュアラ山からSSW 方向に配列する一連の岩株群の南端に位置している。この岩体の北端セリジャー（Serijer）川上流や中央部プテ川上流などには、無層理の石英安山岩質凝灰岩～凝灰角礫岩（火山泥流堆積物）が斜面に張り付くようにパッチ状に分布している。おそらく、ベガ山—ブラン山の岩体は古期火山で、この火山泥流堆積物はその噴出相と考えられる。

一方、アピ山、バドッド山などの岩株は、一連の岩株群のNNE—SSW の配列方向から西側に離れた位置にある。岩質はベガ山—ブラン山と同様に石英安山岩であるが珪化は認められない。

岩脈は随所で見られるが、その規模は様々で幅数mから数100mに及ぶものもある。その方向はベダワン層の走向に調和的なENE—WSW 方向が卓越している。一般には粘土化が著しい。

3-1-2 変成および変質

ベダワン層は、ベガ山—ブラン山周辺特にボン・ベニャック（Bon Penyak）川では弱いホルンフェルス化を受けており、また一部の比較的大規模な岩脈の付近では珪化・緑レン石化・セリサイト化が認められるが、一般に変質は弱い。

酸性貫入岩類のうちベガ山—ブラン山の岩体は、特にプテ川最上流部では、石英微細脈を伴

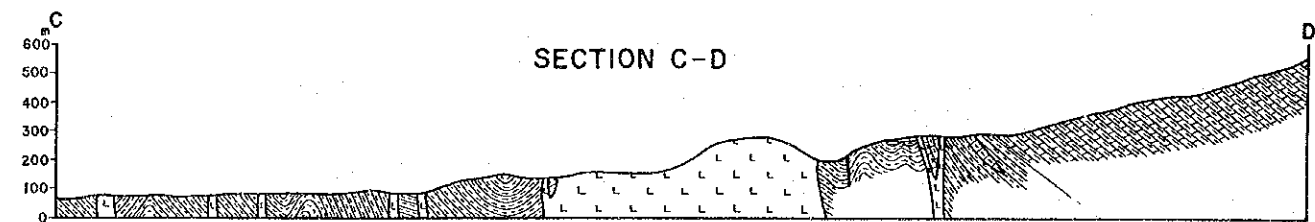
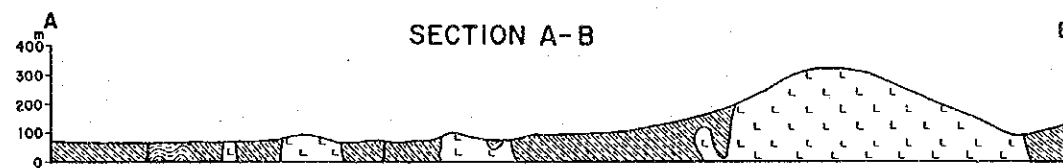
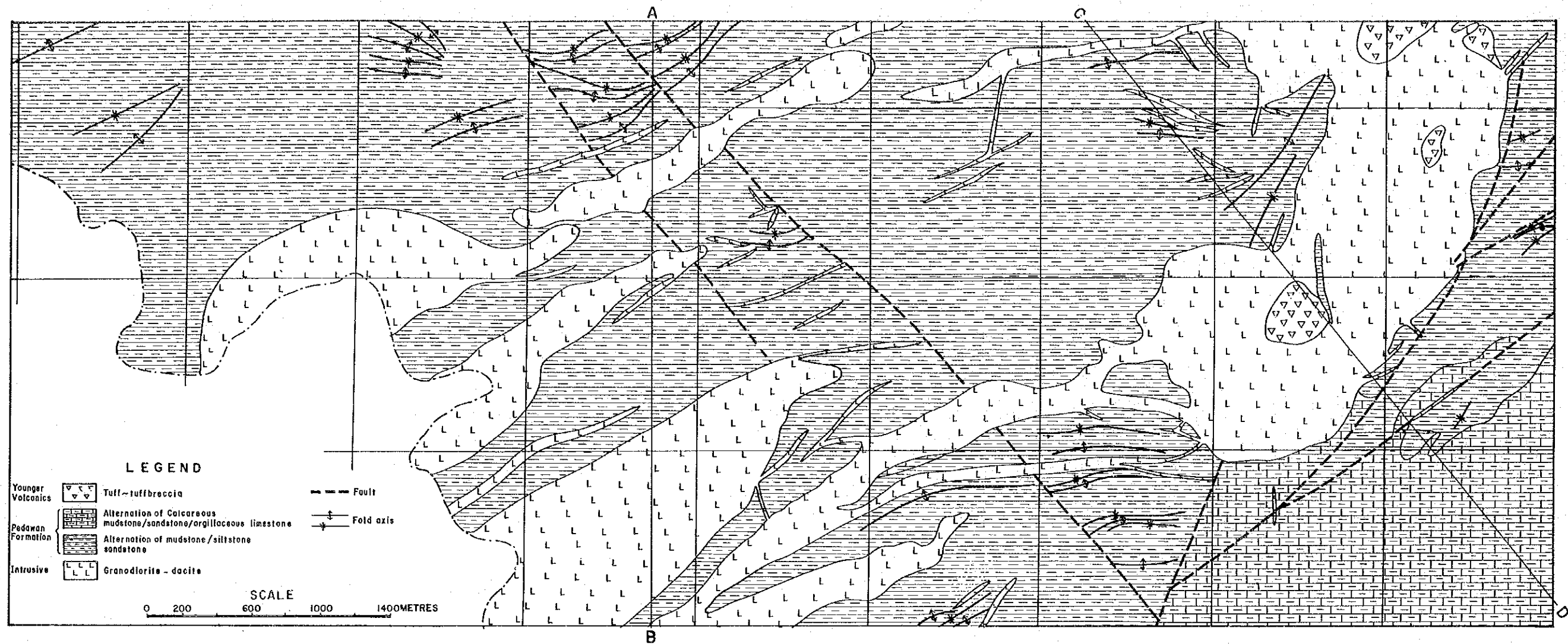


Fig. I -45 Geological Map of Gunung Api-Sungai Puteh Area (1:25,000)

なつて著しく珪化しており、有色鉱物は緑レン石・緑泥石に変わっている。

一方、大部分の岩脈は、セリサイト化およびカオリン化を強く受けて粘土化している。

3-1-3 地質構造

この地区の地質構造は、ベダワン層中に見られる褶曲と断層および酸性貫入岩岩株の伸長方向と岩脈の方向で特徴づけられる。

ベダワン層の褶曲はむしろ普通で、背斜・向斜を繰り返す軸方向ENE-WSWの平行小褶曲からなっている。この軸方向は広域的なベダワン層の構造に調和的である。

断層は、この地区の中央部において見られるNW-SE方向の二本の断層と、東部のペダウン(Pedau-un)川上流で馬尾状に走るNNE-SSW~NE-SWの二方向の断層が顕著である。NNE-SSW方向の断層は、広域的な貫入岩岩株の配列方向にあるベガ山-ブラン山の岩体の東縁を規制している。

アピ山、バドゥド山などの岩体の伸長方向は、ベダワン層の褶曲軸方向に調和的なENE-WSW方向を示しており、岩脈もこの方向が卓越している。

3-2 地化学探査結果

第一年次調査によつて抽出された異常地域の規模を確認するため、川砂を対象とした地化学探査とパンニングによる金探査が実施された。

合計255個の川砂試料と212個のパン・コンセントレート試料が、この地区から採取された。

川砂試料は、Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Hg, MoおよびWの10元素について分析され、その分析結果はパーソナル・コンピュータ(シャープMZ-80B)を使つて統計的に処理され、縮尺1:25,000の水系図上にプロットされた。

一方、パン・コンセントレート試料から分離された金粒は、その重量が測定され、1トン当りの重量に換算された後、その採取位置が水系図上にプロットされた。

3-2-1 川砂を対象とした地化学探査

(1) 試料採取および分析

合計255個の川砂試料が主として第1オーダーの水系から採取され、最終的に採取密度は10.2試料/1km²となつた。各採取地点では、80メッシュ・アンダーの川砂20gが水中においてふるい分けられ、ビニール袋に入れて持ち帰られた。得られた試料は、マレイシア地質調査所サラワク支所において、自然乾燥の後、分析に供された。

分析方法はAppendix 1に示されている。

(2) データ処理

分析データ(Appendix 8)は、第一年次の地化学探査と同様の方法で統計的に処理された。

各々の元素のバック・グラウンド母集団の統計値 \bar{x} , $\bar{x} + S$, $\bar{x} + 2S$ および $\bar{x} + 3S$ (\bar{x} : 平均値, S : 標準偏差) が累積確率グラフから読み取られた。その統計値は Table I-10 にまとめられている。

各元素の分析結果は、これらの統計値を級限界としてクラス分けされた後、大きさの異なる黒丸を使って縮尺 1:25,000 の水系図上にプロットされた。

(3) 各元素の分布

金 (Au)

Au の分布は Map I-40 に示されている。全データの約 5% が $\bar{x} + 2S$ (0.375 ppm) のスレッシュホールド値以上である。そのうち $\bar{x} + 3S$ (0.64 ppm) 以上の、さらに高い異常値が 6 点あり、その値は 0.8 ppm と 2.4 ppm の間に入っている。

この地区では、明瞭でないが、セブル (Sebuluh) 川-シニイ (Sinyi) 川, バヤン (Bayan) 川-ボン (Bong) 川-ボン・ベニユップ (Bong Penyup) 川およびセパン (Sepan) 川-マリ (Maling) 川の 3 地域に異常値が比較的まとまっているように見える。

銀 (Ag)

Ag の分布は Map I-41 に示されている。全データの約 9.4% が $\bar{x} + 2S$ (4.6 ppm) のスレッシュホールド値以上であり、そのうち $\bar{x} + 3S$ (15.5 ppm) 以上の、さらに高い異常値が 4 点あり、その値は 37.7 ppm から 55.9 ppm の間に入っている。

これらの Ag 異常値は、セブル川, ベディ川上流およびベダウン川上流の 3 地域に比較的まとまっている。

銅 (Cu)

Cu の分布は Map I-42 に示されている。全データの約 5.9% が $\bar{x} + 2S$ (28.2 ppm) のスレッシュホールド値以上で、そのうち $\bar{x} + 3S$ (36.2 ppm) 以上の、さらに高い異常値が 6 点あり、その値は 49 ppm と 64 ppm の間に入っている。

この地区では、ベディ川の東側、特にベガ山周辺のブテ川上流に Cu 異常値が比較的まとまっている。

鉛 (Pb)

Pb の分布は Map I-43 に示されている。全データの約 4.3% が 23.7 ppm のスレッシュホールド値以上となっている。 $\bar{x} + 3S$ (28.7 ppm) 以上のさらに高い異常値が 3 点あり、その値は 29 ppm と 40 ppm の間にある。

Pb 異常はこの地区一帯に散在しており、まとまった異常帯を形成していない。

亜鉛 (Zn)

Zn の分布は Map I-44 に示されている。全データの約 4.3% が $\bar{x} + 2S$ (104.5 ppm) のスレッシュホールド値以上である。 $\bar{x} + 3S$ 以上の、さらに高い異常値が 3 点あり、その値は 145

ppmと162 ppmの間にある。

Zn 異常は、ジェモイス (Jemois) 山の北斜面にあるグロン (Grong) 川上流とベダウン川上流右岸に高い異常値がまとまっているほかは、顕著な異常帯は見られない。

砒素 (As)

As の分布は Map I-45 に示されている。全データの約 3.5% が $\bar{x} + 2S$ (48 ppm) のスレッシュホールド値以上である。 $\bar{x} + 3S$ 以上の異常値は存在しない。

As 異常値はペナム (Penam) 山の西側を流れるセパン (Sepan) 川およびベダウン川上流のベガ山東部付近の 2ヶ所に比較的まとまっており、概して地区東部に多く、西部にはほとんど認められない。

アンチモン (Sb)

Sb の分布は Map I-46 に示されている。スレッシュホールド値 $\bar{x} + 2S$ (11.7 ppm) 以上の異常値は全データ中 2点だけ、 $\bar{x} + 3S$ 以上の、さらに高い異常値は 31.8 ppm の 1点だけである。

その高異常値 31.8 ppm は、バドゥド山東斜面を流れるアワン (Awan) 川の支流に位置しており、もう一点の異常値はグロング川の支流にある。

水銀 (Hg)

Hg の分布は Map I-47 に示されている。スレッシュホールド値 $\bar{x} + 2S$ (21.2 ppm) 以上の異常値は全データの約 35% を占めている。そのうち $\bar{x} + 3S$ 以上のさらに高い異常値は 66.7 ppm の 1点のみである。

Hg 異常値はこの地区の 2ヶ所、すなわち、セプル川およびセリポ (Seripoh) 川—ジュガン (Jugan) 川で比較的まとまって異常帯を形成している。

モリブデン (Mo)

Mo の分布は Map I-48 に示されている。スレッシュホールド値 $\bar{x} + 2S$ (6 ppm) 以上の異常値は 6点あり、 $\bar{x} + 3S$ 以上の異常値はない。

この地区のうち、Mo 異常値はブテ川の最上流に比較的まとまって、1つの異常帯を形成している。

タングステン (W)

W の分布は Map I-49 に示されている。スレッシュホールド値 $\bar{x} + 2S$ (2.5 ppm) 以上の異常値は 5点で、 $\bar{x} + 3S$ 以上の異常値は存在しない。

5点の異常値のうち 4点は、地区北西部にあり東西方向に並んでいる。残りの 1点は地区南東部のボン・ペニユップ川支流に孤立している。

3-2-2 パンニングによる金の探査

(1) 試料の採取と処理

パンニングは原則として地化学川砂試料採取地点で熟練者によつて実施された。

**Table I -10 Statistical Parameters of Metal Contents
in Stream Sediments, Gunung Api-Sungai Puteh Area**

Element	Population	Proportion (%)	Nos. of Samples used in Statistical Treatment	\bar{x} (ppm)	$\bar{x} + s$ (ppm)	$\bar{x} + 2s$ (ppm)	$\bar{x} + 3s$ (ppm)
Au	Anomalous	4.5	11	0.51	0.8	1.25	2.0
	Background	95.5	240	0.145	0.23	0.375	0.64
Ag	Anomalous	8.0	20	5.6	6.8	8.3	10.0
	Background	92.0	227	0.41	1.35	4.6	15.5
Cu	Anomalous	—	—	—	—	—	—
	Background	100	249	15.0	22.2	28.2	36.2
Pb	Anomalous	—	—	—	—	—	—
	Background	100	252	13.7	18.7	23.7	28.7
Zn	Anomalous	—	—	—	—	—	—
	Background	100	252	56.1	80.5	104.5	128.5
As	Anomalous	3.5	9	64	68	72	76
	Background	96.5	245	8	19.6	48	124
Sb	Anomalous	23.5	59	5.5	7.6	10.6	14.7
	Background	76.5	194	1.95	4.7	11.7	28.2
Hg	Anomalous	—	—	—	—	—	—
	Background	100	252	22.5	70.0	212	664
Mo	Anomalous	6.5	16	5.2	5.9	6.8	7.8
	Background	93.5	237	0.8	2.2	6.0	16.5
W	Anomalous	19.5	49	15	21	30	44
	Background	80.5	204	2.1	7.4	25	87

川砂はあらかじめ容積 5 l の木箱によつてその量が測定された後、パンニングに供された。このようにして採取されたパン・コンセントレートは 8.48 試料 / 桶に相当する合計 212 試料となった。

パン・コンセントレートは、プロモフォルム重液で重鉱物以外のものが取り除かれた後、双眼鏡下で金粒の存否が確認された。金粒を含む重鉱物については、さらに鏡下で金粒が分取され、高精度の上皿天びんによつてその重量が測定された。

一方、容積 5 l の川砂の比重を求めるために、各種の川砂についてその重量が測定された。その結果、川砂の見かけの比重はほぼ 1.46 であることがわかった。

(2) データの処理

まず、パンニングに供された川砂の容積 (l) がその見かけの比重 (1.46) を使つて重量 (Kg) に換算された。

各試料採取地点の川砂中の砂金含有量 (g/t) は、砂金の重量 (mg) / 川砂の重量 (Kg) によつて求められた。

Map I-50 は、このようにして計算された各地点の砂金含有量を図示したものである。

(3) 砂金の分布

パンニングが行われた 212 地点のうち、実際に金粒が確認されたのは 32 地点 (全体の 15.09% に相当) であった。

ベディ川支流では、12 地点で金粒が確認された。このうちトリンゴス・バハル (Tringos Baharu) 村北部支沢の 1 地点では 0.292 g/t の高含有量を示しており、マトゥン (Matung) 川ではこの地区の最高値 1.890 g/t のほか、数地点で 0.014 g/t ~ 0.068 g/t の砂金が確認されている。パンカラシ・テバン (Pangkalan Tebang) 南西方の支沢では 0.376 g/t を示している。

一方、セブル川とその支流では、18 地点で金粒が確認されている。このうちパド (Pad) 川では 2 地点で 0.130 g/t および 0.268 g/t, シニイ川の支流から 0.411 g/t, シニイ川本流から 0.663 g/t などの高含有が得られている。

このような結果から、パド川-シニイ川地区とマトゥン川地区は特に砂金の濃集している地区と言える。

3-3 鉱化作用

ブテ川やセブル川のいくつかの支流およびパンカラシ・テバン付近の川は、従来から砂金地として知られている。特にパド川やパンカラシ・テバン付近では、パンニングや若干のピット、トレンチによつて探鉱されたことがある。調査地区外になるが、北部のペランドック (Pelandung) 丘では珪化したペダワン層中で探鉱ピットやトレンチ跡を見ることができる。

今回の調査では、次の地区で鉍化が認められた。

(1) グユ (Uguyu) 川ーバド川地区

この地区では、わずかな黄鉄鉍を伴った少量の晶洞質石英細脈がベダワン層の主として砂岩中に見られ、付近のベダワン層は弱い珪化を受けている。また、大きな石英結晶の転石が河床堆積物中に多数見られる。この付近のパン・コンセントレート中の重鉍物には、少量の鶏冠石、辰砂および金粒を伴っている。

砂金はおそらく弱珪化岩中の石英脈に由来するものであろう。

(2) シニイ川地区

この地区では、弱い珪化と石英細脈が、変質した貫入岩岩脈との接触部付近のベダワン層中に見られる。この付近のパン・コンセントレート中の重鉍物にも、少量の鶏冠石、辰砂および金粒を伴っており、その源もまた弱珪化岩中の石英脈に由来するものと考えられる。事実、珪化頁岩・砂岩中には若干の金を含んでいることがその分析結果から明らかになっている。

(3) マトゥン川地区

この地区では、ベダワン層の頁岩の剪断帯中に少量の石英細脈が認められる。この川の北側には平行して貫入岩岩脈が走っており、上流は貫入岩岩株が存在する。

パン・コンセントレート中の重鉍物には、かなりの量の金粒が認められ、付近の石英細脈を含むENE-WSSW方向の剪断帯中の風化頁岩をパンニングしたところ、多数の金粒が得られている。

このマトゥン川には、多数の石英脈の小転石や黄鉄鉍の鉍染した変質砂岩の転石が見られる。

この付近の砂金は、マトゥン川沿いのENE-WSSW方向の剪断帯中の石英脈に由来するものと考えられる。

(4) ブテ川地区

この付近では、珪化貫入岩中に微弱ながら黄鉄鉍や磁硫鉄鉍が鉍染しており、平行に発達した石英細脈も広範囲に認められる。パン・コンセントレート中の重鉍物には、黄鉄鉍、磁硫鉄鉍が見られ、極く少量であるが、辰砂や鶏冠石も認められる。川砂による地化学探査結果では、Cu, Pb, Zn および Mo の異常がこの付近に集中している。

(5) セリボ・ケチル (Seripoh Kechil) 川地区

ベダワン層の砂岩・頁岩互層で、鉍化露頭は確認されていないが、パン・コンセントレート中の重鉍物に、多量の辰砂、少量の鶏冠石および磁鉄鉍が認められ、川砂を対象とした地化学探査結果でも Hg 異常が認められた地区である。

3-4 考 察

ベガ山ーブラン山貫入岩は、バウ町付近からSSW方向に配列する貫入岩岩株の南端に位置

している。この貫入岩は、同質の凝灰岩および凝灰角礫岩を伴っているので、おそらく地下浅所あるいは一部は噴出岩として地表に現われたものと考えられる。一般にベガ山ーブラン山の岩体はアピ山やバドッド山の岩体に比べて珪化などの変質が著しいことも、その生成環境の相違を反映していると考えられる。同様に、Cu、PbおよびMoの地化学異常が、アピ山やバドッド山の岩体よりもこのベガ山ーブラン山の岩体周辺に集中していることもそれに関係があるのではなからうか。

一方、砂金の濃集は、その付近の貫入岩岩脈と密接な関係を有しており、特に岩脈との接触部付近のペダワン層中の石英細脈に由来するものと考えられる。

辰砂粒と共にしばしばパン・コンセントレート中に含まれており、両鉱化作用は密接に関係しているものと考えられる。

第Ⅱ部 物 理 探 查

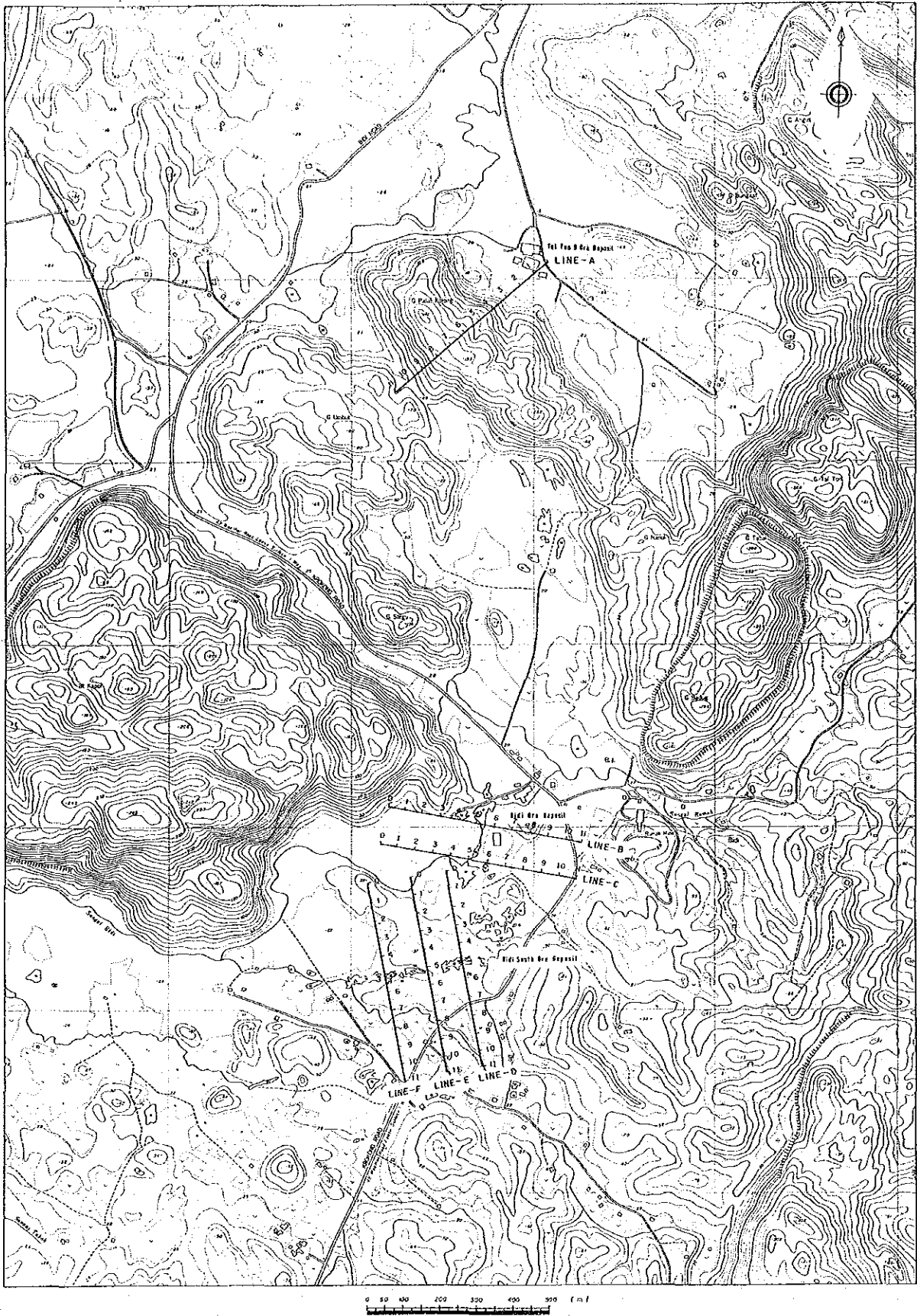


Fig. II-1 Location Map of Spectral IP Survey Lines

第 1 章 調 査 方 法

第二年次物理探査として、タイ・トン地区でスペクトル IP 法電気探査が実施された。

スペクトル IP 法電気探査は、従来周波数領域 IP 法が 2 周波数の比抵抗と周波数効果 (PFE) を測定する方法であるのに対し、0.001 Hz ~ 1,000 Hz の広範囲の周波数を利用して振幅 (マグニチュード) と位相差を測定し、地層や鉱床の周波数応答 (スペクトル応答) から、スペクトル IP 異常を誘起する異常源を識別する方法である。使用する周波数領域は、実用的な 0.1 ~ 100 Hz が多く利用されているが、本調査では米国ソング社のシステムを採用しているため、0.125 ~ 88 Hz である。本測定では、0.125 Hz, 1 Hz および 8 Hz を基本波として送信し、この基本波の受信信号をフーリエ解析し第 3 次, 5 次, 7 次, 9 次および 11 次の高周波 (Harmonics) を計算して、上記の周波数領域の IP 応答を求めている。

1-1 測 定 方 法

スペクトル IP 法電気探査の測定は、ダイポール・ダイポール電極配置を採用しており、従来の IP 法の場合と基本的に変わらないが、多周波数のマグニチュードと位相差を測定するために、送信信号と受信信号の同期をとる必要である。このため、送信電流による電磁カップリングを避けるために、communication wire と呼ぶ信号線を主測線と平行に 25 m 程度離して展開することが必要である。

電位電極の設定

電位電極としては、素焼き電極に銅電極と飽和硫酸銅溶液を入れた非分極性電極を用いた。通常の IP 法とは異なり 3 個の電極を設置している (Fig II-2 参照)。これは、中点 (B) に零電位点を設け、(A-B) と (B-C) 間を等距離にし、前置増幅器の差動増幅機能によりノイズを除去するために利用されている方法である。

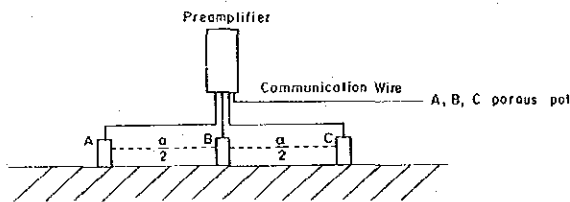


Fig. II-2 Layout of Potential Electrodes and Preamplifier

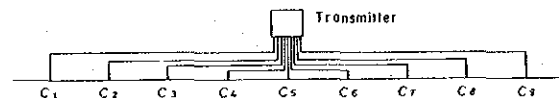


Fig. II-3 Layout of Current Electrodes

電流電極の設定

電流電極の設定は、現地の状況、機動性、作業能率を考慮に入れて行う。通常、7ないし9電極を予め配線し、送信機側で電極切り換えを行う方法が採用されているが、本調査では8電極配線方式を採用した。

電流電極は、 $30 \times 30 \text{ cm}$ のアルミホイールを数枚使用した。

1-2 使用機器

本調査では、米国 Zonge Engineering & Research Organization (ZERO) 社製のシステムを使用した。主な機器を以下に列挙し、測定時の機器配置を Fig II-4 に示す。

Table II-1 Spectral IP Survey Instruments

Data Processor	GDP-12/2GB	1 piece
Pre-amplifier	FP-12	2 pieces
Isolation Amplifier	ISO/1	2 pieces
Cassette Printer	CAP-12	1 piece
Oscilloscope	Tektronix 315	1 piece
Transmitter	FT-4 (Geotronics)	1 piece
Engine Generator	ZMG-5	1 piece
Voltage Regulator	VR-1	1 piece

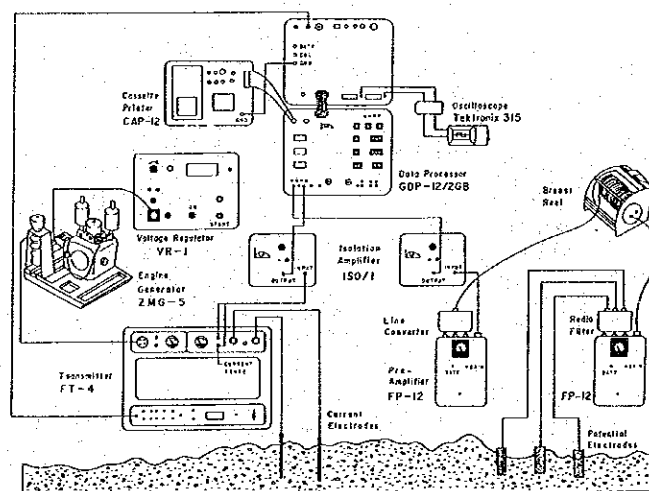


Fig. II-4 Block Diagram of Spectral IP Survey Instruments

第 2 章 データ処理解析方法

スペクトル IP 法電気探査では、供給電流と受信電位のそれぞれのマグニチュード (Magnitude, 信号の強さ) と位相差 (Phase) を測定し、測定結果を周波数に対するスペクトルまたはコール・コール図 (Cole-Cole Diagram) として表現するとともに、見掛比抵抗、スリーポイントデカップル位相差などは、従来の IP 法と同様に擬似断面上に表現する。

スペクトル IP の概念

Fig. II-5 にスペクトル IP 効果の概念図を示す。図中(a)は鉱石の模擬断面であり、イオンの通路が金属鉱物によって塞がれたり、塞がれていない状態を示しており、(b)はこれを等価回路で置き換えたものである。(c)は周波数領域の強度 ($|Z|$: Amplitude = Magnitude) と位相 (ϕ : Phase) の応答を、(d)は時間領域の応答を示している。(c)中の $|Z|$ と ϕ がスペクトル IP 法の測定値である。

Fig. II-6 に、同相 (In-phase) と離相 (Out-of-phase) の概念を示している。送信機から断続矩形波を地中へ流すと、受信機では位相差 θ 、振幅 V の信号が観測されるが、送信波形と同相の成分および 90° 位相のずれた離相成分のそれぞれの受信波形は同図中の下の部分のようになる。

横軸に正の同相成分を、一方、縦軸に負の離相成分をとり、コール・コール図として、周波数効果を位相角の関係を示したのが Fig. II-7 である。0.1 Hz および 1 Hz の強度がそれぞれ M_1 , M_2 であり、位相角は同様に ϕ_1 , ϕ_2 である。周波数効果はほぼ同相成分に比例し、位相角が離相成分に比例することが理解できる。なお、図中の黒点は測定結果をグラフ上に表現したものであり、右側ほど低周波、左側ほど高周波である。

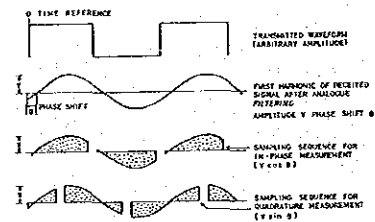
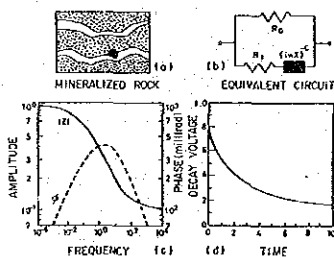
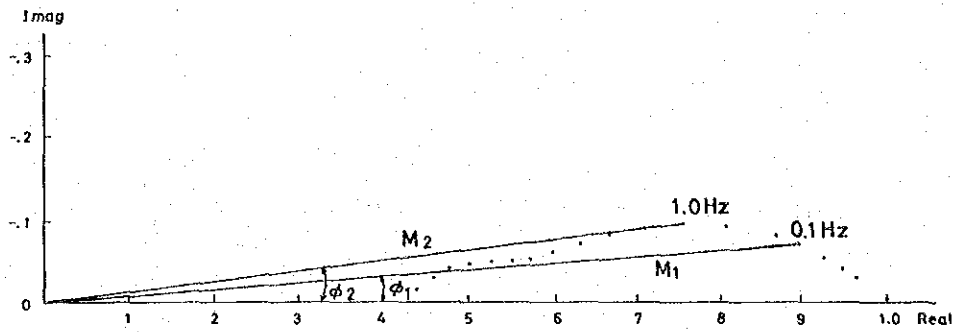


Fig. II-5 Spectral IP Effect Fig. II-6 Transmitted and Received Waveforms



$$PFE = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100\% \quad (0.1\text{ to }1.0\text{ Hz decade})$$

Fig. II-7 Relation between Frequency Effect and Phase Shift

2-1 データ処理

現地での測定では、0.125 Hz, 1 Hz および 8 Hz の基本波の電流を送信し、各基本波に対応する受信電位波形がデータ・プロセッサ GDP-12/2 GB に入力される。データ・プロセッサでは、送信および受信波形に対してフーリエ解析を施して各基本波およびその高調波（3次、5次、7次、9次および11次の奇高調波）の計18周波数の実数部、虚数部を計算するとともに、18周波数の位相差とマグニチュードを求めており、さらに各基本波の比抵抗値、スリーポイント・デカップル位相差および周波数効果（PFE）を算出している。これらの値は、送信電流値、送信波形に対する受信波形の誤差（SEM）、電流電極対・電位電極対の測点番号、電極隔離係数（n）および測定条件（ゲイン、ノッチフィルタの有無、スタッキング回数）などとともに、カセット・プリンタに印刷出力され、必要に応じてマイクロカセット磁気テープへ記録される。

データ・プロセッサの回路の特性変化を把握し、補正するために、現地調査では毎日の作業開始前に測定系のキャリブレーション（較正）を行っている。各測定値から、このキャリブレーション値を除去することによって、大地からの応答のみとなる。キャリブレーション後の値を利用して、位相差スペクトル、マグニチュード・スペクトル及びコール・コール図を作成した。

また、カセット・プリンタの印刷出力から、見掛比抵抗に対しては地形補正を施した後、各種擬似断面を作成した。

2-2 地形補正

一般にダイポール・ダイポール電極配置で比抵抗測定を行うと、地形の起伏の影響が見掛比

抵抗分布に強く現われる。すなわち、山頂部では見掛比抵抗が増加し、谷部では減少する傾向が認められる。

本調査では、6測線中Line Aだけが地形変化が大きく、測定結果に地形の影響が認められたため、Line Aについてのみ地形補正を実施した。

地形補正は導電紙を測線の地形縮小断面で切り出し、この縮小断面上で現地調査と同様の方法で測定し、地形の影響度を算出した。この値を実測値から除去し、地形の影響を補正した見掛比抵抗分布を得た。Fig. II-8にLine Aの地形補正前と補正後の見掛比抵抗擬似断面を示す。

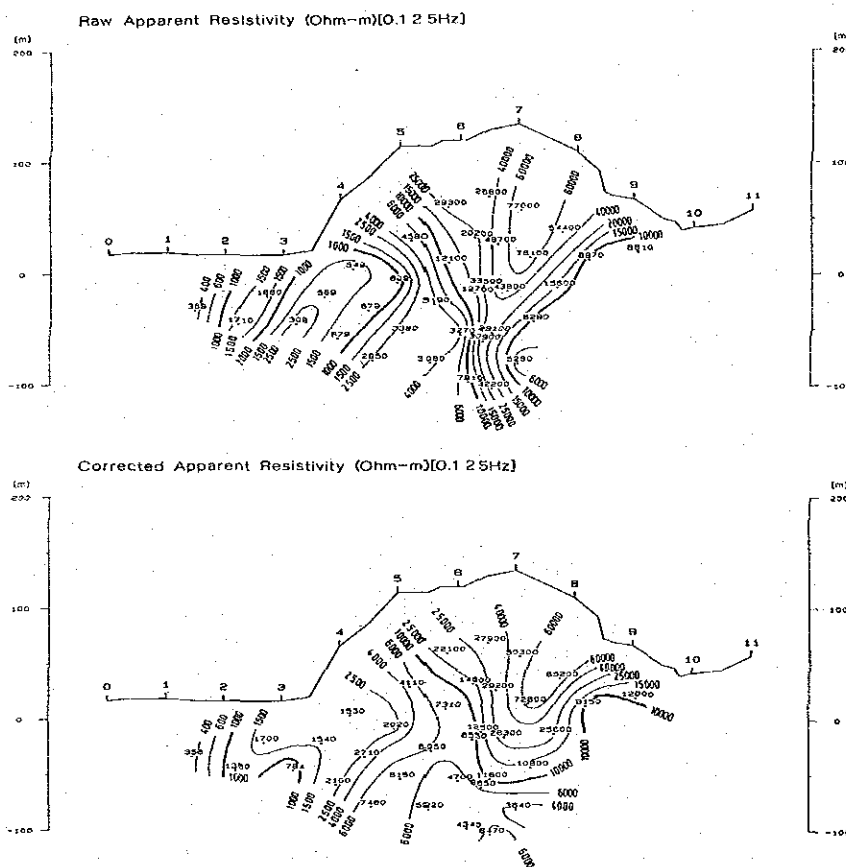


Fig. II-8 Example of Terrain Correction (Line A)

2-3 物性測定結果

調査地域内で採取した22個の岩石、鉱石試料とともに、第1次地質調査で採取した5個の岩石、鉱石試料のIP物性を測定した。

物性測定に供した試料は、鉱石、石灰岩、方解石および石英斑岩の4種類であり、それぞれ6個、18個、2個および1個である。このうち、鉱石試料については、調査地域内のBidi鉱床では2個しか採取できなかつたので、他の鉱床の試料を4個含んでいる。

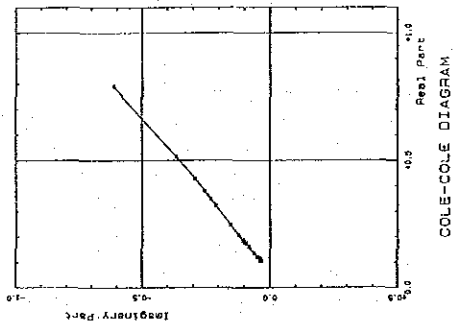
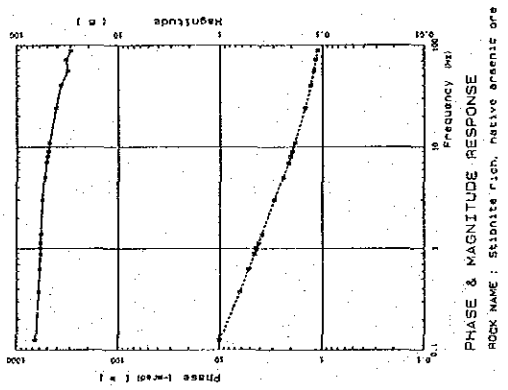
物性測定結果をTable II-2に示す。また、各試料の位相差、マグニチュードスペクトルおよびコール・コール図をFig. II-10-1~Fig. II-10-7に示す。これらをまとめると以下の

Table II-3 Characteristics of Ore and Rock Samples

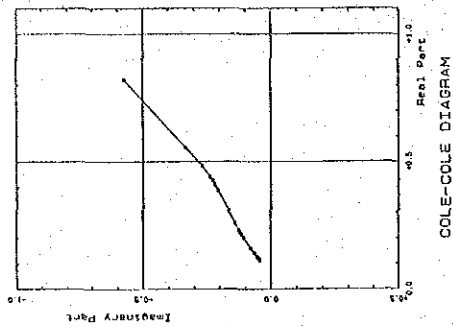
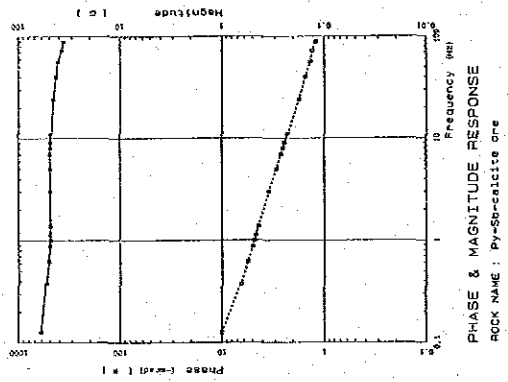
	Ore	Rock (Limestone, Calcite, Quartz porphyry)
Resistivity	Low (30 to 2,000 Ω m)	High (more than 5,000 Ω m)
Raw Phase (0.125 Hz)	More than -50 mrad (-52.1 to -660 mrad)	Less than -11 mrad
Phase Spectrum	Flat or decreases slowly as the frequency increases.	Increases as the frequency increases.
Magnitude	Decreases as the frequency increases. When the raw phase at 0.125 Hz is large, its slope becomes large.	Flat
Cole-Cole Diagram	When the raw phase at 0.125 Hz is large, curve starts from (0.7, -0.7) showing a slope of 45°. As the raw phase become small, curve starts near (1,0) and its slope becomes almost flat.	Concentrates near (1.0)

Table II - 2 IP Properties of Ore and Rock Samples

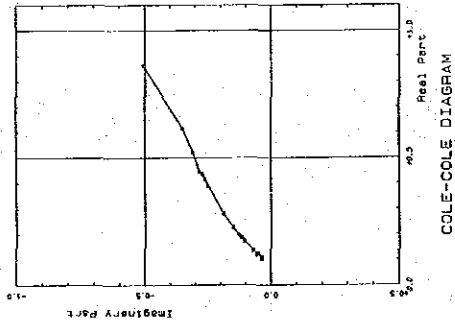
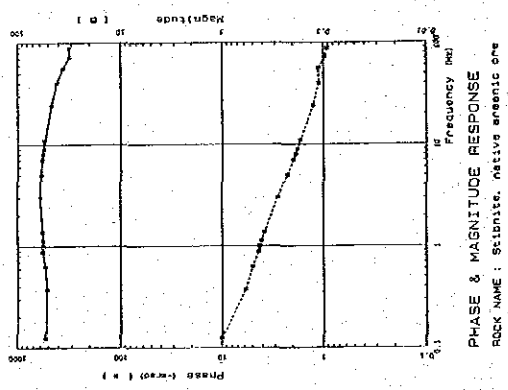
No.	Sample No.	Resistivity (Ohm-m)	Raw Phase (-mrad)	3pt Decoupled (-mrad)	P.F.E. (%)	Rock name	Sample Location
1	AR-0084	37	660	691	129	Stibnite rich, native arsenic ore	Tai Ton A Ore Deposit
2	AR-0032d	52	609	655	107	Py-Sb-calcite ore	G. Tongga ore Deposit
3	Bidi-2	27	532	551	94.6	Stibnite, native arsenic ore	Bidi Ore Deposit
4	AR-0008	292	313	300	55.7	Py-Sb-calcite ore	G. Krian Ore Deposit
5	Bidi-1	1570	194	193	30.4	Stibnite bearing arsenic, calcite ore	Bidi Ore Deposit
6	AR-0069d	1930	52.1	49.7	8.2	Sarabauite and stibnite ore	Lucky Hill A Ore Deposit
7	A-10	12800	2.62	2.18	0.41	Limestone	Tai Ton B Ore Deposit
8	A-7.5	16400	2.1	1.95	0.29	Limestone	Tai Ton B Ore Deposit
9	A-6	24300	2.03	1.86	0.33	Limestone	Tai Ton B Ore Deposit
10	A-3.5	15100	6.74	6.61	0.95	Limestone	Tai Ton B Ore Deposit
11	B-4	5060	8.44	6.6	1.29	Limestone	Bidi Ore Deposit
12	B-5	7100	2.26	1.32	0.41	Limestone	Bidi Ore Deposit
13	B-7	16900	1.73	1.76	0.27	Limestone	Bidi Ore Deposit
14	C-5.5	15400	3.92	4.23	0.5	Limestone	Bidi Ore Deposit
15	C-7.5	17500	0.59	-0.13	0.32	Limestone	Bidi Ore Deposit
16	D-0.5	32500	0.29	-0.08	0.98	Limestone	Bidi South Ore Deposit
17	D-1	14100	1.79	1.74	0.2	Limestone	Bidi South Ore Deposit
18	D-2.5	15000	1.3	1.46	0.15	Limestone	Bidi South Ore Deposit
19	D-5	22300	2.1	1.66	0.31	Limestone	Bidi South Ore Deposit
20	E-3.5	13400	0.91	0.91	0.18	Limestone	Bidi South Ore Deposit
21	E-5.5	20200	1.56	1.67	0.22	Limestone	Bidi South Ore Deposit
22	F-0	29000	2.77	3.08	0.39	Limestone	Bidi South Ore Deposit
23	F-1.5	16900	1.18	1.7	0.19	Limestone	Bidi South Ore Deposit
24	F-3.5	15600	0.43	0.8	0.03	Limestone	Bidi South Ore Deposit
25	B-5.5	8400	3.07	2.55	0.4	Calcite	Bidi Ore Deposit
26	A-6.3	11600	4.37	2.63	0.58	Calcite	Tai Ton B Ore Deposit
27	AR-0055	11800	10.7	10	1.4	Quartz Porphyry	Bidi Ore Deposit



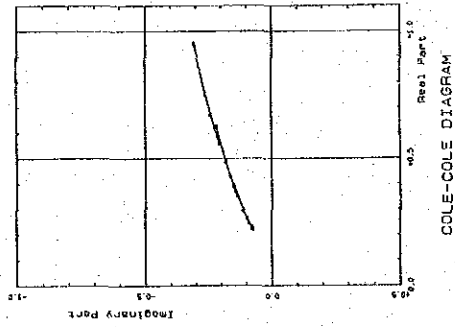
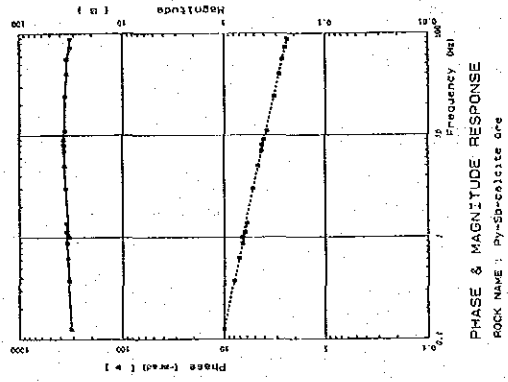
(a) AR-0084



(b) AR-0032d



(c) Bidi-2



(d) AR-0008

Fig. II-10-1 Frequency Response of Ore Sample

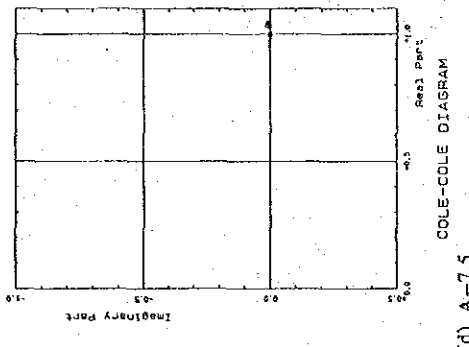
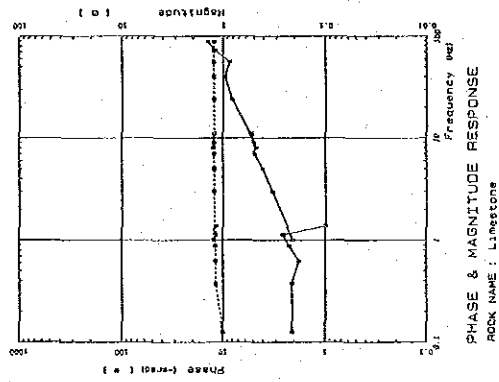
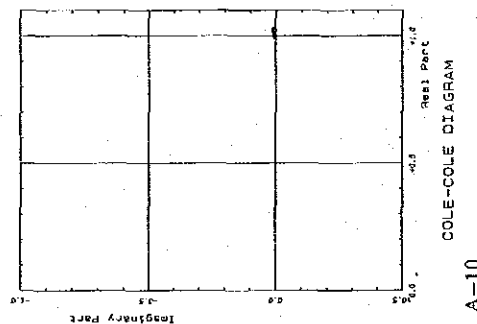
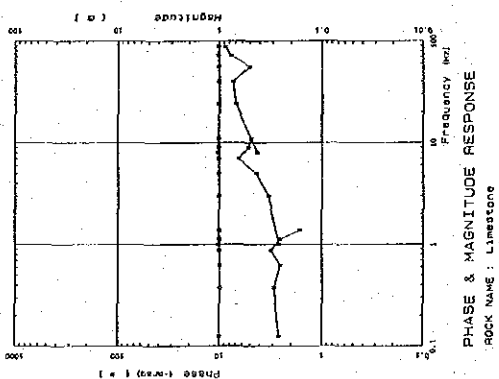
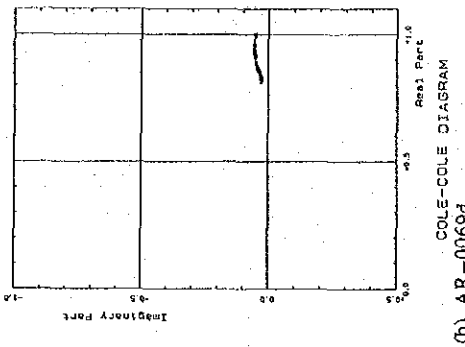
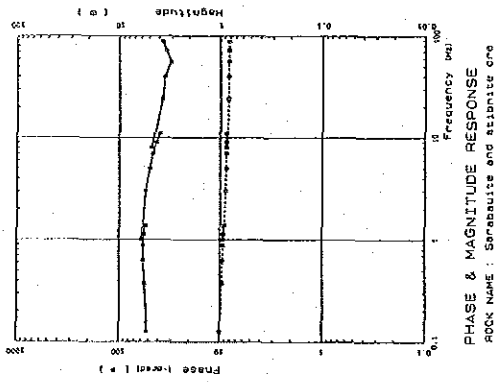
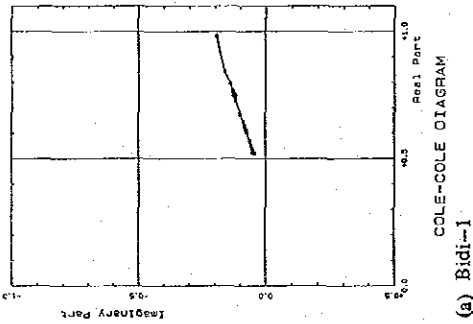
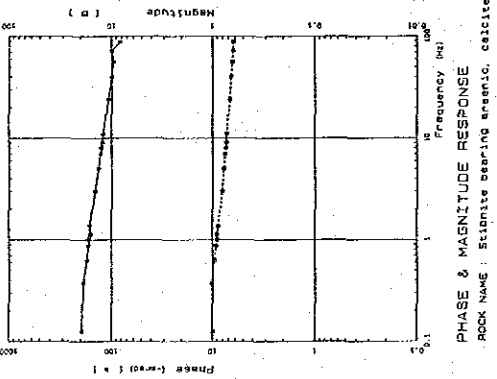


Fig. II-10-2 Frequency Response of Ore Sample

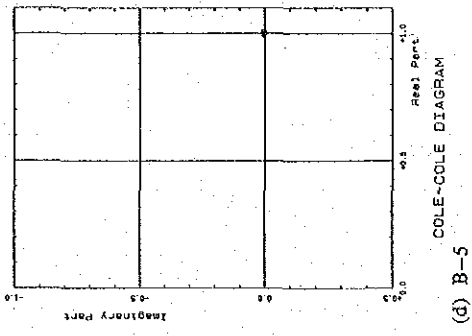
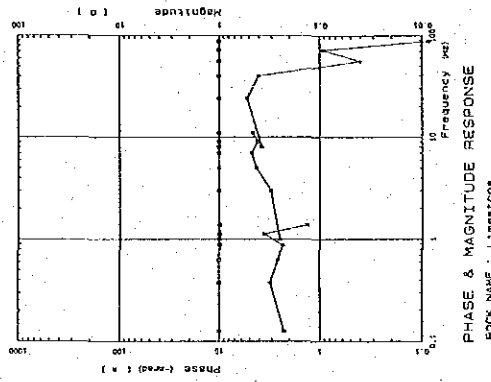
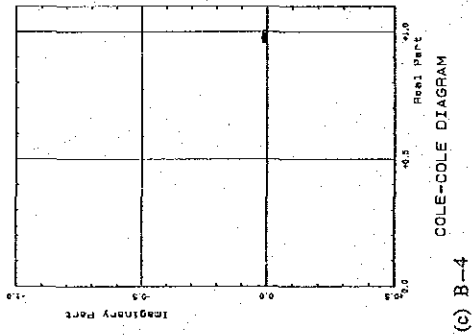
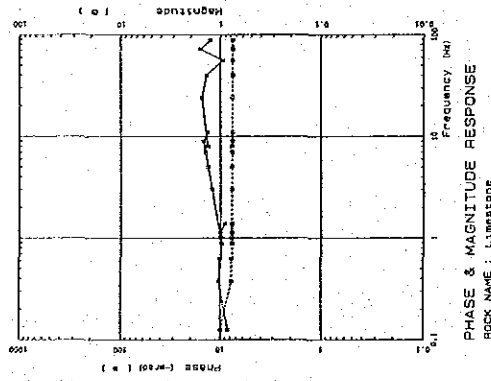
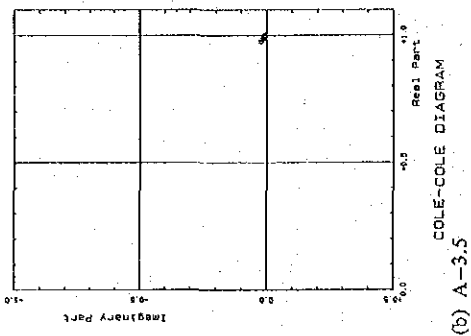
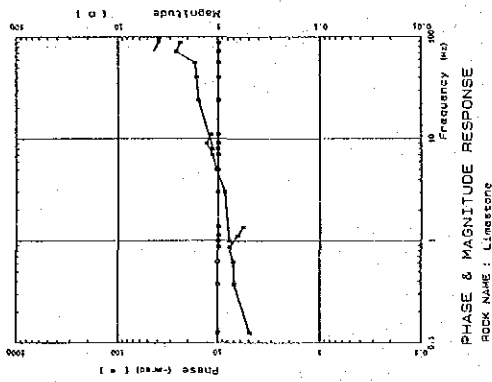
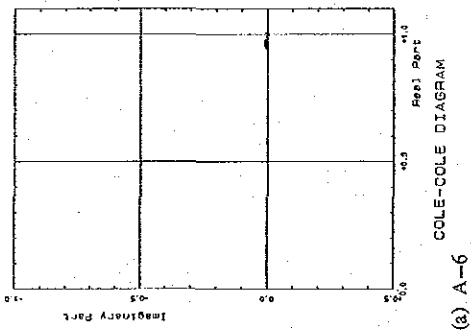
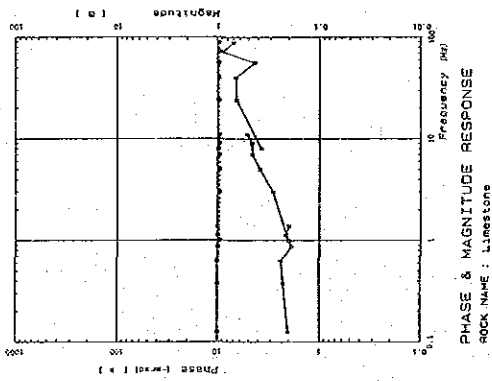


Fig. II-10-3 Frequency Response of Ore Sample

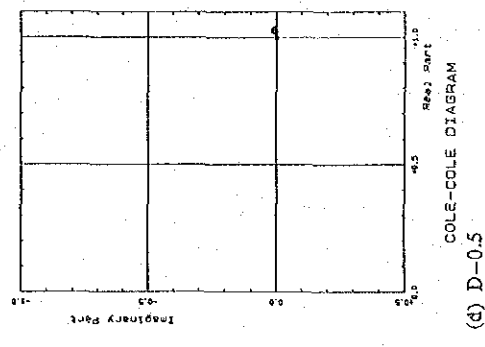
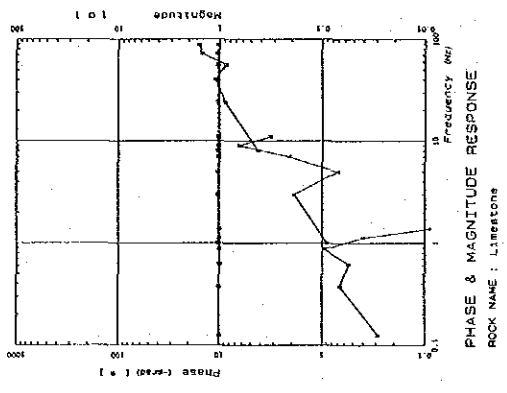
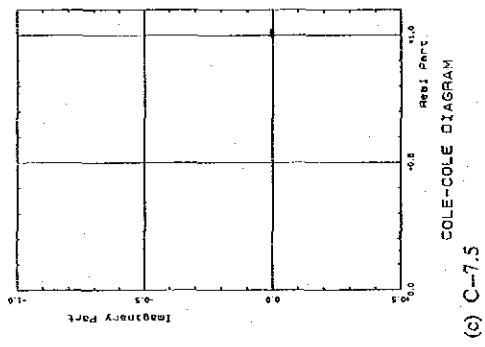
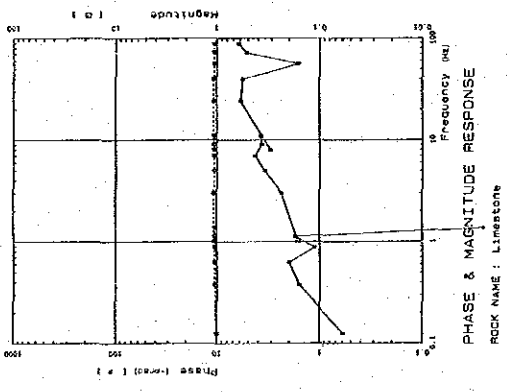
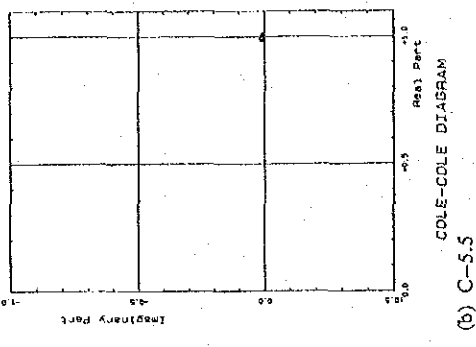
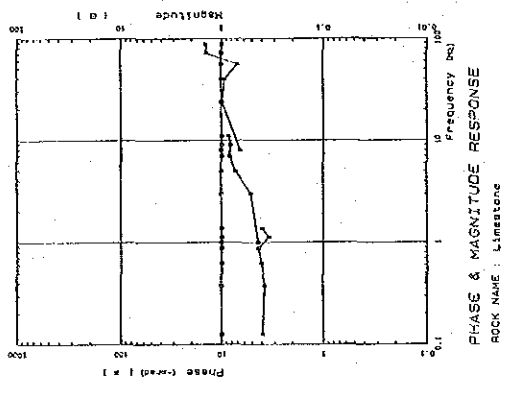
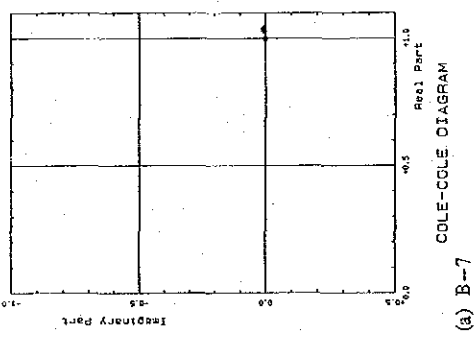
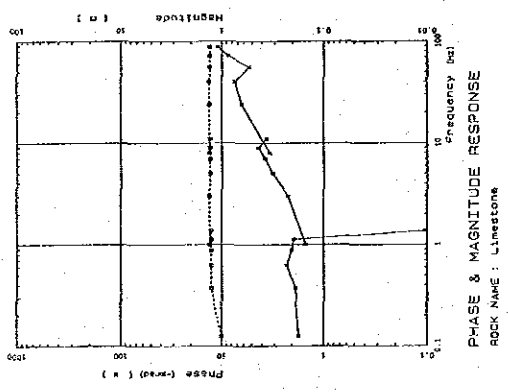
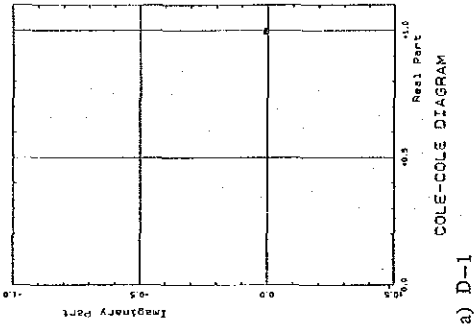
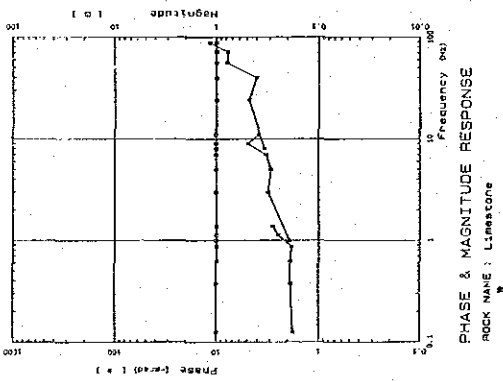
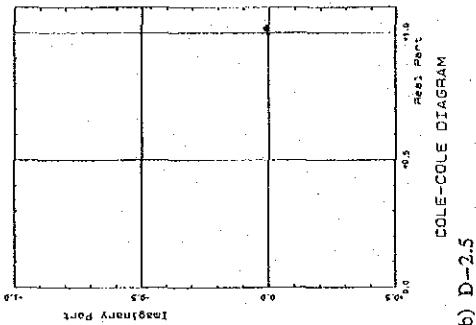
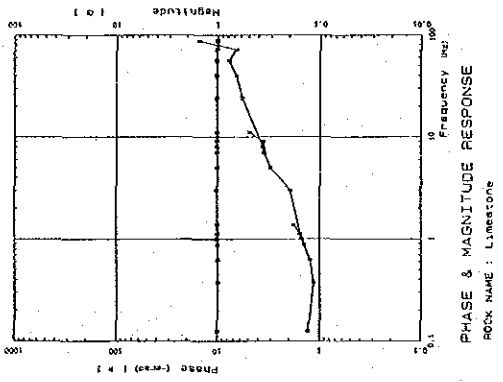


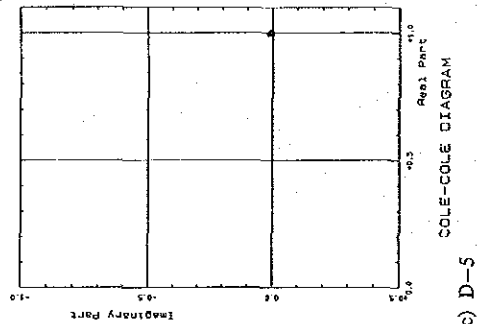
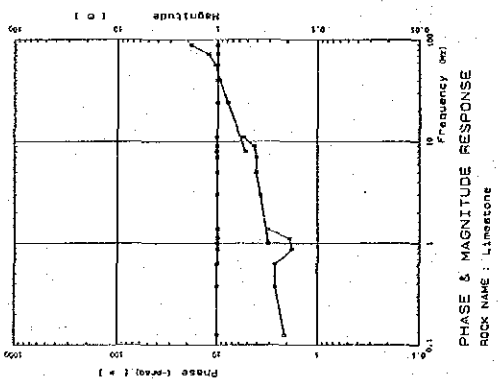
Fig. II -10-4 Frequency Response of Ore Sample



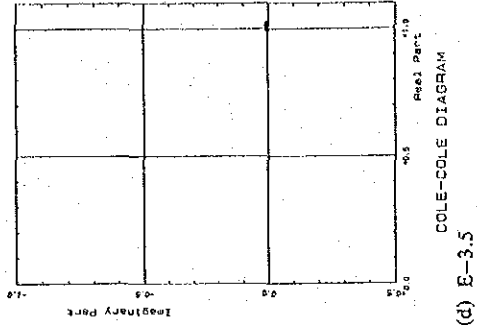
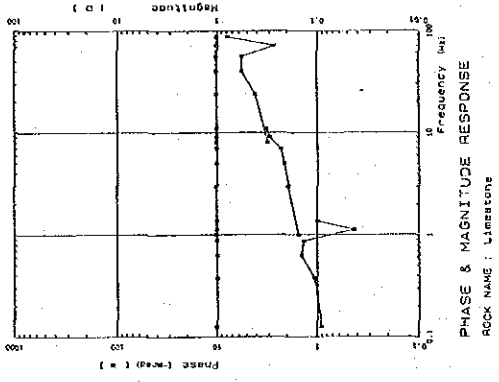
(a) D-1



(b) D-2.5



(c) D-5



(d) E-3.5

Fig. II-10-5 Frequency Response of Ore Sample

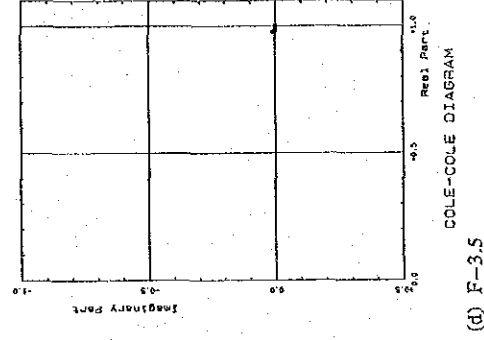
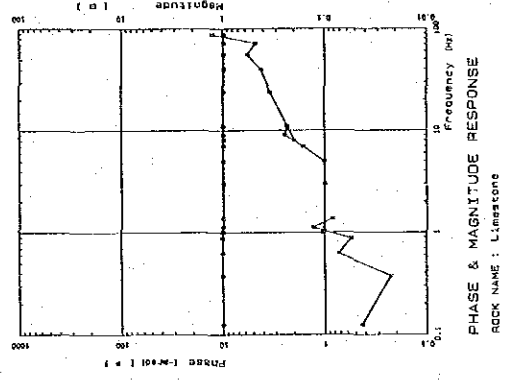
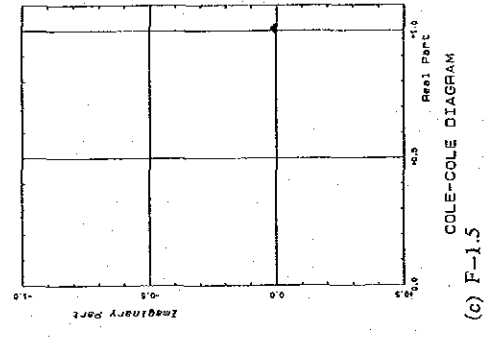
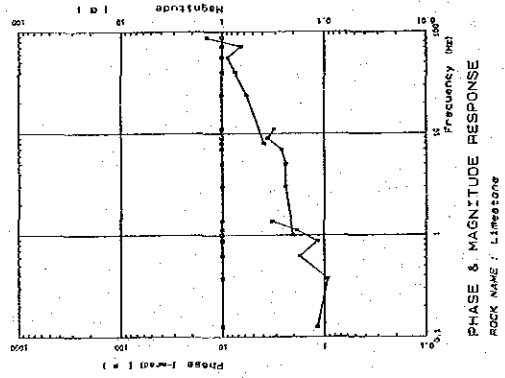
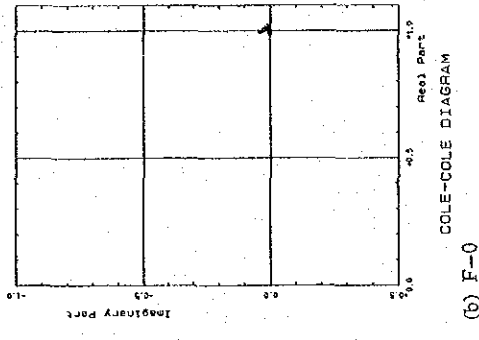
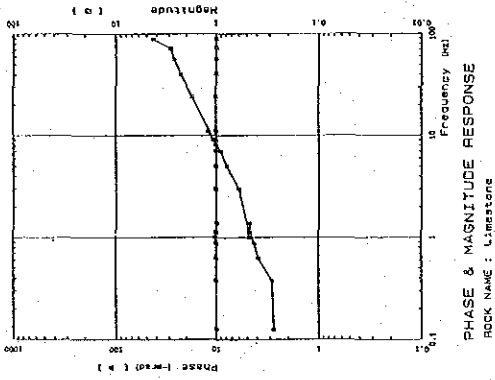
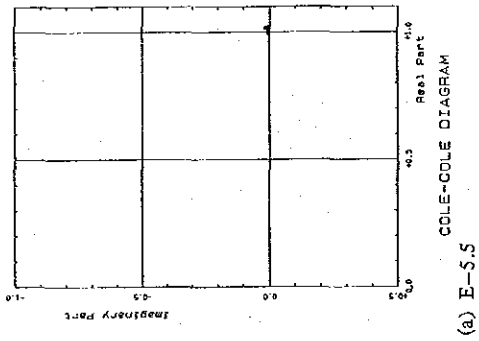
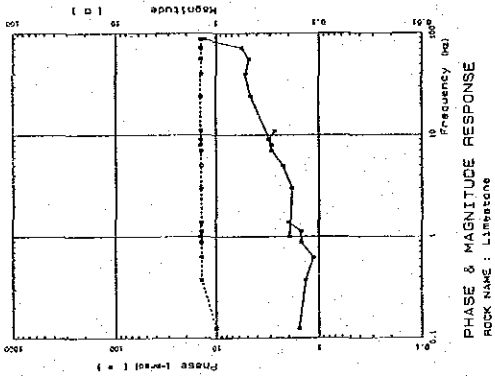


Fig. II -10-6 Frequency Response of Ore Sample

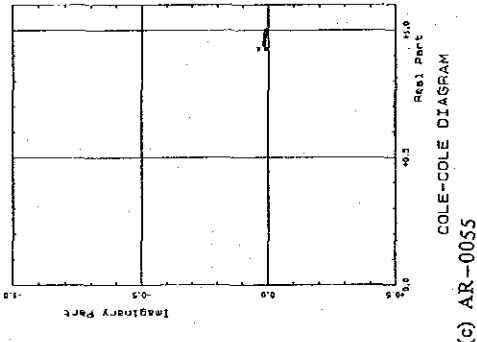
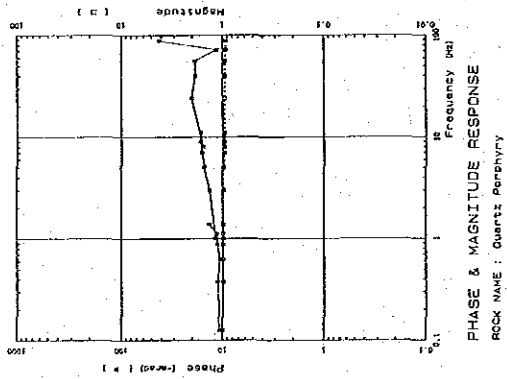
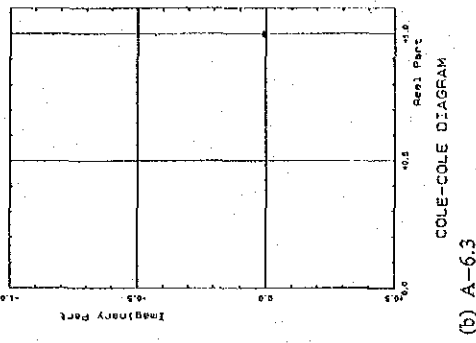
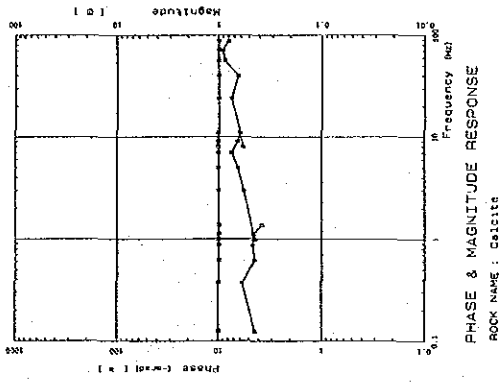
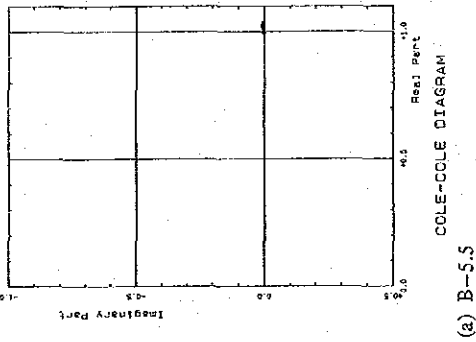
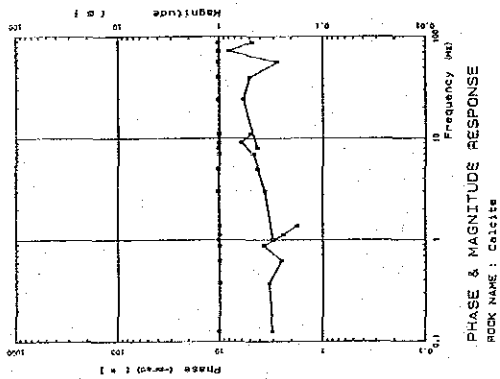


Fig. II -10-7 Frequency Response of Rock Sample

鉍床胚胎母岩である石灰岩は高比抵抗，低 IP であり，鉍床が存在する場合には，低比抵抗・高 IP 異常が期待される。

鉍床は，方解石脈に随伴した金・アンチモン鉍床であり，アンチモンの硫化鉍物である輝安鉍を主体としている。鉍石試料の方解石の量が多くなる程，比抵抗が増加し低 FE を示している。鉍石の高 IP をもたらす鉍物は，主に輝安鉍でありこの他に硫砒鉄鉍が考えられる。

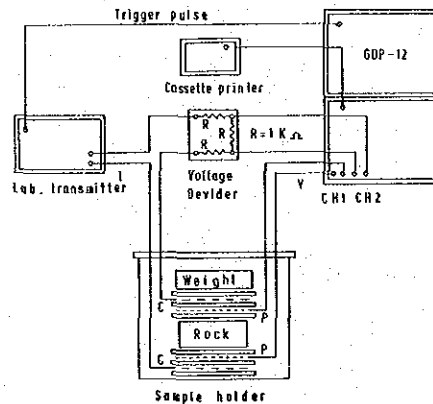


Fig. II-9 Block Diagram of Laboratory Measurement

2-4 解析方法

測定データから，Line A についてのみ地形補正を施した後，下記の断・平面図およびスペクトル図を作成し，スペクトル IP 異常の解析を行った。

- (1) 見掛比抵抗平面図および断面図 (0.125 Hz)
- (2) PFE 平面図および断面図 (0.125 - 1 Hz)
- (3) 位相差断面図 (15 周波数)
- (4) スリーポイント・デカップル位相差図
- (5) コール・コール図
- (6) 位相差スペクトル図
- (7) マグニチュード (強度) スペクトル図

(1)と(2)は，従来の IP 法電気探査で得られる見掛比抵抗および周波数効果 (PFE) と同種のものであり，通常の解析法が適用できる。また，(3)～(7)はスペクトル IP 法に特有なデータであり，これらのスペクトル特性によって IP 異常源を識別することが可能となる。

ここで，スリーポイント・デカップル位相差とは 0.125 Hz, 0.375 Hz および 0.625 Hz の位相差を利用して計算した，近似的な直流における位相差である。周波数 (f) と位相差 (ϕ) の

間に二次関数 ($\phi = a \cdot f^2 + b \cdot f + c$) の関係が成り立つものと仮定している。上式で、 c が直流に極めて近い周波数における位相差、すなわち、スリーポイント・デカップル位相差である。0.125 Hz, 0.375 Hz および 0.625 Hz の位相差をそれぞれ $\phi_{0.125}$, $\phi_{0.375}$ および $\phi_{0.625}$ とすると、 c は次式で与えられる。

$$c = \frac{15}{8} \phi_{0.125} - \frac{10}{8} \phi_{0.375} + \frac{3}{8} \phi_{0.625}$$

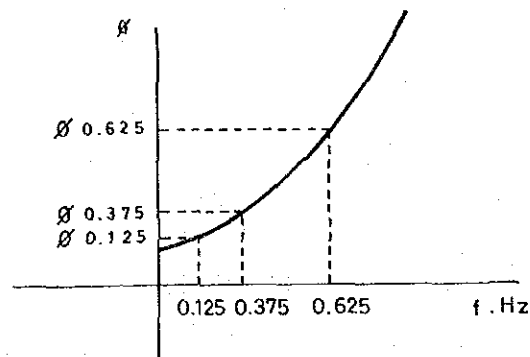


Fig. II-11 Three-point Decoupled Phase Shift