

3-4 鉛同位体測定結果

Ribeira 谷鉛鉍床帯を包括した第一年次の調査では、鉛鉍床は Açungui I 層の石灰・珪酸塩岩中に層状で胚胎する Perau 型と Açungui III 層の炭酸塩岩中に脈状で胚胎する Rocha 型に大別された (JICA and MMAJ, 1981)。

Ribeira 谷南部を包括した第二年次の調査では、これらの鉍床の生成年代を知るために代表的な鉍山から方鉛鉍試料 (各 2 個) を採取して鉛同位体を測定した。これらの鉛同位体測定値を Cumming and Richards (1976) の鉍鉛生長線上にプロットした結果、鉛同位体学的にも Perau 型と Rocha 型は明瞭に区別されることが判明した (JICA and MMAJ, 1982)。すなわち Perau 鉍床の同位体年代は約 1,400 m.y. で、Rocha 鉍床の同位体年代は約 1,000 ~ 1,200 m.y. を示した。

又第三年次の調査地域は Ribeira 谷鉛鉍床帯の北部を包括し、地域内には Furnas, Lageado, Espirito Santo などの Rocha 型鉛鉍床が点在する。

第三年次の調査では、Ribeira 谷の Perau 型と Rocha 型鉛鉍床を総括するために、第二年次調査地域と第三年次調査地域内の諸鉍床から計 20 個の方鉛鉍試料を採取し、鉛同位体測定を行った (Fig. II-4)。これらの試料の鉛同位体測定値 (Table II-8) を Cumming and Richards (1976) の鉍鉛生長曲線上にプロットした結果は Fig. II-21 に示すとおり、本プロジェクトの第二年次までの結果と矛盾しない。

Perau 鉍床と母岩の年代が良く一致することは、Perau 鉍床が同生的に堆積したとする考えを、また Rocha 型鉍床の年代が花崗岩類の活動よりも古く母岩の年代に近似することは、この地域の脈状鉍床は母岩中に沈積した重金属が母岩の割れ目に濃集して生成したとする考えと矛盾しない。

Table II-8 Results of Pb Isotopic Analysis

Deposit type	No	Sample No	Location	Ore Name	Isotopic Relation		Isotopic Age (m y)	
					Pb 207/Pb 204	Pb 206/Pb 204	Cumming and Richards (1975)	
Perau type	1	A 574	Perau Mine G2+8-S	Pyrite-Galena Ore	15 49	16 20	1440	
	2	A 571	Caroas	Galena Ore	15 51	16 24	1420	
	*A	P-1	Perau Mine	Galena Ore	15 51	16 24	1420	
	*B	P-2	Perau Mine	Galena Ore	15 56	16 31	1380	
Rocha type	3	A 572	Panelas Mine 110+26 mL	Galena Ore	15 48	16 66	1180	
	4	A 573	Panelas Mine 110+34 mL	Galena Ore	15 47	16 66	1180	
	5	A 576	Barrinha Mine	Pyrite-Galena Ore	15 54	17.09	950	
	6	A-577	Barrinha Mine	Pyrite-Galena Ore	15 51	17 04	980	
	7	C 518	Esprito Santo	Hematite-Galena Ore	15 49	16 52	1260	
	8	C -580	Monjolinho de Sebastiao	Galena Ore	15 57	17 20	890	
	9	C 591	Agua da Lumeira	Galena Ore	15 53	16 89	1060	
	10	D 581	Boa Ventura	Galena Ore	15 55	16 91	1050	
	11	D 588	Nova Esperanca	Pyrite-Galena Ore	15 54	16 99	1010	
	12	D 590	Santa Nova G 5	Pyrite-Galena Ore	15 51	16 93	1030	
	13	D 595	Jaguatirica	Serussite-Galena Ore	15 53	16 97	1020	
	14	I 508	Aberto do Leao	Galena Ore	15 54	16 97	1020	
	15	I -643	Lurnas Mine	Pyrite-Galena Ore	15 57	17 27	850	
	16	I 644	Lurnas Mine	Galena Ore	15 51	16 95	1030	
	17	I 646	Diogo Lopes Mine	Serussite-Galena Ore	15 45	16 62	1210	
	18	I 647	Paqueta Mine	Galena Ore	15 52	16 87	1070	
	19	I -648	Bueno Mine	Galena Ore	15 50	16 61	1210	
	20	I 649	Onça II	Galena Ore	15 51	16 85	1080	
		*C	R-1	Rocha Mine	Galena Ore	15 54	16 91	1050
		*D	R 2	Rocha Mine	Galena Ore	15 51	16 84	1080

*A ~ D after Phase II

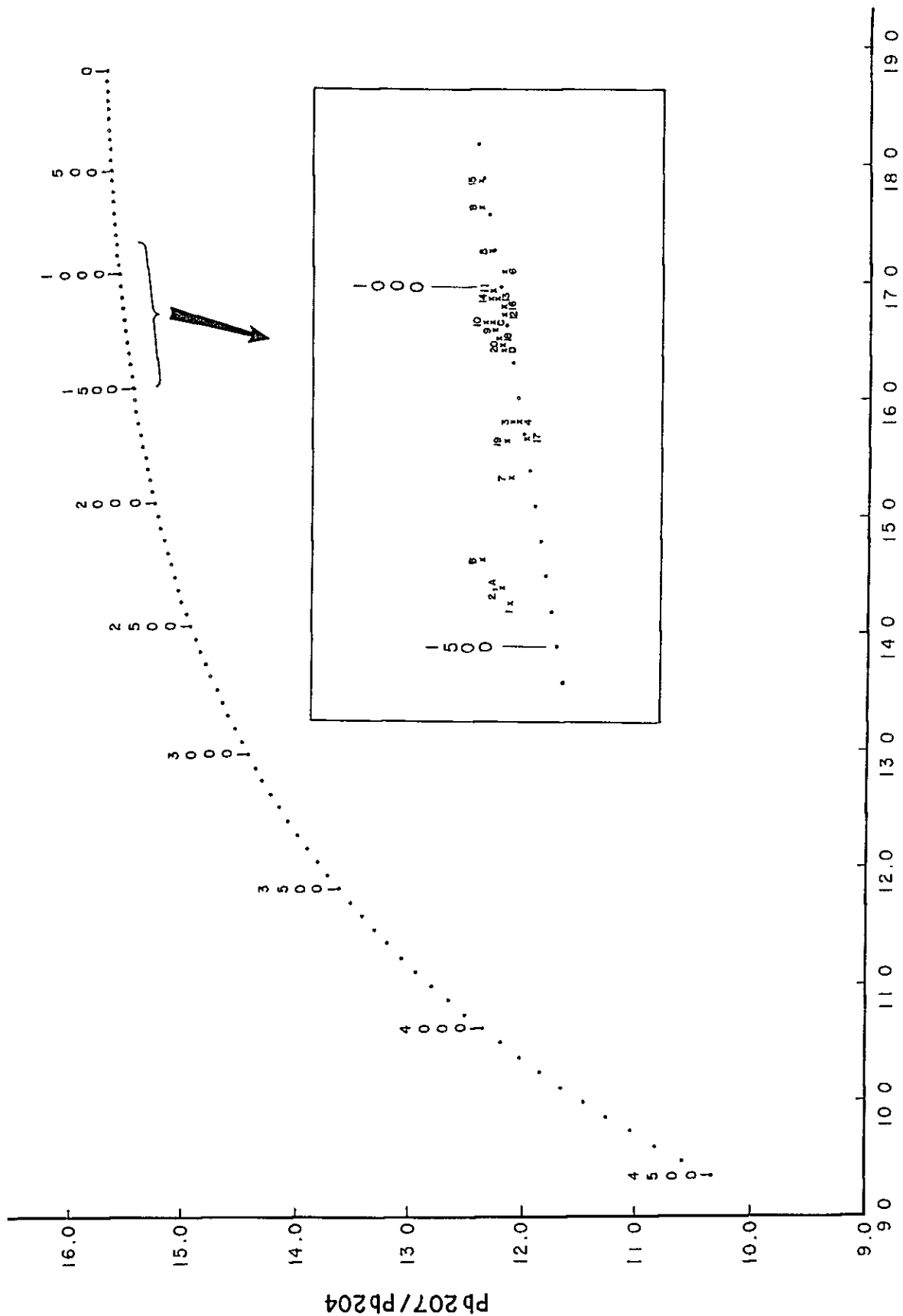


Fig. II -21 Pb Isotopic Age by Ore Lead Growth Curve of Cumming and Richards (1976)

第4章 地化学探査

本地域の地化学探査は、既存の広域地化学探査基礎資料(DNPM, CPRM)の再解析、Perau地区の土壤地化学探査及びAçungui III層の石灰岩の化学分析が実施された。

4-1 既存資料の再解析

組織的な川砂による広域地化学探査資料として、CPRMによるProjeto Sudelpa(1975)と、DNPMにより計画されCPRMによって実施されたProjeto Geoquímica no Vale do Ribeira(1978)が公表されている(Fig. II-22)。これらの報告書にはCu, Pb, Znの各元素についてそれぞれ異常地が抽出されている。

これらの資料のうち、有効な採試位置のものを選択し、テータの統計的処理を行い、地質ユニットと対比を行った。

地質ユニットは、Projeto Geoquímica no Vale do Ribeiraでは、下位より複合片麻岩-ミグマタイト岩類(0)、Setuva層(9)、珉岩層(8)、メタヘーサイト及び角閃岩からなるAçungui層群(7)、片岩及び角閃岩からなるAçungui層群(6)、碎屑岩類からなる中部Açungui層群(5)、同上部Açungui層群(4)、化学沈殿岩からなるAçungui層群(3)、花崗岩類(2)、塩基性複合岩類(1)に区分されている。本調査では(2)花崗岩類、(3)Açungui層群石灰岩層(Açungui III層)、(4)~(8)Açungui層群片岩及び千枚岩(Açungui II層+I層)、(9)Setuva層の4つに区分した。Cu, Pb, Znの平均値及び標準偏差をTable II-9に、相関係数をTable II-10に示す。Pb-Zn及びZn-Cuの相関係数が高く、Cu-Pb相関は石灰岩帯(地質ユニット3)を除いて低い。

各元素の異常域の分布と地質ユニットを対比すると、銅の異常域は、花崗岩類の(2)帯中に5ヶ所、Furnas 鉱山付近の石灰岩が発達する(3)帯に3ヶ所、Setuva層の東側(4)~(8)帯中にPerau 鉱床と同一層準と考えられる位置に3ヶ所存在する。

鉛の異常域は、花崗岩類の(2)帯中に12ヶ所、石灰岩の(3)帯中にはFurnas・Barrinha・Rocha 鉱山などの既知の代表的鉱床と一致して6ヶ所、(4)~(8)帯中では、Iporanga 南方3 kmの地点のほか3ヶ所が認められる。

亜鉛の異常域は、鉛の異常域とほとんど重複して現われている。

4-2 Perau地区の土壤地化学探査結果

第二年次の調査でPerau 鉱床周辺の層準(AI 1s)で土壤地化学探査を実施した。採取試料113個は原子吸光分析法によりCu, Pb, Zn, Co, Ni, Mnの6成分が分析され、単成分解析及び多変量解析のうち因子分析が実施された。

この結果各成分ごとの平均値、標準偏差をTable II-11に示す。Cu, Pb, Zn成分の異常帯は、

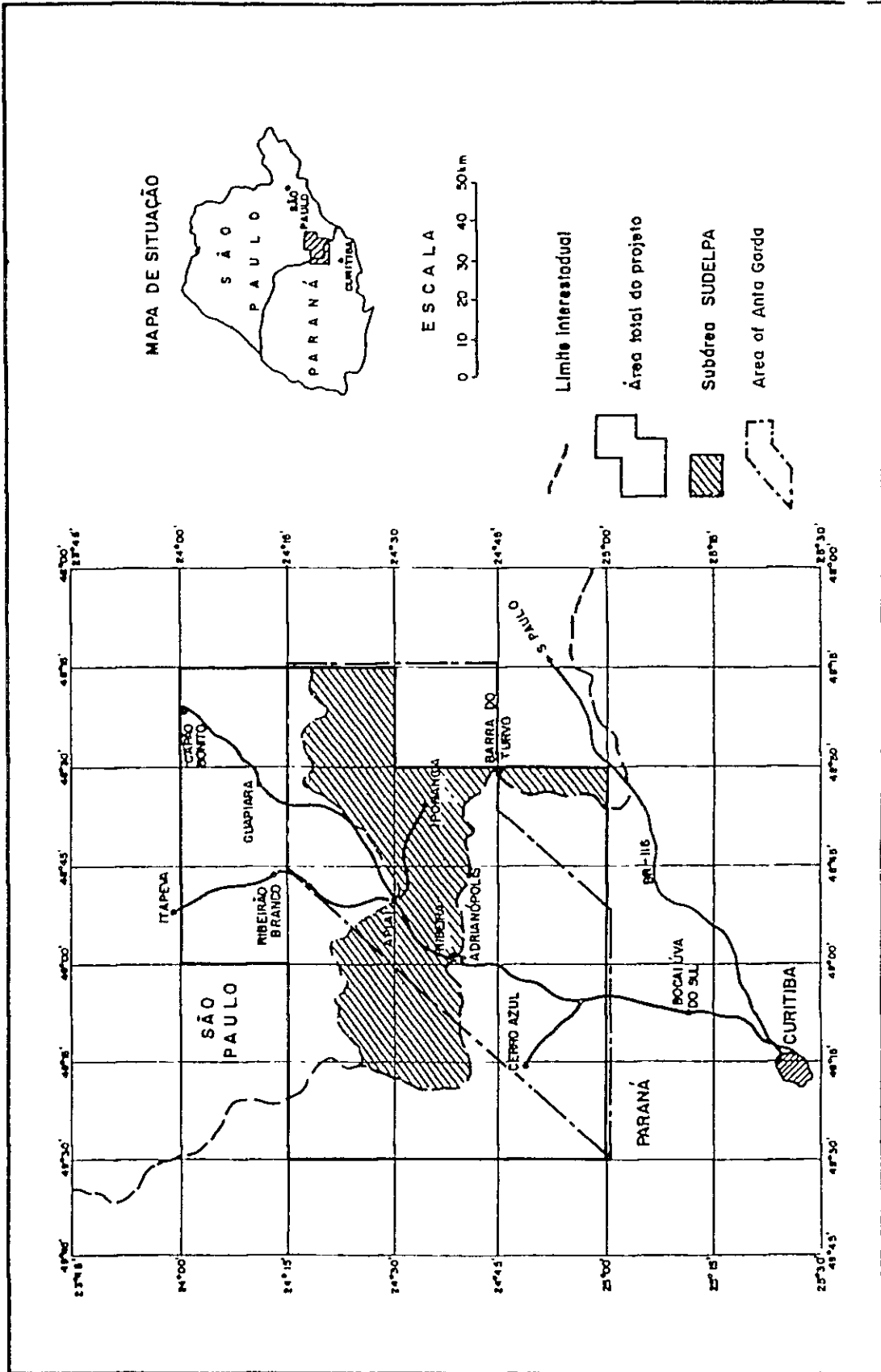


Fig. II - 22 Location Map of the Recent Project Area for Geochemical Survey

Table II-9 Mean and Standard Deviation of Stream Sediment Samples by Lithology

Element	Lithology	Number	Max (ppm)	Min. (ppm)	Mean $10^{\bar{x}}$	S.D. 10^{σ}	$10^{\bar{x}+\sigma}$	$10^{\bar{x}+2\sigma}$
Cu	2	217	82	3	9.27	1.91	17.71	33.85
	3	99	120	4	19.23	2.23	17.71	33.85
	4-8	351	340	3	27.23	2.06	43.00	96.15
	9-10	67	75	6	20.09	1.69	34.04	57.64
	1-10	741	340	3	18.49	2.31	42.74	98.78
Pb	2	217	230	4	11.97	1.93	23.14	44.72
	3	99	1,000	3	17.46	3.30	57.53	189.78
	4-8	351	1,000	3	16.11	2.19	35.24	77.04
	9-10	67	45	4	11.78	1.76	20.71	36.38
	1-10	741	1,000	3	14.52	2.26	32.80	74.09
Zn	2	217	380	10	41.30	1.60	66.09	105.87
	3	99	770	15	52.48	1.99	104.41	207.74
	4-8	351	390	5	61.38	1.76	108.36	191.08
	9-10	67	110	4	52.36	1.60	83.94	134.43
	1-10	741	770	4	52.84	1.77	93.72	166.36

Table II-10 Correlation Coefficient among Three Elements

Lithology		2	3	4-8	9-10	1-10
		N				
Element		217	99	351	67	741
Cu - Pb		0.35	0.61	0.28	-0.02	0.36
Pb - Zn		0.59	0.71	0.49	0.43	0.59
Zn - Cu		0.58	0.79	0.65	0.22	0.65

Perau 鉛床付近の Line-G を中心に Perau 鉛床胚胎層準の分布に調和的である。これに対して、Co 及び Ni の異常帯は Line-G 中心に小範囲に分布し、Mn 異常帯は Line H 以南で A I ls に沿って分布する。

得られた 113 資料、6 成分をコンピュータ (NEC8801) を使用して因子分析 (バリマノクス法) を実施した結果、2 つの因子 (因子-1 Co-Mn-Ni-Zn, 因子-2 Pb-Cu-Zn (Table II-12)) が抽出された。因子-1 は A I ls 及び A I am の分布と一致した因子得点の高いゾーンを示し、因子-2 は A I ls に沿って Line E ~ Line I 間に因子得点の高いゾーンが分布する (Fig. II-23)。因子-1 は鉛床母岩及び角閃岩の岩石特性を反映していると解釈され、因子-2 は Perau 鉛床の鉛化作用に密接に関連していると考えられる。

4-3 石灰岩類化学分析結果

4-3-1 分析の目的

本地域に分布する Agungui III 層中の石灰岩類は多くの鉛鉛床を胚胎しており、従来同一層準が褶曲によりくり返し分布しているとされていたが、本プロジェクトの調査によって石灰岩類の層序区分及び鉛鉛床の地質学的位置づけが明確になった。

第二年次調査では、Rocha 鉛山の鉛床母岩 (A III L₂) の重金属 (Cu, Pb, Zn, Ag) 分析を実施した結果一般的炭酸塩岩類の平均値と比較して、Ag 含有量が非常に高く、鉛床母岩を指示する重要な特徴が得られた。

第三年次調査では石灰岩類中の鉛鉛化作用の指示元素や母岩の堆積環境と金属鉛床胚胎の場を解明するために、石灰岩類の微量成分の分析を実施した。

4-3-2 採試方法、分析成分及び分析方法

第三年次地域の Agungui III 層には、L₂、L₃ 及び L₄ の 3 層準の石灰岩類が控在され、L₂ 及び L₃ は鉛鉛床の重要な母岩となっている。これら全石灰岩類の分布域から均一になるように 120 個の試料が採取され原子吸光分析法及び湿式分析法により、Cu, Pb, Zn, Ag, Co, Ni, Mn, Ba, Sr, F, CaO, MgO, Na, K, I.R. (不溶解残渣) の 15 成分が分析された。

4-3-3 分析結果の解析

得られた分析データの成分ごとのヒストグラムを作成し、次に鉛化作用と堆積環境などを推定するため多変量解析を実施した。多変量解析結果から重要と考えられる元素の単成分解析をフィードバックし、鉛鉛化作用に関連した異常帯が抽出された。

各成分ごとの平均値及び標準偏差を Table II-13 に示す。得られたヒストグラムは、種々の因子が複合して複数の母集団から構成されている。

Table II-11 Mean and Standard Deviation of
Geochemical Data in Perau Area

Element	Max (ppm)	Mm (ppm)	Mean 10x	S.D 10 σ	10 $x+\sigma$	10 $x+2\sigma$
Cu	2400	8	52.12	2.48	129.4	322.1
Pb	10000	5	25.18	2.77	69.8	193.2
Zn	4500	6	41.88	2.40	100.5	241.5
Co	440	3	14.09	2.60	36.6	95.5
Ni	290	3	16.39	1.03	38.0	88.3
Mn	5700	28	707.95	3.93	2779.7	10914.4

Table II-12 Factor Loading of Geochemical Data
in Perau Area

	Factor 1	Factor 2
Element	Factor Loading	Factor Loading
Cu	0.28992	0.70405
Pb	-0.01332	0.92004
Zn	0.69207	0.54181
Co	0.91388	0.20020
Ni	0.85397	0.24562
Mn	0.90075	-0.02068

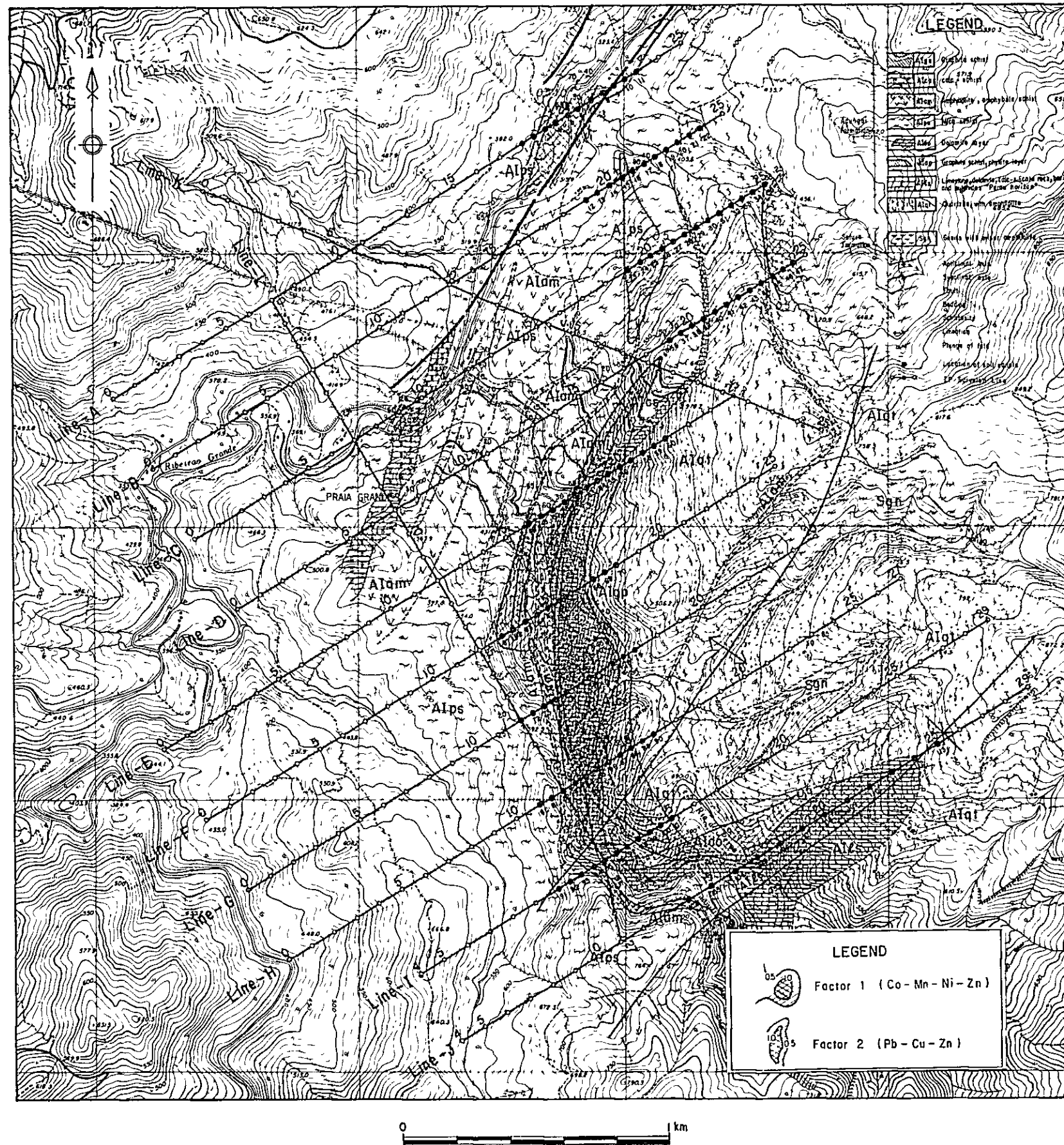


Fig. II-23 Geochemical Factor Map of Soil Samples in Perau Area

Table II-13 Mean and Standard Deviation of
Geochemical Data of Carbonate Rocks in the Phase III Area

Element	Max	Min	Mean 10^x	S.D 10^0	$10^{x+\sigma}$	$10^{x+2\sigma}$	Unit
Cu	240	3	6.10	2.63	16.0	42.2	ppm
Pb	5400	5	17.10	2.49	42.6	105.9	
Zn	920	3	10.52	3.05	32.1	98.2	
Ag	12.0	0.5	0.53	1.44	0.76	1.10	
Co	20	3	3.62	1.51	5.5	8.3	
Ni	55	3	5.06	2.17	11.0	23.9	
Mn	7400	6	183.23	4.51	826.0	3723.9	
Ba	2400	10	124.74	2.81	349.9	981.7	
Sr	2300	5	553.35	2.74	1517.1	4159.1	
F	2750	50	328.85	2.62	861.0	2254.2	
CaO	55.4	0.1	33.88	2.12	71.8	152.1	%
MgO	19.3	0.3	2.71	3.39	9.2	31.1	
Na	0.75	0.03	0.07	2.45	0.17	0.42	
K	1.80	0.03	0.16	3.24	0.52	1.68	
I.R.	97.1	0.3	8.07	3.54	28.6	101.2	

I.R. insoluble residues

多変量解析には種々の方法があるが、ここでは因子分析を実施し、各成分の相互関係を明らかにするため、クラスター分析が併用された。

各成分間の相関係数を Table II-14 に、因子分析（ハリマノクス法）により得られた4つの因子の各成分ごとの因子負荷量を Table II-15 に示す。Table II-15 から因子負荷量 0.4 以上のものを抽出すると、因子-1 は、I.R.-K - Ba - Na - Cu - Zn - Ni - F - Mn, 因子-2 は Pb - Ag - Zn, 因子-3 は Sr - Ca, 因子-4 は Mg - F となる。これらの各因子はクラスター分析によるデンドログラム（ワード法）から因子-1 と因子-4, 因子-2, 因子-3 が近い距離で結ばれていることがわかる (Fig. II-24)。又一部の元素に関し、L₂・L₃・L₄ ごとの相対的な量の比較をした

各因子特性は次のとおりである：

因子-1 (I.R.-K - Ba - Na - Cu - Zn - Ni - F - Mn)

因子得点 0 ~ 0.5 は L₂・L₃ 及び L₄ の全層準に不連続に認められ、特に L₂ 及び L₃ にはまとまって分布する。この因子は不純物に富む還元的な堆積環境を示唆していると考えられる。又 Ba 及び Na は L₂ と L₃ がほぼ等しく L₄ がやや大きい、K と Mn はほとんど層準別の差がない。

因子-2 (Pb - Ag - Zn)

因子得点の高い区域は因子-1 の分布域中に認められ、かつ既知鉱床周辺にまとまって分布する。この因子は鉱化作用を示唆している。Pb 及び Zn の異常帯はこの因子-2 の分布域のうち L₂ 及び L₃ のものと一致する、したがって Pb 異常帯及び因子-2 を総合して鉛鉱化作用の可能性のある地域を簡単に図示すると Fig. II-25 となり、Furnas, Lageado 及び Esperito Santo などの既知鉱床と一致した分布を示している。

因子-3 (Sr - Ca)

因子得点の高い試料は L₄ に比較して L₂ 及び L₃ に多く認められる。又、この因子は石灰岩類の岩石学的性質を特徴づけるものと考えられ、Sr 含有量は下位の層準ほど高い。

因子-4 (Mg - F)

この因子は苦灰岩を特徴づける因子と考えられ、クラスター分析により因子-4 は因子-1 と相関があることから、苦灰岩の一部は初生的に還元的環境で堆積したと推定される。

又 F の含有量は L₂ 及び L₃ が等しく L₄ は低い、これは、L₄ が L₂ 及び L₃ と比較して苦灰岩が圧倒的に少ないことと矛盾しない。

Table II-14 Correlation Matrix

	Cu	Pb	Zn	Ag	Co	Ni	Mn	Ba	K	IR	Na	F	Mg	Sr	Ca
Cu	0.714														
Pb	0.348	0.722													
Zn	0.671	0.389	0.701												
Ag	0.278	0.722	0.440	0.722											
Co	0.678	-0.033	0.456	0.375	0.4										
Ni	0.714	0.007	0.689	0.4	0.41	0.4									
Mn	0.457	0.167	0.705	0.41	0.41	0.41	0.4								
Ba	0.446	0.907	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41							
Sr	0.364	0.08	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41					
F	0.299	0.00	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41			
Ca	0.479	0.121	0.344	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Mg	0.222	0.074	0.4	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Na	0.481	0.073	0.4	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
K	0.664	0.080	0.4	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
IR	0.566	0.050	0.4	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41

Table II-15 Factor Loading of Geochemical Data of Carbonate Rocks in the Phase III Area

Element	Factor Loading			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Cu	0.480	0.365	0.272	0.055
Pb	0.030	0.843	0.143	0.001
Zn	0.468	0.474	0.220	0.380
Ag	0.021	0.842	0.030	0.099
Co	0.327	0.058	0.126	0.123
Ni	0.467	0.016	0.180	0.377
Mn	0.404	0.340	0.234	0.241
Ba	0.761	0.046	0.033	0.025
Sr	0.008	0.008	0.803	0.196
F	0.466	0.031	0.056	0.599
CaO	0.369	0.093	0.715	0.011
MgO	0.095	0.062	0.276	0.682
Na	0.602	0.112	0.175	0.149
K	0.809	0.112	0.057	0.288
IR	0.837	0.051	0.300	0.202

IR insoluble residues

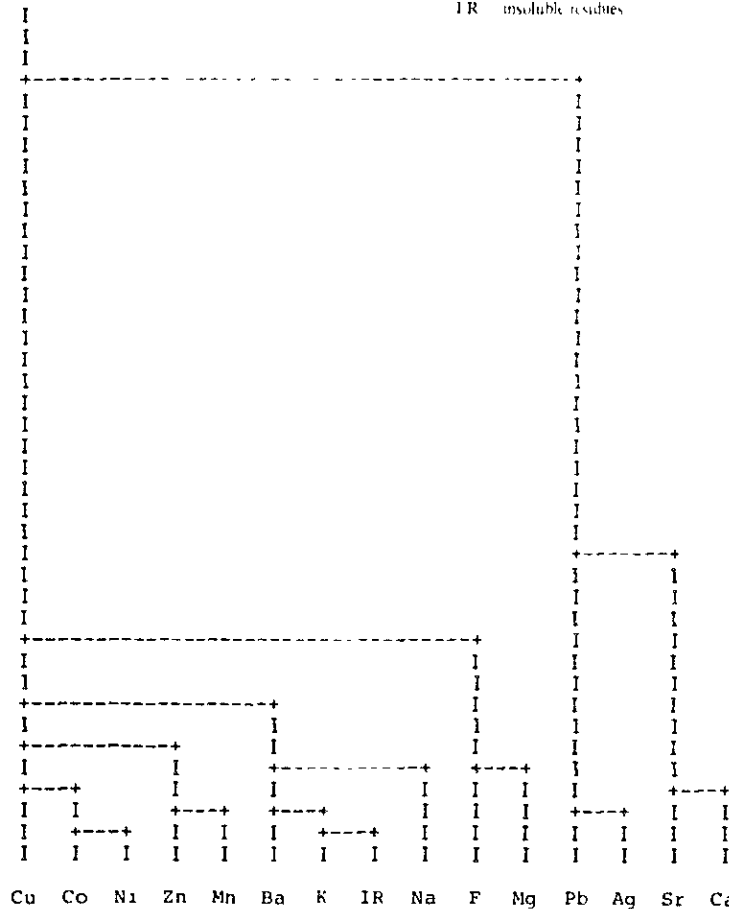


Fig. II-24 Dendrogram by Cluster Analysis of Geochemical Data of Carbonate Rocks

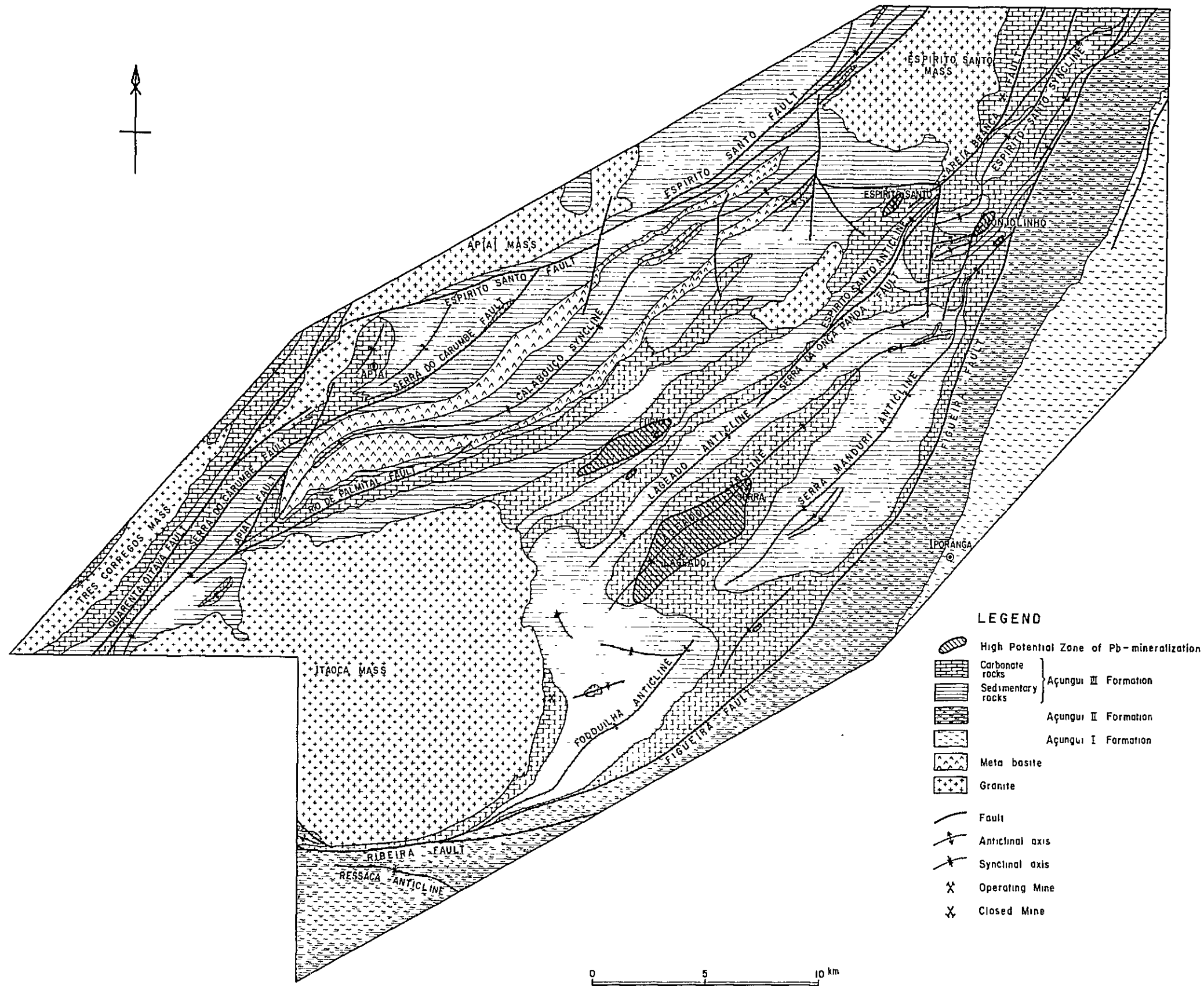


Fig. II-25 High Potential Zone of Pb-Mineralization in the Phase III Area

Ⅲ 物 理 探 查

第 1 章 総 説

アンタゴルダ地域には、地域性に富んだ鉱床、地質環境が存在するため、当該地区の地下構造を解明するとともに鉱床賦存の可能性および鉱床の深部への連続性を把握し、ボーリング位置を決定することを目的として4年間に亘り物理探査が実施された。

第1年次および第2年次には調査地域全体の磁気構造を解明するため、空中磁気探査員料解析また、Perau鉱山周辺の地質構造を把握するため、2年次には重力探査が実施された。

一方、IPおよびSIP法電気探査は、第2年次から第4年次に亘りPerau, Barrinha およびFurnas 地区で実施された。

第2章 空中磁気探査資料再解析

調査地域の磁気異常はⅠ，Ⅱ，Ⅲ及びⅣの4ランクに大別され，各ランクの磁気異常はそれぞれランクⅠ（強），ランクⅡ（中），ランクⅢ（弱）およびランクⅣ（微弱）磁気岩体によって誘起された磁気異常と考えられる。岩石試料の帯磁率測定結果により，斑レイ岩・輝緑岩閃長岩はランクⅠ，花崗岩はランクⅡ，角閃岩・片麻岩はランクⅢ，泥質岩類・砂質岩類・石灰岩はランクⅣ磁性岩体にそれぞれ対応すると判断される

各ゾーンの磁気特性は以下の通りである。

- (1) ゾーンA：調査地域南西端に位置し，既存地質資料によればランクⅡ磁性岩体（花崗岩）が広く分布しているが，北西—南東方向に断続して多数分布するランクⅠ磁性岩体（輝緑岩）のために，その分布を磁気図からは判断できない。ゾーンAに多数みられる北西—南東方向の構造線はランクⅠ磁性岩体の幅の狭い岩脈群を反映した結果と考えられる
- (2) ゾーンB：調査地域西部中央から中央部北端にかけての幅約30 kmの地域には北東—南西方向にランクⅡ磁性岩体（花崗岩）が広く分布しており，その分布は東西両端の磁気不連続線により限られている。この岩体の中央部ではランクⅠ磁性岩体（閃長岩，輝緑岩）が貫入岩体として分布しており，北部（B—1），中央部（B—3）では露出しているが，B—2，B—4およびB—3周辺の小磁性岩体群がみられる地域では潜在している。また，ランクⅠ磁性岩体の幅の狭い岩脈が北西—南東方向の磁気不連続線として表現されている。
- (3) ゾーンC：調査地域中央部では，北東—南西方向の構造線が卓越しており，ランクⅣ磁性岩体の分布が優勢である。ゾーンCの北部には，ランクⅠ（斑レイ岩）およびランクⅢ（角閃岩）磁性岩体が貫入岩体として分布しており，その分布はNE—SW方向の構造線によって規制されている。また，中央西部では，ランクⅢ磁性岩体（角閃岩）が幅の狭い岩脈群として，北から南へ向かうに従い北西—南西方向から東西方向へその方向を変化して分布している。ランクⅠ磁性岩体（斑レイ岩，閃長岩）がRocha 鉱山付近（B—5），Ribeira 南方（C—1），Tunas（C—4）およびPerau 鉱山東方（C—2）に露出または潜在して検出されているが，これらは貫入岩体とゾーンC内に多数分布する鉱床との関連は明らかではない。
- (4) ゾーンD：調査地域北西端に位置し，その主たる磁気不連続線の方向は北東—南西である。
- (5) ゾーンE：ゾーンCの東側のPibês川Pardo川—Barra do Batatalを結ぶ三角形の地区に対応し，小振幅の磁気異常群が分布している。主たる構造線は北東—南西方向である。
- (6) ゾーンF：調査地域北東端に位置し，このゾーンでは既存地質資料によればランクⅡ（花崗岩）およびランクⅣ磁性岩体が広く分布しているが，北西—南東方向に断続して多数分布

するランクⅠ磁性岩体（輝緑岩）のために、磁気図からはその分布を把握できない。

(7) ゾーンG：調査地域の南東端に位置し、N 75°E 方向に磁気異常群が配列している
以上により本解析は次のようにまとめられる。

本調査地域の主たる地質構造は、北東-南西の方向性を有し、磁気図から把握される構造線の方向と一致する。また、花崗岩、閃長岩、斑レイ岩、輝緑岩などの貫入岩体の分布が把握された。調査地域の鉱床は、ゾーンCのランクⅣ磁性岩体中に分布し、ランクⅠおよびランクⅡ磁性岩体（斑レイ岩、輝緑岩、閃長岩、花崗岩）との関係は明らかではない。

第3章 重力探査

重力探査は Perau 鉱山周辺の約100km²の範囲内に、平均400m間隔で274点を配して実施された。

等重力線図ではNE-SW系地下構造を推定できる北東-南西方向の優勢な等重力線を把握することが出来た。この等重力線の流れは、本調査地区の主要な地下構造と一致したものである。

また基盤と考えられる Setuva 層の片麻岩類は Serra do Cadeado 付近でNE-SW系の背斜構造を呈し、北西やよび南東方向へ緩傾斜している。北西方向へは波状の褶曲構造を繰返しながら約30度の緩傾斜で徐々に深くなっていき、Eptaciopessoa Quilometro Quarentaを結ぶ断層構造まで続いている。この断層は北西落ちで約1,500mの落差があり、北西側では片麻岩類は地表から2,500m程度の深さにある。

等重力線図上で中央部を通る北東-南西方向へ延びる高重力異常は、断層の南側に貫入したと思われる斑レイ岩の影響を反映したものである。北西端の低重力異常は花崗岩の分布形態と北西端の低重力異常は花崗岩の分布形態と調和的である。この低重力異常は、5次残差図では正異常として検出されている。

また Agungui I 層の厚く分布する地域も同様に正異常として捉えられている。

Perau 鉱山はこの5次残差図では鞍部に位置しており、高密度岩体の周辺部に相当している。

第4章 SIP法・IP法電気探査

4-1 Perau地区

Perau地区におけるSIP法電気探査は第2年次に5km(2.5km×2本)が実施された。IP法電気探査は第2年次に302km,第3年次に10kmが実施された。その結果,本調査地区には特徴ある3つの異常帯を把握することができた。

(1) A 異常帯:

この異常帯は調査地区北方に低比抵抗高FE異常を呈し,NE-SW系で広く分布している。この異常帯は更に北方深部へ広く分布する傾向が認められ,本異常帯と調和的に分布している石墨片岩に起因するものである。スペクトルは周波数が増加するにつれ,一定ないしはやや増加する傾向が認められるタイプである。またこの異常の周辺には強いネガティブカノプリング現象が検出されているが,このネガティブカノプリング現象は,20Ωm前後の低比抵抗を示す石墨片岩の分布する東側に極めて比抵抗の高い岩体である千枚岩が分布しているため,この現象が生じたものであると推察される。

(2) B 異常帯:

この異常帯はA異常帯と同様,本調査地域の主要構造であるNE-SW系に分布するものであり,Perau鉍山付近を中心として西傾斜で南西方向深部へ連続していると考えられる。Perau鉍床層準を反映したものであり,A異常帯の上部に存在するものである。IP法電気探査の結果ではA異常帯におけるIP効果が強いためその影響を受け不明瞭な示徴形態を示している。

また,異常源であるPerau鉍床層準の比抵抗は300Ωm前後であり,1Hzまでのスペクトルは周波数の増加に伴い位相差がほぼ一定ないしはやや減少する傾向が認められるタイプである。このスペクトルタイプは鉍床母岩である石灰珩酸質岩-石灰岩中に胚胎する黄鉄鉍を伴う鉛・亜鉛鉍物に起因するスペクトルタイプであると推察される。

しかし,この異常帯は測線L付近で急激に減衰する傾向が認められ,南部ほどこの異常帯の上盤に位置するC異常帯の影響を強く反映していると考えられる。

(3) C 異常帯:

調査地区西部一帯に広く検出されたこの異常帯は,A異常帯と酷似する点が多く強いIP効果を有している。

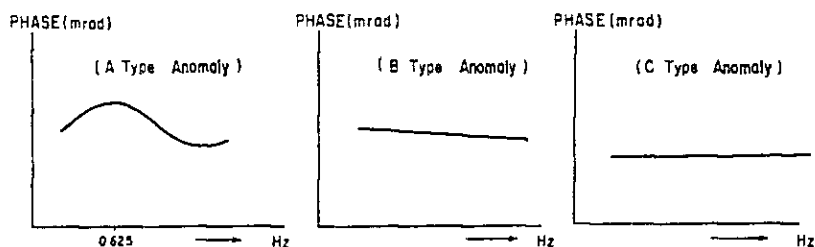
この異常帯はA異常帯と同様な地質環境にあると考えられる。また,検出された比抵抗値およびボーリング結果からPerau鉍床層準の上位に位置する黄鉄鉍を伴った石墨片岩に起因するものであろう。

しかし A 異常とは次の点で異なる。

- (I) A, C 異常帯とも石墨片岩の影響を反映したものであるが, C 異常帯の石墨片岩は A 異常帯のそれに比べ黄鉄鉱を強く受けている。
- (II) A 異常帯の石墨片岩は粗粒な石英を含有するルーズなものであるが, C 異常帯のそれは, 片理構造が明瞭である。したがって, この片理に沿って分布する石墨片岩の方がより電導性に富んでいると考えられる。
- (III) C 異常帯におけるスペクトルは 1 Hz までの周波数域において, 周波数の増加に伴い位相差が徐々に減少する傾向の認められるスペクトルタイプである, このスペクトルタイプは B 異常帯のスペクトルタイプに酷似しており, 南西～南南西方向に広く分布する。

4-2 Barrinha 地区

本調査地区では現在稼行中の Quatro 鉱床および Oito 鉱床を中心として, S I P 法が実施された。また S I P 法により抽出された異常の広がり, 分布傾向を I P 法により把握することを目的として実施されたものである。その結果, 特筆すべき 3 つのスペクトルタイプが検出された。



スペクトルタイプ図

(1) A 型異常帯:

この異常帯には位相差のピークが 0.625 Hz ~ 0.875 Hz 付近に認められるスペクトルタイプであり, 深部ほど強い I P 効果を呈するものである。一般に, スペクトルタイプは黄鉄鉱に起因するものであるといわれている, しかしこのスペクトルタイプは測線 B H No 7 付近に集中して検出されているのみで広がりには認められない。

本調査地区の鉱床は, 黄鉄鉱を多量に随伴するものであるため局部異常的要素が強いものの, 脈状また塊状鉱床に起因する可能性のある異常であると考えられる。

(2) B 型異常帯:

位相差が 1 Hz までの低周波数領域において周波数の増加とともに減少傾向の認められるスペクトルタイプを呈するものである。この異常も A 型異常と同様強い I P 効果を有していることから硫化物に起因する可能性のある異常である。また, この異常は一般にパイプライン効果と呼ばれる現象に酷似している。

(3) C 型異常帯：

位相差は周波数が増加してもほぼ一定ないしはやや増加する傾向が認められるスペクトルを呈するものである。

このスペクトルタイプを有するC型異常はQuatro 鉍床およびOito 鉍床付近で検出されていることから、これらの鉍床に起因するものであると判断される。

Quatro 鉍床に起因すると判断される異常は、南東部深部に分布しIP法電気探査結地抽出された南部異常と連続していると考えられるが、異常源の深度および地質条件から判断すると、この2つの異常は鉍化帯に起因する異常として連続しているものの、それぞれの異常源は異なると推察される。

一方、Oito 鉍床に起因すると考えられる異常は、南西方向に分布する傾向が認められIP法で検出された北部異常と連続しているものと推察される。しかし測線D、E付近のIP異常は極端に比抵抗が低いため、石墨片岩、あるいは強変質岩体の存在する可能性が強いと判断される。したがって、比抵抗が何に起因するものであるかを今後の調査により把握する必要があると考えられる。

いずれにしても、この地区はPerau地区と同様、各異常とも黄鉄鉍の影響を極度に受けていると判断され、抽出された各々のスペクトルがどの程度鉍床・鉍化帯の影響を反映しているものであるか判断することは非常に困難であると考えられる。

また、本調査地区における見掛比抵抗分布は、SIP、IP法ともにNE-SW系の地質構造と調和的であり、各岩体における比抵抗差を顕著に反映していると考えられる。

4-3 Furnas 地区

本地区では、鉍床に起因すると考えられる有望な異常を把握することが出来なかったが、見掛比抵抗およびIP異常は非常に良く地質構造を反映した結果が得られた。また、SIP法を実施したことにより地域的岩石特性をスペクトルとして検出することが出来た。検出された2つのIP異常は、いずれも東西方向へ連続して検出されている。その一つは各測線のNo 3～No 8付近に検出されたものであり、地表付近からやや北傾斜で深部に連続しているものである。この異常源は石灰岩中に挟在する黄鉄鉍を伴った苦灰岩に起因するものであると判断されるが、他に絹雲母片岩あるいは石灰岩の黄鉄鉍鉍染によるものであると考えられる。また位相差 -40 mrad以上の異常分布形態は苦灰岩の形態を示唆していると推察される。

他の異常は、各測線のNo 12～No 14付近に地表より深部に北傾斜で検出されている。この異常は前述の異常と異なり単一異常源に起因するものである。その異常源は片岩の層理面にフィルム状で胚胎する石墨の影響を反映したものであると判断される。またスペクトルタイプより判断すると、この異常源は若干の黄鉄鉍を含んでいるとも考えられる。

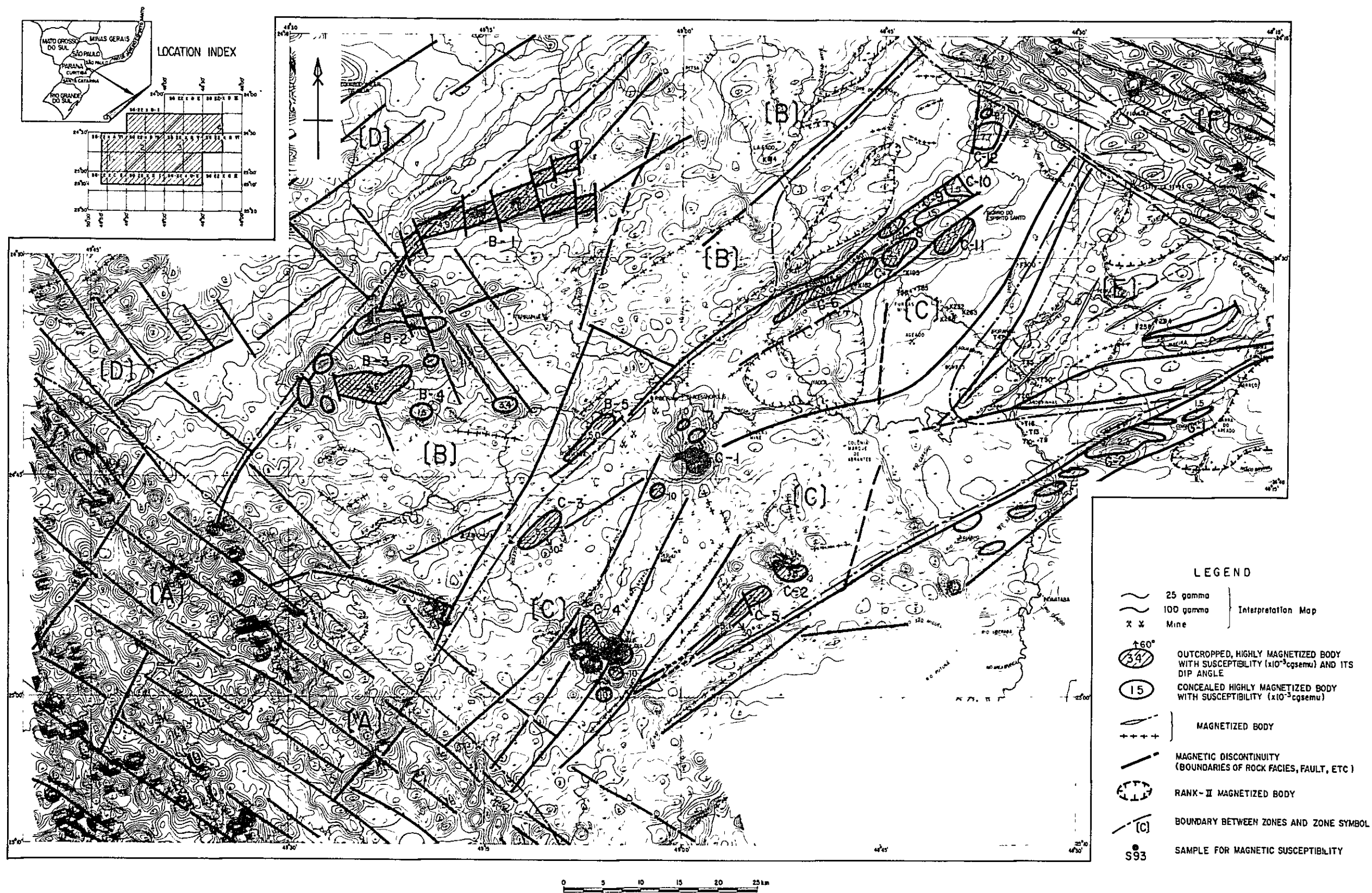


Fig. III-1 Aeromagnetic Interpretation Map

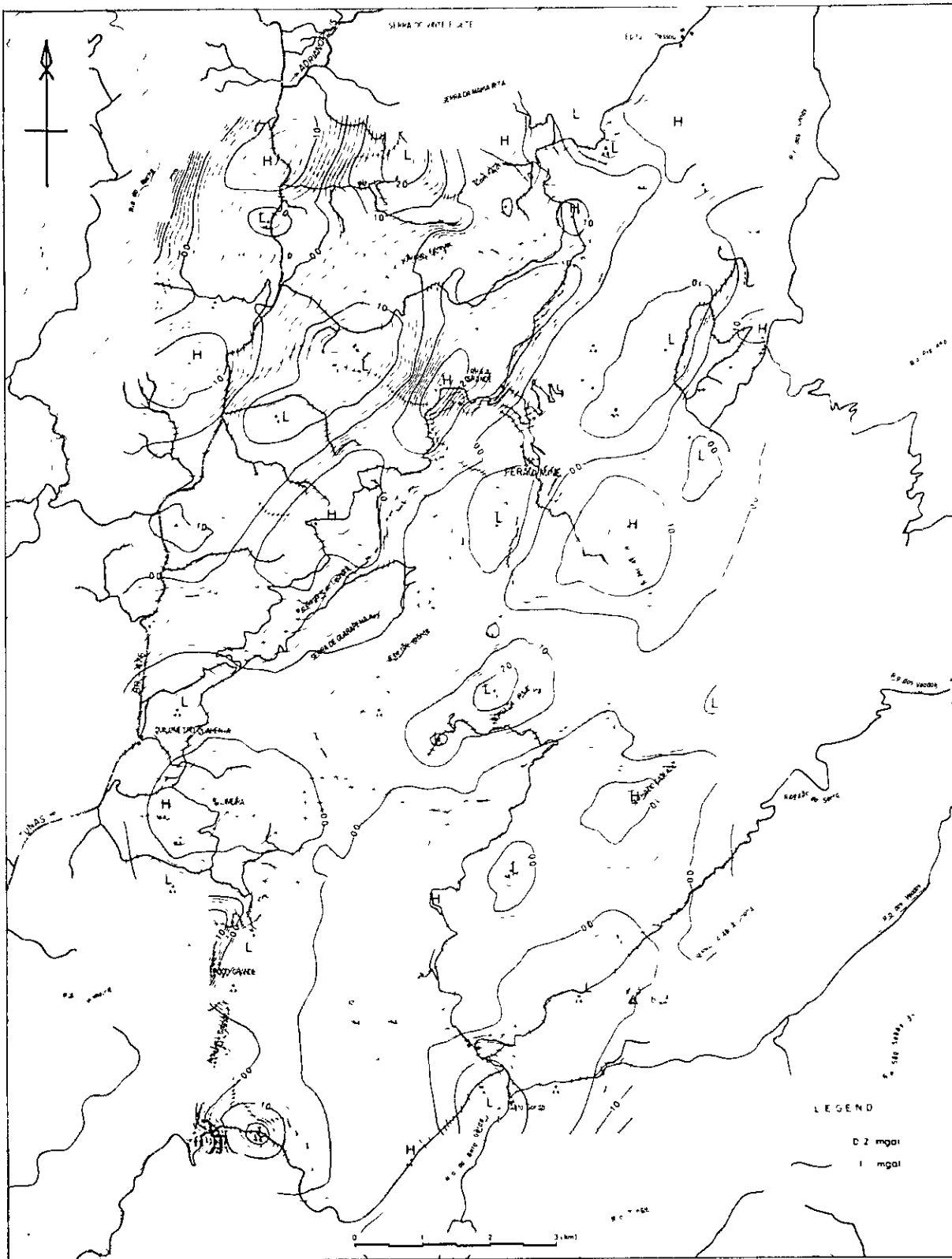


Fig. III-2 Fifth Order Residual Gravity Map

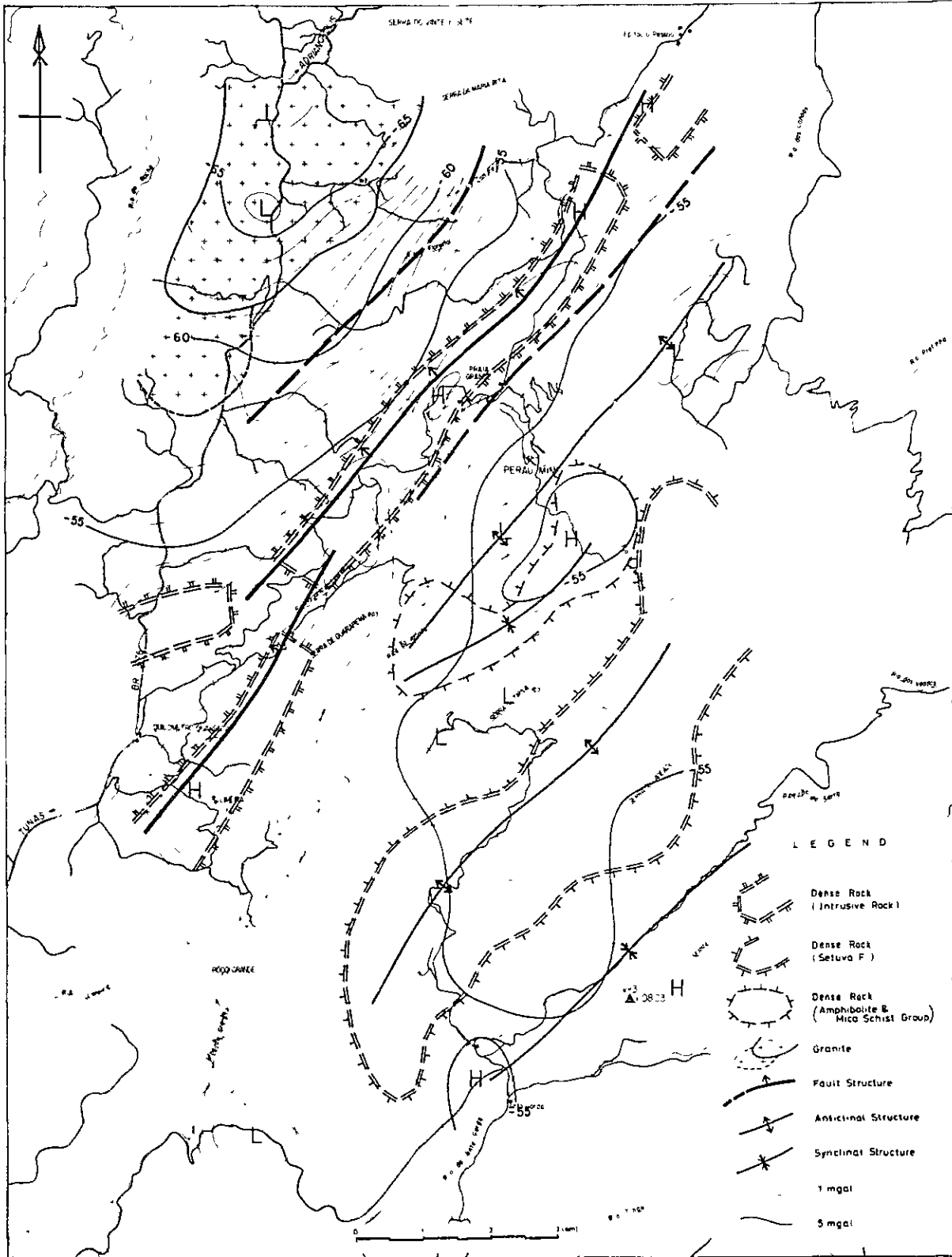
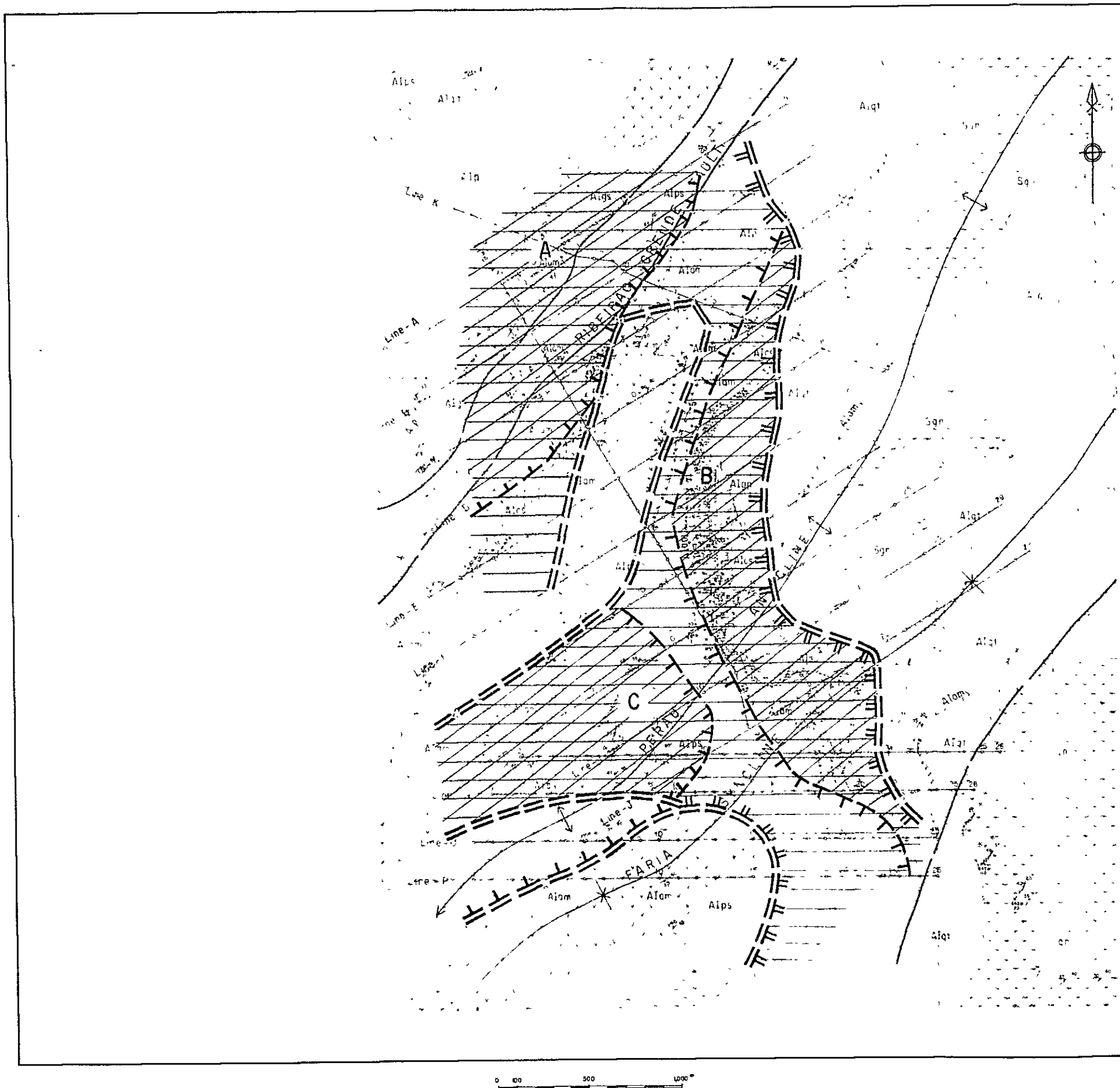


Fig. III-3 Gravity Structural Map



LEGEND

Outline of Apparent Resistivity
 Low-middle Resistivity Zone High Resistivity Zone

FE anomaly (shallow to deep)

FE anomaly (deep)

Outline of FE anomaly

name of anomalous zone (A, B, C)

Geological Formations:

Apung Formation 1

- Graphite schist
- calc-schist
- Amphibole, amphibole schist
- Mica schist
- Dolomite layer
- Graphite schist, pyritic layer
- Limestone, dolomite, calc-silicate rock, barite and sulphides "Paras horizon"
- Quartzite, with amphibole

Selava Formation

- Gneiss with minor amphibole

Structural Symbols:

- Anticlinal axis
- Synclinal axis
- Fault
- Bedding
- Schistosity
- Limestone
- Plunge of fold
- IP, SIP survey line

Fig. III-4 IP and SIP Interpretation Map in Perau Area

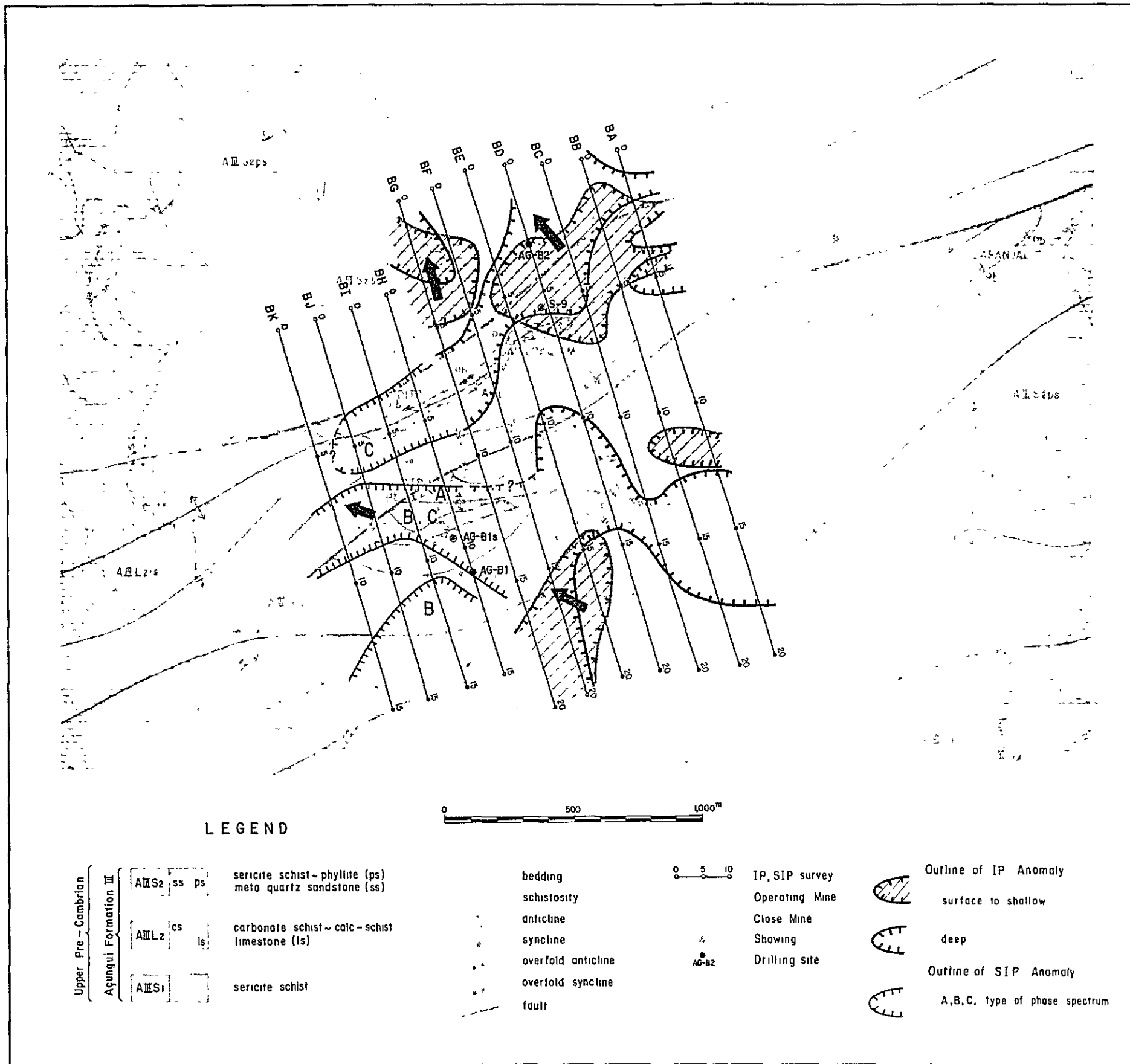
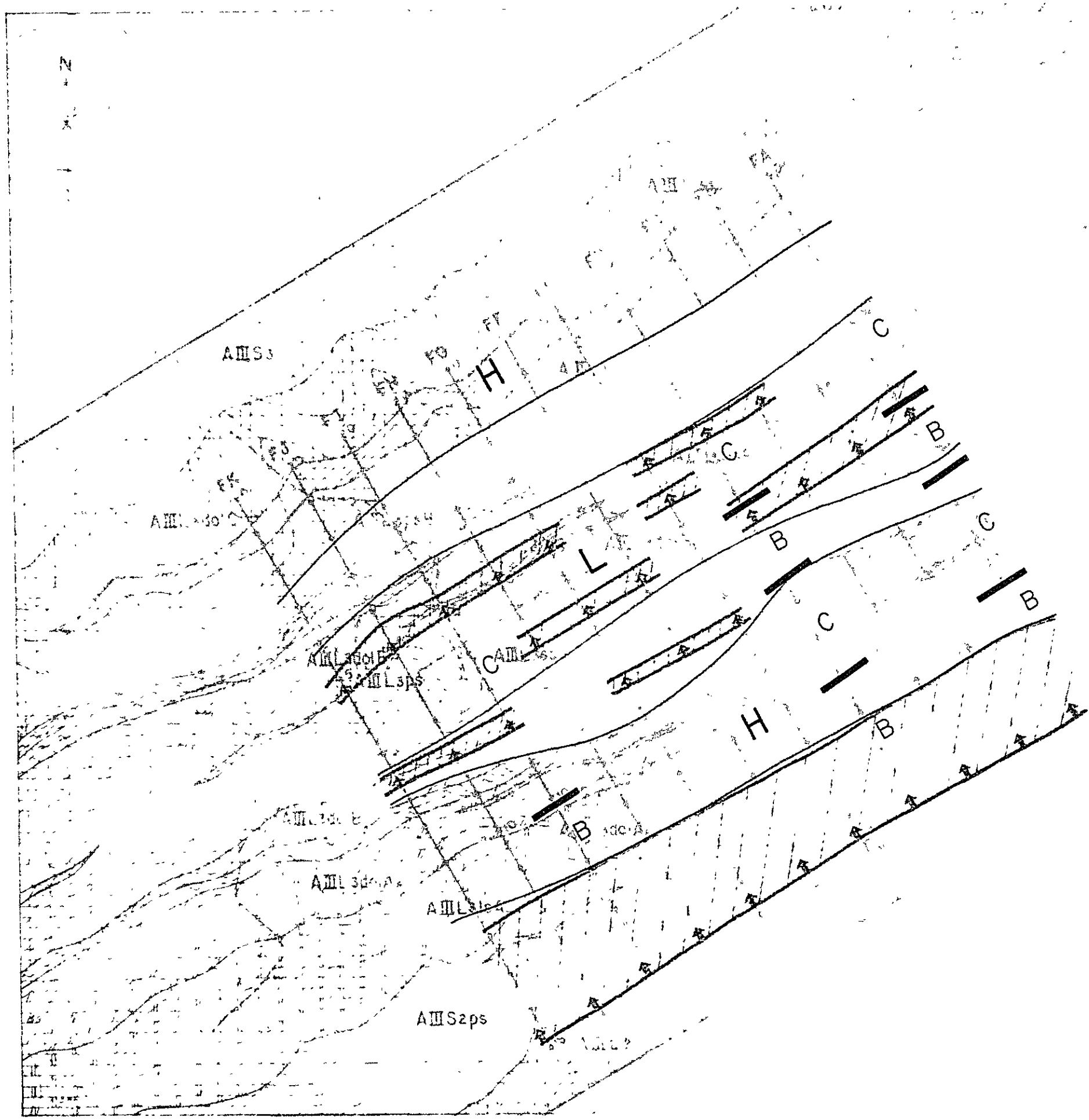


Fig. III-5 IP and SIP Interpretation Map in Barrinha Area







- LEGEND
-  Low resistivity zone
 -  High resistivity zone
 -  Source of IP anomaly
(Continue from surface to deep)
 -  Type of Phase spectrum

Fig. III-6 IP and SIP Interpretation Map in Furnas Area

Ⅳ ボーリング調査

第 1 章 総 説

Anta Gorda 地域のボーリング調査は、Perau 地区及び Barrinha 地区において 8 孔 2,443.8 m が実施された。

Perau 地区では、第 2 年次の地質調査及び物理探査データ解析結果から抽出された個所に第 3 年次にボーリング調査 3 孔、912.20 m を実施した結果、Perau 鉱床を胚胎する同じ層準に重晶石を伴う層状鉛・亜鉛鉱床が発見された。第 4 年次は引続き周辺でボーリング調査 3 孔、1,531.6 m を実施した結果鉱床の分布形態、規模及び品位等が判明した。

Perau 地区の地質は先カンブリア系 Açungui I 層の変成岩類で、主に雲母片岩、角閃岩、炭酸塩岩片岩、石墨片岩、石灰岩及び珪岩等から構成されている。鉱床は炭酸塩岩片岩を母岩とする層状鉱床で、主要鉱物は重晶石、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱などで構成される。

コア採取率は 95% 以上で、特に鉱床付近ではほぼ 100% である。

各孔の主な着鉱部の分析品位は次の通りである。

孔 名	着 鉱 深 度 (m)	着 鉱 長	P b %	Z n %	C u ppm	A g ppm
AG-01	255.95~263.45	7.5	4.36	2.96	214	9.5
	263.45~265.90	2.45	2.56	0.56	236	5.6
AG-02	242.85~247.85	5.0	4.7	0.48	162	8.6
	251.40~252.50	1.1	4.5	4.5	60	6.8
	253.35~253.60	0.25	5.7	5.6	40	11.0
AG-03	194.30~196.20	1.9	2.5	0.9	293	3.5
AG-04	196.95~197.15	0.20	1.6	0.46	330	2.6
AG-05	354.65~355.65	1.0	2.5	2.9	100	7.5
	357.85~358.35	0.5	4.9	2.8	160	18.5
AG-06	327.55~328.05	0.5	2.2	0.04	2.2	3.8
	328.60~329.40	0.8	1.8	4.4	7.0	3.8
	330.15~330.60	0.45	1.3	1.1	3.0	3.8

鉱床は、AG-01 及び AG-02 孔付近が最も優勢である。鉱床の分布形態は、AG-01、AG-02 孔に沿った NE-SW 方向に伸張した形態を示し、AG-03 及び AG-04 孔付近が南限で且つ AG-06 孔付近が北西限と考えられる。又、AG-05 孔に向っても鉱床規模が劣化している。今後は AG-02 孔の北部及び北東部に探鉱余地が残されている。

Barrinha 地区では、第 3 年次の地質調査及び物理探査データの解析結果から抽出された個所において、第 4 年次にボーリング調査 2 孔、600 m を実施した結果、Quatro 鉱床の南東

部及び調査地区北東部の地質構造と物理探査異常帯との関連性が解明され、且つ探鉱余地が判明した。

第2章 ボーリング調査結果

2-1 AG-01

055mで着岩，以下23620mまで，石墨質雲母片岩，雲母片岩及び角閃岩～角閃片岩が分布する。石墨質雲母片岩は上位に分布し，黄鉄鉱が片理面や割れ目に沿ってフィルム状に発達する。角閃岩～角閃片岩は雲母片岩類に調和的に挟在し，両者は漸移関係を示す。

23620m～30550m間はPerau Horizonの炭酸塩岩片岩，石墨片岩～千枚岩，石灰岩・苦灰岩～炭酸塩岩片岩などから成り，この中主要な部分は次の通り，

23620m～24100m間は鉱床上盤Key bedの“Magnetite Zone”

25595～26590m間は重晶石を伴う層状鉛・亜鉛鉱床

26590～27150m間は鉱床下盤のKey bedの石墨片岩～千枚岩

27150～30550m間は石灰岩・苦灰岩を主とし，炭酸塩岩片岩を挟在等の各層が分布する。

鉱石部は重晶石—硫化鉱物の鉱化作用の特徴を示し，重晶石帯中に方鉛鉱，閃亜鉛鉱，黄鉄鉱を主とし，少量の黄銅鉱と稀に磁硫鉄鉱を伴う。

30550～33115m間は石灰岩及び珪岩の互層で，層序的には珪岩層が分布する，

2-2 AG-02

1900mで着岩，以下22630mまで石墨質雲母片岩，雲母片岩を主とし，角閃岩～角閃片岩を挟在する。石墨質雲母片岩中では片理面に沿って黄鉄鉱がフィルム状に発達する。

22630m～29860m間はPerau Horizonの各岩相が分布し，この中主要な部分は次の通り，

22810～23105m間は“Magnetite Zone”

24285～25250m間は重晶石を伴う層状鉛・亜鉛鉱床

25620～26700m間は石墨片岩～千枚岩

26700～29860m間は石灰岩・苦灰岩及び炭酸塩岩片岩等が分布する。

鉱石部は重晶石—硫化鉱物の鉱化作用の特徴を示し，鉄石鉱物は重晶石帯中に方鉛鉱，閃亜鉛鉱及び黄鉄鉱が鉱染状に胚胎する。主な鉱石部は3ヶ所捕捉されているが，24285～24785m間ではZn品位が低い。

29860m～33055m間は珪岩層準の石灰岩，珪岩互層が分布する。

2-3 AG-03

900mで着岩，以下18580mまで石墨質雲母片岩，雲母片岩及び角閃岩～角閃片岩が分布する。上位に石墨質雲母片岩が優勢で，黄鉄鉱化作用も発達する。

18580m～25050m間はPerau Horizonの炭酸塩岩片岩，石墨片岩～千枚岩及び石灰岩・苦灰岩等から成り，この中，主要な部分は次の通り，

18580～18710m間は“Magnetite Zone”

19430～19620m間は重晶石を伴う鉛・亜鉛鉱床

19825～20505m間は石墨片岩～千枚岩

20505～25050m間は石灰岩・苦灰岩

等が分布する。

鉱石部は，チャート質片岩と炭酸塩岩片岩互層中に方鉛鉱，閃亜鉛鉱が層状～網状に胚胎する。鉱化帯の規模はAG-01，AG-02孔の鉱化帯に比べ劣化し，重晶石の含有量も少なく且つ，Pb，Zn品位が低く鉱床の末端部の様相を示している。

2-4 AG-04

380mで着岩，以下18735mまで石墨質雲母片岩，雲母片岩及び角閃岩～角閃片岩が分布する。上位に石墨質雲母片岩が優勢で，黄鉄鉱がフィルム状に発達する

18735m～22000m間はPerau Horizonの炭酸塩岩片岩，石墨片岩～千枚岩及び石灰岩・苦灰岩～炭酸塩岩片岩等から成り，この中主要な部分は次の通り，

18735～19030m間は“Magnetite Zone”

19695～20075m間は3ヶ所の鉛・亜鉛鉱化部

20555～21255m間は石墨片岩～千枚岩

21255～22000m間は石灰岩・苦灰岩に炭酸塩岩片岩を挟在

等が分布する。

鉱石部は19695～19715m(0.20m)間で重晶石を伴う鉛・亜鉛鉱化作用，19980～19990m(0.10m)及び20065～20075m(0.10m)間で方鉛鉱・鉛・亜鉛・黄鉄鉱がチャート質片岩・炭酸塩岩片岩互層中に胚胎する。鉱化帯の規模，品位共に鉱床末端部の様相を示している。

2-5 AG-05

0m～341.55m間は石墨質雲母片岩，雲母片岩及び角閃岩～角閃片岩が分布する。上位22420m付近まで石墨質雲母片岩が発達し，片理面やフラクチャーにフィルム状の黄鉄鉱を伴う。

341.55m～361.60m間はPerau Horizonの炭酸塩岩片岩，石墨片岩～千枚岩から成り，

この中主要な部分は次の通り、

34300～35150 m間は“Magnetite Zone”

35465～35835 m間は重晶石を伴う鉛・亜鉛鉱床

35950～36160 m間は石墨片岩～千枚岩

等が分布する。

鉱石部は重晶石—硫化鉱物の鉱化作用の特徴を示し、鉱石鉱物は重晶石帯中に方鉛鉱、閃亜鉛鉱及び黄鉄鉱が鉱染状に胚胎する。良好部は鉱化帯の上部(10 m)及び下部(0.5 m)で、中間部は黄鉄鉱を主とする弱鉱化帯である。AG-01に比べて鉱化帯の規模が劣化し、鉱床の周縁部に近い。

2-6 AG-06

400 mで着盤、以下17430 mまで石墨質雲母片岩、雲母片岩及び角閃石～角閃片岩が分布し、これらを買いて輝緑岩岩脈が発達する。黄鉄鉱化作用を伴った石墨質雲母片岩は上位に発達する。

30430 m～35000 m間はPeran Horizonの炭酸塩岩片岩、石墨片岩～千枚岩、石灰岩～炭酸塩岩片岩から成り、この中主要な部分は次の通り、

29900～31250 m間はMagnetite Zone

32755～32940 m間は重晶石を伴う鉛・亜鉛鉱床

34940～34650 m間は石墨片岩～千枚岩

34650～35000 m間は石灰岩～炭酸塩岩片岩

等が分布する。

鉱石部は重晶石—硫化鉱物の鉱化作用の特徴を示し、鉱石鉱物は重晶石帯中に方鉛鉱、黄鉄鉱、磁硫鉄鉱及び少量の閃亜鉛鉱等が鉱染状に胚胎する。

鉱化帯の規模、品位共にAG-01に比べて著しく劣化しており、重晶石—硫化鉱物層状鉱床の端末部と考えられる。

2-7 AG-B1

4580 mで着岩、表土が厚い。以下30000 mまで緑泥石・雲母片岩を主とし、局所的に苦灰岩～炭酸塩岩片岩や緑泥石、角閃片岩を挟在する。

5700～8000 m間は珪化作用を受けた雲母片岩で、石英—黄鉄鉱細脈が発達する。又、227690～28030 m間は斑状～塊状黄鉄鉱を伴った石英脈が捕捉されたが、その他の鉱化作用は認められない。

2-8 AG-B2

1170mで着岩，以下11320mまで雲母片岩を主として，石英質片岩，石墨質雲母片岩等を挟在する。

11320m～30000m間は石墨質雲母片岩を主として，石墨の見掛けの含有量は下部に向かって多くなる，この中に13205～19020m間に石英質片岩を挟在する。

石墨質雲母片岩の発達する部分では，黄鉄鉱が片理面やフラクチャーに沿ってフィルム状に発達するが，その他の顕著な鉱化作用は認められない。

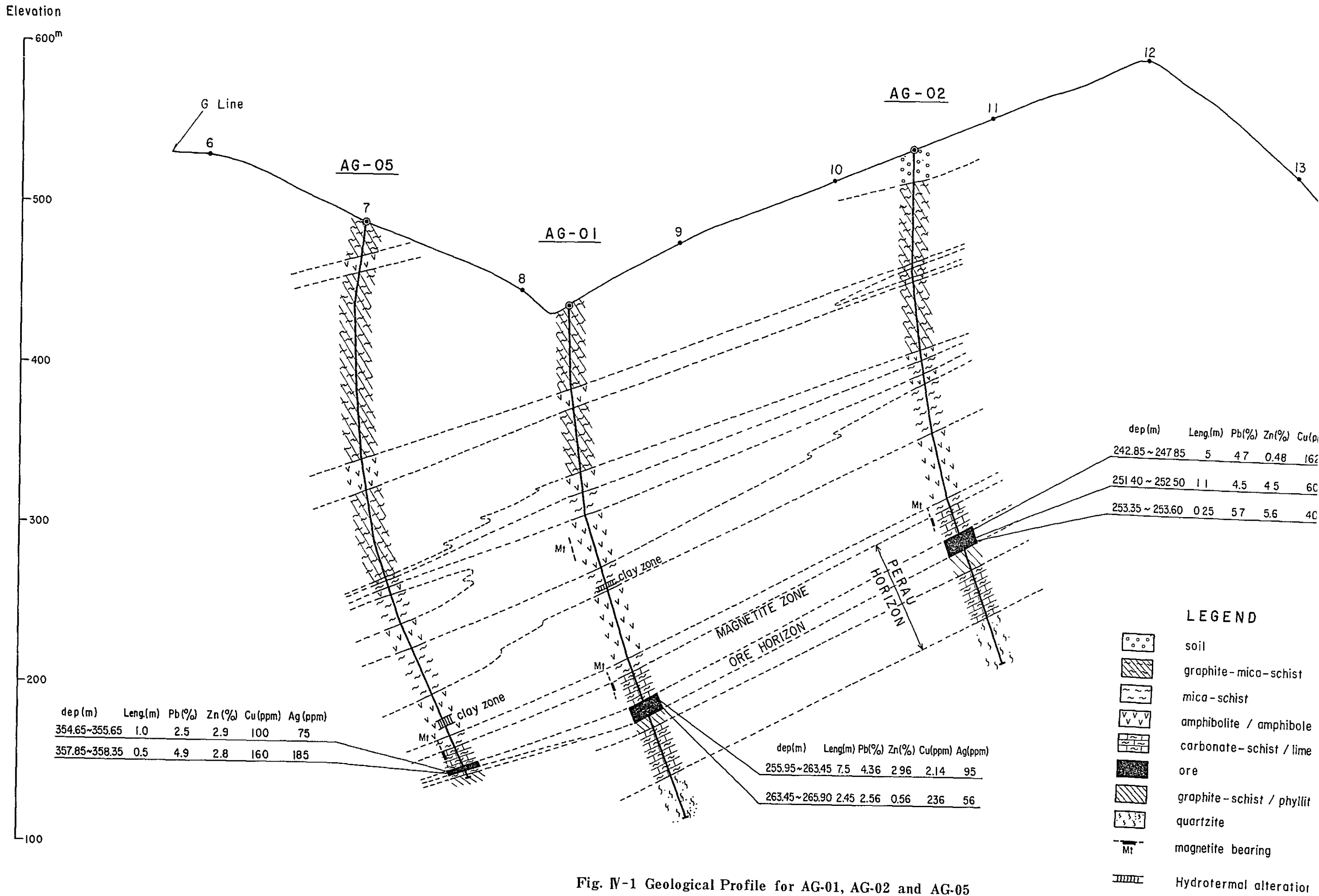


Fig. IV-1 Geological Profile for AG-01, AG-02 and AG-05

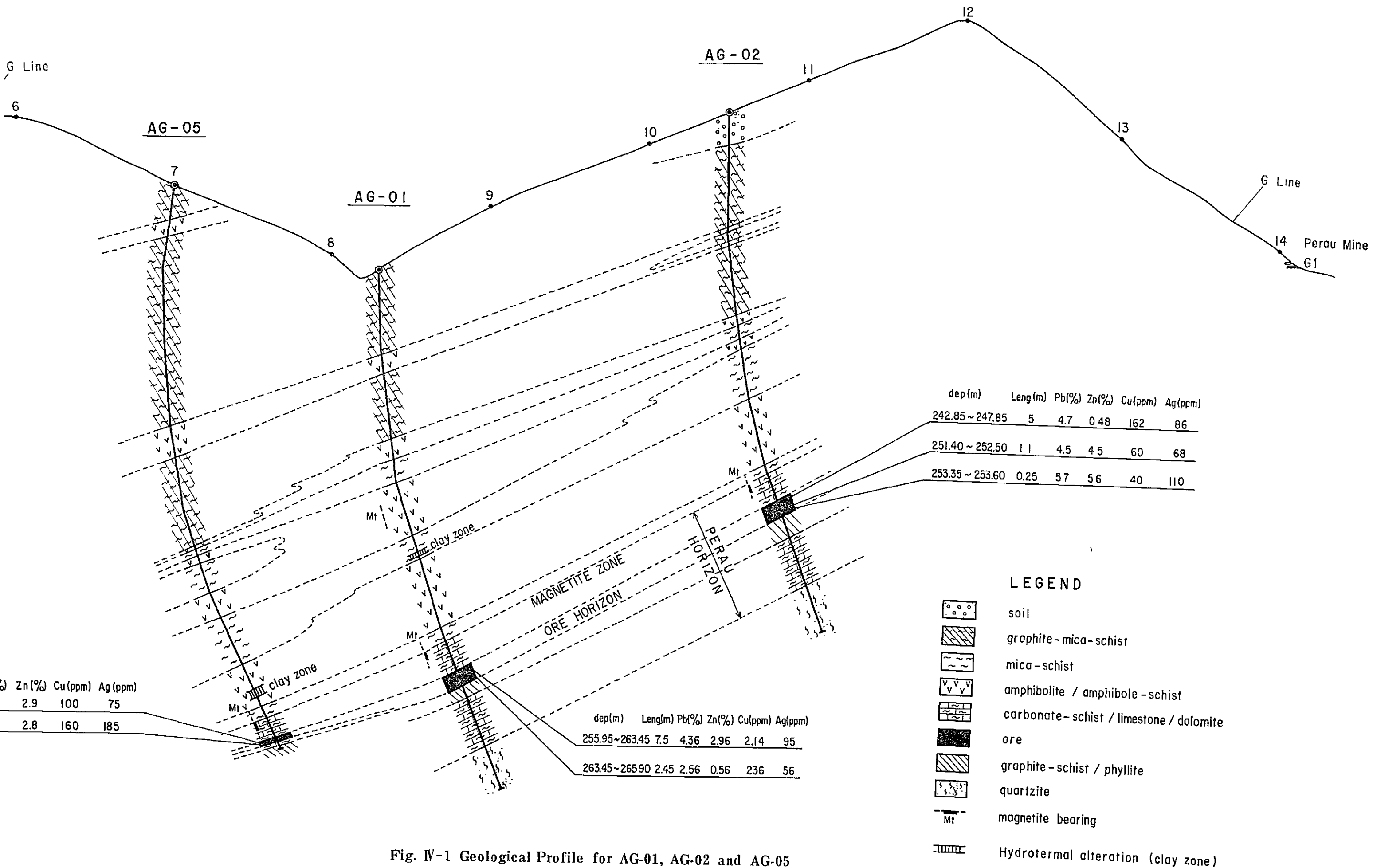


Fig. IV-1 Geological Profile for AG-01, AG-02 and AG-05

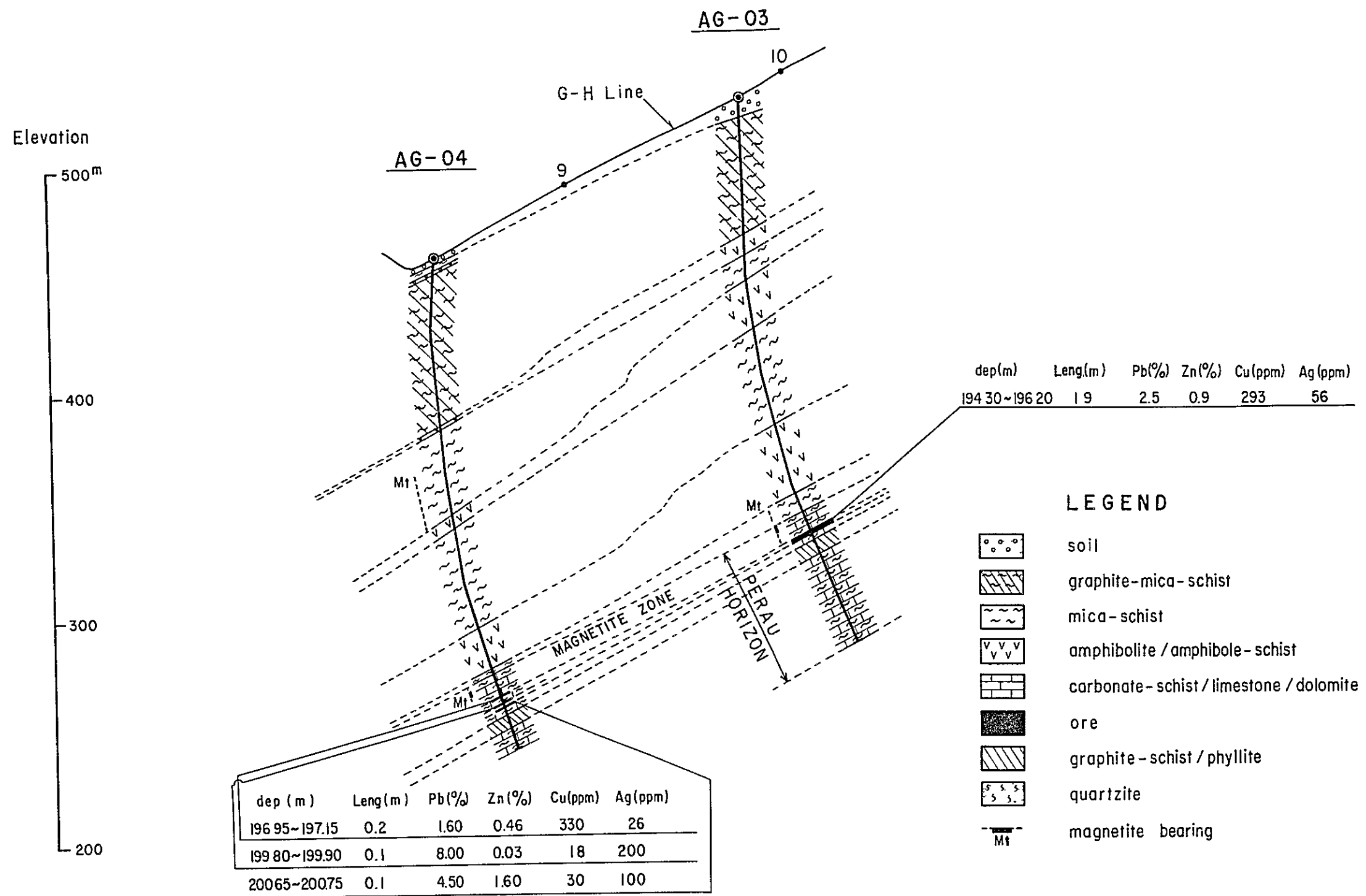


Fig. IV-2 Geological Profile for AG-03 and AG-04

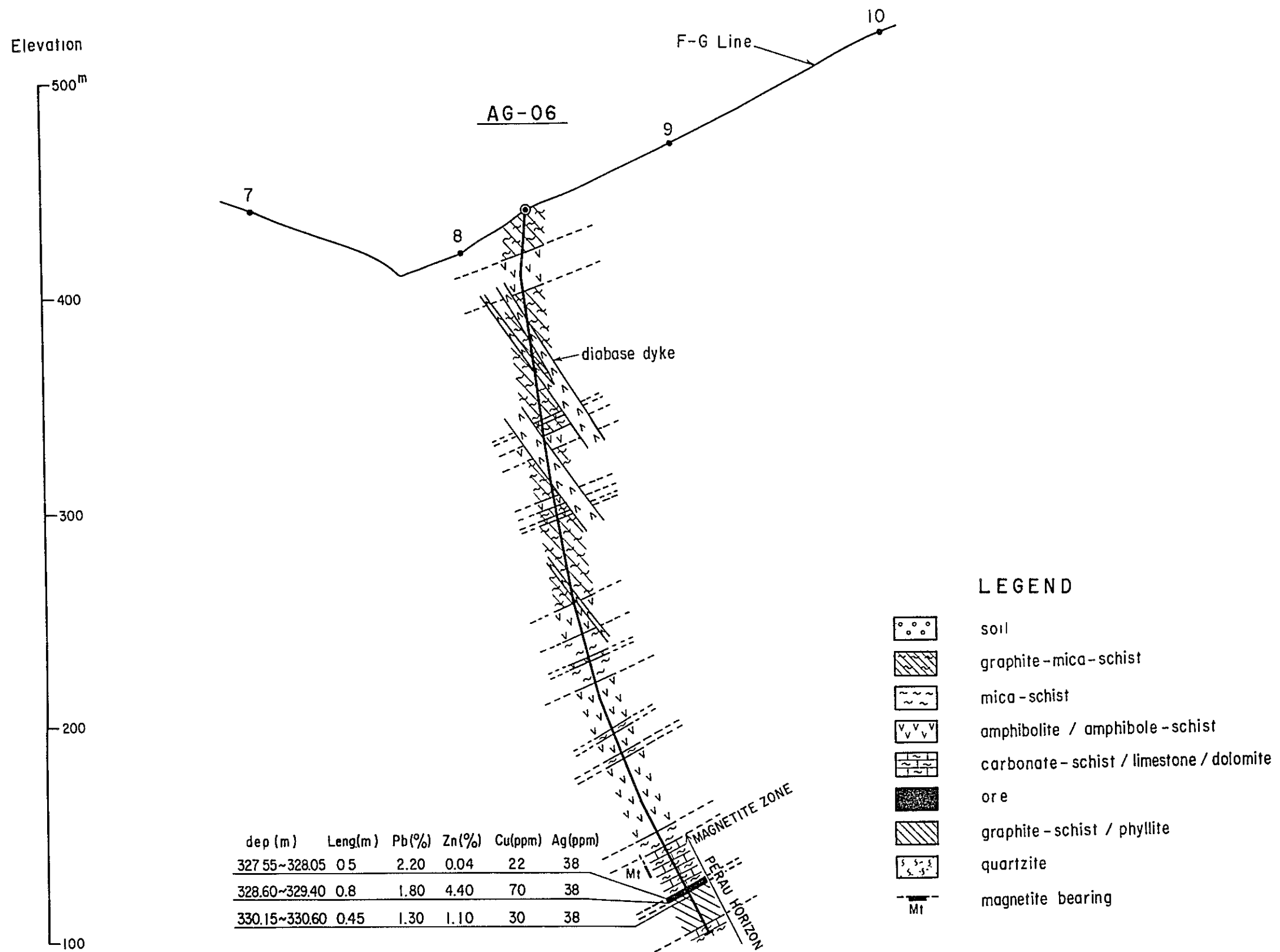


Fig. IV-3 Geological Profile for AG-06

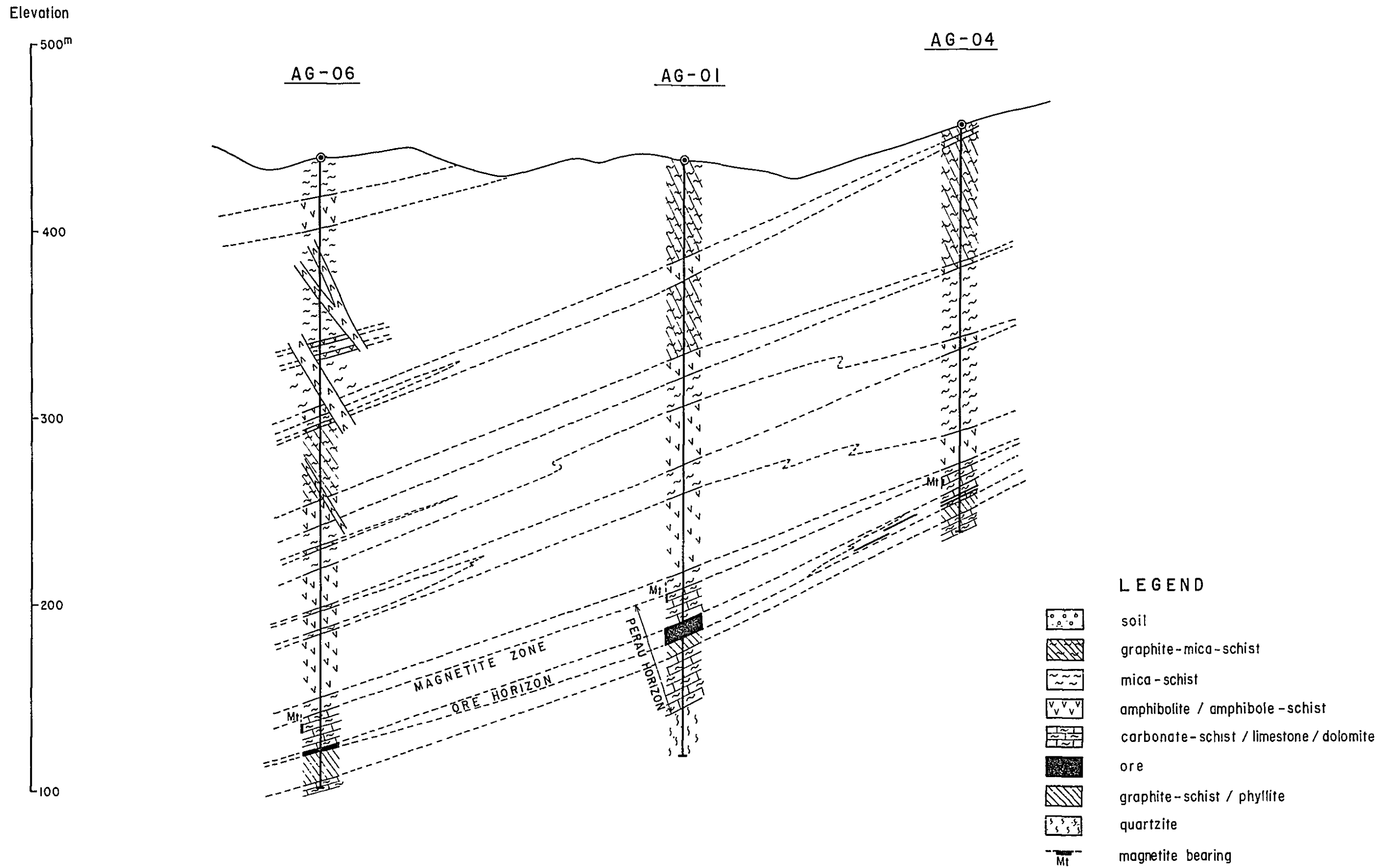


Fig. IV-4 Geological Profile for AG-6, AG-01 and AG-04

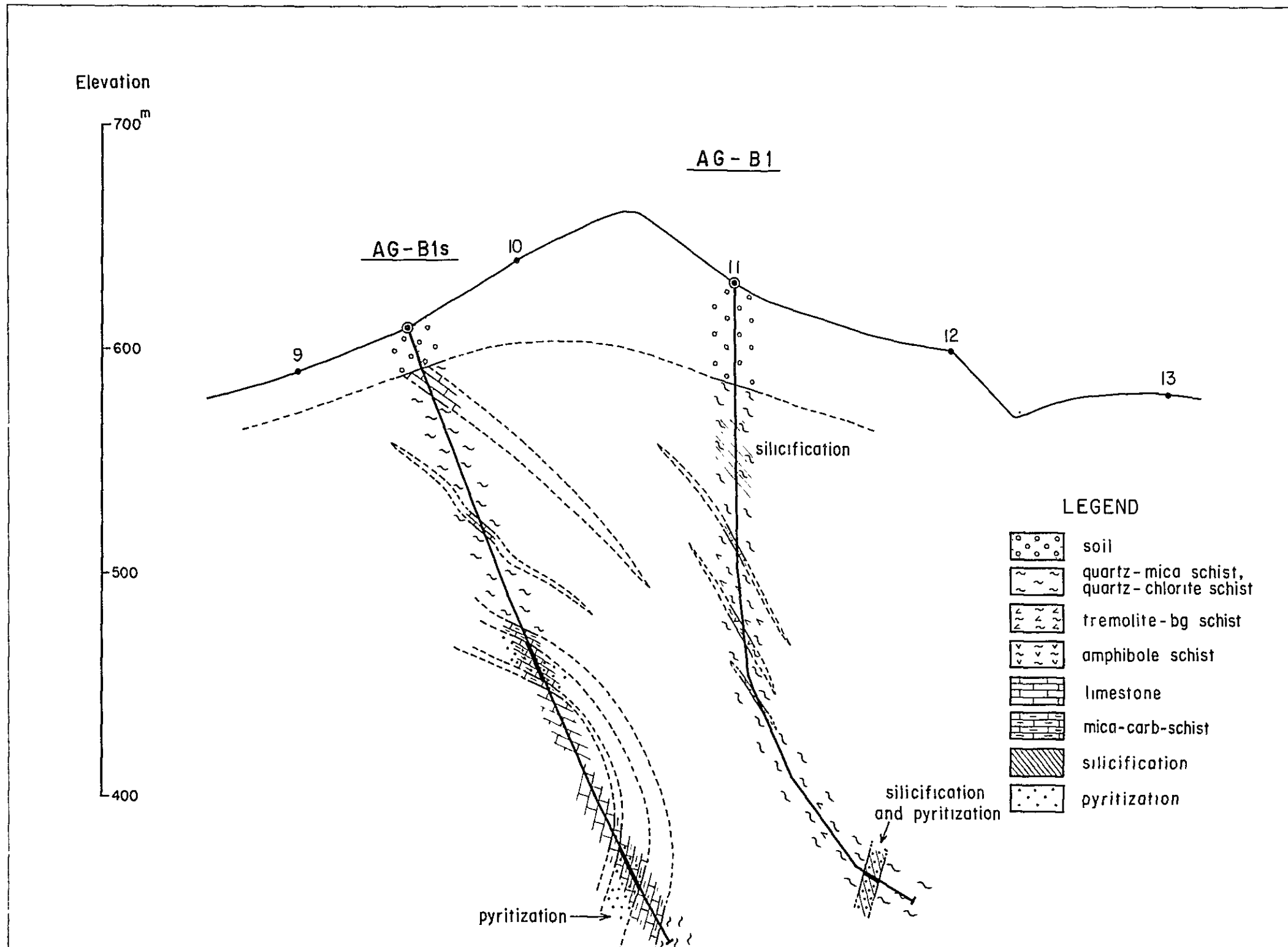


Fig. IV-5 Geological Profile for AG-B1

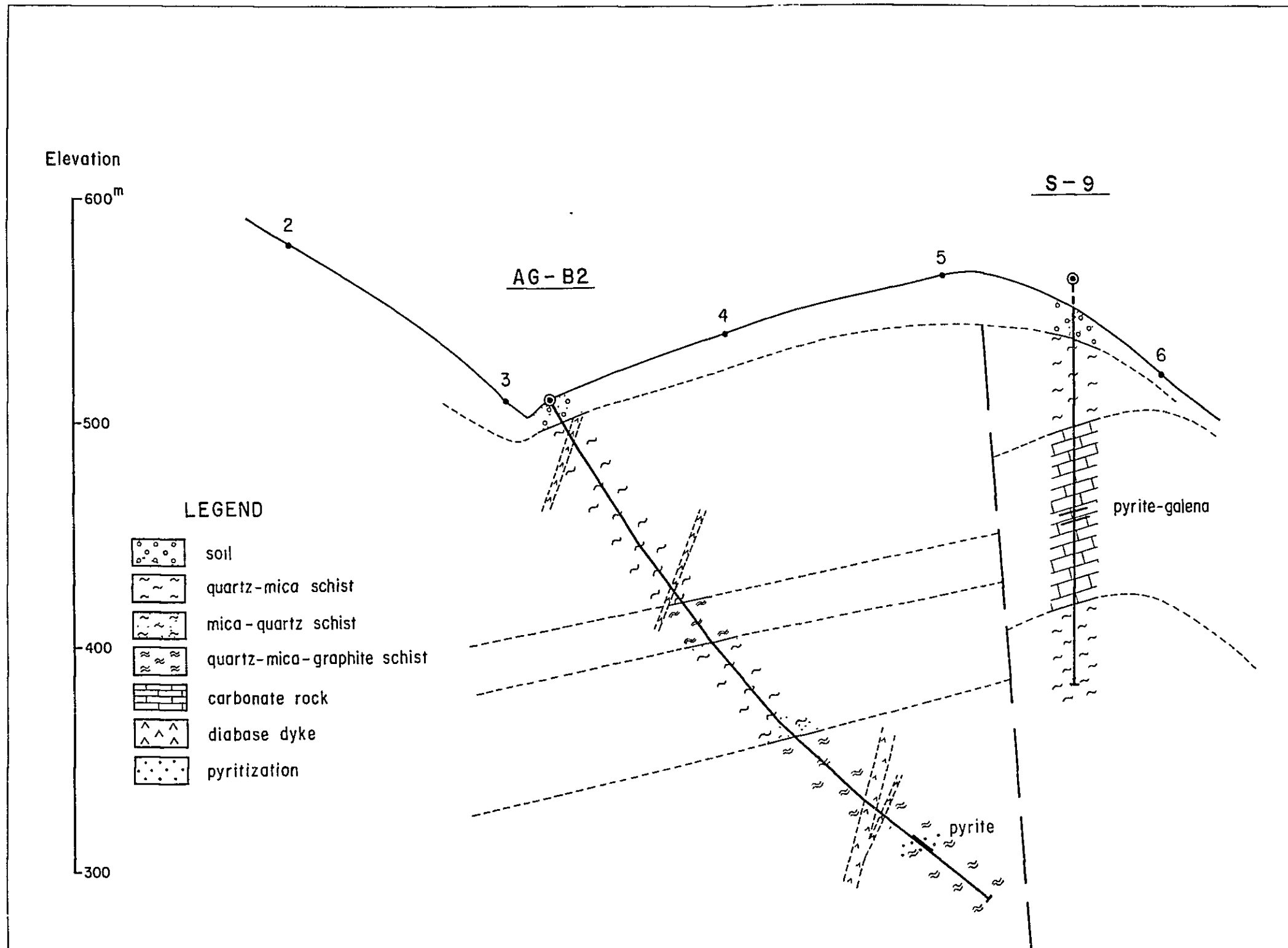


Fig. IV-6 Geological Profile for AG-B2

V 結論及び勧告

V 結 論 及 び 勧 告

第 1 章 結 論

- (1) 調査地域の地質層序が確立され、地質構造や主要鉛床胚胎層準が解明された。地域に分布する地質は、先カンブリア系 Setuva 層と Açungui 層群から成り、このうち鉛床を胚胎する Açungui 層群が I, II, III 層に大別され、さらに III 層は 3~4 層に細分された。
- (2) 調査地域に賦存する鉛床の主要なものは Perau 型の層状鉛・亜鉛鉛床と Rocha 型の脈状~不規則塊状含銀鉛鉛床に大別される。Perau 型鉛床は Açungui I 層の下部炭酸塩岩類に胚胎し、Rocha 型鉛床は Açungui III 層の中~上部の炭酸塩岩類に胚胎する。
- (3) Perau 地区は地質調査、地化学探査、物理探査の結果を総合的に解析して実施したボーリング調査により、既存鉛床の西側に重晶石を伴う新たな層状鉛・亜鉛鉛床(幅 6 m, 品位 $Pb + Zn$ 6%)が発見された。鉛床規模は、実施された 6 孔のボーリング調査の範囲で約 100 万 t と推定される。
- (4) Barrinha 地区は、地質調査、物理探査及びボーリング調査により当地区の複雑な地質構造及び鉛床胚胎層準の分布が判明した。また北東部の I P 異常は石墨質雲母片岩中の石墨、黄鉄鉛及び炭酸塩岩中の黄鉄鉛一方鉛鉛の複合したものであることが判明した。更に南西部の S I P 異常は、炭酸塩岩中の黄鉄鉛であることが判明した。
- (5) Furnas 地区は、地質調査及び物理探査により、鉛床胚胎層準が解明され、調査地域外まで分布することが判明した。又鉛床胚胎層準の上下盤に石墨・黄鉄鉛に起因する強い I P 効果を示す地層が存在し、又鉛床胚胎母岩が非分極性岩体で且つ鉛床が小規模なため鉛床胚胎層準内の I P 異常の検出が困難であることが判明した。
- (6) Rocha 地区は鉛床胚胎層準の水平的な広がりが期待できないが、下部への探鉛余地が残されている。

第2章 勸 告

Anta Gorda 地域における日本政府による技術協力プロジェクトは、1980年に開始され1984年の調査をもって終了するが、4ヶ年の調査によって明らかになった鉱床及び鉱徴地に対して、今後 Brazil 側は次のような方針で調査することを勧告する。

(1) Perau 地区

本調査によって発見された新鉱床を対象としてボーリング調査を実施して、鉱床の全貌を解明し、既存の Perau 鉱床と併せて鉱山開発の可能性を検討すべきである。

(2) Barrinha 地区

Quatro 鉱床の南部に分布する石灰岩及び苦灰岩層中の黄鉄鉱帯中に Quatro 鉱床と同様の塊状鉛鉱床を胚胎する可能性があるためボーリング調査を実施することが望ましい。また当地区北部～北東部の探鉱は、本調査で判明した E-W 系断層の南側に分布する石灰岩・苦灰岩層を対象として実施することが望ましい。

(3) Furnas 地区

鉱床胚胎層準を対象とした詳細な地化学探査(土壌・岩石)を実施し、必要に応じてトレンチ調査、ボーリング調査の実施が望まれる。既知鉱床内では、鉱床の富鉱部の“落とし”を解明して下部探鉱を行うことが望ましい。

(4) Rocha 地区

鉱床は、苦灰岩層中で鉱脈裂か系が発達するので、苦灰岩層の追跡調査と既知鉱脈群の下部探鉱を行うことが望ましい。

参 考 文 献

参考文献

- (1) De Almeida, F.F.M., Hasui, Y., De Brito Neves, B.B. and Fuck, R.A. –1981– Brazilian structural provinces: an introduction, *Earth-Sci. Rev.*, 17. 1–29.
- (2) AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K & REYNOLDS, J.H –1966– Potassium-argon dates of basaltic rocks from Southern Brazil, *Geoch. Cosmoch. Acta*, v. 30, pp. 159–189.
- (3) AMARAL, G. et al. –1967– Potassium Argon Ages of Alkaline rocks from Southern Brazil. *Geoch. Cosmoch. Acta*, v. 31, n.2., pp. 117–142.
- (4) BARBOSA, A.F. –1956– Algumas observações sobre a jazida de chumbo de Panelas, Estado do Paraná. *Bol. Soc. Bras. Geologia*, 5(2). 51–76.
- (5) BATOLLA Jr., F., HAMA, M. and LOPES Jr., I –1977– Idades radiométricas Rb/Sr e K/Ar em rochas cristalinas Pré-Brasilianas da região leste do Estado do Paraná. Atas 1º simpósio Regional de Geologia, São Paulo, pp. 324–337.
- (6) BATOLLA Jr., F., SILVA, A.T.S.F. da and ALGARTE, J.P. –1981– o Pre-Cambriano da região sul-sudeste do Estado de São Paulo e este-nordeste do Estado do Paraná Atas 3º Simpósio Regional de Geologia, Curitiba, pp. 94–108.
- (7) BIGARELLA, J.J. & SALAMUNI, R. –1956– Estudos Preliminares na Série Açungui. V-Estruturas organógenas nos dolomitas da Formação Capirú (Estado do Paraná). *Dusenía, Curitiba*, VIII(6): 317–323.
- (8) CORDANI, U.G. and BITTENCOURT, I –1967– Determinações de idade potássio-argônio em rochas do Grupo Açungui. *Anais 21º Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba*, pp. 218–233.
- (9) CORDANI, U.G. and KAWASHITA, K. –1971– Estudo geocronológico pelo método Rb-Sr, de rochas graníticas intrusivas no Grupo Açungui. *Anais 25º Congresso Brasileiro Geologia, São Paulo*, v.1, pp. 105-110.
- (10) D.N.P.M. –1974– Carta Geologica do Brazil ao Miliónésimo Folha Curitiba – SG22.
- (11) DNPM/CPRM –1977– Projeto Leste do Paraná. São Paulo, 14v, inédito
- (12) DNPM/CPRM –1978– Projeto Geoquímica no Vale do Ribeira. São Paulo, 8v., inédito.
- (13) DNPM/CPRM –1981– Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira. São Paulo, 15v. inédito.
- (14) EBERT, H. –1971– observações sobre a litologia e sub-divisão do “Grupo Setuva” no Estado do Paraná, com sugestões à tectônica geral do “Geossinclinio Açungui”. *Anais 25º Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo*, v.1, pp. 131–146.

- (15) FUCK, R.A., MARINI, O.J., TREIN, E. and MURATORI, A. –1971– Geologia do Leste paranaense. Anais 25º Congresso Brasileiro Geologia, São Paulo, v.1, pp 121–130.
- (16) JICA/MMAJ –1981– On Geological Survey of Anta Gorda Brazil, Phase I
- (17) JICA/MMAJ –1982– On Geological Survey of Anta Gorda Brazil, Phase II.
- (18) JICA/MMAJ –1983– On Geological Survey of Anta Gorda Brazil, Phase III.
- (19) KAEFER, L.Q. and ALGARTE, J.P. –1972– Projeto sudeste do Estado de São Paulo Folha de Itararé SG–22–X–B. Relatório Geológico Preliminar, DNPM/CPRM, São Paulo, v.1, 181p., 1972 (inédito).
- (20) MARINI, O.J., TREIN, E. and FUCK, R.A. –1967– O Grupo Açungui no Estado do Paraná. Bol. Paran. Geoci., Curitiba, nº 23–25, pp. 43–103.
- (21) MELCHER, G.C. –1968– Contribuição ao conhecimento do distrito mineral do Ribeira do Iguape, Estados de São Paulo e Paraná. Tese Livre Doc. Geol., ESE. Politécnica USP, São Paulo, 122p, (inédito).
- (22) ODAN, Y., FLEISCHER, R. and ESPOURTEILLE, F. –1978– Geologia da mina de chumbo de Pannels – Adrianópolis –PR. Anais 30º Congresso Brasileiro Geologia, Recife, v4, pp. 1545–1552.
- (23) SUDELPA/DPRM –1975– Projeto Sudelpa São Paulo, 18v., inédito
- (24) Gerald W.H (1977); Numerical IP Modeling, Induced Polarization for Exploration Geologists and Geophysicists, The University of Arizona
- (25) Hallof P.C. (1964, 1967); A Comparison of the Various Parameter Employed in the Variable Frequency Induced Polarization Method
- (26) Kaku H. (1966); On the Coupling Effect in the Induced Polarization Method Butsuri Tanko, 19 (405)
- (27) Pelton W.H., Ward S.H., Hallof P.G., Sill W.R. and Nelson P.H (1977); Mineral Discrimination and Removal of Induced Coupling with Multi-frequency IP, Metal Mining Agency of Japan, 1980 – 1982
Report on Research and Development Survey for Mineral Resources – Spectral IP
- (28) Summer J.S. (1976); Principles of Induced Polarization for Geophysical Exploration
- (29) Wait J.R. (1958); Discussions on a Theoretical Study of Induced Electrical Polarization, Geophysics, 23

