

第4章 物理探査

Morro do Acampamento 地区では、3年間にわたり CSAMT 法(Controlled Source Audio Frequency Magneto-Telluric Method)、SIP 法(スペクトル IP 法)及び IP 法を実施した。

CSAMT 法は、調査地区の比抵抗構造を解明することにより鉱床・鉱化帯の賦存の可能性が高いと考えられる地域の抽出を目的として第1年次に実施した。

SIP 法は、C-1 鉱床のスペクトル特性を解明し、その特性を今後の探査指標とするとともに、C-1 鉱床の連続性の追求及び CSAMT 法・地化学探査により抽出された有望地域における精査を目的として第1年次から第3年次の3年間にわたり実施した。

IP 法は SIP 法探査測線の間を補う目的で第3年次に SIP 法と同時に実施した。

4-1 CSAMT 法

4-1-1 調査概要

CSAMT 法は、電磁探査の一手法であり、4~2048Hz の広帯域にわたる周波数の電場と磁場の2成分を測定することにより、浅部から深部までの見掛比抵抗を得ることができる。電場は、送信された電磁波が平面波として観測されるように測定点から十分離して設定した流電電極に平行な電位電極により測定し、磁場は流電電極に直角に設定した磁場センサーで測定した。

しかし、一対の流電電極で測定できる範囲は限定されるため、本地区では調査範囲の南端に東西方向に2箇所、さらに南側約3km 地点でも東西方向に2箇所、計4箇所に流電電極を設定してデータを獲得した(Table III-4)。得られたデータからコンピューターにより比抵抗構造断面解析を実施し Fig. III-3~III-5 の断面図を作成し、本調査地域の比抵抗構造を推定した。

Table III-4 Amounts of CSAMT Survey

Area Covered	Station Spacing	Current Electrode Separating	Number of Stations
100 km ² (10km×10km)	400m~500m	TX-1 2,000m	56 pts.
		TX-2 2,000m	42 pts.
		TX-3 1,750m	65 pts.
		TX-4 2,000m	39 pts.
			202 pts.

4-1-2 調査結果

本調査地区の比抵抗分布は、比抵抗コントラストの強い箇所が随所に認められ、比抵抗差の大きい地層が隣接する分布あるいは構造線などを反映していると考えられる形態を呈する(Fig. III-6)。

調査地区に分布する高、中及び低比抵抗は、N-S及びNE-SW方向の比抵抗不連続線により分断され分布する。主要な高比抵抗($1,000\Omega\cdot m$ 以上)は地区西部、中比抵抗($150\Omega\cdot m\sim 600\Omega\cdot m$)は中央部、低比抵抗($100\Omega\cdot m$ 未満)は東部に分布し、その分布形態は地表から深部に亘りほぼ同形の分布域を形成する。

調査地域西部には、比抵抗分布に変化の認められない高比抵抗帯が地表から深部において分布する。この高比抵抗域では、低周波数ほど高比抵抗値を示し、高比抵抗である片岩～角閃岩層が地表から厚く分布していることを示唆する。中比抵抗及び低比抵抗は、調査地区中～東部に数箇所認められるが、そのなかで最大のもは調査地区を2分割する如く地区中央部にN-S方向で帯状に分布し、断層破碎帯に因るものである可能性が強い。地区東部のもは、地表浅部に分布する角閃岩の分布域に対応し、角閃岩が薄い板状に分布することを示唆する。

比抵抗構造解析の結果、地区東部では低比抵抗が地表～浅部に層厚約100mで分布し、その下部に角閃岩・片岩～基盤岩に対応すると考えられる $1,000\Omega\cdot m$ 以上の高比抵抗層が分布する2層構造を呈する。

本調査地域の比抵抗構造は、地域中央部で最も落ち込んだ構造を示す。

また、C-1鉱床周辺の比抵抗構造は第1層目(層厚50m)が $100\Omega\cdot m$ 以下、第2層目は $4,000\Omega\cdot m$ 以上の水平2層構造を示し、鉱床は第1層目に胚胎する。しかし、平面図では鉱床はNE-SWに伸びる等比抵抗線の密度が疎になる帯に位置している。したがって、この様な比抵抗構造域にはC-1鉱床と同様の鉱床あるいは鉱化帯の胚胎が十分考えられる。

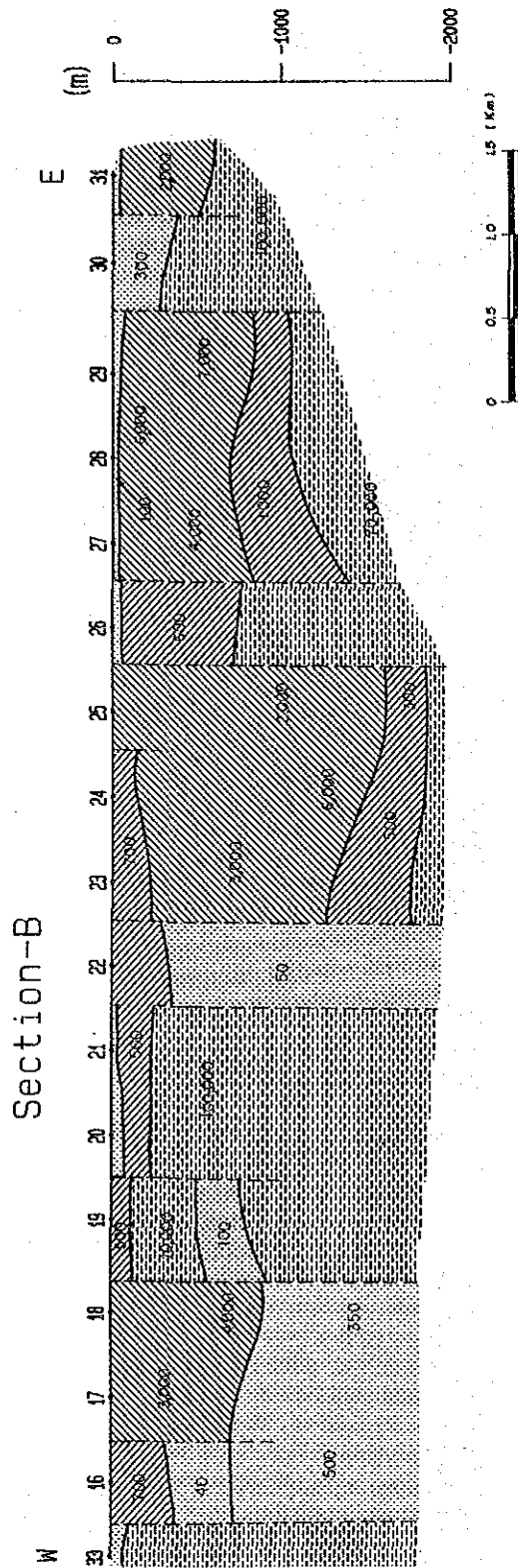
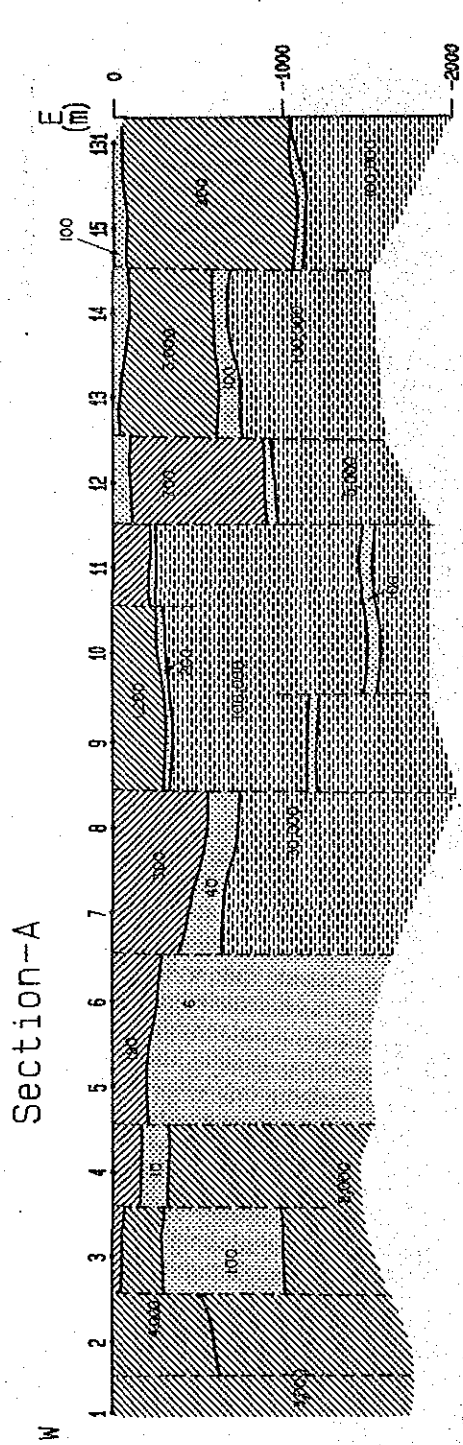


Fig. III - 3 CSAMT Interpreted Resistivity Sections (Section A and B in Fig. III-6)

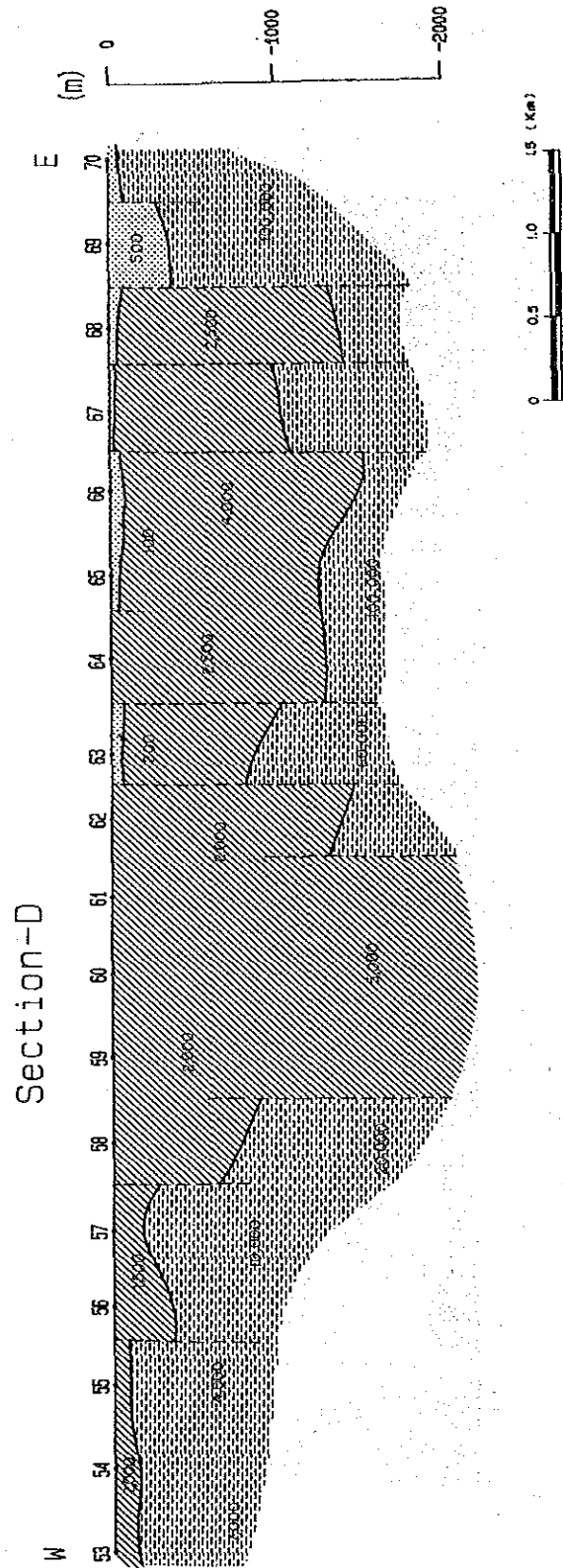
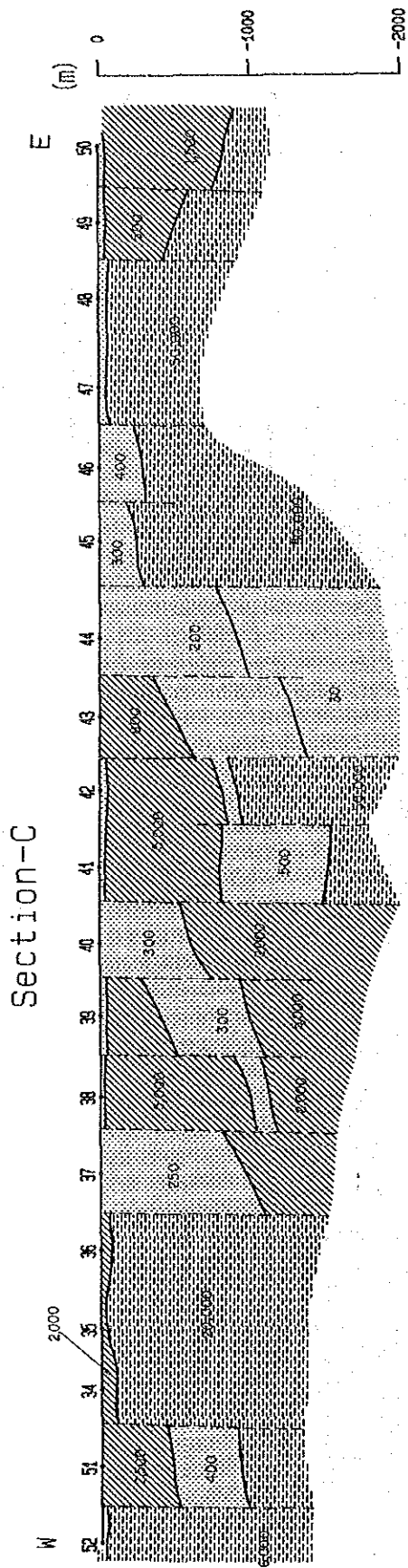


Fig. III - 4 CSAMT Interpreted Resistivity Sections (Section C and D in Fig. III-6)

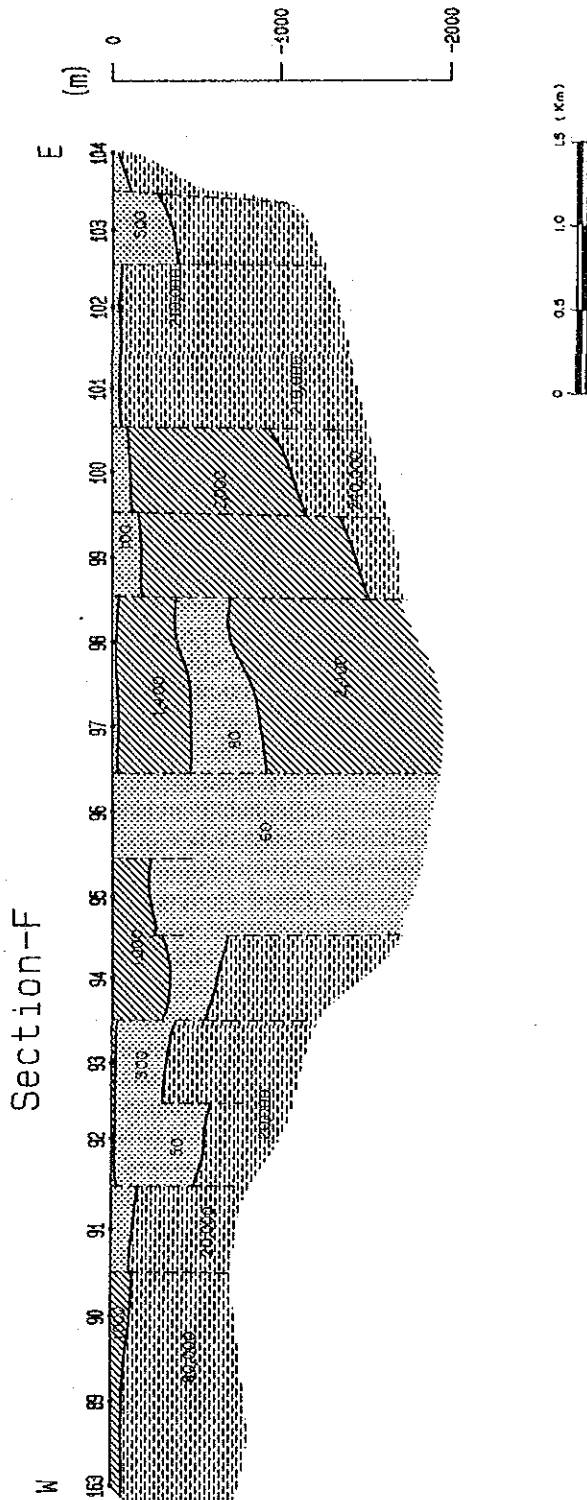
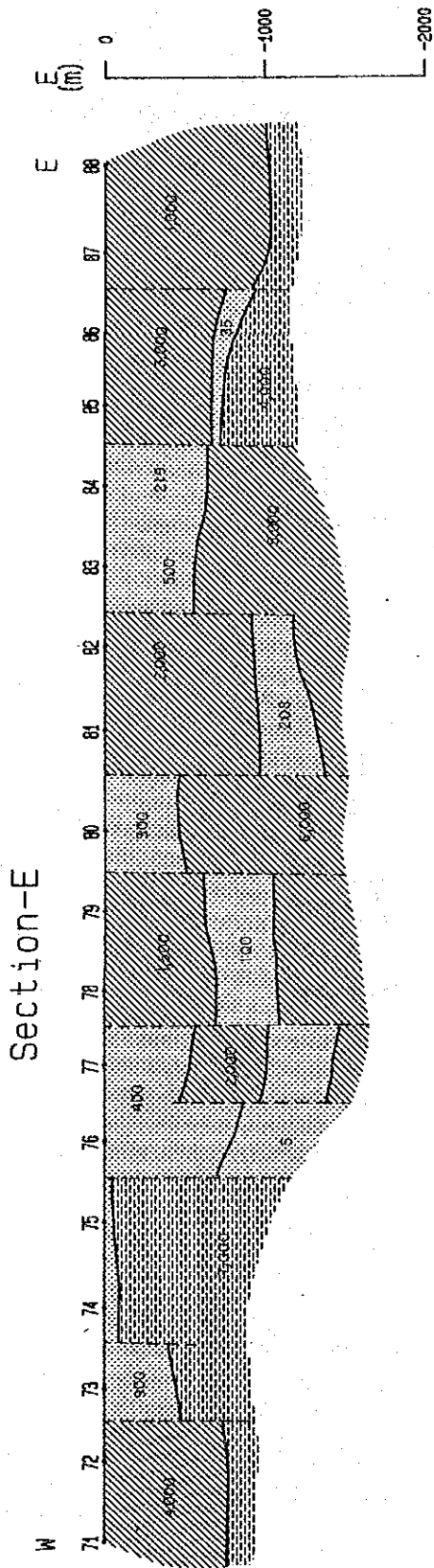


Fig. III - 5 CSAMT Interpreted Resistivity Sections (Section E and F in Fig. III-6)

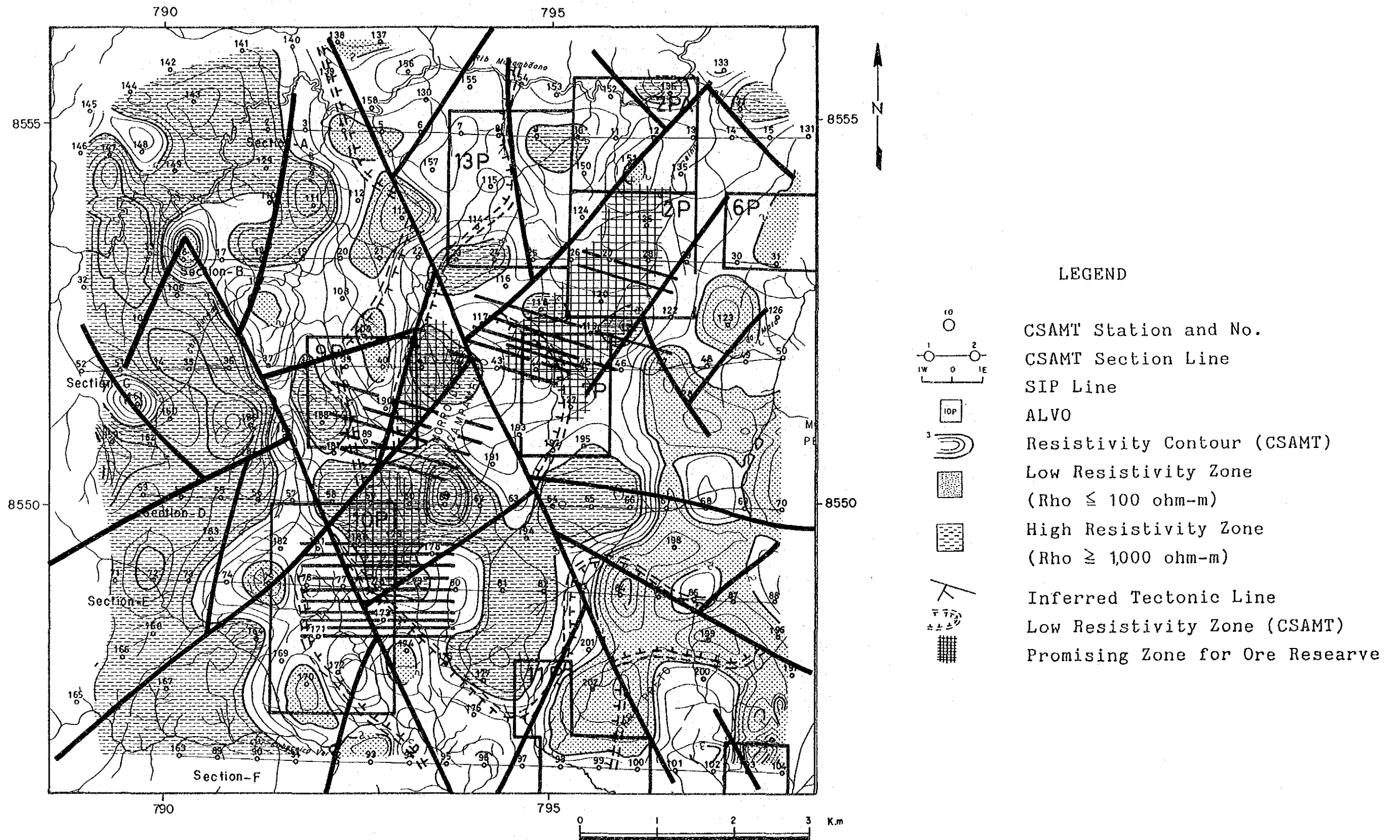


Fig. III - 6 CSAMT Interpretation Map (Morro do Acampamento Area)

4-2 SIP 法及び IP 法

4-2-1 調査概要

SIP 法及び IP 法電気探査は共に電気伝導・イオン伝導により誘起された現象 (IP 現象) を測定する方法である。IP 法は 2 種類の周波数を用いて測定を行うが、SIP 法は 0.1Hz~100Hz までの広帯域の周波数を用いて、マグニチュード及び位相差等を測定する。SIP 法では、これらの測定値により IP 現象を誘起する異常源の性質、形態及び地層や鉱床の周波数特性 (スペクトル特性) を識別する。一般に IP 異常をもたらす硫化鉱物や石墨等の導電性鉱物のうち、黄鉄鉱及び石墨は、黄銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱等に較べて高い IP 異常を示すことが知られている。したがって、黄鉄鉱の鉱染帯中に黄銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱等の塊状硫化鉱床が存在するかどうかは IP 異常値の大きさのみからでは、判断できない。そこで、SIP 法の特徴であるスペクトルパターンの変化を把握することにより、総合的に解釈することが必要である。

調査内容及び調査量を Table III-5 に示す。SIP 法、IP 法の電極間隔は 100m、電極隔離係数は $n=1\sim 5$ である。

Table III-5 Amounts of SIP and IP Survey

Phase	Survey Method	Line Name	Line Length	Points
I	SIP	Line-15S	1,300m	39
	SIP	Line-35S	1,300m	39
	SIP	Line-110S	1,300m	39
	SIP	Line-150S	1,400m	44
II	SIP	Line-110S	1,500m	46
	SIP	Line-130S	1,500m	48
	SIP	Line-150S	1,500m	49
	SIP	Line-160S	1,500m	28
	SIP	Line-170S	1,500m	49
	SIP	Line-190S	1,500m	49
	SIP	Line-270S	2,100m	79
	SIP	Line-290S	1,500m	49
	SIP	Line-310S	1,800m	64
	SIP	Line-330S	1,500m	49
	SIP	Line-350S	1,500m	49
	III	SIP	Line*1345S	2,000m
SIP		Line-1375S	2,000m	74
SIP		Line-1405S	2,000m	74
SIP		Line-1420S	1,800m	64
SIP		Line*1430S	2,000m	74
SIP		Line-1450S	2,000m	74
SIP		Line-20E	1,600m	54
IP		Line-1330S	2,000m	80
IP		Line-1360S	2,000m	80
IP		Line-1390S	2,000m	80
IP		Line-1420S	2,000m	80
IP		Line-1440S	2,000m	80

* Total 27 Lines (IP Survey : 5 Lines, SIP Survey : 22 Lines)

* Total 1,490 Points (IP Survey : 400 points, SIP Survey : 1,208 points)

第1年次には、C-1 鉱床の直上及びその南側に ENE-WSW 方向の SIP 法測線を設定した。第2年次には、第1年次の測定による南西端の IP 異常帯を含み、さらに南西側の地化学異常帯を包括した地域 (Morro do Acampamento 周辺部) に ENE-WSW 方向の SIP 法測線を設定した。第3年次には、Morro do Acampamento 南西部に位置する Alvo 10P 地区で、地化学異常の検出された地域に E-W 方向の IP 法及び SIP 法測線を交互に計10本、N-S 方向に SIP 法測線を1本設定した (Fig. III-7)。

4-2-2 調査結果

(1) C-1 鉱床周辺部

C-1 鉱体周辺では、300 Ω m 未満の低比抵抗帯が南北方向に連続する傾向があり、その両側には300 Ω m 以上の比抵抗が分布する。C-1 鉱体は深度50m 以浅に存在しており、SIP 法では深度100~150m 付近の比抵抗は300 Ω m 程度、更に深部は1000 Ω m 以上である。地質的には、前者は片岩類 (Pip4vxt1) 層) に対応し、後者は角閃岩 (Pip 3層) に対応する。IP 異常は300 Ω m 以上の比抵抗帯に認められ、高比抵抗帯ほど強い IP 効果が検出されている。その IP 異常の示徴形態は拡散する傾向が認められることから網状~鉱染状の異常源に誘起されたものと推定されるため、現在確認されている地表浅部の塊状鉱床 (C-1 鉱体) は深部で角閃岩に胚胎する網状~鉱染状鉱体に変化している可能性が強く、その網状~鉱染状硫化鉱物が測線15S、35S の中央部の IP 異常を誘起していると考えられる。また、その異常源は南部ほどまとまりがなく、異常値の低下が認められることから劣化していると考えられる。

スペクトルパターンは、浅部の塊状硫化鉱床を反映したものと深部の鉱染状鉱化帯を反映したものの2種類に区分できる。即ちコール・コール図では前者 (Fig. III-8(A)) は後者 (Fig. III-8(B)) に比べ高周波数領域で虚数部の変化が大きい。

(2) Morro do Acampamento 周辺部

本地域は第1年次に IP 異常が検出された測線150S を中心とする Morro do Acampamento 北麓 (ブロック北部) とさらに800m 南側に離れた第1年次の地化学異常域を中心とする Morro do Acampamento 西麓 (ブロック南部) とに分けられる (Fig. III-7)。

本調査地区では、Morro do Acampamento を中心とする1,000 Ω m 以上の高比抵抗分布域と、その周辺に分布する1,000 Ω m 以下の分布域とが明瞭な比抵抗コントラストを示す。比抵抗コントラストの強い箇所は、地層の境界あるいは断層構造を反映していると考えられ、その方向は N-S~NE-SW 系である。

ブロック北部の IP 示徴は、Pip₄vxt₁層の分布域に認められ、そのスペクトルパターン (Fig. III-8(C)) は黄鉄鉱を主体とする硫化鉱物に起因すると考えられるものである。この硫化鉱物は、IP 示徴形態から判断すると本ブロック全体では鉱染状であると考えられ、測線150S 付近では硫化鉱物の濃集部

の胚胎が期待できる示徴形態を示した。この示徴形態について二次元モデルシミュレーションした結果、測線150S付近には地表下70m以浅と150m以深の2つの異常源が推定され、浅部のものは、測線150S付近では高比抵抗分布域に分布し、測線160S付近で消滅する。深部のものは、東傾斜を維持しつつ緩やかに南方深部（測線160S以南）に伸長分布しているが、測線150S以北には存在しない。

ブロック南部の見掛比抵抗は、高・中・低比抵抗分布域に明瞭に分類できる分布形態を呈する。高比抵抗域は、Morro do Acampamentoを中心として分布し、中比抵抗域はMorro do Acampamentoの西麓に分布し、その更に西側には低比抵抗域が分布する。これらの比抵抗域は、いずれも南北に連続し、南北系の地質構造を反映している。

ブロック南部のIP示徴分布域は、2箇所認められる。一つはMorro do Acampamentoを構成しているPip₄vxt₂層分布域に分布し、他の一つは、測線270S、310S、330S、及び測線350Sの西端の100Ωm～300Ωmの比抵抗分布域に認められる。前者（Fig. III-8(D)）は、弱い鉱染状硫化鉱物によると考えられるスペクトルパターンを示し、後者（Fig. III-8(E)）は、含石墨石英片岩と硫化鉱物を反映していると考えられるC-1鉱体周辺ではみられなかった特異なスペクトルパターンを示す。

当初、含石墨石英片岩が100Ωm以下の比抵抗分布形態に調和するように、地表から緩やかに西傾斜で分布するとすれば、硫化鉱物はその下部に層状に分布している可能性が強いと考えられたが、含石墨石英片岩の影響は深部のスペクトルパターンほど顕著に認められており、MBP-2及びMBP-3のボーリングによって含石墨石英片岩は深部で硫化鉱物と混在していることが判明した。

(3) Alvo 10P 地区

本地域では、広範囲に高見掛比抵抗域が分布するが、南部には低見掛比抵抗域が分布し、その低見掛比抵抗は、地表下150m付近まで連続して、それより深部では高見掛比抵抗に変化する。本地域に分布する片岩類と角閃岩の比抵抗値を比較すると、片岩類に較べ角閃岩の方が低い値を示すが、ここでは、低見掛比抵抗域は地表浅部の風化帯及び水の存在が反映されたものと、断層などによる裂か帯あるいは粘土化帯などによるものが考えられる。裂か帯などに誘引されていると考えられる低比抵抗域は、高見掛比抵抗分布域を分割するように分布する。低比抵抗分布域の伸びの方向はNE-SWとそれに直交するNW-SEである。NE-SW方向のものは断面で見ると、東方へ緩傾斜していると推定される。一方、高見掛比抵抗域は平面的には、地層が複数の断層などによって分割されたようなブロック状の形態を呈するが、片岩(Pip₄層)の分布と調和する。高見掛比抵抗分布域内部の比抵抗値の変化は、Pip₄層に比抵抗値の異なる珪岩あるいは角閃岩、角閃石片岩が挟在するためと推定される。

IP異常は、大きくみて次の3ヶ所に分布するが、これらはスペクトルパターンからみてほぼ同種の異常源に起因すると考えられる（Fig. III-7）。

- (1) 調査地域南部
- (2) 調査地域南東部

(3) 調査地域北部

(1)の IP 異常帯は、低～中比抵抗域の内部に分布する。その IP 異常の断面上の分布形態は、地表浅部から広範囲に一様に分布するので地表浅部に分布する鉱染状の異常源によると考えられる。(2)の IP 異常帯は、比抵抗値の変化の少ない中～高抵抗地域に認められ、(1)の異常帯と連続することから、(1)、(2)の異常帯は同一異常源による可能性が高いが、両異常帯のスペクトルは Fig. III-8 (F), (G)に示すように互いに異なった特性を持つ。(1)の異常帯のスペクトルパターンは黄鉄鉱に起因するが、(2)の異常帯のスペクトルのパターンは、黄鉄鉱からのスペクトルに類似するものの、黄鉄鉱以外の鉱物も含まれる可能性を示す。(2)の異常帯の2次元モデル・シミュレーションによると、異常源の形態はやや角ばった楕円形と推定された。

(3)の IP 異常帯は、高比抵抗値分布域内に認められ、断面図によれば3つの異常源により構成されていると考えられる。IP 異常帯の平面分布域と地化学探査の銅-鉛-亜鉛高異常域が重なることから、この IP 異常分布域内に鉱化帯が存在する可能性が高いと考えた。この異常域についてモデル・シミュレーションを実施し最も IP 異常の強い位置を鉱化帯の中心部と判断した。

CPRM で掘削した PM-138-GO で発見された塊状硫化物鉱床付近のスペクトルパターンは周辺部の IP 異常の強い箇所のスペクトルパターンとほとんど変わらず、黄鉄鉱鉱染帯中の塊状硫化物鉱床抽出の困難さをうかがわせた。

PALMEIRÓPOLIS

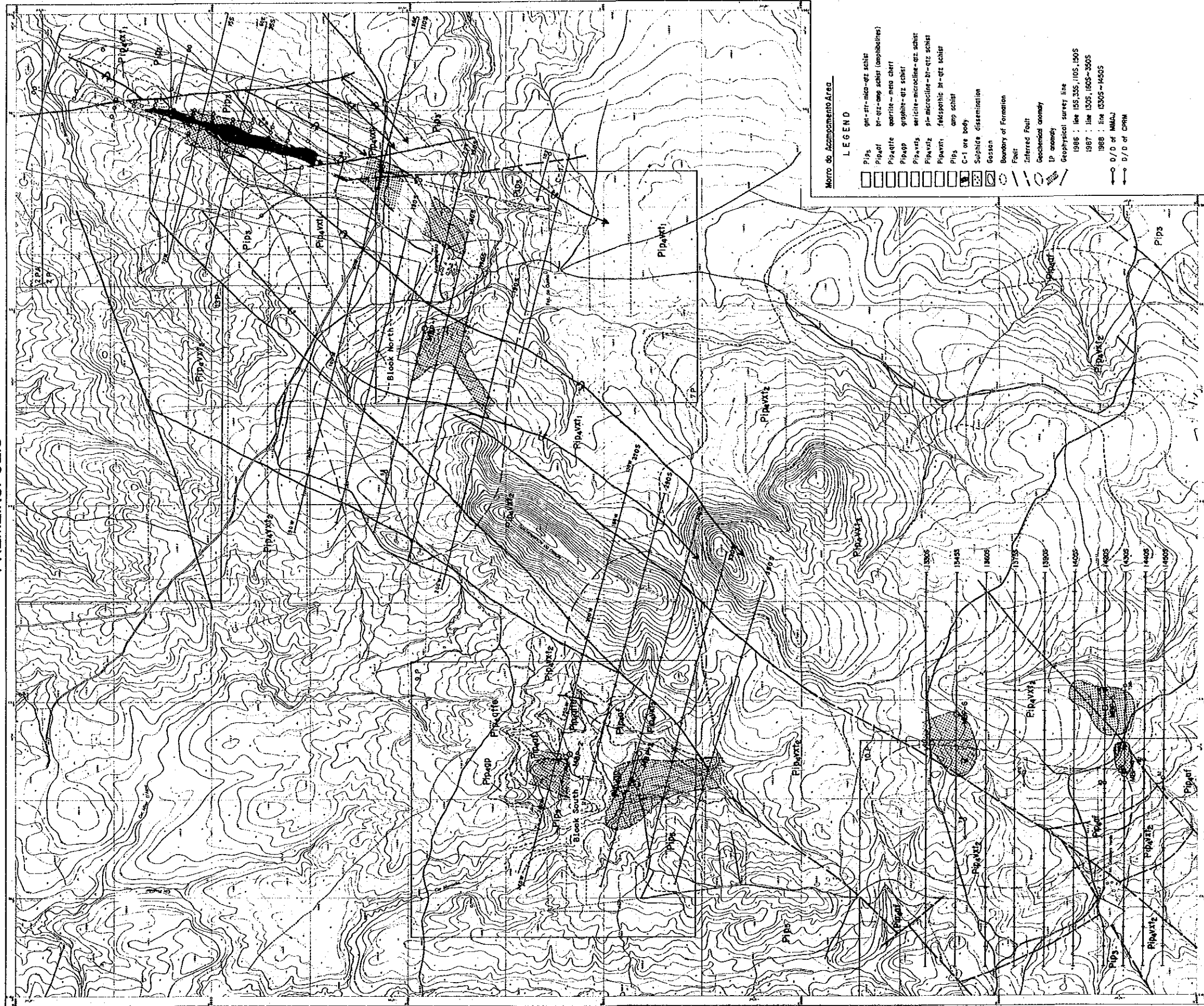


Fig. III-7 SIP-IP Interpretation Map in Morro do Acampamento Area

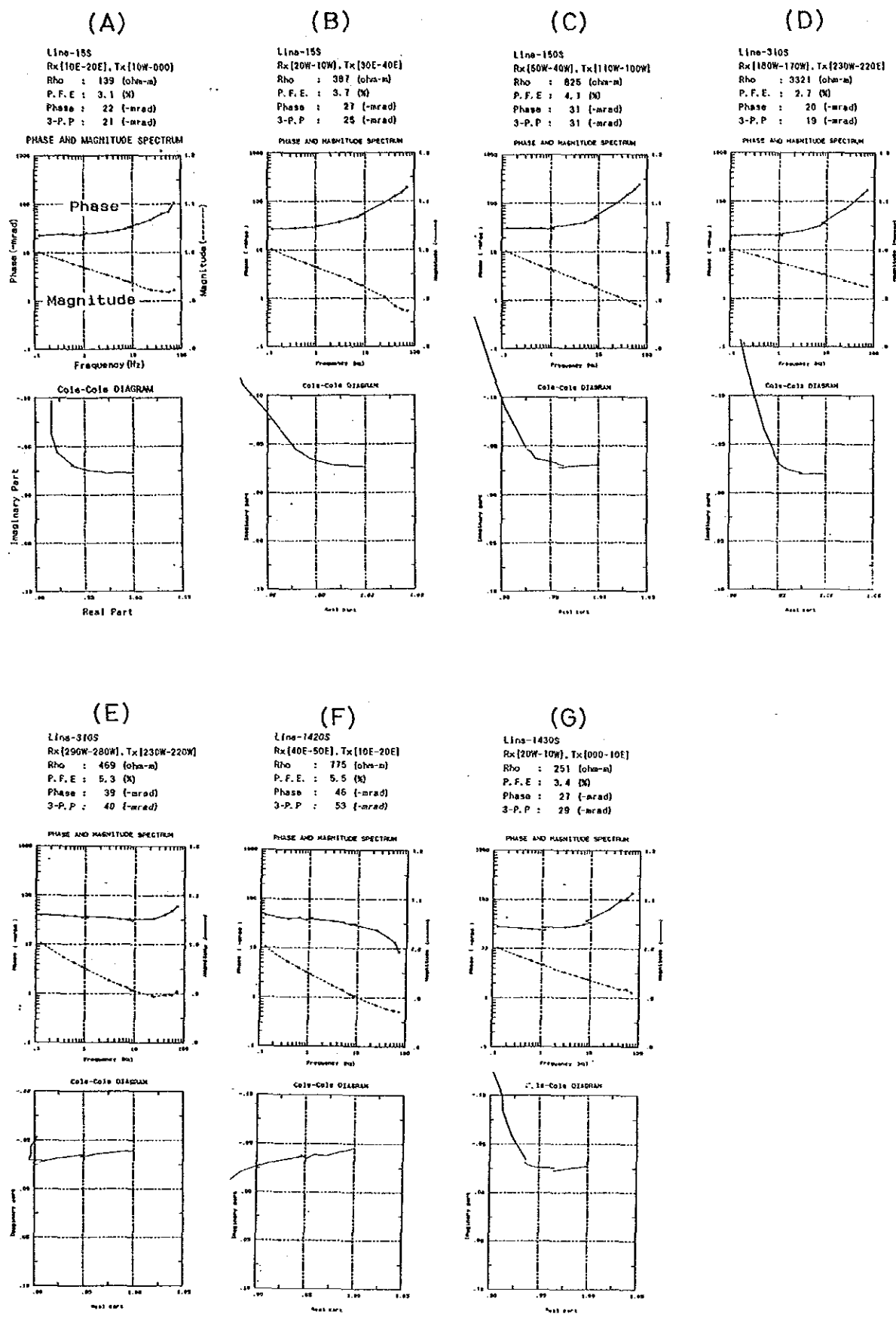


Fig. III-8 Typical SIP Spectra obtained in the Morro do Acampamento Area

第5章 ボーリング調査

5-1 調査概要

第2年次に Morro do Acampamento 地区のほぼ中央部にある Morro do Acampamento の山麓部において、物理探査(SIP法)で得た異常帯の性状解明を目的として3孔(900.37m)、第3年次には、第2年次の南部にある Alvo 10P 地区において、地化学異常の解明、既知鉱化帯(CPRMのボーリングによる)の延長部の追跡及び深部での鉱化帯の発見、物理探査(SIP法、IP法)で得た異常帯の性状解明等を目的として3孔(1,201.77m)、合計6孔(2,102.14m)のボーリング調査を実施した。

掘進作業は現地探鉱会社 GEOSOL に委託し、最終口径を NX サイズとし、普通工法で実施した。コア採取率は、それぞれの孔において99%を上まわった。

各ボーリング孔の位置を Fig. III-7 に、ボーリング調査実施の概要を Table III-6 に、それぞれ示した。

5-2 調査結果

各ボーリング孔の地質及び鉱化の状況は以下の通りである。

1. MBP-1(300.15m, 285°, -60°)

本孔は、物理探査(SIP法)で把握された150m以深のIP異常源の解明を目的とした。

主としてザクロ石—白雲母—黒雲母—石英片岩で構成され、上部に角閃石—緑泥石—黒雲母片岩を挟在する。地層はすべて Pip, vxt₁ に対比した。

IP異常から硫化鉱物が濃集するような鉱化帯を推定したが推定されたような鉱化帯は把握できず、黄鉄鉱の弱い鉱染帯であった。

黄鉄鉱が認められた付近で化学分析を行った。結果は以下の通りであり、鉱化はごく弱い。

Depth (m)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	S (%)
34.50 - 35.00	—	Tr	6	77	121	0.002
87.00 - 87.50	—	Tr	24	15	86	0.05
113.50 - 114.00	—	Tr	130	33	218	0.24
193.50 - 194.00	—	Tr	58	53	159	0.12
266.50 - 267.00	—	Tr	4	19	60	0.001

2. MBP-2(300.12m, 285°, -60°)

本孔は、物理探査(SIP法)で把握された100m以深のIP異常源の解明を目的とした。

地表から168.20mまではPip₄の角閃岩、含石墨石英片岩から成り、それ以深300.12mまではPip₅のザクロ石・十字石・白雲母・黒雲母・石英片岩から成る。

本孔付近の地層は層序の検討結果褶曲のために逆転していると考えた。

Pip₄の最上部に磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱の鉱染状鉱化が認められた。IP異常は、SIPスペクトル及び地表地質から地表浅部では西傾斜の含石墨石英片岩、深部では東傾斜の硫化鉱物の集合であるとしたが、ボーリングの結果でも硫化鉱物(主として黄鉄鉱、磁硫鉄鉱)及び含石墨石英片岩を把握したのでIP異常源と鉱化帯はほぼ一致する。主としてPip₄中の硫化鉱物が賦存する部分で化学分析を実施した。結果を以下に示す。Pip₄最上位で、亜鉛が最大0.1%(コア長1m)に達するものの、他はごく低く、鉱化はごく弱い。

Depth (m)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	S (%)
29.00 - 29.50	-	Tr	71	6	114	0.54
62.50 - 63.00	-	Tr	68	9	67	0.13
94.50 - 95.00	Tr	Tr	106	8	182	0.37
114.50 - 115.00	Tr	Tr	71	6	108	1.37
150.00 - 151.00	Tr	Tr	71	9	117	1.67
151.00 - 152.00	Tr	Tr	94	6	141	2.49
152.00 - 153.00	Tr	Tr	141	11	244	2.60
165.00 - 166.00	Tr	Tr	101	9	1014	0.97
166.00 - 167.00	Tr	Tr	63	9	234	0.51
167.00 - 168.00	Tr	Tr	45	11	128	0.27
195.00 - 195.50	-	Tr	79	20	37	0.002

3. MBP-3(300.10m, 285°, -60°)

本孔は、物理探査(SIP法)で把握された100m以深のIP異常源の解明を目的とした。

地表から144.00mまではPip₄の緑泥石-黒雲母-石英-角閃石片岩から成り、含石墨石英片岩を伴う。それ以深300.12mまではPip₅のザクロ石-十字石-白雲母-黒雲母-石英片岩を主とし、含石墨石英片岩を挟在する。

含石墨石英片岩及び角閃岩等の層序を検討した結果、本孔付近の地層は褶曲のために、逆転していると考えた。

Pip₄の最上部の緑泥石・黒雲母・石英・角閃石片岩中に磁硫鉄鉱、黄鉄鉱の鉱染が認められた。推定したIP異常源の深度と鉱化帯はほぼ一致した。Pip₅内にも極微量の黄鉄鉱、黄銅鉱、磁硫鉄鉱の鉱染が認められた。Pip₄中及びPip₅中で化学分析を実施した。結果は以下の通りである。分析結果はい

ずれも低いものの Pip₄中の亜鉛は Pip₅中のそれより1桁高い値を示す。

Depth (m)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	S (%)
139.50 - 140.50	Tr	Tr	62	14	216	0.78
140.50 - 141.50	Tr	Tr	71	22	345	1.71
184.50 - 185.50	—	Tr	64	14	79	0.002
221.50 - 222.50	—	Tr	88	21	65	0.03

4. MBP-4(400.00m, 垂直)

本孔は、CPRMの探査(PM-52)により発見された鉱化帯の水平方向への追跡とそれより下位の層準での新鉱化帯の発見を目的とした。

本孔の地質は全て Pip₄であるとした。地表から287.65mまでは、白雲母—黒雲母—石英片岩、黒雲母—石英片岩、ザクロ石—白雲母—黒雲母—石英片岩などを主とし、角閃石—黒雲母片岩を挟在する。287.65mから350.10mまでは角閃岩(Pip₄af)であり、黒雲母・石英片岩の薄層を挟在する。350.10m以深400.00mまでは、再びザクロ石—白雲母—黒雲母—石英片岩などを主とし角閃岩の薄層を挟在している。

地表地質及び構造を調べMBP-4, PM-52-GO, PM-137-GOの地質を対比検討した結果この付近の地質構造は、北東方向に傾斜する構造であろうと考えた。

浅部(80m以浅)の白雲母・黒雲母・石英片岩中に、PM-52-GOから連続すると考えられる黄鉄鉱鉱染を主とし、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱を伴う鉱化帯が存在し、下部(286.6~287.65m)のザクロ石—白雲母—黒雲母—石英片岩と角閃岩との境界部に、縞状及び塊状を呈する磁硫鉄鉱が存在し、下位の角閃岩中にも極く微量の磁硫鉄鉱が認められた。化学分析結果を以下に示す。MBP-1, 2, 3に比較して相当高い値を示し、鉱化がより強いことを示す。

Depth (m)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	S (%)
28.50 – 29.25	<0.05	<2	150	470	572	2.0
29.25 – 30.05	<0.05	3	142	1486	0.54*	2.2
30.05 – 31.05	<0.05	10	248	668	1928	1.8
43.40 – 44.20	<0.05	8	1608	3700	1.2*	2.7
44.20 – 44.80	0.05	9	212	3872	1.1*	2.3
44.80 – 45.25	<0.05	<2	34	152	160	1.6
65.10 – 66.10	<0.05	4	142	1592	3960	1.0
66.10 – 66.60	<0.05	18	267	4294	0.69*	1.7
66.60 – 67.35	<0.05	<2	37	120	184	0.60
67.35 – 67.80	<0.05	<2	56	492	1078	0.86
67.80 – 68.65	<0.05	<2	42	228	550	0.84
68.65 – 69.55	<0.05	<2	88	380	784	1.2
69.55 – 70.45	0.10	<2	47	170	272	1.5
70.45 – 71.35	<0.05	7	92	3320	4140	1.9
71.35 – 72.40	<0.05	6	117	2470	4800	2.2
72.40 – 73.65	<0.05	3	86	986	2480	1.1
73.65 – 74.65	<0.05	<2	48	40	106	0.22
77.95 – 78.35	<0.05	2	192	492	1116	0.68
286.60 – 286.85	<0.05	<2	98	25	12	3.0
286.85 – 287.20	<0.05	<2	42	30	32	1.0
287.20 – 287.65	<0.05	<2	550	46	39	7.2

* : %

5. MBP-5(400.45m, 垂直)

本孔は、物理探査(IP法)で把握された100m~200m間の異常値の解明を目的とした。

地質は上部に十字石—ザクロ石—白雲母—黒雲母—石英片岩が、他は白雲母—黒雲母—石英片岩、黒雲母—石英片岩などを主とし、角閃岩層を挟在している。全てPip₄である。

褶曲波面がコアとはほぼ平行に延びる。細かい引きずり褶曲が発達しており、本地域に大規模な褶曲が存在していると考えた。褶曲軸は地表地質からNE-SW方向と推定され、その軸面は西に傾斜していると考えられる。

本孔の中部付近の白雲母・黒雲母・石英片岩中に黄鉄鉱染帯を主とし、極く微量の閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱を伴う鉱化帯が把握された。この鉱化帯は推定されたIP異常源と深度的にほぼ一致する。化学分析結果を以下に示す。MBP-4と一連の鉱化であると考えられるが、鉱化の程度はMBP-4より弱い。

Depth (m)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	S (%)
61.50 – 62.00	<0.05	<2	52	274	1934	0.74
205.00 – 206.00	<0.05	<2	232	28	1511	0.35
206.00 – 207.00	<0.05	<2	126	31	348	0.25
207.00 – 208.00	<0.05	<2	118	20	320	0.12
208.00 – 209.00	<0.05	<2	176	22	1239	0.27
209.00 – 210.00	<0.05	<2	130	20	604	0.17
210.00 – 211.00	<0.05	<2	184	17	748	0.17
211.00 – 212.00	<0.05	2	120	33	626	0.47
212.00 – 213.00	<0.05	<2	57	37	544	0.12
213.00 – 214.00	<0.05	<2	78	47	374	0.27
214.00 – 215.00	<0.05	<2	35	90	320	0.65
215.00 – 216.00	<0.05	<2	41	32	234	0.65
216.00 – 217.00	<0.05	<2	60	102	328	0.49
217.00 – 217.95	<0.05	<2	30	63	194	0.53
218.00 – 219.00	<0.05	<2	27	42	230	0.34
219.00 – 220.00	<0.05	<2	126	9	662	0.54
220.00 – 221.00	<0.05	<2	218	27	350	0.64
221.00 – 222.00	<0.05	<2	409	60	1012	0.57
222.00 – 223.00	<0.05	11	200	444	3540	0.42
223.00 – 224.00	<0.05	2	47	284	960	0.80
224.00 – 225.00	0.05	<2	57	290	1406	1.1
225.00 – 225.90	<0.05	<2	32	69	100	0.37

6. MBP-6(401.32m, 垂直)

本孔は、物理探査(IP法)で把握された150m以浅の異常源の解明を目的とした。

本孔は、全てPip₄であり、ザクロ石—白雲母—黒雲母—石英片岩を主とし、黒雲母・石英片岩、黒雲母—角閃石片岩、角閃岩等の薄層を挟在する。

中部には、褶曲波面がコアとほぼ平行に延びる細かい引きずり褶曲が連続し、本地域にも大規模な褶曲が存在すると考えた。褶曲軸面はNE-SW方向で西に傾斜していると推定される。

物理探査の結果とは異なり72~74m、216~224m及び369m以深に黄鉄鉱を主とする鉱染帯が把握されたが、369m以深には極く微量の黄鉄鉱を主とした鉱染帯があり、点状に極く微量の閃亜鉛鉱などが伴う。化学分析の結果は以下の通りである。369m以深では上部に比較しやや高い値が出ているものの、全体としてMBP-4、MBP-5よりもごく低い値であり、弱い鉱化を示す。

Depth (m)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	S (%)
72.00 – 72.95	<0.05	<2	16	13	83	0.52
73.00 – 74.00	<0.05	<2	17	18	84	0.82
216.00 – 217.00	<0.05	<2	14	11	56	0.24
217.00 – 218.00	<0.05	<2	11	7	65	0.11
218.00 – 218.95	<0.05	<2	14	9	60	0.11
220.00 – 221.00	<0.05	<2	9	10	80	0.10
221.00 – 222.00	<0.05	<2	13	12	58	0.25
222.00 – 223.00	<0.05	<2	14	8	68	0.24
223.00 – 224.00	<0.05	<2	16	6	52	0.25
369.50 – 370.50	<0.05	<2	104	14	948	0.36
370.50 – 371.50	<0.05	<2	34	15	228	0.41
371.50 – 372.50	<0.05	<2	218	17	228	0.11
387.50 – 388.50	<0.05	<2	25	11	134	0.31
388.50 – 389.50	<0.05	<2	21	9	262	0.31
389.50 – 390.50	<0.05	<2	20	8	232	0.28
394.00 – 395.00	<0.05	<2	14	9	182	0.10
395.00 – 396.00	<0.05	<2	25	10	356	0.087

以上が、2年間にわたって実施した各ボーリング孔の地質と鉱化の状況であるが、これらの調査結果は以下のように要約できる。

(1) Morro do Acampamento 地区内、Morro do Acampamento の南西～南部の Alvo 9P, Alvo 10P では鉱化は3つの層準に生じている (Fig. III-9)。

最も下位のものは、Pip₄中の角閃岩 (Pip₄af) と Pip₄中の雲母片岩の境界部に生じた、磁硫鉄鉱を主とする一部塊状の鉱化で、MBP-4孔で把握された。鉱体の上下盤の岩相は層準が異なるものの C-1 鉱床に類似する。鉱化の規模はコア長約1 m と小規模である (Fig. III-9中の⑩)。

中位のものは、Pip₄の中位の雲母片岩中に位置するもので、黄鉄鉱を主とし、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱等を伴うものであり、MBP-4, MBP-5, MBP-6孔で把握された。この鉱化帯の一連のものと考えられる塊状鉱体が CPRM のボーリング (PM-138-GO) で把握された (Fig. III-9中の⑪)。

上位のものは、Pip₄の最上位に位置する含石墨石英片岩中の磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱の鉱染状鉱化で、MBP-2, MBP-3孔で把握された (Fig. III-9中の①)。

(2) 本地域の地質構造は、NE-SW～NNE-SSW 走向の軸をもつ褶曲及び同走向の断層、あるいは NW-SE 走向の断層などのために非常に複雑になっている。従って、同一層準内の鉱化帯でもボーリングによる追跡は大変困難である。

Table III - 6 Summary of the Results of Drilling Survey

Year	No. of Holes	Purpose (Target)	Drilling Period	Azimuth	Inclination	Length (m)	Core Length (m)	Core Recovery (%)	Mineralization
Phase II 1987	MBP-1	An anomalous source detected by geophysical survey	Oct. 6 ~ Oct. 31	285°	-60°	300.15	299.91	99.9	almost no mineralization
	MBP-2	An anomalous source detected by geophysical survey	Oct. 23 ~ Nov. 20	285°	-60°	300.12	299.96	99.9	very weak dissemination of pyrite
	MBP-3	An anomalous source detected by geophysical survey	Nov. 5 ~ Nov. 26	285°	-60°	300.10	298.20	99.3	very weak dissemination of pyrite
Phase III 1988	MBP-4	Lateral extension of known mineralization & new mineralized horizon	Jun. 7 ~ July 1	-	-90°	400.00	399.65	99.9	weak dissemination of pyrite, sphalerite, galena, chalcocopyrite in mica schist (Zn ≤ 1.2%, Pb ≤ 4294 ppm, Cu ≤ 1608 ppm), massive and banded pyrrhotite (286.70 m ~ 287.65 m deep) between mica schist & amphibolite
	MBP-5	An anomalous source detected by geophysical survey	Aug. 9 ~ Aug. 24	-	-90°	400.45	400.45	100	very weak dissemination of pyrite, sphalerite, galena, chalcocopyrite in mica schist (Zn ≤ 3540 ppm, Pb ≤ 444 ppm, Cu ≤ 409 ppm)
	MBP-6	An anomalous source detected by geophysical & geo-chemical survey	Aug. 25 ~ Sept. 7	-	-90°	401.32	401.32	100	very weak dissemination of pyrite, sphalerite, galena, chalcocopyrite in mica schist (Zn ≤ 948 ppm, Pb ≤ 17 ppm, Cu ≤ 218 ppm)

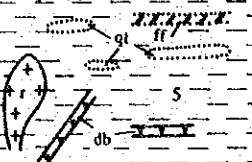
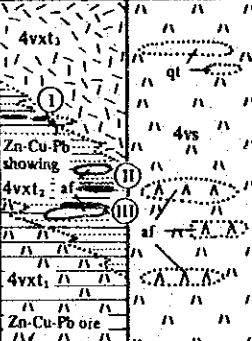
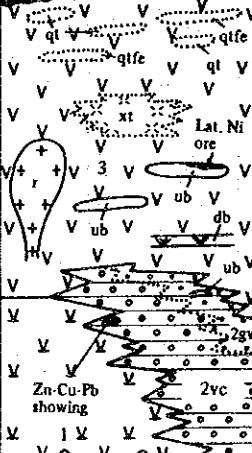
Geological Unit	Columnar Section	Lithology	Metallogeny
Palmeiropolis Volcano - Sedimentary Sequence (RIBEIRO FILHO and TEIXEIRA, 1981)		r : Filo granite 5 : str-bt-mv-qtz sch., ky-bt-mv-qtz sch., gnt-mv-qtz sch. and ky-str-mv-qtz sch. associated with basic sill and dyke (db), banded iron formation (ff) and quartzite (qt)	Fe in iron formation. Kyanite associated with quartzite along fault.
		4vxt ₃ : sc-mc-qtz sch. (rhyolitic composition) 4vxt ₂ : pl-mc-bt-qtz sch. and pl-bt-qtz sch. intercalated with amphibolite (af) (rhyolitic to rhyodacitic composition) 4vxt ₁ : feldspathic bt-qtz sch., str-gnt-bt-qtz sch., bt-anf sch., biotilite and cl. rock (dacitic to rhyodacitic composition) 4vs : feldspathic gnt-bt-qtz sch. and mica sch. including ky. and qcidic meta tuff, with quartzite (qt) and amphibolite (af)	"Stratabound"-type volcanogenic Zn-Cu-Pb massive and disseminated sulfide ore deposits. (Corpo C-1 and Albo 10P) (I), (II), (III) were detected in "Palmeiropolis Project"
		3 : dark fine-grained amphibolite with quartzite (qt), ferruginous quartzite (qtfe), gnt-bt-mv-qtz sch. (xt) and basic to ultrabasic dyke (db, ub) r : Morro Solto granite 2gv : metagraywacke, metaconglomerate and ultrabasic sill (ub) 2vc : acidic to intermediate tuff, lapilli tuff, volcanic breccia and their schist 1 : gabbroic banded coarse-grained amphibolite	Volcanogenic Zn-Cu-Pb massive sulfide mineralization detected by drilling hole of Billiton Metais. Supergene lateritized Ni ore deposit concentrated with ultrabasic "sill" in mine claim of Billiton Metais.

Fig. III-9 Mineralized Horizon in Pip₄

第IV部 Rio Dois de Junho地区

第1章 地質

1-1 地質概要

Rio Dois de Junho 地区はパルメイロポリス全域のほぼ中央部に位置し、面積は150km²である。

調査は、1/50,000の水系図を1/10,000に拡大した水系図と1/25,000の空中写真を利用して、1/10,000のルートマップを作成し、1/20,000の地質図にまとめた。

Rio Dois de Junho 地区周辺の広域的地質は、下位より本地区のすぐ東に分布する始生代の Cana Brava 塩基性—超塩基性岩体(Acb)、本地区付近に分布する原生代下部のパルメイロポリス火山岩—堆積岩類(Pip)、本地区のはるか西方に分布する原生代中部の Serra da Mesa 層群(Pmsm, Pml)と Rio Maranhão カタクラサイト化帯(ct)及び原生代上部の Paranoa 層群(Pspa)から構成されている。

この地質のうち、本地区に主として分布するパルメイロポリス火山岩—堆積岩類は、更に Pip₁, Pip₂, Pip₃, Pip₄ 及び Pip₅ に細分され(DNPM/CPRM, 1983)、ほぼ NE-SW ~ N-S に伸びた帯状の分布を呈する。

小規模の貫入岩類も見られる。

1-2 地質各説

本地域には、パルメイロポリス火山岩—堆積岩類(Pip₁ ~ Pip₅)のみが分布するが、西部約1/3は Pip₅ が占め、残り2/3については、東西の両側から中心部に向けより新しい地層が分布している。全体の地層の走向は中央部付近を境とし北部では NE-SW 系、南部では N-S 系である。

1-2-1 地質層序

(1) Pip₁ 層

分布

本地区最下位の地質で、地区北東端部に小規模に分布する。新鮮な岩石の露出は沢沿いに限られる。

岩相

暗緑色を呈し、斑れい岩質粗粒角閃岩より成る。風化部は赤褐色細粒の土壤となっている。

(2) Pip₂ vc 層

分布

本層は、北東端部及び東端部に極く小規模に分布する。

岩相

灰色～褐色を呈し、白雲母、黒雲母、長石及び石英を含むラテライト化した片岩で、東端部ではザクロ石を含む。又、北東端部の一部では、花崗岩質のところもあり、近傍にはペグマタイトの転石も見られる。

(3) Pip₃層

分布

本層は、北東部から東部及び北部から南西部にかけて帯状に分布する。

岩相

暗緑灰色堅硬緻密な細粒角閃石片岩を主体とし、上位の Pip₄ vs 層に近い所では、場所によって石英—斜長石から成る優白質部と角閃石から成る優黒質部との縞状組織あるいはレンズ状の石英が見られる。珪岩 (qt)、含鉄珪岩 (qtfe)、雲母—石英片岩 (xt) を挟在する。

(4) Pip₄ vs 層

分布

本層は、北東部から南西部に調査面積の約 2 分の 1 を占め広く分布する。

岩相

新鮮な岩石は灰色の長石—白雲母—黒雲母—石英片岩～片麻岩より成る。本層は風化すると赤褐色を呈した雲母—石英片岩となる。

珪岩 (qt) 及び角閃岩 (af) を挟在する。角閃岩の岩相は Pip₃ 層の岩相とほとんど変化がなく、主として暗緑灰色で細粒の角閃石片岩より成る。

(5) Pip₅層

分布

本層は、北部から南西部、更に地域外へ広く分布する。

岩相

黄褐～赤褐色を呈し、ザクロ石—雲母—石英片岩を主体とし、北西部で Pip₃ 層との境界から 500m 以西に最大 1 cm の十字石が認められる。局部的に珪岩 (qt) 及び明灰色で緻密な炭酸塩—珪酸塩岩 (cs) を挟在する。本層は塩基性岩シル・岩脈 (db) に貫かれている。

1-2-2 貫入岩類

本地区内の貫入岩類は、花崗岩類 (γ) 及び塩基性岩類 (db) から成る。

(1) 花崗岩類 (γ)

分布

地区中央のやや北部に、幅約200m、延長約1.2kmの花崗岩々体が NNE-SSW 系に分布する。

岩質

明灰色で平均2mm大の結晶から成る等粒状白雲母花崗岩で、局部的に5mm以上の結晶から成る白雲母—カリ長石—石英ペグマタイトをレンズ状に伴う。また、前述の Pip₃ vs 層の新鮮な岩相と全く同じ片麻岩類の捕獲岩が数ヶ所で認められる。花崗岩類と片麻岩類の境界は、野外においても鏡下でも明瞭ではない。

貫入時期

本プロジェクト地域内の花崗岩類の貫入時期は、原生代中期前後と考えられている (JICA/MMAJ, 1986)。

(2) 塩基性岩類 (db)

分布

Pip₅ 層中に小規模に見られる。

岩質

緑色～暗緑色を呈した粗粒角閃岩で、一部細粒の斑れい岩も認められる。場所によって微小な硫化鉱物を含む石英細脈あるいは硫化鉱物鉱染が認められる。

1-3 地質構造

岩石の分布形態、地層の走向・傾斜、土壌の性質及び写真地質などを参考にすると、ほぼ NE-SW 系～N-S 系の地質構造が卓越する。すなわち、Pip₅ 層を除くと、地区中央やや東側の向斜軸 (一部転倒) を中心に Pip₃ 層と Pip₄ 層がほぼ対称的な分布を示している。

断層構造は、NE-SW 系と NW-SE 系が顕著である。両者の関係は、水平成分の転位のセンスを比較すると、前者が右手横ずれ断層、後者が左手横ずれ断層で、互いに共役な関係にあると推定される。

中規模構造としての片理面は、複数の方向が認められるが、主要な片理面の方向は、地層の分布とそれ程斜交しない。

第2章 鉱化作用

本地区の鉱徴地は、東端部の Pip₄ vs 層と Pip₃ 層の境界部に分布するゴッサン及び北部の変塩基性岩類中の硫化鉱物鉱染の2ヶ所のみである。

前者のゴッサンは、褐鉄鉱及び石英網状細脈から成る最大径1mの転石が、50mの範囲内に点在している。分析値は、Au:Tr, Ag:Tr, Cu:0.00%, Pb:0.00%, Zn:0.01%である。

後者の硫化鉱物は、10mの範囲内に点在している最大径50cmの角閃岩の転石の石英細脈中に鉱染状に認められる。鏡下では、脈石鉱物中に粒状の磁硫鉄鉱が散在し、極く少量の黄銅鉱及び硫鉄ニッケル鉱と共生する。さらに磁鉄鉱やチタン鉱物も少なからず認められる。

第3章 土壌による地化学探査

3-1 調査概要

第1年次の調査により、本地区にはパルメイロポリス鉱床を胚胎する母岩と同一層準の Pip₄ 層が分布することが把握され、分布域には Cu-Pb-Zn 異常が捕捉された。そこで第2年次の調査は Pip₄ 層の分布形態を明確にすることにより鉱徴の発見に努め、かつ地化学探査（河川堆積物）の異常帯を解明することを目的とした。

調査にあたっては、1/50,000水系図を1/10,000に拡大した水系図と1/25,000の空中写真を使用し、平均13~14個/kmの採試密度で合計2,008個の土壌(B層)試料を採取した。試料の採取は主要な道路及び河川沿いに行ない、さらに全域にわたって測線を設底して行ない、均等な採試密度となるようにした。

採取試料は、原子吸光法により、Cu, Pb, Zn を分析し、分析データは統計処理し、単一変量解析及び多変量解析を行った。

単一変量解析：

各成分の異常値を抽出する目的で、ヒストグラム及び累積頻度分布図を作成した(Fig.IV-1)。

異常しきい値の決定は、Sinclair(1974)によった。すなわち、累積頻度分布図の曲点から、Cu及び異常値母集団（以下A母集団）と2つの後背値母集団（以下B(I)母集団、B(II)母集団）の3つの母集団に、PbはA母集団と後背値母集団（以下B母集団）の2つの母集団に分けられ、各母集団ごとに1%値と99%値を比較し、それぞれの元素のしきい値を決定した(Table IV-1)。

各成分の相関係数は Table IV-2 に示すとおり、Cu及びZnの非常に強い正の相関が認められる。

多変量解析：

昨年度同様、因子分析法により、2つの因子が抽出された(Table IV-3)。第1因子は Zn-Cu、第2因子は Pb-Cu(-Zn)である。

3-2 調査結果

(1) 単一変量解析

データ処理段階で得られた各成分の異常値は、水系図にプロットされた(Fig.IV-2)。Morro do Acampamento 地区では各成分とも岩相（角閃岩類と片岩類）によって含有量が異なることから、岩

相別に解析されたが、本地域では、それ程の含有量の差がないため、全試料の解析のみ実施した。

銅(Cu)

A母集団の1%、B(II)母集団の24%及びB(I)母集団の0.9%を含む41ppm以上56ppm未満のグループIIIは、ほとんど角閃岩の分布域と一致する。また、A母集団の73%、B(II)母集団の17%を含む56ppm以上95ppm未満のグループIIは、角閃岩の分布域のうち、特にCu含有量の高い地域である。A母集団の26%、B(II)母集団の1%を含む95ppm以上のグループIは、比較的まとまったものは角閃岩の分布域で5ヶ所、角閃岩以外の地域で同様5ヶ所抽出された。

鉛(Pb)

A母集団の19%及びB母集団の27%を含む22ppm以上35ppm未満のグループIIの分布域と、A母集団の80%及びB母集団の1%を含む35ppm以上のグループIの分布域は、岩相の分布とは一致しない。しかし、角閃岩中のグループIの分布域より、片岩類中のものがより多く抽出された。特にまとまったものとして中央やや南部のPip₄層中のものが2ヶ所あげられる。

亜鉛(Zn)

Cuの分布域と似た分布を示す。すなわちA母集団の1%、B(II)母集団の7.5%及びB(I)母集団の2%を含む31ppm以上37ppm未満のグループIIIの分布域と、A母集団の45%、B(II)母集団の90.5%及びB(I)母集団の1%を含む37ppm以上70ppm未満のグループII分布域は、角閃岩の分布域とほとんど一致する。また、A母集団の54%及びB(II)母集団の1%を含む70ppm以上のグループIの分布域も、角閃岩分布域に含有されるが、角閃岩分布域以外では、4ヶ所が抽出された。

(2) 多変量解析

第一因子、第2因子の解析図をFig.IV-2に示す。

第一因子(Zn-Cu)

因子得点が1.0以上を高因子得点、0.5以上1.0未満を中因子得点として表示した結果、単一変量解析のCu・Zn同様、角閃岩の分布域とほとんど一致した。

本因子は、角閃岩で代表される母岩の特性を反映したものと考えられる。

第2因子(Pb-Cu-(Zn))

第1因子同様の処理をした結果、因子得点1.0以上の高因子得点帯のほとんどはPbのグループIの分布域に一致する。

したがって本因子は、鉛鉱化作用に関連したものかも知れない。この第2因子(Pb-Cu)の1.0以上の高得点は南部と西部に比較的多く認められるが、第1因子のようなまとまりは認められず、分布の方向性も顕著でない。この第2因子(Pb-Cu)の高得点帯にCu、Pb、Znの第一級の異常帯が重なる地区が、南部のPip₄ vs 層中に2ヶ所抽出された。このうち、特に南側のものはPip₃層の直上で層準的に興

味深かったが、極く小規模であった。

第2因子が、 Pip_4 層中で Pip_3 層との境界付近に存在するパルメイロポリス鉱床と同じタイプの鉱化作用に関係するものであるなら、第2因子の高得点は第1因子の得点分布すなわち角閃岩類の分布にほぼ平行して分布するであろうという地球化学的な理由、及び地質調査によって顕著な鉱徴が認められなかったという理由から、この地区にパルメイロポリス鉱床と同タイプの鉱床の存在する可能性は少なく、存在しても小規模なものであろうと結論づけた。

Table IV - 1 Results of Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data of Soil (Rio Dois de Junho Area).

	Values in ppm			Total data		Anomalous		Background (II)		Background (I)	
				%	No.	%	No.	%	No.	%	No.
Cu	Group I \geq 95			1.7	35	26	26	1	9	-	-
	Group II \geq 56			11.4	228	73	73	17	154	0.1	1
	Group III \geq 41			11.3	227	1	1	24	217	0.9	9
	Group IV < 41			75.6	1,518	-	-	58	524	99.0	994
	Max	Min	Mean	100	2,008	100	100 (5%)	100	904 (45%)	100	1,004 (50%)
196	3	25.1									
Pb	Group I \geq 35			4.9	99	80	80	/		1	19
	Group II \geq 22			26.6	534	19	19			27	515
	Group III < 22			68.5	1,375	1	1			72	1,374
	Max	Min	Mean	100	2,008	100	100 (5%)		100	1,908 (95%)	
	200	4	18.6								
Zn	Group I \geq 70			8.7	174	54	163	1.0	11	-	-
	Group II \geq 37			56.8	1,141	45	136	90.5	999	1	6
	Group III \geq 31			4.9	98	1	3	7.5	83	2	12
	Group IV < 31			29.6	595	-	-	1.0	11	97	584
	Max	Min	Mean	100	2,008	100	302 (15%)	100	1,104 (55%)	100	602 (30%)
202	5	23.0									

Table IV - 2 Correlation Matrix of three Elements of Geochemical Data of Soil (Rio Dois de Junho Area)

	Cu	Pb	Zn
Cu	1.000		
Pb	0.350	1.000	
Zn	0.713	0.211	1.000

Table IV - 3 Results of Factor Analysis of Geochemical Data of Soil (Rio Dois de Junho Area)

Factor Loadings (varimax rotation)			Communality
	Factor 1	Factor 2	
Cu	0.720	0.462	0.7315
Pb	0.098	0.587	0.3539
Zn	0.819	0.234	0.7255
Factor contributions	87.671%	14.291%	

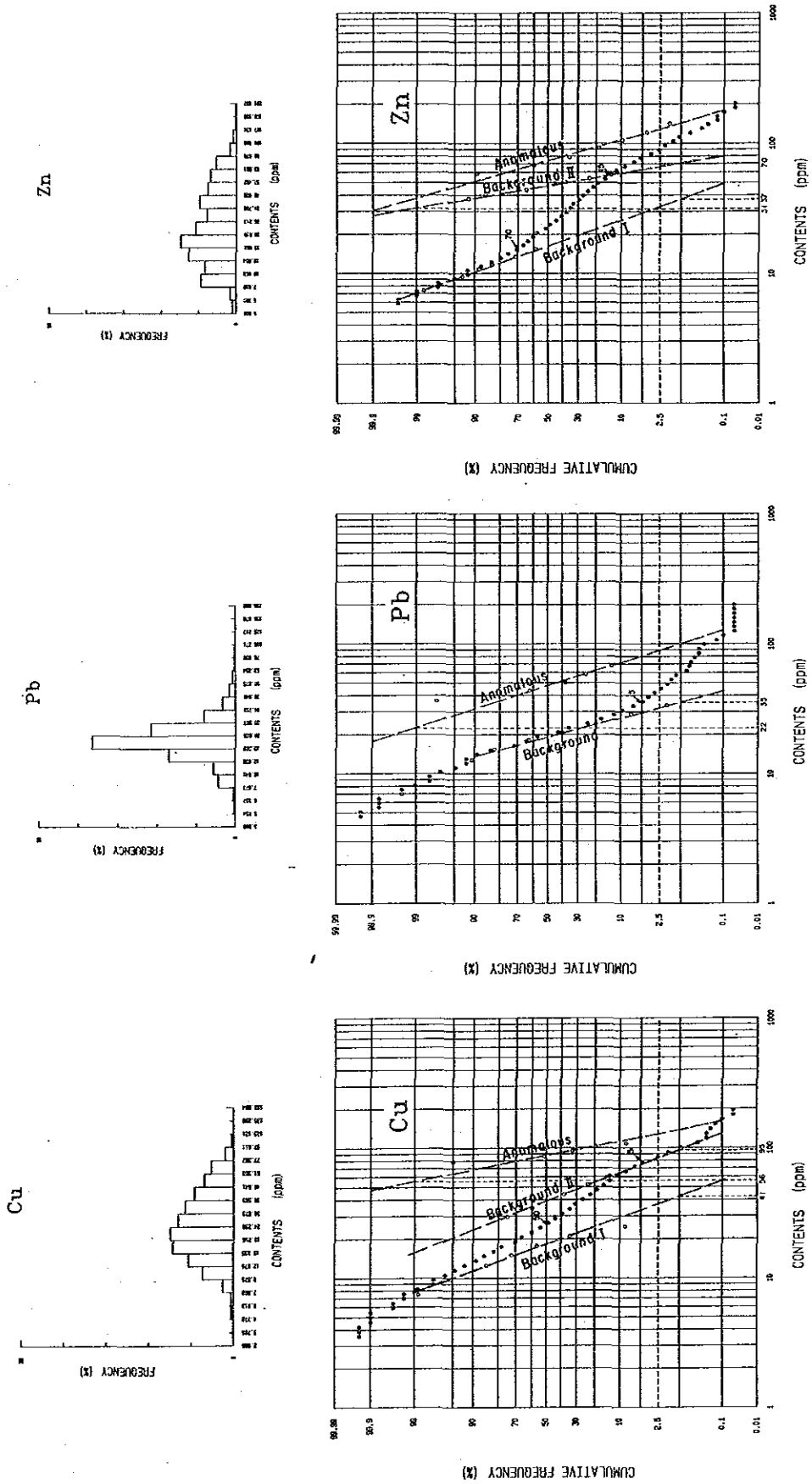


Fig. IV - 1 Histogram and Cumulative Frequency Distribution of Cu, Pb and Zn of Soil (Rio Dois de Junho Area)

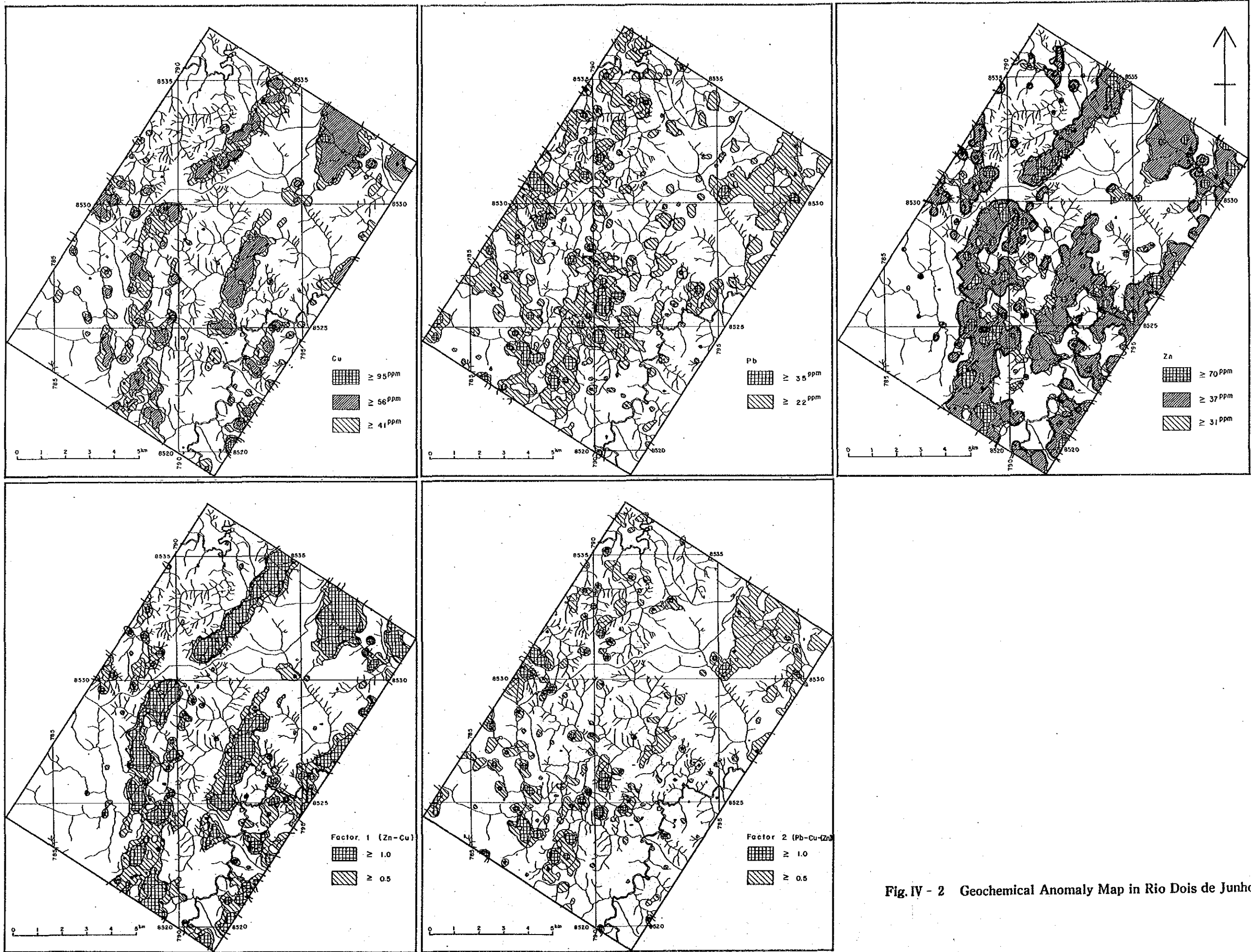


Fig. IV - 2 Geochemical Anomaly Map in Rio Dois de Junho Area

第V部 結論及び将来への提言

第1章 Morro do Acampamento 地区

1-1 結論

Morro do Acampamento 地区では、パルメイロポリス鉱床と同様の銅—鉛—亜鉛鉱床の賦存の有無を確認するため、3年間にわたって地化学探査(概査：河床堆積物、精査：土壌)、物理探査(概査：CSAMT法、精査：SIP法、IP法)及びボーリング調査(6孔)を実施した。これらの調査結果から得られた結論は次の通りである。

- (1) 河床堆積物による地化学探査の結果、鉱化作用に起因すると考えられる銅—鉛—亜鉛の地化学異常が Alvo 1P, 2P, 7P, 9P, 10P, 11P に得られ、土壌地化学探査の結果では、鉱化作用に起因すると考えられる鉛—亜鉛異常が Alvo 7P, 9P, 10P, 13P に、また銅—亜鉛異常が Alvo 11P に得られた (Fig. II-7, III-2 参照)。
- (2) Morro do Acampamento 北東部の Alvo 7P では、IP 異常域と地化探異常域が重なった場所に、ボーリングを実施したが、パルメイロポリス鉱床の胚胎層尺と同層準の地層は存在するものの明瞭な鉱化作用を捕捉するに至らなかった (Fig. III-7 参照)。
- (3) Morro do Acampamento 南西部の Alvo 9P では、強い IP 異常を示す2地域で2本のボーリングを実施し、幅70m~100mにわたり最大7 wt%に至る硫化鉱物(黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱)の鉱染帯と含石墨石英片岩薄層の互層を捕捉した (Fig. III-7 参照)。
- (4) Morro do Acampamento 南西方の Alvo 10P 東部では、IP 異常と地化学異常域が重なる3地域で3本のボーリングを行い、微量の黄銅鉱・方鉛鉱・閃亜鉛鉱を伴う黄鉄鉱鉱染帯を捕捉した (Fig. III-7 参照)。
- (5) Alvo 10P の鉱染帯は隣接して、または近くに存在すること、胚胎層がいずれも雲母片岩であること、鉱種及び産状が類似すること、物理探査の結果でも連続して考えられることなどから一連のものであると推定する。また、これらの IP 異常域のひとつで CPRM のボーリングにより塊状の銅—鉛—亜鉛の鉱床が発見されたので、黄鉄鉱を主体とする鉱化帯と塊状鉱床も一連のものであると推定した。
- (6) 以上から、Morro do Acampamento 地区、特に Morro do Acampamento の南方では、さらに詳細な調査をすることにより、鉱床の規模、鉱量等を確認し最終的に評価すべきである。
- (7) 物理探査のうちの IP 法、SIP 法は黄鉄鉱の鉱化帯の把握には有効であったが、その中の閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱などの存在及びそれらの位置等の判別には有効でなかった。これは閃亜鉛鉱、

方鉛鉱、黄銅鉱が黄鉄鉱の鉱染帯内で塊状鉱床を形成している部分 (CPRM のボーリング PM-138-GO で把握された鉱化帯) では塊状鉱床の規模が黄鉄鉱鉱染帯の規模に比較して小さく、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱が黄鉄鉱鉱染帯内に散在するような形体で含まれる場合 (MBP-4, MBP-5, MBP-6 等まで把握された鉱化) には、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱が黄鉄鉱に比較し微量であったことが原因と考えられる。従って、広い黄鉄鉱鉱染帯には含まれる閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱等の有無、それらの位置等の判別には SIP 法、IP 法では限界がある。しかし、以上のような諸条件が満たされた場合では、SIP 法は鉱種判別に有効な手法であると考えられる。

1-2 将来への提言

上述の結論から、将来の調査のため次項を提言する。

- (1) 2 年次及び 3 年次の調査から明らかのように、Pip₄ 層には少なくとも最下部、最上部、中部に銅-鉛-亜鉛の層準規制鉱床が存在することが判明した。従って、本層準が存在し、地化学探査の異常が未調査のまま残っている地域は、物理探査 (SIP 法、IP 法)、ボーリング調査の順の調査と提言する。
- (2) Morro do Acampamento 南西部で IP 異常が未調査のまま残されている地域は、ボーリング調査により鉱化の有無の確認を提言する。
- (3) Alvo 10P 東部の鉱化帯では塊状の鉱床が発見されているので、鉱床の評価のためにも、既知鉱化帯の周囲、特にその東部、東北部、南西部において、物理探査及びボーリング等による詳細な調査を提言する。
- (4) 調査にあたっては、既存のボーリングコアも含めた岩石地化学探査等を実施することにより鉱床胚胎層の上・下位層の層序を組み立てること、ボーリング調査にあたっては、この層序を考慮するとともに地質構造、特に褶曲構造を考慮した計画を企てるべきであることを提言する。即ち、本調査地域では NE-SW 方向の軸をもち、SE 方向に傾斜する褶曲軸面をもつ褶曲構造があると推定されるので鉱床の形体もこの褶曲構造に規制されていると考える。従って NW に向ける傾斜ボーリングを NE 方向に配列させて、複数実施することが有効と考える。

第2章 Rio Dois de Junho 地区

2-1 結論

本地区においては、第1年章、第2年次にそれぞれ河床堆積物による地化学探査、土壌による精密な地化学探査が実施された。その結果、層準的に興味深い Pip₄ 層中に銅—鉛—亜鉛の地化学異常を捕捉したが、いずれも小規模であり、パルメイロポリス鉱床と同タイプの鉱床が存在する可能性は小さく、存在したとしても極く小規模なものであろうと結論した。

2-2 将来への提言

本地区においては、鉱床があったとしても、経済的価値は低いと考えられ、今後の調査の必要はない。

REFERENCES

REFERENCES

- (1) Almeida F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B. and Fuck R.A. — 1981 — Brazilian structural provinces; an introduction, *Earth-Sci., Rev.*, 17: 1-29.
- (2) Almeida F.F.M. e Hasui, Y. — 1984 — O Precambriano do Brasil.
- (3) CNEN/DNPM/CPRM — 1973 — Levantamento Aerocintilométrico Projecto Serra da Mesa.
- (4) CNEN/DNPM/CPRM — 1977 — Projecto Serra da Mesa II-Goias, Relatorio Final.
- (5) CPRM — 1984 — Projecto Plameiropolis Informe Tecnico.
- (6) DNPM — 1975 — Carta Geologica do Brasil ao Miliodesimo, Folha Goias SD-22.
- (7) DNPM/MME — 1981 — Projecto RADAMBRASIL, Vol. 25.
- (8) DNPM — 1981 — Geologia e Inventario dos Recursos Minerais do Regiao Central do Estado de Goias — Projecto Brasilia —.
- (9) DNPM — 1981 — Os Principais Depositos Minerais do Regão Centro-Oeste.
- (10) DNPM — 1983 — Levantamento Aerogiofisico do Projecto Palmeiropolis-GO.
- (12) DNPM — 1983 — Garimpos do Brasil.
- (13) DNPM — 1984 — Garimpos do Brasil.
- (14) DNPM — 1984 — Geologia do Brasil
- (15) DNPM — Projecto Mapas Metalogeneticos e de Previsão de Recurais Minerais — Porangatu — Folha SD-22-X-D.
- (16) DNPM — Projecto Mapas Metalogeneticos e de Previsão de Recurais Minerais — Alvorada — Folha SD-22-X-B.
- (17) Whitten, E.H. Timothy — 1966 — *Structural Geology of Folded Rocks*, Rand Mc. Nally & Company.
- (18) Girardi A.V. and Kurat G. — 1982 — Precambrian Mafic and Ultramafic Rock of the CANA BRAVA Complex, Brasil.
- (19) Hasui Y. et al. — 1980 — Datacoes Rb-Sr e K-Ar Centro Norte do Brasil e seu Significado Geologico-Geotectonico, XXXI Congresso Brasileiro de Geologia.
- (20) Guilbert, John M. and Park, Charles F. Jr. — 1986 — *The Geology of Ore Deposits*, W.H. Freeman and Company
- (21) Louis L. — 1978 — Aspectos Geotectonicos da Africa Ocidental a Leste do Golfo da Guine com Refrencia as Conexoes Estruturais e Litologicas Brasil e Africa, XXX Congresso Brasileiro de Geologia.

- (22) Meyers, R.E. and MacLean, W.H. — 1983 — The geology of the New Inco copper deposit, Noranda district, Quebec, CAN. J. EARTH SCI., Vol. 20, 1291-1304.
- (23) Miyashiro, A., — 1965 — Metamorphic Rocks and Metamorphic Belt, Iwanami Shoten (in Japanese)
- (24) MMAJ — 1979 — Report on Technical Development for Mineral Exploration-SIP Method (in Japanese)
- (25) MMAJ — 1985 — Report on Morro Agudo and Palmeiropolis Project, Brasil.
- (26) JICA/MMAJ — 1986, 1987 — Report on the Cooperative Mineral Exploration in the Palmeiropolis Area, Federative Republic of Brazil.
- (27) Sato, Takeo. — 1983 — Kuroko-type Deposits in Earth's History, The Society of Mining Geologists of Japan, Mining Geology Special Issue No. 11. (in Japanese)
- (28) Severin, P.W.A. — 1982 — Geology of the Sturgeon Lake Copper-Zinc-Lead-Silver-Gold Deposit, CIM. Bull., Vol. 75, 107-123.
- (29) Sinclair, A.J. — 1974 — Selection of Threshold Values in Geochemical Data Using Probability Graphs, J. Geochem. Explo., 3, 129-149.
- (30) Suszczynski, E. — 1981 — South America, Structural Framework, Chapter 13 in Precambrian of the Southern Hemisphere. ed by D.R. Hunter, ELSEVIER

CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DNPM: Departamento Nacional da Produção Mineral

MMAJ: Metal Mining Agency of Japan

JICA: Japan International Cooperation Agency

10