

1. 關於本會之宗旨及任務

2. 關於本會之組織及成員

3. 關於本會之經費及資產

4. 關於本會之章程及修訂

5. 關於本會之附屬機構

6. 關於本會之其他事項

7. 關於本會之決議及執行

8. 關於本會之法律地位

9. 關於本會之解散及清算

10. 關於本會之其他事項

11. 關於本會之其他事項

12. 關於本會之其他事項

13. 關於本會之其他事項

14. 關於本會之其他事項

ブラジル連邦共和国 パルメイロポリス地域
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

JICA LIBRARY



1072474[8]

18758

平成元年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

18758

は し が き

日本国政府はブラジル連邦共和国政府の要請に応え、同国の中央部に位置するパルメイロポリス地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査・地化学探査、物理探査及びボーリング調査等の鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は、昭和61年度から昭和63年度までの3ヶ年にわたって実施され、ブラジル連邦共和国政府関係機関である鉱山動力省鉱産局及び鉱物探鉱公社の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、3年間の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力いただいたブラジル連邦共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ブラジル連邦共和国日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成元年2月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団

理事長 佐 藤 淳一郎

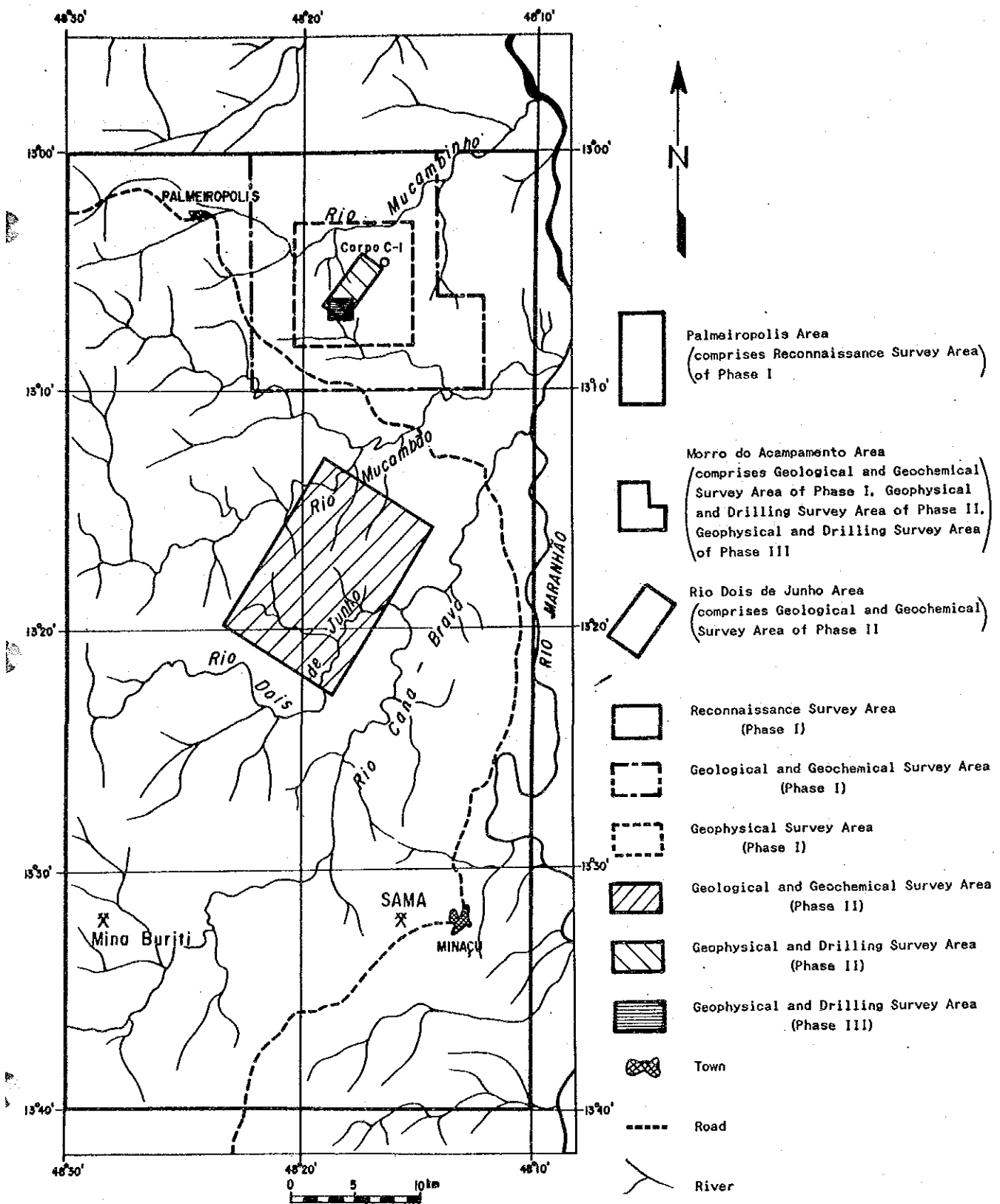


Fig. 2

Location Map of the Surveyed Area

要 約

ブラジル連邦共和国ゴイアス州中部には先カンブリア時代の地層が広く分布し、多くの人々や研究機関によってその地質が調査されているが、それらの調査の中で鉱床探査として主なものである DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral) / CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) (1972)の“Projeto Serra da Mesa”と CPRM (1975-1984)の“Projeto Palmeiropolis”により原生代の地層、特にパルメイロポリス火山岩一堆积岩類の層序が解明され、その中に銅一鉛一亜鉛鉱床が発見された。

金属鉱業事業団は同上地域に関する地質鉱床等の資料をコンパイル、検討した結果、北の Palmeiropolis から南の Minaçu にわたる面積2750km²の地域 (パルメイロポリス地域) を銅一鉛一亜鉛鉱床が賦存する有望地域であると認め、本地域において資源開発協力基礎調査を実施することとし、昭和61年2月鉱山動力省鉱産局 (DNPM) と調査実施に関する Scope of Work を締結した。

パルメイロポリス地域資源開発協力基礎調査は、昭和61年度から昭和63年度までの3年間にわたり実施した。

第1年次には Palmeiropolis 地域全域において地質概査及び地化学探査を、またこの内部に有望地域として設定した準精査地区 (Morro do Acampamento 地区) において地質調査、地化学探査、物理探査を実施した。その結果 Morro do Acampamento 地区の一部をさらに有望であるとし、また新たな有望地区として Rio Dois de Junho 地区を抽出した。

第2年次には第1年次に選定された Morro do Acampamento 地区の一部で物理探査及びボーリング調査を、Rio Dois de Junho 地区では地質準精査及び地化学探査を実施し、鉱床賦存の可能性の評価をした。

第3年次には Morro do Acampamento 地区の第2年次調査域の南部でさらに物理探査及びボーリング調査を実施し、黄鉄鉱鉱染を主とする鉱化帯を捕足した。本鉱化帯の評価のためにさらに詳細な調査を提言した。

以下は各地域ごとの調査の結果である。

(1) Palmeiropolis 地域全域

本調査域は、先カンブリア時代始生代(Cana Brava 塩基性一起塩基性複合岩体)及び原生代(下部：パルメイロポリス火山岩一堆积岩類、中部：Serra da Mesa 層群、上部：Rio Maranhão カタクラサイト化帯及び Paranoa 層群)の各地層、そして花崗岩類及び塩基性、起塩基性岩の貫入岩類で構成されている。鉱床母岩であるパルメイロポリス火山岩一堆积岩類は、下位より角閃岩類(Pip₁層)、火山碎屑岩・片岩類(Pip₂層)、角閃岩類(Pip₃層)、中性～酸性片岩類(Pip₄層)及び泥質片岩類(Pip₅層)

に細分される。既知鉱床であるパルメイロポリス鉱床のC-1 鉱体は層状～レンズ状の銅―鉛―亜鉛鉱床で、下盤がPip₃層、上盤はPip₄層である。

河床堆積物による銅―鉛―亜鉛の地化学異常地域を、主としてMorro do Acampamento 地区内、調査地域中央部（後に Rio Dois de Junho 地区とする）及び調査地域中央西部に抽出し、鉱床胚胎層準の分布を検討した結果これらを有望地域とした。

(2) Morro do Acampamento 地区

第1年次土壤地化学探査の結果数ヶ所で鉛・亜鉛異常帯を、1ヶ所で銅―鉛異常帯を抽出した。

第1年次物理探査のCSAMT法では調査域の比抵抗構造を把握、SIP法ではパルメイロポリス鉱床C-1 鉱体周辺の特性を把握するとともにC-1 鉱体に類似する異常を捕捉した。

第2年次には第1年次の調査結果を踏まえ、Morro do Acampamento の北東及び南西において、物理探査(SIP法)により硫化鉱物(及び石墨)と推定した異常にボーリングを実施したが、弱い黄鉄鉱鉱染(と石墨)を把握したのみで塊状の鉱床は把握できなかった。黄鉄鉱鉱染帯の胚胎層準はパルメイロポリス鉱床のC-2, C-3 鉱体(いずれも調査対象地域外北方)の胚胎層準(Pip₄最上部)に対比された。

第3年次には、第2年次調査域の南部で物理探査(IP法, SIP法)によるIP異常の把握、SIPスペクトルの解析の後ボーリング調査を実施し、黄鉄鉱鉱染を主とし微量の銅―鉛―亜鉛を伴う層準を捕捉した。本鉱染帯は第2年次の鉱染帯より鉱化の程度は強かった。また、MMAJのボーリングで黄鉄鉱鉱染帯を捕捉したIP異常域と同一のIP異常域内でCPRMのボーリングにより塊状の鉱床が発見された。

以上から、本地域の鉱化層準の確定のため第2年次に把握した黄鉄鉱鉱染帯と第3年次に把握した黄鉄鉱鉱染帯の関連性の解明、及び第3年次に把握した黄鉄鉱鉱染帯を含めた広い地域の評価のための詳細な調査を提言する。

(3) Rio Dois de Junho 地区

第1年次河床堆積物による地化学探査の結果、銅―鉛―亜鉛の地化学異常域として抽出し、第2年次には土壤による詳細な地化学探査を実施した。その結果パルメイロポリス鉱床胚胎層準と同じ地層中に銅―鉛―亜鉛の地化学異常を捕捉したが、いずれも極く小規模であり、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。従って、本地区では経済性の高い鉱床の発見は困難であり、今後の探査の価値はない。

以上のように本資源開発協力基礎調査では地質構造の把握、鉱化体の捕捉等を目的として物理探査を精度を変えて3年間に亘り実施した。その中でIP法, SIP法は黄鉄鉱の鉱化帯の把握には有効であったが、同鉱化帯の中の閃亜鉛鉱, 方鉛鉱, 黄銅鉱などの有無及びこれらの存在する位置等の判別には有効でなかった。これは黄鉄鉱に対する閃亜鉛鉱, 方鉛鉱, 黄銅鉱の量, 規模等に規制されるた

めで、現時点での同探査法の限界がうかがわれる。また、物理探査手法の多くは、異常を面として捕捉することは可能であるが点として捕らえることが困難でありこれを解析できるようにすることが今後の課題であると思われる。

目 次

はしがき

調査位置図

要約

第I部 総 論

| | |
|---------------------|----|
| 第1章 調査概要 | 1 |
| 1-1 調査地域及び調査目的 | 1 |
| 1-2 調査方法及び調査量 | 1 |
| 1-3 調査期間及び調査員 | 3 |
| 第2章 従来の調査 | 9 |
| 第3章 パルメイロポリス地域の地質概要 | 11 |
| 第4章 現地状況 | 15 |
| 4-1 位置及び交通 | 15 |
| 4-2 調査環境 | 15 |
| 第5章 結論及び将来への提言 | 17 |
| 5-1 結論 | 17 |
| 5-2 将来への提言 | 18 |

第II部 Palmeiropolis 全域

| | |
|-------------------|----|
| 第1章 地質 | 21 |
| 1-1 地質概要 | 21 |
| 1-2 地質各説 | 21 |
| 1-2-1 地質層序 | 21 |
| 1-2-2 貫入岩類 | 28 |
| 1-3 地質構造 | 29 |
| 1-4 変成作用 | 30 |
| 第2章 鉱化作用 | 35 |
| 第3章 河床堆積物による地化学探査 | 37 |
| 3-1 調査概要 | 37 |

| | | |
|-----|------|----|
| 3-2 | 調査結果 | 37 |
|-----|------|----|

第III部 Morro do Acampamento 地区

| | | |
|-------|--------------|----|
| 第1章 | 地質 | 45 |
| 1-1 | 地質概要 | 45 |
| 1-2 | 地質各説 | 45 |
| 1-2-1 | 地質層序 | 45 |
| 1-2-2 | 地質構造 | 46 |
| 第2章 | 鉍化作用 | 47 |
| 第3章 | 土壤による地化学探査 | 49 |
| 3-1 | 調査概要 | 49 |
| 3-2 | 調査結果 | 50 |
| 第4章 | 物理探査 | 59 |
| 4-1 | CSAMT 法 | 59 |
| 4-1-1 | 調査概要 | 59 |
| 4-1-2 | 調査結果 | 59 |
| 4-2 | SIP 法及び IP 法 | 67 |
| 4-2-1 | 調査概要 | 67 |
| 4-2-2 | 調査結果 | 68 |
| 第5章 | ボーリング調査 | 75 |
| 5-1 | 調査概要 | 75 |
| 5-2 | 調査結果 | 75 |

第IV部 Rio Dois de Junho 地区

| | | |
|-------|------------|----|
| 第1章 | 地質 | 83 |
| 1-1 | 地質概要 | 83 |
| 1-2 | 地質各説 | 83 |
| 1-2-1 | 地質層序 | 83 |
| 1-2-2 | 貫入岩類 | 84 |
| 1-3 | 地質構造 | 85 |
| 第2章 | 鉍化作用 | 87 |
| 第3章 | 土壤による地化学探査 | 89 |

| | | |
|-----|------|----|
| 3-1 | 調査概要 | 89 |
| 3-2 | 調査結果 | 89 |

第V部 結論及び将来への提言

| | | |
|-----|-------------------------|-----|
| 第1章 | Morro do Acampamento 地区 | 97 |
| 1-1 | 結論 | 97 |
| 1-2 | 将来への提言 | 98 |
| 第2章 | Rio Dois de Junho 地区 | 99 |
| 2-1 | 結論 | 99 |
| 2-2 | 将来への提言 | 99 |
| | REFERENCES | 101 |

LIST OF FIGURES

- Fig. 1 Location Map of the Project Area
- Fig. 2 Location Map of the Surveyed Area
- Fig. I - 1 Flowsheet Showing Selection of Each Phase Survey Area ; Palmeiropolis
- Fig. I - 2 Flowsheet Showing Details of Survey : Palmeiropolis
- Fig. I - 3 Tectonic Division of South America
- Fig. I - 4 Folded Zone of Brazilian Cycle and Cratons
- Fig. II - 1 Geological Map of the Surveyed Area
- Fig. II - 2 Stratigraphic Columnar Section in the Surveyed Area
- Fig. II - 3 ACF Diagrams of Metamorphic Rocks
- Fig. II - 4 Classification of Metamorphic Facies
- Fig. II - 5 P-T Diagram of Metamorphic Facies
- Fig. II - 6 Histogram and Cumulative Frequency Distribution of Cu, Pb, Zn and As of Stream Sediment
- Fig. II - 7 Geochemical Anomaly Map in the Surveyed Area
- Fig. III - 1 Histogram and Cumulative Frequency Distribution of Cu, Pb, Zn and As of Soil (Morro do Acampamento Area)
- Fig. III - 2 Geochemical Anomaly Map in Morro do Acampamento Area
- 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)
- Fig. III - 7 SIP · IP Interpretation Map (Morro do Acampamento Area)
- Fig. III - 8 Typical SIP Spectra in the Surveyed Area
- Fig. III - 9 Mineralized Horizon in Pip,
- 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

LIST OF TABLES

- Table I - 1 Outline of the Method and Amounts of Survey
- Table I - 2 Survey Period and Member List of the Survey Team
- Table II - 1 Stratigraphic Correlation of Palmeiropolis Area
- Table II - 2 Results of Chemical Analysis of Rock Samples
- Table II - 3 Results of Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data of Stream Sediments
- Table II - 4 Correlation Matrix of Four Elements of Geochemical Data of Stream Sediments
- Table II - 5 Results of Factor Analysis of Geochemical Data of Stream Sediments
- Table III - 1 Results of Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data of Soil (Morro do Acampamento Area)
- Table III - 2 Correlation Matrix of Four Elements of Geochemical Data of Soil (Morro do Acampamento Area)
- Table III - 3 Results of Factor Analysis of Geochemical Data of Soil (Morro do Acampamento Area)
- Table III - 4 Amounts of CSAMT Survey
- Table III - 5 Amounts of SIP and IP Survey
- Table III - 6 Summary of the Results of Drilling Survey
- Table IV - 1 Results of Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data of Soil (Rio Dois de Junho Area)
- Table IV - 2 Correlation Matrix of three Elements of Geochemical Data of Soil (Rio Dois de Junho Area)
- Table IV - 3 Results of Factor Analysis of Geochemical Data of Soil (Rio Dois de Junho Area)

第I部 総論

第1章 調査概要

1-1 調査地域及び調査目的

ブラジル連邦共和国ゴイアス州中部には、先カンブリア時代の始生代及び原生代の地層とこれを貫く酸性及び塩基性・超塩基性の貫入岩類が分布しており、これらのうちの原生代のパルメイロポリス火山岩—堆積岩類中に銅—鉛—亜鉛鉱床の存在することがこれまでの鉱物探鉱公社(Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais ; CPRM)を主とするブラジル側の探査活動(1975~1984)によって明らかとなっている。

金属鉱業事業団は上記地域に関する地質鉱床等の資料をコンパイル・検討した結果ブラジル連邦共和国の要請に応じ、同国ゴイアス州中部に位置する面積2,750km²のパルメイロポリス地域において、資源開発協力基礎調査を実施することとし、昭和61年2月鉱山動力省鉱産局(Departamento Nacional da Produção Mineral ; DNPM)と調査実施に関する作業協定(Scope of work)を締結した。

本地域は Fig 1 に示すとおり、首都ブラジリアの北方に位置し、ゴイアス州の州都ゴイアニアより州道 GO-80、国道 BR-153、州道 GO-343 を通り 617km で調査地域内の町パルメイロポリスに至る。

本資源開発協力基礎調査は、既存資料の検討、地質調査、地化学探査、物理探査及びボーリング調査を実施することにより鉱床賦存有望地区の抽出と鉱床賦存の確認を行うことを目的として実施された。

本報告書では調査地域全体を Palmeiropolis 全域と呼び、第1年次の準精査地区及び第2、3年次の Morro do Acampamento 地区を含む地域を Morro do Acampamento 地区と呼ぶ。第2年次の Rio Dois de Junho 地区はそのまま Rio Dois de Junho 地区と呼称する(Fig 2)。

1-2 調査方法及び調査量

本資源開発協力基礎調査は、Fig. I-1, Fig. I-2, Table I-1に示すような調査方法及び調査量により昭和61年度(第1年度)から昭和63年度(第3年次)までの3年間にわたって逐次有望地区を絞り、調査の精度を高めながら実施した。

(1) 第1年次

第1年次には、既存資料の検討結果、調査対象地域を Palmeiropolis 地域全域(面積2750km²)及びその中でポテンシャルがより高いとされた Morro do Acampamento 地区(面積300km²)の2地域と

した。

Palmeiropolis 地域全域では、本地域の地質、鉱床、地化学特性等を総合的に検討することによりポテンシャルの高い地域を抽出することを目的とし、地質概査（1/50,000 地質図）及び河床堆積物による地化学探査（試料1031ヶ；Cu, Pb, Zn, As を対象）を実施した。その結果、鉱床胚胎層は先カンブリア時代、原生代中のパルメイロポリス火山岩—堆積岩類（下位より角閃岩類（Pip₄層）、火山砕屑岩・片岩類（Pip₂層）、角閃岩類（Pip₃層）、中性～酸性片岩類（Pip₄層）、泥質片岩類（Pip₅層）よりなる）であることが確認され、同時に Palmeiropolis 地域全域のほぼ中央に位置する Rio Dois de Junho 地区（面積150km²）が有望地域とした選定された。

既存資料の検討結果有望とされた Morro do Acampamento 地区は準精査対象地区とされ、この中でさらにポテンシャルの高い地区を抽出することを目的とし、調査精度を高めた地質調査（1：20,000 地質図）及び土壌による地化学探査（試料数2555ヶ、Cu, Pb, Zn, As を対象）を実施した。その結果、ブラジル側によって既に発見されているパルメイロポリス銅—鉛—亜鉛鉱床（3 鉱体よりなり鉱量400 万トン：Cu0.46～1.25%；Pb0.33～1.38%；Zn4.22～5.85%）がパルメイロポリス火山岩—堆積岩類中の Pip₃層と Pip₄層の間、及び Pip₄層中に賦存することを確認するとともに、銅—鉛—亜鉛の鉱化作用を伴うと考えられる複数の地化学異常域を抽出した。また、Morro do Acampamento 地区内における地下の比抵抗分布を把握し、鉱床の賦存と関連する比抵抗構造の連続性を把握することを目的として CSAMT 法物理探査（面積100km²）を実施し、またパルメイロポリス銅—鉛—亜鉛鉱床の電気的特性（スペクトル特性）を把握し今後の調査指標にするとともにその特性をもつ地域の分布状態を調査するために SIP 法物理探査（測線延長5.3km）を実施した。以上の物理探査の結果、Morro do Acampamento 地区の中部に位置する Morro do Acampamento の北東部（ブロック北部）及び南西部（ブロック南部）をポテンシャルのさらに高い地区として抽出した。

(2) 第2年次

第2年次は、第1年次に抽出された Rio Dois de Junho 地区（面積150km²）及び Morro do Acampamento 地区のブロック北部・ブロック南部を調査の対象とした。Rio Dois de Junho 地区では地質状況の解明とさらにポテンシャルの高い有望地区を抽出するために第1年次より精度をあげた地質調査（1：20,000地質図）及び土壌による地化学探査（試料数2008ヶ、Cu, Pb, Zn を対象）を実施した。その結果、複数の地化学異常域が Pip₄層上に把握されたが、いずれも小規模でありしかも地質調査により顕著な鉱化帯が把握されなかった等の理由から本地区に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より少ないと判断した。また第1年次の調査結果抽出されたブロック北部は比抵抗の構造がパルメイロポリス鉱床と類似することから有望とされ、ブロック南部は地化学異常と IP 異常が重なることから有望とされたが、これら両地域で SIP 法物理探査（測線延長16.7km）を実施することにより、電気的特性（スペクトル特性）を把握し、ボーリングのための資料を得るこ

とを目的とした。その結果、ブロック北部の深部には硫化鉱物の存在が推定され、ブロック南部では地表から浅部には含石墨石英片岩が、また深部には硫化鉱物が賦存すると推定された。これらの結果にもとづき、ボーリングを実施したが、ブロック北部（ボーリング MBP-1 孔300m）では磁硫鉄鉱及び黄鉄鉱を主とする鉱染帯を把握したにすぎず、ブロック南部（ボーリング：MBP-2 孔300m, MBP-3 孔300m）では磁硫鉄鉱及び黄鉄鉱を主とする鉱染帯と含石墨石英片岩を把握したが、黄銅鉱は微量認められただけであった。

(3) 第3年次

第3年次には、第2年次調査におけるブロック南部が依存深鉱余地を残すとしながらも、このブロック南部の南に位置する地区（Alvo 10P）において、ブラジル側の過去の調査により銅—鉛—亜鉛の鉱微が把握され、本プロジェクト第1年次に銅—鉛—亜鉛の地化学異常が把握されているために、このAlvo 10Pをさらに有望な調査の対象とした。本地域では物理探査（SIP法、測線延長13.4km；IP法、測線延長10km）により地質状況を推定するとともに、IP異常を誘起する異常源の特性を明らかにして有望地区を抽出し、ボーリング調査を実施することにより鉱床あるいは鉱化帯の有無を検証することを目的とした。物理探査及び既存資料の検討結果、3孔のボーリング（MBP-4 孔, 400m；MBP-5 孔, 400m；MBP-6 孔, 401m）を実施し、黄鉄鉱鉱染を主とし微量の銅—鉛—亜鉛を伴う鉱化を捕捉した。これらは第2年次にブロック南部で捕捉した鉱染帯よりも多くの銅—鉛—亜鉛が伴っていたものの鉱量として把握できる程度のもではなかった。しかしながら、金属鉱業事業団が黄鉄鉱鉱染帯を捕捉したIP異常域と同一のIP異常域内でブラジル側が実施したボーリングにより塊状の銅—鉛—亜鉛鉱床が発見されたため、第3年次に実施した物理探査の調査法あるいは解析法を再検討した。その結果、現時点のIP法・SIP法物理探査は黄鉄鉱鉱染帯等の把握には有効であるが、黄鉄鉱鉱染帯内に賦存する銅—鉛—亜鉛等の鉱種の判別、位置の決定を本物理探査のみで行うことは困難であることがわかった。

1-3 調査期間及び調査員

本協力調査の現地調査は昭和61年7月に開始され、昭和63年9月に終了した。

各調査年度の調査期間及び調査団員は Table I-2 の通りである。

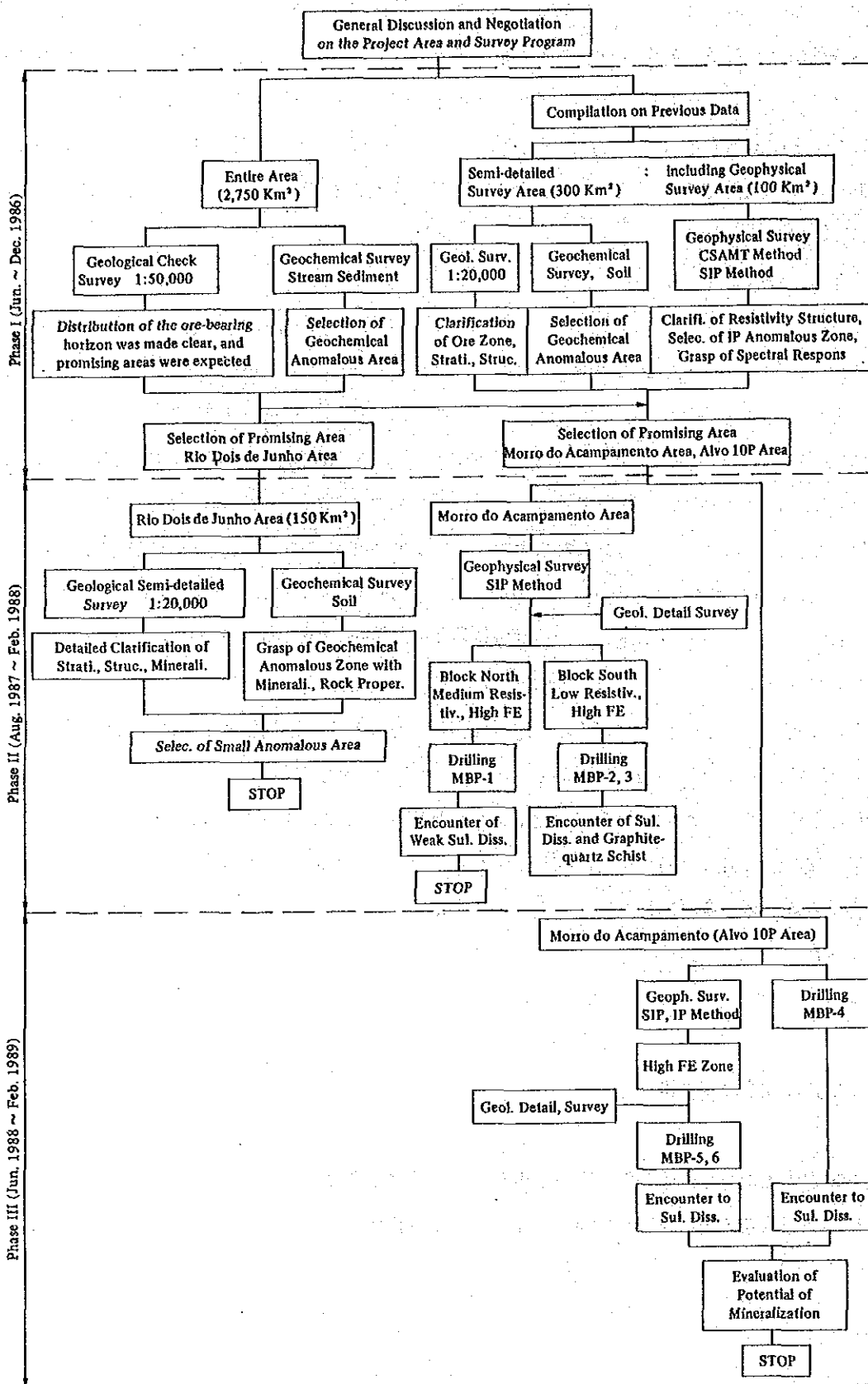


Fig. I - 1 Flowsheet Showing Selection of Each Phase Survey Area ; Palmeiropolis

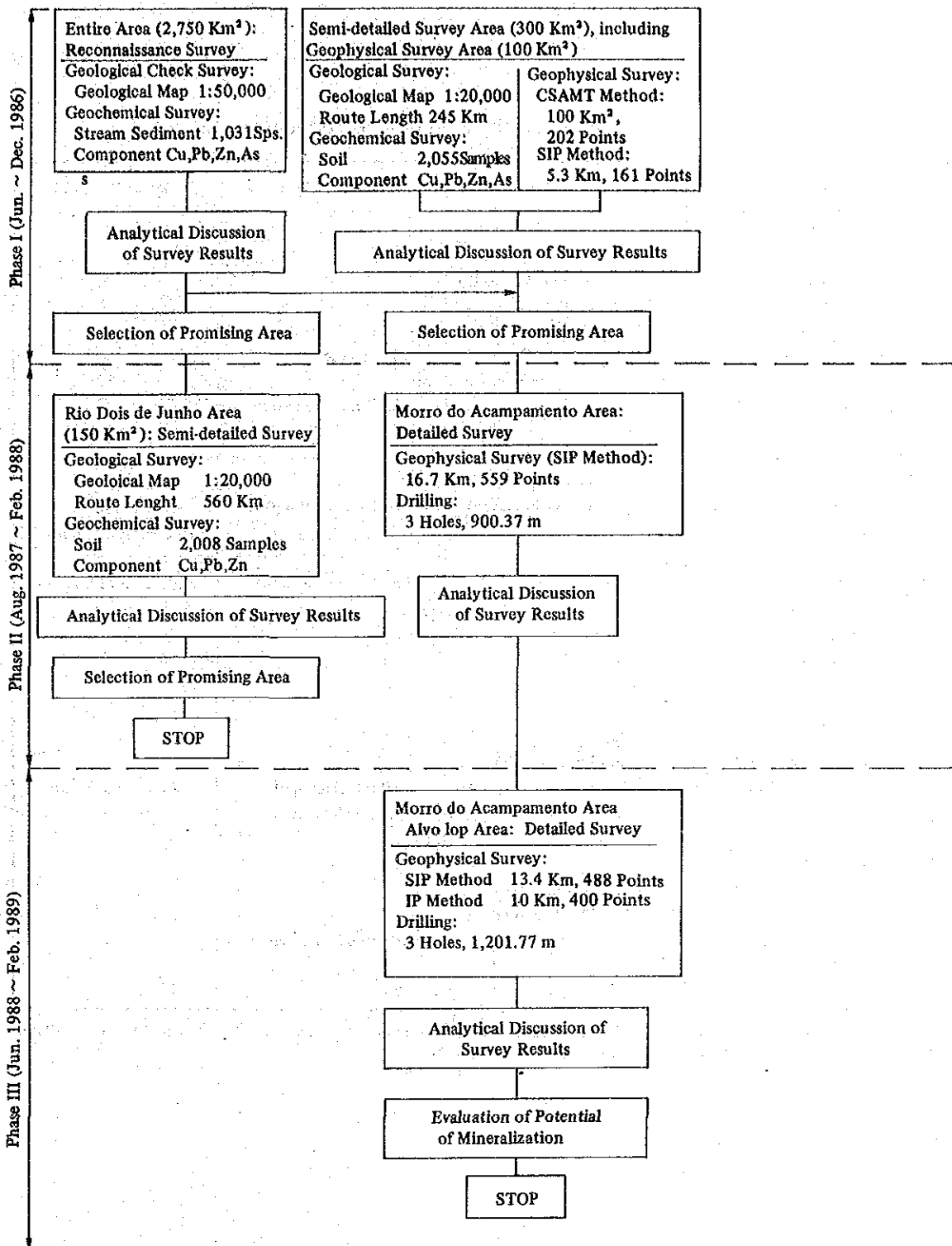


Fig. I - 2 Flowsheet Showing Details of Survey : Palmeiropolis

Table I - 1 Outline of the Method and Amounts of Survey

| Items | | Phase I (1986) | Phase II (1987) | Phase III (1988) |
|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Geological/Geochemical Surveys | | | | |
| Reconnaissance Survey | | 2,750 Km ² (+) (1:50,000) | — | — |
| Stream Sediment | | 1,031 Samples (+) | — | — |
| Semi-detailed survey | | 300 Km ² /245 Km (*) | 150 Km ² /560 Km (#) | — |
| Soil | | 2,555 Samples (*) | 2,008 Samples (#) | — |
| Topographic Mapping | | — | 20 Km (x) (1:5,000) | — |
| Geophysical Survey | | | | |
| CSAMT Method | | 100 Km ² /202 Points (*) | — | — |
| SIP Method | | 5.3 Km/161 Points (*) | 16.7 Km/559 Points (x) | 13.4 Km/488 Points (x) |
| IP Method | | — | — | 10.0 Km/400 Points (x) |
| Drilling | | — | 900.37 m/3 holes (x) | 1201.77 m/3 holes (x) |
| Laboratory Studies | Thin Section | 35 | 30 | 10 |
| | Polished Section | 28 | 5 | 6 |
| | X-ray | 203 | — | — |
| | Chemical Analysis | | | |
| | Rock | 23 | — | — |
| | Ore: Au, Ag, Cu, Pb, Zn | 54 (270 elements) | — | — |
| | Au, Ag, Cu, Pb, Zn, S | — | 10 (60 elements) | 60 (360 elements) |
| | Ag, Cu, Pb, Zn, S | — | 10 (60 elements) | — |
| | Geochemical Analysis | | | |
| | Steam Sediment: | | | |
| | Cu, Pb, Zn, As | 1,031 (4,124 elements) | — | — |
| | Soil: Cu, Pb, Zn, As | 2,555 (10,220 elements) | — | — |
| Cu, Pb, Zn | — | 2,008 (6,024 elements) | — | |
| Physical Property : | | | | |
| PFE, Resistivity | 45 | 31 | 27 | |

+: Entire Area (1:50,000), *: Semi-detailed Survey Area (included in Morro do Acampamento Area) (1:20,000), #: Rio Dios de Junho Area (1:20,000), x: Morro do Acampamento Area (1:5,000)

Table I - 2 Survey Period and Member List of the Survey Team

| | Items | Survey Period | Members | |
|------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|---|
| | | | Japanese Members | Brazilian Members |
| Phase I (1986) | Planning and Negotiation | | Takeshi Izumi (MMAJ) Hideyuki Ueda (MMAJ) Katsutoki Matsumoto (MMAJ-RIO) | José Belfort dos Santos Bastos (DNPM) Carlos Oiti Berber (DNPM) Bolívar Gonçalves Siqueira (DNPM) Walter Hugo Schmaltz (DNPM) |
| | Geological and Geochemical Survey | July 8, 1986 ~ Oct. 12, 1986 | Tsuyoshi Suzuki (BEC) Yoshio Takeda (BEC) Norio Ikeda (BEC) | Homero Lacerda (DNPM) Arpim Araújo Pereira (DNPM) Elias Alvares Lima Júnior (DNPM) Ivan Wilson Brandão Oliveira (CPRM) |
| | Geophysical Survey | July 29, 1986 ~ Oct. 12, 1986 | Tomio Tanaka (BEC) Keiji Tanaka (BEC) Kazuto Matsukubo (BEC) | José dos Anjos Barreto (CPRM) |
| | Report Preparation | Oct. 13, 1986 ~ Dec. 1, 1986 | | |
| Phase II (1987) | Planning and Negotiation | | Kazunori Kano (MMAJ) Yozo Baba (MMAJ) Toshihiko Hayashi (MMAJ) Katsutoki Matsumoto (MMAJ-RIO) | José Belfort dos Santos Bastos (DNPM) Carlos Oiti Berber (DNPM) Bolívar Gonçalves Siqueira (DNPM) Walter Hugo Schmaltz (DNPM) |
| | Geological Survey | Aug. 18, 1987 ~ Oct. 6, 1987 | Ikuhiro Hayashi (BEC) Norio Ikeda (BEC) | Homero Lacerda (DNPM) Arpim Araújo Pereira (DNPM) Valdemar José de Almeida (DNPM) José Ribamar Constancio da Silva (DNPM) Ivan Wilson Brandão Oliveira (CPRM) |
| | Geophysical Survey | Aug. 18, 1987 ~ Nov. 1, 1987 | Tsuyoshi Suzuki (BEC) Tomio Tanaka (BEC) Keiji Tanaka (BEC) | José dos Anjos Berreto (DNPM) |
| | Drilling | Oct. 1, 1987 ~ Dec. 20, 1987 | Ikuhiro Hayashi (BEC) | Homero Lacerda (DNPM) |
| | Report Preparation | Oct. 7, 1987 ~ Feb. 20, 1988 | | |
| Phase III (1988) | Planning and Negotiation | | Kyoichi Koyama (MMAJ) Toshihiko Hayashi (MMAJ) Hideaki Mukai (MMAJ-RIO) | José Belfort dos Santos Bastos (DNPM) Carlos Oiti Berbert (DNPM) Bolívar Gonçalves Siqueira (DNPM) Walter Hugo Schmaltz (DNPM) |
| | Geophysical Survey | Jun. 5, 1988 ~ July 10, 19 | Tomio Tanaka (BEC) Keiji Tanaka (BEC) Kazuto Matsukubo (BEC) | José dos Anjos Barreto (DNPM) |
| | Drilling | Jun. 4, 1988 ~ Sep. 10, 1988 | Kazuo Kawakami (BEC) | Homero Lacerda (BNPM) Ivan Wilson Brandão Oliveira (CPRM) |
| | Report Preparation | July 11, 1988 ~ Feb. 10, 1989 | | |

(Abbreviation)

DNPM : Departamento Nacional da Produção Mineral
CPRM : Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
MMAJ : Metal Mining Agency of Japan
BEC : Bishimetal Exploration Co., Ltd.

第2章 従来の調査

本調査地域周辺の地質は、多くの人々や研究機関によって研究されており、先カンブリア時代の岩石が主要部分を占めて分布することが知られている。

Cordani ほか (1967) や Hasui ほか (1980) は放射年代の研究により、この地域はブラジル造山輪廻(500—700m. y.)、トランスアマゾン造山輪廻(1,700—2,000m. y.)、Jequie 造山輪廻(2,400—2,600 m. y.) など何回かの造山運動(Orogeny)を蒙ったことを述べている。

地質層序及び地質構造学的研究は多数発表されている。特に Almeida (1967) はこの地域を含む Brasil 中央部の広域的な地質層序と地質構造を述べ、Suszczyński (1966, 1967, 1968) は São Francisco クラトンの堆積ベースンと Paraguai-Araguaia 地向斜の関係を述べている。又、Schobbenhaus ほか (1984) は縮尺 1/2,500,000 ブラジル地質図の図幅説明書において、これまでに研究された多くの人々の研究成果の要点をまとめて述べている。

本地域及び周辺地域において、過去に実施された探査の主なものは、DNPM/CPRM (1972年) の “Projeto Serra da Mesa” と CPRM (1975—1984年) の “Projeto Palmeiropolis” がある。

“Projeto Serra da Mesa” では空中物理探査が行われ、空中磁気異常帯及び放射能異常帯を捕捉した結果、空中磁気異常帯は塩基性—超塩基性岩を反映したと考えられ、これらの岩類に伴う Cu-Ni 鉱床が期待された。又、放射能異常帯は花崗岩類を反映したものとして Sn-W 鉱床が期待された。

CPRM は “Projeto Serra da Mesa” の探査に基づいて Cu-Ni 鉱床を対象とした探査を開始したが、探査が進みパルメイロポリス火山岩—堆積岩類の層序解明が行われた結果 Cu-Pb-Zn 塊状硫化鉱物鉱床を発見するに至った。この探査によって本地域には、これまで考えられなかった新しいタイプの鉱床の存在が明らかとなった。新しいタイプの鉱床はパルメイロポリス鉱床と名づけられ、3つの層状鉱体から成る。全体の鉱量は400万 t (Cu: 0.46~1.25%; Pb: 0.33~1.38%; Zn: 4.22~5.85%) とされている。

その他、本地域では更に METAGO (ゴイアス州立探鉱会社)、外資系探鉱会社 Billington Metais Ltda. やアスベスト会社 S. A. Mineração de Amianto-SAMA などが探査を実施しているが探査結果が発表されていないので詳細は不明である。

調査地域及び周辺地域の広域地質図幅は、DNPM の編さんした縮尺 1/1,000,000, Goiás, SD-22 (1975), 縮尺 1/2,500,000 ブラジル地質図(1981) や RADAMBRASIL vol. 25の縮尺 1/1,000,000, Goiás, SD-22(1981) などが広く利用されている。

CPRM の “Projeto Palmeiropolis” の縮尺 1/50,000の地質図(1982, 1984) は、鉱床周辺の地質層序、特にパルメイロポリス火山岩—堆積岩類の層序区分を詳細に行っている。しかしこの層序区分の

適用範囲は本調査地域の北部に限られている。

一方、中南部地域(Billington Metais Ltda, METAGO, SAMA の探査地域) にかけては DNPM/CPRM の “Projeto Palmeiropolis” Etapa Preliminar の縮尺 1/50,000 の地質図(1983)による層序区分があり、この地域の探査に最も利用し得る分類である。

金属鉱業事業図は、これらの資料をコンパイルした結果、既知鉱床の周辺のほかに、今後探査すべき可能性の高い Alvo (有望地区) が探査不十分のまま残されていることを認め、広域調査地域及び精査地域の範囲を設定した。

第3章 パルメイロポリス地域の地質概要

ブラジルの地質は、南米大陸の大地質構造上から南米プラットフォームに包含され、その地質起源は先カンブリア時代の始生代までさかのぼる。

先カンブリア時代の地層は、ブラジル全土の50%以上、約450万km²の面積を占める。これらの先カンブリア系の地質構造が固まったのは原生代後期～古生代初期のブラジル(Brasiliano)造山輪廻による。

ブラジルにおける南米プラットフォームはその後に古生代のオルドヴィス～シルル紀の3大台地間堆積盆(Amazonas, Parnaíba, Parana)により分割されて、現在は3大盾状地(Guiana, Brasil Central, Atlantico)として分布している(Fig. I-3)。

南米プラットフォーム全体は、DNPM(1984)によれば Jequié-Aroense 造山輪廻(2,600~2,800m. y.)、トランスアマゾン(Transamazonian)造山輪廻(1,900~2,100m. y.)、ブラジル造山輪廻(450~700 m. y.)を蒙っている。又、個々の盾状地においては次の様な造山輪廻の発達したことが知られている。すなわち Atlantico 盾状地では Espinhaco 造山輪廻(1,000~1,300m. y.)及び Uruaçano 造山輪廻(±1,150m. y.)、Brasil Central 及び Guiana 盾状地では Utauma 造山輪廻(1,700~1,900m. y.)、Paraguazense 造山輪廻(1,500~1,600m. y.)及び Rondoniense 造山輪廻(1,000~1,300m. y.)が発達している。

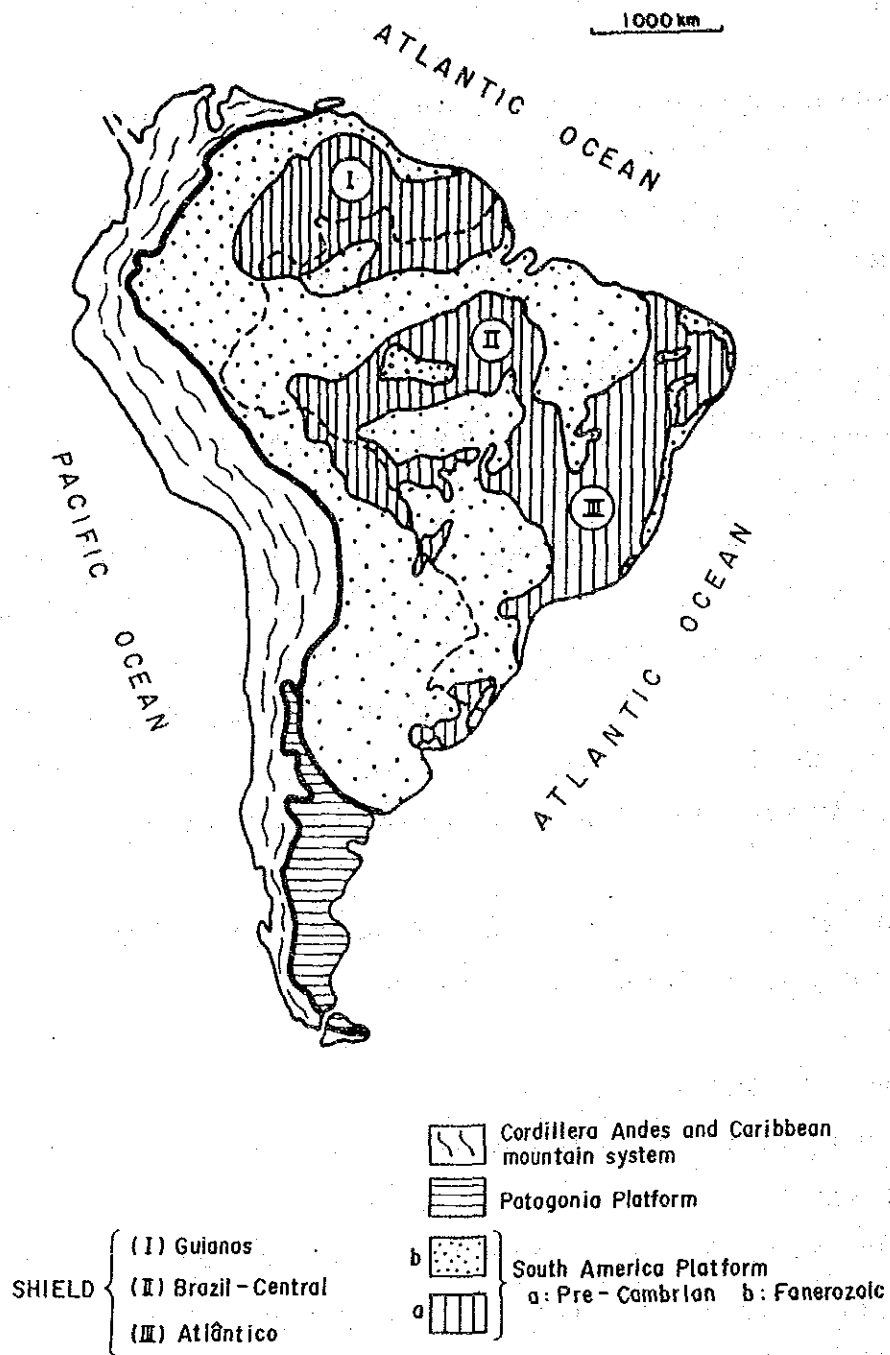
これらの盾状地はブラジル造山輪廻時代に発達した褶曲帯(Nordeste, Sergipana, Rio Preto Araçuaí, Brasília, Sudeste, Paraguai-Araguaia, Grupi)によりいくつかのクラトンに分割されている(Fig. I-4)。

これらの褶曲帯では多数の金属鉱床が発見されており鉱床探査の場として特に注目されている。

パルメイロポリス地域は、このうち Paraguai-Araguaia や Brasília 帯と同時期の Uruaçú 帯に属し、始生代及び原生代の緑色片岩～角閃岩相の変成岩類や、花崗岩類が分布している。

パルメイロポリス地域を含むゴイアス州で、先カンブリア系の地層に胚胎する鉱床の主なものとしては、超塩基性岩中の Cu-Ni 鉱床(Niquelandia 鉱床, Americano do Brasil 鉱床) 及びアスベスト鉱床(Cana Brava 鉱床)、塩基性～酸性火山性～堆積性変成岩中の Cu 鉱床(Mara Rosa 鉱床) 及び Cu-Pb-Zn 鉱床(パルメイロポリス鉱床)や、これらを貫く花崗岩類(Serra da Mesa タイプ)に伴う Sn-W 鉱床等が知られている。

パルメイロポリス地域の地質層序は先カンブリア系の始生代及び原生代の地層に大別され、原生代は更に下部、中部及び上部に区分されている。代表的な地質層序は下記のとおりである(Fig. II-1, Fig. II-2 参照)。



**Fig. I-3 Tectonic Division of South America
(Geologia do Brasil, DNPM, 1984)**

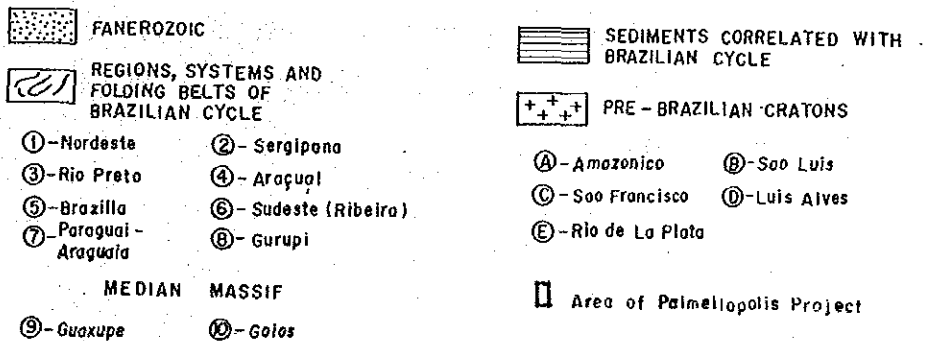
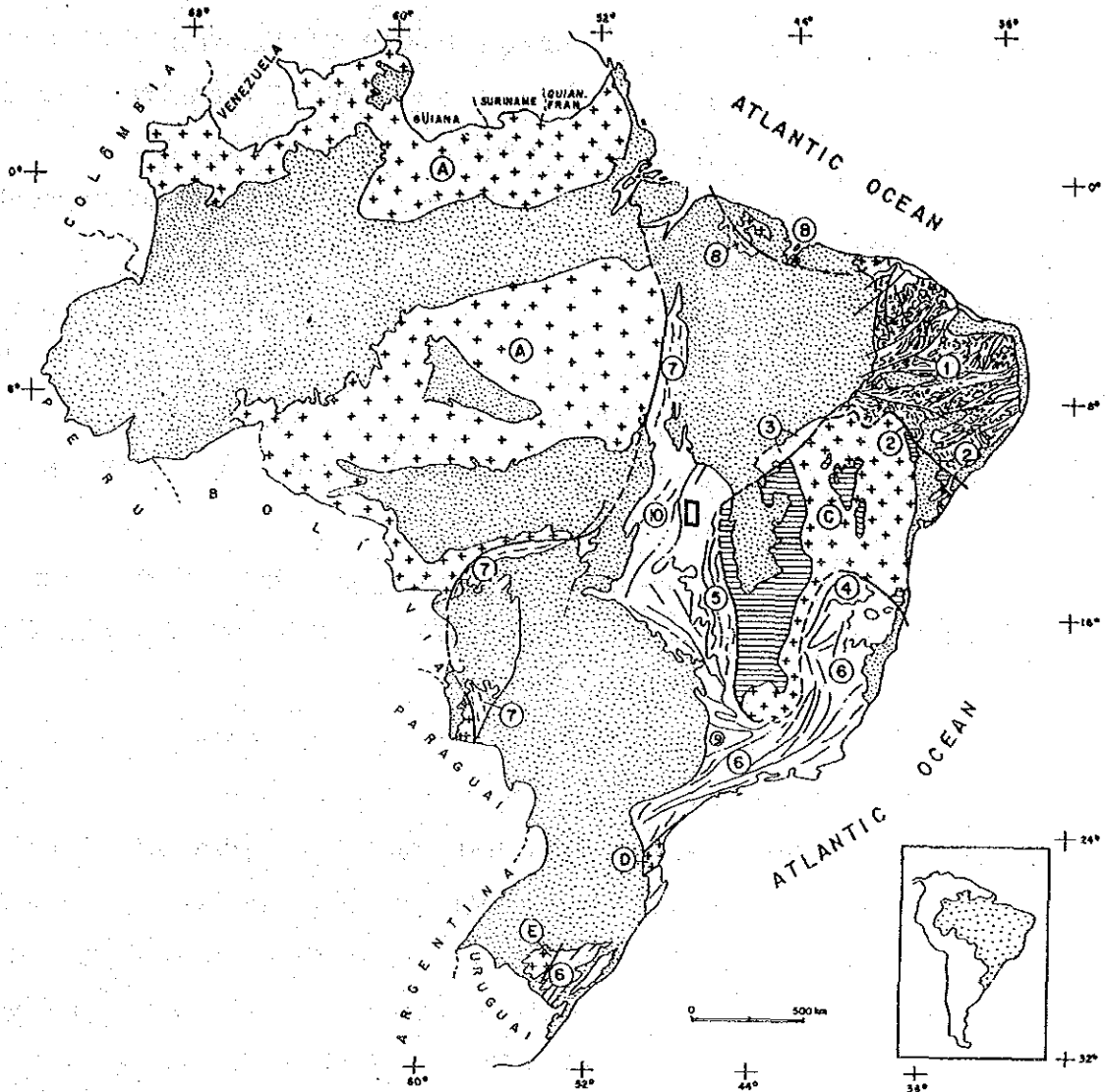


Fig. 1-4 **Folded Zone of Brazilian Cycle and Cratons**
(Geologia do Brasil, DNPM, 1984)

(1) 始生代

Cana Brava 塩基性—超塩基性岩体：本地域で最古の Jequie 造山輪廻の時期に形成されたと考えられている。……グラニュライト—塩基性～超塩基性複合岩, 花崗岩—片麻岩—ミグマタイト複合岩
Cana Brava アスベスト鉱床は、この時期の超塩基性岩の蛇紋岩化作用に伴って形成された。

(2) 原生代

- (a) 原生代下部(トランスアマゾン造山輪廻の時期)：パルメイロポリス火山—堆積岩類……超塩基性～塩基性岩, 片岩, メタチャート, 珪岩, 花崗岩
(b) 原生代中部(Uruaçano 造山輪廻の時期)：Serra da Mesa 層群……珪岩, 片岩類, 石灰岩～大理石, 塩基性岩類及び花崗岩類
Rio Maranhao カタクラサイト化帯……珪岩, 片岩類, 片麻岩
(c) 原生代上部(ブラジル造山輪廻の時期)：Paranoa 層群……珪岩, 苦灰岩, 粘板岩, 礫岩(本地域には分布しない)

パルメイロポリスの Cu-Pb-Zn 鉱床は原生代下部のパルメイロポリス火山—堆積岩類に胚胎することが DNPM/CPRM (1983)及び CPRM (1984)によって解明されている。

パルメイロポリス火山—堆積岩類は CPRM (1984)によれば更に Unidade de Oeste (西部ユニット), Unidade de Central (中央部ユニット) 及び Unidade de Leste (東部ユニット) に細区分されている。パルメイロポリス鉱床は, Unidade de Central の中性～酸性片岩類 (上盤) と角閃岩類 (下盤) の間に胚胎する。その他 Unidade de Central の酸性片岩類の中～上部にも同様の鉱化作用の存在することが判明している。この層序区分の適用範囲は, 本調査地域の北部のみに限られるため, 調査地域全域には DNPM/CPRM (1983) の分類が有効であり, 下位より岩相により Pip₁ (角閃岩類), Pip₂ (火山碎層岩片岩類), Pip₃ (角閃岩類), Pip₄ (中性～酸性片岩類) 及び Pip₅ (泥質片岩類) と分類される (Table II-1)。パルメイロポリスの Cu-Pb-Zn 鉱床は, DNPM/CPRM (1983) の分類では Pip₃ と Pip₄ の間, 及び Pip₄ 中に胚胎する。

第4章 現地状況

4-1 位置及び交通

本調査地域は、Goias州の中央部に位置し、調査地域内の町として北部にはPalmeiropolisが、南部にはMinaçuがある。通常、調査地域へは、Goias州の州都Goianiaから州道GO-980及び国道BR-153でUruaçú, Sta. Tereza de Goiasを経由し、さらに未舗装の州道G-142でPalmeiropolisを経由して至る。この間、GoianiaからPalmeiropolisまでの距離は約617kmであり、車で約8時間を要する。Rio Dois de Junho地区はPalmeiropolisから南へ42kmに位置し、車で1時間を要し、Morro do Acampamento地区はPalmeiropolisの東方に位置し、中央部までは約20kmあり、車で30分を要する。いずれも未舗装である。

4-2 調査環境

調査地域は、一般になだらかな丘陵地形あるいは平坦な地形を呈するが、北部には独立峰Morro Solto(758m)があり、南部ではSerra Cana Brava(810~900m)が山脈を形成している。また各河川とその支流の近傍、及びMorro do Acampamentoの周囲では急崖を形成している。

水系は、地域の東部をRio Tocantinsの上流のRio Maranhãoが北流し、その支流のRio Mocanbinho, Rio Mocambão, Rio Dois de Junho, Rio Cana Brava, Rio Bonito等が地域を横切って東流する。

本調査地域は、アマゾン地帯の南端に位置しているため、熱帯湿潤型気候に属し、雨期と乾期が明瞭に分れている。降雨量及び気温は次のとおりである。

| | | | |
|-----|--------|-----|---------------|
| 雨 期 | 11月~3月 | 降雨量 | 1,300~1,800mm |
| 乾 期 | 4月~10月 | 降雨量 | はほとんどなし |
| 気 温 | 年平均 | | 23~24℃ |
| | 最 高 | | 41℃ |
| | 最 低 | | 15℃ |

植生は、セラード型~サバンナ型に属し、かん木と雑草が繁茂する。一方ラテライト質土壌の低地では6mに達する樹木が多い。

第5章 結論及び将来への提言

5-1 結論

1. Morro do Acampamento 地区

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 (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 (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 (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 Pip_4 の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する。
- (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、諸条件が満たされた場合には、SIP 法はこれらの判別にも有効な手法であると考えられる。

2. Rio Dois de Junho 地区

本地区においては、第 1 年次、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 Pip_4 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。

5-2 将来への提言

1. Morro do Acampamento 地区

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なように、 Pip_4 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を提言する。
- (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。

2. Rio Dois de Junho 地区

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。

第Ⅱ部 Palmeiropolis全城

第1章 地 質

1-1 地質概要

本地域の地質構造は、São Francisco クラトンと Amazonico クラトンの間に発達した Uruaçu 褶曲帯の N-S 系の地質構造に一致している。

本地域の地質は、下位より本地域の基盤岩である始生代の Cana Brava 塩基性-超塩基性岩体、原生代下部のパルメイロポリス火山岩-堆積岩類、原生代中部の Serra da Mesa 層群、Rio Maranhão カタクラサイト化帯、及び原生代上部の Paranoa 層群から構成されている (Fig II-1, Fig II-2)。

本地域の基盤を構成する Cana Brava 塩基性-超塩基性岩体は、斑れい岩、蛇紋岩、輝岩及びこれらの複合岩体から成り、地域東部～南東部で南北に延びる Cana Brava 山脈を形成して分布する。パルメイロポリス火山岩-堆積岩類は、斑れい岩質角閃岩、酸性～中性火山碎屑岩類及び同質の片岩等より成り、調査面積の約3分の2を占め、南北に延びる帯状分布をしている。

Serra da Mesa 層群は、ザクロ石-白雲母-石英片岩、黒雲母-白雲母-石英片岩及び珪岩等より成り、調査地域北西部～西部～南部でパルメイロポリス火山岩-堆積岩類を取り囲むように分布する。

Rio Maranhão カタクラサイト化帯は、カタクラスティック組織が顕著な石英-白雲母片岩、黒雲母-白雲母片岩、石灰質片岩、片麻岩などより成り、調査地域東端部で南北方向に狭く分布する。

本地域の貫入岩類は、花崗岩類及び塩基性～超塩基性岩類から成る。

1-2 地質各説

1-2-1 地質層序

本地域の地質は、下位より本地域の基盤岩である始生代の Cana Brava 塩基性-超塩基性岩体 (Acb)、原生代下部のパルメイロポリス火山岩-堆積岩類 (Pip)、原生代中部の Serra da Mesa 層群 (Pmsm, Pml)、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 (Fig. II-1, Fig. II-2 参照)。

(1) Cana Brava 塩基性-超塩基性岩体 (Cana Brava Basic-Ultrabasic Massif)

(i) 分布

地域東部～南東部の N-S 系の伸長方向を示す Cana Brava 山脈を形成して分布する。

(ii) 岩相

本地域の基盤を構成し、変斑れい岩(Acbmg)、蛇紋岩(Acbsp)、輝岩(Acbpx)及びこれらの複合岩体(Acbub, Acbmb)より成る。これらのうち蛇紋岩中にはアスベスト鉱床を胚胎する。岩相的にみると変斑れい岩がこの山脈の西部3分の2を占め、残りの東部3分の1はほかの岩相が山脈の伸長方向と平行な帯状分布を呈する。

変斑れい岩(Acbmg)は暗緑色～灰緑色を呈する、中粒～細粒の岩石であり、有色鉱物は普通輝石が多く認められるが、転石が多く、露出は河川沿いなどに限られる。

蛇紋岩(Acbsp)は緑色を呈するものと褐色を呈するものの2種類があり、前者にアスベストの鉱化作用が認められる。

輝岩(Acbpx)は暗灰色細粒の岩石である。

変超塩基性岩(Acbub)は、岩相変化が激しく黒色を呈した細粒石墨質の岩石や緑色細粒の滑石化した岩石などが認められ、一部にロディンジャイト及び石灰珪酸塩岩類を伴う。

変塩基性岩(Acbmb)は一途にはカタクラサイト化を受け、無色鉱物のレンズが定方向に伸長しているが、断層付近では更に細粒のマイロナイトに変わる。

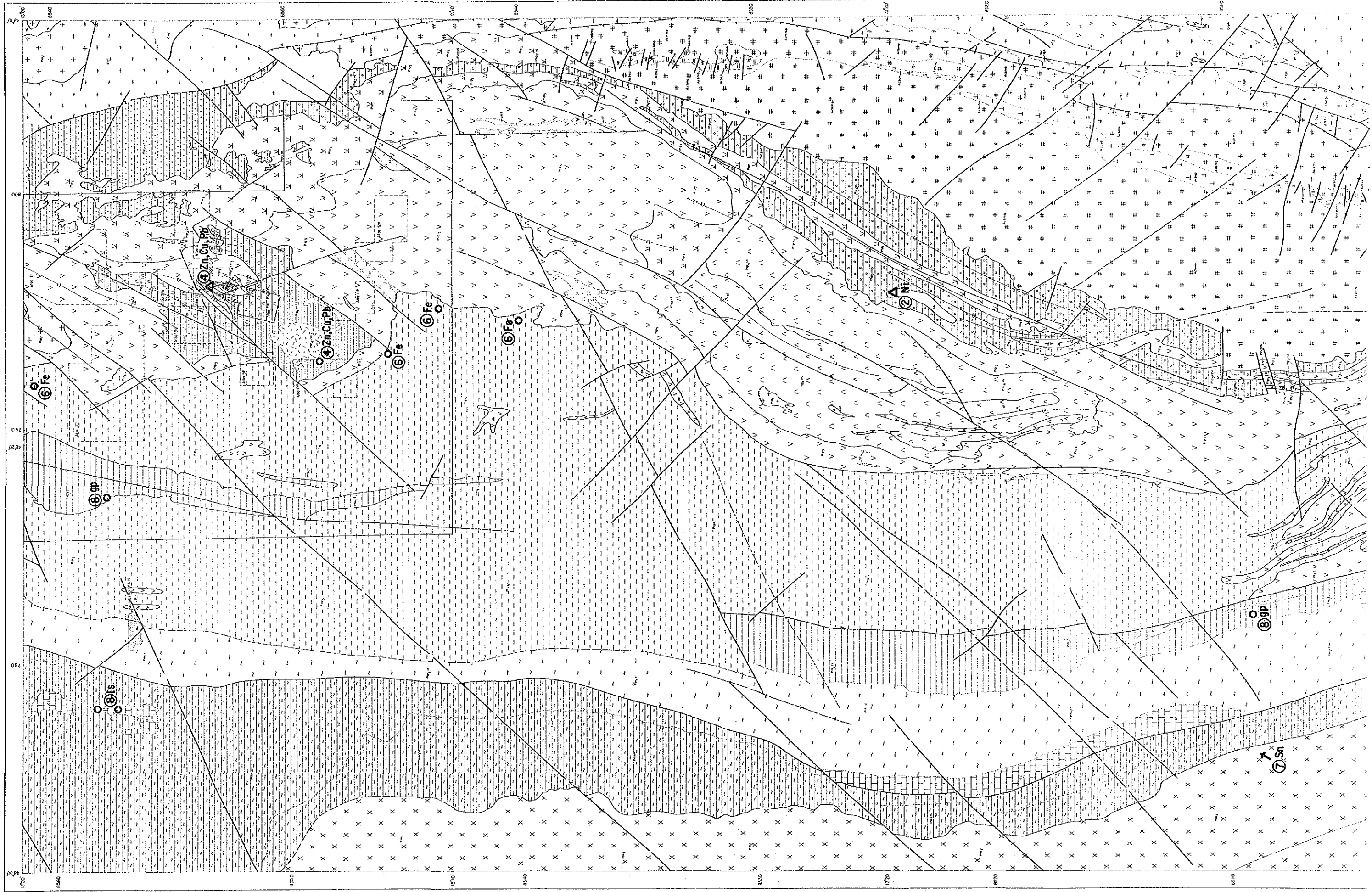
(iii) 層位関係

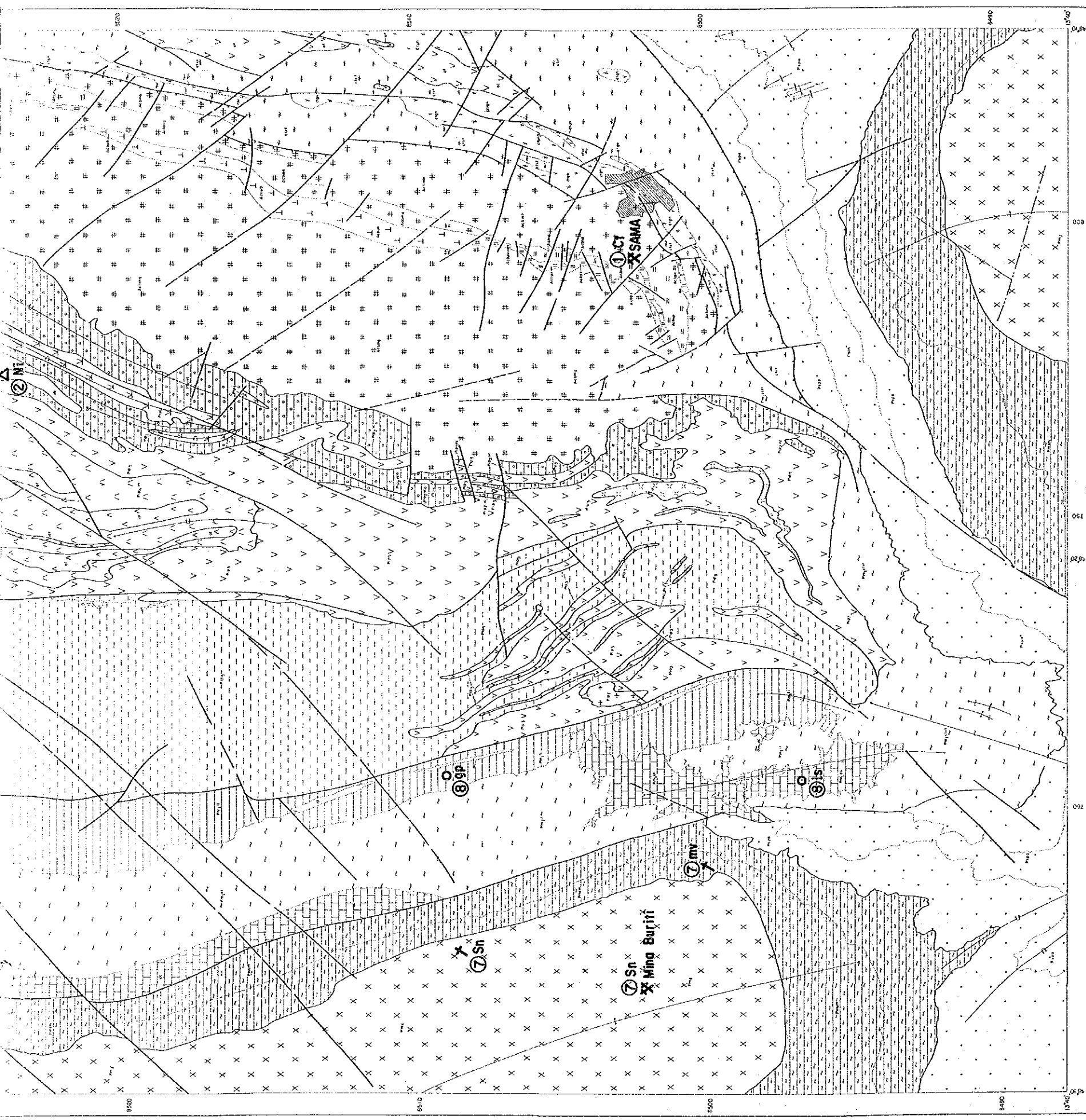
上位層との関係は不整合とされているが、本調査では明瞭な不整合現象は観察されなかった。

(2) パルメイロポリス火山岩—堆積岩類

CPRM(1984)は本層を Unidade de Oeste, Unidade de Leste, Unidade de Central の3部層に分類しており、Unidade de CentralにはCu-Pb-Zn鉱床が胚胎する。この分類の適用範囲は、北部のMorro do Acampamento地区に限られており、調査地域全域ではむしろDNPM/CPRM(1983)の分類が最も有効であった。DNPM/CPRM(1983)の分類は、下位よりPip₁、Pip₂、Pip₃、Pip₄及びPip₅となっており、これらの分類及び分布範囲については局部的に若干の疑問はあるものの、全域の鉱床探査に十分に利用し得るので今回の調査ではこの分類に従った。CPRM(1984)の層序と、DNPM/CPRM(1983)の層序の対比は以下のように考えられる(Table II-1)。

すなわち、調査域の東端でUnidade de Lesteは一部Rio Maranhão Cataclastic Zone(ct)に、一部Pip₂に対比されるが、パルメイロポリス火山岩—堆積岩類は全体的にみて、東部から西部へ向かって若くなっており、Unidade de CentralはPip₁～Pip₄に対比され、Unidade de OesteはPip₅に対比される。





LEGEND

- Geological boundary
- - - - - Lithological limit
- Fault
- * Synclinal axis
- ∩ Anticlinal axis
- ∪ Synchronorium axis
- ∩ Anticlinorium axis
- ∪ Bedding plane
- 25° Schistosity (S1)
- 30° Schistosity (S2)
- 10° Lineation
- Lineament
- ⊗ Cr Mines
- Sn Mineral showings
- △ Ni Ore deposits
- ① ~ ⑧ Small Mines ("Garimpo")
- ① ~ ⑧ : ref. Fig. II-2
- Zn - Zinc Ni - Nickel
- Cu - Copper Cr - Crisofite asbestos
- Pb - Lead Sn - Tin
- ls - Limestone Fe - Iron
- mv - Muscovite gp - Graphite

| Columnar Section | Lithology | Photo Interpretative Unit: |
|-------------------|---|---|
| Pip | <p>4vxts : sct-mqz sch. (phyolitic composition)</p> <p>4vxts : pl-mqz sch. and pl-brqz sch. intercalated with amphibolite (af)</p> <p>4vxts : foliated pyroclastic composition</p> <p>4vxts : mafic sch. biotite and cl rock (diagnostic to thuyasite composition)</p> <p>4ws : foliophytic gr-br-qtz sch. and mica sch. including ky and epidote meta tuff, with quartzite (qt) and amphibolite (af)</p> | <p>4vxts : sct-mqz sch. (phyolitic composition)</p> <p>4vxts : pl-mqz sch. and pl-brqz sch. intercalated with amphibolite (af)</p> <p>4vxts : foliated pyroclastic composition</p> <p>4vxts : mafic sch. biotite and cl rock (diagnostic to thuyasite composition)</p> <p>4ws : foliophytic gr-br-qtz sch. and mica sch. including ky and epidote meta tuff, with quartzite (qt) and amphibolite (af)</p> |
| Ultrabasic Massif | <p>3 : dark fine-grained amphibolites with quartzite (qt), ferruginous quartzite (qtfe), gr-br-mqz sch. (xt) and basic to ultrabasic dyke (db, ub)</p> <p>f : Micro Solor granite</p> <p>2gr : metagraywacke, melange/lomeraite and ultrabasic sch. (ub)</p> <p>2vc : calcareous tuff, lapilli tuff, calcareous breccia and their schist</p> <p>1 : gabbroic banded coarse-grained amphibolite</p> | <p>mg : metagabbro, metanorite and metagabbroite</p> <p>sp : serpentinite</p> <p>px : pyroxenite</p> <p>ub : serpentinite and pyroxenite</p> <p>mb : basic to ultrabasic rock (post-metamorphism)</p> |

| Geological Unit | Symbol | Columnar Section | Lithology |
|------------------------------------|--------|--|--|
| Paraná Group | Pda | Photo Interpretative Unit: | quartzite, calcareous and gneissic phyllite, calc-schist, marble and peritite-quartzite |
| Rio Maranhão Characteristic Zone | Q | <p>f : granite intrusive</p> <p>qt : quartzite</p> <p>xt : qtz-mv sch., qtz-sch., br-mv sch., gr-mv sch., calc sch. and dr-mv-qtz sch.</p> <p>af : amphibolite intrusion</p> <p>gn : gneiss (basement)</p> | <p>qt : mag-bearing ss. quartzite</p> <p>q : gray phyllite, with mg. in local</p> <p>xt : qtz-cl sch. and cl-qtz sch. with lenticular friable quartzite and graphite sch.</p> <p>mb : basic rock in sch. with mg. (post-metamorphism)</p> <p>cc : marble</p> <p>cht : cl sch. and foliated quartzite</p> |
| Serra da Mesa Group (MARINI, 1976) | Phm | <p>Photo Interpretative Unit:</p> <p>f : Serra Dourada and Serra da Mesa Granite</p> <p>Phm1 : graphite sch., mv-qtz sch., gr-mv-qtz sch., br-mv-qtz sch. and quartzite</p> <p>cc : calcareous quartzite</p> | <p>Photo Interpretative Unit:</p> <p>f : Serra Dourada and Serra da Mesa Granite</p> <p>Phm1 : graphite sch., mv-qtz sch., gr-mv-qtz sch., br-mv-qtz sch. and quartzite</p> <p>cc : calcareous quartzite</p> |

Fig. II - 1 Geological Map of the Surveyed Area

| Geological Unit | Symbol | Columnar Section | Lithology | Geohistory | Metallurgy | Tectono-Magmatic Cycle | Geologic Age |
|---|--------|------------------|--|---|--|---|-----------------------------------|
| Paraná Group | Papa | | Photo interpretative Unit: quartzite, calcareous and graphitic phyllite, calc-schist, marble and sericite-quartzite | Sedimentation | <ul style="list-style-type: none"> * Limestone associated with Pb-Zn-Cu-Ag Showings. * Graphite. * Magnetite dissemination and Mn supergene Belt. | Brasiliano Cycle (700-550 m.a.) | Late Proterozoic (1,100-570 m.a.) |
| Rio Maranhão Cataclastic Zone | Cl | | <ul style="list-style-type: none"> r : granite intrusive qt : quartzite xt : qtz-mv sch., qtz-sch., bt-mv sch., gnt-mv sch., calc sch., and cl-mv-qtz sch. af : amphibolite intrusion gn : gneiss (basement) | Cataclastic metamorphism including basement and orogenic belt | Sn and other minerals associated with pegmatite within and around granitic body. | | |
| Serra da Mesa Group (MARINI, 1976) | Fml | | <ul style="list-style-type: none"> qt : mg-bearing sc. quartzite fl : gray phyllite, with mg. in local xt : qtz-cl sch. and cl-qtz sch. with lenticular friable quartzite and graphite sch. mb : basic rock in sch. with mg. (post-metamorphism) cc : marble clxt : cl. sch. and foliated quartzite | Sedimentation with subordinate volcanism. Intrusion of stanniferous granite during orogeny of Serra de Mesa Group. | <ul style="list-style-type: none"> ④ Limestone and graphite. Magnetite dissemination in phyllite. | Unasano Cycle (1,300-900 m.a.) Middle Proterozoic (1,900-1,100 m.a.) | |
| | Pmam | | Photointerpretative Unit: <ul style="list-style-type: none"> r : Serra Dourada and Serra da Mesa Granite Pmam : graphite sch., mv-qtz sch., gnt-mv-qtz sch., bt-mv-qtz sch. and quartzite cc : calcareous quartzite | | <ul style="list-style-type: none"> ⑧ ** Barite, limestone and graphite. ⑦ ** Sn, F, Ta, Nb, beril, tourmaline and muscovite. | | |
| Paimetropolis Volcano-Sedimentary Sequence (RIBEIRO FILHO and TEIXEIRA, 1981) | Fip | | <ul style="list-style-type: none"> r : Filo granite S : st-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) | Aluminous pelitic sedimentation | <ul style="list-style-type: none"> ⑥ Fe in iron formation. ⑤ Kyanite associated with quartzite along fault. | Transamazonian Cycle (2,100 - 1,900 m.a.) Early Proterozoic (2,600 - 1,900 m.a.) | |
| | | | <ul style="list-style-type: none"> 4xt₁ : sc-mc-qtz sch. (rhyolitic composition) 4xt₂ : pl-mc-bt-qtz sch. and pl-bt-qtz sch. intercalated with amphibolite (af) (rhyolitic to rhyodacitic composition) 4xt₃ : feldspathic bt-qtz sch., str-gnt-bt-qtz sch., bt-anf sch., biotite and cl. rock (dacitic to rhyodacitic composition) 4vs : feldspathic gnt-bt-qtz sch. and mica sch. including ky. and acidic meta tuff, with quartzite (qt) and amphibolite (af) | Volcanism-Sedimentation: acidic-intermediate fissure eruption and "neck" (?). Concentration of base metal and Au. | <ul style="list-style-type: none"> ④ "Stratabound" type volcanogenic Zn-Cu-Pb massive and disseminated sulfide ore deposits. (Corpo C-1 and Albo 10P) | | |
| | | | <ul style="list-style-type: none"> 3 : dark fine-grained amphibolite with quartzite (qt), ferruginous quartzite (qfe), gnt-bt-mv-qtz sch. (xt) and basic to ultrabasic dyke (db, ub) r : Morro Solto granite Zg : metagraywacke, metaconglomerate and ultrabasic sill (ub) 2vc : acidic to intermediate tuff, lapilli tuff, volcanic breccia and their schist 1 : gabbroic banded coarse-grained amphibolite | Basic fissure eruption with volcanics. Sedimentation of graywacke. Intrusion of Morro Solto Granite and basic to ultrabasic rock. | <ul style="list-style-type: none"> ③ Volcanogenic Zn-Cu-Pb massive sulfide mineralization detected by drilling hole of Biliton Metals. ② Supergene lateritized Ni ore deposit concentrated with ultrabasic "sill" in mine claim of Biliton Metals. | | |
| Caná Brava Basic-Ultrabasic Massif | Acb | | <ul style="list-style-type: none"> mg : metagabbro, metanorite and metagabbronorite sp : serpentinite px : pyroxenite ub : serpentinite and pyroxenite mb : basic to ultrabasic rock (post-metamorphism) | Basic-ultrabasic complex. | <ul style="list-style-type: none"> ① *** Asbestos mineralization consisting of chrysotile (ct), "Stockwork" type in serpentine - SAMA | Albasian 2,600 m.a. | |

* Projeto Canabrava-Porto Real, CPRM/DNPM, 1979
 ** Projeto Serra Dourada, DNPM/EUB, 1974 and report of SAMA, 1977
 *** Report of SAMA, 1977
 Abbreviations: qtz-quartz, mv-muscovite, sc-sericite, bt-biotite, gnt-garnet, cl-chlorite, str-staurolite, ky-kyanite, pl-plagioclase, mc-microcline, sch-schist

①-⑧: ref. Fig. 0-1.

Fig. II - 2 Stratigraphic Columnar Section in the Surveyed Area

Table II - 1 Stratigraphic Correlation of Palmeiropolis Area

| CPRM (1984) | DNPM/CPRM (1983) | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| PCPE ₁ | ct | |
| PCPW ₁ ~ PCPW ₄ | Pip ₅ | |
| PCPCxt ₃ | Pip ₄ vxt ₃ | Pip ₄ vs |
| PCPCxt ₂ | Pip ₄ vxt ₂ | |
| PCPCxt ₁ | Pip ₄ vxt ₁ | |
| PCPCaf | Pip ₃ | |
| PCPCgb ₂ ** | Pip ₁ * | Pip ₂ ** |
| PCPCgb ₁ * | | |
| PCPE ₂ ** | | |

— PCPW : Unidade de Oeste
 — PCPE : Unidade de Leste
 — PCPC : Unidate de Central
 PCPE₂ and PCPCgb₂ are correlated to Pip₂, PCPCgb₁ is correlated to Pip₁.

(i) 分布

地域北部から南部にかけて、調査面積の約3分の2を占めて広く分布する。東部から西部に向かってほぼ帯状分布を示し、最下部のPip₁層から、最上部のPip₅層に向って順に若い地質となっている。そのうち最上部のPip₅層は本岩類の分布面積の西約半分を有する。

(ii) 岩相

Pip₁層は暗緑色を呈する斑れい岩質粗粒角閃岩より成り、新鮮な岩相は Morro Pelado などの孤立峰を形成するが、ほとんどが風化され、赤褐色細粒の土壌となっている。

Pip₂層は、Pip₁層の中に挟まれて分布し、酸性～中性火山碎屑岩類及び同質の片岩(Pip₁vc)より成る。北端部では変グレイワッケ及び変礫岩(Pip₂gv)に岩相変化する。両岩相とも新鮮な岩層は灰色であるが、風化すると赤褐色を呈する。本層は、更に土壌化すると Pip₁層との区別は難しくなり、転石あるいは後述する土壌の性質の違いで判断せざるを得ない。

本層には局部的に超塩基性シル(ub)の貫入岩を伴う。中央やや東部に認められるシルには、浅成ラテライト化ニッケル鉱床が胚胎されると報告されているが(DNPM/CPRM, 1983), 詳細は不明である。

Pip₃層は暗緑色細粒角閃岩～ザクロ石一角閃石片岩を主体とし、その中に珪岩(qt), 含鉄珪岩(qtfe), ザクロ石—黒雲母—白雲母—石英片岩(xt)を挟在する。Morro Preto は細粒角閃岩によって形成されているが、露出は少なく、転石が多い。Morro Preto の東及び南山麓に分布する角閃岩の転石の中にはしばしば微粒硫化鉱物の鉱染が認められる。Morro Preto 東部に分布する片岩は Pip₃層中に挟在されると考えられているが、岩相の特徴やその片岩が Pip₃層上に乗る様に分布することから

Pip₄層に対比される可能性もある。

本層は塩基性～超塩基性岩々脈(db, ub)及びMorro Solto花崗岩(γ)の貫入を受けている。

Pip₄層は中性～酸性の化学組成を持つ片岩類より成る。Morro do Acampamento地域から南方へ断続的に帯状に分布し、DNPM/CPRM(1983)により下部からPip₄vxt₁、Pip₄vxt₂及びPip₄vxt₃に細分されているが、本調査地域の中中部ではPip₄vsとして一括されている。それぞれの岩相の特徴は次のとおりである。

Pip₄vxt₁は長石質黒雲母—石英片岩、十字石—ザクロ石—黒雲母—石英片岩及び黒雲母—石英片岩及び黒雲母—角閃石片岩より成る。

Pip₄vxt₂は斜長石—微斜長石—黒雲母—石英片岩及び斜長石—黒雲母—石英片岩を主体とし、角閃岩(af)の薄層を挟在する。

Pip₄vxt₃は絹雲母—微斜長石—石英片岩より構成される。

Pip₄vsは主としてMorro do Acampamento地区の片岩類に酷似している長石質ザクロ石—黒雲母—石英片岩及び雲母片岩より成り、珪岩(qt)及び角閃岩(af)を挟在する。

これらの片岩類は新鮮な部分では灰色を呈するが、風化すると赤褐色を呈す。一般に新鮮な露出は極めて乏しく、大半の地域では風化が著しく、土壌化している場合が多い。

Pip₅層は黄褐色～赤褐色を呈し、十字石—黒雲母—白雲母—石英片岩、藍晶石—黒雲母—白雲母—石英片岩、ザクロ石—白雲母—石英片岩及び藍晶石—十字石—白雲母—石英片岩より成り、局部的に灰色磁鉄鉱—石英片岩(縞状鉄鉱層(ff))、珪岩(qt)及び明灰色で緻密な炭酸塩—珪酸塩岩を挟在する。本層も風化により土壌化している部分が極めて多い。本層の分布範囲内でPip₃層との境界からやや離れた所には十字石の破片が特徴的に認められる。一方北端部では藍晶石の破片も局部的に認められる。本層には塩基性岩シル・岩脈(db)及びFilo花崗岩(γ)が貫入している。

(iii) 層位関係

下位層を不整合に覆う。

(3) Serra da Mesa層群

本層群は下部よりPmsm層及びPml層に分類される。

(i) 分布

調査地域北西部～西部～南部にパルメイロポリス火山岩—堆積岩類を取り囲むように分布する。又北部ではPip₅の分布域に小規模に認められる。

(ii) 岩相

Pmsmは石墨片岩、白雲母—石英片岩、ザクロ石—白雲母—石英片岩、黒雲母—白雲母—石英片岩及び珪岩より成る。Serra Dourada・Serra da Mesa花崗岩(γ)の貫入を受ける。

Pmlは含磁鉄鉱絹雲母質珪岩(qt)、灰色千枚岩(fl)、石英—緑泥石—片岩・緑泥石—石英片岩・石墨

片岩(xt)、結晶質石灰岩(cc)及び緑泥石片岩・縞状珪岩(clxt)より構成され、塩基性岩シル(mb)の貫入を受ける。

(iii) 層位関係

パルメイロポリス火山岩—堆積岩類を不整合に覆う。

(4) Rio Maranhão カタクラサイト化帯

(i) 分布

地域東端部に南北方向に狭く分布するが、本カタクラサイト化帯は概略 N-S 系の大構造として地域外へ延長して認められる。

(ii) 岩相

珪岩(qt)、石英—白雲母片岩・石英—絹雲母片岩・黒雲母—白雲母片岩・ザクロ石—白雲母片岩・石灰片岩・緑泥石—白雲母—石英片岩(xt)及び片麻岩(gn)より成り、全体にカタクラスティック組織が顕著である。花崗岩(γ)及び角閃岩質塩基性岩(af)の貫入を受けている。

(iii) 層位関係

下位の地層とは断層で接している。

(5) Paranoa 層群

(i) 分布

地域南部から地域外東部へ分布する。

(ii) 岩相

珪岩、石灰質・石墨質千枚岩、石灰片岩、結晶質石灰岩及び絹雲母質珪岩から成る。

(iii) 層位関係

下位の地層を不整合に覆う。

1-2-2 貫入岩類

本地域内の貫入岩類は、花崗岩類(γ)及び塩基性～超塩基性岩類(db, ub)から成る。

(1) 花崗岩類(γ)

(i) 分布・産状

地域西部(Serra Dourada)及び南部(Serra da Mesa)にバソリスとして広く分布するほか、地域中央北端部(Morro Solto)、南部(Filo)及び北東南端部にストックとして小規模に見られる。Morro Solto 南東約 4 km の井戸(深度 8.5m)から掘り出した土は周囲の土壌と異なるカオリン化した土壌で、その中に花崗岩の巨礫を含んでいる。したがって地表に露出しない潜頭性の花崗岩も存在すると考えられる。

(ii) 岩質

おのおの花崗岩類には岩質の差は認められず、灰色～桃褐色～赤褐色を呈した両雲母花崗岩である。全体に縞状組織が認められるが、特に Serra Solto 全域及び Serra Dourada 東縁部で顕著である。

(iii) 貫入時期

Serra da Mesa・Serra Dourada 花崗岩については年代測定結果が公表されており、Hasui ほか(1980)による Rb-Sr 同位体年代測定で1,550～1,100Ma(原生代中期)を示している。ほかのストック状の花崗岩は、縞状組織が認められることからいずれも造構時の貫入と推定されるが、年代測定が行われていないので、現在のところ被貫入岩の時期以降としか言えない。すなわち Serra Solto・Filo 花崗岩は原生代前期、北東端部のは原生代中期の貫入と考えられる。

(2) 塩基性～超塩基性岩類(db, ub)

(i) 分布・産状

地域全体にシルあるいは岩脈として点在する。

(ii) 岩質

主として緑色～暗緑色を呈した粗粒角閃岩で、局部的に細粒の斑れい岩も認められる。場所によって微粒の硫化鉍物の鉱染も認められ、地域中央やや東部のものは浅成ラテライト化ニッケル鉱床を伴っている。

(iii) 貫入時期

ストック状花崗岩と同様年代測定がなされていないため、詳細は不明であるが、被貫入岩の年代から原生代前期及び中期の貫入と推定される。ただし Pml 層中には地質図に表現されていないが、後変成作用の塩基性岩も認められている。

1-3 地質構造

本地域の地質構造は、São Francisco クラトンと Amazonico クラトンの間に発達したいくつかの褶曲帯のうち、Uruaçu 褶曲帯の N-S 系の地質構造に一致している。

本地域周辺の基盤は Uruaçuano 造山輪廻末期にクラトン化した Goiás 地塊でその地質は始生代の変成度の高い片麻岩、塩基性～超塩基性岩及びグラニュライト複合岩体から成る。調査地域南東部にその一部が N-S 方向に広く分布して、Cana Brava 山塊を形成している。

原生代下部のバルメイロポリス火山―堆積岩類の角閃岩類及び片岩類は、本地域北部から南部にかけて広く中央部に分布している。更に、これらの地質を囲む様に西側に原生代中部の Serra da Mesa 層群、東側に Paranoa 層が分布する。

褶曲構造は、地域の大半で N-S 系の方向が卓越する。一方、地域南東部の Serra da Mesa 花崗岩

及び Serra da Durada 花崗岩周辺では N-S 方向に伸張したドーム構造が認められる。

断層構造は N-S 系、NW-SE 系及び NE-SW 系が発達する。N-S 系断層は地域東部及び西部に発達するが、特に地域東南部の Cana Brava 山塊の東側では Rio Maranhão カタクラサイト化帯を形成して衝上断層帯が発達している。NW-SE 系及び NE-SW 系断層の転位の水平成分は、NW-SE 系が左手横ズレが主体で、NE-SW 系が右手横ズレとなっており、互いに共役な関係にあると考えられる。しかし既知鉱床の C-1 鉱体付近及び Cana Brava 山塊周辺ではむしろ垂直成分の転位量が大きく、ブロック化した複雑な地質構造を呈する。

準精査地区で実施した物理探査 (CSAMT 法) の結果によれば、見掛比抵抗構造の変化が激しく、断層運動によるブロック化が発達していることが裏づけられている。更にこの地区の下部はパルメイロポリス火山一堆积岩類の角閃岩類より見掛比抵抗値が高く、高密度岩体の存在が推定される。

一方、Projeto Serra da Mesa (1973) の空中磁気探査結果によれば、地域南東部 Minaçu に分布する Cana Brava 超塩基性岩体及び地域西側に南北に分布する Serra da Mesa 層群の分布する範囲内で磁気異常値が捕捉されている。これらの異常帯は超塩基性岩類に起因するものと考えられる。

これらのことからパルメイロポリス火山岩一堆积岩類の下部から西部にかけて基盤岩類が比較的浅所に存在する可能性がある。

1-4 変成作用

本調査地域に分布する地層のうち、主に準精査地区のパルメイロポリス火山一堆积岩類を中心に野外観察結果、全岩分析結果 (Table II-2) 及び岩石薄片の顕微鏡観察結果などから変成鉱物の分帯を行った。

変成岩の化学組成と鉱物組成の間の関係を示すためにモル比で $Al_2O_3 + Fe_2O_3 - (Na_2O + K_2O)$, CaO , $FeO + MgO$ を三つの頂点にとった ACF 図を Fig. II-3 に示す。

全試料の ACF 成分を都城及び久城 (1975) の分類に従ってプロットすると角閃岩類は塩基性火成岩の領域に入り、片岩類は泥質岩とグレイワッケの領域に入る。一方全岩分析値を見ると、角閃岩類 (Pip₁ 層及び Pip₃ 層) の値は玄武岩の平均化学組成に類似し、片岩類のうち Pip₂ 層の値は安山岩～デイサイト、Pip₄ 層の値はデイサイト～流紋岩の平均化学組成に類似している (但し一部安山岩～玄武岩の組成に類似するものもある)。

以上の鉱物組合せと化学組成から、各層準ごとに変成鉱物の分帯を行って変成相を推定し (Fig. II-4), 併せてそれらの原岩も推定した。すなわち、

Pip₁ 層及び Pip₃ 層 (角閃岩類) は (緑れん石, 角閃岩相～) 角閃岩相に属し、原岩は塩基性火成岩 (玄武岩) 類と推定される。

Pip₂層及びPip₄層(片岩類)は(ザクロ石帯~)十字石-紅柱石帯(~十字石-藍晶石帯)で角閃岩相に属し、原岩は中性~酸性火成岩類を主とし泥質岩や塩基性岩を挟在したものと推定される。

Pip₅層(片岩類)は主として十字石-紅柱石帯で角閃岩相に属し、北端部で十字石-藍晶石帯となり、原岩は泥質岩起源と推定される。

Pmlfl層(片岩類)は緑泥石帯-ザクロ石帯で綠色片岩~緑れん石角閃岩相に属し、原岩はPip₅層同様泥質岩起源と推定される。

本地域の変成岩類の変成作用のタイプについて都城(1965)の変成相系列(metamorphic facies series)(Fig. II-5)を参考に考察した。パルメイロポリス火山岩-堆積岩類の変成相系列は中圧型の藍晶石-珪線石タイプと低圧型の紅柱石-珪線石タイプの中間タイプと考えられ、温度-圧力は300~600℃-6~10×10³atmの範囲と推定される。

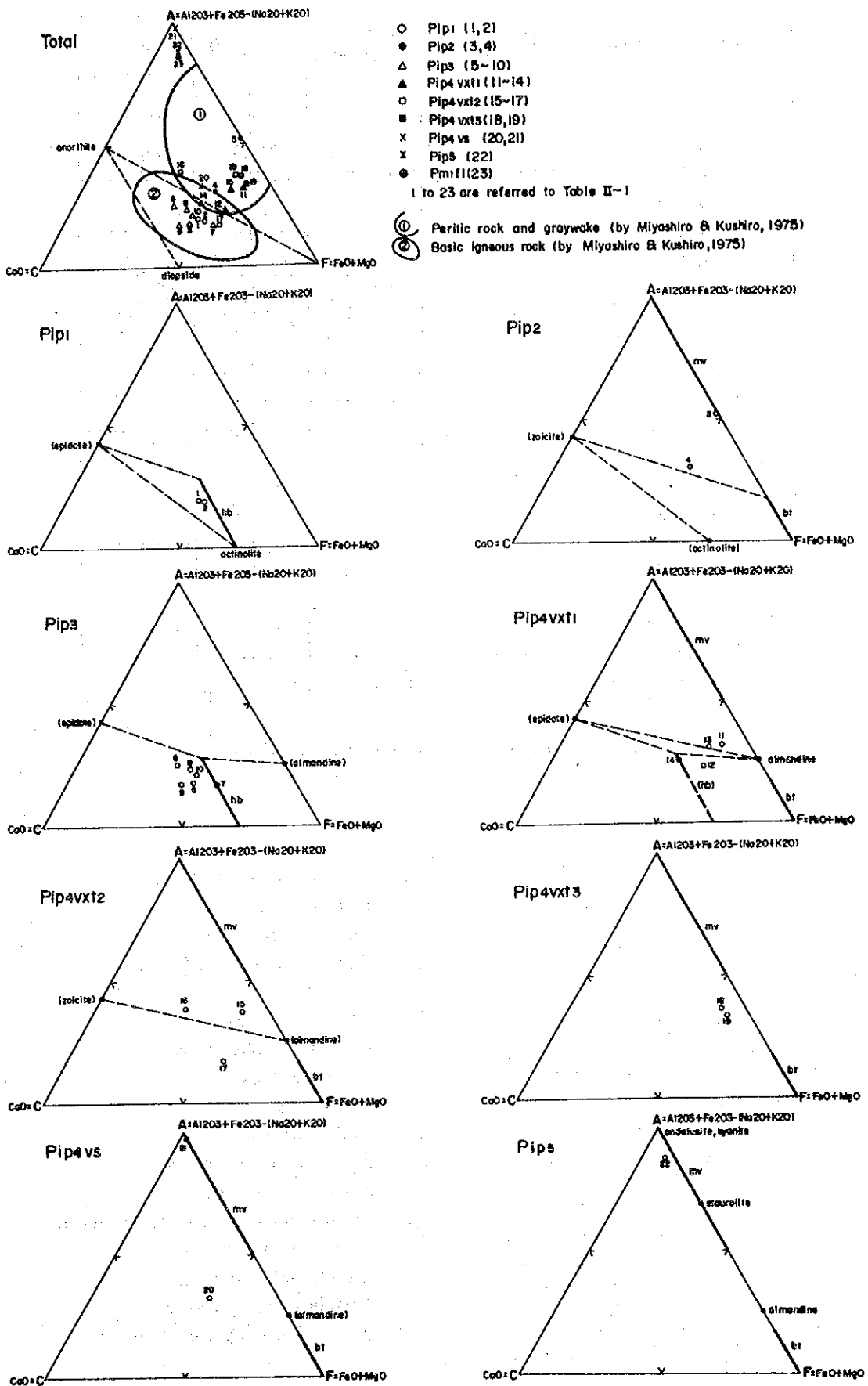
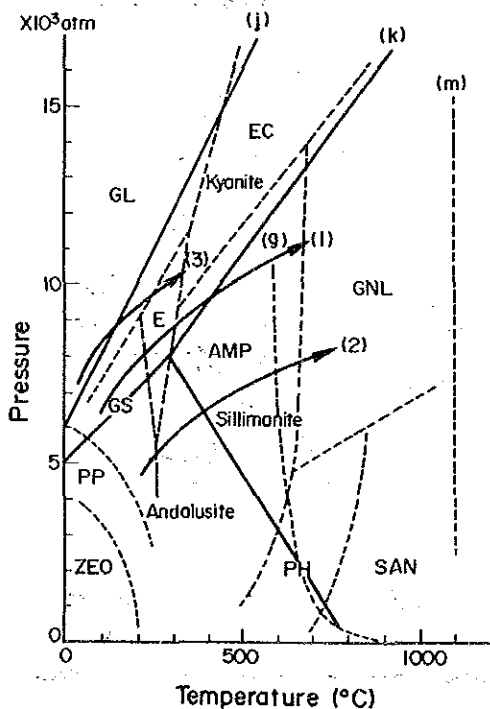


Fig. II - 3 ACF Diagrams of Metamorphic Rocks

| Metamorphic facies | | Green schist facies | Epidote-Amphibolite facies | Amphibolite facies | | |
|--------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------|
| meta basic rock | oligoclase | | | | | |
| | labradorite-anorthite | | | | | |
| | epidote | | | | | |
| | amphibole | actinolite | bluish green hornblende | green (?) hornblende | green & brown hornblende | |
| | chlorite | | | | | |
| | almandine | | | | | |
| geological unit | | Pip1 & Pip3 | | | | |
| Mineral zoning | | Chlorite zone/biotite zone | Almandine zone | Staurolite zone Andalusite zone | Kyanite zone | Sillimanite zone |
| (Pelitic) schist | chlorite | | | | | |
| | muscovite | | | | | |
| | biotite | | | | | |
| | almandine | | | | | |
| | staurolite | | | | | |
| | andalusite | | | | | |
| | kyanite | | | | | |
| | sillimanite (graphite) | | | | | |
| oligoclase | | | | | | |
| K-feldspar | | | | | | |
| quartz | | | | | | |
| geological unit | | Pm1 I | | Pip2, Pip4 | | Pip5 |

Fig. II-4 Classification of Metamorphic Facies



- GL : Glaucophane schist facies
- EC : Eclogite facies
- GS : Green schist facies
- E : Epidote amphibolite facies
- AMP : Amphibolite facies
- GNL : Granulite facies
- PH : Pyroxene hornfels facies
- SAN : Sanidinite facies
- PP : Prehnite-pumpellyite facies
- ZEO : Zeolite facies
- (j) : Jadeite + quartz = albite
- (k) : Kyanite = sillimanite
- (g) : Minimum temperature of magmatism
- (m) : Maximum temperature of metamorphism
- (1) : Kyanite-sillimanite type
- (2) : Andalusite-sillimanite type
- (3) : Jadeite-glaucophene type

Fig. II - 5 P-T Diagram of Metamorphic Facies

第2章 鉱化作用

本調査地域には、大小様々なタイプの鉱床が分布している (Fig. II-1, Fig. II-2) が、現在稼行している鉱床の主なものには Cana Brava アスベスト鉱床及び Buriti 錫鉱床などがあり、探査中のものにはパルメイロポリス Cu-Pb-Zn 鉱床などがある。

その他本地域内では、Billington 社の探査結果、超塩基性貫入岩に伴う浅成ラテライトニッケル鉱床や火山性起源の Cu-Pb-Zn の弱い鉱化帯を捕捉したと報告されている (DNPM/CPRM1983) が詳細は不明である。

Cana Brava アスベスト鉱床は、Cana Brava 岩体の超塩基性岩の蛇紋岩化作用に伴って形成されたクリソタイル質アスベストのストックワーク型鉱床である。

本鉱床は SAMA 社によって稼行されており、2ヶ所のオープンピット採掘で年間20万 t (7.5%クリソタイル) を産出している。鉱化作用は2回のステージが認められ、初期のステージでは褐色蛇紋岩中の低温タイプのアスベストで品位は低い。又後期のステージでは緑色蛇紋岩中の高温タイプのアスベストで高品位である。埋蔵鉱量は5千万 t (6.7%クリソタイル) が確認されている。

Buriti 錫鉱床は Serra Dourada 花崗岩の内部及び周辺部でアルビタイト化作用、グライゼン化作用及びペグマタイト化作用に関係した Sn, F, Ta, Nb, 緑柱石及び電気石化作用により形成された鉱床である。

アルビタイト化作用に関係した鉱化作用は小規模高品位の錫鉱床を形成しており、Brumadinho 社の Buriti 鉱山は主としてこのタイプの鉱床を稼行している。

パルメイロポリス鉱床は CPRM が1975~1984年に "Project Palmeiropolis" として約30,000ha の範囲 (その南半分は本プロジェクトの Morro do Acampamento 地区に含まれる) の探査を実施した結果発見された鉱床であり、3鉱体 (C-1, C-2, C-3 鉱体) からなるが、C-1 鉱体は、角閃岩類 (Pip₂) と片岩類 (Pip₂vxt₁) の間に、C-2 及び C-3 鉱体は Pip₂ の片岩中に胚胎する (このうち C-2, C-3 鉱体は調査地域外に位置する)。各鉱体の規模は概ね次のとおりである。

C-1 鉱体：1,300m×150m

C-2 鉱体：300m×100m

C-3 鉱体：300m×150m

鉱石鉱物は主として、閃亜鉛鉱、磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱及び方鉛鉱であり、量的にもこの順序であるが、C-3 鉱体は方鉛鉱の量が少なく、他の2つの鉱体とやや異なる特徴を示す。

C-1 及び C-2 鉱体は次の2つのタイプの鉱石で代表される。

塊状鉱：高品位部を形成し、50%以上の硫化鉱物 (容積比) と角礫状組織が特徴。

鉱染状鉱：前者の周辺部に発達し、稀に20%以上の硫化鉱物（容積比）を含有する。

C-3 鉱体は主として塊状及び縞状鉱からなり、周辺部に鉱染状鉱を伴う。縞状鉱の中には角礫状鉱の薄層が挟在されるが量的に少ない。

CPRM によるこれまでの探査結果発見された鉱量は約400万 t (Cu0.46~1.25%, Pb0.33~1.38%, Zn4.22~5.85%) である。

C-1 鉱体周辺探査及び広域の鉱床探査手法の一つとして、本地域の様に高変成度の岩石が分布する地域で鉱床の上下盤の母岩の初生熱水変質の性質や特徴を抽出し、それが有効に利用し得るかどうか検討した。その結果、本地域では X 線回折による初生の熱水変質鉱物の抽出はできなかった。また母岩の Na₂O と K₂O などの変化から鉱化変質帯を抽出するのに使用される $(MgO+K_2O)/(Na_2O+K_2O+MgO+CaO) \times 100$ あるいは $K_2O/(Na_2O+K_2O) \times 100$ の算出による変質強度の解析の結果、黒鉱鉱床では前者が90%以上の範囲に入り、カナダの Noranda 地区の鉱床では後者が80%以上の範囲に入るのに対し、C-1 鉱体は前者が45~65%後者が50~70%を示し本地域の母岩の熱水変質作用は、黒鉱鉱床あるいはカナダ Noranda 地区の火山性塊状硫化物鉱床の場合に比較して弱いと考えられる。

第3章 河床堆積物による地化学探査

3-1 調査概要

主としてパルメイロポリス火山岩一堆积岩類の分布範囲を中心に河床堆積物の地化学探査を行った。北部の Morro do Acampamento 地区周辺では過去に CPRM による地化学探査が実施されているので、その結果を参考にしながら主要河川に絞って採試した。

1/50,000の水系図を利用して、採試位置を決定し、1,031個の試料を採取した。採試密度は2~3個/km²となった。

試料は、80メッシュ以下とし、原子吸光法により、Cu, Pb, Zn, As を分析した。

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。

3-2 調査結果

(1) 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. II-6)。ヒストグラムでは、Asは検出限界以下の値が86.4%を占め正しい対数正規分布は示さない。一方Pb及びZnは正しい対数正規分布を示し、Cuもそれに近い。又、累積頻度分布図は各成分とも直線的な分布を示し、明瞭な折れ曲りは認められない。

これらより、異常しきい値は地化学探査に一般に使用されている全体の約2.5%を占める $\times + 2\sigma$ (t)値を採用し、全体の約5%を占める値(t')を補助的しきい値とした。つまり(t')以上(t)未満の値を低い異常値、(t)異常の値を高い異常値とした。

各成分の(t)及び(t')の決定には簡易的に累積度数分布図(Lipeltier, 1964)を用いた。この結果はTable II-3に示す。CPRM(1982)と比較すると、ほぼ同様の異常値が得られた。CPRM(1982)は、Levinson(1974)の累積曲線より98%以上を第1オーダの異常値とし、95%以上98%未満を第2オーダの異常値とした。

各成分の相関関係はTable II-4に示すとおりである。Cu, Pb及びZnの強い正の相関が認められるが、Asはほかのどの成分とも相関関係が非常に低い。

(i) 銅(Cu)

地域中央やや北東部の Billington Metais Ltd. のキャンプ付近の Pip₁層・Pip₃層中にまとまった形

で、また Morro do Acampamento 地区内の Alvo 9P, 1P, 6P の一部、Alvo 11P の南西部などに小規模な異常が分布する。

これらの異常のうち、上の各 Alvo に関連するもの及び中央部の Pip₄ 層中に点在するものは、C-1 鉱床胚胎層準である Pip₃ 角閃岩と Pip₄ 片岩の境界を通る水系に検出されており、銅鉱化作用に関連する可能性を指摘した。

また Pip₁ 層・Pip₃ 層中の異常は、後背地が塩基性岩起源の角閃岩類であることから、母岩そのものに含有されている Cu 成分の溶脱と解釈された。

(ii) 鉛(Pb)

地化学異常帯として Alvo 2P・7P, Alvo 1P 及び地域西部の Pm₁xt 層中が抽出された。Alvo 2P の異常は C-1 鉱体に起因する高異常帯であり、Alvo 7P や Alvo 1P の異常も C-1 鉱体と類似の鉱化作用による異常の可能性が考えられる。又、西部の異常帯は As の異常帯と関係が深い。

このほか小規模な異常は、Alvo 10P や 9P の一部、中央北東部の Pip₃ 層中に一部、地域北西部から南西部にかけて Pip₅ 層・Pmsm 層、Pm₁xt 層中に点在する。Alvo 10P や 9P 中の異常は鉛鉱化作用に起因するものとして興味深い。

(iii) 亜鉛(Zn)

亜鉛の異常帯として、Alvo 12P の一部、銅異常帯と同じ中央やや北東部の Pip₁ 層・Pip₃ 層及び西部の鉛・砒素異常帯と重なる地区が抽出された。Alvo 12P の異常は片岩類中のもので後述の土壤地化学探査でも異常帯として抽出されており、亜鉛の鉱化作用が期待される。

ほかに Alvo 2P, Alvo 11P の南西部及び中央部の Pip₄vs 中にも亜鉛の鉱化作用によると考えられる異常が点在する。又、Pip₃ 層中あるいは Pip₅ 層中に点在する異常も認められるが、鉱徴地は未だ報告されていない。

(iv) 砒素(As)

地域西部に分布する Pm₁xt 層中及びその周辺にはまとまった砒素異常帯及び小規模な異常が点在する。

これらの異常の分布する Pm₁xt 層は泥質堆積物起源の細粒片岩類から成り、これまでにこの層準に堆積性砒素鉱床の賦存する可能性は報告されていないことから、母岩そのものに含有されるものとは解釈できない。一方これらの異常は N-S 系断層帯に沿って分布することから、これらの異常は、N-S 系断層に沿って上昇した熱水作用に関係したものと解釈される。

(2) 多変量解析

因子分析法により 3 つの因子 (Table II-5) を抽出し、それらと地質、鉱床との関連性について検討した。

(i) 第 1 因子(Cu-Zn)

因子得点が1以上を高因子得点、0.5以上1未満を中因子得点として表示した結果、Morro do Acampamento 地区内では Alvo 2P・1P・6P・9P・11P～12P に中～高因子得点帯が抽出され、単一変量解析による Cu 及び Zn 異常とほとんど一致した。これらはほとんどが Pip₁ 層及び Pip₃ 層中のものであるが、既知鉱床周辺もしくは鉱床母岩と同一層準の地質を含有する。

一方地域中部から南部にかけても中～高因子得点帯が抽出された。特に地域中央部には鉱床直上の母岩と同一層準に対比される Pip₄ vs 層が広く分布している。又単一変量解析の結果 Cu・Pb・Zn 異常も同層中に点在している。ほかに地域中央北東部(Billington Metais キャンプ付近)の Pip₁ 層・Pip₃ 層にまとまっている地域、地域中央やや北西部の Pip₅ 層中にまとまっている地域及び南部の Pip₃ 層中に点在するものが挙げられる。

以上のように本因子は、主として Pip₁ 層及び Pip₃ 層など塩基性岩起源の角閃岩類で代表される母岩の特性を反映したものと考えられ、片岩類の分布する所では Cu-Zn 鉱化作用を特徴づけるものを含有すると考えられる。

(ii) 第2因子(As-Pb)

第1因子同様、因子得点のランクづけを行った結果、Alvo 2P・9P・1P・6P に中因子得点が抽出された。

地域西部の Pm₁ xt 層・Pmsm 層中及び南部の Pip₃ 層・Pip₅ 層中には高因子得点帯が抽出されたが、いずれも鉛鉱化帯は存在せず、むしろ断層に近接する地域であり、単一変量解析の As 異常とよく一致している。

一方地域中央部の Pip₄ vs 層周辺には、第1因子のように中～高得点帯が抽出されなかったが、小規模な高因子得点が点在している。

以上のように本因子は主として断層に沿って上昇した何らかの熱水作用を反映していると考えられる。しかし C-1 鉱体周辺では鉛鉱化作用を特徴づけるものを含むのかも知れないが、初生的なものかどうかは今後検討しなければならない。

(iii) 第3因子(Pb-Zn)

第1・第2因子と同じ手順で解析した結果、準精査地区では Alvo 11P を除くすべての Alvo で中～高因子得点が抽出され、単一変量解析における Pb 及び Zn 異常を全て包含する。

本因子の中～高得点帯はほかに地域中央部の Pip₄ vs 層を中心としたゾーン、中央やや北西部の Pip₅ 層を中心としたゾーン及び南部の Pip₃ 層・Pip₅ 層中に抽出された。

本因子は、主として Pb-Zn 鉱化作用を反映した因子と考えられる。

(3) 地化学異常と鉱化作用との関連

単一変量及び多変量解析により、多数の地化学異常帯が抽出されたが、これらの異常帯と鉱化作用との関連を検討し、次の6つの重要な地化学異常地区を抽出した(Fig. II-7)。

- ① Morro do Acampamento 地区 (Cu-Zn-Pb)
- ② Rio Dois de Junho 地区 (Cu-Pb-Zn)
- ③ 地域中央北東部の Pip₁ 層・Pip₃ 層中 (Cu-Zn)
- ④ 地域中央北西部の Pip₅ 層中 (Cu-Pb-Zn)
- ⑤ 地域西部の Pm_{1xt} 層・Pmsm 層中 (As-Pb)
- ⑥ 地域南部の Pip₃・Pip₅ 層中 (As-Pb(-Zn-Cu))

以上のうち、①については第1年次に土壤地化学探査による準精査を実施し、以後漸次精査を行なった。②は Morro do Acampamento 地区の鉱床母岩と同一層準に対比される地質が分布していることから Cu-Pb-Zn 鉱化作用も期待され、第2年次に土壤地化学探査による準精査で実施した。

③は、塩基性岩そのものに含有されている Cu-Zn 成分が溶脱濃集した地域と考えられる。

④は、Pip₅ 層中に細粒硫化鉱物鉱染を伴った塩基性岩シルが多量に認められ、これらの影響による異常地区と考えられる。

⑤は、断層に沿った熱水作用による異常地区と考えられる。

⑥は、塩基性岩類中の溶脱した Cu-Zn 異常及び断層に沿った熱水作用の影響を受けた As-Pb 異常が重複した地区である。

③～⑥は対象とする鉱化作用とは別の地化学異常であり、以後の探鉱の考慮外とした。

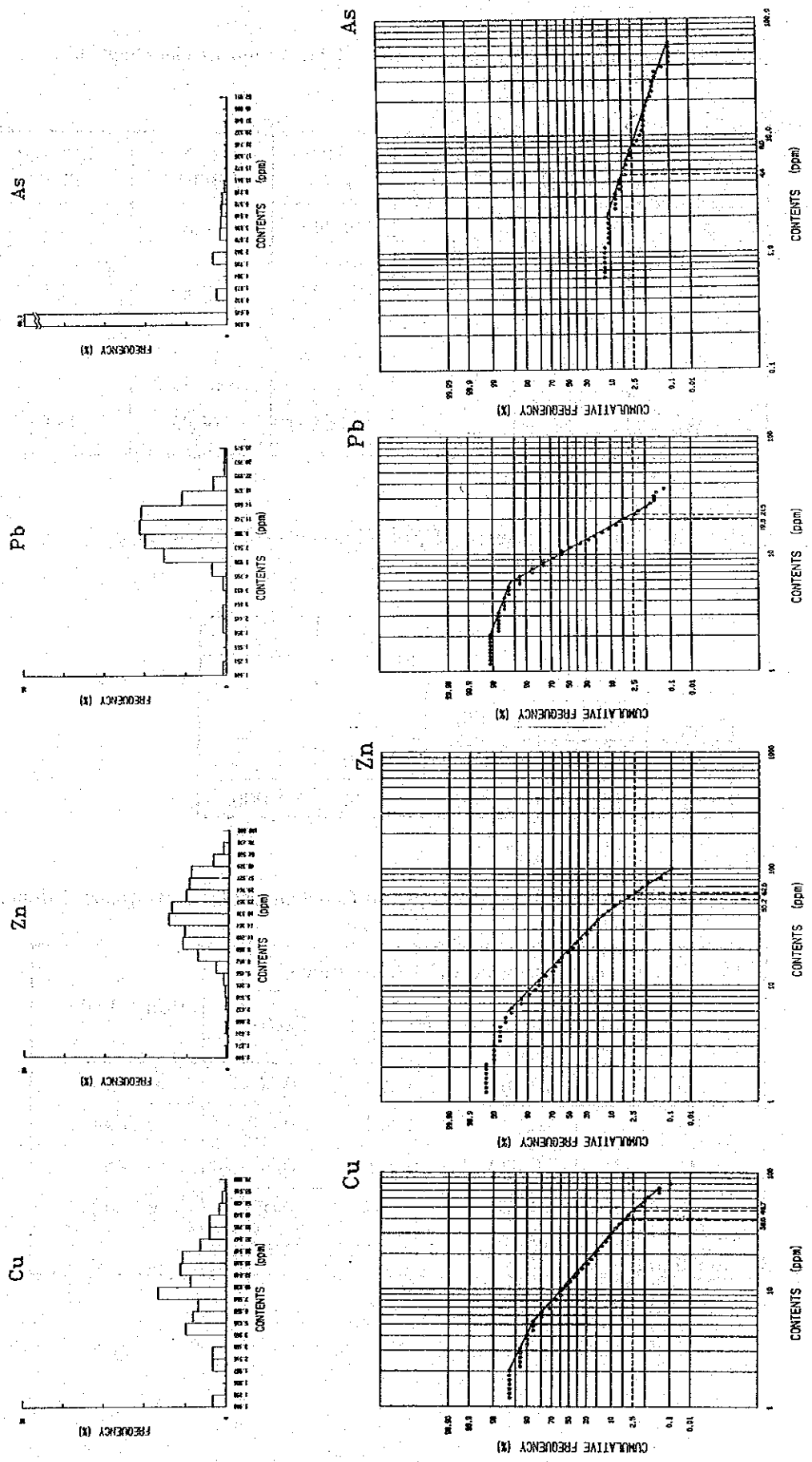


Fig. II - 6 Histogram and Cumulative Frequency Distribution of Cu, Pb, Zn and As of Stream

Sediment

Table II-3 Results of Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data of Stream Sediments

| Element | Max. (ppm) | Min. (ppm) | Mean (ppm) | t' (5%) (ppm) | t (2.5%) (ppm) |
|---------|------------|------------|------------|---------------|----------------|
| Cu | 80 | 5 (1) | 9.748 | 38.6 | 46.7 |
| Pb | 36 | 5 (1) | 9.783 | 19.8 | 21.5 |
| Zn | 100 | 5 (1) | 17.776 | 55.2 | 62.5 |
| As | 63 | 1 (0.5) | (0.646) | (4.4) | (8.0) |

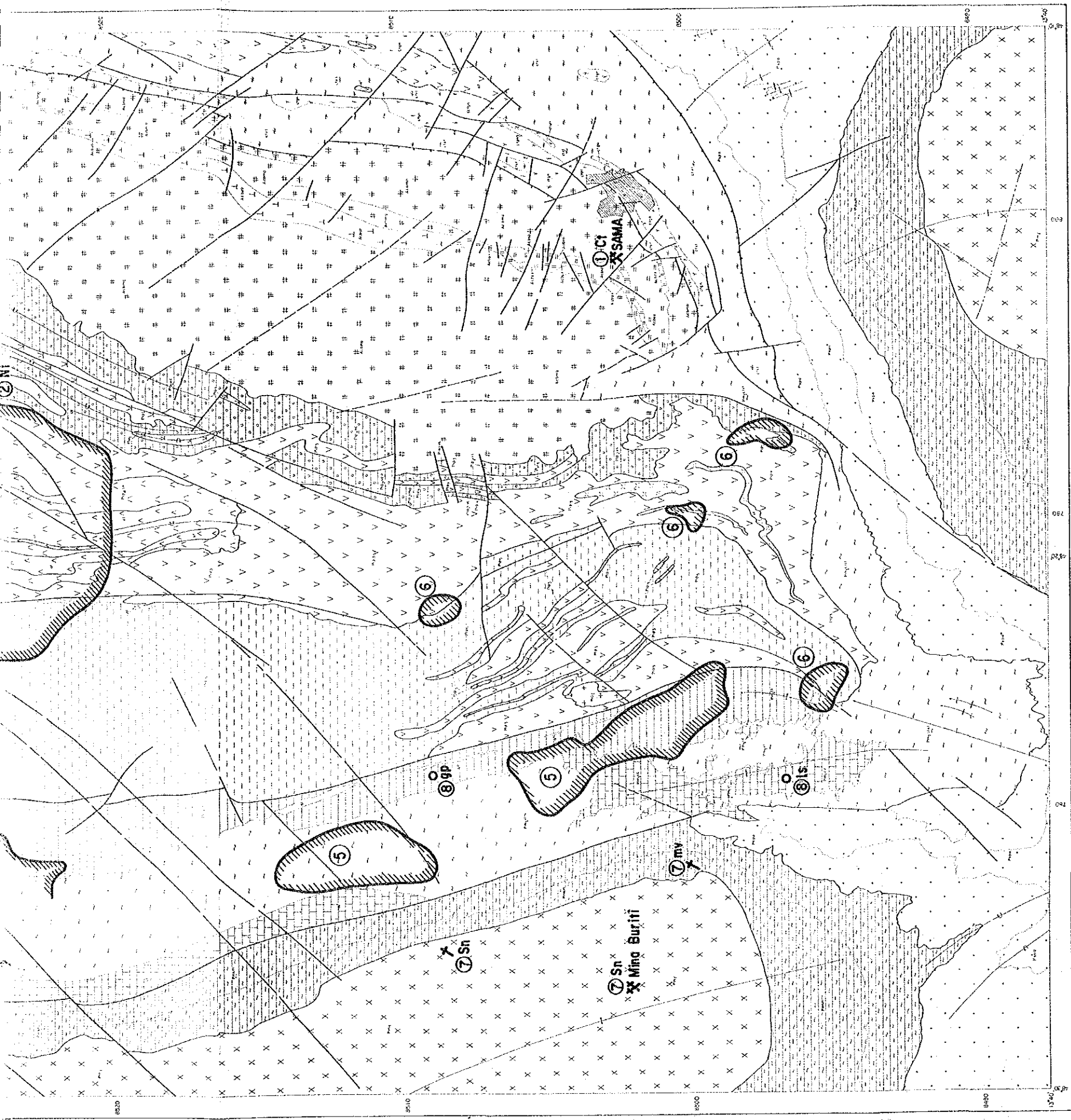
Table II-4 Correlation Matrix of Four Elements of Geochemical Data of Stream Sediments

| | Cu | Pb | Zn | As |
|----|-------|-------|-------|-------|
| Cu | 1.000 | | | |
| Pb | 0.576 | 1.000 | | |
| Zn | 0.741 | 0.604 | 1.000 | |
| As | 0.261 | 0.264 | 0.234 | 1.000 |

Table II-5 Results of Factor Analysis of Geochemical Data of Stream Sediments

| Factor Loadings (varimax rotation) | | | | Communality |
|------------------------------------|----------|----------|----------|-------------|
| Factor No. / Element | Factor 1 | Factor 2 | Factor 3 | |
| Cu | 0.705 | 0.394 | 0.304 | 0.7440 |
| Pb | 0.345 | 0.417 | 0.558 | 0.6044 |
| Zn | 0.684 | 0.336 | 0.406 | 0.7452 |
| As | 0.062 | 0.507 | 0.056 | 0.2642 |
| Factor contributions | 88.938% | 7.815% | 3.580% | |





LEGEND

Important Geochemical Anomaly Area

- ① Cu-Pb-Zn (semi-detailed survey area)
- ② Cu-Pb-Zn (central part)
- ③ Cu-Zn (Pips - Pips)
- ④ Cu-Pb-Zn (Pips)
- ⑤ As-Pb (western part)
- ⑥ As-Pb(-Cu-Zn) (Pips-Pips)

- Geological boundary
- - - - - Lithological limit
- - - - - Fault
- ~ ~ ~ ~ ~ Synclinal axis
- ~ ~ ~ ~ ~ Anticlinal axis
- ~ ~ ~ ~ ~ Synclinerium axis
- ~ ~ ~ ~ ~ Anticlinorium axis
- ~ ~ ~ ~ ~ Bedding plane
- ~ ~ ~ ~ ~ Schistosity (S1)
- ~ ~ ~ ~ ~ Schistosity (S2)
- ~ ~ ~ ~ ~ Lineation
- ~ ~ ~ ~ ~ Lineament
- ✕ Mines
- Mineral showings
- △ Ore deposits
- ① Small Mines ("Garimpo")
- ② ref. Fig. II-2
- Zn - Zinc
- Cu - Copper
- Pb - Lead
- Is - Limestone
- mv - Muscovite
- Ni - Nickel
- Ct - Crisotile asbestos
- Sn - Tin
- Fe - Iron
- gp - Graphite

| Symbol | Columnar Section | Lithology |
|--------|--|-----------|
| ① | Photo interpretative Unit: quartzite, calcareous and graphitic phyllite, calc-schist, marble and sericitic-quartzite | |
| ② | f : granite intrusive qt : quartz fl : gray phyllite, with mg. in local calc sch. and bi-mv-qtz sch. af : amphibole intrusion gt : gneiss (basement) | |
| ③ | qt : mg-bearing ss. quartzite fl : gray phyllite, with mg. in local calc sch. and bi-mv-qtz sch. mb : basic rock in sch. with mg. (post-metamorphism) cc : marble dxt : sl. sch. and foliated quartzite | |
| ④ | Photointerpretative Unit: f : Serra Dourada and Serra da Mesa Granite fmm : graphitic sch., mv-grt sch., gn-mv-qtz sch., bi-mv-qtz sch. and quartzite cc : calcareous quartzite | |
| ⑤ | f : Fila granite 5 : str-bt-mv-qtz sch., ky-bt-mv-qtz sch., gr-mv-qtz sch. and ky-gr-mv-qtz sch. associated with basic sill and dyke (db), banded iron formation (BT) and quartzite (qt) | |
| ⑥ | 4vst : some-qtz sch. (chloritic composition) 4vst1 : prisms-biotite sch. and bi-bt-qtz sch. (chloritic to rhodochrosite composition) 4vst2 : foliophane bi-qtz sch., str-grt-bt-qtz sch., bi-anf sch., biotite and cl. rock (gabbro to rhodochrosite composition) 4vs : feldspathic grt-bt-qtz sch. and mica sch. including ky. and quartz meta tuff, with quartzite (qt) and amphibolite (sf) | |
| ⑦ | 3 : dark fine-grained amphibolite with quartzite (qt), leucopyrite (leuc), gabbro (gb) and basic to ultra- basic dyke (db, ub) f : Muro Soto granite 2p : mesargywick, metaconglomerate and ultrabasic sill (ub) 2ve : acidic to intermediate tuff, lapilli tuff, volcanic breccia and their schist 1 : gabbroic banded coarse-grained amphibolite | |
| ⑧ | ms : mesargywick, metacarbonate and metabasconite ms : mesargywick px : pyroxenite ub : serpentinite and pyroxenite mb : basic to ultrabasic rock (post-metamorphism) | |

Fig. II - 7 Geochemical Anomaly Map in the Surveyed Area (Stream Sediments)

第Ⅲ部 Morro do Acampamento地区

第1章 地 質

1-1 地質概要

本地区はパルメイロポリス全域の北部に位置し、面積は300km²である。調査には、既存の縮尺1/50,000の水系図を1/10,000に拡大した水系を使用し、地化学探査のための土壌試料の採取と併行して地質を調査、ルートマップを作成して1/20,000の地質図にまとめた。また、現地調査にあたっては縮尺1/25,000の空中写真を補助的に使用した。

本地区域は原生代下部のパルメイロポリス火山岩—堆積岩類及びSerra da Mesa層群の一部で構成されている。前者が本地区域の大部分を覆っており、Pip₁、Pip₂、Pip₃、Pip₄、Pip₅及びMorro Solto花崗岩に細分されている。後者はPmlflで、本地区域西部に南北に伸びた形で分布している。地層は全体的にみて、東から西へ向けて古い地層から新しい地層が分布する。

本地区域ではNE-SW系及びNW-SE系の断層、あるいは褶曲などにより、複雑な地質構造が形成されている。

1-2 地質各説

1-2-1 地質層序

地質層序は下位より、パルメイロポリス火山岩—堆積岩類のPip₁、Pip₂、Morro Solto花崗岩、Pip₃、Pip₄、Pip₅そしてSerra da Mesa層群のPmlflである。

(1) パルメイロポリス火山岩—堆積岩類

Pip₁：暗緑色の斑れい岩質角閃岩から成り、本地区域東端でNNW-SSE方向に伸びた形で分布する。下位層とは不整合である。

Pip₂：主として酸性～中性火山碎屑岩類及び同質の片岩(Pip₂vc)から成り、北端部では変グレイワッケ及び変礫岩(Pip₂gv)に岩相変化する。Pip₂層の中に挟まれた形で、本調査域の北東部に分布する。Pip₁とは指交関係である。

Pip₃：暗緑色角閃岩ないしザクロ石角閃岩を主体にし、その中に珪岩(qt)、含鉄珪岩(qtfe)、ザクロ石—黒雲母—白雲母—石英片岩(xt)を挟在する。本地区域のほぼ中央部で、Pip₂の西側に、NNW-SSE方向に帯状に分布する。下位層との関係は整合であり、一部断層で接している。

Pip₄：酸性～中性の化学組成をもつ片岩類で構成され、さらにPip₄vxt₁、Pip₄vxt₂、Pip₄vxt₃に細

分されている。本調査域のほぼ中央部で北から南へ、古い地層から新しい地層の順に露出し、全体としてやや NE-SW 方向に伸びた形で分布している。Pip₄vxt₁は、主として長石質黒雲母—石英片岩、十字石—ザクロ石—黒雲母—石英片岩及び黒雲母—角閃石片岩などから成る。Pip₄vxt₂は、主として斜長石—微斜長石—黒雲母—石英片岩及び斜石長石—黒雲母—石英片岩とそれらに挟在する角閃岩類 (af) からなる。Pip₄vxt₃は、主として絹雲母—微斜長石—石英片岩からなる。

下位層との関係は整合である。

Pip₅：主として十字石—黒雲母—白雲母—石英片岩、藍晶石—黒雲母—白雲母—石英片岩、ザクロ石—白雲母—石英片岩及び藍晶石—十字石—白雲母—石英片岩で構成され、局部的に磁鉄鉱—石英片岩 (ff) を挟在する。本調査地域の西半分に広く分布する。下位層との関係は整合である。

Morro Solto 花崗岩は小規模なストックであり、本地域の北端に位置する。岩質は、灰色～桃褐色～赤褐色の両雲母花崗岩で、全体に縞状組織が認められる。貫入時期は原生代前期と考えられる。

(2) Serra da Mesa 層群：

本層群は下部より Pmsm と Pml 層に分けられているが、本地域では Pml のみ分布する。

Pml は本地域では灰色千枚岩であり、西部で Pip₅ の分布域の中で南北に細長い形で分布する。下位層との関係は不整合である。

1-2-2 地質構造

本地域では、全体としての地層の分布から NNW-SSE の大規模な構造要素があると考えられるが、それより小規模の構造要素として NE-SW ないし NNE-SSW 系統の断層及び褶曲が卓越し、さらに小規模の構造要素として NW-SE 系統の断層等があり、複雑な地質構造を形成している。

卓越する NE-SW ないし NNE-SSW 系統の構造は、本地域の中央部に特に発達し、ほとんどの地層が NNW-SSE 方向に帯状に分布する中で、Pip₄ 層の分布を規制し、NNE-SSW 方向の帯状分布としている。また、卓越する断層群の間には、ほぼ同方向の軸をもつ褶曲が多数存在し、地層の分布をさらに複雑にしている。この褶曲構造の一部に C-1 鉱体が分布していることが明らかにされている。

第2章 鉱化作用

パルメイロポリス火山岩—堆積岩中の Pip_4 層は、本地域では重要な鉱床胚胎層準である。本地域のほぼ中央部に位置する C-1 鉱床は、 Pip_3 層直上の Pip_4 層内に胚胎する銅—鉛—亜鉛鉱床であり、また、本調査地域外の北方に位置する C-2 及び C-3 鉱床も Pip_4 層中に胚胎していることが CPRM によって明らかにされている。

また、本地域中南部の Alvo 10P においては、過去に CPRM が行った調査により、この地域の黄鉄鉱を主体とした鉱徴は Pip_4 層内に位置づけられていたが、本調査でもその鉱徴を追跡するとともに、 Pip_4 層内に胚胎することを確認した。

C-1, C-2, C-3 鉱床については既述した (第 I 部 第 2 章参照)。

第3章 土壤による地化学探査

3-1 調査概要

既に実施されている CPRM による土壤地化学探査の地域が各 Alvo 内に限定されているので、異常値のしきい値が Alvo ごとに異なっている。本調査はもっと広範囲に適用できるような平均した異常値を求め、新たな地化学異常域を抽出することを目的とした。

試料採取は 1/50,000 水系図を 1/10,000 に拡大した水系図を使用し、更に 1/25,000 の空中写真も補助的に活用した。試料は平均 8~9 ヶ/km² の採試密度で合計 2,555 個の土壤を採取した。

試料は測線を使用しての等間隔採取の他に、主要な道路及び河川沿いに採取し、全域の採試点分布を均等になるようにした。

採取試料は、原子吸光法により、Cu、Pb、Zn、As について分析した。

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。

(1) 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. III-1)。

これらは全試料、角閃岩類及び片岩類の岩相別に分けて示されている。ヒストグラムでは、As は検出限界以下が 77.0% を占め、対数正規分布は示さないが、Cu・Pb・Zn は対数正規分布を示す。又、累積頻度分布図では、As は直線的な分布を示すが、ほかの成分はほとんどが明瞭な折れ曲がりを示した。

異常しきい値の決定は河床堆積物同様 Lipeltier (1964) の方法を用いて、全試料と角閃岩類及び片岩類の岩相別に、累積頻度曲線で明瞭な折れ曲がり点をしきい値とした。もし直線的な分布であれば 2.5% 及び 5% の点をそれぞれしきい値と補助的しきい値とした。この結果を Table III-1 に示す。

各成分の相関関数は Table III-2 に示すとおりで、Cu 及び Zn は強い正の相関を示すが、ほかの成分はほとんど相関が認められない。

(2) 多変量解析

河床堆積物同様、因子分析法により、2 つの因子が抽出された (Table III-3)。第 1 因子は Cu-Zn、第 2 因子は Pb-As である。

3-2 調査結果

(1) 単一変量解析

解析においては各成分とも岩相によって含有量に異なるので、全試料による解析のほかに塩基性岩類起源の土壤と片岩類起源の土壤に分けた。

(i) 銅(Cu)

全試料のしきい値(t)は105ppm、補助的しきい値(t')は95ppmであり、銅異常帯はC-1 鉱体周辺、Alvo 1P, 3P, 2PA, 11P, 11P 南西及び Morro do Acampamento 地区南東部に抽出された。

一方岩相別の解析では、塩基性岩類起源の土壤のしきい値は104.0ppm、片岩類起源の土壤のしきい値は71.7ppmであり、全試料の解析と比較すると、片岩類起源の土壤により多くの異常帯が抽出された。

岩相別解析による銅異常帯はC-1 鉱体直上にもっとも広く且つ強く抽出される。C-1 鉱体の鉱床母岩である Pip₄vxt₁層が分布するなかで、Cu 異常は、ほかに Alvo 2PA, Alvo 6P の南方にややまとまって抽出された。これはC-1 鉱体直上程強い異常ではない。

また、Alvo 3P のうち Pip₅層中、Alvo 11P 及び東部の片岩中と Alvo 11P 南西部の Pip₅層中にそれぞれ Cu 異常が抽出されたが、Alvo 11P 東部の片岩と Alvo 11P 南西部の Pip₅層の片岩は Pip₄vxt₁層に酷似する。特に Pip₅層中ではゴッサンも認められている。

その他、Morro Solto 南東部の Pip₃層中、Alvo 12P 東方の Pip₃層中及び Morro do Acampamento 地区北東部の Pip₅層のうち塩基性岩層シルの周辺に Cu 異常が抽出されたが、これらはいずれも母岩の特性を反映したものと考えられる。

(ii) 鉛(Pb)

全試料のしきい値(t)は35ppm(8.8%)であり、岩相によるしきい値の差は Cu の場合に比べて大きくはなく、塩基性岩類起源の土壤は34.9ppm、片岩類起源の土壤は33.3ppmである。

鉛異常帯の最大のもはC-1 鉱体直上から Alvo 2P, 7P, 13P にわたる範囲に広がっている。Pip₄層中ではほかに Alvo 2PA 及びその北部、Alvo 9P, Alvo 10P 及びその東部にそれぞれ Pb 異常が抽出された。

その他 Pip₂層中及び Pip₅層中にも小規模な異常が点在している。

(iii) 亜鉛(Zn)

全試料のしきい値(t)は114ppm、補助的しきい値(t')は95ppmである。亜鉛異常帯はC-1 鉱体直上、Alvo 1P, 3P, 2P~13P, 7P, 9P, 10P, 11P~12P 及び Morro do Acampamento 地区南東部に抽出された。

亜鉛は銅と同様に岩相によってしきい値が大きく異なる。塩基性岩類起源の土壤は125.1ppm、片岩類起源は90.1ppmであり、全試料の解析と比較すると、塩基性岩類起源の土壤で一部の異常帯が消去され、片

岩類起源の土壌で異常帯が追加される。

岩相別解析による亜鉛異常帯は C-1 鉱体直上から Alvo 7P, 9P, 10P などへと NE-SW 方向に配列する形で4ヶ所抽出された。ほかに Alvo 2PA, 13P, 6P の南方, 12P にも小規模な異常が検出されたが、いずれも片岩類中及びその周辺の角閃岩中に分布する。

また, Morro Solto 南東の Pip₃ 中やほかの塩基性岩類起源の土壌中に小規模な異常が点在するが、まとまりに欠ける。

(iv) 砒素 (As)

砒素のしきい値は全試料で5.4ppm, 塩基性岩類起源の土壌で4.2ppm, 片岩類起源の土壌で6.0ppmである。砒素の分析値は塩基性岩類起源の土壌で最大12ppm, 片岩類起源の土壌の場合最大37ppmと小さいので、異常値という言葉よりは高濃度値として使用した方が適切である。

砒素の高濃度値のゾーンは, Morro do Acampamento 地区西縁部の Pip₅ 層及び Pm₁ fl 層中の N-S 系断層に沿って南北方向に連続する。

そのほか主として片岩類(Pip₄ 層及び Pip₅ 層中) に高濃度値が点在する。

(2) 多変量解析

(i) 第1因子 (Zn-Cu)

河床堆積物と同様の手順による中～高因子得点帯は, 経距790以東に広くまとまって抽出された。この中にはすべての単成分解析による銅及び亜鉛異常及び各 Alvo が包含される。また, 東部では Pip₁ 層及び Pip₃ 層の分布に一致する。

その他西部の Pip₅ 層中にも高因子得点帯が点在するが, いずれも塩基性岩シル及びその周辺に限られている。

以上のように本因子は Cu-Zn 鉱化作用を特徴づける因子及び母岩の特性を反映した因子に大別される。

(ii) 第2因子 (As-Pb)

中～高因子得点帯は, 最大規模のものは Morro do Acampamento 地区西縁部で砒素高濃度帯と同じゾーンに抽出された。

また, Alvo 2P, 2PA 北方, 9P～7P～7P 東方, 13P 西方, 10P～10P 東方にまとまって中～高因子得点帯が抽出された。

そのほか東端部の北から南に分布する Pip₂ 層と, Alvo 12P の北東及び南部に分布する Pip₃ 層中にも点在する。

これら高因子得点を与える地化学異常は断層に沿って上昇した熱水作用の影響を反映したものと考えられる。Morro do Acampamento 地域の片岩類に点在する異常は C-1 鉱床タイプの鉱化作用に起

因するものか、片岩類の特性を示しているものか、不明な点があるので今後の検討に待たねばならない。

(3) 地化学異常と鉱化作用との関連

単一変量解析及び多変量解析により、多数の地化学異常帯が抽出されたが、これらの異常帯と鉱化作用との関連を検討した結果、2つのCu-Pb-Zn帯、9つのPb-Zn帯、6つのCu-Zn帯及び4つのCu-Pb帯の重要な地化学異常地区を抽出した (Fig. III-2)。

① Cu-Pb-Zn帯

C-1 鉱体直上及び Alvo 2PA に抽出された。

② Pb-Zn帯

Alvo 7P, 9P 及び 10P それぞれにまとまったものと、Alvo 2PA 及び Alvo 13P 周辺に点在するものが抽出された。いずれも片岩類の分布に一致している。

③ Cu-Zn帯

6つの異常帯の規模は小さいが、このうち5つは片岩類に関係していたり、ゴッサンが認められていたりしている。

④ Cu-Pb帯

Pip₃層及び Pip₅層にそれぞれ2つずつ抽出された。

以上のうち、Cu-Pb-Zn帯と、片岩類の分布に一致するPb-Zn帯及びCu-Zn帯が鉱化作用に関係する有望な異常と考えられる。

Table III - 1 Results of Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data of Soil (Morro do Acampamento Area)

| Element | Lithology | Max. (ppm) | Min. (ppm) | Mean (ppm) | t' (5%) (ppm) | t (2.5%) (ppm) |
|---------|-------------|------------|------------|------------|---------------|----------------|
| Cu | Total | 2,720 | 5 | 33 | 94.3 | 104.3 |
| | Amphibolite | 2,720 | 8 | 49 | — | 104.0(2.5%) |
| | Schist | 164 | 5 | 26 | — | 71.7(2.5%) |
| Pb | Total | 1,358 | 5 | 20 | — | 34.6(8.8%) |
| | Amphibolite | 1,358 | 6 | 20 | — | 34.9(7.2%) |
| | Schist | 300 | 5 | 20 | — | 33.0(10%) |
| Zn | Total | 1,180 | 5 | 25 | 94.3 | 113.5 |
| | Amphibolite | 1,180 | 5 | 42 | — | 125.1(2.5%) |
| | Schist | 252 | 5 | 17 | 66.1 | 90.1 |
| As | Total | 37 | 1 | — | — | (5.4) |
| | Amphibolite | 12 | 1 | — | — | (4.2) |
| | Schist | 37 | 1 | — | — | (6.0) |

Table III - 2 Correlation Matrix of Four Elements of Geochemical Data of Soil (Morro do Acampamento Area)

| | Cu | Pb | Zn | As |
|----|-------|-------|--------|-------|
| Cu | 1.000 | | | |
| Pb | 0.220 | 1.000 | | |
| Zn | 0.697 | 0.223 | 1.000 | |
| As | 0.011 | 0.217 | -0.047 | 1.000 |

Table III - 3 Results of Factor Analysis of Geochemical Data of Soil (Morro do Acampamento Area)

| Factor Loadings (varimax rotation) | | | Communality |
|------------------------------------|----------|----------|-------------|
| Element \ Factor No. | Factor 1 | Factor 2 | |
| Cu | 0.824 | 0.121 | 0.6938 |
| Pb | 0.216 | 0.443 | 0.2428 |
| Zn | 0.837 | 0.055 | 0.7035 |
| As | -0.069 | 0.480 | 0.2353 |
| Factor contributions | 80.326% | 21.932% | |

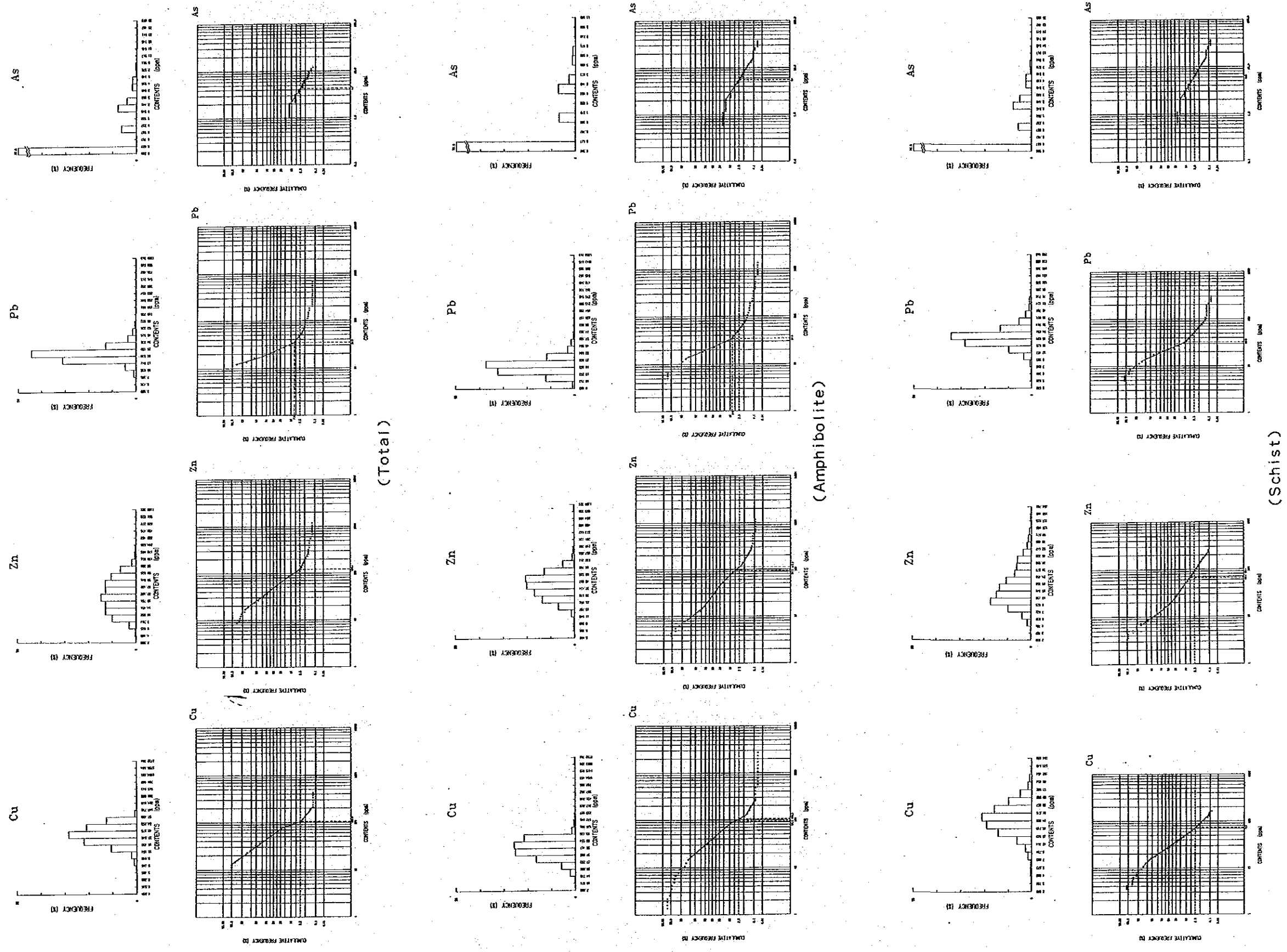
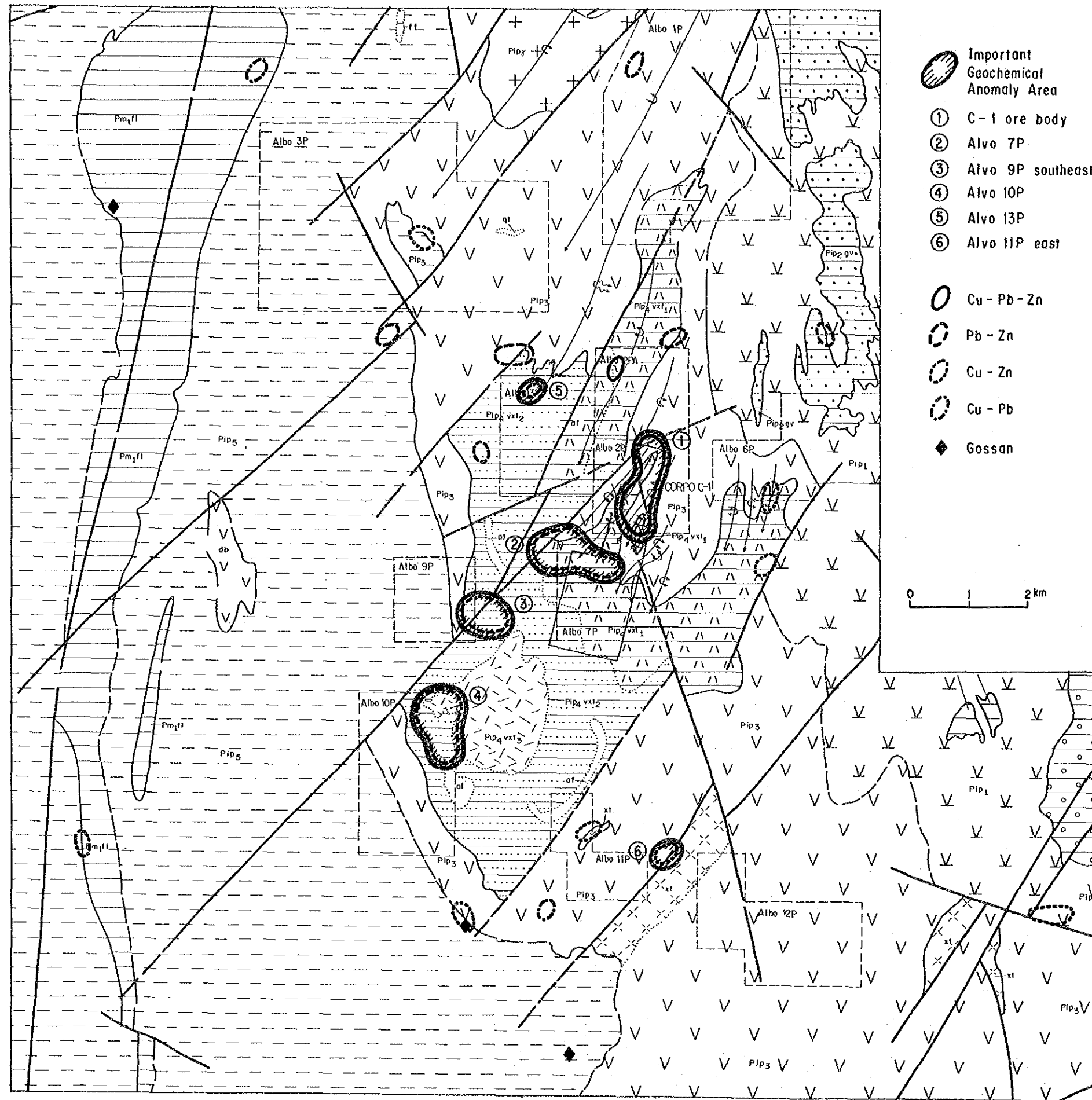
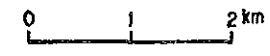


Fig. III - 1 Histogram and Cumulative Frequency Distribution of Cu, Pb, Zn and As of Soil (Morro do Acampamento Area)



LEGEND

- Important Geochemical Anomaly Area**
- ① C-1 ore body
 - ② Alvo 7P
 - ③ Alvo 9P southeast
 - ④ Alvo 10P
 - ⑤ Alvo 13P
 - ⑥ Alvo 11P east
- Cu - Pb - Zn
 ○ Pb - Zn
 ○ Cu - Zn
 ○ Cu - Pb
 ◆ Gossan



| | | | |
|--|------|--|---|
| Paraná Group | Pspa | | Photo interpretative Unit: quartzite, calcareous and graphitic phyllite, calc-schist, marble and sericite-quartzite |
| Rio Maranhão Cretaceous Zone | Ct | | r : granite intrusive qt : quartzite xt : qtz-mv sch., qtz-sch., bt-mv sch., gnt-mv sch., calc sch. and cl-mv-qtz sch. af : amphibolite intrusion gn : gneiss (basement) |
| Serra da Mesa Group (MARINI, 1976) | Pml | | qt : mg-bearing sc. quartzite fl : gray phyllite, with mg. in local xt : qtz-cl sch. and cl-qtz sch. with lenticular friable quartzite and graphite sch. mb : basic rock in sch. with mg. (post-metamorphism) cc : marble clxt : cl. sch. and foliated quartzite |
| | Pmsm | | Photointerpretative Unit: r : Serra Dousada and Serra da Mesa Granite Pmsm : graphite sch., mv-qtz sch., gnt-mv-qtz sch., bt-mv-qtz sch. and quartzite cc : calcareous quartzite |
| Palmirópolis Volcano - Sedimentary Sequence (RIBEIRO FILHO and TEIXEIRA, 1981) | | | r : Filo granite |
| | | | S : 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) |
| | Pip | | 4vxt ₁ : sc-mv-qtz sch. (rhyolitic composition) 4vxt ₂ : pl-mv-bt-qtz sch. and pl-bt-qtz sch. intercalated with amphibolite (af) (rhyolitic to rhyodacitic composition) 4vxt ₃ : feldspathic bt-qtz sch., str-gnt-bt-qtz sch., bt-af sch., biotite and cl. rock (dacitic to rhyodacitic composition) 4vs : feldspathic gnt-bt-qtz sch. and mica sch. including ky. and calcic meta tuff, with quartzite (qt) and amphibolite (af) |
| Cano Brava Basic-Ultrabasic Massif | Acb | | mg : metagabbro, metanorite and metagabbronorite |
| | | | sp : serpentinite |
| | | | px : pyroxenite |
| | | | ub : serpentinite and pyroxenite |
| | | | mb : basic to ultrabasic rock (post-metamorphism) |

- Geological boundary
 - - - Lithological limit
 = = = Fault
 * * * Synclinal axis
 < > Anticlinal axis
 ~ ~ ~ Synclinal axis
 ~ ~ ~ Anticlinal axis

Fig. III - 2 Geochemical Anomaly Map in Morro do Acampamento Area (Soil)

