

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHILOSOPHY DEPARTMENT

PHILOSOPHY 101

PHILOSOPHY 101

PHILOSOPHY 101

PHILOSOPHY 101

PHILOSOPHY 101



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

(第 一 年 次)

JICA LIBRARY



1030081[2]

16208

昭和62年2月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

國際協力事業団		
受入 月日	'87.4.22	703
登録No.	16208	66.1
		MPN

## 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、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事業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年度が第一年次に当たり、金属鉱業事業団は、6名の調査団を編成して昭和61年7月8日から昭和61年10月10日まで現地に派遣した。

現地調査はブラジル連邦共和国政府関係機関、特に鉱山動力省鉱山局及び鉱物探鉱公社の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は第一年次の調査結果をまとめたものである。

おわりに本調査の実施に当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並びに外務省、通産省、在ブラジル連邦共和国日本大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

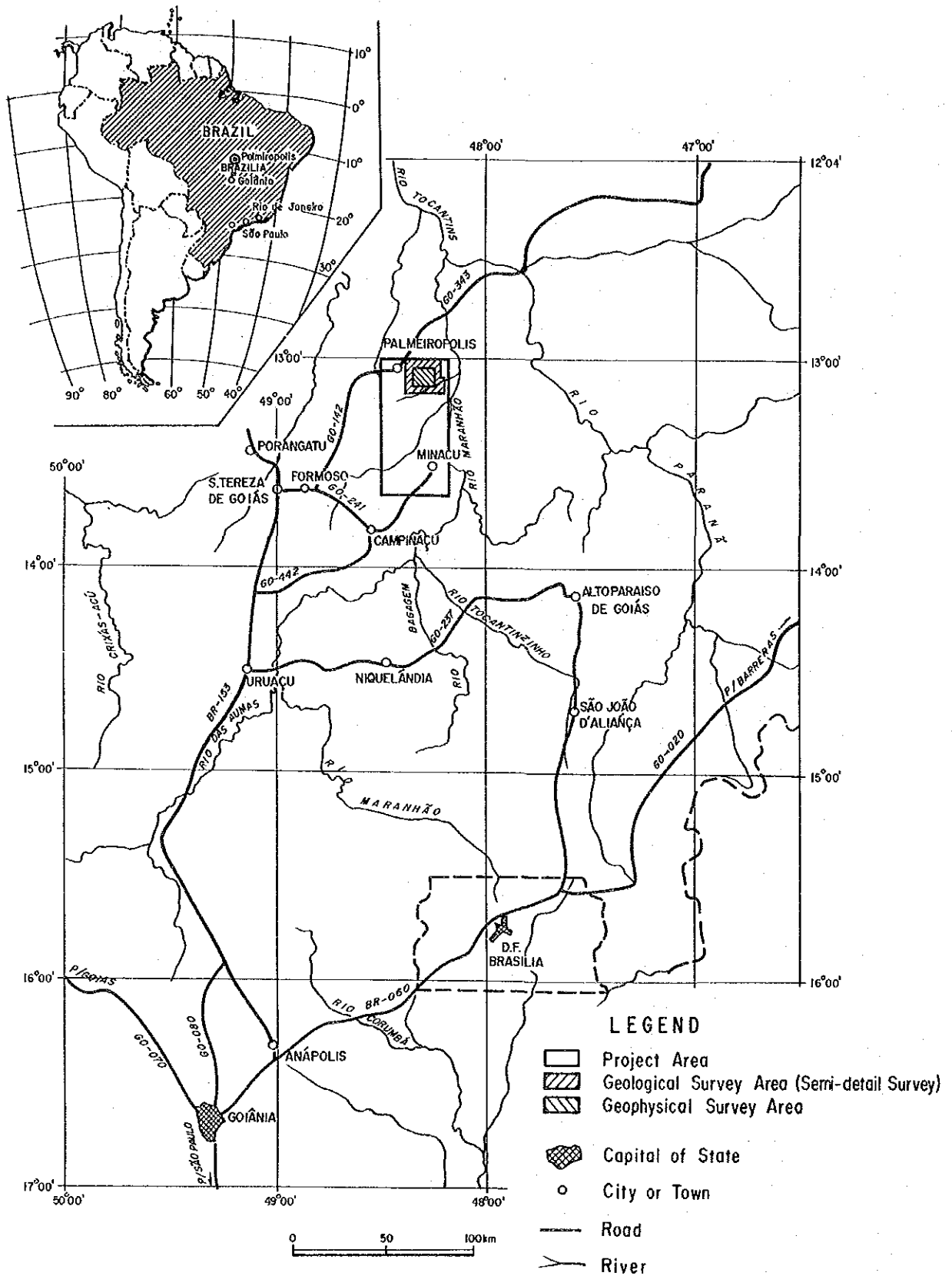
昭和61年12月

国際協力事業団

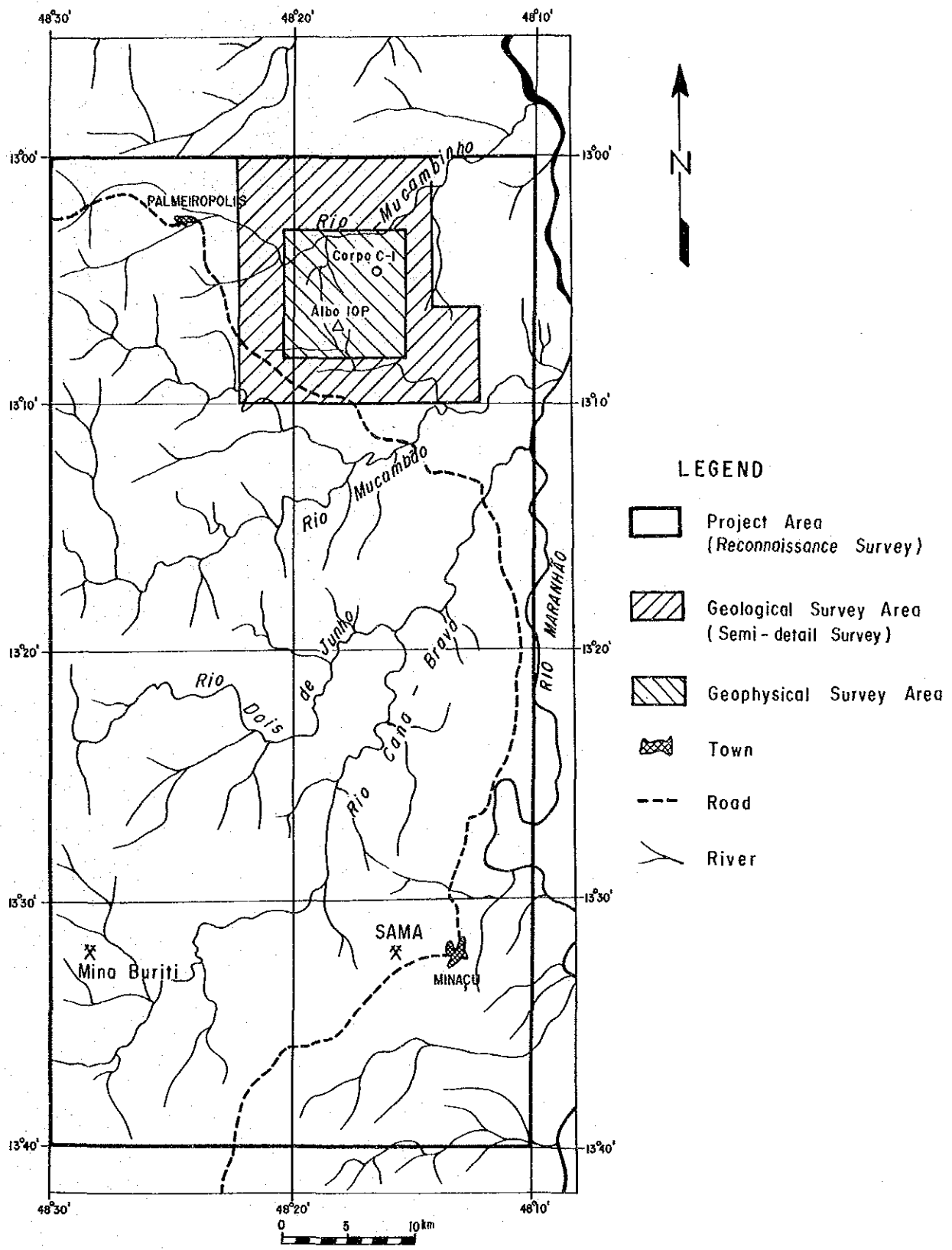
総 裁 有 田 圭 輔

金属鉱業事業団

理事長 佐 藤 淳一郎



第1図 プロジェクト地域位置図



第 2 図 調査地域位置図





# 目 次

は し が き  
調査地域位置図  
目 次  
要 約

## I. 序 論

第1章 調査概要 .....	1
1-1 調査目的 .....	1
1-2 調査内容及び調査方法 .....	1
1-3 調査団の編成 .....	3
第2章 調査地域の概要 .....	5
2-1 位置・交通 .....	5
2-2 地形、気候及び植生 .....	5
2-3 調査地域の地質・鉱床概説 .....	5
第3章 従来の調査研究及び既存資料コンパイル結果 .....	11

## II. 地質調査・地化学探査

第1章 地質調査 .....	13
1-1 地質層序 .....	13
1-2 貫入岩類 .....	25
1-3 変成作用 .....	27
1-4 地質構造 .....	34
1-5 地 史 .....	35
1-6 鉱 床 .....	37
第2章 地化学探査 .....	51
2-1 河床堆積物地化学探査 .....	51
2-1-1 概 説 .....	51
2-1-2 試料採取、分析成分及び分析方法 .....	51

2-1-3	データ処理	51
2-1-4	解析結果	55
2-1-5	地化学異常と鉱床との関係	59
2-2	土地化学探査	63
2-2-1	概 説	63
2-2-2	試料採取, 分析成分及び分析方法	63
2-2-3	データ処理	63
2-2-4	解析結果	74
2-2-5	地化学異常と鉱床との関係	76

### Ⅲ. 物 理 探 査

第1章	概 説	79
第2章	CSAMT法	81
2-1	調査内容	82
2-1-1	測定点及び流電電極の設定	83
2-1-2	測 定	83
2-2	解析方法	89
2-3	調査結果	90
2-3-1	見掛比抵抗平面図	90
2-3-2	見掛比抵抗断面図	103
2-3-3	比抵抗構造断面図	107
2-3-4	比抵抗構造平面図	109
2-4	考 察	125
第3章	S I P 法	129
3-1	調査内容	129
3-2	調査方法	130
3-3	解析方法	131
3-3-1	データ処理	131
3-3-2	物性測定	134
3-3-3	モデルシュミレーション	139
3-4	調査結果	146

3-4-1	断面解釈	146
3-4-2	平面解釈	157
3-4-3	スペクトル解析	165
3-5	考察	175

#### IV. 結論及び提言

第1章	結論	179
第2章	第二年次調査への提言	181
	添付図表一覧	183
	参考文献	189



## 要 約

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の第一年次の調査は、地質層序、地質構造及び鉱化作用等の特性の把握と相互関係の解明を行い、鉱床賦存の有望地区を抽出することを目的として、地質調査、地化学探査及び物理探査を実施した。なお、現地調査に先立ち、既知鉱床地域の過去の探査に関する既存資料のコンパイル結果に基づいて準精査地区(300km<sup>2</sup>)と物理探査範囲(100km<sup>2</sup>)の選定を実施した。

現地調査データの解析から次のような結果が得られた。

1. 調査地域の地質は、先カンブリア紀始生代のCana Brava塩基性～超塩基性複合岩体と原生代に属すパルメイロポリス火山-堆積岩類、Serra da Mesa層群、Rio Maranhãoカタクラサイト化帯及びParanoa層群から構成される。ほかにこれらの各層を貫いて花崗岩類及び塩基性～超塩基性岩類が分布する。

パルメイロポリス火山-堆積岩類の変成度は角閃岩相に属し、その生成温度-圧力条件は300～600℃、6～10気圧と考えられる。

2. パルメイロポリス銅-鉛-亜鉛鉱床は、原生代下部のパルメイロポリス火山-堆積岩類中の角閃岩類(Pip<sub>3</sub>層:下盤)と中性～酸性片岩類(Pip<sub>4</sub>層:上盤)の間に地層と調和的に胚胎している。鉱床の形状は一般に層状～レンズ状を示す。

C-1鉱体の鉱床母岩は南西部のAlvo 7Pから9P南東へブランチする。

3. 調査地域全域で実施した河床堆積物地化学探査では、中央部の片岩類(Pip<sub>4</sub>vs層)分布域に、パルメイロポリス鉱床と類似の鉱化作用によると考えられるCu-Pb-Zn異常帯が抽出された。

又、準精査地域で実施した土地化学探査では、C-1鉱体周辺のCu-Pb-Zn高異常帯のほかに、Alvo 7P、9P南東、10P、13P及び11P東部の片岩と角閃岩の境界付近にPb-Zn又はCu-Zn異常帯が抽出された。

4. CSAMT法では複雑な断層構造、褶曲構造によるブロック化が解明され、C-1鉱体周辺を含む比抵抗の傾斜の緩やかな構造がAlvo 7Pから9P南東へNE-SW方向に配列することが解明された。

SIP法ではC-1鉱体の下部は網状～鉱染状に変化することが推定される。

側線150Sの西端に有望なIP異常を捕捉した。

# I. 序 論







# 第1章 調 査 概 要

## 1-1 調 査 目 的

本調査は、ブラジル連邦共和国パルメイロポリス地域（第1，2図）において、地質調査・地化学探査及び物理探査の手法を用いて、地質状況を解明し、調査地域における鉱床賦存有望地域を抽出することを目的として実施された。

地質調査・地化学探査は、地質構造、変質作用及び鉱化作用との関連性、地化学特性（全域は河床堆積物地化探、準精査地区は土地地化探）等を総合的に考察することにより、準精査地区ではより一層ポテンシャルの高い地域を抽出することを目的とし、全域では準精査と同様ポテンシャルの高い地域の抽出を目的とした。

物理探査は準精査面積300km<sup>2</sup>内において、既存試料を検討し、鉱床・鉱化変質帯の分布及びその地質構造を考慮し100km<sup>2</sup>（10km×10km）の精査地域を抽出して実施された。

物理探査に使用された手法はCSAMT法、SIP法の両電気探査である。

CSAMT法は、調査地域の比抵抗分布を把握し、鉱床・鉱化帯の賦存すると考えられる比抵抗構造を解明し、その比抵抗構造の連続性及び分布方向を推定することを目的とした。

SIP法は、既存鉱床及びその周辺に測線を設定し、既知鉱床のスペクトル特性を把握し、その特性を解明することにより鉱床の性質、胚胎状況を推定するとともに、平面的広がりや深部への連続性を推定する。また、把握されたスペクトル特性を今後の調査指標とすることを目的とした。

## 1-2 調査内容及び調査方法

第一年次の調査では、地質調査・地化学探査を全域(2,750km<sup>2</sup>)と調査地域北部の準精査地区(300km<sup>2</sup>)で実施し、物理探査を準精査地区内の100km<sup>2</sup>の範囲に実施した。

調査内容・調査量を第I-1表、分析項目・数量を第I-2表にそれぞれ示す。

### 1-2-1 地質調査・地化学探査

#### (1) 全 域

既存の縮尺1/50,000水系図を利用して地質調査及び地化学探査を実施した。地化学探査では調査地域全域について、パルメイロポリス火山-堆積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。

試料は河川の分岐点で採取し、-80メッシュ サイズで採試密度は平均2~3ヶ/km<sup>2</sup>となった。又、平行して既存地質図のチェック調査を行い1/50,000地質図を作成した。

#### (2) 準 精 査 地 区

既存資料のコンパイルの結果から選出された準精査地区(300km<sup>2</sup>)で、地質調査・地化学探査（土壌）を実施した。

第 I - 1 表 調査内容・調査量

Substance of Survey and Area	Survey Figures	
Geochemical Survey (Reconnaissance)	Area	2,750 km <sup>2</sup>
	Stream Sediment	1,031 Samples
Geological • Geochemical Survey (Semi-detail)	Area	300 km <sup>2</sup>
	Length	245 km
	Soil	2,555 Samples
Geophysical Survey (CSAMT Method)	Area	100 km <sup>2</sup>
	Measuring Points	202 Points
	Measuring Interval	500 ~ 600 m
Geophysical Survey (SIP Method)	Line Length	5.3 km
	Line Numbers	4 Line (1.3 km × 3, 1.4 km × 1)
	Measuring Points	161 Points
	Measuring Interval	100 m
	Penetration Depth	300 m

第 I - 2 表 分析項目・数量

Items Analyzed and Components	Numbers
Thin Section	35
Polished Section	28
X-ray Diffractive Analysis	203
Chemical Analysis	
SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, MgO, Na <sub>2</sub> O	
Rock : K <sub>2</sub> O, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO, MnO, TiO <sub>2</sub>	23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , BaO, LOI	
Ore : Cu, Pb, Zn, Ag, Au	54 (270 elements)
Geochemical Analysis	
Soil : Cu, Pb, Zn, As	2,555 (10,220 elements)
Stream Sediment: Cu, Pb, Zn, As	1,031 (4,124 elements)
Physical Property	45

調査に当たって、既存の縮尺1/50,000水系図を拡大して縮尺1/10,000のルートマップを作成した。又現地調査では縮尺1/20,000空中写真を補助的に活用した。

ルートマップには、できるだけ具体的に諸観察事項を記入し、重要な露頭についてはスケッチや写真撮影を行った。又、本地域は露頭が極めて少ない地域であることから、土壌採取に当たっては、その土壌の性質をチェックして地質調査の補助手段とした。

地化学探査の土壌採取は主として鉱床胚胎層準の角閃岩及び中性～酸性片岩類の分布する地域を中心として行い、主要な道路及び河川沿いに実施し、更に測線伐開を行って均等な採試(8～9ヶ/km<sup>2</sup>)を心がけた。

### 1-2-2 物理探査

既存資料のコンパイル結果を参考にして準精査地区内の100km<sup>2</sup>でCSAMT法を実施し、既知鉱床のC-1鉱床直上及びその南部延長上でSIP法を実施した。

CSAMT法の測点数202点は、地質構造にほぼ直交する測線上及び沢一道路を利用して、ほぼ500m間隔で均等になるように配点した。

SIP法の測線は既知鉱床C-1上で2測線、その南部で2測線、合計5.3kmの測線を鉱床胚胎層の走向にほぼ直交する様に配置し、測点間隔100mで配点した。

### 1-2-3 調査期間

#### 地質調査・地化学探査

調査期間 昭和61年7月8日～昭和61年10月12日

現地調査期間 昭和61年7月15日～昭和61年9月22日

#### 物理探査

調査期間 昭和61年7月29日～昭和61年10月12日

現地調査期間 昭和61年8月4日～昭和61年9月29日

#### 報告書作成期間

昭和61年10月13日～昭和61年12月25日

### 1-3 調査団の編成

本年度調査のための計画と折衝及び現地調査に参加した調査団員は下記のとおりである。

現地調査には、ブラジル連邦共和国よりDNPMの地質技師及びDNPMの委託を受けた鉱物探鉱公社(CPRM)の地質技師・物理探査技師が参加した。

#### 1-3-1 調査計画策定及び折衝

##### (1) 日本側調査計画策定及び折衝

和泉 武 (Takeshi Izumi) 金属鉱業事業団

上田 英之 (Hideyuki Ueda) 金属鉱業事業団

松本勝時 (Katsutoki Matsumoto) 金属鉱業事業団

(2) ブラジル側調査計画策定及び折衝

José Belfort dos Santos Bastos DNPM

Carlos Oiti Berbert DNPM

Bolivar Gonçalves Siqueira DNPM

Walter Hugo Schmaltz DNPM

1-3-2 現地調査

(1) 日本側調査団員

団長 鈴木 強 (Tsuyoshi Suzuki) 大手開発(株)

地質 武田 尚雄 (Yoshio Takeda) 大手開発(株)

地質 池田 則生 (Norio Ikeda) 大手開発(株)

物理探査 田中 富雄 (Tomio Tanaka) 大手開発(株)

物理探査 田中 啓二 (Keiji Tanaka) 大手開発(株)

物理探査 松久保 和人 (Kazuto Matsukubo) 大手開発(株)

(2) ブラジル側調査団員

団長 Homero Lancerda DNPM

地質 Arpuim Araújo Pereira DNPM

地質 Elias Alvares Lima Junior DNPM

地質 Ivan Wilson Brandão Oliveira CPRM

物理探査 José dos Anjos Barreto CPRM

## 第2章 調査地域の概要

### 2-1 位置, 交通

Goiás 州の中央部, Parana Municípioのパルメイロポリス部落の東～東南部に位置する。州都 Goiâniaから北へ州道GO-080, 国道BR-153及び州道GO-343を通過して 617kmでパルメイロポリス部落に至る。

### 2-2 地形, 気候及び植生

#### 地 形

地形は, なだらかな丘陵地や平坦地形を呈し, 北部ではMorro Solto (758m) が独立峰を形成し, 南部ではSerra Cana Brava(810-900m) が山脈地形を形成している。

地域の東端をRio Tocantins 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などが地域を横切って東流する。

#### 気 候

アマゾン地帯の南端に位置しており, 熱帯湿潤型気候に属す。雨期と乾期の差が明瞭に分かれており, 降雨量及び気温は次のとおり。

雨 期 11月～3月 降雨量 1,300～1,800 mm

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 18℃

#### 植 生

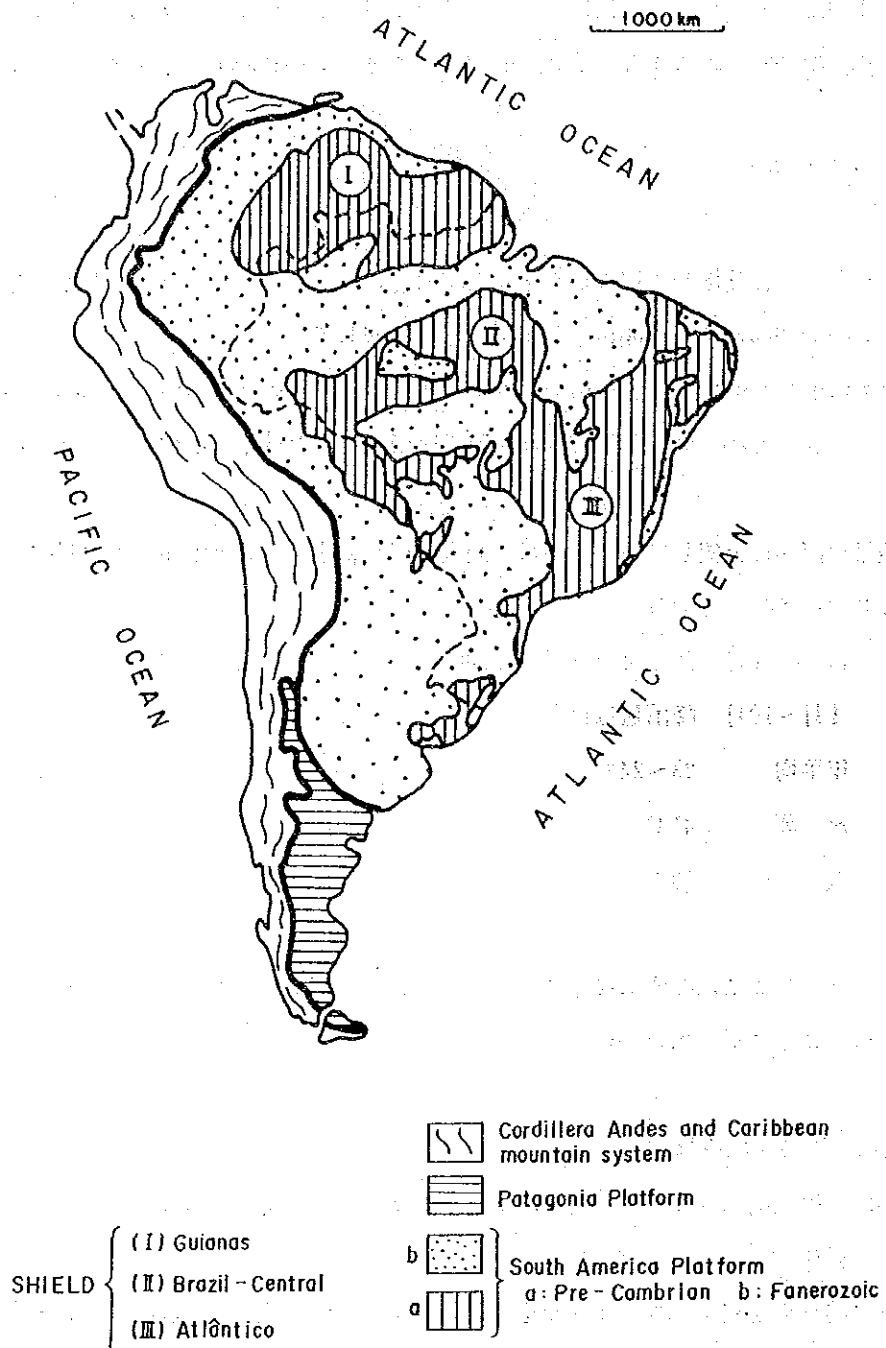
セラード型～サバンナ型に属する植生で, 低かん木類と草類が繁茂する。一方ラテライト質土壌の低地では6 m以上にも達する木が多い。

### 2-3 調査地域の地質・鉱床概説

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km<sup>2</sup> 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オルドヴィス～シルル紀の3大ベーズン (Amazonas, Paraiha, 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 (第I-1図)。



第 I - 1 図 南アメリカ構造区分図

南米プラットフォーム全体は, Jequié-Aroense (2,600-2,800m. y.) 造山輪廻, トランスアマゾン (Transamazonian) (1,900~2,100m. y.) 造山輪廻, ブラジル (450-700m. y.) 造山輪廻を蒙っている。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 (1,000-1,300m. y.) 及び Uruaçuan (±1,150m. y.) 造山輪廻, Brasil Central 及び Guiana 盾状地では Utauma (1,700-1,900m. y.), Paraguazense (1,500-1,600m. y.) 及び Rondoniense (1,000-1,300m. y.) 造山輪廻が発達している。

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 Araçuai, Brasilia, Sudeste, Paraguai-Araguaia, Grupi) によりいくつかのクラトンに分割されている (第 I-2 図)。

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 Brasilia 帯と同時期の Uruaçú 帯に属して, 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), 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), Cu-Pb-Zn 鉱床 (パルメイロポリス鉱床) や, これらを通く花崗岩類 (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。

#### (1) 始 生 代

Cana Brava 塩基性-超塩基性岩体……………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

#### (2) 原 生 代

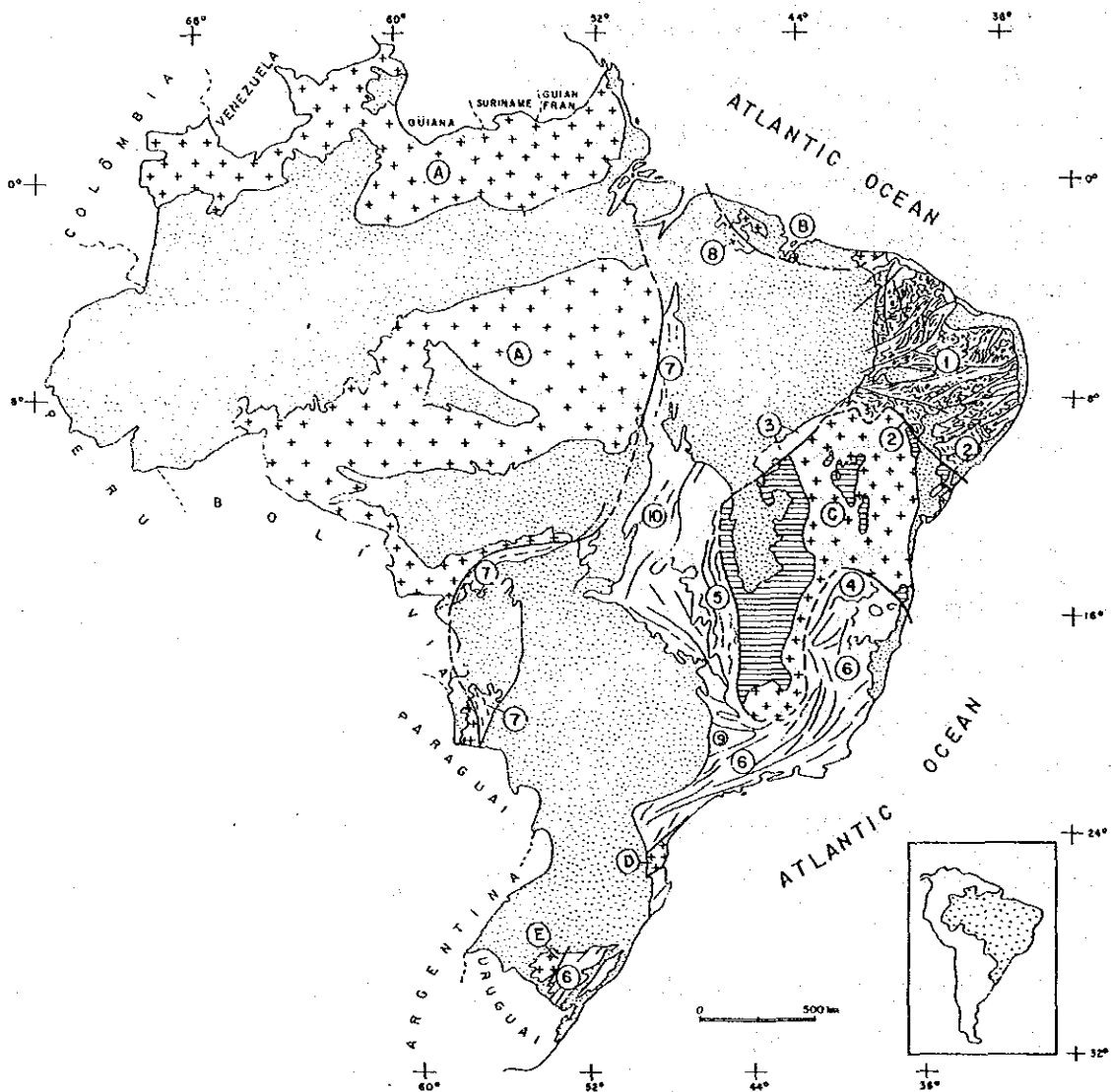
(a) 原生代下部: パルメイロポリス火山-堆積岩類……………超塩基性~塩基性岩, 片岩, 花崗岩





(b) 原生代中部: Serra da Mesa 層群……………珪岩, 片岩類, 石灰岩~大理石, 塩基性岩類  
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: Paranoa 層群……………珪岩, 苦灰岩, 粘板岩, 礫岩

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 DNP/M/CPRM の探査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 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。このうちパルメイロポリス鉱床は, Unidade de Central の中性~酸性片岩類 (上礫) と角閃岩類 (下



- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|  | FANEROZOIC  |  | SEDIMENTS CORRELATED WITH BRAZILIAN CYCLE |
|  | REGIONS, SYSTEMS AND FOLDING BELTS OF BRAZILIAN CYCLE |  | PRE-BRAZILIAN CRATONS                     |
| ① - Nordeste  | ② - Sergipana   | Ⓐ - Amazonico   | Ⓑ - Sao Luis                              |
| ③ - Rio Preto   | ④ - Araçuaí   | Ⓒ - Sao Francisco   | Ⓓ - Luis Alves                            |
| ⑤ - Brasília  | ⑥ - Sudeste (Ribeiro)                                 | Ⓔ - Rio de La Plata   |   |
| ⑦ - Paraguai - Araguaia   | ⑧ - Gurupi  |   |   |
| MEDIAN MASSIF   |   |   |   |
| ⑨ - Guaxupe   | ⑩ - Goios   |   |   |

第 I - 2 図 ブラジル造山輪廻における褶曲帯及びクラトン



盤)の間に胚胎する。その他酸性片岩類の中へ上部にも同様の鉍化作用の存在することが判明している。



### 第3章 従来の調査研究及び既存資料コンパイル結果

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.), Jequié 造山輪廻(2,400-2,600m. 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が、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、Suszczynski(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、探査が進み火山-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。

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公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、特に火山-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(Bilington 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。

金属鉱業事業団は、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、広域調査地域及び準精査地域の範囲を設定した。



## II. 地質調査・地化学探査







# 第1章 地 質 調 査

## 1-1 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-堆積岩類(Pip), 原生代中部のSerre 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(第II-1, II-2図, PL. II-1~II-4)。

各種分析に供した試料の採取位置図をPL. II-5~PL. II-7に示し、又、薄片検鏡結果を第A-1表に示す。

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

本地域の基盤を構成し、変斑レイ岩(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。

#### (1) 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。岩相的にみると変斑レイ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。

#### (2) 岩 相

変斑レイ岩(Acbmg)は暗緑色~灰緑色を呈し、中粒~細粒の岩石で、有色鉱物は普通輝岩が多く認められる。転石は多く認められるが、露出は河川沿いなどに限られる。

代表的岩石の検鏡結果は次のとおりである。

ホルンブレード-単斜輝石変斑レイ岩(NI0085, Acbmg)

位 置 : SAMA (795.55, 8503.60)

組 織 : グラノグラスティック

構成鉱物 : 斜長石, 単斜輝石 > ホルンブレード > 不透明鉱物, 緑レン石 > 斜方輝石, 炭酸塩  
鉱物

各々の結晶境界は再結晶化作用により多角形を示す。

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。

代表的な岩石の検鏡結果は次のとおりである。

蛇紋岩(NI0079, Acbsp)

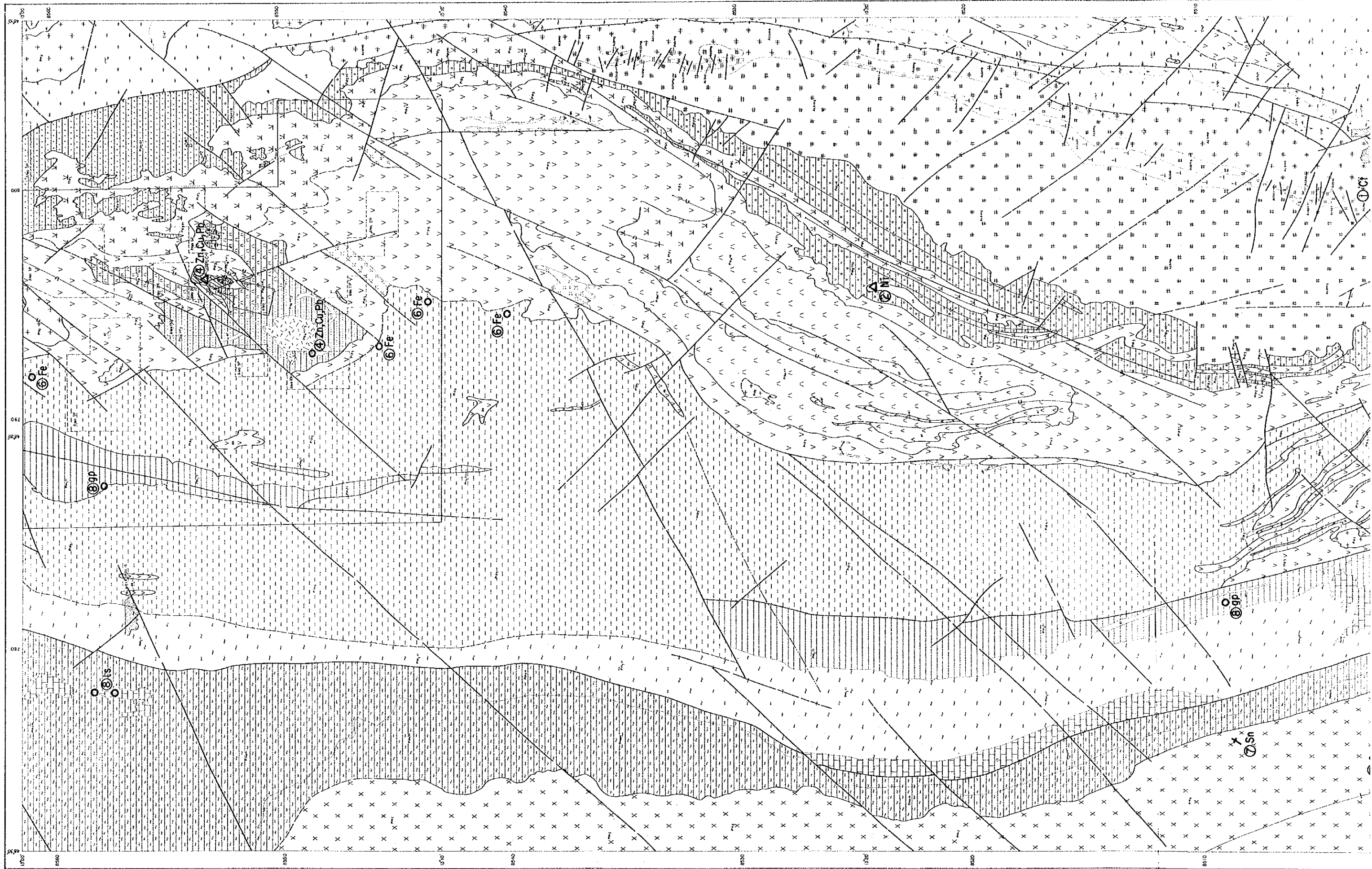
位 置 : SAMA (798.60, 8501.85)

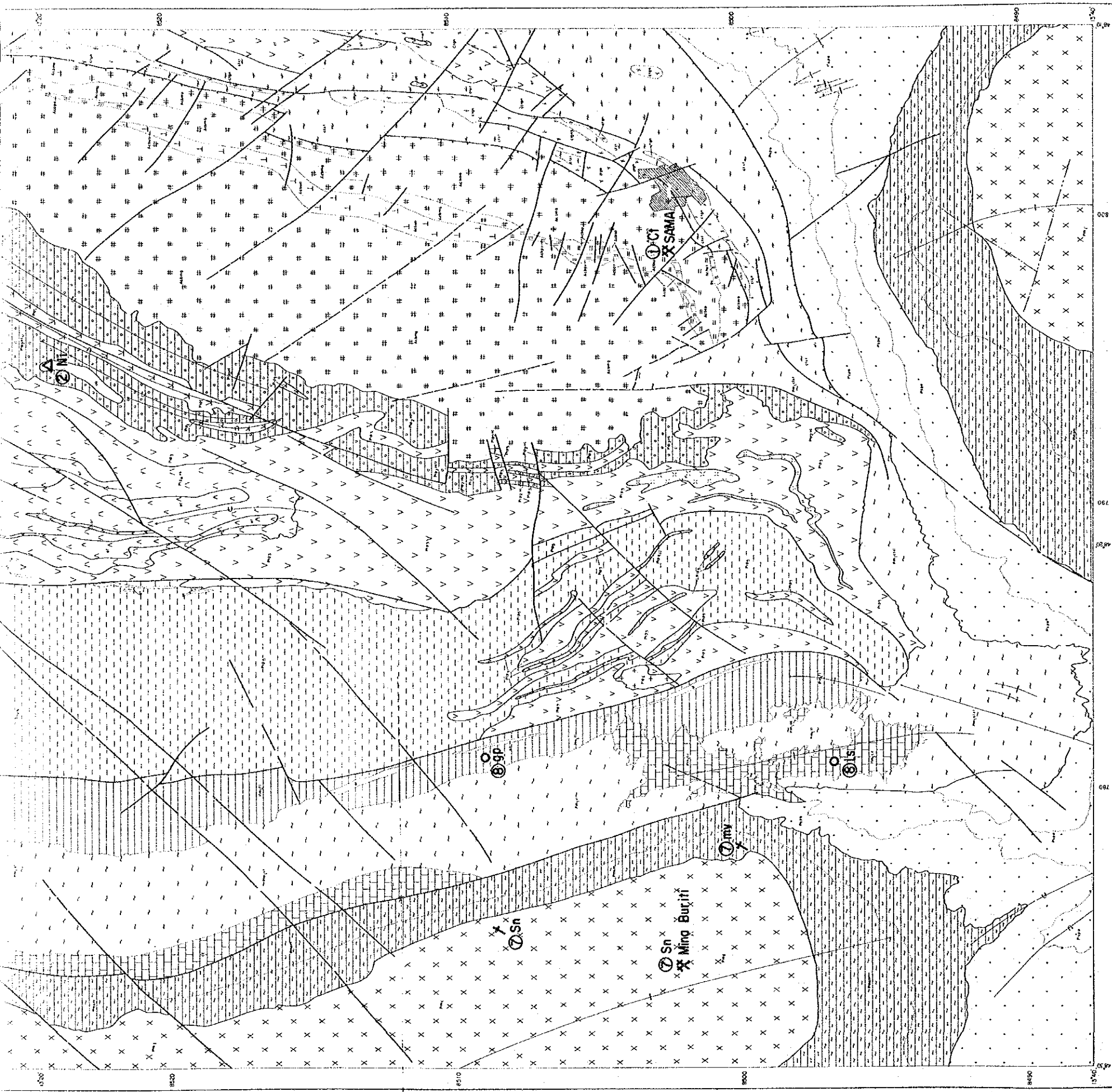
組 織 : 針状~葉片状の蛇紋岩組織

構成鉱物 : 蛇紋石 > 透閃石(?)









# LEGEND

<p>1: F10 granite 5: g1-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)</p> <p>4vxt: so-mc-qtz sch. (rhylitic composition) 4vxt1: ps-mc-bt-qtz sch. and pl-bt-qtz sch. intercalated with amphibolite (af) (rhylitic to rhyolitic composition) 4vxt2: feldspathic bi-qtz sch., str-gnt-bt-qtz sch., bi-carf sch., biotite and dr. rock (diabtic to rhyolitic composition) 4vs: felspathic gnt-bt-qtz sch. and mica sch. including K2 and epidote-mica tuff with quartzite (qt) and amphibolite (af)</p> <p>3: dark fine-grained amphibolite with quartzite (qt), ferrous quartzite (fqt), gnt-bt-mv-qtz sch. (st) and basic to ultrabasic dyke (db, ub) F: Momo Solto granite 2p: metagraywacke, metaconglomerate and ultrabasic sill (ub) 2vc: acidic to intermediate tuff, lapilli tuff, volcanic breccia and their schist 1: feldspathic banded coarse-grained amphibolite</p> <p>mg: metabasite, metarenite and metasabbonitic sp: serpentinite px: pyroxenite ub: amphibolite and pyroxenite mb: basic to ultrabasic rock (post-metamorphism)</p>	<p>Photo interpretative Unit: quartzite, calcareous and graphitic phyllite, calc-schist, marble and sericite-quartzite</p> <p>F1: granite intrusive g1: quartzite st: qtz-mv sch., qtz sch., bt-mv sch., gnt-mv sch., calc sch. and dr-mv-qtz sch. af: amphibolite intrusion gn: gneiss (basement)</p> <p>qt: mg-bearing st. quartzite f1: gray phyllite with mg in local concentrations with lenticular calc sch. and graphitic sch. mb: basic rock in sch. with mg. (post-metamorphism) cc: marble dkt: dr. sch. and foliated quartzite</p> <p>Photointerpretative Unit: F: Serra Dourada and Serra da Mesa Granite Pmsm: graphitic sch., mv-qtz sch., gnt-mv-qtz sch., bt-mv-qtz sch. and quartzite cc: calcareous quartzite</p>
<p>Geological boundary</p> <p>Lithological limit</p> <p>Fault</p> <p>Synclinal axis</p> <p>Anticlinal axis</p> <p>Synclinorium axis</p> <p>Anticlinorium axis</p> <p>Bedding plane</p> <p>Schistosity (S1)</p> <p>Schistosity (S2)</p> <p>Lineation</p> <p>Lineament</p> <p>Mines</p> <p>Mineral showings</p> <p>Ore deposits</p> <p>Small Mines ("Garimpo")</p> <p>ref. Fig. II-2</p>	<p>Ultrabasic Basalt</p> <p>Carb. Basalt</p> <p>Acb</p>
<p>Zn - Zinc</p> <p>Cu - Copper</p> <p>Pb - Lead</p> <p>Ls - Limestone</p> <p>mv - Muscovite</p>	<p>Ni - Nickel</p> <p>Ct - Crisotile asbestos</p> <p>Sn - Tin</p> <p>Fe - Iron</p> <p>gp - Graphite</p>

第II-1 圖 調查地域地質圖



Geological Unit	Symbol	Columnar Section	Lithology	Geohistory	Metallogeny	Tectono-Magmatic Cycles	Geologic Age
Piracema Group	Ppa		Photo interpretative Unit: quartzite, calcareous and graphitic phyllite, calc-schist, marble and sericite-quartzite	Sedimentation	* Limestone associated with Pb-Zn-Cu-Ag Showings. * Graphite. * Magnetite dissemination and Mn supergene Belt.	Braziliano Cycle (700 - 550 m.a.) Late Proterozoic (1,100 - 570 m.a.)	
Rio Maranhão Cataclastic Zone	Ct		r : granite intrusive qt : quartzite st : 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 (SAMA, 1976)	Pml		qt : mg-bearing sc. quartzite pi : gray phyllite, with mg. in local st : 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 civt : cl. sch. and foliated quartzite	Sedimentation with subordinate volcanism. Intrusion of stanniferous granite during orogeny of Serra da Mesa Group.	③ Limestone and graphite. Magnetite dissemination in phyllite.	Uruguiano Cycle (1,300 - 900 m.a.) Middle Proterozoic (1,500 - 1,100 m.a.)	
	Pmsm		Photo-interpretative Unit: r : Serra Dourada and Serra da Mesa Granite Pmsm: graphite sch., mv-qtz sch., gnt-mv-qtz sch., bt-mv-qtz sch. and quartzite cc : calcareous quartzite		④ ** Barite, limestone and graphite. ⑤ ** Sn, F, Ta, Nb, beril, tourmaline and muscovite.		
Pumorpholis Volcano - Sedimentary Sequence (RUBENHO FILHO and TEIXEIRA, 1981)	Pip		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 (qtz)	Aluminous pelitic sedimentation	⑥ Fe in iron formation. ⑦ Kyanite associated with quartzite along fault.	Transamazonian Cycle (2,200 - 1,900 m.a.) Early Proterozoic (2,600 - 1,900 m.a.)	
			4vxt <sub>1</sub> : se-mc-qtz sch. (thuyolitic composition) 4vxt <sub>2</sub> : pl-mc-bt-qtz sch. and pl-bt-qtz sch. intercalated with amphibolite (af) (thuyolitic to rhyodacitic composition) 4vxt <sub>3</sub> : feldspathic bt-qtz sch., st-gnt-bt-qtz sch., bt-anf sch., biotite and cl. rock (dacitic to rhyodacitic composition) 4vxt <sub>4</sub> : feldspathic gnt-bt-qtz sch. and mica sch. including ky. and qzidic meta tuff, with quartzite (qt) and amphibolite (af)	Volcanism-Sedimentation: acidic-intermediate fissure eruption and "neck" (?). Concentration of base metal and Au.	⑧ "Stratabound"-type volcanogenic Zn-Cu-Pb massive and disseminated sulfide ore deposits. (Corpo C-1 and Albo 10P)		
			3 : dark fine-grained amphibolite with quartzite (qt), ferruginous quartzite (qtfe), gnt-bt-mv-qtz sch. (st) 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	Basic fissure eruption with volcanoclastics. Sedimentation of graywacke. Intrusion of Morro Solto Granite and basic to ultrabasic rock.	⑨ Volcanogenic Zn-Cu-Pb massive sulfide mineralization detected by drilling hole of Billiton Metas. ⑩ Supergene lateritized Ni ore deposit concentrated with ultrabasic "sill" in mine claim of Billiton Metas.		
Cruzeiro Basic-Ultrabasic Massif	Acb		mg : metagabbro, metanorite and metagabbro-norite sp : serpentinite px : pyroxenite ub : serpentinite and pyroxenite mb : basic to ultrabasic rock (post-metamorphism)	Basic-ultrabasic complex.	⑪ *** Asbestos mineralization consisting of chrysotile (ct), "Stockwork" type in serpentine - SAMA	Jequié Cycle 2,800 - 2,600 m.a. Archaean 2,600 m.a.	

\* Projeto Canabrava-Porto Real, CPRM/DNPM, 1979  
 \*\* Projeto Serra Dourada, DNPM/FUB, 1974 and report of SAMA, 1977  
 \*\*\* Report of SAMA, 1977  
 Abbreviations: qtz-quartz, mv-muscovite, sc-sericite, bt-biotite, gnt-garnet, cl-chlorite, str-stauroilite, ky-kyanite, pl-plagioclase, mc-microcline, sch-schist  
 ①-⑩: ref. Fig. B-1.

第 II - 2 図 調査地域模式層序図

アスベスト(クリソタイル) 細脈あり。

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) は一般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。

代表的岩石の検鏡結果は次のとおりである。

変塩基性岩(NI0084, Acbmb)

位置: SAMA (799.35, 8501.75)

組織: カタクラスティック, ポーフィロブラスティック

構成鉱物: 黒雲母, 炭酸塩鉱物>石英, 斜長石, 白雲母, 緑レン石>スフェーン, リン灰石,  
ゾイサイト

石英のセグリゲーションあり。

### (3) 層位関係

本地域の基盤岩とされており, Goias 中央地塊の一部が本地域に露出していると考えられている。

Goias 中央地塊はこれら塩基性-超塩基性岩帯のほかには花崗岩質片麻岩が分布するが, 本地域では認められない。

又, 上位層との関係は一般に不整合関係とされているが, 明瞭な不整合現象は今回の調査では観察されなかった。

#### 1-1-2 パルメイロポリス火山-堆積岩類(Palmeiropolis Volcano-Sedimentary Sequence)

CPRM(1982, 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, 北部の準精査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Pip<sub>1</sub>, Pip<sub>2</sub>, Pip<sub>3</sub>, Pip<sub>4</sub> 及びPip<sub>5</sub>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。

#### (1) 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Pip<sub>1</sub>層から, 最上部のPip<sub>5</sub>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Pip<sub>5</sub>層は本岩類の分布面積の西約半分を有する。

#### (2) 岩相

Pip<sub>1</sub>層は暗緑色を呈し, 斑レイ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、赤褐色細粒の土壤となっている。

代表的岩石の検鏡結果は次のとおりである。

粗粒角閃岩(TS0010, Pip<sub>1</sub>)

位置：準精査地区(802.95, 8549.80)

組織：グラノブラスティック

構成鉱物：ホルンブレンド>斜長石>スフェーン>炭酸塩鉱物, アクチノ閃石

ホルンブレンドの周縁は局部的にアクチノ閃石によって交代されている。

粗粒角閃岩(NI0064, Pip<sub>1</sub>)

位置：Rio Cana-Brava(803.20, 8533.50)

組織：ネマトブラスティック

構成鉱物：ホルンブレンド>斜長石>アクチノ閃石, 不透明鉱物, 緑レン石, 炭酸塩鉱物>絹雲母

斜長石は粘土鉱物によって交代されている。TS0010より緑レン石-アクチノ閃石が多く変成度は低い。

Pip<sub>2</sub>層は、Pip<sub>1</sub>層の中に挟まれて分布し、酸性~中性火山砕屑岩類及び同質の片岩(Pip<sub>1</sub>vc)より成る。北端部では変グレイワッケ及び変礫岩(Pip<sub>2</sub>gv)に岩相変化する。両岩相とも新鮮な岩層は灰色を呈するが、風化すると赤褐色を呈し、更に土壤化するとPip<sub>1</sub>層との区別は難しくなるが、転石あるいは後述する土壤の性質の違いで判断せざるを得ない。

代表的岩石の検鏡結果は次のとおりである。

白雲母-石英片岩(YT0020, Pip<sub>2</sub>gv)

位置：準精査地区(799.10, 8556.90)

組織：レピドブラスティック

構成鉱物：石英>白雲母, 不透明鉱物, 石墨, 炭酸塩鉱物>黒雲母

セリサイト-斜長石-黒雲母-石英片岩(NI0063, Pip<sub>2</sub>vc)

位置：Rio Cana Brava(803.35, 8533.15)

組織：レピドブラスティック, ポーフイロブラスティック

構成鉱物：石英, 斜長石, 黒雲母>不透明鉱物, 石墨, 絹雲母, 炭酸塩鉱物

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。

Pip<sub>3</sub>層は暗緑色細粒角閃岩~ザクロ石-角閃石片岩を主体とし、その中に珪岩(qt), 含鉄珪岩(qtf e), 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Pip<sub>3</sub>層中に挟在

されるところに考えられているが、岩相の特徴やその片岩がPip<sub>3</sub>層上に乗る様に分布することからPip<sub>4</sub>層に對比される可能性もある。又この片岩中及びその周辺に地化学探査のZn-Cu異常が抽出されたことは今後の探査余地として注目される。

代表的岩石の検鏡結果は次のとおりである。

細粒角閃石片岩(NI0191, Pip<sub>3</sub>)

位置：C-1 鉱床ボーリングNo. PM-24, 70.00m

組織：ネマトプラスチック

構成鉱物：ホルンブレンド>斜長石>不透明鉱物>リン灰石, 炭酸塩鉱物

ザクロ石-角閃石片岩(NI0060, Pip<sub>3</sub>)

位置：Billingtonキャンプ(798.15, 8539.85)

組織：ネマトプラスチック

構成鉱物：ホルンブレンド>斜長石, ザクロ石, スフェーン>石英>不透明鉱物, 炭酸塩鉱物

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。

Pip<sub>4</sub>層は中性~酸性の化学組成を持つ片岩類より成る。準精査地区ではMorro do Acampamentoを中心に分布し、DNPM/CPRMにより下部からPip<sub>4</sub>vxt<sub>1</sub>, Pip<sub>4</sub>vxt<sub>2</sub>及びPip<sub>4</sub>vxt<sub>3</sub>に細分されているが、本調査地域の中中部ではPip<sub>4</sub>vs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。

Pip<sub>4</sub>vxt<sub>1</sub>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-角閃石片岩より成る。

Pip<sub>4</sub>vxt<sub>2</sub>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。

Pip<sub>4</sub>vxt<sub>3</sub>は絹雲母-微斜長石-石英片岩より構成される。

Pip<sub>4</sub>vsは主として準精査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となっている場合が多い。

代表的岩石の検鏡結果は次のとおりである。

ザクロ石-斜長石-白雲母-黒雲母-石英片岩(NI0059, Pip<sub>4</sub>vxt<sub>1</sub>)

位置：準精査地区(795.50, 8555.40)

組織：レピドプラスチック

構成鉱物：石英>黒雲母>白雲母>斜長石, ザクロ石, アルカリ長石, リン灰石, 炭酸塩鉱物

緑レン石(ゾイサイト)-石英質石(NI0188, Pip<sub>4</sub>vxt<sub>1</sub>)

位置：C-1 鉱体ボーリングNo. PM-24, 50.50m

組織：レピドプラスチック, グラノプラスチック

構成鉱物：石英>白雲母，不透明鉱物，絹雲母，ゾイサイト>アルカリ長石，スフェーン，リン灰石，炭酸塩鉱物

全体に再結晶した石英，ゾイサイト，不透明鉱物が認められる。

斜長石-白雲母-黒雲母-石英片岩(TS0009, Pip<sub>4</sub>vxt<sub>2</sub>)

位置：準精査地区(794.30, 8551.85)

組織：レピドプラスティック

構成鉱物：石英>黒雲母，白雲母>斜長石>アルカリ長石

石英-斜長石-角閃石-黒雲母片岩(NI0261, Pip<sub>4</sub>vxt<sub>2</sub>)

位置：Albo 10PボーリングNo. 52, 104, 10m

組織：レピドプラスティック

構成鉱物：黒雲母>斜長石，ホルンブレンド>石英>不透明鉱物，スフェーン

微斜長石-斜長石-白雲母-黒雲母-石英片岩(NI0035, Pip<sub>4</sub>vxt<sub>3</sub>)

位置：準精査地区(792.90, 8549.45)

組織：レピドプラスティック

構成鉱物：石英>斜長石，黒雲母，白雲母>微斜長石>不透明鉱物

ザクロ石-黒雲母-斜長石-石英片岩(NI0068, Pip<sub>4</sub>vs)

位置：Faz. Sao Salvador(792.70, 8524.85)

組織：レピドプラスティック

構成鉱物：石英>斜長石>黒雲母>ザクロ石，スフェーン，炭酸塩鉱物

検鏡結果から明らかなように，Pip<sub>4</sub>vxt<sub>3</sub>はほかの部層に比べてアルカリ長石が多量に含まれている。長石類の識別をより容易にする方法として染色法が挙げられる (Bailey and Stevens, 1960)。今回細分された各部層から一試料ずつ選んで染色法によるアルカリ長石の半定量的分類を行なった(写真A-1)。その結果それぞれの部層のアルカリ長石の含有量は，Pip<sub>4</sub>vxt<sub>3</sub> (NI0035) が中量，Pip<sub>4</sub>vxt<sub>2</sub> (NI0037) が少量，Pip<sub>4</sub>vxt<sub>1</sub> (NI0059) が微量，Pip<sub>4</sub>vs (NI0068) が極く微量となった。したがって本地域中部に分布する片岩類Pip<sub>4</sub>vsもアルカリ長石の比率によって更に細分される可能性があると考えられている。

Pip<sub>5</sub>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Pip<sub>3</sub>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。

代表的岩石の検鏡結果は次のとおりである。

透閃石-透輝石-斜長石-微斜長石-石英片岩(NI0013, Pip<sub>5</sub>)

位置：準精査地区(788.50, 8554.60)

組織：レピドブラスティック

構成鉱物：石英>微斜長石, 斜長石, 透輝石, 透閃石>ホルンブレンド, スフェーン, 炭酸塩  
 鉱物

原岩は不純な苦灰岩と考えられる。

十字石-絹雲母-白雲母-石英片岩(NI0039, Pip<sub>5</sub>)

位置：準精査地区(789.30, 8547.40)

組織：レピドブラスティック

構成鉱物：石英, スフェーン>白雲母, 不透明鉱物, 十字石, 絹雲母>黒雲母, 紅柱石, リン  
 灰石

### (3) 層位関係

本岩類はCana Brava塩基性-超塩基性岩体を不整合に覆うとされているが、明瞭な不整合現象は観察できなかった。

### (4) 層序の対比

本調査の重要な鉱床探査層準であるパルメイロポリス火山-堆積岩類の分類に関して、CPRM(1982, 1984)及びDNPM/CPRM(1983)は異なった地層名(記号)を使用しており、その対比は以下の様に考えられる。

すなわち、Unidade de Lesteは多少対比できない部分もあるが、東部から西部へ向かって地質は若くなっており、Unidade de CentralはPip<sub>1</sub>~Pip<sub>4</sub>に対比され、Unidade de OesteはPip<sub>5</sub>に対比される。

CPRM(1982, 1984)	DNPM/CPRM(1983)	
PCPE <sub>1</sub>	ct	
PCPW <sub>1</sub> ~ PCPW <sub>4</sub>	Pip <sub>5</sub>	
PCPCxt <sub>3</sub>	Pip <sub>4</sub> vxt <sub>3</sub>	Pip <sub>4</sub> vs
PCPCxt <sub>2</sub>	Pip <sub>4</sub> vxt <sub>2</sub>	
PCPCxt <sub>1</sub>	Pip <sub>4</sub> vxt <sub>1</sub>	
PCPCaf	Pip <sub>3</sub>	
PCPCgb <sub>2</sub> **	Pip <sub>1</sub> *	Pip <sub>2</sub> **
PCPCgb <sub>1</sub> *		
PCPE <sub>2</sub> **		

註 {  
 — PCPW:Unidade de Oeste  
 — PCPE:Unidade de Leste  
 — PCPC:Unidade de Central

### (5) 風化土壌

本地域は露頭が極めて少ない地域であることから、土壌採取にあたっては、その土壌の性質をチェ

ックして地質調査の補助手段とした。

本地域の風化土壌の特徴（色、粒度、構成粒子など）はその原岩（特に角閃岩及び片岩類）を推定するのに有効な手段として現地では応用されている。すなわち、

角閃岩起源の土壌：暗赤褐色～暗紫色を呈し、緻密な粘土を主体とし、磁性のあるラテライト質粒子及び細粒の石英を含む。

片岩類起源の土壌：色は非常に変化に富むが明赤褐色～褐色～黄褐色が主体で、沢の周辺では灰褐色を、又塩基性岩類の貫入岩が分布する周辺では暗赤褐色を呈する。

粒度はほとんどが砂質で部分的にシルト質も見られる。

構成粒子は石英、ラテライト質粒子が主で、磁性のある粒子は一般には認められない。

又Pip<sub>2</sub>、Pip<sub>4</sub>及びPip<sub>5</sub>のいずれかの区別は非常に難しいが、以下の相違点がある。

Pip<sub>2</sub>は雲母は認められない。

Pip<sub>4</sub>は少量の雲母が認められる所がある。

Pip<sub>5</sub>は雲母が認められる所がPip<sub>4</sub>に比べて多く、十字石あるいは藍晶石の結晶が残っている場合がある。

このような特徴から角閃岩類と片岩類の区分は土壌によってもおおよそ推定可能であった。

### 1-1-3 Serra da Mesa 層群(Serra da Mesa Group)

本層群は下部よりPmsm層及びPm1層に分類される。

#### (1) 分 布

調査地域北西部～西部～南部にパイメイロポリス火山-堆積岩類を取り囲むように分布する。又北部ではPip<sub>5</sub>の分布域に小規模に認められる。

#### (2) 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。

Pm1は含磁鉄鋳絹雲母質珪岩(qt)、灰色千枚岩(f1)、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。

代表的岩石の検鏡結果は次のとおりである。

石墨-白雲母-絹雲母-石英片岩(NI0045, Pm1f1)

位 置：準精査地区(785.80, 8547.40)

組 織：レピドブラスティック

構成鉱物：石英>白雲母、絹雲母>不透明鋳物、石墨

### (3) 層位関係

パルメイロポリス火山-堆積岩類を不整合に覆う。

#### 1-1-4 Rio Maranhãoカタクラサイト化帯(Rio Maranhao Catalastic Zone, Ct)

##### (1) 分布

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

##### (2) 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( $\gamma$ )及び角閃岩質塩基性岩(af)の貫入を受けている。

代表的岩石の検鏡結果は次のとおりである。

正長石-絹雲母-白雲母-黒雲母-石英片岩(N10001, ct)

位置：北東部(804.65, 8554.75)

組織：レピドプラスティック、カタクラスティック

構成鉱物：石英>正長石、黒雲母、白雲母、絹雲母

##### (3) 層位関係

下位の地質とは断層関係で接している。

#### 1-1-5 Paranoa 層群(Paranoa Group)

##### (1) 分布

地域南部から地域外東部へ分布する。

##### (2) 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。

##### (3) 層位関係

下位の地層を不整合に覆う。

## 1-2 貫入岩類

本地域内の貫入岩類は、花崗岩類 ( $\gamma$ ) 及び塩基性～超塩基性岩類 (db, ub) から成る。両貫入岩類とも年代測定は一部しか行われておらず、貫入時期の推定は困難である。

### 1-2-1 花崗岩類 ( $\gamma$ )

#### (1) 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 8.5 m) 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。

#### (2) 岩質

おのおの花崗岩類に特徴的な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 Morro Solto 全域及び Serra Dourada 東縁部で顕著である。

代表的岩石の検鏡結果は次のとおりである。

黒雲母-白雲母花崗岩 (NI0032, Morro Solto 花崗岩)

位置: Morro Solto (793.60, 8560.40)

組織: グラノプラスチック

構成鉱物: 石英 > 斜長石 > アルカリ長石, 黒雲母, 白雲母 > 不透明鉱物, スフェーン

白雲母-黒雲母花崗岩 (NI0077, Serra Dourada 花崗岩)

位置: Mina Buriti (773.95, 8501.80)

組織: グラノプラスチック

構成鉱物: 石英, 斜長石, アルカリ長石 > 黒雲母, 不透明鉱物 > 白雲母

#### (3) 貫入時期

Serra da Mesa・Serra Dourada 花崗岩は年代測定結果が公表されており、Hasui ほか (1980) による Rb-Sr 同位体年代測定では 1,550～1,100 Ma (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解釈されている。すなわち Morro Solto・Filo 花崗岩は原生代前期、北東端部のものは原生代中期の貫入と考えられる。

### 1-2-2 塩基性～超塩基性岩類 (db, ub)

#### (1) 分布・産状

地域全域にシルあるいは岩脈として点在する。

## (2) 岩 質

主として緑色～暗緑色を呈した粗粒角閃岩で、局部的に細粒の斑レイ岩も認められる。場所によって微粒の硫化鉱物鉱染も認められ、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。

代表的岩石の検鏡結果は次のとおりである。

角閃岩 (YT0029, Pips 中の db)

位 置 : 準精査地区 (788.95, 8552.45)

組 織 : ネマトプラスチック

構成鉱物 : ホルンブレンド > 石英 > 斜長石 > 不透明鉱物

## (3) 貫入時期

ストック状花崗岩と同様に、年代測定がなされていないため、被貫入岩の時期以降と考えられており、原生代前期及び中期に貫入したと推定される。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 変成作用

本調査地域に分布する地質のうち、主に準精査地区のバルメイロポリス火山-堆積岩類を中心に、野外観察結果、全岩分析結果（第Ⅱ-1表）及び岩石薄片の顕微鏡観察結果（第A-1表）などから変成相の分帯を行った。

顕微鏡観察結果から各地質層準別の変成鉱物の組合せを行った結果は下記のとおりである。

Pip<sub>1</sub> : アクチノ閃石-緑レン石-ホルンブレンド

Pip<sub>2</sub> : (アクチノ閃石-ゾイサイト-アルカリ長石-) 黒雲母-白雲母-石英

Pip<sub>3</sub> : 緑レン石-ザクロ石-ホルンブレンド

Pip<sub>4</sub>vxt<sub>1</sub> : (緑レン石-ホルンブレンド-アルカリ長石-) ザクロ石-斜長石-白雲母-黒雲母-石英

Pip<sub>4</sub>vxt<sub>2</sub> : (ゾイサイト-ザクロ石-アルカリ長石-) 斜長石-白雲母-黒雲母-石英

Pip<sub>4</sub>vxt<sub>3</sub> : アルカリ長石-斜長石-白雲母-黒雲母-石英

Pip<sub>4</sub>vs : (ザクロ石-アルカリ長石-斜長石-) 白雲母-黒雲母-石英

Pip<sub>5</sub> : (藍晶石-紅柱石-) 十字石-ザクロ石-黒雲母-白雲母-石英

Pmifl : 石墨-白雲母-絹雲母-石英

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 図を第Ⅱ-3図に示す。

角閃岩類から成る Pip<sub>1</sub> 層及び Pip<sub>3</sub> 層の試料は角閃岩相に相当し、これらの化学組成はアノーサイト-ディオプサイト-F 三角形領域に入り、塩基性火成岩の成分に一致する。又、片岩類のうち Pip<sub>2</sub> 層や Pip<sub>4</sub> 層の試料はアノーサイト-F-A 三角形領域に入り、Pip<sub>5</sub> 層や Pmifl 層の試料は A-F 線状に近いところで、A に近い位置にくる。ここで後者の片岩類は典型的な泥質岩の成分と一致するが、前者は、火成岩の成分に近いことを示していると考えられる。これら全試料の 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 (Pip<sub>1</sub> 層及び Pip<sub>3</sub> 層) の値は玄武岩の平均化学成分に類似し、片岩類のうち Pip<sub>2</sub> 層の値は安山岩~デイサイトに、Pip<sub>4</sub> 層の値はデイサイト~流紋岩の平均化学成分に類似している (但し一部安山岩~玄武岩の成分に類似するものもある)。

以上の鉱物の組合せと化学組成から、各地質層準ごとの変成帯及び変成相を推定し (第Ⅱ-4図)、併せてそれらの原岩も推定した。すなわち、

Pip<sub>1</sub> 層及び Pip<sub>3</sub> 層 (角閃岩類) は (緑レン石~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。

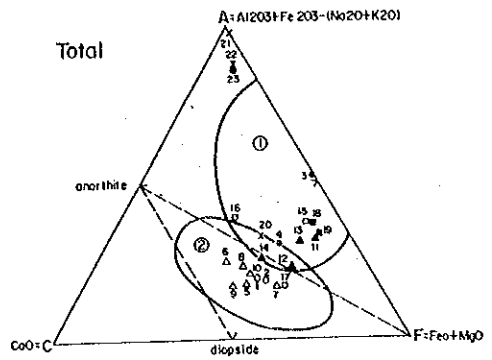
Pip<sub>2</sub> 層及び Pip<sub>4</sub> 層 (片岩類) は (ザクロ石帯~) 十字石-紅柱石帯 (~十字石-藍晶石帯) に属し、原岩は中性~酸性火成岩類を主とし泥質岩や塩基性岩を挟在したものと推定される。







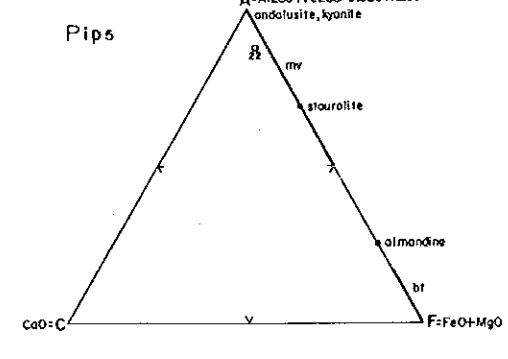
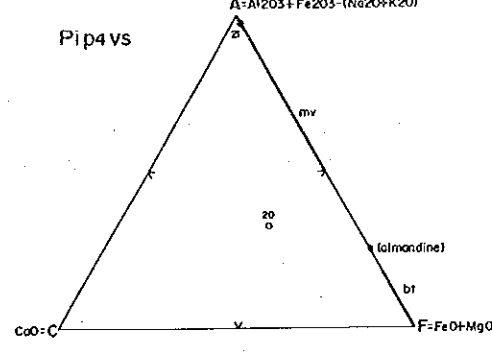
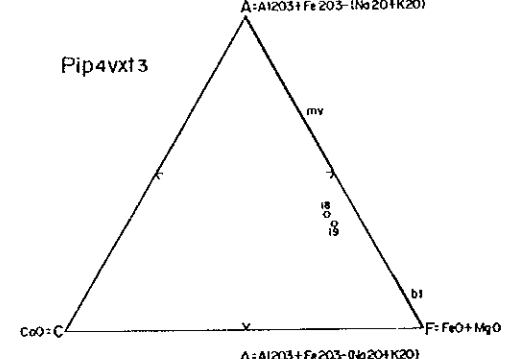
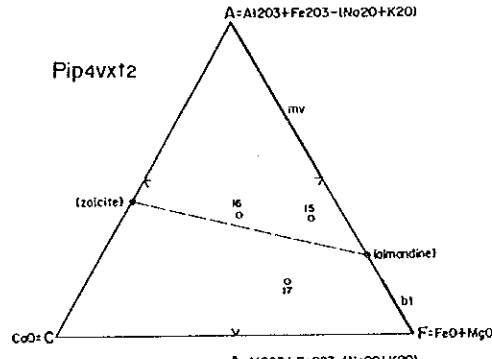
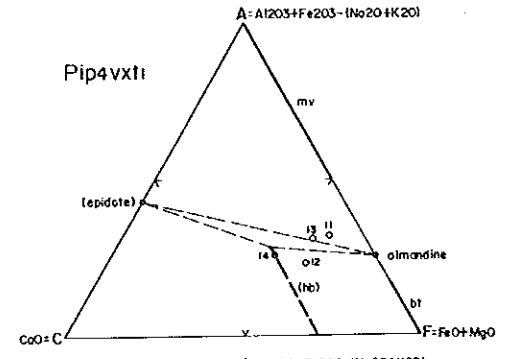
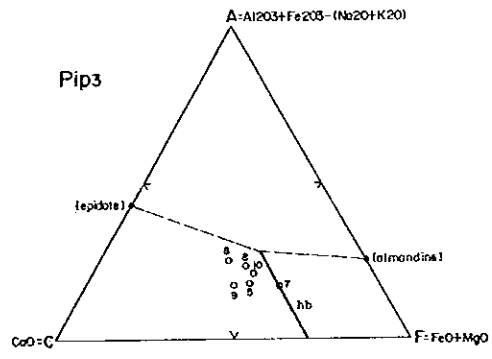
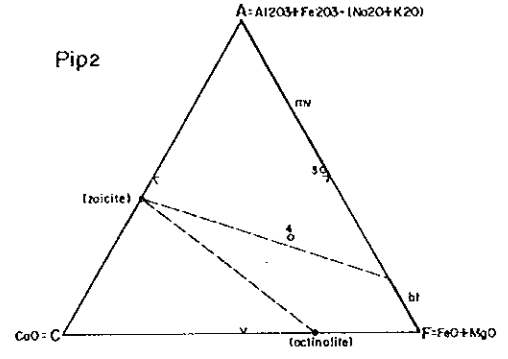
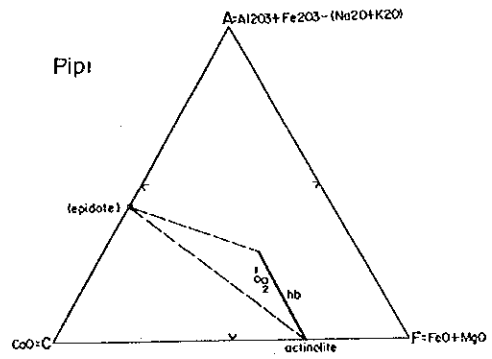




- Pip1 (1,2)
- Pip2 (3,4)
- △ Pip3 (5~10)
- ▲ Pip4 vxt1 (11~14)
- Pip4 vxt2 (15~17)
- Pip4 vxt3 (18,19)
- x Pip4 vs (20,21)
- × Pip5 (22)
- ⊕ Pmfl (23)

1 to 23 are referred to Table II-1

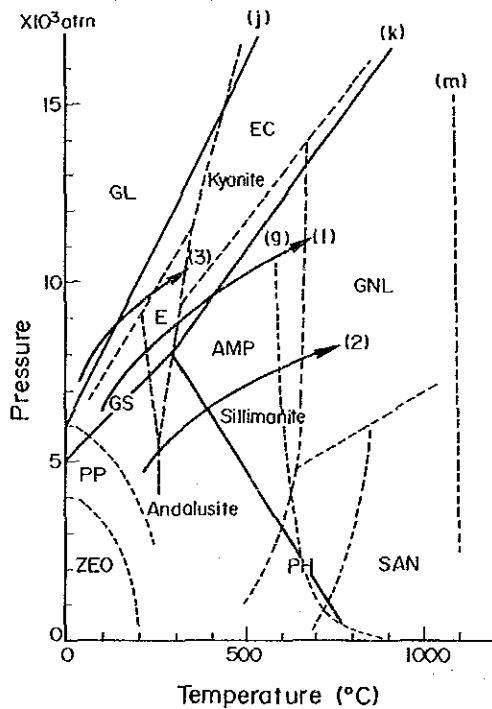
- ① Peritic rock and graywake (by Miyashiro & Kushiro, 1975)
- ② Basic igneous rock (by Miyashiro & Kushiro, 1975)



第 II - 3 図 変成岩類 ACF 図

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

第 II - 4 図 变成相分帯図



- GL : Glaucophene 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

第 II - 5 図 各变成相压力-温度图

Pips層（片岩類）は主として十字石-紅柱石帯に属し、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-ザクロ石帯に属し、原岩はPips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)(第II-5図)を参考に考察した。同図には各変成相及び変成相系列を示している。都城(1961)は世界の広域変成作用の相系列の分類を総括しており、(1)藍晶石-珪線石タイプ、(2)紅柱石-珪線石タイプ、(3)ヒスイ輝石-藍閃石タイプの三つの標準タイプを分類し、更にこれらの中間タイプ(1)~(2)及び(1)~(3)の二つ、合計五つを分類した。第II-4図と第II-5図を比較検討することにより、パルメイロポリス火山-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気圧の範囲と推定される。



#### 1-4 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、Uruacu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 Uruaquano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。

原生代下部のパ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層群が分布する。

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系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カク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系断層構造の水平成分の転位のセンスは、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、見掛比抵抗の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-堆積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 Minacu 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力異常帯が捕捉されている。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-堆積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。

## 1-5 地 史

ブラジルの先カンブリア系の地質を含む南米プラットフォームには何回かの造山輪廻が発達している。その代表的なものとして Jequie-Aroense (2,600-2,800m. y.), トランスアマゾン(Transamazonian)(1,900-2,100m. y.) 及びブラジル(Brasiliano)(450-700m. y.) 造山輪廻などが認められる。

本地域もこれらの造山輪廻の運動を蒙っており、更にAtlantico 盾状地及びその周辺部に発達した Uruaçano(900-1,300m. y.)造山輪廻の運動を蒙っている。

### Jequie造山輪廻

本地域で最古の造山輪廻である。基盤岩類の造構運動に伴って玄武岩質～ピクライト質マグマのグラニュライトへの貫入活動が旺盛に行われており、Cana Brava塩基性-超塩基性複合岩体はこの時期に形成されたと考えられている。

SAMA社のアスベスト鉱床(Cana Braba鉱床)は超塩基性岩の蛇紋岩化作用に伴って形成されたものである。この地域の基盤岩のK-Ar法及びRb-Sr法による年代測定結果では2,500 ~4,125 m. y. が報告されている(DNPM 1984)。

### トランスアマゾン(Transamazonian)造山輪廻

旺盛な塩基性火山作用、堆積作用及び中～酸性火山作用の産物を特徴とするパルメイロポリス火山-堆積岩類はこの時期に形成された。

下部は塩基性火山岩類や火山砕屑岩類起源の角閃岩が発達し、珪岩や片岩類を挟在する。

上部は堆積岩類、中～酸性火山岩及び火山砕屑岩類起源の片岩類が発達し、メタチャートや珪岩等を挟在する。

更にこれらを買いて、酸性岩(Morro Solto花崗岩)や塩基性～超塩基性貫入岩類が認められる。

以上の様に、この時期は大陸の割れ目に沿って各種の火山活動が活発に行われ、火山活動の休止期や終末期に堆積岩類の堆積作用が活発に行われた。火山岩類の性質は、下部から上部に向かって塩基性岩類(一部超塩基性岩)から中性～酸性岩類に変化しており、マグマの分化が行われたことを示している。

本地域には、これらの火山作用に伴って形成された塊状硫化鉱物鉱床の鉱化作用が確認されている。特に塩基性火山活動が終息して、中性-酸性火山活動に移行した時期にC-1 鉱体ほかのCu-Pb-Zn 鉱床が形成されている。

### Uruaçano 造山輪廻

これはAtlantico 盾状地の西縁部に発達したUruacu褶曲帯を形成した造山輪廻である。地向斜と造構帯で特徴づけられており、Serra da Mesa 層群の堆積作用(少量の火山岩類を伴う)やSerra da Mesaタイプの花崗岩類の貫入が行われた。更に造構運動により本地域東部にRio Maranhãoカタクラサイト化帯が形成された。

この時期に貫入した花崗岩類に伴ってアルビタイト型及びグライゼン型の錫鉱床(Mina Buritiほ

か) やペグマタイト鉱床が形成されている。又、これらの花崗岩の Rb-Sr放射年代は1,100-1,550m. y. と報告されている (Hasuiほか, 1980)。

#### ブラジル造山輪廻

先カンブリア末期の造山輪廻で、大陸地殻の地質構造が固まったのはこの時期である。堆積作用と褶曲作用が顕著で、調査地域東部にParanoa 層群が形成された。

岩相は各種堆積岩類や炭酸塩岩類が特徴的で、変成作用は弱く、緑色片岩相の変成帯に属す。又、これら変成作用や花崗岩の貫入は 650-700m. y. の時期に行われたが、本調査地域内ではこの時期の花崗岩は分布しない。

## 1-6 鉱 床

### 1-6-1 鉱 床 概 要

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（第II-1、II-2図）が、現在探査又は稼行している鉱床の主なものは Cana Brava アスベスト鉱床、パルメイロポリスCu-Pb-Zn鉱床及び Buriti錫鉱床などがある。

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。

パルメイロポリスCu-Pb-Zn鉱床は1975-1984年にCPRMの“Projeto Palmeiropolis”の探査により3鉱体（C-1、C-2、C-3鉱体）が発見されている。

埋蔵鉱量約400万t（Cu 0.46~1.25%、Pb 0.33~1.38%、Zn 4.22~5.85%）が計上されている。

本鉱床が発見された結果、従来あまり注目されていなかったこの地域の資源的ポテンシャルは飛躍的に増大した。特に鉱床胚胎層準のパルメイロポリス火山-堆積岩類は本地域内に広く分布しているため、この地域が本プロジェクトの対象として取上げられたのも以上の理由によるもので、詳細は後述する。

Buriti錫鉱床はSerra Dourada花崗岩の内部及び周辺部でアルピタイト化作用、グライゼン化作用及びベ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。

アルピ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。

その他本地域内では、Billington Metais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/CPRM 1983）が、詳細は不明である。

### 1-6-2 パルメイロポリス鉱床

パルメイロポリス鉱床はCPRMが1975-1984年に約30,000haの範囲（その南半分は本プロジェクトの準精査地区に含まれる）の探査を実施した結果発見された鉱床である。CPRMは、この地域で、地質概査、地化学探査（河床堆積物）により有望地区（Alvo）を18ヶ所選出し、その後これらのAlvoについて順次探査の段階を高めた結果Cu-Pb-Zn鉱床を3鉱体（C-1、C-2※、C-3※鉱体）を発

※ C-2及びC-3鉱体は本調査地域外北部に分布しており、CPRMは1986年にこれらの周辺の探査を再開した。

見した。又、Alvo 10pではC-1 鉱体に類似した小規模な鉱体帯がボーリング探査により捕捉されている。

C-1 鉱体及びAlvo 10p鉱化帯周辺で実施されたCPRMのボーリング位置等をPL II-8 (縮尺1/5,000)に、又C-1 鉱体周辺で今回実施した調査のインデックスマップを第II-6図に示す。

パルメイロポリス鉱床の3つの鉱体は、角閃岩類(Pip<sub>s</sub>)と片岩類(Pip<sub>vxt</sub>)の間に胚胎し、いずれの鉱体もほぼ同一層準に位置づけられている。各鉱体の規模は概ね次のとおり。

C-1 鉱体 : 1,300 m × 150 m

C-2 鉱体 : 300 m × 100 m

C-3 鉱体 : 300 m × 150 m

主な鉱石鉱物の組合せは閃亜鉛鉱、磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱及び方鉛鉱から成り、量的にもこの順序で含有するが、C-3 鉱体は方鉛鉱の量が少なく、他の2つの鉱体と鉱石のタイプが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。

鉱量は、CPRMによるこれまでの探査結果約400万tが発見されている。鉱量計算は全てボーリングデータに基づいて100m間隔の断面法によって計算されている。Cut off grade 0.3 %Cu (又は3.0 %Cu+Zn) 以上の鉱量は次のとおりである。

#### C-1 鉱体

確定(Measured)	1,252,000 T	1.10 Cu%	1.19 Pb%	4.50 Zn%
推定(Indicate)	344,000	1.43	1.74	6.47
予想(Inferior)	151,000	2.10	2.14	7.90
合計	1,747,000	1.25	1.38	5.18

#### C-2 鉱体

確定(Measured)	186,000 T	0.43 Cu%	1.19 Pb%	6.11 Zn%
推定(Indicate)	113,000	0.49	1.06	5.23
予想(Inferior)	30,000	0.55	1.46	6.56
合計	329,000	0.46	1.17	5.85

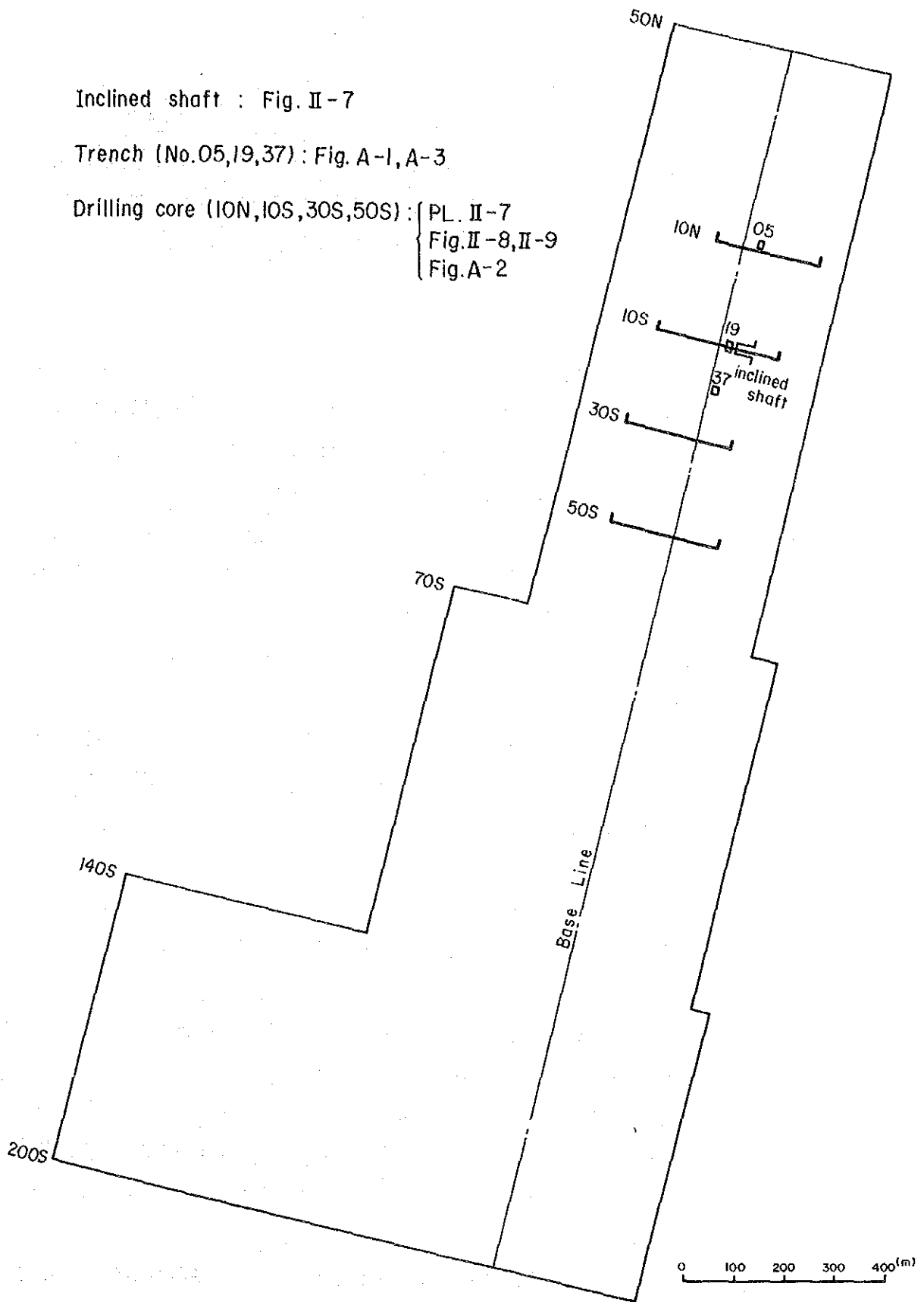
#### C-3 鉱体

確定(Measured)	1,689,000 T	1.43 Cu%	0.26 Pb%	4.07 Zn%
推定(Indicate)	350,500	1.15	0.40	3.98

Inclined shaft : Fig. II-7

Trench (No.05,19,37) : Fig. A-1, A-3

Drilling core (10N,10S,30S,50S) : { PL. II-7  
Fig. II-8, II-9  
Fig. A-2



第II-6図 C-1 鉞体インデックス図

予想(Inferior)	120,000	0.57	0.19	1.71
合計	2,159,000	1.33	0.27	3.92

CPRM 1985

今回の調査では、パルメイロポリス鉱床の鉱床学的特徴や性質を理解し、その資料を周辺地区の探査に応用することを目的として準精査地区内に位置するC-1鉱体及び周辺の鉱床学的調査を実施した。又準精査地区で発見されたゴッサンの試料についても鉱床学的検討を実施した。

### 1-6-3 C-1 鉱体及び周辺の調査結果

C-1 鉱体はSubalvo 2Pの範囲内で発見されている。鉱体の下盤母岩は角閃岩で、上盤母岩は雲母片岩から成り、鉱体はこれらの上に調和的に位置する(第II-7図, PL II-7)。鉱体周辺の母岩、特に片岩中で黒雲母の量が多くなる。又、鉱体の主要部分ではCu-Pb-Zn硫化鉱物と共にしばしばメタ・チャートのレンズを挟在するが、いずれも圧砕されて角礫状鉱となっている。

鉱体及びその母岩の褶曲構造は等斜褶曲を示し、走向N10°-15° E、傾斜70°-80° E、又褶曲軸のピッチの方向は15° / S10°-20° Wを示す。更に鉱床母岩のPip<sub>1</sub>vxt<sub>1</sub>層はC-1 鉱体から南西方向のAlvo 7P, 9P 南東及び10P 下部に向かって連続する。

土壌地化学探査結果では、Zn, Cu, Pb, 異常が鉱床層準に一致、そのハローは鉱床層準の延長方向に沿って広がっている。

物理探査(SIP法)結果では、鉱床直上の測線で浅所に塊状硫化鉱物鉱床の賦存を示す異常が明瞭に捕捉されている。更にコンピューターによるモデル解析の結果ではC-1 鉱体の下部は細脈網状~鉱染状鉱体に変化することが予想されている。

#### (1) 鉱石鉱物の組合せ

C-1 鉱体の斜坑及びび押坑道は現在水没して入坑不可能である。しかしこれらの坑道より搬出された鉱石及び母岩は地上に深度別に試料として保存されているのでCPRMの斜坑スケッチを参考にして鉱石の調査と採取を実施した(第II-7図)。

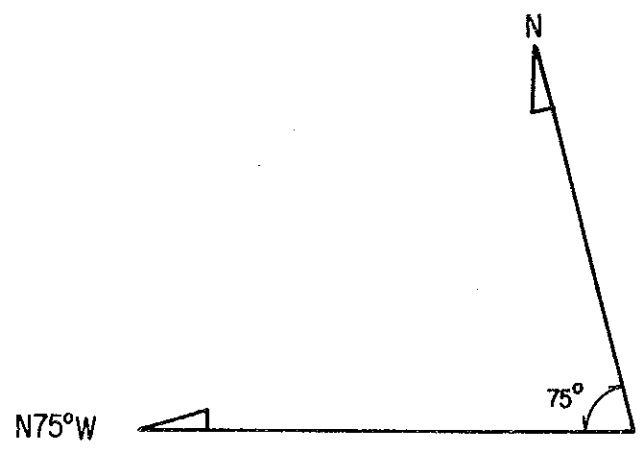
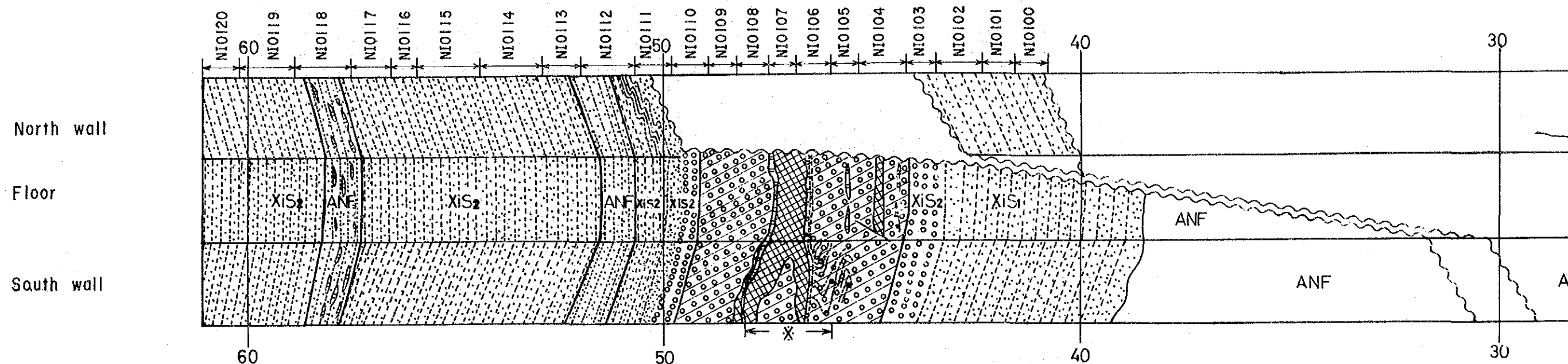
又、周辺のボーリングコアからも併せて採取を実施した。これらから28件の鉱石試料について顕微鏡観察を行って鉱石鉱物の組合せや性質について調べた(第A-2表)。

C-1 鉱体の鉱石は、鉱石鉱物及び脈石鉱物とも再結晶作用の進んだ鉱石で、粒度は微細なものから粗大なものまで不定である。鉱石鉱物は閃亜鉛鉱、磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱及び方鉛鉱を主成分とし、その他の鉱物は認められない。これら5鉱物は、量比に変化があるが、ほとんどの試片に認められる。

鉱石鉱物及び脈石鉱物から形成される全体の組織は、鉱石鉱物を火山岩の石基とすれば、脈石鉱物は火山岩の斑晶に相当し、斑状組織と全く等しい組織を呈する。鉱石鉱物自体は粒状組織が普通である。





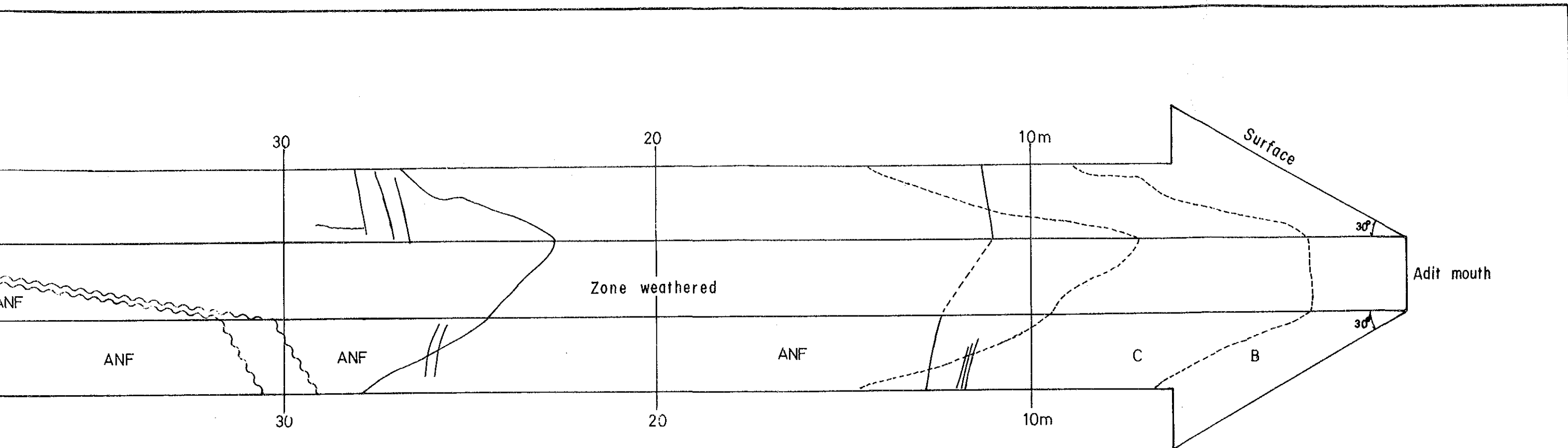


\* adit to south

	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
NIO121	0.3	49.5	1.30	3.38	13.21
NIO122	0.4	48.1	2.20	2.62	9.74
NIO123	0.3	25.3	0.96	1.41	5.58
NIO124	0.5	51.6	1.12	3.28	11.84
NIO125	0.5	52.2	1.02	3.85	13.84
NIO126	0.4	37.6	1.71	2.81	7.05
NIO127	0.3	43.6	1.33	2.81	12.05
NIO128	0.4	48.3	1.44	3.47	12.58
NIO129	0.5	42.7	2.04	2.29	7.58
NIO130	0.2	30.5	0.85	2.14	9.37

- ### LEGEND
- B Soil - B horizon
  - C Soil - C horizon
  - ANF Amphibolite
  - XiS1 Feldsparthic garnet-quartz-biotite schist
  - XiS2 Garnet-amphibole-biotite schist with biotite-amphibole schist and garnet-biotite-quartz schist

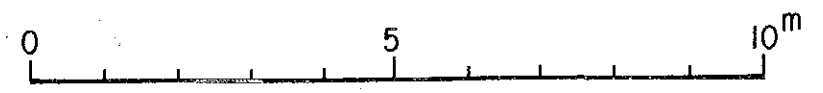
第II-7図 C-1 鉱床斜坑スケッチ, 試料位置及び鉱石分析結果



LEGEND

- |      |  |  |   |
|------|--|--|---|
| B    | Soil - B horizon   |  | Mineralized biotite-bearing amphibolite                                       |
| C    | Soil - C horizon   |  | Pyrite-pyrhotite dissemination with chalcopyrite disseminated and massive ore |
| ANF  | Amphibolite  |  | Quartz  |
| XiS1 | Feldspathic garnet-quartz-biotite schist   |  | Fracture zone   |
| XiS2 | Garnet-amphibole-biotite schist with biotite-amphibole schist and garnet-biotite-quartz schist |  | Lineation   |

Sample location and Sample No.  
 { NIO100 to NIO120 : for X-ray  
 { NIO119 and NIO120 : for thin section and chemical analysis  
 { NIO121 to NIO130 : for ore analysis and polished section





全試料を、鉍石鉍物の組合せや組織よりAタイプとBタイプに分類した。

Aタイプは閃亜鉛鉍-磁硫鉄鉍-方鉛鉍、閃亜鉛鉍-黄銅鉍-方鉛鉍を主体にした共生関係が目立ち、黄鉄鉍は鉍石鉍物中に散在する。微細で形状不定の波紋状組織を示すものから礫状組織を示すものまである。又、磁硫鉄鉍のみで黄鉄鉍を伴わないもの、逆の場合のものもある。同タイプに属する試片は、NI0122, 123, 124, 125, 126, 128, 130, 137, 155, 158, 165, 166, 229, 233 である。

Bタイプは残りの14試料で、特徴的な鉍物組合せ及び組織を示さない。脈石鉍物の卓越する試片では、閃亜鉛鉍が全く欠除するか、微量となる。

脈石鉍物のうち、光学的性質が閃亜鉛鉍に類似する鉍物が認められる。同鉍物は閃亜鉛鉍より明るい灰色を呈し、研磨硬度は閃亜鉛鉍より高く、チタン鉍物（岩石薄片ではスフェンが多く認められる）と推定される。これはAタイプでは見逃しやすいが、Bタイプでは粒度及び形状とも不定であるが少なからず認められる。

## (2) 鉍石分析結果

C-1鉍体周辺のピット3ヶ所、斜坑、ボーリングコア（C-1鉍体及び Alvo 10p）からの鉍石試料及びゴッサンの試料の分析結果を第A-3表に示す。

又、ピット調査結果は第A-1図、斜坑のスケッチ（CPRMより）とサンプル位置は、第II-7図、ボーリング断面図と試料位置を PL II-7、及びボーリング柱状図と分析結果を第A-2図にそれぞれ示す。

第A-3表の分析値で、品位の高いC-1鉍体及びボーリングコアの試料を見ると、Pb-Zn 品位の高いグループとCu品位の高いグループに分類される。

Ag品位高い試料はPb-Zn 品位の高いグループに含まれるが、その理由はおそらく方鉛鉍中にAgが含まれているためと考えられる。

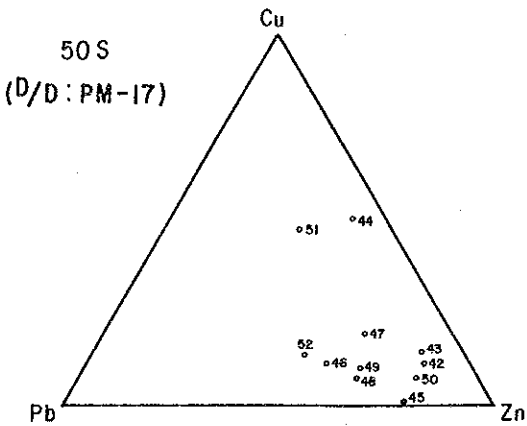
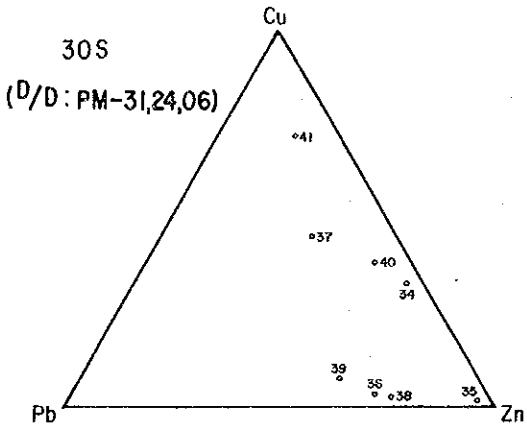
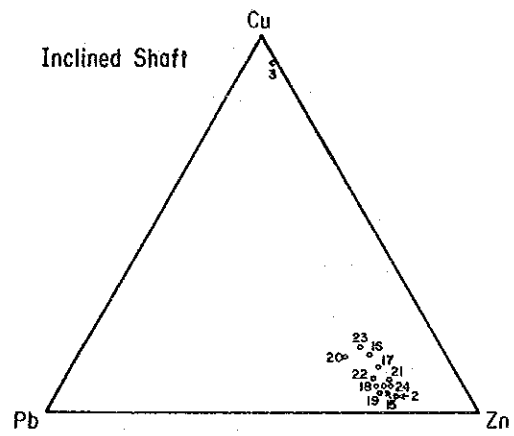
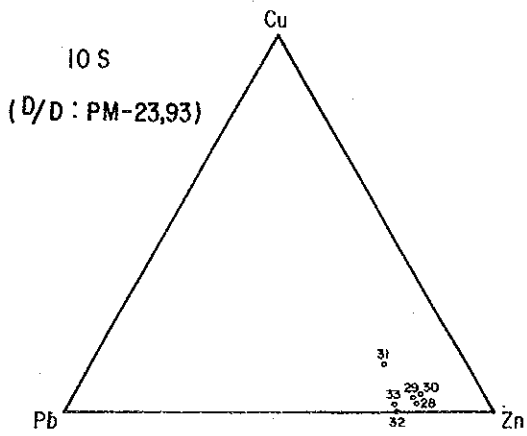
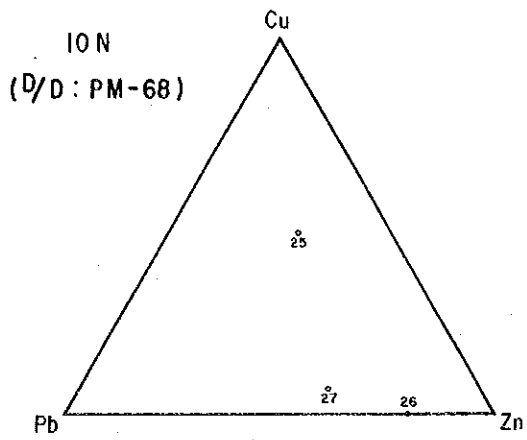
第II-8図はC-1鉍体を捕捉したボーリングコアの試料と斜坑からの試料の分析値をそれぞれCu-Pb-Zn成分三角ダイアグラムに示したものである。この図によると、C-1鉍体は全体にZnの割合が高いが、30S lineや50S lineから南に向かってCu-Zn の割合が高い鉍石に変化している。

一方、埋蔵鉍量品位においてCu/Zn 比を求めると、C-1鉍体は0.24を示す（因みにC-2鉍体は0.08、C-3鉍体は0.34を示す）。

先カンブリア系の酸性火山活動に伴って形成されたカナダの Noranda タイプの鉍床（Sturgeon Lake鉍床群）ではCu/Zn 比が0.12~0.28を示すことが知られており、パルメイロポリス鉍床もほぼ同じ値を示している。又、Pb品位のPb+Cu+Znに対する比はC-1鉍体及びC-2鉍体では Norandaタイプの鉍床の約2倍でC-3鉍体ではほぼ同じ値を示している。

## (3) 変質作用

C-1鉍体周辺探査及び広域の鉍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鉍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



No. 2, 3 and No. 15 to No. 52  
refer to Table A-3.

第 II - 8 图 C - 1 鈹体鈹石 Cu-Pb-Zn 图

か検討した。

C-1 鉱床周辺のピット、斜坑及びボーリングコアから鉱床の上下盤の母岩の試料 134件を採取し、更に調査地域の地表から69件の試料（合計 203件）を採取して、X線回折による変質鉱物の同定を行った（第A-4表）。今回の測定条件を第II-2表に示す。

第II-2表 X線回折測定条件一覧表

Experimental Device	; Philips X-ray Diffractometer
Target	; Cu
Filter	; Monochromator (graphite)
Voltage	; 45 KV
Current	; 55 mA
Slit	; 1° - 0.2 m/m
Glancing Angle	; 2° - 50°
Scanning Speed	; 2/min
Chart Speed	; 2 cm/min
Full Scale	; 2,000 c/sec.
Time Constant	; 0.5 sec.
Counter	; Saintillation countor

X線回折結果から各鉱物を定量化することは難しく、従来多量、中量、少量といった主観的な表現であった。最近日本の地熱地域において変質強度を数値で表そうとする試みとして石英指数 (Q. I.) によって、X線資料を定量化する傾向にある。

石英指数は、試料中のある鉱物の最強X線強度 ( $I_m$ ) を、同じ実験条件下で測定した純粋な石英の最強X線強度 ( $I_q$ ) の百分率で表したものである。

$$\text{石英指数 (Q. I.)} = \frac{I_m}{I_q} \times 100$$

今回の測定条件下では  $I_q = 14,300(\text{cps})$  である。

同定された鉱物のうち、ボーリングコア101件について石英、斜長石、透閃石、緑レン石、方解石及び緑泥石の6つの鉱物を選んで各鉱物の石英指数を利用し分帯を行った（第II-9図）。

石英は石英指数5%未満がほぼ  $\text{Pip}_3$  層に一致する。

斜長石は  $\text{Pip}_3$  層に石英指数10%前後が多く、 $\text{Pip}_4$ 、 $\text{vxt}_1$  層により低い値が多い。

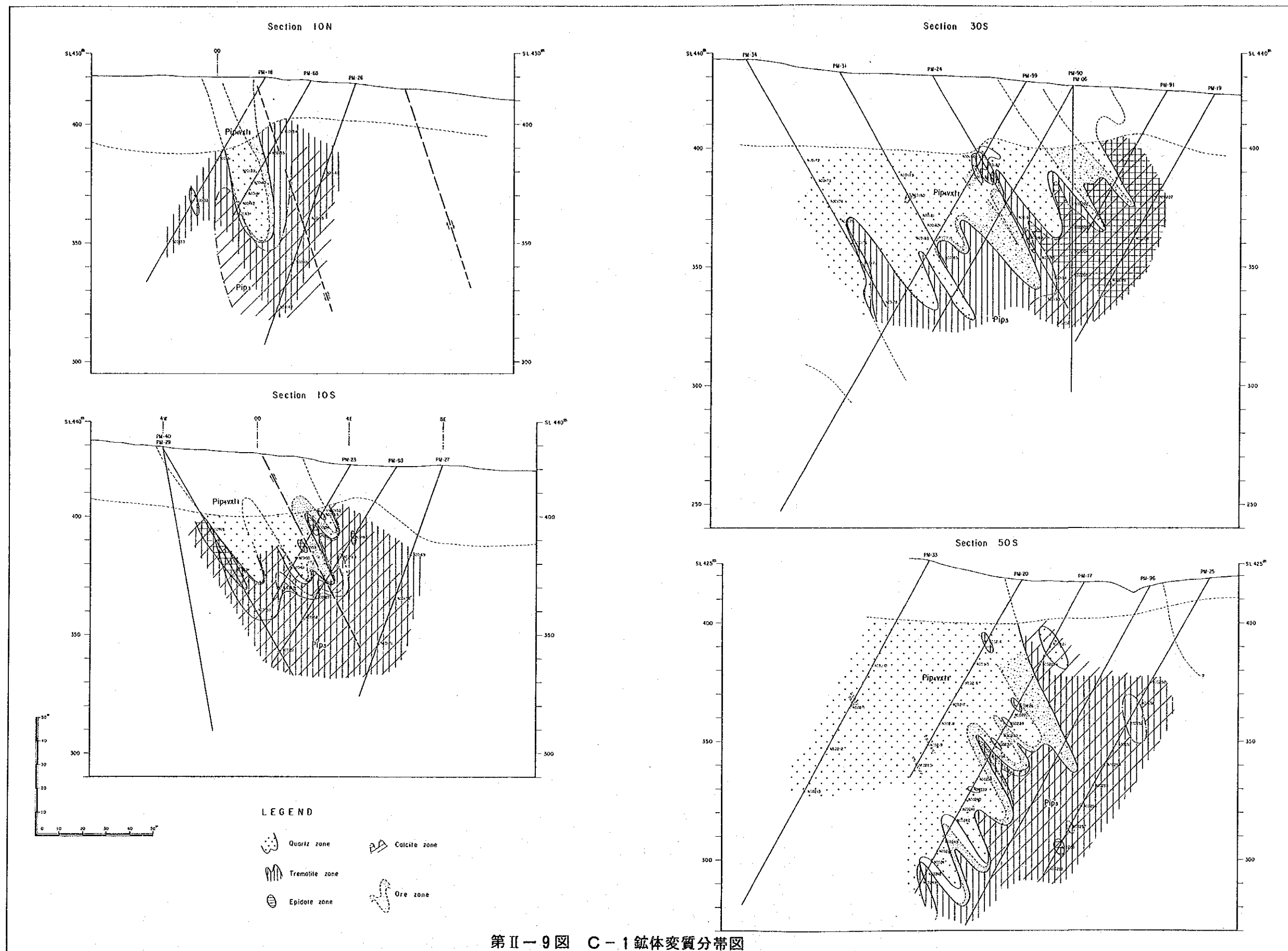
透閃石は、石英指数6%前後が  $\text{Pip}_3$  層に、0%が  $\text{Pip}_4$ 、 $\text{vxt}_1$  層に一致する。

緑レン石は、 $\text{Pip}_3$  層中に局部的に石英指数1%以上が認められる。









第II-9图 C-1 鉍体變質分帶图



方解石は、 $Pip_3$ 層中に石英指数1%以上を含み、 $Pip_4vxt_1$ 層はほとんど0%である。

緑泥石は規則的な分布は認められず、黒雲母や角閃石類の続成作用による変質鉱物と推定される。

地表から採取した試料は、風化変質鉱物のカオリナイト、ギブサイト及び針鉄鉱が認められる。

以上のように各鉱物の石英指数による分帯は、 $Pip_3$ 及び $Pip_4vxt_1$ 層との境界にはほぼ一致し、鉱化作用による変質作用ではなく、鉱床の母岩の特性を表していると考えられる。すなわち、 $Pip_3$ 層は透閃石-緑レン石-方解石帯で、 $Pip_4vxt_1$ 層は石英-斜長石帯である。

これらに深度50m以浅のカオリナイト-ギブサイト-針鉄鉱から成る風化変質帯及び深度50~150mの緑泥石からなる続成変質帯が重なる。すなわち、本地域では角閃岩相の鉱物組合せにより、X線回折結果から初生の熱水変質鉱物の抽出はできなかった。

一方、母岩の $Na_2O$ と $K_2O$ などの変化から鉱化変質帯を抽出する方法が、黒鉱鉱床や Norandaタイプの鉱床の探査に応用されている。

黒鉱鉱床では、鉱化作用に伴った変質作用として鉱床下盤母岩で  $MgO$ 及び  $K_2O$ の添加と  $CaO$ 及び  $Na_2O$ の溶脱が顕著に認められる。この現象を応用して  $(MgO+K_2O)/(Na_2O+K_2O+MgO+CaO) \times 100$  の値を使った変質強度図が黒鉱鉱床探査に役立てられている(石川ほか, 1976)。黒鉱鉱床は変質強度90%の範囲に分布することが解明されている。

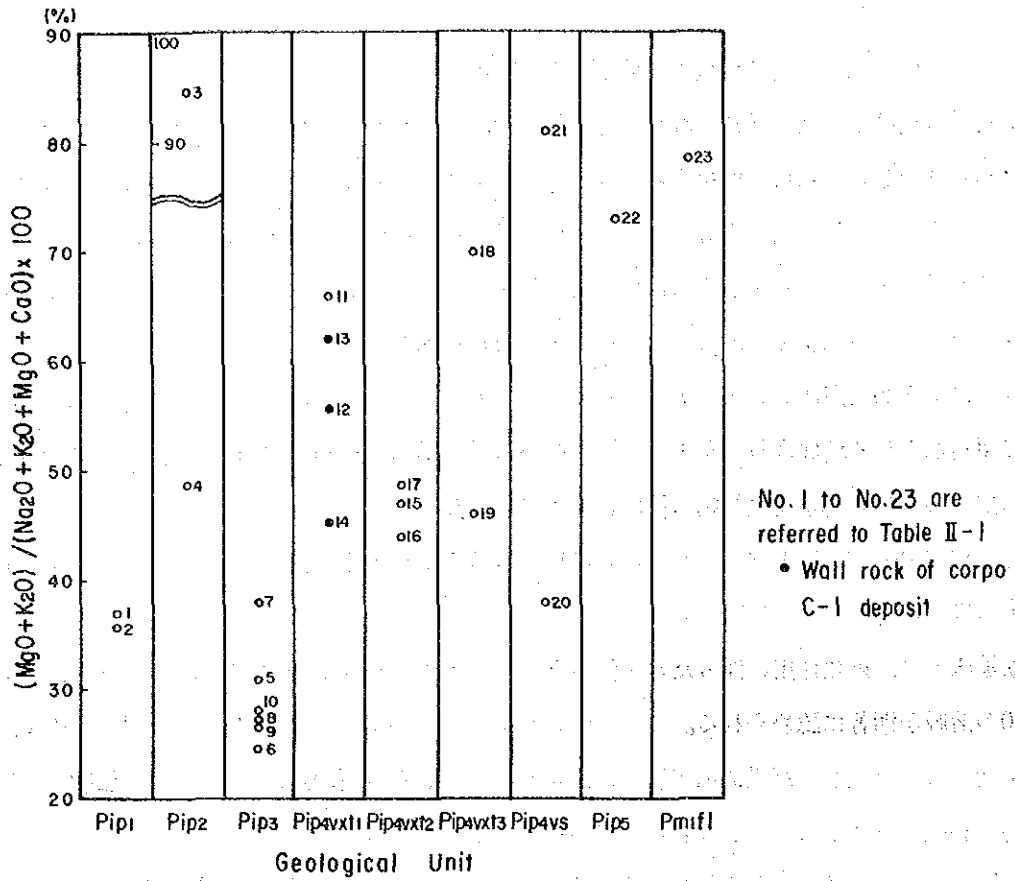
本地域の各地質層準から得られた23件の試料の全岩分析結果から上記の変質強度を求めた結果を第II-10図に示す。この結果鉱床層準より下盤の角閃岩類では30~40%で、上盤の片岩類で45~65%の値を示す。

これらの値は黒鉱鉱床の場合に比べて低い値を示しており、鉱化作用に伴った変質の推定をすることは困難である。鉱床下盤は角閃岩類で  $K_2O$ が少なく、上盤の片岩類は  $K_2O$ の多い酸性火山岩及び火山碎屑岩が原岩と考えられるので、上記の値は母岩の差異を示しているものと考えられる。

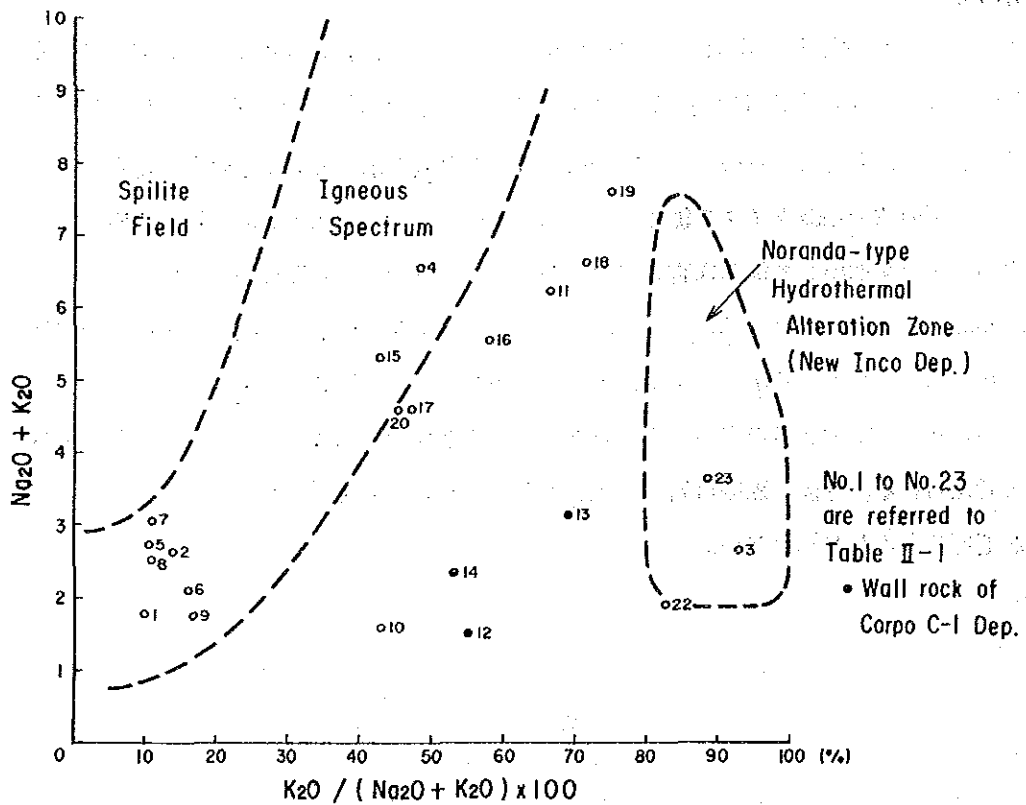
又、カナダの Norandaタイプの鉱床では、 $Na_2O+K_2O$ ,  $K_2O/(Na_2O+K_2O) \times 100$  の値を使って熱水変質作用のゾーンを抽出して鉱床探査に応用した例がある(Meyers R. E. ほか, 1983)。

Norandaタイプの鉱床は  $K_2O/(Na_2O+K_2O) \times 100$  の値が80%以上の範囲と鉱床の範囲がほぼ一致することが解明とされているがC-1鉱体では50~70%と低い(第II-11図)。

以上のことから本地域の母岩の熱水変質作用は、黒鉱鉱床や Norandaタイプの鉱床の場合に比べて弱いと考えられる。今後、鉱床母岩及び鉱石の微量成分の分析を行なうことにより、本鉱床の化学的特徴が把握できるかも知れない。



第II-10図 地質ユニットごとの熱水変質強度



第II-11図 (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)-K<sub>2</sub>O/(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) × 100 図

## 第2章 地 化 学 探 査

### 2-1 河床堆積物地化学探査

#### 2-1-1 概 説

調査地域全域のうち、主としてパルメイロポリス火山-堆積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。北部の準精査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。中部及び南部においては、銅・鉛・亜鉛鉱化作用に起因すると考えられる地化学異常帯を抽出する目的で採試した。

採取試料はCu・Pb・Zn・Asの4成分について分析し、その分析結果はコンピュータを使用して統計処理を行い、単成分解析及び因子分析法を含む多変量解析を行った。

これらの解析結果より地化学異常を示す地区が6地区抽出された。そのうち、最も注目されるものは地域中央部の Rio Dois de Junho流域に分布するPip,vs層の中のCu-Pb-Zn地化学異常帯である。

#### 2-1-2 試料採取、分析成分及び分析方法

採試地点は、調査計画図（5万分の1の水系図を利用）上に採試密度及び水系オーダーを考慮しながらプロットされた。現地調査では、河砂はこの計画図に従って水中で80メッシュ以下にふるい分けられ、採試表に試料番号、地質及び採試点の状況などが記録された。採試点及び採試密度は、現地の状況によって計画と多少変更されたが、Pip,vsの地質が分布している地域ではなるべく2~3個/km<sup>2</sup>となる様に採試された。なお試料調整及び解析の段階での能率を考慮し、全域をほぼ分水嶺でA、B、C及びDの4ブロックに分割し、Aブロックから139個、Bブロックから319個、Cブロックから304個、Dブロックから269個、計1,031個の試料が採取された（PL. II-9）。

採取試料は、Cu・Pb・Zn・Asの4成分を原子吸光法によって化学分析された。

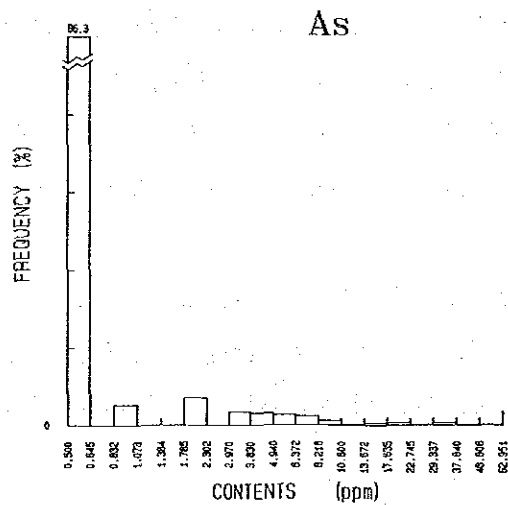
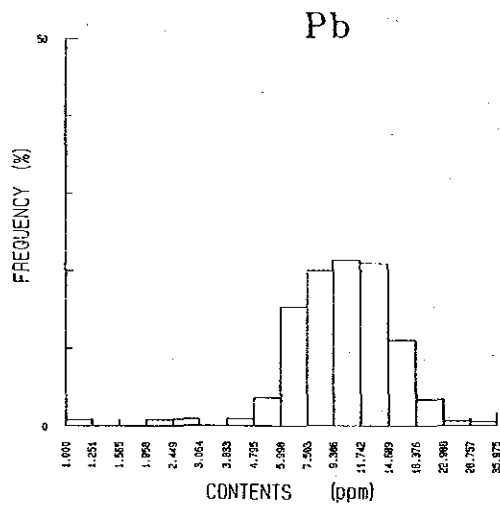
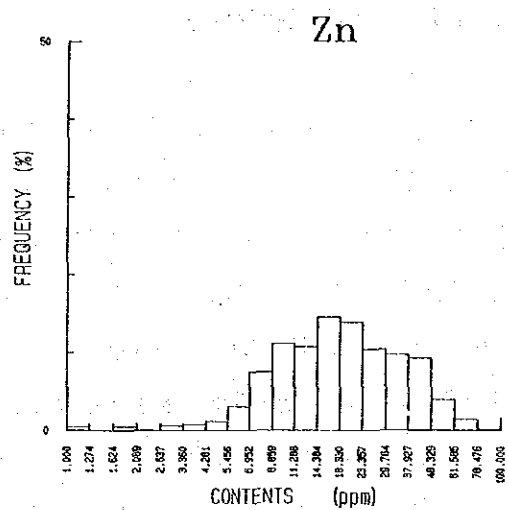
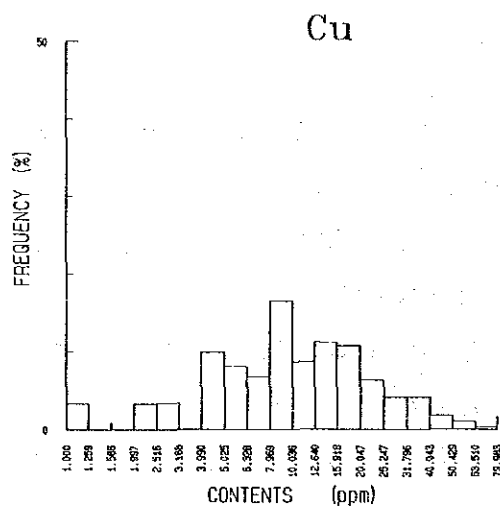
#### 2-1-3 データ処理

1,031個4成分の分析結果を採試付近の地質ユニットと共にコンピュータに入力し、統計処理を行って、各種解析を実施した。分析結果は第A-5表に示すとおりである。

##### (1) 単成分解析

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（第II-12, 13図）。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、累積頻度分布図で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。

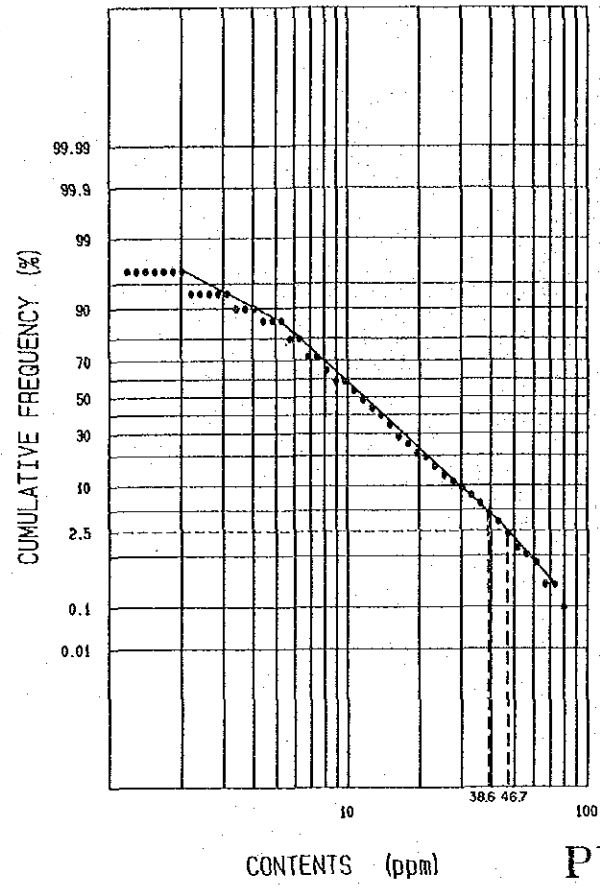
これらより、異常しきい値は地化学探査に一般に使用されている全体の約2.5%を占める $\times + 2\sigma$



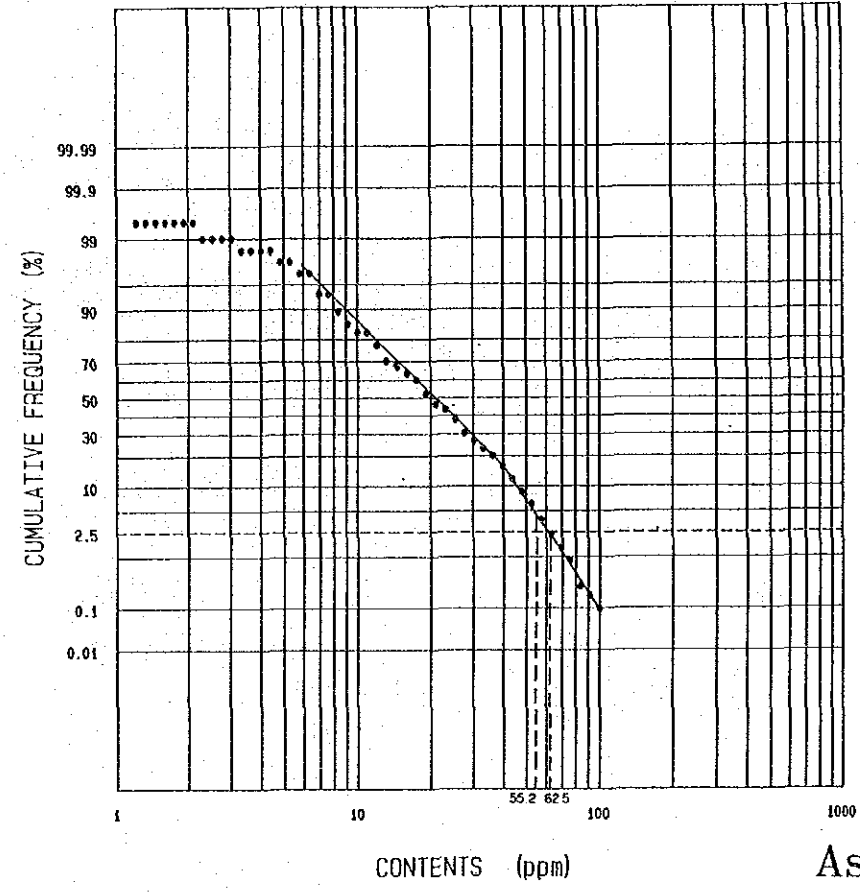
第II-12図 Cu, Pb, Zn 及び As のヒストグラム (河床堆積物)



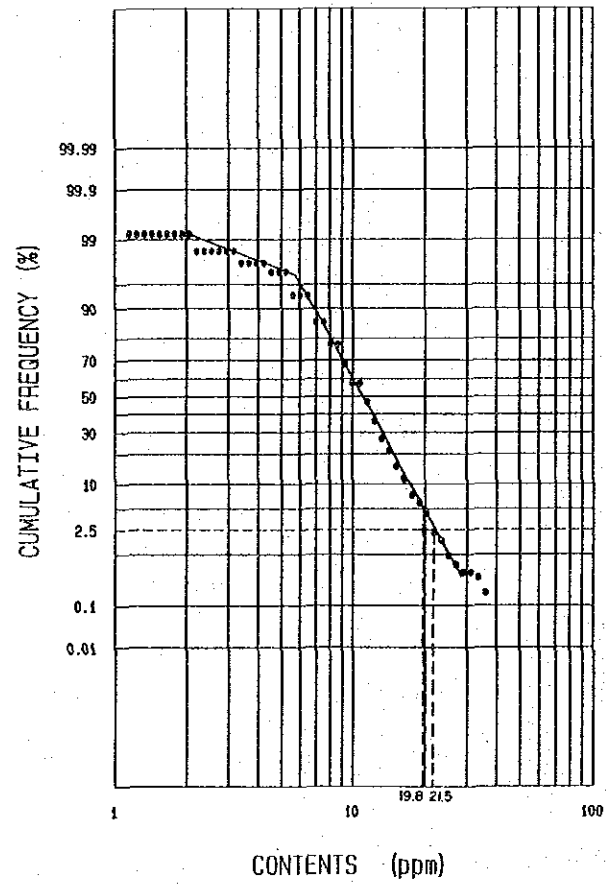
Cu



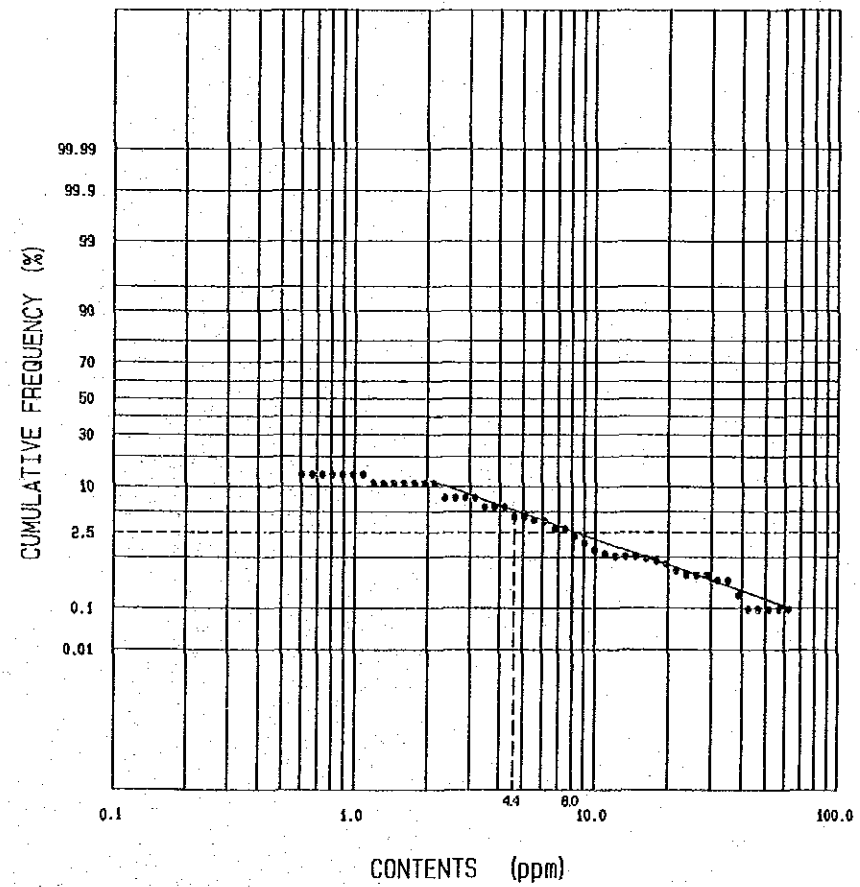
Zn



Pb



As



第 II - 13 図 Cu, Pb, Zn 及び As の累積頻度分布図 (河床堆積物)





(t) 値を採用し、全体の約5%を占める値を(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。この結果は第II-3表に示す。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オーダーの異常値とし、95%以上98%未満を第2オーダーの異常値とした。

各成分の相関関係は第II-4表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。

## (2) 多変量解析

多変量解析には種々の方法があるが、多変量による変動をより少数の代表的、仮説的変動(因子)によって説明し、これによって科学的に単純性を求めるための解析法として因子分析法が有効である。この因子分析法は、各試料がどの因子をどの程度保有しているかを、因子別の因子得点の表示によって、その試料と鉱化作用あるいは母岩の特性などとの関連性を説明しようとする方法である。

計算はコンピュータを使用して因子分析法の一つであるバリマックス法でデータを処理して解析した結果、次のような3つの因子(第II-5表)が抽出された。すなわち第1因子はCu-Zn、第2因子はPb-As、第3因子はPb-Znである。

## 2-1-4 解析結果

### (1) 単成分解析

データ処理段階で得られた各成分の異常値は縮尺5万分の1の水系図にプロットされた(PL. II-10~13)。

なお北部の準精査地区では前述したとおり、CPRM(1982)の結果を参考に、主要な河川に絞って採試したことにより採試点の数は少ないが、今回の調査で得られた異常値の認められる水系はほぼCPRM(1982)の結果に一致している。

#### 1. 銅(Cu)

地域中央やや北東部のBillington Metais Ltd.のキャンプ付近のPip<sub>1</sub>層・Pip<sub>3</sub>層中に最もまとまった地化学異常帯が分布する。そのほか準精査地区内のAlvo 9P・1P・6Pの一部、Alvo 11Pの南西部や地域中央北西部Rio Mocambão中流のPip<sub>5</sub>中の一部、地域中央部のPip<sub>3</sub>層・Pip<sub>4vs</sub>層中の一部、地域南部のPip<sub>3</sub>層中の一部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Pip<sub>4vs</sub>層中に点在するものは、鉱床胚胎層準である角閃岩と片岩の境界を通る水系に検出されており、銅鉱化作用との関連性が興味深い。

第II-3表 地化学データ簡易統計処理結果 (河床堆積物)

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)

第II-4表 Cu, Pb, Zn及びAsの相関係数 (河床堆積物)

	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

第II-5表 因子分析結果 (河床堆積物)

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%	

またPip<sub>1</sub>層・Pip<sub>3</sub>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る。

## 2. 鉛 (Pb)

地化学異常帯として抽出される地区は、Alvo 2P・7P、Alvo 1P及び地域西部のPm<sub>1xt</sub>層中である。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く、断層帯に沿って上昇した熱水作用の影響と推定される。

このほかに点在する小規模な異常は、Alvo 10Pや9Pの一部、中央北東部のPip<sub>3</sub>層中に一部、地域北西部から南西部にかけてPip<sub>5</sub>層・Pmsm層、Pm<sub>1xt</sub>層中に分布する。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。中央部のPip<sub>3</sub>層中の異常は塩基性岩類中に初生的に存在するものと考えられ、地域北西部から南西部に点在する異常は断層に沿って上昇した熱水作用に関係するものと解釈される。ただし、中央やや北東部の角閃岩中の異常は、河川の流域の一部がPip<sub>4vs</sub>層の片岩類を後背地として含むので、注意を要する。

## 3. 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Pip<sub>1</sub>層・Pip<sub>3</sub>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壌化学探査でも異常帯として抽出されており、亜鉛鉱化作用が期待される。地域西部の異常帯は断層帯に沿って上昇した熱水作用に関連するものと考えられる。

ほかにAlvo 2P、Alvo 11Pの南西部及び中央部のPip<sub>4vs</sub>中にも亜鉛鉱化作用によると考えられる異常が点在する。又、Pip<sub>3</sub>層中あるいはPip<sub>5</sub>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。

## 4. 砒素 (As)

地域西部に分布するPm<sub>1xt</sub>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Pm<sub>1xt</sub>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の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

第1因子, 第2因子及び第3因子の解析図をPL. II-14~16に示す。

### 1. 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, 準精査地区内ではAlvo 2P・1P・6P・9P・11P~12Pに中~高因子得点帯が抽出され, 単成分解析にするCu及びZn異常とほとんど一致した。これらはほとんどがPip<sub>1</sub>層及びPip<sub>3</sub>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。特に地域中央部のゾーンには鉱床直上の母岩と同一層準に対比されるPip<sub>4</sub>vs層が広く分布している。又単成分解析の結果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Pip<sub>1</sub>層・Pip<sub>3</sub>層にまとまっているゾーン, 地域中央やや北西部のPip<sub>3</sub>層中にまとまっているゾーン及び南部のPip<sub>3</sub>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Pip<sub>1</sub>層及びPip<sub>3</sub>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。

### 2. 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Pm<sub>1xt</sub>層・Pmsm層中及び南部のPip<sub>3</sub>層・Pip<sub>5</sub>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, 単成分解析のAs異常とよく一致している。

一方地域中央部のPip<sub>4</sub>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。

### 3. 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, 単成分解析における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Pip<sub>4</sub>vs層を中心としたゾーン, 中央やや北西部のPip<sub>3</sub>

層を中心としたゾーン及び南部のPip<sub>3</sub>層・Pip<sub>5</sub>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。

#### 2-1-5 地化学異常と鉱化作用との関連

単成分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、次の6つの重要な地化学異常地区を抽出した(PL. II-17, 第II-14図)。

- ① 準精査地区(Cu-Zn-Pb)
- ② 地域中央部のPip<sub>4</sub>vs層周辺(Cu-Pb-Zn)
- ③ 地域中央の北東部のPip<sub>1</sub>層・Pip<sub>3</sub>層中(Cu-Zn)
- ④ 地域中央の北西部のPip<sub>5</sub>層中(Cu-Pb-Zn)
- ⑤ 地域西部のPm<sub>1</sub>xt 層・Pmsm層中(As-Pb)
- ⑥ 地域南部のPip<sub>3</sub>層・Pip<sub>5</sub>層中(As-Pb(-Zn-Cu))

以上のうち、①は本年度土壌地化学探査による準精査を実施し、精査の段階に入った。②は準精査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も考慮すると、Cu-Pb-Zn鉱化作用も期待され、今後もっとも重要な探査地域の一つと考えられる。

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、Pip<sub>5</sub>層中には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。

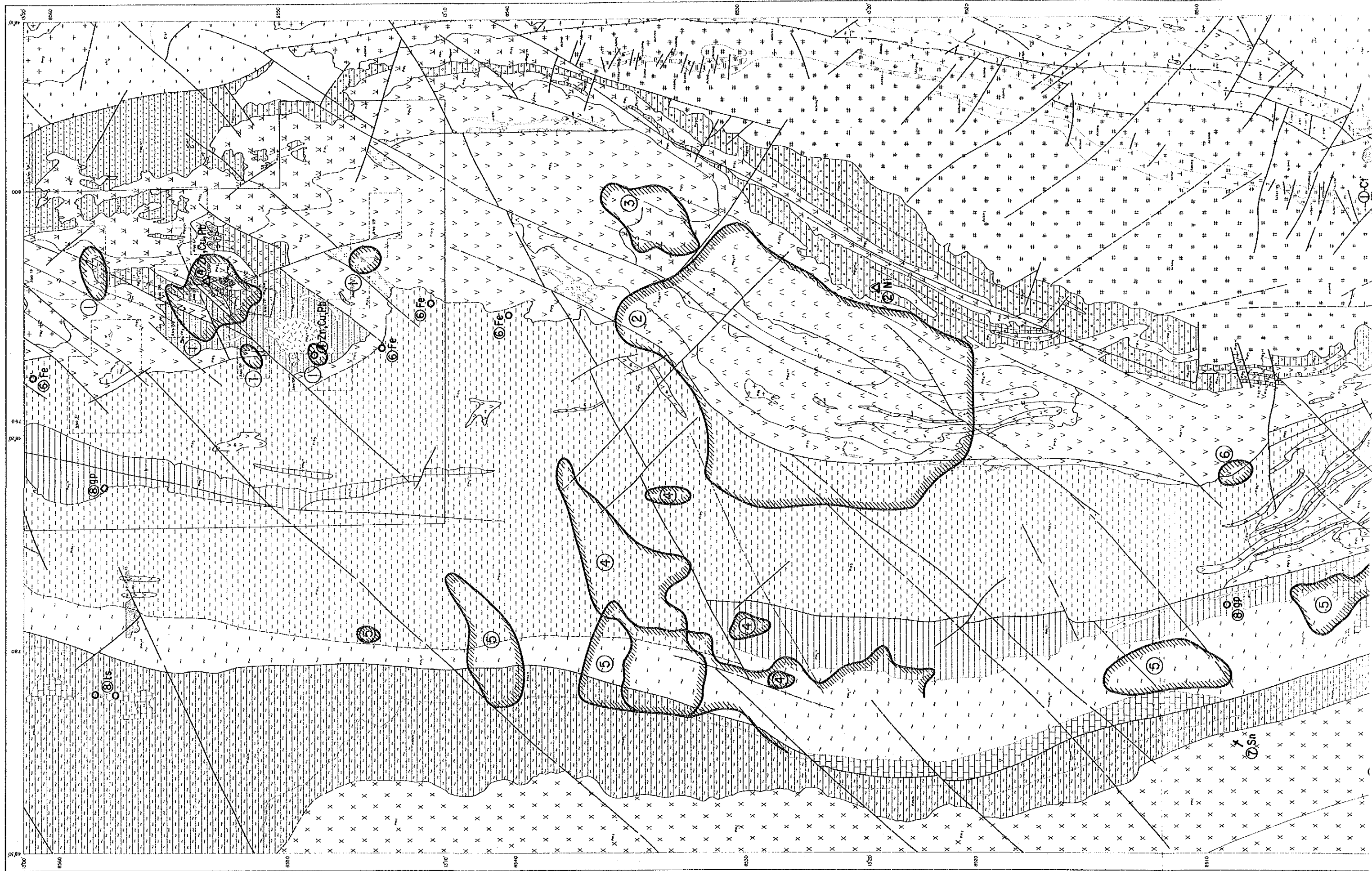
⑥は、塩基性岩類中の溶脱したCu-Zn 異常及び断層に沿った熱水作用の影響を受けたAs-Pb 異常が重複した地区である。

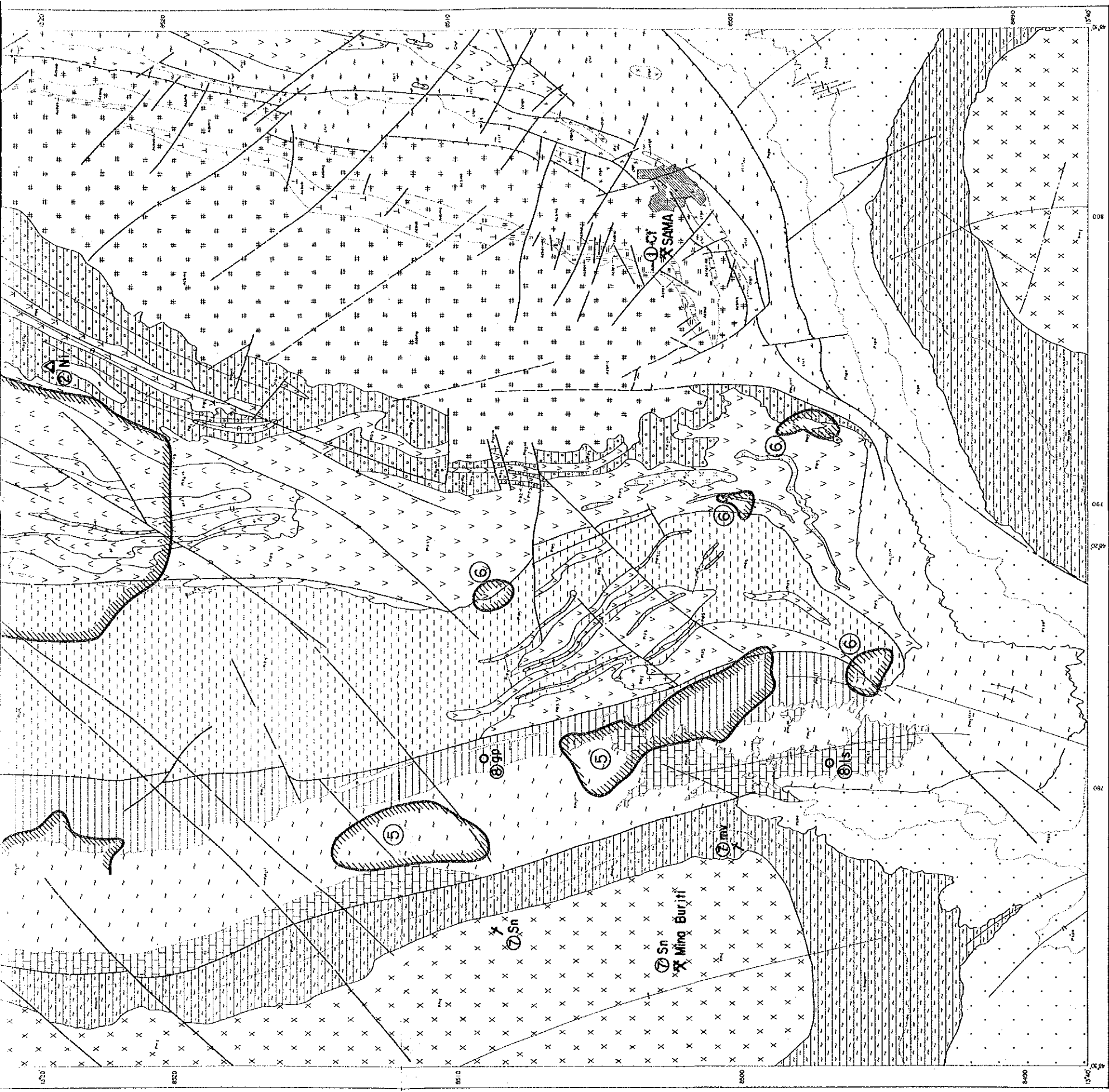
③～⑥は対象とする鉱化作用とは別の地化学異常で、今後の探鉱からは除かれる。











# LEGEND

- Geological boundary
- - - - - Lithological limit
- Fault
- ~ Synclinal axis
- ~ Anticlinal axis
- ~ Synclinorium axis
- ~ Anticlinorium axis
- ~ Bedding plane
- ~ Schistosity (S1)
- ~ Schistosity (S2)
- ~ Lineation
- ~ Lineament
- X Ct Mines
- O Sn Mineral showings
- △ Ni Ore deposits
- ① ~ ⑥ Small Mines ("Garimpo")
- ① ~ ⑥ : ref. Fig. II-2
- Zn - Zinc
- Cu - Copper
- Pb - Lead
- Ls - Limestone
- mv - Muscovite
- Ni - Nickel
- Ct - Crisotile asbestos
- Sn - Tin
- Fe - Iron
- gp - Graphite

<p>1 : Filo granite</p> <p>5 : st-mv-qtz sch., ky-bi-mv-qtz sch., gn-mv-qtz sch., and ky-str-mv-qtz sch. associated with basic sill and dyke (db), banded iron formation (f) and quartzite (qt)</p> <p>4vxs : se-mc-qtz sch. (phylite compositions) intercalated with amphibolite (af)</p> <p>4vxt : foliatic bi-qtz sch., st-pgt-bi-qtz sch., gn-mv-qtz sch., and amphibolite (af) composition</p> <p>4vs : foliatic ep-qtz sch. and mica sch. including ky and epidio meta tuff. with quartzite (qt) and amphibolite (af)</p> <p>3 : dark fine-grained amphibolite with quartzite (qt), ferruginous quartzite (qf), gn-bi-mv-qtz sch. (xt) and basic to ultrabasic dyke (db, ub)</p> <p>2gr : metagraywacke, metaconglomerate and ultrabasic sill (ub)</p> <p>2ve : acidic to intermediate tuff, lapilli tuff, volcanic breccia and their silt</p> <p>1 : tabular banded coarse-grained amphibolite</p>	<p>mg : metagabbro, metamorphic and metabronnitic</p> <p>gp : serpentinite</p> <p>px : pyroxenite</p> <p>ub : serpentinite and pyroxenite</p> <p>mb : basic to ultrabasic rock (post-metamorphism)</p>
---	--

<p>Photo interpretative Unit:</p> <p>quartzite, calcareous and graphitic phyllite, calc-schist, marble and sericite-quartzite</p>	<p>Pip1</p>
<p>Photo interpretative Unit:</p> <p>granitic intrusion</p> <p>qt : quartzite</p> <p>xt : qtz-mv sch., qtz-sch., bi-mv sch., gromy sch., calc sch., and st-qtz sch. with leucocratic amphibolite intrusion</p> <p>af : amphibolite intrusion</p> <p>gn : gneiss (basement)</p>	<p>Ct</p>
<p>Photo interpretative Unit:</p> <p>me-bearing ss. quartzite</p> <p>st : grey phyllite, with mg. in local</p> <p>xt : qtz-d sch. and st-qtz sch. with leucocratic friable quartzite and graphitic sch.</p> <p>mb : basic rock in sch. with mg. (post-metamorphism)</p> <p>cc : marble</p> <p>clx : cl. sch. and foliated quartzite</p>	<p>Pip1</p>
<p>Photo interpretative Unit:</p> <p>Serra Dourada and Serra da Mesa Granite</p> <p>gn-mv-qtz sch., mv-qtz sch., and quartzite</p> <p>cc : calcareous quartzite</p>	<p>Pip1</p>

- Important Geochemical Anomaly Area**
- ① Cu-Pb-Zn (semi-detailed survey area)
  - ② Cu-Pb-Zn (central part)
  - ③ Cu-Zn (Pip1 · Pips)
  - ④ Cu-Pb-Zn (Pips)
  - ⑤ As-Pb (western part)
  - ⑥ As-Pb (-Cu-Zn) (Pips · Pips)

第 II - 14 图 地化学異常帯图 (河床堆積物)



## 2-2 土地化学探査

### 2-2-1 概 説

既存資料コンパイル結果から選定された準精査地区(300km<sup>2</sup>)で土壤(B層)地化学探査が実施された。既に実施されているCPRMによる土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化した異常値を求め、新たな地化学異常域を抽出することを目的として行われた。

採取試料の分析成分及び処理は河床堆積物と同じであり、解析の結果、C-1 鉱床直上でCu-Pb-Znの高い地化学異常帯が抽出された。ほかにAlvo 7P, 9P 南東, 10P, 2PA 及び13P の片岩類中や片岩類と角閃岩類の境界付近にPb-Zn 帯が、そしてAlvo 11PにCu-Zn 帯が抽出された。これらはC-1 鉱体と同様の鉱化作用に密接に関係した異常と考えられるので注目される。

### 2-2-2 試料採取, 分析成分及び分析方法

試料採取は1/50,000水系図を1/10,000に拡大したものを使用したほかに、更に1/25,000の空中写真を補助的に活用した。試料は平均8~9/km<sup>2</sup>の採試密度で合計2,555個の土壤が採取された(PL. II-18)。採試方法は主要な道路及び河川沿いに実施するほか測線抜開により全域で採試点が均等分布するよう心掛けた。又採試点では試料番号、色、土壤の構成物質、採取深度及び地質ユニットなどを記録した。採試地域は8ブロックに分割され、それぞれのブロック番号を試料番号の頭につけた。

採取試料はCu・Pb・Zn・Asの4成分を対象として原子吸光法による化学分析に供された。

### 2-2-3 データ処理

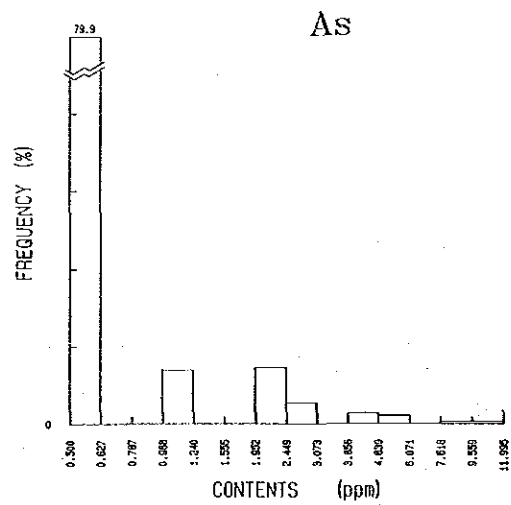
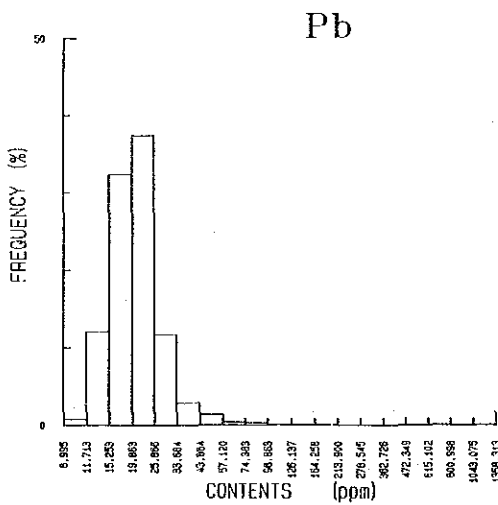
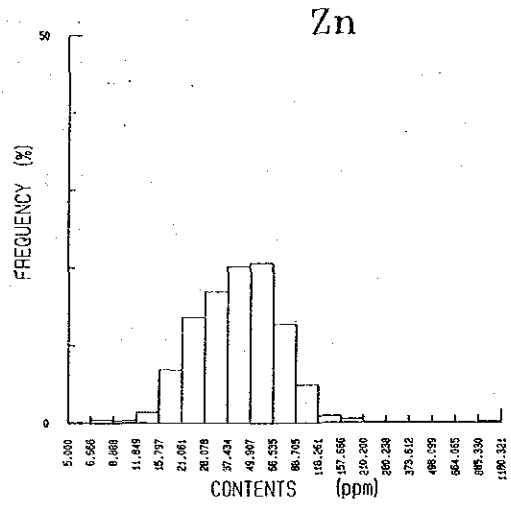
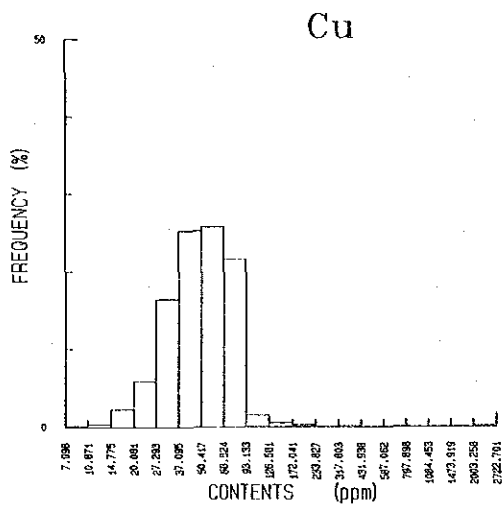
2,555個、4成分の分析結果は採試点の地質ユニットと共にコンピュータに入力された(第A-6表)。

#### (1) 単成分解析

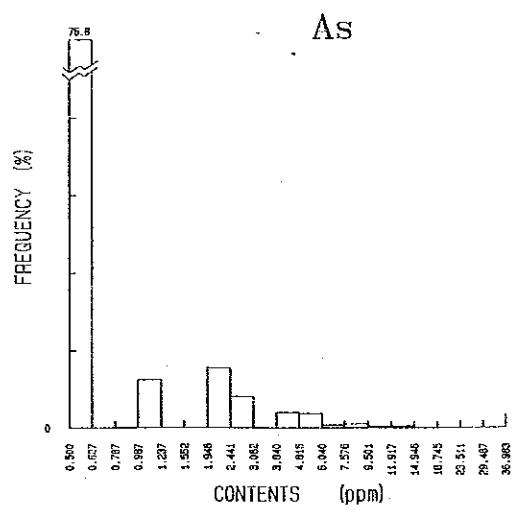
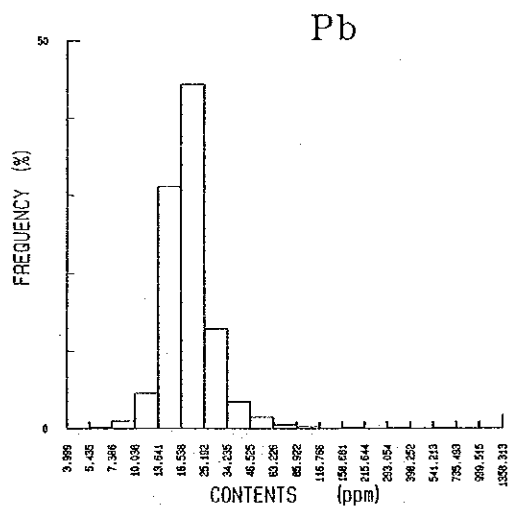
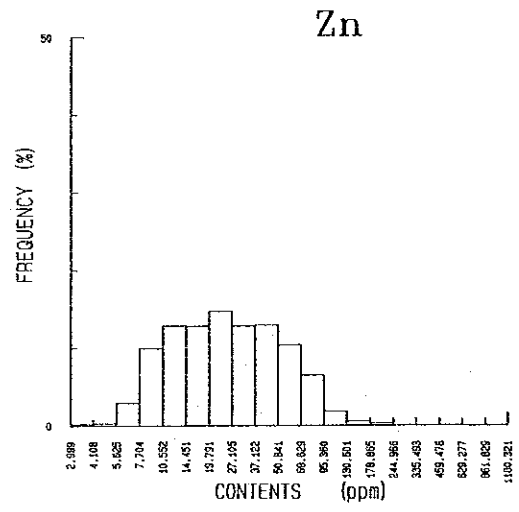
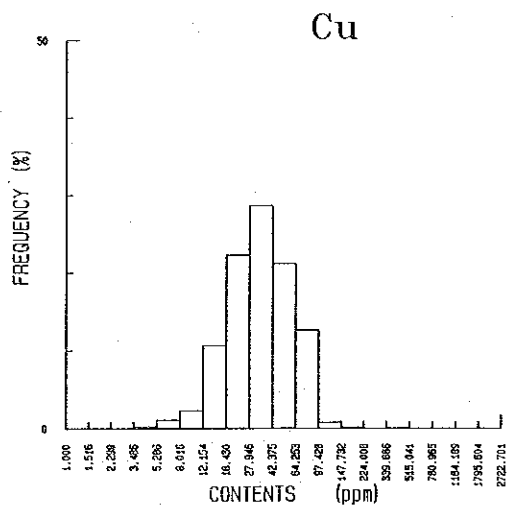
各成分の異常値を抽出する目的でヒストグラム及び累積頻度分布図を作成した(第II-15, 16図)。これらは全試料、角閃岩類及び片岩類の岩相別に分けて示されている。ヒストグラムでは、Asは検出限界以下が77.0%を占め正しい対数正規分布は示さないが、Cu・Pb・Znは正しい対数正規分布を示す。又、累積頻度分布図では、Asは直線的な分布を示すが、ほかの成分はほとんどが明瞭な折れ曲がり認められた。

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及び補助的しきい値とした。この結果を第II-6表に示す。

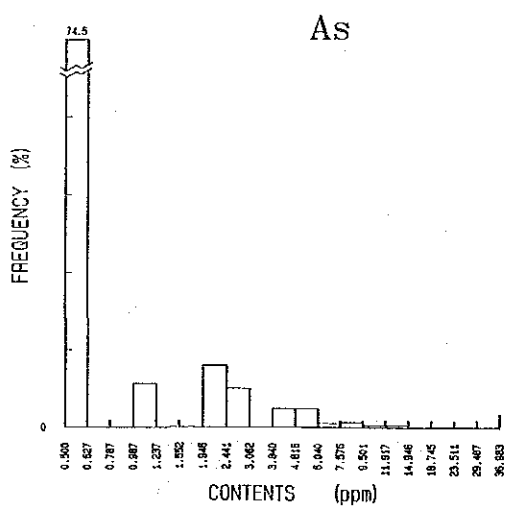
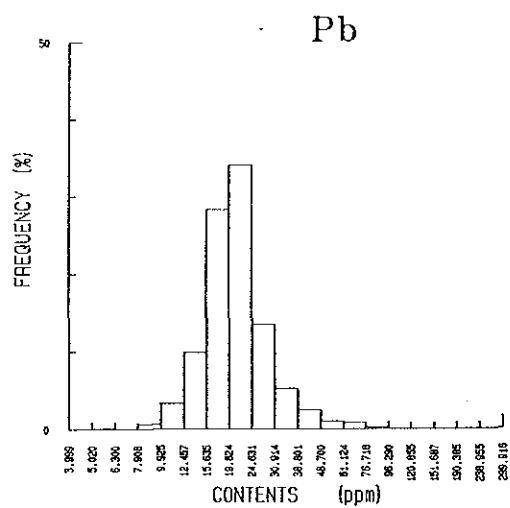
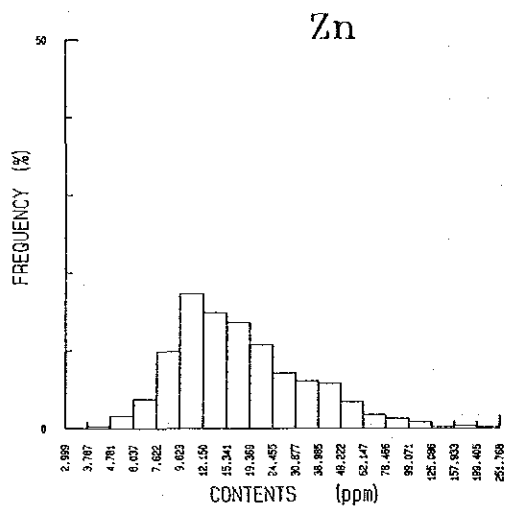
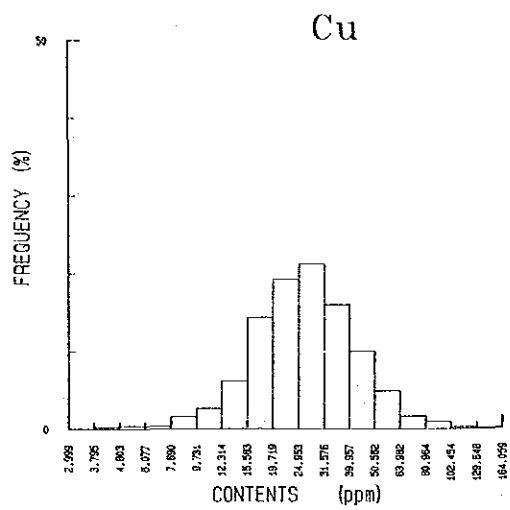
各成分の相関関数は第II-7表に示すとおりで、Cu及びZnは強い正の相関を示すが、ほかの成分はほとんど相関が認められない。



第II-15図 Cu, Pb, Zn及びAsのヒストグラム(土壌)(1)



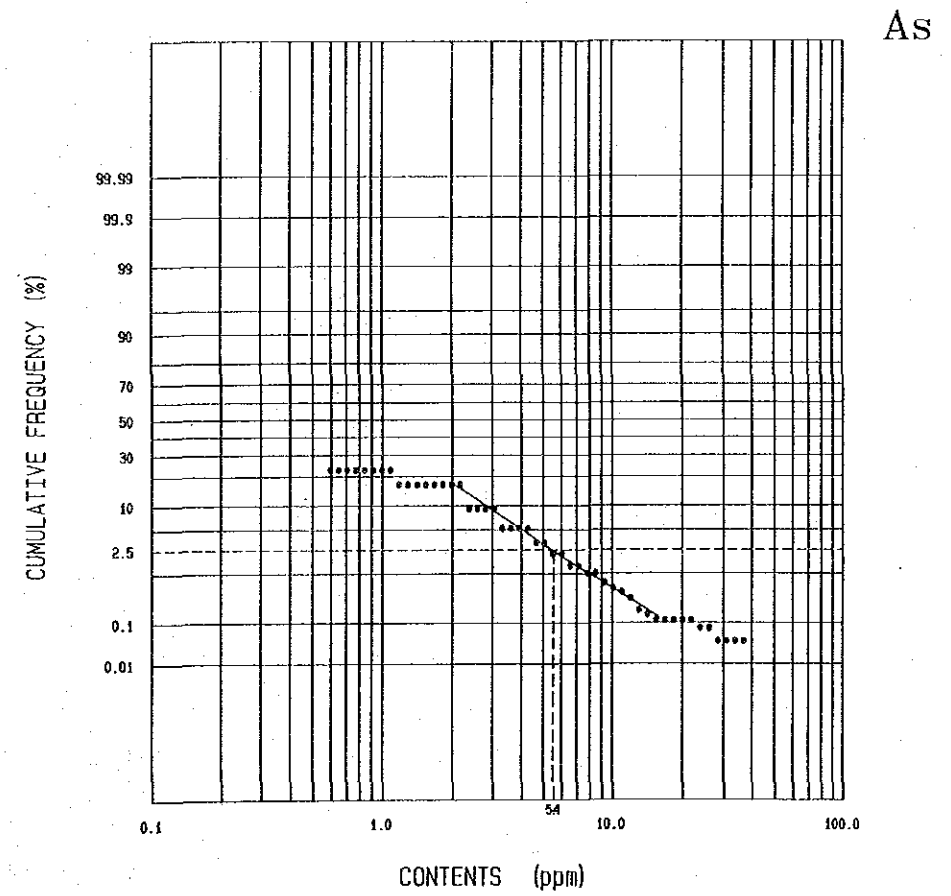
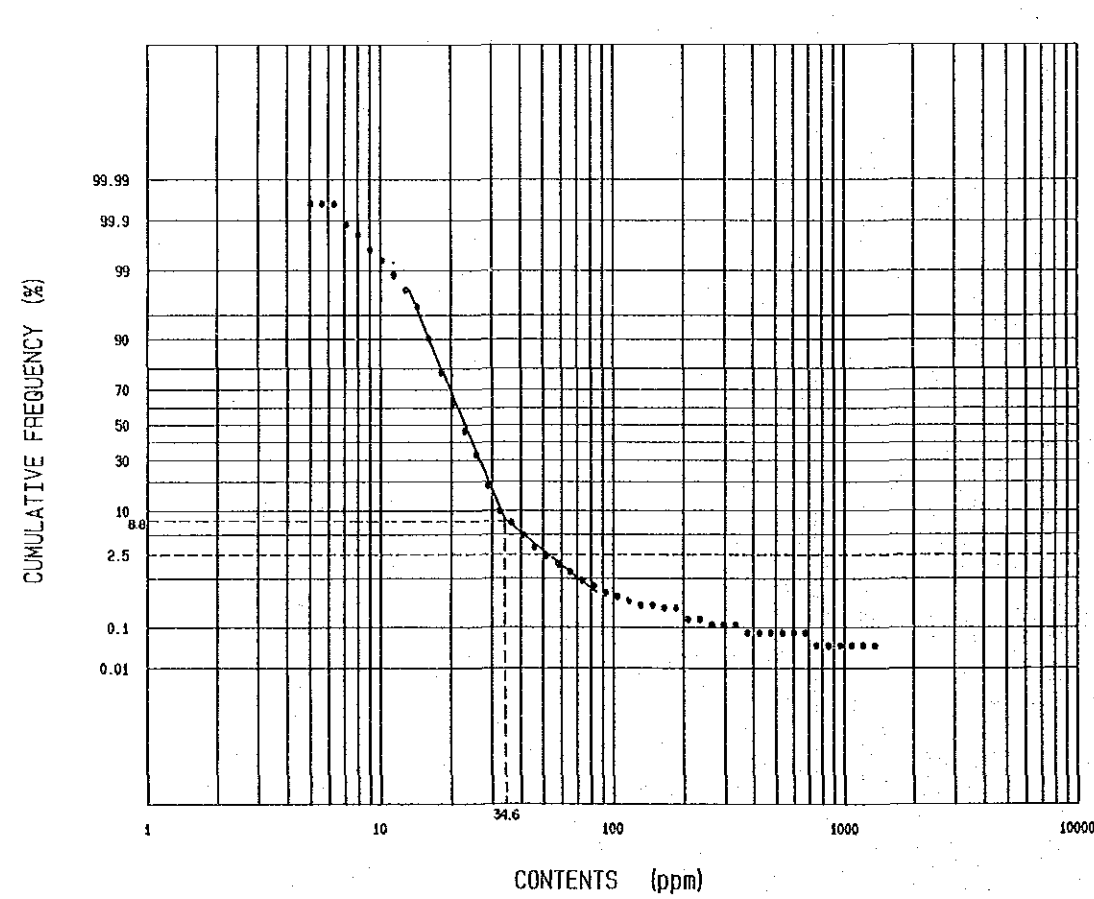
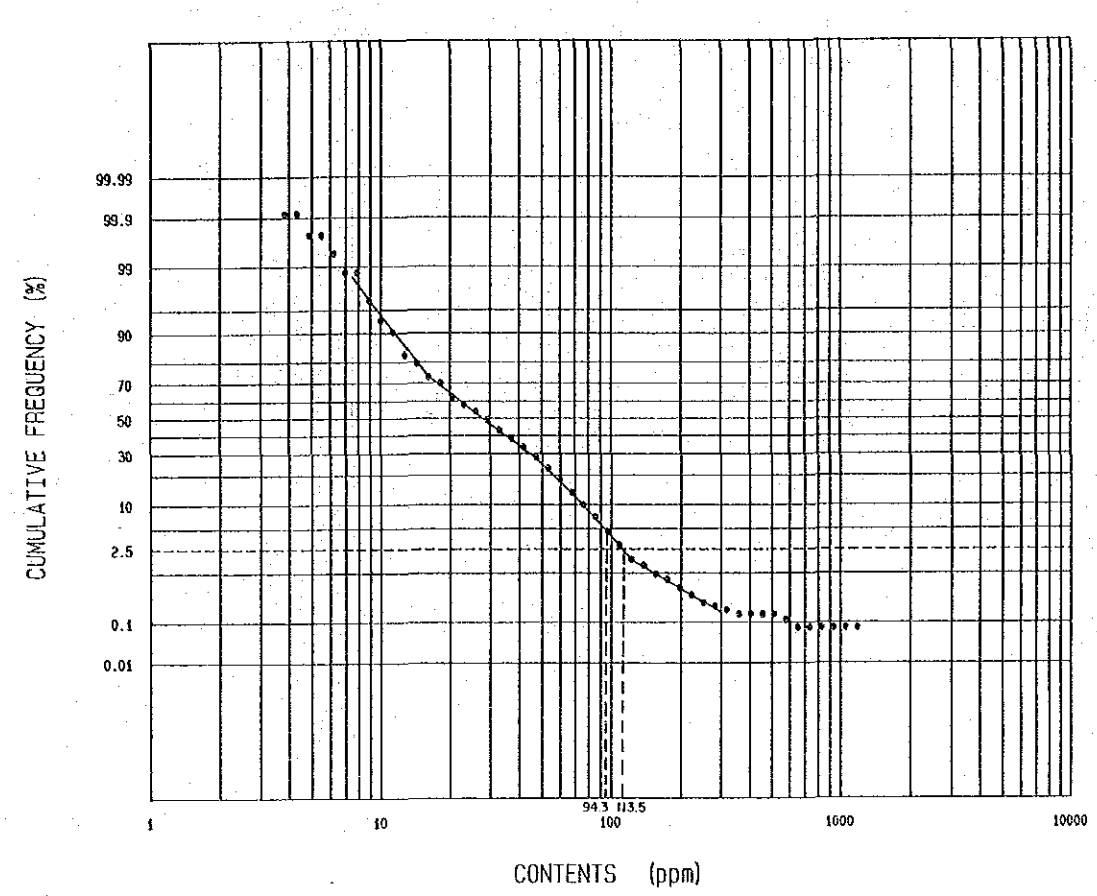
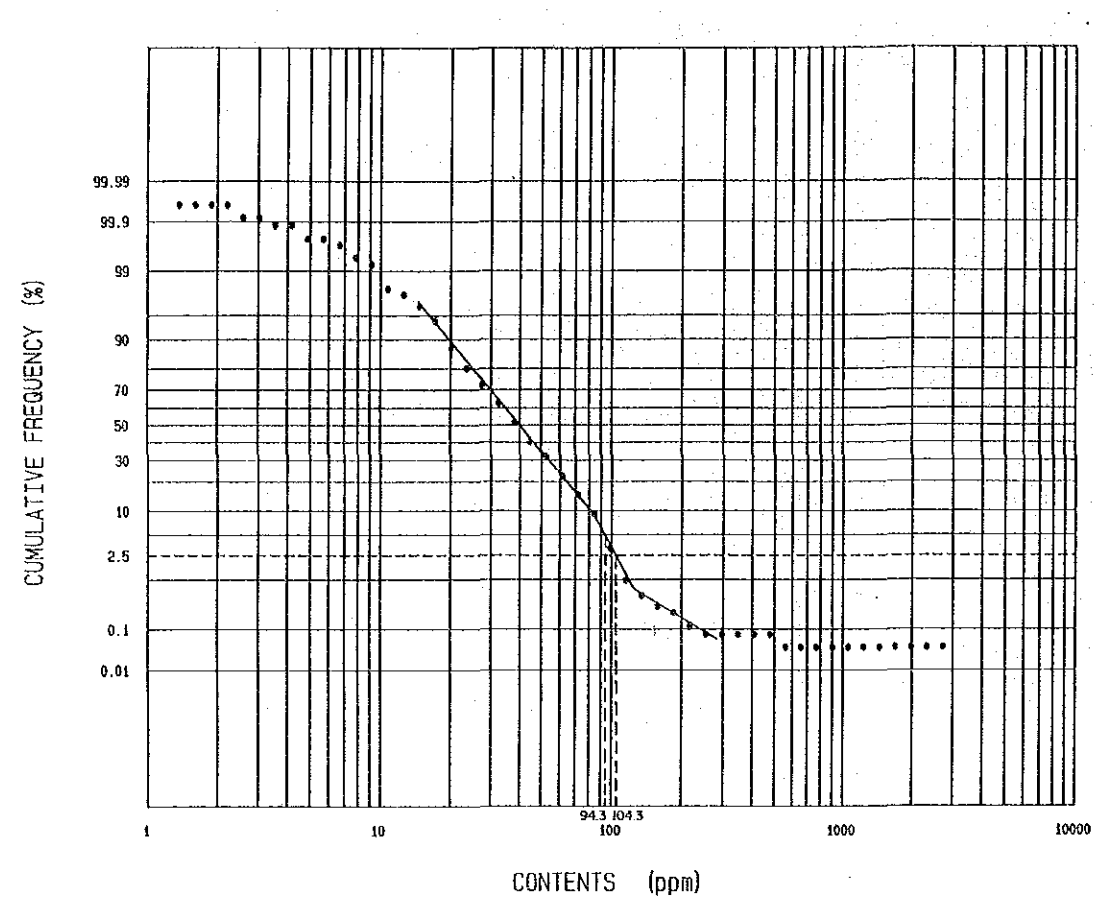
第II-15図 Cu, Pb, Zn及びAsのヒストグラム(土壌)(2)



第II-15図 Cu, Pb, Zn及びAsのヒストグラム(土壤)(3)

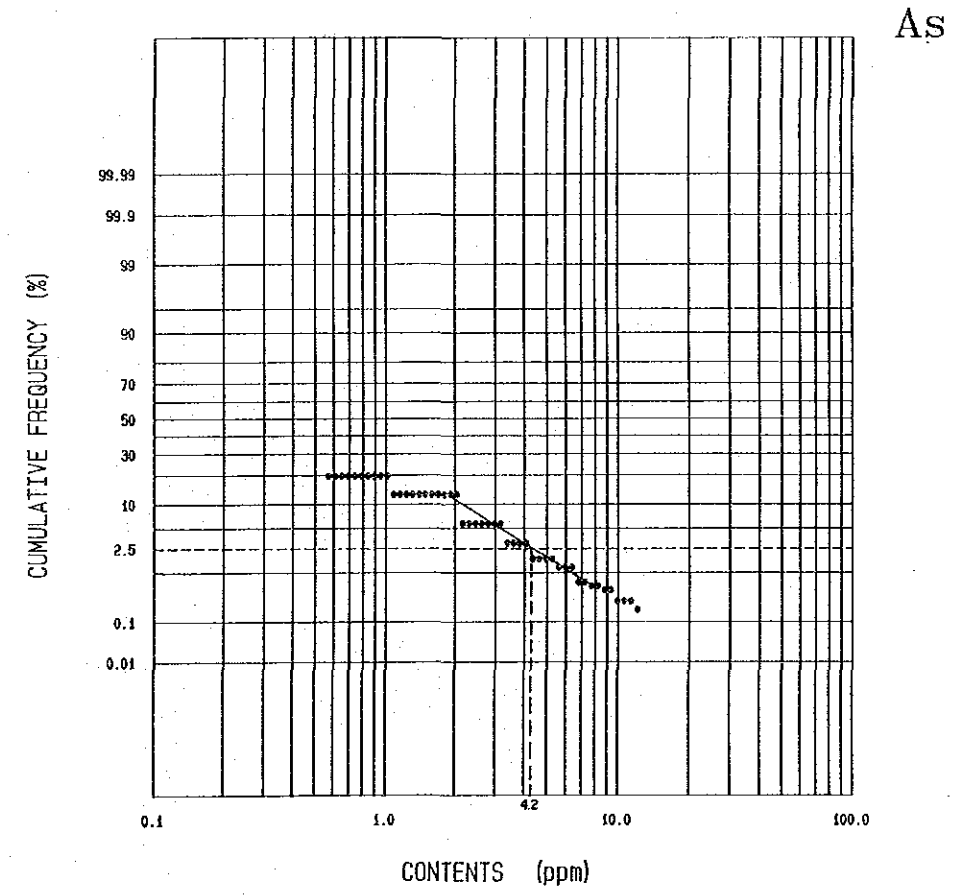
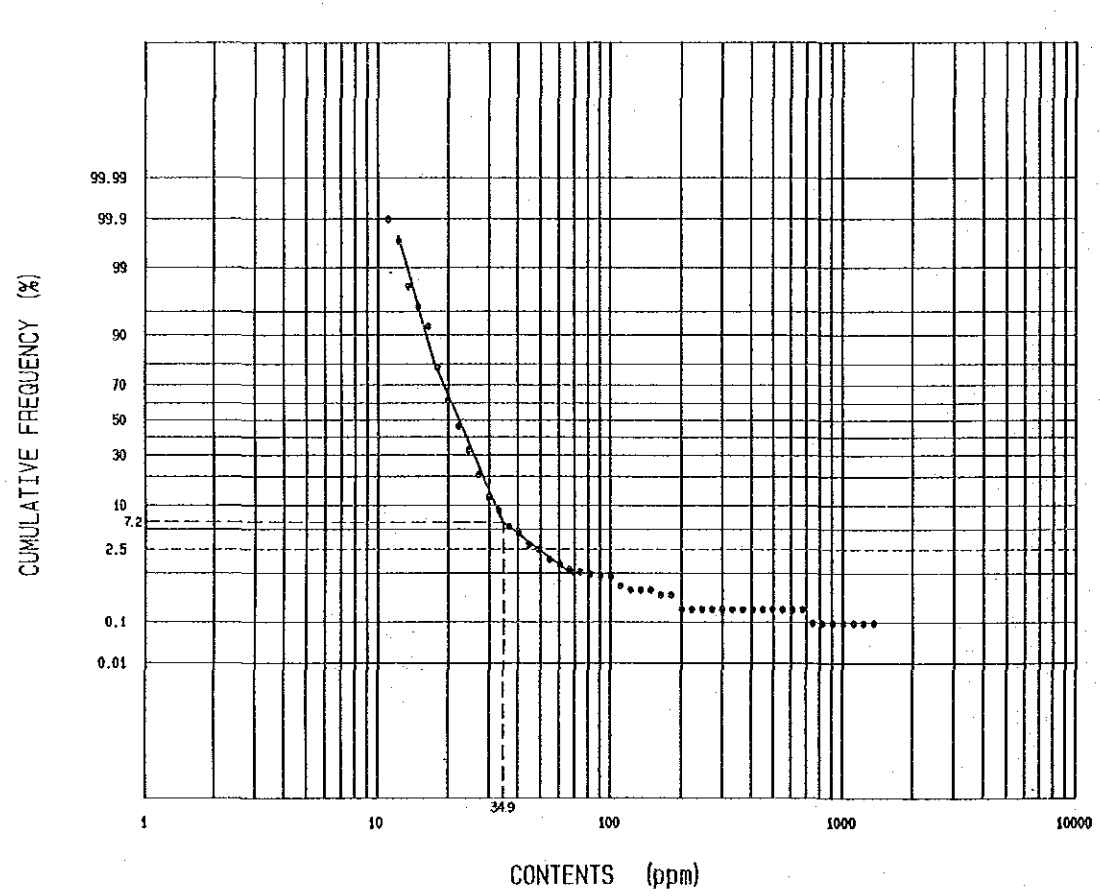
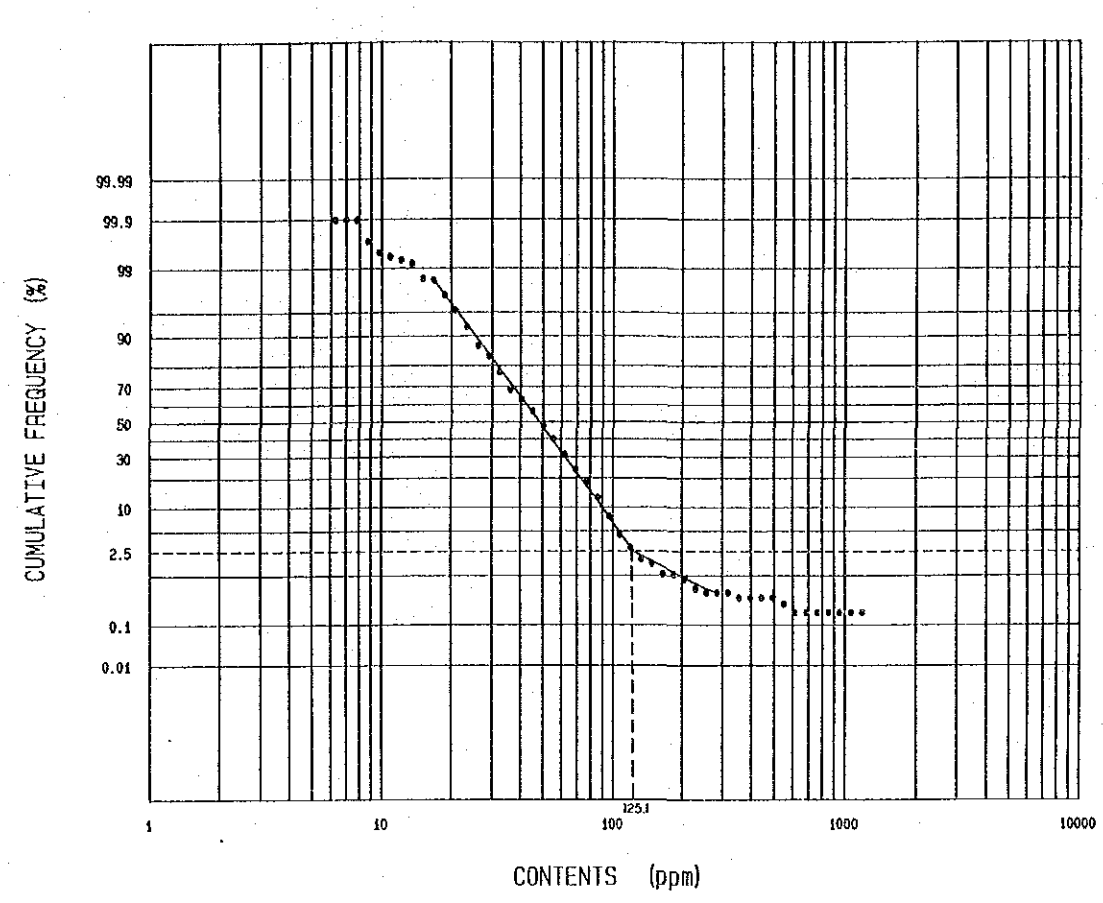
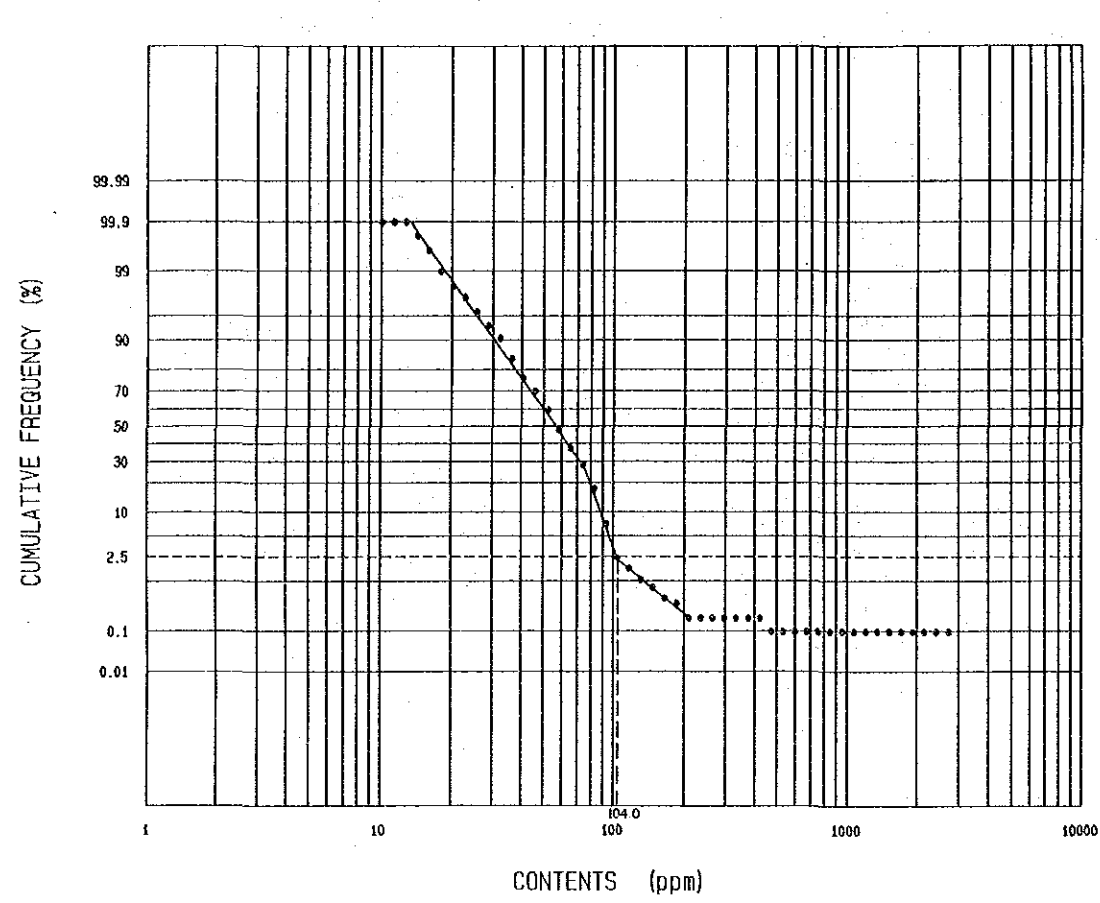






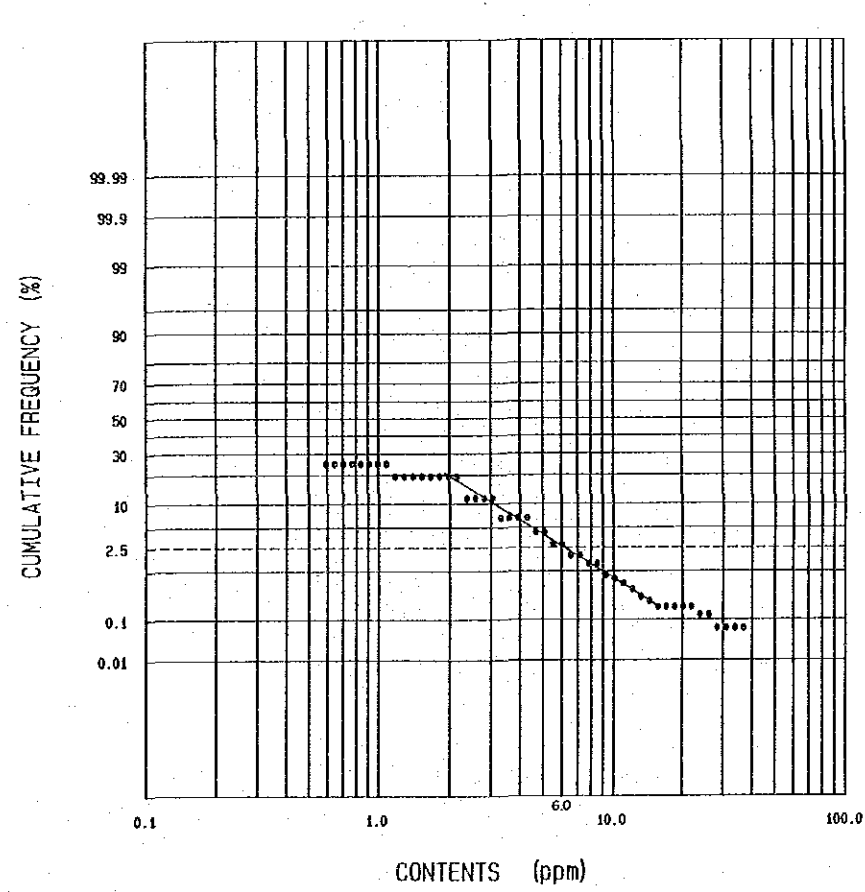
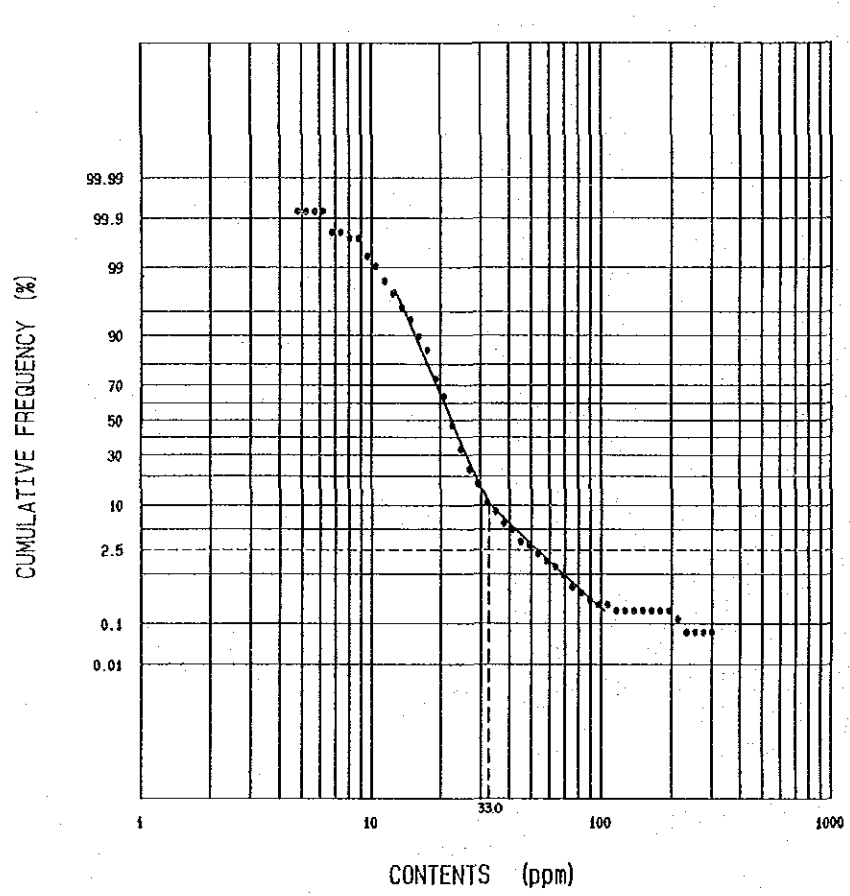
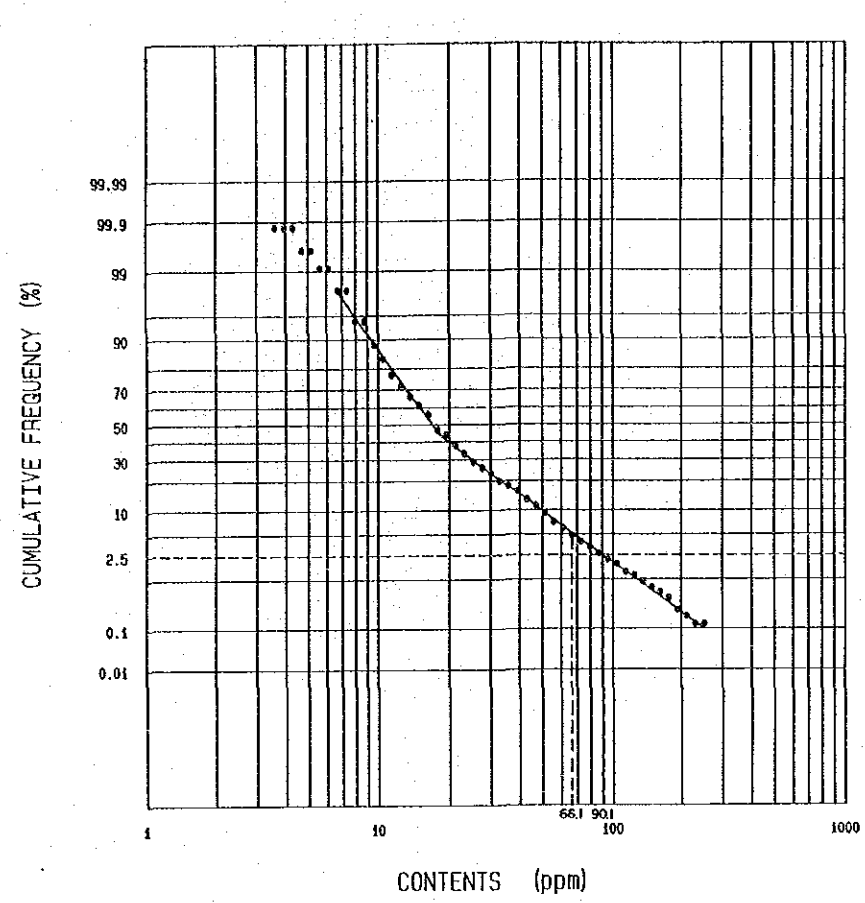
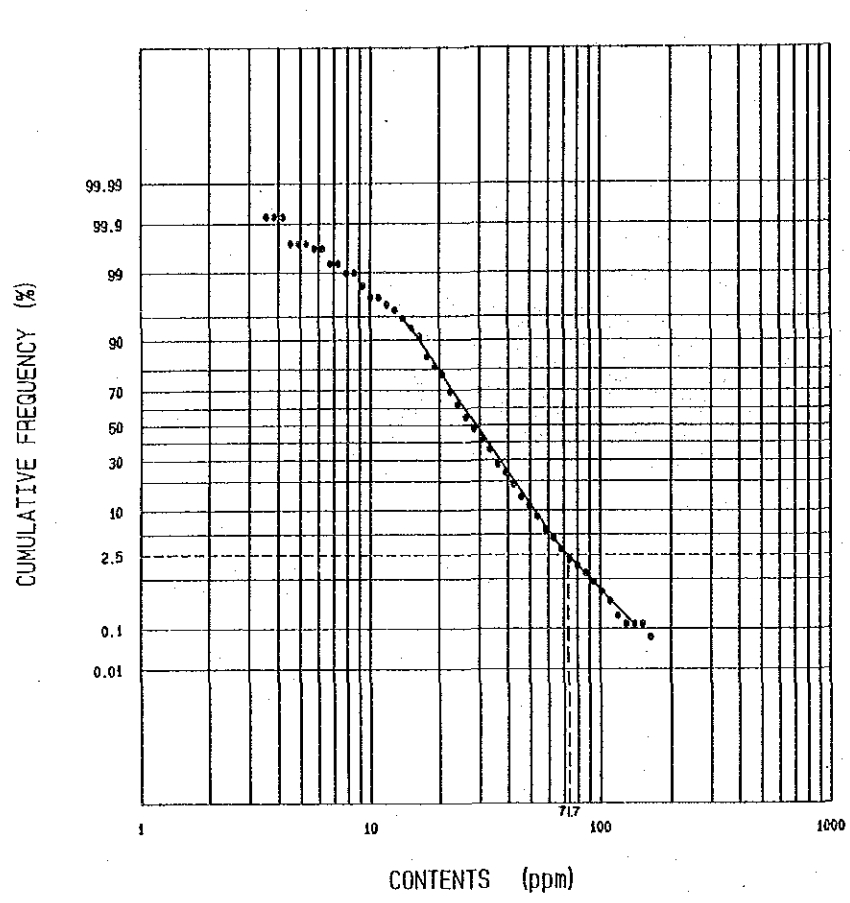
第II-16図 Cu, Pb, Zn及びAsの累積頻度分布図(土壌)(1)





第II-16図 Cu, Pb, Zn及びAsの累積頻度分布図(土壌)(2)





第II-16図 Cu, Pb, Zn及びAsの累積頻度分布図(土壌)(3)



第II-6表 地化学データ簡易統計処理結果 (土壌)

Element	Lithology	Max. (ppm)	Min. (ppm)	Mean (ppm)	t' (5%) (ppm)	t (2.5%) (ppm)
Cu	Total	2,720	5 (1)	33,413	94.3	104.3
	Amphibolite	2,720	8	49,476	—	104.0(2.5%)
	Schist	164	5 (3)	26,011	—	71.7(2.5%)
Pb	Total	1,358	5 (4)	20,785	—	34.6(8.8%)
	Amphibolite	1,358	9	20,817	—	34.9(7.2%)
	Schist	300	5 (4)	20,835	—	33.0(10%)
Zn	Total	1,180	5 (3)	25,403	94.3	113.5
	Amphibolite	1,180	5	42,939	—	125.1(2.5%)
	Schist	252	5 (3)	17,824	66.1	90.1
As	Total	37	1 (0.5)	—	—	(5.4)
	Amphibolite	12	1 (0.5)	—	—	(4.2)
	Schist	37	1 (0.5)	—	—	(6.0)

第II-7表 Cu, Pb, Zn及びAsの相関係数 (土壌)

	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

第II-8表 因子分析結果 (土壌)

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%	

## (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(第II-8表)。第1因子はCu-Zn、第2因子はPb-Asである。

### 2-2-4 解析結果

#### (1) 単成分解析

データ処理段階で得られた各成分の異常値は縮尺5万分の1を2万分の1に拡大した水系図にプロットされた(PL. II-19~26)。

各成分とも岩相によって含有量が異なるので、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て解析した。

##### 1) 銅(Cu)

全試料のしきい値(t)は105ppm、補助的しきい値(t')は95ppmである。解析図に示した等濃度線は40ppm、80ppm、95ppm(t')、105ppm(t)でそれぞれの累積頻度は約50%、10%、5%、2.5%である(PL. II-19)。銅異常帯はC-1鉍体周辺、Alvo 1P、3P、2PA、11P、11P南西及び準精査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(PL. II-23)。

岩相別解析による銅異常帯はC-1鉍体直上にもっとも広く且つ強く抽出される。C-1鉍体の鉍床母岩であるPip<sub>5</sub>vxt<sub>1</sub>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鉍体直上程強い異常ではない。

又、Alvo 3PのうちPip<sub>5</sub>層中、Alvo 11P及び東部の片岩中及びAlvo 11P南西部のPip<sub>5</sub>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Pip<sub>5</sub>層の片岩はPip<sub>5</sub>vxt<sub>1</sub>層に酷似する。特にPip<sub>5</sub>層中ではgossanも認められていることから、この周辺の地質のチェックが必要であろう。

その他、Morro Solto 南東部のPip<sub>5</sub>層中、Alvo 12P東方のPip<sub>5</sub>層中及び準精査地区北東部のPip<sub>5</sub>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。

##### 2) 鉛(Pb)

全試料のしきい値(t)は35ppm(8.8%)であり、PL. II-20にはそのほか20ppm(65%)及び30ppm(18%)の等濃度線を示している。

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 33.3 ppm 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。Pip<sub>4</sub> 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 (PL. II-20, 24)。

その他 Pip<sub>2</sub> 層中及び Pip<sub>3</sub> 層中にも小規模な異常が点在している。

### 3) 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。解析図の等濃度線は 20ppm, 75ppm, 95ppm (t'), 114ppm (t) で、それぞれの累積頻度は約 63%, 10%, 5%, 2.5% である (PL. II-21)。銅異常帯は C-1 鉱体直上, Alvo 1P, 3P, 2P ~13P, 7P, 9P, 10P, 11P ~12P 及び準精査地区南東部に抽出された。

亜鉛は銅と同じ様に岩相によってしきい値が大きく異なる。塩基性岩起源の土壤は 125.1ppm, 片岩類起源の土壤は 90.1ppm であり、全試料の解析と比較すると、塩基性岩起源の土壤で一部の異常帯が消去され、片岩類起源の土壤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 などが 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、これらはいずれも片岩類中及びその周辺の角閃岩中に分布する (PL. II-25)。

又、Morro Solto 南東の Pip<sub>3</sub> 層中やほかの塩基性岩類起源の土壤中に小規模な異常が点在するが、まとまりに欠ける。

### 4) 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壤で 4.2ppm, 片岩類起源の土壤で 6.0ppm と決定された。砒素の分析値は塩基性岩類起源の土壤で最大 12ppm, 片岩類起源の土壤の場合最大 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、準精査地区西縁部の Pip<sub>3</sub> 層及び Pm<sub>1</sub> 層中の N-S 系断層に沿って南北方向に連続する (PL. II-22, 26)。

そのほか主として片岩類 (Pip<sub>4</sub> 層及び Pip<sub>3</sub> 層中) に高濃度値が点在する。

## (2) 多変量解析

第 1 因子, 第 2 因子の解析図を PL. II-27, 28 に示す。

### 1) 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。又、東部では Pip<sub>1</sub> 層及び Pip<sub>3</sub> 層の分布に一致する。

その他西部のPip<sub>3</sub>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。

## 2) 第2因子(As-Pb)

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

又、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Pip<sub>2</sub>層と、Alvo 12Pの北東及び南部に分布するPip<sub>3</sub>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。準精査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。

### 2-2-5. 地化学異常と鉱化作用との関連

単成分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(PL. II-29, 第II-17図)。

#### 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

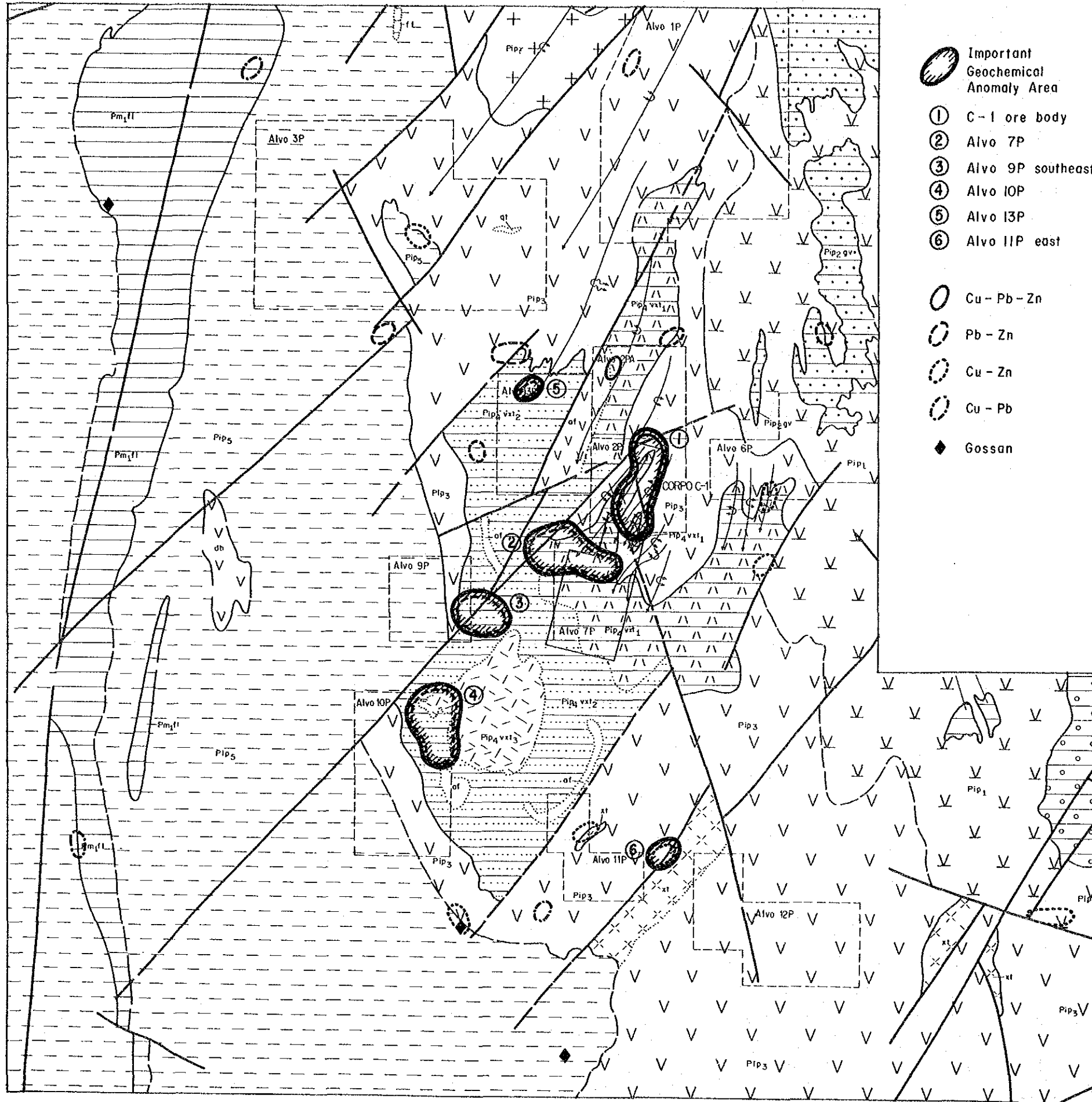
6つの異常帯の規模は小さいが、このうち5つは片岩類に関係していたり、ゴッサンが認められていたりしている。

#### ④ Cu-Pb 帯

Pip<sub>3</sub>層及びPip<sub>2</sub>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。





- 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

**LEGEND**

Parnas 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)	Pm1	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 Dourada and Serra da Mesa Granite Pmsm : graphite sch., mv-qtz sch., gnt-mv-qtz sch., bt-mv-qtz sch. and quartzite cc : calcareous quartzite
Palmatória Volcano - Sedimentary Sequence (RIBEIRO FILHO and TEIXEIRA, 1981)	Pip	r : Filo granite 5 : str-bt-mv-qtz sch., ky-bt-mv-qtz sch., gnt-mv-qtz sch. and ky-st-mv-qtz sch. associated with basic sill and dyke (db), banded iron formation (ff) and quartzite (qt)
	Pip3	4vxt3 : se-mc-qtz sch. (rhyolitic composition) 4vxt2 : pl-mc-bt-qtz sch. and pl-bt-qtz sch. intercalated with amphibolite (af) (rhyolitic to rhyodacitic composition) 4vxt1 : feldspathic bt-qtz sch., str-gnt-bt-qtz sch., bt-anf sch., biotite and cl. rock (diacitic to rhyodacitic composition) 4vs : feldspathic gnt-bt-qtz sch. and mica sch. including ky. and acidic meta tuff, with quartzite (qt) and amphibolite (af)
	Pip1	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
Cua Brava Basalt Ultrabasic Massif	Acb	mg : metagabbro, metanorite and metagabbro-norite sp : serpentinite px : pyroxenite ub : serpentinite and pyroxenite mb : basic to ultrabasic rock (post-metamorphism)

- Geological boundary
- Lithological limit
- Fault
- \* Synclinal axis
- ↑ Anticlinal axis
- ⊥ Synclinorium axis
- ⊥ Anticlinorium axis

第 II - 17 图 地化学异常图 (土壤)

