

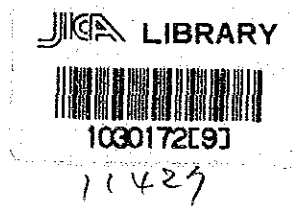
1952

1952



コロンビア共和国アルマゲール地域  
資源開発協力基礎調査報告書

第 1 年 次



昭和 60 年 3 月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 4. 30	705
登録No. 11427	66.1
	MPN

## は し が き

日本国政府はコロンビア共和国政府の要請に応え、同国の南西部に位置するアルマゲール地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質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59年度を第1年次とする初年次にあたり、金属鉱業事業団は7名の調査団を編成して、昭和59年8月15日から同年11月28日まで、現地に派遣した。

現地調査は、コロンビア共和国政府関係機関、特に鉱山エネルギー省鉱山地質調査所の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は本年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力をいただいたコロンビア共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在コロンビア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60年 2月

国際協力事業団

総裁 有田圭輔

金属鉱業事業団

理事長 西家正起

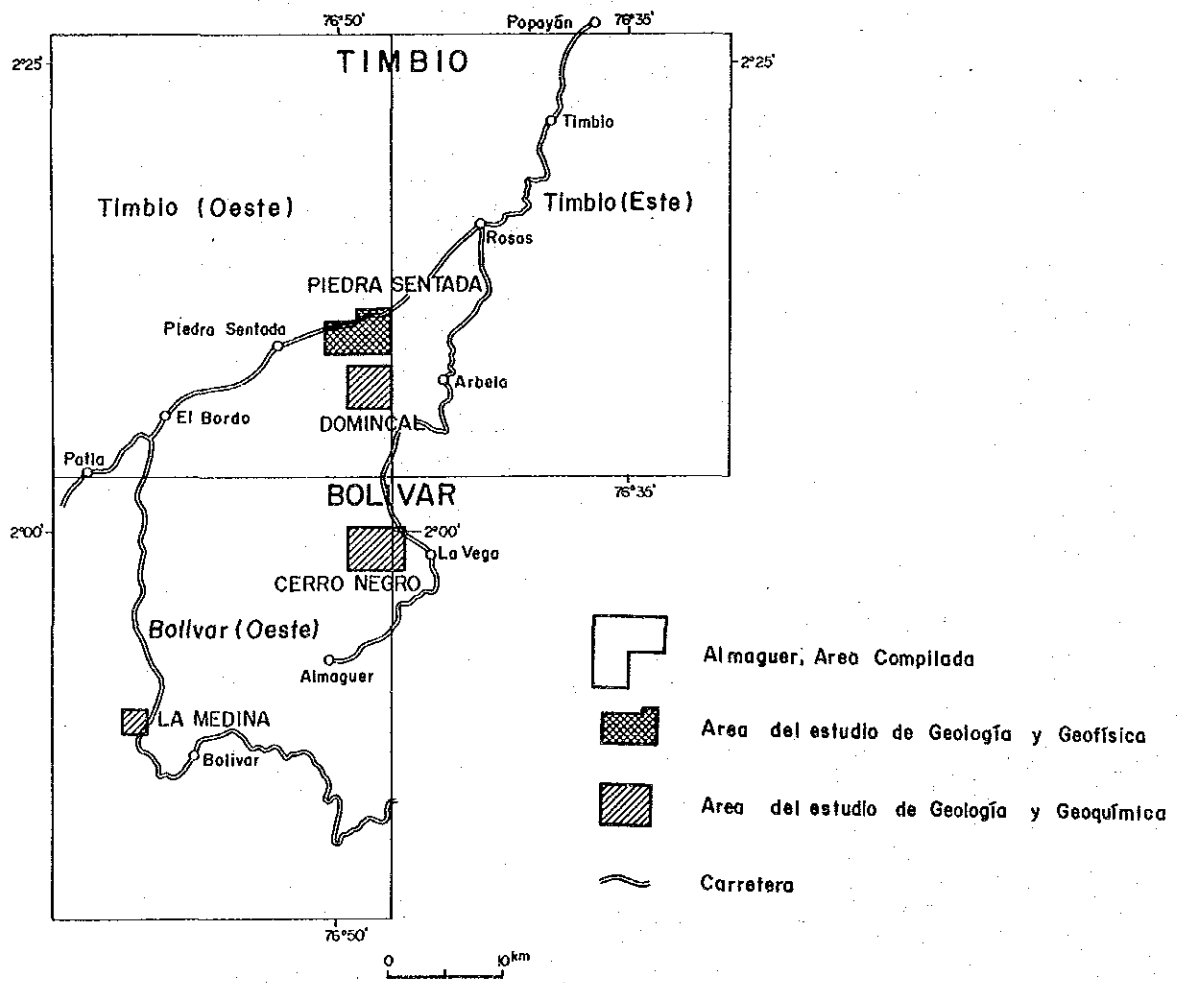
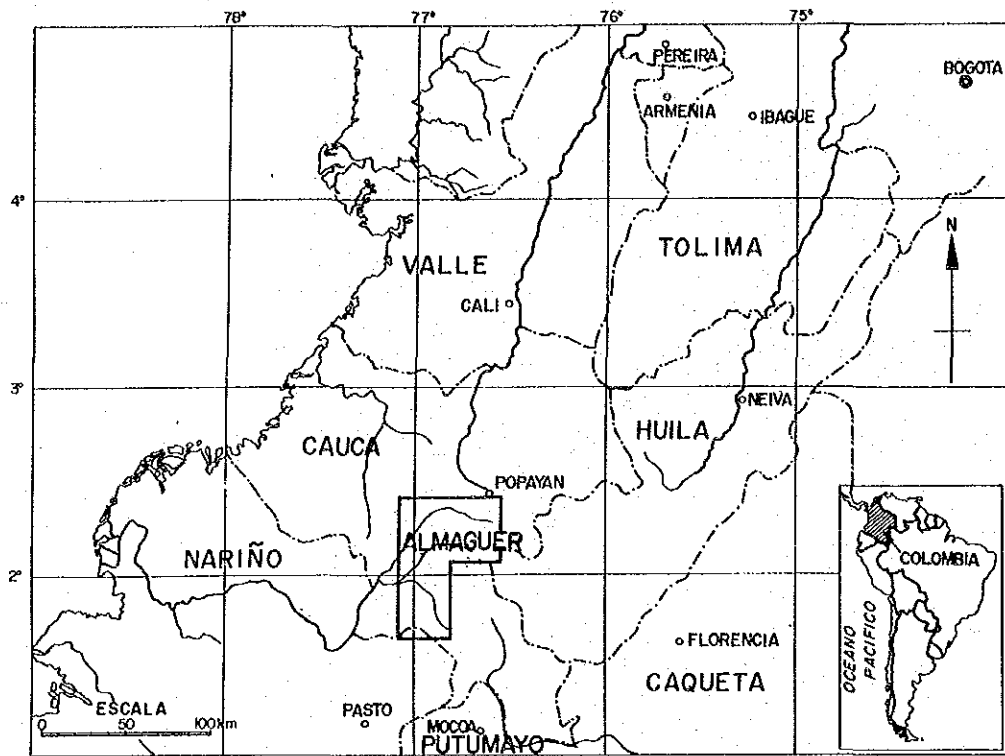


Fig. 1-1-1 調査地域位置図

## 要 約

本年次の調査はコロンビア共和国の南西部にあるカウカ県アルマゲール地域の 3,600 km<sup>2</sup>の広域について既存データコンパイルを現地調査に先立って実施し、有望地区 4 地区を抽出し、その 4 地区において、地質調査、地化学探査、物理探査を実施した。調査の目的は当該地域において、詳細な地質及び地質構造を解明することにより、鉱床賦存状況を把握することである。現地調査は昭和 59 年 8 月より同年 11 月にかけて実施した。

調査の内容は下表のとおりである。

調査内容	対象地区名	面積	作業量
地質調査・地化学探査 既存データコンパイル	アルマゲール地域	3,600 km <sup>2</sup>	
地 質 調 査	ピエドラセンターダ地区	21 km <sup>2</sup>	踏査ルート長 7.4 km
物理探査 (CSAMT)	同 上	"	測点数 107 点
同 上 (SIP)	"	"	(測点数 108 点) (測線長 3.2 km)
地質調査・地化学探査	ドミニカル地区	16 km <sup>2</sup>	} 踏査ルート長 11.3 km
同 上	セロネグロ地区	20 km <sup>2</sup>	
"	ラメディナ地区	4 km <sup>2</sup>	

調査結果の概要は、以下のとおりである。

### (1) 既存探査データコンパイル

- アルマゲール地域：既往の地化学調査の結果を統計処理し、相関関係等を考慮して、13箇所の地化学異常帯を抽出した。これらの異常帯は酸性貫入岩に伴われ、ポーフイリーカッパー型鉱床の示徴を示す Cu-Mo 異常帯 4 箇所、超塩基性岩の分布に伴う Ni-Cr 異常帯 6 箇所、及び、Pb-Zn, Cu-Ni, Ag-Mo 異常帯各 1 箇所である。

### (2) 有望地区における各種調査

- ① ピエドラセンターダ地区：ポーフイリーカッパー型鉱床と金銀アンチモニーの鉱脈鉱床との二種の鉱徴が認められた。ポーフイリーカッパー型鉱床は本地区中央部に分布する花崗閃緑岩～石英安山岩質の貫入岩を母岩とし、東西約 1 km、南北約 1.5 km 範囲に硫

化鉍の弱鉍化帯として認められる。硫化鉍は黄鉄鉍を主とし、顕微鏡下で確認される程度の黄銅鉍を含有する。母岩の変質作用はプロピライト化を呈し、ポーフイリーカッパー型鉍床の周縁相に相当している。地質調査の結果、認められた鉍染～網状の鉍化変質帯は、物理探査（CSAMT・SIP法）によって地表近くから潜頭する可能性を示唆する結果を得た。

- ② ドミニカル地区：中央部北寄りの箇所は東西2 km、南北1.5 km程度の拡がりを有する硫化鉍鉍染帯が発見された。鉍染帯の内外には含金鉍脈が分布しており、同鉍染帯中に銅、モリブデンの地化学異常も認められる。同鉍染帯の母岩、及び変質作用はピエドラセンターダ地区の鉍徴と酷似しており、ポーフイリーカッパー型鉍床の鉍徴と考えられる。

また、地区の南部では石英安山岩質貫入岩の分布とはほぼ一致する金の地化学異常が捕捉された。

- ③ セロネグロ地区：金銀鉍脈鉍床と貫入岩に伴うポーフイリーカッパー型鉍床の鉍徴が認められた。しかし、本地区の鉍化作用は上記2地区に比べて弱い。

なお、金銀鉍脈鉍床の分布は銀を指示元素とする地化学異常帯と良く一致した。

- ④ ラメデイナ地区：探鉍価値のある鉍徴は認められなかった。

以上の結果より第二年次の調査として次の調査実施を提言する。

- ピエドラセンターダ地区：物理探査（CSAMT・SIP法）により抽出された異常帯の全貌を把握するためIP法またはSIP法による物理探査を追加すること、並びに第一年次に抽出された異常帯に予想される鉍化変質帯の位置、拡がり、性質等を明らかにするため、ボーリング調査が必要である。
- ドミニカル地区：中央部で捕捉された鉍徴地において沢筋の露岩分析と地下深部の鉍化作用の規模、性状等を明らかにするため、IP法またはSIP法による物理探査を実施する必要がある。更に南部の金地化学異常帯の地質精査、地化学探査を行う必要がある。
- セロネグロ地区：西部貫入岩体の地質調査、地化学探査を行い鉍化作用と関連のある貫入岩の形態を把握する必要がある。
- アルマゲール地域全域における既存探査データ（地化学探査）の検討により抽出された要探鉍地区のうち、多種元素の地化学異常を呈し、鉍床賦存の可能性が高いと考えられるドミニカル地区の東南東約15 kmに位置するセロベジョーネス地区で地質調査（準精査）、地化学探査を実施して、この地区に検出されている地化学異常の原因を明らかにする必要がある。



# 目 次

は し が き	
調 査 位 置 図	
要 約 .....	1
第1章 序 論 .....	1
第1節 調 査 概 要 .....	1
1-1 調 査 経 緯 .....	1
1-2 調 査 目 的 .....	1
1-3 調 査 地 域 .....	1
1-4 位 置 交 通 .....	2
1-5 調 査 方 法 及 び 調 査 量 .....	2
1-6 調 査 期 間 及 び 調 査 団 の 編 成 .....	2
第2節 調 査 地 概 要 .....	5
2-1 地 理 .....	5
2-2 既 往 調 査 .....	5
2-3 調 査 地 域 周 辺 一 帯 の 地 質 鉱 床 概 要 .....	5
第2章 既 存 デ ー タ コ ン バ イ ル .....	13
第1節 調 査 概 要 .....	13
1-1 調 査 目 的 .....	13
1-2 調 査 範 囲 .....	13
1-3 調 査 資 料 .....	13
第2節 地 質 デ ー タ コ ン バ イ ル .....	15
第3節 地 化 学 探 査 デ ー タ コ ン バ イ ル .....	17
3-1 試 料 .....	17
3-2 異 常 値 の 決 定 .....	17
第4節 総 合 検 討 及 び 有 望 地 区 .....	19

第3章 ピエドラセンターダ地区	23
第1節 地質調査	23
1-1 調査目的	23
1-2 位置交通	23
1-3 地質	23
1-4 地質構造	24
1-5 鉱床地質	25
1-6 考察	26
第2節 物理探査(CSAMT法, SIP法)	27
2-1 調査目的	27
2-2 調査範囲	27
2-3 調査仕様	27
2-4 調査方法	27
2-5 調査機器	30
2-6 データ処理及びサンプル測定	32
2-7 解析結果	38
2-8 考察	40
第4章 ドミニカル地区	49
第1節 地質調査	49
1-1 調査目的	49
1-2 位置交通	49
1-3 地質	49
1-4 鉱床地質	50
1-5 考察	50
第2節 地化学探査	51
2-1 調査目的	51
2-2 試料	51
2-3 分析結果	51
2-4 指示元素	51
2-5 解析方法	51

2-6	異常値の決定	51
2-7	異常域の抽出及び評価	52
第5章	セロネグロ地区	53
第1節	地質調査	53
1-1	調査目的	53
1-2	位置交通	53
1-3	地形	53
1-4	地質	53
1-5	鉱床地質	55
1-6	考察	55
第2節	地化学探査	57
2-1	異常域の抽出及び評価	57
第6章	ラメディナ地区	59
第1節	地質調査	59
1-1	調査目的	59
1-2	位置交通	59
1-3	地質	59
1-4	鉱床地質	60
1-5	考察	60
第2節	地化学探査	60
2-1	異常域の抽出及び評価	60
第7章	結論及び第2年次への提言	61
第1節	結論	61
第2節	第2年次への提言	65
参 考 文 献		67

## 目 次

- Fig. 1-1-1 調査地域位置図
- Fig. 1-2-1 アルマゲール地域地質図
- Fig. 1-2-2 アルマゲール地域地質断面図
- Fig. 1-2-3 アルマゲール地域地質模式層序図
- Fig. 1-2-4 モスケーラ層柱状図
- Fig. 1-2-5 エスミータ層柱状図
- Fig. 1-2-6 カウカ県地質構造発達史
- Fig. 1-2-7 カウカ県地質構造発達史(続き)
- Fig. 1-2-8 カウカ県地質構造発達史(続き)
- Fig. 2-3-1 アルマゲール地域地化学探査分析値のヒストグラム(Cu,Pb)
- Fig. 2-3-2 アルマゲール地域地化学探査分析値のヒストグラム(Zn,Mo)
- Fig. 2-3-3 アルマゲール地域地化学探査分析値のヒストグラム(Ni,Cr)
- Fig. 3-1-1 ピエドラセクターダ地区地質図
- Fig. 3-1-2 ピエドラセクターダ地区地質断面図
- Fig. 3-1-3 ピエドラセクターダ地区地質模式層序図
- Fig. 3-1-4 ACF三角図
- Fig. 3-1-5 花崗岩質深成岩類の分類
- Fig. 3-2-1 測定点位置図
- Fig. 3-2-2 CSAMT測定装置の配置図
- Fig. 3-2-3 SIP測定装置の配置図
- Fig. 3-2-4 見掛比抵抗の二層モデル標準曲線
- Fig. 3-2-5 試料測定装置
- Fig. 3-2-6 SIP法による試料PA125AのCole-Cole図
- Fig. 3-2-7 SIP法PA測線のシミュレーションモデル
- Fig. 3-2-8 SIP法PB測線のシミュレーションモデル
- Fig. 3-2-9 CSAMT法による見掛比抵抗平面図(512Hz)
- Fig. 3-2-10 CSAMT法による見掛比抵抗断面図(A-A')
- Fig. 3-2-11 CSAMT法による見掛比抵抗断面図(B-B')
- Fig. 3-2-12 CSAMT法による見掛比抵抗断面図(C-C')
- Fig. 3-2-13 SIP法によるスペクトル特性(PA測線)
- Fig. 3-2-14 SIP法によるスペクトル特性(PB測線)

- Fig. 3-2-15 SIP法フェイズスペクトル
- Fig. 3-2-16 SIP法マグニチュードスペクトル
- Fig. 3-2-17 SIP法Cole - Cole図
- Fig. 3-2-18 SIP法見掛比抵抗擬似断面図
- Fig. 3-2-19 SIP法位相差擬似断面図(0.125Hz)
- Fig. 3-2-20 3ポイントデカップリング擬似断面図(0.125Hz-0.375Hz-0.625Hz)
- Fig. 3-2-21 PFE擬似断面図(0.125Hz - 1.0Hz)
- Fig. 3-2-22 総合解析図
- Fig. 4-1-1 ドミニカル地区地質及び地化学探査結果図
- Fig. 4-1-2 ドミニカル地区地質断面図
- Fig. 4-2-1 アルマゲール地域準精査地区の地化学探査累積度数分布曲線(Cu,Zn,Pb,Mo,Ni,Ag)
- Fig. 4-2-2 アルマゲール地域準精査地区の地化学探査累積度数分布曲線(Cr,Au)
- Fig. 4-2-3 アルマゲール地域準精査地区の地化学探査分析値のヒストグラム(Au,Ag)
- Fig. 4-2-4 アルマゲール地域準精査地区の地化学探査分析値のヒストグラム(Cu,Pb)
- Fig. 4-2-5 アルマゲール地域準精査地区の地化学探査分析値のヒストグラム(Zn,Mo)
- Fig. 4-2-6 アルマゲール地域準精査地区の地化学探査分析値のヒストグラム(Ni,Cr)
- Fig. 5-1-1 セロネグロ地区地質及び地化学探査結果図
- Fig. 5-1-2 セロネグロ地区地質断面図
- Fig. 6-1-1 ラメディナ地区地質及び地化学探査結果図及び地質断面図

## 目 次

Tab.	1-1-1	調査内容
Tab.	1-1-2	調査工程
Tab.	2-3-1	アルマゲール地域地化学探査しきい値及び統計数値表
Tab.	2-3-2	アルマゲール地域地化学探査異常帯一覧表
Tab.	3-1-1	ピエドラセンターダ地区岩石完全分析値
Tab.	3-1-2	ピエドラセンターダ地区岩石ノルム計算値
Tab.	3-2-1	ピエドラセンターダ地区物理探査作業量
Tab.	3-2-2	ピエドラセンターダ地区岩石物性特性測定値
Tab.	4-2-1	アルマゲール地域準精査地区の地化学探査しきい値及び統計数値表

## 目次（図集録函在中）

PL. 1-1	アルマゲール地域地質図（ティンビオ東部図幅）	1:50,000
PL. 1-2	アルマゲール地域地質図（ティンビオ西部図幅）	1:50,000
PL. 1-3	アルマゲール地域地質図（ポリバール西部図幅）	1:50,000
PL. 2	ピエドラセンターダ地区地質図	1:5,000
PL. 3	ドミニカル地区地質図	1:5,000
PL. 4	セロネグロ地区地質図	1:5,000
PL. 5	ラメディナ地区地質図及び地質断面図	1:5,000
PL. 6	アルマゲール地域地質断面図	1:50,000
PL. 7	ピエドラセンターダ地区地質断面図	1:5,000
PL. 8	ドミニカル地区地質断面図	1:5,000
PL. 9	セロネグロ地区地質断面図	1:5,000
PL. 10- 1	アルマゲール地域地化学探査解析結果図（ティンビオ東部図幅）	1:50,000
PL. 10- 2	アルマゲール地域地化学探査解析結果図（ティンビオ西部図幅）	1:50,000
PL. 10- 3	アルマゲール地域地化学探査解析結果図（ポリバール西部図幅）	1:50,000
PL. 11	ドミニカル地区地化学探査解析結果図及び総合解析図	1:5,000
PL. 12	セロネグロ地区地化学探査解析結果図及び総合解析図	1:5,000
PL. 13	ラメディナ地区地化学探査解析結果図及び総合解析図	1:5,000
PL. 14- 1	ピエドラセンターダ地区試料採取位置図	1:5,000
PL. 14- 2	ドミニカル地区試料採取位置図	1:5,000
PL. 14- 3	セロネグロ地区試料採取位置図	1:5,000
PL. 14- 4	ラメディナ地区試料採取位置図	1:5,000
PL. 15	準精査地区地質図	1:50,000
PL. 16	ピエドラセンターダ地区物理探査（CSAMT法）測定点位置図	1:5,000

PL.17- 1	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	見掛比抵抗平面図 (2048Hz)	1:5,000
PL.17- 2	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	見掛比抵抗平面図 (1024Hz)	1:5,000
PL.17- 3	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	見掛比抵抗平面図 (512Hz)	1:5,000
PL.17- 4	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	見掛比抵抗平面図 (256Hz)	1:5,000
PL.17- 5	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	見掛比抵抗平面図 (128Hz)	1:5,000
PL.17- 6	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	見掛比抵抗平面図 (64Hz)	1:5,000
PL.17- 7	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	見掛比抵抗平面図 (32Hz)	1:5,000
PL.17- 8	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	見掛比抵抗平面図 (16Hz)	1:5,000
PL.17- 9	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	見掛比抵抗平面図 (8Hz)	1:5,000
PL.17-10	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	見掛比抵抗平面図 (4Hz)	1:5,000
PL.18- 1	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	比抵抗構造平面図 (深度200m)	1:5,000
PL.18- 2	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	比抵抗構造平面図 (深度300m)	1:5,000
PL.19- 1	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	比抵抗構造断面図A-A'	1:5,000
PL.19- 2	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	比抵抗構造断面図B-B'	1:5,000
PL.19- 3	ピエドラセンタータダ地区物理探査 (CSAMT法)	
	比抵抗構造断面図C-C'	1:5,000
PL.20	ピエドラセンタータダ地区物理探査総合解析図	1:5,000



## 付 帯 図 表 目 次

- Apendice 1. 検鏡結果一覧表(薄片)
- Apendice 2. 検鏡結果一覧表(研磨片)及び顕微鏡写真(薄片, 研磨片)
- Apendice 3. 化学分析値
- Apendice 4. 地化学探査試料分析値
- Apendice 5. C S A M T 法解析結果集
- Apendice 6. 周波数別位相差擬似断面図



# 第 1 章 序 論

## 第 1 節 調査概要

### 1-1 調査経緯

コロンビア共和国は日本の約 3 倍の国土を有し、その地質は先カンブリア界から第四紀の火山岩に至る迄の各時代の地層が分布しており、金属鉱床生成のポテンシャルの高い環太平洋造山帯の一部を占めている。しかしながらいままでのところ銅、鉛、亜鉛等の鉱物資源の産出は乏しい。したがって INGEOMINAS は図幅調査を進める一方、資源探査の努力を続けており、モコア鉱床の発見などの成果をあげつつあるが、広大な国土に比べて、未だその探査量は十分とは言えない。

本調査はコロンビア国政府の要請を受けて、日本国政府が、鉱物資源調査を実施するものであって、昭和 59 年 5 月鉱物資源調査に関する協定折衝団が日本から派遣され、5 月 18 日付で S/W (SCOPE OF WORK) に調印し、同年 8 月より現地調査を開始したものである。

現地調査に先立ちカウカ (Cauca) 県アルマゲール (Almaguer) 地域  $3,600 \text{ km}^2$  の範囲の既存の地質データ及び河床堆積物の地化学探査データの検討を行い、コンパイル作業を実施した。その結果要探鉱地区として 13 箇所を抽出し、そのうちの 4 地区を第 1 年次の調査対象地区とした。

### 1-2 調査目的

地質及び地質構造を解明し、新しい鉱床を発見するために、地質調査、地化学探査及び物理探査を実施した。

### 1-3 調査地域

アルマゲール地域はカウカ県の県庁所在地であるポパイアン (Popayán) の南方に位置している。

公刊縮尺 10 万分の 1 地形図では図幅 364 (Timbio 図幅) の全域とその南方の図幅 387 (Bolívar 図幅) の西半分を占めている。

上記図幅の地域を覆う地質図のコンパイル及び約 4,000 個の河床堆積物による地化学探査データを検討した結果、第一年次の調査地区として次の 4 地区が抽出された。即ち、ピエドラセターダ (Piedra Sentada) 地区、面積  $2.1 \text{ km}^2$ 、ドミニカル (Dominical) 地区、面積  $1.6 \text{ km}^2$ 、セロネグロ (Cerro Negro) 地区、面積  $2.0 \text{ km}^2$  及びラメディナ (La Medina) 地区、面積  $4 \text{ km}^2$  である (Fig. 1-1-1)。

#### 1-4 位置交通

調査地域は、交通の便に恵まれた環境にある。カウカ県の県庁所在地ポバイヤンよりパンアメリカンハイウェイがピエドラセンターダ地区を通過している一方、年間を通じて車の運行が可能な道が調査各地区へ通じている。

調査地区内は、ピエドラセンターダ地区を除いては車道がなく徒歩又は馬背に頼ることになる。

調査地域の地形は、中央山脈、西部山脈に囲まれたパティア (Patia) 盆地内に在り、標高はピエドラセンターダ、ラメディナ地区の 1,100~1,200 m からセロネグロ地区の 3,400 m まで変化する。

年間平均降水量は 1,200~1,600 mm, 又平均気温は 15~26 °C である。本地域の主要産業は農業及び牧畜業である。

#### 1-5 調査方法及び調査量

本年次は地質調査、地化学探査及び物理探査を実施した。

地質調査は調査対象地区である 4 地区に対して実施した。調査方法はトランシットコンパス及び間縄を用いて縮尺 5 千分の 1 の地形図を作成し、地質観察事項を記入した。

調査ルートは間隔 400~500 m を以って地区全域を網羅するように努め、調査結果を縮尺 5 千分の 1 の地質図にまとめた。

地化学探査はピエドラセンターダ地区を除く他の 3 地区にて地質調査と並行して実施し、試料は土壌 B 層から採取した。採取地点間隔は調査ルート線上にて約 200 m である。

物理探査は (CSAMT 法・SIP 法) ピエドラセンターダ地区にて実施し、まず最初に地区全域に対して、CSAMT 法を実施し、低比抵抗帯を抽出した。

地質調査、地化学探査の結果と併わせて、本地区中央部の低比抵抗帯上で SIP 法を実施した (2 測線, 測線延長 3.2 km)。

本年次調査の内容は、Tab. 1-1-1 のとおりである。

#### 1-6 調査期間及び調査団の編成

地質調査・地化学探査の現地調査は昭和 59 年 8 月から 10 月にかけて実施し、物理探査は昭和 59 年 10 月から 11 月初旬にかけて実施した。

現地調査の終了時点にて INGEOMINAS に対して中間報告を実施し、その後室内解析及び報告書の作成は調査団が帰国後日本にて実施した。調査の工程は Tab. 1-1-2 のとおりである。

#### 調査団の編成

本プロジェクト設立のための計画・折衝、第一年次調査のための折衝・検討、ならびに第

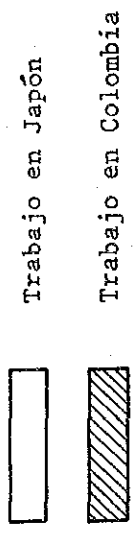
Tab. 1-1-1 調査内容

Area de Trabajo	Cantidad del Trabajo		Análisis geoquímicos de suelo (Au, Ag, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn)	Análisis químicos de roca total	Análisis químicos de mena							Secciones delgadas	Secciones pulidas
	Area km <sup>2</sup>	Total de perfiles kms			Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni		
PIEDRASSENTADA	21	74.8	-	10	10	10	10	10	10	10	10	21	11
DOMINICAL	16	45.8	205	-	16	6	16	6	6	6	6	22	8
CERRO NEGRO	20	56.0	256	-	9	4	9	4	4	4	4	21	4
LA MEDINA	4	11.5	53	-	0	0	0	0	0	0	0	9	0
TOTAL	61	188.1	514	10								73	23

Area de Trabajo	Método	Cantidad del Trabajo en el área
PIEDRASSENTADA	CSAMT SIP	107 puntos en el área de 21 km <sup>2</sup> 108 puntos en 2 líneas, 3.2 km

Tab. 1-1-2 調査工程

GRUPOS DE TRABAJO	EQUIPOS DE TRABAJO	1984 JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	1985 ENERO	FEBRERO
Geología y Geoquímica de Semi Detalle	Japón 3 Colombia 3		6 15 20 compilación de los datos geoquímicos		10 trabajo en campo	Japón 1 interpretación informe		10 impresión del informe	8
			preparación						
Geofísica	Japón 4 Colombia 2				1 trabajo en campo	16 trabajo en campo	16 impresión del informe	10 interpretación informe	8



一年次現地調査に参加した調査員は次のとおりである。

調 査 計 画 及 び 折 衝

日本側調査計画及び折衝

本 城 薫	資源エネルギー庁
北 島 正 豪	国際協力事業団
逆瀬川 敏 夫	金属鉱業事業団
触 純 宏	”
細 井 義 孝	”
遠 藤 泰 生	”

コロンビア側調査計画及び折衝

Jorge Luis Ordoñez	外務省経済局長
Nohora Bateman Duran	企 画 庁
Alfonso López Reyna	鉱山地質調査所
Raul Duran Rodriguez	”
Humberto Patiño	”
Germán Contreras	”

現 地 調 査 団

日 本 側 調 査 団

南 雲 義 広 ( 団長, 地質・地化探 )	三井金属資源開発株式会社
斉 藤 信 雄 ( 地質・地化探 )	”
土 居 信 一 ( “ )	”
犬 塚 重 三 ( 物 理 探 査 )	”
鈴 木 高 志 ( “ )	”
田 中 富 雄 ( “ )	”
加 藤 雅 胤 ( “ )	”

コロンビア側調査団

Pedro Marín ( 地質・地化探 )	鉱山地質調査所
Dario Mosquera ( “ )	”
Rosalba Salinas ( “ )	”
Oscar Pulido ( “ )	”
Clemente Ropaín( 物 理 探 査 )	”
Miguel Garzón ( “ )	”





## 第2節 調査地概要

### 2-1 地 理

調査対象のアルマゲール地域はコロンビア共和国南西部のカウカ県に位置する。

地形は北北東～南南西方向に伸びる山脈により三帯に分けられ、東から標高3,000mを越える東部山脈帯、広く中央を占める標高1,000～2,000mのカウカパティアと呼ばれる山間盆地帯及び地域の北西端に狭少の分布を示す西部山脈帯である。地域内を流れる河川は合流してカウカ川となり、西流して太平洋に注いでいる。国土地理院(INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI")刊行の気候図によれば、本地域は熱帯性乾燥森林気候帯に属し、年間平均降水量は1,500mm、低地での年間平均気温は26℃である。

地域の主要産業は砂糖キビ、コーヒー、とうもろこし、ユカ等を栽培する農業と牛を放牧する牧畜業である。

### 2-2 既往調査

当地域にて実施された近年の調査にはMarulanda(1976, 1978, Pérez(1980), Paris y Marin et al.(1980), Orrego et al.(1984)等が挙げられる。

Marulandaはアルマゲール地域の中央部にて地質調査、地化学探査を実施し、そこで発見された多くの鉱徴地を報告している。

Pérezは地域の地質構造の発達史をプレート運動と関連づけて論じている。

Paris y Marinはカウカ県全域の地質をまとめ、県図幅及び説明書を作成した。

Orregoの最近の調査はアルマゲール地域の北半分を扱っており地質詳細を記述している。

本報告書の岩石分類、地層の命名等は全てこれら先人の研究に負うところが大きい。

### 2-3 調査地域周辺一帯の地質鉱床概要

#### ○ 地 質

調査地域及び周辺の地質層序は以下のとおりである(PL. 1-1, 1-2, 1-3, 6, Fig. 1-2-1, 1-2-2, 1-2-3参照)。

#### 先カンブリア界(Pemg)

本層は調査地域内には分布しないが、カウカ県の東部に露出している。本層は、珧岩、角閃岩、ミグマタイト、単片麻岩、正片麻岩、再生花崗岩等から構成されている。

これらの岩類はギアナ楯状地の西部から続いており、その時代は先カンブリア代とされている(Grosse, E., 1935)。

#### 古 生 界(Pze)

本岩類はカウカ県の中央山脈の大半を占めて分布し、カハマルカ(Cajamarca)層群に

対比される変成岩類である。

カハマルカ層群は、セロネグロ地区に露出する。その他イバゲーアルメニア (Ibagué - Armenia) 道路やブエルタス デル ペリコ (Vueltas del Perico) 及びラ リネア (La Línea) のエル パラモ (El Páramo) などに分布している。

本層群は緑泥岩-アクトノライト片岩、緑色片岩、灰質片岩、石英-絹雲母片岩、絹雲母片岩、塊状及び片理を有する珪岩及び少量のアルミナ質片岩等から構成されている。

これら岩石の原岩は恐らく塩基性火山岩、グレイワッケ、灰質頁岩、砂岩、含不純物砂岩等であって、広域変成作用を受けており、これは圧力よりも温度の影響を強く受けた変成作用によって新たな鉱物組成を有する岩石に変わったものであろう。

#### ジュラ-三畳系 (Jrsv)

本岩はボタ カウカーナ (Bota Caucana) 及び中央-東部山脈に分布している。構成岩石は、赤色ないし帯紫赤色を呈する礫岩、砂岩、シルト岩及び石灰岩、から成っている。その他中性ないし酸性の火砕岩、溶岩が観察されている。

Grosse, E. (1935) は、本岩類の時代をジュラ紀から三畳紀としており、この時代にボタカウカーナからベラルカサル (Belalcázar) 地方にかけて底盤状の岩体が形成されている。本岩は半自形結晶、中-粗粒の石英閃緑岩又は花崗閃緑岩である。

カウカ県の北東部に所在するこれらの底盤は多分イバゲ (Ibagué) 底盤の延長と考えられ、このイバゲ底盤は黒雲母、角閃石からの K/Ar 法による年代測定によって  $143 \pm 5$  Ma (Barrero, D. y Vesga, C. J., 1976) とされている。

#### 白 亜 系

##### ダグア (Dagua) 層群 (Keg):

本層群は西部山脈の 60% を占めて分布し、Nelson, M. (1962) によりカリーブエナベントゥーラ (Cali-Buenaventura) 道路上を模式地として命名された。

カウカ県内ではバルボア-アルヘリア (Balboa-Argelia) 道路上に好適な露頭が観察される。それによると本層群は変成作用を受けており、暗灰色を呈する珪質及び炭質、千枚岩、変砂岩、変チャート、極少量の礫岩及び少量の緑色千枚岩及び変石灰岩等から構成されている。

本岩類の時代はカリーブエナベントゥーラ間で採取された化石の同定によりアブジャン期 (Aluja 1975 y Barrero 1977) とされている。

##### 藍閃石片岩 (Kea)

本岩の模式地は、カウカ県の北東部ハンパロー (Jambaló) 村の東にあり中央山脈の山稜線に観察される。

本岩は南北方向に約 20 km 続くと考えられるが、最大の露頭は、ケブラダ カランバ







Periodo	Epoca	Formación	Columna Estratigráfica	Litología	Espesor (m)	Actividad ígnea		Mineralización
						Roca Volcánica	Roca Intrusiva	
Cuaternario	Holoceno	Sed. Inconsolidado		aluviales, coluvios cenizas, "ash fall"				
	Pleistoceno	Formación		lava conglomerados toba y loba brecha				
Popayán			Ignimbritas fluviolacustres					
Terciario	Plioceno	Formación		arenisca				
		Galeón		toba arenisca conglomerados porfido dacítico - andesítico				
	Esmite	Formación		arenisca conglomerados porfido dacítico - andesítico				
		Formación		arenisca conglomerados porfido dacítico - andesítico				
	Mioceno	Formación		limonitas mantos de carbón				
Oligoceno Eoceno	Mosquera		areniscas cuarzosas conglomerados					
Cretáceo	Formación	Peña Morada		areniscas calizas limonitas ferruginosas				
		Grupo		conglomerados				
	Diabásico	Grupo		gabros				
		Grupo		basalto, diabazas conglomerados chert arenisca y limonita				
Jurásico	Grupo	Daqua		diabazas limonita chert				
		Grupo		arenisca, metasediment carbón, metaarenas, metasedimento por. dacítico cuarzo-diorita Rocas máficas y ultramáficas				
Ordovícico	Grupo	Cajamarca?		limonita areniscas conglomeradas por. andesítico esquistos verdes, cuarzo-sericíticos, metabasitas y metasedimentarias				
		Grupo		granitoide calocalizado, neises y esquistos microlíticos				
Cambrico								

Ref. A. Orrego L. et al (1984); P. Marín, G. París, A. Orrego y M.E. López (1979)

Fig. 1-2-3 アルマゲール地域地質模式層序図

ス ( Quebrada Calambás ) で見られ、変火山岩類と変堆積岩類との互層を呈している。変堆積岩類は変シルト岩、変グレイワック大理石、石灰質千枚岩から成っている。

変火山岩類は、変輝緑岩及び変玄武岩から成る。

変堆積岩に特徴的な鉱物は藍閃石、ローソン石、ジェード輝石、アラゴナイト、緑泥石、エビドート、斜長石、アクチノ閃石、普通輝石、スフェーン等である。

( Orrego, A. et al. 1973 )。

上記の鉱物組成は、藍閃石片岩相を示し、低温高圧型の広域変成作用を示している。

( Miyashiro, A. 1977 )。

藍閃石片岩の変成時期は、 $125 \pm 15$  Maで白亜紀前期である ( Orrego A. et al. 1979 )。

変成岩類 ( Kmvs, Ka ) は、ハンパローの西部に露出し、又、ロサス ( Rosas ), ラシェーラ ( La Sierra ) 間にも分布している。

構成岩は、変はんれい岩、角閃岩、黒色片岩、変チャート及び石英-絹雲母片岩である。ディアバシコ ( Diabásico ) 層群 ( Ksv, Kv )

本層群は、主として西部山脈に露出するが、中央山脈の西斜面にも極めて限られた分布を示す。

カウカーパティアの山間盆地では、本層群が第三紀のモラッセ中にロメラル ( Romeral ) 断層の西側部分を占めて露出する。

本層群の命名は、Nelson, M. ( 1962 ) によるが、構成岩は、塩基性の海底火山活動産物とこれに伴う堆積岩である。

本層群は、火山岩主体のもの ( Kv ) と火山岩-堆積岩の構成からなる岩体 ( Kvs ) とに大別される。Kv 岩体は、輝緑岩からなり、通常岩床状を呈するが、中に堆積岩の層理面を切って分布する場合もある。

輝緑岩は顕著な枕状構造を示す。

堆積岩は上位層ほど多くなり、頁岩、チャート、シルト、グレイワック、砂岩等から成っている。

オフィオライト ( KTo )

中央山脈西側やカウカーパティア山間盆地内には、NS系断層沿に多くのオフィオライトが発見されている ( Paris, G., y Cepeda, H., 1978 )。

本層の岩相は、かんらん岩と輝緑岩から成る単純な組合せから、かんらん石、ダンかんらん岩、はんれい岩等からなり輝緑岩や枕状溶岩中に岩脈として入るという複雑な組合せのものまでである。

ラテティージャ ( La Tetilla ), ラシェーラ及びワヤビージャス ( Guayabillas ) 等に

分布している。

構造運動は白亜紀から始り、中新世まで続いたと考えられている。

#### 超塩基性岩 (KTu)

本岩は、大断層に伴われて分布し、アルプス型と考えられている。

分布は、ハンパロー及びロサスとティンビオ (Timbio) 間に認められる。

本岩の組成は、単純でかんらん岩からなり、多少蛇紋岩化作用をうけている。進入時期は断層運動に関連づけられて白亜紀から中新世の間であろうと一般に考えられている。

(Paris, Marin 1978)

### 第 三 紀

#### モスケラ (Mosquera) 層 (Tem) (Fig. 1-2-4 参照)

本層は、カウカ県南部の西部山脈の東側及び中央山脈の西側に主として分布する。

本層は、Grosse, E. (1935) により命名され、白色～灰白色の礫岩、砂岩及びこれに狭まれる灰色シルト岩から成っている。

礫岩は、乳白色石英90%と少量のチャート、砂岩から成り、乳白色石英礫は大きさ10 cm程度にも達する。礫岩の基質は、礫と同質の石英質砂岩である。

砂岩は、角礫～亜角礫状の石英粒及び少量のチャートと石灰粒から成る。砂岩、礫岩共に地層の層厚は1～10 mである。

本層の下位には灰色シルト岩が狭まれる。本層の層厚約200 m、時代は始新世から中新世下部と考えられている。(Roy y Gómez, J., 1942)。

#### エスミータ (Esmita) 層 (Tme) (Fig. 1-2-5 参照)

本層は、カウカーバティアの山間盆地内の第三紀層中、最も広い分布を示している。更に西部山脈、中央山脈の斜面にも分布し、南方のナリーニョ (Nariño) 県に続いている。

León et al., (1973) は、本層を Grosse, E., (1935) が記述したバティアの第三紀中期下部と同定した。

本層の標式地はエスミータ川である。

本層は、岩相から含化石シルト岩部層、砂岩部層、礫岩部層の3部層に分帯される。

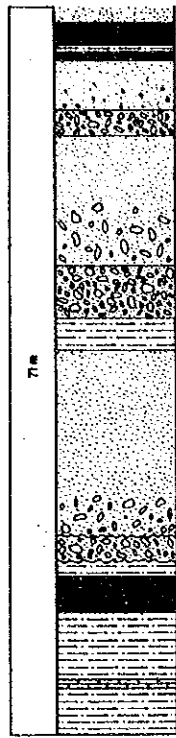
含化石シルト岩部層は、緑色～灰緑色のシルト岩からなり厚さは1～9 m、所々に石灰質塊を含み、巻貝、二枚貝を豊富に含んでいる。

砂岩部層は灰色～帯緑色、層理の悪い中粒～粗粒の砂岩層である。

砂岩部層は、帯紫色灰色シルトを挟み、巻貝及び斧足類を胚胎し、時に薄層の石炭を挟在する。

礫岩部層は、暗灰色を呈し、チャート、石灰岩、玄武岩、砂岩、片岩、火成岩等の礫から成り、基質は礫と同質の砂である。

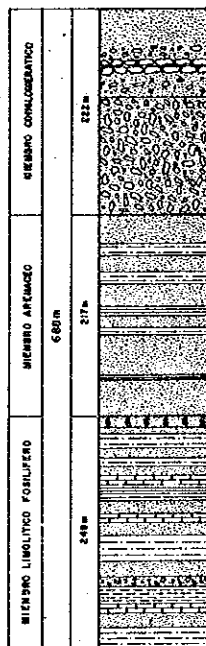




- Arenisco de grano medio.
- Montes de carbón bituminoso.
- Arenisca conglomerática.
- Conglomerado con cantos de cuarzo hasta 3cm de radio.
- Arenisco conglomerática.
- Conglomerado con cantos de cuarzo hasta 3cm de radio.
- Limolite de color verde.
- Arenisco ortocuarcítico.
- Conglomerado con cantos de cuarzo hasta 3cm de radio.
- Montes de carbón bituminoso.
- Limolite carbonosa y calcárea de color gris oscuro con intercalaciones de caliza.

Levantado sobre la Quebrada Chentillo, Mpio. del Tambo.  
Modificado de León, et al, 1973.

Fig. 1-2-4 モスケーラ層柱状図



- Conglomerado polimítico con cantos de basalto, chert y cuarcita en una matriz arenosa.
- Conglomerado polimítico con cantos de dióbase, basalto y andesita en una matriz arenosa.
- Areniscos ortocuarcíticos.
- Limolitas.
- Limolitas de color verde grisáceo.
- Shales negras, localmente presenta concreciones calcáreas.
- Areniscas ortocuarcíticas con estratificación gruesa e intercalaciones de limolitas y shales carbonosas.
- Limolitas con intercalaciones de areniscas y esporádicamente capas de calizas.
- Shales negras, localmente presenta concreciones calcáreas.
- Limolite, arenisco y conglomerado de cuarzo.
- Arcilolitas limosas.
- Limolitas.

Levantado sobre la Quebrada Seca, Mpio. El Bordo.  
Modificado de León, et al, 1973.

Fig. 1-2-5 エスミータ層柱状図



本層の平均層厚は3,000 mに達しエルボルードーボリーバル(El Bordo-Bolívar)では5,000 mに達すると見られる。

本層は、陸成塩水環境及び所により沼沢地での堆積環境を示している。本層は、化石群から中新世に対比されている(Duque, H., 1974, Orrego, A., et al., 1976)。

### 第三紀火成岩

#### 石英安山岩(Tda)

本岩は、石英、斜長石、有色鉱物として黒雲母-角閃石から成り、石基は潜晶質~若干顕晶質である。

本岩は組織、鉱物組成の変化が著しい。

#### 安山岩(Ta)

本岩は斜長石、黒雲母又は角閃石を主要構成鉱物とする。斑晶は時に3 cm大となることもある。石英安山岩と同じく組織、鉱物組成の変化が著しい。

#### 石英閃緑岩(Tcd)

本岩の構成鉱物は、石英、斜長石、黒雲母及び時に角閃石である。組織は等粒状、半自形を示し、粒径は中~粗粒で所により斑岩状を呈する。

本岩の小岩体がカウカ県北部のサントアンデール(Santander)、ティンバ(Timba)及びスアレス(Suárez)村に露出しており、更により小規模岩体が県南部の中央山脈の石英安山岩-安山岩帯中に見出されている。

本岩は、中新世の地層を切っており、年代測定の結果パソボボ(Paso Bobo)は $6 \pm 1$  Ma(Alvarez, J., et al., 1978)、サンクリストバル(Sán Cristóbal)は $13 \pm 3$  Ma(Alvarez, J., 1979)を示している。

#### 未分化安山岩-石英安山岩(Ta-da)

本岩は、石英閃緑岩と共に地域内の貫入岩の大半を占める。ピエドラセターダ、サンミゲル(San Miguel)、エルディヴィソ(El Diviso)等が主要分布地である。

#### 未分化石英閃緑岩-閃緑岩(Tcd-di)

本岩はスアレス、アルマゲール、サンミゲルに分布する。

#### 閃緑岩(Tdi)

本岩は、小規模な分布を示すが、タンボ(Tambo)、ブエノスアイレス(Buenos Aires)、ボリーバルで見られる。

### 第三紀-第四紀

#### ポバイヤン層(TQv)

本岩の分布は広範囲にわたっており、その主要分布地は中央山脈及びカウカーパティア山間盆地であるが、カウカ県の北端及びナリーニョ県の南にまで拡がっている。

本層は、火山岩が主であるが堆積岩を厚く挟むところもある。カウカーパティア盆地内では典型的な火山泥流状を呈し、ほぼ水平に堆積している。

本層の供給源はウイラ県 (Huila) のネバド (Nevado) 火山、カウカ県のブラセ (Puracé), ココヌコス (Coconucos), ソタラ (Sotará) 火山、ナリーニョ県のラスアニマス (Las Animas) 火山等である。

岩種は安山岩、石英安山岩、スコリア、安山岩礫、溶結凝灰岩、崖錐堆積物等である。本層の平均層厚は600 m程度と見られる。

Hubach, E. (1957) は、本層の時代を鮮新世-更新世とした。

#### 火山灰 (Qc)

火山活動の最新の産物として、火山灰を主とする火山砕屑岩層がある。離散分布を示し、化石土壌化した細粒土からなるため、図示されない場合が多い。

本層は成層構造を示すことがあり、湖中堆積物として成層した場合、あるいは高所急斜面降下堆積物が低地へ移動し堆積した場合も知られている。

#### ○ 地質構造 (Fig. 1-2-6, 1-2-7, 1-2-8 参照)

カウカ県の地質構造発達史は、以下のようまとめられている (Paris y Marín, 1978)。

カウカ県の地形を形成している基本的な地質要素は中央山脈を形成する古生界及び先カンブリア界の変成岩からなる大陸地殻とその西部にロメラル断層系を境として、海洋地殻の白亜紀、塩基性岩及び堆積岩が分布することである。

上記の大陸地殻と海洋地殻の上に、中生代、新生代のマグマ活動や火山活動に伴う岩石が分布しており、更に第三紀モラッセの盆地が形成されている。

上記の地質構造発展と深成作用は、新旧2帯のプレートの沈降帯の活動によって生じている。旧期の沈降帯は中央山脈の西縁に位置し、大陸への付加作用を生じている沈降帯である。

新期の沈降帯は更にその西側の太平洋側にあり、現在でも活動中である (Meissner, R. O., et al., 1976)

大陸地殻上部の岩石は、中央山脈や中央-東部山脈に分布する古生界のカハマルカ層群や先カンブリア界の片麻岩、片岩類である。カハマルカ層群の原岩は先カンブリア界の基盤上に堆積した陸成層であろう。

中央山脈の西側に存在したと考えられる東傾斜の旧期の沈降帯の活動によって、カハマルカ層群は褶曲及び変成作用を受け、更に三畳-ジュラ紀のカルクアルカリ型の深成活動及び火山活動が起ったと考えられる。

旧期沈降帯の活動に伴う造構運動は白亜紀まで続き、塩基性の火山活動とタービダイ

トの堆積をトレンチの大陸側に生成した。

これらの岩石は1つの地質单元として、断層運動をうけ、カハマルカ層群に接して分布したり、所によってはロメラル断層により変形させられている。

ロメラル断層系の発展は、多分下部白亜系の時期に右手断層系の移動をもって開始されたのであろう (Sillitoe, R., 1978)。

白亜系上部の海洋地殻がこの断層の西側に在り西部山脈の大半を構成している。

ロメラル断層系は、遠くエクアドル迄達しており、ここで太平洋に入りアルバラド (Alvarado) 海嶺に結びついている。旧期沈降帯は、第三紀中に西部山脈の西側へ移動した (Toussaint, J. F., y Restrepo, A. J. J., 1976)。新しい沈降帯の東傾斜のもぐり込み運動によって、西部山脈は隆起し、第三紀の覆瓦状堆積作用によってロメラル断層運動、ダグア層の変成作用や藍閃石片岩相の形成等を生じた。

これら一連の出来事によって中央山脈の西縁に存在した旧海溝の位置は埋積され不明確なものとなった。

新生代の沈降帯によって中新世-鮮新世のマグマ活動が活発となり、半深成岩体が貫入した。これらの貫入岩体は主として中央山脈の西縁部に分布し、西部山脈及び中央、西部両山脈間にも若干分布している。

沈降帯の沈み込む傾斜が変化したため、火山活動線は東へ移動し第三紀から第四紀にかけての火山活動はブラセー火山、アスカル火山、ソタラ火山の如く中央山脈の中軸部の深度150 kmあたりに源をおいている。

#### ○ 鉍 床

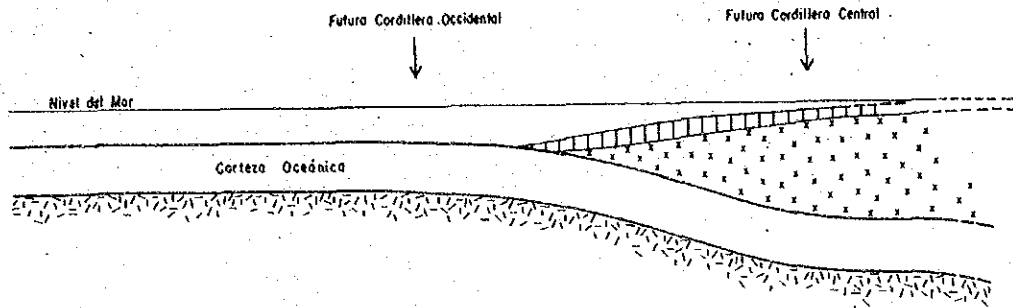
カウカ県には数多くの鉍徴の存在が知られているが、これまでに開発に至ったものは、リオ スパレス (Río Suparez) の石炭鉍床、ブラセ火山のふもとのエル ヴィナグレ (El Vinagre) の硫黄山等ごく少数である。

金・銀鉍徴に関しては県全域に亘って鉍徴は分布しているが、その開発状況は、極めて初歩の段階にある。




漂砂型の金も同様で零細手工業的手段を持って山岳地帯やバティア川、カウカ川、ワチコノ川の流域で作業が行われている。今年次調査地域中にも鉍脈型の金鉍徴が知られているが、その大部分は閉山されている。

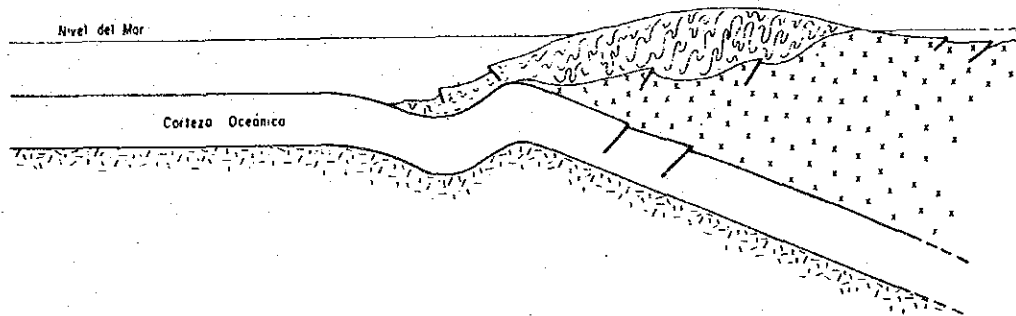
同様にアンチモニー鉍山も市況の悪化のため閉山されている。





**SITUACION DURANTE EL PALEOZOICO TEMPRANO**  
 Deposition sobre el Escudo Guayanés de las rocas que conformarán el Grupo Cajamarca.

-  Rocas pre-metamórficas del Grupo Cajamarca.
-  Escudo Guayanés
-  Manto



**POSIBLE SITUACION EN EL PALEOZOICO TARDIO**  
 Plegamiento y metamorfismo en el Grupo Cajamarca.  
 Desarrollo incipiente de la Zona de Subducción.  
 Evolución embrionaria de la Cordillera Central.




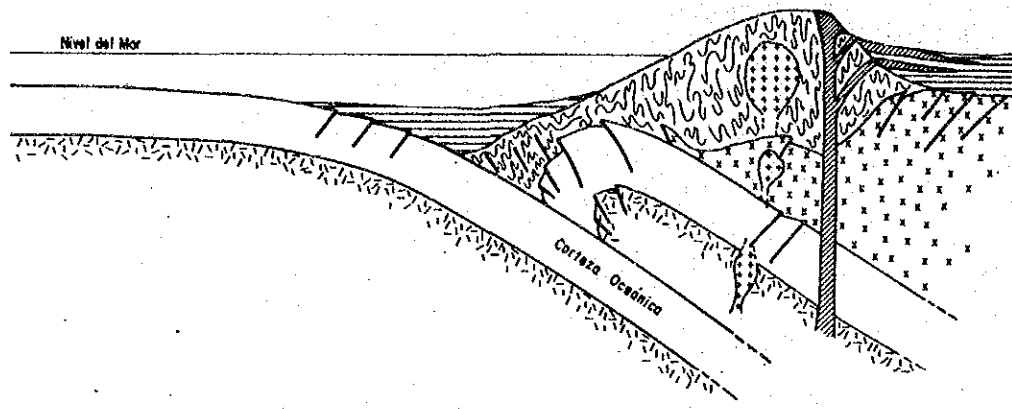






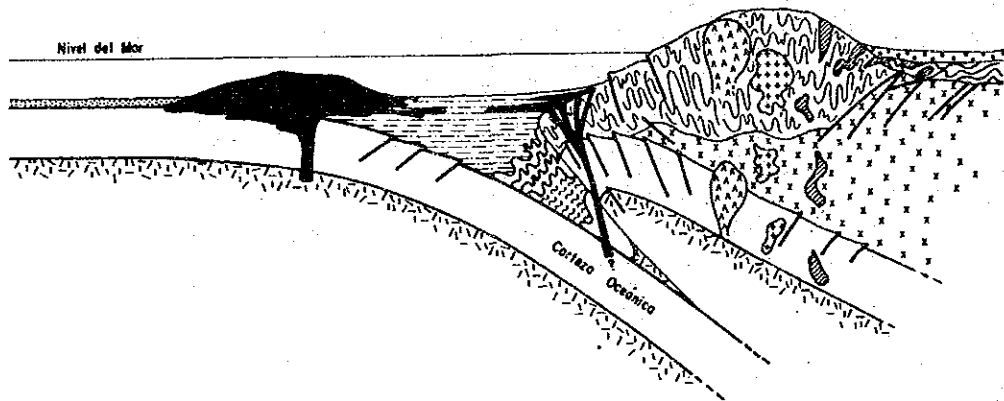
-  Grupo Cajamarca
-  Escudo Guayanés
-  Manto

Fig. 1-2-6 カウカ県地質構造発達史



**POSIBLE SITUACION EN EL MESOZOICO TEMPRANO**  
 Metamorfismo en el Grupo Cuzco.  
 Desarrollo completo y actividad de la Zona de Subducción.  
 Sedimentación, plutonismo y vulcanismo Triásico-Jurásico.

- |   |  |
|---|--|
|  Grupo Cuzco     |  Sedimentación Triásico-Jurásica |
|  Escudo Guayanés |  Plutonismo Triásico-Jurásico    |
|  Manto           |  Vulcanismo Triásico-Jurásico    |



**POSIBLE SITUACION DURANTE EL CRETACEO TEMPRANO**  
 Sedimentación Cretácea Miogeosinclinal y Eugeosinclinal.  
 Plutonismo intermedio o ácido.  
 Vulcanismo básico e intermedio en el lado oceánico como en  
 el lado continental del Trench.  
 Metamorfismo de alta presión.













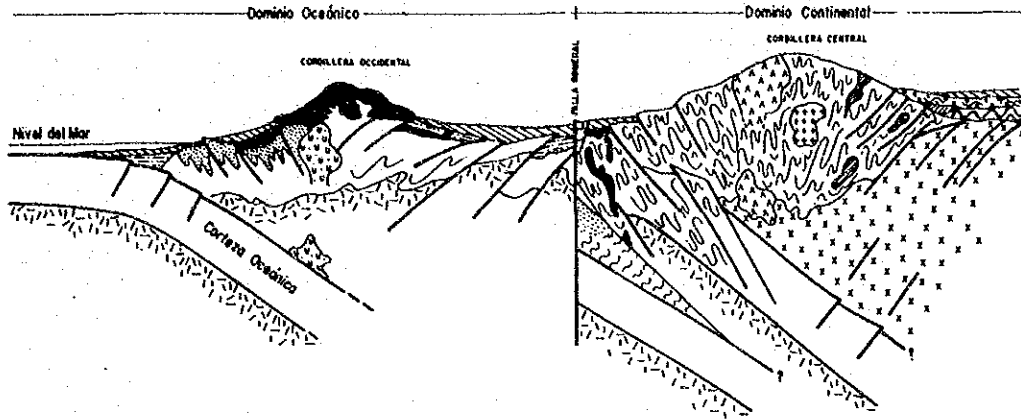
- |   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|  Grupo Cuzco     |  Sedimentación Triásico-Jurásica |  Vulcanismo Básico    |  Sedimentación Miogeosinclinal |
|  Escudo Guayanés |  Plutonismo Triásico-Jurásico    |  Plutonismo Cretáceo  |  Sedimentación de Trench       |
|  Manto           |  Vulcanismo Triásico-Jurásico    |  Sedimentación Distal |  Metamorfismo Alta Presión     |

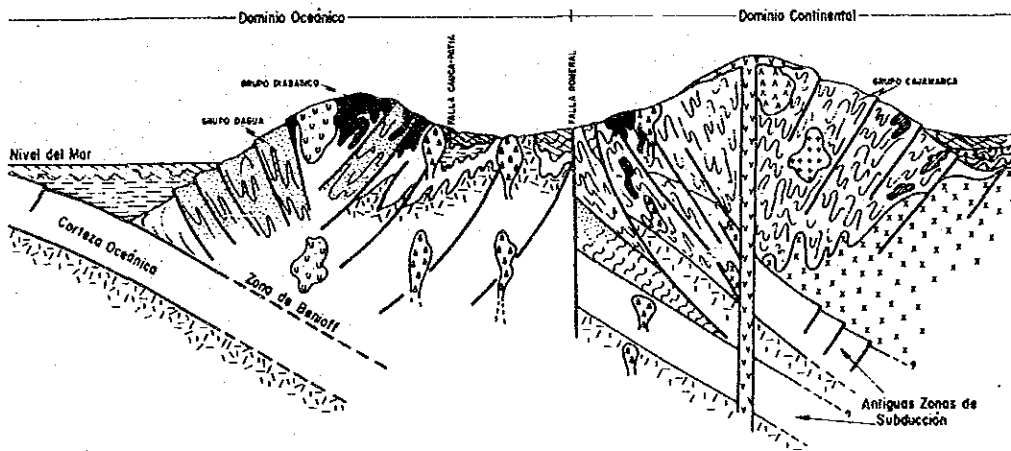
Fig. 1-2-7 カウカ県地質構造発達史 (続き)





**POSIBLE SITUACION CRETACEO TARDIO A PALEOCENO**

Desarrollo de la falla de Romeral con movimiento Direccional y Dextral.  
 Imbricación de bloques del dominio oceánico hacia el continental.  
 Levantamiento de la cordillera Occidental originando el metamorfismo del Grupo Dagua y del Grupo Diabásico.  
 Desarrollo de una nueva Zona de Subducción (Zona de Beniolf).  
 Plutonismo Paleoceno en la cordillera Occidental.  
 Iniciación de la sedimentación de la Molasa Terciaria.



**POSIBLE SITUACION ENTRE EL PALEOCENO Y EL TIEMPO PRESENTE**

Sedimentación de la Molasa Paleoceno-Mioceno.  
 Imbricación de bloques hacia el Este.  
 Reactivación del sistema de Fallas de Romeral.  
 Vulcanismo Cenozoico.



Fig. 1-2-8 カウカ県地質構造発達史 (続き)



## 第 2 章 既存データコンパイル

### 第1節 調査概要

#### 1-1 調査目的

既存の地質調査データのコンパイル作業，地化学探査データの解析を実施し，地質，地化学探査データを総合的に検討することにより，鉄床賦存有望地区の抽出を行った。

#### 1-2 調査範囲

調査範囲はコロンビア共和国カウカ県南部に位置し，Fig. 1-1-1にアルマゲール地域と示す範囲である。アルマゲール地域は面積  $3,600 \text{ km}^2$  を有し，国土地理院刊行の縮尺10万分の1地形図のうち346図幅の全域とその隣接南部の387図幅の西半分を占めている。

#### 1-3 調査資料

本調査に供用された資料は，参考文献に挙げているが，就中地質データコンパイルには París y Marulanda (1976), Marín, París, Orrego, y López (1979), Orrego et al. (1984) の図幅を使用し，縮尺5万分の1の図幅にまとめた。また，地化学探査データは INGEOMINAS ポパイヤン事務所が1972～1981年にかけて採取した河床堆積物の分析値を使用した。



## 第2節 地質データコンパイル

地質図は北部と南部とで作成者及び作成時期が異なるため図幅の接合部において、断層の位置、地質分帯に若干の喰違いを生じた。その修正は本年次の現地調査の折に、カウンターパートの地質技師と討議して実施した。

本地域のコンパイル地質図はPL. 1-1, 1-2, 1-3 に示されており、地質は第1章第2節2-3に記述した。



### 第3節 地化学探査データコンパイル

#### 3-1 試料

地化学探査は河床堆積物を試料とし、試料採取の平均密度は約 1.1 個 / km<sup>2</sup> である。試料分析は半定量の分光分析を採用し、30 余の元素分析が同時に行われている。

分析成分のうち金属鉱床の鉱化作用を反映すると考えられた Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Ni, Cr の 8 元素を指示元素として取上げ統計処理を実施した。

#### 3-2 異常値の設定

地化学探査試料の分析値は対数正規分布をとることが多い。この考えに基づき、予めプログラムを組んであるパーソナルコンピューターを使用し、統計数値を得た。

更に品位のヒストグラムを検討し、統計数値を参考としながら強弱二つの地化学異常しきい値を設定した。分析元素毎の統計数値、地化学異常しきい値及び品位のヒストグラムは次に図及び表に示す。(Fig. 2-3-1, 2-3-2, 2-3-3 Tab. 2-3-1 参照)

Tab. 2-3-1 アルマゲール地域地化学探査しきい値及び統計数値表

elementos	valor de anomalía		estadigrafos			
	débil	fuerte	número de muestras	media ( $\bar{x}$ )	$\bar{x} + \sigma$	$\bar{x} + 2\sigma$
Au	-	0.92	1	No acceptable		
Ag	1	6	195	No acceptable		
Cu	100	300	4037	16.2	70.4	306.1
Pb	50	100	4035	3.73	28.2	213.6
Zn	200	500	4032	2.11	70.8	2371.9
Mo	0.6	6.0	4038	0.17	0.60	2.17
Ni	50	150	4028	16.8	49.2	144.5
Cr	250	830	4024	75.1	249.6	829.8

$\sigma$  : desviación estandar





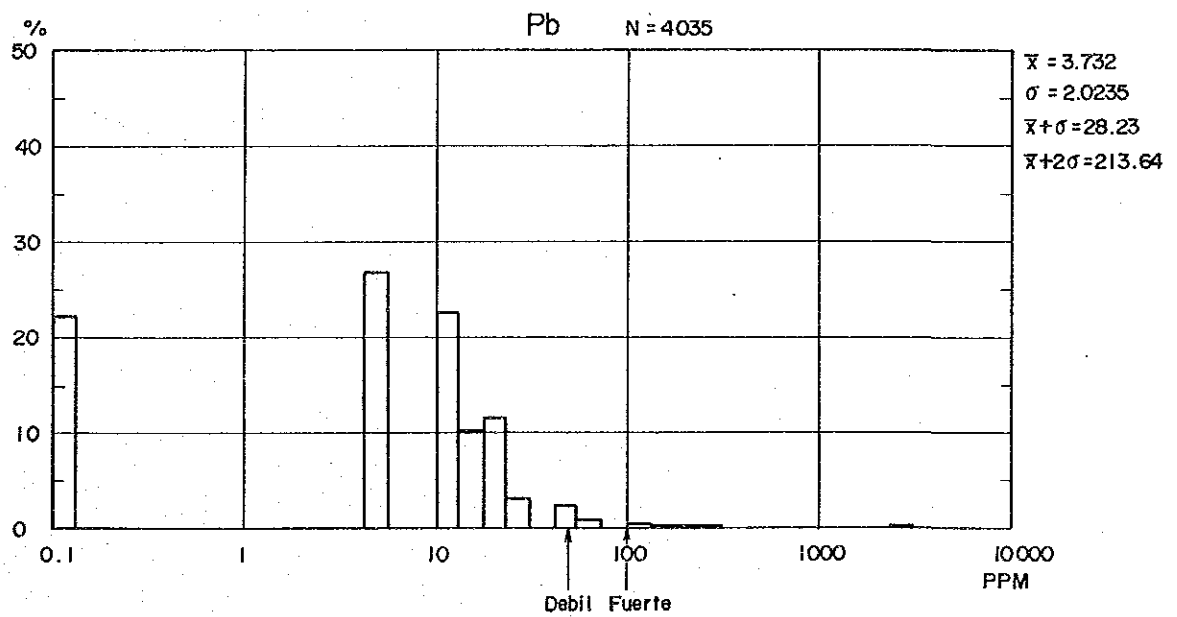
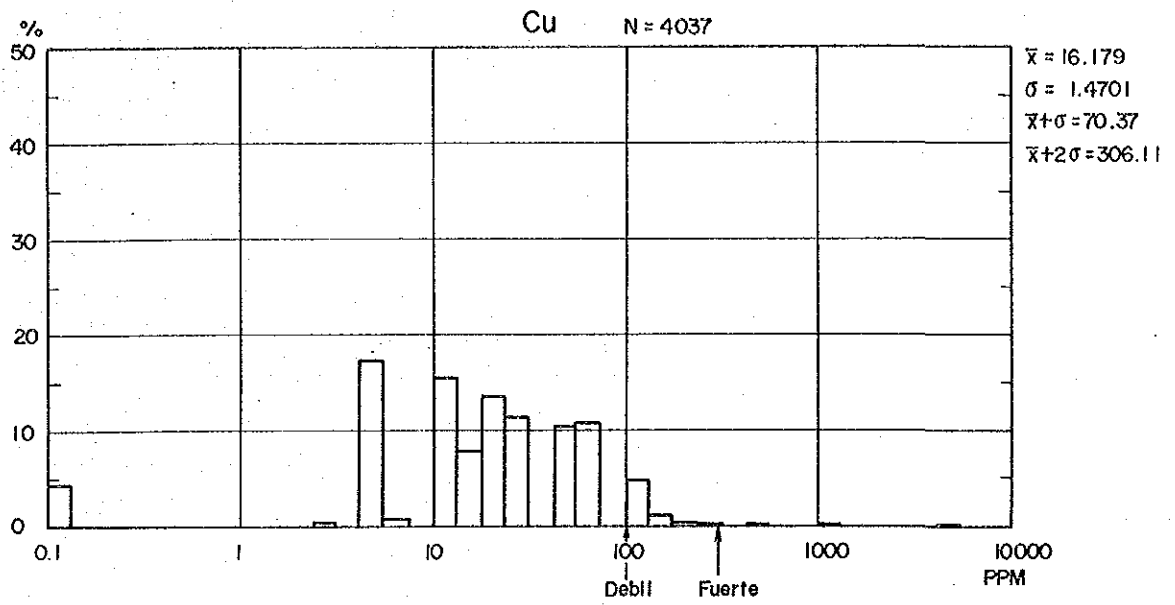


Fig. 2-3-1 アルマゲール地域地化学探査分析値のヒストグラム (Cu, Pb)

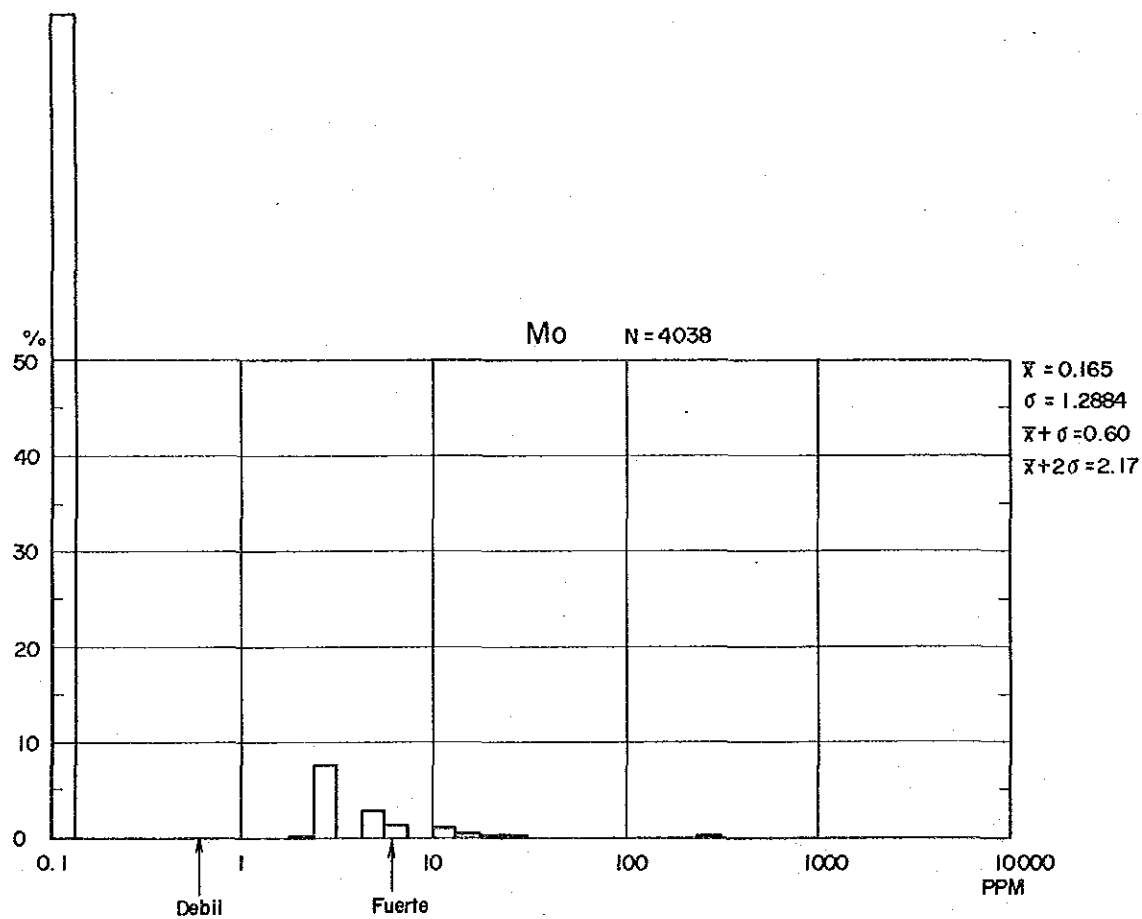
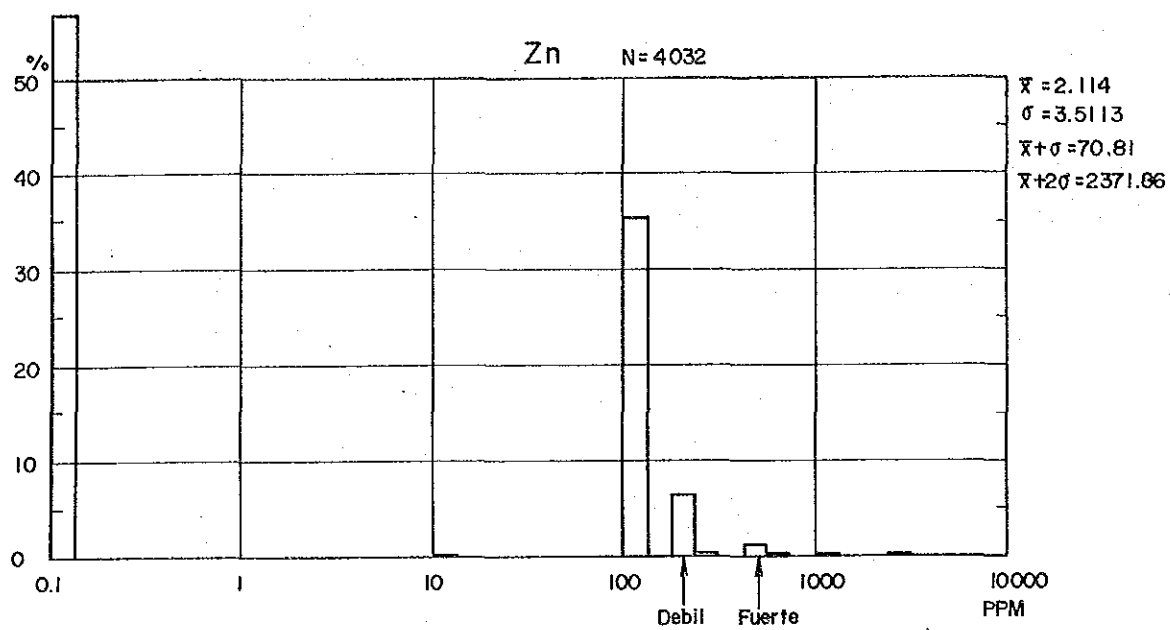


Fig. 2-3-2 アルマゲール地域地化学探査分析値のヒストグラム (Zn, Mo)

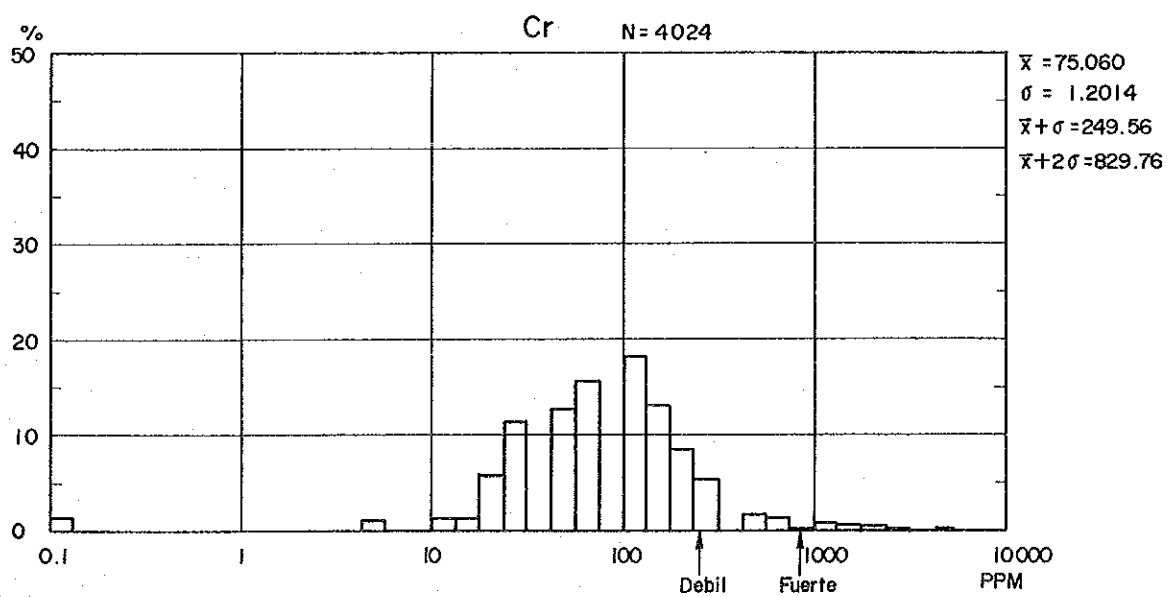
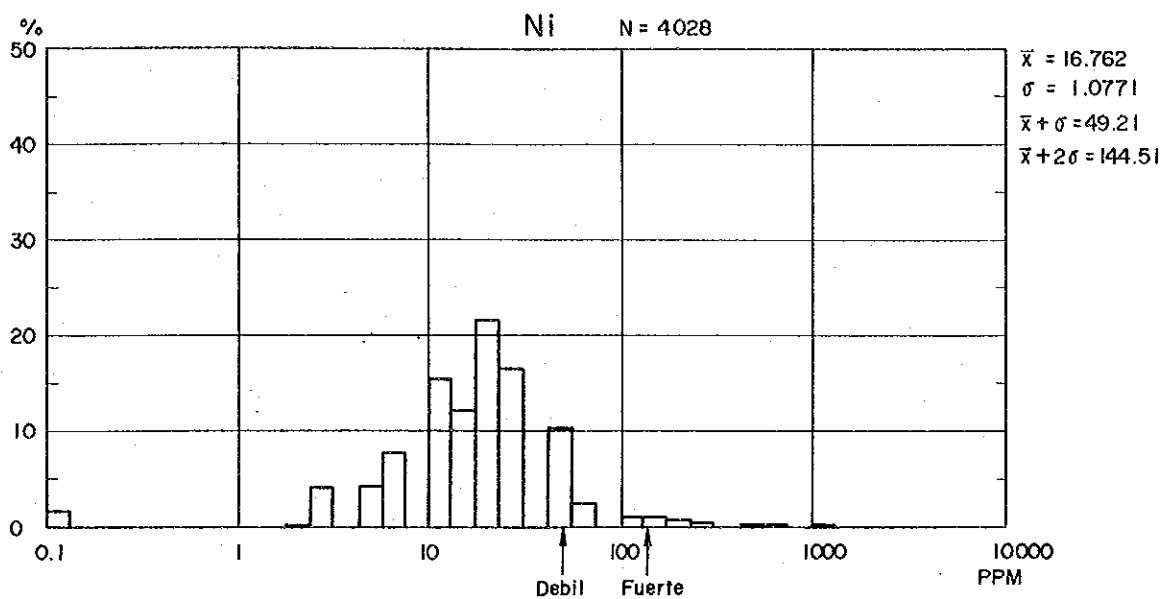


Fig. 2-3-3 アルマゲール地域地化学探査分析値のヒストグラム (Ni, Cr)



#### 第4節 総合検討及び有望地区

地質データと地化探データを総合すると次のような事実が判明する。(PL. 1-1, 1-2, 1-3, PL. 10-1, 10-2, 10-3 参照)

- (1) Cu-Mo, Ni-Cr の相関性が高く、夫々の組合せがほぼ一致した異常帯が地域全般に卓越する。
- (2) Ni-Crの異常帯は北北東-南南西方向に並び断層線、及び塩基性~超塩基性の火成岩の分布に一致している。
- (3) Cu-Moの異常帯は第三紀の中性~酸性の斑状貫入岩体の分布と一致している。
- (4) Au, Ag は異常値が少量点存在するだけでまとまりのある異常帯とはなっていない。
- (5) Pb, Zn は弱い相関性を有し、広がり狭い異常帯を示しており、地質的には変成した古生層の分布域に多い。

次に有望地区を抽出する作業として第一に各8元素の強異常帯及び弱異常帯を各元素各々に設定された2つのしきい値から分布範囲を設定した。更に相関関係等を考慮しながら、各元素の異常帯の重複度の高い地区、又は各異常帯の近接の度合いの高い地区を優先的に選んだ結果、有望地区として以下に示す13地区が抽出された(PL. 10-1, 2, 3 Tab. 2-3-2 参照)。

異常帯番号①(ティンビオ図幅東部)

東西5 km, 南北10 kmの広がり有し、北北東-南南西方向に伸長する地帯に6ヶのNi異常帯が分布する。北西側の3ヶのNi異常帯には、ほぼ重複してCrの異常帯も存在する。

これら6ヶの異常帯のうち強Ni異常を有する2地区をとりあげて番号①とする。地質は白亜紀の堆積岩、玄武岩類からなる地層が分布している。

Ni, Crの最大値は各々200ppm, 1,500ppmを示すが、他の異常帯よりその値は低いので探鉱優先度は低い。

異常帯番号②(ティンビオ図幅東部)

9 km × 7 kmという広範囲の中にMo, Niの異常帯と小規模のAg, Pb, Znの異常帯が検出されている。地質は、古生層変成岩(Pze)と白亜紀の堆積岩、玄武岩類(Ksvs)とこれらに貫入する第三紀酸性貫入岩類(Tda)とからなり、地層の境界はNE-SW系及びNW-SE系の断層となっている。

Moの異常は第三紀酸性貫入岩類の分布する地区に検出され、それも径1 km以下の小規模貫入岩の分布とよく調和している。

Niの異常は白亜紀堆積岩、玄武岩類の分布域、古生層変成岩と第三紀酸性貫入岩類の分布域及び断層線上に分布している。

異常帯の西側には旧鉱山(脈状鉱床、アンチモン・金)が存在し、これを囲んでPbの異常

帯が存在する。異常値の東側にはセロ ベジョーネス (Cerro Bellones) 山を囲み Cu, Mo の地化学異常が報告されている (Orrego, 1984)。

本異常帯は各種元素の異常が見られること、拡がりや広範囲に及ぶことから探鉱優先度は高い。

#### 異常帯番号③ (ティンビオ図幅西部)

100 km<sup>2</sup> 余の広範囲に点在する Cu を主とし、Ni を従とする低異常帯である。地質は白亜紀の玄武岩類を主とするディアバサ層群より成り、南北方向の断層が観察される。若干のはんれい岩、第三紀酸性貫入岩の分布もあるが、Cu, Ni 異常域とこれらとは明瞭な関係は認められない。Cu 100-150 ppm Ni 50 ppm と低品位でもあり、探鉱優先度は低い。

#### 異常帯番号④ (ティンビオ図幅西部)

面積 1.5 km<sup>2</sup> と狭く白亜紀の玄武岩類の分布とよく一致する Ni, Cr の異常帯である。しかしながら他地区に同じ地質条件で、より広範囲かつ高品位の異常帯が存在しているので、相対的に本地区の探鉱優先度は低い。

#### 異常帯番号⑤ (ティンビオ図幅西部)

本年次、単精査地質調査・物理探査を実施したピエドラセントーダ地区である。

北東-南西方向に伸びた 1.5 km × 4 km の Cu, Mo 異常帯が存在する。地質は第三紀酸性貫入岩の分布域であり、北東-南西方向の大断層に接している。

Cu は 150 ppm 以下と低品位であるが Mo の他に若干の Ag の異常も発見されている。

#### 異常帯番号⑥ (ティンビオ図幅西部)

1.5 km × 2 km の拡がりやを有する Cu 異常帯中に Mo の狭い異常域を含んでいる。

地質は、第三紀酸性貫入岩の分布を示しており、周辺 3ヶ所にアンチモニー鉱山の旧坑がある。Cu 500 ppm, Mo 15 ppm と比較的高品位の異常であり、優先的に探鉱したい地域である。本異常帯はドミニカル地区として地質調査、地化学探査が実施された。

#### 異常帯番号⑦ (ティンビオ図幅西部)

北東-南西方向に伸長し 6 km × 2.5 km の広がりやを示す Ni, Cr, Cu の異常帯である。

地質は白亜紀の玄武岩類とこれを貫く小規模の第三紀の酸性質貫入岩類から成る。Ni は強異常を示すが Cr, Cu は低異常値のみしか示さず、同一地質条件でより高品位の Ni-Cr 異常帯が他に存在するので、その探査結果を見てから本地域の探鉱を考えたい。

#### 異常帯番号⑧ (ポリール図幅西部)

東西方向に伸びる面積 4 km<sup>2</sup> の Mo 強異常帯である。地質は北東-南西方向の大断層を境とし、東側には古生層の変成岩類と西側には第三紀堆積岩類とが分布する。第三紀石英閃緑岩の貫入岩も断層近傍に分布し、異常帯内に含まれている。

北部及び東部更に南部に金、アンチモニーの鉱脈鉱床の所在が知られており、探鉱優先度



Tab. 2-3-2 アルマゲール地域地化学探査異常帯一覧表

Número de anomalía	Nombre en mapa	Ubicación	Elementos								Tamaño de Anomalía	Roca Encajante	Nota			
			Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Cr.						
1	Timbio (Este)	5km Nordeste de rosas							<5 △	200 ○	100 △	1500 ○	700 △	9 km <sup>2</sup> (6x1.5) km	Roca básica (Ksvs), Intrusiva ácida (Tda)	Anomalía baja de Mo, Cr, y Ni en el área rodeada.
2	Timbio (Este)	Cerca de Cerro bellones y 5km sur de Arbela		2 △	150 △	100 ○	50 △	1000 ○	300 △	30 ○	5 △	100 △	500 △	63 km <sup>2</sup> (9x7) km	Roca básica (Ksvs), Intrusiva ácida (Tda), Roca metamórfica (Pze)	
3	Timbio (Oeste)	20km Nordeste de Piedra Sentada			150 △							50 △		104 km <sup>2</sup> (13x8) km	Roca básica (Kdv, Kg), Intrusiva ácida (Tda)	Siete anomalías de tamaño grande y pequeña.
4	"	10km Nordeste de Piedra Sentada								500 ○	<10 △	1000 ○	500 △	1.5 km <sup>2</sup> (1x1.5) km	Roca básica (Kdv)	
5	"	5km Este de Piedra Sentada		<0.5 △	150 △				15 ○	5 △				6 km <sup>2</sup> (1.5x4) km	Roca básica (Kdv), Intrusiva ácida (Tda)	Piedra Sentada, trabajo en 1984.
6	"	8km Sureste de Piedra Sentada			500 ○	200 △			15 ○	5 △				3 km <sup>2</sup> (1.5x2) km	Intrusiva ácida (Tda)	Dominical, trabajo en 1984.
7	"	5km Sur de Piedra Sentada			200 △					700 ○	50 △	700 △		15 km <sup>2</sup> (6x2.5) km	Roca básica (Kdv), Intrusiva ácida (Tda)	
8	Bolívar (Oeste)	23km Nordeste de Bolívar		1 △					15 ○					4 km <sup>2</sup> (1x4) km	Roca sedimentaria (Tme), roca metamórfica (Pev), Intrusiva ácida (Tcd)	Cerro Negro, trabajo en 1984.
9	"	15km Norte de Bolívar							<10 △	300 ○	100 △	2000 ○	700 △	4.5 km <sup>2</sup> (1x4.5) km	Roca básica (Ko), Intrusiva ácida (Tda)	
10	"	10km Noreste de Bolívar								700 ○	100 △	2000 ○	700 △	9 km <sup>2</sup> (1.5x6) km	Roca básica (Ko), Intrusiva ácida (Tda)	
11	"	8km Noroeste de Bolívar			200 △				<5 △	700 ○	100 △	3000 ○	300 △	10 km <sup>2</sup> (2x5) km	Roca básica (Ko), Intrusiva ácida (Tda)	La Medina, trabajo en 1984.
12	"	7km Este de Bolívar		7 △	1000 ○	200 △			20 ○	<5 △				5 km <sup>2</sup> (1x5) km	Roca sedimentaria (Pecs), Intrusiva ácida (Ta, Tcd)	
13	"	5km Sur de Bolívar		1.5 △		150 ○	70 △	700 ○	20 ○		70 △			6 km <sup>2</sup> (1.5x4) km	Roca metamórfica (Pecs)	

Nota: ○ anomalía alta, △ anomalía baja, 1500 ○ máximo en ppm





は高い。本異常帯はセロネグロ地区として地質調査、地化学探査が実施された。

異常帯番号⑨、⑩、⑪（ポリール図幅西部）

いずれもNi-Crの異常帯であって北東-南西方向に番号順に並んでいる。11番だけがNi-Crに加えてCuの弱異常も含んでいる。

夫々の広がり、約4.5km<sup>2</sup>、9km<sup>2</sup>、10km<sup>2</sup>であり、11番ではCrの最高値が3,000ppmを示している。地質は北東-南西方向の断層線沿いに分布する超塩基性岩である。この超塩基性岩中に、第三紀酸性貫入岩の貫入が観察される。異常帯は同一地質条件を示している。規模共最大の11番を調査すれば他の9番、10番に対する評価をより適切にすることができよう。異常帯⑩はラメディナ地区として地質調査、地化学探査が実施された。

異常帯番号⑫（ポリール図幅西部）

北東-南西方向に伸び1km×5kmの広がりを持つMo、Cu、Agの異常帯である。

地質は古生層の変成岩類中に貫入する第三紀石英閃緑岩(Tcd)岩株、大きさ(1.5km径)である。

地質環境からみるとポーフリー-カッパー型鉱床の可能性もあり要探鉱地の1つである。

異常帯番号⑬（ポリール図幅西部）

Moを主としPb、Zn、Agの狭い異常域を西部に有する異常帯である。

地質は、古生層変成岩類の卓越する地帯であって、貫入岩類の記載はない。異常が何に起因するのか明らかにする必要がある。



## 第3章 ピエドラセターダ地区

### 第1節 地質調査

#### 1-1 調査目的

本地区には既往調査によって金、銅、モリブデン等の地化学異常の存在することが知られている。また中央南部のサンホングランデ谷(Zanjón Grande)にはポーフィリー・カッパー型鉱床の鉱徴地があると報告されている(Sillitoe y Jaramillo, 1982)。

本地区の地質調査は鉱化作用と母岩の変質作用に注目しながら、鉱徴地の性質、規模、発展性等を解明することを目的とした。

#### 1-2 位置交通

ピエドラセターダ地区は、カウカ県ボルド郡に位置する。ボバイヤンの南方約40km付近に所在し、東西6km南北3km~4kmの長方形に区切られた地区である。

最寄りの集落は、西方7kmにあるピエドラセターダと東方8kmにあるラシエラ(La Sierra)であるが、地区の中央北寄りを通るパンアメリカンハイウェイ沿いには、エルマンゴ(El Mango)と呼ばれる小集落があり、ここには電報・電話局、派出所も存在する。

地形を概観すると地区の中央部には東西方向に伸びる起伏の少ない尾根が走り南限は、リオサンペドロ(Río San Pedro)、リオワチコノ(Río Guachicón)ではほぼ限られる。

中央の主要尾根沿いにエルマンゴとラシエラとを結ぶ車の運行可能な道路が造られている。地区内の標高は、1,200~1,400m程度と変化し、地区一帯は、農牧地として利用されている。

#### 1-3 地質

地区を構成する地層は、古期から新期へと、白亜紀のディアパンコ層群、第三紀の堆積岩から成るエスミータ層、これらを一貫して貫く酸性~中性の貫入岩体、更にこれら全てを被覆する火山岩起原の礫を多量に含むボバイヤン層とから成っている。(Fig. 3-1-1, 3-1-2, 3-1-3 参照)

岩石の主な分布は、西部のロマ・サンフランシスコ(Loma San Francisco)にディアパンコ層群、地区の中央部から西部にかけては貫入岩類が卓越し、被貫入の堆積岩が各所に残っている。地区の東部では、堆積岩の方が若干広い分布を示すが、貫入岩類も多い。

地区の北端国道の北側及び南部のリオワチコノ、リオサンペドロの南岸には主としてボバイヤン層が分布する。

ディアパンコ層群は、暗緑色潜晶質組織を有する玄武岩が主体をなし、所により珪質頁岩の薄い夾みを有する。本層群は、所により熱水変質を受け、緑泥石、緑れん石等の変質鉱物を生じ、更に石英、方解石の細脈を生成している。エスミータ層は、シルト岩、砂岩及び少量の礫

岩から成り、層理の明瞭な地層である。下位のディアバソ層群とは、不整合で接するが本地区内では、その境界部は、観察されていない。本層は、酸性の貫入岩体中に島状に残っており、貫入岩との境界部では所により珪化作用と黄鉄鉱化作用を受けている。

ポパイアン層は、火山岩起原の亜円礫かつ数10 cm大の大きさを有する礫岩とレンズ状砂岩から成る半凝固岩である。

リオサンベドロ川岸では、本層が酸性貫入岩にアバットしてほぼ水平に堆積しているのが観察される。

酸性～中性貫入岩体は、地区全体に不規則な形で広がっており、肉眼観察では2つの岩相に分けられる。両者の関係は漸移的に変化し、明瞭な境界は認められない。その1つは、完晶質、等粒状組織を有する閃緑岩～花崗閃緑岩であり、他は斑岩状組織の顕著な石英安山岩～安山岩質斑岩である。

有色鉱物は、角閃石、黒雲母であり黒雲母は、六角板状の自形結晶を有する。透明鉱物は、石英、長石を主とし特に石英は、両錐形、かつ大きさ5～10 mmの結晶を示すことがある。

この岩体と比較して、より細粒特に角閃石の針状結晶を有することが特徴的な細粒閃緑岩質岩脈が地区の東部で観察された。他に上記の貫入岩体中に50 m以下の厚さを有する黒色塩基性岩脈が貫入している。全岩分析の分析値及びノルム計算をTab. 3-1-1, 3-1-2に示す。

全岩分析の結果をHine et al.(1978)のACF三角図(Fig. 3-1-4)にプロットするといずれもI-typeの範囲に入っている。又、花崗岩質岩石の分類を国際地学連合火成岩分類委員会案(Geo Times, Oct. 1973)に従ってQ-An-Ab+Orの三角図上に表示すると、全ての酸性ないし中性の貫入岩類は、花崗岩の範囲に入る(Fig. 3-1-5)。貫入岩は程度の差こそあれ変質作用を蒙っており、石基部が二次石英に交代される珪化作用、緑れん石化作用、炭酸塩鉱物化が広範囲に観察される。地区の中央付近では上記変質作用に加えて、角閃石や石基部に黒雲母化作用が観察される。

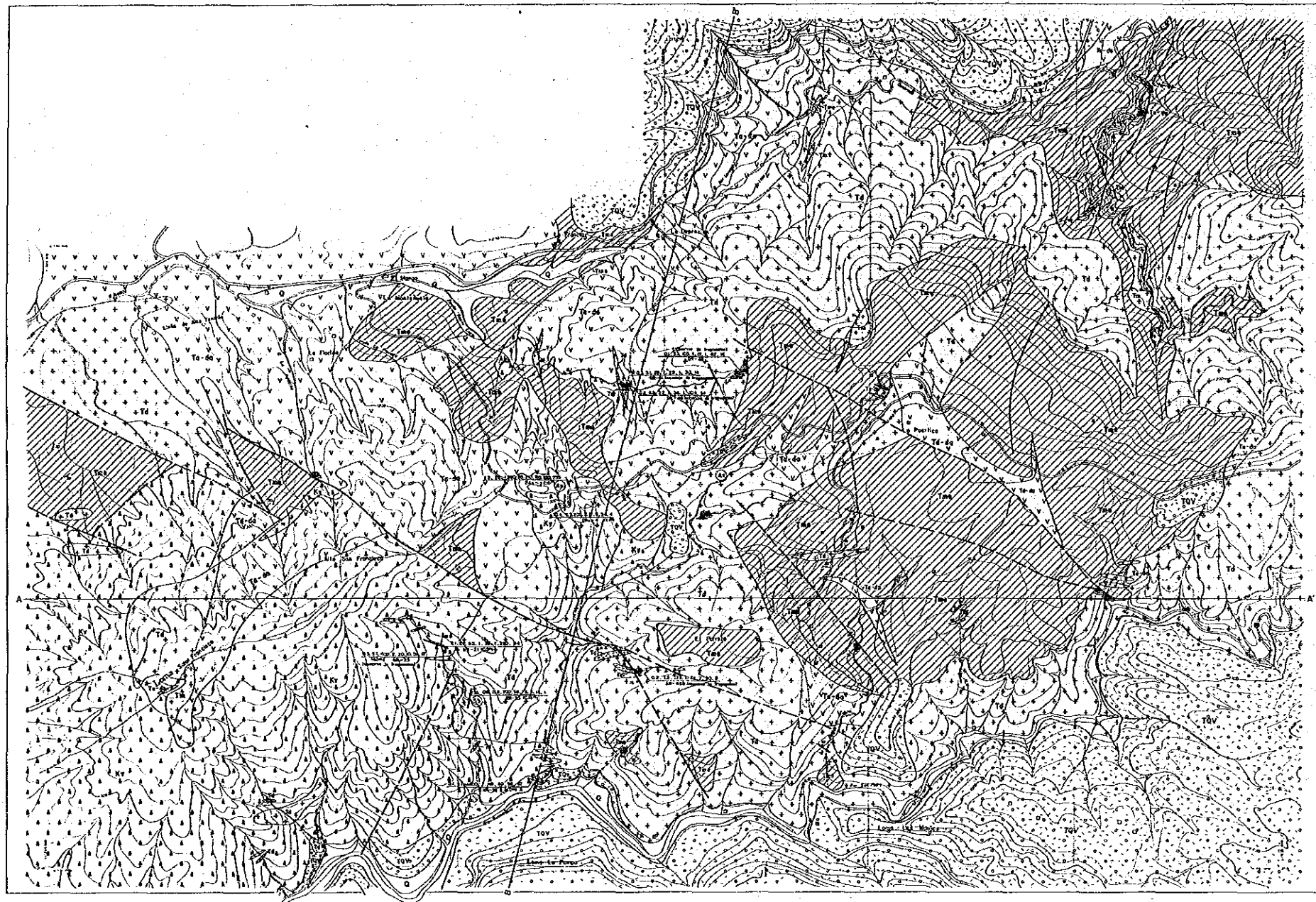
貫入岩の時代については、Sillitoe, y Jaramillo(1982)が地域中央南部のサンホングランデ谷より採取した試料のK-Ar年代測定にて17.4±0.4 Maを報告している。

#### 1-4 地質構造

本地区に卓越する断層系は、西北西方向(N60°W)である。この方向は、地域の一般的な断層方向である北北東に対して直交している。又、貫入岩の伸長方向は、弱線方向に支配されると想定すると、貫入当時には、北東方向、北西方向、及び若干の東西南北方向の断層の存在が推定される。

一方、貫入岩に貫かれたエスミータ層は、北東-南西方向の軸を有する向斜構造を地区の北





0 1000m

LEYENDA

ROCAS ESTRATIFICADAS

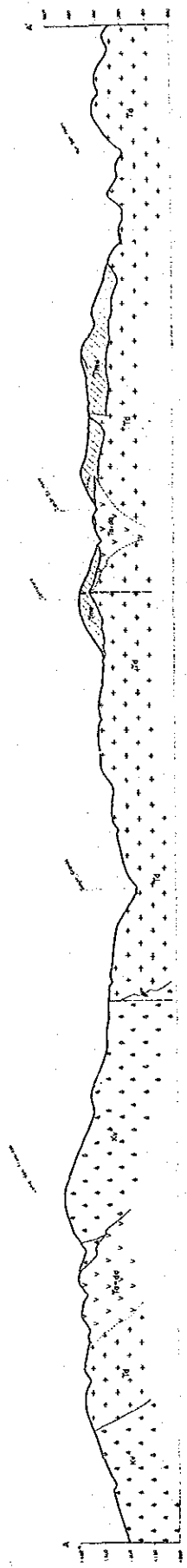
PERIODO	Formación	Composición
CENESÓICO	Q	Depósitos no consolidados
	Tov	Formación Rosado
	Tms	Formación Esmita
	Tm	Formación Mosquera
MESOZOICO	Ks	Grupo sedimentario
	Kv	Grupo Diabaso
	Kie	Ciudadas
PALEOZOICO	Pm	Grupo Cajonorta(?)

ROCAS IGNEAS

Tdi	Diabaso
Tr	Rehitas
Tp	Andesita Porfírica
Tm	Maróberita
Ta	Granodiorita
Tz	Zona silicificada
▲	Mineralización de Sulfuros

Fallo	Eje Sacinal
Veta cuarzifera	Eje Abisinal
Esqueletos	J.L. Sacción
Numero y Buzamiento	A— Línea de corte
CU	Parte mineralizada

Fig. 3-1-1 Piedra Santa地区地質図



0 500m

LEYENDA

ROCKS STRATIFICATIONS

Q	Quaternary Alluvium	Q1	Quaternary Alluvium (1)
T1	Tertiary Sandstone	T2	Tertiary Sandstone (2)
T3	Tertiary Sandstone (3)	T4	Tertiary Sandstone (4)
T5	Tertiary Sandstone (5)	T6	Tertiary Sandstone (6)
T7	Tertiary Sandstone (7)	T8	Tertiary Sandstone (8)
T9	Tertiary Sandstone (9)	T10	Tertiary Sandstone (10)
T11	Tertiary Sandstone (11)	T12	Tertiary Sandstone (12)
T13	Tertiary Sandstone (13)	T14	Tertiary Sandstone (14)
T15	Tertiary Sandstone (15)	T16	Tertiary Sandstone (16)
T17	Tertiary Sandstone (17)	T18	Tertiary Sandstone (18)
T19	Tertiary Sandstone (19)	T20	Tertiary Sandstone (20)
T21	Tertiary Sandstone (21)	T22	Tertiary Sandstone (22)
T23	Tertiary Sandstone (23)	T24	Tertiary Sandstone (24)
T25	Tertiary Sandstone (25)	T26	Tertiary Sandstone (26)
T27	Tertiary Sandstone (27)	T28	Tertiary Sandstone (28)
T29	Tertiary Sandstone (29)	T30	Tertiary Sandstone (30)
T31	Tertiary Sandstone (31)	T32	Tertiary Sandstone (32)
T33	Tertiary Sandstone (33)	T34	Tertiary Sandstone (34)
T35	Tertiary Sandstone (35)	T36	Tertiary Sandstone (36)
T37	Tertiary Sandstone (37)	T38	Tertiary Sandstone (38)
T39	Tertiary Sandstone (39)	T40	Tertiary Sandstone (40)
T41	Tertiary Sandstone (41)	T42	Tertiary Sandstone (42)
T43	Tertiary Sandstone (43)	T44	Tertiary Sandstone (44)
T45	Tertiary Sandstone (45)	T46	Tertiary Sandstone (46)
T47	Tertiary Sandstone (47)	T48	Tertiary Sandstone (48)
T49	Tertiary Sandstone (49)	T50	Tertiary Sandstone (50)
T51	Tertiary Sandstone (51)	T52	Tertiary Sandstone (52)
T53	Tertiary Sandstone (53)	T54	Tertiary Sandstone (54)
T55	Tertiary Sandstone (55)	T56	Tertiary Sandstone (56)
T57	Tertiary Sandstone (57)	T58	Tertiary Sandstone (58)
T59	Tertiary Sandstone (59)	T60	Tertiary Sandstone (60)
T61	Tertiary Sandstone (61)	T62	Tertiary Sandstone (62)
T63	Tertiary Sandstone (63)	T64	Tertiary Sandstone (64)
T65	Tertiary Sandstone (65)	T66	Tertiary Sandstone (66)
T67	Tertiary Sandstone (67)	T68	Tertiary Sandstone (68)
T69	Tertiary Sandstone (69)	T70	Tertiary Sandstone (70)
T71	Tertiary Sandstone (71)	T72	Tertiary Sandstone (72)
T73	Tertiary Sandstone (73)	T74	Tertiary Sandstone (74)
T75	Tertiary Sandstone (75)	T76	Tertiary Sandstone (76)
T77	Tertiary Sandstone (77)	T78	Tertiary Sandstone (78)
T79	Tertiary Sandstone (79)	T80	Tertiary Sandstone (80)
T81	Tertiary Sandstone (81)	T82	Tertiary Sandstone (82)
T83	Tertiary Sandstone (83)	T84	Tertiary Sandstone (84)
T85	Tertiary Sandstone (85)	T86	Tertiary Sandstone (86)
T87	Tertiary Sandstone (87)	T88	Tertiary Sandstone (88)
T89	Tertiary Sandstone (89)	T90	Tertiary Sandstone (90)
T91	Tertiary Sandstone (91)	T92	Tertiary Sandstone (92)
T93	Tertiary Sandstone (93)	T94	Tertiary Sandstone (94)
T95	Tertiary Sandstone (95)	T96	Tertiary Sandstone (96)
T97	Tertiary Sandstone (97)	T98	Tertiary Sandstone (98)
T99	Tertiary Sandstone (99)	T100	Tertiary Sandstone (100)

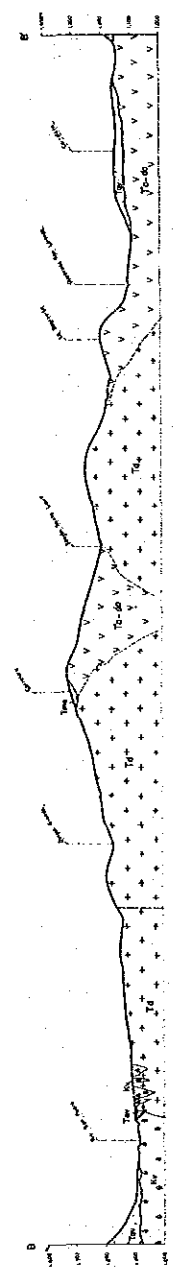


Fig. 3-1-2 ピエドラセターダ地区地質断面図



Período	Epoca	Formación	Columna Estratigráfica	Litología	Espe- sor (m)	Actividad ígnea	Mineralización
Cuaternario	Holoceno	Sed. inconsolidado		aluviales, coluvios cenizas, "ash fall" toba agglomeradas		Roca Volcánica	
	Pleistoceno	Formación Popayán		toba y toba brecha grava y arenisca conglomerados grano fino			
Terciario	Plioceno	Formación Esmita		limolita arenisca porfido dacítico - andesítico cuarzodiorita arenisca y limolita			
				arenisca ultramáfico basalto, diabasas arenisca y limolita			
Cretáceo		Grupo Diabásico					

Fig. 3-1-3 ピエドラセネタ地区地質模式層序図

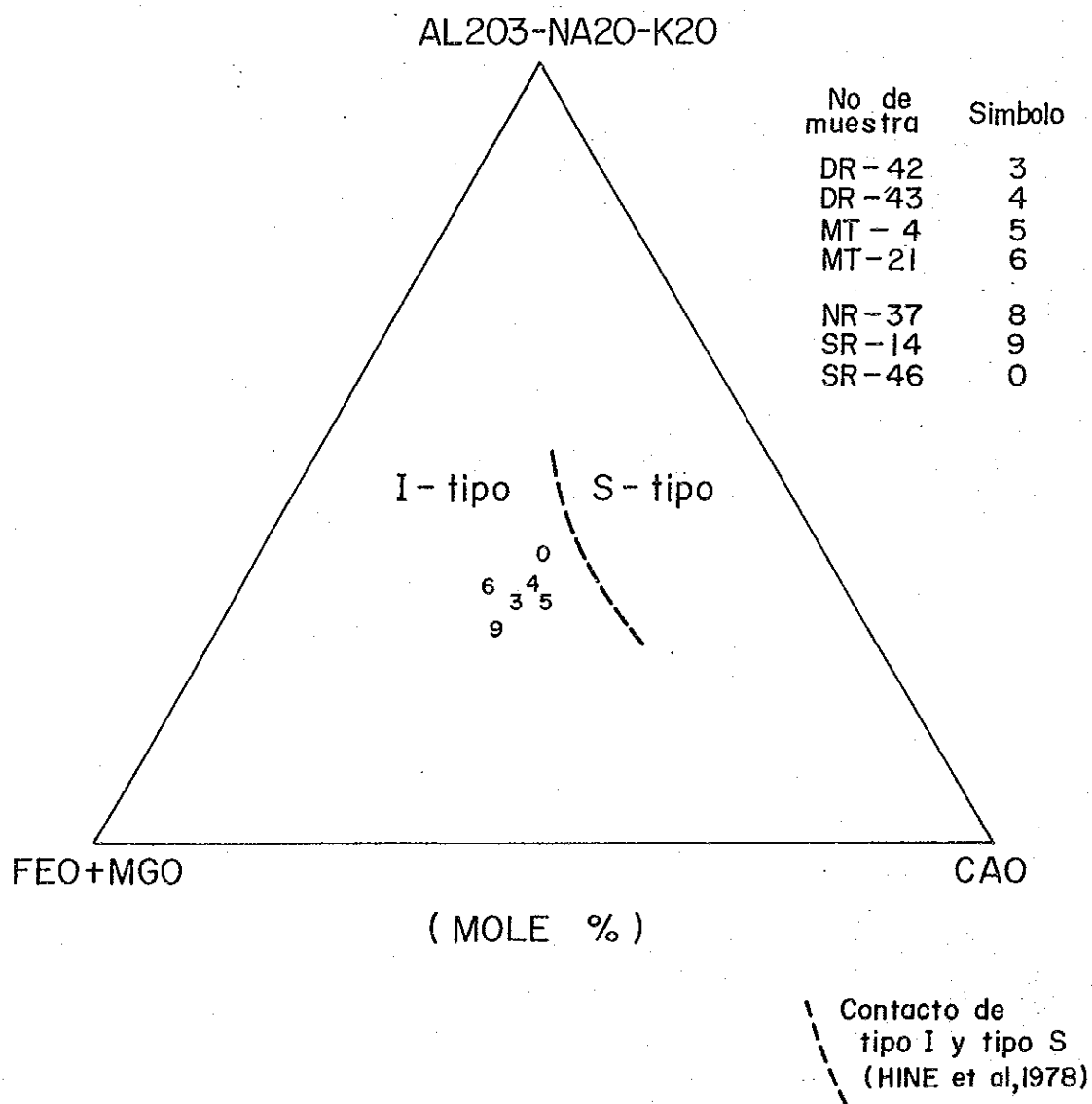


Fig. 3-1-4 ACF三角图

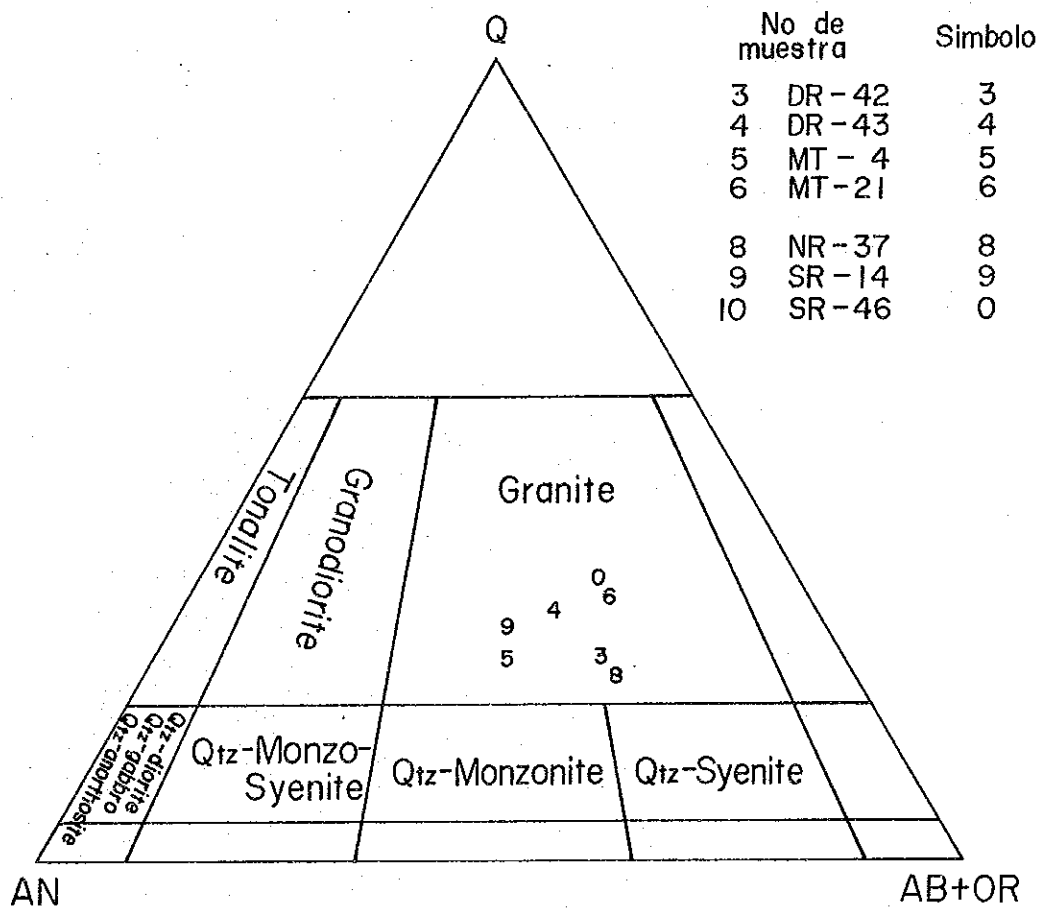


Fig. 3-1-5 花崗岩質深成岩類の分類

Tab. 3-1-1 ピエドラセンターダ地区岩石完全分析値

SAMPLE NO.	1			2			3			4			5		
	DR-11			DR-14			DR-42			DR-43			MT-4		
	WT.X	WT.X	HOL.X	WT.X	WT.X	HOL.X	WT.X	WT.X	HOL.X	WT.X	WT.X	HOL.X	WT.X	WT.X	HOL.X
SI02	50.00	48.33	52.49	52.98	51.01	55.28	62.45	62.79	69.61	63.61	63.83	70.56	58.40	59.03	65.98
TI02	0.95	0.92	0.75	0.89	0.86	0.70	0.49	0.49	0.41	0.52	0.52	0.43	0.64	0.65	0.54
AL2O3	13.91	13.44	8.60	13.30	12.81	8.18	16.36	16.45	10.75	14.04	16.10	10.48	16.70	16.88	11.12
FE2O3	10.04	9.70	3.97	9.95	9.58	3.91	5.09	5.12	2.13	5.32	5.34	2.22	6.58	6.65	2.80
FE0	5.08	5.88	5.34	5.26	5.06	4.59	2.40	2.41	2.24	2.09	2.10	1.94	3.42	3.46	3.23
HNO	0.17	0.16	0.15	0.16	0.15	0.14	0.19	0.19	0.18	0.19	0.19	0.18	0.14	0.14	0.13
HGO	9.05	8.75	14.16	8.62	8.30	13.41	2.46	2.47	4.09	2.50	2.51	4.13	2.64	2.67	4.45
CAO	10.73	10.37	12.07	10.26	9.88	11.67	4.50	4.52	5.37	4.89	4.91	5.81	6.36	6.43	7.70
NA2O	2.32	2.24	2.36	2.08	2.00	2.10	3.64	3.66	3.93	3.02	3.03	3.25	3.19	3.22	3.49
K2O	0.11	0.11	0.07	0.28	0.27	0.19	1.70	1.71	1.21	1.30	1.30	0.92	0.50	0.61	0.43
P2O5	0.09	0.09	0.06	0.07	0.07	0.03	0.11	0.11	0.05	0.13	0.13	0.06	0.22	0.22	0.11
BA0	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.07	0.07	0.03	0.04	0.04	0.02	0.04	0.04	0.02
H2O+	2.59			1.48			2.64			2.22			5.04		
H2O-	0.0			0.0			0.0			0.0			0.0		
TOTAL	106.05	100.00	100.00	105.34	100.00	100.00	102.10	100.00	100.00	101.87	100.00	100.00	103.97	100.00	100.00
A-1		9.14			9.37			36.13			31.54			24.03	
HGO		34.03			34.21			16.64			18.25			16.74	
F-1		56.84			56.42			47.23			50.21			59.23	
A-1		13.84			14.53			52.35			48.48			38.48	
HGO		51.54			53.08			24.12			28.06			26.80	
FE0		34.62			32.39			23.53			23.46			34.72	
A-2			24.22			24.86			39.45			41.45			39.18
CAO			28.83			29.11			27.60			28.21			30.19
F-2			46.95			46.03			35.15			30.34			30.63
A-4			16.35			16.65			32.39			34.71			31.87
CAO			31.98			32.44			31.06			31.93			34.11
F-3			51.67			50.90			36.55			33.36			34.02
A-3		-10.86			-10.07			23.47			27.55			21.75	
K2O		0.41			1.12			11.99			9.29			4.10	
F-2		110.45			108.95			64.54			63.16			74.15	
SAMPLE NO.	6			7			8			9			10		
	MT-21			NR-15			NR-37			SR-14			SR-46		
	WT.X	WT.X	HOL.X	WT.X	WT.X	HOL.X	WT.X	WT.X	HOL.X	WT.X	WT.X	HOL.X	WT.X	WT.X	HOL.X
SI02	66.79	65.29	72.18	50.86	48.49	52.80	63.88	63.47	70.39	59.37	60.76	66.69	66.15	66.16	73.09
TI02	0.42	0.42	0.33	0.96	0.92	0.75	0.44	0.44	0.36	0.54	0.55	0.46	0.48	0.48	0.40
AL2O3	15.37	15.69	10.22	14.16	13.51	8.67	16.27	16.16	10.56	15.16	15.52	10.03	16.19	16.19	10.54
FE2O3	4.69	4.73	1.97	10.28	9.81	4.02	4.96	4.93	2.06	5.71	5.84	2.41	4.31	4.31	1.79
FE0	3.12	3.14	2.91	5.60	5.34	4.86	2.26	2.25	2.08	3.61	3.69	3.39	1.77	1.77	1.64
HNO	0.10	0.10	0.09	0.16	0.15	0.14	0.05	0.06	0.06	0.10	0.10	0.10	0.04	0.04	0.04
HGO	1.97	1.99	3.27	8.68	8.28	13.44	2.09	2.08	3.43	3.64	3.73	6.09	1.91	1.91	3.15
CAO	1.58	3.61	4.27	11.61	11.07	12.92	4.60	4.57	5.43	5.96	6.10	7.17	3.97	3.97	4.70
NA2O	3.39	3.42	3.66	2.16	2.06	2.17	3.86	3.84	4.12	2.97	3.04	3.23	3.01	3.01	3.22
K2O	1.38	1.39	0.98	0.28	0.27	0.19	1.99	1.98	1.40	0.45	0.46	0.32	1.85	1.85	1.30
P2O5	0.12	0.12	0.06	0.10	0.10	0.04	0.17	0.17	0.08	0.15	0.15	0.07	0.22	0.22	0.10
BA0	0.10	0.10	0.04	0.01	0.01	0.00	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03	0.02	0.08	0.08	0.03
H2O+	3.67			1.41			1.89			5.57			1.49		
H2O-	0.0			0.0			0.0			0.0			0.0		
TOTAL	102.90	100.00	100.00	106.25	100.00	100.00	102.54	100.00	100.00	103.28	100.00	100.00	101.47	100.00	100.00
A-1		33.88			9.39			39.89			21.63			39.13	
HGO		13.99			33.42			14.25			23.02			15.38	
F-1		52.13			57.18			45.85			53.34			45.69	
A-1		48.38			14.59			57.35			32.05			56.91	
HGO		19.98			51.91			20.49			36.11			22.37	
FE0		31.64			33.49			22.16			33.83			20.73	
A-2			41.71			24.77			39.22			34.67			65.04
CAO			23.62			30.99			30.00			27.97			27.13
F-2			34.67			44.24			30.78			37.36			27.81
A-4			34.81			16.80			31.54			28.00			38.81
CAO			26.66			34.43			33.97			31.00			30.33
F-3			38.54			48.77			36.69			41.00			30.86
A-3		31.09			-16.19			19.32			14.79			33.66	
K2O		9.32			1.16			16.19			2.77			14.13	
F-2		59.59			115.03			64.49			82.43			52.22	

A-1 : NA2O+K2O  
A-2 : AL2O3+FE2O3-NA2O-K2O  
A-3 : AL2O3+FE2O3-CAO-NA2O-K2O  
A-4 : AL2O3-NA2O-K2O  
F-1 : FE0+FE2O3\*0.9  
F-2 : FE0+HGO+HNO  
F-3 : FE0+HGO

Tab. 3-1-2 ピエドラセンターダ地区岩石ノルム計算値

CIPM NORM CALCULATION

SAMPLE NO.	1		2		3		4		5	
	DR-11		DR-14		DR-42		DR-43		HT-4	
	WEIGHT(X)	MOL.(X)	WEIGHT(X)	MOL.(X)	WEIGHT(X)	MOL.(X)	WEIGHT(X)	MOL.(X)	WEIGHT(X)	MOL.(X)
Q	4.46	12.44	9.92	25.25	21.84	58.14	27.30	63.52	20.93	54.92
C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.37	0.89	1.06	1.46	0.0	0.0
OR	0.63	0.19	1.39	0.44	10.10	2.90	7.71	1.94	3.58	1.01
AB	18.97	6.07	16.95	4.94	30.97	9.44	25.64	6.84	27.28	8.20
AN	26.31	15.86	25.16	13.83	21.83	12.56	23.56	11.84	29.79	16.86
SAL. TOTAL	50.36	34.56	53.41	44.45	85.32	83.95	85.28	85.58	81.60	81.01
WO - DI	10.27	14.83	9.78	12.88	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.41
EN - OI	8.42	14.06	8.38	12.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.26	0.40
FS - OI	0.40	0.77	0.10	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
EN - HY	13.37	22.34	12.29	18.73	4.16	9.81	6.23	8.70	6.39	10.03
FS - HY	0.96	1.22	0.15	0.18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.05	0.05
HT	14.07	10.19	13.89	9.17	6.97	4.82	5.87	3.54	9.64	6.56
HH	0.0	0.0	0.0	0.0	0.31	0.31	1.29	1.13	0.0	0.0
IL	1.74	1.93	1.63	1.64	0.94	0.99	0.99	0.91	1.23	1.28
AP	0.20	0.10	0.16	0.07	0.26	0.12	0.30	0.13	0.52	0.25
FEH. TOTAL	49.63	65.44	46.38	55.55	14.63	16.05	14.70	14.42	18.38	18.99
Q+OR+AB	24.06		28.46		62.90		60.65		51.80	
Q	18.53		34.86		34.72		45.01		40.41	
OR	2.61		5.60		16.06		12.71		6.92	
AB	78.96		59.54		49.23		42.28		52.67	
OR	1.37		3.65		16.05		13.54		5.91	
AB	41.33		38.78		49.22		45.05		44.98	
AN	57.30		57.37		34.73		41.40		49.12	
Q	8.85		18.50		25.77		32.42		25.66	
OR	1.25		2.97		11.92		9.15		4.39	
AB+AN	89.90		78.53		62.32		58.43		69.95	
Q	8.85		18.50		25.77		32.42		25.66	
AB+OR	38.92		34.58		48.15		39.40		37.83	
AN	52.23		46.92		23.78		27.98		36.52	
SAMPLE NO.	6		7		8		9		10	
	HT-21		NR-15		NR-37		SR-14		SR-46	
	WEIGHT(X)	MOL.(X)	WEIGHT(X)	MOL.(X)	WEIGHT(X)	MOL.(X)	WEIGHT(X)	MOL.(X)	WEIGHT(X)	MOL.(X)
Q	29.06	66.00	5.41	14.90	21.27	58.62	22.97	55.56	30.78	68.03
C	2.23	2.98	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.49	3.25
OR	8.22	2.01	1.58	0.47	11.68	3.48	2.72	0.71	10.93	2.61
AB	28.91	7.52	17.43	5.50	32.45	10.25	25.72	7.13	25.47	6.45
AN	17.29	8.48	26.82	15.96	21.05	12.53	27.33	14.28	18.41	8.79
SAL. TOTAL	85.70	87.00	51.23	36.83	86.46	84.87	78.74	77.67	88.08	89.12
WO - DI	0.0	0.0	11.49	16.38	0.27	0.38	0.84	1.05	0.0	0.0
EN - OI	0.0	0.0	9.76	16.09	0.23	0.38	0.66	0.96	0.0	0.0
FS - OI	0.0	0.0	0.23	0.28	0.0	0.0	0.09	0.10	0.0	0.0
EN - HY	4.94	6.72	10.86	17.92	4.94	8.15	8.62	12.47	4.76	6.29
FS - HY	1.36	1.40	0.25	0.32	0.0	0.0	1.15	1.26	0.0	0.0
HT	6.85	4.06	14.22	10.17	6.16	4.41	8.47	5.32	4.44	2.55
HH	0.0	0.0	0.0	0.0	0.68	0.70	0.0	0.0	1.25	1.04
IL	0.80	0.72	1.74	1.90	0.83	0.91	1.05	1.01	0.91	0.80
AP	0.28	0.12	0.22	0.11	0.39	0.20	0.36	0.16	0.51	0.21
FEH. TOTAL	14.24	13.00	48.76	63.16	13.50	15.12	21.23	22.33	11.87	10.88
Q+OR+AB	66.18		24.42		65.40		51.41		67.18	
Q	43.91		22.14		32.52		44.68		45.81	
OR	12.42		4.46		17.86		5.29		16.28	
AB	43.68		71.40		69.61		50.03		37.92	
OR	15.10		3.44		17.92		4.88		19.93	
AB	53.12		38.04		49.78		46.12		46.47	
AN	31.78		58.52		32.30		49.01		33.58	
Q	34.81		10.55		24.60		29.17		35.96	
OR	9.85		3.08		13.51		3.46		12.78	
AB+AN	55.34		86.37		61.88		67.38		51.27	
Q	34.81		10.55		24.60		29.17		35.96	
AB+OR	44.48		37.11		51.05		36.12		42.54	
AN	20.71		52.34		24.35		34.71		21.50	

ABBREVIATIONS:

Q:QUARTZ, C:CORUNDUM, Z:ZIRCON, OR:ORTHOCLASE, AB:ALBITE, AN:AMORPHITE, LC:LEUCITE, NE:NEPHELINE, KP:KALIOPHILITE  
 HL:HALITE, NC:SODIUM CARBONATE, AC:ACHITE, NS:SODIUM METASILICATE, KS:POTASSIUM METASILICATE,  
 WO:WOLLASTONITE, OI:DIOPSIDE, EN:ENSTATITE, HY:HYPERSTHENE, FS:FERROSILITE, FO:FORSTERITE, FA:FAYALITE,  
 CS:CALCIUM ORTHOSILICATE, HT:HEMIMPHITE, CM:CHROMITE, HM:HEMATITE, IL:ILMENE, TT:TITANITE, PP:PEROPSKITE,  
 RU:RUTILE, AP:APATITE, CC:CALCITE, PR:PYRITE, FL:FLUORITE,  
 SAL.:SALIC MINERALS, FEH.:FEMIC MINERALS



東部に示している。

このことから貫入岩の貫入当時の最大応力の方向は、北西-南東と考えられ既述の貫入岩の伸びの方向は、各々圧縮、ひっぱり、せん断の方向に相応じて伸長しているように考えられる。

## 1-5 鉱床地質

当地区では、次の3型の鉱化作用が観察される。

- 1) 鉱染-網状型
- 2) 鉱脈型
- 3) 漂砂残留型

以上の鉱化作用について採取した試料をまとめてApend. 3に示す。

### 1) 鉱染-網状型

鉱染-網状型の鉱化作用は、黄鉄鉱化を主とするもので閃緑岩質~石英安山岩質貫入岩体中に認められる。これが最も強く観察されるのは、地区の中央北部に所在するサンホンサントルニア(Zanjón Santa Lucia)の中流域で、長さ900mにわたり断続している。三ヶ所の岩石試料の分析結果は各々22, 28, 105ppm Cuと極めて低品位であった。更に地区の中央南部のサンホングランデ支沢中の各地に黄鉄鉱化及び褐鉄鉱化が認められている。

これらの地域は、東西約1km,南北約1.5kmの範囲内に分布し、ここから離れるに従い、黄鉄鉱化の程度は減じ、所により裂か沿いの黄鉄鉱化は認められるが、母岩の組成鉱物は新鮮となる。

中央部の鉱化の強いところでは、緑れん石、緑泥石が生成され、所により二次の黒雲母を生じたり白色粘土化しているところもある。鏡下の観察によるとこの白色粘土中には絹雲母が存在する。

特にサンホングランデの上流域では、貫入岩の白色粘土化が強く、凹凸の激しい急峻な地形を作っており、かつて金の採取が行われたという言い伝えがある。ここには、1971年に設置され、1981年まで稼働したと言われる金採取のための摩鉱小屋跡が残っている。

### 2) 鉱脈型

鉱脈型鉱徴は、脈幅5-30cm,一般走向南北及び北西-南東系を示し、褐鉄鉱焼けをした石英脈である。主として、金を対象として、探鉱されてきたが、輝安鉱と輝安銅鉱を含む脈(試料番号NR-25)も発見されている。鉱種からみて浅所熱水鉱床と考えられる。

### 3) 漂砂残留型

地区の北西部の沢中では椀掛けによる砂金採取が行われている。

本地区一帯は、既往調査でも河床堆積物、土壌試料による地化学探査で数ppm order

の Au 値が捕捉されており、金の供給源、濃集箇所の探査は必要である。

本年度採取試料の分析値によれば、脈状鉱床の試料 DAU-3, NR-25 が各々 Au1.5ppm, 0.8 ppm と最も高い値を示したが、鉱染状あるいは網状鉱徴からは、低品位 (0.1~0.3 ppm) しか捕捉されなかつたことを考えると、金鉱化作用の源は主としてアンチモニーを随伴したり、褐鉄鉱焼けとなっている鉱脈鉱床であると考えられる。

#### 1-6 考 察

当地区に見出される鉱化作用のうち、最有力の鉱徴は酸性貫入岩中の鉱染~網状型の黄鉄鉱化作用である。地表における鉱化作用は黄鉄鉱を主とし、僅少の黄銅鉱を伴うにすぎないが(1) 鉱徴地周辺には Au, Sb のように浅所熱水鉱床型鉱徴が認められること、(2) 黄鉄鉱化作用の拡がり東西約 1 km, 南北約 1.5 km に及ぶこと、(3) 母岩の変質作用がプロピライト化というポーフイリィカッパ-型鉱床の変質累帯では最外側を示していること等から潜在するポーフイリィカッパ-型鉱床の賦存する可能性が考えられる。



## 第2節 物理探査（CSAMT法，SIP法）

### 2-1 調査目的

物理探査は、ピエドラセンタータダ地区において比抵抗分布を把握するため、CSAMT法による比抵抗マッピングを行い、鉍化変質帯と関連のあると考えられる低比抵抗帯を抽出し、さらに、CSAMT法により抽出した低比抵抗帯において、その性質、異常の分布、形態等を把握するためSIP法（スペクトルIP法）を実施した。

### 2-2 調査範囲

CSAMT法は21km<sup>2</sup>の範囲に107点を配し実施した。SIP法はCSAMT法により抽出された低比抵抗帯において2測線を300mの間隔で設定して実施した。

尚、測点間隔はCSAMT法で250m～300mであり、SIP法では100mである。

### 2-3 調査仕様

本調査地区で実施された物理探査調査仕様をTab. 3-2-1に示す。

Tab. 3-2-1 ピエドラセンタータダ地区物理探査作業量

調査方法名	測線及び測定点数
CSAMT法	107点 (測定間隔250m～300m)
SIP法	2測線 (1.6km×2Line=3.2km) 54点×2Line=108点

### 2-4 調査方法

#### 2-4-1 CSAMT法 (Controlled Source Audio-Frequency Magnetotelluric Method)

CSAMT法（人工信号源可聴周波数帯域地磁気地電流法）はMT法（地磁気地電流法）の一種であり、簡易深部電気探査として鉍床探査、地熱探査に利用されている。

MT法は自然界に発生する雷放電や地磁気の変動によって生じた電磁波を広い周波数領域で観測するものである。しかし、自然の電磁場はその性質上地域、時間あるいは季節等により大きく制約されるため、そのデータはバラツキが大きい。そこで自然界の信号の代りに人工信号

源を用い、より安定した任意の信号(周波数)を自由に制御し送信することが出来るように開発された手法がCSAMT法である。

この手法の探査深度(d)は、大地の比抵抗と周波数の関数であるため周波数を変えることにより探査深度を変えることが出来、低周波数ほど探査深度は増大する。

電磁場が地表値の $1/e$ (約37%)になる深さを表皮深度(skin depth)とよび、探査深度の目安としている。

表皮深度は次式により求められる。

$$d = 503 \sqrt{\frac{\rho}{f}}$$

ここに d : 表皮深度(m)  
 $\rho$  : 地下構造の比抵抗 ( $\Omega \cdot m$ )  
f : 周波数 (Hz)

本調査における測定方法は、1対の電流電極を調査地区東端より約4 km東方に、電流方向をN-S方向、電極間隔を1,700 mに設定して行われた。

受信点は送信電極を見込む角度が $60^\circ$ 以内の地域内に設定し、各周波数における電場( $E_x$ )と磁場( $H_y$ )を測定した。

使用した周波数は4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048 HZの10周波数である。

電場は送信電極と平行方向に50 m広げ、 $P_1$ 及び $P_2$ の電極の電位を測定した。また、磁場は電場に直交する方向に設置されたアンテナ(コイル)により測定した。その配置をFig. 3-2-2に示す。

この配置により得られた電場及び磁場の値から次式により見掛比抵抗( $\rho_a$ )が計算される。

$$\rho_a = \frac{1}{5f} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2$$

$E_x$  : mV/km  
 $H_y$  :  $\gamma$   
f : 周波数

尚、見掛比抵抗値は受信機(GDP-12)に内蔵されたマイクロプロセッサにより求められる。



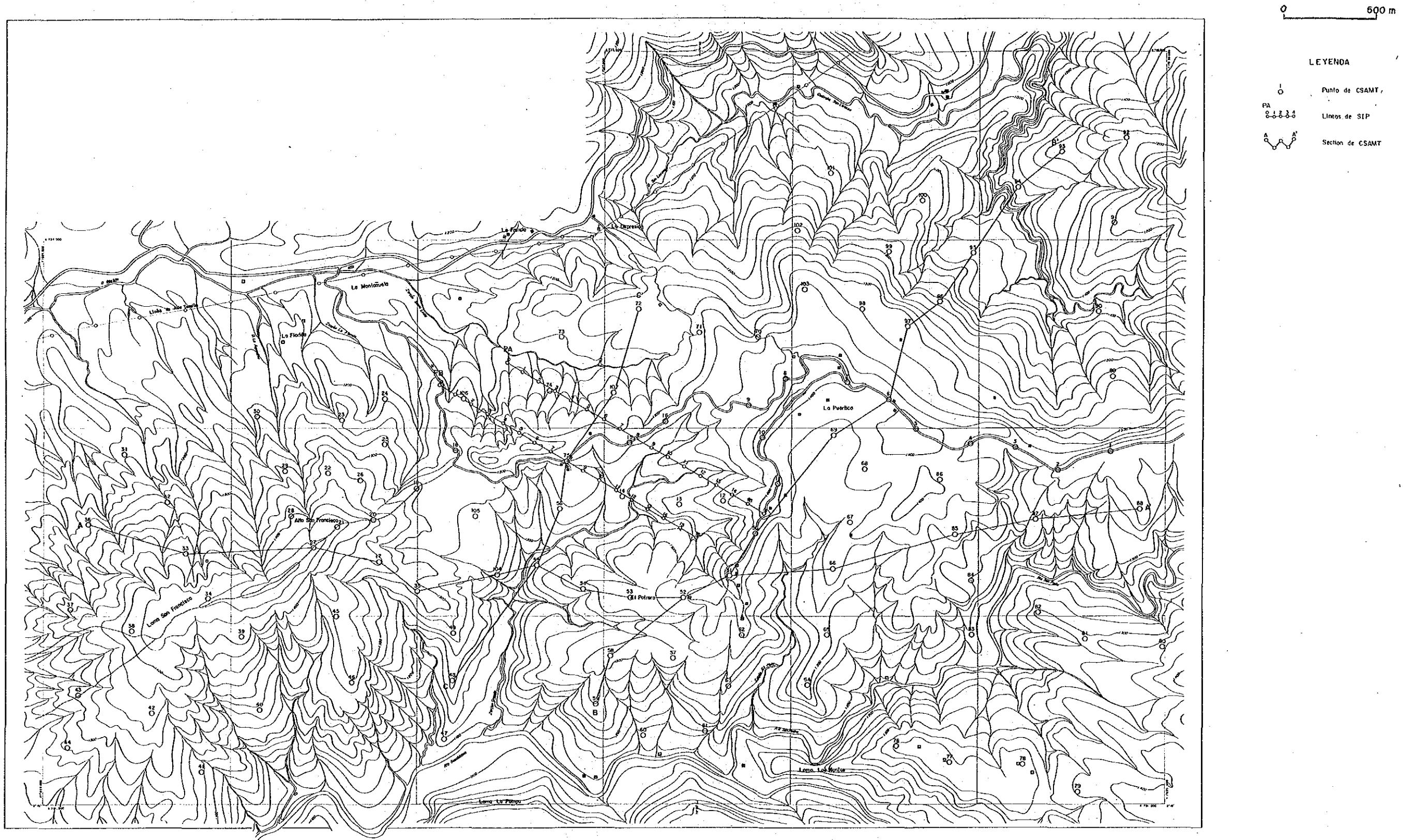


Fig. 3-2-1 測定点位置図



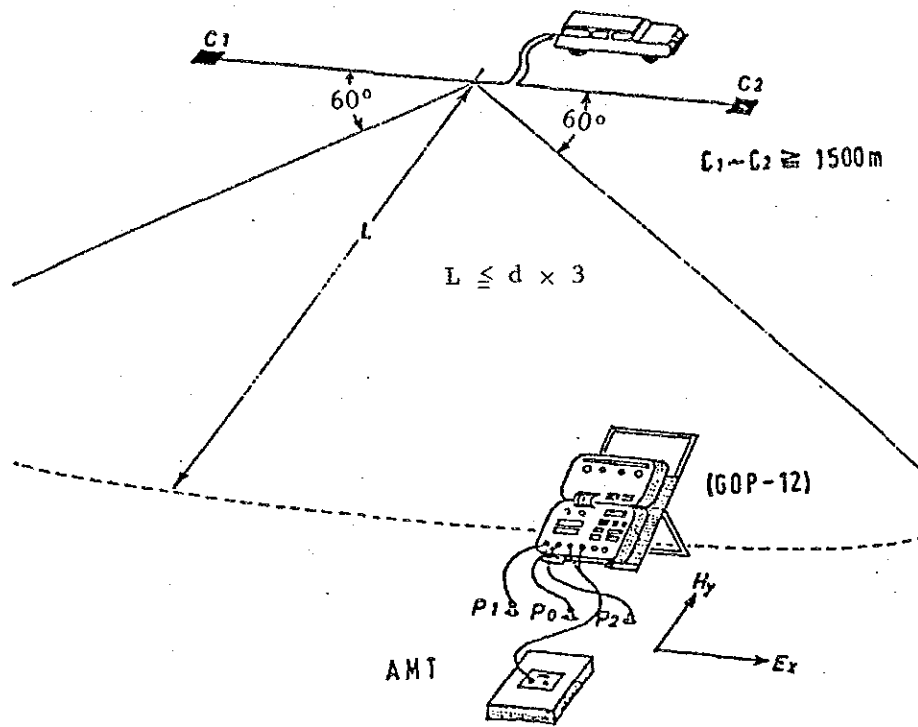


Fig. 3-2-2 CSAMT測定装置の配置図

#### 2-4-2 SIP法 (Spectral Induced Polarization Method)

SIP法 (スペクトルIP法) は、従来のIP法が2周波数 (一般に0.3 Hz, 3 Hz) における比抵抗測定であるのに対し、0.001 ~ 1,000 Hzの広い周波数領域を用いて虚数部、実数部及び位相差等を測定し、地層や鉱床の周波数応答特性 (スペクトル特性) から、IP効果を生じさせる異常源を識別する方法である。

本調査の測定には米国ゾング社 (Zonge Engineering & Research Organization) のシステムを採用し、ダイポール・ダイポール電極配置を用いて実施した。

測定周波数は0.125 Hz, 1.0 Hz, 8.0 Hzを基本周波数として送信し、この基本周波数をフーリエ解析することにより第3, 第5, 第7, 第9, 第11次の高調波 (ハーモニック) を得て0.125 ~ 88 Hzまでの18周波数のIP効果 (応答) を測定した。解析に使用した周波数は第11次の高調波を除く15周波数である。

各周波数において、マグニチュード、位相差等を測定するために送信機と受信機の同期をとる必要がある。このため電流電線と電位線間の電磁カップリングを除く目的でCommunication Wireと呼ばれる同期信号線を用いた。これは電流線に平行に設定される。

又、電位電極には飽和硫酸銅溶液と銅の接触電位差特性を用い大地と電極間に生ずる分極作用を抑えるため非分極性の素焼のポットを用いた。

電流電極には鉄棒を1極に8~10本埋設し、1測線につき9電極を設定した。

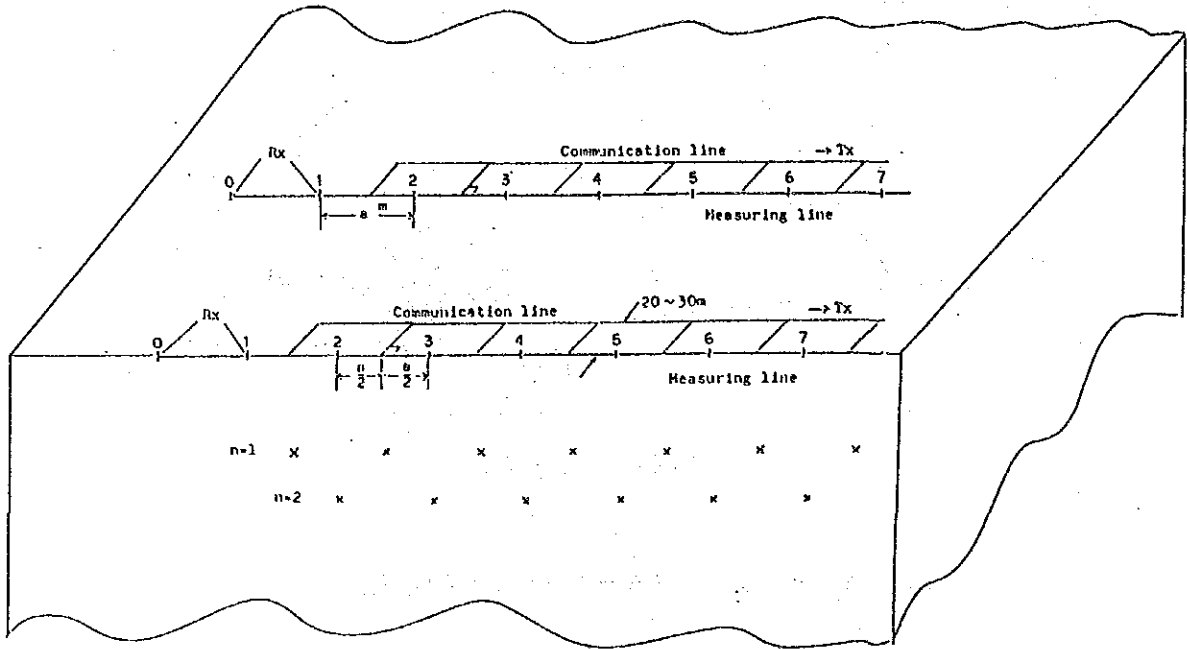


Fig. 3-2-3 S I P測定の配置図

## 2-5 調査機器

本調査に使用した機器はソング社製のシステムを用いて実施した。使用した主な機器の各部の名称・規格を以下に示す。

### (1) 送信部

(a) エンジンジェネレーター (ZGM-10) 1台

出力 10 kVA, 22 Hp, 400 Hz, 三相

サイズ 90×135×81 (cm), 220 kg

(b) トランスミッター (GGT-5) 1台

出力 最大 5 kV

電流 0.2~20 A

電圧 1,000 V (Max)

周波数 DC~10 kHz

サイズ 53.5×50.8×47.0 (cm)

(c) トランスミッターコントローラー (XMT-2) 1台

制御周波数範囲 1/16~2,048Hz

(2) 受信部

(a) データプロセッサ (GDP-12-2GB) 1台

周波数 1/16 (0.0625)~2,048Hz 16レンジ

A/D変換器 12ビット

コンピューター内蔵, 16KバイトRAM

50/60Hz ノッチフィルター

入力電圧 最小 0.2μV/1,024 スタッキング

出力 測定・スタッキング回数・周波数・電場・磁場・見掛比抵抗・位相・他,

RC232インターフェース使用

サイズ 36.1×31.8×24.2 (cm), 15kg

(b) カセットプリンター (CAP-12) 1台

カセットテープ (ミニカセット)

書き込み・読取り速度 2,400 ボー

巻き戻し時間 45秒

8,000Kビット, 100~400データブロック記録可能

プリンター

放電プリンター

印刷速度 530~170mm/秒

入力 RS-232C インターフェース

サイズ 6.2kg, 29.8×23.0×20.5 (cm)

(c) アンテナコイル (ANT/2) 1台

2軸フェライトコイル

コイル感度 0.2mV/√Hz

サイズ 9.8kg, 40.7×40.7×8.9 (cm)

(3) 無線交信

ナショナルパーソナル無線機 PQ-10 3台

903.0125~904.9875MHz

80チャンネル

重量約1.5kg



## 2-6 データ処理及びサンプル測定

### 2-6-1 CSAMT法

1周波数につき3~5回の測定を行い、全ての観測データはSIP法と同様マイクロプロセッサで見掛比抵抗計算を行い、プリントアウトされる。

得られた数回のデータは加算平均をし各周波数における比抵抗を算出している。

各周波数における比抵抗値は断面及び平面に表示する。(PL 17-1~PL 17-10)

加算平均により得られた各周波数における見掛比抵抗値は、縦軸に比抵抗の対数を、横軸に周波数の対数を取り、各周波数に対応する見掛比抵抗曲線、又各周波数による比抵抗平面図を作成する。

この比抵抗平面図は比抵抗の平面的傾向をみるためのものであり、地質の対比、断層の位置推定や試錐位置決定の検討に供している。

又、表皮深度“d”を表皮深度として作成したのが見掛比抵抗断面図である。これら作成された図面類は見掛比抵抗値を用いたものであり、地下の真の比抵抗を示すものではない。

したがって、実測値と理論値を比較するため地下構造を一次元的な水平多層構造と仮定し、各層の層厚、比抵抗をパラメータとしてモデルを作成し、試行錯誤的に実測値に近い構造を求める。

本調査地区では地下構造を考慮に入れ2~3層構造を仮定し、各層構造における見掛比抵抗値を算出した。更に求められた層厚、比抵抗を初期値として最小二乗法による逆解析を繰り返し最確値を決定した。

二層構造における見掛比抵抗の算出式は次の通りである。

二層構造の波動インピーダンス“Z”は

$$Z = \frac{i\omega\mu}{\gamma_1} \coth \left( \gamma_1 h_2 + \coth^{-1} \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \right)$$

$$\gamma_1 = \left( \frac{i\omega\mu}{\rho_1} \right)^{1/2}$$

$$\gamma_2 = \left( \frac{i\omega\mu}{\rho_2} \right)^{1/2}$$

$h_1$  : 一層目の層厚

$\rho_1$  : 一層目の比抵抗

$\rho_2$  : 二層目の比抵抗

$\omega$  : 角速度  $2\pi f$

である。

これにより見掛比抵抗  $\rho_a$  は

$$\rho_a = -j \frac{Z^2}{\omega\mu}$$

で求められこの式に“Z”を代入すれば

$$\rho_a = \frac{i\omega\mu}{\gamma_1} \coth^2 \left( \gamma_1 h_1 + \coth^{-1} \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \right)$$

となる。

尚、三層構造の波動インピーダンス“Z”は次式より求まる。

$$Z = \frac{2\omega\mu}{\gamma_1} \coth \left[ \gamma_1 h_1 + \coth^{-1} \left\{ \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \coth \left( \gamma_2 h_2 + \coth^{-1} \frac{\gamma_2}{\gamma_n} \right) \right\} \right]$$

これを前式の $\rho a$ に代入すれば三層構造の比抵抗が求まる。Fig 3-2-4 (Cゾングシステム)に  
対応した周波数4~2048 Hzの二層モデル計算例を示す。

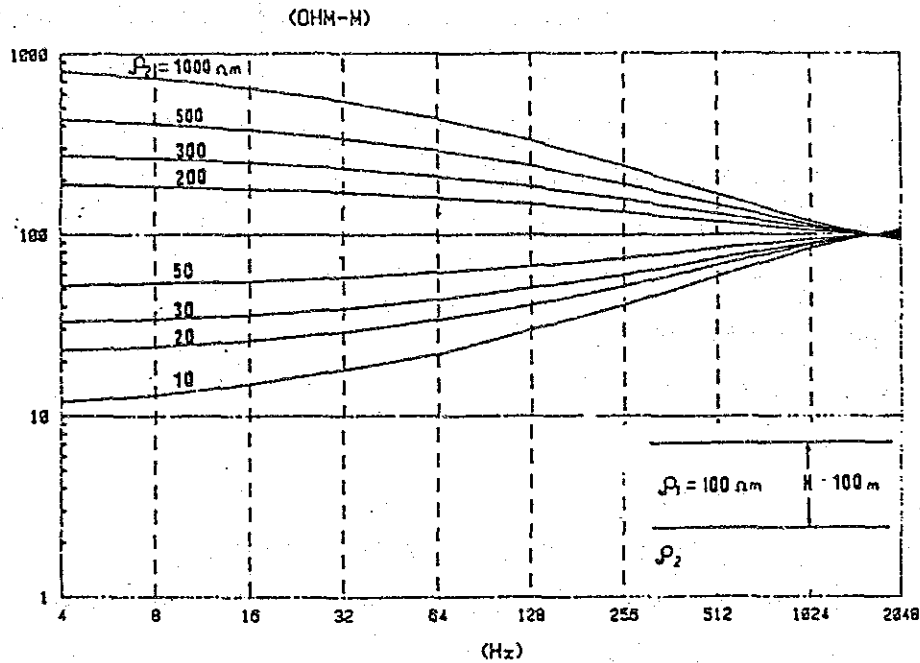


Fig. 3-2-4 見掛比抵抗の二層モデル標準曲線

### 2-6-2 SIP法

測定は、マグニチュード(信号の強さ)と位相差(Phase)について行われる。

測定結果は各周波数に対するスペクトル、又はコール・コール図として表現する。

又、見掛比抵抗、スリーポイントデカップル位相差、Raw Phaseなどは擬似断面として表現する。

野外調査では0.125Hz~88Hzまでの18周波数の位相差とマグニチュードが測定され、マイクロプロセッサ(GDP-12)に入力されている。マイクロプロセッサでは各周波数における実数部、虚数部が計算され、更に3基本波(0.125, 1, 8 Hz)の見掛比抵抗値(RHO)、スリーポイントデカップル位相差(3PT)、Raw Phase(Ph)及び周波数効果(PFE)が算出される。

これらの値は、電流値(比抵抗計算に使用された値)、受信波形の送信波形に対する誤差(SEM)及び測点番号、測定条件(スタッキング、50/60Hzノッチフィルターの有無、利得)などとともにプリントアウトされる。

必要に応じてこれらの値はカセットテープに記録することも可能である。

データ処理としては、これらの得られた値に対してキャリブレーション補正、見掛比抵抗に対しては地形補正をほどこし、擬似断面及び平面図に表現する作業が行われる。

キャリブレーションは毎日測定前に実施し、もしその値が大きいときはコール・コール図及びスペクトル図作成の際補正を付す。

しかし本調査でのキャリブレート値は全て $-0.3\text{mrad}$  ( $0.125\text{Hz}$ )以下と小さいため補正の必要はないと判断した。

地形補正、キャリブレーション補正の行われたデータにより下記の断面図、平面図及びスペクトル図を作成し、これによりIP異常の解析を行った。

- (1) 見掛比抵抗擬似断面図 ( $0.125\text{Hz}$ )
- (2) PFE擬似断面図 ( $0.125\text{Hz}$ )
- (3) Raw Phase擬似断面図 ( $0.125\text{Hz}$ )
- (4) コール・コール図
- (5) 位相差スペクトル図
- (6) マグニチュードスペクトル図
- (7) 3PTデカップル位相差図 ( $0.125\text{Hz}-0.375\text{Hz}-0.625\text{Hz}$ )

これらのうちSIP特有のデータとしては、(3)~(7)のものであり、そのスペクトル特性を解析することによりIP異常源の識別が可能となる。

(7)に関しては、周波数と位相差(角)に二次関数の関係があると仮定し、 $0.125\text{Hz}$ 、 $0.375\text{Hz}$ 、 $0.625\text{Hz}$ における位相を用いて近似的に直流における位相差を求める方法である。縦軸(y)に位相角( $\phi$ )、横軸(x)に周波数(f)をとれば二次関数

$$y = ax^2 + bx + c \text{ となる。}$$

cは直流に近い周波数における位相差が近似的に求められる。

これをcについて解くと、

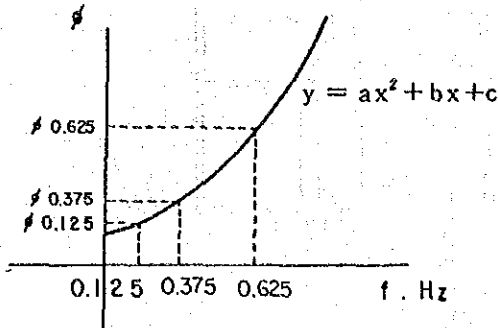
$$c = \frac{10}{8} \phi_{0.125} - \frac{10}{8} \phi_{0.375} + \frac{3}{8} \phi_{0.625}$$

が得られる。

$$\phi 0.125 = a(0.125)^2 + b(0.125) + c$$

$$\phi 0.375 = a(0.375)^2 + b(0.375) + c$$

$$\phi 0.625 = a(0.625)^2 + b(0.625) + c$$



### —地形補正—

一般にダイポール・ダイポール電極配置の測定では、見掛比抵抗値に地形の影響が強く現われる。即ち、山頂部では見掛比抵抗が増加し、谷部では実際の値より低下する傾向が認められる。本調査でも全搬に地形が急峻で起伏が多く、PA, PBの両測線全体にこの傾向が認められたため、地形補正を実施している。

地形補正量は測線の地形断面を計算機に入力し一様の比抵抗値を与えて地形の影響度を算出してあり、本調査ではこの値を実測値より除去することにより、地形の影響をできるだけ除いた見掛比抵抗分布を得ている。

### 2-6-3 物性測定

物性測定は調査地に分布する岩石の比抵抗値や位相差強度のスペクトル特性を知るために実施するものである。限られた試料によって地下に分布する岩石の比抵抗値や位相差、マグニチュードスペクトル特性を代表させることは危険もあり、限界もあるが、調査地域に分布する岩石の特性を知ることは重要であり、データを解釈するうえで、又、SIP異常のモデル計算時には重要な値となる。

本調査では地表に分布する岩石を21個採取しており、これらの試料を日本に持ち帰り特性を測定した。測定装置をFig. 3-2-5に図示する。

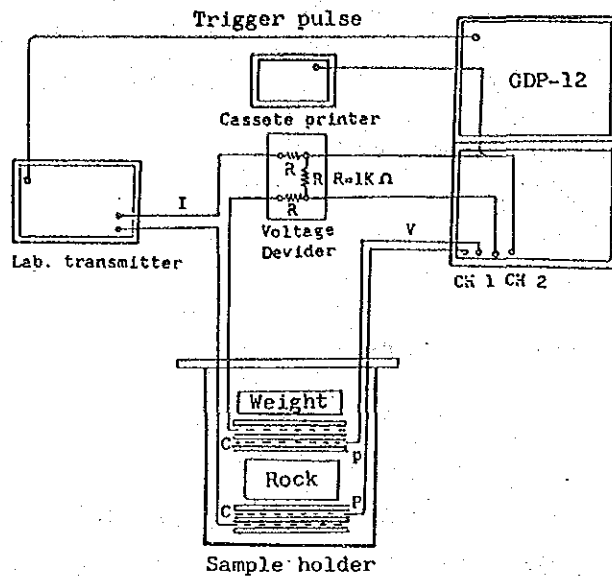


Fig. 3-2-5 試料測定装置

岩石試料の測定結果は Table 3-2-2 に示し、各試料に特徴あるスペクトル特性が認められたので、その特性をコール・コール図より以下の如く分類した。

Type A：周波数の増加に伴い虚数部の減衰が認められ左下がりのパターンを示すもの。

Type B：周波数が増加しても虚数部の増減がなく水平（フラット）なパターンを示すもの。

Type C：周波数の増加に伴い虚数部の増加が認められ右下がりのパターンを示すもの。

Type A は PA12.5A, PA12.5B, PB12.5D の 3 個の試料に認められる。このタイプを示すものは強変質、硫化物、グラファイト及びある種の粘土鉱物に起因するパターンであるといわれるものに類似している。

Type B は N2, N8, N9, PB12.5A, PB12.5B, PB15.5A, PB15.5B, PB13.5 の 8 個の試料に認められる。このタイプは中変質、少量の黄鉄鉱に起因するパターンである。

Type C はその他 11 個の試料に認められる。このタイプは弱変質、沖積層、新鮮な火山岩類に多く認められるものである。

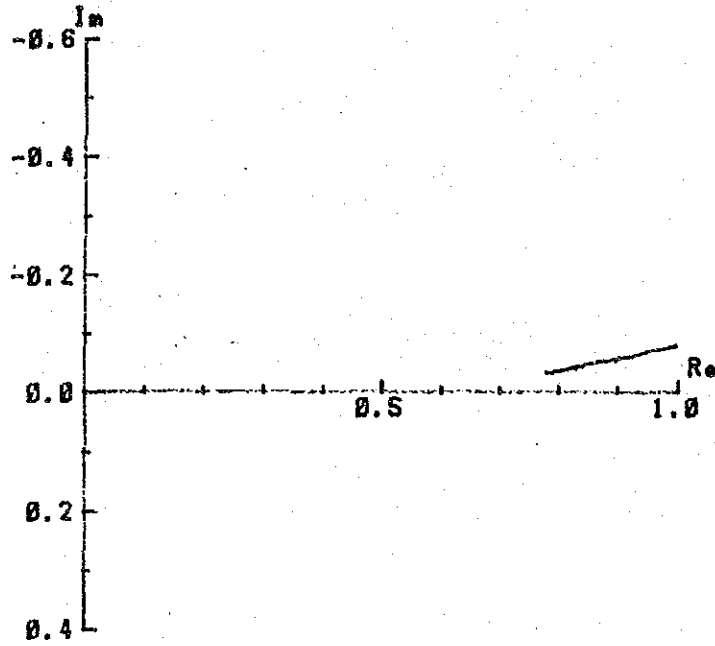
硫化物、変質作用に起因すると考えられる Type A, B の試料のほとんどは IP 異常が地表付近より検出されている位置から採取されたものである。

したがって IP 異常は硫化物（黄鉄鉱）及び粘土鉱物を異常源とするものであろうと判断される。

Tab. 3-2-2 ピエドラセンターダ地区岩石物性特性測定値

No.	Sample Name	( $\Omega$ m) Resistivity	(-mrad) Raw Phase	(-mrad) 3PT Decouple	(%) PFE	Type of Cole-Cole	Rock Name
1	N-1	463	13.9	15.9	1.44	C	limolita
2	N-2	1565	16.1	16.2	2.14	B	dacita
3	N-3	4926	7.0	6.3	1.11	C	diabasa
4	N-4	403	7.0	8.6	0.94	C	diorita
5	N-5	2771	1.55	1.3	0.3	C	diabasa
6	N-6	6279	12.0	10.0	2.0	C	"
7	N-7	6025	7.2	6.0	1.24	C	limolita
8	N-8	2882	27.1	24.6	4.19	B	granodiorita porfido
9	N-9	502	16.5	16.0	2.28	B	dacita
10	N-10	378	10.5	11.1	1.41	C	limolita
11	N-11	9849	2.6	2.1	0.46	C	dacita
12	PA12.5A	641	70.4	82.0	9.99	A	Silicificacion diorita
13	PA12.5B	879	95.6	98.9	12.7	A	"
14	PB 2.8	6509	6.2	5.5	0.99	C	diorita- porfirita
15	PB12.5A	3840	20.7	17.2	3.43	Bc	granodiorita
16	PB12.5B	3752	22.7	19.7	3.57	Bc	diorita
17	PB12.5C	5934	14.9	14.3	2.11	C	limolita
18	PB12.5D	6962	30.9	29.8	4.67	A	diorita
19	PB15.5A	5481	13.8	11.4	2.29	B	"
20	PB13.5	1010	14.8	13.6	2.23	B	granodiorita
21	PB15.5B	4783	10.7	9.2	1.75	B	limolita

NO. 23 Cole-Cole Diagram  
(PA 12.5A)



NO. 23  
(PA 12.5A)

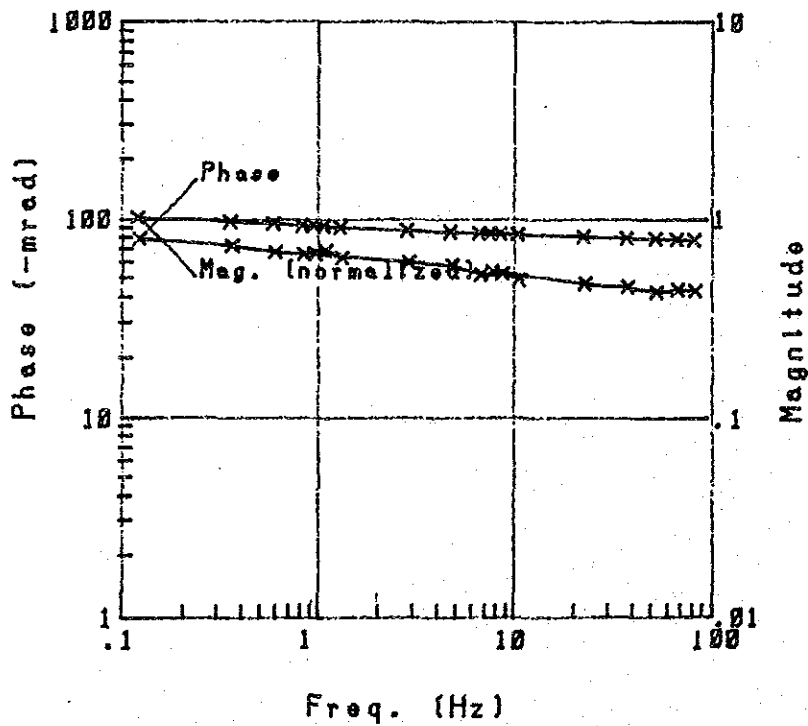


Fig. 3-2-6 SIP 法による試料PA12.5AのCole-Cole図

#### 2-6-4 モデルシミュレーション

測線PA, PBの両測線が捕捉された3つの異常帯について、物性測定、地質条件及びCSAMT法の結果を加味し、PFEと比抵抗のモデルを推定しシミュレーションを実施した。

両測線とも数回のモデル計算を実施し、最も適当と考えられる結果を採用しFig.3-2-7~8に図示した。

測線PA：見掛比抵抗は実測値とほぼ同値が得られている。又NO.6~NO.9の深部に捕捉されている250Ωm以上の高比抵抗帯の分布範囲が減少している他は実測値形態に近い結果が得られている。

PFEにおいてはC異常帯のモデルが複雑で設定し難かった。しかし範囲、傾向は近似しているため、計算モデルと実際とはそれ程差はないと考えられる。また、B異常帯がこのモデルでは消滅しているが、これはモデルに使用した値が小さかったためと考えられる。

測線PB：測点NO.5~NO.7に設定した比抵抗モデルは妥当であったと考えられるが、PFEではモデル設定位置が約100m南側にずれていると考えられる。しかし、A異常は実測の示徴形態に近似していると考えられるが、測線ほぼ中央に設定した異常は測線PAと同様消滅している。これは測線PAと同様の理由が考えられる。

両測線に設定したモデルは比較的妥当なものであったと考えられるが、異常源として与えたモデルの値は低値であったと思われる。しかし、異常の形態、分布傾向は把握されていると考えられる。



## 2-7 解析結果

測定された10周波数の全てにおいて見掛比抵抗平面図を作成した。これらの周波数のうち調査目的、地質等を考慮し、特に512Hz (Fig. 3-2-9)における見掛比抵抗分布について考察した。

目安となる表皮深度 (skin depth) は周波数と比抵抗の関数であるため、原則として低周波数ほど深部の比抵抗構造を反映していると考えられる。

### 2-7-1 CSAMT 法解析結果

#### ○見掛比抵抗平面

調査地区西部ロマサンフランシスコ (Loma San Francisco) 周辺、中央部アルトサンフランシスコ (Alto San Francisco) 東方及び南部一帯には250Ωm以上の高比抵抗帯が分布する。

これら高比抵抗帯の分布は、地質的には貫入岩である花崗閃緑岩類及び輝緑岩類に対応しており、同比抵抗帯はこれらの岩体の影響を反映したものであると考えられる。

一方、探鉱上重要であると考えられる60Ωm以下の低比抵抗帯は、調査地区の中央部、東部ラブエルティカ (La Puertica) ~エルポトレロ (El Potrero) にかけて顕著に分布する。この2つの低比抵抗帯は1024Hz, 512Hz では分離して分布するが256Hz以下の周波数域では、ラブエルティカの付近で合流ラデプレシオン (La De Presion) 方向に分布する傾向を示すものである。

この2つの低比抵抗帯のうち調査地区中央部に捕捉されたものは、地質的に花崗閃緑岩類が分布するが、この低比抵抗帯の周辺には鉍化変質帯が点在していることから鉍化変質作用に起因する可能性の高い比抵抗帯であると考えられる。

この低比抵抗帯は地表付近から深部 (1000m付近) まで分布するものであり、分布範囲は地表から-300m付近で最も広範囲に認められるが深部では若干狭くなる傾向を示している。

一方、ラブエルティカ~エルポトレロ周辺にNE-SW方向に分布する低比抵抗は、調査地域中央部の低比抵抗帯に連続するものである。この比抵抗帯は深部ほど分布範囲を増し、周辺の低比抵抗帯を包括し、ラブエルティカ南方の高比抵抗帯をとり囲むように分布している。又、この低比抵抗帯の分布位置には地質より推定される断層が存在する、鉍化変質帯等の地表徴候がないなどの点から断層破碎帯の影響を反映した低比抵抗帯であると考えられる。

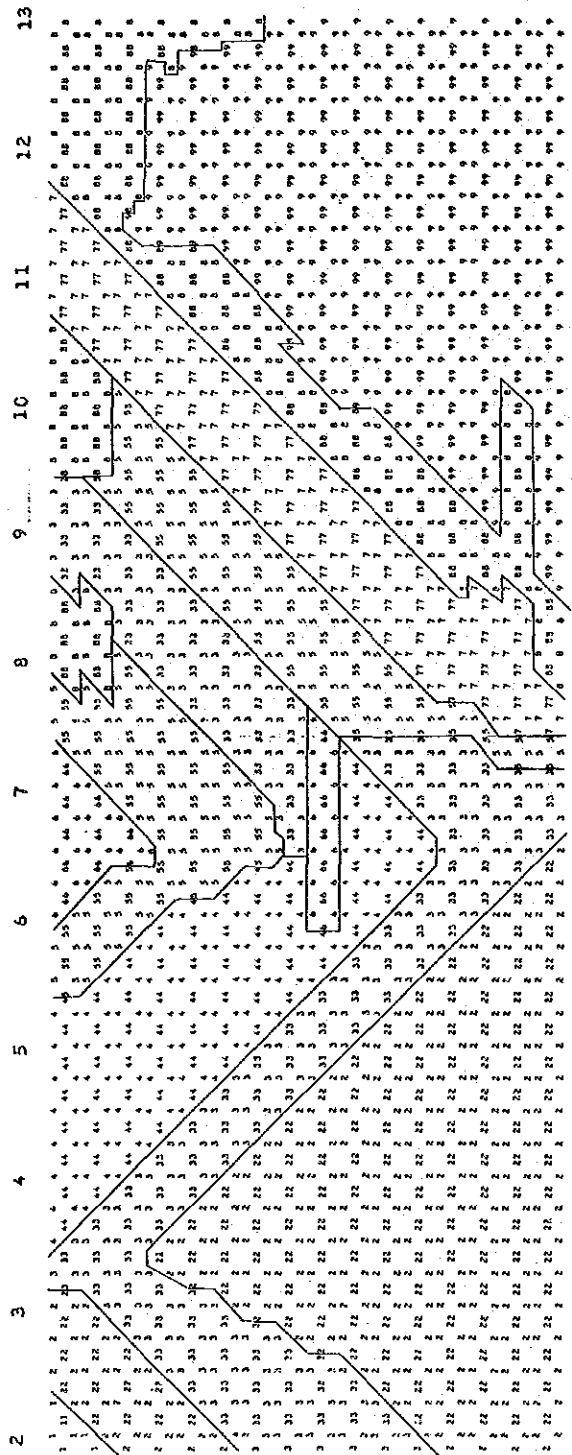
破碎帯の影響を反映していると考えられる低比抵抗帯は、アルトサンフランシスコ~エルポトレロ~ロモロスモンハス (Lomo Los Monjas) を結ぶ付近に北東-南西方向で認められる。

これら検出された各々の比抵抗帯は、ほぼ一定の値で深部へ連続しており、分布形態、範囲とも大きな変化は認められない。



IP MODEL ON CODE

LINE-PA CLNSIA-2



C O D E    1   2   3   4   5   6   7   8   9   A   B   C   D   E   F   G   H   K   L

RESISTIVITY-X(OHM-M)    250 250 150 300 150 160 150 150 150 350 150 0 0 0 0 0 0 0 0

RESISTIVITY-Y(OHM-M)    250 250 150 300 150 160 150 150 150 350 150 0 0 0 0 0 0 0 0

C O D E    1   2   3   4   5   6   7   8   9   A   B   C   D   E   F   G   H   K   L

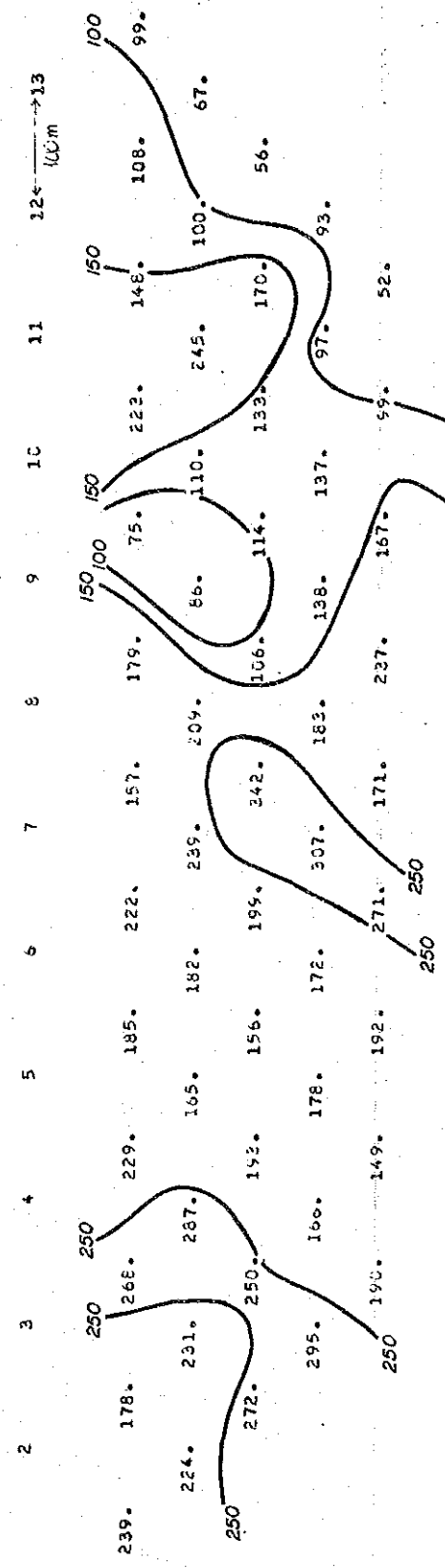
FE-X(PERCENT)    3.0 5.0 4.0 3.0 1.0 1.0 2.0 9.0 3.0 3.0 0.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

FE-Y(PERCENT)    3.0 5.0 4.0 3.0 1.0 1.0 2.0 9.0 3.0 3.0 0.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

RESULTS OF MODEL CALCULATION

LINE-PA CLNSIA-3

RESISTIVITY(OHM-M)



FREQUENCY EFFECT(PERCENT)

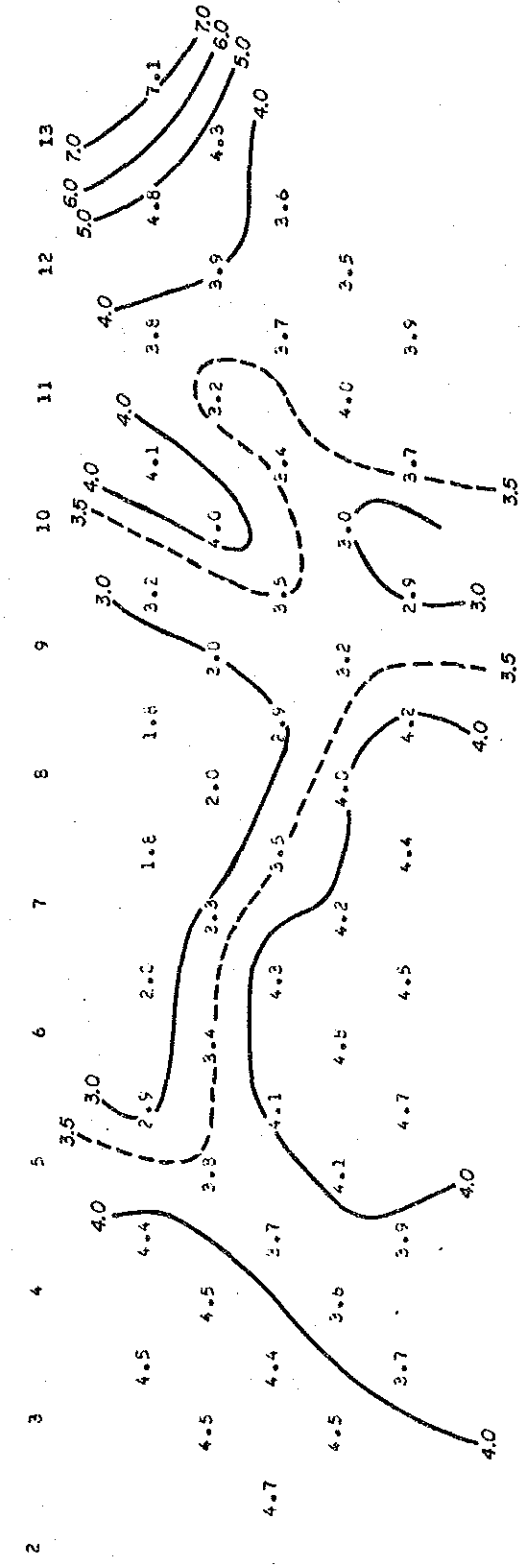
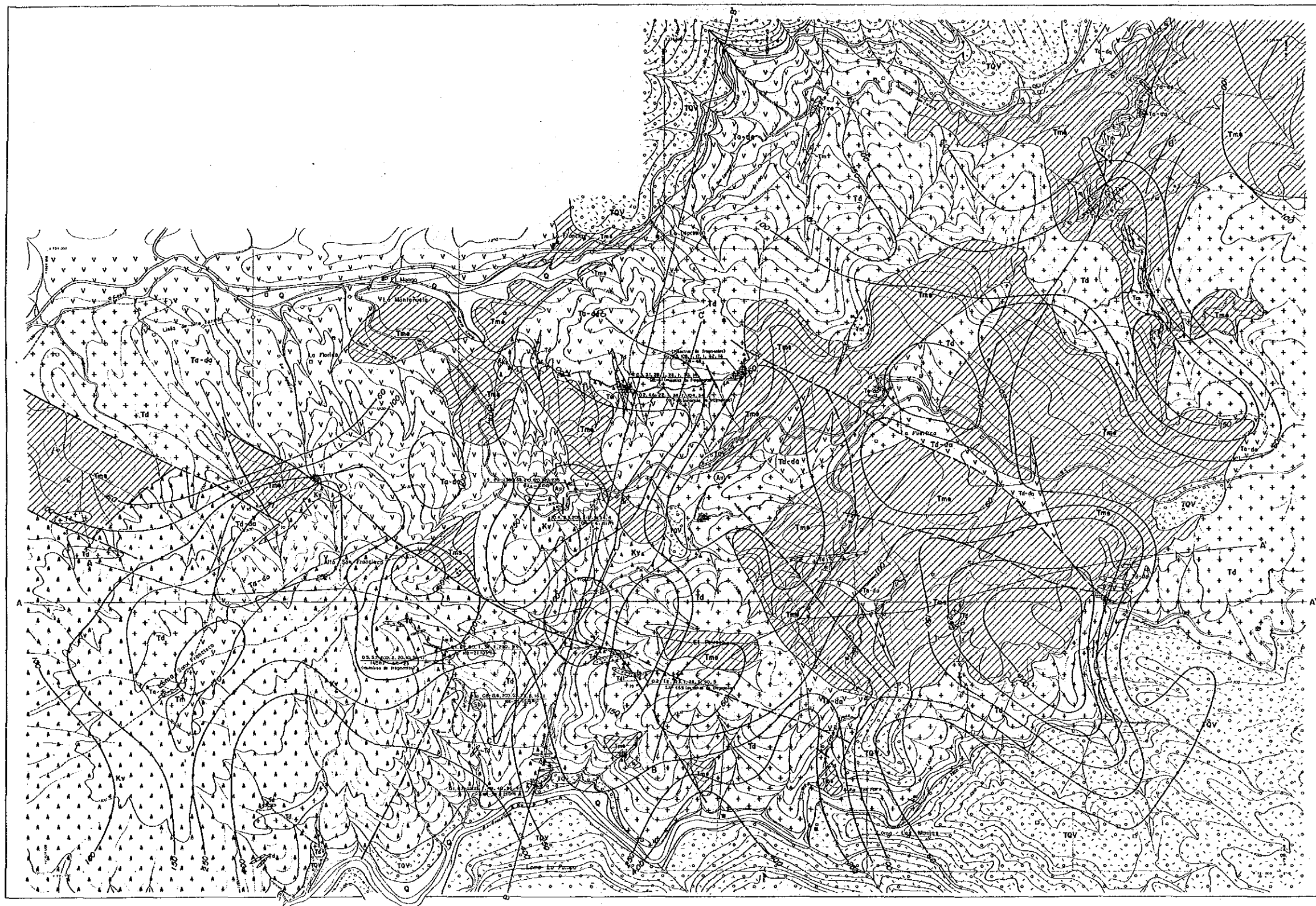


Fig. 3-2-7 SIP法PA測線のシミュレーションモデル





0 500 m

LEYENDA

ROCAS ESTRATIFICADAS

CENOZOICO	Quaternario	Q	Depósitos no consolidados	Arcillas, arena gruesa
	Terciario	TQV	Formación Payán	Tabas Bancos volcánicos Lupas Flujos pirclásticos
		Tme	Formación Esmita	Lajas Liravillas Pirreces Conglomerada
		Tem	Formación Mosquera	Lajas Liravillas Pirreces Conglomerada
MESOZOICO	Cretácico	Ks	Rocas sedimentarias Cretácicas sin casificar	Limonas Arcillas
		Kv	Grupo Drobaco	Dobacos Basaltos Gneissos Limonas
		Kio	Oñofitos	Porfíridos Presa Blanca
PALEOZOICO	Carbonífero	Pzm	Grupo Chimarcoc(?)	Esquistos verdes Esquistos azules-roses Cuarcitas

ROCAS IGNEAS

Terciario	Tdi	Dobacos
	Tr	Riolitas Cuarcos-Perilitas
	Tada	Andalita Perilitica Dacita Perilitica
	Tm	Moradorita
Terciario	Td	Granodiorita Diorita Cuarcodiorita
	Zona silicificada	
▲ Mineralización de Sulfuros		
/ Falla		
/ Veza cuarçifera		
Esquistosidad		
Rumbo Y buzamiento		
A Línea de costa		
⊙ Parte mineralizada		
1000m Curvas de isoresistividad		

Fig. 3-2-9 CSAMT 法による見掛比抵抗平面図 (512Hz)



## ○比抵抗断面

### A—A' 断面

本断面は調査地区のほぼ中央部を東西に横断するものである。

Na 3 5 ~ Na 5 5 間には比抵抗変化が顕著であり断層が推定される区間がある。その両端は比較的水平的な層構造を呈している。比抵抗変化の大きい区間の測定 Na 5 5 ~ Na 5 3 にかけては高比抵抗岩体の盛り上がり認められ Na 1 0 4 , Na 5 3 付近には断層が推定される構造がみられる。この高比抵抗岩体は Na 5 5 ~ Na 5 4 付近では地表下 200 m 付近に頂部が考えられ、その上部に 100 m 程度の層厚をもつ 50 Ωm 未満の低比抵抗帯がみられる。

### B—B' 断面

エルポトレロ〜ラプエルテイカを通る断面である。

A—A' 断面と同様中間層に低比抵抗がみられる。この中間層は 50 Ωm 以下であり、ほぼ 100 m ~ 150 m の層厚を呈している。

Na 6 9 付近には断層が推定され地表から 50 Ωm 以下の比抵抗がみられる。又、この断面では、第 1 層目及び第 2 層目まで 100 Ωm 以下の比抵抗がほとんどであり、その層厚は約 300 ~ 350 m である。

### C—C' 断面

B—B' 断面の西側にほぼ平行に設定された北北東—南南西の断面である。

測点 Na 1 0 7 ~ Na 5 5 付近には 100 Ωm 以上の比抵抗が厚く分布している。Na 5 5 付近は逆に 100 Ωm 以下の中間層が厚い。

Na 4 8 以南は 2 層構造であり、高比抵抗が分布している。

これら 3 断面に共通することはエルポトレロ周辺の比抵抗構造が非常に複雑であり、小規模な断層、構造線が多く推定される。又、B—B' 断面は他の 2 断面に比べ第 1 層目、第 2 層目の比抵抗が低く、その層厚は 300 m 程度である。この比抵抗はエスマタ層に対する。

一方、A—A' 断面の Na 3 6 ~ Na 1 7 付近までは輝緑岩を反映したと考えられ高比抵抗がみられるが、更に西方では中間層の 100 Ωm 以下の比抵抗帯が厚く分布する傾向が認められる。同傾向の認められる周辺の地質構造では多く推定断層が存在しており、その影響を反映しているとも考えられる。

## 2—7—2 SIP 法解析結果

CSAMT 法により鉍化変質作用の影響を主に反映したと考えられた低比抵抗帯及び地質・地化学探査等の結果も加味して抽出された地域に測線 2 本を設定し SIP 法電気探査を実施した。この 2 測線をそれぞれ測線 PA, PB と呼称し以下にその結果を述べる。

#### ○ 測線 P A

この測線の見掛比抵抗は、測線の中央部の Na 7 ~ Na 9.5 の地表付近に  $150\Omega m$  以下の低い比抵抗帯が認められる他は  $150\Omega m$  以上のものが優勢である。この  $150\Omega m$  以上の分布する地域の中で特に高い比抵抗帯として捕捉されている  $250\Omega m$  以上の分布域は、Na 4 以北、Na 6 ~ Na 9 の深部及び Na 11 ~ Na 13 の深部の 3 箇所認められる。この 3ヶ所の高比抵抗帯域内には IP 効果の高い異常帯が把握された。位相差  $-30\text{mrad}$  以上の異常帯は測線の両端に捕捉されている。この 2つの異常は Na 7 ~ Na 9 の深部で  $-30\text{mrad}$  の位相差により連続している。

PFE 擬似断面では、3%以上の値が優勢であり、Na 6 ~ Na 10 の  $n = 1 \sim 3$  付近を除く全域に分布している。この 3%以上の異常帯分布域は  $-20\text{mrad}$  以上の位相差の分布域に対応している。

異常源の存在を推定出来る異常帯は PFE 擬似断面では、位相差擬似断面及び 3 P T デカップル擬似断面同様 3 箇所検出されておる。

#### ○ 測線 P B

この測線の見掛比抵抗は  $100\Omega m \sim 700\Omega m$  の範囲で分布している。 $100\Omega m \sim 450\Omega m$  の分布範囲が測線 P A と同様であり、IP 効果の強い異常は  $150\Omega m$  の比抵抗が優勢に分布するところにみられる。これらの見掛比抵抗の分布範囲は CSAMT 法の比抵抗分布とはほぼ一致する。

$250\Omega m$  以上の比抵抗帯の分布範囲は測線 P A より広く認められ、測線 P A より変質の少ない高比抵抗岩体が広範囲に分布していることを示唆している。

測線北西端に検出された異常帯は測線 P A よりまとまりのある示徴形態を示し、更に北西方向に分布する傾向を呈している。測線南西端 (Na 12 以南の深部) に検出された異常帯は Raw Phase では更に南西 (Na 16 以南) に異常源がありその影響を反映した異常のハローと考えられる示徴を呈している。又、測線中央部の異常帯は測点 Na 7 ~ Na 8 の  $n = 2$  付近から南傾斜で Na 10 の深部へ連続した形態を示して分布しているものである。

これら、両測線で捕捉されたそれぞれ異常帯はほぼ NE-SW 系で分布するそれぞれの異常源を反映したものであると考えられる。

特に測線 P A の Na 4 ~ Na 6 の地表付近から Na 8 の深部へ南傾斜で捕捉された異常帯は測線 P B では測線中央部 (Na 7 ~ Na 8) に検出されているものと、両測線のずれを考慮するとほぼ南北に連続した同一異常源を反映したものであると考えられる。

又、両測線で捕捉された 3 異常帯は比較的高見掛比抵抗の分布する地域で検出されており、CSAMT 法の比抵抗分布と調和的である。特に両測線の北西端に検出された IP 異常





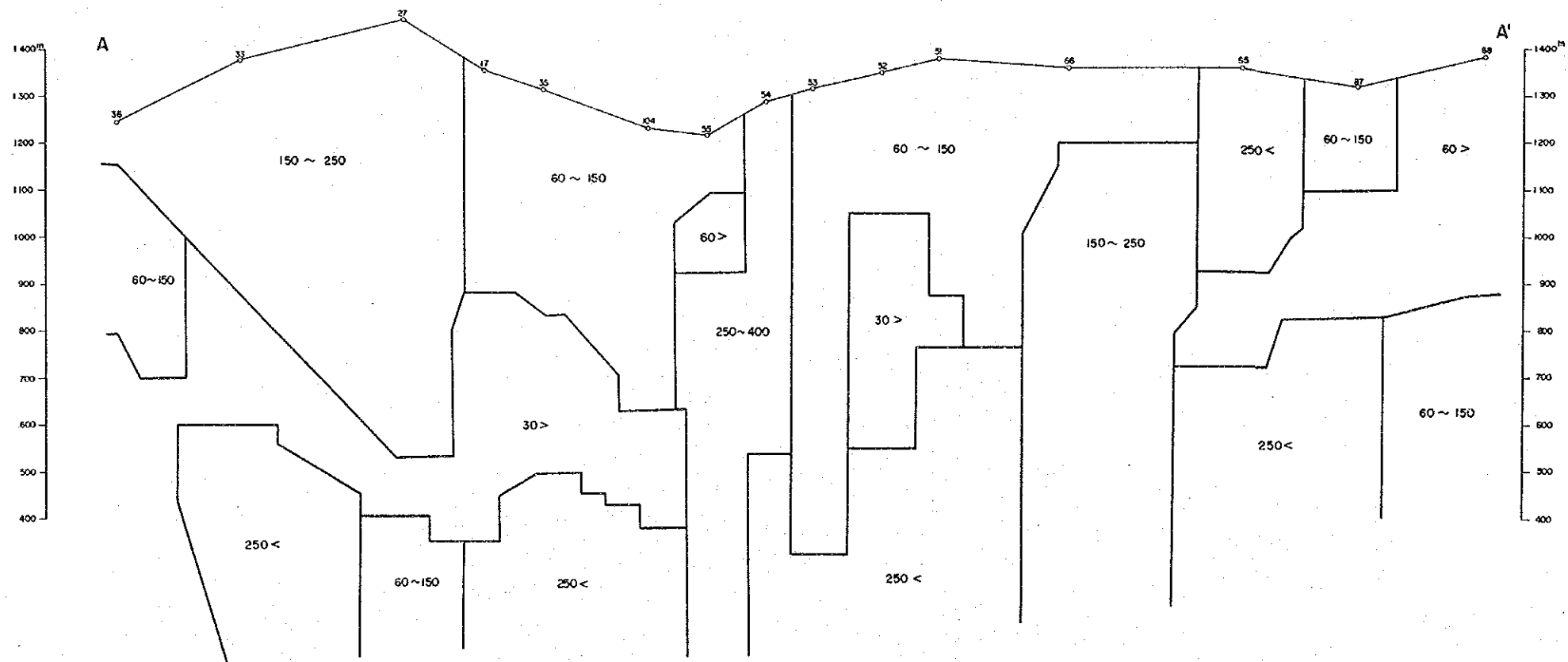
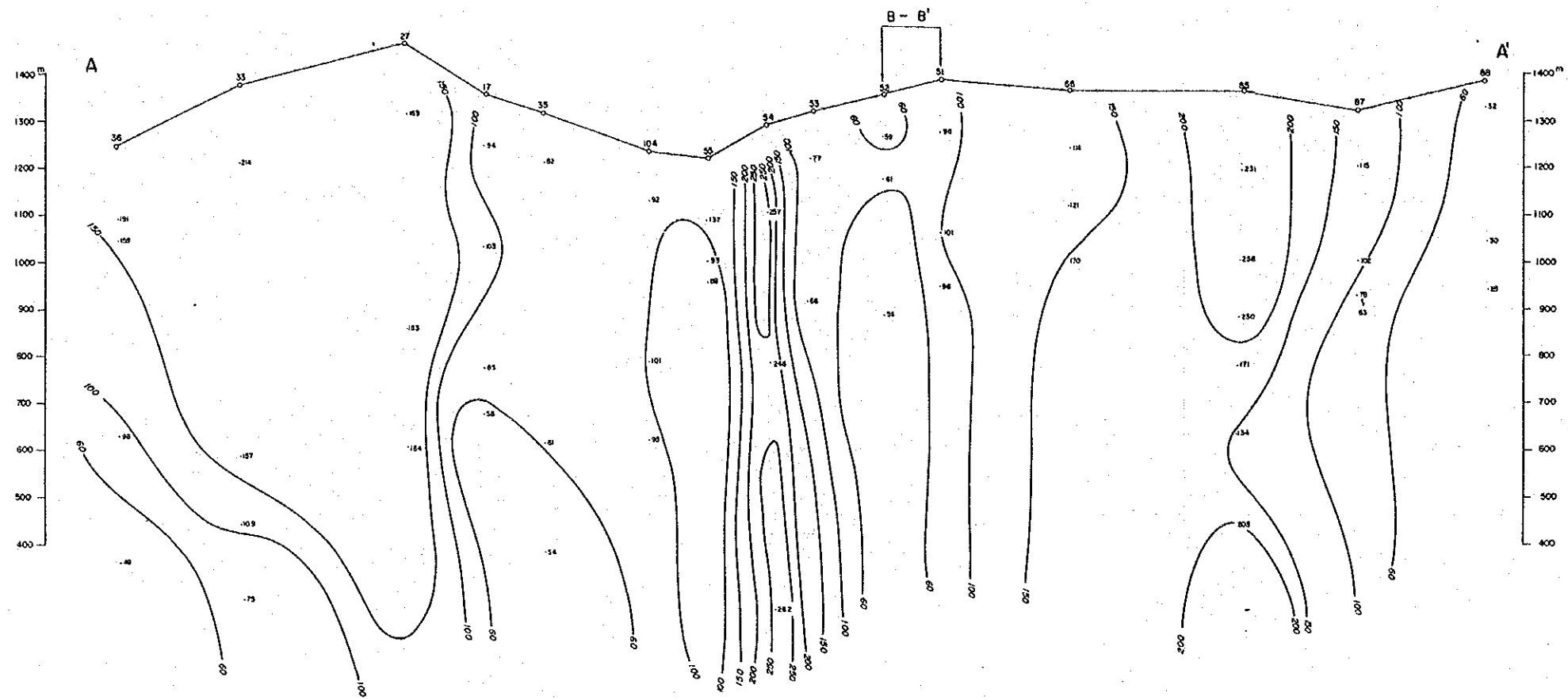


Fig. 3-2-10 CSAMT法による見掛比抵抗断面図 (A-A')

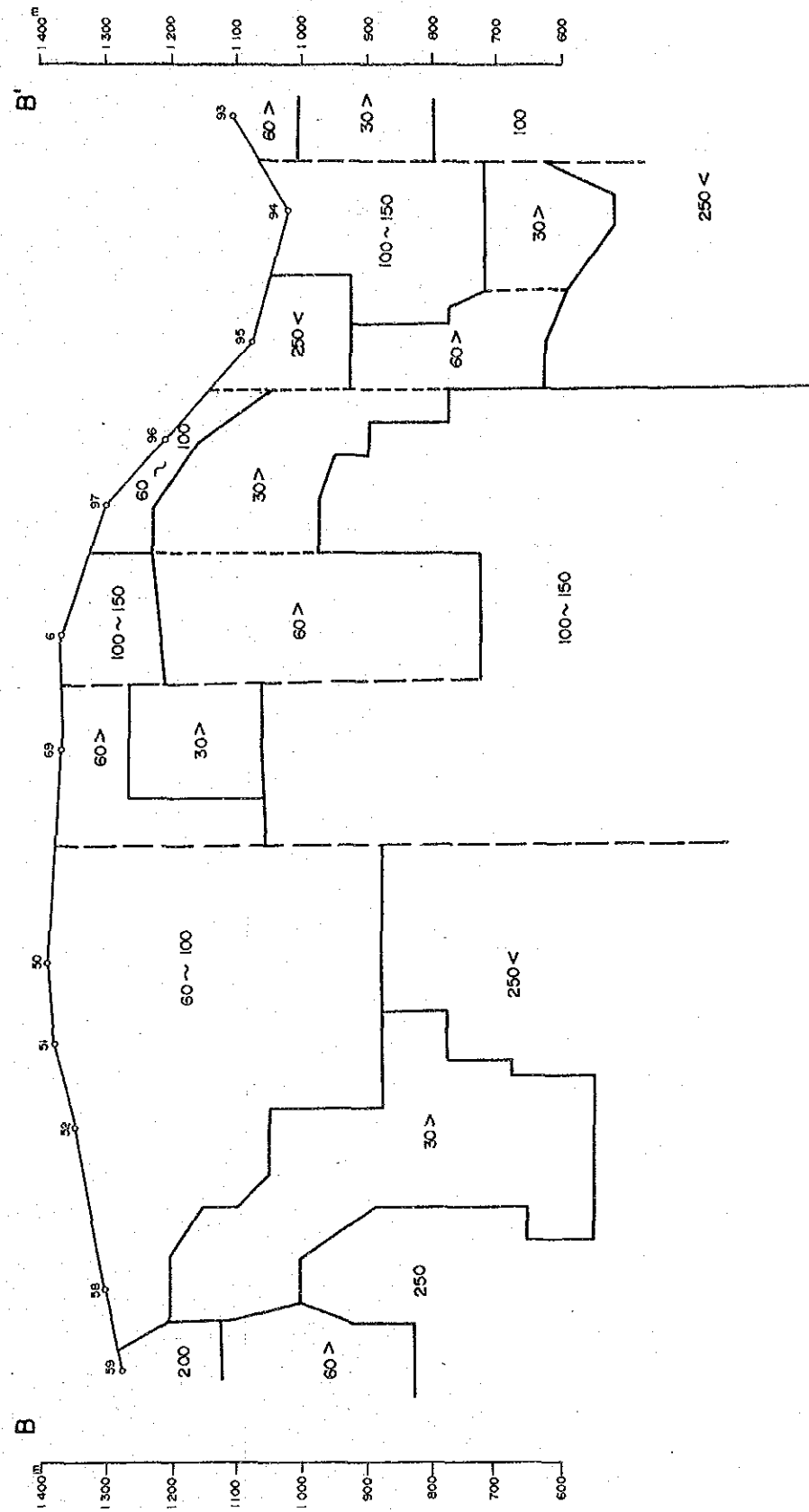
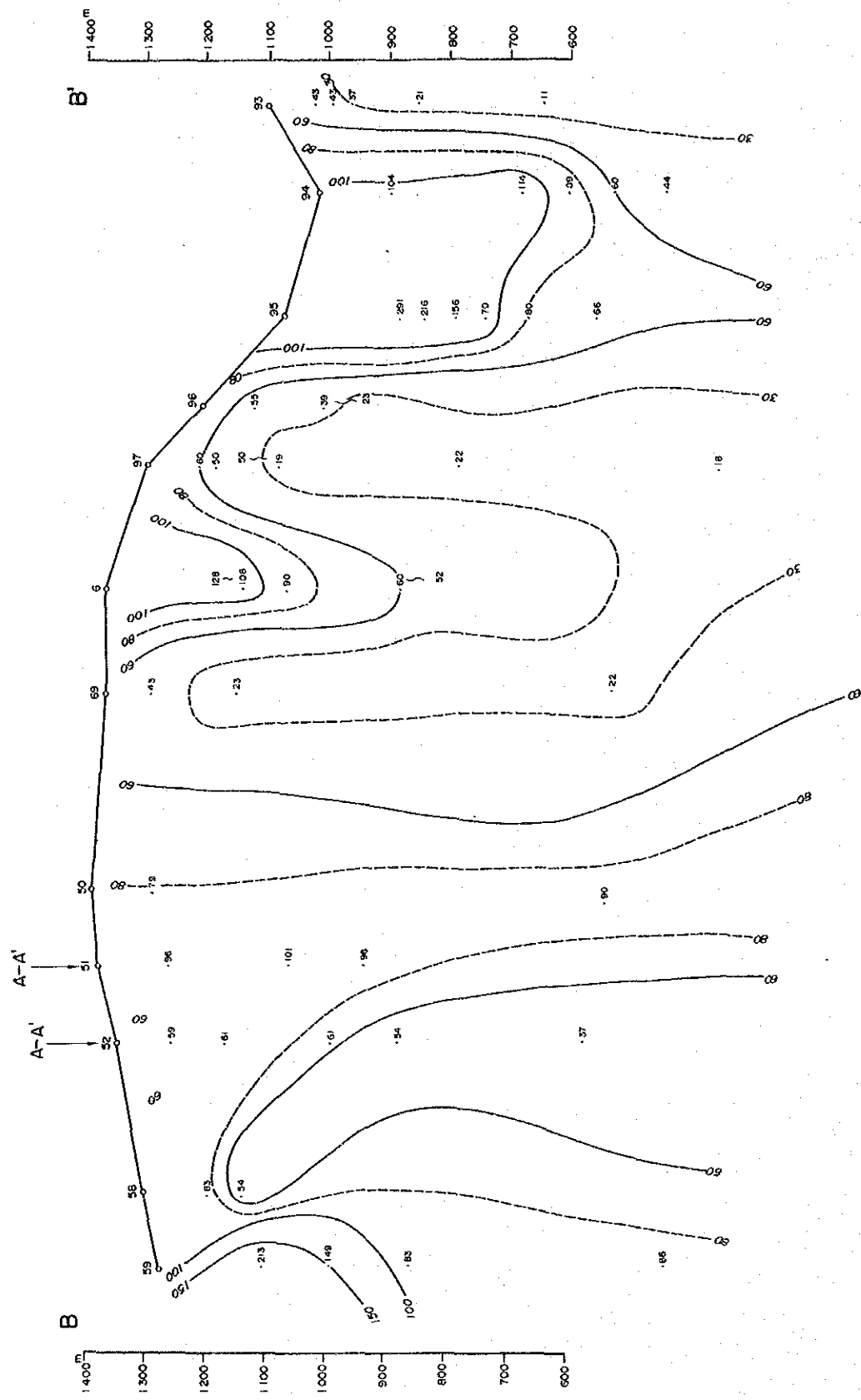


Fig. 3-2-11 CSAMT法による見掛比抵抗断面図 (B-B')

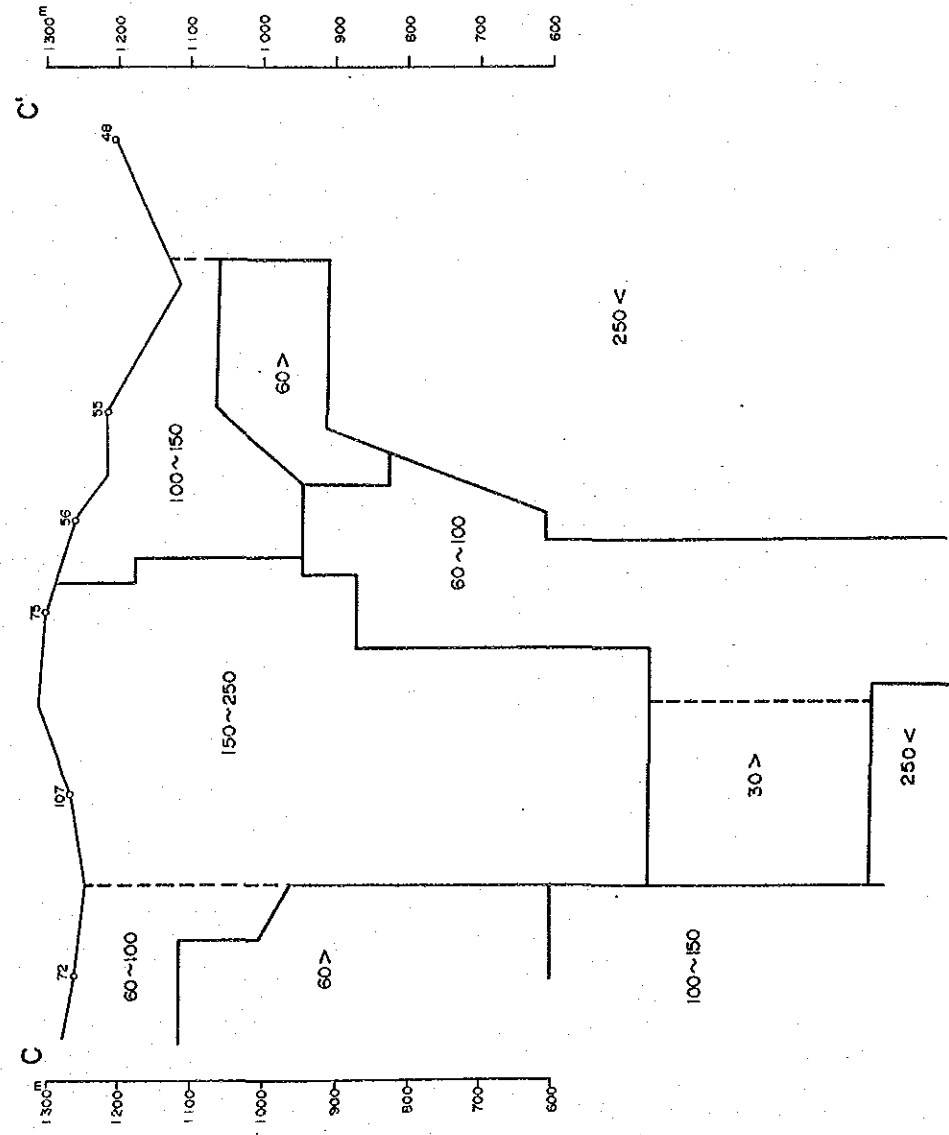
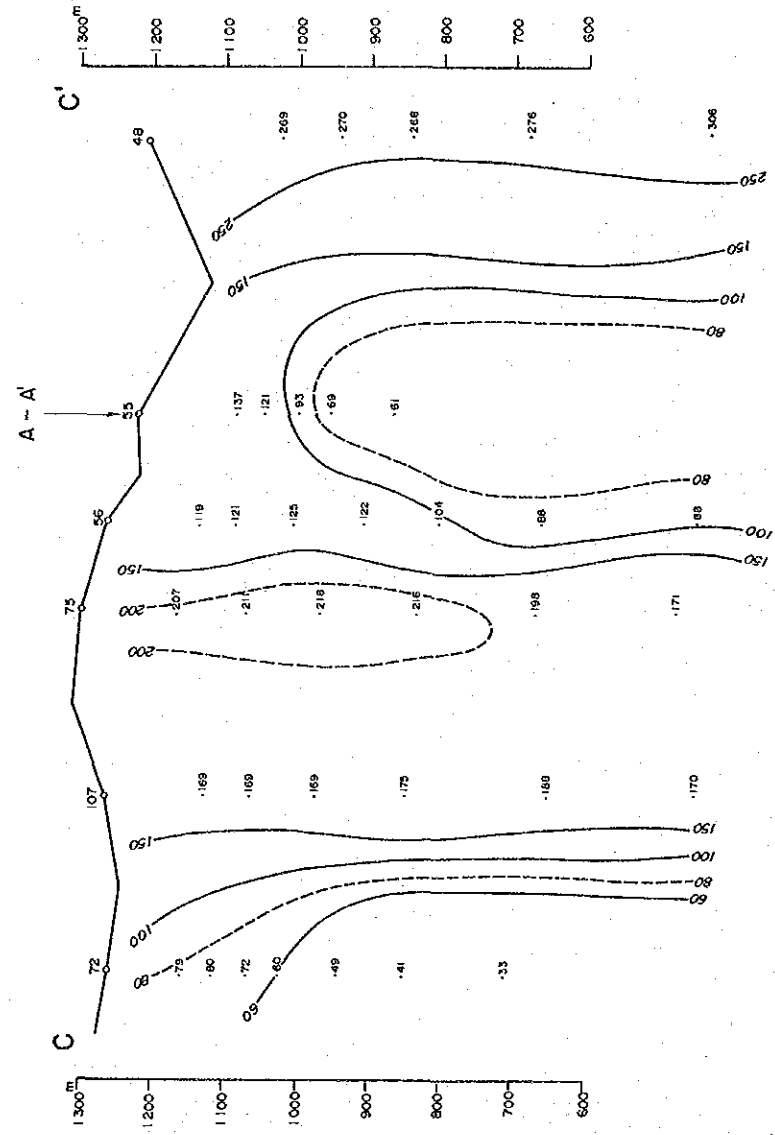


Fig. 3-2-12 CSAMT法による見掛比抵抗断面図 (C-C')

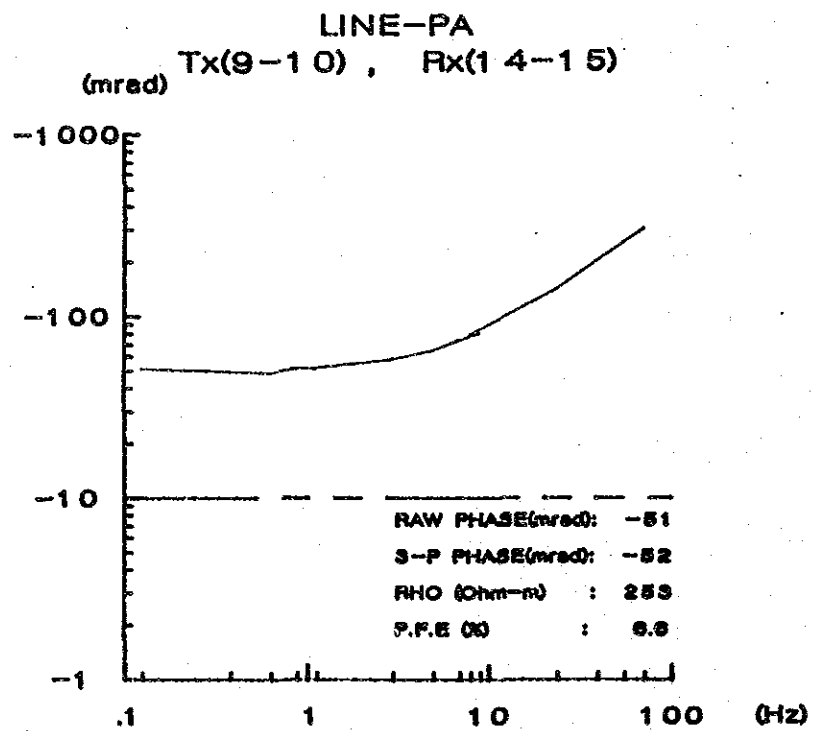
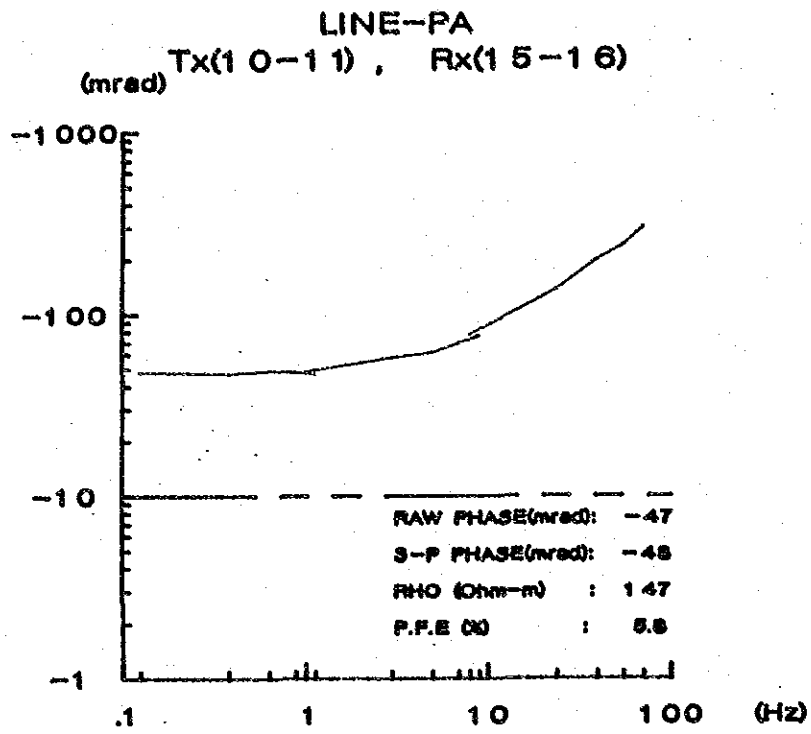


Fig. 3-2-13 SIP法によるスペクトル特性 (PA測線)

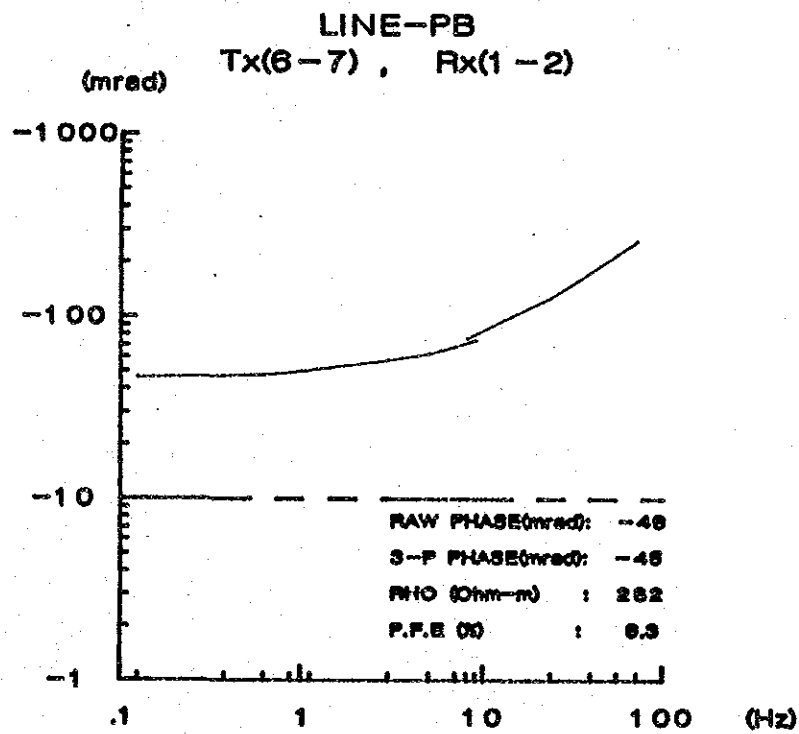
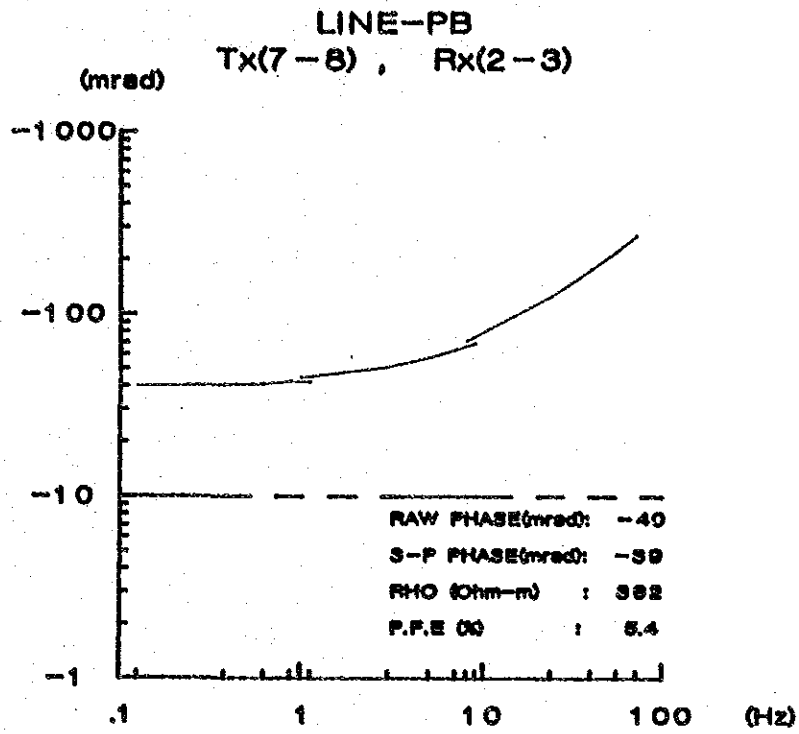


Fig. 3-2-14 S I P法によるスペクトル特性 (PB測線)



帯 (A異常帯)はCSAMT, SIPでいずれも $150\Omega m$ である。一方, 南西端に捕捉された異常帯 (C異常帯)は若干低く北傾斜で捕捉された3%以上の異常帯である。この異常はRaw Phase, 3 ptデカップルド Phase等では顕著な異常として捕捉されていない。

測線両端に検出された2つの異常帯のスペクトルタイプはいずれも硫化物に起因すると一般にいわれているものであるが, このスペクトルを詳細に検討した結果, この両者には若干の相違が認められる。測線の北西端に検出されたスペクトルタイプの主なものは, 低周波数領域において周波数の増加に伴う位相の増加の認められない一定か, あるいはわずかながら上昇する傾向のみられるタイプである。又, 測線南西端に検出されたスペクトルタイプの主なものは, 低周波数領域において周波数の増加に伴い徐々に位相差の減少がみられるタイプであるが, この両異常帯には両タイプのスペクトルが混在している。

又, この両異常帯には, IP効果において差は認められないが比抵抗差が認められる。このようなことが, スペクトルタイプの相違として検出されたとも考えられる。

一方, 測線中央部のNo 9~No 10付近に検出された異常帯 (B異常帯)のスペクトルタイプは, 測線の北西端のタイプに類似するものであるが,  $0.625\text{Hz}-0.875\text{Hz}-1.125\text{Hz}$  付近に変化の認められるものである。またこの異常帯は前述した2異常帯よりIP効果の弱い異常源に起因したものである。