

ペルー共和国中部地区

鉍物資源開発基礎調査報告書

第 6 卷

JICA LIBRARY



1035188101

昭和53年2月

国際協力事業団  
金属鉍業事業団

國際協力事業団	
納入 月日 '84. 3. 30	709
登録No. 02295	66.1
	MPN

## は し が き

日本政府はペルー共和国政府の要請に応え、同国中部地区の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質等の調査を実施することとし、この調査を国際協力事業団に委託した。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的な分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に依頼することとした。

本調査は実質的に4ヶ年にわたって行われるもので、本年はその第3年次における上記調査の一環として、三井金属エンジニアリング株式会社吉川恵章氏を団長として17名からなる地質・地化学調査団・物理調査団および試錐調査団を編成して、昭和52年6月10日から昭和52年11月20日まで現地に派遣した。現地調査は、ペルー共和国政府関係機関の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第3年次実施した本調査地域ないにおける地質・地化学調査、物理探査・試錐調査、及び空中写真図化の結果をとりまとめたものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力をいただいたペルー共和国政府・関係機関並びに通商産業省、外務省、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53年2月

国際協力事業団

総裁 法眼晋作

金属鉱業事業団

理事長 平塚保明

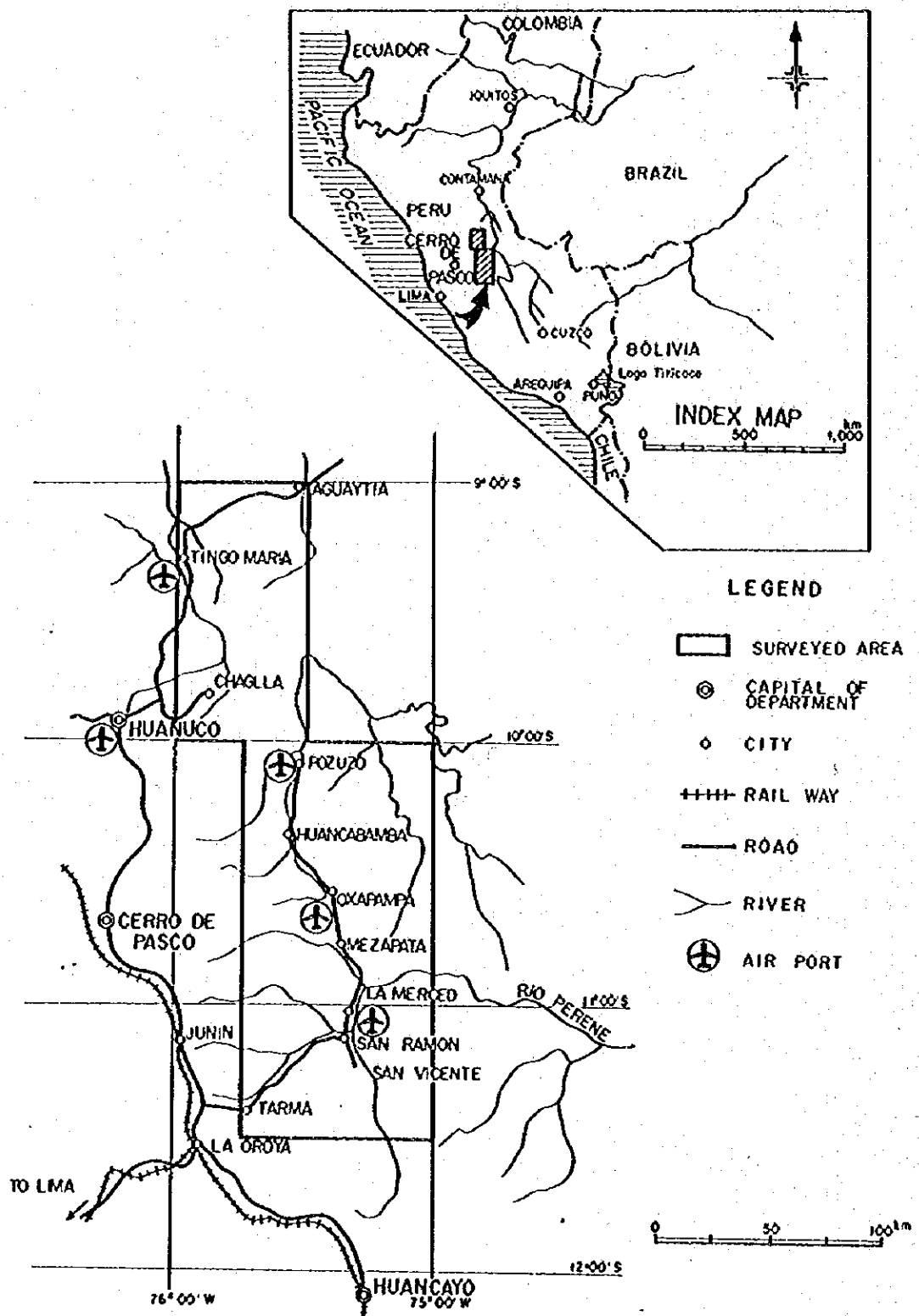


Fig. 1. Location Map of the Surveyed Area

# 総合目次

はしがき  
位置図 (Fig. 1)

要約 ..... Ⅱ

総論 ..... Ⅰ

## 各論

第Ⅰ部	地質調査	.....	Ⅰ-1
第Ⅱ部	物理探査	.....	Ⅱ-1
第Ⅲ部	試錐工事	.....	Ⅲ-1
第Ⅳ部	地形図作成	.....	Ⅳ-1

Appendices

## 要 約

この調査は、ペルー共和国中部地区における鉱物資源開発基礎調査の一環として実施された。調査の目的は

- (1) 層状鉛・亜鉛鉛床の賦存が期待される Pucara (プカラ) 層群の分布を明らかにし、鉛床賦存の可能性の高い地域を抽出すること。
- (2) 層状鉛・亜鉛鉛床に対する最も適当な探査方法ならびに方針を明確にすることにあつた。

現地調査は、昭和52年6月から11月にいたる期間に、地質調査、地化学探査、物理探査、試錐が行なわれ、室内解析は、昭和52年9月から、昭和53年2月にいたる期間に、それぞれ実施された。

調査地域内に分布する岩相類は、先カンブリア紀の変成岩類、古生代デボン紀より新生代第三紀まで断続しながら堆積した堆積岩類、さらに古生代末期から中生代および新生代第三紀までの間、断続的に活動した火成岩類がある。これらの岩相類は、基本的にNNW-SSE方向を示し、主として西部に火成岩類・変成岩類が、東部に堆積岩類が分布している。堆積岩類のうち Pucara 層群は、調査地域において主として火成岩帯の東側に分布している。このNNW-SSE方向は、この地域における地質構造の主要方向であり、この方向を軸とする向斜構造および背斜構造が発達し、さらに同方向の断層(正断層および逆断層)とこれらの構造を切るNW-SEE方向およびNEE-SWW方向の断層も発達している。

調査地域には、主として南部において層状鉛・亜鉛鉛床、鉛染状鉛・亜鉛、スカム型銅・鉛・亜鉛鉛床、脈状銅・鉛・亜鉛鉛床および斑岩型銅鉛床などがあるが、これらのうち Pucara 層群の中に胚胎する層状鉛床および鉛染状鉛床が最も重要である。両者はいずれも Pucara 層群のドロマイト層に胚胎しており、調査地域内では San Vicente (サンビセンテ) 鉛床、Pichita Caluga (ピチータカルガ) 鉛床および Tambo Maria (タンボマリア) 鉛床などの層状鉛化作用があり、また、San Roque (サンロケ) 鉛染状鉛床がある。層状鉛化作用は、ドロマイトのうち特に縞状構造の発達したところで褶曲・断層など構造的乱れの在るところに顕著である。San Roque 鉛染状鉛化作用は地表に認められたほか、本年度実施された4本の構造試錐でも鉛・亜鉛の鉛染が泥質炭酸塩岩中ないしその直上に確認された。いずれの鉛床においても元素の移動による濃集体で、層状鉛・亜鉛鉛床は鉛染状鉛化作用により本源的に沈澱した亜鉛の発展したものであることも考察される。

この考察は、地質鉛床学的・鉛物学的解析とともに、岩石による地化学探査の結果にもとづいている。すなわち、岩石による地化学探査の解析により高い値のサンプル頻度が多い San Roque 型異常帯と、低い値のサンプル頻度が多い Tambo Maria 型異常帯とが抽出されたことによる。特に後者の異常帯は層状鉛化作用の認められた Tambo Maria 示徴付近で

縞状構造を有するドロマイトの分布とはほぼ一致しているのが特長的で、この種の鉛床の探査に地化学探査のかかる考察は極めて有効な手法と思われる。

また、調査地域における土壌による地化学探査の結果によれば、Pucara 層群の中に顕著な亜鉛異常帯が確認され、閃緑岩・斑岩および脈状鉛床の存在するところに銅異常帯があり、さらに変成岩類や閃緑岩の分布域においてニッケルの異常帯が分布していた。この結果、亜鉛は層状鉛・亜鉛鉛床の探査に有効であり、銅・ニッケルは、岩相の区分と一部鉛化示徴の検討に有効であることが判明した。

物理探査は重力探査と電気探査を実施した。重力探査では再結晶ドロマイトが特に高密度であったため特に Oxapampa (オクサパンパ) 付近に分布する最も重要なドロマイトの分布と構造を把握することができた。しかし電気探査はこの種の鉛床の探査に適していないことが明らかとなった。

以上のような、調査結果の検討により、Pucara 層群中の層状鉛・亜鉛鉛床の賦存の可能性の高い地域は調査地域の南部の Oxapampa 周辺に位置する Tambo Maria および San Roque 付近などであり北部地域においても、地化学探査による亜鉛異常帯のあった Rio Huallaga (リオワリヤガ) 流域、Tambode Vaca (タンボデバカ) 付近が、今後の調査結果によつては、有望地域となりうることが明らかになった。また、これらに対して、下記の探査方法をとることが有効であることも明らかとなった。

(1) Pucara 層群の層序と構造、特にドロマイトおよび泥質炭酸塩岩の分布・構造ならびに古堆積環境考察のための構造調査。

(2) 鉛・亜鉛を対象とした岩石による地化学探査。

したがって、今後の調査方針として

1) Oxapampa, Tambo Maria および Pusagno (プサグノ) などの潜頭鉛床賦存の可能性が高い地域に対しては、

① 地質調査およびトレンチ調査

② 微量成分の分布調査

③ 構造試錐

を実施すべきである。

2) 一方、北部地域についても Rio Huallaga, Tambo de Vaca 地域において

Oxapampa 地域における調査に準じた予備調査を実施すべきである。

# 總論



# 総 論

第1章 序 論 .....	3
1-1 調査の目的 .....	3
1-2 調査の経緯 .....	3
1-3 調査の概要 .....	4
1-4 調査団の編成 .....	5
第2章 調査結果の概要 .....	7
2-1 地質調査結果 .....	7
2-2 地化学探査結果 .....	8
2-3 物理探査結果 .....	9
2-4 試錐結果 .....	11
2-5 鉍 床 .....	12
第3章 結論および将来への展望 .....	14

## 参 考 文 献

## LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. 1. Location Map of the surveyed area.
- Fig. 2. Areas and Methods of the field works carried out from 1975 to 1977.
- Fig. 3. Accessibility Map of the surveyed area.
- Fig. 4. Generalized Geological Map of the surveyed area.
- Fig. 5. Recommendation Map.

## LIST OF TABLES

- Table 1. Entire field works carried out from 1975 to 1977 in the surveyed area.
- Table 2. Period of the surveyed works in 1977.

## 第 1 章 序 論

### 1-1 調査の目的

この調査は、ペルー共和国中部地区の Junin (フニン)、Pasco (パスコ)、Huanuco (ウヌコ) 各県の東部地方における鉱物資源開発基礎調査として計画された約 20,000 km<sup>2</sup> の範囲において実施された。調査の目的はこの調査地域に層状鉛・亜鉛鉛床の賦存が期待される Pucara 層群の分布と、その構造を明らかにし、その中でも鉛床賦存の可能性の高い地域を抽出すること、そして最も適当な調査の方法を明らかにすることなどであった。

### 1-2 調査の経緯

計画された 20,000 km<sup>2</sup> の地域は、その南部地域の一部を除き開発がやゝ遅れている地域である。これらの地域の開発を促進するため 1974 年ペルー共和国動力鉱山省は、コルデラ・オリエンタル開発計画を立案し Side Looking Airborne Radar (SLAR) モザイクで当調査地域を含む Cordillera Oriental (コルデラオリエンタル) をカバーし、それに基づく地質解析を行なった。この調査は、それを引継ぐような形で 20,000 km<sup>2</sup> の広大な地域を対象にして 1975 年に開始された。しかし調査に必要な地形図・空中写真などは完備されてなく、従って SLAR (スラー) モザイクをもとに、それに基づく地質解析図の現地チェックを行ない、同時に鉛床に関する基礎的な情報を得るための地化学探査からなる広域的予察から実施した。この予察調査は、1975 年～1976 年にかけて実施した。その結果、当初の目的である Pucara 層群の分布が明らかになり、さらに南部地域にある San Vicente 鉛山の母岩である Pucara 層群が層状鉛・亜鉛鉛床の母岩として重要であることが明らかになった。このことから、調査地域をほぼ 1976 年は南部で Pucara 層群分布域にて中精査ならびに精査を実施し、Pucara 層群の層序・鉛床賦存状況など多岐にわたる調査検討を行なったが、層状鉛・亜鉛鉛床と Pucara 層群中のドロマイトとの関係が密であることも判明し、本年度の地質調査と、更に物理探査・構造試錐など、よりくわしい情報を得るための調査に移行してきた。地質調査は、初期の予察調査を除いては全て地形図を使用した。調査開始当時、地形図の完備されていない地域に対しては既存の空中写真を使用するの図化、また今回の調査のために特に撮影した空中写真を使用するの図化を行ない地質調査などに利用した。

これまでに実施された作業のすべては Fig. 2, Table 1 に示した。

### 1-3 調査の概要

#### 1-3-1 調査範囲

##### 地質調査

精査	6地域	約 100Km <sup>2</sup>
中精査	4地域	約 300Km <sup>2</sup>
予察	3地域	約1,000Km <sup>2</sup>
物理探査	1地域	400Km <sup>2</sup>
試錐	4本	計 9688m

これらの調査範囲は、Fig.2に、また調査地域へのルートはFig.3に示した。

#### 1-3-2 調査の方法および期間

##### (I) 現地調査

地質調査は、1976年に撮影した空中写真の地形図化作業の完成を待ち、昭和52年6月10日より開始した。調査は、精査・中精査および予察をそれぞれの地域において実施した。概ね既刊および今回図化した地形図(1/10,000・1/25,000)を用い、北部地域の予察では、ペルー地質調査所より提供されたSLARモザイクを使用した。

地化学探査は、地質調査と並行して、調査ルート上にて試料の採取を行なった。

物理探査は、南部のOxapampa付近において重力探査と電気探査を行なった。重力探査は、調査地域内にて概ね500mおよび1,000m間隔にて実施した。また、重力測定点の位置は空中写真から図化した地形図より決定し、測点標高は、レベル測量を主に行ない山間急峻部ではボーリン高度計を用い、ペルーIGM(Instituto de Geografico Militar)が測定したOxapampa BMをベースに実測した。電気探査は今後の同探査の適用性を検討するためのもので、これまでに発見された欽化示徴などにおいて短電極間隔法により測定を行なった。

試錐は、Oxapampa西北方にて、4本9688mを実施し、引続きコア鑑定を行なった。

以上の現地作業はすべて11月20日に終了した。(Table 2参照)

##### (2) 解析

現地調査により得られた諸資料と、既存の資料にもとづく調査地域の総合的な解析作業は、今後の最も効果的な、より精密な調査方法の考察とともに現地調査終了後実施された。これらの作業はすべて日本において実施し、その一部は、ペルーで実施した。解析には9月より2月までの6箇月間を要した。なお、今回の解析にはペルー地質調査所のOscar Palacios技師が参加した。

#### 1-4 調査団の編成

現地調査および解析作業は、ペルー共和国地質調査所 ( Instituto de Geologia y Minería ) の協力を得て、三井金属エンジニアリング株式会社が実施した。

現地調査団の編成は下記の通りである。

団 長	吉 川 恵 章	三井金属エンジニアリング株式会社
総 括 渉 外	淵 村 和 次	国際協力事業団
	寺 島 進 世 意	金属鉱業事業団
	森 脇 久 光	"
地 質 調 査 員	佐 藤 弘	三井金属エンジニアリング株式会社
	深 堀 康 昌	"
	田 上 勇 吉	"
	土 居 信 一	"
	林 育 浩	"
	鈴 木 英 夫	"
	斉 藤 稔	"
	菅 原 一 安	"
物 理 探 査 調 査 員	森 林 成 生	"
	竹 村 友 之	"
	木 下 和 彦	"
	田 中 富 雄	"
	大 柳 雅 寒	"
試 錐 調 査 員	坂 本 美 展	"
	谷 川 勝 政	"
	谷 川 育 男	"
	中 山 勇	"

総括渉外	Benjamin Morales A.	ペルー共和国地質調査所
"	Alberto Pool R.	"
"	Carlos Guevara R.	"
"	Julio Caldas V.	"
"	Oscar Palacios M.	"
Counterpart	Victor Pecho G.	"
"	David Davilla M.	"
"	Alberto Aranda V.	"
"	Alberto Gamarra	"
"	Alberto Garro	"
"	Manuel Aldana	"
"	Guillermo Diaz	"
"	Luis Carrera	"
"	Zenen de la Cruz	"

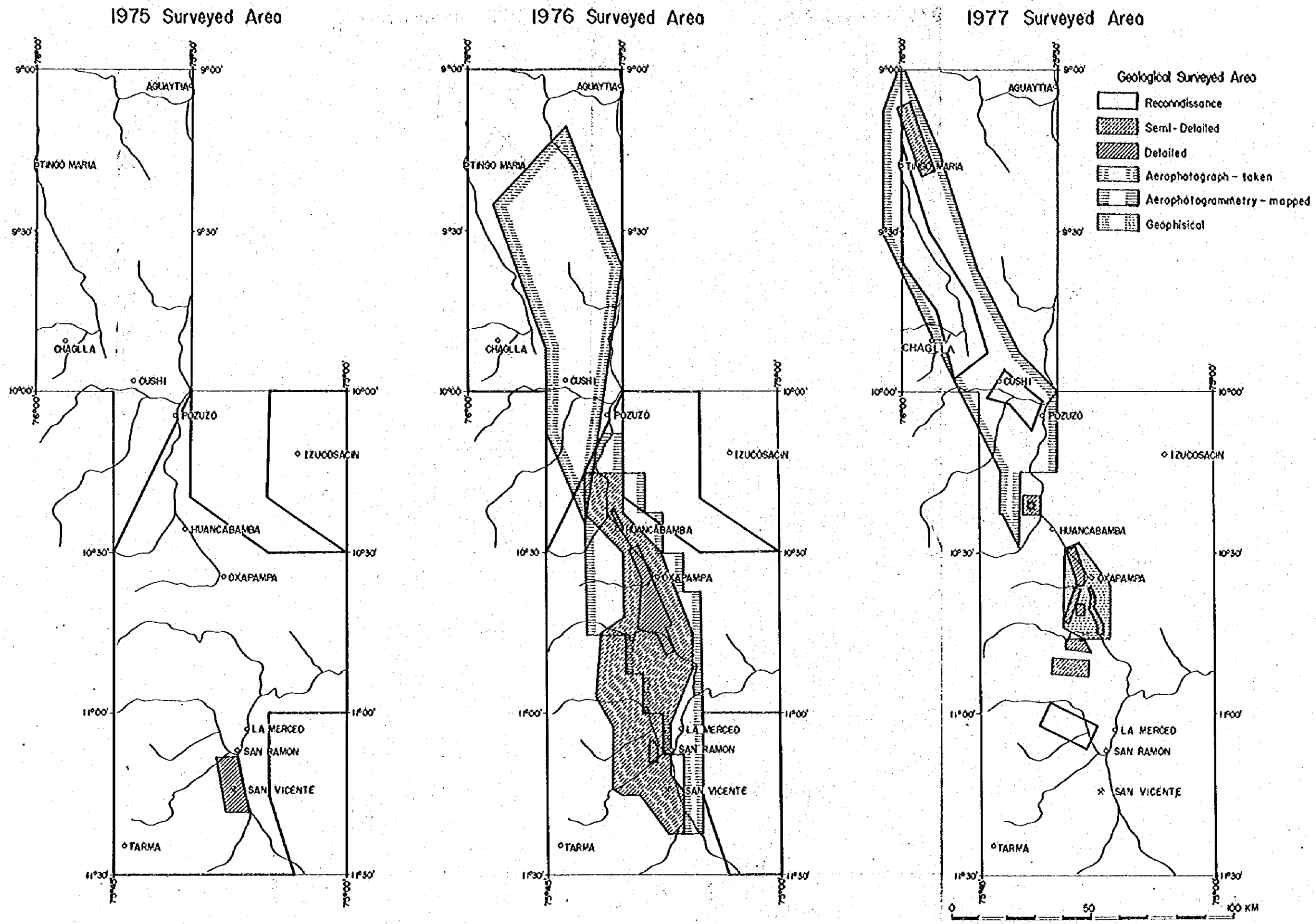


Fig. 2 Location Maps of the Field Works from 1975 to 1977

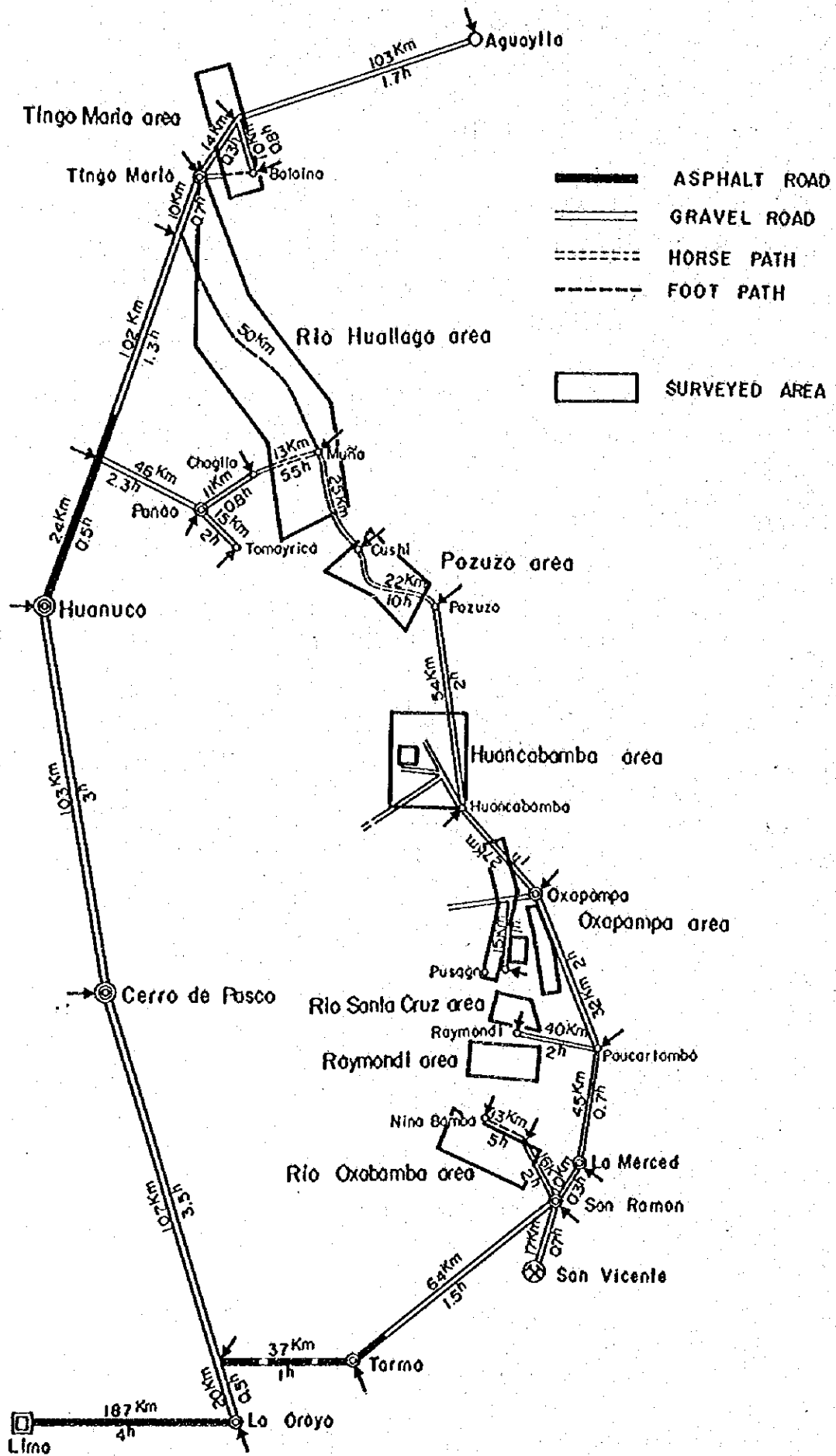


Fig. 3. Accessibility Map of the Surveyed Area



**Table 1. Entire field works carried out from 1975 to 1977  
in the surveyed area**

Items	1975	1976	1977
<b>Geological Survey (km<sup>2</sup>)</b>			
Reconnaissance	10,000	10,000	1,000
Semi-detailed survey	-	2,000	300
Detailed survey	100	259	100
<b>Geochemical Survey (samples)</b>			
Reconnaissance	2,595	1,702	262
Semi-detailed survey	-	2,622	315
Detailed survey	412	2,034	1,185
<b>Geophysical survey (km<sup>2</sup>)</b>	-	-	400
<b>Drilling (m)</b>	-	-	(4 holes) 968.8
<b>Aerophoto taking (km<sup>2</sup>)</b>	-	3,000	-
Topographic mapping	-	3,000	3,400

Table 2. Period of the surveyed works in 1977

Items	1977												1978			
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2						
Geological and Geochemical survey		10			10 (92 days)											
Geophysical survey					6 (68 days)											
Drilling Core logging							23				20 (90 days)					
Topographic mapping	-----															
Analysis and Interpretation										7					10	(157 days)

## 第 2 章 調査結果の概要

### 2-1 地質調査結果 ( Fig. 4 )

本年実施した調査は、調査地域の南部における地質精査と北部・南部における地質中精査および補足的予察調査であった。本年実施した調査とこれまで実施してきた調査との総合解析の結果は下記の通りである。

① 調査地域には、主として西部に火成岩類および変成岩類が、東部には堆積岩類が分布しており、これらの岩層類は、ペルー中部地域の一般的地質構造の方向である NNW - SSE 方向に一致して分布している。

② 変成岩類は、片岩類および片麻岩類から成り主として調査地域の西側において堆積岩類の基盤として、また古生代末期に貫入した花崗岩類のルーフベンダントとして分布している。

③ 西部に分布する火成岩類には

- ・古生代末期に貫入した花崗岩類
- ・中生代ジュラ紀に古生代末期の花崗岩類の東縁付近に貫入した閃緑岩類および花崗岩類
- ・中生代白亜紀にやはり古生代末期の花崗岩類の東縁付近に貫入した花崗斑岩および石英斑岩
- ・新生代第三紀に主として古生代花崗岩類の分布域に噴出した火山岩類

などがあり、また中央部を NNW - SSE 方向で通る断層に沿って貫入した新生代第三紀のモンゾニ岩類がある。

④ 堆積岩類は巨視的に見て、調査地域の西部にはより古い地層が分布し、東部にはより新しい地層が順次分布する傾向にある。それらは、調査地域内において古生代デボン紀から新生代第三紀まで断続しながら堆積しているが、古生代前期二疊紀以前、中生代中部ジュラ紀以前および新生代古第三紀の 3 回にわたり造山運動に伴う主要な堆積作用の中断がある。

⑤ 中生代三疊紀からジュラ紀にかけて堆積した Pucara 層群は、調査地域のほぼ中央部を NNW - SSE 方向で細長く Mitu ( ミツ ) 層群の上位に不整合関係で分布している。西側では古期花崗岩類と断層で境するところもあるが、概ね新期火成岩類に貫かれ、東側では断層または不整合関係をもって新期堆積岩類と境している。

⑥ 本層群は石灰岩・ドロマイト質石灰岩およびドロマイトなどの炭酸塩岩を主とし砂質岩・泥質岩をはさんでいる。調査地域では 6 層に大別され、南部では全層が、北部ではそのうちの上位 3 層 ( 第 IV, V, VI 層 ) が分布していることが観察された。また、本層群の最下部層 ( 第 I 層 ) が標式地の Aramachay ( アラマチャイ ) 累層に對比できたが、第 II 層以上の對比は出来なかった。

⑦ 本層群のドロマイトは第 I 層、第 III 層、第 IV 層、第 V 層などにその主要なもの 5 層群が

見出された。そのうち Oxapampa 南方から Tambo Maria にかけて、また San Vicente 付近に分布する第Ⅲ層のドロマイトが最も大規模で、Oxapampa 付近では厚さ 300 m ないし 400 m、延長 15 km にも達している。

⑥ またドロマイトには随所において、セブラ構造と呼ばれている粗粒白色ドロマイトのバンドと細粒、黒色ドロマイトのバンドとから成る縞状構造を伴っており、San Vicente、Tambo Maria では、この縞状構造をもつドロマイト中に閃亜鉛鉱を主とする鉛化作用を認めた。

⑦ 調査地域には NNW-SSE 方向を軸とする背斜構造と向斜構造とが発達しており、この地域の地質構造の基本をなしている。断層構造は褶曲構造と同方向の NNW-SSE 方向（一部 N-S 方向）の正断層・逆断層とこれらを形成した E-W 方向ないし NEE-SSE 方向の横圧力に関連した E-W 方向、NNW-SSE 方向および NNE-SSW 方向の裂かちが発達している。

## 2-2 地化学探査結果

調査地域では、地質調査と平行し鉛床に関する情報を得るため地化学探査を実施して来た。本年実施した調査とこれまで実施して来た調査との総合解析の結果は下記の通りである。

① 土壌による地化学探査を予察地域・中精査地域および精査地域において実施した。これによる Cu の異常帯は Pucara 層群および花崗岩の中に発達する脈状鉛床付近や、ジュラ紀の閃緑岩や第三紀のモンゾニ岩類など Cu の鉛化示徴が見出されたところの付近において認められた。Pb・Zn の異常帯は Pucara 層群の分布する範囲に限られ、しかもドロマイト質石灰岩・ドロマイトの分布とはほぼ一致して認められた。一方、Ni の異常帯は片麻岩類やジュラ紀の閃緑岩などが分布するところに認められた。この結果本調査地域にて鉛・亜鉛鉛床の捕捉を目的とした調査は Pucara 層群の分布域において実施すべきであることが明らかにされた。

② 精査地域では、土壌による地化学探査のほか、炭酸塩岩を主とした岩石による Cu、Pb・Zn の地化学探査をも実施した。解析の結果、Pb・Zn 元素について、母集団は平均値のサンプル頻度が多いグループ、平均値と平均値より高い値のサンプル頻度が多いグループ、および平均値より低い値のサンプル頻度が多いグループの 3 個の異なる性格を有するグループによって構成されていることが明らかにされた。

③ 全平均値（Cu 9 ppm, Pb 50 ppm, Zn 60 ppm）より高い平均値（8, 88, 217 ppm）を有するグループは、調査地域の西側、すなわち Pucara 層群を貫く火成岩体に近いところに位置していた。一方、全平均値より低い平均値（6, 31, 23 ppm）を有するグループは、調査地域の東側に位置していた。

④ 高い平均値を有するグループの異常帯のしきい値を Cu 22 ppm, Pb 194 ppm, Zn 412 ppm とし、異常帯を抽出すると、Pb・Zn の異常帯は、母岩の種類に関係なく、火成岩に隣接したところに認められたが、位置的關係において火成岩に近いところで亜鉛が高く、遠いところで鉛が高いという一般的な帯状分布の關係になく、むしろ逆の關係も認められる。このことから本異常帯は石灰岩あるいはドロマイトに含有される本源の Pb・Zn が火成岩貫入の影響を受け、再編成されたものと考察される。(San Roque 型異常帯)

⑤ 低い平均値を有するグループの異常帯のしきい値を Zn 27 ppm とし異常帯を抽出すると、主な異常帯 (Tambo Maria 型) は Tambo Maria 地域のドロマイトに沿って、特にゼブラ構造を示すドロマイトの分布とはほぼ重複して約 10 Km にわたって認められた。しかも、この異常帯では亜鉛の含有量が鉛の含有量よりも低く、更にその中に Tambo Maria の示徴も見出されているので構造運動に關係した亜鉛の逸脱および移動のあったことが示唆された。

⑥ 以上のように土壤による地化学探査はそれぞれの元素の溶脱後の分散が著しいが、逆に岩石による地化学探査は、高い値の異常帯のほか、特異な低い値の異常帯も抽出され、かつ元素の移動も類推出来るので、この種の鉱床の探査として極めて有効な方法と判断される。

## 2-3 物理探査結果

本調査地域において実施された重力探査および電気探査の調査結果は以下のようにまとめられる。

### 2-3-1 重力探査結果

本調査地域において重力観測・水準測量を実施し、等重力線図に代表される諸成果を得ることができた。

補正密度  $\rho = 2.67$  による等重力線図をもとにして、傾向面解析・波長解析・二次元シミュレーション・三次元シミュレーションなどの解析を行ない、それぞれ三次残差図・余剰重力正規構造図・地下構造断面図・地下構造図として表わした。

これら解析結果から調査地域の地下構造について以下の如く考察された。

(I) 等重力線図 ( $\rho = 2.67$ ) によれば、調査地全域を支配する大規模なトレンドが把握された。このトレンドは SWW 方向に傾斜しており、同方向の地下深部における密度異常並びにアイソスタシーの存在が推定された。

(II) 三次残差図において、比較的地下浅部の重力異常分布が捕捉され、重力異常と主な地層との対応關係を次のように大別することができた。

高重力異常 …… Mitu 層群, Pucara 層群

低重力異常 …… Oriente (オリエンテ) 層群, Pusagno 花崗岩類

(III) 一方、同一地層内における岩相変化に伴う密度異常を抽出し得たが、これは余剰重力正

規構造図における重力異常分布として明瞭に示されている。代表例として、Pucara 層群中のドロマイト層の卓越する地域が高重力異常に、砂岩層の卓越する地域が低重力異常に、それぞれ対応するものと考えられる。

(IV) 地下構造の密度の不連続線として、N-S~NNW-SSE方向を主とする多くの断層状構造の存在が推定された。これらの断層状構造は、地質調査で確認されている断層の位置・方向によく合致しており、本調査結果の地質構造に対する適応性を裏づけている。

(V) 調査地の中央には、ほぼN-S方向に連続する2Km~5Km程度の幅を有する高密度帯が把握され、これは主としてPucara 層群中の特にドロマイト層の卓越する地域と一致している。また、このドロマイト層の中にはセブラ構造の発達も期待され、Pucara 層群中の層状鉛・亜鉛・銻床賦存の有望地域として抽出された。

(VI) この高密度帯の両側は断層状構造によって地下における構造を分断されている。特に東側の断層状構造はPucara 層群の分布域を規制しており、東部に分布する白亜紀以後の堆積岩類との境界をなしている。

(VII) 調査地の東部から北部にかけて、上記高密度帯の東側に平行して、ほぼNNW-SSE系の方向に大規模な低密度帯が断続的に配列する。これは、Tingo Maria (ティンゴマリア) - La Merced (ラメルセ) を結ぶ構造線を含む地溝帯を形成するものと考えられ、最大幅6Km、深度2,000m以上に達する。この地溝帯には、Oriente 層群・Chonta (チョンタ) 層群・La Merced 累層などの比較的新しい地層が厚く堆積している。

(VIII) 調査地南西部 Maria Tereza (マリアテレサ) 付近には、Pusagno 花崗岩類の分布を反映する低密度帯がN-S方向に延び、地表下において断層状構造に規制される貫入形態を示す。このPusagno 花崗岩類は地下構造断面で明瞭に示されるように、東半部ではPucara 層群に被覆されて浅く潜在し、地表における分布に比較して一段と拡大している。

(IX) 調査地北部 San Roque を中心とする地域では全体として基盤が浅くなっており、この付近において調査地南方より連続的に追跡されるNNW-SSE系の方向性が中断されている。

このことは San Roque 付近が構造活動の場であったことを暗示させている。

### 2-3-2 電気探査結果

短電極間隔法による電気探査の調査結果および解析結果は次のようにまとめられる。

(I) 鉛・亜鉛を含むセブラドロマイトのF、E、値および比抵抗値の平均値は0.68%および3,088 $\Omega \cdot m$ で、母岩のセブラドロマイト層の平均値1.36%および2,182 $\Omega \cdot m$ と比較して、両者の差は特別大きな有意差とは言えない。

(II) 方鉛鉱の銻化した San Roque 付近の石灰岩のF、E、値および比抵抗値の平均値は2.10%および2,952 $\Omega \cdot m$ で、石灰岩の平均値1.44%および1,848 $\Omega \cdot m$ と比較して、

両者の差は特別大きな有意差とは言えない。

(iii) ドロマイトの F、E、値および比抵抗値の平均値は 1.23 多および 3,050  $\Omega \cdot m$  で、層状鉛・亜鉛鉄床胚胎層であるゼブラドロマイト層との物性差は、比抵抗値においてわずかに認められるが、F、E、値についてはほとんど認められない。比抵抗の差についても特別大きな有意差とは言い難い。

(iv) San Roque 付近に見られる粘土化花崗岩斑岩の比抵抗値は 182  $\Omega \cdot m$  と他の岩石の値に比し特別小さく、花崗岩の粘土化と堆積岩中の鉄染鉄床との間に相関関係があるならば花崗岩の比抵抗値は探索指針となり得る。

(v) Pusagno 花崗岩類の比抵抗値は、14,246  $\Omega \cdot m$  と他の岩石の値と比較して特に大きい平均値を有する。一方、Pusagno 花崗岩類の中で、粘土化・変質したものの比抵抗値は 1,197  $\Omega \cdot m$  と小さい値を示す。

(vi) 砂岩・土壌および崖堆積物の F、E、値および比抵抗値は、バックグラウンドとして特別な値ではなく、IP 法実施上特別問題となるような数値ではない。

(vii) 以上の電気物性に関する知見をもとに実施したモデル計算結果から、本地域での IP 電気探査法の適応性についてまとめると、Tambo Maria 付近の Pucara 層群ゼブラドロマイト層に代表される層状鉛・亜鉛型鉄床については、モデルによる見掛比抵抗・見掛 F、E、の示徴は小さく、IP 法の適用は困難と考えられる。

(viii) San Roque 付近に見られる堆積岩中の鉄染型鉄床については、鉄染帯の中が 20 m 以上、F、E、値が 3.0 多以上の規模のものであれば、IP 法の適用は可能と考えられる。ただし、今回の調査では鉄染部の F、E、値が 2.1 多であり、この程度の F、E、値であれば IP 法の適用は難しい。

(ix) Tambo Maria 東部に分布するモンソニ岩中の斑岩銅型鉄床については、鉄床の F、E、値が 5 多程度以上あれば IP 法の適用は可能である。しかし、今回の調査では調査地内の鉄化モンソニ岩の露頭における測定を実施していない。したがって、この型の鉄床に対する IP 法適用に関しては、地質調査の結果を検討し総合的に判断しなければならない。

#### 2-4 試錐結果

① 本年度実施した 4 本の試錐により、52-2 孔は Mitu 層群を貫いたものの、他の 3 孔はいずれも Pucara 層群の炭酸塩岩などを貫いた。岩相および層序対比から、これらはいずれも地質調査によって分類された第 V 層に相当することが明らかになった。

② ここでの Pucara 層群第 V 層は、岩相から見て上部層・中部層および下部層に分けられる。

上部層の特長は同一層準でありながら 52-1 孔においてのみドロマイト化が顕著で、他

孔ではドロマイト化が僅かしか認められなかったことである。

③ 中部層は、ところどころに石灰岩をはさむ泥質相であった。中部層の上部には、この層準の分類の鍵として考察した砂岩・砂質ドロマイトの薄層が存在している。

④ 下部層は石灰岩を主とするが、北部すなわち、52-1孔付近では砂質岩・泥質岩が52-3孔、52-4孔に比べ顕著に認められる。

⑤ 全孔において海棲無脊椎動物を主とする化石類が豊富に認められた。

Crinoids, Bryozoa, Bivalves, Brachiopods, Gastropods, Echinoids,  
Foraminifera.

などである。これらの詳細な検討により、更に層序の対比が可能とも考えられる。今後の研究課題の一つである。

⑥ 52-2孔で出現した Mitu 層群は Pucara 層群の中に、2つのNNW-SSW方向の断層にはさまれて分布している。この方向の断層は調査地域では顕著な構造の一つであり、Mitu 層群はブロック運動に伴われ Pucara 層群を貫き地表まで達したものと考察される。

⑦ 鉱化作用は52-1孔の中部層における方鉛鉱・閃亜鉛鉱と、52-3孔の上部層の方鉛鉱の鉱染が顕著であり、その他 Pb, Zn の高い含有を示す層準も多く認められる。

## 2-5 鉱 床

本年度の鉱床あるいは鉱化作用に関する調査とこれまで実施してきた調査との総合解析の結果を要約すると次の通りである。

① 調査地域には、Pucara 層群中の層状鉛・亜鉛鉱床および同層群中の鉱染状鉛・亜鉛鉱床や、銅・鉛・亜鉛の接触交代鉱床・脈状鉱床のほかモンゾニ岩の中の斑岩型銅鉛鉱床などが知られている調査地域には、これらのうち Pucara 層群中の層状・鉱染状鉛・亜鉛鉱床が最も重要である。

② 層状鉛・亜鉛鉱床は稼行中の San Vicente 鉱床、休止中の Pichita Caluga 鉱床および Tambo Maria 鉱床とがあり、いずれも第Ⅲ層のドロマイト中に胚胎されていることが明らかにされた。

③ Tambo Maria 鉱床は、目下のところ厚さ30cm、延長3mの露頭にすぎないが、  
・ 鉱石部はセブラ構造の中に胚胎されており、しかも幅の広いセブラ構造に顕著である。  
・ 鉱石部は褶曲・裂かなどの構造的乱れの在るところに顕著であるという、地質構造上の局在性が認められる。  
・ 閃亜鉛鉱を主とする鉱石は、セブラ構造の白色ドロマイトのバンド側に濃く、黒色バンド側に薄い。しかも結晶粒度は白色バンド側に粗い。  
・ 更に地化学探査により炭酸塩岩中の亜鉛含有量は一般に鉛より多かったが、Tambo



Maria 鉛付近では、肉眼的閃亜鉛鉛が観察されるに拘らず、その周辺のドロマイトは逆に少ない含有を示している。

など、重要な事象が判明した。

④ San Vicente 鉛床においても、Tambo Maria とほぼ同一の鉛床賦存状況が考察されている。

⑤ 層状鉛化作用におけるセブラ構造の発達については、白色ドロマイトが黒色ドロマイトよりも結晶粒が大きく、また、不純物を含んでいないこと、白色ドロマイトのバンドの中央にしばしば空隙を残していることおよび、その分布が、広域的な地質構造の方向すなわち、NNW-SSEの方向に一致していることなどから、広域的構造運動の際の横圧力に関連して再結晶したものと考察される。

⑥ これらのことから、このタイプの層状鉛化作用は炭酸塩岩類が微量に含んでいた鉛・亜鉛の構造運動に関連したセブラ構造の形成の際に移動し、現在 San Vicente の鉛床富化の現象に認められるように濃集させられたことによるものと考察される。幅の広いセブラ構造の発達するところは、褶曲および裂かなどの発達により空隙も多く、従って再結晶作用が長い時間にわたって行なわれ、それが更に鉛石成分の移動による富化作用につながったものといえよう。

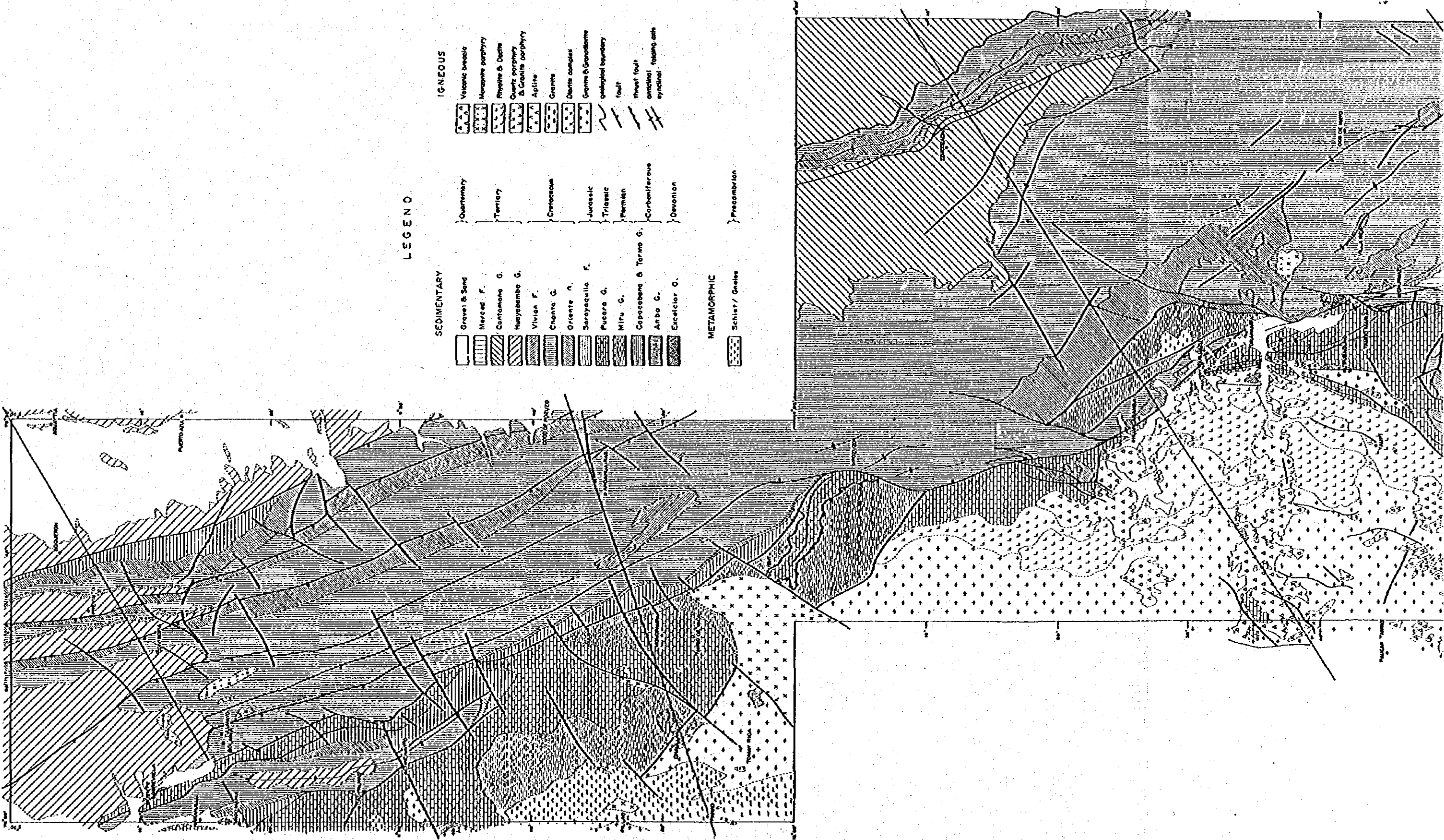
⑦ 一方、鉛染状鉛化作用は、San Roque 付近に発見され、本年度実施した試錐によっても確認された。

地表で認められた鉛化作用は、すべて石灰岩中の鉛鉛染で、調査地域の西側に分布する火成岩体沿いに、方解石などの細脈に伴われ、あるいは単独で石灰岩中に認められる。また、試錐では肉眼的に認められた閃亜鉛鉛は、52-1 孔において捕捉されたドロマイト中のみ認められ、その他の孔では肉眼では認められていない。しかし亜鉛 1,000 ppm 前後の含有を示す層準もあった。方鉛鉛は、52-1 孔、52-3 孔において認められる。

⑧ また、San Roque 地域では方鉛鉛および閃亜鉛鉛のうち肉眼で認められたのは、ほぼ自形を呈していたが、鏡下で認められたものの大半は 40 ミクロン前後の粒状他形を呈している。

⑨ この亜鉛の分布についての最大の特長は、高い値を示す層準は石灰岩・ドロマイトに拘わらずいずれも泥質岩に関係し、その中か、その直上に位置していることである。それは特に中部層に相当する泥質ドロマイトおよび石灰岩に顕著で、San Roque 地域における鉛化層準として極めて重要である。

⑩ これらのことから、San Roque 地域の鉛染状鉛化作用は石灰岩堆積時に沈澱した本源的鉛・亜鉛元素が石灰岩堆積後の焼成作用およびその後の火成活動により移動させられたことによるものと考察される。



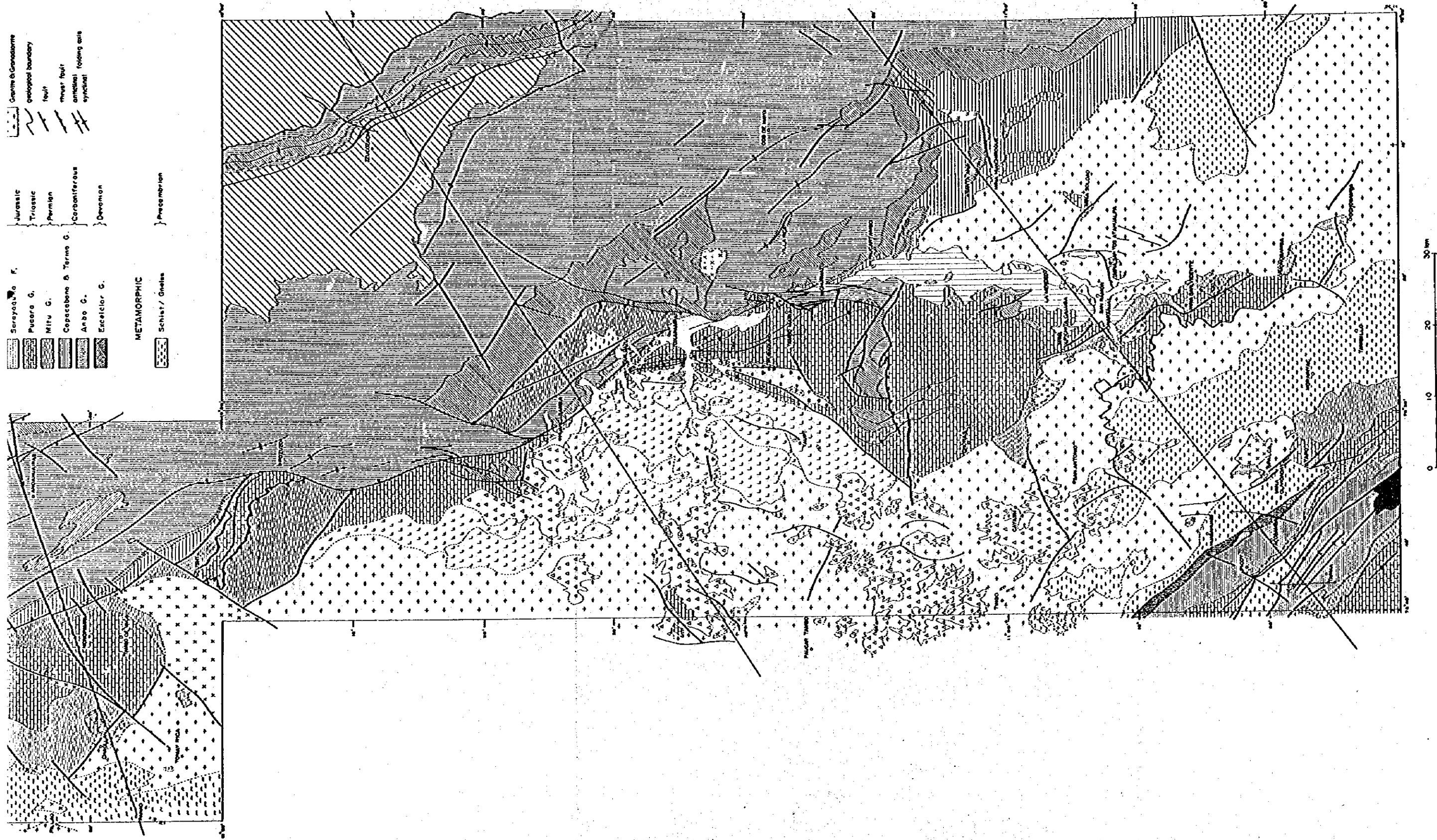


Fig. 4. Generalized Geological Map of the Surveyed Area

### 第 3 章 結論および将来への展望

これまでの調査より、調査地域の層状鉛・亜鉛鉛床は

- ① Pucara 層群のセブラ構造を伴うドロマイト中に胚胎されている。
- ② 褶曲・断層などの構造的乱れの在るところに濃集されているという局在性が見出される。
- ③ 閃亜鉛鉛の濃集は広域的構造運動に関連して再結晶したセブラ構造の形成の際に生じたものと考察され、また、鉛染状鉛・亜鉛鉛床は
- ④ 鉛床胚胎層としてドロマイトが極めて重要だが、泥質岩との関係も無視できない。
- ⑤ 本源的に堆積岩に沈澱した鉛および亜鉛元素が火成活動などにより移動して鉛石鉛物が濃集した。

ことが推論される。更に重力探査の結果から

- ⑥ 当初、Pucara 層群の下部に高密度火成岩を予想していたが、火成岩はドロマイトより低密度であることが明らかとなり、鉛床胚胎の可能性を有する高密度層のドロマイトの分布・形態が明らかになった。

などの今後の調査の指標として重要な点が判明した。

これらのことから今後の調査は、落頭鉛床賦存の可能性が高まって来た San Roque, Tambo Maria などの Oxapampa 地域において、また今後の調査によって可能性も生じて来ると思われる Rio Huallaga, Tambo de Vaca 地域などにおいて、次の様に進めるのが望ましい。

- ① ドロマイトや泥質岩の層序・構造を把握し、それらの古堆積環境などの考察をも進め鉛・亜鉛の高い含有が期待出来る位置の把握が必要である。岩相・化石などの対比を主眼とした地質調査(トレンチを含む)、岩石による地化学探査および構造試錐が有効な調査方法である。
- ② 鉛・亜鉛が濃集されたところは、ドロマイト中のセブラ構造の発達したところで特に構造的乱れの認められるところであった。このため更に詳しい調査によって鉛石濃集部の位置の考察が必要である。重力探査の結果を考慮しトレンチを含む地質調査、岩石による地化学探査および構造試錐が有効な調査方法である。
- ③ 鉛石濃集のメカニズムを考察し、上記の方法による調査を補足してゆくことも必要である。鉛物学的研究を進めることも有効な方法である。

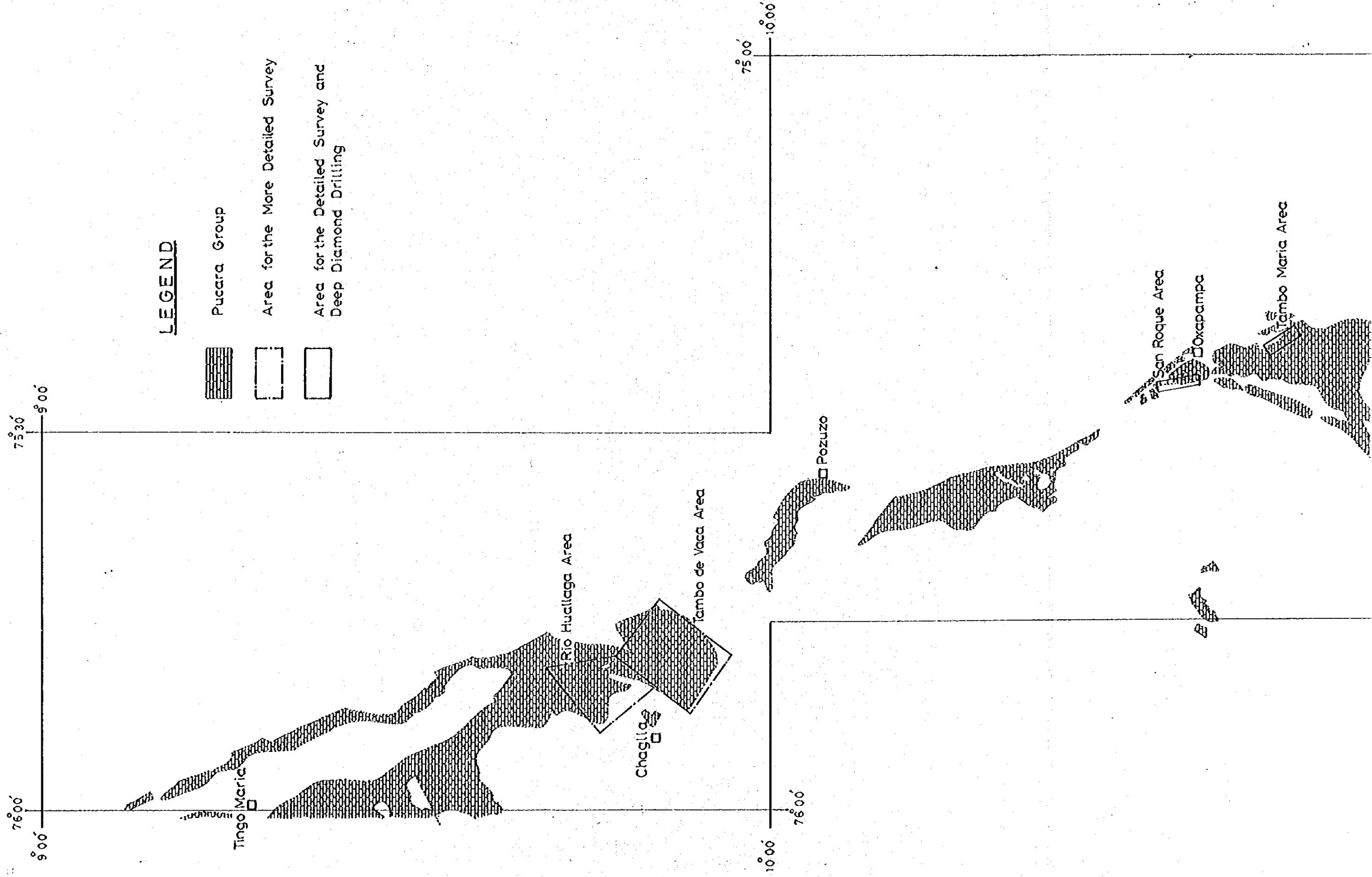
具体的には、次年度において次の作業の実施が望ましい。( Fig. 5 参照 )

(1) Oxapampa 地域 ( San Roque, Tambo Maria )




地質調査・地化学探査(岩石による)・トレンチ調査・構造試錐

(2) 北部地域 ( Rio Huallaga, Tambo de Vaca )

地質調査・地化学探査(岩石による)



LEGEND

-  Pucara Group
-  Area for the More Detailed Survey
-  Area for the Detailed Survey and Deep Diamond Drilling

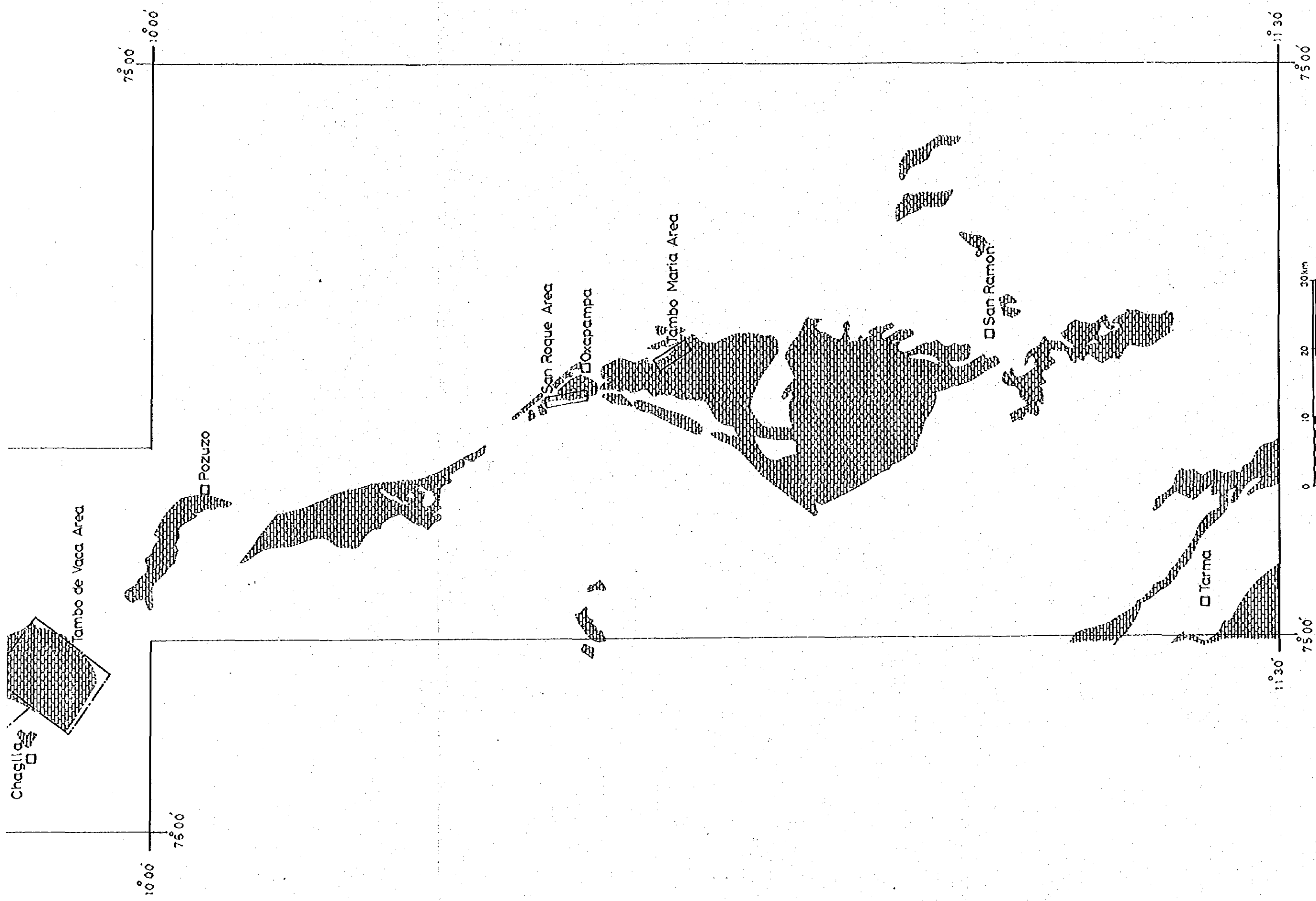


Fig. 5.

Recommendation Map

## REFERENCES

Bellido, E. B. (1969)

Sinopsis de la Geología del Perú  
Servicio de Geología y Minería Boletín, No. 22 (in Spanish)

Bellido, E. B. et al. (1972)

Aspectos Generales de la Metalogenia del Peru  
Servicio de Geología y Minería, Perú (in Spanish)

Capdevila et al. (preliminar)

L'age Permien du Granite de La Merced Peru Central: Observations de Terrain et Isochrone Rb/Sr. (handwriting unpublished) (in French)

Dalmayrac, B. (preliminar)

Estudio Geologico Preliminar de la Cordillera Oriental Servicio de Geologia y Minería (in Spanish)

Dunin, E. B. (1975)

Control Litológico y Estratigráfico en la Ubicación de los Mantos con sulfuros de Metales no Ferrosos en las Capas calcareas del Perú Central.  
Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, No. 50. (in Spanish)

Heyl, A.V. et al. (1974)

Isotopic Evidence for the Origin of Mississippi Valley-Type Mineral Deposits: A Review. Economic Geology, Vol. 69

Kobe, H. M. (1977)

El Grupo Pucara y su Mineralización en el Perú Central.  
Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, No. 55-56. (in Spanish)

Levin, P. M. (1973)

Nota Preliminar Acerca del Granito de San Ramón  
Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, No. 43 (in Spanish)

Levin, P.D. & Samaniego, A. A. (1975)

Los Sedimentos del Grupo Pucará en el Area de Chanchamayo, Perú Centro-Oriental. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, No. 45 (in Spanish)

Lepeltier, C. (1969)

A Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data by Graphical Representation. Economic Geology, Vol. 64.

Mégard, P. (1968)

Geología del Cuadrangulo de Huancayo  
Servicio de Geología & Minería Boletín, No. 18. (in Spanish)

Megard, P. (1973)

Etude Geologique D'une Transversale des Andes au Niveau du Perou Central  
Universite des Sciences et Techniques du Languedoc pour obtenir le  
grade de Docteur es Sciences Naturelle (in French)

Morales, B. A. (1977)

Sinopsis Explicativa del Mapa Geológico del Perú  
Instituto de Geología y Minería, Boletín No. 28 (in Spanish)

Pardo, A.A. etc. (1973)

Estratigrafía Evolución Tectónica del Mesozoico y Cenozoico de la  
Región de la Selva del Perú  
II Congreso Latinoamericana de Geología Caracas, Venezuela (in Spanish)

Pardo, A. A. etc. (1973)

Estratigrafía y Evolución Tectónica del Mesozoico de la Región de la  
Selva del Perú  
II Congreso Latinoamericano de Geología Caracas, Venezuela (in Spanish)

Schneider, H. J. (1964)

Facies Differentiation and Controlling Factor for the Depositional  
Lead-Zinc Concentration in the Ladiman Geosyncline of the Eastern  
Alps.  
Developments in Sedimentology, Vol 2.

Skall, H. (1975)

The Paleoenvironment of the Pine Point Lead-Zinc District  
Economic Geology, Vol. 70.

Szekely, T. S. & Grose, L. T. (1972)

Stratigraphy of the Carbonate, Black Shale and Phosphate of the Pucara  
Group. (Upper Triassic-Lower Jurassic). Central Andes Peru.  
Geol. Soc. Amer. Bull., No. 18



# 各 論

## 第 I 部 地質調査

# 各 論

## 第 I 部 地 質 調 査

第 1 章 調査の概要 .....	1-6
1-1 調査の目的 .....	1-6
1-2 野外作業 .....	1-6
1-3 室内作業 .....	1-7
第 2 章 地質および地質構造 .....	1-8
2-1 地質概要 .....	1-8
2-2 各調査地域の地質 .....	1-9
2-3 Pucara 層群についてのまとめ .....	1-13
2-4 地質構造および地史 .....	1-17
第 3 章 鈳 床 .....	1-18
3-1 層状鉛・亜鉛鈳床 .....	1-18
3-2 鈳染状鉛・亜鉛鈳床 .....	1-21
第 4 章 地化学探査 .....	1-24
4-1 目的および方法 .....	1-24
4-2 解析および結果の検討 .....	1-24
4-3 土壌による地化学探査と岩石による地化学探査との比較 .....	1-30
第 5 章 鈳床生成機構についての考察 .....	1-31
5-1 層状鈳化作用 .....	1-31
5-2 鈳染状鈳化作用とその層状鈳化作用との関係 .....	1-32

## LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. I-1. Geological columns of the entire surveyed area.
- I-2. Generalized lithological distribution and correlation of the Pucara Group.
- I-3. Ternary diagram of normative quartz-plagioclase-potash feldspar.
- I-4. Scheme of orogenic cycle in the surveyed area.
- I-5. Histogram of Mg and S contents on carbonate rocks.
- I-6. Relation of geochemical values between Zn, Mg and S contents on carbonate rocks.
- I-7. Cumulative frequency diagram and histograms for Cu, Pb and Zn on soil collected in the detailed survey area.
- I-8. Cumulative frequency diagram and histograms for Cu, Pb and Zn on rocks.  
(1) entire surveyed area.  
(2) Western side of the surveyed area.  
(3) Eastern side of the surveyed area.
- I-9. Histograms for Cu, Pb and Zn on rocks classified by each districts in the detailed survey area.
- I-10. Correlation maps between geochemical anomalies of soil and rock samples in the detailed survey area.

## LIST OF TABLES

- Table I-1. Magnesium and sulphur contents of carbonate rocks in the detailed survey area.
- I-2. Fossils from Pucara Group in the San Ramon-Oxapampa-Tingo Maria area.
- I-3. Statistical analysis of geochemical samples.
- I-4. Numbers of anomalous samples on soil, classified by each formation or lithology in the detailed survey area.

## LIST OF APPENDICES

- A. I-1. List of rock samples.
- A. I-2. Microscopic observation of the thin sections.
- A. I-3. Microscopic observation of the polished sections.
- A. I-4. Micro photographs of rocks and ores.
- A. I-5. Chemical composition of ore samples.
- A. I-6. Chemical and normative composition of igneous rocks.
- A. I-7. Radiometric age of igneous rocks.
- A. I-8. List of fossils.
- A. I-9. Photographs of fossils.
- A. I-10. Results of X-ray diffraction test.
- A. I-11. Charts of X-ray diffraction test.
- A. I-12. Flow sheets of chemical analysis.
- A. I-13. Contents of 3 elements in soils and rocks of the survey area.
  - 1) Detailed survey area.
  - 2) Semi-detailed survey area.
  - 3) Reconnaissance area.
- A. I-14. Result of X-ray microanalysis.

LIST OF PLATES (in the associated case)

- PL. I-1. Route maps of the detailed survey area. Scale 1/10,000  
(1) No. 4.  
(2) No. 5.  
(3) No. 6.  
(4) No. 7.  
(5) No. 8.  
(6) No. 9.  
(7) No. 10.  
(8) No. 11.  
(9) No. 13.  
(10) No. 15.  
(11) No. 20.
- PL. I-2. Route maps of the specially detailed survey area. Scale 1/2,500  
(1) No. 21. San Roque.  
(2) No. 22. Tambo Maria.  
(3) No. 23. South Tambo Maria.
- PL. I-3. Route maps of the semi-detailed survey area. Scale 1/25,000  
(1) Tingo Maria.  
(2) Huancabamba.  
(3) Rio Santa Cruz-Raymondi.
- PL. I-4. Route maps of the reconnaissance area. Scale 1/100,000  
(1) No. 4. Tingo Maria.  
(2) No. 6. Rio Huallaga-Pozuzo.  
(3) No. 7. Rio Oxabamba.
- PL. I-5. Geological maps of the detailed survey area. Scale 1/25,000  
(1) No. 1.  
(2) No. 2.  
(3) No. 3.  
(4) No. 4.  
(5) No. 5.  
(6) No. 6.  
(7) No. 7. (including the semi-detailed survey area)
- PL. I-6. Geological maps and profiles of the specially detailed survey area.  
(1) San Roque. Scale 1/2,500  
(2) Tambo Maria. Scale 1/5,000
- PL. I-7. Geological maps and profiles of the semi-detailed survey area.  
(1) Tingo Maria. Scale 1/50,000  
(2) Huancabamba. (Refer to PL. I-5. (7))  
(3) Rio Santa Cruz - Raymondi. Scale 1/25,000
- PL. I-8. Geological maps of the reconnaissance area. Scale 1/100,000  
(1)  
(2)  
(3)  
(4)  
(5)

- PL. I-9. Geological profiles of the detailed survey area. Scale 1/10,000
- PL. I-10. Geological profiles of the reconnaissance area. Scale 1/100,000
- PL. I-11. Geochemical map of the detailed survey area. (Rocks) Scale 1/25,000
- PL. I-12. Geochemical assay maps on rocks of the specially detailed survey area.  
(1) San Roque. Scale 1/2,500  
(2) Tambo Maria. Scale 1/5,000
- PL. I-13. Geochemical maps of the detailed survey area. Scale 1/25,000  
(additionally collected area on soil in 1976)  
(1) Cu.  
(2) Pb.  
(3) Zn.
- PL. I-14. Correlation map between the mineralized zone, geochemical anomaly and geological structure of the detailed survey area.  
Scale 1/50,000
- PL. I-15. Correlation map between the mineralized zone, geochemical anomaly and geological structure of the semi-detailed survey.  
Scale 1/50,000
- PL. I-16. Correlation map between the mineralized zone, geochemical anomaly and geological structure of the reconnaissance area.  
Scale 1/250,000

## 第1章 調査の概要

### 1-1 調査の目的

1976年までに実施された調査により、Pucara 層群の分布とその構造とが明らかになり、Pucara 層群内に新たな層状鉛・亜鉛鉛床および鉛染状鉛・亜鉛鉛微が発見され、更に岩石中に含まれる微量の鉛・亜鉛などの元素の挙動を追跡することが、鉛化帯の考察に有効であることが判明した。

このことから本年度の資源開発基礎調査における地質調査は精査によって新鉛微の発見に努め、それらの鉛微の分布・形態および地質構造との関係などを明らかにすることを主目的とした。また、地質調査と平行して実施した地化学探査は、岩石を対象としたものに切換え、微量成分の挙動の詳細を把握することを目的とした。

一方、中精査・予察地域ではこれまでの調査によってなお、情報の不足している地域に対し Pucara 層群の地質構造ならびに金属元素の挙動に関する情報を追加して鉛床賦存の可能性を考察することを目的とした。

### 1-2 野外作業

前述の目的を達成するために、地質精査は既刊および今回の調査のために空中写真より図化した地形図（縮尺1/10,000, 1/25,000）を使用し、調査地域の主要構造に直交するようなルートをはば1km間隔となるように選定し、殆どどのルートにおいて伐開作業を伴いながら実施した。しかし、精査地域の中でも鉛化示微が明瞭であり、より詳しく解析する必要が生じた San Roque, Tambo Maria 地域ではポケットコンパスを使用し、縮尺1/2,500の簡易測量を実施しながら調査を行ない、更に Tambo Maria 地域では2本のトレンチも掘削した。

地質中精査は縮尺1/25,000地形図を用い、地質予察は縮尺1/25,000地形図および1/100,000 SLARモザイクを使用し、概ね道路・山道など昨年までの調査ルートに加え新たな調査ルートを選定し情報の追加を計った。

地化学探査は、地質調査と同時に調査ルートにおいて試料の採取を行なった。試料の採取間隔は精査地域では調査ルート距離100mにつき1個、中精査地域では500mにつき1個、予察地域では1,000mにつき1個となるように採取した。

これらの調査は、日本人技師、ペルー人技師各1名ずつの調査員よりなる6組の調査班によって行なわれ、Tambo Maria, San Roque 大精査地域では、それぞれ2名宛計4名にて調査が行なわれた。

### 1-3 室内作業

野外調査に引き続き、試錐工事の結果も含めて解析作業を行なった。

実施した室内作業の主要なものは次の通りである。

	地質調査	試錐	計
(1) 岩石薄片顕微鏡観察	82個	13個	95個
(2) 鉱石研磨片顕微鏡観察	26個	13個	39個
(3) 鉱石分析	19個	69個	88個
(4) X線解析鑑定	52個	4個	56個
(5) 化石鑑定	20個	4個	24個
(6) 年代測定	3個	—	3個
(7) 火成岩の全岩分析	5個	—	5個
(8) 地化学探査試料の分析	1762個	—	1762個
予 察(土壌)(262個)			
中精査(土壌)(315個)			
精 査(岩石)(931個)			
精 査(土壌)(254個)			
(9) 炭酸塩岩の微量成分分析	124個	69個	193個
(10) X線マイクロアナリシス	3個	—	3個
(11) 地質鉱床総合解析			



## 第2章 地質および地質構造

調査地域の地質は昨年までに実施された調査によって詳細に検討され、特に Pucara 層群に調査の主体をおいた結果、層序関係・構造などについてかなり明白にすることができた。それらの結果は第5巻に総括し報告した。今年度はこれまでの調査の結果に基づき鉱床学的ならびに地化学的に重要と思われる地域を対象として、より詳細な地質・地化学調査を実施した。

地質に関する個々の記載は昨年度までの報告書に既に行なっているので、本報告書においては、それらの記載の重複は避け、本年度の調査によって、より明白となった事項を主に記述することとする。

### 2-1 地質概要

1975年以來調査を実施して来た地域に露出する堆積岩類・火成岩類および変成岩類は、この地域の一般的地勢や地質構造がもつ NNW-SSE の方向に強く支配されて分布しているといふことが概観することができる。すなわち調査地域の西部を占める東部アンデス山脈は、片麻岩類を基盤とする上部古生界の堆積岩類によって構成され、また、ペルーの地質区分上サブアンデス帯と呼ばれる東部アンデス山脈の東縁から中間盆地<sup>※</sup>を経てアマゾン平野までは、中生界以降の堆積岩類によって構成される。その中でも中間盆地の東側すなわち、Tingo Maria の東方から Pozuzo (ポスソ)、Oxapampa を経て La Merced 東方まで NNW-SSE 方向をもつて走る断層 (Tingo Maria - La Merced 構造線と呼ぶ) を境として、この断層の西側には中生代三畳紀～ジュラ紀の Pucara 層群を主とする中生代中期までの堆積岩類が分布し、また、この東側は主として中生代中期以後新生代の堆積岩類が分布している。

一方、火成岩の活動は東部アンデス山脈からサブアンデス帯にかけての地背斜ゾーン (第2章2-4参照) において古生代後期から新生代前期まで断続的に行われている。一方、サブアンデス帯では、Tingo Maria - La Merced 構造線沿いに新生代前期の活動がわずかに認められるだけである。

堆積岩類は、下位より Excelsior (エキセルソール) 層群、Ambo (アンボ) 層群、Copacabana (コパカバーナー) - Tarma (タルマ) 層群、Mitu 層群 (以上古生界)、Pucara 層群、Sarayaquillo (サラヤキーリョ) 累層、Oriente 層群、Chonta 層群、Vivian (ビビアン) 累層 (以上中生界)、および Contamana (コンタマーナ) 層群、Huayabamba

<sup>※</sup> 本報告書では、Tingo Maria 付近の Huallaga 河流域、Oxapampa 付近の Huancabamba (リンカパンバ) 河流域、San Ramon 付近の Chanchamayo (チャンチャマーヨ) 河流域を結んだ低地帯を中間盆地と呼ぶ。

(ツヤパンパ)層群, La Merced 累層および第四紀堆積層(以上新生界)の各層に区分される。

これらの層群名, 累層名は, Bellido, E. B. (1969)が Junin 県, Pasco 県および Huanuco 県一帯を対象として命名したものを踏襲したが, 一部はその後の研究報文に使用された名称や今回の調査において新たに命名した名称を使用した。

調査地域の南部および北部における堆積岩類の層序関係は, Fig. 1-1 に示した。

## 2-2 各調査地域の地質

### 2-2-1 Oxapampa 地域 (PL. 1-5, 1-6 および 1-9)

本地域にはその中央部に Pucara 層群が分布し, その東側には Pucara 層群以降の新期堆積岩類が, 西側には火成岩類が分布している。

Pucara 層群は地域の東部を NNW-SSE 方向で流れる Huancabamba 河および Churumazu (チュルマス) 河の西側を主なる露出地としている。Oxapampa 以北では走向 NNW-SSE 方向で狭い分布となっているが, 以南では東部で走向 NNW-SSE 方向, 中央部で N-S 方向, 更に西部の火成岩体にはさまれたところでは NNE-SSW 方向となり, Oxapampa 付近における分布の幅 3 Km は調査地域の南部で約 10 Km と拡がっている。

本層は石灰岩・ドロマイト・砂岩および泥質砂岩などから成り Oxapampa を中心とした地域では層厚最大 2,300 m と推定される。本層中, ドロマイト層は調査地域の東部において厚さ 300~400 m で延長約 15 Km に及びその分布は大規模である。しかしこのほかのドロマイト層は一般に厚さ 100 m 以下で薄い。

ドロマイト層は, 随所において白色粗粒の結晶質ドロマイトと黒色細粒の結晶質ドロマイトから成る縞状構造(ゼブラドロマイトと呼ばれている)が認められる。これに関しては第3章および第5章にて詳述する。

Pucara 層群の東側に分布する新規堆積岩類は Oriente 層群, Chonta 層群よりなり Pucara 層群とは Tingo Maria-La Merced 線をもって境されている。

西側の火成岩との接触部付近には Mitu 層群の小分布がある。これは概ね N-S 系ないし NNW-SSE 方向の断層にはさまれ狭い分布を示す。昨年までの調査では Pucara 層群の一部あるいは白亜紀~第三紀の火山角礫岩と考察していた。しかし本年の調査, 特に試錐のための道路カッティングや試錐(52-2孔)によって酸性火山岩, 花崗岩などを主とする礫と赤色砂質凝灰岩質マトリックスとから構成される火山性礫岩であることが明らかとなり, その構成岩質より Bellido, E. B. (1969) の Mitu 層群に対比されるべきものであることが明らかになった。

火成岩類は花崗岩・花崗斑岩・石英斑岩などの塊状岩および石英安山岩・流紋岩などの火山岩類が地域の西側に, モンゾニ岩が地域の東側に貫入している。花崗岩は Pusagno 東地域と西地域の

中間部をNNW-SSE方向で、その北方延長に相当するOxapampa西部でも、小岩株としてPucara層群を買っている。本岩は粗粒で桃色のカリ長石を多く含み、そのほか石英・斜長石および黒雲母などより構成される。年代測定の結果からジュラ紀後期ないし白亜紀前期の貫入であると考察される。(第5巻参照)。花崗斑岩・石英斑岩などの斑状岩はOxapampa西方におけるPucara層群の西縁沿いに貫入している。中粒ないし細粒で斑状組織が顕著であり石英・カリ長石およびわずかの斜長石を主成分としている。K-Ar法による年代測定の結果(A. I-7参照)は153 m. y. (サンプル番号C-411) 288 m. y. (サンプル番号P-555)が得られた。しかし野外では前述のジュラ紀後期～白亜紀前期の花崗岩と漸移関係にあることが考察されている。従ってこの岩体の貫入時期についてはPusagno西地域の西部に分布する石英安山岩質溶岩および火山砕屑岩など酸性噴出岩との関係を含め更に追求する必要がある。

調査地域のPucara層群は複合向斜構造が支配的であり、局部的に背斜構造を示している。これらの褶曲軸はPusagno東部では概ねNNW-SSE方向であるが、Oxapampa付近からPusagno付近にかけてN-S方向を示しPusagno西部ではこの付近の火成岩のトレンドと調和してNNE-SSW方向を示す。これらの基本構造は調査地域外の北部も延長して続いている。褶曲軸の落しは概ね水平もしくは若干北へ傾いておりこのため調査地域の北部ではPucara層群の上部が出現する形となっている。

断層構造も褶曲軸と調和的で地域の東端をNNW-SSE方向をもって走る断層(Tingo Maria-La Merced線)が最も顕著で東側沈降、西側隆起の動きを示しており、更に褶曲軸とはほぼ平行したN-S方向やNNE-SSW方向も顕著である。これらの中には、先に述べたように調査地域の西側で、Pucara層群の下位にあるべきMitu層群をはさみ込んで地表に露出させているものもあり、中生代末期から新生代初期におけるこの地域の構造運動の特長の一つであると考察される。更に以上の南北性の主要構造を載るE-W方向、NNE-SW方向の断層も発達し、Tambo Maria, Pusagno付近に見られる。

#### 2-2-2 Huancabamba 地域 (P.L. I-5(7))

この調査地域はOxapampa市の北北西30kmの付近に位置する。ここでは本年度面積約4km<sup>2</sup>の精査とその周辺約42km<sup>2</sup>の中精査の両調査を実施した。

調査の結果地域の中央部から北部及び東部にかけては堆積岩類が、また南部および西部には新生代第三紀の火山性砕屑岩が分布していることが明らかとなった。堆積岩類のうちPucara層群は黒色ないし灰色の石灰岩を主とし1~2層の薄いドロマイトを挟む。また細粒の灰色砂岩のはさみが地域中央部に認められ、本層からSinemurian~Pliensbachian期のアンモナイト(A. I-8, I-9参照)を産した。灰色砂岩を主とするOriente層群はPucara層群を不整合に載って地形的高所に在る。Pucara層群の上位には通常Sarayaquillo累層

が不整合関係で分布していることがここでは欠除している。

南西部の火山性砕屑岩類は安山岩質・石英安山岩質火山砕屑岩および凝灰質岩で Pucara 層群とは断層関係であるが、新生代第三紀の La Merced 累層も敷っていることが観察されているので本砕屑岩類は新第三紀に形成されたものと推察される。(第5巻参照)

また調査地域の南部では石英斑岩の小さな貫入が認められた。

#### 2-2-3 Tingo Maria 地域 (P.L. I-7)

当調査地域は Pucara 層群およびそれ以降の堆積岩類で構成され、火成岩類の分布は認められなかった。Pucara 層群は黒色石灰岩および石灰岩・ドロマイト層から成り、層厚約 2000 m に達する。これらは、Tulumayo 河に沿って調査地域の中央を走向 NNW-SSE 方向、傾斜  $40^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  E で分布している。ドロマイトは幅数 10 m の薄い層が 2 層認められ、備かながらセブラ構造を伴っている。本層からは今回までの調査では化石類の発見は出来なかった。

Pucara 層群以降の堆積岩類として Oriente 層群、Chonta 層群および第三紀層が Pucara 層群の両側に分布している。Oriente 層群は白色の細粒ないし中粒砂岩を主とし薄い頁岩・シルト岩の挟みを有し、Pucara 層群の両側に極く狭い分布を示すのみで、更にその外側に分布する Chonta 層群は赤色砂岩ないし頁岩を主として灰色緻密質石灰岩を伴っている。

これらの Pucara 層群以降の堆積岩は走向 NNW-SSE 方向傾斜  $40^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  E を示し Pucara 層群の走向・傾斜および分布とはほぼ平行である。しかし Pucara 層群の西側における Chonta 層群と Oriente 層群との間には、地層の逆転関係があり、調査地域外ではあるが Tingo Maria 市北方においては Sarayaquillo 累層以降 Oriente 層群、Chonta 層群まで、整合的關係が明らかなので、調査地域の西側では東傾斜の軸面を持つ等斜性向斜構造の存在が考察される。一方、Pucara 層群の中でも西側の等斜性向斜構造と対照的な等斜性背斜構造が存在するかも知れない。Pucara 層群の東側では Oriente 層群、Chonta 層群と正断層関係である。この正断層は Tingo Maria - La Merced 線と呼んでいるもので、Pucara 層群の分布域の東限を示す顕著なものである。

#### 2-2-4 Rio Huallaga 地域 (P.L. I-8, I-10)

北部地域の Tingo Maria より Chaglla (チャギラ) 付近まで Huallaga 河流域を中心に分布する Pucara 層群に対し補足的予察を行なった。

Pucara 層群は黒色ないし暗灰色を呈する泥質石灰岩・淡灰色石灰岩およびドロマイト層とから成る。これらの分布・構造については昨年調査結果と大差はない。すなわち走向概ね NNW-SSE 方向で向斜構造を呈し、暖く北方へプランジしている。更に、本年実施した調査では、ドロマイト層がほぼ全域に分布していること、およびそれが、上下層との関係からほぼ同一層準に相当し、Pucara 層群を切って NNE-SW の方向を持つ断層で北側が隆起するブロック運動によって繰り返し出現していることが明らかになった。(P.L. I-10 参照) この

ドロマイトはところどころにセブラ構造を伴う。調査地域の最南部 Tambo de Vaca 付近では、走向延長約 3 km にわたってドロマイト中のセブラ構造の発達を確認され、Rio Huallaga 地域において最も規模の大きいものであることが明らかにされた。

この Pucara 層群は概ね安山岩質溶岩ないし凝灰岩から成る Mitu 層群と不整合関係にある。しかし調査地域の中部 Chinchavito (チンチャビト) 付近では Mitu 層群を欠き Mitu 層群の基盤である片状花崗岩とも不整合関係にあることが確認された。従って先に述べた NNE-SW 方向の断層によるブロック運動が顕著であったとともに、堆積時代の基盤の形に関してもかなり凹凸に富み複雑であったことが想定される。

#### 2-2-5 Pozuzo 地域 (P.L. I-8, I-10)

Pozuzo 付近において Huancabamba 河から分流する Santa Cruz (サンタクルス) 河に沿って Pucara 層群が分布している地域を中心に補足的地質予察を行なった。この地域では、Pucara 層群は Santa Cruz 河に沿った地形的低所に分布し、高所には Mitu 層群が衝上断層関係にある。Pucara 層群は E-W ないし NWW-SEE 方向で分布しており、灰色ないし黒色石灰岩を主とし、僅かの凝灰岩をはさんでいる。この黒色石灰岩は Santa Cruz 河左岸にて

*Arietitidae*, Genet. sp.

*Euasteroceras* ? sp.

*Epanmonites* sp.

*Gleiviceras* sp.

などの化石 (鑑定、熊本大学村田正文教授) を含んでおりジュラ紀 Sinemurian 期 ~ Plie-nsbachian 期に対比できる。(A. I-8, I-9 参照) ドロマイトの分布は確認できなかった。また Mitu 層群は流紋岩ないし石英安山岩質溶岩・凝灰岩から構成されている。

#### 2-2-6 Rio Santa Cruz および Raymondi (ライモンデイ) 地域 (P.L. I-7)

Oxapampa と San Ramon (サン ラモン) のほぼ中間に位置する Rio Santa Cruz および Raymondi 地域において中精査を実施した。

これらの地域では両地域の中間部を Pucara 層以降の堆積岩類すなわち Sarayaquillo 累層、Oriente 層群および Chonta 層群が分布し Pucara 層群は南側と北側とから新規堆積岩類に押被さる様に分布している。南部 Raymondi 地域における Pucara 層群は灰色の石灰岩を主とし、ドロマイトの分布は確認出来なかった。走向および傾斜は衝上断層による押被せ構造の影響を受けたかの様にそれぞれ走向 NE-SW 方向、傾斜  $20^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  SE を示していた。北部 Santa Cruz 地域でも岩相においてまた、構造においても南部と同様の傾向が認められ、更に石灰岩中に薄いドロマイト層の分布が確認された。しかしこのドロマイト層には、セブラ構造は認められなかった。

またこの地域においても火成岩の分布は認められなかった。

## 2-2-7 Rio Oxabamba (リオ オクサバンバ) 地域 (Pl. I-8, I-10)

San Ramon 市西方10kmのところの Oxabamba 河流域においても補足的地質予察を行なった。

調査地域の南部は古生代に貫入した花崗岩類が、北部は Mitu 層群, Pucara 層群などの堆積岩類が分布している。

この地域における花崗岩類は、中～細粒の花崗閃緑岩を主とし、西部および北部には中～細粒の閃緑岩および斑れい岩質閃緑岩の小岩株によって貫かれている。この斑れい岩質閃緑岩の K-Ar 法による年代測定の結果は  $306 \pm 11 \text{ m.y.}$  を示した。(A. I-7 参照)

花崗岩類はその分布の東限から北限にかけて不整合関係をもって Mitu 層群に蔽われている。Mitu 層群は赤褐色ないし灰褐色の砂岩・頁岩を主とし流紋岩・安山岩などの熔岩をはさむ。Pucara 層群は更にその上位に不整合関係で分布しており、下盤側から薄いドロマイトを挟む石灰岩、黒色泥質石灰岩および石灰岩・ドロマイト層により構成されている。化石の発見はなかったが、San Ramon 以南特に San Vicente 付近に分布する Pucara 層群と岩相上類似しており、これに対比できる。ドロマイト層にはゼブラ構造の発達は認められなかった。

また Pucara 層群中には NNW-SSE 方向の軸を有する複合同斜構造が考察されるが詳細はわからない。

## 2-3 Pucara 層群についてのまとめ

この調査は Pucara 層群が層状鉛・亜鉛鉄床の母岩として重要であるためその層序および構造を明らかにすることも目的の一つとして実施して来ている。本年度調査を実施した地域の地質はすでに記述したが、その中でも最も重要な Pucara 層群については Oxapampa 地域を中心とかなり明白となって来ている。そこで本節では取まとめて記述することとする。

### 2-3-1 層 序

その層序の概要を Fig. 1-1, 1-2 に、また、採取された主要化石の対照表を Table I-1 に示した。これらから Oxapampa - San Ramon 地域では下部～上部層まで分布しているのに対し Tingo Maria 地域では下部層を欠き中部～上部層が主に分布している。本 Pucara 層は 6 層に区分される。以下下位より上位に向かい各層につき詳述する。

#### (1) 第 I 層 (下部ドロマイト石灰岩層)

南部地域のうち San Ramon, San Vicente 付近に顕著に露出する。San Vicente 付近では下位の Mitu 層群と弱い斜行不整合、ところにより平行不整合関係にあり、灰色の珪質石灰岩、層理のよく発達した黒色石灰岩、滲青質頁岩と細粒砂岩の互層およびドロマイトから成り、ドロマイトは局部的にゼブラ構造を伴う。第 II 層との境界付近には石灰質角礫岩

も見られる。本層は、Levin et al. (1975) により産出する化石から三疊紀 Ladinian 期～ Carnic 期に対比されており Megard, F. (1968) らのいう標式地における Chambara (チャンバラ) 累層に対比される。

#### (2) 第Ⅱ層(黒色石灰岩層)

本層は Oxapampa 以南に分布する。Oxapampa 市付近からその S S E 方向の Churumazu 付近まで、更に Santa Cruz 河流域から調査地域西部の Pusagno 付近まで地形的低所を取囲むようにして分布しており、Oxapampa 以北には分布していない。

本層は泥岩質をはさむ黒色ないし灰色石灰岩で層理面はよく発達しており San Vicente 付近では灰色中粒～細粒砂岩をはさむ。層厚は 300 m 以上が観察される。

San Vicente における本層からジュラ紀 Hettangian 期を示準するアンモナイトの化石が発見され(第1巻参照)本年実施した調査でも Tambo Maria 付近で同種の化石が発見された。(A. I-8, I-9 参照)この結果本層は Megard, F. (1968) のいう Arama-chay 累層の最下部に対比される。しかし Tambo Maria 付近では Sinemurian 期の化石も産出しており、層準の時代対比にはなお検討を要する。

#### (3) 第Ⅲ層(石灰岩・ドロマイト層)

灰色ないし帯紫灰色の結晶質ドロマイトおよび暗灰色の潜晶質石灰岩から成り、黒色石灰岩の上位を占めて主として Oxapampa 以南に分布している。Rio Santa Cruz, Raymondi 地域における石灰岩・ドロマイトも本層に属する。層厚は 100 m～650 m である。

Oxapampa 以南における東側の地域ではドロマイトが優勢で厚く、石灰岩は少ない。ここではドロマイト中に縞状ドロマイト(ゼブラドロマイト)を数層伴い、その中でも中央部付近に分布するものは最も顕著で厚さ最大 150 m、延長 2.5 km にも達する連続性を有している。Tambo Maria ではこのゼブラ構造を伴うドロマイトに閃亜鉛鉱鉱床を胚胎しており、San Vicente においてもこのドロマイト層における鉱化が最も顕著である。

一方、Tambo Maria 以外の地域では潜晶質石灰岩が優勢となりドロマイトは極めて薄く欠除しているところもある。ゼブラドロマイトも認められる。しかしその規模は小さく連続性に乏しい。

#### (4) 第Ⅳ層(砂岩層)

Oxapampa, Pusagno 付近に広く分布している層理の明瞭な暗褐色(風化すると淡褐色～黄灰色)の細～中粒砂岩で、黒色泥質石灰岩のはさみを有するところもあり、Pusagno 東部地域では上位の黒色石灰岩と漸移しているところもある。層厚は 0～350 m で変化に富むが、Oxapampa 地域ではよく連続して分布しており今回の調査でも鏡層として取扱うことが出来た。局所的に化石を多産しているが示準化石に乏しい。

#### (5) 第Ⅴ層(石灰岩・ドロマイト層)

南部では Oxapampa 付近から Pusagno 東部までこの地域の地形的高所を占めて分布している。暗灰色滑晶質石灰岩およびスパーライト質石灰岩から成り 2~3 層のドロマイトを挟む。本層の最下部には黒色~暗灰色泥質石灰岩が局所的に、また所によってよく発達して分布している。Pusagno 東部では砂岩と漸移している泥質石灰岩からジュラ紀下部 Hettangian 期を示すアンモナイトの化石(第 5 巻参照)が発見されている。しかしこの化石は先に述べたように第 II 層の黒色石灰岩層からも発見されており、銹化層準の問題を解明するにも層序関係について、更に検討する必要がある。本層の層厚は約 350 m である。

石灰岩中に介在するドロマイトは概ね 100 m 以下の層厚を有し淡褐色ないし淡灰色を呈するゼブラ構造が顕著のところもある。しかし Oxapampa 西北部の San Roque 北部では本層のドロマイトは層厚 100 m 以上に達している。ゼブラ構造の発達はない。また、本層は多くの化石を産出する。特に San Roque 付近の石灰岩・ドロマイトは、Mollusca, Echinodermata などを多く含んでいる。しかしこれらの化石類はほぼジュラ紀に属するものと考察されるが詳細な時代の決定は不可能である。

一方、北部地域では Huallaga 河流域の Chinchavito 付近から Chaglia を経て Tambo de Vaca 付近まで分布する黒色泥質石灰岩および灰色石灰岩が岩相と産出化石(サンプル番号 I 347)によって南部地域の第 V 層に対比される。また Pozuzo 付近の石灰質砂岩・泥質石灰岩を含む暗灰色石灰岩も産出する化石(サンプル番号 M 451)にもとづき第 V 層に対比することが出来る。

#### (6) 第 VI 層(ドロマイト・石灰岩層)

調査地域の南部では Oxapampa 以北において Huancabamba 河の右岸に小露出し、北部では Rio Huallaga 地域の全域にわたって分布している。ドロマイト、石灰岩を主とし頁岩或は泥質石灰岩をはさむ。Huancabamba 付近では砂岩を挟むところも認められる。ドロマイトは淡紫色ないし淡灰色の粗粒結晶質で、随所にゼブラドロマイトを伴う。ドロマイトは Tambo de Vaca 付近において最も顕著で、その層厚は 300 m に達する。石灰岩は淡灰色~灰色滑晶質で黒色~暗灰色の層理の明瞭な砂岩あるいは泥質石灰岩をはさみ、昨年度の調査によりこの泥質石灰岩から採取された化石(サンプル番号 B 013, B 030)により本層がジュラ紀 Sinemurian 期に属することが考察されている。本層の層厚は約 700 m である。

#### 2-3-2 Pucara 層群の対比

前節で述べた Pucara 層群の各層は第 IV 層の砂岩層を鍵層として取扱い、発見された化石類の考察に基づき南部地域と北部地域の対比を行なった。この結果が Fig. 1-2, Table 1-1 である。

Pucara 層群については Pasco 県, Junin 県などにおいて Megard, F(1968), Sketzely et al (1972)らによって詳しく研究されており、また San Vicente 鉱山周



辺でも Levin, P.(1974)による報告がある。それによると標式地の Pucara 層群は下位より Chambara, Aramachay および Condrsinga (コンドルツンガ) 累層に分けられている。調査地域ではこれまで実施して来た調査検討の結果、第Ⅰ層が三疊紀 Chambara 累層 (Ladinian 期~ Carnic 期) に対比され、第Ⅱ層はジュラ紀最下部の示準化石を産することから Aramachay 累層の下部に対比される。しかしその上限はまだ明瞭でない。すなわち、Megard, F. の示した岩相上の特長から 1975 年の報告 (第5巻) では Aramachay 累層は第Ⅲ層までと考察したが、Tambo Maria 地域における第Ⅱ層から Hettangian 期と Sinemurian 期の化石をほぼ同一地点で産出したこと Pusagno 東地域の第Ⅴ層からも Hettangian 期の化石を産出したことから、層準の時代対比にはなお検討することが必要となった。従って本報告書では区分せず、今後の検討課題とした。

### 2-3-3 ドロマイトの分布とその成因

調査地域内のドロマイトは南部地域における5層準、北部地域における2層準のほか、薄層状やレンズ状をなして挟まれるものなどが識別される。San Roque 付近のようにレンズ状で極端に厚くなっているところもあるが、概ね層状をなし Oxapampa 南方における 10 Km 以上の分布、Rio Huallaga 流域における数 10 Km の分布などよく連続しているところもある。ドロマイトは概ね結晶質であり、ゼブラ構造を伴うところもある。また San Roque 付近のように貝の破片、有孔虫、放散虫あるいは藻類など海棲生物の化石を多量に含むものである。

ドロマイト中のマグネシウム含有量および硫黄や亜鉛との関係を調べるため、地化学探査のため採取した炭酸塩岩のうち 124 個を選択し、Mg・S の分析を行なった。その分析結果は Table I-1, Fig. I-5 にまた Mg・S・Zn の相互関係を Fig. I-6 に示した。それらから以下のことが考察される。

- ① 分析用のサンプルは Oxapampa 付近の精査地域からはほぼ無作為に抽出したものであるが、その結果、野外にてドロマイトと判定された層準は Mg 9% 以上を含有し、その他は大部分が、Mg 2% 以下の含有で Mg 2~9% の中間的成分を有するサンプルは少ない。
- ② また僅か 4 例ではあるがゼブラ構造を伴うドロマイト (サンプル番号 M401, M416, M466, L410) は Mg 10% 以上を含有している。なお Tambo Maria 鉱域におけるドロマイトも鉱石成分を除くと Mg 11% 以上を含有していることも昨年の検討で明らかになっている。(第5巻参照)
- ③ 炭酸塩岩が含有する硫黄は概ね 3% 以下で亜鉛・マグネシウムの含有量との関係は特に見出されない。

以上のことからドロマイト層は Mg 成分的には比較的均質であるといえる。更に化石が多量に発見されており、それらのうち海棲無脊椎動物や海藻類は Mg 成分を多く含んでいることも知られている。従って調査地域におけるドロマイトは初生的に生物源のドロマイト質岩として推

積したのも存在するが、石灰岩として堆積し固結するまでの焼成作用の期間に更に海水中の Mg 成分と堆積した Ca 成分との間の交代作用により生成されたものと考察される。

#### 2-4 地質構造および地史

調査地域には、褶曲構造、断層裂かなどが全域的に発達している。その主要な方向はほとんど NNW-SSE 方向を示しており、これらの広域的構造は古生代から新生代にいたるまで数回の造山運動により形成されたもので、すべて E-W 方向ないし NEE-SWW 方向の横圧力に起因したものと考えられる。

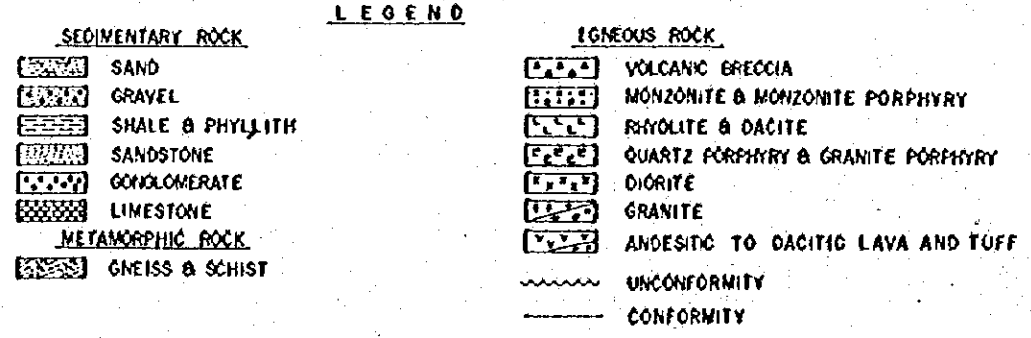
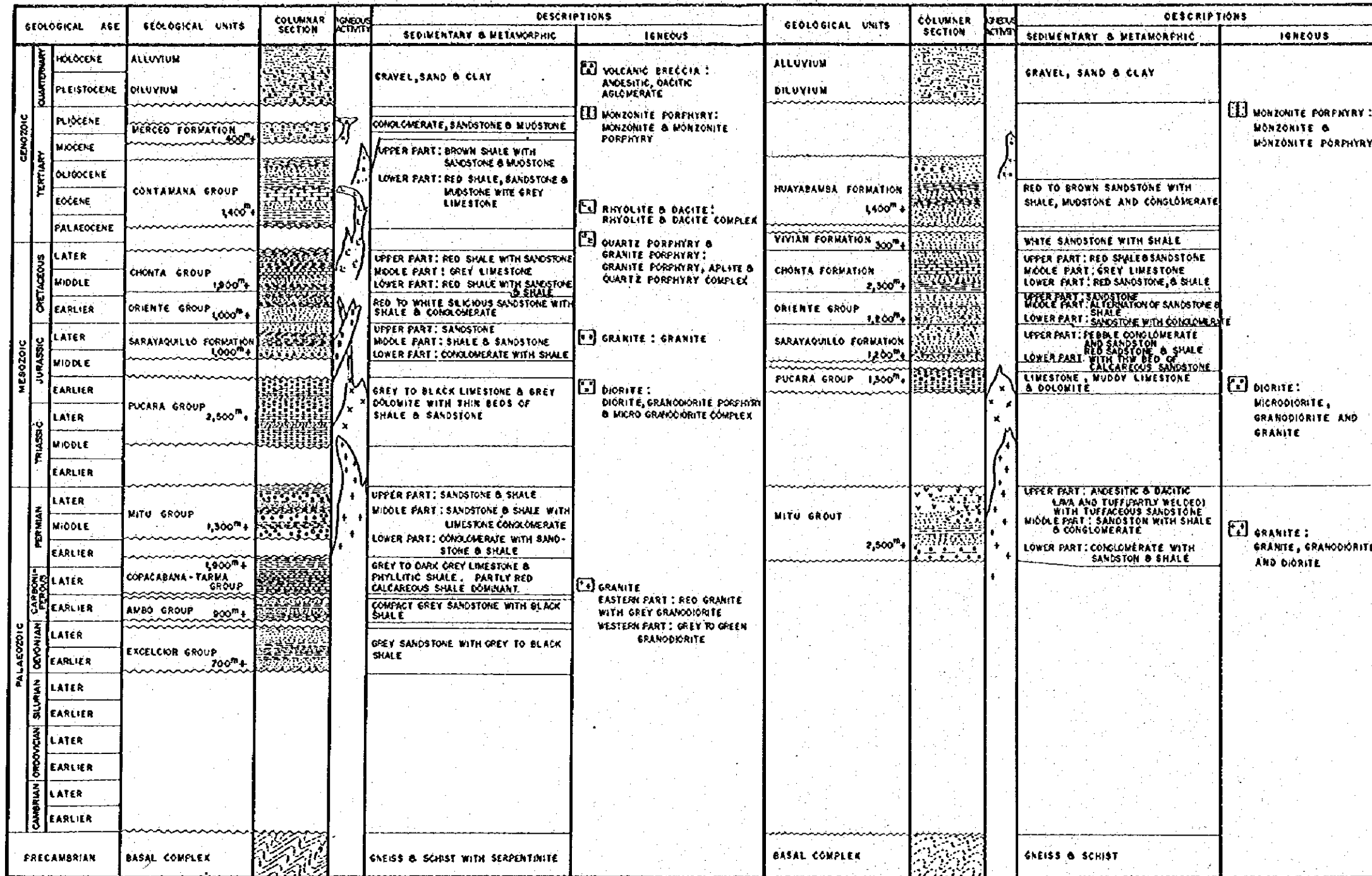
調査地域の中央部から東部にかけて分布する中生代三畳紀以降の堆積岩類は NNW-SSE 方向の向斜構造および背斜構造が多く発達しており、その中でも Pucara 層群の向斜構造が顕著で調査地域の南部から北部にかけて連続している。調査地域には古生代、中生代中期および中生代末期の 3 回にわたる大きな造山運動が考察されている。(Fig 1-4 参照)したがって調査地域の地質構造については、地史的考察のもとで観る必要がある。

古生代には Hercynian 造山運動があり、Excelsior 層群堆積後の褶曲構造の形成で特長づけられる。デボン紀末期の活動で、東部アンデス山脈に沿ったブロック降起、断層運動および火成岩類の貫入が活発化している。すなわち調査地域における NNW-SSE 方向の主要構造の基礎は、Hercynian 造山運動によって形成されたといつて差支えなからう。Mitú 層群の堆積後中生代三畳紀には、地向斜の形成と Pucara 層群の海成堆積があった。Pucara 層群には岩相の変化の著しいことが観察されている。したがって、沈降・陸起など変化の多い堆積盆における環境での堆積作用と考えられる。

Pucara 層群堆積後に、東部アンデス山脈を中心に Nevadan 造山運動が活発化し、閃緑岩類の貫入も受けた。その後、Sarayaquillo 累層以降の中生層が堆積し、中生代末期より現世まで引続いている Andes 造山期に入る。これは更に数回に分けられる大規模なもので褶曲・断層および火成岩類の貫入などで特長づけられている。

このように調査地域の褶曲構造・断層などは、Andes 造山運動によって完成されるが、その起源は古生代の Hercynian 造山期のものである。褶曲構造・断層などの地質構造に関しては第 5 巻第 2 章において述べたのでここでの重複はさける。

**Fig. I-1. Generalized Geological Columns of the Entire Surveyed Area**  
**Southern Block** **Northern Block**



LOCAL COLUMNAR SECTION

SCHEMATIC COLUMNAR SECTION

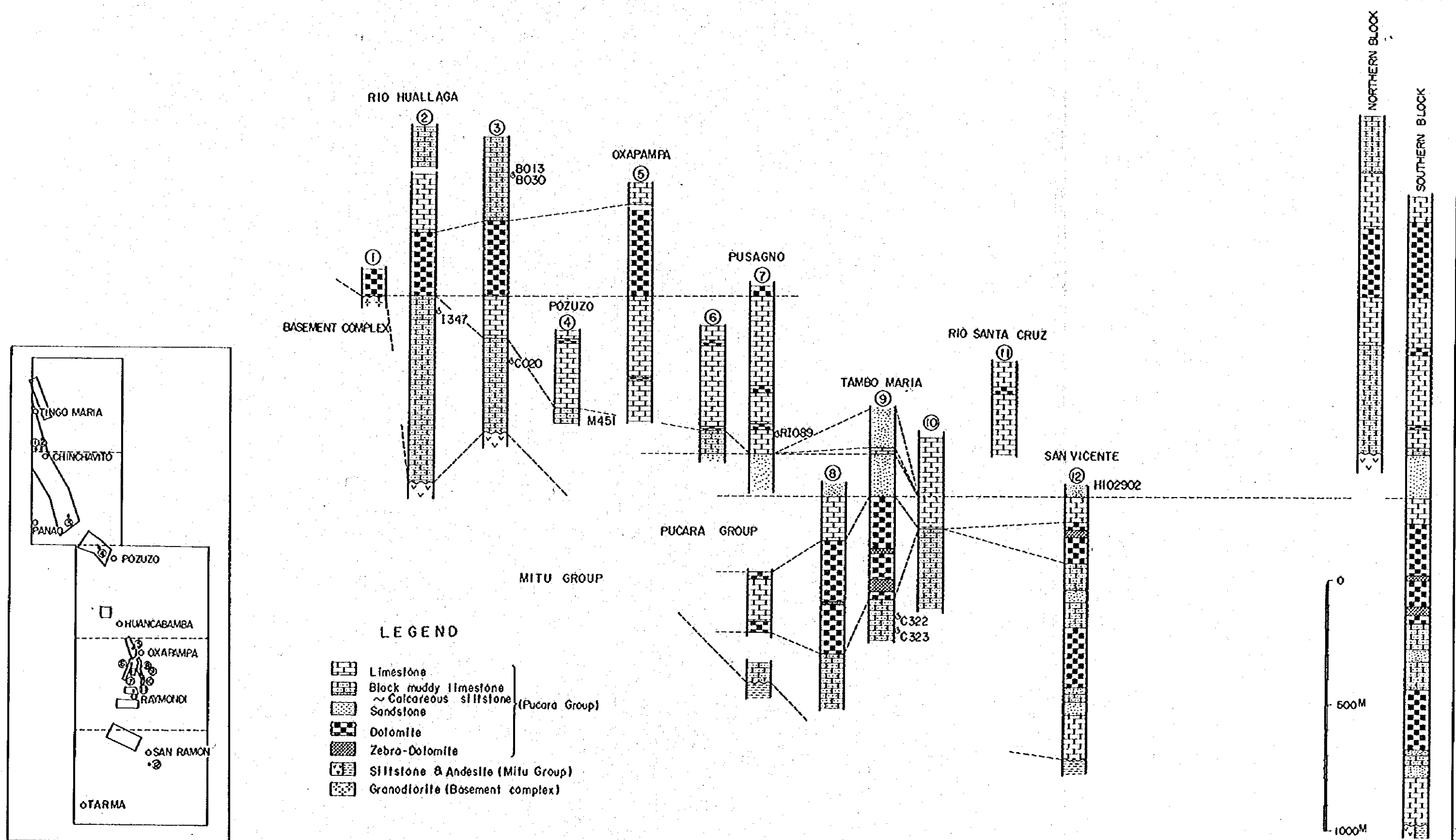
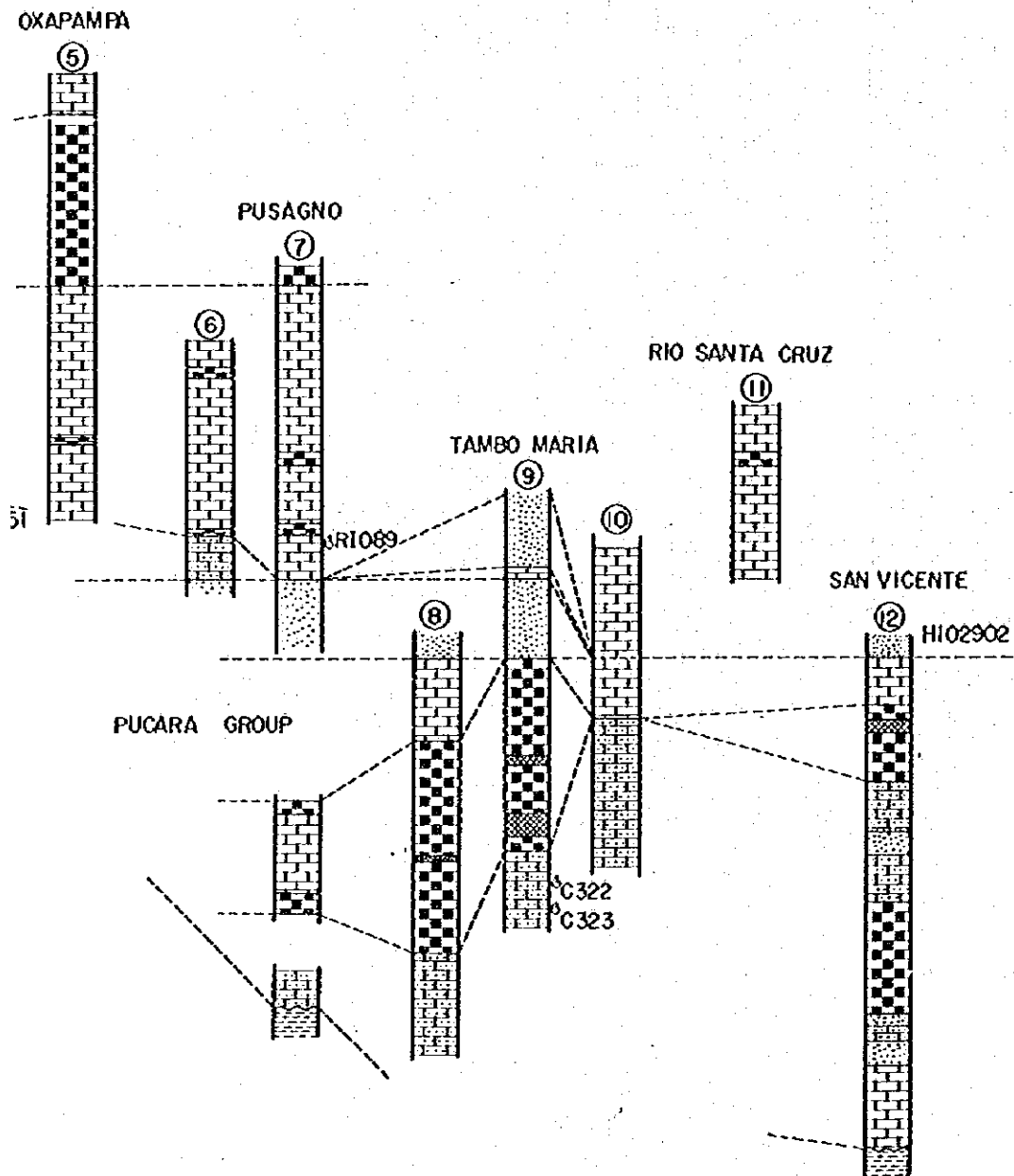
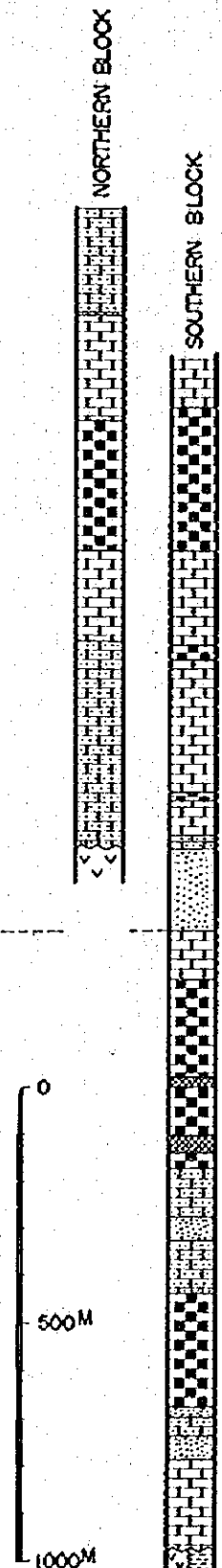


Fig.1-2. Generalized lithological distribution and correlation of the Pucara group

COLUMNAR SECTION



SCHEMATIC COLUMNAR SECTION



	LITHOLOGY & OTHERS		NUMBER OF MEMBERS
	NORTHERN BLOCK	SOUTHERN BLOCK	
Jurassic Group	Bedded, black colored, muddy limestone	Black colored, aphanitic limestone	VI
	Light grey crystalline limestone		
	Grey, compact to crystalline dolomite, frequently showing zebra structure.	Grey to brownish grey crystalline dolomite, in some part, showing zebra structure.	
	Grey colored limestone.	This member is composed of dark grey colored, aphanitic limestone & light grey crystalline limestone, intercalated by two or three beds of crystalline dolomite. Ammonite fossils come from lower part of this member.	V
	Bedded, black colored, muddy limestone, in some area, it is lacking.		
	Lower Pucara		Dark brown colored (light brown colored in weathered part), fine grained sandstone, partly with limestone
		Grey colored, micritic limestone. In some part, it is lacking. This member is predominantly composed of fine to coarse crystalline dolomite, in which two or three beds showing zebra structure are seen. At Tambo Maria & San Vicente (bedded type) ore bodies are emplaced in one of these beds. In some area, this member is lacking	III
		This member is composed of black, muddy limestone & calcareous, well bedded fine grained sandstone. In Tambo Maria, ammonite fossils come from this sandstone.	II
		Crystalline dolomite, partly showing zebra structure	
Upper Triassic		Black shale & fine grained sandstone with black limestone	I
		Black to dark grey limestone, abundant in calcite networks.	
Permian Mitu G	Reddish brown colored siltstone, conglomerate, andesitic lava & tuff, dacitic lava & tuff (Mitu group)		

Fig.1-2. Generalized lithological distribution and correlation of the Pucara group

SAMPLES OF SEPTEMBER 1975 SURVEY

SAMPLE NO.	ROCK NAME
5	META ANDESITE
8	MICRODIORITE
18	DACITE
93	WHITE GRANITE
203	MICROGRANODIORITE
218	RED GRANITE

SAMPLES OF AUGUST 1976 SURVEY

229	DIORITE PORPHYRY
271	MICRODIORITE
287	SHISTOSE DIORITE
301	DIORITE
320	GRANITIC ROCK
324	PORPHYRITIC DIORITE

SAMPLES OF MAY 1976 SURVEY

Field NO. OF MAY 1976 SURVEY	ROCK NAME
A - 011	RED GRANITE
H - 011	DIORITE
H - 013	MICROGRANODIORITE
H - 014	PINK GRANITE
K - 264	MONZONITE
K - 265	"
S - 062	MICROGRANITE
T - 013	GRANODIORITE
T - 044	DACITIC TUFF
T - 054	PINK GRANITE

SAMPLES OF JUNE 1977 SURVEY

A - 346	DIORITE
C - 411	QUARTZ PORPHYRY
L - 512	MONZONITE
L - 514	GRANODIORITE
P - 555	QUARTZ PORPHYRY

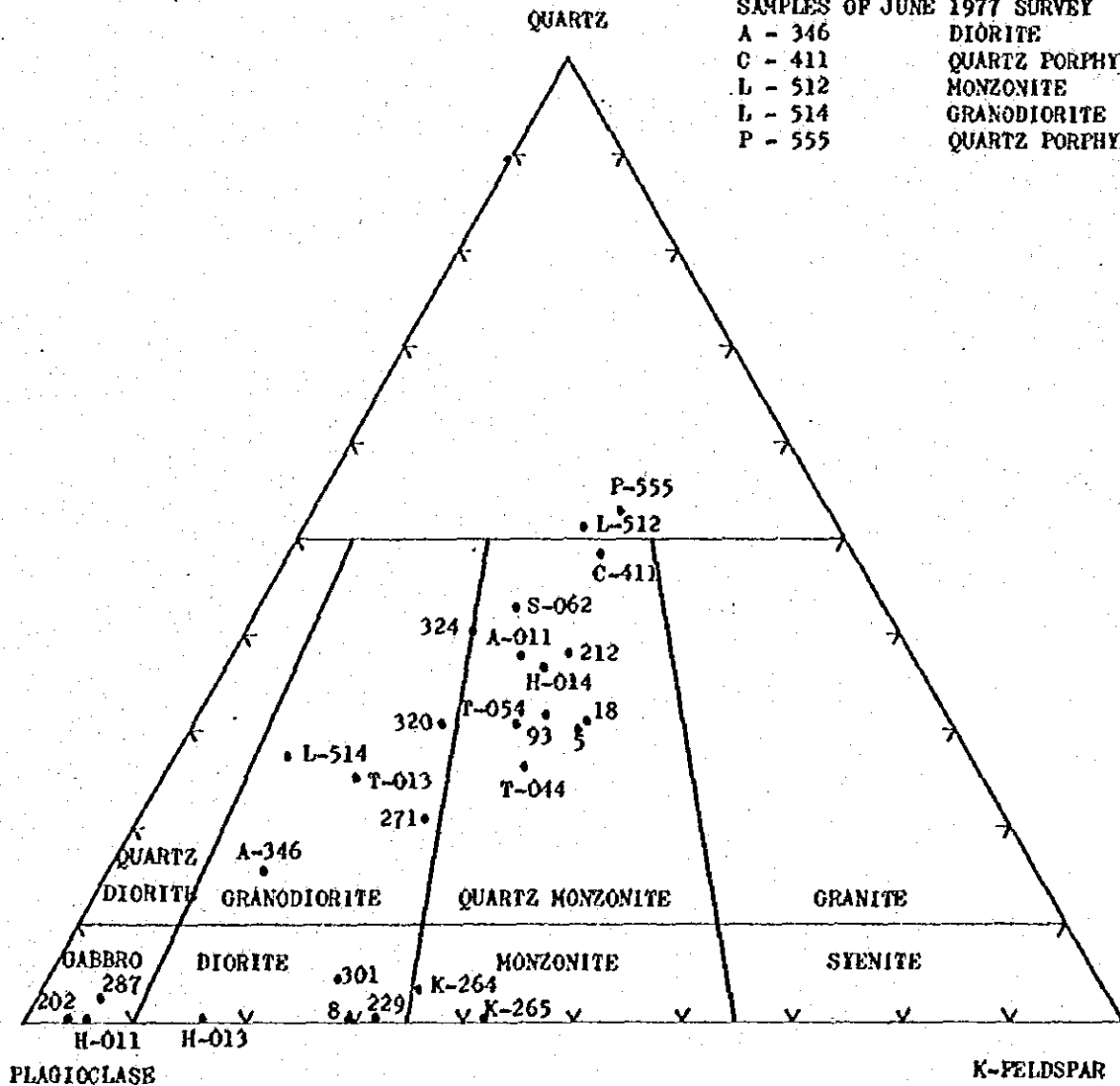
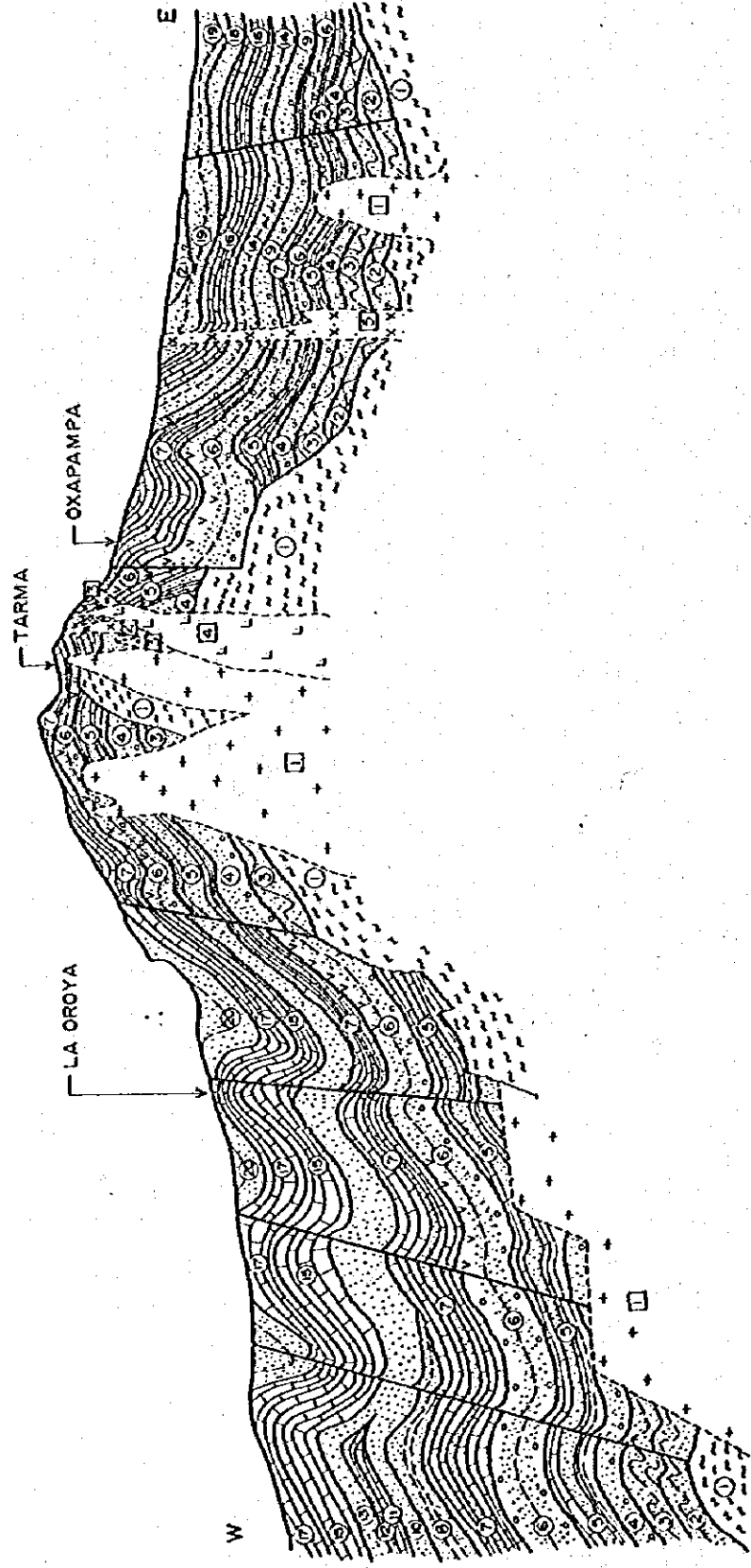
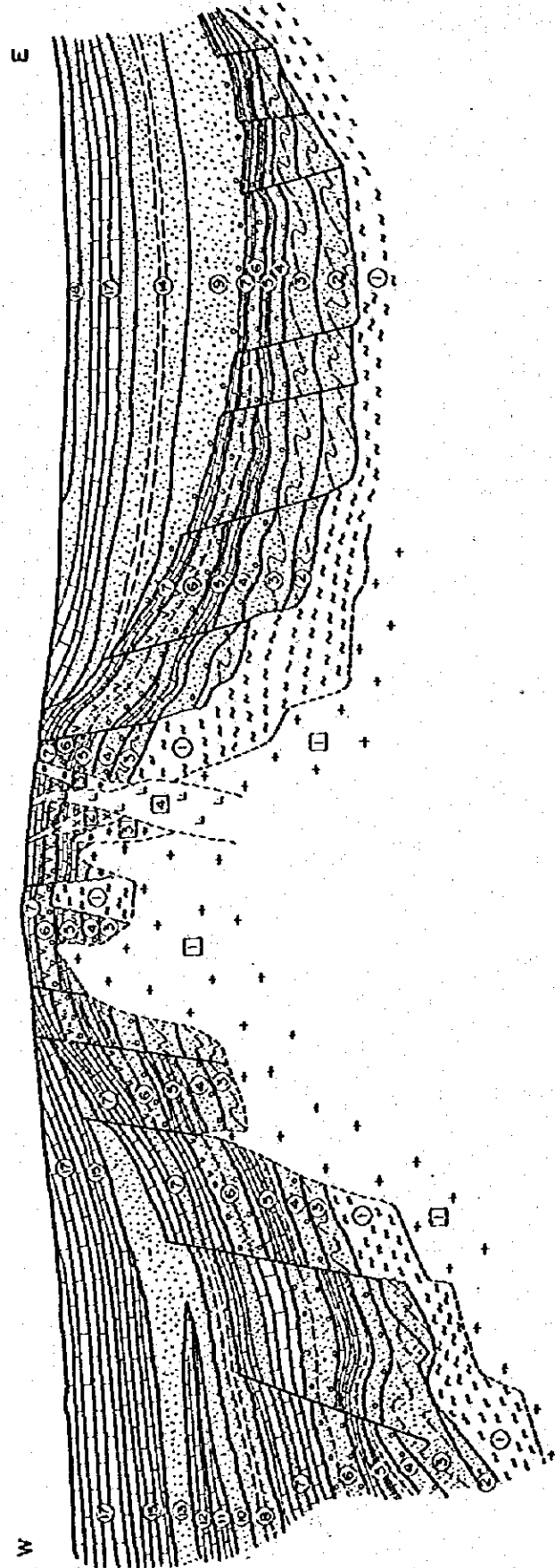


Fig. 1 - 3. Ternary diagram of normative quartz-plagioclase-kalium feldspar

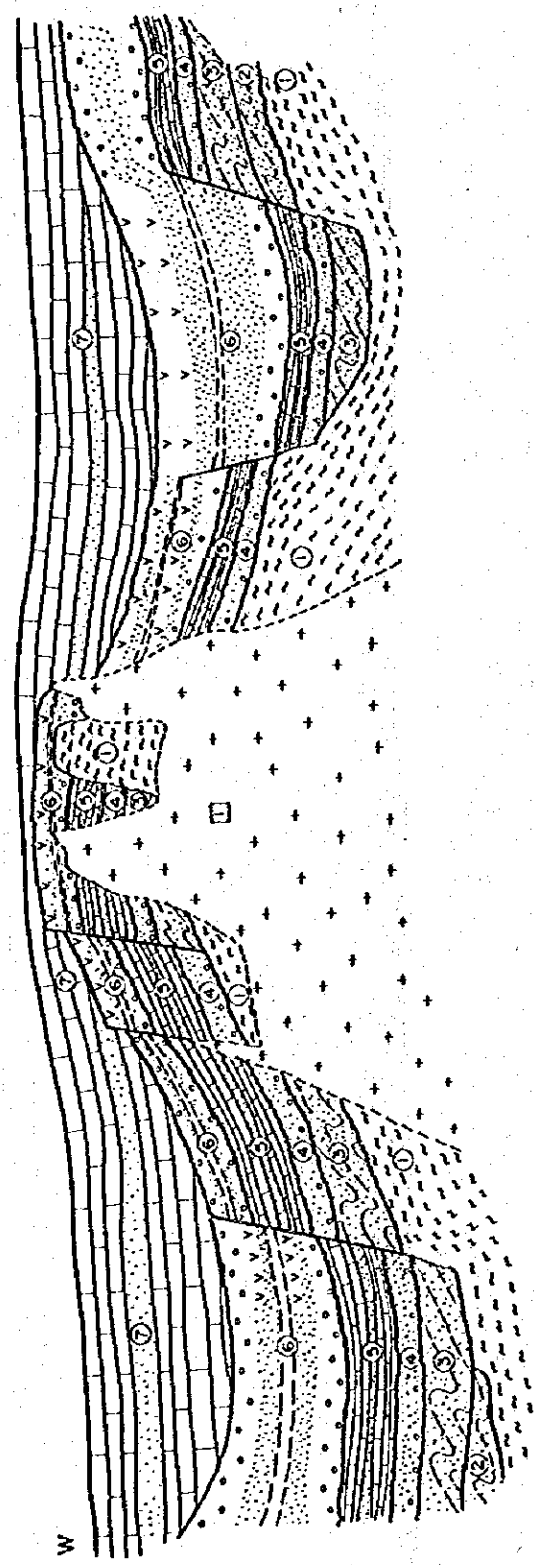
Andean Orogeny



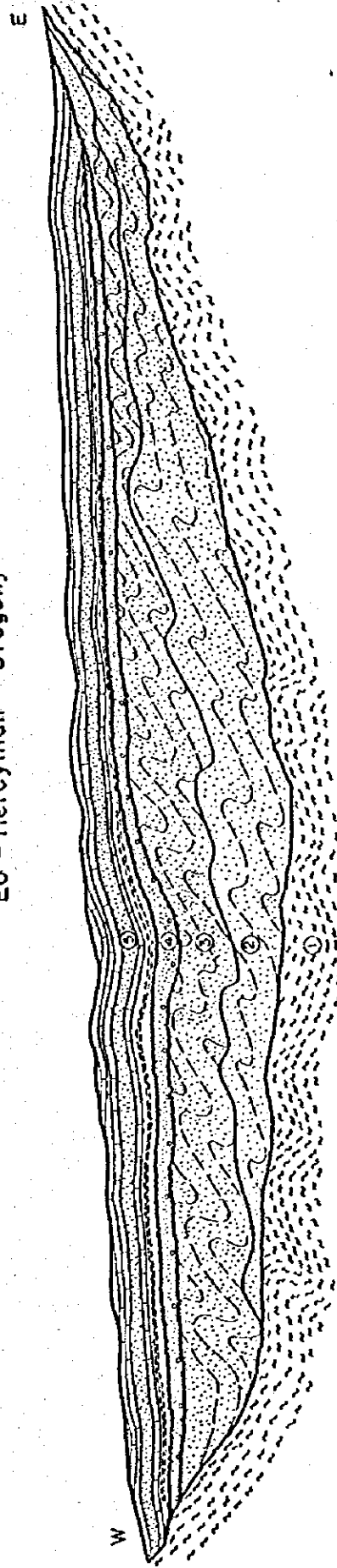
Nevoadan Orogeny



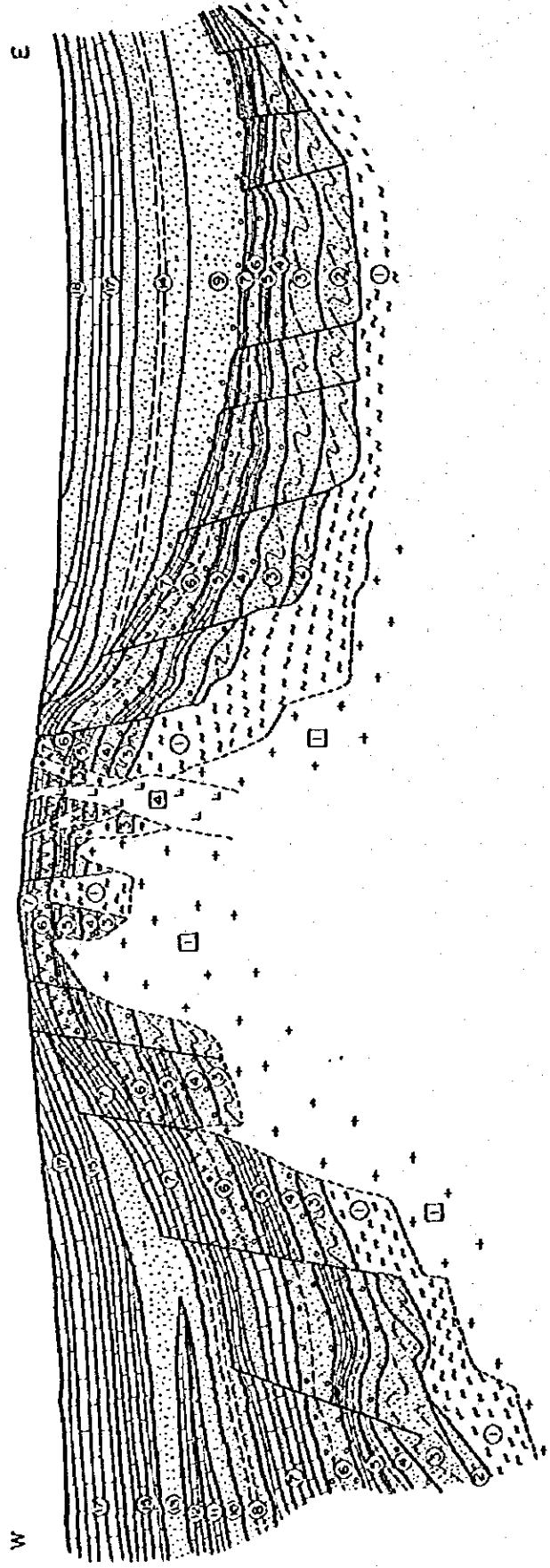
Tardi - Hercynian Orogeny



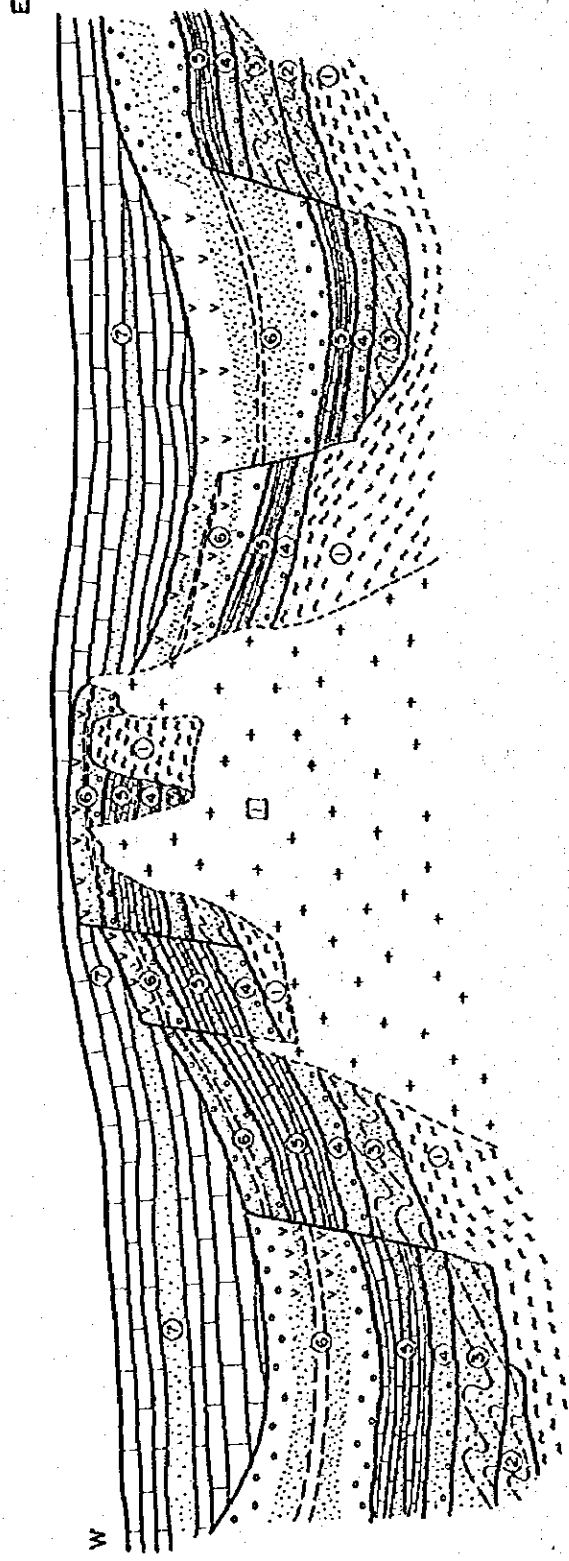
Eo - Hercynian Orogeny



### Nevadan Orogeny



### Tardi - Hercynian Orogeny



### Eo - Hercynian Orogeny

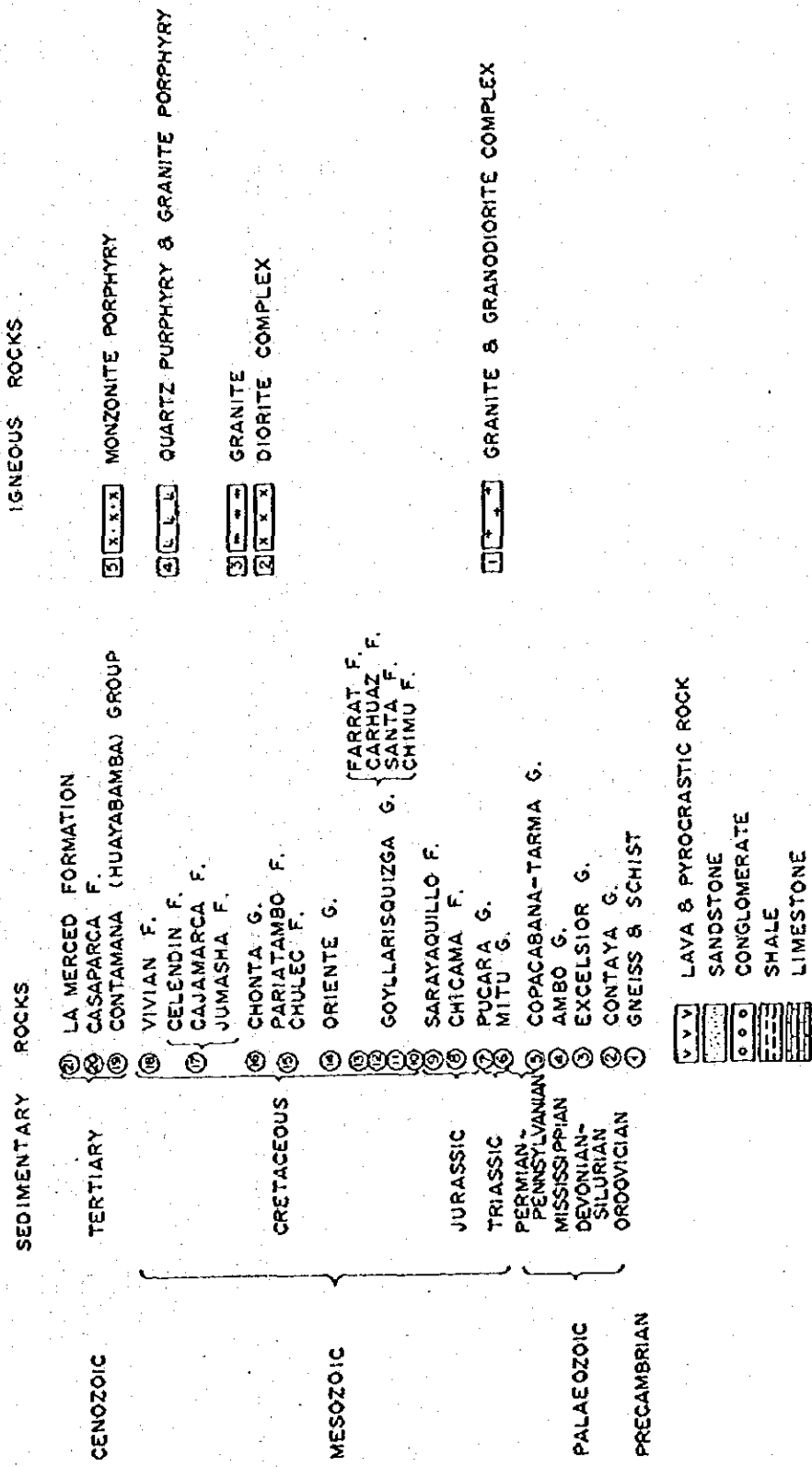
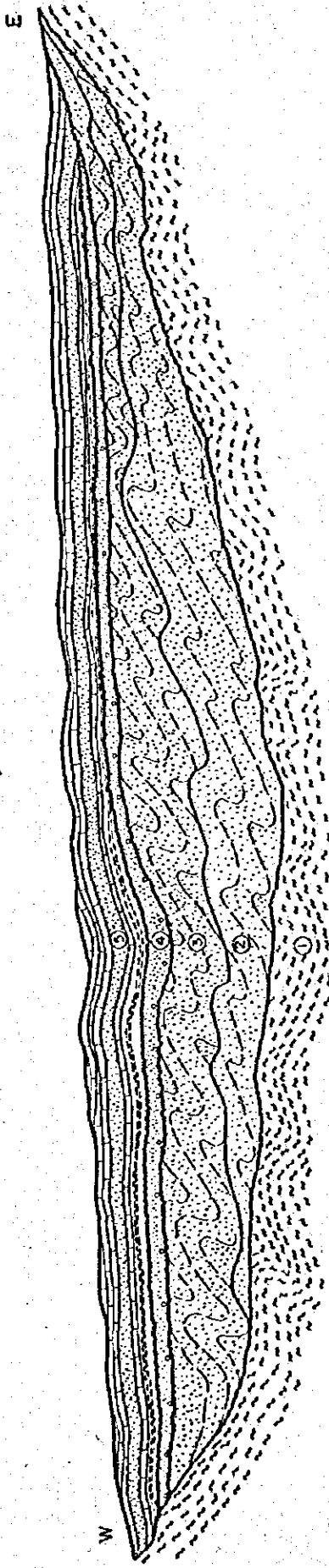


Fig. 1-4. Scheme of Orogenic Cycle in the Surveyed Area



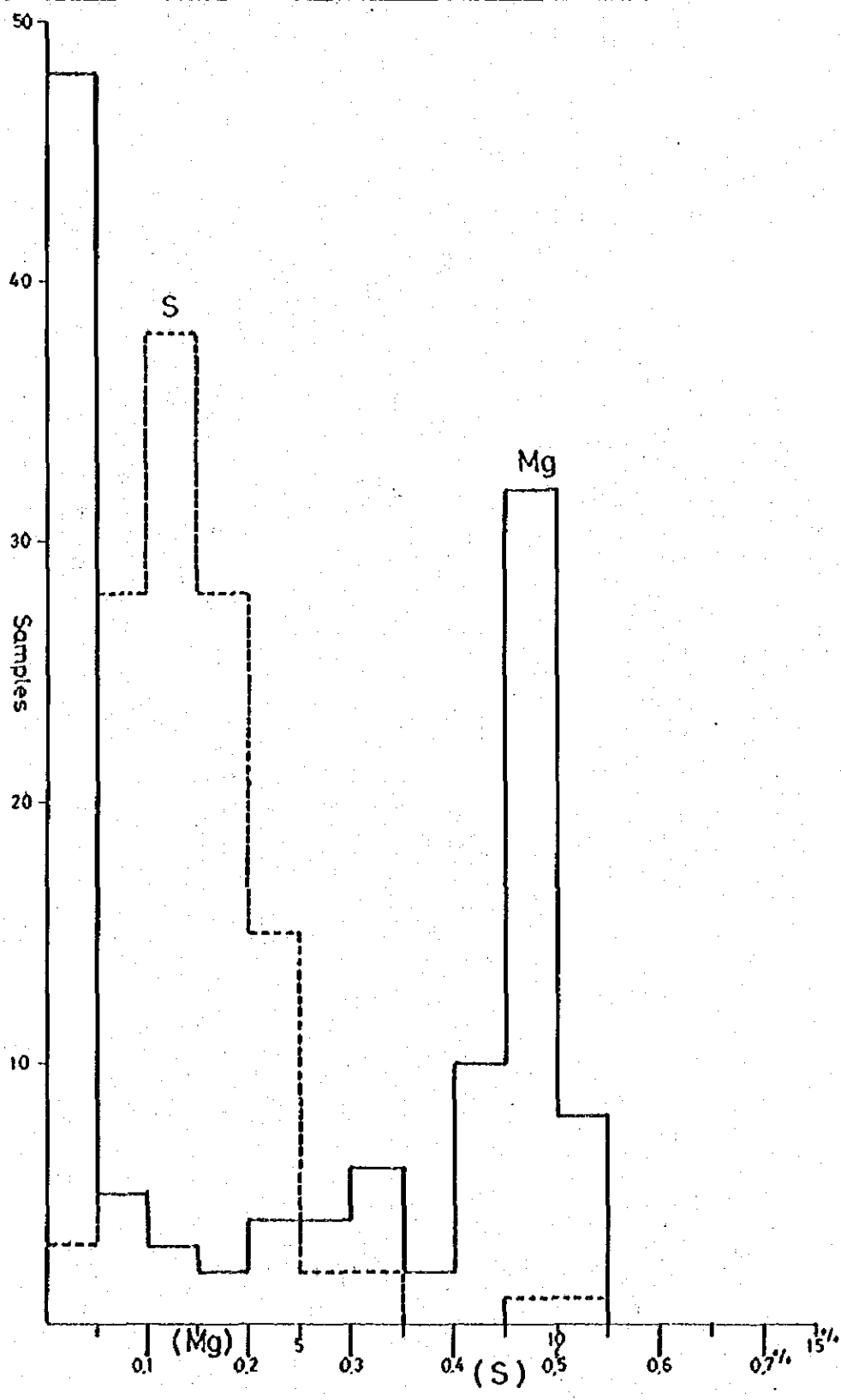


Fig. I-5. Histogram of Mg and S contents on carbonate rocks.

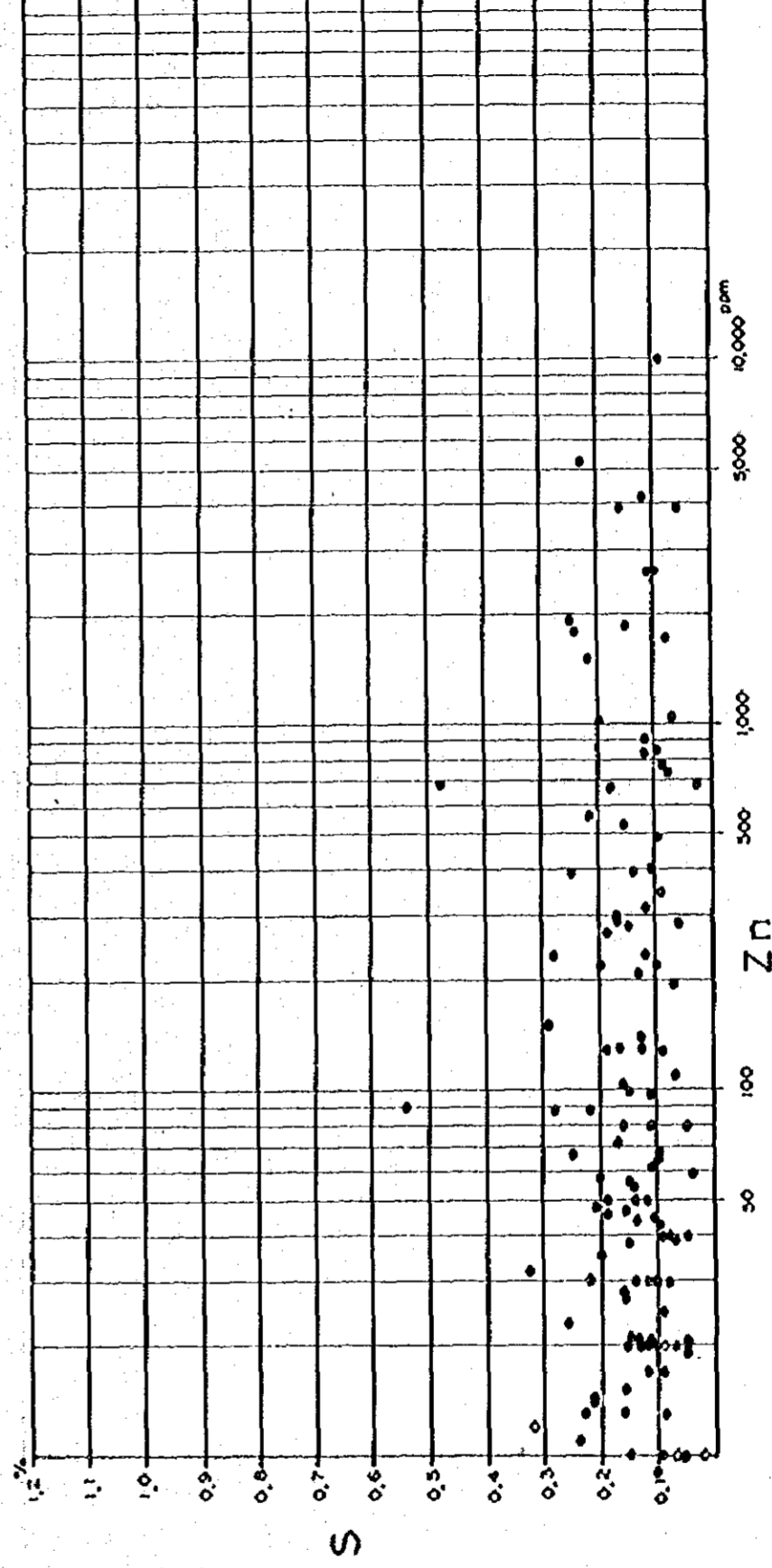
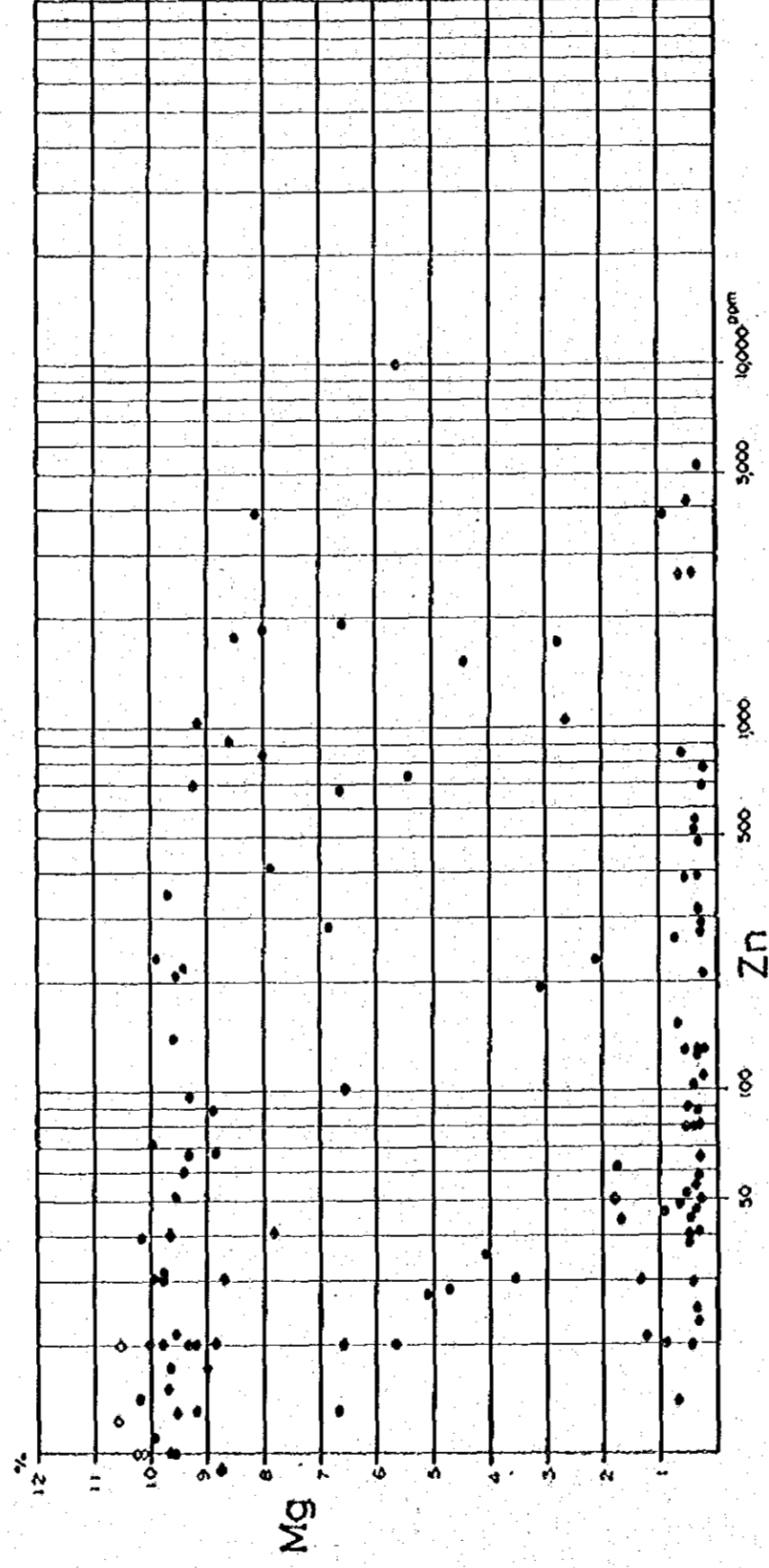
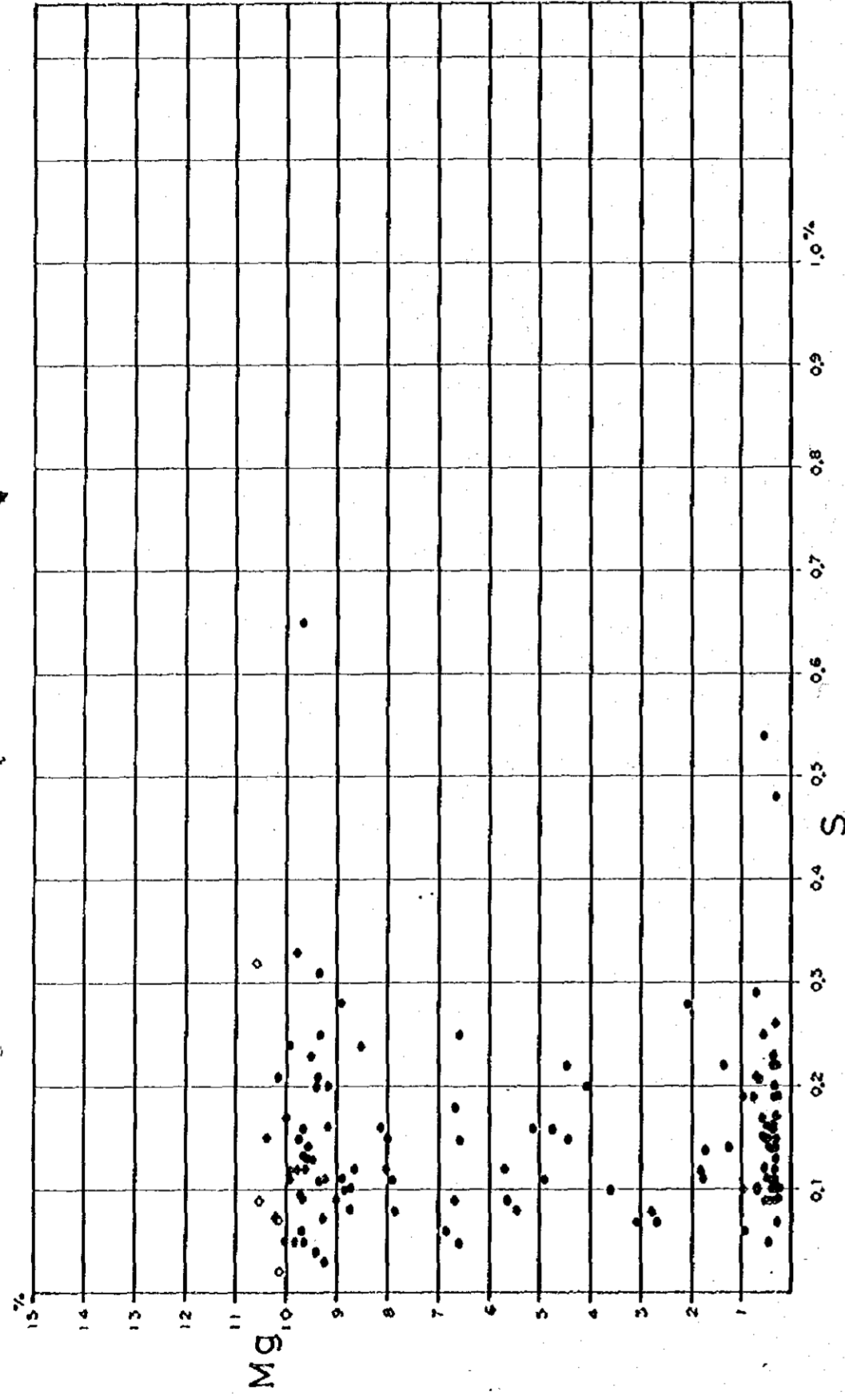


Fig.I-6. Relation of Geochemical Values between Zn, Mg and S contents on Carbonate Rocks.

Table I - 1. Fossils from Pucara Group in the San Ramon - Oxapampa - Tingo Maria area

	Rock facies	Thickness	Fossils	Triassic					Jurassic				
				Seythian	Anisian	Ladinian	Carnian	Norian	Rhaetian	Keuper-Plan	Sinemur-Plan	Turonian	
VI	Upper part: Well bedded muddy limestone Lower part: Crystalline dolomite and micritic limestone	700 m ±	Euasteroceras ? sp.										
V	Grey to dark grey limestone, crystalline dolomite and black muddy limestone	600 m ±	Arietitidae, Gen. et sp.  Epammonites sp. Gleviceras ? sp. Cheltonia ? sp. Palioceras planorbis (Soverby)										
IV	Well bedded sandstone	0 ~ 350m	Metaphiceras sp. Arioioceras sp.										
III	Crystalline dolomite and micritic limestone	100-650m	Epammonites of latisulcatus										
II	Well bedded, calcareous shale + siltstone and muddy limestone	300 m +	Epammonites sp. Palioceras sp. (Franziceras) Palioceratiner Gen. et sp. Palioceras sp.										
I	Upper part: Crystalline dolomite and grey limestone Middle part: Well bedded black limestone & fine sandstone Lower part: Well bedded partly siliceous grey limestone	500 m +	Avicula contorta portii Terebratula gregaria Sues Aulacoceras indusius Münst Proturachyeras reitzi *										

\* According to Levin M. Peter Semanigo A Alberto Boletín de la Sociedad Geológica del Perú Tomo 45 1975.

**Table I - 2. Magnesium and sulphur contents of carbonate rocks  
in the detailed survey area**

**Geological Index**

<b>Pucara Group</b>	<b>PDO .... Dolomite</b>
	<b>PLS .... Limestone</b>
	<b>PSS .... Sandstone</b>

Sample No.	Location	Rock No.	Geological Index	Zn Content (ppm)	Mg Content (%)	S Content (%)
688	8	A306	PDO	1,022	9.17	0.20
689	8	A308	PLS	3,993	0.95	0.06
690	8	A309	PDO	3,975	8.11	0.16
691	10	A315	PLS	45	0.49	0.11
694	10	A321	PLS	287	6.87	0.06
695	6	A323	PLS	21	1.25	0.14
696	6	A325	PLS	65	0.31	0.10
697	6	A326	PDO	351	9.68	0.09
698	6	A327	PDO	833	8.03	0.12
699	6	A328	PLS	103	0.42	0.16
702	20	A340	PLS	43	0.32	0.10
703	23	A403	PLS	62	1.78	0.11
704	23	A406	PDO	31	9.78	0.33
705	23	A414	PDO	67	9.32	0.25
706	23	A420	PLS	46	0.94	0.19
707	23	A428	PLS	14	0.69	0.21
708	23	A429	PLS	38	0.50	0.15
712	4	C308	PLS	4,220	0.51	0.12
713	4	C310	PLS	666	6.64	0.18
714	7	C311	PLS	55	0.37	0.14
715	7	C315	PDO	97	9.31	0.11
716	7	C318	PLS	47	0.39	0.16
719	11	C329	PLS	44	1.70	0.14
720	11	C340	PLS	197	3.09	0.07
722	11	C354	PDO	39	10.15	0.07
724	9	C401	PLS	28	4.72	0.16
725	4	C404	PLS	406	7.92	0.11
726	4	C409	PDO	68	8.81	0.10
727	4	C410	PLS	232	2.08	0.28
732	23	C503	PDO	21	9.56	0.13
733	23	C510	PLS	25	0.32	0.09
736	23	C538	PDO	9	8.76	0.10
737	23	C541	PLS	13	6.69	0.09
740	7	I305	PLS	53	0.52	0.15

Sample No.	Location	Rock No.	Geological Index	Zn Content (ppm)	Mg Content (%)	S Content (%)
741	7	I309	PLS	30	1.34	0.22
743	6	I311	PDO	231	9.89	0.12
748	11	I331	PLS	48	0.67	0.21
749	11	I333	PDO	15	9.67	0.16
750	11	I335	PDO	13	9.17	0.16
751	9	I353	PLS	27	5.10	0.16
753	21	L301	PLS	766	0.25	0.09
756	21	L306	PDO	1,868	8.00	0.15
757	21	L311	PLS	855	0.63	0.10
758	21	L314	PLS	393	0.51	0.25
759	21	L315	PLS	1,508	4.47	0.22
761	21	L318	PDO	89	8.90	0.28
762	21	L319	PLS	152	0.69	0.29
764	21	L321	PLS	129	0.34	0.09
767	21	L328	PLS	1,048	2.67	0.07
769	21	L331	PLS	563	0.35	0.22
770	6	L337	PLS	269	0.71	0.19
771	6	L338	PLS	279	0.28	0.15
773	6	L353	PDO	1,787	8.50	0.24
778	22	L379	PLS	35	4.07	0.20
779	22	L382	PDO	13	9.51	0.23
780	22	L384	PDO	14	10.16	0.21
781	22	L386	PLS	88	0.36	0.22
784	22	L397	PLS	23	0.32	0.26
785	11	I410	PDO	12	10.57	0.32
789	22	I434	PDO	11	9.93	0.24
795	10	I467	PLS	58	0.31	0.20
797	10	I492	PLS	296	0.27	0.17
805	23	L626	PDO	72	9.98	0.17
806	23	L629	PDO	17	9.62	0.12
807	23	L635	PDO	17	9.00	0.09
808	8	M307	PDO	50	9.55	0.14
809	8	M312	PDO	30	8.69	0.08
810	8	M314	PLS	130	0.31	0.19

Sample No.	Location	Rock No.	Geological Index	Zn Content (ppm)	Mg Content (%)	S Content (%)
811	8	M315	PLS	80	0.40	0.05
812	8	M329	PLS	20	0.43	0.15
813	10	M341	PLS	1,940	6.58	0.25
814	10	M343	PLS	740	5.44	0.08
815	6	M372	PLS	2,650	0.63	0.10
816	22	M380	PSS	40	0.47	0.09
817	22	M399	PSS	90	0.50	0.54
818	22	M401	PDO	20	10.54	0.09
819	22	M403	PDO	30	9.92	0.11
820	22	M411	PDO	20	10.00	0.05
821	22	M413	PDO	20	9.27	0.07
822	22	M416	PDO	10	10.17	0.07
823	22	M418	PLS	20	6.58	0.05
824	11	M427	PDO	40	9.61	0.05
825	11	M435	PDO	140	9.59	0.13
826	11	M436	PLS	50	1.80	0.12
827	13	M456	PDO	20	9.80	0.05
828	10	M459	PDO	690	9.23	0.03
829	10	M463	PLS	690	0.26	0.48
830	22	M465	PLS	20	5.68	0.12
831	22	M466	PDO	10	10.13	0.02
832	22	M469	PDO	10	9.68	0.06
833	9	M492	PLS	20	0.91	0.10
837	4	M496	PDO	60	9.38	0.04
838	9	M505	PLS	10	4.41	0.15
839	9	M506	PLS	1,710	2.78	0.08
840	8	P319	PDO	210	9.52	0.13
843	7	P327	PDO	20	9.25	0.11
844	22	P369	PLS	80	0.38	0.11
845	22	P385	PDO	10	9.65	0.09
846	22	P411	PDO	20	8.90	0.11
848	4	P472	PLS	30	3.59	0.10
849	4	P490	PLS	130	0.57	0.17
851	13	P511	PDO	30	9.79	0.12

Sample No.	Location	Rock No.	Geological Index	Zn Content (ppm)	Mg Content (%)	S Content (%)
853	7	P523	PDO	220	9.39	0.20
854	7	P528	PLS	80	0.47	0.16
865	21	S302	PLS	910	8.63	0.12
866	21	S306	PLS	130	0.29	0.13
868	21	S309	PLS	490	0.31	0.10
869	21	S310	PLS	10,000	5.63	0.09
870	21	S311	PLS	5,230	0.33	0.23
871	21	S312	PLS	2,650	0.42	0.11
872	21	S319	PLS	320	0.31	0.12
873	21	S320	PLS	50	0.27	0.19
874	21	S321	PLS	400	0.33	0.14
876	21	S323	PLS	30	0.41	0.14
877	21	S324	PLS	530	0.39	0.16
878	21	S326	PLS	100	6.58	0.15
880	6	S341	PLS	220	0.25	0.10
882	22	S345	PDO	-	10.37	0.15
884	22	S347	PDO	-	9.38	0.21
886	22	S349	PDO	-	9.32	0.31
887	22	S350	ore	-	9.67	0.65
889	22	S352	PDO	-	9.72	0.15
890	6	S376	PSS	40	7.83	0.08
891	6	S377	PLS	110	0.25	0.07



### 第3章 鉛 床

調査地域における金属鉛床は、稼動中の San Vicente 鉛床のほか、Tambo Maria 鉛徴、San Roque 鉛徴など各地に鉛徴が知られている。

これらの鉛床および鉛徴は、その成因と鉛種とにより次のように区分される。

- ① Pucara 層群中の層状鉛・亜鉛鉛床
- ② Pucara 層群中の鉛染状鉛・亜鉛鉛床
- ③ Pucara 層群の炭酸塩岩と貫入岩との接触部に形成された銅・鉛・亜鉛接触交代鉛床
- ④ Pucara 層群および中生代閃緑岩の中の脈状銅・鉛・亜鉛鉛床
- ⑤ 第三紀モンソニ岩の中の斑岩型銅鉛床

それぞれのタイプの記載はすでに第1巻・第4巻および第5巻に述べられている。そのうち③④⑤のタイプの鉛床は、いずれも小規模で、各々の賦存環境から見て余り重要とは云えない。これに対し①および②のタイプは、今後更に検討していく必要がある。以下この2つのタイプについて記載を行なった。

#### 3-1 層状鉛・亜鉛鉛床

このタイプの鉛床は現在までのところ南部地域においてのみ発見されている。San Ramon 南方に位置する San Vicente 鉛床は調査地域において稼動中の唯一の鉛床であり、San Ramon の西方にある Pichita Caluga 鉛床は目下休山中であるが San Vicente 鉛床の鋪先と考えられる鉛床である。また1976年の調査によって発見された Tambo Maria 鉛徴は Oxapampa 南方17kmのところに位置している。この三つの鉛床および鉛徴は、これまで実施して来た層序対比によりいずれも第III層に属するドロマイトに胚胎していることが明らかになっている。Pucara 層群のそのほかの層準ではまだこのタイプの鉛徴は発見されていない。

##### 3-1-1 Tambo Maria 鉛徴

本鉛徴においては、後述する San Roque 鉛徴地付近とともに、鉛徴の状況をより明確に解析するため縮尺1/2500の精査を行なった。(PL. 1-2, 1-6)その結果以下のことが明らかになった。

- (1) 鉛徴地付近におけるドロマイトは厚さ400mに及び Oxapampa 地域で最大の規模を有するものであり、セブラ構造の発達も厚さ最大150m、延長2.5kmに達している。それらの走向は概ねNNW-SSE方向で傾斜は40°-50°Wである。セブラ構造は、0.3~2mmの再結晶した白色ドロマイトのバンドと微細な黒色ドロマイト(0.1~0.2mm)のバンドとから成り、それぞれ2~5mm程度の間隔の縞模様を形成している。この縞模様は更に様々な規模で帯状に長くのびたり或は径10cm程度の塊状を呈し、前述の範囲に分布している。す

なわち厚さ150m, 延長2.5kmのゼブラドロマイトはすべてが縞状構造を呈しているのではなく, それぞれの中間部には縞模様を形成しない黒色ドロマイトが存在する。このゼブラドロマイトの分布範囲は広域的構造に調和的である。しかし, その中の個々のゼブラ構造のバンドの方向性は必ずしも調和的でなく, 局部的にかなり乱れていて全体の構造に対し斜交し特定の方向性を示していないのも特長といえる。

(2) 閃亜鉛鉱を主とする鉱物はゼブラ構造を示すドロマイトの中でも, 特にゼブラ構造の発達したところに見出される。そこでは白色バンド内におけるドロマイトの結晶粒の大きさは最大5mmぐらいまでに成長し縞模様の幅も2cm程度まで発達している。しかし幅の広いゼブラ構造の規模は目下のところ幅数m程度のもので, その延長を追跡するために実施した東南方50m地点におけるトレンチでは消滅しているが, 西北部延長はまだ明らかにされていない。この様に発達したゼブラ構造はこれまでの調査ではSan Vicente 鉱床とTambo Maria 鉱床地においてのみ認められ, その他の地域ではまだ確認されていない。

またここでは幅が広がったゼブラ構造は全体の走向NNW--SSE方向に対しE--W方向を示し傾斜も $20^{\circ}$  -  $30^{\circ}$  Sとゆるく, 更にN--S方向の小裂かも他地域に比べて顕著である。裂か沿いには弱い角礫状構造も認められている。従って鉱石の存在する位置はゼブラ構造の発達する中でも構造的な乱れの生じたところといえよう。幅の狭いゼブラ構造には肉眼的には閃亜鉛鉱の鉱染は全く認められない。

(3) 鉱石鉱物は閃亜鉛鉱を主とし方鉛鉱は肉眼では認められない。閃亜鉛鉱はやや粗くアメ色を呈している。ゼブラ構造の中では白色ドロマイトと, 黒色ドロマイトから成る縞の境界部に沿ってまた境界部より白色ドロマイト寄りのところに認められる。地表に近い部分では鉱石部の酸化は著しく, 殆んど菱亜鉛鉱に変っているところもある。鉱石部(平均厚3.5cm)の平均品位はCu 0.02%, Pb 0.015%, Zn 9.34%であり, 亜鉛の酸化度は79.55%である。

(4) Tambo Maria 鉱床における閃亜鉛鉱(サンプル番号S343)は鏡下では(A.1-3, 1-4参照)自形結晶を呈し, 外縁部やあるいは劈開面に沿い菱亜鉛鉱に交代されている。

黄鉄鉱(一部針鉄鉱に交代されている)は自形結晶で脈石中に認められるが, 閃亜鉛鉱の包有物としては全く認められない。また, Tambo Maria 鉱床の北方7kmには弱いゼブラ構造を伴うドロマイトが露出するが, このドロマイト(サンプル番号L416)中に僅0.1mm弱の自形の閃亜鉛鉱と幅20-90ミクロンの脈状閃亜鉛鉱が認められ, また鉱床地の南方でも2次的なドロマイト脈に僅数ミクロンの閃亜鉛鉱が見出されている。いずれも再結晶したドロマイト中の閃亜鉛鉱でありその産状の一つを示すものとして興味深い。

### 3-1-2 San Vicente 鉛床

本鉛床についてはすでに第1巻・第4巻および第5巻などで記載して来たが Tambo Maria 鉛床と比較検討のためここで再記する。

本鉛床は San Ramon 付近を流れる Tulumayo 河支流 Uncush (ウクシュ) 谷中流にある狭義の San Vicente 鉛床を中心に南北15 kmにわたって露頭が確認されている大規模鉛床である。鉛床は Tambo Maria 鉛床と同様に第Ⅲ層に属する石灰岩・ドロマイト層のドロマイトに胚胎する。現在まで9枚の鉛化層準が確認されている。(Levin et al., 1973)

この付近における本層はドロマイトを主とし砂質石灰岩、黒色(凝青質)石灰岩、石灰岩などの互層から成り、走向はN-S方向ないしNNW-SSE方向、傾斜は $50^{\circ}$ — $55^{\circ}$ Wである。ドロマイトは厚さ約400 mに達し随所にゼブラ構造を伴う。これは Tambo Maria における場合と全く同様で黒色ドロマイトと白色ドロマイトとのバンドで構成され、幅の狭いものと幅の広いものも存在する。しかしここでは幅の広いものが優勢で狭義の San Vicente 鉛床を胚胎するゼブラドロマイト帯の中では幅の狭いゼブラ構造は幅の広いゼブラ構造を埋める様にあるいはゼブラドロマイト帯の外縁部に認められる。

閃亜鉛鉛を主とする鉛石は、幅の広いゼブラドロマイトに伴われる縞状鉛を主体とし、角礫状を呈している角礫状鉛も認められる。

縞状鉛における閃亜鉛鉛はゼブラドロマイトの中で白色部から黒色部に向けて閃亜鉛鉛の粒径が小さくなり、またその濃度も減少する傾向を示している。従って白色ドロマイト側から黒色ドロマイト側へ、白色ドロマイト—閃亜鉛鉛—含閃亜鉛鉛—黒色ドロマイト—黒色ドロマイト—含閃亜鉛鉛—黒色ドロマイト—閃亜鉛鉛—白色ドロマイトの繰り返しが一般的である。これらのうち閃亜鉛鉛の鉛染が発達し白色ドロマイト・黒色ドロマイトのバンドが痕跡程度留めるものもあり、この産状に対しては鉛山では塊状鉛と呼んでいる。角礫状鉛は角礫部の黒色ドロマイトとそれを埋める白色ドロマイトとの間に先に述べた縞状鉛におけると同様の関係で鉛染したものである。

これらの鉛石部はドロマイト層の中で幅3~5 mから最大約20 m程度までの規模で存在している。品位はZn 数%から最高25%以上にも達する。個々の鉛体<sup>※</sup>は、構造的に更に詳細に見ると、付近の地層の走向NNW-SSE方向ないしN-S方向に対し調和して胚胎しているが、ドロマイトの走向がN-SからNNE-SSW方向へまた、傾斜も $40^{\circ}$ 以下の緩傾斜を示すところなど若干変るところがあり、その部分において鉛体幅が厚くなったり品位も高くなる傾向が顕著である。

※ San Vicente 鉛山ではZn 10%以上を稼行対象としている。したがって、品位10%以上の部分を鉛体と呼ぶこととする。

鉛化作用は幅の広いセブラ構造に顕著であるが、幅の狭いセブラ構造にも僅かながら認められるところがある。しかし、その走向延長上では、単に幅の狭いセブラ構造によってのみ構成されており、閃亜鉛鉱は殆んど含まれていない。

鏡下では閃亜鉛鉱は微細な黄鉄鉱粒子を多量に含有しているのが特長で、Tambo Mariaにおける閃亜鉛鉱が全く含まないのと対照的である。これは、第1巻にて考察した様に San Vicente 鉛床が比較的高温の生成であり鉛化後の冷却により黄鉄鉱を分離したと考えられる。これに対し Tambo Maria では低温性の鉛化作用で鉄分の分離したのち、閃亜鉛鉱の沈殿が行なわれたものと考えられる。

### 3-2 鉛染状鉛・亜鉛鉛床

Oxapampa 西北方約 5 km の地点には、Pucara 層群の石灰岩・ドロマイト層の中に方鉛鉱を主とする微弱な鉛染状の鉛徴が発見された。この発見に基づき本年度において周辺の調査を詳しく続けてきた結果、西側に分布する火成岩の近くに隣接する数箇所の地点において方鉛鉱の鉛染を認めた。(PL. 1-14, 1-1 および PL. 1-2 参照)

#### 3-2-1 San Roque 鉛徴

San Roque 付近では本年度縮尺 1/2500 精査を実施した。(PL. 1-6(II))

その結果、以下のことが考察される。

(1) 本年度の調査により San Roque 鉛徴地付近には、主として第 V 層に属する石灰岩が分布し、ドロマイトは調査地域の西側と東側とにレンズ状に分布している。しかし San Roque 鉛徴地の北方には層厚 100 m 以上のドロマイトが分布している。

石灰岩は、やや結晶質のところもあり西側に分布する火成岩に沿ったところでは局部的に珪化を被っているところもある。また、肉眼的にも顕微鏡的にも多くの化石を含んでいるのが特長である。

(2) 鉛徴は San Roque 谷の中央部、その南方 500 m に在る旧坑、北方 500 m の試掘坑および本年度実施した試錐 52-1 孔付近など南北に約 3 km にわたって分布している。

① San Roque 谷では石灰岩中に N-S ないし NNW-SSE 方向の方解石細脈がよく発達しており、方鉛鉱は 0.5 mm 程度の結晶粒として方解石中に、また、その周辺の石灰岩中に鉛染している。その鉛染部の分析品位は、Pb 5120 ppm Zn 152 ppm (サンプル番号 L 319)、および Pb 0.27% Zn 0.14% (サンプル番号 OF007, 第 5 巻参照)であった。

② 旧坑付近は地滑り状に崩壊しており、坑内の状況、地質状況は全く不明である。坑口付近の焼石から類推すると最大 2 cm の "さや状" の方鉛鉱が石灰岩に鉛染しているものと思われる。転石の分析結果は、Pb 15.8% Zn 0.63% (サンプル番号 OF017, 第 5 巻参照)であった。

③ San Roque 谷の北方には石灰岩およびドロマイトの互層帯を掘進した試掘坑が存在する。地表の状況は明らかにできなかったが、試掘坑では互層帯の走向 NNW-SSE 方向と殆んど平行の粘土を伴う断層帯が発達しており、この断層沿いに径 5~7 mm の方鉛鉱の鉱染を認めた。最も鉱染の顕著であったところの品位は、Pb 2.48%, Zn 0.42% (サンプル番号 C416) であった。

④ また、本年試錐を実施した 52-1 孔の南では黒色ドロマイト中に方鉛鉱の鉱染を認めた。

ドロマイトは、やや珪化作用を被っている。方鉛鉱は、ドロマイト中の微細な方解石細脈 (0.5 cm) に伴われるものと、その周辺のクラックに薄膜状に認められるものがあった。薄膜状鉱染部の品位は、Pb 0.22%, Zn 0.28% (サンプル番号 M494) であった。

以上のように San Roque 付近では方鉛鉱が主として断層中、方解石細脈中、石灰岩やドロマイトの中の割れ目沿いに鉱染しているのが特長で、閃亜鉛鉱は肉眼では殆んど認められない。しかし、それぞれの分析結果が示すように僅かながら伴われており、San Roque 谷の入口すなわち鉛の鉱徴が見出されたところの東方 100 m の地点のドロマイトは分析の結果、Zn 10,000 ppm (サンプル番号 S310), 5250 ppm (サンプル番号 S311) と特に高い値を示しているにも拘らず肉眼ではやはり認められない。

(3) San Roque 地域における鉛石鉱物の鏡下での特長は、黄鉄鉱のぶどう状球類が顕著に認められたことである。この球類は径 10 ミクロン程度のものの集合体で僅かに方向性が認められる。ぶどう状球類の近隣には粒状 (最大 30 ミクロン) 或は脈状 (10 ミクロン) の方鉛鉱や閃亜鉛鉱を認めた。しかし黄鉄鉱とともに自形をなさないのが特長である。これらの中には Bivalves, Gastropoda などの化石の破片が多く含まれることがある。(サンプル番号 C416, L305, L319, L320, L324, S322B, L329)

方鉛鉱は径 7 mm の巨大なものもある。鏡下では一部白鉛鉱に交代されている。白鉛鉱は X 線回折の結果でも確認された。

(4) 本年度は、地質調査のほか、4 本の試錐が San Roque 地域で実施された。その結果は、第 III 部にて詳述するが、52-1 孔において閃亜鉛鉱、52-3 孔においては方鉛鉱が認められた。

### 3-2-2 その他の鉱徴

San Roque 地域以外では Chontabamba (チョンタブンバ) の北方、Chontabamba 河南岸などにおいて、やはり、鉛の鉱徴を認めた。これらの地点は PL. I-1 および PL. I-14 に示した。いずれも西側に分布する火成岩体に近接した地点で弱い珪化を被った石灰岩中に微量の方鉛鉱粒が認められた。Chontabamba 河南岸では、鉛を対象として採掘したと思われる旧

坑があり鉛・亜鉛鉱石を約1.0トン（Pb 2.2%, Zn 3%）出鉱したという記録も残されているが坑内の状況は不明である。

また、その南方約1kmの地点に、石灰岩・ドロマイトを貫き西側の火成岩体まで達する延長220mの旧坑が存在する。地表の鉱徴は全くなく、地化学探査の結果に基づき実施したものと思われるが、旧坑内では肉眼的な鉱徴は得られず、分析結果、最高値Pb 11,400ppm, Zn 5,900ppm（サンプル番号P588）が得られただけであった。しかし鏡下では僅かな方鉛鉱を認めただけで前記の品位に対応するものとは言えない。従って多くのサンプルの鏡下での観察で認められたように、鉛・亜鉛は菱亜鉛鉱・白鉛鉱などの炭酸塩鉱物として存在するものと考察される。

## 第4章 地化学探査

### 4-1 目的および方法

この探査は調査地域の地質調査を実施すると共に、鉱床に関する情報を得て金属鉱床の賦存の可能性の高い地域を抽出するために実施した。

昨年度精査地域では、土壌のほか岩石による地化学探査をも実施しそれが有効と判断された。したがって本年度は、より詳しい精査が必要な地域を抽出し、全面的に岩石を対象とした地化学探査を実施した。また、本年度新たに追加された精査地域においては、岩石のほか土壌試料をも重複して採取した。

予察地域では、1975年および1976年に実施した調査により全調査地域約20,000<sup>ha</sup>の土壌および河川堆積物の試料採取が行われ、その解析結果より一部の地域に対し、より高い精度の調査が実施されてきた。しかし予察が終了した段階で、まだ地化学的情報が不足している地域においては、本年度地質調査と並行し土壌を対象とした地化学探査を追加し、より多くの情報を集めるようにした。また、1976年の中精査地域(約2,000<sup>ha</sup>)でも中精査の段階での情報の不足しているところがあり、それらの地域と、新たに中精査による情報の蒐集の必要な地域内において土壌による地化学探査を実施した。

土壌試料は調査ルート上において腐植土直下のB1層から重量約1kgを採取し、岩石試料は調査ルートにおいて遭遇した露岩および本年度の調査において掘さくしたトレンチおよび調査地域に存在した旧試掘坑などの各地点において採取した。

採取した試料は土壌試料は風乾し岩石試料は鉄鉢を用いて粉砕しそれぞれ80メッシュふるい下を四分法により10gの分析試料となるように調整した。調整した試料は日本に持帰り指示元素3成分(予察調査ではCu・Zn・Ni, 中精査および精査ではCu・Pb・Zn)の化学分析を原子吸光法により行なった。また精査における岩石試料の一部に対しては更にMg・Sの2成分の分析も行なった。分析のフローシートはA. 1-12に、分析結果はA. 1-13に示した。

### 4-2 解析および結果の検討

1977年の分析結果の処理は次のように行なった。なお統計処理は電算機IBM370-145を使用して行なった。

#### 4-2-1 岩石による地化学探査

##### (I) 解 析

本年度精査地域において採取した931個の岩石サンプルを対象として統計処理を行なった。その解析結果はTable. 1-3, Fig. 1-8(I)に示した。これによると全サンプルの平均値はCu 9ppm, Pb 50ppm, Zn 60ppmであった。しかし特にPb・Znについてそれぞれ35

ppm, 20 ppm 付近の値を示すサンプルが圧倒的に多い。すなわち平均値より低い値のところにヒストグラムのピークが存在するという分散の型を示していることが明らかとなった。それは特に亜鉛の場合に極端である。平均値より低い値は概ね調査地域の東側に集中しており、また東側と西側とのサンプル個数にも差異があつて、平均値の算出に影響を与えていることも考察される。そこで精査地域のうち Oxapampa 市以南の調査地域を西側と東側とにわけ、それぞれの統計処理を行なつた。その結果は Fig. 1-8(2)(3), Table 1-3 に示した。

それによると西側地域のサンプルは、Cu・Pb・Zn いずれの元素についても高値過剰型の母集団から成り、平均値は Cu 8 ppm, Pb 70 ppm, Zn 154 ppm である。しかし Cu を除き Pb・Zn の場合平均値より低い値のところにピークがあるという傾向は残されており、Zn の場合には 300 ppm の値のところにピークが存在する。これに対し東側地域のサンプルは、ほぼ対数正規分布を示す母集団から成り、その平均値は Cu 6 ppm, Pb 31 ppm, Zn 23 ppm で、西側に比べ著しく低く、特に Zn が Pb より低い値を示しているのが著しい。

以上のように、岩石中に含まれる Cu・Pb・Zn は統計処理の結果、単純な正規分布を示すのではなく、ある値に集中する分散を示し、更に地域間の差異も大きいことが明瞭である。これらのことから岩石サンプルのうち 167 個を対象とし更に再解析を進めた。Fig. 1-9 は、再解析に基づき精査地域の各ブロック（ルートマップの図面番号による）毎の Cu・Pb・Zn のヒストグラムである。各ブロック毎のサンプル数の間にはかなりの差異がある。従つて各ヒストグラムのピークの高さでなくピークの存在する位置を比較すると、特に Pb・Zn に関し、

- (1) 平均値のサンプル頻度が多いグループ
- (2) 平均値とそれより高い値のサンプル頻度が多いグループ
- (3) 平均値より低い値のサンプル頻度が多いグループ

の3種のグループに分けることが出来た。

それぞれのグループの平均値は

	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
(1)	7	39	66
(2)	8	88	217
(3)	6	31	23

であつた。この結果 Cu は殆んど変化がないが Pb および Zn はグループによって大きな差異が認められる。

(1)のグループには Pusagno 東地域（ルートマップの図面番号 N 11）のサンプルが属する。(2)のグループは San Roque, Pusagno および Huancabamba 地域など（図面番号 N 4, 8, 10, 20, 21）、火成岩体に近いところに位置している。さらに(3)のグループは Oxapampa



から Tambo Maria にかけての地域 (図面番号 9, 11, 22, 23) など、ドロマイトの分布域のサンプルが属する。従って岩石による地化学探査では、高い値のサンプル頻度が多いことを考察する必要がある(2)のグループを San Roque 型異常帯と呼び、そのしきい値を Cu 22 ppm, Pb 194 ppm, Zn 412 ppm とした。これに対し低い値のサンプル頻度が多いことを考察する必要がある(3)のグループを Tambo Maria 型異常帯と呼び、Zn 27 ppm をしきい値と定めた。

## (2) 結果の検討

以上のしきい値にしたがって抽出された異常帯を Pl. 1-11, 1-14, Fig. 1-10 などに示した。なお、Tambo Maria 鉱徴地における鉱石部では地化学探査サンプルとして採取していないので異常値から外れているが、地化学的な超異常帯であることはいうまでもない。San Roque 型異常帯について地質調査の結果と対照して考察すると

- ① この異常帯の大部分は火成岩に近接したところに認められる。
- ② Cu 異常帯は、概ね単独に存する方が多いが、Pb・Zn は一部重複するところもあるが比較的隣接して分布している。

しかし、必ずしも火成岩に近いところに Zn 異常帯があり、遠いところに Pb 異常帯が配置されるという一般的な帯状分布の傾向は認められない。

- ③ また異常帯は概ねドロマイトの分布と一致しているように考察されるが、石灰岩の分布しているところにも存在している。したがって、母岩の種類には無関係といえる。

以上のことから San Roque 型異常帯は、位置的関係から西側に貫入する火成岩の影響を受けて生じた異常帯といえる。しかし Pb 異常帯と Zn 異常帯が必ずしも火成岩体からの距離による帯状分布を示しているのではなく、むしろ逆のケースもあり得る。このことは火成岩から与えられた熱水性の鉱化作用を意味するのではなく石灰岩、或はドロマイトが含有する本源の Pb・Zn 元素が火成岩の貫入の影響を受け、再編成されたためといえよう。

San Roque において肉眼的に認められた Pb 鉱徴が火成岩側にあり、Zn 高品位部がその外側にあるということは、それを説明していると思われる。

一方、Tambo Maria 型異常帯は鉱徴が見出されたところを含め、延長約 10 km にわたって抽出された。

その他の地域では、Oxapampa 北部と Pusagno にも Tambo Maria 型異常帯がある。

- ① Tambo Maria における異常帯は全調査地域において最も厚いドロマイトに沿って、また、主要なセブラドロマイトの分布域と重複しながら延長約 10 km にわたって分布している。
- ② 異常帯の延長部を含めての Pb の含有量は 30~40 ppm ではば一定しているのに対し、異常帯の分布範囲内では、Zn の含有量は Pb の含有量より低い。
- ③ Tambo Maria 鉱徴はこの異常帯の分布域の中に入っており、サンプル L 416 のドロ

マイト中に閃亜鉛鉱の細脈を認めたところもその中にある。

④ 近接する火成岩としては、Tambo Maria 鉱微の東北方約 1 km のところに第三紀モンゾニ岩の小岩株が見られるだけである。

以上のことから Tambo Maria 地域における異常帯では、Pb より Zn の含有量が低いという他所には見られない現象を生じており、しかも、その中に Zn の超異常帯、すなわち、鉱微が存在するということが判明した。しかも、それらは構造運動に関連して再結晶したと考察されるゼブラ構造と重複したように分布していることは Tambo Maria などの層状酸化作用が元素の移動によること、すなわち、元来 Pb より高い Zn の含有を有していた地層より元素が逸脱し、およびある部分に濃集を惹起し鉱微部のように濃集したことを示唆している。これについては、第 5 章にて述べる。

#### 4-2-2 土壤による地化学探査

##### (1) 地化学精査

精査地域の土壤サンプルは 1976 年に採取したサンプル 1840 個を加え合計 2094 個を対象に統計処理を行なった。解析結果は Table 1-3, Fig. 1-7 に示した。

土壤サンプルの場合指示元素 Cu, Pb, Zn いづれの場合においても概ね対数正規分布を示している。しかし詳細に見ると幾分高値過剰型であり例えば Zn の累積度数分布曲線の場合におけるようにその曲線はゆるやかではあるが、正負の折れ曲りを繰り返すジグザグ型の分布が特長的である。しかしいづれの元素においても母集団の中で異常な集団を区分するための境界点は明瞭でない。従って 3 元素とも対数正規分布を示すものと見做し、全集団、Pucara 層群の石灰岩およびドロマイトに対応する地点のサンプル集団における統計処理結果を考慮し以下の如く異常値のしきい値を抽出した。

	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
弱異常帯のしきい値 (1')	30	120	400
強 # (t)	70	450	2000
特強 # (2t)	140	900	4000

この異常値を示す数値は 1976 年に採用した数値と全く同一である。すなわち本年採取したサンプル数 254 個は処理したサンプル数の合計 2094 個に対し 12% に過ぎず従ってこの程度のサンプル数の追加では、しきい値に対し大きな変動を与えないと見てよい。

本年、土壤サンプルを追加した地域の異常値は PL. 1-13 に、また全精査地域の異常値は Fig. 1-10 に図示した。

本年度の調査で新たに抽出された異常帯は、Pusagno 西方の Pucara 層群の分布域における Zn および Pb 異常帯で、Cu の顕著な異常帯は認められなかった。

本年度の結果を含め、精査地域の土壤による地化学探査の結果を要約すると以下の如くであ

る。(Table 1-4 参照)

Cu の高い値を示すサンプルは大部分が Pucara 層群の分布域に集中しており、更に Mitu 層群や中生代後期の閃緑岩・花崗岩にも高い値がやや多い。Pucara 層群の中では後述する Pb・Zn の異常帯とは一致して分布するところはなく、むしろ精査地域を縦断する NNW-SSE 方向(北部)ないし N-S 方向(南部)の断層に沿って分布している。この断層沿いには中生代後期の火成岩類が認められる。したがってこの火成岩の活動に起因した異常帯と考察される。しかし、Cu の最高値は 188 ppm にすぎず、顕著な欽化作用の存在する可能性は極めて薄い。

Pb・Zn は概ね同一の挙動を示しており、それぞれの高い値のサンプルは殆んど Pucara 層群の分布域に集中している。ついで、花崗斑岩・石英斑岩・流紋岩および石英安山岩など中生代後期から第三紀にかけて Pucara 層群の西部を貫いた火成岩類の分布域に高い値を示すサンプルが多く、広域的には中生代の閃緑岩や Mitu 層群などの分布域においても高い値を示すサンプルが認められた。

Pucara 層群の中では、更に西側の火成岩帯に沿ったところに圧倒的多数の高い値を示すサンプルが集中し、中央部はやや少く、東側では殆んど認められなかった。西側では、異常帯は地層の走向に一致して伸長しているようであり、火成岩体から水平的に 2 km 以内のところに位置しているので、火成岩体の貫入の影響を被った異常帯と考察される。しかし岩石による地化学探査の結果の考察のところで述べたように、火成岩からの直接的欽化作用を意味するものではない。

一方、Tambo Maria で発見された欽微地付近では Cu・Pb・Zn とともに高い値のサンプルは認められなかった。この理由については、第 5 巻(第 II 部第 4 章)で考察されたように、付近の地形が急峻なため、すでに流出してしまったことによるものと思われる。

## (2) 地化学中精査

本年度実施された中精査によって採取された地化学探査の土壤試料数は 1976 年の中精査の際の試料の値との 11% にすぎない。したがってこの場合も前年の統計処理の結果によるしきい値をそのまま使用し異常値の抽出を行なった。

使用したしきい値は次の如くである。

	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
バックグラウンドのしきい値 (M)	13	36	105
弱異常帯のしきい値 (1)	28	104	369
強異常帯のしきい値 (21)	63	304	1,297

この結果による地化学異常は PL. 1-15 に図示した。

この結果、Tingo Maria 地域では Zn の高い値を示すサンプルはすべて Pucara 層群の

分布域に集中している。しかしその平均値は105 ppmにすぎず、Oxapampa 地域に比べると極めて低い。Cu、Pbの高い値についてもZnと全く同一の分布をしている。

Huancabamba 地域では、Pucara 層群と西側を貫く火成岩との境界部付近にCu、Pb、Znとも高い値が集中していた。また、Cuは火成岩の分布域においても高い値を示すサンプルが認められたが、500~600 ppm 程度であり鉱化帯の潜在を指示する程のものとはいえない。

更に、調査地域の中央部にはOriente 層群が分布しており、ここにおいてPbの高い値のサンプルが見られる。

Rio Santa Cruz およびRaymondi 地域では高い値を示すサンプルは全く検出されていない。

### (3) 地化学予察

予察により本年度採取された土壌試料数は262個であった。それは1976年までに採取されたサンプル数との合計数の8%にすぎない。このため異常値のしきい値は(田)精査の項でのべたように、前年度の2,892個を対象として考察した結果と大差がないと判断されたので、統計的手法を用いての解析は実施しなかった。したがって本年度は1976年の統計処理の結果をそのまま使用して考察した。

解析に使用したしきい値は次の如くである。

	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Ni (ppm)
バックグラウンドのしきい値 (M)	20	100	30
弱異常帯のしきい値 (1)	70	200	100
強異常帯のしきい値 (2t)	140	400	200
特強異常帯のしきい値 (3t)	—	600	—

以上の解析により抽出された異常値をPL. 1-16に図示した。本年度調査を行なった地域において新たに抽出された異常帯は、Hualtaga 河地域におけるCu、Zn異常帯、Oxapamba 川地域におけるZn異常帯など数箇所であった。

Zn異常帯は昨年の結果と同様で、Pucara 層群の分布域にのみ認められた。

総合図による検討の結果を要約すると以下の如くである。

① Cuは花崗岩や変成岩中に発達する脈状鉱物付近が高く、また、ジュラ紀の閃緑岩類に相当する地点においても高い値が認められる。しかし最高値は1400 ppm (Churmazu 付近の鉱脈)程度でその分布範囲も小さく連続性も殆んどないので、これらの示徴から顕著な鉱床の存在を考察できる可能性は極めて少いといえよう。

② ZnはPucara 層群の分布域に殆んど高い値を示すサンプルが集中し、その他ではMitú層群が高い。

Pucara層群の中の高い値の集った地化学的な異常帯は

San Vicente, Pichita Caluga

Paucartambo (パウカルタンボ), Oxapampa 西方, Huancabamba

Monopampa (モノパンパ), Tingo Maria

などに見出された。これらの異常帯では最高値は5,000 ppmであり、異常帯は1000 ppm前後の値で構成され、それが数箇所に散在したり、或は比較的集合しているなどの形状を示している。これら異常帯の形状は調査ルートおよびサンプル密度の粗いことにも起因していると思われる。

すなわち、Oxapampa 西方地域に散在する異常帯はその後の詳しい調査により絶対値、分布の形状も明瞭となり、Pb、Zn 鉱微が発見されている。従ってたとえ散在しているといっても高い異常値が集まっていると云えるところに対しては、何らかの調査を継続してゆくことによって、異常帯の形状などはより明らかにできよう。

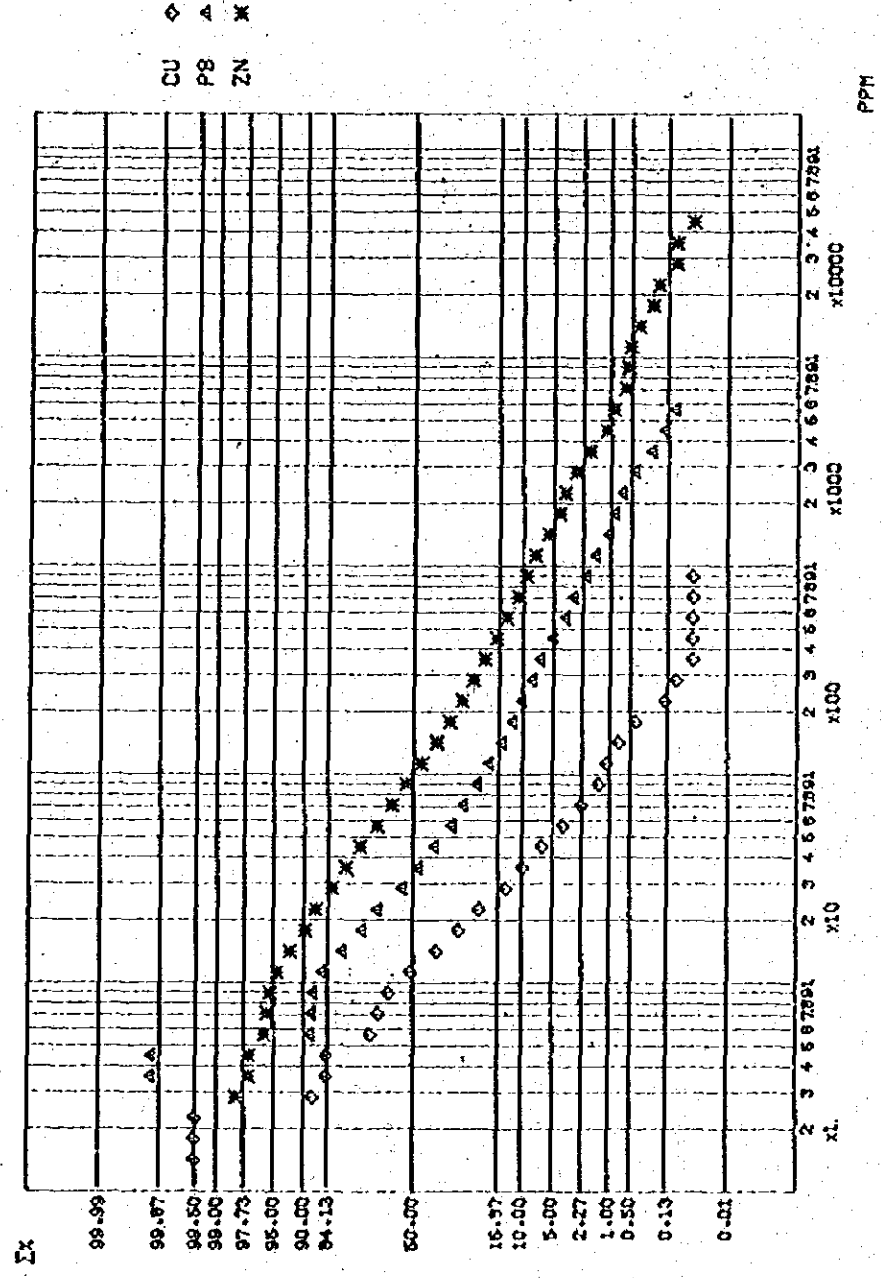
③ Ni の強異常値は片麻岩類とMitu層群に多く、ジュラ紀の閃緑岩の露出するところでも高い値が認められた。

#### 4-3 土壌による地化学探査と岩石による地化学探査との比較

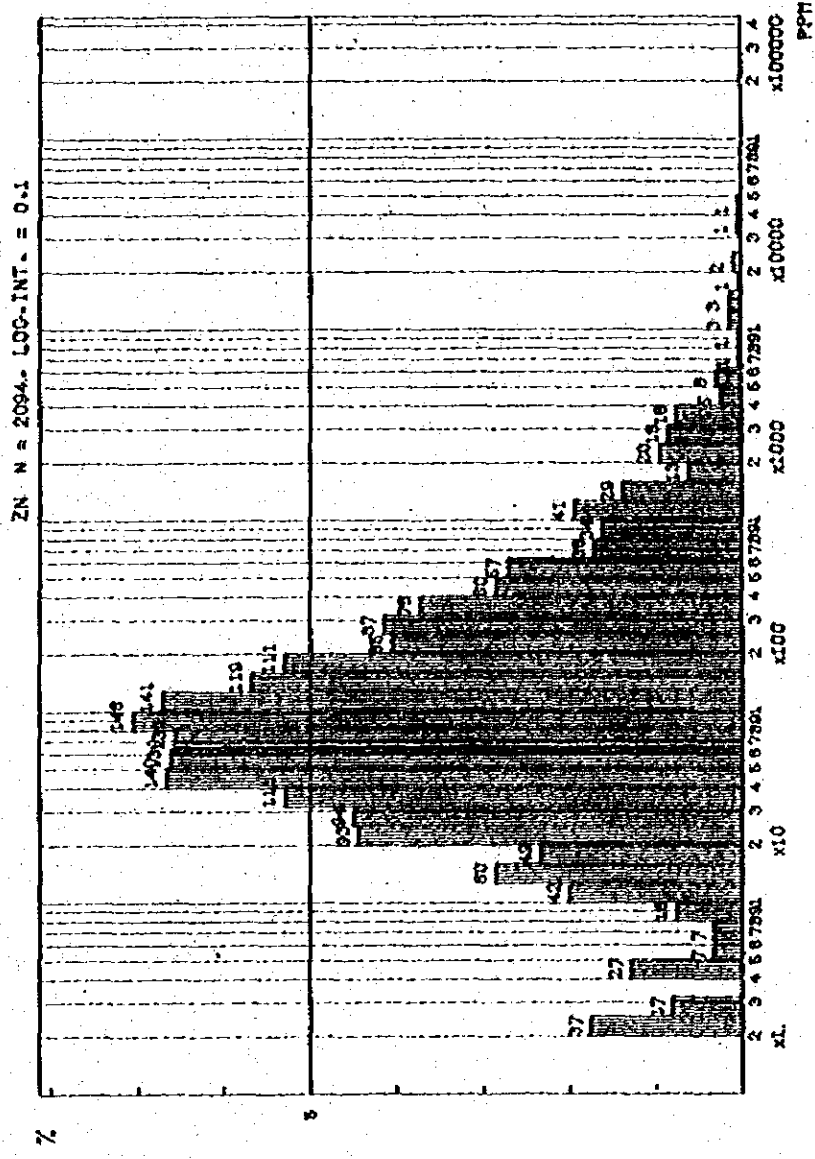
土壌および岩石により抽出された地化学探査の異常帯をFig. 1-10に示した。それぞれ元素の異常帯のしきい値は、統計的手法によって求めたものである。

それぞれの方法による各元素の異常帯は特に強い異常が分布していたSan RoqueおよびPusagno地域においてはほぼ重複して認められたが、そのほかの地域では概ねやや隣接している程度であった。したがって広域的な調査の段階ではいずれの方法でも有効といえよう。しかし岩石による地化学探査は前節でのべたような元素の移動を類推することができ、更に土壌による地化学探査では捕捉できなかったTambo Mariaの鉱微も特殊なTambo Maria型アノマリーの中に抽出できたので、この方法はこの種の鉱床探査に有効な方法と判断される。

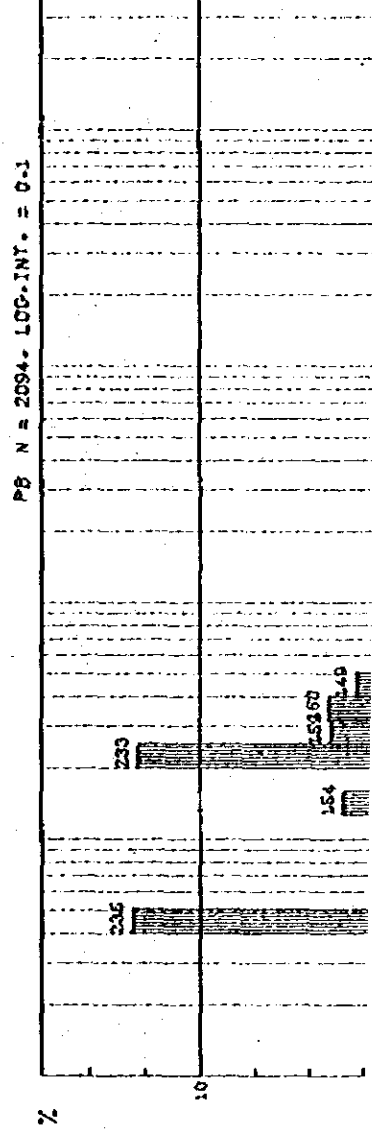
CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION FOR CU, PB AND ZN ( T )

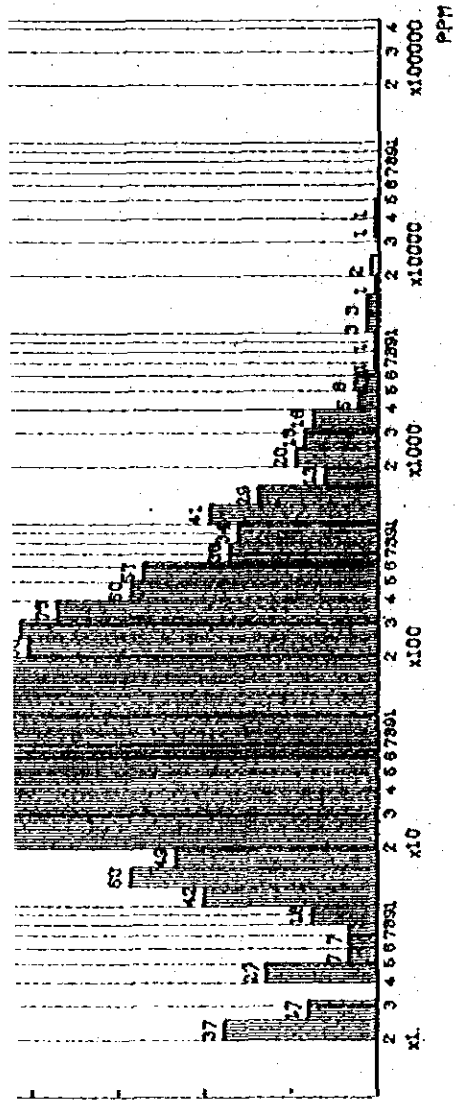


HISTOGRAM FOR ZN ( T )

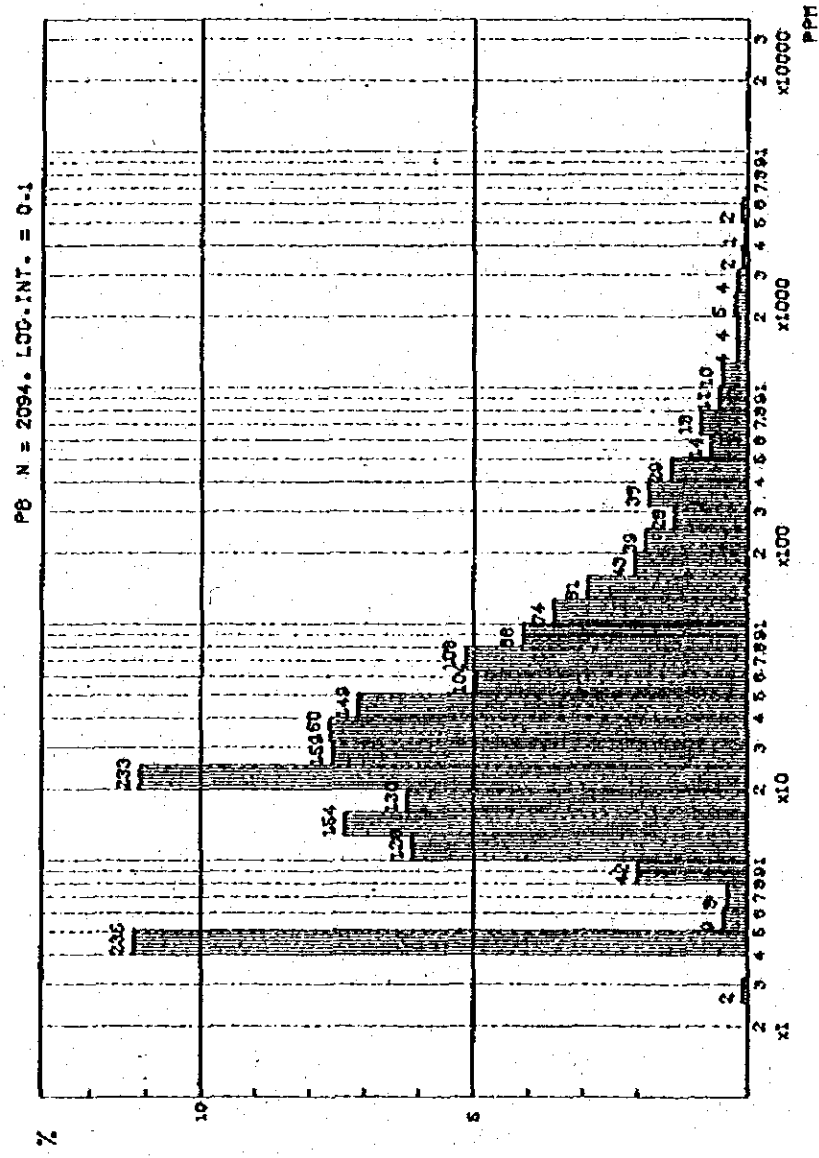


HISTOGRAM FOR PB ( T )





HISTOGRAM FOR Pb ( T )



HISTOGRAM FOR CU ( T )

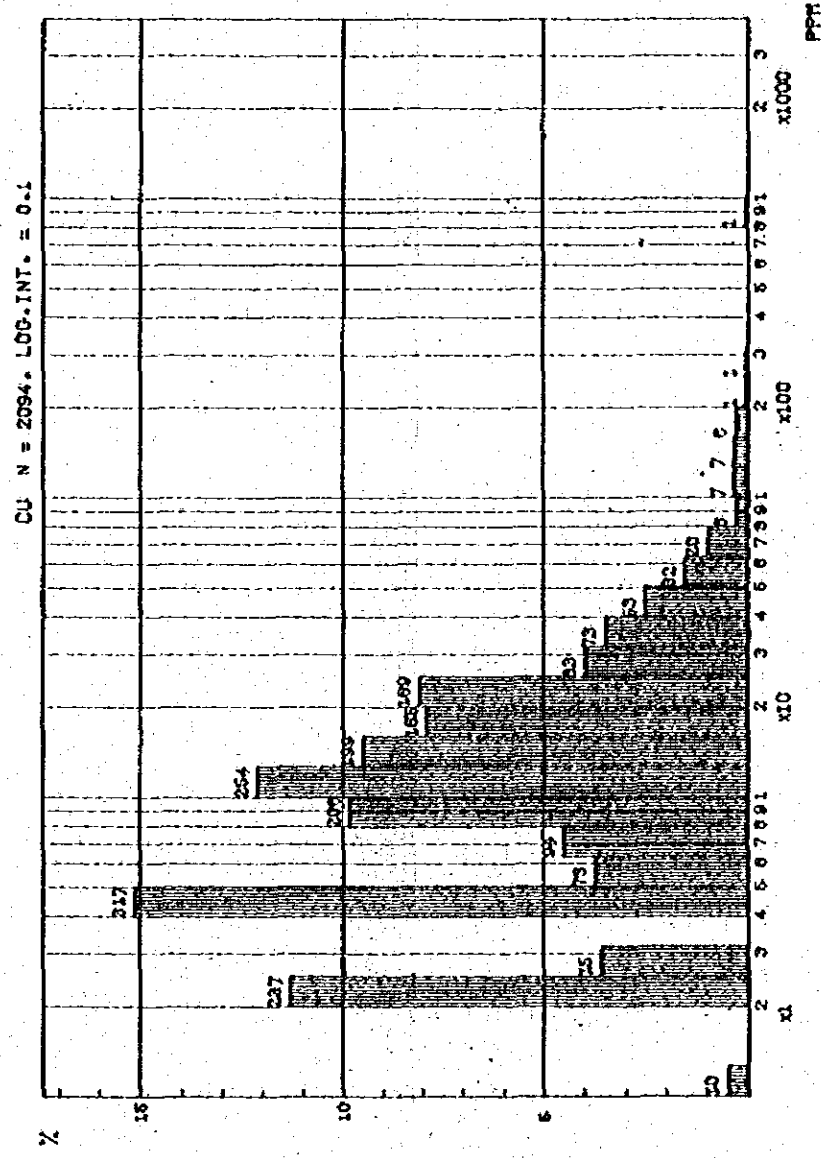
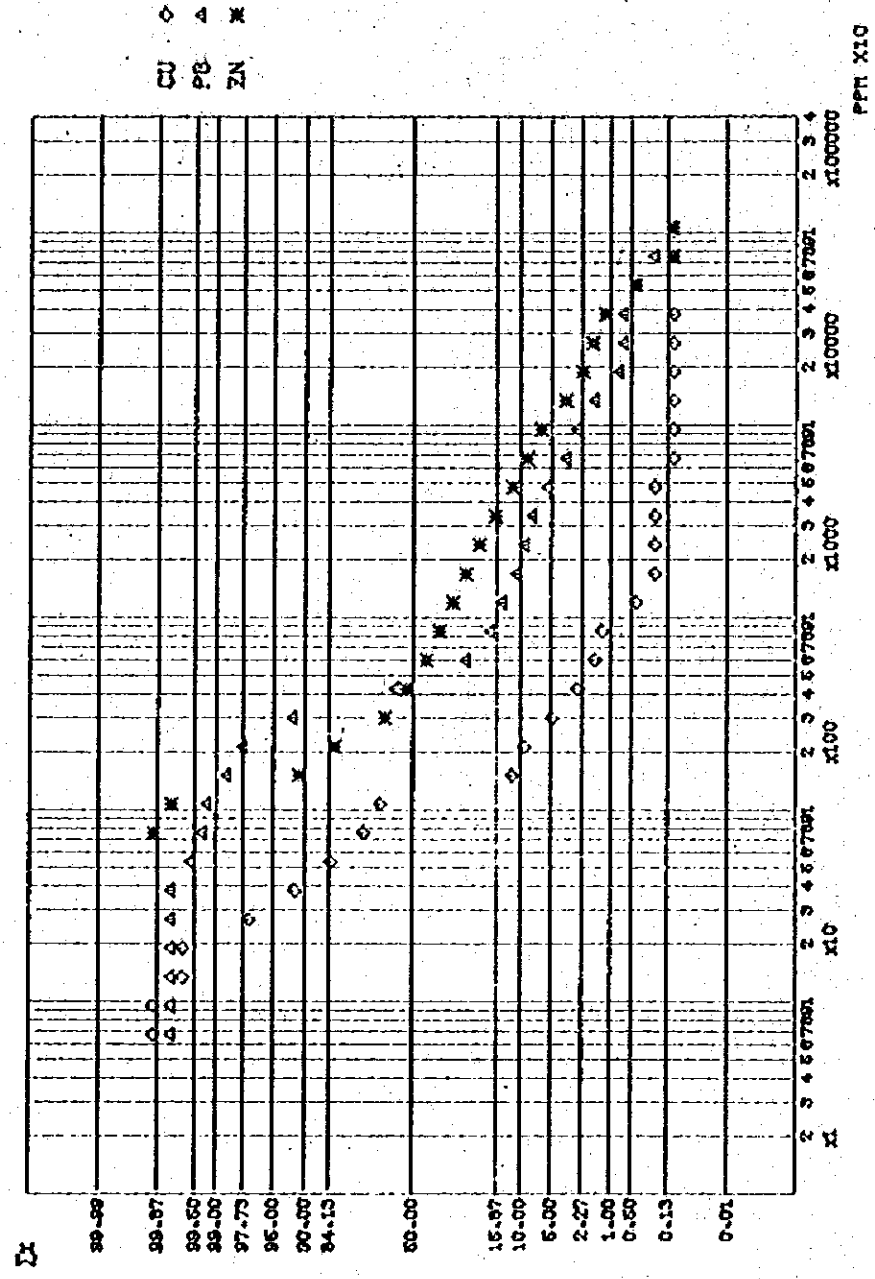
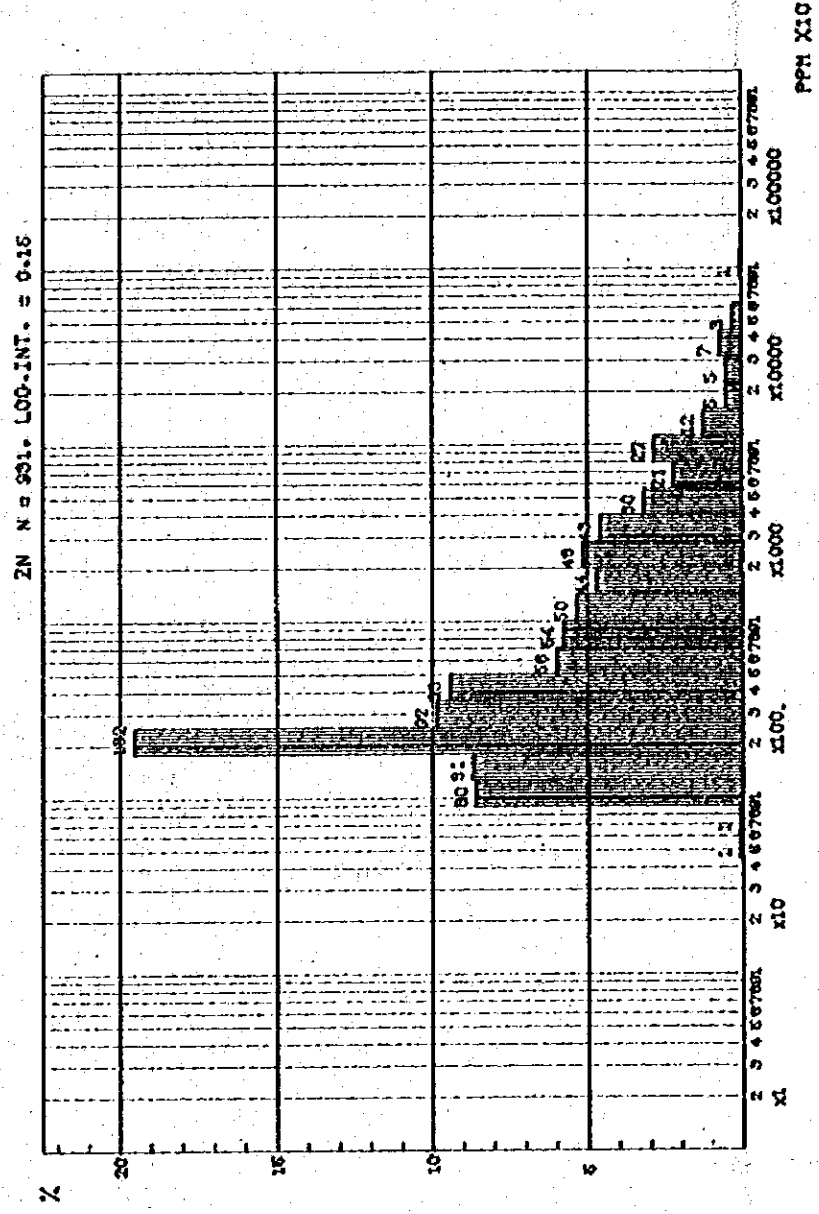


Fig. I-7. Cumulative frequency diagrams and histograms for Cu, Pb and Zn on soil collected in the detailed survey area.

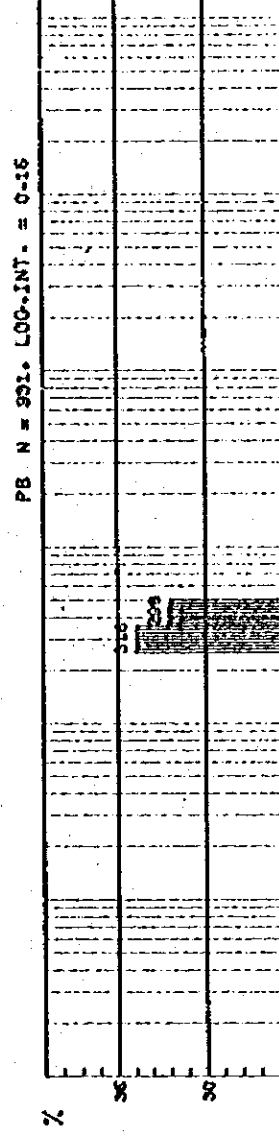
CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION FOR CU, PB AND ZN



HISTOGRAM FOR ZN



HISTOGRAM FOR PB





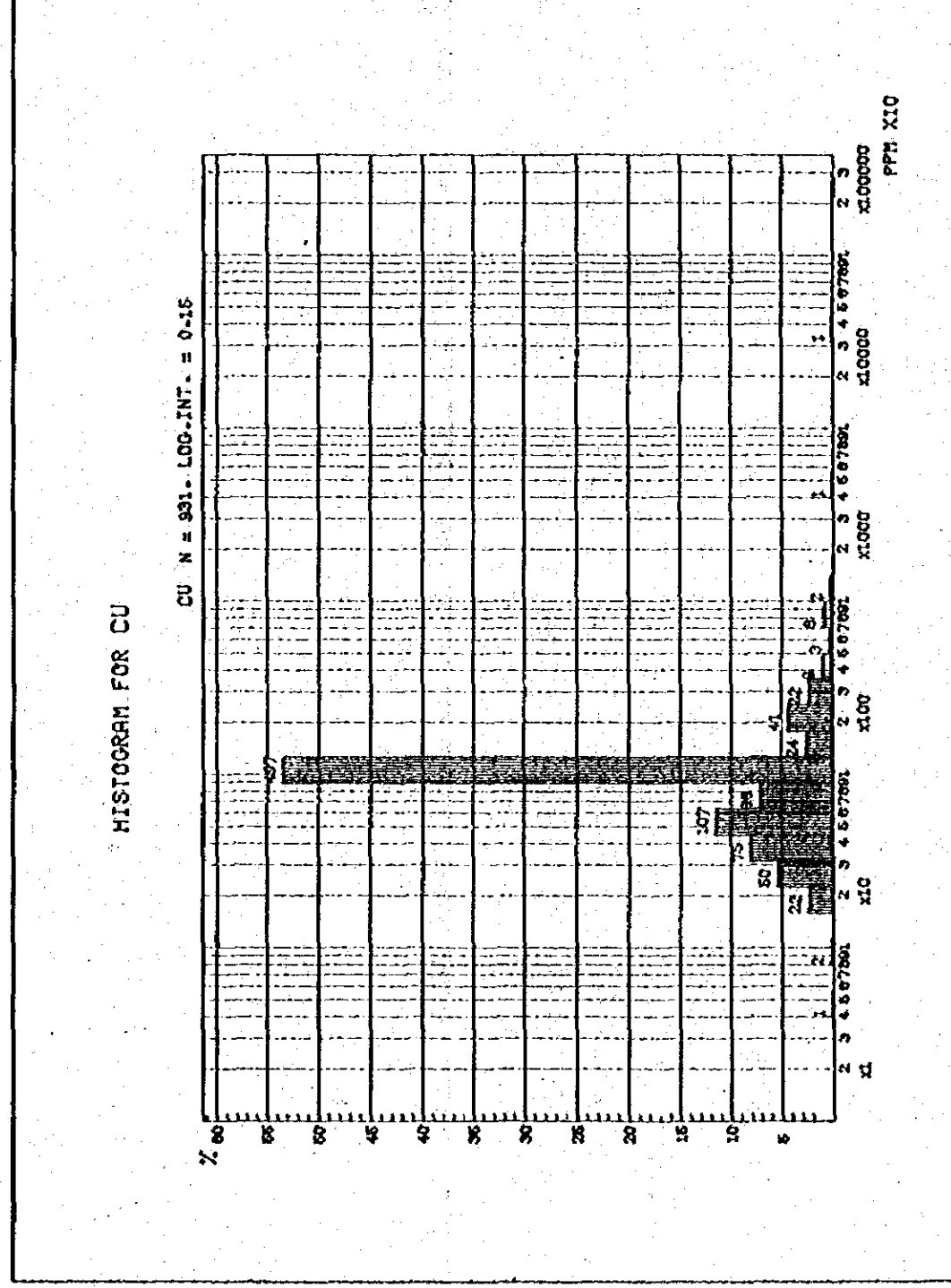
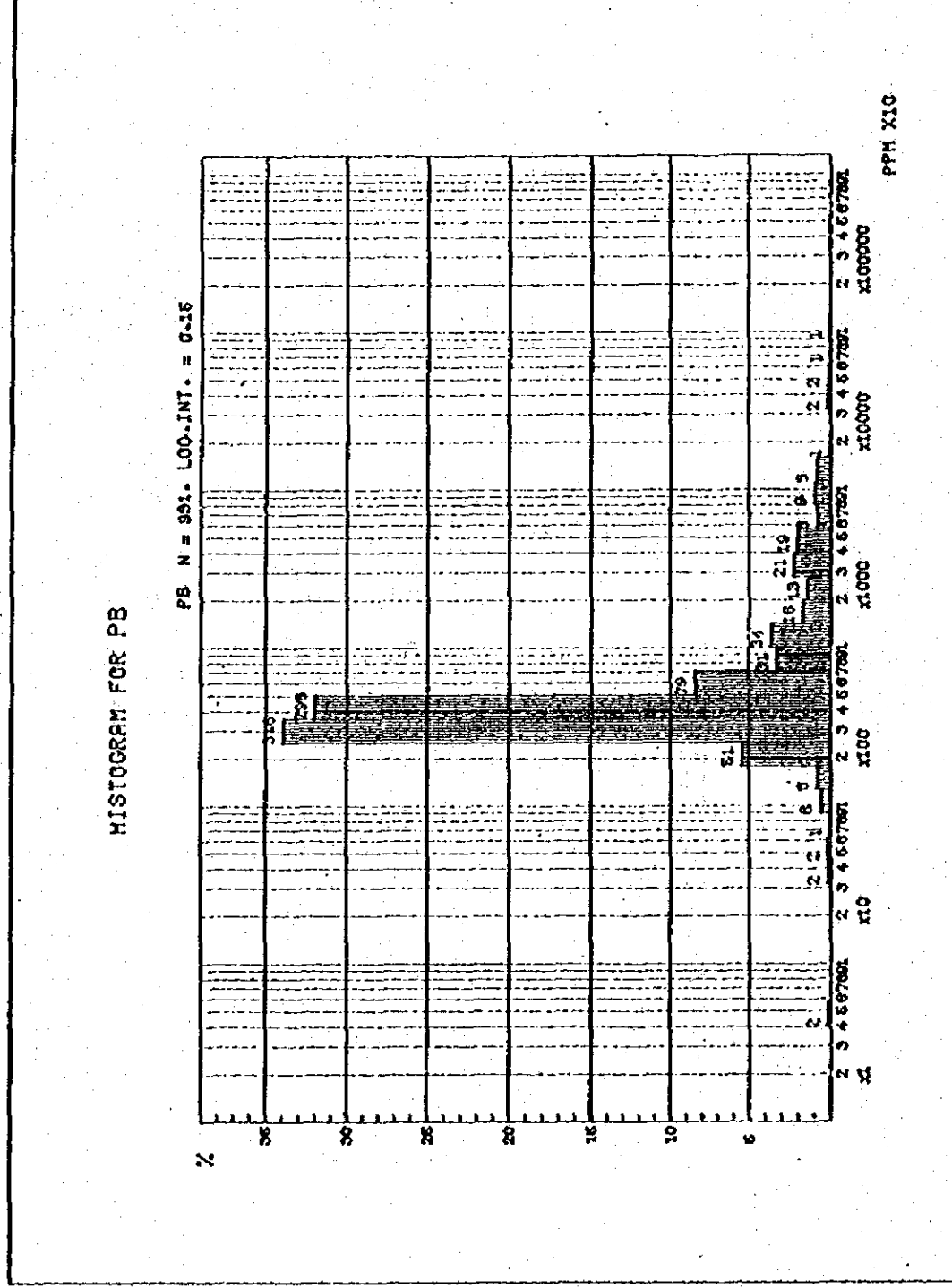
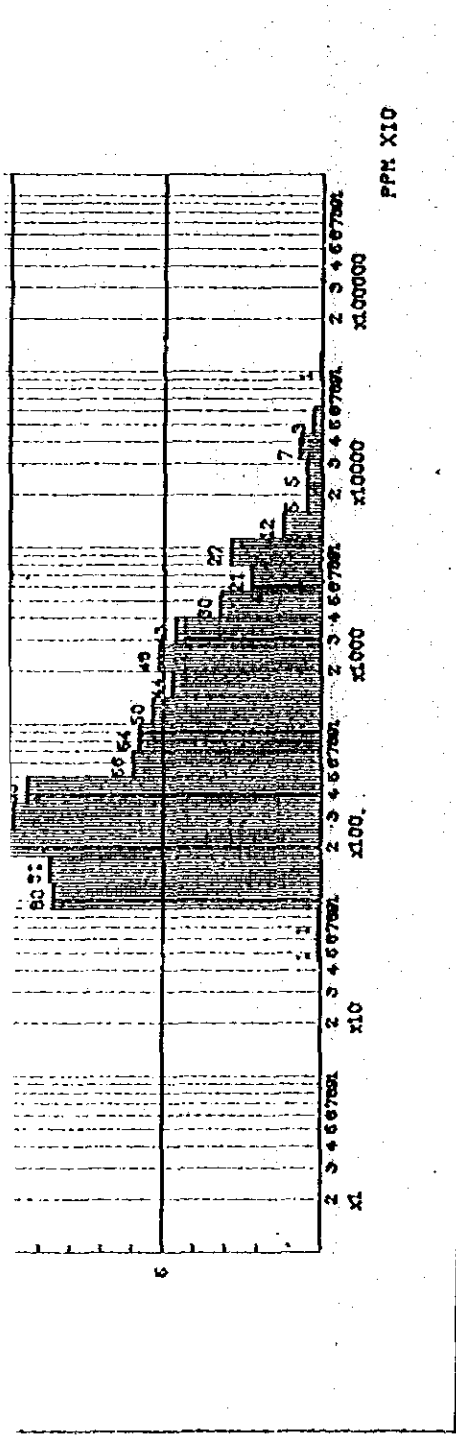
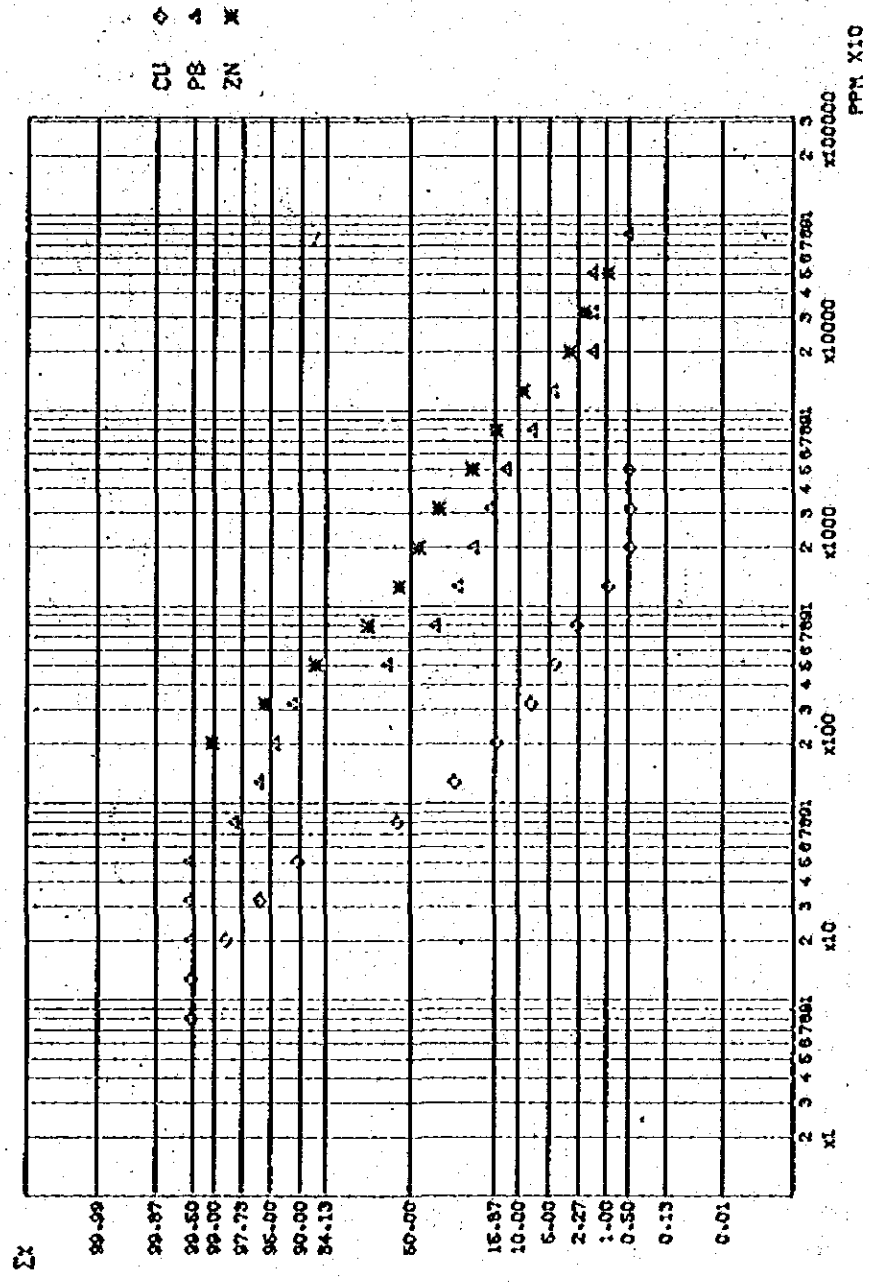
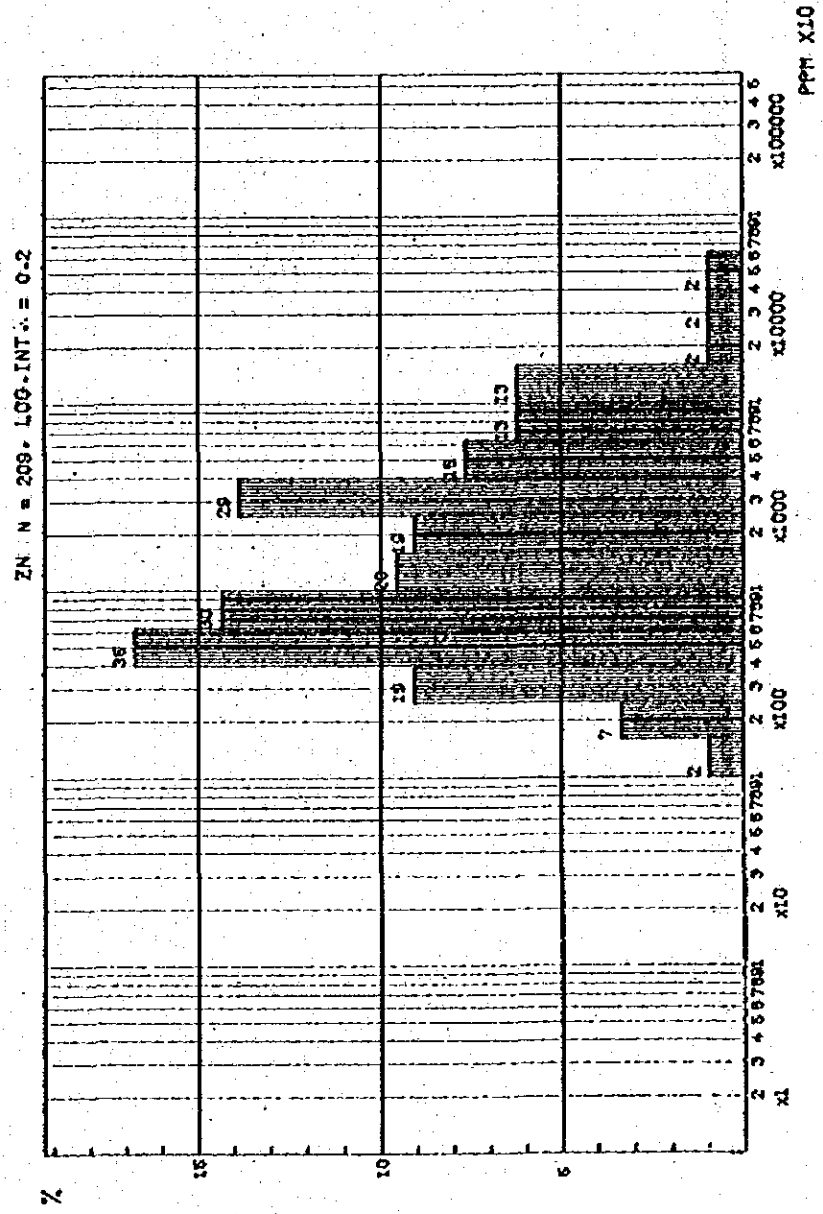


Fig. I-8. Cumulative frequency diagrams and histograms for Cu, Pb and Zn on rock.  
 (1) Entire surveyed area

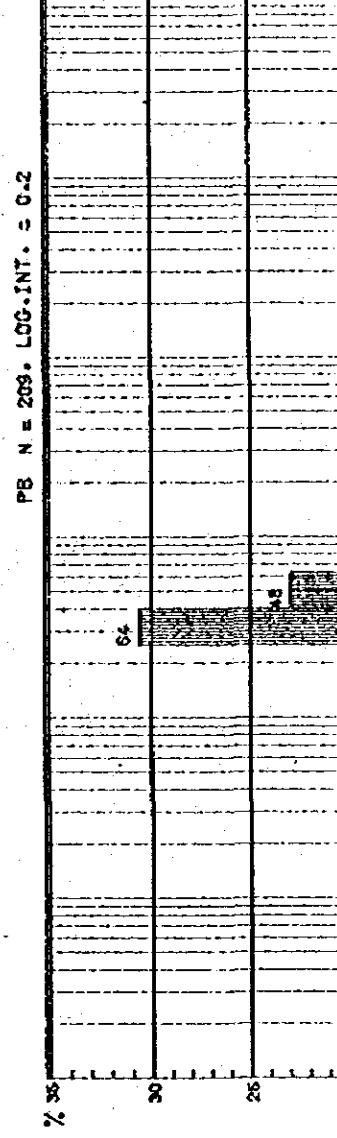
CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION FOR CU, PB AND ZN



HISTOGRAM FOR ZN



HISTOGRAM FOR PB



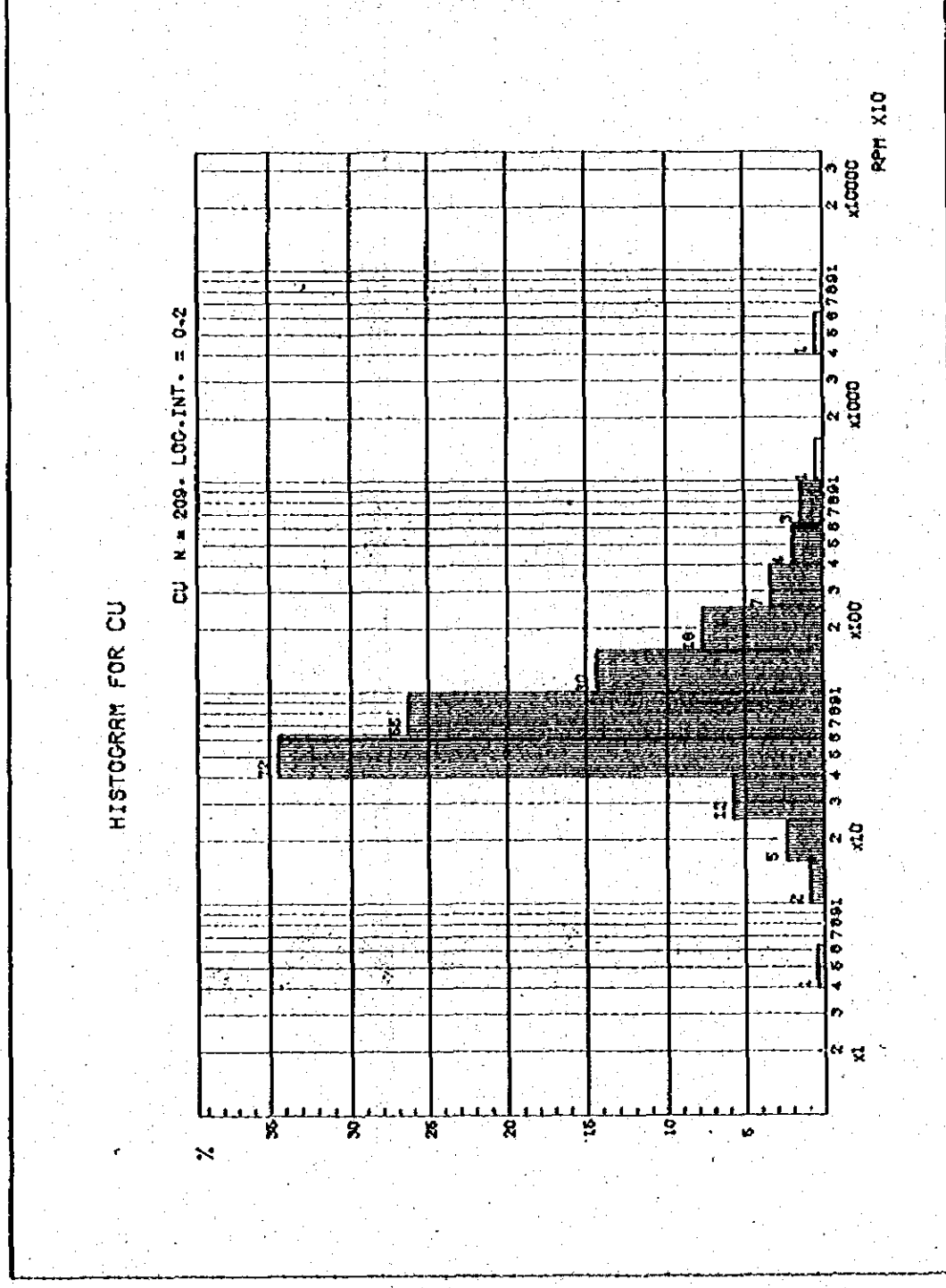
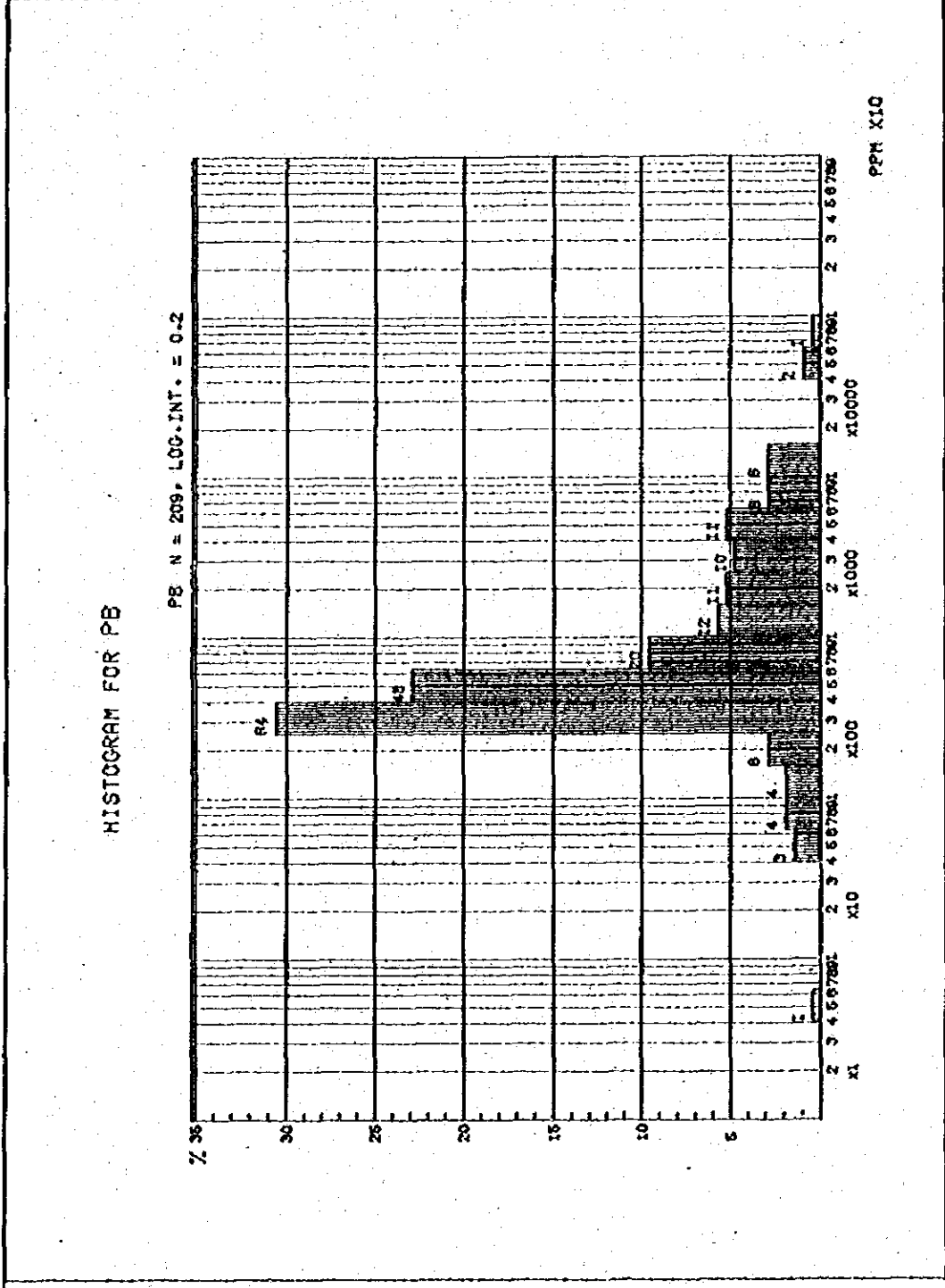
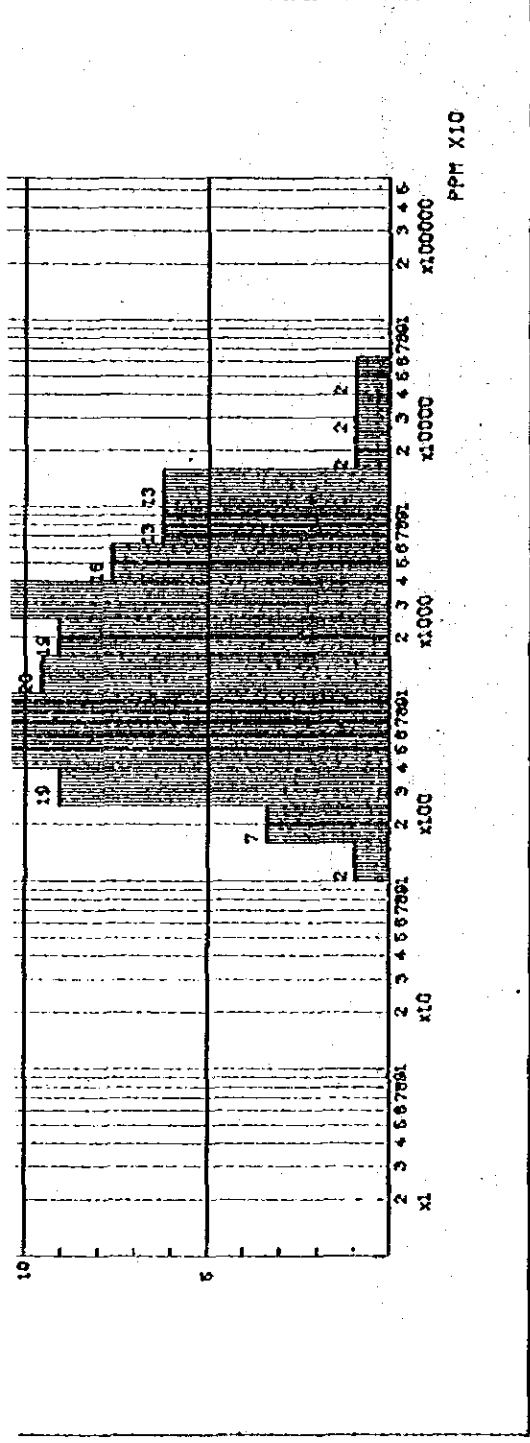
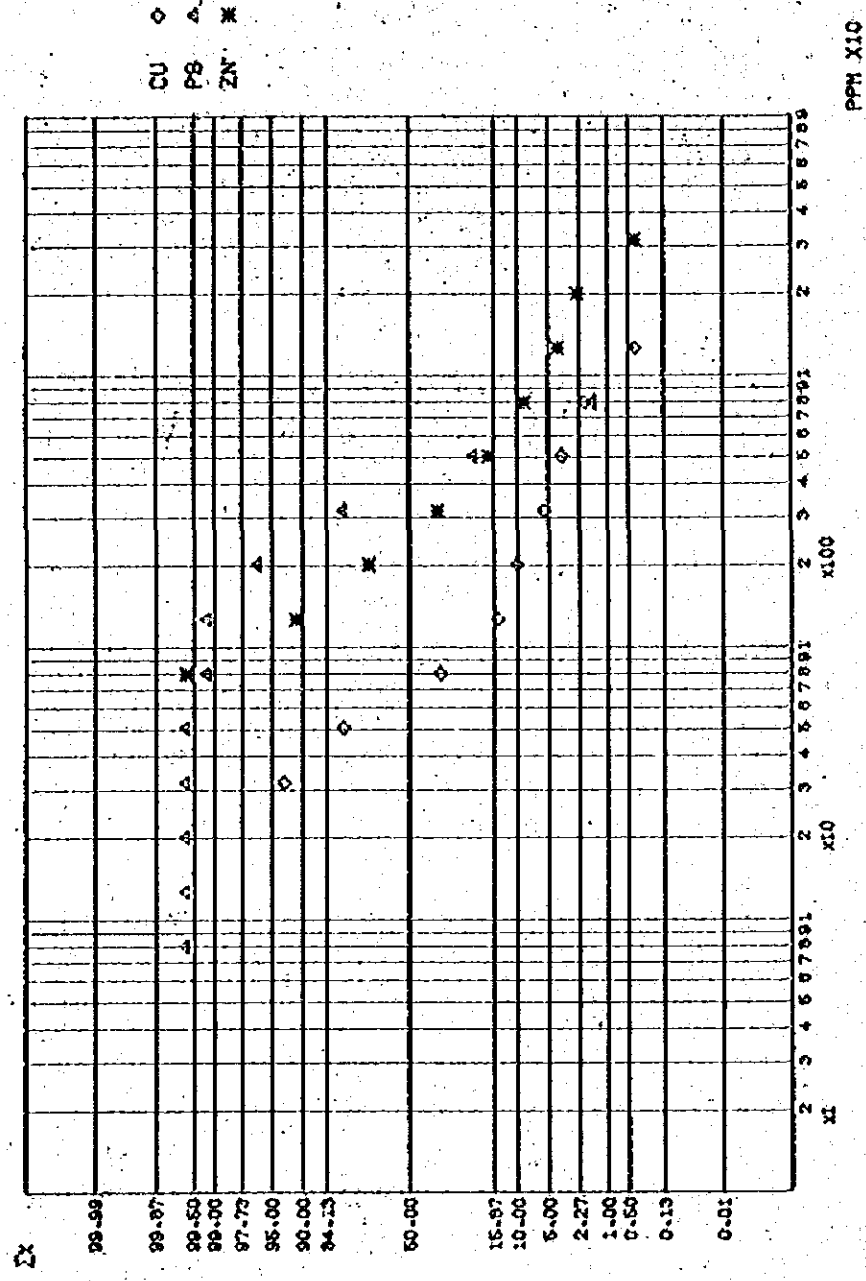
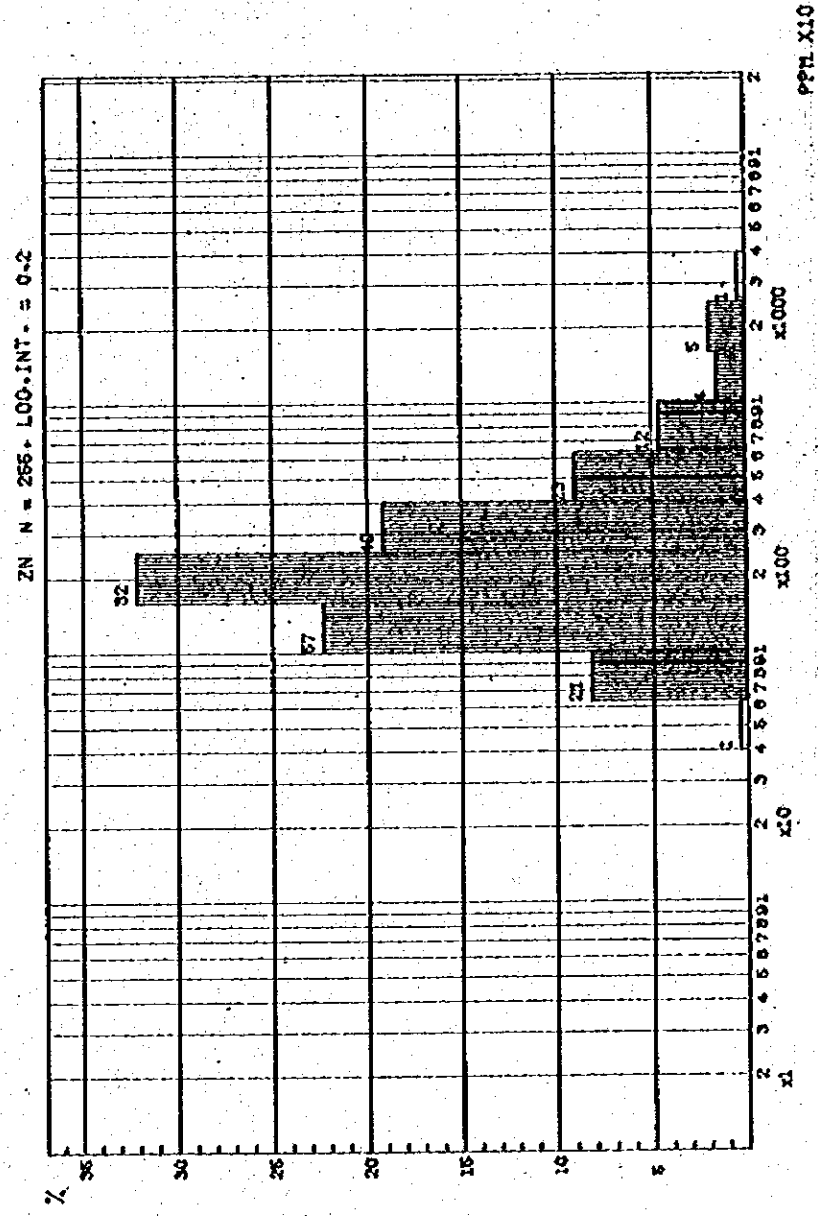


Fig. I-8 Cumulative frequency diagrams and histograms for Cu, Pb and Zn on rock.  
 (2) Western side of the surveyed area

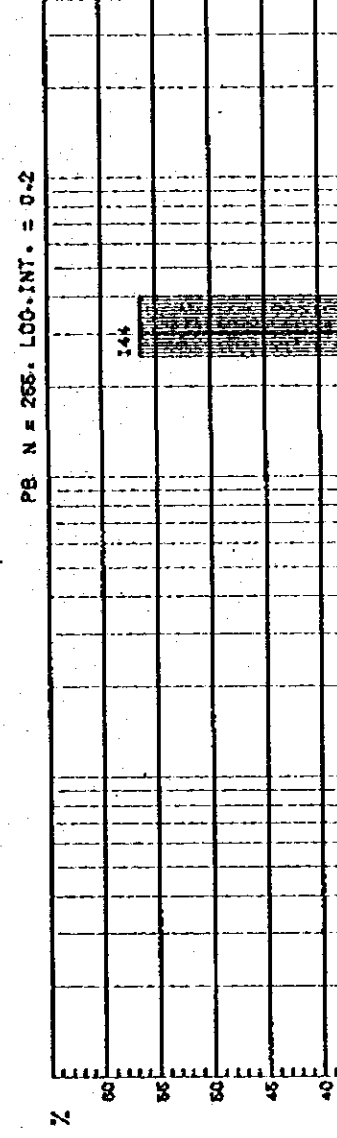
CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION FOR CU, PB AND ZN



HISTOGRAM FOR ZN



HISTOGRAM FOR PB



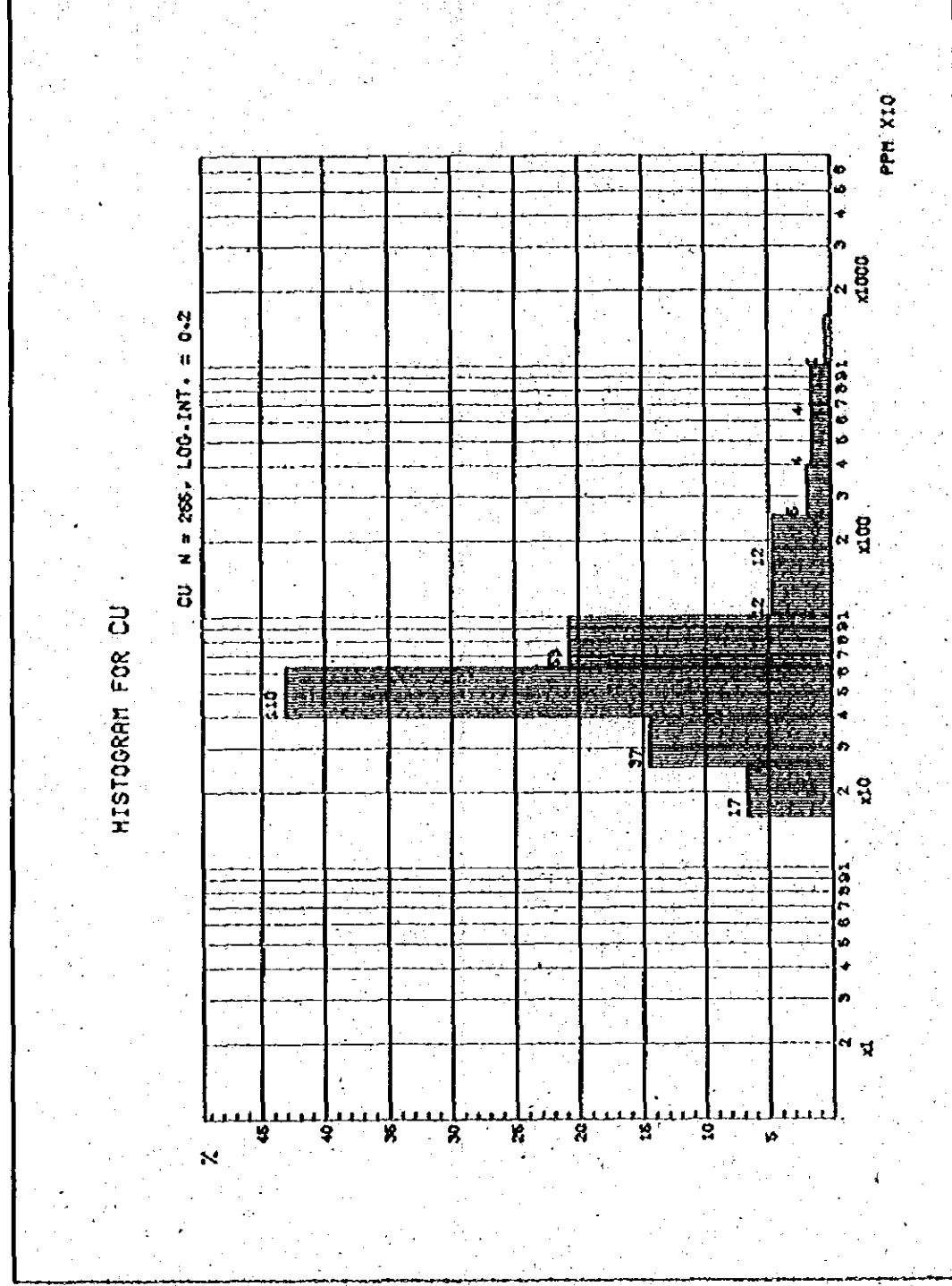
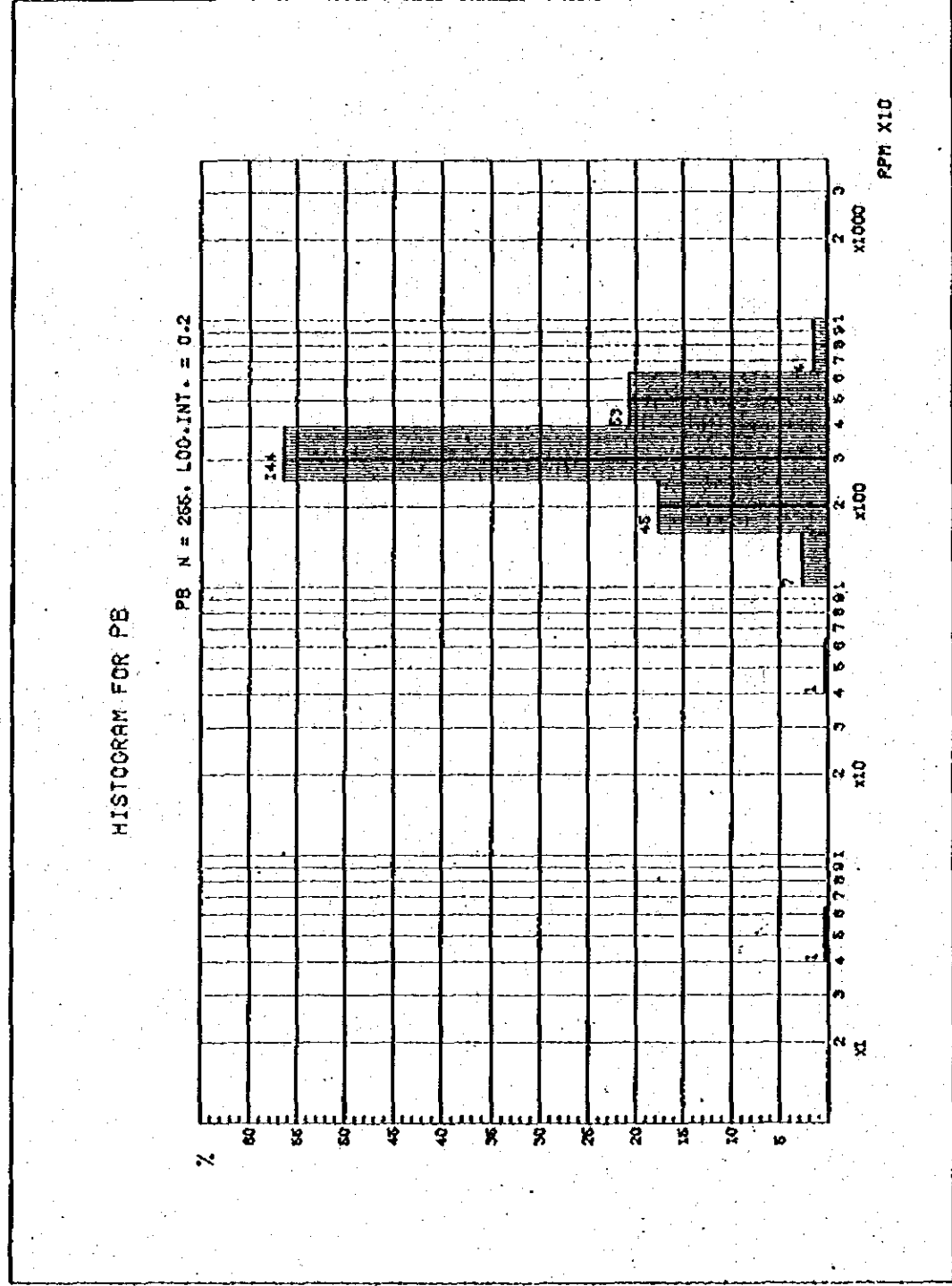
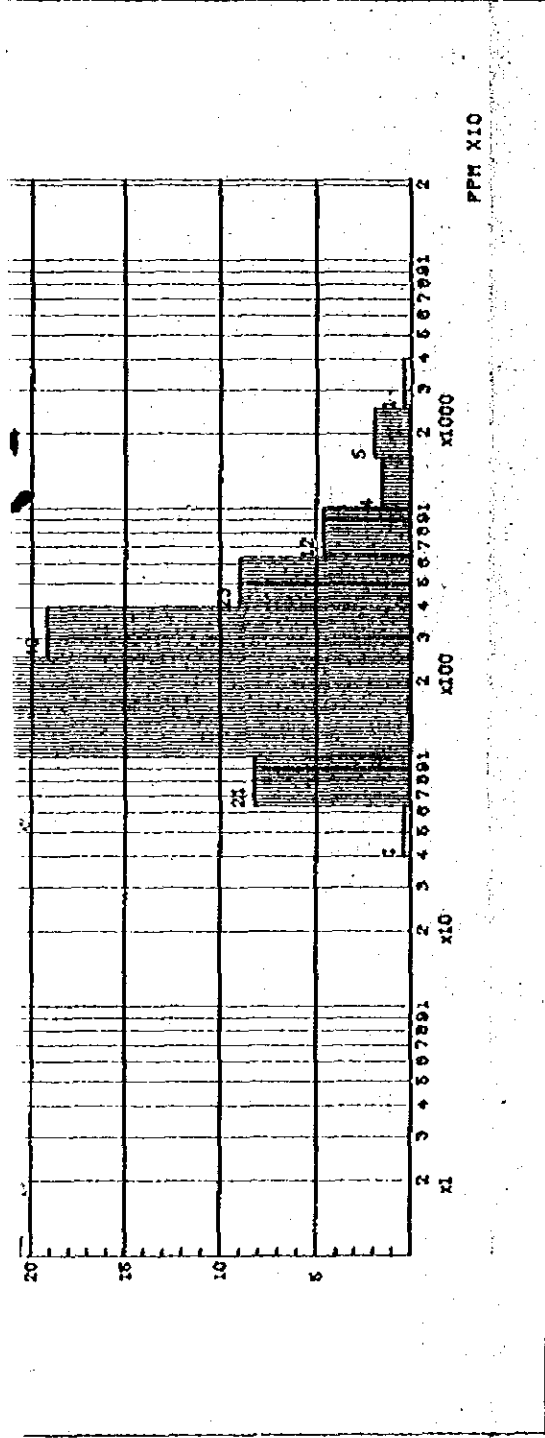


Fig. I-8 Cumulative frequency diagrams and histograms for Cu, Pb and Zn on rock.  
(3) Eastern side of the surveyed area.

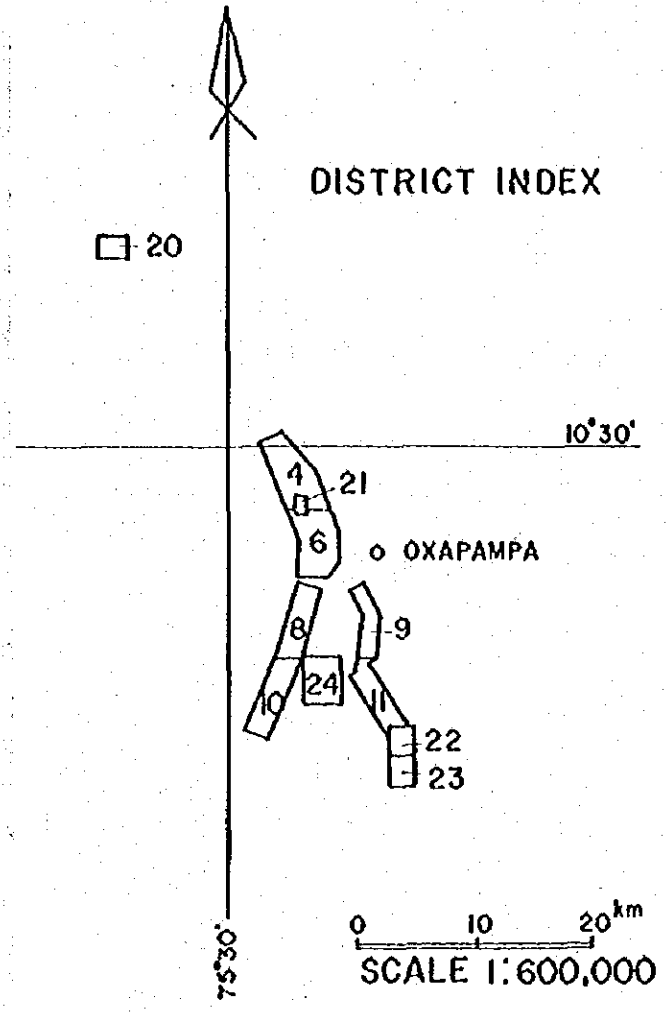
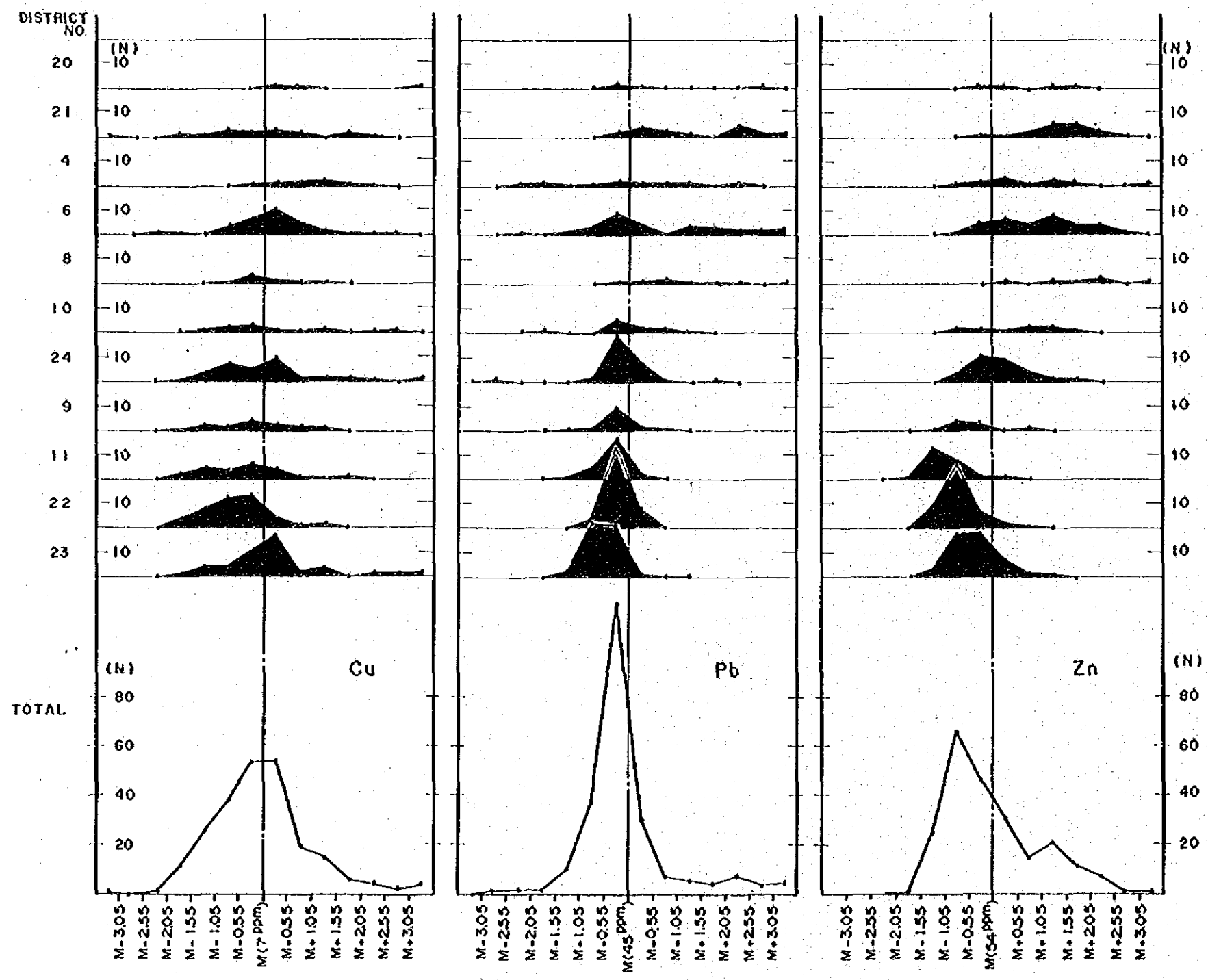


Fig.1-9. Histograms for Cu, Pb and Zn on Rock in Each Districts of the Detailed Survey Area

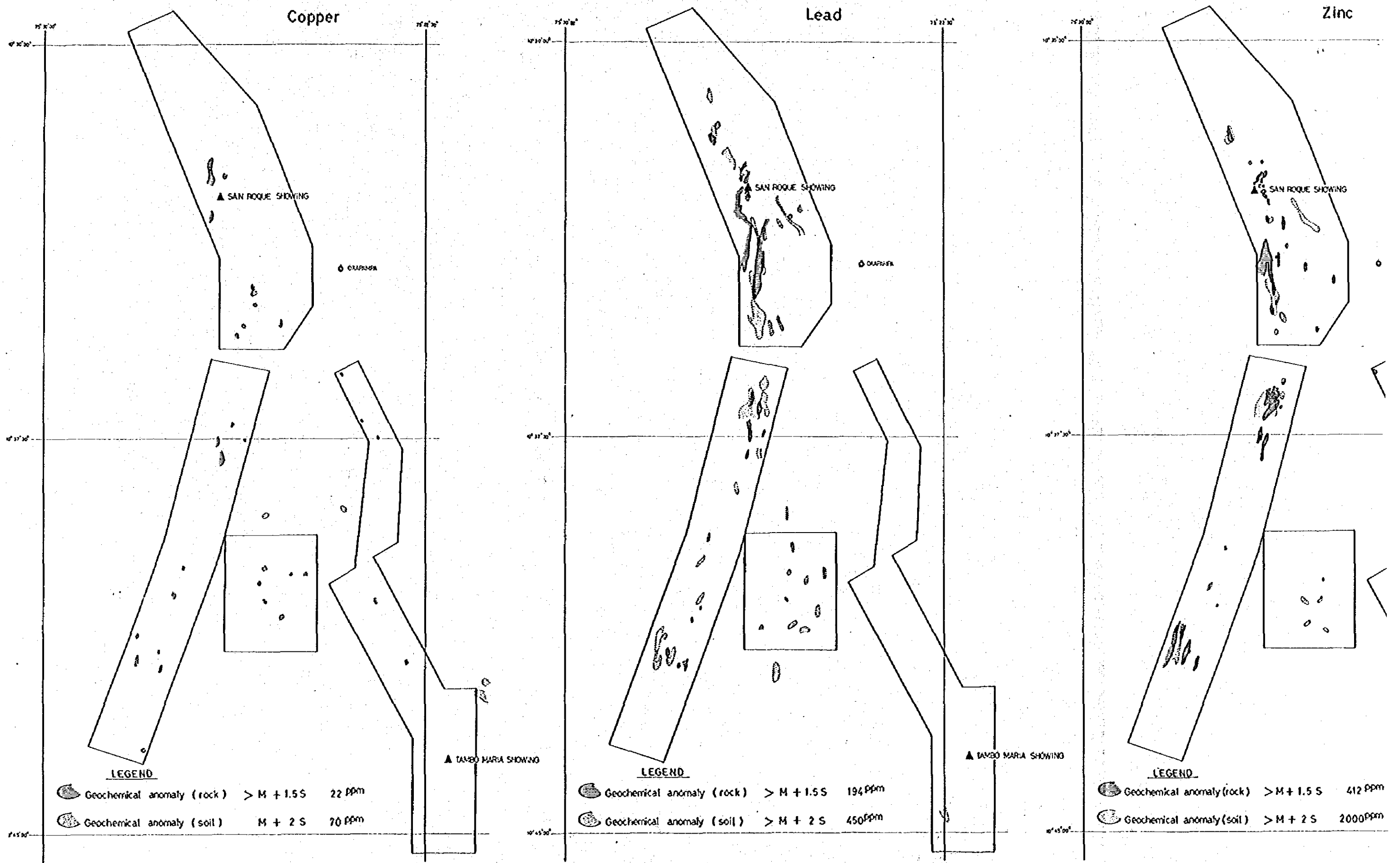
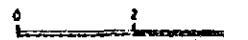
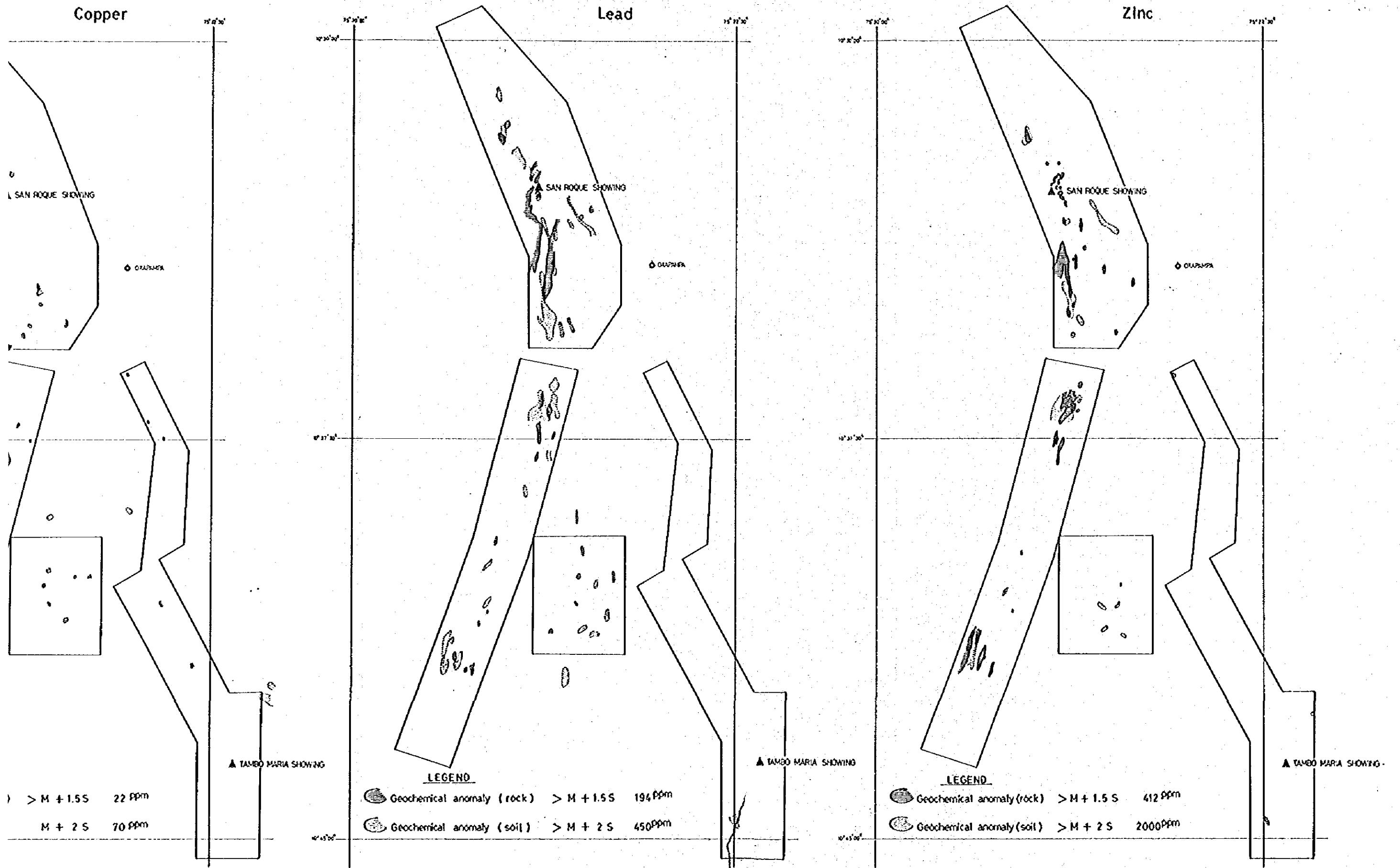


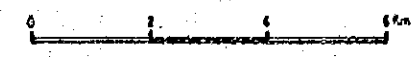
Fig. 1-10.

Correlation maps between geochemical anomalies of soil and rock samples in the detailed survey area





Correlation maps between geochemical anomalies of soil and rock samples in the detailed survey area





**Table I - 3. Statistical analysis of geochemical samples**

**(1) Rock of the detailed survey area (931 samples)**

	Cu	Pb	Zn
	ppm (Cu-log)	ppm (Pb-log)	ppm (Zn-log)
Maximum	3,520	11,400	10,000
Minimum	1	3	6
Average (M)	9 (0.933)	50 (1.698)	60 (1.777)
Standard Deviation ( $\sigma$ )	-- (0.2886)	-- (0.4097)	(0.6206)

**(2) Rock of the Pusagno area (209 samples)**

	Cu	Pb	Zn
	ppm (Cu-log)	ppm (Pb-log)	ppm (Zn-log)
Maximum	516	7,300	4,220
Minimum	1	3	14
Average	8 (0.894)	70 (1.843)	154 (2.187)
Standard Deviation ( $\sigma$ )	-- (0.3584)	-- (0.5517)	-- (0.5458)

**(3) Rock of the Tambo Maria area (259 samples)**

	Cu	Pb	Zn
	ppm (Cu-log)	ppm (Pb-log)	ppm (Zn-log)
Maximum	103	83	258
Minimum	2	3	6
Average (M)	6 (0.777)	31 (1.496)	23 (1.362)
Standard Deviation ( $\sigma$ )	-- (0.3215)	-- (0.1579)	-- (0.2879)

**(4) Soil (2,094 samples)**

	Cu	Pb	Zn
	ppm (Cu-log)	ppm (Pb-log)	ppm (Zn-log)
Maximum	950	6,000	44,370
Minimum	1	3	2
Average (M)	10 (0.978)	34 (1.536)	96 (1.984)
Standard Deviation ( $\sigma$ )	-- (0.4132)	-- (0.5636)	-- (0.6726)

**Table 1 - 4. Numbers of anomalous samples on soils classified by each formation and lithology in the detailed survey area**

Cu(ppm)	PDO	PLS	PSS	QU	ME	CH	OR	MI	TV	TM	TR	MP	CO	MD	TOTAL
< 1	1	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
1 - 2	11	78	30	20	1	7	41	1	3	0	0	27	18	0	237
3 - 4	8	34	8	5	0	2	4	1	1	0	0	3	8	1	75
5 - 6	18	139	34	19	3	12	15	5	3	0	32	15	21	1	317
7 - 10	45	169	29	29	4	40	9	5	1	0	12	16	17	2	378
11 - 15	52	211	23	28	12	66	18	8	2	0	4	9	18	2	453
16 - 25	31	150	28	17	7	31	11	10	1	1	4	4	12	2	309
26 - 40	19	87	21	17	2	5	3	9	0	3	0	2	6	7	181
41 - 64	9	37	4	11	0	3	1	6	0	0	0	3	6	5	85
65 - 103	3	9	2	0	1	0	1	3	0	0	0	0	1	6	26
104 - 165	2	9	1	0	0	0	0	3	0	1	0	0	1	1	18
165 <	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>	<b>933</b>	<b>183</b>	<b>146</b>	<b>30</b>	<b>167</b>	<b>103</b>	<b>51</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>52</b>	<b>79</b>	<b>108</b>	<b>27</b>	<b>2,094</b>

Pb(ppm)	PDO	PLS	PSS	QU	ME	CH	OR	MI	TV	TM	TR	MP	CO	MD	TOTAL
< 5	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
5 - 9	10	83	27	36	12	41	45	2	0	0	6	10	18	2	292
10 - 18	10	125	33	35	7	31	23	10	2	2	7	9	37	5	336
19 - 34	31	223	50	32	11	58	24	19	4	1	28	14	29	9	533
35 - 66	40	182	28	26	0	24	6	9	2	2	7	22	13	4	365
67 - 126	41	137	23	11	0	7	3	5	1	0	2	8	7	6	251
127 - 241	22	76	9	5	0	4	1	5	0	0	0	5	3	1	131
242 - 460	20	53	8	1	0	2	0	1	2	0	1	9	1	0	98
461 - 881	13	27	3	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	46
882-1,685	8	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
1,685 <	4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>	<b>933</b>	<b>183</b>	<b>146</b>	<b>30</b>	<b>167</b>	<b>103</b>	<b>51</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>52</b>	<b>79</b>	<b>108</b>	<b>27</b>	<b>2,094</b>

Zn(ppm)	PDO	PLS	PSS	QU	ME	CH	OR	MI	TV	TM	TR	MP	CO	MD	TOTAL
< 3	2	13	5	7	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	37
3 - 4	0	2	3	2	0	3	10	0	0	0	0	1	0	0	21
5 - 9	1	18	11	3	0	0	7	0	0	0	3	1	9	0	53
10 - 21	12	54	29	12	4	10	24	2	4	0	9	7	13	1	181
22 - 44	15	101	29	26	3	57	18	14	2	1	22	14	36	1	339
45 - 96	43	177	24	58	15	55	22	17	2	1	14	20	24	8	480
97 - 209	29	214	40	20	7	26	9	12	1	3	3	15	13	15	407
210 - 453	25	160	27	9	1	7	2	5	0	0	0	13	10	0	259
454 - 983	31	97	3	7	0	7	1	1	1	0	0	3	3	1	155
984 - 2,133	16	58	8	2	0	2	0	0	0	0	1	5	0	1	93
2,134 - 4,627	21	23	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	49
4,628 - 10,037	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
10,037 <	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>	<b>933</b>	<b>183</b>	<b>146</b>	<b>30</b>	<b>167</b>	<b>103</b>	<b>51</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>52</b>	<b>79</b>	<b>108</b>	<b>27</b>	<b>2,094</b>

Geological Index

Sedimentary rocks

PDO :  
 PLS : Fucara Group { Dolomite  
 Limestone  
 PSS : Sandstone  
 QU : Quaternary (gravel & sand)

ME : La Merced Formation  
 CH : Chonta Group  
 OR : Oriente Group  
 MI : Mitu Group

Igneous rocks

TV : Volcanic Breccia  
 TM : Tertiary { Monzonite porphyry  
 Rhyolite & Dacite  
 TR :  
 MP : Tertiary-Cretaceous  
 Quartz porphyry & Granite porphyry  
 CO : Cretaceous Granite  
 MD : Jurassic Diorite complex

## 第5章 鈦床生成機構についての考察

本調査地域における層状ならびに鈦染状鈦化作用の生成機構については、開発の進んでいる San Vicente においてもまた明らかにされていない状況である。従って、Oxapampa 地域においても、地表の調査が行なわれている段階であり、試錐も僅かに San Roque 地域において行なわれただけであるため、鈦床生成機構について考察し結論を求めるのは極めて難しい。しかし現在まで実施して来た調査解析により、本調査地域はこの種の鈦床の潜在の可能性の高い地域であり、更に情報を得るため調査を続ける必要性のある地域である。そこで調査の方向性を明示する意味において、以下に若干の考察を行なった。

### 5-1 層状鈦化作用

Tambo Maria 鈦徴と San Vicente 鈦床とを対比すると、鈦化帯の規模において数段の差異がある。しかし富鈦部がゼブラ構造を伴うドロマイトに胚胎されている構造的乱れの認められるところに濃集されているという点に関しては一致しており、鈦石鈦物の在り方、共生関係なども類似していると思われる。従って鈦化帯の発達史において、両鈦床を同一視して考察して差支えないと判断される。

鈦床の賦存状況については、すでに第3章・第4章で述べて来た。要約すると次のとおりである。

- ① 鈦石部はゼブラ構造で特長づけられ、特に幅の広い方のゼブラ構造に形成されている。
- ② 鈦石部は褶曲・裂かなどの構造的乱れの存るところに顕著であるという地質構造上の局在性が認められる。
- ③ 閃亜鉛鈦を主とする鈦石はゼブラ構造の白色バンド側に濃く、黒色バンド側に薄い。しかも結晶粒度は白色バンド側に粗い。
- ④ 地化学検査によると炭酸塩岩は、一般に亜鉛が鉛より多い含有を示しているが、Tambo Maria 鈦徴地の周辺では、ドロマイト中にゼブラ構造が発達し、肉眼的に閃亜鉛鈦が認められるに拘わらず、亜鉛が鉛より少ない含有を示している。

これらのことから、鈦化帯の発達史を考えるのに、ゼブラ構造の生成機構およびゼブラ構造と鈦石鈦物の関係について先づ考察する必要がある。

#### (I) ゼブラ構造の生成機構

ドロマイト中のゼブラ構造の発達については、黒色ドロマイトと白色ドロマイトの間に結晶粒度の差異があること、白色ドロマイトは鏡下では無色で異質物を含まないこと、および角礫状を呈するドロマイトは細粒結晶質黒色ドロマイトから成る角礫を白色ドロマイトが埋めていることなどから構造的要因により、生じた空隙を埋めて再結晶したものであることが

考察されている。(第4巻参照)

今回の精査地域におけるゼブラ構造の分布はPL. 1-14に図示した。これによると、ゼブラ構造はTambo Maria 地域のものを除き規模の小さいものばかりである。しかし、いずれの場合に於てもPucara層群の延びの方向、すなわち、NNW-SSE方向に発達しているので、ゼブラ構造はPucara層群の褶曲構造およびTingo Maria-La Merced線など、断層構造をもたらしたNEE-SWW方向の横圧力に関連した構造運動により形成されたものと思われる。

このゼブラ構造については、黒色ドロマイトと白色ドロマイトとのリズムカルな堆積作用によるという考え方も唱えられている。(Levin, P. 1974)

## (2) ゼブラ構造と鉛・亜鉛・銅との関係

ゼブラ構造にはドロマイトの結晶粒度の差があり、黒色ドロマイトのバンドの中の閃亜鉛鉛にも濃度と粒度の差がある。すなわち、閃亜鉛鉛は白色ドロマイトに接したところに濃集し、そこでは粒度もやや大きい。このことは閃亜鉛鉛の現在地への濃集がゼブラ構造の形成と同時に、あるいはやや先行し白色ドロマイトと黒色ドロマイトとの境界面を通して、黒色ドロマイトを交代して行なわれたことを示し、閃亜鉛鉛成分の移動が盛んに行なわれた境界面に近い方により濃集し、より粗粒になったものと考察される。富鉛部は、よく再結晶したドロマイトを持つ幅の広いゼブラ構造に胚胎され、しかもそこには地質構造規制も考察される。従って層状鉛・亜鉛・銅床における鉛・亜鉛・銅の濃集は、構造運動に関連してドロマイトの再結晶作用の進行とともに形成されたものと考察される。

Tambo Maria では岩石による地化学探査により抽出された異常帯の中に亜鉛の鉛微が見出されている。このTambo Maria 型異常帯では、その外側において亜鉛の含有量が鉛の含有量より高い値を示しているのに対し、内側では亜鉛含有量が鉛より低くなっており、その差は30~40 ppm である。このことは異常帯の中においてもともと亜鉛が低かったというのではなく、ドロマイトに含まれていた亜鉛がゼブラ構造の形成に伴い、移動したと考えるべきであろう。

## 5-2 鉱染状鉛化作用とその層状鉛化作用との関係

San Roque 地域を中心とした鉛・亜鉛・銅の鉱染状鉛化作用は、第4章で考察したように火成活動の影響を受けた鉛化作用であるが、火成岩から直接元素の供給を受けたということだけでなく、火成活動によって炭酸塩岩が含有していた本源的鉛・亜鉛が再編成されたと考えられることである。この移動による再編成はTambo Maria あるいはSan Vicente と全く同様の現象である。

San Roque 地域において本年度実施した試錐孔で、確認された鉛化作用とその生成機構に

については、本巻第Ⅲ部にて詳述する。要約すると

- ① 石灰岩堆積時に、海水などに含有される鉛・亜鉛イオンの還元環境における沈殿。
- ② 沈殿後の炭酸塩岩の続成作用に伴い初生方鉛鉱および閃亜鉛鉱の移動による結晶成長と濃集。
- ③ 火成岩貫入の影響による帯状分布的再配置。(地表における鉄染状鉄化作用として現われている)

のように考察され、その胚胎層が泥質岩中、あるいはその直上という生成環境はMississippi Valleyタイプの同時堆積性鉛・亜鉛鉄床のそれと一致していると考えられる。

Tambo Maria 鉄微、San Vicente 鉄床と San Roque 試錐における鉄微との共通点は①いづれもドロマイトに胚胎している、②泥質岩の中あるいは直上に位置する、の2点であり、異なる点は①再結晶したドロマイト(ゼブラドロマイト)と潜晶質ドロマイト、②高品位と低品位、の2点である。

San Vicente 鉄床及び Tambo Maria 鉄微ではゼブラドロマイトは、この地域の広域的構造の形成の際の横圧力に関連して発達したものであり、再結晶作用の進行とともにドロマイト側から見た不純物である閃亜鉛鉱・方鉛鉱などは、ゼブラドロマイトの再結晶と相反して、逆方向に濃集したものであることはすでに考察した。San Roque 地域のドロマイトには、ゼブラ構造の発達は殆んど認められてない。構造的要因による空隙の発達が悪かったことと考えられる。極めて大胆な考察だが、San Roque 地域においても、ゼブラ構造を形成するような環境に置かれたとすれば、San Vicente 鉄床のような濃集した高品位鉄床を形成していたかも知れない。換言すれば、上述の共通点や異なる点などから見て San Vicente 鉄床および Tambo Maria 鉄微は、San Roque 試錐における鉄微の発展したものと考えられよう。

San Vicente および Tambo Maria は高品位である。従って、その再編成の際に、単にドロマイト化作用に伴って濃集(1次的)した鉛・亜鉛および石灰岩に含まれていた鉛・亜鉛が、移動し、濃集(2次的)したのか、更にそれに加え火成岩活動による添加があったのかどうか、はっきりした証拠は得られていない。

## 第II部 物理探査

第1章 調査の概要 .....	Ⅱ- 5
1-1 調査要項 .....	Ⅱ- 5
1-2 作業概要 .....	Ⅱ- 5
第2章 重力探査 .....	Ⅱ- 7
2-1 重力観測 .....	Ⅱ- 8
2-2 重力値の補正 .....	Ⅱ-11
2-3 解析方法 .....	Ⅱ-15
第3章 重力探査結果 .....	Ⅱ-22
3-1 等重力線図 .....	Ⅱ-22
3-2 傾向面図 .....	Ⅱ-23
3-3 三次残差図 .....	Ⅱ-24
3-4 余剰重力正規構造図 .....	Ⅱ-25
第4章 短電極間隔法による電気探査 .....	Ⅱ-26
4-1 電気探査の方法 .....	Ⅱ-26
4-2 調査結果 .....	Ⅱ-34
第5章 重力探査より推定される地下構造 .....	Ⅱ-40
5-1 重力分布と地質との対比 .....	Ⅱ-41
5-2 地下構造断面図 .....	Ⅱ-43
5-3 地下構造図 .....	Ⅱ-47
5-4 鉞微地と重力分布との関係 .....	Ⅱ-49

## List of Plates

(1:50,000)

PL. II-1	Location Map of Gravity Stations and IP In-situ	
PL. II-2	Map of Bouguer Anomaly ( $\rho = 2.67$ )	
PL. II-3	Map of Bouguer Anomaly ( $\rho = 2.60$ )	
PL. II-4	Map of Residual Gravity (Polynomial of Third Order)	
PL. II-5	Map of Intermediate Wave-Length Bouguer Anomaly	
PL. II-6	Profile of Underground Structure	A - A'
PL. II-7	"	B - B'
PL. II-8	"	C - C'
PL. II-9	"	D - D'
PL. II-10	Map of Underground Structure	
PL. II-11	Detail Map of IP In-situ Measurement	
PL. II-12	Calculation of Assumed IP Model	

## List of Illustration

Fig. II-1	Location Map of Geophysical Survey
Fig. II-2	Network of Leveling Survey
Fig. II-3	Measurement of Barometric Altitude in Base Station
Fig. II-4	Measurement of Tide Value
Fig. II-5	Gravimetric Value - Elevation Curve
Fig. II-6	Map of Bouguer Anomaly on Central Perú
Fig. II-7	Map of Regional Gravity Trend in Polynomial of Second Order
Fig. II-8	" " in Polynomial of Third Order
Fig. II-9	Electrode Array
Fig. II-10	"



- Fig. II-11 Standard Electrode Arrangement  
Fig. II-12 Electrical Measuring Equipment and Electrical Measuring Circuit  
Fig. II-13 Correlation between P E and Resistivity

#### List of Tables

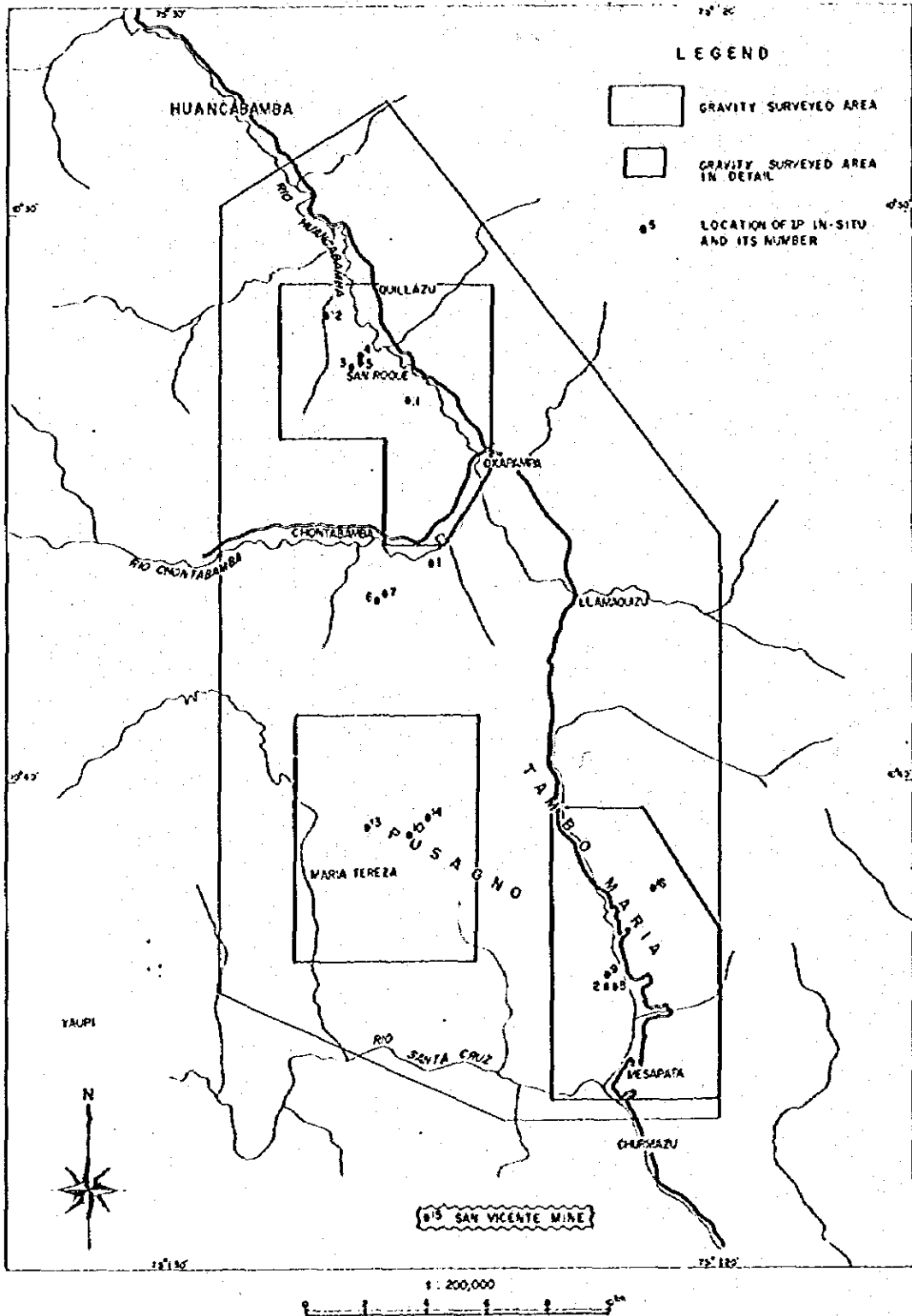
- Table II-1 Flow Chart of Geophysical Survey  
Table II-2 Scale Constant Expressed Milligar for La Coste and Romberg  
Table II-3 Calculation of Gravity Value of Base Station  
Table II-4 Densities of Rock Samples  
Table II-5 Distribution of Rock Densities  
Table II-6 IP In-situ Measurement  
Table II-7 P E and Resistivity Classified by Rock  
Table II-8 Laboratory Measurement of Rock Samples  
Table II-9 In-situ Measurement on Limestone Outcrop

## Appendices

### Tables of Gravimetric Corrections

- A. II-1 Earth Tide Correction and Drift Correction
- A. II-2 Topographical Correction
- A. II-3 Altitude Correction and Latitude Correction

FIG. II-1. LOCATION MAP OF GEOPHYSICAL SURVEY



## 第1章 調査の概要

### 1-1 調査要項

#### 1-1-1 調査目的

本調査はペルー共和国中部地区のOxapampa市を中心とする地域で実施された重力探査ならびに電気探査である。重力探査は主として地下における火成岩類の分布形態を明らかにするとともに、地下構造を解明することを目的とする。電気探査は地質・地化学調査で発見された鉱床露頭において、短電極間測法によるIP法電気探査を実施し、層状鉛・亜鉛鉱床に対するその適応性を明らかにすることを目的としている。

#### 1-1-2 調査位置および調査規模

調査地域はペルー共和国中部地区の亜熱帯多雨型の気候区に属する密林山岳地帯に位置し、行政的にはPasco県に含まれる。

本調査地域の位置および規模は、Fig. 1-1. Location Map of Geophysical Surveyに示すように、重力探査精査地区および周辺地区と、電気探査とに分けられる。

重力探査の対象地域は南緯 $10^{\circ}28'$ ～ $10^{\circ}46'$ 、西経 $75^{\circ}20'$ ～ $75^{\circ}29'$ にまたがる面積約 $400\text{Km}^2$ の範囲であり、このうち3地区にわたる面積約 $140\text{Km}^2$ の地域に対して精査を実施した。

電気探査は上記の調査地域内で15ヶ所、調査地域外のSan Vicente鉱山で1ヶ所の合計16ヶ所で行った。

#### 1-1-3 調査期間

現地調査期間は次の通りである。

重力探査	昭和52年7月7日～8月28日
電気探査	7月7日～8月4日
水準測量	7月7日～8月21日
全調査期間	7月1日～9月6日

### 1-2 作業概要

#### 1-2-1 重力観測

調査面積約 $400\text{Km}^2$ の範囲に対して466点の重力観測点を設置し、重力観測を行った。

面積約 $140\text{Km}^2$ の精査地区においては測点間隔約500mを標準とする観測を行い、その他の周辺地区については測点間隔約1Kmを標準としている。

測点は主として幹線道路・林道上に配点され、次いで山岳地の沢・山腹・尾根等に配点された。

本地域は道路が未発達であり、また、急峻な地形を形成する山岳地の大部分が密林地帯であることから、測点位置の確認および安全確保に十分留意した。

#### 1-2-2 水準測量

幹線道路、林道上に配置された重力観測点および精査地区内の山岳地の測点326点に対し、自動レベルによる水準測量を実施した。残りの140点については精密高度計が使用された。

当初トランジットによるスタジア測量の併用が予定されていたが、比較測定の結果、測定誤差が大きいと判断し、可能な限り自動レベルによる水準測量に振り替えた。

山岳地における水準測量は困難を極めたが、測線伐採に多大の労力を費し、無事に予定通りの成果を納めることができた。

#### 1-2-3 電気探査

短電極間隔法によるIP電気探査は、Fig. II-1に示した調査地域内の15ヶ所と、調査地域外のSan Vicente鉱山の1ヶ所を合わせて、合計16ヶ所で実施された。

測定は1ヶ所において3本の測線を設定し、各測線につき1m・2m・3mの3種類の電極間隔、さらに各電極間隔について3回の読み取りを原則とした。

測定地の正確な位置・露頭の種類、岩石名などはPL. II-1 Location Map of Gravity Stations and IP In-Situに記載され、また、測定測線の詳細はPL. II-11 Detail Map of IP In-Situ Measurementに示されている。

各測定地点は前年度地質・地化学調査で発見あるいは有望視された鉱微地を主体に選択し、さらにバックグラウンドと言うべき代表的な地層についても選択して測定を実施している。また、各測定地点に露出する代表的な岩石試料を採取して室内測定をも行った。

## 第2章 重力探査

本章では重力探査に関する測定方法・データ処理方法および解析方法について述べる。現地調査から報告書作成までの工程は次の Table II-1. Flow Chart of Geophysical Survey に示す通りである。

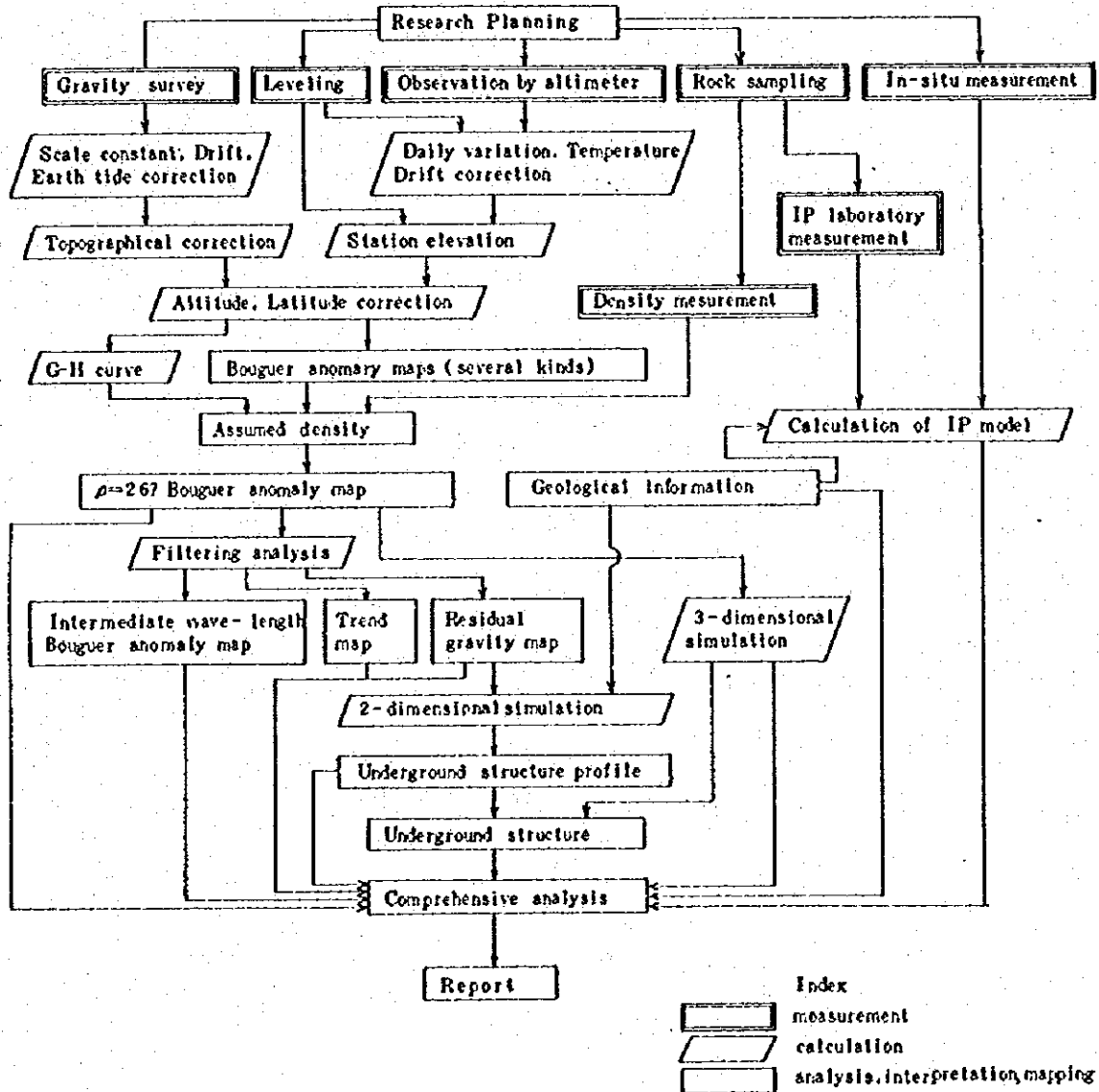


Table II - 1. Flow chart of geophysical survey

## 2-1 重力観測

### 2-1-1 重力計

重力観測には La Coste & Romberg 社製機械製作番号 G-365 および G-366 の2台の重力計を使用した。これらの重力計は 0~7,000 までの読取り目盛を持ち、0mgal から約 7,300mgal までの重力値を測定することができる。

これら重力計の重力値換算表の一部を Table. II-2 として次に示す。

Table. II-2 Scale Constant Expressed Milligal for La Coste & Romberg

Model of Gravity Counter Meter Reading	Value in Milligal		Factor for Interval	
	G-365	G-366	G-365	G-366
800	851.36	845.91	1.06381	1.05719
900	957.74	951.63	1.06377	1.05716
1000	1064.12	1057.35	1.06373	1.05715
1100	1170.49	1163.06	1.06370	1.05714
1200	1276.86	1268.78	1.06366	1.05714
1300	1383.23	1374.49	1.06363	1.05715
1400	1489.59	1480.21	1.06361	1.05717
1500	1595.95	1585.92	1.06360	1.05719

### 2-1-2 測点

本重力探査における観測点数の内訳は次の通りである。

精査地区 (面積約 140Km <sup>2</sup> , 測点間隔約 500m)	326点
周辺地区 (面積約 260Km <sup>2</sup> , 測点間隔約 1Km)	140点
総測点数	466点

各測点の位置は PL. II-1~PL. II-5 の各図面に記載し、自動レベルによる測点は丸印 (○)、精密高度計による測点は三角印 (△) と、それぞれ区別して表示した。

これら測点の位置決定にあたっては、測点付近の地形的特徴、道路、川および構造物等を参照し、地形図上でその位置を読み取った。有力な決定資料のない場合には、クリノメーター・歩測などの手段を用い既知測点からの方位、距離を測定参考として位置を決定した。

### 2-1-3 重力値の基準

本調査の重力基準点として、Oxapampa市の中央広場に設置されているF-360を使用した。基準点F-360の重力値は、ペルー共和国のEl Servicio de Geofisico (地球物理調査所)の所有する977,409,055mgalを採用した。

閉塞観測の為の基点として、当初Oxapampa市の宿舎Hotel Rocío前に仮1000を設置したが、閉塞の都合上、途中から作業事務所前に仮2000を設置移動した。右図にこれらの各基準点の位置を示す。

基点仮1000および仮2000の重力値は、重力基準点F-360より2往復の閉塞観測によって決定された。その結果を次にTable. II-3として示す。

二つの基点仮1000および仮2000の重力値は、それぞれ2回観測の平均値 977,408,892 mgal および 977,409,085mgalを採用し、一日一回の閉塞観測の重力基準値とした。

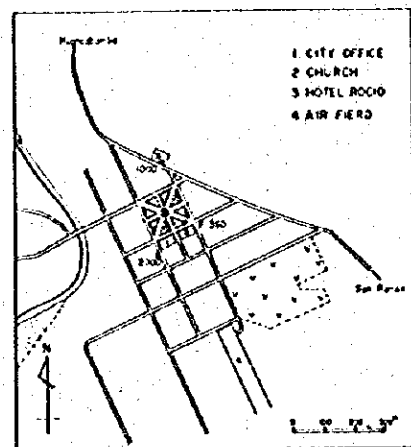


Table II-3 Calculation of Gravity Value of Base Station

No. of Gravity Meter & Date	No. of Station	Time	Reading Value	n Factor	(gal) Correction of Tidal Gravity	(m) Height of Gravity Meter	(gal) Correction of Instrument Height	Corrected Value	(gal) Correction of Diurnal Drift	Corrected Value	Difference from Bench Mark	Standard Value
G-365 July, 8 1977	B.M. F-360	10:21	1261.811	1342.696	-0.098	0.32	0.099	1342.697	0.000	1342.697		977,409,055
	1000	10:32	1261.679	1342.455	-0.042	0.26	0.060	1342.533	0.001	1342.534	-0.163	977,408,892
	B.M. F-360	11:12	1261.822	1342.618	-0.024	0.32	0.099	1342.693	0.004			
G-366	B.M. F-360	15:51	1236.238	1307.089	0.030	0.31	0.105	1307.224	0.000	1307.224		977,409,055
	2000	15:57	1236.287	1307.149	0.024	0.29	0.089	1307.253	0.002	1307.255	0.031	977,409,085
	B.M. F-360	16:01	1236.244	1307.095	0.020	0.34	0.105	1307.220	0.004			
July, 31 1977	B.M. F-360	16:01	1236.244	1307.095	0.029	0.34	0.105	1307.220	0.000	1307.220		977,409,055
	1000	16:05	1236.113	1306.956	0.015	0.29	0.089	1307.060	-0.003	1307.057	-0.163	977,408,892
	2000	16:11	1236.304	1307.158	0.009	0.29	0.089	1307.236	-0.007	1307.249	0.029	977,409,084
	B.M. F-360	16:18	1236.272	1307.123	0.002	0.34	0.105	1307.232	-0.012			



#### 2-1-4 水準測量

水準測量は3台の自動レベルと5台の精密高度計を使用して実施した。水準測量の諸成果は別に付帯資料として添付する。

##### (i) 自動レベルによる水準測量

測量には測機舎製B-2型自動レベルを使用し、標高の基準はF-360の標高、1813514 mを採用した。

巻末に Fig. II-2 Network of Leveling Survey として示すように、全レベル測点について閉塞観測、または2回観測を行っている。本調査の閉塞路線として、南部地域のF-360 ~ Mesapata ~ Maria Tereza ~ F-360 を結ぶ路線と、北部地域のF-360 ~ Quillazu ~ San Roque ~ F-360 を結ぶ二つの閉塞路線が設定された。これらの閉塞誤差は、前者が  $15\sqrt{D}$ mm (D=100km)、後者が  $10\sqrt{D}$ mm (D=14km) であり、次の仕様を十分満足している。

閉塞誤差： $\epsilon \leq 100\sqrt{D}$ mm (D：閉塞距離km)

##### (ii) 精密高度計による水準測量

自動レベルによる水準測量の実施できない山岳地帯の測点については、精密高度計 American Paulin System Model MM-1 (測定範囲0~5000m, 読み1m) 4台と Model MDM-1 (測定範囲0~2500m, 読み0.5m) の計5台を使用した。

測定に当っては2台の高度計を携行し、2台の読みの平均値を測定値とした。標高算出には気温補正・ドリフト補正を施したほか、気圧変化の補正のための定点観測を実施して、精度の向上に努めた。定点観測は通常 Oxapampa 市の基点 62000 で実施したが、必要に応じて測定点に近い場所においても行っている。62000における定点観測の代表例を Fig. II-3 として次に示すように、一日の変化量は最大50m以上に達することもあり、また、天候の相違によって不規則な変化を示す傾向が認められる。測定に当っては、ほぼ直線的に変化すると考えられる11時~16時の時間帯中の閉塞に留意し、天候不順の日には定点と観測点の距離を短縮して補正精度の向上に努めた。

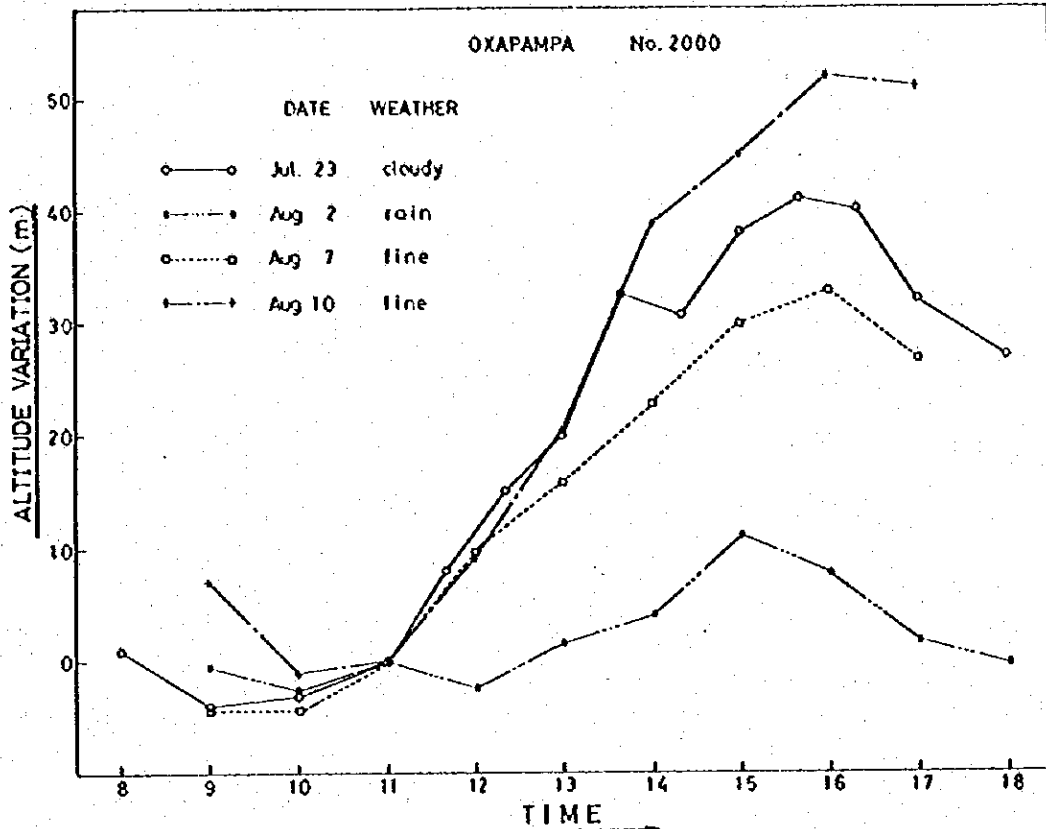


Fig. II-3. Measurement of Barometric Altitude in Base Station

## 2-2 重力値の補正

重力観測値には、時間、位値、標高、相対地形等の、各測点に対する不均一な要素が多く影響している。これらの要素を補正して同条件のもとでの重力値とするために、以下に述べる各補正を行った。これらの補正はすべて電子計算機によって行われている。

### 2-2-1 ドリフト補正

重力値既知の測点から出発して未知の測点の重力値を測定し、再び同じ既知の測点にもどった時その重力測定値に潮汐補正を施しても、もとの重力値を示さないのが普通である。この重力計特有の誤差をドリフトといい、ドリフトの変化率は時間に比例するものとして補正を行なっている。

付帯資料の重力計算一覧表に、1日および時間当りのドリフト率を算出してあるように、0.2mgal/dayの仕様を満足している。

### 2-2-2 潮汐補正

潮汐補正は、月・太陽の位置変化が重力観測におよぼす影響を取り除く補正で、時間および測点の緯度・標高によって変化する。この補正を行なう事により、ドリフト補正は単純な閉塞

誤差として検出されるため、観測精度を向上させることができる。

潮汐補正值： $\Delta \eta$ は、

$$\Delta \eta = 1.2 \left[ \frac{3}{2} r_0 \cdot \frac{M}{E} \cdot \frac{a}{r_3} \cdot \rho^2 \left\{ \cos^2 \phi \cdot \cos^2 \delta \cdot \cos 2\theta + \sin 2\phi \cdot \sin 2\delta \cdot \cos \theta + 3.0 \left( \frac{1}{3} - \sin^2 \phi \right) \left( \frac{1}{3} - \sin^2 \delta \right) \right\} \right]$$

ただし、 $r_0 = 978049(1 + 0.0052884 \sin^2 \phi - 0.0000059 \sin^2 2\phi)$  gal

$\phi$  : 観測緯度

$\delta$  : 天体の赤緯

$\theta$  : 天体の時角

$\rho$  : 地球の平均半径 (6370.28 Km)

$r$  : 地球の中心から天体までの距離 (太陽 :  $1.496 \times 10^8$  Km  
月 : 384405 Km)

$a$  : 地球の中心から観測点までの距離

$$= 6378388(0.99832 + 1.6835 \times 10^{-3} \cos 2\phi - 3.5 \times 10^{-6} \cos 4\phi) + \text{観測点高度(Km)}$$

$\frac{M}{E}$  : 天体と地球との質量比 (太陽 ; 332958, 月 ; 00123)

Fig. II-4 に、No. 2000 で観測された地球潮汐による時間変化の例を示すが、観測値と理論曲線はよく一致している。

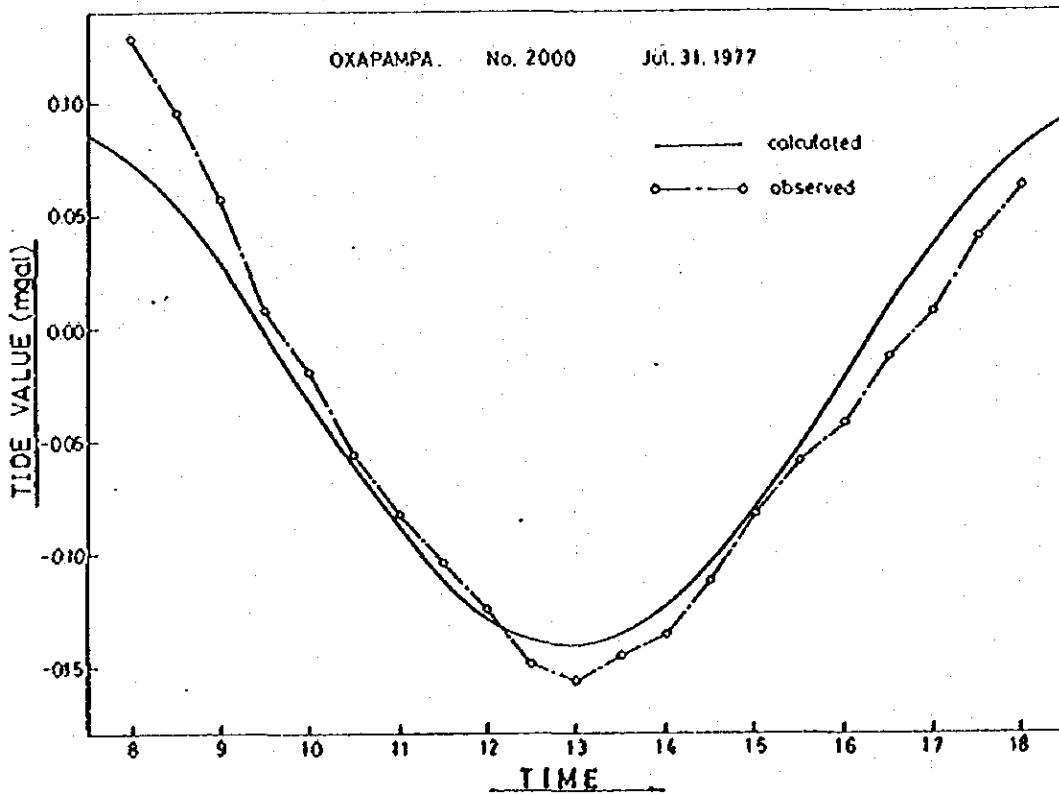


Fig. II-4. Measurement of Tide Value

### 2-2-3 地形補正

地形補正は、測点の周囲地形の凹凸が重力計におよぼす影響に関する補正である。地形図を一定の格子間隔で分けして、その中心点の標高を読み取り、測点との相対的な起伏を一定の形状に近似させる。それらのブロックに影響される重力値を合計したものが地形補正值となる。

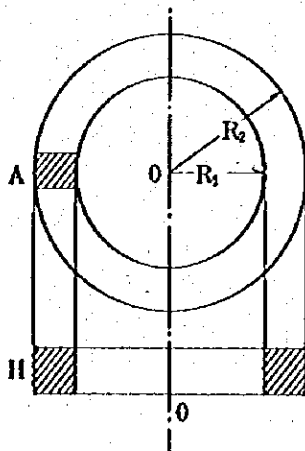
地形の影響は、測点に近いほど大きく、離れるにしたがって小さくなるので、測点に近い範囲では高い精度の地形補正を行い、遠い範囲では粗い補正を行った。

それぞれの補正に関する、地形図の縮尺、補正の範囲、格子間隔および座標原点の緯度経度は次のとおりである。

	遠 方	中 間	近 傍	周 辺
地形図の縮尺	1/200,000	1/50,000	1/25,000	測点位置見取図
補正の範囲(南北)	120 Km	24 Km	6 Km	半径 20 m
補正の範囲(東西)	120 Km	24 Km	6 Km	半径 20 m
格子間隔(m)	4000 m	1000 m	250 m	
原点緯度(南緯)	9°54'01"	10°21'11"	10°25'44"	
原点経度(西経)	74°57'02"	75°24'56"	75°30'04"	

補正計算はすべて電子計算機を使用し、遠方・中間・近傍の各補正には次の Kane の方式を採用している。

$$\varphi = 2G\rho A^2 (R_2 - R_1 + \sqrt{R_1^2 + H^2} - \sqrt{R_2^2 + H^2}) / (R_2^2 - R_1^2)$$



- $\varphi$  : 地形補正值
- $G$  : 重力定数
- $\rho$  : 密度
- $R_1$  : 測定点から補正区画内側までの距離
- $R_2$  : 測定点から補正区画外側までの距離
- $A$  : 補正区画
- $H$  : 補正区画の平均高度

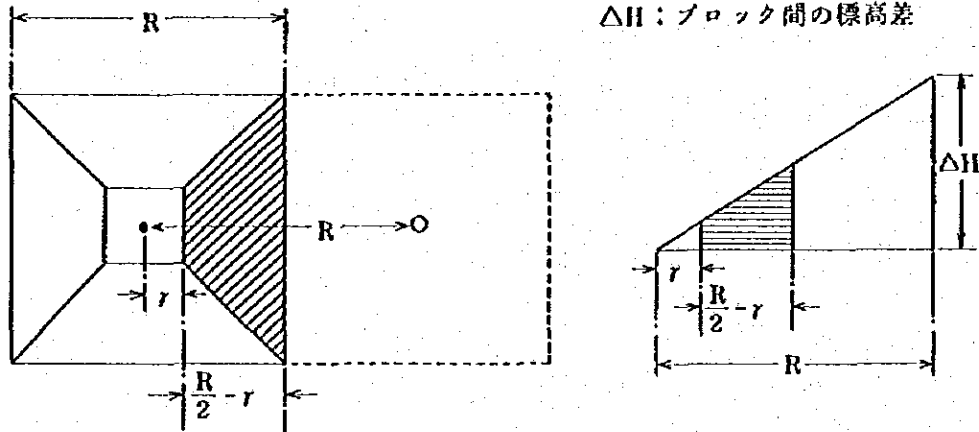
ただし、測点を含むブロックに関する補正は、隣接するブロックの読取り高さと測点(中心)の高さを直線で結び、測点より20mの範囲を除いて截頭角錐として計算している。周辺の補正は測点から20mまでの地形のスケッチを行い、これを2方向の単一斜面におきかえて補正を行った。

この関係の概念図は次のようである。

R : 近傍格子間隔 (250m)

r : 周辺補正範囲 (20m)

$\Delta H$  : ブロック間の標高差



本調査では補正を施す範囲内に地形の不明な地域が見られたが、現地における簡易測量、SLAR(Side-Looking Airborne Radar) 写真の利用などによってこれを補った。

また、地形補正に関する測点の標高は、補正量の大きいと考えられる測点付近の地形に対応づけるため、地形図上における標高を使用して計算を行った。

#### 2-2-4 高度補正

この補正には単に高度差に伴う重力値の補正であるフリーエアー補正と、地下の岩石の密度が影響するブーゲー補正とが含まれる。

フリーエアー補正值： $\Delta g_1$  は地球表面における平均的な重力鉛直勾配を使って次の式で表わされる。

$$\Delta g_1 = g_0 \left( 1 - \frac{R^2}{(R+H)^2} \right) = \frac{2g_0}{R} \frac{HR}{(R+H)^2} \sim \frac{2g_0}{R} H \doteq 0.3086 H \text{mgal}$$

ただし、 $g_0$  : 平均海水面重力値

R : 地球の平均半径

H : 測点標高 (m)

ブーゲー補正值： $\Delta g_2$  は、厚さ H、密度  $\rho$  の無限に広い水平板が、地表とジオイドに挟まれているものとして計算され、次式で表わされる。

$$\Delta g_2 = -2\pi G \rho H \doteq -0.0419 \rho \cdot H \text{mgal}$$

ただし、G : 重力定数

$\rho$  : 密度

H : 測点標高 (m)

フリーエア補正值およびブーゲー補正值は共に測点標高Hの関数であるから、ひとまとめにして高度補正值とよび、 $\Delta g_1 + \Delta g_2 = (0.3086 - 0.0419\rho)H \text{mgal}$ として計算する。

### 2-2-5 緯度補正

地球は完全な球形ではなく回転楕円体であることと、自転による遠心力の為に地表での重力値は赤道付近で最小、両極で最大となる。次に示す標準重力の国際公式を用いて標準重力値: S, V, を求めれば、各測点の緯度 $\varphi$ に関する補正も併せて施したことになる。

$$S, V, = 978.049(1 + 0.0052884 \sin^2 \varphi - 0.0000059 \sin^2 2\varphi) \text{mgal}$$

### 2-3 解析方法

重力観測値に、前項で述べた各補正を施して得られたブーゲー異常値を用いて等重力線図を作成し、これをもとに行なう解析処理の手順を以下に述べる。

#### 2-3-1 岩石試料の密度測定

重力異常は地下の密度の異常分布を反映している。したがって重力異常から地下構造を解析するためには、調査地域に分布する岩石の平均密度や地層の密度分布を知る必要がある。

本調査では、52個の岩石試料を採取したほか、前年度地質調査における岩石試料49個を加えて密度測定を実施した。その結果をTable. II-4. Densities of Rock Samplesに記載し、調査地域の代表的な地層と対応させるためにTable. II-5 Distribution of Rock Densitiesとしてまとめ、それぞれ巻末に掲載した。

密度の測定値としては、岩石を自然の状態に近づけるために水浸させて、後に水をふきとった湿潤状態での測定値を採用した。

岩石密度は次の式から求めている。

$$\text{密度} : \rho = \frac{W_a}{W_a - W_w}$$

$W_a$  : 空中重量

$W_w$  : 水中重量

岩石試料の採取に当っては、Table II-5に示した本調査地域に分布する各地層の構成岩の採取、新鮮な岩石の採取を心がけた。各地層の平均密度は必ずしも地層密度そのものを表わしているとはいえないが、おおよその傾向は示すと考えられる。

岩石試料密度測定結果より次の諸項が考察される。ただし、各地層名とそれらの記号は前年度地質調査における分類を採用している。

(i) 各地層の平均密度は2.49~2.75の範囲に分布しており、その密度差は0.26と比較的小さい。

(ii) 本地域の基盤を構成すると考えられるMitu層群、Pucara層群、閃緑岩複合岩体等の

地層の平均密度は、それぞれ 2.65、2.71、2.75 と共に高密度を示している。

なお、Mitu 層群 ( $\rho=2.65$ ) の岩石試料はすべて風化の度合の大きい礫岩～角礫凝灰岩であり、地下においては岩石が新鮮なためさらに密度の高い事が予想される。

(ii) 上記地層の中で、Pucara 層群中のドロマイト層の平均密度は 2.75 と最も高密度の部類に属し、地表においても広く分布することから、主として本層が重力図における高重力異常に対比されると推定される。

(iii) 上記ドロマイト層の中で、特に縞状構造を有するいわゆる Zebra ドロマイトの平均密度は  $\rho=2.79$  とさらに高密度を示し、ドロマイト層に対比される高重力異常の一因をなすことが考えられる。

(iv) 低密度地層としては、Oriente 層群、Llaupi 火山岩類の平均密度 2.49、2.51 が指摘され、低重力異常に対比されると推定される。

(v) Chonta 層群および Pusagno 花崗岩類、Oxapampa 貫入岩類、Honda 貫入岩類等の火成岩類は、それぞれ平均密度 2.59～2.65 の中位の密度を示す。

### 2-3-2 密度仮定

重力計算の補正密度の仮定は重力探査の結果に大きな影響をおよぼす。Table. II-4 に示した岩石試料密度測定結果では、地表付近の岩石密度は 2.39～2.87 の間に分布しているが、垂直方向に密度が変化する地層の平均密度を、水平的なデータである地表岩石試料の密度実測値のみから決定することは妥当ではない。

したがって本重力探査では、次の諸項目について検討し補正密度の決定を行なった。

(i) 地形補正およびブーゲー補正に必要な補正密度を 5 種類 ( $\rho=2.40, 2.60, 2.67, 2.80, 3.00$ ) に変化させた等重力線図を作成し、これら各密度の重力分布の形状と地形との相関を検討した結果、補正密度  $\rho=2.60 \sim \rho=2.80$  による等重力線図が適当であると考えられた。

(ii) 本調査地域に分布する岩石を代表すると考えられる各地層の岩石試料平均密度は、次のように求められた。

堆積岩類	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Chonta 層群} \\ \text{Oriente 層群} \\ \text{Pucara 層群} \\ \text{Mitu 層群} \end{array} \right.$	$\rho = 2.64$
		$\rho = 2.49$
		$\rho = 2.71$
		$\rho = 2.65$
火成岩類	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Honda 貫入岩類} \\ \text{Llaupi 火山岩類} \\ \text{Oxapampa 貫入岩類} \\ \text{Pusagno 花崗岩類} \\ \text{閃緑岩複合岩体} \end{array} \right.$	$\rho = 2.65$
		$\rho = 2.51$
		$\rho = 2.59$
		$\rho = 2.61$
		$\rho = 2.75$

全平均密度 (単純平均)

$$\rho = 2.62$$

(1) 巻末の Fig. 1-5. Gravimetric Value-Elevation Curve に示すように、自動レベルによる測点の重力値と標高との関係を用いて G-H 関係図を作成し、以下に示す三つの区域別の密度を求めた。この結果、 $\rho = 2.70$  前後が適当であると考えられる。

Oxapampa 地域  $\rho = 2.64$

Tambo Maria 地域  $\rho = 2.69$

Pusagno 地域  $\rho = 2.81$

ここで、Pusagno 地域のレベル測点には、重力値と標高との相関に特徴が認められる。後述する等重力線図における低重力異常の傾向にはほぼ対応して、各測点標高が低くなる関係が指摘され、実際には、Pusagno 地域では G-H 関係より求められた  $\rho = 2.81$  より低い密度が適当と考えられる。

なお、G-H 関係図における重力値 (G. V. - S. V.) には地形補正値が加算されており、この地形補正密度と算出密度がほぼ一致するまで繰り返し行っている。

以上を参考にして、担当官立合いのもとに補正密度  $\rho = 2.67$  による等重力線図を用いて解析を行なうことに決定された。

なお、参考のために  $\rho = 2.60$  の補正密度による等重力線図も添付する。

### 2-3-3 傾向面解析

本調査の等重力線図は、詳細を第4章で後述するよう、主としてアイソスタシーに起因すると考えられる長波長のトレンドが顕著であり、等重力線図の重力分布と地質構造とを直接対比するのは極めて困難である。そこで、このトレンドを抜き去る手段として傾向面解析を行なった。

各測点のブーゲー異常値を、任意に設定された X, Y 座標系に対して測点位置 (X, Y) に関する関数  $G(X, Y)$  とみなし、最小2乗法によって二次傾向面  $Z_2(X, Y)$  および三次傾向面  $Z_3(X, Y)$  を求めた。これらを図化して二次傾向面図および三次傾向面図とし、各測点の三次傾向面重力値をブーゲー異常値から差し引いて三次残差図を作成した。

$$\text{三次残差 (Residual Gravity Value)} = G(X, Y) - Z_3(X, Y)$$

### 2-3-4 余剰重力

等重力線図における重力異常を波長別に検出する手法として、移動平均法 (Running Average Method) を採用し、余剰重力計算を行った。

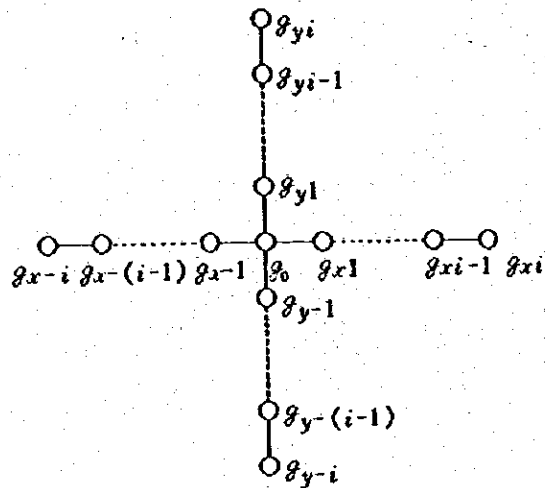
等重力線図 ( $\rho = 2.67$ ) を間隔 500 m の直角格子で区切り、この格子点の重力値を読み取って次式より Noise・Normal・Local の3種の波長別余剰重力値を算出した。



$$\text{Noise} = g_0 - \frac{1}{6} \sum_{i=-1}^1 (g_{xi} + g_{yi})$$

$$\text{Normal} = \frac{1}{6} \sum_{i=-1}^1 (g_{xi} + g_{yi}) - \frac{1}{14} \sum_{i=-3}^3 (g_{xi} + g_{yi})$$

$$\text{Local} = \frac{1}{14} \sum_{i=-3}^3 (g_{xi} + g_{yi}) - \frac{1}{30} \sum_{i=-7}^7 (g_{xi} + g_{yi})$$



本調査ではこれらのうち、中位の波長を検出する Normal を採用図化し、余剰重力正規構造図とした。

### 2-3-5 二次元解析

重力異常に対応する地下構造を推定する手段として、4本の断面について三次残差重力値を用いた二次元ツミュレーションを行い、地下構造断面図として表現した。

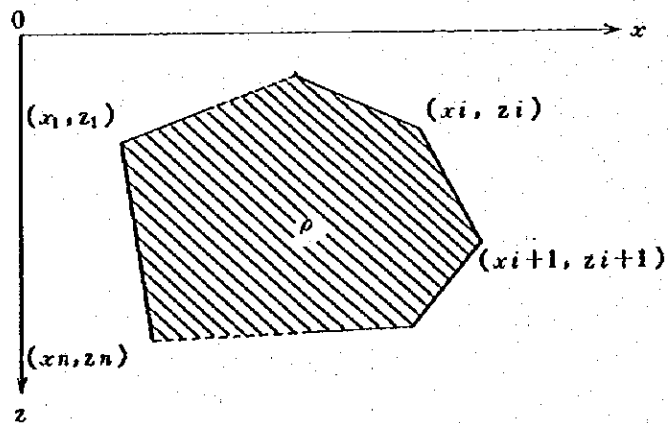
地表下における構造モデルを数個の多角形とその密度で表現し、これらに影響される地表での重力値を算出して、あらかじめ500m毎に読み取った断面重力値と比較する。次に、多角形を構成する座標と密度を変数とみなして、最小2乗法により断面重力値と計算値がほぼ一致するまでこれらの変数を変化させて密度構造を算出した。

密度構造モデルに対する重力値の算出には、Talwani 等の方法を採用している。

右図に示す密度  $\rho$  の多角形 (紙面に垂直無限) によって受ける0点 (地表上の任意の点) での重力値の垂直成分  $g_v$  は次式で与えられる。

$$g_v = 2\rho G \sum_{i=1}^n \int_{z_i}^{z_{i+1}} \int_0^x \frac{z}{x^2 + z^2} dx \cdot dz$$

ただし、 $\rho$  ; 密度,  $G$  ; 重力定数



計算に際して初期モデル構造の設定が重要な要素となるため、二層構造を基本とし、地表地質分布、地質情報を加味した多層構造を設定して行なった。また、各モデル構造の密度については Table 1-5. Distribution of Rock Densities より、各地層の密度を次のように大別し

て計算を行なっている。

- $\rho = 2.2$  第四紀層
- $\rho = 2.5$  Oriente層群, Merced累層
- $\rho = 2.6$  Chonta層群, Pusagno花崗岩類, Oxapampa貫入岩類
- $\rho = 2.7$  Pucara層群, Mitu層群
- $\rho = 2.8$  Pucara層群中のドロマイト層, 閃緑岩複合岩体

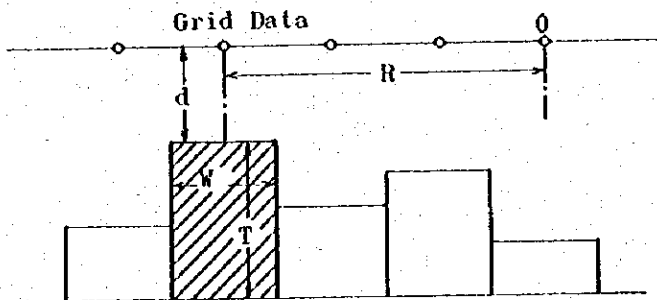
### 2-3-6 三次元解析

2-3-4 余剰重力<sup>1)</sup>の項で述べた格子点重力値を用いて, 二層構造による三次元シミュレーションを行なった。

すなわち, 地下構造を第一層と第二層の二層構造と仮定し, 岩石試料密度分布から上部層(第一層)と下部層(第二層)との間の密度差を $\Delta\rho = 0.15 \text{ g/cm}^3$ に大別して実施している。

計算に際しては, 第二層を1.5km 平方の角柱に分割して, 最小2乗法により各々の角柱の厚さを変化させることによって格子点重力値に一致させる方法をとった。なお, 格子点重力値は角柱の位置および大きさに合わせた $3 \times 3 = 9$ 個の平均値を用いて三次近似を行い, 残差重力値を求めてシミュレーションを行なった。

計算式および概念図は次のようである。



左図のように, 各格子点の真下にそれぞれ格子点を中心とする角柱を三次元的に設置した時, 斜線部の角柱による格子点0における重力値の鉛直成分は次式で表わされる。

$$\Delta g \approx G \rho W^2 \left\{ \frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + (d^2 + T^2)}} \right\}$$

ただし, 格子点0の直下の角柱のみについては(すなわち,  $R=0$ のとき), 次式を用いる。

$$\Delta g_0 \approx 2\pi G \rho \left\{ T - \sqrt{(T+d)^2 + \frac{W^2}{\pi}} + \sqrt{d^2 + \frac{W^2}{\pi}} \right\}$$

- ここで,  $G$ : 重力定数  $R$ : 格子間距離  
 $\rho$ : 角柱の密度  $T$ : 角柱の基準面よりの高さ  
 $W$ : 角柱の幅=格子間幅  $d$ : 地表よりの深度

すべての角柱による影響の総和が格子点0における重力異常値となり, 地表よりの深度:  $d$

を変化させる事により、この値と三次近以残差格子点重力値がほぼ一致するまで計算を繰り返して行った。

計算結果は、第二層の表部を示す等深度線で表示し、地質構造解釈を書き添えて地下構造図とした。

### 2-3-7 重力計算一覧表の説明

各補正計算はすべてIBM-370型電子計算機で行われ、その出力データは別冊 Appendices に重力計算一覧表 (Tables of Gravimetric Corrections) としてまとめられている。

#### (i) 潮汐・ドリフト補正 (Earth Tide Correction and Drift Correction)

この表では、各測点における観測値から重力値を算出するもので、潮汐、ドリフト、器械高さの各補正および重力基準値に対する換算を行なっている。

表は次の諸量が左から右に次の順に記載されている。

Y.M.D	観測年月日
No	測点番号
TIME	日・時・分
READING	観測値
INST.H	器械高さ (cm)
X FACT.	観測値 (mgal)
ETCOR	潮汐補正值 (mgal)
INST.COR	器械高さ補正值 (mgal)
+COR	補正ずみ値 (mgal)
DRIFTCOR	ドリフト補正值 (mgal)
GRVTY DIF.	基点の標準重力値との差 (mgal)
GRVTY VAL.	重力値 (mgal)

#### (ii) 地形補正 (Topographical Correction)

この表は、遠方、中間、近傍、周辺の地形補正計算結果と、各測点の全地形補正值を表示している。

表には以下の諸量が左から右に次の順に記載されている。

STATION-No.	測点番号
LATITUDE	測点緯度 (度・分・秒)
LONGITUDE	測点経度 (度・分・秒)
ALTITUDE	測点標高 (m)
FAR	遠方地形補正值 (mgal)
MIDDLE	中間地形補正值 (mgal)

NEAR	近傍地形補正值 (mgal)
CLOSE(1), (2)	周辺地形補正值 (mgal)
SEA	海水量地形補正值 (mgal)
LAKE	湖水量地形補正值 (mgal)
TOTAL	全地形補正合計値 (mgal)

なお、表に示す補正值は密度  $\rho = 2.679/cm^3$  として表示している。

④) ブーゲー異常値 (Altitude Correction and Latitude Correction)

この表ではブーゲー異常値が算出されており、高度補正、地形補正および緯度補正の各補正計算を行なっている。

表には以下の諸量が左から右に次の順に記載されている。

STATION-No.	測点番号
LATITUDE	測点緯度 (度・分・秒)
LONGITUDE	測点経度 (度・分・秒)
ALTITUDE	測点標高 (m)
G.V.-S.V.	緯度補正済み重力値 (mgal)
2.00~3.00	補正密度 6 種類について計算したブーゲー異常値 (mgal)

### 第3章 重力探査結果

重力探査から作成された本調査の図面は以下のとおりである。

PL. II - 1 測点位置図 (Location Map of Gravity Stations and IP In-Situ)

PL. II - 2 等重力線図 (Map of Bouguer Anomaly) 補正密度  $\rho = 2.67$

PL. II - 3 等重力線図 (Map of Bouguer Anomaly) 補正密度  $\rho = 2.60$

PL. II - 4 三次残差図 (Map of Residual Gravity in Polynomial of Third Order)

補正密度  $\rho = 2.67$

PL. II - 5 余剰重力正規構造図 (Map of Intermediate Wave-Length Bouguer Anomaly)

補正密度  $\rho = 2.67$

等重力線図は2種類の補正密度について作成したが、このうち  $\rho = 2.67$  の等重力線図が解析のための主図面で、 $\rho = 2.60$  の等重力線図は参考図面である。主図面の補正密度を  $\rho = 2.67$  に決定した経緯については、2-3-2「密度仮定」の項ですでに述べた。

三次残差図と余剰重力正規構造図とは、いずれもフィルター計算などによって  $\rho = 2.67$  の等重力線図から作成されたものである。残差図の場合、作成に先だって二次と三次の2種類の傾向面図 (Map of Regional Gravity Trend) を作成したが、これらは巻末に Fig. II-7, Fig. II-8 として挿入されている。

本章では各重力図に見られる重力分布の特徴を述べる。

#### 3-1 等重力線図

PL. II-2 が補正密度  $\rho = 2.67$ 、PL. II-3 が補正密度  $\rho = 2.60$  の等重力線図である。2つの図面はほぼ類似した重力分布を示すが、以下では  $\rho = 2.67$  の等重力線図について検討する。

##### 3-1-1 全般的な傾向

PL. II-2 では、ブーゲー異常値は  $-420\text{mgal}$  から  $-490\text{mgal}$  の間に分布し、顕著な負の異常を示している。この顕著な負のブーゲー異常が本地域の重力分布の第1の特徴にあげられる。ブーゲー異常値は北東部で高く、南西部で低くなっている。巻末の Fig. II-6 は、調査地域を含むアンデス山地東斜面の広域ブーゲー異常図であるが、この図から、顕著な負のブーゲー異常と北東部で高く南西部で低いブーゲー異常値の分布傾向は、調査地域だけに限らずアンデス山地東斜面一帯の特徴であることが分る。この顕著な負のブーゲー異常の極小部は Fig. II-6 で見るとおり、標高  $4000\text{m}$  以上の La Oroya~Junin~Cerro de Pasco を結ぶ線のすぐ西側のアンデス山地のはほぼ主稜線上に位置している。

$-500\text{mgal}$  にも達するこのような顕著な負のブーゲー異常は、大規模な高山の下ではモホロビッチ境界面が深いといわゆるアイソスタシーに起因すると考えられ、同様の例は北米

のロッキー山脈、アジアのチベット高原などでも観測されている。一般に高山によるアイソスタシーのもとではブーゲー異常値は地形高度と負の相関、モホロビッチ境界面深度とは正の相関を示すことがよく知られているが、本地域においても Fig. 1-6 に見るとおり、西方の地形高度の高い方面に向ってブーゲー異常値が一様に減少しており、負の相関関係が明確に成立している。

本地域の重力分布の第2の特徴はNNW-SSE方向に発達する等重力線である。Fig. 1-6 (巻末)で明らかなように、この特徴も調査地域に限らず、非常に広範囲に及んでいる。重力傾度は調査地域付近で最も大きく、調査地域の平均で約 $3.3 \text{ mgal/Km}$ である。調査地域内では東部で小さく、西部にゆくほど大きくなる傾向がある。

以上のごとく、調査地域には主としてアイソスタシーの影響によると思われる長波長のトレンドが認められる。

### 3-1-2 局所的な傾向

本地域の局所的な重力異常は、南東部のTambo Mariaから北東部のOxapampaにかけてと、南西部のMaria Tereza付近に発達しているが、3-1-1「全般的な傾向」で述べたように、本地域には強いトレンドが発達しているため、等重力線図では詳細な局所的な重力分布は把握しにくい。このような場合、地域的な重力分布を取り除いた残差図で検討する方が局所的な重力分布を抽出しやすい。したがって、局所的な傾向は3-3「三次残差図」の項で詳しく述べることにする。

## 3-2 傾 向 面 図

傾向面図は地域的な重力分布(Regional Gravity Anomaly)を平面、あるいは曲面に近似して概括的に表現するもので、等重力線図から電算機を利用した数学的処理によって作成される。本調査では、二次および三次の傾向面図を作成した。

### 3-2-1 二次傾向面図

巻末のFig. 1-7が本地域の二次傾向面図である。Fig. 1-7では局所的な異常が除去されて、NNW-SSE方向に発達する等重力線、東部で小さく西部で大きい重力傾度など等重力線図の全般的な分布傾向がよく表現されている。

NNW-SSE方向の等重力線は、調査地域の北部で収束する傾向、および南部で分散する傾向を示し、また南西の低重力部の側ゆるやかに湾曲するなどの特徴も認められる。

### 3-2-2 三次傾向面図

巻末のFig. 1-8が三次傾向面図である。Fig. 1-7とFig. 1-8とを比較すると明らかなように、三次傾向面は大まかな重力分布の傾向では二次傾向面とほとんど差がない。しかし、二次傾向面図の等重力線が一様に南西側に湾曲しているのに対し、三次傾向面図ではほぼRio

Chontabamba を境いにして、その北部では南西側に湾曲し、南部では北東側に湾曲しており、やや複雑な曲面を表現している。

### 3-3 三次残差図

残差図は等重力線図から傾向面を差し引いた重力図に相当するもので、地域的な重力分布 (Regional Gravity Anomaly) が除去され、局所的な重力分布 (Local Gravity Anomaly) が強調されている。高次に進むにしたがって、より小規模な重力異常が抽出され、ノイズ的な重力異常を表現する特性を有している。

解析に使用する残差図を決定するに当たって、二次と三次の残差図を作成して比較検討したが、二次と三次の傾向面図にほとんど差がないことから、当然2つの残差図は類似した図面になった。しかし、本調査の目的が地下の比較的浅部の構造を明らかにすることにあるので、高次の残差図の方が適当と判断し、解析には三次残差図 (PL. 1-4) を採用した。以下で三次残差図に認められる重力分布の特徴を述べる。

三次残差図における残差値の最高値と最低値はそれぞれ +9 mgal と -7 mgal 程度で、その差は約 16 mgal である。+5 mgal 以上と -5 mgal 以下の面積が調査地域に占める割合は 10% 程度で、大部分は ±5 mgal の 10 mgal の間に収まっている。このことから分るように、本地域の重力分布は局所的に見れば比較的平穏である。

残差値がプラスの部分を高重力地区、マイナスの部分を低重力地区と定義すれば、高重力地区が連続して分布しているのに対し、低重力地区は分散して分布する傾向が認められる。

高重力地区は調査地域北部の San Roque から中央部の Chontabamba にかけて広範囲に分布し、Chontabamba の南方で一部は SSE 方向の Tambo Maria 方面に帯状に延び、さらに Churmazu 西方に達する高重力帯を形成している。また、別の一部は西方に広がっているが、調査地域から外れるため詳細は不明である。

San Roque から Chontabamba にかけて分布する高重力帯には、大きさが 1 km 程度かそれ以下の波長の短い重力異常がいくつか点在するが、それらの重力異常はせいぜい 2~3 mgal 程度でそれほど顕著なものは存在しない。この区域は西に向って残差値が大きくなる傾向が認められるが、全般的に見れば平穏な重力分布を呈している。この区域の重力異常の配列には NNW-SSE の方向性が認められ、区域西部の等重力線には N-S の方向性が認められる。

Chontabamba 南方から Tambo Maria 方面に延びる高重力帯は幅が 3~5 km、残差値が最も大きい所で 7 mgal あり、本地域では最も顕著な重力異常の 1 つである。この高重力帯は、NNW-SSE の顕著な方向性を有することと、東翼部の重力傾度が西翼部よりやや大きいのが特徴である。

低重力地区は調査地域北端の Huancabamba から Quillazu にかけて、東部の Llamaquizu を中

心とする区域、Tambo Mariaの南東部からMesapataにかけて、およびPusagno西部からMaria Terezaにかけての区域に分れて分布している。

HuancabambaからQuillazuにかけての低重力地区は、Rio Huancabambaを間に挟む2つの低重力異常に分割されている。Rio Huancabamba東岸の低重力異常がNNW-SSEの方向性を有するのに対し、西岸のそれには方向性が認められない。

Llanaquizuを中心とする低重力地区は、1つの大規模な低重力異常から構成されている。この低重力異常は長径約15 Km幅6 Kmの長円形を呈し、中心部の残差値は約-7 mgalで本地域では最も低い値である。この低重力異常の軸方向はNNW-SSEで、重力傾度は北東と南西の両部で大きく中心部ではきわめて小さい。

Tambo Maria南東の低重力地区は調査地域の末端部に分布するため全容は不明であるが、等重力線が屈曲に富み、短い波長の異常が複雑に入り組んでいるのが特徴である。等重力線の方向性は、巨視的に見ればN-SないしNNW-SSE方向が支配的である。

Pusagno西部からMaria Terezaにかけての低重力地区は、Rio Santa Cruzの上流に沿ったN-S方向の細い帯状の区域と、Pusagnoを中心とする区域とに分けられる。前者ではN-S方向の等重力線が支配的であるが、後者では等重力線が複雑に屈曲し異常が入り組んでいる。強いて言えば、後者ではE-W方向の等重力線が優勢である。

以上に述べた重力異常のほか、調査地域北東部、Tambo Mariaの東方、Rio Santa Cruzの南方、Maria Terezaの西方にそれぞれ高重力地区が分布しているが、いずれも調査地域の末端に位置して全容が不明である。

#### 3-4 余剰重力正規構造図

PL. II-5が余剰重力正規構造図である。正規構造図では地表付近の影響による短い波長の重力異常と、地下深部の構造を反映する長い波長の重力異常が除去されて、中間的な波長のものが選択的に表現されている。

正規構造図で見ると、調査地域は重力異常の形状あるいは配列が特定の方向性を示す区域と形状においても配列においても方向性を示さない区域とに分けられる。調査地域の中央には、南端のMesapata付近からChontabambaの東を経てSan Roque付近に達するNNW-SSE方向の顕著な正異常帯が認められる。この正異常帯およびその東側に分布し方向性が見られる区域で、重力異常が発達する方向はNNW-SSEである。これに対し、この正異常帯の西側では正の重力異常、負の重力異常とも円形に近い形状を呈し、重力異常の配列にもほとんど方向性が見られない。

San Roqueから北では、NNW-SSEの方向性はRio Huancabambaの東岸に限られるようになり、西岸はあまり方向性を示さない区域となっている。

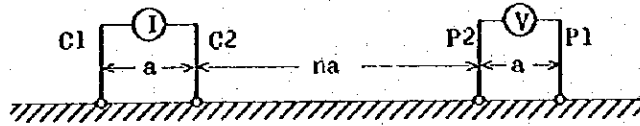


## 第4章 短電極間隔法による電気探査

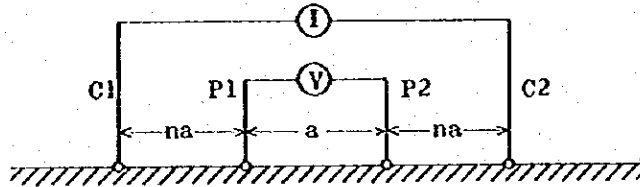
### 4-1 電気探査の方法

#### 4-1-1 短電極間隔法による電気探査の意味

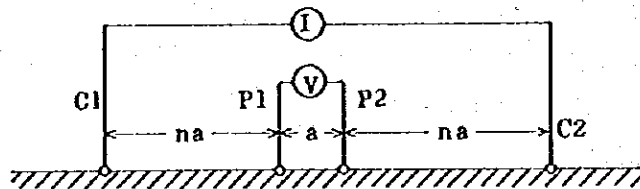
電気探査特にIP法においては、通常Fig. II-9にみられるような4電極法が用いられる。



(a) Dipole-Dipole array



(b) Wenner array



(c) Schlumberger array

$a$  : Electrode Interval

$n$  : Electrode Separation Factor

C1, C2 : Current Electrode

P1, P2 : Potential Electrode

Fig. II-9. Electrode Array

一般に広い範囲の大地の電気特性を調べるためには、4つの電極の電極間隔は50m～200mにとられることが多い。このような長間隔の4極法によって得られる地下の情報は、電極周辺大地の電気特性の平均値であり、必ずしも特定媒質のみの電気特性を示すものではない。

例えばFig. II-10(a)に示す地下構造の上で測定し得られた電気特性は、A、B、Cのいずれの媒質の電気特性を示すものではなく、A、B、Cの電気特性の平均値である。したがって現位置において特定の地下媒質の電気特性を調べるためには、Fig. II-10(b)に示すように、同一媒質の上に4電極が配置されるべきである。しかし長電極間隔による測定では、この条件を満たすことは困難であり、一般に短電極間隔法が上記目的のために実施されることが多い。

本調査においても、このような観点から、短電極間隔法による電気探査を実施した。

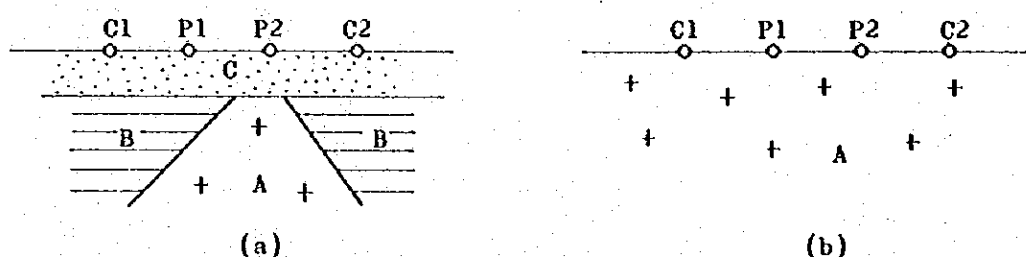


Fig. II-10. Electrode Array

#### 4-1-2 電極配置

電気探査で用いられる電極配置には各種のものがあり、その採用に当っては個々の電極配置の特性が考慮される。Fig. II-9には3つの例を示したが、本調査で採用した電極配置はWenner配置と称される配置である。

Wenner配置の特性は大略すると次の通りである。

- (i) 受信電位が大きい。
- (ii) この配置で得られる情報は、主として電位電極 P<sub>1</sub> P<sub>2</sub> 間の地下媒質の電気特性を反映したものである。

なお、電極間隔については、原則的に1m・2m・3mの3種類を採用したが、現場の状況により1.5m・2.5m・4.0m・5.0m・7.5m・10.0mの電極間隔も採用した。次のFig. II-11に標準的な電極配置の例を示す。

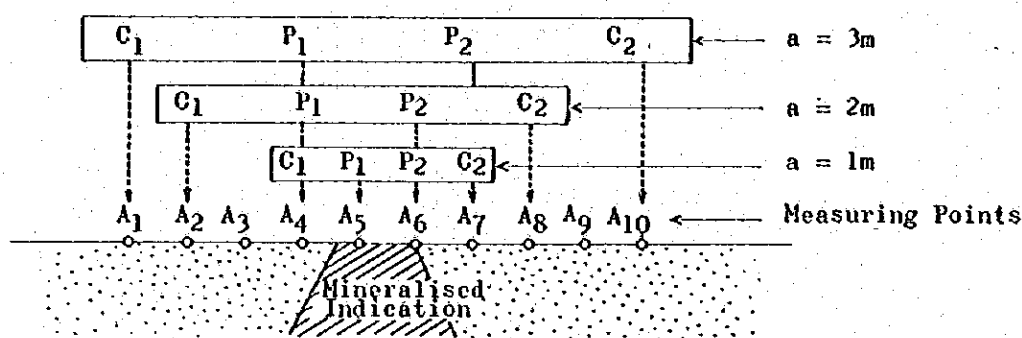


Fig. 11-11 Standard Electrode Arrangement

#### 4-1-3 測線および測点

測線設定地としては、調査地域に分布する鉱微地、あるいは前年度実施の地化学探査より異常値の得られた地域を選択した。この理由は、電気特性とこの地域の鉱微あるいは地化学探査の異常値との関係が電気探査法（IP法）の有効性を探る上で、必須の条件であるためである。

次に、選定された場所において、測線設定に足る十分な面積の岩石露頭の確保に努めた。

4-1-1に述べた如く、特定岩石の電気物性の現位置測定のためには、これは不可欠の条件である。選定した場所で十分な面積の露頭がみられない場合は、露頭周辺の表土を除去して岩石を露出させた。

測線の設定は、上記のようにして得られた岩石露頭上にて行なった。測線長は原則として全長9mとし、鉱微がみられる場合には、その鉱微が測線の中央に位置するように測線を設けた（Fig. 11-11）。また測線が1本では不十分と思われる場合、あるいは2本以上の測線の設定が可能な場合には、現場の状況に応じて2～3本の測線を設定した。

測点は原則として、測線上に1m間隔に10測点設けた（Fig. 11-11）。測線には各測定箇所毎にA, B, C……の名を付し、測点には測線毎に1, 2, 3……の番号を付けた。したがって、A5とはA測線の5番目の測点であることを示す（Fig. 11-11）。

本調査での測線の設定地は合計16箇所、うち何らかの鉱微が認められた箇所では測線が設定されたもの5箇所、地化学探査の異常地内で設定されたもの5箇所、バックグラウンドの値を得るために設定されたもの6箇所である。これら16箇所の位置は、PL. 1-1に示すとおりである。図中の各箇所に付した番号は位置識別のために便宜的に付したものである。

鉱微地のうち、本物理探査調査域外のSan Vicente鉱山については、Zebraドロマイト中の鉱床として同鉱山は典型的なものであり、調査域外であるがIP調査のモデル地として、あえて調査対象とした。またTambo Maria鉱微地（Location No. 2）の対岸の鉱微地（Location No. 16）ではPb, Znの鉱微はみられないが、珪化石灰岩中に黄鉄鉱の著るしい鉱

染がみられるので鉱微地として分類した。

#### 4-1-4 測定方法

本調査では、鉱石および岩石の電気特性を求めるため、周波数領域のIP法(Frequency Domain Induced Polarization Method)を実施した。

使用周波数は、2.5 Hz および 0.3 Hz である。

周波数領域IP法で得られる媒質の電気特性としては、周波数効果(Frequency Effect以下FEと呼ぶ)と、電気比抵抗(Electrical Resistivity, 以下比抵抗と呼ぶ)である。

なお、四極法によって、次式(1)で算出される比抵抗は、見掛比抵抗と呼ばれるもので、特定媒質の真の比抵抗とは異なるものである。しかし、本調査の測定は前節までに述べた通り、測定対象岩石上に電極を設置しての測定であり、次式から得られた見掛比抵抗はほぼ真の比抵抗とみなすことができる。したがって、本報告書では見掛比抵抗を真の比抵抗と同等に取扱い単に「比抵抗」と呼ぶことにする。

比抵抗とFEの算出式は次のとおりである。

$$\left. \begin{aligned} \text{比抵抗: } A \cdot R_{25} &= 2 \pi a \frac{V_{25}}{I_{25}} \quad (\Omega \cdot m) \\ A \cdot R_{03} &= 2 \pi a \frac{V_{03}}{I_{03}} \quad (\Omega \cdot m) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$FE = \frac{A \cdot R_{03} - A \cdot R_{25}}{A \cdot R_{25}} \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$

ここでA・Rは比抵抗、Vは測定電位差(mV)、Iは通電電流値(mA)、aは電極間隔(m)、添字25・0.3は各々周波数2.5 Hz・0.3 Hzの時の値であることを示す。

なお、本報告書中特にことわらず比抵抗あるいはA・Rとある場合には、2.5 Hzの時の比抵抗値であるものとする。各測定は通電電流(I)を変えて、必ず3回以上実施し、データの信頼性を高めた。

#### 4-1-5 測定装置

調査に使用した測定装置は次のとおりである。

##### (1) 発電機

- Honda社製 EM-300
- 最大出力 300W
- 周波数 50Hz & 60Hz
- 定格電圧 115V

(II) 送信器

- Mephar 社製 P 670
- 出力電圧 0~200V, 5段切替
- 出力電流 10mA~1A
- 送信周波数 0.125, 0.31, 1.25, 2.5, 5.0Hz

(III) 受信器

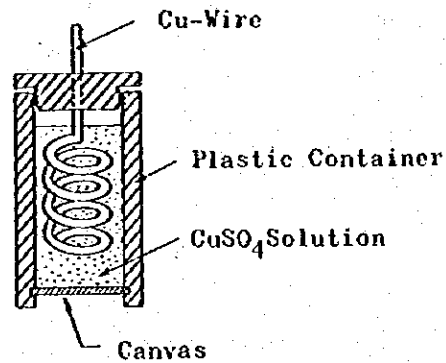
- Mephar 社製 2004-29D
- 入力インピーダンス 1.9Meg $\Omega$
- 最大感度 500 $\mu$ V
- 受信周波数 0.125, 0.31, 1.25, 2.5, 5.0Hz

(IV) 電流電極

- 銅製矩形板 40m $\times$ 30cm

(V) 電位電極

- 非分極性ポット (Non-polarized pot)



4-1-6 岩石試料の室内物性測定

前節までに、短電極間隔法による電気探査について述べた。本調査では、現位置物性測定とは別に、岩石試料を研究室へ持ち帰って室内での物性測定を実施したので、本節ではそれについて述べる。

室内物性測定については次のような長所・短所があり、測定結果の解釈に当たっては、これらを十分理解しておく必要がある。

(I) 長 所

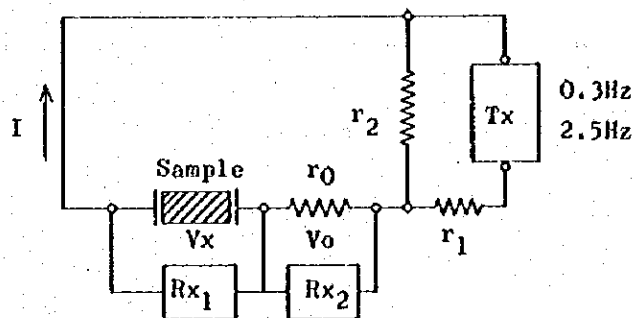
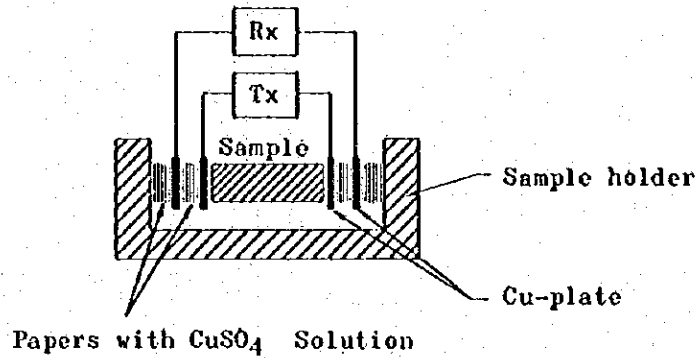
- ① 測定したい岩石（又は鉱石）を現場から採取して測定するため、試料以外の岩石（又は鉱石）の影響を受けない測定値が得られる。
- ② 測定条件（含水率・電流密度等）を人為的に制御できるため、個々の試料について種々のデータを取得することができる。

(II) 短 所

- ① 試料採取した現位置とは測定条件が異なるため、室内測定値を直ちに現位置測定値には対比できない。
- ② 試料が小さくなると、試料中の不均質な部分が測定に影響を及ぼすことがある。

③ 試料が小さくなると、体積分極効果に対する表面分極率の効果が大きくなり、FE値に誤差が生ずる。

測定装置の概略は、次のFig. II-12(a)に、測定回路はFig. II-12(b)に示した。採取試料はほぼ $3.0\text{cm} \times 1.5\text{cm} \times 5.0\text{cm}$ の矩形に整形し、24時間0.1規定KCl溶液に浸して測定供試料とした。



Electrical Measuring Equipment and  
Fig. II-12. Electrical Measurement Circuit

この測定装置で、試料の比抵抗(A.R.)およびFEは次式により求められる。

$$A.R. = \frac{V_x \times r_0}{V_0} \times \frac{S}{l} \quad (\Omega \cdot m)$$

$$FE = \frac{\rho_{0.3} - \rho_{2.5}}{\rho_{2.5}} \times 100 \quad (\%)$$

ただし、

S: 試料の断面積, l: 試料の長さ

#### 4-1-7 解 析

短電極間兩法による電気探査の主な解析手順は Table. II-1 に示した。解析に必要な図表は次の通り作成した。現位置で測定した測定値については、各電極間隔での3回の測定結果を算術平均して、平均値を地域別、測線別、電極間隔別に巻末の Table. II-6 IP In-situ Measurement に示した。さらに各算術平均値がいかなる岩石の物性であるかを電気探査位置図 (Pl. II-11 (a)~(p)) 中の地質スケッチを参考に決定し、岩石別の物性平均値を求めて Table II-7 FE and Resistivity classified by Rock (巻末) に表示した。岩石試料の室内測定結果は、Table II-8 Laboratory Measurement of Rock Samples に示し、岩石別の比抵抗と FE の相関関係は、現位置測定および室内測定別に図を作り、Fig. II-13. Correlation between FE and Resistivity としてそれぞれ巻末に掲載した。

上記に述べたデータ処理後、地質調査から期待される鉱床型について、地質構造を加味した二次元構造を想定して電算機によるモデル計算を実施した。最後にモデル計算結果、および実測結果を総合的に検討して、本調査地域における IP 法の適否を判定した。

なお、比抵抗測定値に地形の影響が大きくあらわれていると思われる San Roque (Location No. 3) のデータについて、電算機により補正を加えた。

解析上の参考資料として、種々の鉱物についてF E値の大小により分類した表を次に示す。

(I) 強いF E値を示す鉱物

Argentite	$Ag_2S$	Molybdenite	$MoS_2$
Arsenopyrite	$FeAsS$	Nickelite	$NiAs$
Bornite	$Cu_5FeS_4$	Pentlandite	$(Fe, Ni)_2S_4$
Brounrite	$(Ni, Fe)S_2$	Pyrite	$FeS_2$
Boulangerite	$Pb_5Sb_4S_{11}$	Pyrolusite	$MnO_2$
Wallerite	$Cu_2Fe_4S_7$	Pyrrhotite	$Fe_{n-1}Sn$
Wurtzite	$ZnS$	Platinum	$Pt$
Galena	$PbS$	Polybasite	$Ag_9SbS_6$
Gersdorffite	$NiAsS$	Mercury	$Hg$
Hitamite	$(Fe, Ni)As_2$	Silver	$Ag$
Glaucodote	$(Co, Fe)AsS$	Smaltite	$NiAs_2$
Graphite, carbon	$C$	Skutterudite	$(Co, Ni)_4(As_4)_3$
Danite	$(Fe, Co)AsS$	Sperrilite	$PtAs_2$
Jemsonite	$Pb_4FeSb_6S_{14}$	Stannite	$Cu_2FeSnS_4$
Gold	$Au$	Tennantite	$Cu_2As_4S_{13}$
Ilmenite	$FeTiO_3$	Tetradimite	$Bi_2Te_2S_3$
Cobaltite	$CoAsS$	Tetrahedrite	$Cu_{12}Sb_4S_{13}$
Covellite	$CuS$	Tillite	$PbSnS_2$
Cubanite	$CuFe_2S_3$	Titanomagnetite	$TiFe_2O_4$
Lollingite	$FeAs_2$	Chalcocite	$Cu_2S$
Magnetite	$Fe_3O_4$	Chalcopyrite	$CuFeS_2$
Marcasite	$FeS_2$	Chloantite	$NiAs_2$
Native copper	$Cu$	Enargite	$Cu_3AsS_4$
Metacinnabar	$HgS$	Jalpite	$Ag_3CuS_2$
Millerite	$NiS$	Specular Hematite	$Fe_2O_3$

(II) 強いF E値を示さない鉱物

Antimonite	$Sb_2S_3$	Cassiterite	$SnO_2$
Braunite	$Mn_2O_3$	Manganite	$MnO(OH)$
Bornonite	$PbCuSbS_3$	Sphalerite	$ZnS$
Bismuthinite	$Bi_2S_3$	Franklinite	$(Zn, Mn)Fe_2O_4$
Hematite	$Fe_2O_3$	Jacobsite	$(Mn, Mg, Fe)Fe_2O_4$
Hertzenbergite	$SnS$		



## 4-2 調査結果

### 4-2-1 岩石別比抵抗値およびFE値

岩石別比抵抗、FEの関係は、巻末のFig. 1-13(a)(b)に示している。(a)は短電極間隔法により現位置にて測定された結果、(b)は室内測定装置によって測定された結果である。(a)、(b)図を比較すると、比抵抗に関しては室内測定の場合は、低比抵抗から高比抵抗にわたって広く分布しており、平均的には現位置測定の場合より高めになる傾向がある。FEに関しては室内測定の場合、やや低めになる傾向がみられる。これらの相違は「4-1-6」に述べた如く、両測定法の間の測定条件の相違によるところが大きいとみられる。岩石別の比抵抗・FE相関々係について見れば、両測定の間には定性的に良い一致が得られており、岩石間の比較考察はこの関係を考慮して行なうことができる。以下に現位置測定結果を中心に調査結果について述べる。(特に断らない限り、文中で使う測定値は現位置測定による値である)

#### (i) 鉛・亜鉛鉱を含むZebraドロマイト

本地域内の鉛・亜鉛鉱床探鉱へのIP法の適用性の判定には、鉛・亜鉛鉱を含むZebraドロマイト(以下鉱石と呼ぶことによる)が他の岩石に対し、どのような電気特性をもっているかが判定の第1基準となる。このような観点から、比抵抗・FE関係図を見ると次の点が指摘できる。

① 鉱石のFE平均値は0.68%で、他の岩石の平均値(最高値は崖錐堆積物の1.47%、最低値は花崗岩の0.23%)と比較して低い部類に属し、探鉱の1つの手掛りを与えるものである。しかし実際の探鉱に当っては、これらの鉱石程度の低いFE値は、他の一般の鉱化を受けていない岩石の個々の測定値中にも見られること、および地表調査によって鉱石と他の岩石とを識別するには、0.7%と1%強のFEの差は必ずしも大きな差ではないことなどを考慮する必要がある。

② 比抵抗値から見ると鉱石の平均値は $3,088\Omega\cdot m$ で、鉱石母岩であるZebraドロマイトの平均値 $2,182\Omega\cdot m$ とは若干の差がみられる。

③ 室内測定による比抵抗FE相関図Fig. 1-13(b)によると、方鉛鉱を含むZebraドロマイト(San Vicente鉱山産)の1試料が3.2%と高いFE値を示しており、鉱石識別の可能性を残している。しかし、San Vicente鉱山での現位置測定では1%以下の低FE値しか得ていないことを考えれば、上記試料測定結果は方鉛鉱の含有率の高い特殊な例と見るべきであろう。

#### (ii) Zebraドロマイト

本地域のZebraドロマイト層は、鉱床胚胎層として重要な意義をもっていると言われている。したがって、Zebraドロマイトの電気物性はIP法の適用性を判定する上で重要な鍵となる。一般にZebraドロマイト層は、ドロマイト層あるいは石灰岩層の中に含まれてお

り、これらの層と対比してZebraドロマイトの電気物性上の特徴を述べる。

① ZebraドロマイトのFEの平均値が1.36%であるのに対し、ドロマイトおよび石灰岩の平均値は、各々1.23%および1.44%で、これらの間に有意差はほとんど認められない。

② 比抵抗値について見ると、Zebraドロマイトの平均値が $2182\Omega\cdot m$ であるのに対し、ドロマイトの平均値が $3050\Omega\cdot m$ 石灰岩が $1848\Omega\cdot m$ で石灰岩のとの差は非常に小さいが、ドロマイトとの間には有意差が認められる。

以上のことを要約すれば、Zebraドロマイト層とこれに接するドロマイト層、および石灰岩層とを識別できる物性は比抵抗であるが、必ずしも大きな有意差を持っているとは言えない。

#### (iii) ドロマイト

ドロマイトの特徴は、比抵抗に関しては鉄石とほぼ同値であり、FEに関してはZebraドロマイトとほぼ同値で、鉄石よりも値が大であることである。

ドロマイトの比抵抗値が鉄石とほぼ同値であることは、鉄床探鉄の観点からは好ましくない要素である。特にドロマイト層は鉄床母岩となるものであるからこの点は重要である。

ドロマイトのFEがZebraドロマイトとほぼ同値であることは、探鉄上好ましい。問題は鉄石との値の差であるが、これについては4-2-2モデル計算の項で述べる。

#### (iv) 石灰岩

石灰岩のFEおよび比抵抗の平均値についてみると、FEは1.44%、比抵抗は $1848\Omega\cdot m$ となり、Zebraドロマイトの1.36%、 $2182\Omega\cdot m$ と非常に似た値である。

しかし、石灰岩個々のデータについてみると、石灰岩の比抵抗値およびFE値のばらつきは大きく、他のほとんどの岩石の比抵抗値およびFE値は、このばらつきの中に含まれてしまう。

このことは広範囲の地域に分布する石灰岩が、必ずしも均質でないことによるものであろう。不均質である理由としては、含水率の差・鉄化変質の程度の差・亀裂発達の違い等が考えられる。したがって詳細な検討のために箇所別の特徴について以下に述べる。

現位置測定実施箇所別FE・比抵抗の平均値は、Table.II-9 In-situ Measurement on Limestone Outcrop (巻末)に示した。これによれば、2%以上のFE値が得られた箇所は、方鉛鉄の鉄化がみられたSan Roque (Location No.5)と、黄鉄鉄の鉄化がみられたTambo Maria (Location No.16)、および地比学探査異常地であるChontabambaの坑道内 (Location No.7)の3箇所である。このうちSan Roque・Tambo MariaのFE値が高いのは、方鉛鉄および黄鉄鉄が高FE特性を有しているため、これらの影響によるものと推察される。

Chontabamba坑道でのFE値2.54%については、この調査地で採取した1試料のX線分

析 (Table. 1-9) では粘土鉱物も鉱石鉱物も検出されていないが、坑道内での調査位置が破砕帯の近傍であることから、石灰岩中に含まれる粘土鉱物によるものと考えられる。

一方、方鉛鉱の示徴の見られた San Roque (Location No. 12) での FE 値は 1.11 % と小さいが、これについては、方鉛鉱の示徴が石灰岩中の方解石の細脈 (巾約 1 %) 中に鉱染状に散見される程度のものであり、方鉛鉱のもつ高 FE 特性が検出できないためと考えられる。比抵抗についてみると、Pusagno 地区 (Location No. 10) での値が  $3217\Omega\cdot m$  および San Roque (Location No. 5) での値が  $2952\Omega\cdot m$  と高い。これは両箇所共に亀裂の発達が著しく、そのために高比抵抗となったものと推察される。一方 San Roque の 2 箇所 (Location No. 4 および Location No. 12) では、 $700\Omega\cdot m$  前後の低比抵抗値が得られている。これは両箇所の石灰岩中の含水率が高いことによるものであろう。

石灰岩の物性について要約すると、次のとおりである。

- ① 方鉛鉱および黄鉄鉱などの鉱化のおよんでいる石灰岩の FE 値は 2 % 強であり、それ以外の石灰岩の FE 値 1 % 強と比較してやゝ高い。
- ② 比抵抗値は、亀裂の発達の程度および含水率などで大きく変化している。本調査地では  $700\Omega\cdot m \sim 3000\Omega\cdot m$  の範囲であり、平均値は  $2000\Omega\cdot m$  程度である。
- ③ したがって、石灰岩中の鉱化帯を識別する物性は FE である。しかし、鉱化帯とバックグラウンドとの差は 1 % 強程度であり、IP 法の有効性の判定は難しい。

#### (M) 花崗岩

Pusagno 付近に分布する Pusagno 花崗岩類について、バックグラウンドの値を知るために同地 (Location No. 13) にて、現位置測定を実施した。測定結果の平均値は FE 0.23 %、比抵抗  $1246\Omega\cdot m$  であり、本調査地域の中では特殊な値となっている。特に比抵抗値は飛び抜けて高く、花崗岩の構造探査の場合には、比抵抗は有効な物性となるものと思われる。

#### (N) 粘土化変質した花崗岩

上記の花崗岩物性測定地には、絹雲母を含む粘土化した花崗岩が点在しており、これについても物性測定を実施した。

測定結果の平均値は、FE 1.63 %、比抵抗  $1497\Omega\cdot m$  である。この値は上記の花崗岩と比較して際立った相違をみせている。したがって花崗岩中の粘土化変質帯の調査は、この両者の物性差を利用して実施することが可能であろう。

一般に粘土鉱物は比抵抗が低く、FE が大きいという物性を有しており、粘土化変質した花崗岩の物性値が新鮮な花崗岩の物性値と比較して大きく異なるのは、絹雲母等粘土鉱物によるものと考えられる。

本年度の物理探査地域の東方に分布する Honda 貫入岩類中には、斑岩型の花崗岩が賦存されているようであるが、この種の鉱床探査に際しては、上記の点を十分考慮する必要がある。

う。

#### (V) 花崗斑岩

San Roque 地区には Pucara 層に接して、斑岩を主構成岩とする Oxapampa 貫入岩類が分布している。この岩体は鉍化石灰岩層に接しており、したがってこの岩体が San Roque 付近における石灰岩の鉍化と何らかの関係を有しているかも知れぬとの考えから、その物性を調べるため現位置測定を実施した。測定位置は San Roque 旧鉍の坑口 (Location No. 3) であり、坑口周辺には風化した花崗斑岩が分布している。

FE 値は平均 1.14% と Pusagno 花崗岩の 0.23% に比べて大きい。この理由としては花崗斑岩が風化以外の何らかの変質を受け粘土化したためと考えられる。このことは、調査地で採取した試料の X線分析結果に (Table 1-8), 絹雲母の含有があることから裏付けされる。一方比抵抗値についてみれば、平均  $182 \Omega \cdot m$  と極端に低く、これも花崗斑岩の単なる風化変質による土壌化のほか粘土化変質を示唆している。

上記のことから、石灰岩 (特に鉍化石灰岩) に接する花崗斑岩の粘土化変質が石灰岩の鉍化と密接な関係があるとの地質的根拠があれば、この花崗斑岩の物性 (特に比抵抗) は有効な探鉍上の目安となるであろう。

#### (VI) 砂 岩

Pucara 層群の構成岩層の一つである砂岩層は、ドロマイト層・石灰岩層と整合関係をもって分布している。したがってバックグラウンドの物性を得る意味で、Pusagno 付近における砂岩の分布地 (Location No. 14) にて現位置測定を実施した。

測定値は、FE 0.92% ・比抵抗  $2,813 \Omega \cdot m$  である。この値は Pucara 層群中のドロマイトの値とはほぼ同じであり、電気物性的には特徴のある値とは考えられない。

#### (VII) 土 壤

土壌は本調査地の中では普遍的に分布しており、その物性は探鉍上是非知っておく必要のあるものである。この意味から Chontabamba (Location No. 6) の石灰岩露頭の西側の土壌について、現位置測定を実施した。

測定結果は FE 値 1.33% ・比抵抗  $1,825 \Omega \cdot m$  である。この値は石灰岩の値とはほぼ同じであり、バックグラウンドとしては特別な値ではなく探鉍上問題とはならない。

#### (VIII) 崖 堆 積 物

ここで言う崖堆積物とは、溶出した石灰岩が石灰岩やドロマイト等の裸や土壌を取り込んで再固結したもののことである。この種の崖堆積物は、本調査地域の石灰岩ドロマイトの分布する地域にはよく見受けられたものであるが、特に広く分布していた Tambo Maria 付近 (Location No. 9) で、バックグラウンドの一種として現位置測定を実施した。測定結果は FE 値 1.47%、比抵抗  $1,405 \Omega \cdot m$  である。この値は石灰岩の測定値とはほぼ同じであ

り、バックグラウンドとしては特別な値ではなく採鉱上問題とはならない。

#### 4-2-2 モデル計算

物理探査範囲内で期待される三つの型の鉱床について、IP調査結果と地質的知見を加えた鉱床モデルを推定して、Dipole-Dipole配置の場合の電算機によるモデル計算を実施した。電極間隔および分離係数は、鉱床規模から考えて、10 mおよび5とした。なお計算は、有限要素法による2次元モデル計算を行い、計算結果は、PL II-12(a)~(d)に示している。

##### (i) Zebra ドロマイト中の層状鉛・亜鉛鉱床の例

PL II-12(a)および(b)に例を示すように、(a)は鉱床が地表に露出している場合、(b)は鉱床が潜頭している場合である。鉱床の形状、規模についてはTambo Mariaの地質調査知見によった。

構造Iは鉱床を、IIは母岩のZebra ドロマイトを示している。鉱床部の比抵抗値およびFE値は実測結果から、各々 $3000\Omega\cdot m$ および0.7%とし、Zebra ドロマイトについても同様に $2000\Omega\cdot m$ および1.5%とした。以下にそれぞれの特徴を述べる。

##### ① 露出している場合(PL II-12(a))

見掛比抵抗および見掛FE共に、その示徴は類似のパターンを示している。見掛比抵抗に関しては、バックグラウンド $2000\Omega\cdot m$ に対し最大 $2300\Omega\cdot m$ の示徴が鉱床側に出ている。また、見掛FEに関しては、1.5%のバックグラウンドに対し最小1.2%の示徴が鉱床側に出ている。これらの示徴はパターンとしては、鉱床をよく捕捉していると言える。しかし、モデル計算において示徴の極値とバックグラウンドとの差が比抵抗で $300\Omega\cdot m$ 、FEで0.2%程度では実際の野外測定の場合を考慮に入れると、この差は十分な有意差とは言えない。

##### ② 潜頭している場合(PL II-12(b))

本調査地における層状鉛・亜鉛鉱床の露出は、Tambo Maria付近にわずかにその徴候を見るだけで、たとえ鉱床が存在するとしてもそのほとんどは潜頭鉱床である。したがって、IP法の有効性は、潜頭鉱床についても考えるべきであろう。

しかるに、この場合の示徴の極値とバックグラウンドとの差はさらに小さくなり、比抵抗で $100\Omega\cdot m$ 、FEで0.1%である。示徴の極値とバックグラウンドとの差は、鉱床規模によるよりもむしろ鉱床とバックグラウンドとの物性差、および潜頭深度によるところが大きい。しかし、今回の調査で得たIPデータによれば鉱床とバックグラウンドとの物性の差は小さく、Zebra ドロマイト中の層状鉛・亜鉛鉱床の採鉱に対して、IP法が有効な方法であるとの結論に達しない。

##### (ii) 堆積岩中の鉱染型鉱床の例(PL II-12(c))

この型の鉱床は、San Roque 付近の石灰岩中にみられる方鉛鉱を主体とする鉱染型の鉱床

である。計算結果は PL. II-12(c) に示した。

I は堆積岩中の鉄染部であり、II は母岩の石灰岩層を想定している。石灰岩層の比抵抗値および FE 値は実測結果によったが、鉄染部については、方鉛鉄主体の鉄染であることから FE 値は 3% とし、比抵抗値は鉄染が十分におよんでいること、および頁岩・粘板岩等の比較的比抵抗とみられる層への鉄染をも想定して  $1000\Omega\cdot m$  とした。なお地質的知見によれば、実際の鉄化中は数 cm 程度であるが、鉄染帯の中としては 20 m 程度が想定されるため、20 m の数字を採用した。

計算結果によれば、見掛比抵抗の最小値が  $1000\Omega\cdot m$ 、バックグラウンドが  $2000\Omega\cdot m$  で、鉄床側に強い示徴があらわれている。見掛 FE の最大値は 3.0%、バックグラウンドが 1.5% で、やはり鉄床側に強い示徴があらわれている。示徴の極大値とバックグラウンドとの差は比抵抗で  $1000\Omega\cdot m$  で、FE で 1.5% である。この差は野外測定を考えた場合、必ずしも十分な有意差とは言えない。したがって、この型の鉄床への IP 法の適用性を考える場合には、少なくともモデル程度の鉄床規模と物性差が想定されねばならない。

#### (d) 頁岩層型鉄床の例 (PL. II-12(d))

この型の鉄床は、本調査地西方の Honda 貫入岩類として分類されるモンソニ岩中に存在の可能性がある。今回の調査ではこの型の鉄床に直接関係した現位置測定は実施していないので、詳細なモデルの設定はできないが、既知のデータを使って簡単なモデルについて計算を実施した。

計算結果は PL. II-12(d) に示した。この図で I は黄鉄鉄を主体として鉄化したモンソニ岩であり、これが鉄床に相当する。II はバックグラウンドで石灰岩を主体とする堆積岩である。鉄床の比抵抗値としては、過去の調査データおよび文献を参考にして  $500\Omega\cdot m$  とし、FE 値は 5.0% を想定した。堆積岩の物性値は石灰岩の値を参考にして、比抵抗値  $2000\Omega\cdot m$ 、FE 値 1.5% とした。

計算結果は見掛比抵抗の最小値  $1000\Omega\cdot m$  に対し、バックグラウンドの値  $2000\Omega\cdot m$  でその差は  $1000\Omega\cdot m$  である。一方、見掛 FE の最大値 3.5% に対し、バックグラウンド 1.5% で、その差は 2.0% である。これらの差は十分なる有意差とは言えない。したがって、この型の鉄床への IP 法の適用性を考える場合には少なくともモデル程度の鉄床規模と物性差が想定されねばならない。

## 第5章 重力探査より推定される地下構造

本章では、まず最初に特徴的な重力異常と地表地質との対比をおこない、次に二次元断面解析および三次元解析による定量的な検討を加え、最後にそれらの結果をもとに、重力探査の立場から調査地域の地下構造を推定した。解析結果をもとに作成された図面は以下の通りである。

PL. II-6 地下構造断面図 (Profile of Underground Structure) A-A'

PL. II-7 ' B-B'

PL. II-8 ' C-C'

PL. II-9 ' D-D'

PL. II-10 地下構造図 (Map of Underground Structure)

なお、以下の検討に記載する主な堆積岩類および火成岩類の年代・岩石名・分布地域などを次表に要約したが、地層名および岩石名の分類は前年度地質調査のものを採用しており、PL II-10. にその分布を併記したので参照されたい。

	GEOLOGICAL AGE	GEOLOGICAL UNITS	ROCK NAME	ZONE of DISTRIBUTION
SEDIMENTARY	Tertiary	Merced Formation	conglomerate, sandstone, mudstone	Tambo Maria の南東部に、Rio Quebrada Honda に沿って分布する。
	Cretaceous	Chonta Group	limestone, shale, sandstone	調査地域の東側には広範囲に分布するが、調査地域では東縁部にわずかに分布するのみである。
		Oriente Group	sandstone	調査地域の東縁部に帯状に分布する。
	Jurassic	Pucara Group	limestone, dolomite, sandstone	調査地域の中央部に N-S 方向に分布する。南部ほど幅が広がっている。
	Permian	Mitu Group	conglomerate	主として調査地域の北東部に分布するが、Quillazu の西方および Pusagno にも小規模に分布する。
IGNEOUS		Honda Intrusives	monzonite, monzonite porphyry	Tambo Maria の南東部に小さく分布する。
		Llaupi Volcanics	volcanic breccia	調査地域の西縁部、主として Rio Chontabanba 以南に分布する。
		Oxapanpa Intrusives	porphyry, granite porphyry	調査地域の西縁部、主として Rio Chontabanba 以北に分布する。
		Pusagno Granite	granite, diorite, granodiorite	Chontabanba の南方から Pusagno 西部を経て Rio Santa Cruz まで NNE-SSW 方向に細長く分布する。
		Diorite Complex	diorite, granodiorite	調査地南西部 Pusagno 付近に Pusagno 花崗岩に接して小規模に分布する。

## 5-1 重力分布と地質との対比

### 5-1-1 概 説

本地域の全般的な重力分布の特徴として、顕著な負のブーゲー異常とNNW-SSE方向に発達する等重力線とが指摘され、前者の顕著な負のブーゲー異常は、既に述べたようにアンデス山地に起因するアイソスタシーを反映するものと推定された。後者のNNW-SSE方向の等重力線は大きくはモホロビッチ面の傾斜方向に規制されたものであろうが、必ずしもそれだけではなく、調査地域一帯の広域的構造たとえば主要褶曲軸・断層の方向・大規模貫入岩類の伸長方向・火山岩類の分布などはいずれもNNW-SSE方向を示しているの、これらの地質構造も当然NNW-SSE方向の等重力線に反映しているものと推定される。しかし、本調査は局部的な構造の解明を主目的としているので、重力異常から広域的構造による影響を取り除いたPL. II-4三次残差図(以下単に残差図と呼ぶ)に見られる重力異常について検討を行った。残差図では、調査地域の約90%の地域の重力値が幅10mgalの間に収まり、調査地域だけに限定すれば、重力分布は比較的平穏である。このことは2-3-1「岩石試料の密度測定」で指摘したように、調査地域に分布する種々の岩石の密度差が小さい事と一致している。

以下で残差図および正規構造図に見られる特徴的な重力異常と地質との関係を検討する。

### 5-1-2 重力異常分布と地層との対比

残差図において残差値がプラスの区域を高重力地区、マイナスの区域を低重力地区に二分したが、高重力地区・低重力地区ともに特定の地層あるいは岩体との強い対応が認められる。

高重力地区のうちSan Roque付近からTambo Mariaを経てMesapataに達する区域は、Pucara層群の分布とはほぼ一致している。Pucara層群の岩石平均密度はTable. II-5によれば2.71で、他の岩石に比較して高く、Pucara層群が高重力異常を形成することと矛盾しない。

高重力地区はそのほか、San Roqueの西方でOxapampa貫入岩類に対応している。しかし、Oxapampa貫入岩類は平均密度が2.59で必ずしも高くなく、この対応関係は密度測定の結果と矛盾している。Oxapampa貫入岩類は、調査地域北端部のRio Huancabamba西岸ではむしろ低重力地区に対応しており、密度測定の結果からも低重力地区に対比されるべき岩体と考えられる。したがって、San Roque西方の高重力地区はOxapampa貫入岩類とは違う要因、すなわち、地表上では確認のされていない高密度岩体に起因することも考えられる。

Oxapampaの北方、調査地域の北東端部の高重力地区はMitu層群に対比される。Mitu層群の平均密度は2.65であるが、採取した岩石の風化が進んでいた事や、堆積した時代が古いことから、潜在する新鮮な岩石はより密度が高いと思われる。

低重力地区については、調査地域北端部のRio Huancabamba東岸はOriente層群に、西岸はOxapampa貫入岩類に対比され、Tambo Maria南部の低重力地区はOriente層群とMerced累層に、PusagnoからMaria Terezaにかけての西半分はPusagno花崗岩類に対



比される。

Llanaquizu を中心とする長円形の低重力地区は第四紀の堆積物に広く被われているが、第四紀堆積物だけではこのような大規模な重力異常を形成するのに十分でなく、主として低重力異常部の周辺に分布が見られる Oriente 層群に起因するものと推定される。

以上にあげた Oriente 層群, Oxapampa 貫入岩類, Pusagno 花崗岩類の岩石平均密度は、Table. 1-5 によればそれぞれ 2.49, 2.59, 2.61 で、いずれも相対的に密度が低く、これらの地層あるいは岩体が低重力異常を形成することと矛盾しない。

Pusagno から Maria Tereza にかけての低重力地区のうち東半分は Pucara 層群に対比され、先に述べた関係と矛盾している。その理由の一つとして、Pusagno 地区の Pucara 層群は密度の低い砂岩層の分布が卓越していることがあげられ、さらに、この地区では Pucara 層群の層厚が比較的薄く、下部に Pusagno 花崗岩のような低密度岩体が存在することが推定される。

### 5-1-3 同一地層における重力異常

前項で述べたように本地域の重力分布は、高重力地区あるいは低重力地区といった巨視的な単位で地質分布とよく一致している。一方、個々の地層、岩体の中での高重力異常、低重力異常という微視的な単位では、同じ地層あるいは岩体中の岩質の相違に対比されるか、高密度岩体、低密度岩体の局所的な分布に対比される。以下では、その対応関係が明瞭な高重力異常、低重力異常について述べる。

Tambo Maria の北部と南西部にはそれぞれ +6mgal と +7mgal の顕著な高重力異常があるが、いずれも Pucara 層群中のドロマイト層の分布に対応している。ドロマイトの岩石試料平均密度は 2.75 であり、さらに縞状構造 (Zebra 構造) を有するいわゆる Zebra ドロマイトは 2.79 と最も高い値を示し、高重力異常を形成することと矛盾しない。特に、Zebra ドロマイトはドロマイトが再結晶したものと考えられており、一般的に再結晶性の岩石は密度が高い場合が多いこともこれを裏付けている。

しかし、ドロマイト層は Tambo Maria 以外にも広く分布し、それらが必ずしも高重力異常を形成していないことから、ドロマイト層が高重力異常を形成するには、層が十分に厚いことあるいは Zebra 構造の発達による高密度化が必要と考えられる。

Tambo Maria 南東部は等重力線が屈曲に富み、複雑な地質構造が予想されるが、ここに貫入している Honda 貫入岩類は北半分が高重力異常、南半分が低重力異常に対応し、岩体の北側と南側とで何らかの岩質の変化が推定される。

Pusagno 北部には、Pusagno 花崗岩類の分布域に +2mgal の高重力異常が存在する。Pusagno 花崗岩類は一般には高重力異常を形成しないが、地質調査によれば同岩体付近には密度の高い閃緑岩複合岩体が局所的に分布しているので、この高重力異常は地下浅所に存在す

る閃緑岩複合岩体に起因するものと推定される。

#### 5-1-4 重力分布の方向性

重力分布の方向性には、残差図における重力異常の配列、等重力線の方向性、余剰重力図における重力異常の形状の方向性、重力異常の配列による方向性などがあるが、これらは何らかの地質構造を反映したものと考えられる。

余剰重力正規構造図では、重力分布に方向性が強く認められる北東部から南東部にかけての区域と、北西部から南西部にかけての区域との2区域に明瞭に分けられるが、前者はほぼ堆積岩類の分布域に対比され、後者は火成岩類の分布域に対比される。しかし、堆積岩類の分布域でも、たとえばPusagno地区に分布するPucara層群にはあまり方向性が認められない。これはPusagnoのPucara層群の地層の傾斜が緩いこと、および下部に火成岩類の存在が推定されることに起因すると考えられる。このようにPucara層群の分布域にも方向性が強く認められる区域と、そうでない区域とがあり、その境界はChontabambaの東方からPucara層群の中央部をほぼN-S方向に貫いてChurmazu西方に達している。この重力分布の不連続線は断層状の構造を示唆している。

調査地域北端のHuancabamba付近からOxapampa, Tambo Mariaを経てChurmazuに至る区間には、NNW-SSE方向の等重力線、あるいは重力異常の顕著な連続性が認められる。この顕著な方向性は、前述のPucara層群の中央部をN-S方向に貫く断層状構造よりも規模の大きい地質構造を反映しており、Tingo Maria-Merced線に対比される。

以上が重力分布の方向性から推定される代表的な地質構造であるが、定量解析結果を加えた地下構造の詳細については、次の項で述べる。

#### 5-2 地下構造断面図

各重力図に断面位置を示すようにA-A' (PL. II-6), B-B' (PL. II-7), C-C' (PL. II-8), D-D' (PL. II-9)の4本の断面について、2次元シミュレーションを実施し、地下構造断面図を作成した。

各断面には、上から次の順に断面図を表示した。

- 等重力線断面 (Bouguer Anomaly  $\rho=2.67$ )
- 三次残差断面 (Residual Gravity in Polynomial of Third Order)

ここでは500m間隔の2次元シミュレーション計算重力値 (Calculated Value) を併記している。

- 余剰重力正規構造断面 (Intermediate Wave-length Bouguer Anomaly)
- 二層構造断面 (Two-layer Structure  $\Delta\rho=0.15$ )

第一層 (上位層) に対する第二層 (下位層) の密度差を  $0.15\text{g/cm}^3$  に仮定して行なった

三次元シミュレーションの結果を図化している。

○密度モデル (Model Block of Density)

多層構造二次元シミュレーションの結果を、密度で表現している。

○地下構造断面 (Underground Structure)

上記密度モデルで得られた構造を主体とし、フィルター図・平面的解釈等の情報を加味して地下構造断面を作成し、各地層に対応する構造には記号を付けた。

以下に各断面図における地下構造の推定を行う。

5-2-1 A-A' 断面図 (Pl. II-6)

この断面の主な地表地質分布は、断面の東部に本地域の基盤岩である Mitu 層群が分布し、中央部 Rio Huancabamba の両側には、下位より Pucara 層群、Oriente 層群および第四紀層の分布が見られる。また断面西部には中生代の Oxapampa 貫入岩類が広範囲に露出している。

等重力線断面 (Bouguer Anomaly) では、東部の高重力異常が西方に向ってほぼ一様の傾斜で重力値を減少しているように、三次残差断面 (Residual Gravity) においても中央やや東側に数 mgal の低重力異常が見られる以外は、全体として短波長、小振幅の重力異常が連続するのみである。解析結果もこれを反映して、低密度層の Oriente 層群、第四紀層が測点 620 および 61024 付近に推定される断層状構造に挟まれて分布する以外には、Mitu 層群、Pucara 層群、Oxapampa 貫入岩類等の各地層の間には明瞭な密度差は認められない。したがって、この断面付近における各重力図の解釈は、同一地層内での密度異常を重点的に考慮すべきである。局所的には San Roque 付近に、断層活動によって引き起こされたと考えられる Pucara 層群中の向斜状低密度部が推定されるにとどまった。

地下構造断面に記号を付して示した各構造に対応する地層は次のように推定される。

- I Oxapampa 貫入岩類
- II Pucara 層群
- III Mitu 層群
- IV Oriente 層群

5-2-2 B-B' 断面図 (Pl. II-7)

この断面の主な地表地質分布は、断面中央部および西部に、Pucara 層群が広く分布し、これを買いて Pusagno 花崗岩類の露頭が見られる。東部には Oriente 層群、Chonta 層群の順に堆積している。

各重力断面の中央部の高重力異常および三次残差断面における東部の大規模な低重力異常が特徴的である。

解析結果の地下構造断面より、次の地下構造が推定される。

- (i) 記号で示した各構造に対応する地層は、次のように推定される。

- I Pusagno 花崗岩類
- II Pucara 層群
- III Mitu 層群
- IV Oriente 層群
- V Chonta 層群
- VI Llaupi 火山岩類

(ii) I に対比される Pusagno 花崗岩類は地表での露出幅約 2.5 Km に対し、地下においては両端を断層状構造に規制されつつ約 4 Km 程度の幅を有すると推定される。

また、この Pusagno 花崗岩類の中心部には、直立型の高密度部 I-a が算出されたが、これは Pusagno 花崗岩中の斑れい岩質部あるいは閃緑岩複合岩体の存在が推定される。

(iii) II に対比される Pucara 層群中には、I-a および II-b で示した同層群中の密度異常部が捕捉された。前者 (I-a) は高密度層ドロマイト層の卓越する部分、後者 (II-b) は低密度層砂岩層の卓越する部分と区別される。

(iv) IV に対比される Oriente 層群は、両端の断層状構造により陥没状の構造の中に大規模な分布を示し、約 6 Km 厚さ約 1000 m 前後に達する水平的な層構造が推定される。

2層構造断面 (Two-layer Structure) においても Oriente 層群の分布形態はほぼ一致して、第一層目の厚さが算出された。

#### 5-2-3 C-C' 断面図 (Pl. II-8)

この断面の主な地表地質分布は、B-B' 断面で述べた内容とほぼ同様であるが、中央部の Pucara 層群の分布範囲が広がっている。

三次残差断面では、短波長の重力異常が数多く含まれており局所的密度異常、断層の存在等が想定される。

解析結果の地下構造断面より次の地下構造が推定される。

(i) 記号で示した各構造に対応する地層は次のように推定される。

- I Pusagno 花崗岩類
- II Pucara 層群
- III Honda 貫入岩類
- IV Oriente 層群
- V Chonta 層群

(ii) I に対比される Pusagno 花崗岩類は、地表での露出に比較してはるかに規模の大きい侵入形態を示すと考えられる。「なわち、測点 No. 244~No. 197 付近に分布する Pucara 層群の下に、ほぼ水平に東方へ 3 Km 程度張り出し断層状構造を呈して深部に至る。

(iii) II に対比される Pucara 層群中にはドロマイト層の卓越すると推定される部分 I-a が

垂直方向の分布を示しており、Pucara 層群西半部の層構造は比較的急傾斜をなすことを示唆する。

一方、西半部では下部の Pusagno 花崗岩類の進入形態から水平的な層構造が推定され、Pusagno 花崗岩類東縁の断層状構造付近において、層構造が分断されると推定される。

(W) Ⅱの構造に対して貫入状の高密度岩体の存在が推定される。三次残差平面図によれば、この付近には円弧状を呈する急勾配の高重力異常が存在するが、堆積構造特有の方向性を示していないことから貫入岩類を推定した。

(M) Ⅳに対比される Oriente 層群は西縁を断層状構造をもって Pucara 層群と接しており、比較的厚い層厚を示す。

#### 5-2-4 D-D' 断面図 (Pl. II-9)

この断面の主な地表地質分布も C-C' 断面と類似している。断面中央部には約 9 Km の広範囲にわたって Pucara 層群が分布し、その西部には Pucara 層群を貫いて Pusagno 花崗岩が露出する。断面東部には Pucara 層群に接して Oriente 層群・Chonta 層群および第三紀の Merced 累層等が断層を伴って堆積している。

各重力図では断面中央付近、Pucara 層群の東半部に約 5 Km に及び高重力異常が発達し、Pucara 層群中の高密度層の存在を示唆する。解析結果の地下構造断面より次の地下構造が推定される。

(i) 記号で示した各構造に対応する地層は次のように推定される。

- I Pusagno 花崗岩類
- II Pucara 層群
- III Oriente 層群, Merced 累層
- IV Chonta 層群

(ii) I および II に対比される Pusagno 花崗岩類と Pucara 層群の関係は、前記 C-C' 断面とほぼ同様である。すなわち、I の Pusagno 花崗岩類は地下深部では幅約 6 Km 程度の断層状構造を伴う進入形態が推定される。

(iii) II に対比される Pucara 層群中には高密度層 III-a が広範囲に把握されたが、これは Pucara 層群中の石灰岩類と互層をなすドロマイト層が比較的厚く分布するほかに、ドロマイトの Zebra 構造の発達を期待される。また、低密度層 III-b も同様に砂岩層の厚く分布する部分と解釈される。

(iv) III に対比される Oriente 層群, Merced 累層は、その西縁は断層状構造をもって Pucara 層群と接している。これらの地層と、Oriente 層群を被覆する IV の Chonta 層群は、ほぼ水平な層構造をもつと推定される。

### 5-3 地下構造図

等重力線図( $\rho = 2.67$ )をもとに行った三次元解析結果を第二層目の地表からの深度で表示し、さらに各重力図および地下構造断面図よりの解釈と解析結果を加えて PL. II-10 Map of Underground Structure を作成した。

PL. II-10 の凡例に示すように、地表からの第二層等深度線 (Depth of Second layer from Ground Surface)・断層状構造 (Fault-like Step Structure)・潜在する高密度岩体 (High Density Zone) などを図化表現している。

第二層等深度線については、上部層 (第一層) に対する下部層 (第二層) の密度差を  $\Delta\rho = 0.15 \text{ g/cm}^3$  と仮定しているため、地域によっては深度を表わす数値の意味が若干異なるが、おおよその傾向は捕えていると解釈される。また、断層状構造は密度差を有して接する地層間の垂直的境界面とみなされる。

以下に地下構造図より推定される地質構造について述べる。

#### 5-3-1 第二層等深度線および断層状構造

二層構造仮定によって得られた第二層等深度線図は、地下構造を一義的に上部層と下部層とに二分し、その境界面を地表からの深度で表示したものである。上部層に属する地層として白堊紀以降の Oriente 層群・Chonta 層群・Merced 累層・第四紀層などが概略対比され、下部層に属する地層としては Pucara 層群・Mitu 層群などが対比すると思われる。

ただし、火成岩類の分布する区域では、本地域の火成岩類の密度が中位程度を示す事実と比較的垂直的な進入形態が予想される事などから、二層構造が成立しにくい。したがって、この区域では等深度線のパターン・方向性に留意すべきである。

地下構造図における第二層等深度線図および断層状構造より次の諸項が考慮される。

(i) 第二層等深度線および断層状構造の大局的な傾向は、各重力図についてすでに述べた事実・推論と同様に、N-S系ないし NNW-SSE系の方向性が顕著である。等深度線の深度 0 m で囲まれた高密度層 I と、それにほぼ平行する断層状構造②, ③, ④, ⑥等によりその方向性が支配されている。

(ii) 第二層等深度線の深度 0 m の線で囲まれる高密度岩体は、上記の Tambo Maria の西側に約 20 Km にわたって連続する I の他に、Tambo Maria 東部の II, Oxampampa 北西部の III, Rio Santa Cruz 南部の IV, Quillazu 北東部の V など、計 5 地区に抽出された。これらの高密度岩体は、第二層の基盤岩類中のさらに高密度部を反映している。

I・II・IV に相当するものとして Pucara 層群中のドロマイト層が厚く分布するほか、このドロマイト層に Zebra 構造の発達の可能性を有する地区といえる。II に対して高密度貫入岩類の存在が推定され、V には断層状構造①を伴う Mitu 層群が対比される。

(iii) 地質調査の知見によれば、本調査地域内には主として N-S 系の断層が数多く確認され

ている。解析結果から推定された断層状構造の位置・方向は、例えばPusagno 地域の④、⑤、⑧およびOxapampa～Tambo MariaにかけてTingo Maria-Merced線に対比される①、②、⑥など非常によく一致している場合が多い。この関係から、地表付近における断層構造が地下深部にまで及んで密度境界面を形成する機会が多いと考えられる。

(V) San Roque の北方ではE-W方向の断層状構造により、(I)で述べた地域的方向性が分断されており、第二層等深度線から、むしろE-W方向の基盤の盛り上がりが指摘される。

S L A R写真においても、本地区における代表的な構造線であるTingo Maria-Merced線がこの付近で屈曲する傾向を読み取ることができ、San Roque 周辺において構造活動が行われたことを暗示している。

(VI) 基盤深度の深い地域として、調査地東側に断層状構造①、②、③、⑥に規制されてほぼN-S方向に配列する帯状の深部構造が挙げられる。この深部構造は西縁を②、③、⑥をもってPucara 層群に接し、東縁の一部を①をもってMitu 層群に接しており、全体としてTingo Maria-Merced線に伴う地溝帯を形成すると考えられる。

この地溝状構造は白亜紀以後の堆積層により厚く被われており、特にLlamaquizu 周辺およびChurmazu 東部では層厚2000 m以上に達すると推定される。

### 5-3-2 貫入岩類の分布形態

調査地域内に分布する貫入岩類は、主としてPusagno 花崗岩類・Oxapampa 貫入岩類・Honda 貫入岩類に代表されるほか、閃緑岩複合岩体の小規模な分布が知られている。

Pusagno 花崗岩類は、主に調査地南西部Maria Tereza 付近にN-S方向の断層状構造⑤および⑧に沿って露頭が見られる。地下構造断面図で解析されたように、Pusagno 花崗岩類は東側に分布するPucara 層群の下部に貫入域を拓げ、断層構造④に至って地下深部に及んでいるものと推定される。断層状構造④～⑤に挟まれる地域のPucara 層群の層厚はおおよそ1000 m前後と見込まれる。

このPucara 層群の下部に進入するPusagno 花崗岩類の形態を平面的に見れば、第二層等深度線でその傾向が示されているように、Maria Tereza の東方およびRio Santa Cruz 北岸にE-W方向に延びて地下浅部に潜在する傾向が認められる。

また、Maria Tereza の北方にはPusagno 花崗岩類の分布域内に閃緑岩複合岩体の潜在を推定させる第二層等深度線の張り出しが把握された。

Oxapampa 貫入岩類は調査地域北西部Chontabamba 以西に広く分布するが、解析結果からは隣接する地層間に明瞭な密度差が認められず、且つ本岩類自身にも断層状構造⑦を境に物性差を有する等の理由により、地表下における貫入形態を解明し得なかった。

Honda 貫入岩類は、調査地域東南部のTambo Maria の東方およびLlamaquizu 東方を西流する河川上流に小規模な分布が知られている。Tambo Maria 東方の分布に対して重力図で

は、高重力部・低重力部相方が対応しているが、周囲の地層が比較的低密度の白亜紀以降の堆積層であることを考え合わせれば、一般にこの岩体は高重力異常として反映される可能性が強い。この場合、Tambo Mariaの東部から北東に向かって、断続的に配列する高重力異常に Honda 貫入岩類の潜在を推定対比させることが可能となる。

#### 5-4 鉱微地と重力分布との関係

調査地域内で認められた鉱化示徴には、主として次の4つのタイプがある。

- (i) Pucara 層群中の層状鉛・亜鉛鉱化
- (ii) Oxapampa 貫入岩体および Pusagno 花崗岩体に起因すると考えられている Pucara 層群中の方鉛鉱を主体とする鉱染型鉱化。
- (iii) 第三紀貫入岩であるモンソニ岩に伴う銅を主体とする交代型鉱化。
- (iv) 上記モンソニ岩自らの鉱染する斑岩型鉱化。

以上に各タイプの鉱化示徴と重力分布との関係について検討する。

##### 5-4-1 Pucara 層群中の層状鉛・亜鉛鉱化

Pucara 層群中の層状鉛・亜鉛鉱微地は、本地域では現在のところ Tambo Maria の南西部に一ヶ所発見されているのみである。このタイプの鉱化はドロマイト層に限って見られ、鉱床部は Zebra 構造を有するのが特徴である。Tambo Maria の鉱微地はドロマイト層の卓越する地域を反映すると考えられる高重力異常の質部に位置している事実のほかには、特徴的な重力分布との関係に言及し得ない。そこで、鉱微と関係の深い Zebra ドロマイトと重力分布、解析結果との関係について検討を行った。

Zebra ドロマイトは PL. I-10 に位置を示すように、Tambo Maria 付近に集中しているほか、San Roque-Pusagno 付近にも分布が知られている。この地表に露見される Zebra ドロマイトの分布位置は、地下構造図に示した高密度帯 I の内部および周辺部に散在すると言える。また、Zebra ドロマイトの分布と三次残差図とを重ねて概観すれば、高重力異常の周辺部あるいは高重力張り出し部分に多く分布する特徴が認められる。

このように Zebra ドロマイドが Pucara 層群分布域中の高重力異常の周辺部に多く見られるのは、地表で観察された位置が Zebra ドロマイトを内包する地層の縁辺部に当たると考えられる。すなわち、本調査地域中央部に N-S 方向に分布する Pucara 層全体として、高重力異常に対応してドロマイト層が卓越する向斜状の構造が考えられるためであり、高重力中心部の地下においても Zebra ドロマイトが分布することが十分予想される。

なお、この高密度帯 I には、Pucara 層群中の E-W 方向のずれが散見され、これらの付近に地質的な乱れが考えられるので注目する必要がある。

このような観点から、地下構造図に高密度岩体 I・II・III として示した地域は Zebra 構造



に伴う、Pucara層群中の層状鉛・亜鉛鉱化の期待される地区とすることができる。

#### 5-4-2 Pucara層群中の鉱染型鉱化

Oxapampa貫入岩類あるいはPusagno花崗岩類に起因すると考えられる鉱染型の鉱微地は、San Roque付近に7カ所発見されている。このタイプの鉱微地はいずれも地化学調査の高異常域に分布しているが、Chontabamoa南方およびMaria Tereza西方の地化学調査高異常域には、現在のところ鉱微は発見されていない。San Roque付近の7ヶ所の鉱微地は、地化学調査の高異常域の中にはほぼN-Sの方向性をもって分布している。

残差図では、最南部に所在する鉱微地を除くと、いずれも高重力の緩い張り出し部分に位置し、正規構造図ではSan Roque付近からQuillazuの西方を経てHuancabamba南方に達する正異常帯の中に分布している。しかし、この正異常帯は北半部においてはPucara層群の分布とも一致しており、必ずしも鉱微地と密接な関係がある重力異常とはいえない。

地下構造図の説明ですで述べたように、San Roque付近は調査地南方よりN-S方向に延びる構造線が調査地の北方に向けてNNW-SSE方向に転移する屈曲部に相当し、また、この付近には基盤岩類の盛り上がりも推定されること、重力図において短波長の重力異常分布地域であることなどの特徴が指摘されている。これらの特徴から推察して、San Roque付近では断層の派生及び破砕化が生じている可能性が強く、鉱床賦存と間接的に関連していることも考えられる。

#### 5-4-3 モンゾニ岩に伴う鉱化

モンゾニ岩に関係する鉱化作用には、交代型の鉱化と斑岩型型の鉱化の2つのタイプがあり、Tambo Maria南東部に小規模に分布するモンゾニ岩はこの両方に関係していることが知られている。このモンゾニ岩は重力分布では岩体の北半部が高重力異常に、南半部が低重力異常に対応している。

モンゾニ岩は深成岩類の中では一般に低密度の部類に属するが、本地域に露出する岩体は周囲の白亜紀以降の低密度層を貫入しており、岩石試料密度測定結果からみて高重力異常によって反映される可能性が強い。しかし上記したような高重力・低重力双方の重力異常が対応する事実が、モンゾニ岩と周囲の地層との相関のみに起因するものか、あるいは、モンゾニ岩自身に局部的密度異常を生ずるものか判定し難い。したがって、モンゾニ岩に伴う鉱化のタイプと物性との関連性が十分に調査されていない現時点では、重力分布との関係は今後検討されるべき課題として残される。

FIG. II-2. NETWORK OF LEVELING SURVEY

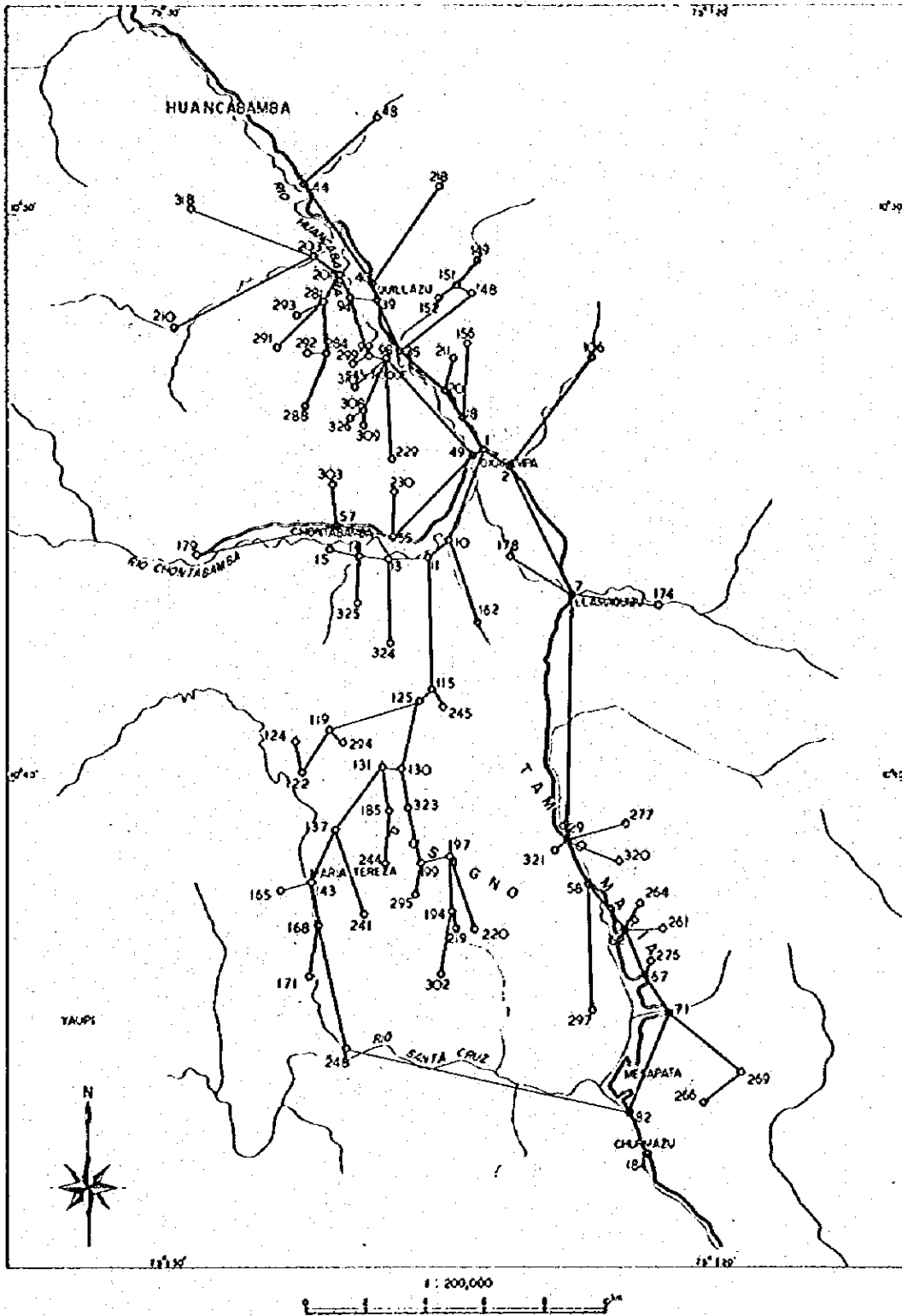


FIG. II-5. GRAVIMETRIC VALUE-ELEVATION CURVE

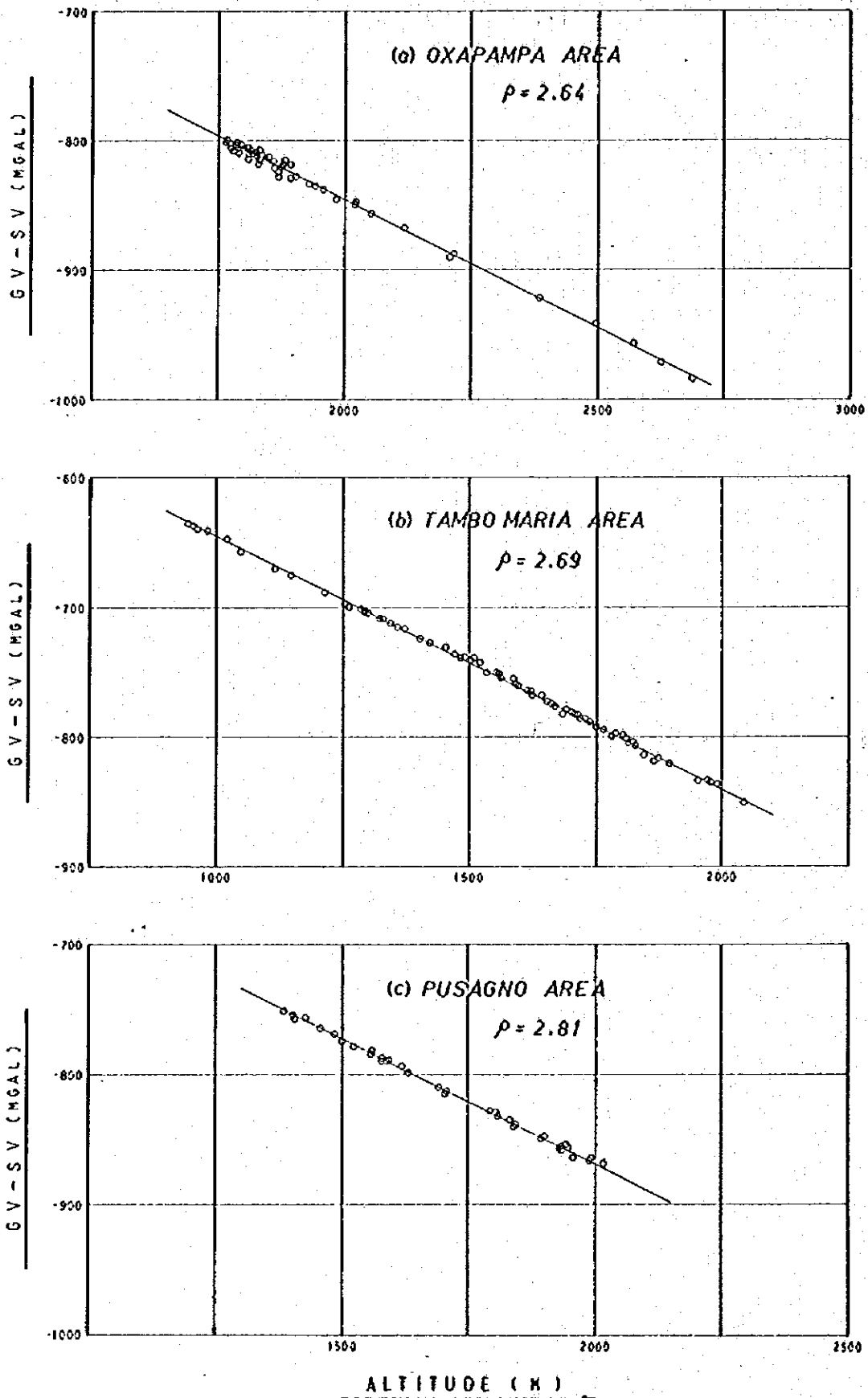


FIG. II-6. MAP OF BOUGUER ANOMALY ON CENTRAL PERÚ ( $\rho = 2.67$ )

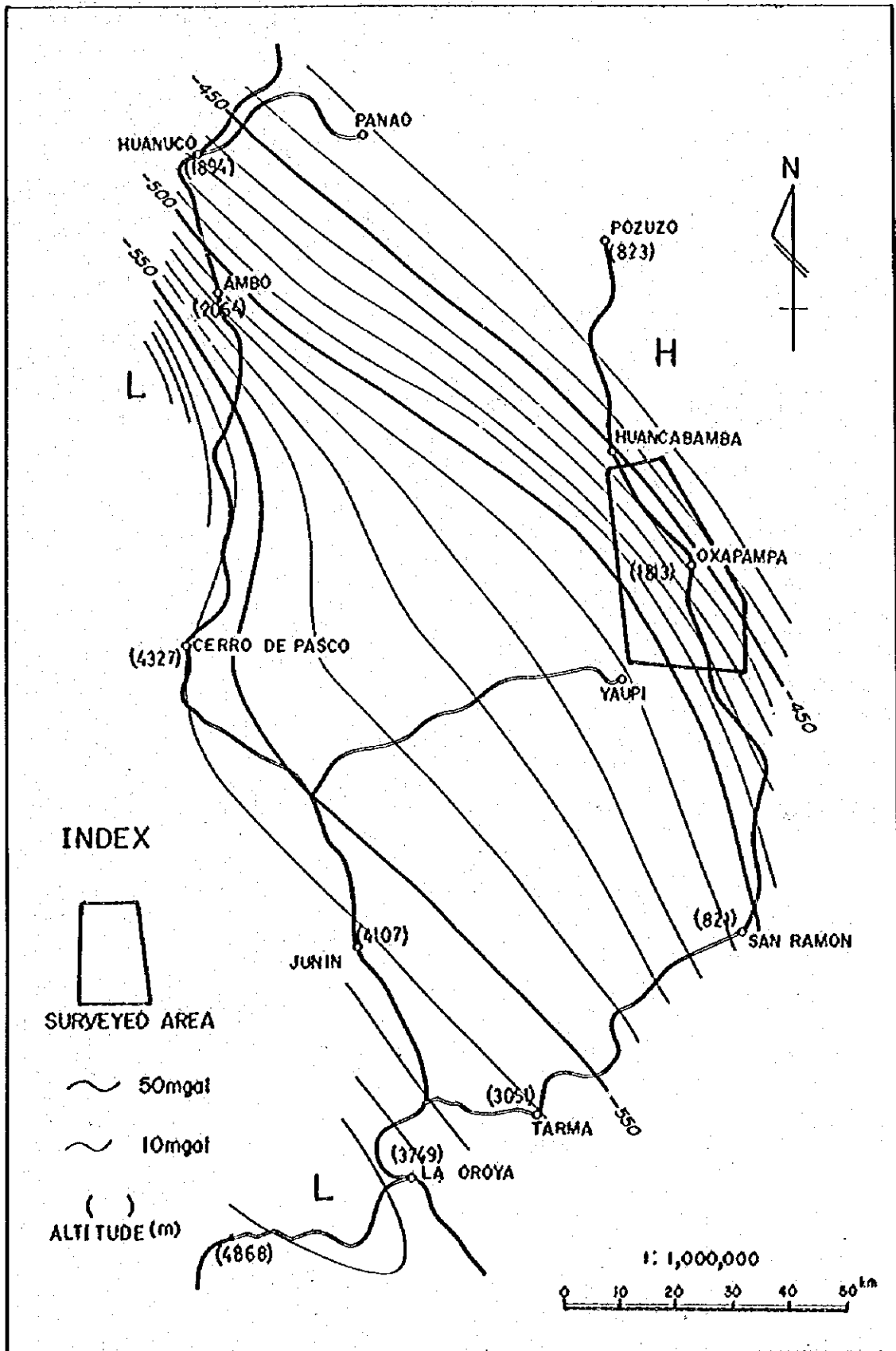


FIG. II-7. MAP OF REGIONAL GRAVITY TREND IN POLYNOMIAL OF SECOND ORDER

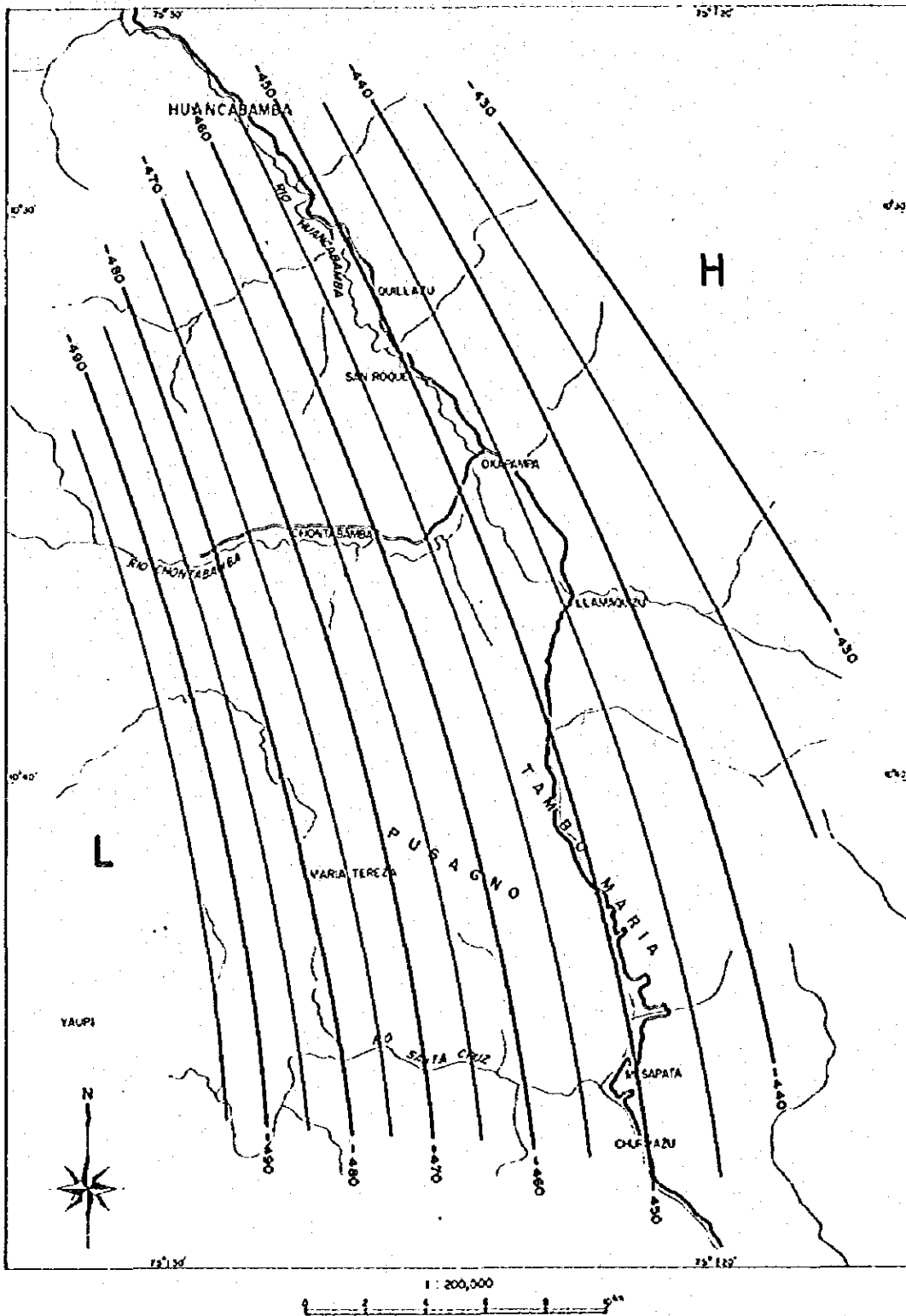


FIG. II-8. MAP OF REGIONAL GRAVITY TREND IN POLYNOMIAL OF THIRD ORDER

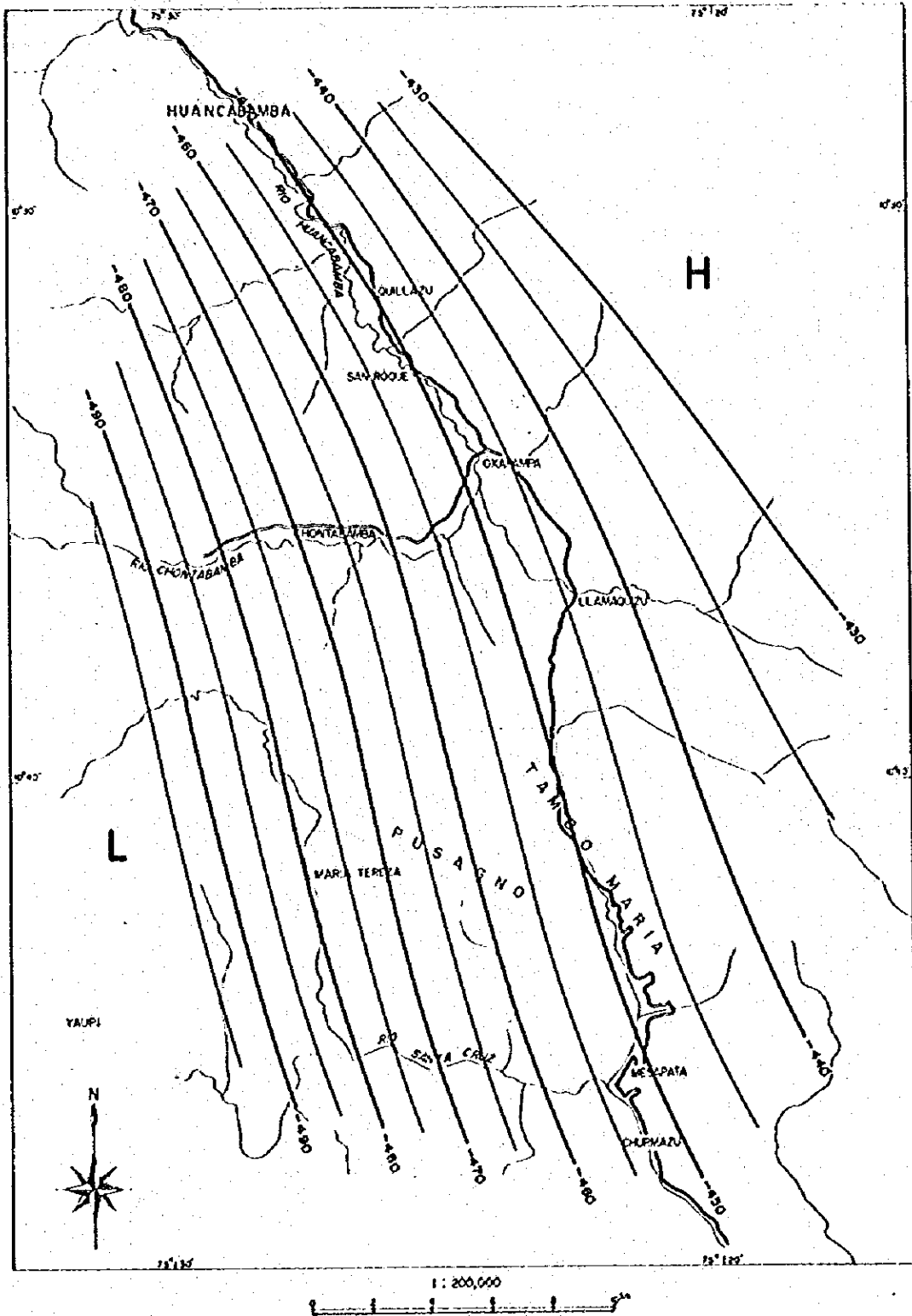


Fig. II - 13. Correlation between FE and resistivity

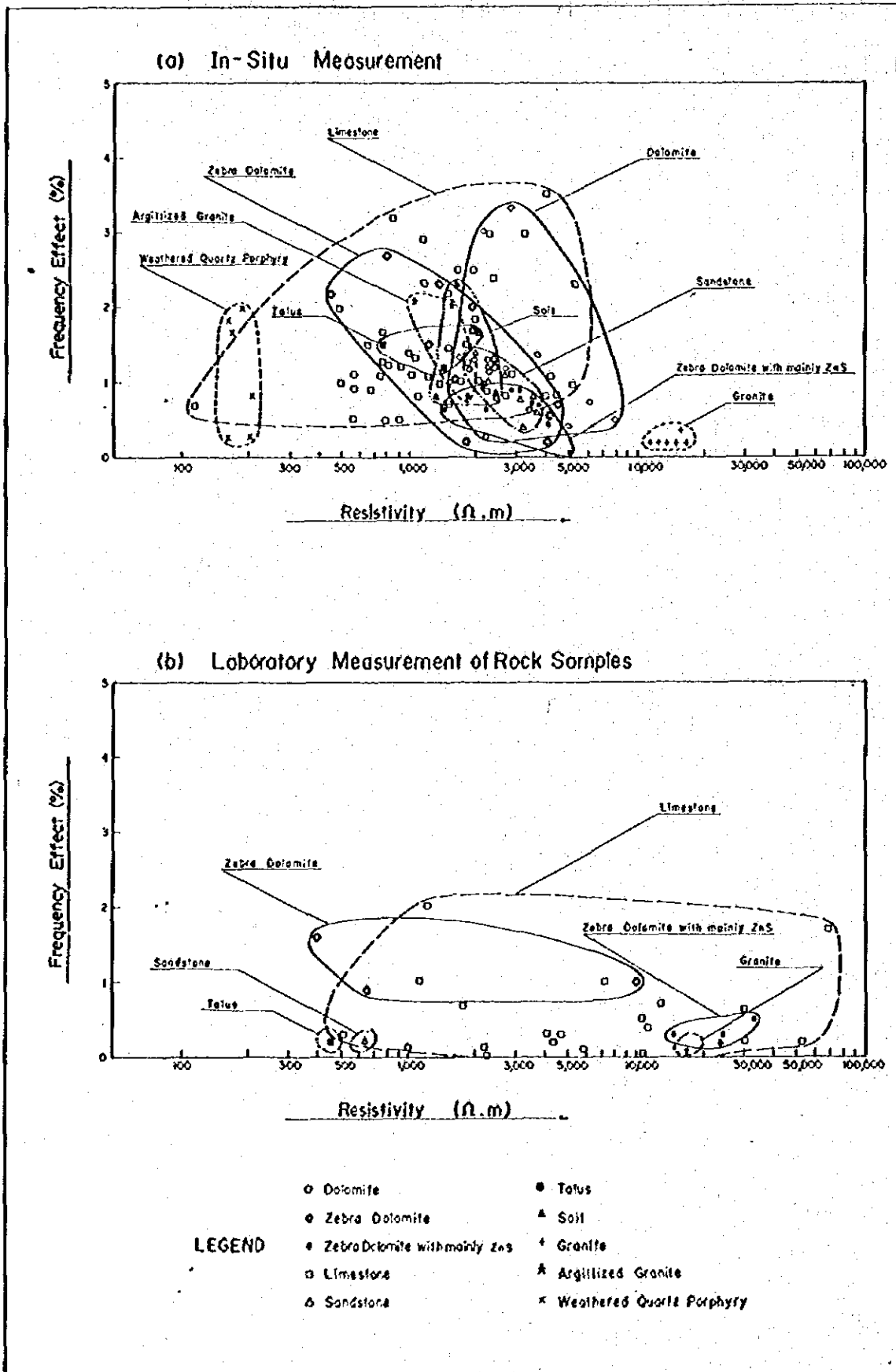


Table II - 4. Densities of rock samples

(a) Rock Samples of Geophysical Survey

(b) Rock Samples of Geological Survey in 1976

Sample No.	Location (Station No.)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Rock Name	Geological Unit	Field No.	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Rock Name	Geological Unit
1	11	2.67	Dolomite	Jp	RE001	2.65	Quartz porphyry	Tho
2	12	2.63	Limestone	Jp	LE195	2.71	Breccia Dolomite	Jp
3	14	2.51	Sandstone	Cro	RFO12	2.58	Black Limestone	Jp
4	54	2.65	Limestone	Jp	LF010	2.65	Dark grey Limestone	Jp
5	62	2.70	"	Jp	LF017	2.65	"	Jp
6	64	2.68	"	Jp	LF040	2.51	Crystalline Dolomite	Jp
7	74	2.69	"	Crc	LF051	2.78	"	Jp
8	77	2.73	"	Crc	LF037	2.69	Black Limestone	Jp
9	81	2.67	"	Crc	LF098	2.74	Crystalline Dolomite	Jp
10	90	2.59	Black Limestone	Jp	LF110	2.72	Zebra Dolomite	Jp
11	106	2.70	Conglomerate	Fm	LF112	2.79	"	Jp
12	107 ~ 108	2.60	Conglomerate	Fm	LF160	2.69	Grey Limestone	Jp
13	109	2.61	Tuff Breccia	Fm	LF174	2.71	Crystalline Dolomite	Jp
14	109 ~ 110	2.71	Conglomerate	Fm	LF265	2.74	"	Jp
15	110	2.64	"	Fm	LF335	2.68	Black Limestone	Jp
16	113	2.60	Limestone	Jp	LF376	2.87	Zebra Dolomite	Jp
17	128	2.73	"	Jp	LF381	2.83	"	Jp
18	132 ~ 133	2.71	Granodiorite	Cgp	RG087	2.61	Granite	Cgp
19	149 ~ 150	2.62	Conglomerate	Fm	LG136	2.75	Dolomite	Jp
20	150	2.73	Granodiorite	Dc	LG151	2.79	"	Jp
21	150	2.69	"	Dc	LG200	2.80	"	Jp
22	167	2.53	Granite	Cgp	LG278	2.67	Black Limestone	Jp
23	173	2.62	"	Cgp	LG311	2.66	"	Jp
24	180	2.59	Quartz Porphyry	Tho	RH019	2.58	Quartz porphyry	Tho
25	282	2.56	Granite Porphyry	Tho	RH30A	2.58	Granite	Cgp
26	183	2.67	Dolomite	Jp	LH018	2.84	Zebra Dolomite	Jp
27	187	2.64	Limestone	Jp	LH031	2.82	Dolomite	Jp
28	195	2.39	Sandstone	Jp	LH152	2.68	Siliceous Limestone	Jp
29	254	2.81	Limestone	Jp	LH160	2.71	Limestone	Jp
30	255	2.65	Zebra Dolomite	Jp	LH169	2.80	"	Jp
31	262	2.67	Monzonite	Tso	LH187	2.67	"	Jp
32	262	2.65	Monzonite Porphyry	Tso	LH196	2.70	"	Crc
33	263	2.62	"	Tso	LH260	2.72	"	Jp
34	264	2.82	Dolomite	Jp	LH299	2.68	"	Jp
35	296	2.65	Limestone	Jp	LH310	2.60	"	Jp
36	326	2.64	Granite Porphyry	Tho	RI049	2.81	Breccia Dolomite	Jp
37	1001	2.54	Volcanic Breccia	Tvy	RI086	2.82	Diorite	Dc
38	1011	2.64	Dolomite	Jp	LI001	2.67	Limestone	Jp
39	1014	2.48	Volcanic Breccia	Tvy	LI011	2.79	Dolomite	Jp
40	1017	2.43	Sandstone	Cro	LI013	2.77	"	Jp
41	1019	2.67	Dolomite	Jp	LI018	2.68	Grey Limestone	Jp
42	1031	2.60	Porphyry	Tho	LI022	2.63	Black Limestone	Jp
43	1032	2.66	Dolomite	Js	LI026	2.71	Dolomite	Jp
44	1034	2.75	Limestone	Crc	ZEB4	2.78	Zebra Dolomite	Jp
45	1046	2.44	Sandstone	Cro	ZEB6	2.82	"	Jp
46	1050	2.61	Granite Porphyry	Tho	ZEB8	2.82	"	Jp
47	1077	2.59	"	Tho	ZEB14	2.81	"	Jp
48	1105	2.40	Sandstone	Crc	ZEB17	2.76	Dolomite	Jp
49	1106	2.63	Limestone	Crc	ZEB18	2.70	Dark Grey Limestone	Jp
50	1106	2.57	Shale	Crc				
51	1107	2.49	Granite Porphyry	Tho				
52	1112	2.58	Sandstone	Cro				

LEGEND

Crc	Chonta Group	Tso	Honda Intrusives
Cro	Oriente Group	Tvy	Llaupl Volcanics
Jp	Fucara Group	Tho	Oxapampa Intrusives
Fm	Mitu Group	Cgp	Tusagno Granite
		Dc	Diorite Complex



Table II - 5. Distribution of rock densities

	Geological Unit	Rock Name	Amount	Average of Density		Density (g/cm <sup>3</sup> )
CRETACEOUS	CHONTA GROUP (Crc)	Limestone, shale,	8	2.64	2.4	• • • • •
		Sandstone				
	ORIENTE GROUP (Cro)	Sandstone	4	2.49	• • • • •	
		Limestone	28	2.67	• • • • •	
JURASSIC	PUCARA GROUP (Jp)	Dolomite (Zebra Dolomite)	31 (9)	2.75 (2.79)	2.71	• • • • •
		Sandstone	1	2.39	•	
		Conglomerate	6	2.65	• • • • •	
PERMIAN	MITU GROUP (Pn)	Monzonite, Monzonite Porphyry	3	2.65	• • • • •	
	LLAUTI VOLCANICS (Try)	Volcanic Breccia	2	2.51	• • • • •	
IGNEOUS ROCK	OXAPANPA INTRUSIVES (Tho)	Porphyry, Granite Porphyry	9	2.59	• • • • •	
	PUSAGNO GRANITE (Cgp)	Granite, Diorite, Granodiorite	5	2.61	• • • • •	
	DIORITE COMPLEX (Dc)	Diorite, Granodiorite	3	2.75	• • • • •	

Table II - 6. IP In-situ measurement

No.	Location	Sort of Outcrop	Line	Rock Name	P E (%)			Resistivity (Ωm)							
					1	2	3	1	2	3					
1	Chontabamba	background	(a <sup>m</sup> )												
			A	Do	0.27	0.43	0.73	2189	4973	6243					
			B	Zebra Do	0.23	0.57	0.73	4030	4129	4510					
2	Tambo Maria	mineralized (Zn, Pb)	(a <sup>m</sup> )		1	2	3	1	2	3					
			A	Do	1.30	1.37	0.64	1988	3707	3397					
			B	Zebra Do (Zn, Pb)	0.65	0.93	0.65	2202	2147	1429					
			C	Zebra Do	0.23	1.03	1.23	1803	1642	2385					
3	San Roque	background	(a <sup>m</sup> )		1	2	3	1	2	3					
			A	Qp	0.83	1.83	2.00	208	162	187					
			B	Qp	1.67	0.25	0.25	169	160	204					
4	San Roque	geochemical anomaly	(a <sup>m</sup> )		1	2	3	1	2	3					
			A	Grey ls	0.50	0.50	0.50	917	570	804					
			B	Grey ls	2.00	1.67	1.50	439	770	662					
5	San Roque	mineralized (Pb)	(a <sup>m</sup> )		1	2	3	1	2	3					
			A	Grey ls (Pb)	2.33	1.00	1.50	5308	2069	1875					
			A	Grey ls (Pb)	2.17	3.50		1492	4015						
6	Chontabamba	geochemical anomaly	(a <sup>m</sup> )		1	1.5	2	1	1.5	2					
			A	Grey ls			2.50	3.00			1560	3269			
			A	Grey ls	0.83						2691				
			A	Grey ls	1.25						1842				
			A	Grey ls	1.33						2370				
			B	Soil	0.83	2.33	0.83			1332	1659	2484			
7	Chontabamba -Tunnel	geochemical anomaly	(a <sup>m</sup> )		1	2	3	5	1	2	3	5			
			A	Ls	2.33	3.00	2.33	2.50				1181	2317	2406	1655
8	Tambo Maria -Trench	background	(a <sup>m</sup> )		1	2	3	5	10	1	2	3	5	10	
			A	Do	0.50	1.17	0.83					7878	2315	2494	
			B	Do	1.00	1.17	1.33					1534	1483	2393	
			C	Zebra Do	1.16	3.00	3.33					2276	2176	2810	
			D	Zebra Do				1.33	1.17						2239
			D	Zebra Do				1.33					1695		
9	Tambo Maria	background	(a <sup>m</sup> )		1	2	3	1	2	3					
			A	Zebra Do	2.67	2.33	1.67				783	1373	1942		
			B	Zebra Do	2.17	1.50	2.00				442	1237	1910		
			C	Telus	1.50	1.17	1.67				755	1432	2028		
10	Pusagno	geochemical anomaly	(a <sup>m</sup> )		2.5	5	7.5	10	2.5	5	7.5	10			
			A	Brecciated ls	0.83	0.83	1.07				4446	3971	4179		
			B	Laminated ls	0.90	1.13	0.87				2210	2849	3091		
			C	Ls	1.00	1.03	0.87				1410	1688	3133		
			D				0.97					5190			
11	San Roque	geochemical anomaly	(a <sup>m</sup> )		1	2	3	1	2	3					
			A	Grey ls	1.40	0.70	1.07				1021	1510	1221		
			B	Grey ls	0.70	0.83	0.93				3437	1107	679		
12	San Roque	mineralized (Pb)	(a <sup>m</sup> )		1	2	3	1	2	3					
			A	Dark Grey ls (Pb)	0.70	1.13	1.33				115	564	1072		
			B	Dark Grey ls	1.13	1.10	1.23				1026	762	793		
			B	Dark Grey ls	1.00						495				
			C	Dark Grey ls	0.93	1.27	1.23				563	762	920		
13	Pusagno	background	(a <sup>m</sup> )		1	2	3	1	2	3					
			A	Argillized Gr	2.10	2.00	0.80				1073	1559	1858		
			B	Gr	0.20	0.20	0.20				13736	11651	12433		
			C	Gr	0.20	0.20	0.35				16932	15060	15666		
14	Pusagno	background	(a <sup>m</sup> )		1	2	3	1	2	3					
			A	Weathered Ss	1.20	1.40	1.00				2309	2009	2276		
			B	Muddy Ss	0.40	0.60	0.77				3261	3730	3145		
			C	Weathered Ss	0.80	1.10	0.97				3634	2738	2214		
15	San Vicente Mine	mineralized (Zn, Pb)	(a <sup>m</sup> )		1	2	3	4	1	2	3	4			
			A	Zebra Do (Zn, Pb)	0.90	0.90	0.73				2868	3087	3496		
			B	Zebra Do (Zn, Pb)	0.70	0.90	0.43	0.05			3696	2830	4120	5001	
16	Tambo Maria -Fall	mineralized (Py)	(a <sup>m</sup> )		1	1	2	3	1	1	2	3			
			A	Silicified ls (Py)	1.83	1.47	3.20	2.93			2013	1528	845	1147	

LEGEND

Do --- Dolomite      Qp --- Quartz Porphyry  
 Ls --- Limestone      Gr --- Granite  
 Ss --- Sandstone

a<sup>m</sup> Electrode interval (a)

**Table II - 7. FE and resistivity classified by rock**

Rock Name	FE (%)	Resistivity (Ω.m)
Zebra Dolomite with ZnS, PbS	0.68	3,088
Zebra Dolomite	1.36	2,182
Dolomite	1.23	3,050
Limestone	1.44	1,848
Argillized Granite	1.63	1,497
Granite	0.23	14,246
Weathered Quartz Porphyry	1.14	182
Sandstone	0.92	2,813
Soil	1.33	1,825
Talus	1.47	1,405

Table II - 8. Laboratory measurement of rock samples

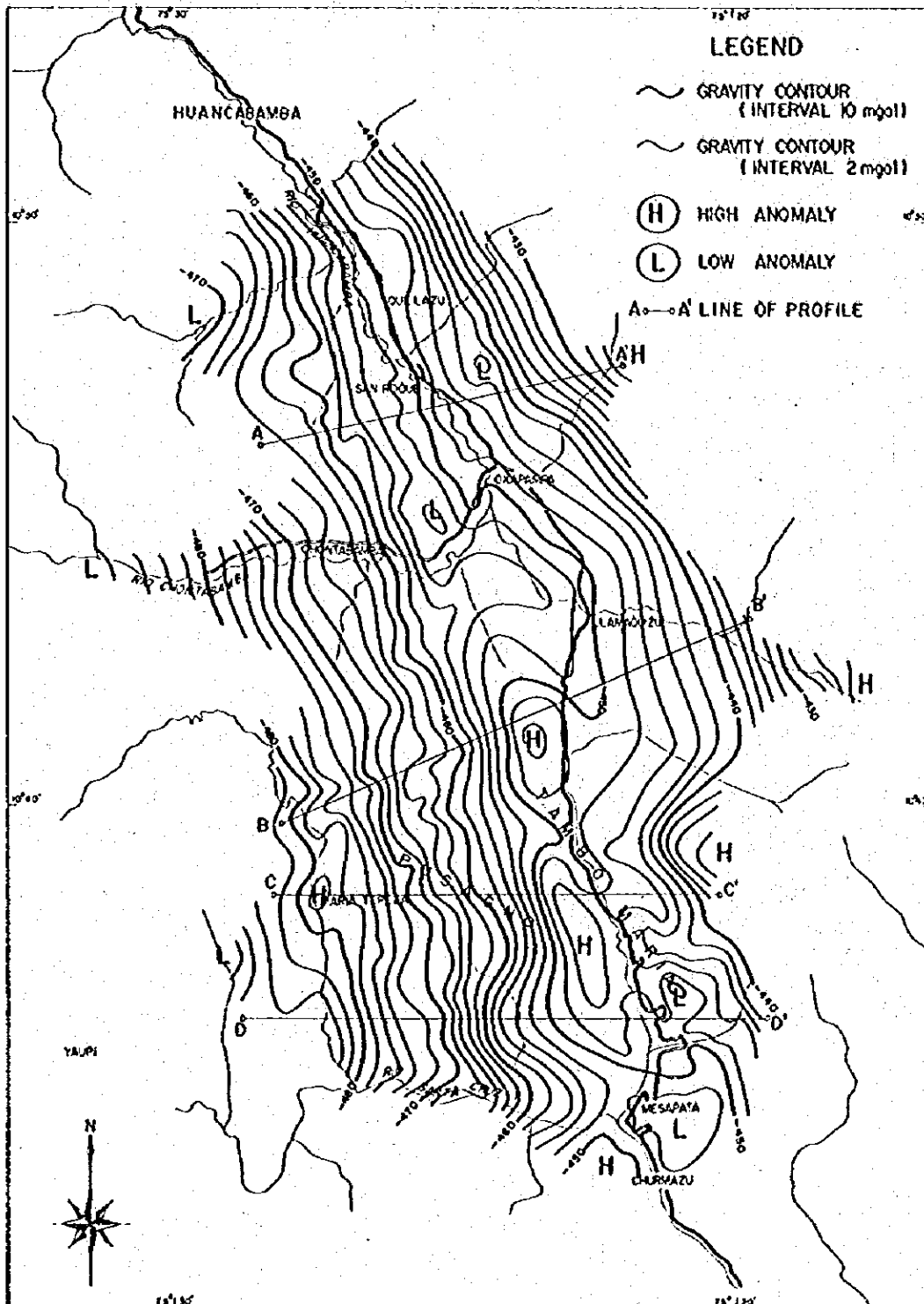
Location of Samples			Rock Name	Resistivity (P. m)	FE (%)	X-Ray										
Area	No.	Line, No.				Dolomite	Calcite	Quartz	Plagioclase	Microcline	Sericite	Muscovite	Biotite	Sphalerite	Galena	Smithsonite
Tambo Maria	2	B-6	Zebra Do with PbS	23,934	0.3											
"	2	B-2	Zebra Do	645	0.9	⊙	○	○								
San Roque	3	A-5	Qp				⊙		○							
"	-	—	Do with PbS	2,899	0.7											
"	4	B-4	Ls	990	0.1	⊙	⊙									
"	4	B-10	Ls	10,523	0.0											
"	5	A-9	Ls	12,871	0.7											
"	5	A-8.5	Ls	2,209	0.1	⊙	⊙			•						
Chontabamba	6	A-1	Talus	10,500	0.5											
"	6	A-3	Talus	1,140	1.0	•	⊙	○								
"	6	A-6	Talus	4,021	0.3											
"	7	A-14	Ls	1,747	0.7											
"	7	A-14	Ls	500	0.3	○	⊙	○								
"	7	A-13	Ls	2,252	0.0											
Tambo Maria	9	A-5	Zebra Do	9,969	1.0	⊙		•								
Pusagno	10	C-7	Ls	4,620	0.3											
"	10	A-4	Laminated Ls	5,806	0.1											
San Roque	11	B-4	Grey Ls	4,370	0.2											
"	11	A-5	Grey Ls	29,807	0.6	⊙	○									
"	12	C-1	Dark Grey Ls	53,647	0.2											
"	12	B-4	Dark Grey Ls with PbS	29,289	0.2											
"	12	A-4	Talus	450	0.2											
Pusagno	13	B-8	Gr.	17,371	0.1											
"	13	A-6	Clay with Sericite					⊙		○						
Tambo Maria	2	C-9	Zebra Do	391	1.6	○	○								○	
Pusagno	14	B-3	Muddy Ss	634	0.2											
San Vicente	15	B-5	Zebra Do with ZnS	14,693	0.3											
"	15	A-3	Zebra Do with ZnS, PbS	1,924	3.2	⊙						⊙	○	•		
"	15	A-9	Zebra Do with PbS	23,589	0.2											
"	15	A-9	Zebra Do with PbS	33,093	0.5											
Tambo Maria	16	A-5	Silicified Ls	7,237	1.0	⊙		⊙								
"	16	A-12	Silicified Ls	11,059	0.4											
"	16	—	Ls with Pyrite	1,219	2.0											
San Roque	5	A-6	Ls with PbS	68,378	1.7											

⊙ Large Quantity  
 ○  
 ↓  
 • Small Quantity

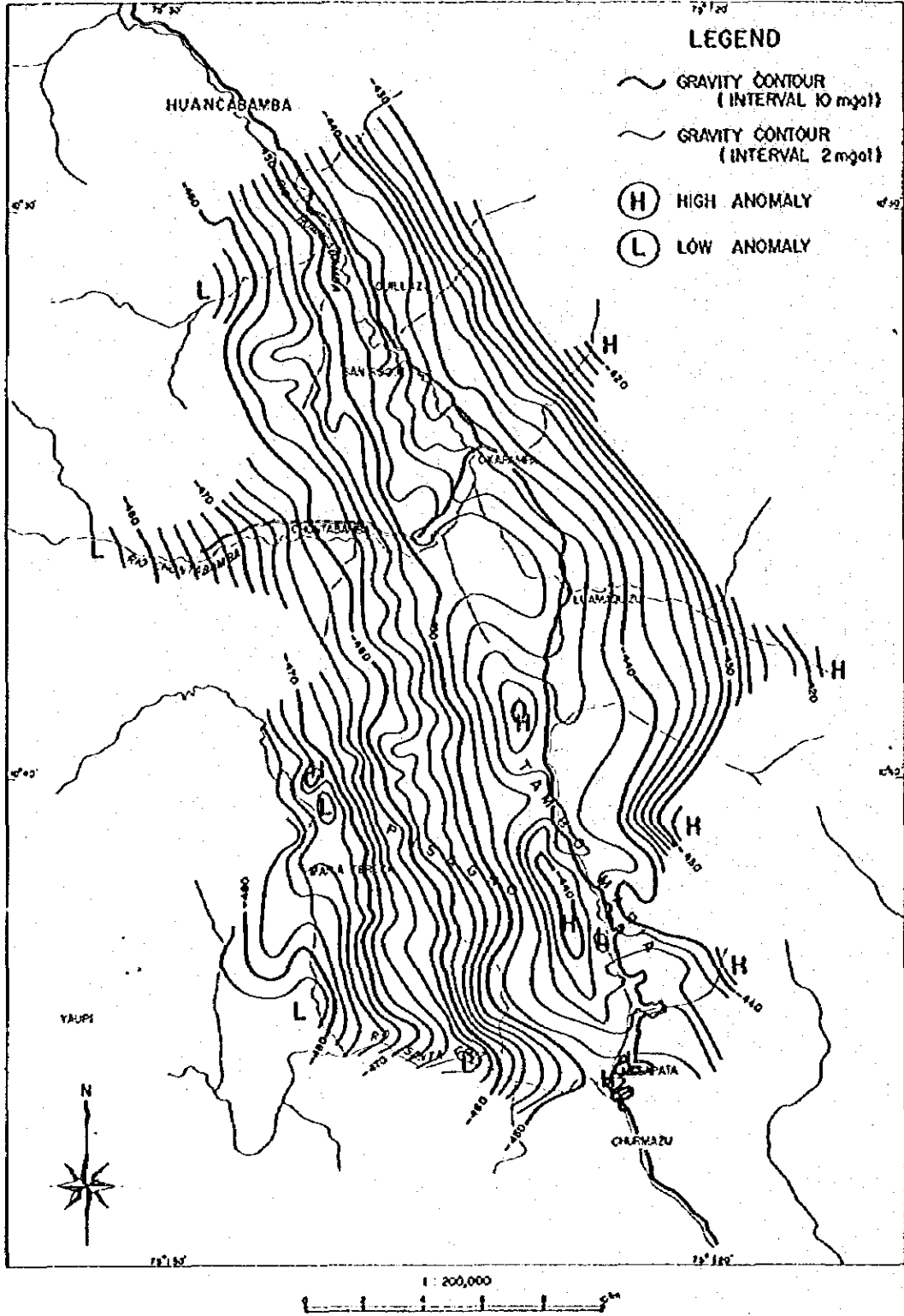
**Table II - 9. In-situ measurement on limestone outcrop**

Location Area	No.	Sort of Outcrop	FE (%)	Resistivity (Ω.m)
San Roque	4	geochemical anomaly	1.11	702
"	5	mineralized with galena	2.10	2,952
"	11	geochemical anomaly	0.94	1,496
"	12	mineralized with galena	1.11	708
Chontabamba	6	geochemical anomaly	1.78	2,426
Chontabamba-Tunnel	7	" "	2.54	1,890
Pusagno	10	" "	0.95	3,217
Tambo Maria-Fall	16	mineralized with pyrite	2.36	1,383
Average			1.44	1,848

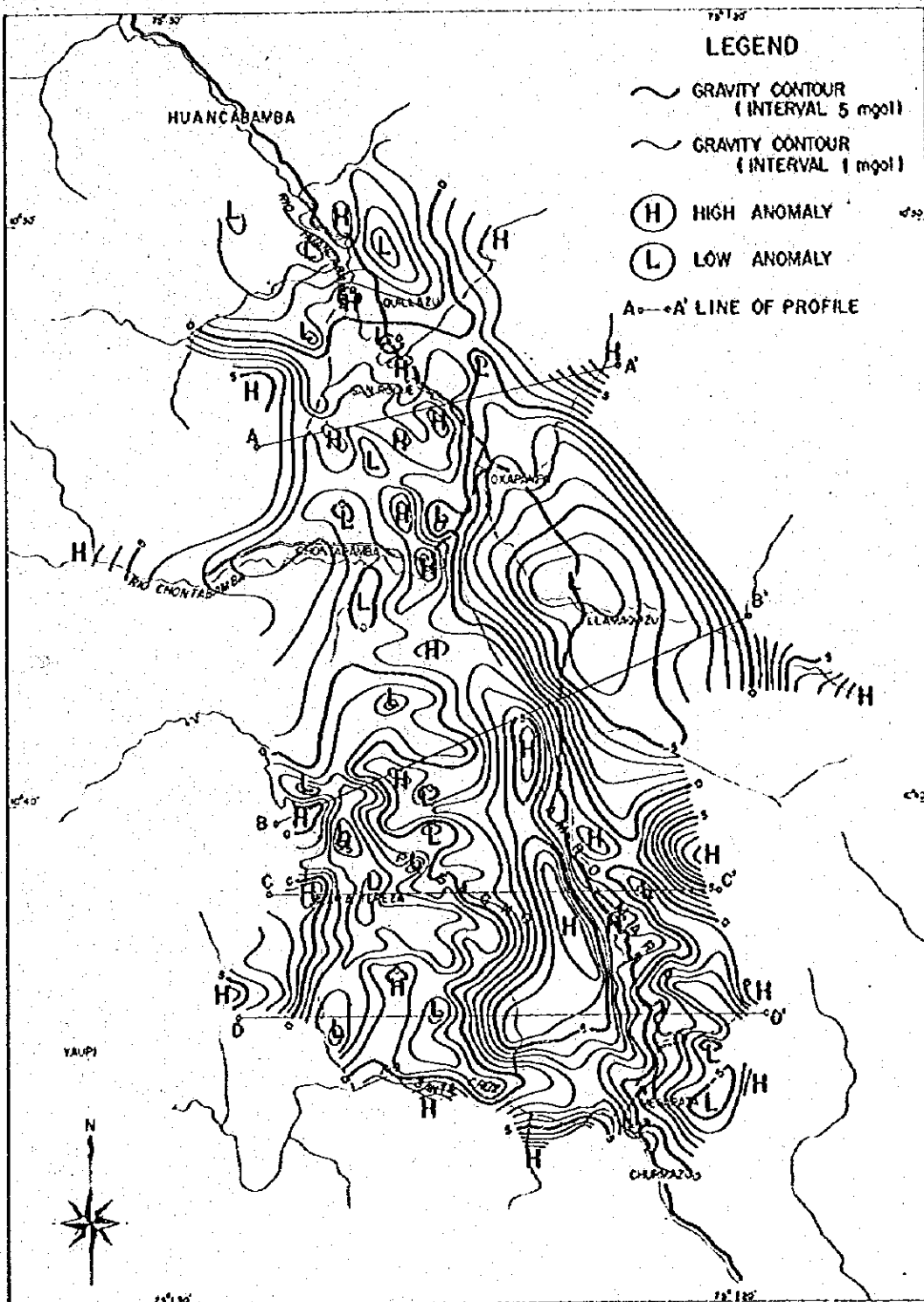
PL. II-2. MAP OF BOUGUER ANOMALY ( $\rho=2.67$ )



PL. II-3. MAP OF BOUGUER ANOMALY ( $\rho = 2.60$ )

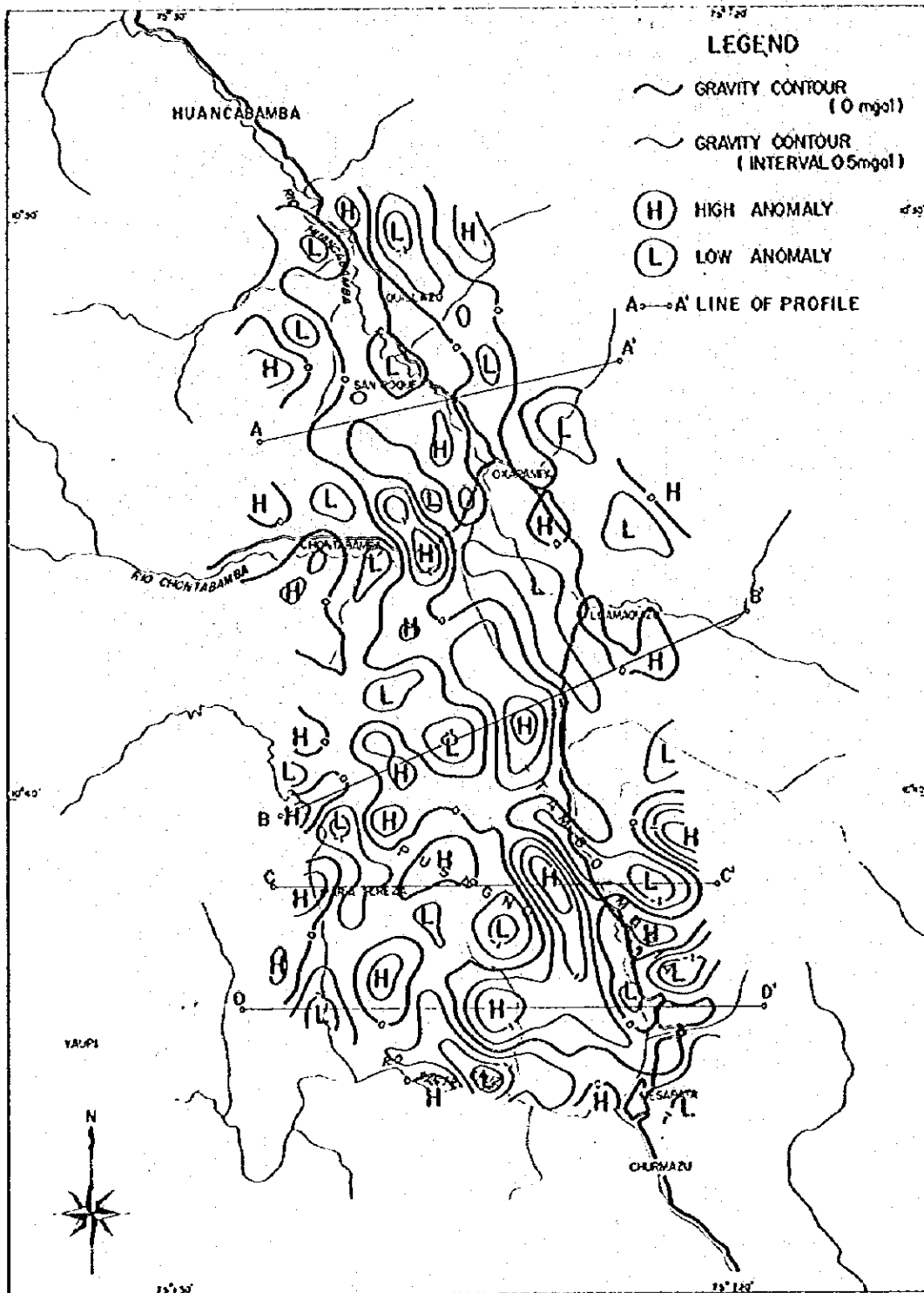


PL II-4. MAP OF RESIDUAL GRAVITY IN POLYNOMIAL OF THIRD ORDER (P-2.67)





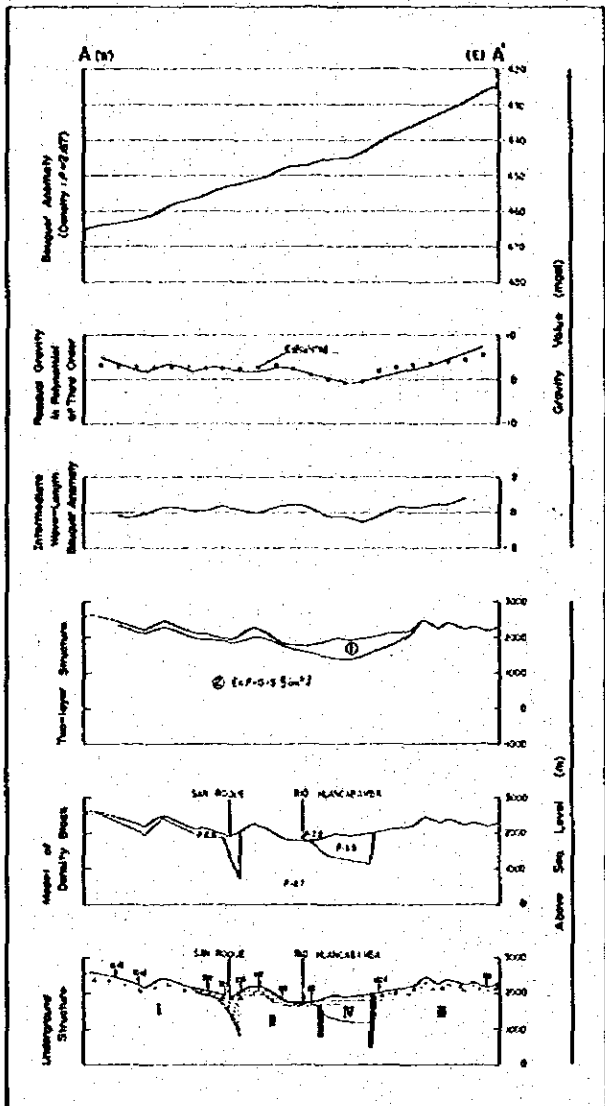
PL. II-5. MAP OF INTERMEDIATE WAVE-LENGTH BOUGUER ANOMALY ( $\rho = 2.67$ )



GEOLOGICAL SURVEY  
 OF  
 THE COMMISSIONER GENERAL CENTRAL PERU  
**PROFILE  
 OF  
 UNDERGROUND STRUCTURE  
 A - A'**

SCALE 1:200,000

WITH GRACE KINDNESS OF JAPAN  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 EDUCATIONAL EXCHANGE FUND  
 RESEARCH 1970  
 PROF. S. MURAKAMI



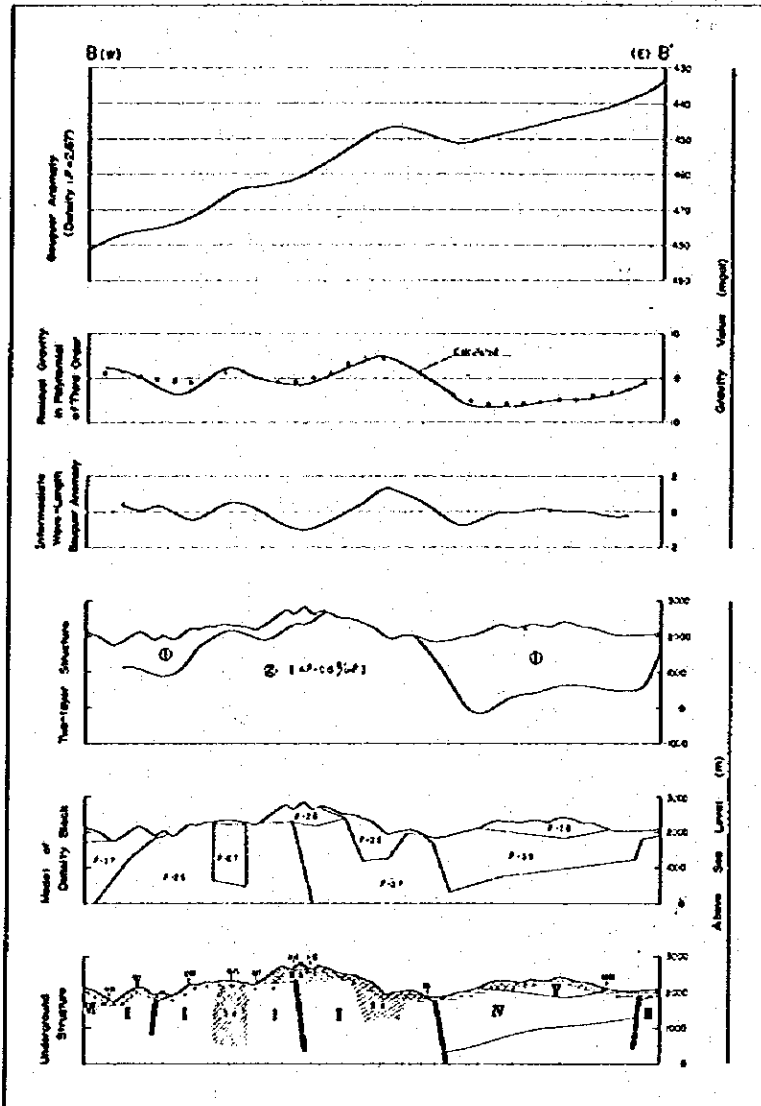
**LEGEND**

- Line of Profile
- Basalt
- Mudstone
- Thin Sand
- Silt Sand
- Sandstone
- S.S. Sand
- Sandstone
- Gravelly Sand
- Sandstone
- Reddish Sandstone
- Red Sandstone
- Sandstone
- Line of Profile
- Line of Profile
- Line of Profile

GEOLOGICAL SURVEY  
OF  
THE CORDILLERA ORIENTAL CENTRAL AREA  
**PROFILE  
OF  
UNDERGROUND STRUCTURE**  
B - B'

SCALE 1:200,000

NETO, BUREAU GEOLOGICAL SURVEY  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
RECONSTRUCTION OF PHILIPPINES  
FEBRUARY 1978  
ORIGINAL DRAWING

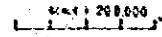


LEGEND

- Strip of Sandstone
- ▨ Sandstone
- ▩ Sandstone
- ▧ Sandstone
- ▦ Sandstone
- ▥ Sandstone
- ▤ Sandstone
- ▣ Sandstone
- ▢ Sandstone
- Sandstone
- Sandstone
- ▟ Sandstone
- ▞ Sandstone
- ▝ Sandstone
- ▜ Sandstone
- ▛ Sandstone
- ▚ Sandstone
- ▙ Sandstone
- ▘ Sandstone
- ▗ Sandstone
- ▖ Sandstone
- ▕ Sandstone
- ▔ Sandstone
- ▓ Sandstone
- ▒ Sandstone
- ░ Sandstone
- ▐ Sandstone
- ▏ Sandstone
- ▍ Sandstone
- ▌ Sandstone
- ▋ Sandstone
- ▊ Sandstone
- ▉ Sandstone
- █ Sandstone
- ▇ Sandstone
- ▆ Sandstone
- ▅ Sandstone
- ▄ Sandstone
- ▃ Sandstone
- ▂ Sandstone
- ▁ Sandstone
- ▀ Sandstone
- ▄ Faulted Sandstone
- ▨ High Sandstone
- ▩ Low Sandstone
- ▧ Fault of Sandstone

PL. E-8

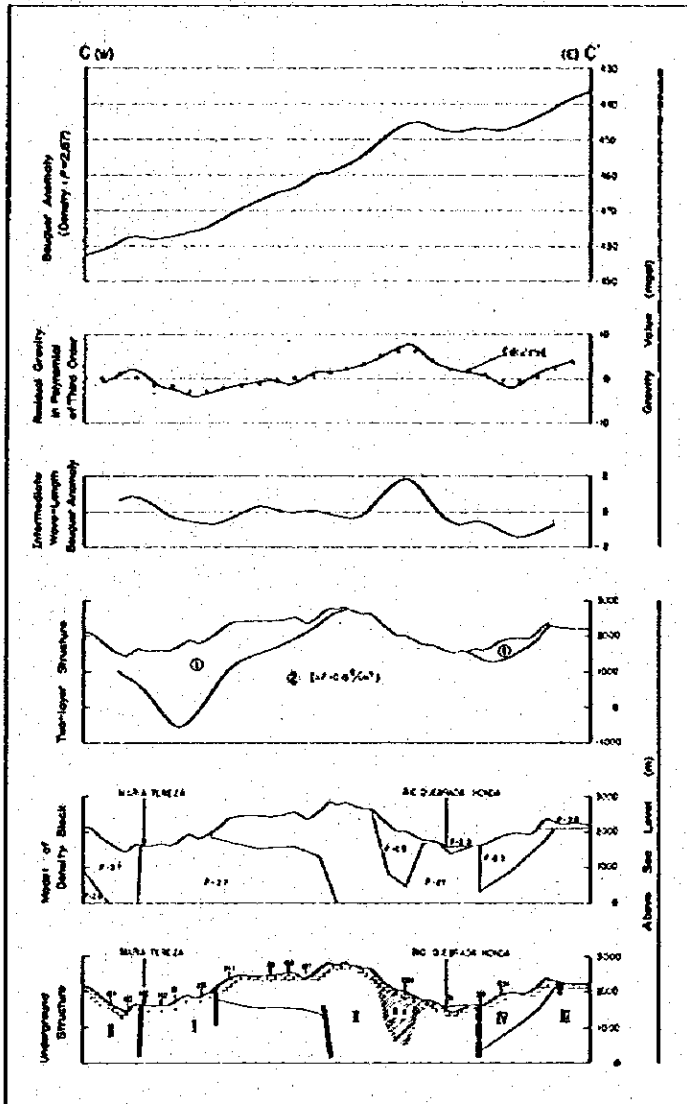
GEOLOGICAL SHEET  
OF  
THE COCHLEERA MENTAL CENTRAL MENU  
PROFILE  
OF  
UNDERGROUND STRUCTURE  
C - C'



STATE BUREAU OF GEOLOGY  
AND METEOROLOGICAL SERVICE  
DEPARTMENT OF STATE  
FISHERY BLDG.  
RICHMOND, VA.  
1958

LEGEND

- Group of Sand Strata
- Sandstone
  - Shale
  - Clay shale
  - Silt shale
  - Fine sand
  - S.S. sand
  - Clayey sandstone
  - Shaly sandstone
  - Fine sandstone
- Other symbols:
- Fault line
  - High level line
  - Low level line
  - Water table

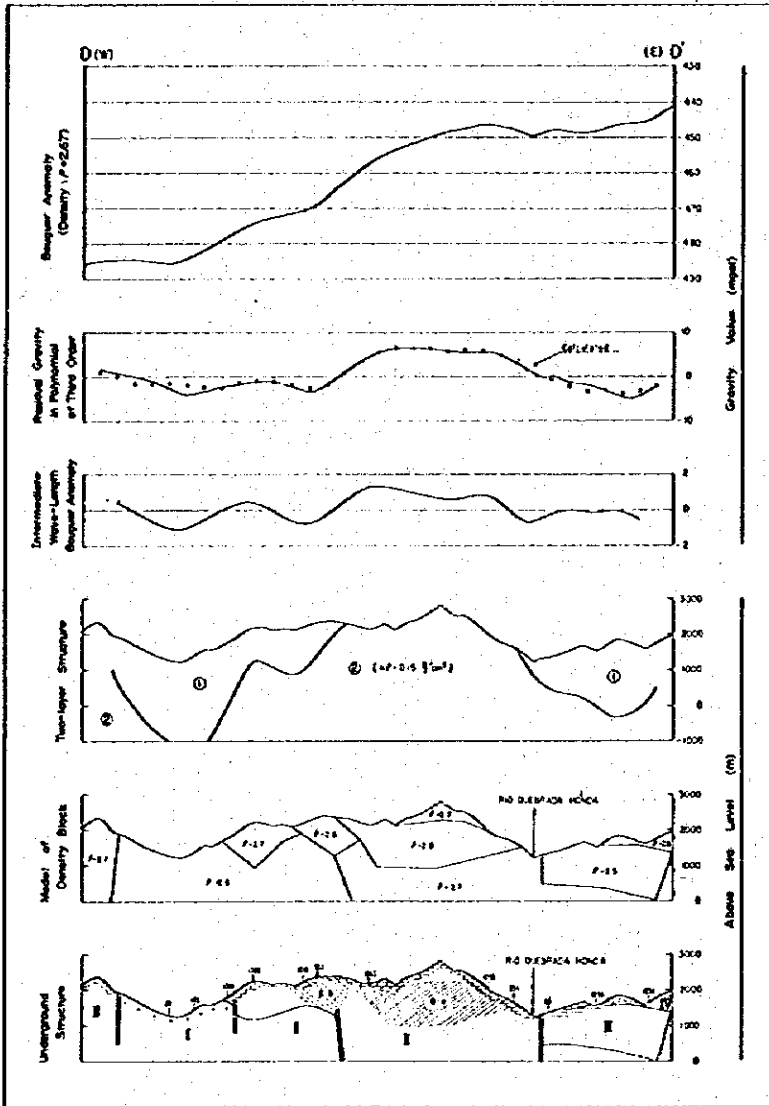


GEOLOGICAL SURVEY  
OF  
THE COMMISSIONER GENERAL, CENTRAL PERU  
**PROFILE  
OF  
UNDERGROUND STRUCTURE**

0 - 0'

SCALE 1:500,000

ITAL. BRASS RANGE OF MAPS  
JAPAN METEOROLOG. OBSERVATION STATION  
GOVERNMENT OF JAPAN  
FILM, NO. 28  
PRINTED BY NIKKO, INC.



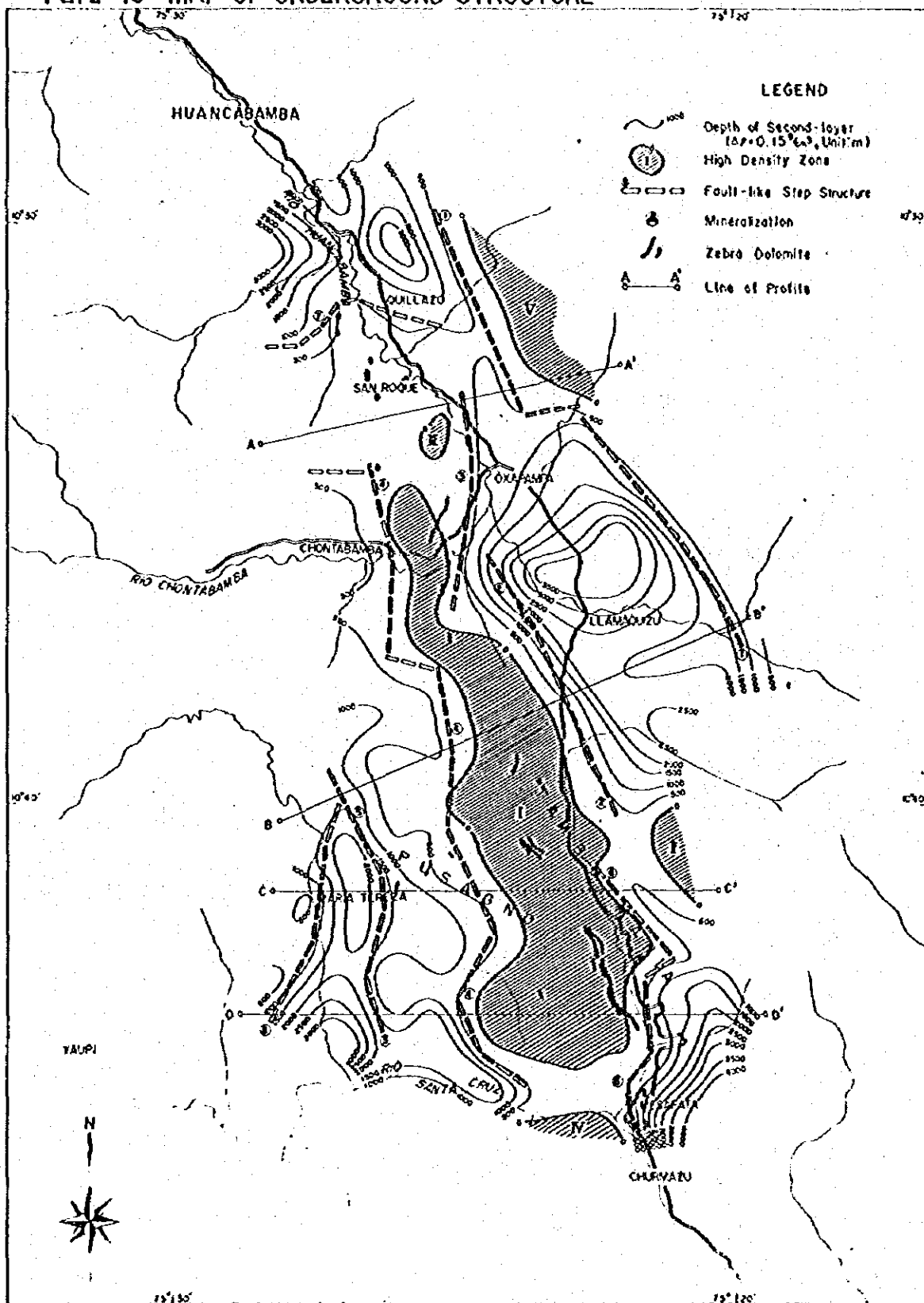
LEGEND

Strip & Contour Lines

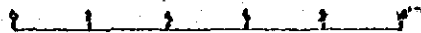
- Gneiss
- Marble
- Quartzite
- Sandstone
- Shale
- Limestone
- Basalt
- Andesite
- Granite
- Diorite
- Amphibolite
- Gabbro

- Fault Zone
- High Fault Zone
- Low Fault Zone
- Line of Structure

PL. II-10 MAP OF UNDERGROUND STRUCTURE



1:200,000



## 第III部 試錐工事

# 各 論

## 第Ⅲ部 試 錐 工 事

第1章 序 論 .....	Ⅲ-4
1-1 調 査 目 的 .....	Ⅲ-4
1-2 調 査 概 要 .....	Ⅲ-4
1-3 調 査 員 の 編 成 .....	Ⅲ-4
第2章 試錐調査の概要 .....	Ⅲ-5
2-1 試 錐 地 点 .....	Ⅲ-5
2-2 設 営 作 業 .....	Ⅲ-5
2-3 掘 進 作 業 .....	Ⅲ-6
2-4 移 動 ・ 撤 収 工 事 .....	Ⅲ-7
2-5 工 程 .....	Ⅲ-8
第3章 試錐孔の地質および鉋床 .....	Ⅲ-10
3-1 52-1孔 .....	Ⅲ-10
3-2 52-2孔 .....	Ⅲ-11
3-3 52-3孔 .....	Ⅲ-11
3-4 52-4孔 .....	Ⅲ-12
3-5 試錐孔の地質の総括 .....	Ⅲ-13
第4章 鉋化作用についての考察 .....	Ⅲ-15



### LIST OF ILLUSTRATIONS

Fig. III-1. Columnar section of three drill holes.

Fig. III-2. Copper, lead, and zinc assay of each drill hole.

### LIST OF TABLES

Table III-1. Drilling equipment used. (TGM-2)

Table III-2. Drilling equipment used. (TBS-5)

Table III-3. Consumed materials.

Table III-4. Working time by drill hole.

Table III-5. Results of diamond core drillings.

Table III-6. Moving operations.

Table III-7. Operational results by drill hole. (No.52-1)

Table III-8. Operational results by drill hole. (No.52-2)

Table III-9. Operational results by drill hole. (No.52-3)

Table III-10. Operational results by drill hole. (No.52-4)

Table III-11. Specifications of bits and shells.

Table III-12. Drilling meterage of diamond bits.

### LIST OF APPENDICES

A. III-1. Summary record of drilling results. (No.52-1)

A. III-2. Summary record of drilling results. (No.52-2)

A. III-3. Summary record of drilling results. (No.52-3)

A. III-4. Summary record of drilling results. (No.52-4)

A. III-5. List of rock samples (Boring core)

A. III-6. Microscopic observation of the thin sections.

A. III-7. Microscopic observation of the polished sections.

A. III-8. Fossils under microscopic observation.

A. III-9. Microphotographs of rocks and fossils.

A. III-10. Chart of X-ray diffraction test.

A. III-11. Results of X-ray diffraction test.

A. III-12. Chemical analysis of boring core.

A. III-13. Photomicrographs of polished sections.

**LIST OF PLATES**

**PL. III-1. Geological columns of the diamond drill hole.**

(1) No. 52-1

(2) No. 52-2

(3) No. 52-3

(4) No. 52-4

**PL. III-2. Geological profiles of the diamond drill hole.**

(1) No. 52-1

(2) No. 52-2 and No. 52-4

(3) No. 52-3

# 第 1 章 序 論

## 1-1 調査目的

1976年までに実施された調査によりPucara層群の分布とその構造が明らかにされ、Pucara層群内に新たな層状および鉱染状の鉛・亜鉛鉱が発見された。このことから今年度の資源開発基礎調査における試錐は、Pucara層群のより詳細な構造と、特に鉄床胚胎層準の情報を得て今後の調査の指標を明らかにすることを目的とした。

## 1-2 調査概要

1977年8月23日先発試錐調査員2名がOxapampa(オクサパンパ)に入山し、道路工事の完成および機材の搬入をまって、9月13日後続調査員2名が入山した。

工事はTGM-2C試錐機1台およびTBS試錐機1台の計2台を使用しワイヤーライン工法にて4孔、総掘進延長96880mを掘さくして11月8日工事を完了した。

## 1-3 調査員の構成

当該調査に従事した調査員は日本人主任技術者1名、技術者3名、現地オペレーター3名、現地作業員17名、計24名で2班を構成した。

作業は2台の試錐機により準備期間中は1日8時間1方作業とし、掘進期間は1日3交代24時間稼働を行った。

現地試錐作業に従事した技術者は下記の通りである。

主任技術者	坂本美展	三井金属エンジニアリング株式会社
調査技師	谷川勝政	"
調査技士	中山勇	"
調査技士	谷川育夫	"
コア鑑定 地質調査員	土居信一	"

## 第2章 試錐調査の概要

### 2-1 試錐地点

№52-1孔は、Oxapampaの北西方向直距離7km、標高1900mに位置し、Oxapampa 宿舎より路面距離で10kmあり、通勤は車輛にて片道40分を要した。

№52-2孔、52-4孔は、№52-1孔の南南東方向直距離2.2km、標高1950mに位置し、Oxapampaより№52-1孔に至る運搬道路の6.8km地点より西方に0.7km山添いに入り通勤所要時間は片道30分である。

№52-3孔は、№52-2孔の南方方向距離1.2km、標高2025mに位置し、上記運搬道路の№52-2孔への分岐点より1.5km手前より2.0km南下した地点にあり、各試錐座間の路面距離は4~7kmの範囲にあった。相互の連絡は便利であったが、降雨時は運搬路がぬかるみ時には運行も不能となることが屢々あった。

### 2-2 設営作業

#### (1) 道路工事

8月22日、先発の調査員2名がOxapampaに到着、試錐現地の踏査を行い道路計画、運搬搬入計画を立案すると共に、人夫の調達を行い、併せて土地共有組合との間に試錐用地の借用、農地内の立入通行、ならびに道路の新規造成の了解をとりつけた。

さらにブルドーザー1台および現地人夫10名により既設道路の補修と、ブルドーザーによる切土、露出岩盤の発破を行って新規道路の造成を行った。

№52-1孔は8月25日より既設道路の補修に着工し9月24日に道路工事を完成した。この間4500mの道路の補修およびブルドーザーにより切土と発破作業を行って250mの道路を新設した。

№52-2孔、52-4孔は9月4日より道路工事に着工し、500mの道路の新設と、200mの補修工事を行った。

№52-3孔は既設林道があったが車の運行量が少なく、急傾斜のため雨水により土壌が流出し転石がいたるところ介在してその儘の状態では車輛の通行が不可能なため№52-1の地点において稼働中のブルドーザーを移動し9月5日に補修および試錐用地の整地をあわせて完成させた。

#### (2) 機材の搬入

Lima（リマ）よりOxapampaの間は大型車（12トン車）で運搬を行ったが、Oxapampaより現地の間にある橋梁は重量物運搬用としては弱いためOxapampaにおいて4トン車に積み替えを行って、№52-3孔は9月4日、№52-1孔は10月1日に夫々搬入を開始した。

### (3) 設 営

試錐現場の整地作業はその現場までの道路工事が完成した時点において引きつきブルドーザーで剥土、地均しを行ったがNo 5 2-2孔およびNo 5 2-4孔の2孔は岩盤の露出があり発破を併用し整地を行った。

### (4) 試錐用水

試錐作業に使用する用水は、いずれの試錐孔も自然流水の引用が可能であった。No 5 2-1孔は1/2吋ポリパイプを延長180m、No 5 2-2孔は10m、No 5 2-4孔は50mの配管を行った。No 5 2-3孔は上流より延長50mの側溝をつけ引水を行った。No 5 2-2孔は試錐位置の下流地点に小学校、民家があり、この沢の用水を使用している関係上、泥水・排水・廃油等による河川の汚濁を恐れ、試錐路上流に貯水池をつくり1/2吋ポリパイプで小学校まで900mを配管し給水を行った。

## 2-3 掘進作業

試錐を実施した表土の厚さは、1.50m~2.000mの範囲にあり、この部分は116%トリコンビットおよびメタルビットで掘進を行い112%ケーシングパイプを挿入した。着岩後も風化破砕が激しく、岩質が安定する迄HQワイヤーラインを使用しNWケーシングパイプを挿入して孔壁を保護した後、NQワイヤーラインで最終深度まで掘さくを行った。

各孔の掘進状況は次の通りである。

### III No 5 2-1孔

116%メタルビットで10mまで掘進し硬岩に達したため112%ケーシングパイプを挿入しHQワイヤーラインに切替えたが、風化した軟弱地盤中に硬岩の転石が混り、崩壊が激しいため、深度18.20mでロッドを揚げ、112%ケーシングパイプを抜管し、ダイヤモンドシュールを取りつけ、深度18.00mまで112%ケーシングパイプを延長した。引き続きHQワイヤーラインで23.60mまで掘進したが尚岩質が安定せず再度21.00mまで112%ケーシングパイプを延長した。

この間の破砕物は極めて硬くかつ他の部分は軟弱なため、コアが流出したのでこの部分はスラッジを採取した。このためダイヤモンドビットの損傷が極めて大きかった。

深度54.00mでNWケーシングパイプを挿入し、NQワイヤーラインに切替えたが岩質は石灰岩および破砕された石灰岩、粘土を含む頁岩、砂岩等で160m附近までクラックが発達し、逸泥するため泥水中に生石灰を入れ泥水をゲル化させて、逸泥を防止しながら掘さくを行った。

160m以深は、岩質も安定したのでLibonite泥水に切換え、逸水もなく順調に掘進し深度300.50mで掘進を終了した。

Table III - 1. Drilling equipment's used (TGM-2)

Item	Quantity	Type	Specifications
Drilling machine	1 set	TGM-2 (Tone Boring Co. 'Ltd)	Capacity BX : 500 m Dimentions H : 1520 m/m L : 2430 m/m V : 990 m/m Weight (Except motor) 1200 kg
		Swivel Head	Spindle speed 200, 500, 770, 1000, r.p.m. Spindle stroke 500 m/m
		Hoist	Device Planetary Gear Capacity 2200 kg
		Mounting	Skidframe + Self-towing device
		Transmission	4 Speed Gearbox + Clutch
Drilling machine motor	1 set	KE-250 (Mitsubishi model)	31.5 PS 1800 r.p.m.
Drilling Pump	1 set	NAS-30 (Tone Boring Co. 'Ltd)	Duplex Cylinder Double action Piston Diameter 75 m/m 60 m/m 47.5 m/m Piston stroke 50 m/m Capacity 130ℓ/min 80ℓ/min 48ℓ/min Weight 430 kg
Drilling Pump motor	1 set	NS-110C	9.5 PS 2200 r.p.m.
Derrick	1 set	DR-10	Height 10 m Max load Capacity 5000 kg
Mud-Mixer	1 set	MCE-100A (Tone Boring Co. 'Ltd)	Tankege 125ℓ Mixing Capacity 100ℓ
Drill Rod	30 pcs	HQ	Length 3.0 m
	110 "	NQ	" 3.0 m
	160 "	BQ	" 3.0 m
Casing Pipe	6 "	112 m/m φ	Length 3 m
	5 "	"	1.0 m
	4 "	"	0.5 m
	32 "	NY	3.0 m
	2 "	"	1.0 m
	2 "	"	0.5 m
	105 "	BY	3.0 m
	2 "	"	1.0 m
	2 "	"	0.5 m

Table III - 2. Drilling equipments used (TBS-5)

Item	Quantity	Type	Specification
Drilling machine	1 set	TBS-5 (Tone Boring Co. 'Ltd)	Capacity                      RK : 300 m Dimention                      H : 1210 m/m L : 1915 m/m V : 980 m/m Veight (Except motor)      800 kg
		Swivel Head	Spindle speed 160, 525, 760, 1000, r.p.m. Spindle stroke 500 m/m
		Hoist	Device Planetary Gear Capacity
		Mounting	Skidframe + Self-towing device
		Transmission	4 Speed Gearbox + Clutch
Drilling machine motor	1 set	KE-35 (Mitsubishi model)	36 PS      1800 r.p.m.
Drilling Pump	1 set	NAS-100B (Tone Boring Co. 'Ltd)	Duplex Cylinder Double action Piston Diameter                  60 m/m Piston stroke                      50 m/m Capacity                            35.5l/min ~ 71l/min Weight                              325 kg
Drilling Pump motor	1 set	NS-110C	9.5 PS      2200 r.p.m.
Derrick	1 set		Wooden Height      9 m Max load Capacity              4000 kg
Mud-Mixer	1 set	MCE-100A (Tone Boring Co. 'Ltd)	Tankage                          125l Mixing Capacity                100l
Drill Rod	30 pcs	HQ	3.00 m
	111 "	NQ	3.00 m
	105 "	BQ	3.00 m
Casing Pipe	15 "	112 m/m $\phi$	3.00 m
	5 "	"	1.00 m
	4 "	"	0.50 m
	32 "	NV	3.00 m
	2 "	"	1.00 m
	2 "	"	0.50 m
	105 "	BV	3.00 m
	2 "	"	1.00 m
	2 "	"	0.50 m

Table III - 3. Consumed materials

Description	Specification	Unit	Quantity				Total
			No.1	No.2	No.3	No.4	
Gasoline		l	0	0	190	0	190
Light Oil		l	2,000	1,000	1,800	1,200	6,000
Mobil Oil		l	40	40	40	40	160
Gear Oil		l	25	25	25	25	100
Hydraulic Oil		l	50	50	50	50	200
Grease		kg	25	25	25	25	10
Bentnite		kg	9,600	2,805	8,370	2,560	23,335
CMC		"	31	9	27	8	75
Libonaito		"	125	36	108	31	300
Metal Crown	116m/m	pc	2	0	0	0	2
Diamond Bits	HQ W.L	pc	2	11	1	3	17
"	NQ W.L	pc	17	7	12	6	42
Single Core Tube	116m/m	set	1	0	0	0	1
Core Tube	HQ W.L	set	1	0	1	0	2
"	NQ W.L	set	1	0	1	0	2
"	BQ W.L	set	1	0	1	0	2
"							
Core Tube Head	HQ.WL	set	1	0	1	0	2
"	NQ.WL	set	1	0	1	0	2
"	BQ.WL	set	1	0	1	0	2
"							
"							
Casing Head	112m/m	pc	1	0	1	0	2
"	NW	pc	1	0	1	0	2
Casing Metal Shoe	112m/m	pc	1	0	1	0	2
"	NW	pc	1	0	1	0	2
Cement		kg	600	160	0	80	840
Rag		kg	5	5	5	5	20
Core box		pc	7	23	8	42	55
Core box		pc	46	12	35	5	100
Board	4.5cmx1.80m						33m <sup>2</sup>
Square Timber	7cmx3.60m						4
	12cmx3.60m						4
Wire							
Nail	3m/mx30	pc					1
Wire Rope	12m/mx100m	pc					1
Manila Rope	18m/mx100m						1
Pump Packing	NAS-3	set					3
Water Swivel							
Packing	6T	pc					3
V-belt		pc					1
V-belt		pc					1
Core Lifter	HQ W.L	pc	4	3	3	3	13
"	NQ WL	pc	10	4	4	4	16
"							
"							
Core Lifter Case	HQ W.L	pc	2	1	1	1	5
"	NQ W.L	pc	6	3	3	3	15



## (2) №52-2孔

116%トリコンビットで掘進を開始、深度300mで着岩したので112%ケーシングパイプを挿入、HQワイヤーラインに切替えた。

深度85.00mまで、随所に粘土を挟む角礫岩中を掘進したが、角礫岩は硬度が極めて高くダイヤモンドビットの磨耗が大きく、かつ掘進速度が遅い状態であったので、NWケーシングパイプを挿入しNQワイヤーラインに切替えた。

NQワイヤーラインに切替え後も粘土化帯を挟む硬質の角礫岩が続いた。本孔は深度、168.3mにて掘止めた。

## (3) №52-3孔

116%トリコンビットで掘進を開始、1230mで着岩したが、2300mまで風化帯36.85mまで珪岩の風化帯で崩壊が激しく、HQワイヤーラインと112%ケーシングパイプで掘進と拡孔を繰り返し漸く3350mまで挿入した。それ以深はケーシングパイプの挿入が困難なため、HQワイヤーラインで50.60mまで掘進し、NWケーシングパイプを挿入しNQワイヤーラインに切替えた。

岩質は深度53.00mで風化帯が終り、石灰岩となったが、亀裂が多く崩壊や逸水のためパイプレーションを発生し、再度拡孔を行って70mまでNWケーシングパイプを延長し、ワイヤーラインロッドにグリースを塗油して、パイプレーションを防止しながら予定深度300mまで掘進を行い終了した。

## (4) №52-4孔

116%トリコンビットで掘進を開始した。表土の部分は極めて浅く、150mで石灰岩層に着岩したため、ノーケーシングパイプのままHQワイヤーラインにて87.35mまで掘進を行い、NWケーシングパイプを挿入して、NQワイヤーラインに切替えた。

NWケーシングパイプ挿入後の地層は比較的安定した石灰岩が続き部分的に粘土化、又は破碎されたところも見受けられたがベントナイト泥水で十分に保孔出来たので順調に掘進し、深度200mで掘進を終了した。

## 2-4 移動・撤収工事

TBS試験機は№52-3孔、52-2孔ならびに52-4孔の順に3孔を掘進した。

各試験機はいつでもトラックののりつけが可能であり、各孔への移設はきわめて順調に行うことが出来た。

№52-2孔は、52-3孔の北方約1.3kmに位置しこの間の路面距離は約5kmで車輛は片道約15分で走行が可能であり、№52-3孔は9月30日に掘進を完了し解体をはじめて5日に№52-2孔の掘進を開始した。

№52-4孔は52-2孔より近距離に位置するため試錐機は自走により移動した。この間の移設も№52-2孔の掘進完了より3日間で52-4孔の掘進を開始した。

TGM-2C試錐機は日本からの輸出手続に長期を要し、現地への搬入が大巾におくれたため、№52-1孔の完了はTBS試錐機の最終孔の掘進完了と前後して工事を終了した。

このため撤収作業は両機とも同時期に搬出をはじめTGM-2C機は11月8日、TBS試錐機は11月9日に夫々Limaに搬出を完了し、現地作業を終了することが出来た。

## 2-5 工 程

### (1) 掘進成績

Table III-5に示した通り試錐孔4孔、総掘進延長96880 mの総掘進作業方当り掘進長は5.07 m/方で、実掘進作業方当りでは5.70 m/方であった。

各孔別に比較してみると、№52-2孔は極めて地層が硬く、ビットライフも5~6 mの掘進でダイヤモンドが磨耗し切削が不能となり、ビットの交換のためのロッド昇降を頻繁に行い、このため実掘進方当り掘進長は4.95 m/方と4孔中で最も低かった。

№52-1孔は表土及び風化帯の逸泥と崩壊が激しく、逸泥防止作業と、リーミング、ケーシング挿入並びに延長に多くの時間を要し、総掘進方当り掘進長においては4.55 m/方と最低を記録した。

№52-3孔は、№52-1孔と岩質は類似しているが、風化帯が№52-1孔より浅かったため、総掘進方当り掘進長5.00 m/方、実掘進方当り掘進長6.25 m/方と、№52-1孔、№52-2孔を上廻った。

№52-4孔は、地層の変化が少なく、且つこの地域の掘進にも習熟し総掘進方当り掘進長6.67 m/方、実掘進方当り掘進長6.90 m/方と4孔中で最もよい記録を出した。

掘進速度とビット回転数は概ね次の通りであった。

	速 度	ビット回転数
極硬岩(角礫疑灰岩)	15~20mm/分	700~800 r. p. m.
硬 岩	30~40mm/分	600~700 r. p. m.
軟 岩	50~60mm/分	500~600 r. p. m.

尚上記掘進成績は、ワイヤーライン工法としては、良好の成績とは云い難いが風化帯、逸水の多い地層を無事故でこの様な成績をあげ得たことは、HQサイズより掘進を開始し、深部に於ける破砕帯のためにNQサイズで掘進したことによるものと考へる。

### (2) コア-の採取率

Table III-5に示す通り、表土を除いた部分の総掘進長93320に対して88390 mのコア-を採取し平均採取率94.8%であった。

No 52-2 孔は極硬岩で表土を除きコア 100% を採取することを得たが、No 52-1 孔は風化帯が深く、この部分が流失し採取率が 87% となったが流出した部分についてはスライムの採取を行って地質の確認をはかった。

Table III - 4. Working time by drill hole

Drillhole No.	Drilling	Hoisting & lowering rod & I.T.		Miscellaneous			Repairs	Removing		Total
		Rod	Inner tube	Casing insertion	Hole reaming	Others		Preparation	Moving	
52-1	141°20'	45°05'	119°05'	22°15'	3°00'	171°20'	18°30'	68°00'	254°30'	843°10'
52-2	157°30'	18°00'	62°00'	-	-	6°30'	-	64°00'	130°00'	438°00'
52-3	219°30'	25°50'	83°00'	27°00'	-	94°40'	11°00'	8°00'	52°00'	521°00'
52-4	70°00'	7°00'	38°30'	8°00'	-	41°15'	-	150°00'	-	314°45'
Total	588°20'	96°00'	302°35'	57°15'	3°00'	313°45'	29°30'	290°00'	436°30'	2,116°55'
		398°35'		374°00'						
	28.8%	4.5%	14.3%	2.7%	0.2%	14.8%	1.4%	13.7%	20.6%	100%

Table III - 5. Results of diamond core drillings

Drill hole No.	Type of machine	Drilling period	Drilling length	Core		No. of shifts		Drilling speed		Remarks	
				Length	Recovery	Drilling	Casing etc.	Total	* m/shift		** m/shift
52-1	TBM	COM 6th Oct. 1977 FIN 3rd Nov. 1977	300.50 <sup>m</sup>	246.65 <sup>m</sup>	86.9%	59	7	66	5.09	4.55	Over burden 19.80 m
52-2	TBS	COM 5th Oct. 1977 FIN 17th Oct. 1977	168.30	165.30	100.0	34	1	35	4.95	4.80	Over burden 3.00 m
52-3	TBS	COM 11th Oct. 1977 FIN 30th Sept 1977	300.00	278.30	96.7	48	12	60	6.25	5.00	Over burden 12.30 m
52-4	TBS	COM 22nd Oct. 1977 FIN 31st Oct. 1977	200.00	193.65	96.8	29	1	30	6.90	6.67	Over burden 1.50 m
Total			968.80 <sup>m</sup>	883.90 <sup>m</sup>	94.8%	170	21	191	5.70 <sup>m</sup>	5.07 <sup>m</sup>	Over burden 36.6 m

Notes : COM : Commenced

FIN : Finished

\* Drilled length per one shift covering net drilling operations

\*\* Drilled length per one shift covering total works conducted

Table III - 6. Moving operations

Item	52 - 1		52 - 2		52 - 3		52 - 4		Total		
	Day	Man/day	Day	man/day	Day	man/day	Day	man/day			
Moving operation	In	24th Aug. 1977	4th Sept 1977	5th Sept 1977	19th Oct. 1977						
	Out	5th Oct. 1977	4th Oct. 1977	10th Sept 1977	21st Oct. 1977						
		4th Nov. 1977	18th Oct. 1977	1st Oct. 1977	1st Nov. 1977						
		8th Nov. 1977	18th Oct. 1977	1st Oct. 1977	9th Nov. 1977						
Preparation	Access road	16	174	10	122	1	10	0.5	5	27.5	311
	Haulage	5	55	1	14	1	10	1.5	23	8.5	102
	Installation	2	22	2	24	2	19	1	14	7	79
	Water pipe	0.5	6	1	13					1.5	19
	Test run, etc.	7.5	81	2	22					9.5	103
	Total	31	338	16	195	4	39	3	42	54	614
Removal	Dismantling	2	20	1	13	1	9	2	34	6	76
	pipe removal							1	10	1	10
	Haulage	2	20					5	40	7	60
	Road rein-statement										
	Others	1	10							1	10
Total	5	50	1	13	1	9	8	84	15	156	
Grand Total	36	388	17	208	5	48	11	126	69	770	

Table III - 7. Operational results by drill hole (No. 52-1)

Working Period	Period				Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers	
	Preparation	24th Aug. 1977 - 5th Oct. 1977				43	31	12	338
	Drilling	6th Oct. 1977 - 3rd Nov. 1977				29	28	1	324
	Removing	4th Nov. 1977 - 8th Nov. 1977				5	5	0	50
	Total	24th Aug. 1977 - 8th Nov. 1977				77	64	13	712
Drilling Length	Planned Length	300.00 m	Overburden	19.80 m	Core Recovery for each 100 m section				
	Increase or Decrease in Length	+ 0.50 m	Core Length	246.65 m	Depth of Hole	Section	Total		
	Length Drilled	300.50 m	Core Recovery	86.9% (82.00)	0 - 100 m	54.0%	54.0%		
Working Time	Drilling	141°20'	27%	16.8%	100 - 200 m	94.8%	74.3%		
	Hoisting & Lowering Rod	45°10'	8.7%	5.4%					
	Hoisting & Lowering I.T.	119°05'	22.9%	14.1%	200 - 300.50m	98.1%	82.0%		
	Miscellaneous	25°15'	4.8%	3.0%	Efficiency of Drilling				
	Reparing	18°30'	3.6%	2.2%	300.50 m/Working Period		3.90 m/day		
	Others	171°20'	3.3%	20.3%	300.50 m/Working Days		4.69 m/day		
	Total	520°40'	100%	61.8%	300.50 m/Drilling Period		10.36 m/day		
	Removing	Preparation	68°00'	-	8.0%	300.50 m/Net Drilling Days		10.73 m/day	
		Moving	254°30'	-	30.2%	Total workers/300.50 m		0.93 Man/m	
	G. Total	843°10'	-	100%	Total Drilling Workers/300.50 m		0.43 Man/m		
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Meterage	Inserted Length Drilling (%)	Recovery of Casing Pipe		Hoisting & Lowering Rod	Hoisting & Lowering I.T.			
	112 m/m 21.00 m	6.98%	100%		22 Times	198 Times			
	NV 54.00 m	17.97%	100%		Remarks				
					G : Grand I.T.: Inner Tube				

Table III - 8. Operational results by drill hole (No. 52-2)

Working Period	Period			Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers	
	Preparation	4th Sept. 1977 ~ 4th Oct. 1977	31					16
Drilling	5th Oct. 1977 ~ 17th Oct. 1977	13	12	1	122			
Removing	18th Oct. 1977 ~ 18th Oct. 1977	1	1	-	13			
Total	4th Sept. 1977 ~ 18th Oct. 1977	45	29	16	330			
Drilling Length	Planned Length	168.30 m	Over-burden	3.00 m	Core Recovery for each 100 m section			
	Increase or Decrease in Length	-	Core Length	165.30 m	Depth of Hole	Section	Total	
	Length Drilled	168.30 m	Core Recovery	100% (98.2)	0 ~ 100 m	97.0%	97.0%	
Working Time	Drilling	157°30'	64.5%	35.9%	100 ~ 168.30m	100.0%	98.2%	
	Hoisting & Lowering Rod	18°00'	7.4%	4.1%				
	Hoisting & Lowering I.T.	62°00'	25.4%	14.2%				
	Miscellaneous	-			Efficiency of Drilling			
	Reparing	-			168.30 m/Working Period		3.74 m/day	
	Others	6°30'	2.7%	1.5%	168.30 m/Working Days		5.80 m/day	
	Total	244°00'	100%	55.7%	168.30 m/Drilling Period		12.95 m/day	
	Removing	Preparation	64°00'	-	14.6%	168.30 m/Net Drilling Days		14.03 m/day
		Moving	130°00'	-	29.7%	Total workers/168.30 m		1.38 Man/m
	G. Total	438°00'	-	100%	Total Drilling Workers/168.30 m		0.51 Man/m	
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Meterage	Inserted Length Drilling (%)	Recovery of Casing Pipe Length	Hoisting & Lowering Rod 20 Times		Hoisting & Lowering I.T. 92 Times		
	112 m/m 3.00 m	1.8%	100%	Remarks				
	NV 85.00 m	50.6%	100%	G : Grand I.T.: Inner Tube				



Table III - 9. Operational results by drill hole (No. 62-3)

Working Period	Period				Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers	
	Preparation	5th Sept. 1977 ~ 30th Sept. 1977				6	4	2	39
	Drilling	11th Sept. 1977 ~ 30th Sept. 1977				20	20	-	243
	Removing	1st Oct. 1977 ~ 1st Oct. 1977				1	1	-	9
	<b>Total</b>	<b>5th Sept. 1977 ~ 1st Oct. 1977</b>				<b>27</b>	<b>25</b>	<b>2</b>	<b>291</b>
Drilling Length	Planned Length	300.00 m	Over-burden	12.30 m	Core Recovery for each 100 m section				
	Increase or Decrease in Length	-	Core Length	278.30 m	Depth of Hole	Section	Total		
	Length Drilled	300.00 m	Core Recovery	96.7% (92.7)	0 - 100 m	79.6%	79.6%		
Working Time	Drilling	219°30'	47.6%	42.1%	100 - 200 m	98.7%	89.2%		
	Hoisting & Lowering Rod	25°50'	5.6%	5.0%					
	Hoisting & Lowering I.T.	83°00'	18.0%	15.9%	200 - 300 m	100%	92.7%		
	Miscellaneous	27°00'	5.9%	5.2%	Efficiency of Drilling				
	Repairing	11°00'	2.4%	2.1%	300.00 m/Working Period		11.11 m/day		
	Others	94°41'	20.5%	18.2%	300.00 m/Working Days		12.00 m/day		
	<b>Total</b>	<b>461°00'</b>	<b>100%</b>	<b>88.5%</b>	300.00 m/Drilling Period		15.00 m/day		
	Removing	Preparation	8°00'	-	10.0%	300.00 m/Net Drilling Days		15.00 m/day	
		Moving	52°00'	-	1.5%	Total workers/300.00 m		1.23 Man/m	
	<b>G. Total</b>	<b>521°00'</b>	<b>-</b>	<b>100%</b>	Total Drilling Workers/300.00 m		1.03 Man/m		
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Meterage	Inserted Length Drilling (%)	Recovery of Casing Pipe Length		Hoisting & Lowering Rod	Hoisting & Lowering I.T.			
	112 m/m 33.50 m	11.2%	100%		18 Times	166 Times			
	NV 70.00 m	23.3%	100%		Remarks				
					G : Grand I.T.: Inner Tube				

Table III - 10. Operational results by drill hole (No. 52-4)

Working Period	Period				Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers	
	Preparation	19th Oct. 1977 ~ 21st Oct. 1977				3	3	-	42
	Drilling	22nd Oct. 1977 ~ 31st Oct. 1977				10	10	-	153
	Removing	1st Nov. 1977 ~ 9th Nov. 1977				9	8	1	81
	<b>Total</b>	<b>19th Oct. 1977 ~ 9th Nov. 1977</b>				<b>22</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>279</b>
Drilling Length	Planned Length	200.00 m	Over-burden	1.50 m	Core Recovery for each 100 m section				
	Increase or Decrease in Length	-	Core Length	193.65 m	Depth of Hole	Section	Total		
	Length Drilled	200.00 m	Core Recovery	97.6% (96.8%)	0 - 100 m	95.0%	95.0%		
Working Time	Drilling	70°00'	42.5%	22.2%	100 - 200 m	99.0%	96.8%		
	Hoisting & Lowering Rod	7°00'	4.2%	2.2%					
	Hoisting & Lowering I.T.	38°30'	23.4%	12.2%	-	-	-		
	Miscellaneous	8°00'	4.9%	2.5%	Efficiency of Drilling				
	Reparing	-	-	-	200 m/Working Period		9.09 m/day		
	Others	41°15'	25.0%	13.1%	200 m/Working Days		9.52 m/day		
	<b>Total</b>	<b>164°45'</b>	<b>100%</b>	<b>52.3%</b>	200 m/Drilling Period		20.0 m/day		
	Removing	Preparation	150°00'	-	47.7%	200 m/Net Drilling Days		20.0 m/day	
		Moving	-	-	-	Total workers/200 m		1.27 Man/m	
	<b>G. Total</b>	<b>314°45'</b>	<b>-</b>	<b>100%</b>	Total Drilling Workers/200 m		0.72 Man/m		
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Meterage	Inserted Length Drilling (%)	Recovery of Casing Pipe Length		Hoisting & Lowering Rod	11 Times	Hoisting & Lowering I.T.	87 Times	
	NV 87.35 m	43.7%	100%		Remarks				
					G : Grand				
					I.T. : Inner Tube				

Table III - 11. Specifications of bits and shells

Item	Size of bit	Type of bit	Carats per bit	Matrix (H.R.C.)	Stones per carat	Water way	Quantity	Remarks
Bit	116	Tri-cone					3	
	116	Metal			(Tips) 5 <sup>m</sup> /m x 5 <sup>m</sup> /m x 8 <sup>m</sup> /m		1	
	HQ	W L diamond	40	30 ~ 40	20 ~ 40	4	17	
Shell	NQ	W L diamond	30	30 ~ 40	20 ~ 40	4	42	
	HQ	W L diamond	10	30 ~ 40	20 ~ 40	4	3	
	NQ	W L diamond	8	30 ~ 40	20 ~ 40	4	4	
Grand Total			2,002				70	

Table III - 12. Drilling meterage of diamond bits

Item	Type	Bit No.	Drilling meterage by Drillhole, Unit: Meter				Total		
			52-1	52-2	52-3	52-4			
Bit	HQWL	8853	13.60				19.80m		
		2801	6.20						
		24969		7.40					
		24970		7.30					
		24971		7.45					
		24972		7.50					
		24973		7.55					
		24974		7.70				82.00m	
		24975		7.60					
		24976		7.40					
		24977		7.40					
		24978		7.35					
		24979		7.35					
		24968				38.30			38.30m
		24980				24.10			
	24981				34.20		85.85m		
	24982				27.55				
	NQWL	8664	0						
		8015	3.00						
		2804	7.10						
		3308	7.15						
		1963	7.35						
		11-4	14.10						
		8849	7.30						
		8851	0.90						
		2803	9.60						
		72695	22.10						
		1960	24.65				270.70m		
		8852	6.45						
		72694	25.90						
		8850	25.00						
		1962	36.80						
		1961	37.00						
		72693	36.30						
		28585		11.20					
28584			11.70						
28583			11.90						
28582			11.90			83.30m			
28581			11.80						
28580		12.00							
28579		12.80							
25854			20.80						
25855			20.80						
25856			20.50						
25857			20.50						
25858			21.00						
25859			20.60						
25860			20.60		249.40m				
25861			20.70						
25862			20.70						
25863			21.00						
25864			21.00						
25865			21.20						
29812				19.00					
29813				18.90					
29814				19.00	112.65m				
29815				18.70					
29816				18.50					
29817				18.55					
Grand Total		290.50	165.30	287.70	198.50	942.00m			

### 第3章 試錐孔の地質および鉱床

#### 3-1 52-1孔(深度300.50M)

- ① 0m-10.00m間は表土である。
- ② 10.00m-90.00m間は灰白色ないし白色の硬い緻密な珪化ドロマイトで砂質あるいは泥質のところも認められる。また40.00m付近にはチャートのノジュールが含まれている。このチャートは半透明、暗灰色を呈し最大3cm×6cmである。15.00m付近では方鉛鉱が認められる。
- ③ 90.00m-96.15m間は黒色頁岩でBryozoan, Algal debrisなどの化石を含んでいる。この付近での層理面はコアーの方向に対し20°である。
- ④ 96.15m-101.90m間は砂質ドロマイトで、斑点状に径2~4mmの石英を含んでいる。ここでの層理面はコアーの方向に対し60°を示している。
- ⑤ 101.90m-135.50m間は泥質ドロマイトを主としCrinoids(海百合類), Bryozoan(こけむし類), Brachiopods(腕足類)等の化石破片が認められる。
- ⑥ 135.50m-146.85m間は珪化ドロマイトで、Bryozoan, Crinoids, さんごの破片などの化石類を豊富に含むのが認められる。この付近での層理面はコアーの方向に対し20°である。
- ⑦ また、115.25m-140.70m間は閃亜鉛鉱および方鉛鉱の鉱染が認められる。鉱微が認められたところの母岩は、化石を多く含むドロマイトおよび泥質ドロマイトである。閃亜鉛鉱は130.00m付近ではBryozoan, Brachiopodsを交代し、あるいは、その周辺を取囲むように鉱染している。そのほかではところどころに発達した石英細脈や方解石脈に伴われ、更に単体ではドロマイト中にも認められる。概ね自形結晶をなし、化石の周辺に在るものは0.1mm以下で、そのほかはやや粗粒となり、単体では1mm大のものも在る。一方、方鉛鉱はほとんど方解石細脈に伴われており、115.00m付近では最大5mmにも達する。  
123.35m-131.05m間(7.7m)は本孔の中で最も濃集したところで、その平均品位はPb 0.24%, Zn 1.1%であり、特に129.35m-130.35m(1.0m)間はZn 4.9%である。鉱微が認められたところでは、変質作用として珪化作用が顕著である。
- ⑧ 146.85m-170.00m間は泥質ないし砂質ドロマイトで150.85mには微弱な閃亜鉛鉱の鉱染が認められる。
- ⑨ 170.00m-185.90m間は、砂岩・シルト岩の互層でやや石灰質のところも認められる。この互層帯ではBryozoan, Bivalves(二枚貝類), Gastropods(腹足類)の化石を含み、部分的に濃集したところも認められる。  
ここでの層理面はコアーの方向に対し20°-30°である。

⑩ 185.90m-226.45m 間は砂岩を主とし、ところどころに石灰質あるいはドロマイト質のところを挟んでいる。また、199.85mにおいて径3mm大のEchinoids(うに類)が確認された。層理面はコアーの方向に対し $1^{\circ}$ - $15^{\circ}$ である。

⑪ 226.45m-237.8m 間は一部ドロマイト質な部分を含む石灰岩でBryozoa, Bivalves, Algal debris, Foraminiferaなどの化石が含まれている。

⑫ 237.80m-300.50m 間は石灰質細粒砂岩ないしシルト岩を主とし、ところにより泥質石灰岩を挟在する。細粒砂岩ないしシルト岩は最大径3mmにも達する斑点状絹雲母を多く含んでいる。

### 3-2 52-2孔(深度168.30M)

① 0m-300m間は表土である。

② 3mより孔底の168.30mまでは、火山性砕屑物、火山礫を含んだ火山性角礫岩ないし礫岩を主とし一部にて石英斑岩、花崗斑岩などの斑岩類によって貫かれている。含有する礫は亜角礫ないし亜円礫質で、赤色・赤紫色または赤褐色を呈する流紋岩ならびに淡紫灰色の安山岩などの火山岩を主としている。礫径は1cmから5cm程度のものであるが淘汰は悪く、稀に優白質花崗岩の巨礫(径10-20cm)を含んでいる。基質は砂質から凝灰質までにおたっており、全般に前述の礫種の砕屑物であることが多い。

層理面は明瞭でないが、27.50m付近に挟在される安山岩質凝灰岩から $50^{\circ}$ と推定される。また、破砕化、粘土化を蒙った部分も多く、特に108.00m付近から孔底までが著しい。

③ この火山性角礫岩を1.0cm巾から1m巾で石英斑岩が貫いている。この方向は $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$ である。

石英斑岩は石英の斑晶がやや不明瞭であるが、全体に珪長質緻密であり、ミルメカイト様組織が観察され、花崗斑岩質の部分もある。流理構造の見られる部分もあり、その方向は約 $80^{\circ}$ である。

④ 本孔における鉱石鉱物としては細粒の黄鉄鉱が僅かに認められただけであった。

### 3-3 52-3孔(深度300.00M)

① 0m-12.30m間は表土である。

② 12.30m-22.80m間は淡褐灰色の花崗斑岩で、かなり風化をうけており、破砕されている。石英の斑晶は0.2cm-0.8cmで半自形である。鉄黒色黒雲母(径5mm)も含み、石英斑岩質な部分もある。

③ 22.80m-38.10m間は泥質の砂岩で、褐鉄鉱のしみが認められる。

④ 38.10m-143.70m間は暗灰色細粒の石灰岩が連続し、局部的に泥質のところも認め

られる。また、70.50mでは厚さ20cmのドロマイトが確認された。この石灰岩の層理面は101.50m付近で $20^{\circ}-30^{\circ}$ 、117.50m付近で $40^{\circ}-50^{\circ}$ である。

⑤ 72.80m-75.00mおよび87.80m-108.20m間の石灰岩には方鉛鉱を主とする鉛鉱が認められる。方鉛鉱は自形を呈しており、最大径0.5mm程度の粒子状である。96.00m-98.30m間の平均品位はPb 0.1%、Zn 0.05%である。なお、ここでは母岩の石灰岩に対する変質作用は殆んど認められなかった。

⑥ 143.70m-146.80m間は灰色細粒砂岩でやや礫質のところもある。

⑦ 146.80m-219.50m間はやや泥質の暗灰色ないし黒色石灰岩で、Bivalves、さんごの破片などの化石が認められる。

⑧ 219.50m-271.78m間はやや結晶質の淡灰色ないし暗灰色石灰岩で256.00m-264.00m間はやや砂質である。層理面は $80^{\circ}$ である。

⑨ 271.78m-272.90m間は石灰質ドロマイトである。

⑩ 272.90m-300.00m間は灰色石灰岩で比較的破碎されている。また、孔底はドロマイト質である。

### 3-4 52-4孔(深度200.00M)

① 0m-1.50m間は表土である。

② 1.50mより200.00mまで、ほぼ全長にわたり暗灰色～灰色の粗粒ないし中粒石灰岩であるが、54.40m-143.90mおよび182.40m以下孔底までは黒色泥質な石灰岩である。また、本孔ではドロマイトは確認できなかった。

③ 本孔では、全長にわたって化石を含んでいるのが特長であるが、深度毎にその種類と量に差異が認められる。すなわち、23.45mまではAlgal debris(藻類)、Bivalvesおよびさんごの破片などを比較的多く含み、67.20mまではBryozoa, Foraminifera(有孔虫)などが僅かになる。そして117.35mまではGastropods, Echinoids, Bryozoa, Algal debrisおよびForaminiferaなどが種・量ともに豊富に含まれている。更に117.35m以降135.00mまでは部分的に微小化石(径1mm以下)が僅かに認められるだけで少い。168.00mから200.00mまではForaminiferaなどの微小化石が多く含まれている。

④ 層理面の発達が悪く、僅かに99.00m付近で $30^{\circ}$ を示しているのが認められただけであった。

⑤ 鉛石鉱物としては、若干の褐鉄鉛が認められただけであった。

### 3-5 試錐孔の地質の総括

#### 3-5-1 Pucara 層群の層序の対比

試錐コアのこれまで実施した観察からは明瞭な鍵層や、示準化石が見出されてなく、従って各孔の対比は極めて困難である。しかし鈹化作用の検討に必要であるので、以下のごとく行なった。地表調査では、第1部第2章において述べたように、San Roque付近は第V層に属する石灰岩・ドロマイトが分布しており、第V層はその下部において泥質ないし砂質のところの在ることも確認されている。

試錐孔の各孔口は、その岩相・対比などから52-2孔を除きいずれも第V層のドロマイト・石灰岩に位置しており、各孔の岩相の間にはかなり差異が在るが、泥質岩・砂質岩がかなり多く認められ、第V層についての地表での考察の結果とも比較的一致している。従って52-2孔を除き各孔は第V層を買っているものと見られる。岩相の変化が著しい中で各孔における分布状況をよく見ると、52-1孔96.15m-101.9m間および52-3孔143.7m-146.8m間の砂質相を主とする部分はその下位に厚い泥質相を伴っていることから同一層準として対比させて差支えないと考えられる。52-4孔には、この層準に対比できるような顕著な砂質相は確認できなかったが、54.4m以下の黒色泥質石灰岩が52-1孔および52-3孔の砂質相の下位にも確認されているので54.4m付近が対比されよう。この柱状対比図をFig. 1-1に示した。これにより以下のことが考察される。

- (1) 前述の砂質相より上位では(以下上部層と呼ぶ)52-1孔はドロマイトを主とし、52-3孔、52-4孔では石灰岩を主とする。また、52-1孔、52-3孔の上部を除き化石を含有している。上部層の大きな特長はドロマイトが、52-1孔においてのみ顕著なことである。52-3孔では70.5m付近に僅か認めただけであるので、ドロマイト化作用(第1部2-3-3参照)は北部において顕著であり、南部では余り進まなかったものと考察される。ほぼ15m毎に採取した試料のMg平均含有量は52-1孔7.3% (6個)、52-4孔0.4% (3個)、52-3孔0.9% (10個)である。
- (2) 52-3孔72.8m-108.2m間におけるやや泥質な石灰岩には方鉛鈹の鈹染が認められる。52-1孔では15.05mに認められたものが対比されよう。また52-4孔では認められてないが、地表に露出している鈹徴がこの層準に対比するものと見られる。
- (3) 52-1孔101.9m-185.9m間、52-3孔146.8m-219.5m間および52-4孔54.4m-143.9m間(中部層)は52-1孔が泥質ドロマイトであるほか泥質石灰岩を主としており、泥質相を特長とすることで一致している。

化石も特に52-1孔において顕著でBryozoan, Brachiopods, Crinoids, さんごなどが認められ、52-3孔、52-4孔でもBivalves, Bryozoan, Foraminifera, 藻類などが認められる。



(4) 中部層の最大の特長は52-1孔における閃亜鉛鉱の確認、52-3孔、52-4孔での泥質石灰岩の中およびその直上部で肉眼による鉛石鉱物は確認出来なかったものの、分析により鉛および亜鉛の高い含有量を有する層準であることが判明したことである。

(5) 52-1孔の185.9m以下、52-3孔の219.5m以下および52-4孔の143.9m以下(下部層)は概ね石灰岩を主とするが、52-1孔では砂質岩・泥質岩がかなり厚く分布しているところもあり、南部の52-3孔、52-4孔に比べ堆積環境の変化に富んでいたことが考察される。化石類も多く認められ52-1孔ではBryozoa, Bivalves, Gastropodsなどが顕著であり、52-3,4孔でもBivalves, さんごなどのほかForaminiferaなど小型化石類も顕著である。

(6) 以上述べたことから、試錐孔付近におけるPucara層群は海進、海退或は堆積盆の隆起、沈降などの変化に富んだ比較的浅海環境において堆積したものと考えられる。またドロマイトは52-1孔の様に急激に厚さを増し連続性に乏しいことからさんご礁のような内海に堆積した石灰岩を起源にしたものと思われる。

### 3-5-2 52-2孔の火山性角礫岩について

52-2孔において捕捉された火山性角礫岩は第1部第2章(2-2-1)において考察したようにMitu層群に対比されることが明らかとなった。ここでのMitu層群はN-S方向ないしNNW-SSE方向の2つの断層に挟まれて分布しており、その東側と西側にはPucara層群が分布しているので、調査地域に顕著なNNW-SSE方向の断層に沿ったブロック運動により上位のPucara層群を貫き露出したものと考察されるに至った。

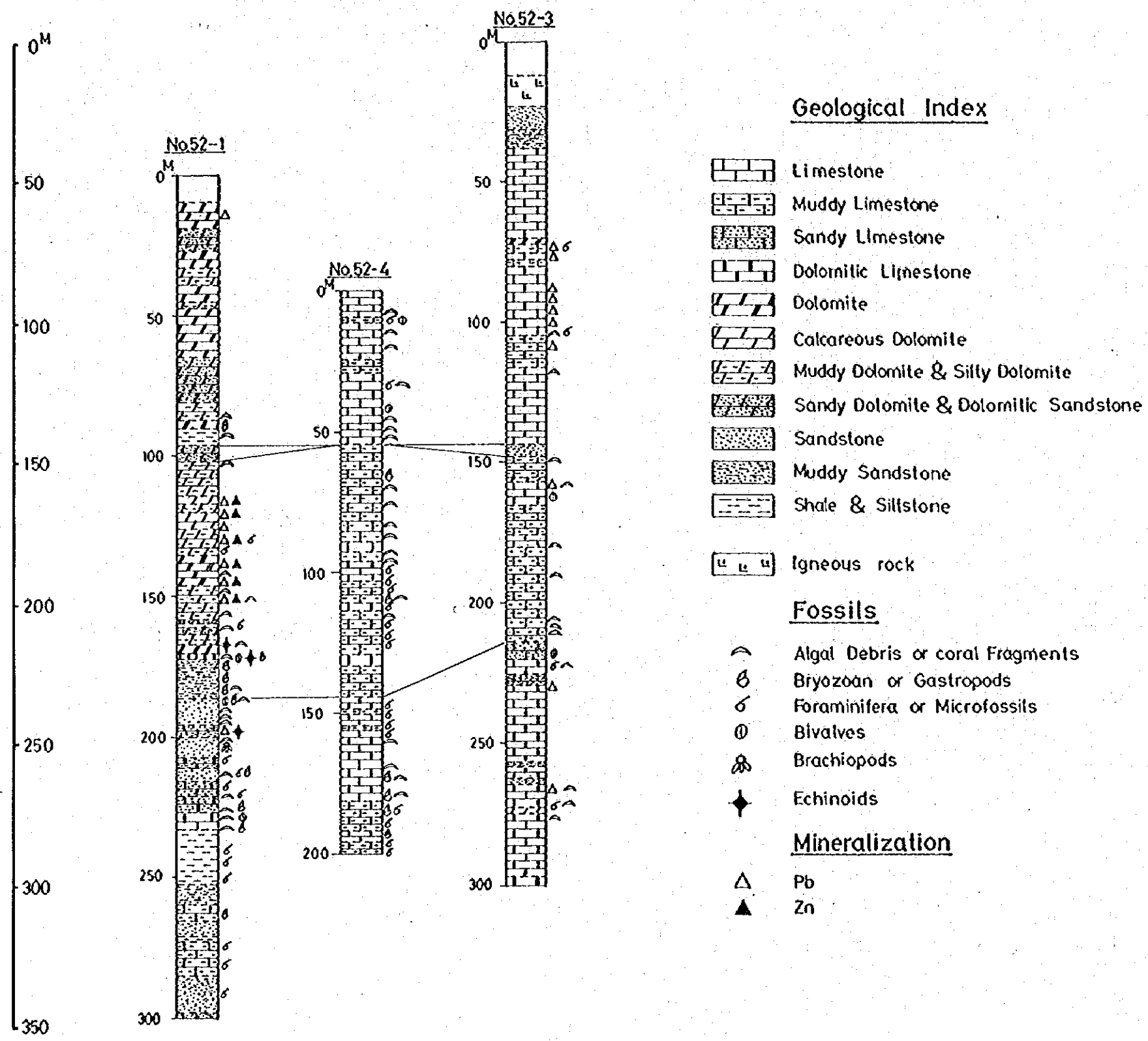


Fig. III - 1. Columnar Section of Three Drill Holes

## 第4章 鉛化作用についての考察

石灰岩・ドロマイトなどの銅・鉛・亜鉛の分布状況を調べるため、ほぼ1.5 m毎に試料を採取し鉛微部の試料とともに分析を行なった。分析の結果はA. III-12, Fig. III-2に示した。これから以下のことが考察される。

- ① 52-1孔では鉛・亜鉛の鉛微が見出されたところは7.70 mにわたってPb0.2%, Zn1.1%を示していたが、その直上部および直下部では亜鉛は100 ppm以下で鉛より低い含有を示していた。Tambo Mariaにおけると同種の傾向が見出された。
- ② 鉛は、52-1孔の亜鉛の鉛微部および52-3孔の鉛鉛微部が高い品位を示し、そのほかでは100 ppm前後の値であった。
- ③ 52-3孔では鉛鉛微の上部と下部とにおいて高い亜鉛の含有を示す層準が認められ、52-4孔では全般に他に比べ低い値が多いが、その中でも亜鉛について比較的高い亜鉛の含有を示す層準が2箇所見出された。

岩相と対比すると、これらの亜鉛の高い値を示す層準は石灰岩・ドロマイトの岩質に拘わらず、いずれも泥質岩に関係し、泥質岩の中か、その直上に位置している。特に中部層に相当する泥質ドロマイトおよび石灰岩には、52-1孔の鉛微など高い含有を示しており、鉛化作用に関して重要な層準であることが明らかである。

- ④ 銅は概して鉛・亜鉛と同じような傾向にあったが52-1孔の鉛微部周辺では鉛・亜鉛と全く逆の関係を示しているのが特長的である。

鉛微地付近の試料は現下では粗粒(1 $\mu$ m~1.5 $\mu$ m)の方鉛鉛・閃亜鉛鉛が、自形ないし半自形を呈しドロマイト化した化石の中あるいは周辺および石英・方解石脈に伴われて存在するのが認められる。一方、肉眼で閃亜鉛鉛は認められないが化学分析で高いZn値を示した層準では、閃亜鉛鉛は粒状・他形(径5~20ミクロン)を呈し石灰岩を構成する方解石の粒間を埋めるように沈殿しているのが認められた。また石灰岩の中でも再結晶した方解石の中では径50ミクロンに成長し自形を呈しているのも認められる。(A. III-7参照)

以上の品位的或は鉛物学的に見た2つの事実は、鉛についても亜鉛についても鉛物の移動・濃集のあったことを示しており、移動したものが自形で、しかも粒度が大きく、移動しなかったもの、すなわち、小粒状で他形を呈しているものは初生的に炭酸塩岩に含まれていたものと考察される。後者については、この地域の鉛物物の起源を示すものとして注目される。

更に炭酸塩岩中の鉛・亜鉛の高い含有を示す層準は泥質岩の直上かその中である。

Mississippi Valley タイプの同時堆積性鉛・亜鉛鉛床といわれるアルプス地方の鉛・亜鉛鉛床(Schnider, H. J. (1964)), カナダのPine Point鉛床(Skall, H. (1975)) などにおいてもSan Roque地域の場合と類似した泥質岩の中、或は直上に方鉛鉛・閃亜鉛鉛

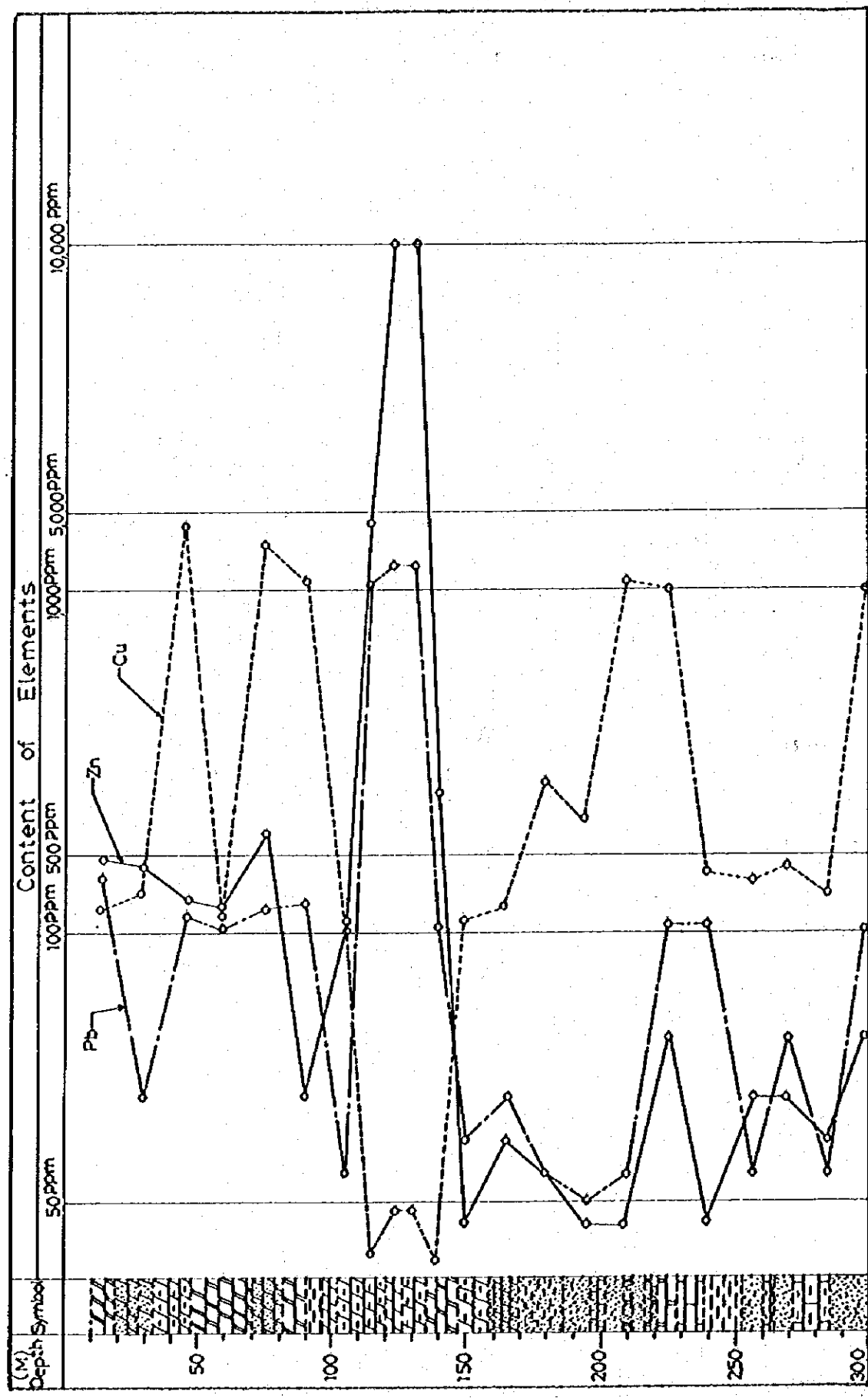
の沈殿が知られており、San Roque 地域の初生的鉛石沈殿も Mississippi Valley タイプのそれと同様のことが考えられる。

すなわち、これらの泥質岩の層準は藻類など有機質成分を多く含んでおり溶液中の鉛・亜鉛イオンなどを還元し、方鉛鉱・閃亜鉛鉱などを沈殿させる環境にあったものと考察される。

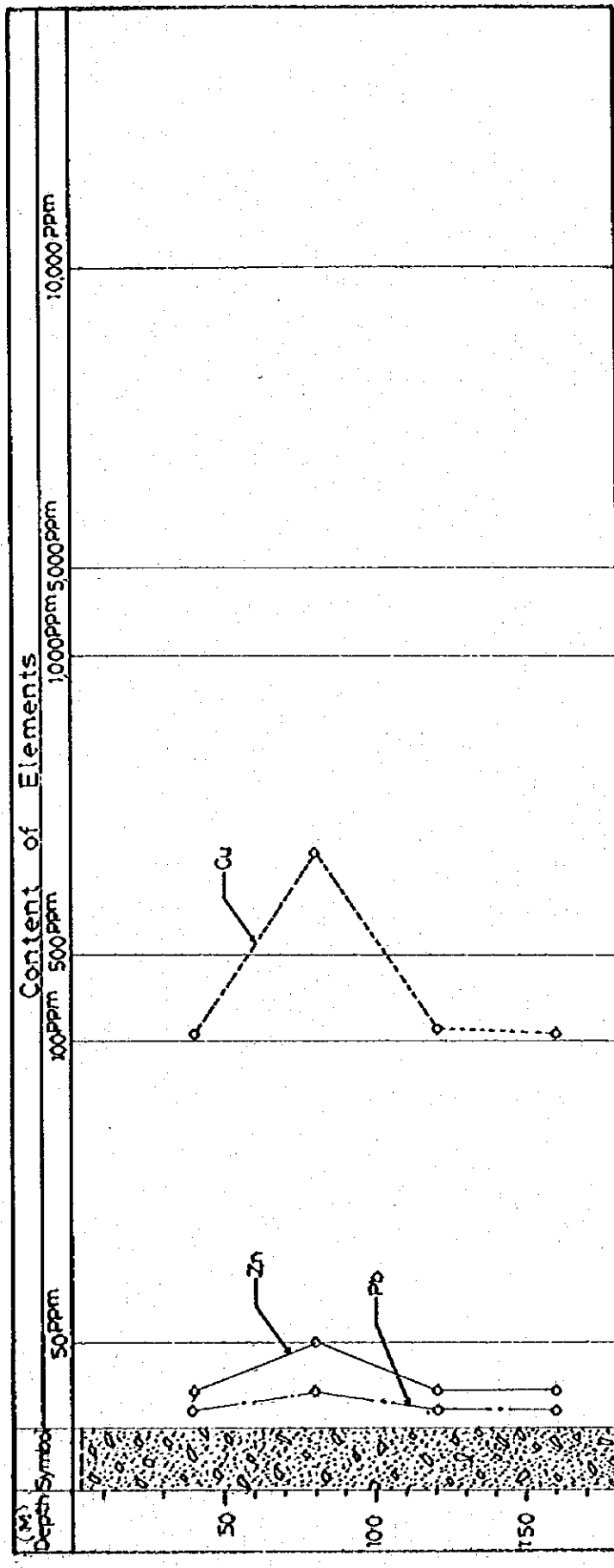
Tambo Maria, San Vicente においても鉛床胚胎層準は泥質石灰岩の直上に位置しているのでこの起源が考えられる。

以上のような初生的堆積より成る San Roque 地域と、わずかに致しか離れていない本年度の試錐地点間において、ある理由で一方が移動と濃集を起こし、他方が本源的な状態のままに残されたかはまだ詳かでない。火成岩の影響・構造的要因なども考えられるが、移動しなかったところの母岩がドロマイトでないということ、すなわち、ドロマイト化作用を蒙っていないということが有力だが、詳細は明らかにならなかった。なお、鉛石部の中には、方解石脈などに伴われて存在する方鉛鉱や閃亜鉛鉱があり、方鉛鉱は地表でも最大 7mm の自形結晶などを呈して認められる。これは、火成岩貫入の影響による移動と考察される。

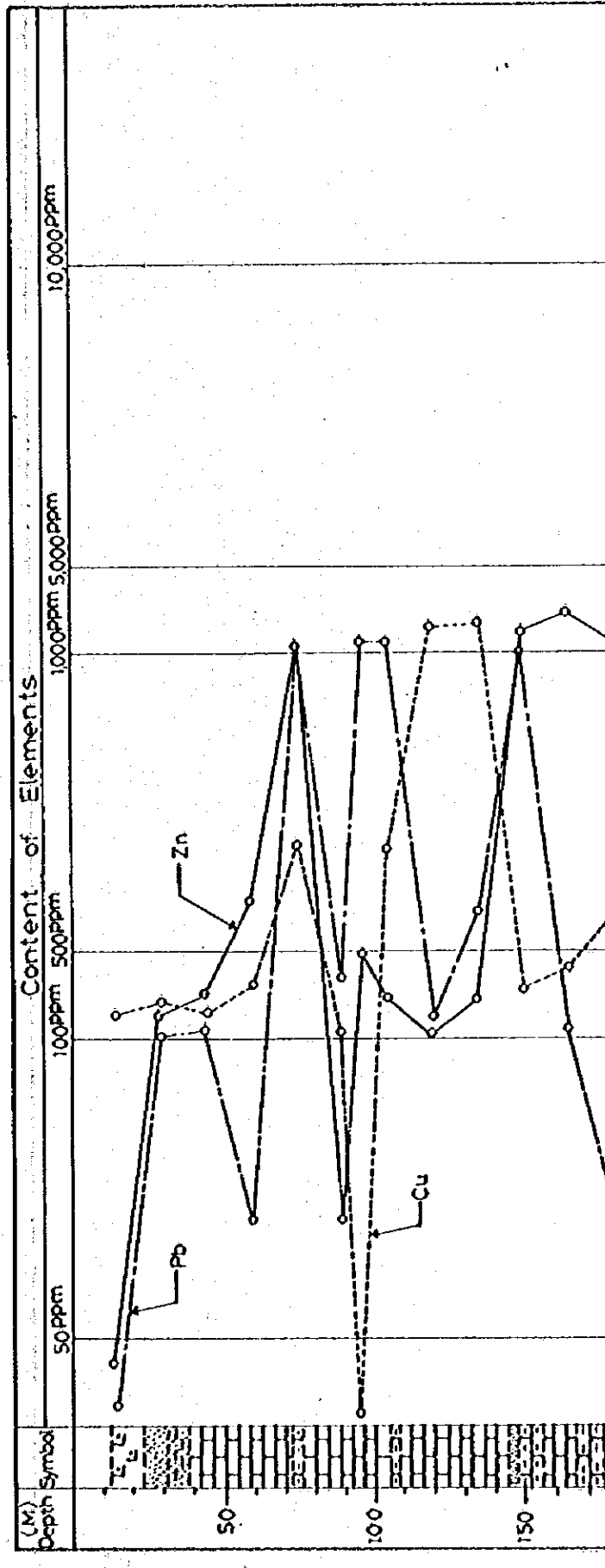
### No. 52-1



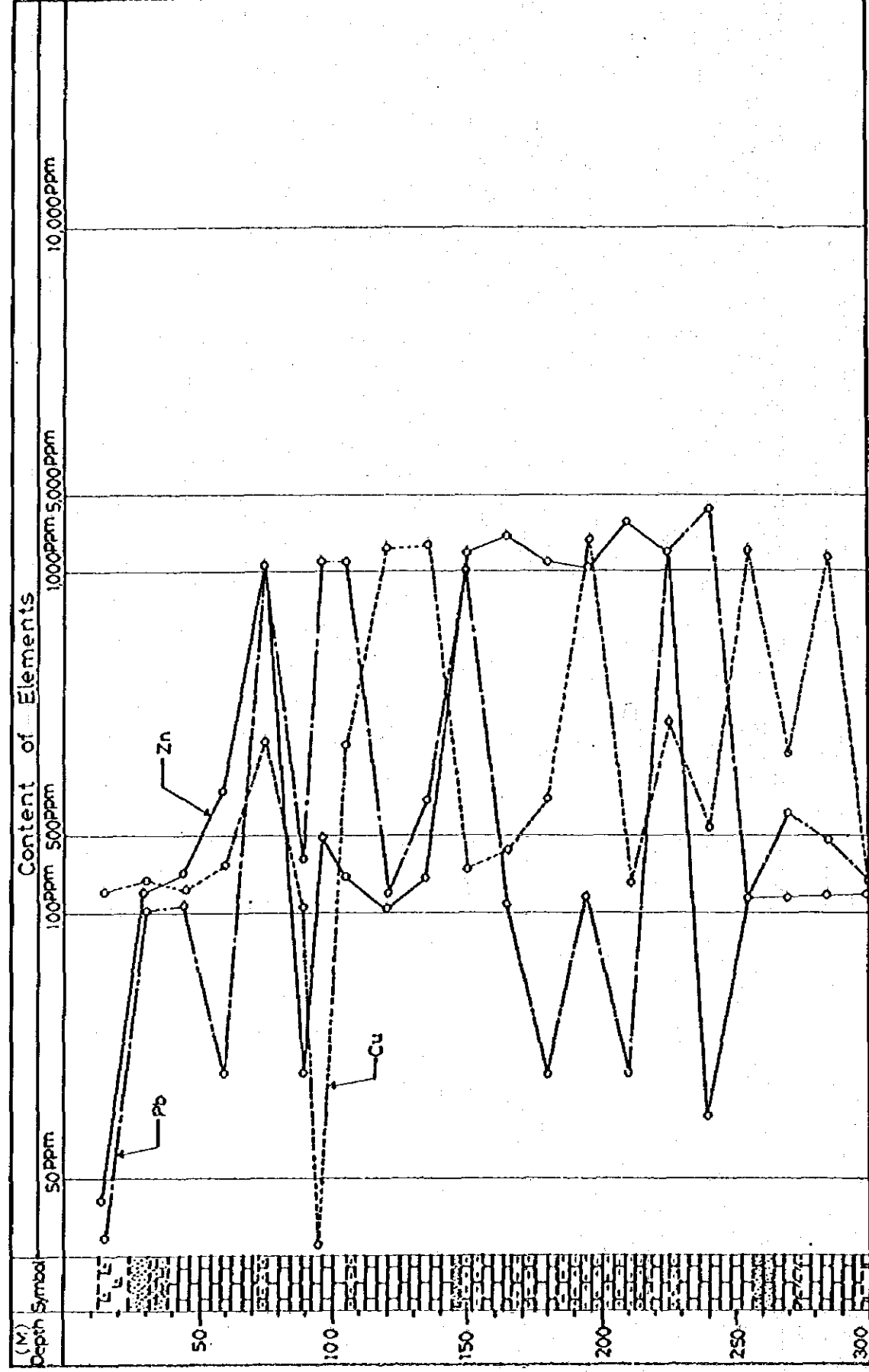
### No. 52-2



### No. 52-3



No. 52-3



No. 52-4

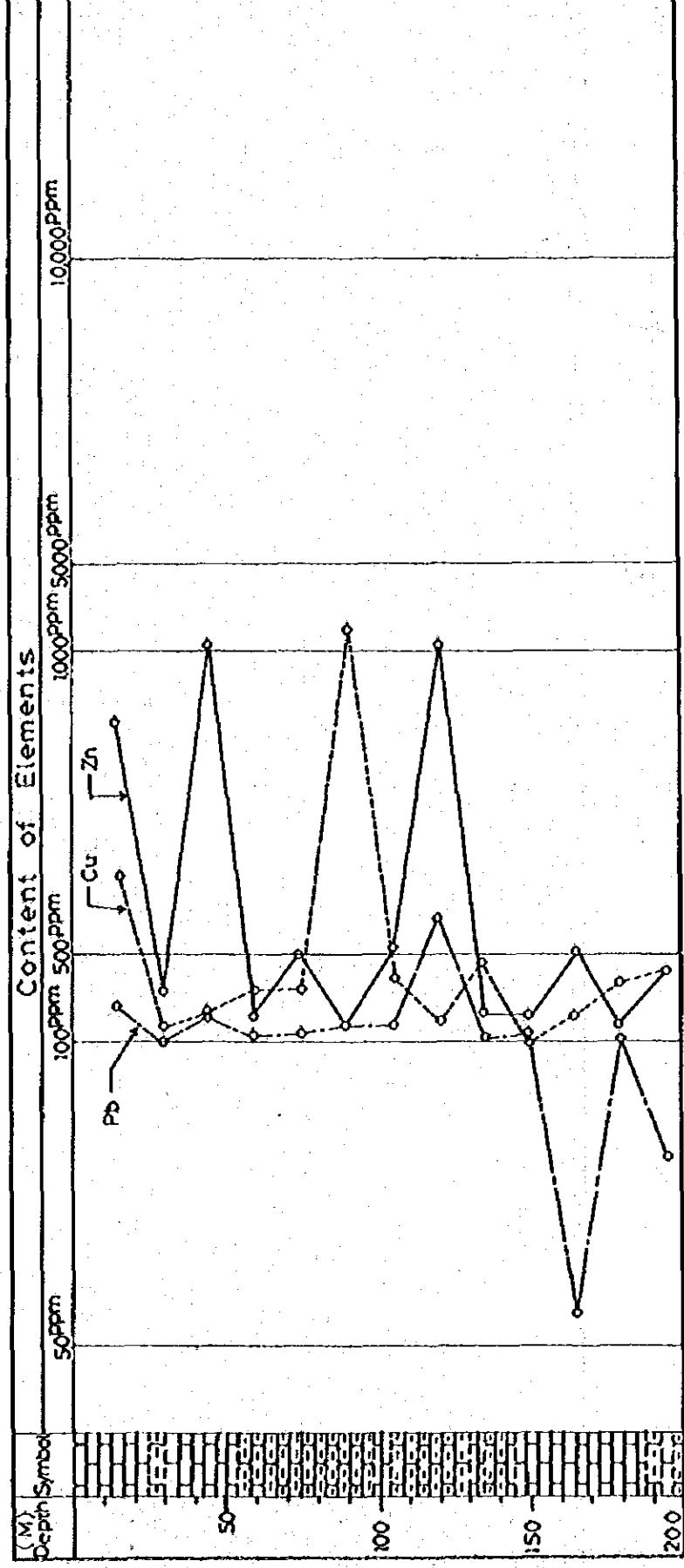


Fig. III-2. Copper, Lead and Zinc assay of each Drill Hole.

## 第Ⅳ部 地形図作成

# 各 論

## 第Ⅳ部 地形図作成

第1章 作業概要 .....	N-2
第2章 作業資料 .....	N-3
第3章 作業与件および数量 .....	N-4
3-1 作業与件 .....	N-4
3-2 作業数量 .....	N-4
第4章 作業経過 .....	N-5
4-1 図化用基準点の選定 .....	N-5
4-2 コントロールポイントの状況 .....	N-5
4-3 空中三角測量 .....	N-6
4-4 図化作業 .....	N-7
4-5 素図整理, 清絵(トレース) .....	N-7
4-6 第二原図, 縮少図 .....	N-8
4-7 納入成果物 .....	N-8



## 第1章 作業概要

ペルー共和国中部地区において3ヶ年にわたる資源開発協力基礎調査を実施するにあたり、同地区には空中写真撮影の行なわれた地区はあるが、既存の地形図の存しない区域が多く、第1年次においては全調査地区の主要地点における標高測量および南部地区における空中写真を用いて地形図化作業が実施された。

本地区は、地形の変化が多く、アマゾン河上流に位置する為気候が悪く常に雲に被われた地域が多い。この為、ペルー政府による同地区の Side Looking Airborne Rader (以下 SLAR と略す) Map が作成されていたが、地表調査には地形図が必須のものである為、第2年次調査に先立ち昭和51年6月より8月までの期間に同地区北部地域の中央部空中写真の存在しない地域に対し、Servicio Aerofotografico Nacional (以下 SAN と略称す) による空中写真撮影が本調査の一環として行なわれた。

本作業はこの SAN による空中写真と一部既存の空中写真を使用し、日本国内において縮尺 1 : 25,000 の地形図を作成したものである。

本作業の地域範囲は Fig. 2 に示される地域である。

## 第 2 章 作 業 資 料

使用する空中写真としてはペルー共和国 SAN 発行の縮尺それぞれ 1/50,000, 1/30,000 および 1/20,000 の空中写真で, 空中写真測量に使用する基準点の成果はペルー共和国政府が所有する測量成果, および既存図面から読み取った判読点を使用した。

### 第3章 作業与件および数量

#### 3-1 作業与件

- A 写真縮尺 1/50,000 1/30,000 1/20,000  
B 図化縮尺 1/25,000

#### 3-2 作業数量

- A 撮影コース数 1/50,000 3コース  
(既撮影) 1/30,000 3コース  
1/20,000 39コース  
B 写真枚数 合計 733枚  
C 空中三角測量 687モデル  
D 図化面積 3,600 ㎡  
E 正橋 3,600 ㎡  
F 製図 3,600 ㎡ 62面  
G 第二原図 62面  
H 縮少図 縮尺1:50,000 9面

## 第4章 作業経過

### 4-1 図化用基準点の選定

#### 4-1-1 既存資料

図化作業に必要な基準点は現地測量によらず、すべて既存資料から選定した。

基準点の選定に使用した既存資料は以下のものである。

- a. Tingo Maria に存在する既存基準点の座標、点の記(一点)
- b. Huallaga 河沿いに精密気圧高度計を用いて測定された高さの点(二点)
- c. 1976年に作図された縮尺1/25,000地形図(東南端で今回の図化地域に接続している。)
- d. Side Looking Airborne Radar (SLAR) map  
縮尺1/100,000 グリッド地名入り
- e. 縮尺1/1,000,000 航空図

### 4-2 コントロールポイントの状況

上述の如く、既存基準点の成果(座標)が、Tingo Mariaに一点存在するのみで、高さのデータも Huallaga 河沿いの2点だけが入手可能であった。

この3点のデータだけでは、航空写真をコントロール(標定)し、図化作業を行なうことが出来ないので、下記の方法により、室内作業において基準点の増設を行なった。

- a. 1976年に作図された地形図から、地形、地物の明瞭なものを数点選び出し、地図上で平面座標と高さを測定し、航空写真上に移写して基準点として使用した。
- b. 1/1,000,000 航空図の中に14,698 ftの高さを有する地点があり、顕著な山の頂上を示していることから、航空写真を判読してこのエリアの最高点を選び出し、上記の高さを与えて、高さの基準点として使用した。
- c. SLAR Mapを判読し、判読可能な顕著な河の分岐点を把握し、SLAR上のグリッドをベースにして座標測定を行ない平面の基準点として使用した。  
但し、SLAR MAPと1976年作図の1/25,000地形図には約900 mの座標の食い違いがあったので、既成図が正しいものとしてSLAR MAPのグリッドを平行移動した。
- d. Tingo Mariaの既存基準点を含む骨幹撮影(R-18)が図化範囲の中央を通過しており、一端をSLAR Map(平面)と航空図(高さ)によって標定して、骨幹航空三角測量を実施した。

この骨幹航空三角測量により得られたパスポイントの成果は図化対象地域コースの基準点として使用された。

- e. 図化地域内を流れる大きな河川は、骨幹航空三角測量の成果を検討しつつ流水勾配を計算し、航空写真上に高さを移写して高さの基準点とした。

#### 4-3 空中三角測量

##### 4-3-1 準備

通常、空中写真測量には、オリジナルフィルムから密着焼付された無伸縮性のダイヤポジティブを使用するが、今回は密着の紙焼だけが入手されたために、これから複製ネガフィルムを作成し、更にダイヤポジティブフィルムを焼付して空中三角測量および図化作業に使用した。

使用した空中写真の諸元は次の通りである。

##### ○骨幹コース(3コース)

1962年6月、7月撮影

使用されたカメラ・米國Fairchild社製KCシリーズカメラ(広角レンズ)

写真縮尺 1/50,000

##### ○地域コース(42コース)

撮影 1952年使用カメラ不明、広角レンズ

写真縮尺 1/30,000 3コース

1/20,000 39コース

ネガフィルムの複製には日本光機製大型懸垂カメラを使用した。

##### 4-3-2 空中三角測量

空中三角測量に使用された機材は下記の通りである。

##### a. 測機舎製精密立体点刻機

##### b. Zeiss Jena社製 Steco-meter 精密立体座標読取機

##### c. Demos 計算システム

空中三角測量は解析法により行なわれ、骨幹コース、地域コースの合計733枚(687モデル)について実施された。

1)使用したポジフィルムが密着紙焼の複製であり不規則な伸縮をもっている事、2)図化用基準点が図上からの読取りであり、空中三角測量の精度は使用した図面の精度が限界となりその上に読取りの精度に限界がある事、3)基準点を図上から写真に移写する段階で誤差を逃れられない事、4)この地域が急峻な山岳地であり、空中写真のオーバーラップ、サイドラップが不足している部分があり、また一部写真がカバーしていない地域(穴)や雲のため地形を判読出来ない部分があり、十分なブロック調整を行ない得なかった事等が複合的に作用して、空中三角測量の各段階で通常以上に誤差が認められた。しかし使用した基準点データの性質を考慮して空中三角測量の成果に矛盾をきたさないように基準点データを調整しながら

空中三角測量の計算を進め、最終的に別添の通りの空中三角測量成果を得た。

この成果を見る限り、通常の図化作業に比べて、残存タテ視差がやや大きく、基準点の閉合差も大きい。使用した空中写真の精度、既成図の精度を考慮すると合理的な精度と判断され、縮尺1/25,000図の用図目的を併せ考えると十分な実用性をもっているといえる。

#### 4-4 図化作業

空中三角測量によって得られた成果を基礎として、精密実体図化機を用いて、縮尺1/25,000地形図の描画を実施した。実体図化機にはWild社製ステレオプロッターA8、同社製オートグラフA7、Zeiss社製プラニマートを使用した。

図葉の大きさはペルー共和国の規格に合せ南北緯度間隔、東西経度間隔とも7'30"とした。

投影方法は国際的な横メルカトル図法(U. T. M)を用い、第18ゾーンを使用している。

空中三角測量によって求められた標定点(Pass Point)の測地座標値を各シートに展開して図化用シートの準備を完了した。

図化用シートにはポリエステルベース#500を使用した。

図化は等高線(橙色)、平面地物(黒色)地類界、植生界(緑色)にそれぞれ色分けして一枚のベースに描画し素図整理、清絵を行った。

#### 4-5 素図整理、清絵(トレース)

1)図化機によって描画された機械素図は図化機の描画だけでは十分固きあらかわせない様な直線曲線を、定規を使用して整理し、2)また図式に従って記号化し、3)既存資料から得た地名、河川名を盛り込んで整理原図を作成した。

一部、1976年に図化された図葉の内部において接合する部分では(図葉名21L, I-SE, II-NE, II-SE)既成図と接合をとりながら、既成図の内部の空白部分に新規図の整理を行なった。

整理された素図原図上に外部注記、図式を焼付したトレース原図マイラーベースをオーバーラップして着墨してトレース原図を完成した。

既成図の内部に書き加えた部分では、既成のトレース図の内部に直接着墨した。

完成図の仕様は以下の通り。

- 縮尺 1/25,000
- 等高線間隔 主曲25m、副曲10m
- 図葉の大きさ 南北緯度間隔 7'30" (約13.8km)  
東西経度間隔 7'30" (約13.7km)

○投影法 U. T. M 第18ゾーン

○回転楕円体 International

#### 4-6 第二原図、縮少図

清繪されたトレース原図を密着焼付し、第二原図を作成した。

また、清繪原図を $\frac{1}{2}$ に写真的手法で縮少し、図葉の接合部分を整理して1/50,000縮少図を作成した。

#### 4-7 納入成果物

下記の製品が納入された。

a. 地形図原図	( 1/25,000 )	2部
b. 同上第二原図	( 1/25,000 )	2部
c. 同上縮図原図	( 1/50,000 )	2部
d. 航空三角測量成果		1式
e. 作業状況写真 (カラープリント)		1組

Fig IV - 1 作業工程表

