

ペルー共和国オヨン地区  
鉍物資源開発基礎調査報告書

第 1 卷

(第 1 年次)

JICA LIBRARY



1035192[2]

昭和55年2月

国際協力事業団

金属鉍業事業団

國際協力事業団	
受入 月組 554.48.29	7709
	568.1
登録No. 114331	MPN

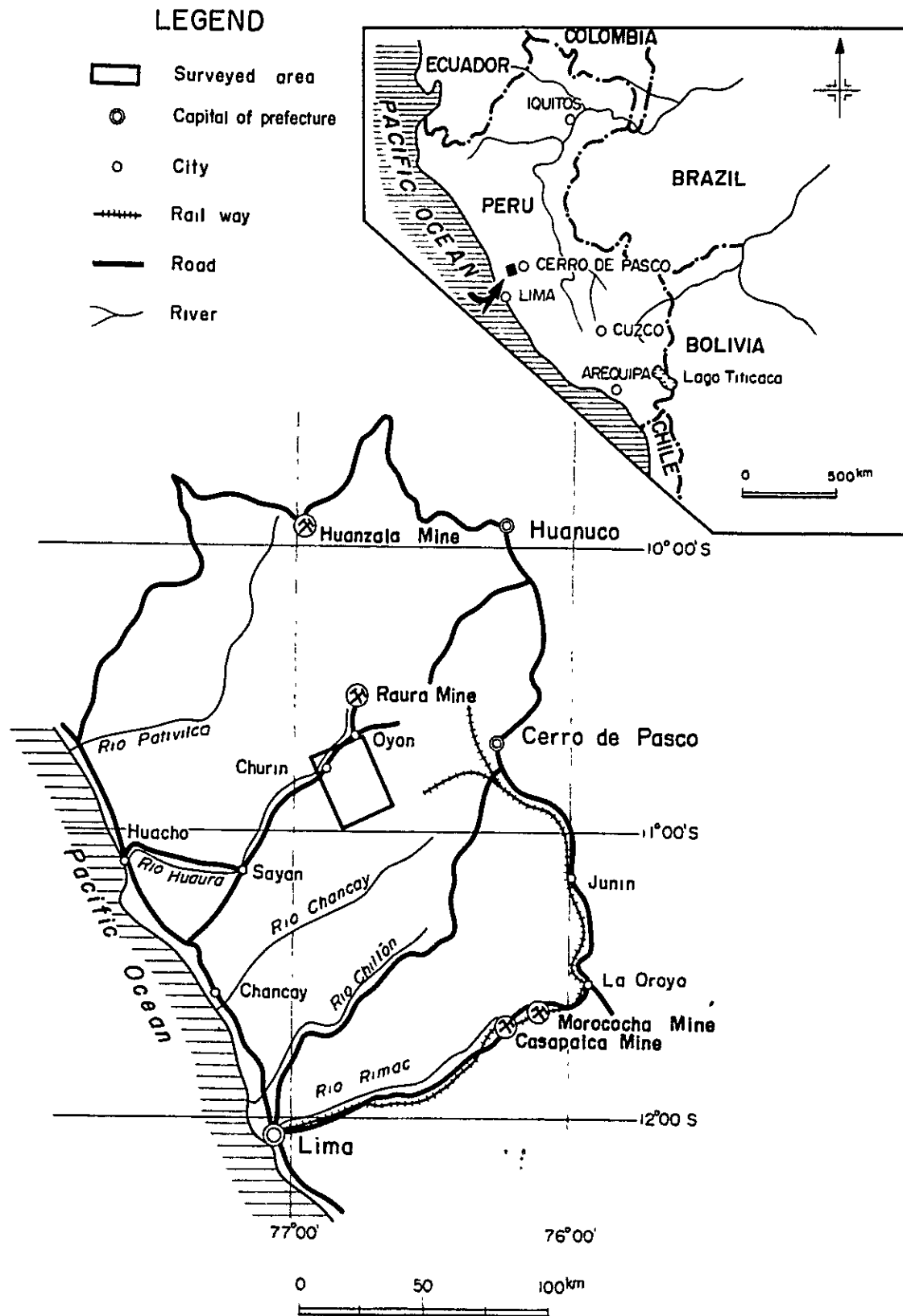


Fig. 1. Index Map

## 総 合 目 次

は し が き		
位 置 図		
要 約	.....	i
総 論	.....	1
第 1 章 序 論	.....	1
第 2 章 結論および将来への展望	.....	3
参 考 文 献		
各 論	.....	12
第 1 章 調査の概要	.....	12
第 2 章 調査地域の一般事情	.....	15
第 3 章 地 質	.....	18
第 4 章 鉍 床	.....	32
第 5 章 地化学探査	.....	46
第 6 章 Iscay Cruz 地域の鉍化作用	.....	52
Appendices	.....	A-1

## 要 約

本報告書は、ペルー共和国オヨン地区において、昭和54年度に実施された鉱物資源開発のための基礎調査の結果を取りまとめたものである。調査は、オヨン地区の地質構造の解明および鉱床示徴地を把握することなどから、次段階の探査活動に有効な指針を得ることが目的とされた。その第1年次の地質調査、地化学探査から成る現地調査は、昭和54年9月から11月まで、オヨン地区の西部約700km<sup>2</sup>の地域において実施された。解析作業は、現地調査に引続き、昭和55年2月までの期間に実施された。調査結果は以下のごとく要約される。

調査地域は、主として白亜紀堆積岩類と第三紀火山岩類とによって構成され、第三紀以降の貫入岩類によって貫かれている。堆積岩類は、NNW-SSE方向を軸とする、著しく折り畳まれた複合褶曲構造を形成しており、褶曲軸と平行な衝上断層が顕著である。

調査地域には、Isca Cruz (イスカイ クルス)、Chupa (チュパ)、Viscachaca (ビスカチャカ)の各鉱床が存在している。Isca Cruz 鉱床は、Santa (サンタ)層の石灰岩類を母岩とする熱水性交代鉱床で、鉛・亜鉛を含有する鉄・石英ゴッサン、鉱染状鉛・亜鉛硫化物などで構成される。延長11kmにわたり、6ヶ所に鉱徴が認められる。その規模と品位において、ゴッサンでは北部にある第1鉱徴が、鉛・亜鉛硫化物では南部にある第4鉱徴が顕著である。鉱化帯内には、銅・鉛・亜鉛元素の帯状配列が認められるが、鉱化作用に関連した火成岩や構造規制などはまだ明らかにされていない。Chupa 鉱床は、Isca Cruz 鉱床に近接して位置する、銅・亜鉛を伴うスカルン鉱床である。鉱化作用に関与した火成岩は、まだ明らかにされていないが、Isca Cruz 鉱床の鉱化作用に関連して生成された鉱床と見られる。Viscachaca 鉱床は、銀・鉛・亜鉛・裂か充填鉱床だが、小規模である。

地化学探査は、岩石および河川堆積物によって銅・鉛・亜鉛を指示元素として実施された。Isca Cruz 地域を除き、顕著なアノマリーは見出されていない。また、Santa 層について、バックグラウンド値やドロマイトの生成状況が検討され、それによって層準規制型鉛・亜鉛鉱床が胚胎される可能性が殆んどないことが考察された。

以上の調査および解析によって、調査地域では Santa 層を母岩とする Isca Cruz 鉱床が、最も重要であり、今後の要精査地域として抽出された。第1年次の調査では、鉱化帯の構成、鉱質分布、帯状配列の傾向など明らかにされた。今後は、Isca Cruz 鉱床において潜在が予想される硫化鉱体の規模や鉱石の濃集度を調査してゆく必要がある。このため、以下の作業を実施してゆくことが必要である。

- (1) 地質調査：Chupa 鉱床を含めた Isca Cruz 鉱化帯において、ゴッサン、変質帯の調査および鉱化帯と裂か系ならびに火成岩との関係を明らかにするための調査。
- (2) 物理探査：Isca Cruz 鉱化帯において、黄鉄鉱体の存在を明らかにし、鉛・亜鉛鉱化

帯の規模や濃集度を考察するための I P 法による電気探査。

- (3) 構造試錐：Isca Cruz 鉍化帯の第 1 鉍徴と第 4 鉍徴において、地質調査や物理探査によって得られた情報と地質構造を明確にするための構造試錐。

# 総論

# 総 論

第1章 序 論 .....	1
1-1 調査の目的 .....	1
1-2 調査の概要 .....	1
1-3 調査団の編成 .....	1
第2章 結論および将来への展望 .....	3
2-1 結 論 .....	3
2-2 将来への展望 .....	8
参 考 文 献 .....	



## LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. 1. Index map.
2. Generalized geological map of the Iscay Cruz area.
3. Location map of the surveyed area.
4. Access map of the surveyed area.
5. Schematic profile of topography and geology  
(direction of WSW-ENE).
6. Generalized geological map of the surveyed area.
7. Geological columns and igneous activities in the surveyed  
area.
8. Geological columns of the Santa formation in the Iscay Cruz  
and Huacho sin Pescado area.
9. Triangular diagram of quartz, K-feldspar and plagioclase for  
normative composition of igneous rocks.
10. Generalized sketch map of the Chupa mine.
11. Geological map of the Raura mine.
12. Geological map of the Chanca mine.
13. Fracture pattern of the Chanca mine.
14. Vein pattern of the Uchucchacua mine.
15. Value dispersion of geochemical samples classified by each  
population in the surveyed area.
16. Histogram and cumulative frequency curve for Cu, Pb and  
Zn contents in the geochemical samples.
17. Location map and assay results of stream sediments.
18. Histogram of molar ratio between Mg and Ca in carbonate  
rocks in the Iscay Cruz area.
19. Ternary diagram of Cu - Pb - Zn ratio ( $\pi$  - ratio) in the  
Iscay Cruz mineralized zone.

## LIST OF TABLES

- Table
1. Assay values and normative composition of igneous rocks.
  2. Isotopic age of igneous rocks.
  3. List of mineralized zones in the surveyed area.
  4. Results of statistical analysis on the geochemical samples.
  5. List of anomalous samples in the surveyed area.
  6. Assay results of minor elements in the carbonate rocks.

## LIST OF APPENDICES

- A. 1. List of rock samples.
- A. 2. Microscopic observation of the thin sections.
- A. 3. Microscopic observation of the polished sections.
- A. 4. Photomicrographs of rock and ore samples.
  - 4-1. Thin section.
  - 4-2. Polished section.
  - 4-3. EPMA analysis.
- A. 5. List of fossils.
- A. 6. Photographs of fossils.
- A. 7. Summary of X-ray diffraction test.
- A. 8. Charts of X-ray diffraction test.
- A. 9. Assay results of ore samples.
- A. 10. Assay results of composite samples.
- A. 11. Assay results of geochemical samples.

## LIST OF PLATES

- PL. 1. Geological maps of the surveyed area.  
Scale 1/50,000.  
1-1. Northern part.  
1-2. Southern part.
- PL. 2. Geological profiles of the surveyed area.  
Scale 1/50,000.
- PL. 3. Geological maps of the detailed survey area.  
Scale 1/10,000.  
3-1. Northern part.  
3-2. Southern part.
- PL. 4. Geological profiles of the detailed survey area.  
Scale 1/10,000.
- PL. 5. Geological sketch and geochemical assay maps of the Iscay Cruz.  
Scale 1/2,000.  
5-1. Northern part.  
5-2. Southern part.
- PL. 6. Location maps for samples in the surveyed area.  
Scale 1/50,000.  
6-1. Northern part.  
6-2. Southern part.
- PL. 7. Correlation map of the mineralized zone, geochemical anomaly,  
and geological structure in the surveyed area.  
Scale 1/10,000.

# 第 1 章 序 論

## 1-1 調査の目的

本調査は、調査対象であるオヨン地区において、地質調査および地化学探査を実施し、地質構造の解明および鉱床の賦存が期待される地質環境や鉱床示徴地を把握することにより、次段階の探査活動に有益な指針を得ることが目的とされた。

本調査は、ペルー共和国地質鉱物冶金研究所 ( Instituto de Geología, Minería y Metalurgia ; 略称 INGEMMET ) と共同で実施され、調査結果の解析にあたっては、調査対象地域やその周辺の稼働鉱山の既存資料もあわせて検討された。

## 1-2 調査の概要

### (1) 調査地域

調査地域は、Churin ( チュリン )、Oyon ( オヨン )、Chiuchin ( チュチン ) を含む面積約 700 Km<sup>2</sup> の範囲である ( Fig. 1 参照 )。

### (2) 調査方法

地質調査は、オヨン地区全体をカバーする地域の概査と、特に鉱床賦存の可能性が高いと推定された Isca Cruz ( イスカイ クルス ) 地区における、トレンチを含む精査とが実施された。

地化学探査は、地質調査と平行して行われ、対象サンプルは原則として岩石が採取され、採取可能な場合、河川堆積物や鉱石が採取された。

### (3) 解析方法

地質調査結果の解析は、航空写真、既存の地質図および地質文献などを総合して行われた。

地化学探査試料は、化学分析が実施されたほか、必要に応じて、顕微鏡による検討、X線回折、岩石生成年代の測定、EPMAによる検討などが実施された。

## 1-3 調査団の編成

現地作業および解析作業は、日本国とペルー共和国の共同調査団によって実施された。共同調査団の編成は下記のとおりです。

### (1) 日本側調査団

#### 第 1 次調査団

団 長	坊 城 俊 厚	国際協力事業団
総括渉外	沢 田 賢 治	金属鉱業事業団
	名 井 盛	通商産業省

	佐藤 弘	三井金属エンジニアリング株式会社
第2次調査団		
団 長	佐藤 弘	三井金属エンジニアリング株式会社
地質技師	中村 仁一	"
	沢田 賢治	金属鉱業事業団
	田上 勇吉	三井金属エンジニアリング株式会社
	斉藤 稔	"
	菅原 一安	"

(2) ペルー側調査団

団 長	Edgardo Ponzoni	Instituto de Geologia, Minería y Metalurgia
総括渉外	Aurelio Cossio	"
	Gregorio Flores	"
地質技師	Oscar Palacios	"
	Fernando Llosa	"
	Manuel Montoya	"
	Zenen de La Cruz	"
	Cesar Zedano	"

## 第 2 章 結論および将来への展望

### 2-1 結 論

本年度実施されたオヨン地区における地質調査および地化学探査から成る現地調査と、既存資料などを含めた分析・解析作業により、以下のことが明らかとなった。

#### 2-1-1 地 質

(1) オヨン地区は、層序の上では Cobbing ( 1973 ) による白亜紀堆積盆地帯に存り、地質構造上 Wilson はか ( 1967 ) による褶曲-衝上断層帯に位置している。白亜紀堆積岩類と第三紀火山岩類が分布し、これらは第三紀以降のトーナル岩や石英安山岩などの貫入岩類によって貫かれている。

(2) 堆積岩類は、層厚合計 3,000 m 以上に達し、調査地域の大部分を占めて分布している。その下部と上部とでは著しく岩相を異にしている。下部は、主に珪質砂岩、砂岩、頁岩などより成る砕屑岩類であり、上部は泥灰岩と頁岩を伴う石灰岩類である。前者は Neocomian (ネオコム) 階から Aptian (アプト) 階に対比され、後者は Albian (オーブ) 階から Turonian (チューロン) 階に対比される。

(3) Santa (サンタ) 層は下部砕屑岩中の Chimu (チムー) 層珪質砂岩の上盤に沿って細長く帯状に分布する。その上位は Carhuaz (カルワス) 層の砂岩および頁岩によって覆われている。本層は石灰岩より成り、砂質石灰岩、泥灰岩およびドロストンを伴っている。層厚は通常 150 m 前後であり、調査地域の東部ではやや薄くなり 100 m 前後である。

Santa 層ドロストンは、調査地域の東部、特に Iscay Cruz (イスカイ クルス) 地域で顕著に発達しており、20-25 m に達するところがある。その一部は鉛・亜鉛などの鉍化作用を伴い、地表部に大規模なゴッサンを生じている。

(4) 第三紀火山岩類は、Calipuy (カリプイ) 火山岩類と呼ばれるもので、調査地域の西端部に限られて分布している。堆積岩類とは北部で不整合関係、南部で断層関係である。主として安山岩質、石英安山岩質、流紋岩質の溶岩および火成砕屑岩より成り、その岩相は水平的にも垂直的にも変化に富み一様でない。

本火山岩類の中の安山岩溶岩の K-Ar 法による同位体年代は、 $179 \pm 0.9$  百万年 (第三紀中新世) を示している。

(5) 貫入岩類には、岩株としてトーナル岩、石英安山岩質斑岩などがあり、岩脈として玢岩、石英安山岩などがある。トーナル岩は、地域の西部に堆積岩類を貫いて分布している。ノルム組成上花崗閃緑岩の領域にある。K-Ar 法による同位体年代は、 $106 \pm 0.5$ 、 $109 \pm 0.5$  百万年 (第三紀鮮新世) を示している。石英安山岩質斑岩は、Iscay Cruz 鉍化帯の西方約 1 Km のところに貫入している。NE-SW 方向の岩脈が集合したような形状を示して

おり、その一部は Iscay Cruz 鉱化帯付近まで伸長している。本岩の K-Ar 法による同位体年代は  $313 \pm 1.6$  百万年で第三紀漸新世を示している。これらの貫入岩類はどれも周囲の岩石に対し、弱い変成-変質作用を与えている。

(6) 調査地域の地質構造は、若しく折り畳まれた褶曲構造と、褶曲軸に平行して走る衝上断層、軸に斜交する剪断断層、軸に直交する破断断層により特徴づけられている。堆積岩類は、NNW-SSE 方向を軸とする複合褶曲構造を形成している。主として下部の碎屑岩類中の Oyon (オヨン)-Chimu 層が背斜部を、上部の石灰岩類中の Jumasha (フマーシャ) 層が向斜部を形成している。褶曲の周期は、通常 2 Km ないし 3 Km であり、時には数 10 m で背斜と向斜を繰り返している。

断層・裂か系には、① NNW-SSE 系、② NE-SW 系と WNW-ESE 系、および③ ENE-WSW 系とがある。①は、衝上断層の性格を有し、調査地域内において、最も顕著である。中央部の Picoy (ピコイ)断層、西部の Puñun (プニユン)断層が主要なものとして確認され、Iscay Cruz 地域の Santa 層の周辺にも存在が示唆される。②は、褶曲軸に斜交し、概ね東側のブロックを西方へ移動させている。北部の Viroc (ビロック)断層、南部の Pucayacu (プカヤック)断層が主要なものである。また、③は軸に直交し、破断断層の性格を有する。Iscay Cruz 地域の石英安山岩などの岩脈類は、主にこの方向に貫入している。

これらの褶曲・断層は、アンデス造山運動に伴う地殻の強大な圧縮力と、地塊の上昇力に由来したものと考察される。

## 2-1-2 鉱床

(1) ベルーの高原台地多金属鉱床生成亜区に属するオヨン地区には、銀・鉛・亜鉛などを主とする金属鉱床が多く分布しており、そのほか石炭・石膏などの非金属鉱床が存在している。

調査地域には、金属鉱床としてかつて探鉱ないし操業が行われた Iscay Cruz, Chupa, Viscachaca の各鉱床があり、地域外には現在稼働中の Raura, Chanca, Uchuechacua の各鉱床が知られている。これらは、その産状と鉱種とにより、次のように区分される。

### ① 白亜紀石灰岩類と貫入岩類との接触部に形成された銅・鉛・亜鉛高温交代鉱床

Raura 鉱床

Chupa 鉱床

### ② 白亜紀石灰岩類と第三紀火成岩類中の銀・鉛・亜鉛裂か充填鉱床

Raura 鉱床

Chanca 鉱床

Uchuechacua 鉱床

Viscachaca 鉱床



③ 白亜紀石灰岩中に胚胎された層状ない塊状熱水性交代鉛床

Iscay Cruz 鉛床

(2) Iscay Cruz 鉛床 ( Fig. 2 参照 ) は, Oyon 南南東約10Kmに位置している。Chimu 層を軸部とする背斜構造の西翼の Santa 層中に胚胎される。鉛床は, 炭酸塩岩中の鉄・石英ゴッサン, 鉛染状鉛 ( Pb ) ・亜鉛 ( Zn ) 硫化物, スカルンより構成され, 11Kmにわたり, 北部の第1鉛徴から南部の第6鉛徴まで, 6ヶ所に認められる。

第1鉛徴は, 鉄-石英ゴッサンから成り, Iscay Cruz 鉛床の中で最大規模を有する。Santa 層中に2列存在し, 下盤側は延長約1.2Km, 幅12m ( 最大25m ) であり, 上盤側は断続的な延長約300m, 幅6mである。ゴッサンは, 主として石英, 褐鉄鉛から成り針鉄鉛, 赤鉄鉛などを伴い, 硫化物は認められない。鉛・亜鉛は, ゴッサンに接した炭酸塩岩中の微量の閃亜鉛鉛を除き, 含水フランクリン鉛 ( Chalcophanite ) などの酸化物として含有されるものと見られる。第1鉛徴の平均品位は, Pb 0.71%, Zn 4.76% ( 平均幅11.6m ) である。

第2鉛徴は, およそ650mの間に小規模なゴッサンが点在しているに過ぎない。鉄-石英から成るゴッサンは, 第1鉛徴のように塊状ではなく, 網状である。ゴッサンの平均品位は, Pb 0.14%, Zn 2.59% ( 平均幅7.0m ) である。また, この鉛徴の上盤側には閃亜鉛鉛を伴う脈状白色粘土帯が認められ, 幅1.9mでPb 0.13%, Zn 6.93%を示している。

第3鉛徴は, 延長800mの間に5ヶ所に小さな露頭が点在しているに過ぎない。鉛染状の閃亜鉛鉛と方鉛鉛からなる。ドロストン中に鉛染したタイプと塊状黄鉄鉛の周辺に濃集したタイプがある。前者のタイプは4ヶ所に認められ, その平均品位はPb 0.12%, Zn 0.73%であり ( 平均幅5.0m ), 後者はPb 12.33%, Zn 26.5% ( 平均幅4.2m ) である。

第4鉛徴は, 第3鉛徴と同様の鉛染状の閃亜鉛鉛と方鉛鉛から成る。鉛徴は, 2列にわたって分布している。下盤側の鉛徴は, 断続的に約800mにわたり平均幅10mで分布しており, 上盤側は約100mの間に鉛石部が点在している。いずれもドロストン中に鉛染した閃亜鉛鉛と方鉛鉛で, 幅2-5cmのレンズ状に濃集したところもある。最南部には塊状黄鉄鉛に伴われた方鉛鉛も認められる。この鉛徴の平均品位は, Pb 0.13%, Zn 18.4%である ( 平均幅8.4m ) 。

第5鉛徴は, 延長100m, 幅20mのスカルンで, Zn 3,400ppmの含有を示す。第6鉛徴は, 第1鉛徴などと類似した鉄-石英ゴッサンで, Zn 3,500ppmである。

(3) Chupa 鉛床は, Iscay Cruz 第5鉛徴の西約500mに位置する。上部石灰岩類に属する Pariahuanca ( パリアワンカ ) 層の石灰岩に形成された高温交代鉛床である。幅20

m, 延長90m以上の規模のスカルン帯に閃亜鉛鉱, 黄銅鉱を主とする鉱石鉱物を鉱染している。平均品位はCu 1.56%, Pb 0.03%, Zn 13.89%であるが, 均質ではなく, 閃亜鉛鉱あるいは黄銅鉱がそれぞれ主体となって鉱染する複雑な鉱化作用の規制が存在している模様である。これらのスカルン化作用および鉱化作用に関連した火成岩についてはまだ明らかでない。

(4) Viscachaca 鉱床は, 調査地域の南西端に位置している。Calipuy 火山岩類を貫く閃長斑岩脈の中の裂か充填鉱床である。鉱脈は, 幅1mの規模で含銀方鉛鉱, 閃亜鉛鉱を伴う。往時稼動されたが, 現在は閉鎖されている。

(5) 石炭は, 本地域の最下部層である Oyon 層に胚胎されており, Oyon 南東部と南西部で小規模に採掘されている。

一方, 石膏は, Carhuaz 層の下部砂岩中に見出される。厚さ最大5m, 延長およそ50-70mのレンズ状をなす。Churin 付近の数ヶ所にて, 小規模に採掘されている。

### 2-1-3 地化学探査

(1) 調査地域に分布する岩石のCu, Pb, Zn 元素のバックグラウンド値は, それぞれ5 ppm, 22 ppm, 35 ppm と考察される。岩層別では, 石灰岩類は5 ppm, 30 ppm, 35 ppm 砕屑岩類は5 ppm, 10 ppm, 30 ppm, 火成岩類は7 ppm, 5 ppm, 55 ppm と考察される。これらの値と Turekian ら(1961)が示した値と比較すると, 石灰岩類中のPb・Zn がやや高く, その他はほぼ一致している。しかし, 層準規制型鉛・亜鉛鉱床を胚胎しているペルー中部地区の炭酸塩岩類のバックグラウンド値と比較すると低く, Pb・Zn ではそれらの3分の1ないし4分の1程度の含有量である。

河川堆積物中のバックグラウンド値は, Cu 22 ppm, Pb 30 ppm, Zn 80 ppm と考察される。

(2) 岩石に含有されるCu・Pb・Zn 元素の異常のしきい値をそれぞれ100 ppm, 220 ppm, 500 ppm とすると, 異常を示すサンプルCu 1個, Pb 7個, Zn 15個が抽出される。

アノマリーの多くは, Santa 層のうち Iscay Cruz 層準に分布するほかは, 全域に散在している。Iscay Cruz 層準のアノマリーは, ゴッサン化ドロストン, ゴッサンに隣接したところの炭酸塩岩類に見出される。すなわち, 明瞭な鉱化作用の影響を蒙ったところである。その他では, Oyon 東南15kmのところの Pariahuanca 層, Santa 層にアノマリーがある。ここでは石灰岩は何の変質もなく, 方解石脈を伴うに過ぎない。この付近は, Iscay Cruz 地域の石英安山岩岩株の走向延長上に位置している。従ってこの火成活動に関連した鉱化作用の存在する可能性のある地域である。

(3) 河川堆積物に含有されるCu・Pb・Zn 元素の異常のしきい値をそれぞれ120 ppm,

270 ppm, 500 ppm とすると、それぞれ1個の異常を示すサンプルが抽出されるに過ぎない。隣接する河川で採取されたサンプルの含有量や、周辺の地質と対照して見ると、Calipuy 火山岩類の分布域および Iscay Cruz 層準に相当する Santa 層の分布域において、異常値あるいはやや高い値が認められる。

#### 2-1-4 Iscay Cruz 地域の鉍化作用

(1) Santa 層石灰岩に胚胎される Iscay Cruz 鉍床は、同生的鉍化作用によって生成されたものである、という可能性は殆んどない。

Iscay Cruz 地域において、明瞭な鉍化作用を蒙ったところの地化学探査サンプルを除くと、Santa 層 Iscay Cruz 層準に含有される Pb・Zn 元素の平均値は、Pb 25 ppm Zn 22 ppm に低下する。このことから、Iscay Cruz 層準の石灰岩類は、濃厚な Pb・Zn 元素と共に堆積するような環境にはなかったことが推察される。また、Iscay Cruz 地域の Santa 層炭酸塩岩類中の Mg 含有量は最高 8.9% であり、Mg / Ca モル比も 0.7 - 0.8 を示すサンプルが多い。これは、Iscay Cruz 地域に分布するドロストンのドロマイト度が悪いことを示している。このように、Santa 層には顕著な Pb・Zn 元素の初生濃度がなく、また、ドロマイト化作用が弱いため、初生の Pb・Zn 元素が2次的に濃集した形跡も認められないし、期待も出来ない。従って、層準規制型鉛・亜鉛鉍床の存在は殆んど期待できない。

(2) Iscay Cruz 地域の銅・鉛・亜鉛は、スカルンを除き、ゴッサンを形成する鉄・石英とともに、熱水性鉍化作用により添加されたものと思われる。鉍徴別の鉍質分布を見ると、第1鉍徴の北部では Pb 含有量が多く、第3鉍徴および第4鉍徴では Pb・Zn ともに含有量は少くなり、Cu の含有が見られる。第5鉍徴、第6鉍徴では Zn 含有量が多く、Chupa 鉍床では Cu が特に多くなっている。すなわち、Cu・Zn に富む Chupa 鉍床が Iscay Cruz 鉍化帯の中央部に位置し、その周囲に Zn 帯、さらにその外側に Zn・Pb 帯が配置される、元素の帯状配列が見出される。これは各鉍徴の Cu・Pb・Zn 百分比から見ても明瞭であり、オヨン地区周辺に位置する Cerro de Pasco 鉍床、Huanzala 鉍床の元素の帯状配列とも酷似している。

(3) Iscay Cruz 鉍化帯に存在する火成岩は、第1鉍徴西方の石英安山岩と第4鉍徴内の酸性火成岩などである。Jumasha 層を貫く石英安山岩は周辺の岩石に弱い変質作用を与えている。酸性火成岩は Huanzala 鉍床でも鉍化帯に認められている。前述したように、Iscay Cruz 鉍化帯では、元素の帯状配列があり、Chupa 鉍床が鉍化帯の中央部に位置すると見られるが、その形成に関連した火成岩はまだ明らかにされていない。

鉍化帯は延長 11 km に及んでいるが、この鉍化作用には Santa 層に形成された断層・裂か系や、上述した火成岩や Chupa 鉍床に関連した火成岩などが複雑に関与しているものと考えられる。今後の調査により鉍化帯を規制する火成岩や構造規制などの詳細を明らかにして

ゆくことが重要である。

## 2-2 将来への展望

今年度実施された地質調査、地化学探査とそれらの総合解析により、調査地域において金属鉱床の賦存の可能性を示すアノマリーとして、

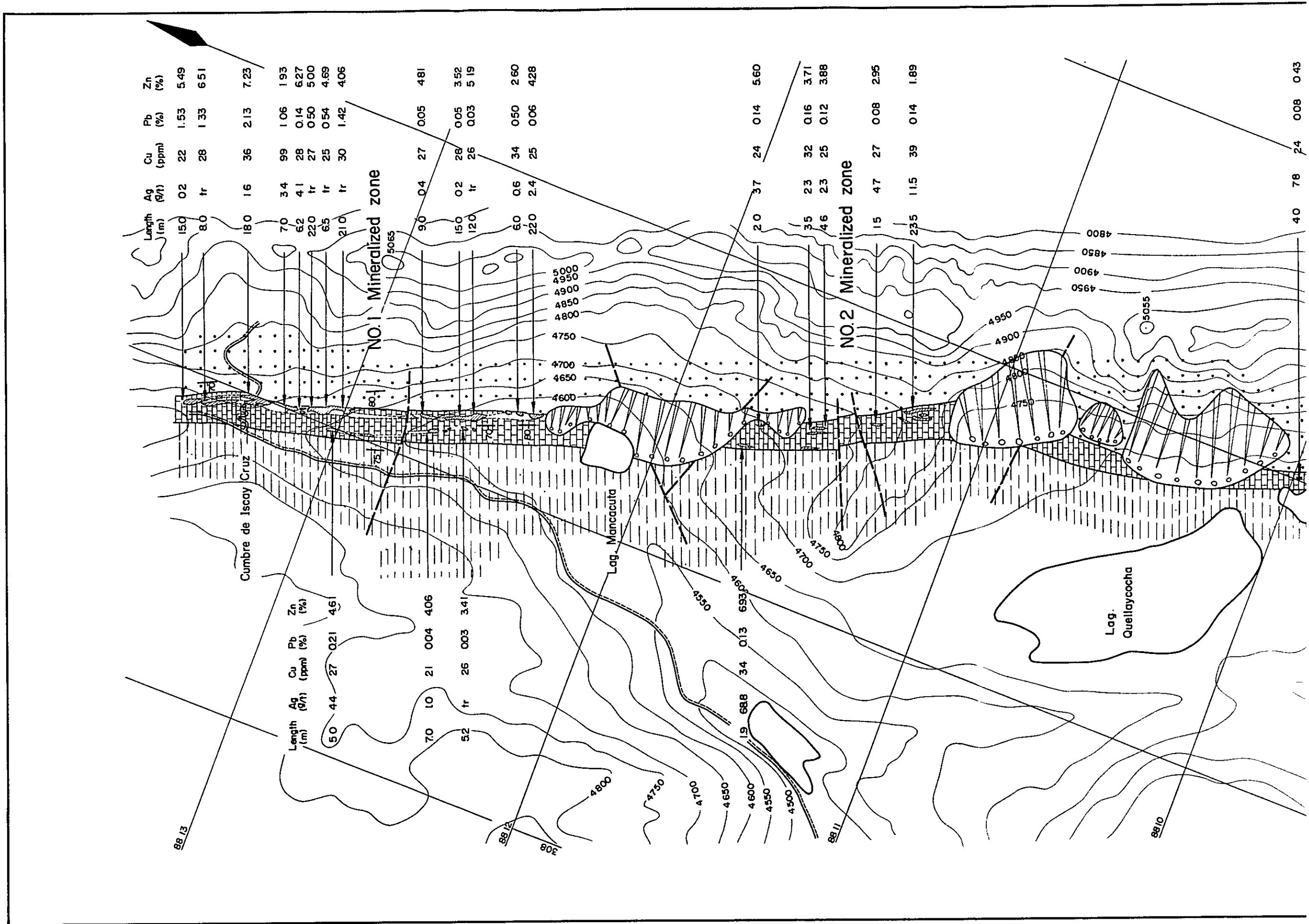
- ① Chupa 鉱床を含めた Iscay Cruz 地域
- ② Calipuy 火山岩類の分布する地域
- ③ Oyon 東南方の Pariahuanca 層、Santa 層が分布する地域

の3ヶ所を抽出することが出来る。このうち、Calipuy 火山岩類地域は、地化学探査により比較的高い値が得られた地域である。この地域には、調査地域外に稼動中の Chanca 鉱床が知られているが、地域内では、稼動の終了した小規模の Viscachaca 鉱床が知られるのみである。また、Oyon 東南部には、まだ直接的な鉱徴は見出されていない。これらに対し、Iscay Cruz 地域は、延長11kmにわたって、かなり多量の鉛・亜鉛を含んだゴッサンや銅・鉛・亜鉛の硫化物が露出している。従って、調査地域の中では、Iscay Cruz 地域が最も重要であると結論される。

今年度の調査によって、Iscay Cruz 鉱化帯の構成、鉱化帯内における鉱質分布、元素の帯状配列の傾向などが明らかにされた。しかし、これらの詳細、特に、鉱化作用に関連した火成岩との関係、断層・裂かによる規制については、まだ明らかにされていない。今後、Iscay Cruz 地域において、硫化鉱体の規模や、銅・鉛・亜鉛元素の濃集度などを把握してゆくのに解決してゆかねばならない課題である。このため、以下の作業を実施してゆくことが望ましい。

- (1) 地質調査：今年度は主として第1鉱徴から第4鉱徴までの露頭調査が行われた。第2年次調査では、今後の調査を進めるためのゴッサンの鉱物組成やその累帯構造、変質帯の有無とその特徴、鉱化帯における裂か系および火成岩の分布と鉱化作用との関係などを明らかにすることが必要である。このため、第1鉱徴から第4鉱徴までの地域だけでなく、Chupa 鉱床を含めた南部 Iscay Cruz 地域における地質調査(精査)が必要である。
- (2) 物理探査：地表における鉱床の徴候は主として鉄・石英ゴッサンである。これは熱水性鉱化作用によりもたらされた黄鉄鉱が酸化されたものと考察される。従って、深部における黄鉄鉱体の存在を明らかにすることは、鉛・亜鉛鉱化帯の規模や濃集度を考察するのに重要である。このため、Iscay Cruz 鉱化帯における物理探査、特にIP法による電気探査を実施することが望ましい。
- (3) 構造試錐：Iscay Cruz 鉱床は、崖錐によって覆われており、地質調査によって明らかにされるべき地質構造や、鉱化帯の構成や鉱質分布に関する情報の蒐集には限度がある。地質調査や物理探査によって得られた情報をより明確なものとし、Iscay Cruz 鉱床の地

質構造をより明瞭とするため、特に第1鉱徴、第4鉱徴付近における構造試錐の実施が望ましい。



Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
150	02	22	1.53	5.49
80	tr	28	1.33	6.51
180	16	36	2.13	7.23
70	34	99	1.06	1.93
62	4.1	28	0.14	6.27
220	tr	27	0.50	5.00
65	tr	25	0.54	4.69
210	tr	30	1.42	4.06

NO.1 Mineralized zone

NO.2 Mineralized zone

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
50	44	27	0.21	4.61
70	10	21	0.04	4.06
52	tr	26	0.03	3.41

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
90	0.4	27	0.05	4.81
150	0.2	28	0.05	3.52
120	tr	26	0.03	5.19
60	0.6	34	0.50	2.60
220	2.4	25	0.06	4.28

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
20	37	24	0.14	5.60
35	23	32	0.16	3.71
46	23	25	0.12	3.88
15	47	27	0.08	2.95
235	11.5	39	0.14	1.89

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
40	78	24	0.08	0.43

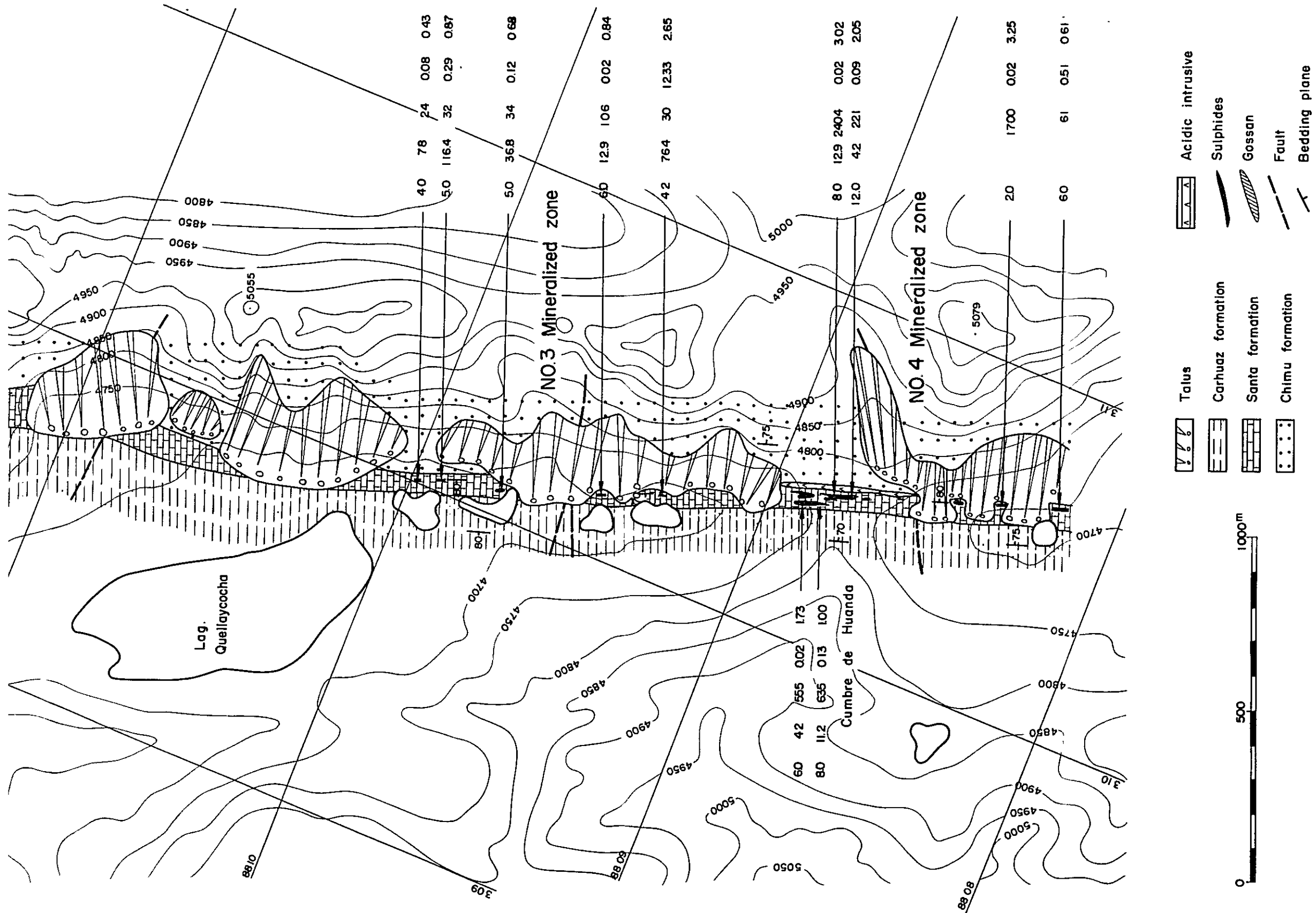


Fig. 2. Generalized Geological Map of the Iscay Cruz Area

## References

Bellido, B.E. (1969)

Sinopsis de la geologia del Peru.

Serv. Geol. Min., Peru, Bol. 22.

Bellido, B.E., Luis de Montreuil, D. y Girard, P.D. (1956)

Aspectos generales de la metalogenia del Peru.

Serv. Geol. Min., Peru.

Benavides, V. (1956)

Cretaceous system in Northern Peru.

Amer. Mus. Hist. Bull., v.108, p.252-494.

Cobbing, J. (1973)

Geologia de los cuadrangulos de Barranca, Ambar, Oyon, Huacho,

Huaral y Canta. Ser. Geol. Min., Peru, Bol. 26.

Coney, P.J. (1971)

Structural evolution of the Cordillera Huayhuash, Andes of Peru.

Geol. Soc. Amer. Bull., v.82, p.1863-1884.

Cristi, J.M. (1956)

Chile, Handbook of South American Geology.

Geol. Soc. Amer. Memoir. 65, p.187-214.

Cossio, A. (1964)

Geologia de los cuadrangulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa.

Com. Carta Geol. Nac., Bol.8.



Einaudi, M.T. (1977)

Environment of ore deposition at Cerro de Pasco, Peru.

Econ. Geol., v.72, p.893-924

Evans, R.B. and Greenwood, P.G. (1968)

Electromagnetic surveys for metalliferous mineral deposits in selected areas of Central Peru. Institute of Geological Science, Report No.9, p.11-17.

Hamilton, W. (1969)

The volcanic central Andes, a modern model for the Cretaceous batholiths and tectonics of western North America. Oregon Dept. Geol. Min. Ind. Bull., v.65 p.175-184.

Harrison, J.V. y Wilson, J.J. (1960)

Geologia de la region comprendida entre Huacho y Vinchos.

Soc. Geol. Peru, Tomo 35.

Horita, A., Oikawa, J. and Tagami, Y. (1973)

Geological features of the Huanzala ore deposits, Peru.

(in Japanese). Min. Geol. Japan, v.23, p.265-274.

James, D.E. (1971)

Plate tectonic model for the evolution of the Central Andes.

Geol. Soc. Amer. Bull., v.82, p.3325-3346.

Japan International Cooperation Agency and Metal Mining Agency of Japan

(1978-1979), Report on geological survey of the Cordillera Oriental, Central Peru. Vols. 6-8.

Jenks, W.F. (1948)

Geology of the Arequipa quadrangle.

Inst. Geol., Peru, Bol.9.

Jenks, W.F. (1956)

Peru, Handbook of South American Geology.

Geol. Soc. Amer., Memoir, 65, p.215-247.

Jenks, W.F. (1979)

Geology of South America, Geology of the World. (in Japanese).

Iwanami, Tokyo, p.143-172.

Lewis, R.W. y Narvaez, S. (1921)

Los depositos minerales de la Provincia de Cajatambo.

Congreso Nacional de la Industria Minera, Lima, Tomo 4, p.25-43.

Lipertier, C. (1969)

A simplified statistical treatment of geochemical data by

graphical representation. Econ. Geol., v.64, p.538-550.

Mclaughlin, D.H. (1924)

Geology and physiography of the Peruvian Cordillera, Departaments

of Junin and Lima. Geol. Soc. Amer. Bul., v. 35, p.591-632.

Miyashiro, A. (1979)

Orogenesis based on the plate tectonics, the Transitional Earth.

(in Japanese). Iwanami, Tokyo, p.35-144.

Santolalla, M. (1921)

El carbon el Peru, Hulleras Oyon.

Congreso Nacional de la Industria Minera, Lima, Tomo 4, p.196-200.

Sato, H. and Saito, N. (1977)

Pyrite zones and zonal distribution of Cu-Pb-Zn ores in Huanzala mine, Peru. (in Japanese). Min. Geol. Japan, v.27, p.133-144.

Stewart, J. W., Evernden, J.F. and Snelling, N.J. (1974)

Age determination from Andean Peru : a reconnaissance survey. Geol. Soc. Amer. Bull., v.85, p.107-116.

Jurekian, K.K. and Wedepohl, K.H. (1961)

Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. Geol. Soc. Amer. Bull., v.72, p.175-192.

Wilson, J.J. (1963)

Cretaceous stratigraphy of Central Andes of Peru. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v.47, p.1-34.

Wilson, J.J., Reyes, L. y Garayer, J. (1967)

Geologia de los cuadrangulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Cuarhuaz y Huari. Serv. Geol. Min., Peru, Bol.16.

# 各論

## 各 論

第1章 調査の概要 .....	12
1-1 調査の目的 .....	12
1-2 調査の範囲および期間 .....	12
1-3 調査方法 .....	12
1-4 解析方法 .....	13
第2章 調査地域の一般事情 .....	15
2-1 位置および交通 .....	15
2-2 地 形 .....	15
2-3 気 象 .....	16
2-4 住民および産業 .....	16
第3章 地 質 .....	18
3-1 中部アンデスの地史概観 .....	18
3-2 オヨン地区の地質概要 .....	19
3-3 層序および岩質 .....	20
3-4 Calipuy 火山岩類 .....	26
3-5 貫入岩 .....	27
3-6 地質構造 .....	29
第4章 鉍 床 .....	32
4-1 鉍床概要 .....	32
4-2 調査地域の金属鉍床 .....	32
4-3 調査地域周辺の主要鉍山の概要 .....	38
第5章 地化学探査 .....	46
5-1 目的および方法 .....	46
5-2 解析および結果の検討 .....	46
第6章 Iscay Cruz 地域の鉍化作用 .....	52
6-1 層準規制型鉍床の可能性 .....	52

6 - 2	Iscay Cruz 鉍床の鉍質と帯状分布について .....	5 3
6 - 3	鉍化帯の構造規制 .....	5 4

## 第1章 調査の概要

### 1-1 調査の目的

本調査の対象であるオヨン(Oyon)地区は、Bellidoほか(1972)による、西部アンデス鉱床生成区(Provincia Metalogenica Andina Occidental)中の高原台地の多金属鉱床生成亜区(Sub-Provincia Polimetálica del Altiplano)に属し、北方はHuanzala(ワンサラ)、Raura(ラウラ)などで知られるHuallanca-Oyon(ワジャンカーオヨン)地区、東側はCerro de Pasco(セロデパスコ)、Vinchos(ヴィンチョス)などで代表されるCerro de Pasco地区、南方はHuarón(ウアロン)、Santander(サントアンデル)で知られるHuarón-Carhuacayan(ウアロン-カルウアカヤン)地区などの鉱産地帯に取囲まれている。

オヨン地区内には、稼働中の鉱山はないが、Iscay Cruz(イスカイクルス)などの銅(Cu)・鉛(Pb)・亜鉛(Zn)鉱徴地が知られており、鉱物資源の賦存が期待される。本地区の地質構造を解明し、鉱徴地を把握し、鉱化作用の性格とこれと地質構造との関係を検討することにより、次段階の探査活動に有益な指針を得ることが本調査の目的である。

### 1-2 調査の範囲および期間

#### (1) 調査位置および調査範囲

調査対象のオヨン地区は、首都Lima(リマ)の北約100km、Rio Huaura(ウアラ川)の上流に位置する。

調査範囲は、Churin(チュリン)、Oyon(オヨン)、Chiuchin(チウチン)を含み、Rio Huauraの支流であるRio Checras(チェクラス川)およびRio Pampahuay(パンパウアイ川)の流域に当る面積約700km<sup>2</sup>の長方形の地域である(Fig. 3参照)。

精査の対象とされたのは、Oyonの南南東約10kmのIscay Cruz地域で、面積は約30km<sup>2</sup>である。

#### (2) 調査期間

調査期間は次のとおりであり、現地調査67日間、解析作業79日間である。

現地調査 1979年 9月19日～1979年11月25日

解析作業 1979年11月26日～1980年 2月12日

### 1-3 調査方法

Limaにおいて、日本人技師6名、ペルー人技師5名より成る調査団が編成され、Churinにベース・キャンプが設置された。Churinにおいて、5-6班の調査班が編成され、調査を分

担した。各班は日本人、ペルー人各1名、調査人夫2-4名、馬方1名により構成された。

本地区は、アンデス西部山脈の中心部に位置し、急峻な山岳より成り、最も低い Churin が海拔 2,300 m、Oyon が海拔 3,600 m であるが、ほとんどの地域が海拔 4,000 m 以上に達する高地より成る。なかでも精査の対象となった Iscay Cruz 地域は、海拔 4,600 m から 5,000 m に達する。

本地区において調査を効率的に進めるには、高地順応が必要である。このため高地順応をかね、Rio Huaura や Rio Checras に沿った比較的標高の低い調査地域西部および北部の調査が先行された。これらの地域の調査は、自動車道路が通じているので、ジープを利用し Churin および Oyon をベースとして実施された。

その他の地域の調査は、すべて移動キャンプ方式により実施された。キャンプの移動、資材の運搬、調査活動などには多数の馬匹が使用された。馬匹の活用が高地での困難な作業を可能としました容易にした。調査用具、野営用具などは日本から持込まれ、ガソリン、食料品などは現地で調達された。保安対策として高地対策用酸素ボンベも準備された。

概査用として縮尺 1/25,000 の地形図が、精査用として縮尺 1/10,000 の地形図が使用された。Iscay Cruz 地域の鉱徴とその周辺については、ポケット・コンパスを使用し、縮尺 1/2,000 の測量・調査が実施され、必要個所に合計 200 m のトレンチが行われた。

地質調査では、地表の主要露頭を踏査し、各露頭の岩相や構造、各地層の分布状況や相互関係などが調査され、地層間の対比と地質構造の解析が行われた。地化学探査試料の採取は地質調査と平行して同時に行われた。原則として、岩質ごとおよび層準ごとに岩塊が採取された。これらの試料は現地にて調整され分析に供されたほか、主要試料については、顕微鏡などによる各種試験が行われた。

本地域は崖錐が発達し、各所に耕地が開かれ、農業用水路が縦横に発達しており、いずれの谷も流水は少ない。河川堆積物試料の採取は、ほとんどの場合困難であったが、可能なかぎり採取された。Iscay Cruz 地域のゴッサン (gossan) および鉱石露頭については、分析試料を得るため、巾 10 cm、採取長 2-4 m のチャンネル・サンプリングが行われ、同時に、各種試験に供するため、鉱石塊も採取された。

#### 1-4 解析方法

現地調査に引続き、採取された各種の試料および地質などの資料について、分析と解析作業が行われた。分析・解析作業は、一部が現地で行われたほか、大部分は日本において行われた。

実施された分析・解析作業の主要なものおよびその個数は次のとおりである。



(1) 岩石薄片顕微鏡観察	29 個
(2) 鉍石研磨片顕微鏡観察	11 個
(3) 鉍石の分析 ( Ag, Cu, Pb, Zn )	14 個
(4) X線回折	9 個
(5) X線マイクロアナリシス	3 個
(6) 岩石生成年代測定	4 個
(7) 化石鑑定	7 個
(8) 地化学探査試料 ( 岩石 ) の分析 ( Cu, Pb, Zn )	289 個
"    ( 鉍徴部 ) の分析 ( Cu, Pb, Zn, Ag )	117 個
"    ( 河川堆積物 ) の分析 ( Cu, Pb, Zn )	44 個
地化学探査試料の分析	合計 450 個
(9) 微量成分分析 ( Sr, Ba, Ca, Mg, Mn, Fe )	28 個

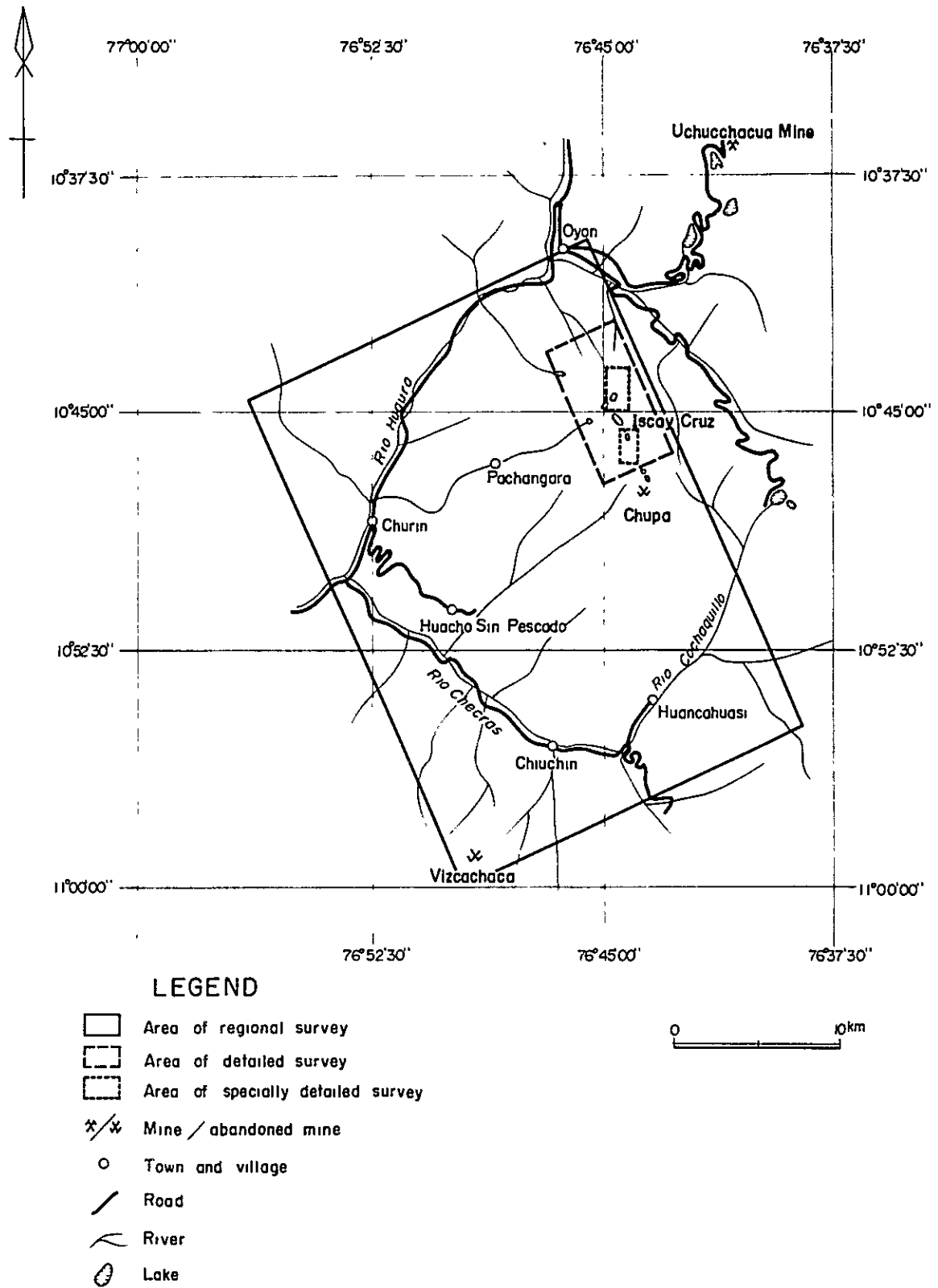


Fig. 3. Location Map of the Surveyed Area

## 第 2 章 調査地域の一般事情

### 2-1 位置および交通

調査の対象であるオヨン地区は、首都 Lima の北方約 100 Km の距離にある。

Lima より現地に至るには、Huacho (フチヨ) を経由するルートと、Chancay (チャンカイ) から短絡路を通して直接 Sanyan (サヤン) に至るルートの 2 通りがある (Fig. 4 参照)。Huacho までは 2 車線の舗装道路のパンアメリカン・ハイウェイが通じている。Huacho より Sanyan の 15 Km 先きまで、舗装されている。Chancay からの短絡路はほとんど未舗装である。Lima から Sanyan まで、前者のルートで 178 Km、後者で 137 Km であるが、時間的にはほとんど差異はなく、両者とも 3 時間 10 分 - 20 分を要する。

Sanyan からは、Rio Huaura に沿った溪谷を縫う悪路となり、Churin まで 61 Km で約 2 時間を要する。Churin から Oyon までは 32 Km、約 1 時間 20 分である。Isca Cruz 精査地域に入るには、Oyon からのルートが最も便利であり、車で約 10 Km、30 分、次いで馬で約 8 Km、約 3 時間、合計 3 時間 30 分を要する。

### 2-2 地 形

本調査地域は、アンデス山系の西側の主列である西部山脈にあり、大平洋岸水系に属する Rio Huaura の原頭部に位置し、急峻な山岳地形を呈する。

標高は谷底の海拔 2,300 m から山頂の 5,300 m まで変動し、その標高差は 3,000 m に達する。海拔 4,200 m から 4,800 m にかけて、比較的平坦な部分が発達しており、この平坦部を境に、上下の地形に著しい差異がある (Fig. 5 参照)。これより上部は氷河地形が発達し、海拔 4,800 m 以上は急峻な岩壁より成る岩峯となる。下部は深い溪谷に刻まれた壮年期地形を呈している。

この平坦面はプナ地表 (la Superficie Puna) として知られる成熟した地形であり、第三紀中新世末期に完成し、当時の標高は 2,000 - 3,000 m であったと推定されている。従って、本地域では、アンデス造山運動の一環として、第三紀鮮新世以後 2,000 - 3,000 m の隆起が起ったことになる。

本地域の地形および水系は地質構造を明瞭に反映している。すなわち、塊状石灰岩より成る Jumasha (フマーシャ) 層が NNW-SSE 方向に連なる最も高い岩峯を形成し、次に珪岩より成る Chimu (チムー) 層が中位の山塊を、頁岩および砂岩よりなる Carhuaz (カルフス) 層が鞍部を形成している。水系としては、NNW-SSE 方向と、これを直交する ENE-WSW 方向が顕著に発達している。NNW-SSE 系は褶曲構造と地層の分布を、ENE-WSW 系は断裂系を反映している。

## 2-3 気 象

気象は地形と高度および大陸分水嶺からの距離に規制され、場所により著しく変化する。

高地の気象は、いわゆるアンデス高山性で、日中は20℃以上に達するが、夜間は0℃以下に降り、気温の日変化が大きいのが特徴である。年間を通じての気象は、アマゾン側からの季節風の盛衰に左右され、6月-9月の乾季と、10月-3月の雨季に分けられる。分水嶺から15-30kmの範囲では、雨季にはかなりの降雨があり、海拔4,000m以上の高所では降雪となる。

西方へ高度を減ずるに従い、温暖な乾燥気候に移行する。Churinの気温は年間を通じて温暖で乾燥している。平均気温は6月-9月の冬季が18℃、11月-3月の夏季が28℃、年間平均で23℃であり、降雨はほとんどない。

## 2-4 住民および産業

### (1) 住 民

本地域は、行政上、Departamento Lima（リマ県）Provincia Cajatambo（カハタンボ郡）に属している。住民はインディオを主とし、古くインカ時代より谷筋の盆地や山の中腹に集落を造って、前近代的な農耕牧畜にたよる自給自足の生活を送っている。集落間の交通は、道路が通じている場合もあるが、主に馬および徒歩に頼っている。

本地域は地形急峻なうえに、高地は寒冷であり、低地は乾燥している。このため、高原の湿地や谷筋に沿って、わずかに草木類が生育するのみであり、農耕の適地は限られている。谷筋に沿った傾斜地に水路をめぐらし、小規模な農耕が行われているほか、草原の牧畜が行われているにすぎない。主な産品は、牛乳、乳製品、ジャガイモ、とうもろこしおよび豆類であり、これらの一部はChurinなどへ出荷され、生活必需品の購入にあてられている。

1978年における、主な集落と各地区の人口は次のとおりである。

地 区	集 落	男	女	計(人)
Pachangara	Churin	733	765	1,498
	Pachangara	491	412	903
	その他	770	906	1,676
	小 計	1,994	2,083	4,077
Andajes	Andajes	536	840	1,376
	その他	173	208	381
	小 計	709	1,048	1,757

地 区	集 落	男	女	計(人)
Oyon	Oyon 地区	5,750	5,750	11,500
	Rapaz	395	398	793
	Mallay	394	370	764
	その他	305	343	648
	小 計	6,844	6,861	13,705
Chancay	Parquin	454	450	904
	その他	504	587	1,091
	小 計	958	1,037	1,995
Checras	Puñun	600	700	1,300
	その他	1,217	1,165	2,382
	小 計	1,817	1,865	3,682
合 計		12,322	12,894	25,216

## (2) 産 業

Oyon の周辺には、Raura (ラウラ) 鉱山、Uchucchacua (ウチュクチャクワ) 鉱山、Chanca (チャンカ) 鉱山などの近代的な鉱山が稼働されている。いずれも中小規模であるが、本地域の生産活動の核となり、地域社会に最も安定した富をもたらしている。また、古くから石炭の採掘が行われて来たが、石炭業はいずれも小規模で手工業の域を出ず、地域経済の中での比重は低い(第4章参照)。

Churin および Chiuchin には温泉があり、保養地として知られている。Lima に比較的近いこと、年間を通じて気候が温暖なことから、最近では観光地として栄え、確実な現金収入を得ている。

上記の鉱山業と観光業を除けば、みるべき産業はなく、本地域の住民のほとんどは、前近代的な農耕牧畜にたよる自給自足の生活を送っている。





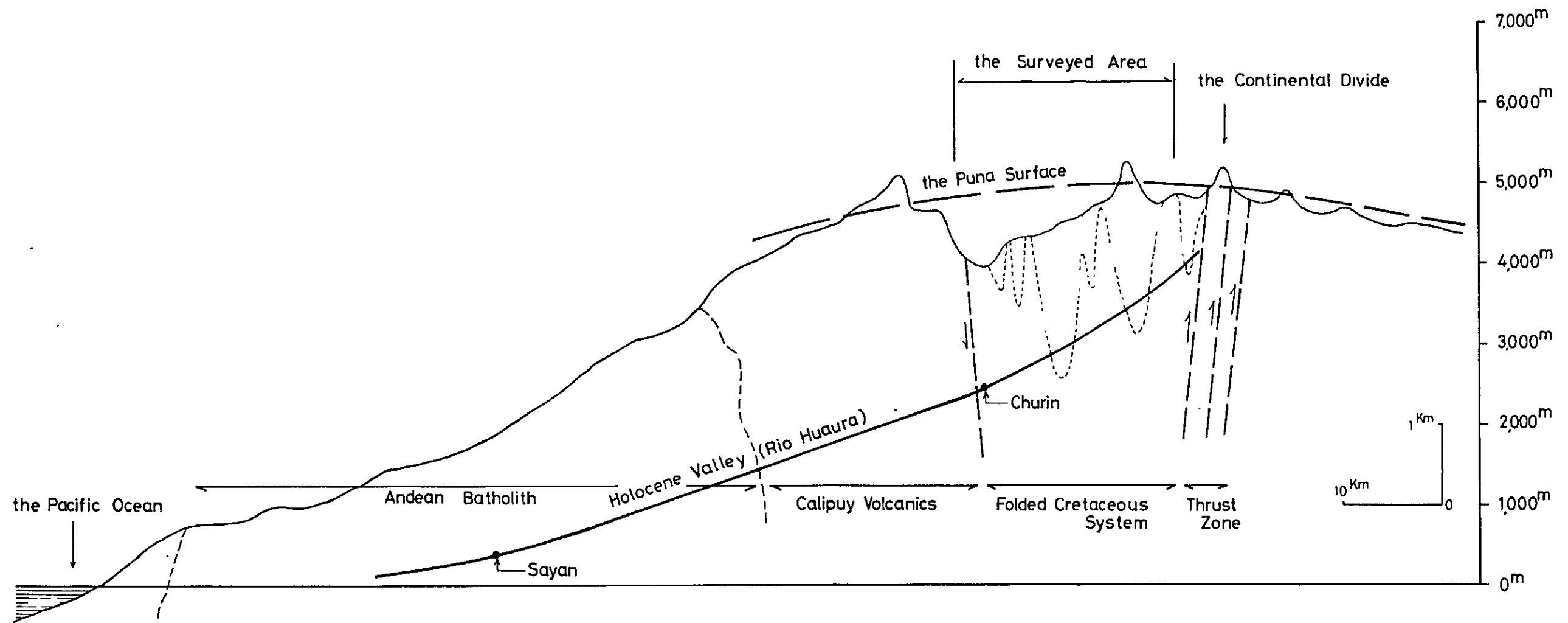


Fig. 5. Schematic Profile of Topography and Geology (Direction of WSW—ENE)



## 第 3 章 地 質

### 3-1 中部アンデスの地史概観

南アメリカ大陸の西部に位置するペルー国土は、北北西-南南東に延びる海岸線に沿い、アンデス山脈に縦断されており、チリ北部およびボリブリア西部とともに中部アンデス地域を構成している。中部アンデス山系は、西部山脈 (Cordillera Occidental)、東部山脈 (Cordillera Oriental) およびサブ・アンデス (Cordillera Sub-Andina) の 2 列ないし 3 列の山系より成る。南アメリカ大陸の西縁に沿い、延長 8,000 Km にわたって南北に細長く連なるアンデス山脈の地形は、第三紀末 (鮮新世) から現在に至る隆起によって出来上ったものとされているが、地質的には古い歴史を持つ複雑な山系である。東部山脈が古生代の劣地向斜性堆積岩から成るのに対して、西部山脈は中生代と新生代の優地向斜性の堆積岩、火成岩および深成岩より成っている。

本調査の対象であるオヨン地区は、アンデス山脈の西側の主列を構成する西部山脈に位置し、大陸分水嶺からその西側流域を含んでいる。アンデス造山帯の進化発展の機構については、最近、プレート・テクトニクスの立場から見直されており、Bellido, Jenks, James, 都城などによる多くの文献がある。これらの研究成果をふまえて、本オヨン地区の広域地質上の位置を明確にするため、プレート・テクトニクスの視点から、中部アンデスの地史を以下に概説する。

中部アンデス地域に露出する最古の岩石は、結晶片岩や片麻岩より成るプレ・カンブリア紀の変成岩類である。これらはペルー南部の海岸地帯や東部山脈に断片的に分布し、その脊柱を形成している。古生代には、南アメリカ台地の西縁を構成する大陸棚や大陸斜面に、碎屑性堆積層が断続的に厚く集積した。主に頁岩および砂岩から成るこれら古生層は、後の造山運動により著しく褶曲し、東部山脈を形成した。

古生代二疊紀末から中生代三疊紀にかけて、アンデス山脈の歴史にとって決定的な事件が起こった。すなわち、パンゲア大陸の解体と、それに伴う南アメリカ大陸とアフリカ大陸の分離・分化である。

三疊紀からジュラ紀にかけて、ギアナ楯状地およびブラジル楯状地から成る大陸西縁は著しく不安定となり、大陸プレートと海洋プレートであるナスカ・プレート (Nazca plate) の収束の場となった。ジュラ紀にはナスカ・プレートのサブダクション (subduction) が活発となった。地質活動の主軸は西方へ移動し、西方の浅海地帯に火山弧が形成され、大量の安山岩質溶岩が噴出した。これらの安山岩類は、ペルー南部やチリ北部に沿って保存されている (James, 1971)。

白亜紀に入ると、この火山活動の結果、細長い火山列島が生じ、その東側に外洋から隔離さ

れた船状盆地が発達し、ここに多様な岩相を持つ堆積岩が沈積した。白亜紀初期には、東側の陸地より大量の碎屑物が運ばれ、石炭を挟在する碎屑岩層が堆積した。白亜紀中期には海進が進み、石灰岩の厚層が形成された。これらの白亜紀堆積岩類は、西部山脈の中軸部に沿って広く分布している。

白亜紀末から古第三紀にかけて、ジュラ紀の火山弧に沿って火山活動が再開され、安山岩質溶岩が噴出し、火山弧の下部に深成岩体が貫入した。これらの火山岩類は西部山脈の西側に連続分布している。さらにその西側には巨大な深成岩体のパソリスが露出しており、これらは以後の侵蝕によって、火山の土台が露出したものとされている ( Jenks, 1979 )。

新第三紀中新世には、流紋岩質および石英安山岩質の火山灰流が噴出した。第四紀に入ると、広大な火成碎屑岩の上に、多数の火道から安山岩質溶岩が噴出した。ペルー南部からチリ北部にかけて、1,000を越す5,000 mないし6,000 m級の成層火山が形成され、その一部は現在も活動している。中新世の火山活動は、中性の成分を有する多数の小貫入岩体を伴っており、その多くは鉱化作用を伴っている ( Bellido, 1969 )。

地表で火山活動を起すマグマが地下に侵入すれば深成岩体を造る。ジュラ紀から現在にわたって継続した激しい火山活動は、アンデス造山帯の特徴であり、大量の溶岩の噴出と深成岩体の貫入をもたらした。その結果、地殻が著しく膨張し、強大な圧縮力が生じた。これが東方へ伝わり、東部山脈や西部山脈の厚い堆積岩地帯に、著しい褶曲と隆起を引起す原動力となったと考えられる。マグマはサブダクションするプレートの部分融解によって継続的に供給されたと考えられている ( James, 1971 ; 都城, 1979 )。

本オヨン地区に分布するのは、主として、激しく褶曲した白亜紀堆積岩類と第三紀火山岩類であるが、これらには、堆積環境の進化発展、激しい火山活動、強大な圧縮力による地殻の湾曲・破断現象などのアンデス造山帯の歴史が刻み込まれている ( Fig. 5 参照 )。

### 3-2 オヨン地区の地質概要

オヨン地区を含む中部アンデス地域の地質については、多くの研究者により、多くの研究がなされている。古くは McLaughlin ( 1924 ) が中部アンデス全域の層序を総括した。

Harrison ( 1940 - 1956 ) は、広域にわたる地質調査を実行した。南部地域については Jenks ( 1948 )、北部地域については Benavides ( 1956 ) の研究がある。本オヨン地区とその周辺地域については、Wilson ( 1963 ) が詳細にわたる調査・研究を行った。最近では、Cobbing ( 1973 ) がこの地域の地質を総合し、航空写真を活用することにより、地質図幅を完成させた。ペルー全域の地質については、Jenks ( 1956 ) や Bellido ( 1969 ) による概説書が公刊されている。

オヨン地区は、層序の上では、Cobbing (1973)による白亜紀堆積盆地帯 (la zona de la cuenca cretacea) 内に在り、地質構造上、Wilson (1967)による褶曲—衝上断層帯 (la zona de plieques y sobreescurrecimientos) に位置している。

本地区には白亜紀の堆積岩類が広く厚く分布している。下部と上部とでは著しく岩相を異にしており、下部は主に珪質砂岩、頁岩などより成る砕屑岩類であり、上部は泥灰岩と頁岩を伴う石灰岩類である。このことは白亜紀の堆積盆の進化を表わしており、大陸性から海洋性への堆積環境の変化に対応している。

本報告書では、白亜系の層序区分および各累層の名称は、Cobbing および Wilson によるものを採用した。下部の砕屑岩類は、下位より Oyon (オヨン), Chimu (チムー), Santa (サンタ), Carhuaz (カルワス) および Farrat (ファラット) の各累層に区分される。上部の石灰岩類は、下位より, Pariahuanca (パリアワンカ), Chulec (チュレック), Pariatambo (パリアタンボ) および Jumasha (フマーシャ) の各累層に区分される。これらの白亜紀堆積岩類は、第三紀以後のトータル岩や石英安山岩に貫入されており、また、本地区西部で、Cossio (1964) による第三紀の Calipuy (カリプイ) 火山岩類に覆われている。なお、アンデス分水嶺の東側の地域は、Cobbing による白亜紀ブロック状堆積帯 (la zona del bloque cretaceo) に属し、下部砕屑岩類は各累層の分化がみられず、Goyllarisquizga (ゴインジャリスキスガ) 層群として一括されている (Fig. 6, 7 参照)。

白亜紀堆積岩類は、アンデス造山運動に伴う激しい褶曲作用を蒙り、NNW—SSE 方向を軸とする複合褶曲構造を造っている。通常、2—3 Km の周期で、時に数 10 m の周期で、背斜および向斜を繰返しており、同一の地層が何回も地表に露出する。軸部の構造は通常鋭角であり、上位の地層が下位の地層中に折り畳まれ、下位の地層が上位の地層中にプラグ状に挟み込まれている場合が多い。

### 3-3 層序および岩質

#### 3-3-1 Oyon 層

(1) 分布： Oyon 層は、オヨン地区の最下位層を構成し、背斜構造の軸部に沿い、Chimu 層の下位に、NNW—SSE 方向に細長く分布する。本層の露出はオヨン地区の東部に限られ、Oyon の西方 2 Km, 5 Km および東南方 5 Km に典型的な露出がある。

(2) 構成および岩質： 本層は主として、暗灰色の砂岩および頁岩の薄層互層より成り、上部に石炭層を挟んでいる。互層の間隔は、通常 10—30 cm である。砂岩は細粒泥質で淘太が悪い。石炭層は 3 層あり、層厚は最大 1 m 程度である。富鉍部は、通常、背斜の軸部を占め、レンズ状で連続性が悪く、堆積後の構造運動の影響を強く蒙っている。

(3) 層厚： 本層の露出は上部の 100—400 m のみに限られているため、下部と基底部

の状況は明らかでない。本層の層厚は観察できる範囲で、少くとも400mである。

(4) 対比： Oyon 層の名称は、Oyon 西方の Chimu 層下位層の観察にもとづき、Harrison (1956) が提案した。Wilson (1963) は発見された化石にもとづき、本層を白亜紀下部の Neocomian (ネオコム) 階の中の Valanginian (バランジュ) 階に対比したが、ジュラ紀最上部である Tithonian (タイトン) 階である可能性があるとした。Cobbing (1973) によれば、本層は北方で Tithonian 階の Chicama (チカマ) 層頁岩に漸移する。本層は東方に分布する Goyllarisquizga 層群の最下位に対比できる。

### 3-3-2 Chimu 層

(1) 分布： Chimu 層は、上位の Carhuaz 層および Jumasha 層と並んで、本地区に最も広く分布する。NNW-SSE系の背斜軸に沿い、本地区の東部および西部に、各々3ないし4列の露出がある。帯状に細長く露出する場合と、上位の Santa 層および Carhuaz 層中にドーム状形態で露出する場合とがある。

(2) 構成および岩質： 本層は、主として、白色-淡灰色、細粒-中粒の珪質砂岩より成り、黒灰色の細粒砂岩または砂質頁岩を挟む。砂質頁岩は炭質部を含むことがある。珪質砂岩の層厚は、通常、10数mから数10mに達するが、細粒砂岩および砂質頁岩の層厚は数m程度である。珪質砂岩は、主として石英粒から成り、これをシリカが膠結し、オーソクォーツアイト (Orthoquartzite) となっている。再結晶が進み、変成珪岩 (Metaquartzite) のみかけを呈する場合もある。

本層の上部は、細粒砂岩および砂質頁岩の割合が増し、珪質砂岩との間に、数10mにわたる互層帯を有している。また、本地区の東部と西部とで、若干岩層を異にし、東部では珪質砂岩が優勢なのに対して、西部では細粒砂岩および頁岩の割合が増す。

本層の珪質砂岩は、比較的均質で、上下および地域による変化が少ないのが特徴である。斜層理 (cross bedding) やリップルマーク (ripple mark) が認められ、Wilson (1963) は本岩中の斜層理とスランプ (slump) 構造を研究し、堆積物の移動方向は南西が卓越するとした。本層はその岩質、堆積構造、植物化石などからみて、デルタまたは氾濫原の堆積物と考えられる。

本層は、その硬質塊状の岩質のため、常にデコボコの多い、荒々しい山塊を形成しており、地形上他層と区別される。

(3) 層厚： 本層の層厚は、通常、600-700mである。本地区西部では、下位層の露出がないため明確でないが、層厚を増し、約1,000mに達すると推定される。

(4) 対比： Chimu 層は、Benavides (1956) により、ペルー北部の Chicama 谷において定義された。本層には植物化石の破片が見出されるのみで、化石による対比はできな

いが、上位の Santa 層 (Valanginian 階後期) との関係からみて、Valanginian 階に  
対比される。下位の Oyon 層とは整合関係である。本層は、岩質的にも、堆積環境の上から  
も、東部地域の Goyllarisquizga 層群と類似する。

### 3-3-3 Santa 層

(1) 分布： Santa 層は、Chimu 層上盤に沿って、細長く帯状に分布する。通常、下位の  
Chimu 層の珪質砂岩が造る岩壁に接して急崖をなすが、本地区の西部、Churin から  
Huacho sin Pescado (ワチョ シン ペスカード) および Acaín (アカイン) にかけては、  
上位の Carhuaz 層中にプラグ状に挟み込まれて分布している。

(2) 構成および岩質： 本層は、主に細かに成層した青灰色の石灰岩より成り、砂質石灰岩  
および泥灰岩を伴っている。石灰岩は貝殻の破片を含み、しばしばチャートのノジュールを  
含む。石灰岩中には、通常厚さ 1 m 前後のドロストーン (dolostone) のレンズあるいは薄  
層が発達する。ドロストンの表面は風化して黄褐色を呈する。ドロストンの発達は本地区の  
東部が顕著で、特に Iscay Cruz 地域では、ドロストーンが大規模に発達し、その一部は鉛・  
亜鉛の鉱化作用を伴い、地表部に大規模なゴッサンを生じている。Huacho sin Pescado  
では、5-6 m の巾で石膏が胚胎している (Fig. 8 参照)。本層は深海性の生物化石を欠  
き、貝殻の破片を多量に含むことから、沿海の堆積と推定される。

(3) 層厚： 通常、150 m 前後である。西部の Huacho sin Pescado では見掛巾が  
500 m に達するが、これは石灰岩層が幾重にも折り畳まれたためであると考えられる。

(4) 対比： Santa 層は、Carhuaz (オヨン地区の北方の Ancash 県) の北西で、  
Benavides (1956) により定義された。この累層は中部アンデス地域に広く分布している。  
ペルー中部地域では、同定可能な化石は発見されていないが、ペルー北部の Santa 層中の  
化石にもとづいて、Benavides は本層を Valanginian 階後期に対比した。本層は下位  
の Chimu 層と整合的關係にある。

### 3-3-4 Carhuaz 層

(1) 分布： Carhuaz 層は、Chimu 層と Jumasha 層が造る山嶺および山塊の鞍部に沿  
って、最も広範囲に分布する。通常、褶曲構造の翼部および向斜の軸部を構成している。

(2) 構成および岩質： 本層の主体は、砂岩・頁岩互層であり、下部に層厚 1-2 m の石灰  
岩またはドロストンの薄層 3-4 層を挟んでいる。また、基底より 50 m 付近に、層厚 5-  
6 m の石膏が断続的に胚胎する。砂岩および頁岩の互層の間隔は数 cm から数 m まで変動し、  
時に数 10 m に達することもある。頁岩には石灰質の部分が認められ、炭質部を含むことが  
ある。砂岩は、通常、細粒-中粒で暗灰色を呈するが、地表部では風化により灰褐色を呈する。  
頁岩の色彩は多様であり、暗灰色、暗褐色、黒色、淡緑色から赤紫色まで変化する。

本層の中部および最上部には、赤紫色の頁岩が発達している。特に最上部のものは、層厚

が150mに達し連続性がよく、野外調査の際の鍵層となる。

本層の堆積環境は、植物化石を含み炭質部を挟在することから、海辺の流れのある湖沼であったと推定される。挟在される石灰岩薄層は、一時的に、浅海が発生したことを示している。本層の砂岩中には斜層理やリップルマークが発達する。Wilson (1963)によれば、当時の水流はほぼ西方向である。

(3) 層厚： 本層はインコンピテント ( incompetent ) な、変形し易い岩質より成るため、褶曲構造の形態と褶曲構造上の位置により、その層厚は著しく変動する。通常、背斜の軸部およびその翼部で薄く、向斜の軸部で厚くなる。通常、500-800mの層厚を有するが、西方へ層厚を増し、約1,000mとなる。

(4) 対比： Chruaz 層は、最初 Santa 谷において Benavides (1956) により定義された。Benavides による Carhuaz 層は、上位の Farrat 層の砂岩を包含したものである。これに対し、本地区の Carhuaz 層は、上位の珩質砂岩を除くものとし、Wilson (1963) により再定義された。本層は、同定可能な化石は産出せず、上下層との層位的関係より、Hauterivian (オーテリーブ) 階前期から Aptian (アプト) 階に対比させる。下位の Santa 層とは整合関係である。

### 3-3-5 Farrat 層

(1) 分布： Farrat 層は、下位の Carhuaz 層赤紫色頁岩と上位の Pariahuanca 層塊状石灰岩とに挟まれて、細長く帯状に分布する。本層は、Pariahuanca 層とともに、山腹の斜面に直交して走る小突起部を造っている。

(2) 構成および岩質： 優白色の中粒珩質砂岩と淡灰色の中粒石灰質砂岩より成る。珩質砂岩は本層の下部を、石灰質砂岩は上部を構成する。珩質砂岩はほとんどが石英粒より成り、稀に岩片を含む。また、黒色-灰色のセブラ状縞模様が不規則に発達することがある。本層は、斜層理の発達が著しく、デルタあるいは氾濫原の堆積物である。Wilson (1963)によれば、斜層理から解析された堆積時の水流の平均的方向は南西である。

本層の珩質砂岩は、Chimu 層の珩質砂岩と類似するが、シリカによる膠結度が低く、粒度がやや粗粒であるなどの差異がある。石灰質砂岩はやや泥質、全体的に不均質であり、褐色の斑点を有する。風化および溶蝕され易く、表面は淡褐色を呈する。

(3) 層厚： 通常、下部の珩質砂岩が80m前後、上部の石灰質砂岩が最大40mで、場所により層厚は変化する。合計の層厚は100-120mである。

(4) 対比： Wilson (1963) は下部の珩質砂岩を Farrat 層と定義し、上部の石灰質砂岩は上位の Pariahuanca 層の基底部であるとした。しかし、珩質砂岩と石灰質砂岩との岩質上の差異は大きくなく、堆積環境にも大きな差異は認められないので、本報告では、石灰質砂岩を Farrat 層上部を構成するものとした。本層は化石を産出せず、上下層との層位的

関係から Aptian 階後期に対比される。また、本層は、岩質の類似性および層序上の位置関係から、東部地域の Goyllarisquizga 層群の最上部に対比される。

### 3-3-6 Pariahuanca 層

(1) 分布： Pariahuanca 層は、下位の Farrat 層に接して、Jumasha層が造る山嶺を取り巻く形で、細長く分布する。本層は、地形上の小突起部を造り、これが帯状に連続するので、航空写真解析の際の最も有効な鍵層となる。

(2) 構成および岩質： 本層は厚く成層した、暗灰色の塊状石灰岩より成る。露頭表面は溶蝕され、波状となり、淡灰色を呈する。風化を強く受けると、軟弱化し黄褐色を呈することがある。本層は、含まれる化石がほとんど破片化していること、海洋性の化石を産出しないことなどから、沿海に堆積したものと推定される。

(3) 層厚： 本層の層厚は、東方へ薄く、西方へ厚くなる。通常、80-200mの層厚を有する。

(4) 対比： 本層は化石を産するが、概して保存が悪い。Benavides (1956)は、アンモナイト化石の Parahoplites (パラオブルテス)を採取し、本層を Albian (オーブ)階前期に対比し、ペルー北部の Inca (インカ)層と同一時期のものとした。本層は、東方へ薄くなり大陸分水嶺の東側で消滅しており、Albian 階の大規模な海進の始まりを示している。下位の Farrat 層とは整合的關係である。なお、本報告の Pariahuanca 層は、塊状石灰岩のみに限定し、下位の石灰質砂岩は Farrat 層に含めたので(理由は3-3-5参照)、Benavides (1956)および Wilson (1963)の定義とは若干異っている。

### 3-3-7 Chulec 層

(1) 分布： Chulec 層は、上位の Pariatambo 層とともに、Jumasha 層が造る山嶺を取り巻いて分布し、地形上、Jumasha 層と Pariahuanca 層の間の窪地を造っている。

(2) 構成および岩質： 本層は泥灰岩、石灰岩、頁岩互層より成る。互層の間隔は1-2mから10-20mまで変動する。本層の最下部は泥灰岩と石灰岩の互層、中部は頁岩と泥灰岩の互層および泥灰岩と石灰岩の互層、最上部が主に泥灰岩より成る。中部の泥灰岩・石灰岩互層は巻貝や二枚貝などの化石を多産する。泥灰岩は軟弱で剥離性を有し、淡灰色-黄色を呈す。石灰岩は暗灰色-淡灰色を呈し、頁岩は黒色である。

(3) 層厚： 約200mである。

(4) 対比： 本層は、最初 McLaughlin (1924)により Machay (マチャイ)層の下部層として記載され、後に、Benavides (1956)により Chulec 層として定義された。本層は多種類の化石を豊富に産し、多くの研究者により化石の同定がなされ、Albian階初期-中期に対比されている。主な化石は Knemiceras (ネミセラス)、Douvilleiceras (ドヴィレイセラス)などのアンモナイト類である。化石動物群の研究から、本層の下部は

海浜相ないし浅海相を，上部はやや深い相を示すことが判明しており，この時期に西方からの海進が進み，この方向に海が深くなったことを示している。下位の Pariahuanca 層とは整合関係である。

本調査で，本層中より採取された化石とその同定結果は次のとおりであり，これらは Albian 階に対比される。

Bivalvia, Inoceramus sp.,	Albian
Ammonitina, Prdyelliceras sp.,	Lower Albian
Ammonitina, Prdyelliceratidae gen. et sp.,	Albian
Bivalvia, Modiolus (?) sp.,	Albian
Bivalvia, Lima (?) sp.,	Albian
Gastropode, Helicanthus (?) sp.,	Upper Jurassic-Lower Cretaceous

(筑波大学 佐藤 正 教授鑑定)

### 3-3-8 Pariatambo 層

(1) 分布： Pariatambo 層は，山嶺を造る Jumasha 層に接して，これを取り囲んで分布する。

(2) 構成および岩質： 石灰石，泥灰岩および頁岩の薄層互層より成る。これらの岩石は，いずれも炭質物を含み，暗灰色—黒色を呈し，悪臭を放つ場合がある。通常，厚さ数 cm の石灰岩と数 mm の泥灰岩あるいは頁岩が互層し，層理に直交する割目が発達しレンガ状構造を呈している。向斜軸の付近では，層内褶曲を繰返し複雑な構造を呈している。

(3) 層厚： 約 150 m である。

(4) 対比： 本層は，最初 McLaughlin (1924) により Machay 層の上部層として記載され，後に Benavides (1956) により Pariatambo 層として定義された。本層はアンモナイト化石を多産し，Wilson (1963) 他により，Albian 階中期—後期に対比された。岩質および化石動物群よりみて，当時の海は東方へ浅くなっており，本層は嫌気性環境下に堆積したものと推定される。下位の Chulec 層とは整合関係である。

### 3-3-9 Jumasha 層

(1) 分布： Jumasha 層は，NNW—SSE 方向に延びる向斜軸に沿って分布し，明灰色に輝く急峻な山嶺を造っている。本層の造る山嶺は，Chimu 層が造るゴツゴツした山塊とは対象的な姿を呈し，本地域の景観を変化に富むものとしている。

(2) 構成および岩質： 本層は暗灰色の塊状石灰岩を主とし，下部に泥灰質の部分を有する。石灰岩にはドロストーン質の部分がある。露頭表面は溶蝕され，波状模様が発達し白灰色を呈する。さらに風化・溶蝕が進むと，泥質部が溶け去り，モザイク模様を呈することがある。



(3) 層厚： 本層の上部は侵食されているため、真の層厚は明らかでないが、調査地域では少なくとも1,000 mである。Harrison (1956)は、Rapaz (ラパス)付近で、本層の層厚を1,600 mと算定し、Cobbing (1973)は、上位のCelendin (セレンディン)層との関係から、本層の層厚を1,000 - 1,800 mであるとした。

(4) 対比： 本層は、最初数100 mに達する石灰岩・ドロストン層として、McLaughlin (1924)により記載された。本層は、産出するアンモナイト化石や上下層との層位的関係より、Albian 階後期から Turonian (チューロン)階に相当することが、Wilson ほか (1963)により推定された。本層は Exogyra (エクソギラ)や Ostrea (オストレア)などの化石を多産するが、大部分は破砕されており完全なものは少なく、沖合の弱い潮流のある環境に堆積したものと推定される。本層は北部アンデス地域の Cajamarca (カハマルカ)層に対比され、下位の Pariatambo 層とは整合関係である。

### 3-3-10 Celendin 層

白亜紀石灰岩類の最上部を構成するのが Celendin 層である。本層は Conician (コニヤック)階 - Santonian (サントン)階に相当し、主に泥灰岩より成る。調査地域ではすべて剥離され露出はないが、本地区の東方で Jumaha 層に整合関係で累重している。

### 3-4 Calipuy 火山岩類

(1) 分布： Calipuy 火山岩類は、白亜紀堆積岩類を覆って、西部アンデスの大平洋側に沿い、広大な地域を占め分布している。オヨン地区における本岩類の分布は、地区の西端部に限られているが、本地区東方の分水嶺付近にも断片的な分布がみられる。地区西端部における堆積岩類との関係は、北西部が不整合関係、南西部が断層関係である。

(2) 構成および岩質： 主として、安山岩質、石英安山岩質、流紋岩質の溶岩および火成砕屑岩より成る。本火山岩類の岩相は、水平的にも垂直的にも変化に富み一様でないのが特徴である。最も多く分布するのが安山岩質ないし石英安山岩質の凝灰岩と安山岩質溶岩である。安山岩質凝灰岩は、通常、赤褐色ないし淡灰色を呈する。また、斜長石、角閃石および少量の黒雲母の斑晶が認められる。基質は、通常、微粒 - 細粒で、葉状構造あるいは弱い溶結構造が発達することがある。本岩は同質の角礫を多量に含むことがあり、凝灰角礫岩へ移行する。

安山岩質溶岩は、通常、淡緑色、暗灰色、暗褐色を呈し、斜長石および角閃石の斑晶を有する。全般的に緑泥石化作用を受け、部分的に珪化、緑れん石化などの変質作用を受けている。流紋岩は、白色 - 淡灰色で、石英および黒雲母の斑晶を有する。流紋岩質凝灰岩は、白色 - 淡灰色を呈し、中粒 - 粗粒であり、通常、同質および異質の亜角礫を含有する。

本火山岩類の基底部には礫岩の発達が見られる。礫種はチャートおよび珪化頁岩を主とし、

礫、基底部ともに珪質である。

(3) 構造および層厚： 本火山岩類は緩やかな褶曲構造を呈し、激しく褶曲した白亜紀堆積岩類と対象的である。全体的に西方へ傾斜しているように見受けられるが、傾斜は水平に近い。下位の白亜紀堆積岩類との関係は、堆積岩類の侵蝕地形に規制され、アバット関係である。

本火山岩類は、Rio Huaura の河底部（海拔 1,800 m）より兩岸の山頂部（海拔 4,800 m）にわたって分布しており、見掛上の層厚はおよそ 3,000 m に達する。

(4) 対比： 本火山岩類は、本地区西方の大平洋沿岸部で、白亜紀中期-後期の Casma（カスマ）層を不整合に覆い、アンデス・パソリスに貫入されている。また、本火山岩類は東方の分水嶺の東側で、第三紀前期の Casapalca（カサバルカ）層を不整合に覆っている。

アンデス・パソリスの K-Ar 法による生成年代は、Lima 北部においては、60-90 百万年であり、これは白亜紀末期に相当する（Cobbing, 1973）。アンデス・パソリスは複合岩体であり、ペルー全域での生成年代の範囲は 26-102 百万年にわたっている（Stewart & Snelling, 1971）。パソリスの活動が同時代の火山岩類の深成相に相当するものとすれば（Hamilton, 1969）、本火山岩類は白亜紀後期ないし第三紀前期に対比され、火山活動が最も激化したのは第三紀前期であったと推定される。

(5) 全岩分析および岩石生成年代測定結果： Chiuichin の南方約 6 Km の位置で採取された本火山岩類中の安山岩質溶岩（サンプル番号 A0-116）の全岩分析結果を Table 1 に、岩石生成年代測定結果を Table 2 に示した。

本岩は暗褐色を呈し、斜長石の斑晶を有する。鏡下で、有色鉱物は変質し、緑泥石に交代されている。緑泥石のほか炭酸塩鉱物が生じている。石基部の組織はインターサータル（intersertal）である。

K-Ar 法による本岩の岩石生成年代は、 $17.9 \pm 0.9$  百万年である。これは第三紀中新世に相当し、本岩の形成は非常に若い年代となる。本岩は前述したように変質作用を受け、有色鉱物はほとんど緑泥石に交代されているため、同位体比の測定は全岩でなされた。このため、上記の測定年代は、実際の生成年代より若くなった可能性も考えられるが、Calipuy 火山岩類として一括されたものの中には、古いものから新しいものまで、長期間にわたる火山活動の産物が含まれていると解釈するのが妥当であろう。

### 3-5 貫入岩

#### 3-5-1 トーナル岩

(1) 形態および規模： 本岩は Churin の北東約 7 Km および北方約 10 Km で、白亜紀堆積岩類に貫入している。規模は、前者が 7 Km  $\times$  3 Km、後者が 2 Km  $\times$  0.5 Km であり、両者とも岩

株状形態を呈している。

(2) 岩質： 中粒—粗粒，完晶質であり，黒雲母および角閃石の斑晶を有する。鏡下の観察によれば，粒状組織を有し，最も多いのが斜長石で，次いで，石英，正長石，黒雲母，角閃石の順に含有量が少くなる（サンプル番号 CO-121 および CO-122）。本岩の周縁部は粒度がより細かとなり，成分がより苦鉄質となる。大理石化作用，ホルンフェルス化作用および弱いスカン化作用を周囲の岩石に与えている。

(3) 全岩分析および生成年代測定結果： 全岩分析値より計算したノルム値を，石英—カリ長石—斜長石三角図表にプロットすると Fig. 9 のようになる。サンプル番号 CO-121 は岩体の周縁部で，サンプル番号 CO-122 は岩体の中央部で採取したサンプルであるが，両岩とも珩長質（salic）ノルム鉱物の含有比は，Bateman ほか（1975）の分類による，花崗閃緑岩の領域にプロットされる。

分離した黒雲母を使用しての K - Ar 法による本岩の生成年代は， $106 \pm 0.5$  百万年および  $10.9 \pm 0.5$  百万年である（Table 2 参照）。これによれば，本岩の貫入は第三紀鮮新世となり，非常に若い年代となる。

### 3-5-2 トーナル斑岩

(1) 形態および規模： Chiuchin の西方で白亜紀堆積岩類に貫入している。その規模は  $5 \text{ Km} \times 2.5 \text{ Km}$ ，形態は岩株状である。

(2) 岩質： 細粒—中粒，完晶質であり，斜長石の斑晶を有する。有色鉱物としては，角閃石と黒雲母が認められるが，角閃石はほとんど緑泥石化している。トーナル岩に対し，より細粒であること，角閃石の量が黒雲母より多いことなどが本岩の特徴である。周囲の岩石に弱い変成作用を与えている。

### 3-5-3 石英安山岩質斑岩

(1) 形態および規模： Isceay Cruz 鉱化帯の西方約  $1 \text{ Km}$  の位置に，主に Jumasha 層石灰岩中に貫入している。その規模は  $1.5 \text{ Km} \times 0.5 \text{ Km}$  であり，形態は岩株状であるが，岩脈が集合したものようである。本岩体の周囲には，Jumasha 層を覆って凝灰岩および凝灰角礫岩が発達している。本凝灰岩類は貫入岩以前の生成になるものと推察される。

(2) 岩質： 斑晶として，短冊状の斜長石，柱状の角閃石，六角板状の黒雲母などを含み，顕著な斑状組織を有する。石基部は非晶質（aphanitic）である。本岩の一部は完晶質となり，閃緑岩様となる。また，珩化作用を受け，黄鉄鉱を鉱染することがある。周囲の岩石には，珩化，粘土化など弱い変成および変質作用を与えている。

(3) 全岩分析および岩石生成年代測定結果： 全岩分析値から求めた本岩のノルム値は，トーナル岩の値に類似している（Fig. 9 参照）。本岩の黒雲母による生成年代測定結果は， $31.3 \pm 1.6$  百万年で，これは第三紀漸新世に相当する（Table 2 参照）。

### 3-5-4 岩脈類

岩脈類には、玢岩、石英安山岩、流紋岩、花崗斑岩などがある。

玢岩および石英安山岩は、角閃石の斑晶を有し、色は前者が暗灰色、後者が淡灰色である。両岩とも、Isca Cruz 地域と Cerro Tapu (タブ山) 地区 (Churin 南東約 1.5 Km) に特に多くみられる。その貫入方向には規則性があり、前者では  $N 70^{\circ} E$ 、後者では  $N 70^{\circ} W$  の方向が顕著である。

流紋岩は優白質で、少量の石英と黒雲母の斑晶を有し、流理構造が認められることがある。Isca Cruz の北東約 2.5 Km および東方約 1 Km に露頭がみられ、その貫入方向は  $ENE-WSW$  系である。花崗斑岩は白色完晶質で、長石の巨晶を有する。Oyon の西方約 5 Km の Chimu 層質珪砂岩中に貫入しており、その貫入方向は  $NNW-SSW$  系である。

また、Isca Cruz 第 4 鉱徴の下盤側に沿って、流紋岩あるいは石英斑岩であろうと推定される酸性火成岩の岩脈が貫入している。本岩は粘土化作用と珪化作用を強く受け、多量の赤鉄鉱を鉱染している。変質と溶脱が著しいため、原岩の性格は明らかでない。

### 3-6 地質構造

本地域の地質構造は、著しく折り畳まれた褶曲構造と、褶曲軸に平行して走る衝上断層、軸に斜交する共役逆断層および軸に直交する破断断層により、特徴づけられている。これらは、アンデス造山運動に伴う、地殻の強大な圧縮力と地塊の上昇力に由来したものと考察される (Fig. 6 参照)。

#### 3-6-1 褶曲構造

本地域の白亜紀堆積岩類は、 $NNW-SSW$  方向を軸とする複合褶曲構造を造っており、主として、Chimu 層が背斜部を、Jumasha 層が向斜部を構成している。調査の対象であるオヨン地区に限って見ると、地区の東西両側に下位の Chimu 層が露出し、中央部に上位の Jumasha 層が走り、複合向斜構造を呈している。本オヨン地区の東部 (ほぼ Isca Cruz と Rapaz を結ぶゾーン) と中西部 (ほぼ Churin と Chiuchin を結ぶゾーン) に、褶曲構造が特に激しいゾーンがあり、このゾーン内では転倒褶曲が発達し、地層の逆転がみられることが多い。

褶曲の周期は、通常 2-3 Km で向斜と背斜を繰返すが、時に褶曲の周期が数 10 m となり、覆瓦構造 (imbricate structure) を呈することがある (Churin 東方約 2 Km)。軸の落しはほぼ水平であり、褶曲軸の伸びは、Cobbing (1973) によれば、通常 100 Km 以上におわたって連続する。軸面の傾斜は、全般的にみて、本地区北部では西へ  $80^{\circ}$  程度であるが、本地区南部では東へ  $80^{\circ}-70^{\circ}$  となる。軸部の構造は、通常鋭角であり、向斜部では上位の地層が下位の地層中に折り畳まれ (Pachangara 地区など)、背斜部では下位の地層が上位の

地層中にブラク状に挟み込まれている場合が多い ( Churin 東方約 2 km, Oyon 西方約 5 km など )。

Chimu 層などコンピテント ( competent ) な地層には、フレキシユラル・スリップ褶曲 ( flexural-slip folding ) が発達し、層面に平行する断層が発達している。Chimu 層の珪質砂岩に挟まれた細粒砂岩および砂質頁岩は、著しく破砕されており、この破砕化作用は層面断層によるものと判断される。これに対し、Pariatambo 層などのインコンピテントな地層には、フレキシユラル・フロー褶曲 ( flexural-flow folding ) が発達し、褶曲構造の形と褶曲構造上の位置に応じて、地層の層厚が著しく変動している。褶曲の周期が短く、軸部の形態が鋭角である場合、層厚は著しく変化する。層厚は通常、褶曲の翼部で薄化し ( Iscay Cruz 地区の Carhuaz 層や Pariatambo 層 )、褶曲の軸部で厚化する ( Pachangara 地区の Pariahuanca 層や Pariatambo 層 )。また、褶曲の軸部付近では層内褶曲が複雑に発達し、層厚を著しく増す場合がある ( Huacho sin Pescado 地区の Santa 層や Pachangara 地区の Pariatambo 層 )。

激しい褶曲による本地域の地殻の圧縮率は、地層の拡がりに堆積時と褶曲後で変化がなかったものと仮定すると、褶曲の激しい部分で 60 %、オヨン地区の平均で約 63 % である。

### 3-6-2 断 層

本地域の断層としては、NNW-SSE系、NE-SW系、WNW-ESE系およびENE-WSW系がある。

このうち最も顕著なのが、褶曲構造に平行して発達するNNW-SSE系の断層である。この系統の断層として、オヨン地区東方の衝上断層がある。この衝上断層を境に、西側のブロックが東側のブロックへ乗り上げ、西側の Chimu 層が東側の Jumasha 層あるいは Celendin 層と接している。

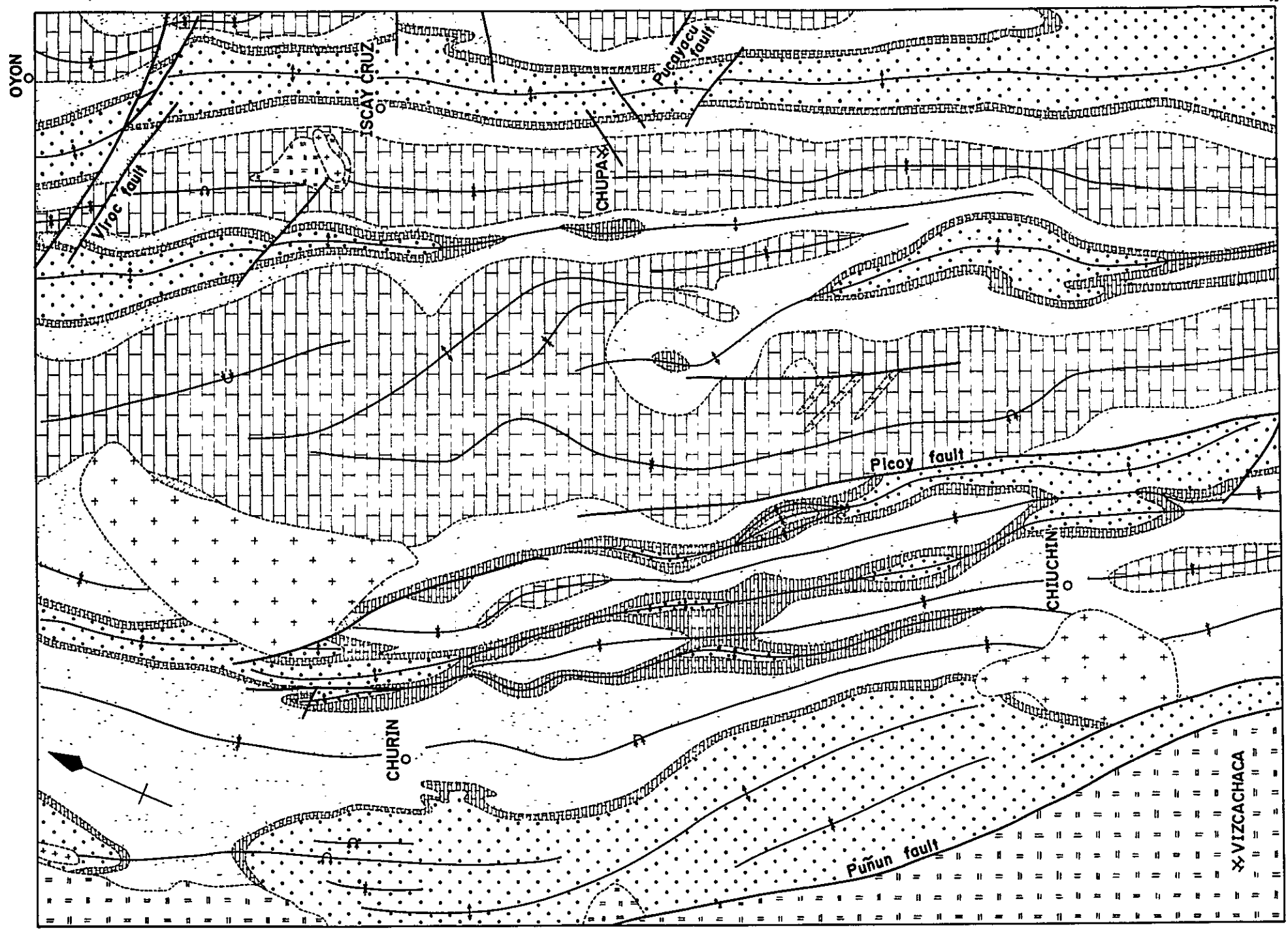
本オヨン地区内では、本系統の断層が、中央部および西部に発達している。各々、Picoy (ピコイ)断層およびPuñun (プニユン)断層と呼称する。Picoy断層は前述した衝上断層と同じ性格のもので、この断層を境に、西側の Chimu 層が東側の Jumasha 層に乗り上げている。その垂直方向の転移は最大 2 km に達している。Puñun断層は西側の Calipuy 火山岩類と東側の Chimu 層を接合させている。本断層は西側のブロックが相対的に落込んでおり、前述した衝上断層とは性格を異にする。地層間の対比より、本断層の垂直方向の転移は少なくとも 2 km である。

NE-SW系およびWNW-ESE系の断層は褶曲構造に斜交し、水平方向の転移を特徴とする。このうち、WNW-ESE系断層は、Oyon の西方約 3 km の Viroc (ビロック)地区や Oyon 南東約 1.2 km の Pucayacu (プカヤク)地区に発達する。各々、Viroc断層および Pucayacu断層と呼称する。両断層とも水平方向の転移を主とし、東側のブロックを西方に移動させており、見掛上の転移量は Viroc断層で 1 km 程度、Pucayacu断層で数 100 m であ

る。Viroc 断層は雁行状に発達し、地層に引摺りを起している。同系統の断層は、南部の Parquin (バルキン) 地区にも発達している。他方、NE-SW系断層は、本オヨン地区内には顕著なものはみられぬが、地区外の Oyon の北西約 20 km の位置に、著しく発達するのが認められる。本断層は、Viroc 断層と同様に、雁行配列し、東側のブロックが西方へ移動している。これらのことから、両系統の断層は典型的な共役剪断断層 (conjugate shear faults) であり、本地域の褶曲構造の発達と密接に関連しているものと言える。

E NE-W SW系断層は、Oyon 南東約 19 km の Cochaquillo (コチヨキシヨ) 地区に、褶曲軸と直交する方向で平行配列している。本断層は、破断断層 (tension fracture) の性格を有し、転移の方向はまちまちである。Isca Cruz 地区の岩脈類は、主にこの系統の割目 (crack) に貫入したものである。

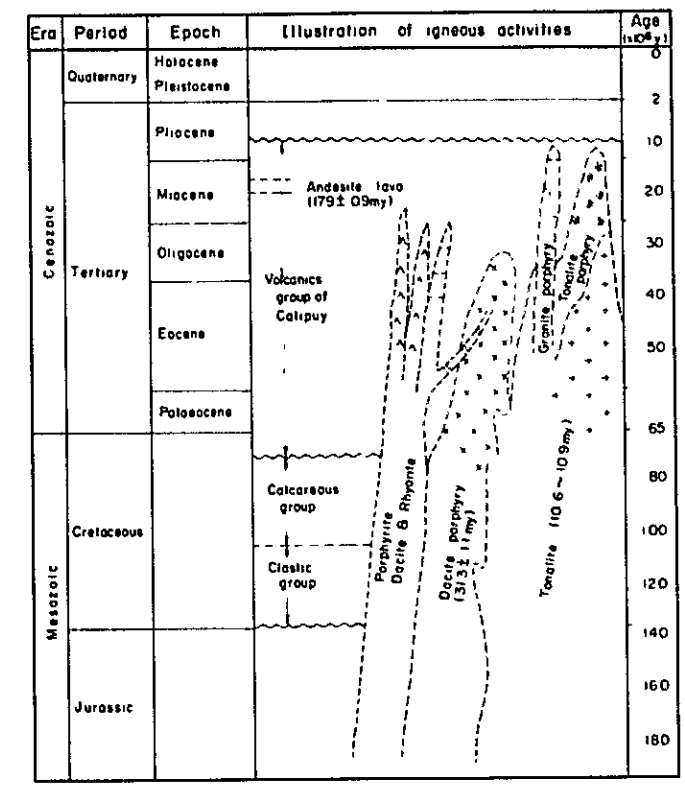
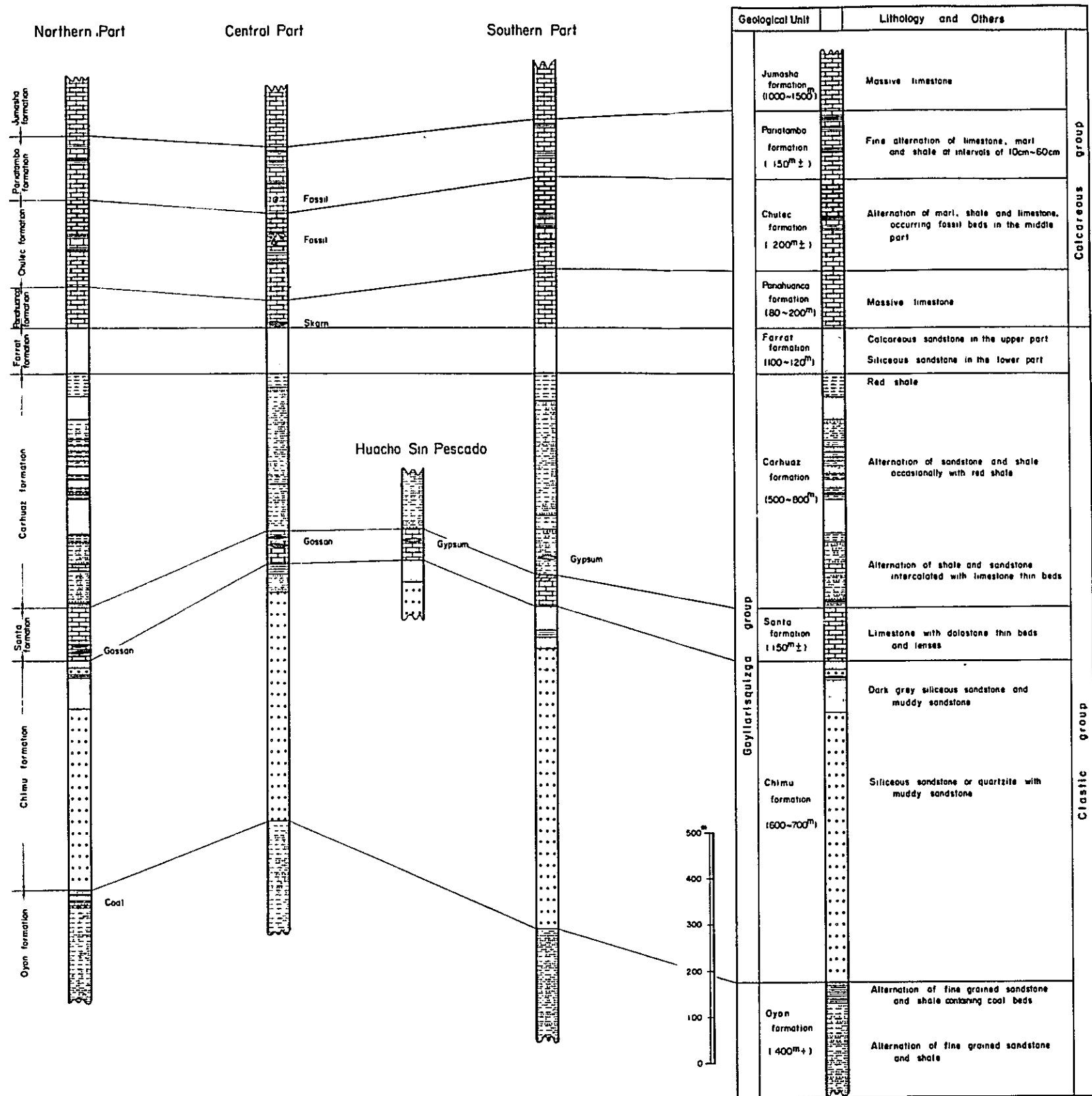
なお、褶曲の激しい個所では、多数の層面断層が発達しており、個々の転移量は僅かでも、全体としてかなり大きな転移を起していると考えられる。このため、褶曲の軸部は鋸状を呈することが多い。また、ほぼ水平に近い割目が、数 10 m - 数 100 m 間隔に発達し、数 m 程度の転移を与えている場合がある。



LEGEND

- |  |  |  |                         |
|--|--|--|-------------------------|
|  | Jumasha, Pariatambo, Chulec and Parahuanca formation |  | Fault                   |
|  | Farrat and Carhuaz formation                         |  | Anticlinal folding axis |
|  | Santa formation                                      |  | Synclinal folding axis  |
|  | Chimu and Oyon formation                             |  | Overturned folding axis |
|  | Calipuy volcanics                                    |  | Abandoned mine          |
|  | Igneous rocks  |  |                         |

Fig. 6. Generalized Geological Map of the Surveyed Area



Schematic Correlation Between Sedimentary Rocks and Igneous Rocks

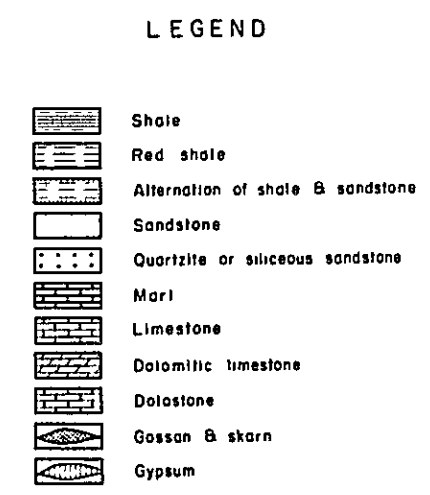


Fig. 7. Geological Columns and Igneous Activities in the Surveyed Area



Iscay Cruz  
(NO.2 Mineralized Zone)

Huacho Sin Pescado

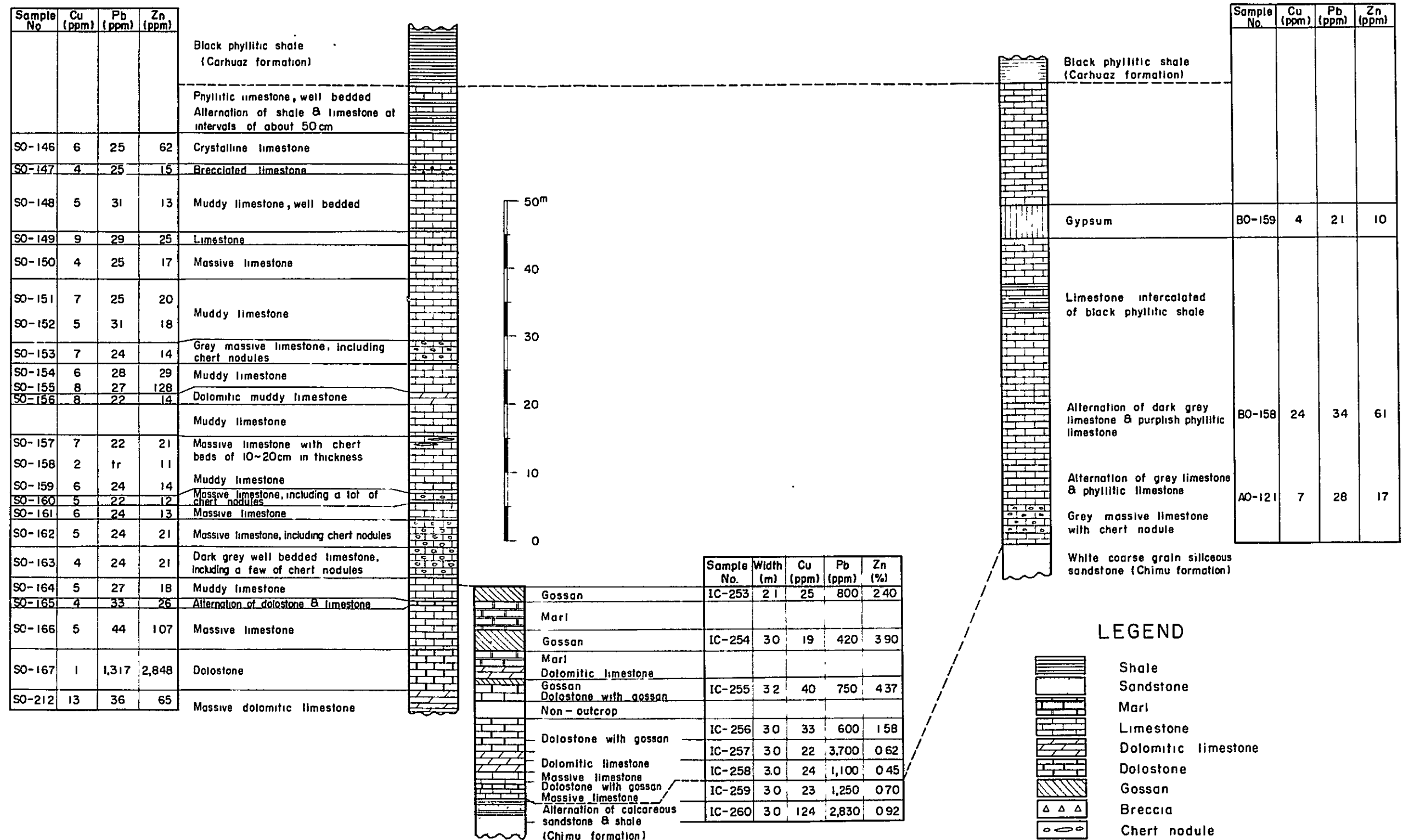


Fig. 8. Geological Columns of the Santa Formation in the Iscay Cruz and Huacho Sin Pescado Area

**Table 1 Assay Values and Normative Composition of Igneous Rocks**

Field No. Rock Name		A0-116	C0-121	C0-122	S0-176
Component		Andesite	Tonalite	Tonalite	Dacite-Porphry
Assay Values	SiO <sub>2</sub>	57.44 (%)	64.57 (%)	68.22 (%)	63.86 (%)
	TiO <sub>2</sub>	1.02	0.65	0.44	0.61
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.62	17.49	15.67	15.73
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.36	1.53	1.09	1.27
	FeO	3.22	2.87	2.30	6.33
	MnO	0.21	0.09	0.08	0.08
	MgO	1.94	1.96	1.19	1.21
	CaO	4.88	3.54	2.87	4.09
	Na <sub>2</sub> O	4.01	4.05	3.77	2.38
	K <sub>2</sub> O	2.11	2.68	3.33	2.94
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.30	0.20	0.16	0.18
	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.61	0.26	0.53	1.27
	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.47	0.07	0.12	0.23
	Total	100.19	99.96	99.77	100.18
Normative Composition	Q	13.33	19.48	25.05	24.61
	C	1.62	1.98	1.04	1.65
	Or	12.71	15.90	19.85	17.61
	Ab	34.58	34.39	32.18	20.41
	An	22.68	16.31	13.31	19.37
	Sub-Total	84.92	88.06	91.43	83.64
	En-Hy	4.92	4.90	2.99	3.05
	Fs-Hy	1.04	3.11	2.77	9.85
	Mf	6.44	2.23	1.59	1.87
	Il	1.97	1.24	0.84	1.17
Ap	0.71	0.47	0.37	0.42	
Sub-Total	15.09	11.94	8.57	16.36	
Ratio	Q	16.00	22.63	27.71	30.01
	Or	15.26	18.47	21.96	21.47
	Ab+An	68.74	58.91	50.33	48.51

**Table 2 Isotopic Age of Igneous Rocks**

Field No. (Rock Name)	Location	Mineral	Isotopic Age (m.y.)	$^{40}\text{Ar}/\text{gm} \times 10^{-5}$	% $^{40}\text{Ar}$	% K
A0 - 116 (Andesite)	G3	whole rock	17.9 ± 0.9	0.113 0.108	52.1 55.3	1.57 1.59
C0 - 121 (Tonalite)	G1	biotite	10.9 ± 0.5	0.215 0.225	43.8 51.0	5.17 5.16
C0 - 122 (Tonalite)	G1	biotite	10.6 ± 0.5	0.267 0.258	56.6 47.8	6.36 6.32
S0 - 176 (Dacite- Porphyry)	G1	biotite	31.3 ± 1.6	0.133 0.129	39.2 36.2	1.09 1.04

Constants used

$$\lambda_{\beta} = 4.962 \times 10^{-10}/\text{year}$$

$$\lambda_{\alpha} = 0.581 \times 10^{-10}/\text{year}$$

$$K^{40} = 1.167 \times 10^{-4} / \text{atom/K}$$

Notes

$^{40}\text{Ar}$  : Radiogenic  $^{40}\text{Ar}$

m.y. : million years

Analysis performed at Teledyne Isotopes, Westwood, New Jersey, USA.



## 第 4 章 鋳 床

### 4-1 鋳床概要

#### 4-1-1 金属鋳床

オヨン地区には現在稼働されている金属鋳床はないが、かつて探鋳ないし開発が行われた鋳床は 2, 3 存在している。Isca Cruz 鋳床, Chupa (チュパ) 鋳床および Viscachaca (ビスカチャカ) 鋳床などである。これに対し, 調査地域に隣接した北部および東部には, 現在稼働中の Raura 鋳床, Chanca 鋳床および Uchucchacua 鋳床が存在している。

これらの鋳床は, ペルー共和国における鋳床区分によれば高原台地の多金属鋳床生成帯に属している (Bellido ほか, 1967)。本鋳床帯は, 東側の主として中生代堆積岩類を母岩とする鋳床帯西側の主として中生代ないし新生代火山岩類を母岩とする鋳床帯とに分けられている。調査地域およびその周辺の鋳床は前述した両帯にまたがっており, Huallanca-Oyon 地区の南部に位置し, これと Cerro de Pasco 地区および Huaron-Carhuacayan 地区に取囲まれている。

金属鋳床は, その賦存状況と鋳種とにより, 次のように区分される (Table 3 参照)。

- (1) 白亜紀石灰岩と貫入岩類との接触部に形成された銅・鉛・亜鉛高温交代鋳床 ………

Raura 鋳床, Chupa 鋳床

- (2) 白亜紀石灰岩および第三紀火山岩類中の銀・鉛・亜鉛裂か充填鋳床 ……………

Raura 鋳床, Uchucchacua 鋳床, Chanca 鋳床, Viscachaca 鋳床

- (3) 白亜紀石灰岩中に胚胎された層状ないし塊状熱水性交代鋳床 …… Isca Cruz 鋳床

#### 4-1-2 非金属鋳床

本地区に分布する堆積岩中には, 非金属鋳床として石炭および石膏が胚胎されている。その一部は小規模で稼働されている。

石炭は, 本地区の最下部層で背斜構造の軸部に露出している Oyon 層に胚胎されている。Oyon 南東部と南西部の 2ヶ所で小規模に稼働されているにすぎない。

石膏は, 調査地域の西側 Churin 地区, Chiuchin 地区に分布する Carhuaz 層中に胚胎されている。下部の砂岩中に厚さ最大 5 m, 延長およそ 50-70 m のレンズ状をなして見出される。これらは石炭と同様に小規模な採掘が行われている。また, Huacho sin Pescado 付近の Santa 層中にも石膏の存在が認められるが, 稼働の対象となるようなものではない。

### 4-2 調査地域の金属鋳床

#### 4-2-1 Isca Cruz 鋳床

- (1) 概 要

本鉱床は、Oyon の南々東、直距離約10 Kmに在る Mancacucha (マンカクーチャ)湖を中心位置している。Oyon より車道約10 Km, 馬道約8 Kmを経て達する。

鉱床は、Chimu 層を軸部とする背斜構造西翼の Santa 層中に胚胎される。鉱床は、石灰岩およびドロストンなどの炭酸塩岩中の鉄・石英ゴッサンあるいは鉛・亜鉛硫化物の鉱染より成り、延長11 Kmにわたり断続的に分布している。

## (2) 現在までの調査の経緯

Isca Cruz 鉱床において、過去に実施された調査とその結果などについては明白でない。単に Evans ほか(1968)により、この鉱床のゴッサン帯において電磁探査が行われたことが報告されており、Cobbing (1973)により、地質に関する記載が行なわれているに過ぎない。その後、この鉱床では数ヶ所において試錐が行われた形跡が認められるが、結果に関しては全く明らかにされてない。

## (3) 鉱床付近の地質

Isca Cruz 地域には Chimu 層から Jumasha 層までの白亜紀の堆積岩類が分布し、これらを石英安山岩および玢岩などが岩株状または岩脈状に貫いている。堆積岩類は、概ね走向NNW-SSE方向をとり、傾斜は70°Wから80°Eの間で変化している。

鉱床母岩である Santa 層は、Chimu 層の上位にあり、層厚は60 mないし105 mの間で変化している。岩相は下位よりドロストン、チャートのノジュールを含む石灰岩および塊状石灰岩の3部層に大別される。ドロストンは、暗灰色ないし黄褐色を呈し、塊状で層理面の発達が悪い。鉱床付近では層厚約20-25 mで発達しているが、その延長部ではやや薄化する傾向が認められる。チャートのノジュールを含む石灰岩は層厚約45 mで塊状石灰岩と互層をなすところもある。ノジュールは概ね10 cm前後の厚さの平板状として含まれている。最上部の塊状石灰岩は35 m前後の厚さで分布している。その下部と上部にはドロマイト質石灰岩のレンズをはさむところもある。Isca Cruz 地域における Santa 層の層序は Fig. 8 (第3章)に示した。

鉱床付近の堆積岩類は、東側における Chimu 層の背斜構造と西側における Jumasha 層の向斜構造の間に挟まれて分布する。概ね西傾斜を呈しているが、一部で逆転し東傾斜を示しているところもある。

断層・裂か系としては、地層の走向と同一方向をとるものと地層を載るものがある。前者は地表では確認しがたい。しかし、Chimu 珪岩中には、逆断層の動きのあったことを示唆する数センチ程度の小規模な転移が認められている。また、Oyon地区における褶曲軸の大部分が西側へ傾いていて西側からの押し扱せが強かったことを暗示している。このような場において、特に珪岩と石灰岩の間のようにコンピーテンシーの差の著しいところでは、層理面と平行な衝上性断層の存在が推察される。Santa 層に認められるシート状の酸性火成

岩（流紋岩ないし石英斑岩）の岩脈はこのようにして生成された走向方向の裂かに沿って進入したものと考察される。一方、堆積岩類を載る断層・裂かは野外でも容易に観察される。NE-SW系およびWNW-ESE系がある。いずれも地層に対し若干の転移を与えている。これらのうちNE-SW系は石英安山岩などの岩脈を伴っているところもある。

#### (4) 鉱徴について

Santa 層に胚胎される Iscay Cruz 鉱床は 1.1 km にわたって断続的に分布している。この鉱床を北部から第 1 鉱徴、第 2 鉱徴……第 6 鉱徴と呼称する。このうち第 4 鉱徴までは今回精査が行われた。

##### 1) 第 1 鉱徴

Iscay Cruz 地域の最北部 Cumbre de Iscay Cruz（イスカイ クルス峠）を中心に分布し、Iscay Cruz 地域の中で最大の規模を有する鉱徴である。ゴッサン中に鉛（Pb）・亜鉛（Zn）が含有されている。

鉱徴付近は珪岩から成る崖錐に覆われており、ゴッサンと母岩の炭酸塩岩類の一部とが露出しているに過ぎない。従って、Santa 層の全貌や上下盤との関係などはまだ明瞭化されていない。ゴッサンは平行な 2 列から成る。下盤側（東側）は峠を中心に総延長 1.2 km にわたっては連続的に露出し、幅は最大 2.5 m のところもあるが、2 層ないし 3 層に分かれるところもあり、平均幅は約 1.3 m である。これに対し、上盤側はやや小規模で 300 m の間に断続的に露出し、幅は最大 7 m、平均 6 m 程度のものである。

ゴッサンは黒色-黒褐色、塊状で原岩の構造を残すところもある。主として石英、褐鉄鉱からなり、針鉄鉱（goethite）および赤鉄鉱などを伴う。肉眼では硫化物は認められない。鉛・亜鉛もすべて酸化物として含有されているものと見られる。X線回折およびX線マイクロアナリスによると、この亜鉛鉱物は含水フランクリン鉱（chalcophanite）である（サンプル番号 SO-137, IC-103, IC-234）。また、ゴッサンに隣接した炭酸塩岩中には方解石細脈があり、その中に一部含水フランクリン鉱に交代された閃亜鉛鉱が確認されている（サンプル番号 SO-135）。鉛の存り方については、まだ明瞭でない。

ゴッサンの分析結果は Fig. 2 などに示した。Pb・Zn 品位は、ともに峠付近が高く、南にゆく程低下する傾向にある。分析結果を上盤側と下盤側とに分け要約すると以下の通りである。

	平均 サンプリング長(m)	Cu(ppm)	Pb(%)	Zn(%)
下盤側	1.2.9	3.1	0.7.8	4.8.3
上盤側	5.7	2.4	0.0.9	4.0.2
平均	1.1.6	3.0	0.7.1	4.7.6

## 2) 第2 鉱徴

第1 鉱徴の南端より南700 m以南のところに存在する。延長数mから50 m, 幅1 mから23 mの規模のゴッサンが, およそ650 mの間に点在するように分布している。第1 鉱徴に比べると小規模で地表での連続性は乏しい。本鉱徴におけるゴッサンは第1 鉱徴のように塊状ではなく, 一部は母岩のドロストンを残し, 網状に発達するのが特徴である。黒色—黒褐色を呈し, 石英, 褐鉄鉱, 針鉄鉱などから成る。鉛・亜鉛も概ね酸化されているものと見られるが, 上盤の Carhuaz 層にはと接したところに位置する旧坑では, 母岩の走向と一致した脈状白色粘土帯が幅0.5—1.0 mで認められ, 石英・カオリン中に閃亜鉛鉱を留めている。X線回折によれば, さらに僅かの含水フランクリン鉱も認められる(サンプル番号IC-246)。第2 鉱徴のゴッサンの平均品位は, Cu 35 ppm, Pb 0.14%, Zn 2.55%であり, 旧坑における品位は幅1.9 mでCu 34 ppm, Pb 0.13%, Zn 6.93%である。

## 3) 第3 鉱徴

この鉱徴は第2 鉱徴の南約600 mのところに位置し, Quellaycocha 湖の東岸に配列している。この付近では珪岩から成る崖錐の発達が特に著しく, 鉱徴は800 mの間に孤島状をなす5ヶ所の露岩(ドロストン)中に見出される。従って, その連続性や上下盤との関係などの全容は明らかにされていないが, それぞれの規模はやや小さいようである。

本鉱徴は第1 鉱徴, 第2 鉱徴に比べ, 硫化物が顕著であり, 閃亜鉛鉱および方鉛鉱が認められるのが特徴である。鉱石鉱物の産状から2つのタイプに分類される。一つはドロストン中に鉱染したものであり, 他は塊状黄鉄鉱体を伴ない, その周辺に濃集したものである。第3 鉱徴では前者のタイプが主であり, 後者は最南部において認められるだけである。

前者のタイプではドロストンは灰色, やや粗粒で表面は酸化鉄に汚染されているが, 内部までは浸透されておらず比較的新鮮である。第2 鉱徴の場合のような網状ゴッサンも一部に認められる。閃亜鉛鉱は淡褐色—淡黄色の径0.5—1.0 cmの粒状の結晶が母岩中に散見される。北から3番目の露頭が比較的顕著で, 閃亜鉛鉱は幅5 m, 長さ30 mにわたり鉱染状で胚胎される。他は小規模である。方鉛鉱は閃亜鉛鉱に比べより不規則な形状で, 主として割れ目に沿って認められる。4ヶ所の平均品位は, 平均幅5.0 mで, Cu 53 ppm, Pb 0.12%, Zn 0.73%である。

後者のタイプは, ドロストンを交代した塊状黄鉄鉱体があり, 方鉛鉱を主とする鉱石鉱物はその外側のドロストン中の晶洞や割れ目を埋めるような形状で認められる。幅4.2 mの平均品位は, Cu 30 ppm, Pb 1.233%, Zn 2.65%である。

## 4) 第4 鉱徴

Cumbre de Huanda (ワンダ峠)を中心に分布する。鉱徴付近の Santa 層はドロストンおよび石灰岩から構成される。上下盤の関係から見て層厚はおよそ70 mで北部に比較し



てやや薄くなっている。下盤の Chimu 層との境界付近には、シート状に厚さ 10 m 前後の酸性火成岩脈の進入が認められる。

鉍徴は 2 列存在している。下盤側は Santa 層のほぼ中央にあり、峠付近では幅 12 m を示すところもあるが、その他では劣化し、ドロストンの一部を交代したような形状で認められる。概そ 800 m の間に断続的に分布している。峠以南では、珪岩の崖錐に覆われ第 3 鉍徴のように一部が露出しているに過ぎない。上盤側は峠付近の約 100 m の間に 1 m 前後の幅で数層胚胎されているが、峠以南ではその露出は全くない。

鉍石鉍物は閃亜鉛鉍，方鉛鉍を主とする。閃亜鉛鉍は下盤側では結晶質ドロストン中に幅 2 cm—5 cm のレンズ状に濃集しており，母岩のドロストン中にも僅か鉍染状で認められる。淡褐色—淡黄色を呈し，粗粒（径 2—5 mm）である。鏡下では，閃亜鉛鉍中に少量のドット状黄銅鉍が含まれているのが観察される（サンプル番号 IC-301, IC-342）。上盤側では，母岩のドロストンは，石灰岩および頁岩と薄い互層をなし，頁岩との境界部付近で弱い熱水変質を蒙っている。閃亜鉛鉍は，その境界部付近において鉍染状に散見される。淡褐色を呈し，粗粒（径 5 mm—7 mm）である。ここでは，さらに径 2—3 mm の方鉛鉍も鉍染している。また，微量の黄鉄鉍がドロストン中に認められる。

最南部の崖錐中の鉍徴は，塊状黄鉄鉍体中に認められる。黄鉄鉍は細粒，緻密質のもので一部酸化されて褐鉄鉍などを生じている。方鉛鉍は，黄鉄鉍中に鉍染して認められるが，閃亜鉛鉍は明白ではない。

この鉍徴のサンプリング品位は以下の通りである。

	平均サンプリング長(m)	Cu (ppm)	Pb(%)	Zn(%)
下盤側	7.0	916	0.16	2.10
上盤側	7.0	601	0.08	1.31
平均	7.0	811	0.13	1.84

##### 5) 第 5 鉍徴

Cumbre de Huanda の南 4 Km に位置する。ここでは Santa 石灰岩層は陽起石，ざくろ石および緑れん石を主要鉍物とするスカルン化作用を蒙っている。スカルン帯は幅 20 m，延長 100 m 前後の規模で，層理面には平行に発達している。肉眼的に認められるのは径 2—3 mm の自形を呈する磁鉄鉍である。このスカルンの分析結果は，Cu 10 ppm, Pb 22 ppm, Zn 3,455 ppm である（サンプル番号 NO-161）。

##### 6) 第 6 鉍徴

Iscay Cruz 鉍床の最南部の鉍徴である。第 5 鉍徴の南 1.5 Km から約 2 Km の範囲に断続

的に分布する。幅約 20 m の規模を有し北部の第 1 鉱徴および第 2 鉱徴と同様の鉄ゴッサン-石英から成る。クラブ・サンプルの分析結果は、以下の通りである。

	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
北 部	2	1 1	2, 0 0 6
南 部	8	1 2 0	4, 4 2 9

#### 4-2-2 Chupa 鉱床

Isca Cruz 第 5 鉱徴の西約 500 m に位置する。鉱床は Santa 層の上位の Pariahuanca 層石灰岩を交代したスカルン鉱床で、亜鉛・銅などを伴う。この鉱床はすでに 2 レベルないし 3 レベルで坑道探鉱が行われている。Evans ほか (1968) によれば、かつて Fiel (ヒエル) 鉱床と呼ばれ、Cerro de Pasco 社により探鉱が行われたというが、詳細は明らかにされていない。Fig. 10 はこの鉱床の概要を示したものである。

鉱床付近は、Jumasha 層を軸部とする向斜構造の東翼に位置し、Farrat 層の砂岩、Pariahuanca 層の石灰岩から成る。砂岩は鉱床の東側に分布し、白色、中粒-粗粒である。石灰岩と接する部分は、幅 5 m にわたりやや石灰質である。石灰岩は、塊状、緻密質で、灰色-青灰色を呈する。両者は整合的關係にあり、その境界部は走向 NNW-SSE、傾斜 75° 東で、僅かながら逆転している。また、E-W 系の断層が顕著に発達し、地層に数 m 程度の転移を与えている。

スカルン帯は、これらの断層系に規制されて発達しているようである。すなわち、スカルン帯は走向方向への伸長性を有するが、E-W 系断層の顕著なところがスカルン化の中心となっている。スカルン帯の規模は、上部 (海拔 4,620 m) では幅約 40 m 延長約 200 m に達するものと考察され、下部レベル (海拔 4,560 m) ではおよそ幅 20 m、延長 90 m が確認されている。スカルン鉱物は、灰鉄輝石、陽起石、ざくろ石が主体をなし、そのほか緑れん石、珪灰鉄鉱 (lievrite) が局所的に認められる。

鉱石鉱物は、閃亜鉛鉱、黄銅鉱、赤鉄鉱が主であり、ほかに磁鉄鉱、磁硫鉄鉱、方鉛鉱が伴われる。これらは、スカルン体全体に均質に鉱染しているのではない。下部レベルにおけるクラブ・サンプルの結果 (Fig. 10 参照; 平均品位 Cu 1.56%, Pb 0.03%, Zn 13.89%) が示すように、閃亜鉛鉱あるいは黄銅鉱が主体となって濃集するなど、複雑な鉱化作用の規制、帯状分布が存在するようである。これらのスカルン化作用および鉱化作用に関連した火成岩については明らかでない。

#### 4-2-3 Viscachaca 鉱床

調査地域の南西端、Chichin の南西 15 km のところに位置する。往時銀を対象に採掘され

た旧坑が存在するが、現在は閉鎖されている。

鉱床付近の地質は、Calipuy 火山岩類に属する安山岩質溶岩および凝灰岩より成り、閃長斑岩に貫かれている。この斑岩の貫入形式や規模などの詳細は露出状況が悪いため明らかでない。閃長斑岩はカリ長石の粒状斑晶の多い岩相を呈し（サンプル番号 AO-117）、粘土化、絹雲母化などの変質作用を受けている。

鉱床は、鉱脈タイプのもので、閃長斑岩を載る走向 N 80 E、傾斜垂直、幅 1 m の断層の一部に形成されたものである。坑口付近の残柱で観察すると、幅 12 cm と 16 cm の 2 層の鉱石部が認められ、方鉛鉱、閃亜鉛鉱および黄鉄鉱などの鉱石鉱物が認められる。脈石鉱物としては絹雲母などの粘土鉱物と石英が主である。残柱にて採取したサンプル（鉱石部、脈石部を含む延長 65 cm）の分析結果は、以下の通りである。

サンプル番号	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
AO-117	6.75	0.05	7.6	11.0

#### 4-3 調査地域周辺の主要鉱山の概況

##### 4-3-1 鉱山業の概要

オヨン地区には稼働鉱山はないが、地区の周辺には Raura 銀・鉛・亜鉛鉱山、Chanca 銀・鉛鉱山および Uchuechacua 銀鉱山が稼働されている。操業規模は、各々、1,100 t/d、200 t/d および 200 t/d、従業員数は、各々、800 人、450 人および 200 人であり、金属鉱山としては小さいし中規模であるが、家族を含め直接鉱山に生計をたよる人口は 1 万人に達している。

これら鉱山の開発は、道路などのインフラストラクチャーの整備や最も安定した現金収入とその支出を通じ、急峻な山岳地帯に位置し、前近代的で貧弱な農耕牧畜にたよる本地域の経済に、多大なインパクトと活気をもたらしている。

また、本地区には古くから石炭が採掘されて来たが、これらはいずれも小規模で、前近代的な手工業の域を出ず、地域経済への寄与は大きくはない。

##### 4-3-2 Raura 鉱山

###### (1) 現況

Cia. Minera Raura S.A. 社に所属する銀・鉛・亜鉛鉱山であり、1961年に操業を開始し、18年経過している。現在の操業規模は 1,100 t/d で、従業員数は約 800 人である。

###### (2) 位置および地理

Oyon の北約 20 km、大陸分水嶺を構成する Cordillera Raura（ラウラ山脈）中に

位置し、鉾山の標高は 4,700 m である。Cerro Santa Rosa (サンタ ローサ山, 5,706 m) および Cerro Caudalosa (カダローサ山, 5,685 m) などの高峰に近接し、周囲を氷河に取囲れている。Oyon から車で約 1.5 時間で達する。

### (3) 地質概況 (Fig. 11 参照)

鉾山付近には、Jumasha 層および Machay 層に属する白亜紀石灰岩類が広く分布し、これに閃緑岩、石英安山岩、石英安山岩質斑岩などより成る複合岩体岩株が貫入している。この複合貫入岩体は東西約 2 Km, 南北 7 Km 以上の規模を有し、周囲の石灰岩に大理石化、珪化、緑れん石化、ざくろ石化などの変質・変成作用を与えている。一部に角礫化作用も認められている。

本鉾山は白亜系衝上断層帯中にあり、NNW-SSE 系の衝上断層が主要な断層である。鉾化作用は密に発達する E-W 系の急傾斜の断層・裂かに伴われている。

### (4) 鉾 床

鉾床には、主に前記 E-W 系の裂か群を充填した鉾脈と、石灰岩を交代したスカルン鉾床との 2 種類がある。鉾脈は主に貫入岩体中および変質・変成石灰岩中に胚胎する。

主要鉾体は南より北へ、Hada (アダ), Catuva (カトウバ) および Flor de Loto (フロールデロト) の 3 地区に胚胎し、地区により鉾床タイプおよび鉾質に著しい差異がある。

Hada 地区： 石英安山岩中の鉾脈である。脈の走向 EW, 南へ急傾斜する鉾脈数本が雁行状に配列する。通常脈巾は 1 m 前後であるが、4 m 程度に達する場合もある。延長は 200-400 m である。主要鉾石鉾物は方鉛鉾、閃亜鉛鉾、黄鉄鉾で、方鉛鉾に富むのが特徴である。脈石鉾物は石英、方解石、菱マンガン鉾を主とする。

Catuva 地区： 閃緑岩に近接した石灰岩中のスカルン型の交代鉾床であり、規模は水平延長 60 m, 巾 40 m, 垂直延長 300 m に達する。鉾石鉾物は閃亜鉛鉾、方鉛鉾、黄鉄鉾、輝銀鉾 (argentite) が主であり、脈石鉾物はざくろ石、緑色スカルン鉾物、石英、方解石などより成る。亜鉛に富み、閃亜鉛鉾は鉄含有の多い鉄閃亜鉛鉾 (marimatite) であるのが特徴である。

Flor de Loto 地区： 珪化、緑れん石化、ざくろ石化などを受けた変質石灰岩中の鉾脈鉾床である。E-W 系で脈巾は平均 0.9 m であるが、多数の平行脈が存在する。鉾石鉾物は方鉛鉾、閃亜鉛鉾、黄銅鉾のほか安四面銅鉾 (tetrahedrite), 銀ゆう銅鉾 (freibergite) が認められる。主要脈石鉾物は石英、方解石、石膏である。銅を含み鉛に富むのが本地区の特徴である。

埋蔵鉾量は全地区合せて 390 万 t 保有し、その品位は Cu 0.34%, Pb 4.86%, Zn 5.44%, Ag 5.64 oz/t である。

#### (5) 操業概況

採鉱法はカット・アンド・フィル (cut & fill) 法で、小規模鉱体については部分的にシュリンクージ (shrinkage) 法が採用されている。選鉱の設備能力は 1,200 t/d で、3地区の鉱石を別系統で処理し、合計7種類の精鉱を産出している。最近の各地区ごとの生産実績は次のとおりである。

地 区	生産量 (t/m)	品 位			
		Ag(oz/t)	Pb(%)	Zn(%)	Cu(%)
Hada	10,300	323	9.12	2.92	0.12
Catuva	14,500	4.00	2.61	6.01	0.30
Horde Loto	5,500	874	2.69	3.44	0.76

Flor de Loto 地区では Pb 精鉱、Zn 精鉱のほか、Cu 精鉱を回収している。銀は Cu 精鉱中に濃集され、その品位は Ag 300 oz/t に達する。他地区では銅は黄銅鉱の形で閃亜鉛鉱中に離溶しており、その分離回収は困難であり、Pb 精鉱と Zn 精鉱のみ生産している。この場合、銀は Pb 精鉱中に濃集され、Catuva および Hada 地区の Pb 精鉱中の Ag 品位は、各々 80 oz/t、23 oz/t である。

なお、本鉱山は Oyon の近くに能力 1,000 KWH の水力発電所を有し自家用に供している。

本鉱山における調査協力者は以下の通りである。

Superintendente General	Ing <sup>o</sup> Roland Tejada
Assist. Superint. y Jefe de Planta	Ing <sup>o</sup> Octavio Ochoa Torres
Departamento de Geologia	Ing <sup>o</sup> Victor Vizcarra
"	Ing <sup>o</sup> Fernando Zuloaga

#### 4-3-3 Chanca 鉱山

##### (1) 現 況

Cia. Minera Raura S.A. 社に所属する銀・鉛鉱山であり、1975年に本格操業を開始している。現在の操業規模は 180-200 t/d である。従業員数は直轄 300人、請負 150人で、合計約 450人である。

##### (2) 位置および地理

Oyon の北西約 10 Km、標高 4,700 m に位置する。Rio Pativilca (パティヴィルカ川) の支流である Rio Gorgor (ゴルゴル川) の源に当り、氷河地形が発達しているが全体的には高原状地形を呈する。Oyon から車で約 1 時間の距離にある。

##### (3) 地質概況 (Fig. 12 参照)

鉾山付近には Calipuy 火山岩類に属する安山岩質、石英安山岩質および玄武岩質の集塊岩、角礫凝灰岩、溶岩などが広く分布し、これらに石英安山岩が岩脈状あるいは岩株状に不規則に貫入している。これらの火山岩類は白亜紀堆積岩類を不整合に覆っており、北部には Pariahuanca 層の石灰岩、Farrat 層の砂岩、Carhuaz 層の頁岩および砂岩の露出がある。両者の関係はアバット関係を呈する。

NNW-S SW系の断層がおよそ200m間隔で規則的に発達し、火山岩類にかなりの転移を与えている。この断層群は下位の白亜紀堆積岩類の褶曲軸と方向が一致しており、下部の構造を反映し、上位の火山岩類の構造を規制しているのみでなく、石英安山岩の貫入方向をも規制しているようにみうけられる。上記断層間にはENE-WSW系の裂かが多数発達し、これらが鉾化作用を伴っている。

#### (4) 鉾 床 ( Fig. 13 参照 )

鉾床は Calipuy 火山岩中の銀を主とする鉾脈である。鉾脈の方向は、通常、ENE-WSW方向で、その分布は広範囲にわたるが、鉾脈が特に密集するのは東西700m、南北2000mの範囲である。鉾脈は全部で18本が数えられるが、このうち採行の対象となる主脈は Canaderia (カナデリア)、Sirvia (シルビア) など7本である。Canaderia 脈は延長1800mにわたって追跡できるが、このうち採行対象となる富鉾部は600mである。脈巾は最大2mに達するが、通常15m以下、平均085mであり、膨縮に富む。また、NNW-SSE系断層による100m前後の転移および緩傾斜の割目による数m程度の転移があり、これらが鉾脈の連続性を複雑にしている。

主要な鉾石鉾物として、方鉛鉾、黄鉄鉾、淡紅銀鉾 (proustite)、濃紅銀鉾 (pyrargyrite)、安四面銅鉾などがある。脈石鉾物として菱マンガン鉾、ばら輝石、方解石、石英、菱鉄鉾などがある。

鉾脈の地表部付近は酸化溶脱されており、下部は無鉾化となっている。垂直方向の富鉾部延長は、通常400m程度であり、垂直方向に次のような帯状分布が認められる。

( 上部 ) Sb - Ag - Zn - Pb - Cu - Fe ( 下部 )

埋蔵鉾量は36万t保有し、その平均脈巾は104m、品位はAg 159oz/t、Pb 214%である。なお、埋蔵鉾量のカット・オフは脈巾60cm、Ag 9oz/tである。

#### 15) 操業概況

採鉾法はカット・アンド・ファイル法とシュリンクージ法を併用している。選鉾の設備能力は250t/dで、Ag・Pb 精鉾を生産している。

最近の操業実績は次のとおりである。

	生産量 (t/d)	品 位	
		Ag (oz/t)	Pb (%)
粗 鉍	180	11.5	0.90
Ag・Pb 精鉍	5-8	290	17

本鉍山における調査協力者は以下の通りである。

Departamento de Geologia	Ing.° Jose Canales Ruiz
"	Ing.° Jujo de la Cruz

#### 4-3-4 Uchucchacua 鉍山

##### (1) 現 況

Cia. de Minas Buenaventura S.A. 社に所属する銀鉍山である。1974年に操業開始、現在の操業規模は180-200 t/d、従業員数は約200人である。1980年より500 t/dに増産する計画で、現在設備増強中である。

##### (2) 位置および地理

Oyon の東方約10 Km, 標高4,600 mに位置する。すぐ東は大陸分水嶺で標高5,000 m級の岩峰が連っており、典型的な氷河地形が発達している。Oyon から車で1時間弱で達する。

##### (3) 地質概況

本鉍山は白亜紀系衝上断層帯中に位置しており、白亜紀上部の Jumasha 層および Celendin 層の石灰岩が広く分布する。鉍山の北方にはこれらの石灰岩類を不整合に覆って Calipuy 火山岩類が、また西方には衝上断層を境に Chimu 層などの白亜系中部・下部層が露出している。鉍山近辺では、Jumasha 石灰岩層中に石英安山岩の小岩体が多数貫入しており、これらは角礫化作用とスカルン化作用を伴っている。

衝上断層はN-SないしNNW-SSEの方向を有し、ほぼ褶曲構造に平行して南北に連なり、本帯の地質構造を特徴づけている。本地区には、上記衝上断層より派生するNE-SW系およびE-W系の断層・裂か群が顕著に発達しており、これらの一部が本鉍山の鉍脈を形成している。

##### (4) 鉍 床 ( Fig. 14 参照 )

鉍床は Jumasha 石灰岩中の銀を主とする鉛・亜鉛・マンガンを伴う鉍脈である。鉍脈は主にNE-SW系およびE-W系の断層破砕帯中に形成されており、脈巾は通常1-15 mで膨縮に富み、富鉍部は数10 mのピンチで変動する。

鉍石鉍物は、輝銀鉍、方鉛鉍、閃亜鉛鉍、安四面銅鉍、黄鉄鉍、黄銅鉍、軟マンガン鉍 (pyrolusite)、濃紅銀鉍、淡紅銀鉍などより成り、銀鉍物とマンガン鉍物が多いのが

特徴である。

脈石鉱物は方解石と菱マンガン鉱が主で、石英を欠く。鉱石鉱物は破砕帯を中心に鉄染状を呈し、母岩の石灰岩と鉱化脈の境界は漸移的で明瞭でない。

Socorro (ソコロ), Luz (ルス), Casualidad (カスワリダア) の3鉱脈が現在主として採行されている。

Socorro 脈: NE-SW系の Uchucchacua 断層の南側にあり、走向ENE, 傾斜 $50^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  Nを示し、水平延長400m, 垂直延長300mの規模を有す。

Luz 脈: Socorro 脈のすぐ南側に位置し、走向NE, 傾斜 $70^{\circ}$  NWの Socorro 断層破砕帯の一部が鉱化したもので、水平延長700m, 垂直延長300mの規模を有す。下部では Socorro 脈と交叉する。

Casualidad 脈: Luz 脈の南に位置し、E-W方向とENE-WSW方向の2鉱脈がペアーをなす。鉱脈の傾斜は各々 $60^{\circ}$  Nおよび $70^{\circ}$  Nで、延長は300mおよび500m, 垂直延長はともに300mである。

Zona Nueva (ソナ ヌエバ): Socorro 脈および Luz 脈の東側に位置し、現在採鉱中である。E-W系の脈巾1m程度の鉱脈数本より成る。他に脈巾20-30cmの細脈が多数捕捉されている。なお、Socorro 脈の北部にも有望な鉱徴を捕捉している。

各鉱体のポテンシャルは、Luz 脈100万t, Socorro 脈50万t, Casualidad 脈50万t, Zona Nueva 300万tと見積られる。品位はAg 13-14 oz/tと予想される。

#### (5) 操業概況

採鉱はカット・アンド・フィル法を主とする。鉱石はマンガンが多量に含んでおり、このため浮選工程に続いて硫酸リーチング工程を設け、浮選バルクからマンガンを除去し、最終精鉱を得ている。最近の操業状況は次のとおりである。

	生産量 (t/d)	品位			
		Ag (oz/t)	Pb (%)	Zn (%)	Mn (%)
粗 鉱	180	13-15	1	2	5
浮選バルク	15-25	120	9	3-4	20
リーチング精鉱	5-10	200-230	14-25	5-10	1

本鉱山における調査協力者は以下の通りである。

Superintendente	Ing ° Carlos Guzman Arpa
Asistente de la Superintendencia	Ing ° Luis Guzman
Departamento de Geologia	Ing ° Flavia Paz



#### 4-3-5 Oyon 地区の石炭

##### (1) 概況

Oyon 地区の石炭は、住民の間で古くからその存在が知られており、18世紀以前より露頭部の採掘が行われ、自家用燃料として利用されていたらしい。本格的な調査が行われたのは19世紀中葉に入ってからで、19世紀末にはコークス製造試験が行われ、良質なコークスを得ている。最近ではペルー共和国鉄鋼公社(SIDERU PERU)が総合的な調査・研究を実施した。しかし、炭層を挟在する地層の構造が複雑で、炭層がいずれも小規模、断続的で連続性に欠けるため、本格的開発には至っていない。現在でも、つるはし、シャベル、手押車などにたよった手掘りによる露頭部付近の小規模な採掘が行われているにすぎない。

炭鉱が特に集中しているのは Oyon 南東約7kmの Rio Pampahuay (パンパウアイ川) に沿った Pampahuay 地区で、約7kmにわたって多数の炭鉱坑口が密集しているが、それらのほとんどは廃坑となっている。

本地区の最近の生産量は200t/m程度にすぎず、従業者は全体で100人たらずである。

##### (2) 賦存状況

炭層は本地域最下位の Oyon 層中にあり、細粒砂岩および頁岩と互層し、背斜構造の軸部およびその側面に胚胎している。炭層は合計4層あり、各々の層厚は1m程度である。背斜構造の軸部は通常鋭角であるため、炭層は急傾斜し、多数の断層・裂かにより転移している。炭層は、構造的にも成因的にも激しい構造運動の影響を強く受けており、層厚の変動が激しく、富鉄部は膨縮に富み、連続性に欠ける傾向がある。

炭層を挟在する Oyon 層の露出は背斜軸に沿った小範囲に限られている。しかし、Oyon 層は地表下に広く伏在するので、本地域に埋蔵する石炭のポテンシャルは莫大なものと考えられる。本格的な開発にたえ得る富鉄部の形態、規模および賦存状態を把握することが今後の課題となろう。

##### (3) 炭質

炭質は無煙炭および瀝青炭である。無煙炭は光沢ある黒色を呈する。瀝青炭は黒色で樹脂光沢を呈し、貝殻状断口を呈するものと、光沢の悪い黒色を呈するものがある。これらは恐らく、構造運動および広域変成作用により、揮発分が移動し、固定炭素が濃集したものであろう。炭質はかなり多様であるが、代表的サンプルの分析結果は、Luis ほか(1921)によれば次のとおりである。



炭質	地区	成分(%)				発熱量 (Kcal/Kg)
		水分	揮発分	固定炭素	灰分	
Anthracite	Gazuna & Quichas	285	900	7900	915	7,371
Bituminous	Saquicocha & Conocpata	100	1940	7050	910	7,876
Bituminous	Gazuna & Quichas	320	2270	6250	1160	7,486

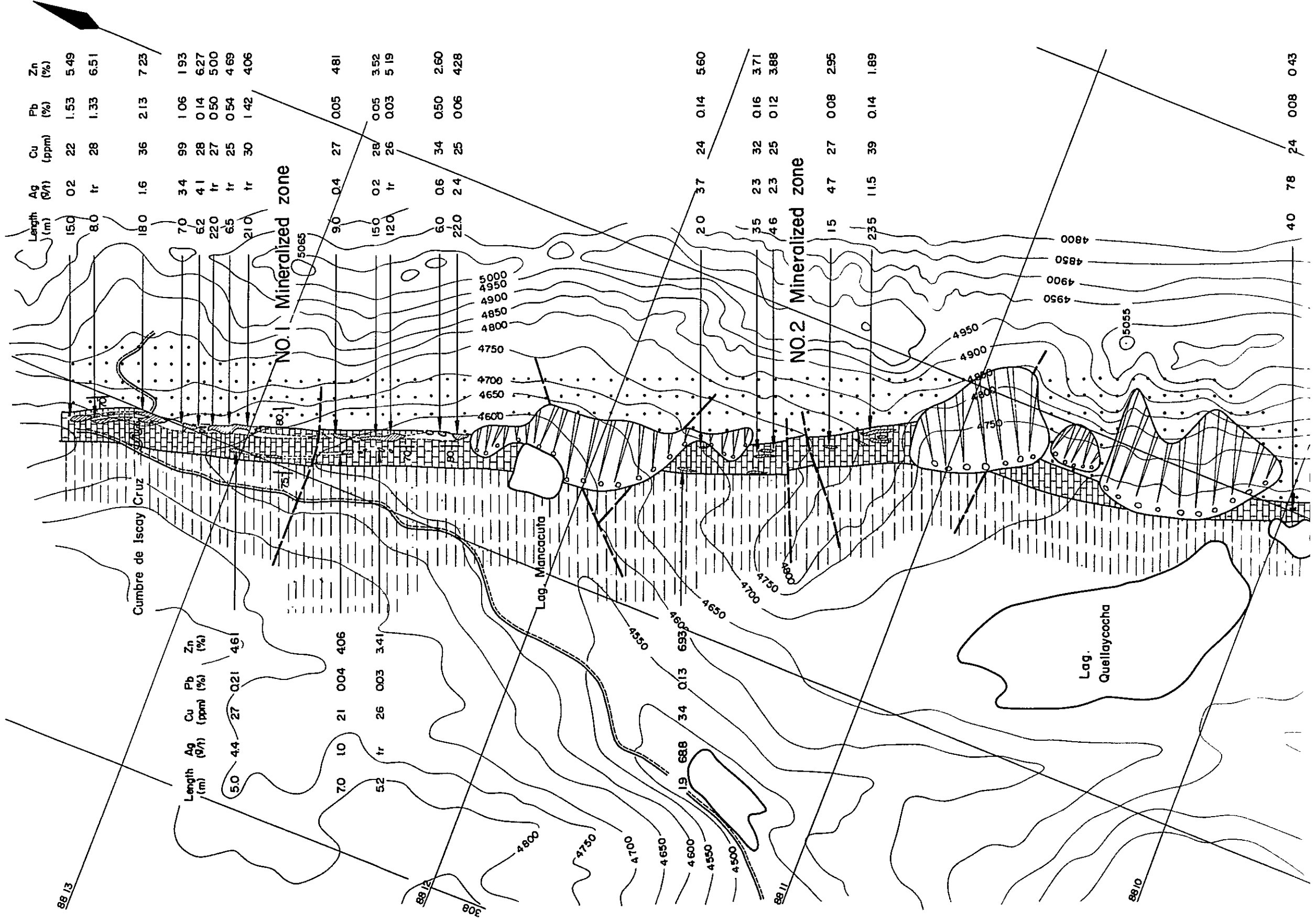
一般的に見て、揮発分が少なく、固定炭素に富み、灰分がやや多く、発熱量が小さいのが特徴である。

**Table 3 List of Mineralized Zones in the Surveyed Area**

No.	Area	Location	Kind of Ores	Host Rock		Type of Mineralization	Mode of Occurrence	Scale of Mineralized Zone	Scale of Unit Ore Body		Direction	Grade of Ore	Ore Minerals	Gangue Minerals	Remarks
				Formations	Lithology				Length	Width					
1	Iscay Cruz	IC-No. 1	Pb, Zn	St	Ls, Do	rep	mas-band	Length 1,200m	140m	25m	NNW-SSE	Cu 30ppm Pb 0.71% Zn 4.76%	Zn-Ox (Cph)	Qt, Gt, Hm, Dm	
		IC-No. 2	Pb, Zn	St	Ls, Do	rep	mas-band	Length 650m	50m	23m	NNW-SSE	Cu 35ppm Pb 0.14% Zn 2.81%	Zn-Ox (Cph)	Qt, Gt, Hm, Dm	
		IC-No. 3	Pb, Zn	St	Ls, Do	rep	mas-band	Length 800m	30m	5m	NNW-SSE	Cu 49ppm Pb 2.24% Zn 1.06%	Sp, Gl	Dm, Hm	
		IC-No. 4	Pb, Zn	St	Ls, Do	rep	mas-band	Length 800m	80m	12m	NNW-SSE	Cu 81ppm Pb 0.13% Zn 1.84%	Sp, Gl	Dm, Hm, Gt	
		IC-No. 5	Pb, Zn	St	Ls	skarn	dis	Length 100m	100m	20m	NNW-SSE	Cu 10ppm Pb 22ppm Zn 3,455ppm	Mt	Ac, Gn	
		IC-No. 6	Pb, Zn	St	Ls, Do	rep	mas-band	Length approx 2,000m	-	approx 20m	NNW-SSE	Zn 3,200ppm	Zn-Ox	Qt, Gt, Hm, Dm	
2	Iscay Cruz	Chupa	Cu, Zn	Ph	Ls2	skarn	dis	Length approx 170m	90m	22m	NNW-SSE	Cu 1.56% Pb 0.03% Zn 13.89%	Sp, Ccp, Po	Gn, Hd, Qt	Under Exploration
3	Chiuchin	Viscachaca	Ag, Pb, Zn	Cp	Vol	fra-fill	vein	Length approx 100m	50m	1m	N80°E	Cu 0.05% Pb 7.6 % Zn 11.0 %	Gl, Sp	Qt	Abandoned
4	Raura	Raura	Ag, Pb, Zn	Jm, Cp	Ls, Vol	fra-fill	vein	4,000mx2,000m	300m	1~3m	E-W	Ag 5.6 oz Cu 0.3 % Pb 4.9 % Zn 5.4 %	Ag, Gl, Sp	Qt, Cal, Rdc	In Operation (1,100 t/d)
						skarn	dis		60m	40m			Sp	Gn, Qt, Cal	
5	Chanca	Chanca	Ag, Pb	Cp	Vol	fra-fill	vein	2,000mx 700m	600m	0.6~2m	ENE-WSW	Ag 16 oz Pb 2.1 %	Gl, Ag	Rdc, Rd, Cal, Qt	In Operation (200 t/d)
6	Uchuchacua	Uchuchacua	Ag, Pb	Jm	Ls	fra-fill	vein	2,000mx1,200m	300m~700m	1~3m	NE-SW E-W	Ag 14 oz Pb 1~2 %	Ag, Gl	Cal, Rdc	In Operation (200 t/d)

Abbreviations

St: Santa formation	Do : Dolostone	dis : dissemination	Mt: Magnetite	Hm: Hematite	Qt : Quartz
Ph: Pariahunca formation	Vol : Volcanic rocks	Zn-Ox: Zn-Oxide	Ccp: Chalcopyrite	Dm: Dolomite	Cal: Calcite
Jm: Jumasha formation	rep : replacement	Cph : Chalcophanite	Po: Pyrrhotite	Ac: Actinolite	Rdc: Rhodocrosite
Cp: Calipuy volcanics	fra-fill: fracture-filling	Sp : Sphalerite	Ag: Silver Minerals	Gn: Garnet	Rd : Rhodonite
Ls: Limestone	mas-band: massive-banded	Gl : Galena	Gt: Goethite	Hd: Hedenbergite	



Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
5.0	4.4	27	0.21	4.61

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
7.0	1.0	21	0.04	4.06
5.2	tr	26	0.03	3.41

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
15.0	0.2	22	1.53	5.49
8.0	tr	28	1.33	6.51

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
18.0	1.6	36	2.13	7.23
7.0	3.4	99	1.06	1.93
6.2	4.1	28	0.14	6.27
22.0	tr	27	0.50	5.00
6.5	tr	25	0.54	4.69
21.0	tr	30	1.42	4.06

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
9.0	0.4	27	0.05	4.81
15.0	0.2	28	0.05	3.52
12.0	tr	26	0.03	5.19

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
6.0	0.6	34	0.50	2.60
22.0	2.4	25	0.06	4.28

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
2.0	3.7	24	0.14	5.60

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
3.5	2.3	32	0.16	3.71
4.6	2.3	25	0.12	3.88

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
1.5	4.7	27	0.08	2.95

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
23.5	11.5	39	0.14	1.89

Length (m)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
4.0	7.8	24	0.08	0.43

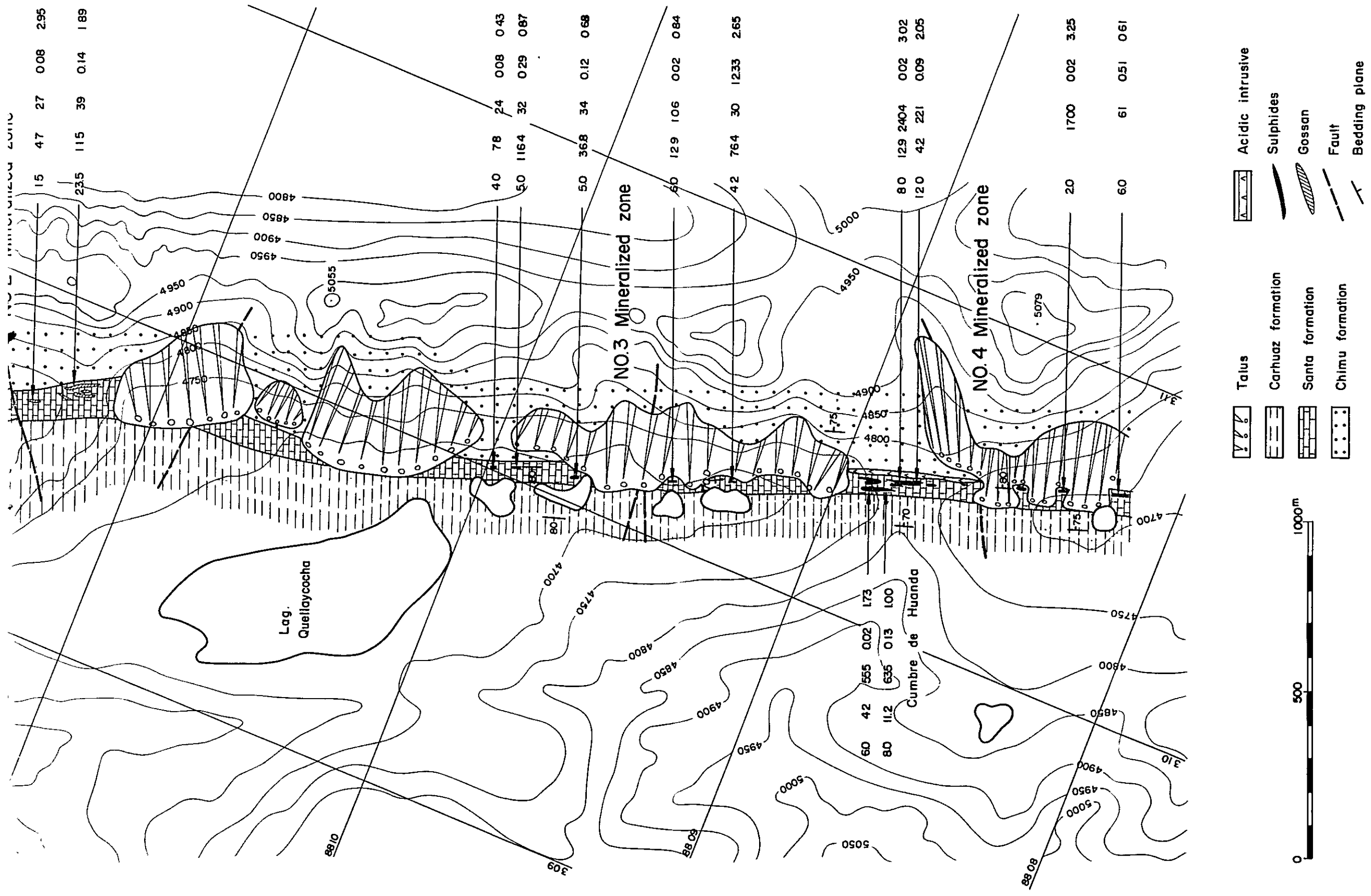


Fig. 2. Generalized Geological Map of the Iscay Cruz Area

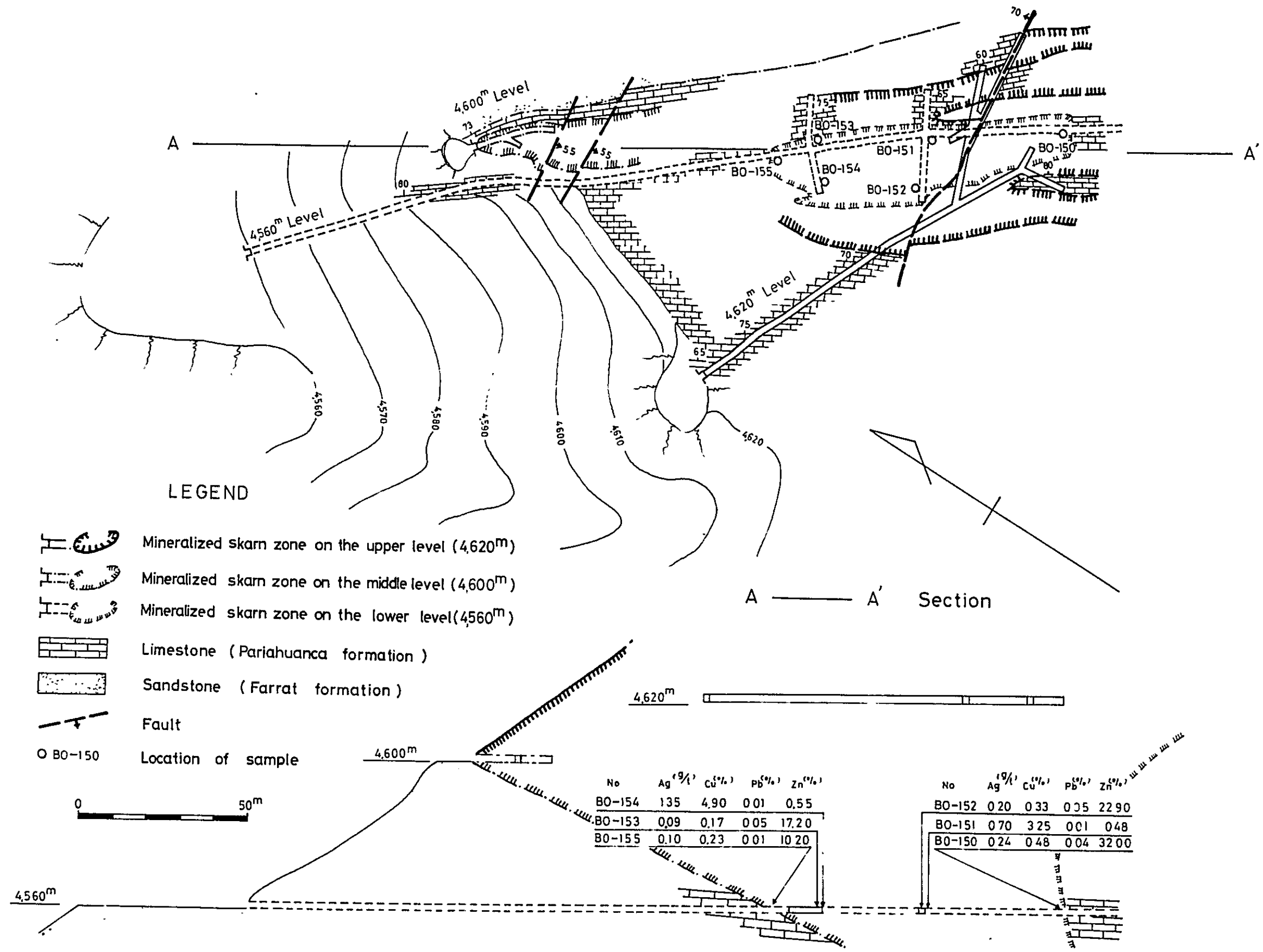


Fig. 10. Generalized Sketch Map of the Chupa Mine

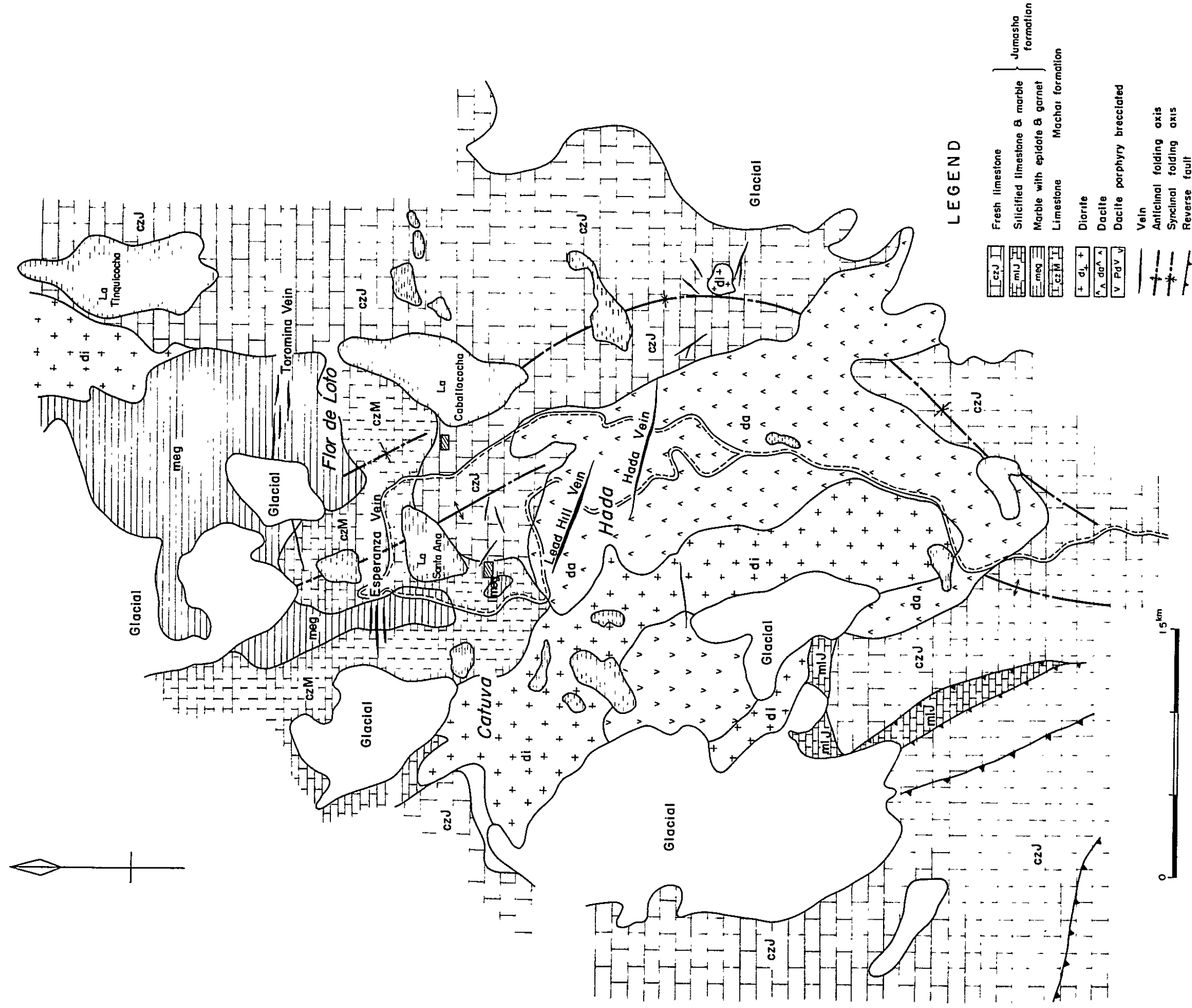


Fig. 11. Geological Map of the Raura Mine ( from CIA. MINERA RAURA SA )



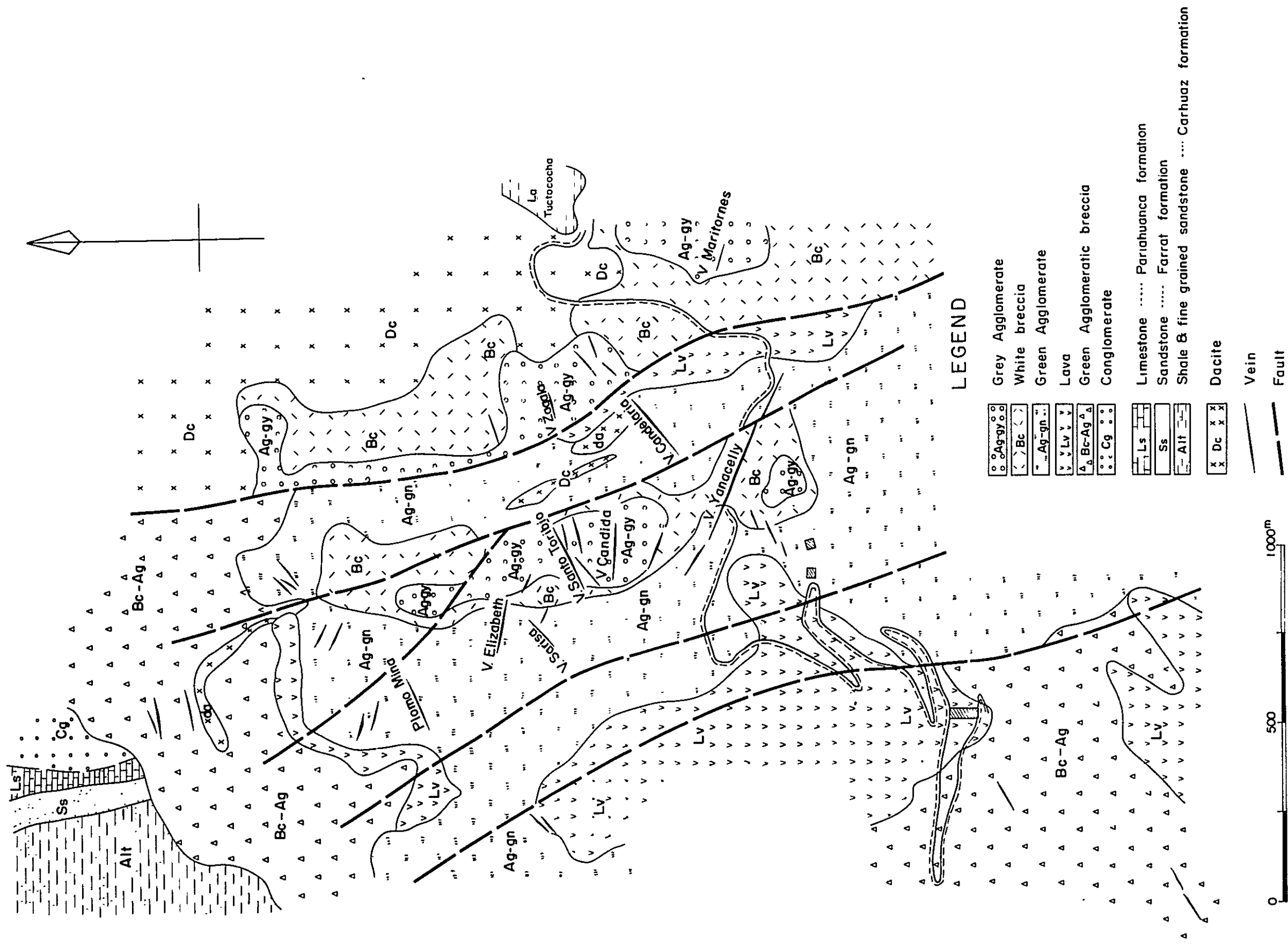


Fig.12. Geological Map of the Chanca Mine  
 (from CIA. MINERA RAURA S.A )  
 (from MINA CHANCA )

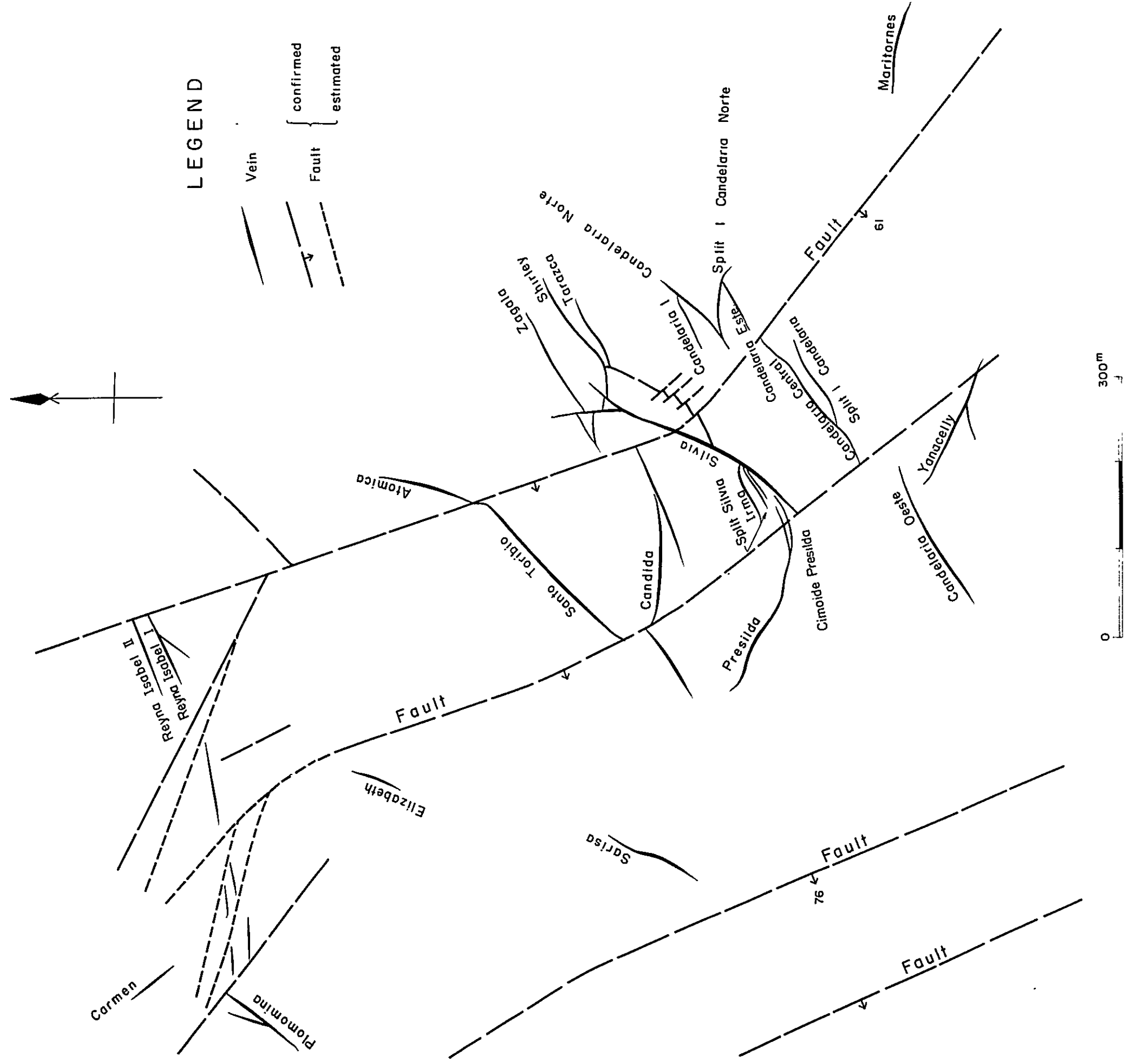


Fig. 13. Fracture Pattern of the Chanca Mine (from CIA MINERA RAURA S A )

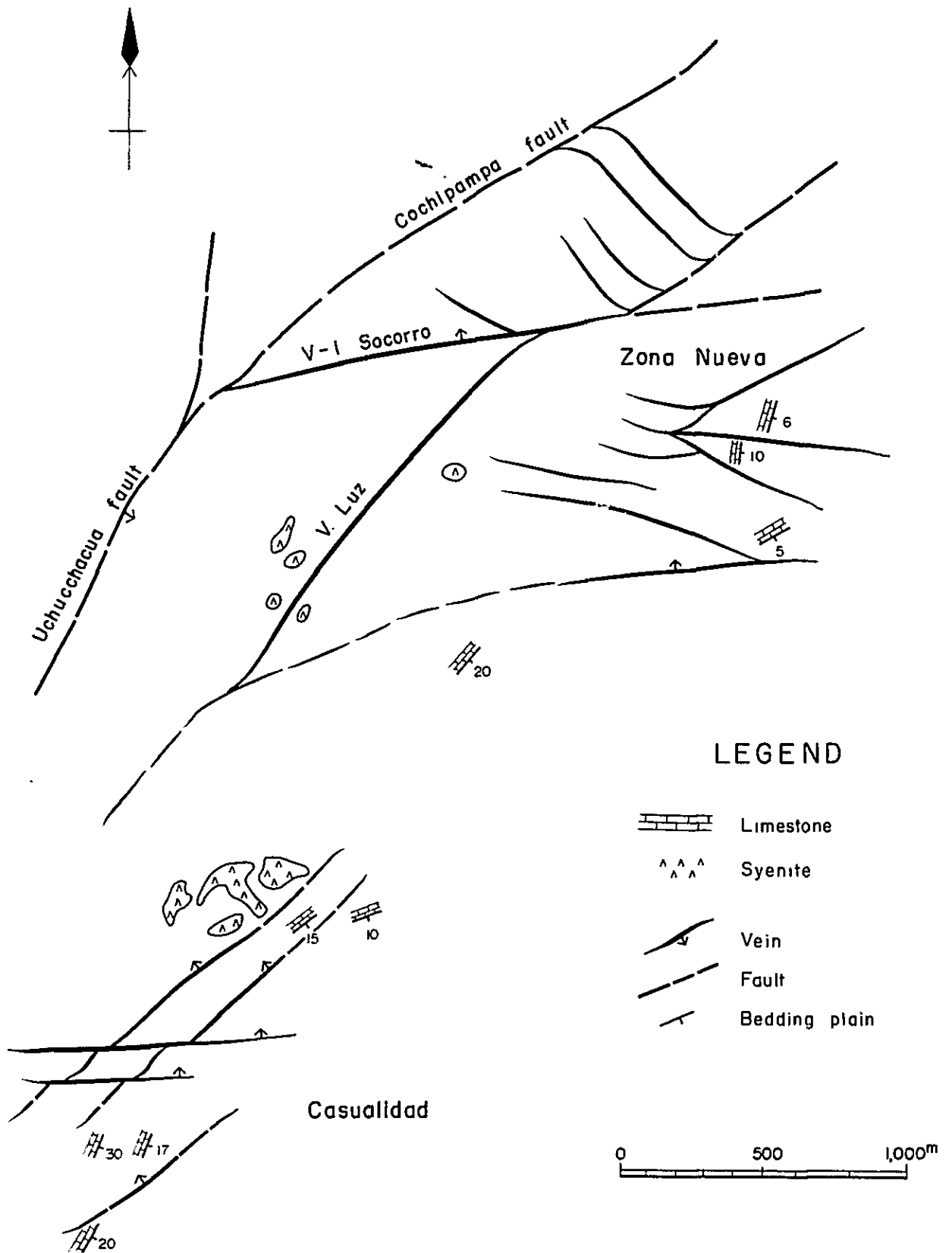


Fig. 14. Vein Pattern of the Uchucchacua Mine

(from CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.)  
MINAS UCHUCCHACUA

## 第5章 地化学探査

### 5-1 目的および方法

この探査は、調査地域の岩石および河川堆積物に含有される微量の金属元素の異常濃集を検出し、鉍化作用の有無、アノマリーと鉍床との関係を明らかにすることを目的として実施された。調査地域では、Santa 石灰岩中の鉍床が主たる鉍化作用であると予想され、それが熱水性起源により生成されたものと考察されるが、同生性起源による可能性も残されていることから、試料の採取は岩石を主対象として行われた。岩石中には、Iscay Cruz 地域のゴッサンも含まれた。また、調査地域の広域的な鉍床に関する情報を得るため河川堆積物も採取された。

岩石試料は、地質調査の調査ルートにおいて遭遇した露岩から採取された。Santa 石灰岩を中心に採取され、他の岩層からは Santa 層と比較ができる程度の試料数が採取された。ゴッサン試料は地層の走向に直交し長さ 2-4 m のチャンネル・サンプリングにより採取された。一方、河川堆積物は調査ルートの遭遇した河川において採取された。しかし、水流が涸渇した地点および地形上危険性の高い地点における試料の採取は除外された。このため、サンプルの等密度性はよくない。試料は、現地にて 80 メッシュの篩を用い、水中で有機物および泥を洗い流しながら分離し、その網下が採取された。

採取された試料のうち、ゴッサンおよび河川堆積物は、直接分析所へ送付され処理されたが岩石はベースキャンプにて粉碎四分が行われ、約 10 g が分析試料となるように調整された。

分析結果は、岩石および河川堆積物について指示元素 3 成分 (Cu, Pb, Zn) の化学分析が原子吸光法によって行われ、ゴッサンについて指示元素 3 成分のほか、複合試料が調整され指示元素 Ag の化学分析も行われた。さらに、岩石については炭酸塩岩の性質を知る目的で、Ca, Mg, Sr, Ba, Fe, および Mn の分析も行われた。これらの化学分析の結果は A. 11 などに示した。

### 5-2 解析および結果の検討

#### (1) データの処理

分析データは、電算機 (IBM 370-145) により統計処理が行われた。岩石、ゴッサンおよび河川堆積物の 3 種の母集団に分けられ、岩石およびゴッサンについては、さらに岩層ならびに採取された位置などの区分による小母集団に分類され解析された。それらの結果は Table 4, Fig. 15, 16 などに示す。

#### (2) サンプルの分散

Table 4 は各母集団の平均値、最高値および最低値を表示したものである。また、Fig.

15 はそれらの関係を図化したものであり、Fig. 16 は岩相により大きく区分されたサンプルのヒストグラムである。これらからサンプルの分散について以下のことが考察される。なお、以下記述する解析および考察は Lipertier (1969) により発表された方法に準じて行われたものである。

### 1) 岩 石

Cu は 5 ppm 前後の値を示すサンプルが圧倒的に多く、100 ppm を越すサンプルは僅か 1 例という分散を示している。岩相毎に見ても大差はない。比較的はっきりした釣鐘型の正規対数分布を示す母集団である。

Pb も 30 ppm 前後の値を示すサンプルが多く、Cu と同様に正規対数分布を示す母集団である。しかし、サンプル数は僅かだが高い値も含まれており、高値による累積度数曲線の正方向への屈折が認められるので、やや高値過剰型である。

Zn は、10 - 50 ppm のサンプルが多く、全体のおよそ 75 % を占める。岩相毎に見てもほぼ同様の傾向があり、サンプル数の多い石灰岩類において強く顕われている。ヒストグラムは高値過剰型の分散を示している。すなわち、30 ppm 以上のヒストグラムの傾斜は、やや緩くなっており、さらに異常を示す小さな母集団の存在を意味する小さな正規対数分布も含まれているからである。Santa 層のサンプルについてもこのことが認められる。

### 2) ゴッサン

サンプル 117 個の平均値は Cu 48 ppm, Pb 1,523 ppm (0.15%), Zn 21,878 ppm (22%) であるが、特に Pb, Zn は高い値のサンプルが多い。第 4 章で記述されているように鉱化作用の結果によるものであり、これらの地化学探査の結果を用いて品位や鉱化作用の問題が考察されている。従って、ここでは取扱わないこととする。

### 3) 河川堆積物

総サンプル数は 44 個で少く、サンプルの密度は前節にて述べたように均質でない。このため調査地域全体の傾向を反映している母集団ではないが、Cu 20 ppm, Pb 20 - 30 ppm, Zn 80 ppm 前後のサンプル頻度の多い母集団である。

### 3) 平均値 (バックグラウンド値)

岩石 289 個の Cu 平均値は、53 ppm であり、岩相毎に見ても概ね 4 - 11 ppm の範囲にある。

Pb の平均値は 22 ppm である。石灰岩類が高く、砕屑岩類、火成岩類が低いという岩相による差異がある。石灰岩類の平均値は 25 - 30 ppm であるが、その中でも Santa 層の Iscay Cruz 鉱床を胚胎する層準がやや高く、45 ppm を示している。

Zn の平均値は 35 ppm であり、Pb の場合とやや異った岩相による平均値の差異を示している。サンプル数の最も多い Santa 層 (138 個) の平均値は、全岩石の場合と同様に

35 ppm である。しかし、Iscay Cruz 鉱床層準の平均値が 77 ppm を示すのに対し、両側に分布する同層の平均値は 20 - 25 ppm と全岩石の場合よりも低い。サンプル数が Santa 層に次いで多い上部石灰岩類 (89 個) も 35 ppm であるが、層準毎では Pariatambo 層 25 ppm, Pariahuanca 層 45 ppm とかなりの差がある。その他では Carhuaz 砕屑岩および火成岩類が、それぞれ 50 ppm, 75 ppm を示している。

以上のことから、調査地域に分布する岩石の Cu, Pb, Zn 元素のバックグラウンド値は、それぞれ 5 ppm, 22 ppm, 35 ppm と考察される。岩相別に見ると以下の通りである。

	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)
石灰岩類	5	30	35
砕屑岩類 (主として砂岩)	5	10	30
火成岩類	7	5	55

Turekian ら (1961) は、地殻中に含有される重金属元素の平均値について報告している。その報告から調査地域に関連ある岩相の Cu, Pb, Zn の含有量を抜粋すると以下の通りである。

	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)
玄武岩質岩	87	6	105
花崗閃緑岩	30	15	60
花崗岩	10	19	39
頁岩	45	20	95
砂岩	-	7	16
炭酸塩岩	4	9	20

これらのデータと比較すると、調査地域のバックグラウンド値は、Cu は概ね Turekian らが示した値よりやや低く、Pb, Zn は炭酸塩岩がやや高く、火成岩類はほぼ一致していると思なせる。特に石灰岩類中の Zn は 2 倍に近い含有量である。これは調査地域における岩層の生成時における鉛、亜鉛元素の濃集の差異による。しかし、ペルー中部 Oxapampa 地域に分布する中生代ジュラ紀 Pucara 層群 (石灰岩、ドロストーンなどで構成される) に比べるとやや低い。Oxapampa 地域では、Cu, 7 ppm, Pb 39 ppm, Zn 66 ppm である (JICA<sup>※</sup> ほか; 1977, 1978)。Cu は他例とも変わらないが、Pb, Zn とともに本調査地域の 3 - 4 倍値を示している。

※ JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY の略

河川堆積物のバックグラウンド値は、Cu 22 ppm, Pb 30 ppm, Zn 80 ppm であると考察される。

#### (4) しきい値

Lipertier (1969) は、母集団の分散の傾向を示すヒストグラムおよび累積度数曲線からしきい値が簡易的に求められることを示している。調査地域のサンプルは、例へば Zn について見ると正規分布を示す釣鐘型のヒストグラムの右側の傾きがやや緩くなった高値過剰型の傾向がある。累積度数曲線の折れまがる点も、この傾向を反映しサンプルの総数の約 60% のところで 200 ppm 弱に相当する。当然のことながら濃集した金属鉱床の探査上、異常のしきい値とする値ではない。Pb も同様である。従って、簡易的には求められない。このため母集団の 2.27% に相当する一般的な " 平均値プラス標準偏差の 2 倍に相当する値 " を採用することとする。河川堆積物もサンプルのタイプが明瞭でないので岩石と同様方法による。しきい値は以下の通りである。

	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
岩 石	100	220	500
河川堆積物	120	270	500

なお、上記方法によれば、Cu のしきい値は 25 ppm で、検討の対象となる値ではない。そこで Cu の場合、" 平均値プラス標準偏差の 4 倍 " に相当する値とする。

#### (5) アノマリーの考察

##### 1) 岩 石

異常を示すサンプル数は Cu 1 個、Pb 7 個、Zn 15 個で、Table 5 はそれらの含有量、産状などを示したものである。アノマリーは Santa 層のうち Iscay Cruz 層準に比較的多く集中して認められ、さらに Iscay Cruz 層準以外の Santa 層や Pariahuanca 層などにも局部的に認められる。

Iscay Cruz 層準におけるアノマリーは、北から

① Iscay Cruz 鉱化帯の北方に位置するゴッサン化ドロストン

② Iscay Cruz 鉱化帯内の石灰岩およびドロストン

③ Iscay Cruz 第 5 鉱徴および第 6 鉱徴

に存在する。

ゴッサン化したドロストンは、Iscay Cruz 鉱化帯の北方 2 Km に位置し、およそ幅 10 m、長さ 50 - 100 m の規模で 3 層認められる。Zn 2,000 - 4,000 ppm の含有量を有しており、むしろゴッサンのカテゴリーに分類されるべきものと思われる。鉱化帯内のアノマリーは、②、③である。③はゴッサンから採取された結果であり、①と同様にゴッサン

のカテゴリーに入る。これに対し②はゴッサンに近接して存在し、ゴッサン化を免がれた石灰岩およびドロストン中に認められる。いずれも方解石細脈が認められ、極細粒の閃亜鉛鉱を伴うこともある。従って、ゴッサン化以前の鉍化作用の影響を蒙ったところ、換言すれば硫化鉍物による鉍化作用の示徴と見做せる。

Iscay Cruz 層準では、以上の3個所にアノマリーが認められるだけで、他は極端に低い含有量である。この層準の平均含有量はCu 5.0 ppm, Pb 4.47 ppm, Zn 77.4 ppm であるが、上記した同層準におけるZnの異常を示すサンプル10個を除くと、平均含有量はCu 5.4 ppm, Pb 24.6 ppm, Zn 21.7 ppm と極端に低下する。全平均その他の平均品位よりむしろ低い値を示している。

Iscay Cruz 層準以外では、Iscay Cruz 鉍化帯の東方、Oyon 東南方15kmに位置するPariahuanca 層、Santa 層のアノマリーが注目される。両アノマリーとも石灰岩に認められるが、石灰岩は変質もなくPariahuanca 層中に方解石脈が僅かに認められるに過ぎない。しかし、地質構造的には、Iscay Cruz の石英安山岩の岩株（岩脈の集合体と見られる）走向延長上に相当しており、本アノマリーの北方には小ストックも存在している。従って、これら火成活動に伴われた鉍化作用の存在する可能性のある地域であり、アノマリーの起源ないし地質的背景を知るための若干の調査が必要な地点である。

その他の地域では、アノマリーは概ね単独に存在しているに過ぎない。しかも、付近には著しいゴッサン化も認められない。Iscay Cruz 東部のように何らかの火成岩の影響を蒙った結果のアノマリーと考えられるが、詳細は明らかでない。しかし、Iscay Cruz 鉍化帯に比較すると含有量、規模において極めて劣勢で検討の対象にならないと言えよう。

## (2) 河川堆積物

異常値を示すサンプル数はCu, Pb, Znともに各1個である。河川堆積物は、その堆積作用から見て、単にそれらの絶対値を比較するのではなく、採取された位置の流水面積、流水量などをベースに隣接河川で採取された堆積物中の含有量、さらに周辺の地質などと対照して検討する必要がある。以上の見地に基づき河川堆積物の含有量を考察すると以下の如くである（Fig. 17 参照）。

① Rio Huaura 右岸および Rio Checras 左岸には、Calipuy 火山岩類に存在する Chanca 鉍床、Viscachaca 鉍床などに類似した鉍化作用の存在する可能性のある地域である。河川堆積物は、この影響を反映したものと考察され、サンプル番号SD-16 (Cu 742 ppm), SD-28 (Cu 182 ppm, Pb 103 ppm) などCu, Pbの高い値が認められ、さらにその他の地点でもZn 100 ppm 前後の含有量を示すところが多い。従って、より詳細にその根源を把握するための広域的な調査が必要であると言えよう。

② 堆積岩中ではサンプル番号SD-32が、Pbのアノマリーとして抽出される（含有量2500



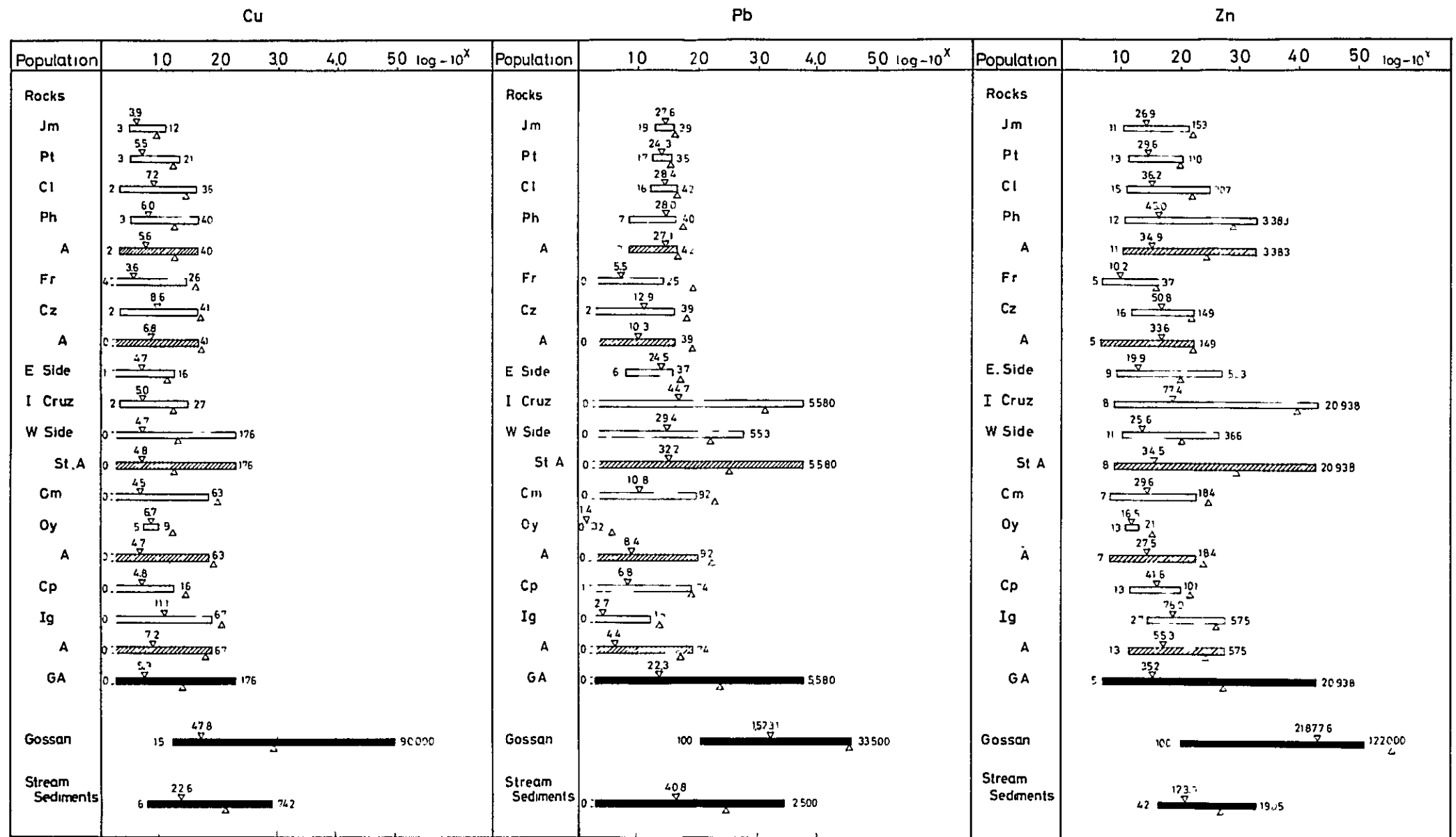


ppm)。堆積岩を貫く花崗斑岩の岩脈が認められるところである。同岩自体比較的高いZnを含有しており（Zn 575 ppm, サンプル番号NO - 113）その影響によるものと思われる。

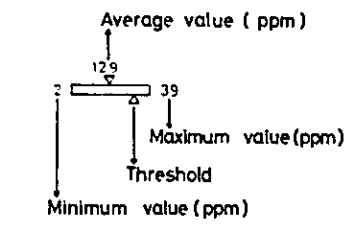
③ Znのアノマリーはトータル岩中に見出される（サンプル番号SD-30, Zn 1,905 ppm）。また、サンプル番号SD-14, SD-33はIsca Cruz 鉛化帯の走向延長上にあり、それぞれZn 310 ppm, 395 ppmとやや高い値を示している。その他のSanta層の下流に相当するところは概して低い。単に2例のサンプルに過ぎないが、Isca Cruz層準がこの地域の鉛床探査上重要であることを示しているといえる。

**Table 4 Results of Statistical Analysis on the Geochemical Samples**

	Population	Number of Samples	Average Value			Maximum Value			Minimum Value		
			Cu(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)
1	Type of Samples										
	Rocks	289	5.3	22.3	35.2	176	5,580	20,938	0	0	5
	Gossan	117	47.8	1,523.1	21,877.6	90,000	33,500	122,000	15	100	100
	Stream sediments	44	22.6	40.8	123.9	742	2,500	1,905	6	0	42
2	Formations										
	Jumasha formation (Jm)	17	3.9	27.6	26.9	12	39	153	3	19	11
	Pariatambo formation (Pt)	22	5.5	24.3	29.6	21	35	110	3	17	13
	Chulec formation (Cl)	21	7.2	28.4	36.2	36	42	307	2	16	15
	Pariahuanca formation (Ph)	29	6.0	28.0	45.0	40	40	3,383	3	7	12
	Farrat formation (Fr)	7	3.6	5.5	10.2	26	25	37	4	0	5
	Carhuaz formation (Cz)	20	8.6	12.9	50.8	41	39	149	2	2	16
	Santa formation (St)	138	4.8	32.2	34.5	176	5,580	20,938	0	0	8
	Chimu formation (Cm)	14	4.5	10.8	29.6	63	92	184	0	0	7
	Oyon formation (Oy)	2	6.7	1.4	16.5	9	2	21	5	0	13
	Average	270	5.2	25.1	34.1						
	Calipuy volcanics (Cp)	10	4.8	6.8	41.6	16	74	101	0	1	13
	Intrusive rocks (Ig)	9	11.1	2.7	76.0	67	16	575	0	0	27
	Average	19	7.2	4.4	55.4						
3	Type of Rocks										
	Upper calcareous rocks (Jm, Pt, Cl, Ph)	89	5.6	27.1	34.9	40	42	3,383	2	7	11
	Upper clastic rocks (Fr, Cz)	27	6.8	10.3	33.6	41	39	149	0	0	5
	Lower calcareous rocks (St)	138	4.8	32.2	34.5	176	5,580	20,938	0	0	8
	Lower clastic rocks (Cm, Oy)	16	4.7	8.4	27.5	63	92	184	0	0	7
	Igneous rocks (Cp, Ig)	19	7.2	4.4	55.3	67	74	575	0	0	13
4	Sample Location on Santa Formation										
	Eastern side of Iscay Cruz horizon	34	4.7	24.5	19.9	16	37	523	1	6	9
	Iscay Cruz horizon (except gossan)	45	5.0	44.7	77.4	27	5,580	20,938	2	0	8
	Western side of Iscay Cruz horizon	59	4.7	29.4	25.6	176	553	366	0	0	11
5	Sample Location on Gossan										
	Northern part	63	27.4	2,773.3	45,603.7	158	33,500	82,500	15	122	15,500
	Central part	16	30.1	1,111.7	24,378.1	124	3,700	122,000	19	420	4,500
	Southern part	38	146.2	645.7	6,166.0	90,000	7,800	56,000	15	100	100



**LEGEND**

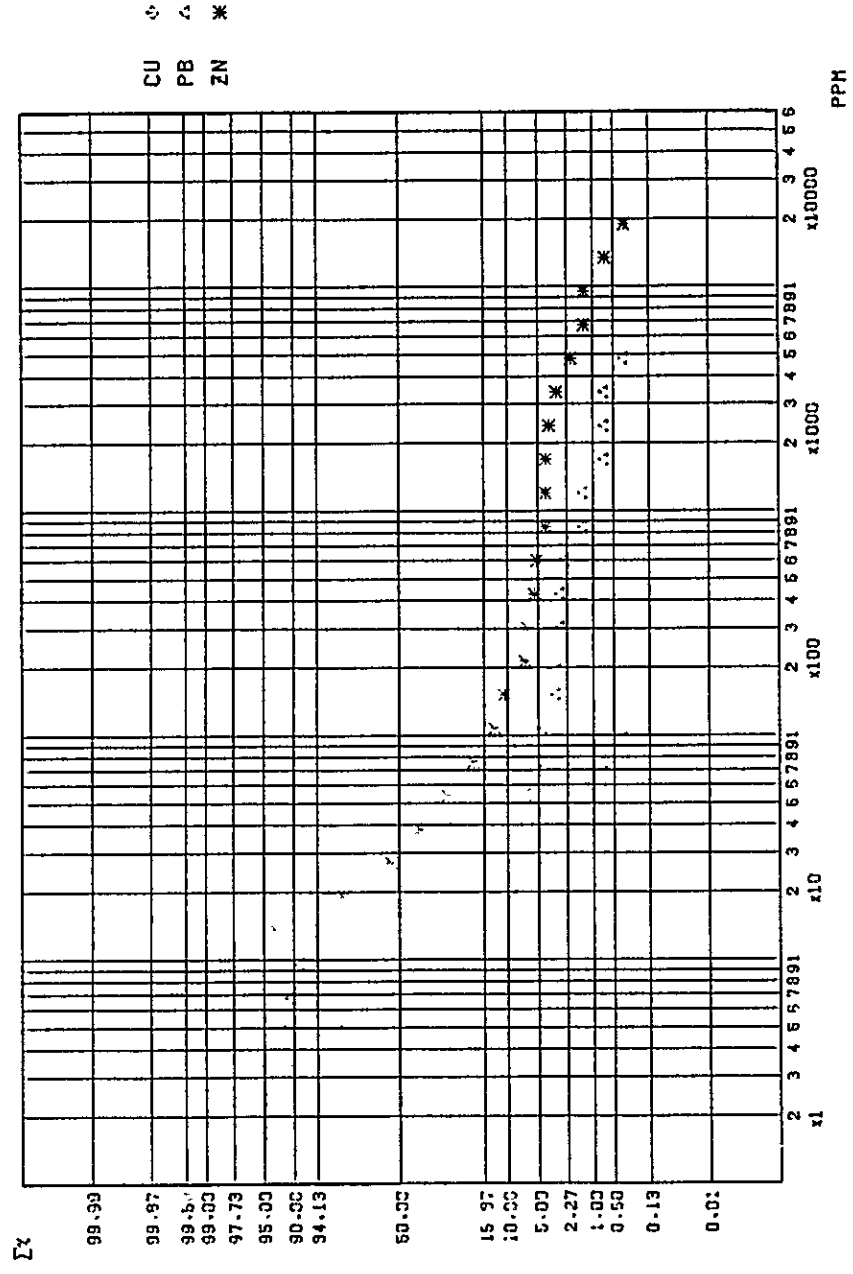


**Abbreviation**

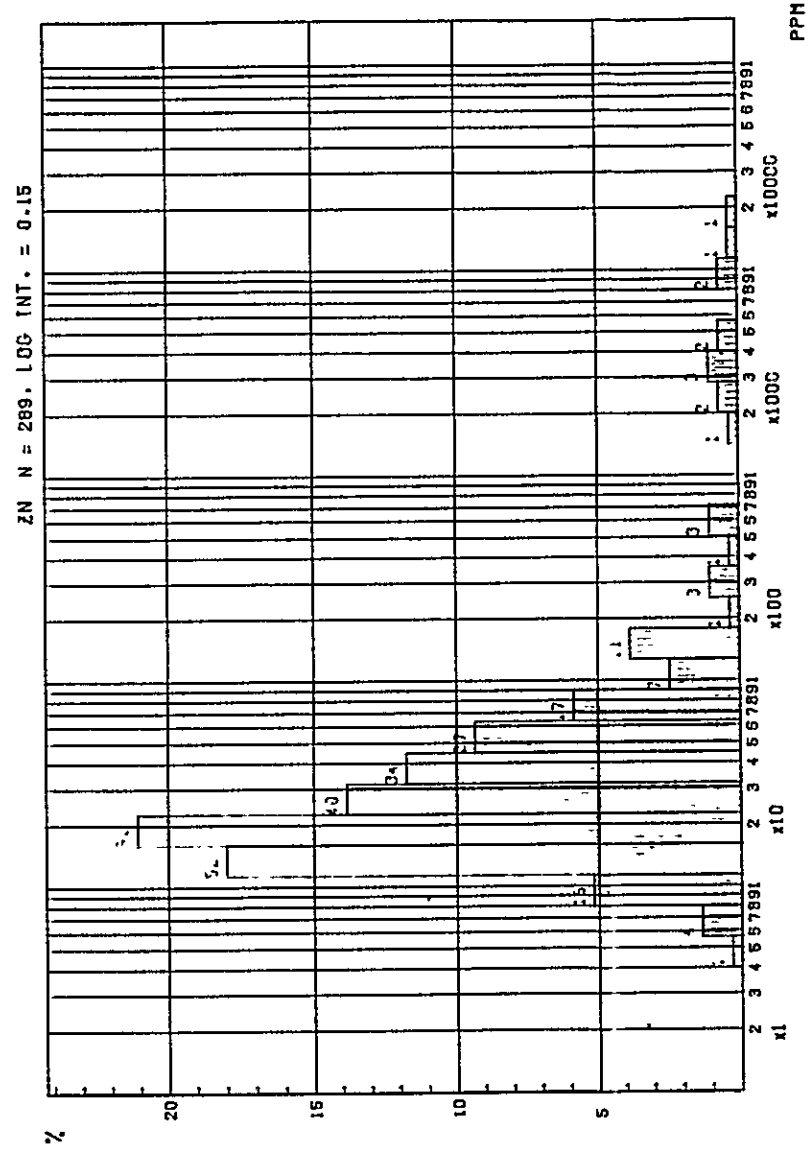
- Jm --- Jumasha formation
- Pt --- Pariatambo formation
- Cl --- Chulec formation
- Ph --- Pariahuanca formation
- Fr --- Farral formation
- Cz --- Carhuaz formation
- E Side --- Eastern side of Santa formation
- I Cruz --- Iscay Cruz horizon
- W Side --- Western side of Santa formation
- Cm --- Chimu formation
- Oy --- Oyon formation
- Cp --- Calipuy volcanics
- Ig --- Igneous rock
- A --- Average value
- GA --- Grand average

Fig. 15. Value Dispersion of Geochemical Samples Classified by Each Population in the Surveyed Area

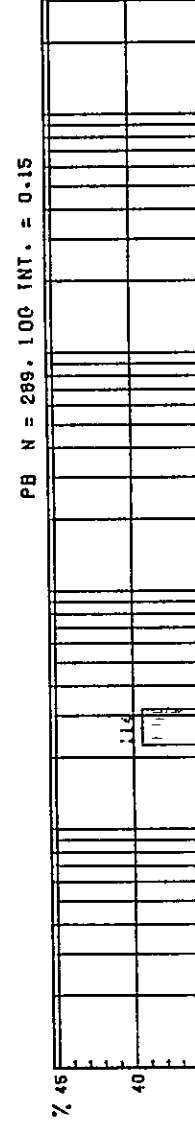
CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION FOR CU, PB AND ZN



HISTOGRAM FOR ZN



HISTOGRAM FOR PB



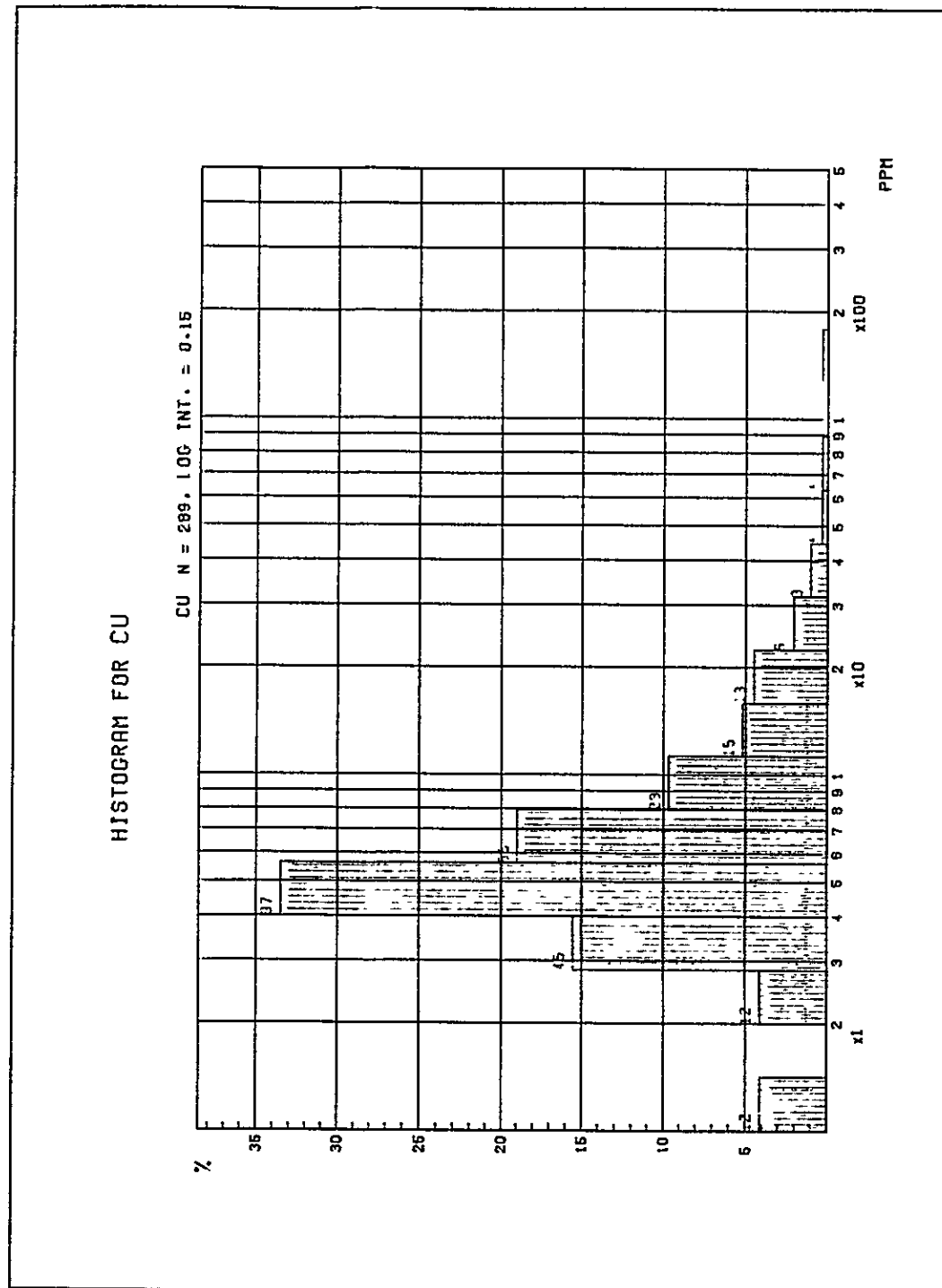
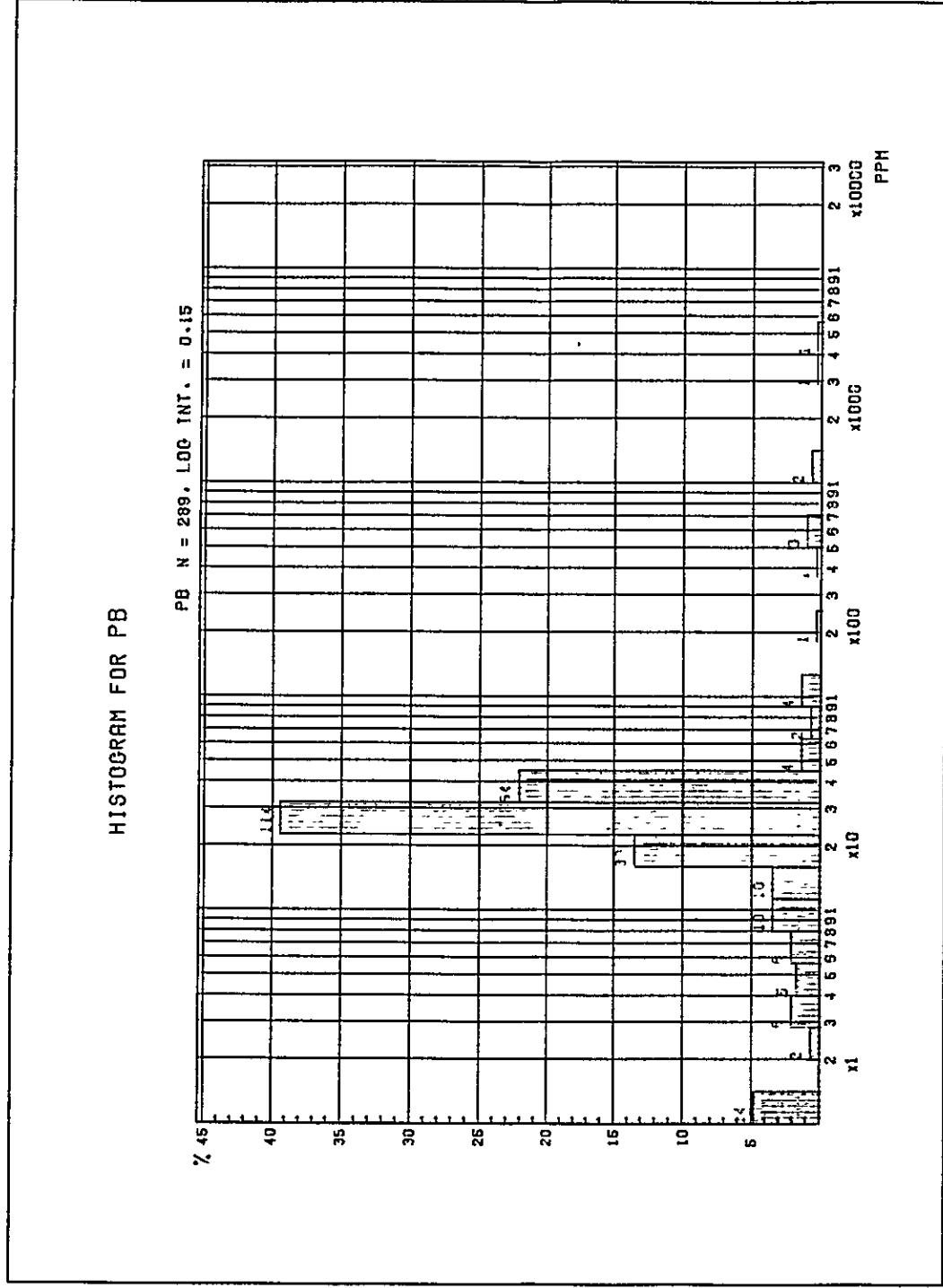
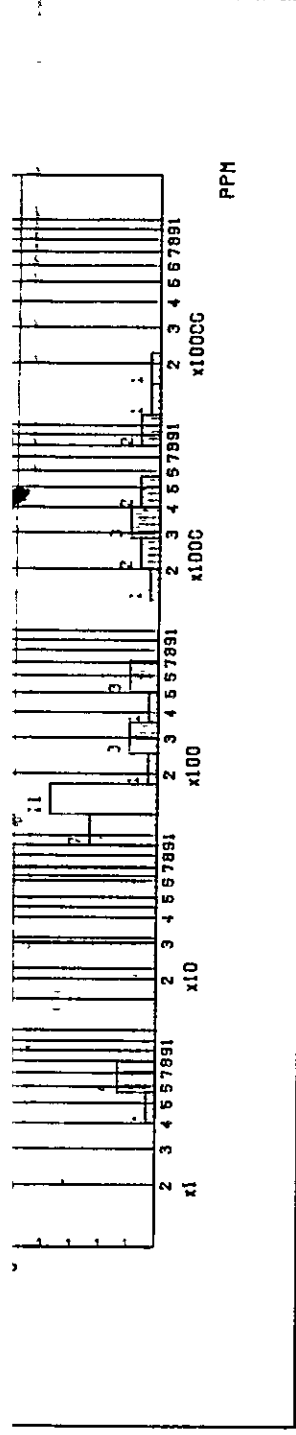
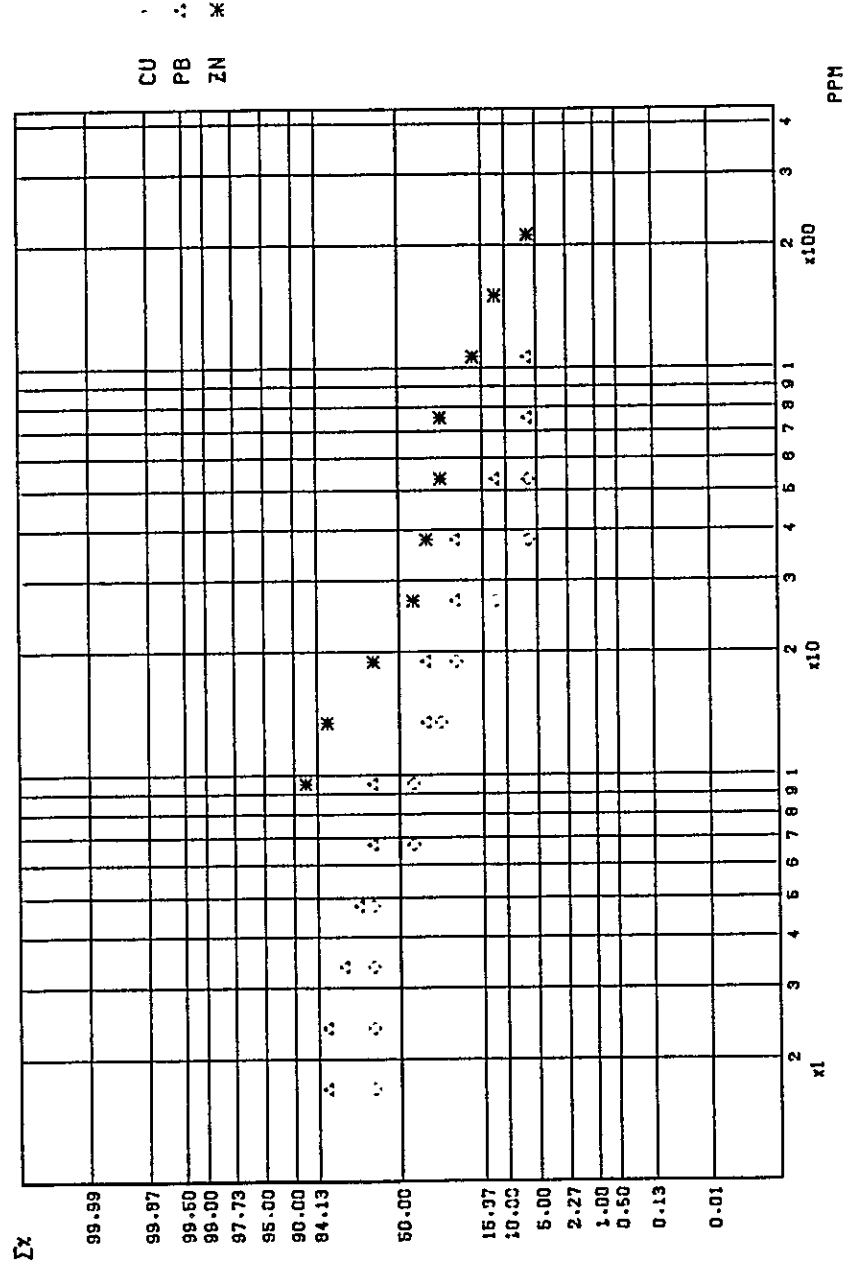
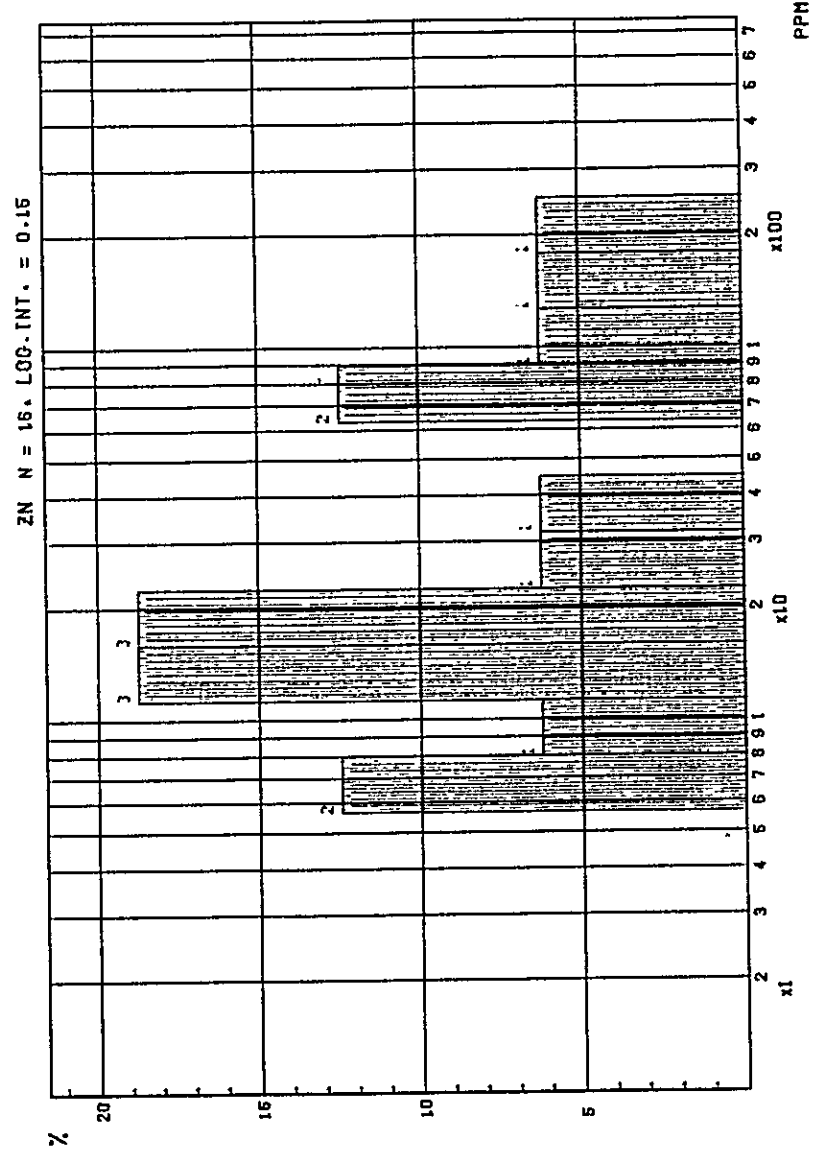


Fig. 16 Histogram and Cumulative Frequency Curve for Cu,  
Pb and Zn Contents in the Geochemical Samples  
(1) Total Rock

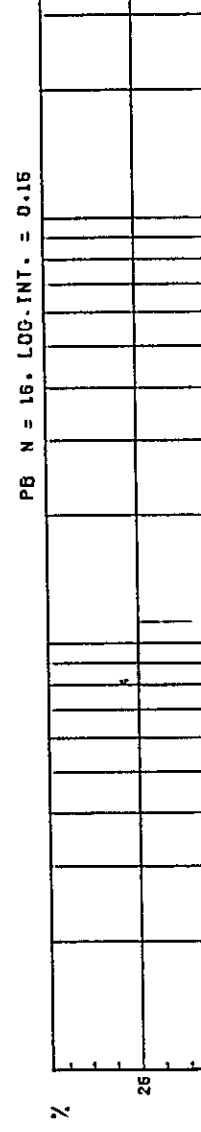
CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION FOR CU, PB AND ZN



HISTOGRAM FOR ZN



HISTOGRAM FOR PB



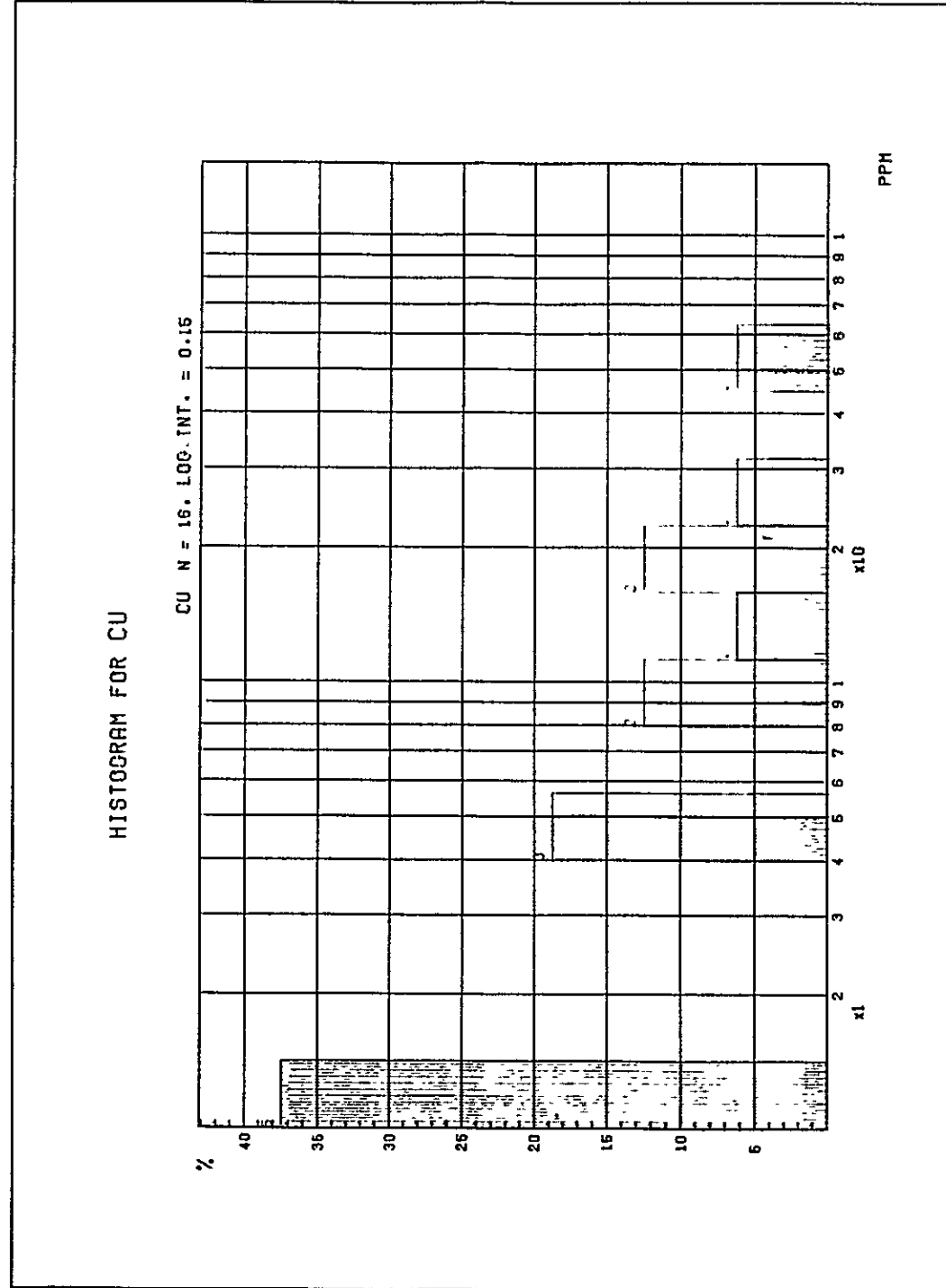
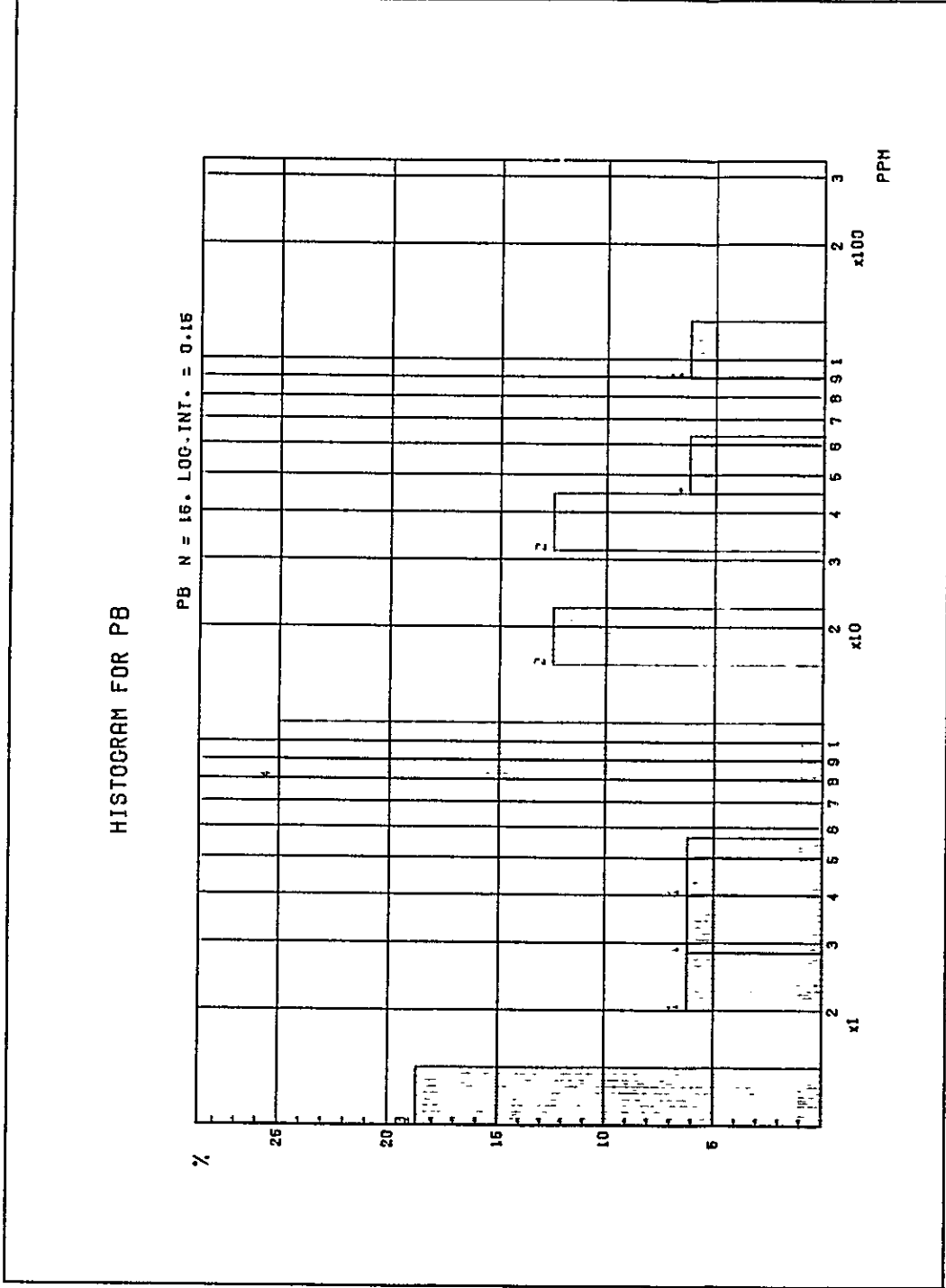
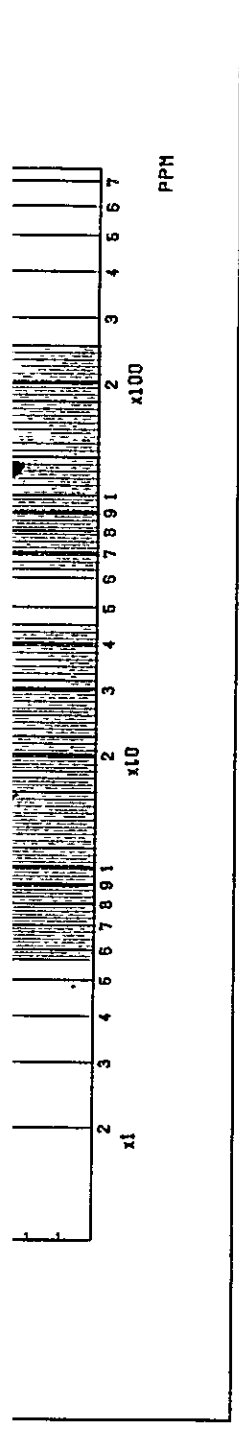
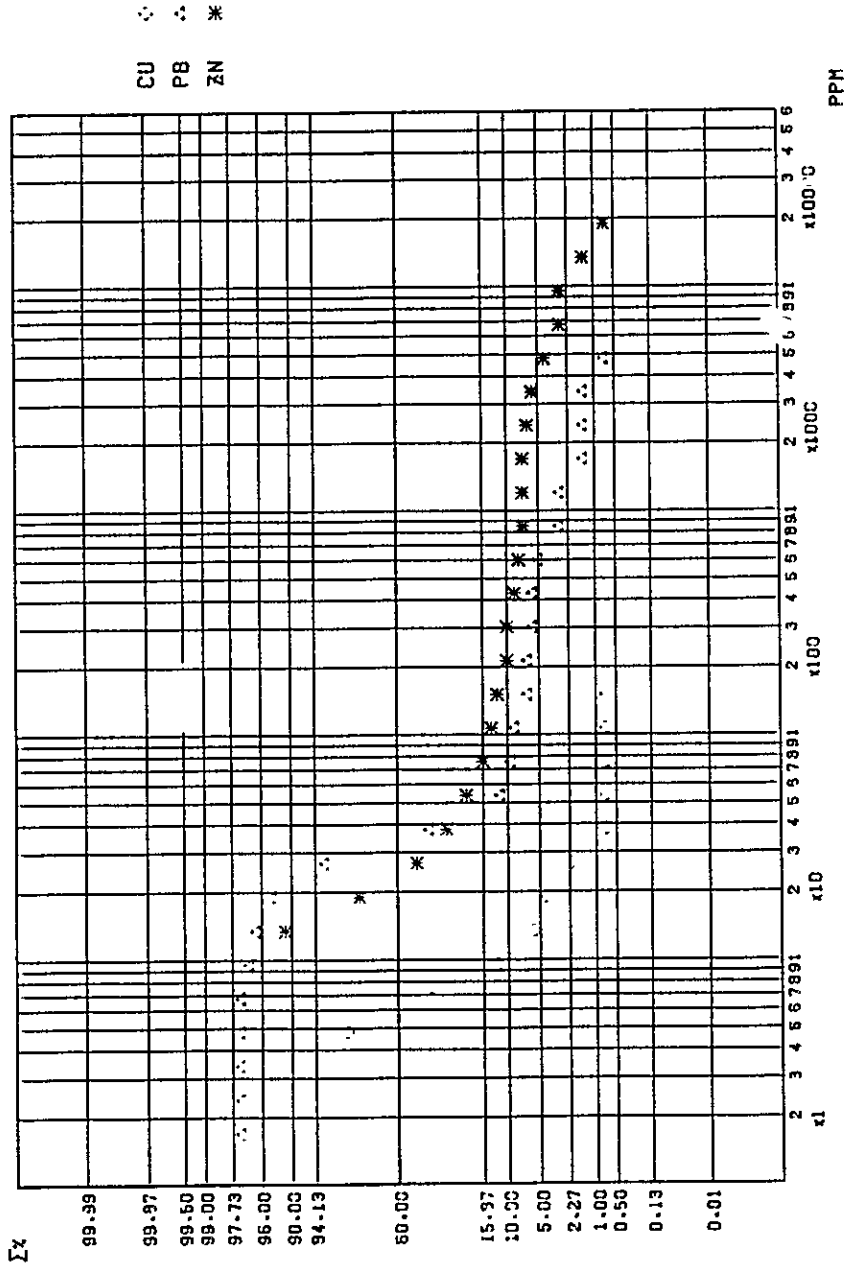


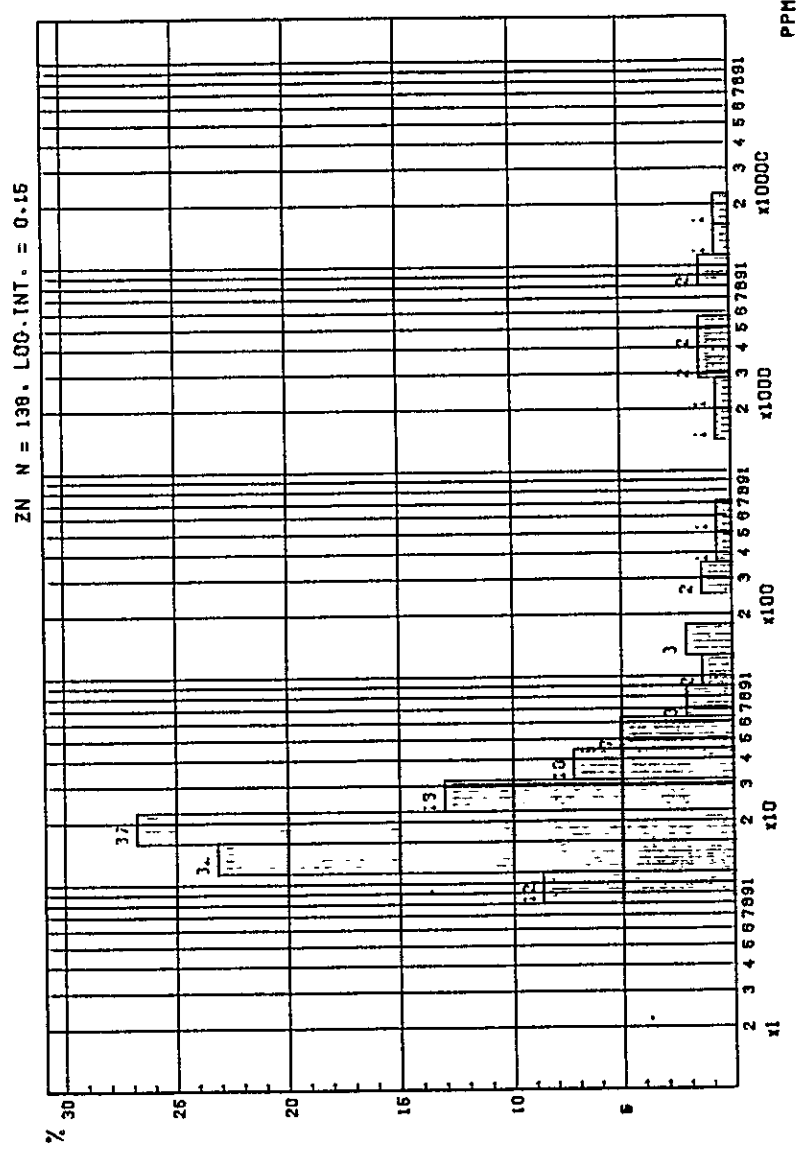
Fig. 16. Histogram and Cumulative Frequency Curve for Cu,  
Pb and Zn Contents in the Geochemical Samples  
(2) Chimu and Oyon Formations



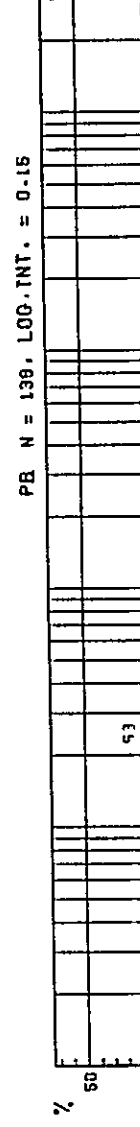
CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION FOR CU, PB AND ZN

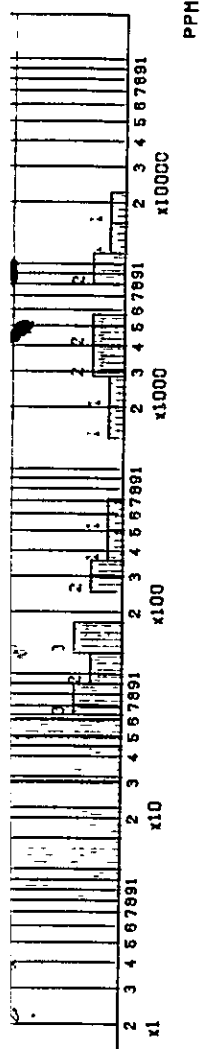


HISTOGRAM FOR ZN

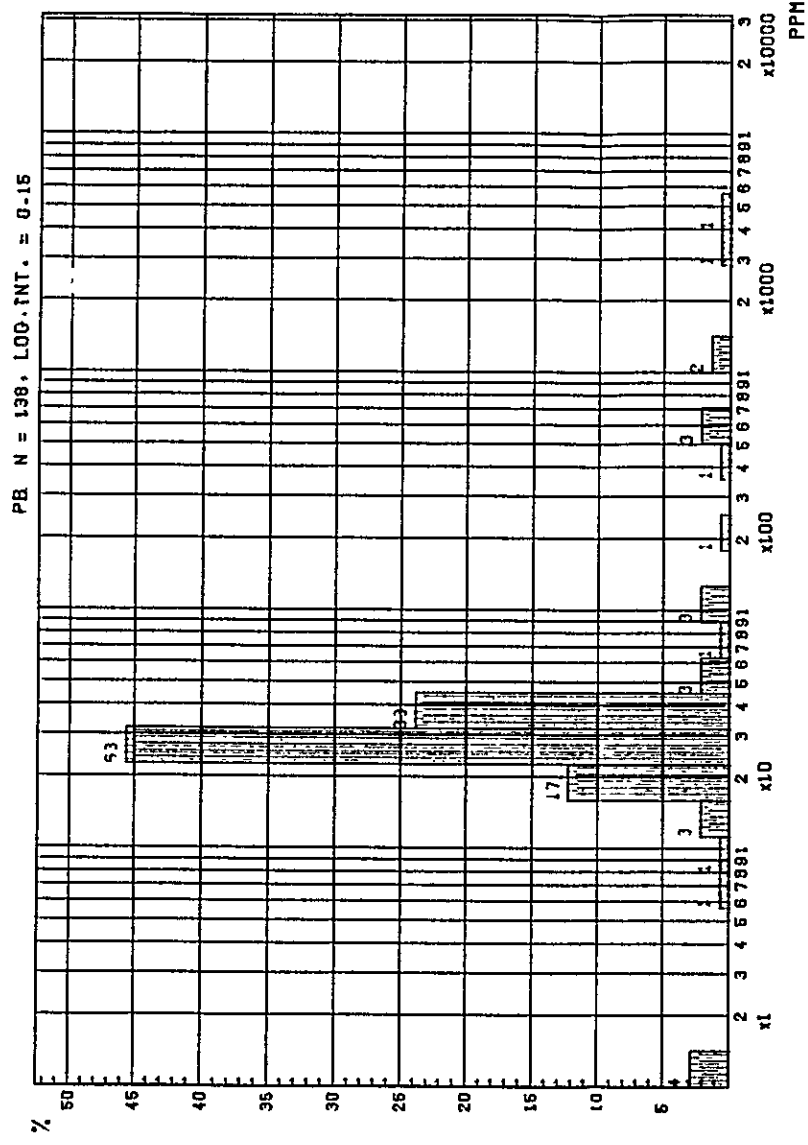


HISTOGRAM FOR PB





HISTOGRAM FOR PB



HISTOGRAM FOR CU

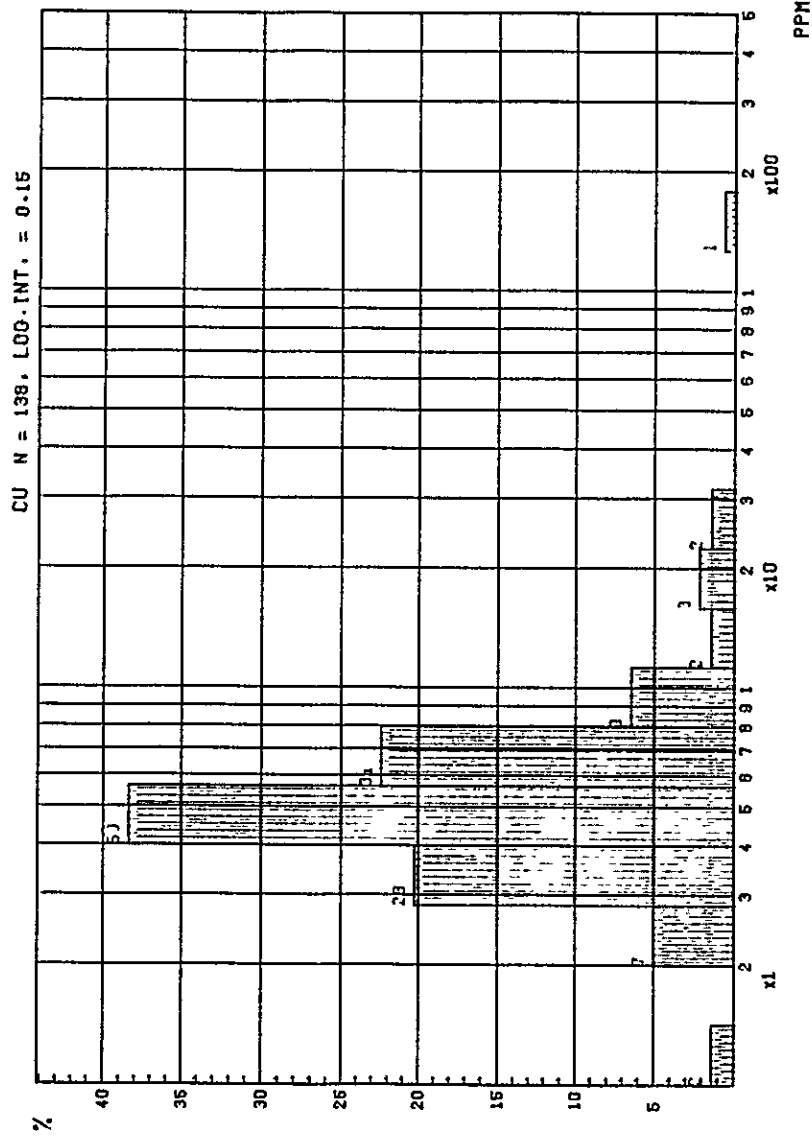
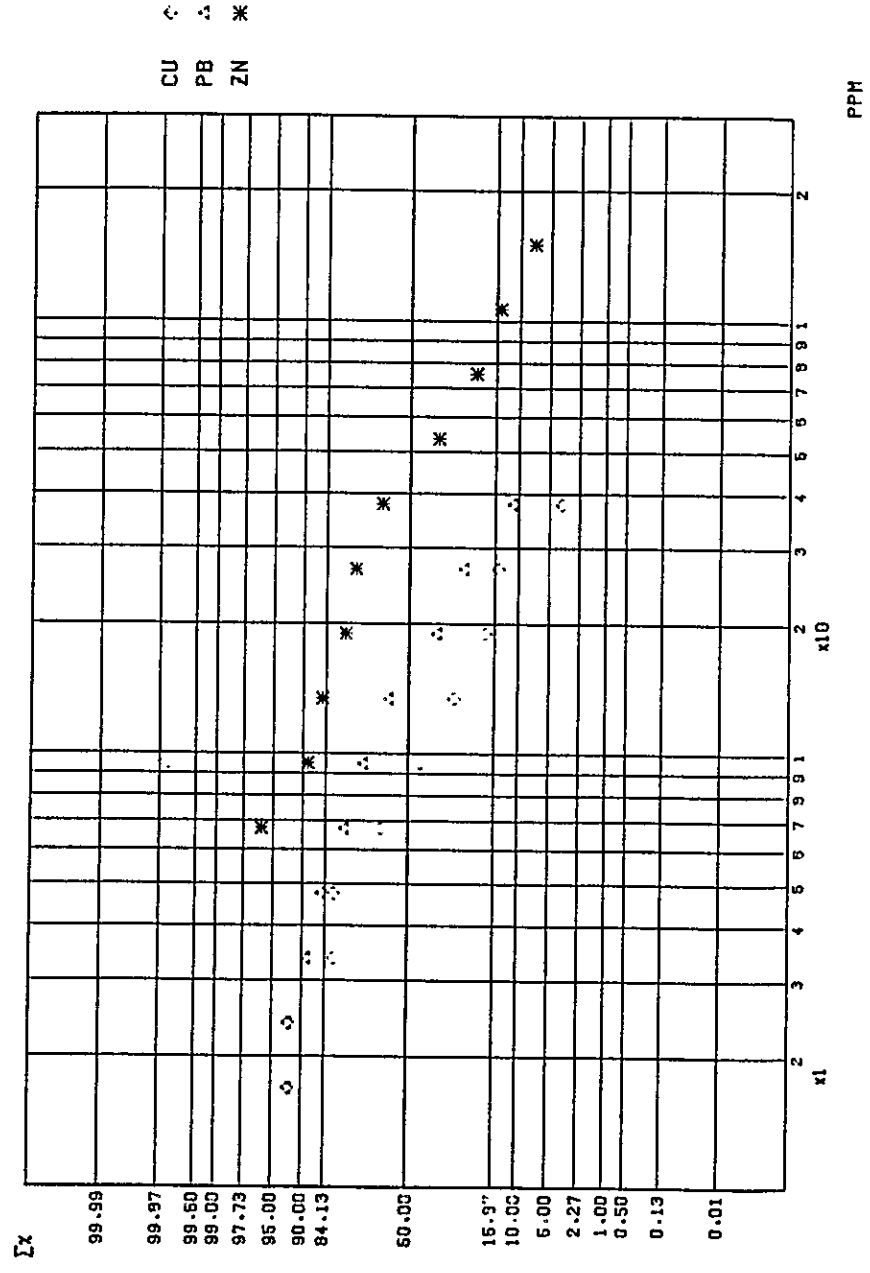
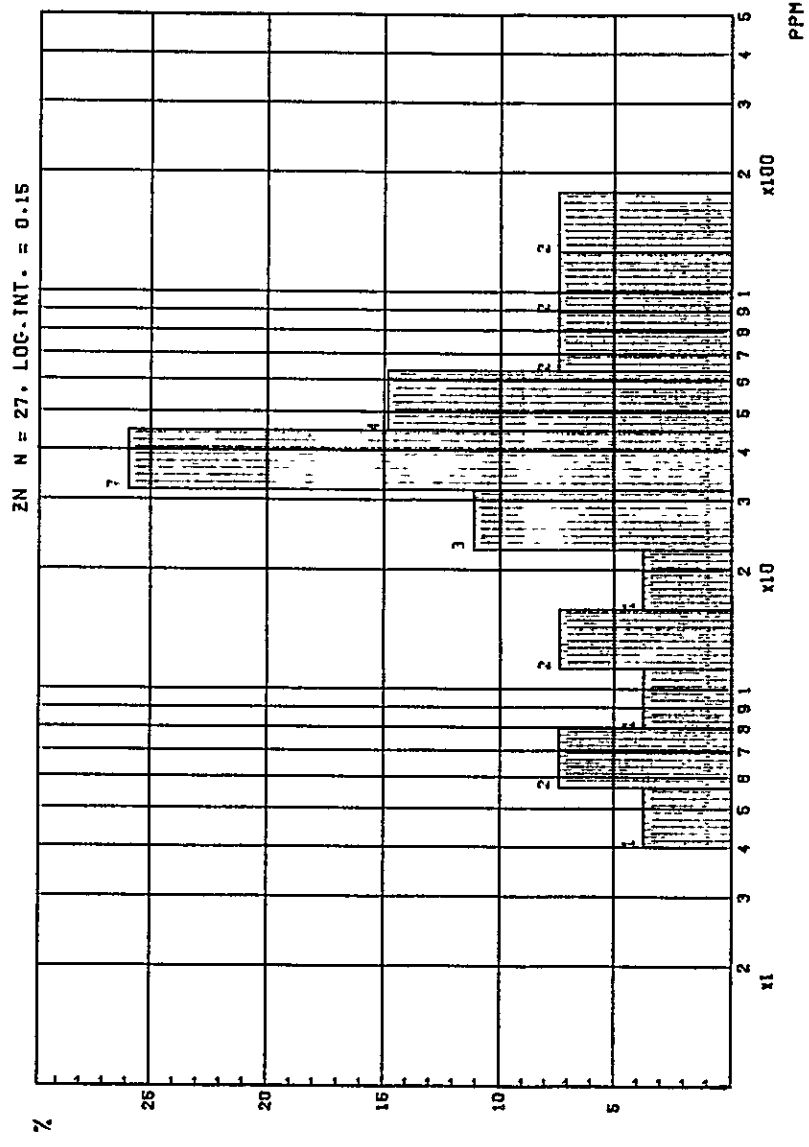


Fig. 16. Histogram and Cumulative Frequency Curve for Cu, Pb and Zn Contents in the Geochemical Samples (3) Santa Formation

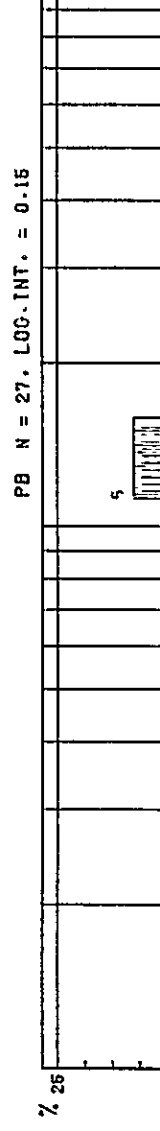
CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION FOR CU, PB AND ZN



HISTOGRAM FOR ZN



HISTOGRAM FOR PB



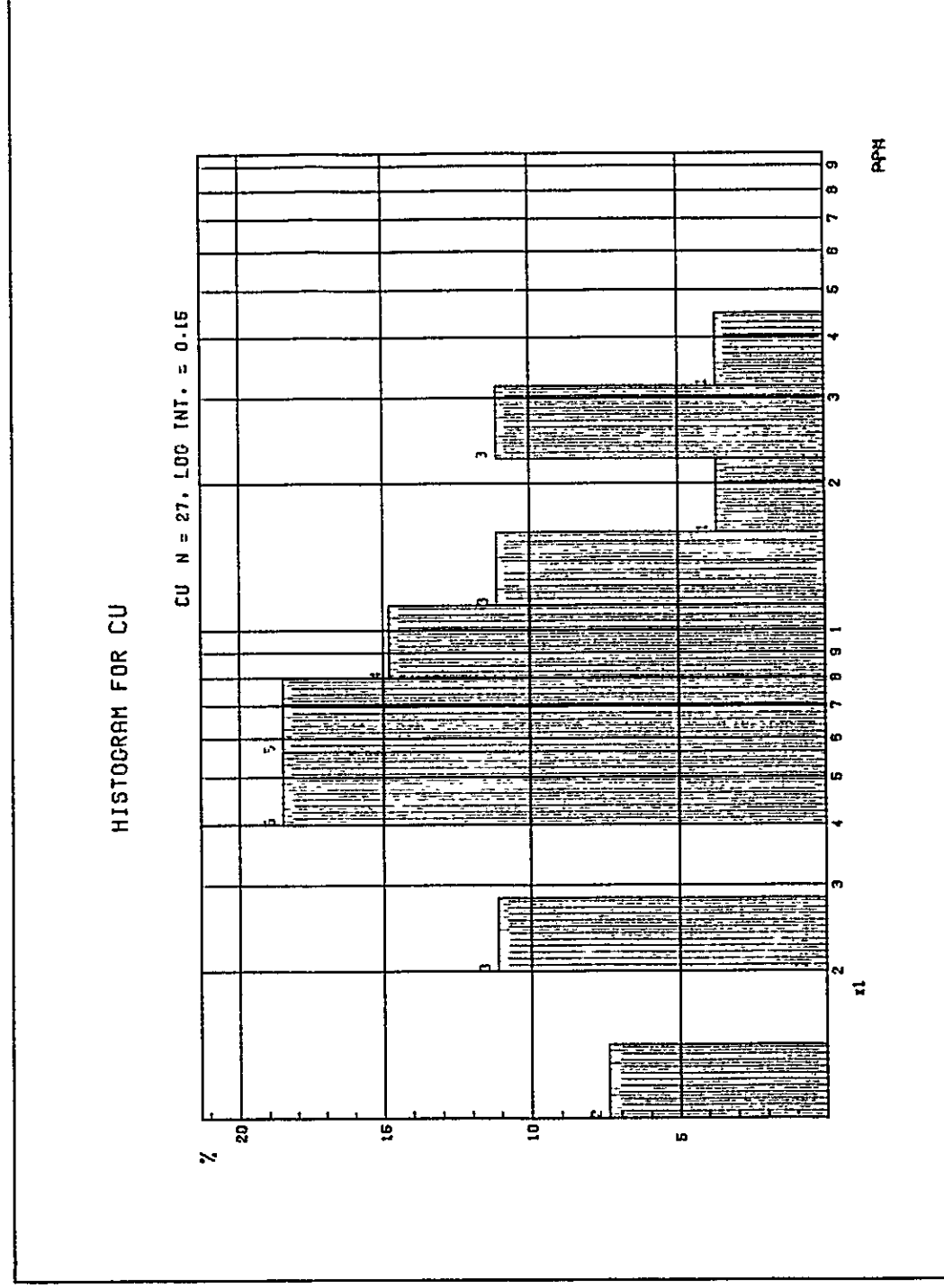
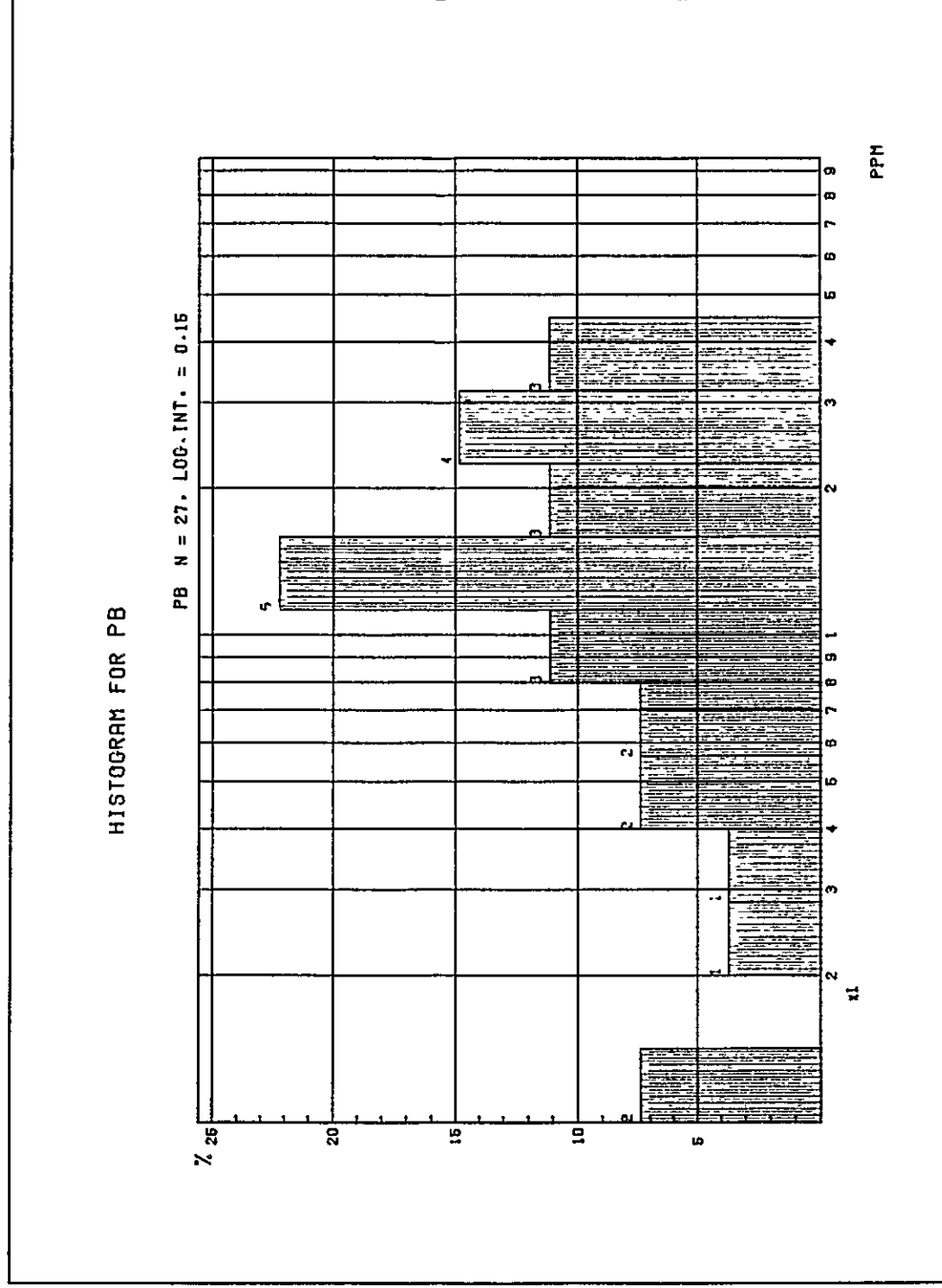
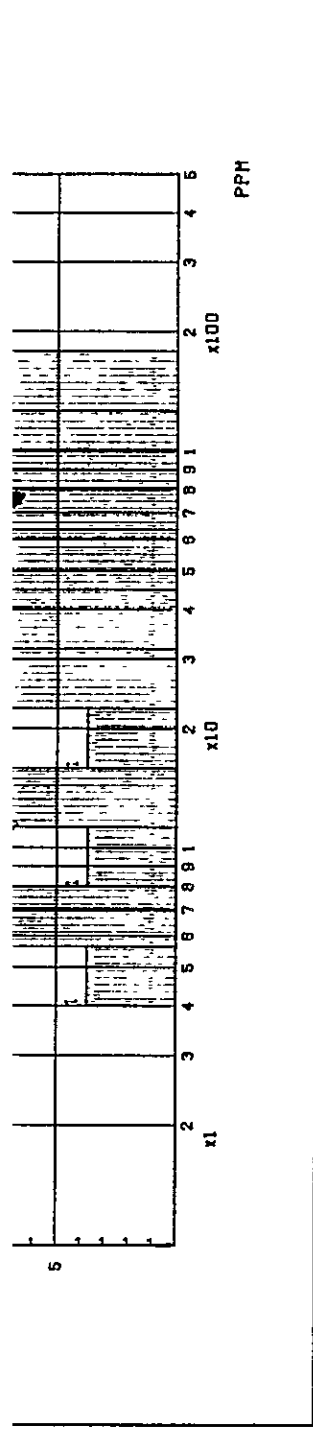


Fig. 16 Histogram and Cumulative Frequency Curve for Cu, Pb and Zn Contents in the Geochemical Samples (4) Carhuaz and Farrat Formations



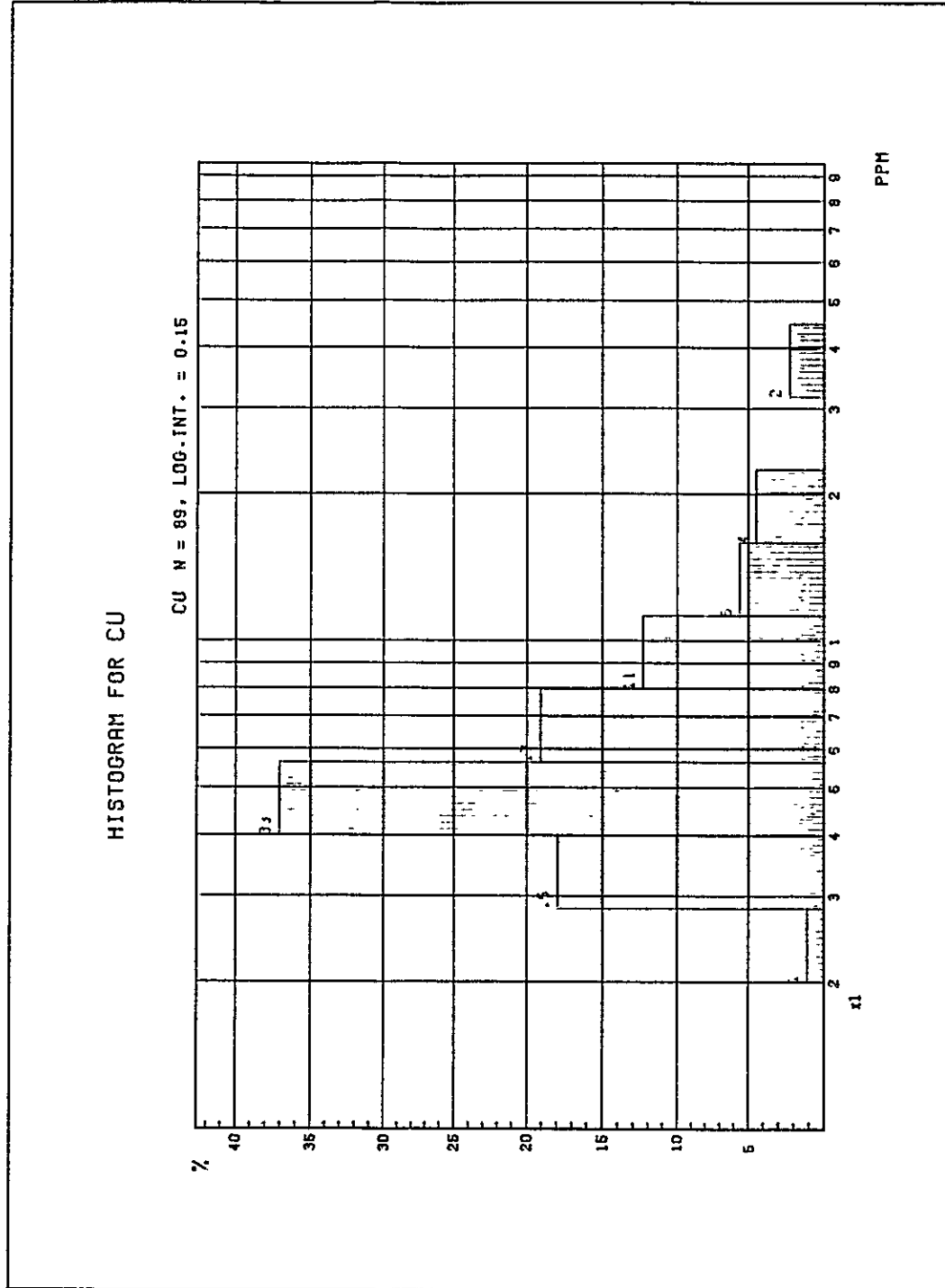
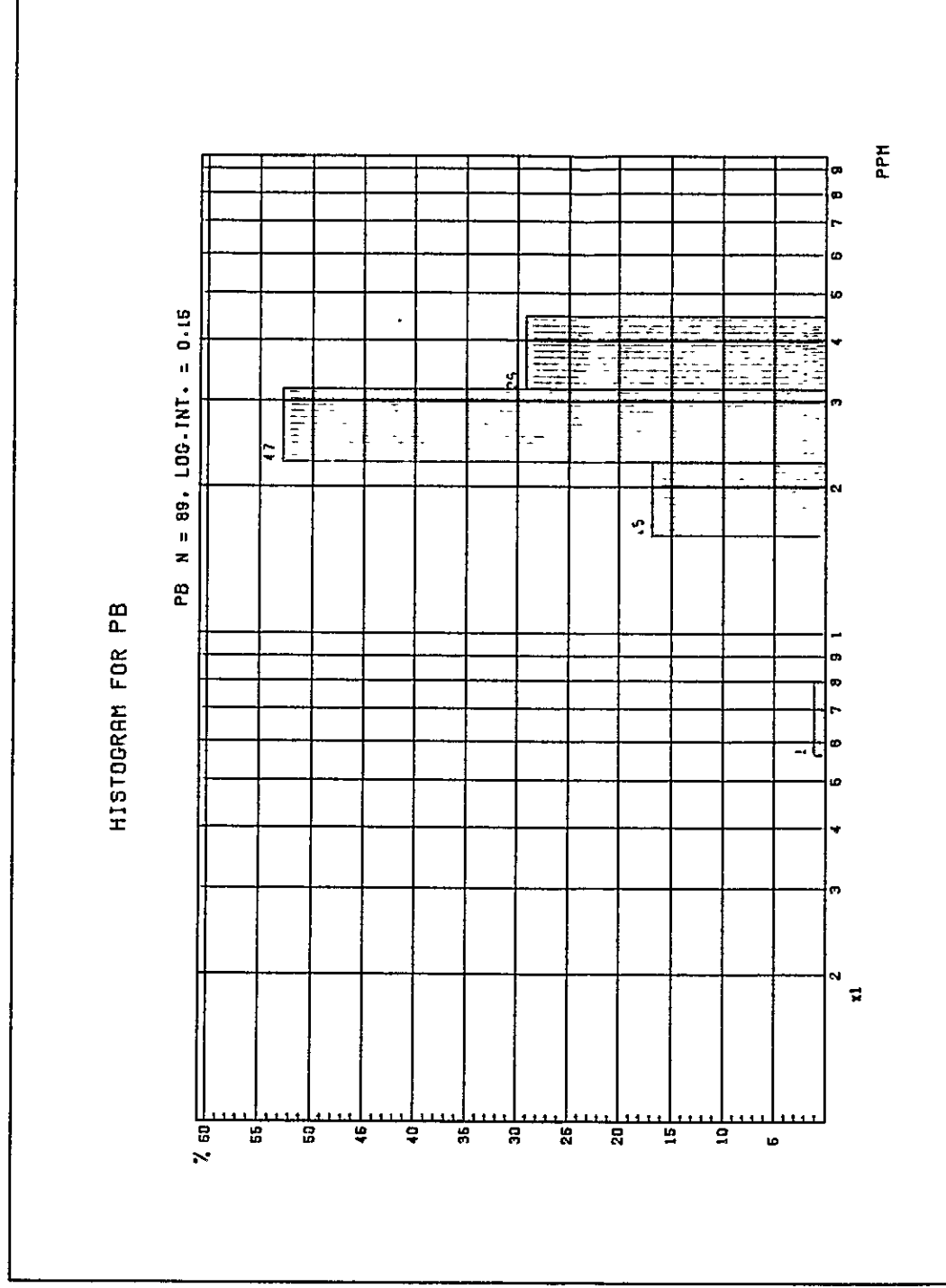
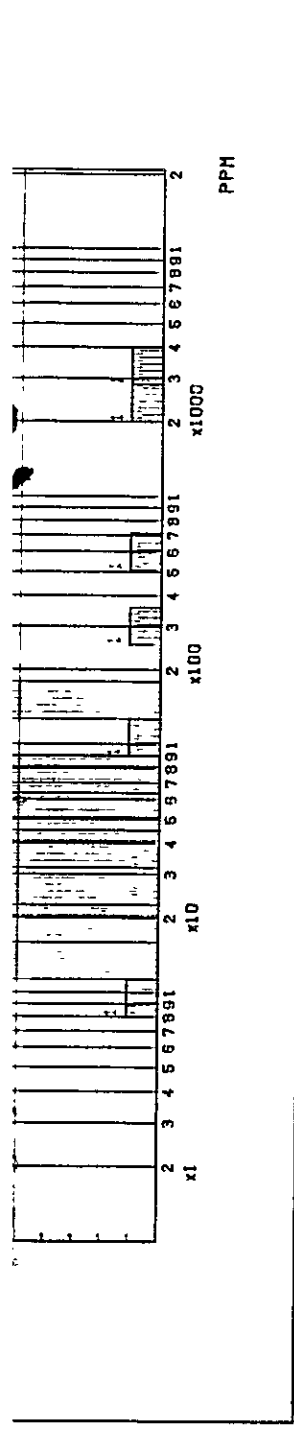
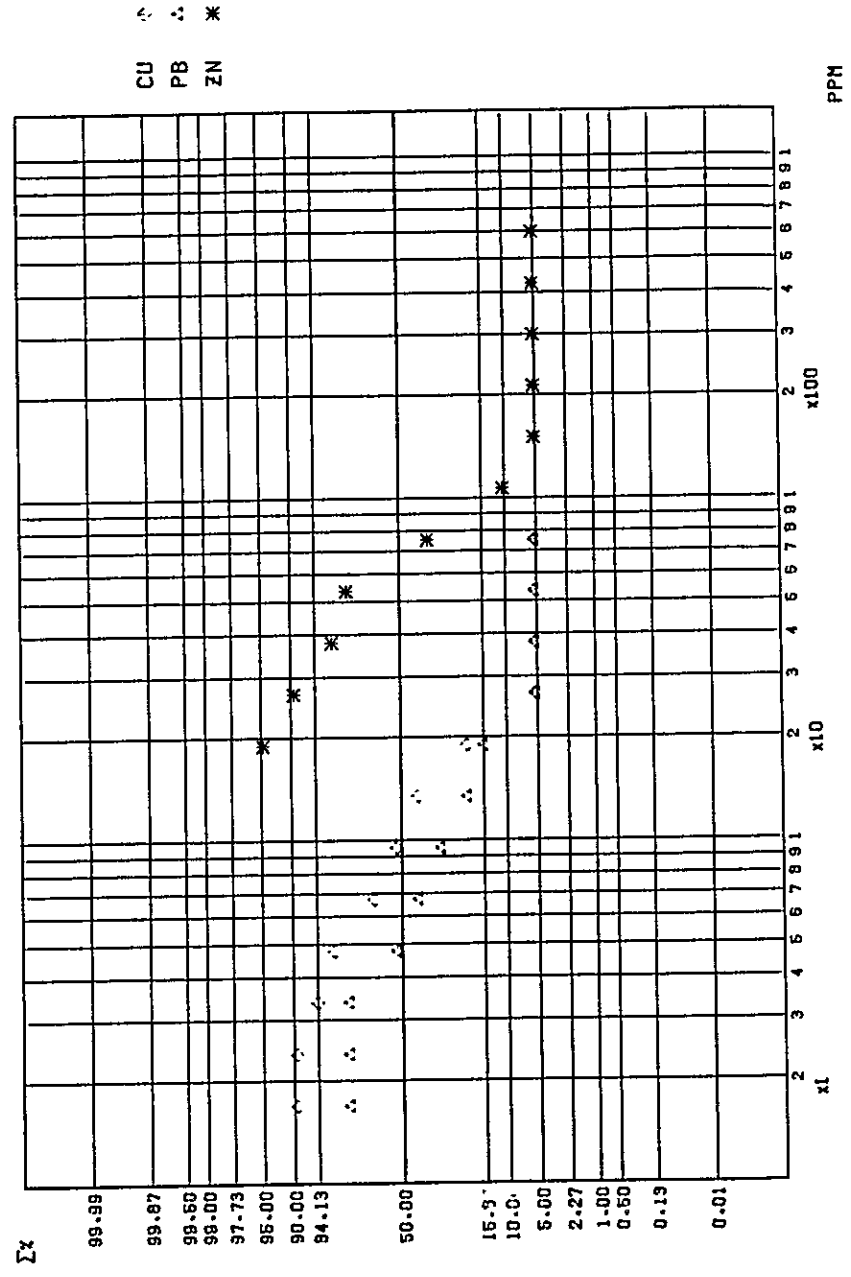
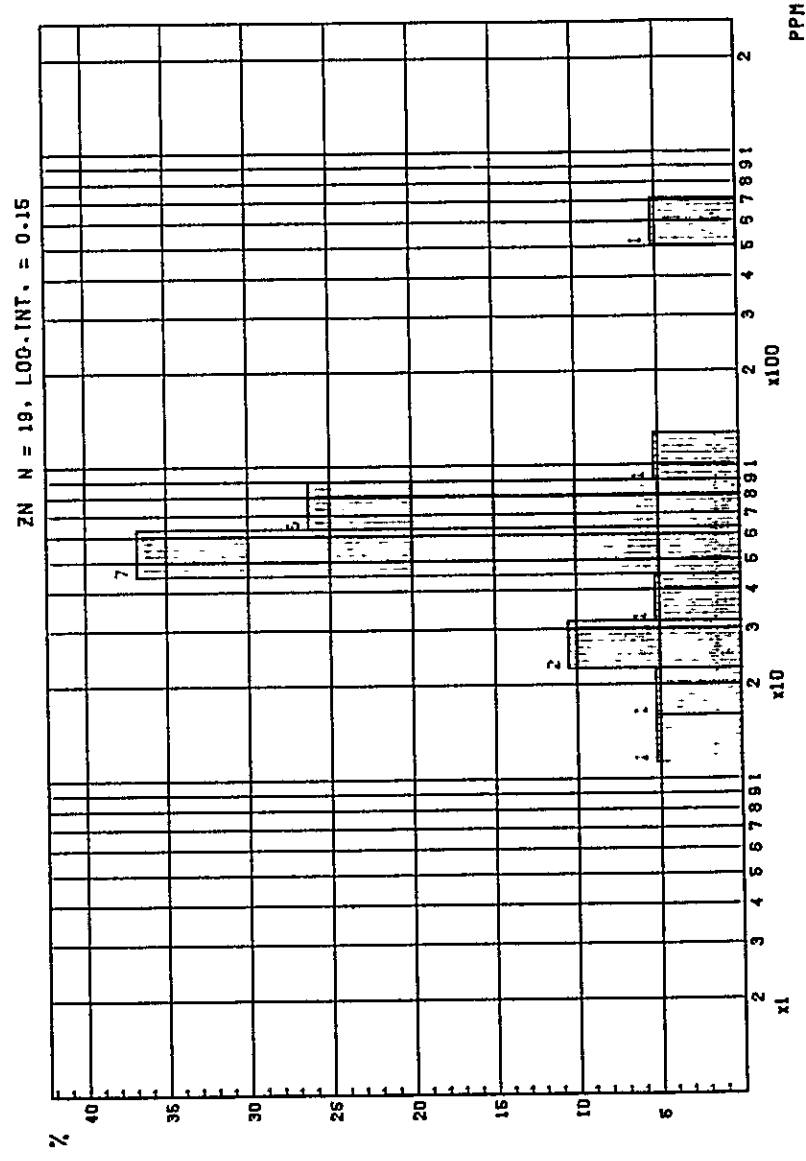


Fig. 16. Histogram and Cumulative Frequency Curve for Cu, Pb and Zn Contents in the Geochemical Samples (5) Pariahuanca, Chulec, Pariatambo and Jumasha Formations

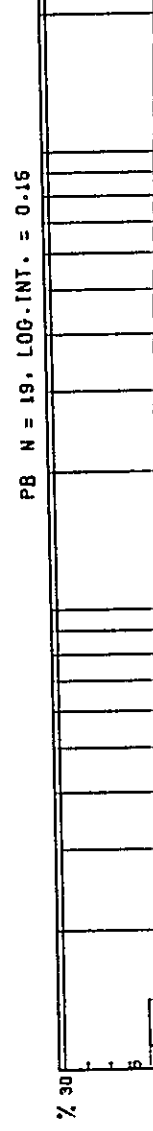
CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION FOR CU, PB AND ZN



HISTOGRAM FOR ZN



HISTOGRAM FOR PB



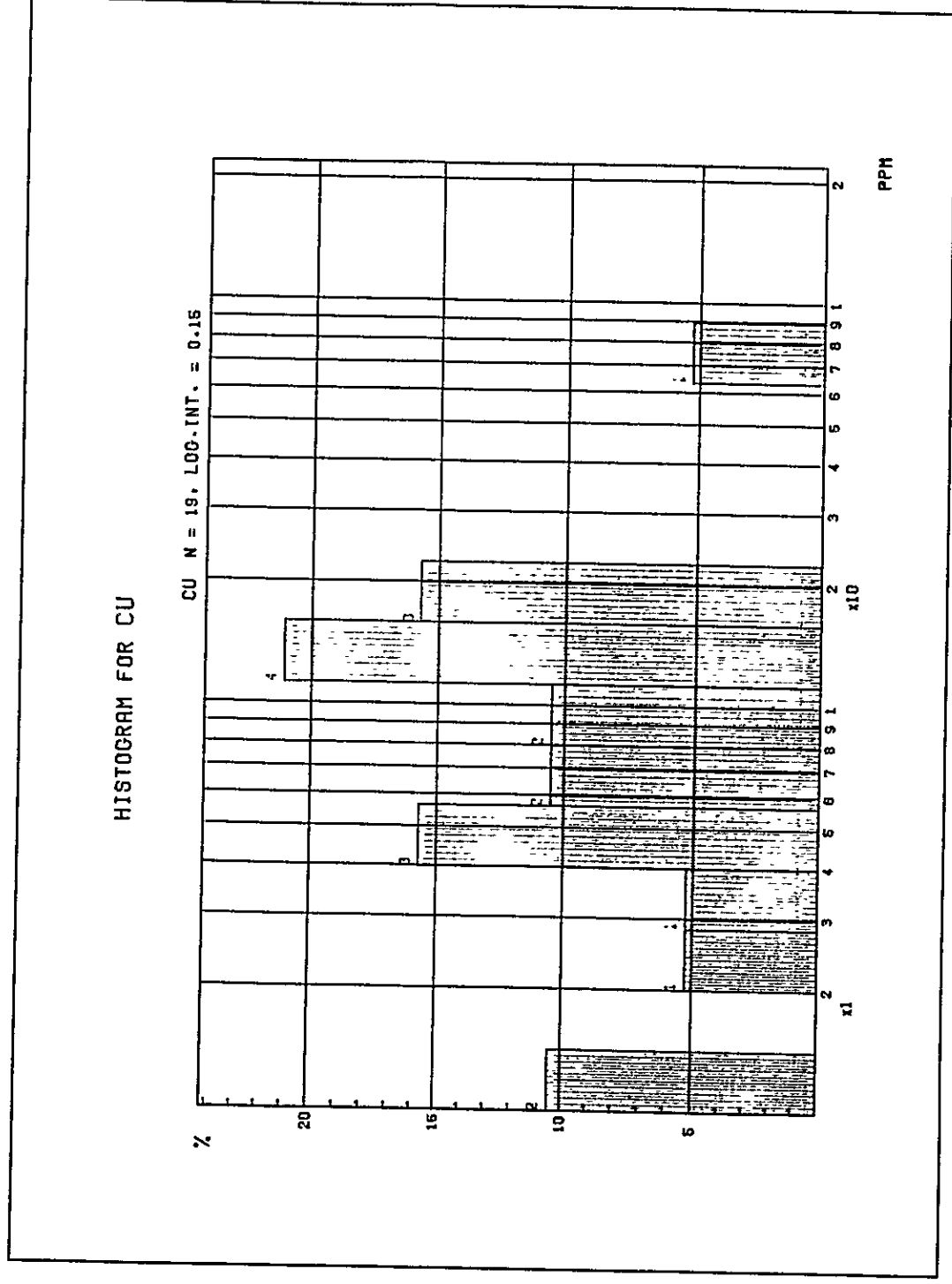
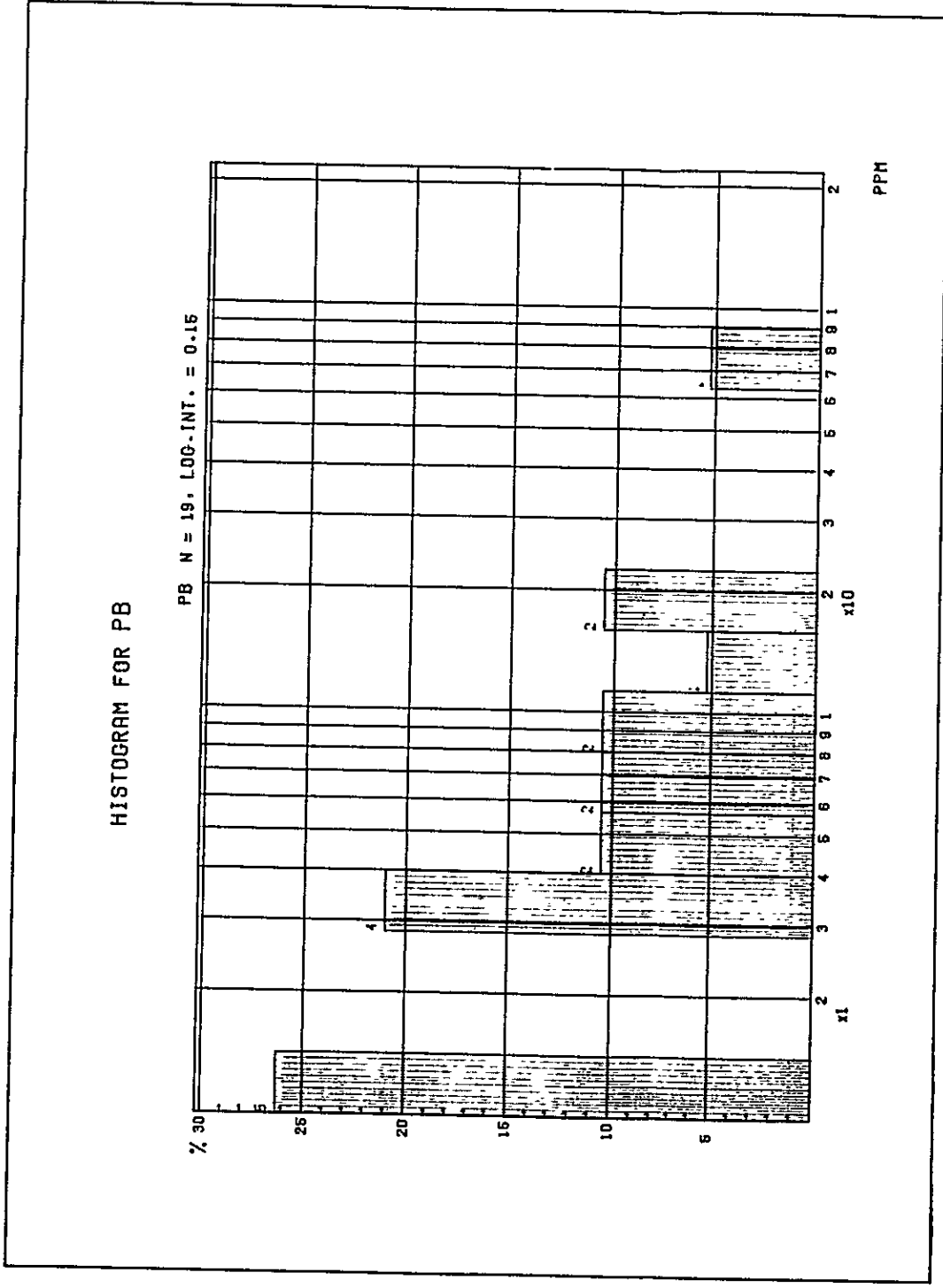
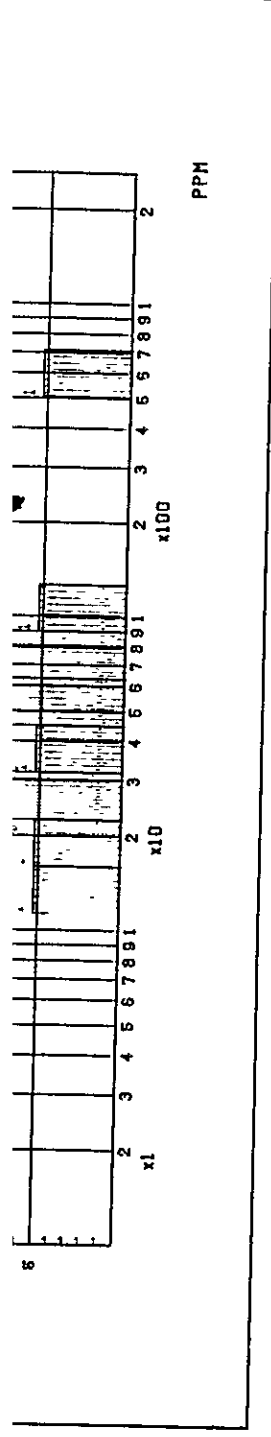


Fig. 16. Histogram and Cumulative Frequency Curve for Cu, Pb and Zn Contents in the Geochemical Samples (6) Calipuy Volcanics and Igneous Rocks





**Table 5 List of Anomalous Samples in the Surveyed Area**

• Anomaly

Field No.	Content			Remarks
	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	
BO-128	2	• 523	302	Gossan-like limestone (Santa formation) located about 2 km north of the Iscay Cruz mineralized zone.
BO-129	4	• 1,342	• 1,636	
BO-130	3	• 534	• 8,060	
BO-140	4	407	• 10,288	
BO-181	• 176	• 553	54	
CO-114	6	17	• 3,383	Santa limestone located in the Churin area.
CO-148	3	19	• 523	
CO-169	9	20	• 2,390	Pariahuanca massive limestone accompanied with many calcite veinlets. Santa limestone in the eastern side of the Iscay Cruz horizon.
CO-177	40	17	• 618	
NO-113	6	0	• 575	Pariahuanca limestone accompanied with calcite veinlets. Pariahuanca limestone.
NO-172	10	22	• 3,455	
NO-173	2	11	• 2,006	Dyke of granite porphyry intruded in sedimentary rocks. Skarn in the No. 5 mineralized zone of Iscay Cruz area.
NO-174	8	120	• 4,429	
SO-135	9	• 5,580	• 20,938	Gossan (Santa formation) in the No. 6 mineralized zone of Iscay Cruz area.
SO-140	3	• 2,901	• 5,169	
SO-143	3	186	• 12,188	Santa limestone near the gossan.
SO-167	1	• 1,317	• 2,848	

Santa muddy limestone with calcite veinlets.  
Dolostone with vein-like gossan.

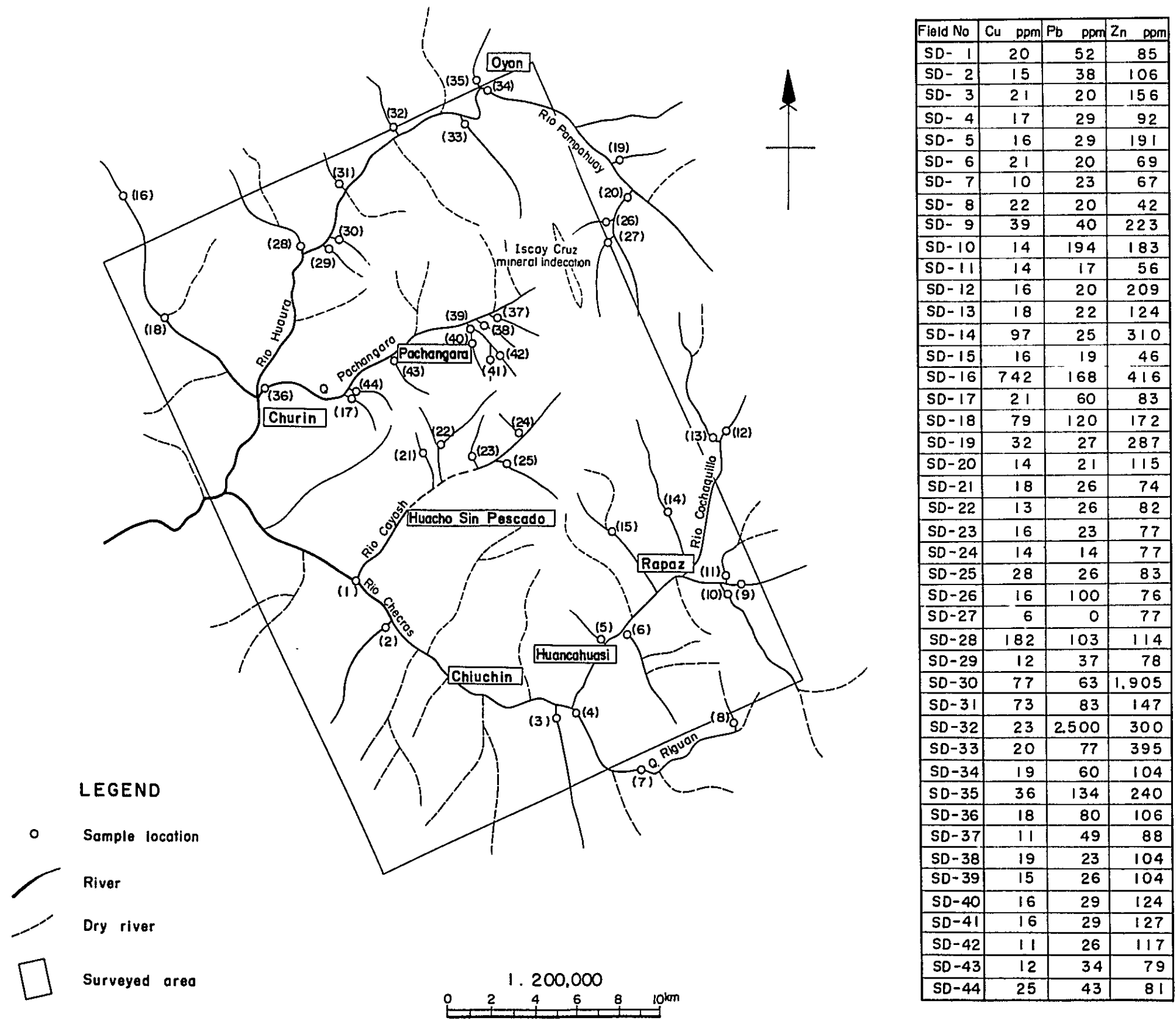


Fig. 17. Location Map and Assay Results of Stream Sediments

## 第6章 Iscay Cruz 地域の鉱化作用

オヨン地区およびその周辺に分布する鉱床は、一部の Calipuy 火山岩類中の鉱床を除き、大部分が石灰質岩を母岩とする鉱床である。今回の調査の主対象であり、最も重要な Iscay Cruz 鉱床は、Santa 層を母岩とし延長 11 Km の範囲に分布している。これらはゴッサンまたは鉛 (Pb)、亜鉛 (Zn) 硫化鉱体として地表に露出している。熱水性鉱化作用による生成として第4章で取扱われて来たが、同生的鉱化作用による生成の可能性も残されていた。本章では、それらに関連した問題の考察を行う。

### 6-1 層準規制型鉱床の可能性

#### (1) 鉛・亜鉛元素のバックグラウンド値

ペルー中部地区における層準規制型鉛・亜鉛鉱床には、濃厚な Pb・Zn 元素とともに石灰岩が堆積する環境、およびその後の続成期のドロマイト化作用によって初生沈澱した Pb・Zn 元素が濃集される環境が必要と結論されている (JICA ほか, 1978)。従って、地化学的に Pb・Zn のバックグラウンド値を知ること、およびドロストンの発達の割合を知ることにより、層準規制型鉱床が胚胎される可能性について考察することが可能である。

Iscay Cruz 地域をはじめとする本調査地域の炭酸塩岩は、第5章で述べたように、Pb 30 ppm, Zn 35 ppm のバックグラウンド値を有する。この値は Turekian ら (1961) が示した炭酸塩岩の値に比べるとやや高いが、層準規制型鉱床のバックグラウンド値としては低い。さらに、炭酸塩岩中の異常値はゴッサン化したドロストンや明瞭な鉱化作用を蒙ったところに集中している。それらの値を除くと、Pb・Zn の平均値は、各々 25 ppm, 22 ppm となり、Zn については一般の値と殆んど変わらない水準まで低下する。このことから、調査地域の Santa 層は、濃厚な Pb・Zn 元素と共に堆積するような環境にはなかったものと考察される。

#### (2) 母岩の性質

Iscay Cruz 地域における Santa 層は Fig. 8 (第3章) に示したように、下位よりドロストン、チャートのノジュールを含む石灰岩および塊状石灰岩の3部層に大別される。その炭酸塩岩の組成や堆積環境を考察するために、28個の地化学探査サンプルについて、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、ストロンチウム (Sr)、バリウム (Ba) などの分析を試みた。分析結果は Table 6 に、それらに関するグラフを Fig. 18 に示す。これから以下のことが考察される。

Mg 含有量の最高値は 8.9% であり、Mg/Ca モル比は最高 0.82 であるが 0.7-0.8 を示すサンプルが多い。石灰質岩の不純成分としての Fe・Mn・Ba なども量的には極めて少ない。