

中国科学院植物研究所  
植物分类学报

第 1 卷

1956年7月

中国科学院植物研究所

北京植物园

ペルー共和国中部地区  
鉱物資源開発基礎調査報告書

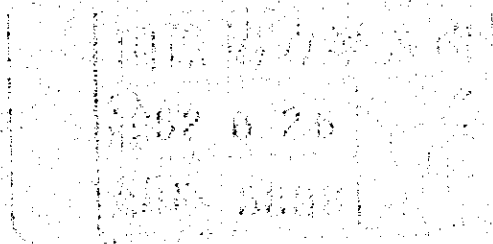
第 1 卷

JICA LIBRARY



103518237

昭和51年7月



国際協力事業団

金属鉱業事業団

國際協力會 全圖	
輸入 月日 84. 3. 19	709
登録No. 00861	66.1
	MP

## 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およ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4ヶ年にわたって行なわれるものであるが、本年はその第1年次において、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6名からなる地質・地化学調査団を編成して、昭和50年9月2日から昭和50年11月14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。

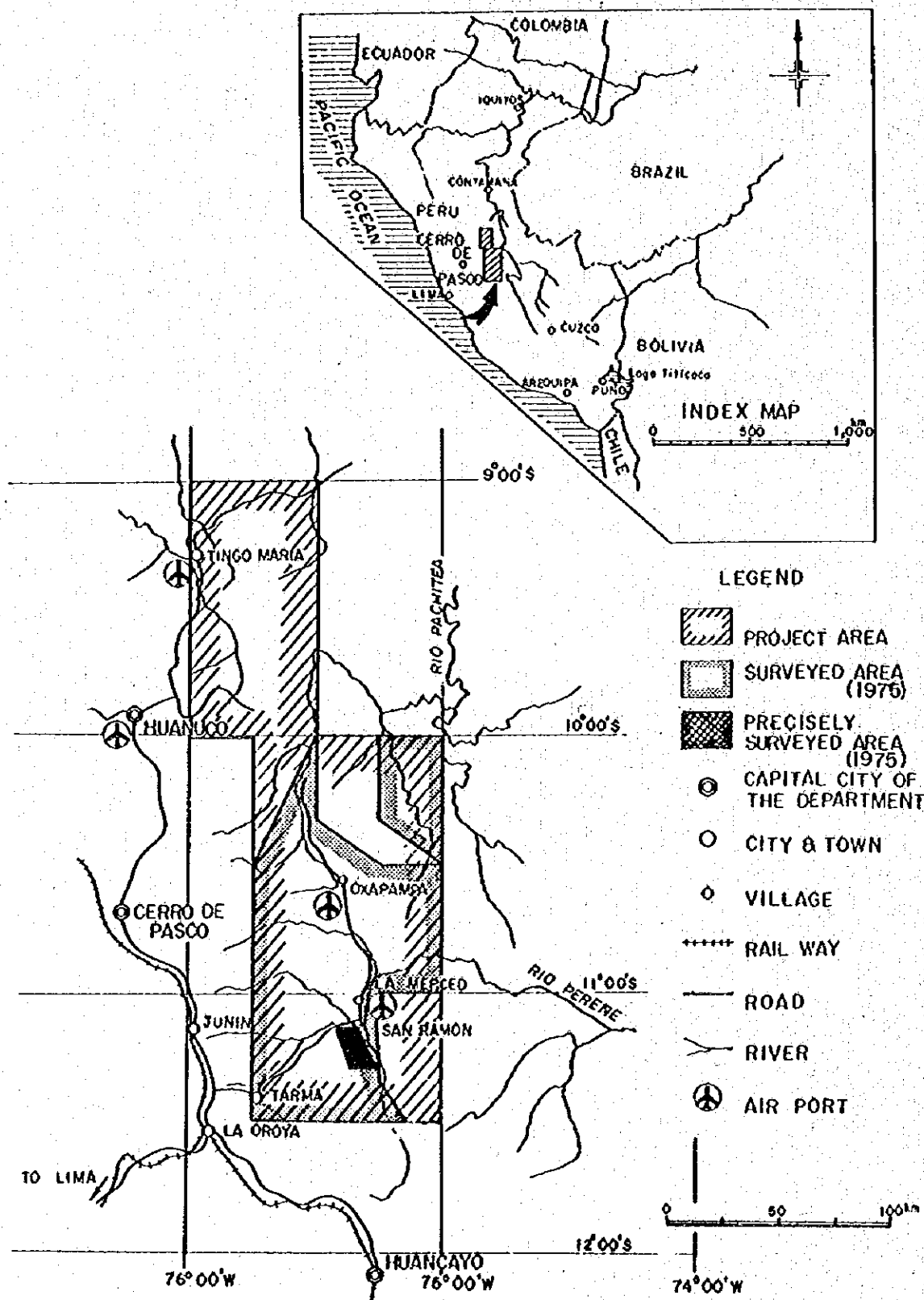
本報告書は第1年次および第2年次に実施した調査のうち地質・地化学概査の結果をとりまとめたものである。

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・関係機関ならびに通商産業省、外務省、金属鉱業事業団およ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51年7月

国際協力事業団

総裁 法眼晋作



Location Map of the Cordillera Oriental, Central Peru

# 総合目次

はしがき  
位置図

要約論	.....	ii
総論	.....	1

各論	A. B地区地質概査	.....	1
----	------------	-------	---

APPENDICES

ATTACHED MAP (別巻)

## 要 約

本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。本調査の目的は

- (1) 鉄床賦存が期待される Pucara 層群の分布を明らかにし鉄床賦存の可能性の高い地域を抽出すること。
- (2) Pucara 層群中に賦存が期待される層状の鉛・亜鉛鉄床に対する最も適当な探査方法を明らかにすることにあつた。現地調査は昭和50年9月から11月にいたる期間に、室内解析は昭和50年12月から昭和51年5月にいたる期間にそれぞれ実施された。

本調査地区内に分布する岩石類は、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に至る長い時期に漸続して生成された堆積岩類、さらにこれらの一部を買ぬき古生代後期に買入したバソリス状の花崗岩類、中生代中期に買入した閃緑岩類、新生代前期に買入した斑岩類および火山岩類、および新生代後期に噴出した火山岩類よりなる。

調査地区の南西部は主に変成岩類、花崗岩類および古期堆積岩類など古い時代の岩石が分布し、中央部は閃緑岩類、斑岩および火山岩類、中期の堆積岩類が分布し、北東部は新期の堆積岩類が分布する。全体的には南西部より北東部へ移るに従いより新しい岩石が分布している。

主要なる地質構造線は南西部においてNW-SE方向を示すが、一般にNNW-SSE方向を示し、この方向を軸とする背斜構造、向斜構造が発達するほか同方向で西傾斜の衝上断層も顕著である。このほか衝上断層を切るWNW-ESE系とNNE-SSW系の断層が発達している。

調査地区に存在する主要な金属鉄床は南西部の花崗岩類および変成岩類中に分布する銅・鉛・亜鉛脈状鉄床とPucara層群中に胚胎する層状鉛・亜鉛鉄床であるが経済的には後者が特に重要である。

層状鉛・亜鉛鉄床はPucara層群中下位のChambara 果層中に胚胎するドロマイト層およびドロマイト質石灰岩層中に層理面に整合的に発達する。既知鉄床としてはSan Vicente鉄床およびPichita Carga鉄床があるが、これらの既知鉄床周辺には縞状ドロマイトや角礫状ドロマイトが発達する。

ドロマイト層およびドロマイト質石灰岩層は既知鉄床周辺に広く発達するほか、中部、北部にも認められるが、その分布は明瞭にはなっていない。

これらの層状鉛・亜鉛鉄床に接近して閃緑岩類が買入しているところでは層状鉛・亜鉛鉄床を切る方鉛鉱・方解石脈が認められるほか閃緑岩類自身にも強い黄鉄鉱鉄染や銅示徴が認められる。

Pucara層群の炭酸塩岩中に買入した閃緑岩類岩株や岩脈との接触部付近には一部銅・鉛・亜鉛スカルン鉄床が形成されている。調査地区において実施された地化学探査の結果によればPucara層群中に数ヶ所の顕著な亜鉛異常帯が確認されたほか、一部の閃緑岩類および斑岩類には銅異常

帯があり変成岩類分布地にはニッケル異常帯が発達しており、亜鉛は層状鉛・亜鉛鉱床探査に有効であり、銅、ニッケルは岩相の区分と一部鉱化示徴の検討に有効であることが判明した。

San Vicente 鉱床付近の地質精査では上述の通り鉱床と地質構造との関係が明らかになった。また San Vicente 型鉱床は Mississippi Valley 型鉛・亜鉛鉱床とほぼ同じ成因により形成されたものが後に買入した閃緑岩類や斑岩類により部分的に成分の移動や添加がなされた鉱床であると推察される。

以上の通り地質調査とその結果の検討により Pucara 層群中に胚胎が期待される層状鉛・亜鉛鉱床について下記の探査方法が有効であることが明らかとなった。

- (1) Pucara 層群の層序とくにドロマイト層の分帯調査
  - (2) ドロマイト層内の細分層序および地質構造調査
  - (3) ジュラ紀閃緑岩類および古第三紀斑岩類の分布と地質構造調査
  - (4) 銅、亜鉛、ニッケル、鉛などを対象とした地化学探査および炭酸塩岩中の微量成分調査
- 第2年次以降の調査方針として、

- (1) 調査地区全般について今年度の A・B 地区概査と同様
  - ① 全般の地質構造概査
  - ② Pucara 層群とジュラ紀閃緑岩類および古第三紀斑岩類の分布・構造調査
  - ③ 銅、亜鉛ニッケル地化学探査
- (2) Pucara 層群分布範囲についてはさらに
  - ① Pucara 層群の層序調査とくにドロマイト層の分布調査
  - ② 銅、亜鉛、鉛地化学探査
  - ③ Pucara 層群深部構造解析を目的とする磁力探査
- (3) Pucara 層群中の鉱床賦存の可能性の高い範囲について
  - ① ドロマイト層の細分層序および地質構造調査
  - ② 亜鉛、鉛、グリット地化学探査
  - ③ 鉱化帯抽出を目的とする電気探査 (IP 法)



# 総論

# 総 論

第1章 結 論 .....	2
1-1 A・B地区地質概査結果 .....	2
1-2 C地区地質精査結果 .....	4
1-3 将来の展望 .....	6
第2章 調査概要 .....	8
2-1 調査目的 .....	8
2-2 調査概要 .....	8
2-2-1 調査範囲 .....	8
2-2-2 調査方法および期間 .....	9
2-2-3 調査団の編成 .....	9
REFERENCES .....	11

## 第1章 結 論

### 1-1 A・B地区地質調査結果

A・B地区について第1年次に実施された現地調査を基礎とした検討結果と引続き実施された地化学探査分析および室内試験の検討結果の総括は下記の通りである。

(1) A・B地区の南西部には主として火成岩類が分布し、北東部分には主として堆積岩類が分布しており、地表を占める割合は火成岩類約40%、堆積岩類約40%、変成岩類約10%、新期堆積岩類約10%となっている。

(2) これらの岩石類の分布および地質構造はペルー中部地区の一般的な地質構造方向であるNNW-SSE方向に一致している。

(3) 堆積岩類は巨視的には南西部に、より古い地層が分布し、北東部にかけて、より新しい地層が順次分布する。

(4) 堆積岩類は石灰岩・ドロマイトなど海浸時の地向斜性堆積岩とリュート・礫岩など海退時の堆積岩に分けられ、これらがくり返し堆積しているが、これら地層により推定される地向斜の中心は西南部より次第に北東方向へ移動している。

(5) 堆積岩類は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

① 古生代ペルム紀から中生代三畳紀

② 中生代ジュラ紀

③ 第三紀初期の3時期の造山運動にもなう堆積作用の中断があった。

(6) 中生代三畳紀からジュラ紀にかけて堆積したPucara層群はA・B地区の中央部においてNNW-SSE方向に帯状の分布を示すグループと南西部においてNW-SE方向に帯状の分布を示すグループに大別できる。中央部のグループは西側は衝上断層を境として花崗岩類と接するほか一部古第三紀斑岩類の貫入を受けており、さらに東部はより新しい堆積岩類が累積している。南西部のグループは南西側は正断層を境に先古生代の変成岩類と接し北東側は不整合関係をもって下位のMitu層群の上に累積している。

(7) A・B地区のPucara層群は、南西部グループの上位の一部がAramachay累層に相当するが、このほかの部分にChambara累層に相当すると見られる。

(8) Pucara層群Chambara累層にはドロマイトないしドロマイト質石灰岩を主とする部層があり、上位・下位の石灰岩層と整合的に分布する。この部層は中央部・南部に広く分布しSan Vicente鉄床やPichita Carga鉄床を胚胎するほか、北部にも帯状の分布が認められる。

(9) 火成岩類は

① 古生代二畳紀から中生代三畳紀にかけて貫入し、この地区の基盤をなす花崗岩および花崗閃緑岩

- ② 中生代ジュラ紀に貫入した斑状の閃緑岩および花崗閃緑岩類
- ③ 新生代古第三紀に貫入した貫入岩類および同時期に噴出した火山岩類
- ④ 新生代新第三紀に噴出した火山岩類に大別できる。

00 古生代二疊紀から中生代三疊紀にかけ貫入した花崗岩および花崗閃緑岩のうち花崗岩は東部に多く、花崗閃緑岩は西部に多いが、中央部では両者は混在し、花崗岩が花崗閃緑岩を切っている部分が認められる。両者を切る変質安山岩脈も認められる。

01 中生代ジュラ紀に貫入した斑状の閃緑岩および花崗閃緑岩類は西部および中央部の花崗岩類や堆積岩類中に岩株状に分布している。

02 新生代古第三紀に貫入した貫入岩類および同時期に噴出した火山岩類は中央部・北部に広く分布するほか一部中央部に岩株状に散在している。これらの火成岩類は先に貫入・噴出した中性の火成岩類と後期に貫入・噴出した酸性の火成岩類とに大別できる。中性の火成岩類は東側に多く岩株・岩脈として分布し、酸性の火成岩類は西側に多くパソリスや溶岩として分布している。

03 新生代新第三紀に噴出した火山岩類は西部の花崗岩類中に散在しており凝灰角礫岩および安山岩質熔岩などよりなる。

04 変成岩類はA・B地区の南西部においてNW-SE方向に延びる帯状の分布をなし主として片岩と片麻岩よりなり蛇紋岩や花崗岩質岩を挟んでいる。

05 A・B地区にはNNW-SSE方向を軸とする背斜構造と向斜構造が発達しており、この地区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に走る傾斜の衝上断層とこの衝上断層を形成したENE-WSW方向の横圧力に関連するWNW-ESE系とNNE-SSW系の裂かが発達している。

06 A・B地区の主な金属鉱床および鉱化示徴は下記の通りである。

- ① Pucara 層群中の層状鉛・亜鉛鉱床
- ② 変成岩類中の超塩基性岩にともなわれるコバルト・ニッケル鉱床
- ③ Pucara 層群の炭酸塩岩を交代した銅・鉛・亜鉛スカルン鉱床
- ④ 花崗岩類および変成岩類中の銅・鉛・亜鉛脈状鉱床
- ⑤ 古第三紀斑岩類付近に発達する銅鉱化示徴

07 層状鉛・亜鉛鉱床の主要鉱体はドロナイト層中に胚胎し、特に縞状構造や角礫構造が見られる構造的擾乱帯付近において鉱床は優勢に発達している。この構造的擾乱帯は既知鉱床周辺のPucara層群南部に多く認められる。

08 コバルト・ニッケル鉱床を胚胎する超塩基性岩は極めて限られた区域に分布するのみであり、鉱床も小規模なものが報告されているにすぎない。

09 銅・鉛・亜鉛スカルン鉱床は花崗岩類などの上にルーフペンダント状に分布するPucara層群の石灰岩とこれを買ぬく古第三紀斑岩岩脈との接触部付近に発達する高熱交代鉱床である。

石灰岩はいずれも分布域が狭く、既知鉄床はいずれも小規模である。

(10) 古第三紀斑岩類のうち岩株として分布する中性貫入岩体の一部に黄鉄鉱を鉄染し強い熱水変質を受けた部分が見られる。地化学探査によればこの部分は強い銅(以下Cuと記す)異常が認められる。

(11) A・B地区の地化学探査によれば亜鉛(以下Znと記す)異常帯はほぼPucara層群の分布する範囲に限られ、しかもドロマイトまたはドロマイト質石灰岩層の分布範囲にほぼ一致する。

Cu異常帯は(16)、④、⑤が分布する範囲で高くなっているが、⑤については地理的条件が悪いためCu異常帯の分布は十分には解明されていない。

ニッケル(以下Niと記す)異常帯と鉄化作用または地質構造との関連は明らかでない。

(12) 地化学探査の結果により層状鉛・亜鉛鉄床の捕捉を目的とする探査はPucara層群の分布する範囲に限ることができる。またCu異常帯は中性貫入岩体の一部と密接に関係することが判明した。

## 1-2 C地区地質精査結果

C地区において第1年次に実施した現地調査および室内試験に加えてそれら試料を用い引き続き実施した試験を総括した結果は下記の通りである。

(1) C地区の西部および東部には火成岩類が分布し、中央部には主として堆積岩類が分布する。

(2) これらの岩石類の分布および構造はこの区域の一般的な地質構造であるNNW-SSE方向に一致している。

(3) 堆積岩類は西側にPucara層群が分布し、東側には下位のMitú層群が分布している。

(4) Pucara層群は、西側は衝上断層を境に花崗閃緑岩と接し東側は断層および不整合関係をもって下位のMitú層群および花崗岩と接している。

(5) C地区のPucara層群はすべてChambara果層に相当し、その中部層はドロマイトおよびドロマイト質石灰岩を主とし下部層および上部層は主として石灰岩よりなっている。

(6) ドロマイトなどよりなる中部層は中央部ではNNE-SSW方向の軸を持つ向斜構造の軸部に分布し、北部ではNNW-SSE方向の軸を持つ向斜構造の東翼部に位置している。

(7) ドロマイトなどよりなる中部層の中位には数層の結晶質塊状ドロマイト層が存在し、上位には角礫状ドロマイト層も見られる構造的擾乱帯となっている。

(8) 火成岩類としては

① 古生代二疊紀から中生代三疊紀にかけ貫入したこの地区の基盤となす花崗岩類

② 中生代ジュラ紀に貫入し岩株状となす斑岩類が分布する。

(9) 古生代二疊紀から中生代三疊紀にかけ貫入した花崗岩類はPucara層群の西部では「白い花崗岩(Granito blanco)」又は「Tarma花崗岩」と称される白色花崗閃緑岩が多く、Pucara

層群の東部では、赤い花崗岩 (Granito rojo) 又は San Ramon 花崗岩と称される 赤色花崗岩が多い。

00 中生代ジュラ紀に貫入した閃緑岩類は、中性質の斑状岩が多く C 地区の北部および南部に岩株として分布している。岩株の中心はトナル岩質または花崗閃緑岩質であり周縁部は閃緑岩質となる傾向は見られるが、岩質の変化は一般に激しい。

01 C 地区中央部に見られる向斜構造の軸は NNE-SSW 方向に延び SSW 方向に緩く傾斜している。この向斜構造は西側を走向 N-S 方向、西傾斜の衝上断層に切れ、東側は走行 N-S ~ NNE-SSW、西傾斜の正断層により切られている。

02 上記の衝上断層をもたらした ENE-WSW 方向の横圧力は WNW-ESE 系と NNE-SSW 系の断層を多く形成した。これらの断層は San Vicente 鉛床を転位させており鉛床探査上主要な裂かが想定される。

03 C 地区には San Vicente 鉛山により稼行されている鉛床のほか多くの層状鉛・亜鉛鉛床が知られている。また閃緑岩類の一部には銅を含む黄鉄鉛鉛床が認められる。

04 San Vicente 鉛床の主要鉛体は Pucara 層群中のドロマイトなどよりなる中部層中に胚胎し、しかも縞状ドロマイト (ゼブラドロマイト) や角礫状ドロマイトが発達する構造的擾乱帯付近において優勢な規模を形成している。下部層の石灰岩中に発達する鉛体はいずれも閃緑岩類岩株の近くに位置している。

05 中部層中の鉛体は細粒縞状の閃亜鉛鉛を主とするが、下部層中の鉛体はやゝ粗粒の閃亜鉛鉛よりなり、方鉛鉛・黄銅鉛を多く含む部分や縞状閃亜鉛鉛を切る方鉛鉛・方解石脈も多く見られる。

06 San Vicente 鉛床の母岩についての X 線解析結果では主要鉛床付近では層状鉛・亜鉛鉛床を形成した鉛化作用に関連すると見られる変質鉛物は見出されていない。

07 鉛石鉛物の顕微鏡観察によると閃緑岩類岩株から離れた鉛体の鉛石鉛物は細粒閃亜鉛鉛を主とし、その他の硫化物の含有量は少いのに対し、岩株に近い鉛体の鉛石鉛物はやゝ粗粒の閃亜鉛鉛のほか部分的に多くの方鉛鉛や黄銅鉛を含有している。後者の部分では 2 回の鉛化時期が推定され、閃亜鉛鉛中の鉄含有量は前者に比較し多く、生成温度は高いと推察される。

08 鉛床母岩中の流体包有物充填温度測定結果では、閃緑岩類岩株に近い一例を除き 70°C ~ 150°C であり、いわゆる Mississippi Valley 型鉛・亜鉛鉛床の値とよく似ている。

09 地化学探査結果によれば、河川堆積物および土壌中の Zn は主要な層状鉛・亜鉛鉛床を胚胎するドロマイトなどよりなる中部層の分布範囲で高く、Cu は閃緑岩類岩株付近で高い。Pb は層状鉛・亜鉛鉛床に近接する部分で高い値を示している。

00 炭酸塩岩中の Zn は既知鉛床付近で高いが、特に閃緑岩類岩株に近い鉛床付近で高く、Zn と硫黄 (以下 S と記す) の比率は既知鉛床付近で特に高く、鉛床を胚胎するドロマイト層も高い

値を示す傾向が認められる。

### 1-3 将来への展望

今回の調査の主要対象である San Vicente 型層状鉛・亜鉛鉱床の鉱化作用と地質構造との関係はまだ十分には明らかになっていないが、

- ① Pucara 層群中のドロマイト層が鉱床胚胎の場として重要であること、
- ② San Vicente 型層状鉛・亜鉛鉱床の主要部分はいわゆる Mississippi Valley 型層状鉛・亜鉛鉱床と類似の性質を持つこと。
- ③ Pucara 層群を貫めく閃緑岩類岩株近くの鉛・亜鉛鉱床には、これらの岩株の貫入に関する後期の鉱化作用が重複していると見られること
- ④ 古第三紀斑岩類岩株・岩脈の一部に顕著な銅・鉛・亜鉛鉱化示徴が認められることなど今後の調査の指標として重要な点が判明した。

C地区の地質調査、A・B地区の地質概査、既存関係資料の解析などにより、Pucara 層群中に胚胎が期待される層状鉛・亜鉛鉱床について下記の探査方法が有効であると判断される。

(1) 層状鉛・亜鉛鉱床は主にドロマイト層またはドロマイト質石灰岩層中に胚胎し母岩に整合的であるという事実から、Pucara 層群の層序調査、特にドロマイト層およびドロマイト質石灰岩の分帯は有効な探査方法である。

(2) 層状鉛・亜鉛鉱床はドロマイト層中でも特に再結晶質の縞状構造や角礫状構造が発達する構造的擾乱帯に優勢な鉱床が発達することからドロマイト層内の細分層序および地質構造調査が重要である。

(3) San Vicente 型層状鉛・亜鉛鉱床の鉱床生成条件は、いわゆる Mississippi Valley 型鉛・亜鉛鉱床のそれと同様と見られるので透水性ドロマイトの存在すること、上位に厚い頁岩などの存在すること、近接地に透水性砂岩など帯水層が存在することなど

(4) 鉱化作用の局在性を規制する一般的条件についての検討が必要である。

(5) 層状鉛・亜鉛鉱床はジュラ紀閃緑岩類岩株に近接する部分では、これらの岩株に関連する後期の鉱化作用が重複していると見られるので、これらの岩株の分布と構造の調査も重要である。

(6) Pucara 層群の一部に、またより新期の堆積岩類中に岩株として貫入している古第三紀斑岩類は炭酸塩岩との接触部付近においてスカルソ鉱床を形成し、岩株の一部に強い黄鉄鉱鉱染や鉱化作用が認められることから、これらの岩株の分布と構造の調査および鉱化作用との関連性の解明の必要がある。

(7) 層状鉛・亜鉛鉱床付近の河川堆積物や土壌についての地化学探査の結果、これらの鉱床とZn地化学異常帯は明瞭な相関を有することが明らかとなった。また、Cu地化学異常帯はジュラ紀閃緑岩類や古第三紀斑岩類の一部と関連し、これらの貫入岩類に関連する鉱化作用を重複して受

けた層状鉛・亜鉛鉱床とも相関を有することも明らかとなった。

このように広域的な探査については Cu, Zn を対象とする地化学探査が有効であり、広域的な探査により限定された層状鉛・亜鉛鉱化帯については Zn, Pb を対象とする地化学探査が有効であると判定された。

以上の探査方法にもとづく今後の探査方針としては

(1) 第一段階として、対象地区全域について

- ① Pucara 層群の分布・構造およびドロマイト層の分帯調査
- ② ジュラ紀閃緑岩類および古第三紀斑岩類の分布・構造調査
- ③ Cu, Zn を対象とした地化学探査

(2) 第二段階として、第一段階で抽出された有望区域に対して

- ① Pucara 層群の層序、特にドロマイト層内の細分層序調査
- ② ジュラ紀閃緑岩類および古第三紀斑岩類の地質構造と鉱化作用との関係の解明調査
- ③ 層状鉛・亜鉛鉱化帯における土壤中の Zn, Pb を対象とする地化学探査およびドロマイト層中の炭酸塩岩中の Zn, S を対象とした微量成分調査と鉱化示徴を伴なり貫入岩類付近における土壤中の Cu, Zn を対象とする地化学探査

(3) 第三段階として、第二段階の調査により抽出された範囲について、

- ① 鉱化示徴と母岩の成分および構造の変化の追跡調査
- ② 土壤中の Cu, Zn, Pb を対象としたグリッド地化学探査
- ③ 構造ボーリング等による特定ドロマイト層の追跡調査

の各調査を行うことが望ましい。

物理探査は第二段階で磁力探査を、第三段階で電気探査 (IP 法) を適用することが望ましい。



## 第2章 調査概要

### 2-1 調査目的

本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第一年次の調査として、全調査地区面積約20,000Km<sup>2</sup>のうちほぼ南半分の面積約10,000Km<sup>2</sup>(A・B地区)についての地質概査および地化学探査と、San Vicente 鉱山を含む面積約1000Km<sup>2</sup>(C地区)についての地質精査および地化学探査により下記のことを明らかにすることを目的とした。

(1) A・B地区については地質概査および地化学探査を実施するとともに Side Looking Airbone Radar (SLAR)に関する各種資料を併せて検討してその再解析を行ない、鉱床賦存が期待される Pucara 層群の分布を明らかにし、鉱床賦存の可能性の高い地域を抽出する資料を収集することを目的とした。

(2) C地区については地質精査および地化学探査を実施するとともに既存の地質資料を併せて検討し、広域的な地質構造上どのような位置に Pucara 層群が位置し分布しているかを解明することを目的とした。

(3) さらに上記の地質調査、地化学探査、SLAR(スラー)解析結果、既存の地質資料および層状鉛・亜鉛鉱床に関する探査資料を併せて検討し、本調査地区における最も効果的な探査方法を考察することを目的とした。

### 2-2 調査概要

#### 2-2-1 調査範囲

##### (1) 調査地区

調査地区は(9°0'0"S, 75°3'0"W)(9°0'0"S, 76°0'0"W)(10°0'0"S, 76°0'0"W)  
(10°0'0"S, 75°4'5"W)(11°3'0"S, 75°4'5"W)(11°3'0"S, 75°0'0"W)  
(10°0'0"S, 75°0'0"W)(10°0'0"S, 75°3'0"W)の8点を結んだ面積約20,000Km<sup>2</sup>の範囲である。

##### (2) 第1年次地質概査範囲(A・B地区)

第1年次地質概査範囲は(10°0'0"S, 75°0'0"W)(10°0'0"S, 75°3'0"W)  
(10°3'0"S, 75°4'5"W)(11°3'0"S, 75°4'5"W)(11°3'0"S, 75°1'0"W)  
(11°1'5"S, 75°1'5"W)(11°0'0"S, 75°1'5"W)(11°0'0"S, 75°0'0"W)の8点にかこまれた範囲のうち(10°0'0"S, 75°1'5"W)(10°0'0"S, 75°3'0"W)  
(10°2'0"S, 75°3'0"W)(10°3'0"S, 75°1'5"W)(10°3'0"S, 75°0'0"W)  
(10°2'0"S, 75°1'5"W)の6点にかこまれた範囲を除く面積約10,000Km<sup>2</sup>の範囲である。

(3) 第1年次地質精査範囲(C地区)

第1年次地質精査範囲は1°18'S, 75°23'Wに位置するSan Vicente 鉄山を含む面積約100Km<sup>2</sup>の範囲である。

(4) 第2年次第1段階地化学探査対象範囲(A・B地区)

第2年次地化学探査対象範囲は、第1年次地質精査範囲と同一範囲であり、この対象範囲より採取された試料についての室内作業と第1年次調査結果を含めて総合解析を行なった。

2-2-2 調査方法および期間

(1) 現地調査(第1年次)

A・B地区については地質概査と河川堆積物および土壌を対象とした地化学探査を、C地区については地質精査と河川堆積物および土壌を対象とした地化学探査を実施した。現地調査は、A・B地区は既刊の地形図がないため縮尺1:100,000のSLAR mosaic 図と空中写真をもとに行なった。C地区は既刊の縮尺1:25,000地形図を使用した。

現地調査には昭和50年9月2日より11月14日までの74日間を要した。

(2) 総合解析

現地調査により得た諸資料と既存の関連資料にもとづきA・B地区の地質構造および鉄物資源に関する総合的な解析を試みると共に全調査地区における最も効果的な探査方法を考察した。調査資料の整理および解析には昭和50年12月から昭和51年2月までの3カ月を要した。さらに第2年次第1段階の地化学調査についての調査資料の整理および解析には昭和51年3月から6月までの4ヶ月を要した。

2-2-3 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	仁 木 弘 明	国際協力事業団
・	寺 島 進世意	金属鉄業事業団
・	星 野 明 雄	・
団 員	深 堀 康 昌	三井金属エンジニアリング株式会社
(地質調査)	斉 藤 信 雄	・
・	田 上 勇 吉	・
・	林 育 浩	・
・	大 地 正 高	・
総括・渉外	Sigfrido Narvaes L.	ペルー共和国地質調査所

Counterpart	Salvador Mendivil E.	ペル-共和国地質調査所
✓	Carlos Guevara R.	✓
✓	Julio Caldas V.	✓
✓	Edgar Valdivia V.	✓
✓	Julio Cesar Zedano C.	✓

## REFERENCES

Bellido, E. B. (1969)

Sinópsis 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 Perú  
Servicio de Geología y Minería, Perú (in Spanish)

Capdevila et al

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

Heyl, A. V. et al (1974)

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

Levin, P. M. (1973)

Nota Preliminar Acerca del Granito de San Ramon  
Boletín de la Sociedad Geología del Perú. No. 43 (in Spanish)

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

Los Sedimentos del Grupo Pucara en el Area de  
Chanchamayo-Peru Centro Oriental  
Boletín de la Sociedad Geología del Perú. No. 45 (in Spanish)

Lipeltier, C. (1969)

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

Mepard, F. (1968)

Geología del cuadrangulo de Huancayo  
Servicio de Geología y Minería Boletín No.18 (in Spanish)

Schulz, G. G. (1973)

Die schicht gebundene Zinkblendelager stätte San Vicente in Peru  
Erzmetall 26 (6) (in Germany)

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

## LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. 1. Accessibility Map of Surveyed Area.
- Fig. 2. Structural Map of the Surveyed Area.
- Fig. 3. Schematic Geological Profile of the Surveyed Area.
- Fig. 4. Ternary Diagram of Normative Quartz-plagioclase-k-feldspar Calculated from Chemical Analysis.
- Fig. 5. Geological Map of the San Vicente Mine.
- Fig. 6A. Contoured Map of S-Element in Carbonate Rocks.
- Fig. 6B. Contoured Map of Zn-Element in Carbonate Rocks.
- Fig. 6C. Contoured Map of S/Zn in Carbonate Rocks.
- Fig. 7. Idealized Geological Map of the Pichita Carga Mine.
- Fig. 8. Idealized Geological Map of the Santos Mine.
- Fig. 9. Idealized Geological Map of the Soldad Mine.
- Fig. 10. Idealized Geological Map of the Olvidada Mine.
- Fig. 11. Idealized Geological Map of the New Gypsum Deposit.
- Fig. 12A. Mean Value & Standard Deviation of Cu-Chemical Analysis.
- Fig. 12B. Mean Value & Standard Deviation of Zn-Chemical Analysis.
- Fig. 12C. Mean Value & Standard Deviation of Ni-Chemical Analysis.
- Fig. 13. Cumulative Frequency Diagram & Histogram for Cu, Zn & Ni of Soil of the Surveyed area.
- Fig. 14. Cumulative Frequency Diagram & Histogram for Cu, Zn & Ni of Stream sediment of the Surveyed area.
- Fig. 15. Cumulative Frequency Diagram & Histogram for Cu, Zn & Ni of Soil of the Pucara Group.
- Fig. 16. Schematic Map of Geochemical Anomaly in Pucara Group.  
(2 sheets)
- Fig. 17. Result of Magnetic Susceptibility Measurement.
- Fig. 18. Model Study of a Magnetic Section with Electronic Computer.

## LIST OF TABLES

- Table 1. Generalized Geological Column of the Surveyed Area.
- Table 2. Statistical Analysis of 3 Elements of Geochemical Samples in the Surveyed Area.
- Table 3. Statistical Analysis of 7 Elements in Selected Geochemical Samples.

## LIST OF PLATES (in the associated case)

- PL. AB-1. Route Map of the Surveyed Area. (3 sheets)
- PL. AB-2. Geological Map of the Surveyed Area. (3 sheets)
- PL. AB-3. Geological Profile of the Surveyed Area.
- PL. AB-4. Locality Map of Geochemical Sample. (3 sheets)
- PL. AB-5. Geochemical Map of the Surveyed Area (Cu). (3 sheets)
- PL. AB-6. Geochemical Map of the Surveyed Area (Zn). (3 sheets)
- PL. AB-7. Geochemical Map of the Surveyed Area (Ni). (3 sheets)
- PL. AB-8. Relative Map between Mineralized Zone & Geological Structure.
- 
- PL. C-1. Route Map of the Precisely Surveyed Area.
- PL. C-2. Geological Map of the Precisely Surveyed Area.
- PL. C-3. Geological Profile of the Precisely Surveyed Area.
- PL. C-4. Locality Map of Geochemical Sample.
- PL. C-5. Geochemical Map of the Precisely Surveyed Area.  
(3 sheets)

# 各 論

## A・B地区 地質概査

## A - B 地区地質概査 目 次

第 1 章	調査の概要 .....	4
1-1	調査目的 .....	4
1-2	野外作業 .....	4
1-3	室内作業(第1年次) .....	5
1-4	解析作業(第2年次, 第1段階) .....	5
第 2 章	地理的環境 .....	7
2-1	位 置 .....	7
2-2	交 通 .....	7
2-3	気 候 .....	7
2-4	植 生 .....	8
第 3 章	地 形 .....	9
3-1	地形区分 .....	9
3-2	西部高地 .....	9
3-3	中間盆地 .....	9
3-4	北東部低地 .....	9
第 4 章	調査地区付近の地質概要 .....	11
4-1	地 質 .....	11
4-2	地質構造および地史 .....	11
4-3	鉱物資源 .....	12
第 5 章	前年度の調査結果 .....	13
5-1	A・B地区の調査結果 .....	13
5-2	C地区の調査結果 .....	14
5-3	今後の調査方針 .....	15
第 6 章	A・B地区の地質 .....	17
6-1	地質概要 .....	17
6-2	変成岩類 .....	17



6-3	火成岩類	17
6-3-1	二疊紀～三疊紀花崗岩類	17
6-3-2	ジュラ紀閃緑岩類	18
6-3-3	古第三紀斑岩類	19
6-3-4	古第三紀火山岩類	20
6-3-5	新第三紀火山岩類	21
6-4	堆積岩類	21
6-4-1	堆積岩類の分類	21
6-4-2	Excelcior 層群 (エクセルシオール)	22
6-4-3	Ambo 層群 (アンボ)	22
6-4-4	Copacabana-Tarma 層群 (コパカパーナータルマ)	22
6-4-5	Mitu 層群 (ミツ)	23
6-4-6	Pucara 層群 (プカラ)	24
6-4-7	Sarayaquillo 層群 (サヤラキージョ)	25
6-4-8	Oriente 層群 (オリエンテ)	26
6-4-9	Chonta 層群 (チョンタ)	26
6-4-10	Lourdes 層群 (ロールデス)	27
6-4-11	Contamana 層群 (コンタマーナ)	27
6-4-12	第四紀堆積層	28
第 7 章	A・B 地区の地質構造および地史	29
7-1	褶曲構造	29
7-2	断層構造	29
7-3	地 史	30
第 8 章	A・B 地区の金属鉱床	32
8-1	金属鉱床の概要	32
8-2	San Vicente 鉱床 (サンビセンテ)	32
8-3	Pichita Carga 鉱床 (ピチータ カルガ)	35
8-4	Santos 鉱床 (サントス)	36
8-5	Soldad 鉱床 (ソルダ)	37
8-6	La Olividada 鉱床 (ラ オリビダダ)	38

第 9 章	A・B地区の非金属・その他の鉱物資源 .....	39
9-1	非金属・その他の鉱物資源概要 .....	39
9-2	石膏鉱床 .....	39
第10章	A・B地区の地化学探査 .....	40
10-1	目的および方法 .....	40
10-2	探査結果 .....	40
10-3	結果の検討 .....	44
第11章	A・B地区の岩石帯磁率測定 .....	45
11-1	帯磁率測定計量 .....	45
11-2	測定方法 .....	45
11-3	測定結果 .....	45
11-4	解析結果 .....	45
11-5	シミュレーション .....	46

## 第 1 章 調 査 の 概 要

### 1-1 調査目的

ペルー共和国中部地区における資源開発協力基礎調査第1年次において、調査地区面積約20,000Km<sup>2</sup>のうち主として南部のA・B地区10,000Km<sup>2</sup>につき地化学探査を併用した地質概査を行なった。その目的は鉱床賦存が期待されるPucara層群の分布を明らかにし、鉱床賦存の可能性が高い地域を抽出することにあつた。

本調査は、第1年次に実施された地質調査・地化学探査において採取された地化学探査試料を分析し、第1年次調査結果も併せて検討し、鉱床賦存の可能性の高い地区を抽出するとともに層状鉛・亜鉛鉱床に対する最も有効な探査方法を明らかにすることを目的とした。

### 1-2 野外作業

#### 1-2-1 地質概査(第1年次)

地質概査区域は、ペルー中部調査地区のほぼ南半分面積約10,000Km<sup>2</sup>(A地区)である。調査ルートは原則として主要な地質構造線の方向に直交する様に配置した。ルートの間隔はPucara層群を含む約2,800Km<sup>2</sup>(B地区)については10Km、それ以外の約7,200Km<sup>2</sup>については20Kmとした。ルート調査には位置確認に空中写真を使用し、地質等の記載にはSLAR mosaic図を使用した。A・B地区の交通事情は中央部を除き極めて悪い。特に西部高地斜面にはほとんど自動車道路はなく、地形が極めて急峻であることから馬による調査も一部を除き不可能であったため徒歩による調査を余儀なくされた。東部のジャングル地帯も大河川沿いには牧場が散在するが、交通機関は軽飛行機とモーターボートがあるのみで山道もほとんどない状態であった。ジャングル地帯はその大部分が前人未踏の地であり、さらに地形図等位置確認をする資料もないことから調査は困難を極めた。

野外調査は昭和50年9月6日から11月6日までの62日間に実施した。調査期間中北部では異常出水による道路交通途絶などあり、相当の支障を受けた。

#### 1-2-2 地化学探査(試料採取第1年次)

本探査は広範囲なペルー中部調査地区における鉱床に関する情報を得るため河川堆積物および土壌を対象として実施したものである。河川堆積物は地質調査時に遭遇した川や沢で採取した。土壌は調査ルート上においてB<sub>1</sub>層を採取した。採取試料は河川堆積物と土壌を合わせて調査ルート1Kmにつき2個程度の密度になる様努めた。

## 1-3 室内作業(第1年次)

野外調査により得られた資料および試料を検討するために次のような室内作業を実施した。

### 1-3-1 鈦石分析

A・B地区に存在する鈦床および鈦化示徴地より採取した鈦石試料12個につき化学分析を原子吸光法により行なった。

### 1-3-2 岩石分析

年代測定に供した火成岩類6個の組成を検討するため化学分析を行なった。

### 1-3-3 X線回折

粘土鈦物2個につき鈦物同定を目的としてX線回折法(X-Ray Diffraction Method)による検討を行なった。

### 1-3-4 岩石薄片顕微鏡観察

代表的岩石について144枚の薄片を作製し、顕微鏡による観察を行なった。

### 1-3-5 鈦石研磨片顕微鏡観察

代表的鈦石について16枚の研磨片を作製し、顕微鏡による観察を行なった。

### 1-3-6 年代測定

火成岩類の貫入年代を解明するため代表的な火成岩類6個について年代測定を行なった。

### 1-3-7 化石鑑定

堆積岩類の地質時代を明らかにするため採取化石25個につき鑑定を行なった。

### 1-3-8 空中写真およびSLAR mosaic地質解析

A・B地区の地質構造を解明するため空中写真およびSLAR mosaicによる地質解析を行なった。

## 1-4 解析作業(第2年次,第1段階)

### 1-4-1 地化学探査試料分析

第1年次A・B地区において採取した地化学探査試料2595個(土壌1500個,河川堆積物1095個)について鈦床探査に有効と考察された指示元素3成分(Cu, Zn, Ni)の化学分析を原子吸光法により行なった。

### 1-4-2 炭酸塩岩微量成分分析

鈦化作用と炭酸塩岩の微量成分との相関関係を明らかにするため既に採取している炭酸塩岩類試料について指示元素2成分(Zn, S)の定量分析を行なった。

### 1-4-3 花粉分析

地質時代を明らかにするために既に採取している岩石試料10個について花粉分析を行なっ

た。

#### 1-4-4 帯磁率測定

微気探査の適応性を検討するために既に採取している岩石試料100個について帯磁率測定を行なった。

#### 1-4-5 液体包有物充填温度測定

San Vicente 型層状鉛・亜鉛鉱床の成因を考察するため既に採取している鉱石5個について液体包有物の充填温度測定を行なった。

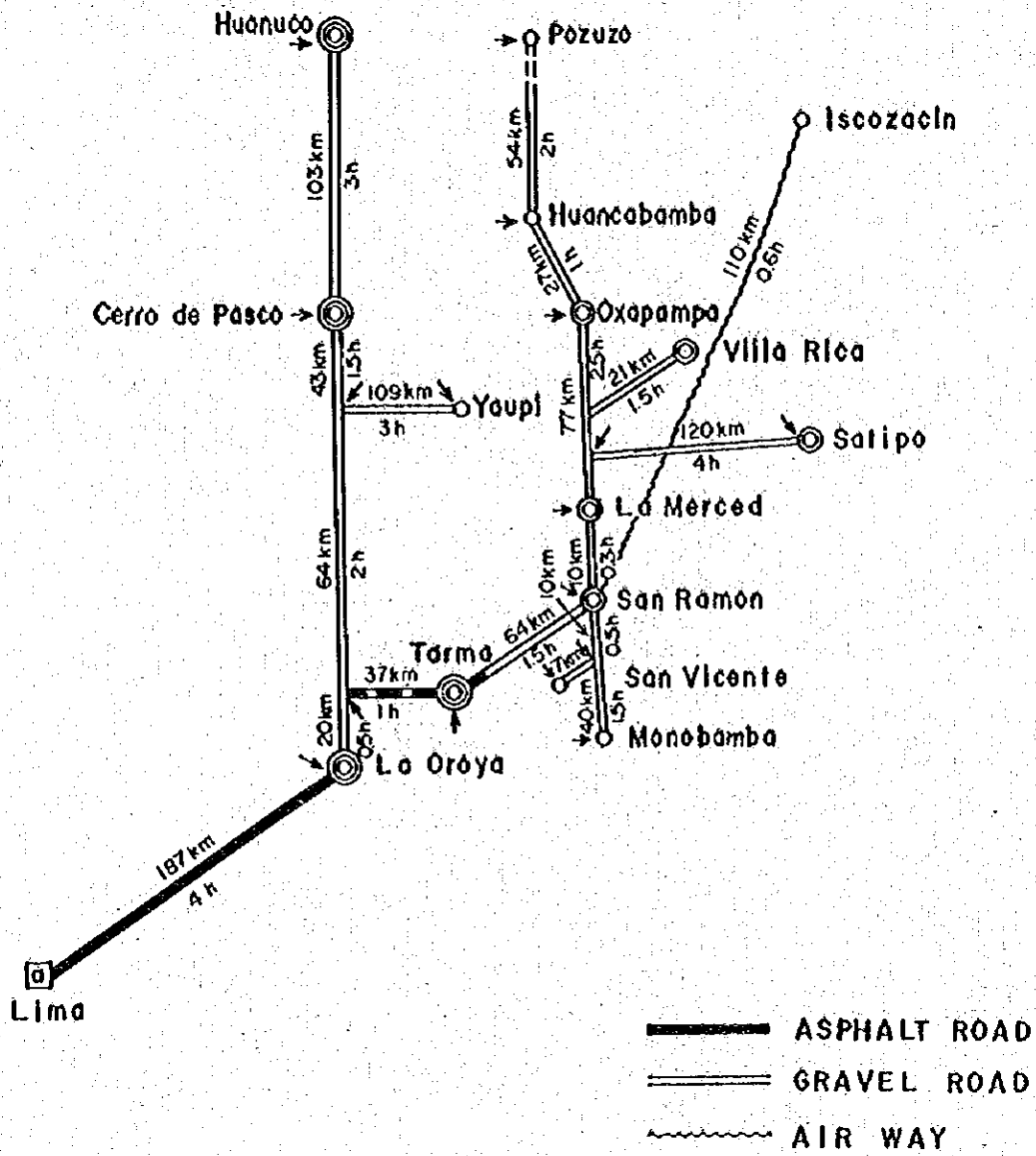


Fig.1 Accessibility Map of Surveyed Area

## 第 2 章 地 理 的 環 境

### 2-1 位 置

A・B地区はペルー共和国中部の東部アンデス山脈—中間盆地—サブアンデス山脈—アマゾン平野に及ぶ変化に富む地勢地にまたがっている。その範囲は前述の通り面積約10,000 Km<sup>2</sup>の区域である。

行政区画上本地区は南部はJunin（フニン）県、北部はPasco（パスコ）県、最北端の一部はHuanuco（ワヌコ）県に所属している。

既刊地形図は区域の南西部を一部カバーしているのみであり、空中写真も系統的に撮影されたものはない。

### 2-2 交 通

首都リマ市からA・B地区に至るには、地区の中央よりやや南寄りに位置するSan Ramónまで週一回の定期航空便があるほか、アンデス山脈を横断する国道20号線を通る定期バス便が1日数回往復している。この国道は区域南西端に位置するTarmaまではほぼ完全舗装の2車線道路である。リマ市からSan Ramónまでの距離は308 Km、自動車による所要時間約7時間である。

A・B地区の交通事情は中間盆地付近を除き極めて悪い。西部のJuninパンパに近い高原地帯には多くの自動車道が通じているが、この東傾斜面にはほとんど自動車道はない。

San Ramón や Oxapampa（オクサパンパ）付近の中間盆地は農耕開発や森林開発用の自動車道は多いが、一部を除きその維持が極めて悪く、乾期の一時期を除き通行出来ないものが多い。北東部のジャングル地帯に至る道路はなく、ジャングル地帯内でも一部に山道があるのみでありほとんど人家もない。交通手段としては、大河川沿いに一部ボートが使用できるのみであり、極めて条件が悪い。

A・B地区付近の主な交通手段と所要時間はFig. 1の通りである。

### 2-3 気 候

A・B地区は西部の高地寒冷型、中間盆地付近の亜熱帯多雨型、北東部の熱帯多雨型に大別出来る。高地寒冷型の西部高地は季節風の影響を受けて雨期と乾期がある。地形の高度差により、また日中と夜間とで気温の変化は激しいが、全体としては日本中部の晩秋の気候に似ている。亜熱帯多雨型の中間盆地付近は乾期と雨期が明瞭であり、4月から9月までが乾期、10月から3月までが雨期とされているが場所により相当の変動がある。この地帯はアマゾン地方から流れて来る湿度の高い空気がアンデス山脈に衝突し、その前面に大量の雨を降らせる位置にあり、常に雲量が多く、特に太平洋からの気圧が弱くなる雨期には雲天が続く。乾期の日中最高気温は30°C

位、夜間は13℃位までさがる。湿度は常に高く、全体としては日本南部の初夏の気候ににている。熱帯多雨型の北東部は年間を通じて暑く、平均気温は28℃位である。湿度も極めて高く特に雨量の多い10月から4月頃までは高温多湿となる。

#### 2-4 植 生

高地寒冷型気候の西部は、標高4,500m以上の高所ではまばらに雑草が生えているのみで、ほとんど不毛の地となっている。標高4,500m以下は草原となっており、時にユーカリなどの喬木が河川沿いに見られる。標高4,000m以下では寒冷地向きのジャガイモなどが栽培されているほか、草原は放牧地として利用されている。亜熱帯多雨型気候の中間盆地付近は広葉樹を中心とする森林が繁茂している。これらの森林のうち道路沿いは伐採されリマへ搬出されている。山裾から平地にかけては開墾され、バナナ、パパイヤ、パイナップル、オレンジなどの果樹園となっており、リマで消費される果物の重要な供給地となっている。

熱帯多雨型気候の北東部は密生ジャングル地帯となっており、大河川沿いの一部が開墾され、放牧地として利用されているほかは全くの原始林となっている。



## 第 3 章 地 形

### 3-1 地形区分

A・B地区はその地形的特徴から西部高地、中間盆地、北東部低地に大別することができる。これらの各地形区はそれぞれ異なった地質や地形の歴史に基づいて形成されており、それらは次のような特徴を示している。

### 3-2 西部高地

西部高地は東部アンデス山脈の東縁に当る部分と東部アンデス山脈と中間盆地との間に発達する急斜面の部分に分けられる。東部アンデス山脈の東縁の部分は古生代の岩石類からなっており、アマゾン川へそそぐ河川群により鋭く分断され、細長い連山となっている。標高4,000 m以上にはカールも多く見られるほか新期の火山活動による火口などが湖となっている。これらの連山の谷間を新第三紀の火山岩類や氷河堆積物が埋め、準平原となっている部分も見られる。中間盆地との間の急斜面の部分は、河川による侵蝕が極めて強く、花崗岩類地帯は稜線が鋭角をなすV字谷が発達し、樹枝状水系をなしている。変成岩類・堆積岩類地帯は山頂に緩傾斜面を持ち急崖をなす地形が一般的である。特に石灰岩地帯にはU字谷が発達し、各地に急崖が見られる。

### 3-3 中間盆地

中間盆地は東部アンデス山脈に連なる斜面部分・盆地部分・サブアンデス山脈部分に分けることができる。東部アンデス山脈に連なる斜面部分は石灰岩を主とする中生代の堆積岩類よりなり、石灰岩の部分は急崖を形成しU字型の急傾斜谷が発達している。

盆地部分は粗粒花崗岩類や礫岩・砂岩などからなり比較的緩傾斜の地形を示す。この中央部を南—北方向に流れる大河川沿いには、河岸段丘が発達し、特に San Ramón 付近では3段の段丘が観察される。この盆地部分の緩傾斜地および平坦地は開墾され、プランテーション農耕地となっている。

サブアンデス山脈部分は中生代の石灰岩を挟む堆積岩類と花崗岩類よりなり、石灰岩と新期貫入岩類の部分で、特に急峻地形をなしている。この部分は植物の繁茂が著しく、岩石の露出は少ない。

### 3-4 北東部低地

標高1,000 m以下の低地が大部分を占め、特に北東端は地形平坦で河川は蛇行する密生ジャングルとなっている。中生代の堆積岩類よりなる部分は、比較的急峻な地形をなす部分も見られるが、新生代の堆積岩類の部分は緩傾斜の丘状地形をなしている。この間には大河川に沿って

河岸段丘や扇状地が発達することがある。

## 第 4 章 調査地区付近の地質概要

### 4-1 地 質 (Fig. 2 参照)

東部アンデス山脈からアマゾン低地にいたる地域には先古生代の変成岩類が東部アンデス山脈を中心にルーフベンド状に散在している。その分布はこの地域の一般的地質構造の示す NNW-SSE 方向に一致している。

この地域において最も古い堆積岩類は中部および上部オルドビス系のもので、海成のリュートナイトなどを主とする堆積層よりなっている。それに次いで平行不整合関係をもって下部および中部デボン系のリュートナイト・砂岩・珪岩の厚い堆積層が累積している。オルドビス系およびデボン系の堆積岩類は東部アンデス山脈一帯に広く分布している。

上部古生界も東部アンデス山脈からサブアンデス山地にかけて広く現われており、砂質～粘土質の陸成堆積層よりなる下部石炭系 Ambo 層群、および上部石炭系～下部二畳系のリュートナイト・泥灰岩・石灰岩よりなる Copacabana - Tarma 層群により代表される。その後隆起した部分の侵蝕が行われ、これら砕屑物がこの地域に広く分布する Mitu 層群の砕屑岩の源となった。上部三畳系～下部ジュラ系の Pucara 層群は炭酸塩岩類を主としたもので、Mitu 層群とわずかな時間的断絶後その上に堆積したものである。その後の海侵・海退は徐々に東部へ移動し、この地域の東部に位置するサブアンデス山脈付近には海退期の Sarayaquillo 累層・Oriente 層群、海侵期の Chonta 層群が NNW-SSE の方向に延びる分布を示している。アマゾン低地には引き続き隆起した部分の侵蝕によりもたらされた砂岩・リュートナイトを主とする第三紀の砕屑岩よりなる Contamana 層群が広く分布している。

第四紀には山間の陥没地および峡谷沿いに沖積および湖成の砂岩・礫岩などが堆積した。

火成岩類は古生代後期と見られる花崗岩類がバソリスとしてこの地域に広く分布するほか中生代中期に貫入した閃緑岩類や噴出した斑岩類が岩株・岩枝・溶岩として分布する。第三紀中期～後期の火山活動にともなう火山岩類も東部アンデス山脈に散在する。

### 4-2 地質構造および地史

東部アンデス山脈は主として古生代の地層によって構成されている。本地域では複雑な褶曲構造と正および逆断層が多く発達しているが、全体の構造は NNW-SSE 方向に延びている。東部アンデス山脈の前面すなわちアンデスからサブアンデス山脈を通りアマゾン平野へ至る部分には断層が多く発達し、数 100 m に達する断層による急傾斜面もある。東部アンデス山脈からサブアンデス山脈までは褶曲構造は多く見られるが、これより東部においては地層の起伏は次第に穏かになり、ブラジルとの国境ではほとんど水平となっている。

本地域では構造活動が強い部分で褶曲は軸面が東へ傾斜する非対称褶曲が多く、これらは西

に傾斜する逆断層に切られていることが多い。東部アンデス山脈に主として見られる変成岩類は先古生代または古生代初期に生じた堆積作用および造山運動の過程で生じたとされている。

古生代には二回の造山運動があり第一回目に関連してオルドビス紀前期に海成リュータイトを主とする地層が堆積した。第二回目の造山運動に続く堆積作用は断続しながらデボン紀から二疊紀後期まで続いた。

古生代末から中生代にかけては優勢な海侵があり、リュータイトなどの砕屑岩のほか厚い石灰岩がくり返し堆積し、この堆積作用は白亜紀後期まで引続き行なわれた。

中生代末から新生代始めにかけての造山運動の後の侵蝕作用は第三紀末まで続き砂岩・リュータイトを主とする砕屑岩が広範囲に堆積した。

#### 4-3 鈳物資源

ペルー国内における主要な金属鈳床を形成した鈳化作用はアンデス山脈を形成せしめた造山運動・火成活動に関連したものである。古生代には現在のアンデス地帯において地向斜環境のもとで2回の堆積輪廻が起り、これらの堆積輪廻は変形作用と火成活動の活発化と同時に終結した。その第1は、デボン紀末期であり、第2は二疊紀中期であった。これらの変形作用や火成活動にともなって生成した鈳床が東部アンデス山脈中に散在している。三疊紀末期には同じ地帯にアンデス地向斜が形成された。

ジュラ紀中期における短期間の変形作用・火成活動の後、この地向斜はさらに発展を続けたが白亜紀末期から第三紀にかけてのアンデス造山運動と火成活動の活発化により終結した。この時期のアンデス造山運動にともなう鈳化作用はアンデス山脈付近では最も重要なものである。

東部アンデス山脈の鈳床は裂か充填型のものが多いが、交代型・鈳染型の鈳床も見られる。主な金属鈳物としては金・銀・銅・鉛・亜鉛などがある。先古生代の変成岩類は塩基性岩をはさみ、クローム・コバルト・ニッケルの鈳床を胚胎することが最近明らかになった。また中生代の石灰岩層中には層状の鉛・亜鉛鈳床が存在するほか、貫入岩との接触部には銅・鉛・亜鉛の接触交代鈳床が形成されていることも明らかになりつつある。

## 第 5 章 前年度の調査結果

### 5-1 A・B地区地質概査結果

A・B地区の地質概査の成果は下記の通りである。

- (1) A・B地区の地質はこの地域の大構造に一致するNNW-SSE方向に延びる分布を示している。
- (2) 堆積岩類は巨視的に見るとNNW-SSE方向に延びる帯状に分布し、南西部ほど古く北東部ほど新しい地層となっている。
- (3) 堆積岩類は石灰岩・ドロマイトなど海侵時の地向斜性堆積岩とリュートイト・礫岩など海退時の堆積岩がくり返し堆積しているが、地向斜の中心は次第に北東方向へ移動している。
- (4) Pucara層群はA・B地区の中央部においてNNW-SSE方向に帯状の分布を示す地層と、南西部においてNW-SE方向に帯状の分布を示す地層に大別できる。中央部の地層は西部が衝上断層を境に花崗岩類と接するほか新期の斑岩類の貫入を受けている。東部にはより新しい堆積岩類が累積している。

A・B地区のPucara層群は上位の一部がAramachay累層に相当するが、大部分はChambara累層に相当する。

- (5) Pucara層群中にはドロマイトないしはドロマイト質石灰岩を主とする地層があり、上・下位の石灰岩に整合的に分布する。この地層は南部のSan Vicente鉄床およびPichita Carga鉄床を含む広範囲に分布するほか、中部・北部にも小規模のものが散在している。
- (6) 火成岩類は古生代後期に貫入しこの地域の基盤をなす花崗岩類や、白亜紀後期から第三紀前期に貫入した斑岩類および第三紀中期に噴出した火山岩類がある。
- (7) 花崗岩はA・B地区の東部に多く、花崗閃緑岩は西部に多い。境界付近では両者は入り混っているが、現象的には花崗岩が花崗閃緑岩を切っている。
- (8) 斑岩類は中性ないし酸性の貫入岩を主とし、一部噴出岩を伴っている。これらは花崗斑岩および石英斑岩、流紋岩および石英安山岩、閃緑岩類、玢岩および安山岩に大別できる。
- (9) これらの斑岩類はNNW-SSE方向に点在するが、北部はバソリス状の酸性岩が多く、南部は岩株状の中性岩が多い。東部にはNNW-SSE方向に並ぶ酸性岩岩株が見られる。
- (10) A・B地区の褶曲構造はNNW-SSE方向を軸とする背斜構造と向斜構造が顕著である。断層構造は褶曲構造と同方向の西に傾斜する衝上断層と、この衝上断層を形成したENE-WSW方向の横圧力により形成されたWNW-ESE系とNNE-SSW系の裂かが発達している。
- (11) A・B地区の主な金属鉄床は下記の通りである。

1) Pucara層群中の層状鉛・亜鉛鉄床

2) 変成岩類中の超塩基性岩にともなわれるコバルト・ニッケル鉄床

### 3) Pucara 層群の炭酸塩岩を交代した銅・鉛・亜鉛スカルン鉱床

- 02 層状鉛・亜鉛鉱床の主要な鉱体はドロマイト層中に胚胎し、特に縞状構造や角礫構造が見られる構造的擾乱部付近で鉱床は優勢に発達している。この構造的擾乱部は既知鉱床周辺の南部に多く見られるが北部・中部には認められない。
- 03 コバルト・ニッケル鉱床を胚胎する超塩基性岩の分布区域は南西部に限られ、規模も小さい。鉱床も小規模なものが報告されているにすぎない。
- 04 銅・鉛・亜鉛スカルン鉱床は東部の花崗岩類上にルーフペンダント状に分布する石灰岩を交代したものであり、石灰岩の規模は大きくない。鉱床は斑岩類との接触部付近に小規模なものが知られているのみである。

## 5-2 C地区地質精査結果

C地区の地質精査の成果は下記の通りである。

- (1) C地区の地質はNNW-SSE方向に延びる帯状の分布を示している。
- (2) 堆積岩類は西側にPucara層群が東側に下位のMitu層群が分布している。
- (3) Pucara層群の中位はドロマイト、下位と上位は石灰岩を主とする地層よりなっている。西部は衝上断層を境に花崗閃緑岩と接し、東部は断層または不整合関係で下位のMitu層群および花崗岩と接している。
- (4) Pucara層群のドロマイト層は中央部ではNNE-SSW方向の向斜構造の軸部に分布し、北部ではNNW-SSE方向の向斜構造の東翼部に位置している。
- (5) 中央部に分布するドロマイト層の中位には数層の結晶質縞状ドロマイト層が見られ、上位には角礫状ドロマイト層も見られる構造的擾乱帯となっている。
- (6) 火成岩類はC地区の基盤をなす花崗岩類のほか、Pucara層群を貫ぬく閃緑岩類の岩株が分布する。
- (7) この閃緑岩類は中性質の斑状岩を主とし、C地区の北部および南部に分布する。中心はトナル岩質岩または花崗閃緑岩質岩で、周縁部は閃緑岩質岩が多いが岩質の変化は激しい。
- (8) C地区中央部のNNE-SSW方向を示す向斜構造はSSW方向へ緩くブランチしている。北部のNNW-SSE方向を示す向斜構造はほぼ水平と見られる。中央部の向斜構造は西側を走向N-S、傾斜Wの衝上断層により切られ、東側は走向N-S~NNE-SSW傾斜Wの正断層により切られている。
- (9) 上記の衝上断層の原因となったENE-WSW方向の横圧力はWNW-ESE系とNNE-SSW系の断層を多く形成した。これらの断層はSan Vicente鉱床を転位させている。
- 00 C地区には、San Vicente鉱山により稼行されている鉱床のほか、多くの層状鉛・亜鉛鉱床が知られている。また閃緑岩類付近には一部銅を含む黄鉄鉱鉱床が認められている。

(1) San Vicente 鉛床の主要鉛体はドロマイト層中に胚胎し、しかも縞状ドロマイト(ゼブラドロマイト)や角礫状ドロマイトが発達する構造的擾乱帯付近で大規模になっている。また、下位の石灰岩層に胚胎する鉛・亜鉛鉛床はいずれも閃緑岩類岩株近くに位置する。

(2) ドロマイト層中の鉛床は細粒塊状の閃亜鉛鉛を主とするが閃緑岩類の岩株に近い石灰岩層中の鉛床はやや粗粒の閃亜鉛鉛よりなり、方鉛鉛・黄銅鉛を多く含む部分や塊状閃亜鉛鉛を切る方鉛鉛・方解石脈も多く見られる。

(3) 地化学探査の結果では、亜鉛は主要な層状鉛・亜鉛鉛床を胚胎するドロマイト層分布範囲で高く、銅は北部閃緑岩類岩株付近で高い。鉛は層状鉛・亜鉛鉛床付近で特に高い濃度を示す。

(4) X線解析の結果ではSan Vicente 鉛床付近では鉛化作用に伴うと見られる変質鉛物は見出していない。閃緑岩類岩株付近の炭酸塩岩中には一部鉛化作用に伴うと見られる変質鉛物が認められる。鉛床付近の母岩のX線回折結果では主要鉛床はドロマイト層のうち特にドロマイト分の高い部分に賦存する傾向が認められる。

### 5-3 今後の調査方針

調査の主要対象鉛床であるSan Vicente 型層状鉛・亜鉛鉛床の構造と成因はまだ十分には明らかになっていないがPucara 層群中のドロマイト層が鉛床賦存の場として重要であることとPucara 層群を貫ぬく斑岩類は鉛・亜鉛鉛化作用のほか銅鉛化作用にも相当の役割を果たしていることなど今後の調査の指標として重要な点が判明した。C地区の地質精査、A・B地区の地質概査、既存関係資料検討などによりPucara 層群中に賦存が期待される層状鉛・亜鉛鉛床に対して下記の探査方法が有効であることが明らかとなった。

(1) 層状鉛・亜鉛鉛床は主にドロマイト層またはドロマイト質石灰岩層中に賦存することからPucara 層群の層序調査、特にドロマイト層の分帯は有効な探査方法である。

(2) 層状鉛・亜鉛鉛床はドロマイト層中でも特に再結晶質の縞状構造や角礫状構造が発達する部分に優勢な鉛床が存在することから、ドロマイト層の層序と構造の調査は(1)に引続く調査として重要である。

(3) 斑岩類、特に閃緑岩類は銅鉛化作用に関係するほか層状鉛・亜鉛鉛床にも影響を与えていると見られるので斑岩類の分布と構造の調査も(1)(2)の調査と同様有効な方法である。

(4) 層状鉛・亜鉛鉛床付近の河川堆積物や土壌はZn, Pb 元素について明瞭な地化学探査異常を示している。またCu 元素は斑岩類に関係する銅鉛化作用に由来すると見られる地化探異常を示している。このようにZn, Pb, Cu 元素を対象とする地化学探査は有効な探査方法であるので地質調査に併用することが望ましい。

以上の探査方法にもとづく今後の調査方針としては

(1) Pucara 層群の分布と構造解明のための地質概査

- (2) Pucara 層群分布地についての物理探査（磁力探査）と地化学探査を併用した地質精査
- (3) ドロマイト層など鉄床胚胎層の地質精査、精密地化学探査および電気探査（IP法）と段階的にすすめるべきであろう。具体的には

(1) 第一段階として

- 1) Pucara 層群の分布・構造およびドロマイト層の分帯調査
- 2) 斑岩類の分布・構造調査

(2) 第二段階としては、しぼられた有望区域について

- 1) Pucara 層群の層序、ドロマイト層の細分層序調査
- 2) ドロマイト層の微量成分調査
- 3) 斑岩類の分類と鉄化作用との関係調査

(3) 第三段階として、さらにしぼられた区域について

- 1) 構造ボーリングなどによる特定ドロマイト層の追跡調査
- 2) 鉄化示徴の追跡調査

となる。以上の調査には適時地化学探査と物理探査を併用する必要がある。



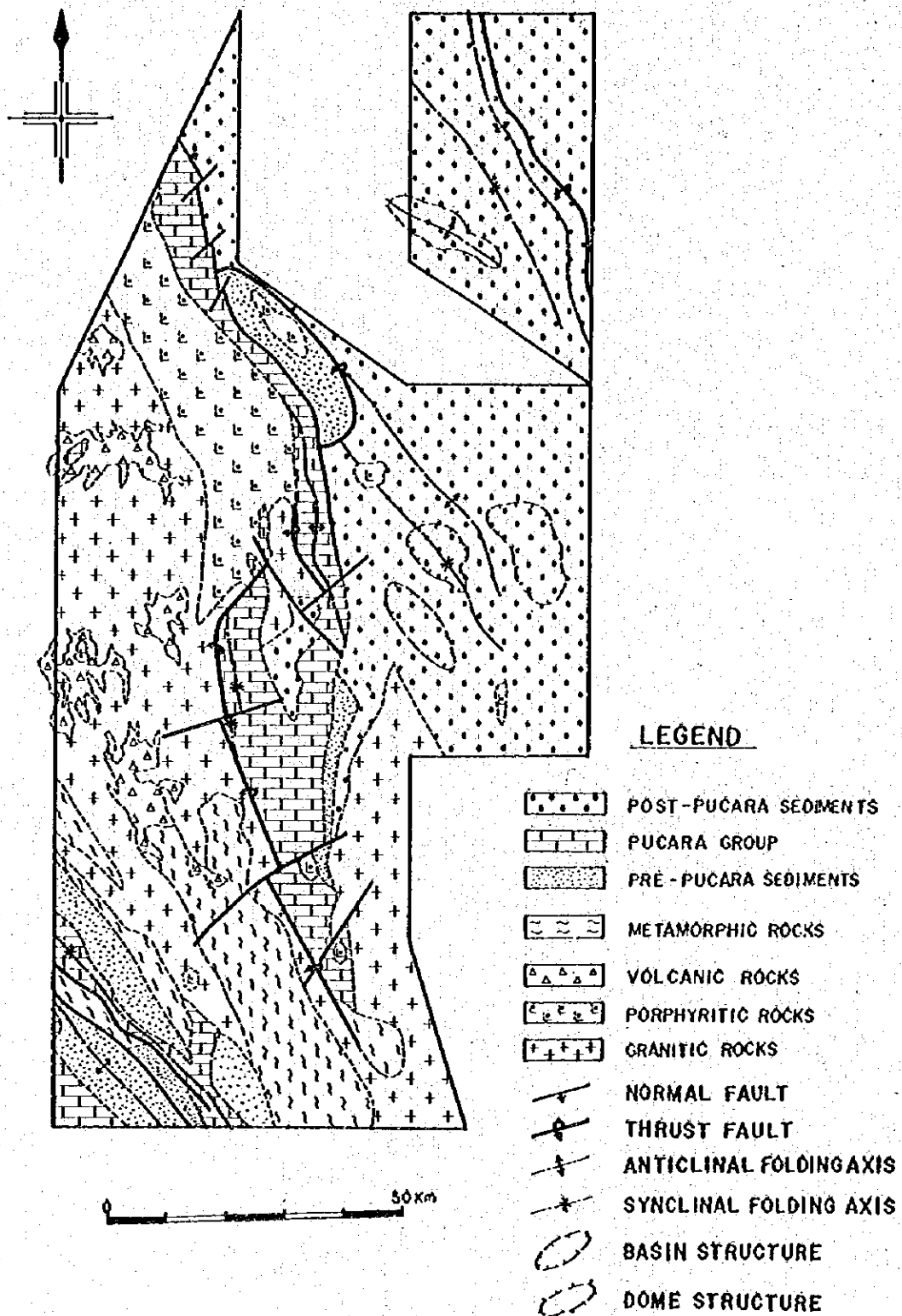


Fig.2 Structural Map of the Surveyed Area

Table I. Generalized Geological Column of the Surveyed Area

AFTER BELLIDO, E. (1969)

(LEVIN, M. & SAMANIEGO, A. (1976))

GEOLOGICAL AGE		GEOLOGICAL UNITS	COLUMNAR SECTION	IGNEOUS ACTIVITY	DESCRIPTIONS				
					SEDIMENTARY & METAMORPHIC	IGNEOUS			
CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE	ALLUVIUM		GRAVEL SAND & CLAY				
		PLEISTOCENE	DILUVIUM						
	TERTIARY	PLIOCENE							
		MIOCENE							
		OLIGOCENE							
		EÓCENE	1,400'	CONTAMANA GROUP (LOURDES FORMATION)		UPPER PART: BROWN LUTITE WITH SANDSTONE & MUDSTONE LOWER PART: RED LUTITE, SANDSTONE & MUDSTONE WITH GREY LIMESTONE (PARACAS FORMATION) CONGLOMERATE, SANDSTONE & MUDSTONE	(*) VOLCANIC BRECCIA (***) ANDESITE, RHYOLITE & DACITE		
		PALAEÓCENE	1,800'						
		MESOZOIC	CRETACEOUS	LATER			UPPER PART: RED LUTITE WITH SANDSTONE MIDDLE PART: GREY LIMESTONE LOWER PART: RED LUTITE WITH SANDSTONE & SHALE	(*) DIORITE-PHOPHYRITE, QUARTZ-PHOPHYRY, GRANITE-PHOPHYRY & APLITE	
				MIDDLE	1,900'	CHONTA GROUP			
				EARLIER	1,000'	ORIENTE GROUP		RED TO WHITE SILICIOUS SANDSTONE WITH LUTITE & CONGLOMERATE	
JURASSIC	LATER		1,000'	SARAYAGUILLO FORMATION		UPPER PART: SANDSTONE MIDDLE PART: LUTITE SHALE & SANDSTONE LOWER PART: CONGLOMERATE WITH LUTITE	(***) DIORITE & GRANODIORITE COMPLEX		
	MIDDLE								
	EARLIER					GREY TO BLACK LIMESTONE & GREY DOLOMITE WITH THIN BEDS OF LUTITE & SANDSTONE			
TRIASSIC	LATER		1,400'	PUCARA GROUP					
	MIDDLE								
	EARLIER						(***) PORPHYRITE & ANDESITE		
PERMIAN	LATER			MITU GROUP		UPPER PART: SANDSTONE & LUTITE MIDDLE PART: SANDSTONE & LUTITE WITH LIMESTONE CONGLOMERATE LOWER PART: CONGLOMERATE WITH SANDSTONE & LUTITE	(***) GRANITE EASTERN PART: RED GRANITE WITH GREY GRANODIORITE WESTERN PART: GREY TO GREEN GRANODIORITE		
	MIDDLE	1,300'							
	EARLIER								
	CARBONIFEROUS	LATER	1,300'	COPACABANA-TARMA GROUP		GREY TO DARK GREY LIMESTONE & PHYLLITIC SHALE. PARTLY RED CALCAREOUS SHALE DOMINANT.			
EARLIER		900'	ANBÓ GROUP		COMPACT GREY SANDSTONE WITH BLACK SHALE				
DEVONIAN		LATER				GREY SANDSTONE WITH GREY TO BLACK SHALE			
		EARLIER	700'	EXCELCIÓN GROUP					
PALAEZOIC	SILURIAN	LATER							
		EARLIER							
	ORDOVICIAN	LATER							
		EARLIER							
CAMBRIAN	LATER								
	EARLIER								
PRE-CAMBRIAN		BASAL COMPLEX			GNEISS & SCHIST WITH SERPENTINITE				

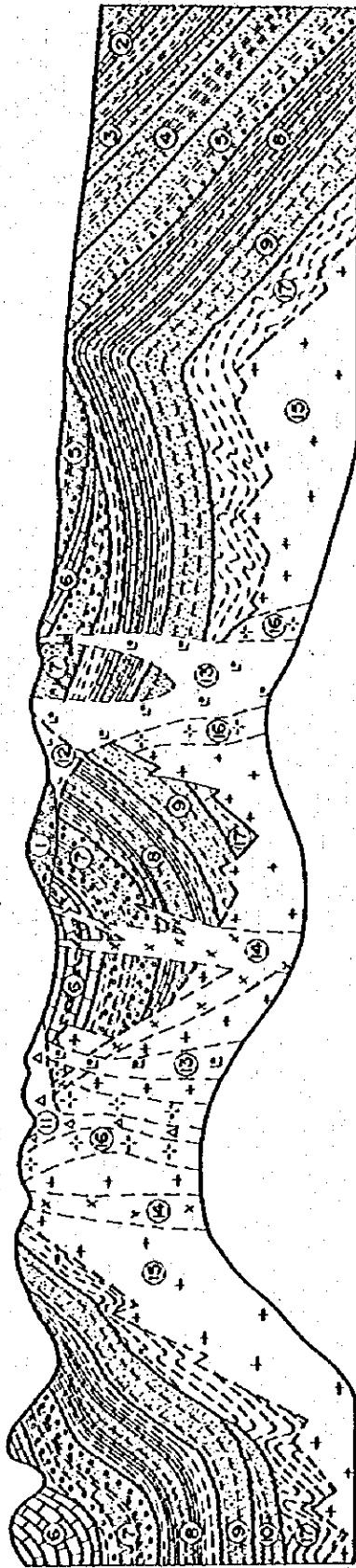
LEGEND

- SEDIMENTARY ROCK**
- SAND
  - GRAVEL
  - LUTITE, SHALE & PHYLLITE
  - SANDSTONE
  - CONGLOMERATE
  - LIMESTONE
- METAMORPHIC ROCK**
- GNEISS & SCHIST

- IGNEOUS ROCK**
- VOLCANIC BRECCIA
  - ANDESITE, RHYOLITE & DACITE
  - DIORITE-PHOPHYRITE, QUARTZ-PHOPHYRY, GRANITE-PHOPHYRY & APLITE
  - DIORITE
  - PORPHYRITE & ANDESITE
  - GRANITE
  - UNCONFORMITY
  - CONFORMITY

SW

NE



**SEDIMENTARY ROCKS**

SANDSTONE

CONGLOMERATE

LUTITE & SHALE

LIMESTONE

**INTRUSIVE ROCKS**

VOLCANICS

RHYOLITE & DACITE COMPLEX

QUARTZ PORPHYRY & GRANITE PORPHYRY COMPLEX

DIORITE COMPLEX

GRANODIORITE & GRANITE COMPLEX

GRANODIORITE COMPLEX

GNEISS & SCHIST

UNCONFORMITY

**GEOLOGICAL UNITS**

- ① LOURDES FORMATION (TERTIARY)
- ② CONTAMANA GROUP (TERTIARY)
- ③ CHONTA GROUP (CRETACEOUS)
- ④ ORIENTE GROUP (CRETACEOUS)
- ⑤ SARAYAQUILLO FORMATION (JURASSIC)
- ⑥ PUCARA GROUP (TRIASSIC ~ JURASSIC)
- ⑦ MITU GROUP (PERMAN ~ TRIASSIC)
- ⑧ COPACABANA-TARMA GROUP (CARBONIFEROUS ~ PERMIAN)
- ⑨ AMBO GROUP (CARBONIFEROUS)
- ⑩ EXCELCIOR GROUP (DEVONIAN)

⑪ (TERTIARY)

⑫ (TERTIARY)

⑬ (CRETACEOUS)

⑭ (JURASSIC)

⑮ (PERMIAN ~ TRIASSIC)

⑯ (PERMIAN ~ TRIASSIC)

⑰ (PRE-CAMBRIAN)

Fig.3 Schematic Geological Profile of the Surveyed Area

## 第 6 章 A・B地区の地質

### 6-1 地質概要 (Fig. 2, Table 1 および PL, AB-1, AB-2, AB-3)

A・B地区—地質分布を概観すると西部は先カンブリア紀の変成岩類、古生代中期から中生代前期の堆積岩類およびそれらの一部を貫ぬく古生代のパソリス状花崗岩類がその主体をなしている。これらを買ぬくジュラ紀の閃緑岩類および第三紀中期の中性～酸性斑岩類ないし火山岩類も見られる (Fig. 3)。

中央部は上記パソリス状花崗岩類を基底とする古生代末期から中生代にわたる堆積岩類が広い分布を占めている。

この堆積岩類には数層の石灰岩厚層をはさんでいる。さらにこれらの花崗岩や堆積岩の一部を買ぬくジュラ紀の閃緑岩類のほか北部には第三紀中期の中性～酸性斑岩類および火山岩類が分布している。

東部には中生代後期から新生代中期にわたる堆積岩が広く分布している。

### 6-2 変成岩類

変成岩類は南西部高地を中心にループペンダント状に NNW—SSE の延びを示し帯状に分布している。

岩質は主として片麻岩と片岩よりなるが、時に塩基性または超塩基性の貫入岩類や花崗岩質岩類を伴なり。

片麻岩類は東部に多く灰白色の黒雲母片麻岩を主とし、ミロナイト化した両翼母花崗岩や変成を受けた花崗岩を伴っている。

片岩類は西部に多く角閃石、石英片岩、白雲母石英片岩および緑泥石片岩を主とする。これらの片岩中の石英は鏡下では著しい波動消光を示し、角閃石、黒雲母などは程度の差はあるがいずれも緑泥石化している。

変成岩類中には塩基性または超塩基性の貫入岩類が見られるが蛇紋岩が主である。蛇紋岩の主要造岩鉱物は Chrysotile であるがかなりの部分が粘土鉱物になっている。

変成岩類の褶曲構造は複雑であるが大構造の褶曲軸は NNW—SSE 方向を示す場合が多い (Fig. 2)

### 6-3 火成岩類

#### 6-3-1 二疊紀～三疊紀花崗岩類

花崗岩類は A・B地区のほぼ西半分を占めている。中央に分布する堆積岩類より西側は主として花崗閃緑岩であり Tarma 花崗岩又は“白い花崗岩”と呼ばれている。

全体には白色粗粒ないし中粒の完晶質岩であるが岩体の西部では長石は緑色を示し、中央部では

白色、西部では部分的に赤味を示すところが見られる。

主要構成鉱物は石英、斜長石、アルカリ長石、黒雲母、角閃石であり、アルカリ長石はパーサイト状の微斜長石である。

成分的にも東部ほど斜長石は少なく正長石が多くなっており西部は石英は少なく角閃石が多くなっている。

長石の大きさは数mmから数cmまで変化し、岩相変化は西部ほど激しくなる傾向が認められる。

西部の緑色を帯びた花崗閃緑岩の分析結果にもとづくノルム計算値<sup>※</sup>は斜長石55.5%~63.7%、石英21.6%~26.6%、雲母14.7%~17.9%となっている。

一方堆積岩類より東側は“San Ramón 花崗岩”または“赤い花崗岩”と呼ばれる完晶質細粒の花崗岩が広い面積を占めている。

主要構成鉱物は石英、正長石、斜長石および少量の黒雲母からなっており、正長石にはパーサイト構造が見られる。

全岩分析結果によると Sample No. 18, 93, 212に見られるように  $SiO_2$  を多く含む岩石である。Sample No. 18, 212は  $MgO + FeO$  に対する  $Na_2O + K_2O$  の占める割合は高く、90%以上になっている。Sample No. 93の白色花崗岩は  $FeO$  を比較的多く含む酸性岩である。これらの三個のサンプルをノルム鉱物による Quartz Plagioclase K-feldspar 三角ダイアグラム (Fig. 4) で示すと Quartz monzonite の範囲にはいり、三個のサンプルは集中性がよく、この花崗岩類は組成的に均質な岩石である。

San Vicente 鉱山付近の“赤い花崗岩”の分析結果は斜長石34.9%、正長石26.8%、石英35.1%、黒雲母2.6%となっている。この“赤い花崗岩”は“白い花崗岩”を切っており、“赤い花崗岩”の礫が Mitu 層群の基底礫岩中に見られる。また“赤い花崗岩”には古生代の Copacabana-Tarma 層群と見られる堆積岩をセノリスとして含んでいる部分も認められる。

これらのセノリス花崗岩類の K-Ar 法による年代測定結果によればいわゆる“白い花崗岩”は二畳紀中期(244 m. y.)に貫入し“赤い花崗岩”は三畳紀後期(195 m. y.)に白い花崗岩を切って貫入しているが両者の中間の成分を示す部分も認められることから両者は一連のマグマ活動により形成されたと解される。このマグマ活動の後期にはすでに形成されているセノリスを切り中性質の岩脈(216 m. y.)も貫入したと見られる。

#### 6-3-2 ジュラ紀閃緑岩類

閃緑岩類は A・B 地区西部および中央部に堆積岩類および花崗岩類を買ぬく径数  $K_2$  の岩株として分布している。

San Vicente 鉱山付近には細粒閃緑岩と花崗閃緑岩よりなる岩株が多く見られるがいずれも岩株の周辺は閃緑岩類、中心は花崗閃緑岩質という傾向が認められる。

※ San Vicente 鉱山資料による。

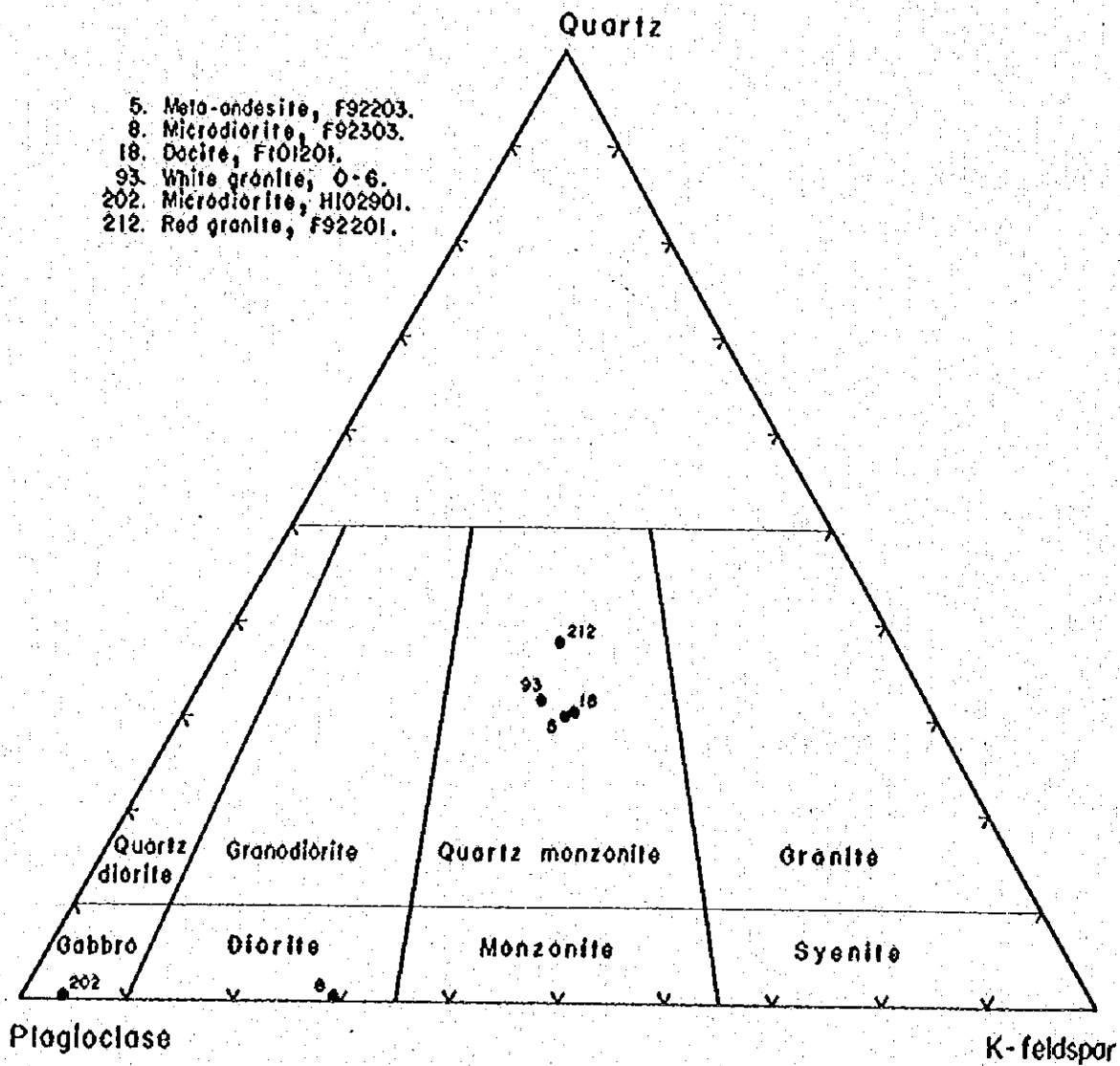


Fig. 4 Ternary Diagram of Normative Quartz-Plagioclase-K-feldspar calculated from Chemical Analysis.

San Luis (サン ルイス) 部落北方にもやや粗粒均質の閃緑岩岩株が認められ、西部高地にはパソリス花崗岩類を買ぬく岩質変化の激しい閃緑岩類が多く認められるが今回の調査ではその一部を確認しているにすぎない。

これらの岩株は岩株毎に岩相が違ふ場合が多いほか同一岩株内でも岩相変化が激しく細粒閃緑岩・花崗閃緑岩・細粒花崗閃緑岩などに变化するが全体にはやや中性質の斑状を示す半深成岩である。いずれの岩石も完晶質であり中粒ないし細粒の花崗岩質組成をもち明灰色～暗灰色を示し時には暗色の鉱物が線状に配列することがある。

閃緑岩の主要構成鉱物は角閃石と斜長石であり少量の黒雲母・石英・燧灰石・不透明鉱物を含んでいる。角閃石と黒雲母は部分的に緑泥石に変わっており斜長石も一部絹雲母に変わっている。黒雲母、石英、斜長石は弱い変形作用を受けている。

全岩分析結果によると Sample №5, 8, 202に見られるように  $SiO_2$  の占める率が低く、 $MgO$  および  $FeO$  を比較的多く含む塩基性岩である。これらの三個のサンプルをノルム鉱物による Quartz-Plagioclase-K-feldspar 三角ダイアグラム (Fig. 4) で見ると №5 は Quartz monzonite に属し、№8 は Diorite に属し、№202 は Gabbro に属する。この三個のサンプルから見る限り、ジュラ紀の閃緑岩類は組成的に不均質であり、№8 と 212 はノルム計算による石英を欠く特徴を示す。

これらの岩株は西部ではパソリス状に分布する二疊紀～三疊紀の花崗岩類を買ぬき中央部では三疊紀後期に堆積した。

Mitu 層群の三疊紀後期からジュラ紀前期に堆積した Pucara 層群を買ぬきジュラ紀後期に堆積した Sarayaquillo 累層の一部を被われているように観察される。

年代測定結果ではこれらの岩株はジュラ紀中期のこの地域の造陸運動時に買入した (155m. y.) と見られペルー海岸地帯の鉄の鉱化作用をもたらした閃緑岩類と類似の岩体と考えられる。

従来一部の研究者間においてこれが岩株に買らぬかれたパソリス花崗岩類がジュラ紀の買入岩と見なされていたのは、パソリス花崗岩類とこれらの閃緑岩類岩株が区別されずに検討されていたことによると解される。

### 6-3-3 古第三紀買入岩類

古第三紀斑岩類には A・B 地区の中央部に NNW-SSE 方向に延びパソリス状に分布する酸性買入岩類と、この東方に岩株または岩脈として分布する中性買入岩類がある。

酸性買入岩類は中生代以前の堆積岩類やパソリス花崗岩類を買ぬくパソリスまたは一部岩株として分布しているが花崗岩類のうち白い花崗岩中ではその分布は明瞭に分別することは難かしい。

本岩類は花崗斑岩・半花崗岩・石英斑岩など、主として斑岩類からなりパソリスや岩株はこれらの岩石が組合さっている。

このパソリス状斑岩類の西部には細粒半花崗岩質岩が岩株状に分布している。

花崗斑岩は優白質完晶岩であり有色鉱物は黒雲母が多いが強い緑泥石化を受けていることがある。

石英斑岩は斑晶として石英・アルカリ長石・斜長石・黒雲母が認められ基質は石英・斜長石・アルカリ長石からなっている。

斜長石は一部が絹雲母に変わっており、アルカリ長石は微斜長石構造やパーサイト状構造により特徴づけられる。黒雲母は一部破壊され緑泥石や緑れん石に変わっている。

中性貫入岩類も中性代以前の堆積岩中に貫入し、花崗閃緑斑岩や閃緑玢岩などからなるが、酸性貫入岩と中間的性質を示すモンゾニ岩の部分も見られる。

花崗閃緑斑岩は花崗斑岩と組織は大差ないがアルカリ長石と黒雲母は少なく、斜長石と角閃石が多くなっている。

閃緑玢岩は斑状構造を示し、主要構成鉱物は斜長石・角閃石・石英であり少量の輝石・チタン石・磁鉄鉱を含んでいる。

二次鉱物として絹雲母・緑れん石・緑泥石が認められる。モンゾニ岩も斑状構造を示し、斑晶は斜長石・アルカリ長石よりなり基質は斜長石・石英よりなる。有色鉱物としては緑泥石化した角閃石が見られる。ところにより強い変質を受けており、絹雲母や磁鉄鉱・黄鉄鉱など不透明鉱物を多量に含んでいることがある。

古第三紀斑岩類は白亜紀中期～後期の Chonta 層群を貫ぬいており、年代測定結果によれば中性貫入岩類貫入時期は第三紀始新世(45 m. y.)であり酸性貫入岩類の貫入時期も中性貫入岩類と同じ第三紀始新世(40 m. y.)である。野外観察結果においても中性の貫入岩をより酸性の貫入岩が切る部分が認められる。

#### 6-3-4 古第三紀火山岩類

新期火山岩類は新期斑岩類と同じく、A・B地区中部に広く分布する酸性火山岩類と酸性貫入岩類の東方に小規模に分布する中性火山岩類がある。

酸性火山岩類は流紋岩・石英斑岩・酸性凝灰岩などよりなりこれらは複雑に入り混っている。

流紋岩は斑状をなし、石英・アルカリ長石・と少量の斜長石および黒雲母の斑晶を有する。二次鉱物としては斜長石から変質した絹雲母と磁鉄鉱や黄鉄鉱など不透明鉱物が認められる。

石英斑岩は貫入岩類中に見られるものと大差ない。

酸性凝灰岩は石英と斜長石が斑晶状に散在し、これを方解石やガラス質物質がうめている。随伴鉱物としては緑れん石・電気石・不透明鉱物が認められる。

中性火山岩類は石英安山岩・安山岩・安山岩質凝灰角礫岩などよりなり、これらは複雑に入り混っている。

石英安山岩は斑状をなし斑晶は斜長石・石英・角閃石よりなり基質は微晶質である。

安山岩も斑状をなし、斑晶は斜長石、角閃石よりなり、基質は微晶質の斜長石と石英からなっ



ている。

古第三紀火山岩類はいずれも多少の変質を受け、斜長石の絹雲母化や有色鉱物の緑泥石化、緑れん石化など普遍的に認められる。

古第三紀の斑岩類と火山岩類は密接に関連し分布し Huancabamba (ワンカパンバ) の西方にはバソリス状に広い分布を示す。酸性貫入岩類と酸性火山岩類が多く Huancabamba 付近より東部には岩株状をなす中性貫入岩類と中性火山岩類が主体となっている。

いずれの岩類も多少の変質作用を受けているが、特に中性貫入岩類には強い変質作用を受けている部分があり、黄鉄鉱や磁鉄鉱の鉄染部と認められる。

#### 6-3-5 新第三紀火山岩類

新第三紀火山岩類は西部高地のバソリス花崗岩類を貫ぬき、またこれを被って分布している。

主な構成岩石は安山岩質・石英安山岩質および流紋岩質の溶岩・角礫岩・凝灰岩などである。全体には緑灰色および赤灰色であり、時に石灰岩などの堆積岩類を内座層として含んでいる。さらにこれらの火山岩類を閃緑岩や石英安山岩が岩株や岩脈として貫ぬいている部分も認められる。このような火山岩類や貫入岩類の岩種毎の構造比率は場所により大きく異なっている。これらの火山岩類や貫入岩類の噴出・貫入時期は明らかでないが、その分布からみてアンデス山間地域の高地一帯に分布する火山岩類に対比され、第三紀中期～後期に形成されたものと推察される。

#### 6-4 堆積岩類

##### 6-4-1 堆積岩類の分類

A・B地区においては堆積岩類は南西部 Tarma 付近の比較的狭い地域および中央部から北東部にかけての広い地域の2地域に分けられる。南西部に古期ないし中期の堆積岩類よりなり、中央部から北東部にかけては中期から新期にいたる一連の堆積岩類よりなる。

これらの堆積岩類は Table 1 に示すように、下位より Exeseleior 層群、Ambo 層群、Copacabana-Tarma 層群、Mitu 層群 (以上古生界) Pucara 層群、Sarayaquillo 層群、Oriente 層群、Chonta 層群※ (以上中生界) および Lourdes 累層※※ Contamana 層群、第四紀堆積層 (以上新生界) に区分される。

これらの層群名、累層名は原則として、Bellido, E. B. (1969) が Junin 県 Pasco 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この地域についての報文に使用された名称や今回新たに命名した名称を使用した。

※ 第1巻 (第1年次) では Chonta 累層としていた。

※※ / / Paracas (パラカス) 累層と仮称していたものが本報告では標式地名をとり、Lourdas 累層とした。

#### 6-4-2 Excelcior 層群

- (1) 分布：Tarma 南東方に約4 Kmの巾でNW-SE方向に延びる分布を示している。
- (2) 構成および岩質：上位および下位は灰色砂岩が優勢であり、中位は層理面の発達した暗灰色～黒色千枚岩質頁岩と灰色砂岩の互層よりなっている。局部的にNW-SE方向の軸を持つ小褶曲構造が多く見られるほか全体はTarmaを通るNW-SE方向の軸をもつ大背斜構造をなしている。
- (3) 層厚：700m+
- (4) 下位層との関係：下位の変成岩類と直接するところを認めていないが模式地では不整合関係とされている。
- (5) 化石および層序対比：今回の調査では化石は発見していないが、調査地区外はデボン紀の化石が発見されている。

さらに上位をCopacabana-Tarma層群が被っていることと構成岩質の類似性からBellido E.B.(1969)によるデボン紀前期ないし中期のExcelcior層群に対比できる。

#### 6-4-3 Ambo 層群

- (1) 分布：Acobamba(アコバンバ)の東方約2 Kmの国道沿いに露出しNW-SE方向に巾約1 Kmの帯状の分布をなしており南東延長部はTapo(タポ)部落付近まで連続する。
- (2) 構成および岩質：比較的緻密堅硬な灰色砂岩よりなるが部分的に灰色砂岩は黒色硬質頁岩と互層している。またAcobamba付近には変成作用により絹雲母が多く形成された片岩質の部分も認められる。
- (3) 層厚：900m+
- (4) 構成および岩質：先カンブリア界とは斜交不整合関係が認められるが、下位層のExcelcior層群とは直接するところを認めていない。しかし模式地ではExcelciorとの関係も斜交不整合とされている。
- (5) 化石および層序対比：化石は発見していないが、その構成岩質と上位をCopacabana-Tarma層群が被っていることからBellido,E.B.(1969)の石炭期前期Ambo層群に対比できる。

#### 6-4-4 Copacabana-Tarma 層群

- (1) 分布：Tarma 付近にNW-SE方向に帯状に分布するほかPuerto Yurinaki(プエルトユリナキ)付近のRio Perene(リオペレネ)沿いの低地帯にも地窓として小規模に分布する。
- (2) 構成および岩質：主に灰色ないし暗灰色石灰岩および千枚岩質頁岩よりなるが、Acobamba 付近の石灰岩は層理面が不明瞭な緻密堅硬岩であり、南東延長部は赤色石灰質頁岩が多くなっている。

Rio Perene 付近は層理面の発達した緻密堅硬な石灰岩よりなり一部には強い黄鉄鉱鉄染も認められる。

Tarma 付近には NW—SE 方向の軸を持つ大背斜構造が存在し軸部に一部 Excelclor 層群が分布するほか Copacabana—Tarma 層群が広い範囲を占めている。この大背斜構造の両翼中でも小背斜小向斜のくりかえしが見られる。Acobamba 付近には NW—SE 方向の軸を持つ大向斜構造が存在し、Copacabana—Tarma 層群はその東翼の一部を占め NW—SE 方向に帯状の分布を示す。

(3) 層厚：1900m+

(4) 下位層との関係：下部の Ambo 層群との明瞭な境界面は認めていないが近接した位置において両者の層理面が平行であることと、模式地において両者は平行不整合関係にあるとされていることから、本地区においても平行不整合関係と見るのが妥当であろう。Tarma 付近では先カンブリア紀の変成岩類と接しているが、両者は NW—SE 方向の断層により境されている。

(5) 化石および層序対比：Acobamba 付近に分布する本層群下部の石灰岩層から石炭紀後期の化石が発見されていること、下位の Ambo 層群とは平行不整合関係にあると見られること、上位を二疊紀と見られる Mitu 層群に被われていること、およびその構成岩質から Bellido, E. B. (1969) による Copacabana 層群および Tarma 層群に対比できる。本調査では極めて類似した岩質よりなる両層群を分帯せず一括して記載した、本層群からフズリナ化石を産するが、その種は(筑波大学猪俣久義助教授鑑定) *Fusulinella Peruana* (Mayer) であり、石炭紀中期北米 Pennsylvanian の Upper Atokan Series に対比される。

#### 6-4-5 Mitu 層群

(1) 分布：本地区中央に位置する中間盆地に N—S 方向に帯状に分布するほか、南西部の Tapo 付近にも、NNW—SSE 方向に帯状に分布する。また西部高地斜面の Yaupi (ヤウピ) 部落付近にも花崗岩類上にルーフベンダント状に分布する。

(2) 構成および岩質：礫岩・砂岩・リュウタイトからなり、緑色がかった紫色の火成砕屑岩および火山岩を挟在するところもある。下位は礫岩層の割合が多く砂岩・リュウタイトの薄層をはさんでいる。礫種は花崗岩類・変成岩類・堆積岩類など雑多である。花崗岩類礫には、赤い花崗岩と呼ばれるこの地区の基盤をなす花崗岩礫も含まれている。

中位には砂岩・リュウタイトのほか石灰質礫を含む砂岩薄層が見られる。この石灰礫岩層は San Vicente 鉱山付近に典型的に見られるが、この種の礫層は一層のみであることと水平的にも相当の連続が確認されていることから鏡層となり得る可能性がある。

(3) 層厚：1,300m+

(4) 下位層との関係：化石は発見されていないが上位の Pucara 層群とは平行不整合または弱い斜交不整合の関係にあること、下位の Copacabana—Tarma 層群とも斜交不整合関係にあること、および構成岩質より Bellido, E. B. (1969) の Mitu 層群に対比できる。

#### 6-4-6 Pucara 層群

(1) 分布：地区中央部にN-Sに延びる帯状の分布を示し Río Oxabamba (リオオクサバンバ) 付近で最大巾となっている。このほか南西部 Tarma 付近にも下位の Mitu 層群と接して NNW-SSE 方向に延びる分布が見られる。また西部の花崗岩類にもルーフペンダント状に小規模岩層が分布している。

(2) 構成および岩質：石灰岩・ドロマイト質石灰岩・ドロマイトからなり、時にリュウタイトや砂質石灰岩の砂岩をはさむことがある。

石灰岩・ドロマイトはともに明灰色・暗灰色・黒色など雑多であり、両者の識別は肉眼では容易でないが、塩酸に対する反応により大別は可能である。

Mepard, F. (1968) は東部アンデス模式地において本層群構成岩質と産出化石により3つの累層に分けている。それらは下位より Chambara 累層, Aramachay 累層, Condorsinga (コンドルシンガー) 累層と名づけられている。各々の岩質および構造上の特徴は次の通りである。

##### 1) Chambara 累層

黒色石灰岩を主とし砂岩・リュウタイトを挟む。黒色石灰岩中には、ドロマイトおよびドロマイト質石灰岩を数層はさんでいる。上位の Aramachay 累層との境界付近には石灰質角礫岩も見られる。

本累層は本地区に分布する Pucara 層群の大部分を占めており、San Vicente 鉄床や Pichita Carga 鉄床は本累層中のドロマイト層中に発達している。

##### 2) Aramachay 累層

黒色石灰岩および砂質石灰岩を主とするが岩層の形をなす場合が多く造山帯に由来し盆地に堆積した累層と見られている。本累層は本地区では Tarma 西方にその一部が見られるが、中央部ではその分布は明らかでない。

##### 3) Condorsinga 累層

石灰岩・砂質石灰岩を主とし、リュウタイト・チャート状砂岩をはさむ。本累層は本地区には分布していないと見られる。

(3) 層序：	本地区	模式地
Chambara 累層厚さ	1,200m+	1,500m
Aramachay 累層厚さ	200m+	600m
Condorsinga 累層厚さ	0m	2,900m

(4) 下位層との関係：下位の Mitu 層群とは弱い斜交不整合、ところにより平行不整合関係にある。中央部に分布する Pucara 層群は、Mitu 層群と平行不整合で接していると見られるが Pucara 層群の西に分布する花崗岩類とは斜交不整合または断層により接している。Tarma 西部では

Pucara 層群が弱い斜交不整合関係で Mitu 層群を被っているところが見られる。

(5) 化石および層序対比：本地区に分布する Pucara 層群の時代決定は示準化石が少ないことと、保存が悪いことにより十分には行なわれていない。

本層群上位の Sarayaquillo 累層とは平行不整合関係にある下位の Mitu 層群とも、平行不整合または弱い斜交不整合関係にあること、三疊紀およびジュラ紀の化石が発見されていること、および構成岩質から Bellido, E.B. (1969) の Pucara 層群と対比される。

本地区に分布する Pucara 層群は、これに含まれる化石と構成岩質から Tarma 付近に分布する Pucara 層群の西部が Aramachay 累層に対比されるほかは全て下位の Chambara 累層に対比されるが本調査では分帯していない。

Chambara 累層には二枚貝およびアソモナイトの化石を挟在しているが

二枚貝は (鑑定：熊本大学 田村 実教授)

*Bivalve Gen & Sp.*

*Pectinid? Gen & Sp.*

*Schafhautlia astartiformis munster*

*Petria* *cfr. obtusa* (Bittner)

*Petria* *cfr. Cassiana* (Bittner)

を産する。

これらの化石は三疊紀またはジュラ紀、どの世に相当するか決定できるようなものではないが既存資料およびヨーロッパに産する類以種との比較により Ladinic ~ Carnic のものと見られる。

アソモナイトは (鑑定：筑波大学 佐藤 正教授)

*Psiloceras* *SP.* を産出する。

このアソモナイトの時代は下部ジュラ紀 Hettangian 下部と見られる。

#### 6-4-7 Sarayaquillo 累層

(1) 分布：地区の中央部から東部を流れる Rio Perene の流域付近から Paucartambo (パウカルタンボ) にかけて比較的広く分布する。このなか Raymondí (ライモンデ) 付近, Oxapampa 東方 Rio Chacos (リオチャコス) 付近など小範囲の分布が見られる。

(2) 構成および岩質：3つの部層より構成され、それらを便宜上、下位より下部層・中部層・上部層と称する。

1) 下部層：本累層の基底礫岩層であり Rio Perene の東部および Rio Chacos 付近などにおいて観察できる。

花崗岩類の亜角礫を主とし、花崗岩類や石灰岩よりなる淡～濃紫色の粘土サイズのものを含む砕屑物によって膠結されている。層厚および構造の詳細は不明であるが、Rio Perene における本部層は層厚 100 m を越えず緩い小褶曲をくり返し連続性に乏しい。

2) 中部層：Rio Perene～PaucartamboおよびRaymondi付近に優勢に発達する。岩質は赤褐色～赤紫色のリュートライト、頁岩と赤色の細～中粒石灰質砂岩の互層よりなるが全体的にはリュートライトが多い。本部層中の赤色リュートライトおよび赤色砂岩中には石膏細脈が著しく発達しており、Sarayaquillo累層の最大の特徴となっている。

3) 上部層：白色～淡赤色の細粒砂岩よりPaucartambo付近においてよく観察できる。

(3) 層厚：1,000 m+

(4) 下位層との関係：下位のPucara層群とは平行不整合関係にある。

(5) 化石および層序対比：化石は産出しないがPucara層群の上位に平行不整合関係で発達すること、および構成岩質よりBellido, E.B. (1969)のSarayaquillo累層に対比される。

#### 6-4-8 Oriente層群

(1) 分布：Oxapampa東方、Rio PereneのSarayaquillo累層、分布地周辺、Iscozacán（イスコサッシン）東方のサブアンデス山脈およびRaymondi付近に広く分布する。

(2) 構成および岩質：赤色～淡赤色～白色の石英質砂岩を主体とし、部分的に赤色～緑色のリュートライトや赤色石英質細粒礫岩等を挟在する。

(3) 層厚：1,000 m+

(4) 下位層との関係：下位のSarayaquillo累層とは整合関係にある。

(5) 化石および層序対比：本層群の砂岩中より*Rhynchonellidae*（腕足類）（鑑定：熊本大学田村 実教授）が産出するが、時代決定の根拠にはならない。

本層群はジュラ紀のSarayaquillo累層の上位に整合関係で発達することと石英質砂岩を主とする構成岩質からOriente層群に対比される。特に下部は白色～淡赤色の脆弱な粗粒砂岩よりなり、Oriente層群の下位累層であるCushabatay（クツヤバタイ）累層に相当するものと解される。

#### 6-4-9 Chonta層群

(1) 分布：地区北部のRio Pozuzo（リオポズソ）流域からVilla Rica（ビリア リカ）付近を通り東部のRio Perene北部にかけて広範囲に分布するほか、北東部のサブアンデス山脈にも分布する。さらにRaymondi西方にも小範囲の分布が見られる。

(2) 構成および岩質：本地区の本層群は3つの累層から構成されるがそれを便宜上、下位より下部累層・中部累層・上部累層に区分する。これらの累層は下記のような明瞭な岩質上の特徴をもつ。

1) 下部累層：主に赤色のリュートライトよりなるが、白色の石英質砂岩や灰色質岩を挟在しまれに安山岩岩床を伴う。

2) 中部累層：明灰色～暗灰色の剝離性に富む石灰岩を主体とする均質な岩相を産するが、まれに白色石英質砂岩の薄層を挟在する。

Rio Pozuzo 流域一帯と Rio Iscozacin 上流に分布するが Rio Pozuzo 流域では Pucara 層群と断層関係で接し、Rio Iscozacin 上流ではドーム構造を示しており石油資源探査が行なわれたことがある。

3) 上部累層：赤色～赤褐色のリュートイトおよび細粒～中粒砂岩からなり、一部に白色石英質砂岩を伴うが量的には赤色リュートイトが多い。

上記の3つの累層より構成される本層群は、Paucartambo から Villa Rica を通り、Rio Vocas (リオポカス) に至る自動車道に沿って下部累層まで連続して観察できる。中部累層と上部累層との境界は風化侵蝕に対する抵抗度の差により地形に明瞭に表われている。

(3) 層厚：1,900 m+

(4) 下位層との関係：下位の Oriente 層群とは整合関係にある。

(5) 化石および層序対比：中部累層の石灰岩より上部白亜系に含まれる二枚貝化石 *Anomia Argentaria* (鑑定：熊本大学 田村 実教授) を発見したことから構成岩質によりペルー全土に広く分布する Chonta 層群に対比される。

#### 6-4-10 Lourdes 累層

(1) 分布：San Vicente 欽山北方から San Ramón 西方を通り Paucartambo 西方にかけて中2～4 km をもって帯状に細長い分布するほか Lourdes 部落にも分布する。

(2) 構成および岩質：中礫～大礫サイズの礫岩・粗粒アルコース砂岩および灰色泥岩よりなる。礫種は花崗岩類、安山岩、石灰岩、変成岩類など基盤の全ての岩石よりなり、基質は固結度の弱い花崗岩質砂よりなる。粗粒アルコース砂岩は礫岩中レンズ状に存在することが多い。

本累層は部分的に急傾斜をなす褶曲構造も見られるが、全体には比較的緩傾斜の褶曲構造が発達する。

(3) 層厚：400 m+

(4) 下位層との関係：下位の中生代堆積岩類とは不整合関係にある。

(5) 化石および層序対比：泥岩中に植物化石 *Dicotyledon* (鑑定：国立科学博物館古生物研究部) を産するが、時代決定の根拠にはならない。しかし中生代堆積岩類と不整合関係にあること、その岩石固結度および包有礫種などから、第三紀前期～中期の堆積岩と見られる。

従来累層名が与えられていない本累層は今回の調査により、その分布が明らかとなったので、模式地の Lourdes 部落名をとり Lourdes 累層と称することにした。

尙第1巻第1年次報告書では本累層は岩質の類似性により Paracas 累層と仮称していた。

#### 6-4-11 Contamana 層群

(1) 分布：地区北東部のサブアンデス山脈付近低地帯に広く分布する。

(2) 構成および岩質：アンデス山脈東側の広大な盆地に堆積したモラッセ堆積物よりなり、本地区において本層群は大きく2層に分けることができる。下部層はリュートイトを主とし砂岩・泥

岩をはさみ全体に暗赤色を呈する。下部層の下部は時に緑色または黄色を示すことがあり、上部は灰色や紫色を呈する砂岩・泥岩を主としラミナのよく発達したリュータイトを挟む。

また一部に灰色〜クリーム色の石灰岩薄層を挟んでいる。上部層はリュータイト、砂岩を主とし、泥岩をはさむか下部は全体に赤色または紫色を呈し、上部は栗色を呈する。

(3) 厚層：1,400m+

(4) 下位層との関係：下位のChonta層群とは平行不整合または弱い斜交不整合関係にあると見られるが、明確ではない。

(5) 化石および層序対比：岩石中の花粉分析結果により本層群は第三紀堆積岩であることは明らかとなった。

このような花粉分析結果と下部層が“赤色層”上部層が“栗色層”と呼ばれ、この間に石灰質岩層をはさんでいるなど岩相的特徴から Bellido, E.B. (1969) の記載した調査地区北方の Contamana を模式地とする。Contamana 層群に対比される。

#### 6-4-12 第四紀堆積層

Rio Perene や Rio Santa Cruz (リオサンタクルス) 等の大河川地域には大盆地や段丘が多く発達する。これらを構成する堆積層は河川成および湖成であり、礫・砂・粘土からなり水平堆積している。

河川段丘は San Ramon 付近で3段になっており、段丘面は最上位のものがゆるく傾斜するほかはほとんど水平である。山地からこれらの大河川への傾斜面には大規模な崖錐堆積層が見られる。



## 第7章 A・B地区の地質構造および地史

### 7-1 褶曲構造 (PL, AB-3)

本地区の主要褶曲軸・断層走向・大規模貫入岩類の伸長方向・火山岩類の分布など広域的構造は全てNNW-SSE方向を示している。これらの広域的構造をもたらした古生代・中生代および新生代に起った数回の造山運動およびこれにともなうマグマ活動はすべてNEE-SWW方向の横圧力により発生したものと考えられる。

南西部に分布する変成岩類および堆積岩類は背斜と向斜がくり返す構造帯の一部を占めており大構造はNW-SE方向を示している。Tarma付近ではNW-SE方向を軸とする複合同斜が東側に、また同方向の軸を持つ複合背斜が西側に見られ、これが組合さって先カンブリア紀から古生代前期にわたる変成岩および堆積岩類が帯状に分布している。西部高地に分布する溶岩や凝灰角礫岩などからなる火山岩類はNNW-SSE方向に点在しており、その分布はNNW-SSE方向の花崗岩類深部に達する構造線に支配されていると見られる。

中央部に分布する先カンブリア紀変成岩類および古生代から中生代中期におよぶ堆積岩類にはNNW-SSE方向の背斜構造と向斜構造が多く発達するがPucara層群内西部の大向斜構造と東部の大背斜構造が全体の構造を支配している。

これらの褶曲軸面の傾斜は垂直に近いものが多い。

これらの大向斜構造および大背斜構造の北部延長にはNNW-SSE方向に延びる酸性の斑岩類および火山岩類が分布する。

東部に分布する中生代中期から新生代にわたるモラッセ質の堆積岩類も緩い背斜構造と向斜構造をくり返しているが全体にはNNW-SSE方向の軸を持つ西側の向斜構造と東側の背斜構造に支配されている。これらの向斜構造および背斜構造の両翼の傾斜はゆるく向斜軸部には盆状構造も見られる。これらの向斜軸および背斜軸付近には主として中性の斑岩類および火山岩類が岩株および岩脈として貫入している。

北東部に分布する中生代後期から新生代にわたる堆積岩類の傾斜はサブアンデス山脈稜線に位置するNNW-SSE方向の軸を持つ大背斜構造付近がやゝ急傾斜であるほか全体にはW又はEへ緩い傾斜を示し、ドーム構造や盆状構造も見られる。

### 7-2 断層構造

本地区の主要断層はENE-WSW方向の横圧力に関係し生じた走向NNW-SSE系でW傾斜の衝上断層およびWNW-ESE系とNNE-SSW系の急傾斜断層のいずれかである。

このうち衝上断層は顕著に発達し、主なものは中央部Pucara層群とこれに載り上げた花崗岩類との境界および北部のOriente層群とこれに載り上げたMitú層群との境界、さらに北東部の

Contamana 層群とこれに載り上げた Chonla 層群との境界に見られる。これらの衝上断層はいずれも走向 NNW - SSE 系の衝上断面でありほぼ等間隔に位置している。

これらの衝上断層を切る走向 WNW - ESE 系および NNE - SSW 系の高角断層は普遍的に見られるが大規模なものは少ない。これらの高角断層は San Vicente 鉄床付近にも多く見られ鉄床を転位させていることが多い。

南西部には走向 NW - SE 系の急傾斜の大断層が発達し、地壘および地溝を形成している。

西部高地にはジュラ紀の閃緑岩類が岩株として貫入しているほか新第三紀の火山岩類が散在するがいずれも NNW - SSE 方向に点在することからこれらの斑岩類および火山岩類の貫入や噴出はこの方向の深部に達する構造線に支配されたと見られる。中央部に分布する古第三紀の斑岩類や火山岩類もパナリスは NNW - SSE に延びる分布を示し岩株も NNW - SSE 方向に点在することからこれらの貫入や噴出を規制した深部に達する構造線の存在が推定される。

### 7-3 地 史

本地区には先カンブリア紀の変成岩類、デボン紀から第三紀にいたる間断続して堆積した堆積岩類、古生代中生代および新生代に貫入した火成岩類など多岐にわたる岩種が分布する。変成岩類は先カンブリア紀の造山運動の過程で形成されたと考えられているが古生代前期の堆積作用および造山運動の過程で形成されたとの見方もある。ペルー南部では同種の変成岩類中に赤色花崗岩を伴うところがあり、この花崗岩の年代測定による年令は 460 m.y. \* と報告されている。古生代中期には現在のアンデス山脈と平行してブラジル楯状地西端に発達した地向斜帯にフリッシュ型の砂岩頁岩よりなる Excelcior 層群が堆積した。その後、弱い地殻変動があり Excelcior 層群は弱い変成作用や褶曲作用を受けた。古生代後期にはリュータイトを含む砂岩頁岩よりなる Ambo 層群が堆積し引続く海進時期には化石を含む石灰岩や頁岩を主とする Tarma-Copacabana 層群が広範囲に堆積した。この海成堆積作用は二疊紀中頃の造山運動の活発化とともに終了した。この造山運動に伴うマグマ活動は二疊紀から三疊紀にかけて活発となり本地区の基盤の大部分をなす花崗岩類が貫入した。これらの花崗岩類のうち初期には西部にカリ長石の少ないいわゆる“白い花崗岩”が貫入し後期は次第にカリ長石の多い“赤い花崗岩”が多く貫入位置も東部へ移っている。同時期に貫入した玢岩や安山岩が岩脈としてこれらの花崗岩類の一部を切って貫入している。この時期の造山運動とマグマ活動によりこれらの岩層は山脈などを構成する。すでに貫入していた花崗岩類やこれより古い変成岩類、堆積岩類は剝離され盆地などの陥没地に礫岩を主とするモラッセ型の Mitu 層群が形成された。三疊紀後期には本地区には再び地向斜が形成され石灰岩・ドロマイトを主とし、リュータイトを伴う Pucara 層群が堆積した。

\* Bellido, E.B. (1969) による。

ジュラ紀中期には本地区の一部で再び造山運動が活発化し、マグマ活動も活発化した。この時期のマグマ活動に関係し西部高地などに岩株状の中性貫入岩類が貫入した。

この造山運動とマグマ活動により生じた山脈は削割され礫岩・砂岩・リュータイトよりなる Sarayaquillo 累層が形成された。ジュラ紀後期には沈降期となり海侵が始まり白亜紀前期に砂岩を主とする Oriente 層群に引続き白亜紀中期ないし後期には比較的深海性の石灰岩を含む Chonta 層群が堆積した。白亜紀後期から第三紀前期にはアンデス造山運動の第一期活動が活発となり第三紀前期には中性質の斑岩類および火山岩類が貫入し、マグマ活動の進化にともない第三紀中期には酸性質の斑岩類および火山岩類が優勢となった。この造山運動とマグマ活動により生じた山脈などは削割され礫岩、砂岩、泥岩、リュータイトよりなる Contamana 層群が形成された。同時に山間盆地には湖成や河川成の礫岩・砂岩を主とする Lourdes 累層が形成された。これら砕屑岩類の堆積は第三紀中期のアンデス造山運動の第二期活動が活発化とともに終了した。この第二期活動に伴うマグマ活動は西部高地の構造的弱線を中心に火山岩類の噴出をもたらした。アンデス造山運動の第二期活動とともに始まった急速な侵食作用は現在まで引続いている。

## 第8章 A・B地区の金属鉱床

### 8-1 金属鉱床の概要 (PL, AB-8)

A・B地区には多くの金属鉱床が知られているが、1~2の鉱床を除きほとんど地質的検討はなされていない。

A・B地区の金属鉱床はその成因と鉱種により、次のように区分出来る。

- (1) 中生代前期のPucara層群中に胚胎する層状の鉛・亜鉛鉱床
- (2) Pucara層群の炭酸塩岩と貫入岩の接触部に形成された銅・鉛・亜鉛接触交代鉱床
- (3) 西部に発達する金・銀・銅・鉛・亜鉛の裂か充填鉱床
- (4) 先カンゴリア紀の変成岩類中に挟在する塩基性岩中のクロム・コバルト・ニッケル脈状鉱床

これらの鉱床区分のほかMitu層群の基底礫岩中に発達する放射性鉱物(ウラン鉱物)よりなる鉱床や成因不明の二酸化マンガン鉱床が知られている。

今回はこれらの鉱床のうち現在稼行中または比較的最近稼行した次の5鉱床について調査した。

- San Vicente 鉱床……層状の鉛・亜鉛鉱床
- Pichita Carga 鉱床…… " "
- Santos 鉱床……銅・鉛・亜鉛接触交代鉱床
- Soldad 鉱床…… " " "
- La Olvidada 鉱床……銅の裂か充填鉱床

### 8-2 San Vicente 鉱床 (Fig. 5)

鉱床はPucara層群のドロマイト層と平行に層状に分布しており成因的にはその形態と鉱物組成からみて従来下記の2つの可能性が考えられていた

- (1) Pucara層群の炭酸塩岩が遠マグマ性の熱水溶液により交代された、いわゆる低熱水性交代鉱床。
- (2) Pucara層群の堆積時に金属イオンが嫌気性バクテリアの働きにより分解され運ばれて出来た堆積性鉱床。

今回の調査はSan Vicente 鉱床に代表される層状鉛・亜鉛鉱床の成因と鉱床の胚胎の場を規制した要因の解明に重点を置いた。

この問題の解明を目的として次の調査検討を行なった。

- (1) 主要鉱床付近の地質構造調査。
- (2) 鉱床母岩中の変質鉱物の検討。
- (3) 主要鉱床付近での地化学探査適用性の検討。

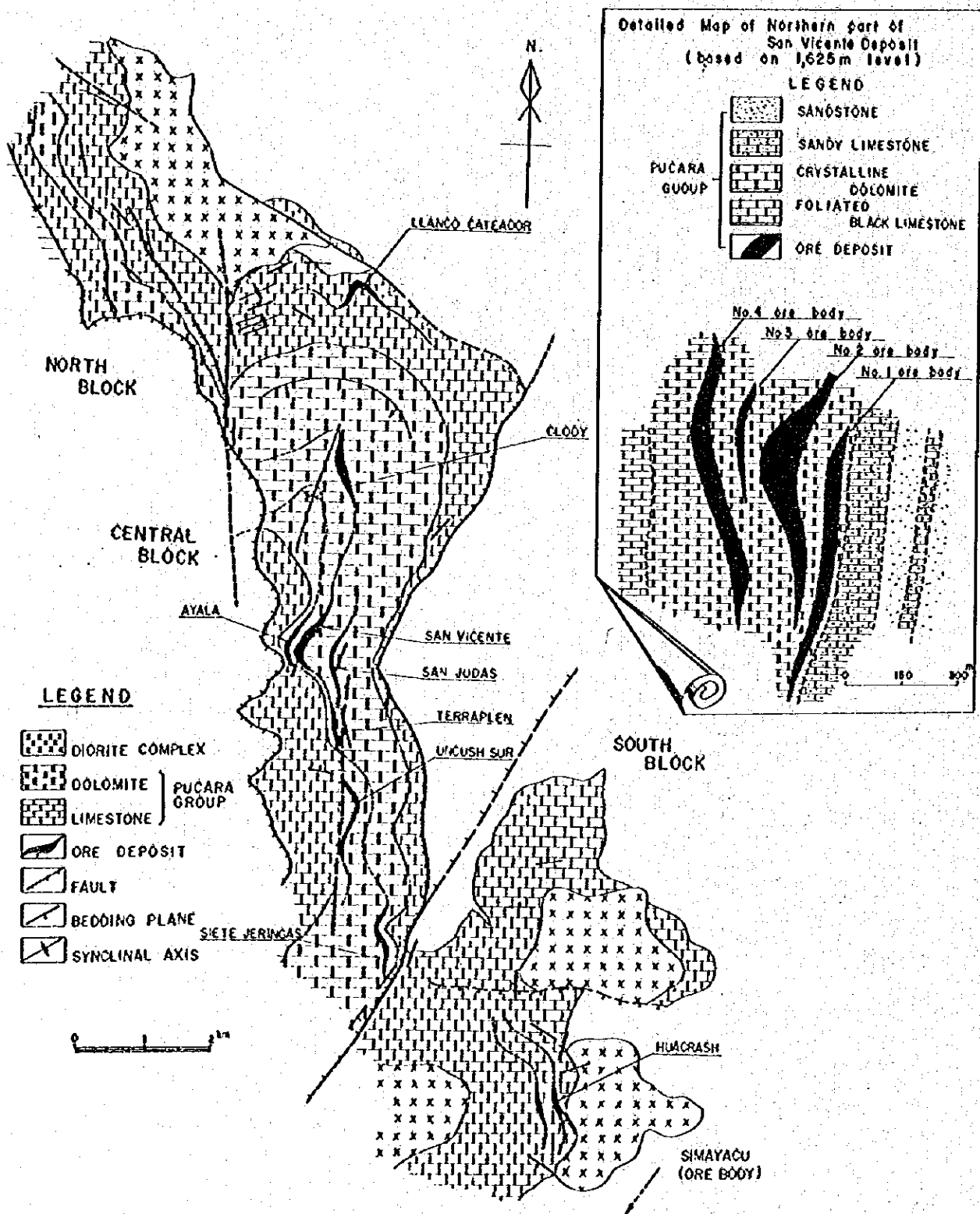


Fig. 5 Geological Map of the San Vicente Mine

(4) 鉛石鉛物の顕微鏡観察による鉛石鉛物組成検討。

(5) 鉛床母岩中の流体包有物、充填温度測定による鉛床生成温度の検討。

これらの調査検討のうち(1)についてはすでに第1巻(第1年次)で報告した通り主要鉛床はドロマイト層中に胚胎し、しかし縞状ドロマイト(セブラドロマイト)や角礫状ドロマイトが発達する構造的擾乱帯付近で大規模になっている。またドロマイト層より下位の石灰岩層中に胚胎する鉛・亜鉛鉛床はいずれも閃緑岩類岩株近くに位置する。ドロマイト層中の鉛床は細粒塊状の閃亜鉛鉛を主とするが閃緑岩株に近い石灰岩中の鉛床はやゝ粗粒の閃亜鉛鉛よりなり方鉛鉛・黄銅鉛を多く含む部分や塊状閃亜鉛鉛を切る方鉛鉛・方解石脈も多く見られる。

(2)についてもすでに第1巻(第1年次)で報告している通りX線回折の結果では主要鉛床付近では鉛化作用によりもたらされたと思われる変質鉛物は見出されていない。一方閃緑岩類岩株付近の炭酸塩岩中には一部これらの岩株と関連する変質作用にともなうと思われる変質鉛物が認められる事。またX線回折により主要鉛床はドロマイト層のうち特にドロマイト分の高い部分に賦存する傾向が認められた。

(3)についてもすでに第1巻(第1年次)において土壤を対象とする地化探について下記結論を報告している。土壤中の亜鉛濃度は層状鉛・亜鉛鉛床が分布する区域で特に高くこれらの鉛床を胚胎するドロマイト層もそれ以外の地層に比較し高くなっている。鉛濃度は層状鉛・亜鉛鉛床に直接する部分で特に高くこれより離れると濃度は急激に低下する。銅濃度は斑状貫入岩の分布する範囲で高くなっている。

今回実施した鉛床付近の炭酸塩岩中の微量成分(Zn, S)と鉛化作用との関係についての検討結果は下記の通りである。(Fig.6, Table 17)

① 炭酸塩岩中のZn濃度はSiete Jeringas鉛床とLlanco Cateador鉛床付近で高いほかドロマイト層でやゝ高い傾向が認められる。

② S濃度はSiete Teringas鉛床付近で特に高くなっているが、その他の区域はほとんど差がない。

③ ZnとSの比率(S ppm ÷ Zn ppm)は既知鉛床である。San Vicente鉛床・San Tudas鉛床・Siete Jeringas鉛床付近が特に高くこれらの鉛床を胚胎するドロマイト層も高い傾向が認められる。

④ 分析に供した炭酸塩岩はX線回折を行なった試料と同一試料でありX線回折結果との対比検討も行なったがSan Vicente鉛床やSan Tudas鉛床に接する部分ではZn, Sも高く、鉛床からやゝ離れたdolomite中では外側の石灰岩よりもZn・Sとも低くなっている傾向が一部に認められる。

上記の結果から抽出された鉛化帯に対する調査の段階では炭酸塩岩中の微量成分の検討は極めて有効な探査手段であることが判明した。

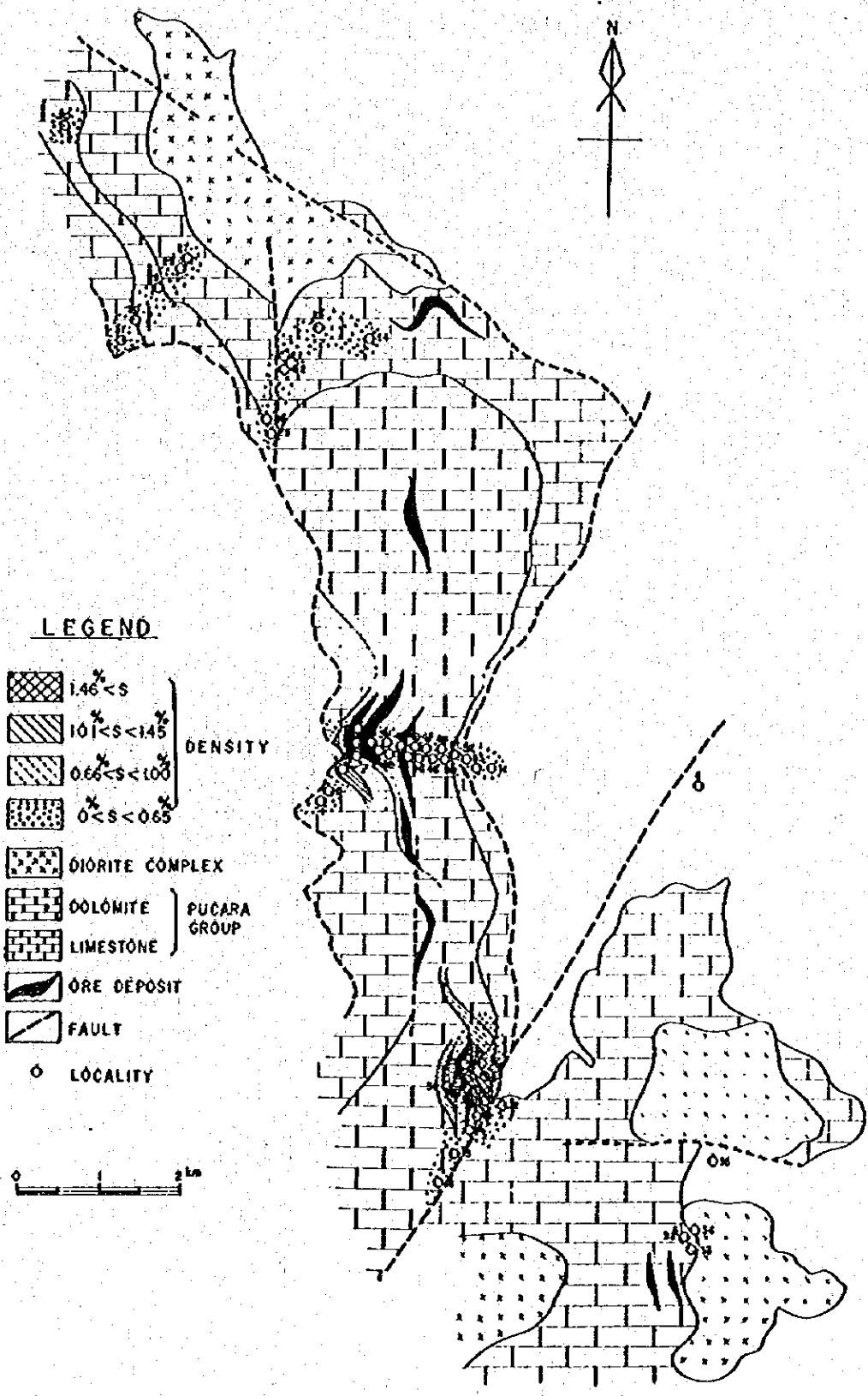


Fig.6A Contoured Map of S-Element In Carbonate Rocks

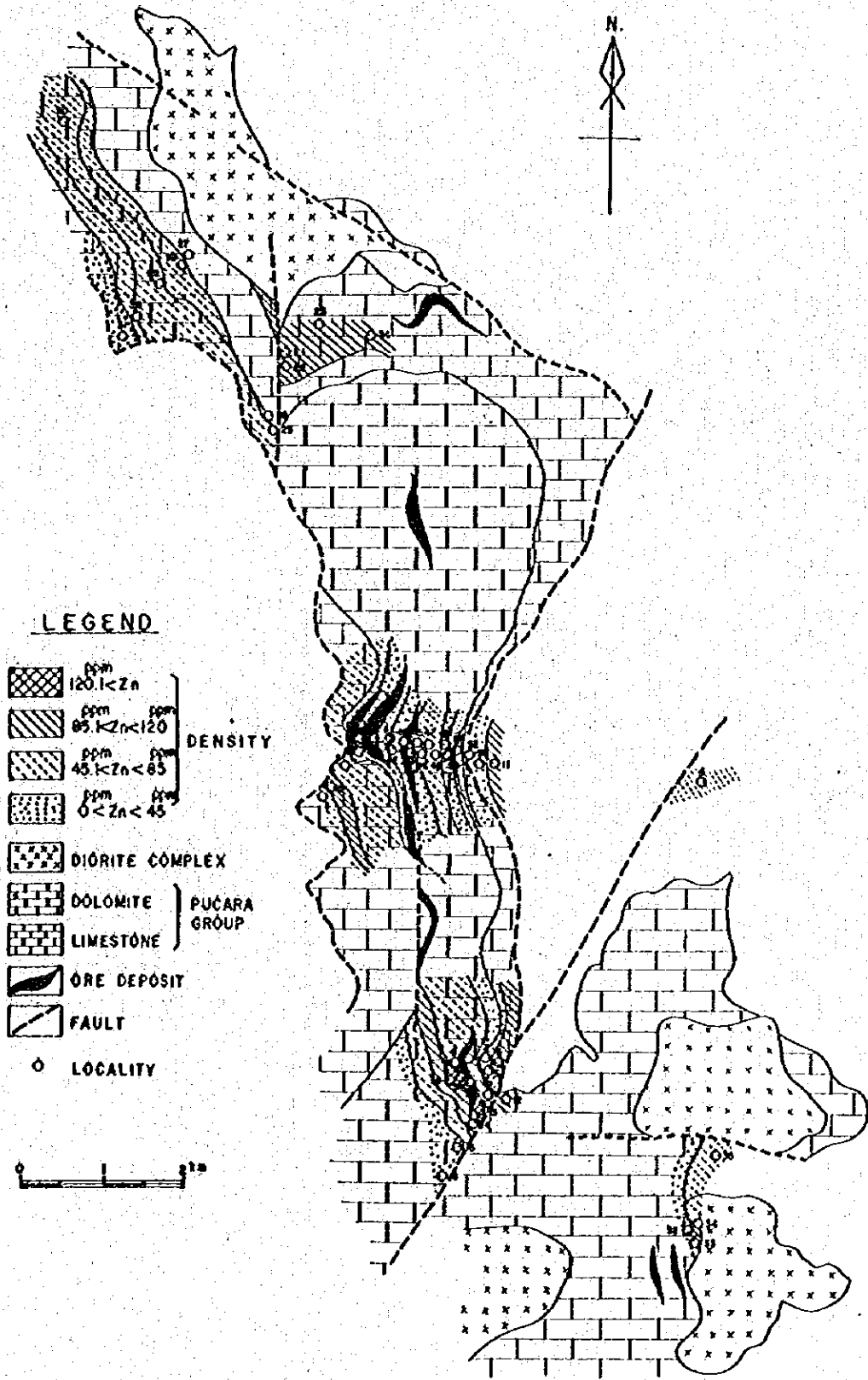


Fig.6B Contoured Map of Zn-Element in Carbonate Rocks



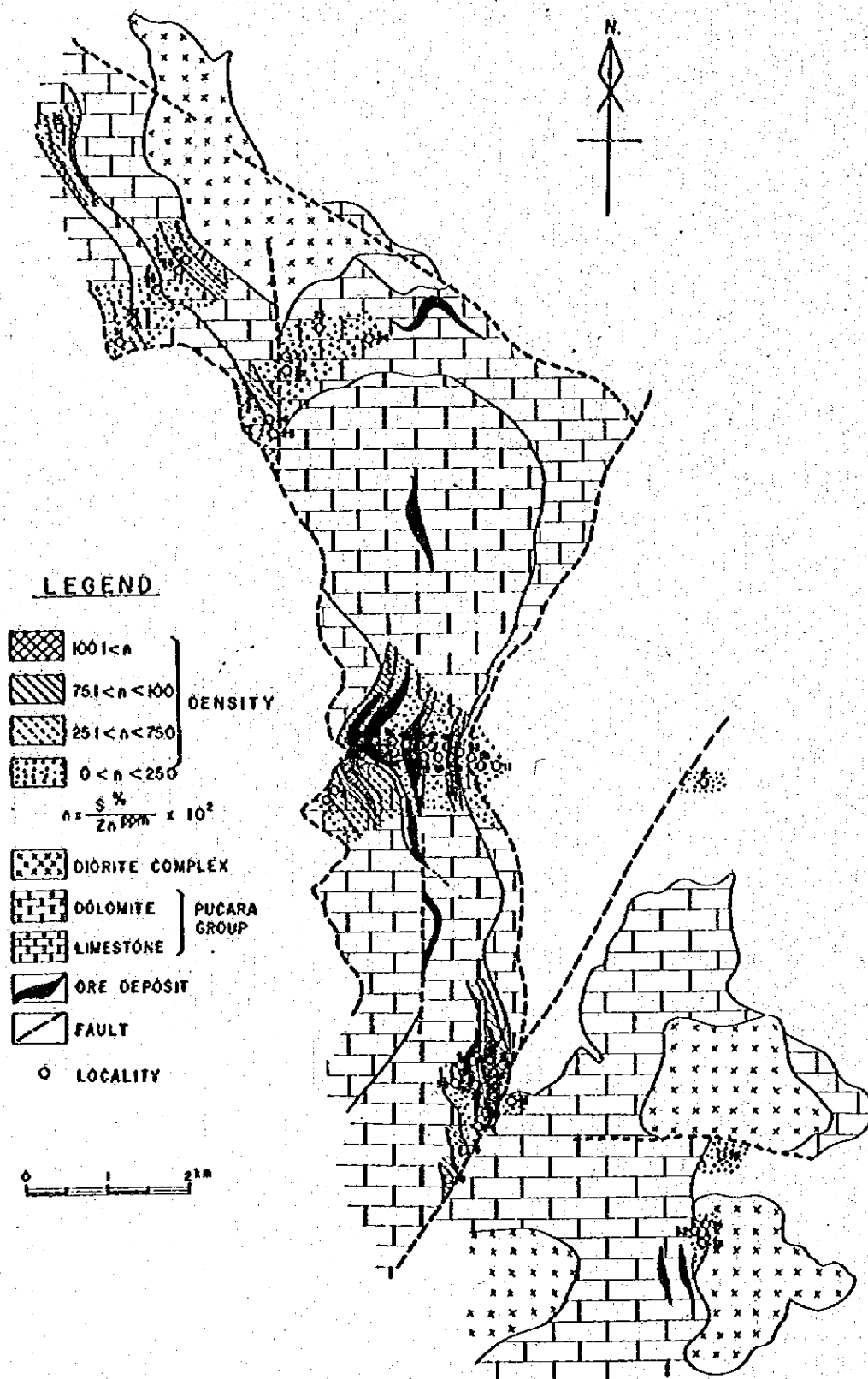


Fig.6C Contoured Map of  $S/Zn$  In Carbonate Rocks

(4)の鈳石鈳物の顕微鏡観察による鈳石鈳物組成検討結果は次の通りである。

(a) 現在稼行中の San Vicente 本鈳体は San Vicente 鈳床群の中央に位置している。この鈳床の鈳石の特徴は次の通りである。

- ① 鈳石鈳物は細粒の閃亜鉛鈳を主とし、方鉛鈳、黄銅鈳などの含有量は極めて少ない。
- ② 閃亜鉛鈳中に難溶黄銅鈳細粒が認められ難溶黄銅鈳細粒は閃亜鉛鈳が結晶面沿いに並んでいる場合もある。
- ③ 閃亜鉛鈳の Fe 含有量は一般に小さく X線粉末回折法による分析結果では FeS 592 と 541 mol % が得られた。この結果から推察すると閃亜鉛鈳の生成温度は相当低いと解される。
- ④ 黄鉄鈳は閃亜鉛鈳や脈石中で見られるがその形態から閃亜鉛鈳の鈳化作用より後に形成されたと解される。

(b) San Vicente 鈳床群の南端に近い閃緑岩類岩株に隣接する Siete Teringas 鈳体の鈳石の特徴は次の通りである。

- ① 鈳石鈳物はやゝ粗粒の閃亜鉛鈳を主とし部分的に多くの方鉛鈳を含んでいる。
- ② 閃亜鉛鈳にはその形態からみて2回の鈳化時期があったと推察される。第一回目の鈳化時期は方鉛鈳やその他の鈳物と同時期のものであり第二回目の鈳化時期は第一回目の鈳化時期に形成された硫化鈳物を切る閃亜鉛鈳の細脈として示されている。
- ③ 閃亜鉛鈳の Fe 含有量は San Vicente 本鈳体に比較してやゝ大きく FeS mol 68 % となっており閃亜鉛鈳の生成温度は San Vicente 本鈳体に比較し高いと推察できる。
- ④ 黄鉄鈳の細粒のものも認められるがその形態から見て閃亜鉛鈳より後の時期の鈳化作用に由来すると解される。

(c) San Vicente 鈳床群の北端に近い閃緑岩類岩株に隣接する Llanco Cateador 鈳体の鈳石は Siete Teringas とほとんど同じ性質を示す。San Vicente 本鈳体と Siete Teringas 鈳体の中間に位置する Uncush Sur 鈳体の鈳石は両者の中間の性質を示す。

(5) 鈳床母岩中の流体包有物充填温度測定による鈳床生成温度については検討結果は次の通りである。

(a) 測定試料は San Vicente 本鈳体 (3コ) のなか Siete Teringas 鈳体 (1コ) および Uncush Sur 鈳体 (1コ) から採取した。

(b) いずれの試料についても閃亜鉛鈳およびドロマイト中の流体包有物は微小であり、ほとんどの包有物が 10 μm 以下である。全般的充填度 (液相容積 / 包有物容積) が大きく目測では 0.95 程度と判定される。このことから充填温度はかなり低いことが予想される。しかし包有物の大きさが極めて小さいので実測されたデータは極めて少ない。また閃亜鉛鈳中の流体包有物は閃亜鉛鈳の屈折率が大きいために観察しにくく充填温度の測定出来たものはない。測定値はすべてドロマイトの包有物の値である。

(c) 測定結果は Table 14 に示す通りであるがこのデータから考えてみると、ドロマイト中の流体包有物の充填温度はほぼ  $70^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$  の間にあるものと推定される。1例だけ  $221^{\circ}\text{C}$  の値があるがこれは内容物の漏出により高い値を示したものか、付近に貫入している閃緑岩類岩株に関係するのかわからずでない。

閃亜鉛鉱中の流体包有物の充填温度はその充填度から推定するとドロマイト中のものと著しい相違はないものと見られる。

(d) 上記の温度範囲はこれまで報告されている、いわゆる Mississippi Valley 型鉛・亜鉛鉱床の値によく似ている。但し塩濃度のデータがないので結論とすることは控えたい。

(e) Mississippi Valley 型では充填温度  $75^{\circ}\text{C} \sim 130^{\circ}\text{C}$  塩濃度  $20 \sim 23 \text{ wt}\%$  の流体包有物が多い。

(f) San Vicente 鉱床の成因については未だ断定出来るデータを得ていないが鉱床の形態、母岩の変質鉱石鉱物組成、流体包有物の充填温度から判断して極めて低温の条件下で形成された鉱床であり、それらの諸性質はいわゆる Mississippi Valley 型鉛・亜鉛鉱床に極めてよく似ている。しかし閃亜鉛鉱中に離溶、黄銅鉱の細粒が認められることや閃亜鉛鉱の塊状鉱を切る閃亜鉛鉱細脈が普遍的に見られることから鉱床形成後の続成作用やアンデス造山運動により鉱石の再編成や移動を無視することはできない。

また Pucara 層群を切る中性質の閃緑岩類岩株に近い位置に分布する Siete Teringas 鉱体や Llancó Cateador 鉱床は鉱質・流体包有物の充填温度の母岩の変質からみて、これらの岩株に関係する鉱化作用の重複も考えられる。

### 8-3 Pichita Carga 鉱床

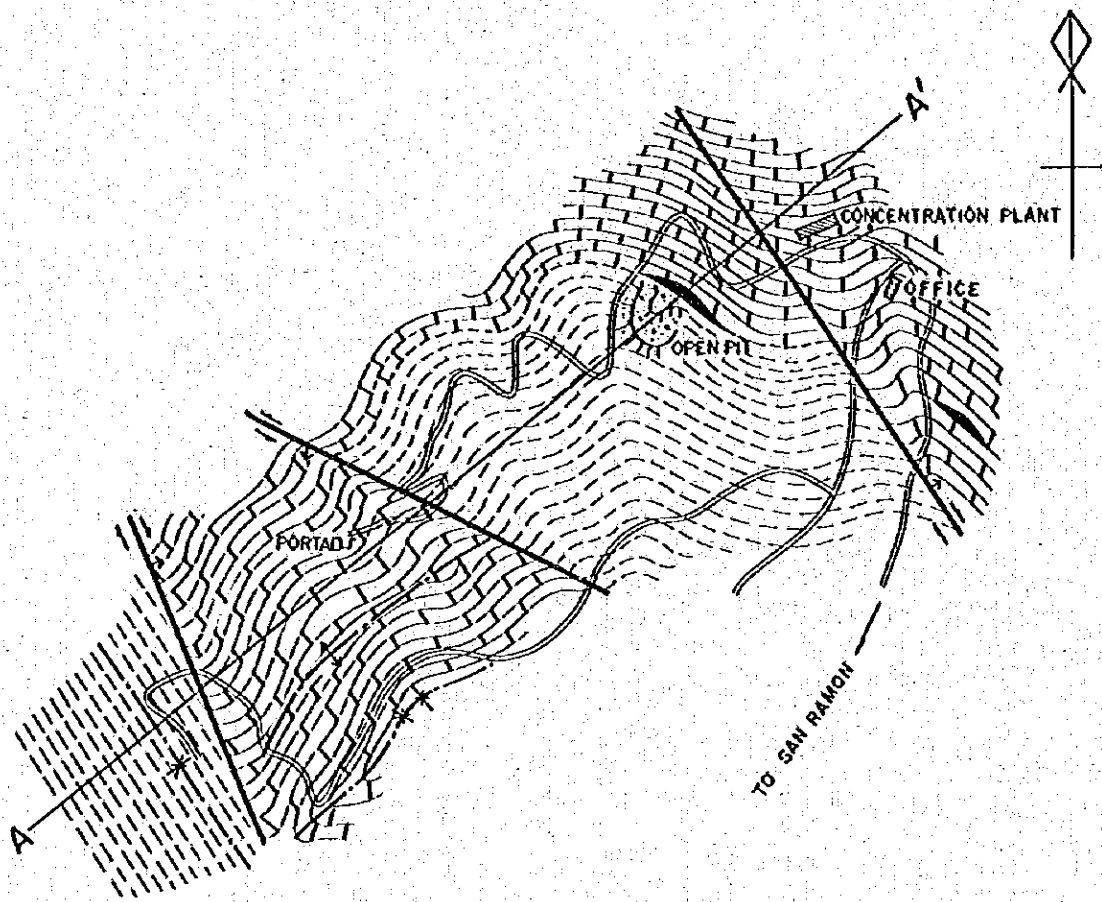
#### (1) 位置・交通

San Ramon の北西直距離約  $8 \text{ km}$  の海拔  $2040 \text{ m}$  の山頂近くに位置する。交通は San Ramon から Tarma へ通ずる国道を經由し北へ分岐する鉱山道路沿いに  $20 \text{ km}$  で Pichita Carga 鉱床に達する。鉱山道路は休山後 6 年を経ており路面状況は極めて悪い。鉱床は主として露天堀により採掘され浮遊選鉱後精鉱を売鉱していたが主要鉱床の採掘終了とともに 1969 年頃休山した。

#### (2) 地質・鉱床

##### ① 地 質

鉱床付近には Pucara 層群の石灰岩およびドロマイトと Mitu 層群のリュートイトおよび礫岩が広く分布する (Fig. 7)。Pucara 層群と下位の Mitu 層群は NW-SE 方向を軸として緩やかな褶曲をくり返している。鉱床付近には NW-SE 方向の裂かも発達しており、この断層を境に地層のブロック状の落込みが認められる。鉱床の北西方  $4 \text{ km}$  にはジュラ紀中期に貫入



A ——— A'



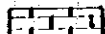
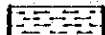




- INDEX**
-  DOLOMITE & DOLOMITIC LIMESTONE (PUCARA G.)
  -  LUTITE & SANDSTONE (MITU G.)
  -  ORE DEPOSIT
  -  FAULT
  -  ANTICLINAL FOLDING AXIS
  -  SYNCLINAL FOLDING AXIS

Fig. 7 Idealized Geological Map of the Pichita Carga Mine

したと見られる閃緑岩類岩株が存在する。

## ② 鉱床

鉱床はドロマイトまたはドロマイト質石灰岩中に胚胎しており主要鉱床はMitu層群のリュータイト直上のドロマイト質石灰岩中に胚胎する。この鉱床は露天堀採掘されており貯鉱には角礫状の鉱石が多く認められる。採掘跡から見て鉱床は地層面に整合に分布していると思われる。鉱石鉱物は比較的粗粒の閃亜鉛鉱を主とするがSan Vicente鉱床に比較し方鉛鉱・黄銅鉱・黄鉄鉱が著しく多い。鏡下では緑色のliveingite( $5\text{Pb}\cdot\text{S}\cdot 4\text{As}\cdot\text{S}_2$ )と類似の鉱物も認められたがX線蛍光分析ではこの鉱物はPb, Bi, Asのほか少量のFe, Cu, Znを含んでいることが判明した。鉱床の成因はその形態と鉱質から見てSan Vicente鉱床と同じくMississippi Valley型鉛・亜鉛鉱床に極めてよく似ているが、San Vicente鉱床のSiete Jeringas鉱体やLlancó Cateador鉱体と同じく後期の閃緑岩類に関連する欽化作用の重複が考えられる。

## ③ 鉱質・規模・品位

鉱石鉱物は閃亜鉛鉱・方鉛鉱を主とし黄銅鉱・黄鉄鉱を伴う緻密複雑鉱であり地表付近には白鉛鉱、カラミンなど酸化鉱も多い。規模は主要鉱体は露天堀跡の規模から推定して20万t程度(延長200m × 巾75m × 厚さ5m × 比重3.0)である。この他の鉱床は一部坑道採鉱が行なわれているのみで鉱況は明らかでない。

品位は貯鉱などから推定すると鉛5%亜鉛15%程度である。

## 8-4 Santos 鉱床

### (1) 位置・交通

San Ramonの東方直距離約3.5kmの海拔1,200mの山岳斜面に位置する。San Ramonから鉱床までは地方道と鉱山道路により約12kmで達する。本鉱床は1974年に開発し自動車道路など建設後1976年から操業に着手し当初は露頭部を小規模に採掘していたが調査当時はこの露頭下部に対し錮押採鉱を行っていた。開山以来採掘した鉱石は約500tであり手選後HuancayoのMantaro選鉱場に売鉱している。

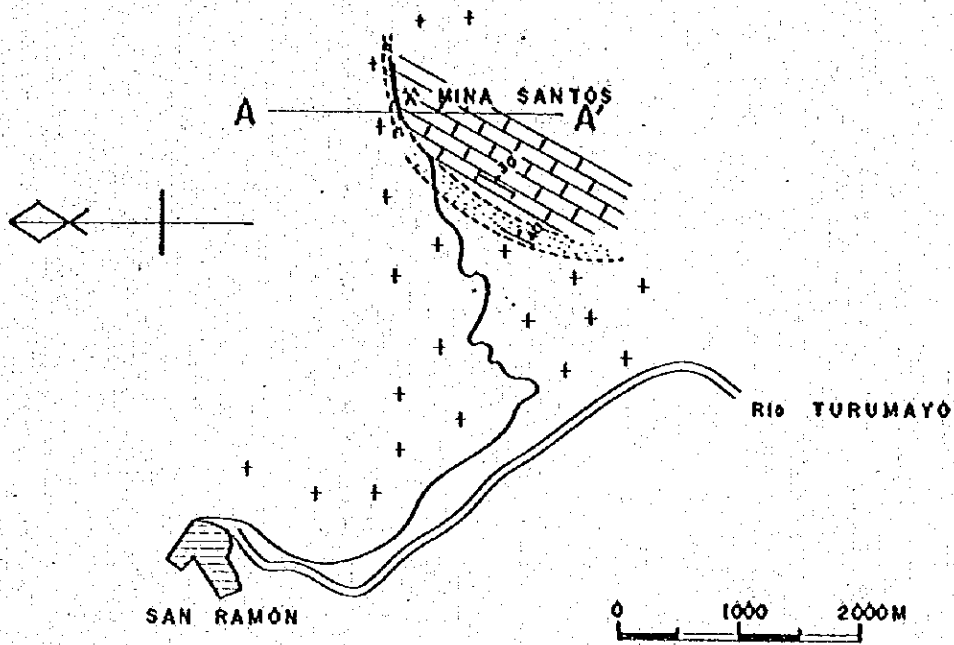
### (2) 地質・鉱床

#### ① 地質

鉱床付近には二畳紀の花崗岩類がバツリスとして広く分布し一部にルーフペンダント状に三畳紀後期〜ジュラ紀前期のPucara層群の石灰岩・砂岩互層が存在する(Fig. 8)。鉱床に直接する位置には走向E-W方向、南急傾斜する斑状貫入岩岩脈が貫入している。

#### ② 鉱床

鉱床はPucara層群中の石灰岩と斑状貫入岩岩脈との境界に形成された高熱交代鉱床である。鉱石鉱物は閃亜鉛鉱・方鉛鉱を主とするが黄鉄鉱・黄銅鉱・磁礫鉄鉱を含んでいる。スカル



SECTION A - A'

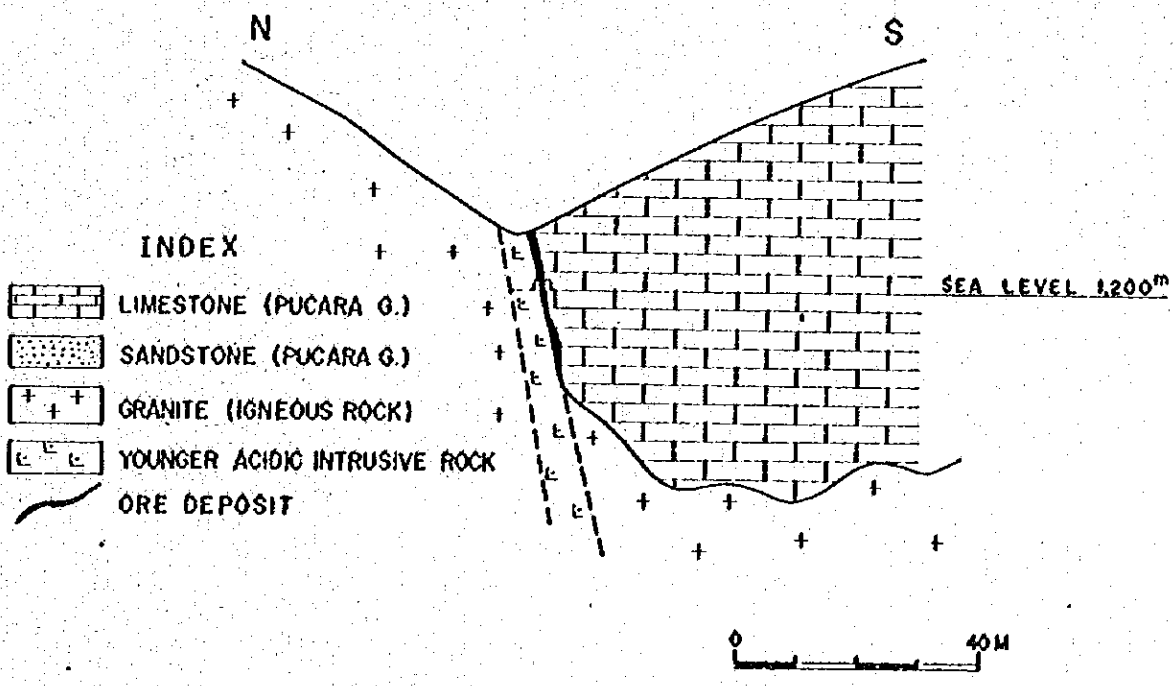


Fig.8 Idealized Geological Map of the Santos Mine

ン鉱物は緑れん石、ざくろ石が認められる。閃亜鉛鉱中には黄銅鉱の細粒が認められるがその量は少ない。

### ③ 鉱質・規模・品位

鉱石は比較的粗粒の閃亜鉛鉱および方鉛鉱が緑れん石などのスカルン鉱物中に散在している型が多いが鉱石鉱物が密集する部分も見られる。鉱床規模は最大巾1.5m延長30mのレンズ状の鉱石部が膨縮しながら連続していると推定されるが現在は1鉱体のみが確認されており鉱量は約1000t・品位は鉛1%亜鉛1.3%程度である。

## 8-5 Soldad 鉱床

### (1) 位置・交通

La Merced (ラメルセ)の東方直距離約10kmの山岳斜面に位置しSan RamónよりLa Mercedに至る国道から分岐する林道を経由し約40kmで鉱床に達する。林道の路面状況は極めて悪いため現在鉱石は山元に貯鉱されており鉱石運搬のための道路改修計画がある。鉱床は一時露天堀により採掘されたが現在は鉱石輸送問題から休山中である。

### (2) 地質・鉱床

#### ① 地質

鉱床付近はバソリスをなす花崗岩類が分布しループペンダント状にPucara層群の石灰岩・砂岩が散在している(Fig. 9)。裂かほこれらを切るNW-SE系とNE-SW系が優勢である。上記の岩石類を切る貫入岩類は鉱床付近には認めていない。

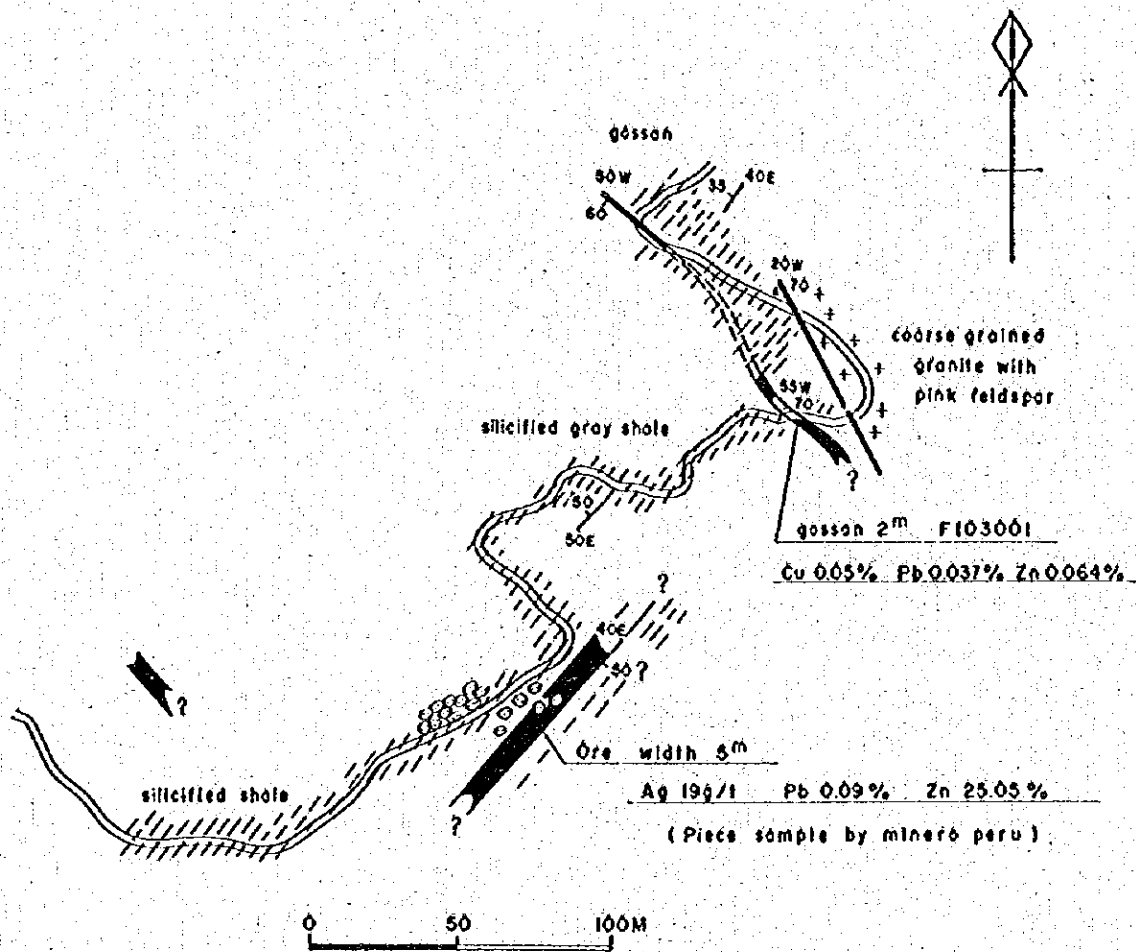
#### ② 鉱床

Pucara層群の地層のうち石灰岩の部分を交代した熱水交代鉱床である。地質環境や鉱質などからみて本鉱床の南西8kmに位置するSantos鉱床と同タイプであり新期斑岩類による高熱交代鉱床と見られる。鉱石鉱物は閃亜鉛鉱、方鉛鉱を主とし黄銅鉱・黄鉄鉱を含んでいる。閃亜鉛鉱はその形態からみて2回の鉱化作用により形成されたと推察される。すなわち第1回目は方鉛鉱やスカルン鉱物と同時に生成された高熱交代鉱化作用であり、第2回目はこれらを切る細脈状の閃亜鉛鉱を生成した熱水鉱化作用である。

#### ③ 鉱質・規模・品位

鉱石は比較的粗粒の閃亜鉛鉱や方鉛鉱がざくろ石、緑れん石などのスカルン鉱物中に散在する型が代表的であり、鉱石鉱物の濃集部も見られる。鉱床は延長100m±巾5m程度のレンズ状鉱体であり、深度50m±比重3.0と仮定すれば鉱量は40,000t程度と見積ることができる。本鉱体の見込品位はPb 1% Zn 12%である。本鉱体付近から採取された鉱石の分析結果は下記の通りである。

亜鉛鉱 銀0.6 oz/t 鉛0.09% 亜鉛25.05%







-  **GRANITE (GRANITE ROJO)**
-  **SHALE (PUCARA G.)**
-  **FISSURE**
-  **ORE & GOSSAN**

Fig.9 Idealized Geological Map of the Soldad Mine



マンガン 銀 4.5 oz/t 鉛 0.26% マンガン 14.15%

(現地在住 Tuan Sanchez が Banco Minero, Huancago に依頼して分析したもの)

欽化示徴は本欽体のほか2ヶ所にあるがいずれも極めて低品位である。Soldad 欽床はループベンド状に分布する Pucara 層群の石灰岩を交代したものであるからその分布範囲は限られるが、このようなループベンド状の Pucara 層群は相当広範囲に散在し、周辺には類似の欽化示徴も知られていることから Santos 欽山を含めて組織的な調査を行なう必要がある。

## 8-6 La Olividada 欽床

### (1) 位置・交通

Tarma 東方直距離 15 km の山岳斜面に位置し Tarma より San Ramón に通ずる国道の途中の Palea (パルカ) より Tapo へ至る自動車道路を約 1.5 km 南進すると欽山道路の分岐点に至る。この欽山道路を 1.2 km 登ると坑口に達する。欽山道路は幅員が狭く急勾配であり、ジープや小型トラックは通行可能であるが大型車は通行できない。

### (2) 地質・欽床

#### ① 地 質

欽床の東側はパソリスの花崗岩類が分布し、西側は先カンブリア期の白雲母片岩が分布する (Fig. 10)。この境界付近には NW-SE 系の断層により地溝状に落ちこんだ Pucara 層群の石灰岩が帯状に分布する。欽床付近には新期の貫入岩類は認めていない。

#### ② 欽 床

Pucara 層群中の NW-SE 系の裂かにより角礫化された石灰岩中に発達する網状欽床である。欽床型は母岩中に網状の方解石網脈が発達し、弱い珪化作用を受けていること、かつ熱水性欽床と見られる。欽石欽物は藍銅欽・孔雀石等の酸化銅欽物を主とし、少量の閃亜鉛欽を含んでいる。

#### ③ 欽質・規模・品位

欽石は酸化銅欽物を主とし、これを対象に手掘りにより坑内採掘が行なわれている。調査時には産出欽量 9 t / 月程度であり、坑口に於て手選後売欽している。欽床規模は最大巾 3.5 m 確認延長約 50 m であり深度 50 m、比重 2.8 とすれば 12,000 t 程度と見積ることができる。見込品位は Cu 5% 程度である。

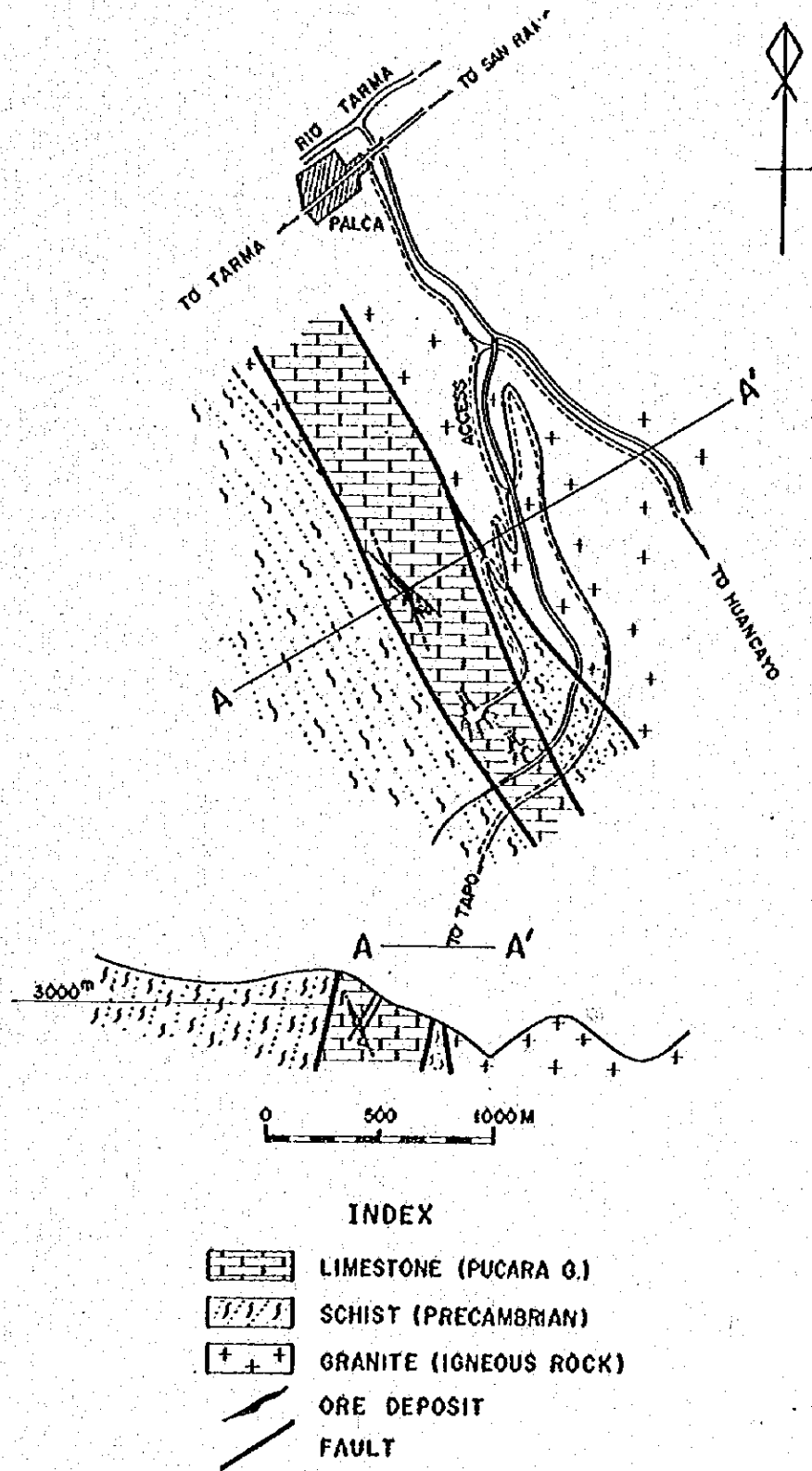


Fig. 10 Idealized Geological Map of the Olvidada Mine

## 第9章 A、B地区の非金属、その他の鉱物資源

### 9-1 非金属・その他の鉱物資源概要

A・B地区に知られている非金属・その他の鉱物資源調査は地理的条件が極めて悪いことからほとんどなされていない。わずかに北東部ジャングルにおいて石油資源探査が行なわれているにすぎない。この探査はRio Iscozacín上流に分布するChonta層群、中位累層の石灰岩がドーム構造をなして地表に表われている区域で行なわれたものであるが経済的な規模のものを捕捉できていない。Oxapampa付近では放射性鉱物の存在が知られているが地質鉱床的検討はほとんどなされていないほか今回の調査によりHuancabamba北方直距離約12kmの位置に純度の高い石膏鉱床が発見された。

### 9-2 石膏鉱床

#### (1) 位置・交通

鉱床は海拔1,850m山岳斜面に位置し、HuancabambaからPozuzó(ポズソ)に至る自動車道を約12km北進すると西岸に渡る木材搬出道路分岐点に至る。この木材搬出道路を約3km登ると鉱床に達する。この木材搬出道路は最近建設されたものであり、この道路の切取面に鉱床の新鮮面が見られる。鉱床はこの道路工事により発見されたものであり採鉱開発とも全くなされていない。

#### (2) 地質鉱床

##### ① 地質

鉱床付近はChonta層群中の中部累層に相当する明灰色～暗灰色石灰岩を主とし赤色石灰質頁岩及び灰色砂岩を挟む。鉱床の西方にはPucara層群が断層を境にして近接している。

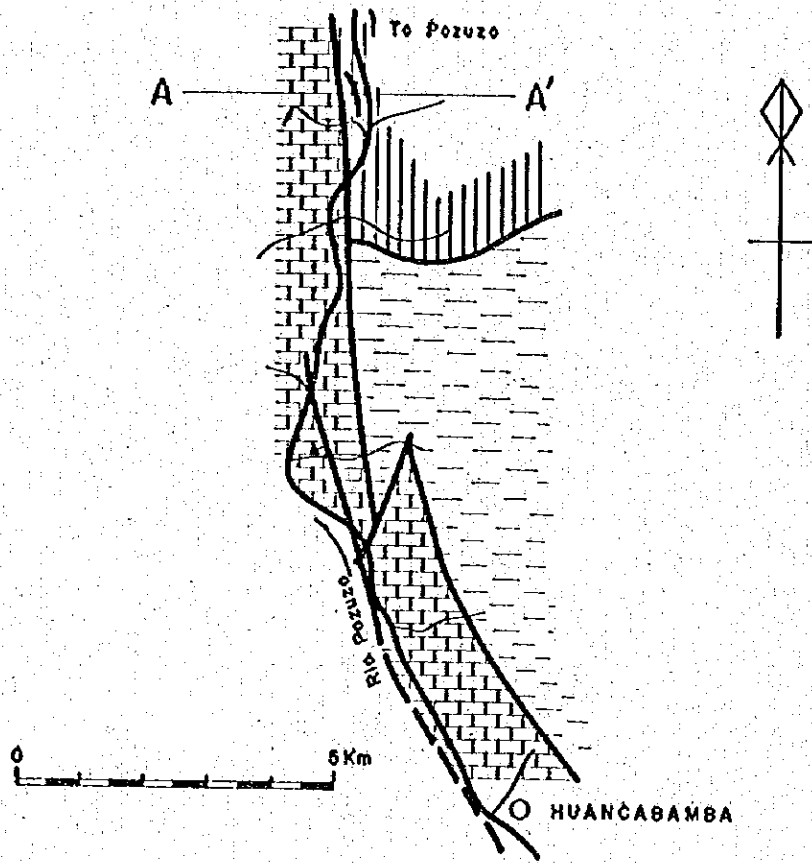
(Fig. 11)

##### ② 鉱床

鉱床はChonta層群中の灰色砂岩と赤色石灰質頁岩互層中に胚胎し層理面と同一の走向NW-SSE傾斜15°Wを示す。鉱床中には灰色の縞状構造が見られるがこの構造の走向傾斜も層理面と一致している。鉱床と母岩である砂岩、頁岩とは明瞭な境界が認められ母岩には全く変質作用等の徴候が認められないことから堆積性の層状鉱床と推察される。

##### ③ 鉱床規模・品位

細粒状白色鉱を主としときに灰色縞状構造を有する。X線解析の結果では石膏以外の鉱物は全く検出されず極めて純度の高いものであることが判明した。鉱床規模は巾(厚さ)10m程度延長は露頭で50mが確認されているほか延長上に相当の石膏転石が認められていることと地質構造上の乱れがほとんどないことから延長数100mに達すると見込まれる。



SECTION A - A'

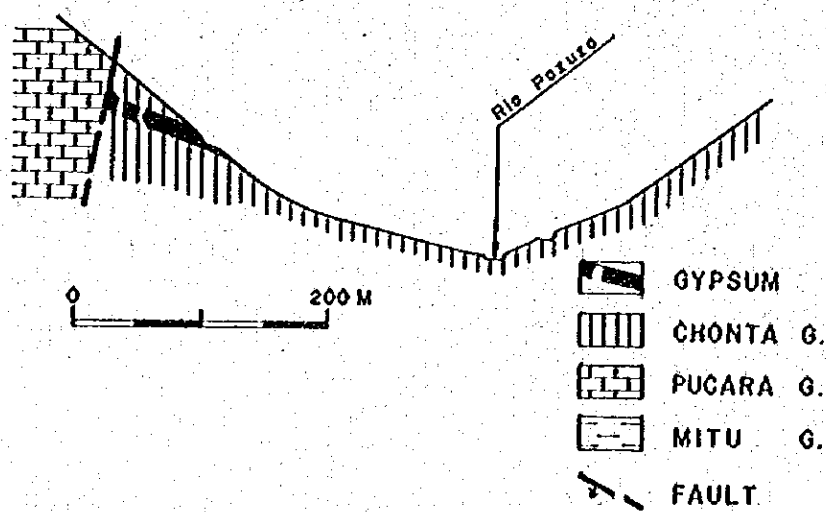


Fig.11 Idealized Geological Map of the New Gypsum Deposit

## 第10章 A、B地区の地化学探査

### 10-1 目的および方法(PL, AB-4)

本探査は広範囲なペルー中部調査地区における鉄床に関する情報を得るため河川堆積物および土壌を対象として実施したものである。河川堆積物は地質調査時に遭遇した川や沢で採取した。土壌は調査ルート上においてB層を採取した。採取試料は河川堆積物と土壌を合せて調査ルート1Kmにつき2個程度になるよう努めた。

試料はA・B地区内より2595個(河川堆積物1,095個土壌1,500個)採取した。河川堆積物試料は原則として川底の細砂に富む所から採取した。採取した試料は現地で80メッシュふるいを用いてふるい下約100gを採取した。これを四分法により約10gの分析試料に調整した。土壌試料は腐植土直下のB1層を約1kg採取しこれを風乾後80メッシュふるいを用いてふるい下約100gを採取した。これを四分法により約10gの分析試料に調整した。調整された試料についてC地区の地化学探査の結果によりA・B地区の鉄床調査に有効と考察された指示元素3成分(Cu, Zn, Ni)の化学分析を原子吸光法により行なった。3成分の分析フローシートはTable 15に示す通りである。

さらにA・B地区の鉄床探査について適用性が考えられるコバルト(Co)、クロム(Cr)マンガン(Mn)鉛(Pb)の4成分について2,595個の試料から地質を考慮して抽出した60個の試料の化学分析を行なった。

この4成分の分析フローシートはTable 15に示す通りである。

### 10-2 地化学探査結果(PL, AB-5, AB-6, AB-7)

自然界には鉄化作用に無関係な岩石中にも微量の金属元素が含まれているがその含有量は岩種により異なり、かつ特殊な岩石では鉄化帯の抽出を妨げるほどの高含有量を示すことがある。A・B地区において各元素の分析結果と採取地点の地質との対比を行なった。河川堆積物は採取地点の地質に直接対比出来ない場合も多いことから分析結果と地質との対比は土壌について行なった。その結果はTable 18に示す通り下記の事実が判明した。

① Znの平均値はPucara層群が特に高く上位および下位に分布するSarayaquillo累層およびMitu層群も高い(Fig. 12)。

このほか石灰岩を産するCopacabana Tarma層群もやゝ高い傾向が認められる。

② Cuの平均値は特定の地層又は岩体で全体が高くなる傾向は認められない。しかし中生代閃緑岩類と古第三紀斑岩類の岩体の一部に高濃度を示す部分が見られるがその分布は十分には解明されていない。

③ Niの平均値は変成岩類でやゝ高い傾向が認められるのみであり地層又は岩体毎の差は小

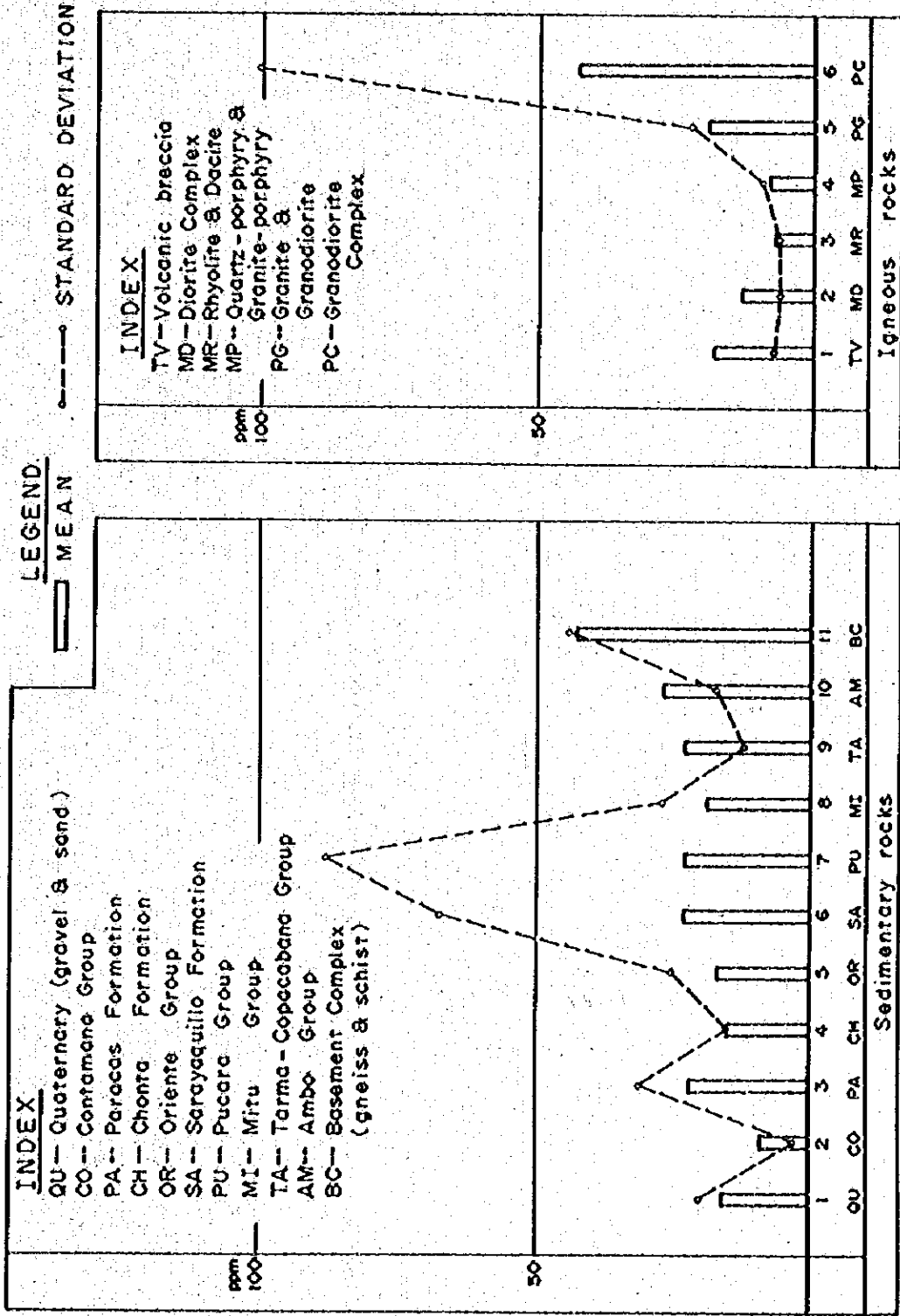


Fig.12-A Mean Value & Standard Deviation of Cu - Chemical Analysis

LEGEND  
 ──── MEAN  
 ──── STANDARD DEVIATION

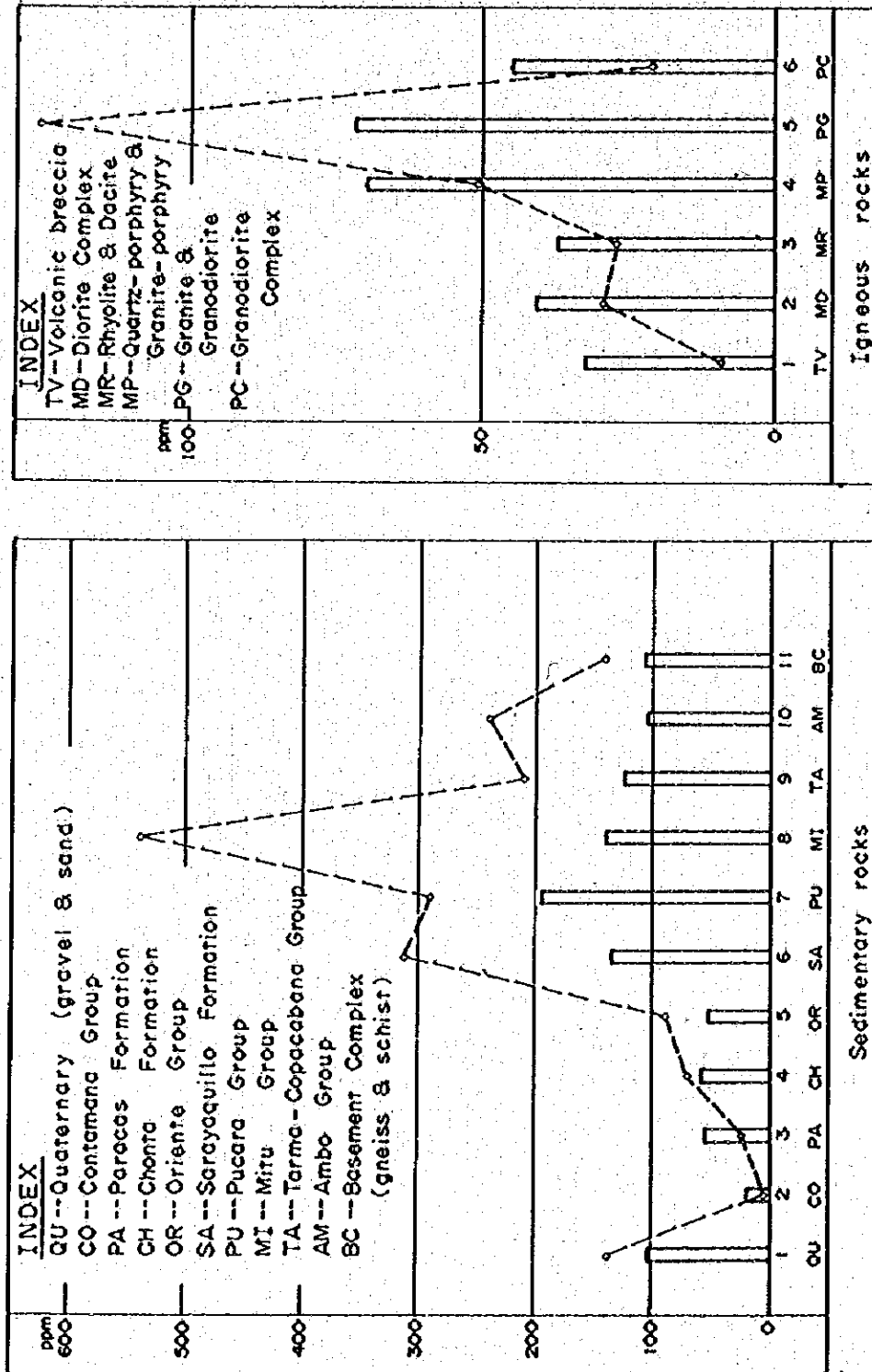


Fig.12-8 Mean Value & Standard Deviation of Zn-Chemical Analysis

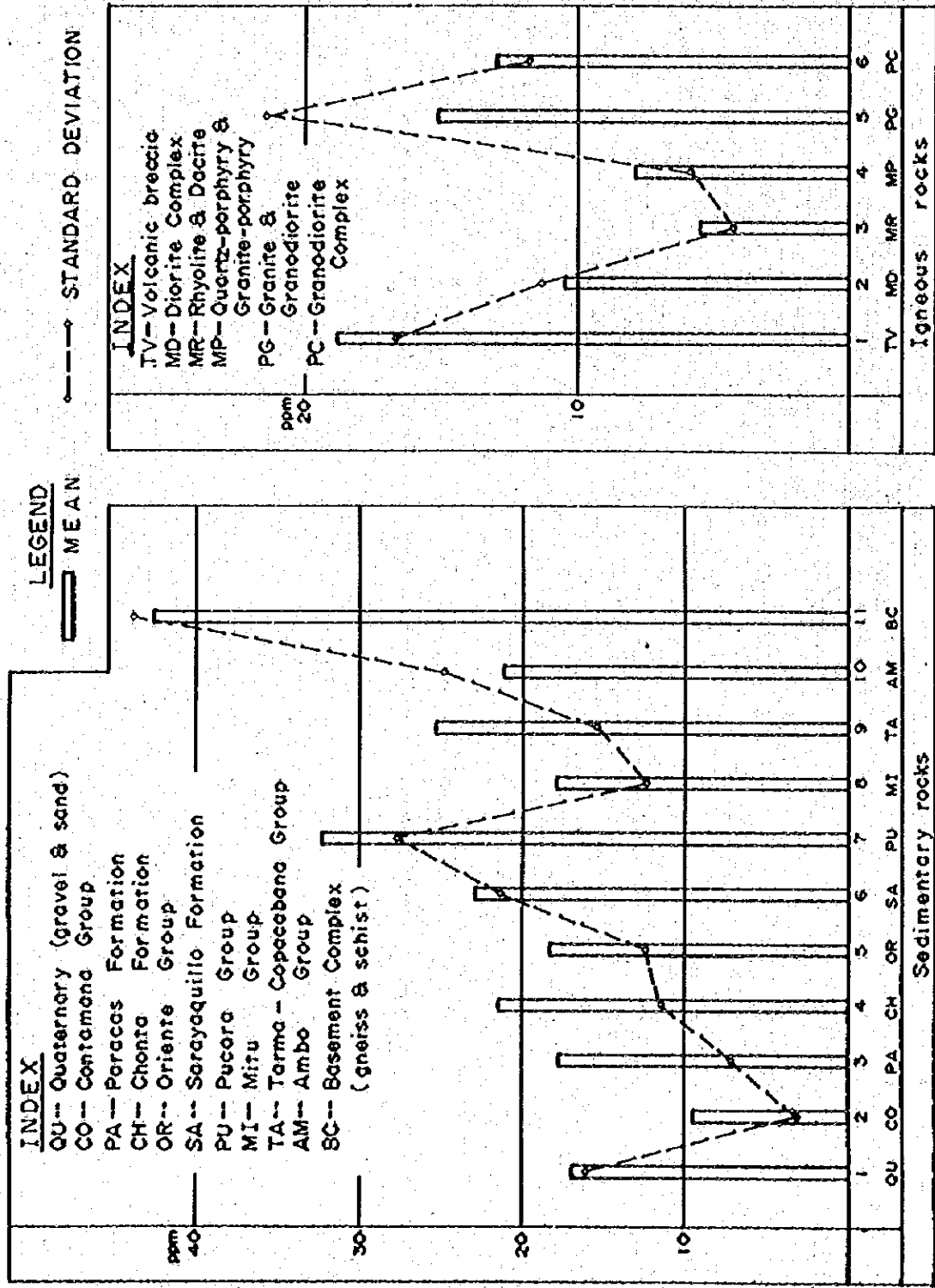


Fig.12-C Mean Value & Standard Deviation of Ni-- Chemical Analysis



Table.2 Statistical Analysis of 3 Elements of Geochemical Samples in the Surveyed Area

[ ] is a number of treated samples

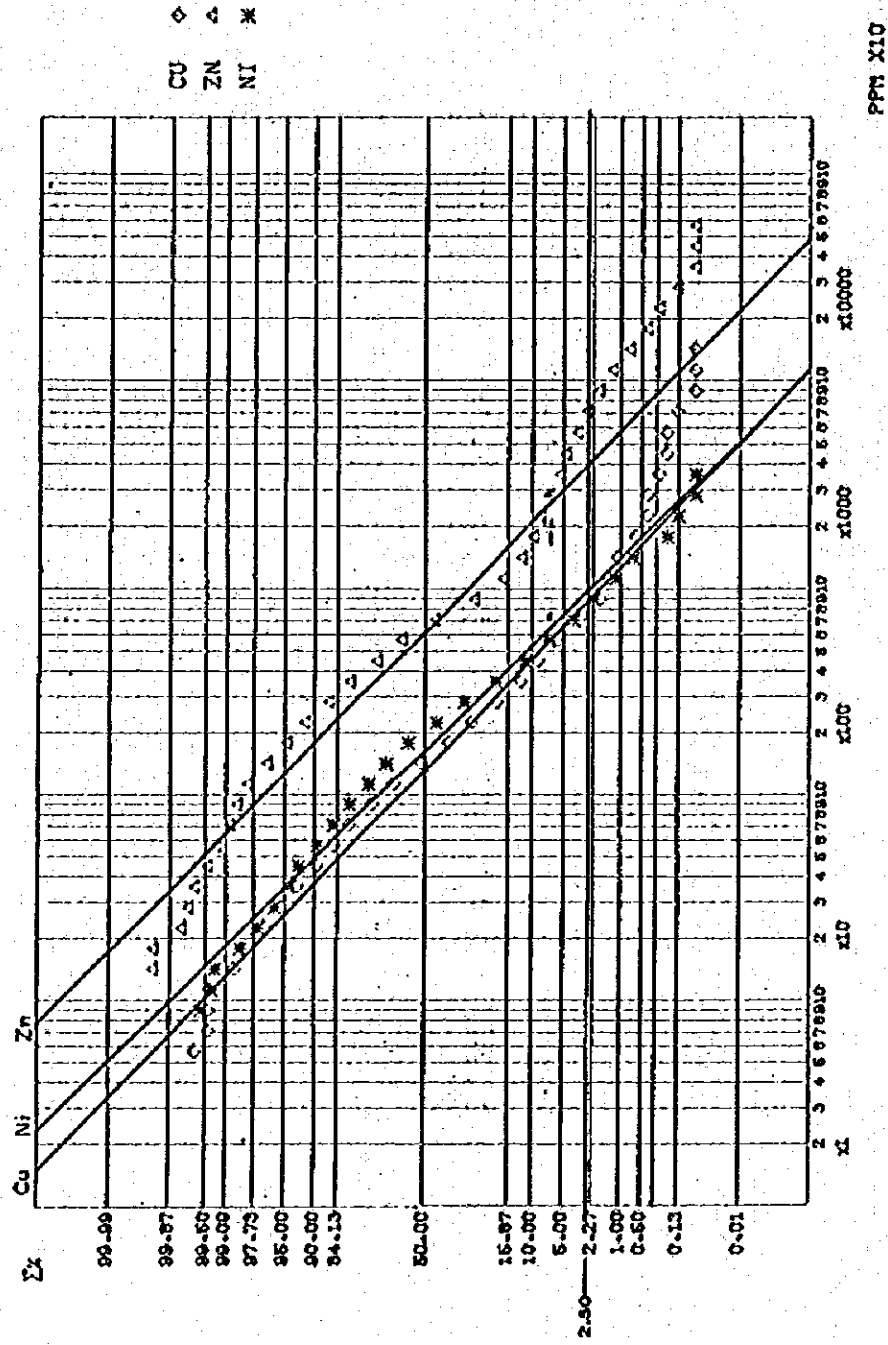
Stream Sediment [1090]

	Cu ppm	Zn ppm	Ni ppm
Maximum	156.0	2,064.5	101.0
Minimum	0.0	0.0	0.0
Average	14.2	56.6	14.5
Standard deviation	13.5	104.0	10.4
Numbers	1,090	1,090	1,090

Soil [1500]

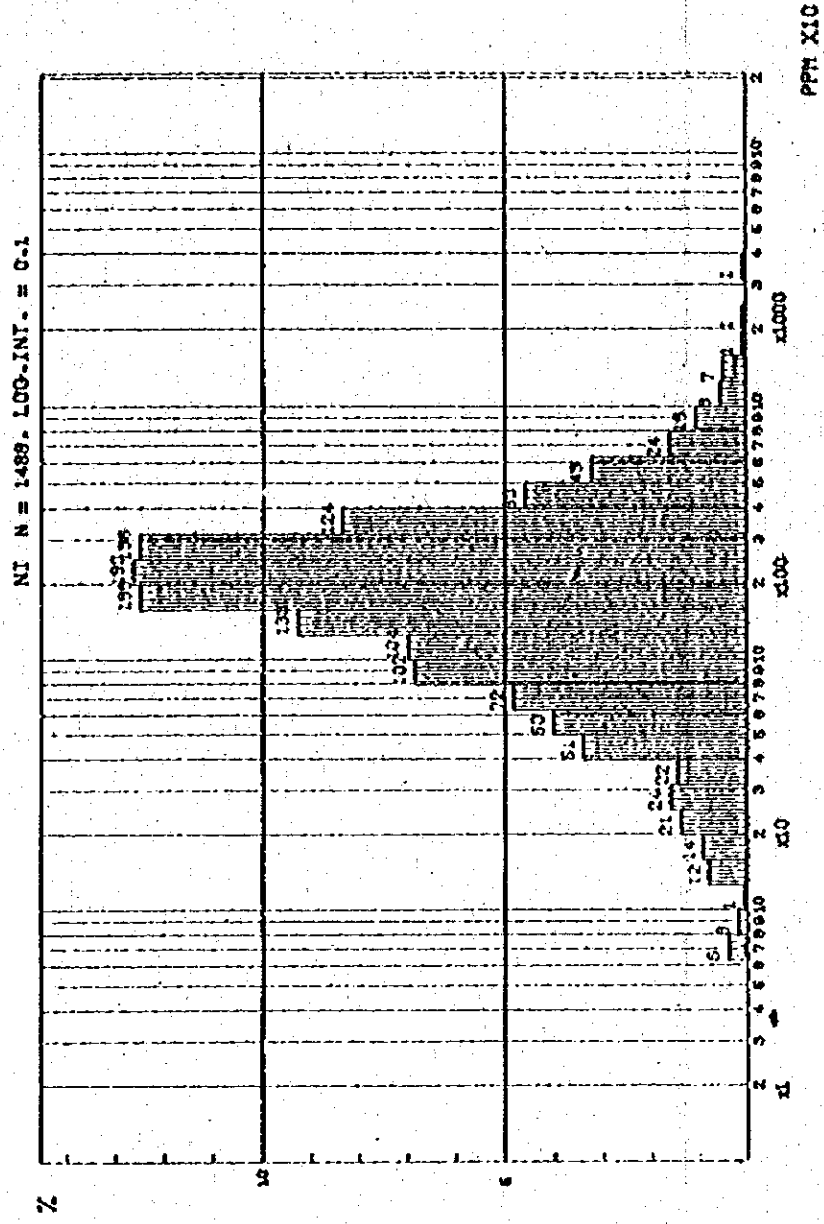
	Cu ppm	Zn ppm	Ni ppm
Maximum	1,452.6	5,192.9	378.8
Minimum	0.0	0.0	0.0
Average	20.2	106.0	22.7
Standard deviation	49.0	241.2	22.2
Numbers	1,500	1,500	1,500

CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION FOR CU AND ZN AND NI ( T )

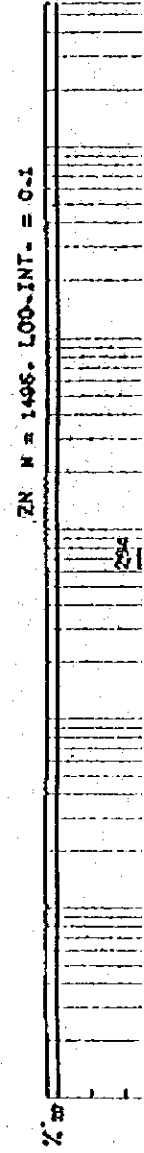


	Back ground	Anomaly
◇ Cu	13	90
△ Zn	60	400
* Ni	17	100

HISTOGRAM FOR NI ( T )



HISTOGRAM FOR ZN ( T )



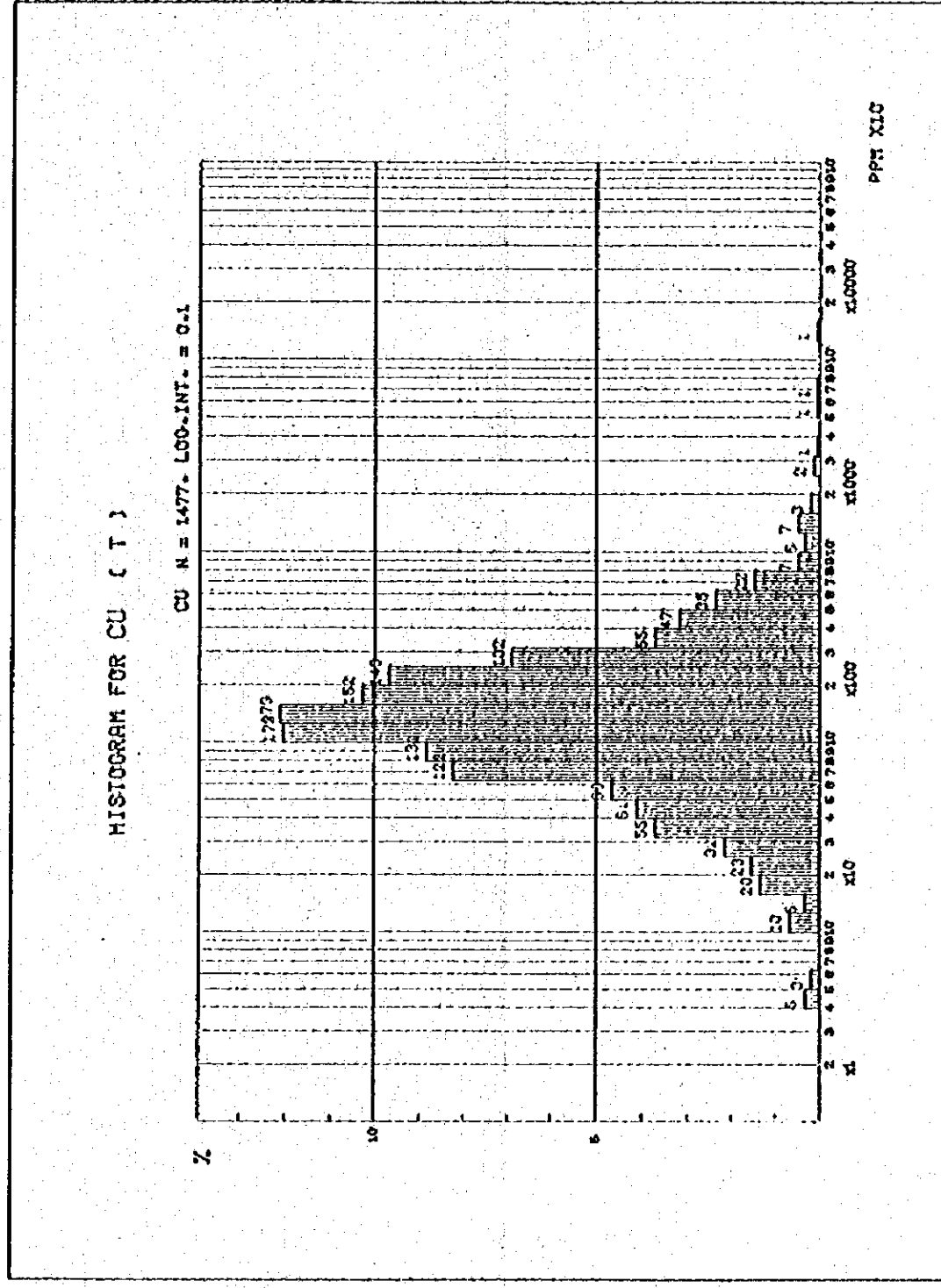
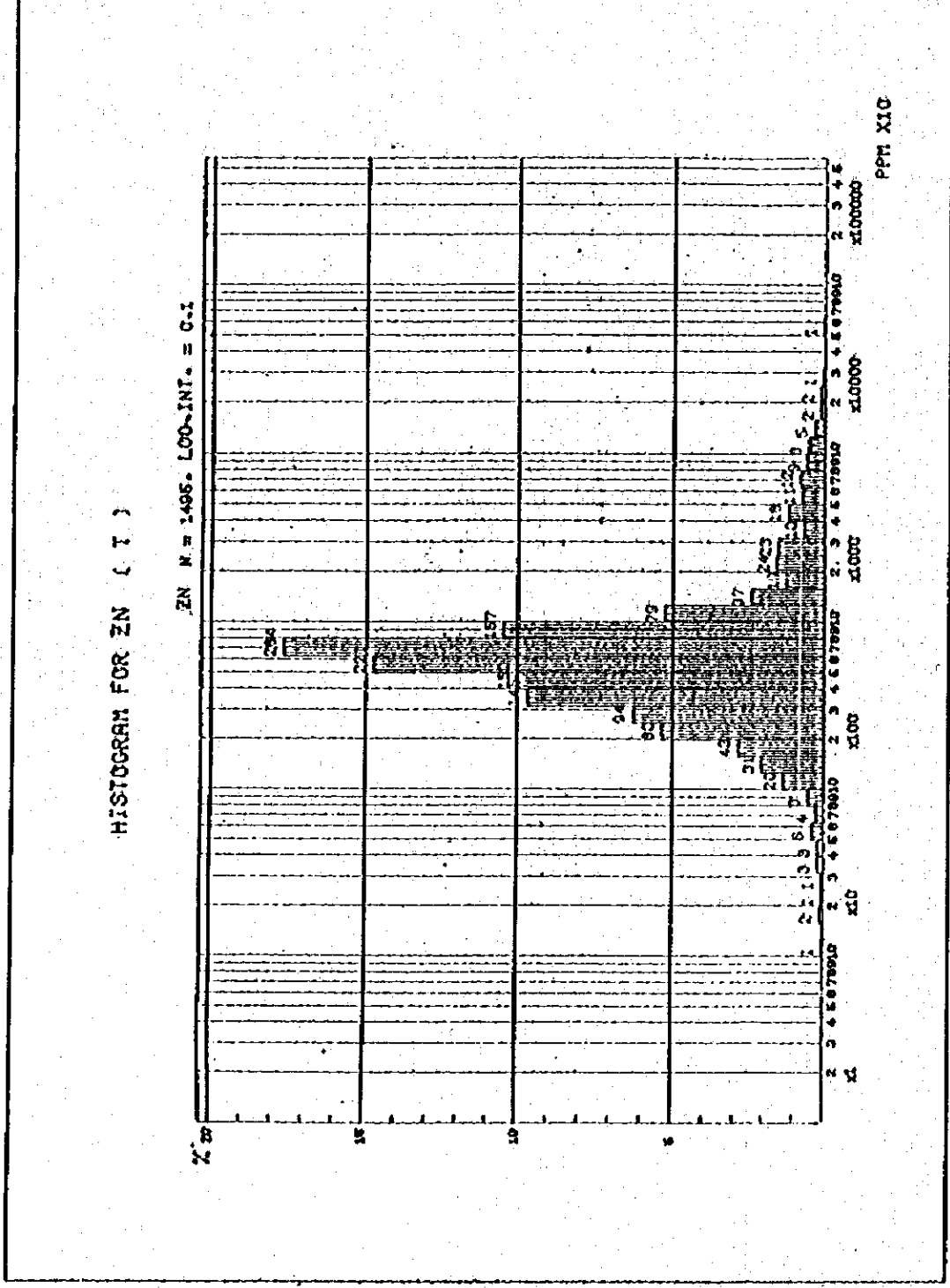
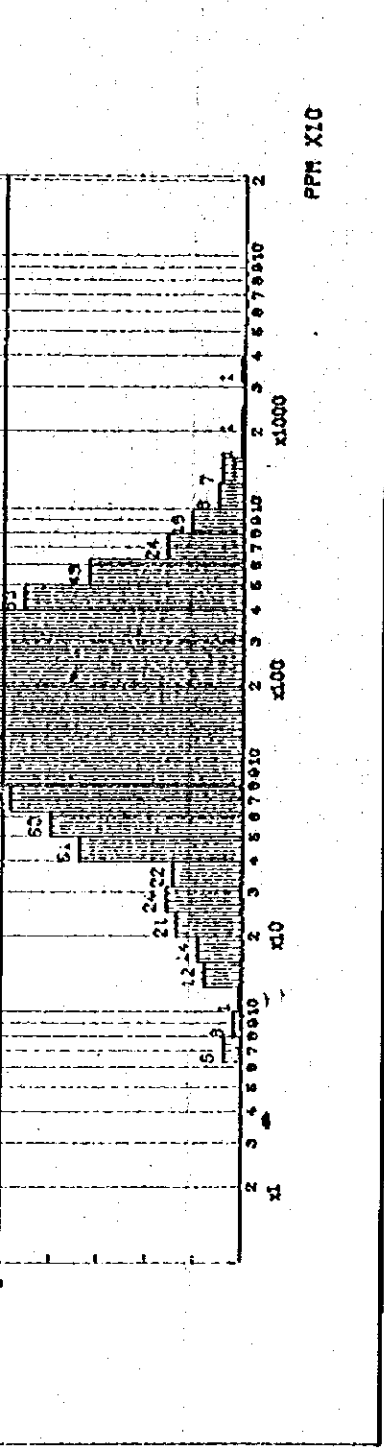
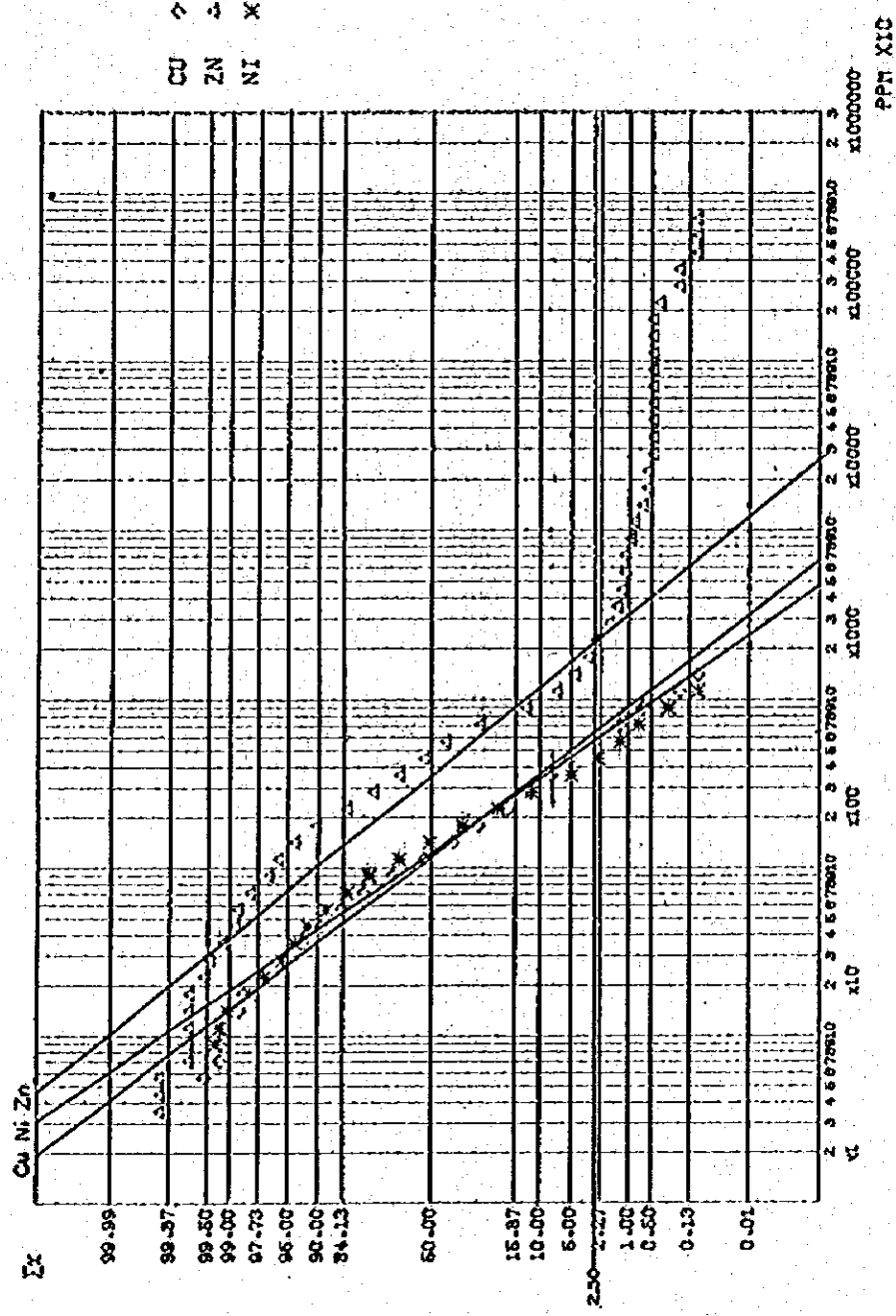


Fig. 13 Cumulative Frequency Diagram & Histogram for Cu, Zn & Ni of Soil of The Surveyed Area

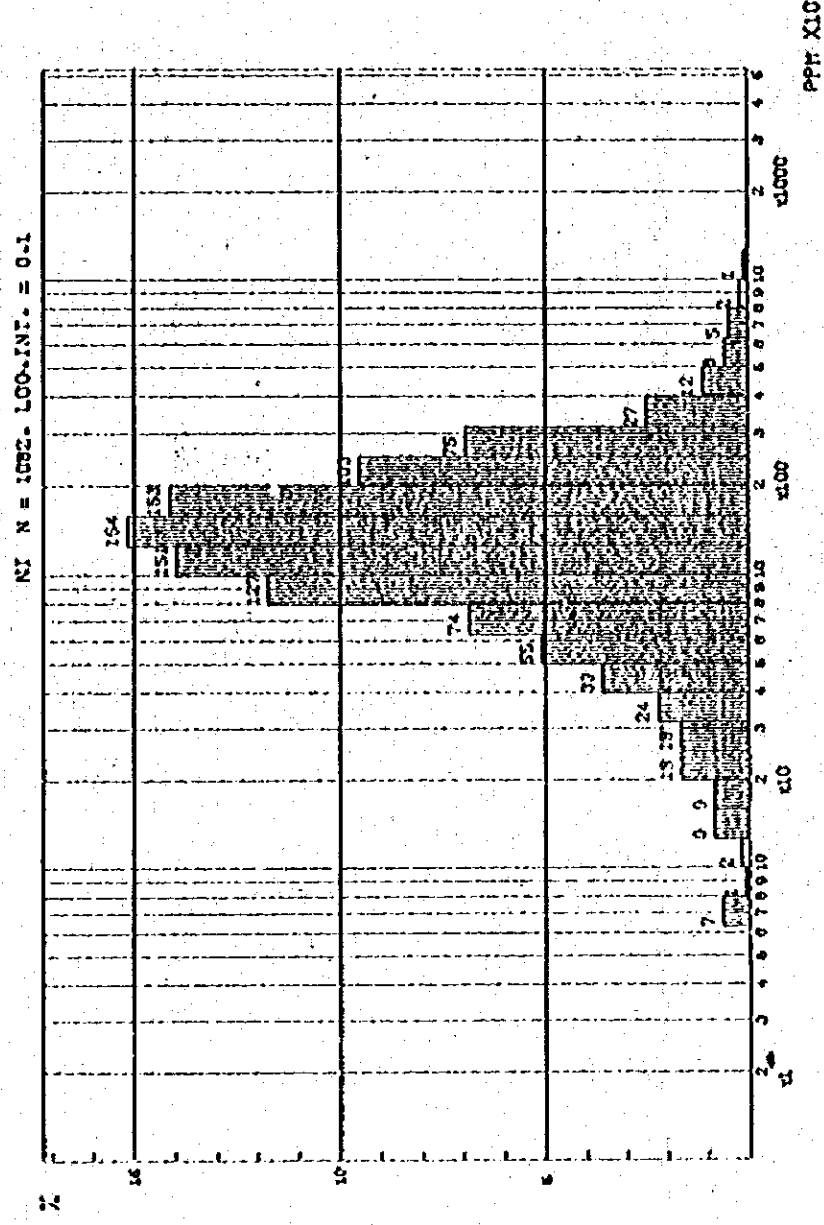
CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION FOR CU AND ZN AND NI ( R )



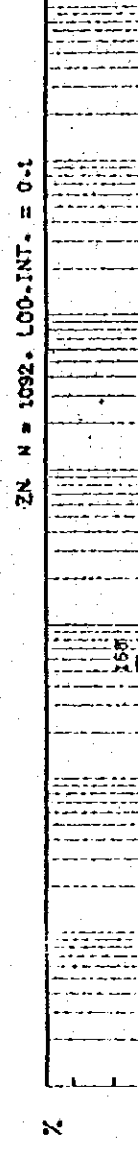
Back ground Anomaly

◇ Cu	12	65
△ Ni	35	225
* Zn	12	56

HISTOGRAM FOR NI ( R )



HISTOGRAM FOR ZN ( R )



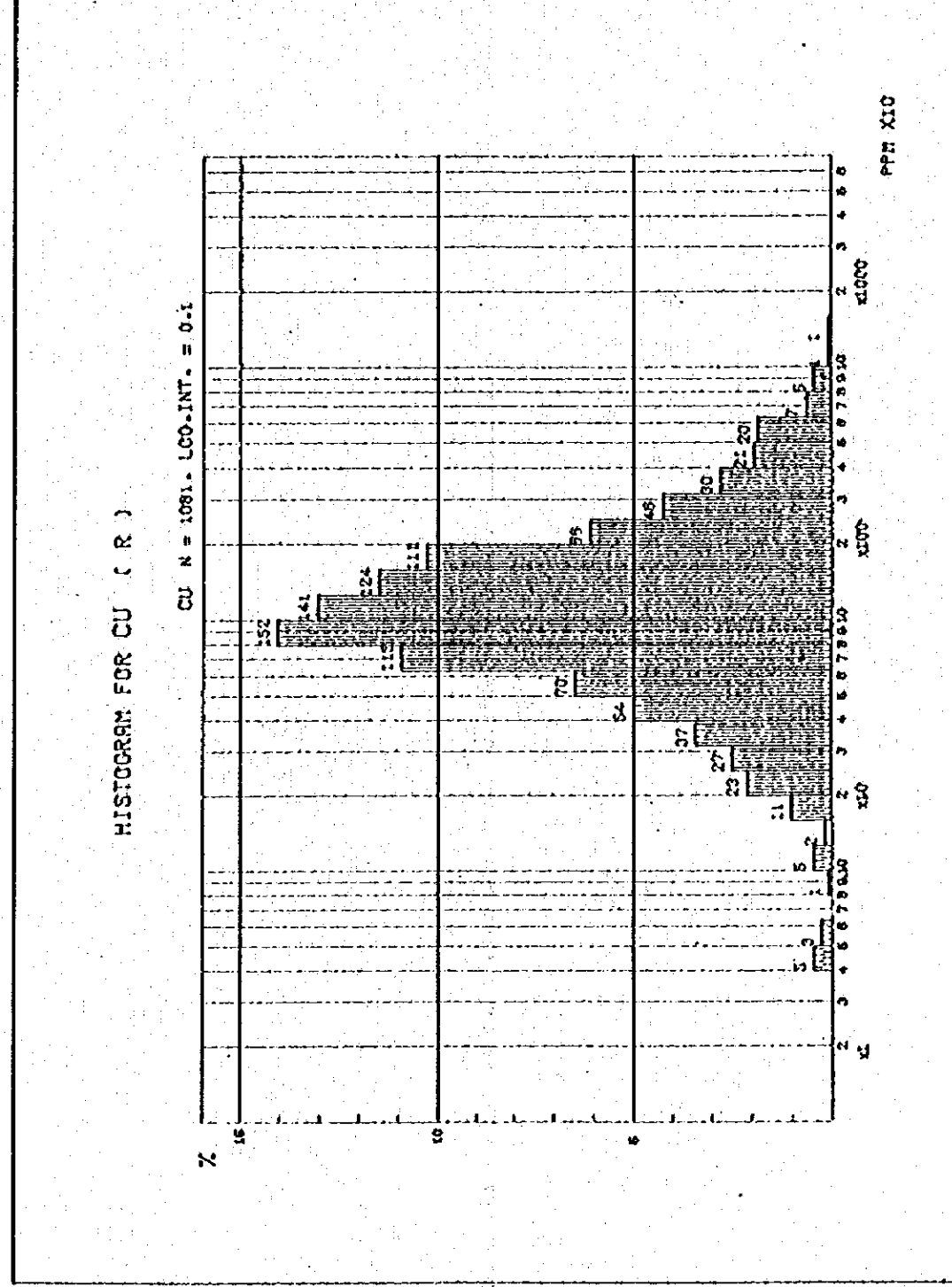
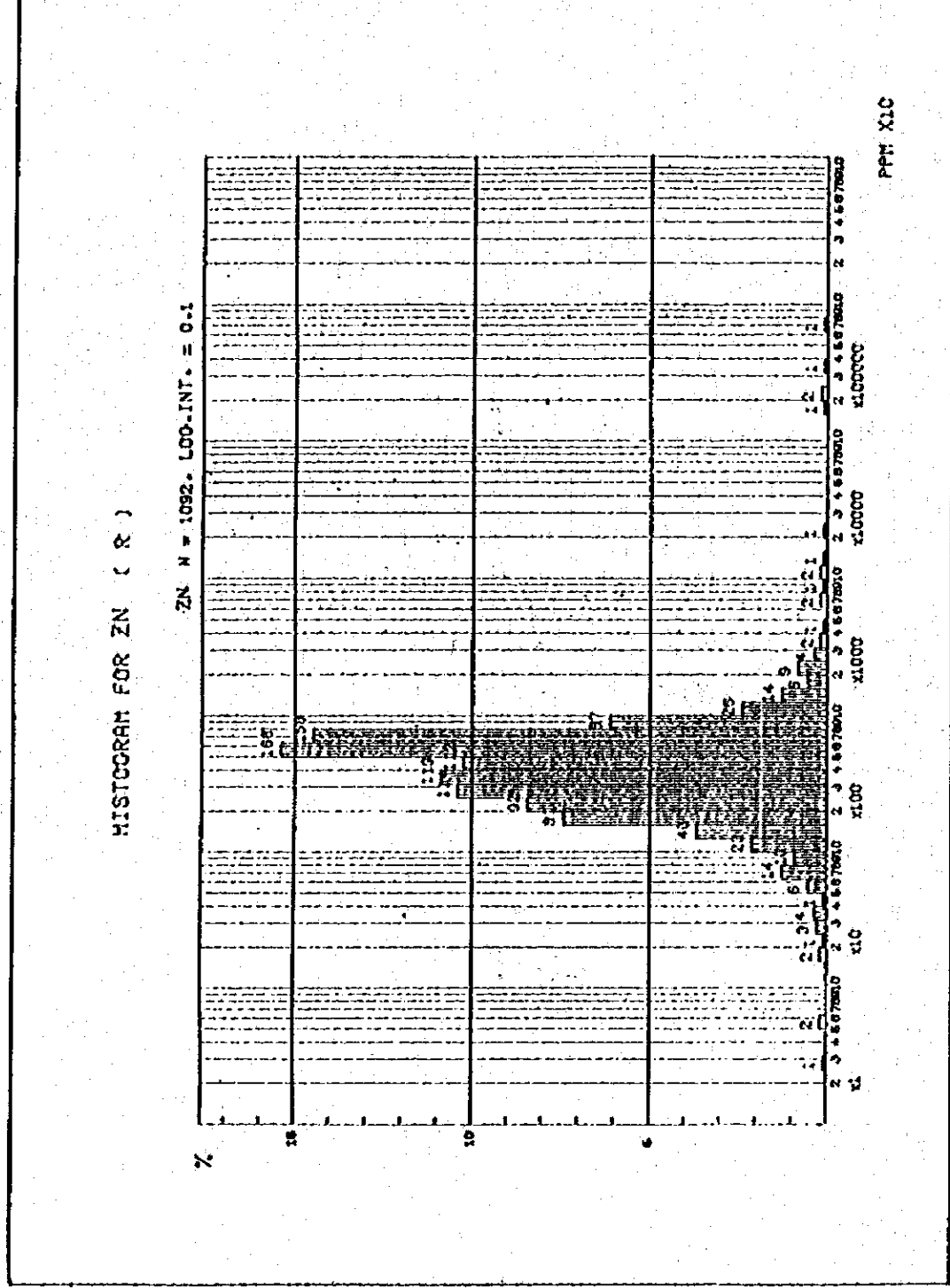
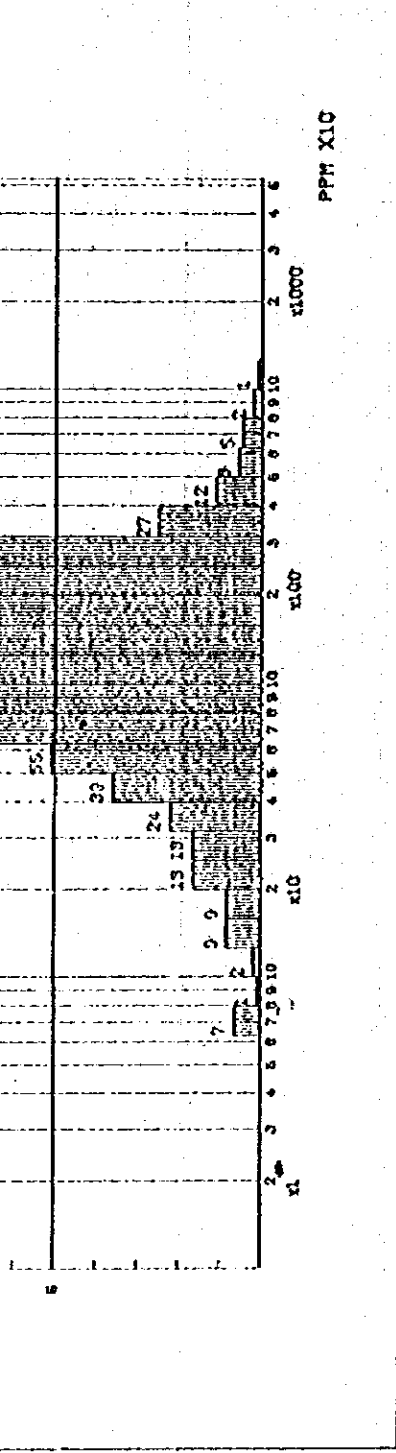
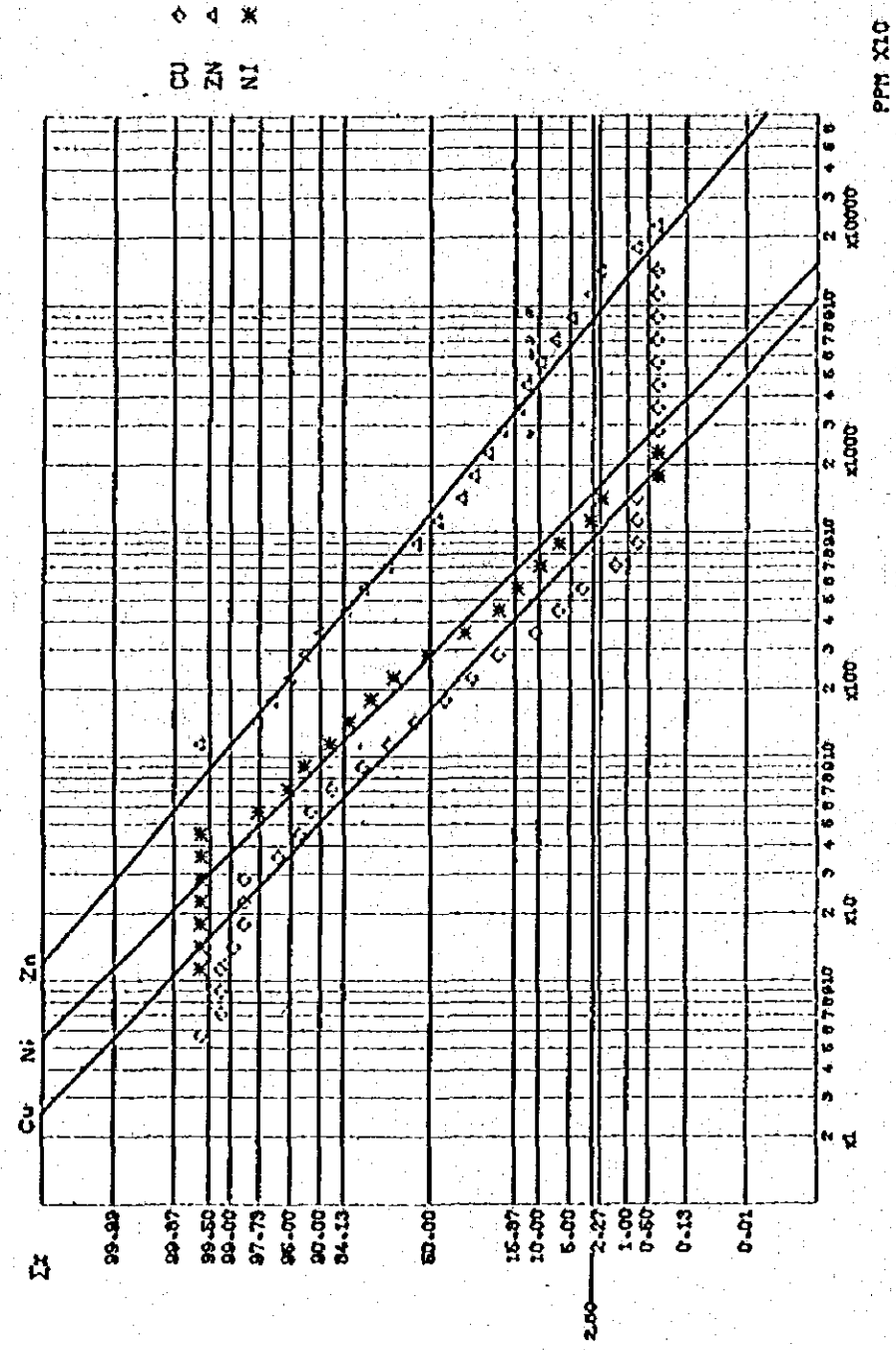


Fig.14 Cumulative Frequency Diagram & Histogram for Cu, Zn & Ni of Stream Sediment of The Surveyed Area

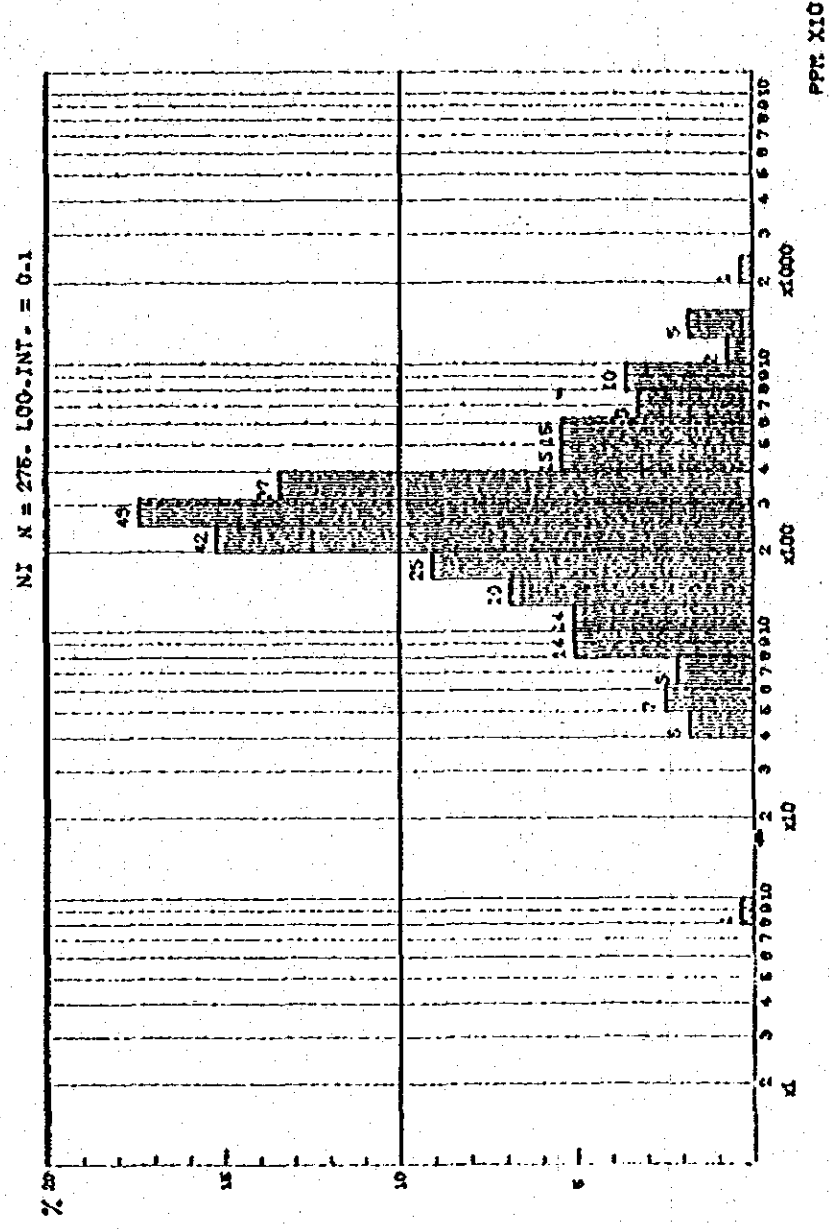
CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION FOR CU AND ZN AND NI ( T ) - PU



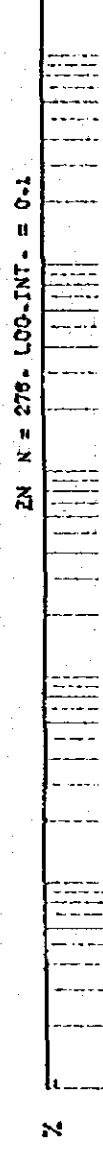
Back ground Anomaly

◇ Cu	17	95
△ Zn	130	850
* Ni	29	160

HISTOGRAM FOR NI ( T ) - PU



HISTOGRAM FOR ZN ( T ) - PU



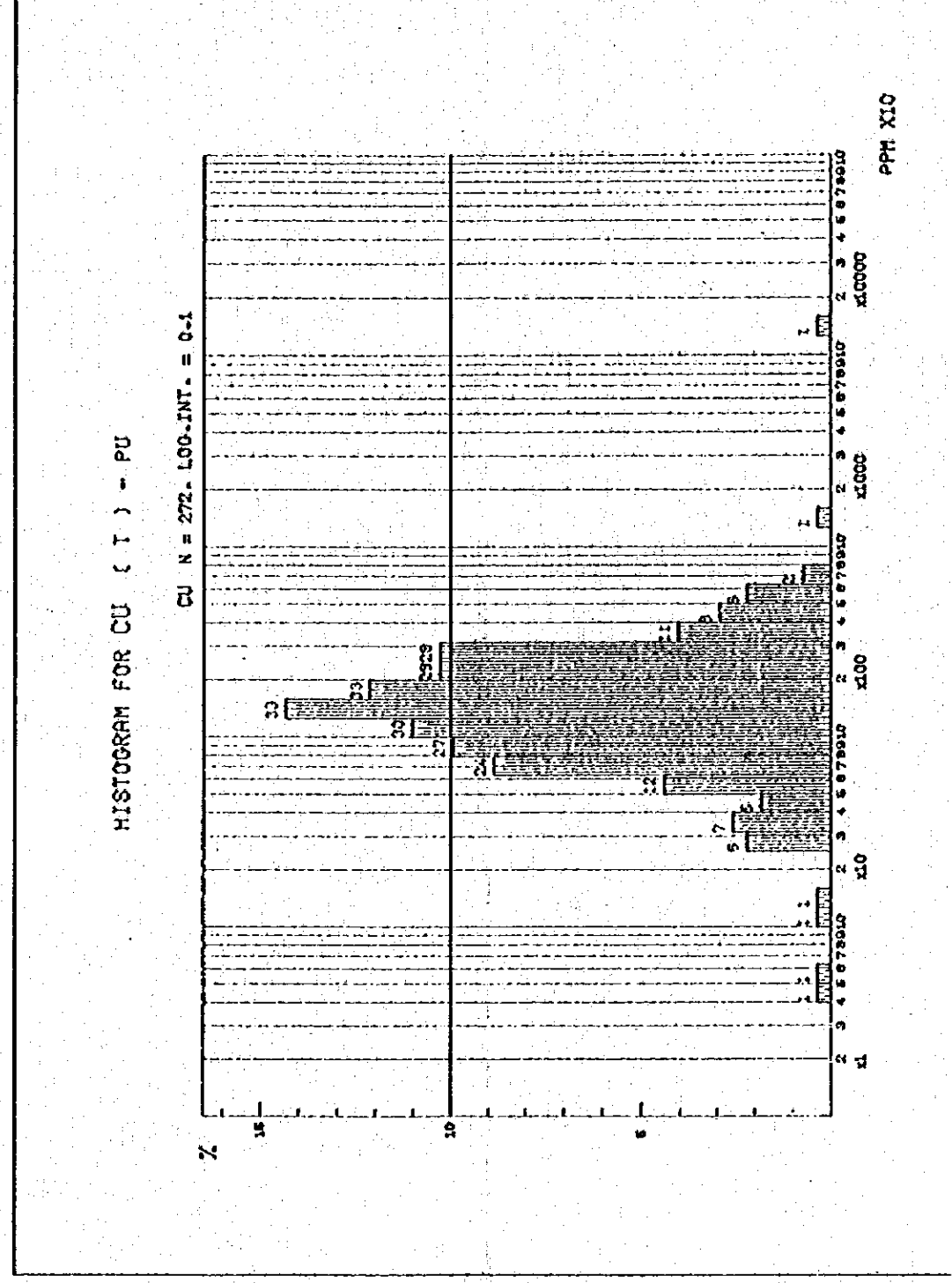
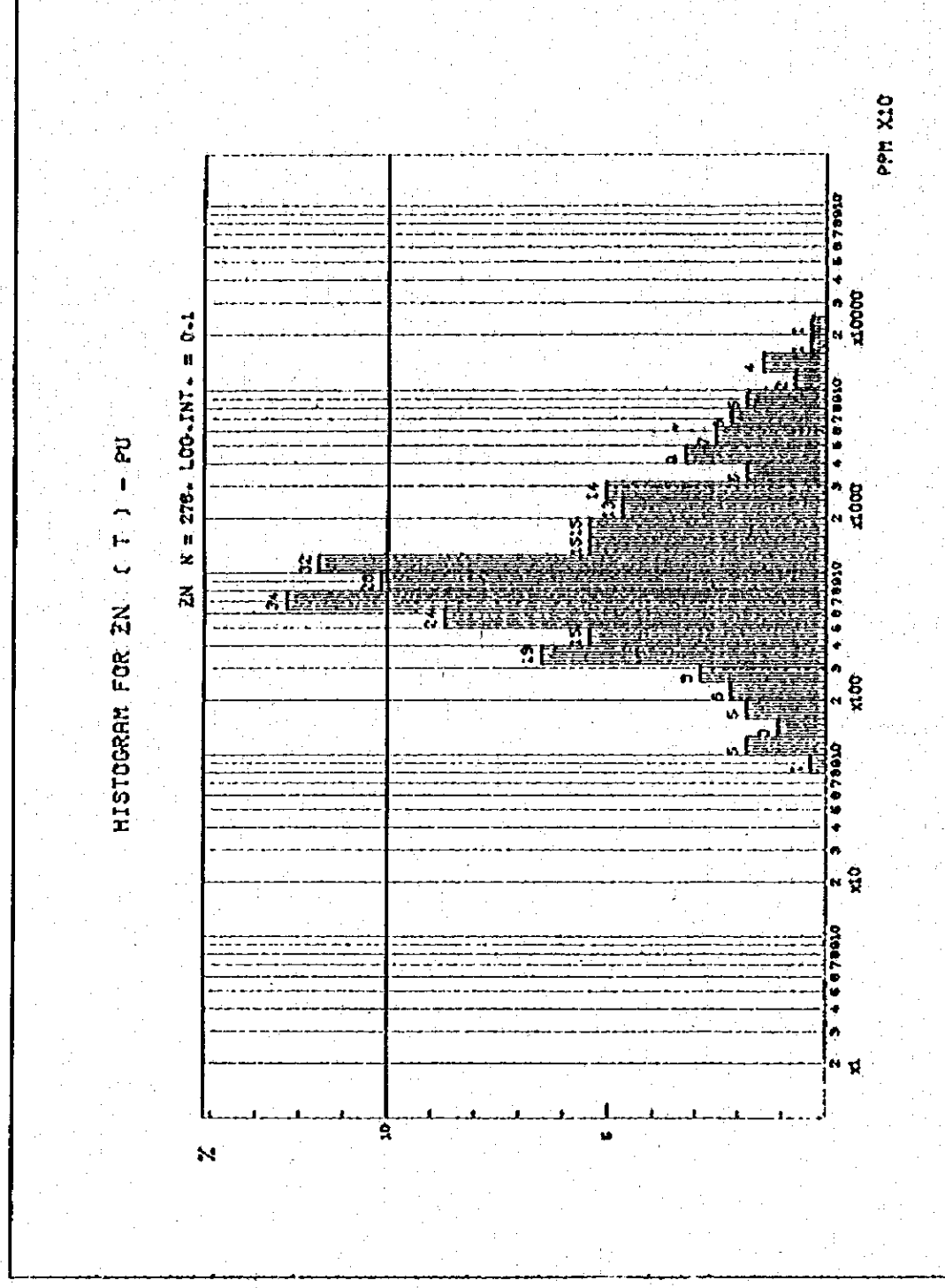
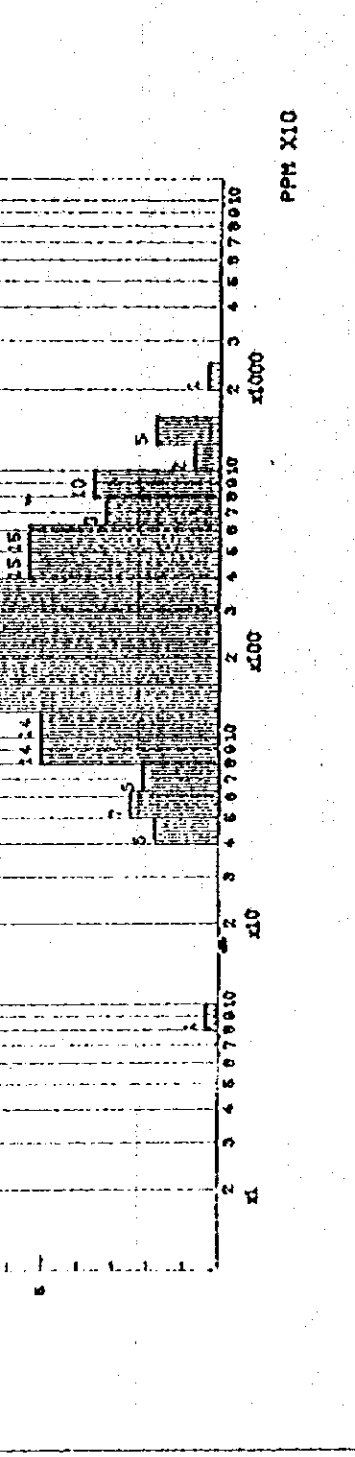


Fig.15 Cumulative Frequency Diagram & Histogram for Cu, Zn & Ni of Soil of The Pucara Group

さい (Fig. 12)。

河川堆積物は採取地点の地質との対比が難しいことから全体を同一母集団として取扱ったが Cu, Zn, Ni 分析値の統計処理結果は Table 2 に示す通りである。〔尚、鉄山直下流から採取した試料 5 個については統計処理より除外した。〕地化学異常値の抽出は次の区分によった。

( ) 内採用値

	Cu ppm	Zn ppm	Ni ppm
漸移帯のしきい値 ( $\bar{X}$ )	14.2 (20)	56.6 (60)	14.5 (20)
弱異常帯のしきい値 ( $\bar{X} + \sigma$ )	27.7 (30)	160.6 (200)	24.9 (30)
強異常帯のしきい値 ( $\bar{X} + 2\sigma$ )	41.2 (40)	264.6 (300)	35.3 (40)

このほか地化学異常値の抽出方法には確率対数グラフによる方法があるがこの方法による異常値およびバックグラウンドは下記の通りとなる。

	Cu ppm	Zn ppm	Ni ppm
バックグラウンド	1.2	3.5	1.2
異常値	6.5	22.5	5.6

このようにいずれの抽出方法によってもほぼ近い値となるが本報告書では平均値 ( $\bar{X}$ ) および標準偏差 ( $\sigma$ ) を組合せた値をもってバックグラウンド (漸移帯のしきい値) および異常値 (異常帯のしきい値) として分帯した。全体を同一母集団とした場合の河川堆積物分析値のコンピュータによる因子分析結果は下記の通りである (Fig. 14)。

因子 1.	Ni	Cu	Zn	( ) 内は因子との相関係数
	(94.6)	(31.4)	(7.2)	
	Zn	Cu	Ni	
因子 2.	(99.4)	(8.6)	(8.1)	

因子分析の結果から Cu, Zn, Ni は同一因子間において各元素間の相関度は高くなく、名々別の因子により支配されていると見られるのでこの 3 成分は広域的地化学探査の指示元素として適当であると云える。

土壌については採取地点の地質と分析値との対比が容易であることから全体を同一母集団として統計処理したほか地層または岩体別に分類した統計処理も行なった。全体を同一母集団とした場合に比較し Zn について著しく高い平均値および標準偏差を示す Pucara 層群についてはこの層群を母集団とした場合についての検討も行なった (Fig. 15)。

全体を同一母集団とした Cu, Zn, Ni 分析値の統計処理結果は Fig. 13 に示す通りである。全体を同一母集団とした場合の地化学異常値の抽出は次の区分によった。



	( )内採用値		
	Cu ppm	Zn ppm	Ni ppm
漸移帯のしきい値( $\bar{X}$ )	20.2 ( 20)	106.0 (100)	22.7 (20)
弱異常帯のしきい値( $\bar{X}+\sigma$ )	69.2 ( 70)	347.2 (300)	44.9 (40)
強異常帯のしきい値( $\bar{X}+\alpha\sigma$ )	118.2 (120)	588.4 (600)	67.1 (70)

このほか地化探異常値の抽出方法として確率-対数グラフによる方法による異常値およびバックグラウンドは下記の通りとなる。(Fig. 13)。

	Cu ppm	Zn ppm	Ni ppm
バックグラウンド	13	60	17
異常値	90	400	100

このようにいずれの抽出方法によってもほぼ近い値となるが本報告書では平均値( $\bar{X}$ )および標準偏差( $\sigma$ )を組合せた値をバックグラウンド(漸移帯のしきい値)および異常値、(異常帯のしきい値)全体を同一母集団とした場合の土壌分析値のコンピューターによる因子分析結果は下記の通りである。

因子	1.	Cu	Ni	Zn	( )内は因子との相関係数
		(98.4)	(14.1)	(10.8)	
	2.	Zn	Ni	Cu	
		(98.7)	(12.4)	(10.8)	
	3.	Ni	Cu	Zn	
		(98.2)	(14.1)	(12.2)	

因子分析の結果からCu, Zn, Niは各々別の因子により支配されていることは明らかであるので広域的な地化学探査のための指示元素としてはこの3成分は適当であると云える。

地層または岩体別の統計処理結果および因子分析結果はFig. 12に示す通りであるがこのうちPucara層群について検討した結果は下記の通りである。

Pucara層群の地化探異常値の抽出は次の区分によった。

	( )内採用値		
	Cu ppm	Zn ppm	Ni ppm
漸移帯のしきい値( $\bar{X}$ )	22.6	194.0 (200)	32.3
弱異常値のしきい値( $\bar{X}+\sigma$ )	110.1	480.6 (500)	60.0
強異常値のしきい値( $\bar{X}+\alpha\sigma$ )	197.6	767.2 (800)	87.7

確率-対数グラフにより地化探異常値およびバックグラウンドを抽出した結果は下記の通りである。

	Cu ppm	Zn ppm	Ni ppm
バックグラウンド	17	130	29
異常値	95	850	160

このように確率-対数グラフによる方法でもほぼ近い値が得られた。Pucara層群を母集団とした統計処理をもとにしたZnについての地化探異常分布はFig. 16に示す通りである。

Pucara層群を母集団とする土壌分析値のコンピューターによる因子分析結果は下記の通りである。

因子	1	Cu	Zn	Ni	( )内は因子との相関係数
		(97.2)	(238)	(7.9)	
	2	Ni	Zn	Cu	
		(97.7)	(21.3)	(7.9)	
	3	Zn	Cu	Ni	
		(94.8)	(22.3)	(19.6)	

因子分析の結果によれば、Pucara層群中のCu, Zn, Niも各々別の因子に支配されている部分が多いと云える。

Cu, Zn, Niの3成分に加えCo, Cr, Mn, Pbの4成分についても化学分析を行なった60個の分析結果の統計処理結果はTable 3に示す通りである。これらの分析値を対象としてコンピューターにより因子分析を行なった。

河川堆積物	因子	1	Ni	Cu	Cr	Mn
(30試料)			(87.5)	(80.6)	(80.5)	(71.6)
	2	Pb	Zn			
		(96.0)	(95.9)			
	3	Co				
		(94.9)				

#### 土壌

(30試料)	因子	1	Ni	Cr	Co	Cu
			(89.1)	(85.7)	(65.5)	(53.0)
	2	Pb	Zn	Cu		
		(89.7)	(79.1)	(51.1)		

因子分析の結果によればNi・Cr・Coは同一因子に支配されており、Pb・Znは別の因子により支配されていると見られる。Cuの一部はNi・Cr・Coを支配する因子に関係していると見られる。成因に多くの因子が考えられるMnはばらつきが大きく一つの傾向としてとらえることは難しい。

Table. 3 Statistical Analysis of 7 Elements in Selected Geochemical Samples

[ ] is a number of treated samples

Stream Sediment [30]

	Cu ppm	Zn ppm	Ni ppm	Co ppm	Cr ppm	Mn ppm	Pb ppm
Maximum	40.5	1430.0	65.6	8.2	2.6	781.0	30.6
Minimum	6.0	8.1	0.7	0.3	0.0	141.5	0.0
Average	12.5	109.7	14.4	1.2	0.6	372.6	2.2
Standard deviation	8.7	257.8	11.9	1.4	0.7	153.7	6.1
Numbers	30	30	30	30	29	30	11

Soil [30]

	Cu ppm	Zn ppm	Ni ppm	Co ppm	Cr ppm	Mn ppm	Pb ppm
Maximum	79.0	207.0	54.0	5.6	10.7	2867.9	14.9
Minimum	3.5	4.6	2.0	0.4	0.0	22.6	0.0
Average	19.5	68.5	20.1	1.5	1.3	715.6	2.0
Standard deviation	18.0	51.2	14.6	1.3	2.1	571.4	3.1
Numbers	30	30	30	30	26	30	21

従って広域的な地化学探査ではPb, Zn グループNi・Cr・Co グループから各1成分と両グループに關係するCuを対象とするのが適當であろう。

この広域的な地化学探査により抽出されたNi, Cr, Coを含む鉍化帯やPb・Znを含む鉍化帯を対象とする段階における地化学探査の場合には、各々の鉍化帯中で各成分は異なった挙動を示すことから鉍化帯に含まれる各成分について検討する必要がある。

### 10-3 結果の検討

元素毎に土壤と河川堆積物の地化探異常部について検討を行なった結果は下記の通りである。

(1) 土壤のCu異常部は南西部では変成岩類および花崗岩類中に発達する脈状鉍床帯付近に高く顕著な異常部はHuasahuasi (ワサワシ) 部落付近とPalca 部落地方のいずれも鉍化示徴地付近に存在する。南部ではSan Vicente 鉍床付近に岩株状に貫入している。

ジュラ紀の閃緑岩類の一部と顕著な異常部は一致している。中央部ではPaucartambo 部落北西方のPucara 層群とOriente 層群との境界付近に異常部があるがこれと關係する貫入岩体などは確認していない。Villa Rica 北方のOriente 層群中に顕著な異常部が存在するがこれは写真地質解析によれば近くに貫入岩が分布すると見られることからこの貫入岩に關係するものと推察される。

(2) 河川堆積物によるCu異常部は土壤のCu異常部に關連するもののほかHuancabamba 東方に顕著な異常部が見出された。この付近は密林地帯のため地質調査が十分行なわれていないが写真地質解析の結果と転石から古第三紀に貫入したと見られる斑岩類岩株であると判定されるためこれらの地化探異常はこの貫入岩類と關連すると推察される。

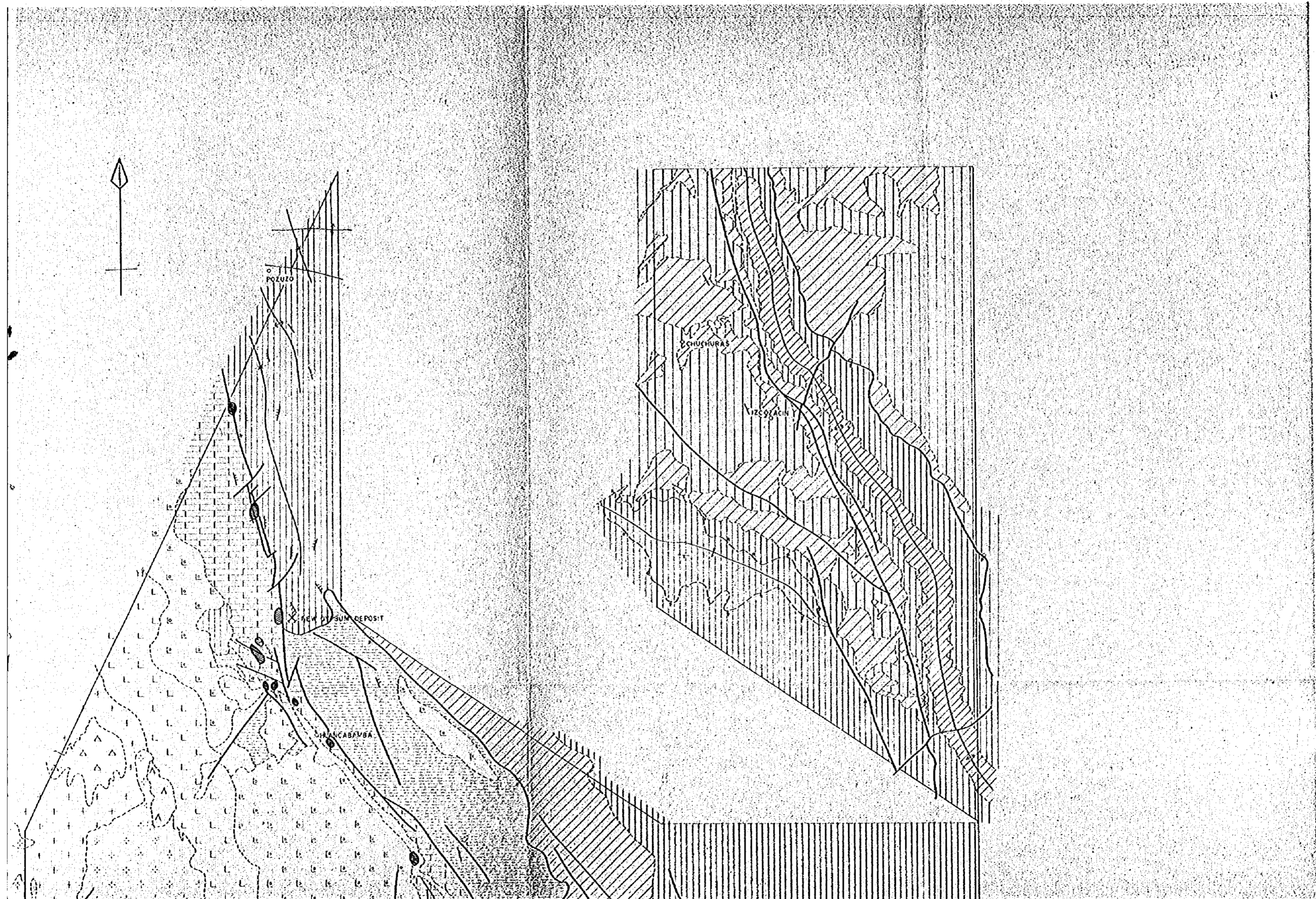
(3) 土壤のZn異常部は南西部の脈状鉍床帯に關連するものを除き全てPucara 層群中に存在する(Fig. 16)

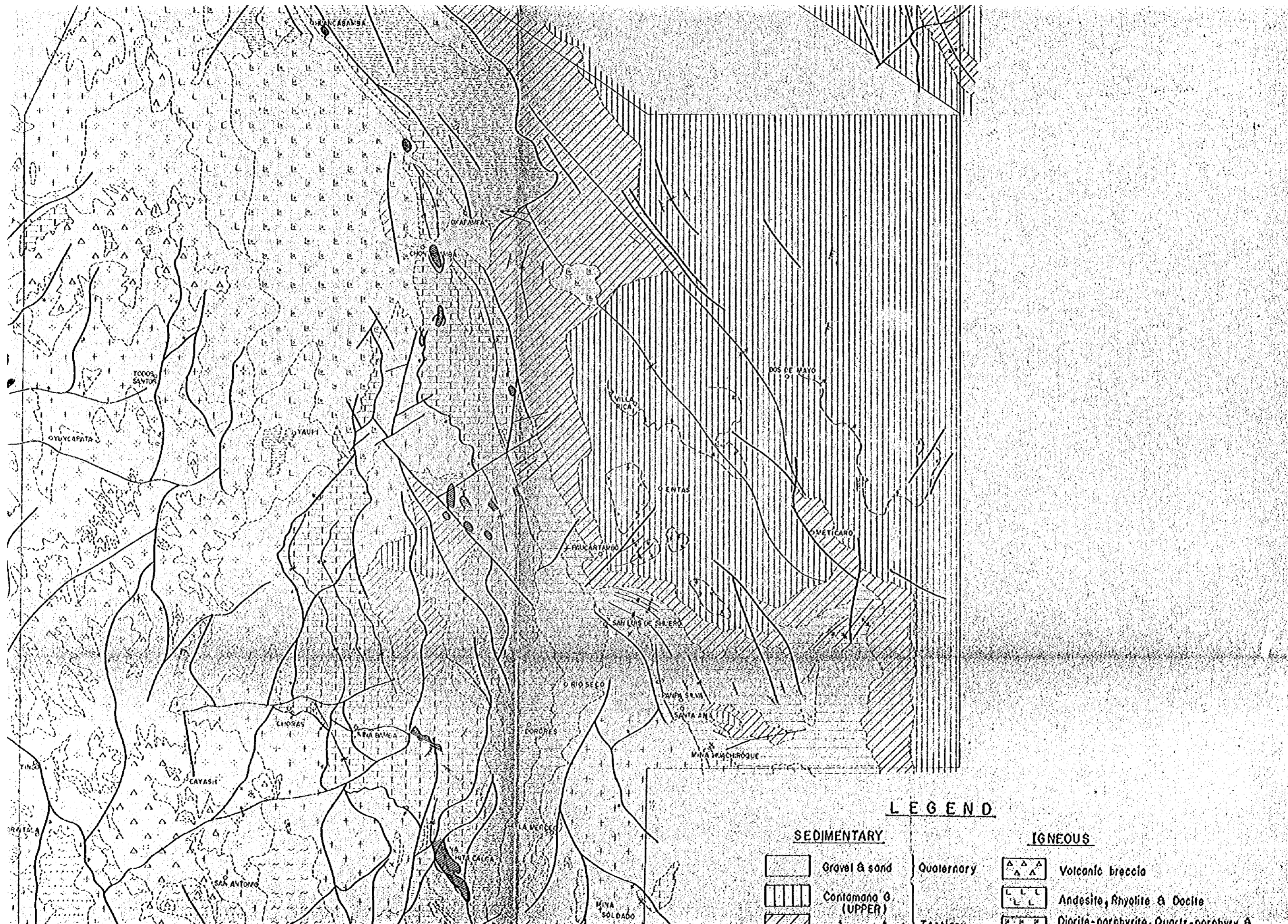
Pucara 層群中の顕著な異常部は既存鉍床のSan Vicente 鉍床およびPichita Carga 鉍床に存在するほか中央部のPaucartambo 部落北西方、Oxapampa 南西方Huancabamba 北西方に存在する。地質精査と精密地化学探査を実施したSan Vicente 鉍床付近を除き異常部の規模および地質構造との關係は明瞭でないが異常部はドロマイトまたはドロマイト質石灰岩付近に分布する傾向がある。

(4) 河川堆積物によるZn異常部は土壤により抽出された異常部付近およびその下流に分布する。

(5) 土壤によるNi異常部は南西部の変成岩類と一致して顕著なものが存在するほか全般にわたり弱い異常部が散在する。

(6) 河川堆積物のNi異常部もほぼ土壤のNi異常部と一致するが顕著な異常部は変成岩類付近に見られるものを除き認められない。





**LEGEND**

SEDIMENTARY		IGNEOUS	
	Gravel & sand		Quaternary
	Contamana G. (UPPER)		Volcanic breccia
	Diorite-diorite		Andesite, Rhyolite & Dacite

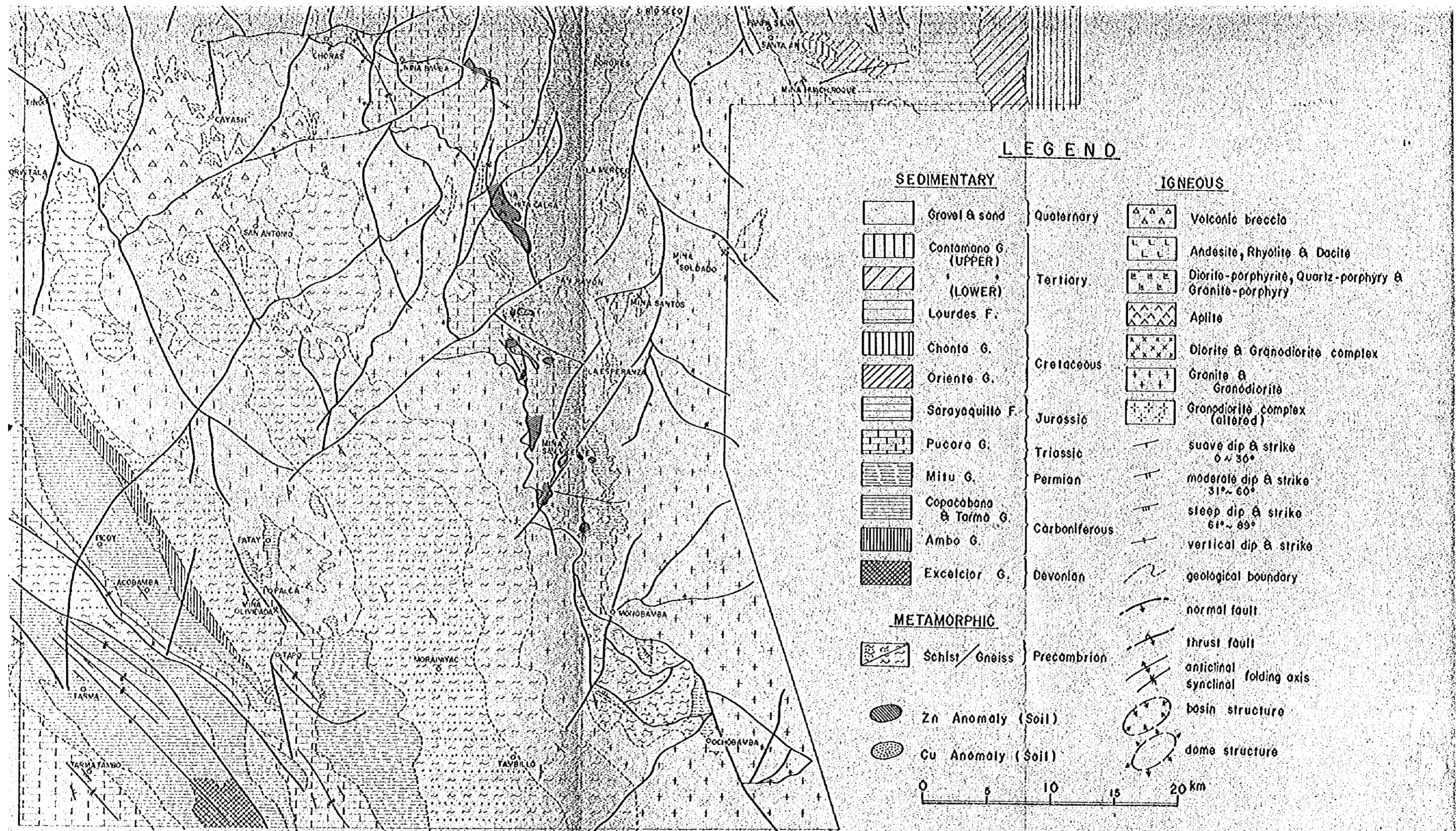


Fig. 16 Schematic Map of Geochemical Anomaly in Pucara Group

## 第11章 帯磁率測定

調査地内より採取された岩石資料を用いて帯磁率測定を実施した。測定岩石資料は、表-1に示すように各岩種別、時代別に区分され、総計100箇である。

### 11-1 帯磁率測定計器

使用した帯磁率計の仕様、性能は次のとおりである。

型 式	Model 3101A , 交流帯磁率計
製 作 所	Bison Instruments 社
本 体 寸 法	15 cm × 30 cm × 26 cm
重 量	4.5 kg
測 定 範 囲	$1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-1}$ e. m. u. c. g. s.

### 11-2 測定方法

試料を60メッシュ以下の均一粒に粉砕し、容積一定のプラスチック容器に入れて見掛帯磁率を測定する。見掛帯磁率は測定する試料の容積に比例するので、真の帯磁率を出すために、試料の充填密度を同時に測定し、補正計算を施した。その他再測を行って再現度の検定も実施した。

### 11-3 測定結果

測定結果を岩種別、岩層別に区分し、Fig. 17 に図示した。

いずれの岩種、岩層群も帯磁率の値の分布範囲が大きいことが認められるが、Fig. 17 で概観されるように、その対数値の分布をみると、岩種別差が区分出来る傾向が認められる。そこで帯磁率の対数値により、分散分析を行った。

### 11-4 解析結果

岩種別分類結果は33岩種となる。分散分析の結果は次表のとおりである。

①

要 因	偏差平方和	自由度	不偏分散	検 定
A ( 33岩種 サンプル間差 )	12.35	32	0.3859	*5%危険率で有意
e	13.33	67	0.1989	
T	25.68	99	0.2594	



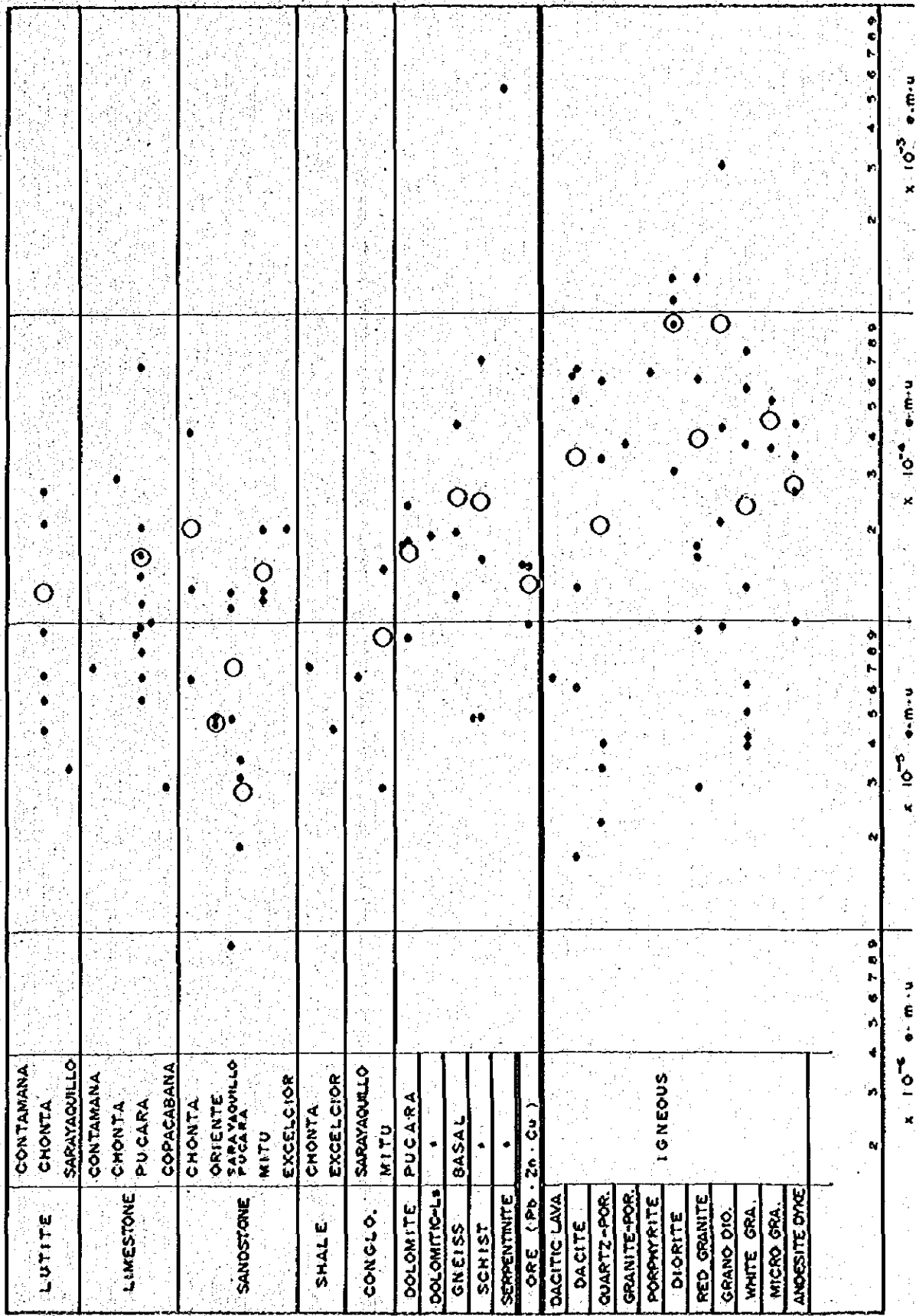


Fig. 17 Result of Magnetic Susceptibility Measurement

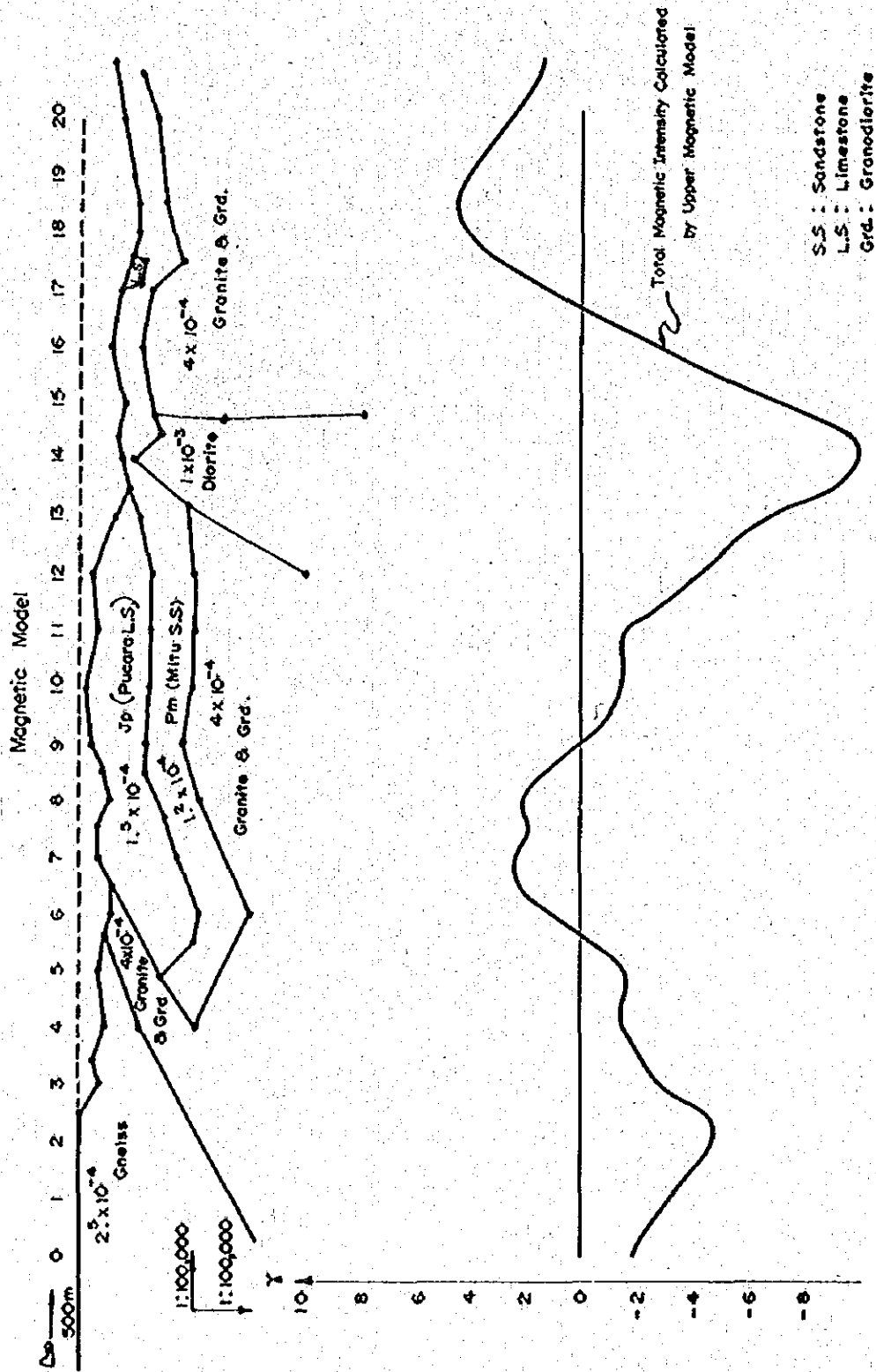


Fig. 18 Model Study of a Magnetic Section with Electronic Computer

②

要 因	偏差平方和	自由度	不偏分散	検 定
A' 岩種大分類間差	2.43	2	1.22	** 1% 危険率で有意
A'' 堆積岩内差	4.25	9	0.471	* 5% "
A''' 火成岩内差	3.43	10	0.343	
A'''' 砂岩内差	1.46	5	0.293	
A 残	0.78	6	0.131	
e (残差)	13.33	67	0.1989	
T (合計)	25.68	99		

すなわち堆積岩、鉄石、火成岩と大分類を行った場合、堆積岩類と火成岩類とは帯磁率に差を認めることが出来る。

一方時代別には、いずれの岩種、岩相にも有意差ありとは判定出来ない。

測定誤差については、100個のサンプルよりランダムに16個を抽出して、再粉砕、再測定を行った。この結果を分散分析により検定すると、下記の如くなる。

③

要 因	偏差平方和	自由度	不偏分散
W (サンプル間差)	8.261	15	0.551
e	0.708	16	0.044
T	8.969	31	

これより S, N 比を計算すると,  $\frac{\sigma_w^2}{\sigma_M^2} = \frac{1}{2} \frac{(0.551 - 0.0442)}{0.0442} = 5.72$

$$S/N = 10 \log_{10} \left( \frac{\sigma_w^2}{\sigma_M^2} \right) = 7.58 \text{ db}$$

一般に S, N 比は 5~7 db 以上あれば良いと考えられるので、今回の測定精度は十分であると考えられる。

#### 11-5 シミュレーション

各岩石サンプルの帯磁率測定結果を基に (Fig. 17), 実際岩石の分布により誘起されるであろう磁気量を計算した。対象箇所は、B 測線、中央部付近の Pucara 層が地表に分布する付近を取り上げ、同地質断面より地下磁気モデルを作成した。その結果は Fig. 18 に示す。

岩石の帯磁率は次のように想定した。

(岩種)	(帯磁率) $\times 10^{-4} \text{ m.u.c.g.s.}$
Pucara 層 石灰岩	1.5
砂岩	1.2
片麻岩	2.5
花崗岩および、花崗閃緑岩	4
閃緑岩	10

シミュレーション結果よりみて、本調査区について高感度全磁力計を用いて空中磁気測定を実施した場合、一般的にその効果として考えられることは、片麻岩類より成る基盤岩および火成岩類の深部～浅部構造の解明に役立つ他、Pucara層の地下深部の分布も推定が可能と考えられる。