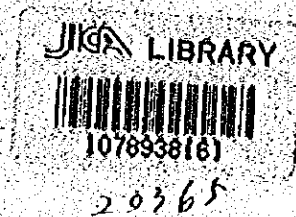


708
661
11PN
67

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巻
(第1年次)



昭和51年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

20365

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。

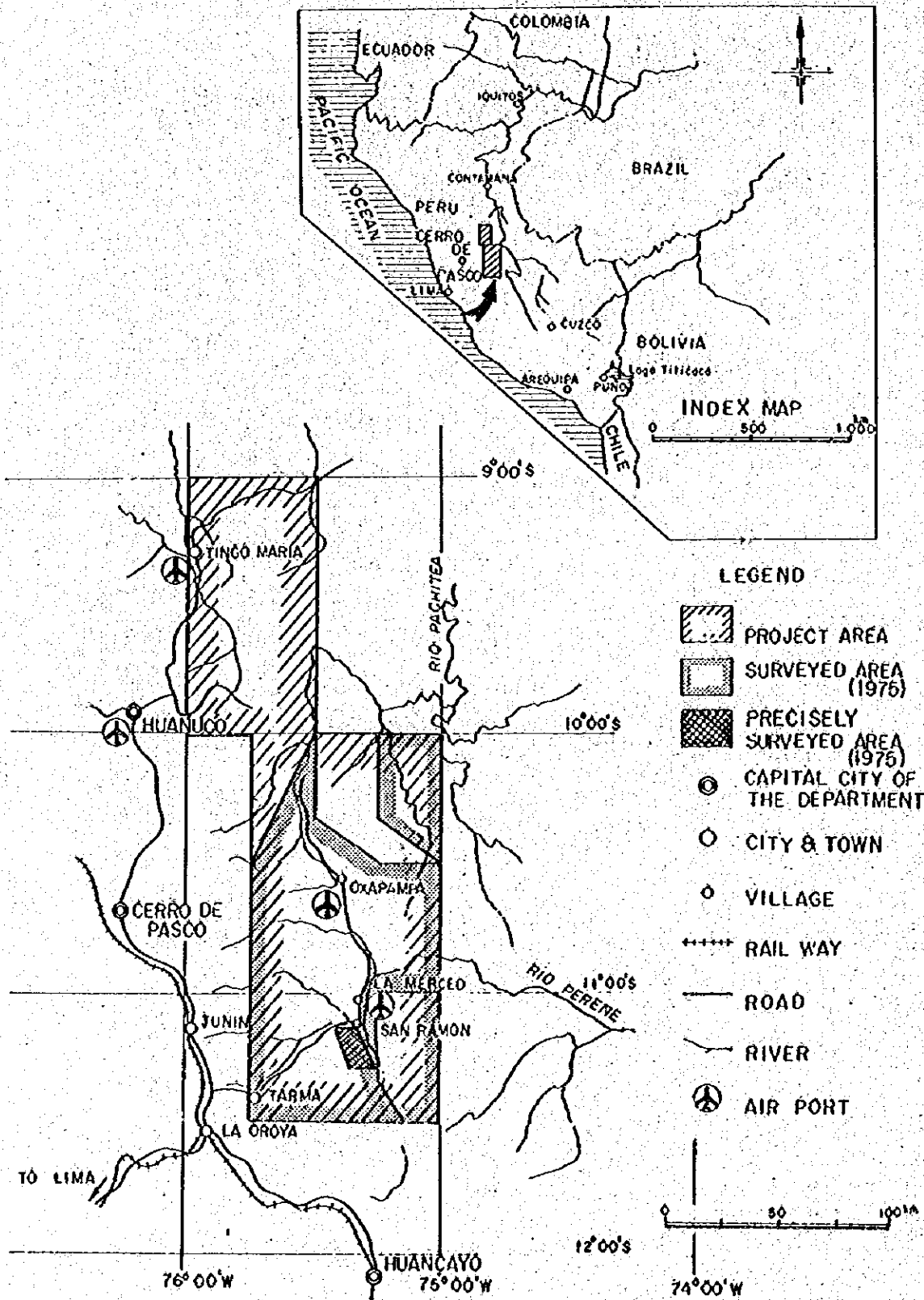
本調査は4ヶ年にわたって行なわれるものであるが、本年はその第1年次にあたり、上記調査の一環として、三井金属エンジニアリング株式会社吉川恵章氏を団長として6名からなる調査団を編成して、昭和50年9月2日から昭和50年11月14日まで現地に派遣した。現地調査は、ペルー共和国政府関係機関の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第1年次の調査結果をとりまとめたもので、第2年次、第3年次および第4年次の調査結果と併せて、最終報告書の一部となるものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力をいただいたペルー共和国政府・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2月

国際協力事業団
総裁 法眼普作



Location Map of the Cordillera Oriental, Central Peru

卷 合 目 次

はしがき
位置図

要 約 Ⅱ
総 論 Ⅰ

各 論

第1部 A・B地区地質概査 Ⅰ-Ⅰ
第2部 C地区地質精査 Ⅱ-Ⅰ

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第一年度の調査として実施した。本調査の目的は (1) 鉛・亜鉛賦存が期待される Pucara (プカラ) 層群の分布を明らかにし鉛・亜鉛賦存の可能性が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・亜鉛鉱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月にかけて実施した。

本調査地区に露出する岩石は先カンブリア紀の変成岩類、古生代デボン紀から新生代第三紀までの堆積岩類、これらの一部を貫ぬき古生代後期に貫入したバソリス状の花崗岩類、白亜紀から第三紀に貫入した斑岩類、第三紀中期に噴出した火山岩類よりなる。調査地区の西部は主に花崗岩類、古期堆積岩類、変成岩類など古い岩石が分布し東部は新期堆積岩類が分布している。全体的には西部より東部へ行くに従いより新しい岩石が累積又は貫入している。主要な地質構造線は 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 W 方向に傾斜する衝上断層も見られる。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。

主要な金属鉛・亜鉛鉱床は中生代三畳紀からジュラ紀に堆積した主として炭酸塩岩類よりなる Pucara 層群中に賦存する層状鉛・亜鉛鉱床であり San Vicente (サンビセンテ) や Pichilla Carga (ピチタカルガ) の主要鉱体は Pucara 層群の下位に位置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胚胎する。

このようなドロマイト層は南部の既知鉛・亜鉛鉱床周辺に広く分布するほか中部および北部にも小規模に分布する。

斑岩類のうち北部はバソリス状の酸性貫入岩類を主とし南部は岩株状の中性貫入岩類が多い。酸性貫入岩類は石灰岩との接触部に一部スカルン鉛・亜鉛鉱床を形成している。中性貫入岩類の周辺には方鉛鉱・方解石脈が見られ層状鉛・亜鉛鉱体を切っている。岩体自身にも黄鉄鉱・黄銅鉱が強い部分もあり銅鉛微も認められる。いずれにしても斑岩類は調査地区の金属鉛・亜鉛物の鉛化作用に重要な役割を果たしたと見られるので層状鉛・亜鉛鉱床との関連性を含めて更に検討する必要がある。

San Vicente 鉛・亜鉛鉱床付近の地化学探査の結果では、鉛・亜鉛は既知層状鉛・亜鉛鉱床近くが高濃度であるが銅は中性貫入岩類の付近が高濃度である。X線回折結果では熱水変質鉱物は中性貫入岩類付近に多く出現し、これより離れた位置に分布する主要な層状鉛・亜鉛鉱床の周辺ではほとんど見られない。以上を総合すると San Vicente 型の層状鉛・亜鉛鉱床は堆積性成因に後生の熱水による交代が加わった鉛・亜鉛鉱床であると推察される。

C 地区における地質精査の結果 Pucara 層群に賦存が期待される層状鉛・亜鉛鉱床に対して

- (1) Pucara 層群の層序調査、特にドロマイト層の分帯
- (2) Pucara 層群中のドロマイトの層序と構造調査

(3) 斑岩類の分布および構造調査

(4) Zn, Pb, Cuによる地化学探査

が特に有効な調査方法であることが明らかとなった。

従って今後は上記の調査方法を主体に物理探査を併用した調査をすすめる必要がある。

来年度以降の調査方針としては、まず今年度の実施要領をもって上記の調査方法を主体とした地質概査を実施するのが望ましい。

さらに概査の結果選択された地域については磁力探査、電気探査（IP法）など物理探査を併用した地質精査、精密地化学探査を実施すべきであろう。

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	3
1-3 将来への展望	4
第2章 序 論	6
2-1 調査目的	6
2-2 調査概要	6
2-2-1 調査範囲	6
2-2-2 調査方法および期間	7
2-2-3 調査団の編成	7
REFERENCES	8

第1章 結 論

1-1 A・B地区地質概査結果

A・B地区の地質概査の結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(プカラ)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閃緑岩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 (アラマチャイ) 累層に相当するが大部分は Chambara (チャンバラ) 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 (サンビセンテ) 鉱床および Pichita Carga (ピチタ カルガ) 鉱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・花崗閃緑岩、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地区の主な金属鉱床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

(2) 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展している。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・中部には認めていない。

(3) コバルト・ニッケル鉱床を胚胎する超塩基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。

(4) 銅・鉛・亜鉛スカルン鉱床は東部の花崗岩上にループ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。

1-2 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(ミッ)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および花崗閃緑岩のほか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。

(10) 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染部が認められる。

- (1) San Vicente 鉱床の主要鉱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・亜鉛鉱床はいずれも閃緑岩類岩株近くに位置する。
- (2) ドロマイト層中の鉱床は細粒塊状の閃亜鉛鉱を主とするが閃緑岩類の岩株に近い石灰岩層中の鉱床はやや粗粒の閃亜鉛鉱よりなり、方鉛鉱・黄銅鉱を多く含む部分や塊状閃亜鉛鉱を切る方鉛鉱・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・亜鉛鉱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・亜鉛鉱床付近で特に高い濃度を示す。
- (4) X線回折の結果ではSan Vicente 鉱床付近では鉱化作用に伴うと見られる変質鉱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鉱化作用にともなうと見られる変質鉱物が認められる。鉱床付近の母岩のX線回折結果では主要鉱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。

1-3 将来への展望

調査の主要対象鉱床であるSan Vicente 型層状鉛・亜鉛鉱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鉱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・亜鉛鉱化作用のほか銅鉱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・亜鉛鉱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特に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部分に優勢な鉱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、特に閃緑岩類は銅鉱化作用に関係するほか層状鉛・亜鉛鉱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・亜鉛鉱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鉱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探査方針としては

- (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) ドロマイト層など鉍床胚胎層の地質精査，精密地化学探査および電気探査（IP探査）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) 斑岩類の分類と鉍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) 構造ポーリングなどによる特定ドロマイト層の追跡調査
 - 2) 鉍化示徴の追跡調査
- 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。

第2章 序 論

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度の調査として全調査地区面積約20,000km²のうちほぼ南半分の面積約10,000km²(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1000km²(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20,000km²の範囲である。

(2) 昭和49年度地質概査範囲(A・B地区)

昭和49年度地質概査範囲は(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点にかとまれた範囲のうち(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点にかとまれた範囲を除く面積約10,000km²の範囲である。

(3) 昭和49年度地質精査範囲(C地区)

昭和49年度地質精査範囲は1°18'S, 75°23'Wに位置するSan Vicente 鉱山を含む面積約1000km²の範囲である。

2-2-2 調査方法および期間

(1) 現地調査

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ずきA・B地区の地質構造および鉱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。

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 Geología 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	金属鉱業事業団
"	星 野 明 雄	" " "
団 員 (地質調査)	深 堀 康 昌	三井金属エンジニアリング株式会社
"	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.	" "
"	Carlos Guevara R.	" "
"	Julio Caldas V.	" "
"	Edgar Vaidivla V.	" "
"	Julio Cesar Zedano C.	" "

REFERENCES

Bellido, E. B. (1969)

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

Bellido, E. B. et al (1972)

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

Capdevila et al

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

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 Peru. 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 Peru. 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

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

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

各 論

第1部 A・B地区 地質概査

第1部 A・B地区地質概査

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	5
第2章 地理的環境	6
2-1 位 置	6
2-2 交 通	6
2-3 気 候	7
2-4 植 生	7
第3章 地 形	8
3-1 地形区分	8
3-2 西部高地	8
3-3 中間盆地	8
3-4 北東部低地	8
第4章 調査地区付近の地質概要	9
4-1 地 質	9
4-2 地質構造および地史	9
4-3 鉱物資源	10
第5章 A・B地区の地質	11
5-1 地質概要	11
5-2 変成岩類	11
5-3 火成岩類	11
5-3-1 花崗岩および花崗閃緑岩類	11
5-3-2 閃緑岩類	12
5-3-3 酸性貫入岩類	12
5-3-4 玢岩および安山岩類	13
5-3-5 火山岩類	13
5-4 堆積岩類	13

5-4-1	堆積岩類の分類	- 13
5-4-2	Excelesior 層群	- 14
5-4-3	Ambo 層群	- 14
5-4-4	Copacabana-Tarma 層群	- 14
5-4-5	Mitu 層群	- 15
5-4-6	Pucara 層群	- 16
5-4-7	Sarayaquillo 累層	- 17
5-4-8	Oriente 層群	- 18
5-4-9	Chonta 累層	- 18
5-4-10	Paracas 累層	- 19
5-4-11	Contamana 層群	- 19
5-4-12	第四紀堆積層	- 20
第6章 A・B地区の地質構造および地史		- 21
6-1	褶曲構造	- 21
6-2	断層構造	- 21
6-3	地 史	- 22

LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. AB-1 Accessibility Map of Surveyed Area
Fig. AB-2 The Morphologic Structural Division of Peru
Fig. AB-3 Structural Map of the Surveyed Area

LIST OF TABLE

- Table AB-1. Generalized Geological Columnar of the Surveyed Area

LIST OF PLATES (in the associated Case)

- PL. AB-1. Geological Maps of the Surveyed Area
(3 sheets) 1 : 100,000
PL. AB-2. Geological Profile of the Surveyed Area
1 : 100,000
PL. AB-3. Route Maps of the Surveyed Area
(3 sheets) 1 : 100,000

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 年目にあたる昭和 49 年度は調査地区面積約 20,000 ㎢のうち主として南部の A・B 地区 10,000 ㎢につき地化学探査を併用した地質概査を行なった。その目的は鉛床賦存が期待される Pucara 層群の分布を明らかにし、鉛床賦存の可能性が高い地域を抽出することにあつた。

この第 1 部は A・B 地区についての調査結果を記述したものである。

1-2 野外作業

1-2-1 地質概査

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 10,000 ㎢ (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 2,800 ㎢ (B 地区) について原則として 10 ㎞、それ以外の約 7,200 ㎢ については 20 ㎞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 (スラー) 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つ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つた。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。

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

本探査は広範囲なペルー中部調査地区における鉛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 B₁ 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 1 ㎞につき 2 個程度の密度になる様努めた。

1-3 室内作業

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 地化学分析

地化学探査用試料2,595個につき鉱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。

1-3-2 鉱石分析

A・B地区に存在する鉱床および鉱化示徴地より採取した鉱石試料12個につき化学分析を原子吸光法により行なった。

1-3-3 岩石全岩分析

絶対年代測定に供した火成岩類6個の組成を検討するため全岩化学分析を行なった。

1-3-4 X線回折

粘土鉱物2個につき鉱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。

1-3-5 岩石薄片顕微鏡観察

代表的岩石について143枚の薄片を作製し、顕微鏡による観察を行なった。

1-3-6 鉱石研磨片顕微鏡観察

代表的鉱石について16枚の研磨片を作製し、顕微鏡による観察を行なった。

1-3-7 絶対年代測定

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個について絶対年代の測定を行なった。

1-3-8 流体包有物温度測定

San Vicente 鉱床について、その成因を検討するため鉱石5個について閃亜鉛鉱を対象に流体包有物の充填温度測定を行なった。

1-3-9 化石鑑定

顕在化石24個と花粉化石10個につき鑑定を行なった。

1-3-10 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。

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10,000km²の区域である。

行政区画上では本地区は、南部はJunín（フニジ）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（サンラモン）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（タルマ）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308km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。区域西部のJunín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所要時間はFig AB-1の通りである。

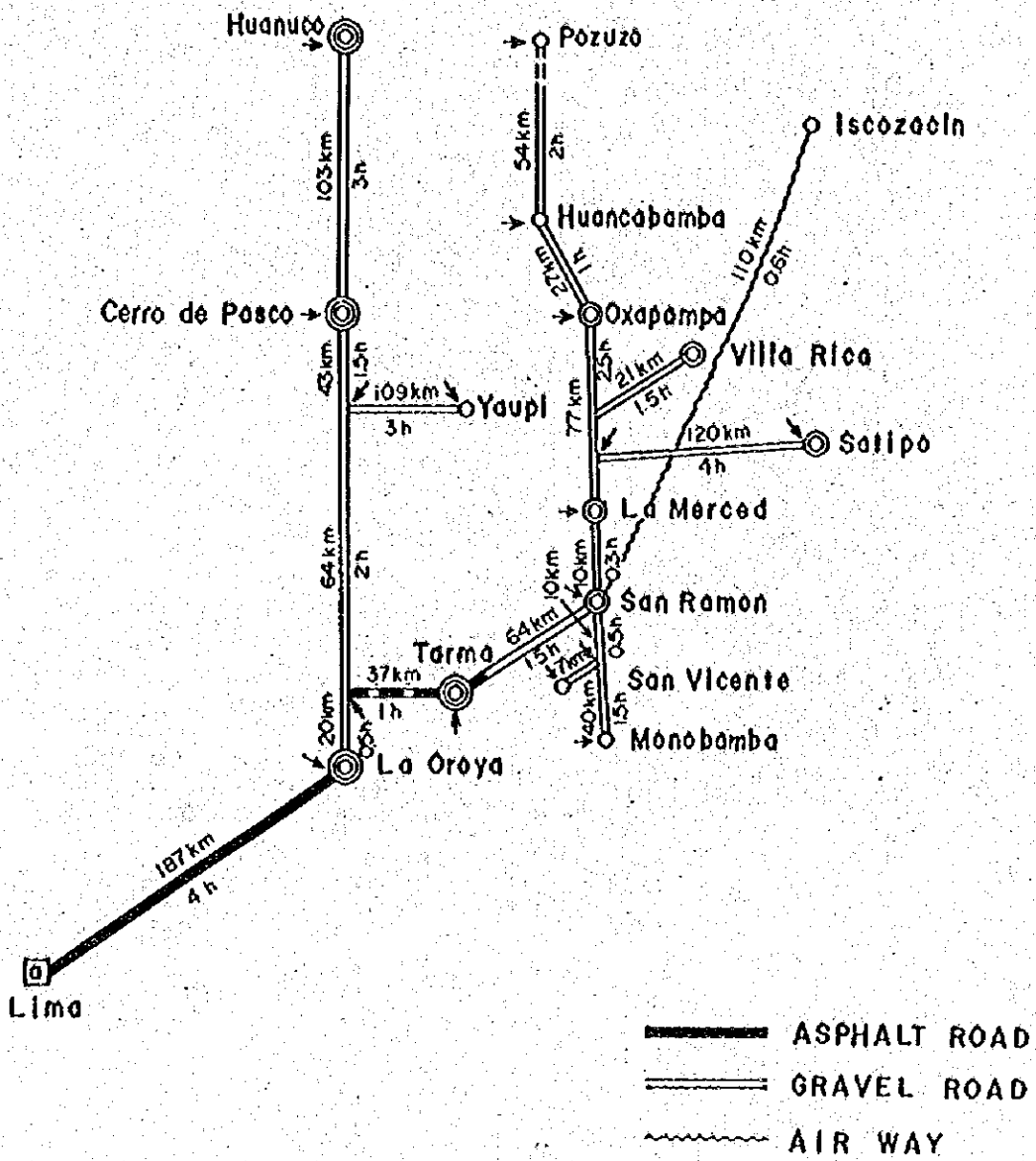


Fig. AB-1 Accessibility Map of Surveyed Area

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曇天が続く。乾期の日中最高気温は30°C位、夜間は13°C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似ている。熱帯多雨型の北東部は年間を通じて暑く平均気温は28°C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4,500 m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4,500 m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4,000 m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。山裾から平坦地にかけては開墾され、バナナ、パイナップル、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たる部分と中間盆地との間の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以上にはカールが随所に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期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の斜面部分、盆地部分、サブアンデス部分に分けることができる。東部アンデス山脈の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をなす地形を示す。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 Ramon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地地は開墾され、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あり河川は蛇行し、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。

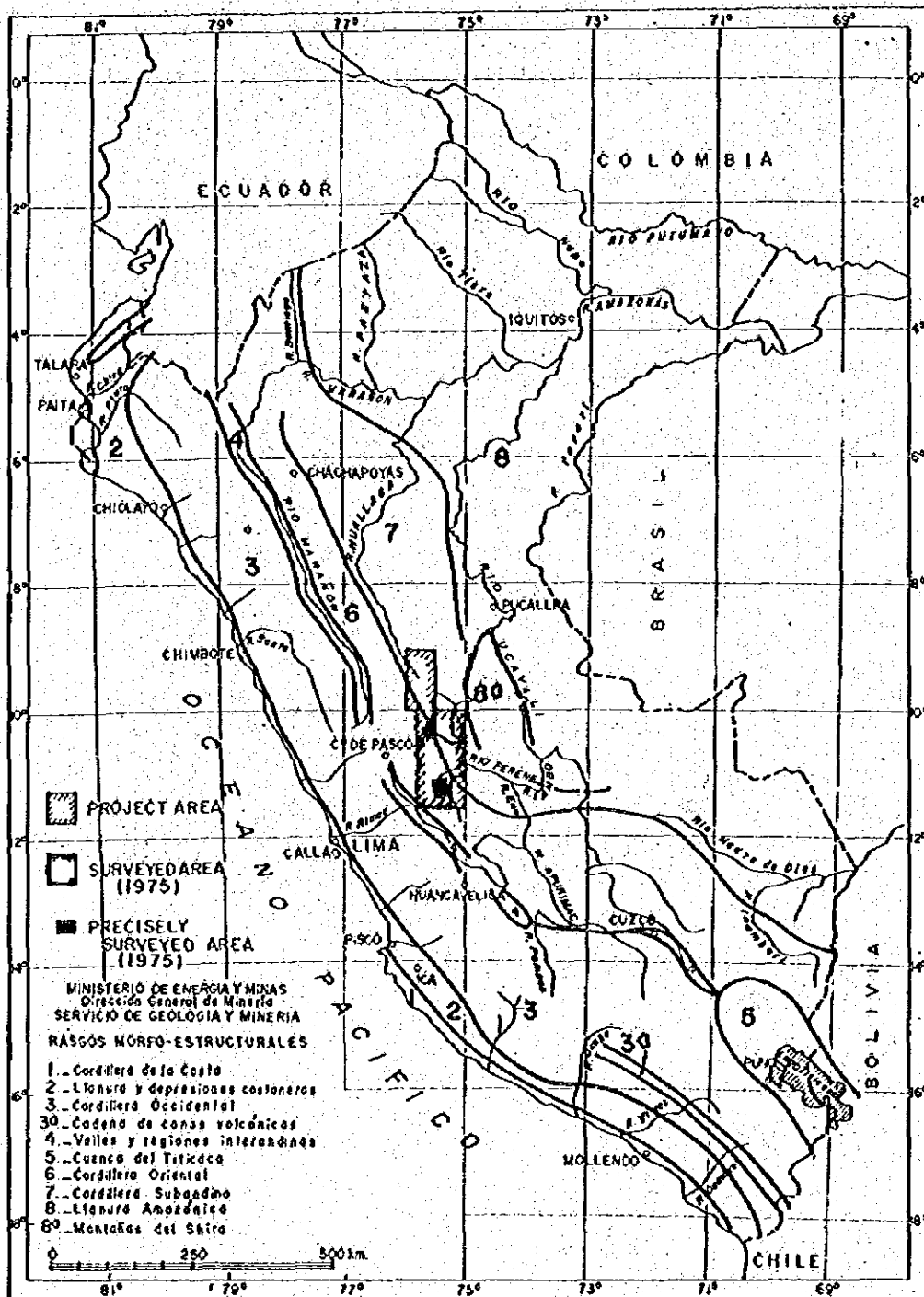


Fig. AB-2 The Morphologic Structural Division of Peru

第4章 調査地区付近の地質概要

4-1 地 質 (Fig. AB-2 参照)

東部アンデス山脈からアマゾン湧流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ダント状に散在している。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。

最も古い古生代地層は中部および上部オルドビス系のもので、海成のリュートタイトの連続した堆積層よりなっている。それに次いで平行不整合状に下部および中部デボン系のリュートタイト・砂岩・珪岩の厚い累層が続いている。オルドビス系およびデボン系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、Ambó 層群の砂性・粘土性の陸成礫 および上部石炭系～下部二疊系のリュートタイト・泥灰岩・石灰岩により代表される。その後、隆起した部分の侵蝕が行なわれ、これら砕屑物がこの地域の中央部に分布する Mitu 層群の砕屑岩の源となった。上部三疊系～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地には海退期の 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第三紀の砕屑岩を主とするリュートタイト砂岩等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および花崗閃緑岩がベースとしてこの地域に広く分布するほか白亜紀末から第三紀初めに貫入した小規模の閃緑岩複合岩体が見られる。東部アンデス山脈の高地一帯には閃緑岩・石英安山岩質斑岩など多数の貫入岩体・岩株・岩枝があり一部には同質の溶岩・角礫岩などよりなる部分も見られる。

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質によって構成され、地質構造が明瞭に観察できる本地域では複雑な褶曲と正および逆断層が発達しているが、大構造は 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地および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がある。

サブアンデス山地には褶曲帯が多く見られる。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になる。

本地域では変形がより強い部分で褶曲は東に向って非対称となり、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

に起っ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。

古生代には二回の地殻運動があり第一回目に関連してオルドビス紀中期に黒色リュータイト・砂岩などが堆積した。第二回目に関連する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海侵が優勢であり、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の地殻運動の後、侵蝕作用による砕屑の堆積が断続しながら第三紀末まで続いた。

4-3 鉱物資源

ペルー国内における主要な金属鉱化作用はアンデス山脈を形成せしめた大きな造山運動・火成活動に関連したものである。先カンブリア代の変成岩類は東部アンデス山脈に分布している。古生代には現在のアンデス地帯において地角斜環境のもとで2回の堆積輪廻が起り、これらの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鉱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角斜が形成された。

ジュラ紀中期における短期間の変形作用・火成活動の後、この地角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による褶曲と火成活動の時期には、すでに終結していた。アンデス造山運動にともなう鉱化作用はアンデス山脈中で最大のものとなっている。

東部アンデス山脈の鉱床は裂か充填型のものが多いが、交代型・鉱染型の鉱床も見られる。主な金属鉱物としては金・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、クロム・コバルト・ニッケルの鉱床を胚胎することが最近明らかになった。中生代の石灰岩層中には層状の鉛・亜鉛鉱床が存在するほか、貫入岩との接触部には銅・鉛・亜鉛の接触交代鉱床が形成されているところがある。

第5章 A・B地区の地質

5-1 地質概要 (Fig. AB-3 参照)

A・B地区の地質分布を概観すると、西部は先古生代変成岩類古生代前期の堆積岩類およびそれを買らぬくパソリス状の花崗岩類がその主体となっている。これらを買らぬく第三紀中期～後期中性貫入岩類～火山岩類も高地一帯に見られる。南西部には中生代の堆積岩類がルーフペンダント状に残っているところもある。

中央部では、上記花崗岩類を基底とする古生代末期から中生代にいたる堆積岩類が広い分布を占めている。この堆積岩類は石灰岩の厚層をはさんでいる。これらを買ぬく小規模の新期中性貫入岩類が見られる。北部には酸性貫入岩類が分布するがその時代は明らかでない。

東部には、中生代後期から新生代中期にわたる主として陸生の堆積岩類が広く分布している。以上をまとめるとA・B地区の層序はTable AB-1に示す通りである。

5-2 変成岩類

変成岩類は南西部山地を中心にルーフペンダント状にNNW-SSEの延びを示す分布をなしている。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や花崗岩質岩を伴なう。

片麻岩は東部に多く灰白色の黒翼母片麻岩を主とし、片岩は西部に多く白雲母片岩・緑泥石片岩を主とする。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方向が多い。

変成岩類中に見られる塩基性岩としては蛇紋岩が主である。

5-3 火成岩類

5-3-1 花崗岩および花崗閃緑岩

花崗岩および花崗閃緑岩は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“Tama花崗岩”又は“白い花崗岩”と呼ばれている。全体的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。

長石の大きさは数mmから数cmまで変化し、岩相変化は全体に激しい。

西部の緑色を帯びた花崗閃緑岩の分析結果[※]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。

岩体の東部ほど斜長石は少なく、正長石が多くなっている。

西部ほど石英は少なく、角閃石が多くなっている。

※ San Vicente 鉱山資料による。

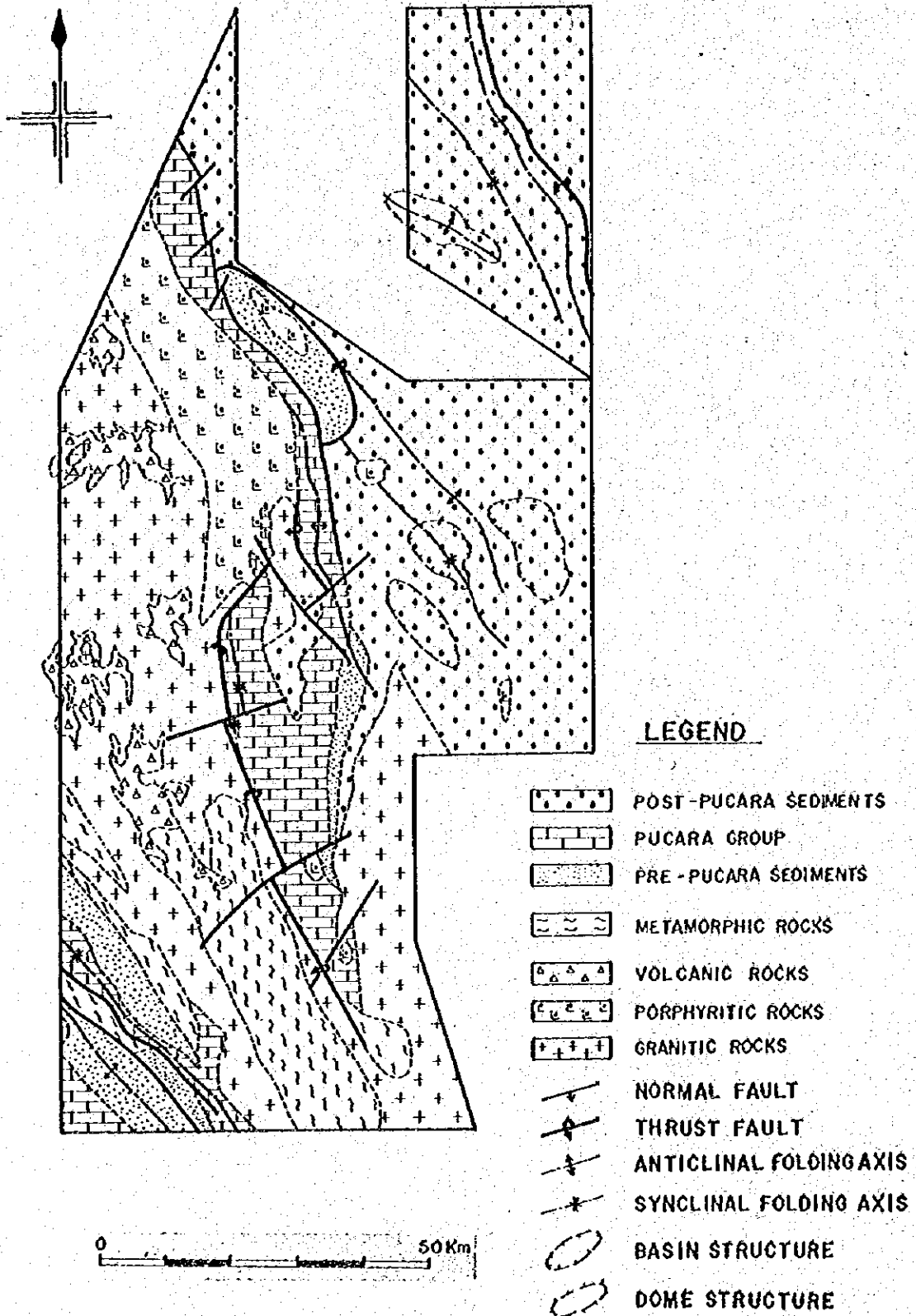


Fig. AB - 3 Structural Map of the Surveyed Area

Table AB-1 Generalized Geological Column of the Surveyed Area

AFTER BELLIDO, E. (1969)
LEVIN, M. & SAMANIEGO, A. (1975)

GEOLOGICAL AGE		GEOLOGICAL UNITS	COLUMNAR SECTION	IGNEOUS ACTIVITY	SEDIMENTARY & METAMORPHIC	DESCRIPTIONS		
CENOZOIC	QUATERNARY	ALLUVIUM			GRAVEL SAND & CLAY	<p> VOLCANICS: ANDESITIC, DACITIC LAVA & AGLOMERATE</p> <p> RHYOLITE & DACITE: RHYOLITE & DACITE COMPLEX</p>		
	TERTIARY	DILUVIUM						
		PLIOCENE						
		MIOCENE						
		OLIGOCENE						
		EOCENE	CONTAMANA GROUP (PARACAS FORMATION) 1,400 m+ (400 m+)			UPPER PART: BROWN LUTITE WITH SANDSTONE & MUDSTONE LOWER PART: RED LUTITE, SANDSTONE & MUDSTONE WITH GREY LIMESTONE (PARACAS FORMATION) CONGLOMERATE, SANDSTONE & MUDSTONE	<p> QUARTZ PORPHYRY & GRANITE PORPHYRY: QUARTZ PORPHYRY COMPLEX</p> <p> PORPHYRYTE & ANDESITE: PORPHYRYTE & ANDESITE DYKE</p>	
		PALAEOCENE						
		CRETACEOUS	LATER	CHONTA FORMATION 1,900 m+			UPPER PART: RED LUTITE WITH SANDSTONE MIDDLE PART: GREY LIMESTONE LOWER PART: RED LUTITE WITH SANDSTONE & SHALE	<p> DIORITE: DIORITE, GRANODIORITE PORPHYRY & MICRO GRANODIORITE COMPLEX</p>
			MIDDLE					
			EARLIER	ORIENTE GROUP 1,000 m+			RED TO WHITE SILICIOUS SANDSTONE WITH LUTITE & CONGLOMERATE	
MESOZOIC	LATER	SARAYACUILLO FORMATION 1,000 m+			UPPER PART: SANDSTONE MIDDLE PART: LUTITE SHALE & SANDSTONE LOWER PART: CONGLOMERATE WITH LUTITE			
	MIDDLE							
	EARLIER	PUCARA GROUP 1,400 m+			GREY TO BLACK LIMESTONE & GREY DOLOMITE WITH THIN BEDS OF LUTITE & SANDSTONE			
PERMIAN	LATER	MITU GROUP 1,300 m+			UPPER PART: SANDSTONE & LUTITE MIDDLE PART: SANDSTONE & LUTITE WITH LIMESTONE CONGLOMERATE LOWER PART: CONGLOMERATE WITH SANDSTONE & LUTITE			
	MIDDLE							
	EARLIER	COPACABANA - TARMA GROUP 1,900 m+			GREY TO DARK GREY LIMESTONE & PHYLLITIC SHALE. PARTLY RED CALCAREOUS SHALE DOMINANT.	<p> GRANITE EASTERN PART: RED GRANITE WITH GREY GRANODIORITE WESTERN PART: GREY TO GREEN GRANODIORITE</p>		
PALAEZOIC	LATER	AMBO GROUP 900 m+			COMPACT GREY SANDSTONE WITH BLACK SHALE			
	EARLIER	EXCELCIOR GROUP 700 m+			GREY SANDSTONE WITH GREY TO BLACK SHALE			
	PRE-CAMBRIAN	BASAL COMPLEX			GNEISS & SCHIST WITH SERPENTINITE			

L E G E N D

	SAND		VOLCANIC BRECCIA
	GRAVEL		RHYOLITE & DACITE
	LUTITE, SHALE & PHYLLITE		PORPHYRYTE & ANDESITE
	SANDSTONE		QUARTZ PORPHYRY & GRANITE PORPHYRY
	CONGLOMERATE		DIORITE
	LIMESTONE		GRANITE
	METAMORPHIC ROCK		UNCONFORMITY
	GNEISS & SCHIST		CONFORMITY

一方、堆積岩類より東側は花崗岩を主としており、“San Ramon 花崗岩”または“赤い花崗岩”と呼ばれている。全体には長石の大半が桃色の正長石であり、有色鉱物は黒雲母からなる粗粒完晶質岩である。San Vicente 付近の花崗岩類の分析結果は、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”の腺が Milu 層群の基底稜中に見られる。

これらの現象に合わせて“赤い花崗岩”は古生代の Copacabana および Tama 層群と見られる堆積岩をセノリスとして有していることと絶対年代測定結果(238 ± 16 MY)により古生代前期から中期にかけて貫入したものと見られる。

5-3-2 閃緑岩類

閃緑岩類は A・B 地区の主として南部に堆積岩類および花崗岩類を貫ぬく径数 m の岩株として分布している。本岩は岩相変化が激しく閃緑岩・花崗閃緑斑岩・細粒花崗閃緑岩と変化するが、全体には中性の半深成岩である。一般的にみてこれらの岩石は完晶質であり、中粒ないし細粒の花崗岩質組成をもち明灰色～暗灰色を示す。時に暗色の鉱物が線状に配列することがある。

San Vicente 鉱山付近には微閃緑岩と花崗閃緑斑岩からなる岩体が 4ヶ所に見られる。岩体の周辺は閃緑岩質、中心は花崗閃緑岩質という傾向が認められる。San Luis(サンルイス)部落付近にもやや粗粒の閃緑岩が見られる。

ペルーの中央山脈付近に多いポーフイリーカッパー型銅鉄床の多くは類似の閃緑岩類、特に石英安山岩質岩やモンソニ岩質岩の斑岩岩株に関連しており、炭酸塩岩との交会部には鉄や銅の接触交代鉄床を形成している。

A・B 地区に見られる閃緑岩類にも部分的に強い熱水変質が見られるほか黄鉄鉱鉄染が認められる。

5-3-3 酸性貫入岩類

これらの貫入岩類は A・B 地区の北西部に中生代以前の堆積岩類や古期花崗岩類を貫くバソリス又は岩株として分布している。一部は古生代の花崗岩や花崗閃緑岩中に岩株又は岩脈として貫入しているが“白い花崗岩”中ではその分布は明瞭でない。本岩も岩相変化が極めて激しく、花崗斑岩・半花崗岩・石英斑岩・石英安山岩・流紋岩と変化するが、主体は酸性の半深成岩である。

花崗斑岩・石英斑岩はバソリスの東部を占めるほか A・B 地区の東部中生代堆積岩類を貫く岩株として点在する。

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緑泥石化が強い。時に大量の磁鉄鉱鉄染を作り、晶洞に富む部分も認められる。石英斑岩は薄い桃色を帯びた斑状岩であり、有色鉱物はほとんど含まれない。時に少量の磁鉄鉱鉄染が認められる。これらの中間の組成を示す細

※ San Vicente 鉱山資料による。

※※ Capdevilla et al による。

粒花崗岩を含めて、これらの岩石は複雑に入り混っており、その境界は不明瞭である。石英安山岩や流紋岩はバツリスの西部を占めているほか花崗斑岩や石英斑岩の岩株の周縁部にも見られる。石英安山岩は赤茶色のガラス質又は微晶質の石基中に斜長石・石英・角閃石が斑晶として見られるほか、少量の黒雲母も見られる。

また完晶質粗粒の花崗岩類をゼノリスとして包有する部分もあり、花崗岩類中に岩脈として貫入している部分も見られる。流紋岩は流状構造が見られる暗灰色の斑状岩であり、明緑灰色の基質中に長石・石英が斑晶として見られる。これらの噴出岩類は混在するのみならず、花崗斑岩や石英斑岩との境界も不明瞭な部分が多く、これら岩質変化は、同一マグマ源の成分変化、貫入の位置、および貫入の時期の多少の前後関係に起因していると思われる。San Ramon 東部の Santos (サントス) 鉱山は Pucara 層群とこれを切る石英斑岩脈との接触部に出来た接触交代鉱床である。

5-3-4 玢岩および安山岩類

本岩は A・B 地区のうち南部の閃緑岩類の岩株付近などに岩脈として分布する。大部分は暗灰緑色の緻密結晶質の安山岩であるがやや粗粒の玢岩質を示す部分も見られる。これらの岩脈は中生代以前の岩石を切って貫入していることと閃緑岩類岩株付近に多い傾向があることから閃緑岩類を買入せしめたマグマの残成分が岩脈として貫入したと見られる。

この岩脈には時に黄鉄鉱が認められる。

5-3-5 火山岩類

火山岩類は西部山地の花崗岩類を買ぬき、またこれを披う分布をなしている。岩質は安山岩質～石英安山岩質および流紋岩質の溶岩・角礫岩・集塊岩・凝灰岩などからなっている。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が内座層として見られる。さらに、閃緑斑岩や石英安山岩が岩株又は岩脈として上記の火山岩類を切って貫入している。これらの岩種の構成比率は場所により大きく異なる。

これらの火山岩類は第三紀中期～後期の貫入・噴出と見られるが明瞭でない。

5-4 堆積岩類

5-4-1 堆積岩類の分類

A・B 地区の堆積岩類は西南部 (Tarma 付近) の比較的狭い地域および中央部～北東部の広範囲の地域に分布する。これらは Table AB-1 に示すように下位より Exe lelor 層群, Ambo 層群, Copacabana-Tarma 層群, Mitu 層群 (以上古生界), Pucara 層群, Sarayaquillo 累層, Oriente 層群, Chonta 累層 (以上中生界) および Paracas 累層, Contamana 層群, 第四紀堆積層, (以上新世界) に区別される。これらの層群名, 累層名は 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、模式地が一部異なるものがある。

その点については各項で述べる。

5-4-2 Excelcior 層群

- (1) 分布：本層群はTarmaを中心としてNW-S E方向に約4Kmの幅で分布する。
- (2) 構成および岩質：本層群は上位・下位では灰色砂岩が優勢であり、中位では層理面の発達した暗灰色～黒色の千枚岩質頁岩と灰色砂岩の互層よりなる。

本層群は局部的にNW-S E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-S E方向の軸をもつ大背斜構造をなしている。

- (3) 層厚：700 m+
- (4) 下位層との関係：A・B地区では、下位の変成岩類と直接するところは見られないが標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

A・B地区においては、本層群から化石を見出していない。本層群は上位をTarma層群が被っていること、その構成岩質からBellido, E.B.(1969)デボン紀前期ないし中期のExcelcior層群に対比できる。

5-4-3 Ambo 層群

- (1) 分布：本層群はAcobamba(アコバンバ)の東方約2Kmの国道沿いに露出し、NW-S E方向幅約1Kmで帯状に分布している。南東延長部はTapó(タポ)部落付近まで連続する。
- (2) 構成および岩質：本層群は比較的緻密・堅硬な灰色砂岩よりなるが、ところによっては黒色硬質頁岩との互層も見られる。またAcobamba付近では変成作用による絹雲母片岩質な部分も見られる。

- (3) 層厚：900 m+
- (4) 構成および岩質：先カンブリア界の変成岩と斜交不整合をなしている。下位層のExcelcior層とは直接するところを認めていないが標式地では斜交不整合関係とされている。
- (5) 化石および層序対比

A・B地区においては本層群から化石を見出していない。本層群は上位をTarma層群が被っていることとその構成岩質からBellido, E.B.(1969)の石炭紀前期のAmbo層群に対比できる。

5-4-4 Copacabana-Tarma 層群

- (1) 分布：本層群はTarmaおよびAcobamba付近でNW-S E方向に帯状に分布する。またPuerto Yurinaki(プエルト ユリナキ)付近のRio perene(リオ ペレネ)沿いの低地部にも地窓として小規模に分布する。
- (2) 構成および岩質：本層群は主に灰色ないし暗灰色石灰岩および千枚岩質頁岩より構成される。Acobamba付近の石灰岩は層理面が不明瞭な緻密堅硬岩であり、南東延長部では、赤色石灰質頁岩が多くなる。

Rio Pereno で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染も見られる。本層群のうち西部は構造的には Excelclor 層群中央部に NW-S E 方向の軸を持つ大背斜構造の両翼に位置しているが、各々の翼部内でも背斜・向斜のくり返しが見られる。東部は本層群中央部に NW-S E 方向の軸を持つ大向斜構造が存在し、この方向に帯状の分布を示す。この部分にも背斜・向斜のくり返しが認められ、その軸の方向は大向斜構造に一致する。

(3) 層厚：1,900 m+

(4) 下位層との関係：A・B 地区において下部の Ambó 層群との明瞭な境界面は認めていないが、近接した位置で両者の層理面が平行であること、標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、A・B 地区においても平行不整合関係と見られる。さらに下位の Excelclor 層群との関係は Ambó 層群との関係よりやや不連続が明瞭な弱い斜交不整合と見られる。Tama 付近では先カンブリア紀の変成岩類と接しているが、これらは NW-S E 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が示時化石を産すること。Tama 西方の本層群は、下位の Ambó 層群と平行不整合関係にあると見られること、上位を二疊紀の Mitu 層群に被われていること、および構成岩質から Billido, E. B (1969) の Tarma-Copacabana 層群に対比できる。

二枚貝化石は (熊本大学 田村実教授鑑定)

Petelia cfr. *Obtusa* (Bittner)

Petelia cfr. *Cassiana* (Bittner) である。

フズリナ化石は (筑波大学 猪野久義助教授鑑定)

石炭紀中期で北米の Pennsylvanian の Upper Atokan Series に対比される *Fusulinella peruana* (Mayer) である。

5-4-5 Mitu 層群

(1) 分布：本層群は A・B 地区の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 Tama 付近にも NNW-SSE 方向の延びを持つ分布が見られる。また西部高地斜面の Yaupi (ヤウピ) 部落付近にも花崗岩類の上にルーフベンダント状の小分布が見られる。

(2) 構成および岩質：本層群は礫岩・砂岩・赤茶色または茶色のリュートイトからなっており、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・リュート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。花崗岩類の中には、いわゆる“赤い花崗岩”と呼ばれるこの地区の基盤をなす花崗岩も含まれている。

中位には砂岩・リュートイトのほか石灰質岩礫を含む砂岩薄層が見られる。この石灰質礫岩層は San Vicente 鉱山付近に典型的に見られ、本層群中の唯一層と見られることや同一層準に相当の

連続が確認されていることから鍵層となり得る可能性がある。

上位は砂岩・リュートイトを主とし礫岩薄層を挟む。最上位に近いリュートイトには石灰質の部分もある。

(3) 層厚：1,300m+

(4) 下位層との関係：本層群は下位の Copacabana - Tarma 層群とは弱い斜交不整合と見られるが断層により境する部分も多い。

(5) 化石および層序対比：本層群中から化石は発見していない。

本層群は上位の Pucara 層群の下に平行不整合かまたは弱い斜交不整合の関係にあること、下位の Copacabana - Tarma 層群とも弱い斜交不整合の関係にあること、および構成岩質により Ballido, E. B. (1969) の Mitu 層群に対比できる。

5-4-6 Pucara 層群

(1) 分布：本層群は A・B 地区の中央に N-S 方向に分布し、Rio Oxabanba (リオ オクサバンバ) 付近で最大巾となる帯状をなしている。この他南西部の 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。また東部の花崗岩類上にもルーフペンダント状に小規模の分布が見られる。

(2) 構成および岩質：本層群は石灰岩・ドロマイト質石灰岩およびドロマイトからなり、その色は明灰色・暗灰色から黒色までである。時にリュートイトや砂質石灰岩・砂岩をはさむことがある。Mepard, F (1968) は、東部アンデスの標式地において本層群を構成岩類や産出化石により 3 つの累層に分けている。それらは下位より Chamba (チャンバラ) 累層、Aramachay (アラマチャイ) 累層、Condorsinga (コンドルツンガ) 累層と名づけられている。各々の岩質構造上の特徴は次の通りである。

1) Chamba 累層

黒色石灰岩を主とし砂岩・リュートイトを挟む。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挟んでいる。また上位の Aramachay 累層との境界付近には角礫石灰質岩も見られる。本累層は A・B 地区 Pucara 層群の大部分を占める。San Vicente 鉱床や Pichita Carga 鉱床は、この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。小さな砕屑性の堆積物よりなり造山帯に由来し盆地地形地に堆積したものと見られている。本累層は A・B 地区では Tarma 西方にその一部が見られるほか、中央部にも分布すると見られるが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ートイト・チャート状砂岩をはさむ本累層は本区域には分布していないと見られる。

	A・B地区	模式地
(3) 層厚：Chambara 累層	1,200 m +	1,500 m
Aramachay 累層	200 m +	600 m
Condorsinga 累層	0 m	2,900 m

(4) 下位層との関係：本層群は下位のMitu層群とは弱い斜交不整合，所により平行不整合の関係にある。中央部の帯状分布を示す部分では，東部はMitu層群とは平行不整合で接しているが，西部は花崗岩類と直接したり断層による境されるところが多い。Tarma付近では斜交不整合でMitu層群を挟んでいるところが認められる。

(6) 化石および層序対比

A・B地区に分布するPucara層群の時代決定は示時化石がほとんど存在し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。

A・B地区に見られるPucara層群は上位のSarayaquillo累層とは平行不整合関係にあること，下位のMitu層群とも平行不整合または弱い斜交不整合にあること，産出化石，構成岩質からBellido, E.B(1969)のPucara層群に対比される。

主要部分はその化石構成岩質から下位のChanbara累層に対比され，上部はAramachay累層の一部に対比される。

Chanbara累層には二枚貝および菊石の化石を挟在している。

二枚貝としては (鑑定：熊本大学 田村実教授)

Bivalve, Gen & sp.

Pectinid?, Gen & sp.

Schafhautlia astartiformis munster を産出する。

この化石は三疊紀のどの時代に相当するものかを決定出来るようなものではないが既存資料およびヨーロッパの類似種と比較によりLadinic~Carnicのものと思われる。

菊石としては (鑑定：筑波大学 佐藤正教授)

Psiloceras sp. を産出する。

この菊石の時代は下部ジュラ系Ibittangianの下部と見られる。

5-4-7 Sarayaquillo累層

(1) 分布：本累層はA・B地区の東端部を流れる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。その他にはRaymondi(ライモンディ)付近，Oxapampa東方のRio Chacos(リオチャコス)付近等に小範囲に分布する。

(2) 構成および岩質：本累層は3つの部層より構成される。それらを便宜上，下位より下部層・中部層・上部層と区分する。

1) 下部層：本部層は本累層の基底礫岩層であり、Rio Perene の東部や Rio Chacos 付近等で観察できる。礫は花崗岩の亜角礫を主とし、片麻岩状花崗岩・石灰岩よりなり淡～濃紫色の碎屑物(粘土サイズ)で膠結される。層厚および構造の詳細は不明であるが Rio perene の本部層は層厚1000mを越えず、緩い小規模な褶曲を繰り返しかつ連続性に乏しい。

2) 中部層：本部層はRio perene ~ PaucartamboおよびRaymondí付近に優勢に発達する。岩質は赤褐色～赤紫色のリュートイト、頁岩および赤色の細～中粒砂岩(石灰質)の互層であり、全体的にリュートイトに富む。本累層の特徴として、本部層の主として赤色リュートイトおよび砂岩中に石脊の細脈が著しく発達している。

3) 上部層：本部層はPaucartambo付近でよく観察され、白色～淡白赤色の細粒砂岩よりなる。

(3) 層厚：1,000m+

(4) 下位層との関係：本累層は下位のPucara 層群とは平行不整合、一部断層の関係にあり、花崗岩とは断層で境される、

(5) 化石および層序対比：本累層中より化石は産出しない。本累層はPucara 層群の上位に整合に発達すること、および、構成岩質よりBellido, E.B.(1969)のSarayaquillo 累層に対比される。

5-4-8 Oriente 層群

(1) 分布：本層群はOxapampaの東方、Rio PereneのSarayaquillo 累層分布地の周辺、Iscózacín(イスコサシン)東方の山脈およびRaymondí付近に広く分布する。

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

(3) 層厚：1,000m+

(4) 下位層との関係：本層群は下位のSarayaquillo 累層と整合の関係にある。

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

本層群はジュラ系のSarayaquillo 累層の上位に整合に発達し、石英質砂岩を主体とするので、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、Cushabatay(クシャバタイ)累層に相当するものと解される。

5-4-9 Chonta 累層

(1) 分布：本累層は本年度調査区域北部のRio Pozuzo(リオ・ポズソ)の流域からVilla Rica(ビラリカ)付近を通り、東端部のRio perene 流域にかけ広範囲に分布するほか、北東部のサブアソデス山脈沿いに分布する。さらにはRaymondí 西方にも小範囲に分布する。

(2) 構成および岩質：本累層は大きく3つの部層で構成されるが、それらを便宜上、下位より、下部層・中部層・上部層と区分する。これらは岩質上明瞭な特徴をもつ。

1) 下部層：本部層は主に赤色のリュートイトよりなるが、白色の石英質砂岩や灰色頁岩を挟在し、稀に安山岩の岩床を伴なう。

2) 中部層：本部層は灰色～土色の剝離性に富む石灰岩を主体とし、稀に白色石英質砂岩の薄層を挟在する。

本部層は Río Pozuzo 流域一帯に分布し、Pucara 層群と断層関係で境され、均質な岩相を呈する。

Río Iscozacin の上流には本部層がドーム構造をなす部分がみられ、石油資源探査が行なわれたことがある。

3) 上部層：本部層は赤色～赤褐色のリュートイトおよび細～中粒砂岩からなり一部に白色の石英質砂岩を伴なう。滅して赤色リュートイトが優勢に発達する。

上記の3つの部層より構成される本累層は Paucartambo から Villa Rica を通り Río Vocaz (リオボカス) に到る自動車道に沿って下部層より連続して観察できる。また中部層と上部層との境界は風化侵食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：本累層は下位の Oriente 層群とは整合の関係にある。

(6) 化石および層序対比：本累層の石灰岩より *Anomia Argentaria* ^{*} が検出された。これは上部白亜系に含まれる二枚貝である。

本累層は上記の産出化石や岩質の特徴よりペルー全土に広く分布する Chonta 累層に対比される。

5-4-10 Paracas 累層

(1) 分布：本累層は La Merced (ラメルセ) の西方から Paucartambo の西方にかけて、2～4Km の幅で南北に細長く分布する。

(2) 構成および岩質：本累層は Pebble～Cobble サイズの礫岩、粗粒砂岩(アルコース)および灰色泥岩よりなる。礫岩は花崗岩・安山岩・石灰岩・変成岩類など下位のほぼ全ての岩石の円礫よりなり、マトリックスは固結度の低い花崗岩質の砂よりなる。しばしば粗粒砂岩をレンズ状に挟在する。本累層は部分的に急傾斜をなすほか弱い褶曲構造が見られる。

(3) 層厚：400 m +

(4) 下位層との関係：本累層と下位の中生界とは不整合、一部断層の関係にあるものと解される。

(5) 化石および層序対比：本累層の泥岩中に植物化石 *Dietyledon* ^{**} を産出するが時代決定の根拠とはならない。Bellido, E.B. (1969) の記載した Paracas (パラカス) 累層の模式地は、リマ南方の Paracas であるが、岩質の類似性により本累層は Paracas 相当層と解する。

5-4-11 Contamana 層群

(1) 分布：本層群は A・B 地区北東部のサブアンデス山脈に分断された低地帯に広く分布する。

(2) 構成および岩質：本層群はアンデス山脈の東側の広大な盆地に堆積したモラッセである。A・B 地区の本層群は大きくは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

※鑑定 熊本大学 田村実教授

岩をはさみ、全体に暗赤色を示す。下部は時に緑色または黄色を示すこともある。

上部は灰色、紫色などをした砂岩・泥岩を主としラミナの良く発達したリュートタイトを挟み一部には灰色〜クリーム色の石灰岩薄層を挟んでいる。

上部層はリュートタイト・砂岩を主とし泥岩をはさむ。下部は全体に赤色または紫色、上部は栗色である。

(3) 層厚：1,400 m +

(4) 下位層との関係：本層群は下位の Chonta 累層と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瞭でない。

(5) 化石および層序対比：本層群のリュートタイト・砂岩・泥岩中の花粉分析の結果により本層群は第三紀堆積岩であることが判明している。

本層群の下部層は“赤色層”上部層は“栗色層”と呼ばれ、この間に石灰質堆積層をはさんでいる。

本層群はその構成岩質と上記の花粉分析結果から Bellido, E.B. (1969) の記載した調査地区北方の Contamana を標式地とする Contamana 層群に対比できる。

5-4-12 第四紀堆積層

Rio Perene や Rio Santa Cruz (リオ・サンタクルス) 等の大河川流域には、大盆地や段丘が多く発達する。これらは河川成および湖成の堆積物であり、礫・砂・粘土からなり、ほとんど水平に堆積している。

河岸段丘は 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線堆積層が見られる。

第6章 A・B地区の地質構造および地史

6-1 褶曲構造

A・B地区の褶曲・断層・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。この広域的構造は古生代・中生代および新生代に起った種々の造山運動およびこれにともなうマグマ活動が、常にENE-WSW方向の横圧力によりもたらされたことによるものである。

南西部のTarma付近に分布する変成岩類および堆積岩類は複合背斜と複合同斜がくり返す構造地帯の南東延長部に位置している。Tarma付近ではNW-SE方向を示す複合同斜が東に、同方向の複合背斜が西に見られ、これが組み合わさって先カンブリア紀から中生代前期にわたる変成岩類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流岩や集塊岩などからなる火山岩類はNNW-SSE方向に点在しており、この方向の花崗岩類の深部に達する構造線に支配されていると見られる。

中央部に分布する古生代末から中生代中期に及ぶ堆積岩類にはNNW-SSE方向の背斜構造と向斜構造が多く見られるが、Pucara 層群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。これらの褶曲軸面は垂直に近いものが多い。これらの堆積岩類と西部の花崗岩類との境界付近にはNNW-SSEの方向に新期の斑岩類が北部ではバソリスとして、南部は岩株として出現している。

A・B地区の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堆積岩類もゆる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を示す大向斜構造に支配されている。この大向斜構造の両翼の傾斜はゆるく、東側では盆状構造もみられる。

これらモラッセ質の堆積岩類中にも斑岩類の岩株がNNW-SSE方向に出現している。

A・B地区の北東部に分布する中生代後期から新生代にかけての堆積岩類は、サブアンデス山脈の中心に位置するNNW-SSE方向を示す大背斜構造付近でやや急傾斜を示すほか全体は走向NNW-SSE方向を示し、WまたはE方向へ緩い傾斜をなしている。またドーム構造や盆状構造も随所に見られる。

6-2 断層構造

A・B地区の主要断層の大半は、ENE-WSW方向の横圧力に関係するNNW-SSE系西傾斜の衝上断層、およびWNW-ESE系とNNE-SSW系の急傾斜断層のいずれかである。

中央部Pucara 層群とこれに乗り上げた花崗岩類とを境する断層・北部のOriente層群とこれに乗り上げたMitú層群とを境する断層・北東部のContamanaの層群とこれに乗り上げたChonta集層とを境する断層はいずれもNNW-SSE系上の衝上断層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WNW-ESE系およびNNE-SSW系の急傾斜断層には大規模なものはないが普遍的に見られる。これらの断層はSan Vicente 鉱床付近にも多く見られ鉱床を転位させている。

南西部Tarma付近にはNW-SE系の急傾斜をなす大断層が発達し地塁・地溝構造をなしている。一部前述した通り西部高地の火山岩類および中央部の斑岩類パソリスや岩株の延びの方向はいずれもNNW-SSE方向を示しており、この方向の深部に達する構造線に支配されたものと見られる。

6-3 地 史

A・B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至る間ほぼ連続して堆積した堆積岩類・ペルム紀と見られる花崗岩類・白亜紀から第三紀前期に貫入した斑岩類・第三紀中期ないし後期の貫入～噴出と見られる火山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、古生代初期の堆積作用および造山運動の過程で生じたとの見方もある。ペルー南部では変成岩類に赤色花崗岩を伴うところがあり、この花崗岩の絶対年代測定による年令は460MY[※]報告されている。

古生代中期頃には現在のアンデス山脈と平行に、ブラジル橋状地西端に発達した地向斜にフリッシュ型の砂岩およびリュートイトよりなるExcelcior 層群が堆積した。その後地殻変動があり

Excelcior 層群に弱い変成作用や褶曲作用を与えた。古生代後期にはリュートイト質の砂岩・頁岩を主とするAmbo 層群が広範囲に堆積した。引き続き海進時期にはTarma 層群の化石を含んだ石灰岩およびリュートイト質頁岩が堆積した。この海成堆積作用は二疊紀の中頃の造山運動により終止した。この造山運動にともなうマグマ活動により、この区域の基盤の大半をなす花崗岩類が貫入した。

その後造山運動により生じた山脈などの侵蝕作用に由来する砕屑物は盆地の陥没地に堆積しMitu 層群を形成した。

三疊紀後期にこの区域に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トイトをともなうPucara 層群が堆積した。

その後の隆起にともなって起った侵食作用はSarayaquillo 累層の砕屑岩をもたらした。

ジュラ紀後期には再び沈降が起り海侵が始まり、白亜紀前期のOriente 層群に引き続き白亜紀中期ないし後期には比較的深海性のChonta 累層が堆積した。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段階があった。これにともなうマグマ活動の進化にともない閃緑岩類・花崗斑岩および石英斑岩・玢岩および安山岩・流紋岩および石英安山岩が貫入・噴出しパソリスや岩株を形成した。

そのあとの侵食作用は多量の砕屑岩を生じContamana 層群を形成した。

※ Bellido, E. B. (1969)

この頃山間盆地には、河成ないし湖成の礫岩・砂岩が堆積し Paracas 累層を形成した。
砕屑岩の堆積作用は第三紀中期のアンデス造山運動の第二段階の開始とともに終止した。
アンデス造山運動の第二段階にともなうマグマ活動はアンデス山脈の構造的弱線を中心に火山噴
火をもたらした。
第三紀中期ないし後期に始まった急速な侵食作用は現在まで続いている。

各 論

第 2 部 C 地区地質精査

第 2 部 C 地区地質精査

第 1 章 調査の概要	Ⅱ- 6
1-1 調査目的	Ⅱ- 6
1-2 野外作業	Ⅱ- 6
1-2-1 地質精査	Ⅱ- 6
1-2-2 地化学探査	Ⅱ- 6
1-3 室内作業	Ⅱ- 6
1-3-1 地化学分析	Ⅱ- 7
1-3-2 X線回折	Ⅱ- 7
1-3-3 写真地質解析	Ⅱ- 7
第 2 章 地理的環境	Ⅱ- 8
2-1 位置・交通	Ⅱ- 8
2-2 気候・植生	Ⅱ- 8
2-3 地 形	Ⅱ- 9
第 3 章 地 質	Ⅱ-10
3-1 地質概要	Ⅱ-10
3-2 層 序	Ⅱ-10
3-2-1 Mitu 層群	Ⅱ-10
3-2-2 Pucara 層群	Ⅱ-11
3-2-3 第四紀砂礫層	Ⅱ-11
3-3 火成岩類	Ⅱ-12
3-3-1 花崗岩および花崗閃緑岩	Ⅱ-12
3-3-2 閃緑岩類	Ⅱ-12
第 4 章 地質構造および地史	Ⅱ-13
4-1 褶曲および断層構造	Ⅱ-13
4-2 地 史	Ⅱ-14
第 5 章 応用地質	Ⅱ-15
5-1 San Vicente 鉛床	Ⅱ-15
5-1-1 概 要	Ⅱ-15
5-1-2 鉛床の概要	Ⅱ-15
5-1-3 鉛床の構造と鉛質	Ⅱ-16
5-1-4 鉛床の成因	Ⅱ-17

5-2	鉱床にもなり炭酸塩岩類の変質	II-18
5-3	地化学探査	II-20
5-3-1	目的と作業	II-20
5-3-2	分析成分の選定	II-20
5-3-3	地化学探査結果	II-21
第6章	結論および将来への展望	II-24
6-1	結 論	II-24
6-2	今後の探査方法	II-24
6-3	将来への展望	II-25

LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. C-1 Location Map of the Precisely Surveyed Area
- Fig. C-2 Schematic Geological Profile of the Precisely Surveyed Area
- Fig. C-3 Structural Map of the Precisely Surveyed Area
- Fig. C-4 Schematic Geological Profile of the San Vicente Mining District
- Fig. C-5 Partial Sketch of the Outcrop, the San Vicente Ore Body
- Fig. C-6 Analytical Map of the carbonaceous rocks by X-ray diffraction
- Fig. C-7 Comparative diagrams between the X-ray data and geology along the Mine Road, San Vicente
- Fig. C-8 Partial Sketch of the Vein near the Siete Jeringas Ore Body
- Fig. C-9 Summarized Map of the Geochemical Data of Precisely Surveyed Area
- Fig. C-10 Histograms and Frequency Diagrams of Cu-Zn-Pb (Stream Sediments)
- Fig. C-11 Histograms and Frequency Diagrams of Cu-Zn-Pb (Soils)

LIST OF TABLES

- Table C-1 Generalized Geological Column of Precisely Surveyed Area
- Table C-2 The List of Illustrative Tabulation of X-ray diffractive results
- Table C-3 Charts of X-ray Diffractive Analysis
- Table C-4 Flow Sheets of Geochemical Analysis
- Table C-5 Chemical Data of Selected Samples on 8 Elements
- Table C-6 Statistical Analysis of 8 Elements in Selected Geochemical Samples
- Table C-7 Geochemical Data of the Precisely Surveyed Area on 3 Elements
- Table C-8 Statistical Analysis of 3 Elements of Geochemical Samples in the Precisely Surveyed Area

LIST OF PLATES (in the associated case)

- PL. C-1 Geological Map of the Precisely Surveyed Area
1:25,000
- PL. C-2 Geological Profile of the Precisely Surveyed Area
1:25,000
- PL. C-3 Route Map of the Precisely Surveyed Area
1:25,000
- PL. C-4 Geochemical Maps of the Precisely Surveyed Area
(3 sheets) 1:25,000

第 1 章 調査の概要

1-1 調査目的

ベネー共和国中部地区における資源開発協力基礎調査の第1年目にあたる昭和49年度は、調査面積約20,000 km^2 のうち主として調査地区南部にあたる面積約10,000 km^2 (A・B地区)につき地化学探査を併用した地質概査を行なった。その目的は鉛床賦存が期待される Pucara (プカラ) 層群の分布を明らかにし、鉛床賦存の可能性が高い地域を抽出することにあつた。これと並行して San Vicente (サン ビセンテ) 鉛床を含む約100 km^2 (C地区)について地化学探査を併用した地質精査を行なった。その目的は Pucara 層群中に賦存が期待される層状の鉛・亜鉛鉛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。本報告書はC地区についての調査成果と将来への展望を記述したものである。

1-2 野外作業

1-2-1 地質精査

C地区は調査地区の南部に位置する San Vicente 鉛山を含む面積約100 km^2 の範囲である。

現地調査には Oficina Nacional de Reforma Agraria(ベネー共和国農地改良事務所)発行の縮尺1:25,000地形図を使用した。

C地区内の交通事情は San Vicente 鉛山付近を除きあまりよくない。とくに西部の地形は極めて急峻であり、山道もほとんどないことから野外調査は困難を極めた。このような区域の調査では馬の調達がほとんど不可能であつたので、徒歩によるキャラバン方式の調査を余儀なくされた。調査は昭和50年度9月19日から同年10月28日まで連続して行なった。調査期間中はこの年の異常気象による断続的に降る雨と谷中での異常出水によって多少の支障を受けたが無事終了した。

1-2-2 地化学探査

本探査は面積20,000 km^2 に及ぶ広範囲な調査地区における地化学探査の適用性を検討するため、調査地区内の代表的鉛床である San Vicente 鉛山付近について実施したものである。採取試料は河川堆積物および土壌である。河川堆積物は地質調査時徒渉した川や沢で採取した。土壌は調査ルート上においてB₁層を採取した。採取試料は河川堆積物と土壌を合せて1 km^2 当り4個程度の密度になるよう努めたが、西部山地付近は地形の制約もあり多少不均衡となつた。

1-3 室内作業

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 地化学分析

地化学探査用試料412個より任意に抽出した40個の試料について原子吸光分析法などにより8成分の分析を行ない、分析結果の検討により、鉱床調査に有効と考察された指示元素3成分(Cu・Zn・Pb)について全試料の分析を行なった。

1-3-2 X線回折

San Vicente 鉱床の生成にともなう母岩の変質を検討することを目的として53試料、鉱物同定を目的として8試料、合計61試料についてX線回折法(X-Ray diffraction method)による検討を行なった。

1-3-3 写真地質解析

C地区周辺の地質構造を解明するため写真地質解析を行なった。

第 2 章 地理的環境

2-1 位置・交通 (Fig. C-1)

C地区はペルー共和国中部の準アンデス山地にあり、全調査地区の南部に位置する面積約100km²の区域である。

行政区画では、C地区はJunín(フニン)県Tarma(タルマ)郡Chanchamayo(チャンチャマヨ)村に含まれる。

C地区の中心を占めるSan Vicente 鉱山は南緯11°09′, 西経75°18′に位置している。

首都リマ市からC地区に至るには、C地区北方のSan Ramón(サン ラモン)までリマから定期航空便が週1回運航されているが、一般には陸路が利用されており、リマ~San Ramón間は定期便バスも多い。

Lima $\xrightarrow[\text{187Km} \cdot \text{4時間}]{\text{国道20A}}$ La Oroya (ラ オロヤ) $\xrightarrow[\text{121Km} \cdot \text{3時間}]{\text{国道20B}}$ San Ramón $\xrightarrow[\text{18Km} \cdot \text{50分}]{\text{地方道}}$

→ San Vicente

国道20Aはほぼ完全に舗装された2車線の道路であり、国道20Bの約半分は舗装された2車線道路であるが、そのほかは一部に1車線の部分を含む土砂道である。国道20AのLa Oroya寄りには標高4,843mのTiclio(ティクリオ)峠があり、この両斜面を横断する国道20A・20Bは、地形急峻な谷中を走る部分が多く急坂の連続となっている。

C地区間の交通事情はSan Vicente 鉱山操業地付近を除きあまりよくない。特に西部は石灰岩地帯特有の急崖地形をなし、車道は勿論山道もほとんどみられない。

San Vicente 鉱山とこの地方の主要な集落San Ramón間は定期バスもあり交通の便はよい。

2-2 気候・植生

C地区は亜熱帯気候に属し、高温・多湿地帯にあるが、西部の準高地は熱帯高地性気候に近い。この区域はいわゆる四季の変化はなく、乾期と雨期に分けられる。乾期は4月から9月まで雨期は10月から3月までといわれているが、高地に近い西部準高地は乾期は1ヶ月ほど長く10月頃までつづく。特に7月~8月にかけては晴天が多い。雨期にはほとんどが毎日降雨があり、雨量は1日数100mmを越えることもある。乾期は時々少量の降雨があるのみであるが質量は多い。乾期の平均気温は日中最高28℃~30℃位、夜間13℃~14℃位となり温度差は大きい。雨期は日中・夜間共乾期よりやや低い。

植生は広葉樹を中心とする森林が繁茂しているが山裾は開墾され、バナナ・パイナップル・パパイヤなどの果物が栽培されている。西部の準高地は草原地帯が広がり、谷沿いにはユウカリ林が見

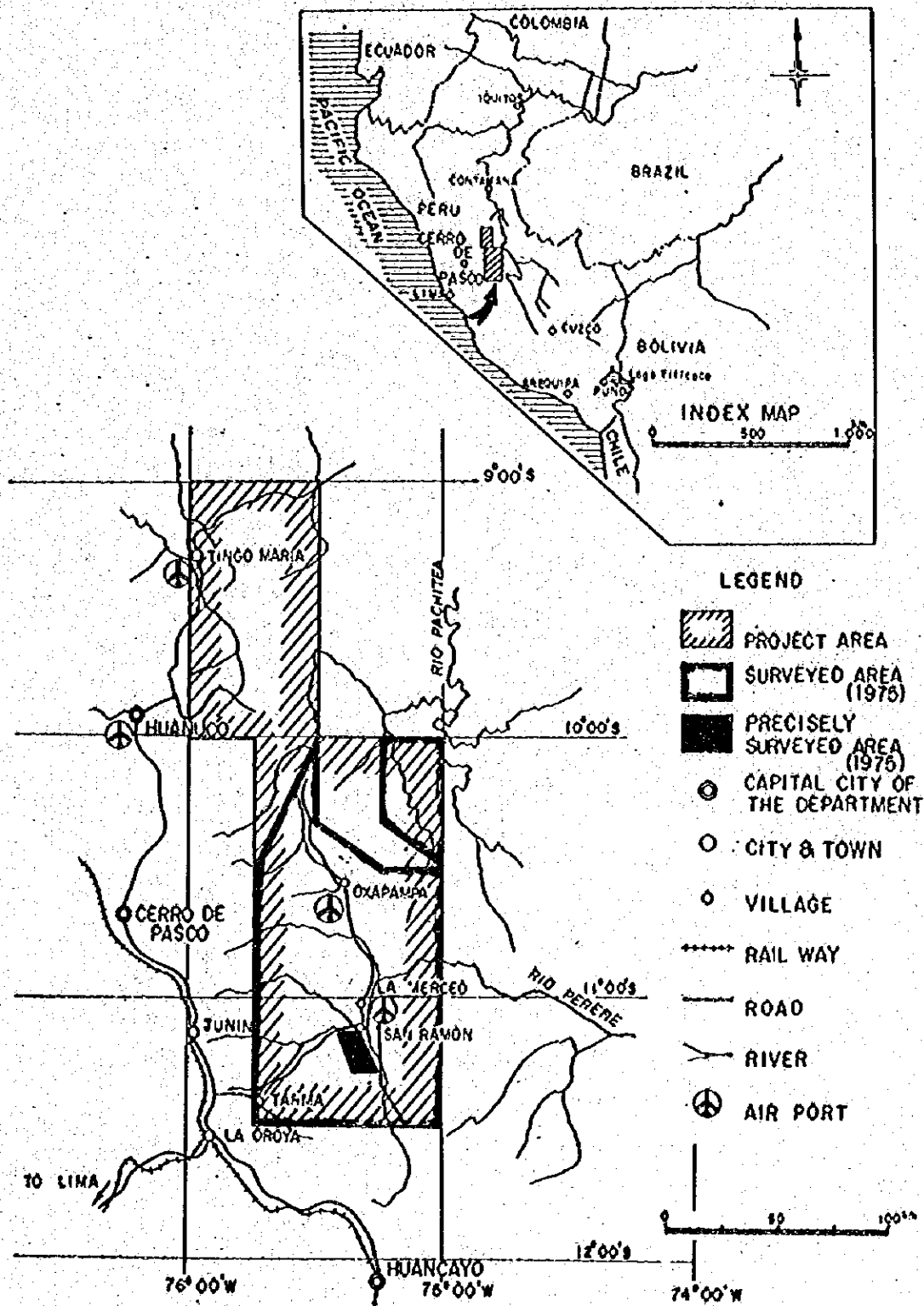


Fig. C-1 Location Map of the Precisely Surveyed Area.

られ平坦地は放牧地として利用されている。

2-3 地 形

C地区は東部アンデスの前面、すなわちアンデスとサブアンデスにかこまれた盆地状地形の西端にあり、標高は最も低い北東端においては約950mであり、最も高い西端では約2700mとなっている。主要河川は区域の東端を南から北へ流れるRio Tulumayo(リオ ツルマヨ)と南西から北東方向へ流れRio Tulumayoに合流するRio Aynamayo(リオ アイナマヨ)がある。これらの河川の合流点付近から下流には河岸段丘が発達し、急傾斜山地との間には崖錐堆積層が見られる。

区域の東・西に分布する花崗岩類地帯には、山頂が鋭角をなすV字型谷が発達し、断層等の構造線に規制されない部分は典型的な樹枝状水系をなしている。中央の石灰岩類地帯は山頂に小平面を持つU字型谷が発達しており、主な水系は構造線に規制されている。石灰岩類の西部に分布する砂岩・礫岩地帯は侵蝕に弱いためゆるやかな地形をなしている。この区域の主要河川であるRio TulumayoとRio Tarmaの流域には3段の河岸段丘があり、いずれも農耕地および果樹園として利用されている。

第 3 章 地 質

3-1 地 質 概 要 (Table C-1 および Fig C-2 参照)

C地区の地質分布を概観すると、ペルム紀中期以後の堆積岩類、すなわちMitu (ミツ) 層群の赤色頁岩・砂岩層およびPucara層群の石灰岩・ドロマイト層が区域の中央部を広く占めている。その堆積岩類の東西両側にその基盤をなすと考えられる花崗岩および花崗閃緑岩からなる古期の貫入岩類が分布している。また区域の北西部および南部には、Mitu層群・Pucara層群を貫いて、岩株状に小規模の新时期貫入岩体が露出している。さらにそれらを第四期の砂礫層が部分的に被っている。

区域外南部には片麻岩および結晶片岩よりなる先カンブリア紀の変成岩類が分布するほか、花崗岩中にTarma(タルマ)層群に属すると見られる堆積岩がゼノリスとして認められる。

3-2 層 序

C地区の層序は、下位より中部ないし上部ペルム系のMitu層群、中部三疊系ないし下部ジュラ系のPucara層群、および第四系の砂礫層よりなっている。

3-2-1 Mitu層群

本層群は区域の北部から南部まで広く分布しており、赤褐色のリュートイト(Lutite)・細粒砂岩層を主とし、層理の発達した灰色の石灰岩層・石灰岩礫岩層および火山砕屑岩・安山岩溶岩を伴っている。

本層群は、石灰岩を除き一般に赤味を帯びた独特の色調を有しており、これが本層群を特徴づけている。本層群の層厚は2,000m前後と考えられる。

(1) リュートイトおよび細粒砂岩

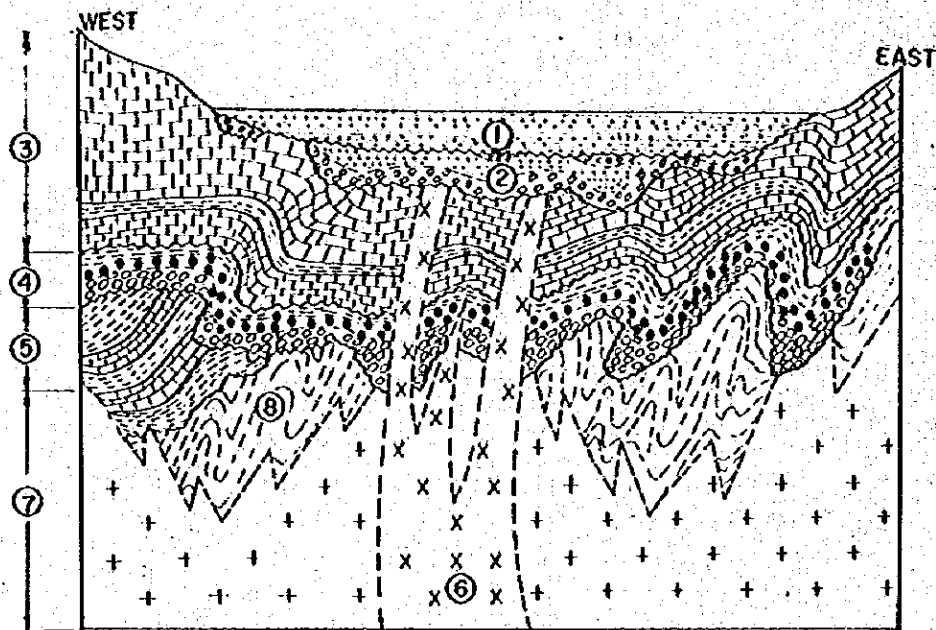
Mitu層群の大半は、このリュートイト・細粒砂岩からなっている赤褐色の軟質岩で、風化侵蝕に対して極めて弱く、容易に土壌化してしまう。そのため、新鮮なこれらの岩石の露出は非常に少ない。このことが本層群の上位に位置するPucara層群、下位の花崗岩類との直接の関係を認め難い原因となっている。

(2) 石灰岩礫岩







C地区では、この石灰岩礫岩はMitu層群の比較的上位にあり、一層準を成している。その層厚は60mないし200mで北部では厚く連続性をもっており、南部では薄く連続性に乏しい。この石灰岩礫岩は平均径2cmないし3cmの亜円礫よりなり、その礫種は、石灰岩が大半を占めており、中に極く少数の花崗閃緑岩・赤褐色のリュートイトの礫を伴っている。

(3) 石 灰 岩

Mitu層群分布範囲内の随所に見られるが、大部分のものが崖錐状態であり、露岩は非常に少ない。したがって、その分布の詳細は不明である。本岩は層理の明瞭な比較的泥質の石灰岩で






SEDIMENTARY ROCKS

-  SAND, CLAY & GRAVEL
-  SANDSTONE
-  CONGLOMERATE
-  LIMESTONE CONGLOMERATE
-  LUTITE & SHALE,
-  LIMESTONE

GEOLOGICAL UNITS

- ① ALLUVIUM TALUS ETC. (RECENT)
- ② PARACAS FORMATION (TERTIARY EOCENE)
- ③ PUCARA GROUP (TRIASSIC ~ JURASSIC)
- ④ MITU GROUP (PERMIAN ~ TRIASSIC)
- ⑤ TARMA GROUP (CARBONIFEROUS)

INTRUSIVE ROCKS

-  DIORITE COMPLEX → ⑥ (CRETACEOUS ~ TERTIARY)
-  GRANODIORITE & GRANITE → ⑦ (PERMIAN)
-  GNEISS & SCHIST → ⑧ (PRE - CAMBRIAN)

 UNCONFORMITY

Fig. C-2 Schematic Geological Profile of the Precisely Surveyed Area

Table C-1 Generalized Geological Column of Precisely Surveyed Area

AFTER BELLIDO, E. (1969)
LEVIN, M. & SAMANIEGO, A. (1978)

GEOLOGICAL AGE		GEOLOGICAL UNITS	COLUMNAR SECTION	IGNEOUS ACTIVITY	DESCRIPTIONS		
CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE			GRAVEL, SAND & CLAY		
		PLEISTOCENE				DILUVIUM	
	TERTIARY	PLIOCENE	PARACAS FORMATION			UPPER PART : SANDSTONE WITH CONGLOMERATE LOWER PART : CONGLOMERATE WITH SANDSTONE	
		MIOCENE					
		OLIGOCENE					
		EOCENE					
		PALAEOCENE					
	MESOZOIC	CRETACEOUS				DIORITE COMPLEX	CENTRAL PART : TONALITE & GRANODIORITE MARGINAL PART : DIORITE
JURASSIC		LATER	PUCARA GROUP		GREY TO BLACK LIMESTONE & GREY DOLOMITE WITH THIN BEDS OF LUTITE & SANDSTONE 1.500m		
		MIDDLE					
		EARLIER					
TRIASSIC		LATER			UPPER PART : SANDSTONE & LUTITE WITH CONGLOMERATE MIDDLE PART : LIMESTONE CONGLOMERATE WITH LUTITE LOWER PART : CONGLOMERATE WITH LUTITE 2.000m		
		MIDDLE					
		EARLIER					
PERMIAN		LATER	MITU GROUP		UPPER PART : SANDSTONE & LUTITE WITH CONGLOMERATE MIDDLE PART : LIMESTONE CONGLOMERATE WITH LUTITE LOWER PART : CONGLOMERATE WITH LUTITE 2.000m		
		MIDDLE					
	EARLIER						
PALAEOZOIC	CARBONIFEROUS	LATER		GRANITE GRANODIORITE	GREY TO BLACK LUTITE WITH THIN BEDS OF LIMESTONE		
		EARLIER					
	DEVONIAN				EASTERN PART : RED GRANITE WITH GREY GRANODIORITE WESTERN PART : GREY GRANODIORITE		
	SILURIAN						
	ORDOVICIAN						
CAMBRIAN	BASAL COMPLEX		GNEISS & SCHIST				
PRE-CAMBRIAN							

LEGEND

SEDIMENTARY ROCK

- SAND
- GRAVEL
- LUTITE, SHALE & PHYLLITE
- SANDSTONE
- CONGLOMERATE
- LIMESTONE

METAMORPHIC ROCK

- GNEISS & SCHIST

IGNEOUS ROCK

- DIORITE
- GRANITE

あり、大部分は角礫化している。

本区域中南部の Union Mantos (ユニオン マントス) 沢には、本岩の比較的良好な露出が見られる。そこでは、赤褐色のリュートタイト中に10mないし30mの層厚で数層認められる。

(4) 火山砕屑岩および安山岩

層位的には本層群の最上位で、Pucara層群の直下付近に位置する。安山岩溶岩は斜長石の残晶が目立つ斑状の安山岩であり、火山砕屑岩は同質の角礫よりなる火山角礫岩である。色は共に赤紫色である。

3-2-2 Pucara 層群

区域中央部に広く分布しており、一般に急峻な地形的特徴を示している。本区域に露出する Pucara 層群は3層に大別される。すなわち下位より灰色石灰岩・ドロマイトおよび黒色泥質石灰岩である。

本層群の層厚は1,500m以上あるが、その上部は衝上した花崗閃緑岩によって切られ、明らかでない。

(1) 灰色石灰岩

区域北部 Hda Don Alberto (アッシュンダ ドン アルベルト) 南方および区域南部 Huacrash (ワクラッシュ) 付近一帯に標式的に露出している。

一般に灰色ないし暗灰色の比較的層理の明瞭な石灰岩よりなり、黒色の頁岩および灰色の石灰質細粒砂岩を挟在することもある。Mitu 層群中の石灰岩と酷似しているため、岩相上から両者を識別することは難しい。

Hda. Don Alberto 南方の小沢には、貝化石を含み灰色石灰岩の露出がある。

(2) ドロマイト

本区域の北部 Rio Puntayacu Junior (リオ プンタヤック フニオール) から南部 Rio Siete Jeringas (リオ シエテ フュリンガス) 付近まで、広範囲に連続して分布している。灰色ないし暗灰色を呈し、層理の比較的不明瞭な岩相よりなり、稀塩酸に対する反応はほとんど示さないか、あっても極めて弱い。このドロマイト層の中には、結晶質のものが多く見られ、中には白色の結晶質ドロマイトと暗灰色のそれとが数cmないし数cmで縞状に互層した部分(ゼブラ構造)が見られる。その暗灰色の部分は極細粒の閃亜鉛鉱よりなることもある。

(3) 黒色泥質石灰岩

Rio Puntayacu の上流 San Vicente 欽山の西方、および北部 Qda. Agua Blanca (クブラダ アグア ブランカ) 上流付近に標式的に分布している。

細かい層理の発達した黒色細粒泥質石灰岩ないし石灰質砂岩を主とし、灰褐色の泥岩を挟在する。San Vicente 南方 Uncush Sur (ウンクッシュ スール) 付近の泥岩中には、多数のアモナイト化石を含有している。

3-2-3 第四紀砂礫層

Rio Tulumayo と Rio Tarma 下流付近には、河川成および湖成の礫・砂・粘土が水平な

層をなして厚く累積している。これらの大河川への斜面には部分的に崖錐堆積層が見られる。

3-3 火成岩類

本区域の火成岩類は、Mitu 層群・Pucara 層群堆積の基盤となった古期の貫入岩である花崗岩および花崗閃緑岩と、両層群を貫いている新期の貫入岩である閃緑岩類とに大別される。

3-3-1 花崗岩および花崗閃緑岩

花崗岩は、本区域の東縁に位置し南北に連続して露出している。長石の大半が桃色の正長石であり、有色鉱物は黒雲母からなる粗粒完晶質岩である。岩石全体が赤味を帯びているため“赤い花崗岩”と呼ばれている。

この花崗岩は、しばしばMitu 層群より古いと考えられる堆積岩をセノリスとして包有している。しかしながら、すべてのセノリスはホルンフェルス化しているので原岩の識別は困難である。花崗閃緑岩は本地域の西側の比較的高所に分布している。白色粗粒ないし中粒の完晶質岩であり、桃色の長石は含まれていない。有色鉱物は黒雲母である。この岩石は先に述べた“赤い花崗岩”に対して一見して白っぽいので“白い花崗岩”と呼ばれている。

この花崗閃緑岩とPucara 層群とは断層関係にあり、花崗閃緑岩がPucara 層群の石灰岩上に衝上している。両者の関係が明瞭に見られるSan Vicente 鉱山西方のPuntayacu 川上流では、その断層は南西に25°傾斜している。下盤側の黒色石灰岩は幅30cmにわたり剪断帯となっている。上盤の花崗閃緑岩は変質して全体が緑色がかっている。

3-3-2 閃緑岩類

本区域北西部Hda. Don Alberto 付近および南部Huacrash 付近に露出している岩株状の岩体であり、その分布からMitu 層群・Pucara 層群を貫いていると考えられる。

本岩は岩相変化が著しく、微閃緑岩—花崗閃緑斑岩—細粒花崗閃緑岩と変化するが、総称すると中性の半深成岩である。

- (1) 微閃緑岩は、緑灰色の硬質岩で北西部にも南部にも露出する。そのうち新鮮なものは、北西部 Agua Blanca 沢の沢口付近に露出するもので緑灰色の硬質岩である。この岩石は新期の貫入岩体である閃緑岩類を代表するものとして、年代測定を予定している。
- (2) 花崗閃緑斑岩は淡緑灰色で目立つ斑晶は5mm±の長石および石英である。有色鉱物は角閃石・黒雲母からなっている。場所により斑晶の多い部分と少ない部分があるが、少ない部分は先に述べた微閃緑岩に類似する。本岩はまた北西部の岩体にも南部の岩体にも見られる。
- (3) 細粒花崗閃緑岩は、南部のHuacrash 東方の岩体のみに見られるクリーム色の岩石であり、針状の有色鉱物は変質して緑色化している。
- (4) Hda. Don Alberto 付近に露出する岩株の西縁部やHuacrash 付近の微閃緑質岩には径1.00m規模の黄鉄鉱染が認められる。前者には巾数cm〜数1.0cmの絹、方解石脈が存在する。

第 4 章 地質構造および地史

4-1 褶曲および断層構造

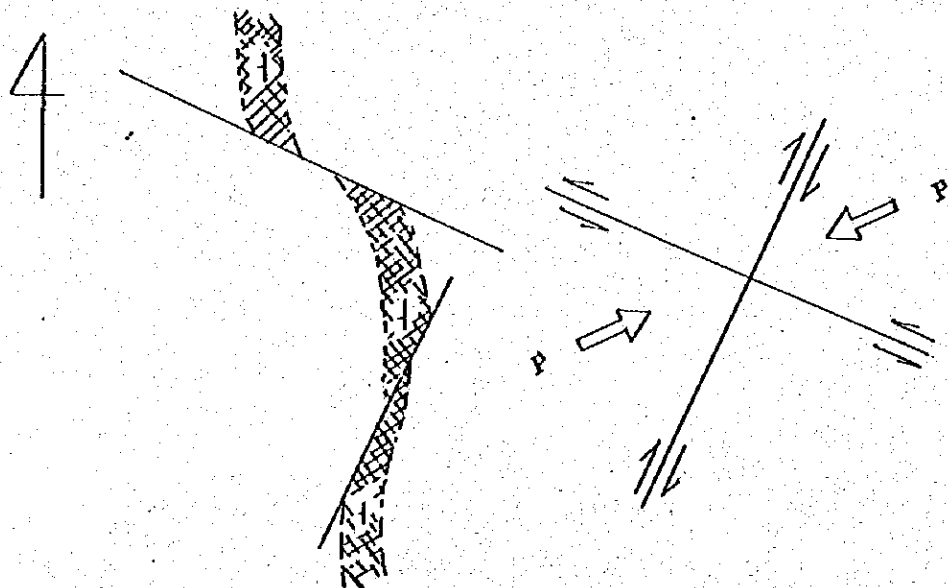
東部アンデスより東方すなわちアンデスからサブアンデスおよびアマゾン平野へ達する地域は褶曲軸面が東へ傾斜する非対称の褶曲構造が発達し、これらの褶曲構造を切る西傾斜の逆断層が見られる。

C地区はFig C-3に示す通り北ブロック、中ブロックおよび南ブロックの3つの地質ブロックに分けられる。北ブロックはN-S断層の西方に位置し、Pucara層群はNNW-SSE方向に延びる向斜構造の東翼をなしている。中ブロックでは、Pucara層群は、NNE-SSW方向に延びる向斜構造の一部を形成している。この向斜軸はSSW方向に緩く傾斜し次第にN-Sに方向を変えているが、西方はN-S方向の衝上断層に切られているためSan Vicente 鉱山付近では東翼のみが残り、地質構造は走向N-S、傾斜Wの単純なものとなっている。東方においては部分的にPucara層の層理面に近い走向・傾斜を示すNNE-SSW方向の断層に切られている。従って中央部では中位のドロマイト層はほぼ完全に残っているが上位および下位の石灰岩層は部分的に残っているのみである。

南ブロックはNE-SW断層の南方に位置し、Pucara層は後の閃緑岩類の貫入を受けて複雑な地質構造をなしているが、広域的には走向N-S、傾斜Wを示しており、下位の石灰岩層のみ分布している。

閃緑岩類の貫入は、大きくはA・B地区中央部をNNW-SSE方向に延びる大向斜構造に規制されており、それらの岩株は向斜軸の方向に平行なNNW-SSEに点在する。局部的にはE-WないしWNW-ESE系の裂かに関係すると見られる。

San Vicente 鉱山における鉱体は、鉱床生成後WNW-ESE系およびNNE-SSW系の裂かにより切られている。このうちWNW-ESE系の裂かが優勢であり、各々次のような転移がみられる。



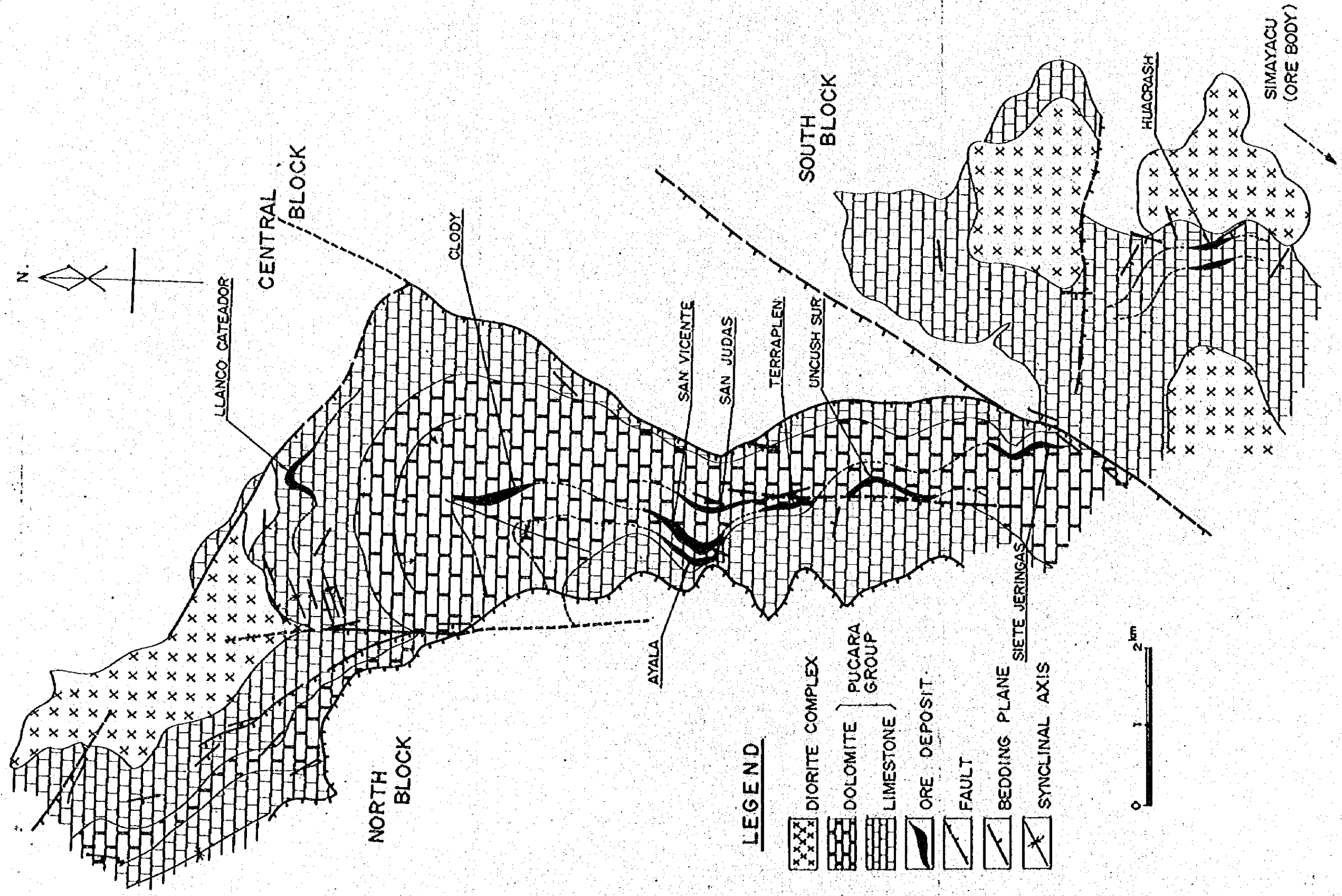


Fig. C-3 Structural Map of Precisely Surveyed Area

この構造はENE-WSW方向の横圧力により出現した裂かにより寸断されたパターンと解される。

C地区の構造線もENE-WSW方向の圧力より発生した衝上断層と、この横圧力により出現したWNW-ESE系とNNE-SSW系の裂かパターンが基本となっている。WNW-ESE系裂かは閃緑岩類を転移させていることから、これら構造線を出現させたENE-WSW方向の圧力は白亜紀末から第三紀初期に活動したアンデス造山運動によるものであろう。

4-2 地 史

C地区付近において最古の岩石は先カンブリア紀または古生代初期に起こった堆積作用および造山運動の過程で生じた変成岩類である。その後石炭紀前期までに海侵海退があり2回の造山運動があったが、石炭紀後期には大きな海侵があり、Tarma 層群の化石を含んだリュートイトおよび石灰岩が堆積した海成堆積作用は二畳紀中期の造山運動により終止した。その後、山脈の侵蝕作用や火山活動により生じた物質に由来する碎屑物は、盆地や陥没地に堆積しMitu 層群のモラッセを形成した。

C地区の基盤をなす花崗岩類は、その貫入時期については不明であるがMitu 層群の基底礫層中に絶対年代測定結果[※]238±16 MYの礫が含有され、それはこの花崗岩類に由来すると見られていることおよびこの花崗岩類中にゼノリスとしてTarma 層群またはそれより古いと見られる堆積岩が発見されたことからこのゼノリスは古生代後期に貫入したと見るのが妥当であろう。

中世代に入り、三畳紀中期～後期には地向斜が形成され、Pucara層群の石灰物質の堆積があった。その後、海退・海侵がくり返し発生した。

白亜紀後期には、アンデス造山運動による隆起があり、これにともない閃緑岩類などの岩株の貫入があった。このマグマ活動は第三紀始新世頃まで続いたとされている。

アンデス造山運動の終焉の頃San Ramon 付近に湖成堆積物よりなるParacas 累層の堆積があった。

※ Capdevilla et al

第 5 章 応 用 地 質

5-1 San Vicente 鉱床 (Fig. C-3, C-4 および C-5 参照)

5-1-1 概 要

San Vicente 鉱床は C 地区のはば中央に位置する。

1975年10月現在この鉱床は民族系の CIA. MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S. A. により稼行されており、鉱山施設は鉱床東部の Rio Puntayucu 上流兩岸に位置する。付近は亜熱帯性気候で密林に被われ、地形は峻嶒である。鉱床露頭は海拔 1,400 ~ 2,000m にあり、坑内堀を主とし一部露天掘により採掘されている。坑道の最下底レベルは 1,455m である。

生産は1日当り粗鉱出鉱量 1,200 t, 品位 亜鉛 12 ~ 14%, 鉛 0.8 ~ 1.0% である。

5-1-2 鉱床の概要

鉱床露頭は Fig. C-3 に示す通り San Vicente 鉱山を中心に南北 1.5 Km にわたり多数知られている。

鉱体は北より南へ下記の如く分布している。

	(鉱 体 名)	(鉱 種)	(母 岩)
↑ ↓ 北 南	Llanco Cateador	亜鉛・鉛・銀・銅	石灰岩
	Clody	亜鉛・鉛・銅	ドロマイト
	San Judas・San Vicente・Ayala	亜鉛・鉛	ドロマイト
	Terraplen	亜鉛・鉛	ドロマイト
	Uncush Sur	亜鉛・鉛	ドロマイト
	Siete Jeringas	亜鉛・鉛	ドロマイト
	Huacrash	亜鉛・鉛・銅	石灰岩
	Simayacu	亜鉛・鉛	石灰岩

これらの鉱体のうち、ほぼ中央に位置する San Vicente 鉱体は開発もすすみ、主要稼行対象となっている。このほか San Judas・Ayala・Uncush Sur・Siete Jeringas についても一部が開発されている。Levin, P. M. によると 鉱体は経済性のないものを含め現在までに 18 層確認されているが、現在稼行されている区域では San Vicente 鉱体など 5 層知られている。このうち主要鉱体は Fig. C-3 に示すように 3 層あり、下盤側 (東方) に San Judas, 中央に San Vicente, 上盤側 (西方) に Ayala が位置している。これらの鉱体の走向は、ほぼ N-S, 傾斜 W となっている。富鉱部は局部的な褶曲構造に規制され、その落しは NW 方向に約 40° である。

主要鉱体の状況は下記の通りである。

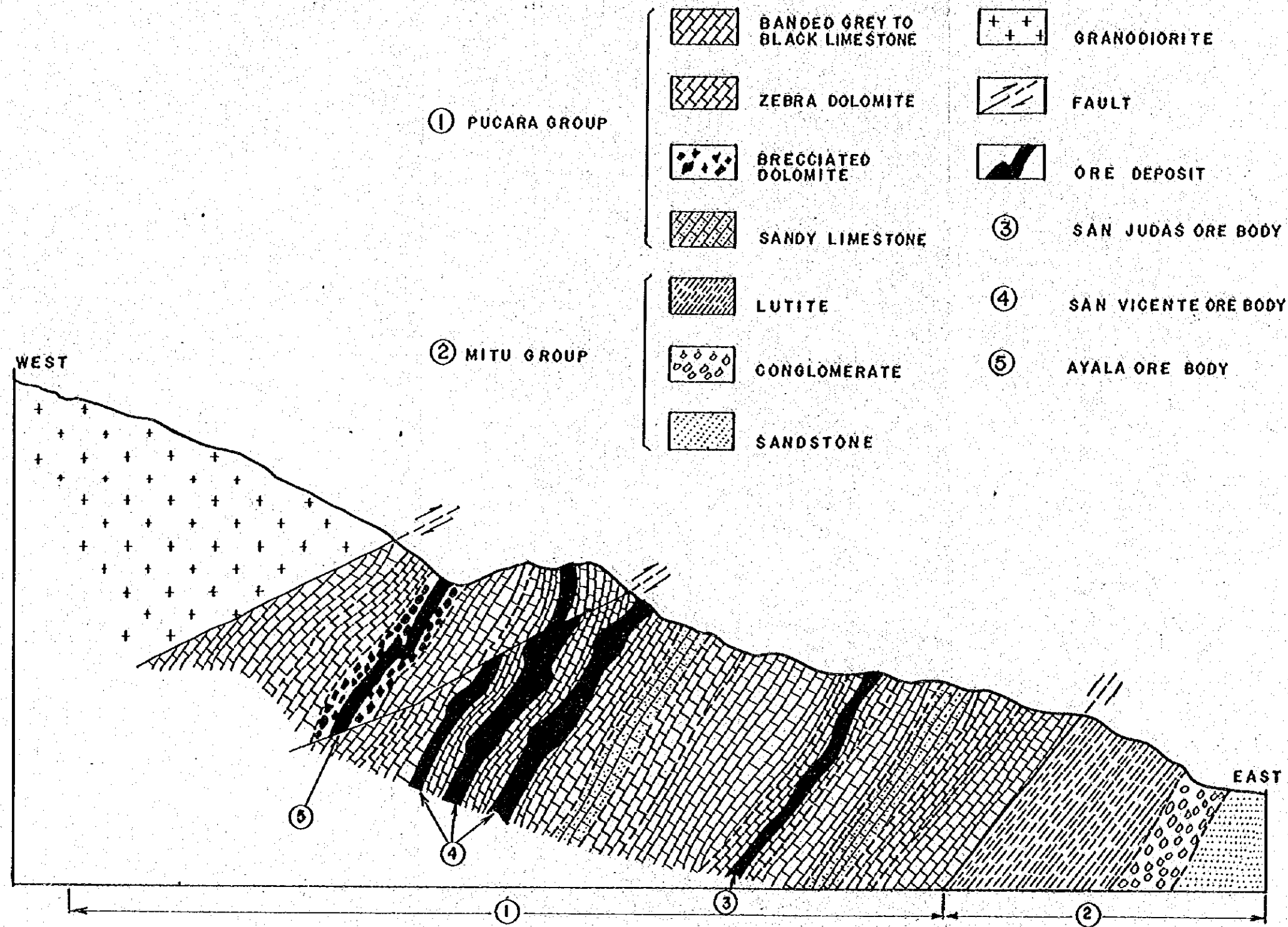


Fig. C-4 Schematic Geological Profile of the San Vicente Mining District

(1) San Judas 鉛体……Rio Puntayac 上流に位置し、露頭は厚さ約50mの縞状ドロマイ
ト層中に巾6mの低品位鉛鉛が見られるのみであるが、下部延長は巾10m、平均品位鉛9%、
亜鉛13%の鉛体が発達している。しかしその規模は未だ確認されていない。

(2) San Vicente 鉛体……San Judas 鉛体の上盤、水平距離500m西部に位置し、現在採
行中の主鉛体である。鉛体はドロマイト層の縞状部に密に関係して胚胎し、走向は概ねN-S、
傾斜45°~50°Wである。露頭はRio Puntayac をはさみ延長900mにわたり連続して
いる、南端はTerraplen 鉛体に連なり、北部のClody 鉛体はこれらと同一層準に位置すると
推定される。

(3) Ayala 鉛体……2箇所で露頭が確認されており、いずれも黒色石灰岩層中の角礫状ドロマ
イト中に胚胎している。

この鉛体は複雑な褶曲構造がみられるが、全体としては走向N-S、傾斜Wを示すと見られる。
露頭の規模は平均巾6m、品位鉛1%・亜鉛14%となっている。しかしその規模は未だ確認さ
れていない。

(4) Uncush Sur鉛体……San Vicente 鉛体と同一層準と見られる位置に存在し、母岩は縞状
ドロマイトである。鉛体を胚胎する縞状ドロマイト層の上盤側40~50mには黒色石灰岩層が分
布している。鉛体の規模は明瞭でないが、巾20m以上にわたり鉛石露頭が散在することから数
層よりなる可能性が高い。品位は部分的に亜鉛30%位の所も見られるが、平均品位は明らかで
ない。

鉛体の走向は概ねN-S・傾斜は20~40°Wと緩い。

(5) Siete Jeringas 鉛体……San Judas 鉛体と同一層準と見られる位置に存在し、母岩は
縞状ドロマイトである。

鉛体の下位は灰色層状ドロマイトとなり、さらに下位は灰色石灰岩となっている。鉛体の規模は
明瞭でないが巾5~10mの鉛石露頭が認められる。鉛質的には結晶の大きい閃亜鉛鉛を主とす
る塊状鉛を粗粒の方鉛鉛を含む方解石脈が縞状に切っている部分が多い。(Fig.C-8参照)

5-1-3 鉛床の構造と鉛質

San Vicente 鉛床付近の炭酸塩岩類は層序的には下記の如く分帯出来る。

	(岩質)	(鉛体)
Upper limestone member	• Banded black limestone	
Middle dolomite member	• Banded black limestone with brecciated dolomite	…… Ayala
	• Crystalline grey dolomite	…… Clody・San Vicente・Terraplen・Uncush Sur
	• Banded grey dolomite with Sandy limestone	…… San Judas・Siete Jeringas

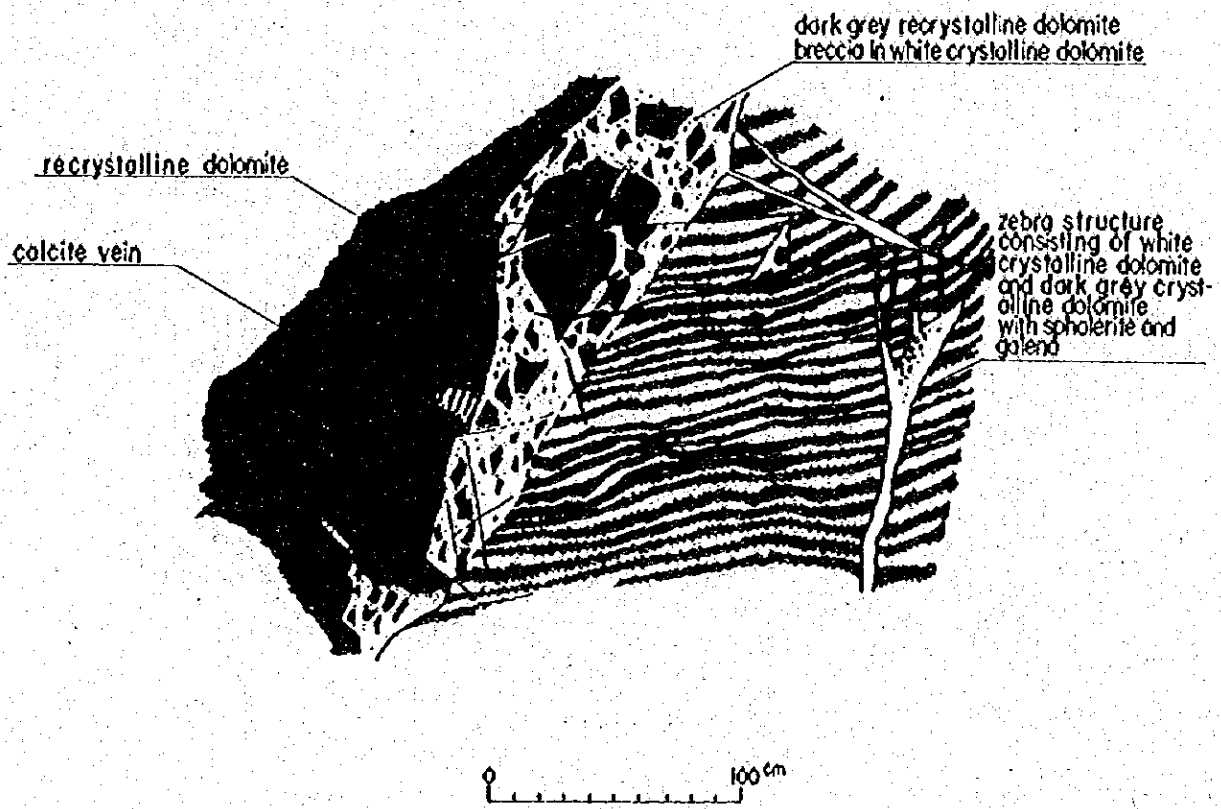


Fig. C-5 Partial Sketch of the Outcrop, the San Vicente Ore Body

Fig C-3 に示す通り区域の北部および南部には炭酸塩岩類を切る閃緑岩類の岩株が見られる。ドロマイト中には大別して3層の鉄床胚胎層準があり、この中でも中位の結晶質灰色ドロマイト (Crystalline grey dolomite) 中に見られる縞状ドロマイト (Zebra dolomite) 付近に主鉄体は発達する。これらの鉄体はいずれも微粒結晶の閃亜鉛鉄を主鉄石鉄物とし、少量の方鉛鉄を伴う。

黄鉄鉄は少なく、黄銅鉄はさらに稀である。鉄石のタイプには塊状鉄・縞状鉄・角礫状鉄があり、縞状鉄が量的に多い。縞状鉄は完全にドロマイト層に整合的であり、灰色ドロマイト-硫化鉄物-白色ドロマイト-硫化鉄物-灰色ドロマイトの順をもって厚さ各々5~40mmの縞模様をなしている。

鉄石の縞模様は閃亜鉛鉄濃集部 (A型)、脈石+閃亜鉛鉄 (B型) および脈石のみの3部分に大別され、これらが次のような互層をくり返している。

脈石部	A型	B型	A型	脈石部	A型
-----	----	----	----	-----	----

これらの縞状構造を切って炭酸塩鉄物-黄鉄鉄脈・閃亜鉛鉄脈が見られる。これらの細脈は断層裂かの周辺に多い。

鏡下における閃亜鉛鉄の粒度はA型は塊状を示し極微細粒の集合によりなり、B型は粒径0.1~0.2 μ m程度の結晶より構成されている。

鉄体の落しや褶曲構造はこの縞状構造と調和的である。閃亜鉛鉄には黒色・暗茶色・茶黄色の3種があるが、成分的違いなど鉄物的検討は十分でない。一般にその粒度は黒色→暗茶色→茶黄色の順に大きくなり、San Vicente 鉄体では下盤 (東) から上盤 (西) に向かい、この順に色階比率が大きくなる傾向がある。

5-1-4 鉄床の成因

鉄床はPucara層群のドロマイトの層理面と平行に層状に胚胎しており、成因的にはその形態や鉄物組成からみて従来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鉄床。

(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鉄床。

最近においてはSan Vicente 鉄床は母岩と整合的に良く連続すること、鉄質的に極めて細かいこと、鉄床内にほとんど熱変質が見られないこと、付近に鉄床と関連する火成岩が見られないことなどから堆積性鉄床の可能性が強調されてきた。

一方、今回の調査などで明らかになった下記の現象により堆積性成因の再検討又は鉱物の移動などについての検討が必要となってきた。

(1) 従来この区域には鉄床と成因的關係にあると見られる貫入岩体はないとされ、これも堆積性成因の有力な根拠とされていたが、今回の調査の結果 Pucara 層群を貫く閃緑岩類が発見された。また貫入岩体近くには熱水変質鉱物が認められた。

(2) San Vicente 鉄床には閃亜鉛鉄鉱体より若い時期の方鉛鉄鉱体がある。この方鉛鉄鉱体は全く不規則な産状を呈し、閃亜鉛鉄鉱体を切る部分も認められる。

(3) 鉄床を胚胎する Pucara 層群中には海底噴気型層状鉄床に一般に見られる焙岩や燧灰岩は見られない。

以上の現象を総合してみると San Vicente 型鉄床について次の仮説が組立てられる。

(1) 鉄床母岩である Pucara 層群の堆積時期にこれと共に嫌気性バクテリアなどにより亜鉛イオンが運びこまれた。

亜鉛イオンの搬入は Pucara 層群の堆積期間中、平均的に行なわれたのではなく、盆状構造の中心付近に厚くなっているドロマイトの堆積時に断続的に優勢となった。

(2) その後の堆積物の累積にともなう続成作用は盆状構造を示す部分でより優勢であり、この時期に亜鉛イオンは続成作用等により炭質成分を多く含む石灰岩から遊離した硫黄イオンと結びつき、閃亜鉛鉄が形成された。

(3) 白亜紀後期から第三紀前期にかけてこの区域に貫入して来た閃緑岩類は、それ自身重金属の硫化物を多く含み、炭酸塩岩との接触面にはスカム鉄床を形成した。

この閃緑岩類に由来する熱水溶液は炭酸塩岩を交代し、閃亜鉛鉄をもたらしした。同時にすでに炭酸塩岩中に存在する閃亜鉛鉄成分の移動濃集などの役割を果たした。その後、この熱水溶液は母岩中に方鉛鉄脈や黄鉄鉄染をもたらしした。

このように San Vicente 型層状鉛・亜鉛鉄床は同生的鉄床に後のマグマ活動に由来する鉱化作用が重なり、経済的段階まで高まったと推察できる。

5-2 鉄床にともなう炭酸塩岩類の変質

San Vicente 鉄床付近に露出する Pucara 層群 Mitu 層群中の石灰岩・ドロマイト・泥質石灰岩・石灰質砂岩・石灰質頁岩 53 個について、回折 X 線を用いて鉄床にともなう変質を検討した。

回折 X 線解析に際しては、同種の鉱物の含有量をサンプル相互で比較出来るように Full Scale の値以外すべての条件を一定にした。Full Scale の値は、500 cps, 1,000 cps, 2,000 cps, 5,000 cps を用い、Scale Out を避けた。

解析をもとに鉱物毎の含有量を検討した結果は Table C-2 に示す通りである。

検出された鉱物は

Table C-2 The List of Illustrative Tabulation of X-Ray Diffractive Results

Sample No.	minerals												
	Dolomite	Calcite	Quartz	Barite	Gypsum	Sericite	Chlorite	Plagioclase	Kaolinite	Sphalerite	Smithsonite	Galena	Pyrite
1	H 92004		○	○		•	•	•					•
2	H 92005		○	○		•							•
3	H 92007		○	○		•							•
4	H 92105	○	○	○		•							•
5	H 92201	○	○	○		•							•
6	H 92202	○	○	○		•							•
7	H 92203	○	○	○		•							•
8	H 92204	○	○	○		•							•
9	H 92205	○	○	○		•							•
10	H 92206	○	○	○		•							•
11	H 92301	○	○	○		•							•
12	H 10101	○	○	○		•							•
13	H 10102	○	○	○		•							•
14	H 10103	○	○	○		•							•
15	H 10104	○	○	○		•							•
16	H 10105	○	○	○		•							•
17	H 10501	○	○	○		•							•
18	H 10502	○	○	○		•							•
19	H 10503	○	○	○		•							•
20	H 10701	○	○	○		•							•
21	H 10901	○	○	○		•							•
22	H 10902	○	○	○		•							•
23	H101001	○	○	○		•							•
24	H101002	○	○	○		•							•
25	H101101	○	○	○		•							•
26	H101102	○	○	○		•							•
27	H101305	○	○	○		•							•
28	H101401	○	○	○		•							•
29	H101402	○	○	○		•							•
30	H101403	○	○	○		•							•
31	H101404	○	○	○		•							•
32	H102301	○	○	○		○		○					
33	H102302	○	○	○		•							•
34	H102303	○	○	○		•							•
35	H102401	○	○	○		•							•
36	H102801	○	○	○		•							•
37	H102802	○	○	○		•							•
38	H102804	○	○	○		•							•
39	H102806	○	○	○		•							•
40	H102807	○	○	○		•							•
41	H102808	○	○	○		•							•
42	H102809	○	○	○		•							•
43	H102810	○	○	○		•							•
44	H102811	○	○	○		•							•
45	H102812	○	○	○		•							•
46	H102813	○	○	○		•							•
47	H102814	○	○	○		•							•
48	H102815	○	○	○		•							•
49	H102816	○	○	○		•							•
50	H102817	○	○	○		•							•
51	H102818	○	○	○		•							•
52	H102819	○	○	○		•							•
53	H102820	○	○	○		•							•
54	H101103#1	○	○	○		•							•
55	H101303#2	○	○	○		•							•
56	H102803#3	○	○	○		•							•
57	XH 92201#4	○	○	○		•							•
58	XH 92202#4	○	○	○		•							•
59	XH 92203#4	○	○	○		•							•
60	XH 92204#4	○	○	○		•							•
61	XH 10501#5	○	○	○		•							•
62	XH 102301#6	○	○	○		○		○					

- #1 : altered andesite
- #2 : altered micro diorite
- #3 : ore (in dolomite)
- #4 : oxidized vein. refer to Fig. C-8
- #5 : oxidized vein.
- #6 : fault clay

The other samples are all carbonaceous rocks for x-ray analysis.

- ⊙ Very abundant
- Abundant
- Common
- Few
- Rare

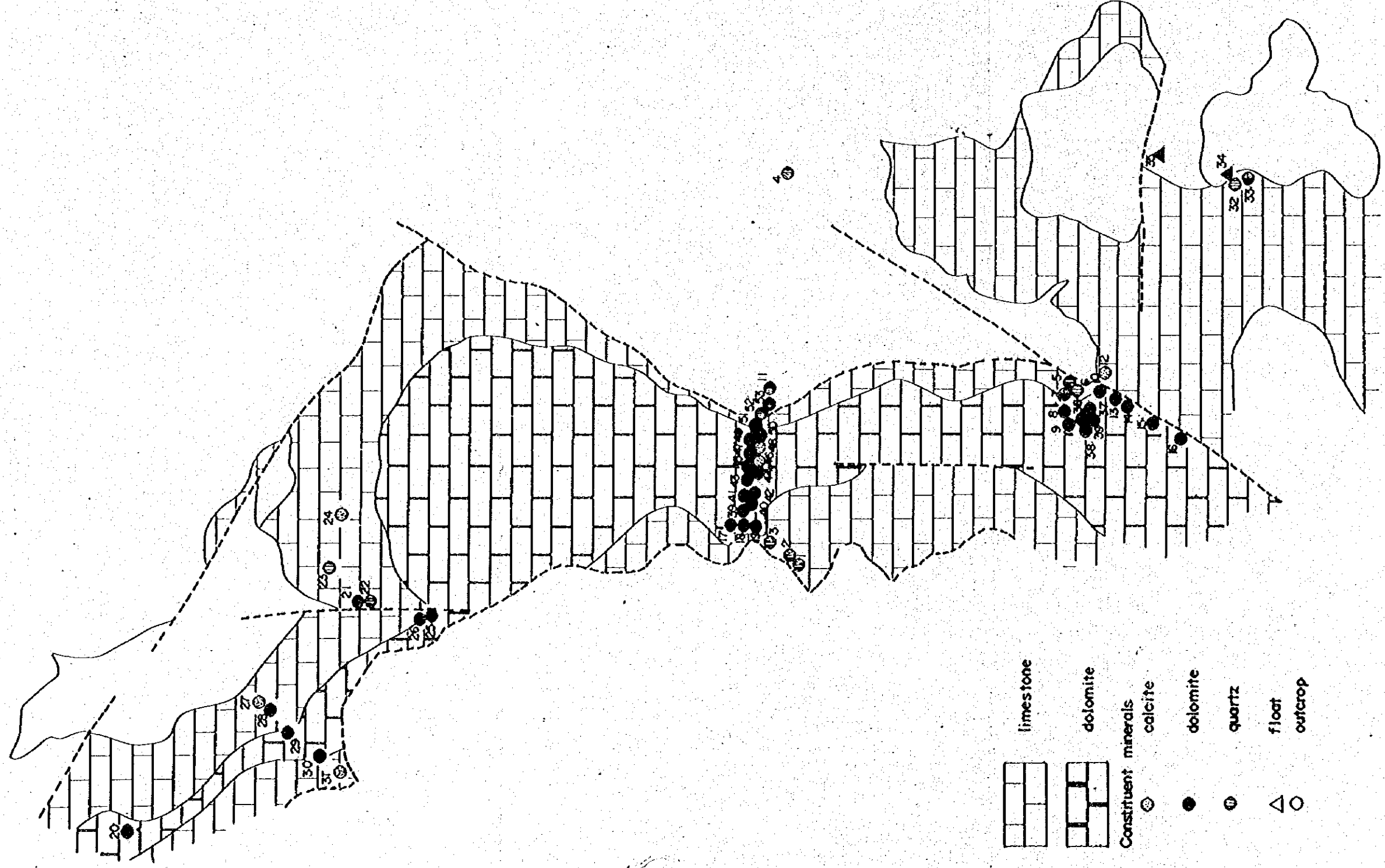


Fig. C-6 Analytical Map of the Carbonaceous Rocks by X-ray Diffraction

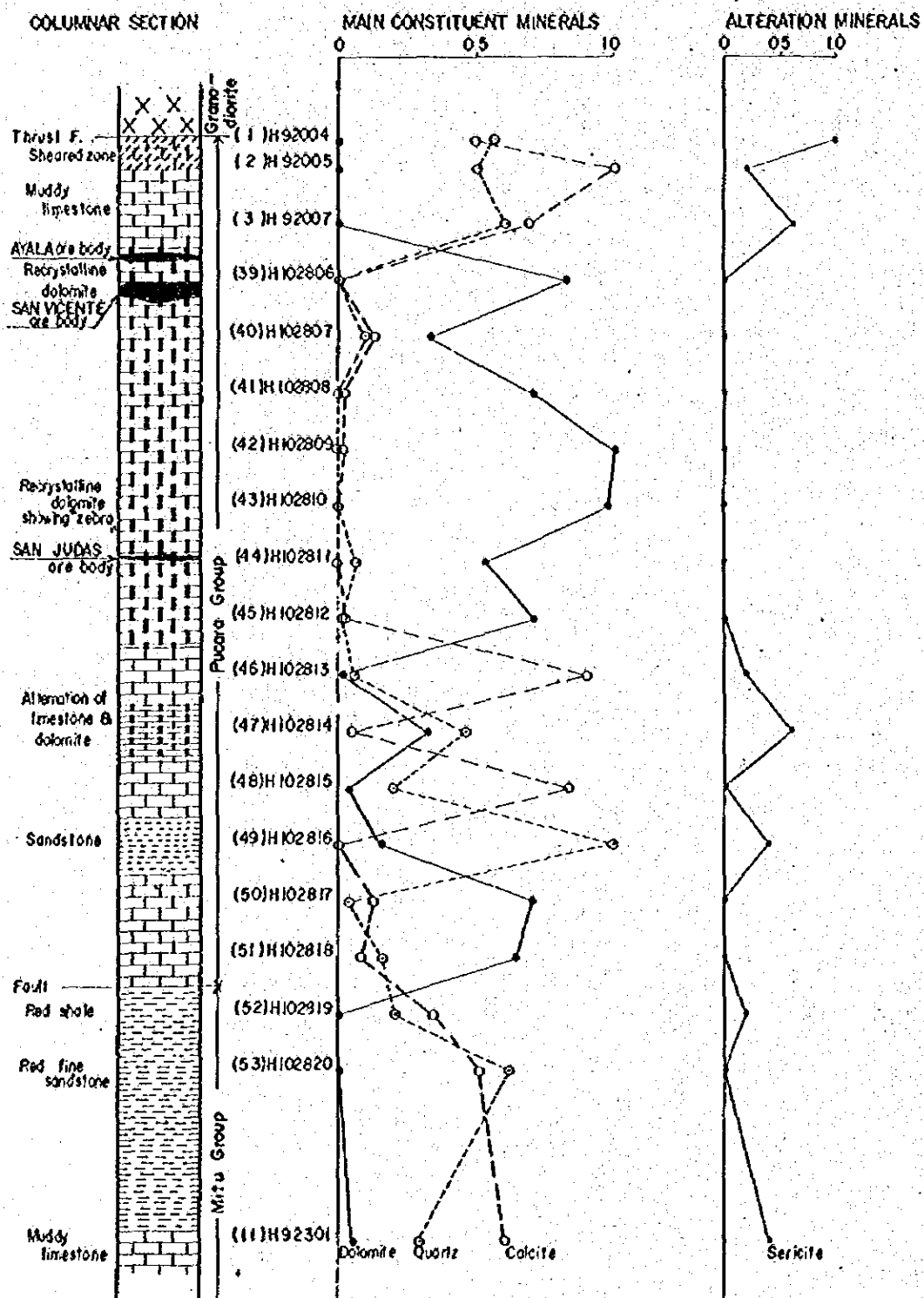


Fig. C-7 Comparative Diagrams between the X-ray Data and Geology along the Mine Road, San Vicente

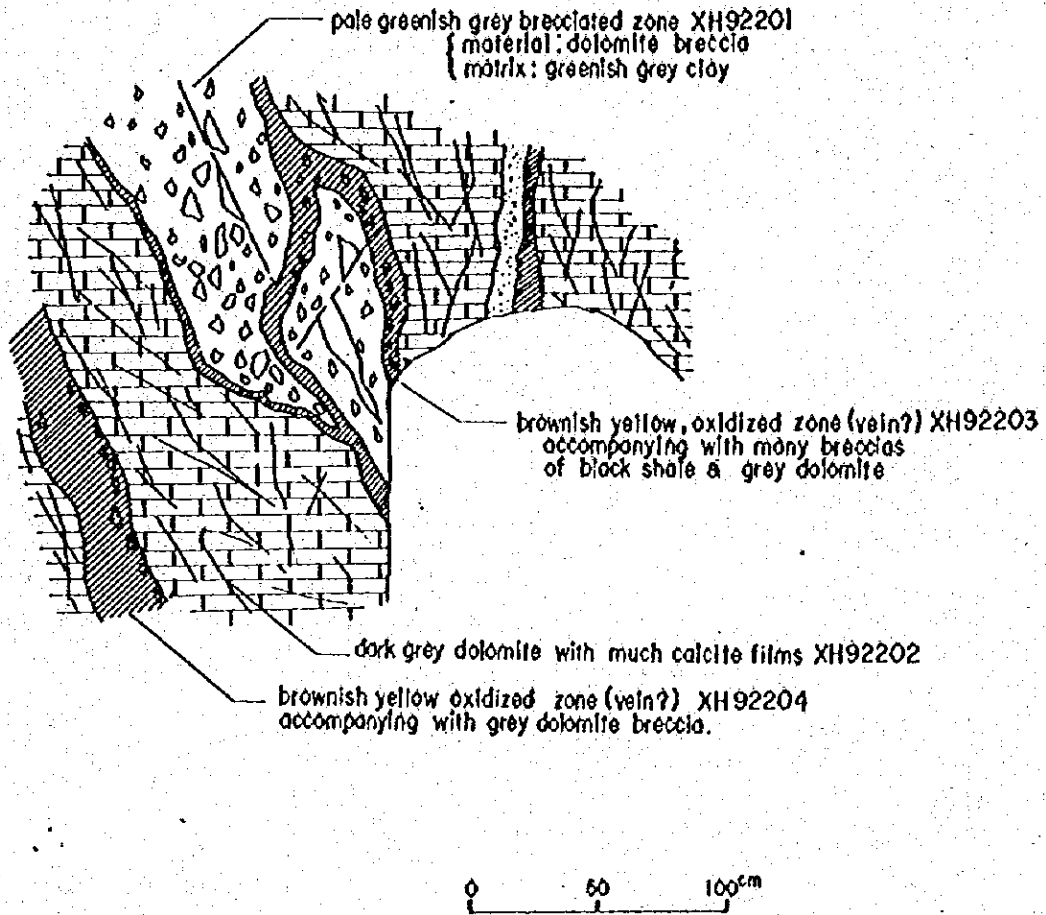


Fig. C-8 Partial Sketch of the Vein near the Siete Jeringas Ore Body

方解石・ドロマイト・石英・斜長石・絹雲母・カオリナイト・緑泥石・重晶石・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱・菱亜鉛鉱・方鉛鉱の12種である。

以下、その鉱物ごとに野外調査結果も考慮して検討する。

(1) 方解石

方解石は普遍的に多量認められる。そのうち大部分は、石灰岩の構成鉱物として存在するものであるが、野外調査結果からその一部は岩石中の細脈あるいはネットワークとしても存在する。

(2) ドロマイト

ドロマイトも概して普遍的かつ多量に認められる。そのうち大部分は岩石としてのドロマイトを構成するものであるが、鉱床付近ではドロマイト細脈あるいはネットワークとしても存在する。ドロマイトを鉱床にともなう変質岩として扱うか否かは、鉱床の成因とも関係し、議論の別れるところであるが、少なくとも細脈状あるいはネットワーク状のものは鉱床と関係あるものと見られる。

(3) 石英

石英もまた普遍的に認められる。この石英は砕屑岩の主要構成鉱物であり、岩石中の砕屑物含有の度合に応じて石英の含有量は変化する。

C地区では石英細脈、珪化帯は認められていない。

したがって、石英はすべてその岩石の構成鉱物として存在するもので、鉱床との直接的関係はないと見られる。

(4) 斜長石

主としてドロマイトにともなって極く少量認められる。

(5) 絹雲母

極く少量であるが、方解石にともなって普遍的に存在する。Fig C-7にはその相関がよく表われている。

少量の絹雲母は、Caの多い岩石では弱い熱水作用によって容易に生成することから、この絹雲母の存在だけから鉱床との関係を議論することは困難である。既存の鉱床はドロマイト中にあり、そこでは絹雲母の存在は認められない。

(6) カオリナイト

稀であるが、極く少量認められる。カオリナイトの検出されたサンプルH92004は断層帯中で得られたものであり、その断層帯に沿って、弱い熱水作用があったものと推定されるが、鉱床との関係は明らかでない。

(7) 緑泥石

稀であるが、極く少量認められる。鉱床との関係は不明である。

(8) 重晶石

極く少量鉛床付近のサンプルに認められる。X線チャートのピークが1ヶ所だけであり、重晶石と断定するには不十分である。他の手法による同定を必要とする。

(9) 黄鉄鉱

極く少量認められるが、鉛床との関係はないと見られる。

(10) 閃亜鉛鉛鉱・方鉛鉛・菱亜鉛鉛

これらは主要鉛石鉛物として見られる。

以上のように変質鉛物は、種類・量共に極めて少ない。したがって当初予想されていた層状鉛・亜鉛鉛床にともなう炭酸塩岩類の変質は、ほとんど存在しないか、存在しても極めて稀であると云える。

ドロマイトの成因は別として、層状鉛・亜鉛鉛床はドロマイト層中の特にドロマイト成分の多い所に優勢となっている傾向はX線回折の結果からも裏付けられている。(Table C-3, Fig. C-6 および C-7)

5-3 地化学探査

5-3-1 目的と作業

本調査は広汎な全調査地区における鉛物資源の賦存状況を検討するため採用される地化学探査をより効果的にするため、既知San Vicente 鉛山付近を対象として層状鉛・亜鉛鉛床に対する最適の地化学探査方法を確立することを目的とした。

試料はC地区内より412個を採取した。採取密度は平均4個/Km²とし対象は河川堆積物及び土壌とした。

試料は地質精査時に徒渉した川や沢で河川堆積物を、踏査ルート上距離500~1,000m毎に土壌を採取した。採取試料412個の内訳は河川堆積物173個、土壌239個となっている。

河川堆積物試料は川底の細砂に富む所から原則として採取した。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。

5-3-2 分析成分の選定

C地区から採取した試料についてその約10%に当る40個(河川堆積物24個、土壌16個)を選択し、多成分分析を実施した。その目的はC地区および全調査地区から採取した試料について鉛床調査に最も有効な指示元素3成分を決めることにある。

分析はCu・Pb・Zn・Ni・As・Mo・Hg・Mnの8成分について行なった。分析値およびその統計処理結果はTable C-5およびC-6の通りである。このうち人工汚染の可能性が高い土壌試料1個(No. C-58)を除く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。(Fig. C-10およびC-11)

Table C-6 Statistical Analysis of 8 Elements in Selected Geochemical Samples

() is a number of treated samples.

Stream Sediment (24)

	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ni ppm	As ppm	Mo ppm	Hg ppb	Mn ppm
Maximum	1610	354	8,506	697	6.1	0	97	10,842
Minimum	35	0	227	148	0.0	0	15	789
Average	231	35	1,245	265	1.4	0	18	4696
Standard deviation	346	74	2,050	110	1.9	0	17	2191
Numbers	24	21	24	24	11	0	1	24

Soil (15)

	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ni ppm	As ppm	Mo ppm	Hg ppb	Mn ppm
Maximum	762	89	4,969	623	14.4	5	365	2,1842
Minimum	29	0	17.8	149	0.0	0	15	1053
Average	153	29	1,353	303	3.1	0	87	5608
Standard deviation	184	27	1,641	119	4.6	1	116	5577
Numbers	15	10	15	15	10	1	7	15

河川堆積物	因子 1	Zn, Pb				
(24 試料)		(97)	(96)	()	内は因子との相関係数	
	" 2	Mn, Ni				
		(86)	(83)			
	" 3	Cu, As				
		(66)	(66)			
土 壤	因子 1	Ni, Mo, Zn, Pb, Mn, As				
(15 試料)		(95)	(85)	(75)	(68)	(66) (65)
	" 2	Cu, Hg				
		(89)	(87)			

以上の結果をもとに下記の検討を行なった。

(1) 指示元素としては全体に高濃度であり、しかも偏差値の大きいものが望ましい。

分析値が検出限界以下の試料が多い As (40 個中 18 個) Mo (40 個中 39 個) Hg (40 個中 32 個) は、指示元素として不適当である。

(2) 全調査地区には下記のような鉱床帯が知られているので、これを考慮する必要がある。

①西部……先古生代変成岩中のニッケルコバルト鉱床帯

②中央部……中生代石灰岩中の亜鉛・鉛鉱床帯

③中央部……新期貫入岩付近の銅示徴

(3) 因子分析の結果同一因子により動く元素グループから 2 つの指示元素を選定するのは適当でない。

(4) 成因に多くの因子が考えられる Mn 等の元素は解析においてその分別が困難であることから広域的調査には不適当である。

この検討結果をもとに A・B 地区については Cu・Zn・Ni を指示元素として選定した。亜鉛・鉛鉱床帯を調査対象とする C 地区については、Pb が偏差値が大きく直接鉱床探査に結びつくと思われるので Cu・Zn・Pb を指示元素として選定した。

8 成分の分析フローシートは Table C-4 に示す通りである。

5-3-3 地化学探査結果

自然界には鉱化作用に無関係の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鉱化帯の抽出を妨げるなどの高含有量を示すことがある。

C 地区についても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。

その結果バックグラウンドはCuは閃緑岩類中で高く(\bar{X} 全体34.9PPM 閃緑岩類59.9PPM)標準偏差も大きい(σ 全体46.6PPM 閃緑岩類69.4PPM)。ZnのバックグラウンドはPucara層群中で高く(\bar{X} 全体142.5PPM Pucara層群215.2PPM)標準偏差も大きい(σ 全体255.4PPM Pucara層群377.9PPM)このような地質区画については別の母集団として扱うことが望ましいが全体との差が極端には大きくないことからここでは全体を同一母集団として処理した。河川堆積物のCu・Zn・Pb分析値の統計処理結果はTable C-8に示す通りである。

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	Pb PPM
漸移帯のしきい値 (\bar{X})	25.1(30)	87.0(100)	46.7(50)
弱異常帯のしきい値 ($\bar{X} + \sigma$)	63.0(60)	287.7(300)	205.8(200)
強異常帯のしきい値 ($\bar{X} + 2\sigma$)	101.0(100)	488.3(500)	364.9(400)

河川堆積物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	Zn	Pb	Cu	()内は因子との相関係数
	(97.9)	(97.9)	(2.0)	
因子 2	Cu	Zn	Pb	
	(100.0)	(3.6)	(0.3)	

因子分析により、ZnとPbは同一因子によりもたらされ、CuはZn・Pbとは別の因子に支配されていると考えられる。

土壌のCu・Zn・Pb分析結果の統計処理結果はTable C-8に示す通りである。

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	Pb PPM
漸移帯のしきい値 (\bar{X})	34.9(40)	142.5(200)	64.3(50)
弱異常帯のしきい値 ($\bar{X} + \sigma$)	81.5(80)	397.9(400)	206.3(200)
強異常帯のしきい値 ($\bar{X} + 2\sigma$)	128.0(130)	653.3(700)	348.3(400)

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	Zn	Pb	Cu	()内は因子との相関係数
	(91.8)	(89.3)	(9.1)	
因子 2	Cu	Pb	Zn	
	(99.3)	(17.3)	(0.5)	

Table C-8 Statistical Analysis of 3 Elements of Geochemical Samples
in the Precisely Surveyed Area.

() is a number of treated samples

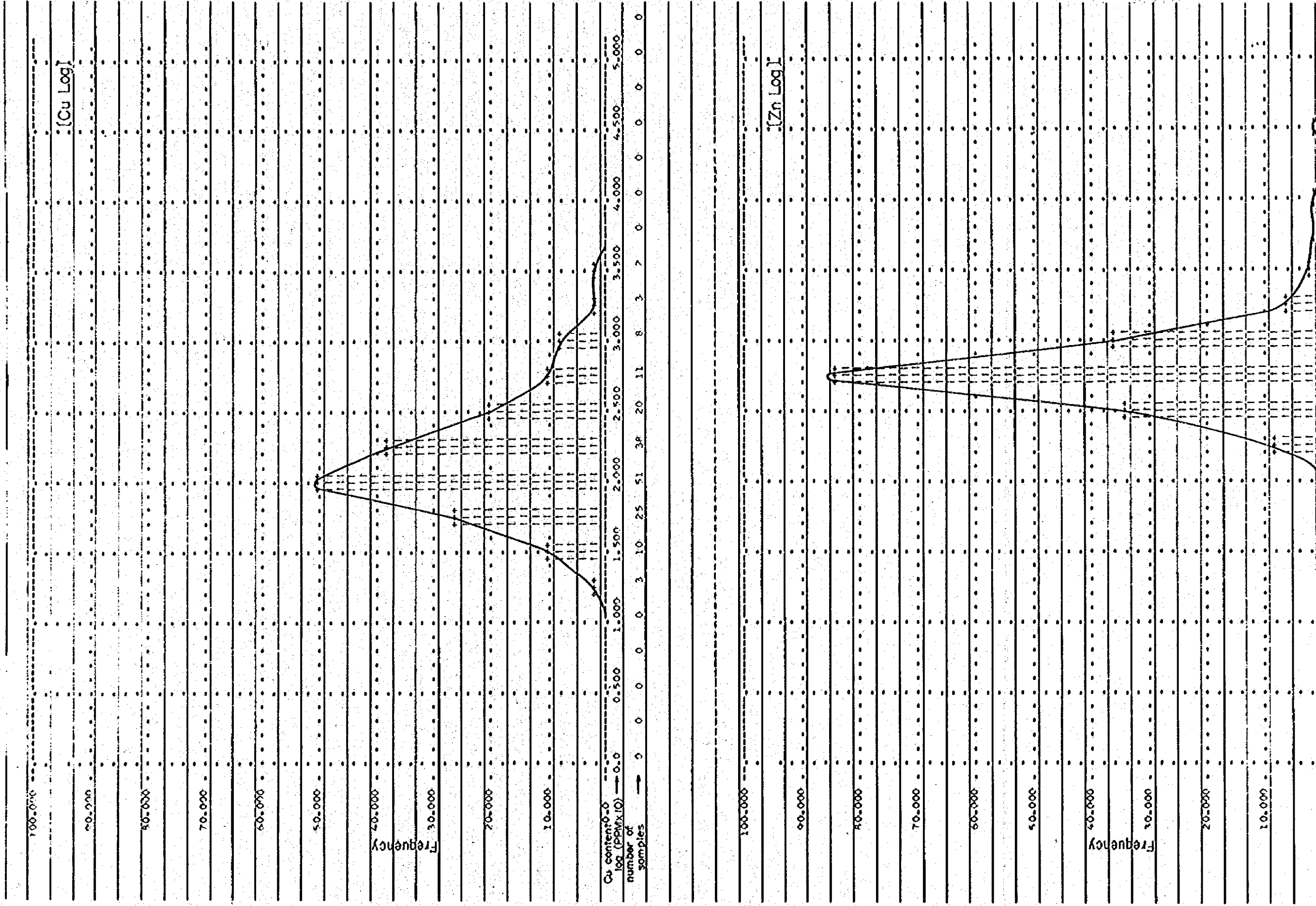
Stream Sediment [173]

	Cu ppm	Zn ppm	Pb ppm
Maximum	251.7	2,453.7	1,959
Minimum	0.0	17.4	0
Average	25.1	87.0	47
Standard deviation	37.9	200.7	159
Numbers	171	173	152

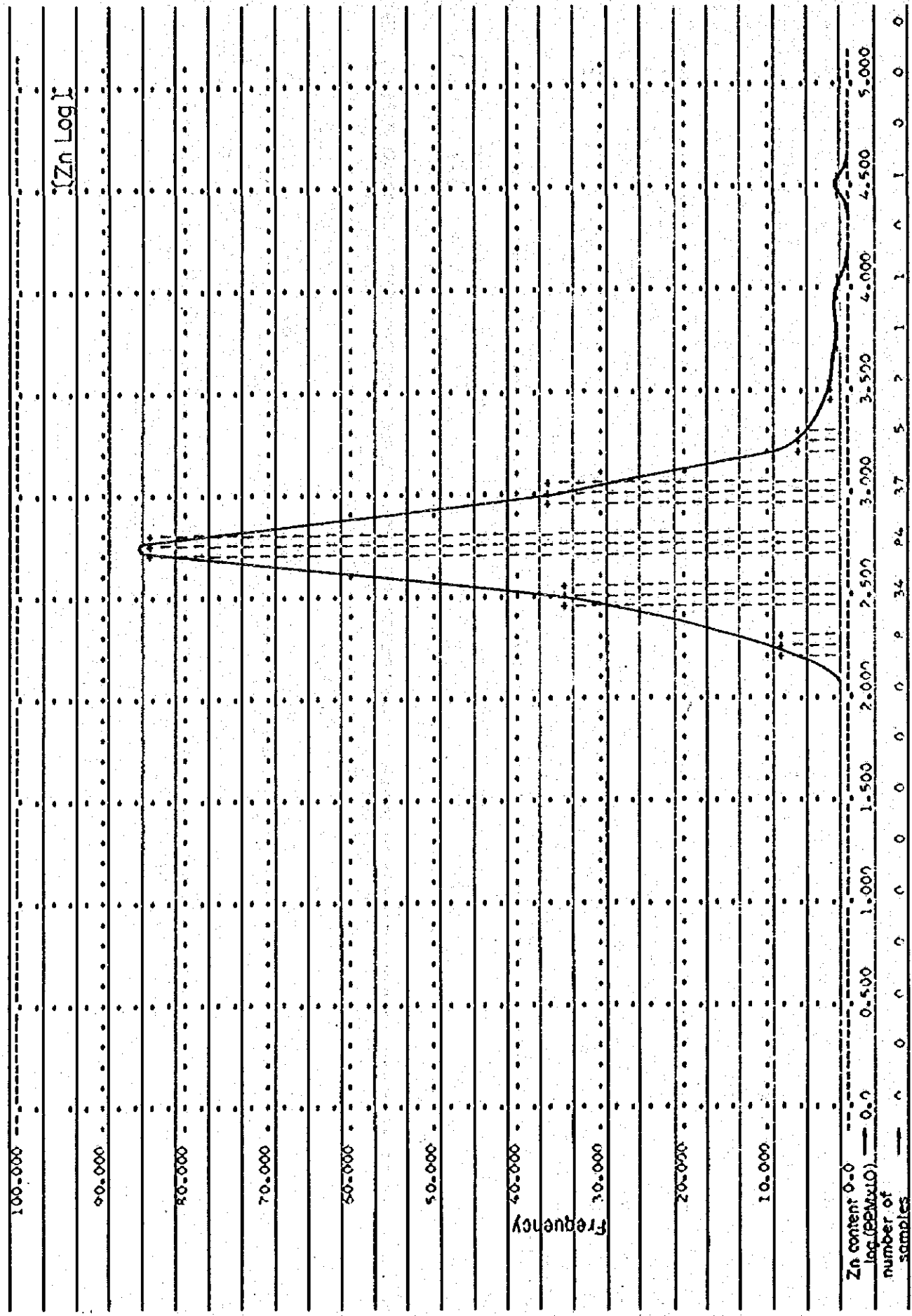
Soil [239]

	Cu ppm	Zn ppm	Pb ppm
Maximum	320.4	2,026.8	1,188
Minimum	0.0	7.2	0
Average	34.9	142.5	64
Standard deviation	46.6	255.4	142
Numbers	238	239	224

Fig. c - 10 Histograms and Frequency Diagrams of Cu-Zn-Pb
 (Stream Sediments)



[Zn Log]



[Pb Log]

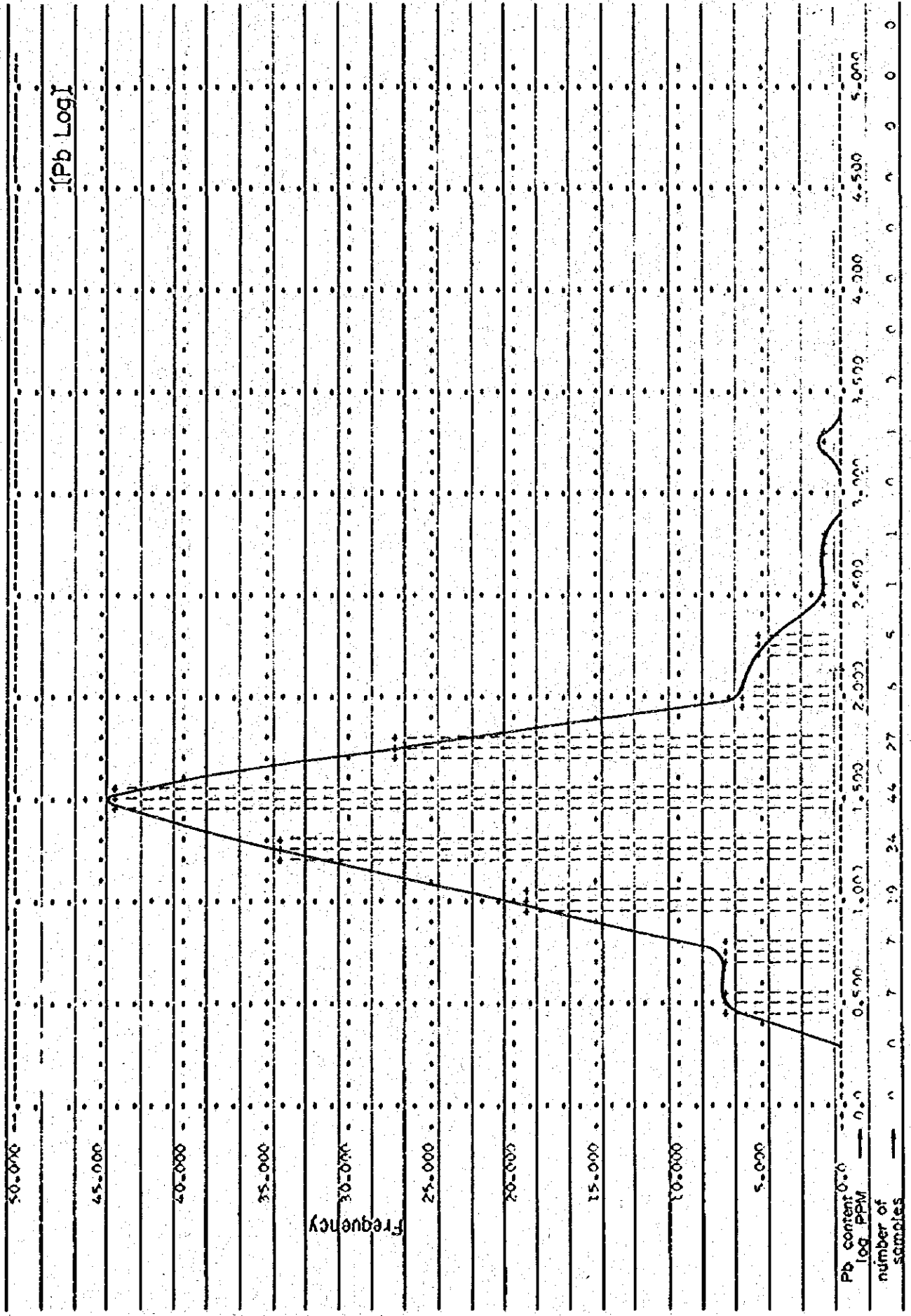
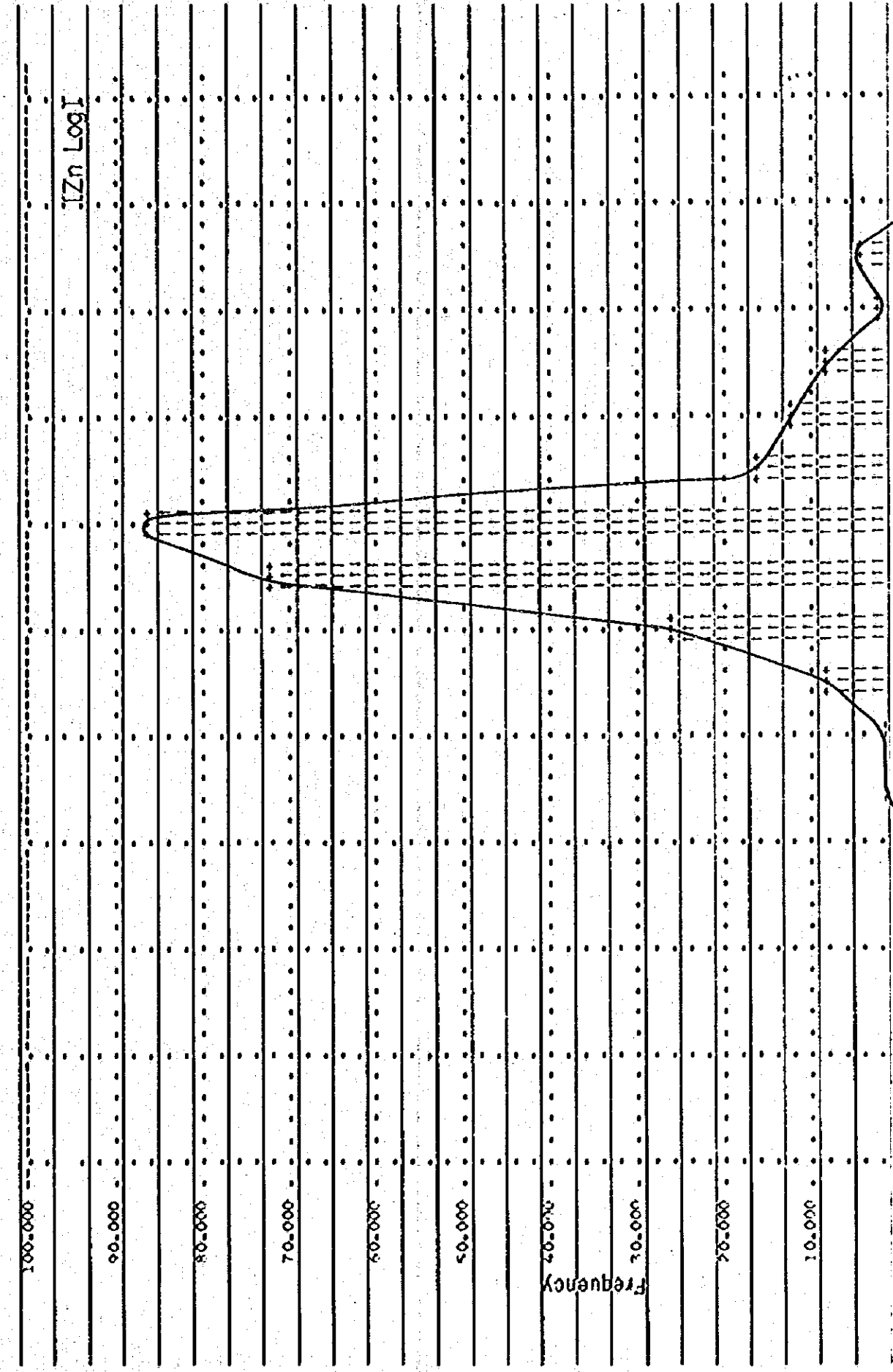
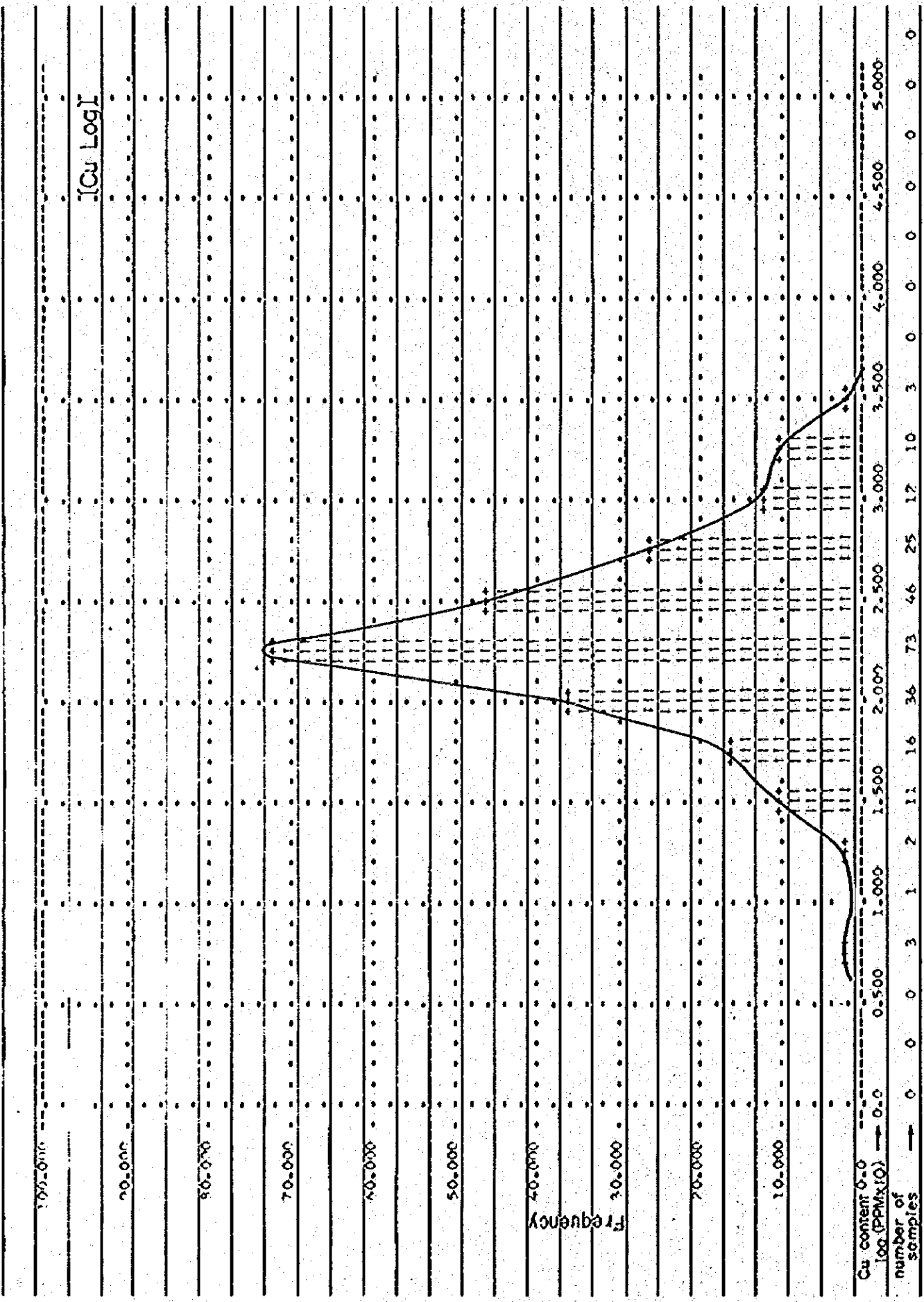
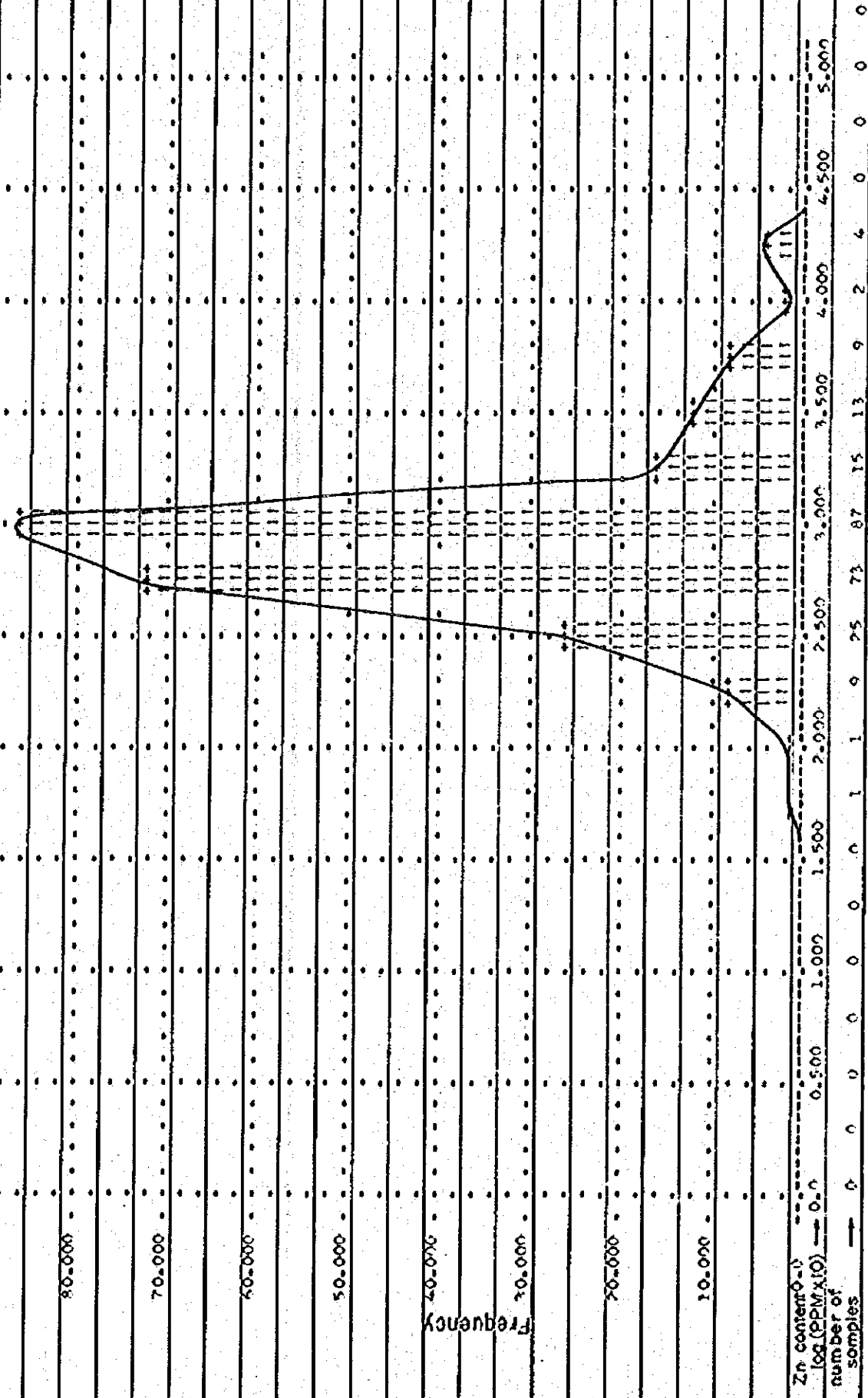


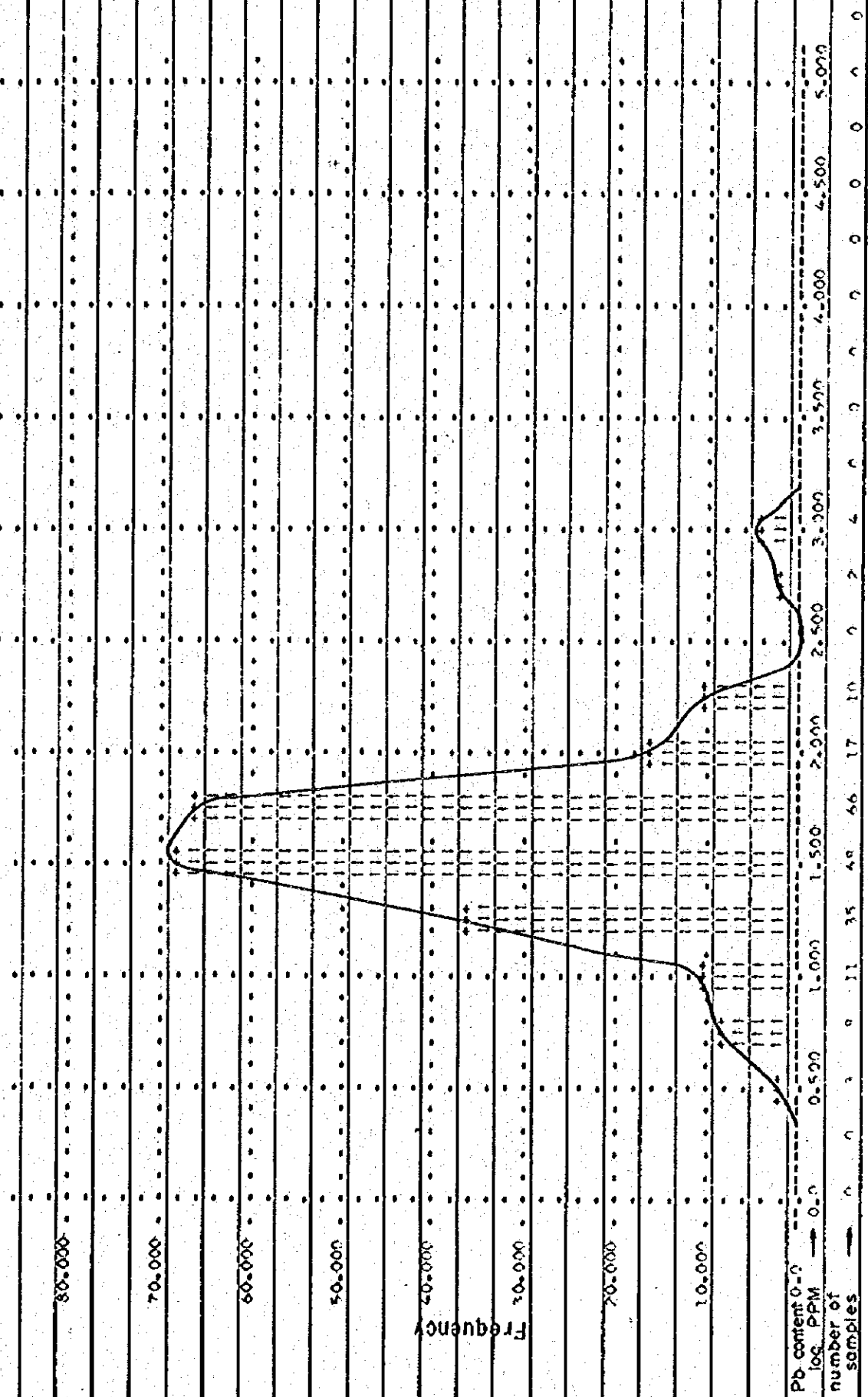
Fig. c-11 Histograms and Frequency Diagrams of Cu-Zn-Pb
(Soils)



100.000
90.000
80.000
70.000
60.000
50.000
40.000
30.000
20.000
10.000
Zn Log]



100.000
90.000
80.000
70.000
60.000
50.000
40.000
30.000
20.000
10.000
Pb Log]



因子分析により土壌の場合もZnとPbは同一因子よりもたらされたことがわかるが、Cuは別の因子に支配されておりPbの一部をCuをもたらしした因子に関係している可能性があると考えられる。

元素毎に河川堆積物と土壌の地化学異常部を対比してみると

(1) 土壌のCu異常部は北西部に貫入している閃緑岩類の分布とよく一致しており河川堆積物の場合もこの岩体に由来すると見られる位置に分布する。このほかの異常部は小規模でしかも弱く重要でないと思われる。

(2) 土壌のZn異常部は既知の層状鉛・亜鉛鉱床周辺に広く散在している。またPucara層群の分布範囲は全体が弱い異常部となっている。Rio Aynamayo下流の異常部は鉱床地帯下流に分布する第四紀堆積層と一致し、この異常部中を鉱石運搬道路が縦横に走っていることから天然汚染および人工汚染を表わしていると思われる。

河川堆積物のZn異常部も既知の層状鉛・亜鉛鉱床に由来するもののほかは小規模なものが散在するのみで重要でないと思われる。

土壌のPb異常部は既知の層状鉛・亜鉛鉱床周辺に散在しているが特に鉱床に直接する部分で強い異常を示している。また北西部閃緑岩類に近接する石灰岩層中にも弱い異常部が見られるがその分布から閃緑岩類と関係する可能性がある。

河川堆積物のPb異常部も既知鉱床に由来すると見られる位置にあるが他の元素と比較して流下範囲は狭い。

このようにPbはCu・Znと比較し移動量が小さいことからPbによる地化学探査は、精査の段階での直接鉱床探査に有効であると云える。

C地区における地化学探査をまとめると下記の通りである。(Fig.C-9)

(1) 層状の鉛・亜鉛鉱床について、Zn元素による地化学探査は鉱化帯の抽出に極めて有効でありPb元素は直接鉱床探査用として有効である。

(2) 閃緑岩類付近には一部に顕著なCu異常部が分布するがこの由来として

① 層状の鉛・亜鉛鉱床をもたらしした鉱化作用とは別に閃緑岩類と関係するCuを主とする鉱化作用があった。

② 層状の鉛・亜鉛鉱床をもたらしした鉱化作用に由来しCuはPb・Znとは離れて沈積した。

③ 閃緑岩類は岩石自体が高濃度のCuを含んでおりそのうち多少片寄った高い部分を表わしているにすぎない。

などが考えられる。閃緑岩類の近くには鉱化作用にもなり変質鉱物が認められること、この岩体付近の鉛・亜鉛鉱床は鉱質的にも層状の鉛・亜鉛鉱床の鉱石とは差があることなどから①の可能性は高いと考えられる。

この場合Cu元素による地化学探査は鉱化帯の抽出に有効であり、Pbもその外縁帯を示すと見られることから併用することが望ましい。

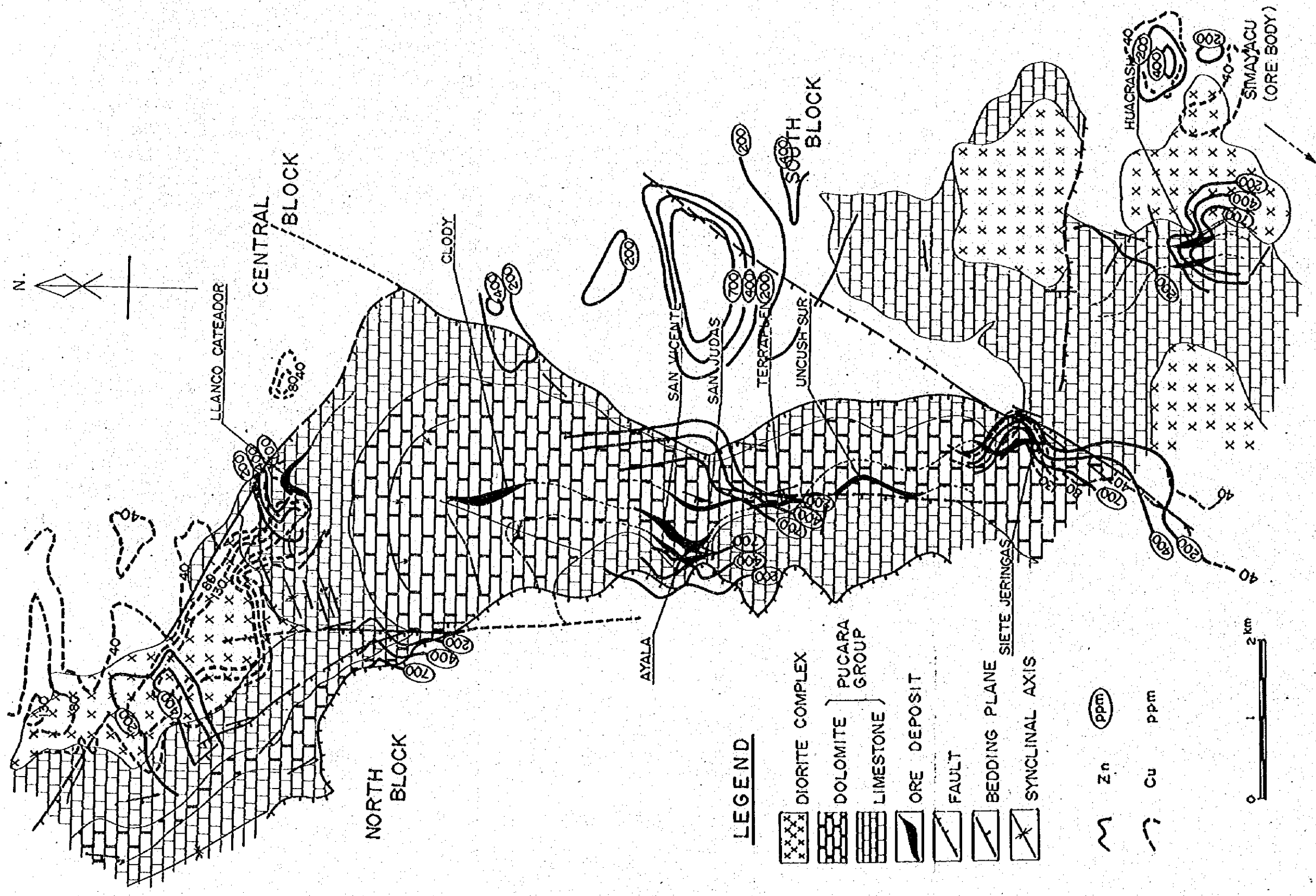


Fig. C-9 Summarized Map of the Geochemical Data of Precisely Surveyed Area (Soil Cu, Zn)

第 6 章 結論および将来への展望

6-1 結 論

本精査は広域的地質構造上どの様な位置に Pucara 層群が位置し分布しているかを解明すると同時に、ペルー中部調査地区に賦存が予想される層状の鉛・亜鉛鉱床に対する最も効果的な探査方法を明らかにすることを目的とした。

(1) 鉱床の成因

C 地区の中央に位置する San Vicente 鉱床は Pucara 層群に胚胎する層状鉛・亜鉛鉱床であるが、後の堆積物の累積による焼成作用や閃緑岩類岩株の貫入に伴なり影響を強く受けている。特にこれらの閃緑岩類岩株は岩体の一部に黄鉄鉱鉱染のほか銅示徴が認められ、岩質変化も激しいことから周囲に熱圧力を与えたのみならず鉱化作用にも関与したと解される。従って San Vicente 鉱床は、炭酸塩岩類の堆積時の亜鉛・鉛等の元素の搬入に加えて後期貫入岩体による再編成や元素の追加交代があった特有な鉱床とみられる。

(2) 鉱床の位置

San Vicente 鉱床の主要鉱体は、いずれも Pucara 層群の中位に位置するドロマイト層中に胚胎し、特に縞状ドロマイト中に優勢である。このドロマイト化作用は後期貫入岩体の貫入以前と見られるが、一部は硫化鉱物を切る細脈としても認められる。縞状ドロマイトが分布する付近は、ドロマイトの結晶が大きく角礫帯や細脈が発達するなど構造的な擾乱帯となっている。

(3) 鉱床の構造

ENE-WSW 方向の横圧力により形成された WNW-ESE 系および NNE-SSW 系の断層は San Vicente 鉱床付近において多く見られ、鉱床を水平方向に移動させており、これらの両断層の検討は鉱床の細部探査には極めて重要である。

6-2 今後の探査方法

(1) 調査地区の層状鉛・亜鉛鉱床は Pucara 層群のドロマイト層中に賦存すると見られるので、Pucara 層群の分布を明らかにすると同時に Pucara 層群中のドロマイト層を分帯する必要がある。また、このドロマイト層は特定の層準に位置する可能性もあり、Pucara 層群中のドロマイト層の層位も検討する必要がある。

(2) Pucara 層群を切る閃緑岩類は Pucara 層群中の層状鉛・亜鉛鉱床に影響を与えたほか、黄鉄鉱の鉱染部や微弱な銅鉱化作用を作なうことから、その分布・岩質・構造の面から銅鉱化作用の可能性を検討する必要がある。

(3) Pucara 層群は花崗岩類基盤上に分布しているが、その立体的構造を検討するため、広域的磁力探査又は重力探査の採用を検討する必要がある。

(4) 層状鉛・亜鉛鉄床の分布と亜鉛・鉛地化学探査異常地および銅鉄化示徴と銅地化学探査異常地や閃緑岩類岩株の分布とはよく一致していることから、土壌・岩石を対象とした系統的な地化学調査の適応性は高いと見られる。

今後の地表調査には、その精度に応じた地化学探査を併用することが望ましい。

6-3 将来への展望

ペルー中部地区に対する基礎的調査がスタートした現段階で、今後の調査の進め方を提案することは極めて難かしいが、一案として次のような調査の実施順序が考えられる。

(1) 広域的調査

① 地質構造調査

- ・ Pucara 層群の分布・構造
- ・ Pucara 層群中のドロマイト層の分帯
- ・ 閃緑岩類の分布・構造

② 地化学探査

- ・ 土壌・河川堆積物を対象とした地化学探査

(2) 中域的調査

① 地質構造調査

- ・ Pucara 層群の層序とドロマイト層の細分層序
- ・ 閃緑岩類の岩質分類と銅鉄化作用の検討

② 地化学探査

- ・ Pucara 層群および閃緑岩類付近での土壌を対象とした地化学調査
- ・ 上記岩石の微量成分調査

③ 物理探査

- ・ Pucara 層群および閃緑岩類の地質構造解明のための地上磁力探査

(3) 狭域的調査

① 地質構造調査

- ・ 構造ポーリング
- ・ 特定ドロマイト層と鉄化示徴の追跡

② 地化学探査

- ・ 土壌又は岩石を対象とするグリット地化学探査

③ 物理探査

- ・ 閃緑岩類付近の銅鉄化示徴帯を対象とするIP調査

従って、(1)広域的調査、(2)中域的調査、(3)構造ポーリングを除く狭域的調査、(4)構造ポーリングの順序で系統的に調査をすすめることが望ましい。

APPENDICES

LIST OF APPENDICES

- Table C-3 Charts of X-ray Diffractive Analysis
- " C-4 Flow Sheets of Geochemical Analysis
 - " C-5 Geochemical Data of Selected Samples on 8 Elements
 - " C-7 Geochemical Data of the Precisely Surveyed Area on 3 Elements

Table C-3 Charts of X-ray Diffractive Analysis

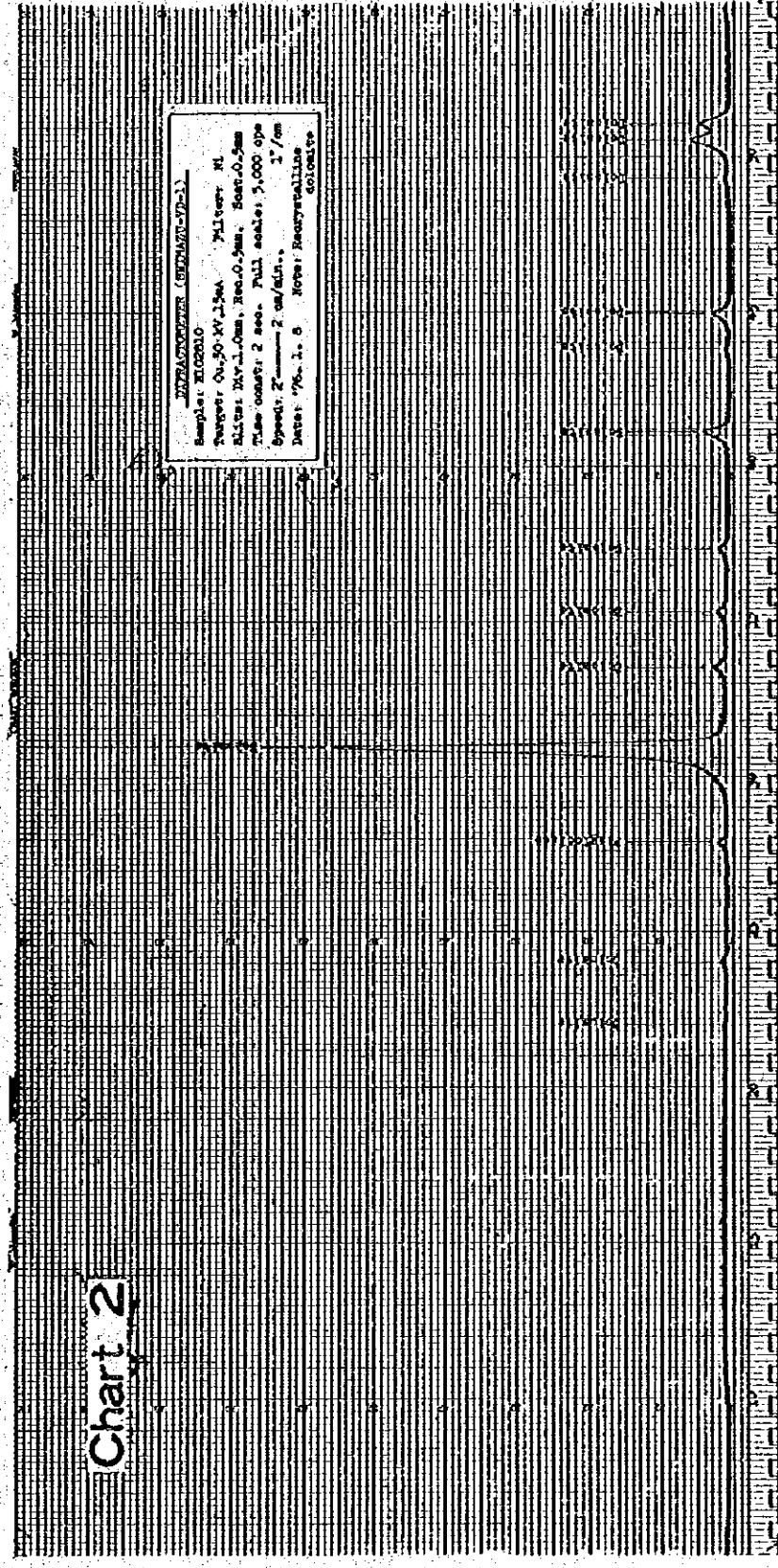
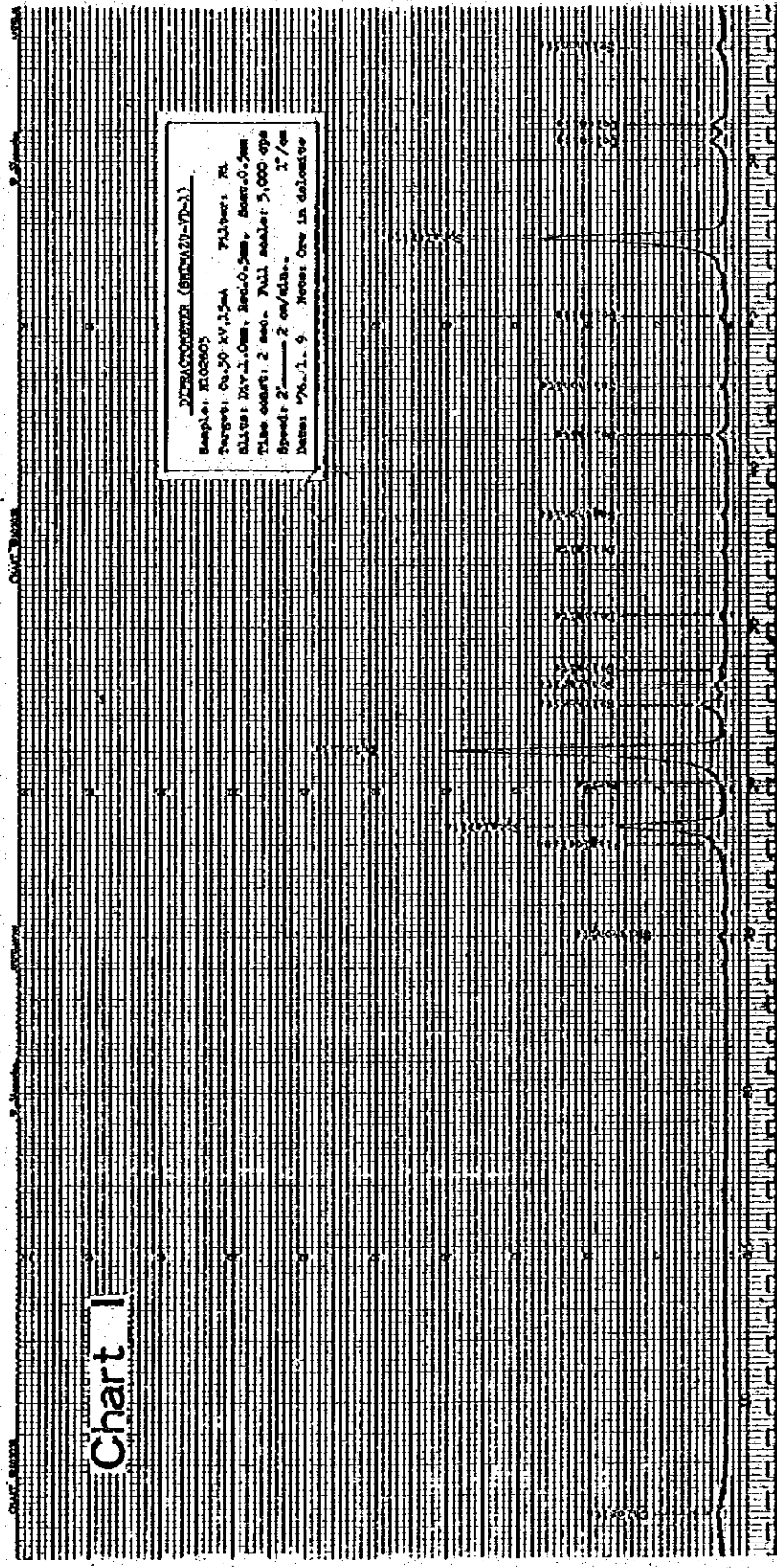


Chart 3

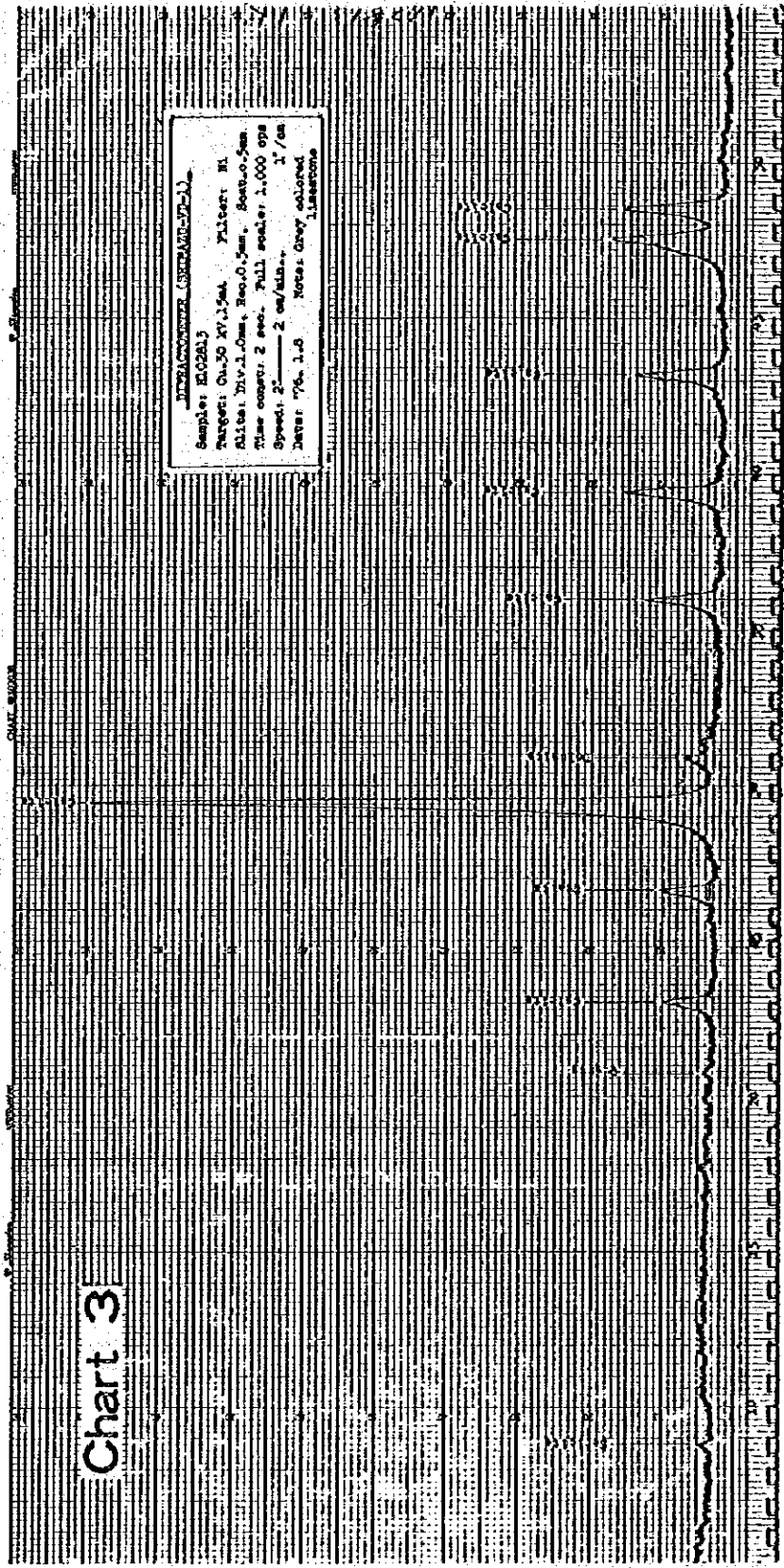


Chart 4

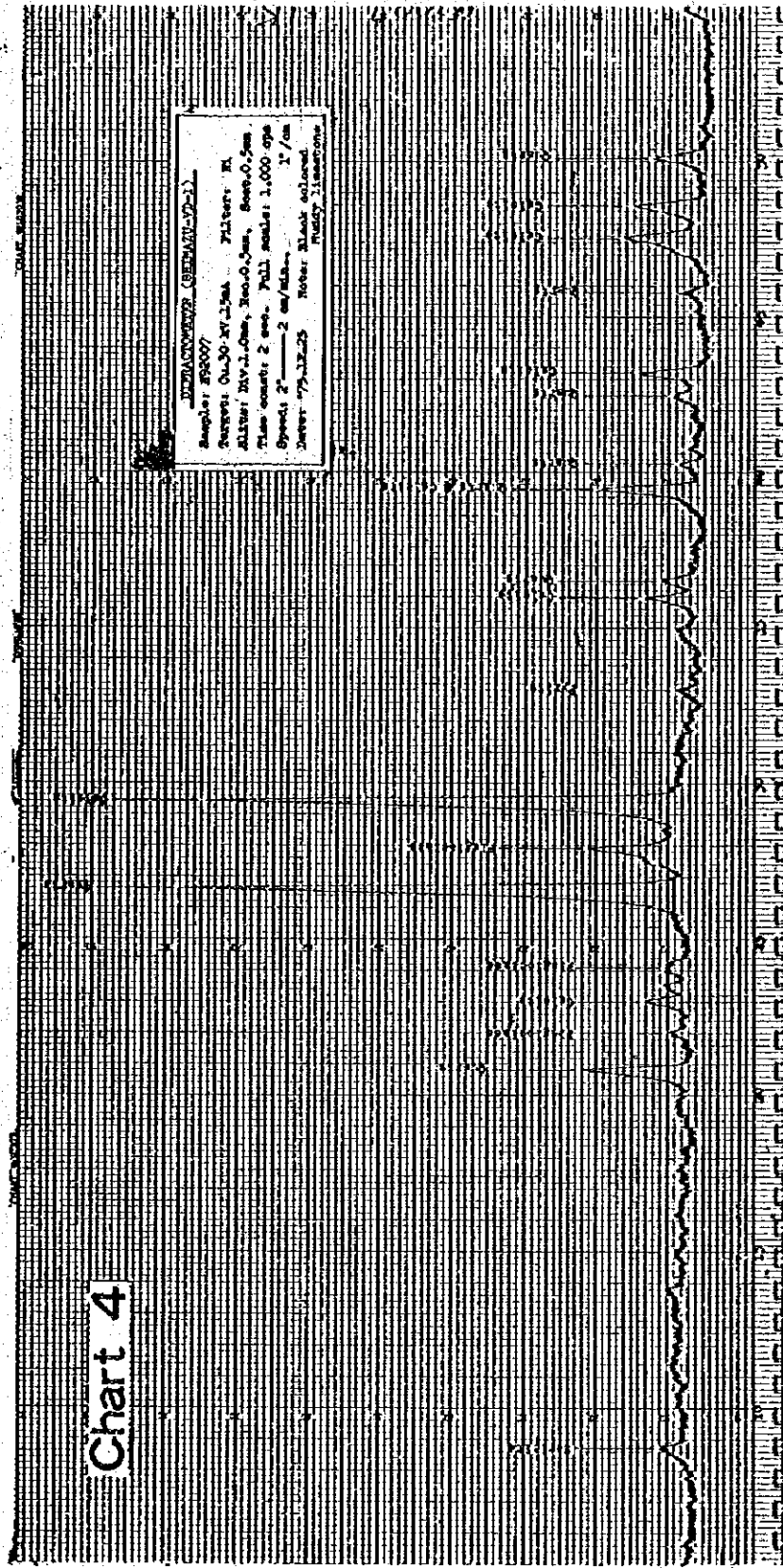


Table C-4 Flow sheets of chemical analysis

(Cu, Pb, Zn, Ni)

Sample (1 g) (in 100 - 300 ml conical beaker).

← HCl + HNO₃ + H₂O (3:1:1, 20 ml).

← HClO₄ (5 ml).

Evaporation for consolidation.

← (1 + 1) HCl (8 ml).

Heating for solution.

Natural cooling.

Transferring in 100 ml measuring flask.

Shaking.

Filtration (No. 6, 9 cm).

Atomic absorption.

(As)

Sample (1 g).

← $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ (2:1, 20 ml).

Heating for disintegration (until white smoke of sulphuric acid appears).

Cooling.

← $(1 + 1)\text{H}_2\text{SO}_4$ (10 ml).

Heating for solution.

Cooling.

Transferring to flask.

← KI (15 %, 5 ml).

← $\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (40 %, 3 ml).

Constructing the apparatus.

← Zinc grain (about 5 g).

Appearance of AsH_3 .

Colorimeter.

(Mo)

Sample (1 g).

← HCl + HNO₃ + H₂O (3:1:1, 20 ml).

← HClO₄ (5 ml).

Evaporation for consolidation.

← (1 + 1)HCl (5 ml).

Heating for solution.

Transferring to 50 ml measuring test tube.

Neutralizing by NH₄OH(1 + 1) (about 6 ml).

← Na₂CO₃ (10 %, 1 ml).

Correcting liquid measure of 40 ml.

Shaking and filtration (No. 2, 9 cm).

Dividing 20 ml into the measuring test tube.

← NH₂OH·HCl (25 ml).

← Zinc dithiol (5 ml).

Strongly shaking more than two minutes.

(showing green in colour).

Colorimeter.

(Hg)

Sample (2 g).

← HNO₃ + H₂SO₄ (2:1, 15 ml).

← KMnO₄ (5 %, 5 ml).

Heating for solution by water bath for two times and at 50 - 60° C.

If the color of KMnO₄ vanishes by the way, add it up to coloring.

Natural cooling.

← NH₂OH·HCl (30 %, a few drops up to vanishing the color).

Transferring to 100 ml measuring flask.

Shaking.

Filtration (No. 2, 11 cm).

Dividing into flask (10 - 50 ml).

Correcting up to total 105 ml.

← Reduction liquid (10 ml) (adding together 50 g of S₁₁O₁₂·2H₂O
and 130 ml of (1 + 1)H₂SO₄ and adding H₂O up to total 500 ml).

Measurement.

(Mn)

Sample (1 g).

← HCl, HNO₃, H₂O (3 : 2 : 1, 20 ml).

← HClO₄ (5 ml).

Evaporation for consolidation.

← (1 + 1) HCl (8 ml).

Heating for solution.

Natural cooling.

Transferring in 100 ml measuring flask.

Shaking.

Filtration (NO. 6, 9 cm).

Atomic absorption.

Table C-5 Geochemical Data of Selected Samples on 8 Elements

Geological Index

Quaternary (gravel & sand)	(QU)
Pucara Group	(PU)
Mitu Group	(MI)
Diorite complex	(MD)
Granite & Granodiorite	(PG)

Sample No.	Stream Sediment(R) or Soil (T)	Geological Index	Content							
			Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ni ppm	As ppm	Mo ppm	Hg ppb	Mn ppm
C-21	R	PU	5.2	19	102.7	23.2	0.0	0	<30	457.9
C-26	R	PU	4.7	9	48.1	22.3	0.0	0	<30	236.8
C-30	R	QU	11.0	354	850.6	26.0	0.0	0	<30	442.1
C-31	R	QU	6.9	0	34.3	16.7	0.0	0	<30	326.3
C-42	T	PU	9.3	19	64.4	31.5	0.8	0	<30	105.3
C-53	R	MI	8.7	6	48.2	14.8	0.0	0	<30	368.4
C-54	R	MI	18.0	6	36.4	28.8	2.9	0	<30	268.4
C-57	R	MI	5.2	16	63.8	24.1	0.0	0	<30	652.6
C-58	T	MI	6.9	1188	432.9	36.2	2.9	0	<30	57.9
C-60	R	PU	5.2	0	32.7	17.6	0.0	0	<30	78.9
C-61	R	QU	9.9	0	60.1	26.0	0.0	0	<30	384.2
C-64	R	MI	7.6	0	53.0	25.1	0.0	0	<30	342.1
C-70	T	MI	2.9	0	40.1	14.9	0.0	0	<30	294.7
C-77	T	MI	9.9	0	47.4	23.2	1.9	0	<30	300.0
C-82	T	QU	76.2	62	487.8	36.2	6.3	0	335	957.9
C-132	T	MD	31.4	19	87.2	28.8	14.4	0	140	626.3
C-141	R	QU	19.7	0	53.0	28.8	0.0	0	<30	415.8
C-162	T	MI	18.6	26	87.8	39.0	1.5	0	55	447.4
C-168	T	PU	5.8	26	41.0	23.2	0.0	0	<30	121.1
C-169	T	PU	9.3	89	65.5	26.0	0.4	0	45	594.7
C-170	T	MI	12.2	33	121.8	27.8	1.2	0	145	542.0
C-177	R	MI	53.5	69	142.8	30.7	0.7	0	<30	1084.2
C-203	R	MI	13.9	33	51.4	18.6	3.8	0	<30	300.0
C-207	R	MI	10.5	9	53.4	27.8	0.0	0	<30	373.7
C-223	T	PU	3.5	43	29.8	44.6	1.9	0	100	2184.2
C-228	R	MD	161.0	23	99.8	27.8	2.6	0	<30	589.5
C-237	R	PU	4.7	49	62.8	20.4	0.0	0	97	415.8
C-242	R	PU	13.9	9	85.3	42.7	1.0	0	<30	378.9
C-245	R	PU	15.1	6	70.8	26.0	0.0	0	<30	373.7
C-265	T	PU	18.6	72	496.9	62.3	11.2	0	<30	1305.2
C-274	R	PU	4.1	46	49.9	29.7	0.0	0	<30	810.5
C-280	R	QU	12.2	6	49.8	26.0	2.6	0	<30	301.5
C-286	T	PU	9.9	19	341.5	32.5	7.5	0	<30	157.9
C-301	R	MD	3.5	0	22.7	20.4	0.0	0	<30	510.5
C-347	R	MD	83.1	125	707.3	21.3	0.5	0	<30	300.0

Sample No.	Stream Sediment(R) or Soil (T)	Geological Index	Content							
			Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ni ppm	As ppm	Mo ppm	Hg ppb	Mn ppm
C-359	R	PU	22.7	33	141.8	69.7	3.6	0	< 30	878.9
C-361	R	PU	40.7	3	47.9	29.7	5.8	0	< 30	373.7
C-388	T	MD	9.3	13	17.8	16.7	0.0	0	365	194.7
C-398	R	MD	18.0	16	75.8	19.5	6.1	0	< 30	536.8
C-412	R	MI	8.7	9	45.4	20.4	3.2	0	< 30	552.6

**Table C-7 Geochemical Data of the Precisely
Surveyed Area on 3 Elements**

Geological Index

Quaternary (gravel & sand)	(QU)
Pucara Group	(PU)
Mitu Group	(MI)
Diorite complex	(MD)
Granite & Granodiorite	(PG)

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb content (ppm)
1	R	QU	10.6	54.0	13
2	R	QU	14.2	67.6	23
3	R	QU	45.5	84.9	33
4	R	QU	13.0	49.7	36
5	T	QU	14.2	69.9	43
6	T	QU	27.8	69.4	26
7	T	QU	35.4	97.3	62
8	T	QU	13.6	67.1	39
9	T	QU	17.1	80.1	46
10	R	QU	6.5	53.2	26
11	R	QU	38.4	74.8	16
12	R	QU	8.3	50.3	26
13	R	QU	132.9	59.3	26
14	T	QU	8.9	115.4	39
15	R	QU	2.4	33.4	19
16	R	QU	23.0	74.9	39
17	T	QU	4.1	67.4	46
18	R	PG	9.4	62.3	33
19	T	PU	9.4	1,322.4	222
20	T	PG	19.5	15.1	6
21	R	PU	5.2	102.7	19
22	R	PG	11.2	50.7	23
23	T	QU	0.6	13.4	26
24	T	QU	17.7	79.7	33
25	T	QU	14.2	24.1	39
26	T	QU	4.7	48.1	9
27	T	MI	41.9	48.7	39
28	T	QU	13.0	355.2	89
29	T	QU	49.6	51.0	36
30	R	QU	11.0	850.6	354

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb content (ppm)
31	R	QU	6.9	34.3	0
32	R	QU	5.3	30.6	23
33	R	QU	4.7	51.7	69
34	R	QU	10.6	34.7	23
35	R	QU	8.3	39.9	19
36	R	MI	8.3	57.3	23
37	R	MI	4.7	34.1	29
38	R	MI	6.5	92.9	56
39	R	QU	44.9	96.7	29
40	R	QU	4.7	2,453.7	1,959
41	T	PU	14.8	97.3	56
42	T	PU	9.3	64.4	19
43	T	QU	10.0	127.6	46
44	T	QU	15.9	91.4	36
45	T	QU	9.4	2,026.8	172
46	T	QU	6.5	761.2	99
47	T	MI	226.2	24.6	59
48	R	MI	79.7	79.4	36
49	T	MI	5.9	27.2	10
50	R	MI	27.8	36.2	26
51	R	MI	13.0	46.5	19
52	R	PU	10.0	27.7	12
53	R	MI	8.7	48.2	6
54	R	MI	18.0	36.4	6
55	R	MI	4.7	71.1	39
56	R	MI	5.3	95.8	79
57	R	MI	5.2	63.8	16
58	T	MI	6.9	432.9	1,188
59	R	PU	8.9	50.7	16
60	R	MI	5.2	32.7	0

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb content (ppm)
61	R	QU	9.9	60.1	0
62	T	QU	18.3	340.3	79
63	T	MI	6.5	57.6	43
64	R	MI	7.6	53.0	0
65	T	MI	17.7	120.1	39
66	T	MI	16.5	105.6	33
67	T	MI	22.4	142.4	49
68	T	MI	46.1	435.8	49
69	T	MI	24.2	180.0	26
70	T	MI	2.9	40.1	0
71	T	MI	26.6	141.5	33
72	R	MI	3.5	77.4	46
73	R	MI	7.7	56.6	26
74	R	MI	6.5	43.5	23
75	T	PG	20.1	68.9	46
76	T	MI	20.1	88.2	43
77	T	MI	9.9	47.4	0
78	T	PG	6	82.4	39
79	T	PG	12.4	96.3	36
80	T	QU	20.7	96.5	179
81	T	QU	39.0	143.9	39
82	T	QU	76.2	487.8	62
83	T	MD	34.3	135.4	39
84	T	QU	38.9	88.2	43
85	T	QU	11.8	331.3	26
86	T	QU	27.2	112.9	46
87	T	QU	37.2	120.3	36
88	T	QU	31.9	104.8	36
89	T	QU	22.4	142.0	29
90	R	PG	12.4	119.3	16

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb content (ppm)
91	R	MI	15.4	54.5	19
92	R	MI	14.2	59.5	19
93	R	MI	12.4	51.2	23
94	R	MI	3.5	32.1	19
95	R	QU	16.5	71.1	23
96	R	QU	18.3	69.8	16
97	R	QU	14.8	63.5	16
98	R	QU	16.5	57.1	29
99	T	PU	8.9	122.1	39
100	T	PU	153.0	1,477.6	1,083
101	T	PU	26.0	310.4	235
102	T	PU	4.1	70.9	46
103	T	PU	26.0	683.6	66
104	T	PU	23.6	411.9	218
105	T	PU	49.6	458.2	185
106	T	MD	33.7	129.1	39
107	T	MD	67.3	83.9	23
108	T	MD	33.1	72.1	33
109	T	MD	44.3	138.5	76
110	R	PU	8.3	92.2	39
111	R	MD	28.9	94.2	139
112	R	MD	66.1	81.7	3
113	R	MD	63.8	90.7	13
114	R	MD	28.9	81.4	13
115	R	MD	22.4	68.8	9
116	T	QU	122.2	307.5	152
117	T	QU	41.3	111.0	23
118	T	MD	142.3	376.1	125
119	T	MD	68.5	163.3	112
120	T	QU	78.5	141.2	59

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb content (ppm)
121	T	MD	46.7	126.6	46
122	T	MI	25.4	136.0	36
123	R	MI	115.2	307.5	162
124	T	MD	75.0	164.0	66
125	T	MD	93.3	79.7	79
126	T	MD	88.6	147.0	59
127	T	MI	35.4	63.9	36
128	T	MD	13.6	72.1	26
129	T	PU	1.2	72.4	26
130	T	PU	5.9	53.3	23
131	T	MI	12.9	43.6	8
132	T	MD	31.4	87.2	19
133	T	PU	2.3	23.6	0
134	T	MI	50.3	88.5	58
135	T	QU	57.5	80.6	54
136	T	MD	18.2	26.8	8
137	T	QU	26.3	65.1	50
138	R	MD	42.1	101.8	40
139	R	QU	10.5	49.8	8
140	R	QU	18.2	44.9	4
141	R	MI	19.7	53.0	0
142	R	QU	13.8	45.6	16
143	R	MI	24.9	39.2	0
144	R	MI	12.4	33.3	0
145	R	MI	9.1	48.3	8
146	R	MI	1.4	19.1	0
147	R	MI	1.9	19.4	0
148	R	MI	4.3	37.1	0
149	R	MI	6.2	22.4	0
150	R	MI	2.8	27.2	0

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb content (ppm)
151	R	MD	9.1	45.7	16
152	T	QU	6.1	46.4	0
153	T	QU	20.0	85.0	16
154	T	QU	31.2	94.8	10
155	T	QU	22.0	77.4	6
156	T	QU	10.7	76.7	16
157	T	QU	14.8	77.4	6
158	T	QU	23.0	67.2	4
159	T	QU	32.5	83.8	20
160	T	QU	22.0	65.2	0
161	T	QU	23.0	59.8	20
162	T	MI	18.6	87.8	36
163	R	MI	100.6	303.4	172
164	T	MI	65.0	112.7	67
165	T	MI	14.8	38.5	0
166	T	MI	6.2	34.2	0
167	T	PU	11.0	120.7	33
168	T	PU	5.8	41.0	26
169	T	PU	9.3	65.5	89
170	R	QU	12.2	121.8	33
171	R	QU	8.6	38.6	4
172	R	QU	8.6	39.7	0
173	R	QU	11.9	41.7	12
174	R	QU	12.9	45.0	4
175	T	MI	10.5	43.2	0
176	R	MI	11.0	60.4	0
177	R	MI	53.5	142.8	69
178	R	MI	14.3	85.4	8
179	R	MI	11.0	39.0	4
180	T	MI	10.5	41.2	0

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu Content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb Content (ppm)
181	R	MI	10.0	42.3	8
182	R	QU	4.7	40.8	33
183	R	QU	4.7	112.7	33
184	T	PU	5.2	28.7	125
185	R	MI	4.7	42.8	20
186	R	MI	8.1	28.9	20
187	T	QU	80.0	98.4	50
188	T	QU	38.8	78.6	46
189	T	QU	13.9	48.9	33
190	T	QU	3.3	32.8	16
191	T	MI	23.9	71.0	29
192	T	MI	3.83	48.8	29
193	T	MI	19.6	52.2	21
194	T	QU	49.3	114.3	43
195	T	MI	14.3	50.4	18
196	R	MI	12.9	69.6	36
197	T	MI	129.9	7.2	14
198	T	MI	12.4	75.1	36
199	T	MI	19.7	52.6	36
200	T	QU	35.4	82.8	50
201	R	MI	28.2	69.0	32
202	R	MI	36.9	77.8	50
203	R	MI	13.9	51.4	33
204	R	QU	18.2	46.0	25
205	R	MI	9.5	46.3	29
206	R	MI	13.4	38.4	25
207	R	MI	10.5	53.4	9
208	R	MI	11.9	41.7	36
209	R	MI	11.9	31.7	29
210	R	MI	9.1	69.1	50

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb content (ppm)
211	R	MI	11.5	38.2	18
212	T	MI	55.1	34.7	21
213	T	MI	31.6	59.1	36
214	R	MI	20.1	66.0	29
215	R	MI	44.5	117.5	61
216	R	MI	12.9	40.3	65
217	R	MI	8.1	41.0	29
218	R	MI	12.9	38.0	32
219	R	MI	21.0	50.5	101
220	R	MI	32.1	54.1	32
221	R	MI	14.3	53.6	156
222	T	PU	10.5	123.8	29
223	T	PU	3.5	29.8	43
224	T	MD	23.0	305.8	21
225	R	QU	57.0	78.7	58
226	R	QU	60.8	74.4	43
227	R	MD	237.2	123.6	145
228	R	MD	161.0	99.8	23
229	R	MD	48.2	77.3	43
230	R	MD	93.9	77.9	54
231	R	MD	111.1	61.0	32
232	R	MD	109.2	99.7	47
233	R	MD	150.4	45.7	10
234	T	PU	15.8	74.7	47
235	R	PU	5.7	53.3	80
236	R	PU	3.8	29.5	72
237	R	PU	4.7	62.8	49
238	R	PU	31.1	108.2	54
239	R	PU	27.3	73.4	43
240	R	PG	29.2	42.2	29

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb content (ppm)
241	R	PU	22.0	54.1	29
242	R	PU	13.9	85.3	9
243	R	PU	27.3	54.4	32
244	R	PU	13.8	42.7	43
245	R	PU	15.1	70.8	6
246	T	PU	11.5	18.8	43
247	T	PU	17.2	20.3	47
248	T	PU	13.4	60.0	65
249	T	PU	12.4	62.8	69
250	T	PU	17.7	73.3	65
251	T	PU	43.1	110.1	61
252	T	PU	86.7	100.9	72
253	R	PU	24.4	107.6	32
254	R	PU	14.3	56.6	40
255	T	PU	29.2	706.3	592
256	T	PU	29.7	111.5	80
257	T	PU	21.0	56.1	43
258	T	PG	55.1	269.4	116
259	T	MD	237.6	62.6	29
260	T	PU	18.2	74.2	65
261	R	PU	17.2	218.4	65
262	T	PU	15.3	62.4	14
263	T	PU	18.2	52.2	18
264	T	PU	18.2	79.8	36
265	T	PU	18.6	496.9	72
266	T	PU	14.8	31.2	25
267	T	PU	19.6	44.5	62
268	R	PU	60.3	92.9	54
269	T	PU	9.1	63.0	83
270	T	PU	20.1	61.3	25

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb content (ppm)
271	T	PU	17.7	57.5	83
272	R	PU	28.2	194.1	94
273	R	PU	5.2	32.9	61
274	R	PU	4.1	49.9	46
275	R	PU	27.7	98.8	58
276	R	PU	31.1	102.0	83
277	R	QU	11.9	67.7	21
278	R	QU	13.8	35.9	21
279	R	QU	24.9	57.0	29
280	R	QU	12.2	49.8	6
281	R	MI	8.9	46.4	10
282	R	MI	7.6	46.0	10
283	R	MI	6.3	42.2	3
284	R	MI	0.0	82.5	12
285	R	MI	1.9	100.9	6
286	T	PU	9.9	341.5	19
287	T	PU	20.4	1,802.9	559
288	T	PU	0.0	26.3	0
289	T	PU	7.6	131.9	0
290	T	PU	8.2	87.4	0
291	T	MD	0.6	15.0	0
292	T	PU	9.5	324.4	36
293	T	MI	23.6	88.0	18
294	R	MI	3.8	23.4	0
295	R	MI	3.8	17.6	0
296	R	MI	3.1	18.7	0
297	R	MI	5.1	35.3	29
298	T	MD	14.6	39.5	6
299	T	MD	11.4	125.8	10
300	R	MD	0.0	17.4	0

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb content (ppm)
301	R	MD	3.5	22.7	0
302	T	PU	43.4	335.2	120
303	T	PU	7.0	197.0	51
304	T	PU	3.1	64.4	36
305	T	PU	2.5	28.8	47
306	T	PU	4.4	90.0	7
307	T	PU	7.6	72.7	10
308	T	PU	4.4	61.7	87
309	T	PU	7.6	33.0	3
310	T	PU	2.5	21.5	7
311	T	PU	15.9	94.7	21
312	T	PU	9.5	42.5	32
313	T	PU	10.2	99.2	18
314	R	PU	5.1	110.1	54
315	T	QU	3.8	35.2	0
316	T	QU	22.3	79.0	7
317	R	QU	24.8	81.7	14
318	T	QU	22.9	87.6	14
319	T	QU	34.4	238.2	40
320	T	QU	14.0	99.6	36
321	T	QU	21.0	76.0	32
322	T	QU	19.0	79.2	3
323	T	QU	17.8	62.3	29
324	R	QU	10.8	45.0	7
325	R	QU	7.0	40.6	0
326	R	QU	15.9	61.5	0
327	R	QU	16.5	57.1	10
328	R	QU	13.4	59.0	10
329	R	QU	12.7	46.8	7
330	T	MD	261.0	80.6	62

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb content (ppm)
331	T	MD	24.4	49.5	14
332	T	MD	146.0	89.5	47
333	R	MD	22.7	132.2	40
334	T	MD	22.1	54.2	14
335	T	MD	46.0	54.6	14
336	T	MD	78.4	77.3	40
337	T	MD	47.1	38.8	10
338	T	MD	67.6	79.8	32
339	T	MD	70.4	86.8	69
340	T	MD	184.6	488.2	830
341	T	MD	36.3	61.7	36
342	T	MD	190.3	135.7	179
343	T	MD	126.7	50.1	43
344	T	MD	46.5	47.1	47
345	T	MI	39.2	91.5	62
346	T	MD	3.9	10.1	36
347	R	MD	83.1	707.3	125
348	R	MI	15.9	147.7	673
349	T	PU	16.4	38.7	80
350	T	MI	32.9	55.8	69
351	T	PU	109.0	1,764.7	1,020
352	T	PU	25.0	113.1	21
353	T	PU	167.6	131.9	29
354	T	PU	140.9	485.2	201
355	T	MI	222.7	55.7	14
356	T	PU	50.0	57.6	0
357	T	PU	55.7	98.4	43
358	T	PU	23.3	54.2	14
359	R	PU	22.7	141.8	33
360	R	PU	56.8	40.4	25

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb content (ppm)
361	R	PU	40.7	47.9	3
362	R	PU	176.7	69.6	43
363	T	PU	28.9	93.9	47
364	T	PU	178.9	52.2	21
365	T	MD	320.4	69.8	21
366	T	MD	26.1	66.0	58
367	R	PU	251.7	76.1	43
368	T	MI	1.7	46.8	36
369	T	MD	30.6	95.0	69
370	T	MD	59.6	103.4	84
371	T	MI	14.7	117.6	40
372	T	MI	19.3	91.2	29
373	T	PG	6.2	34.9	10
374	T	PG	34.6	125.8	51
375	T	PG	23.8	87.6	29
376	T	QU	14.7	64.2	32
377	T	PG	27.2	91.2	32
378	T	QU	8.5	51.4	29
379	T	PG	36.3	98.7	58
380	R	QU	10.2	61.1	32
381	R	QU	8.7	59.1	21
382	R	QU	9.8	60.1	21
383	T	MD	10.3	58.2	18
384	T	MD	5.4	21.9	14
385	T	MD	12.0	29.8	18
386	T	PU	5.4	104.9	36
387	T	MD	23.4	26.0	36
388	T	MD	9.3	17.8	13
389	T	MD	17.4	48.8	43
390	T	MD	16.9	79.3	47

Sample No.	Stream Sediment (R) or Soil (T)	Geological Index	Cu content (ppm)	Zn Content (ppm)	Pb content (ppm)
391	T	MD	19.6	28.8	7
392	T	MD	10.3	50.7	14
393	T	MD	2.7	50.1	18
394	T	MD	24.0	97.7	36
395	T	MD	27.8	60.9	10
396	T	MD	20.7	145.5	62
397	T	MD	49.7	92.5	157
398	R	MD	18.0	75.8	16
399	R	MD	15.3	42.5	25
400	R	QU	14.2	63.4	43
401	R	MD	13.4	63.6	18
402	T	PG	32.7	86.5	43
403	T	PG	20.7	76.1	32
404	T	PG	13.6	65.5	43
405	T	PG	18.5	71.1	43
406	T	PG	13.6	89.6	36
407	T	MI	28.4	93.4	39
408	T	QU	19.6	89.0	51
409	T	QU	57.3	100.6	51
410	T	QU	19.7	83.9	51
411	R	PG	15.3	67.9	40
412	R	MI	8.7	45.4	9