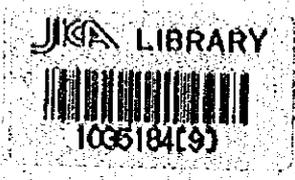


La 709
5.12
K-12

77P

ペルー共和国中部地区
鉱物資源開発基礎調査報告書

第 2 卷



昭和51年 7 月



国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 3. 19	709
登録No. 00862	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。

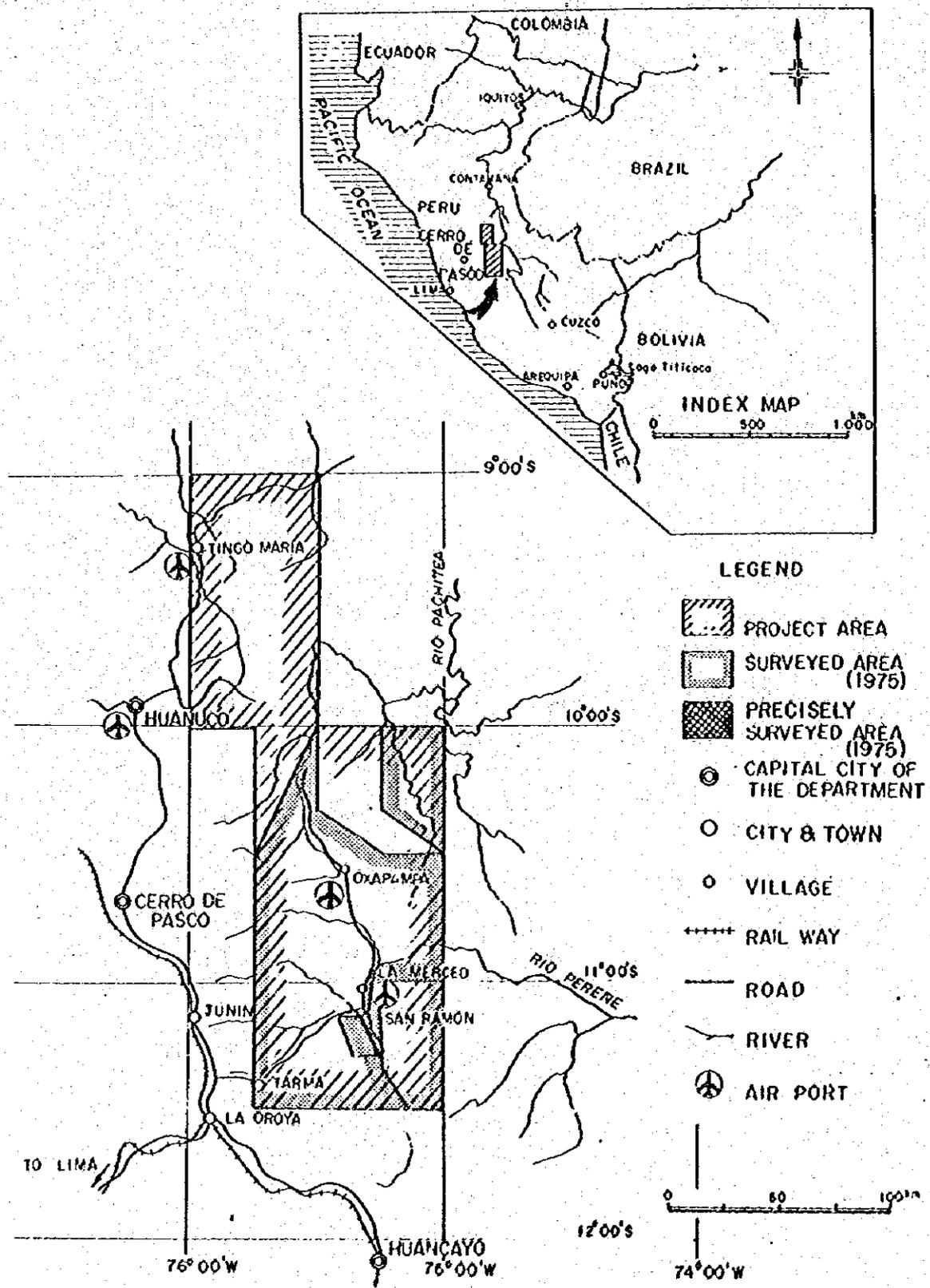
本報告書は第1年次および第2年次に実施した調査のうち地質・地化学精査の結果をとりまとめたものである。

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

San Vicente 地区 (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 鉄床	II - 15
5-1-1 概 要	II - 15
5-1-2 鉄床の概要	II - 15
5-1-3 鉄床の構造と鉄質	II - 16
5-1-4 鉄床の成因	II - 17

5-2	鉱床にともなう炭酸塩岩類の変質	0-18
5-3	地化学探査	0-20
5-3-1	目的と作業	0-20
5-3-2	分析成分の選定	0-20
5-3-3	地化学探査結果	0-21
第6章	結論および将来への展望	0-24
6-1	結 論	0-24
6-2	今後の探査方法	0-24
6-3	将来への展望	0-25

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)
- Fig. 6-A Contoured Map of S-Element in Carbonate Rocks
- Fig. 6-B Contoured Map of Zn-Element in Carbonate Rocks
- Fig. 6-C Contoured Map of S/Zn in Carbonate Rocks

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. 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)

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った。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った。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(ペル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ったので、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った。

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 鉱床の生成にもなり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

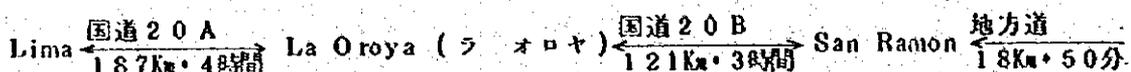
2-1 位置・交通 (Fig. C-1)

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。

行政区画上では、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 Ramon(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 Ramon間は定期便バスも多い。



→ 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 Ramon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雨量は多い。乾期の平均気温は日中最高を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

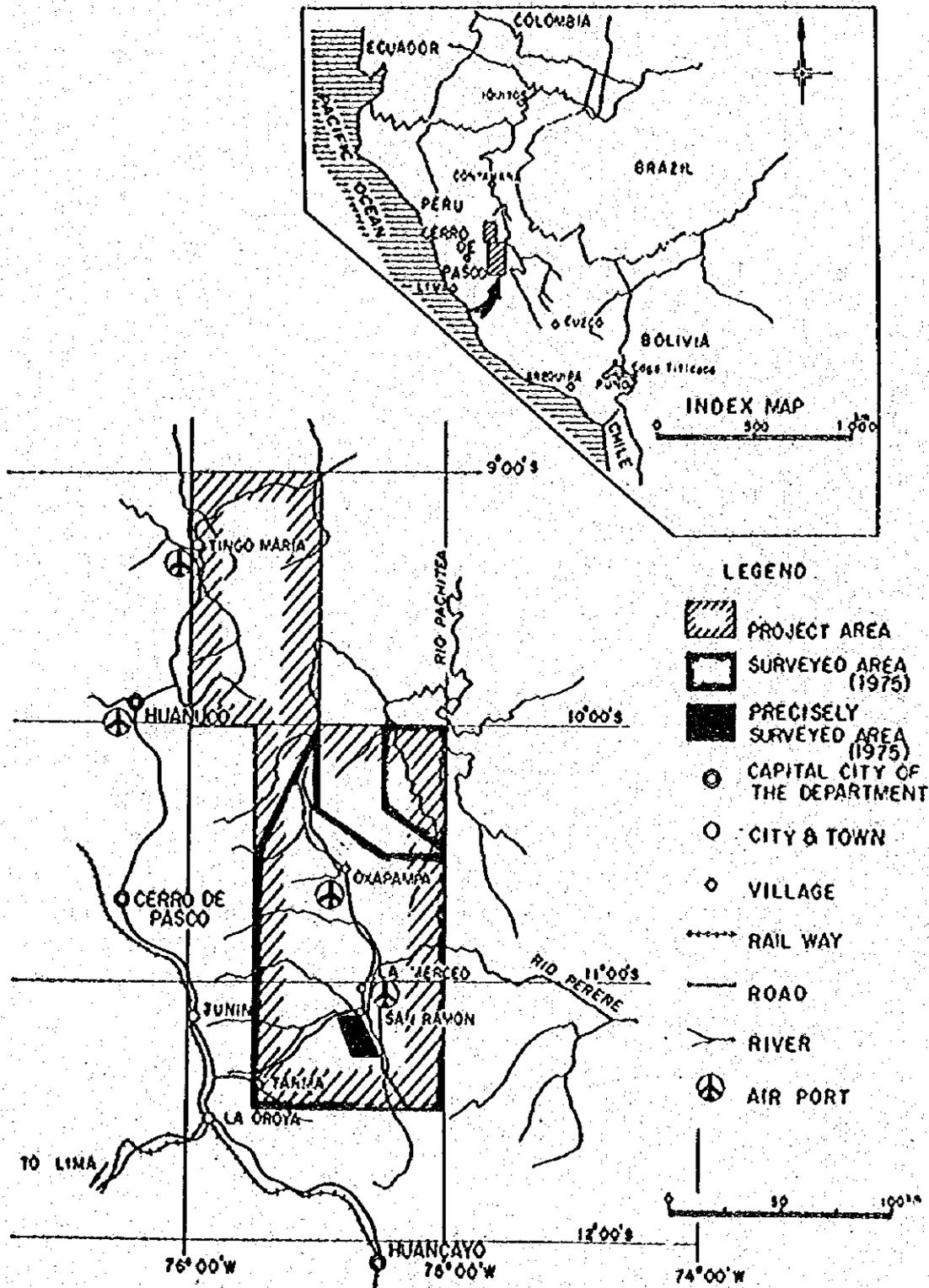


Fig. C-1 Location Map of the Precisely Surveyed Area

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2,700m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、ベ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セ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ベルム系の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

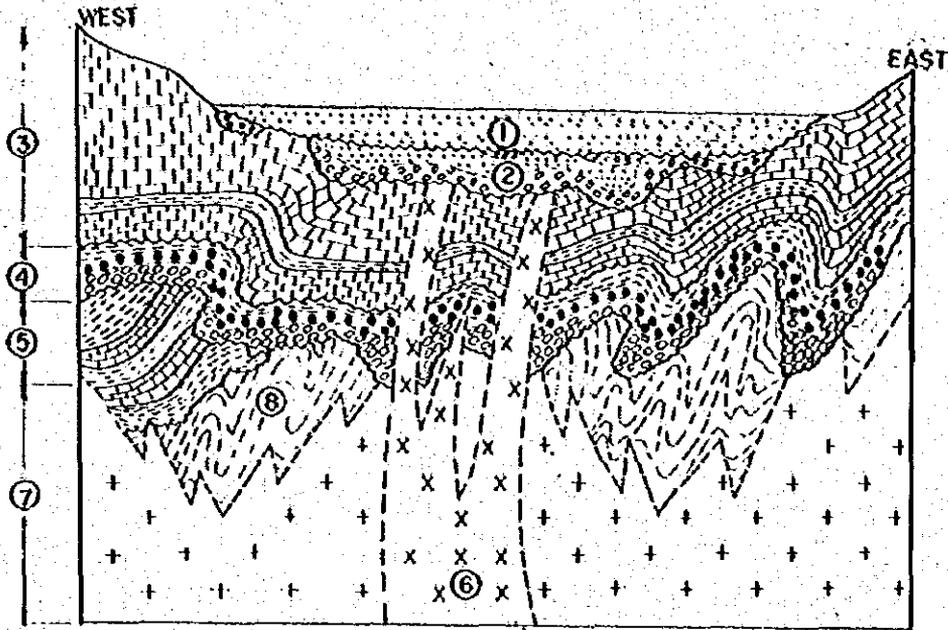
Mitu層群の大半は、このリュートイト・細粒砂岩からなっている赤褐色の軟質岩で、風化侵蝕に対して極めて弱く、容易に土壌化してしまう。そのため、新鮮なこれらの岩石の露出は非常に少ない。このことが本層群の上位に位置するPucara層群、下位の花崗岩類との直接の関係を認め難い原因となっている。

(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、大部分のものが崖壁状態であり、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 BELLIO, E. (1969)
LEVIN, M. & SAMANIEGO, A. (1975)

GEOLOGICAL AGE		GEOLOGICAL UNITS	COLUMNAR SECTION	IGNEOUS ACTIVITY	DESCRIPTIONS	
CENOZOIC	QUATERNARY	Holocene		DIORITE COMPLEX	GRAVEL, SAND & CLAY	
		Pleistocene			DILUVIUM	
	TERTIARY	Pliocene			UPPER PART : SANDSTONE WITH CONGLOMERATE LOWER PART : CONGLOMERATE WITH SANDSTONE	
		Miocene				
		Oligocene				
		Eocene			PARACAS FORMATION	
		Palaeocene				
	MESOZOIC	CRETACEOUS			DIORITE COMPLEX	CENTRAL PART : TONALITE & GRANODIORITE MARGINAL PART : DIORITE
JURASSIC		LATER		GREY TO BLACK LIMESTONE & GREY DOLOMITE WITH THIN BEDS OF LUTITE & SANDSTONE 1.600 ^m		
		MIDDLE				
		EARLIER				PUCARA GROUP
TRIASSIC		LATER		UPPER PART : SANDSTONE & LUTITE WITH CONGLOMERATE 2.000 ^m MIDDLE PART : LIMESTONE CONGLOMERATE WITH LUTITE LOWER PART : CONGLOMERATE WITH LUTITE		
		MIDDLE				
		EARLIER				MITU GROUP
PERMIAN		LATER		GREY TO BLACK LUTITE WITH THIN BEDS OF LIMESTONE		
		MIDDLE				COPACABANA-TARMA GROUP
PALAEOZOIC	CARBONIFEROUS	LATER	GRANITE GRANODIORITE	EASTERN PART : RED GRANITE WITH GREY GRANODIORITE WESTERN PART : GREY GRANODIORITE		
		EARLIER				
	DEVONIAN					
	SILURIAN					
	ORDOVICIAN					
CAMBRIAN						
PRE-CAMBRIAN	BASAL COMPLEX		ONEISS & SCHIST			

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 10 m ないし 30 m 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斑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 1,500 m 以上あるが、その上部は街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 フェリンガス) 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 鉱山の西方、および北部 Qda. Agua Blanca (ケブラダ 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、多数のアモン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ゼノリスとして包有している。しかしながら、すべてのゼ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 東方の岩体のみで見られる 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数100m規模の黄鉄鉱染が認められる。前者には巾数cm〜数10cmの帯、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

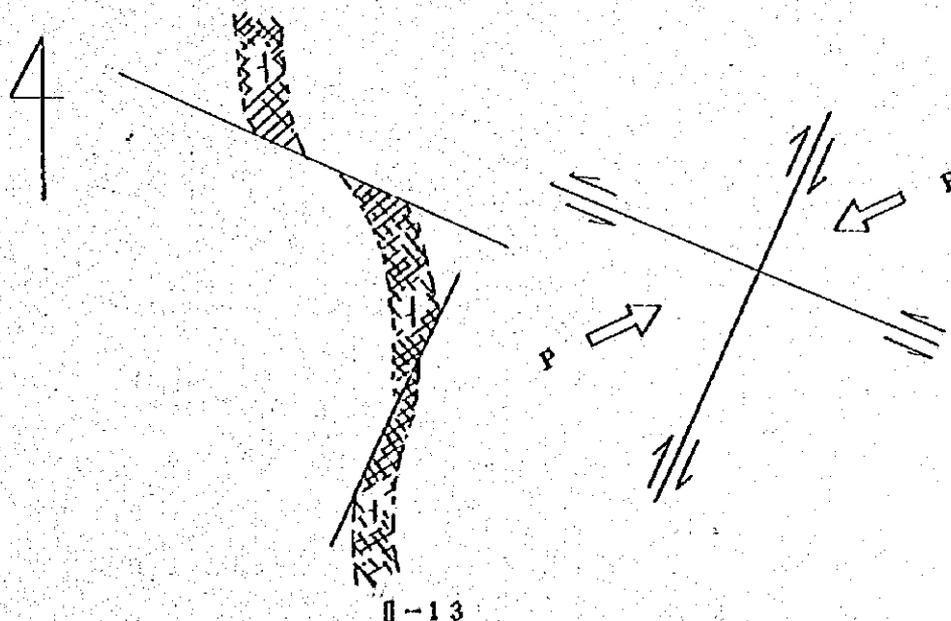
東部アンデスより東方すなわちアンデスからサブアンデスおよびアマゾン平野へ達する地域は褶曲軸面が東へ傾斜する非対称の褶曲構造が発達し、これらの褶曲構造を切る西傾斜の逆断層が見られる。

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。



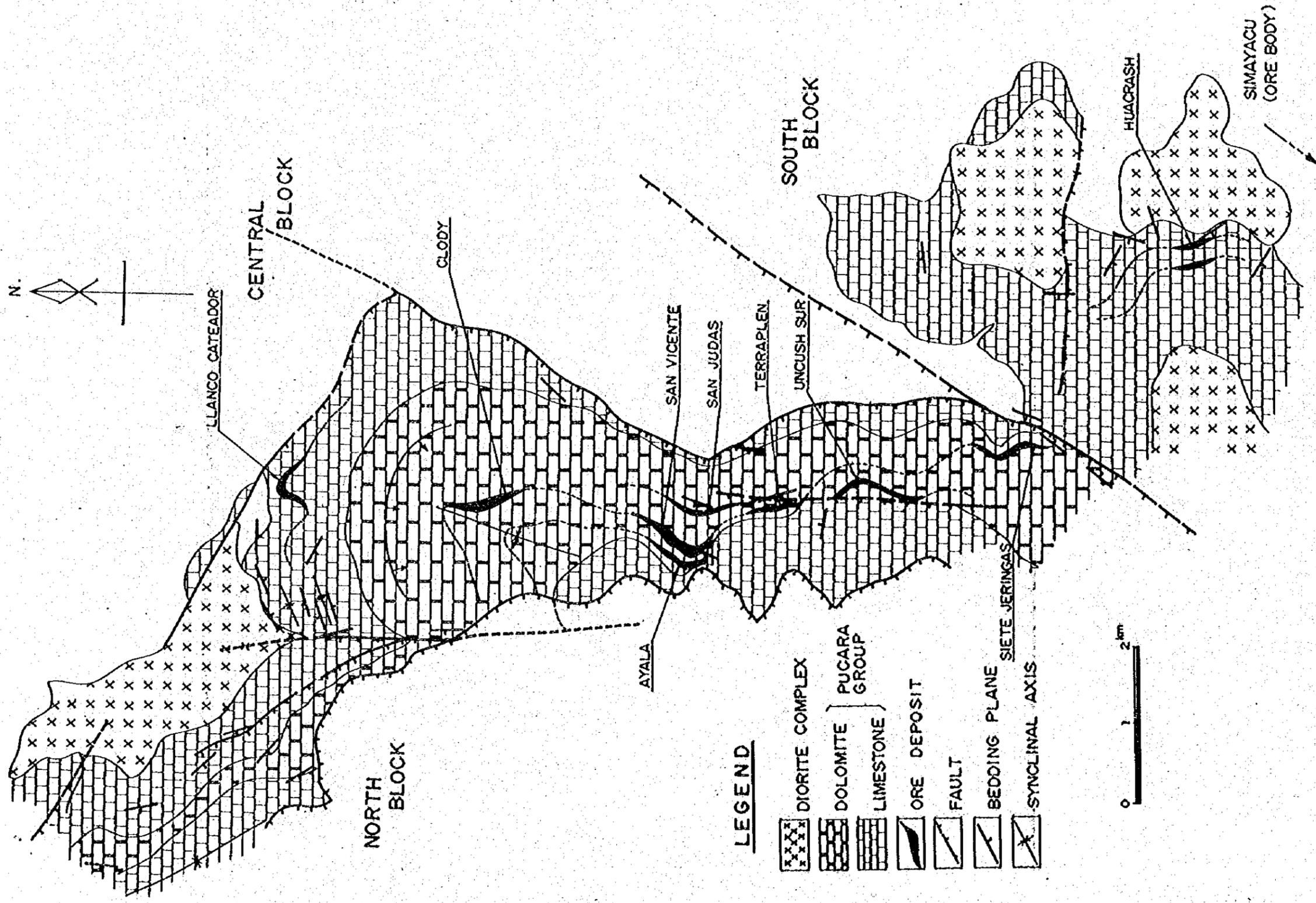


Fig. C-3 Structural Map of Precisely Surveyed Area

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紀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疊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砕屑物は、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、三疊紀中期～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。

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 地区のほぼ中央に位置する。

1975年10月現在この鉱床は民族系の CIA. MINERA SAN IGNACIO DE MOROCÓCHA S. A. により稼行されており、鉱山施設は鉱床東部の Río 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、地形は峻険である。鉱床露頭は海拔 1,400 ~ 2,000 m にあり、坑内掘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 1,455 m である。

生産は1日当期鉱出鉱量 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	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
南	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。富鉱部は局所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。

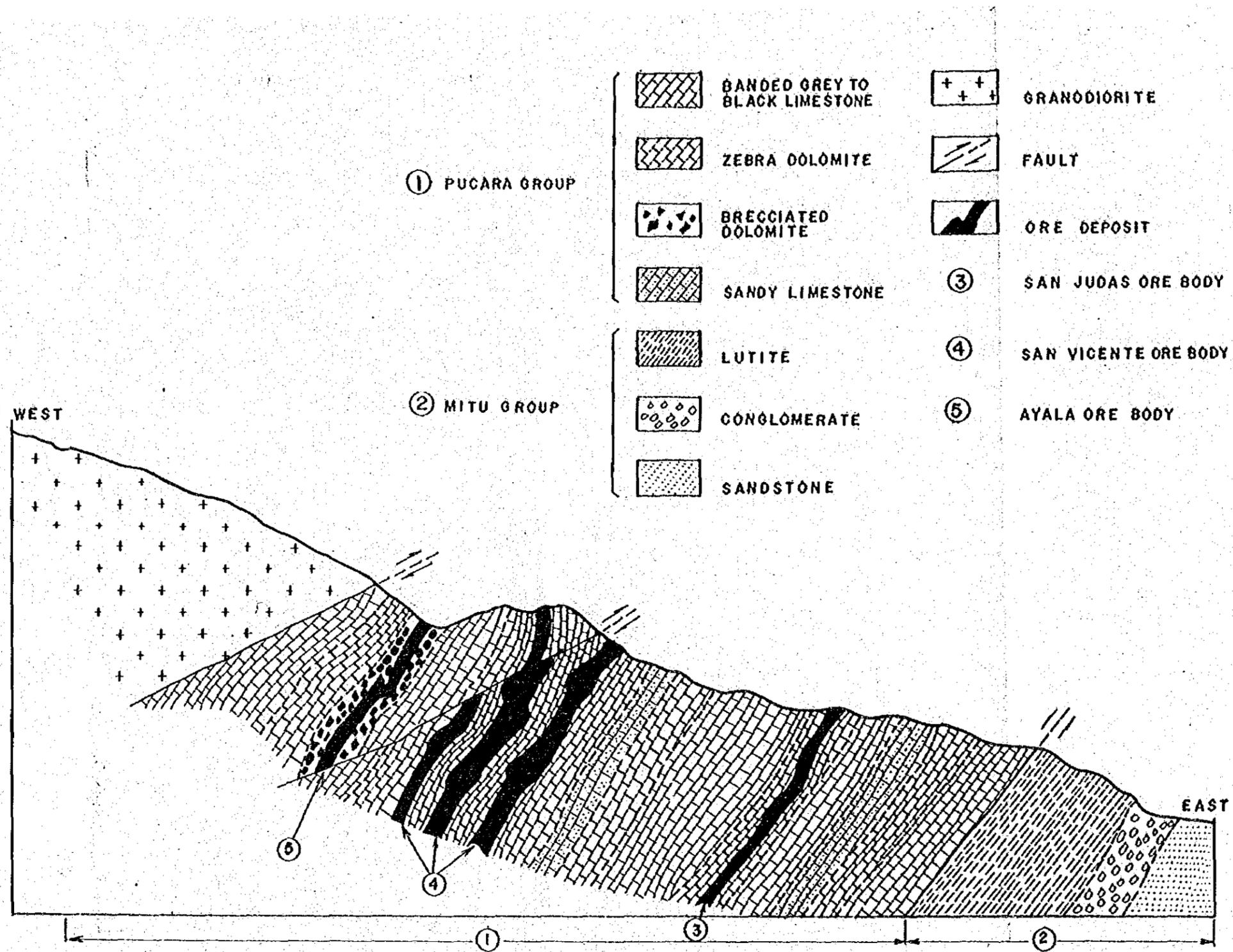


Fig. C-4 Schematic Geological Profile of the San Vicente Mining District

(1) San Judas 鉱体……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の低品位鉛鉱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%の鉱体に発達している。しかしその規模は未だ確認されていない。

(2) San Vicente 鉱体……San Judas 鉱体の上盤、水平距離500m西部に位置し、現在採行中の主鉱体である。鉱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 鉱体に達し、北部のClody 鉱体はこれらと同一層準に位置すると推定される。

(3) Ayala 鉱体……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。

この鉱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 鉱体……San Vicente 鉱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。鉱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。鉱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。

鉱体の走向は概ねN-S・傾斜は20~40°Wと緩い。

(5) Siete Jeringas 鉱体……San Judas 鉱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。

鉱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。鉱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。鉱質的には結晶の大きい閃亜鉛鉱を主とする塊状鉛を相粒の方鉛鉛を含む方解石脈が網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

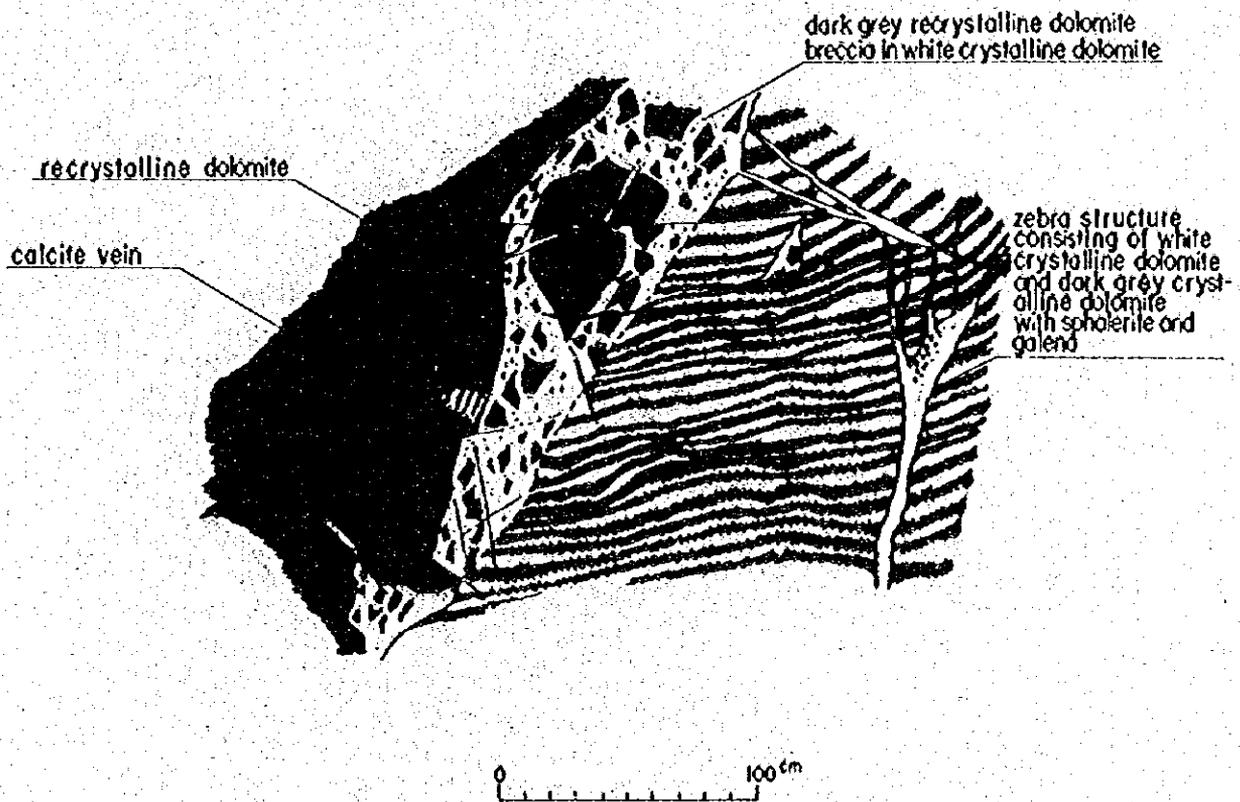


Fig. C-5 Partial Sketch of the Outcrop, the San Vicente Ore Body

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、少量の方鉛鉄を伴なう。

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-黄鉄鉄鉄脈・閃亜鉛鉄鉄脈が見られる。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0.1~0.2mm程度の結晶より構成されている。

鉄体の活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、この順に色帯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買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。また買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熔岩や凝灰岩は見られない。

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相立てられる。

- (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もなり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酸イオンと結びつき、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買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ルン鉄床を形成した。

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鉄脈や黄鉄鉄鉄染をもたらした。

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 Mito 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 5.3 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	○	○			•							•
6	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		○			○		○					

Sample No.	minerals												
	Dolomite	Calcite	Quartz	Barite	Gypsum	Sericite	Chlorite	Plagioclase	Kaolinite	Sphalerite	Smithsonite	Galena	Pyrite
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	H 92201#4	○	○			•		○		○			
58	H 92202#4	○	○			•		○		○			
59	H 92203#4	○	○			•		○		○			
60	H 92204#4	○	○			•		○		○			
61	H 10501#5	○	○			•		○		○			
62	H102301#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

- ◎ Very abundant
- Abundant
- Common
- Few
- Rare

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

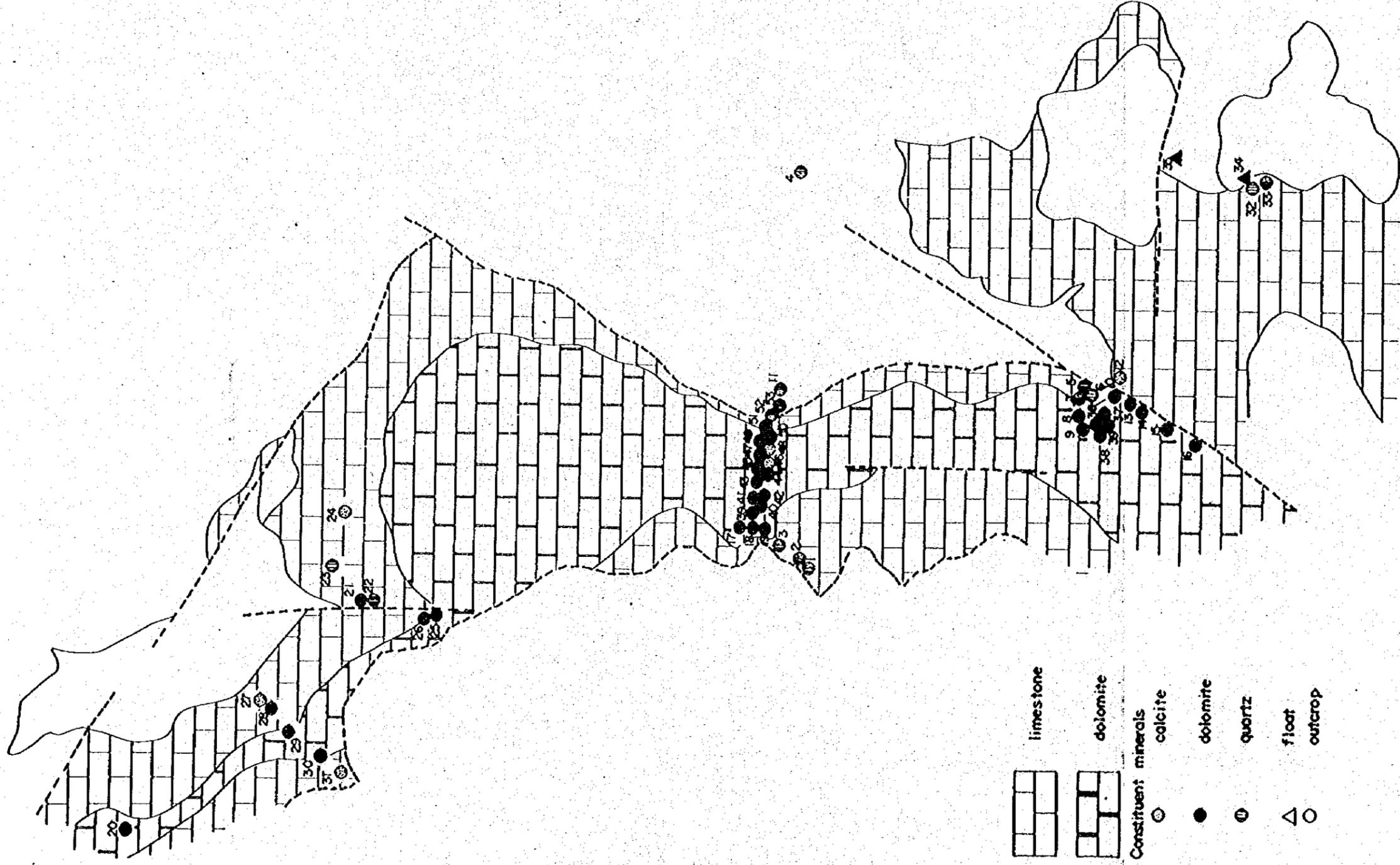
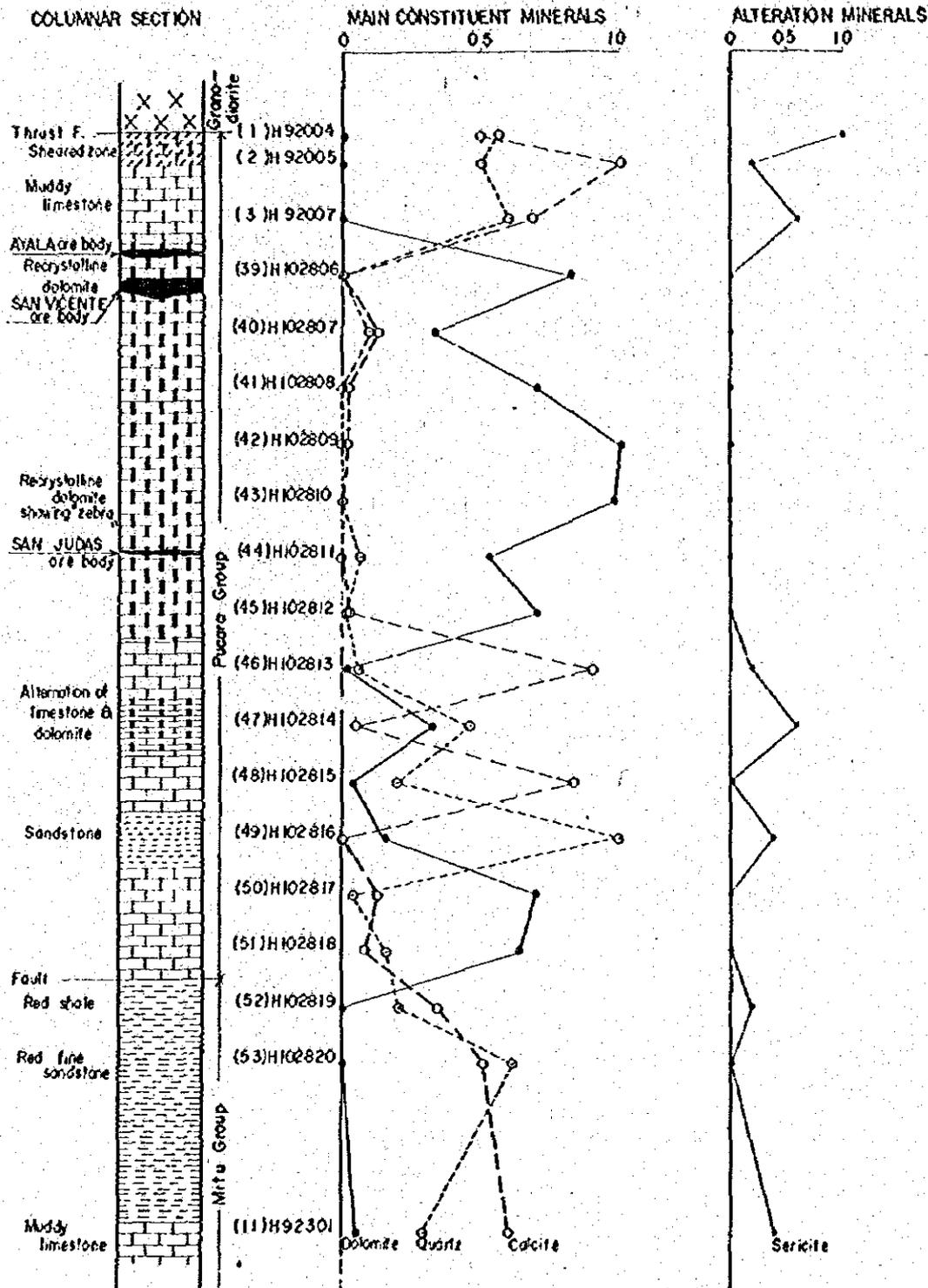


Fig. C-6 Analytical Map of the Carbonaceous Rocks by X-ray Diffraction



X. Every points show the ratio of the length to the maximum length in all samples of strongest peak about every mineral

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

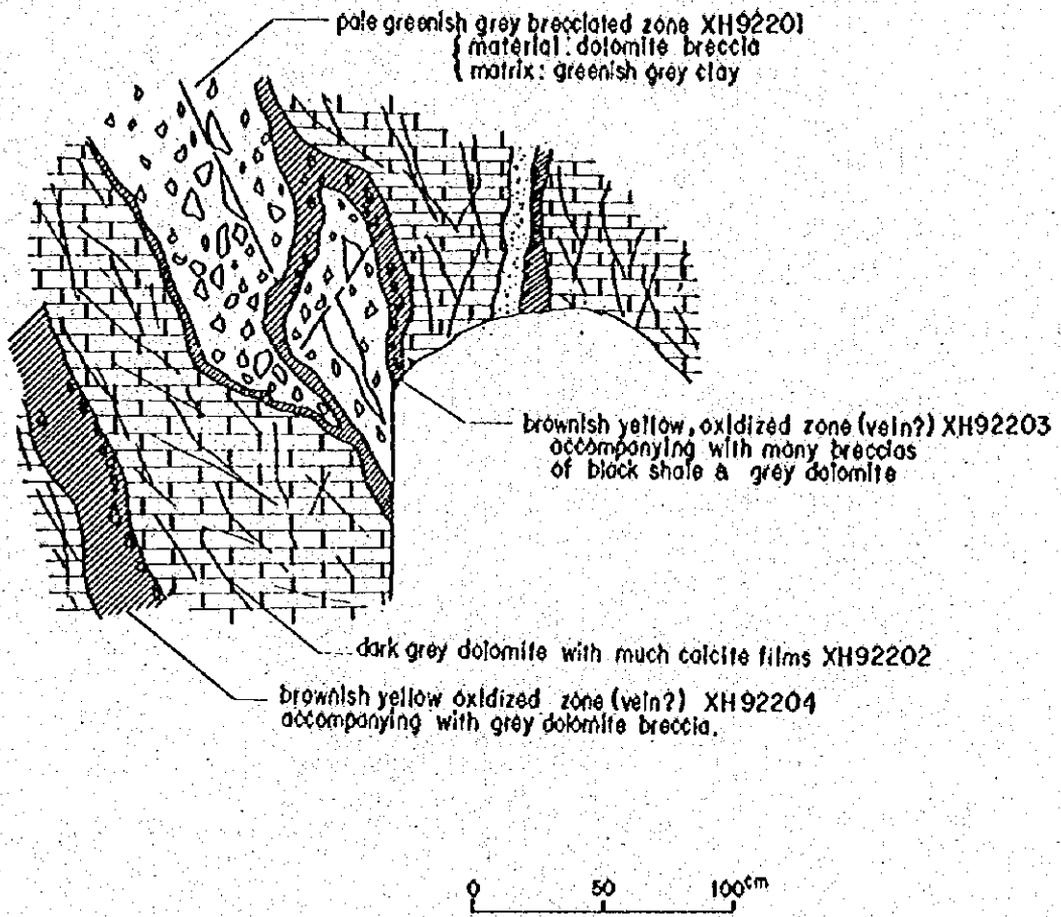


Fig. C-8 Partial Sketch of the Vein near the Siete Jeringas Ore Body

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割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H9004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) 閃亜鉛鉱・方鉛鉱・菱亜鉛鉱

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った。

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	161.0	354	8,506	697	6.1	0	97	10,842
Minimum	35	0	227	148	0.0	0	15	789
Average	23.1	35	1,245	265	1.4	0	18	4696
Standard deviation	34.6	74	2,050	110	1.9	0	17	219.1
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	178	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	557.7
Numbers	15	10	15	15	10	1	7	15

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

(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當でない。

(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當である。

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見られるので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.

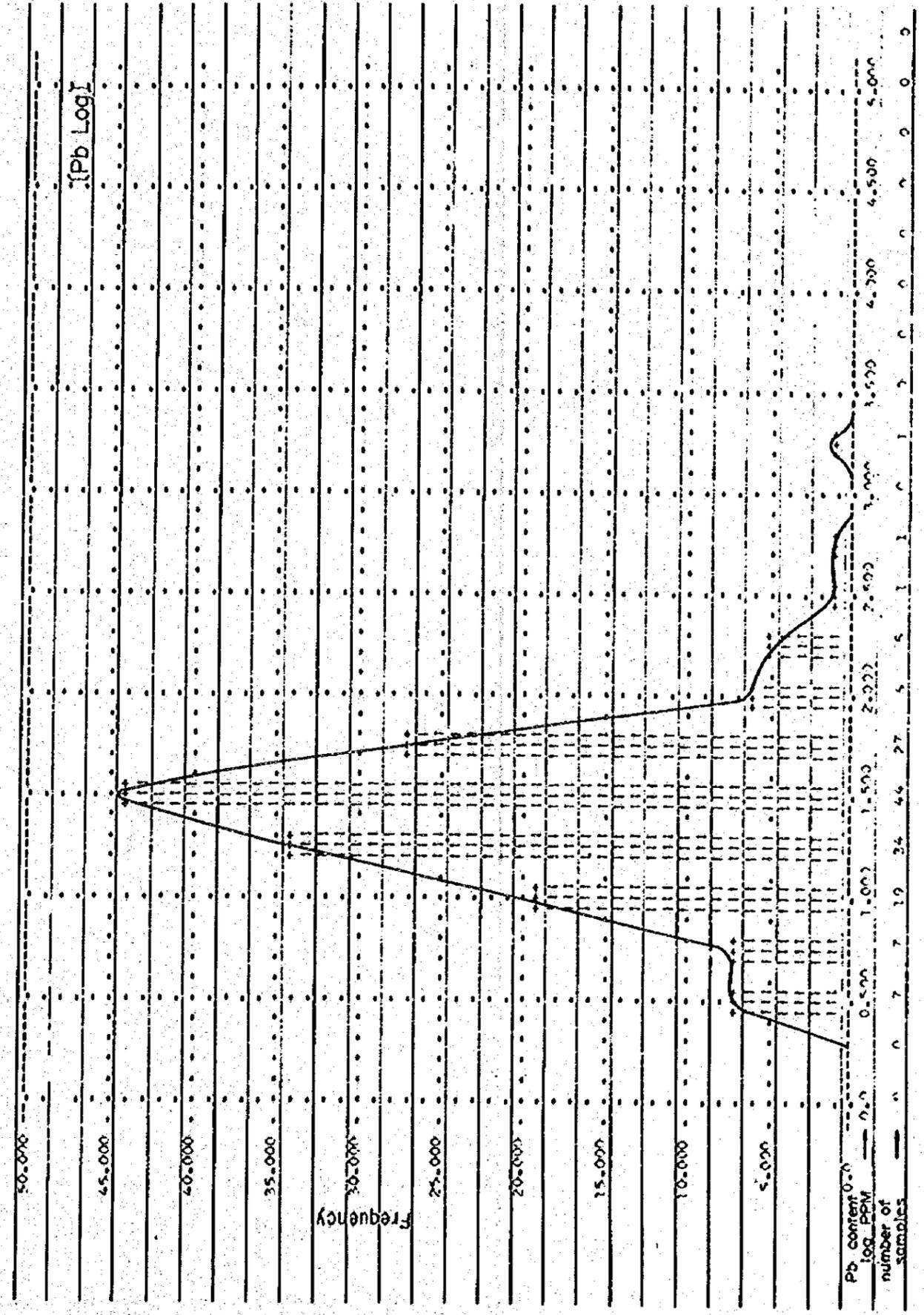
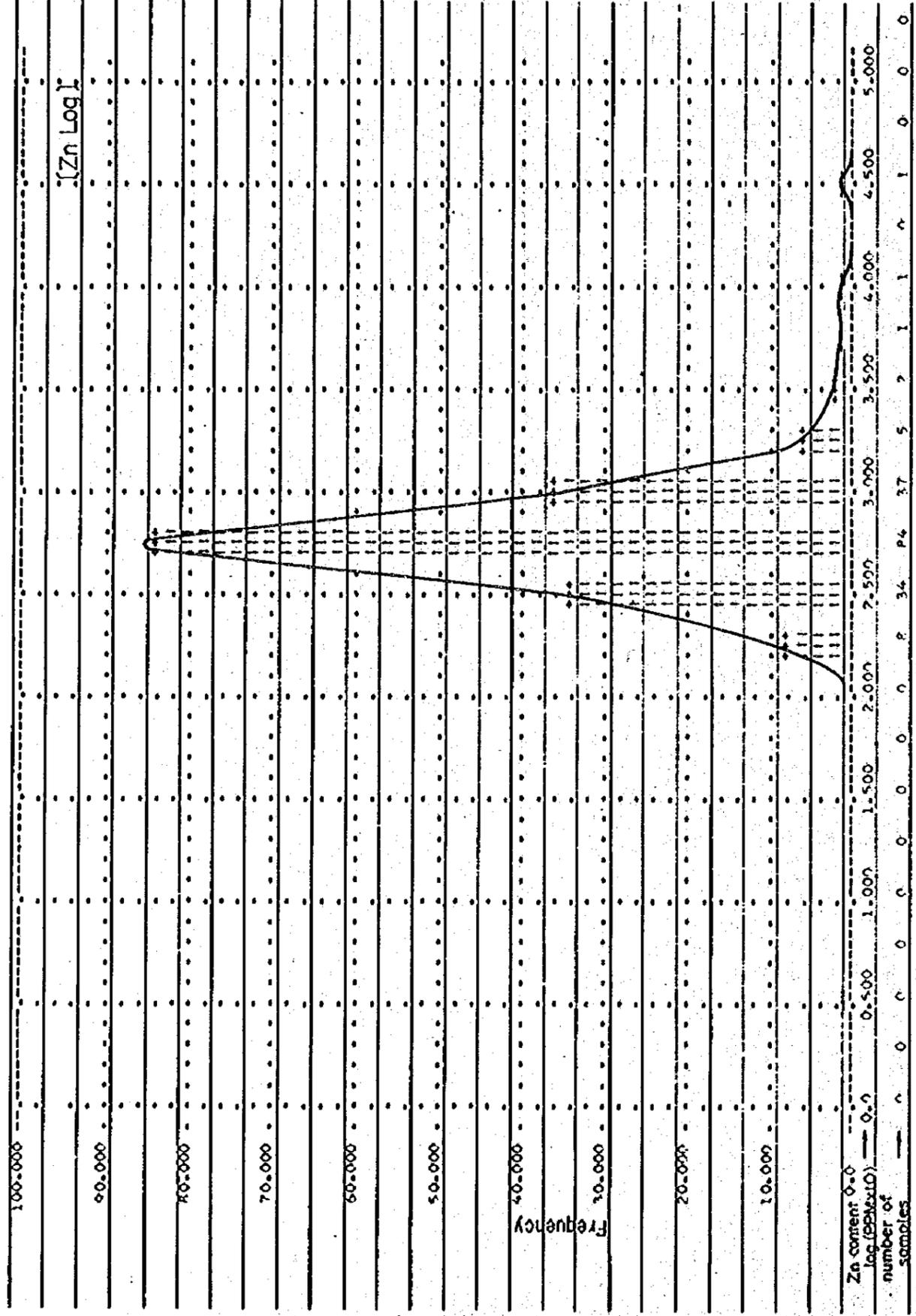
() is a number of treated samples

Stream Sediment [173]

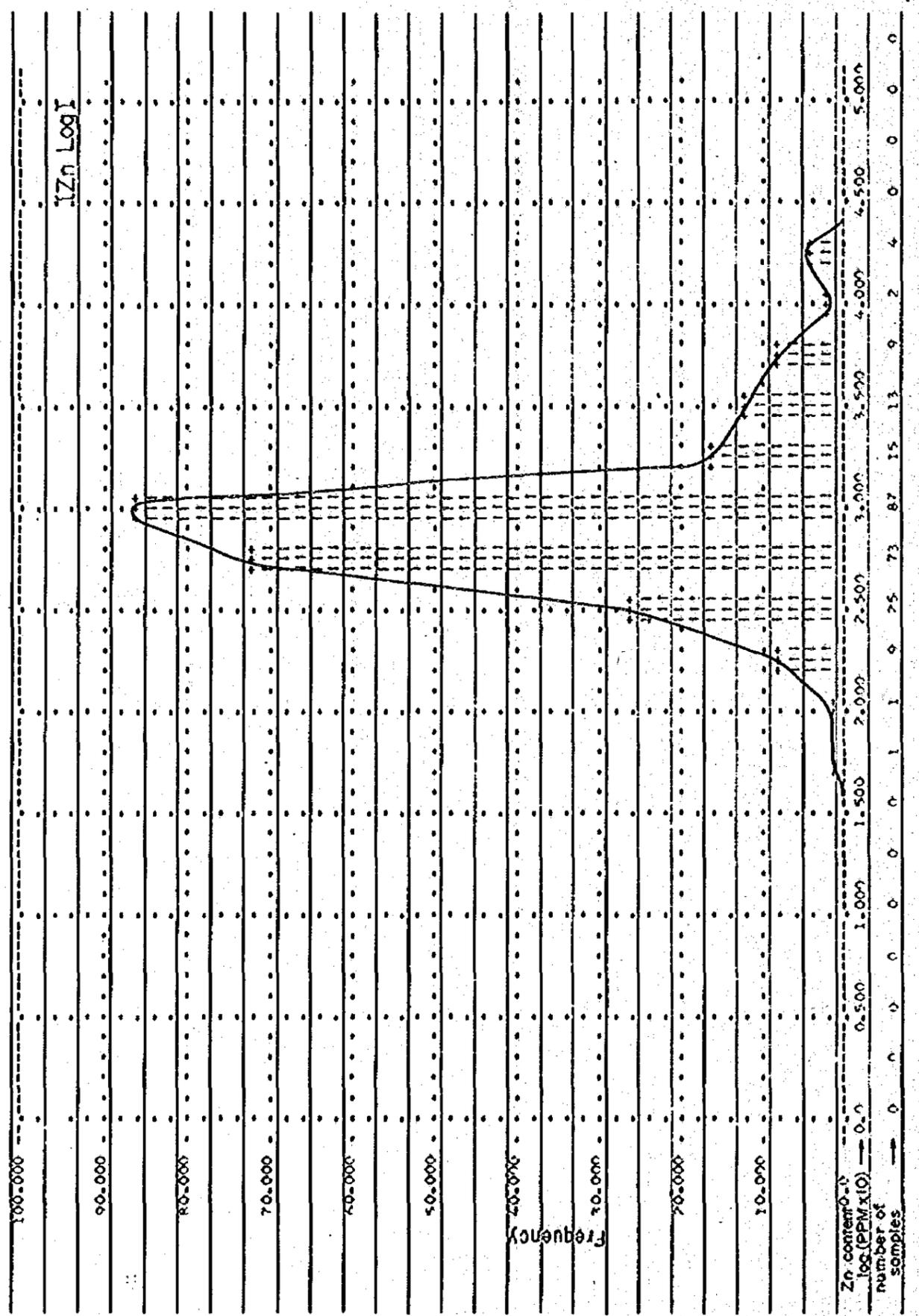
	Cu ppm	Zn ppm	Pb ppm
Maximum	251.7	2,453.7	1,959
Minimum	0.0	17.4	0
Average	25.1	87.0	47
Standard deviation	37.9	200.7	159
Numbers	171	173	152

Soil [239]

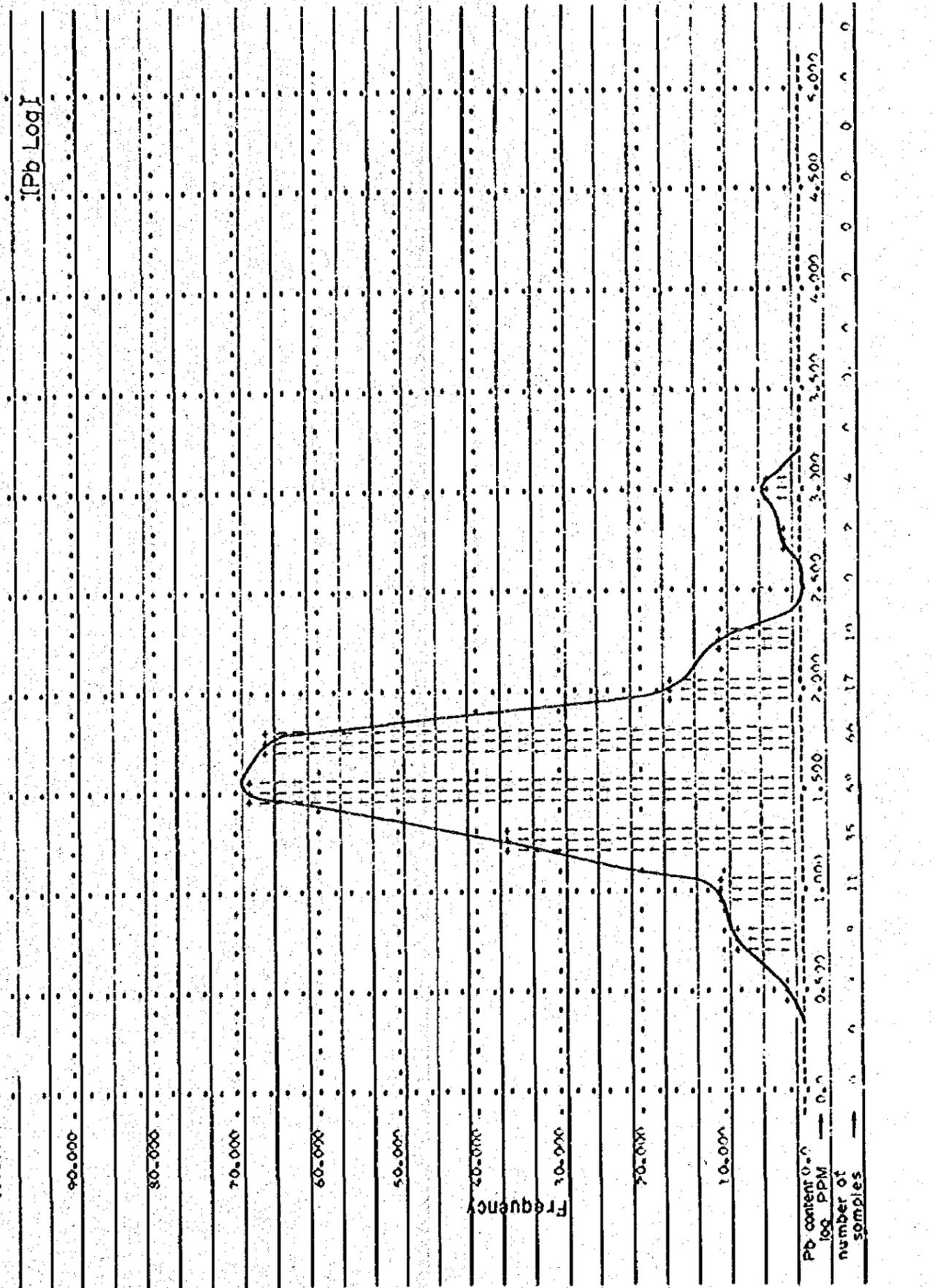
	Cu ppm	Zn ppm	Pb ppm
Maximum	320.4	2,026.8	1,188
Minimum	0.0	7.2	0
Average	34.9	142.5	64
Standard deviation	46.6	255.4	142
Numbers	238	239	224



[Zn Log]



[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

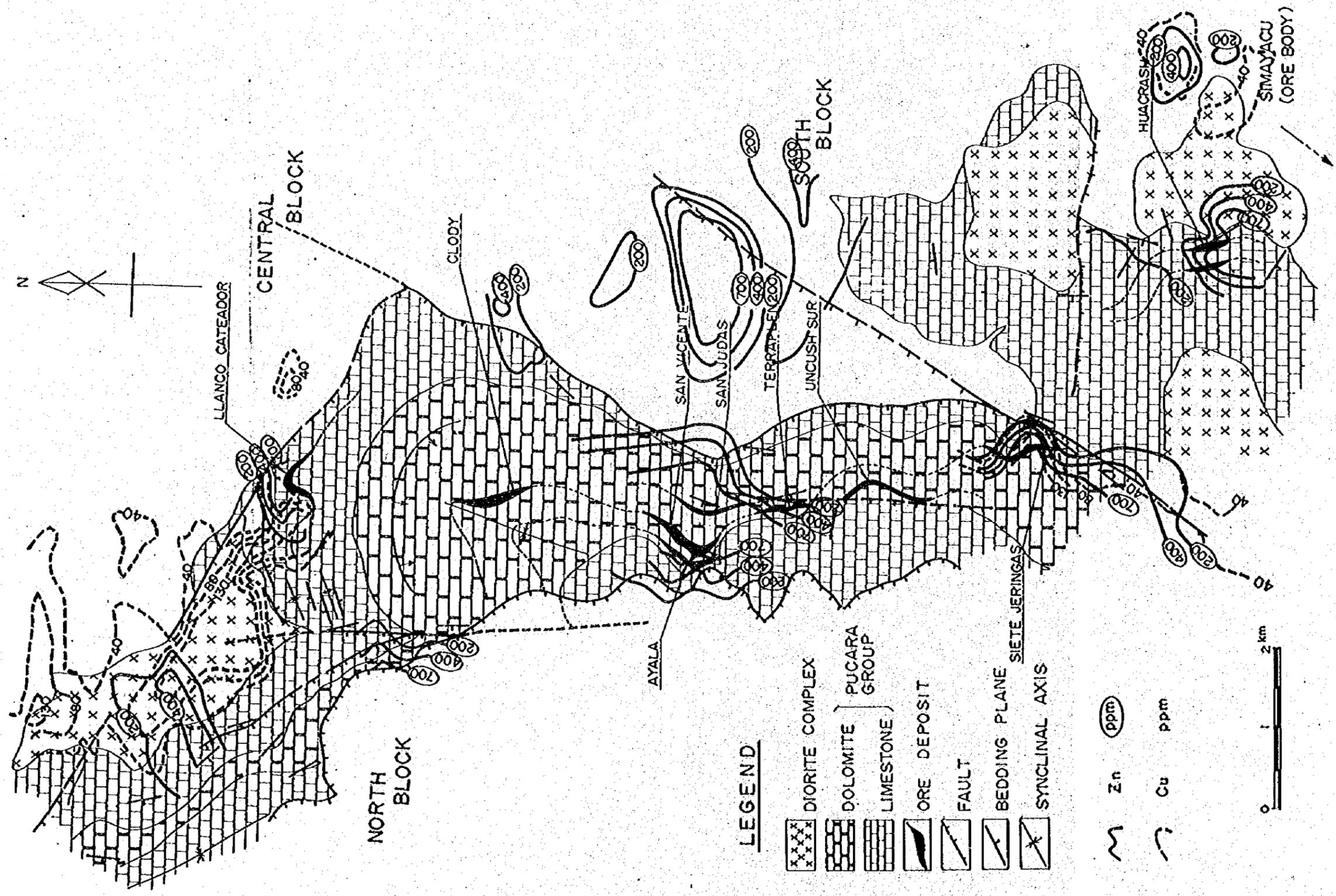
① 層状の鉛・亜鉛鉱床をもたらしした鉱化作用とは別に閃緑岩類と関係するCuを主とする鉱化作用があった。

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ともなう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。



LEGEND

- DIORITE COMPLEX
- DOLOMITE
- LIMESTONE
- ORE DEPOSIT
- FAULT
- BEDDING PLANE
- SYNCLINAL AXIS

SIETE JERINGAS

Zn (ppm)

Cu ppm



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う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伴うことから、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) 扇状鉛・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

- ・ 構造ボーリング
- ・ 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)構造ボーリングを除く狭域的調査、(4)構造ボ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。

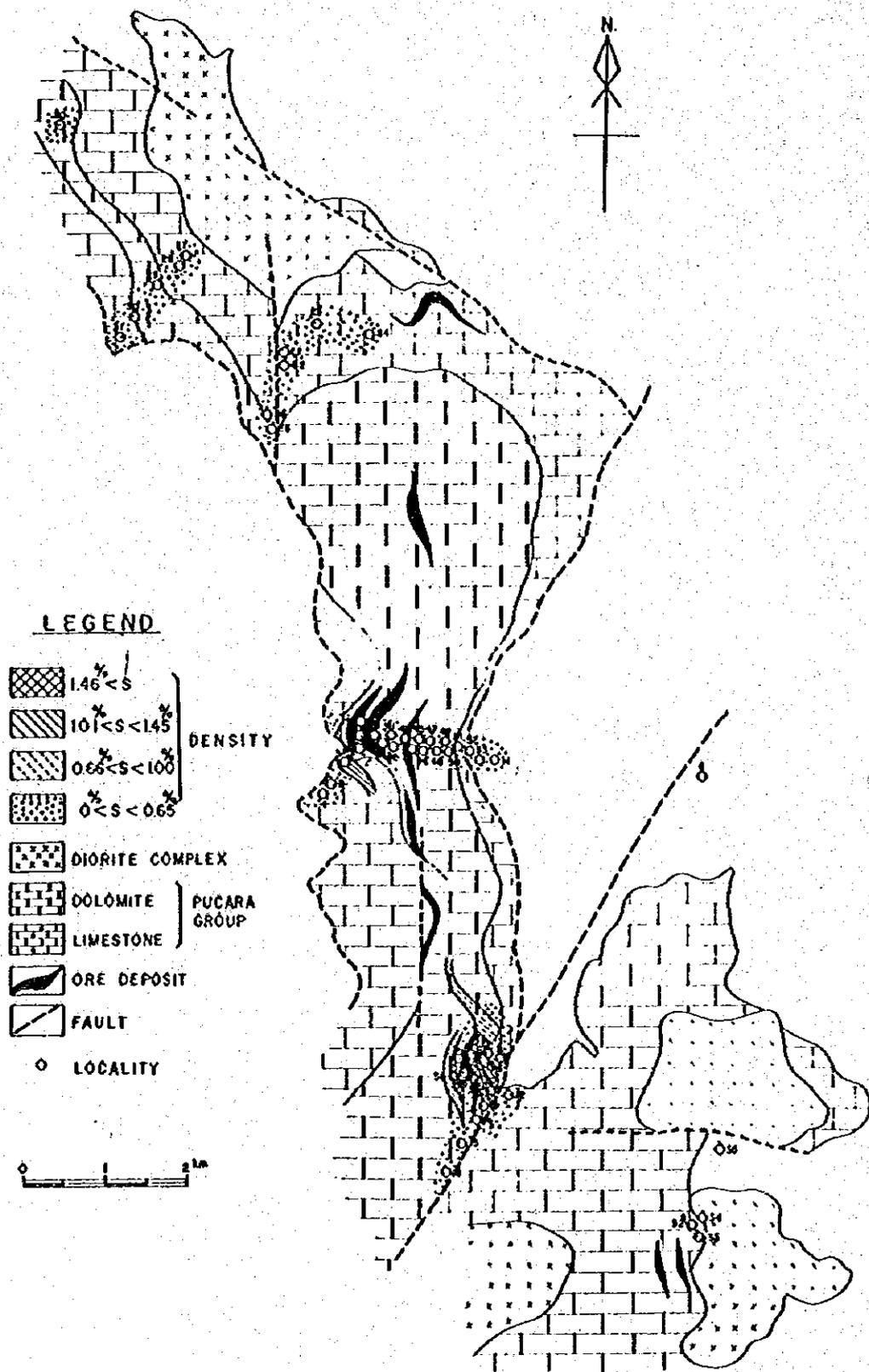


Fig. 6A Contoured Map of S-Element In Carbonate Rocks

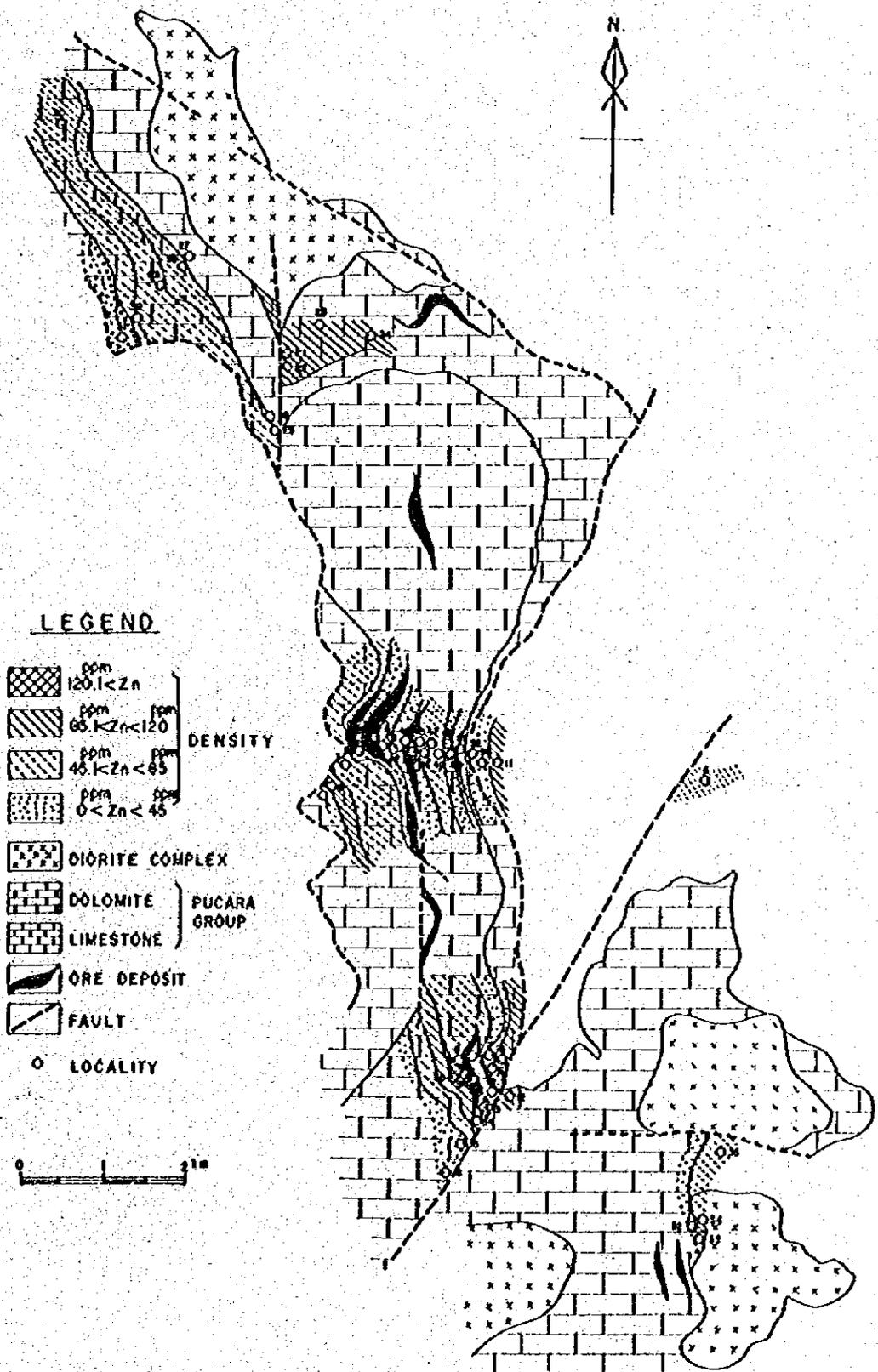


Fig.6B Contoured Map of Zn-Element in Carbonate Rocks

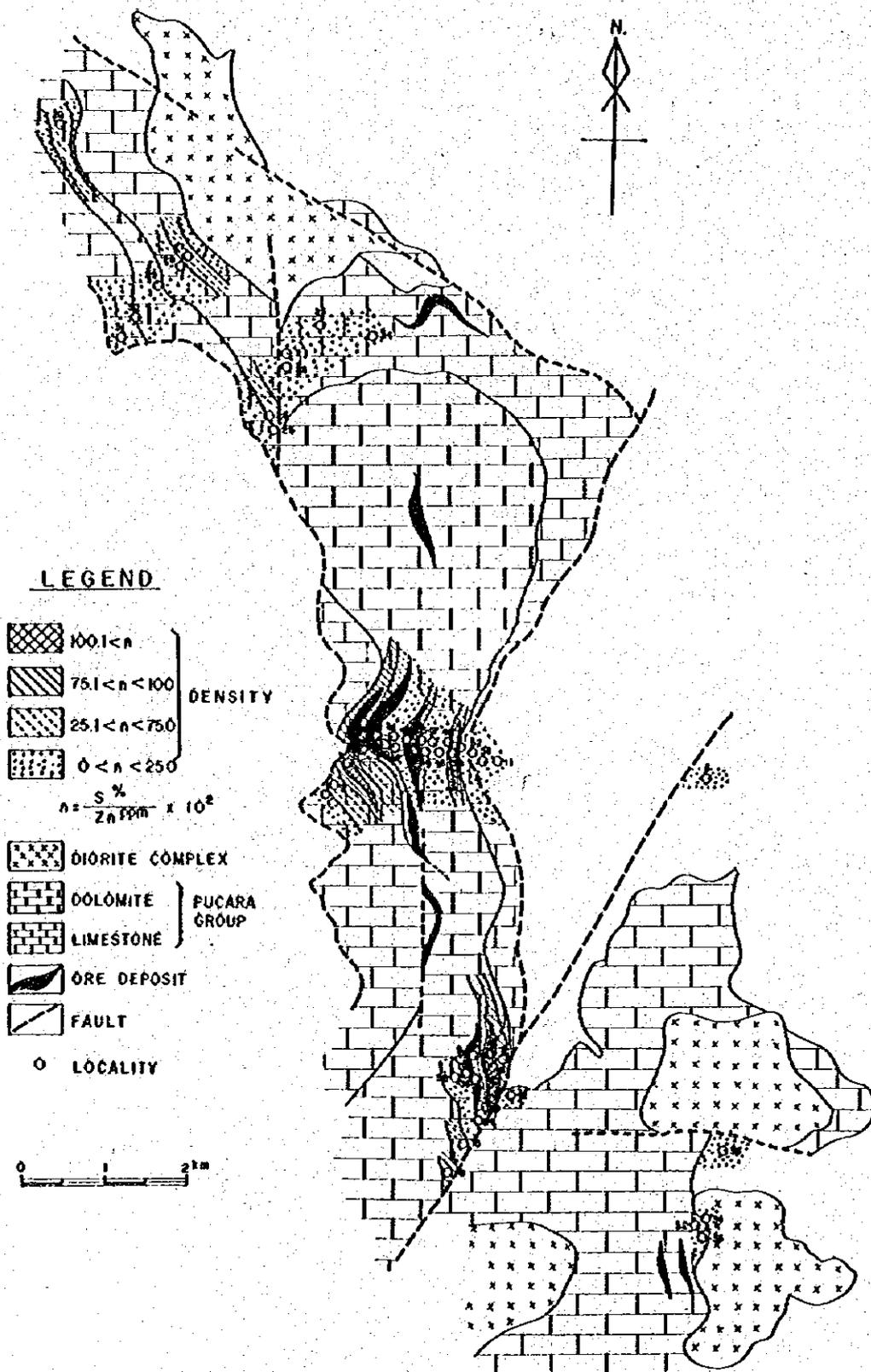


Fig.6C Contoured Map of $\frac{S}{Zn}$ In Carbonate Rocks

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

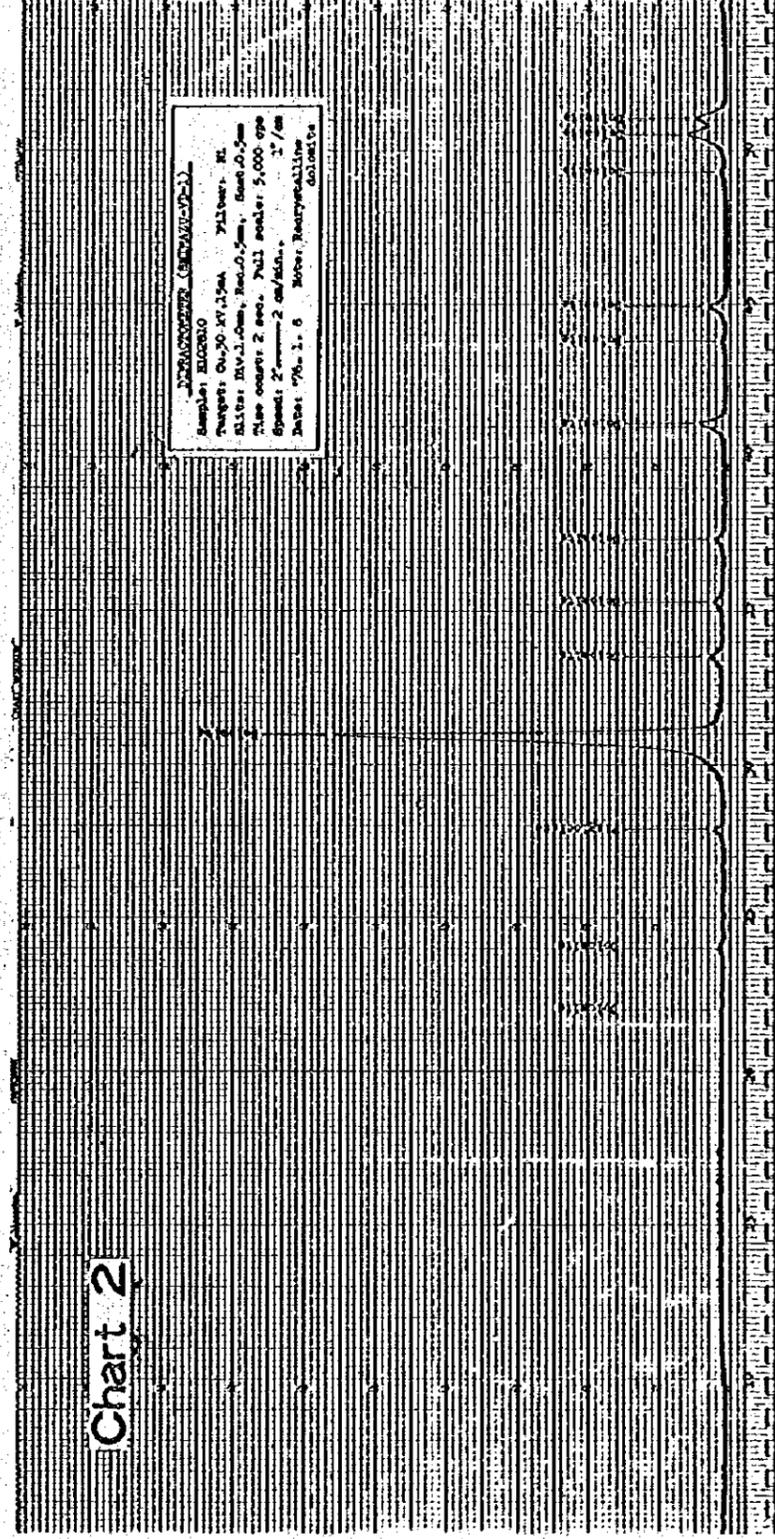
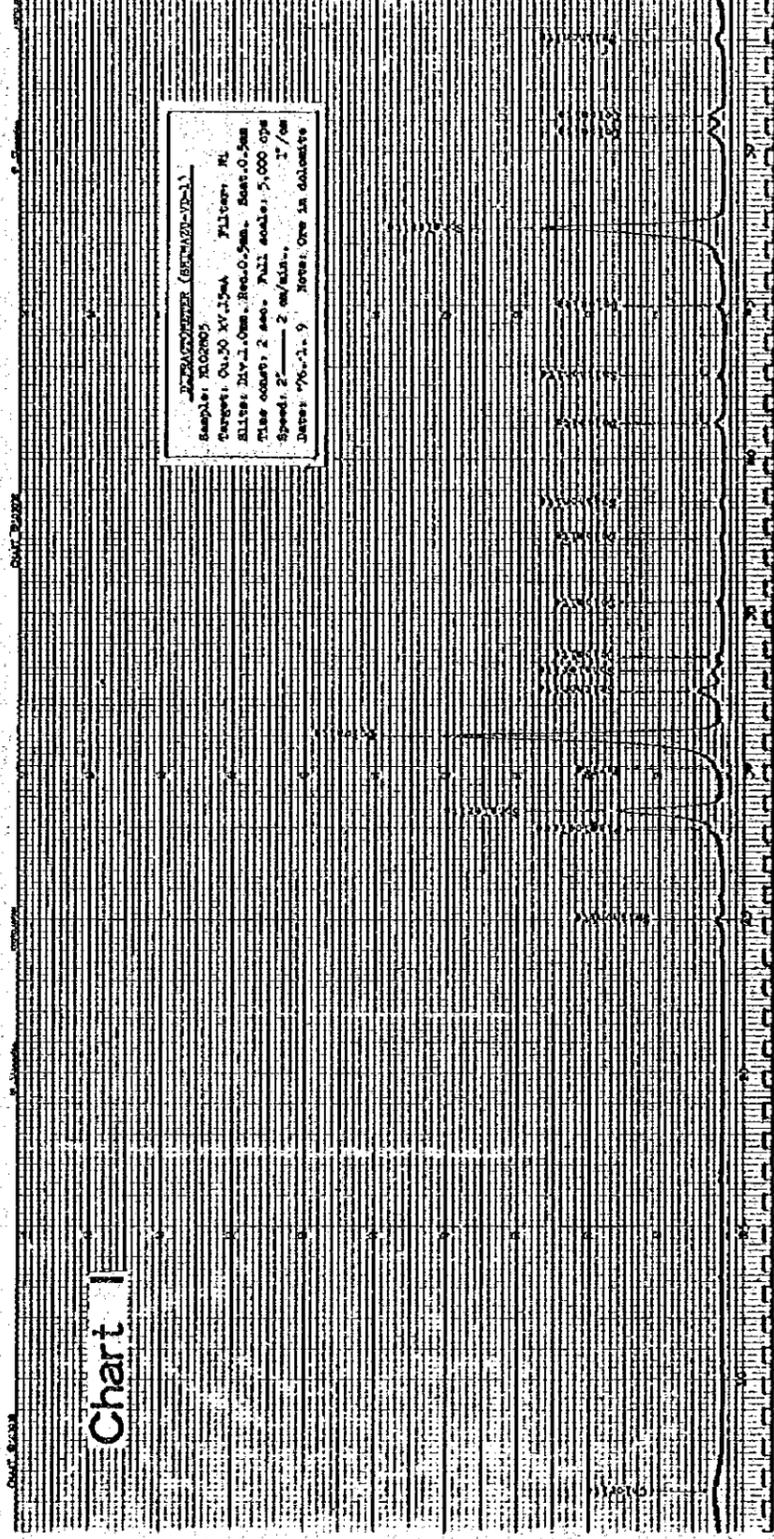


Chart 3

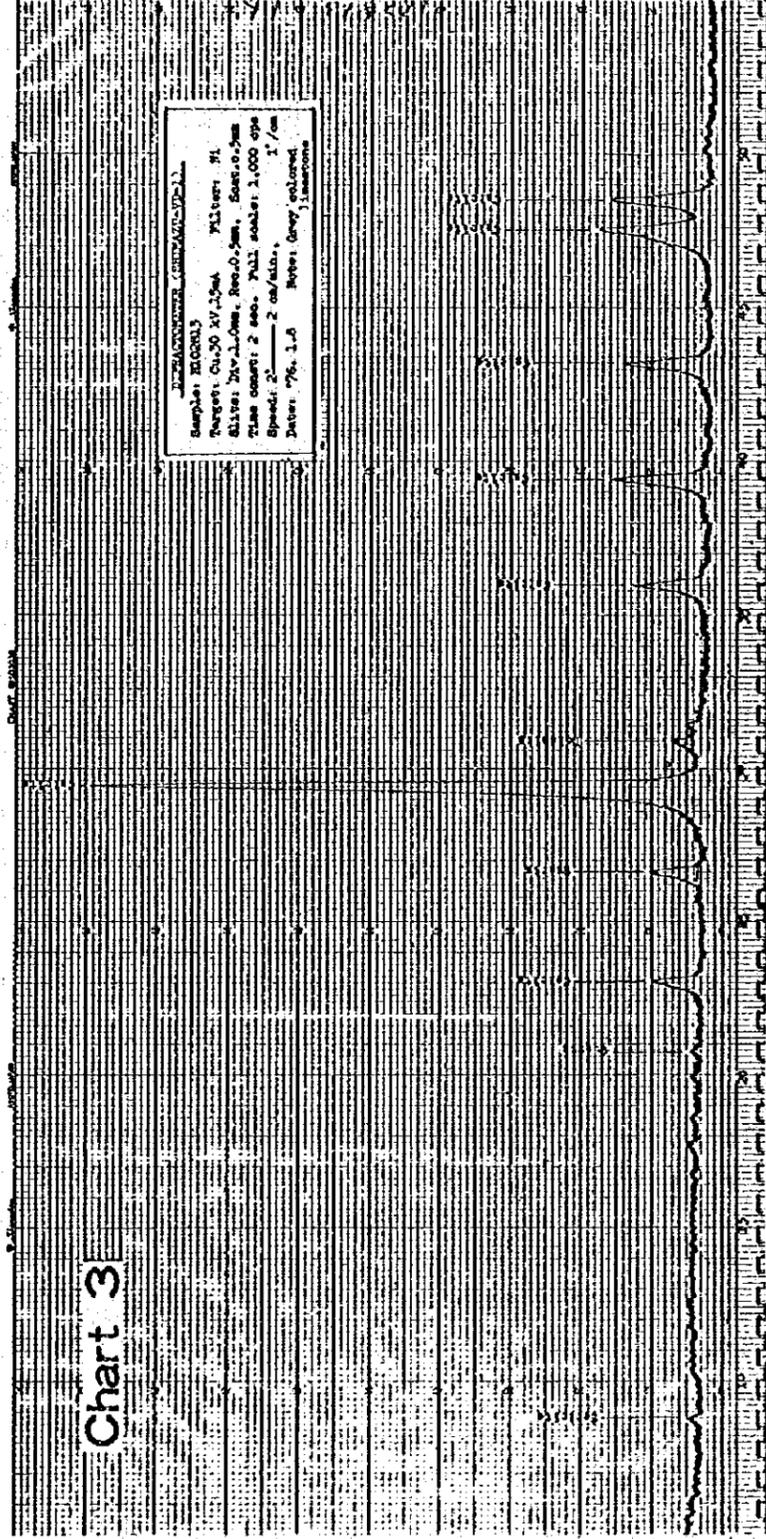


Chart 4

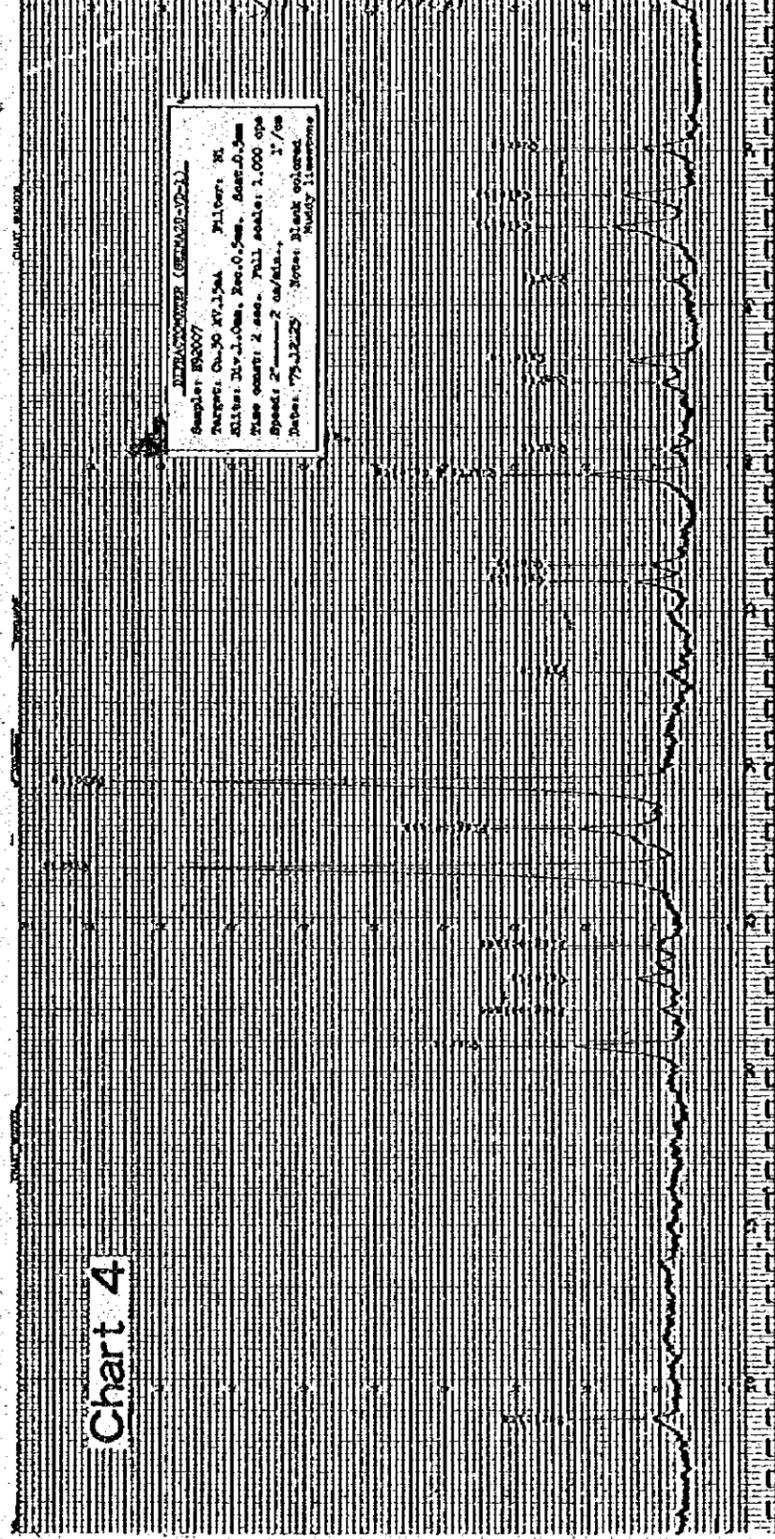


Table C-4 Flow sheets of chemical analysis

(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).

$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (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 S₁₁Cl₂·2H₂O 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	36	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 ppmt	Zn ppmt	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 (S)	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	49.3	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