

中日合資... 協和... 60

615  
66.1  
MPN



# メキシコ合衆国ハリスコ地域 資源開発協力基礎調査報告書

第1年次

昭和60年3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 '85.12.27	615
登録No. 12302	66.1
	MPN

## ま え が き

日本政府はメキシコ合衆国政府の要請に応え、同国の中央部に位置するハリスコ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、本調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査は昭和59年度が第1年次にあたり、金属鉱業事業団は6名の調査団を編成して、昭和59年8月26日から昭和60年1月25日まで、現地に派遣した。

現地調査はメキシコ合衆国関係政府機関、特に鉱物資源審議局の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は第1年次の調査結果をまとめたもので、最終報告の一部となるものである。

本調査の実施にあたって御協力いただいたメキシコ合衆国関係政府機関ならびに通商産業省、外務省、現地大使館およびその関係各位に対し衷心より感謝の意を表する次第である。

昭和60年3月

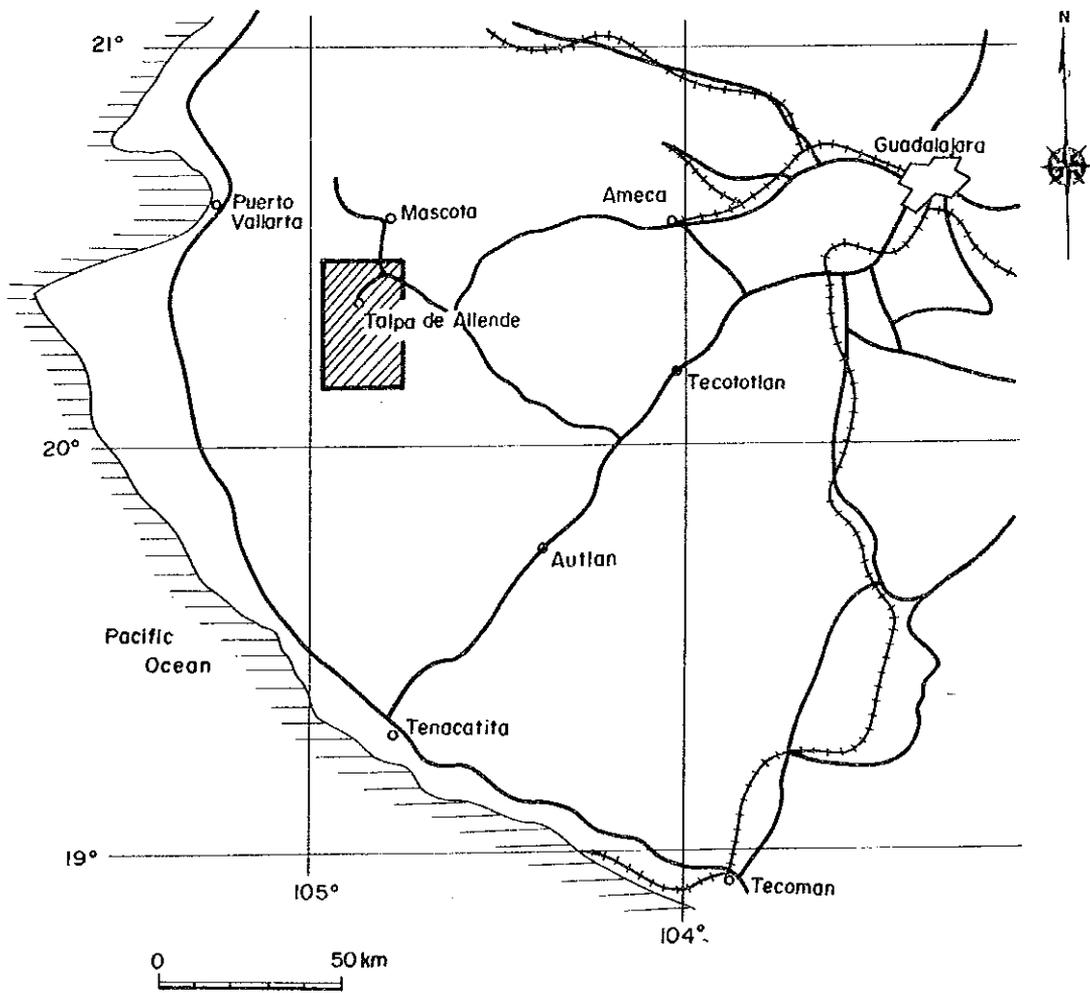
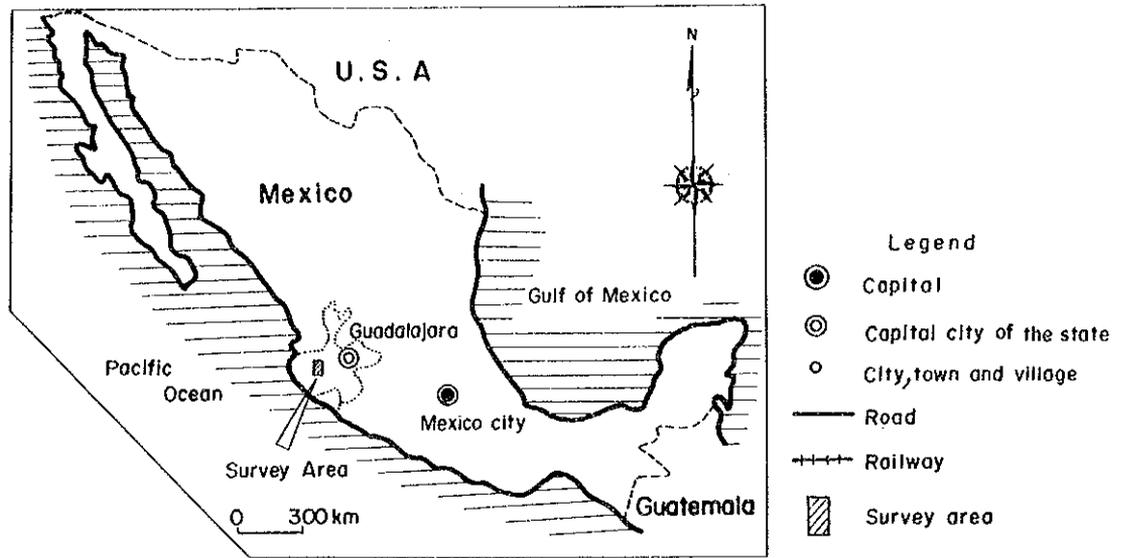
国際協力事業団

総裁 有田圭輔

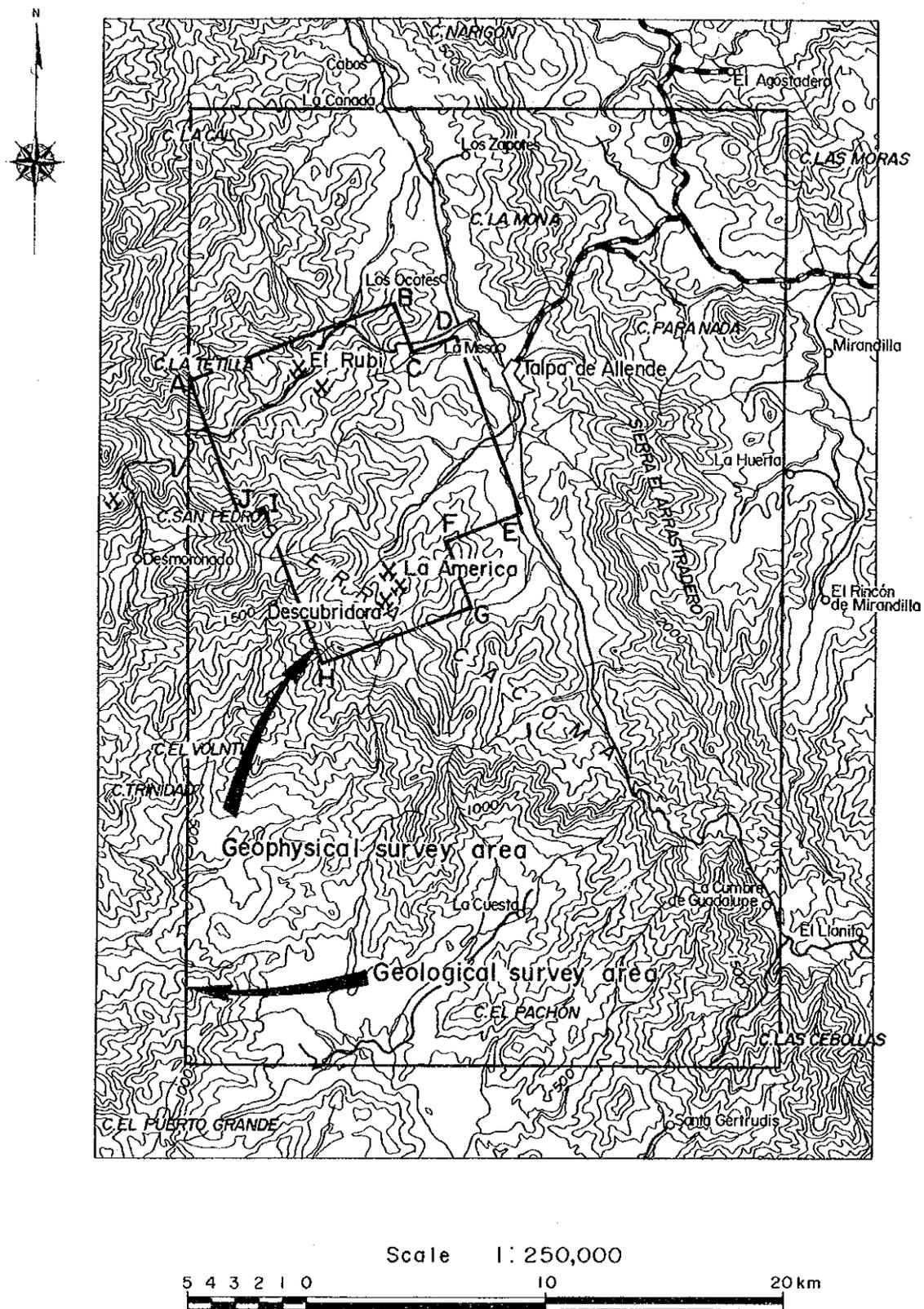
金属鉱業事業団

理事長 西家正起





図G-1 調査位置図 (A)



图G-2 调查位置图 (B)

初年次の調査地域は、メキシコ合衆国における二大火山帯である西シエラ・マドレ帯と新期火山岩帯の交錯部に位置し、第三紀火山岩類により広く覆われている。

調査地域の白亜系は、第三系により不整合に覆われ、地窓状に分布し、その分布面積は調査地域の5%にも満たないが、黒鉄型鉄床の胚胎層のため重要である。構成岩層のうち、主体をなすものは砂岩を挟在する黒色頁岩(Ksh<sub>1</sub>)であり、少量ながら石灰質頁岩(Ksh<sub>2</sub>)も挟在される。堆積岩類は程度の差はあるものの、褶曲作用を蒙っており、略々北東-南西の走向、傾斜30°-60°(北東及び南西)を示す。しかし、黒鉄型鉄床の上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)との関係より二階建構造が予想され、堆積岩類の示す褶曲波面は上記傾斜よりもはるかに緩い傾斜をもつと考えられる。Toledo(トレド)川とAranjuez(アランフェス)川間には、開いた向斜が推定される。Toledo川中流域の鉄床胚胎層準付近の黒色頁岩(Ksh<sub>1</sub>)中のナンノプランクトンの鑑定結果によれば、この時階は上部白亜紀のシャンパーニュ階~マーストリヒト階(78~65百万年前)と結論される。

一方、第三系は、主として安山岩類及び石英安山岩類より構成され、調査地域の大半を覆うものである。これらの火山岩類の活動環境については、調査地域の南部で卓越するⅢ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>)から北部から中部で優勢なⅣ期安山岩類(Tad<sub>4</sub>)の移行期に海底から陸上へ活動の場に変化のあったことが、後者(Tad<sub>4</sub>)中での溶結凝灰岩の出現から推定できる。本火山岩類は、調査地域北部では略々南北の走向をもち、南部では更に東西系の走向をもつものが加わる。

調査地域のLa America-Descubridora(ラ・アメリカ-デスクブリドーラ)地区とEl Rubi(エル・ルビ)地区では黒鉄型鉄床が白亜系の酸性火山岩類と緊密な時代的・位置的關係をもって胚胎している。両地区の鉄床群は約10km隔たるも、地質・構造的にはほぼ同一層準に賦存していると考えられる。地質調査の結果、鉄床層準の潜在が見込まれる122km<sup>2</sup>について物理探査を実施した。この結果、La America-Descubridora地区で黒鉄型鉄床の探鉄上有望と考えられる3箇所は低比抵抗帯が抽出された。これらは黒鉄型鉄床と成因的関連が強い酸性火山岩類の隆起部の北翼に位置し、鉄床層準の凝灰岩類(Koh)、下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)等の分布、ひいては黒鉄型鉄床の賦存が期待できる場所である。これらの低比抵抗帯は、河床堆積物による地化学探査あるいは変質帯調査結果からも、黒鉄型鉄床の探査上有望と評価できる。



# 目 次

ま え が き	
位 置 図	
要 約	
第1章 序 論	1
1-1 調査の目的	1
1-2 調査の概要	1
1-3 調査団の編成	2
第2章 一般概要	4
2-1 位置・交通	4
2-2 地形・気候	5
2-3 産 業	5
2-4 鉍 業	5
第3章 地 質 調 査	7
3-1 地 質 概 要	7
3-2 層 序	8
3-2-1 白 亜 系	8
3-2-2 第 三 系	14
3-2-3 第 四 系	21
3-2-4 貫 入 岩 類	21
3-3 地 質 構 造	23
3-4 鉍 徴 帯	25
3-4-1 鉍徴帯各論	26
3-4-2 日本の黒鉍鉍床との比較	36
3-5 X線回折による変質帯調査	37
3-5-1 測 定 条 件	38
3-5-2 解 析 方 法	38
3-5-3 変 質 分 帯	39
3-5-4 斜長石類の残存量について	40
3-5-5 緑泥石について	41
第4章 地 化 学 探 査	42

4-1	河床堆積物による地化学探査	42
4-1-1	調査方法	42
4-1-2	分析値の統計処理	42
4-1-3	後背域の地質と指示元素含有量	43
4-1-4	シキイ値の決定	43
4-1-5	指示元素間の相関係数	44
4-1-6	主成分分析	44
4-1-7	河床堆積物による地化学探査異常の評価	45
4-2	全岩分析による地化学探査	48
4-2-1	火山岩系列の推定	48
4-2-2	アルカリ変質強度	48
4-2-3	主成分分析	50
4-2-4	クラスター分析	52
第5章	物理探査	55
5-1	調査方法	55
5-1-1	測定方法	55
5-1-2	使用測定機器	57
5-2	データ処理・解析方法	58
5-2-1	データ処理	58
5-2-2	解析方法	59
5-3	調査結果および解析結果	62
5-3-1	調査結果	62
5-3-2	解析結果	65
5-4	考察	69
第6章	結論および第2年次調査への提言	71
6-1	結論	71
6-2	第2年次への提言	74

## 添付表リスト

表 1 - 1	調査の種類
表 1 - 2	室内試験
表 2 - 1	鉍産量
表 3 - 1	鉍徴帯一覧表
表 3 - 2	黒鉍型鉍床産鉍石中の鉍物特性の比較
表 4 - 1	指示元素の統計パラメータ
表 4 - 2	主成分分析結果表
表 4 - 3	相関係数マトリックス
表 4 - 4	異常帯の評価表 (Ag)
表 4 - 5	異常帯の評価表 (Cu)
表 4 - 6	異常帯の評価表 (Pb)
表 4 - 7	異常帯の評価表 (Zn)
表 4 - 8	異常帯の評価表 (複元素型)
表 4 - 9	黒鉍型鉍床中での主要元素の分散
表 4 - 10	相関係数マトリックス
表 4 - 11	主成分分析結果表
表 4 - 12	主要クラスターの平均組成
表 5 - 1	表皮深度表
表 5 - 2	電流電極系データ一覧表
表 5 - 3	測定装置, 器材一覧表
表 5 - 4	岩石・鉍石試料の比抵抗測定結果

## 添付図リスト

- 図 G-1 調査位置図(A)
- 図 G-2 調査位置図(B)
- 図 3-1 模式柱状図
- 図 3-2 La America と El Rubi 地域の地質柱状図
- 図 3-3 白亜系頁岩-砂岩 (Ksh<sub>1</sub>) の層理面のステレオ投影図
- 図 3-4 二階構造概念図
- 図 3-5 第三系砂岩層 (Tss<sub>1</sub>) の層理面のステレオ投影図
- 図 3-6 La America 鉱床の坑内図
- 図 3-7 Atalaya 鉱床の坑内図
- 図 3-8 Trinidad 鉱化帯スケッチ
- 図 3-9 El Rubi 鉱床スケッチ
- 図 3-10 Concha 鉱床の坑内図
- 図 3-11 La America-Descubridora 地区の変質分帯図
- 図 3-12 El Rubi 地区の変質分帯図
- 図 3-13 La America-Descubridora 地区の斜長石の残存量の分布図
- 図 3-14 緑泥石の化学組成図
- 図 4-1 頻度曲線と累積頻度曲線 (Ag)
- 図 4-2 頻度曲線と累積頻度曲線 (Cu)
- 図 4-3 頻度曲線と累積頻度曲線 (Pb)
- 図 4-4 頻度曲線と累積頻度曲線 (Zn)
- 図 4-5 全岩層による散布図 (Cu-Zn)
- 図 4-6 全岩層による散布図 (Pb-Zn)
- 図 4-7 白亜系中の散布図 (Pb-Zn)
- 図 4-8  $MgO-FeO^*-(Na_2O+K_2O)$  ダイアグラム
- 図 4-9 カルク・アルカリ岩系とソレアイト岩系の分類図
- 図 4-10 La America-Descubridora 地区のアルカリ変質強度図
- 図 4-11 El Rubi 地区のアルカリ変質強度図
- 図 4-12 Factor 2 と Factor 3 の因子得点関係図

- 図 4 - 13 クラスター樹形図
- 図 4 - 14 主要クラスターの化学組成の比較
- 
- 図 5 - 1 CSAMT 法の測定系の展開図
- 図 5 - 2 測点位置図
- 図 5 - 3 受信機測定配置図
- 図 5 - 4  $\rho_a$ - $f$  曲線図
- 図 5 - 5 岩石比抵抗測定系
- 図 5 - 6 解析曲線図
- 図 5 - 7 模式的な  $\rho_a$ - $f$  曲線図
- 図 5 - 8 2 層構造モデルの  $\rho_a$ - $f$  曲線集
- 図 5 - 9 見掛比抵抗平面図 (2048Hz)
- 図 5 - 10 見掛比抵抗平面図 (1024Hz)
- 図 5 - 11 見掛比抵抗平面図 (512Hz)
- 図 5 - 12 見掛比抵抗平面図 (256Hz)
- 図 5 - 13 物理探査地域地質図
- 図 5 - 14 A - A' 断面図
- 図 5 - 15 B - B' 断面図
- 図 5 - 16 C - C' 断面図
- 図 5 - 17 D - D' 断面図
- 図 5 - 18 比抵抗構造平面図 (地表下 100 m)
- 図 5 - 19 比抵抗構造平面図 (地表下 200 m)
- 図 5 - 20 比抵抗構造平面図 (地表下 400 m)
- 図 5 - 21 比抵抗構造平面図 (地表下 800 m)
- 
- 図 6 - 1 総合解析図

別 添 付 図 リ ス ト

第 1 - 1 図	調査地域の地質図(1)	1 : 25,000
第 1 - 2 図	調査地域の地質図(2)	1 : 25,000
第 2 - 1 図	調査地域の地質断面図(1)	1 : 25,000
第 2 - 2 図	調査地域の地質断面図(2)	1 : 25,000
第 3 - 1 図	河床堆積物採取位置図(1)	1 : 25,000
第 3 - 2 図	河床堆積物採取位置図(2)	1 : 25,000
第 4 - 1 図	試料採取位置図(1)	1 : 25,000
第 4 - 2 図	試料採取位置図(2)	1 : 25,000
第 5 - 1 図	河床堆積物による地化学探査異常図(1)	1 : 25,000
第 5 - 2 図	河床堆積物による地化学探査異常図(2)	1 : 25,000
第 6 - 1 図	鉍微帯分布図(1)	1 : 25,000
第 6 - 2 図	鉍微帯分布図(2)	1 : 25,000
第 7 図	測 点 位 置 図	1 : 25,000
第 8 図	見掛比抵抗平面図 (4096Hz)	1 : 25,000
第 9 図	見掛比抵抗平面図 (2048Hz)	1 : 25,000
第 10 図	見掛比抵抗平面図 (1024Hz)	1 : 25,000
第 11 図	見掛比抵抗平面図 (512Hz)	1 : 25,000
第 12 図	見掛比抵抗平面図 (256Hz)	1 : 25,000
第 13 図	見掛比抵抗平面図 (128Hz)	1 : 25,000
第 14 図	見掛比抵抗平面図 (64Hz)	1 : 25,000
第 15 図	見掛比抵抗平面図 (32Hz)	1 : 25,000
第 16 図	見掛比抵抗平面図 (16Hz)	1 : 25,000
第 17 図	見掛比抵抗平面図 (8Hz)	1 : 25,000
第 18 図	見掛比抵抗平面図 (4Hz)	1 : 25,000
第 19 図	比抵抗構造平面図 (地表下100 m)	1 : 25,000
第 20 図	比抵抗構造平面図 (地表下200 m)	1 : 25,000
第 21 図	比抵抗構造平面図 (地表下400 m)	1 : 25,000
第 22 図	比抵抗構造平面図 (地表下800 m)	1 : 25,000
第 23 図	A - A'断面図 見掛比抵抗断面図 比抵抗構造断面図 地質断面図	1 : 25,000

第 24 図	B - B'断面図 見掛比抵抗断面図 比抵抗構造断面図 地質断面図	1 : 25,000
第 25 図	C - C'断面図 見掛比抵抗断面図 比抵抗構造断面図 地質断面図	1 : 25,000
第 26 図	D - D'断面図 見掛比抵抗断面図 比抵抗構造断面図 地質断面図	1 : 25,000
第 27 図	総合結果図	1 : 50,000

# 第 1 章 序 論





## 第1章 序 論

### 1-1 調査の目的

本プロジェクトの目的は、メキシコ合衆国の鉱物資源審議局 (Consejo de Recursos Minerales 略称C.R.M.)と協調して、メキシコ合衆国 Jalisco (ハリスコ) 州 Talpa de Allende (タルパ・デ・アジェンデ) 地域において黒鉍型鉍床の探査を行うことである。

本年度は調査地域 (1,000 km<sup>2</sup>) 全域についての地質調査および河床堆積物による地化学探査を行った。また、約4週間の地質調査の結果として、黒鉍型鉍床の賦存の可能性の高い地区 (122 km<sup>2</sup>) の選定を行い、ここでCSAMT法を実施し、次年度の物理探査 (精査) および試錐探査の調査対象地区を選定した。

### 1-2 調査の概要

本プロジェクトは昭和59年度を第1年度として、基本的には昭和61年度まで3年間継続する。この間、2,000 km<sup>2</sup>の調査面積に対して、地質調査、河床堆積物の採取を含む各種地化学探査、物理探査 (CSAMT法、SIP法) および試錐探査を実施して、黒鉍型鉍床の探査を行うことである。

本年度の調査仕様は下記のとおりである。

表 1-1 調査の種類

調査法	面積	調査量
地質調査	1,000 km <sup>2</sup>	500 km 調査踏査長
地化学探査 (河床堆積物)	1,000 km <sup>2</sup>	1,505 個
物理探査	122 km <sup>2</sup>	377 測点

表 1-2 室内試験

試験の種類	数量	摘 要
岩石薄片の顕微鏡観察	33	
鉍石研磨片の顕微鏡観察	21	
X線回折試験	90	
鉍石分析	33	Au, Ag, Cu, Pb, Zn
岩石分析	102	SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO, MgO, CaO, K <sub>2</sub> O, BaO, Na <sub>2</sub> O, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , LOI
地化学探査試料の分析 (河床堆積物)	1,505	Ag, Cu, Pb, Zn

### 1-3 調査団の編成

本プロジェクト推進のため、調査計画、協定の折衝および現地調査に参加した調査団員は下記のとおりである。

#### 調査計画および折衝

##### 日本側調査計画および折衝

三浦 徹	金属鉱業事業団
石田 真	"
荻津 毅	"
中山 健	"
北 良行	"
遠藤 泰生	"
北島 正豪	'国際協力事業団
加藤 正昭	"
保坂 駒雄	通商産業省資源エネルギー庁鉱業課

##### メキシコ側調査計画

Jorge Leipen Garay	C.R.M.局長	総括
Gustavo Camacho Ortega	C.R.M.特別研究部長	プロジェクト担当
Raúl Cruz Rios	" 副部長	" 補佐
平山 昭	国際協力事業団派遣専門家	

#### 現地調査団

##### 日本側現地調査団

和田 富美雄	同和工営株式会社 ( 団長, 総括, 地質調査・地化学探査 )
増淵 和芳	" ( 地質調査・地化学探査 )
竹田 誠	" ( " ・ " )
吉川 稔	" ( 物理探査 )
福永 明	" ( " )
藤田 勝	" ( " )

##### メキシコ側調査団

Panfilo Sanchez Gonzalez	C.R.M.特別研究部 ( 地質調査・地化学探査 )
Ladislao Segura Garcia	" ( " ・ " )
Antonio Gonzalez Ramos	" ( " ・ " )
Roberto Ortega Guerrero	C.R.M.物理探査部 ( 物理探査 )
David Gutierrez López	" ( " )

Apolinar Zumaran Gastor C.R.M.物理探査部(物理探査)  
David Ventura López " ( " )  
Jesus Garcia Pineda " ( " )

## 第 2 章 一 般 概 要





## 第2章 一般概要

### 2-1 位置・交通

調査地域は図G-1に示すように、メキシコ合衆国の中部 Jalisco 州 Talpa de Allende 地域に位置する。本年度の調査対象地域は次の4点で囲まれた面積1,000 km<sup>2</sup>の地域である。

北西限	北緯	20°28'51"	西経	104°57'12"
北東限	"	20°28'51"	"	104°42'42"
南西限	"	20°7'14"	"	104°57'12"
南東限	"	20°7'14"	"	104°42'42"

首都の Mexico (メキシコ) 市から Guadalajara (グアダラハラ) 市までの空路および陸路の交通は次のとおりである。

- (1) 空路：直線距離で約 450 km であり、ジェット機で50分を要す。毎日アエロ・メヒコ社、メヒカーナデ・アビアシオン社の飛行便多数があり、至便である。
- (2) 陸路：完全舗装のパン・アメリカン・ハイウェイ（国道15号線）を利用するのが最も便利で、540 km 8時間を要する。Guadalajara 市から調査の基地となった Talpa de Allende までは 220 km あり自動車でも4時間を所要する。Guadalajara 市と Ameca (アメカ) 町間の 100 km は舗装が完備しているが、残り 120 km は簡易舗装 (100 km) と未舗装道 (20 km) からなる。Talpa de Allende の手前 20 km から始まる未舗装道は雨期・乾期を問わず道路状態が極端に悪い。Talpa de Allende 町には給油所が1箇所ある。

なお、物理探査の実施範囲は下記の座標で囲まれた 122 km<sup>2</sup> である。座標の原点は調査地域南西端に置いた (図 G-2)。

	X	Y
A	0	28,850
B	8,488	31,883
C	9,183	30,003
D	11,095	30,675
E	13,833	23,283
F	10,613	22,042
G	11,650	19,263
H	5,474	16,963
I	3,050	23,425
J	2,100	23,075

## 2-2 地形・気候

調査地域の地形は、第三紀火山岩類からなる略々南北に伸長する標高2,000m前後の Arrastradero(アラストラデロ) 山脈と、これに斜交する北西-南東の Cacoma(カコマ)山脈により特徴づけられている。地形は概して急峻であり、上記山脈の稜線部付近には、しばしば数10mから100mに及ぶ断崖が認められる。調査の基地となった Talpa de Allendeは調査地域を南北に貫流する Talpa 川沿に発達した盆地内に位置し、標高は1,200mである。一方、調査地域南部の La Cuesta(ラ・クエスタ)地区は標高を500m前後まで減じ、第三紀火山岩類と花崗岩類からなり、太平洋岸に発達する海岸平野に連続している。

気候も地域内の標高により、おおむね3区分が可能である。

(1) 山岳地帯：植生は松柏類の繁茂で特徴づけられ、冷涼な気候が年間をとおして支配的である。

(2) Talpa de Allende盆地：柑橘類やブーゲンビリア・椰子類の亜熱帯性植物が普遍的である。年間平均気温は、18°~20℃であり、年間降雨量は1,200mm以上に及ぶ。

雨期は6月-10月であり、この時期の月間最多雨量は340~350mmに達する。1月が最も寒く、気温は15°~16℃、5~6月が最も暑く20°~21℃である。

(3) 調査地域南部 La Cuesta 地区：植生は Talpa de Allende地区と共通するものが多い。

年間降雨量は1,200mm前後であるが、最も暑い6-8月は平均気温28-29℃に達する。また、最も寒い2月でも23-24℃と温暖である。

## 2-3 産 業

Talpa de Allende は最新のセンサス(1979年頃)の結果では、人口6,000と報じられているが、近郊集落からの人口の流入が著しく、現在は10,000人と推定されている。地域の主な産業は牧畜とトウモロコシ・小豆等の栽培および商業である。牧畜も農業も個人地主と連邦所有地または収用した個人の土地から分配された土地を用役あるいは耕作するエヒダタリオとがある。牧畜は家畜数(牛)1,000頭以上を有する牧場は僅少であり、中-小牧場が主体である。農業は灌漑施設や農業技術の遅れにより生産性は低く、自給程度の零細規模のものが圧倒的である。

商業は Talpa de Allende, 在住者に加えて、近郊集落民用の物資の集散および町にあるカトリック教会の聖祭の来拝者を対象としている。9月と3月の聖祭は有名であり、他州からの来拝者も多いと聞く。

## 2-4 鉱 業

メキシコ合衆国の鉱業の現状は世界的経済不況の影響を強く受けて、国内の経済同様停滞気味である。

このことは最近の鉱業統計に反映されている。依然世界一の銀生産国としての地位を保っているもの

の、表2-1に示されるように、主要金属-非金属12鉱物中前年度(1982)より生産量が増加したものは4鉱物に過ぎず、この傾向は金属価格の長期低迷および国内外景気の沈滞中にある今年度も続くものと見られている。

生産量の増加した4鉱物のうち3鉱物までが銀およびこれを随伴する鉛・亜鉛である。これらの増加の原因はZacatecas(サカテカス)州で新期に開発されたReal de Angel(リアル・デ・アンヘル)鉱山(生産量10,000t/日)の寄与が大きい。

また、銅生産量の著しい減少の要因は金属価格の低迷のため中小鉱山の閉山と大規模鉱山(La Caridad(ラ・カリダ)あるいはCananea(カナネア)鉱山等)の生産調整のためである。また、Cananea鉱山の8週間にわたるストライキの影響も無視できない。

このような鉱業界の沈滞的雰囲気は支配的な中で探鉱活動にも徐々にその影響が出はじめている。C.R.M.の探鉱プロジェクトの棚上げ、あるいはBethlehem Steelのメキシコ国内での探鉱活動の停止、Alfaグループの実質的な非鉄金属鉱物の探鉱からの撤退等に反映されている。

一方、調査地域の位置するJalisco州はC.R.M.により探鉱され、現在生産段階に移行中のBarqueno(バルケーニョ)鉱山(第三紀安山岩を母岩とする鉄-銅-鉛-亜鉛-銀-鉛-亜鉛-銅)が有名である。また、本年度の調査地域の西15kmにはメキシコでの唯一の黒鉄型鉄床の稼働鉱山であるCuale(クワレ)鉱山がある。したがって、調査地域は黒鉄型鉄床の賦存ポテンシャルの高い地域と考えられるが、この地域に分布する鉄床がこれまで黒鉄型鉄床であるとの認知が遅れたこともあり、現在の鉱業活動は活発とはいえない。

Talpa de Allendeには、この周辺の小鉱山から採掘される銅・鉛・亜鉛-銀の一括処理用に建設された小選鉱場(50t/日)がある。現在Barqueno鉱山の試験処理がC.F.M.(Comisión de Fomento Minero 鉱業振興公社)によって行われている。

以上の鉱業的背景から、本調査に対する期待は大きいといえる。

Talpa de Allendeあるいは近郊在住者の鉱業に対する関心は高い。

表 2-1 鉍 產 量

Mineral	1979	1980	1981	1982	1983*
Silver	1,537	1,473	1,655	1,549	1,900
Lead	173,455	145,549	157,384	145,844	167,000
Zinc	245,477	238,231	211,629	231,910	257,000
Copper	107,109	175,399	230,466	239,091	205,000
Bismuth	754	770	654	606	550
Cadmium	1,778	1,791	1,433	1,444	1,340
Coke	2,589,000	2,409,000	2,425,000	2,450,000	2,425,000
Iron (contained Fe)	4,041,000	5,087,000	5,293,100	5,382,000	5,310,000
Manganese (contained)	177,359	160,966	208,193	183,120	134,000
Sulphur	2,025,000	2,102,000	2,077,000	1,815,000	1,600,000
Fluorite	875,000	916,000	925,000	631,000	560,000
Barite	151,162	269,322	317,738	323,753	360,000

\* Preliminary estimate

(After Mining Annual Review - 1984)



### 第 3 章 地 質 調 査





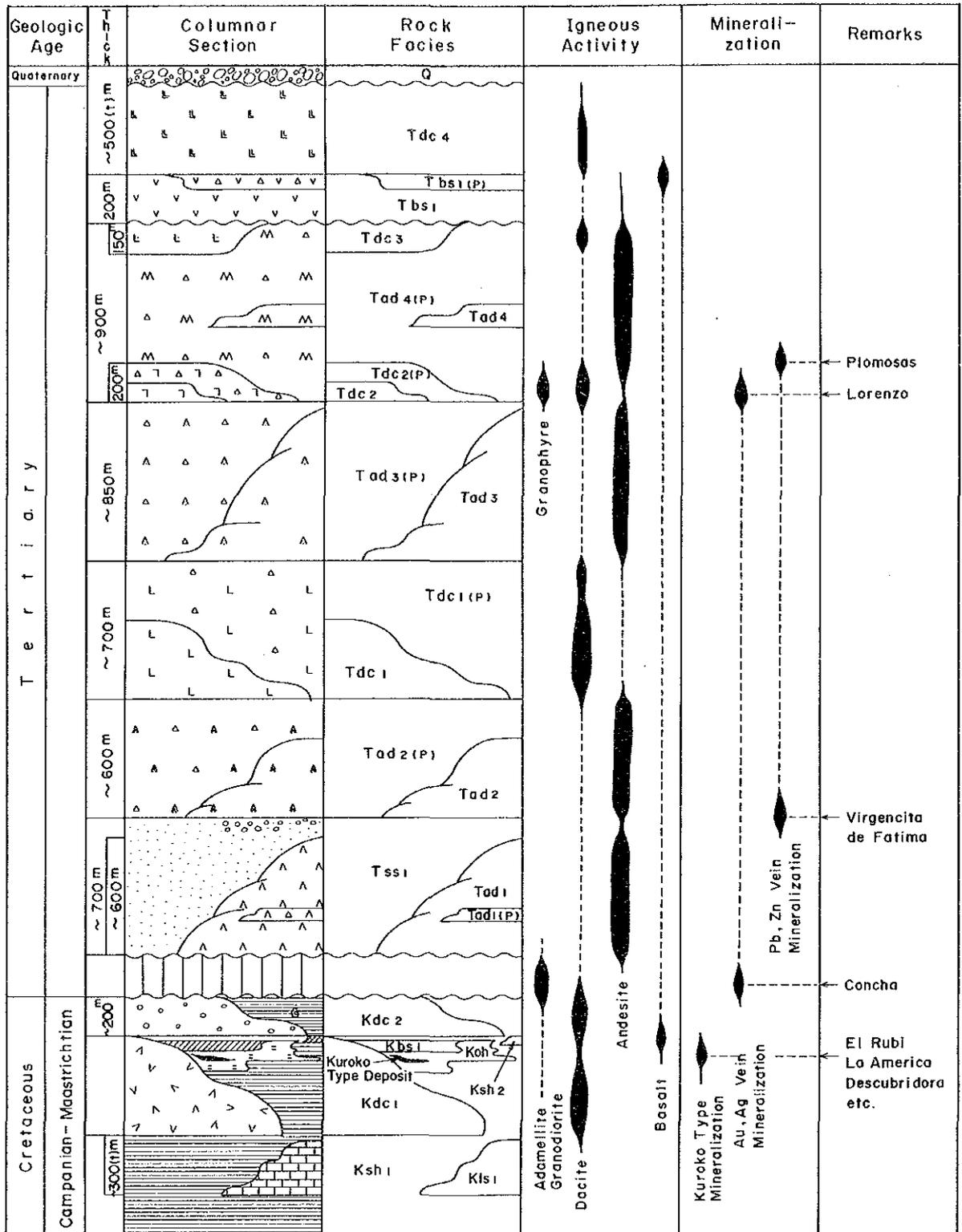
## 第3章 地質調査

### 3-1 地質概要

調査地域は、北アメリカ合衆国との国境から、太平洋沿岸に1,000 km以上にわたり北西-南東方向に連続する一大火山帯である西シェラ・マドレ帯と北緯19°から21°の範囲で太平洋沿岸のNayarit(ナヤリ)州からメキシコ湾岸のVeracruz(ベラクルス)州まで約1,000 kmの延長をもつ新期火山岩帯の交錯部に位置する。この二帯はメキシコにおける代表的火山岩帯であり、Nieto et al. (1981)によれば西シェラ・マドレ帯の火山活動は漸新世(33百万年前)に始まるという。一方、新期火山岩帯は中新世にその最初の火山活動が開始されたという(Hernandez, 1977)。両火山岩帯とも構成する火山岩はカルク・アルカリ岩系を主体とするようである(Nieto et al. 前出)。調査地域に分布する第三紀火山岩類が二帯のいずれに属するものかについては、火山層序学的調査、絶対年代の測定、岩石学的検討を行う必要があり、今後の課題である。

調査地域の白亜系は、調査地域北西部のToledo川と西部のAranjuez川沿いに、第三紀のI期安山岩類(Tad1)や砂岩層(Tss1)に不整合に覆われ、地窓状に分布している。その分布面積は、調査地域の5%にも満たないが、黒鉍型鉍床の胚胎層のため重要である。構成岩層のうち主体をなすものは、砂岩を挟在する黒色頁岩(Ksh<sub>1</sub>)であり、少量ながら石灰質頁岩(Ksh<sub>2</sub>)が挟在され、さらに、鉍床に密接に関連する石英安山岩類を含む。黒色頁岩は局部的にはスレート劈開の発達が認められることもあるが、全般的には、数cm厚の単層から構成されている。白亜系中には、顕著な堆積間隙を示す産状が認められないことから、下位から上位に、整合的累重関係をもつものと思われる。また、黒鉍型鉍床の賦存が知られているLa America - Descubridora地区およびEl Rubi地区では、石英安山岩浴岩が黒鉍型鉍床の上・下盤を形成し、これら酸性火山岩の活動と黒鉍型鉍床の関連の深さを示唆している。各堆積岩類は程度の差はあるものの、褶曲作用を蒙っており、略々北東-南西の走向、傾斜30°~60°を示すことが多い。しかし、黒鉍型鉍床の上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)との褶曲型の違いにより、二階建構造が予想され、堆積岩類の示す褶曲波面は、はるかに緩い傾ををもつと考えられ、Toledo川とAranjuez川間には、ゆるい向斜構造が推定される。なお、Toledo川流域の鉍床胚胎層準付近の黒色頁岩(Ksh<sub>1</sub>)中のナンノプランクトンの鑑定結果によれば、この時階は上部白亜紀のシャンパーニュ(Campanian)階からマーストリヒト(Maastrichtian)階(78-65百万年前)と結論されている。

第三系は堆積岩類(砂岩・礫岩:Tss1)の分布も認められるが、主として安山岩類および石英安山岩類より構成されている。これらの火山岩類の活動時期については、これまで火山層序学的調査も絶対年代の測定例もなく、不明である。しかし、白亜系を不整合に覆うCerro El Pintor(セロ・エル・ピントール)山塊に分布するI期安山岩類(Tad1)とII期安山岩類(Tad2)



Abbreviation  
(p) Pyroclastics

(Cretaceous)  
Kdc2: Dacite lava (Hanging wall dacite)  
Ksh2: Calcareous shale  
Kbs1: Basaltic lava-pyroclastics  
Koh: Ore horizon pyroclastics  
Kdc1: Dacite lava dome (Foot wall dacite)  
Ksh1: Shale intercalated with sandstone  
Kls1: Limestone-marble

(Tertiary)  
Tdc4: IV-Stage dacite lava  
Tbs1: Basalt lava-pyroclastics  
Tdc3: III-Stage dacite lava  
Tad4: IV-Stage andesite lava-pyroclastics  
Tdc2: II-Stage dacite lava-pyroclastics  
Tad3: III-Stage andesite lava-pyroclastics  
Tdc1: I-Stage dacite lava-pyroclastics  
Tad2: II-Stage andesite lava-pyroclastics  
Tss1: Sandstone-conglomerate  
Tad1: I-Stage andesite lava-pyroclastics

(Quaternary)  
Q: Alluvium Diluvium  
Ø: Nonnoplankton

图 3-1 模式柱状图



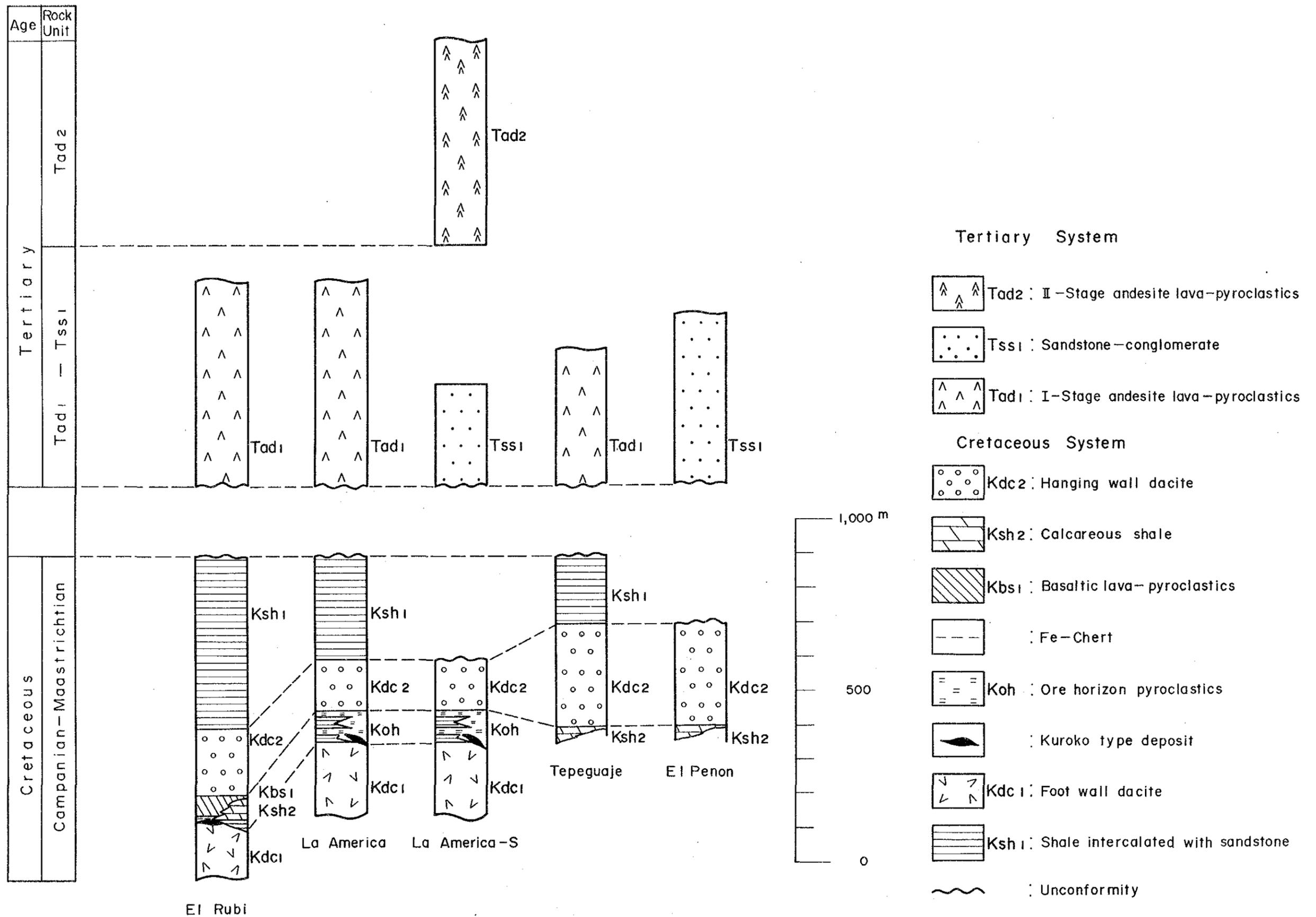


図3-2 La America と El Rubi 地域の地質柱状図



の間、玄武岩類(Tbs<sub>1</sub>)とⅢおよびⅣ期の石英安山岩類(Tdc<sub>3</sub>)、安山岩類(Tad<sub>4</sub>)の間で火山活動の小休止期が存在するほかは、大きな活動間隙がなく、推移している。火山活動の環境については、調査地域の南部で卓越するⅢ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>)から北部から中部で優勢なⅣ期安山岩類(Tad<sub>4</sub>)の移行期に海底から陸上へ活動の場に変化のあったことが後者(Tad<sub>4</sub>)中での溶結凝灰岩の出現から推定できる。これらの火山岩類は、調査地域北部では略々南北の走向をもち、南部では更に東西系の走向をもつものが加わる。火山岩類の変質は、調査地域北部の Cornadero (コルナデロ) 沢や中部の Monte Grande (モンテ・グランデ) 地区に分布するⅡ期安山岩類(Tad<sub>2</sub>)が全般的にプロピライト化作用を受けているが、それ以外の火山岩の熱水変質は局部的であり程度は劣る。

調査地域には黒鉍型鉍床が白亜系中の酸性火山岩類と緊密な時代的・位置的関係をもって胚胎している。黒鉍型鉍床は、La America-Descubridora他とEl Rubi 地区で知られており、特に前者の場合は、同型の鉍床を採掘した多数の旧坑が鉍床胚胎層準の細粒凝灰岩・火山礫凝灰岩層(Koh)中に分布している。両地区の鉍床群は約10km隔るも、黒鉍型鉍床の上下盤の地質が類似していること、また、地質構造的な位置から、ほぼ同一層準に両鉍床群は賦存していると考えられる。

### 3-2 層 序

調査地域内に分布する地層は白亜系の頁岩・砂岩及び火山岩類と第三紀の火山岩類、砂岩・礫岩およびこれを貫く貫入岩類よりなる。第四系は Talpa 川流域や調査地南部の地形的低地に発達している。本地域の南部 La Cuesta 地域には時代未詳の花崗閃緑岩-アダムロ岩が発達する。

#### 3-2-1 白 亜 系

調査地域の白亜系については、これまで層序の決定ができるような調査は皆無であったが、本調査で Toledo 川流域の La Yerba Buena (ラ・イエルバ・ブエナ) と Toledo 部落付近から採取した黒色頁岩中のナンノプランクトンの鑑定結果、上部白亜紀 (Campanian階-Maastrichtian階, 78-65百万年前) と結論された。

##### (1) 石灰岩層(Kls<sub>1</sub>)

本層が調査地域内で最古のものかどうかは、他の白亜系と分布地域が異なるため不明である。しかし、メキシコ造山運動(ジュラ紀-第三紀)の産物と考えられる花崗閃緑岩によって熱変成を受けていることより、白亜系と推定される。

##### 【分 布】

調査地域南西部の San Agustín (サン・アグスティン) 付近に小規模に分布する。分布の

中心部をなすところは尖丘を形成し、西—北部境界は断層でⅢ期安山岩類(Tads)と接している。また、南—東部は花崗閃緑岩によって境されており、ほとんど完全に大理石化している。

#### 【層厚】

基底部が未確認のため正しい層厚は測定できない。しかし、露頭部分だけでも約300mの厚さが確認できる。

#### 【岩相】

本層は、部分的に塊状の暗灰色の石灰岩が認められ、全般的に再結晶した塊状の白色大理石となっている。

石灰岩には頁岩・砂岩等の挟在層は存在しない。

#### 【層位関係】

Ⅲ期安山岩類(Tads)とは断層で接し、かつ、花崗閃緑岩による貫入を受けているため、上・下位置との関係は不明である。

#### (2) 頁岩(砂岩)層(Ksh<sub>1</sub>)

本層はToledo川流域とAranjuez川流域に分布する白亜系の主体をなす岩層である。本層中に黒鉄型鉄床が賦存することで重要であるが、上部および下部で、局部的に岩相上の差異を認めるのみで、全般的に共通した岩相をもつ。

#### 【分布】

本層は調査地域の北西部、Talpa de Allendeの西—南西部に第三紀と考えられるⅠ期安山岩類(Tad<sub>1</sub>)と砂岩層(Tss<sub>1</sub>)に不整合に覆われ、地形的低所(Toledo川およびAranjuez川流域)に分布している。代表的な露出地はLas Jicamas(ラス・ヒカマス)部落からEl Rubi鉄床を經由してLa Yerba Buena部落に至る道路沿いに、また、Aranjuez川流域では、Aranjuez部落からSan Isidro(サン・イシドロ)に至る沢沿いに、または、Capulinera(カプリネラ)沢等でその主要部を観察できる。

#### 【層厚】

本層は褶曲作用を受け、一般に30~60°の傾斜を示すが局部的に高次の小褶曲部あるいは擾乱帯も認められる。地層の正・逆の累重関係を判断するための砂岩の級化層理も乏しく、野外の傾斜のみを用いた層厚の算出には問題がある。特に、本層中に挟在されるLa America-Descubridora地区およびEl Rubi区の上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)の示す一般傾斜は、本層の示す傾斜に比較してきわめて緩いことより、一種の二階建構造を想定することができる。したがって、本層の層厚は他の中生層の場合と同様、見掛けの層厚に比較して大幅に減ずる。基底部が確認されていないため、正確な層厚は算出できないが、鉄床胚胎層準までの層厚は、最も厚いところで1,000m程度と推定される。露頭部の層厚の累計は、前述の

二階建構造を考慮するならば約700mである。なお、本層には、石灰質頁岩(Ksh<sub>2</sub>)が挟在されるが、その層厚は確認されているところでは60m程度である。

#### 【岩 相】

本層は、黒色の緻密堅硬な頁岩を主体とする。地域全般にわたり、均質な岩相を示すものの、若干の岩相変化が認められる。Toledo川流域のToledo部落北方山塊あるいはLa Yerba Buena部落では、薄層の単層が発達し、千枚岩的岩相を呈する。一方、Aranjuez川流域のCaplinera沢では、単層の厚みを増し、やや塊状となる。また、Descubridora鉱床の近くには、炭質物に富む黒色頁岩も認められ、方解石や不透明鉱物(黄鉄鉱?)も他の頁岩に比べて多い。本層中には、薄層理の砂岩が挟在されることが、しばしばあるが、級化層理の発達が悪く、地層の上・下判定にはそれ程有効ではなかった。また、肉眼的に頁岩と似る石灰質頁岩(Ksh<sub>2</sub>)も挟在する。これは鏡下では、斜長石、石英、火山灰、火山岩礫(安山岩礫?)等も含まれ、絹雲母も観察できる。また、本層中には部分的に、石灰質砂岩の薄層も挟まれる。

#### 【化 石】

本層は化石に乏しく、次の二地区から採取した頁岩中にナンノプランクトンが観察された。具体的採取場所とナンノプランクトン種および推定時代は下記のとおりである。

採取位置：La Yerba Buenaの北(MJ-3)

ナンノプランクトン種：*Watznaueria barnesae* (Black) Perch-Nielsen

*Cretarhabdus Crenulatus* (Bramlette and Martini)

Thierstein

*Zygodiscus elegans* Gartner

*Arkhangelskiella* cf. *parca* Stradner

*Zygodiscus* sp. indet.

*Cretarhabdus* sp. indet.

採取位置：Toledoの北(G-13)

ナンノプランクトン種：*Watznaueria barnesae* (Black) Perch-Nielsen

*Cretarhabdus Crenulatus* (Bramlette and Martini)

Thierstein

*Arkhangelskiella* cf. *Parca* Stradner

*Zygodiscus elegans* Gartner

この組合せより、本層の時階は、シャンパーニア(Campanian)階からマーストリヒト(Maastrichtian)階(上部白亜紀：78-65百万年前)と考えられる。

ナンノプランクトンを含む試料の採取位置は、Toledo川流域に限られるが、Aranjuez川

流域の白亜系も、両地域の間には潜在する向斜構造により、層序的にはほぼ同一と考えられ、同一時階に対比される可能性が強い。

#### 【層序関係】

本層は、第三系と考えられるI期安山岩類(Tad<sub>1</sub>)およびワック質砂岩(Tss<sub>1</sub>)に不整合に覆われている。

#### (3) 石英安山岩溶岩(Kdc<sub>1</sub>)

本岩は本調査地域で観察できる最古の火山岩であり、前記の頁岩・(砂岩)層(Ksh<sub>1</sub>)中に挟在される。

#### 【分布】

本岩は、本調査地域に賦存する黒鉍型鉍床と密接な位置的關係をもって分布する。具体的な分布場所は、La America 鉍床の坑口付近とEl Rubi 坑口の北側に狭小な露頭が認められるのみである。El Rubi 地区では、北側への発展は文象斑岩の貫入により妨げられており、La America地区では、鉍床層準の凝灰岩類(Koh)および上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)に覆われ、発展状況と形態は直接観察できる場合は少ない。

#### 【層厚】

基底部が確認できないため、層厚の測定はできない。層厚を推定する手掛りは得られなかったが、断面図上には推定で本岩の規模を示してある。

#### 【岩相】

本岩は、約10km隔たって分布しているが、El Rubi およびLa Americaとも岩相的にはよく類似している。両者とも肉眼的には、無斑晶質であり緻密で、かつ、堅硬である。ただ、岩石の色はLa America地区のものは緑色を呈し、弱い角礫化構造が認められるのに対し、El Rubi地区のものは灰白色を呈し、より塊状である。両者とも隠微珪長質組織をもち、石英斑晶がLa America地区のものと少量認められるが、El Rubi地区のものでは認められないことを除けば、よく似ている。石基はガラス質であったと考えられるが、変質作用により、微細な石英と粘土鉍物(絹雲母あるいは緑泥石)に変っている。また、La America地区では、黄鉄鉍の鉍染が普遍的であるが、El Rubi地区のものは少ない。El Rubi地区では、溶岩円頂丘状の一端とみられる産状が観察できること、また、La America地区でも、坑内・外の地質を総合的に考察したとき、溶岩円頂丘の形態が一番野外産状に合致していることより、両者とも日本の黒鉍鉍床と類似の溶岩円頂丘の形態をとるものと推定される。

#### 【層位関係】

本岩は、上部白亜紀の頁岩(砂岩)層(Ksh<sub>1</sub>)の積成時の一時期に起った海底火山活動による産物と考えられるが、下位層との関係は、野外では観察ができず、不明である。本層は、野外産状から、Hashiguchi(1983)が、小坂・内ノ岱鉍床で認めたとような鉍床生成後のドーム

・アップ運動があったことが予想され、鉍床層準の凝灰岩類 (Koh) および頁岩 (砂岩) 層 (Ksh<sub>1</sub>) とは、一部準整合的關係にあるものと考えられる。

#### (4) 鉍床層準の凝灰岩類 (Koh)

本岩類は、酸性細粒凝灰岩を主体としているが、La America 坑内では、同質の火山礫凝灰岩も挟在される。頁岩 (砂岩) 層 (Ksh<sub>1</sub>) 中では、特徴ある岩相のため、鍵層に適するが、その露頭の分布が下記のとおり狭いため、広域には使用不可能であった。

##### 【分 布】

本岩類は、La America-Descubridora 地区にのみ分布する。分布形態は、主として上盤石英安山岩 (Kdc<sub>2</sub>) に覆われて、一種の地窓状を呈する。しかし、La America 坑内および Descubridora 坑内の地質は、ほとんど本層によって占められていることより、上盤石英安山岩 (Kdc<sub>2</sub>) の下位に広く分布すると考えられる。

頁岩の挟みも観察され、本層の生成機構としては、岩層の厚さが変化に富むらしいことより海底での火砕流堆積物と考えられる。この場合、火砕流は、地形的には盆状地を埋める性格が強く、黒鉍型鉍床形成の場もやはり、盆状地が想定されていることより、本層の分布は、黒鉍型鉍床探鉍上重要である。

##### 【層 厚】

本岩類は、下位層との關係を觀察できる露頭に乏しいことより、正確な層厚の見積りはできない。La America 坑口付近の下盤石英安山岩 (Kdc<sub>1</sub>) 露頭部では薄層化している。一方、Descubridora 鉍床周辺では徐々に層厚を増す。本層とこれを覆う上盤石英安山岩 (Kdc<sub>2</sub>) では褶曲様式が異なることより、二階建構造が想定でき、インコンピート層である本層は見掛けの層厚に比して、真の層厚は薄いと考えられる。野外での分布範囲と上盤石英安山岩 (Kdc<sub>2</sub>) との關係を考慮するならば、層厚 100 m 程度と推定される。

##### 【岩 相】

本岩類は、綠色を呈する堅硬な細粒凝灰岩を主体とする。La America 坑内および Descubridora 坑内では、著しく硬化しているため珪長岩的岩相を示す場所もある。La America 坑内と一部坑外で火山礫凝灰岩が認められ、扁平化した軽石 (?) の延びより概略の走向・傾斜が推定できる。鏡下では、変質作用のため、石英、炭酸塩鉍物 (方解石)、緑泥石、絹雲母等が生じ、原岩の組織はほとんど消去されかかっているが、挟在される頁岩と鏡下でも、肉眼的にも明瞭な岩相上の差異が認められることから、酸性凝灰岩類と考えられる。

##### 【層位關係】

本岩類は、下位の下盤石英安山岩 (Kdc<sub>1</sub>) とは、準整合的關係をもって接している。

#### (5) 玄武岩質凝灰岩-溶岩 (Kbs<sub>1</sub>)

##### 【分 布】

鉍床層準の細粒凝灰岩が La America-Descubridora地区にのみ分布するのに対し、本岩類は、El Rubi 鉍床周辺に、その分布は限定される。層位的位置は、上下盤石英安山岩の間に挟在され、したがって、La America-Descubridora地区の鉍床層準の細粒凝灰岩に相当する。両者とも分布が偏在するのが一特徴である。本岩類の場合も鉍床層準の凝灰岩類と同様、古地形の形状推定に手掛りを与えるものであり、鉍床沈積の場との関連から、その分布は重要である。

#### 【層厚】

本岩類は下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)と直接する場合は、薄層化するが、最大約50mの層厚を持つと推定される。

#### 【岩相】

本岩類は、暗緑色を呈する玄武岩溶岩および同質の凝灰岩より主として構成され、一般に緻密細粒である。肉眼的に緑簾石の小斑点が認められることもある。角礫化した溶岩相は、しばしば塊状相へと漸移し、粗粒玄武岩質となる。鏡下では、完晶質であり、サブオフィチック組織をもち、斜長石、かんらん石、普通輝石、緑色角閃石等よりなる。変質によって緑泥石、緑簾石が生じている。

#### 【層位関係】

本岩類は、頁岩(砂岩)層(Ksh<sub>1</sub>)とは整合的に、下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)とは一部、準整合関係で接する。

#### (6) 上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)

本岩は、下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)から始った、黒鉍型鉍床の生成に関連した火山活動輪廻の最終産物と考えられる。

#### 【分布】

本岩の分布は、黒鉍型鉍床の賦存が知られている、La America-Descubridora地区とEl Rubi地区に限られる。前者は、Descubridora坑の南西からLa America坑の北東Capulinera沢に至る一帯に、略々北東-南西の延びをもって分布する。後者は、El Rubi坑口の北西山塊からLos Espinos(ロス・エスピノス)沢右岸に至る一帯に観察される。

調査地域の黒鉍型鉍床の大部分は、本岩の下位に賦存しており、したがって、探鉍上も重要である。

#### 【層厚】

本岩は、コンピーテント層であるため、低次の褶曲オーダーを示すのみで、頁岩(砂岩)層(Ksh<sub>1</sub>)のような見掛上の層厚から真の層厚を推定する必要はない。しかし、第三系と考えられるワッケ質砂岩(Tss<sub>1</sub>)により不整合に覆われたり、削剝のため、正確な層厚を決め得ないが、約200mと推定される。

### 【岩 相】

本岩は全体に均質な岩相を示す。肉眼的に灰白色を呈し、石英の斑晶が普遍的に認められることを特徴とする。緻密堅硬であり、塊状部と角礫化部に分けられる。各角礫の境界部は褐鉄鉱・赤鉄鉱の細脈が発達することもある。隠微珪長質組織をもち、融喰を受けた半自形～他形石英（径1mm以下）と自形柱状の斜長石（長さ2mm以下）からなる。石基はガラス質であるが、著しい珪化作用によって多量の微細な石英、緑泥石、その他の粘土鉱物からなる。

### 【層位関係】

本岩は、後述の砂岩層(Tss<sub>1</sub>)により不整合に被覆される。下位層の鉄床層準の凝灰岩類(Koh)とは、褶曲型の違いにより、La America 坑口付近の沢では、一種のデコルマとみられる面をもって接している。

## 3-2-2 第三系

調査地域の第三系は、火山層序学的調査および絶対年代測定結果から決定されたものではなく、上部白亜紀の頁岩（砂岩）層(Ksh<sub>1</sub>)および酸性火山岩類(Kdc<sub>2</sub>)を不整合に被覆するI期安山岩類(Tad<sub>1</sub>)あるいは砂岩層(Tss<sub>1</sub>)以降の岩層を第三系と想定した。このような想定で、西シェラ・マドレ帯や新期火山岩帯の大局的な火山活動史と矛盾が認められない。第三系は、安山岩類と石英安山岩類の火山活動から主として構成され、相互の累重関係、岩相に基づき、以下のとおり10区分した。

### (1) I期安山岩類(Tad<sub>1</sub>)

#### 【分 布】

本岩類は、主としてToledo川とAranjuez川間のCerro El Pintor（セロ・エル・ピントール）やSan Pedro（サン・ペドロ）山塊に分布する。また、La Yerba Buena部落北方、調査地域南西部のMurgia（ムルギア）部落、Platanito（プラタニト）部落周辺にも認められる。

#### 【層 厚】

本岩類は、Cerro El PintorからSan Pedro付近に最も発達し、約600mの層厚と推定される。

#### 【岩 相】

本岩類は、溶岩類と火山礫凝灰岩から構成されている。溶岩類は、本層の大部分を占め、暗緑色～緑色の角礫化あるいは緻密質な塊状の外観をとる。後期の安山岩（例えばTad<sub>4</sub>）のように、溶岩流ユニットが認められることはなく、単一溶岩流そのものは、相当に厚いようである。鏡下では、斑状組織が発達し、大型の自形斜長石（長さ7mm以下）、自形一

半自形の普通輝石（長さ5mm以下）が認められ、また、半自形の鉄鉱物（磁鉄鉱？）と微量の紫蘇輝石（緑泥石に変質）も認められる。石基は毛せん状組織を示し、主として褐色ガラスと微細な斜長石からなり、少量～微量の輝石と鉄鉱物（磁鉄鉱？）を伴う。変質により、緑泥石、絹雲母、石英などが生じている。

火山礫凝灰岩は、緑色を呈し、溶岩流に挟在されている。肉眼的には、暗緑色～褐色の安山岩礫を含み、変質程度は、溶岩より著しい。また、含まれる斜長石も、溶岩よりは小型になる傾向が認められる。

#### 【層位関係】

本岩類は、Peña Blanca（ペニャ・ブランカ）沢やToledo南方のTepozanes（テポサネス）沢で、白亜系の頁岩（砂岩）層（Ksh<sub>1</sub>）を傾斜不整合で被覆している。また、調査地域の南西部では、下位層との累重関係は、本層の基底部が未確認のため不明である。

#### (2) 砂岩層（Tss<sub>1</sub>）

本層は、調査地域の第三系中、唯一の堆積岩を主体とする地層である。本層の存在により、前記のI期安山岩類（Tad<sub>1</sub>）の活動とこれ以降の火山活動の間に明瞭な活動の休止期があったことが読みとれる。

#### 【分布】

本層は、Cerro El Pintor 付近を北限として、調査地の南西部 Agua Fria（アグア・フリア）沢に至る広い範囲に露出あるいは伏在しているようである。代表的な地表の分布地は、La America 鉱床の東方から Santa Quiteria（サンタ・キテリア）部落に至る一帯である。

#### 【層厚】

基底部と最上部が確認できる Santa Quiteria 地区で、最大の層厚をもつと考えられ、約700mと推定される。

#### 【岩相】

本層は、灰色の塊状～層理の発達したワック質の砂岩が主体をなしているが、緻密な黒色頁岩も本層の下部に挟在される。また、上部では、安山岩溶岩の挟みも認められる。砂岩は、淘汰は比較的良好で、鏡下では、各種の岩石片から構成されるが安山岩質礫が卓越するようである。0.1mm程度の斜長石、石英、緑簾石のほか泥岩も含まれる。本層の上部の一部では、礫岩の発達も認められ、褐色を呈し、角礫－亜角礫の安山岩、石英安山岩および原岩不明の変質岩等を含んでいる。Agua Fria 沢の礫岩は著しく硬化している。

#### 【層位関係】

本層はLa America-Descubridora 地区では、上盤石英安山岩（Kdc<sub>2</sub>）を、La Americaの北東方Capulinera 沢付近では頁岩（砂岩）層（Ksh<sub>1</sub>）を不整合に被覆する。また、Cerro El Pintor では、I期安山岩類（Tad<sub>1</sub>）を緩傾斜で覆っている。この砂岩層は、岩相的には、I期

安山岩類(Tad<sub>1</sub>)によく似た塊状安山岩(Ad<sub>1</sub>)により貫入されているので、両者(Tad<sub>1</sub>とTss<sub>1</sub>)の間にそれ程長い時間間隙があったとは考えられない。

(3) II期安山岩類(Tad<sub>2</sub>)

本岩類は、調査地域北西部のCornadero沢、中部のSanta Quiteria-Monte Grande部落、最南端のLa Huerta(ラ・ウエルタ)沢流域にそれぞれ独立して分布する。そのため、相互の累重関係は、把握し得ないが、岩相上の類似性および上・下層との関係等を考慮して、本調査では、同一層に一括した。

【分布】

上記の3地区が代表的分布地であるが、さらに、調査地南西部のAgua Fria沢流域からPlatanito部落にかけても沢沿いに分布する。

【層厚】

本岩類の層厚は、基底部と最上部が確認されているSanto Quiteria-Monte Grande部落では約600mと推定される。Cornadero沢流域、La Huerta沢流域では、基底部が未確認であること、また、断層により地塊化運動を蒙っているため、層厚の算出はできなかった。

【岩相】

本岩類は、安山岩質火山礫凝灰岩と安山岩溶岩からなる。Cornadero沢流域では、暗緑色～赤紫色を呈する変質した安山岩溶岩と同質火山礫凝灰岩からなる。山頂部を除く、ほぼ全域が同じ岩相をもつ変質安山岩類によって構成されている。火山礫凝灰岩は、鏡下では、亜角礫質安山岩を含み、基質は凝灰質であり、ガラスのほか微細な斜長石、鉄鋇物が観察される。変質により、緑泥石、方解石が生じている。Santa Quiteria, Monte Grande地区でも、Cornadero沢流域と同じ岩石の構成となっているが、火山礫凝灰岩の礫の細粒のものが多。また、本地区では、粘土変質および黄鉄鋇化は他の地区より強く、鏡下では、火山岩片(安山岩を主体とするが他の岩種も含まれるようである)と斜長石、鉄鋇物とガラスからなり、変質作用により、石英、緑泥石、絹雲母、黄鉄鋇等を含んでいる。La Huerta沢流域では、上記2地区に比較して、溶岩流が卓越するようである。肉眼的には、暗灰色～暗緑色で、緻密で中粒の安山岩が多い。鏡下では、間粒状組織をもち、斜長石、カリ長石、普通輝石、鉄鋇物と少量のガラスからなる。変質により、緑泥石、緑簾石、黄鉄鋇などが生じている。以上のほか、Agua Fria沢流域とPlatanito部落付近の本岩類は、暗緑色～赤紫色の火山礫凝灰岩～細粒凝灰岩から主として構成されている。

【層位関係】

本岩類は、Cornadero沢流域では、下位層との累重関係は観察できないが、最南端のLa Huerta沢流域では、La CuestaからSoyatan(ソヤタン)にかけて広く分布する花崗閃緑岩(Gd)を不整合に覆うものと推定される。他の地区では、砂岩(Tss<sub>1</sub>)を整合的關係で被覆す

る。

#### (4) I期石英安山岩類(Tdc<sub>1</sub>)

本岩類は、調査地域内での第三紀最初の酸性火山活動である。

##### 【分布】

本岩類は、調査地域の東部を南北に縦断するArrastradero山脈の東—西山腹から山麓にかけて分布している。北部のEl Rincon(リンコン)沢と南部のPuerto del Diablo(プエルト・デル・デアプロ)沢のものは、岩相的には差異が認められるが、岩石種が同一であることと、出現する層位が類似であることより、同一層として対比した。調査地域を北西から南東に横断するCacoma山脈には、本岩類は見出されていない。

##### 【層厚】

本岩類は、Arrastradero山脈の西側では、第四系に覆われ、あるいは断層により、変位を受けているため、また、東側では、玄武岩溶岩(Tbs<sub>1</sub>)により不整合に被覆されることが多いため、正確な層厚の算出は難しい。地質断面では、最大層厚は約700mと推定される。

##### 【岩相】

本岩類は、分布地区毎に岩相は、3区分できる。北部のEl Rincon沢地区では、灰白色～淡褐色の無斑晶質の石英安山岩と石英斑晶をもつものが卓越する。概して、塊状のものが多く、自破碎化構造は、強い変質作用のためか、不鮮明である。しかし、本岩類の分布形態が上位層(Ⅳ期安山岩類, Tad<sub>4</sub>)と整合的であるらしいことから、溶岩相と考えた。

一方、Tierra Coloradas(テイラ・コロラダス)地区では、凝灰岩類が優勢である。淡褐色を呈し、新鮮な面では、角礫構造が認められ、少量ながら石英・黒雲母等が肉眼的に観察できる。しかし、一般的には、強い風化作用のため構造・組織が不鮮明となっており、酸化鉄の細脈および斑点を含むこともしばしばである。この地区の代表的凝灰岩は、ビドロクラステック組織を示し、石英安山岩質のガラス片が主であるが、少量の軽石、斜長石、石英、鉄鋳物、黒雲母などを含む。全体的に酸化を受け、赤褐色を呈する。熱水による変質は弱く、少量の粘土鋳物が生じているのみである。また、本岩類の最上部付近には、泥質凝灰岩とも呼ぶべき部分も挟在される。Puerto del Diablo沢では、淡褐色の流理構造をもつ、緻密な石英安山岩が卓越する。

##### 【層位関係】

本岩類は、下位の砂岩層(Tss<sub>1</sub>)との関係は、直接野外では認められていないが、分布形態より、整合関係で被覆するものと考えられる。調査地域中部のBella Vista(ベジャ・ビスタ)付近で断層関係で接しているⅢ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>)との累重関係については、Ⅲ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>)は岩相上あるいはその分布上、Ⅳ期安山岩類(Tad<sub>4</sub>)に先駆するこれと一連の火山活動と考えられることから、本岩類より後期の活動と考える。

(5) Ⅲ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>)

本岩類は、後述のⅣ期安山岩類(Tad<sub>4</sub>)とは、火山活動史上一連のもので、それに先駆する活動の産物と考えられる。両者の区分は、活動の場が、海域か陸域かということで行った。本層の場合は、しばしば、成層した細粒凝灰岩の挟みが観察できることから、活動は海域が支配的であったことを示唆している。岩相的にはⅣ期安山岩類(Tad<sub>4</sub>)とも類似している。

【分 布】

本岩類は、調査地域南部のAgua Fria沢流域から東部のCacoma山脈の西麓にかけて分布している。地形の急峻なCacoma山脈中では、しばしば造瀑層となる場合が多い。調査地域の南部では、最大の分布面積を占める岩層である。

【層 厚】

最大層厚は、Cerro El Dinero(セロ・エル・ディネロ)付近で、地質断面図上からは、約850mと推定されるが、南下するにつれて、層厚は減ずる傾向が認められる。

【岩 相】

本岩類は、溶岩流が卓越する部分と火山礫凝灰岩・凝灰角礫岩の優勢な部分がある。調査地域南西部のAgua Fria沢を中心とする地域では、淡褐色の火山礫凝灰岩～凝灰角礫岩(少量)が卓越している。野外では、火山礫の同定は、肉眼的には難しい場合もあるが、切断面では明瞭に褐色～灰色の安山岩礫の集合が認められる。本岩類中には、灰白色の細粒凝灰岩層(幅数m?)が挟在されるが、その走向・傾斜は変化が大きく、大局的地質構造の解析には有益でなかった。

調査地域南東部のCacoma山脈西麓の本岩類は、溶岩流が優勢である。褐色～灰色、緻密質、かつ、角礫化構造が明瞭で、短冊状の斜長石の斑晶が普遍的に含まれることを特徴としている。このように、南西部と南東部で卓越する岩相が異なるが、Ⅱ期安山岩類(Tad<sub>2</sub>)に対する層位的関係、基本的には同一安山岩種であること等より、互いに独立した分布をするが、同一岩類に一括した。

【層位関係】

本岩類は、下位層である砂岩層(Tss<sub>1</sub>)あるいはⅡ期安山岩類(Tad<sub>2</sub>)との直接の累重関係は認められていないが、境界部付近に不整合関係を示唆する地質産状が認められないことより、整合的累重関係をもつものと考えられる。また、La Cuesta西部から北部にかけての、花崗閃緑岩(Gd)との関係は、野外における両者の分布関係から、低角度でアバットしていることが予想される。

(6) Ⅱ期石英安山岩類(Tdc<sub>2</sub>)

【分 布】

本岩類は、Descubridora 鉱床の南部の背稜部から Cerro El Aguaje (セロ・エル・アグアへ)にかけて、小規模に分布をする。

#### 【層厚】

本岩類の層厚は最大約 200 m と測定される。

#### 【岩相】

本岩類は、褐色～黄褐色の緻密質の石英安山岩質の火山礫凝灰岩が主要な構成岩である。部分的に流理構造をもつ火山礫も認められ、発泡の悪い軽石も少量含まれる。Monte Grande 沢上流では、石英斑晶を含む石英安山岩の転石が認められることから、下部には溶岩相も発達するものとみられる。

#### 【層位関係】

本岩類は、下位のⅢ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>)を整合関係で被覆する。

#### (7) Ⅳ期安山岩類(Tad<sub>4</sub>)

本岩類は、調査地域における、最末期の安山岩活動による噴出物である。

#### 【分布】

本岩類は、調査地域の北東端から南東端まで連続する Arrastradero 山脈の主要構成岩となっている。また、北部の Los Ocotes (ロス・オコテス) から北西山塊にも同一岩層が分布する。

#### 【層厚】

最大層厚は Puerto del Talpa (プエルト・デル・タルパ) 付近で約 900 m と推定される。

#### 【岩相】

本岩類の分布は、広範囲に及ぶが、岩相的には、局部的変化を除けば、共通性が認められる。肉眼的には、褐色～赤紫色を呈し、緻密で長さ約 1 mm の斜長石が普遍的に含む溶岩流と、緻密・堅硬な流理構造をもつ溶結凝灰岩～非溶結の火山礫凝灰岩～凝灰角礫岩である。溶結凝灰岩は、鏡下では、斜長石、カリ長石(?), 有色鉱物(輝石・角閃石)をもち、変質により、2次鉱物として、微細な石英、緑簾石、絹雲母等が生じている。非溶結のものには、安山岩礫および発泡の悪い軽石のほか、変質により生じたと考えられる微細な石英と少量の絹雲母(葉片状、微細)、鉄鉱物が含まれる。本岩類は一部で断層により、変位される場所もあるが、Arrastradero 山脈の山稜部に急崖を形成し、その特徴的な露頭産状により、調査地域の北から南まで追跡可能である。なお、Talpa de Allende の東-南東部の本層上-中部には、石英安山岩溶岩が認められるが、分布が散点的で厚さも 10 m 以下(?)と小規模のため、本層に一括含めた。

#### 【層位関係】

本岩類は、Ⅰ期石英安山岩類(Tdc<sub>1</sub>)およびⅢ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>)と整合関係にある。

(8) III期石英安山岩 (Tdc<sub>3</sub>)

【分 布】

本岩は、Tierras Coloradas 西方の Arrastradas 山脈の山頂部に小規模に分布している。IV期安山岩類(Tad<sub>4</sub>)の中-上部に挟在される石英安山岩溶岩との関係は不明である。

【層 厚】

本岩の最大層厚は約 150 m と測定される。

【岩 相】

本岩は、褐色-灰白色の流理構造をもつ石英安山岩溶岩である。肉眼的には、熱水変質を蒙ったような外観を示すが、X線回折結果では、続成変質に留まるものと推察される。

【層位関係】

本岩は、IV期石英安山岩を整合に覆う。

(9) 玄武岩類 (Tbs<sub>1</sub>)

本岩類は、調査地域の第三系中唯一の玄武岩溶岩である。

【分 布】

本岩類は、調査地域北部の Los Ocotes から北部の Talpa 川流域に、また、Arrastradero 山脈の東麓から Mascota (マスコタ) 川および、その支流域に分布している。いずれの地域でも、地形的低所を埋めたような分布特徴をもつ。

【層 厚】

基底部が未確認のため、正確な層厚は不明であるが、地質断面上からは、最大 200 m 程度と見積られる。

【岩 相】

本岩類は、黄褐色-灰色の緻密-多孔質の溶岩と、褐色の玄武岩質細粒凝灰岩から構成されている。いずれも、極めて緩傾斜であり、下位層が参加している褶曲運動後の活動と考えられる。

斑晶として橄欖石と微量の普通輝石を有し、石基は細粒完晶質で間粒状組織を示し、斜長石、カリ長石、橄欖石、普通輝石、鉄鉱物(磁鉄鉱?)と燐灰石からなる。酸化のため、橄欖石の一部は鉄鉱物(赤鉄鉱?)化している。

【層位関係】

本岩類は、下位層であるI期石英安山岩類(Tdc<sub>1</sub>)およびIV期安山岩類(Tad<sub>4</sub>)を傾斜不整合で被覆している。

(10) IV期石英安山岩 (Tdc<sub>4</sub>)

本岩は、調査地域内の最終火山活動産物である。

【分 布】

本岩は、調査地域の東端、Cerro Para Nada（セロ・パラ・ナダ）を構成するものである。分布範囲は東西3.5km、南北2.5kmと狭い。

#### 【層厚】

本岩は、基底部は勿論、地表下の形状不明のため層厚は算出できない。Cerro Para Nadaの地上部の層厚は約500mに達する。

#### 【岩相】

本岩は、灰色の緻密、かつ、多孔石のガラス質の石英安山岩である露頭の形状より、溶岩円頂丘と判断される。

#### 【層位関係】

本岩は、玄武岩類(Tbs<sub>1</sub>)より後期の活動と考えられる。両者に顕著な活動の間隙を示唆する産状は認められない。

### 3-2-3 第四系

第四系は、調査地域の中部から北部のTalpa川流域の平坦部および山麓部に、また、南部では、La Cuesta以南のLa Quebrada（ラ・ケブラダ）沢、Los Otates（ロス・オタテス）沢流域に分布する。固結度の悪い砂礫層が主体で、成層することが多い。

本調査の目的を勘案して、第四系の詳細は省略する。

### 3-2-4 貫入岩類

貫入岩類には、アダメロ岩(Adm)、花崗閃緑岩(Gd)、文象斑岩(Gph)、安山岩(Ad<sub>1</sub>, Ad<sub>2</sub>)および石英安山岩(Dc)の5種がある。

#### (1) アダメロ岩(Adm)

#### 【分布】

本岩は、調査地域最南端のCentinela（センチネラ）を中心に、約2.5km×5kmの規模で、花崗閃緑岩(Gd)中に分布している。しかし、両者は貫入時期を異にした別岩体なのか、同一岩体中の岩相変化によるものか明らかでない。

#### 【岩相】

本岩は、ピンクのカリ長石が目立つ、緻密・堅硬な中粒の完晶質岩である。等粒状組織をもち、主成分鉱物として、石英、カリ長石、斜長石、黒雲母を、副成分鉱物としてスフェン、燐灰石を含む。変質作用により、黒雲母は緑泥石に、カリ長石と斜長石も粘土鉱物化し、また少量の緑簾石と石英を生じている。

#### 【貫入時期】

本岩の絶対年代測定が行われておらず不明である。しかし、花崗閃緑岩(Gd)と同一岩体

と考えるならば、この地域周辺の従前の調査結果より、貫入時期についての推定が可能となる。すなわち、Nieto et al. (前出)による火成活動の地域区分によれば、この地域は、ララマイド期(>45百万年前)の火成活動域に含まれており、したがって、その時期の貫入と想定される。

## (2) 花崗閃緑岩 (Gd)

### 【分 布】

本岩は、調査地域南部の La Cuesta の北東から最南端まで、略々北東-南西の伸びをもって、幅 5 km、延長 15 km 以上にわたり露出するバンリス岩体である。岩相的に類似のものが、調査地域中部の西端 (Cerro San Pedro の西) にも露出していることから、これらの地域の基盤を形成するものと推定される。

### 【岩 相】

本岩は、灰色の緻密・堅硬な中-細粒の花崗閃緑岩である。等粒状組織を示し、主成分鉱物として、石英、斜長石、カリ長石、黒雲母、角閃石、鉄鉱物(磁鉄鉱)を、副成分鉱物として、スフェン、燐灰石、ジルコンを含む。カリ長石は、斜長石、黒雲母、角閃石の間隙を埋め他形をとり、黒雲母は一部緑泥石に変質している。

### 【貫入時期】

本岩は、絶対年代の測定が行われていないため詳細不明であるが、ララマイド期の貫入の可能性が考えられる。この時期の貫入とすれば、石灰岩の大石化あるいは本岩と直接する第三系が非変成であることの実事と符号する。

## (3) 文象斑岩 (Gph)

### 【分 布】

本岩は、El Rubi 鉱床北部の Tescalama Dos (テスカラマ・ドス)を中心に岩株状の露出が観察される。さらに、同一岩相のものが、Los Ocotes の東、Cerro San Pedro の南東山麓にも小規模な分布が認められる。

### 【岩 相】

本岩は、一般に緻密質で、淡褐色を帯び白色の 5-6mm 大の短柱状斜長石が認められるが、Las Majadas (ラス・マハーダス) 沢では、岩相変化をし、細粒となる。鏡下では、斑晶として、自形の斜長石と微量の黒雲母を含む。石基は粗粒な微文象組織を示し、石英、カリ長石、斜長石、黒雲母、鉄鉱物(磁鉄鉱)、燐灰石が観察される。変質作用により、斜長石は絹雲母化し、黒雲母は緑泥石化している。

### 【貫入時期】

本岩は、Las Majadas 沢では、Ⅱ期安山岩類(Tad<sub>2</sub>)に弱い熱変成を与えているが、Ⅲ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>)では、その有無は明らかでない。しかし、分布形態からみて、

Ⅳ期安山岩(Tad<sub>4</sub>)にも貫入しているものと考えられる。本岩は、いわゆる“第三紀花崗岩”に属し、岩相変化が認められるなど、浅所貫入を示唆し、その熱変成の範囲は小規模であるものと判断される。

#### (4) 安山岩 (Ad<sub>1</sub>, Ad<sub>2</sub>)

##### 【分布・岩相・貫入時期】

安山岩(Ad<sub>1</sub>)はCerro el Pintor, Cerro San Pedroで、Ⅰ期安山岩(Tad<sub>1</sub>)と密接な関係をもって分布する。岩相的にも、特徴的な斜長石の巨晶をもち、Ⅰ期安山岩類(Tad<sub>1</sub>)と似ることから、貫入時期もⅠ期安山岩活動と大きく隔ることはないと考えられる。

安山岩(Ad<sub>2</sub>)は, Monte Grandeの南に隣接して分布し、暗緑色の緻密・塊状の細粒-中粒安山岩である。本岩も周辺のⅡ期安山岩(Tad<sub>2</sub>)と基本的には類似の岩相をもつことより、Ⅱ期安山岩活動の直後頃に貫入したものであろう。

両安山岩(Ad<sub>1</sub>, Ad<sub>2</sub>)とも形態は岩株状に近い。

#### (5) 石英安山岩(Dc)

##### 【分布・岩相・貫入時期】

本岩は、調査地域北東端 Los Encinos (ロス・エンシノス)地区に集中して認められる石英安山岩岩株である。灰色の緻密・塊状で、かつ、ガラス質で気孔に富んでいる部分もある。岩相的には、この地区の南部に位置するⅣ期石英安山岩類に似る。Ⅳ期安山岩類(Tad<sub>4</sub>)を貫く。

### 3-3 地質構造

調査地域で観察される地質構造に関する諸要素は、白亜系と第三系で趣きを異にしている。白亜系堆積岩類に認められる烈しい褶曲は、局部的ではあるが、第三系には観察されず、一般的に穏やかである。

##### 【白亜系】

調査地域の白亜系は、第三紀のⅠ期安山岩類(Tad<sub>1</sub>)や砂岩層(Tss<sub>1</sub>)に不整合に被覆され、露出地が制限されているため、地質構造の完全な把握は難かしい。白亜系でも、堆積岩類や鈹床層準の凝灰岩類は、野外でも褶曲に参加して、図3-3に示すように、種々の走行・傾斜をとる。一方、上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)は、La America坑口付近の沢で、その基底面と鈹床層準の凝灰岩類(Koh)との累重の様子、分布形態あるいは地質断面上での検討でも、局部的には乱れるものの、全体的には、極めて緩い傾斜を示している。同様の関係がEl Rubi地区の頁岩(Ksh<sub>1</sub>)と上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)の間にも認められ、したがって、堆積岩類(Ksh<sub>1</sub>)、鈹床層準の凝灰岩類(Koh)と上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)の間には、一種の二階建構造が存在しているといえる。上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)の傾斜は、概念的には、図3-4に示すように頁岩・砂岩のクレストを包絡する褶曲

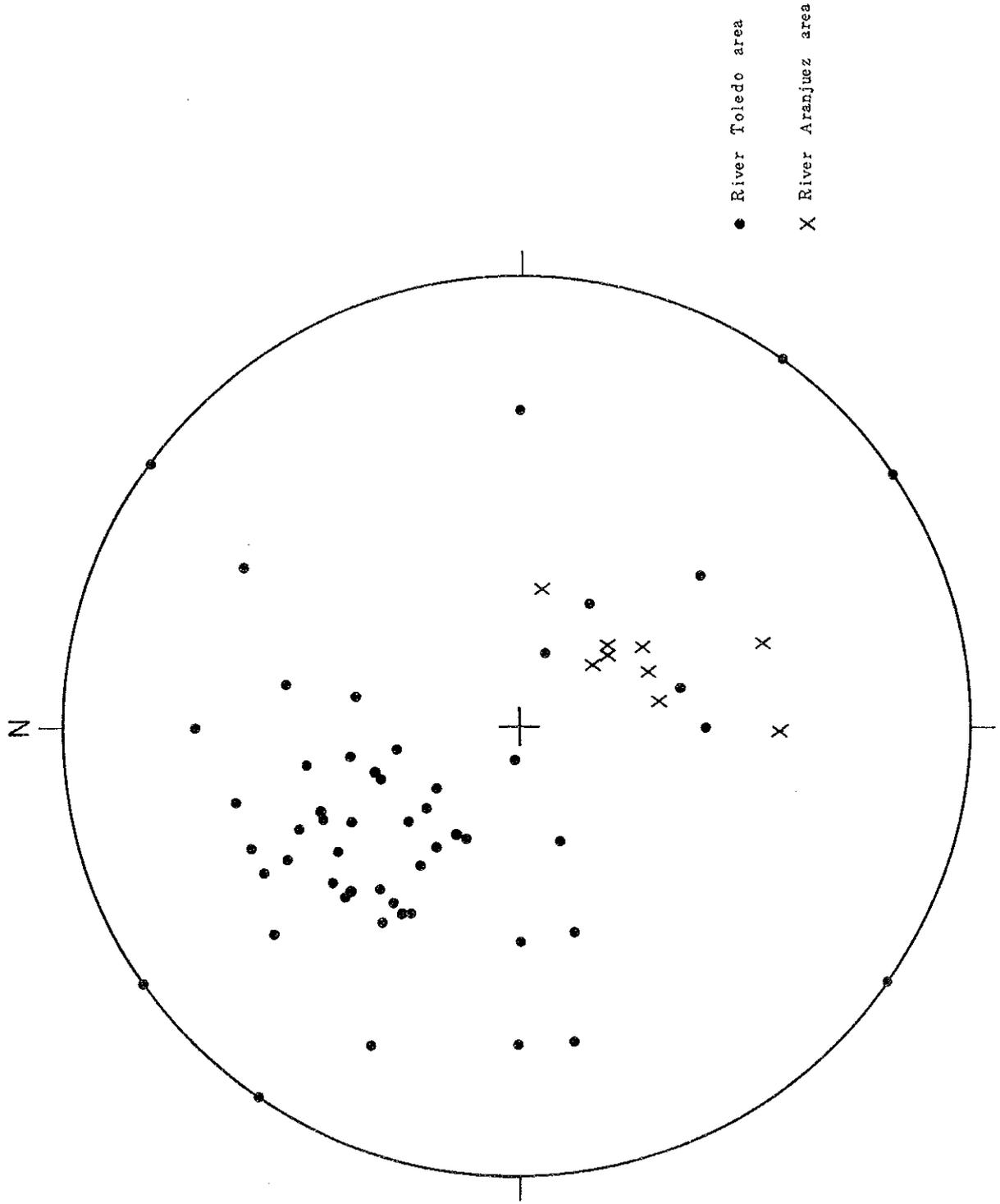


図 3-3 白亜系頁岩-砂岩 (Ksh<sub>1</sub>) の層理面のステレオ投影図

波面の傾斜に対応しているものと解される。このように理解する限り、Descubridora坑外で、種々の傾斜が観察されるものの、坑内では約400m間に及ぶ同一凝灰岩の分布も説明できる。つまり、見掛けの傾斜よりも、地層全体としては、遙に緩傾斜をもつものであることを示唆している。上述のことから、上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)の構造は、調査地域の地質構造の全体像を把握するのに重要である。El Rubi地区およびLa America-Descubridora地区でも、上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)の傾斜は、それぞれの地区の堆積岩類と同一の傾斜方向(El Rubi地区では、南東、La America地区では北西傾斜)を示す。I期安山岩類(Tad<sub>1</sub>)の下位に潜在すると考えられる褶曲軸の方向は図3-3の走向・傾斜の極の分散で示されるように、一義的には決め得ないが、僅かに南西落しの傾向が認められる。また、El Rubi地区では、下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)のドーム・アップのためか、El Rubi坑口の北部で上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)等が東西走向、南傾斜に方向を変える。また、La America鉱床付近は、構造的に背斜部に含まれ、これは、頁岩(Ksh<sub>1</sub>)の示す走向・傾斜から、北東のCapulinera沢まで及んでいる可能性が強い。この背斜部は、略々上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)の分布域全域に対応している。白亜系の向斜構造の北西翼の半波長が8km以上と推定されるのに対し、南東翼では半波長4kmであり、著しい非対称褶曲を形成している。したがって、この隆起帯の原因としては、広域的な褶曲構造を形成した造構力ではなく、むしろ、他の要因、例えば下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)のドーム・アップによる局部的隆起帯の可能性が考えられる。この場合、本岩と黒鉱型鉱床との関連の深さから隆起帯とその周辺は、黒鉱型鉱床の探鉱の場として注目される。最近、黒鉱型鉱床の生成の場として注目されているカルデラ(例えば、Ohomoto, 1978)の存在を示唆する産状は調査地域では認められなかった。鉱床の生成の場を間接的に示唆するものとしては、鉱床生成時の古凹地形の存在を暗示する玄武岩質溶岩一同質凝灰岩(Kbs<sub>1</sub>)や鉱床層準の凝灰岩類(Koh)、上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)等が考えられ、むしろ重要である。

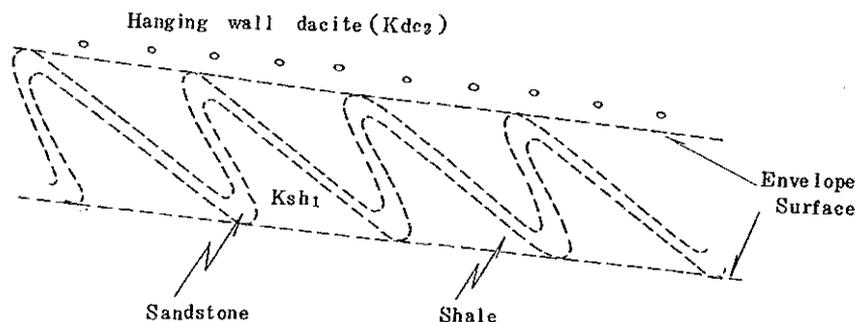


図3-4 二階建構造概念図

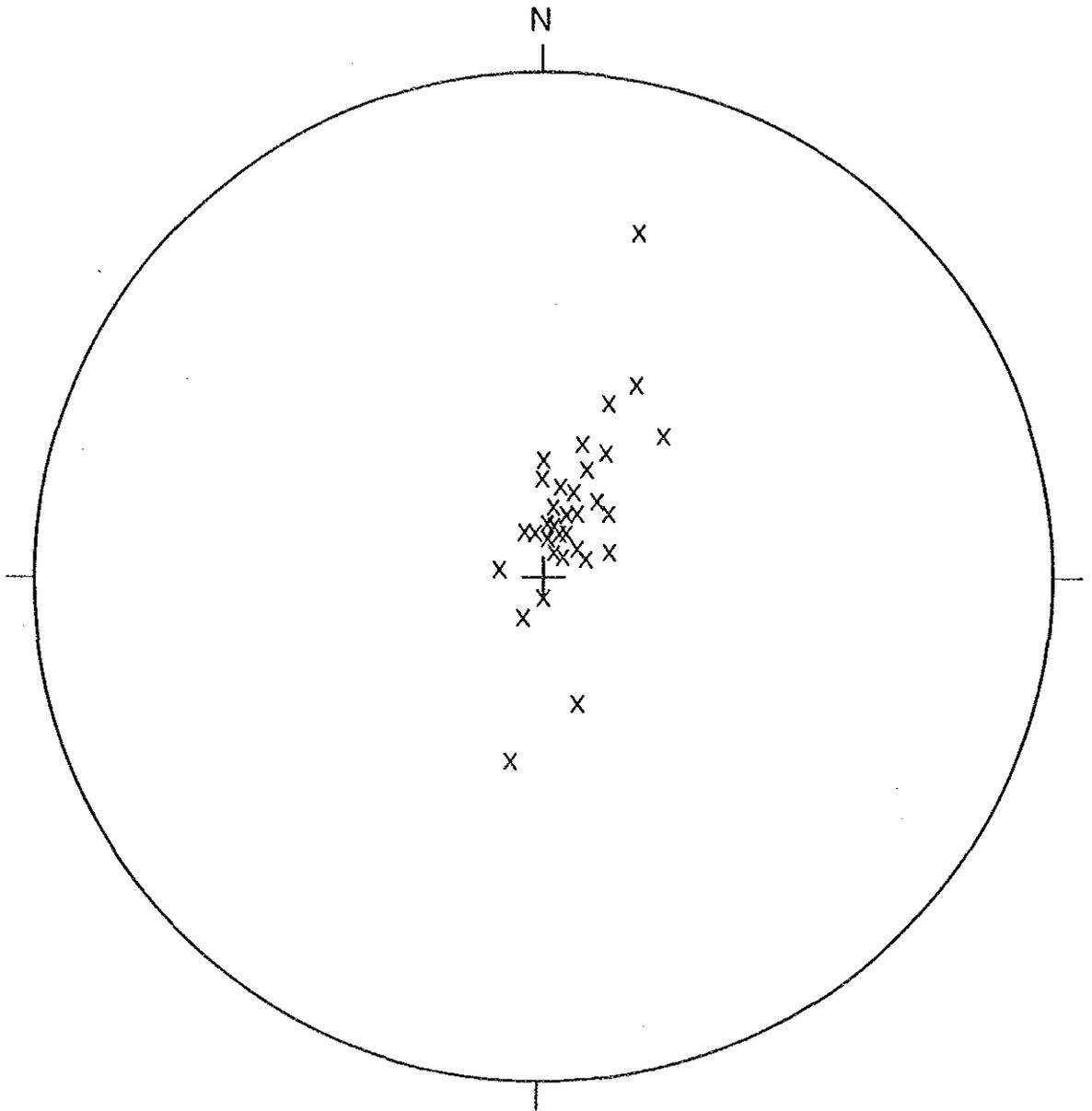


図 3 - 5 第三系砂岩層 (Tss<sub>1</sub>) の層理面のステレオ投影図



### 【第三系】

調査地区の第三系には、白亜系で認められた烈しい褶曲を受けているものは少ない。調査地域北部では、波長5-8kmの略々南北に伸長する褶曲構造が卓越し、砂岩層(Tss<sub>1</sub>)、Ⅱ-Ⅳ期安山岩類(Tad<sub>2</sub>-Tad<sub>4</sub>)、Ⅰ-Ⅲ期石英安山岩(Tdc<sub>1</sub>-Tdc<sub>3</sub>)が参加している。一方、調査地域南部では、北部から連続する南北系褶曲のほか、Cacoma山脈を構成する砂岩層(Tss<sub>1</sub>)やⅡ-Ⅲ期安山岩類(Tad<sub>2</sub>, Tad<sub>3</sub>)には東西系の走向が卓越してくる。

調査地域に発達する断層は、生成時期の古いものより、①南北-北東-南西系、②東西系、③北西-南東系に分けられる。南北系のもは、調査地南端 San Agustin (サン・アグスチン) 付近で石灰岩層(Kls<sub>1</sub>)とⅢ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>)に変移を与えている。北東-南西系のもは、調査地域南東部に卓越するもので、Ⅱ-Ⅳ期安山岩類(Tad<sub>2</sub>-Tad<sub>4</sub>)に、北西-南東系の構造線と合わさり、地塊化運動を与えている。

東西系の断層は、Talpa de Allendeの南東部で砂岩層(Tss<sub>1</sub>)、Ⅰ期石英安山岩(Tdc<sub>1</sub>)、Ⅲ-Ⅳ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>-Tad<sub>4</sub>)を東西に転移させている。

北西-南東系のもは、最も連続性に富む構造線であるが、転移量はそれ程大きなものではない。

Urabe(1982)により、Talpa川沿いに推定された構造線は、調査地域南部のEl Refugio(エル・レフヒオ)付近では存在するものの、岩層の分布状況からみて、北部への連続はないと考える。

第三系の火山岩類は、局部的には急傾斜を示す場合もあるが、多くは30°以下の緩傾斜を示すことが多い。

La America-Descubridora 地区の南部に発達する砂岩層(Tss<sub>1</sub>)の下部には黒色頁岩が発達するが、時に、これらと白亜系の頁岩との区分の難かしいこともあるが、示す走向・傾斜の極のステレオ投影の結果(図3-5)を白亜系のもの(図3-3)と比較したとき、明瞭な違いが読みとれる。走向の安定していることが特徴であり、極の集中度も白亜系のものより遙に良く、時代の違いが反映されている。

### 3-4 鉍 徴 帯

調査地域には、白亜系の頁岩(砂岩)層(Ksh<sub>1</sub>)中の石英安山岩類と密接な関連をもって賦存する黒鉍型鉍床のほか、上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)中の金-銀鉍脈等、種々の鉍化帯が発見された。しかし、これまで経済的に重要と考えられるものは黒鉍型鉍床であり、したがって、調査もこの型の鉍床の賦存の可能性の打診を行うことに重点を置いた。

### 3-4-1 鉍微帯各論

#### (1) La America (標高 1,410m)

〔位置〕：調査地域の中央部から西寄りに位置する。最寄り部落はAranjuezである。Talpa de Allendeからの距離は約10kmである。

〔産状〕：鉍床は無斑晶質の石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)を下盤として、それを覆う鉍床層準の酸性細粒凝灰岩—火山礫凝灰岩(Koh)中にこれと整合的にN60°E 70°~80°SEの走向・傾斜をもって胚胎している。鉍床層準の上位には石英斑晶が肉眼で普遍的に認められる上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)が分布している。鉍床層準の凝灰岩類(Koh)は全般に緑泥石化、絹雲母化、珪化作用を受けているが、上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)の変質もほぼ同程度である。

鉍床は層状あるいはレンズ状を呈し、主要なもの2層が存在する。上位に黒鉍質鉍層(厚さ：1m)が走向延長に40~50m確認され、その下位に細粒黄鉄鉍を主とする鉍層(厚さ：4m)が胚胎する。両鉍層とも厚さは劣勢であるが、安定した連続を示す(図3-6)。

鉍石は緻密で細粒の硫化物(閃亜鉛鉍, 方鉛鉍, 黄鉄鉍等)の集合よりなり、縞状構造を示す箇所も認められる。現在の坑内の開発状況では珪鉍に相当するものは見られないが、坑外貯鉍場では珪鉍様の鉍石も認められ、黒鉍, 黄鉍, 珪鉍から構成されているらしいことが考えられる。また、鉍床が下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)の近傍に賦存していることを考えると、鉍床の生成は鉍化溶液の噴出源近くで行われた、いわゆるProximal型の黒鉍型鉍床と推定できる。

鉍石研磨片の観察結果からも初生の閃亜鉛鉍, 方鉛鉍等の結晶の集合からなるもので、結晶の碎屑片からなる再堆積様構造は見られない。脈石鉍物は薄片鑑定の結果、石英が卓越している。本鉍床産鉍石の分析結果は以下のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
0-10	0.7	1,014	0.32	3.95	23.89	Massive, compact fine Py-Sph ore
0-11	0.3	188	0.14	0.86	2.02	massive, fine Py ore
0-12	0.7	244	0.20	1.47	10.77	"
0-13	12.8	3,799	1.20	24.39	34.08	Massive, compact Sph-Gn ore
0-14	2.1	230	0.17	0.58	2.64	Py-Sph dissemination in silicified rock
0-17	0.4	297	0.17	1.26	11.10	Fine Py ore

黒鉍質鉍石でも、黄鉄質鉍石でも高含銀であることが注目されるが、研磨片の顕微鏡観察では銀鉍物は認められていない。

本鉍床は、これまで幾多の鉍業権者の変遷を経て、現在の鉍業権者はIng. Arnold Cas-

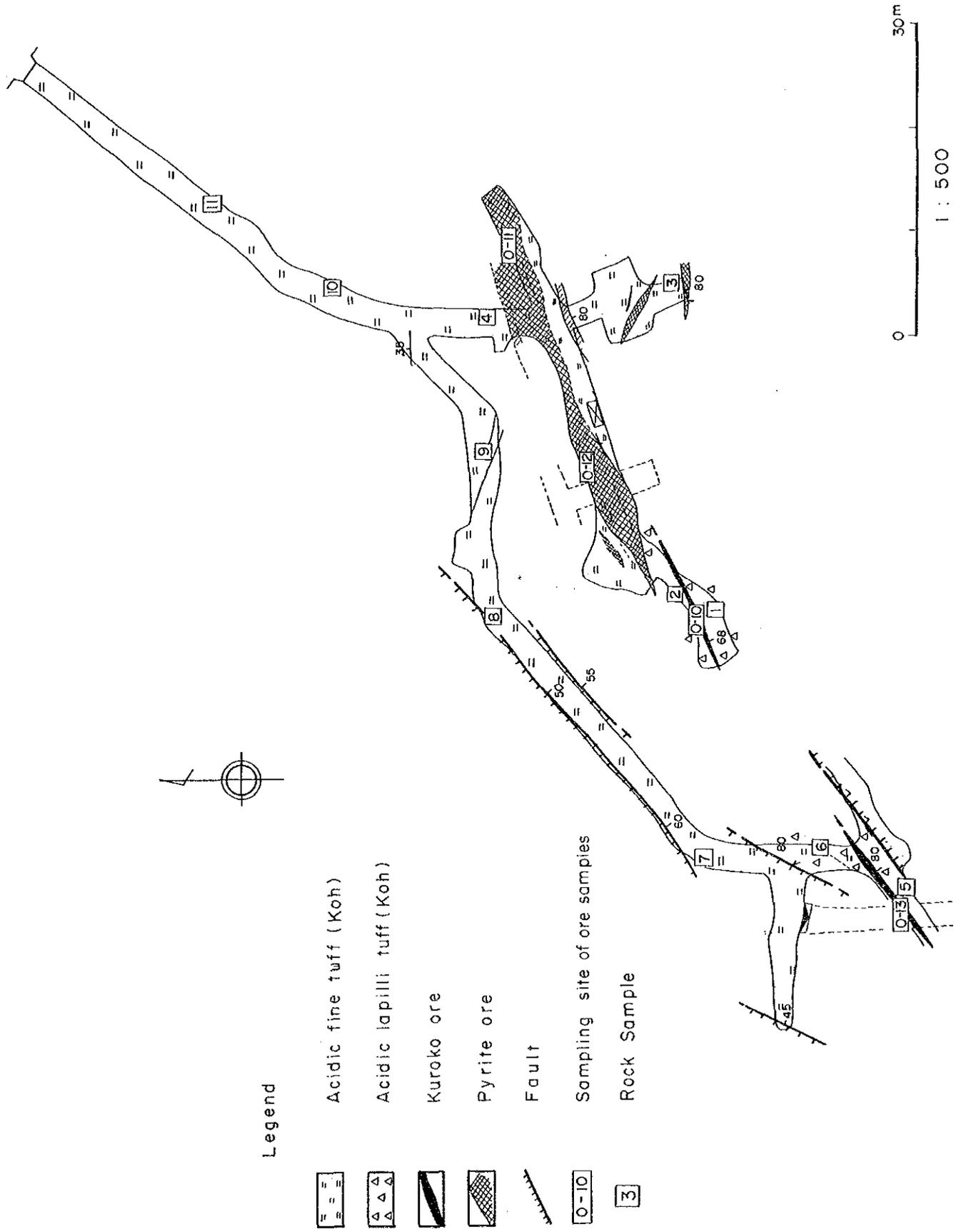


図 3-6 La America 鉱床の坑内図



tañeda Martinez (Guadalajara在住)である。過去の生産についての資料はないが、坑内の開発状況、鉱床の規模から推察してほぼ数万トン程度の生産規模と考えられる。

(2) Descubridora(標高 1,440m)

〔位置〕：La America坑口の南西約 1 km に位置している。また、Aranjuez 部落の 1.6 km 南にあり、木材運搬用道路がある。

〔産状〕：海拔 1,440m に通洞(方向 N70° E, 延長 360m) が開削されている。ほとんどが鉱床層準の珪化した酸性細粒凝灰岩(Koh)により構成され、坑外で見られる頁岩の挟みもなく、走向・傾斜は決め難い。鉱床は通洞レベル以上に胚胎しており、採掘跡の観察はできなかったが、30~40m×10m×4.5mの規模をもつといわれている。また、この調査では黄鉄鉱・磁石あるいは黄鉄鉱の磁染した磁石のみを研堆積場で認めただが、重晶石を含む黒鉄鉱、黄鉄鉱、珪鉄が同一堆積場で観察できたという。すなわち、詳しい鉱床の産状は不明であるが、産する磁石種と鉱床の胚胎層準から、本鉱床も Proximal 型の黒鉄型鉱床と考えられる。採掘跡の規模からして、これまでの既採掘量は 1 万トン弱であろう。

野外の研堆積場から採取した磁石の分析結果は下記のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
0-9	0.1	71	0.07	0.20	0.65	Fine Py dissemination in silicified breccia
0-20	0.3	90	0.16	0.44	0.37	Fine Py-Sph dissemination in acidic fine tuff
0-22	1.2	322	0.16	0.20	0.26	Fine Py ore

(3) Atalaya(アタラヤ)(標高 1,600m)

〔位置〕：Descubridora坑の東北東 600m に位置する。

〔産状〕：略々東向き of 坑道約 50m が入坑可能である。坑口より 15m 付近に東西に近い逆断層があり、鉱床層準の凝灰岩類が分布している。局部的に粘土化の認められる箇所もあるが、全般的に珪化作用が卓越している。しかし、強珪化作用の割には黄鉄鉱の磁染も弱い。坑内では、掘上りおよび掘下りを数箇所で見られるが磁化帯は見あたらない。これらの採掘は、鉱床層準にしばしば濃集する細粒の黄鉄鉱を主体とし、それに若干の閃亜鉛鉱・方鉛鉱を伴う高含銀鉄鉱を対象としたものであろう。

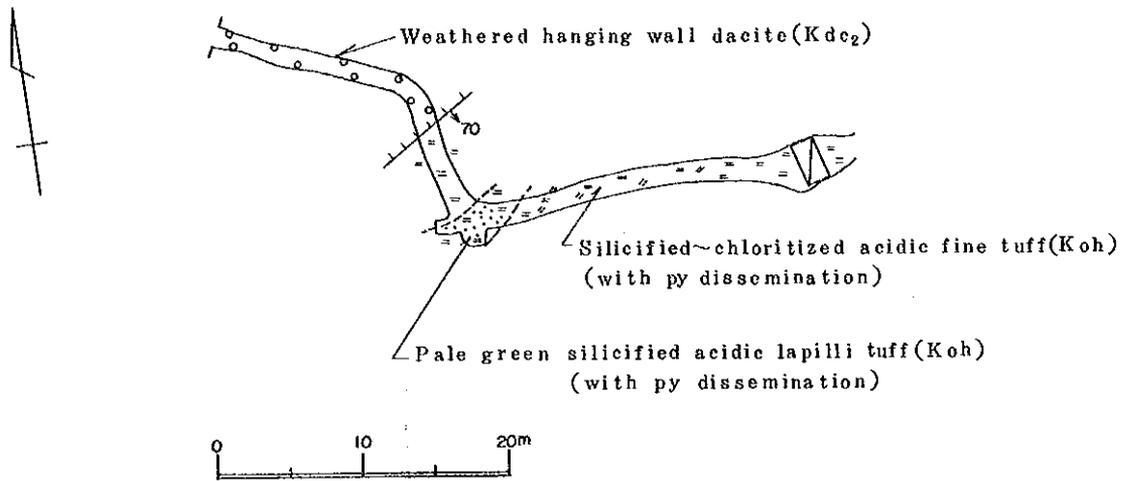


図3-7 Atalaya 鉱床の坑内図

(4) Atayarita (アタヤリタ) (標高 1,560 m)

〔位置〕：La America坑口の南 500 m に位置する。

〔産状〕：鉱床層準の酸性細粒凝灰岩～火山礫凝灰岩 (Koh) 中に坑口がある。坑口付近では弱い黄鉄鉱鉱染と珪化作用が認められるが、これを覆う上盤石英安山岩 (Kdc<sub>2</sub>) 中では珪化も鉱染も弱まる。崩落のため入坑は不可能であるが、坑口付近に堆積されている鉱石 (頁岩中に細粒の黄鉄鉱・閃亜鉛鉱の鉱染) の分析結果は下記のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
0-16	0.8	256	0.18	1.69	5.88	Fine Py-Sph dissemination in silicified shale

La America-Descubridora地区の黒鉄型鉱床産鉱石の常で、鉛・亜鉛含有量に比して銀含有量が高い。

(5) Hueso (ウエソ) (標高 1,420 m)

〔位置〕：Descubridora坑の北東 450 m に位置する。

〔産状〕：鉱床の直接の産状は坑口の崩落により観察できない。坑口的位置は、上盤石英安山岩 (Kdc<sub>2</sub>) の下面近くに位置することより、採掘の対象は鉱床層準の細粒凝灰岩～火山礫凝灰岩 (Koh) 中の黒鉄型鉱床と思われる。坑口付近の研堆積中からの破碎化を受けた黄鉄鉱の分析結果は次のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
0-15	0.8	276	0.36	0.73	2.06	Crushed Py ore

肉眼的には、方鉛鉱・閃亜鉛鉱は認められないため、微粒状で黄鉄鉱粒間を充填するものと思われる。

(6) Trinidad(トリニダ)(標高1,470m)

〔位置〕：Descubridora坑の東南東350mに位置する。

〔産状〕：上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)の下面近くの鉱床層準の細粒凝灰岩(Koh)中に黄鉄鉱を主体とする不規則濃集部がある。図3-8に奥行4mの部分の引立てのスケッチを示す。黄鉄鉱の風化作用による分解のためか、母岩は脆弱であり、黄鉄鉱後の褐鉄鉱網状脈が頻繁に切る。採取した試料の分析結果は鉛、亜鉛の含有量に比して、銀品位が高い。

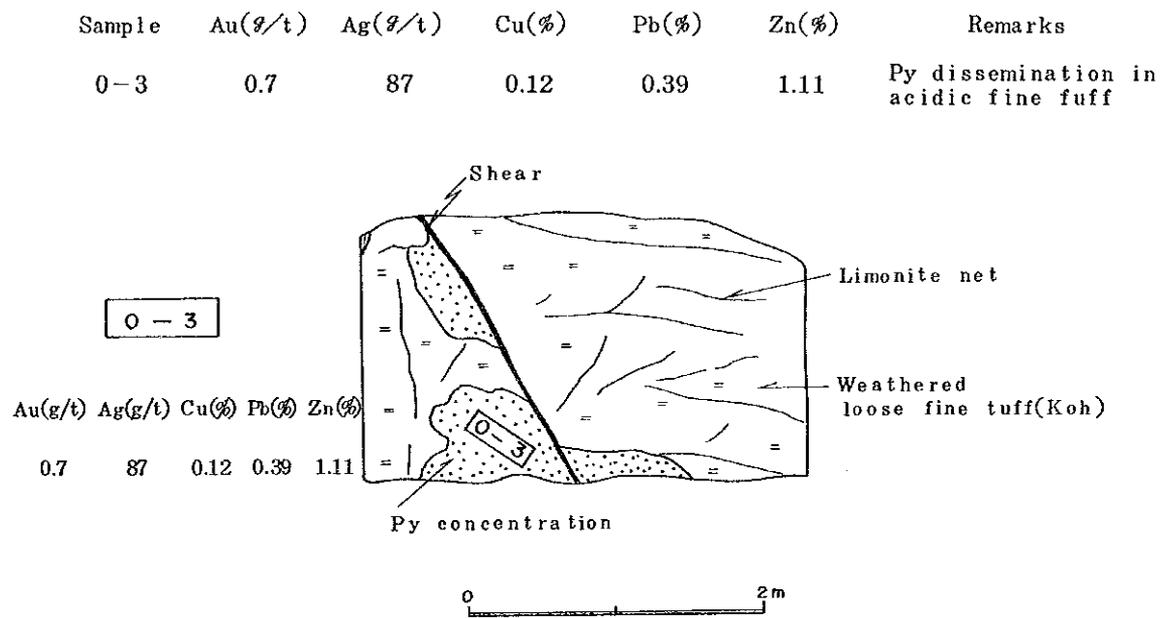


図3-8 Trinidad 鉱化帯スケッチ

本鉱化帯も黒鉄層準中に賦存していること、また、鉄石の品位がこの地域の黒鉄型鉄床産のものとよく似ていることより、鉄化作用の起源はLa AmericaやDescubridora鉄床と同一の黒鉄型鉄床と考えられる。

(7) La Eliza(ラ・エリサ)(標高1,440m)

〔位置〕：Descubridora坑口の南東100mに崩落した坑口と研堆積場がある。

〔産状〕：坑口は黒色頁岩を挟在する鉄床層準の細粒凝灰岩(Koh)中にある。坑口の方向は略々東向きで、鉄床層準中の黒鉄型鉄床を対象としたものであろう。研堆積場で採取した黄鉄鉱の鉄染を伴う珪鉄の分析結果は下記のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
0-4	0.2	6	0.05	0.06	0.26	Py disseminated siliceous ore

他の鉍床からのものに比べ、銀・鉛・亜鉛の含有量が低く、殆んど黄鉄鉍単味の鉍石と判断される。

(8) Monte Cristo(モンテ・クリスト)(標高1,600m)

〔位置〕: Descubridora坑の東南東350mに位置する。

〔産状〕: S 35 W向きの30-35°の斜坑が約30m開削され、立坑に連絡している。鉍化は、上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)中に挟在される頁岩あるいは火山礫凝灰岩(単層の厚さ: 3-4m)中に黄鉄鉍鉍染が認められる。部分的に方鉛鉍、閃亜鉛鉍を伴うこともある。頁岩中に黄鉄鉍を鉍染状に含む鉍石の分析結果は次のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
0-8	0.4	102	0.17	0.38	0.85	Py dissemination in shale

この付近の黒鉍型鉍石と共通して、銅・鉛・亜鉛が低品位であるものの、銀品位は相対的に高い特徴が認められる。層位的に鉍床層準の最上部の鉍徴と考えられる。

(9) El Rubi (標高1,260m)

〔位置〕: Talpa de Allendeの西10kmのToledo川中流域に位置する。

〔産状〕: El Rubi 鉍床の鉍床地質については、坑道が崩落しかけており、坑内調査は行えなかったが、坑口付近では図3-9に示すような産状が観察できる。方鉛鉍・閃亜鉛鉍を主体とする黒鉍質鉍層が南東方向に緩傾斜している。この鉍層の上位には粗粒玄武岩貫入岩が認められ、このため鉍層が押し曲げられ、一見、周囲の母岩(頁岩Ksh<sub>1</sub>)と非調和の傾斜を示している。鉍床は肉眼的には典型的な黒鉍質鉍石からなる鉍層と、その下位の黄鉄鉍を主成分とする珪鉍の2種類が認められる。黒鉍質鉍層の厚さは2m-0.5mと変化する。珪鉄は約1.5mの厚さまで確認できるが、それ以下は不明である。黒鉍質鉍石では、鉍層の最上部数10cm間には黄鉄鉍、方鉛鉍、閃亜鉛鉍による明瞭な縞状構造が発達している。細粒の重晶石もこの構造の形成に参加している。珪鉍の母岩は弱く角礫化した下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)らしく、黄鉄鉍は鉍染、細脈、網状あるいは小規模な鉍巢状として産する。

本調査で採取した鉍石の分析結果は次のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
0-1	0.3	134	1.78	4.70	29.57	Kuroko
0-2	2.4	574	0.17	0.30	0.59	Siliceous ore
0-5	0.2	106	1.58	3.55	21.35	Kuroko
0-6	0.2	25	0.07	0.09	0.25	Siliceous ore

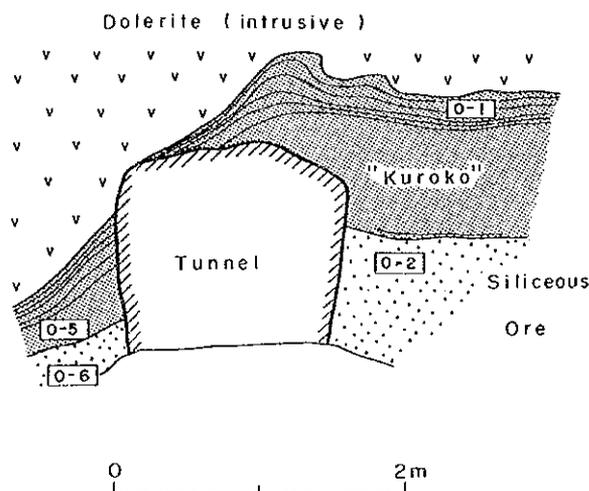


図3-9 El Rubi 鉱床スケッチ

珪鉱体の上部から採取した試料0-2で金、銀の濃集が注目される。

El Rubi 鉱床は Fresnillo 社の子会社たる Zimapan 社により 1967-73年の約7年間採掘された。斯社は El Rubi に 200t/dの選鉱場を建設し鉱石の処理にあたったが、既採掘量は最大見積っても10万トンには達しないとみられる。

El Rubi 鉱床の下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)は鉱床の東部で東西系に発展の方向を変化させる。また、層位的には El Rubi 鉱床の層準の上位 (Ocotitlan) の、珪化岩中に黄鉄鉱の網状帯が見出された。この部分の試料の分析品位は次のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
0-19	0.6	122	0.18	0.38	2.42	Py net in silicified rock

品位的類似性から、この鉱微帯も黒鉱型鉱床に属すると思われる。

(10) Concha (コンチャ) (標高1,550m)

〔位置〕：La America坑口の北東 300mに位置する。

〔産状〕：走向N15°E，傾斜80-90°W，脈幅20-30cmの鉱脈が上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)中に胚胎している。鉱化はN15E系の剪断帯に沿って約15m間認められる。かつての採掘は1,540mレベルから上部で行われている。図3-10に示すように鉱脈の北東方向への発展は確認できるが、南西方向への連続は北西系断層のため不明である。引立付近で採取した肉眼的には黄鉄鉱と方鉛鉱よりなる粉状鉱の分析結果は次のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
0-18	86.7	7,482	0.07	3.55	0.20	Py-Gn powdery ore Width: 20cm

黒鉛型鉛床の近傍で本鉛脈のような高品位脈が存在することは、そのことの重要さに加えて、黒鉛型鉛床の探鉛上も注目される。つまり、河床堆積物を用いた地化学探査によって、上記の鉛徴を捕捉することで、間接的ながら潜頭する黒鉛型鉛床の賦存の有無を知る可能性を残している。

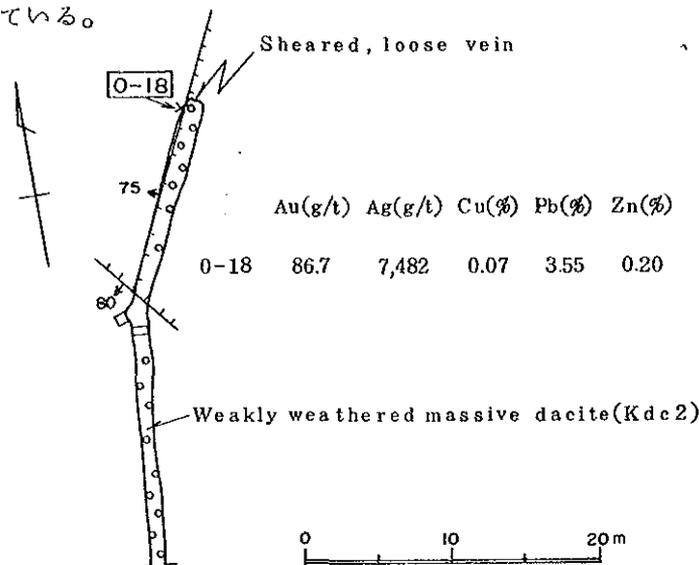


図3-10 Concha 鉛床の坑内図

(1) Plomosas(プロモサス)(標高1,580m)

〔位置〕：Toledo川とAranjuez川間の高峰Cerro El Pintor(標高2,140m)の北西斜面のLos Tepozanez(ロス・テポサネス)沢の上流に位置する。

〔産状〕：淡オリブ色を呈する塩基性細粒凝灰岩中に粗粒の閃亜鉛鉛・黄銅鉛・方鉛鉛が脈幅約2mにわたり、鉛巢状あるいは鉛染状で約6m連続しているのが確認できる。鉛脈の走向はN60°W、傾斜垂直であり、坑口の水準以外に水没している立坑により、下部延長の開発も行われたらしいが、出鉛量や開発規模等は不明である。鉛脈の性質は母岩と脈の境界が不鮮明であること、脈の構成物が母岩と同じものであること等より、張力性の裂力よりは剪断性の裂力の特徴を備える。

この脈と隣接する母岩から採取した変質岩のX線回折結果は、後者が依然としてかなり多量の初生斜長石が分解を免れているのに対し、前者は完全に分解し消去され、鉛脈鉛床に特有な変質の急激な変化を示している。緑泥岩の化学組成も、鉛脈鉛床により普遍的に産する鉄に富む鉄緑泥石に分類できる(図3-14)。

この鉛脈産鉛石の研磨片の反射顕微鏡観察によれば、黄銅鉛中に閃亜鉛鉛の離溶“Star-ear”が認められる。また、初生白鉛鉛と黄鉄鉛共生体があることより、この鉛脈は単なる浅熱水型鉛脈でなく、ゼノサーマル型鉛脈と考えられる。この鉛脈の近傍に潜頭する半深成岩体の存在が予想される。閃亜鉛鉛と方解石よりなる鉛石の分析結果は下記のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
W-33	0.2	28	0.15	0.15	31.9	Coarse Sph and calcite ore

黒鉍型鉍床産の鉍石と比べ、銀品位の低いのが特徴である。

(12) Virgencita de Fatima( ビルヘンシータ・デ・ファティマ ) ( 標高1,800m )

〔位置〕：Descubridora坑の西2.6kmに位置する。採掘した鉍石と鉍区原点の標識が認められるが、坑口位置は発見できない。

〔産状〕：採掘鉍石をみる限り、この付近のⅠ期安山岩類(Tad<sub>1</sub>)の細粒部を母岩とする黄鉄鉍・閃亜鉛鉍・方鉛鉍・黄銅鉍脈である。閃亜鉛鉍、方鉛鉍は中—粗粒であるが、母岩中に鉍染する場合は微粒となる。鉍石母岩は肉眼的には、緑簾石も認められ、プロピライト変質を受けているものと考えられる。鉍脈の幅、走向・傾斜等については不明。

坑外貯鉍の鉍石の分析結果は次のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
0-7	0.1	272	1.65	9.83	5.94	Sph-Gn-Cp vein in andesite (Tad <sub>1</sub> )

黒鉍型鉍床産鉍石とは異なり、方鉛鉍等の含有量が多い割には銀含有量が増えない。

(13) Lorenzo ( ロレンソ ) ( 標高1,800m )

〔位置〕：Monte Grande部落の西方約3km、同名の沢の上流に位置する。この付近数100mの範囲には数箇所旧坑が散在する。

〔産状〕：地質は淡緑色—淡褐色を呈するⅢ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>)の安山岩溶岩—火山礫凝灰岩から構成され、Lorenzo脈は火山礫凝灰岩中に走向N55°W、傾斜65°Wをもつ石英脈(脈幅3~5cm)である。鉍脈は張力裂カを石英が充填したもので、脈と母岩の境界は明瞭で、脈際でも特別の変質は認められない。脈は肉眼的には、乳白色の石英とこれに付随する微量の黄鉄鉍、黒色鉍物(方鉛鉍?)からなる。案内人によれば50-60年前に採掘したという坑道があるが、崩壊しており、開発延長、出鉍量等は不明である。この石英部分の分析結果は下記のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
0-21	2.6	189	0.06	0.02	0.04	Qz veinlet in acidic lapilli tuff (Tad <sub>3</sub> )

この分析結果からはAu:Ag比が低いタイプの鉍化作用であり、鉍石中に硫化鉍物が極端に少ないことより、Agは直接銀鉍物からもたらされたものであろう。

Lorenzo鉍脈の約200m南に水没したTajalin(タハリン)坑がある。これは塊状緻密質な安山岩溶岩(Tad<sub>3</sub>)中にS10°W方向に約20m、8-10年前に石英脈の採掘を行ったものという。坑口付近に1-2cmの石英細脈が断続するのが認められるのみである。母岩中には鉍化・変質の徴候はほとんど認められない。

(14) Monte Grande ( 標高 1,400 - 1,900 m )

〔位置〕：調査地域の中部に位置するMonte Grande部落付近に黄鉄鉍染帯が認められる。

〔産状〕：この地区にはⅡ期安山岩類(Tad<sub>2</sub>)、安山岩貫入岩(Ad<sub>2</sub>)Ⅲ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>)の分布が知られている。鉍徴は微粒の黄鉄鉍鉍染を主体とするものであるが、母岩の種類により差異が認められる。すなわち、Ⅱ期安山岩類(Tad<sub>2</sub>)と安山岩貫入岩(Ad<sub>2</sub>)中にみられる広いプロピライト変質帯に随判する黄鉄鉍鉍染とⅢ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>)中に認められる裂カ系に支配された鉍徴である。前者は広い鉍染帯を形成するのに対し、後者は局部的である。また、前者の場合は肉眼的には単調な黄鉄鉍鉍染のみであるが、研磨片の顕微鏡観察によれば黄鉄鉍中に閃亜鉛鉍( $\phi 0.02 - 0.01mm$ )が包有されることがある。

付近には金鉍化作用(Lorenzo脈)も知られていることから、貴金属の随判を期待して、次の4試料の分析を行った。結果は下記のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
G-24	Tr	1	0.01	0.01	0.02	Py dissemination in andesite(Tad <sub>3</sub> )
G-37	Tr	2	0.02	0.01	0.04	" (Tad <sub>3</sub> )
L-1	0.1	2	0.03	Tr	Tr	Py dissemination in andesite intrusive(Ad <sub>2</sub> )
L-3	Tr	1	0.02	Tr	0.03	"

鉍化様式の違いにもかかわらず、品位的にお互いによく似ている。

(9) La Providencia (ラ・プロビテンシア) (標高 940-960m)

〔位置〕：調査地域の南部 La Cuesta 部落の 4 km 北東、La Providencia 沢中流に位置する。

〔産状〕：灰色の花崗閃緑岩中に石英脈(N20°W, 90°)が認められる。脈幅約 50cm であり、酸化のため淡褐色を呈している。母岩は若干の珪化のほか、特別の変質は認められない。脈と母岩の境界は所により不鮮明となる。坑道は 3m の延長をもつのみであるが、本坑口の 50m 下流にも同様の産状をもつ石英脈が認められる。案内人によれば、これら 2箇所のほか、この付近、数箇所金探鉍が行われたものようである。鉍石の分析結果は次のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
MR-42	4.0	18	0.01	0.23	0.01	Qz vein
MR-43	0.1	4	0.02	0.07	0.01	Qz vein

金単味の鉍化作用である。肉眼的にも微量の黄鉄鉍以外は、硫化鉍物は認められない。

(10) Cerro Cuesta de Heron (セロ・クエスタ・デ・ヘロン) (標高 1,480m)

〔位置〕：La Cuesta の北東 6 km, La Providencia 沢の上流に位置する。

〔産状〕：花崗閃緑岩(Gd)との境界部近くのⅢ期安山岩類(Tad<sub>3</sub>)中に石英の細脈が観察される。褐色の黄鉄鉍後の褐鉄鉍(一部赤鉄鉍?)からなる焼けが認められ、黄鉄鉍が残

留している場合もある。石英細脈（1 cm以下）の卓越する方向を決めるのは難かしい。褐鉄鉱と石英細脈の混合試料の分析結果は以下のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
MR-47	Tr	1	0.01	0.01	0.02	Limonite mixed Qz vein

分析結果をみる限り、黄鉄鉱以外なら他の硫化鉱物は含まれない模様である。

(17) Cerro Caplincillo (セロ・カプリンシージョ) (標高1,620m)

〔位置〕：調査地域の中部の東端のCerro Caplincillo付近に位置する。

〔産状〕：灰白色のガラス質のI期石英安山岩類(Tdc<sub>1</sub>)中に黄鉄鉱を伴う灰白色の変質岩が認められる。黄鉄鉱以外の硫化鉱物は見出されない。部分的に珪化岩となっているところもある。黄鉄鉱の少ない変質岩のX線回折結果は、斜長石が溶脱・消去し、絹雲母・カリ長石の生成が認められる。この鉱物組合わせは、金鉱化作用にも伴われるものであるが、試料の分析結果は以下のとおり、低品位である。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
MLJ-3	Tr	4	0.03	0.01	0.01	Py dissemination in siliceous rock

以上の鉱床・鉱徴帯のほかに、La America-Descubridora地区及びEl Rubi地区の上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)中には閃亜鉛鉱・黄鉄鉱の鉱徴が認められることがある。特に、La America 鉱床の南の上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)には、肉眼的に微量の閃亜鉛鉱を伴う黄鉄鉱の鉱染帯がみられた。これは、下記の分析結果が示すように銀品位については注目すべきものである。上述のConeha鉱脈鉱化作用との成因関係は不明であるが、これらの鉱化作用が黒鉄型鉱化作用と類縁関係をもつものならば、河床堆積物を用いた地化学探査により、間接的ながら、黒鉄型鉱床の賦存の可能性を知る手掛りを得ることになり、この面でも重要である。分析結果は下記のとおりである。

Sample	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
FF-17 <sup>1)</sup>	0.8	374	0.22	0.80	2.64	Py-Sph vein in hanging wall dacite
M-9 <sup>2)</sup>	0.2	19	0.09	0.05	0.33	Py-Sph dissemination in hanging wall dacite

1) La America-Descubridora 地区 (Kdc<sub>2</sub>)

2) El Rubi 地区 (Kdc<sub>2</sub>)

表 3 - 1 鉍 微 帶 一 覽 表 (1)

No.	Mineralized Zones	Type of Ore Deposit	Occurrence	Remarks
1	La America	Kuroko type	Kuroko and Pyrite Stratiform Ore in acidic fine tuff and lapilli tuff (Koh)	Proximal type deposit
2	Descubridora	Kuroko type	Kuroko, Pyrite and siliceous ore in acidic fine tuff and lapilli tuff (Koh)	Proximal type deposit
3	Atalaya	Kuroko type	Pyrite mineralization in acidic fine tuff and lapilli tuff (?)	Urabe (1982) classified the deposit into as a distal type deposit
4	Atalayita	Kuroko type	Fine pyrite mineralization in acidic fine tuff (Koh)	
5	Hueso	Kuroko type	Pyrite mineralization in acidic fine tuff and lapilli tuff (Koh)	
6	Trinidad	Kuroko type	Pyrite concentration and dissemination in acidic fine tuff (Koh)	No stratiform mineralization
7	La Eliza	Kuroko type	Pyrite disseminated siliceous ore in acidic fine tuff (Koh)	
8	Monte Cristo	Kuroko type	Pyrite, sphalerite and galena dissemination in acidic fine tuff and shale (Koh)	Mineralization at the upper most portion of ore horizon
9	El Rubi	Kuroko type	Stratiform Kuroko and siliceous ore on foot wall dacite (Kdc 1)	Proximal type deposit
10	Concha	Au-Ag vein (Epithermal)	Au-Ag-Pb mineralization in shear zone of hanging wall dacite (Kdc 2)	High grade Au-Ag mineralization

表 3-1 鈦 微 帶 一 覽 表 (2)

No.	Mineralized Zones	Type of Ore Deposit	Occurrence	Remarks
11	Plomosas	Zn-Cu-Pb vein (Xenothermal)	Zn-Cu-Pb mineralization in shear zone of basic fine tuff	Sphalerite exsolution "Star" in chalcopyrite
12	Virgencita de Fatima	Zn-Pb-Cu vein (Epithermal)	Zn-Pb-Cu mineralization in I-stage andesite: (Tad 1)	
13	Lorenzo	Au-Ag vein (Epithermal)	Au-Ag-Qz mineralization in tensile fracture of III-stage andesite: (Tad 3)	Very minor quantity of sulphide mineralization is accompanied
14	Monte Grande	Pyrite dissemination	Pyrite dissemination in II-stage andesite: (Tad 2) and andesite intrusive: (Ad 2) and pyrite: mineralization controlled by shear fracture in III-stage andesite: (Tad 3)	No Pb-Zn mineralization is accompanied
15	La Providencia	Au vein (Epithermal?)	Au-Qz mineralization in granodiorite	Little sulphide mineralization is accompanied
16	Cerro Cuesta de Heron	Au-vein (?) (Epithermal?)	Au and limonite after pyrite in III-stage andesite: (Tad 3)	
17	Cerro Caplincillo	Pyrite dissemination	Pyrite dissemination in I-stage andesite: (Tad 1)	Sericite and K-feldspar prevailing as alteration minerals

### 3-4-2 日本の黒鉍鉍床との比較

調査地域に賦存する黒鉍型鉍床については、これまで鉍石面などからの検討はなされていない。本調査で採取した鉍石について顕微鏡的観察を行ったのでほかの地質産状とも併せて、これら鉍床の成因と関連させながら、日本の新生代の黒鉍鉍床あるいは中生代の黒鉍型鉍床との比較を行ってみた。

関連火成岩：La America鉍床もEl Rubi 鉍床も方鉛鉍・閃亜鉛鉍が主要構成鉍物である。この種の黒鉍型鉍床の関連火成岩の常として酸性のカルク・アルカリ岩系の火山岩が予想される(Huchinson, 1973)が、調査地域の鉍床も明らかに石英安山岩の活動に関連している。しかも、図4-8、図4-9に示すように火山岩の岩系もカルク・アルカリ岩系である可能性が強い。

また、鉍床賦存地の近傍には、Volcanoplutonic活動の産物とみられる文象斑岩が存在し、これは日本の北鹿地域の黒鉍密集地帯において、黒鉍生成期(15~13m.y., Ohmoto, 1983)に遅れて活動している大滝花崗閃緑岩(9.0m.y., 高橋・谷村, 1980)、あるいは中生代の黒鉍型鉍床といわれる田老鉍床地域の田老型花崗閃緑岩の関係に似ている(山岡, 1983)。また、黒鉍型鉍床の賦存地域の火山活動上の特徴の一つであるBimodal Volcanismは、上・下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>・Kdc<sub>2</sub>)と玄武岩類(Kbs<sub>1</sub>)の存在で示されるように本地域の黒鉍型鉍床生成の前後においても認められるようである。ただし、火山活動の程度は、北鹿地域に比較して、はるかに劣勢である。

鉍床の生成環境：この地域の黒鉍型鉍床の生成環境については、鉍床生成当時の古水深、海底の古地形等について考察する有孔虫群集などの資料は乏しい。しかし、黒鉍型鉍床の賦存地区(La America-Descubridora地区及びEl Rubi 地区)に限って、鉍床の堆積の場の形状を示唆すると考えられる酸性の細粒凝灰岩あるいは玄武岩類が多くなる。鉍床の生成以降の変形が最も少ない日本の新生代黒鉍鉍床を例にとれば、鉍床の堆積の場として凹地形の存在を示唆する上記のような地質現象がよく認められる(汲田ほか, 1982)。したがって、調査地域でも黒鉍型鉍床の生成は、白亜紀の海底の盆状地で行われたと推測され、このことは探鉍上も考慮されるべきである。

鉍石鉍物の種類：顕微鏡観察の結果、この調査地域で認められる鉍石鉍物は閃亜鉛鉍、黄銅鉍、方鉛鉍、黄鉄鉍、斑銅鉍、四面銅鉍、硫砒鉄鉍、白鉄鉍等であり10種に満たない。この数は日本の新生代の黒鉍鉍床産鉍石鉍物のほぼ1/4程度である(山岡, 1984)。脈石鉍物は本調査地域のものは重晶石、方解石、石英、緑泥石、絹雲母で黒鉍鉍床産鉍石と類似するが鉍石鉍物については、その種類が少ない点では田老鉍床産鉍石に類似している。

なお、調査地域の黒鉍型鉍床も黒鉍鉍層、黄鉄鉍鉍層および珪鉍の3種から構成されていることが普遍的のようである。

閃亜鉛鉍中のFeS：新生代の黒鉍鉍床産閃亜鉛鉍中のFeSは0.1mole%と著しく低い(Urabe, 1974)。本地域の閃亜鉛鉍の偏光顕微鏡的観察によれば、田老鉍床産閃亜鉛鉍と光学的性質によ

表 3-2 黒鉱型鉛床産鉛石中の鉛物特性の比較

	I	II	III	Remarks
Number of Ore Mineral Species	I ~ II < III	II ~ I < III	III > I, II	
FeS in Sphalerite	3-21 mole% (?)	3-21 mole% <sup>1)</sup>	Approx. 0.1 mole% <sup>2)</sup>	1) Yamaoka, 1983 2) Urabe, 1983
Banded Sphalerite	Not Observed	Not Observed	Common	
Chalcopyrite disease in Sphalerite	Not Observed	Not Observed	Common	
Colloform and framboidal texture	Common	Common	Common	
Telescoped ore	Not Observed	Not Observed	Observed	
Gangue Minerals	Common	Not Observed	Abundant	
Barite	Minor	Common	minor	
Calcite	Common	Common	Common	
Sericite	Common	Common	Common	

- I : El Rubi and La America Deposits  
 II : Taro Deposit (Japanese Mesozoic Kuroko Type Deposit)  
 III : "Kuroko" Deposits in Hokuroku District, Akita, Japan (Japanese Cenozoic Kuroko Deposits)



く似た褐色を呈する。この屈折色は閃亜鉛鉱中に固溶される鉄の量を反映することから、田老鉛床産閃亜鉛鉱とほぼ同程度のFeSを固溶するものと思われ、山岡(1983)によれば、3~21mole %と考えられる。

閃亜鉛鉱の累帯構造：新生代の黒鉛鉛床産閃亜鉛鉱には微細な累帯構造が普遍的に認められるが、調査地域の黒鉛型鉛床産閃亜鉛鉱には累帯構造は見出されず、この特徴は田老鉛床産のものとも共通している。初生的に累帯構造が存在しなかったかどうかについては不明である。

閃亜鉛鉱中の“Chalcopyrite disease”：これも日本の新生代黒鉛鉛床では極めて普遍的な“Chalcopyrite disease”(Barton, 1978)がこの地域の閃亜鉛鉱中には全く認められず、結晶の成長後の黄銅鉛化というべき交代作用が存在しなかったことを意味している。この点でも田老鉛床産のものに類似している(山岡, 前出)。

“Telescoped Ore”の存在：新生代黒鉛鉛床では輝水鉛鉛等の高温型の鉛物が産する反面、輝銀鉛のような低温鉛物も共生し、Subvolcanic typeのTelescoped oreの特徴をもっている。しかし、この地域の黒鉛型鉛床では前述のとおり、高温鉛物は含まれず、この点でも新生代のものと趣きを異にし、むしろ、田老鉛床産のものに似ている。

以上の他、コロフォーム構造や脈石鉛物は賦存場所と時間の差を越えて共通している。表3-2に鉛物特性を示す通り、調査地域の黒鉛型鉛床産鉛物は同じ中生代の田老鉛床産鉛物により多くの類似点が認められる。鉛物中の銀品位は、日本の黒鉛鉛床産のものより、概して高い。特に、鉛・亜鉛含有量が低く、黄鉄鉛を主構成硫化物とするような鉛物でその差は顕著である。

### 3-5 X線回折による変質帯調査

黒鉛型鉛床の生成に伴って、鉛床周辺の母岩中に変質鉛物に関して、累帯分布を示すことが知られている。この母岩の変質は、黒鉛鉛床を生成した熱水溶液(鉛液)が岩石中を移動する際に母岩との反応によって生じたものである。この変質鉛物の累帯構造は、鉛床の上盤にまで及ぶことがしばしばあり(例えば歌田ほか, 1981, 1983),したがって、潜在する黒鉛型鉛床の賦存の可能性を、この累帯分布の存在を知ることにより、推定できる場合もある。このような変質現象は、新生代の日本の黒鉛鉛床に限られたものでなく、Urabe et al. (1983)に示されるように、中部ジュラ紀から始生代のカナダの黒鉛型鉛床でも認められ、この型の鉛床に普遍的な変質態様のようである。そこで、上部白亜紀の黒鉛型鉛床と考えられる調査地域の鉛床について、主として鉛床層準の凝灰岩類(Koh)あるいは上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)を対象に変質態様を調査した。なお、黒鉛型鉛床との関連は未詳ながら、肉眼的に変質帯を形成する酸性火山岩(例えば、I期及びIII期石英安山岩類)についても調査を行い、若干の検討を加えた。

### 3-5-1 測定条件

使用機器	: 理学電機(株)ガイガーフレックス 2078 型
対陰極	: Cu
フィルター	: Ni
電圧	: 30KV
電流	: 15mA
フルスケール	: 800cps
時定数	: 1 sec
スリット系	: 1 deg/0.3mm
走査速度	: 2°/min
チャート速度	: 20mm/min

### 3-5-2 解析方法

解析にあたっては、試料中の X 線回折チャートで検出された鉱物の存在量を林(1979)の方法により、石英指数を用いて相対的量比で表わした。すなわち、試料中のある鉱物の最強 X 線強度  $I_m(\text{cps})$  を、同じ実験条件下で測定した純粋石英の最強 X 線強度  $I_q(\text{cps})$  の百分率で表わしたものである。

$$\text{石英指数 (Q. I)} = \frac{I_m}{I_q} \times 100$$

石英については、第 1 ピーク (3.33Å) がスケールアウトする場合、第 2 ピーク (4.27Å) から第 1 ピークを推定した。各鉱物の使用ピークは次のとおりである。

石英	: 3.33 Å (101)
	4.27 Å (100)
斜長石	: 3.21 Å (002)
曹長石	: 3.20 Å (002)
カリ長石	: 3.24 Å (040,002)
絹雲母	: 9.93 Å (002)
緑泥石	: 7.19 Å (002)
方解石	: 3.04 Å (220)
苦灰石	: 2.91 Å (104)
黄鉄鉱	: 2.71 Å (200)
方鉛鉱	: 2.98 Å (200)
閃亜鉛鉱	: 3.13 Å (111)

### 3-5-3 変質分帯

歌田ほか(前出)および本多・松枝(1979)を参考にして、次の鉱物分帯を行った。

- I : 石英+カリ長石+(絹雲母)
- II : # +(緑泥石+絹雲母)
- III : # +(斜長石+曹長石)+(カリ長石)+(緑泥石+絹雲母)
- IV : # +(       "       )+(       "       )
- V : # +(       "       )

本多・松枝(前出)の指摘するように、I帯のカリ長石は、熱水変質による産物を、III~V帯のものは続成作用的生成を想定している。

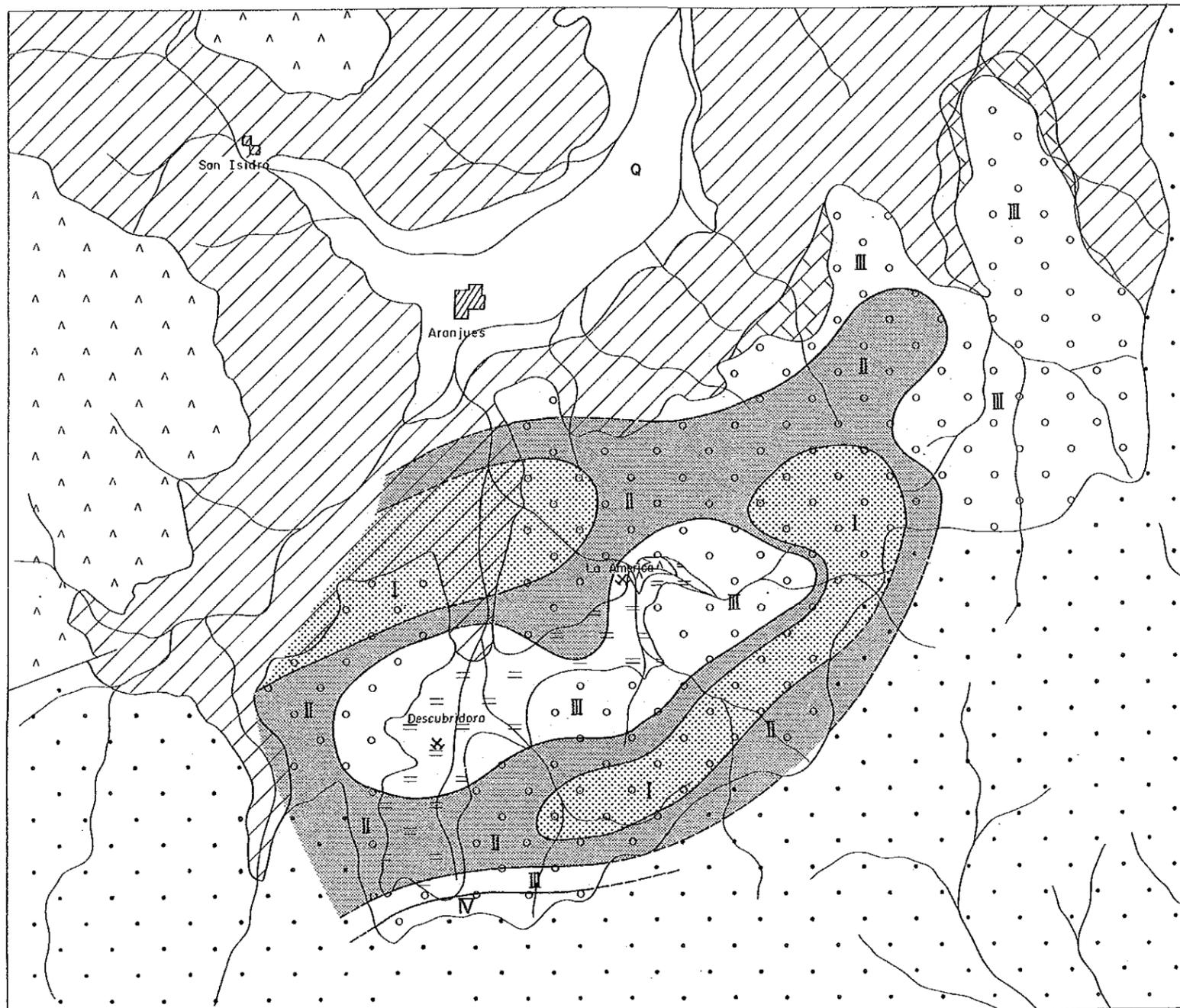
この分帯により La America-Descubridora 地区、El Rubi 地区およびその他の地区の変質態様を調べた。

#### (1) La America-Descubridora 地区

この地区には、前記 I~IV帯までの変質鉱物組合せが認められる。IV帯は Descubridora 鉱床の南の1試料で検出されただけに留まる。したがって、I~III帯が支配的であり、これは、この地区が全体的に熱水変質作用を蒙っていることを示唆している。熱水変質作用の生成物である緑泥石、絹雲母の生成量は多くはないが普遍的である。変質分帯は図3-11に示すように北東-南西方向に伸長する方向性が認められる。この地区の代表的な鉱床の La America, Descubridora 鉱床は、比較的変質程度の低いIII帯に含まれる。最強の変質帯であるI帯は、このIII帯の北西と南東に互いに略々平行な帯状の分布を示すようである。試料数(27個)に制限があるため、変質態様の詳細な解明はできないが、1.5km×3kmの範囲で黒鉱型鉱床に特有な Pervasive 型の変質徴候が認められることは注目される。かつ、既知鉱床(La America, Descubridora 鉱床他)が強変質帯に対応していないということは、強変質帯を生起させた未知鉱床の賦存の可能性を示唆しているかもしれない。

#### (2) El Rubi 地区

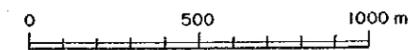
La America-Descubridora 地区に比べ、X線回折的には、変質程度は弱い。この地区の最強の変質は、El Rubi 坑口付近の下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)で認められるII帯である。しかし、上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)では図3-12に示すようにIV~V帯が卓越しており、熱水変質の徴候は弱い。試料数(15個)が少ないため、変質態様の把握は不十分であるが、上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)の伸びの方向(東西)に変質分帯も伸長する傾向が認められ、La America-Descubridora 地区で指摘したような、未知鉱床の賦存をこの地区で想定することはこの結果からは難しい。

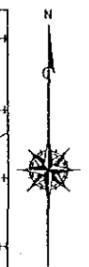
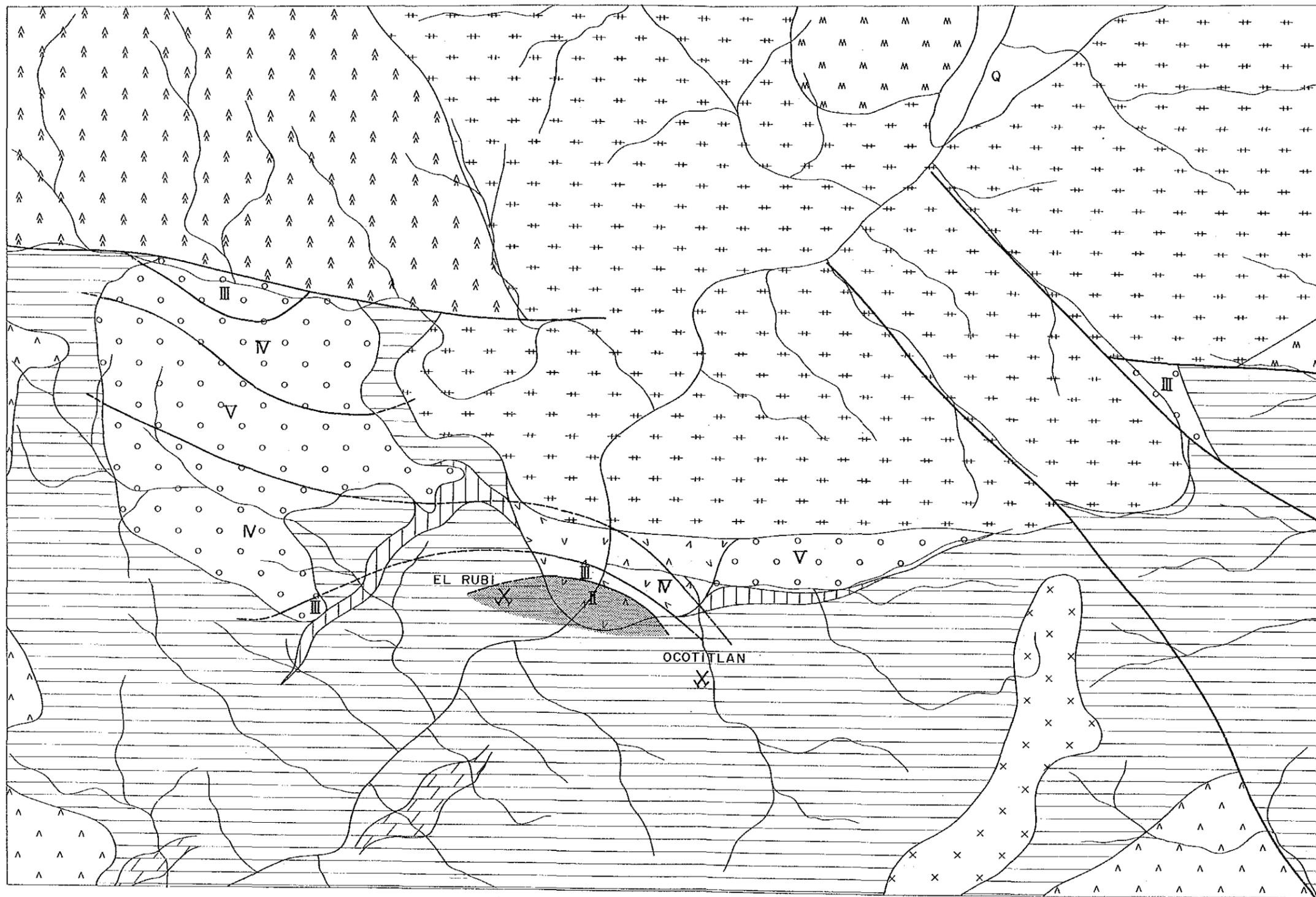


Legend

- Quaternary System(Q)
- Tertiary System**
- Sandstone (Tss1)
- 1-Stage Andesite (Tad1)
- Cretaceous System**
- Hanging Wall Dacite (Kdc2)
- Calcareous Shale (Ksh2)
- Ore Horizon Fine~Lapilli Tuff
- Foot Wall Dacite (Kdc1)
- Shale Intercalated with Sandstone (Ksh1)
- Fault
- Alteration Zones**
- I : Quartz + K-feldspar + (Sericite)
- II : " + (Chlorite + Sericite)
- III : " + (Plagioclase + Albite) + (K-feldspar) + (Chlorite + Sericite)
- IV : " + ( " + " ) + ( " )
- Drainage

図3-11 La America-Descubridora 地区の変質分布図

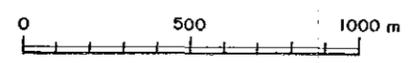


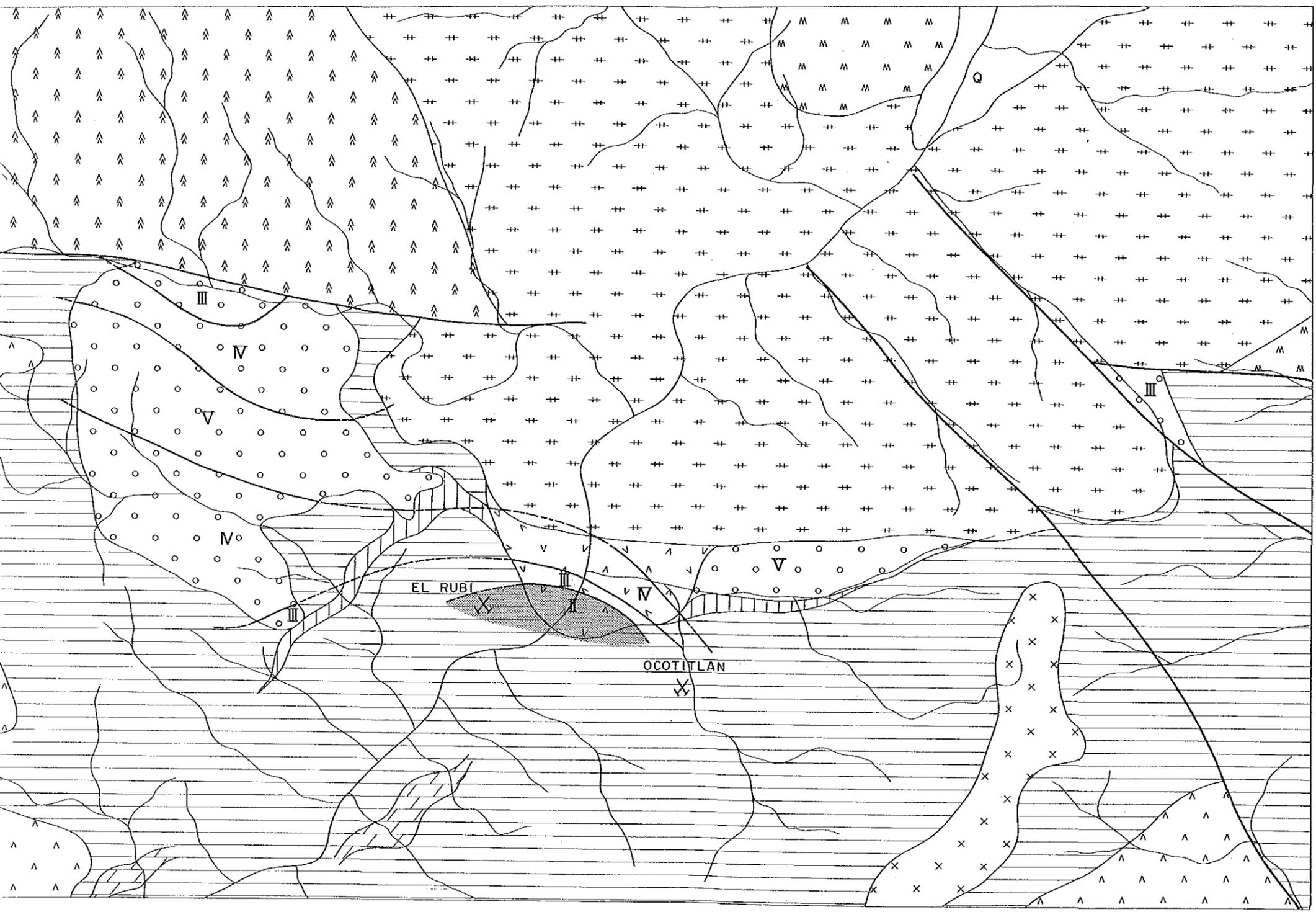


Legend

- Quaternary System (Q)
- Tertiary System**
- ▣ IV-Stage Andesites (Tad4)
- ▣ II-Stage " (Tad2)
- ▣ I-Stage " (Tad1)
- Cretaceous System**
- ▣ Hauging Wall Dacite (Kdc2)
- ▣ Basaltic Lava-Pyroclastics (Kbs1)
- ▣ Calcareous Shale (Ksh2)
- ▣ Foot Wall Dacite (Kdc1)
- ▣ Shale Intercalated with Sandstone (Ksh1)
- Fault
- Intrusives**
- ▣ Granophyre (Gph)
- ▣ Andesite (Ad1)
- Alteration Zones**
- I : Quartz + K-feldspar + (Sericitc)
- II : " + (Chlorite + Sericitc)
- III : " + (Plagioclase + Albite) + (K-feldspar) + (Chlorite)
- IV : " + ( " + " ) + ( " )
- V : " + ( " + " )
- Drainage

図3-12 El Rubi 地区の変質分帯図

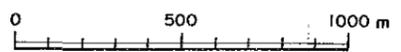




Legend

- Quaternary System (Q)
- Tertiary System
  - M-Stage Andesites (Tad4)
  - ▲ I-Stage " (Tad2)
  - △ I-Stage " (Tad1)
- Cretaceous System
  - Hauging Wall Dacite (Kdc2)
  - ▨ Basaltic Lava-Pyroclasts (Kbs1)
  - ▧ Calcareous Shale (Ksh2)
  - ▩ Foot Wall Dacite (Kdc1)
  - ▤ Shale Intercalated with Sandstone (Ksh1)
- Fault
- Intrusives
  - Granophyre (Gph)
  - × Andesite (Ad1)
- Alteration Zones
  - I : Quartz + K-feldspar + (Sericite)
  - II : " + (Chlorite + Sericite)
  - III : " + (Plagioclase + Albite) + (K-feldspar) + (Chlorite + Sericite)
  - IV : " + ( " + " ) + ( " )
  - V : " + ( " + " )
- Drainage

図3-12 El Rubi 地区の変質分帯図



(3) Rincon(リンコン)地区

野外では、Rincon沢付近で明らかに熱水変質を受けた石英安山岩(Tdc<sub>1</sub>)の分布が認められる。X線回折への供試料が4個と少ないため、変質態様の詳細は不明であるが、石英安山岩層の中-上部付近で、斜長石が完全に溶脱・消去された強変質帯が形成されている。しかし、下部では弱変質から非変質へと漸移していく。強度質帯の規模は、アリカリ変質強度等も考慮して400m×500m程度と見積られPervasive型の変質とみられる。この点では黒鉄型変質に似るが、変質の累帯分布の有無は不明である。付近に鉄徴は認められないが、この変質帯の北部は“第三紀花崗岩”ともいべき文象斑岩に貫入されていることより、これに関連した熱水変質の可能性も考えられる。

(4) La Mona(ラ・モナ)南

野外では、Ⅲ期石英安山岩(Tdc<sub>3</sub>)中に白色化部も散見され、熱水変質の徴候と認めたが、X線回折の結果では、粘土鉄物の生成はない。したがって、この石英安山岩には、熱水変質作用の影響は存在しても軽微と判断される。ただし、全試料に比較的多量のカリ長石が存在し、これは野外産状(岩石の白色化)などより、初生カリ長石というよりは、本多・松枝(前出)の指摘している続成作用により生成した氷長石の形態をもつカリ長石の可能性が強い。熱水変質面からみる限り、黒鉄型鉄床とその関連は期待できない。

(5) その他

調査地域の北部、Canada地区のⅣ期安山岩類(Tad<sub>4</sub>)中には明瞭な裂カに支配されない弱い変質帯が認められる。この帯のX線回折結果は粘土鉄物の生成はないが、原岩の斜長石を残しながら、石英とカリ長石が生成している。後二者の鉄物組合せは、金(銀)鉄床によく認められるもので、この観点から今後検討を要する。

3-5-4 斜長石類の残存量について

熱水変質で最も分解し易い鉄物の斜長石類の残存量について検討した。X線的に残存が認められる場所は変質分帯のⅢ帯に対応している。図3-13に示されるように、残存帯の周囲は、斜長石類の完全な分解帯となっており、図3-11と対照的分布が認められる。しかし、上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)の北東-南西端には再び斜長石類が残存し始め、変質が弱まる傾向が認められる。その他、孤立的に2-3の残存帯がLa America鉄床東部に分布している。

La America鉄床は、分解帯と残存帯の境界付近に位置するが、Descubridora鉄床は斜長石類の残存帯中にある。

変質分帯の項でも指摘したように、既知鉄床以外の場所にむしろ変質程度の高い帯が存在するらしいことは、新しい鉄床の探鉄上は注目すべき事実である。



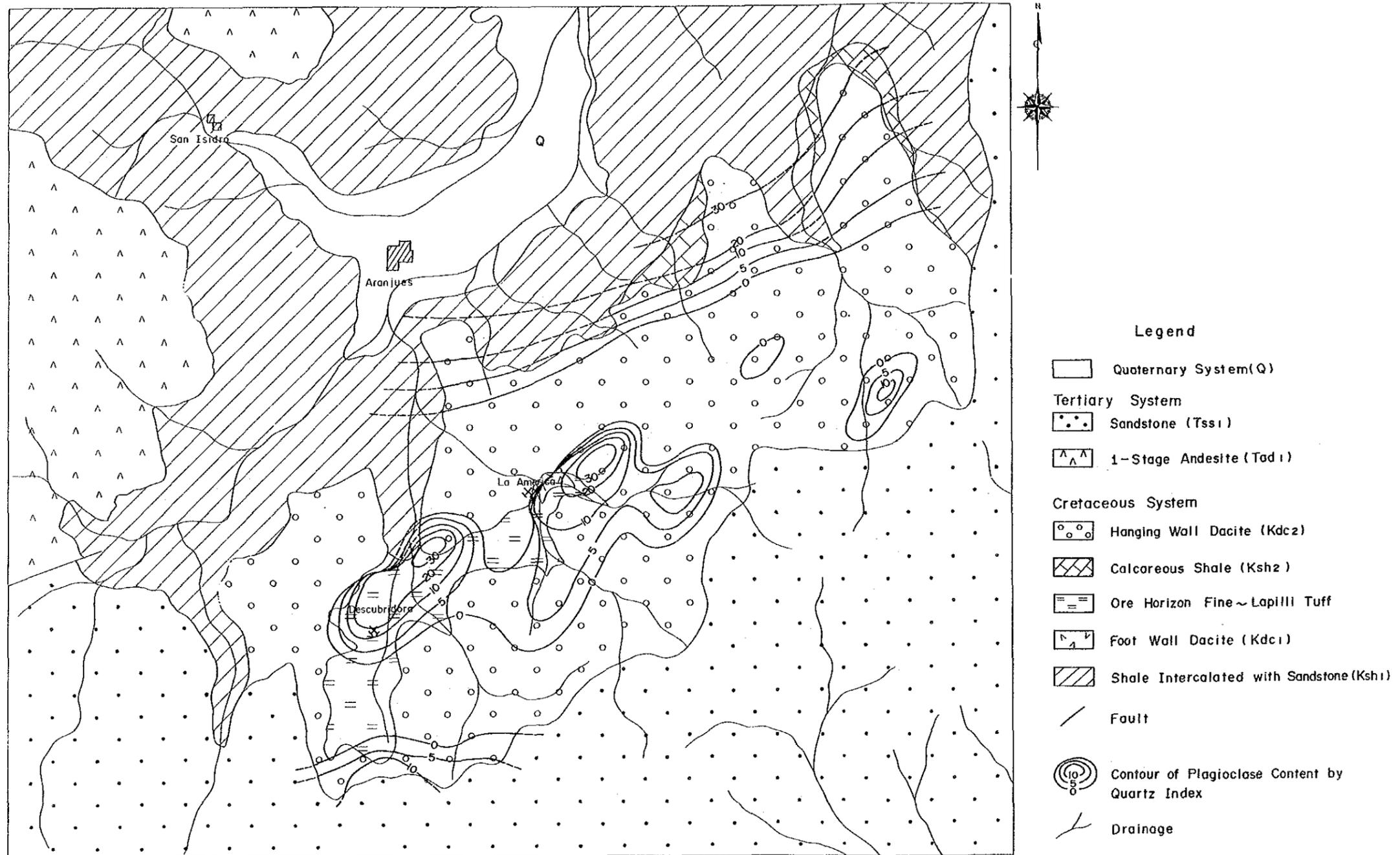


図3-13 La America-Descubridora 地区の斜長石の残存量の分布図

0 500 1000m

### 3-5-5 緑泥石について

緑泥石は、黒鉍型鉍床ではかなり普遍的な鉱物であり、本地域でも出現頻度は高い。黒鉍型鉍床周辺の変質帯に出現する緑泥石の化学組成は鉍床近傍と外縁部ではその化学組成に変化のあることが知られている (Izawa et al. 1978, Urabe & Scott, 1982-A)。緑泥石は X 線回折的には約  $14\text{\AA}$  の底面間隔による 1 次から 5 次までの 00 $l$  反射を示し、これ等の底面反射は化学組成によって、その相対強度を異にする。本調査でも比較的多量に緑泥石を認めただのものについては Oinuma et al. (1972) により考案された  $I(14\text{\AA})-I(7\text{\AA})-I(4.7\text{\AA})$  の三角図上で 3 反射の強度比から八面体陽イオン組成と重原子(Fe)分布を決定した。

緑泥石の化学組成を  $(\text{Mg}, \text{Al})_{6-y} \text{Fe}_y (\text{Si}, \text{Al})_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$  と仮定すると、本調査地域の緑泥石の  $y$  値は  $y=1.5\sim 3.5$  まで変化する。 $y=2$  等値線付近に分布する鉍床層準の凝灰岩類は、いずれも Descubridora 坑内からのものであり、 $y=2.5\sim 3$  は La America 坑内のものである。鉍床の近傍に位置するにもかかわらず、前者より鉄に富む緑泥石といえる。これは、黒鉍型鉍床では、鉍床近傍ではより Mg に富む緑泥石が生成されるという一般的現象に沿わないものであり、その理由は明らかでない。La America 鉍床がもつ特徴なのかもしれないし、前述の Concha 型の鉍脈鉍化作用の重複による緑泥石組成の変化の結果かもしれない。

上盤石英安山岩(Kde<sub>2</sub>)中の緑泥石組成は  $y=2\sim 2.5$  間にプロットされるものと  $y=3.5$  付近の値をもつものがある。前者は組成的には La America-Descubridora の鉍床層準の凝灰岩(Koh)中のものに似ているが、後者は、より鉄に富む緑泥石である。これについては、試料の採取場所がたまたま文象斑岩の近くであったために、これからの影響の可能性も考えられるが、事例が少なく詳細は不明である。Plomosas 鉍脈の母岩中の緑泥石は、二例ともほとんど同一組成をもち、黒鉍型鉍床関連の試料よりは鉄に富み、この点では、これまで知られている一般的傾向に符号している。

図 3-14 には日本の代表的新生代の黒鉍鉍床である深沢鉍床下盤石英安山岩中の緑泥石の組成変化の様子が、鉍床からの距離と共に示されている。一部  $y$  値で 0.5 程度の変化傾向の乱れはあるが、鉍床に近づくとつれて  $y$  値が減少(鉄の減少、マグネシウムの増加)する傾向が読みとれる。したがって、鉍床からの距離の推定に有効である。

本地域の緑泥石は、深沢鉍床周辺の鉍床から 0.7~0.4 km 付近に出現するものにほぼ相当する化学組成をもつが、鉍床内に産する  $y=0.5$  の著しくマグネシウムに富む緑泥石は見出されていない。このことについては、調査地域の緑泥石が、黒鉍鉍床のものとは異なり、相対的に鉄に富むものであるのか、あるいは、前述の変質分帯の項ほかで指摘したように、むしろ変質中心は既知鉍床以外の場所に潜在する可能性も考えられる。



## 第 4 章 地 化 学 探 查





## 第4章 地化学探査

### 4-1 河床堆積物による地化学探査

#### 4-1-1 調査方法

##### (1) 試料採取

河床堆積物による地化学探査では、調査対象地域全域が網羅されるように、前もって設定された試料採取地点を地形図とバロメータで確認しながら採取を行った。調査対象面積1,000 $\text{km}^2$ の地域から1,505試料を採取した。試料の採取場所は、沢の岸、中洲あるいは岩陰等で、-80メッシュサイズのを約30g見当を採取した。これらの試料の分析結果については、試料の由来を支配する地質および採取位置等も記入して付録1に示す。

##### (2) 試料の調整および分析の検出限界

試料は現地(Talpa de Allende)で風乾後、磁鉄鉱を磁石で除去し、約20grを分取し、リフト作成後、同和鉱業株花岡鉱業所分析室に発送した。

なお、分析の検出限界はAg,Cu,Pb,Znとも0.1ppmであったが、Agについては、検出限界値以下の頻度が66%と高いため、限界値以下については、0.01ppmと仮定して統計処理を行った。

#### 4-1-2 分析値の統計処理

本調査で採取された試料1,505個の4成分(Ag,Cu,Pb,Zn)について、単変量解析および多変量解析を行った。これまで、地化学データ解析の場合、経験的に地化学試料に含まれる微量元素の含有量の頻度分布は対数正規をすることが知られている(Lepeltier, 1969)。したがって、或る指示元素の大部分が示す対数正規分布(バックグラウンド母集団)からの偏倚(異常母集団)に注目するのがこれまでの一般的な異常値の決定法である。地化学探査で取扱う母集団は、通常バックグラウンド母集団と異常母集団の複合したものを取扱うことになり、かつ、この両者を如何に実体に則した区分をするかが重要となる。特に、対象とする複合母集団が対数正規分布する場合にともかく、それから偏倚しているような集団を含む場合は、特別な配慮が必要である。従来、この問題の解決法としてLepeltier(前出)やSinclair(1976)による累積頻度分布曲線を用いたバックグラウンド値とシキイ値の決め方が広く適用されている。

しかし、実際の地化学データが示す複合母集団はそれぞれの地化学的特性を異にする幾種類かの母集団の集合であることが一般的である。そのため、累積頻度分布曲線上の屈曲部とか異なる複数の母集団の境界部付近に現われる曲線部の中間点をもって各集団の区分をすることには問題がある。この問題の解消のため、最近大津ほか(1983)による累積頻度曲線に近似する関数(スプライン)とその一次導関数を求めることにより、頻度曲線を求める方法が合理的と考えたので、本地化学探査の単変量についてのシキイ値の決定はこの方法によった。ただし、累積頻度曲線あるいはヒストグラムが対数正規分布によく適合するものについては、単一母集団か

ら構成されると考えられることから、大津ほか(前出)の方法の適用の意義が薄れる。しかし、本調査の場合は、4成分とも何からの異常母集団を検知できた。

#### 4-1-3 後背域の地質と指示元素含有量

調査の対象となった河床堆積物中の指示元素含有量は、それが由来した後背域の地質状況および鉱化・変質作用の程度に左右される。したがって、それぞれの地質单元毎の地化学特性を表4-1に示す。ただし、地質の各单元に含まれる試料数が少ないため、シキイ値の決定は行わなかった。この表によれば、全地域の幾何平均に対して明らかに高い後背値をもつ地質单元は次のとおりである。

Ag : I期石英安山岩類(Tdc<sub>1</sub>)

Cu : I期安山岩類(Tad<sub>1</sub>)

Pb : 全地質单元とも同一

Zn : 白 亜 系

また、各指示元素含有量の分布特性がPositive Skewnessを示すものを参考までに抽出するならば次のとおりである。

Ag : 分布特性不明

Cu : な し

Pb : 白亜系, 砂岩層(Tss<sub>1</sub>), II期安山岩類(Tad<sub>2</sub>)

Zn : 白亜系, I期安山岩類(Tad<sub>1</sub>), 砂岩層(Tss<sub>1</sub>)

II期安山岩類(Tad<sub>2</sub>)

#### 4-1-4 シキイ値の決定

シキイ値の決定は、累積頻度曲線を平滑化し、その微分係数から求めた頻度分布曲線をスプライン関数を用いて描き、主要ピークに対して高含有量ピークを抽出し、シキイ値の決定を行った。

Ag: 試料の66%が検出限界以下であったため、図4-1に示すような非検出群と検出群に区分される。検出群の分布もAg含有量が概して低いために分析精度との関連から、階段状の累積頻度曲線として表現されている。0.54 ppm<sup>1)</sup>を境に低含有量側と頻度分布が明らかに異っている。そこで0.54 ppmをシキイ値とし、後背値と異常値を区分した。

Cu: 全岩の分布様式は、高含有量側で累積頻度曲線がNegative Skewnessを示す。しかし、130

1) 主成分分析を行うため、検出限界以下の値は、統計処理上は0.01 ppmとして扱われている。

表 4-1 指示元素の統計パラメータ

Rock code	Number of Sample	Geometric Mean (ppm)				Threshold (ppm)				Minimum Value (ppm)				Maximum Value (ppm)				Geometric Standard Deviation				Distribution Type				
		Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	
Whole Rocks	1505	0.03	12.9	52.4	74.3	0.54	130	114	356	0.01	0.10	11.0	21.4	8.10	477.7	410.2	3,345.0	0.63	0.52	0.11	0.20	-	-	N-N	N-P	N-P
1 Cretaeous System	124	0.03	28.0	58.5	116.1	-	-	-	-	0.01	0.10	27.4	39.6	8.10	477.7	410.2	3,345.0	0.76	0.61	0.15	0.36	-	-	N-N	N-P	N-P
2 I-Stage Andesites(Tad 1)	153	0.014	47.6	54.9	72.3	-	-	-	-	0.01	0.60	23.8	26.0	0.70	231.5	117.9	264.1	0.44	0.29	0.08	0.17	-	-	N-N	N-O	N-P
3 Sandstone(Tss 1)	105	0.018	19.9	53.9	71.7	-	-	-	-	0.01	1.90	32.2	28.3	0.30	65.1	161.0	525.5	0.49	0.29	0.08	0.16	-	-	N-N	N-P	N-P
4 II-Stage Andesites(Tad 2)	251	0.021	12.0	51.6	74.9	-	-	-	-	0.01	0.10	24.8	31.8	0.50	99.9	139.4	315.8	0.54	0.41	0.12	0.15	-	-	N-O	N-P	N-P
5 III-, IV-Stage Andesites (Tad 3, Tad 4)	487	0.032	8.4	51.1	73.0	-	-	-	-	0.01	0.10	11.0	24.2	1.90	101.6	149.8	258.4	0.64	0.49	0.11	0.16	-	-	N-O	N-O	N-O
6 I-Stage Dacites(Tad 1)	85	0.077	6.4	51.7	66.3	-	-	-	-	0.01	0.10	33.5	31.0	0.35	46.7	77.5	182.9	0.64	0.48	0.08	0.15	-	-	N-O	N-O	N-O
7 Intrusives(Gd, Adm, Gpb)	134	0.017	9.7	51.9	63.2	-	-	-	-	0.01	0.10	16.3	21.4	0.70	138.0	102.5	391.0	0.49	0.46	0.12	0.19	-	-	N-O	N-O	N-O
8 Others(Tsb 1, etc.)	166	0.061	12.1	50.6	69.9	-	-	-	-	0.01	0.10	27.0	22.4	2.50	77.9	86.4	189.1	0.67	0.47	0.09	0.18	-	-	N-N	N-O	N-O

Abbreviation

N-O : Log normal distribution without skewness  
 N-P : Log normal distribution with positive skewness  
 N-N : Log normal distribution with negative skewness

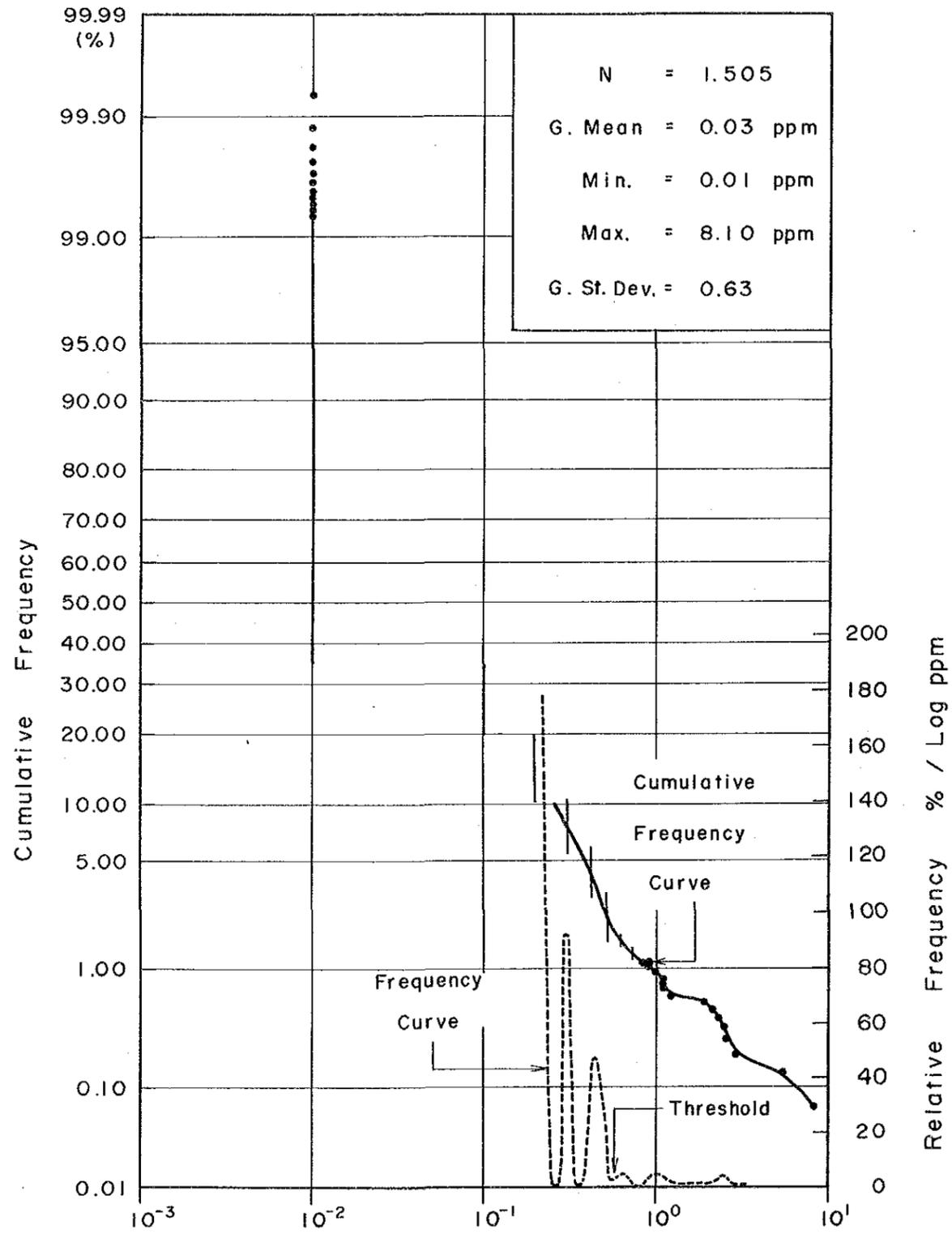


図4-1 頻度曲線と累積頻度曲線 (Ag)

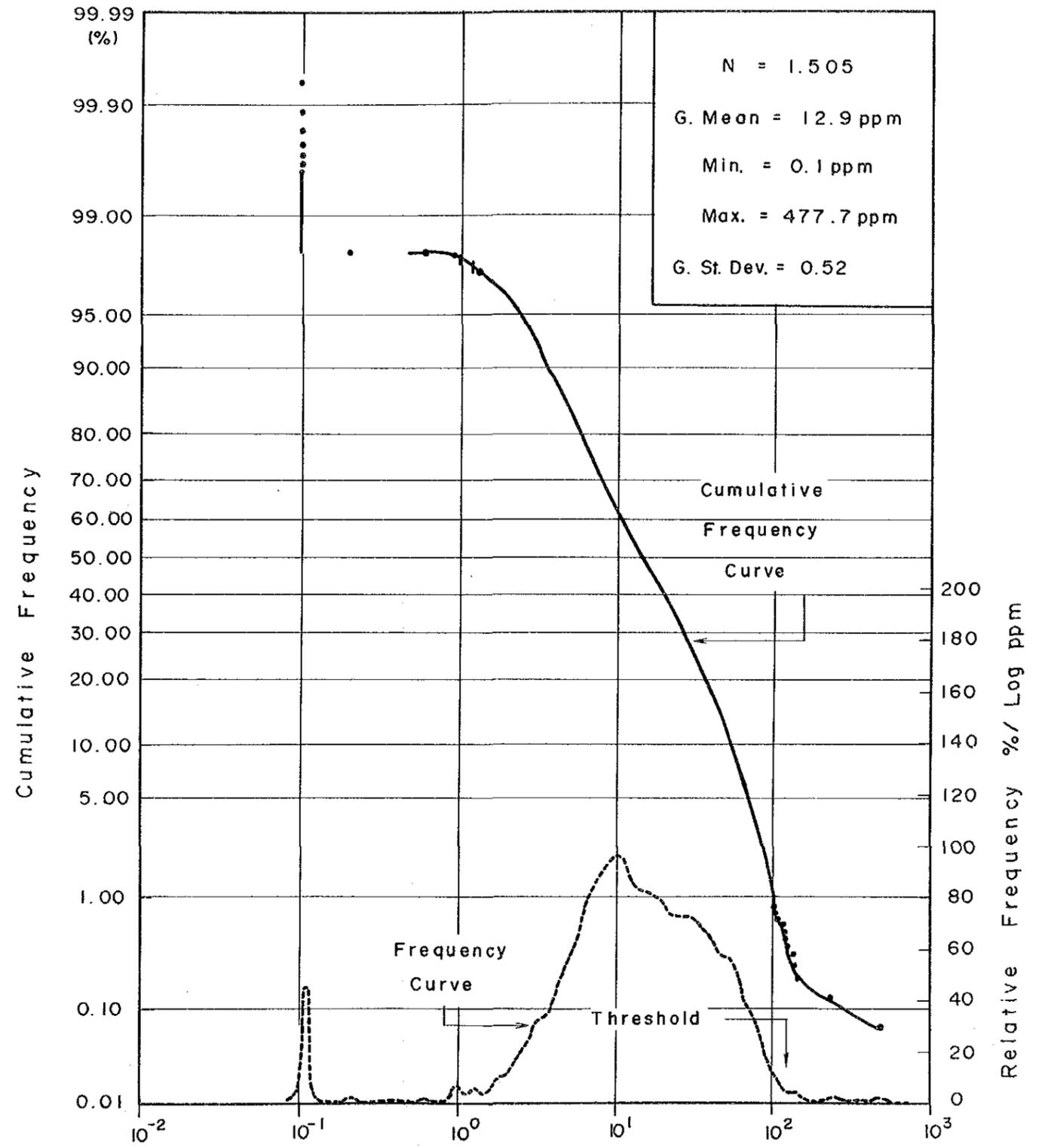


図4-2 頻度曲線と累積頻度曲線 (Cu)

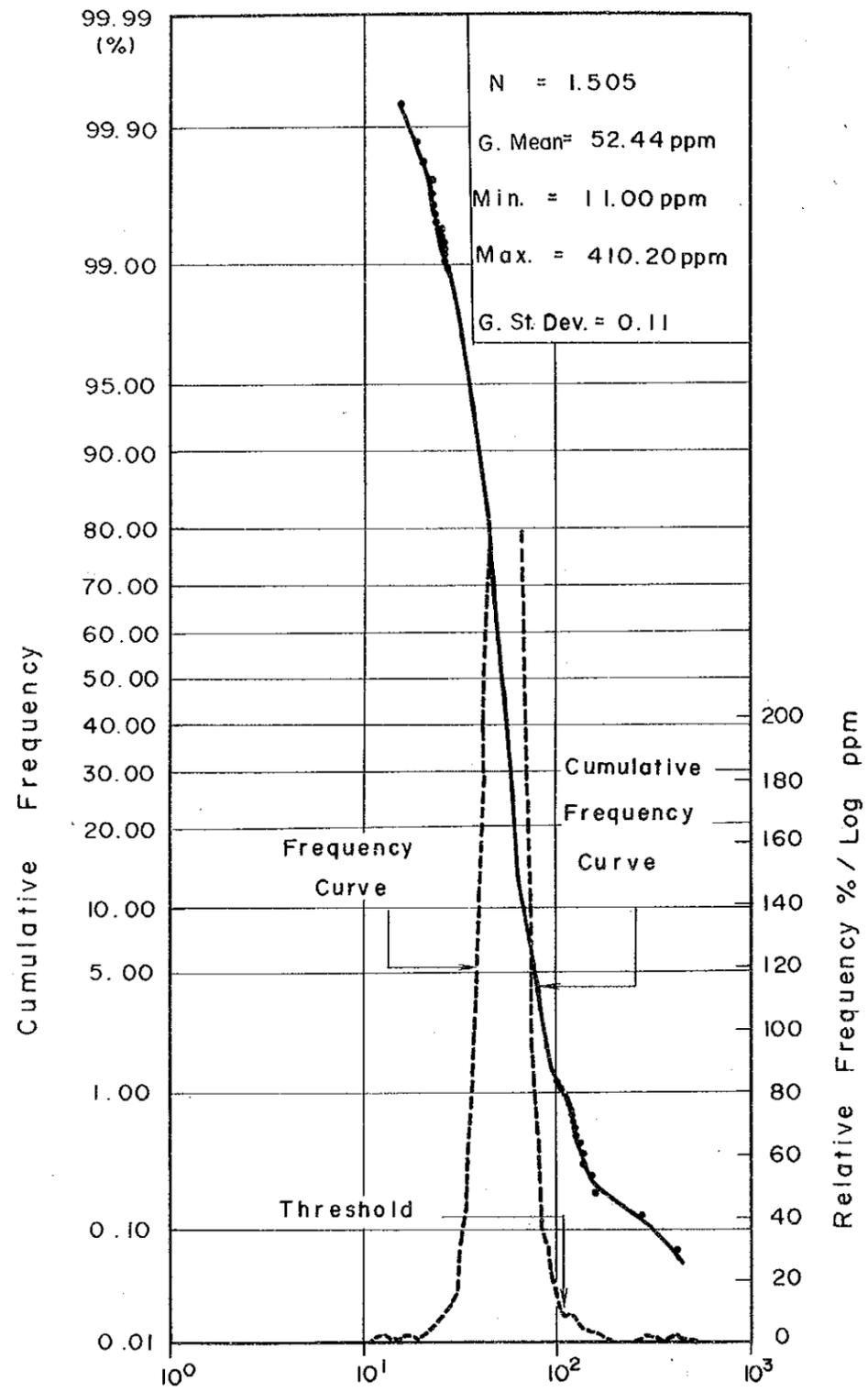


図4-3 頻度曲線と累積頻度曲線 (Pb)

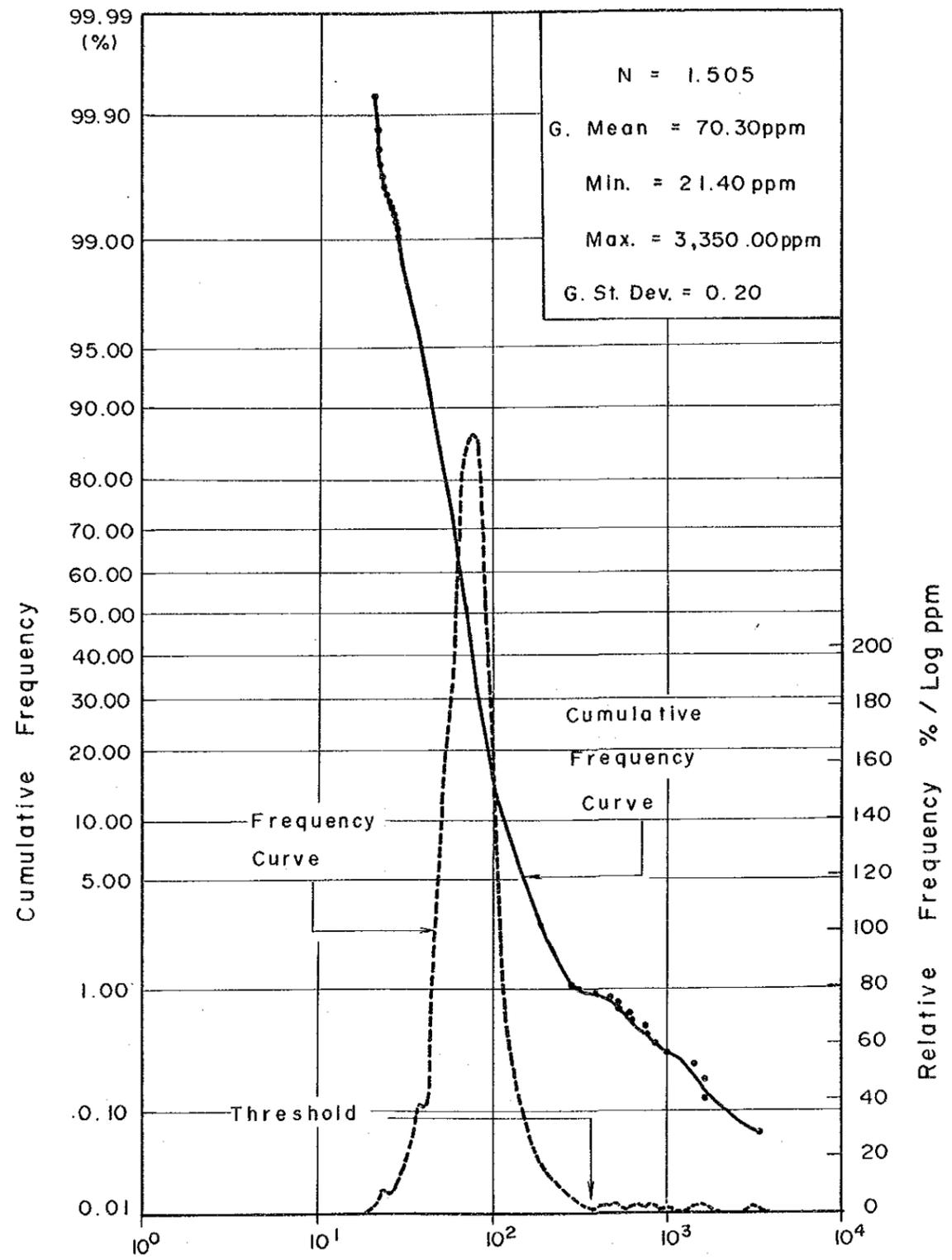


図4-4 頻度曲線と累積頻度曲線 (Zn)



ppm付近を境にして低含有量側と高含有量側では明らかに頻度分布が違っているため、この値をシキイ値とした。シキイ値以上の値は5試料のみで、調査地域での銅鉍化作用の貧弱さを示している。

Pb: 極めて集中度のよい、対数正規型分布を示す。しかし、114 ppmを境にして、高含有量側に異常母集団の反映と考えられる小ピークの分布が始まることから、この値をシキイ値に採用した。

Zn: Pbに次いで集中度のよい分布を示す。また、4指示元素中最も明瞭なPositive Skewnessが高含有量側で認められる。頻度曲線も356 ppmを境に高含有量側と低含有量側の母集団の分布様式の違いが明らかである。したがって、356 ppmをシキイ値として採用した。

#### 4-1-5 指示元素間の相関係数

対数ベースでの指示元素間の相関係数を全岩と各地質单元毎に示した。白亜系以外の地質单元では、各指示元素間の相関係数は小さく、個々の指示元素の起源がそれぞれ異っているものであることを示唆している。ただし、白亜系起源の試料については、相関係数の高いものから、Pb-Zn, Ag-Zn, Ag-Pbの組み合わせが認められ、これらの指示元素が同一起源のもの、すなわち、この地質单元に賦存するこれらの指示元素を主成分とする黒鉍型鉍床との何らかの関連が考えられる。

相関係数の一覧表(表4-3)では、1%および5%有意水準の検定も行った。指示元素相互の相関係数の代表例として図4-5~図4-7に散布図を示した。

#### 4-1-6 主成分分析

単変量解析では、抽出できない指示元素間の相関関係を多次元での分布特性から求めることにより、調査地域での地化学異常の性格づけと評価に適用した。

表4-2に主成分分析結果を示す。

これに示されるとおり、第1主成分の全主成分に対する寄与率は約48%と全体の半分近くを占める。第3成分までの合計が約90%であり、全成分の変動の殆んどが説明されることになる。しかし、第2成分単独の寄与率が30%なのに対し、第3成分の寄与率は約17%と低下し全成分に対する寄与率の低さが目立つ。

因子負荷量は変量(指示元素含有量)の主成分に対する相関係数からなるが、これをみると第1主成分ではPb-Znが0.85-0.84と高く、Agで0.49と半分程度に低下する。したがって、Pb-Znの地化学異常とAgは中程度の相関をもって伴われるような組み合わせを示している。

第2成分は、Agの高相関(0.85)、Cuの逆相関(-0.66)で特徴づけられる。第3成分は、Ag、

Cuと中程度の相関をもち、Pb,Znとは非相関の指示元素含有量をもつ試料で高得点を示すはずである。しかし、本調査で抽出された地化学異常では、第3成分で特徴づけられる構造をもつものは少ない。

表4-2 主成分分析結果表

P C	Eigen -value	C R	Eigenvector				Factor Loading				Max. Score	Min. Score
			Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn		
Z <sub>1</sub>	1.71	0.43	0.14	0.37	0.65	0.64	0.19	0.49	0.85	0.84	12.53	-4.45
Z <sub>2</sub>	1.20	0.30	0.78	-0.60	-0.03	0.20	0.85	-0.66	-0.03	0.22	4.32	-2.38
Z <sub>3</sub>	0.66	0.17	0.59	0.71	-0.33	-0.21	0.48	0.58	-0.27	-0.17	2.92	-5.30

P·C : Principal Component  
C·R : Contribution Ratio

#### 4-1-7 河床堆積物による地化学探査異常の評価

調査地域の異常帯は、異常を示す指示元素の組合せにより、単元素示徴型と複元素示徴型に分けられる。

前者の場合、各異常帯を構成する指示元素の含有量と支配的な地質単元の後背値との比(コントラスト)をもとにして、主成分分析の第1~3因子負荷量の構造とを比較・検討するとき、更にいくつか異常帯が細分できることがわかる。以下に異常帯についての解説と評価を行う。

##### (1) 単元素示徴型 - Ag

この型のものには、第1主成分得点が0付近の値をとるAg単独(Cu,Pb,Znの鉱化を伴わないか弱い)鉱化作用を示徴するものと、軽微ではあるが、CuあるいはZnの鉱化を伴う3タイプに別れそうである。

各々の異常帯の特性は表4-4のとおりである。

本異常帯は、第三系火山岩類(Ⅲ~Ⅳ期安山岩、Ⅰ期石英安山岩、他)中に見出されることが多く、この場合は、Ag単独の鉱化作用かAg-(Cu)鉱化作用で特徴づけられる。一方、白亜系内あるいはその近傍で見出される場合はAg-(Zn)鉱化作用となる(表4-4、第5-1、5-2図)。

##### (2) 単元素示徴型 - Cu

この異常帯はCerro San Pedroの周辺にのみ認められ、Cu単独の鉱化作用を示徴するものである。異常帯を支配する地質はⅠ期安山岩類(Tad<sub>1</sub>)と花崗閃緑岩(Gd)であるが、鉱化作用の起源を推定することは難しい。ただ、文象斑岩の小露頭が、異常帯付近に認められ、この付近での潜在が予想されるが、本異常帯との関連を示す直接的な産状は観察できない。

表4-3 相関係数マトリックス (I)

(Whole Rocks)

	Ag	Cu	Pb	Zn
Ag	1.00			
Cu	** -0.19	1.00		
Pb	* 0.06	** 0.27	1.00	
Zn	** 0.21	** 0.18	** 0.55	1.00

\* 5% Coeff ... 0.05

\*\* 1% Coeff ... 0.07

(Cretaceous System)

1

	Ag	Cu	Pb	Zn
Ag	1.00			
Cu	-0.09	1.00		
Pb	** 0.55	0.07	1.00	
Zn	** 0.71	0.05	** 0.84	1.00

\* 5% Coeff ... 0.18

\*\* 1% Coeff ... 0.23

(I-Stage Andesites : Tadi)

2

	Ag	Cu	Pb	Zn
Ag	1.00			
Cu	** -0.22	1.00		
Pb	-0.03	0.10	1.00	
Zn	** 0.39	0.04	** 0.48	1.00

\* 5% Coeff ... 0.16

\*\* 1% Coeff ... 0.21

表4-3 相関係数マトリックス(2)

(Sandstone : Tss<sub>1</sub>)

3

	Ag	Cu	Pb	Zn
Ag	1.00			
Cu	* -0.20	1.00		
Pb	0.16	* 0.19	1.00	
Zn	** 0.26	0.15	** 0.54	1.00

\*5% Coeff ... 0.2

\*\*1% Coeff ... 0.3

(II-Stage Andesites : Tad<sub>2</sub>)

4

	Ag	Cu	Pb	Zn
Ag	1.00			
Cu	** -0.19	1.00		
Pb	0.02	** 0.29	1.00	
Zn	* 0.15	** 0.30	** 0.52	1.00

\*5% Coeff ... 0.12

\*\*1% Coeff ... 0.16

(III-, IV-Stage Andesites : Tad<sub>3</sub>, Tad<sub>4</sub>)

5

	Ag	Cu	Pb	Zn
Ag	1.00			
Cu	** 0.15	1.00		
Pb	-0.04	** 0.27	1.00	
Zn	0.07	* 0.11	* 0.49	1.00

\*5% Coeff ... 0.09

\*\*1% Coeff ... 0.12

表4-3 相関係数マトリックス (3)

(1-Stage Dacite : Tdc1)

6

	Ag	Cu	Pb	Zn
Ag	1.00			
Cu	0.15	1.00		
Pb	0.09	0.20	1.00	
Zn	0.00	* 0.23	** 0.55	1.00

\* 5% Coeff ... 0.21

\*\* 1% Coeff ... 0.28

(Intrusives : Gd, Adm, Gph)

7

	Ag	Cu	Pb	Zn
Ag	1.00			
Cu	* -0.20	1.00		
Pb	0.04	** 0.28	1.00	
Zn	** 0.24	** 0.38	** 0.35	1.00

\* 5% Coeff ... 0.15

\*\* 1% Coeff ... 0.20

(Others : Tbs1, etc.)

8

	Ag	Cu	Pb	Zn
Ag	1.00			
Cu	-0.10	1.00		
Pb	0.05	* 0.40	1.00	
Zn	0.04	0.14	** 0.40	1.00

\* 5% Coeff ... 0.15

\*\* 1% Coeff ... 0.20

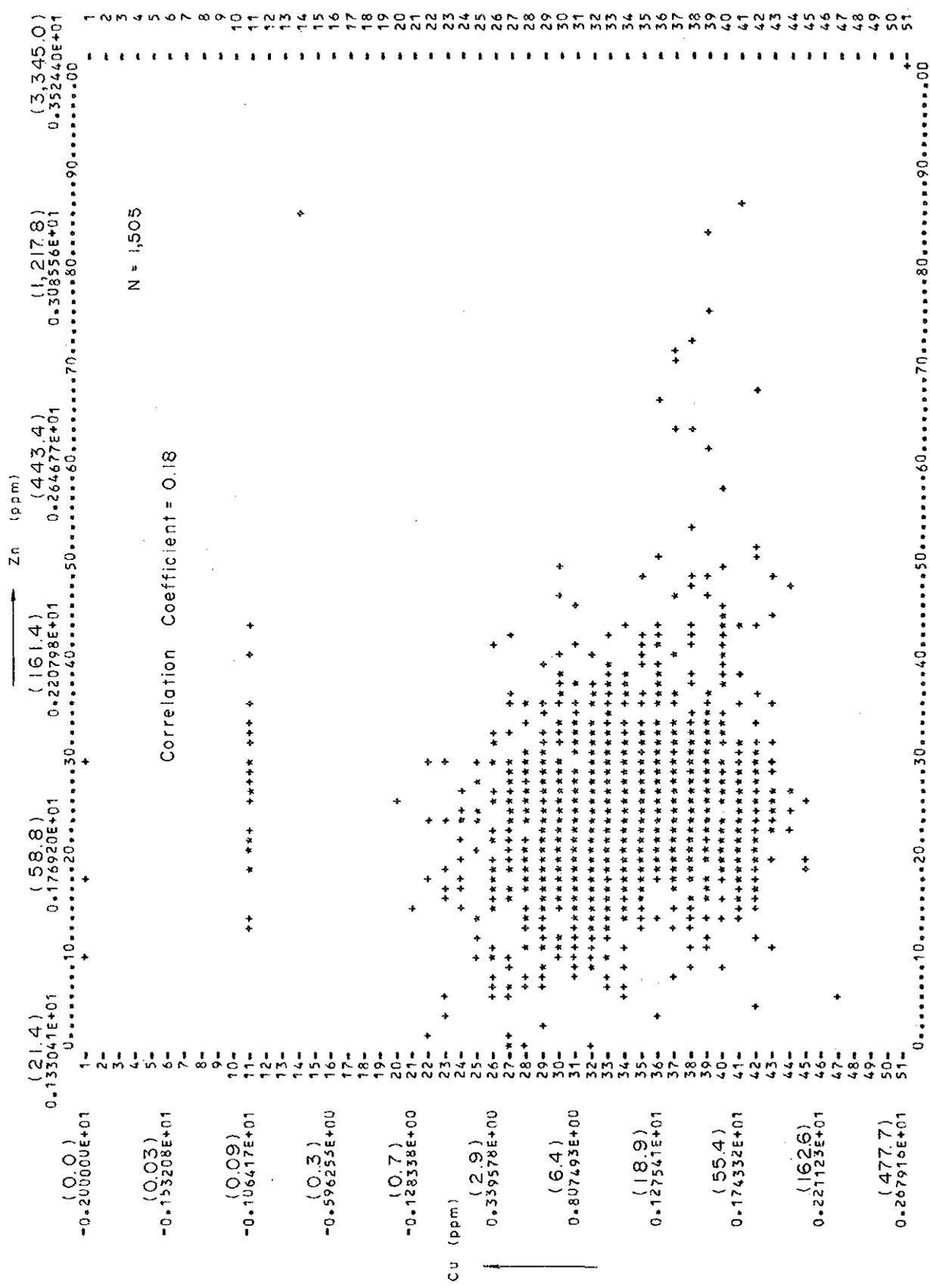


図4-5 金岩層による散布図 (Cu-Zn)

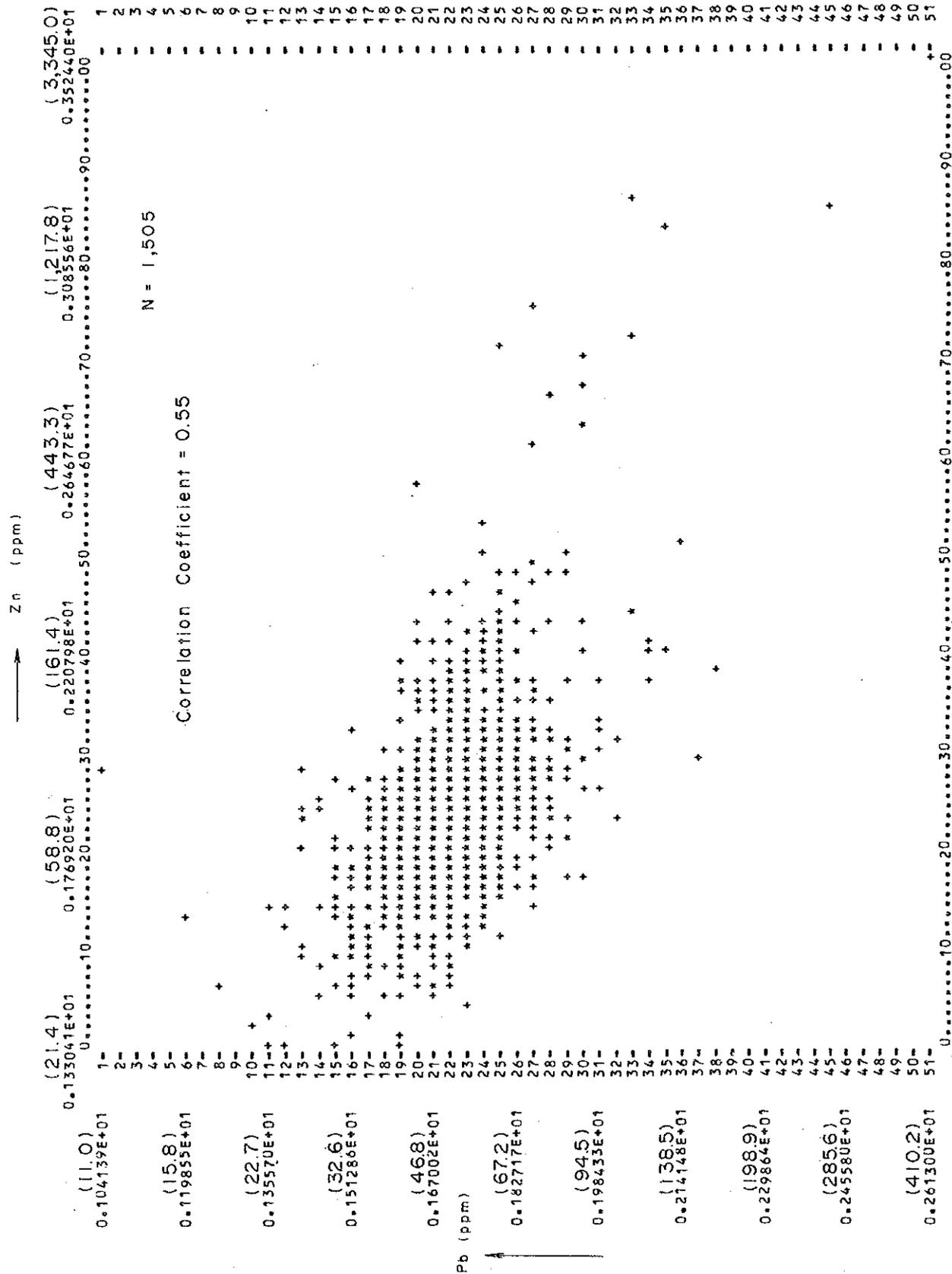


図4-6 全岩層による散布図 (Pb-Zn)

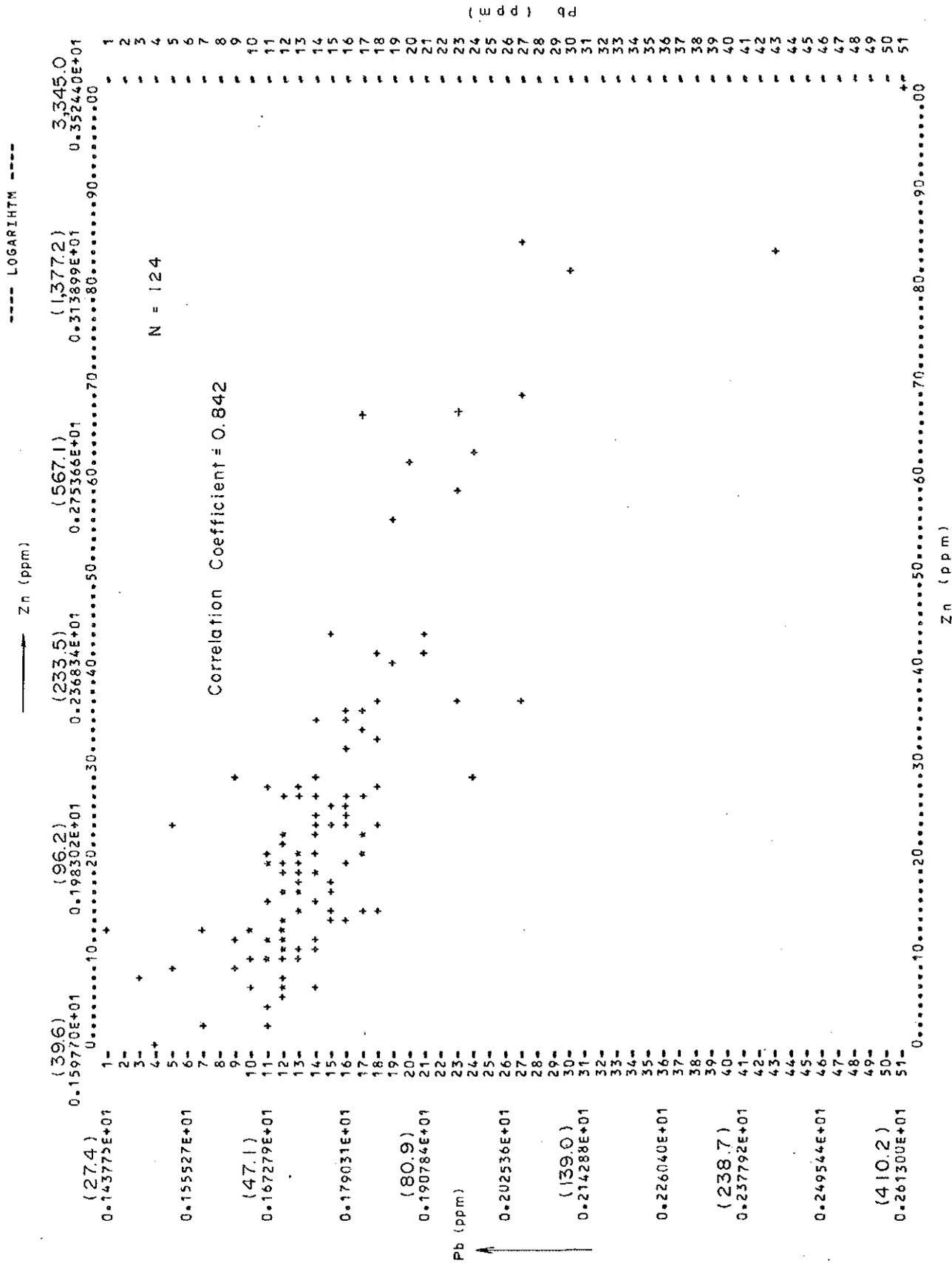


図4-7 白亜系中の散布図 (Pb-Zn)

表 4-4 異常帯の評価表 (Ag)

Anomalous Zones	Sample No.	R.C.	Contents of Indicators (ppm)				P.C.A'S Score			Type of Inferred Mineralization
			Ag	Cu	Pb	Zn	Z1	Z2	Z3	
Tierra Coloradas-N	172	6	0.9	46.7	71.3	118.1	2.211	1.381	1.538	Ag-(Cu) mineralization
			(11)	(7.3)	(1.4)	(1.8)				
El Crucero	214	8	0.6	13.7	44.8	189.1	1.229	2.032	1.062	Ag-(Zn) mineralization
			(10)	(1.1)	(0.9)	(2.7)				
Tierra Coloradas	390	6	0.6	40.6	77.5	93.5	2.016	1.123	1.285	Ag-(Cu) mineralization
			(7.5)	(6.3)	(1.5)	(1.4)				
San Carlos	427	5	1.1	46.9	67.9	93.8	1.776	1.389	1.792	Ag-(Cu) mineralization
			(37)	(5.6)	(1.3)	(1.3)				
Para Nada	706	5	1.2	50.9	75.8	97.0	2.148	1.398	1.712	Ag mineralization
			(40)	(6.1)	(1.5)	(1.3)				
La Yerba Buena-W	457	8	2.5	12.5	68.1	98.5	1.522	2.506	1.318	Ag-(Zn) mineralization
			(42)	(1.0)	(1.3)	(1.4)				
Puerto del Colomo	509	2	0.7	40.8	81.5	250.5	3.565	1.634	0.835	Ag mineralization
			(50)	(0.9)	(1.5)	(3.5)				
La America-S	695	8	0.6	4.7	49.0	46.7	0.853	1.936	0.947	Ag-(Zn) mineralization
			(10)	(0.4)	(1.0)	(0.7)				
Chambueres	820	1	0.7	15.4	70.3	244.7	2.838	2.124	0.470	Ag mineralization
			(23)	(0.6)	(1.2)	(2.1)				
San Agustin	877	5	1.1	6.2	50.9	96.2	0.419	2.437	0.975	Ag-(Zn) mineralization
			(37)	(0.7)	(1.0)	(1.3)				
San Agustin-N	1364	5	1.9	2.6	88.7	52.8	0.819	2.839	0.210	Ag mineralization
			(63)	(0.3)	(1.7)	(0.7)				
San Agustin-N	1389	5	1.1	3.2	67.1	49.8	0.009	2.447	0.513	Ag mineralization
			(37)	(0.4)	(1.3)	(0.7)				

(7.3): Contrast (Ratio of background value of geological unit to threshold)

R.C: Rock code (R-Conumber Shown in Table 4-1)

P.C.A'S: Principal Component Analysis's



各異常帯の特性は表4-5のとおりである。第2因子得点の低いこと(低Ag, 高Cu)で特徴づけられる(別添第5-1, 5-2図)。

表4-5 異常帯の評価表 (Cu)

Anomalous Zones	Sample No.	R/C	Contents of Indicators(ppm)				P.C. A'S Score			Type of Inferred Mineralization
			Ag	Cu	Pb	Zn	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	
San Pedro	739	2	0.01 (0.7)	145.5 (3.0)	49.5 (0.9)	53.3 (0.7)	0.028	-1.897	1.005	Cu-mineralization
	744	7	0.01 (0.6)	138.0 (14)	56.6 (1.1)	76.8 (1.2)	0.884	-1.723	0.862	
	787	2	0.01 (0.7)	135.7 (2.9)	52.6 (1.0)	58.0 (0.8)	0.287	-1.831	1.079	
	788	2	0.01 (0.7)	231.5 (4.9)	41.2 (0.8)	28.9 (0.4)	-1.182	-2.381	2.039	

(3) 単元素示徴型 - Pb

本異常帯では、地質の違いを越えて、San Pedro-NW地区とArroyo el Naranjo地区は、地化学的に似た異常帯を形成している。示徴している鉱化作用は、若干のCu, Zn 鉱化作用を伴う型のものであろう。後者の場合は、複数の地化学的に似た試料により、異常帯は示徴されているが、黒鉛型鉛床の周辺に見出される複元素示徴型とは主成分得点の構造が違っている。また、Arroyo las Palmas地区とCruz Gorda-W地区のものは、指示元素含有量および因子得点でも類似しており、弱いAg 鉱化を伴うものかもしれない。表4-6に異常帯の特性を示す(別添第5-1, 5-2図)。

表4-6 異常帯の評価表 (Pb)

Anomalous Zones	Sample No.	R/C	Contents of Indicators(ppm)				P.C. A'S Score			Type of Inferred Mineralization
			Ag	Cu	Pb	Zn	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	
San Pedro-NW	726	1	0.01 (0.3)	48.3 (1.7)	114.9 (2.0)	202.8 (1.7)	3.808	-0.842	-1.150	Pb-(Cu)-(Zn) mineralization
	727	2	0.01 (0.7)	51.5 (1.1)	117.9 (2.2)	199.5 (2.7)	3.873	-0.883	-1.139	
Arroyo las Palmas	990	3	0.1 (5.6)	14.9 (0.7)	161.0 (3.0)	152.4 (2.1)	4.155	0.810	-1.235	Pb-(Pb?)-(Zn) mineralization
Arroyo el Naranjo	1437	4	0.01 (0.5)	74.4 (6.2)	139.4 (2.7)	289.6 (3.9)	4.960	-0.919	-1.317	Pb-(Cu)-(Zn) mineralization
	1438	4	0.10 (5.0)	29.6 (2.5)	123.0 (2.4)	140.0 (1.9)	3.536	0.458	-0.430	
	1439	4	0.01 (0.5)	45.7 (3.8)	120.6 (2.3)	170.8 (2.3)	3.675	-0.895	-1.169	
	1478	4	0.01 (0.5)	27.5 (2.3)	136.9 (2.6)	168.7 (2.3)	3.835	-0.660	-1.633	
	1483	4	0.01 (0.5)	24.2 (2.0)	127.6 (2.5)	167.8 (2.2)	3.601	-0.592	-1.612	
Cruz Gorda-W	1495	5	0.10 (3.3)	19.9 (2.4)	149.8 (2.9)	97.4 (1.3)	3.418	0.475	0.764	Pb-(Ag?)-(Cu)-(Zn) mineralization

(4) 単元素示徴型 - Zn

本異常帯は、La America-Descubridora 地区内およびその周辺で見出され、単元素示徴型に分類されるものの、Ag のコントラストがいずれも大きく、Ag 鉱化作用を伴う示徴と判断される。したがって、黒黒型鉱床の周辺に捕捉された複元素示徴型 (Ag-Zn 異常) に似てくる。

表 4-7 異常帯の評価表 (Zn)

Anomalous Zones	Sample No.	R C	Contents of Indicators(ppm)				P.C. A'S Score			Type of Inferred Mineralization
			Ag	Cu	Pb	Zn	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	
Descubridora	821	1	0.2 (6.7)	37.0 (1.3)	75.9 (1.3)	467.3 (4.0)	4.109	1.299	0.083	Zn-(Ag) mineralization
Arroyo las Palmas-N	961	3	0.2 (11)	25.3 (1.3)	91.7 (1.7)	525.5 (7.3)	4.657	1.521	-0.449	Zn-(Ag) mineralization

(5) 複元素示徴型: Ag, Cu, Pb, Zn

この型の異常帯は殆んどの場合、黒鉱型鉱床の賦存地区あるいはその周辺に特徴的に現われる。示徴する指示元素は Ag-Zn の組合わせが基本で、これに Cu, Pb が加わる。主成分分析では、高い第 1 因子得点と中程度の第 2 因子得点で特徴づけられる。これらの地化学的異常帯と黒鉱型鉱床との関連は、これらの示徴地の大部分では、地質的には黒鉱型鉱床は完全に潜頭しているので直接的なものではない。多分黒鉱型鉱床を生成した主鉱化作用に引続いた後鉱化作用の結果を捕捉している可能性が強い。La America-Descubridora 地区の上盤安山岩(Kde<sub>2</sub>)中には Ag, Zn の鉱徴が認められる。表 4-8 には、異常帯の地化学的特性を示した。

Espinos Pina 地区の異常帯は第 1 因子得点が低く、一方、第 3 因子得点が高く因子得点上からは他の異常帯とは区別され、黒鉱型鉱化作用とは考えられない。

以上みてきたように、白亜系の黒鉱型鉱床の賦存地区で見出される地化学異常は Ag-Zn の指示元素の組合せを基本とする複元素示徴型であり、他の地区で支配的な単元素示徴型とは明瞭に区別される。この異常は、黒鉱型鉱化作用から直接由来するものでないかもしれないが、この型の主鉱化作用に引続く後黒鉱化作用とでもいべきものの結果を示徴している可能性が高く、間接的ながら黒鉱化作用の存在を示す点で重要である。

表 4-8 異常帯の評価表 (複元素型)

Anomalous Zones	Sample No.	R C	Contents of Indicators(ppm)				P.C. A'S Score			Type of Inferred Mineralization
			Ag	Cu	Pb	Zn	Z1	Z2	Z3	
Espinos de Pena	349	7	0.7 (41)	46.6 (4.8)	44.7 (0.9)	391.0 (6.2)	2.651	1.827	1.519	Ag-Zn-(Cu) mineralization
	490	1	8.1 (270)	477.7 (17)	410.2 (7.0)	3,345 (29)	12.526	2.697	-0.077	Ag-Cu-Pb-Zn mineralization
La America	765	1	0.2 (6.7)	0.2 (0.01)	276.5 (4.7)	1,627 (14)	7.673	4.320	-5.299	Pb-Zn-(Ag) mineralization
Descubridora-N	812	1	2.9 (97)	62.8 (2.2)	117.3 (2.0)	1,666 (14)	7.493	2.979	0.313	Ag-Pb-Zn-(Cu) mineralization
Aranjuez-NE	797	1	5.3 (177)	40.0 (1.4)	131.8 (2.3)	1,441 (12)	7.514	3.449	0.200	Ag-Pb-Zn mineralization
Aranjuez-E	808	1	2.1 (70)	29.4 (1.1)	112.7 (1.9)	833.4 (7.2)	6.135	2.882	0.104	
	813	1	1.0 (33)	19.9 (0.7)	79.5 (1.4)	610.6 (5.3)	4.576	2.579	0.184	Ag-Zn-(Pb) mineralization
	814	1	2.5 (83)	72.7 (2.6)	96.4 (1.6)	633.9 (5.5)	5.633	2.419	1.042	
La Queseria-S	823	1	0.8 (27)	39.8 (1.4)	76.5 (1.3)	990.1 (8.5)	5.355	2.333	0.335	
	824	1	0.9 (30)	34.3 (1.2)	95.0 (1.6)	526.7 (4.5)	4.997	2.168	0.290	Ag-Zn mineralization
Descubridora-S	1139	1	0.6 (20)	23.5 (0.8)	64.7 (1.1)	773.4 (6.7)	4.369	2.350	0.245	
	957	1	2.3 (77)	25.6 (0.9)	91.3 (1.6)	753.6 (6.5)	5.402	2.977	0.388	



## 4-2 全岩分析による地化学探査

黒鉄型鉄床と成因的に関連する火山岩と非関連のものを岩石化学的立場から解明しようとする色々の試みがある(例えば, Dudas, 1983; Hashimoto, 1983)。しかし, 結果的には岩石の主要成分, 微量成分を問わず, この問題に完全な解答を与えるには至っていないのが現状である。本調査では, 既知の黒鉄型鉄床の周辺に分布する下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>), 鉄床層準の凝灰岩類(Koh), 上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)およびその他の変質の認められる石英安山岩類(Tdc<sub>1</sub>, Tdc<sub>3</sub>)とⅣ期安山岩類(Tad<sub>1</sub>)中に部分的に挟在される石英安山岩を調査対象としてこの問題について検討した。採取した102個の岩石の主要13成分を用いて, (1)火山岩系列の推定, (2)アルカリ変質強度, (3)主成分分析, (4)クラスター分析を行った。後2者については, 試料の採取場所の地質の違いが, 岩石の地化学的特性にどのように反映されるかを調べ, 第三系石英安山岩類(Tdc<sub>1</sub>, Tdc<sub>3</sub>)が成分の挙動上から黒鉄型鉄床と関連するものかどうかについても若干の検討を行った。

### 4-2-1 火山岩系列の推定

調査対象になった試料は, 肉眼的に変質作用を蒙ったものであるが, その中でもアルカリ変質強度が低く, かつX線回折の結果, 変質鉄物の生成が認められないものあるいは極めて少ないものについて図4-8, 図4-9等により, それらが属す火山岩系列の推定を行った。図4-8に示す三角ダイアグラムは, 各岩石系列の分類に有効であると同時に結晶分化作用の変化の様子も示している。すなわち, 早期に晶出するものにはMgO成分の多いものが濃集すると一般には考えられることから, MgOの角に近いものから, 徐々に左下(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)角に結晶分化作用の進行につれてマグマの成分を変化させていく。図4-8に示されている4試料とも分化作用の進んだ時期の生成とみなされる。特に, El Rubi 鉄床の上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)が図上では最も分化作用の進んだマグマからの生成と考えられる(W-28)。また, 図4-9に示されるように上部白亜系の上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)も第三系の石英安山岩(Tdc<sub>1</sub>)もFeO<sup>x</sup>-(FeO<sup>x</sup>/MgO)関係図でソレイト岩系の領域内にプロットされる一例を除いて, すべてカルク・アルカリ岩系領域内にプロットされる。このことは, 黒鉄型鉄床がカルク・アルカリ岩系と成因的に関連しているとする考え方(例えば, Lambert & Sato, 1974)を支持するものである。また, メキシコ合衆国の二大火山帯(西シエラ・マドレ帯および新期火山岩帯)の支配的岩系がカルク・アルカリ岩系であるらしいこと(Nieto et al., 1981)とも符号する。

### 4-2-2 アルカリ変質強度

新生代の日本の黒鉄鉄床の場合は, 変質帯の評価は鉄床形成時の熱水変質の影響を最も強く受けたと考えられる下盤石英安山岩を対象とすることが, 一般的である(橋口ほか, 1981)。本調査地域では, 下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)分布が狭小であることより, 比較的分布範囲の広い上盤

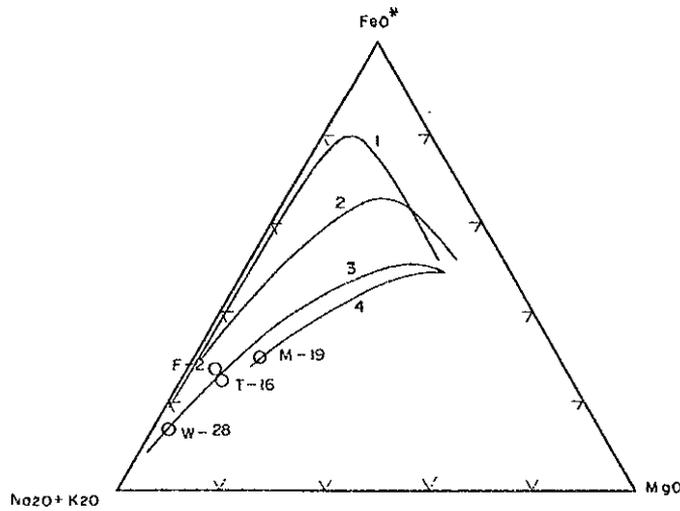


図 4-8 MgO-FeO\*-(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) ダイアグラム

1. Skaergaard magma
2. Averaged tholeiitic volcanic rocks of Izu islands, Izu peninsula and Hakone region
3. Averaged Calc-alkaline volcanic rocks of Izu islands, Izu peninsula and Hakone region.
4. Calc-alkaline volcanic rocks of Mt. Akogi

FeO\* : Total Fe as FeO

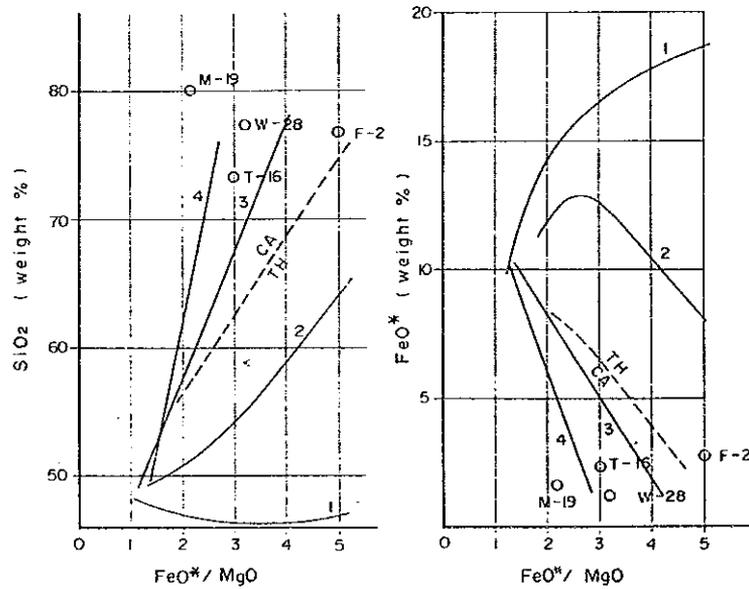


図 4-9 カルク・アルカリ岩系とソレアイト岩系の分類図

CA Calc-alkaline rock series  
TH Tholeiitic rock series

石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)および鉍床層準の凝灰岩類(Koh)を主対象として変質の認められる第三系の石英安山岩(Tdc<sub>1</sub>, Tdc<sub>3</sub>, ほか)についても若干の検討を加えた。

アルカリ変質強度<sup>\*</sup>はアルカリおよびアルカリ土類元素の熱水変質作用に対する易動性に注目して、変質程度の定量的表現のために考察されたものであり、石川ほか(1980)により、日本の新生代の黒鉍鉍床である餌釣鉍床の発見に大きく貢献した。

黒鉍鉍床型の変質作用による元素の移動については表4-9に示すように、鉍床の生成時代、分布域を越えた共通性が認められ、特に、アルカリおよびアルカリ土類の元素の添加・溶脱が特徴となっている。

本地域のLa America, Descubridora および El Rubi 鉍床も黒鉍型鉍床と考えられることより、これらの鉍床に伴われる変質態様をアルカリ変質強度の観点から検討した。

#### (1) La America-Descubridora 地区

上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)および鉍床層準の凝灰岩類(Koh)の分布域中に、北東-南西方向に延びる二帯の強変質帯(アルカリ変質強度90%以上)が認められ、それらの中間は変質強度50-60%の弱変質帯により境されている。既存のLa AmericaとDescubridora鉍床の上部では、前者では強変質帯中に含まれるが、後者の場合はむしろ弱変質帯に対応している。二帯の強変質帯は、いずれも南西部への発展が期待できる(図4-10)。本地区周辺で認められたCSAMT法による低比抵抗帯との関連では、Descubridora鉍床の南西部に位置する低比抵抗帯に対しては開いている。また、Aranjuez及びAranjuez東低比抵抗帯の伸長方向は、アルカリ強変質帯の伸長方向に斜交しつつ重複している。ただ、低比抵抗帯の主要部分は上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)の分布域外にあり、この部分の変質強度との対応についての詳細は不明である。

#### (2) El Rubi 地区

調査対象となる岩石(下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)および上盤石英安山岩Kdc<sub>2</sub>)の分布が限られているが、図4-11に示されるように上盤石英安山岩の中心部に強変質帯-やや強変質帯(80%以上)が観察される。下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)の露頭部でもやや強変質部が一部認められるが、東部延長では上・下盤石英安山岩とも変質程度は弱くなる(図4-11)。変質強度から判断するならば、上盤石英安山岩(Kdc<sub>2</sub>)中の強変質-やや強変質帯は、既知のEl Rubi鉍床を形成した変質帯とは独立した変質帯ともみられ、既存のEl Rubi鉍床は、この強変質帯の南東部のやや強変質帯中に含まれる。

#### (3) Rincon 地区

本地域の第三紀最初の石英安山岩(Tdc<sub>1</sub>)中の変質帯である。規模400m×500mの強変質

\*アルカリ変質強度(Alkali Alteration Index) =  $\frac{(MgO+K_2O)}{(MgO+K_2O+Na_2O+CaO)} \times 100$   
( ) weight%

表 4-9 黒鉱型鉄床中での主要元素の分散

	Alteration mineralogy	Elements enriched	Elements depleted	Elements unchanged	Age
Kuroko, Japan Lambert & Sato (1974)	Mon, Ser, Chl, Kaol	K, Mg, Fe, Si	Na, Ca		Cenozoic
Kuroko, Japan Tatsumi & Clark (1972)	Ser, Qtz, Cal	Mg, K	Na, Ca, Fe	Al	Cenozoic
Hitachi, Japan Kuroda (1961)	Cord, Anthoph.	Mg, Fe, Ba	Na, Ca, Sr		Cenozoic
Buchans, Canada Thurlow et al. (1975)	Chl, Ser, Qtz	Mg, Fe, Si	Na, Ca, K		Paleozoic
Heath Steele, Canada Wahl et al. (1975)	Chl, Ser	Mg	Na, Ca		Paleozoic
Brunswick No.12 Canada Goodfellow (1975)	Chl, Ser, Qtz	Mg, Fe, (Mn), (K)	Na, Ca (Mn), (K)	Al	Paleozoic
Killingdal, Norway Rui (1973)	Chl, Bio, Qtz	Mg, K, Mn	Na, Ca, Si	Al, Ti, Fe(total)	Paleozoic
Skorovass, Norway Gjelsvik (1968)	Chl, Ser	Mg	Na, Ca		Paleozoic
Boliden, Sweden Nilsson (1968)	Chl, Ser, Qtz, Andal	Mg, K, Al	Na, Ca		Proterozoic
Mattabi, Canada Franklin et al. (1975)	Qtz, Carb, Ser, Chld, Chl, Andal, Gar, Kyan, Bio	Fe, Mg	Na, Ca		Archean
Millenbach, Canada Simmons et al. (1973)	Chl, Ser, Anthoph, Cord.	Mg, Fe	Na, Ca, Si		Archean
Mines de Poirier Canada Descarreaux (1973)	Chl, Ser,	Mg, K	Na, Ca	Si	Archean
Lac Dufault, Canada Sakrison (1966)	Chl, Ser	Mg, Fe, Mn	Na, Ca	Al, Ti K, Si	Archean
East Waite, Mobern, Joutel, Poirier, Agnico-Eagle, Mattabi, Sturgeon Lake, South Bay McConnell (1976)	Qtz, Ser, Chl, Carb, Sauss, Epidote	Mg, Fe	Na, Ca	Si, Al	Archean

( After Govett & Nichol, 1979 )



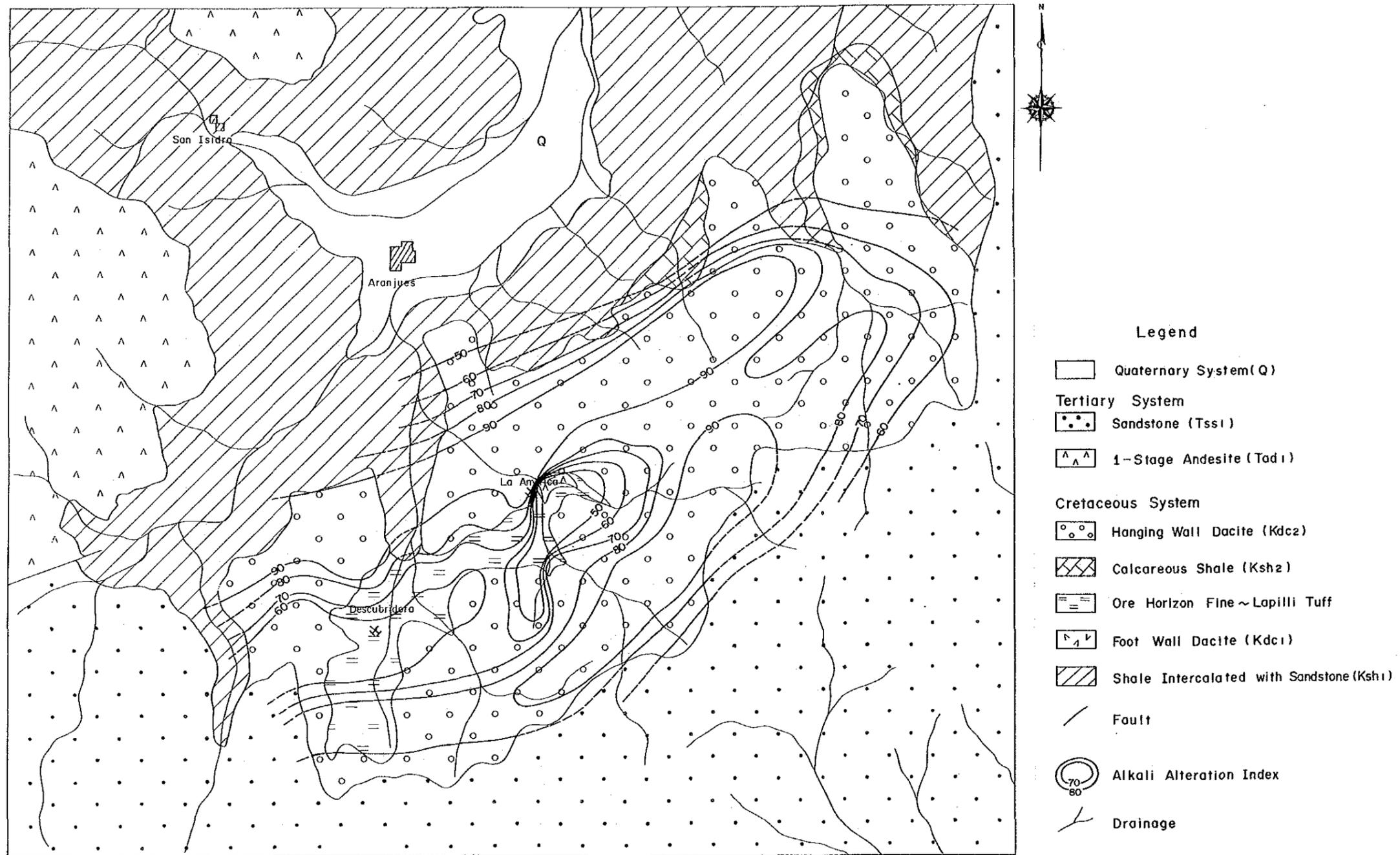
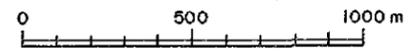


図4-10 La America-Descubridora 地区のアルカリ変質強度図



帯が認められる。しかし、その周辺では急激に弱変質帯に移行するようである。同一岩層中の他の試料では、特筆する強変質のものは認められていないので、本地区に限定された変質帯であろう。アルカリおよびアルカリ土類元素の挙動は、黒鉍型変質の場合と似るが、後述のクラスター分析結果では、黒鉍型変質に含める積極的理由に乏しい。

#### 4-2-3 主成分分析

調査地域から採取した 102 個の岩石試料について、主要 13 成分について、黒鉍型鉍化作用との関係を解明すべく、主成分分析を行った。13 成分についての相関係数を表 4-10 に示す。

この表によれば、次の組合せで相関が認められる。

$$P_2O_5 - Al_2O_3 (0.79)$$

$$MgO - FeO (0.78)$$

$$CaO - Na_2O (0.60)$$

$$BaO - K_2O (0.59)$$

$$MnO - FeO (0.52)$$

$$Na_2O - Al_2O_3 (0.47)$$

$$CaO - MnO (0.46)$$

$$MgO - MnO (0.45)$$

また、 $SiO_2$  とは次の諸成分が負の相関が認められる。

$$SiO_2 - Al_2O_3 (-0.83)$$

$$SiO_2 - Na_2O (-0.46)$$

$$SiO_2 - TiO_2 (-0.46)$$

$$SiO_2 - MnO (-0.40)$$

熱水変質を受けたときに溶脱傾向の強い  $CaO$  と  $Na_2O$  が、また、富化の傾向の強い  $BaO$  と  $K_2O$  に相関が認められる。岩石の構成成分として地化学的に類似の挙動が見込まれる  $MgO$  と  $FeO$  でも相関が成立している。負相関を示すものについては、 $SiO_2$  の増加（珪化）に対する  $Na_2O$  の溶脱傾向等を示している。

各成分の値を標準化した後、主成分分析を行った。その結果を表 4-11 に示す。

この表によれば、最大の固有値は 3.66 で、これは第 1 因子負荷量の 2 乗和であり、第 1 因子によって、全体の 28% が説明可能である。同様の手法で第 2、第 3 因子について計算すると、

表 4-10 相 関 係 数 マ ト リ ッ ク ス

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	BaO
SiO <sub>2</sub>	1.00												
TiO <sub>2</sub>	-0.46	1.00											
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.83	0.31	1.00										
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.19	0.32	0.14	1.00									
FeO	-0.15	0.09	-0.05	-0.15	1.00								
MnO	-0.40	0.33	0.23	0.17	0.52	1.00							
MgO	-0.18	0.13	0.45	-0.05	0.78	0.45	1.00						
CaO	-0.21	0.12	0.09	-0.12	0.39	0.46	0.38	1.00					
Na <sub>2</sub> O	-0.46	0.20	0.47	0.08	0.12	0.30	0.10	0.60	1.00				
K <sub>2</sub> O	-0.33	0.07	0.40	0.09	-0.23	0.03	-0.32	-0.35	-0.13	1.00			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0.39	0.79	0.18	0.26	0.24	0.32	0.18	0.20	0.13	0.07	1.00		
LOI	-0.37	0.19	0.16	0.13	0.18	0.18	0.34	-0.03	-0.18	-0.07	0.07	1.00	
BaO	-0.22	-0.09	0.19	0.14	-0.02	0.15	-0.12	-0.09	-0.06	0.59	0.12	0.20	1.00

表 4-11 主成分分析結果表

P·C	E·V	C·R	Factor Loading													Max. Score	Min. Score
			SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	BaO		
Z <sub>1</sub>	3.66	0.28	-0.78	0.64	0.59	0.25	0.52	0.72	0.54	0.54	0.54	0.04	0.63	0.37	0.12	5.15	-6.88
Z <sub>2</sub>	2.52	0.48	0.42	0.20	0.53	0.35	0.59	0.17	0.59	0.49	0.06	0.79	0.12	0.03	-0.53	4.11	-3.22
Z <sub>3</sub>	1.56	0.60	-0.12	0.12	0.31	0.16	0.30	0.09	0.33	0.41	0.75	0.11	0.22	0.59	-0.28	3.99	-2.85
Z <sub>4</sub>	1.47	0.71	0.15	0.62	0.20	0.40	0.28	0.18	0.21	0.12	0.05	0.32	0.54	0.12	-0.54	3.01	-3.30
Z <sub>5</sub>	0.98	0.78	0.29	0.05	0.34	0.14	0.17	0.35	0.10	0.15	0.01	0.28	0.23	0.56	0.35	2.15	-4.02
Z <sub>6</sub>	0.88	0.85	0.08	0.21	0.11	0.71	0.16	0.14	0.02	0.13	0.17	0.25	0.27	0.22	0.18	2.06	-3.86

P·C : Principal components

E·V : Eigenvalue

C·R : Contribution ratio

LOI : Loss on ignition

それぞれ 19%, 12% となり, 第 4 固有値では 11% となる。したがって, 第 4 固有値までで本分析に供された原データの 71% が説明可能である。本分析で最も重要と思われる因子負荷量(各因子と変量との相関係数でそれぞれの因子がどのような意味をもつかはこれを検討することで行われる)に注目するならば,  $Z_1$  は  $\text{SiO}_2$  と他成分の著しい非相関で特徴づけられる。これは, 珪化作用による  $\text{SiO}_2$  の増加があるときは他の成分は相対的に減少する傾向の強いことを示す。一般に, 珪化作用には珪酸の添加するタイプと珪酸以外の成分の溶脱の結果, 相対的に珪酸の増加として表わされる二つありある。調査地域では前者の場合であることが主成分分析結果からも野外産状からも支持される。 $Z_2$  については,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaO}$  に対する  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  等の岩石学的の塩基性成分の非相関関係が特徴的である。 $Z_2$  と最も高い相関を示す  $\text{K}_2\text{O}$  は黒鉍型変質では, その進行につれて顕著な増加傾向を示し,  $\text{Na}_2\text{O}$  とは相互補間の挙動をとることが特徴となっている。したがって, 負相関が期待されるはずであるが, この主成分では,  $\text{Na}_2\text{O}$  と  $\text{K}_2\text{O}$  とは無相関を示すに留る。 $Z_3$  については,  $\text{Na}_2\text{O}$  の高い相関(0.75)が目立つ。これは一般的には, 熱水変質に対して最も敏感に反応する  $\text{Na}_2\text{O}$  の挙動を説明する主成分と位置づけることができる。 $Z_4$  以下の主成分については,  $Z_4$  では  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  について中程度の正の相関が,  $Z_5$  では LOI について中程度の負相関,  $Z_6$  では  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  について中程度の正相関が認められるに留り, 岩石化学的意味づけは難しい。

変質に対して, 最も易動性の高いアルカリとアルカリ土類の寄与が大きいとみられる第 2, 第 3 因子得点による二次元空間での各試料の分布の様子をみた(図 4-12)。特に, 試料の採取場所の地質区分の違いによる相互の分布関係に注目した。地質区分は以下のとおりである。

A : 上盤石英安山岩 (Kdc<sub>2</sub>, La America-Descubridora 地区)

B : " (Kdc<sub>2</sub>, El Rubi 地区)

C : I 期石英安山岩 (Tdc<sub>1</sub>)

D : III 期石英安山岩類 (Tdc<sub>3</sub>) 他

E : 鉍床層準凝灰岩類 (Koh)

F : 下盤石英安山岩 (Kdc<sub>1</sub>)

それによれば, D グループと E グループは互いに重複することなく, 分布範囲が分離している。第 2 成分については, 前者が負の値で特徴づけられるのに対し, 後者は正の得点をもつものが大部分で, 明瞭に区分できる。また, A, B, C グループは, D, E グループの中間帯に互いに重複しながら分布し, それぞれの因子得点の特性上からは俊別は難かしい。そのうちでも, A と C グループの重複は大きく, この両得点の分布上からは似た性格をもっているといえる。下盤石英安山岩(Kdc<sub>1</sub>)の分布は図上では広範囲にわたり, 特徴を捉えることはできない。

以上, 因子得点の分布から, D グループは積極的に黒鉍鉍床に関連する岩石とするには, 挙動が違いすぎる。しかし, C グループについては, この手法では, 黒鉍型鉍床関連の岩石類と考

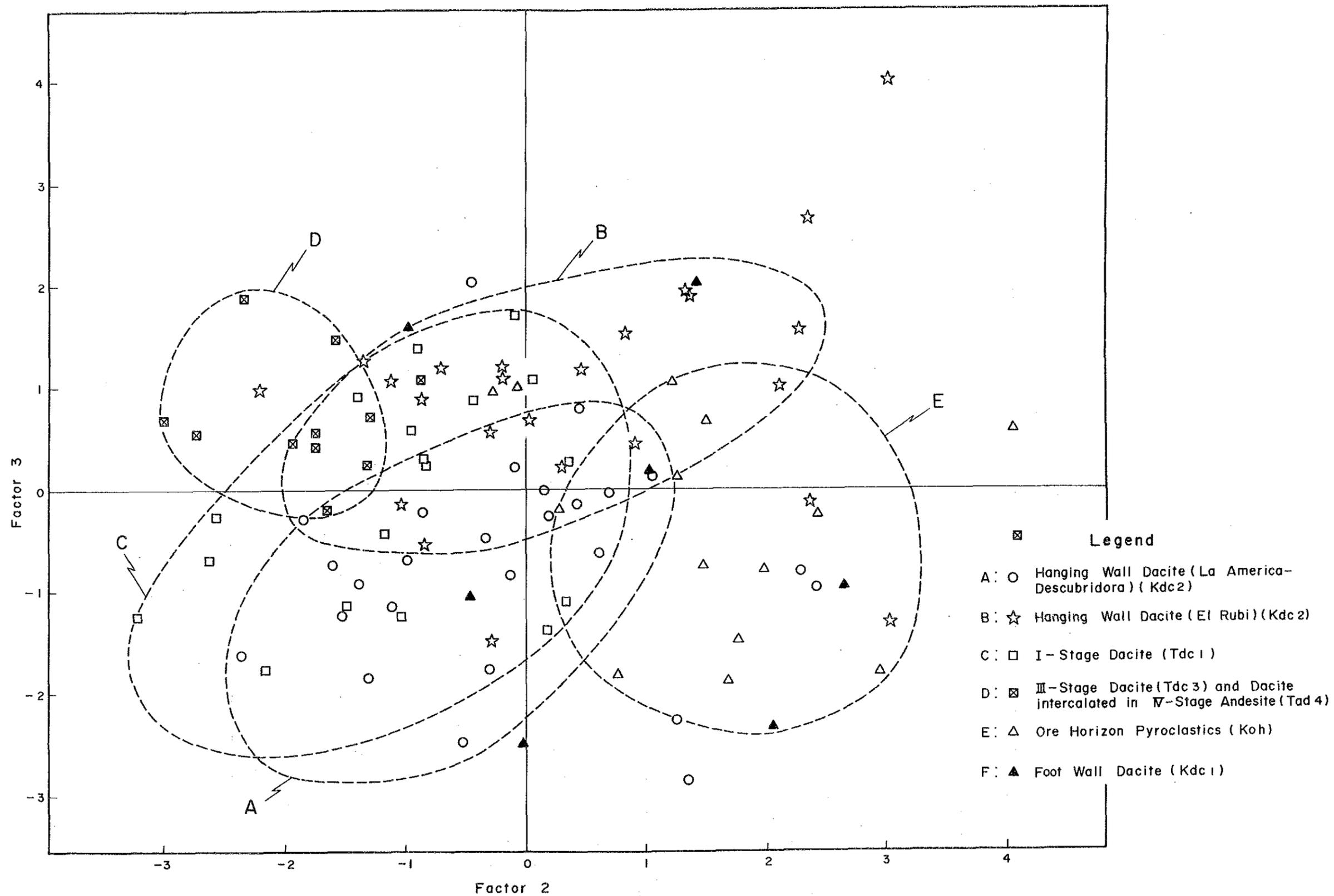


図4-12 Factor 2 と Factor 3 の因子得点関係図