

617
6
MA

JICA LIBRARY



1029953[5]

16238

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

総 括 報 告 書

昭和62年2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 '87. 4. 27

615

登録No. 16238

66-1

MPN

は し 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8月から昭和62年2月まで3ケ年にわたって実施され、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通り完了した。

本報告書は3ケ年の調査の結果をとりまとめたものである。

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、現地大使館及び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62年2月

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔

金属鉱業事業団

理事長 佐 藤 淳一郎

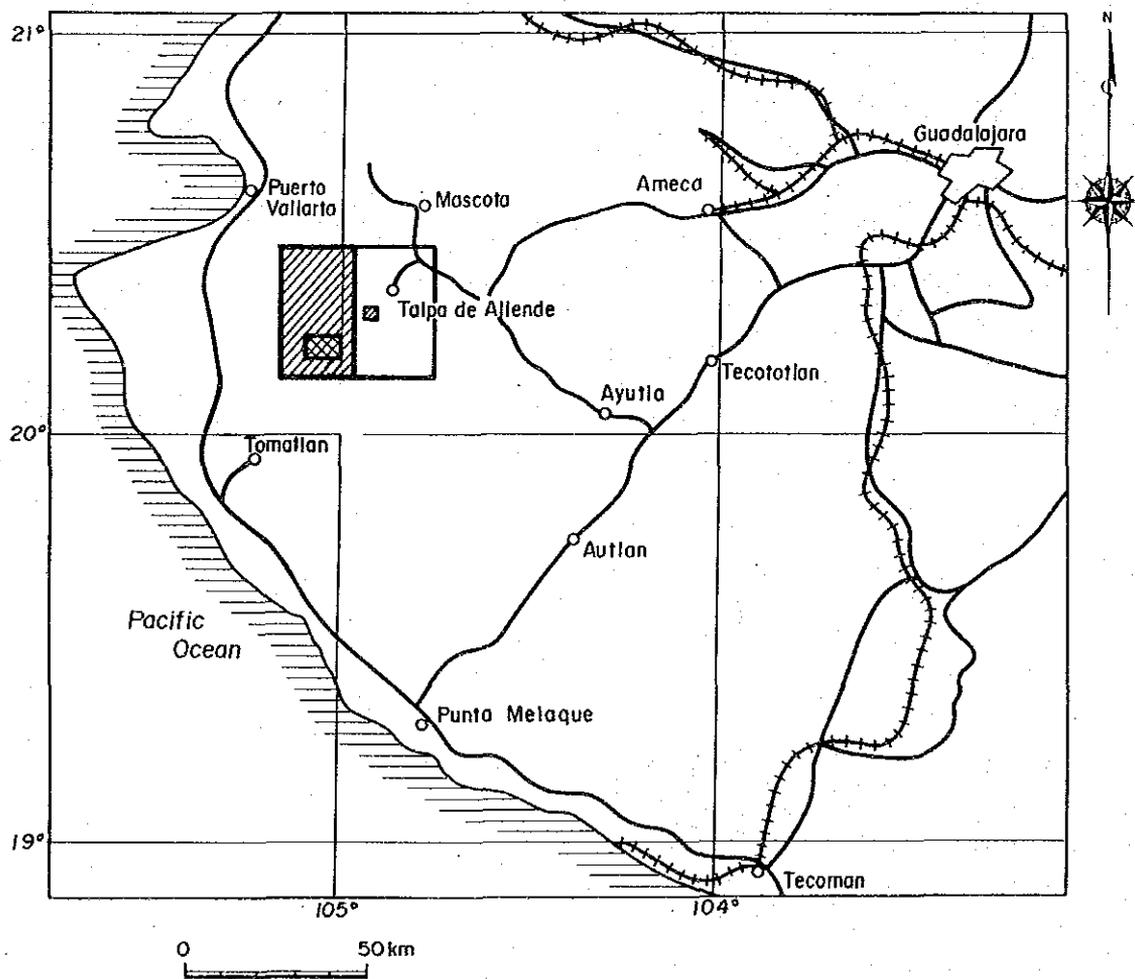
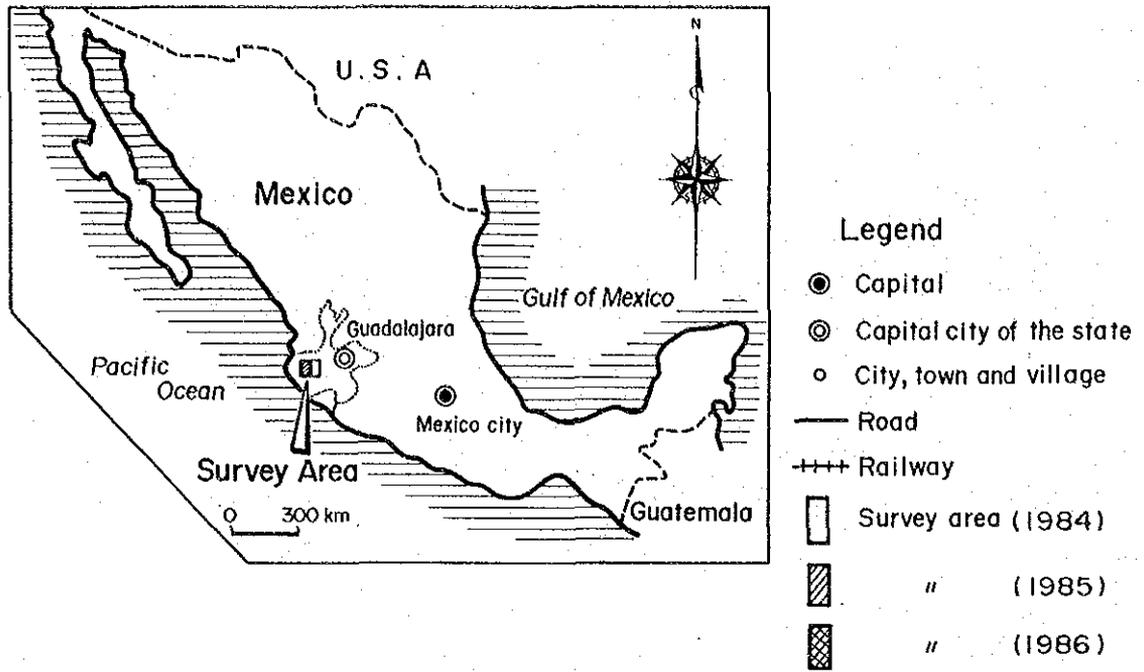


図 G - 1 調査位置図 (A)

要 約

メキシコ合衆国ハリスコ地域に於ける資源開発協力基礎調査は、本地域の詳細な地質状況を解明することにより、鉱床の賦存状況を把握することを目的とし、昭和59年度から3ヶ年計画として開始された。

第1年次(昭和59年度)には、本調査地域のうち、東部区域(1,000km²)に於いて、黒鉱型鉱床及び各種鉱床の探査を目的とし、地質調査、地化学探査(河床堆積物)及び地質調査結果から黒鉱型鉱床の賦存の可能性の高いと考えられる122km²が物理探査(CSAMT法)の対象地域に選ばれ、本調査が実施された。これ等の調査結果を総合検討の上、黒鉱型鉱床の賦存の可能性が最も高いと考えられるLa America-Descubridora(ラ・アメリカ・デスクブリドーラ)地区がボーリング調査対象地区として選ばれた。

第2年次(昭和60年度)は、本調査地域のうち、西部区域(1,000km²)に於いて、第1年次と同様に主として黒鉱型鉱床の探査を目的として、地質調査、地化学探査及び地質調査の結果から選ばれた100km²につき、物理探査(CSAMT法)が行われた。これ等の調査の結果を総合検討の上、黒鉱型鉱床の賦存の可能性の最も高いと考えられるLa Concha-El Bramador(ラ・コンチャ・エル・ブラマドール)地区が第3年次のボーリング調査対象地区に選ばれた。

また、東部区域のLa America-Descubridora地区ではボーリング調査(5孔、総実掘進長:1,369.70m)が行われた。その結果、黒鉱型鉱床の捕捉には至らなかったが、本地区の北東部で実施したMJM-2及びMJM-5では、黒鉱型鉱床の生成の場として必要な、かつての堆積盆内に位置すると解釈できる地質産状をとることが判明した。細粒の黄鉄鉱を伴う黒鉱層準も存在することから、この鉱床層準の延長上に黒鉱型鉱床の賦存する可能性は高いと判断される。

第3年次(昭和61年度)は、第2年次の調査結果から抽出されたLa Concha-El Bramador地区でボーリング調査(7孔、総実掘進長:2,296.20m)を実施した。その結果、黒鉱型鉱化作用をMJM-6、MJM-7及びMJM-9で捕捉できた。これ等のうちでも、特にMJM-9では、黒鉱層準で高品位黒鉱(厚さ:15cm、品位、Au:7.8g/t、Ag:1,108g/t、Cu:1.15%、Pb:16.2%、Zn:32.2%)及び金鉱化帯(厚さ:8m、Au平均品位:4.2g/t)が捕捉された。

一方、MJM-6及びMJM-7では黒鉱層準の酸性火砕岩中に黒鉱型鉱化作用特有の細粒の黄鉄鉱を伴う黒鉱帯が捕捉された。本鉱帯には銀の鉱化帯(MJM-6;厚さ:8m、Ag平均品位:145g/t、MJM-7;厚さ:5m、Ag平均品位:100g/t)が認められた。

このことは、本地域の黒鉱型鉱化作用には貴金属鉱化作用も随伴することを示すものである。

総 括

目 次

はしがき

調査位置図

要 約

目 次

第Ⅰ部 序 論

第1章 調査概要	1
1-1 調査地域及び調査目的	1
1-2 調査方法及び調査量	1
1-3 調査期間及び調査員	3
第2章 従来 of 調査	5
第3章 調査地域の地質概要	6
第4章 現地状況	7
4-1 交 通	7
4-2 調査環境	7
第5章 K-Ar年代測定	8

第Ⅱ部 東 部 区 域

第1章 地 質	11
1-1 地質概説	11
1-2 層 序	15
1-2-1 白 亜 系	15
1-2-2 第 三 系	18
1-2-3 第 四 系	20
1-2-4 貫入岩類	21
第2章 地質構造	22
第3章 鉍化作用	25
第4章 X線回折による変質帯調査	29
4-1 変質分帯	29
4-2 斜長石類の残存量	29

第5章 地化学探査	37
5-1 河床堆積物による地化学探査	37
5-1-1 試料採取	37
5-1-2 指示元素	37
5-1-3 分析データの解析	37
5-1-4 主成分分析	37
5-1-5 河床堆積物による地化学探査異常の評価	44
5-2 全岩分析による地化学探査	49
5-2-1 アルカリ変質強度	49
5-2-2 主成分分析	53
5-2-3 クラスター分析	57
第6章 物理探査	59
6-1 調査の概要	59
6-2 調査結果	59
第7章 ボーリング調査	69
7-1 概 要	69
7-1-1 目的及び実施位置	69
7-1-2 調査期間及び調査量	69
7-2 地 質	69
7-3 鉍化帯	81
7-4 ボーリング調査結果と物理探査結果の比較	81
第Ⅲ部 西部区域	
第1章 地 質	85
1-1 地質概説	85
1-2 層 序	88
1-2-1 ジュラ系	88
1-2-2 白 亜系	88
1-2-3 第 三系	90
1-2-4 第 四系	92
1-2-5 貫入岩類	92
第2章 地質構造	94
第3章 鉍化作用	96
第4章 X線回折による変質帯調査	101

4-1	変質分帯	101
4-2	斜長石類の残存量	105
第5章	地化学探査	109
5-1	河床堆積物による地化学探査	109
5-1-1	試料採取	109
5-1-2	指示元素	109
5-1-3	分析データの解析	109
5-1-4	主成分分析	109
5-1-5	河床堆積物による地化学探査異常の評価	113
5-2	全岩分析による地化学探査	118
5-2-1	アルカリ変質強度	118
5-2-2	主成分分析	118
5-2-3	クラスター分析	122
第6章	物理探査	124
6-1	調査の概要	124
6-2	調査結果	124
第7章	ボーリング調査	135
7-1	概要	135
7-1-1	目的及び実施位置	135
7-1-2	調査期間及び調査量	135
7-2	地質	135
7-3	鉍化帯	153
7-4	ボーリング調査結果と物理探査結果の比較	157
第IV部	結論及び提言	
第1章	結論	161
第2章	提言	162
参考文献		163

添 付 表 リ ス ト

表 I - 1	調査方法及び調査量	1
表 I - 2	K - Ar 年代測定	8
表 II - 1	鉍徴帯一覧表	26
表 II - 2	黒鉍型鉍床産鉍石の鉍物特性の比較	28
表 II - 3	指示元素の統計パラメータ	43
表 II - 4	主成分分析結果表	44
表 II - 5	異常帯の評価表 (Ag)	45
表 II - 6	異常帯の評価表 (Cu)	46
表 II - 7	異常帯の評価表 (Pb)	46
表 II - 8	異常帯の評価表 (Zn)	47
表 II - 9	異常帯の評価表 (複元素型)	48
表 II - 10	主成分分析結果表	54
表 II - 11	ボーリング概要	69
表 III - 1	鉍徴帯一覧表	97
表 III - 2	黒鉍型鉍床産鉍石の鉍物特性の比較	99
表 III - 3	指示元素の統計パラメータ	112
表 III - 4	主成分分析結果表	113
表 III - 5	異常帯の評価表 (単元素型)	114
表 III - 6	異常帯の評価表 (複元素型)	116
表 III - 7	主成分分析結果表	119
表 III - 8	ボーリング概要	135

添 付 図 リ ス ト

図 G-1	調査位置図 (A)	ii
図 G-2	調査位置図 (B)	iii
図 I-1	有望地区抽出フロー・チャート	2
図 I-2	K-Ar 年代測定用試料採取位置図	9
図 II-1	模式柱状図	12
図 II-2	La America と El Rubi 地域の地質柱状図	13-14
図 II-3	白亜系頁岩-砂岩 (Ksh ₁) の層理面のステレオ投影図	23
図 II-4	第三系砂岩層 (Tss ₁) の層理面のステレオ投影図	24
図 II-5	La America-Descubridora 地区の変質分帯図	31-32
図 II-6	La America-Descubridora 地区の斜長石の残存量の分布図	33-34
図 II-7	緑泥石の化学組成図	35
図 II-8	頻度曲線と累積頻度曲線 (Ag)	39-40
図 II-9	頻度曲線と累積頻度曲線 (Cu)	39
図 II-10	頻度曲線と累積頻度曲線 (Pb)	41-42
図 II-11	頻度曲線と累積頻度曲線 (Zn)	41
図 II-12	La America-Descubridora 地区のアルカリ変質強度図	51-52
図 II-13	Factor 2 と Factor 3 の因子得点関係図	55-56
図 II-14	クラスター樹形図	58
図 II-15	比抵抗構造平面図 (地表下 200 m)	61-62
図 II-16	B-B' 断面図	63-64
図 II-17	C-C' 断面図	65-66
図 II-18	D-D' 断面図	67-68
図 II-19	ボーリング位置図	70
図 II-20	ボーリング周辺地質図	72
図 II-21	ボーリング地質断面図 (MJM-1)	73
図 II-22	ボーリング地質断面図 (MJM-2)	74
図 II-23	ボーリング地質断面図 (MJM-3)	75
図 II-24	ボーリング地質断面図 (MJM-4)	76
図 II-25	ボーリング地質断面図 (MJM-5)	77
図 II-26	ボーリング地質対比図	79-80
図 II-27	各孔の地質と比抵抗分布の対比図	83-84

添付図リスト

図Ⅲ-1	模式柱状図	86
図Ⅲ-2	地区別地質柱状図	87
図Ⅲ-3	El Bramador 地区の変質分布図	103-104
図Ⅲ-4	El Bramador 地区の斜長石の残存量の分布図	107-108
図Ⅲ-5	頻度曲線と累積頻度曲線	110
図Ⅲ-6	Factor 3 と Factor 4 の因子得点関係図	121
図Ⅲ-7	クラスター樹形図	123
図Ⅲ-8	比抵抗構造平面図(地表下 200 m)	127-128
図Ⅲ-9	A-A' 断面図	129-130
図Ⅲ-10	B-B' 断面図	131-132
図Ⅲ-11	F-F' 断面図	133-134
図Ⅲ-12	ボーリング位置図	137-138
図Ⅲ-13	ボーリング周辺地質図	141-142
図Ⅲ-14	ボーリング地質断面図(MJM-6)	143
図Ⅲ-15	ボーリング地質断面図(MJM-7)	144
図Ⅲ-16	ボーリング地質断面図(MJM-8)	145
図Ⅲ-17	ボーリング地質断面図(MJM-9)	146
図Ⅲ-18	ボーリング地質断面図(MJM-10)	147
図Ⅲ-19	ボーリング地質断面図(MJM-11)	148
図Ⅲ-20	ボーリング地質断面図(MJM-12)	149
図Ⅲ-21	ボーリング地質対比図	151-152
図Ⅲ-22	地質と品位関係図(MJM-6)	154
図Ⅲ-23	地質と品位関係図(MJM-7)	155
図Ⅲ-24	地質と品位関係図(MJM-9)	156
図Ⅲ-25	各孔の地質と比抵抗分布の対比図	159-160

第 I 部 序 論

第 1 章 調 査 概 要

1-1 調査地域及び調査目的

調査地域はメキシコ合衆国の中部 Jalisco (ハリスコ) 州 Talpa de Allende (タルパ・デ・アジェンデ) 地域に位置している。調査対象地域は次の 4 点で囲まれた面積 2,000 km² の地域である。

北西限 北緯 20°28'51" 西経 105°11'42"

北東限 北緯 20°28'51" 西経 104°42'42"

南西限 北緯 20° 7'14" 西経 105°11'42"

南東限 北緯 20° 7'14" 西経 104°42'42"

また、本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。

本調査の目的は、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、本地域に於て黒鉱型鉱床の探査を行うことである。

1-2 調査方法及び調査量

本調査の方法及び調査量は下記のとおりである。

表 1-1 調査方法及び調査量

調査法	年次	面積	調査量
地質調査	第一年次	1,000 km ²	500 km 調査踏査長
地化学探査		1,000 km ²	1,505 個
物理探査		122 km ²	377 測点
地質調査	第二年次	1,000 km ²	500 km 調査踏査長
地化学探査		1,000 km ²	1,012 個
物理探査		100 km ²	318 測点
ボーリング調査			1,369.70 m (5 孔)
ボーリング調査	第三年次		2,296.20 m (7 孔)

本調査に於る有望地区抽出のフロー・チャートを図 1-1 に示す。

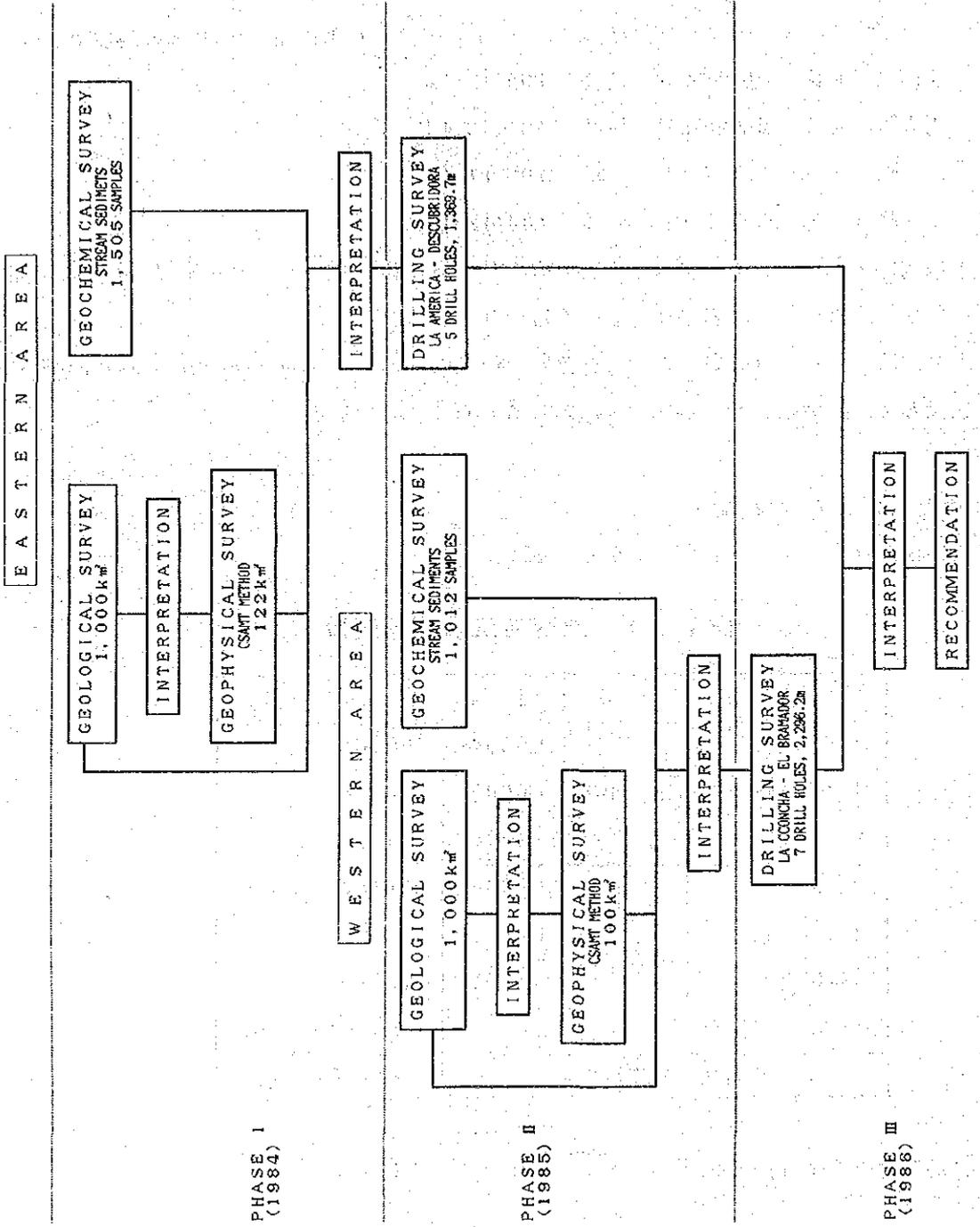


图 I - 1 有望地区抽出フロー・チャート

1-3 調査期間及び調査員

本調査での現地調査は下記のとおりである。

第1年次 自昭和59年8月28日 至昭和60年1月25日

第2年次 自昭和60年7月8日 至昭和61年2月27日

第3年次 自昭和61年5月21日 至昭和62年1月15日

調査計画の策定及び現地折衝並びに現地調査に参画した調査員は下記のとおりである。

職務分担	第1年次 (1984)	第2年次 (1985)	第3年次 (1986)
調査計画策定	三浦 徹	逆瀬川 敏夫	三浦 徹
及び現地折衝	石田 真 荻津 毅 中山 健 北 良行 遠藤 泰生 北島 正豪 加藤 正昭 保坂 駒雄 Jorge Leipen Garay Gustavo Gamacho Ortega Raúl Cruz Rios 平山 昭	荒川 紘平 荻津 毅 星野 明雄 江沢 忠昭 上木 隆司 Ramon Farias Garcia Jorge Leipen Garay Luis Brizuela Venegas Gustavo Camacho Ortega Cesar J. Villegas Garcia Raúl Cruz Rios	荒川 紘平 星野 明雄 上田 英之 遠藤 泰生 上木 隆司 Ramon Farias Garcias Luis Brizuela Venegas Hector Rodriguez Medina Gustavo Camacho Ortega Cesar J. Villegas Garcia Raúl Cruz Rios
現地調査	和田 富美雄 増 潤 和 芳 竹田 誠 吉川 稔 福永 明 藤田 勝	和田 富美雄 増 潤 和 芳 竹田 誠 遠藤 康雄 岩城 倉栄 藤田 勝 大島 正行 青山 達弘 甲斐 久人 Panfilo Sanchez Alvarado Ladislao Segura Garcia Antonio Gonzalez Ramos	和田 富美雄 中島 文雄 青山 達弘 甲斐 久人 Panfilo Sanchez Alvarado Hugo A. Omaña Pulido

Roberto Ortega Guerrero Hugo A. Oña Pulido

David Gutierrez López Roberto Ortega Guerrero

Apolinar Zumaran Gastor David Gutierrez López

David Ventura López

Jesus Garcia Pineda

第2章 従来 の 調 査

調査地域に於る組織立った地質調査及び鉱床探査はこれまで行われていない。僅かに CETENAL(政府系地質調査機関)による写真地質判読を主体にした5万分の1の地質図が本地域について発行されている。しかし、地表調査が極めて不十分であること、また、本地域がメキシコ合衆国にしては植生が密であること等の理由により、この地質図の精度は十分とはいえない。分布する岩層の累重関係の把握も不十分であり、この度の調査により、始めて本地域の地質の概要が明らかになったといえる。

また、本地域内に分布する黒鉱型鉱床は多くの政府系調査機関及び民間会社の調査の対象になったが、それ等は鉱床の近傍に調査が限定されている。黒鉱型鉱床の相互の層序的位置及び地質構造との関係についての調査は皆無とみられる。

第3章 調査地域の地質概要

調査地域は、北は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帯の交錯部に位置する。この2帯はメキシコにおける代表的火山岩帯である。

調査地域の地質は、ジュラ系と考えられる変成岩類(泥質片岩、砂質片岩、緑泥石片岩及び絹雲母片岩等)を基盤とし、その上位に白亜系、第三系及び第四系が累重する。

ジュラ系は西部区域の西部にほぼ南北方向に分布している。

白亜系は、調査地域の各所に分布する。特に黒鉄型鉄床の分布が知られているLa America-Descurridora 地区及びLa Concha-El Bramador 地区が代表的分布地である。構成岩は主として石英安山岩溶岩(Kdc₁, Kdc₁-a, -b), 同質火砕岩(Koh, Koh-a, -b, Kdc-sh)及び黒色頁岩(Ksh₁)等よりなる。白亜系の分布面積は第三系のそれと比較して狭小であるが、黒鉄型鉄床の胚胎層であるために重要である。

第三系は調査地域全域に渡って広く分布し、主として安山岩類及び石英安山岩類より構成されている。

これ等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、第I期安山岩類(Tad₁)は白亜系を不整合で覆う。

第四系は調査地域の主要河川の平坦部に小規模に分布し、固結度の悪い砂礫層が主体である。

貫入岩としては、花崗閃緑岩(Ga), アダメロ岩(Adm), 文象斑岩(Gph), 安山岩(Ad₁, Ad₂)及び石英安山岩(Dc)がある。特に、前二者は同一時期の貫入と判断され、調査地域の南部から南西部にかけて広く分布している。これ等と同一岩体と考えられるDesmoronado (デスマロナード) 部落西部からの試料のK-Ar年代測定結果では、本岩の貫入時期は新白亜紀(71.8 ± 6 m.y. ~ 71.1 ± 6 m.y.)を示唆している。その他の貫入岩は第三紀の活動と考えられる。

尚、東部区域の黒色頁岩(Ksh₁)中のナンノプランクトンの鑑定結果によれば、この時階は新白亜紀(Campanian ~ Maastrichtian 階, 78 ~ 65 m.y.)と結論されている。一方、西部区域の黒色頁岩(Ksh₁)中から発見されたナンノプランクトン及び放散虫の鑑定結果、これ等は、古白亜紀に卓越する種という。

第4章 現 地 状 況

4-1 交 通

首都のMexico(メキシコ)市からGuadalajara(グアダラハラ)市経由で調査地域内のTalpa de Allende町までの交通(空路及び陸路)は次のとおりである。

(1) 空路: Mexico市からGuadalajara市間には毎日アエロ・メヒコ社及びメヒカーナ・デ・アピアソオン社の飛行便多数があり, 至便である。两市間は直線距離で約450kmであり, ジェット機で50分を要す。

(2) 陸路: Mexico市からGuadalajara市間は完全舗装のパン・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ある。540kmの距離があり, 8時間を要する。Guadalajara市から調査の基地となったTalpa de Allende町までは220kmあり, 4時間を要する。Guadalajara市とAmeca(アメカ)町間の100kmは舗装が完備しているが, 残りの120kmは簡易舗装(100km)と未舗装(20km)からなる。Talpa de Allende町の手前20kmから始まる未舗装道は雨期・乾期を問わず道路状態が悪い。Talpa de Allende町には給油所が1箇所ある。

4-2 調査環境

調査地域の地形は概して急峻であり, 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町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。調査地域内の標高は北部~中部では2,000m前後の山脈が普遍的であり, 南部及び南西部では140mまで標高を減じ, 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, 概ね3区分が可能である。

(1) 山岳地帯: 植生は松柏類が主であり, 気候は一年中冷涼である。

(2) Talpa de Allende盆地: 柑橘類や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°C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, 平均気温は15°~16°C, 5月~6月が最も暑く20°~21°Cである。

(3) 調査地域南部及び南西部: 植生はTalpa de Allende盆地と共通するものが多い。また, 年間雨量も1,200mm前後であり, 最も暑い6月~8月の平均気温は28°~29°Cに達する。また, 最も寒い2月でも23°~24°Cと温暖である。

第5章 K-Ar 年代測定

本調査地域に広く分布する花崗閃緑岩については、これまで絶対年代の測定が行われておらず、その貫入時期については不明のままであった。

本調査では、本岩につき K-Ar 年代の測定を行うことにより、本地域での火成活動につき理解を深めようとするものである。試料の採取は Desmoronado 部落西部 (AE-1-DESM) で行った。また、本調査地域に分布する黒鉍型鉍床については、生層学的には東部区域のものの生成は新白亜紀、西部区域のそれは古白亜紀の可能性が指摘され、両区域で黒鉍型鉍床の生成時期に差異があるらしいことが指摘された。この問題の検証のため両区域の代表的黒鉍型鉍床 (東部区域: La America 鉍床; AE-2-AMEC, 西部区域: Los Alpes 鉍床 AE-3-MIRA) からの試料 (いずれも、黒鉍型鉍化作用の熱水変質を強く受けた鉍床母岩) について K-Ar 年代測定を行った。試料の採取場所は図 1-2 に示す。

その結果、表 1-2 に示されるように、得られた花崗閃緑岩の絶対年代からは本岩は新白亜紀の貫入と結論づけられる。一方、黒鉍型鉍床の生成時期は両区域ともこの結果からは新白亜紀と結論づけられるが、西部区域のものがやや古い生成時期を与えている。

表 1-2 K-Ar 年代測定

Sample NO.	Rock Name	Coordinates		Analyzed Sample	K(%)	$^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$	Air Contamination (%)	Age (m.y.)
		X	Y					
AE-1-DESM	Granodiorite	-3,440	20,450	Hornblend	0.42	0.00422	86.7	71.1 ± 6
				Biotite	6.07	0.00426	27.0	71.8 ± 6
AE-2-AMEC	Sandy Tuff	8,750	20,350	whole rock	2.64	0.00426	23.8	71.9 ± 6
AE-3-MIRA	Pumice Tuff	-13,450	11,650	whole rock	3.61	0.00511	66.4	86.0 ± 7
				Sericite	4.63	0.00529	10.4	89.0 ± 7

この理由については、現時点では、黒鉍型鉍床の生成はグローバル・テクトニクスに深く関連した火山活動によって生成されるらしいという説 (Cathles et al., 1983) と更に、この時期の火山前線が、ほぼ西から東に移動する傾向が認め得るといふ指摘 (Damon et al., 1981) によって説明できるかもしれない。

第II部 東 部 区 域

第 1 章 地 質

1-1 地質概説

調査地域には白亜系，第三系，第四系及び貫入岩類が分布している。

調査地域の白亜系は，調査地域北西部の Toledo (トレド)川と西部の Aranjuez (アランフェス)川沿いに第三系の 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に重要である。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(Ksh₁)であり，少量ながら石灰質頁岩(Ksh₂)が挟在される。調査地域の白亜系中では，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 地区及び El Rubi 地区では，石英安山岩溶岩が黒鉍型鉍床の上・下盤を形成し，これ等の酸性火山岩の活動と黒鉍型鉍床の成因関係の深さを示唆している(図 II - 1，図 II - 2)。

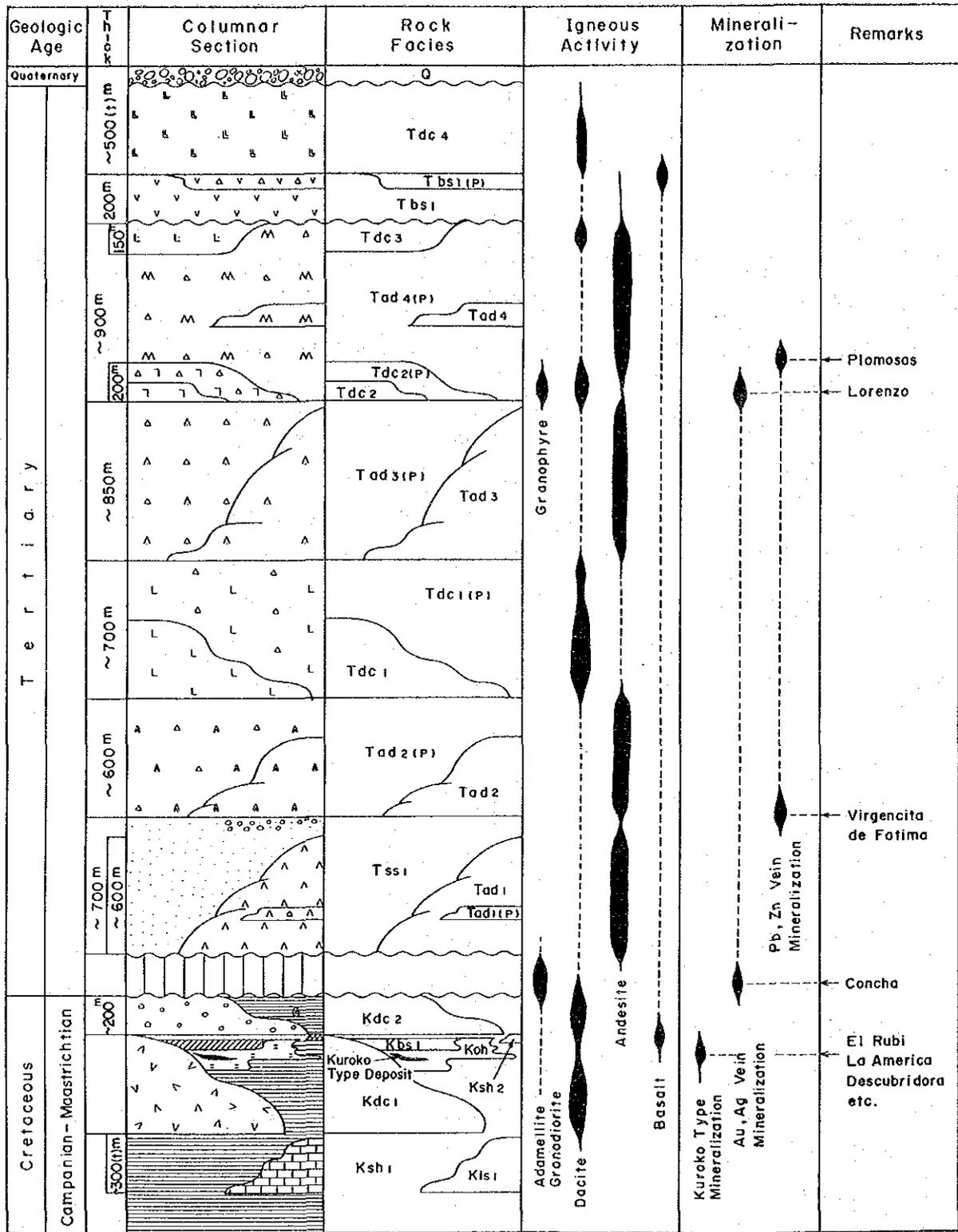
堆積岩類は程度の差はあるものの，褶曲作用を蒙っており，略々北東-南西の走向，傾斜 30° ~ 60° を示すことが多い。しかし，堆積岩類は，黒鉍型鉍床の上盤石英安山岩(Kdc₂)との褶曲型の違いから，二階建構造が予想される。堆積岩類の示す褶曲波面は野外で測定される傾斜から予想されるものよりは，はるかに緩い傾きをもつと考えられる。Toledo川と Aranjuez川の間には，開いた向斜構造が推定される。

尚，Toledo川流域の黒鉍型鉍床胚胎層準付近の黒色頁岩(Ksh₁)中のナンノプランクトンの鑑定結果によれば，この時階は新白亜紀(Campanian ~ Maastrichtian, 78 ~ 65 m. y.) 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，主として安山岩類及び石英安山岩類より構成されている。これ等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)の間，玄武岩類(Tbs₁)と III 期石英安山岩類(Tdc₃)及び IV 期安山岩類(Tad₄)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(Tad₃)から，北部から中部で優勢な IV 期安山岩類の移行期に，海底から陸上へ活動の場が変わったことが，後者(Tad₄)中での溶結凝灰岩の出現から推定できる。これ等の火山岩類は，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 Coronadero (コロナデロ) 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(Tad₂)が全般的にプロピライト化作用を受けているが，それ以外の火山岩類の熱水変質は局部的であり，その程度は劣る。

第四系は，調査地域の中部から北部の Talpa 川流域の平坦部及び山麓部に，また，南部では La



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
- Kis1 : 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
- ∅ : Nonnoplankton

图 II - 1 模式柱状图

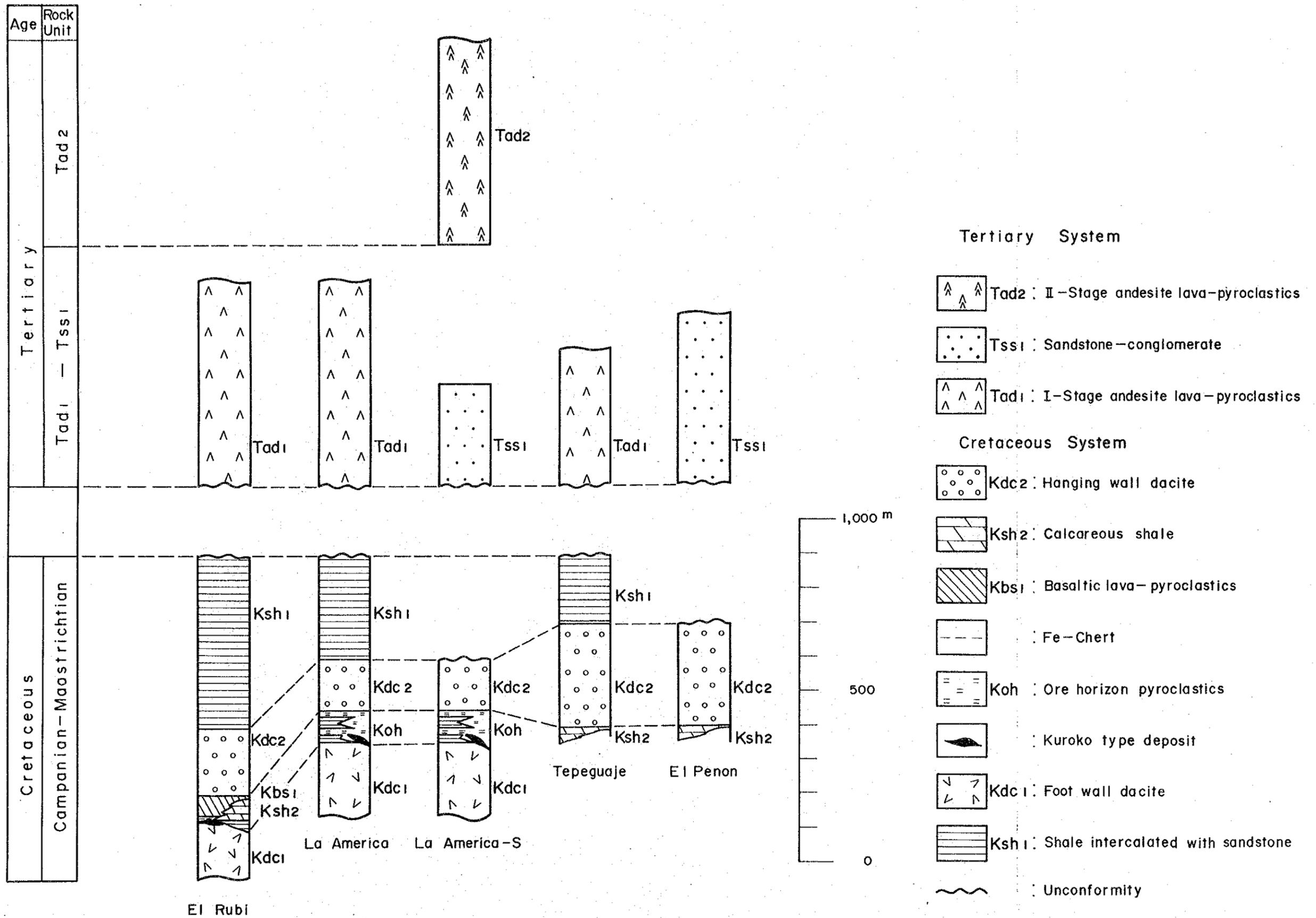


図 II - 2 La America と El Rubi 地域の地質柱状図

Cuesta (ラ・クエスタ) 以南の La Quebrada (ラ・ケブラダ) 沢, Los Otates (ロス・オタテス) 沢流域等に分布する。固結度の悪い砂礫層が主体で、成層することが多い。

調査地域の貫入岩類には、アダメロ岩 (Adm), 花崗閃緑岩 (Ga), 文象斑岩 (Gph), 安山岩 (Ad₁ Ad₂) 及び石英安山岩 (De) の 5 種がある。

前二者は調査地域の南部に主として分布し、ララマイト期の貫入と推定される。一方、その他の貫入岩は調査地域の中部から北部で認められ、第三紀の貫入であろう。

1-2 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系の火山岩類、砂岩・礫岩及びこれを買く貫入岩よりなる。第四系は Talpa 川流域や調査地域南部の地形的低地に発達している。

1-2-1 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, プラクトンの鑑定結果、新白亜紀 (Canpanian 階 - Maastrichtian 階, 78 - 65 m. y.) と結論された。

(1) 石灰岩層 (Kls₁)

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。

調査地域南西部の San Agustin (サン・アグスチン) 付近に小規模に分布する。

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

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。

Ⅲ期安山岩類 (Tad₃) 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・下位層との関係は不明である。

(2) 頁岩 (砂岩) 層 (Ksh₁)

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。

調査地域の北西部, Talpa de Allende の西 - 南部に第三系と考えられる I 期安山岩類 (Tad₁) と砂岩層 (Tss₁) 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 (エル・ルビ) 鉱床を經由して 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(カブリネラ)沢等でその主要部を観察できる。

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。特に、本層中に挟在されるLa America-Descubridora地区及びEl Rubi地区の上盤石英安山岩(Kdc₂)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。

二階建構造を考慮するならば、本層の層厚は約700mである。

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、均質な岩層を示すものの、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Capulinera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る。

本層は、第三系と考えられるI期安山岩類(Tad₁)及びワッケ質砂岩(Tss₁)に不整合に覆われている。

(3) 下盤石英安山岩(Kdc₁)

本岩は本調査地域で観察できる最古の火山岩であり、本調査地域に賦存する黒鉱型鉱床と密接な位置関係をもって分布する。具体的な分布場所は、La America鉱床の坑口付近とEl Rubi坑口の北側に狭小な露頭が認められるのみである。

基底部が確認できないため、層厚の測定はできない。

本岩は、約10km隔たって分布しているがEl Rubi及びLa America地区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・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地区のもので少量認められるが、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、微細な石英と粘土鉱物(絹雲母あるいは緑泥石)に変わっている。

本岩は、白亜紀の頁岩(砂岩)層(Ksh₁)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、野外では観察できず、不明である。

(4) 鉱床層準の凝灰岩類(Koh)

本岩類は、酸性の細粒凝灰岩を主体としているが、La America鉱床の坑内では、同質の火山礫凝灰岩も挟在される。

本岩類は、La America-Descubridora地区のみ分布する。分布形態は、主として上盤石英安山岩(Kdc₂)に覆われて、一種の地窓状を呈する。しかし、La America坑内及び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(Kdc₂)の下位に広く分

布すると考えられる。

本岩類は、下位層との関係を観察できる露頭に乏しいことから、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(Kdc₁)露頭部付近では薄層化している。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(Kdc₂)との関係を考慮するならば、層厚100m程度と推定される。

本岩類は緑色を呈する堅硬な細粒凝灰岩を主体とし、La America坑内及び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。鏡下では、変質作用のため、石英、炭酸塩鉱物（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、挟在される頁岩とは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。

本岩類は、下位の下盤石英安山岩(Kdc₁)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 (Kdc₁)

鉱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鉱床周辺に、その分布は限定される。

本岩類は下盤石英安山岩(Kdc₁)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。

暗緑色を呈する玄武岩溶岩及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。角礫化した溶岩相はしばしば塊状相へ漸移し、粗粒玄武岩質となる。鏡下では、完晶質である。

本岩類は頁岩（砂岩）層(Ksh₁)とは整合的に、下盤石英安山岩(Kdc₁)とは一部、準整合関係で接する。

(6) 上盤石英安山岩 (Kdc₂)

本岩の分布は、黒鉱型鉱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。前者では、Descubridora坑口の南西からLa America坑口の北東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。後者ではEl Rubi坑口の北西山塊からLos Espinos（ロス・エスピノス）沢右岩に至る一帯に観察される。

本岩は、コンピート層であり、低次の褶曲オーダーを示すのみで、頁岩（砂岩）層(Ksh₁)のような見掛け上の層厚から真の層厚を推定する必要はない。しかし、第三系と考えられワッケ質砂岩(Tss₁)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。

本岩は全体に均質な岩相を示し、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。

後述の砂岩層(Tss₁)により不整合に被覆され、下位層の鉱床層準の凝灰岩類(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。

1-2-2 第三系

第三系は、安山岩類と石英安山岩類の火山岩から主として構成される。相互の累重関係・岩相に基き、以下のとおり10区分とした。

(1) I期安山岩類(Tad₁)

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)山塊に分布し、Cerro El PintorからSan Pedro付近に最もよく発達し、約600mの層厚をもつと推定される。

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、暗緑色の角礫化あるいは緻密質な塊状の外観をとる。

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。

本岩類は、Peña Blanca(ベニヤ・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(Ksh₁)を傾斜不整合で被覆している。

(2) 砂岩層(Tss₁)

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。

分布はCerro El Pintor付近を北限として、調査地域の南西部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。

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

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。砂岩の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のものが卓越するようである。

本層はLa America-Descubridora地区では、上盤石英安山岩(Kdes)を、La America 鉱床の東方Capulinera沢付近では頁岩(砂岩)層(Ksh₁)を不整合で被覆する。

(3) II期安山岩類(Tad₂)

本岩類は、調査地域北西部のCoronado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。

本岩類は、安山岩質火山礫凝灰岩と安山岩溶岩からなる。Coronado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。火山礫凝灰岩は、鏡下では、垂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、鉄鉱物が観察される。変質により、緑泥石、方解石が生じている。

本岩類は、Coronado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。

(4) I期石英安山岩類(Tdc₁)

本岩類は、調査地域の東部を南北に縦断するArrastradero(アラストラデロ)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Puerto del Diablo(プエルト・デル・ディアブロ)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及び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。

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(Tbs₁)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。

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。Tierra Coloradas(テイラ・コロラダス)地区では、凝灰岩類が優勢であり、淡褐色を呈し、新鮮な面では、角礫構造が認められる。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。

本岩類は、下位の砂岩層(Tss₁)を整合関係で被覆するものと考えられる。

(5) III期安山岩類(Tad₃)

本岩類は、調査地域南部のAgua Fria沢流域から東部のCacoma(カコマ)山脈の西麓にかけて分布している。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。

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。

本岩類は溶岩流が卓越する部分と火山礫凝灰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。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。

本岩類は、下位層である砂岩層(Tss₁)あるいはII期安山岩類(Tad₂)との直接の累重関係は認められていないが、整合的累重関係をもつものと考えられる。

(6) II期石英安山岩類(Tdc₂)

本岩類はDescubridora鉱床の南部の背稜部からCerro El Aguaje(セロ・エル・アグアヘ)にかけて、小規模に分布し、層厚は最大約200mと測定される。

褐色~黄褐色の緻密質の石英安山岩質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。

下位のIII期安山岩類(Tad₃)を整合関係で被覆する。

(7) IV期安山岩類(Tad₄)

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り、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。

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

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1mmの斜長石を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。

本岩類は、I期石英安山岩類(Tdc₁)およびIII期安山岩類(Tad₃)と整合関係にある。

(8) III期石英安山岩(Tdc₃)

本岩は、Tierras Coloradas 西方のArrastradero 山脈の山頂部に小規模に分布している。

最大層厚は約150mと測定され、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。

本岩は、IV期石英安山岩を整合に覆う。

(9) 玄武岩類(Tbs₁)

本岩類は調査地域の第三系中唯一の玄武岩溶岩である。

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M-scota (マスコタ)川、及び、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。

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200m程度と見積もられる。

本岩類は、黄褐色～灰色の緻密かつ多孔質の溶岩と、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。

本岩類は、下位層であるI期石英安山岩類(Tdc₁)及びIV期安山岩類(Tad₄)を傾斜不整合で被覆している。

(10) IV期石英安山岩(Tdc₄)

本岩は調査地域内の最終火山活動産物である。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。

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り、露頭の形状から溶岩円頂丘判断される。

本岩は、玄武岩類(Tbs₁)より後期の活動と考えられるが、両者間に顕著な活動の間隙を示唆する産状は認められない。

1-2-3 第四系

本系はTalpa川流域の平坦部に主として分布し、固結度の悪い砂礫層よりなる。

1-2-4 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 (Ad₁, Ad₂) 及び石英安山岩 (Dc) の 5 種類がある。

(1) アダメロ岩 (Adm)

本岩は調査地域最南端の Centinela (センテネラ) を中心に、約 2.5 km × 5 km の規模で、花崗閃緑岩 (Gd) 中に分布し、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。

本岩は絶対年代測定が行なわれておらず活動時期は不明である。しかし、花崗閃緑岩 (Gd) と同一岩体と考えるならば、この地域の周辺の従前の調査結果から、貫入時期についての推定が可能となる。すなわち、Nieto et al., (1981) による火成活動の区分によれば、この地域は、ララマイド期 (>4.5 m. y.) の火成活動域に含まれており、従って、その時期の貫入と想定される。

(2) 花崗閃緑岩 (Gd)

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-南西の延びをもって、幅 5 km 以上にわたり露出するバソリス岩体である。

灰色の緻密・堅硬な中～細粒の花崗閃緑岩であり、絶対年代の測定が行な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。

(3) 文象斑岩 (Gph)

本岩は、El Rubi 鉱床北部の Tescalama Dos (テラスカラマ・ドス) を中心に岩株状の露出が観察される。

一般に緻密質で、淡褐色を帯び、白色の 5～6 mm 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、細粒となり、Ⅱ期安山岩類 (Tad₂) に弱い熱変成を与えている。

(4) 安山岩 (Ad₁, Ad₂)

安山岩 (Ad₁) は Cerro el Pintor 及び Cerro San Pedro でⅠ期安山岩 (Tad₁) 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 (Tad₁) 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 (Ad₂) は、Monte Grande の南に隣接して分布し、暗緑色の緻密・塊状の細～中粒安山岩である。本岩も周辺のⅡ期安山岩 (Tad₂) 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の頃に貫入したものであろう。

(5) 石英安山岩 (Dc)

本岩は、調査地域北東端に分布し、Ⅳ期安山岩 (Tad₄) を貫く。

第2章 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。白亜系の堆積岩類に局部的に認められる烈しい褶曲は、第三系では観察されず全般的に穏かである。

調査地域の白亜系は、第三系のI期安山岩類(Tad₁)や砂岩層(Tss₁)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II-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(Kdc₂)は、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(Ksh₁)と上盤石英安山岩(Kdc₂)の間にも認められ、従って、堆積岩類(Ksh₁)及び鈹床層準の凝灰岩類(Koh)と上盤石英安山岩(Kdc₂)の間には、一種の二階建構造が存在しているといえる。

白亜系の向斜構造の北西翼の半波長が8 km以上と推定されるのに対し、南東翼では半波長4 kmであり、著しい非対称褶曲を形成している。この褶曲構造を形成した原因としては、広域的な造構力ではなく、むしろ他の要因、例えば下盤石英安山岩(Kdc₁)のドーム・アップによる局部的隆起による可能性が考えられる。この場合、本岩と黒鈹型鈹床との関連の深さから隆起帯とその周辺は、黒鈹型鈹床の探査の場として注目される。

調査地域の第三系には、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(図II-4)。調査地域北部では、波長5~8 kmの略々南北に伸長する褶曲構造が卓越し、砂岩層(Tss₁)、II-IV期安山岩類(Tad₂-Tad₄)、I-III期石英安山岩(Tdc₁-Tdc₃)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(Tss₁)やII-III期安山岩類(Tad₂, Tad₃)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南北及び北東-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、調査地域南端 San Agustin付近で、石灰岩層(Kls₁)とIII期安山岩類(Tad₃)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(Tad₂-Tad₄)に北西-南東系の構造線と組合わさり、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(Tss₁)、I期石英安山岩(Tdc₁)、III-IV期安山岩類(Tad₃-Tad₄)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、転移量はそれほど大きなものではない。

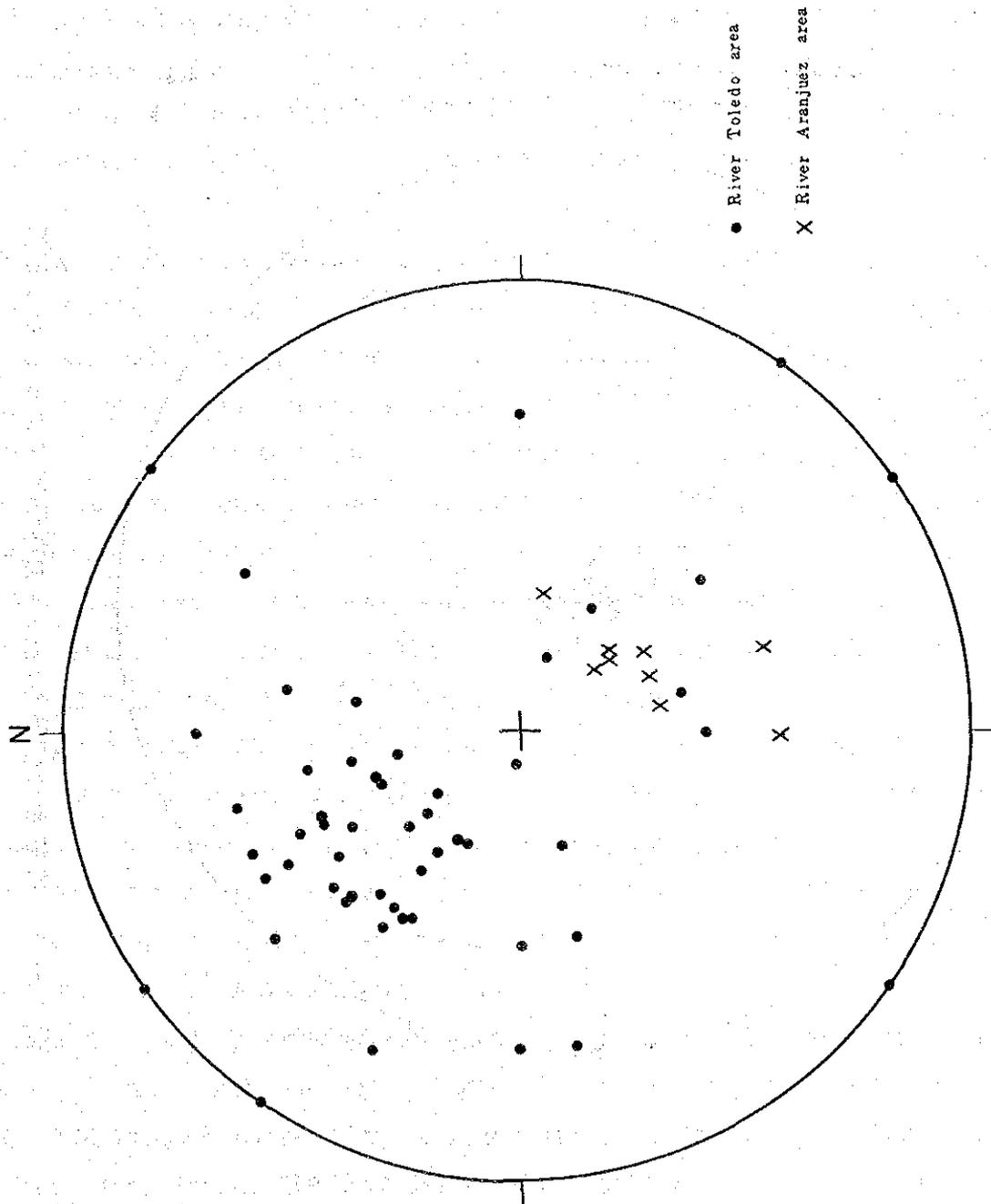


図 II-3 白垩系頁岩-砂岩 (Ksh₁) の層理面のステレオ投影図

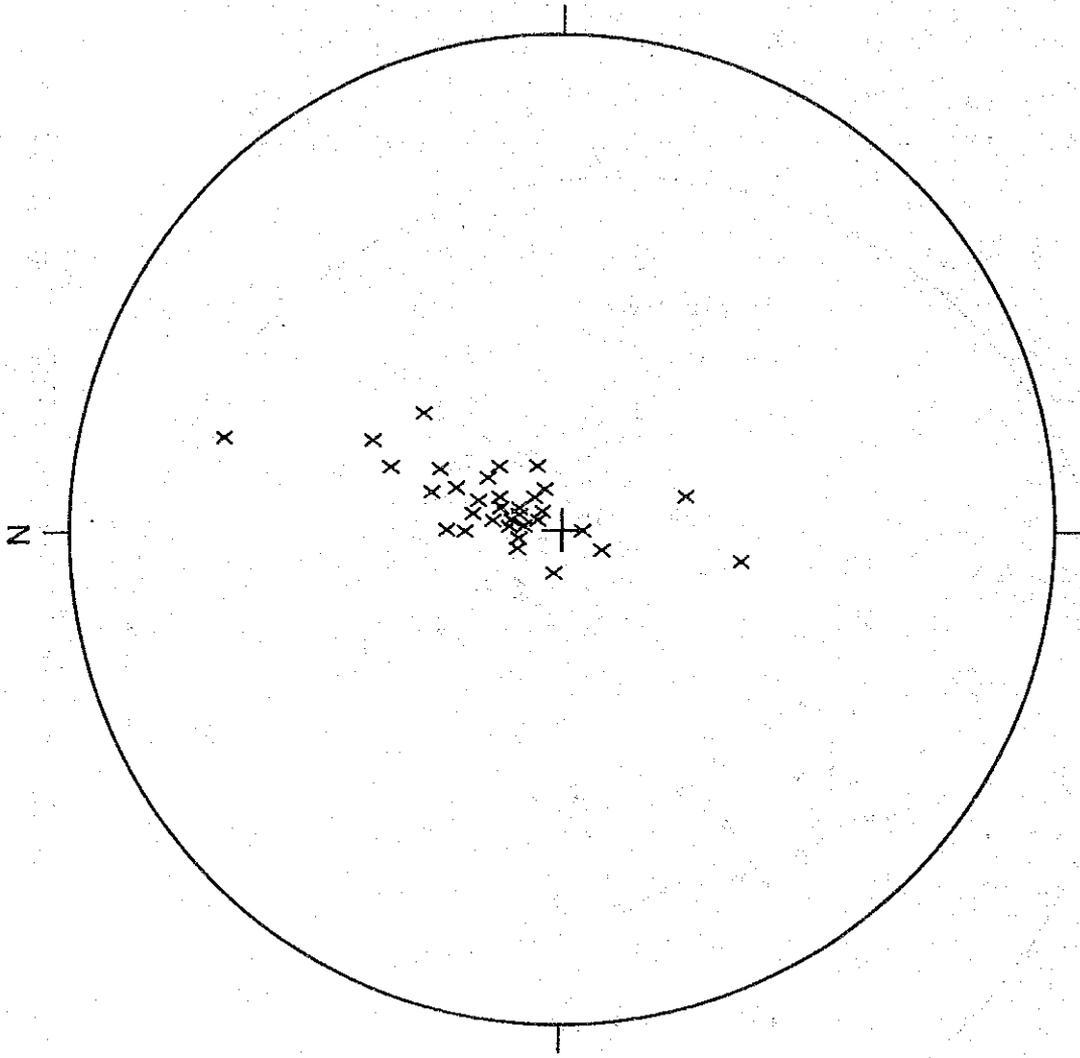


図 II - 4 第三系砂岩層 (Tss₁) の層理面のステレオ投影図

第3章 鉍 化 作 用

調査地域には、白亜系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(Kdc₂)中の金-銀鉍脈等、種々の鉍化帯が発見された(表Ⅱ-1)。しかし、重要と考えられるものは黒鉍型鉍床であり、調査もこの型の探査に重点を置いた。

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ので、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としては、酸性のカルク・アリカリ岩系の火山岩が予想される(Hutchinson, 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、その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(9.0 m.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と田老型花崗閃緑岩との関係に似ている(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(Kdc₁, Kdc₂)と玄武岩類(Kbs₁)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。

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)

鉍石鉍物の種類：顕微鏡観察の結果、この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、白鉄鉍等であり10種類に満たない。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、その種類が少い点で田老鉍床産鉍石に類似している。

閃亜鉛鉍中の FeS: 新生代の黒鉍鉍床産閃亜鉛鉍中の FeS は 0.1 mole% と著しく低い(Urabe, 1974)。本地域の閃亜鉛鉍の、顕微鏡観察によれば、田老鉍床産閃亜鉛鉍と光学的性質はよく似た褐色を呈する。

表 II - 1 鈹徵帶一覽表

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 Facina	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 Questa 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 dacite: (Tad 1)	Sericite and K-feldspar prevailing as alteration minerals

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

閃亜鉛鉱の累帯構造：新世代の黒鉱鉱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、調査地域の黒鉱型鉱床産閃亜鉛鉱には、累帯構造は見出されず、この特徴は田老鉱床産のものと共通している。

閃亜鉛鉱中の“Chalcopyrite disease”：これも日本の新生代黒鉱鉱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鉱化とでもいふべき交代作用が存在しなかったことを意味している。この点でも田老鉱床産のものに類似している。

“Telescoped Ore”の存在：新生代黒鉱鉱床では輝水鉛鉱等の高温型の鉱物が産する反面、輝銀鉱のような低温鉱物も共生し、Subvolcanic typeのTelescoped oreの特徴を持っている。しかし、この地域の黒鉱型鉱床では前述のとおり、高温鉱物は含まれず、この点でも新生代のものと趣きを異にし、むしろ、田老鉱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鉱物は賦存場所と時間の差を越えて共通している。表Ⅱ-2に示すとおり、調査地域の黒鉱型鉱床産鉱石は同じ中生代の田老鉱床産鉱石により多くの類似点が認められる。

表 II - 2 黒鉱型鉛床産鉛石の鉱物特性の比較

	I	II	III	Remarks
Number of Ore Mineral Species	I ~ II < III	II ~ I < III	III > I, II	
FeS in Sphalerite	3-21 mole% (?)	1) 3-21 mole% 2)	Approx. 0.1 mole%	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 Minor Common	Not Observed Common Common	Abundant minor Common	
Barite Calcite Sericite				

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)

第4章 X線回折による変質帯調査

4-1 変質分帯

黒鉍鉍床の生成に伴って、鉍床周辺の母岩中に変質鉍物による累帯分布を示すことが知られている。このような変質現象は、新生代の日本の黒鉍鉍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の黒鉍型鉍床でも認められ、この型の鉍床に普遍的な変質態様のようなものである。

そこで、白亜紀の黒鉍型鉍床と考えられる調査地域の鉍床について、主として鉍床層準の凝灰岩類(Koh)あるいは上盤石英安山岩(Kdc₂)を対象に変質態様を調査した。

変質分帯は下記のとおりである。

I：石英+カリ長石+(絹雲母)

II：石英+(緑泥石+絹雲母)

III：石英+(斜長石+曹長石)+(カリ長石)+(緑泥石+絹雲母)

IV：石英+(斜長石)+(カリ長石)

V：石英+(斜長石)

I帯のカリ長石は、熱水変質による産物を、III～V帯のものは統成作用による産物を想定している。

La America - Descubridora地区

試料数に制限があるため、変質態様の詳細な解明はできないが、1.5 km×3 kmの範囲で黒鉍型鉍床に特有なPervasive型の変質が認められることは注目される。かつ、既知鉍床(La America, Descubridora 鉍床等)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の鉍床の賦存の可能性を示唆しているかもしれない。

La America - Descubridora地区の変質分帯を図II-5に示す。

4-2 斜長石の残存量

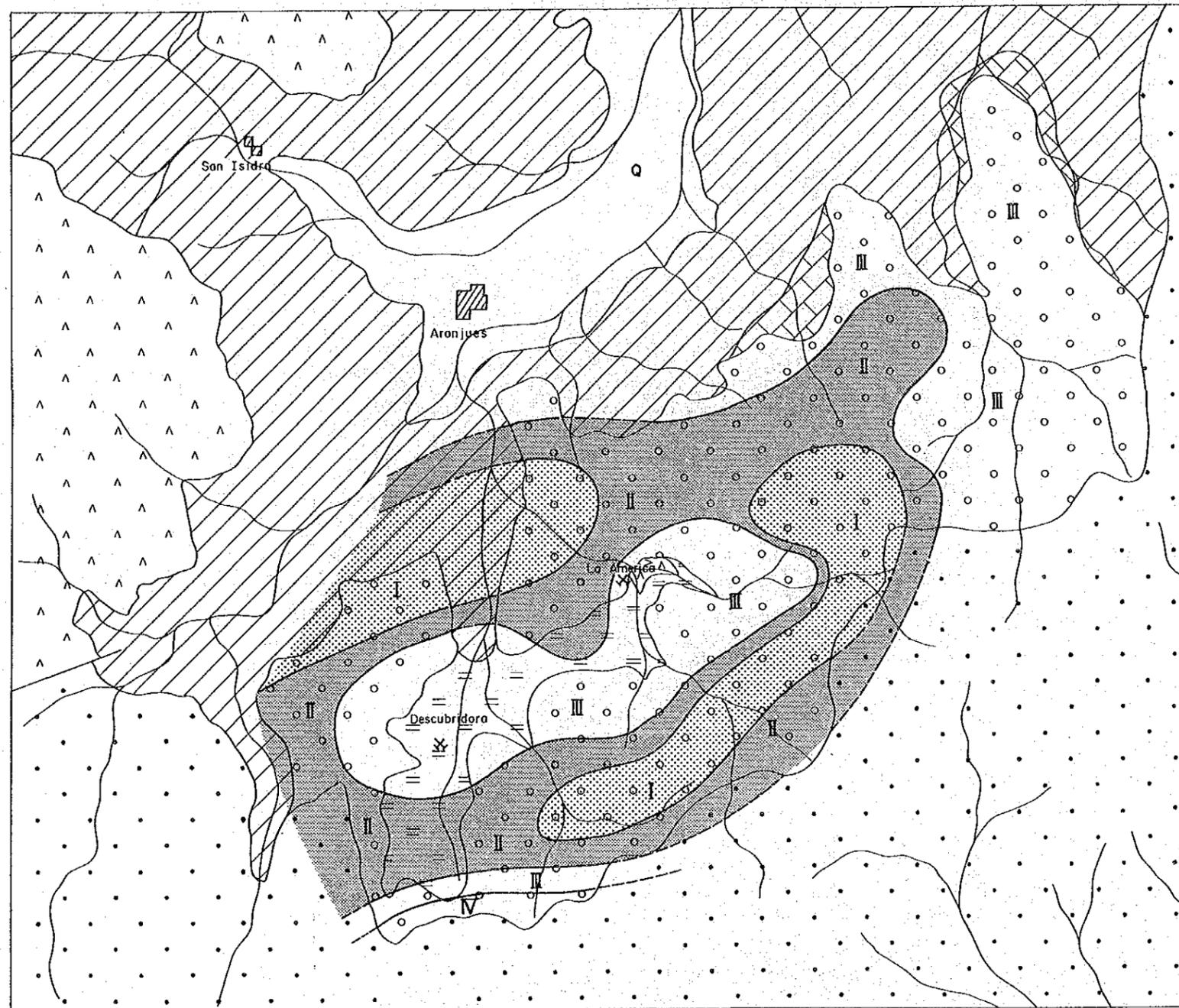
熱水変質で最も分解し易い鉍物である斜長石類の残存量について検討した。X線的に残存が認められる場所は変質分帯のIII帯に対応している(図II-6)。

La America鉍床は、分解帯と残存帯の境界付近に位置するが、Descubridora鉍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、既知鉍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、新しい鉍床の探査上は注目すべき事実である。

緑泥石について

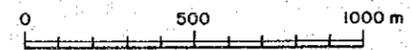
緑泥石は、黒鉍型鉍床ではかなり普遍的な鉍物であり、本地域でも出現頻度は高く、黒鉍型鉍床の近傍と外縁部ではその化学組成に変化のあることが知られている(図II-7)。



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 II - 5 La America - Descubridora 地区の変質分帯図



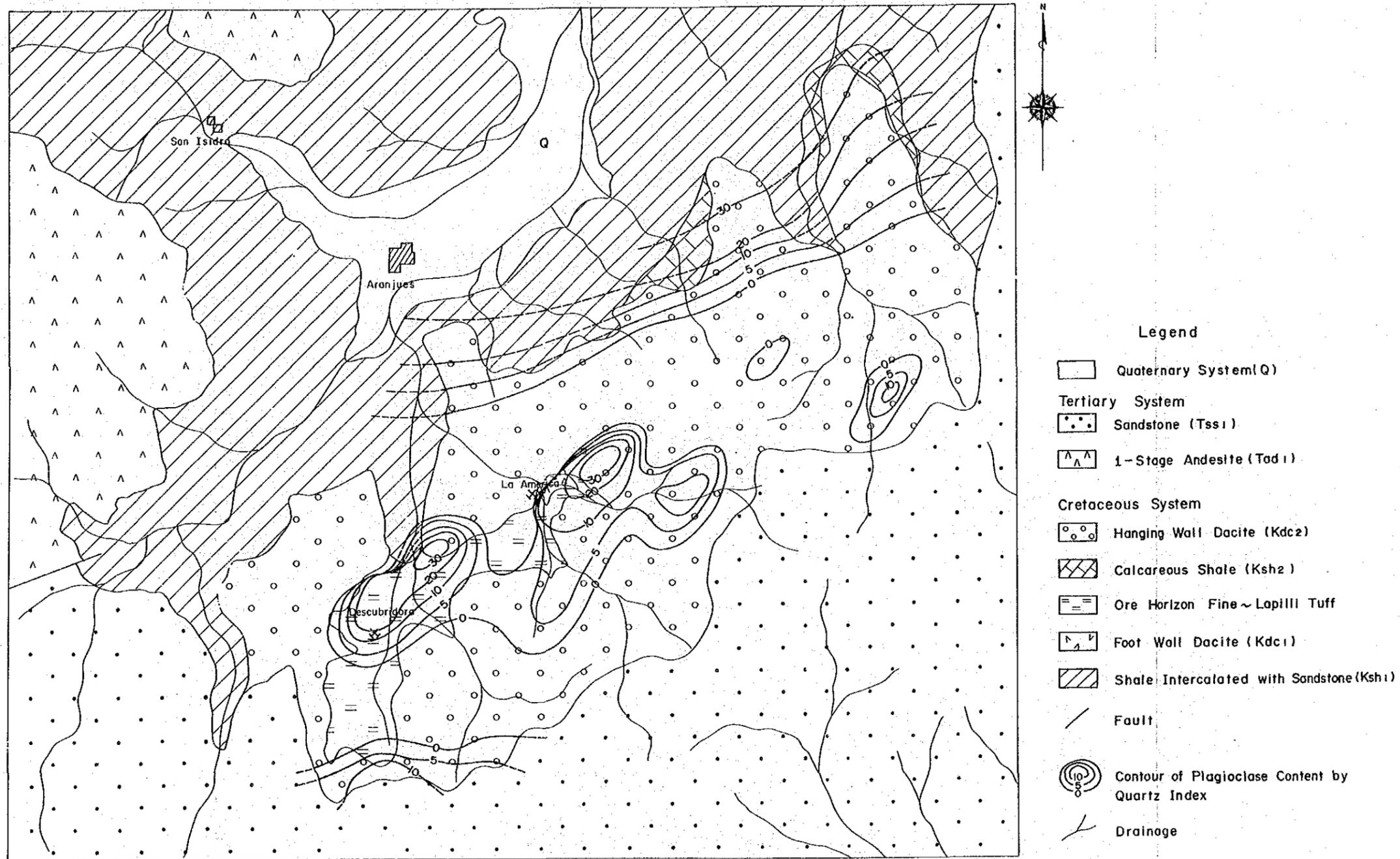
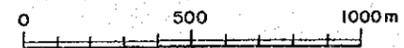


図 II -6 La America--Descubridora 地区の斜長石の残存量の分布図



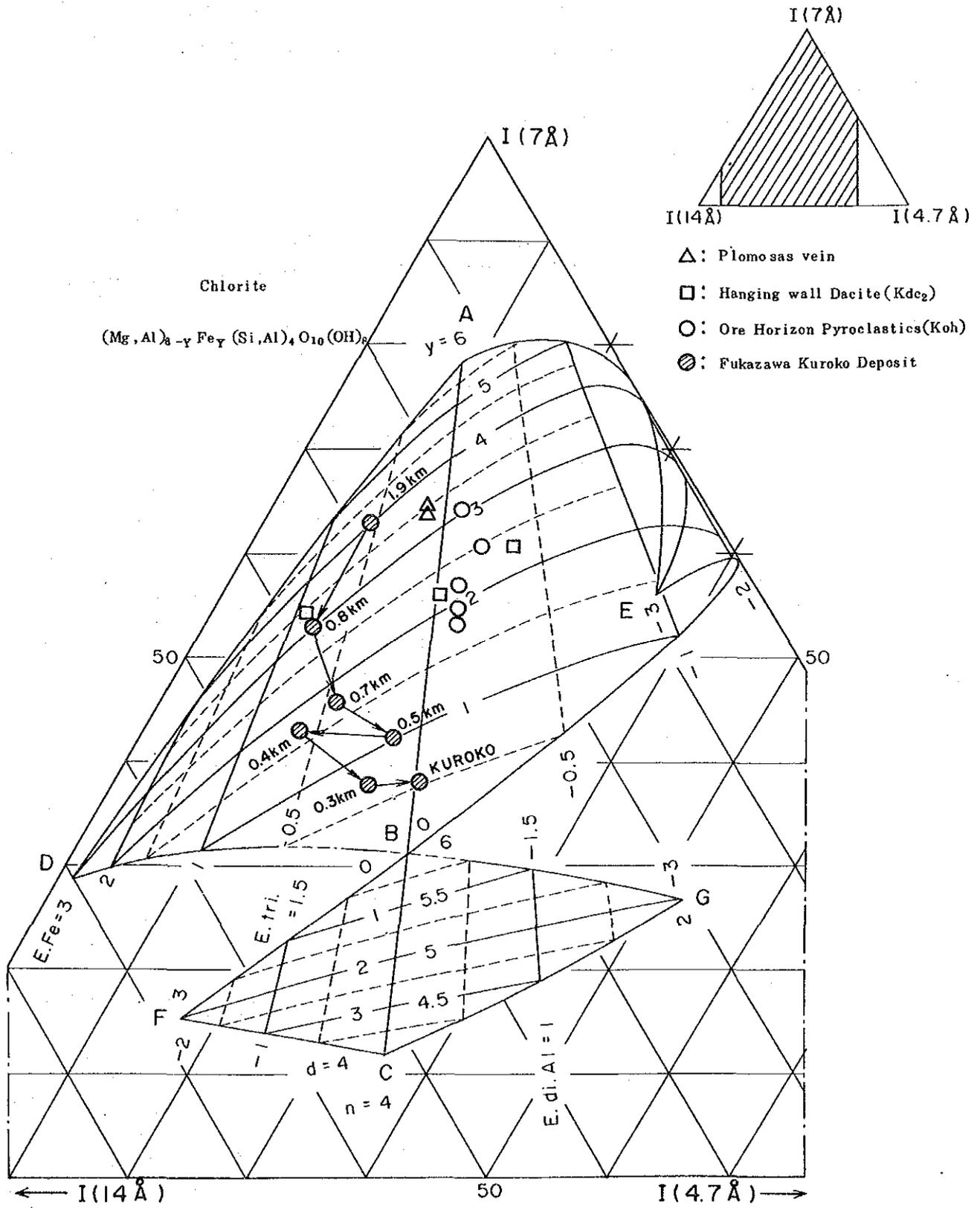


図 II - 7 緑泥石の化学組成図

本地域の緑泥石は、組成的には深沢鉾床周辺の鉾床から 0.7~0.4 km 付近に出現するものにはほぼ相当する化学組成をもつ。しかし、鉾床内に産する $y=0.5$ 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、黒鉾床のものとは異なり、相対的に鉄に富むものであるか、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鉾床以外の場所に潜在する可能性も考えられる。

第5章 地化学探査

5-1 河床堆積物による地化学探査

5-1-1 試料採取

調査対象地域全域が網羅されるように、面積1,000 km^2 の地域から1,505試料を採取した。採取場所は、沢の岸、中洲あるいは岩蔭等で-80メッシュ・サイズのを約30%見当を採取した。

5-1-2 指示元素

Ag, Cu, Pb, Znを指示元素とした。これ等のうちAgは大半が検出限界値以下であった。

5-1-3 分析データの解析

本調査で採取された試料1505個の4成分(Ag, Cu, Pb, Zn)について単変量解析を行った。これまで、地化学データの解析の場合、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)。従って、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はともかく、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付近に現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、頻度曲線図を求める方法が合理的と考えたので、シキイ値の決定はこの方法によった(図II-8, 図II-9, 図II-10, 図II-11, 表II-3)。

5-1-4 主成分分析

単変量分析では抽出できない指示元素間の相関関数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探査異常の性格づけと評価に適用した。

表II-4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、全成分の変動の殆どが説明されることになる。しか

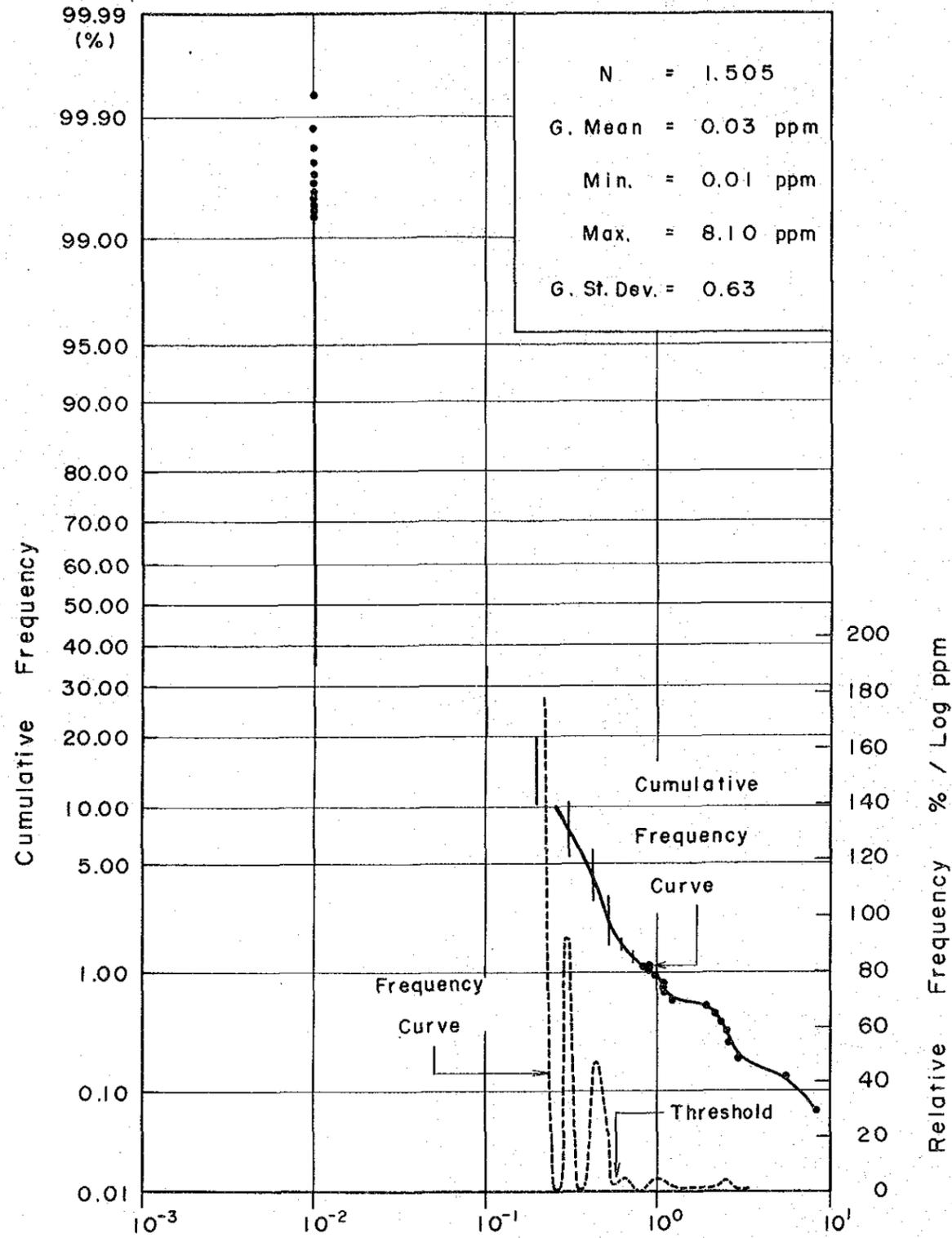


図 II - 8 頻度曲線と累積頻度曲線 (Ag)

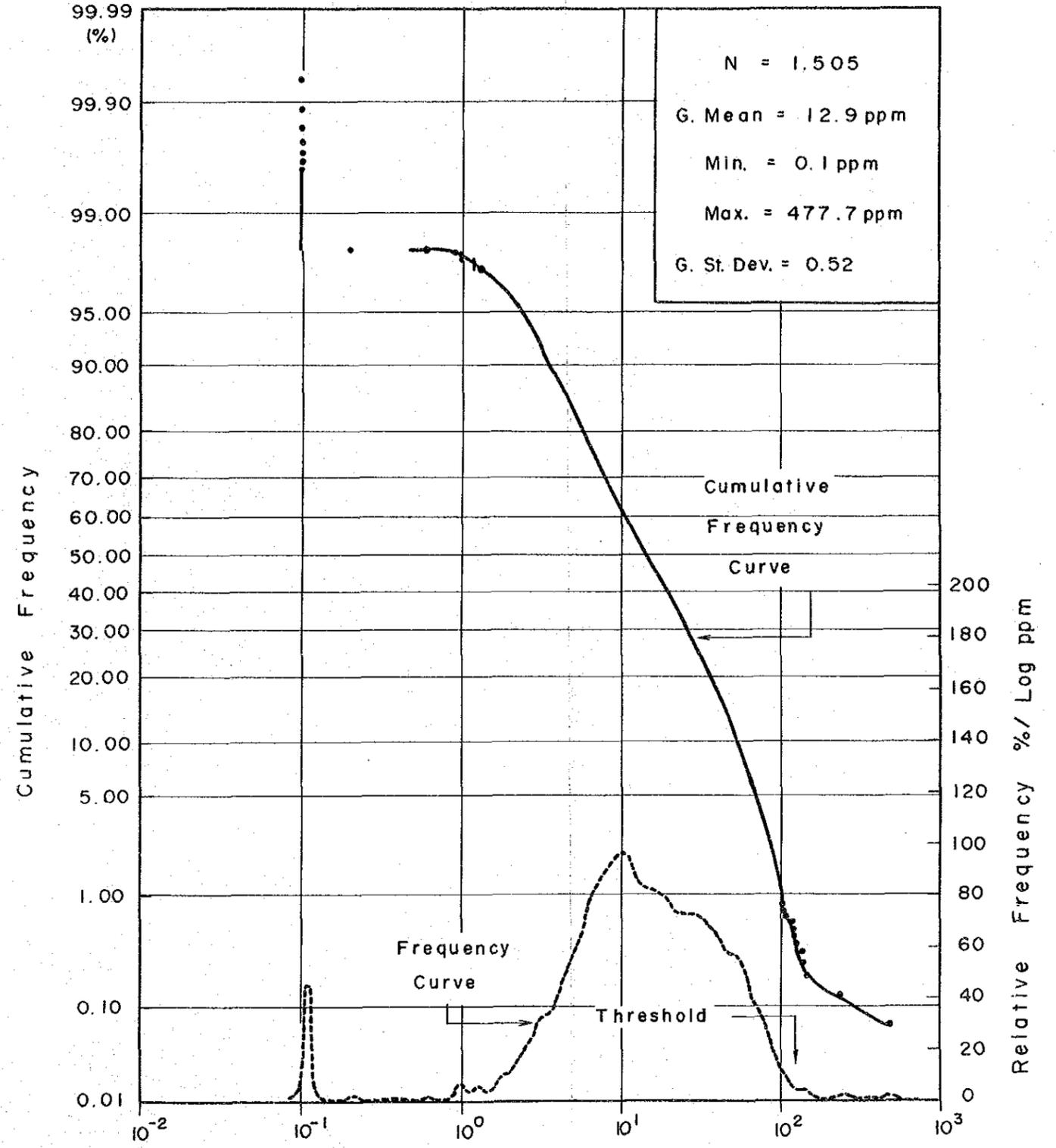


図 II - 9 頻度曲線と累積頻度曲線 (Cu)

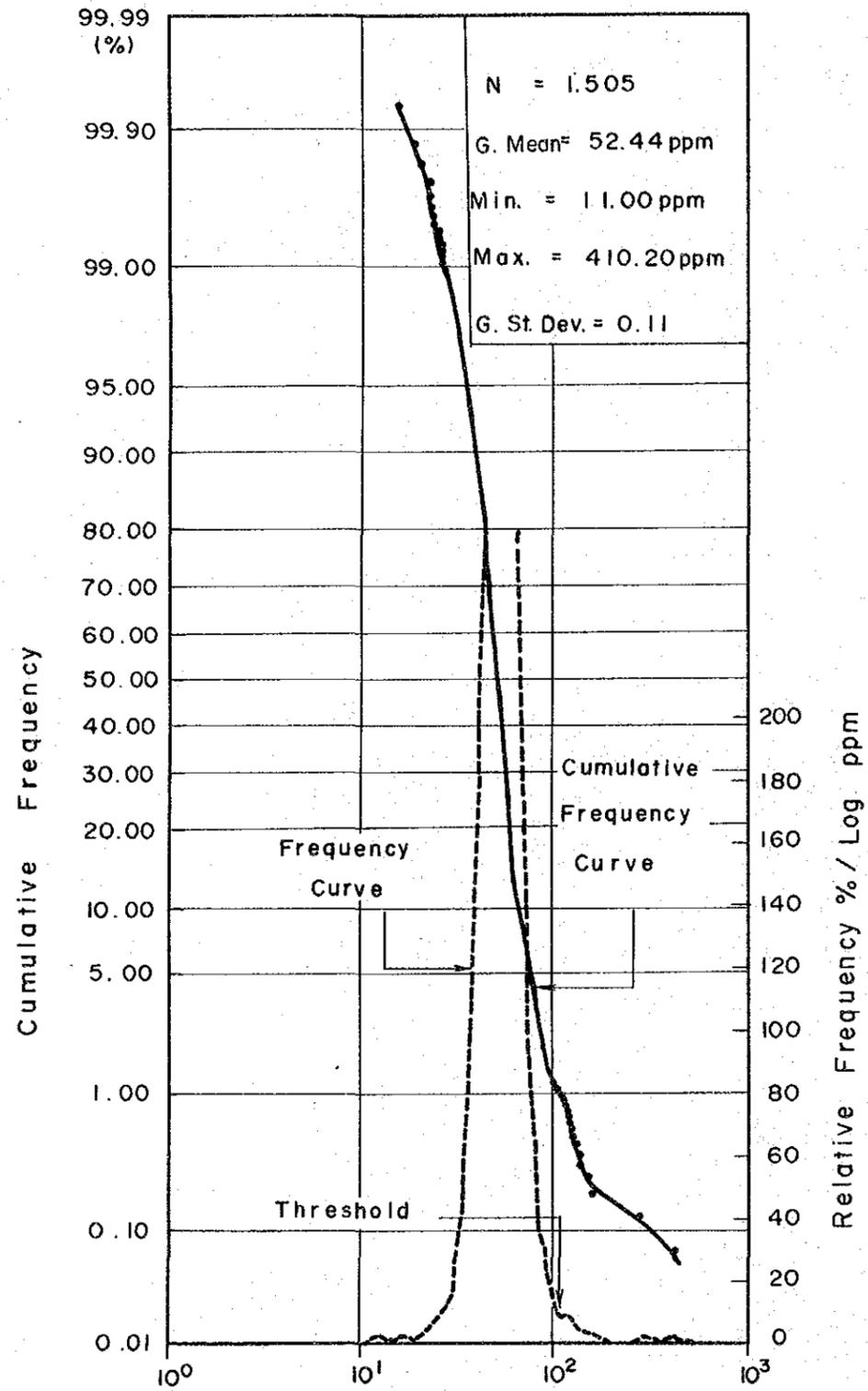


図 II - 10 頻度曲線と累積頻度曲線 (Pb)

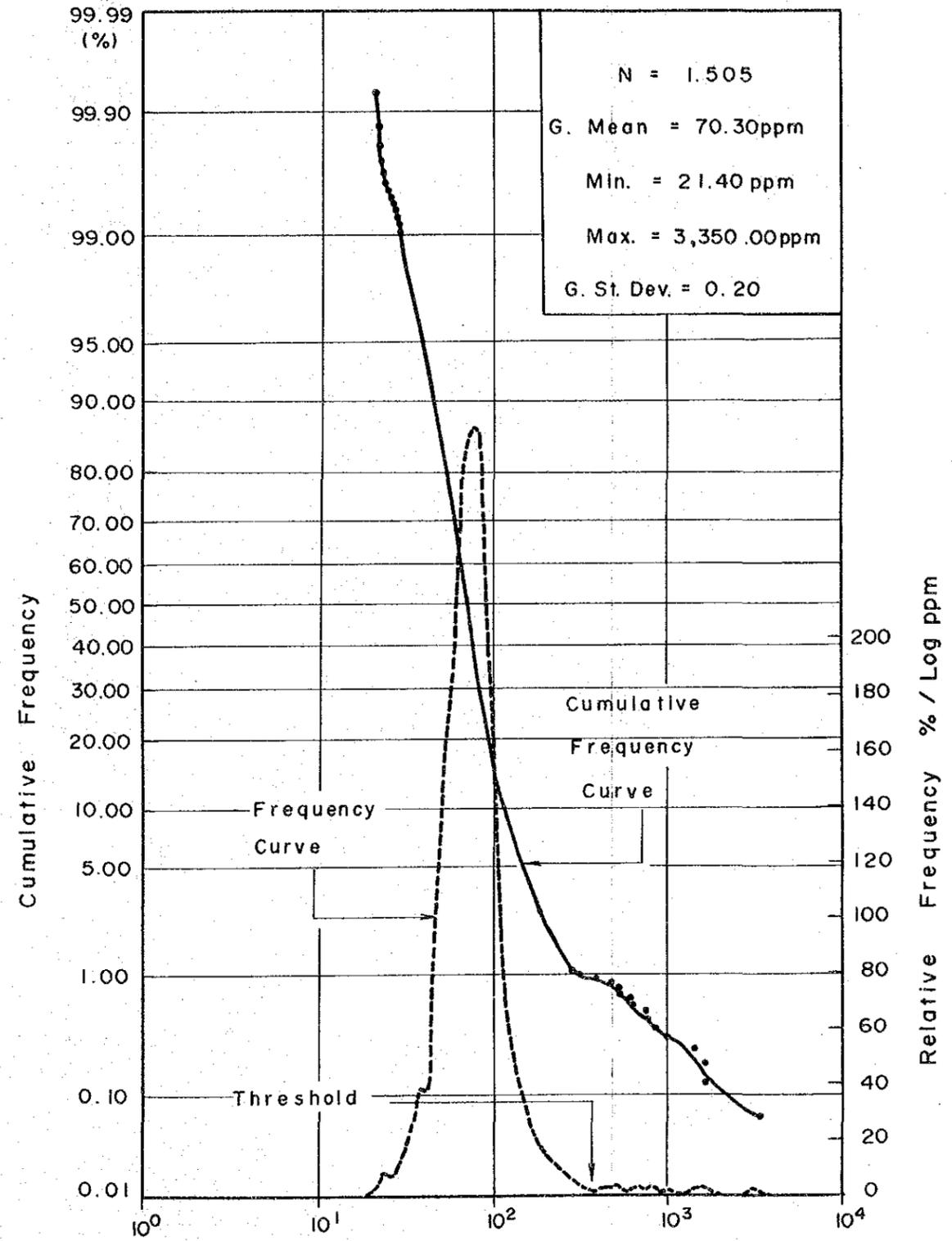


図 II - 11 頻度曲線と累積頻度曲線 (Zn)

表 II-3 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	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	0.63	0.52	0.11	0.20	-	N-N	N-P	N-P	N-P	-	N-N	N-P	N-P	N-P							
1 Cretaceous System	124	0.03	28.0	58.5	116.1	-	-	-	-	0.01	0.10	27.4	39.6	8.10	477.7	410.2	0.76	0.61	0.15	0.36	-	N-N	N-P	N-P	N-P	-	N-N	N-P	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	-	N-N	N-O	N-P	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	85.1	161.0	525.5	0.49	0.29	0.08	0.16	-	N-N	N-P	N-P	-	N-N	N-P	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	-	N-O	N-P	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	238.4	0.64	0.49	0.11	0.16	-	N-O	N-O	N-O	-	N-O	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	-	N-O	N-O	N-O	N-O							
7 Intrusives(Gd, Adm, Gph)	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	-	N-O	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	-	N-N	N-O	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

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。従って、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 II-4 主成分分析結果表

P.C.	Eigen-values	C.R.	Eigenvectors				Factor Loading				Max. Score	Min. Score
			Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn		
Z ₁	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 ₂	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 ₃	0.66	0.17	0.59	0.71	-0.33	-0.21	0.48	0.58	-0.27	-0.17	2.92	-5.30

Abbreviation

P.C. : Principal Component

C.R. : Contribution Ratio

5-1-5 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わせにより、単元素示徴型と複元素示徴型に別けられる。

単元素示徴型 Ag

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単独の鉍化作用かAg-(Cu)鉍化作用で特徴づけられる。一方、白亜系あるいはその近傍で見出される場合はAg-(Zn)鉍化作用となる。（表II-5）

単元素示徴型 Cu

この異常帯はCerro San Pedro（セロ・サン・ペドロ）の周辺のみ認められ、Cu単独の鉍化作用を示徴するものである（表II-6）

単元素示徴型 Pb

本異常帯は、地質の違いを越えて、San Pedro-NW地区とArroyo el Narranjo（アロヨ・エル・ナランホ）地区は、地化学的に似た異常帯を形成している。示徴している鉍化作用は、若干のCu、Zn鉍化作用を伴う型のものであろう。（表II-7）

表 II - 5 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 (11)	46.7 (7.3)	71.3 (1.4)	118.1 (1.8)	2.211	1.381	1.538	Ag-(Cu) mineralization
El Crucero	214	8	0.6 (10)	13.7 (1.1)	44.8 (0.9)	189.1 (2.7)	1.229	2.032	1.062	Ag-(Zn) mineralization
Tierra Coloradas	390	6	0.6 (7.5)	40.6 (6.3)	77.5 (1.5)	93.5 (1.4)	2.016	1.123	1.285	Ag-(Cu) mineralization
San Carlos	427	5	1.1 (37)	46.9 (5.6)	67.9 (1.3)	93.8 (1.3)	1.776	1.389	1.792	Ag-(Cu) mineralization
	706	5	1.2 (40)	50.9 (6.1)	75.8 (1.5)	97.0 (1.3)	2.148	1.398	1.712	
Para Nada	457	8	2.5 (42)	12.5 (1.0)	68.1 (1.3)	98.5 (1.4)	1.522	2.506	1.318	Ag mineralization
La Yerba Buena-W	509	2	0.7 (50)	40.8 (0.9)	81.5 (1.5)	250.5 (3.5)	3.565	1.634	0.835	Ag-(Zn) mineralization
Puerto del Colomo	695	8	0.6 (10)	4.7 (0.4)	49.0 (1.0)	46.7 (0.7)	0.853	1.936	0.947	Ag mineralization
La America-S	820	1	0.7 (23)	15.4 (0.6)	70.3 (1.2)	244.7 (2.1)	2.838	2.124	0.470	Ag-(Zn) mineralization
Chambueres	877	5	1.1 (37)	6.2 (0.7)	50.9 (1.0)	96.2 (1.3)	0.419	2.437	0.975	Ag mineralization
San Agustin	1364	5	1.9 (63)	2.6 (0.3)	88.7 (1.7)	52.8 (0.7)	0.819	2.839	0.210	Ag mineralization
San Agustin-N	1389	5	1.1 (37)	3.2 (0.4)	67.1 (1.3)	49.8 (0.7)	0.009	2.447	0.513	Ag mineralization

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

R·C: Rock code (R·C-number Shown in Table 4-1)

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

表 II-6 異常帯の評価表 (Cu)

Anomalous Zones	Sample No.	Rock Code	Contents of Indicators (ppm)				P.C.A' Scores			Type of Inferred Mineralization
			Ag	Cu	Pb	Zn	Z ₁	Z ₂	Z ₃	
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	

表 II-7 異常帯の評価表 (Pb)

Anomalous Zones	Sample No.	Rock Code	Contents of Indicators (ppm)				P.C.A' Scores			Type of Inferred Mineralization
			Ag	Cu	Pb	Zn	Z ₁	Z ₂	Z ₃	
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
	1437	4	0.01 (0.5)	74.4 (6.2)	139.4 (2.7)	289.6 (3.9)	4.960	-0.919	-1.317	
	1438	4	0.10 (5.0)	29.6 (2.5)	123.0 (2.4)	140.0 (1.9)	3.536	0.458	-0.430	
Arroyo el Naranjo	1439	4	0.01 (0.5)	45.7 (3.8)	120.6 (2.3)	170.8 (2.3)	3.675	-0.895	-1.169	Pb-(Cu)-(Zn) mineralization
	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

単元素示徴型 Zn

本異常は、La America - Descubridora 地区内及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 敏化作用を伴う示徴と判断される。(表 II-8)

表 II-8 異常帯の評価表 (Zn)

Anomalous Zones	Sample No.	Rock Code	Contents of Indicators (ppm)				P.C.A' Scores			Type of Inferred Mineralization
			Ag	Cu	Pb	Zn	Z ₁	Z ₂	Z ₃	
Descubridore	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)
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

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れる。示徴する元素は Ag, Zn の組合わせが基本で、これに Cu, Pb が加わる (表 II-9)。

以上見てきたように、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 の指示元素の組合わ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、主鉱化作用に引き続き後黒鉱型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強く、間接的ながら黒鉱型鉱化作用の存在を示す点で重要である。

表 II - 9 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			

5-2 全岩分析による地化学探査

黒鉍型鉍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, 既知の黒鉍型鉍床の周辺に分布する下盤石英安山岩(Kdc₁), 鉍床層準の凝灰岩類(Koh), 上盤石英安山岩(Kdc₂)及びその他の変質の認められる石英安山岩類(Tdc₁, Tdc₂)とⅣ期安山岩類(Tad₄)中に部分的に挟在される石英安山岩を対象としてこの問題について検討した。

5-2-1 アルカリ変質強度

アルカリ変質強度^{*}はアルカリ及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鉍鉍床の発見に大きく貢献した。

La America - Descubridora 地区

上盤石英安山岩(Kdc₂)及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(図Ⅱ-12), 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 鉍床と Descubridora 鉍床については, 前者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。

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

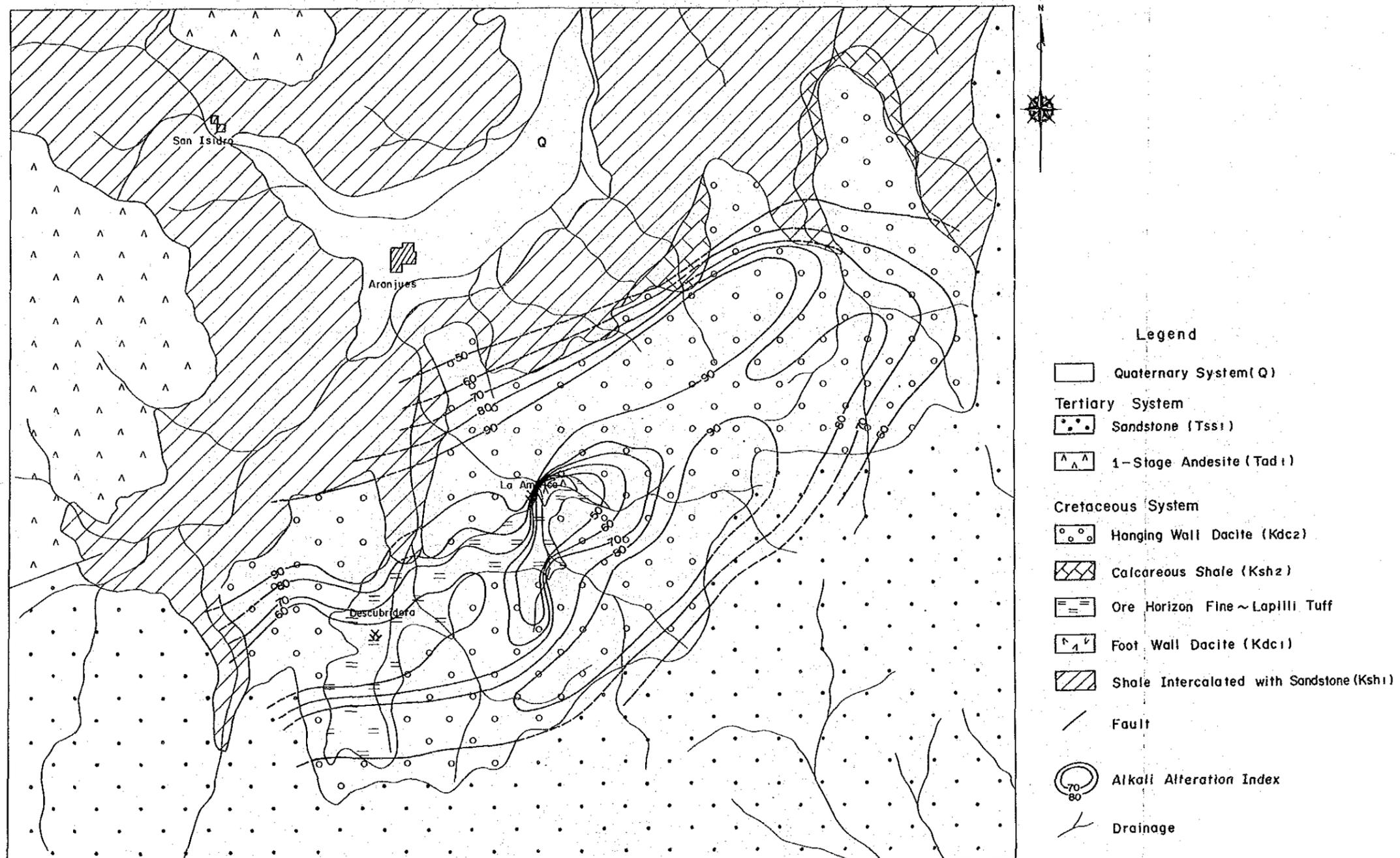
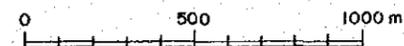


図 II - 12 La America-Descubridora 地区のアルカリ変質強度図



5-2-2 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、黒鈹型鈹化作用との関係を解明すべく、主成分分析を行った。

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II-10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それぞれ19%、12%となり、第4固有値では11%となる。従って、第4固有値までで本分析に供された原データの70%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 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 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ことありある。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、 K_2O 、 Al_2O_3 、 BaO に対する FeO 、 MgO 、 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 K_2O は黒鈹型変質では、その進行につれて顕著な増加傾向を示し、 Na_2O とは相互補間的挙動をとることが特徴となっている。従って、負相関が期待されるはずであるが、この主成分では、 Na_2O と K_2O とは無相関を示すに留る。 Z_3 については、 Na_2O 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 Na_2O 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 TiO_2 、 P_2O_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 Fe_2O_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II-13)。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 (Kdc₂, La America - Descubridora 地区)
- B : " (Kdc₂, El Rubi 地区)
- C : I期石英安山岩 (Tdc₁)
- D : III期石英安山岩類(Tdc₃)他
- E : 鈹床層準の凝灰岩類 (Koh)
- F : 下盤石英安山岩(Kdc₁)

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区別は難しい。そのうちでも、AとCグループの重

表 II - 10 主成分分析結果表

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

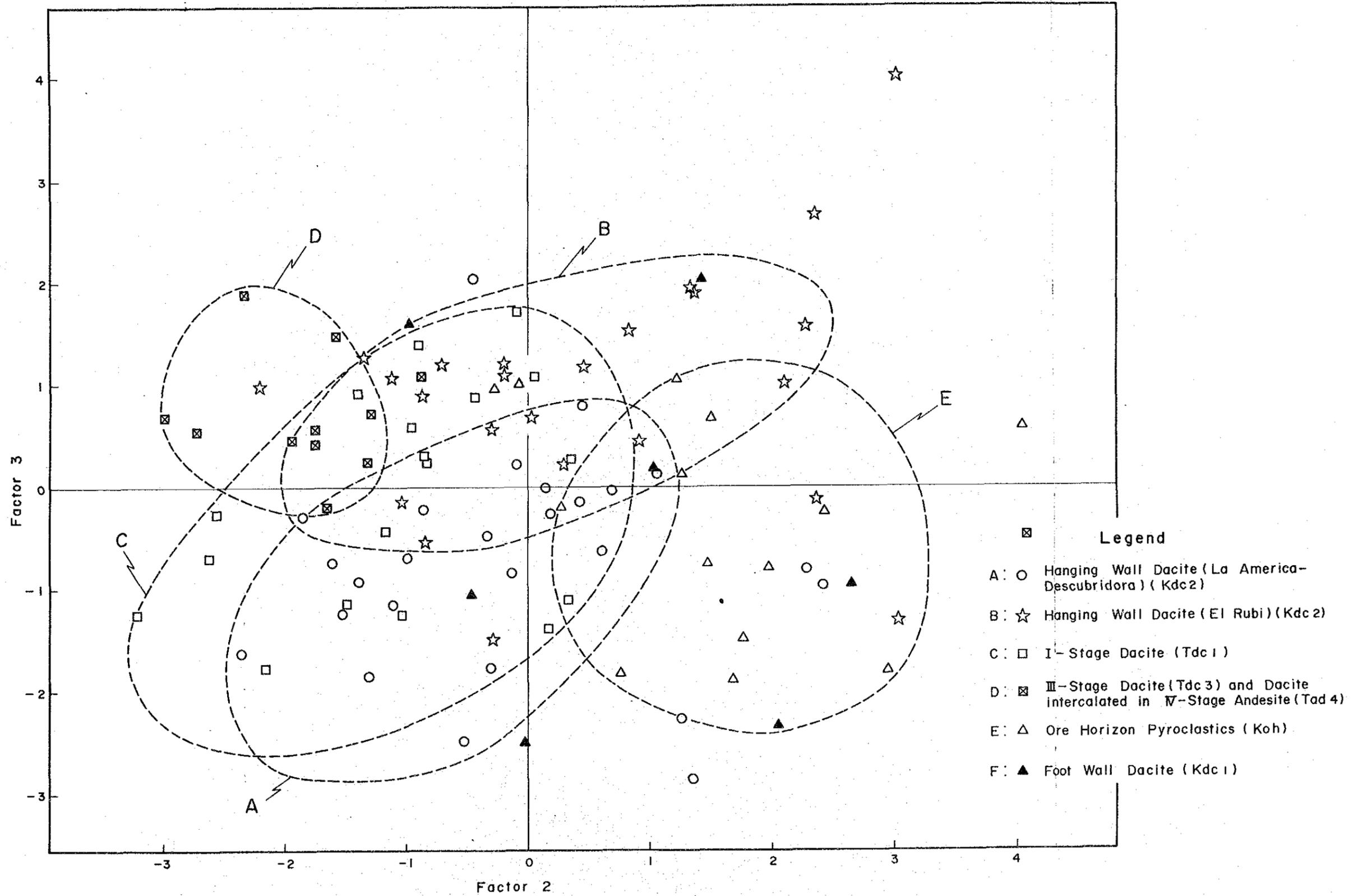


図 II - 13 Factor 2 と Factor 3 の因子得点関係図

複は大きく、これ等は、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(Kdc₁)の分布は図上では広範囲にわたり、特徴を捉える事ができない。以上因子得点の分析から、Dグループは積極的に黒鉍型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えられるA及びBグループと似た挙動をとるため、結論づけることは難しい。

5-2-3 クラスタ分析

黒鉍型鉍床に関連する岩石群と非関連のものとの区分、あるいはそれらのもの同志で、さらに細分可能かどうかを調査する目的で、主成分分析の結果を用いてクラスタ分析を実施した。その結果、化学成分上から区別することは難しいが下記のような評価を与えることができる。

(1) La America - Descubridora 地区の上盤石英安山岩(Kdc₂)からの試料も個々のクラスタ群に少数ずつ分配されるが、最も集中してくるクラスタ(クラスタ5)が示す成分上の特徴は、これら主要クラスタのうちでは黒鉍型変質が示す化学成分の挙動に最もよく似ている。この上盤石英安山岩(Kdc₂)の変質鉍物の生成状況も、本調査地域の他の地区と比較して最も広範囲にわたる絹雲母-緑泥石の生成がX線回折により確認されており、この点でも黒鉍型変質に似る。

従って、調査地域内では、最も黒鉍型変質の強い地区であると結論づけられる。

(2) El Rubi 鉍床の上盤石英安山岩(Kdc₂)からの試料も各クラスタに分配されるが、最も集中するクラスタ3の化学組成上の特徴は、黒鉍型変質で最も敏感に反応するNa₂Oの相対的減少も認められず、趣きを異にしている。蒙っている変質は全般的に弱いと結論づけられる。

(3) La America - Descubridora地区の鉍床層準の凝灰岩類(Koh)の多くは、既知鉍床との位置関係からも黒鉍型変質を受けていると考えられるが、このものが集中するクラスタ2の化学成分上の特徴は、この凝灰岩類を覆う上盤石英安山岩(Kdc₂)とは変質のタイプがかなり異っているようである。黒鉍型変質が示す化学成分上の特徴はこのクラスタでは認められない。

(4) 黒鉍型鉍床とは関連未詳の試料では、黒鉍型変質に最も類似するクラスタ5に分配されるものは少なく、逆に、別タイプと考えられるクラスタ3に集中する傾向が認められる。従って、これらの石英安山岩(Tdc₃, Tdc₃他)は、黒鉍型鉍床に関連する岩石とする積極的な証拠に欠ける。

図II-14にクラスタ樹形図を示す。

Legend

- A: Hanging Wall Dacite (La America- Descubridora) (Kdc₂)
- B: Hanging Wall Dacite (El Rubi) (Kdc₂)
- C: I- Stage Dacite (Tdc₁)
- D: III- Stage Dacite (Tdc₃) and Dacite intercalated in IV-Stage Andesite (Tad₄)
- E: Ore Horizon Pyroclastics (Koh)
- F: Foot Wall Dacite (Kdc₁)

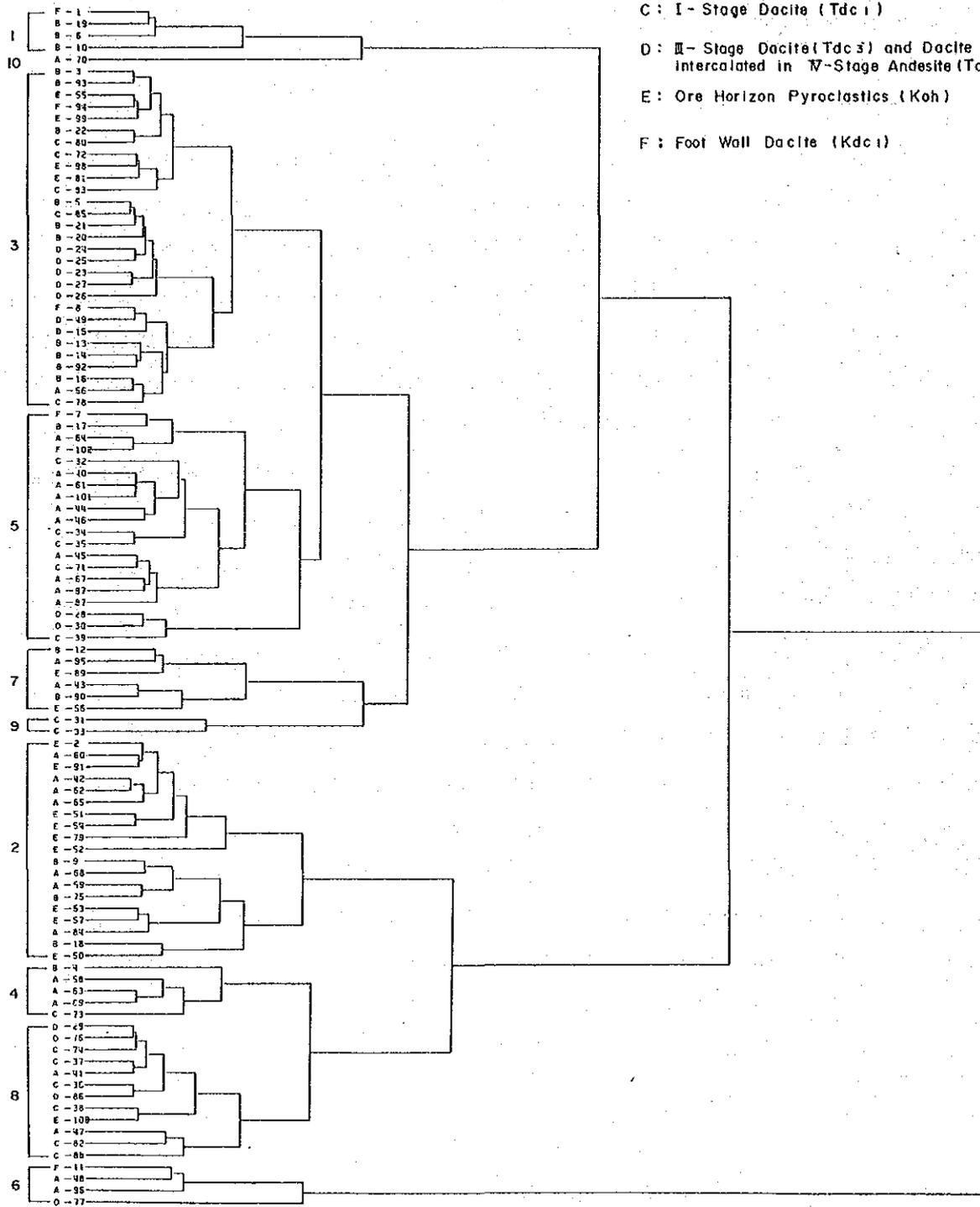


図 II - 14 クラスタ-樹形図

第6章 物理探査

6-1 調査の概要

CSAMT法は、可聴周波数領域の電流を大地に流し、2箇所 of 電流電極を結んだ方向と平行な電界Eとそれに直交する磁界Hを測定し、地下の比抵抗分布を求める方法である。

送信電流の周波数は、4096, 2048, 1024, 512, 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4Hz の11周波数である。

電界と磁界の信号は、GDP-12受信機内で処理され

- 1) 見掛比抵抗 (ρ_a)
- 2) 電界と磁界の位相差 (PD; Phase Difference)

として出力される。

6-2 調査結果

黒鉍型鉍床の探査という観点から低比抵抗帯に着目して述べる。

(1)調査地域東部の低比抵抗帯(L_1)は、浅所では広く分布するが深度100mで高比抵抗帯に移行していること、および地形的低所に分布することから、第四系(Q)に起因する低比抵抗帯と考えられる。その厚さは100m~数10mと推定される。第四系(Q)の下部には、北東部では頁岩層(Ksh₁)が南東部では砂岩層(Tss₁)が予想される。

(2)調査地域南部ではLa America鉍床からAranjuezに至るAranjuez低比抵抗帯(L_2)、その東部のAranjuez東低比抵抗帯(L_3)及びDescubridora鉍床の西に位置するDescubridora西低比抵抗帯(L_4)が抽出された。これらは黒鉍型鉍床と関連の深い火山岩類(上盤石英安山岩類(Kdc₂)、細粒凝灰岩類(Koh))の北縁部に認められ、略々北東-南西方向に配列している。地質構造的には、La America鉍床付近を軸とする背斜構造の北翼に位置することになり鉍床層準凝灰岩(Koh)、下盤石英安山岩(Tdc₁)等の期待される場所に対応している。また、これらの低比抵抗帯は、上記火山岩類の分布域に略々対応してみられる中~高比抵抗帯の周辺に位置している。

Aranjuez低比抵抗帯(L_2)は、比抵抗構造的には、深度及び分布形態からみて鉍化・変質を蒙った鉍床層準の凝灰岩類(Koh)の発達に対応している可能性が強い。

Aranjuez東低比抵抗帯(L_3)も、上記の低比抵抗帯と類似の地質・構造的な位置に認められ、また、比抵抗構造的にもAranjuez低比抵抗帯と似ていることより、これも鉍化・変質を蒙った鉍床層準の凝灰岩類(Koh)に起因している可能性が考えられる。Descubridora西低比抵抗帯(L_4)については、地表地質との対応関係から第三系砂岩層(Tss₁)に起因すると考えられる低比抵抗帯と一連のもののようにもみられる。しかし、変質分帯及びアルカリ変質強度調査の結果、本低比抵抗帯は、強変質帯の南西延長部に相当している。更に地質断面的にも、本低比抵抗帯は、Descubridora鉍床から連続する鉍床層準の凝灰岩類(Koh)の発達延長部でもあり、黒鉍型鉍床の探査上有望と評価で

きる。

(3)調査地域中央部には小規模な低比抵抗帯が散在するが、これらは深部で急激に高比抵抗に移行することより、I期安山岩類(Tad₁)中に発達する風化帯を示徴するものかもしれない。

(4)調査地域北部では、Ocotitlan旧坑付近の黄鉄鉱鉄染を反映したと考えられる低比抵抗帯が認められる。これは小規模でかつ浅所に限られたもので、本地区での鉄床層準の賦存深度と対応しないこともあり、黒鉄型鉄床探査上は不味と考えられる。

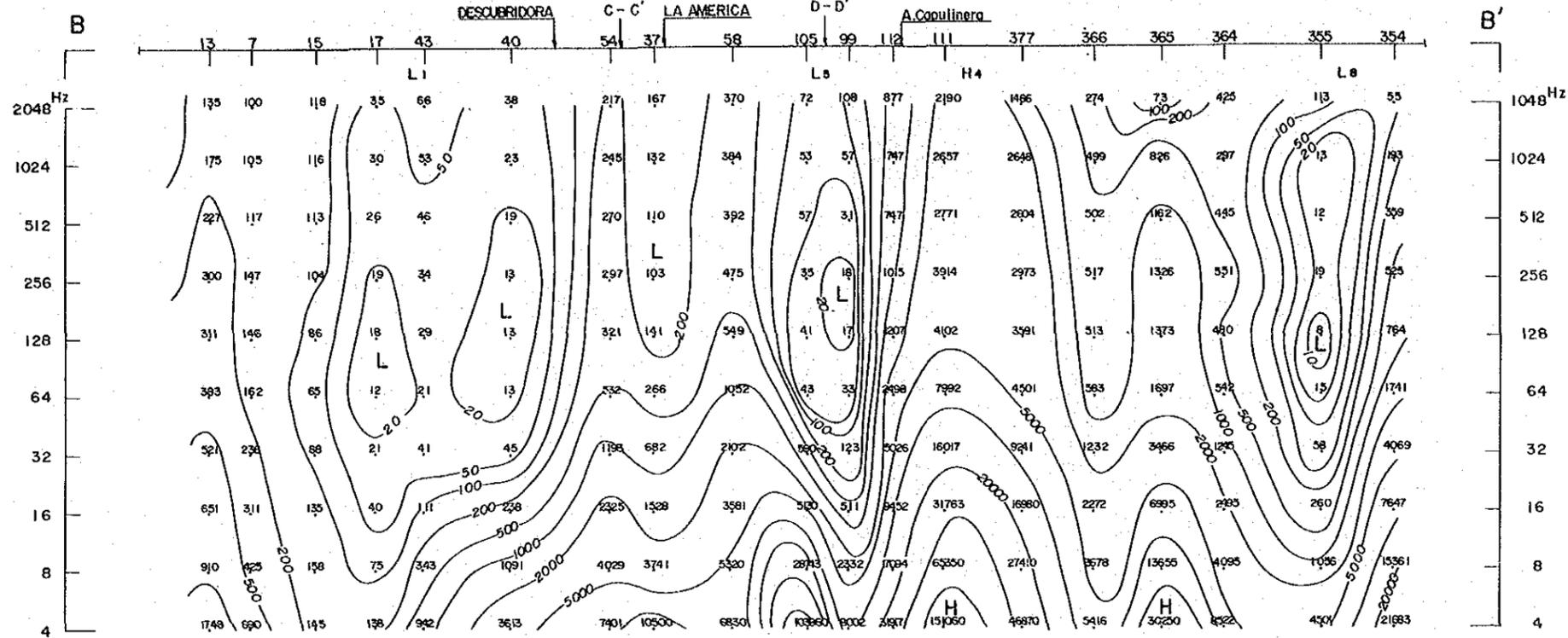
図Ⅱ-15～図Ⅱ-18に主要な低比抵抗帯の分布と比抵抗断面図を示す。



图 II - 15
 比抵抗構造平面图
 (地表下 200m)

- LEGEND
- Station Point, No
 - ⊖ ⊕ Transmitter Bisect
 - 100 Contour of Resistivity (Ω-m)
 - H High Resistivity Zone
 - L Low Resistivity Zone
 - Drilling Site

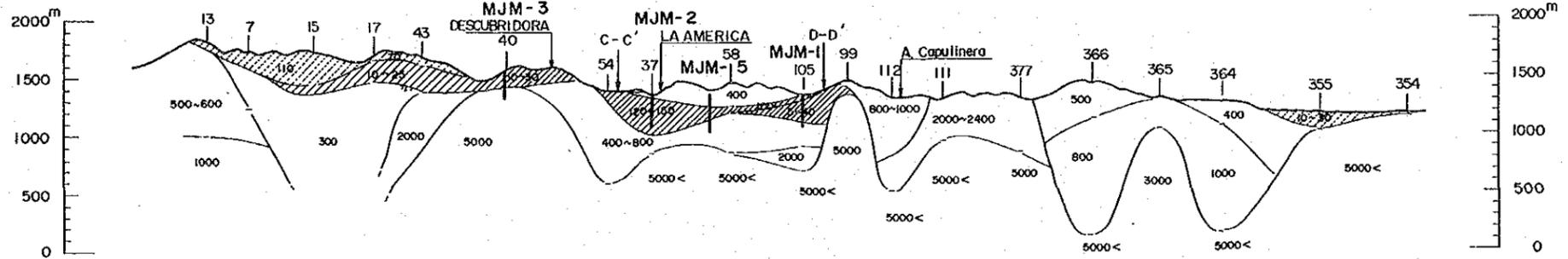
Resistivity Pseudo-section



LEGEND

- Low Resistivity Zone Possibly Related to Mineralization
- Low Resistivity Zone Possibly Related to Sandstone or Quaternary System
- Tss1 Sandstone (Conglomerate)
- Kdc2 Hanging Wall Dacite
- Koh Ore Horizon Pyroclastics
- Kdcl Foot Wall Dacite
- Kshl Shale Intercalated with Sandstone
- MJM-2 (Drill Hole)

Structural Resistivity Section



Geological Section

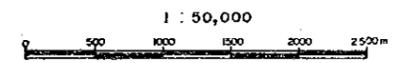
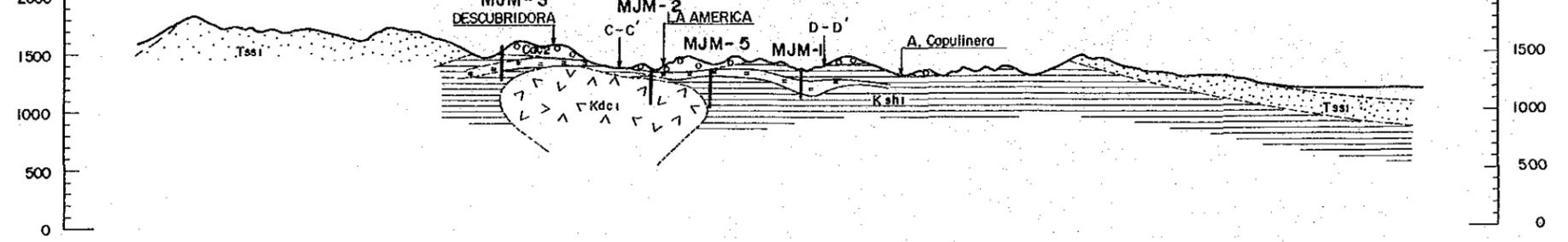
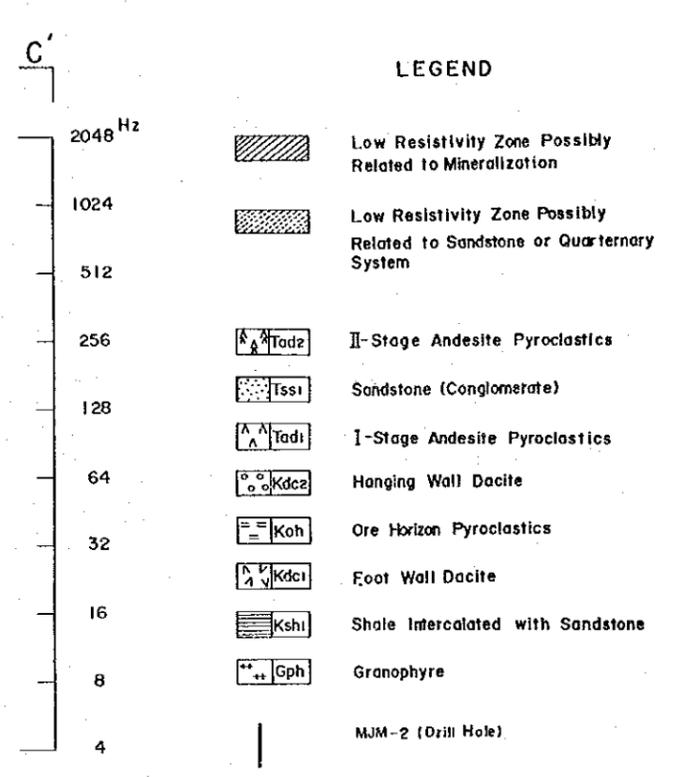
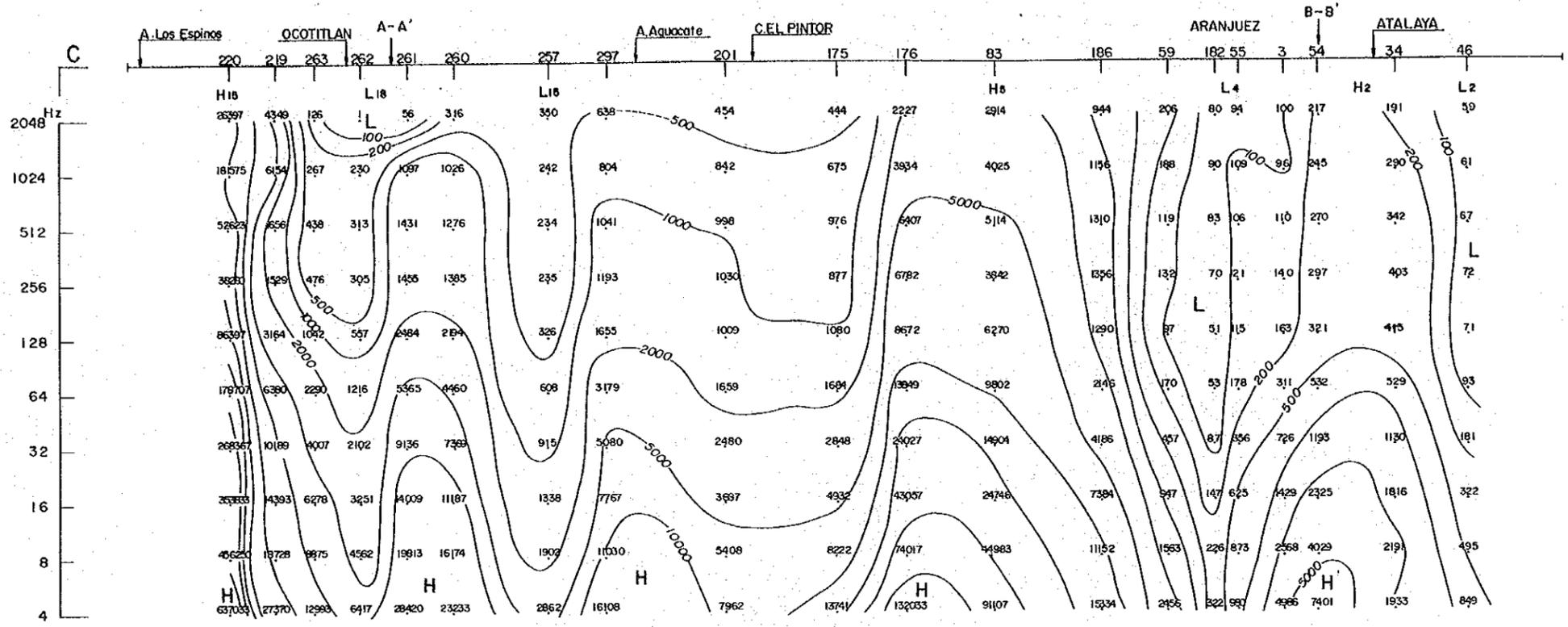
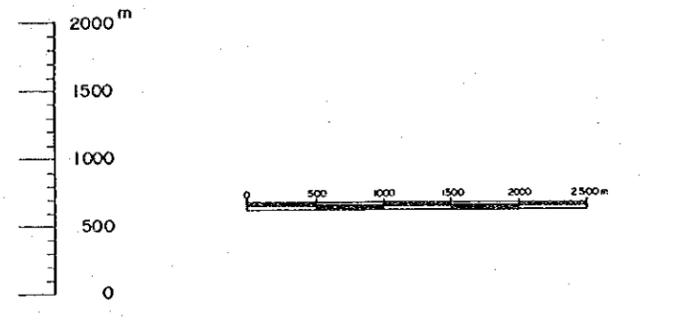
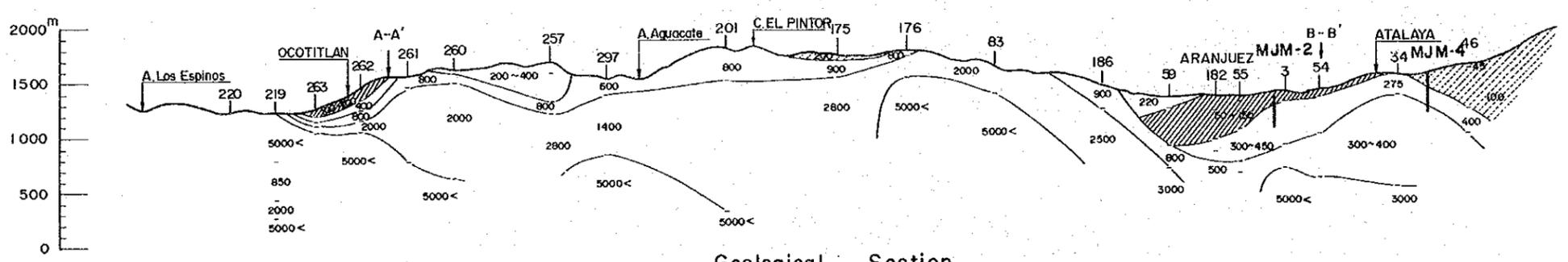


图 II - 16
B - B' 断面图

Resistivity Pseudo-Section



Structural Resistivity Section



Geological Section

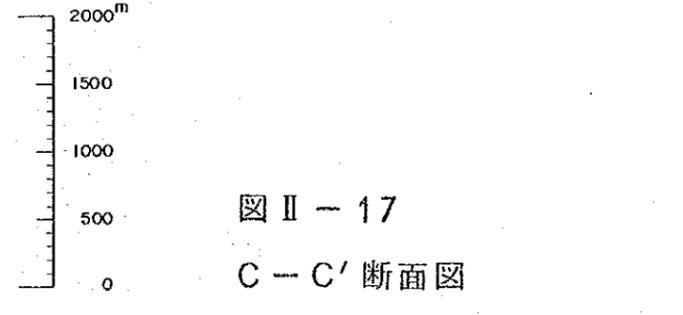
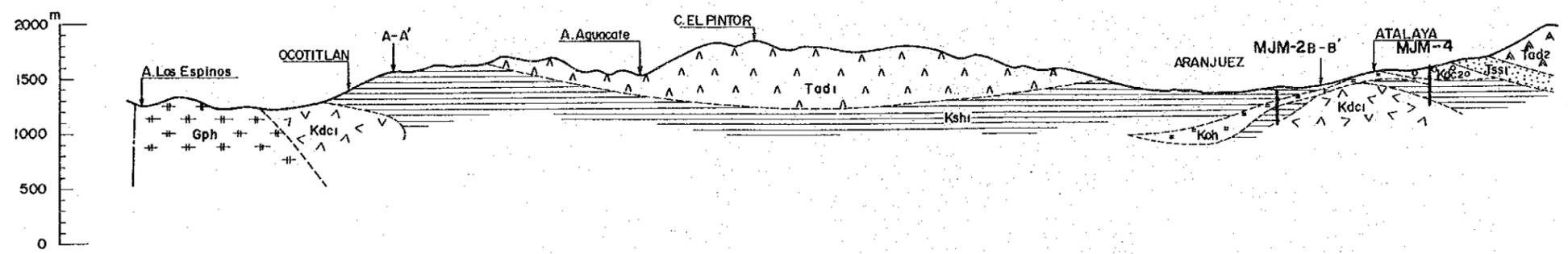
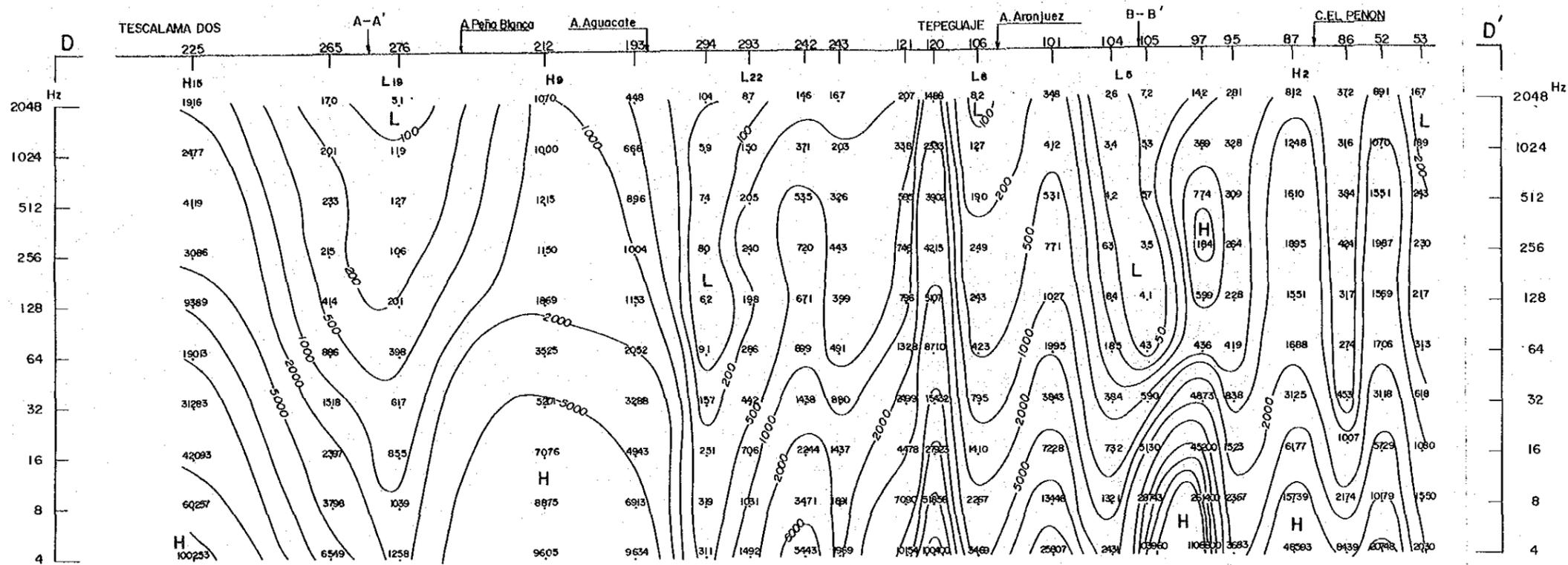


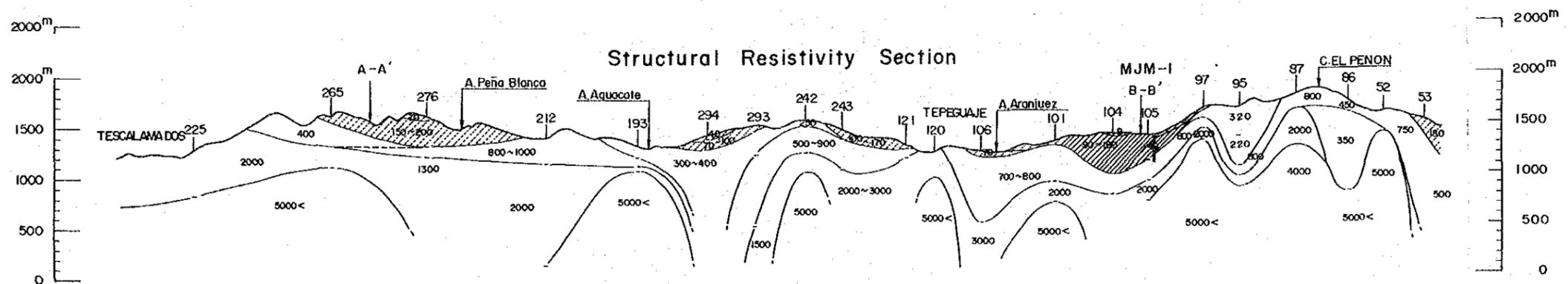
图 II - 17
C - C' 断面图

Resistivity Pseudo - Section

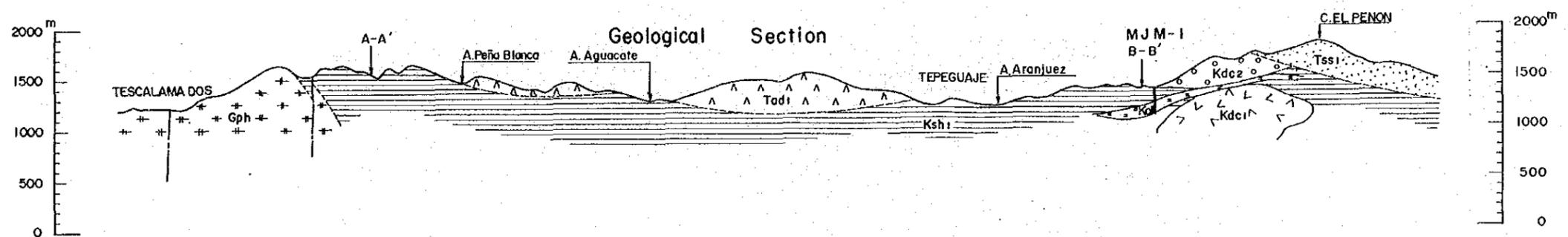


- LEGEND**
- Low Resistivity Zone Possibly Related to Mineralization
 - Low Resistivity Zone Possibly Related to Sandstone or Quarternary System
 - Tss1 Sandstone (Conglomerate)
 - I-Stage Andesite-Pyroclastics
 - Kdc2 Hanging Wall Dacite
 - Koh Ore Horizon Pyroclastics
 - Kdc1 Foot Wall Dacite
 - Ksh1 Shale Intercalated with Sandstone
 - Gph Granophyre
 - MJM-1 (Drill Hole)

Structural Resistivity Section



Geological Section



1 : 50,000
0 500 1000 1500 2000 2500m

图 II - 18
D - D' 断面图

