

## 第 7 章    ボーリング調査

### 7-1    概        要

#### 7-1-1    目的及び実施位置

第1年次に実施した地質調査、地化学探査及び物理探査(CSAMT法)結果を総合的に検討した結果、黒鈹型鈹床の賦存の可能性が最も高いと考えられる La America-Descubridora 地区で、黒鈹型鈹床の探査のために5孔のボーリングを実施した。

ボーリング実施位置は図Ⅱ-19に示す。

#### 7-1-2    調査期間及び調査量

調査期間は、調査団員の渡墨(昭和60年9月2日)後9月19日に発生したメキシコ地震のため、日本より海送されたボーリング機材の通関に手間取り、その手続が終了したのは10月12日であった。

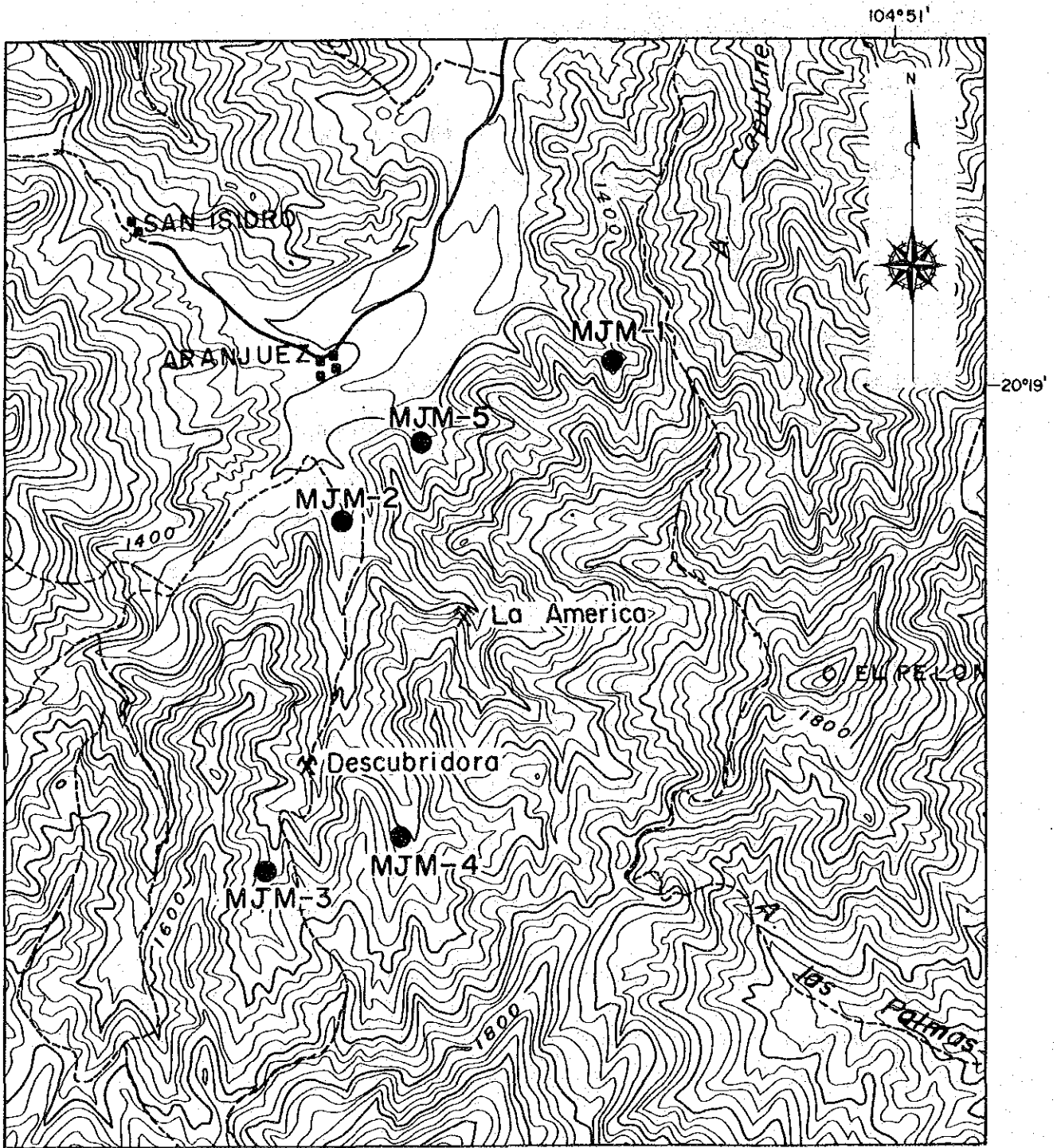
現地調査の期間と調査量は表Ⅱ-11に示すとおり、総実掘進長は1,369.70 m (計画:1,350.00 m)であった。

表Ⅱ-11    ボーリング概要

Hole No.	Location			Proposed Depth	Drilled Depth	Period
	X	Y	Above the sea			
MJM-1	9,360	21,410	+1,350 m	250 m	253.3 m	15.10.1985 -31.10.1985
MJM-2	8,250	20,720	+1,320 m	250 m	262.6 m	1.11.1985 -3.12.1985
MJM-3	7,840	19,190	+1,560 m	250 m	250.6 m	4.12.1985 -7.1.1986
MJM-4	8,440	19,320	+1,520 m	300 m	301.6 m	8.1.1986 -28.1.1986
MJM-5	8,540	21,050	+1,320 m	300 m	301.6 m	29.1.1986 -15.2.1986

### 7-2    地        質

ボーリング調査の結果、調査の対象となった La America-Descubridora 地区の北東地区(MJM-1, MJM-2, MJM-5)と南西地区(MJM-3, MJM-4)では地質の検討からは火山活動の場を異にしているように考えられる。前者の場合、MJM-1は本孔を構成する火砕岩の種類及び鈹化の程度より、黒鈹型鈹床の生成をもたらした鈹液の噴気中心から離れ過ぎていると判断される。MJM-2及び



● Drilling site

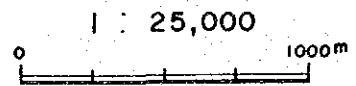


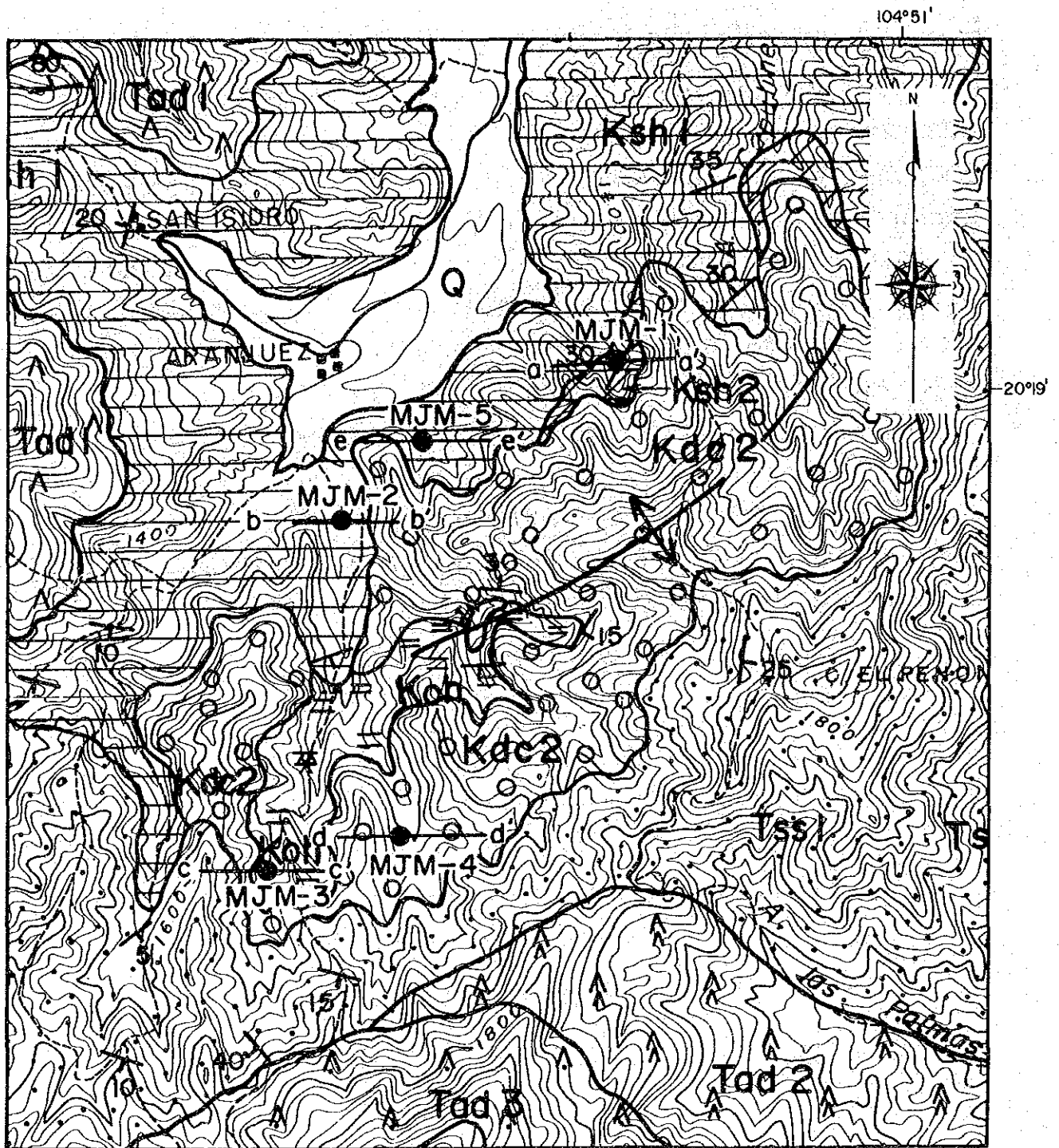
図 II - 19 ボーリング位置図

MJM-5 は黒鉄型鉄床の生成の場として必要なかったの堆積盆内に位置していると解釈できる地質産状をとる。黄鉄鉄鉄染を伴う鉄床層準も存在することから、この鉄床層準の延長上に黒鉄型鉄床の賦存する可能性は高いと判断される。

後者については、北東地区からの火山岩類の連続もなく、かつ、当時の海底での堆積盆の存在を積極的に示唆する地質産状も認められない。しかし、MJM-4 で認められるように、還元的環境での堆積を示唆する磁硫鉄鉄や黄鉄鉄などの鉄染を伴う黒色頁岩が見出され、硫化鉄物の沈殿の場を考える場合に重要である。黒鉄型鉄床の生成に関係したと考えられる火山の噴出中心との関連では、この地区には、塊状の岩相を示す石英安山岩も認められず、溶岩の分布域外に位置していることになる。

変質については、全孔を通じて熱水変質の産物である粘土鉄物（緑泥石、絹雲母等）が、量的には浮動するが、普遍的に認められ、Pervasive 型の変質を蒙っていることを示唆している。しかし、全孔を通じて、特記できる強変質部を見出すことは出来なかった。

図Ⅱ-20～図Ⅱ-25にボーリング孔周辺の地質図と各ボーリング孔の東西断面図を示す。また、図Ⅱ-26には各ボーリング孔毎の地質対比図を示した。



Legend

Q : Alluvium-Diluvium  
 Tad3: III - stage andesite  
 Tad2: II - stage andesite  
 Tss1 : Sandstone  
 Tad1: I - stage andesite

Kdc2: Hanging wall dacite  
 Koh : Ore horizon pyroclastics  
 Ksh2: Calcareous shale  
 Ksh1 : Shale - sandstone

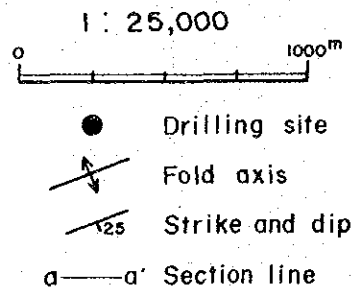


図 II - 20 ボーリング周辺地質図

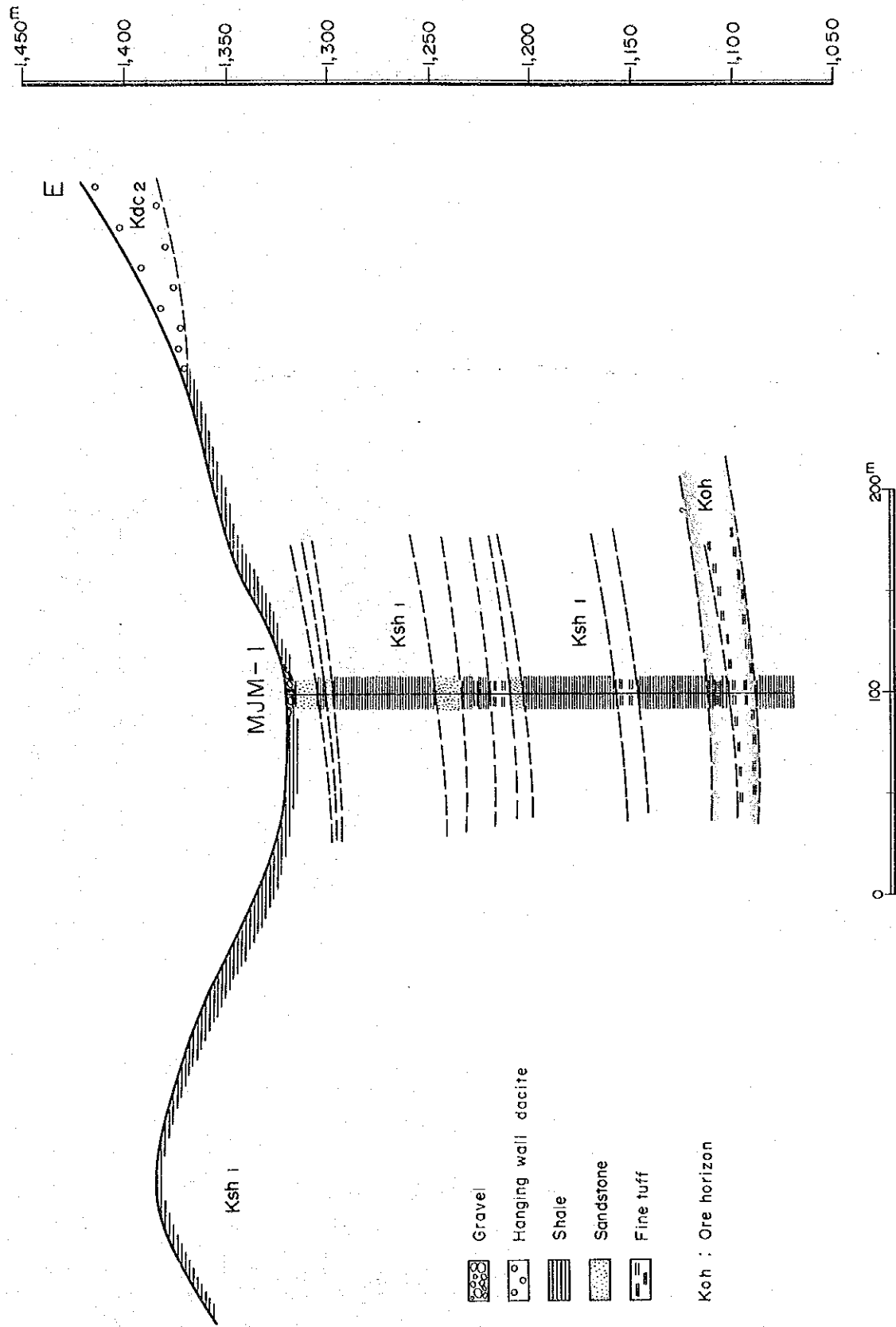
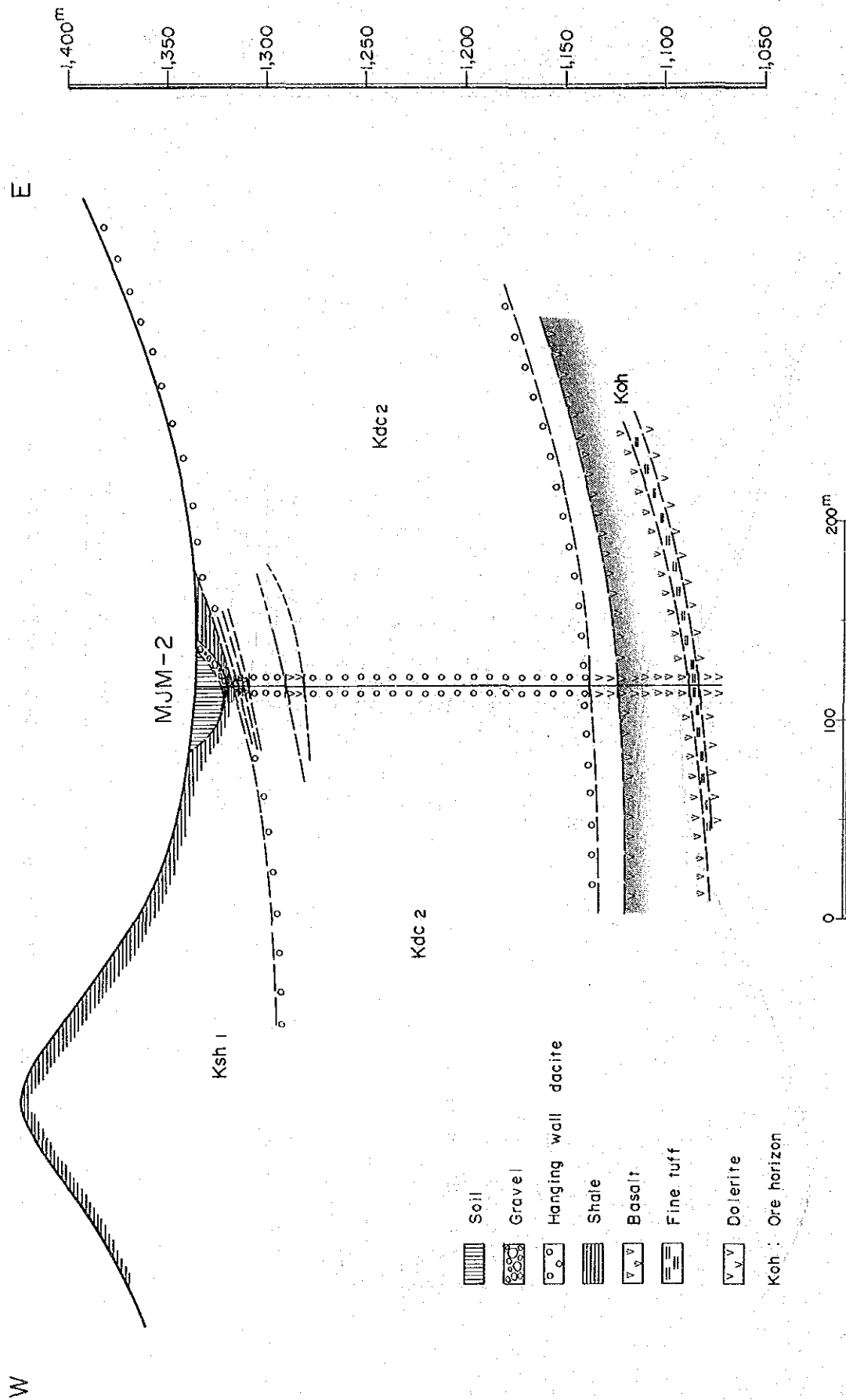
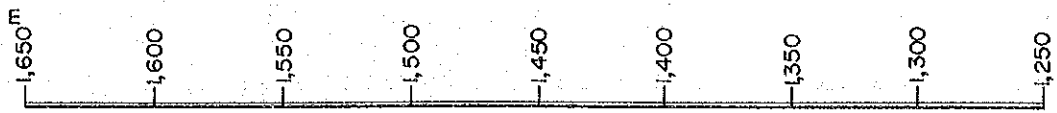


図 II-21 ボーリング地質断面図 (MJM-1)  
(a-a')



図Ⅱ-22 ボーリング地質断面図 (MJM-2)  
(b-b')



E

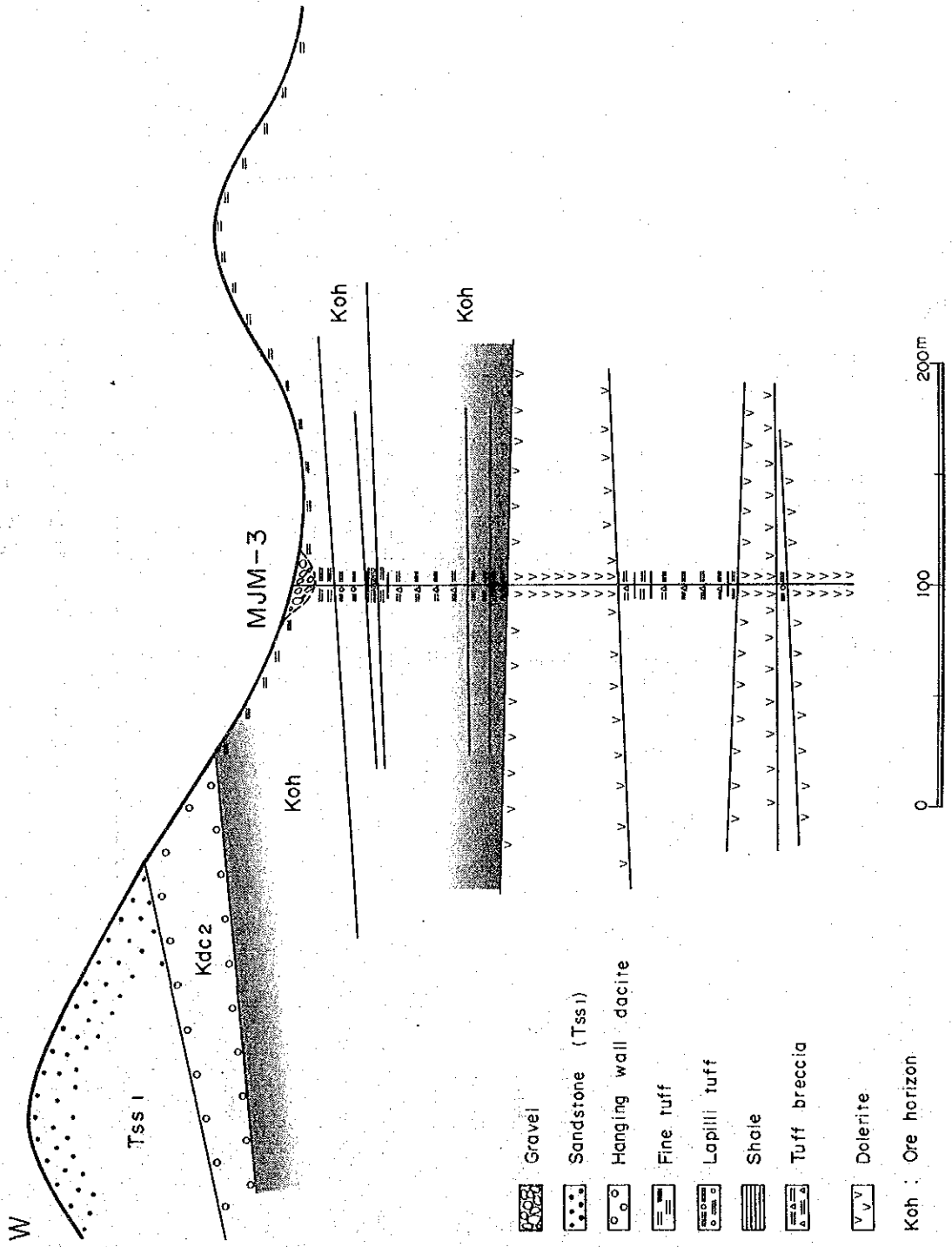


図 II - 23 ボーリング地質断面図 (MJM-3)  
(C - C')

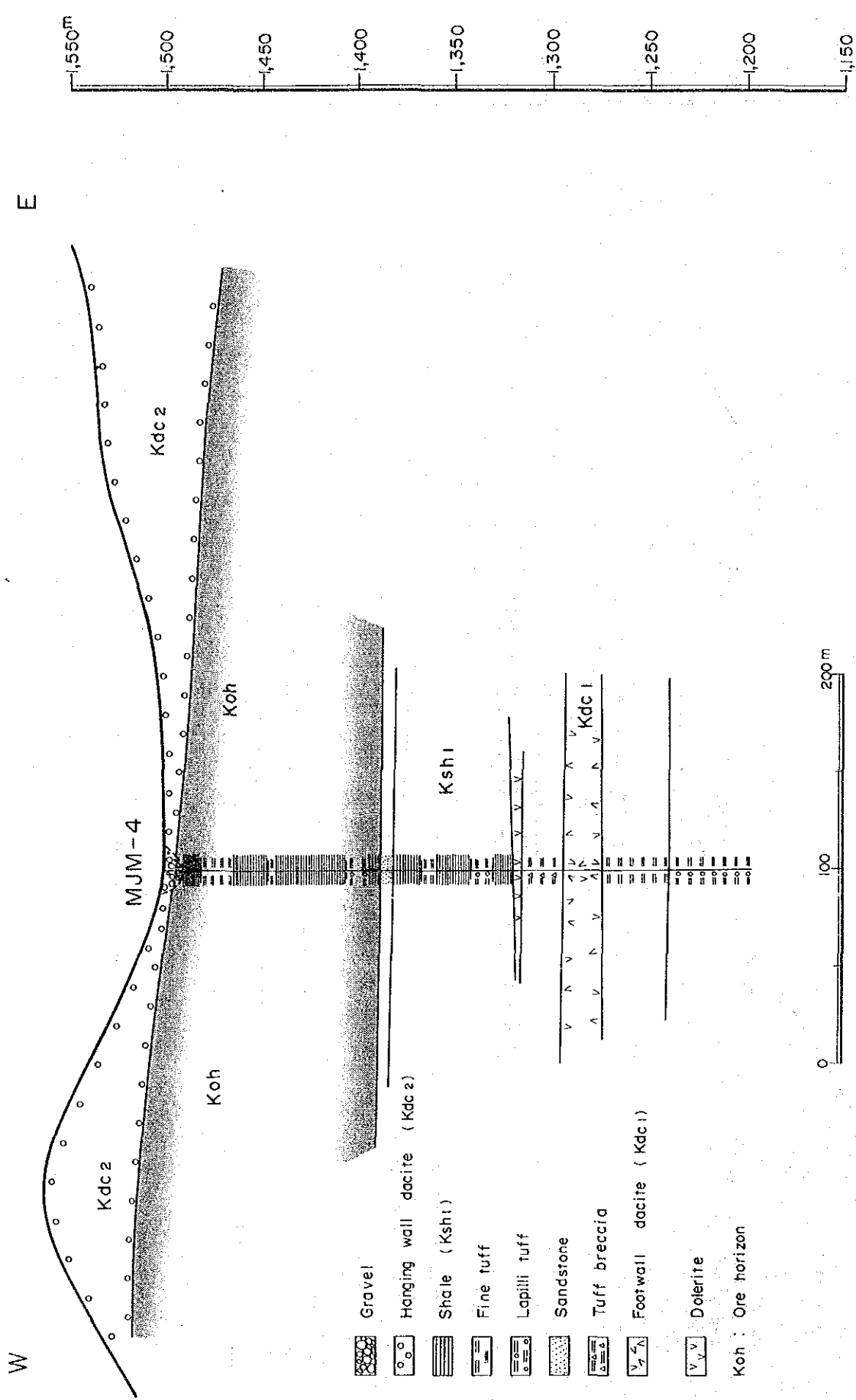


図 II-24 ボーリング地質断面図 (MJM-4)

(d-d')



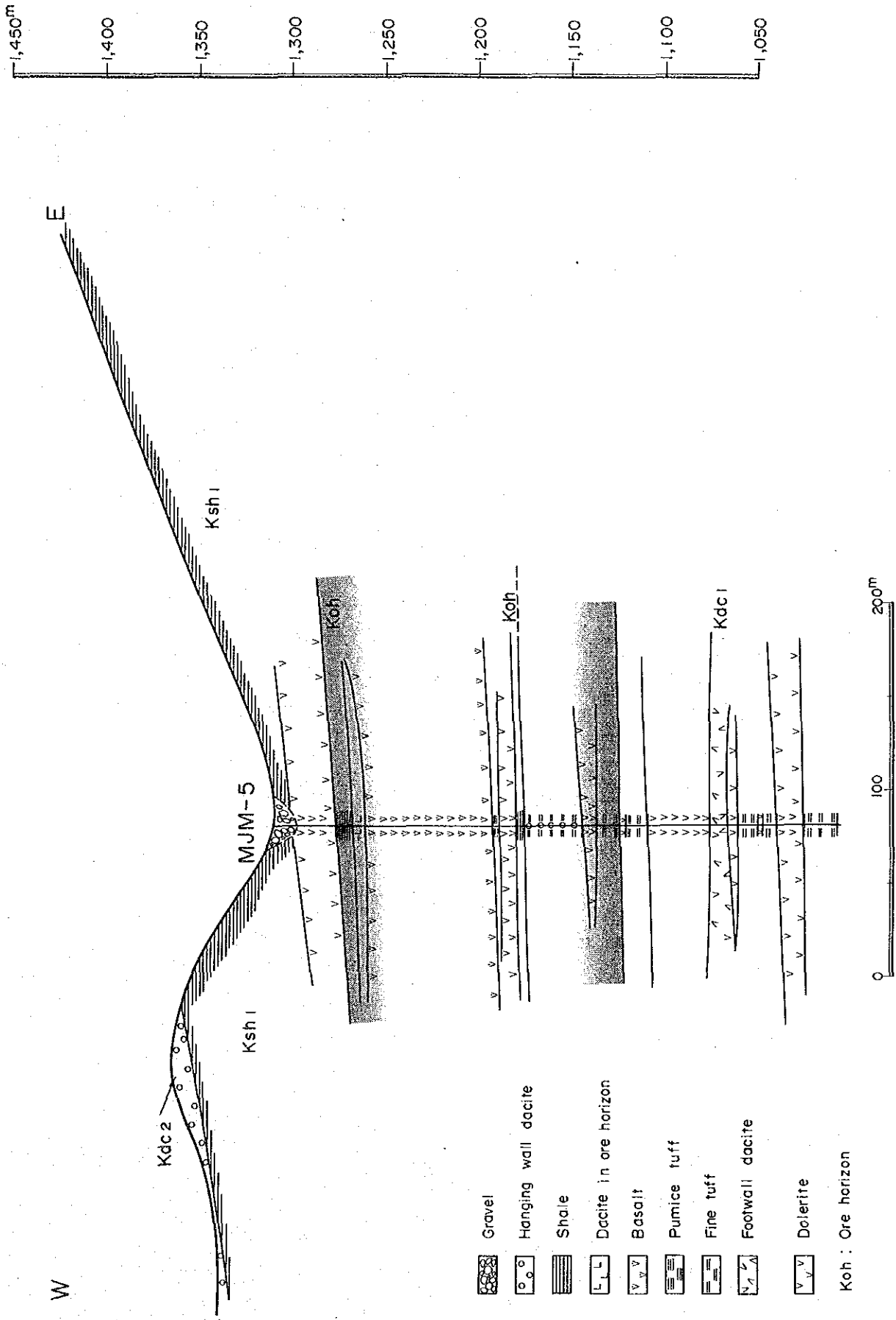


図 II - 25 ボーリング地質断面図 (MJM-5)  
(e-e')





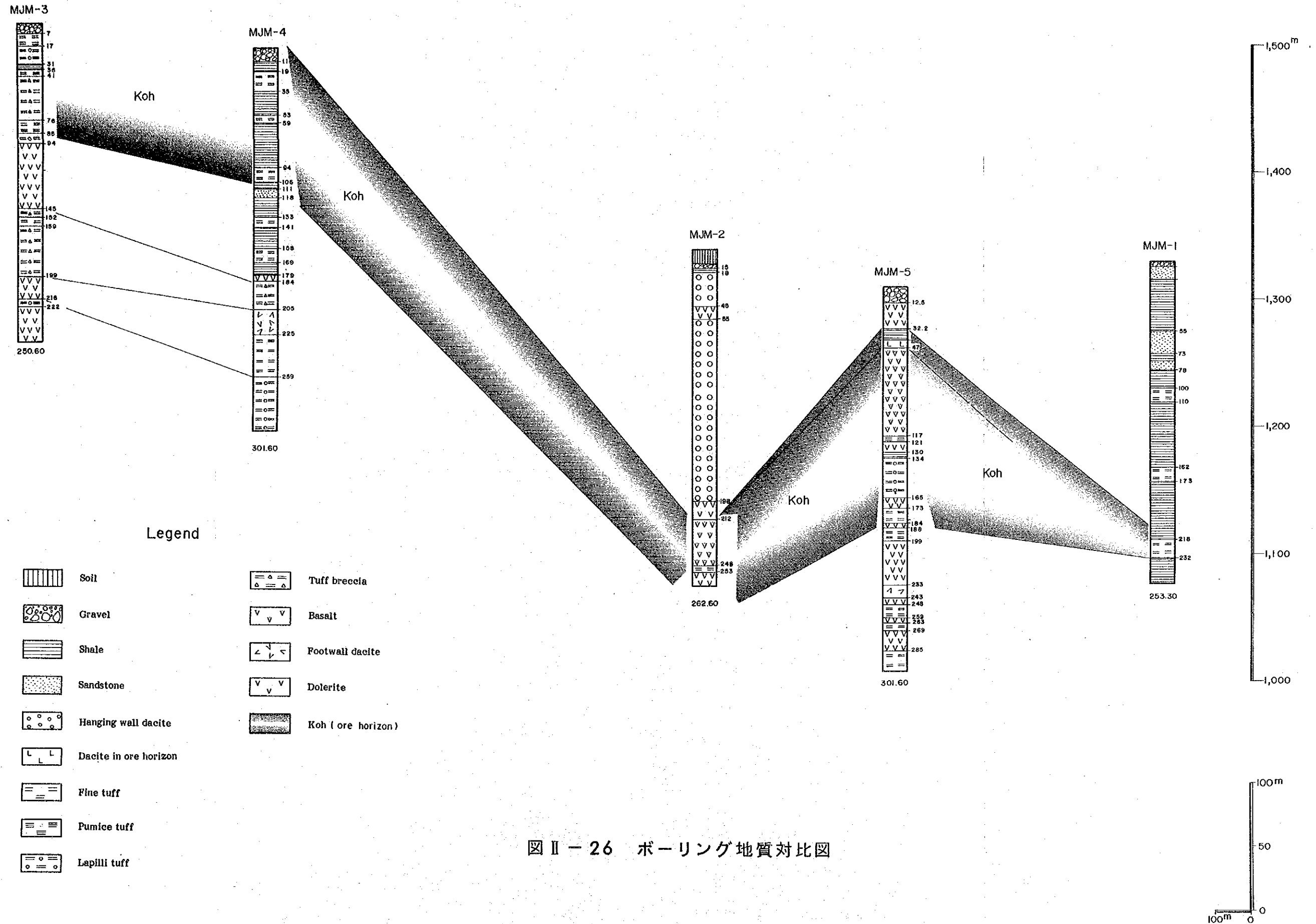


図 II - 26 ボーリング地質対比図



### 7-3 鉍化帯

La America-Descubridora 地区で実施したボーリングで捕捉された鉍化帯は鉍染及び細脈状の産状をとる。しかも、捕捉された鉍化帯はMJM-5の上部の鉍化帯(深度: 32.30 m ~ 40.30 m)を除き、すべて黒鉍鉍床層準に見出されるものである。出現する硫化鉍物は黄鉄鉍, 磁硫鉍鉍が主要なものであり, 閃亜鉛鉍, 黄銅鉍, 四面銅鉍も少量随伴される。各孔で捕捉された鉍化帯は品位的には特記できるものはなかったが, MJM-2 及びMJM-5 では黒鉍型鉍床の賦存のための必要条件である古盆状地内に位置しているとみられることから, 本孔の近くに, 黒鉍型鉍床の賦存する可能性は高いと考えられる。

両孔の黒鉍鉍床層準で認められる細粒の黄鉄鉍, 閃亜鉛鉍及び黄銅鉍の鉍染は黒鉍型鉍化作用に起因するものと考えられる。

### 7-4 ボーリング調査結果と物理探査結果の比較

本地域で実施した5孔のボーリングのうち, 3孔(MJM-1, MJM-2 及びMJM-3)の実施位置については, 物理探査(CSAMT法)結果を考慮して決定したものである。これ等の各孔の地質と比抵抗分布との対比を行って得られた結論は以下のように要約できる。

- ・ 黒色頁岩卓越部の比抵抗値は破砕帯・粘土化帯を伴わない場合は約  $300\Omega.m$  の比抵抗値を示す。一方, 破砕帯が伴われる場合は  $100\Omega.m$  以下に比抵抗値を減じる。
- ・ 孔が火砕岩を主体とする火山岩類より構成され, かつ, 破砕帯などを伴わない場合は, 比抵抗値は  $700\sim 800\Omega.m$  を示すことが一般的のようである。

上述の結果は, 標本スケールでの岩石の比抵抗測定結果から得られる測定値よりも, 全般に低い値となっており, CSAMT法の測定結果の解析にあたっては留意すべきと考える。

図II-27に各孔の地質と比抵抗分布の関係を示した。







Survey Station 25

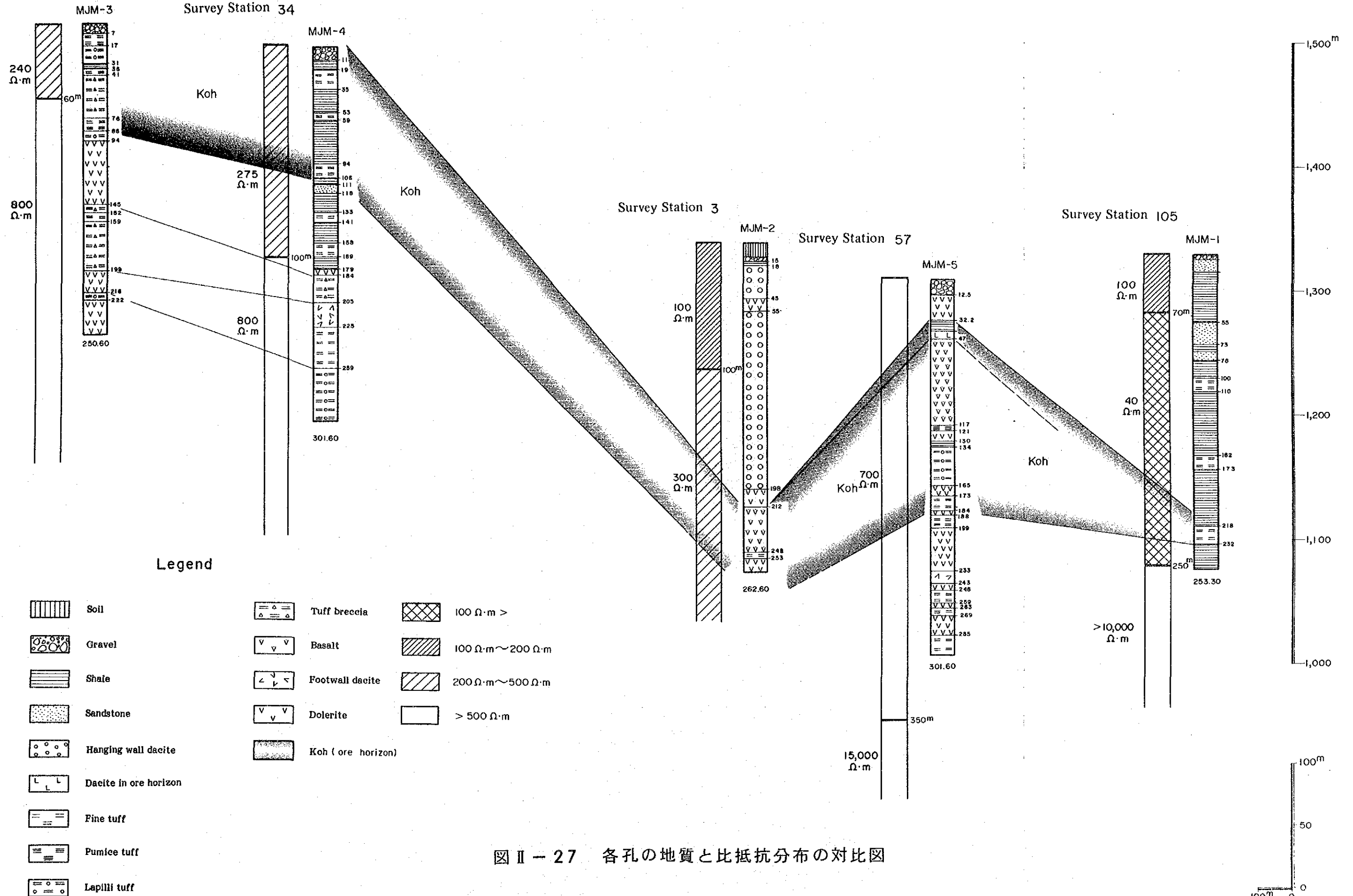


図 II - 27 各孔の地質と比抵抗分布の対比図

## 第III部 西部区域





# 第 1 章 地 質

## 1-1 地質概説

調査地域は、ジュラ系と考えられる変成岩類 (Berrocal & Mondoza, 1985) を基盤とし、その上位に東部区域から連続する白亜系、第三系及び第四系が累重する。

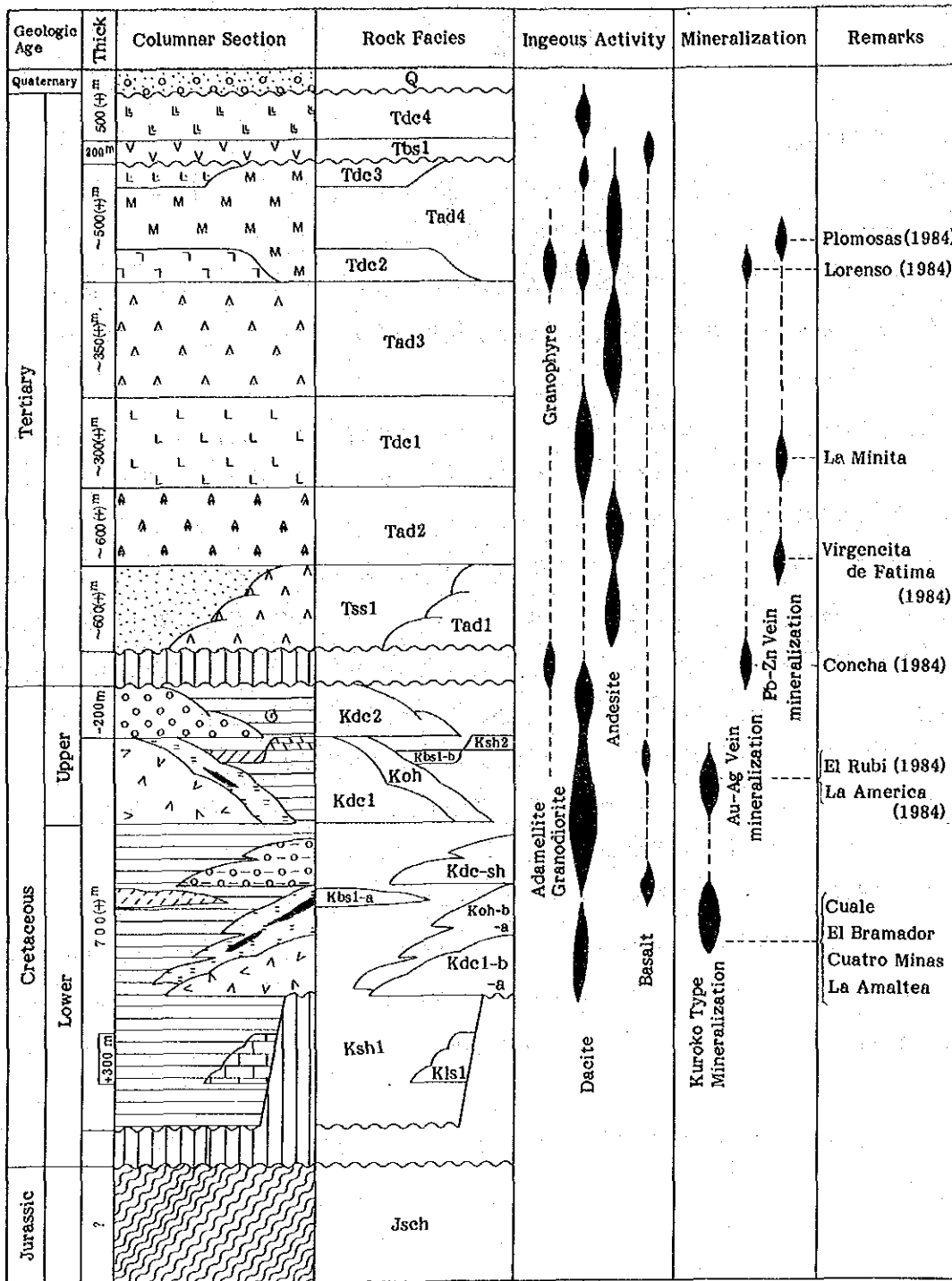
ジュラ系の変成岩類は、調査地域西部にほぼ南北方向に広く分布している。構成岩は主として泥質片岩からなるが、一部に砂質片岩あるいは火山岩起源と考えられる緑泥石片岩、絹雲母片岩なども挟在される。

白亜系は、調査地域北西部の Cuale (クワレ) 鉱山周辺、中央東部の La Amaltea (ラ・アマルテア) 鉱山周辺及び中央南部の El Bramador (エル・ブラマドール) から La Concha (ラ・コンチャ) にかけて分布する。構成岩は主として石英安山岩 (Kdc1-a, -b)、同質火砕岩 (Koh-a, -b, Kdc-sh) 及び黒色頁岩 (Ksh 1) からなる。石英安山岩溶岩 (Kdc1-a, -b) は、淡褐色～淡緑色を呈し、変質した岩石で、鉱床下盤を形成し、石英安山岩質火砕岩は鉱床胚胎層準 (Koh-a, -b) 及び鉱床上盤を形成している。これ等の火山岩類は、Cuale 鉱床、La Amaltea 鉱床及び El Bramador 鉱床付近に分布しており、酸性火成活動と黒鉱型鉱床の関連の深さを示唆している。黒色頁岩 (Ksh 1) 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。また、黒鉱型鉱床の上盤にある本頁岩の一部には、玄武岩溶岩及び同質火砕岩 (Kbs 1) の薄層を挟在する。

本白亜系は基盤の変成岩類を不整合に覆っている。

第三系は、調査地域東部に広く分布している。構成岩は主として安山岩類 (Tad 1~4) からなり、一部に堆積岩類 (Tss 1) や石英安山岩類 (Tdc 1~2) が認められる。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や絶対年代の測定例がないので、不明である。

図 III-1 及び図 III-2 に模式柱状図と各地区の地質対比を示した。



Abbreviation

- |            |                         |              |  |  |              |                      |
|------------|-------------------------|--------------|--|--|--------------|----------------------|
| (Jurassic) | Jsch: Metamorphic rocks | (Cretaceous) | Kdc2: Dacite lava (hanging wall) (1984)        | Tdc4: IV-Stage dacite lave (1984)              | (Quaternary) | Q: Alluvium-Diluvium |
|            |                         |              | Ksh2: Calcareous shale (1984)                  | Tbs1: Basalt lava-pyroclastics (1984)          |              |                      |
|            |                         |              | Kbs1-b: Basalt lava-pyroclastics (1984)        | Tdc3: III-Stage dacite lava (1984)             |              |                      |
|            |                         |              | Koh: Ore horizon pyroclastics (1984)           | Tad4: IV-Stage andesite lava-pyroclastics      |              |                      |
|            |                         |              | Kdc1: Dacite lava dome (1984)                  | Tdc2: II-Stage dacite lava-pyroclastics (1984) |              |                      |
|            |                         |              | Kdc-sh: Hanging wall dacite-pyroclastics-shale | Tad3: III-Stage andesite lava-pyroclastics     |              |                      |
|            |                         |              | Kbs1-a: Basalt lava-pyroclastics               | Tdc1: I-Stage dacite lava-pyroclastics         |              |                      |
|            |                         |              | Koh-a: Ore horizon pyroclastics                | Tad2: II-Stage andesite lava-pyroclastics      |              |                      |
|            |                         |              | Kdc1-b-a: Footwall dacite                      | Tss1: Sandstone-conglomerate                   |              |                      |
|            |                         |              | Ksh1: Shale intercalated with sandstone        | Tad1: I-Stage andesite lava-pyroclastics       |              |                      |
|            |                         |              | Kls1: Limestone-marble (1984)                  |  |              |                      |

⊙: Nannoplankton

图 III - 1 模式柱状图

# LEGEND

## Tertiary system

- Tdc 1 : I-Stage dacite lava-pyroclastics
- Tad 2 : II-Stage andesite lava-pyroclastics
- Tad 1 : I-Stage andesite lava-pyroclastics

## Cretaceous system

- Ksh 1 : Shale intercalated with sandstone
- Kdc 2 : Hanging wall dacite
- Kdc-sh : Hanging wall dacite-pyroclastics - shale
- Kdc 1 : Footwall dacite
- Kbs1-a : Basaltic lava - pyroclastics
- Koh-b : Ore horizon-pyroclastics
- Kdc1-b : Footwall dacite

## Jurassic system

- Jsch : Metamorphic rocks

## Mineralization

- : Kuroko type deposits
- ⌘ : Vein type deposits

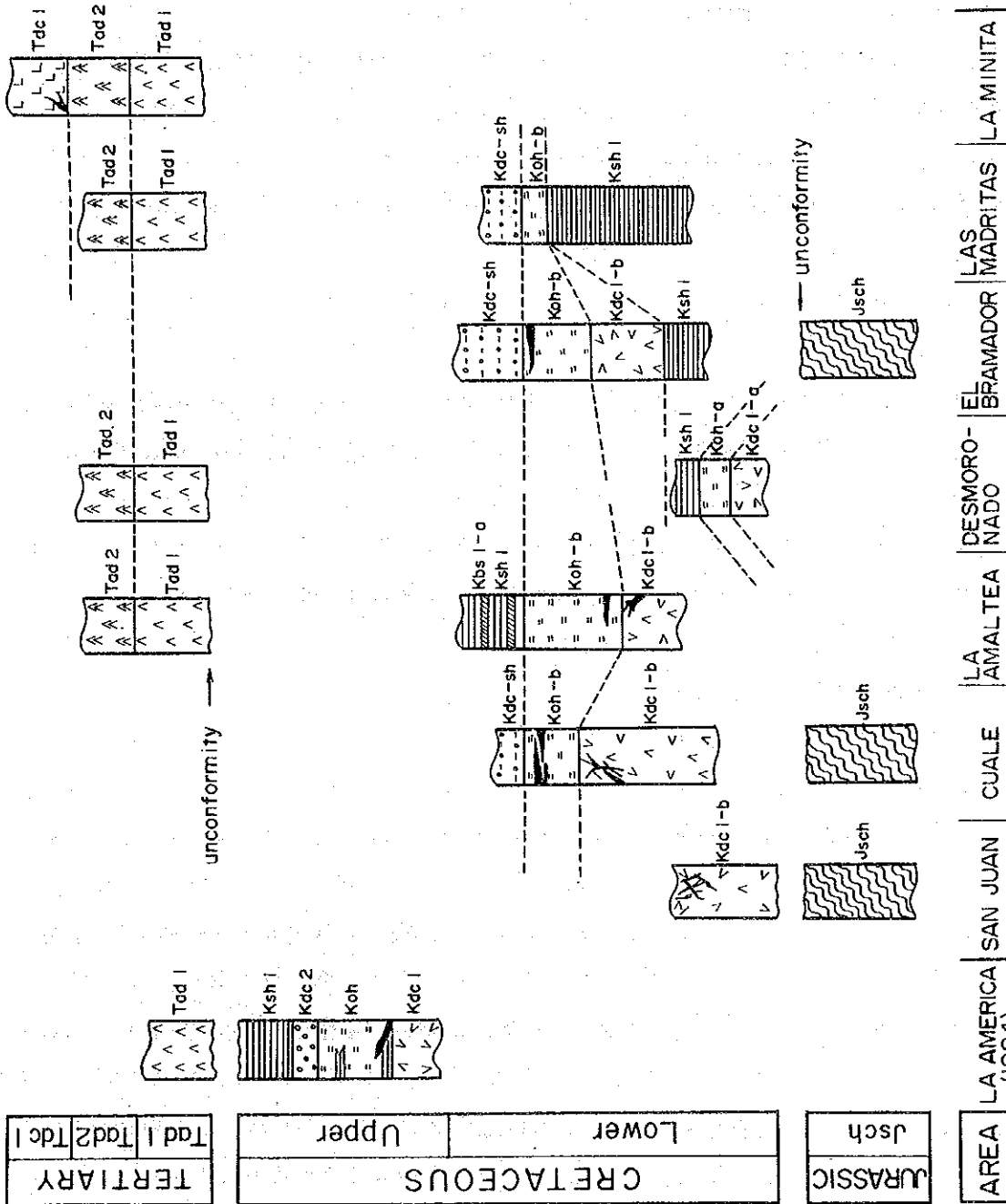


图 III - 2 地区别地質柱状图

## 1-2 層 序

### 1-2-1 ジュラ系

調査地域の變成岩類については、本調査では層序の決定がなされていないが、Berrocal & Monzoza (前出)がジュラ系としているものと同一岩相なので、それに従うことにする。

#### (1) 變成岩類 (Jsch)

本岩類は調査地域内で最古のものである。

調査地域西北部のSan Juan (サン・ファン) 部落から南西部のLos Caballos de Cabrel (ロス・カバリョス・デ・カブレル) 部落にかけてほぼ南北に分布する。

基盤岩であり、基底部が未確認のため、層厚は不明である。

本岩類は、主として泥質片岩からなり、一部に砂質片岩、緑泥石片岩及び絹雲母片岩などを挟む。泥質片岩及び砂質片岩は、一般に黒色を呈し、セグリゲーション石英や石英細脈がみられるほか、普遍的に微褶曲構造がみられる。

本岩類は上位の白亜系の地層とは不整合関係にあり、また、花崗閃緑岩 (Gd) の大規模貫入岩体の分布のため、下位層との関係は不明である。

### 1-2-2 白亜系

ナンノブランクトンによる調査結果より、東部区域の白亜系はCampanian階~Maastrichtian階 (新白亜紀, 78~65 m.y.) のものと結論されたが、本調査地域の白亜系は後述のとおり、古白亜紀に対比される可能性がある。

調査地域の白亜系には、頁岩 (砂岩) 層 (Kah 1), 下盤石英安山岩溶岩 (Kdc 1-a, -b) 鈎床胚胎層準の火砕岩 (Koh-a, -b), 上盤石英安山岩溶岩・同質火砕岩 (Kdc-sh) 及び玄武岩溶岩・同質火砕岩 (Kbs 1) が認められる。

#### (1) 頁岩 (砂岩) 層 (Ksh 1)

本層は白亜系の主体をなす岩層の一つである。

調査地中央南部のLa Concha 部落から東部のLas Maderitas (ラス・マデリタス) にかけて主に分布するほか、南部のRio San Jose (リオ・サン・ホセ) 川沿い及び中央東部のLa Crucecita (ラ・クルセシータ) などに分布する。

本層は褶曲を受け、一般に $30^{\circ}$ ~ $60^{\circ}$ 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。

本層の層厚は、他地域の中生層と同様、見掛けの層厚に比較して著しく薄く、約700m程度と考えられる。

本層は、一般に黒色を呈する緻密・堅硬な頁岩からなる。地域全般にわたり、ほぼ均質な岩相を示すものの、若干の岩相変化は認められる。Las Maderitas 付近では塊状を呈するが、La Crucecita 付近では細粒凝灰岩や砂岩などの薄層を挟み葉理構造が発達してくる。



本層中には化石が乏しいが、KM-38 (El Bramador) に放散虫類が観察された。放散虫類は、古白亜紀で普遍的な種なので、本層は下部白亜系である可能性が高い。

本層は、下位のジュラ系の変成岩類を不整合に覆い、第三系と考えられるI期安山岩類 (Tad1) 及び砂岩-礫岩 (Tss 1) に不整合で覆われる。

#### (2) 下盤石英安山岩溶岩 (Kdc 1-a)、(Kdc 1-b)

本岩の活動時期は、2回に大別できる。El Coyulito (エル・コユリート) 部落から Trementina (トレメンティーナ) 沢にかけて分布するもの (Kdc 1-a) と、La Concha 部落、La Amaltea 鉱床付近、Cuale 鉱山付近及び北西部のBlanco (ブランコ) 沢などに分布する酸性火山岩類 (Kdc 1-b) である。前者の活動時期が古く後者がやや新しいと考えられる。しかし、岩質及び岩相には両者で差異が認められない。

ジュラ系の変成岩類 (Jsch) を不整合で覆う。

本岩は、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。

本岩の厚さは、花崗閃緑岩の貫入を受けているため正確な層厚の測定はできないが、最大500m程度と考えられる。

本岩は、一般に灰白色～淡緑色を呈し、肉眼的には無斑晶で緻密・堅硬である。弱い角礫化構造が認められる部分と、やや塊状な部分とがある。

#### (3) 鉱床層準の火砕岩 (Koh-a)、(Koh-b)

本岩は、既述の頁岩(砂岩)層 (Ksh 1) 中に挟在され、本地域の黒鉱型鉱床を胚胎している。前述の下盤石英安山岩溶岩の分布とは密接な関係を有し、その上位に分布している。

本岩は、Cuale 鉱山周辺、La Concha 部落から El Bramador 部落にかけて、また、La Amaltea 鉱山から La Crucecita 部落、更には、調査地中央東部の El Mamey (エル・マメイ) 部落にかけて分布する。本岩も前述の下盤石英安山岩溶岩 (Kdc 1-a, -b) と同様、大別して2回の火山活動時期の産物として分布する。

本岩の層厚は、El Bramador 鉱床及び La Amaltea 鉱床付近の地質状況から判断すれば、最大300m程度である。

岩相は、淡緑色～灰白色を呈し、主に細粒凝灰岩及び火山礫凝灰岩からなり、しばしば、頁岩と数m単位の互層を呈する。一般に強い変質作用を蒙っており、原岩の組織は不明な場合が多い。

#### (4) 玄武岩溶岩・同質火砕岩 (Kbs1-a)

本岩類は、既述の頁岩(砂岩)層 (Ksh 1) 中に数枚挟在されているが、その分布は偏在している。尚、本岩類は、鉱床層準の火砕岩 (Koh-b) よりも上位の頁岩(砂岩)層 (Ksh 1) 中に挟在され、また、I期安山岩類 (Tad1) により、不整合に覆われるため、上盤石英安山岩類 (Kdc-sh) との関係は明らかでない。

本岩類は、調査地域の中央東部の La Crucecita 付近にだけ分布し、層準的には、この下位の石英安山岩 (Koh-b) 中に La Amaltea 鉱床が胚胎すると考えられる。本岩類は頁岩(砂岩)

層 ( Ksh 1 ) 中にレンズ状に挟在されるが、最大約 50 m 程度の層厚を持つと推定される。

岩相的には、主として暗緑色を呈する溶岩及び火砕岩から構成され、一般に緻密・細粒である。溶岩類は、一般に角礫化しているが、しばしば塊状相へ漸移し、ときに粗粒玄武岩質となる。

#### (5) 上盤石英安山岩・同質火砕岩-頁岩互層 ( Kdc - sh )

本岩類も、既述の頁岩 ( 砂岩 ) 層 ( Ksh 1 ) 中に挟在され、黒鉄型鉄床と密接な関係を有して分布している。

本岩類は、黒鉄型鉄床の賦存が知られている Cuale 地区及び El Bramador 地区に限られて分布し、頁岩 ( 砂岩 ) 層 ( Ksh 1 ) 中に挟在されているが、最大層厚 500 m 程度である。

本岩類は、溶岩及び同質火砕岩 ( 細粒凝灰岩、凝灰角礫岩 ) などからなる。溶岩類は、主に本岩類の下底部に分布し、全体的に、均質な岩相を示し、灰白色～灰色を呈する。石英の斑晶が普遍的に認められることを特徴とし、緻密・堅硬であり、塊状部と角礫部に分けられる。細粒凝灰岩及び凝灰角礫岩は、本岩類の上部にみられ、上部ほど細粒になり、頁岩と数 m～数 10 m 単位の互層を呈する。一部は灰白色～淡褐色を呈す。

しばしば、石英安山岩質凝灰岩と頁岩とが互層し、その頁岩部は全般に化石が乏しいが、El Bramador 地区の試料にナンノプランクトンが、また、La Concha 地区の試料に放散虫類が観察された。これらの化石種は古白亜紀に普遍的に観察されるものであることから判断して、本層は下部白亜系と考えられる。

### 1-2-3 第三系

調査地域の第三系は、主として安山岩と石英安山岩の火山活動の産物から構成され、相互の累重関係、岩相に基き、下位からⅠ期安山岩類 ( Tad 1 )、砂岩層 ( Tss 1 )、Ⅱ期安山岩類 ( Tad 2 )、Ⅰ期石英安山岩類 ( Tdc 1 )、Ⅲ期安山岩類 ( Tad 3 ) 及びⅣ期安山岩類 ( Tad 4 ) に区分される。

#### (1) Ⅰ期安山岩類 ( Tad 1 )

本岩類は、西部区域中央東部の Crucecita 沢付近及び Desmoronado 部落南東部から La Minita ( ラ・ミニータ ) 部落～ Los Llanos ( ロス・リャノス ) 部落にかけて分布する。La Minita 部落から Trementina 沢上流付近で最も優勢に発達し、約 600 m の層厚をもつと考えられる。

主に溶岩と火砕岩からなり、溶岩は、本岩類の大部分を占め、暗緑色～緑色で、角礫化する場合と緻密・塊状の場合がある。野外では溶岩流単位が認められることが稀で、多分相当厚い溶岩流単位から構成されているものと考えられる。火山礫凝灰岩は、緑色を呈し、溶岩中に挟在されている。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、斜長石片も含まれるが、溶岩よりは小型になる傾向がある。

本岩類は、La Crucecita 北方で白亜系の頁岩 ( 砂岩 ) 層 ( Ksh1 ) を傾斜不整合で被覆している。

## (2) 砂岩・礫岩層 (Tss 1)

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。

本調査地域では、南東部の El Coyol de Celi (エル・コヨル・デ・セリ) 部落付近にだけ分布する。

本調査地域では、200 m 程度の層厚である。

本層は、主に砂岩・礫岩からなるが、一部に黒色頁岩及び安山岩溶岩を挟在する。砂岩は、灰色の塊状～層理の発達したワック質の砂岩で、淘汰は比較的良好である。礫岩は、灰色～褐色を呈し、角礫～亜角礫の安山岩、石英安山岩、泥岩、玄武岩及び原岩不明の珪化岩などからなる。

本層は、I 期安山岩類 (Tad 1) を緩傾斜で覆い、II 期安山岩類 (Tad 2) に被覆される。いずれも、整合関係で接する。

## (3) II 期安山岩類 (Tad 2)

本岩類は、調査地域北部の Los Lobos (ロス・ロボス) 部落、Pitillo (ピティリョ) 沢付近、中央部の Cerro Desmoronado (セロ・デスマロナード) 山周辺及び南東部の Cerro Palosanto (セロ・パロサント) 山周辺などに分布する。

La Minita 部落から Cerro Trinidad (セロ・トリニダード) 山にかけて分布する本岩類の厚さは 500～600 m と推定される。

本岩類は、主に溶岩より構成されるが火山礫凝灰岩及び凝灰角礫岩も認められる。溶岩は、暗緑色～暗灰色を呈し、緻密・堅硬で、中粒の安山岩である。火山礫凝灰岩及び凝灰角礫岩は、暗緑色～赤紫色を呈し、礫質は安山岩礫を主とし、石英安山岩などの異質礫を少量伴い、礫は亜角礫である。

本岩類は、El Coyol de Celi 東方では、砂岩層 (Tss 1) を整合に被覆する。また、La Minita 西方では、I 期安山岩 (Tad 1) を準整合に覆うが、La Amaltea 北方では、白亜系の頁岩 (砂岩) 層 (Ksl 1) や上盤石英安山岩、同質火砕岩 (Kdc - sh) などを不整合に被覆する。

## (4) I 期石英安山岩類 (Tdc 1)

本岩類は、調査地域内の第三系中、最初の酸性火山活動の産物である。

本岩類は、本調査地域では、La Minita 部落北西の Cerro Trinidad 周辺、Desmoronado 北西の Cerro Desmoronado などの背稜部に分布し、層厚は、最大約 300 m と推定される。

溶岩及び火砕岩 (細粒凝灰岩及び火山礫凝灰岩) からなる。溶岩類は、灰白色～淡褐色を呈し、無斑晶の石英安山岩と石英斑晶をもつものがある。一般に塊状で、自破碎構造は強い変質作用のためか、不鮮明である。細粒凝灰岩及び火山礫凝灰岩は、淡褐色～灰白色を呈し、礫質は石英安山岩、流紋岩、石英斑岩など類質礫から構成される。

本岩類は、下位の II 期安山岩類 (Tad 2) を整合関係で被覆する。

## (5) III 期安山岩類 (Tad 3)

本岩類の分布は、調査地域の南部の La Jabalina (ラ・ハバリナ)、Cerro El Elmitano (セ

ロ・エル・エルミターノ)などであり、I期安山岩類(Tad 1)や花崗閃緑岩(Gd)の上位に分布する。

調査地域では、層厚は350 m程度と推定される。

本岩類は、溶岩、細粒凝灰岩、火山礫凝灰岩及び凝灰角礫岩からなる。溶岩は、褐色～灰色を呈し、緻密・堅硬で角礫化構造が明瞭である。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。火山礫灰岩及び凝灰角礫岩は、淡褐色～赤褐色を呈し、礫は安山岩礫の集合からなる。細粒凝灰岩は、赤褐色～灰白色を呈し、概して緻密であり、一部頁岩様を呈する場合もある。

本岩類は、I期安山岩類(Tad 1)及び花崗閃緑岩(Gd)を直接被覆するが、前者については不整合現象は野外調査では認められなかった。後者とは不整合で接すると考えられるが、その直接の関係は野外では観察できなかった。

#### (6) IV期安山岩類(Tad 4)

本岩類は、調査地域北東部のLa Virgen(ラ・ビルヘン)沢付近一帯及びNaranjo(ナランホ)沢上流付近に分布する。

本岩類の層厚は、調査地域では最大500 m程度と推定される。

溶岩、溶結凝灰岩、非溶結火山礫凝灰岩及び凝灰角礫岩から構成され、溶岩は、褐色～赤紫色を呈し、緻密・堅硬で、長さ約1 mmの斜長石を普遍的に含む。溶結凝灰岩は、赤紫色を呈し、緻密・堅硬で流理構造がみられる。火山礫凝灰岩及び凝灰角礫岩は、非溶結で褐色～赤紫色を呈し、礫質は安山岩礫が普遍的であり、発泡度の悪い軽石も少量認められる。

本岩類は、主にI～II期安山岩類(Tad 1, Tad 2)やI期石英安山岩類(Tac 1)を被覆するが、それらの間で、大きな活動の時間間隙を示す産状は認められない。

### 1-2-4 第四系

第四系(Q)はCuale川流域やSan Jose(サン・ホセ)川流域などの平坦部に分布する。固結度の悪い砂・礫・粘土が主体で、成層することが多い。

### 1-2-5 貫入岩類

本年度の調査地域の貫入岩類には、花崗閃緑岩(Gd)、文象斑岩(Gph)、安山岩(Ad)及び石英安山岩(Dc)の4種がある。

#### (1) 花崗閃緑岩(Gd)

本岩は、調査地域北部のEl Sestiadero Verde(エル・セステイアデロ・ベルデ)周辺やCuale川流域、中央部のCuale部落周辺やDesmoronado部落からLa Concha部落にかけて、西部から南部のEl Aguacate(エル・アグアカテ)部落～Cabrel(カブレル)部落～San Miguel(サン・ミゲール)部落にかけて広く分布する。

本岩は、灰色の緻密・堅硬な粗～細粒の花崗閃緑岩であり、絶対年代の測定が行われていないため、正確な貫入時期は不明である。本岩に接する白亜系の頁岩（砂岩）層（Ksh 1）はホルンフェルス化してあるが、第三系が非変成であることなどから、本岩の貫入時期がララマイド期（> 45 m. y.）の可能性が考えられる（表 I - 2）

#### (2) 文象斑岩（Gph）

本岩は、La Amaltea 鉱床周辺や El Encino（エル・エンシーノ）沢流域などに岩株状の露出が観察される。一般に淡褐色～灰色を呈し、緻密・堅硬で、5～6mmの短柱状斜長石を含むことが特徴である。

本岩は、Cerro Derramado（セロ・デラマード）山や Camacho（カマチョ）沢では、Ⅱ期安山岩類（Tad 2）を貫き、熱変成を与えているが、Ⅰ期石英安山岩類（Tde 1）以前の岩石類との関係は不明である。岩相変化が認められることなどから浅所貫入が示唆され、日本のいわゆる、“第三紀花崗岩”に対比されるものと考えられる。

#### (3) 安山岩（Ad）

本岩は、中央部の La Concha 部落北方の El Mirador（エル・ミラドル）部落周辺や El Bramador 部落南方の Cerro El Banco（セロ・エル・バンコ）山周辺に分布している。

暗緑色～暗褐色を呈し、堅硬である。岩相的には、特徴的な巨晶の斜長石を含有し、Ⅰ期安山岩類（Tad 1）の溶岩相と類似する。

本岩は、Ⅱ期安山岩類（Tad 2）を貫くので、これ以降に活動したものであるが、詳細は不明である。

#### (4) 石英安山岩（Dc）

本岩は、調査地域北部の El Potrero Nuevo（エル・ポトレロ・ヌエボ）沢流域、中央部の Cerro La Ocotera（セロ・ラ・オコテラ）山付近、北西部の Cuale 鉱山の西方及び南方などに分布する。

本岩は、一般に灰色を呈し、緻密・塊状で2～3mmの石英を含み、斑状組織を示す。

本岩の一部は、Ⅳ期安山岩類（Tad 4）を貫き、本地域での最末期の火成活動の産物であると考えられる。

## 第2章 地質構造

本調査地域で観察される地質構造に関する諸要素は、ジュラ系、白亜系及び第三系では、それぞれ趣きを異にしている。前二者においては、激しい褶曲を伴うことが普遍的であるのに対し、後者では、波長の大きい緩やかな褶曲が認められるにとどまる。

調査地域のジュラ系は、大局的には調査地域北部の San Juan, Cuale 及び El Bramador 地区を圍繞あるいはそれ等の西部に分布し、本地域での隆起の程度が西部がより大きいことを示唆している。この隆起を支配する主要な構造は本地域で卓越する北西—南東系の断層である。

本ジュラ系内の地質構造は、高次の褶曲は半波長数  $m$  のものも認められるが、 $120\text{ m} \sim 200\text{ m}$  の半波長を示すより低次の褶曲が普遍的のようである。これが組合さって半波長  $5\text{ km}$  以上の緩やかな、ほぼ南北方向の軸をもつ、開いた褶曲構造となっている。褶曲軸のブランチの方向は、本地区では明らかにし得なかったが、調査地域を概観したとき、本地区の北に露出する San Juan 付近の石英安山岩の削剝レベルが、その南部に位置する Cuale 地区のものよりも深部まで及んでいるらしいことなどから、多分南方にブランチしているものと推測する。

激しい褶曲構造は泥質片岩中で出現頻度が高く、かつ、片理面の発達も密である。片理面は層理面とほぼ平行であるが、わずかに斜交する。

白亜系の構成岩のうちでは黒色頁岩は最も褶曲作用を強く受け、場所により激しい褶曲を示す。一方、石英安山岩 (Kdc 1—b) はコンピート層として作用し、緩やかな褶曲構造を示している。

本地域の白亜系は大局的には、卓越する北西—南東系の構造線に大きく規制された分布を示している。すなわち、黒鉄型鉄床の胚胎層準付近に注目するならば、北西から南東にかけて、San Juan 地区、Cuale 地区及び Amaltea 地区と連なる石英安山岩活動が認められ、これらは、この順序で隆起量を減じているとみられる。

一方、El Bramador 地区では、Las Maderitas 東部から La Concha, Los Caballos de CobreI 及び Los Tecomates (ロス・テコマテス) で画される半盆状構造が明瞭である。Los Tecomates 以東については第三系の安山岩類によって被覆されているためその連続は不明である。半盆状構造は南北に約  $10\text{ km}$  弱の規模をもち、La Concha—El Bramador 地区に限定した場合は、北西—南東方向の軸をもつ複向斜構造が存在するとも見られ、San Jeronimo (サン・ヘリニモ) 沢周辺には半波長約  $600\text{ m} \sim 700\text{ m}$  の向・背斜軸が存在し、南東方向にゆるくブランチしている。San Jeronimo 沢はこの背斜軸の位置にほぼ相当している。

第三系の分布は前述の隆起量の大小に支配されている。すなわち、隆起量が相対的に大きいとみられる調査地域の北部では東部地域にだけ分布は限定され、一方、南部では西部から東部に広く分布する。褶曲の程度は緩やかで東部区域で認められた褶曲軸も、西部区域では消滅する傾向にある。

本地域に分布する断層は、ジュラ系から第三系に変位を与えている。主な断層系は、生成時期の古いものから、①南—北系～北北東—南南西系、②東—西系、③北西—南東系がある。

南—北系のもは、主に調査地域中央部にみられ、ジュラ系と白亜系に変位を与えている。

東—西系の断層群は、調査地中央部の Teosinte (テオシンテ) 付近や南東部の Las Mostazas (ラス・モスタサス) 付近にみられ、花崗閃緑岩と第三系の安山岩類に変位を与えているが、変位量は大きくない。

北西—南東系のもは、調査地域で最も卓越するもので、変位量も大小変化に富むと考えられる。

### 第3章 鉍 化 作 用

西部区域内には、白亜系の頁岩（砂岩）層（Ksh 1）中の石英安山岩類（Kdc 1—b, Koh—b, など）と密接な関連をもって賦存する黒鉍型鉍床のほか、第三系のI期石英安山岩（Tdc 1）中の銅・鉛・亜鉛鉍脈などの鉍化帯が発見されている（表Ⅲ—1）。調査地域において、重要と考えられるものは黒鉍型鉍床であり、従って、本調査は、この型の鉍床の賦存の可能性を探ることに重点を置いた。

本調査地域内の黒鉍型鉍床は、大別すると次の3地区に分布している。

- (a) Cuale 地区
- (b) El Bramador 地区
- (c) La Amaltea 地区

Cuale 地区には現在稼行中のCuale 鉍山があり、El Bramador 地区には多数の旧坑跡がある。また、La Amaltea 地区には、La Amaltea 鉍床とCuatro Minas（クアトロ・ミナス）鉍床がある。

そのうちでも、特にEl Bramador 地区には数10箇所の旧坑が散在し、地表の変質調査でも優勢な熱水変質帯が見出されており、黒鉍型鉍床の探査上注目できる地区である。本地区では、黒鉍型鉍床と母岩の直接の関係は坑道が崩壊しているために観察できないが、各坑口付近（例えばLos Alpes 坑）に貯蔵されている鉍石は典型的な塊状硫化物鉍石の外観を呈している。鉍種は細粒黄鉄鉍を主体とするものから閃亜鉛鉍・方鉛鉍を主要構成鉍物とする狭義の黒鉍鉍石までである。概して鉍石は塊状のものが多く、細粒黄鉄鉍より構成される塊状硫化物鉍石のうちのあるものは、方鉛鉍・閃亜鉛鉍によるCompositional Bandingを示すものもある。このように黄鉄鉍鉍石と黒鉍質鉍石が同一鉍床に共存していることから、本鉍床内の鉍石の帯状分布が想定され、本鉍床が“Proximal”型鉍床であることを物語っている。

調査地域の鉍床には上記の黒鉍型鉍床の他に、層序的には鉍床層準の下部の下盤中に発達する貴金属鉍化帯（例えば、San Jose 及びEl Rosario）を採掘したと考えられる旧坑の分布も認められる。

調査地域に賦存する黒鉍型鉍床について、鉍石面などからの検討は、これまでになされていない。本調査では採取した鉍石について顕微鏡観察を行い、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た。

尚、黒鉍型鉍床産鉍石の鉍物特性の比較を第Ⅲ—2に示す。

関連火成岩：本地区のCuale 鉍床群、El Bramador 鉍床群及びAmaltea 鉍床などの黒鉍型鉍床の主要構成鉍物は、方鉛鉍・閃亜鉛鉍である。一般に、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・アルカリ岩系の火山岩が想定される（例えば、Hutchinson, 1973）が、調査地域内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、東部区域の調査結果か



表 III - 1 鈹微帶一覽表

(1)

No.	Mineralized Zones	Type of Ore Deposit	Occurrence	Remarks
1	Naricero	Kuroko type	Kuroko and pyrite ore in dacitic tuff - tuff breccia: (Koh-b)	Distal type
2	Socorredora	Kuroto type	Kuroko and pyrite stratiform ore in dacitic tuffs and shale alteration: (Koh-b)	Proximal type
3	Nueva Socorredora	Kuroko type	Kuroko and pyrite stratiform ore in dacitic tuffs and shale alteration: (Koh-b)	Proximal type
4	Grandeza	Au-Ag-Cu-Zn Vein	Stockwork ore in dacitic rocks: (Kdc1-b)	
5	Coloradita	Kuroko type	Kuroko and pyrite stratiform ore in dacitic tuffs and shale alteration: (Koh-b)	Proximal type
6	Prieta	Kuroko type	Kuroko and pyrite stratiform ore in dacitic tuffs and shale alteration: (Koh-b)	Proximal type
7	Refugio	Kuroko type	Kuroko ore in dacitic tuffs and shale alteration: (Koh-b)	
8	Chivos de Arriba, Abajo, (Rubi)	Kuroko type	Kuroko and pyrite stratiform ore in dacitic tuffs and shale alteration: (Koh-b)	Proximal type
9	La Trozada-E	Hg deposit	Hg dissemination in dacitic tuffs: (Koh-b)	Kaolinite alteration
10	La Castellana	Kuroko type	Pyrite stratiform ore in dacitic tuffs and shale alteration: (Koh-b)	
11	Los Alpes	Kuroko type	Kuroko and pyrite stratiform ore in dacitic tuffs: (Koh-b)	Proximal type
12	San José	Kuroko type	Pyrite dissemination in dacitic tuff breccia: (Koh-b)	
13	Delicias-Rosario	Kuroko type	Pyrite mineralization in dacitic tuffs: (Koh-b)	Gossan
14	La Colorada	Kuroko type	High-grade kuroko stratiform ore in dacitic tuffs: (Koh-b)	Proximal type
15	San Pedro	Kuroko type	Kuroko and oko stratiform ore in dacitic tuffs: (Koh-b)	Proximal type
16	Arriba de San Juan	Pyrite dissemination	Goethite and hematite after sulfide in dacitic rocks: (Kdc1-b)	Gossan
17	La Olla	Au-Ag-Qz Vein	Au-Ag-Pyrite mineralization in dacite rocks: (Kdc1-b)	Similar to Kieselager type ore
18	El Limoncillo	Cu-Zn Vein	Cu-Zn mineralization in andesite: (Ad)	Coarse grained

No.	Mineralized Zones	Type of Ore Deposit	Occurrence	Remarks
19	La Amaltea	Kuroko type	Kuroko and pyrite stratiform ore in dacitic tuffs: (Koh-b)	Proximal type
20	Cuatro Minas	Kuroko type	Kuroko and pyrite stratiform ore in dacitic tuffs: (Koh-b)	Proximal type
21	La Minita	Au-Ag-Cu-Zn Vein	Arsenopyrite-pyrite-sphalerite mineralization in dacitic rocks: (Tde1)	
22	Los Caballos de Cabrel	Pyrite dissemination	Pyrite mineralization in pelitic schist: (Jsch)	
23	Jesus Maria	Kuroko type?	Stockwork ore (?) in dacitic rocks: (Kde1-b)	
24	Patrocinio	Kuroko type?	Stockwork ore (?) in dacitic rocks: (Kde1-b)	
25	San Juan	Au-Ag-Cu-Zn Vein	Sphalerite-pyrite mineralization in dacitic rocks: (Kde1-b)	Similar to Taro ore
26	Peregrina	Au-Ag-Cu-Zn Vein	Au-Ag-Cu-Zn mineralization in dacitic tuffs and shale alternation: (Koh-b)	
27	San Rafael	Au-Ag-Cu-Zn Vein	Au-Ag-Cu-Zn mineralization in dacitic tuffs and shale alternation: (Koh-b)	
28	La Concha-N	Pyrite dissemination	Pyrite mineralization in dacitic rocks: (Kde1-b)	

ら調査地域の火山岩はカルク・アルカリ岩系である可能性が大きい。また、鉱床賦存地の近傍には、Volcanopulmonic 活動の産物をみられる文象斑岩が存在し、これは日本の代表的な黒鉱密集

表Ⅲ - 2 黒鉱型鉱床産鉱石の鉱物特性の比較

Deposits		I	II	III
Numbers of Ore Minerals		Approx. 10 species	Approx. 10 - 15 species	Approx. 40 - 50 species
FeS in Sphalerite		3 - 4 mole % (?)	3-21 mole % <sup>1)</sup>	Approx. 0.1 mole % <sup>2)</sup>
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	Barite	Common	Not Observed	Abundant
	Calcite	Minor	Common	Minor
	Sericite	Common	Common	common

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

- 1): Yamaoka (1984)  
 2): Urabe (1973)

地帯である北鹿地域において、黒鉱生成期(15~13 m. 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、中生代の黒鉱型鉱床といわれる日本の田老鉱床地域の田老型花崗閃緑岩と鉱床との関係(山岡, 1983)に類似する。また、黒鉱型鉱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・下盤石英安山岩類(Kdc 1, Kdc-sh)と玄武岩類(Kbs 1)の存在で示されるように本地域の黒鉱型鉱床生成の前後においても認められるようである。

鉱床の生成環境：本調査地域の黒鉱型鉱床の生成環境については、鉱床生成当時の古水深、海底の古地形など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、黒鉱型鉱床の賦存地区(Cuale地区, El Bramador地区及びLa Amaltea地区)に限って、鉱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が卓越する傾向が強い。鉱床の変形が生成以降、最も少

ない日本の新生代黒鉛鉱床では、鉛鉱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)。従って、調査地域でも黒鉛型鉛鉱床の生成は、白亜紀の海底の盆状地で行われたと推測される。

鉛鉱の種類：顕微鏡観察の結果、この調査地域で認められる鉛鉱物は、閃亜鉛鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉛鉱、斑銅鉛鉱、四面銅鉛鉱、黄鉄鉛鉱及び白鉄鉛鉱などの10種程度である。この数は、日本の新生代の黒鉛鉱床産鉛鉱物のほぼ1/4程度であり(山岡, 1983)、その種類が少ない点では、田老鉛鉱床産鉛鉱石に類似している。本地域の脈石鉱物は、重晶石、方解石、石英、絹雲母及び緑泥石などで、日本の黒鉛鉱床産鉛鉱石と類似する。

閃亜鉛鉛鉱中のFeS：新生代の黒鉛鉱床産閃亜鉛鉛鉱中のFeSの含有量は0.1 mole %と著しく低い(Urabe, 1974)。本地域の閃亜鉛鉛鉱は褐色を呈し、一般に重晶石を伴い、磁硫鉄鉛鉱を伴わないことから、閃亜鉛鉛鉱中のFeSは、3~4 mole %以下と考えられる。

閃亜鉛鉛鉱の累帯構造：新生代の黒鉛鉱床産閃亜鉛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鉱床産閃亜鉛鉛鉱には累帯構造は見出されず、この特徴は田老鉛鉱床産のものと共通している。

閃亜鉛鉛鉱中の“Chalcopyrite disease”：日本の黒鉛鉱床では極めて普遍的な“Chalcopyrite disease”(Barton, 1978)が、この地域の閃亜鉛鉛鉱中には全く認められず、結晶の成長後の黄銅鉛鉱化ともいべき交代作用が存在しなかったことを意味している。この点でも田老鉛鉱床産のもの(山岡, 1984)に類似している。

“Telescoped ore”の存在：新生代黒鉛鉱床では、輝水鉛鉛鉱などの高温型鉛鉱物を産する反面、輝銀鉛鉱のような低温型鉛鉱物も共生し、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鉱床では、前述のとおり高温型鉛鉱物は含まれず、この点でも田老鉛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日本の黒鉛鉱床と共通している。表III-2に示すとおり、調査地域の黒鉛型鉛鉱床産鉛鉱石の鉛物特性は、同じ中生代の日本の田老鉛鉱床産鉛鉱石に、より多くの類似点が認められる。しかし、鉛鉱中の銀品位は、日本の黒鉛鉱床産のものより概して高い。特に、鉛・亜鉛含有量が低く、黄鉄鉛鉱を主要構成硫化物とするような鉛鉱石で、その差は顕著である。

## 第4章 X線回折による変質帯調査

黒鉍型鉍床の生成に伴って、鉍床周辺の母岩中に変質鉍物の累帯分布が形成されることが知られている。この変質鉍物の累帯分布は、鉍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），従って，潜在する黒鉍型鉍床の賦存の可能性を，この累帯分布を知ることから推定できる場合もある。このような変質現象は，新生代の日本の黒鉍鉍床に限られたものでなく，中部ジュラ紀から始生代のカナダの黒鉍型鉍床でも認められ（Urabe et al., 1982），この型の鉍床に普遍的な変質態様<sup>\*</sup>のようである。よって，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，主として石英安山岩及び同質火砕岩（Kdc 1-a，Kdc 1-b，Koh-a，Koh-b，Kdc-sh）を対象に変質態様を調査した。

### 4-1 変質分帯

本地域において，比較的多くの試料中に産する変質鉍物を用い，歌田ほか（前出）及び本多ほか（1979）を参考にし，変質帯を次のように分帯した。

I帯：石英+カリ長石+（絹雲母）

II帯：石英+絹雲母

III帯：石英+緑泥石+（絹雲母）+カリ長石

IV帯：石英+カオリナイト+（カリ長石）+（絹雲母）+（緑泥石）

V帯：石英+斜長石（曹長石）+（カリ長石）+（絹雲母+緑泥石）

ただし，（ ）内の鉍物は産出の少ないもの。

この分帯において，V帯は，より続成作用の影響が強い環境下で生成された変質帯と考える。この他の帯はいずれも強い熱水変質作用によるもので，そのうちでもI～II帯が変質帯の中心部と考える。この分帯を用いて，El Bramador 地域の変質態様を検討した。

#### El Bramador 地区

この地区の変質分布を図III-3に示す。

本地区も Cuale 地区と同様に I～V帯が分布し，特に，カオリナイトを含むIV帯が広範囲に分布している。

本地区の変質帯は北西-南東方向に伸長する傾向があり，この方向は San Jaronimo 沢で認められる鉍徴帯の分布方向でもある。この地区の地表で認められる熱水変質作用は黒鉍型鉍床の生成期以降も引き続き行われており，広域にわたって強変質帯を形成している。この種の広域に及ぶかつ，一様な変質作用の起源としては，鉍脈鉍床に関連させるよりも黒鉍型鉍床の生成に関連する可能性が考え易い。この場合，変質帯の伸長方向は，黒鉍型鉍床の探査上，重要な一指標となり得る。本地区の変質はその規模及び程度とも第1級と評価できる。

\* K-Ar年代測定の結果では新白亜紀となる。





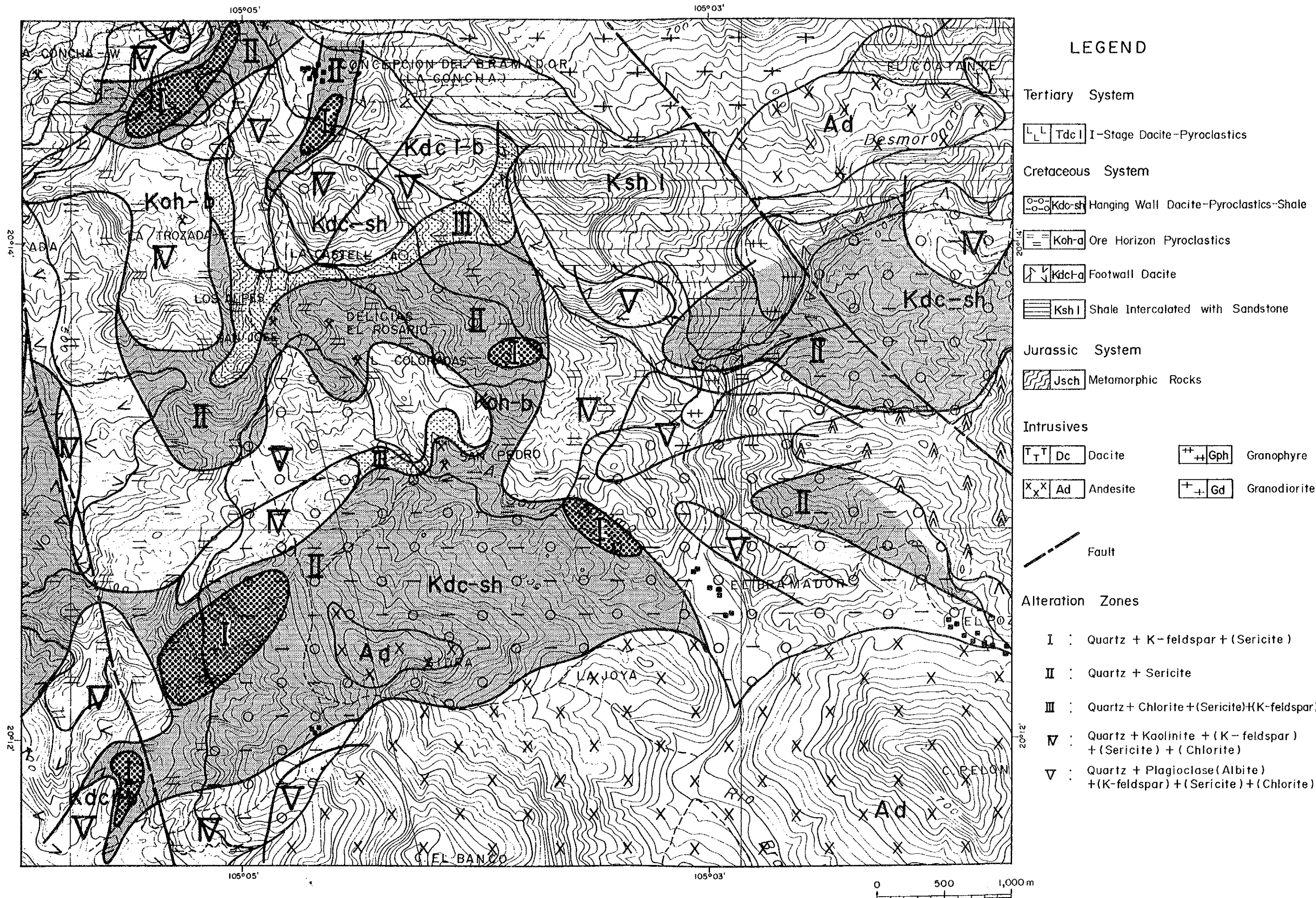


図 III - 3 El Bramador 地区の変質分布図





また、La Amaltea — La Crececita 地区の変質調査の結果からは、この地区においては大部分がV帯に含まれ、I～IV帯を示す試料はごく一部である。従って、本地区には、鉍床胚胎層準の火成岩（Koh - b）が広範囲に分布しているものの、変質面からは鉍床胚胎のポテンシャルは、Cuatro Minas（クワトロ・ミナス）—La Amaltea 鉍床近傍以外は低いものと判断される。

Cuale 地区の調査結果では、本地区の大部分の黒鉍型鉍床はI～II帯中に含まれ、変質帯の形成と鉍床とは密接な関係を有していることを示唆している。

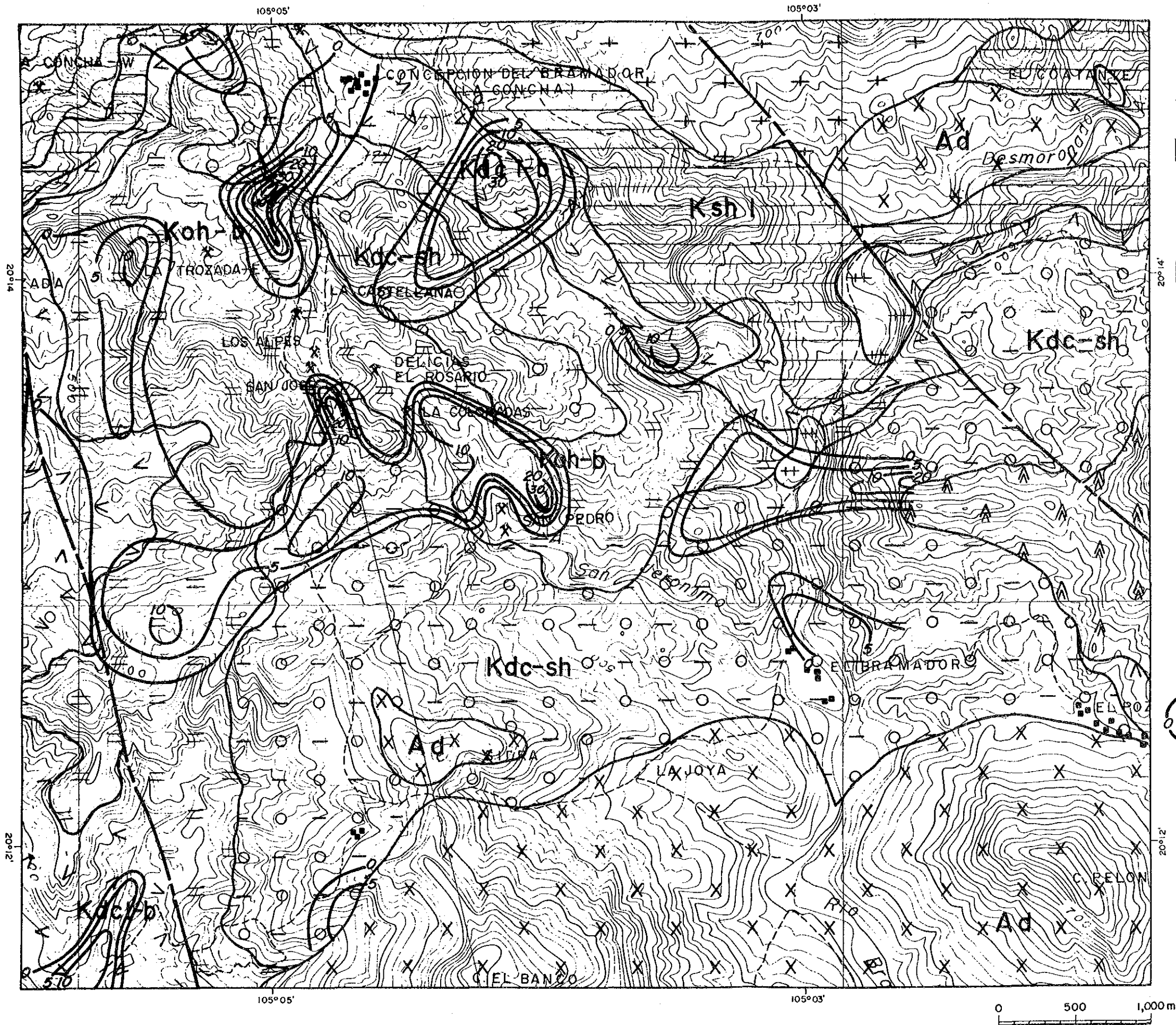
#### 4-2 斜長石類の残存量

斜長石類は熱水変質作用を受けると、最も容易に分解し、変質鉍物に変化するので、その残存量を調べることでより変質程度を知ることが可能である。El Bramador 地区における斜長石類の残存量について検討した結果を図III-4に示す。X線的に斜長石類の残存が認められるものは、変質分布のV帯にほぼ対応する。

El Bramador 地区の各鉍床は、斜長石類が完全に分解し、消失した場所に位置している。







LEGEND

- Tertiary System
  - [L L] Tdc I I-Stage Dacite-Pyroclastics
- Cretaceous System
  - [O O] Kdc-sh Hanging Wall Dacite-Pyroclastics-Shale
  - [=] Koh-a Ore Horizon Pyroclastics
  - [>] Kdc-a Footwall Dacite
  - [≡] Ksh I Shale Intercalated with Sandstone
- Jurassic System
  - [~] Jsch Metamorphic Rocks
- Intrusives
 

[T T] Dc Dacite	[+ +] Gph Granophyre
[X X] Ad Andesite	[+ +] Gd Granodiorite
- [---] Fault
- [Contour] Contours of Plagioclase Contents by Quartz Index

図 III - 4 El Bramador 地区の斜長石の残存量の分布図



## 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

本調査では、調査対象全域が網羅されるように調査面積 1,000  $km^2$  の全地域から 1,012 個を採取した。試料の採取場所は沢岸、中洲、岩蔭などで、試料は -80 メッシュ・サイズのを約 30 g 程度採取した。

#### 5-1-2 指示元素

分析された指示元素は Ag, Cu, Pb, Zn の四元素であり、東部区域の場合と同様、試料中の Ag の含有量の大半は検出限界以下であった。

#### 5-1-3 分析データの解析

地化学データ解析にあたっては、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) とその一次導入関数を求めることから頻度曲線を求める方法が、より合理的と考えられるので、この方法により本調査での単変量のシキイ値の決定を行った。すなわち、スプライン関数を用いて累積頻度曲線を平滑化し、その微分から頻度分布曲線を描き、後背値集団に対応する主要ピークと異常値集団に対応する高含有量のピークを区別することより、シキイ値の決定を行った。それらを図 III-5 に、また、統計パラメータのまとめを表 III-3 に示す。

#### 5-1-4 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係数を、多次元での分布特性から求め、調査地域での地化学異常の性格づけと評価をするために主成分分析を行った。その結果を表 III-4 に示す。これに示されるとおり、第 1 主成分 ( $Z_1$ ) の全成分に対する寄与率は約 60 % と全体の半分以上を占める。また、第 3 成分までの合計が約 92 % であり、全成分のほとんどの変動が説明されることになる。

各指示元素と主成分との相関係数は因子負荷量としても表わされるが、第 1 主成分においては、Zn の相関 (0.87) が、他元素の相関 (Ag:0.75, Cu:0.72, Pb:0.73) よりやや高い。第 2 主成分では、Cu の高い相関 (0.62) と Ag の逆相関 (-0.54) で特徴づけられる。第 3 主成分は、Pb の高い相関 (0.68) と他の低い逆相関で特徴づけられる。しかし、本調査の単変量解析で抽出された地化学探査異常では、第 3 主成分で特徴づけられるものはない (表 III-4)。

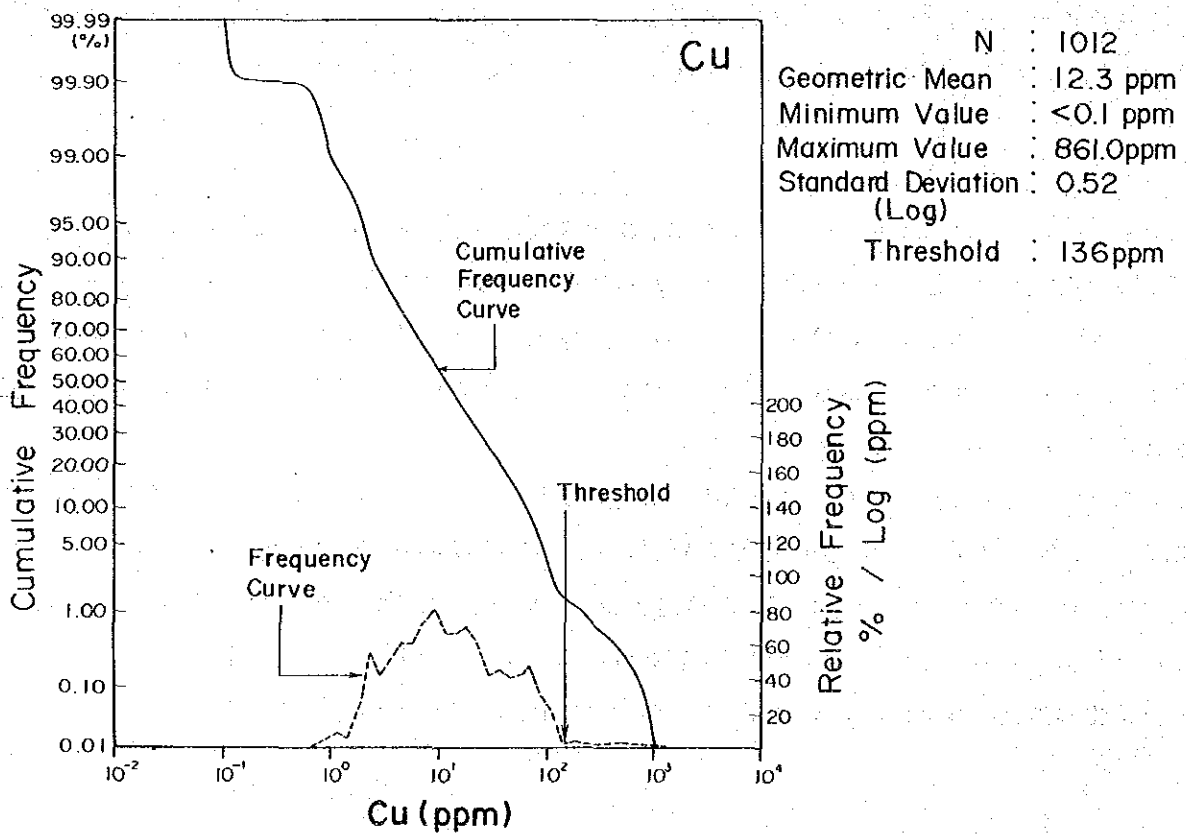
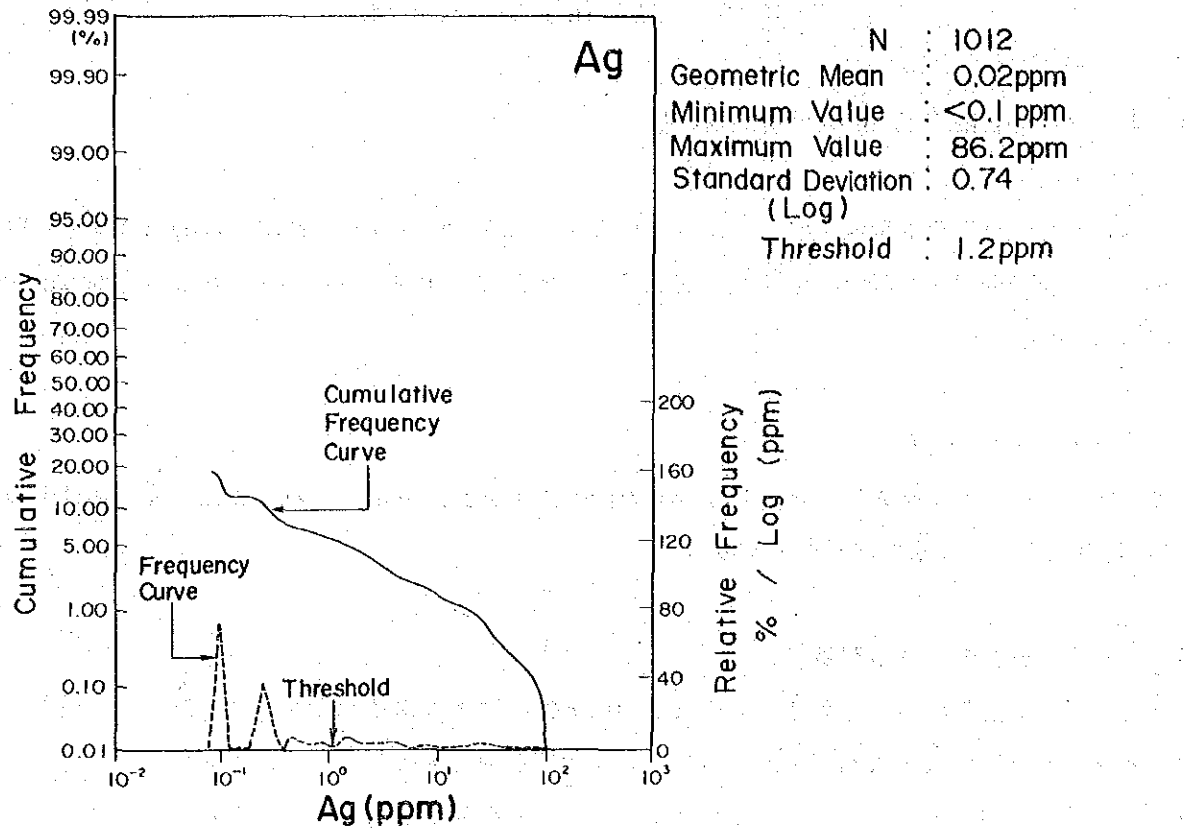


図 III - 5 頻度曲線と累積頻度曲線



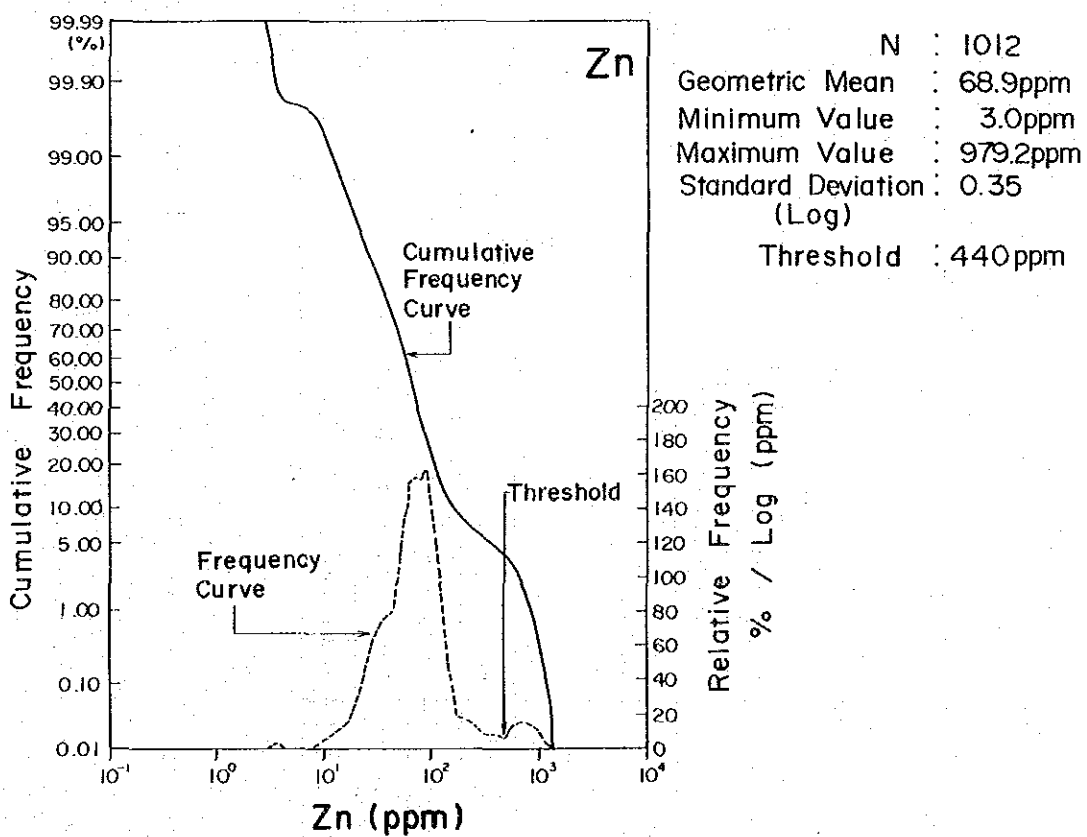
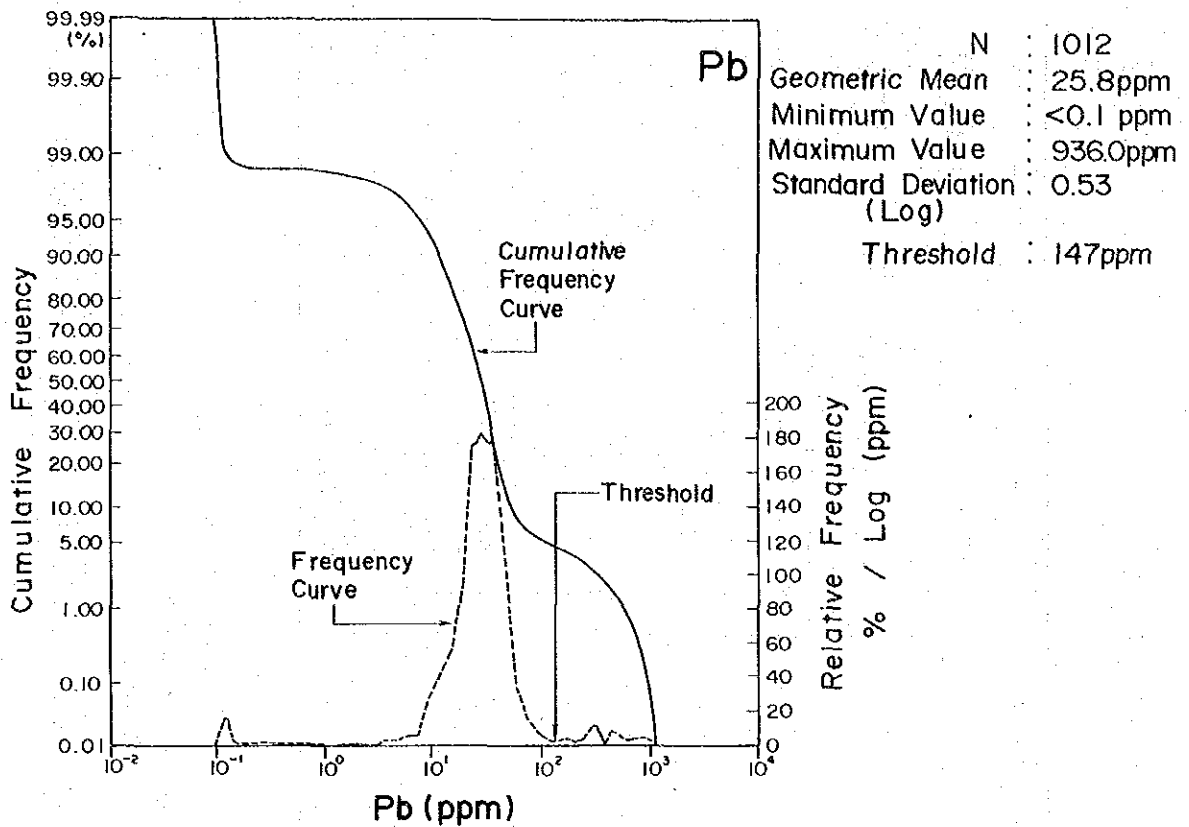


表 III-3 指示元素の統計パラメータ

Rock Code	Number of Samples	Geometric Mean(ppm)				Threshold(ppm)				Minimum Value (ppm)				Maximum Value (ppm)				Standard Deviation (Log)			
		Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn	Ag	Cu	Pb	Zn
Whole Rocks	1,012	0.02	1.23	2.58	68.9	1.2	136	147	440	<0.1	<0.1	<0.1	3.0	86.2	86.10	936.0	979.2	0.74	0.53	0.53	0.35
0	197	0.02	16.4	27.7	87.0	-	-	-	-	<0.1	1.5	<0.1	9.9	53.8	419.2	747.8	941.0	0.77	0.32	0.37	0.37
1	142	0.07	20.8	46.2	111.9	-	-	-	-	<0.1	0.7	0.1	6.4	86.2	516.8	936.0	979.2	0.11	0.51	0.46	0.42
2	69	0.01	43.8	33.5	76.5	-	-	-	-	<0.1	4.6	13.3	24.9	0.3	121.1	68.2	122.4	0.31	0.34	0.15	0.13
3	4	0.02	40.0	31.6	62.4	-	-	-	-	<0.1	28.3	27.5	48.9	0.2	69.9	40.1	87.8	0.65	0.17	0.08	0.11
4	123	0.02	17.4	31.5	68.5	-	-	-	-	<0.1	1.6	<0.1	15.5	23.8	244.6	535.3	303.9	0.52	0.48	0.41	0.21
5	61	0.01	88	17.8	54.4	-	-	-	-	<0.1	<0.1	<0.1	15.5	0.2	77.4	61.2	107.8	0.38	0.57	0.87	0.20
6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	31.2	30.98	29.37	-	-	-	-
7	367	0.02	6.1	17.9	50.5	-	-	-	-	<0.1	0.7	<0.1	3.0	7.18	86.10	754.0	948.0	0.61	0.44	0.60	0.35
8	48	0.02	15.3	34.0	79.3	-	-	-	-	<0.1	0.9	11.2	33.5	7.7	115.4	677.0	894.0	0.70	0.69	0.28	0.23
11	109	0.09	19.3	50.8	121.4	-	-	-	-	<0.1	2.3	9.5	6.4	86.2	516.8	936.0	979.2	0.12	0.52	0.49	0.44
12	33	0.03	26.8	33.7	85.5	-	-	-	-	<0.1	0.7	9.9	11.7	22.4	159.5	274.0	367.0	0.80	0.47	0.29	0.33

Rock Code

- 0 : Metamorphic Rocks (Jsch)
- 1 : Cretaceous System (=Rock Code 11+12)
- 2 : I-Stage Andesites (Tad<sub>1</sub>)
- 3 : Sandstone (Tss<sub>1</sub>)
- 4 : II-Stage Andesites (Tad<sub>2</sub>)
- 5 : III~N-Stage Andesites (Tad<sub>3</sub>, Tad<sub>4</sub>)
- 6 : I-Stage Dacites (Tdc<sub>1</sub>)
- 7 : Intrusives (Gd, Gph)
- 8 : Others (Q, Dc, etc.)
- 11 : Dacites in Cretaceous System (Kdc<sub>1-2</sub>, Kdc-sh, Koh<sub>1-2</sub>)
- 12 : Shale (Sandstone) in Cretaceous System (Ksh<sub>1</sub>)

表Ⅲ-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 <sub>1</sub>	2.38	0.60	0.49	0.47	0.47	0.57	0.75	0.72	0.73	0.87	6.41	-4.33
Z <sub>2</sub>	0.67	0.16	-0.66	0.75	-0.02	-0.04	-0.54	0.62	-0.02	-0.03	1.89	-5.23
Z <sub>3</sub>	0.61	0.16	-0.34	-0.28	0.88	-0.21	-0.26	-0.22	0.68	-0.16	1.03	-6.39

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せにより、単元素示徴型と複元素示徴型に区分される。前者の場合には、各異常帯を構成する指示元素の含有量とその試料を支配する地質単元の後背値との比(コントラスト)や主成分分析の第1~3主成分をもとにして比較・検討するとき、さらにいくつかの異常帯が細分できる。また、後者の複元素示徴型は、Ag-Pb-Zn間の2元素によるものと、Ag-Cu-Pb-Zn間の3成分以上によるものに分けられる。以下に各異常帯についての解説と評価を行う。

(1) 単元素示徴型: Ag

単元素による異常帯の評価表を表Ⅲ-5に示す。

この型の異常帯は、地質単元と密接な関連を有し、変成岩類(Jsch)、花崗閃緑岩などの貫入岩類(Gd, Gph)、白亜系の石英安山岩類(Kdel-a, -b, Koh-a, -b, Kde-sh)中に見られる。これらの異常帯群が示す第1~3主成分得点(Z<sub>1</sub>~Z<sub>3</sub>)を相互に比較・検討するとき、各異常帯とそれぞれの持つ地化学的特性が明らかになってくる。例えば、San Francisco(サン・フランシスコ)地区の2箇所の異常帯が示す主成分得点の構造は互いによく似ており、いずれも、同種の鉍化作用を捕捉していると判断できる。また、Ag異常帯のうち特異な主成分の得点構造をもつものとしてはLos Alamos(ロス・アラモス)の異常帯がある。これはZ<sub>1</sub>が0付近の正の得点を示し、Z<sub>2</sub>~Z<sub>3</sub>が低い~やや低い負の得点で特徴づけられるもので、このことから、本異常帯はAg以外の元素(Cu, Pb, Zn)の含有量が低いこと、すなわち、Ag単味の鉍化作用を捕捉しているらしいことが読みとれる。

(2) 単元素示徴型: Cu

この型の異常帯は、La Minita地区にだけ認められる。異常帯を支配する地質はⅡ期安山岩類(Tad2)である。本異常帯は主成分得点構造的には、やや高いZ<sub>2</sub>の値で特徴づけられ、Cu単味の鉍化作用を示徴するものであろう。

表 III - 5 異常帯の評価表 (単元素型)

Elements	Anomalous Zones	Sample No.	Rock Code	Contents of Indicators (ppm)				P.C.A! Scores			Type of Inferred Mineralization
				Ag	Cu	Pb	Zn	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	
Ag	San Francisco	1738	7	3.9 (229)	9.5 (2)	83.2 (5)	414.1 (8)	3.10	-2.28	-0.59	Ag-Zn
		1748	7	2.7 (159)	13.6 (2)	54.3 (3)	232.5 (3)	2.57	-1.88	-0.76	
	El Caracol	1821	0	1.4 (64)	46.2 (3)	62.3 (2)	147.0 (2)	2.59	-0.84	-0.70	Ag
		1822	0	1.3 (59)	37.3 (2)	58.1 (2)	131.0 (2)	2.37	-0.94	-0.65	
		1824	0	1.8 (82)	66.2 (4)	84.1 (3)	88.0 (1)	2.55	-0.69	-0.48	
	El Aguacate	1828	7	1.7 (100)	33.0 (5)	33.4 (2)	38.0 (1)	1.32	-1.05	-0.76	Ag-(Cu)
	Grandeza	1981	11	1.5 (21)	18.4 (1)	96.4 (2)	167.8 (1)	2.51	-1.46	-0.22	Ag
	La Amaltea	2014	11	5.8 (81)	5.0 (0)	13.0 (0)	127.0 (1)	1.42	-2.34	-1.55	Ag
	Los Alacranes	2138	11	2.8 (39)	6.5 (0)	23.7 (1)	33.4 (0)	0.61	-2.24	-0.69	Ag
	La Concha	2213	0	9.2 (418)	21.0 (1)	35.0 (1)	135.9 (2)	2.54	-2.04	-1.28	Ag
Cu	La Minita	2296	4	< 0.1 (0)	162.1 (9)	40.0 (1)	67.8 (1)	0.94	1.89	-0.13	Cu
Pb	El Bramador	2247	11	1.1 (15)	18.7 (1)	271.1 (6)	324.7 (3)	3.29	-1.38	0.41	Pb-(Ag)
	La Minita	2302	4	0.4 (25)	48.1 (3)	175.0 (6)	204.2 (3)	-1.41	-0.12	-0.05	Pb-(Ag)
Zn	El Aguacate	1688	0	0.6 (27)	29.8 (2)	54.1 (2)	590.0 (7)	3.09	-0.85	-0.89	Zn-(Ag)
		1690	0	0.6 (27)	32.2 (2)	52.4 (2)	450.0 (5)	2.92	-0.79	-0.86	
		1692	0	0.1 (5)	23.0 (1)	25.1 (1)	458.9 (5)	2.01	-0.30	-0.96	
		1817	0	0.1 (5)	25.4 (2)	30.7 (1)	723.7 (8)	2.45	-0.26	-0.95	
	El Caracol	1823	0	0.9 (41)	32.0 (2)	53.6 (2)	745.0 (9)	3.40	-0.98	-1.05	Zn-(Ag)
	Grandeza	1965	0	< 0.1 (0)	27.2 (2)	89.4 (3)	667.0 (8)	2.17	0.65	0.27	Zn
	La Amaltea	2017	12	0.9 (13)	29.9 (1)	113.8 (2)	637.0 (6)	3.55	-1.03	-0.45	Zn-(Ag)
	Desmoronado	2037	7	0.4 (24)	48.7 (8)	138.6 (8)	631.7 (13)	3.58	-0.41	-0.26	Zn-(Cu)-(Pb)
		2042	7	< 0.1 (0)	21.8 (4)	54.7 (3)	497.4 (10)	1.69	0.54	0.05	
	El Encino-N	2092	0	0.7 (32)	18.5 (1)	71.4 (3)	476.6 (5)	2.91	-1.21	-0.55	Zn-(Ag)
El Portezuelo	2259	12	0.2 (3)	28.5 (1)	51.5 (1)	448.4 (4)	2.55	-0.45	-0.62	Zn	

Rock Code Numbers are shown in Table III-3

Figures in blankets =  $\frac{\text{Contents in the specimen}}{\text{Geometric mean of the background rock}}$

(3) 単元素示徴型：Pb

この型の異常帯は、La Minita 地区の一部にだけ認められる。若干のCu, Znの鉍化作用が伴うものと判断される。また、El Bramador 地区のものは、主成分得点構造的には黒鉍型鉍床周辺で見られる複元素示徴型に類似している。

(4) 単元素示徴型：Zn

この型の異常帯は、表Ⅲ-5に示したように、数箇所で見られる。

変成岩類(Jsch)中に見られるものは、Cu, Pbのそれが低く、Ag-Zn 鉍化作用を示徴しているものと判断される。これらは主成分得点構造上にもよく表われている。また、花崗閃緑岩(Gd)中に見られる異常帯は、他に比較して、Cu, Pbのコントラストが大きく、Cu-Pb鉍化作用をも伴う示徴と判断される。

(5) 複元素示徴型：Ag, Cu, Pb, Zn

複元素による異常帯の評価表を表Ⅲ-6に示す。これらは、Ag, Pb, Znの3元素の組合せによる複元素示徴型と、Ag-Pbの組合せにCu, あるいはZnが加わるものに分けられる。

Ag-Pbによる異常帯は、Grandeza (グランデサ)地区の一部、Tintilahua (ティンティラウア)地区、El Bramador 地区、La Minita 地区に見られる。

Ag-Znによる異常帯は、El Aguacate 地区、El Caracol 地区、Mina Cuale (ミナ・クワレ)地区、El Corazon (エル・コラソン)地区に見られる。いずれも、変成岩類(Jsch)及び花崗閃緑岩(Gd)中に見られるもので、Ag-Zn 鉍脈型鉍化作用に関連するものと考えられる。後背域の地質を考慮すると黒鉍型鉍化作用に由来するものは本異常帯群中にはないと考えられる。

Pb-Znによる異常帯は、La Amaltea 地区にだけ認められ、後背域の地質、主成分得点構造からも黒鉍型鉍床と関連の深いものであろう。

3元素以上の指示元素による異常帯には、Ag-Cu-Pb型、Ag-Pb-Zn型及びAg-Cu-Pb-Zn型がある。

Ag-Cu-Pbによる異常帯は、Grandeza 地区、Mina Cuale 地区、La Amaltea 地区、El Portezuelo (エル・ポルテスエロ)地区及びEl Banco (エル・バンコ)地区に見られる。Grandeza 地区、Mina Cuale 地区及びLa Amaltea 地区の異常帯は、後背域の地質などから判断して黒鉍型鉍化作用との関連が考えられるが、その他の地区のものは鉍脈型鉍化作用に由来する異常を示唆するものであろう。

Ag-Pb-Znによる異常帯は、全異常帯中で最も多く存在し、Mina Cuale 地区、Grandeza 地区、El Bramador 地区等に見られる。この異常帯は後背域の地質と関連があり、大部分は石英安山岩類と変成岩類中である。このうち、Mina Cuale地区、El Bramador 地区の異常帯の大部分は石英安山岩類と変成岩類中にある。このうち、Mina Cuale 地区、El Bramador 地区及び大部分のGrandeza 地区の異常帯は、白亜系の石英安山岩中のもので、黒鉍型鉍化作用に関連するものであろう。その他の地区のものは、変成岩類中に認められ、鉍脈型鉍化作用に関連するものと考えられる。

表Ⅲ-6 異常帯の評価表(複元素型)

(1)

Elements	Anomalous Zones	Sample No.	Rock Code	Contents of Indicators (ppm)				P.C.A' Scores			Type of Inferred Mineralization
				Ag	Cu	Pb	Zn	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	
Ag-Pb	Grandeza	1846	8	7.7 (321)	115.4 (8)	677.0 (20)	62.0 (1)	3.74	-0.93	0.68	Kuroko
		1881	7	10.6 (624)	122.2 (20)	295.5 (17)	216.0 (4)	4.41	-1.06	-0.31	
	Tintilahua	2225	7	1.5 (88)	37.2 (6)	146.2 (8)	147.3 (3)	2.85	-1.02	-0.05	Ag-Cu-Pb vein
	El Bramador	2238	11	13.0 (181)	99.2 (5)	858.6 (19)	152.0 (1)	4.55	-1.27	0.55	Kuroko
		2351	11	3.7 (51)	58.1 (3)	435.1 (9)	144.0 (1)	3.69	-1.11	0.45	
	La Minita	2298	6	1.6 (1)	31.2 (1)	309.8 (1)	293.7 (1)	3.57	-1.20	0.34	Ag-(Cu)-Pb vein
2299		4	1.3 (81)	33.6 (2)	379.3 (12)	303.9 (4)	3.65	-1.08	0.50		
Ag-Zn	El Aguacate	1815	7	1.4 (82)	23.2 (4)	39.4 (2)	823.0 (16)	3.35	-1.35	-1.31	Ag-Zn vein
		1816	0	5.0 (227)	48.0 (3)	101.6 (4)	560.0 (6)	4.09	-1.38	-0.95	
		1819	0	1.5 (68)	44.3 (3)	44.9 (2)	941.0 (11)	3.77	-0.98	-1.41	
		1829	7	3.9 (229)	74.2 (12)	84.9 (5)	948.0 (19)	4.49	-1.04	-1.27	
	El Caracol	1827	0	2.1 (95)	73.8 (5)	86.0 (3)	669.0 (8)	4.07	-0.79	-1.04	Ag-Zn vein
	Mina Cuale	1856	7	1.4 (82)	39.6 (6)	163.0 (9)	578.4 (11)	3.86	-1.02	-0.33	Ag-Zn vein
	El Corazon	1959	0	10.0 (455)	75.4 (5)	118.0 (4)	498.0 (6)	4.44	-1.37	-1.06	Ag-Zn vein
Pb-Zn	La Amaltea	2013	11	0.5 (7)	48.0 (2)	401.1 (9)	534.6 (5)	3.93	-0.52	0.50	Kuroko
		2015	11	0.5 (7)	34.3 (2)	169.4 (4)	795.1 (7)	3.75	-0.73	-0.14	
Ag-Cu-Pb	Grandeza	1848	11	42.1 (585)	472.7 (23)	607.0 (13)	201.0 (2)	5.56	-0.76	-0.36	Kuroko
	Mina Cuale	1854	7	71.8 (4224)	861.0 (141)	671.0 (37)	212.0 (4)	6.02	-0.60	-0.55	Ag-Cu-Pb vein
	La Amaltea	2003	7	3.4 (200)	329.9 (54)	696.6 (39)	213.0 (4)	4.79	-0.02	0.31	Kuroko
	El Portezuelo	2256	12	22.4 (311)	159.5 (8)	274.0 (6)	77.0 (1)	3.98	-1.13	-0.31	Ag-Cu-Pb vein
	El Banco	2364	4	23.8 (1488)	244.6 (14)	535.3 (17)	69.0 (1)	4.34	-0.90	0.09	Ag-Cu-Pb vein
Ag-Pb-Zn	Mina Cuale	1845	11	1.9 (26)	26.7 (1)	191.3 (4)	583.6 (5)	3.86	-1.39	-0.18	Kuroko
		1847	11	7.0 (97)	54.1 (3)	425.6 (9)	976.0 (9)	5.18	-1.49	-0.16	

Rock Code Numbers are shown in Table III-3

Figures in blankets =  $\frac{\text{Contents in the specimen}}{\text{Geometric mean of the background rock}}$

Elements	Anomalous Zones	Sample No.	Rock Code	Contents of Indicators (ppm)				P.C.A' Scores			Type of Inferred Mineralization	
				Ag	Cu	Pb	Zn	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>		
Ag-Pb-Zn	Grandeza	1878	11	2.0 (28)	91.8 (4)	251.3 (5)	571.0 (5)	4.44	-0.64	-0.27	Kuroko	
		1879	7	2.6 (153)	120.6 (20)	291.0 (16)	704.0 (14)	4.83	-0.59	-0.34		
		1880	11	21.8 (303)	109.1 (5)	476.4 (10)	740.1 (7)	5.62	-1.48	-0.40		
		1885	11	18.3 (254)	52.4 (3)	453.8 (10)	756.4 (7)	5.28	-1.87	-0.24		
		1977	0	25.3 (1150)	124.4 (8)	490.9 (18)	677.0 (8)	5.67	-1.45	-0.41		
		1978	11	1.6 (22)	58.5 (3)	228.3 (5)	543.4 (5)	4.13	-0.83	-0.19		
	El Corazon	1953	8	4.0 (167)	70.2 (5)	301.8 (9)	894.0 (11)	4.92	-1.10	-0.34	Ag-Pb-Zn vein	
		1958	0	3.7 (168)	62.5 (4)	268.6 (10)	761.4 (9)	4.70	-1.14	-0.34		
	La Trozada	2220	0	3.2 (145)	43.8 (3)	211.6 (8)	825.5 (9)	4.48	-1.30	-0.42	Ag-Pb-Zn vein	
		2221	0	2.1 (95)	39.6 (2)	193.3 (7)	557.0 (6)	4.01	-1.18	-0.27		
	El Bramador	2223	11	4.3 (60)	49.9 (4)	260.7 (6)	979.2 (9)	4.82	-1.35	-0.40	Kuroko	
		2239	11	12.2 (169)	66.4 (3)	461.8 (10)	626.9 (6)	5.14	-1.56	-0.15		
		2240	11	6.9 (96)	114.2 (5)	419.2 (9)	819.6 (7)	5.33	-1.01	-0.30		
		2244	11	1.9 (26)	80.1 (4)	256.4 (6)	660.0 (6)	4.49	-0.72	-0.26		
		2245	11	4.8 (67)	63.9 (3)	936.0 (20)	760.4 (7)	5.26	-1.25	0.50		
		2246	11	3.1 (43)	29.7 (1)	576.3 (12)	960.2 (9)	4.82	-1.56	0.36		
	Ag-Cu-Pb-Zn	Mina Cuale	1844	11	17.5 (243)	265.1 (13)	290.0 (6)	655.0 (6)	5.63	-0.83	-0.88	Kuroko
			1855	7	32.3 (1900)	696.2 (114)	754.0 (42)	622.0 (12)	6.51	-0.48	-0.53	
Grandeza		1876	11	25.6 (356)	179.2 (9)	647.2 (14)	558.1 (5)	5.78	-1.23	-0.25	Kuroko	
		1877	7	2.4 (141)	278.2 (46)	475.2 (27)	848.0 (17)	5.45	-0.06	-0.21		
La Amaltea		2005	11	86.2 (1197)	516.8 (25)	210.0 (5)	865.0 (8)	6.41	-1.03	-1.66	Kuroko	
		2011	11	30.0 (417)	169.1 (8)	859.3 (19)	924.0 (8)	6.27	-1.35	-0.20		
El Encino-S		2202	0	53.8 (2445)	419.2 (26)	747.8 (27)	523.0 (6)	6.33	-0.98	-0.48	Ag-Cu-Pb-Zn vein	

えられる。

Ag-Cu-Pb-Zn による異常帯は、Mina Cuale 地区及び El Encino-S 地区等に見られる。このうち、El Encino-S 地区の異常帯は変成岩類 (Jsch) 中にあり、鉍脈型鉍化作用に関連するものと考えられる。その他の地区のものは、既知の黒鉍型鉍床との位置的關係及び後背域の地質から判断して黒鉍型鉍化作用に関連する異常と考えられる。

以上、述べたように複元素で示徴される異常帯は黒鉍型鉍床の賦存地区で見出されることが多く、黒鉍型鉍床の探査上、重要と考えられる。

## 5-2 全岩分析による地化学探査

岩石化学的立場から、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分類しようとする試みがある (例えば、Sopuck et al., 1980; Dudas, 1983; Hashimoto, 1983)。しかし、現段階では岩石の主要成分、微量成分を問わず、黒鉍型鉍床の探査に汎用可能な手法が確立されているわけではない。

本調査では、この地域の既知の黒鉍型鉍床の周辺に分布する下盤石英安山岩 (Kdc 1)、上盤石英安山岩 (Kdc 2) 及び石英安山岩貫入岩を対象としてこの問題について検討を行った。

本地域での試料の採取数が 34 個と僅少すぎるので、東部区域の試料 (102 個) と合せて処理を行い、結果の解説は本区域の 34 個について主として行った。

### 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案されたものであり、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。

本調査では、試料数が採取した面積に対し、34 個と少なく、変質強度による図を作成することは適当でないと考え、割愛した。

各試料の計算結果によれば、Cuale 鉍山では Chivos de Abajo (チーボス・デ・アバホ) 鉍床や Naricero (ナリセロ) 鉍床近傍及びその他の既知鉍床周辺で強変質 (アルカリ変質強度が 90 以上) を示した。

しかし、El Bramador 鉍床群では、鉍床下盤側で強変質帯を形成しているが、San Pedro 坑口付近のもの (D-68) はアルカリ変質強度が 50 以下を示し、変質程度は低いと判断される。

アルカリ変質強度は、強変質帯の捕捉には極めて敏感であり、そのため、広域探査よりは精査に適用されて、よりその有効性を発揮すると考えられる (例えば、橋口ほか, 1981)。

### 5-2-2 主成分分析

分析値を標準化した後、主成分分析を行った。その結果を表 III-7 に示す。この表によれば、



表 III-7 主成分分析結果表

N=136

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		
Z1	3.67	0.28	-0.66	0.61	0.71	0.02	0.47	0.60	0.48	0.63	0.66	0.40	0.55	0.33	0.37	4.41	-8.75
Z2	2.15	0.45	-0.05	0.14	-0.40	0.34	0.55	0.10	0.51	0.08	-0.41	-0.68	0.29	0.45	-0.59	5.38	-2.57
Z3	1.86	0.59	0.41	-0.42	-0.10	-0.65	0.40	0.20	0.38	0.50	0.37	-0.27	-0.47	-0.24	0.00	3.34	-3.16
Z4	1.40	0.70	0.42	0.38	-0.42	0.21	-0.23	0.48	-0.43	0.40	0.15	-0.23	0.28	-0.26	0.11	3.49	-3.18
Z5	1.12	0.79	0.14	-0.34	-0.07	0.32	-0.10	0.42	0.04	0.06	-0.20	0.11	-0.34	0.57	0.45	2.49	-3.44
Z6	0.81	0.85	0.21	0.13	-0.25	-0.20	0.35	0.04	0.17	-0.25	-0.33	0.32	0.25	-0.16	0.37	2.32	-3.90

P.C : Principal components  
 E.V : Eigenvalue  
 C.R : Contribution ratio  
 LOI : Loss on ignition

最大の固有値は3.67で、これは第1因子負荷量の2乗和であり、これによって、全体の約28%が説明可能である。更に第2、第3因子について計算するとそれぞれ17%、14%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70%が説明できる。各因子負荷量の特性について検討を行った。

Z<sub>1</sub> はSiO<sub>2</sub> と他の成分との著しい逆相関で特徴づけられる。これは、SiO<sub>2</sub> の増加につれて、他の成分が相対的減少傾向にあることを示している。SiO<sub>2</sub> の増加に第1義的に関連する現象としては珪化作用が考えられるが、Z<sub>1</sub> の示す意味は、SiO<sub>2</sub> の添加するタイプの珪化作用が本地域では支配的であることを示している。

Z<sub>2</sub> については、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、BaOなどの主として酸性成分と、FeO、MgOなどの塩基性成分の逆相関関係で特徴づけられる。従って、Z<sub>2</sub> は岩石本来の地化学特性を代表する因子負荷量ということが出来る。

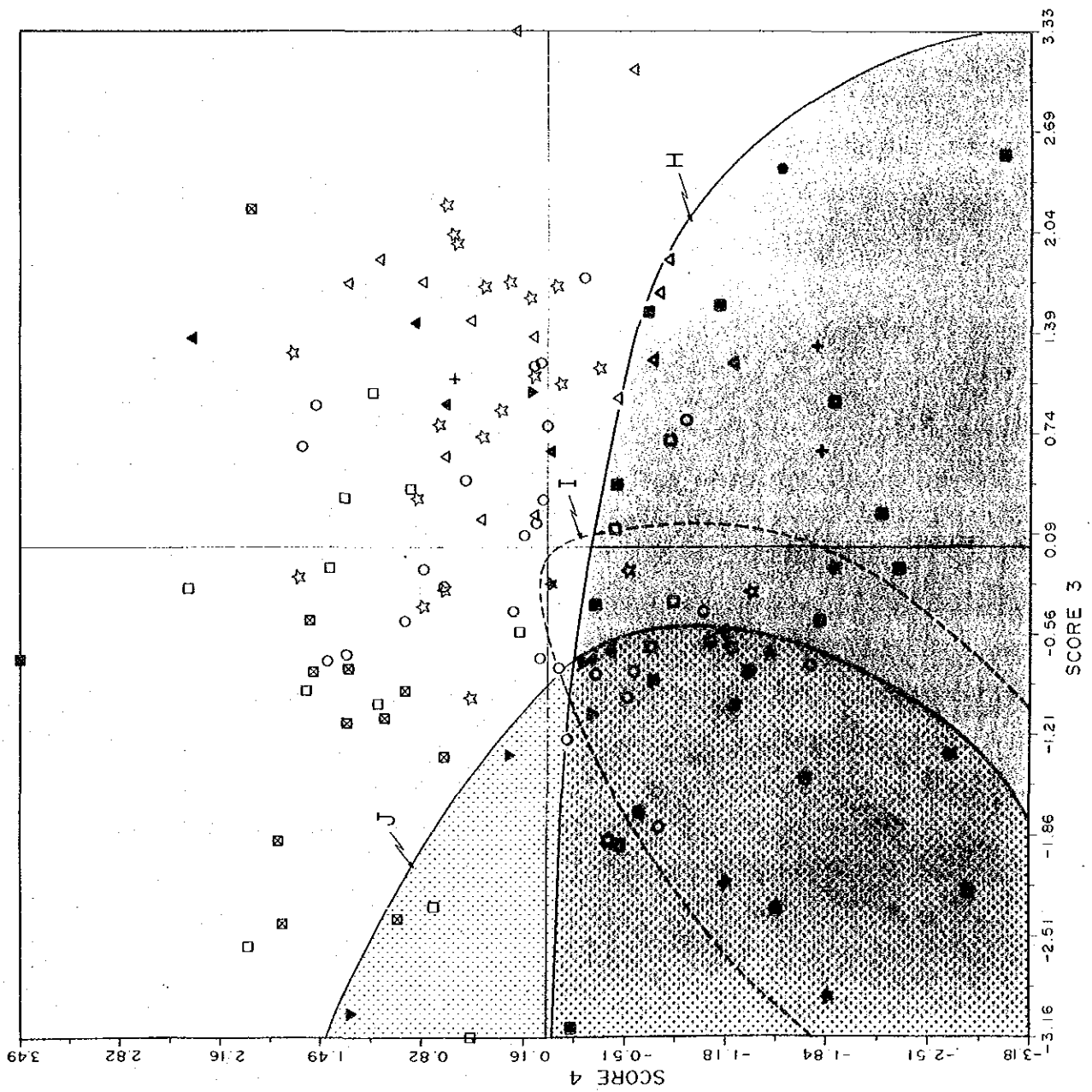
Z<sub>3</sub> については、黒鈹型変質作用によって最も敏感に反応し、しかも相互補間的挙動をとるK<sub>2</sub>OとNa<sub>2</sub>O及びCaOが逆相関で示されており、熱水変質作用による成分移動の特性を一部表わすものかもしれない。

Z<sub>4</sub> については、Z<sub>3</sub> よりも更によく、黒鈹型変質作用で易動性の高いアルカリ及びアルカリ土類元素の態様が反映されているようにみられる。すなわち、Na<sub>2</sub>O、CaO（減少成分）とK<sub>2</sub>O、MgO（増加成分）の逆相関関係が明瞭である。従って、黒鈹型変質作用に対して、最も易動性の高いアルカリとアルカリ土類元素の寄与が大きいとみられる第3、第4因子得点による二次元空間での各試料の分布の状態をみた（図Ⅲ-6）。

地質区分と採取場所は以下のとおりである。

- A：上盤石英安山岩（Kdc 2, La America - Descubridora 地区）
- B：上盤石英安山岩（Kde 2, El Rubi 地区）
- C：I期石英安山岩（Tde 1）
- D：II期石英安山岩（Tde 3）
- E：鈹床層準火砕岩（Koh）
- F：下盤石英安山岩（Kdc 1, La America - Descubridora 地区）
- G：上盤石英安山岩（Kdc - Sh, San Juan - Cuale - Desmoronado 地区）
- H：下盤石英安山岩（Kdc 1 - b, San Juan - Cuale - Desmoronado 地区）
- I：上盤石英安山岩（Kdc - sh, La Concha - El Bramador 地区）
- J：下盤石英安山岩（Kdc 1 - b La Concha - El Bramador 地区）
- K：石英安山岩貫入岩（De, 各所）

この図によれば、西部区域のSan Juan - Cuale - Desmoronado地区の下盤石英安山岩（Hグループ）は第3象限と第4象限に大部分が分布し、第4因子得点では負の得点で特徴づけられるものが、ほとんどであることを示している。



Legend

- A: ○ Hanging Wall Dacite (La America-Descubridora) (Kdc2)
- B: ☆ Hanging Wall Dacite (El Rubi) (Kdc2)
- C: □ I-Stage Dacite (Tdc1)
- D: ⊠ II-Stage Dacite (Tdc3) and Dacite intercalated in IV-Stage Andesite (Tdc4)
- E: △ Ore Horizon Pyroclastics (Koh)
- F: ▲ Footwall Dacite (Kdc1)
- G: ● Hanging Wall Dacites (San Juan-Cuare-Desmaronado) (Kdc-sh)
- H: ■ Footwall Dacite (San Juan-Cuare-Desmaronado) (Kdc1-b)
- I: ★ Hanging Wall Dacites (La Concha-El Bramador) (Kdc-sh)
- J: ▼ Footwall Dacite (La Concha-El Bramador) (Kdc1-b)
- K: + Dacite Intrusive (Dc)

図 III-6 Factor 3 と Factor 4 の因子得点関係図

La Concha - El Bramador 地区の下盤石英安山岩 (Jグループ) は第 2 象限と第 3 象限に分布し、第 3 因子得点では負の得点をもつものが大部分であり、第 3 象限で H グループと重複部をもち、この点ではお互いに類似の地化学的特性をもっている。

一方、La Concha - El Bramador 地区の上盤石英安山岩類 (Iグループ) は上記両グループの中間に分布する傾向がうかがえる。

H 及び I グループとも分布範囲が大きく、上記の因子得点上の特徴以外のものは指摘できない。これは同一岩体でも変質程度に差がある場合は、因子得点上は異った岩石グループとして表現されるためである。

### 5-2-3 クラスタ分析

黒鉍型鉍床に成因的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、更に細分が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行った。

クラスタ分析の結果は図 III-7 に樹形図で示した。

これによれば、各試料とクラスタの関係が読みとれる。試料番号の前の英文字は、その試料が由来した地質区分 (前項参照) である。

136 試料を 12 クラスタに分類したものに對し、地質区分と採取位置により 10 区分 (A ~ J) された試料が、各クラスタにどのように配分されるかをみた。

その結果、クラスタ 5 が岩石が黒鉍型熱水変質作用を受けたときに期待される成分構成となっており、黒鉍型鉍床と関連の強い試料群と結論づけられる。すなわち、本クラスタには 15 試料が帰属する。Cuale 地区の下盤石英安山岩 (Kdc 2-b) 1 個が本クラスタに含まれる。また、東部区域の上盤石英安山岩 (Kdc 2) 6 個と第三系の I 期石英安山岩 (Tdc 1) 5 個も含まれる。

本クラスタの成分上の特徴は、

- (1)  $TiO_2$ ,  $FeO$ ,  $MnO$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Na_2O$  に乏しく
- (2)  $SiO_2$ ,  $K_2O$ ,  $BaO$  に富む

主要クラスタのうち、本クラスタが、黒鉍型熱水変質がもたらす成分の移動様式に最も近い。特に  $Na_2O$  の相対的減少、 $K_2O$  の相対的増加が明瞭に表われている。また、黒鉍型鉍床の主要脈石鉍物である重晶石の主成分の  $BaO$  にも相対的増加の傾向が認められる。しかし、 $MgO$  については相対的富化傾向は不十分であり、そのことが、本クラスタを単純に黒鉍型変質作用を受けたクラスタと結論づけ得ない所以である。

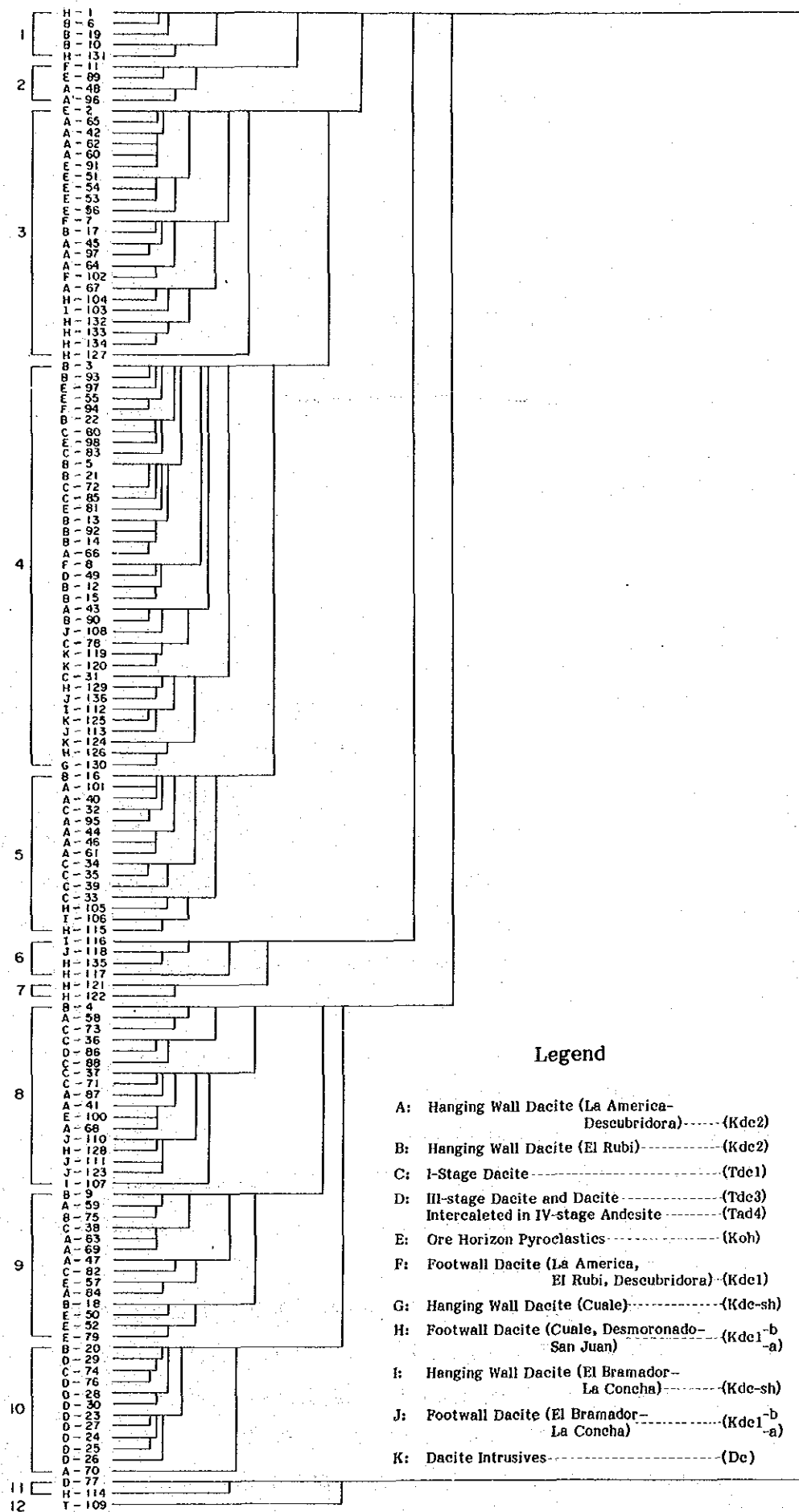


図 III - 7 クラスタ - 樹形図

## 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箇所の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。

送信部と受信部の距離は、受信部に於て平面電磁波の仮定が近似的に成立すると考えられるSkin depth (表皮深度)の3倍 ( $3\delta$ :普通4~8 km)以上にすることが必要である。これより送信部に近い領域はnear fieldと呼ばれ、この領域では平面電磁波の仮定が崩れ、データの解析が困難となる。

送信電流の周波数は2,048, 1,024, 512, 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4 Hzの10周波数である。

### 6-2 調査結果

黒鉱型鉱床の探査という観点から最も重要と考えられる低比抵抗帯について以下に述べる。

(1) La Concha 南東の低比抵抗帯 ( $L_5$ ) は北西-南東及び北東-南西の二つの方向性が認められる。この低比抵抗帯には、測点5付近に小規模な低比抵抗帯の分布があり、San Pedro 鉱床の北方に当り、注目する必要がある。本低比抵抗帯は頁岩(砂岩)層(Ksh<sub>1</sub>)、下盤石英安山岩(Kdc 1-b)、鉱床層準石英安山岩質火砕岩(Koh-b)及び上盤石英安山岩・同質火砕岩-頁岩互層(Kdc-sh)の分布域にあり、粘土化変質が認められる。本低比抵抗帯の主要部分は鉱床層準より下位の層準中に認められるが、測点5においては、地表下浅所(深度約100 mまで)では中比抵抗帯が分布し、その下位に厚い低比抵抗帯( $100\Omega\cdot m$ )が発達することが判明した。これは鉱床層準及び予想される下盤石英安山岩の分布に対応しており、注目される。

(2) El Bramador 東-北東の低比抵抗帯 ( $L_6$ ) は浅所からやや深部にかけて4~150 $\Omega\cdot m$ の低比抵抗値を示し、広い範囲にわたって分布する。

北東-南西及び北西-南東の二つの方向性があり、特に北東方向に連続する傾向が顕著である。本低比抵抗帯は、上盤石英安山岩・同質火砕岩-頁岩互層(Kdc-sh)中にあり、しばしば、粘土化変質(絹雲母、緑泥石)を伴う。本低比抵抗帯は、旧坑群のあるSan Jeronimo 沢の南東延長部に当り、黒鉱型鉱床層準の連続も十分期待出来る場所である。

(3) San Joseの低比抵抗帯 ( $L_{10}$ ) は、浅所で140~200 $\Omega\cdot m$ 、中部で250 $\Omega\cdot m$ 、深部で100 $\Omega\cdot m$ を示し、比抵抗構造は3層構造を示している。本低比抵抗帯は小規模であるが電磁異常(1980年CRMが実施)の一部が重畳しており、黒鉱型鉱床の探査上注目される。本低比抵抗帯は、鉱床層準石英安山岩質火砕岩(Koh-b)及び上盤石英安山岩・同質火砕岩-頁岩互層(Kdc-sh)の分布域に当り、粘土化変質(絹雲母、緑泥石)及び地化学探査の複元素異常(Ag-Cu-Pb-Zn)が認められる。Los Alpes (ロス・アルベス)及びSan Jose 鉱床から連続する

鉍化帯を反映している可能性が高い。

(4) Santa Edwiges (サンタ・エドピエス) の低比抵抗帯 ( $L_{12}$ ) は、浅所から深部にかけて  $40 \sim 120 \Omega \cdot m$  を示す。やや小規模な分布であるが、南方に延びる傾向が認められ、上盤石英安山岩、同質火砕岩-頁岩互層 (Kdc-sh) 中にある。粘土化変質 (絹雲母・緑泥石) 及び地化学探査の複元素異常帯 (Ag-Pb) 中に含まれる。

低比抵抗帯は黒鉍鉍床層準に対応しており、Santa Edwiges 鉍床からの鉍化帯の発展も期待でき、黒鉍型鉍床の探査上重要な箇所と考えられる。

図Ⅲ-8～図Ⅲ-11には主要な低比抵抗帯の分布と比抵抗断面図を示す。







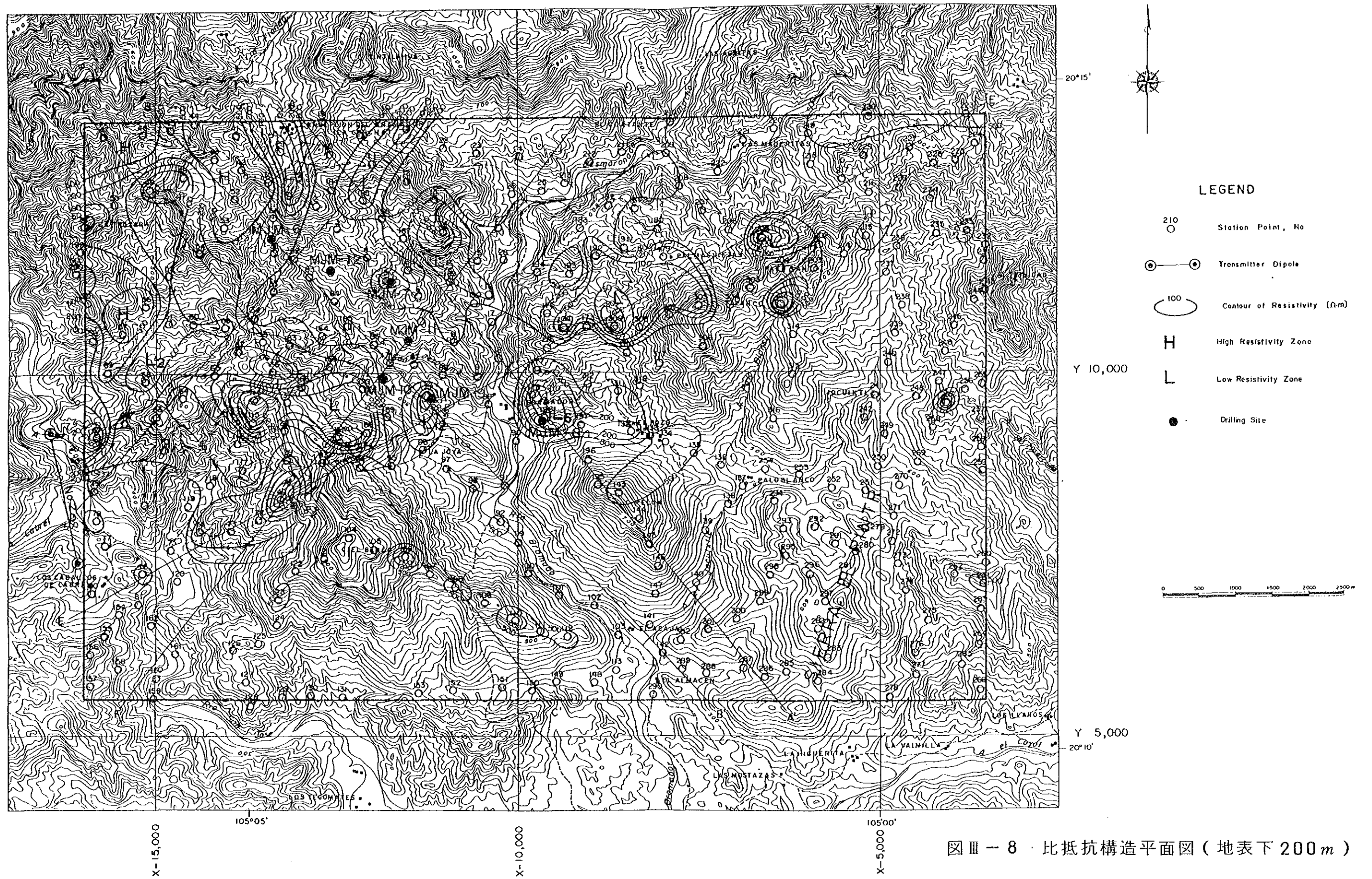


图 III - 8 · 比抵抗構造平面图 (地表下 200m)

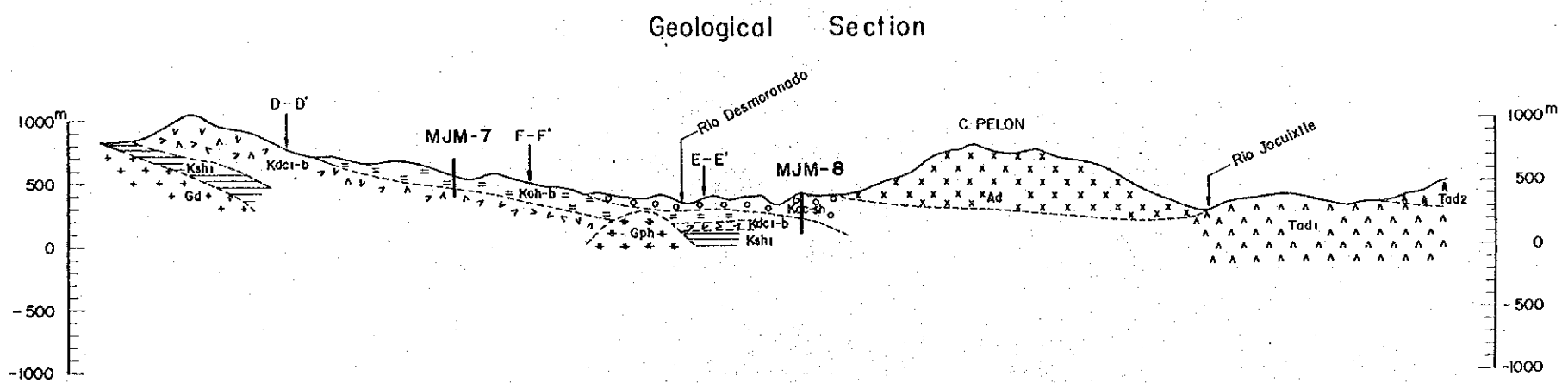
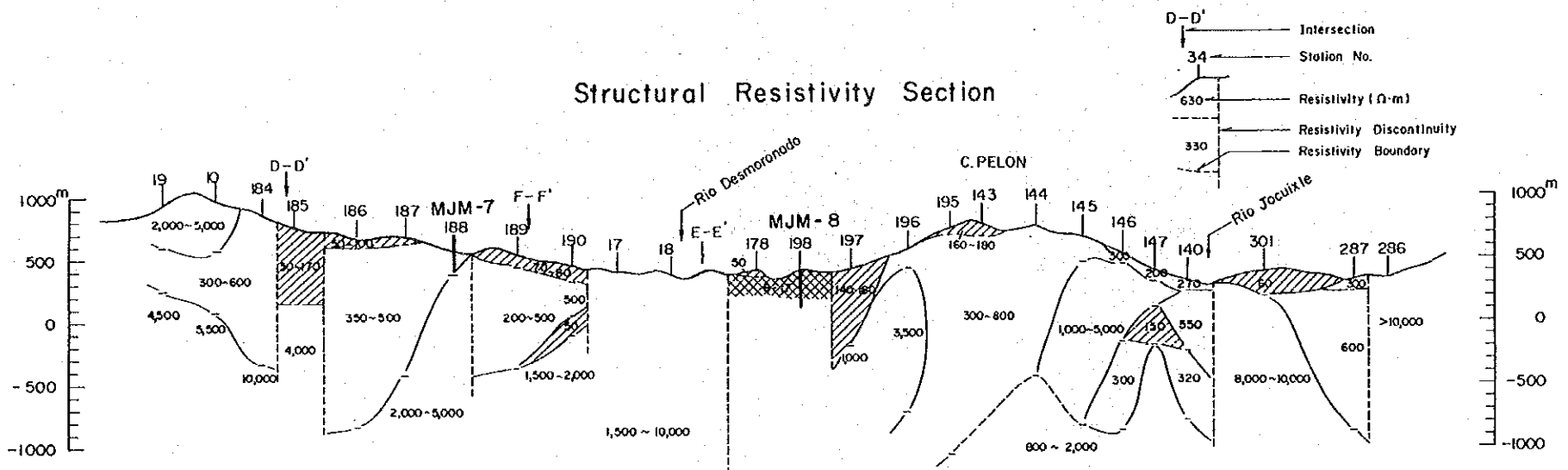
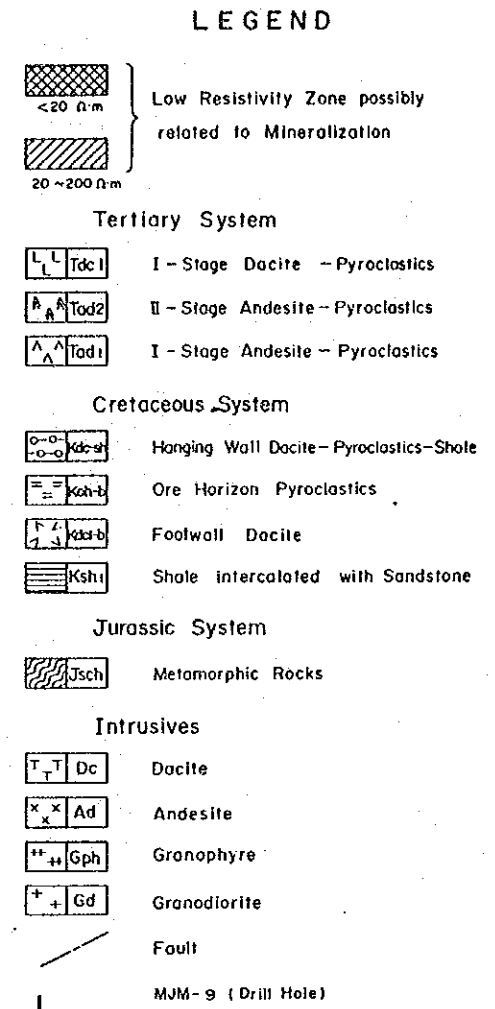
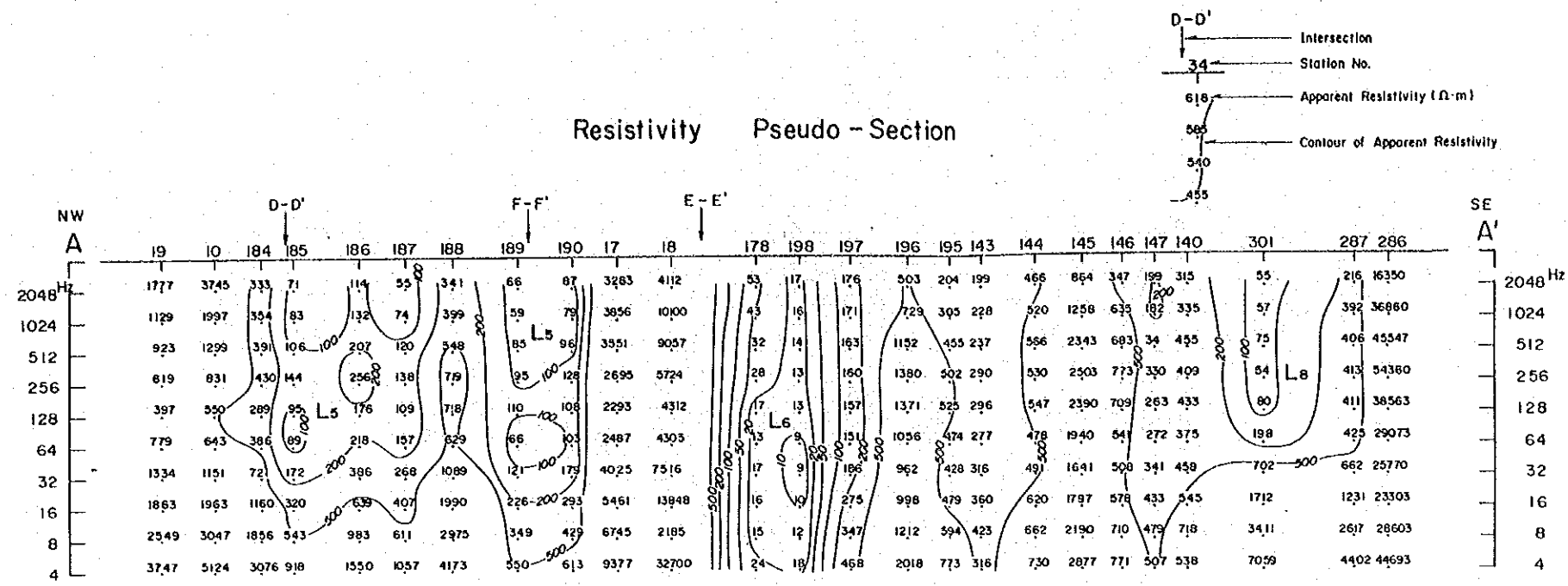
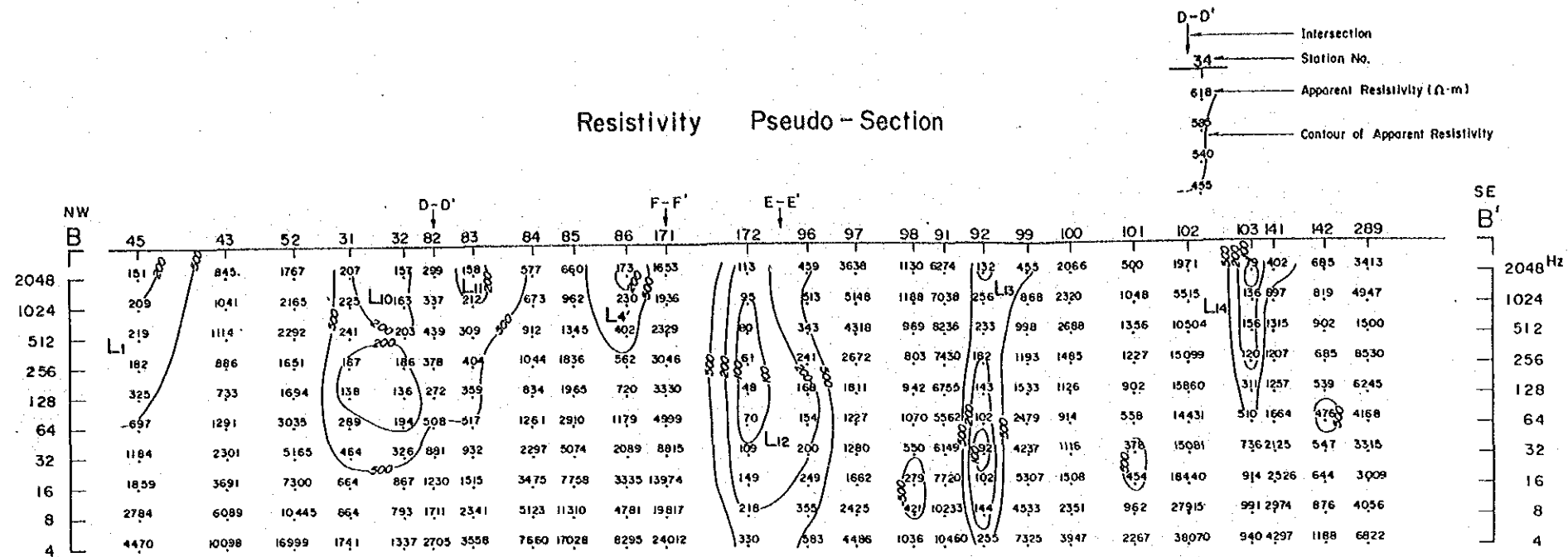


图 III - 9  
A - A' 断面图



- ### LEGEND
- Low Resistivity Zone possibly related to Mineralization (<math>< 20 \Omega\cdot m</math>)
  - 20 ~ 200  $\Omega\cdot m$
  - Tertiary System**
    - I - Stage Dacite - Pyroclastics
    - II - Stage Andesite - Pyroclastics
    - I - Stage Andesite - Pyroclastics
  - Cretaceous System**
    - Honging Wall Dacite - Pyroclastics - Shale
    - Ore Horizon Pyroclastics
    - Footwall Dacite
    - Shale intercalated with Sandstone
  - Jurassic System**
    - Metamorphic Rocks
  - Intrusives**
    - Dacite
    - Andesite
    - Granophyre
    - Grandiorlite
    - Fault
    - MJM-9 (Drill Hole)

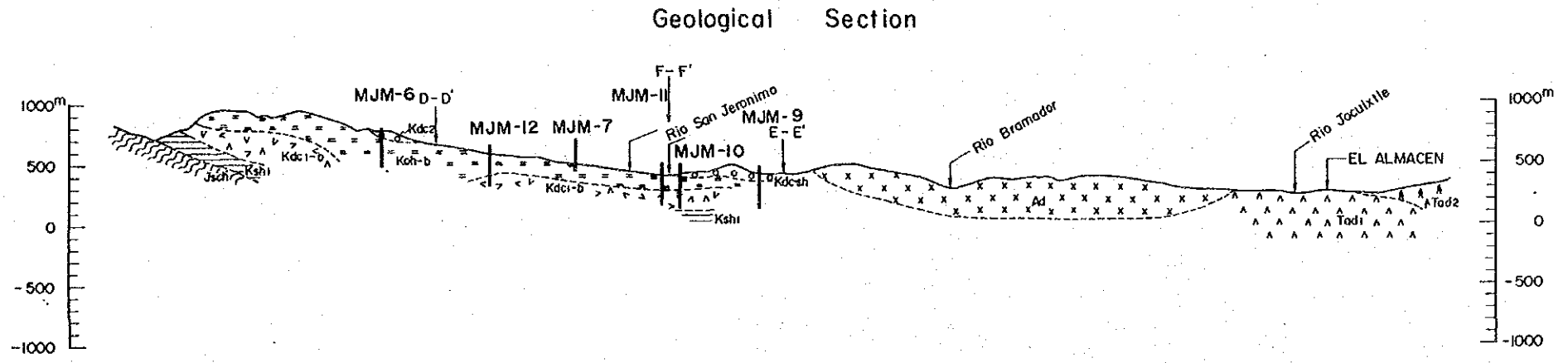
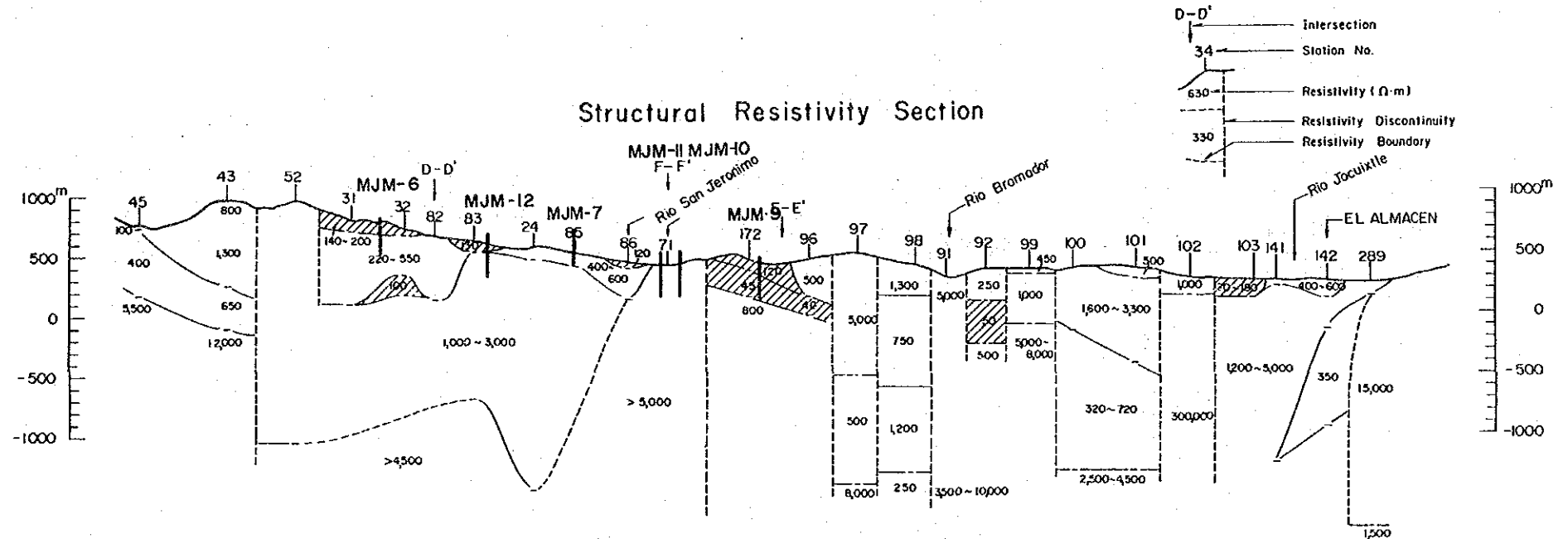
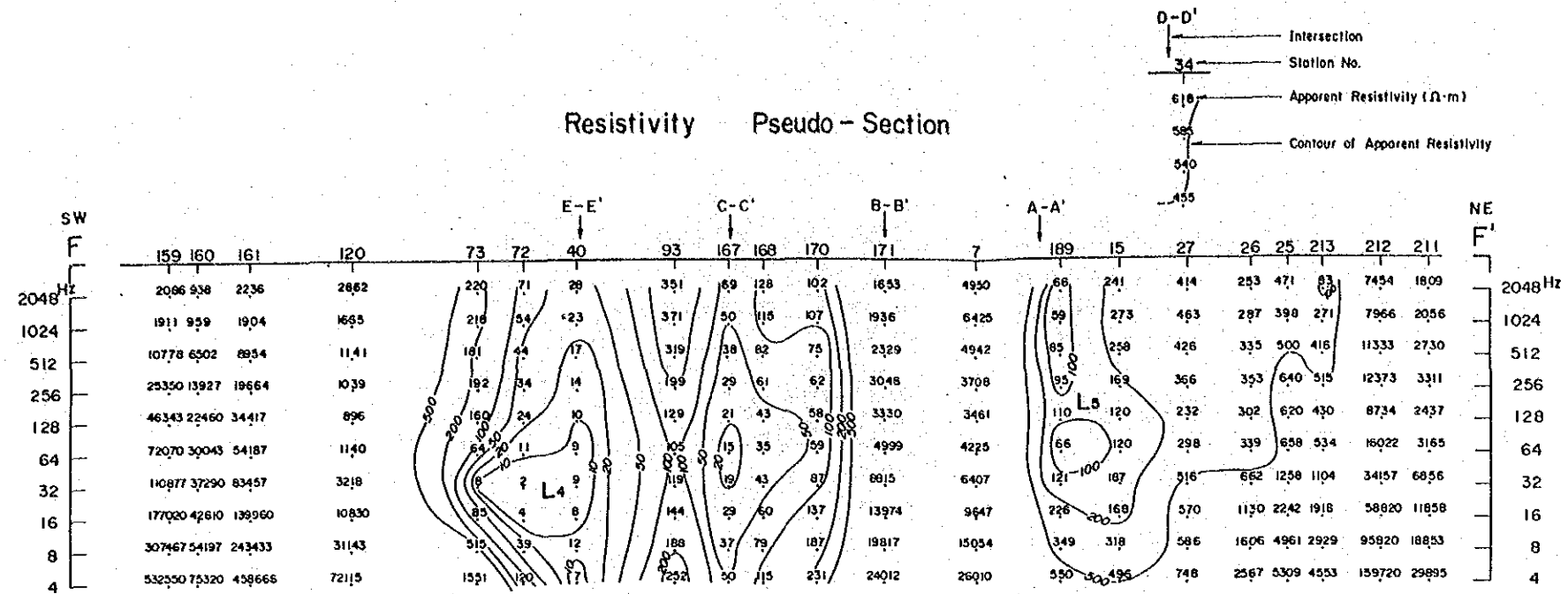


图 III - 10  
B - B' 断面图



### LEGEND

**Low Resistivity Zone possibly related to Mineralization**

$< 20 \Omega\cdot m$

$20 \sim 200 \Omega\cdot m$

**Tertiary System**

I - Stage  $Tdc1$  - Pyroclastics

II - Stage  $Tad2$  - Andesite - Pyroclastics

I - Stage  $Tad1$  - Andesite - Pyroclastics

**Cretaceous System**

Hanging Wall  $Kdc-sh$  - Pyroclastics - Shale

Ore Horizon  $Koh-b$  - Pyroclastics

Foothill  $Kdc-b$  - Andesite

Shale intercalated with Sandstone  $Kshi$

**Jurassic System**

Metamorphic Rocks  $Jsch$

**Intrusives**

Dacite  $Tdc$

Andesite  $Ad$

Granophyre  $Gph$

Granodiorite  $Gd$

Fault

MJM-9 (Drill Hole)

1 : 50,000

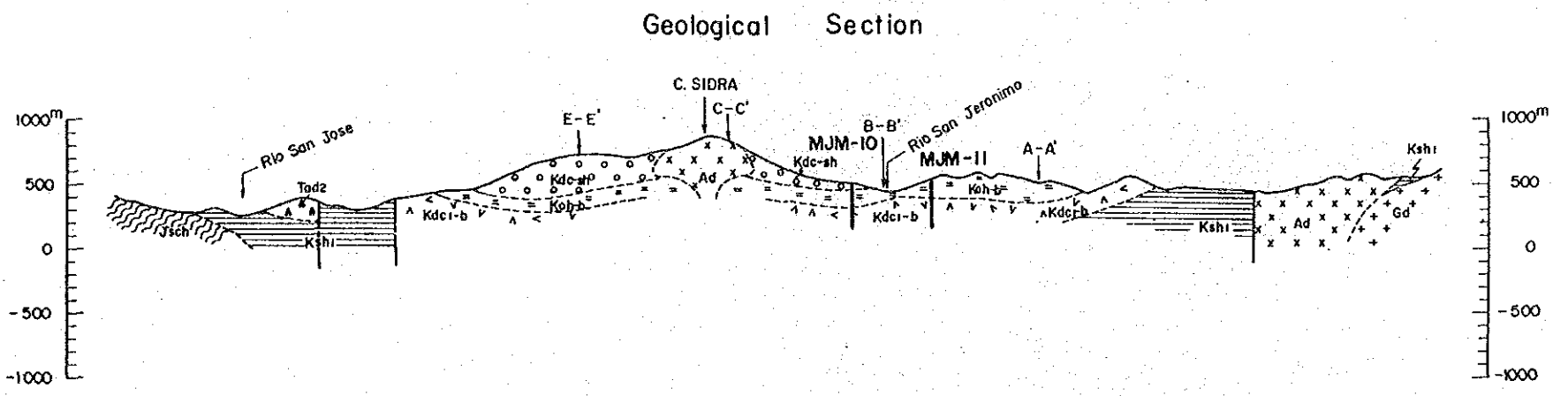
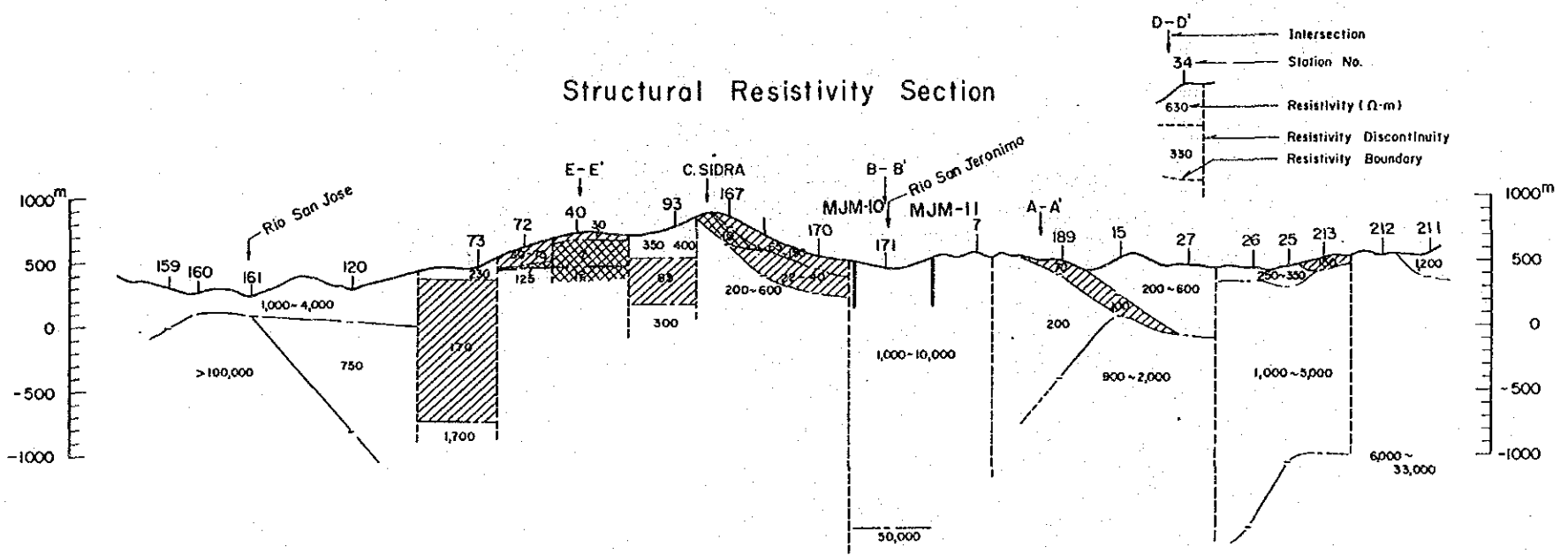


图 III - 11  
F - F' 断面图

