

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

1911

CR5

エクアドル共和国 ボリバール地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 2 年 次

JICA LIBRARY



1080091101

20604

平成 2 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

20604

は し が き

日本国政府はエクアドル共和国政府の要請に応え、同国の中央西部に位置するポリバール地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査・地化学探査、物理探査及びボーリング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、この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63年度を第1年次とする2年次にあたり、金属鉱業事業団は8名の調査団を編成して平成元年7月2日から平成元年11月16日まで現地に派遣した。

現地調査は、エクアドル共和国政府機関、エクアドル鉱業庁の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力いただいたエクアドル共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在エクアドル日本大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成2年1月

国際協力事業団

総 裁 柳谷 謙介

金属鉱業事業団

理事長 福原 元一

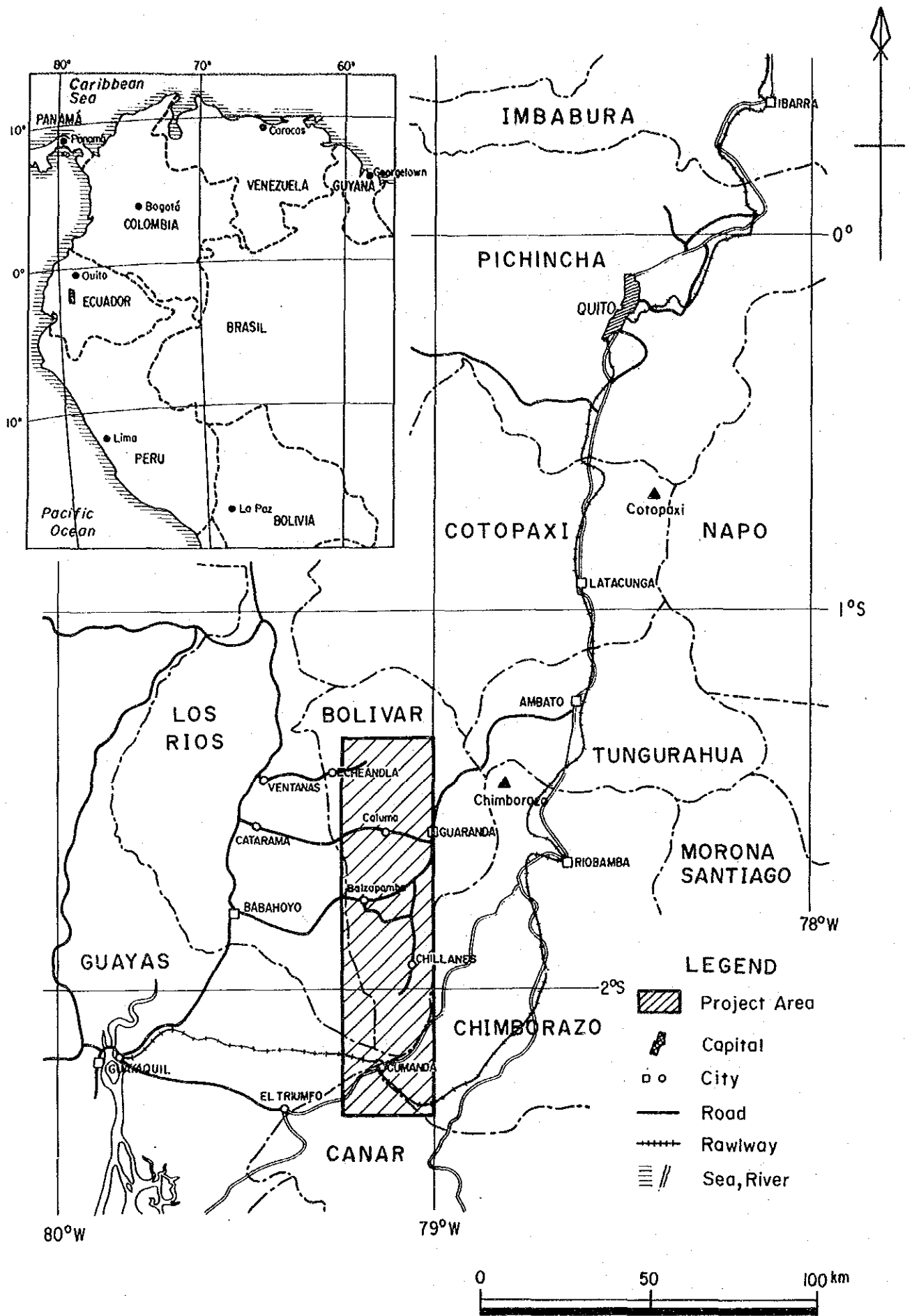


Fig. 1

Location map of the project area

要 約

エクアドル共和国ポリバール地域の第2年次調査は、次の5地区において、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て実施された。バルサパンバ地区・エル・トルネアド区域では物理探査（試錐孔IP法）及びボーリング調査、バルサパンバ地区・オソウアイコ区域では物理探査（IP法）、チャソ・ファン地区では地質精査及び物理探査（IP法）、テリンベラ地区及びラス・ゲアルディアス地区では地質精査、ラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区では地質精査・地化学探査（土壌）が実施された。調査結果は次のとおりである。

(1) バルサパンバ地区・エル・トルネアド区域

本区域のポーフリーカッパー鉱化帯は、産状及び性状の違いから、“鉱染状鉱化帯”と“網状脈鉱化帯”に区分される。前者は、400m×400mの範囲に広がり、後者は、幅40～70m、延長70～350mの規模で、NNE-SSW方向に伸長して分布している。これらの鉱化帯は、全体的には低品位である。物理探査の結果、両鉱化帯の下限より上部の硫化鉱物の賦存状況が把握されたが、ボーリング調査の結果、“網状脈鉱化帯”の下限をぬいたこと、及び“鉱染状鉱化帯”も下限に近づきつつある現象が認められたこと等から判断し、本地区の鉱化帯は、鉱化帯の主要部は侵蝕され、現在の地表は、鉱化帯の下底部付近が露出しているものと考えられる。

(2) バルサパンバ地区・オソウアイコ区域

本区域に認められる広がり200m×100mの花崗閃緑岩中の鉱化帯及び幅約10mのMacuchi層中の2条の鉱化帯は、物理探査の結果、南東方向に傾斜し下部に広がっているものとみられる。さらに、本区域北東部に、低見掛比低抗及び高FE（8%以上）からなる広い異常帯が確認され、表土に被覆されている本地区下部に、新たな潜頭鉱化帯の存在が期待される。

(3) チャソ・ファン地区

本地区のポーフリーカッパー鉱化帯には、4つの鉱化帯があるが、他地域と比較して、小規模断続的である。物理探査の結果、IP異常帯が中部鉱化帯と南部鉱化帯の中間に、また、西部鉱化帯を中心として南北方向に確認された。前者は南部鉱化帯の広がりを示し、後者は西部鉱化帯の延長を反映しているものとみられる。探査上は、前者が重要である。

(4) テリンベラ地区

本地区のポーフリーカッパー鉱化帯は7帯あり、ポリバール地域で最も規模が大きく、Macuchi層まで強い鉱化作用が認められる。花崗岩類には鉱化帯を中心として、黄鉄鉱が広範囲に分

布している。鉍化帯は、巨視的に、NE-SW方向に配列して分布する。このうち、最も規模が大きいものは、北部鉍化帯である。ここには、400m×1,200mの広がりを持つ鉍化帯Vと延長約400mの鉍化帯VIが分布し、鉍石分析品位は、前者は最高Cu0.80%、後者は最高Cu1.65%である。

(5) ラ・イングストゥリアーヤトゥビ地区

本年度の目的とした温泉型金鉍化作用に酷似する鉍化帯の露頭を2つの山頂部付近で確認した。その珪化岩の露頭の延長は、それぞれ約100mである。鉍石分析の結果は、最高Au0.3g/tである。珪化帯露頭が山頂部だけに分布し、山頂部近くから白色変質帯になっていること、珪化帯は強い付加型の珪化岩であること等から、珪化帯の大部分は侵蝕され、山頂部に分布する珪化岩は、珪化帯底部が残存しているものとみられる。

(6) ラス・ゲアルディアス地区

本地区の主要なポーフィリー銅-鉍化帯は、NW-SE系の断層及び優黒質閃緑岩貫入岩に沿って分布する。この方向性は、他地区の鉍化帯及び貫入岩の方向性がNE-SWであることと対照的である。鉍徴は12箇所あり、大部分が広がり100m以下で、小規模断続的である。鉍石分析結果は、最高Cu0.47%である。

以上の結果から、第3年次調査として、下記の調査が提言される。

(1) バルサパンバ地区・オソウアイコ区域

北東部において確認された物理探査異常帯の鉍化帯の実体及び広がりを把握するための、ピット・トレンチ開削を伴う地質調査及び物理探査(IP法)2測線追加を行うことが望ましい。さらに、北東部の物理探査異常帯及び南部のMacuchi層の鉍化帯の深部の賦存状況を把握すると共に、エクアドルのMacuchi層分布域に認められる類似鉍徴地に対する探査に役立つデータを得るためのボーリング調査を実施することが望まれる。

(2) テリンベラ地区

北東部に見いだされた鉍化帯の全貌を明らかにするためのピット・トレンチ開削を伴う鉍化・変質帯調査を行う必要がある。さらに、鉍化帯の下部における賦存状況を把握するための物理探査(IP法)及びボーリング調査を実施することが望まれる。

第 I 部 総 論

目 次

はしがき	
調査地域位置図	
要 約	
目 次	

第 I 部 総 論

第1章 序 論	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 第1年次調査の結論と提言	1
1-2-1 第1年次調査の結論	1
1-2-2 第2年次調査への提言	3
1-3 第2年次調査の概要	3
1-3-1 調査地域	3
1-3-2 調査目的	3
1-3-3 調査方法	5
1-3-4 調査団の編成	7
1-3-5 調査期間	7
第2章 調査地域の地理	9
2-1 位置及び交通	9
2-2 地形及び水系	9
2-3 気候及び植生	9
第3章 一般地質	11
第4章 調査結果の総合検討	17
4-1 各調査地区の調査結果の検討	17

4-1-1	バルサパンバ地区・エル・トルネアド区域	17
4-1-2	バルサパンバ地区・オソウアイコ区域	17
4-1-3	チャソ・ファン地区	17
4-1-4	テリンベラ地区	18
4-1-5	ラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区	18
4-1-6	ラス・グアルディアス地区	19
4-2	総合検討	19
4-2-1	火成活動と鉱化作用の特性	19
4-2-2	鉱床賦存のポテンシャル	20
4-2-3	調査手法の評価	20
第5章	結論及び提言	25
5-1	結 論	25
5-2	第3年次調査への提言	26

第Ⅱ部 各 論

第1章	バルサパンバ地区・エル・トルネアド区域	27
1-1	地質・鉱床概要	27
1-1-1	地 質	27
1-1-2	鉱化作用及び変質作用	27
1-2	物理探査	30
1-2-1	調査目的	30
1-2-2	調査方法	30
1-2-3	解析方法	32
1-2-4	調査・解析結果	37
1-2-5	考 察	44
1-3	ボーリング調査	63
1-3-1	調査目的	63
1-3-2	調査工事内容	63

1-3-3 調査結果	70
1-4 エル・トルネアド区域の調査結果の検討	81
第2章 バルサパンバ地区・オソウアイコ区域	83
2-1 地質・鉱床概要	83
2-2 物理探査	87
2-2-1 調査目的	87
2-2-2 調査方法	87
2-2-3 解析方法	91
2-2-4 調査・解析結果	93
2-2-5 考 察	101
第3章 チャソ・ファン地区	139
3-1 地質調査	139
3-1-1 調査目的及び調査方法	139
3-1-2 地 質	139
3-1-3 鉱化作用と変質作用	145
3-1-4 帯磁率測定	146
3-2 物理探査	149
3-2-1 調査目的	149
3-2-2 調査方法	149
3-2-3 解析方法	149
3-2-4 調査・解析結果	149
3-2-5 考 察	155
3-3 チャソ・ファン地区の調査結果の検討	193
第4章 テリンベラ地区	195
4-1 地質調査	195
4-1-1 調査目的及び調査方法	195
4-1-2 地 質	195
4-1-3 鉱化作用と変質作用	199
4-1-4 帯磁率測定	201
4-1-5 考 察	203

第5章 ラ・インダストリアーヤトゥビ地区	205
5-1 地質調査	205
5-1-1 調査目的及び調査方法	205
5-1-2 地 質	205
5-1-3 鉍化作用と変質作用	205
5-1-4 帯磁率測定	208
5-1-5 考 察	209
5-2 地化学探査	210
5-2-1 調査目的及び調査方法	210
5-2-2 分析成分, 分析方法及びデータ処理	210
5-2-3 解析結果	212
5-2-4 考 察	213
第6章 ラス・グアルディアス地区	219
6-1 地質調査	219
6-1-1 調査目的及び調査方法	219
6-1-2 地 質	219
6-1-3 鉍化作用と変質作用	226
6-1-4 帯磁率測定	227
6-1-5 考 察	227

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結 論	229
第2章 第3年次調査への提言	233
参考文献	239
添付図表一覧	243

第1章 序 論

1-1 調査の経緯

エクアドルの西部アンデス山脈西縁部には、北米から南米に至るポーフイリーカッパーベルトが縦走し、ポリバール地域はこのベルトの中に位置している (Fig.1)。

エクアドル政府は、国家経済を再建するために輸出の振興を図ることとし、金属資源の開発を重点課題として取り上げ、1984年に日本国政府にポリバール地域の資源開発協力基礎調査の要請状を提出した。

日本国政府は、この要請に応じて、1988年5月15~24日に国際協力事業団 (JICA) 及び金属鉱業事業団 (MMAJ) のミッションをエクアドルに派遣し、同年5月20日、INEMINとの間でポリバール地域の資源開発協力基礎調査の作業協定 (Scope of Work) に署名し、同年8月2日から、第1年次の現地調査に着手した。

本年度は、その第2年次である。

1-2 第1年次調査の結論と提言

1-2-1 第1年次調査の結論

(1) バルサパンバ地区

本地区の地質は、白亜紀後期のMacuchi層と、それに貫入する漸新世~中新世の花崗岩類から成る。

本地区の鉱化作用は、主として花崗岩類の中及びそれに近接するMacuchi層に胚胎するポーフイリーカッパー型鉱化作用、Macuchi層に認められる鉱脈型鉱化作用及び温泉型鉱化作用の3つに分類される。最前者にはエル・トルネアド (El Torneado)、オソウアイコ (Osohuayco)、Las Juntas鉱化帯、第二者にはEl Cristal鉱化帯、最後者にはLas Palmas、Cochapamba変質帯が、それぞれ該当する。ポーフイリーカッパー型のエル・トルネアド鉱化帯では、400m×400mの範囲に、幅20~70mのNNE-SSW方向に伸長する5条の主要鉱化帯が存在する。これらの鉱化帯は、“鉱染状鉱化帯”と“網状脈鉱化帯”とに分類され、ボーリング調査の結果、鉱化帯Aは南東方向に約60°で下方に連続し、下部の方が規模が大きくなっていること、及び鉱化帯Aの下盤に潜頭性“網状脈鉱化帯”が存在することが確認された。鉱石品位は、鉱化帯AがCuO.09~0.66%、鉱化帯B・DがCu0.03%、潜頭性鉱化帯がCu0.01~0.36%である。

帯磁率測定の結果、上記の各鉱化帯には、鉱化作用に伴う消磁現象による低帯磁率異常帯が鉱化帯の分布に一致して抽出された。これらの異常帯のうちエル・トルネアド及びオソウアイコ鉱化

帯に抽出された異常帯の規模が広い。

地化学探査の結果、エル・トルネアド、オソウアイコ及びLas Juntas鉱化帯に、Cu鉱化作用に関連する因子及びMo鉱化作用に関連する因子が抽出された。

物理探査の結果、各鉱化帯及び変質帯の分布域に、低比抵抗帯が抽出された。特にエル・トルネアド鉱化帯下部及びオソウアイコ鉱化帯の深部に興味のある低比抵抗帯が検出された。

(2) その他の地区

その他の地区の地質は、白亜紀後期のMacuchi層から成り、漸新世～中新世に花崗岩類の貫入を受けている。

本地区の鉱化作用は、巨視的には主として花崗岩類及び一部のMacuchi層に認められるポーフイリー・カッパー型鉱化作用、Lourdes層に認められる鉱脈型鉱化作用及び花崗岩類及びLourdes層に認められる温泉型鉱化作用の3つに分類される。

ポーフイリー・カッパー型鉱化作用はチャソ・ファン (Chaso Juan)、テリンベラ (Telimbela) 及びラス・ガルディアス (Las Guardias) 地区に、鉱脈型鉱化作用はSan Miguel地区に、温泉型鉱化作用はラ・インダストゥリアーヤトゥビ (La Industria-Yatubi) 地区及びSan Miguel地区に、認められる。チャソ・ファン、テリンベラ及びラス・ガルディアス地区の鉱化帯は、比較的規模が大きい。チャソ・ファン地区には北部・東部・南部鉱化帯があり、幅10～300mのものが合計10箇所含まれ、鉱石品位は最高Au1.5g/t、Ag160g/t、Cu9.03%、平均Ag1.2～1.8g/t、Cu0.24～0.44%である。テリンベラ地区では、4箇所において500m×350m～400m×200m及び幅150mの鉱化帯の広がりを確認した。鉱石品位はCu1.60%である。ラス・ガルディアス地区には400m×100m～350m×50m及び幅50mの鉱化帯が3箇所ある。鉱石品位は最高Ag0.6g/t、Cu0.09%、W0.01%である。チャソ・ファン地区の鉱化帯は黄銅鉱/黄鉄鉱比が高く、灰重石の報告がある。鉱化帯の伸びの方向は、チャソ・ファン地区でN-S系、テリンベラ地区でNE-SW系、ラス・ガルディアス地区でNW-SE系、San Miguel地区でNNW-SSE系である。

帯磁率測定の結果、鉱化作用に伴う消磁現象による低帯磁率異常帯が把握され、チャソ・ファン地区で1km×1km、テリンベラ地区でNE-SW系の2km×750mの異常帯が抽出された。また、温泉型鉱化作用が認められるラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区で500m×200m、San Miguel地区でNNW-SSE系の2.5km×500mの異常帯が抽出された。

地化学探査結果では、Cu鉱化作用及びMo鉱化作用を特徴づける因子の高～中得点帯が、チャソ・ファン、テリンベラ及びラス・ガルディアス地区に抽出された。また、ラ・インダストゥリアーヤトゥビ及びSan Miguel地区には、別のステージの温泉型鉱化作用を示唆する因子が抽出された。

1-2-2 第2年次調査への提言

(1) バルサパンバ地区

- ① エル・トルネアド鉱化帯の詳細な賦存状況把握のために、ボーリング孔を利用した物理探査（IP法）及びボーリング調査
- ② オソウアイコ鉱化帯下部の低比抵抗帯における鉱化帯富鉱部解明のための物理探査（IP法又はSIP法）

(2) その他の地区

- ① ポーフリーカッパー型鉱床が期待されるチャソ・ファン、テリンベラ及びラス・ゲアルディアス地区の地質精査及び物理探査（IP法又はSIP法）
- ② ラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区の温泉型金鉱床の可能性のある西部地区を中心とした地質精査及び土壌地化学探査
- ③ San Miguel地区の鉱脈型鉱化帯の賦存状況把握のための物理探査（SIP法）及び温泉型金鉱床の可能性のある鉱化帯追跡のための地質精査

1-3 第2年次調査の概要

1-3-1 調査地域

本年次の調査の範囲は、第1年次の調査により抽出されたバルサパンバ（Balzapamba）地区、チャソファン（Chaso Juan）地区、テリンベラ（Telimbela）地区、ラ・インダストゥリアーヤトゥビ（La Industria-Yatubi）地区、及びラス・ゲアルディアス（Las Guardias）地区の5地区から成っている（Fig. I-1-1）。

1-3-2 調査目的

本調査の目的は、エクアドル共和国ポリバール地域において地質状況を解明することにより、鉱床賦存状況を把握することである。

地質精査・地化学探査の目的は、鉱化作用と地質構造及び火成活動等の関係を解明することにより、有望な鉱徴地を抽出することである。

物理探査の目的は、鉱化・変質帯の地下深部での連続性の把握及び鉱化変質帯と地下構造との関係を解明することである。バルサパンバ地区では、ボーリング調査実施位置の選定に必要な情報を提供することである。

ボーリング調査の目的は、鉱化帯の詳細な賦存状況と地質構造を解明することである。

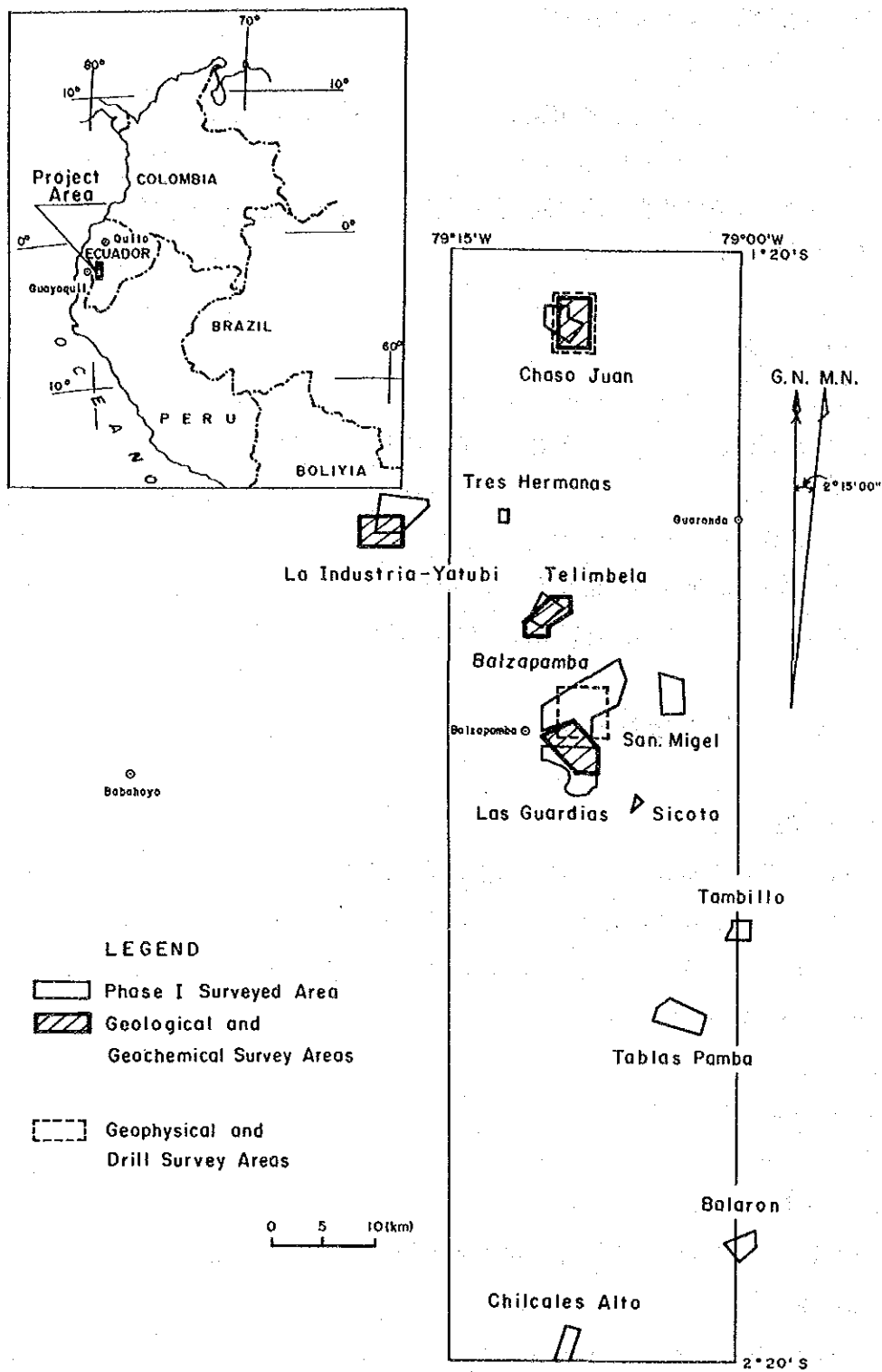


Fig. I-1-1 Location map of the surveyed area

1-3-3 調査方法

バルサパンバ地区では、エル・トルネアド区域で鉍化帯の広がりを明らかにするための物理探査（試錐孔IP法）及びボーリング調査を実施し、同じくオソウアイコ区域では、昨年度調査により把握された鉍化露頭及びCSAMT法による低抵抗帯の地下深部での分布を明らかにするためのIP法電気探査を実施した。

チャソ・ファン地区では、昨年度調査で把握された鉍化帯の賦存状況を明らかにするための地質精査、及び地区中央部から南部に分布する鉍化帯の側方及び下部への連続性を明らかにするためのIP法電気探査を実施した。

テリンベラ地区では、昨年度把握した鉍化帯 Zone I, II, III及びIVのNE-SW方向への広がり及び貫入岩類と鉍化・変質との関係を明らかにするため、地質精査を実施した。

ラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区では、昨年度鉍石転石を多数認めたヤトゥビ区域において鉍化・変質の中心を明らかにするため地質精査及び土壌地化学探査を実施した。

ラス・ゲルディアス地区では、NW-SE系及びNE-SW系地質構造が交差することが予想される交差部に認められるNW-SE系鉍化帯の賦存状況を明らかにするため地質精査を実施した。各調査量及び室内試験量を Tab. I - 1 - 1 及び Tab. I - 1 - 2 に示す。

Table I-1-1 List of survey amounts

Items	Quantity		
	Area (km ²)	Survey length (km)	Geochemical samples
1. Geological and geochemical survey			
(1) Chaso Juan	15	36.0	0
(2) Telimbela	9	26.9	0
(3) La Industria-Yatubi	8	21.9	205
(4) Las Guardias	13	33.0	0
2. Geophysical survey	Area (km ²)	Survey length (km)	
(1) Balzapamba			
1) El Torneado	0.26	6.9	
2) Osohuayco	2.0	9.6	
(2) Chaso Juan	2.4	9.6	
3. Drilling	Depth (m)	Dip (°)	
(1) Balzapamba			
1) MJE-4	305.30	-90	
2) MJE-5	305.20	-90	
3) MJE-6	353.00	-90	

Table I-1-2 List of lavolatory works

Method Area	Thin section	Polished section	Dating (K-Ar)	Chemical Analyses			X-ray diffractive analysis	Resistivity
				Whole rock	Ore (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo)	Soil (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, As, Hg)		
Balzapamba	0	0	0	0	0	0	0	6
Drill core	5	11	0	0	54	0	41	16
Chaso Juan	1	4	1	1	9	0	4	10
Telimbela	5	4	2	2	22	0	9	0
La Industria-yatubi	0	0	0	0	11	205	6	0
Las Guardias	4	2	2	2	8	0	1	0
Total	15	21	5	5	104	205	61	32

1-3-4 調査団の編成

調査計画と現地調査に参加した団員は、Tab. I -1-3及びTab. I -1-4のとおりである。

Tab. I -1-3 Member list of project administration

日本側		エクアドル側	
松川圭男	金属鉱業事業団	Leonardo Elizalde	INEMIN
小山恭一	金属鉱業事業団	Wilson Santamaria	INEMIN
貝沼弘康	国際協力事業団	Marco Marin	INEMIN
目次英哉	金属鉱業事業団	Edgar Lopez	INEMIN
		Luis Quevedo	INEMIN

Tab. I -1-4 Member list of survey team

日本側				エクアドル側		
黒田 英夫	団長・地質・地化学	大手開発(株)		Vicente Fiallos	地質・地化学	INEMIN
日下 浩	地質・地化学	大手開発(株)		Alfredo Zamora	地質・地化学	INEMIN
池田 則生	地質・地化学	大手開発(株)		Xavier Bermudez	地質・地化学	INEMIN
田島 俊雅	物理探査	大手開発(株)		Gabriel Unda	地質・地化学	INEMIN
賀来 学	物理探査	大手開発(株)		Edgar Lopez	物理探査	INEMIN
佐々木伸幸	ボーリング調査	大手開発(株)		Cesar Cardenas	ボーリング調査	INEMIN
松岡 孝志	ボーリング調査	大手開発(株)		Luis de la Torre	ボーリング調査	INEMIN
安保 司	ボーリング調査	大手開発(株)		Alfonso Vaca	ボーリング調査	INEMIN

1-3-5 調査期間

現地調査 : 平成元年7月2日～平成元年11月16日

地質・地化学探査: 平成元年7月2日～平成元年8月20日

物理探査 : 平成元年7月2日～平成元年10月6日

ボーリング調査 : 平成元年8月22日～平成元年11月16日

報告書作成 : 平成元年8月21日～平成2年1月31日

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

本調査地域は、エクアドル共和国の中央西部に位置する (Fig.1)。本調査の拠点となったバルサパンバへは、首都キトからは、南南西へ約190kmの位置にあり、アンバト (Ambato)、グアラング (Guaranda) を経て車で約7時間で到達し、また、エクアドル最大の都市であり、かつ貿易港のあるグアヤキル (Guayaquil) からは、北東へ約130kmの位置にあり、これよりババオヨ (Babahoyo) を経て車で約3時間で到達する。

本地域の道路網は、ほとんどが未舗装道路であるものの、東西の横断ルートは発達している。しかし、南北の縦断ルートはほとんどない。

バルサパンバから各地区への距離及び所要時間は下記のとおりである。

チャソ・ファン地区	車 (150km, 3.0時間)
テリンベラ地区	車 (135km, 3.0時間)
ラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区	車 (125km, 2.5時間)
ラス・ゲアルディアス地区	車 (5km, 0.5時間)

2-2 地形及び水系

本地域は、西部アンデス山脈の西縁部に位置し、各地区は標高200mから2,000m間に位置する。調査地域の北東方にはエクアドル最高峰チンボラソ山 (Chimborazo, 6,267m) が聳え立つ。地形は急峻で、各調査地区における標高差は300~1,000mに達する。特にラス・ゲアルディアス地区及びチャソ・ファン地区の山腹斜面又は沢の平均斜度は40度を越え、標高差にして400m間に滝が連続している所もある。

地質の違いによる侵蝕の差は地形によく反映している。一般に花崗岩類では比較的なだらかな地形を呈するが Macuchi層では尖った山嶺を呈する。

本地域の主要河川は、アンデス山脈に源を発し、北東~東から南西~西に向って流れ、これにNW-SE系及びN-S系の支流が合流する。

2-3 気候及び植生

本調査地域の気候は、低地では熱帯性多湿気候、高地では温暖乾燥気候である。雨期は通常12月から4月とされ、また年間の温度変化は15~29℃、湿度変化は65~85%である。最近の月平

均気温及び月平均降雨量を次表に示す。

調査地域における植生の特徴としては、密林が多いことが挙げられる。しかし、低地では農園が発達し、砂糖きび、オレンジ、バナナ、コーヒー及びカカオ等が栽培されている。一方高地では、とうもろこし畑或は牧場等が散見される。

Table I-2-1 Temperature and precipitation of the project area

	1984		1985		1986		1987		1988	
	Temp (°C)	Precip (mm)	Temp (°C)	Precip (mm)	Temp (°C)	Precip (mm)	Temp (°C)	Precip (mm)	Temp (°C)	Precip (mm)
Jan	20.8	101.7	19.8	155.6	20.4	41.8	21.1	-	21.0	209.9
Feb	20.9	406.4	20.4	113.6	21.2	44.2	21.6	204.0	21.4	362.6
Mar	21.1	462.6	20.8	243.2	21.1	60.0	21.8	484.5	20.9	89.3
Apr	20.9	370.4	20.5	124.4	22.3	18.5	21.4	283.9	22.6	263.0
May	20.6	18.6	20.4	54.3	20.9	16.5	21.2	178.9	21.2	143.5
Jun	20.5	22.8	20.0	19.0	19.7	-	20.7	4.0	20.2	18.8
Jul	19.1	5.1	19.5	2.1	20.4	4.0	21.2	5.7	20.0	6.5
Aug	20.0	4.2	19.8	13.1	20.1	-	20.9	16.2	20.5	5.1
Sep	20.1	33.5	-	-	20.6	-	20.9	13.7	20.4	22.3
Oct	20.4	33.1	20.1	12.5	20.4	5.0	21.2	19.3	20.5	23.3
Nov	20.1	41.5	19.9	8.1	21.8	8.3	22.3	13.8	-	28.3
Dec	20.3	117.5	20.2	151.0	20.1	-	20.0	50.7	20.1	59.0

第3章 一般地質

エクアドルは、地質構造的にはギアナ及びブラジルシールドの西側に狭長に形成されたいわゆるアンデス Eugeosyncline 変動帯に属し、断層及び褶曲運動と激しい火山活動を伴う複雑な地質構造で特徴づけられる。

ポリバール地域の地質は、主として白亜紀後期の塩基性～中性の火山岩類・同質火砕岩類及び堆積岩類から成る Macuchi 層とこれに貫入する酸性～中性の深成岩類から構成される。Macuchi 層の層厚は約 5,000m と見積られている (MRNE/DGGM (1979, 1982))。

Macuchi 層においては、上部白亜紀を示す海生の動物化石と有孔虫化石、始新世を示す有孔虫化石が同定され、かつ、K-Ar 法によって 51.5 ± 2.5 Ma (下部始新世) の同位体年代が得られている (Henderson 1979)。また、ポリバール地域の深成岩に関しては K-Ar 年代測定法により、 19.2 ± 3 Ma ~ 30.8 ± 1 Ma の値が得られている (Henderson 1979, JICA, MMAJ 1989)。本地域周辺の地質の対比を Fig. I-3-1 に示す。

主な線構造は Guayaquil-Pallatanga 断層で代表される NNE-SSW ~ NE-SW 方向である。

エクアドルの鉱床区は、東部及び西部の2鉱床区に大別される。さらにこれら東・西2鉱床区はそれぞれ3及び5鉱床帯に細分されている。これら鉱床帯の分布を Fig. I-3-2 に、また、鉱床帯の特性を Table I-3-1 に示す。

ポリバール地域は、このうち重要なカッパーベルト帯である西部山脈の複背斜-複向斜鉱床帯に属している。

本調査地域の鉱化作用は、次の3つのタイプがある。すなわち、

- ① ポーフイリーカッパー型：貫入岩類中及びこれと接触する Macuchi 層中に部分的に認められる Cu-Mo 鉱化作用 (バルサパンバ地区、チャソ・ファン地区、テリンベラ地区及びラス・ガルディアス地区)
- ② 鉱脈型：Macuchi 層中の硫化鉱物-石英脈 (El Cristal 区域) 及び Lourdes 層中の硫化鉱物-石英脈 (San Miguel)
- ③ 温泉型：Lourdes 層中に認められる酸性変質を伴う赤鉄鉱-シリカシンタ-網状脈 (San Miguel 地区) や貫入岩類中の赤鉄鉱-石英網状脈 (ラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区) 等である。

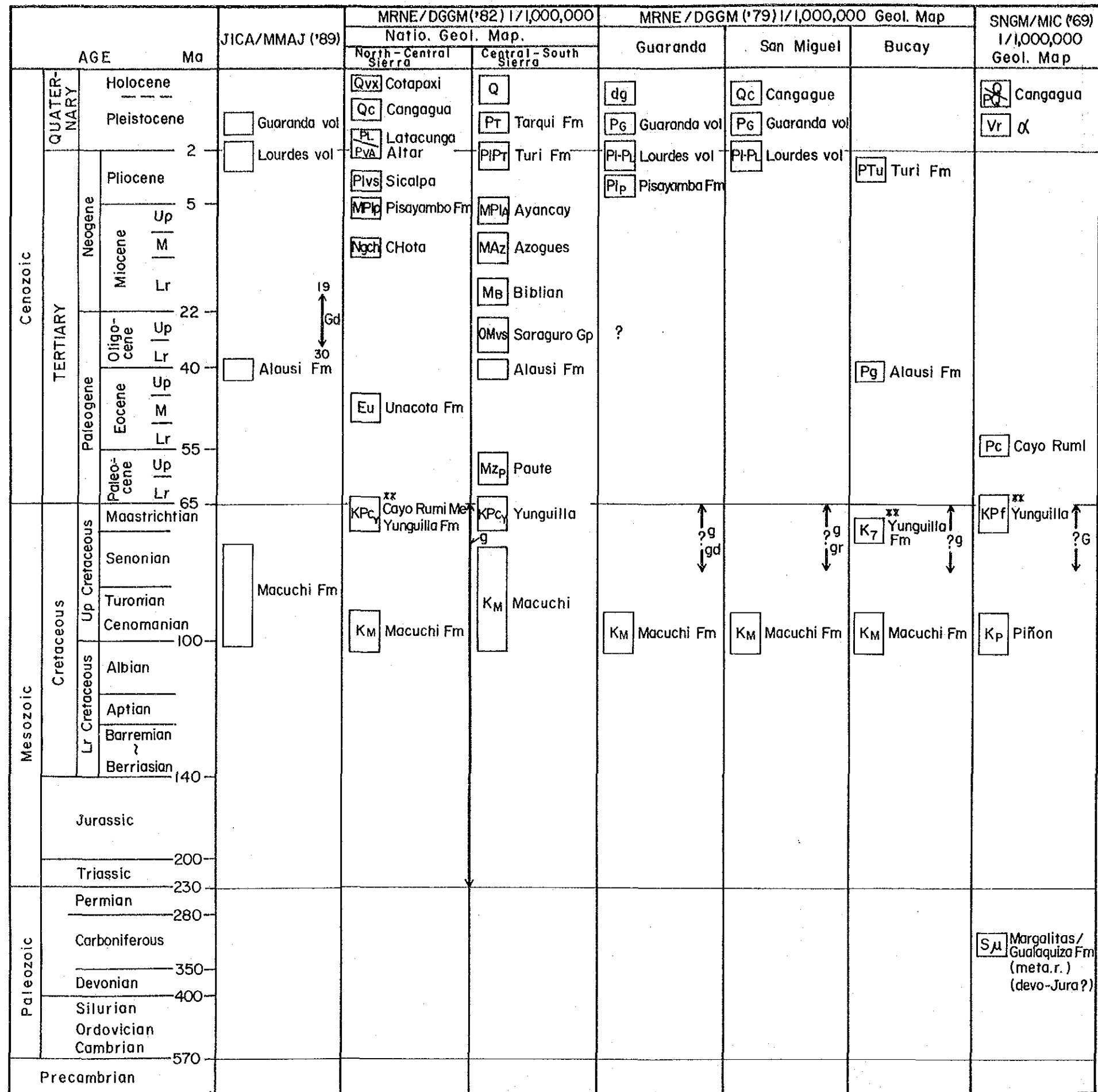
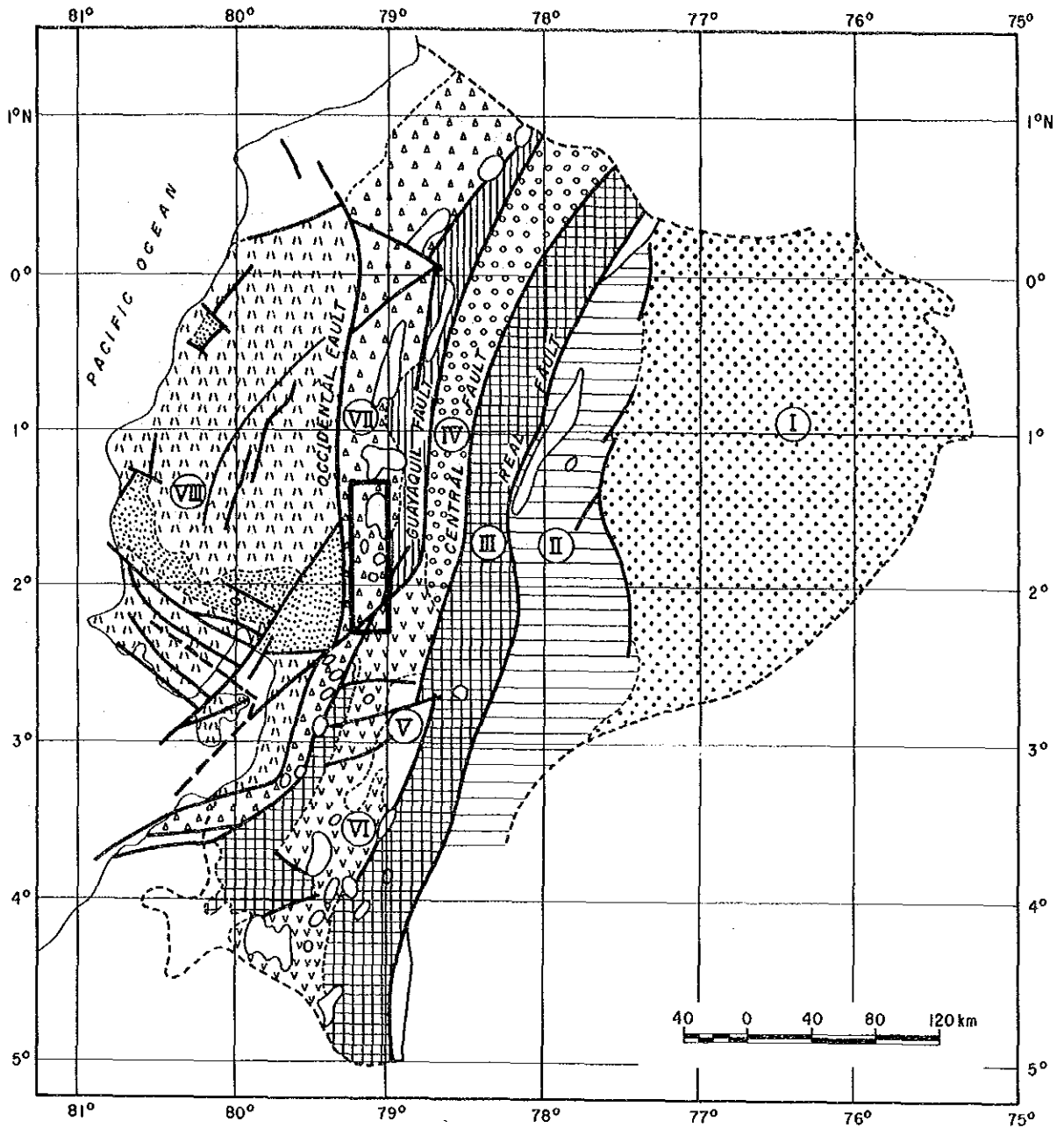


Fig. I-3-1 Stratigraphic correlation around the project area



LEGEND

- | | | | | | |
|-----|--|---|------|--|---|
| I | | Iquitos Basin | VII | | Anticlinorium-Synclinorium of Occidental Cordillera |
| II | | Oriental Pre-Andean Zone | VIII | | Coastal Zone |
| III | | Anticlinorium of Real, Moromoro and Mallepungo Cordillera | | | Fault |
| IV | | Quito Graben | | | Intrusive rocks |
| V | | Azuay Basin | | | Anticlinal and Synclinal Axis (INEMIN) |
| VI | | Catamayo Synclinorium Graben | | | |

Fig. 1-3-2 Geotectonic and metallogenic zone map of Ecuador

Table I-3-1 Classification of metallogenic zones

Topography		Geology	Metallogenic Province	Metallogenic Zone	Metallogenic Sub-Province
Galapagos Islands		Pliocene ~ Quaternary			Cu-Ni-Co Sub-Province of Ocean Floor (Quaternary)
Coast		Pre-Cretaceous ~ Pleistocene (Pinlon Formation)	Occidental (Ocean Crust, Eugeosyncline)	VIII. Coastal Zone	Fe-Ti-Pt Sub-Province of Coast (Jura ~ Early Cretaceous)
Mountain Range	Occidental Cordillera	Cretaceous ~ Paleocene (flysh) (Macuchi Formation)		VII. Anticlinorium-Synclinorium of Occidental Cordillera	Cu Sub-Province of Occidental Cordillera (Cretaceous ~ Miocene)
	Interandean Depression	Neogene ~ Holocene		VI. Catamayo Synclinorium Graben	Polymetallic Sub-Province of High Plateau (Paleocene ~ Quaternary)
				V. Azuay Basin	
		IV. Quito Graben			
	Real Cordillera	Metamorphic Rocks of Paleozoic and Mesozoic	Oriental (Continental Crust, Miogeosyncline)	III. Anticlinorium of Real, Moromoro and Mullepungo Cordillera	Sn-W-U Sub-Province of Real Cordillera (Later Paleozoic)
Orient		Carboniferous ~ Cretaceous		II. Oriental Pre-Andean Zone	Au Sub-Province of Orient Basin (Mesozoic ~ Cenozoic)
		Tertiary ~ Quaternary	I. Iquitos Basin		

第4章 調査結果の総合検討

4-1 各調査地区の調査結果検討

4-1-1 バルサパンバ地区・エル・トルネアド区域

本区域の鉱化作用はポーフリーカッパー型で、産状及び性状の違いから、鉱化帯は、“鉱染状鉱化帯”と“網状脈鉱化帯”に区分される。前者は、平面的に400m×400mの範囲に広がり、後者は、前者の分布域に、幅40~70m、延長70~350mの規模で、NNE-SSW方向に伸長して分布している。両者の関係は、前者を後者が切り、鉱化時期は、前者が先で、後者が後である。“鉱染状鉱化帯”は、鉱化帯Bを中心に広がり、そこにおける代表的鉱石の分析結果は、Cu0.03%である。“網状脈鉱化帯”は、鉱化帯A・C・D・Eがこれに相当し、代表的鉱石の分析結果は、鉱化帯A：Cu0.66%、鉱化帯：Cu0.03%である。

本年次の物理探査の結果、両鉱化帯の下限より上部の硫化鉱物の賦存状況が把握された。昨年度の地質調査及びボーリング調査の結果、両鉱化帯の水平及び垂直方向における産状、鉱物の共生関係及び変質などの一定の変化が認められた。本年次のボーリング調査の結果、“網状脈鉱化帯”の下限をぬいたこと、さらには、“鉱染状鉱化帯”も下限に近づきつつある現象が認められた。以上のことから判断し、エル・トルネアド区域では、鉱化帯の中心部は侵蝕され、現在の地表には鉱化帯の下底部付近が露出しているものと考えられる。

4-1-2 バルサパンバ地区・オソウアイコ区域

本区域の既知の鉱化帯には北西部と南部の2箇所があり、タイプが異なる。前者は、花崗閃緑岩中に胚胎する黄銅鉱-黄鉄鉱鉱染及び細脈帯で、100m×200mの広がりを有する。鉱染状鉱の分析結果は、Cu0.08%である。後者は、Macuchi層の凝灰岩層中に胚胎する珪化と部分的なスカルン化を受けた変質岩中の黄銅鉱-黄鉄鉱鉱染及び細脈帯である。本帯は2条あり、走向はほぼNE-SW系、傾斜は30°SEである。北西側の下位の脈のチップの分析結果は、Au 0.4g/t、Ag 27.8g/t、Cu2.65%である。物理探査の結果、高見掛比抵抗及び高FE（5%以上）が南東方向の傾斜で連続していることから、これらの鉱化帯は、さらに深部へ連続しているものとみられる。

また、本地区の北東部に、低見掛比抵抗及び高FE（8%以上）が確認された。本地区は風化土壌に被覆され詳細は不明であるが、下部に新たな潜頭性鉱化帯の存在が期待される。

4-1-3 チャソ・ファン地区

本地区の鉱化作用はポーフリーカッパー型で、北部・西部・中部・南部鉱化帯がある。北部鉱化帯は、幅10~15mの鉱化帯が、3箇所、400m間に点在する。そのひとつからの鉱石分析結果

は、Ag 1.3g/t, Cu0.10%である。西部鉍化帯は、幅約25mで、鉍石分析結果は、Au0.1 g/t, Ag 1.7g/t, Cu0.24%である。中部鉍化帯は、600m×400mの範囲に、11箇所の鉍徴が点在する。主要鉍化帯は、延長約150mで、鉍石分析結果は、最高Au 0.1g/t, Ag 4.2g/t, Cu1.41%である。南部鉍化帯は、800m×300mの範囲に分布し、東部と西部に分けられる。前者は延長約300mで、鉍石分析結果は、最高Au 0.1g/t, Ag7.6g/t, Cu1.46%である。後者は脈幅1~10の細脈が2列分布する。本地区で、探査上、重要なところは、中部鉍化帯から南部鉍化帯にかけての範囲である。ここには、物理探査の結果、IP異常源が想定され、鉍化帯の広がりが期待される。

4-1-4 テリベラ地区

本地区のポーフリーカッパー鉍化帯は、ボリバール地域の中では最も規模が大きく、Macuchi層まで強い鉍化作用が認められ、かつ、花崗岩類には、鉍化帯を中心として、黄鉄鉍の鉍染及び細脈が広範囲に分布している。これは、各鉍化帯を中心として、活発な熱水活動があったことを意味し、探査上、重要な地区である。鉍化帯は、巨視的に、NE-SW方向に配列して分布する。鉍化帯は、7帯認められ、中部、南部及び北部鉍化帯にまとめられる。中部鉍化帯には、500m×350mの広がり鉍化帯Ⅰと200m×400mの広がり鉍化帯Ⅱがある。鉍石分析結果は、鉍化帯Ⅰ：最高Cu 1.6%、鉍化帯Ⅱ：最高Au 0.2g/t, Ag 1.6g/t, Cu0.16%である。南部鉍化帯は400m×900mの広がり鉍化帯Ⅲ、延長約150mの鉍化帯Ⅳ及び延長200mの鉍化帯Ⅶがある。鉍石分析結果はいずれも最高Cu0.05%である。北部鉍化帯は、本年度調査で確認された新鉍化帯で、400m×1, 200mの広がり鉍化帯Ⅴ、及び延長約400mの鉍化帯Ⅵがある。鉍石分析結果は、鉍化帯Ⅴ：最高Cu0.80%、鉍化帯Ⅵ：最高Cu1.65%である。

本地区の鉍化帯が分布している地帯には、多数の貫入岩類がNE-SW方向に配列して貫入している。本地区北部には、エクアドルの中央部から北部に連続する大構造線がNE-SW方向に横切っており、貫入岩及び鉍化帯の配列方向がこれと一致することは、本地区の火成活動及び熱水活動が本構造線と関係を有していたことを暗示する。

4-1-5 ラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区

本地区の鉍化作用には、温泉型金及びポーフリーカッパー型鉍化作用が認められる。前者は、下位に白色粘土（カオリン）変質帯、上位に珪化帯が分布し、その両者にまたがって金属シタター-針状鉍物-赤鉄鉍-石英-白色粘土網状脈が胚胎する。鉍石分析結果では、最高Au 0.3g/tである。珪化帯の露頭は山頂部だけに分布し、山頂部近くから白色変質帯になっていること、珪化帯は強い付加型の珪化岩であること等から、珪化帯の大部分は侵蝕され、山頂部に分布する珪化岩は、珪化帯の底部が残存したものとみられる。

また、本地区には、黄鉄鉍を伴う変質帯（絹雲母化と弱い珪化）が分布する。これは、本地区北部に存在するポーフリーカッパー鉍化帯に関連するものとみられる。

4-1-6 ラス・ゲルディアス地区

本地区のポーフリー・カッパー型鉱化帯は、12箇所認められ、NW-SE系の断層及び優黒質閃緑岩貫入岩に沿って分布する。この方向は、他地区の鉱化帯や貫入岩の方向がNE-SW系であることと対照的である。

Angas 北部鉱化帯は、250m×500mの範囲に鉱徴が点在し、鉱石分析結果、最高Cu0.35%である。北部鉱化帯は、100×400mの範囲に鉱徴がNW-SE方向に点在し、鉱石分析結果は、最高Cu0.04%である。中部鉱化帯は、50m×250mの範囲に鉱徴が点在し、鉱石分析結果は、最高Cu0.47%である。本地区の各鉱化帯は、他の地区に比べ小規模断続的である。

4-2 総合検討

4-2-1 火成活動と鉱化作用の特性

ボリバル地域での構造運動、火成活動及び熱水活動の歴史は、次のとおりである。

白亜紀後期の海成層のMacuchi層は、始新世～漸新世のアンデス造山運動を蒙った。エクアドルの造山運動は、NNE-SSW～NE-SW系の横ずれを主体とする断層運動、同系統の褶曲運動及び深成岩の活動から成る(MRNE/CGGM, 1982)。しかしながら、本地域の深成岩の活動は、漸新世～中新世に貫入したN-S方向の花崗岩類で特徴づけられる。このN-S系は、新第三紀以降の比較的新しい構造運動によるものか、あるいは基盤構造の再運動によるものか不明である。

引き続き中新世～更新世の熱水活動が生じた。鮮新世以降の構造として、NNW-SSE系及びNNE-SSW～NE-SW系の垂直方向の転移を示す断層運動と褶曲運動が上げられる。

ボリバル地域に分布する鉱化作用には、ポーフリー・カッパー型、鉱脈型及び温泉型金の3つのタイプがある。当地域の熱水活動は、次の3期に区分される。すなわち、第Ⅰ期：硫化鉱物の沈殿を伴う中新世～鮮新世の熱水活動、第Ⅱ期：酸性変質と赤鉄鉱の沈殿を伴う鮮新世～更新世の熱水活動、第Ⅲ期：金属成分を含まない酸性変質を伴う完新世の熱水活動である。ポーフリー・カッパー型及び鉱脈型鉱化作用は第Ⅰ期、温泉型金鉱化作用は第Ⅱ期に対応する(JICA, MMAJ, 1989)。

バルサパンバ地区やテリンベラ地区で認められる鉱化帯や岩脈・ストックの配列や伸長方向はNNE-SSW～NE-SW系を示し、構造線の方向と一致している。この事実は、構造線と岩脈・ストックの貫入及び鉱化作用が密接な関係を有していたことを暗示し、探査上、重要な方向である。ラス・ゲルディアス地区における断層、岩脈及び鉱化帯の方向、すなわち、NW-SE系は構造線と共役関係にあるものとみられる。

また、花崗岩類の同位体年代測定の結果、エクアドルのMacuchi層分布域にN-S方向に点在するバソリス状の花崗閃緑岩・石英閃緑岩が30～19Maを示し、NNE-SSW～NE-SW系の岩脈やストック状の優黒質閃緑岩、角閃石石英閃緑岩及び斑状石英閃緑岩が15～18Maを示している。

この事実は、本地域の花崗岩類の活動が、初期はN-Sの基盤構造の再活動と関係を有し、末期ではNNE-SSW~NE-SW系の構造運動と関係を有していることを暗示しているのかもしれない。

ポリバール地域の地質模式層序図をFig. I-4-1に、バルサパンバ地区を除いたその他の地区の鉱徴一覧表をTab. I-4-1に、それぞれ示す。

4-2-2 鉱床賦存のポテンシャル

本年度調査の5地区に分布する鉱化作用には、ポーフイリーカッパー型と温泉型金の2つのタイプがある。

温泉型金鉱化作用は、ラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区に認められる。この鉱化帯は、部分的に金の含有が認められるが、大部分侵蝕されてしまい、現在の地表には珪化帯の底部が残存しているだけである。

ポーフイリーカッパー鉱化作用は、全地区に認められる。バルサパンバ地区・エルトルネアド区域については鉱化帯の全貌が判明している。現在の地表は鉱化帯の底部近くまで侵蝕が進行し、地下近くに鉱化帯の下限が認められた。残りの地区で最も有望な地区は、テリンベラ地区、次いで、バルサパンバ地区・オソウアイコ区域である。テリンベラ地区の鉱化帯は、鉱化帯の規模も大きく、北東方向地区外にまだ広がり期待され、探査上、重要である。バルサパンバ地区・オソウアイコ区域は、Macuchi層中の鉱化帯と花崗岩類中の鉱化帯がある。Macuchi層中に認められる鉱化帯の賦存状況を把握し、他地区に分布する類似鉱化帯に対する探査に役立つデータを収集すること、及び北東部の物理探査アノマリーの実体を把握することが必要である。ラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区では、少量の黄鉄鉱を含有する変質帯だけである。チャソ・ファン地区とラス・グアルディアス地区の鉱化帯は、部分的に、高い品位の部分もあるが、小規模である。

4-2-3 調査手法の評価

(1) 帯磁率測定

帯磁率の測定結果、次のように、岩石の種類ごとの帯磁率の範囲と、ポーフイリーカッパー及び温泉型鉱化帯共に、岩石の種類に起因する帯磁率差を上回る消磁ハローが鉱化帯を中心に存在することが判明した。すなわち、昨年度の結果も含めると、花崗閃緑岩類は $20\sim 60\times 10^{-3}$ SIユニット（以下単位除く）、優黒質閃緑岩は $40\sim 156$ 、Macuchi層の安山岩は $50\sim 70$ 、凝灰岩及び堆積岩類は10以下の帯磁率を示すが、鉱化帯では、顕著なものは0.1以下から20、程度の弱いものでは10以下から40である。ラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区のように、複数の鉱化作用が重複している場合には、それぞれの鉱化帯に対応する消磁ハローの区別は困難であるが、全体的なバックグラウンドとは明瞭な差がある。本手法は、鉱化作用に伴う消磁現象の強さが定量的に現場作業段階から認識でき、有望な鉱徴地の絞り込みにおいて有効である。

Geol. Age	Formation	Columnar Section	Lithology	Igneous Activity	Mineralization
Quaternary			gravel, sand, mud	-	-
	Guaranda Vol (100m)		pumice tuff		
Tertiary Neogene Pliocene	Lourdes Volcanics (200m)		dacite lava, its pyroclastics and conglomerate	 dacitic	 Stage II
Paleogene	Alausi Formation (80m)		porphyritic andesite	 granitic *	 Stage I
Cretaceous	Macuchi Formation (3,000m+)		basaltic to andesitic volcanics, quartz-bg andesitic volcanics, sediment	 andesitic	 Stage II

* Las Guardias batholith (25.7 ± 0.9 Ma) (30.1 ± 1.1 Ma)
 Chaso Juan batholith (20.9 ± 0.7 Ma)
 La Industria batholith (25.5 ± 0.9 Ma)
 Telimbela batholith (19.4 ± 0.6 Ma)

Fig. I-4-1 Generalized stratigraphy in the project area

Table I-4-1 Summary of survey results with mineral showings

Type of Survey	Name of Area Investigated	Area (km ²)	Geology	Name of Mineralized Zone	Occurrence	Mineralization		Host Rock	Alteration	Assay					Evaluation	
						Lateral Extension	Ore Minerals			Ag	Au	As	Pb	Zn		Cu
Detailed Geological Survey	Chaso Juan	15	Macuchi Formation: hornfels, andesites & tuff breccias Intrusive rocks: (1) Bi-Ho granodiorite (2) Melamocratic diorite	Northern part	Vet and/or dis (Por-Cu)	L (?) x 400m W 600 x 400m	Cp, Mo, Py	Gd	wh, arg, sil, chl	A2011	0.1	0.6	0.13	0.00	0.00	Mineralization, which was selected and discussed in the first phase report, has been also proved to be limited in the central part of the survey area. Geophysical investigation (IP method) will be required to test mineral extension horizontally and vertically.
										A2015	0.2	1.1	0.33	0.00	0.01	
										A2017	0.1	4.2	1.41	0.00	0.01	
										B2002	0.1	1.7	0.24	0.00	0.01	
										C2006	Tr	Tr	0.04	0.00	0.00	
Detailed Geological Survey	Telimela	9	Macuchi Formation: hornfels & basaltic andesite Intrusive rocks: (1) Bi-Ho q-diorite (2) (Bi)-Ho q-diorite (3) Ho q-diorite (4) Melamocratic diorite (5) Porphyritic q-diorite (6) Q porphyry	Zone I Zone II Zone III Zone IV Zone V Zone VI Zone VII	Vet and/or dis (Por-Cu)	L 500 x 350m W 400 x 200m 900 x 400m (?) x 400m	Cp, Py, Mo Cp, Py, Mo Cp, Py, Mo Cp-Py-Mo Cp, Py Cp, Py Cp, Py Cp, Py	Qd Qd & Horn Qd Qd Qd & Horn HQd Qd Qd	sil chl sil chl sil chl sil chl sil chl sil chl sil chl	A2024	Tr	0.6	0.04	0.00	0.01	Cu-mineralization recognized in extended area. (NE-SW direction) Three zones of mineralization are picked up in 1989. Two of three are significant mineralization. Further investigation.
										A2026	0.2	1.6	0.16	0.00	0.01	
										A2030	0.1	0.9	0.12	0.01	0.01	
										A2033	0.1	9.5	0.80	0.01	0.03	
										A2035	0.2	5.6	0.47	0.00	0.02	
Detailed Geological & Geochemical Survey	La Industria-Yatubi	8	Macuchi Formation: none Intrusive rocks: (1) q-diorite (2) melamocratic diorite	C.B. Amarillos Caimito South	Goss (Hot Spring) Goss (Hot Spring)	L 500 x 300m W 400 x 200m	Hm-Q-diy Hm-Q	Qd	sil arg sil arg	A2068	Tr	Tr	0.00	0.00	Further investigation.	
										A2071	Tr	Tr	0.02	0.01		
										A2072	Tr	Tr	0.01	0.00		
										C2029	Tr	Tr	0.00	0.00		
										C2033	Tr	Tr	0.00	0.00		
Detailed Geological Survey	Las Guardias	13	Macuchi Formation: hornfels, q-andesite, andesite & pyroclastics Intrusive rocks: (1) granodiorite (2) melamocratic diorite (3) porphyritic q-diorite	Northern part Center part Southern part Angas-north	Vet and/or dis (Por-Cu)	L 400 x 100m W 350 x 50m 400 x 100m 500 x 250m	Cp, Py, Mo Cp, Py (Cp, Py) Cp, Py	Melano Dio Ande, or Horn Gd Gd & melano Dio Gd & melano Dio	st, sil Ande, or Horn sil arg st, sil	A2080	0.2	2.1	0.47	0.00	No further investigation.	
										A2091	Tr	Tr	0.04	0.00		
										C2037	Tr	Tr	0.05	0.00		
										C2041	Tr	Tr	0.08	0.00		
										C2043	0.2	8.3	0.35	0.00		

Gd: granodiorite, Dio: diorite, Qd: quartz diorite, melano Dio: melanocratic diorite, HQd: hornblende quartz diorite, Horn: hornfels, Vet: veinlet, dis: dissemination, Goss: gossan, wh: white, arg: argillized, chl: chloritized, sil: silicified, Cp: chalcopyrite, Mo: molybdenite, Py: pyrite, St: strombolite, (Por-Cu): porphyry copper type mineralization, (Hot Spring): hot spring type gold mineralization

(2) 地化学探査

ラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区において土壌地化学探査を実施した。単変量解析で得られた各成分ごとのしきい値以上の異常帯と、因子分析で得られた2つの因子の高～中因子得点帯を基に、総合地化学異常帯を抽出し検討した。この異常帯及び特に金・ヒ素・水銀の異常は、温泉型鉱化帯の露頭及びその転石群を中心に分布しており、初期の目的を達成することができた。

(3) 試錐孔IP法電気探査

バルサパンバ地区・エル・トルネアド区域では、電流源としてMJE-1孔を利用した試錐孔IP法電気探査を実施した。孔底電極－遠電極、孔底電極－孔口電極及び孔口電極－遠電極の3種類の電流電極対を使用し、IP異常帯を各深度ごとに抽出した。IP異常として表現された鉱化露頭の下部及び潜頭鉱化帯における硫化鉱物の賦存状況は、ボーリング調査の結果、IP異常の深度ごとの平面的広がりとは良く一致し、硫化鉱物量が多量でないポーフリーカッパー鉱化帯においても、本手法が有効であることが判明した。

本手法における地形の影響については、孔口電極－遠電極の場合は、通常のIP法とほぼ等価である。しかし、孔底電極－遠電極の場合には、各論で詳細に述べるように、電流電極と電位電極の組み合わせがほぼ等距離になるような急峻な場所では、測定電位が極端に小さくなり、データの信頼性が低下するので、取り扱いに注意を要する。

(4) IP法電気探査

バルサパンバ地区・オソウアイコ区域及びチャソ・ファン地区で実施した。その結果、珪化変質の強い鉱化帯については高見掛比低坑・高FE、粘土化変質の強いものについては低見掛比抵抗・高FEとして把握され、これらを組み合わせることによって、地下における硫化鉱物の賦存状況・変質などの広がりが想定できた。

両地区共に地形が急峻なために見掛比抵抗値に地形の影響が認められた。しかし、測線が地形の傾斜方向にほぼ直交していたので、2次元モデルで良く近似することができ、解析上支障がない程度まで補正できた。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

(1) バルサパンバ地区・エル・トルネアド区域

本区域のポーフリーカッパー鉱化帯は、産状及び性状の違いから、“鉱染状鉱化帯”と“網状脈鉱化帯”に区分される。前者は、400m×400mの範囲に広がり、後者は、幅40~70m、延長70~350mの規模で、NNE-SSW方向に伸長して分布している。これらの鉱化帯は、全体的には低品位である。物理探査の結果、両鉱化帯の下限より上部の硫化鉱物の賦存状況が把握されたが、ボーリング調査の結果、“網状脈鉱化帯”の下限をぬいたこと、及び“鉱染状鉱化帯”も下限に近づきつつある現象が認められたこと等から判断し、本地区の鉱化帯は、鉱化帯の主要部は侵蝕され、現在の地表は、鉱化帯の下底部付近が露出しているものと考えられる。したがって、本区域の鉱化帯は、本格的鉱山開発の対象となり得ないことが2年間の調査で判明した。

(2) バルサパンバ地区・オソウアイコ区域

本区域に認められる広がり 200m×100mの花崗閃緑岩中の鉱化帯及び幅約10mのMacuchi層中の2条の鉱化帯は、物理探査の結果、南東方向に傾斜し下部に広がっているものとみられる。さらに、本区域北東部に、低見掛比低抗及び高FE(8%以上)からなる広い異常帯が確認され、表土に被覆されている本地区下部に、新たな潜頭鉱化帯の存在が期待される。

(3) チャソ・ファン地区

本地区のポーフリーカッパー鉱化帯には、4つの鉱化帯があるが、他地域と比較して、小規模断続的である。物理探査の結果、IP異常帯が中部鉱化帯と南部鉱化帯の中間に、また、西部鉱化帯を中心として南北方向に確認された。前者は南部鉱化帯の広がりを示し、後者は西部鉱化帯の延長を反映しているものとみられる。探査上は、前者が重要である。

(4) テリンベラ地区

本地区のポーフリーカッパー鉱化帯は7帯あり、ボリバール地域で最も規模が大きく、Macuchi層まで強い鉱化作用が認められる。花崗岩類には鉱化帯を中心として、黄鉄鉱が広範囲に分布している。鉱化帯は、巨視的に、NE-SW方向に配列して分布する。このうち、最も規模が大きいものは、北部鉱化帯である。ここには、400m×1,200mの広がりを有する鉱化帯Vと延長約400mの鉱化帯VIが分布し、鉱石分析品位は、前者は最高Cu0.80%、後者は最高Cu1.65%である。

(5) ラ・インダストゥリアーヤトゥビ地区

本年度の目的とした温泉型金鉱化作用に酷似する鉱化帯の露頭を2つの山頂部付近で確認した。その珪化岩の露頭の延長は、それぞれ約100mである。鉱石分析の結果は、最高Au0.3g/tである。珪化帯露頭が山頂部だけに分布し、山頂部近くから白色変質帯になっていること、珪化帯は強い付加型の珪化岩であること等から、珪化帯の大部分は侵蝕され、山頂部に分布する珪化岩は、珪化帯底部が残存しているものとみられる。

(6) ラス・ガルドディアス地区

本地区の主要なポーフィリー銅-銅-銅-銅化帯は、NW-SE系の断層及び優黒質閃緑岩貫入岩に沿って分布する。この方向性は、他地区の銅化帯及び貫入岩の方向性がNE-SWであることと対照的である。銅徴は12箇所あり、大部分が広がり100m以下で、他の地区に比べて小規模断続的である。銅石分析結果は、最高Cu0.47%である。

5-2 第3年次調査への提言

(1) バルサパンバ地区・オソウアイコ区域

北東部において確認された物理探査異常帯の銅化帯の実体及び広がりを把握するための、ピット・トレンチ開削を伴う地質調査及び物理探査(IP法)2測線追加を行うことが望ましい。さらに、北東部の物理探査異常帯及び南部のMacuchi層の銅化帯の深部の賦存状況を把握すると共に、エクアドルのMacuchi層分布域に認められる類似銅徴地に対する探査に役立つデータを得るためのボーリング調査を実施することが望まれる。

(2) テリンベラ地区

北東部に見いだされた銅化帯の全貌を明らかにするためのピット・トレンチ開削を伴う銅化・変質帯調査を行う必要がある。さらに、銅化帯の下部における賦存状況を把握するための物理探査(IP法)及びボーリング調査を実施することが望まれる。

第 II 部 各 論

第1章 バルサパンバ地区・エル・トルネアド区域

1-1 地質・鉱床概要

1-1-1 地 質

バルサパンバ地区の地質は、白亜紀後期の Macuchi 層の火山岩類と、これに貫入する花崗岩類（及び粗面安山岩）から構成されている。

Macuchi 層は、A～Fの6部層からなるが、本区域には、最下層のA部層が分布する。A部層は、主として暗緑色緻密塊状の輝石安山岩溶岩からなり、緑色を呈した安山岩質細粒凝灰岩及び暗灰色珪質～石灰質堆積岩類のリズミカルな薄互層を部分的に挟む。また、花崗岩類の周辺では、ホルンフェルス化を受けて、原岩の鉱物及び組織は識別できず、細粒の黒雲母－角閃石－輝石－石英からなる堅硬緻密な岩石となっている。

本区域に分布する花崗岩類は、主としてバソリス状の角閃石－黒雲母花崗閃緑岩体であるが、他に優黒質閃緑岩の小貫入岩体及び粗面安山岩岩脈・アプライト岩脈が分布している。角閃石－黒雲母花崗閃緑岩体は、NE-SWの方向性を示し、本区域に広く分布している。本岩体のK-Ar法による同位体年代は、25 Maである（JICA・MMAJ, 1989）。優黒質閃緑岩は細粒の黒雲母を主体とした閃緑岩で、貫入岩の幅は20～50 m、方向はNE-SW系が多く、局所的に斑状組織を呈する。粗面安山岩岩脈・アプライト岩脈は幅数mの岩脈として認められる。前者は緑灰色を呈し、長石及び少量の輝石斑晶を含み、方向はNE-SW～E-W系が多い。後者は無色鉱物が主体で若干の黒雲母を伴い、方向はNE-SW系及びNW-SE系が認められている。

1-1-2 鉱化作用及び変質作用

本区域の鉱化作用はポーフリー-カッパー型で、巨視的には、花崗閃緑岩バソリスの北東縁辺部に分布する。

鉱化帯は、区域内の約400m×400mの範囲に認められる。主要な鉱化帯は、NNE-SSW方向に伸長するA～Eの5条の鉱化帯である。これらの鉱化帯は、産状により“鉱染状鉱化帯”及び“網状脈鉱化帯”と命名した2つのタイプに分けられ、前者が後者により切られている。

“鉱染状鉱化帯”は、黄銅鉱・黄鉄鉱を主とする硫化鉱物が花崗閃緑岩類などの母岩中に比較的均質に散点状・フィルム状に鉱染したり、岩石の小亀裂に沿って細脈状に存在しているものである。そして、これは、本区域全体に広範囲に広がって分布している。鉱化帯Bは、このうち特に黄銅鉱量が多い部分を示したものである。Esperanza 沢沿いの幅約20 mにおける代表的鉱石の分析結果は、Cu 0.03 %である。硫化鉱物は、岩石の有色鉱物の中やその周囲により多く存在する傾向がある。母岩の変質は、緑泥石化と二次黒雲母や緑レン石の生成が特徴である。緑泥石化は、鉱

化帯全域に広範囲に広がる、二次黒雲母・緑レン石は、黄銅鉱と関係有して部分的に存在し、これらは、鉱化帯の中心に向けて増加する傾向を有している。

“網状脈鉱化帯”は、角礫化した花崗閃緑岩類の角礫の間隙を、鉱石鉱物・脈石鉱物が不規則網状に埋めたものである。鉱石鉱物は、多量の黄鉄鉱、少量の黄銅鉱・輝水鉛鉱、微量の磁鉄鉱・灰重石、局所的な磁硫鉄鉱などが認められる。脈石鉱物は、石英・緑泥石・二次黒雲母、部分的に緑レン石が存在する。本鉱化帯には、比較的大きい鉱石鉱物が認められ、黄銅鉱レンズ 1cm 以上、黄鉄鉱レンズ 5cm 以上、輝水鉛鉱 1cm 以上が部分的に存在する。角礫の発達状況は、鉱化帯内部では数 cm ~ 30 cm 大の角張った角礫の集合からなり、鉱化帯の外縁部になると、次第に角礫の発達が弱くなり、小枝状の亀裂が発達するだけの地帯に漸移する。一般に、個々の角礫の凹凸は近接する角礫と同じ形状を有し、角礫化前の状態に復元できる。“鉱染状鉱化帯”が本区域全体に認められているのに対し、本鉱化帯の分布は、NNE-SSW 方向に伸長する幅 40 ~ 70 m、延長 70 ~ 350m の限定された範囲に分布している (Fig. II-1-1)。露頭における鉱化帯 A、C、D は、全体的に絹雲母化と珪化を受けた花崗閃緑岩類の角礫帯の中に上記鉱物からなる網状脈が存在するものである。代表的鉱石の分析結果は、鉱化帯 A : Cu0.66%、鉱化帯 D : 0.03% である。

鉱化帯 E は、花崗閃緑岩類と Macuchi 層の境界部に存在する黄鉄鉱 - 緑泥石 - 石英網状脈である。変質は、脈際だけの緑泥石化と珪化である。

第 1 年次の本区域における調査は、地質精査、CSAMT 法による物理探査、及びこれらの調査結果に基づくボーリング調査が実施された。ボーリング調査は、鉱化帯 A を重点的に実施し、鉱化帯 A が傾斜約 60° で SE 方向下部に連続し、かつ、下部の方が規模が大きくなっていること、さらに鉱化帯 A の下部 150 ~ 200m 付近に別の潜頭性の“網状脈鉱化帯”が存在していることなどが確認された。潜頭性の“網状脈鉱化帯”の品位は、Cu : 0.01 ~ 0.36% である。

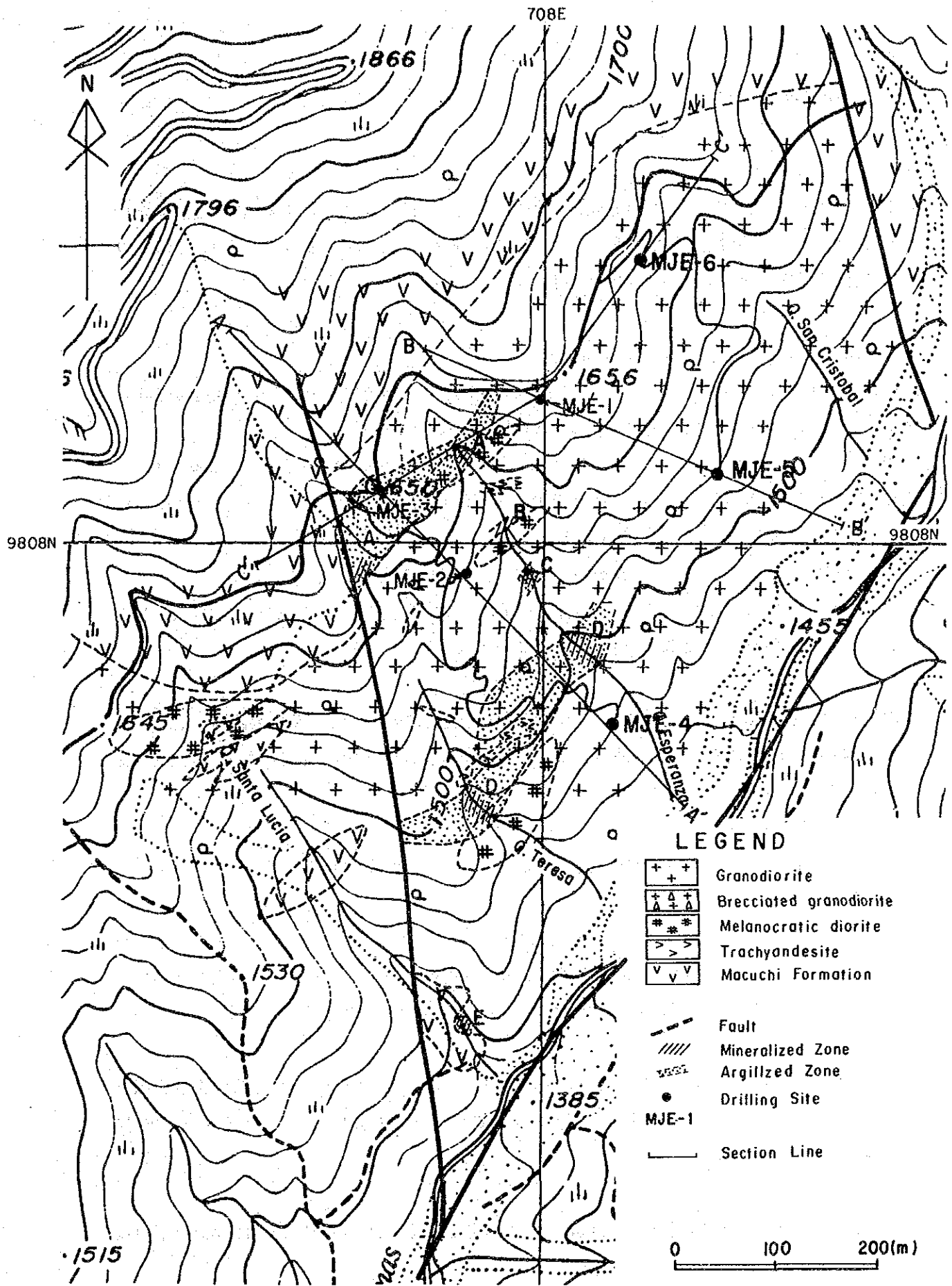


Fig. II-1-1

Geological map of the El Torneado, Balzapamba area

1-2 物理探査

1-2-1 調査目的

本調査の目的は、MJE-1孔を電流源とした物理探査（試錐孔IP法）により、同孔周辺部のIP異常帯を抽出し、第1年次調査で確認された鉱化帯の深部での拡がりを把握するとともに、ボーリング調査の位置選定に参考となる資料を提供することである。

1-2-2 調査方法（1）試錐孔IP法概要

IP法電気探査は、鉱物や岩石の電気化学的性質に起因する分極現象（IP現象）を測定する手法であり、主として硫化物を含む金属鉱床の探査に用いられている。

IP法は一般に、双極子（Dipole-dipole）型電極配置（以後Dp-Dp型電極配置と称する）により実施されるが、本調査区域では、試錐孔電極と遠電極を利用する試錐孔IP法を採用した。試錐孔IP法を採用した理由は以下の通りである。

- ① 第1年次調査のボーリング調査で、深部に有望な潜頭性鉱化帯が確認された。
- ② 浅部にも別の鉱化帯が存在するため、双極子型電極配置によるIP法や他の地表調査では潜頭性鉱化帯の賦存状況を正確に把握することは困難である。

本調査では、孔底電極-遠電極（D-R）、孔底電極-孔口電極（D-S）及び遠電極-孔口電極（R-S）の3種類の電流電極配置を使用した。それぞれの電流電極配置で探査できる2次元的な範囲はFig. II-1-2に示す通りである。

① R-S型電極配置

この電流電極配置では、電位電極直下でしかも浅部のIP異常源を捕捉することができる。

② D-S型電極配置

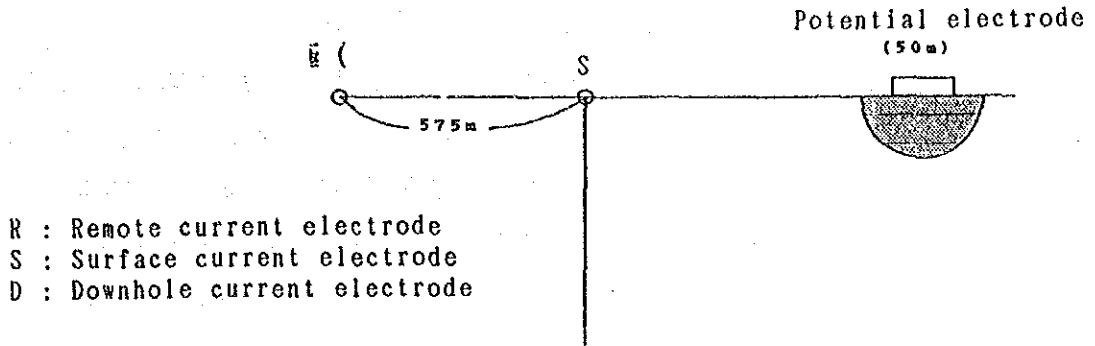
電位電極がボーリング孔に近い場合、孔口電極の影響を受けるが、ボーリング孔から遠ざかるにつれ孔底電極の影響を受けるので、孔底電極深度付近までの中深部のIP異常源を捕捉できる。ただし、IP異常は異常源の直上ではなくやや遠方の測点に出現する。

③ D-R型電極配置

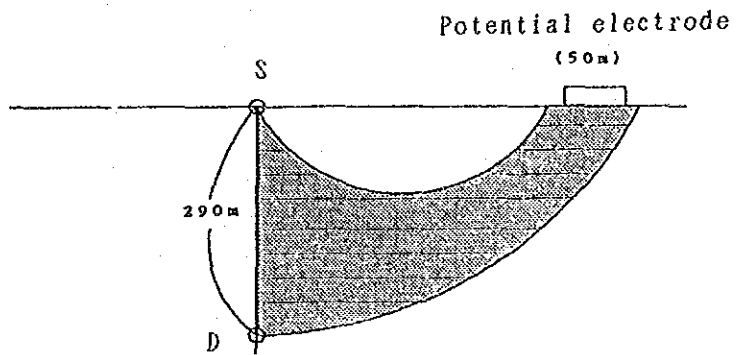
この電極配置では、遠電極の影響はほとんど受けなため、孔底電極に近い深部のIP異常源を捕捉できる。また、ボーリング孔から離れた測点では、孔底電極深度より深くに分布するIP異常源も捕捉可能である。

ただし、IP異常源が電位電極の極く近傍に存在する場合、電極配置に関係なくIP異常が現れる。

1) R-S(Remote-Surface) electrode configuration



2) D-S(Downhole-Surface) electrode configuration



3) D-R(Downhole-Remote) electrode configuration

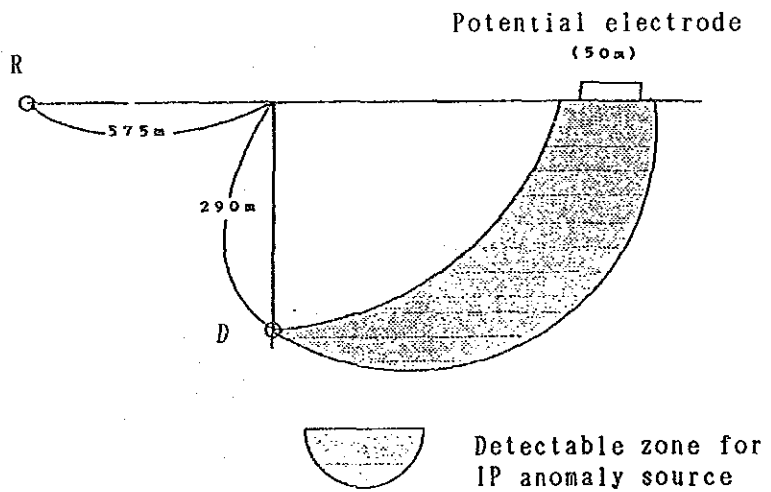


Fig. II-1-2 Detected zone by each electrode configuration

(2) 測定方法

本区域では、3.0 Hz及び 0.3 Hz の2種類の周波数により測定を行った。

測線は、第1年次調査で掘削されたMJE-1孔を中心として真北より30度間隔に12本、放射状に設定した。測線長は575mで、測点は水平距離50m間隔に設定し、測点番号は中心より0, 1, 2, ……23と25m毎に番号を付した。本区域の測線の位置をFig. II-1-3に示す。電流電極は孔底電極DをMJE-1孔の深度290mの地点に、孔口電極SをMJE-1孔の孔口に、遠電極Rを測定測線から180度の方向にMJE-1孔から575mの地点に設置した。また、電位電極間隔は50mとした。

Name of Line	Length	Direction	Name of Line	Length	Direction
E0	575m	N0°	E180	575m	S0°
E30	575m	N30° E	E210	575m	S30° W
E60	575m	N60° E	E240	575m	S60° W
E90	575m	N90° E	E270	575m	N90° W
E120	575m	S60° E	E300	575m	N60° W
E150	575m	S30° E	E330	575m	N30° W

(3) 測定機器

本調査に用いた測定機器は以下のとおりである。

Name of Equipment	Model	Specification	Quantity
IP Transmitter	CH-T7802	2.5A, 800V	1
IP Receiver	CH-R7802		1
IP Checker	522A		1
Engine Generator	GPU-2000	2kw, 150V, 400Hz	1
Transceiver	ICB-660	0.5W	6

1-2-3 解析方法

解析方法の手順をFig. II-1-4に示す。

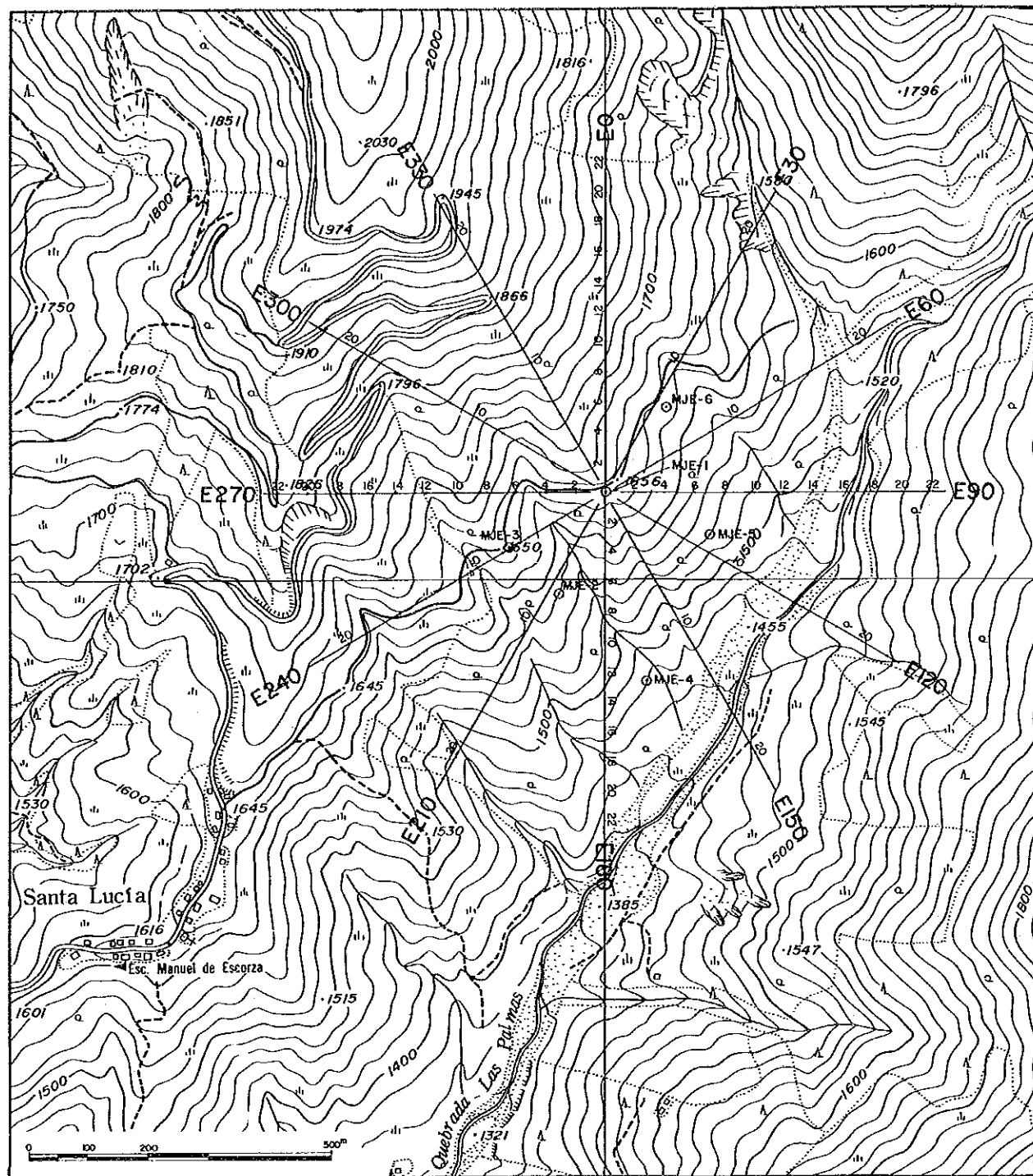


Fig. II-1-3 Location map of borehole-IP survey lines in the El Torneado, Balzapamba area

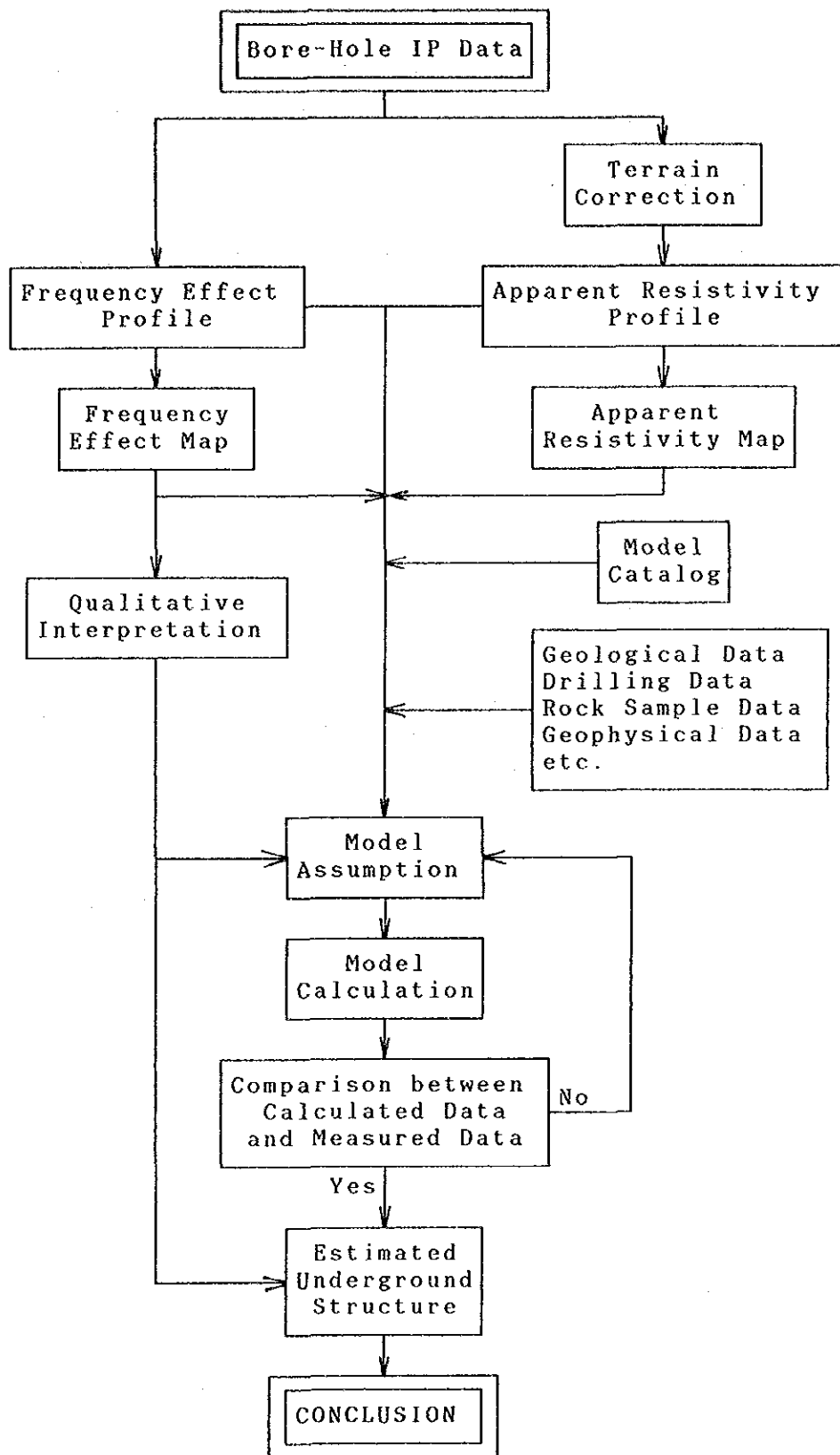


Fig. II-1-4 Flow chart of borehole-IP data analysis

(1) 比抵抗・FEの算出

一対の電流電極 (C_1, C_2) より大地に 3.0 Hz 電流 (I_{AC}) を供給し, 他の一対の電位電極 (P_1, P_2) で電位 (V_{AC}) を測定する。このときの大地の見掛比抵抗 (ρ_{AC}) は次式により算出される。

$$\rho_{AC} = K \cdot \frac{V_{AC}}{I_{AC}} \quad (\Omega \cdot m)$$

ここに, K は電極配置係数と称され, 各電極の配置により定まる係数である。本調査で用いた電流電極配置 (R-S, D-S, D-R) での係数 K_{RS}, K_{DS}, K_{DR} は, 以下のように求められる。

$$K_{RS} = 2\pi / \left(\frac{1}{SP_1} - \frac{1}{SP_2} - \frac{1}{RP_1} + \frac{1}{RP_2} \right)$$
$$K_{DS} = 2\pi / \left(\frac{1}{SP_1} - \frac{1}{SP_2} \right) - 4\pi / \left(\frac{1}{DP_1} - \frac{1}{DP_2} \right)$$
$$K_{DR} = 4\pi / \left(\frac{1}{DP_1} - \frac{1}{DP_2} \right) - 2\pi / \left(\frac{1}{RP_1} - \frac{1}{RP_2} \right)$$

また, FE は, 3.0 Hz の電流を大地に流し, 受信器により電位 V_{AC} を測定した後, 電流値を一定にして周波数を 0.3 Hz に切替えることにより, 受信器で直読できる。すなわち, 見掛比抵抗の周波数による変化率として次式で算出される。

$$FE = \frac{V_{DC} - V_{AC}}{V_{AC}} \times 100 = \frac{\rho_{DC} - \rho_{AC}}{\rho_{AC}} \times 100 (\%)$$

なお, 測定値は平面図上の電位電極の midpoint (電位電極が測点 1 と測点 3 に設置されていれば, 測点 2 の位置) に表示される。

(2) 地形補正

上述した見掛比抵抗の算出では, 電極を無限平面に配置したものとして電極配置係数を仮定しているため, 大地が電氣的に均質であったとしても, 算出された見掛比抵抗は地形起伏による影響を受けている。試錐孔 IP 法の電極配置では, 谷地形の場所では見掛比抵抗が低く, 山地形では高く検出される。このことは, $Dp-Dp$ 型電極配置の場合と同様であるが, 特に, $D-S$ 型及び $D-R$ 型電極配置では, $R-S$ 型及び $Dp-Dp$ 型電極配置に比べて, 地形起伏の影響を強く受ける。一方, FE は見掛比抵抗の周波数による変化率であるため, 地形起伏による影響を受けることは少ない。

本区域では, 地形が急峻で起伏に富んでいるため, 全測線に 2次元の有限要素法による地形補正を施し, 補正した見掛比抵抗値を用いて断面図及び平面図を作成した。

(3) 室内物性試験

地表で測定された物理量は、地下の岩体及び鉱床の真の物性を表すことは少ないため、見掛比抵抗及びFEを解析して地下構造を推定するためには、調査地内に分布する岩石の真の比抵抗及びFEを知ることが必要である。

岩石試料にはボーリングコアを利用し、自然状態に近付けるため10日間蒸溜水に浸して含水飽和状態にした。

岩石試料の比抵抗 (ρ) は次式によって求められる。

$$\rho = \frac{2 \pi r_2}{\ell} \times \frac{V}{I} \quad (\Omega \cdot \text{m})$$

ℓ : ボーリングコアの長さ

r : ボーリングコアの半径

V : 電位差

I : 電流値

また、FEは3.0 Hz と 0.3 Hz の2種類の周波数の電流を流すことによって求められる。

(4) シュミレーション解析

IP法の解析には、基本モデルによる見掛比抵抗分布やFE分布を参考としながら断面図及び平面図を定性的に解析する定性解析、及び、推定地下構造モデルを作成し、その理論値を計算する定量解析が用いられる。この定量解析を一般に(モデル)シュミレーション解析と称する。

まず、地質構造、基本モデル・パターン及び岩石試料物性測定値を参考として推定地下構造モデルを作成し、このモデルに対する見掛比抵抗とFEの理論値を計算する。次に、この理論値と測定値を比較しモデルを修正する。この作業を繰返し行い、理論値を測定値に近似させて最適地下構造を推定する。

通常のIP法では、種々のIP異常源によるモデル・パターンが作成されているが、本区域で実施した試錐孔IP法では、十分なモデル・パターンは用意されていない。本調査では、ボーリング調査により地下構造が推定されているので、これを参考として基本モデル・パターンを作成した。この基本モデル・パターンの例を巻末のFig. A-3に示す。

なお、本調査では2次元有限要素法によりモデル・シュミレーションを行った。

1-2-4 調査・解析結果

(1) 室内物性試験結果

エル・トルネアド区域では、MJE-4孔のボーリング・コアより16個の試料を採取し、比抵抗及びFEの物性試験を行った。この結果を第1年次の試験結果7件と共に、Tab. II-1-1に示す。なお、岩石試料はすべて花崗閃緑岩である。

Table II - 1 - 1 Resistivity and FE of Rock Samples of the El Torneado, Balzapamba Area

Sample No.	Location	Occurrence	ρ ($\Omega \cdot m$)	FE (%)
1	MJE-4 22.7 m	py weakly dissemination	838	0.2
2	MJE-4 31.6 m	cp-py thin vein/dissemination	4,850	4.0
3	MJE-4 60.5 m	py thin vein/dissemination	934	3.9
4	MJE-4 72.0 m	py film/dissemination	655	4.9
5	MJE-4 86.4 m	py thin vein/dissemination	518	6.0
6	MJE-4 104.8 m	cp-py thin vein/dissemination	5,370	9.5
7	MJE-4 120.0 m	bt-chl-qtz vlts	425	0.2
8	MJE-4 138.0 m	bt-chl-qtz vlts	874	0.9
9	MJE-4 152.4 m	bt-chl-qtz vlts	2,740	0.0
10	MJE-4 174.5 m	mo-cp-py vlts/dissemination	4,580	9.2
11	MJE-4 200.6 m	cp-py thin vein/dissemination	3,390	6.1
12	MJE-4 223.5 m	cp-py dissemination	3,980	5.7
13	MJE-4 247.5 m	py thin vein dissemination	3,640	9.1
14	MJE-4 268.5 m	cp-py dissemination	2,880	5.5
15	MJE-4 289.0 m	py dissemination	1,250	2.0
16	MJE-4 303.5 m	py dissemination	8,090	3.2
	MJE-1 200.0 m	cp-py dissemination	5,320	2.9
	MJE-1 300.0 m	cp-py thin vein/dissemination	2,270	5.4
	MJE-2 100.4 m	cp-py weakly dissemination	896	1.8
	MJE-2 190.0 m	py weakly dissemination	1,500	4.6
	MJE-2 300.0 m	py weakly dissemination	13,170	0.6
	MJE-3 273.5 m	cp-py thin vein/dissemination	1,060	7.3
	MJE-3 291.0 m	cp-py dissemination	3,830	5.4

岩石試料の比抵抗値は、425~13,170 $\Omega \cdot m$ の範囲で変化し、平均値（対数）は、2,140 $\Omega \cdot m$ である。傾向としては、150m 以浅で低比抵抗であり、150m 以深で高比抵抗を示している。また、珪化変質の強いものほど高比抵抗を示し、粘土化変質の強いものほど低比抵抗を示すようである。FE 値については、0.0~9.5% の範囲（平均 4.3%）で変化し、硫化物量に比例して FE 値が高くなる傾向がある。また、概して、硫化物が鉱染状に含まれる試料よりも細脈状に含む試料の方が FE 値が高い傾向を示している。

(2) 測定結果平面図

(i) R-S (Fig. II - 1 - 5, Fig. II - 1 - 6)

本電極配置における平面図は、電位電極周辺の地下 100m 程度までの浅部の見掛比抵抗分布及び FE 分布を表している。見掛比抵抗は、372~1,440 $\Omega \cdot m$ の範囲で変化しており、FE 値は、3.6~9.1% の範囲で変化している。

顕著な高見掛比抵抗異常及び低見掛比抵抗異常は認められないが、 $650 \Omega \cdot m$ 以下が粘土化変質を反映し、 $1,000 \Omega \cdot m$ 以上が弱い珪化変質を反映していると考えられる。 $650 \Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗は、調査区域中央部に広く分布している。特に、MJE-3孔付近には $400 \Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布しており、この付近の地下浅部の粘土化変質が強いことを示している。また、見掛比抵抗は、測線E210-E30を境として、南東側で高く、北西側で低い傾向を示している。

FE値は、ほぼ全域で6.0%以上の高い値を示しており、MJE-1孔の西方にN-S系の8.0%以上の高FEが検出された。これは、ほぼ同方向の断層と対応しているが、南端は鉍化帯Aの南西端にも相当する。また、北方にみられる8.0%以上の高FEもほぼ同方向の断層に対応している。これらの高FE異常は、低見掛比抵抗の分布と一致または平行しており、いずれも断層沿いの鉍化作用及び粘土化変質を反映していると考えられる。

(ii) D-S (Fig. II-1-7, Fig. II-1-8)

本電極配置における平面図は、地下200m程度までの見掛比抵抗分布及びFE分布を表している。

見掛比抵抗は、 $53 \sim 17,500 \Omega \cdot m$ の広い範囲で変化しているが、地形変化の影響による擬似の高見掛比抵抗異常（測線E90の東部、測線E120の測点16付近、測線E180及び測線E210の南部など）や擬似の低見掛比抵抗異常（測線E120の東部、測線E180の測点12付近、測線E240の測点12付近など）が認められる。しかしながら、R-S (Fig. II-1-5)と同様に、測線E210-E30を境として、北西側が低見掛比抵抗、南東側が高見掛比抵抗という傾向を示しており、この傾向はR-Sより明瞭である。

FE値は0.5~16.0%の範囲で変化し、R-S (Fig. II-1-6)と類似した分布傾向を示すが、高低のコントラストは大きい。MJE-1孔の西方及び北方の8.0%以上の高FEは、R-Sと同様に低見掛比抵抗を伴っており、断層に関連した異常であると思われる。一方、MJE-1孔の南方から南東方にかけてはほぼENE-WSW系の低見掛比抵抗・高FEのIP異常が出現している。特に、測線E180では、0.5%から16.0%に急激に変化する試錐孔IP法独特のパターンを示し、粘土化変質を伴う鉍化帯Dに対応している。本異常は、R-Sでは認められないことから、中深部での鉍化帯DのENE方向への連続性を示していると考えられる。

なお、地形変化の影響については次節、1-2-4 (3)において述べる。

(iii) D-R (Fig. II-1-9, Fig. II-1-10)

本電極配置における平面図は、地下300m程度までの見掛比抵抗分布及びFE分布を表している。

見掛比抵抗は、 $50 \sim 4,200 \Omega \cdot m$ の範囲で変化している。中央部を除き、ほぼ全域に $650 \Omega \cdot m$ 以上の見掛比抵抗が分布しており、深部の高比抵抗岩体を反映している。

FE値は、-20~42%の広い範囲で変化している。MJE-1孔の南東には、本電極配置の特徴である負のFE異常が出現し、9.0%以上の高FEがこれを取囲んでいる。MJE-1孔の北西部の異

常が潜頭鉱化帯、南東部の異常が鉱化帯 A の深部への連続性を反映していると考えられる。

また、MJE-2 孔、MJE-3 孔付近及び MJE- 孔の東側に $650 \Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗異常が捕捉されており、これらは前述の負の FE 異常及び 9.0% 以上の高 FE に対応することから、深部の鉱化作用に伴う粘土化変質を反映していると推定される。

(3) 測定結果断面図

全測線とも、D-R の実測見掛比抵抗値は、R-S 及び D-S と類似した変化を示しているが、値は 10 倍程度大きい。これは、D-R 電極配置独特の電位分布によるものであり、本調査では、地形補正と併せてこれも補正してある。また、以後特にことわりのない限り、補正済見掛比抵抗値について述べる。

各電極配置による曲線が一致している場合には、中深部から深部にかけて均質であることを示しており、曲線の屈曲は地表付近の比抵抗または FE の変化を表している。また、曲線が一致しなくても各曲線の屈曲が同じ傾向を示している場合も、地表付近の比抵抗または FE が変化していることを示している。さらに、D-S 曲線だけの分離及び変化は、中深部の比抵抗または FE の変化を示しており、D-R 曲線だけの場合は深部の変化を示していると解釈される。

(i) 測線 E 0 (Fig. II - 1 - 11)

本測線では、各電極配置とも類似した見掛比抵抗分布を示しているが、D-R が全体的に高見掛比抵抗を示し、深部の高比抵抗岩体を反映している。また、測点 13 を境にして比抵抗が変化しており、北側がやや低比抵抗を示している。

FE 値は、各電極配置とも測点 8 ~ 22 の間ではほぼ同じであるが、D-R の測点 2 ~ 6 は深部 - MJE - 1 孔の孔底付近 - の鉱化帯を反映して高 FE を示している。また、測点 10 では、いずれも相対的に低 FE を示しており、地表付近の局所的低 FE を反映していると考えられる。

(ii) 測線 E 30 (Fig. II - 1 - 12)

R-S と D-S の見掛比抵抗分布はほぼ同じであるが、D-R は、測点 16 ~ 22 を除き異なっている。測点 2 及び測点 6 ~ 14 では見掛比抵抗が高くなっており、深部に高比抵抗岩体が存在することを示している。また、測点 16 では、各電極配置とも見掛比抵抗が低下しており、地表付近の低比抵抗層を反映している。さらに、測点 4 では、D-R の見掛比抵抗が低下しており、これは、浅部から深部に掛けての低比抵抗を反映している。

FE 値は、R-S と D-S とはほぼ同様の分布を示しているが、D-R は全体的に FE が高く、深部での高 FE 化を示している。D-R の測点 2 ~ 6 の高 FE は、測線 E 0 と同様に深部 - MJE - 1 孔の孔底付近 - の鉱化帯を反映している。また、測点 14 及び測点 18 ~ 20 には、地表付近の局所的な高 FE が推定される。

(iii) 測線 E 60 (Fig. II - 1 - 13)

見掛比抵抗は、D-Rの測点 2~ 8を除き、各電極配置ともほぼ同様な分布を示している。測点 4の深部及び測点 10の地表付近に高比抵抗岩体が推定されるが、後者は、地形による影響が残っている可能性も考えられる。また、測点 12 ~ 22 では、D-Sの見掛比抵抗がやや高くなっているが、地形補正が過剰なためと考えられる。

FE分布では、測線 E 30 と同様に孔底付近の鉱化帯を反映して、D-Rの測点 2~ 6に高FEが認められ、測点 8~ 14の深部での高FE化も認められる。また、測点 10の地表付近には、局所的な高FEが推定される。

(iv) 測線 E 90 (Fig. II - 1 - 14)

見掛比抵抗は、D-Rの測点 2~ 6及びD-Sの測点 12 ~ 22を除きほぼ同じ分布を示しており、測点 7を境として比抵抗が変化し、相対的に東側が高比抵抗、西側が低比抵抗である。測点 4では、D-Rの見掛比抵抗が急激に低下しているが、地形の影響による可能性が高い。また、測点 12 ~ 22のD-Sの見掛比抵抗は、実測見掛比抵抗値から考えても、明らかに過剰補正である。これは、後述(1-2-5)する理由により地形の影響によるものと考えられる。

FE分布では、測線 E 60 と同様に孔底付近の鉱化帯を反映する高FEが、D-Rの測点 8以西に認められるが、測点 12 以東では、D-RとR-SのFE値はほぼ一致しており、深部に高FEが存在しないことを示している。また、D-Sの測点 14 以東ではFE値が高くなっているが、これは高FE岩体によるものではなく、測定電位が低いために(地形の影響) S/N比が劣化したことが原因と考えられる。

(v) 測線 E 120 (Fig. II - 1 - 15)

見掛比抵抗分布では、測点 10 付近に地表付近の局所的な高比抵抗岩体によると考えられる相対的な高見掛比抵抗が認められる。また、D-Rの測点 4の低見掛比抵抗、及び、D-Sの測点 12 以東の乱れは、測線 E 90 と同様に地形の影響によるものと考えられる。

FE分布においても測点 14 以東のD-Sには、測線 E 90 と同様の原因による高FEが認められる。また、測点 8以西のD-RのFE値の急激な変化は、孔底付近の鉱化帯を反映していると考えられる。

(vi) 測線 E 150 (Fig. II - 1 - 16)

見掛比抵抗分布は、測点 6のD-R及び測点 12 以南のD-Sに地形の影響が認められるが、前述の測線 E 90 及び測線 E 120に比べ、地形補正結果は良好である。各電極配置ともほぼ同様の分布傾向を示しており、地表付近の比抵抗変化は認められるが、深部での比抵抗変化は認められない。

FE値は、測線E 120と類似した分布を示している。測点 12 以南のD-Sには、測線E 120と同様にS/N比の劣化によると考えられる乱れが認められる。

(vii) 測線E 180 (Fig. II - 1 - 11)

測点 10 ~ 14 には、見掛比抵抗及びFE分布ともにS/N比の劣化による影響が認められるが、測点 10 ~ 14 のD-Sに低見掛比抵抗、測点 10 ~ 18 のD-Rに試錐孔IP独特のFE異常（高FEと低FEの組み合わせ）が認められることから、中深部に低比抵抗・高FEの異常源（鉱化帯Dに相当する）が推定される。測点 6のD-Rには負のFE異常が認められ、孔底付近の鉱化帯を反映していると考えられる。また、見掛比抵抗分布では、R-SよりD-Rの方が若干高くなっており、深部の高比抵抗岩体を反映していると考えられる。

(viii) 測線E 210 (Fig. II - 1 - 12)

本測線でも測点 4のD-Rに負のFE異常が認められ、孔底付近の鉱化帯を反映していると考えられる。また、測点 8では、各電極とも低見掛比抵抗を示し、FEも低くなる傾向が認められ、局所的な低比抵抗・低FEが推定される。さらに、測点 19 を境として見掛比抵抗が変化し、測点 17 を境としてFEが変化しており、これらは測点 20 付近に分布するMacuchi 層に対比される。

(ix) 測線E 240 (Fig. II - 1 - 13)

測点 8の相対的な低見掛比抵抗及び測点 10 の相対的な高FEは、この付近をN-S系に横切る断層によるものであろう。測点 12 以西のD-Sには、地形の影響が認められる。測点 8以東のD-Rには、孔底付近の鉱化帯による高FEが認められる。また、D-Rの見掛比抵抗は全体的に高く、深部の高比抵抗岩体を反映している。

(x) 測線E 270 (Fig. II - 1 - 14)

FE値は、各電極配置ともほぼ同じ分布を示しており、測点 10 にN-S系の断層に対比される高FEが認められる。見掛比抵抗分布では、測点 6以西で各電極配置とも異なった分布を示しているが、D-Sは低く、D-Rが高く、R-Sはこれらの中間を示している。即ち、中深部に低比抵抗岩体、深部に高比抵抗岩体が存在すると考えられる。

(xi) 測線E 300 (Fig. II - 1 - 15)

見掛比抵抗は、測線E 270と同様に、中深部に低比抵抗岩体、深部に高比抵抗岩体の存在を示す分布が認められる。また、D-Rには孔底付近の鉱化帯による高FEが認められる。

(xii) 測線 E 330 (Fig. II - 1 - 16)

見掛比抵抗の分布は、測線 E 0 及び測線 E 300 と類似しており、FE の分布は測線 E 0 に類似している。

(4) シュミレーション解析

本区域では、鉱化帯の走向とほぼ一致する測線 E210-E30 及び鉱化帯に直交する測線 E300-E120 について、シュミレーション解析を行った。

両断面の見掛比抵抗曲線は、全般に浅部が中比抵抗、中部が低比抵抗、深部が高比抵抗を示し、FE 曲線は平均的に 5~6% を示すので、3層構造を基本モデルとした。

このモデルに試錐調査で明らかにされた鉱化帯の位置を挿入し、試錐孔 IP で得られた FE の異常のパターンを解析して、測定値にほぼ合う鉱化帯のモデルを作成した。なお、見掛比抵抗は局所的な地形の影響を強く受け、二次元解析では正確に近似できないので、FE を主体としたシュミレーションを行った。その結果を Fig. II - 1 - 17, 18 に示す。

(i) 測線 E210-E30 (Fig. II - 1 - 17)

地表下 50m のブロック 4 は鉱化帯 A に相当し、地形の起伏とほぼ平行して、厚さ約 100m で分布するが、東に行くにしたがい薄くなるようである。

深度 250m のブロック 5 は潜頭鉱化帯を示し、厚さ約 100m で、緩い西傾斜で賦存する。この鉱化帯は鉱化帯 A より硫化物の含有量が多い (FE が高い) と推定される。

これらの鉱化帯は、R-S 及び D-S での MJE-1 孔付近での相対的な低 FE、D-R での MJE-1 孔付近での極端な高 FE 異常と負の FE 異常の組み合わせから推定されたものである。

(ii) 測線 E300-E120 (Fig. II - 1 - 18)

ブロック 5 は鉱化帯 A に相当し、MJE-1 孔の北側で厚く、南側で薄く、南に急傾斜している。

ブロック 6 は潜頭鉱化帯を表し、MJE-1 孔の北側では地形に沿って南傾斜で胚胎し、南側ではほぼフラットに分布している。

ブロック 7 は鉱化帯 B あるいは C に相当し南に急傾斜している。このブロック 7 は D-S での No. 10 以南での急激な FE の高異常をもたらしている。

MJE-1 孔と MJE-5 孔の間の D-R での極端な高 FE 異常と負の FE 異常は、ブロック 6 とブロック 7 の組み合わせによりもたらされたものである。

1-2-5 考 察

(1) 総合解析

調査・解析結果をまとめ、それを総合解析図としてFig. II-1-19に示した。本図を地質調査結果及びボーリング調査結果と対比して、調査地域の鉱化作用などの状況を以下のように考察した。

浅部に4つの高FE異常源が推定される。

これらのうちMJE-1を中心とするものは、相対的に低FE異常として現われているが、これは浅部に高FE異常源が存在するときに現われるものであり、鉱化帯Aの分布域を示し、南に急傾斜している。

調査区域北部のE-W系、西部のN-S系の帯状の高FE異常源は、それぞれ断層に沿った鉱化帯であると推察される。

南西部のNW-SE系の高FE異常源は、優黒質花崗閃緑岩の貫入に関連した鉱化帯を示すものと推定される。

調査区域の中深部には低比抵抗・高FE異常源が分布しており、これは鉱化帯Dに対応している。

調査区域のほぼ西半部の中深部には低比抵抗層が分布し、粘土化変質などを示唆していると考えられる。この低比抵抗層の存在は、R-S及びD-Sの見掛比抵抗平面図で測線E210-E30を境として北西部の見掛比抵抗が低くなることから推定された。

この低比抵抗層の下部には深部高比抵抗岩体が分布し、新鮮または珪化変質の強い花崗岩類に対比されると考えられる。また、Fig. II-1-19に示されている境界線は、高比抵抗岩体の標高約1,400mの等高線に相当し、これより東側では、より深くに（より標高の低い位置）に高比抵抗岩体が存在するものと推察される。

MJE-1孔の孔低付近には、高FE異常源が分布し、潜頭鉱化帯を反映しMJE-1孔の北側では南傾斜、南側ではほぼフラットに分布していると推定される。

以上のように、本区域で実施された試錐孔IP法では、MJE-1孔で確認された鉱化帯A及び潜頭鉱化帯に対比される高FE異常源が検出され、これらの平面的拡がり把握することができた。またシュミレーション解析により、鉱化帯Aは急傾斜であり、潜頭鉱化帯は緩傾斜で、特に、MJE-1孔の南側ではほぼ水平であることが推察された。

(2) 試錐孔IP法についての見解

金属鉱床探査における試錐孔を利用した物理探査には、鉱体流電法（Mise-a-la-masse）がよく用いられる。この方法は、塊状硫化鉱などの導電性鉱体に直接電流を流し、地表・坑道・試錐

孔で電位を測定して電位分布を調べることにより、鉱体の分布範囲、走向、傾斜を明らかにする手法である。

本調査で行った試錐孔IP法も、基本的には鉱体流電法の範疇に入るが、2つの点で測定法に違いがある。

それらは、i) 鉱体流電法では電位分布だけを測定するが、試錐孔IP法では、電位分布（比抵抗）とFEを測定すること、ii) 電流電極・電位電極の配置が異なることである。

この測定法の違いを技術的にみると、鉱体流電法は塊状硫化鉱体、層状含銅鉱床などのように導電性の高い鉱体の探査に有効であると言える。一方、試錐孔IP法は母岩とそれほど比抵抗の差のない硫化鉱体の探査に有効であると考ええる。

本地区では、1-2-1節で述べた理由により試錐孔IP法による調査を実施した。その結果、従来のダイポール・ダイポール型電極配置では検出不可能であると思われる深部の鉱化帯を捕捉できた。

本手法の適応性に関しては、J. BERTIN and J. LOEB (1976) が論じているが、今回の調査の結果、技術的にいくつかの問題点が明らかにされたので、以下にこれらについて述べる。

D-S電流電極配置の場合に、測線E90、測線E120、測線E150、測線E180及び測線E210の一部の測点で特異な低見掛比抵抗異常がみられ、また測定不能の場合があった。これは、電位電極が等電位線（面）上の近くに位置する場合で、電位電極間の電位差が極端に小さくなるからである。このような条件下では、地形補正係数が大きくなり、地形補正済見掛比抵抗値の信頼性が低くなる。

また、測定電位が極端に小さいということは、SN比が悪くなることを意味し、このSN比の劣化がFE値に乱れを生じさせている。

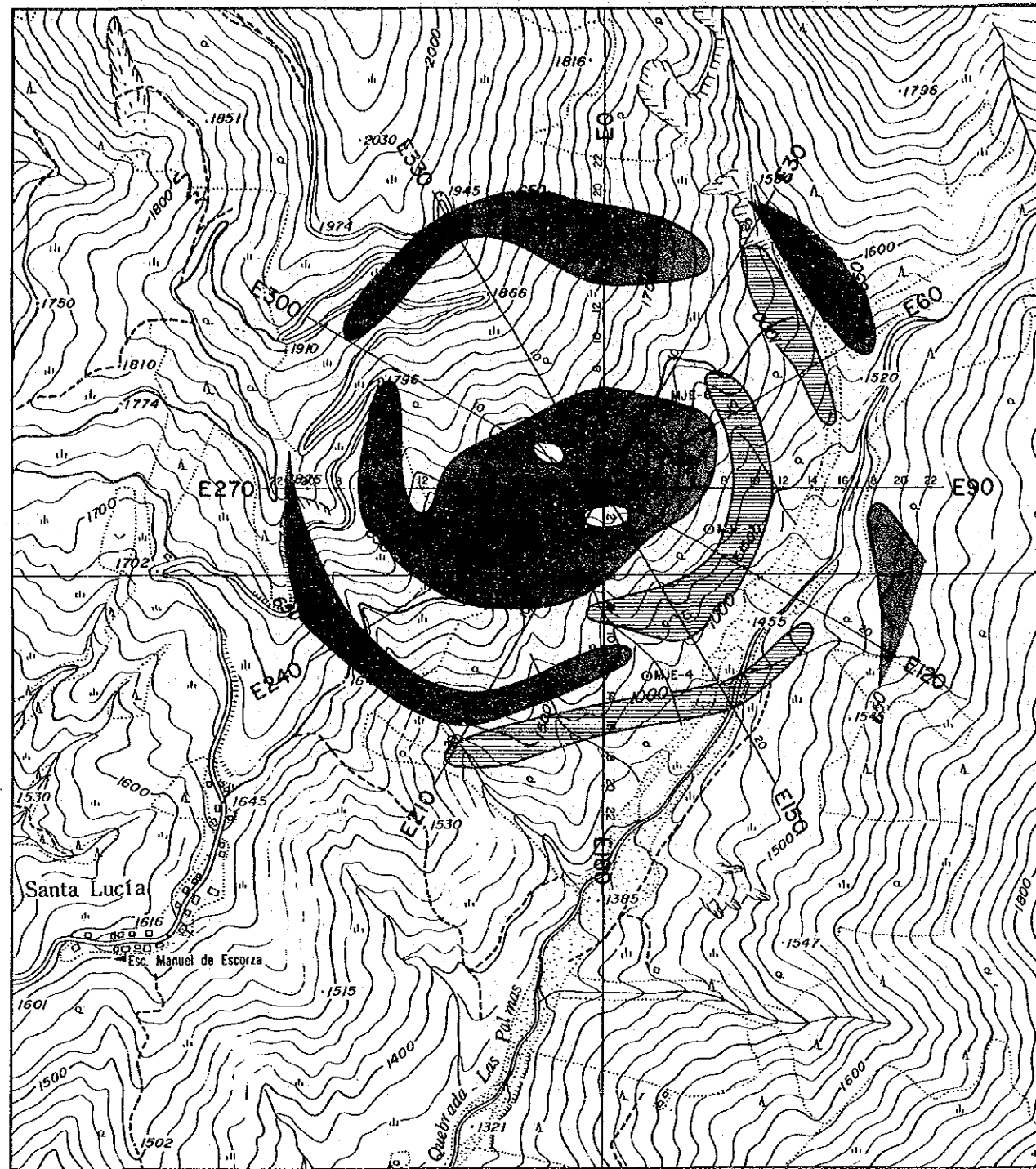
また、D-R電流電極配置の場合では、電位電極が3-5または5-7に位置する場合、つまり、電位電極が等電位線（面）の近くに位置するとき、測定電位の急激な低下がしばしば認められ、見掛比抵抗及びFE値の信頼度が低くなる。

これらの現象は、平坦地形では現われず、地形が急傾斜で、電位電極が試錐孔よりも低い場所に位置するときのみみられた。

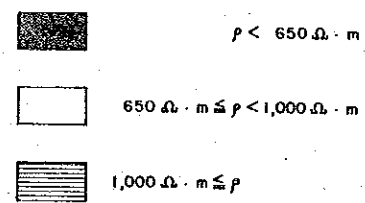
このように、試錐孔IP法では、電極配置によっては、地形などの影響により局部的に測定データ悪くなるかあるいは測定が不可能な領域が出現することが判明した。

したがって、地形が比較的急峻な地域で試錐孔IPを行なう場合、地形の影響を受けていると考えられる測定データの取扱いには注意を要すべきであると考えられる。

又、本区域のように数多くの試錐孔がある場合、それらを有効に組み合わせる試錐孔物理探査も検討すべきであろう。

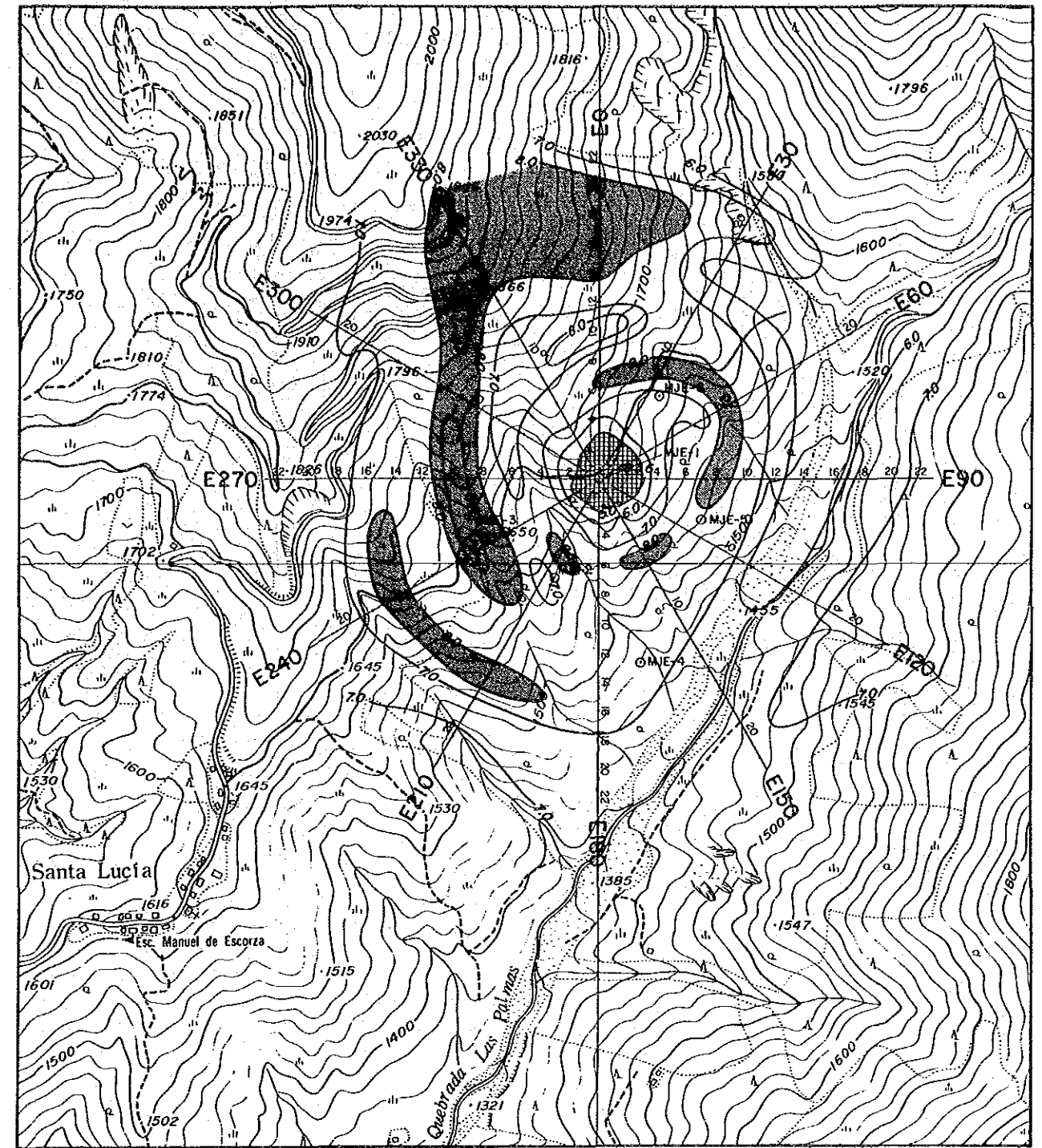


LEGEND

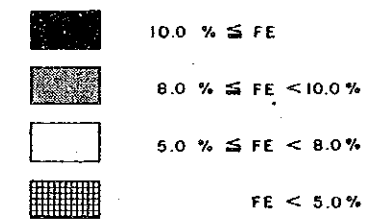


UNIT: $\Omega \cdot m$

Fig. II-1-5 Apparent resistivity plan map (electrode configuration R-S) of the El Torneado, Balzapamba area

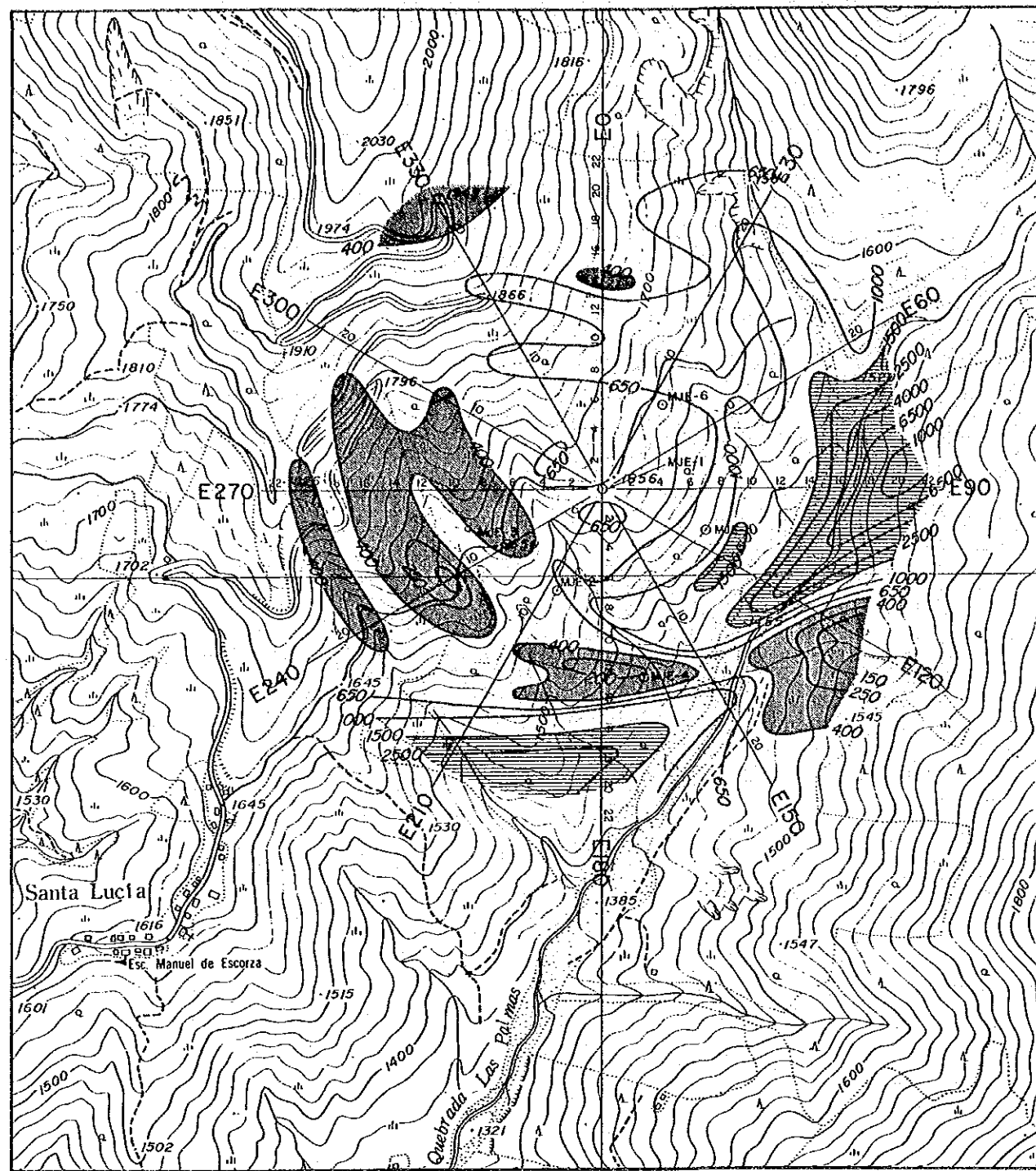


LEGEND



UNIT: %

Fig. II-1-6 PFE plan map (electrode configuration R-S) of the El Torneado, Balzapamba area

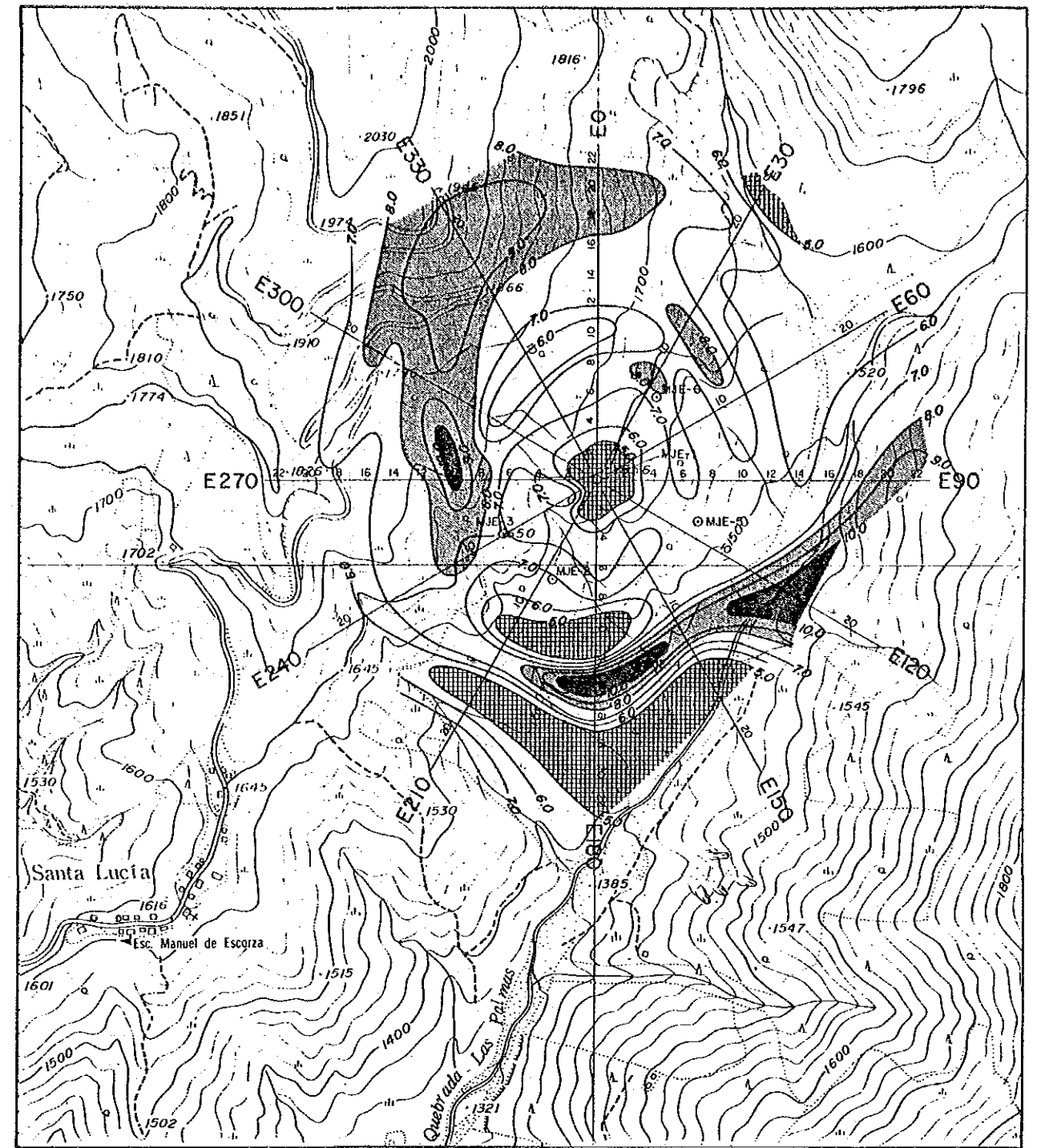


LEGEND

- $p < 400 \Omega \cdot m$
- $400 \Omega \cdot m \leq p < 1,500 \Omega \cdot m$
- $1,500 \Omega \cdot m \leq p$

UNIT: $\Omega \cdot m$

Fig. II-1-7 Apparent resistivity plan map (electrode configuration D-S) of the El Torneado, Balzapamba area

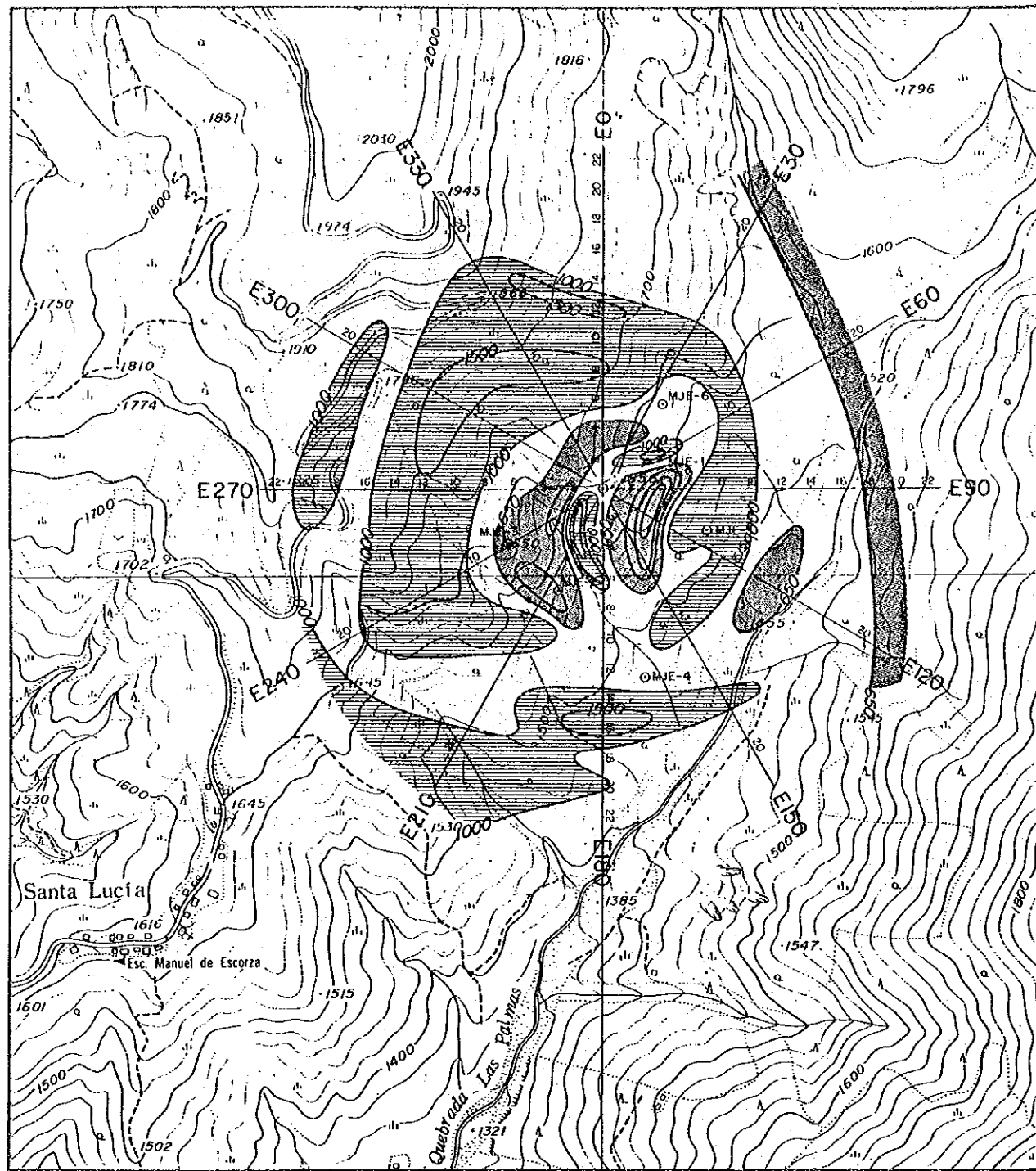


LEGEND




- 10.0 % \geq FE
- 8.0 % \geq FE < 10.0 %
- 5.0 % \geq FE < 8.0 %
- FE < 5.0 %

UNIT: %

Fig. II-1-8 PFE plan map (electrode configuration D-S) of the El Torneado, Balzapamba area

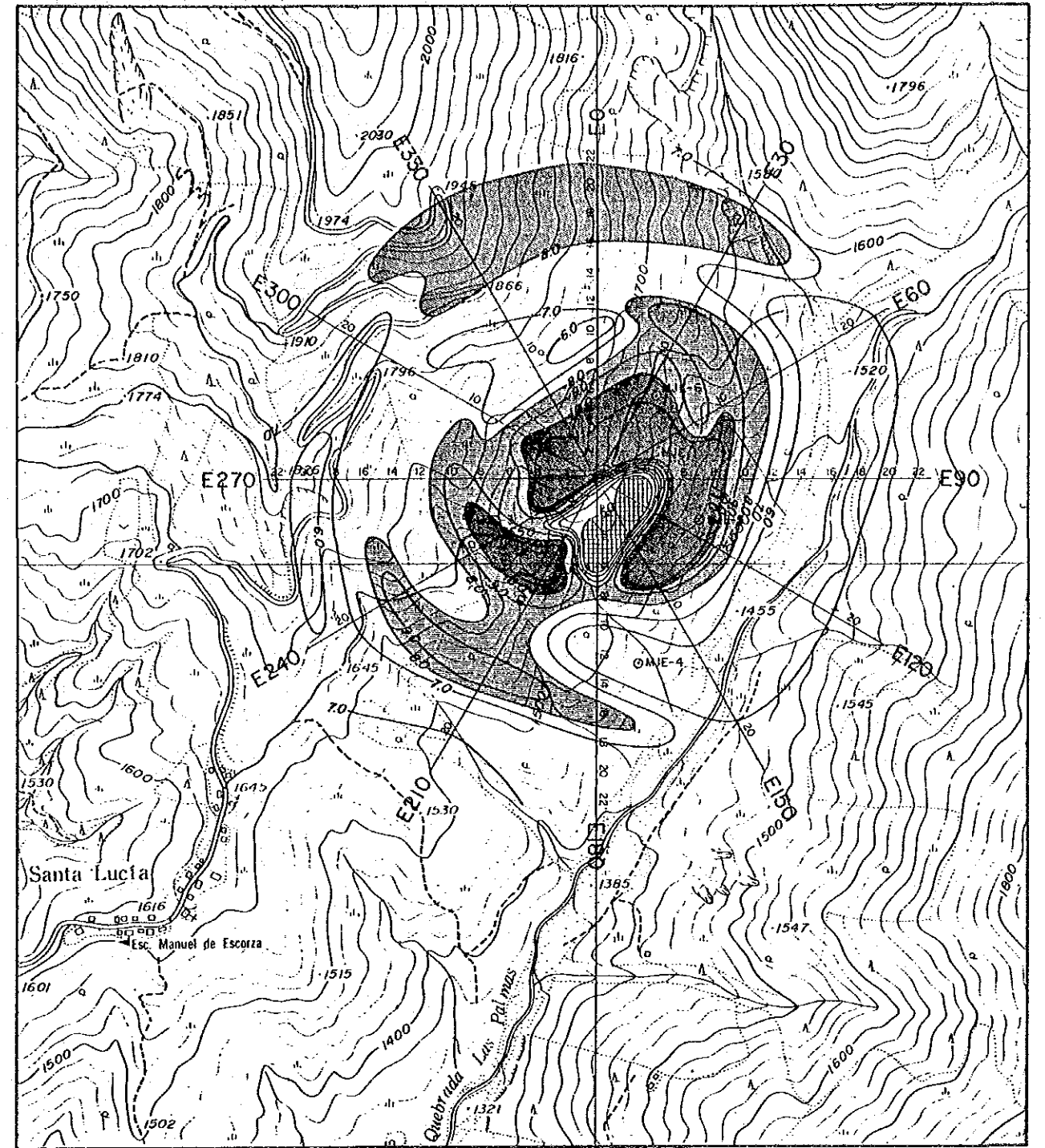


LEGEND





-  $p < 650 \Omega \cdot m$
-  $650 \Omega \cdot m \leq p < 1,000 \Omega \cdot m$
-  $1,000 \Omega \cdot m \leq p$

UNIT: $\Omega \cdot m$

Fig. II-1-9 Apparent resistivity plan map (electrode configuration D-R) of the El Torneado, Balzapamba area



LEGEND

-  $10.0 \% \leq FE$
-  $8.0 \% \leq FE < 10.0 \%$
-  $5.0 \% \leq FE < 8.0 \%$
-  $FE < 5.0 \%$

UNIT: %

Fig. II-1-10 PFE plan map (electrode configuration D-R) of the El Torneado, Balzapamba area

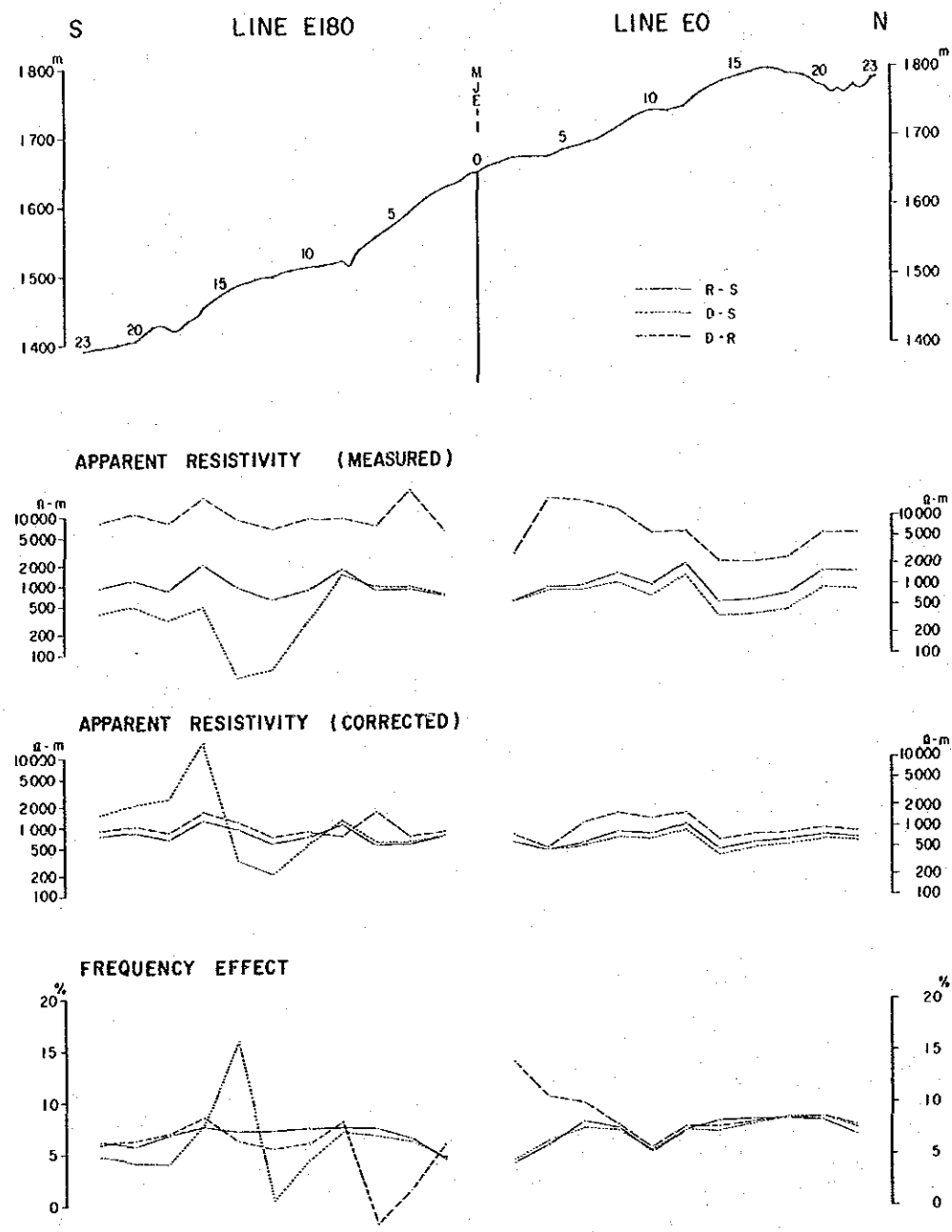


Fig. II-1-11 Sections of apparent resistivity and PFE (line E-0 and E-180) of the El Torneado, Balzapamba area

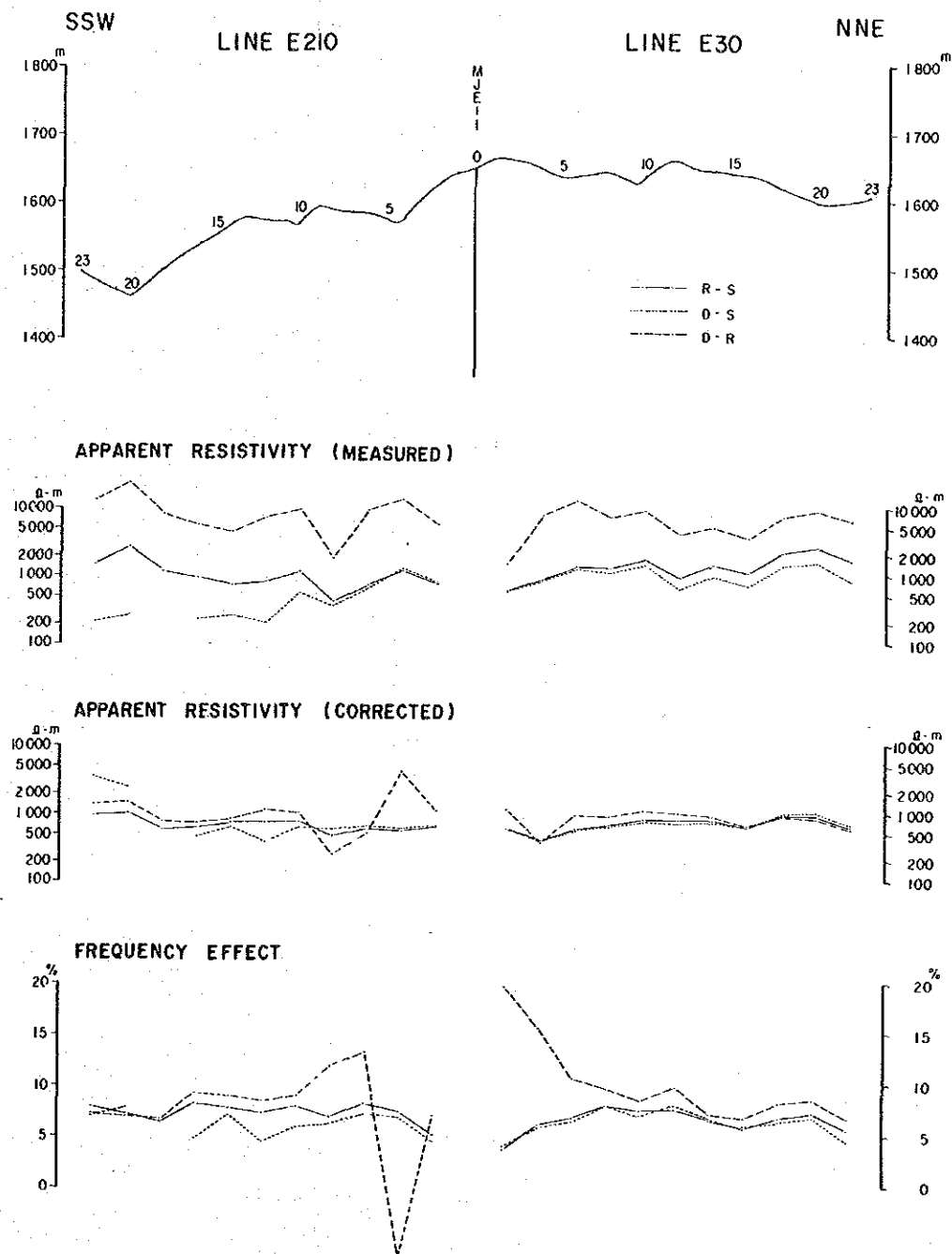


Fig. II-1-12 Sections of apparent resistivity and PFE (line E-30 and E-210) of the El Torneado, Balzapamba area

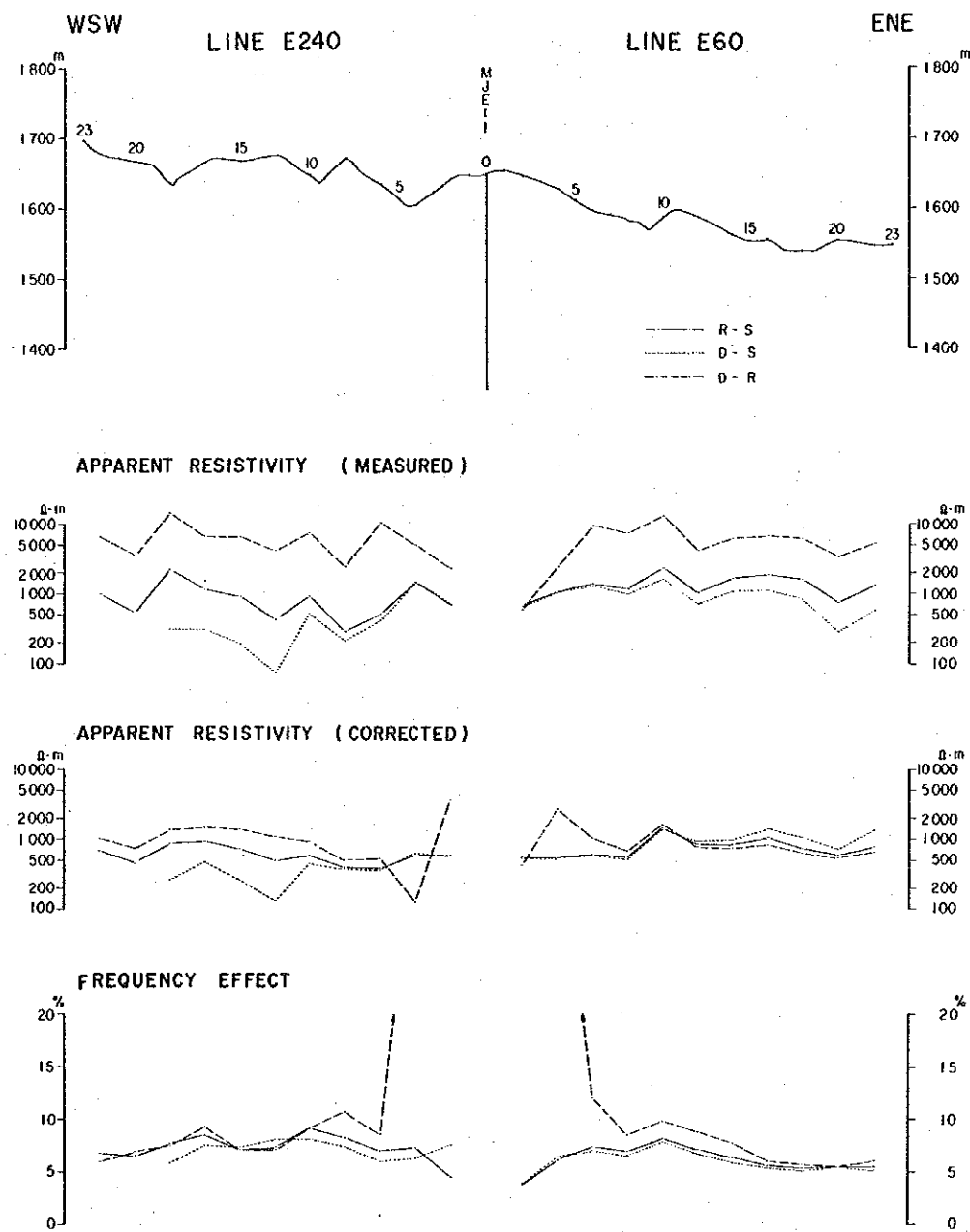


Fig. II-1-13 Sections of apparent resistivity and PFE (line E-60 and E-240) of the El Torneado, Balzapamba area

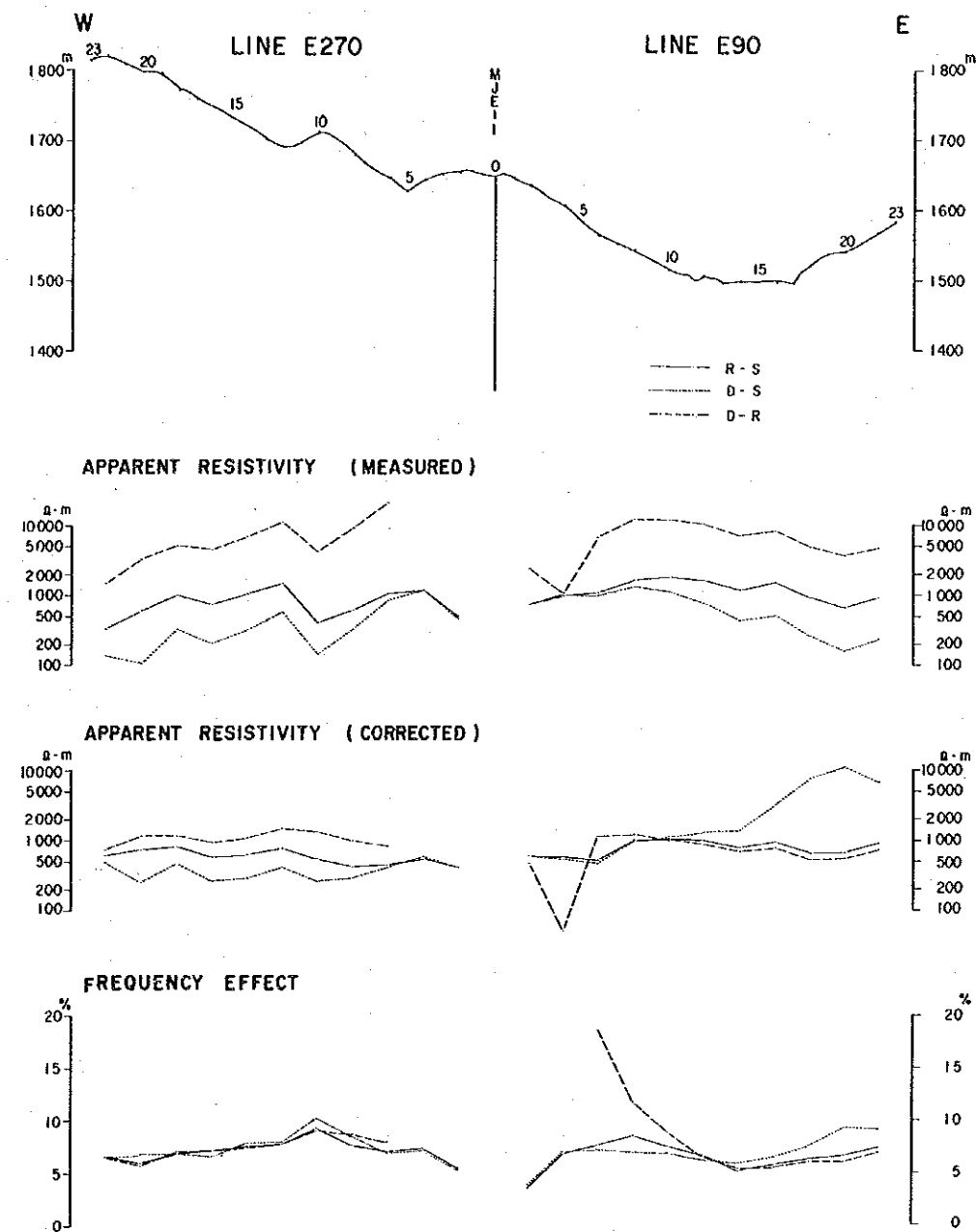


Fig. II-1-14 Sections of apparent resistivity and PFE (line E-90 and E-270) of the El Torneado, Balzapamba area

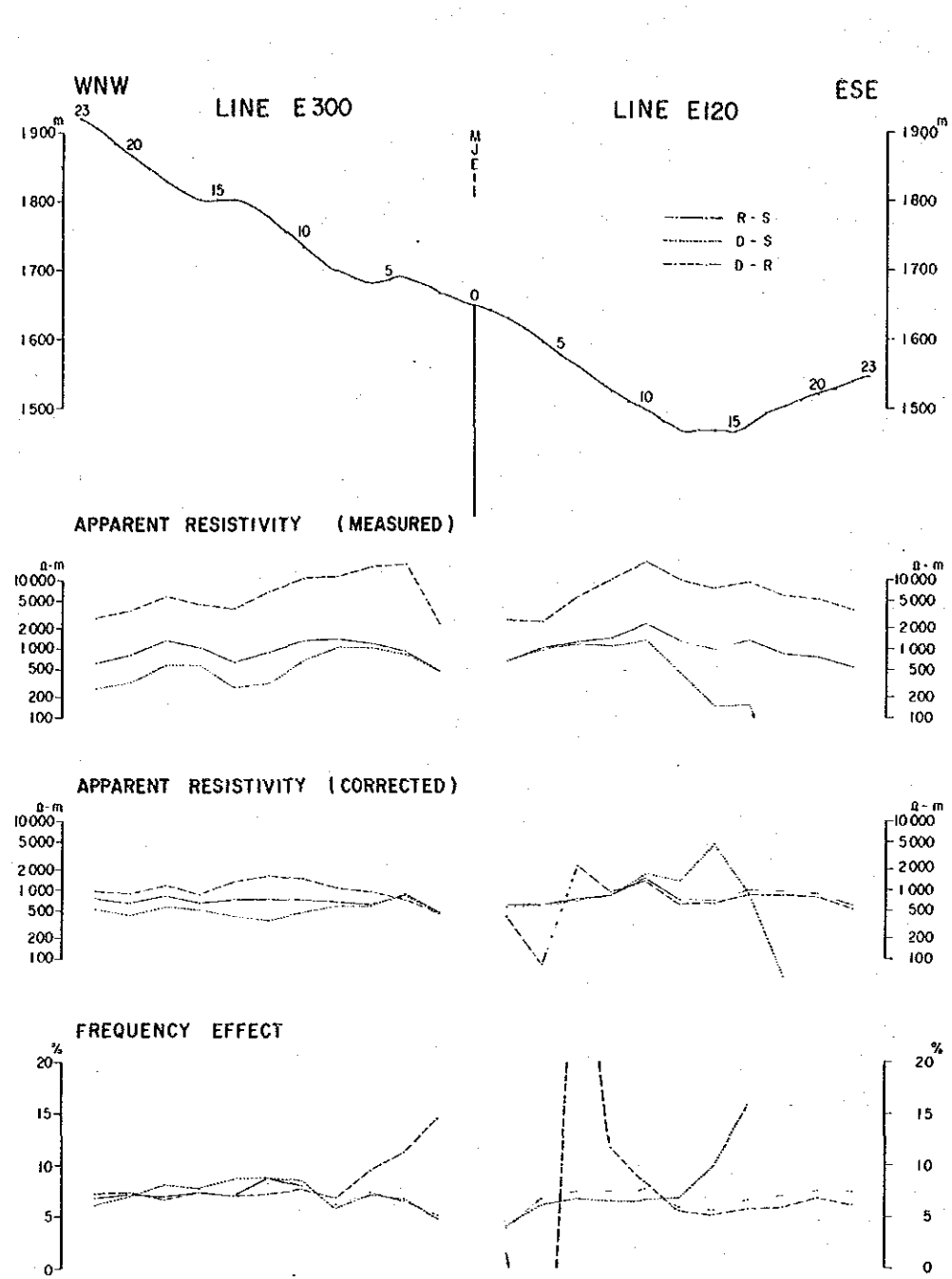


Fig. II-1-15 Sections of apparent resistivity and PFE (line E-120 and E-300) of the El Torneado, Balzapamba area

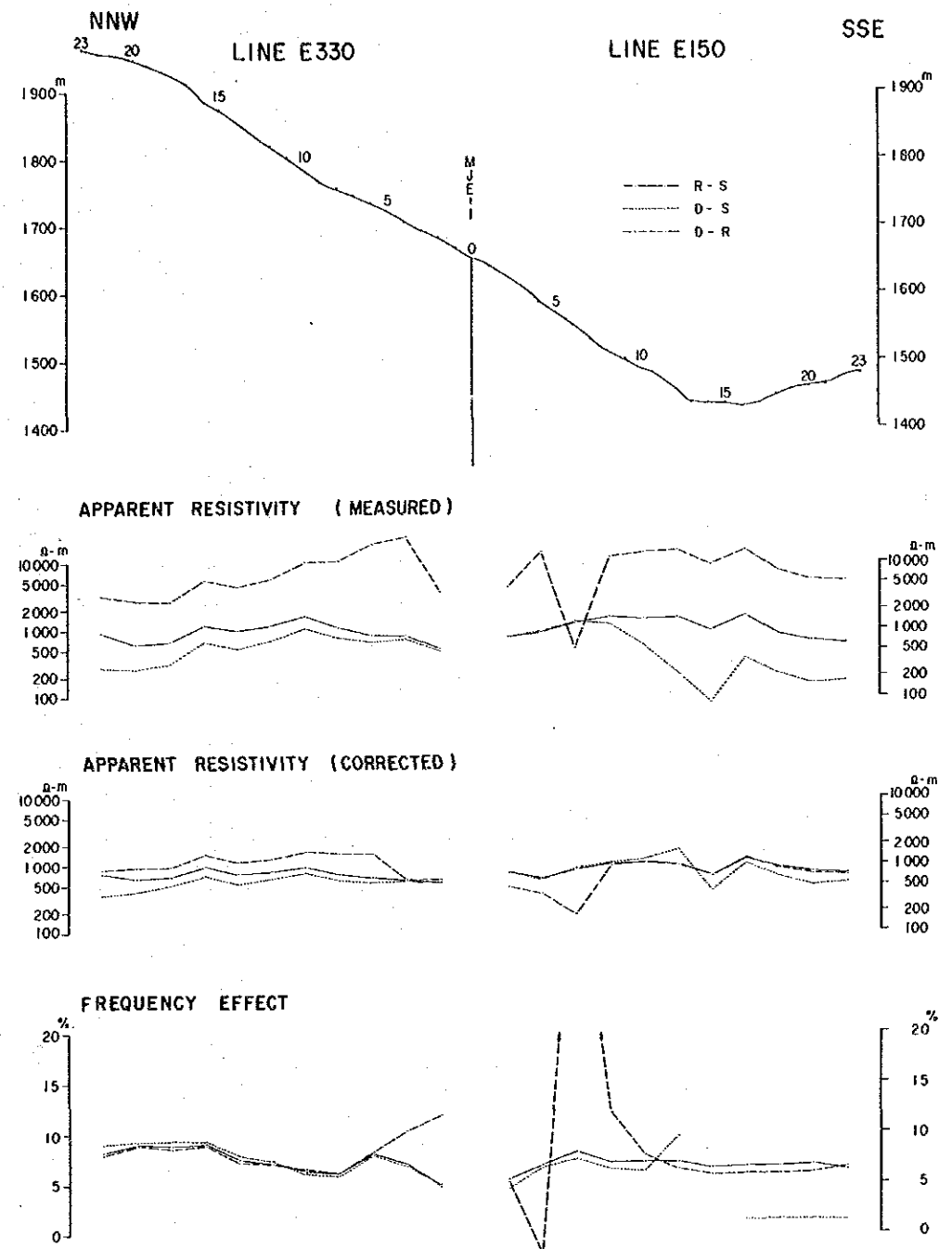


Fig. II-1-16 Sections of apparent resistivity and PFE (line E-150 and E-330) of the El Torneado, Balzapamba area

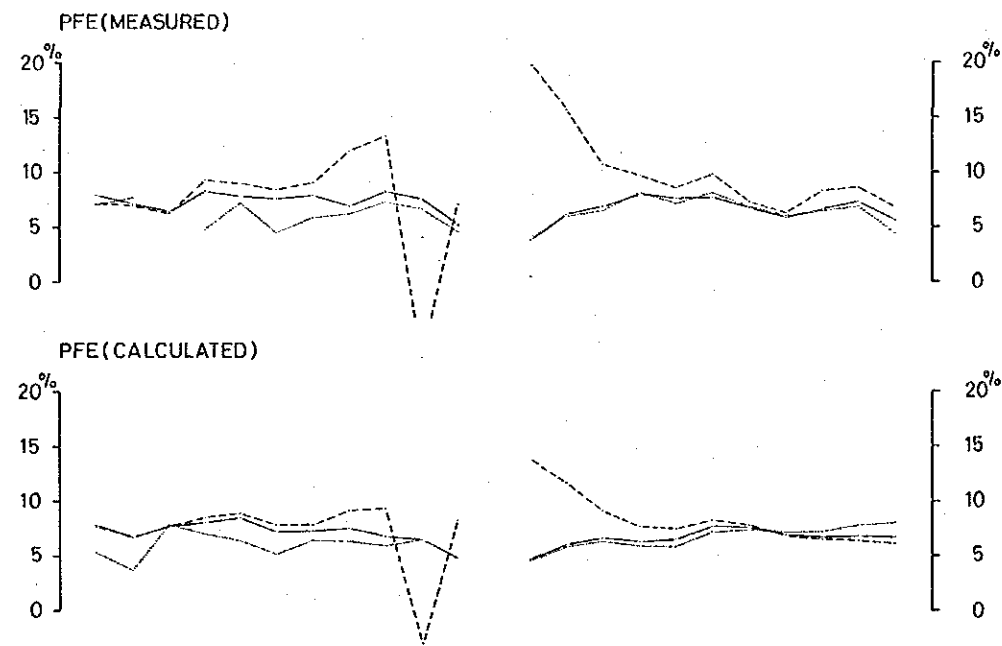
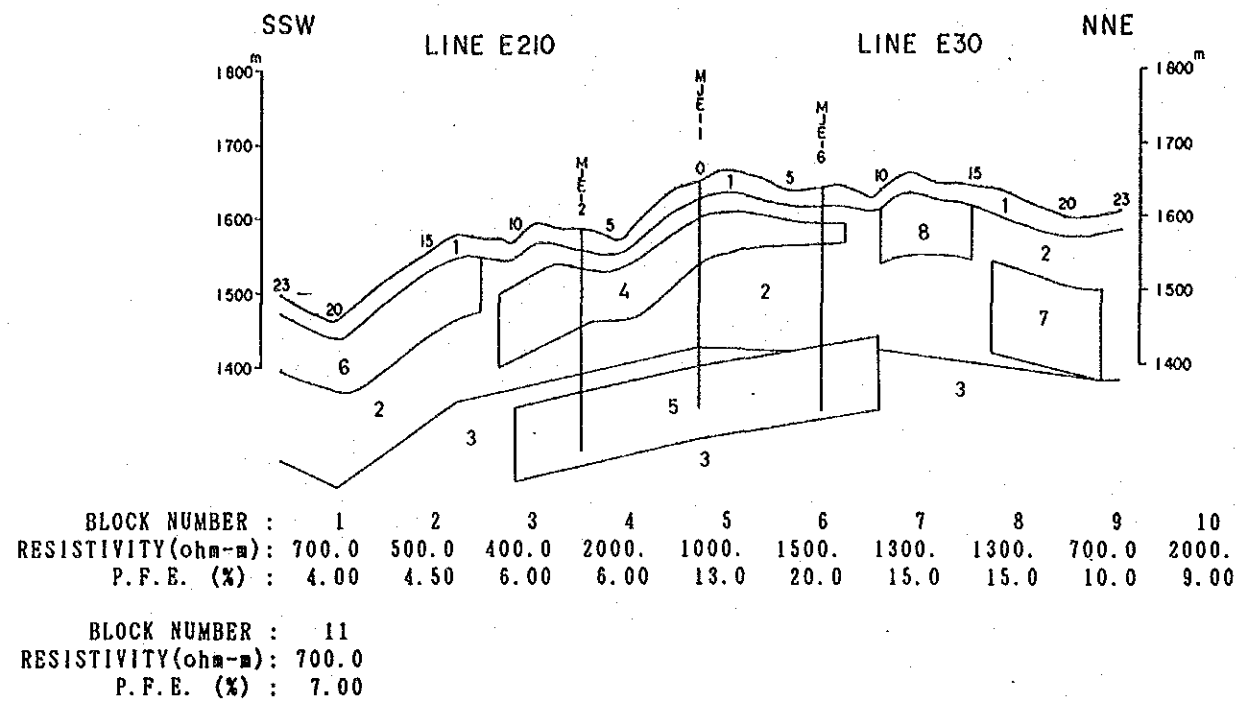


Fig. II-1-17 Analyzed section (line E-30 and E-210) of the El Torneado, Balzapamba area

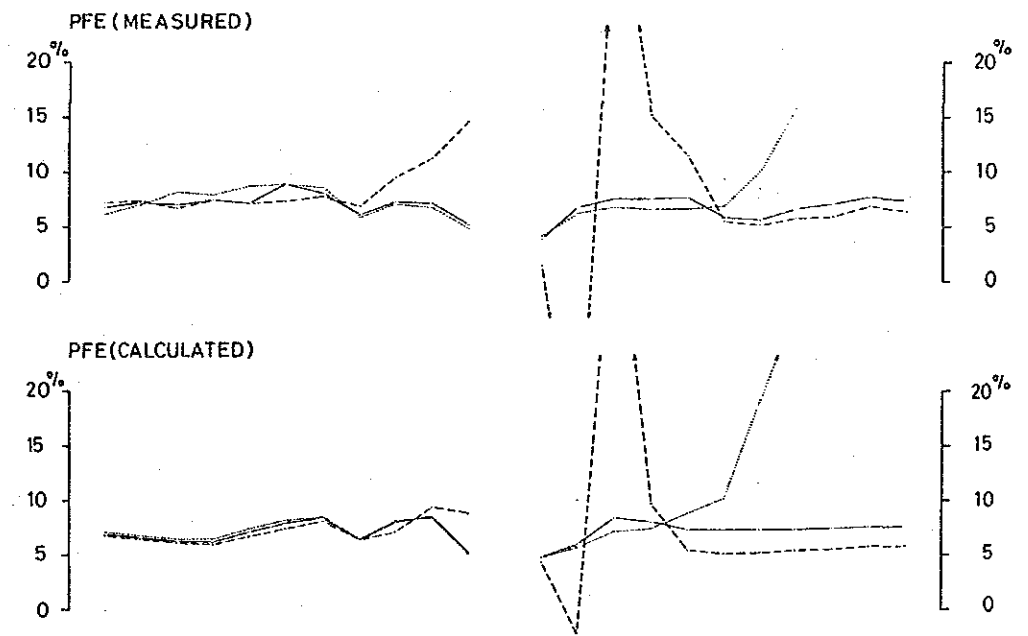
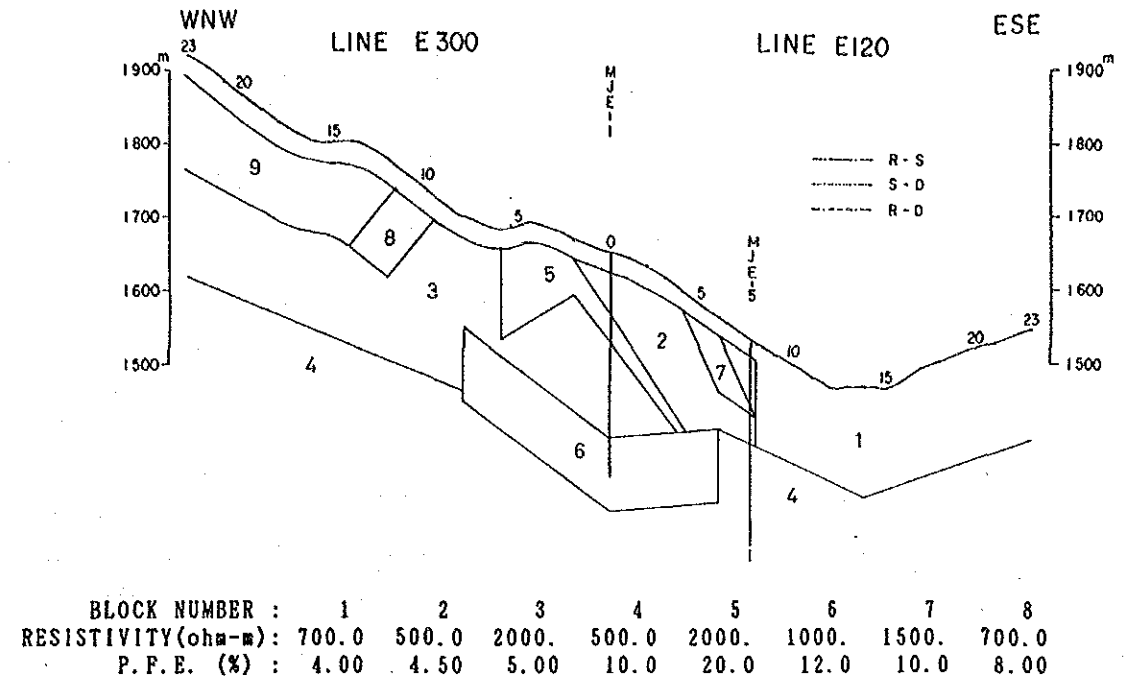


Fig. II-1-18 Analyzed section (line E-120 and E-300) of the El Torneado, Balzapamba area

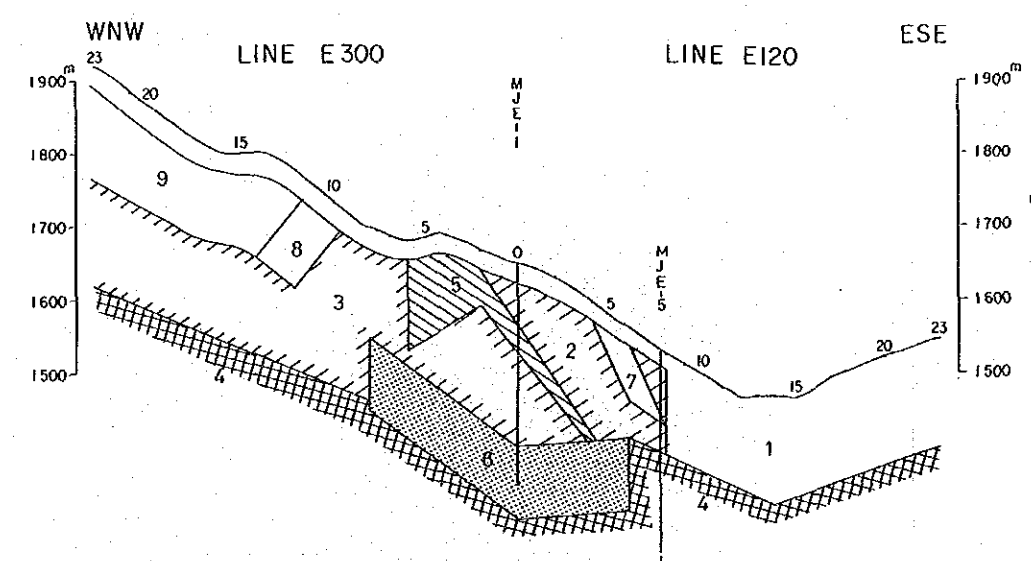
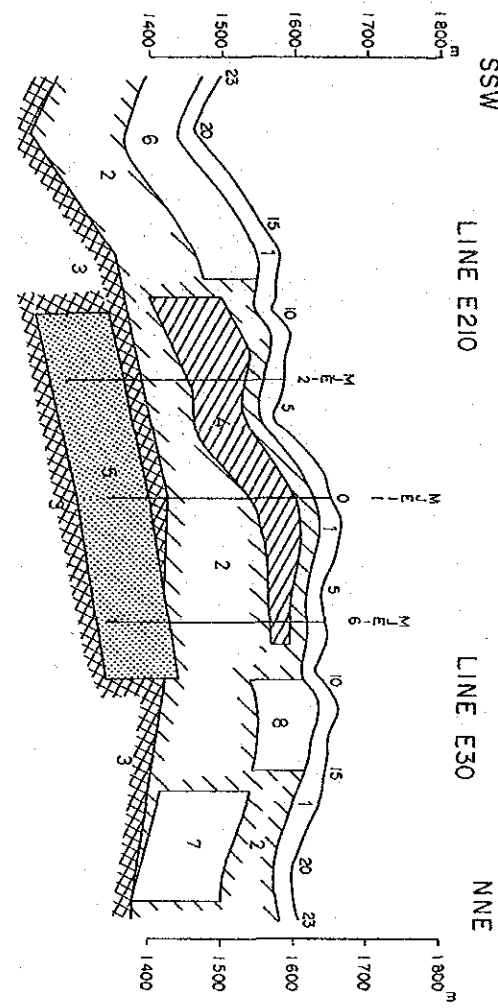
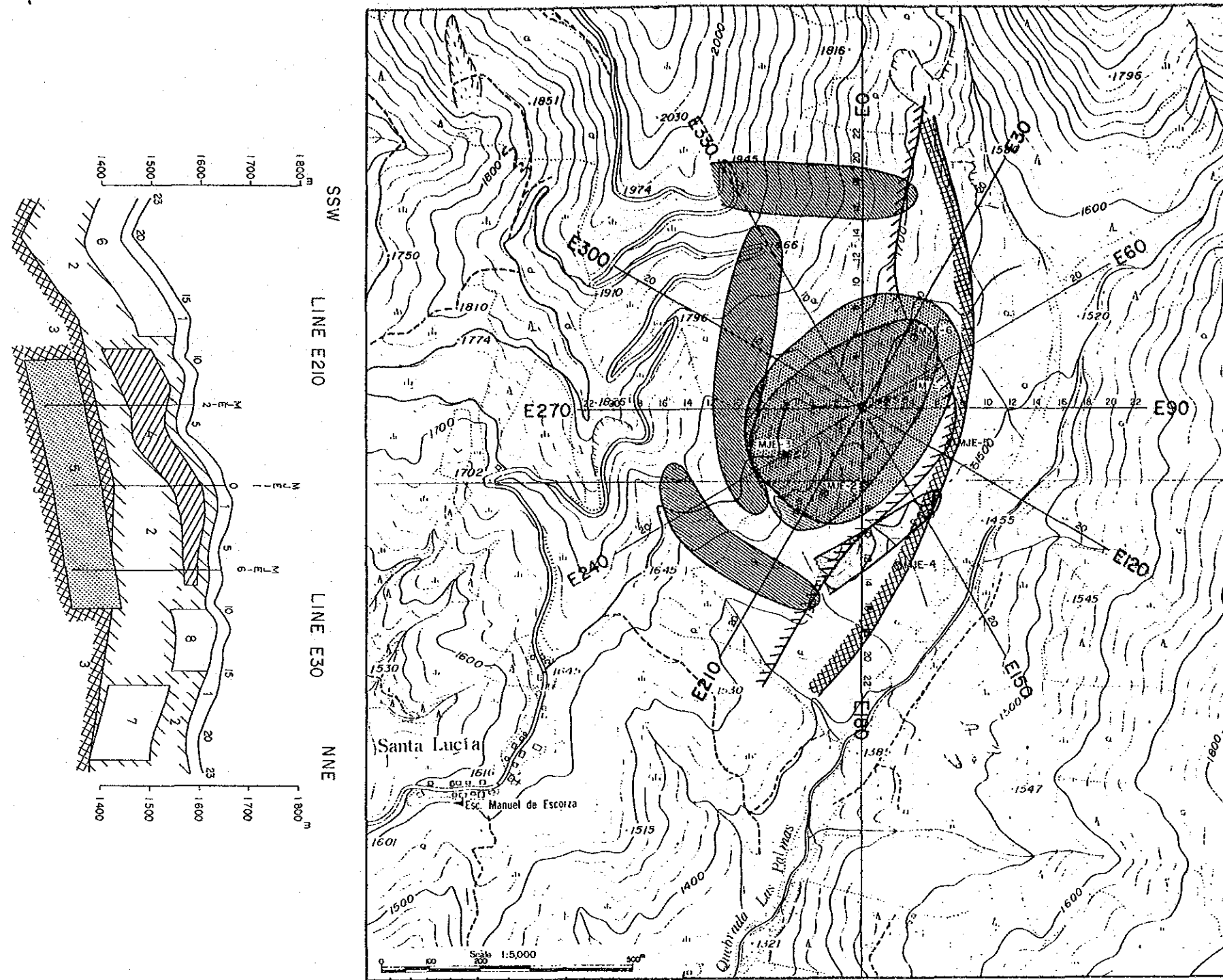


Fig. II-1-19 Interpretation map of the El Torneo, Balzapamba area

1-3 ボーリング調査

1-3-1 調査目的

ボーリング調査の目的は、エル・トルネアド (El Torneado) 鉱化帯について、鉱化帯の賦存状況と性状を明らかにし、鉱床評価を行うことである。

1-3-2 調査工事内容

(1) ボーリング位置

ボーリングを実施したエル・トルネアド鉱化帯は、バルサパンバ地区のほぼ中央部にある Santa Lucia 部落より約1km北東方向に位置している。ボーリングサイトは、標高1,450m～1,600mの急峻な場所である。

ボーリングサイトは、ボーリング調査に先立って実施された MJE-1 孔を電流源とした試錐孔 IP 法電気探査の結果、及び昨年度の地質精査・ボーリング調査結果などを総合判断して決定された。それぞれの位置は、Fig. II-1-20 のとおりである。

(2) 工事概要

本工事は、日本から供与した試錐機、INEMIN 所有のポンプ等の機械類と日本から搬入したビット・ロッド等の掘削用具及び泥剤を使用して実施された。掘進作業は、平成元年9月6日から同年10月31日の間実施された。

試錐機は、ロングイヤー社製 L-38 である。

設営・解体・移動作業は日勤だけとし、掘進作業は、原則として24時間稼動で実施された。掘進方法は、表土層を除き、ワイヤーライン工法を採用し、コア採集率及び工程の向上に努めた。

各孔の掘進実績は Tab. II-1-2 のとおりである。

(3) 資・機材の搬入及び設営作業

日本から搬入した資・機材及び INEMIN 所有の機材は、トラックで Santa Lucia にある基地に集結された。基地とボーリングサイトまでの搬入・撤収及び各孔間の移動については、試錐機は自走移動、その他は人肩運搬で行った。資・機材運搬用道路は、昨年造成した道路の補修と新たに道路を造成して確保した。

工事用水は、MJE-4 孔については、Esperansa 沢に貯水ダムを設け、自然流送ライン (11/2" φ ポリエチレンパイプ) で給水し、MJE-5, 6 孔については Teresa 沢上流の作業道路横に貯水ダムを設け、揚水ポンプラインで給水した。

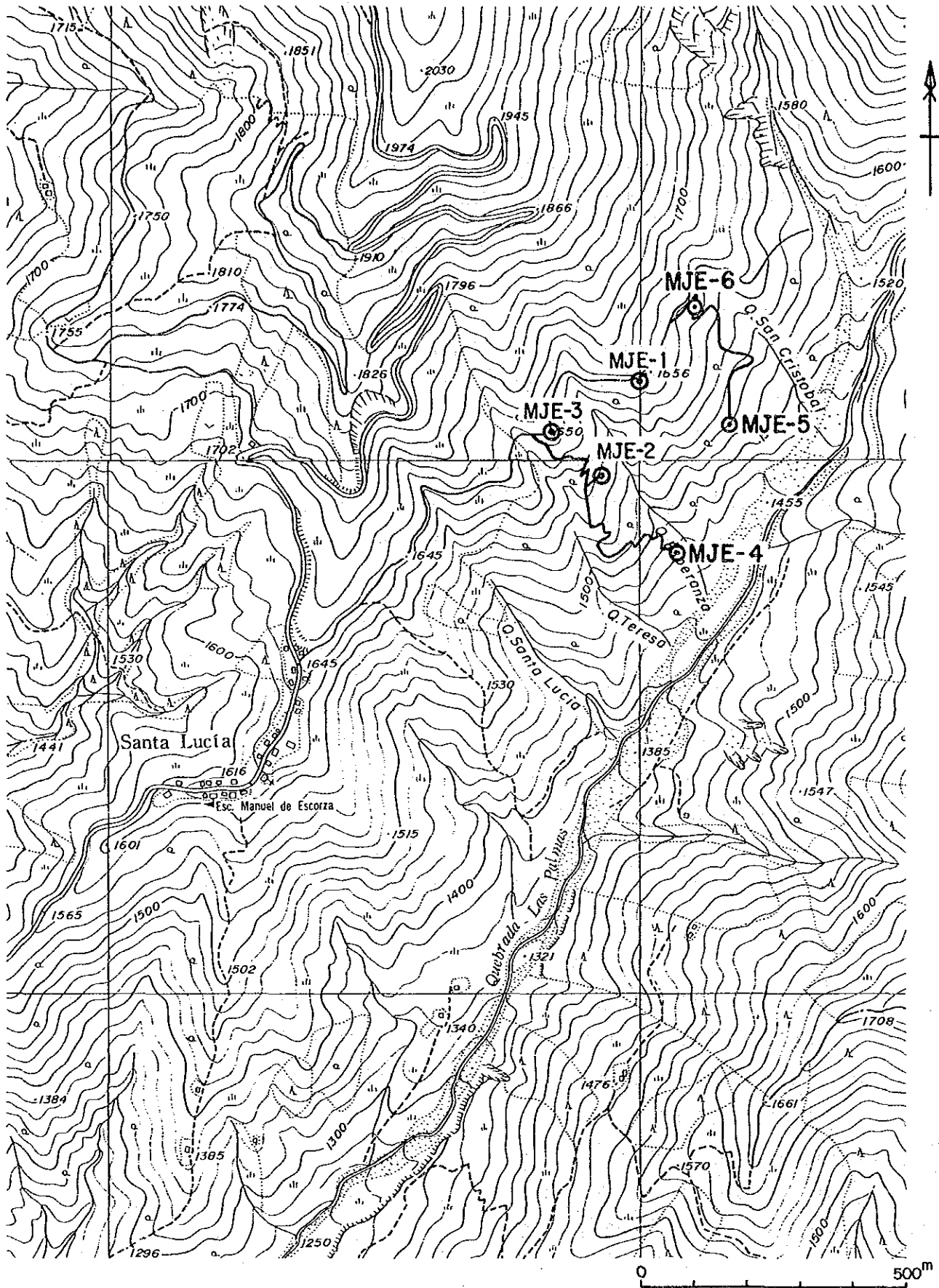


Fig. II-1-20 Location map of drill holes

Table II-1-2 Generalized drilling results

Drill Hole NO	Machine Type	Drilling Period	Drilled Length m	Core		Number of Drilling Shift			Drilling speed		Remarks
				Length m	Recovery %	Drilling	Preparation & Removing	Total	m/shift*	m/shift**	
MJE-4	L38	Sep. 6, 1989	305.30	m	99.7	31	11	42	7.27	9.85	
		Sep. 16, 1989									
MJE-6	L38	Sep. 26, 1989	353.00	m	99.2	49	10	59	5.98	7.20	
		Oct. 12, 1989									
MJE-5	L38	Oct. 18, 1989	305.20	m	98.9	40	13	53	5.76	7.63	
		Oct. 31, 1989									
Total	-	-	963.50	m	99.3	120	34	154	6.26	8.03	

Note * Drilled Length per one shift covering total works operated

** Drilled Length per one shift covering net drilling operation

MJE-4,5,6 were drilled by 3 shift/day (8 hours/shift)

(4) 掘進作業

各孔ごとの掘進実績を Tab.A-8 に、掘進工程を Fig. II-1-21~23 に示す。その状況は次のとおりである。

(i) MJE-4 孔

- ・ 0m~11.50m (孔径 101mm, NQ-NU ケーシング 11.50m)

表土及び礫層は、101mm メタルビットを使用し、ベントナイト泥水で掘進した。11.50m で着盤し、NQ-NU ケーシングを挿入設置した。

- ・ 11.50m~203.20m (孔径 NQWL (75.7mm), BW ケーシング 203.20m)

NQWL 工法で、ベントナイト泥水と清水に TK60 を混ぜた掘削泥水を使用して掘進した。地層は硬質な粗粒花崗閃緑岩が主である。本岩には、部分的に黄銅鉱、黄鉄鉱、石英の微細脈が認められた。掘削は順調に推移し、203.20m で BW ケーシングを挿入設置した。

- ・ 203.20m~305.30m (孔径 BQWL (60.00mm))

BQWL 工法で、清水に TK60B を混ぜた掘削泥水を使用して掘進した。岩質は粗粒の花崗閃緑岩であり、本岩には黄銅鉱、黄鉄鉱、石英の微細脈が認められた。深度 305.30m で掘進を完了した。

(ii) MJE-5 孔

- ・ 0m~26.40m (孔径 101mm, NQ-NU ケーシング 26.40m)

表土及び礫層は 101mm メタルビットを使用して掘進した。表土及び礫層は 10.90m まで続き、以深は褐鉄鉱細脈が多数認められる粗粒花崗閃緑岩であった。26.40m で着盤し、NQ-NU ケーシングを挿入設置した。

- ・ 26.40m~196.00m (孔径 NQWL (75.7mm), BW ケーシング 196.00m)

NQWL 工法でベントナイト泥水と TK60B を使用して掘進した。岩質は粗粒花崗閃緑岩で、部分的に脈を伴う破碎帯が存在する。本岩には、黄銅鉱、黄鉄鉱及び石英の細脈が部分的に認められた。98.60m で全量逸泥が発生したため、テルストップで防止した。その後も、100.90m で再び全量逸泥となり、再度テルストップで防止したが帰泥が認められなかったため、逸泥掘りで 196.00m まで掘進し、BW ケーシングを挿入設置した。

- ・ 196.00m~305.20m (孔径 BQWL (60.0mm))

BQWL 工法で、清水に TK60B を混ぜた掘削泥水を使用して掘進した。岩質は、粗粒花崗閃緑岩が主であり、部分的に黄銅鉱、黄鉄鉱の細脈が認められた。深度 305.20m で掘進を完了した。

(iii) MJE-6 孔

- ・ 0m~8m (孔径 101mm, NQ-NU ケーシング 8.00m)

表土及び礫層は、101mm メタルビットを使用して掘進した。8.00m で着盤し、NQ-NU ケーシングを挿入した。

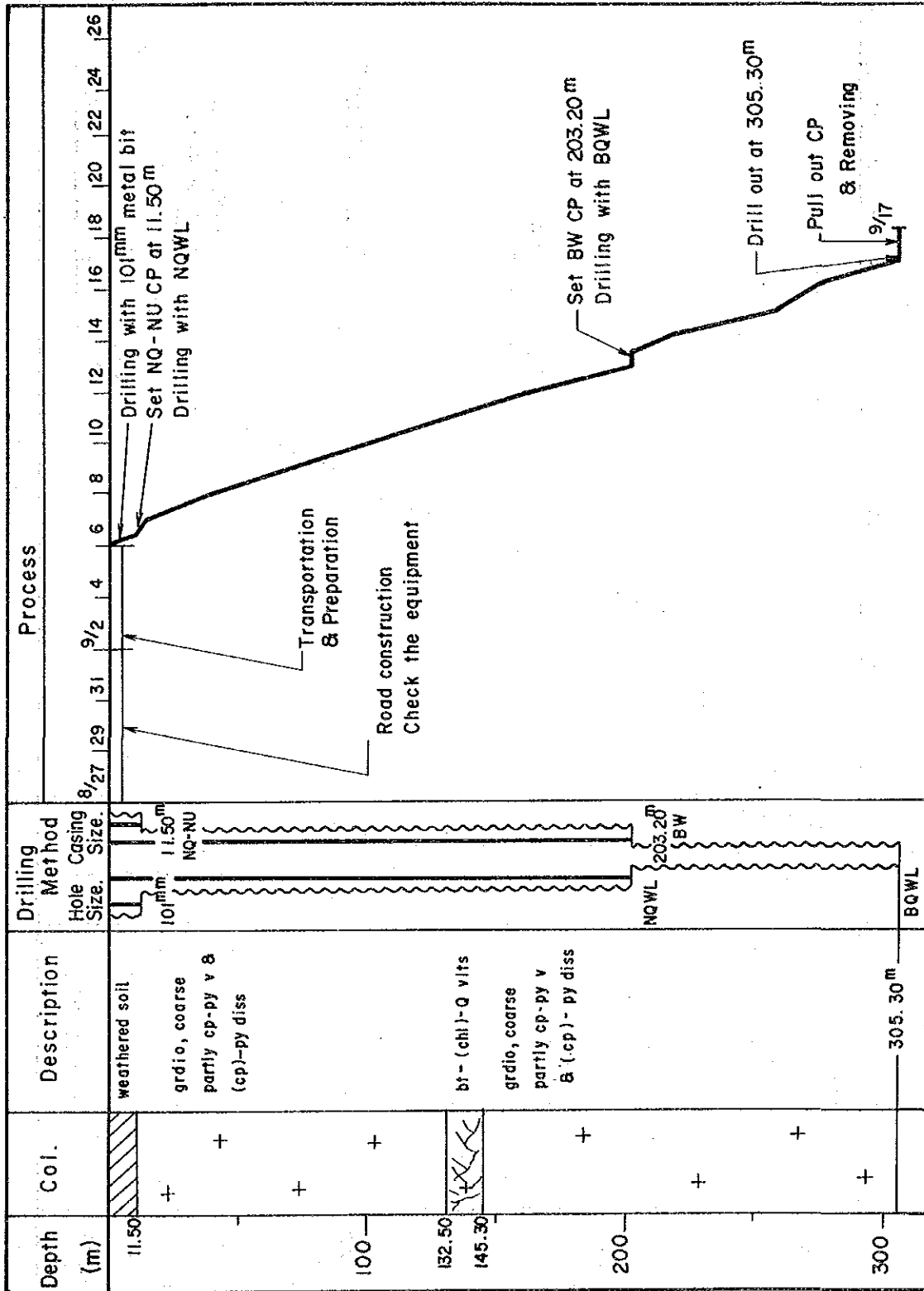


Fig. II-1-21 Progress record of hole MJE-4

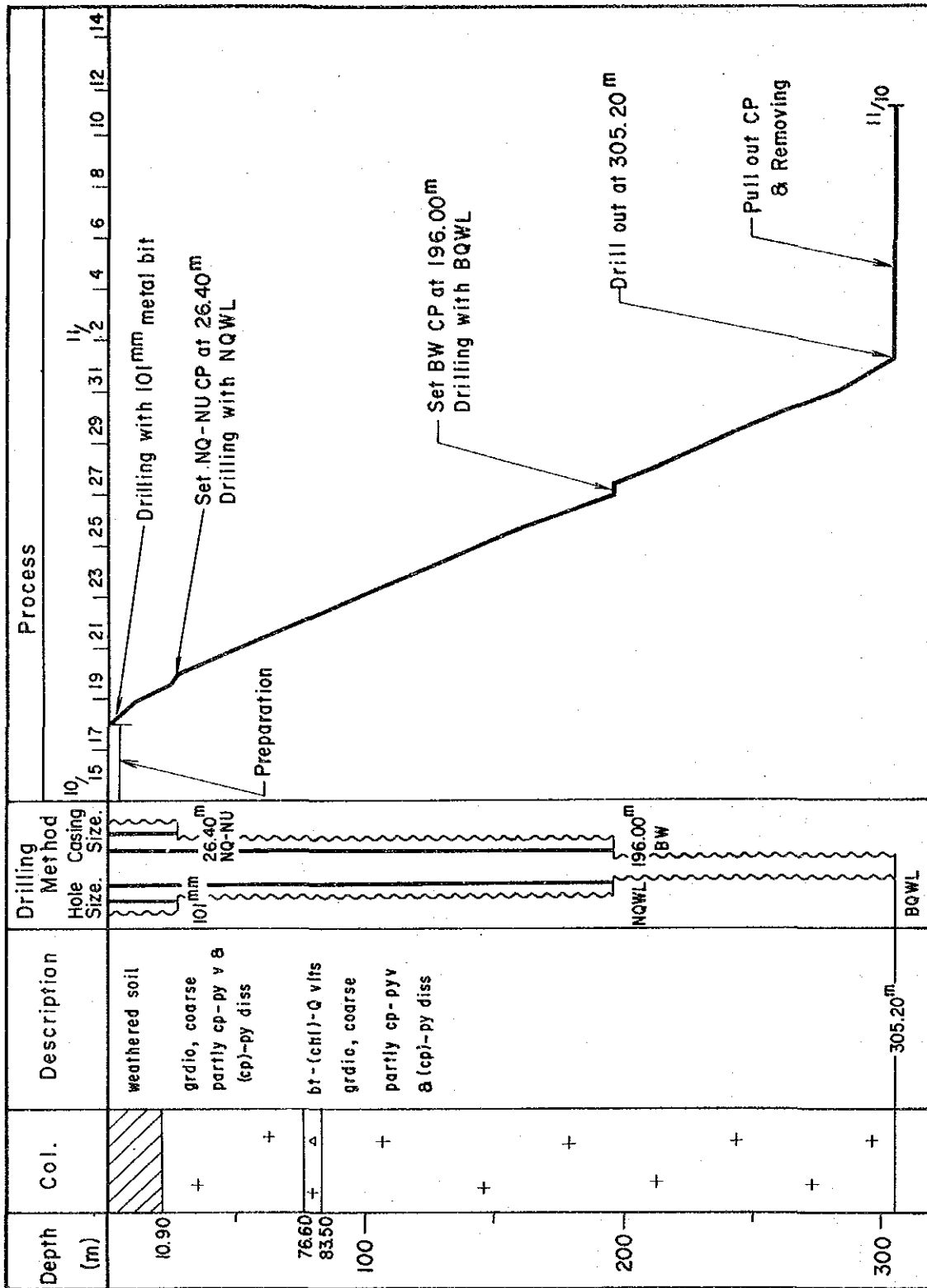


Fig. II-1-22 Progress record of hole MJE-5

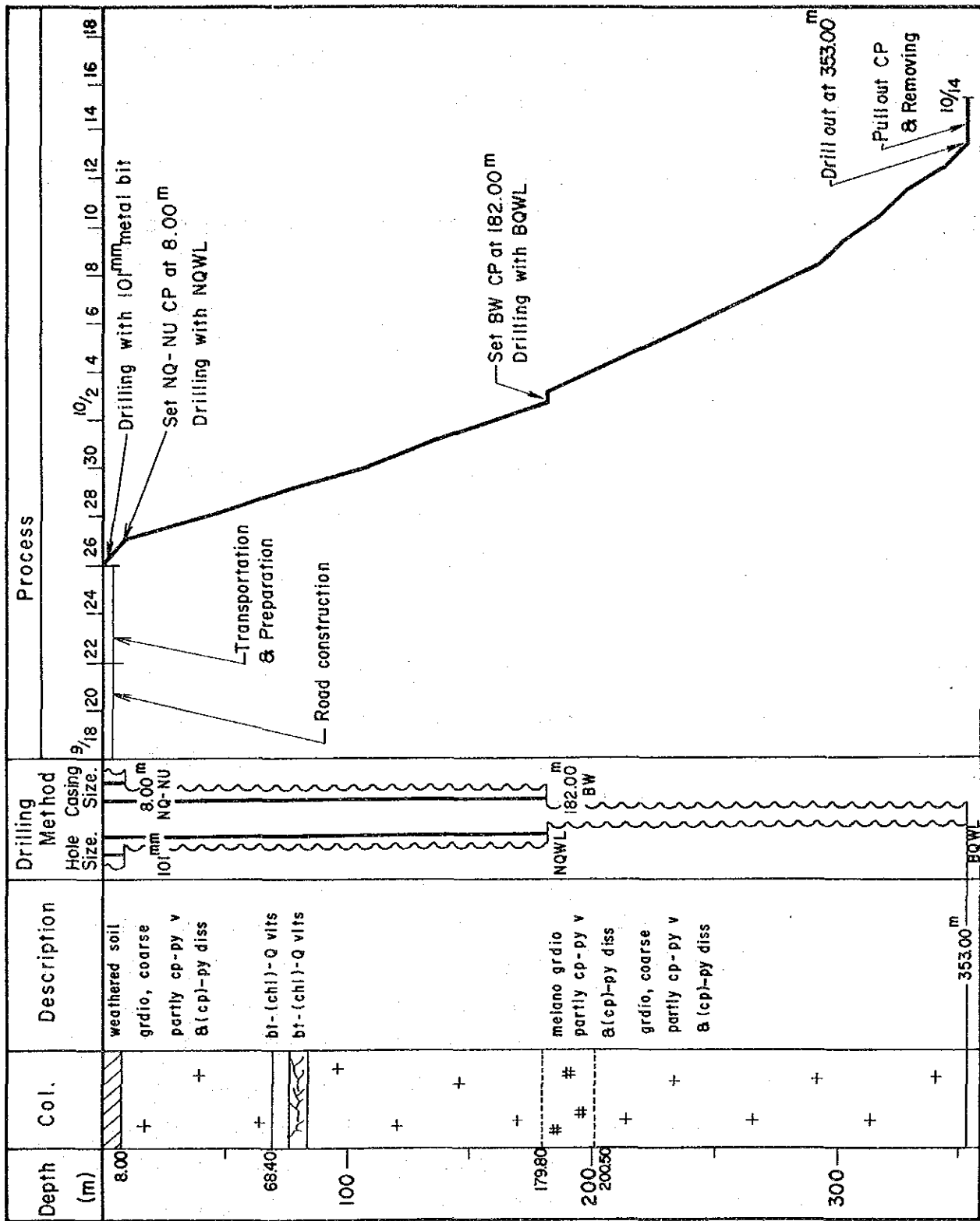


Fig. II-1-23 Progress record of hole MJE-6

・8m～182.00m (孔径NQWL (75.7mm), BWケーシング182.00m)

NQWL工法でTK70Bを使用して掘進した。粗粒花崗閃緑岩が主であり、黄銅鉱、黄鉄鉱の細脈が認められた。22.00mで全量逸泥が発生したため、テルストップで防止したが、その後も28.90m、39.40m、42.50mで逸泥が発生し、全量逸泥状態のまま掘進した。182mでBWケーシングを挿入設置した。

・182.00m～353.00m (孔径NQWL (60.0mm))

BQW工法でTK60Bを使用して掘進した。岩質は粗粒花崗閃緑岩及び優黒質花崗閃緑岩で、部分的に黄銅鉱、黄鉄鉱の細脈が認められた。

184.90mで全量逸泥状態となり、防止対策を実施したが、その後も回復せず全量逸泥状態のまま深度353.00mまで掘進し、掘進を完了した。

(5) ボーリングコア調査

ボーリングコア調査は、ボーリングサイト及びSanta Lucia作業場で各孔の掘進作業と並行して行い、縮尺200分の1の柱状図にまとめた。試料採取は各孔の掘進完了後に行い、ボーリングコアを半分に切断し、保存用コアを確保後採取した。

1-3-3 調査結果

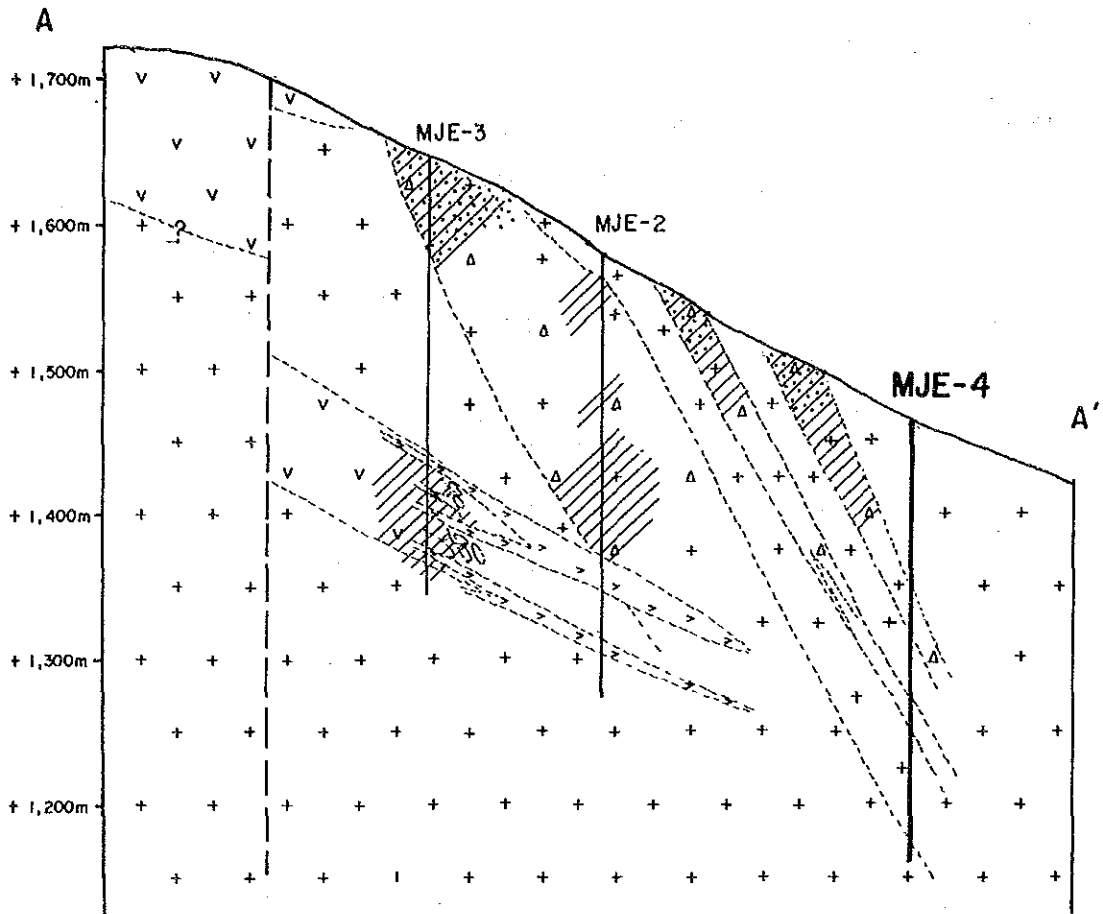
昨年度のボーリング調査は、エル・トルネアド鉱化域北西部の鉱化帯Aについて重点的に実施したので、本年度はエル・トルネアド鉱化域全体についての鉱床評価をするために、未調査の南部及び北東部の各鉱化帯の延長部などについて、ボーリング・サイトを展開して実施した (Fig. II-1-1, Fig. II-1-24, Fig. II-1-25)。

(1) ボーリング孔付近の地質・鉱床及び物理探査結果の概要

ボーリング・サイト選定に当たっては、ボーリング作業に先立って実施された試錐孔IP法電気探査 (MJE-1孔を利用) の結果と昨年度の地質精査・ボーリング調査結果を総合的に利用した。

MJE-4孔は、鉱化帯Dの露頭の南側において実施された。露頭における鉱化帯Dは、幅約50m、延長約350m、NNE-SSW方向に伸長する“網状脈鉱化帯”である。網状鉱脈は、黄銅鉱 - 黄鉄鉱 - (輝水鉛鉱) - 二次黒雲母 - 緑泥石 - 石英の共生で花崗閃緑岩類の角礫の間隙を埋めている。母岩の角礫は、全体的に絹雲母化と珪化変質を受けている。試錐孔IP法電気探査の結果では、鉱化帯Dの下部延長部に、FE値8%以上の中深部IP異常帯がNE方向に500m+ α 伸びている。しかし、本区域北東部に広く分布する深部IP異常帯は本地点付近までは広がっていない。

MJE-5, 6孔付近は全て風化土壌によりおおわれ、地表付近における鉱化帯の状況は不明であるが、Esperanza 沢に露出する鉱化帯A~Dの北東延長がこの付近に達しているものと考えられた。試錐孔IP電気探査の結果では特に深部IP異常帯が顕著に認められた。すなわち、MJE-1孔



LEGEND

- | | | | |
|--|-------------------------|--|------------------|
| | Granodiorite | | Fault |
| | Brecciated granodiorite | | Mineralized Zone |
| | Melanocratic diorite | | Argillized Zone |
| | Trachyandesite | | |
| | Macuchi formation | | |

Fig. II-1-24 Geological section of drill hole MJE-4 and MJE-5

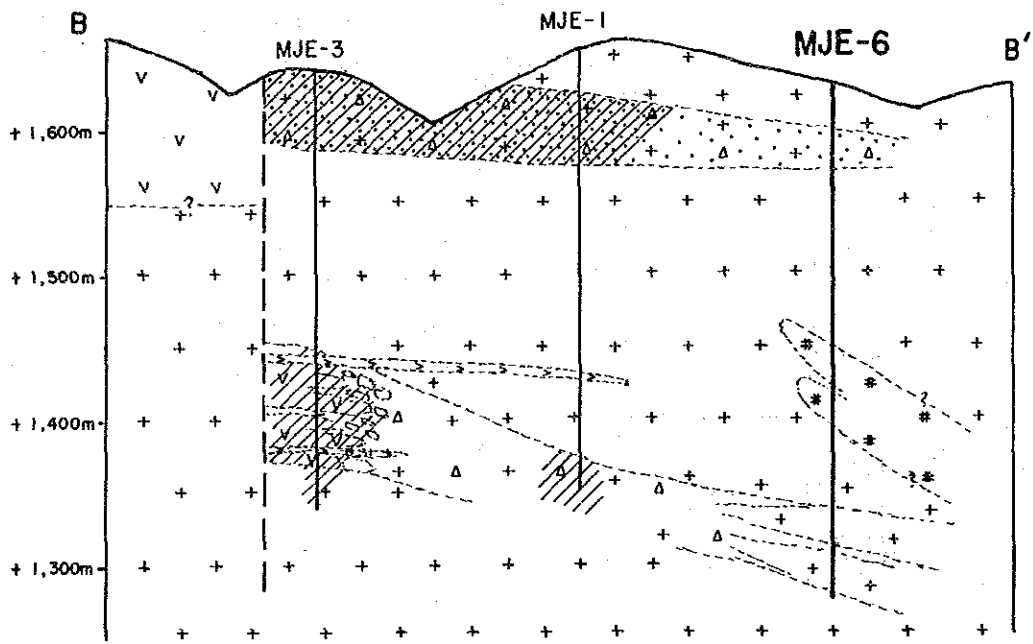
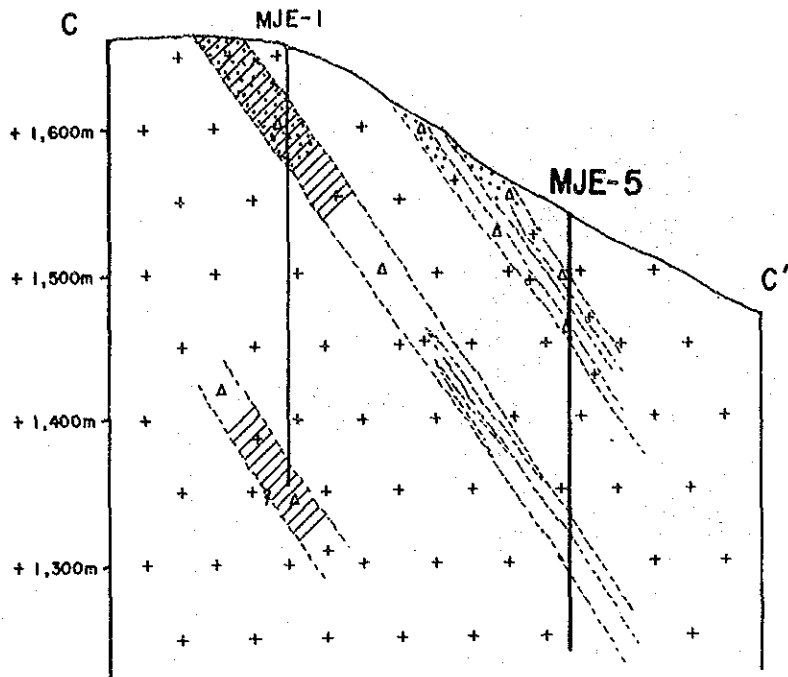


Fig. II-1-25 Geological section of drill hole MJE-6

とMJE-5孔との間の負異常を取り巻くFE値8%以上の異常帯である。

(2) MJE-4孔

(i) 位置・傾斜及び深度

位置：緯距9808.83 N 径距708.07E 標高+1,461m

傾斜：-90°

深度：305.30m

(ii) 目的

鉱化帯Dの下部延長部とエル・トルネアド鉱化域の南部における鉱床の賦存状況の把握を目的として実施された。

(iii) ボーリング孔の地質及び鉱化作用 (Plate II-1-9)

・0～11.50m

粗粒の花崗閃緑岩源のマサ

・11.50～114.50m

岩質は、粗粒の角閃石-黒雲母花崗閃緑岩（以下、粗粒花崗閃緑岩とする）である。細粒の黄鉄鉱が少量、微粒の黄銅鉱が微量、散点状・フィルム状に全体的に鉱染している。黄鉄鉱・黄銅鉱は、母岩の有色鉱物の部分に、主として存在する。黄銅鉱-黄鉄鉱-(輝水鉛鉱)-緑泥石-二次黒雲母-(緑レン石)-石英脈、及び黄鉄鉱-(緑泥石)-(緑レン石)-(二次黒雲母)-石英脈が部分的に存在する。黄銅鉱を伴う前者の脈の脈幅は、最大3cmで、大部分は1cm以下である。脈幅1～2mmで母岩の亀裂を埋めるものが多い。黄銅鉱が認められない後者の脈には、脈幅10cm(深度112.70m)のものもあり、黄鉄鉱は比較的多量に大きいレンズ・塊(長さ2～5mm)として存在する。また、これとは産状及び鉱物の共生関係を異にする黄鉄鉱(微粒)-二次黒雲母-石英脈や晶洞の中に白色透明の菱沸石を有する不毛石英脈も部分的に存在する。前者は、後述する114.50～145.30m間に存在するものと同じ産状を示すもので、母岩の破碎帯を埋めている。これらの石英脈は、大部分、ち密であるが、深度84.50～85.20m、101.80～101.95m間の脈は、多孔質・ザラメ状で母岩等の角礫を包含し、脈幅も広い。

この範囲における硫化鉱物の存在状況は以下のとおりである。すなわち、黄銅鉱は深度100m付近までは、脈の中や母岩の中にも微量存在するが、それ以深になると、母岩の中には極めて稀で脈の中だけに存在するようになる。輝水鉛鉱は、深度30.30m、31.50m、48.00m、56.50mなどの脈幅2～3cmの脈の中に局部的に認められるだけである。

また、母岩の変質については、全体的に弱い緑泥石化を受け、部分的に、二次黒雲母が生成している。局部的に、深度20m、30m、35mなどに、幅1～2mの弱い絹雲母化変質が認められる。さら

に、上述の鉍脈の脈際には、脈石鉍物に対応する変質が認められる。

この範囲の鉍石分析結果7個の平均は、Cu0.02%である。

・114.50～145.30m

岩質は、粗粒花崗閃緑岩である。全体に亘り、微粒黄鉄鉍－二次黒雲母－緑泥石－石英細脈が、破碎帯の中の破碎面に沿って網状・縞状・小枝状に存在する。脈幅は1mm～10cmで、5mm内外が最も多い。しかし、脈の形態は、破碎帯の形態にしたがって不規則複雑に変化している。脈の中の微粒黄鉄鉍は、極めて微粒で黒色泥状である。

この脈の多い部分（破碎構造が発達している部分）の周囲の母岩は、圧碎により造岩鉍物が条線状模様伸びてマイロナイトになっている。その幅は2, 3cm～20cmである。黄鉄鉍－石英脈（脈幅約5mm）が、破碎帯中の上記脈に切られ、かつ、約3cm、両盤が転移している産状がある。マイロナイトになっている部分から離れた所の花崗閃緑岩の組織が保存されている母岩には、細粒の黄鉄鉍が散点状・フィルム状に少量鉍染し、全体的に弱い緑泥石化を受けている。

・145.30～305.30m

岩質は、粗粒花崗閃緑岩である。細粒の黄鉄鉍が散点状に少量、主として有色鉍物の部分に鉍染している。全体的に弱い緑泥石化を受けている。部分的に緑レン石、二次黒雲母が生成している。

黄銅鉍－黄鉄鉍－緑レン石－緑泥石－（二次黒雲母）－石英脈、及び黄鉄鉍－緑泥石－（二次黒雲母）－石英脈が、部分的に、岩石の小亀裂の中に存在している。脈幅は、1mm～3cmである。黄銅鉍を含有する脈において、深度230m付近を境にして、鉍物の共生変化が認められる。すなわち、これより以浅の大部分の脈は、緑泥石－石英の脈石であるが、これより以深になると、大部分の脈に緑レン石が共存するようになる。

破碎帯に伴う二次黒雲母－石英不規則網状脈が部分的に存在する。しかし、深度200m付近より以浅の脈には、微粒黄鉄鉍が伴っていたが、深部200m付近以深になると、その量が極めて少くなる。

輝水鉛鉍は、極めて局部的に含硫化鉍物脈の中に微量認められるだけである。弱い絹雲母化変質帯が部分的に存在する。この変質帯の幅はコア長で1m以下である。

この範囲の鉍石分析結果7個の平均は、Cu0.03%である。

(iv) 考 察

“網状脈鉍化帯”の発達する鉍化帯Dの下部延長は、本孔の深度114.50～145.30m間の破碎帯の中の網状細脈に連続する。しかしながら、露頭部においては、比較的粗粒の黄銅鉍・黄鉄鉍・輝水鉛鉍などが多く認められたのに対し、ここでは、微粒（泥状）黄鉄鉍しか存在していない。この破碎帯に移化する産状及び黄鉄鉍の形態等は、熱水性鉍床の下限部の一般的産状で、本孔は、鉍化帯Dの下限部をぬいたものとみられる。

一方、“鉍染状鉍化帯”（鉍化帯A・C・Dなどの“網状脈鉍化帯”より鉍化時期が前で、貫入岩類などの中に、黄銅鉍・黄鉄鉍が鉍染状及び細脈状の産状を示し本区域全体に広く拡がっている鉍

化帯)は、深度11.50～114.50m間では、母岩の中に黄鉄鉱と共に黄銅鉱も鉱染している。しかし、114.50m以深では、母岩の中には黄銅鉱の鉱染は認められず微粒の黄鉄鉱が少量鉱染するだけとなり、黄銅鉱は、母岩のmmオーダーの小亀裂に沿う細脈の中に少量認められるだけである。これは、ポリバール地域の2年間にわたる地質調査の結果判明した当地域のポーフリー-銅化帯の中心から外側に向う産状の変化傾向と一致している。したがって、この事実から、“鉱染状銅化帯”においても、本孔では深部ほどより縁辺部(おそらく下限)に近いことを暗示している。

物理探査結果と本孔との関係についてみると、中深部IP異常帯は、銅化帯Dの露頭と本孔中の破碎帯中の網状細脈の部分との間にまだ硫化銅物が存在している部分がある事を指示し、本孔北東方にある深部IP異常帯が本孔付近まで伸びてきていないのは、上述の銅化帯が本孔付近では深部に及んでいない事を示しているものとみられる。

(3) MJE-5孔

(i) 位置・傾斜及び深度

位置：緯距9808.08 N 径距708.17E 標高+1, 537m

傾斜：-90°

深度：305.20m

(iii) 目的

銅化帯B・C・Dの北東延長部とエル・トルネアド銅化域東部における銅床の賦存状況の把握を目的として実施された。

(iv) ボーリング孔の地質及び銅化作用 (Plate II-1-10)

・0～10.90m

粗粒花崗閃緑岩源のマサ。

・10.90～26.40m

岩質は、黒雲母-角閃石粗粒花崗閃緑岩(以下、粗粒花崗閃緑岩とする)で、二次黒雲母に富む。微粒黄銅鉱が弱く鉱染している。この範囲全体に、褐鉄鉱-(黄鉄鉱)薄脈が母岩の亀裂などに存在する。脈幅は1～5mmである。深度15.50～16.00m間の銅石分析結果は、Cu0.02%、W0.02%である。

・26.40～30.00m

岩質は、優黒質中粒花崗閃緑岩で、二次黒雲母に富む。黄鉄鉱が弱く鉱染している。黄鉄鉱-絹雲母-石英脈や(黄銅鉱)-黄鉄鉱-緑泥石脈などの細脈が比較的多く認められる。脈幅は1～7mmである。

・30.00～70.00m

岩質は、粗粒花崗閃緑岩で、二次黒雲母に富む。黄鉄鉱が弱く鉱染している。部分的に、黄鉄鉱 - 絹雲母 - 石英細脈（脈幅5mm~3cm）や、母岩の亀裂の中の黄銅鉱 - 黄鉄鉱 - （緑泥石） - （石英）薄脈（脈幅1mm）などが存在する。深度70mに近づくと、鉱染量及び薄脈の数が増加する。この範囲の鉱石分析結果2個の平均は、Cu0.01%、W0.03%である。

また、深度、35.40 ~36.20m, 38.00 ~39.10m, 42.90 ~43.20m, 54.90 ~55.00m, 62.20 ~63.70m, 65.60 ~65.70mに、極微粒（泥状）黄鉄鉱 - 二次黒雲母 - （緑泥石） - 石英細脈が破碎帯を埋めて存在する。なお、X線回折によると、38.00 ~39.10mの脈には、熱水活動末期の生成とみられる菱沸石、束沸石が認められる。

・70.00 ~85.00m

岩質は、粗粒花崗閃緑岩で、二次黒雲母に富む。黄銅鉱・黄鉄鉱が散点状・フィルム状に鉱染している。黄銅鉱 - 黄鉄鉱 - 緑泥石薄脈（脈幅1mm程度）が、母岩の亀裂に沿って、本孔の中で最も多く存在する。この鉱石分析結果は、Cu0.03%、W0.03%である。

また、深度76.60 ~83.50mは、二次黒雲母 - 石英網状脈が角礫化した母岩の間隙を埋めて存在する。

・85.00 ~155.00m

岩質は、粗粒花崗閃緑岩で、二次黒雲母に富む。黄鉄鉱が鉱染している。黄鉄鉱の比較的大きいレンズ（長さ5cm程度）が深度90~120m間に点在する。部分的に黄銅鉱 - 黄鉄鉱 - （緑泥石）薄脈（脈幅1mm程度）が存在する。深度130m付近から、硫化鉱物の鉱染量、二次黒雲母の量が次第に減少する。この範囲の鉱石分析結果3個の平均は、Cu0.01%、W0.04%である。また、深度89.90mに、脈幅1cmの二次黒雲母 - 石英脈が破碎帯に沿って存在する。

・155.00~305.20m

岩質は、粗粒花崗閃緑岩で、弱い緑泥石化を受けている。上部にあった母岩の二次黒雲母は、ほとんど認められなくなる。微粒黄鉄鉱が極めて弱く鉱染している。黄銅鉱 - 黄鉄鉱 - 緑泥石薄脈（脈幅1mm程度）が部分的に存在する。局部的に、微粒輝水鉛鉱が薄脈の中に認められる。この範囲の鉱石分析結果9個の平均は、Cu0.01%である。この範囲は、上部に比較し、硫化鉱物量・脈数共に極端に少い。不毛石英脈細脈（脈幅1~2cm）も認められるようになる。

また、深度210.90~221.30m, 221.35mに、二次黒雲母 - 石英網状細脈が存在する。この脈は晶洞が発達し、その中にカルセドニー - 石英が鐘乳状に認められる。また、X線回折によると晶洞中には束沸石も存在する。

(iii) 考 察

“網状脈鉱化帯”からなる鉱化帯C・Dと同様の鉱化が本孔の深度35.40 ~36.20m, 38.00~39.10 m, 42.90 ~43.20m, 54.90 ~55.00m, 62.20 ~ 63.70m, 65.60 ~ 65.70m, 76.60 ~83.50m, 89.90 ~89.91mの破碎帯の中にくる極微粒黄鉄鉱を含有する二次黒雲母 - 石英細脈帯として確

認められた。鉍化帯Cは、深度76.60～83.50m, 89.90～89.91mの細脈帯に連続し、鉍化帯Dは、これより以浅のものに連続するものとみられる。

鉍化帯C・Dの露頭は、両者共に、絹雲母化変質を受けた母岩の角礫の間隙を埋める黄銅鉍－黄鉄鉍－（輝水鉛鉍）－緑泥石－石英網状脈鉍化帯である。そして、緑泥石化の脈際変質が脈に沿って認められ、硫化鉍物量も多い。しかし、本孔では、これらの鉍化帯は、破碎帯の中にくる脈に分岐し、硫化鉍物も、深度76.60～83.50m間に、微粒の輝水鉛鉍が少量認められる以外は、極微粒黄鉄鉍だけとなっている。また、緑泥石は脈中に微量認められるだけで、緑泥石化の脈際変質もない。これらの事実から、鉍化帯C・Dは、本孔付近では末端部又は下限地帯にはいったものとみられる。なお、深度209.30mから252.25m間に存在する破碎帯を埋める極微粒黄鉄鉍－二次黒雲母－石英細脈は、鉍化帯Aの延長とみられる。

また、鉍化帯Bの“鉍染状鉍化帯”の北東延長は、深度70～85mを中心とする下限155m付近までの鉍染状に相当するものとみられる。鉍化帯Bの露頭は、黄銅鉍・黄鉄鉍が母岩の中に散点状鉍染及び細脈として存在し、二次黒雲母が母岩の中に多く認められる。本孔においても、深度70～85m間では同様な産状を示す。しかし、黄銅鉍は少量で、主として母岩の小亀裂に沿う薄脈の中に偏在する。黄鉄鉍は、この範囲に比較的多く認められる。深度90～130m間には、部分的に数cmのレンズも存在する。二次黒雲母は深度155m付近まで認められ、それ以深になると緑泥石化だけの地帯に移化する。Esperanza 沢の露頭と比較し、母岩中の硫化鉍物の鉍染量が少くなり、黄銅鉍／黄鉄鉍比が小で、かつ、黄銅鉍は薄脈に偏在すること等から、本孔は、エル・トルネアド鉍化域全体に広がっている“鉍染状鉍化帯”の縁辺部の産状を捉えているものとみられる。物理探査結果の本孔付近にNE－SW方向に広がっていた深部IP異常帯は、深度70～130m間の黄鉄鉍を主体とする“鉍染状鉍化帯”が南東方向深部にさらに連続していることを指示しているものとみられる。

(4) MJE-6孔

(i) 位置・傾斜及び深度

位置：緯距9808.29 N 経距708.10E 標高+1, 625m

傾斜：-90°

深度：353.00m

(ii) 目的

鉍化帯A及び潜頭鉍化帯の北東延長部とエル・トルネアド鉍化域の北東部における鉍床の賦存状況の把握を目的として実施された。

(iii) ボーリング孔の地質及び鉍化作用 (Plate II-1-11)。

・0～8.00m

粗粒花崗閃緑岩源のマサ。

・8.00～29.20m

岩質は、黒雲母－角閃石粗粒花崗閃緑岩（以下、粗粒花崗閃緑岩とする）である。黄鉄鉱が弱く散点状に、主として有色鉱物の部分に、全体的に鉱染している。この範囲で特徴的なことは、深度8～22m間に、褐鉄鉱－（黄鉄鉱）－（緑泥石）－（石英）の薄脈が岩石の亀裂の中に多数存在することである。褐鉄鉱は、硫化鉱物が酸化により褐鉄鉱化したものと、地下水中に溶出された鉄成分が沈積したものとみられるものの2つが認められる。

母岩の変質は、全体的に弱い緑泥石化を受け、部分的に絹雲母化変質帯が存在する。

深度23.90mに、コア長40cmの黄銅鉱－黄鉄鉱－緑泥石－二次黒雲母－石英の細脈帯が存在する。この鉱石分析結果は、Cu0.01%である。

・29.20～57.80m

岩質は、粗粒花崗閃緑岩で、黄鉄鉱が全体的に鉱染している。黄銅鉱－黄鉄鉱－緑泥石－（二次黒雲母）－石英脈、黄鉄鉱－緑泥石－（二次黒雲母）－石英脈などの細脈が比較的多く存在する。脈幅は、5mm～5cm程度である。脈の中の黄銅鉱は微粒で、1mm以下が大部分である。黄鉄鉱は、レンズの長さ5cm以上のものもあり、比較的大きいものが多く認められる。ここの鉱石分析結果は、Cu0.02%である。

母岩の変質は、全体的に弱い緑泥石化を受けているが、特徴的なことは、この範囲が本孔の中で最も絹雲母化変質が発達していることである。

深度52.00～53.00mに、晶洞の発達するカルセドニ－石英細脈帯が存在する。この中には、緑レン石、絹雲母も認められる。

・57.80～179.80m

岩質は、粗粒花崗閃緑岩である。細粒黄鉄鉱が弱く鉱染している。全体的に弱い緑泥石化を受けている。部分的に、黄鉄鉱－絹雲母－石英脈・黄銅鉱－石英脈などの細脈と、局所的な、黄銅鉱－黄鉄鉱－緑泥石－二次黒雲母－石英細脈が存在する。脈幅は1～5cm程度である。深度160m付近から179.80m間には、これらの脈数が多い。また、母岩の小亀裂の中に、黄銅鉱－黄鉄鉱－緑泥石－（石英）の薄脈がフィルム状に部分的に存在する。幅は1～3mmで、1mm程度が多い。この範囲の鉱石分析結果個の平均は、Cu0.01%である。

黄銅鉱の存在量は、深度により変化が認められる。すなわち、深度55m付近から115m付近は極めて少く、115m以深になると、母岩の小亀裂の中のフィルム状薄脈に多く認められるようになり、若干増加してくる。しかし、母岩の中には、黄鉄鉱だけで、黄銅鉱の鉱染は認められない。深度59.80～60.90mに、晶洞の発達するカルセドニ－石英の細脈帯が存在する。晶洞の中には東沸石が晶出している。また、深度68.40～76.00m間に、二次黒雲母－石英脈が破碎帯の中に存在する。この脈の空隙の中には、カルセドニ－石英と緑レン石が部分的に認められる。

前記、深度 29.20 ~ 57.80m に顕著に認められた絹雲母化変質は、この範囲では、黄鉄鉱 - 絹雲母 - 石英脈の脈際変質としてだけしか認められず、断続的にしか存在しない。また、二次黒雲母も脈の中に偏在する。

・ 179.80 ~ 200.50m

岩質は、優黒質黒雲母 - 角閃石中粒 ~ 粗粒花崗閃緑岩である。二次黒雲母に富む。微粒黄鉄鉱が弱く鉱染している。黄銅鉱 - 黄鉄鉱 - 緑泥石 - (石英) の薄脈が、母岩の小亀裂に部分的に存在する。脈幅は 1mm 程度である。絹雲母化変質が、黄鉄鉱 - 絹雲母 - 石英脈の周囲などに部分的に認められる。変質帯の幅は約 50cm である。この範囲の鉱石分析結果 2 個の平均は、Cu0.02% である。

・ 200.50 ~ 209.30m

岩質は、粗粒花崗閃緑岩である。黄鉄鉱が弱く鉱染している。局部的に、黄鉄鉱 - 緑泥石 - 二次黒雲母 - (絹雲母) - 石英脈が存在する。脈幅 4 ~ 5cm である。この鉱石分析結果は、Cu0.02% である。

・ 209.30 ~ 232.20m

岩質は、優黒質黒雲母 - 角閃石中粒花崗閃緑岩である。弱い緑泥石化変質を受けている。黄鉄鉱が弱く鉱染している。脈幅 1mm 程度の黄銅鉱 - 黄鉄鉱 - 緑泥石脈が、部分的に、母岩の小亀裂の中に認められる。これは、本岩の周縁部 (深度 232.20m 付近) ほど多くなる傾向がある。深度 231.20m に、輝水鉛鉱が、脈幅 7cm の黄銅鉱 - 黄鉄鉱 - (緑レン石) - 石英脈の中に局部的に認められる。この鉱石分析結果は、Cu0.01%、W0.05% である。

・ 232.20 ~ 270.00m

岩質は、粗粒花崗閃緑岩である。黄鉄鉱が弱く鉱染し、弱い緑泥石化を受けている。部分的に、黄銅鉱 - 黄鉄鉱 - 緑泥石 - (二次黒雲母) - 石英薄脈が存在する。脈幅は 1mm ~ 2cm である。深度 270m 付近から、硫化鉱物の鉱染量が増加する。

この範囲は鉱石分析結果 2 個の平均は、Cu0.02%、W0.07% である。

・ 270.00 ~ 340.00m

岩質は、粗粒花崗閃緑岩である。黄銅鉱、黄鉄鉱が散点状・フィルム状に鉱染している。部分的に、黄銅鉱 - 黄鉄鉱 - 緑泥石 - 二次黒雲母 - 石英脈、黄鉄鉱 - 絹雲母 - 石英脈などの細脈 (脈幅 1 ~ 10cm で、1 ~ 2cm が多い) や母岩の小亀裂の中に黄銅鉱 - 黄鉄鉱 - 緑泥石 - (石英) の薄脈 (幅 1mm 程度) が存在する。深度 273.10m のコア長 10cm の鉱石分析結果は、Au 0.1g/t、Ag 3.8g/t、Cu0.02%、Pb0.26%、Zn1.59%、W0.20% である。全体として、この範囲には、これより浅及び深に比べ、上記脈の数及び硫化鉱物の鉱染量が多い。特に、深度、310 ~ 320m 付近が多く、ここでは、母岩中にも、黄銅鉱の鉱染が比較的多く認められる。この範囲の鉱石分析結果 5 個の平均は、Cu0.02%、W0.06% である。

母岩の変質は、弱い緑泥石化を受けているが、この範囲には、他に比べ、緑レン石が比較的多く認

められる。

また、深度289.10～290.10m, 312.90～312.91m, 315.30～315.35m, 319.80～320.80mなどに、極微粒（泥状）～細粒黄鉄鉱－（黄銅鉱）－（緑泥石）－二次黒雲母－石英細脈が、破碎帯の破碎面に沿い存在する。脈幅は膨縮して一定でないが、2mm～1cm程度が多い。

・340.00～353.00m

岩質は、粗粒花崗閃緑岩である。微粒黄鉄鉱が少量鉱染するだけである。局部的に、（黄銅鉱）－黄鉄鉱－緑泥石－二次黒雲母－緑レン石－石英や黄鉄鉱－石英－絹雲母などの細脈（脈幅1～3cm）が認められる。全体として、硫化鉱物量は、上部に比べ極端に減少している。

また、深部349.00～349.40m, 350.30～351.20mなどに、極微粒黄鉄鉱－二次黒雲母－石英細脈が破碎帯の中に存在する。この細脈は晶洞が発達し多孔質で、晶洞の中には、鐘乳状又は雨滴状のカルセドニー－石英が認められる。この母岩は溶脱され、部分的に、ボサボサした多孔質岩に変化している。

(iv) 考 察

“網状脈鉱化帯”の鉱化帯Aの北東延長は、深度29.20～57.80mの細脈帯に連続する。露頭や昨年度実施したMJE-1, MJE-3孔のボーリングコアでは、鉱化帯Aは、粗粒花崗閃緑岩の角礫帯の角礫の間隙を、黄銅鉱－黄鉄鉱－輝水鉛鉱－緑泥石－二次黒雲母－石英が埋める網状脈で、硫化鉱物も比較的多量にあり、磁硫鉄鉱・灰重石なども存在していた。しかし、本孔では、母岩の角礫化も乏しく、硫化鉱物も少量となり、磁硫鉄鉱も認められない。この事実から、本孔は、鉱化帯Aの母岩の角礫構造が消滅する末端部をぬいたものとみられる。しかし、露頭及びMJE-1, MJE-3孔に顕著に認められた絹雲母化変質は、本孔においても、断続的であるが存在しており、絹雲母化変質はまだ広がっているようである。

MJE-1, MJE-3孔で昨年確認した鉱化帯Aの下部の潜頭性“網状脈鉱化帯”は、深度289.10～290.10m, 312.90～312.91m, 315.30～315.35m, 319.80～320.80m, 349.00～349.40m, 350.30～351.20mなどに存在する破碎帯を埋める極微粒～細粒黄鉄鉱－（黄銅鉱）－（緑泥石）－二次黒雲母－石英細脈帯に連続するものと考えられる。MJE-1とMJE-3孔では、黄銅鉱・黄鉄鉱・硫化鉄鉱・灰重石などが比較的多量に存在したが、ここでは少量となり、磁硫鉄鉱も認められない。また、鉱化帯も全体として分岐する末端部の産状を示している。

一方、鉱化帯Bを中心として本区域全体に広がる“鉱染状鉱化帯”は、本孔では、深度310～320mを中心とする深度270～340m間に認められる。これも、全体的にEsperanza沢中の露頭に比べて黄銅鉱量が減少し、その産状も、母岩の中の鉱染が少なく、主として脈中に存在している。これらの事実から、本孔は、鉱化帯Bの北東末端に近いところをぬいたものとみられる。

また、物理探査結果の深部IP異常帯の実体は、上記“鉱染状鉱化帯”の硫化鉱物の存在域であったことが判明した。