

一九五〇年四月二十二日

關於一九五〇年四月二十二日

（一九五〇年）

（一九五〇年）

一九五〇年四月二十二日

エクアドル共和国 ボリバル地域
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

JICA LIBRARY



1111045191

25871

平成3年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



国際協力事業団

25871

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3年次にあたり、金属鉱業事業団は8名の調査団を編成した平成2年7月3日から平成2年12月1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、3年間の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力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ものである。

平成3年2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

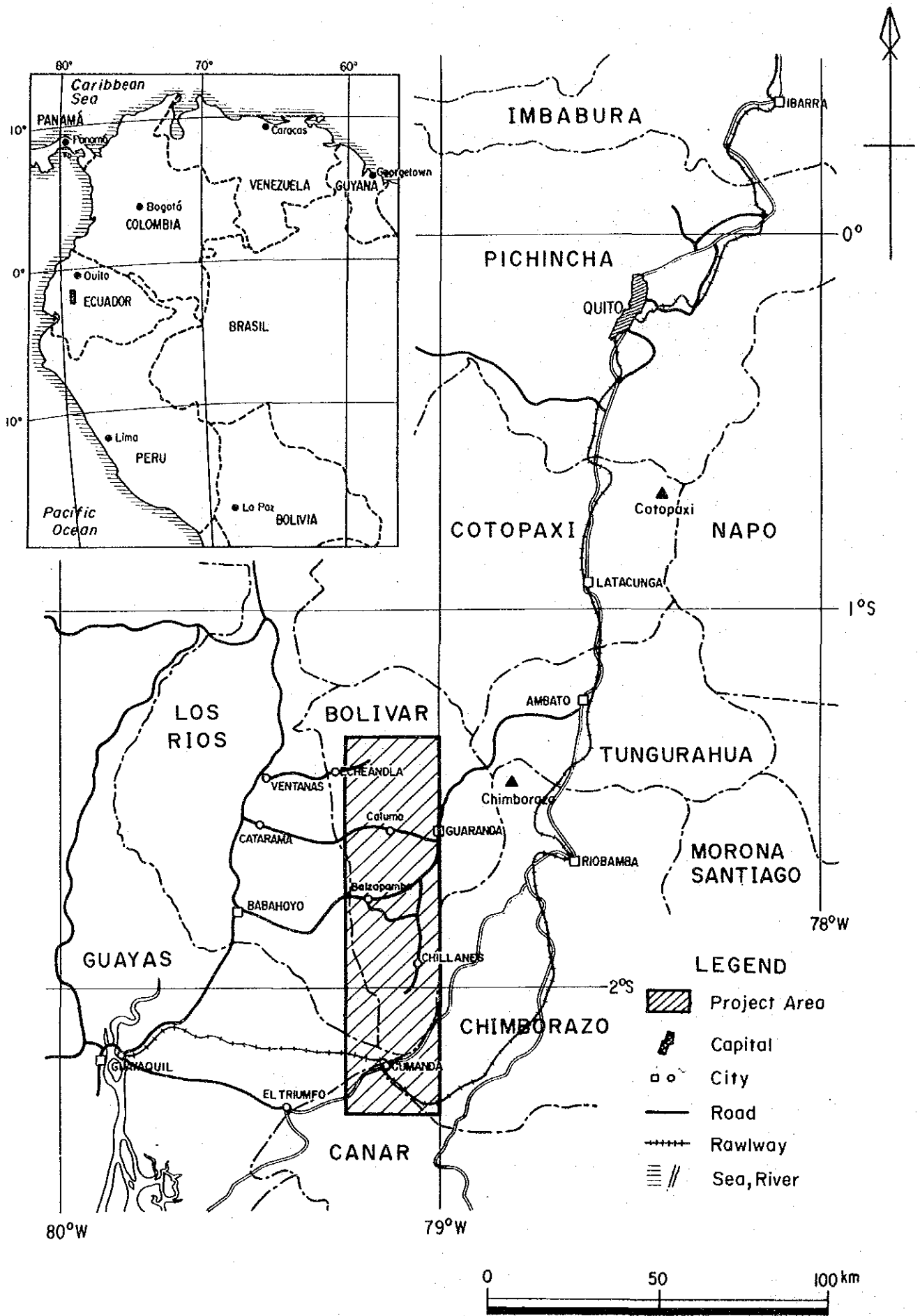


Fig. I

Location map of the project area

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 調査概要	1
1-1 調査地域 及び 調査目的	1
1-2 調査方法 及び 調査量	1
1-3 調査期間 及び 調査員	4
第 2 章 従来 of 調査	7
第 3 章 ポリバール地域周辺の地質概要	9
第 4 章 調査地域の状況	13
4-1 位置及び交通	13
4-2 地形・環境	13
第 5 章 調査結果の検討	15
5-1 各調査地区の調査結果検討	15
5-2 総合検討	20
第 6 章 結論 及び 提言	29
6-1 結論	29
6-2 将来への提言	31

第 II 部 各論

第 1 章 パルサパンバ地区	33
1-1 地質調査	33
1-1-1 地質	33
1-1-2 鉱化作用と変質作用	39
1-1-3 帯磁率測定	40
1-1-4 岩石地化学探査	40

1-2	物理探査 (CSAMT法)	45
1-3	バルサパンバ地区の調査結果の検討	49
1-4	バルサパンバ地区、エル・トルネアド区域	51
1-4-1	地質調査	51
1-4-2	物理探査 (試錐孔IP法)	53
1-4-3	ボーリング調査	58
1-4-4	エル・トルネアド区域の調査結果の検討	70
1-5	バルサパンバ地区、オソウアイコ区域	73
1-5-1	地質調査	73
1-5-2	物理探査 (IP法)	79
1-5-3	ボーリング調査	83
1-4-4	オソウアイコ区域の調査結果の検討	86
第2章 チャソ・ファン地区		87
2-1	地質調査	87
2-1-1	地質	87
2-1-2	地質構造	90
2-1-3	鉱化作用と変質作用	90
2-1-4	帯磁率測定	91
2-1-5	岩石地化学探査	92
2-2	物理探査 (IP法)	94
2-3	チャソ・ファン地区の調査結果の検討	98
第3章 テリンベラ地区		99
3-1	地質調査	99
3-1-1	地質	99
3-1-2	鉱化作用及び変質作用	101
3-1-3	帯磁率測定	102
3-2	テリンベラ地区・北東区域	105
3-2-1	地質調査	105
3-2-2	物理探査	110
3-2-3	ボーリング調査	115
3-2-4	テリンベラ地区・北東区域の調査結果の検討	120
第4章 ラ・インダストリアーヤトゥビ地区		121
4-1	地質調査	121
4-1-1	地質	121
4-1-2	地質構造	121

4-1-3	鉍化作用と変質作用	121
4-1-4	帯磁率測定	123
4-1-5	地化学探査	125
4-2	ラ・インダストリアーヤトゥビ地区の調査結果の検討	132
第5章	ラス・ガルディアス地区	133
5-1	地質調査	133
5-1-1	地質	133
5-1-2	地質構造	136
5-1-3	鉍化作用と変質作用	137
5-1-4	帯磁率測定	138
5-2	ラス・ガルディアス地区の調査結果の検討	138
第6章	その他の地区	141
6-1	調査目的及び調査方法	141
6-2	地質調査	141
6-2-1	トレス・エルマーナス地区	141
6-2-2	サン・ミグエル地区	146
6-2-3	シコタ地区	147
6-2-4	タンピージョ地区	149
6-2-5	タブラス・パンバ地区	152
6-2-6	バラロン地区	155
6-2-7	チルカレス・アルト地区	158
6-3	その他の地区の調査結果の検討	158

第Ⅲ部 結論及び将来への提言

第1章	結論	161
第2章	将来への提言	167

参考文献

LIST OF FIGURES

- Fig. 1 Location map of the project area
- Fig. I-1-1 Location map of the surveyed area
- Fig. I-1-2 Flowsheet of the survey
- Fig. I-3-1 Stratigraphic correlation around the project area
- Fig. I-3-2 Geotectonic and metallogenic zone map of Ecuador
- Fig. I-4-1 Generalized stratigraphy of the project area
- Fig. II-1-1 Geological map of the Balzapamba area
- Fig. II-1-2 Generalized stratigraphic section of the Osohuayco, Balzapamba area
- Fig. II-1-3 Interpretation map of the mineralization and magnetic susceptibility of the Balzapamba area
- Fig. II-1-4 Interpretation map of the low resistivity zone and mineralized zone of the Balzapamba area
- Fig. II-1-5 Interpretation map of the of the El Torneado, Balzapamba area
- Fig. II-1-6 Location map of drill holes
- Fig. II-1-7 Geological section of drill holes MJE-2, 3, and 4
- Fig. II-1-8 Geological sections of drill holes MJE-1 and 5, and holes MJE-1, 3, and 6
- Fig. II-1-9 Geological map of the Osohuayco, Balzapamba area
- Fig. II-1-10 Generalized stratigraphic section of the Osohuayco, Balzapamba area
- Fig. II-1-11 Interpretation map on IP anomalous zones of the Osohuayco, Balzapamba area
- Fig. II-1-12 Geological section of drill hole MJE-7
- Fig. II-2-1 Geological map of the Chaso Juan area
- Fig. II-2-2 Generalized stratigraphic section of the Caso Juan area
- Fig. II-2-3 Interpretation map of magnetic susceptibility of the Caso Juan area
- Fig. II-2-4 Interpretation map of IP anomalous zones of the Chaso Juan area
- Fig. II-3-1 Geological map of the Tlimbela area
- Fig. II-3-2 Interpretation map of magnetic susceptibility of the Telimbela area
- Fig. II-3-3 Geological map of the Northeast, Tlimbela area
- Fig. II-3-4 Generalized stratigraphic section of the Northeast, Telimbela area
- Fig. II-3-5 Interpretation map of the Telimbela area
- Fig. II-3-6 Geological section of drill holes MJE-8 and 9
- Fig. II-4-1 Geological map of the La Industria-Yatubi area
- Fig. II-4-2 Interpretation map of magnetic susceptibility of the La Industria-Yatubi area
- Fig. II-4-3(1) Distribution map of minor element in soil of the La Industria-Yatubi area(Cu)
- Fig. II-4-3(2) Distribution map of minor element in soil of the La Industria-Yatubi area(Pb)
- Fig. II-4-3(3) Distribution map of minor element in soil of the La Industria-Yatubi area(Zn)
- Fig. II-4-3(4) Distribution map of minor element in soil of the La Industria-Yatubi area(As)
- Fig. II-4-3(5) Distribution map of minor element in soil of the La Industria-Yatubi area(Hg)

- Fig. II-4-4(1) Distribution map of factor score of the La Industria-Yatubi area(Hg-Pb)
- Fig. II-4-4(2) Distribution map of factor score of the La Industria-Yatubi area(Zn-Cu)
- Fig. II-4-5 Synthetic geochemical anomalous zone map of the La Industria-Yatubi area
- Fig. II-4-6 Constituents of synthetic geochemical anomalous zones
- Fig. II-5-1 Geological map of the Las Gardias area
- Fig. II-5-2 Generalized stratigraphic section of the Las Gardias area
- Fig. II-5-3 Interpretation map of magnetic susceptibility of the Las Gardias area
- Fig. II-6-1 Geological map of the Tres Hermanas area
- Fig. II-6-2 Generalized stratigraphic section of the Tres Hermanas area
- Fig. II-6-3 Geological map of the San Miguel area
- Fig. II-6-4 Generalized stratigraphic section of the San Miguel area
- Fig. II-6-5 Geological map of the Sicota area
- Fig. II-6-6 Geological map of the Tambillo area
- Fig. II-6-7 Generalized stratigraphic section of the Tambillo area
- Fig. II-6-8 Geological map of the Tablas Pamba area
- Fig. II-6-9 Generalized stratigraphic section of the Tablaspamba area
- Fig. II-6-10 Geological map of the Balaron area
- Fig. II-6-11 Generalized stratigraphic section of the Balaron area
- Fig. II-6-12 Geological map of the Chilcales Alto area
- Fig. II-6-13 Generalized stratigraphic section of the Chilcales Alto area
- Fig. III-2-1 Recommended area for future survey of the Osohuayco zone, Balzapamba area
- Fig. III-2-2 Recommended area for future survey of the Telimbela area

LIST OF TABLES

- Table I-1-1 List of survey amounts
- Table I-1-2 List of lavolatory works
- Table I-1-3 Member list of project administration and survey team
- Table I-2-1 Temperature and precipitation of the project area
- Table I-3-1 Classification of metallogenic zones
- Table I-4-1 Summary of survey results with mineral showings

第 I 部

第1章 調査概要

1-1 調査地域及び調査目的

1) 調査地域

本調査地域は、エクアドル共和国の中央西部に位置 (Fig. 1) し、ほとんどがボリバール州に含まれる。調査地域は精査地区1、準精査地区11の総計12地区よりなる。このうち、精査及びボーリングを実施した地区はバルサパンバ地区とテリンベラ地区である (Fig. I-1-1)。バルサパンバ地区は本調査地域のほぼ中央部に、テリンベラ地区はそれより北方約10 km に位置している。その他の地区は南北約100 kmの範囲に点在している。

2) 調査目的

本調査は、エクアドル共和国ボリバール地域において地質状況を解明することにより、鉍床賦存状況を把握することを目的とした。

1-2 調査方法及び調査量

1) 調査方法

はじめに既存資料により調査対象地区を12地区抽出した。地質調査・地化学探査により、鉍化作用と地質構造及び火成活動等の関係を解明し、その結果と既存の地化学探査資料とを総合的に考察し、鉍徴地 (鉍化帯) の分布特徴を明らかにすることにより、更に有望な鉍徴地 (鉍化帯) を調査対象区域として抽出した。

次に物理探査により、調査対象区域においてポーフィリ銅型鉍化帯の地下深部における鉍化の連続性を把握し、鉍化帯と地下構造との関係を解明することにより、鉍化作用による異常帯を抽出し、ボーリング調査実施位置の選定に必要な資料を提供した。

最後にボーリング調査により、地下深部における鉍化帯の規模及び鉍況を確認しその経済的有望性を推定するために必要な地質鉍床学的情報を得た。

調査の流れはFig. I-1-2 に示す通りである。

第1年次は、精査地区としてバルサパンバ地区、準精査地区としてその他の11地区を選定した。バルサパンバ地区では地質調査、物理探査、ボーリング調査を行いバルサパンバ地区エル・トルネアード区域では地質精査・岩石地化学探査・物理探査・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地質準精査・岩石地化学探査・地質精査・物理探査・ボーリング調査、チャソ・ファン地区では地質準精査・岩石地化学探査・地質精査・物理探査、テリンベラ地区では地

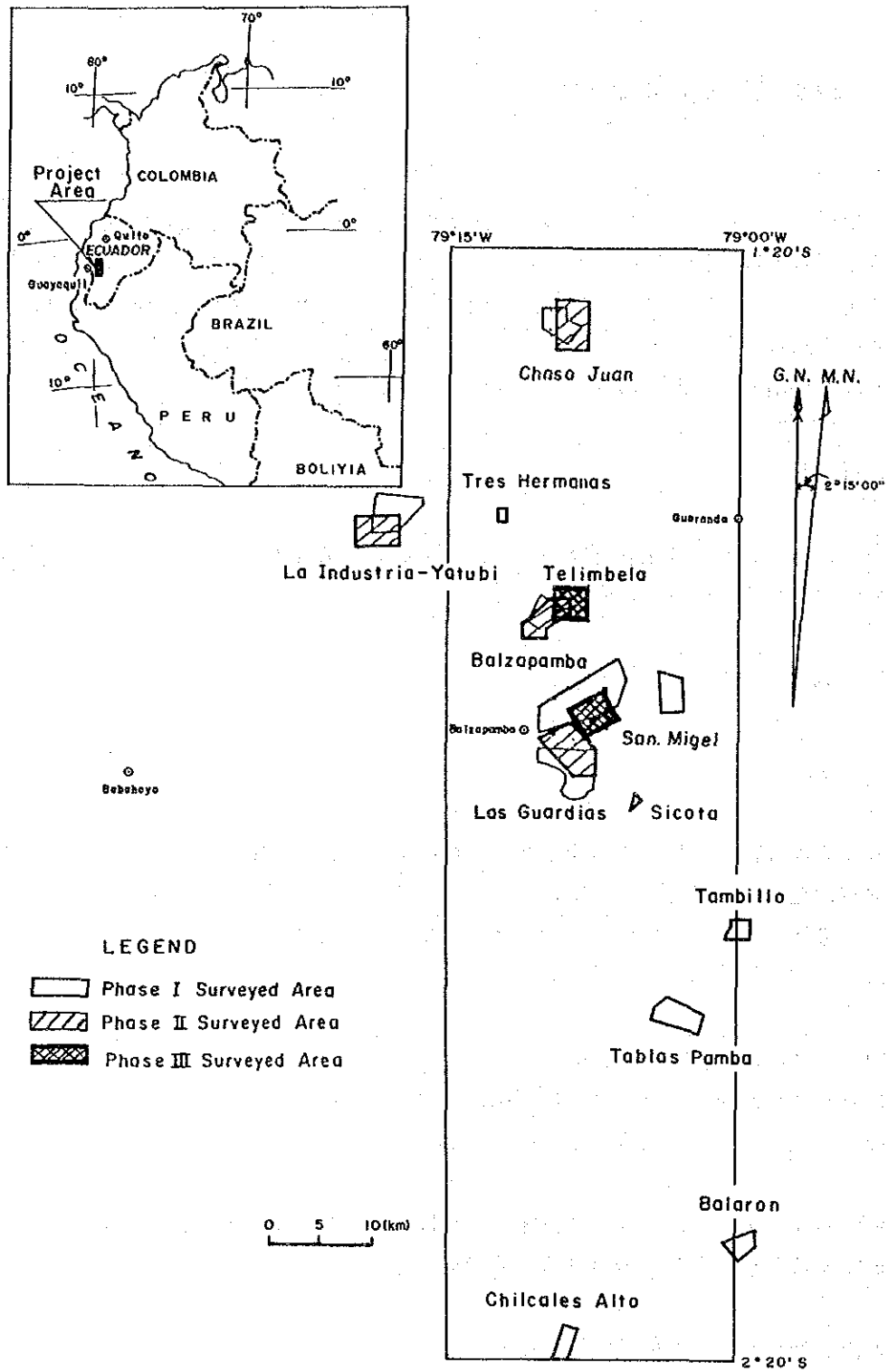


Fig.I-1-1 Location map of the surveyed area

調査フローシート

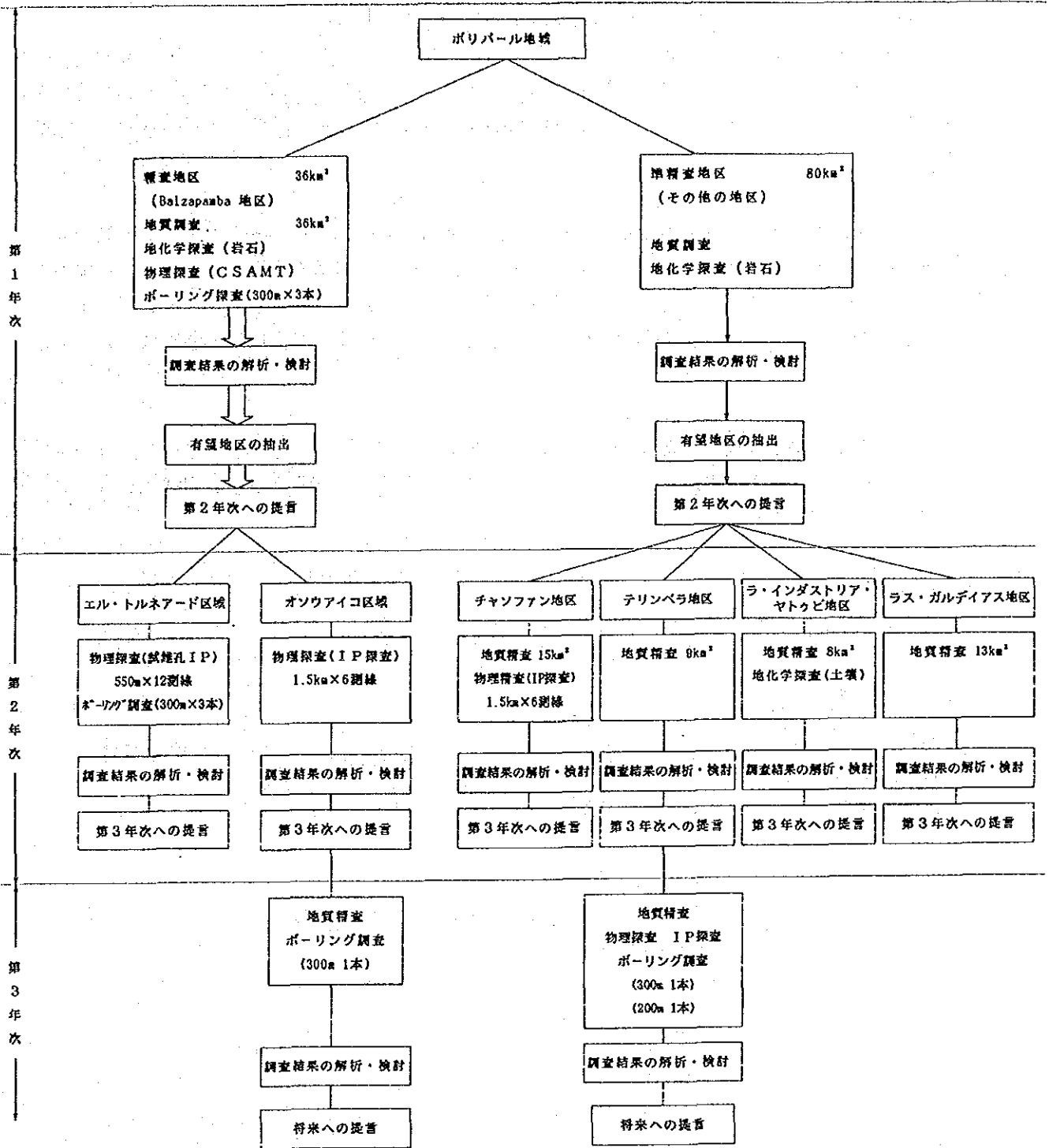


Fig. I-1-2 Flowsheet of the survey

質準精査・岩石地化学探査・地質精査・物理探査・ボーリング調査、ラ・インダストリアーヤトビ地区では地質準精査・岩石地化学探査・地質精査・土地化学探査、ラス・ガルディアス地区では地質準精査・岩石地化学探査・地質精査をそれぞれ実施した。

その他の7地区、トレス・エルマーナス (Tres Hermanas)、サン・ミグエル (San Miguel)、シコタ (Sicota)、タンビージョ (Tambillo)、タブラス・パンバ (Tablas Pamba)、バラロン (Balaron)、及びチルカレス・アルト (Chilcales Alto) では地質準精査・岩石地化学探査を実施した。

第2年次は5地区で調査を実施した。バルサパンバ地区では、エル・トルネアード区域で物理探査(試錐孔IP法)及びボーリング調査、オソウアイコ区域では物理探査(IP法)を実施した。チャソ・ファン地区では地質精査及び物理探査(IP法)を実施した。ラ・インダストリアーヤトビ地区では地質精査及び土地化学探査を実施した。テリンベラ地区及びラス・ガルディアス地区では地質精査を実施した。

第3年次は2地区に絞って調査を実施した。バルサパンバ地区・オソウアイコ区域では地質精査及びボーリング調査を実施した。テリンベラ地区・北東区域では地質精査、物理探査(IP法)及びボーリング調査を実施した。

2) 調査量

調査量はTable I-1-1 及びTable I-1-2 に示すとおりである。

1-3 調査期間及び調査員

1) 調査期間

昭和63年8月2日～平成3年2月20日

2) 調査員

調査計画と現地調査に参加した団員はTable I-1-3 のとおりである。

Table I-1-1 List of survey amounts

Items		Quantity		
1. Geological and geochemical survey		Area (km ²)	Survey length(km)	
1) Balzapamba		36	84.8	
2) Others		80	157.5	
2. Geophysical survey		Area (km ²)	Survey length(km)	
1) Balzapamba (CSAMT)		36	104 (points)	
3. Drilling		Depth (m)	Dip(°)	
(1) El Torneado, Balzapamba area				
1) MJE-1		305.40	-90 °	
2) MJE-2		305.40	-90 °	
3) MJE-3		303.30	-90 °	
1. Geological and geochemical survey		Area (km ²)	Survey length(km)	
1) Chaso Juan		15	36.0	
2) Telimbela		9	26.9	
3) La Industria-Yatubi		8	21.9	
4) Las Guardias		13	33.0	
2. Geophysical survey		Area (km ²)	Survey length(km)	
1) Balzapamba				
El Torneado (Bore Hole IP)		0.26	6.9	
Osohuayco (IP Method)		2.0	9.6	
2) Chaso Juan (IP Method)		2.4	9.6	
3. Drilling		Depth (m)	Dip(°)	
(1) El Torneado, Balzapamba area				
4) MJE-4		305.30	-90 °	
5) MJE-5		305.20	-90 °	
6) MJE-6		353.00	-90 °	
1. Geological survey		Area (km ²)	Survey length(km)	Pit
1) Balzapamba				
Osohuayco		10	27.2	5
2) Telimbela				
Northeast		9	38.3	10
2. Geophysical survey		Area (km ²)	Survey length(km)	
3) Telimbela				
Northeast (IP Method)		2.4	9.6	
3. Drilling		Depth (m)	Dip(°)	
(2) Osohuayco, Balzapamba area		305.00	-90 °	
1) MJE-7				
(3) Northeast, Telimbela				
1) MJE-8		301.00	-90 °	
2) MJE-9		205.00	-90 °	

Table I-1-2 List of lavatory works

Method Area	Thin section	Polished section	Dating (K-Ar)	Chemical Analyses			X-ray diffractive analysis	Resistivity
				Whole rock	Ore (Au, Ag, Cu, Pb, An, Mon)	Soil (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, As, Hg)		
Drill core	5	5	0	0	216	0	20	25
Balzapamba	13	7	1	1	44	33	30	26
Chaso Juan	4	6	2	2	20	5	10	10
Telimbela	6	13	3	3	73	6	46	21
La Indust- ria-Yatubi	2	-	1	1	17	(Soil;205) 4	10	-
Las Guard- ias	6	3	3	3	17		6	-
Others	2				10		13	-
Total	51	55	10	10	397	205 67	121	82

Table I-1-3 Member list of project administration and survey team

	Phase I	Phase II	Phase III
調 査 期 間	自 昭和63年5月15日 至 平成元年2月10日	自 昭和元年7月2日 至 平成2年1月31日	自 昭和2年6月29日 至 平成3年2月20日
調 査 計 画 ・ 折 衝	松 川 圭 男 ⁴⁾ 磯 田 由 幸 ¹⁾ 篠 川 秀 育 ²⁾ 貝 沼 弘 康 ³⁾ 安 達 直 隆 ⁴⁾	松 川 圭 男 小 山 恭 一 ⁴⁾ 貝 沼 弘 康 目 次 英 哉 ⁴⁾	小 山 恭 一 目 次 英 哉
	Leonardo Elizalde Guillermo Bixby Wilson Santamaria Marco Marin Edgar Lopez Luis Quevedo	Leonardo Elizalde Wilson Santamaria Marco Marin Edgar Lopez Luis Quevedo	Leonardo Elizalde Wilson Santamaria Marco Marin Edgar Lopez Luis Quevedo
現 地 調 査	黒 田 英 夫 ⁵⁾ 谷 口 洋 文 ⁵⁾ 池 田 則 生 ⁵⁾ 田 島 俊 雅 ⁵⁾ 賀 来 学 ⁵⁾ 土 屋 真 ⁵⁾ 工 藤 康 治 ⁵⁾ 松 岡 孝 志 ⁵⁾ 安 保 司 ⁵⁾	黒 田 英 夫 日 下 浩 ⁵⁾ 池 田 則 生 田 島 俊 雅 賀 来 学 佐々木 伸幸 ⁵⁾ 松 岡 孝 志 安 保 司	黒 田 英 夫 日 下 浩 後 藤 求 ⁵⁾ 賀 来 学 松 久 保 和 人 ⁵⁾ 佐々木 伸幸 松 岡 孝 志 安 保 司
	Vicente Fiallos Guillermo Aguilera Alfredo Zamora Xavier Bermudez Edgar Lopez Luis de La Torre Alfonso Vaca Cesar Cardenas	Vicente Fiallos Alfredo Zamora Xavier Bermudez Gabriel Unda Edgar Lopez Luis de La Torre Alfonso Vaca Cesar Cardenas	Alfredo Zamora Bolivar Carelo Gabriel Varensuela Victor Citinbaiyo Edgar Lopez Luis de La Torre Alfonso Vaca Cesar Cardenas

注：参加当時 1) 外務省 2) 通商産業省 3) 国際協力事業団
4) 金属鉱業事業団 5) 大手開発(株)

第2章 従来の調査

2-1 従来調査の概要

1975年～1982年、イギリスの技術協力のもとに、面積6,100Km²を対象としてサン・ミグエル (San Miguel) プロジェクトが実施された。このうち前半の1975年～1979年には、広域地化学探査が実施され、河川堆積物及び重鉱物からなる2,500個の試料が採取され、Cu, Pb, Zn, Co, Ni, CxCu及びCxHmについて分析された。試料の分析の結果、38地帯でCu, Pb, Zn, Niの異常が検出された。このうち17個はCu鉱化帯、6個はPb-Zn 鉱化帯、3個はCu-Ni 鉱化帯、1個はZn鉱化帯に関連し、残りの11個は母岩を反映したものであった。1976年～1982年に4地域 (バルサパンバ、チャソ・ファン、テリンベラ、サン・ミグエル) でより詳細な調査及び提言がなされ、他の異常地域の調査開始が提言された。以下に4地域の概要を表に示す。バルサパンバでは、地質準精査又は精査により、エル・トルネアード、オソウアイコ、ラス・フントス、エル・クリスタル、ラス・パルマス、コチャパンバの鉱徴地が抽出された。

バルサパンバ、チャソ・ファン及びテリンベラでは、酸性～中性の貫入岩類の中やこれに接触するマクチ層の中にポーフィリー・カッパー型の銅鉱化作用が認められ、地質精査、土地化学探査、物理探査等が提言された。バルサパンバではボーリング調査 (5本、1,125m) も提言された (INEMIN, 1988)。

サン・ミグエルでは、より新期のLourdes 火山岩類の熱水変質帯中に硫化鉱物の鉱染及び鉱脈が認められ、地質精査、土地化学探査が提言されたが、上記の3地域よりは優先順位が低い (INEMIN, 1988)。

第3章 ボリバル地域周辺の地質概要

3-1 地質構造区分

エクアドルは南アメリカ大陸北西部にあり、コロンビアとペルーの間に位置する。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、いわゆるアンデス地向斜の変動帯に属し、Eugeosyncline で特徴づけられる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を有する地域である。当国の地質は、先カンブリア系から第四系までの地質より構成される。重要な構造はNNE-SSW 方向で、地質構造区は海岸地帯(Costa)、山岳地帯(Sierra)及び東部地帯(Oriente) の3つに大別され、それぞれ地形上に反映されている。

海岸地帯(Costa)の地質は中生代の海成層、第三系及び更新統から成る。

山岳地帯(Sierra)の地質は、西から東へ西部山脈、アンデス内部低地及び東部山脈の3つの単元に区分される。西部山脈は一般に白亜紀から暁新世の火山岩類が発達する地域であるが、南西部には古生代及び先カンブリア紀の基盤が分布する所もある。アンデス内部低地には多くの堆積盆地があり、河川や湖沼堆積物及び火山堆積物を伴っている。東部山脈は、時代未詳(先カンブリア紀～中生代)の変成岩類や火山岩類から成る。

東部地帯(Oriente)の地質は、石炭系から第四系までの地層より構成される。

ボリバル地域はこれらのうち山岳地帯の西部山脈中に位置する。

ボリバル地域の地質は、主として白亜紀～始新世のマクチ層の塩基性～中性の火山岩類から成り、層厚は約5,000mと見積もられている。これらは酸性～中性の深成岩類により貫入されている。Henderson(1979)は、他地域のマクチ層において、上部白亜紀を示す海棲の動物化石(*Inoceramus peruanus*)及び有孔虫化石(*Globotruncana* sp.)と、始新世を示す有孔虫化石(*Nummulites nummulitiformis* Rutten, *Amphistegina* spp.)が同定されていること、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ことを述べている。又、深成岩類に関しては、Las Guardias岩体から、 19.2 ± 3 Maと 30.8 ± 1 MaのK-Ar同位体年代が得られている。主要な線構造はグアヤキル-パジャタンガ断層で代表されるNNE-SSW ないしNE-SW 方向である。本地域周辺の地質対比表をFig. I-3-1 に示す。

3-2 鉱床区分

エクアドルの鉱床は、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つの鉱床区はそれぞれ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。

本調査地域(ボリバル地域)の鉱床は、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(鉱化帯VII)に属している。本鉱床帯は北はコロンビアのPiedrancha鉱床(50Ma, JICA-MWJ, 1983)に、南はエクアドルのChaucha 鉱床(Eocene, OMRD, 1972)、更にペルーのMichiquillay鉱床(46/21Ma, Stewart et al. 1974)に、それぞれ連続する。Piedrancha鉱床

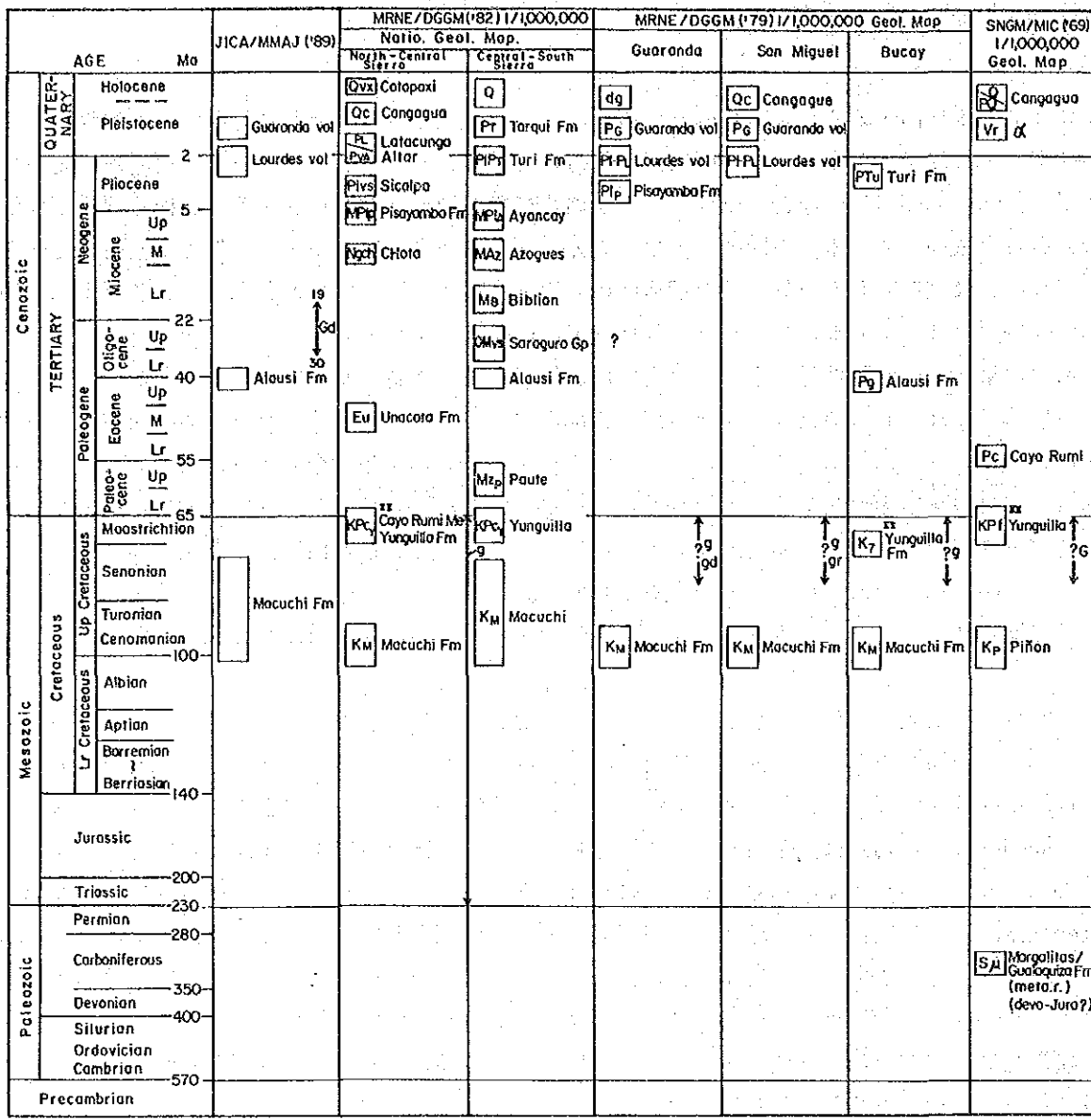
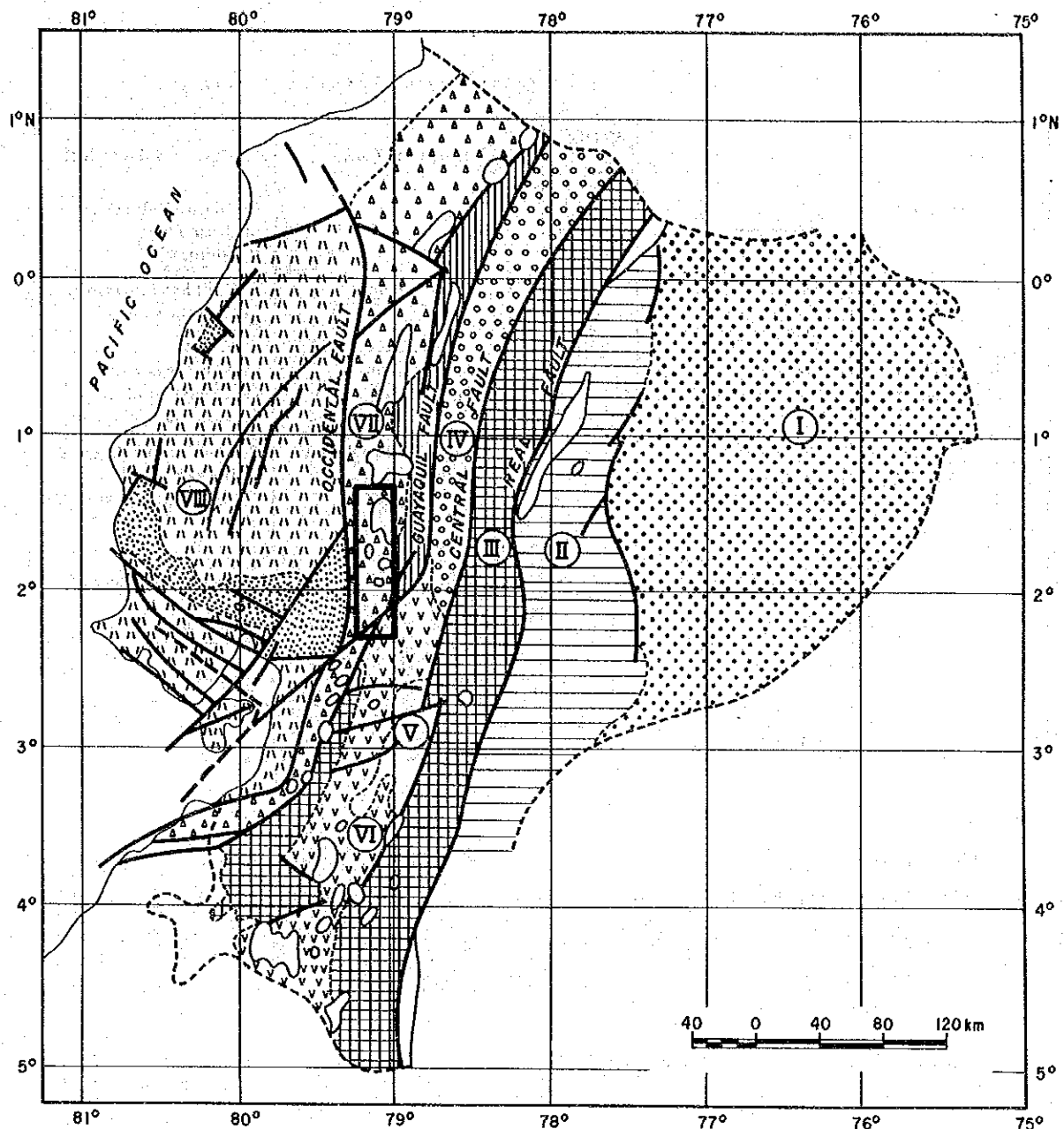


Fig. I-3-1 Stratigraphic correlation around the project area



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 |
| VI | | Catamayo Synclinorium Graben | | | |

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

Table I-3-1 Classification of metallogenic zones

Topography		Geology	Metallo- genic 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		

近傍には後期のAu鉱化作用も重複して認められる。又、本鉱床帯中には本地域北方にLa Plata及びMacuchiなどの塊状硫化鉱物鉱床、Portovelo 鉱床のような多金属鉱脈鉱床も存在する。その中でポリバール地域はポーフィリー銅-鉄鉱床賦存の可能性が高い地域である (Fig. I-3-2)。

本調査地域の鉱化作用は次の3つのタイプに大別される。即ち、

①ポーフィリー銅-鉄型 :

貫入岩類中及びこれと接触するマクチ層中に認められるCu-Mo 鉱化作用

(例: バルサパンバ地区, チャソ・ファン地区及びテリンベラ地区)

②鉱脈型 :

マクチ層中の硫化鉱物-石英脈(El Cristal 区域) 及びLourdes 層中の硫化鉱物-石英脈(Sab Migual 地区)

③温泉型 :

Lourdes 層中に認められる酸性変質を伴う赤鉄鉱-シリカセンター-網状脈

(San Miguel 地区) や貫入岩類中の赤鉄鉱-石英網状脈(La Industria-Yatubi地区) 等である。

第4章 調査地域の状況

4-1 位置及び交通

本調査地域は、バルサパンバ (Balzapamba) 地区、チャソ・ファン地区 (Chaso Juan)、テリムベラ (Telimbela) 地区、ラ・インダストリアーヤトビ (La Industoria-Yatubi) 地区、ラス・ガルディアス (Las Gardias) 地区及びその他の7地区を含む (Fig. I-1-1)。本調査地域は、エクアドル共和国の中央西部に位置し、ほとんどがポリバル州に含まれる (Fig. 1)。

本調査の拠点となったバルサパンバへは、首都のキトから南南西へ約190km、Ambato (アンバト)、Guaranda (グァランダ) を経て車で約7時間、又、南西のGuayaquil (グァヤキル) から北東へ約130km、Babahoyo (ババオヨ) を経て車で約3時間で到達する。

本地域の道路網は、東西の横断ルートは発達しているもののほとんどが未舗装道路であり、南北の縦断ルートはグァランダ～Chillanes 間のみである。したがって、北部及び南部の準精査地区の調査は、バルサパンバからババオヨ経由でキャンプを移動せざるを得なかった。特に、南部のTambi-illo, Tablas Pamba及びBalaron 地区のアクセスは非常に悪く、馬及び河の渡し籠を利用した。バルサパンバから各々の地区への距離及び所要時間は以下のとおりである。

Chaso Juan地区	車 (150Km, 3.0 時間)	
La Industria-Yatubi 地区	車 (125Km, 2.5 時間)	
Tres Hermanas 地区	車 (130Km, 2.5 時間)	
Telimbela 地区	車 (135Km, 3.0 時間)	
San Miguel地区	車 (45Km, 1.0 時間)	
Las Guardias地区	車 (5Km, 0.5 時間)	
Sicota地区	車 (35Km, 1.0 時間)	
Tambillo地区	車 (70Km, 2.0 時間)	馬・渡し籠 (1.5 時間)
Tablas Pamba地区	車 (80Km, 2.5 時間)	馬 (2.0 時間)
Balaron 地区	車 (230Km, 3.5 時間)	馬 (3.0 時間)
Chilcales Alto地区	車 (170Km, 2.5 時間)	

4-2 地形・環境

1) 地形

本調査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1200m～2200mの間に位置する。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500m～1,000mに達する。また調査区域の山腹斜面の平均斜度は40度を越え、標高差にして500m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マクチ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

北西-南東系及び南北系の支流が合流する。

2) 気候及び植生

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降雨量をTable I-4-1に示す。

調査地域の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

Around Babahoyo

第5章 調査結果の総合検討

5-1 各調査地区の調査結果検討

5-1-1 バルサパンバ地区・

(1) バルサパンバ地区

本地区の地質は、上部白亜紀～始新世の安山岩質火山岩類よりなるマクチ層と、これに貫入する花崗岩類及び粗面安山岩から構成される。貫入岩類は、バソリス状の花崗閃緑岩岩体及び優黒質閃緑岩・粗面安山岩・アプライト小貫入岩岩体から成る。花崗閃緑岩の同位体年代値は 25.7 ± 0.9 Maである。地質構造は、N-S系の褶曲構造と、NE-SW系及びNNW-SSE系の断層構造と、NE-SW系の鉍化帯及び小貫入岩岩体の伸びの方向が特徴的である。

本地区の鉍化作用は、ポーフィリー-銅型・鉍脈型・温泉型鉍化作用の3つに分類される。最前者にはエル・トルネアード、オソウアイコ、ラス・フンタス鉍化帯、第2者にはエル・クリスタル鉍化帯、最後者にはラス・パルマス、コチャパンバ変質帯が該当する。

本地区に分布する主な鉍化帯のうちエル・トルネアード鉍化帯及びオソウアイコ鉍化帯については区域を分けて調査を行ったので別の項で述べる。

ラス・フンタス鉍化帯：本鉍化帯は、花崗閃緑岩及び石英閃緑岩中の黄銅鉍-黄鉄鉍鉍染帯と、マクチ層中の黄鉄鉍-石英網状脈帯より成るが、小規模である。

エル・クリスタル鉍化帯：本鉍化帯は、マクチ層中に形成されたE-W系の黄鉄鉍・褐鉄鉍>黄銅鉍-石英脈である。規模は、幅17m、延長約 $30m + a$ と小規模である。

ラス・パルマス変質帯及びコチャパンバ変質帯：両変質帯は、広範囲に広がり、主として後期の温泉活動に伴う酸性変質帯（石英-カオリン-ハロイサイト）より成り、場所によって黄鉄鉍鉍染あるいは赤鉄鉍-石英-粘土脈が認められるのみで鉍化は弱い。

(2) バルサパンバ地区・エル・トルネアード区域

本区域の鉍化作用はポーフィリー-銅型で、産状及び性状の違いから、鉍化帯は、“鉍染状鉍化帯”と“網状脈鉍化帯”に区分される。前者は、平面的に $400m \times 400m$ 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、鉍化時期は、前者が先で、後者が後である。

“鉍染状鉍化帯”は、鉍化帯Bを中心に広がり、そこにおける代表的鉍石の分析結果は、Cu 0.03%である。“網状脈鉍化帯”は、鉍化帯A・C・D・Eがこれに相当し、代表的鉍石の分析結果は、鉍化帯A：Cu 0.66%、鉍化帯D：Cu 0.03%である。

本年次の物理探査の結果、両鉍化帯の下限より上部の硫化鉍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、両鉍化帯の水平及び垂直方向における産状、鉍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、“網状脈鉍化帯”の下限をぬいたこと、さらには、“鉍染状鉍化帯”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。

(3) バルサパンバ地区・オソウアイコ区域

本調査区域で認められた鉱化作用には、花崗閃緑岩の中に認められるタイプとマクチ層の中に認められるタイプの2つがある。

本区域では、第2年次調査のIP法電気探査によって2つのIP異常帯が抽出されていた。

- 1) オソウアイコ沢北部の異常帯は、花崗閃緑岩中に胚胎する黄銅鉱・黄鉄鉱鉱染ないしは細脈より成るポーフイリーカッパー型鉱化帯である（オソウアイコ沢北部鉱化帯と称す）。
- 2) オソウアイコ沢南部の異常帯には、花崗閃緑岩中に胚胎するポーフイリーカッパー型鉱化部（オソウアイコ沢南部鉱化帯北側と称す）とマクチ層中に胚胎する黄銅鉱・黄鉄鉱鉱染及び網状細脈鉱化部（オソウアイコ沢南部鉱化帯南側と称す）とがある。

オソウアイコ沢北部鉱化帯

本鉱化帯の広がり、900m×400mである。

本鉱化帯の東側露頭では、花崗閃緑岩が部分的に角礫化され、その角礫化部全体に、黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染状及び細脈状鉱化が認められる。一方西側露頭では、母岩の角礫化は認められず、硫化鉱物は主として細脈状鉱化として存在する。

全体を通じ、変質は珪化と緑泥石化が特徴的である。珪化変質には、母岩の造岩鉱物を交代して認められる部分と二次石英として散点状に認められる部分とがある。二次石英は、鉱化帯西側の露頭では玉髄質石英、東側では結晶質石英として産する。また本鉱化帯東方の尾根及びオソウアイコ沢支流では、風化が進行し露頭が少ないものの、局部的にマクチ層中にまで黄銅鉱の鉱染が認められる。本鉱化帯東側露頭の鉱石分析結果は、Cu 1.18%であった。

オソウアイコ沢南部鉱化帯

(北側) 本鉱化帯のうち、花崗閃緑岩中に胚胎するものは、黄銅鉱・黄鉄鉱鉱染及び細脈帯である。広がり、200m×300mと推定される。鉱染状鉱のチップサンプルの分析結果はCu 0.08%であった。

(南側) 本鉱化帯のうちマクチ層中の鉱化帯は、主として珪質細粒凝灰岩互層の中に胚胎される。ここでは、層理面に沿う珪化と凝灰岩層に挟在される石灰質薄層の部分的なスカルン化が特徴的で、この中に黄銅鉱・黄鉄鉱が散点状・アメーバ状の鉱染として、或いは脈幅1~10cmの黄銅鉱-黄鉄鉱-輝銅鉱-グロッシュラー-石英細脈として認められる。

本鉱化帯の露頭は、北西流する3本の沢にそれぞれ認められる。主要な鉱化層準は上下2層あるが、このうち下位のもが優勢である。その鉱化層準の層厚は2~10mである。下位の鉱化層準より採取したチップサンプルの分析結果はCu 2.60%であった。しかし、尾根付近の露頭では硫化鉱物は認められていない。

本鉱化帯のIP異常（高比抵抗・高FE）に対し、ボーリング調査（MJE-7）を実施した。ボーリング孔では、ほぼ地質調査から想定した深度においてマクチ層の石灰質細粒凝灰岩に達し、且つ、珪化及びスカルン化を確認したが、硫化鉱物の鉱化は認められなかった。又、本孔で

捕捉した鉍化部は、I P異常（高比抵抗・高F E）にほぼ一致しており、マクチ層のホルンフェルス化を受けた安山岩中に胚胎する鉍染状を呈している。主な鉍石鉍物が、黄鉄鉍、黄銅鉍のみでスカルン鉍物を伴わないことから、この鉍化部はポーフイリー・銅型鉍床の鉍化が被貫入岩に及んだ部分と考えられる。

本調査地域の鉍化帯は、巨視的にはN-S方向に配列している。即ち、北より南にむかってエル・トルネアード鉍化帯、オソウアイコ沢北部鉍化帯、及びオソウアイコ沢南部鉍化帯がほぼ直線上に並んでいる。また、個別にみてもエル・トルネアード鉍化帯の西縁部にN-S系断層が認められている他、オソウアイコ沢北部鉍化帯付近に2本のN-S系断層が推定されている。

ボーリング調査の結果、オソウアイコ沢南部鉍化帯のスカルン化に伴う鉍化は地下に及んでおらず、またI P異常に相当するマクチ層深部の鉍化部も平均Cu 0.05%と低品位であった。従って本鉍化帯の追加探査の優先順位は低い。

5-1-2 チャソ・ファン地区

本地区の鉍化作用はポーフイリー・銅型で、北部・西部・中部・南部鉍化帯がある。北部鉍化帯は、幅10~15mの鉍化帯が、3箇所、400m間に点在する。そのひとつからの鉍石分析結果は、Ag 1.3g/t, Cu 0.10%である。西部鉍化帯は、幅約25mで、鉍石分析結果は、Au 0.1g/t, Ag 1.7g/t, Cu 0.24%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, Cu 1.41%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, Ag 7.6g/t, Cu 1.46%である。後者は脈幅1~10cm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、I P異常源が想定され、鉍化帯の広がりが期待される。

5-1-3 テリンベラ地区

(1) テリンベラ地区

本地区のポーフイリー・銅型鉍化帯は、ポリバール地域の中では最も規模が大きく、Macu-chi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の広がりの鉍化帯Iと200m×400mの広がりの鉍化帯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, Cu 0.16%である。南部鉍化帯は400m×900mの広がりの鉍化帯III、延長約150mの鉍化帯IV及び延長

200 mの鉍化帯Ⅶがある。鉍石分析結果はいずれも最高Cu 0.05%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、400 m× 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Cu 0.80%、鉍化帯Ⅵ：最高Cu 1.65%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有していたことを暗示する。

(2) テリンベラ地区・北東区域

本調査区域に認められる鉍化作用は、アシュアカ付近を中心とし、花崗岩類からマクチ層まで全体的に鉍化を及ぼしているポーフイリーカッパー型鉍化作用である。

鉍化帯は、ウグシャコチャ(Ugshacocho)沢・アシュアカ沢及びこれらの支流に認められ、その範囲は約 1.5km× 1.0kmに及んでいる(これを北東部鉍化帯と称す)。このうち特に、調査区域のほぼ中央部、アシュアカ学校の西部400m× 600mの範囲にある鉍化帯を“アシュアカ鉍化部”と称す。

アシュアカ鉍化部では、黄銅鉍・黄鉄鉍の鉍染及び細脈を伴う鉍化が、花崗岩類だけでなくマクチ層の中にも顕著に認められる。また、輝水鉛鉍も部分的に認められる。北東部鉍化帯の外側は、黄鉄鉍だけの鉍染及び細脈が分布する地帯になっている。黄鉄鉍の量は、南部のほうが多い。

アシュアカ鉍化部に対してボーリング調査(ボーリング2本)を実施した。その結果は次の通りである。

MJE-8孔では着盤以降、肉眼的にも相当量の黄銅鉍が認められ、

(深度21~102m間：81m間) Ag : Tr ~6.0 g/t ; Cu : 0.02~0.72% , 平均Cu : 0.468 %。

本孔におけるCuの高品位部は、マクチ層の角礫を多数捕獲しているばかりでなく、角閃石石英閃緑岩自体の角礫化している部分にも位置している。また、Cuの鉍化作用は本孔の孔底まで続いているのが認められた。

MJE-9孔でも肉眼的に相当量の黄鉄鉍と少量の黄銅鉍が認められ、

(深度 80 ~105m : 25m 間) Ag : Tr ~2.6 g/t ; Cu : 0.10~0.33% , 平均Cu : 0.229 %

(深度124 ~161m : 37m 間) Ag : 0.1 ~4.7 g/t ; Cu : 0.08~0.55% , 平均Cu : 0.207 %

本孔においては、マクチ層の角礫ないしは貫入岩体自体の角礫化は比較的少なかった。しかし、岩石薄片観察では、MJE-8孔同様剪断応力による造岩鉍物の変形が認められた。Cu高品位部は、プロピライト化の著しい部分に位置している。

MJE-8, 9孔に認められた黄銅鉍・黄鉄鉍・輝水鉛鉍を伴う鉍化部は、アシュアカ鉍化部が観察されるウグシャコチャ沢のレベルより少なくとも180m下部まで続くことが確認された。

5-1-4 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イ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ンター—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イリー—銅—鉍化帯に関連するものとみられる。

5-1-5 ラス・ゲアルディアス地区

本地区のポーフイリー—銅—鉍化帯は，12箇所に認められ，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，他地区の鉍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 北部鉍化帯は，250m×500mの範囲に鉍徴が点在し，鉍石分析結果，最高Cu 0.35%である。北部鉍化帯は，100×400mの範囲に鉍徴がNW—SE方向に点在し，鉍石分析結果は，最高Cu 0.04%である。中部鉍化帯は，50m×250mの範囲に鉍徴が点在し，鉍石分析結果は，最高Cu 0.47%である。本地区の各鉍化帯は，他の地区に比べ小規模断続的である。

5-1-6 その他の地区

(1) トレス・エルマーナス地区

本地区の地質は，マクチ層の玄武岩溶岩，玄武岩質安山岩溶岩及び細粒凝灰岩の互層から成る。鉍化作用は，玄武岩質安山岩中に黄銅鉍—黄鉄鉍鉍染及び細脈鉍化帯が認められるが小規模である。

(2) サン・ミグエル地区

本地区の地質は，マクチ層の火山岩類を基盤とし，その上位に鮮新世～更新世のLourdes 火山岩類の石英安山岩・同質火砕岩類及びこれらを被覆する第四紀のGuaranda 火山岩類の軽石凝灰岩より構成される。鉍化作用は，黄銅鉍—黄鉄鉍網状石英脈鉍化帯と赤鉄鉍—シリカシンター網状脈温泉型鉍化帯とがある。これらの鉍化帯はNNW—SSE系の断層帯の中に雁行状に胚胎される。前者の主要鉍化帯は約250m追跡され，鉍石品位はCu 0.01%である。本断層帯には，上記2つの熱水活動の産物と金属成分を含有しない温泉活動による酸性変質帯が重複している。

(3) シコタ地区

本地区の地質は，花崗閃緑岩と沢沿いに部分的に分布する第四紀礫岩層から成る。鉍化作用は，花崗閃緑岩中の黄鉄鉍鉍染帯と礫岩層中の黄鉄鉍—粘土帯がある。後者の産状は礫の間隙を黄鉄鉍と粘土が充填したものである。鉍化帯は低品位かつ小規模である。

(4) タンビージョ地区

本地区の地質は、安山岩溶岩を主体とするマクチ層とこれに貫入する花崗斑岩から成る。鉍化作用は、小規模な鉍化帯が3箇所認められる。Palmar沢の鉍化帯は、花崗斑岩及び安山岩に胚胎する幅 200mの黄銅鉍-黄鉄鉍鉍染帯で、Placer沢の鉍化帯は幅 100mの黄銅鉍-黄鉄鉍鉍染帯及び幅 300mの黄鉄鉍鉍染帯で、安山岩中に胚胎される。鉍化帯はいずれも低品位かつ小規模である。

(5) タブラス・パンバ地区

本地区の地質は、安山岩溶岩を主体とするマクチ層とこれに貫入する優黒質閃緑岩ストックから成る。鉍化作用は、安山岩中に胚胎される黄銅鉍-黄鉄鉍鉍染帯及び黄鉄鉍鉍染帯が認められる。前者は本地区西部に 300m×250mの規模で、後者は北部に 200m×500mのものが存在する。いずれも鉍化は弱い。

(6) バラロン地区

本地区の地質は、マクチ層の玄武岩、安山岩溶岩とこれを不整合に被覆する Alausi 層の斑状安山岩より成る。鉍化作用は、本地区南部の鉍染状の孔雀石を伴う玄武岩転石及び南西部の不毛石英脈が認められる。鉍化帯は低品位かつ小規模である。

(7) チルカレス・アルト地区

本地区の地質は、主としてマクチ層の安山岩溶岩より成る。鉍化作用は、地区南部の黄鉄鉍鉍染・細脈帯及び石英網状脈が認められる。鉍化帯は低品位かつ小規模である。

5-2 総合検討

5-2-1 火成活動と鉍化作用の特性

ポリバール地域にみとめられる火成活動は次のとおりである。

白亜紀後期の海成層のマクチ層は、始新世～漸新世のアンデス造山運動を蒙った。本地域の漸新世～中新世に貫入した深成岩の活動は、N-S方向の配列で特徴づけられる。

バルサパンバ地区及びその周辺に分布するパソリス状花崗閃緑岩の同位体年代測定結果は 25～30Maであった。また、テリンベラ地区の石英閃緑岩の同位体年代測定結果は 19～20Ma、これに貫入する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は 15～18Maであった。

本地域の熱水活動は、中新世～更新世の間に断続的に認められ、次の3期に大別される。すなわち、第Ⅰ期：中新世～鮮新世の硫化鉍物を伴う活動（上記火成活動は総てこの活動期に含まれる）、第Ⅱ期：鮮新世～更新世の酸性変質と赤鉄鉍を伴う活動、第Ⅲ期：完新世の酸性変質のみの活動である。

ポリバール地域に認められる鉍化作用には、ポーフイリーカッパー型、鉍脈型及び温泉型金の3つのタイプがある。

ポリバール地域の模式地質層序図をFig. 1-4-1 に、両調査区域の鉱徴一覧表をTable 1-4-1 に示す。

5-2-2 鉱床賦存のポテンシャル

本調査地域で認められた鉱化作用は、ポーフイリー-カッパー型であった。

鉱床賦存のポテンシャルの高い所は、テリンベラ地区・北東区域とバルサパンバ地区・オソウアイコ区域の2区域に絞られた。このうち、よりポテンシャルが高いのはテリンベラ地区・北東区域である。

テリンベラ地区・北東区域の鉱化帯は、規模も大きく鉱化帯の鉱石分析品位も高かった。ボーリング調査では黄銅鉱の鉱染帯が地下深部まで認められ、更に周辺への広がりが期待され、探査上重要である。鉱化部をポテンシャルの高い順に列記すると次ぎのとおりとなる。

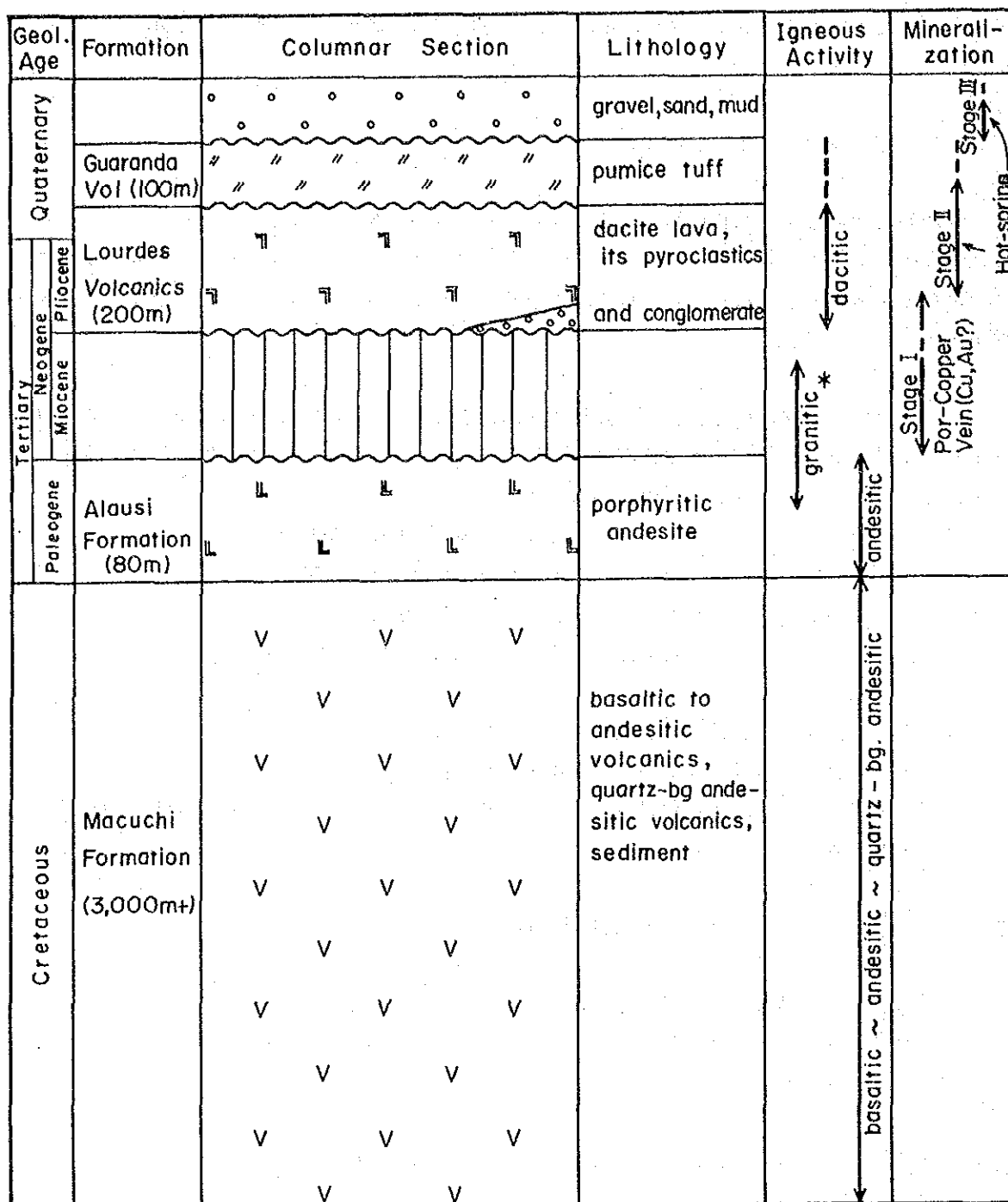
- ① アシュアカ鉱化部（IP異常帯Aの一部に相当）（400m×600m）
 - 地質精査で多数の黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱化露頭が認められている。
 - IP法電気探査により低比抵抗・高FE異常が把握されている。
 - ボーリング調査により鉱化部が地下深部にまで確認されている。

- ② ウグシャコチャ沢鉱化部（IP異常帯Aの一部に相当）（300m×500m）
 - 地質精査で黄銅鉱を伴う著しい黄鉄鉱鉱化が認められている。
 - この鉱化部はIP法電気探査により前述のアシュアカ鉱化部に連続する一連の異常帯として抽出されている。

- ③ ラス・トレス・クルセス鉱化部（100m×500m）
 - アシュアカ小学校の西北西約600mに位置する。
 - 地質精査で黄銅鉱を伴う黄鉄鉱鉱化が認められている。
 - この鉱化部はIP法電気探査によりNNE-S SW方向に細長く延びる低比抵抗・高FE異常帯として抽出されている。

これらに次いでポテンシャルが高いものとしてバルサパンバ地区・オソウアイコ区域で抽出された下記の鉱化帯がある。

- ④ オソウアイコ沢北部鉱化帯（IP異常帯1の北東端部に相当）
 - 地質精査で本鉱化帯の東及び西側の沢で黄銅鉱・黄鉄鉱鉱化が認められている。
 - IP法電気探査により、浅部の低比抵抗・高FE異常が認められている。



* 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 of the project area

Table I - 4 - 1 Summary of Survey Results with Mineral Showings (1)

Type of Survey	Name of Area Investigated (km ²)	Geology	Mineralization			Assay Results							Evaluation				
			Name of Zone	Type (Occurrence)	Lateral Extension	Ore Minerals	Host Rock Alteration	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)		Mo (%)	W (%)		
Detailed Balzapamba Survey	36.0	Macuchi Formation of andesite, q-andesite and their pyroclastics, minor calcareous sediments; hornfels near granodio Intrusives of: leuco bio-hb-granodio melano dio trachyande	El Torneado	Por. Cu (network) (dias)	400x400m	Py, Cp, Moly, Fe, Mg, Shee,	granodio, sil, hornfels	0.2	2.0	0.66	0.00	0.01	0.00	0.00	required further exploration work (geophy, drilling)		
			Osohuayco	Por. Cu (dias)	300x100m	Py, Cp, Moly	granodio, sil, hornfels	Tr	Tr	0.08	0.00	0.00	-	0.00	required further investigation (geolo, geophy)		
			Las Juntas	Por. Cu-Skarn (vein) (NE-SW/35°S) Por. Cu? (dias)	350m long 10m wide (max) very local	Cp, Py, Moly Bn Cp, Py,	hornfels sil, skarn granodio sil, argill	0.4	27.3	2.60	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	very poor interest (no further work)	
			El Cristal	Vein (network) Vein (N80°W/86°S)	10m wide 30m (+) long, 17m wide	Py, lim, Py, (Cp)	hornfels hornfels sil, argill, chl,	0.1	1.1	0.11	0.00	0.03	0.00	-	0.00	poor interest (no further work)	
			Las Palmas	Hot spring? (dias) (network)	2km wide	Py with rare Cp	hornfels, extensive volcanics sil, argill, chl	0.3	7.6	0.60	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	poor interest (no further work)	
			Cochapamba	Hot spring	-	-	volcanics sil,									very poor interest (no further work)	

(Detailed survey area in Phase I)

Table I-4-1 Summary of survey results with mineral showings (2)

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 (g/t)	Au (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Mo (%)							
Detailed Geological Survey	Chaso Juan	15	Macuchi Formation: hornfels, andesites & tuff breccias Intrusive rocks: (1) Bi-Ho granodiorite (2) Melanocratic diorite	Northern part	Viet and/or dis (Por-Cu) Viet and/or dis (Por-Cu)	L W (?) x 400m 600 x 400m	Cp, Mo, Py	Gd	wh. arg. sil chl.	A2011 A2015 A2017 B2002 C2006 C2009 C2010 C2011 D2008	0.1 0.2 0.1 0.1 Tr Tr Tr Tr Tr	0.6 1.1 4.2 1.7 Tr Tr Tr Tr Tr	0.13 0.33 1.41 0.24 0.04 0.04 0.02 0.01 0.01	0.00 0.00 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.01 0.01 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.05 0.00 0.00 0.00 0.00 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 investigations (IP method) will be required to test mineral extension horizontally and vertically.					
				Central part	Viet and/or dis (Por-Cu)	800 x 500m	Cp, Mo, Py	Gd	sil chl.	A2024 A2026 A2030 A2033 A2035 A2041 A2043 A2045 A2046 B2020 B2021 B2022	Tr 0.2 0.1 0.1 0.2 0.3 0.2 Tr 0.4 Tr Tr Tr	0.6 1.6 0.9 9.5 5.6 5.8 2.7 1.0 4.2 Tr Tr Tr	0.04 0.16 0.12 0.80 0.47 1.65 0.53 0.13 1.23 0.09 0.08 0.08	0.00 0.00 0.01 0.01 0.02 0.00 0.00 0.00 0.01 0.01 0.00 0.01 0.00 0.01 0.00 0.01 0.02	0.00 0.00 0.00 0.03 0.08 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	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.						
				Southern part	Viet and/or dis (Por-Cu)	400 x 200m	Cp, Py	Gd	sil chl	A2068 A2071 A2072 C2029 C2033 E2027 E2028	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	0.00 0.02 0.01 0.00 0.00 0.01 0.01	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Further investigation.				
				Western part	do.	(?) x 200m	Cp, Mo, Py	Gd	sil	A2080 A2091 C2037 C2041 C2043 C2044 D2035 D2043	0.2 Tr Tr Tr 0.2 Tr Tr Tr	2.1 Tr Tr Tr 8.3 2.0 Tr Tr	0.47 0.04 0.05 0.08 0.35 0.26 0.00 0.02	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.01 0.01 0.00 0.01 0.00 0.01 0.02 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	No further investigation.				
				Detailed Geological Survey	Telumbela	9	Macuchi Formation: hornfels & basaltic andesite Intrusive rocks: (1) Bi-Ho q-diorite (2) Bi-Ho q-diorite (3) Ho q-diorite (4) Melanocratic diorite (5) Porphyritic q-diorite (6) Q porphyry	Zone I	Viet and/or dis (Por-Cu)	L W 500 x 350m 460 x 200m 900 x 400m (?) x 400m	Cp, Py, (Mo) Cp, Py, Mo Py Cp, Py, Mo	Qd Qd & Horn Qd Qd	sil chl sil chl sil chl sil chl	A2024 A2026 A2030 A2033 A2035 A2041 A2043 A2045 A2046 B2020 B2021 B2022	Tr 0.2 0.1 0.1 0.2 0.3 0.2 Tr 0.4 Tr Tr Tr	0.6 1.6 0.9 9.5 5.6 5.8 2.7 1.0 4.2 Tr Tr Tr	0.04 0.16 0.12 0.80 0.47 1.65 0.53 0.13 1.23 0.09 0.08 0.08	0.00 0.00 0.01 0.01 0.02 0.00 0.00 0.00 0.01 0.01 0.00 0.01 0.00 0.01 0.00 0.01 0.02	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	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.	
								Zone II	Viet and/or dis (Por-Cu)	400 x 200m	Cp, Py	Qd	sil chl	A2068 A2071 A2072 C2029 C2033 E2027 E2028	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	0.00 0.02 0.01 0.00 0.00 0.01 0.01	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Further investigation.
								Zone III	Viet and/or dis (Por-Cu)	400 x 200m	Cp, Py	Qd	sil chl	A2068 A2071 A2072 C2029 C2033 E2027 E2028	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	0.00 0.02 0.01 0.00 0.00 0.01 0.01	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Further investigation.
								Zone IV	Viet and/or dis (Por-Cu)	400 x 200m	Cp, Py, Mo	Qd	sil chl	A2068 A2071 A2072 C2029 C2033 E2027 E2028	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	0.00 0.02 0.01 0.00 0.00 0.01 0.01	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Further investigation.
Zone V	Viet and/or dis (Por-Cu)	400 x 200m	Cp, Py					Qd & Horn	sil chl	A2068 A2071 A2072 C2029 C2033 E2027 E2028	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	0.00 0.02 0.01 0.00 0.00 0.01 0.01	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Further investigation.				
Zone VI	Viet and/or dis (Por-Cu)	400 x 200m	Cp, Py					HQd	sil chl	A2068 A2071 A2072 C2029 C2033 E2027 E2028	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	0.00 0.02 0.01 0.00 0.00 0.01 0.01	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Further investigation.				
Zone VII	Viet and/or dis (Por-Cu)	400 x 200m	Cp, Py	Qd	sil chl	A2068 A2071 A2072 C2029 C2033 E2027 E2028	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	0.00 0.02 0.01 0.00 0.00 0.01 0.01	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Further investigation.								
Detailed Geological Survey	La Indurris-Yatubi	8	Macuchi Formation: none Intrusive rocks: (1) q-diorite (2) melanocratic diorite	C.B. Amarillo	Goss (Hot Spring)	L W 500 x 300m	Hm-Q-day	Qd	sil arg	A2068 A2071 A2072 C2029 C2033 E2027 E2028	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	0.00 0.02 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Further investigation.					
				Caimito South	Goss (Hot Spring)	400 x 200m	Hm-Q	Qd	sil arg	A2068 A2071 A2072 C2029 C2033 E2027 E2028	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	0.00 0.02 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Further investigation.					
				Northern part	Viet and/or dis (Por-Cu)	L W 400 x 100m	Cp, Py, Mo	Melano Dio Ande. or Horn	st. sil	A2068 A2071 A2072 C2029 C2033 E2027 E2028	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	0.00 0.02 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Further investigation.				
Detailed Geological Survey	Las Guardias	13	Macuchi Formation: hornfels, q-andesite, andesite & pyroclastics Intrusive rocks: (1) granodiorite (2) melanocratic diorite (3) porphyritic q-diorite	Center part	do.	350 x 50m	Cp, Py	Gd	sil	A2068 A2071 A2072 C2029 C2033 E2027 E2028	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	0.00 0.02 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Further investigation.					
				Southern part	do.	400 x 10 ⁰ m	(Cp, Py)	Gd & melano Dio	st. sil	A2068 A2071 A2072 C2029 C2033 E2027 E2028	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	0.00 0.02 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Further investigation.				
				Angas-north	do.	500 x 250m	Cp, Py	Gd & melano Dio	sil	A2068 A2071 A2072 C2029 C2033 E2027 E2028	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	Tr Tr Tr Tr Tr Tr Tr	0.00 0.02 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Further investigation.				

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

(Detailed survey areas in Phase II)

Table I-4-1 Summary of survey results with mineral showings (3)

Type of Survey	Name of Area Investigated	Area (km ²)	Geology	Mineralization			Assay Results										Evaluation				
				Name of Zone	Type	Lateral Extension	Constituent Minerals	Host Rock	Alteration	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Hg (%)	W (%)					
Detailed Survey	Oshuaco of Balzapamba	10	Macuchi Formation of andesite, q-andesite and their pyroclastics, thin calcareous beds, hornfels near grano-diorite.	North	diss	900m x 400m	Cp, Py, Ho	Gd	Sil	0.2	13.1	4.89	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	—	Required further investigation by means of Drilling survey		
					film				arg.	Tr	0.55	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		—	
									Bio	0.2	6.5	1.78	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01		0.01	—
Detailed Survey	Northeast of Telimbela	9	Intrusive rock of melanocratic grano-diorite.	South (N-side)	diss	200m x 300m	Cp, Py (Ho)	Gd Horn	Sil	Tr	Tr	0.08	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	—	Required further investigation by means of Drilling survey		
					film																—
Detailed Survey	Northeast of Telimbela	9	Macuchi Formation of andesite and its pyroclastics; hornfels near quartz-diorite	(S-side)	diss	300m long & 10m wide	Cp, Py, Ho, Bn	f, Tf	Sil	0.4	27.8	2.60	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	Required further investigation by means of Drilling survey		
					film																—
Detailed Survey	Northeast of Telimbela	9	Macuchi Formation of andesite and its pyroclastics; hornfels near quartz-diorite	Ashuaca	diss	400m x 600m	Cp, Py, Ho	HdGd	Sil	0.2	6.1	1.38	0.00	0.02	0.00	0.02	0.08	—	Required further investigation by means of Drilling survey		
					film																—
					patch																
Detailed Survey	Northeast of Telimbela	9	Macuchi Formation of andesite and its pyroclastics; hornfels near quartz-diorite	Zone V and VI	diss	1.5km x 1.0km	Cp, Py, Ho	Gd	Sil	0.2	7.5	0.78	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	—	Required further investigation by means of Drilling survey		
					film																—
					(patch)																—

(Detailed survey areas in Phase III)

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

Type of Survey	Name of Area Investigated	Area (km ²)	Geology	Mineralization			Assay Results							Evaluation											
				Name of Zone	Type	Lateral Extension	Constituent Minerals	Host Rock	Alteration	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)		Zn (%)	Mo, W (%)									
Semi-detailed Survey	Tres Hermanas		Hacuchi Formation of basalt, andesite and pyroclastics		(diss)	very local																		No interest (no further work)	
	San Miguel		Hacuchi Formation of andesite, Qtz-andesite Laurdes Volcanics of dacite and pyroclastics Guaranda Volcanics of pumice tuff		vein Hot spring (diss and vein)	Local zones along NW-SE fault (within 1.4km)	Cp, Py	Laurdes Volcanics	sil, argill strong (kao, pyrophy)	Tr	Tr	0.01	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Required further investigation (as hot spring type Au Mineralization)	
	Sisota		granodio		(diss)	30m wide	Py	Granodio	sil, argill	0.2	3.9	0.09	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No interest (No further work)	
	Tambillo		Hacuchi Formation of andesite and their pyroclastics, Qtz-andesite, granite porphyry dyke	West of Tablas Pamba	(diss)	3 small, localized	Cp, Py	Andesite	sil, chl	Tr	Tr	0.07	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Poor interest (no further work)	
	Tablas Pamba		Hacuchi Formation of basalt, basaltic andesite and their pyroclastics partially hornfels Small stock of diorite	West of Tablas Pamba Others	(diss) (diss)	300x250m very localized zones	Cp, Py Py, minor Cp	Hornfels, basalt, basaltic andesite	sil, chl	Tr	Tr	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Poor interest (No further work)	
	Balaron		Hacuchi Formation of basalt, basaltic andesite Alausi Formation of por ande		(diss/vein)	very local	Py, malachite	Basalte, andesite	sil, chl	0.1	7.3	1.47	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No interest (No further work)
	Chilcales Alto		Hacuchi Formation of basalt, basaltic andesite and their pyroclastics		(diss and network)	very local	Py	Andesite	sil, chl	Tr	Tr	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No interest (No further work)

(Semi-detailed survey areas in Phase I)

5-2-3 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、ポーフイリーカップー及び温泉型鉍化帯共に、岩石の種類に起因する帯磁率差を上回る消磁ハローが鉍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 $20\sim 60\times 10^{-3}$ S I 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、鉍化帯では、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、複数の鉍化作用が重複している場合には、それぞれの鉍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。本手法は探査の初期段階で、消磁現象を伴うと想定される鉍化及び変質作用の範囲抽出に有効であった。特に現場作業の初期段階で、鉍微地等を半定量的に取り扱うことへの可能性有している。

(3) 試錐孔 I P 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 M J E - 1 孔を利用した試錐孔 I P 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、I P 異常帯を各深度ごとに抽出した。I P 異常として表現された鉍化露頭の下部及び潜頭鉍化帯における硫化鉍物の賦存状況は、ボーリング調査の結果、I P 異常の深度ごとの平面的広がりとは良く一致し、硫化鉍物量が多量でないポーフイリーカップー鉍化帯においても、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 I P 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) I P 法電気探査

バルサパンバ地区・オソウアイコ区域、チャソ・ファン地区及びテリンベラ地区・北東区域において I P 法電気探査を実施した。その結果、珪化変質の強い鉍化帯については高見掛比低坑・高 F E、粘土化変質の強いものについては低見掛比抵抗・高 F E として把握され、これらを組み合わせることによって、地下における硫化鉍物の賦存状況・変質などの広がりが想定できた。

いずれの地区も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。しかし、地形が急峻で変化に富むため、地形の影響、特に谷地形での測定値が小さいことによる S / N 比の低下が認められる所や、電磁カップリングや人工構造物による影響が認められる所では、深部の測定値の信頼度が低下していることも考慮して深部構造の解析を行った。

その結果、地下における硫化鉍物の賦存状況を把握することが出来、探査手法としては、有効

であった。

(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。

第6章 結 論

6-1 結論

(1) バルサパンバ地区・

1) バルサパンバ地区

本地区の鉱化作用は、ポーフィリー-銅-型・鉄脈型・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、オソウアイコ、ラス・フントス鉱化帯、第2者にはエル・クリスタル鉱化帯、最後者にはラス・パルマス、コチャパンバ変質帯が該当する。このうちエル・トルネアド鉱化帯及びオソウアイコ鉱化帯については区域を分けて調査を行ったので別の項で述べる。

ラス・フントス鉱化帯： 本鉱化帯は、花崗閃緑岩及び石英閃緑岩中の黄銅鉄-黄鉄鉄鉄染帯と、マクチ層中の黄鉄鉄-石英網状脈帯より成るが、小規模である。

エル・クリスタル鉱化帯： 本鉱化帯は、マクチ層中に形成されたE-W系の黄鉄鉄・褐鉄鉄>黄銅鉄-石英脈である。規模は、幅17m、延長約30m + α と小規模である。

ラス・パルマス変質帯及びコチャパンバ変質帯： 両変質帯は、広範囲に広がり、主として後期の温泉活動に伴う酸性変質帯（石英-カオリン-ハロサイト）より成り、場所によって黄鉄鉄鉄染あるいは赤鉄鉄-石英-粘土脈が認められるのみで鉱化は弱い。

2) エル・トルネアド区域

本区域のポーフィリー-銅-型鉱化帯は、産状及び性状の違いから、“鉄染状鉄化帯”と“網状脈鉄化帯”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-SW方向に伸長して分布している。

これらの鉄化帯は、全体的に低品位である。物理探査の結果、両鉄化帯の下限より上部の硫化鉄物の賦存状況が把握されたが、ボーリング調査の結果、“網状脈鉄化帯”の下限をぬいたこと、及び、“鉄染状鉄化帯”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、本区域の主要部は侵蝕され、現在の地表には鉄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、本区域の鉄化帯は、本格的鉄山開発の対象となり得ないことが判明した。

3) オソウアイコ区域

本区域の地質は、マクチ層と、これに貫入する花崗閃緑岩から構成される。鉄化帯は、オソウアイコ沢北部鉄化帯とオソウアイコ沢南部鉄化帯の2箇所がある。

このオソウアイコ沢南部鉄化帯南側の周辺で検出されたIP異常帯、高見掛比抵抗及び高FE（5%以上）異常帯に対しボーリング調査を実施した。しかし地表に認められたスカルン化に伴う鉄化は捕捉されず、深度約200~280m間でマクチ層の安山岩（AAn）中に黄銅鉄・黄鉄鉄の“鉄染状鉄化帯”を捕捉した。しかし、深度231.4~264.3m間の鉄石分析結果はCu 0.01~0.18%・平均Cu 0.05%であり、全体として品位は低い。

(2) チャソ・ファン地区

本地区のポーフイ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。探査の優先順位は低い。

(3) テリンベラ地区

1) テリンベラ地区

本地区のポーフイ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。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、北部鉱化帯の鉱化帯Vと鉱化帯VIがある。この鉱化帯については次の項で述べる。

2) テリンベラ地区・北東区域

本区域のポーフイリーカッパー鉱化帯は、黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染及び細脈帯で、巨視的にはNE-SW方向に延び、角閃石石英閃緑岩を中心にマクチ層まで強い鉱化作用を及ぼしている。

本鉱化帯の露頭は、ウグシャコチャ沢・アシュアカ沢及びこれらの支流の1.5km×1.0kmの範囲に点在する。特に、黄銅鉱が多く存在する範囲は、アシュアカ学校西部の400m×600mである。ここでは、黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染及び細脈が、石英閃緑岩類だけでなくマクチ層の中にも顕著に認められる。

ボーリング調査はアシュアカ学校の西部及び東部で実施した。その結果、MJE-8孔では、地表より孔底(深度301.00m)まで角閃石石英閃緑岩中に優勢な黄銅鉱・黄鉄鉱鉱染帯が捕捉された。主な鉱化部の鉱石分析結果は、深度21~102m間でCu0.02~0.72% (平均0.468%)であった。また、MJE-9孔で、深度80~105m間でCu0.10~0.33% (平均0.229%)、深度124~161m間でCu0.08~0.55% (平均0.207%)であった。これらの他にも部分的にCu0.10%以上を示す所が数ヶ所認められた。

従って、次ぎの3か所が有望な“鉱化部”として指摘される。

① アシュアカ鉱化部

アシュアカ小学校を中心にして多数の黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱化露頭が認められている。また、IP法電気探査により潜頭性の低比抵抗・高FE異常Aとして認められた。またアシュアカの西方及び南方の沢沿いには、黄銅鉱-黄鉄鉱の分布に一致して低見掛比低抵抗異常が認められた。

② ウグシャコチャ沢鉱化部

アシュアカ小学校の南西約500mに位置し、黄銅鉱を伴う著しい黄鉄鉱鉱化が認められている。この鉱化部はIP法電気探査では、アシュアカ南部に北東より舌状に延びる低比低坑・高FE帯Aとして抽出された。

③ ラス・トレス・クルセス沢鉍化部

アシュアカ小学校の西北西約 600m に位置し、黄銅鉍を伴う黄鉄鉍鉍化として認められた。IP法電気探査により NNE - SSW 方向に細長く延びる低比抵抗・高 FE 異常帯 B として抽出され、深部の鉍化帯の可能性を示している。

(4) 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 100 m である。鉍石分析の結果は、最高 Au 0.3 g/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。探査の優先順位は低いと判断される。

(5) ラス・グアルディアス地区

本地区の主要なポーフリークーパー鉍化帯は、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 100 m 以下で、小規模断続的である。

(6) その他の地区

その他の地区は次の 7 地区である。即ち、トレス・エルマーナス地区、サン・ミゲル地区、シコタ地区、タンビージョ地区、タブラス・パンバ地区、バラロン地区及びチルカレス・アルト地区である。いずれの地区においても、鉍化帯は小規模且つ低品位であった。

6-2 将来への提言

本調査地域における 3 年間の調査結果から、将来の調査として次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 (Fig. III-2-1)

第 3 年次の地質調査によって確認されたオソウアイコ沢北部鉍化帯は、規模も大きく、比較的品位も高い。この鉍化帯は角閃石-黒雲母花崗閃緑岩 (Gd) 中に胚胎し、鉍化露頭の分布範囲と、第 2 年次実施の IP 法電気探査の“高比抵抗・高 FE 異常帯”の分布範囲と一致している。

従って、更に詳しく鉍化帯の全貌を把握するため、Fig. III-2-1 に示した位置でボーリング調査を行うことが望まれる。(ボーリングは、深度 300m × 2 本程度)

(2) テリンベラ地区・北東区域 (Fig. III-2-2)

本年次調査の地質精査・IP 法電気探査・ボーリングによって捕捉されたアシュアカ鉍化部は、

規模も大きく、品位も高い。この鉍化帯は角閃石石英閃緑岩（HQd）と密接に関連して分布することが明らかにされた。また地質調査では、これら鉍化変質の中心もアシュアカ鉍化部に絞られている。

更に、物理探査ではアシュアカ周辺の鉍化露頭の地下深部にIP異常を検出している。

従って、これら鉍化帯（IP異常帯）の全貌を明らかにするため、Fig. III-2-2 に示した位置でボーリング調査を行うことを提言する。

具体的には、アシュアカ鉍化部（深度200m×3本程度）・ウグシャコチャ沢鉍化部（深度200m×2本程度）及びラス・トレス・クルセス沢鉍化部（深度200m×1本程度）

第 II 部

第1章 バルサパンバ地区

本地区全域においては地質調査・地化学探査（精査）、物理探査及びボーリング調査を実施した。その後、エル・トルネアード区域及びオソウアイコ区域が抽出された。その調査結果は次の通りである。

1-1 地質調査

1-1-1 地質

本地区の地質は、上部白亜紀～始新世のマクチ層の火山岩類とこれに貫入している花崗岩類及び粗面安山岩から構成されている。

マクチ層は、下位よりA部層、B部層、C部層、D部層、E部層及びF部層の6部層に細分される。地質図を、Fig. II-1-1 に、模式層序図をFig. II-1-2に示す。

A部層 (A n - 1)

花崗岩類を取り巻くように北部～中央東部～南部に分布する。層厚は1,000m以上と考えられる。主として暗緑色緻密塊状の輝石安山岩溶岩から成る。Alcacer 沢沿い、Las Palmas沢沿い、Osohuayco 沢南部及びLas Juntas沢東部で、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挟む。

花崗岩類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、細粒の有色鉱物－石英から成る堅硬緻密な岩石が分布する。

B部層 (Q a n - 1)

A部層の東部に帯状に分布する。層厚は300-520mと考えられる。暗緑灰色の堅硬な含石英安山岩質溶岩で、最大2mmの自形の石英結晶と4mm程度の気孔を埋めた2次石英が多数含まれる。局部的に同質の凝灰岩を挟む。

C部層 (A n - 2)

Gualazay沢中流及び同支流にのみ狭小に分布し、Alcacer 沢以南には発達しない。層厚は0-90mと考えられる。A部層と同じ安山岩溶岩から成る。

D部層 (T f, A n - 3)

A・B部層の東側に沿って、Las Palmas沢上流～Pallatanga～Bunque Loma に分布する。層厚は100-250mと考えられる。安山岩質～含石英安山岩質火山砕屑岩類 (T f) と、これに挟まれる安山岩溶岩 (A n - 3) から成る。

T f は、Gualazay沢において安山岩質であるが、他の分布域では含石英安山岩質となる。又、ほとんどが粗粒～火山礫凝灰岩であるが、Alcacer 沢上流で局部的に凝灰角礫岩が発達する。

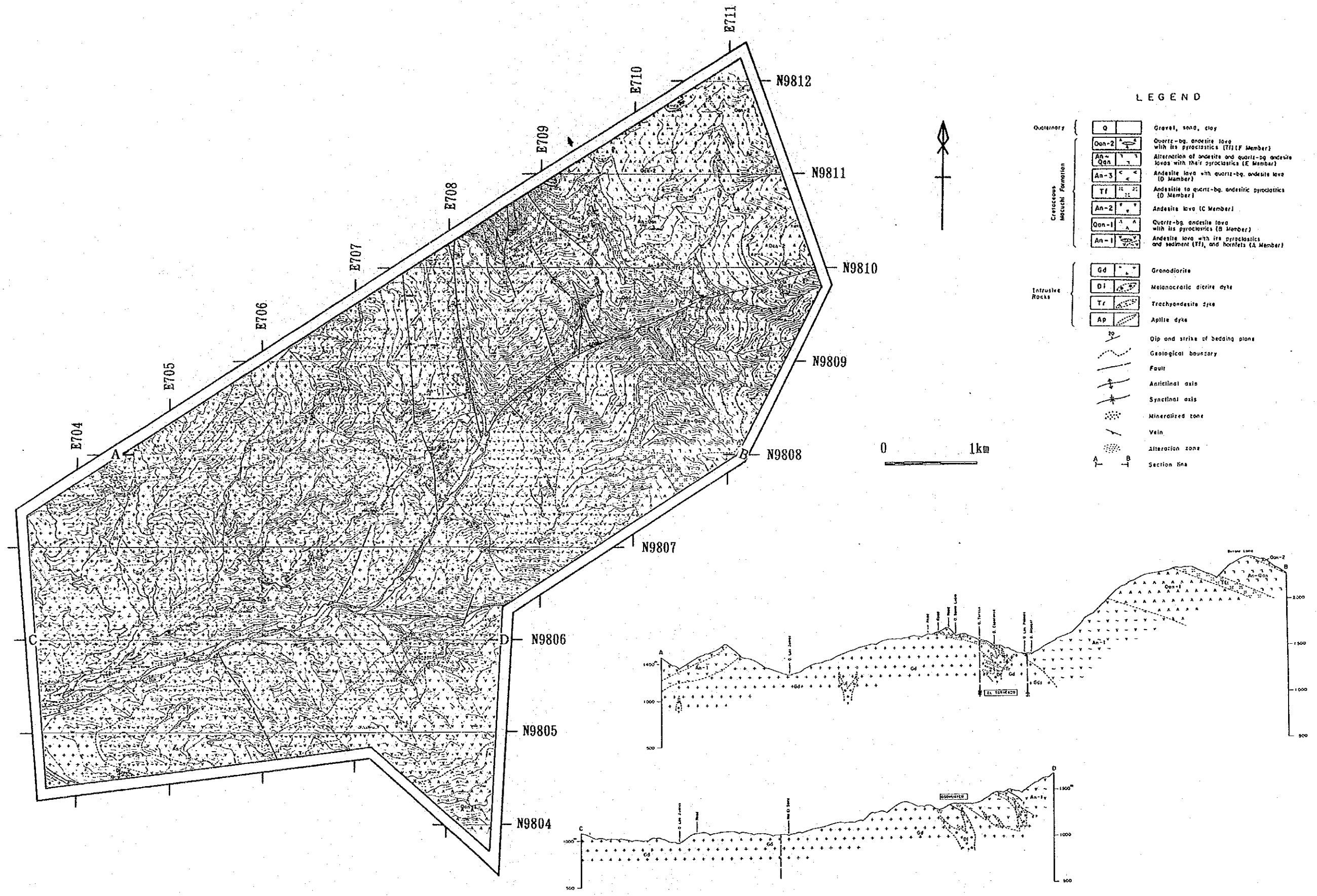


Fig. II-1-1 Geological map of the Balzapamba area

A n - 3 は、A 部層と同じ安山岩溶岩であるが、Gualazay 沢では 2 枚の含石英安山岩溶岩を挟む。

E 部層 (A n ~ Q a n)

Gualazay 沢 ~ Alcacer 沢上流 ~ Bunque Loma に分布する。層厚は 140-420m と考えられる。安山岩溶岩及び含石英安山岩溶岩の互層から成るが、Bunque Loma では後者が卓越する。局部的にこれらの凝灰岩を挟む。

F 部層 (Q a n - 2)

本地区北東部から東部に分布する。層厚は 400-900m 以上と考えられる。B 部層と同じ含石英安山岩溶岩から成り、Padriorco 沢で同質の凝灰岩を挟む。

(2) 貫入岩類

本地区の貫入岩類は、バソリス状の花崗閃緑岩岩体及び優黒質閃緑岩・粗面安山岩・アプライト岩脈から成る。

花崗閃緑岩 (Gd)

中央以西に広く分布する。岩質は等粒状の黒雲母-角閃石花崗閃緑岩 ~ トーナライトで、岩質の変化はほとんど認められないが、ラス・フンタス鉍化帯では石英閃緑岩が花崗閃緑岩中に不規則に認められる。エル・トルネアード鉍化帯では、網状鉍脈が鉍化変質に伴う粘土化・珪化作用を受けた母岩の中に存在し、見掛上角礫状組織を呈する。

花崗閃緑岩岩体の縁辺部は、例えば Las Juntas 沢で見られるように急傾斜でマクチ層に貫入している所が一般的ではあるが、サンタルシア部落北方の道路やエル・トルネアードに至る小道沿いに見られるように、マクチ層のゼノリスを取り込み、あるいは岩床状に枝分かれしている所もあり、様々な形態を呈している。

優黒質閃緑岩 (Di)

本岩は、花崗閃緑岩岩体周辺に多く分布し、エル・トルネアード両鉍徴地及び南西部に認められる。岩質は黒色を呈し、細粒の黒雲母を主体とした閃緑岩で、幅は 20~50m、方向は NE-SW 系が多い。Esperansa 沢では局部的に斑状組織を呈する。

粗面安山岩岩脈 (Tr) ・アプライト岩脈 (Ap)

エル・トルネアード鉍徴地に幅数 m の岩脈として認められる。粗面安山岩岩脈 (Tr) は緑灰色を呈し、長石及び少量の角閃石斑晶を含む。本岩脈の方向は NE-SW ~ E-W 系が多い。アプライト岩脈 (Ap) は無色鉍物が主体で若干の黒雲母を伴う。本岩脈の方向は NE-SW 系及び NW-SE 系である。

1-1-2 地質構造

マクチ層は、大局的には走向N-S，全体として東に緩やかに傾斜する。Las Palmas沢の東西及びAlcacer 沢沿いにおいては緩やかな褶曲構造が認められる。又、南部では、花崗閃緑岩の影響により走向E-Wで、南に急傾斜している。

断層は、Alcacer 沢上流からEl Salto川に沿ったNE-SW系及びエル・トルネアード鉱化帯、Las Palmas沢及びGualazay沢下流等に見られるNNW-SSE系である。他に、Osohuay-co沢沿いにE-W系の断層が発達する。

1-1-3 鉱化作用及び変質作用

本地区の鉱化作用は、ポーフイリーカッパー型、鉱脈型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・トルネアード (El Torneado)、オソウアイコ (Osohuayco)、ラス・フンタス (Las Juntas) 鉱化帯、第2者にはエル・クリスタル (El Cristal) 鉱化帯、最後者にはラス・パルマス (Las Palmas)、コチャパンバ (Cochapamba) 変質帯が、それぞれ含まれる。エル・トルネアード、オソウアイコは第2及び第3章に述べたここではそれ以外を記載する。

(1) ラス・フンタス鉱化帯

ラス・フンタス鉱化帯は、Las Juntas沢支流に位置し、花崗閃緑岩及び石英閃緑岩中の黄銅鉱-黄鉄鉱鉱染帯及びホルンフェルス化したマクチ層中の黄鉄鉱-石英網状脈帯より成る。前者では、幅2~3m以下のレンズ状の鉱染帯が2カ所認められるのみで、連続性に乏しい。後者では、産状は次のエル・クリスタル鉱化帯に似ているが、10mの露頭に幅1m以下の鉱脈が数条認められるに過ぎない。鉱石分析結果は、Ag:1.1g/t, Cu:0/11%であった。既存の資料によると黄鉄鉱のほかに黄銅鉱-閃亜鉛鉱-方鉛鉱が認められたとあるが、現在では崖崩れにより露頭のほとんどが埋まっているために、状況は不明である。

(2) エル・クリスタル鉱化帯

エル・クリスタル鉱化帯は、本地区西端部に位置し、マクチ層のホルンフェルス中に形成された鉱脈型鉱化帯である。走向N80W，傾斜75-80S，延長30m以上，脈幅17mである。主要構成鉱物は黄鉄鉱及び石英で、極微量の黄銅鉱を伴う。黄鉄鉱は鉱染状を呈して鉱化帯全域に亘ってみられるほか、中央から上盤にかけて幅0.7-1.8mの3条の濃集部を形成している。石英は中央部に脈状に認められ、多量の褐鉄鉱と共生している。鉱石分析結果では、Ag:1.1g/t, Cu:0.33%であった。

(3) ラス・パルマス変質帯

ラス・パルマス変質帯は、Las Palmas沢上流から北東方向に2Km以上の範囲に分布し、粘土化-珪化を主体とし、局部的に赤鉄鉱を伴う。本変質帯は、産状から、①エル・トルネアードと同時期・同種の硫化鉱物を伴う熱水活動の産物、②後期の温泉活動に伴われる産物に区分される。

前者には局部的に黄銅鉱-黄鉄鉱鉱染が、後者には赤鉄鉱-石英細脈が認められる。X線回折結果では前者と関係するとみられる石英-緑泥石及び後者と関係するとみられる石英-カオリン-ハロイサイトの組み合わせが同定された。

又、同変質帯の南部に、銅の鉱徴地がN-S系の断層に沿って3カ所点在する。1つは断層角礫帯中の黄銅鉱-輝銅鉱-黄鉄鉱-石英網状脈帯であり、残りの2つは黄銅鉱-黄鉄鉱鉱染帯で断層近傍の花崗岩類岩脈及びマクチ層の強珪化安山岩類中に存在する。いずれも小規模で、幅2~3m前後である。鉱石分析結果では、網状脈帯はAg:7.6g/t, Cu:0.60%で、鉱染帯はCu:0.02%であった。X線回折結果では、両者とも石英-絹雲母-緑泥石の組み合わせが得られた。

(4) コチャパンバ変質帯

Alcacer 沢, Gualazay沢及びPaduriorco沢沿いのマクチ層の火山岩類中に、強珪化部が広範囲に散在する。同珪化部には、局部的に黄鉄鉱鉱染及び粘土化が認められる。この粘土をX線粉末回折試験により鉱物名を調べたところ、ラス・パルマス変質帯同様、緑泥石及びハロイサイトが同定された。

1-1-4 帯磁率測定

鉱化変質作用に伴う消磁現象を定量的に把握するために、携帯用帯磁率計を使用し、帯磁率測定を実施した。携帯用帯磁率計はチェコ・スロバキア製KAPPAMETER KT-5型で、測定単位は 1×10^{-3} SIUである。

測定にあたり、風化による測定誤差と測定物体表面の凹凸による測定誤差の発生を防止するため、露頭の風化部をきれいに剝離し、表面の凹凸を無くするよう留意した。測定を5回行い、上下の2つの値を除外し、3つの平均を測定値とした。

測定値は $0.1 \sim 156 \times 10^{-3}$ SIUまでの著しい変化を示した。新鮮な花崗閃緑岩の測定値は $20 \sim 40 \times 10^{-3}$ SIU、優黒質閃緑岩は $40 \sim 156 \times 10^{-3}$ SIU、マクチ層の安山岩溶岩は $50 \sim 70 \times 10^{-3}$ SIU、マクチ層の含石英安山岩溶岩、凝灰岩類及び堆積岩類は 10×10^{-3} SIU以下を示した。本地区の主要な鉱化作用はポーフィリー-カッパータイプであり、20以下を低異常として次のように低異常値を設定した。すなわち、 $0.1 \sim 5.0 \times 10^{-3}$ SIU (強低異常値)、 $5.1 \sim 10.0 \times 10^{-3}$ SIU (中低異常値)、 $10.1 \sim 20.0 \times 10^{-3}$ SIU (弱低異常値)、 20.1×10^{-3} SIU以上 (バックグランド) の4段階である。この4段階をもとに異常帯の解析図を作成した (Fig. II-1-3)。

異常帯の分布は、上述の鉱化変質帯の分布に非常に良く一致する。すなわち、エル・トルネアード鉱化帯にみられる3列のNE-SW方向の異常帯 ($0.2 \sim 20 \times 10^{-3}$ SIU) は、それぞれ鉱化帯A、C・D及びEの位置に一致する。オソウアイコ鉱化帯 ($0.58 \sim 12 \times 10^{-3}$ SIU) では、異常帯は花崗閃緑岩中の鉱染帯及びマクチ層中の鉱脈の位置と一致する。ラス・フントス鉱化帯では、異常帯は鉱化を受けた石英閃緑岩に2カ所 ($0.83 \sim 1.1 \times 10^{-3}$ SIU)、マクチ層中に1カ所 ($0.4 \sim 8 \times 10^{-3}$ SIU) 抽出された。マクチ層中の異常帯は、幅750mに達するが、変質作用のほかに岩石が元来持つ固有値をも示す。エル・クリスタル鉱化帯では、黄鉄鉱-粘土脈で $0.62 \sim 14 \times 10^{-3}$ SIUと低く、磁鉄鉱を含む所で 75×10^{-3} SIUと高い。ラス・パルマス変質帯では、異常帯 ($0.1 \sim$

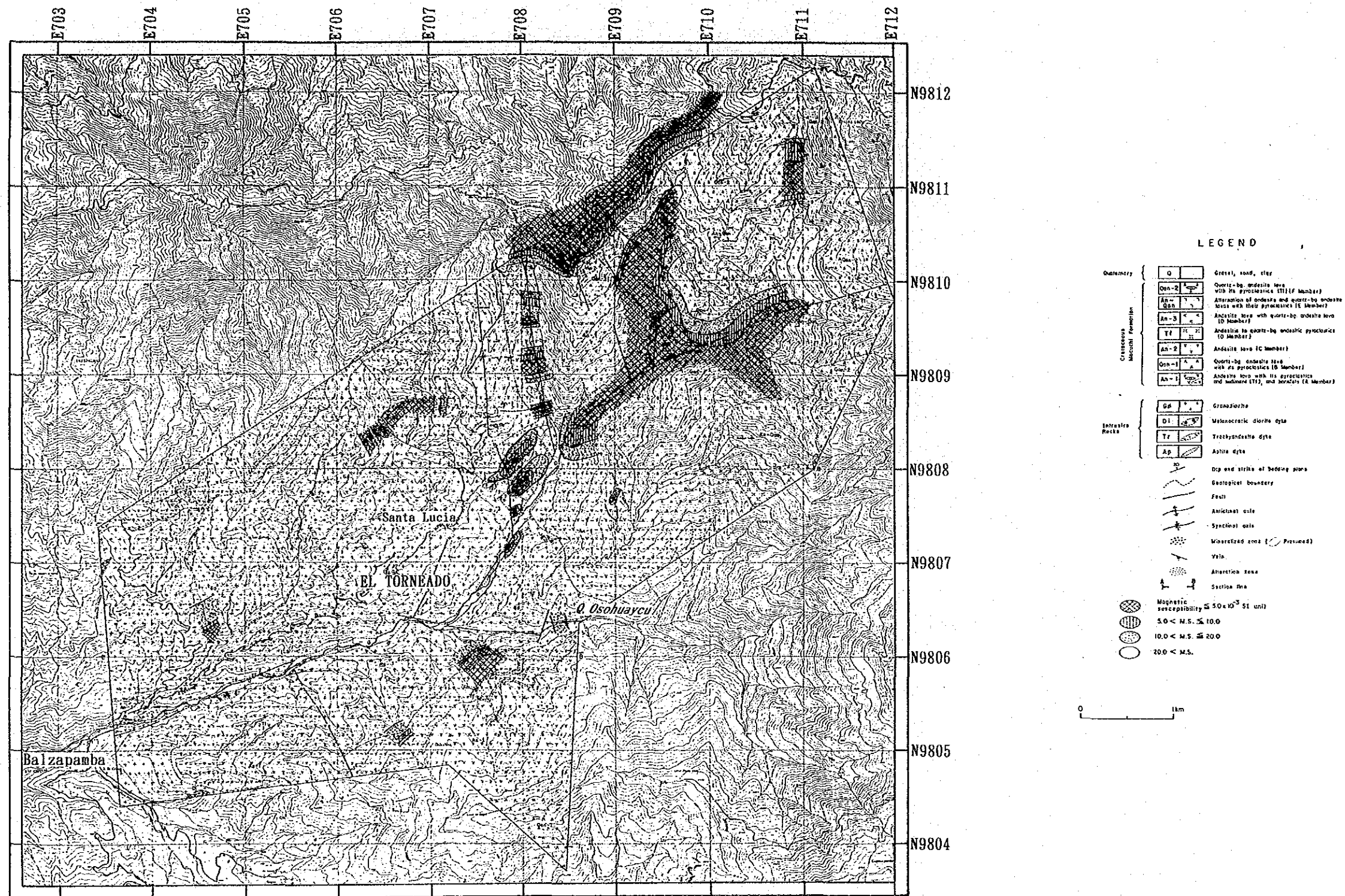


Fig. II-1-3 Interpretation map of the mineralization and magnetic susceptibility of the Balzapamba area

3×10^{-3} SIU) は広く分布し、変質帯の分布位置と非常に良く一致する。同変質帯南部の3カ所の鉍化帯も異常帯 ($0.37 \sim 20 \times 10^{-3}$ SIU) に包含される。コチャパンバ変質帯は、広範囲に抽出された異常帯 ($0.3 \sim 3 \times 10^{-3}$ SIU) に包含される。この異常帯にはマクチ層の含石英安山岩溶岩、凝灰岩類及び堆積岩類に起因する低帯磁率帯も含まれる。

以上のように、帯磁率測定作業は鉍化変質作用の特性及び規模の把握に非常に有効であった。

1-1-5 地化学探査

(1) 試料採取、分析成分及び分析方法

本作業は、鉍化帯周辺の岩石における鉍化作用に関連する元素の抽出とそれらの分散を調べることを目的として実施した。地化学探査試料33個の岩石は、Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Co, Niの7成分を対象としてプラズマ発光分光分析法 (ICP) で分析された。分析検出限界は、Agが0.1ppm、他の6成分が1ppmである。

(2) データ処理

後述するその他の地区の34個を合わせた合計67個、7成分の分析結果を、採取点の地質ユニットと共にコンピュータに入力し、統計処理を行った。上述の目的に対して有効な解析は、単変量解析よりむしろ多変量解析である。

多変量解析には種々の方法があるが、多変量に代表される変動をより少数の代表的、仮説的変動 (因子) によって説明し、これによって科学的に単純性を求めるための解析法として因子分析法が有効である。因子分析法は、各試料がどの因子をどの程度保有しているかを、因子別の因子得点の表示によって、その試料と鉍化作用あるいは母岩の特性などとの関連性を説明しようとする方法である。

計算にあたっては、コンピュータを使用して因子分析法の一つであるバリマックス法でデータを処理した。その結果、①Co-Ni-Zn、②Ag-Cu、③Pb-Zn-Cu、④Moの4つの因子が抽出された。

既存の地化学探査資料のうち、岩石に関するものは85件あるが、分析成分はCu, Pb, Zn, Moの4成分であるため補助的に活用した。

(3) 解析結果

各因子の因子得点の絶対値が、1以上を高因子得点、0.4以上1未満を中因子得点、0.0以上0.4未満を低因子得点とした。

第1因子 (Co-Ni-Zn) の高～中因子得点を示す試料は、全てマクチ層の岩石で、低因子得点を示す試料はエル・トルネアード鉍化帯の一部の花崗閃緑岩にみられる。したがって、この因子は母岩の特性及びなんらかのZnの添加を反映していると考えられる。

第2因子 (Ag-Cu) の高～中因子得点を示す試料は、エル・トルネアード、オソウアイコ、エル・クリスタル鉍化帯及びLas Palmas沢下流の鉍化帯のものである。低因子得点を示す試料は、ラス・フンタス鉍化帯及びコチャパンバ変質帯にみられる。既存の資料によると、試料の採取点の一部異なるものの、Cuの異常帯がエル・トルネアード鉍化帯、エル・クリスタル鉍化帯及びラス

・フンタス鉱化帯を包含している。本因子は、Ag-Cu 鉱化作用を特徴づける因子と考えられる。

第3因子 (Pb-Zn-Cu) の高～中因子得点は、岩石の違いによる変化を示さない。概して述べるならば、エル・トルネアードの一部、後述のテリンベラ、サンミゲル地区等に高～中因子得点を示す試料が多いので、地域性の違いがあるのかも知れない。本因子を特徴づけるものの推定は困難であるが、例えばサンミゲル地区にみられる硫化鉱物を含む新期の鉱化作用が考えられる。

第4因子 (Mo) の高～中因子得点を示す試料は、エル・トルネアード鉱化帯、El Cristal 鉱化帯及びラス・パルマス変質帯にみられるが、第2因子の高～中因子得点を示す試料と一部を除き、別地点の試料である。エル・トルネアード鉱化帯では、硫化鉱物鉱染帯を、後期の輝水鉛鉱を含む硫化鉱物-石英網状脈が切っている現象が認められる。このことから、本因子はCuを含む鉱化作用の後のMoを含む鉱化作用を示唆する因子と考えられる。

1-2 物理探査

1-2-1 調査目的

バルサパンパで実施されたCSAMT調査は、既存の調査により鉱化ポテンシャルが高いとされている地域の垂直及び平面的な比抵抗分布を明らかにし、鉱床存在の有望地域を抽出し、さらに試錘孔位置を決定の一助にするために実施された。

調査地域の地形は標高範囲が800mから3,000mとかなり険しかったが、面積36km²・測点数104点の調査を予定通り終了した。

1-2-2 調査方法

(a) CSAMT法

CSAMT (Controlled Source Audio-frequency Magnetotelluric)法は、Audio-frequency Magnetotelluric(AMT)法とMagnetotelluric(MT)法における問題点を解決するために Goldstein (1971)及び、Goldstein and Strangway(1975)により導入された手法である。

1-2-3 岩石試料測定

(a) 岩石試料測定結果

地質により区分された岩石とその比抵抗を一義的に関係つけることは難しいが、岩石試料測定結果から明らかなように、一般に新鮮な火成岩、変成岩などの比抵抗は高く、10,000Ωm以上を示すが、風化などの変質の程度によりかなり比抵抗が変化する。

調査地内で採取された岩石サンプル及びMJE-1, 2, 3号孔の岩心の室内物性測定(比抵抗、FE値)の結果では、珪化した岩石、ホルンフェルス化した安山岩、花崗閃緑岩の比抵抗は高く(5,000~10,000Ωm以上)、含石英安山岩、含石英安山岩質凝灰岩、風化・鉱化変質を受けた安山岩溶岩、花崗閃緑岩は中比抵抗(1000~2,500Ωm)、安山岩質凝灰岩類、粘土化した岩石は低比抵抗(500Ωm以下)である。

硫化物を含んだボーリングコア(花崗閃緑岩)の比抵抗値は、全般に、新鮮な岩石に比べ低い比抵抗を示す。

一般に、採取された岩石サンプルの比抵抗は、現地で測定した地山の比抵抗より高めになるが、サンプル測定の結果並びに各測点での一次元比抵抗解析による表層(第1層)の比抵抗値とそこに分布する岩石の種類を対応させると調査地域の岩石の比抵抗は大きく次のように分類される。ただし、割れ目の度合い、割れ目を満たす地下水の性質により比抵抗が変化することがある。

ホルンフェルス化した安山岩	10,000Ωm以上
新鮮な花崗閃緑岩、細粒閃緑岩	5,000~10,000Ωm
緑泥石化などの変質を受けた閃緑岩類	1,000~1,500Ωm

Macuchi 層 (ホルンフェルスを除く)	1,000 ~ 1,500 Ω m
粘土化した岩石	500 Ω m 以下

El Torneado 鉍徴地で実施された MJE-1, 2, 3 号孔からのコアの室内測定による FE 値 (0.3 ~ 3.0 Hz を使用) と硫化物含有量の関係は、肉眼観察による硫化物の含有量が多いほど FE 値が高い傾向にあり、肉眼観察により硫化物含有量 2 ~ 3% とと思われるものは、5 ~ 7% の FE 値を示す。

一方、高 FE 値を示す地表採取試料の中で、測点 28 の試料は硫化物含有量が大きいが、他の試料は微量である。しかしながら、これらの試料には細脈状のリモナイト、石英が認められ、美流の黄鉄鉍の残存している可能性がある。

1-2-4 考察

一般に、花崗岩類、安山岩類は高比抵抗であるが、調査地域の岩石は比抵抗変化 (数十 ~ 数万 Ω m) に富んでいる。その理由として鉍化変質に関連した緑泥石化、粘土化による低比抵抗化及び、珪化による高比抵抗化などが挙げられ、更には、風化、割れ目の発達の違い、割れ目を満たす地下水の性質などによっても比抵抗は変化する。このように、岩石の比抵抗を左右する要因は、多いが、調査地域の比抵抗分布は鉍徴地の位置と深く関係し、全体として、鉍徴地は低比抵抗域に位置している。

調査地域の比抵抗構造は、2 ~ 3 層構造をなすが、測点毎に変化が大きく水平方向の連続性に乏しい。すなわち、本地区では、NNE-SSW ~ NE-SW 系及び NNW-SSE 系の断層構造が発達するので、比抵抗構造の水平方向の不連続性は、この断層構造によるブロック化を反映したものと推定される。

一方、試錘結果 (MJE-3 号孔 : 測点 29) との対比では、第 1 層 (125 Ω m, 厚さ 40 m) は、粘土化変質帯に対応し、それ以深は 560 Ω m となり、調査地域の花崗閃緑岩の平均比抵抗 5,000 ~ 10,000 Ω m に比べかなり低い。硫化物の含有量はそれほど多くなく、比抵抗への影響は小さく、低比抵抗は、鉍化変質に伴う緑泥石化、割れ目の発達によるものと推察される。MJE-3 号孔の深度 200 m 以深の鉍化帯は、局所的な粘土化と広範囲の珪化を伴う為、全体として約 500 Ω m の比抵抗になったものと思われる。深度 200 m 以深の局所的な低比抵抗の薄層は CSAMT 法では困難である。その他のボーリングは測点からずれているため比較が困難である。今回の調査の様に測定密度が粗い場合、比抵抗だけから有望箇所を選定するには限界があが、鉍徴地の比抵抗構造の特徴として、対になった低比抵抗と高比抵抗の境界部の低比抵抗側に鉍化・変質帯が位置することがわかった。

この比抵抗の境界部は、らす・ばるます変質帯を除いて、いずれもマクチ層とかこう閃緑岩の境界部にあたり、接触変質を受けたものと思われる。一般に、珪化変質は高比抵抗、粘土化変質は低比抵抗を示す。地区の鉍化帯には、珪化変質、粘土化変質いずれもみられることから、高・低比抵抗の境界は、変質の種類の違いを示唆していると考えられ、特に粘土化に関係のある鉍化は低比抵抗側に認められる。

El Torneado 鉍化帯の一部、Osohuayco 鉍化帯には、深部にまでこの比抵抗構造がみられ、特に、Osohuayco 鉍化帯では、地表付近の低比抵抗が南東側の深部に大きく延びており鉍化・変質

BALZAPAMBA

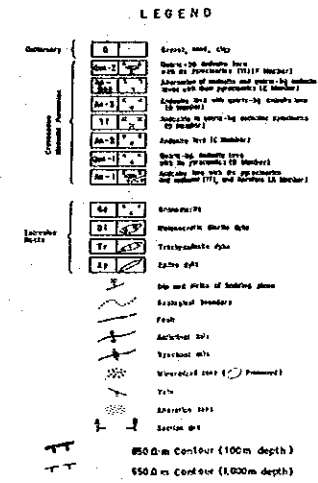
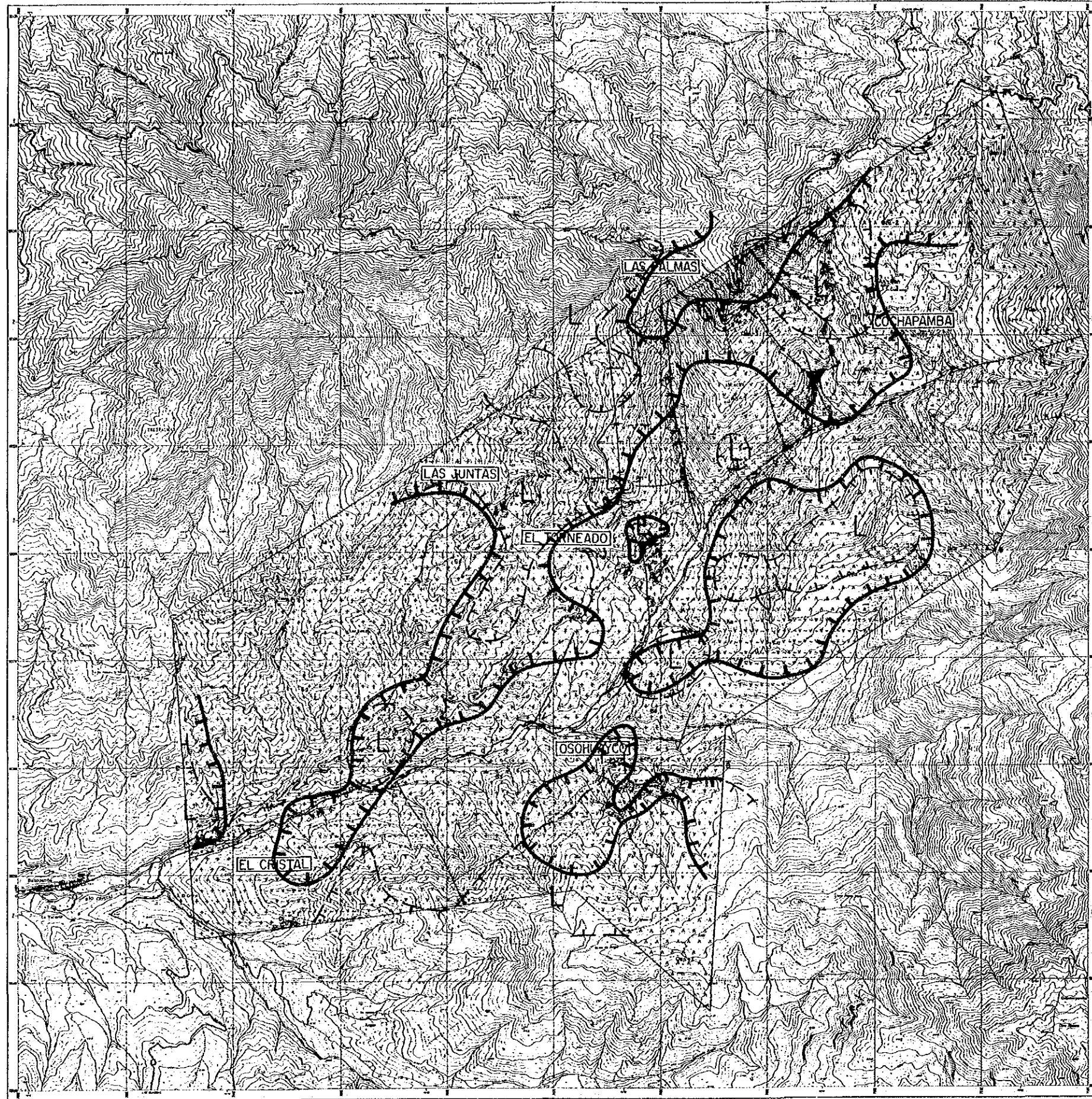


Fig. II - 1 - 4 Interpretation Map of the Low Resistivity Zone and Mineralized Zone of the Balzapamba Area

帯が連続していると推定される (Fig. II-1-4)。

上述のような鉱微地の比抵抗構造の特徴は得られたが、全般に本地域の鉱化帯は母岩との比抵抗差が小さく、比抵抗解析が困難である。網状脈～鉱染状鉱床の場合IP現象が大きく現れるのでSIP, IPが有効である。地表からの探査だけでは深部になるにしたがい分解能が悪くなるので、特に試錘孔を利用した探査が有効である。

1-3 バルサパンバ地区の調査結果の検討

(1) バルサパンバ地区

本地区における調査は第1年次に、地質精査及び岩石地化学探査が実施された。その結果、次の様な事実が明らかとなった。

地質は、上部白亜紀～始新世の安山岩質火山岩類よりなるマクチ層と、これに貫入する花崗岩類及び粗面安山岩から構成される。貫入岩類は、バソリス状の花崗閃緑岩岩体及び優黒質閃緑岩・粗面安山岩・アプライト小貫入岩岩体から成る。花崗閃緑岩の同位体年代値は $25.7 \pm 0.9\text{Ma}$ である。地質構造は、N-S系の褶曲構造と、NE-SW系及びNNW-SSE系の断層構造と、NE-SW系の鉱化帯及び小貫入岩岩体の伸びの方向が特徴的である。

本地区の鉱化作用は、ポーフィリーカッパー型・鉱脈型・温泉型鉱化作用の3つに分類される。最前者にはエル・トルネアード、オソウアイコ、ラス・フントス鉱化帯、第2者にはエル・クリスタル鉱化帯、最後者にはラス・パルマス、コチャパンバ変質帯が該当する。本地区に分布する主な鉱化帯のうちエル・トルネアード鉱化帯及びオソウアイコ鉱化帯については区域を分けて調査を行ったので別の項で述べる。

ラス・フントス鉱化帯は、花崗閃緑岩及び石英閃緑岩中の黄銅鉱-黄鉄鉱鉱染帯と、マクチ層中の黄鉄鉱-石英網状脈帯より成るが、小規模である。エル・クリスタル鉱化帯は、マクチ層中に形成されたE-W系の黄鉄鉱・褐鉄鉱>黄銅鉱-石英脈である。規模は、幅17m、延長約30m + α と小規模である。ラス・パルマス変質帯及びコチャパンバ変質帯は、広範囲に広がり、主として後期の温泉活動に伴う酸性変質帯(石英-カオリン-ハロイサイト)より成り、場所によって黄鉄鉱鉱染あるいは赤鉄鉱-石英-粘土脈が認められるのみである。

全体として、本地区における鉱化作用及びそれに伴う変質作用は弱い。

1-4 バルサパンバ地区・エル・トルネアド区域

本調査区域はサンタ・ルシア部落より東方約1Kmに位置する。

1-4-1 地質調査

1-4-1-1 地質

本区域の地質調査は第1年次実施のバルサパンバ地区の地質調査でまとめて行った。

1-4-1-2 鉍化作用及び変質作用

本区域の鉍化作用はポーフイリーカッパー型で、巨視的には、花崗閃緑岩バソリスの北東縁部に分布する。

鉍化帯は、区域内の約400m×400mの範囲に認められる。

エル・トルネアド鉍化帯

鉍化帯は、ポーフイリーカッパー型の鉍床で、主として花崗閃緑岩類の中に分布する。マクチ層の中には、脈状鉍化帯が花崗閃緑岩類との境界部に部分的に存在するのみである。本地区の花崗閃緑岩類には全体に黄鉄鉍の鉍染が認められるが、主要な鉍化帯は、幅20~70m、延長70~350mのNNE-SW方向に伸長する5条の黄銅鉍-黄鉄鉍-輝水鉛鉍等の鉍染・網状脈鉍化帯である。

これらの鉍化帯は、産状により鉍染状鉍化帯と網状脈鉍化帯の2つのタイプに分けられる。鉍化時期は、鉍染状鉍化帯を網状脈鉍化帯が切っていることから、前者の後に後者が形成されたものとみられる。

1) 鉍染状鉍化帯：角礫状構造を示さない花崗閃緑岩類の中に、鉍石鉍物が鉍染状又はフィルム状に存在するものである。鉍化帯Bがこれに相当し、鉍化帯は多量の黄鉄鉍、少量の黄銅鉍が花崗閃緑岩の中に鉍染する。変質は黒雲母化と弱い緑泥石化である。X線回折結果では、石英-二次黒雲母-絹雲母の組合せが得られた。

巨視的には、エル・トルネアド鉍化帯地区の花崗閃緑岩類は、全体的に黄鉄鉍と微量の黄銅鉍の鉍染を受けており、鉍化帯Bは黄銅鉍の量が多い部分である。

鉍化帯Bの代表的鉍石の分析結果は、Cu0.03%である。

2) 網状脈鉍化帯：本鉍化帯は、角礫化した花崗閃緑岩類の角礫の間を鉍石鉍物・脈石鉍物が不規則形態に埋めた網状脈鉍化帯である。鉍化帯A・C・D・E・露頭がこれに相当し、鉍石鉍物は多量の黄鉄鉍、少量の黄銅鉍・輝水鉛鉍、微量の磁鉄鉍・灰重石、局所的な磁硫鉄鉍が認められる。脈石鉍物としては、石英、緑泥石、二次黒雲母、部分的に緑レン石が存在する。本鉍化帯には比較的大きい鉍石鉍物が認められ、黄銅鉍集合レンズ1cm以上、黄鉄鉍集合レンズ5cm以

上、レンズ状の輝水鉛鋳1 cm以上のものが部分的に認められる。本鋳化帯における角礫の発達状況は、鋳化帯内部では数cm~30cm大の角ばった角礫の集合からなり、鋳化帯の外縁部になると次第に角礫の発達が弱くなり、花崗岩類に小枝状の亀裂が発達するだけの地帯に漸移する。個々の角礫の凹凸は近接する角礫と同じ形状を一般的に有している。角礫が復元できる形態を示し、角礫の間を鋳石鋳物・脈石鋳物が埋めていること、鋳化帯の外縁部やその周辺に角礫化の初期の構造が残されていること等から、この角礫構造は熱水による水力破碎起源とみられる。

露頭における鋳化帯A・C・Dは、全体的に絹雲母化と珪化を受けた角礫帯の中に上記鋳物から構成される網状脈が存在するものである。これらの鋳化帯の鋳石分析の結果は、鋳化帯A：Au 0.2g/t, Ag 2g/t, Cu0.66%, 鋳化帯D：Cu0.03%である。本鋳化帯における変質鋳物はX線回折によると、カリ長石・絹雲母・緑泥石・二次黒雲母が認められる。又、部分的に後期の熱水活動に関連するとみられるカオリンも存在する。

鋳化帯Eは花崗閃緑岩とMacuchi層との境界部に存在する黄鉄鋳-緑泥石-石英網状脈で、変質は脈際変質のみの緑泥石化と珪化である。

1-4-2 物理探査

1-4-2-1 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。

1-4-2-2 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。

(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M J E - 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 50 m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。電流電極は孔底電極DをM J E - 1孔の深度 290mの地点に、孔口電極SをM J E - 1孔の孔口に、遠電極Rを測定測線から 180度の方向にM J E - 1孔から 575mの地点に設置した。また、電位電極間隔は 50 mとした。

1-4-2-3 考 察

本区域の調査結果を定性的に解析し、その結果をFig. II-1-5に示す。また、地質調査結果及びボーリング調査結果を考慮して物理探査結果を解釈し、以下のように取りまとめた。

- ①浅部には4つの高F E異常帯が分布する。M J E - 1孔を中心とする異常は、中央部に相対的に低F E異常を伴うが、これは浅部高F E異常源を反映する独特のI P示徴であり、鉍化帯Aの分布域を示していると考えられる。また、調査区域北部にE-W系、西部にN-S系の帯状の高F E異常が分布しており、北部及び西部のものは断層に対比され、断層に沿った鉍化作用であると推察される。さらに、南西部にはNW-SE系の帯状の高F E異常が分布しており、優黒質花崗閃緑岩の貫入に関連した鉍化作用を反映するものと推定される。
- ②調査区域南部の中深部には低比抵抗・高F E異常帯が分布しており、この北側に推定される異常源は鉍化帯Dに対応している。
- ③調査区域のほぼ西半部の中深部には低比抵抗層が推定され、粘土化変質が強いことを反映していると考えられる。また、この低比抵抗層は、R-S及びD-Sの見掛比抵抗平面図で測線E 210-E 30を境として北西部の見掛比抵抗が低くなる傾向として表現されている。
- ④低比抵抗層の下部には高比抵抗岩体が推定され、新鮮または珪化変質の強い花崗岩類に対比される。
- ⑤M J E - 1孔の孔底付近には、高F E岩体が推定され、この分布域は、潜頭鉍化帯の分布域を反映していると考えられる。

次に、試錐孔I P法における地形の影響について考察する。

測線E 90, 測線E 120, 測線E 150, 測線E 180及び測線E 210のはD-Sの実測見掛比抵抗曲線には、測定電位の急激な低下による低見掛比抵抗異常または欠測データが認められる。これは、電流電極D-Sと測線E 90及び測線E 120の電位電極 13-15のように、電流電極D, Sを結ぶ線を2等分する垂線上に電位電極が位置する、即ち、等電位線(面)上に電位電極が位置するような配置またはこれに近い状態の配置では、電位電極間の電位差が0または非常に小さくなるからである。また、このような条件下では、2次元有限要素法で算出される地形補正係数の誤差も大きく、この結果、地形補正済見掛比抵抗曲線に乱れが生じている。さらに、測定電位が非常に小さいということは、S/N比も小さいということであり、このS/N比の劣化がF E値にも影響を及ぼし、測線E 120, 測線E 150, 測線E 180などで認められるように、F E曲線にも乱

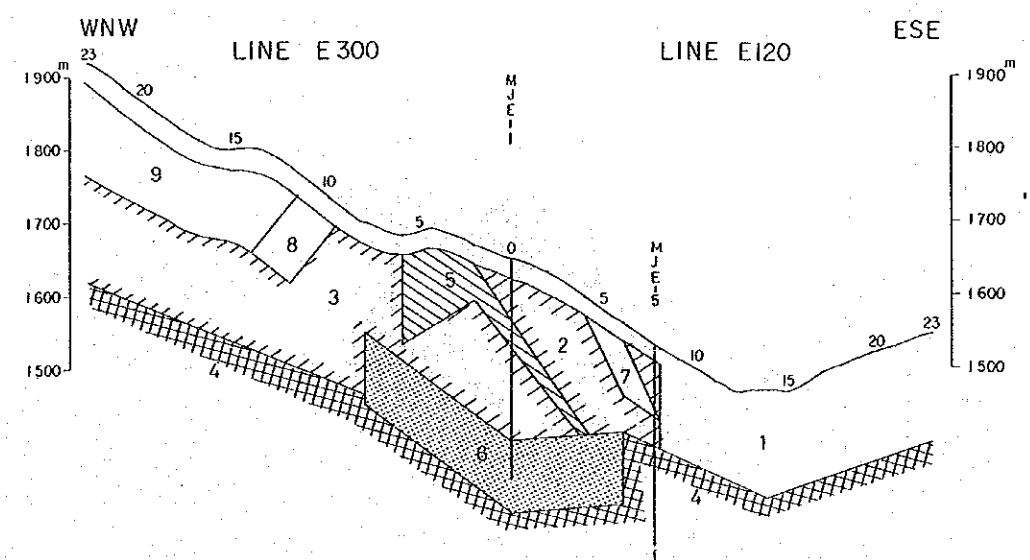
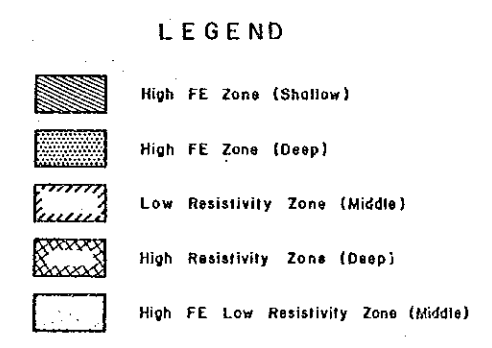
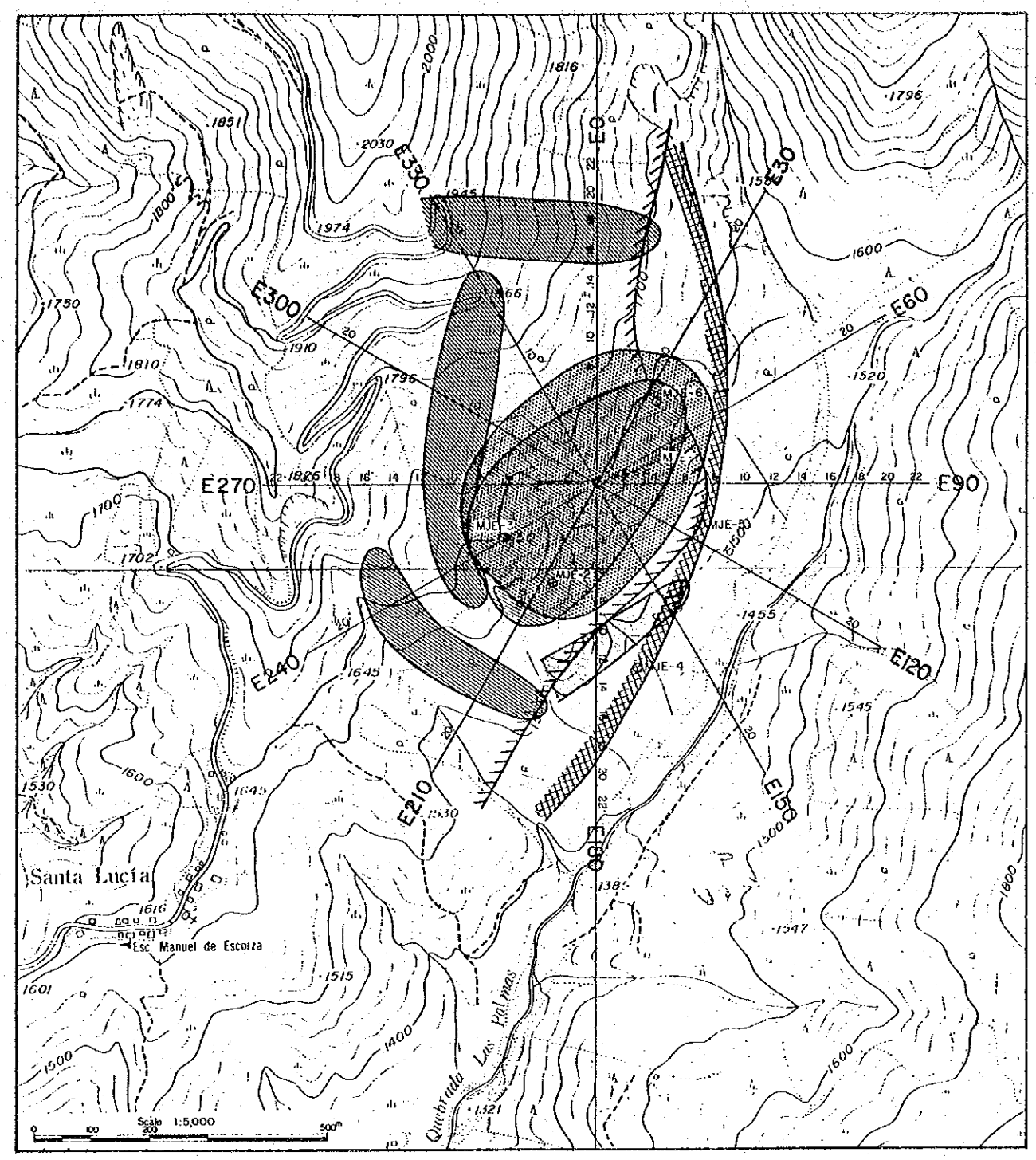
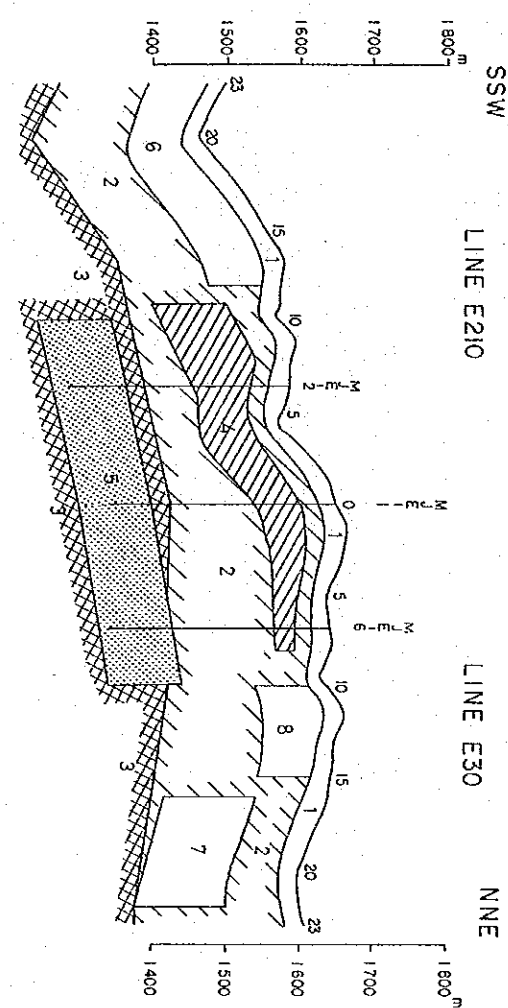


Fig. II-1-4 Interpretation map of the El Torneado, Balzapamba area

れを生じさせている。

また、電流電極D-Rと電位電極3-5または5-7の場合にも、測定電位の急激な低下がしばしば認められ、これらも上述と同様に電位電極が等電位線（面）に平行かこれに近い状態に位置するため、S/N比が劣化して見掛比抵抗曲線さらにはFE曲線に乱れを生じさせているものと考えられる。

本区域で実施した試錐孔IP法は、過去に実施例が少なく、その有効性に対する議論もなされていない。しかし、本区域では、6本の試錐孔により鉱化帯の分布状況がよく把握されているので、試錐孔IP法の有効性について考察する。

- ①R-S電極配置では、地表下100m程度までの異常源を捕捉している。試錐孔を中心として地下浅部に分布する鉱化帯は、試錐孔を中心とする相対的な低FE異常として検出され、鉱化帯の平面的な分布範囲は、試錐孔を中心とする環状の高FEとして検出される。また、地表付近の異常源に対しては、異常源の中心部にピークが出現し、試錐孔から離れた位置では、より深部の異常源を捕捉可能である。なお、地形の影響は、通常のIP法と同程度である。
- ②D-S電極配置では、地表下100m程度までの異常源に対しては、R-S電極配置と同様な同様であるが、試錐孔から離れた位置では、孔底電極深度程度までの異常源を捕捉可能である。試錐孔から離れた中深部に位置する異常源に対しては、異常源の直上よりも遠方にピークが出現する。R-S電極配置の測定結果と対比することにより、異常源の深度を推定できる。また、本区域のように急峻な地形条件下では、電位電極が等電位線（面）に平行かこれに近い状態に配置され易く（特に、孔口電極より低い位置で）、良質なデータが得られない可能性が高い。しかし、地形条件が良好であれば地下中深部の情報を得るのに有効であると考えられる。
- ③D-R電極配置では、地下浅部の異常源に対しては、前述の2電極と同様の検出能力を有するが、試錐孔付近では、孔底よりやや深部から地表までの異常源を非常に強い異常（ピークでは、異常源の芯のFE値より数倍以上大きく）として検出する。特に、孔底付近の異常源に対しては、強い負の異常を伴うのが特徴である。また、孔底付近に位置する異常源の影響はより遠方にまで及ぶが、試錐孔から離れた位置では、中深部の異常源に対する検出能力は、前述の2電極よりも劣っている。さらに、試錐孔に近い位置では、地形条件により、電位電極が等電位線（面）に平行かこれに近い状態に配置され易く、良質なデータが得られない可能性が高い。しかし、試錐孔から離れた位置では、独特な電位分布により実測見掛比抵抗が高くなるが、地形による影響はR-S電極配置と同程度であると考えられる。これらのことより、孔底付近の異常源の存在及び拡がり把握するのに有効であると考えられる。

1-4-3 ボーリング調査

1-4-3-1 調査目的

ボーリング調査の目的は、バルサパンバ地区における地質調査・地化学探査及び物理探査（C SAMT法）により抽出された最も優勢な El Torneado 鉱化帯について、その地質構造と鉱化帯の賦存状況を明らかにすると共に、鉱化帯の形成機構を考察することである。

1-4-3-2 調査工事内容

(1) ボーリング位置

ボーリング調査を実施した El Torneado 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 1 km 北東方向に位置する。ボーリングサイトは、標高 1,600m 内外の急峻な場所である。

M J E-1 孔の位置は地質調査及び物理探査結果を基に決定され、M J E-2 孔及び M J E-3 孔の位置は M J E-1 孔の結果も考慮し決定された。それぞれの位置は Fig. II-1-6 のとおりである。

(2) 工事概要

本工事は、I N E M I N 所有の試錐機、ポンプ等の掘削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した。掘進作業は、1988年9月27日から1988年11月15日の間実施された。

試錐機は Craelius 社製 D900 を使用した。

設営、解体、移設作業は日勤のみとし、掘削作業は原則として 24 時間稼働で実施した。掘進方法は表土層を除きワイヤーライン工法を採用し、コアの採取率及び工程の向上に努めた。

1-4-3-3 調査結果

各孔のボーリングコアの地質及び鉱化作用は以下のとおりであった (Fig. II-1-7 及び II-1-8)。

(1) M J E-1 孔

位置：緯距 9808.14N，経距 708.00E，標高 + 1,652m

傾斜：-90°

深度：305.40m

0 ~ 30.00m

粗粒の花崗閃緑岩源のマサ、部分的に白色粘土が混る。

30.00 ~ 34.80m

岩質は粗粒の花崗閃緑岩で弱い緑泥石化変質と角礫化を受けている。角礫の間は二次黒雲母（緑泥石）-石英脈が埋める。細粒の黄銅鉱、輝水鉛鉱が母岩の中に部分的に少量鉱染し、主として有色鉱物の部分に存在する。黄鉄鉱は鉱染状に母岩の中や黄鉄鉱脈（脈幅 0.5cm 程度が多い）

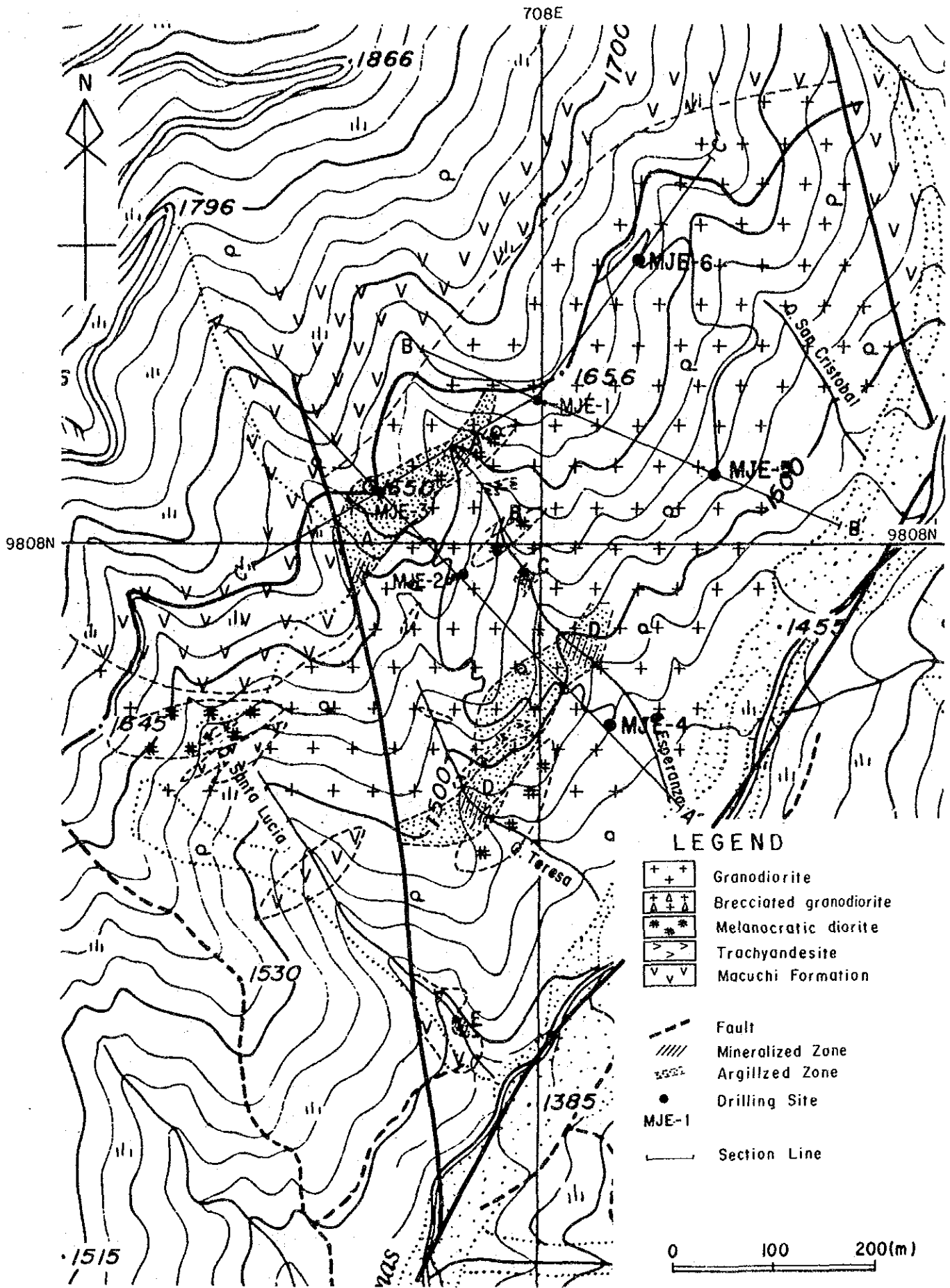
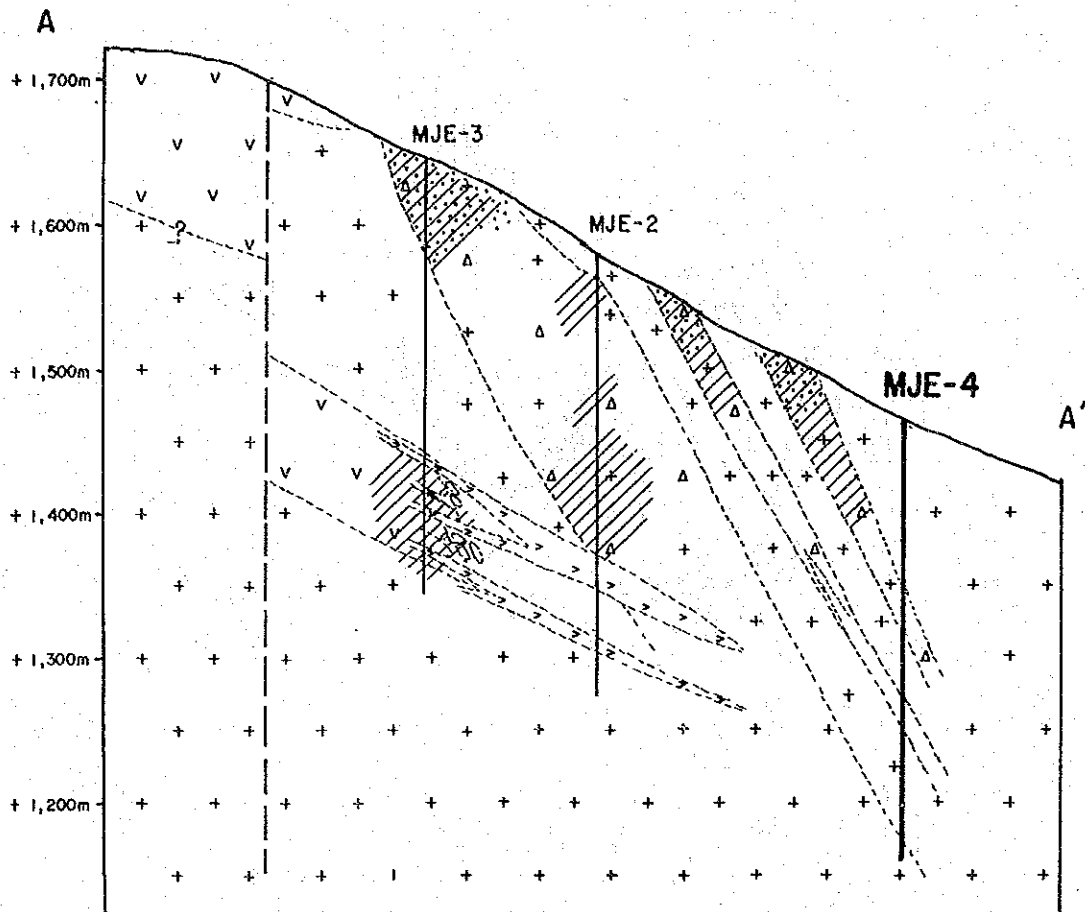


Fig. II-1-6 Location map of drill holes



LEGEND

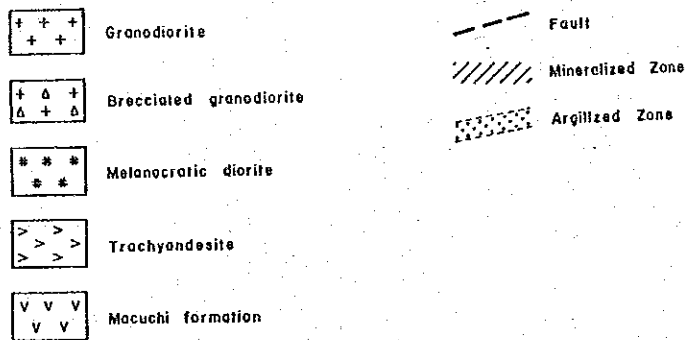


Fig. II-1-7 Geological section of drill holes MJE-2, 3, and 4

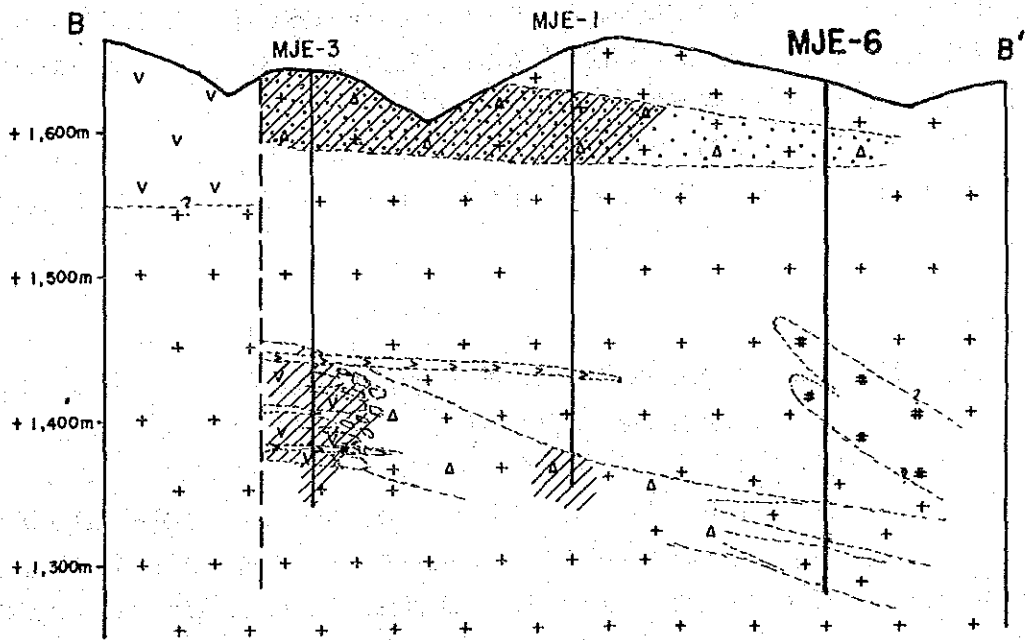
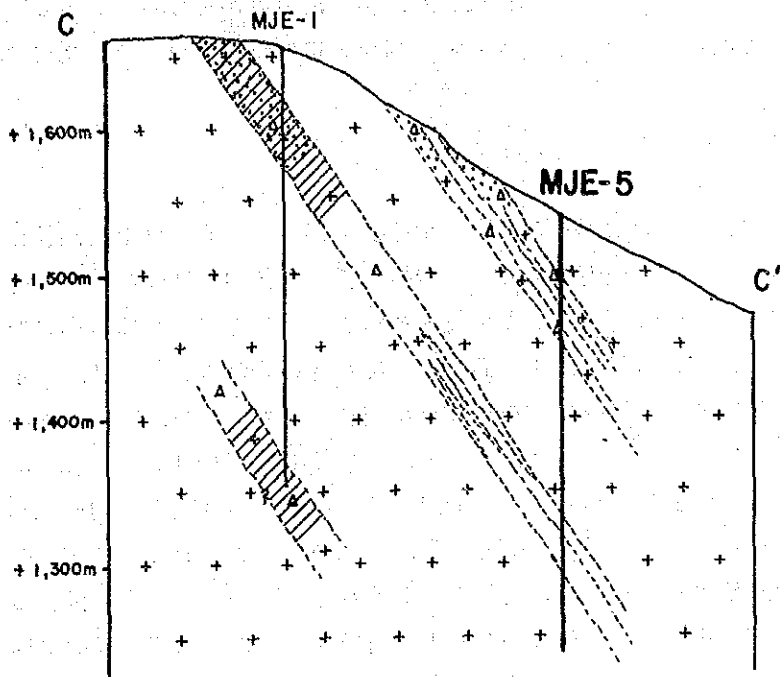


Fig. II-1-8 Geological sections of drill holes MJE-1 and 5, and holes MJE-1, 3, and 6

34.80 ~ 36.10m

岩質は絹雲母粘土帯である。34.80 ~ 35.00m間はほとんど絹雲母のみからなっているが、35.00 ~ 36.10m間には、これに緑泥石-石英脈も混入する。細粒の黄鉄鉱が少量、全体に鉱染する。

36.10 ~ 110m

岩質は花崗閃緑岩で、硫化鉱物を含む網状脈がこの中に全体的に存在し、見かけ上角礫状になっている。網状脈の個々の脈幅は1~4cm程度である。母岩の変質は全体的には緑泥石化を受け、脈際においては珪化と二次黒雲母化を受けている。黄銅鉱・黄鉄鉱は、母岩の中や脈の中に存在する。脈の中には部分的に磁硫鉄鉱、輝水鉛鉱、灰重石、磁鉄鉱が認められる。92.60mから採取した試料の鏡下における観察では、磁硫鉄鉱を黄銅鉱が脈状に切り、かつ、磁硫鉄鉱の一部が二次黄鉄鉱に変化している (Photo A-2)。又、微粒の閃亜鉛鉱も認められる。36.10 ~ 54.50m間は、比較的大きい黄銅鉱が多数存在し、径5mm以上のものがこの区間中に13個認められる。この部分における鉱石分析4個の平均はCu0.07%, W0.05%を示す。54.50 ~ 77.60m間は、次第に大きい黄銅鉱の数が減少し、母岩中の鉱染も少なくなる。一方、輝水鉛鉱は多くなり、主として石英脈の中に存在する。ここの代表的鉱石の分析結果は、Cu0.01%, W0.06%である。

110 ~ 282.20m

岩質は、粗粒の花崗閃緑岩で、鉱化作用・変質共に極めて弱い。母岩中の鉱染は微粒の黄鉄鉱のみとなる。黄銅鉱は脈やクラックの中に緑泥石と共に少量認められる。261.80m付近から硫化鉱物量及び緑泥石脈が次第に増加する。黄銅鉱・黄鉄鉱は、緑泥石- (緑レン石) -石英脈の中、又は母岩の中の鉱染状に存在する。局部的に方解石脈が存在する。

261.80~282.30m間の鉱石分析2個の平均は、Cu0.06%, W0.06%である。222.20~222.60m及び225.30~230.50mに粗面安山岩岩脈が花崗閃緑岩を切ってきている。黄鉄鉱がこの中に弱く鉱染している。

282.20~305.40m

岩質は角礫状花崗閃緑岩で、角礫の間を不規則網状脈が充填している。脈の構成鉱物は、黄銅鉱-黄鉄鉱-緑泥石-緑レン石-二次黒雲母-石英からなる。

比較的大きい黄銅鉱が次第に増加してくる。部分的に灰重石、輝水鉛鉱が脈の中に認められる。母岩は弱い緑泥石化を受け、脈の周囲の母岩は珪化を受けている。母岩の中に黄銅鉱、黄鉄鉱が鉱染している。298.90m以深になると網状脈が多くなり、比較的大きい黄銅鉱の数も急に増加している。この範囲の鉱石分析は、282.20~298.90m間: Cu0.05%, Mo0.02%, W0.06% (2個の平均), 298.90-305.40m間: Cu0.17%, Mo0.01%, W0.06% (代表的部分1個の品位) である。

(2) M J E - 2 孔

位置：緯距9,807.97N, 経距708.93E, 標高+ 1,575m

傾斜：-90°

深度：305.40m

0 ~ 16.00 m

粗粒花崗閃緑岩源のマサ, 部分的に白色粘土が混る。

16:00 ~ 38.00m

粗粒の花崗閃緑岩が不規則網状に絹雲母化され, その変質帯の中には硫化鉍物を含む二次黒雲母-緑泥石-石英網状脈が切ってきている。硫化鉍物は, 輝水鉛鉍が多く, 次いで黄鉄鉍, 黄銅鉍の順序である。硫化鉍物は, 主として脈の中に存在するが, 部分的に白色粘土化帯の中にも輝水鉛鉍, 黄鉄鉍が認められる。灰重石が部分的に脈の中に存在する。鉍石鉍物が多く認められる範囲は, 16.00 ~ 26.00m間である。この間の鉍石分析2個の平均は, Ag0.8g/t%, Cu0.04%, Mo0.16%, W0.06%である。27.50 m付近から, 絹雲母変質は極めて弱くなる。

38.00 ~ 209.80m

岩相は, 粗粒の花崗閃緑岩を網状細脈が切り, 全体的に角礫状を呈している。38.50 ~ 40.10 m, 120.60 ~ 121.70m, 125.80 ~ 126.90mに粗面安山岩岩脈があり, これらも鉍化を受けている。変質は弱い緑泥石化と二次黒雲母化が母岩全体に認められる。

この範囲で比較的大きい黄銅鉍が多く認められる部分は, 88.50 m ~ 97.00m, 108.20 ~ 109.40m, 108.20 ~ 109.40m, 104.00 ~ 115.40m, 134.50 ~ 143.00m, 153.70 ~ 156.00, 165.00 ~ 188.00m, 197.80 ~ 203.50mである。ここにおける鉍化帯は, 黄銅鉍 - (輝水鉛鉍) - 黄鉄鉍 - 緑泥石 - 二次黒雲母 - 石英網状脈である。

灰重石・磁鉄鉍が脈の中に部分的に認められる。母岩には, 部分的に微粒の黄銅鉍, 黄鉄鉍の鉍染が認められる。脈際変質は珪化, 緑泥石化及び部分的な絹雲母化が認められる。177.55mから採取した試料の鏡下における観察では, 黄鉄鉍の中の亀裂に黄銅鉍が脈状に存在する。又, 微粒の閃亜鉛鉍も認められる。この範囲における鉍石分析結果は, 88.50 ~ 97.00m間: Ag0.5g/t, Cu0.13%, Mo0.05%, W0.05% (代表的部分1個の品位), 134.50 ~ 143.00m間: Cu0.05%, Mo0.02%, W0.05% (2個の平均), 165.00 ~ 188.00m間: Cu0.07%, Zn0.02%, W0.06% (4個の平均), 197.80 ~ 203.50m間: Cu0.21%, Zn0.01%, W0.04% (代表的部分) である。

209.80 ~ 232.60m

粗面安山岩岩脈で, 本岩には部分的に数mmの不毛石英脈や黄鉄鉍と微量の黄銅鉍を含む緑泥石-石英脈が存在し, 微量の黄銅鉍, 黄鉄鉍が鉍染する。

232.60 ~ 266.20m

粗粒の花崗閃緑岩で, 微粒の黄銅鉍, 黄鉄鉍が全体的に鉍染する。部分的に黄銅鉍-黄鉄鉍-

緑泥石-石英脈が存在する。257.00~266.20m間は、黄銅鉱、黄鉄鉱量が多くなり、局部的に輝水鉛鉱が認められる。この部分の鉱石分析結果は、Cu0.03%、Zn0.01%、W0.05%（2個の平均）である。

266.20~273.40m

粗面安山岩で、本岩には黄銅鉱、黄鉄鉱が弱く鉱染する。

273.40~305.40m

粗粒の花崗閃緑岩で、本岩には全体的に弱い黄銅鉱、黄鉄鉱の鉱染がある。部分的にはこれらのフィルムが亀裂の中に認められる。276.30~287.30mは、硫化鉱物が多い。この部分の鉱石分析結果は、Cu0.03%、Zn0.01%、W0.06%（2個の平均）である。

(3) M J E - 3 孔

位置：緯距9,808.05N，経距707.74E，標高+1,647m

傾斜：-90°

深度：303.30m

0 ~ 29.50m

風化した花崗閃緑岩マサ及び絹雲母粘土，20m付近より絹雲母粘土帯にはいる。

29.50 ~ 55.40m

岩相は、粗粒の花崗閃緑岩の中に硫化鉱物を含む緑泥石-二次黒雲母-石英脈が網状に切ってきて、見かけ上角礫状になっている。鉱石鉱物は輝水鉛鉱、黄銅鉱、黄鉄鉱、灰重石、磁鉄鉱が認められる。脈の中には、長さ2~5mmの輝水鉛鉱や径1cm程度の黄鉄鉱が多数存在し、黄銅鉱は細粒のものが少量存在する。母岩の中には細粒の黄銅鉱、黄鉄鉱が鉱染する。

母岩の変質は、絹雲母変質が主体である。脈際には珪化、緑泥石化が認められる。鉱石分析の結果は、29.50 ~ 45.80m間：Ag0.3g/t，Cu0.06%、Mo0.09%（3個の平均），49.90 ~ 54.00m間：Cu0.06%、Mo0.13%（代表的部分1個の品位）である。

55.40 ~ 195.30m

岩質は、粗粒の花崗閃緑岩で、この中に黄銅鉱、黄鉄鉱の細脈及び鉱染が部分的に認められる。鉱化は弱い。変質は弱い緑泥石化である。

55.40 ~ 65.20m間の比較的黄銅鉱が多い部分の鉱石分析結果は、Cu0.05%、Mo0.06%（2個の平均）である。

195.30~263.00m

岩質はホルンフェルス化した Macuchi層の安山岩・同質凝灰岩を主体とし、部分的に粗粒の花崗閃緑岩及び粗面安山岩が貫入している。これらの母岩中に、硫化鉱物を含む緑泥石-二次黒雲母-石英脈が網状に存在する。脈幅は数cmから120cm程度である。脈中の硫化鉱物は、比較的大

きいレンズ又はアミーバ状に存在する。黄鉄鉱は 0.5cm大の粗粒結晶として密集する部分もある。黄銅鉱は細粒であるが、部分的に 1cm大のものも存在する。又、磁硫鉄鉱、灰重石が脈の中に少量認められる。これらの鉱脈を、黄鉄鉱-石英脈や不毛石英脈が切っている。この中には磁鉄鉱が少量認められる。脈際変質は緑泥石化と珪化である。この範囲において比較的黃銅鉱が多く認められる部分の鉱石分析結果は、235.50~236.50m間：Cu：0.10%，246.00~248.30m間 Cu0.14%，251.50~252.00m間：Cu0.36%である。235.50mから採取した試料の顕下における観察では磁硫鉄鉱の中に二次黄鉄鉱が虫喰い状に生成している。

263.00~273.00m

岩質は優黒質閃緑岩である。微粒の黄鉄鉱、黄銅鉱が鉱染する。変質は珪化を受けている。

273.00~303.30m

岩質は粗粒の花崗閃緑岩である。微粒の黄銅鉱、黄鉄鉱が鉱染する。変質は弱い緑泥石化である。この範囲の鉱石分析結果は、Cu0.13%（2個の平均）である。

(4) M J E - 4 孔

位置：緯距9808.83 N 径距708.07E 標高+1.461 m

傾斜：-90°

深度：305.30m

・0 ~11.50 m

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、それ以降になると、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。輝水鉛鋳は、深度30.30 m, 31.50 m, 48.00 m, 56.50 mなどの脈幅2~3 cm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1~2 mの弱い絹雲母化変質が認められる。さらに、上述の鋳脈の脈際には、脈石鋳物に対応する変質が認められる。

この範囲の鋳石分析結果7個の平均は、Cu 0.02%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、微粒黄鉄鋳-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。脈の中の微粒黄鉄鋳は、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、圧碎により造岩鋳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。黄鉄鋳-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、細粒の黄鉄鋳が散点状・フィルム状に少量鋳染し、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。細粒の黄鉄鋳が散点状に少量、主として有色鋳物の部分に鋳染している。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。

黄銅鋳-黄鉄鋳-緑レン石-緑泥石-(二次黒雲母)-石英脈、及び黄鉄鋳-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。黄銅鋳を含有する脈において、深度230m付近を境にして、鋳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、微粒黄鉄鋳が伴っていたが、深部200m付近以深になると、その量が極めて少くなる。

輝水鉛鋳は、極めて局部的に含硫化鋳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。

この範囲の鋳石分析結果7個の平均は、Cu 0.03%である。

(5) MJE-5孔

位置：緯距9808.08 N 径距708.17E 標高+1,537 m

傾斜：-90°

深度：305.20m

• 0 ~10.90 m

粗粒花崗閃緑岩源のマサ。

• 10.90 ~26.40 m

岩質は、黒雲母一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15.50~16.00 m間の鉱石分析結果は、Cu 0.02%、W 0.02%である。

• 26.40 ~30.00 m

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 ~70.00 m

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に近づくにつれ、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、Cu 0.01%、W 0.03%である。

また、深度、35.40~36.20 m, 38.00~39.10 m, 42.90~43.20 m, 54.90~55.00 m, 62.20~63.70 m, 65.60~65.70 m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、38.00~39.10 mの脈には、熱水活動末期の生成とみられる菱沸石、東沸石が認められる。

• 70.00 ~85.00 m

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1m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、Cu 0.03%、W 0.03%である。

また、深度76.60~83.50 m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90~120 m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130 m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、Cu 0.01%、W 0.04%である。また、深度89.90 m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。

(4) MJE-6孔

位置：緯距9808.29 N 経距708.10E 標高+1,625 m

傾斜：-90°

深度：353.00m

• 0~8.00m

粗粒花崗閃緑岩源のマサ。

• 8.00~29.20 m

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23.90 m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。

• 29.20~57.80 m

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52.00~53.00 mに、晶洞の発達するカルセドニー-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 ~ 179.80 m

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1~5 cm程度である。深度160 m付近から179.80 m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1~3 mmで、1 mm程度が多い。この範囲の鉱石分析結果個の平均は、Cu 0.01%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55 m付近から115 m付近は極めて少く、115 m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 ~ 60.90 mに、晶洞の発達するカルセドニー-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 ~ 76.00 m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、カルセドニー-石英と緑レン石が部分的に認められる。

前記、深度29.20 ~ 57.80 m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 ~ 200.50 m

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1 mm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50 cmである。この範囲の鉱石分析結果2個の平均は、Cu 0.02%である。

• 200.50 ~ 209.30 m

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4~5 cmである。ここの鉱石分析結果は、Cu 0.02%である。

• 209.30 ~ 232.20 m

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1 mm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232.20 m付近)ほど多くなる傾向がある。深度231.20 mに、輝水鉛鉱が、脈幅7 cm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、Cu 0.01%、W 0.05%である。

• 232.20 ~ 270.00 m

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、