

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1 mm~2 cmである。深度270 m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、Cu 0.02%、W 0.07%である。

・270.00~340.00 m

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1~10 cmで、1~2 cm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1 mm程度)が存在する。深度273.10 mのコア長10 cmの鉱石分析結果は、Au 0.1 g/t、Ag 3.8 g/t、Cu 0.02%、Pb 0.26%、Zn 1.59%、W 0.20%である。全体として、この範囲には、これより以浅及び以深に比べ、上記脈の数及び硫化鉱物の鉱染量が多い。特に、深度、310~320 m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、Cu 0.02%、W 0.06%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289.10~290.10 m、312.90~312.91 m、315.30~315.35 m、319.80~320.80 m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、2 mm~1 cm程度が多い。

・340.00~353.00 m

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1~3 cm)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349.00~349.40 m、350.30~351.20 m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。

1-4-4 エル・トルネアド区域の調査結果の検討

本区域における調査は、2年にわたって行われ、地質精査、CSAMT法物理探査、試錐孔IP法物理探査及びボーリング調査が実施された。その結果、エル・トルネアド鉱化域について、次のような事実が判明した。

エル・トルネアド鉱化帯は、“鉱染状鉱化帯”と“網状脈鉱化帯”の産状及び性状を異にする2つの鉱化帯から構成される。前者は、平面的に400 m×400 mの範囲に広がり、後者は、前者の分布域に、幅40~70 m、延長70~350 m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”、ポリバール地域の他のポーフリー-カッパー鉱化帯と同じ産状・性状の

鉍化帯である。鉍化帯の中心部から外側に向けて、硫化鉍物の共生関係・産状及び変質などに一定の変化傾向が認められる。

すなわち、鉍化帯の中心部では、黄銅鉍、黄鉄鉍は、細脈の中だけでなく、母岩の中にも鉍染している。硫化鉍物の鉍染は、有色鉍物の部分と共に、石英・斜長石の部分にも全体的に、鉍染している。ここにおける母岩の変質は、二次黒雲母の生成と緑泥石化が顕著である。緑レン石は黄銅鉍の多いところが増加する傾向がある。鉍化帯の外側になると、全体として、硫化鉍物量が減少し、黄銅鉍／黄鉄鉍比が次第に小さくなる。黄銅鉍は、母岩の中の鉍染としては認められなくなり、細脈の中だけに偏在するようになる。さらに外側になると、細脈中の硫化鉍物は、黄鉄鉍だけとなる。また、母岩の中の硫化鉍物の鉍染は、有色鉍物の部分に偏在するようになる。また、母岩の変質は、二次黒雲母が認められなくなり、弱い緑泥石化だけとなる。そして、さらに外側になると、未変質の地帯へ移化する。この傾向は、鉍化帯の外縁部においては、鉍化帯の下部に向けても、認められる。

“網状脈鉍化帯”は、“鉍染状鉍化帯”の分布域に、NNE－SSWの方向性を有して分布する。このタイプの鉍化は、他のポリバール地域のポ－フィリーカッパー型鉍化帯においては認められないもので、エル・トルネアド区域だけに存在するものである。本鉍化帯においても、鉍化帯の中心部から外側に向けて、一定の変化傾向が認められる。

すなわち、鉍化帯の中心部では、母岩の角礫構造が顕著に発達し、角礫の間隙を、黄銅鉍－黄鉄鉍－（輝水鉛鉍）－（磁硫鉄鉍）－二次黒雲母－緑泥石－石英脈が網状に埋めている。末端部になると、角礫の発達が乏しくなり、網状脈の中の硫化鉍物は減少し、細粒になる。また、垂直方向では、本鉍化帯の下部は剪断性の破碎帯に移化し、網状脈も破碎面に沿って存在する微粒黄鉄鉍－二次黒雲母－（緑泥石）－石英脈に変化する。

母岩の変質については、緑泥石化、珪化及び二次黒雲母の生成が、脈に沿って認められる。鉍化帯の中心部では、この変質が強く、その幅も比較的広い。しかし、末端及び下部になるにつれて、それは弱くなり、その幅も脈際だけとなり狭くなる。また、地表付近において認められる本鉍化帯全体に広がる絹雲母化変質は、水平方向には広がっているが、下部には認められなくなる。

以上の“鉍染状鉍化帯”と“網状脈鉍化帯”の水平及び垂直方向における変化、MJE－4、MJE－5孔が、“網状鉍化帯”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ること等から判断し、エル・トルネアド鉍化帯は、鉍化帯の主要部は侵食され、現在の地表は鉍化帯の下底部付近が露出しているものと考えられる。

1-5 バルサパンバ地区・オソウアイコ区域

1-5-1 地質調査

1-5-1-1 地質

本調査区域の地質は、マクチ層及びこれを貫く貫入岩類からなる (Fig. II-1-9, Fig. II-1-10)。

(1) 層序

1) マクチ層

本層は、調査地域の北東部 (オソウアイコ沢の北部) 及び調査地域の南部 (オソウアイコ沢の南部) の2地域に広く分布する。中央部では花崗閃緑岩等の貫入を受けている。本層の層厚は調査地域の北東部では約800m以上、南部では約750m以上を示す。

本層は、A部層とした下位の安山岩質の火山砕屑岩 (A T f) と溶岩 (A A n)、及びB部層とした上位の石英粒を含有する安山岩質火山砕屑岩 (B T f) と溶岩 (B A n) からなる。これら火山岩類は主に火山砕屑岩から構成され、それに溶岩が挟在する。火山砕屑岩は火山角礫岩、凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩、粗粒凝灰岩、結晶質凝灰岩、細粒凝灰岩及び珪質細粒凝灰岩互層 (A T f) 等の岩相を示し、それらによって火山活動の変遷を窺うことができる。B部層は調査区域の東縁部にわずかに分布するのみである。

(2) 貫入岩類

当調査地域に分布する貫入岩類は、活動時期の古い順にバソリス状岩体を形成する花崗閃緑岩 (G d)、小規模貫入岩体を形成する優黒質閃緑岩 (D i)、岩脈を形成する粗面岩質安山岩 (T r) 及びアプライト (A p) である。

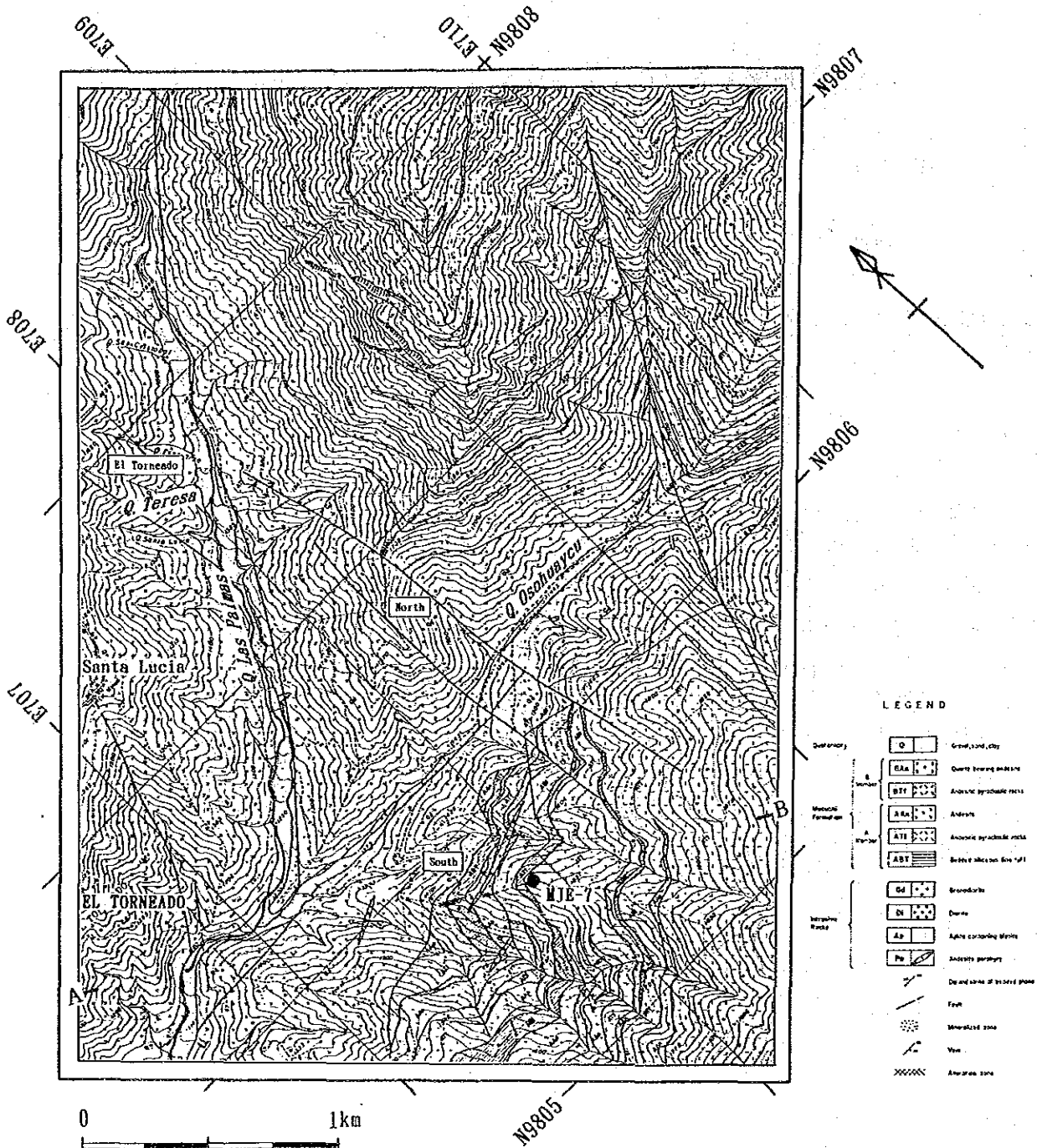
1) 花崗閃緑岩 (G d)

本岩は、調査区域の西部 (ラスパルマス沢の西部) から調査区域の中央部 (オソウアイコ沢) にかけてマクチ層に貫入し、ほぼL字型に分布する。

本岩は、一般に塊状明灰色から緑灰色を呈し、中粒から粗粒の等粒状を示す。しかし、エル・トルネアード及びその南約1.5kmのラスパルマス沢とオソウアイコ沢に囲まれた範囲では、本岩は一部角礫化しており、その割目に沿って黄銅鉱の鉱化作用が認められる。

2) 優黒質閃緑岩 (D i)

本岩は、調査地域の南西部に発達するマクチ層 (A A n及びA T f) 中に貫入している。オソウアイコ沢の南側では4枚の岩脈状貫入岩として分布する。貫入方向は、ENE-SWSである。貫入の幅は10~30mである。延長は短いもので50m、長いもので500mと推定される。



LEGEND

Geography	□	Contour, city
Quaternary	QAA	Quaternary alluvium
	QBY	Alluvial deposits
	QAB	Alluvial deposits
Metamorphic	AM	Andesite
	AMH	Andesite pyroclastic rocks
	ABY	Basaltic andesite flow (up)
Igneous	GD	Granodiorite
	DI	Diorite
	AP	Aplics containing diorite
	PA	Andesite porphyry
	—	Dip and strike of folded plane
	—	Fault
	—	Mineralized zone
	—	Vein
	—	Andean zone

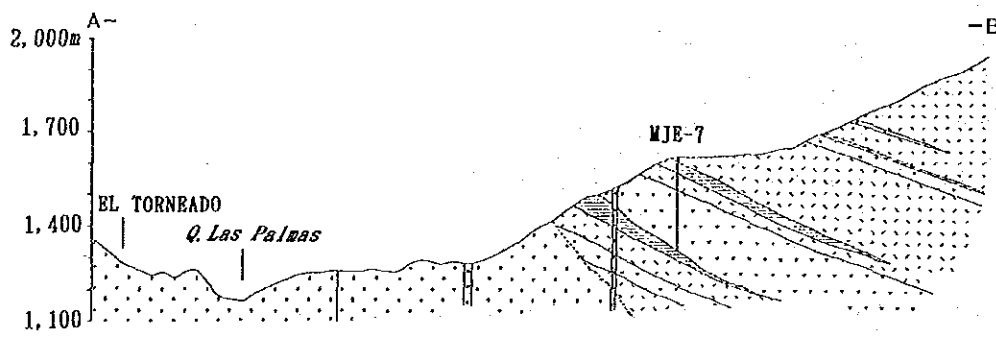


Fig. H-1-9 Geological map of the Osohuayco, Balzapamba area

Geol. Age	Formation and Member	Columnar Section	Lithology	Igneous Activity	Mineralization
Quaternary			Gravel, ss & ms		
Tertiary					
Cretaceous	Macuchi Formation (1.050mt)		Andesitic pyroclastics and quartz bearing andesitic lava		
	A Member (800mt)		Andesitic pyroclastics and andesitic lava		
			Unknown correlation		
			Andesitic pyroclastics, andesitic lava and rhythmically bedded tuff layers		
				Andesite	
				Quartz bearing andesite	
				Granodiorite (20-30Ma)	
				Meranocratic diorite	
				Andesite porphyry	
					Cu-Mo-Py (porphyry - copper)

ss: sandstone

ms: mudstone

Fig. H-1-10 Generalized stratigraphic section of the Osohuayco, Balzapamba area

本岩は塊状、灰色から明灰色を呈し、造岩鉱物は中粒～細粒である。貫入の境界部では急冷周縁相ができており、角閃石、黒雲母及び斜長石等が認められる。

3) アプライト (Ap)

本岩は、調査地域の北東部、テレサ沢の上流で花崗閃緑岩 (Gd) 中に岩脈 (3枚) として貫入している。貫入方向として $N50^{\circ} W 70^{\circ} NE$ と $N40^{\circ} E 90^{\circ}$ の2系統が認められる。岩脈の幅は20～50cmである。

本岩は明灰色から白色塊状を呈し、細粒完晶質を示す。有色鉱物として微粒の黒雲母が観察される。

4) 安山岩ポーフイリー (Pa)

本岩は、調査地域の北西部のテレサ沢上流で1本の岩脈として分布する。花崗閃緑岩 (Gd) バソリス状岩体が角礫化、白色変質及び鉱化を被っている地区の西縁部で、屈曲しながらもほぼ $N20^{\circ} E90^{\circ}$ の方向に貫入している。岩脈の幅は50cm～100cmである。

本岩は、灰色塊状を呈し、細粒斑状組織を示す。斑晶鉱物としては角閃石、黒雲母及び石英が認められる。また本岩は、黄銅鉱-黄鉄鉱鉱化を被っている。黄銅鉱は緑色鉱物に交代された角閃石の中にも認められる。

1-5-1-2 地質構造

(1) リニアメント構造

本調査地域のリニアメントは、航空写真 (60,000分の1) を活用し解析した。その結果を地形図 (20,000分の1) の) に示した (Figure A-4)。同図から明らかな様に、卓越するリニアメントの方向はNE-SW系である。

リニアメントで最も顕著なものは、ラスパルマス沢とオソウアイコ沢沿いに認められる。前者は、NNE-SSWであるが、当沢の上流部でNNW-SSE方向の分岐を有する。後者は、オソウアイコ沢と同一方向 (E-W) を示している。この (E-W) 方向のリニアメントは、N-S及びNNE-SSW方向のリニアメントによって転移されている。

これらリニアメントが比較的集中している所としては、オソウアイコ区域からエルトルネアド区域にかけた南北約3km・東西約1kmの範囲である。ここでは、NNE-SSW方向のリニアメントとE-W方向のリニアメントが交差している。

(2) 断層

当地域では下記のリニアメントを断層と解釈した。即ち、

- リニアメント構造の中で最も卓越したラスパルマス沢添いのNNE-SSW方向のリニアメント
- 上記リニアメント (NNE-SSW) から派生したNNW-SSE方向のリニアメント
- オソウアイコ沢沿いに認められるE-W方向のリニアメント
- それ (E-W方向) を転移させているN-S及びNNE-SSW方向のリニアメント

その理由としては、①オソウアイコ沢上流部の東西に伸長する尾根で珪化及び白色粘土化帯が観察されたこと、及びその北方500mの沢底で断層に伴う破碎帯を確認したこと。②ラスパルマス沢とオソウアイコ沢間の尾根部、標高1,720mから1,740m間で、マクチ層とバソリス状花崗閃緑岩(Gd)との境界部に、断層に伴う白色粘土化帯(一部珪化を伴う)が観察されたことがあげられる。

これら断層に伴う白色粘土化帯のX線粉末回折試験の結果は次のとおりである。

白色粘土化岩(一部珪化)(C3070)

同定鉱物：石英>斜長石>角閃石、絹雲母

1-5-1-3 鉍化作用及び変質作用

(1) 鉍化作用のタイプ

本調査区域で認められた鉍化作用には、花崗閃緑岩の中に胚胎するタイプとマクチ層の中に胚胎するタイプの2つがある。

第2年次調査のIP法電気探査によって抽出された2つの異常帯のうち、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鉍-黄鉄鉍鉍染乃至は細脈より成るポーフイリーカッパー型鉍化帯である(オソウアイコ沢北部鉍化帯と称す)。一方、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鉍化部(オソウアイコ沢南部鉍化帯北側と称す)とマクチ層中に胚胎する黄銅鉍・黄鉄鉍鉍染及び網状細脈鉍化部(オソウアイコ沢南部鉍化帯南側と称す)とがある。

(2) 鉍化帯の産状

オソウアイコ沢北部鉍化帯

本鉍化帯の広がり、900m×400mである。その東側露頭では、花崗閃緑岩が部分的に角礫化され、その角礫化部全体に、黄銅鉍-黄鉄鉍が鉍染状及び細脈状鉍化として認められる。一方西側露頭では、母岩の角礫化は認められず、硫化鉍物は主として細脈状鉍化帯として存在する。全体を通じ、鉍化変質は珪化と緑泥石化が特徴的である。珪化変質には、石英が母岩の造岩鉍物を全体的に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、鉍化帯西側の露頭では玉髓質石英、東側では結晶質石英として産する。本鉍化帯の東側露頭から採取した鉍石の分析結果は、Cu 1.18%であった。

また本鉍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、マクチ層中に局部的に黄銅鉍の鉍染が認められた。

オソウアイコ沢南部鉍化帯

(北側) 本鉍化帯のうち、花崗閃緑岩中に胚胎するものは、黄銅鉍・黄鉄鉍鉍染及び細脈帯である。広がり、200m×300mと推定される。鉍染状鉍の分析結果はCu 0.08%であった。

(南側) 本鉍化帯のうちマクチ層中の鉍化帯は、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、層理の発達した珪質細粒凝灰岩層とそれ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 1~10 cm 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た。

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、このうち下位のものが優勢である。その鉱化層準の層厚は 2~10m である。ここ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、沢の間の尾根付近の露頭では硫化鉱物は認められていない。

(3) 鉱化作用の構造規制

本調査地域の鉱化帯は、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・トルネアード鉱化帯、オソウアイコ沢北部鉱化帯、及びオソウアイコ沢南部鉱化帯がほぼ直線上に並んでいる。また、個別に見てもエル・トルネアード鉱化帯の西縁部に N-S 系断層が認められている他、オソウアイコ沢北部鉱化帯付近に 2 本の N-S 系断層が推定されている。但し、オソウアイコ沢南部鉱化帯南側は、鉱化帯は見掛け上、走向 N20~30° E、傾斜 20~45° SE の伸びの方向を示している。

1-5-1-4 帯磁率測定結果

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に、露頭の風化部を綺麗に剥離し、表面の凹凸を無くすように留意した。測定は 5 回行い、上下 2 つの値を除外し、中間の 3 測定値の平均を測定値とした。

当地区で測定された帯磁率の測定値は、原岩がのもつ固有の帯磁率をそのまま示すものが多く、鉱化作用に伴う消磁現象があまり及んでいないことが判明した。

1-5-2 物理探査

1-5-2-1 調査目的

本調査の目的は、物理探査（IP法）によりIP異常帯を抽出し、第1年次調査で確認された有望な鉱化帯の下部及び延長における鉱化帯の賦存状況を把握することである。

1-5-2-2 調査方法

(1) 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法には、IP現象の捉え方により次のような方法がある。

① 周波数領域法 (Frequency-domain method)

周波数の異なる2種類以上の電流により測定される見掛け抵抗の変化率、即ち周波数効果（FE: Frequency Effect, 単位%）を測定する方法。

② 時間領域法 (Time-domain method)

パルス波の電流切断後のある時間における過渡電位を測定し、充電率（M: Chargeability, 単位 milli-sec）を求める方法。

③ 位相領域法 (Phase-domain method)

流電電流波形と受信電位波形間の位相角を測定する方法。

④ スペクトルIP法 (Spectral IP method)

多周波数を使用し、それぞれの周波数での信号の強度と位相を測定する方法。

(2) 測定方法

本調査では、3.0 Hz及び0.3 Hzの2種類の周波数を用いた周波数領域法を採用し、電極配置は双極子（Dipole-dipole）型電極配置とし、電極隔離係数 $n = 1 \sim 5$ まで測定した。

測線は、本区域の地質構造を考慮し、測線長1,600mの測線をNW-S E方向に測線間隔250mで6測線（北東側より測線O1～O6）設定した。また、電位電極間隔は100mとし、測点は水平距離100m間隔に設定し、測点番号は北西端より0, 1, 2, …… 32と50m毎に番号を付した。

1-5-2-3 考察

本区域の主要な鉱化帯は、鉱化作用に伴う強い珪化変質を受けていることから、高比抵抗・高FE岩体が鉱化帯に対応すると考えられる。そこで、この高比抵抗・高FE岩体をIP異常源と仮

定し、測線O1、O3及びO4の3測線のシミュレーション解析結果を参考として、他の3測線のIP異常源の位置を定性的に推定した。この結果をFig. II-1-11に示す。

IP異常源は、NE-SW系に帯状に3本推定された。これらを北西より順にIP異常源1、2及び3と称する。

本区域の物理探査結果を地質調査結果を参考にして検討し、以下のように取りまとめた。

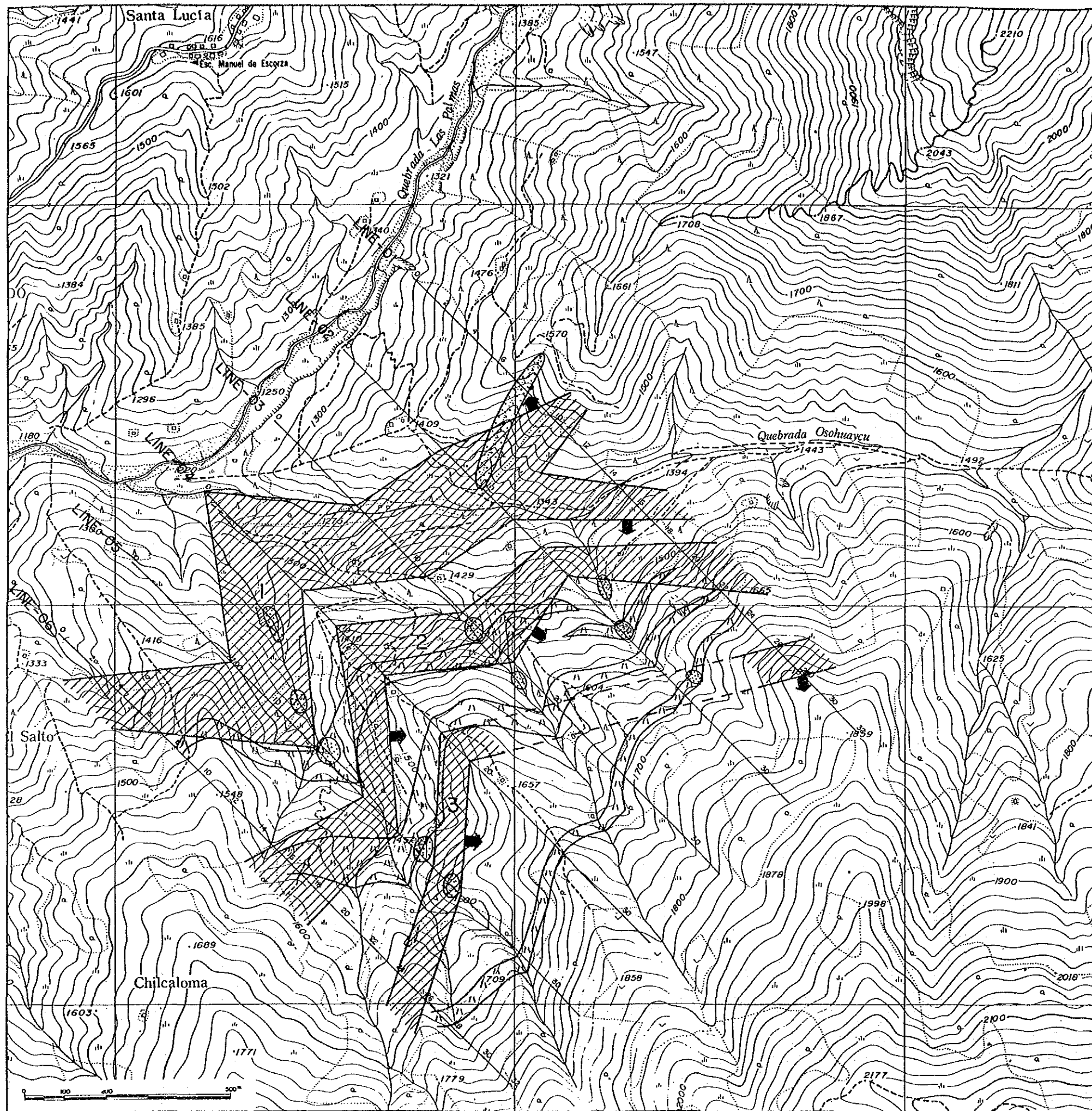
①地質調査では、Macuchi層中に3層ある凝灰岩層の下位2層中に鉍化帯が確認されている。物理探査で解析されたIP異常源2及び3がこれら鉍化帯に良く対応している。測線O2及びO3では、IP異常源3は検出不能であるが、2つのIP異常源の連続性は凝灰岩層の分布と良く似た傾向を示している。IP異常源2及び3は、いずれも南傾斜の構造として解析されており、地質調査結果とも一致している。IP異常源2は、比抵抗 $4,500\Omega \cdot m$ 、FE値10.0%に、IP異常源3は、比抵抗 $2,500\Omega \cdot m$ 、FE値8.0%と想定されている。

②IP異常源1も前述の2つのIP異常源と類似した連続性を示しているが、本異常源は、地表に花崗岩類が分布する区域に位置する。本異常源は、測線O3とO4の間及び測線O4とO5の間の沢で露出している鉍化帯、Osohuayco沢の北方で確認された鉍化帯などに対応する。しかし、1) Osohuayco沢の北方と南方とでは、鉍化帯の傾斜方向が異なる、2) 各測線で異常源の傾斜方向、比抵抗値、FE値、幅などが異なる、3) 測線O1では2つに分離している、4) Osohuayco沢沿いには断層が推定されており、断層沿いの鉍化作用も考えられる、などの理由から、本IP異常源は、複数の鉍化帯の集合を反映していると推察される。

③測線O1の中央部には、広範囲にわたって浅部低比抵抗・高FE層が解析された。これは、広範囲にわたる鉍化作用による強い粘土化変質に対応する。シミュレーション解析では、この範囲内に存在する珪化変質に相当する構造は1つだけであるが、実際には大規模な粘土化変質帯（比抵抗 $700\Omega \cdot m$ 、FE値8.0%）中に、モデル化が困難な細脈の珪化変質帯が多く潜在しているものと推察される。

④本区域では、Macuchi層分布域は低FEであり、花崗岩類分布域、特に、Macuchi層との接触部周辺は高FEという傾向が顕著である。一方、見掛比抵抗分布では、珪化変質による高見掛比抵抗と粘土化変質による低見掛比抵抗が岩層変化による比抵抗変化よりも強く現れていると考えられる。

本地区では、探査目的としていた凝灰岩層中の鉍化帯の下部には、FE値5.0%前後の弱いIP異常が検出され、さらに、当初鉍徴はあるもののあまり期待されていなかった調査区域北東部に最も優勢なFE値10.0%以上のIP異常Iが検出された。また、解析の結果、これ以外にも、期待度の低かった花崗岩類分布域に鉍化帯と解釈されるIP異常源1が検出された。これは、花



LEGEND



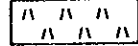
-  IP Anomaly Source
(High Resistivity, High FE)
-  Mineralized Zone
-  Macuchi Tuff

Fig. II-1-11 Interpretation map on IP anomalous zones of the Osohuayco, Balzapamba area

崗岩類分布域は風化が激しく、ほぼ全域が牧草で覆われており、鉍化帯の露頭が沢中に限られて連続性が不明瞭なために、花崗岩類分布域の鉍化帯の規模が過少評価され易いことが大きな要因であると考えられる。

以上のように、本区域では、露頭が少ない鉍化帯やMacuchi層下の鉍化帯を評価する際に、物理探査（IP法）の調査結果が有益なデータを提供できると考える。

1-5-3 ボーリング調査

1-5-3-1 調査目的

ボーリング調査の目的は、本区域南部のオソウアイコ沢南部鉍化帯南側を構成するマクチ層中の2条の鉍化帯（これは2年次に実施した物理探査のIP異常（オソウアイコ南部異常帯）に相当する）の地下深部の鉍化状況を確認することである。

1-5-3-2 調査結果

MJE-7孔のボーリングコアの地質及び鉍化作用は次のとおりであった（Fig. II-1-12）

0.0～30.0m

珩質灰白色細粒凝灰岩、著しく割目が発達している。鉍化作用は認められない。

30.0～40.0m

珩質灰白色及び淡緑色縞状細粒凝灰岩。鉍化作用は認められない。

40.0～79.3m

珩質灰白色細粒凝灰岩、著しく割目が発達している。コア長0.8～3.3mの中～細粒黒雲母花崗閃緑岩を挟在している。

鉍化作用は岩石の割れ目を充填してフィルム状又はパッチ状に認められる。主な鉍石鉍物は微粒の黄鉄鉍である。

79.3～91.1m

珩質灰白色及び淡緑色縞状細粒凝灰岩。岩石の割れ目に沿って微粒の黄鉄鉍及び緑簾石・緑泥石が認められる。

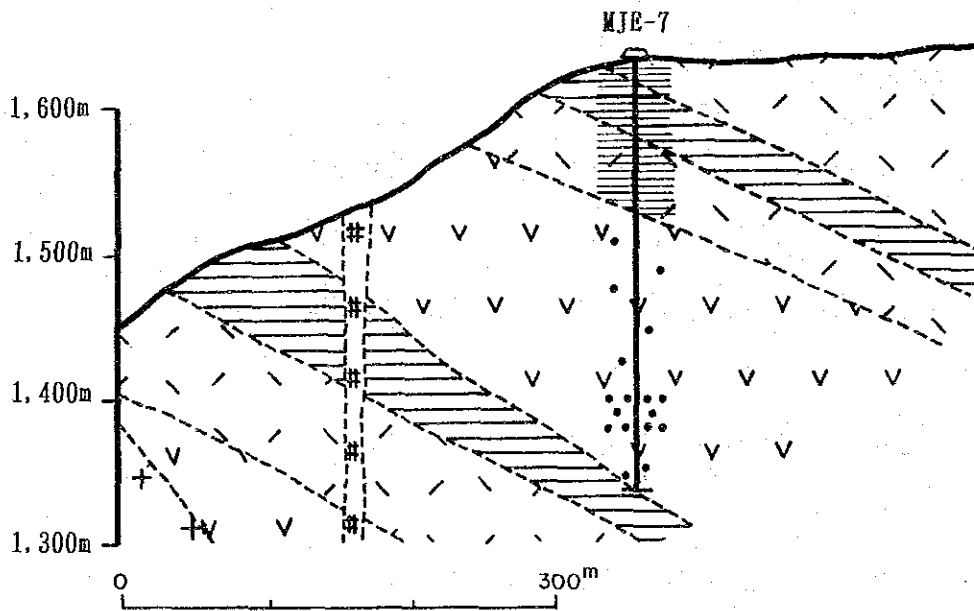
91.1~104.7m

珪質及び石灰質灰白色細粒凝灰岩。本岩石の深度98.0mの部分の資料顕微鏡観察の結果では、スカルン鉱物として多量のガーネット及び少量のゾイサイトを含んでいる。又、岩石の割れ目に沿って方解石が形成されているが、不透明鉱物は認められない。

104.7~305.0m

暗青緑色安山岩（一部ホルンフェルス化）。深度120m以降では緑簾石が不遍的に認められ、二次黒雲母が徐々に出現する。深度190m以降では、二次黒雲母の構成鉱物全体に占める割合が局所的に50% 又はそれ以上となるところがある。

その部分（深度267.3m）の顕微鏡観察で微粒の二次黒雲母（0.2~0.3mm程度）が視野全体に



LEGEND

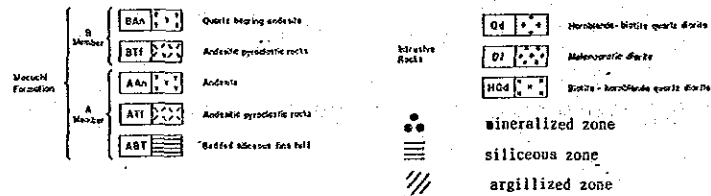


Fig. II-1-12 Geological section of drill hole MJE-7

一様に分布しているのが認められた。これはマクチ層へ貫入した花崗閃緑岩による接触変成作用（ホルンフェルス化）と解される。

安山岩（ホルンフェルス化した部分を含む）全体を通じ、岩石の割れ目中にフィルム状又は細脈の黄鉄鉱—黄銅鉱—緑泥石—石英が認められる。特に、深度190m以深では黄鉄鉱、黄銅鉱の微粒～パッチ状鉱染も観察される。

鉱染状黄銅鉱が明瞭に認められる部分（深度245.5m及び267.4m）の研磨片観察では、黄銅鉱、斑銅鉱、黄鉄鉱、磁鉄鉱等の存在が確認された。黄銅鉱がパッチ状を呈する所（深度245.3m）では、斑銅鉱は粒度0.2～0.4mmの初生鉱物としてみとめられ、黄銅鉱—斑銅鉱—（黄鉄鉱）—石英の組み合わせを示す。磁鉄鉱は粒度0.01～0.02mmの独立した鉱物粒として造岩鉱物中に滲出した産状を呈する。この部分の鉱石品位分析の結果はCu0.03%、Zn0.01%であった。ホルンフェルス化が著しい所で黄銅鉱が二次黒雲母中に微粒結晶として産出する部分（深度267.4m）では、丸みを帯びた黄銅鉱（粒径0.05～0.1mm）が黄鉄鉱（粒径0.5～1mm）中に取り込まれている。この部分では黄鉄鉱粒がアメーバ状又はスポンジ状に発達した磁鉄鉱の一部をも取り込んでいる。更に、黄銅鉱と磁鉄鉱の共存する所では、接触部に反応縁は認められないものの、鉱物の形状から、両者の出現順序は磁鉄鉱→黄銅鉱と解される。

この深度での鉱石品位分析結果は、深度261.4～264.3mでAg0.9g/t、Cu0.14～0.16%、Zn0.01%、深度267.9～270.9mでCu0.01～0.02%、Zn0.01%であった。

本孔（MJE-7）におけるボーリングコア調査では、肉眼観察及び研磨片観察のどちらでも、輝水鉛鉱は認められなかった。又、本孔の主な鉱化部（深度231.4～264.3m）における鉱石品位分析結果はAuTr、Ag1.2g/t、Cu0.18～0.01%（平均0.05%）、Pb0.00%、Zn0.01%、Mo0.00%であった。

3) 考 察

本孔（MJE-7）では、ほぼ地質調査結果から想定したとおりの深度においてマクチ層中の石灰質細粒凝灰岩を把握し、且つ、そのスカルン化及び珪化を確認した。しかし、その部分に期待されたが鉱化は認められなかった。

本孔で認められた鉱化部は、上記より更に深部の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鉱染状のものであり、またその主な鉱石鉱物が黄鉄鉱、黄銅鉱であることから、ポーフリーカッパー型鉱床の鉱化が被貫入岩に及んだ部分と考えられる。

本鉱化部の深度は、第2年次の物理探査におけるオソウアイコ南部異常帯（高抵抗・高FE）の深度とほぼ一致している。従って、このIP異常帯は、当初期待されたようなマクチ層中の石灰質凝灰岩がスカルン化と共に鉱化を受けたものではなく、安山岩がホルンフェルス化（高抵抗に相当）と黄銅鉱—黄鉄鉱の鉱染（高FEに相当）を受けた部分を捕捉したものと解される。ただしその品位は非常に低い。

1-5-4 オソウアイコ区域の調査結果の検討

3年間における地質調査、岩石地化学探査、帯磁率測定、物理探査（CSAMT法及びIP法電気探査）及びボーリング調査などによって把握された本区域の鉱化作用の特性は次のとおりである。

本区域のポーフリーカッパー鉱化帯には、花崗閃緑岩中に胚胎するもの（オソウアイコ沢北部鉱化帯及び南部鉱化帯北側）と、マクチ層中に胚胎するもの（オソウアイコ沢南部鉱化帯南側）とがある。

これらは、N-S方向に配列しており、更に北方延長1.7kmにはエル・トルネアード鉱化帯が位置している。

しかし、野外調査時、調査ルートでバソリス状の花崗閃緑岩は殆ど岩層変化を示さず、肉眼観察で花崗閃緑岩体を細分化することは出来なかった。従って、鉱化作用に関連したと考えられる火成岩体は特定されていない。

一方、オソウアイコ沢南部鉱化帯南側に対して実施したボーリング（MJE-7）の深度230～280m間で、ホルンフェルス化を受けた安山岩（マクチ層）中に黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染帯を捕捉した。この地下深部において捕捉された鉱化帯は、ボーリングサイト周辺に分布するオソウアイコ沢南部鉱化帯南側のスカルン化に伴う鉱化とは別のもので、むしろオソウアイコ沢南部鉱化帯北側のポーフリーカッパー型鉱化帯の一部と解することが出来る。

これらのポーフリーカッパー型鉱化帯はN-S方向の構造線を主とし、これにこの地域のE-W系の主要構造線が交差する付近に位置していると解される。

結論として、本区域内のマクチ層中におけるスカルン化に伴う鉱化（オソウアイコ沢南部鉱化帯南側）は、地表付近にのみ見られる局所的なものであると言える。一方、ポーフリーカッパー型鉱化帯は、マクチ層内から花崗閃緑岩内にかけてN-S方向に配列して点在しているが、そのうち南側のもの（オソウアイコ沢南部鉱化帯北側）については、低品位であり、稼行対象となるような鉱床とはなり得ない。

従って、将来の探査としては、未だボーリング調査を行っていないオソウアイコ沢北部鉱化帯を除き、要調査区域はないと考える。

第2章 チャソ・ファン地区

本地区はバルサパンバ地区の40km北方に位置し、バルサパンバ部落から車でババオーヨ経由で150 km、3時間を要する。本地区では第1年次に地質概査を、第2年次に地質精査及び物理探査（IP法）を実施した。

2-1 地質調査

2-1-1 地質

本調査地区の地質は、マクチ層及びこれを貫く花崗岩類から成る（Fig. II-2-1, 及びFig. II-2-2）。

(1) マクチ層 (An)

マクチ層 (An) は、主として北東隅に小範囲に分布し、更に地域外東部及び西部に広がる。また、北部及び西部では、花崗閃緑岩中にゼノリスとして露出する。当岩体は、主として暗灰色ち密塊状の輝石安山岩溶岩・同質凝灰角礫岩より構成される。これに挟在すると考えられる同質細粒凝灰岩及び暗灰色珪質堆積岩の転石も認められる。当調査地区に分布するマクチ層 (An) は大部分がホルンフェルス化を受け、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-石英から成る堅硬ち密な岩相を呈している。岩質的にはバルサパンバ地区のA部層に似る。

(2) 花崗岩類

花崗岩類は本調査地区ほぼ全域に分布し、角閃石-黒雲母花崗閃緑岩バソリス (Gd)、優黒質閃緑岩岩脈 (Di) 及び石英閃緑岩岩脈 (Qd) より成る。

(i) 角閃石-黒雲母花崗閃緑岩 (Gd)

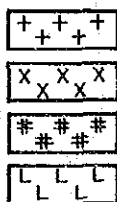
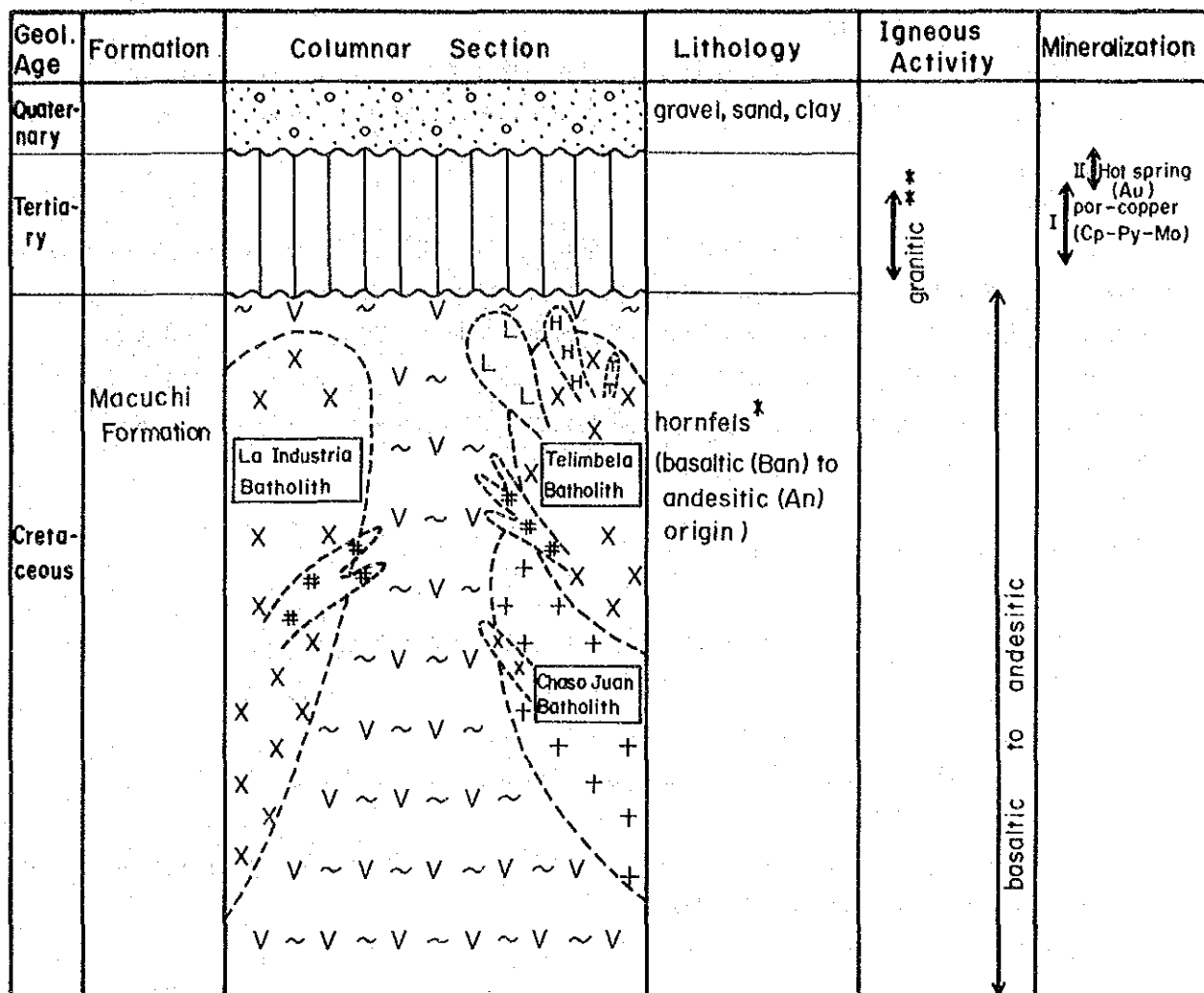
角閃石-黒雲母花崗閃緑岩 (Gd) は調査地域のほぼ全域にわたって分布する。岩質は、完晶質・等粒状（中粒～粗粒）である。粒度の変化として、調査地域の北東部及び中央部（中部鉱化帯）から南東部にかけては中粒、これ以外の地域では粗粒を呈する傾向が認められる。

(ii) 優黒質閃緑岩岩脈 (Di)

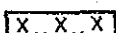
優黒質閃緑岩岩脈 (Di) は少なくとも7岩体が認められた。その分布は下記のとおりで、鉱化帯の周辺には当岩体が多い。貫入の形態は、N-S系及びNE-SW～ENE-WSW系の幅20～50mの岩脈が多いが、局部的に花崗閃緑岩と不規則な境界で接する箇所もある。

- ① 調査地域の北西部：2岩体
- ② 調査地域の西部：2岩体
- ③ 調査地域の西端部：1岩体
- ④ 調査地域の中央部：1岩体
- ⑤ 調査地域の南部：1岩体

なお、⑤の岩体について、薄片の顕微鏡観察、年代測定及び全岩分析を行なった。



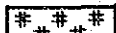
Granodiorite (Gd)



Quartz diorite (Qd)



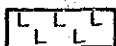
Hornblende quartz diorite (HQd)



Melanocratic diorite (Di)



Porphyritic quartz diorite (PQd)



Quartz porphyry (Qp)

(Above-mentioned these rocks do not show the geological time of their intrusion but their occurrence)

- * Chaso Juan : Andesitic (Th \cong 400m)
 Telimbela : Basaltic (Th \cong 1,000m)
 andesitic

- ** Chaso Juan : 20.9 \pm 0.7 Ma (Gd), 17.5 \pm 0.6 Ma (Di)
 La Industria : 25.5 \pm 0.9 Ma (Qd)
 Telimbela : 19.4 \pm 0.6 Ma (Qd), 14.5 \pm 3.0 Ma (HQd), 15.7 \pm 1.0 Ma (Qp)

Fig. II-2-2 Generalized stratigraphic section of the Caso Juan area

iii) 石英閃緑岩岩脈 (Qd)

石英閃緑岩岩脈 (Qd) は北部鉍化帯及び調査地区西部に貫入している。貫入の方向はNW-S-E系, 延長は60m, 幅は20mである。当岩体は優黒質閃緑岩岩脈 (D1) を貫入している。

2-1-2 地質構造

地質構造上の特徴として, 個々の鉍化帯の方向にはNW-S-E系及びE-W系が認められるものの, 鉍化帯の分布配列はN-S系を示す。岩脈の方向はN-S系, NW-S-E系及びENE-WSW系である。また, NNE-SSW系, N-S系, NE-SW系, NW-S-E系及びE-W系のリニアメントが発達する。これらのリニアメントのうち, 中部鉍化帯は, NNE-SSW系とNW-S-E系との会合部に, また, 南部鉍化帯はNNE-SSW系, N-S系及びNE-SW系が収束する位置にある。

2-1-3 鉍化作用及び変質作用

本地区北部, 西部, 中部及び南部には, バソリス状と考えられる花崗閃緑岩の中にポーフイリ-カッパー型の鉍化作用が認められる。鉍化の特徴として, 次のことがあげられる。

- ① 鉍化帯は, 黄銅鉍-黄鉄鉍(輝水鉛鉍) 鉍染及び細脈から成る。
 - ② 鉍化帯の黄銅鉍/黄鉄鉍比が他の鉍化帯に比べ高く, かつ黄鉄鉍量が少ない。
 - ③ 黄銅鉍の粒度が大きい。
 - ④ 母岩の変質は各鉍化帯で異なり, 主として珪化と二次黒雲母の生成で特徴づけられるもの, 緑泥石化で特徴づけられるもの等がある。
 - ⑤ 個々の細脈は, NW系, NE系及びE-W系である。
- 主な鉍化帯の賦存状況は, 次のとおりである。

(1) 北部鉍化帯

北部鉍化帯は, San Pablo 沢支流に位置する。ここでは, 幅10~50mの鉍化帯が, 花崗閃緑岩及び優黒質閃緑岩の中に, 3箇所, 400 m間に点在する。本鉍化帯では, 黄銅鉍-黄鉄鉍(輝水鉛鉍) 細脈及び鉍染が認められる。鉍石分析結果は, Ag 1.3g/t, Cu 0.10%である。変質は, 二次黒雲母が顕著である。

(2) 西部鉍化帯

西部鉍化帯は, チャソ・ファン部落の10km南西方に位置する。鉍化帯は, 強い珪化を受けた粗粒花崗閃緑岩の中の黄銅鉍・黄鉄鉍の鉍染及び細脈である。露頭の規模は幅25mで, 鉍化帯は走向N20°W, 傾斜40°Sを示す。硫化鉍物の鉍染は, 主として有色鉍物の部分に存在する。鉍石分析結果はAu 0.1g/t, Ag 1.7g/t, Cu 0.24%であった。変質は珪化が最も顕著で, 二次黒雲母も認められる。この周囲(本露頭の下流側の約200 m間)には脈幅2~3cmの褐鉄鉍脈が多く認められる。走向はN20°~40°W, 傾斜40°~55°Sである。

(3) 中部鉍化帯

中部鉍化帯（第1年次の東部鉍化帯）は、Aya Loma沢中流及び支流に位置する。規模は600m×400mで、11箇所の鉍徴が点在する。鉍化帯は、優黒質閃緑岩及び花崗閃緑岩を母岩とする黄銅鉍・黄鉄鉍鉍染及び細脈である。細脈中には部分的に輝水鉛鉍も認められる。主要な鉍化帯は沢沿い約150m間に認められる。本鉍化帯の中の細脈の走向・傾斜はN80°W, 60°Sである。鉍石分析の結果は最高Au 0.1g/t, Ag 4.2g/t, Cu 1.41%である。試料A2017の研磨片観察結果では、母岩及び石英細脈（幅3mm）中に黄銅鉍-黄鉄鉍-磁鉄鉍-輝水鉛鉍が認められた。母岩の変質としては、肉眼的には緑泥石化と緑レン石化が認められる。前者は鉍化帯を中心に広く認められる。後者は鉍化帯の中の黄銅鉍の多い部分と一致して顕著になる傾向があり、X線回折結果では、局部的にカリ長石及び二次黒雲母が検出されている。東側の上流では、沢沿いに約50mにわたって、黄鉄鉍を伴うN70°E方向に延びる白色変質帯が分布している。

(4) 南部鉍化帯

南部鉍化帯は、ムルディアウアン部落北部に位置する。本鉍化帯は、800m×300mの範囲にあり、鉍化帯の東部と西部とで産状を異にする。鉍化帯の東部は粗粒花崗閃緑岩の中の黄銅鉍-黄鉄鉍鉍染及び細脈である。南西に流下する沢に沿い約300m鉍化が認められる。鉍石分析の結果は最高Au 0.1g/t, Ag 7.6g/t, Cu 1.46%である。母岩の変質は珪化と弱い緑泥石化である。部分的に白色変質岩が存在する。一方、鉍化帯の西部は、粗粒花崗閃緑岩の小亀裂の中に黄銅鉍-黄鉄鉍細脈が約100mの間隔で2列分布する。細脈（脈幅約1~10cm）の走向・傾斜はN20°~30°W, 45°~65°Sである。鉍石分析の結果は最高Au 1.5g/t, Ag 160.9g/t, Cu 9.03%である。母岩は、弱い珪化を受けている。

その他、調査地区北西部及び北東部には、黄銅鉍-黄鉄鉍鉍染及び細脈帯が4箇所認められるが、いずれも小規模である。

2-1-4 帯磁率測定

鉍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剥離し、表面の凹凸を無くするよう留意した。測定回数は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、露頭により $0.04 \sim 137 \times 10^{-3}$ SIUまでの著しい差を示した。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 $40 \sim 137 \times 10^{-3}$ SIU、マクチ層の安山岩溶岩は $50 \sim 70 \times 10^{-3}$ SIU以下を示した。本地区の主要な鉍化作用はポーフイリー-カッパータイプであり、昨年度の結果も考慮して 20×10^{-3} SIU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（バックグラウンド）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-2-3)。

帯磁率の異常帯は4か所存在する。これらの異常帯は中部鉍化帯から南部鉍化帯にかけてN-S方向に伸長するゾーン、北部鉍化帯及び西部鉍化帯に抽出されたゾーンと、北西部及び北東部の鉍徴地に抽出されたゾーンである。いずれの異常帯も鉍化作用に関連する。最前者の異常帯の規模はバルサパンバ地区・エル・トルネアド鉍化帯に抽出された異常帯の規模に匹敵する。その他の異常帯の規模はいずれも小規模である。

2-1-5 岩石地化学探査

岩石地化学探査は第1年次に中部鉍化帯で実施した。解析結果では第2因子 (Ag-Cu)の高因子得点及び第4因子 (Mo)の中因子得点が抽出され、しかもCuの含有量も鉍化帯から離れるにしたがって減少する傾向が認められた。過去の土地化学探査結果では、Cuの異常帯が上記3つの鉍化帯をカバーするように抽出されている。

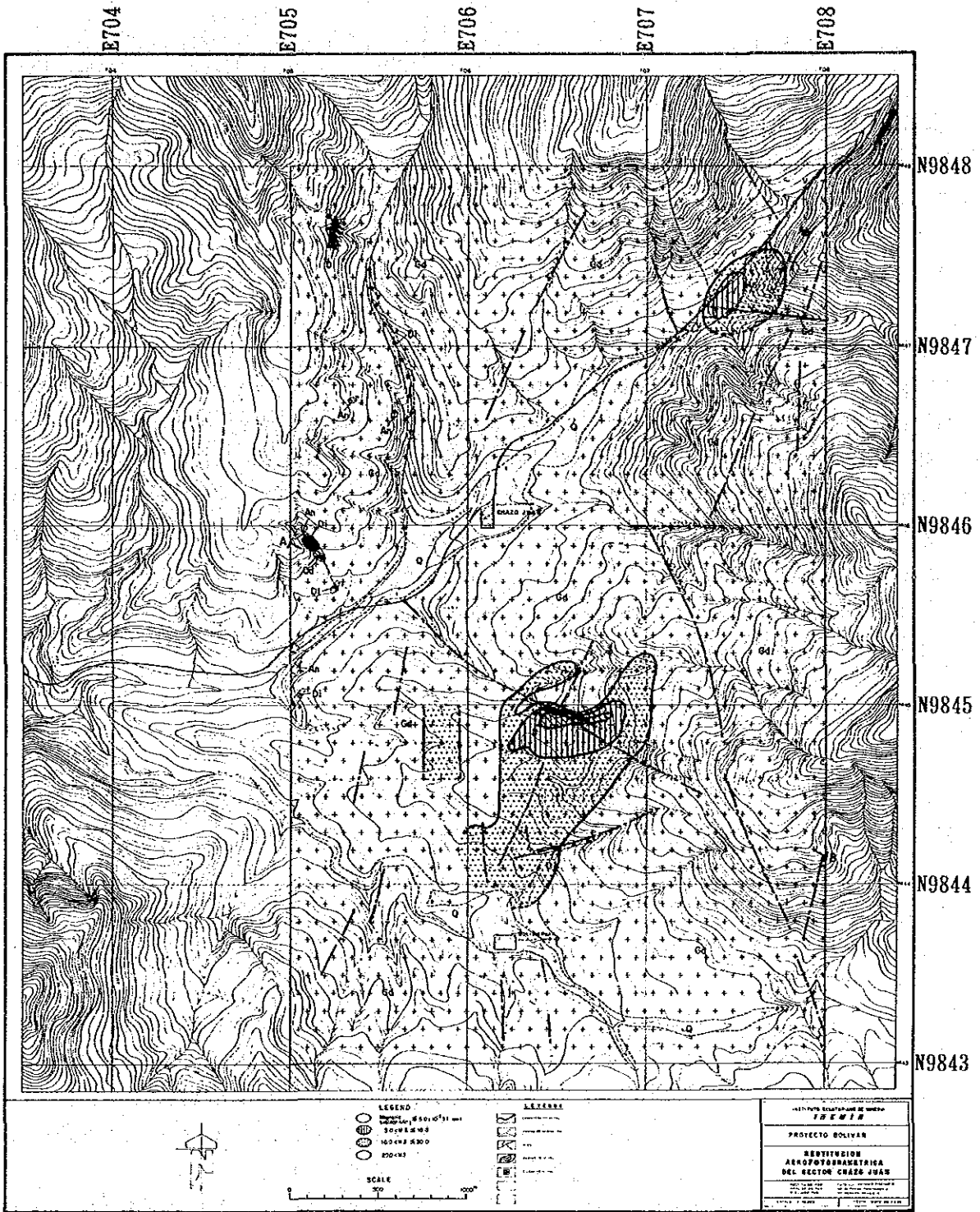


Fig. II -2-3 Interpretation map of magnetic susceptibility of the Caso Juan area

2-2 物理探査

2-2-1 調査目的

本地区では、第1年次調査で数ヶ所に鉱徴が確認されており、本年次の地質調査（精査）により最も有望とされる区域に対し物理探査（IP法）を実施し、得られたIP異常帯の分布より下部及び深部の鉱床の賦存状況を把握することを目的とする。

2-2-2 調査方法

(1) 測定方法

本調査では、3.0Hz及び0.3Hzの2種類の周波数による周波数領域IP法を採用し、電極配置には双極子（Dipole-dipole）型電極配置を用い、電極隔離係数 $n=1\sim 5$ により測定した。

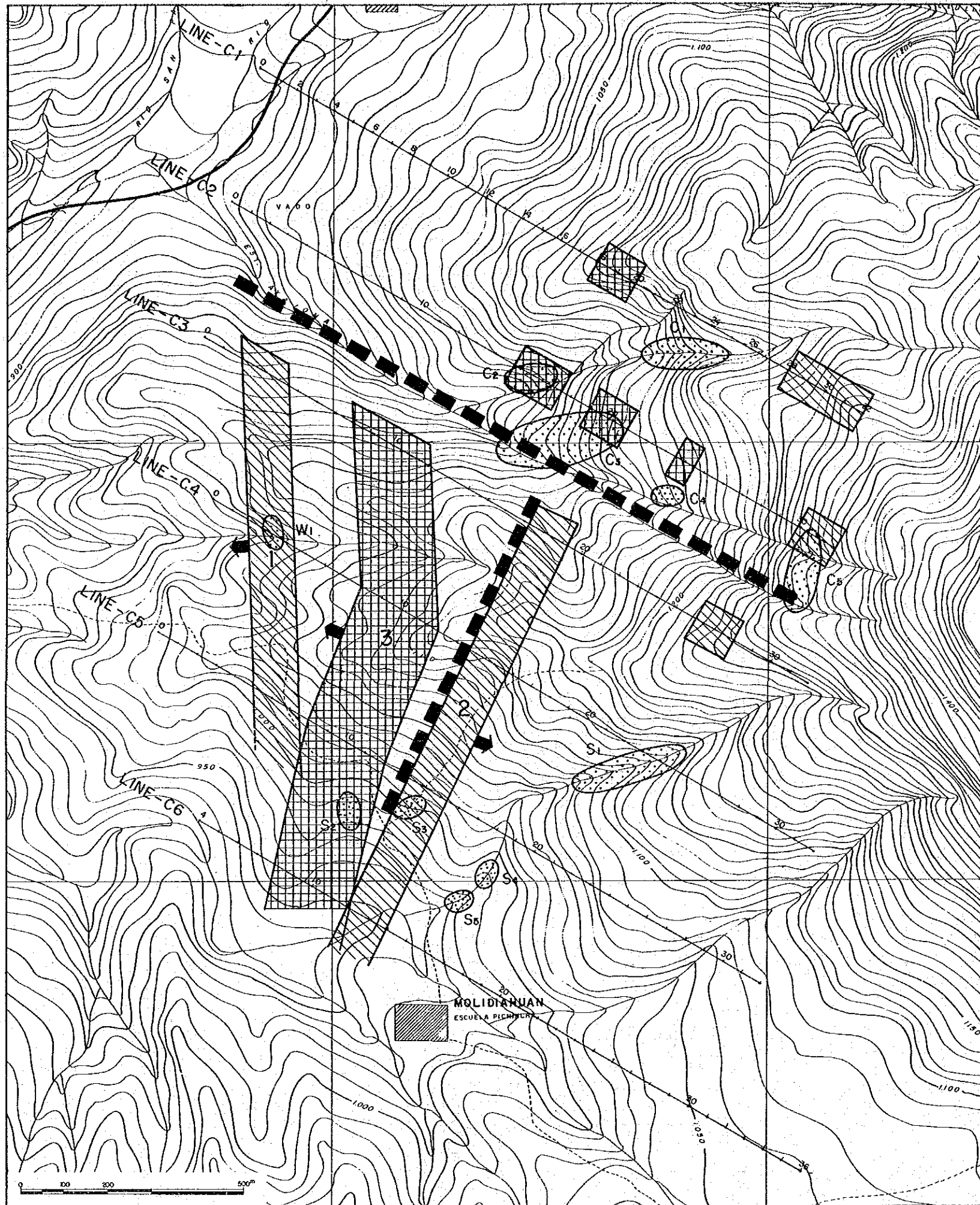
第1年次の地質調査及び本年次の地質精査の結果、東部鉱化帯及び南部鉱化帯が優勢であり、これら鉱化帯の下部での賦存状況及び東部から南部への連続性を把握する目的で南東区域を調査対象区域とした。測線は、本区域の地質構造を考慮し、測線長1,600mの測線をS60°E方向に測線間隔約300mで6本（北東側よりC1～C6）設定した。また、電位電極間隔は100mとし、測定点は水平距離100m間隔に設定し、測点番号は各測線毎に北西端より0, 1, 2, …… 32と50m毎に番号を付した。

2-2-3 考察

測線C2及びC4のシミュレーション解析結果を参考として、他の測線の地下構造を定性的に解析し、IP異常源の位置を推定した。この結果をFig. II-2-4に示す。

本地区の物理探査結果を地質調査結果を参考にして検討すると、以下のように取りまとめられる。

- ① 測線C2と測線C3との間には、測線とほぼ平行なリニアメントが認められる。物理探査結果でも、概して、測線C2より北方では高比抵抗、低FEであるのに対し、測線C3より南方では相対的に低比抵抗、高FEである。したがって、このリニアメントを境にして北と南とでは岩石の物性が異なり、リニアメントが構造境界（断層）をなすと推定される。
- ② 本調査地区のFEは、北西部と南西部で低く、北東から南西にかけて帯状に高い傾向を示している。これは、この帯状ゾーンの鉱化作用が北西部及び南西部の鉱化作用よりも強いことを反映していると考えられ、鉱化帯もこのゾーンに分布している。
- ③ IP異常源IはIP異常Iに対応するもので、西部鉱化帯に対比できる。測線C2におけるシミュレーション解析の結果、測点3～4の地下に比抵抗 $2,000\Omega\cdot m$ 、FE値7.0%で西傾斜の構造が想定され、これは、IP異常I（ $n=1$ ）のほぼ中心部に位置する珪化変質の強い露頭（傾斜40°W）の産状と一致している。また、西部鉱化帯は、沢の中にだけ露出し、その周囲は風化土壌で厚く覆われているため、延長方向は不明であるが、西部鉱化帯の



LEGEND





-  Lineament
-  IP Anomaly Source
(High Resistivity, High FE)
-  IP Anomaly Source
(Medium Resistivity, High FE)
-  Mineralized Zone
S4

Fig. II-2-4 Interpretation map of IP anomalous zones
of the Chaso Juan area

走向 (N 20° W) と、I P 異常源 1 が測線 C 3 から測線 C 5 にかけて延びる方向 (NS) とがほぼ対応することから、西部鉍化帯も同様に南北方向にさらに連続しているものと推察される。

- ④ I P 異常源 2 は、低見掛比抵抗異常 E 及び I P 異常 II に相当し、中部鉍化帯と南部鉍化帯の間の NNE - SSW 系のリニアメントに沿って、測線 C 3 から測線 C 6 まで連続する。この異常源は測線 C 4 におけるシミュレーション解析の結果、比抵抗 1,300Ω・m、FE 値 7.0% で東傾斜の構造として解析され、断層に沿った鉍化作用に伴う変質帯であると考えられる。
- ⑤ I P 異常源 1 と 2 の間には、潜頭性の I P 異常源 3 が想定され、測線 C 3 から測線 C 6 までほぼ南北に幅約 200m で連続する。n = 5 の見掛比抵抗平面図における高見掛比抵抗異常 R が I P 異常源 3 を反映している。測線 C 4 でのシミュレーション解析において、比抵抗 3,500Ω・m、FE 値 9.0~10.0% で西傾斜の構造として解析されており、測線 C 6 では、I P 異常 III がこれに相当する。測線 C 5 の南方約 100m では鉍化帯が確認されていることから、この鉍化帯及びこれに類する鉍化帯がさらに南北に連続するものと推察される。
- ⑥ 中部鉍化帯に対応する I P 異常源が、測線 C 1 に 1 ケ所、測線 C 2 に 3 ケ所想定される。これらは、シミュレーション解析の結果、高比抵抗で、FE 4.0% 程度であると推定され、いずれも地表付近に小規模に分布し、地下深部へは連続しないものと推察される。また、I P 異常源 II とは物性 (比抵抗値及び FE 値) が異なることから、リニアメントを境として南方へは連続しないものと考えられる。
- ⑦ 測線 C 2 でのシミュレーション解析の結果、測線 C 2 の測点 31 付近に中比抵抗、中 FE の小規模 I P 異常源が想定され、中部鉍化帯 C₅ に対比される。このことから、測線 C 1 の測点 30 付近及び測線 C 3 の測点 27 付近にも同様な小規模 I P 異常源が推定され、これらも未確認ながら鉍化帯であると推察される。

本地区では、地質調査で確認された鉍化帯の分布とは若干異なった位置に I P 異常 II が検出された。これは、鉍化作用の種類が各鉍化帯で異なることも 1 つの要因であると思われるが、本地区がほぼ全域にわたって風化土壌に厚く覆われており、沢以外で鉍化帯の露頭を確認するのが困難であることが主な要因であると考えられる。

本地区のように露頭が少なく、地質調査で鉍化帯の規模や分布を明確に把握できない調査地では、物理探査 (I P 法) は、風化土壌下の鉍化帯の拡がりや潜頭性の鉍化帯を探査するのに最も適した手法であると考えられる。

また、本調査で I P 異常源が比較的明瞭に推定できた理由としては、本地区 (物理探査実施域) には、ほぼ全域に花崗閃緑岩類が分布し、風化及び変質の違いによる比抵抗変化、及び、鉍化作用の強弱 (硫化物量の違い) による FE 変化以外の要因は考えなくても良いこと、また、調査地区全域が高比抵抗岩体で構成されているといえるので、解析の際にあまり電磁カップリングの影響を考慮する必要が無いことなどが考えられる。

さらに、本地区はの地形は、前述のバルサパンバ地区程ではないが急峻であり、測定された見掛比抵抗値には地形起伏による影響 (谷地形で低く、山地形で高い) が認められたため、地形補

正を実施した。

測線C2では、測線全体が傾斜していると共に細かな起伏が認められる。測線C2の測定見掛比抵抗断面では、細かな地形起伏の影響により、見掛比抵抗のコンターが乱され、変化も激しくなっている（特に、測点12～26）。地形補正を施した断面図では、地形起伏の影響が除去されてコンターの流れがスムーズになっており、見掛比抵抗値の変化も穏やかになっている。

他の5測線でも同様に、地形起伏による影響はよく除去されており、解析に際して、地形起伏による比抵抗変化を考慮する必要はないものと判断される。

この理由としては、本地区では、全域的な地形傾斜方向（ほぼ東西）とほぼ平行に測線が設定されており、さらにほとんどの支沢や小尾根が各測線とほぼ直交しているので、2次元地形モデルによる地形の影響（計算結果）と実際の地形（3次元）による影響との差が小さく、各測線で3次元的な（測線に対して直交方向の）地形の影響を考慮しなくてもよいということが考えられる。

2-3 チャソ・ファン地区の調査結果の検討

本地区のポーフィリー-銅-鉛-亜鉛帯は、他地区と比較して、小規模かつ断続的である。黄鉄鉱は一般的に銅-鉛帯を中心として広範囲に分布するが、本地区では主として黄銅鉱が認められる部分に存在し、その外側の広がりも極めて狭い。さらに外側には、岩石の副成分鉱物としての磁鉄鉱がそのまま残存している。また黄銅鉱/黄鉄鉱比が高く、黄銅鉱が黄鉄鉱より卓越する鉛-亜鉛帯もあり、特異である。

母岩の変質は鉛-亜鉛帯により異なる。中部鉛-亜鉛帯の南側は緑泥石化と弱い珪化、西部鉛-亜鉛帯は強い珪化と黒雲母化、南部鉛-亜鉛帯は珪化と弱い緑泥石化である。従って、本地区西部が最も侵蝕が進行し、次いで南部、中央部の順序で侵蝕が小さいことを示すものと解される。なおこれは、現在の地形が、中央部が高く、西部及び南部鉛-亜鉛帯がこれより低い山腹部に位置することと調和的である。

本地内の熱水活動については、鉛-亜鉛帯が小規模で点在していることから、熱水が複数の限定された間隙を通路として上昇してきたことを示す。副成分鉱物としての磁鉄鉱が残存していること、黄銅鉱/黄鉄鉱比が高いこと等から、熱水中のイオウ分圧は低いものであったと推察される。

本地区内の鉛-亜鉛帯を探索の観点から比較した場合、中部鉛-亜鉛帯南側から物理探査結果のIP異常源2にかけた地区が最もランクが上である。ここは南部鉛-亜鉛帯の広がりが期待され、地形的な侵蝕も他に比べ進行していないので、富鉛部が残存している可能性がある。一方中部鉛-亜鉛帯の北側は物理探査の結果、高比抵抗・低FEとなり珪化変質は連続しているようであるが、硫化鉱物の広がりは期待できない。また西部鉛-亜鉛帯は上述のように侵蝕が進行していると考えられるため、大規模な富鉛部の存在は期待できない。

第3章 テリンベラ地区

本地区はバルサパンバ地区の10km北方に位置し、バルサパンバ部落からババオーヨ経由で車で135 km, 3時間を要する。

3-1 地質調査

3-1-1 地質

本地区の地質はマクチ層及びこれを貫く花崗岩類から成る (Fig. II-3-1, Fig. II-2-2)。

(1) マクチ層 (Ban)は、主として当調査地区北西部半分に分布する。当層は暗緑色玄武岩質安山岩～安山岩起源のホルンフェルスより構成される。ホルンフェルスは暗緑色～黒色、塊状、ち密で、割れ目等には石英、緑泥石及び局所的に黄鉄鉱、黄銅鉱を伴っている。

(2) 花崗岩類

花崗岩類は南東部半分に分布し、優白質角閃石-黒雲母石英閃緑岩 (Qd), 角閃石石英閃緑岩 (HQd), 石英斑岩 (Qp), 優黒質閃緑岩岩脈 (Di) 及び斑状石英閃緑岩岩脈 (PQd)より成る。

1) 優白質角閃石-黒雲母石英閃緑岩 (Qd) は、花崗岩類の分布域のほとんどを占めて分布する。組織は、完晶質、等粒状である。粒度は中粒で、局所的に粗粒 (南部) あるいは細粒 (北部・東部) を示す。

2) 優黒質閃緑岩岩脈 (Di) は中央部から南部にかけて10岩体貫入しており、貫入の方向はNE-SW系である。岩体の規模は大小様々で、最大は延長 1km, 幅 200mから、最小は延長 100m, 幅30mである。

3) 斑状石英閃緑岩岩脈 (PQd)は中央部に2岩体、北東部に1岩体貫入しており、貫入の方向はNE-SW系である。岩体の規模は、最大は延長 450m, 幅30m, 最小は延長 100m, 幅20mと推定される。

黒雲母は部分的に絹雲母化を受けている。

4) 角閃石石英閃緑岩 (HQd) は中央部に3岩体及び東部に1岩体貫入しており、貫入の方向はほぼNE-SW～ENE-WSW系と推定される。岩体の規模は、中央部に分布するものは延長 200～400m, 幅80～200mであるが、北東部に分布するものは延長1200m以上、幅約 500mと推定される。この北東部に貫入する角閃石石英閃緑岩について顕微鏡観察、同位体年代測定及び全岩分析を行なった。

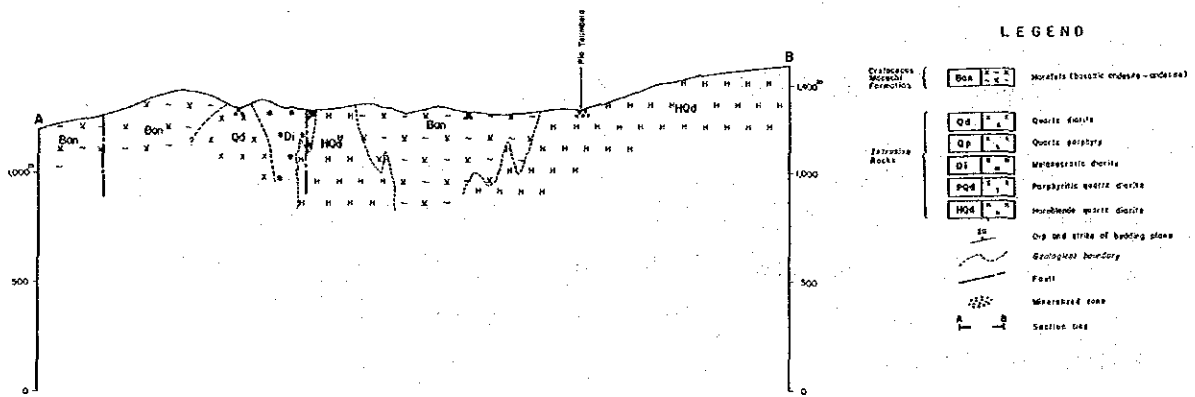
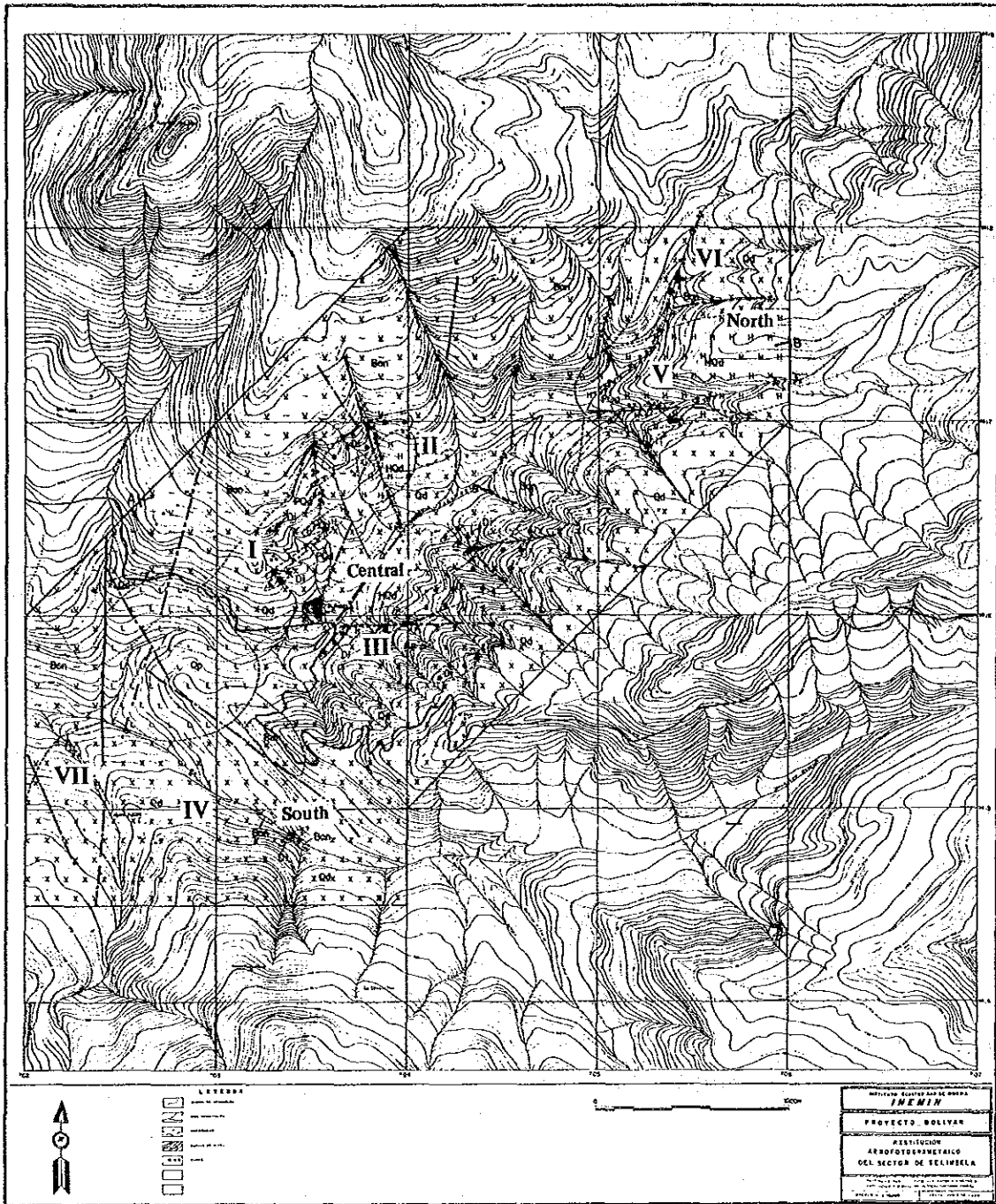


Fig. II-3-1 Geological map of the Tlimbela area

5) 石英斑岩 (Qp) は南西部にストック状に貫入している。その規模は、直径約 800m と推定される。また、当岩体 (ストック) は NNE - SSW 系と NW - SE 系リニアメントの交差部に位置している。当岩体について、顕微鏡観察、同位体年代測定及び全岩分析を行なった。

斜長石は部分的に絹雲母化を受け、黒雲母は緑泥石化及び緑レン石化を受けている。

黒雲母は緑泥石化及び緑レン石化を受け、斜長石は部分的に絹雲母化を受けている。

6) アプライト岩脈 (Ap) は南部に 1 岩体貫入しており、貫入の方向は NE - SW 系である。岩体の規模は延長 100m、幅 20m である。

黒雲母は部分的に緑泥石化を受けている。

(3) リニアメント

本調査地区全体の地質構造の特徴として、西部の NNE - SSW 系の断層と、岩脈及び鉍化帯の NE - SW 系の方向性があげられる。また、NNW - SSE ~ NW - SE 系、NE - SW 系及び E - W 系のリニアメントが発達する。これらのリニアメントは、チャソ・ファン地区に比べて明瞭度が高い。

3-1-2 鉍化作用及び変質作用

地質調査により、7 帯の銅鉍化帯を確認した。特に、北東部の鉍化帯は優勢である。これらの鉍化帯は、花崗岩類及びマクチ層の中に胚胎するポーフィリー・銅型鉍化帯である。

本地区は、他地区に比較し、銅鉍化帯が最も広範囲に認められ、全体的に NE - SW 方向に伸びている。それぞれの鉍化帯は、中心部では、黄銅鉍・黄鉄鉍が散点状・フィルム状に鉍染し、部分的に細脈が存在する。ここでは黄銅鉍 - 黄鉄鉍 - 石英脈が多く存在する。外側になると、鉍染量が減少し、母岩のクラックに沿う細脈だけになる。クラック中の細脈は、硫化鉍物だけから構成される。全体として、黄銅鉍が鉍化帯のより中央部に存在し、黄鉄鉍は地区全体に広範囲に拡がっている。変質との関係は、黄銅鉍は緑泥石化及び珪化と密接な関係を有している。白色変質帯は部分的に存在し、黄鉄鉍と関係している。

各鉍化帯の性状は次のとおりである。

(1) 中部鉍化帯

中部鉍化帯は、I と II に分けられ、NE - SW 方向に配列して分布する。鉍化帯 I は、500 m × 350 m の範囲に分布する黄銅鉍 - 黄鉄鉍 - (輝水鉛鉍) 鉍染及び細脈帯である。鉍石分析結果は、最高 Cu 1.60 % を示す。試料 C2024 の研磨片観察結果では、鉍染状の黄銅鉍、黄鉄鉍及び磁鉄鉍が認められた。X 線回折による変質鉍物の組合わせは、石英 - 絹雲母 - 緑泥石である。昨年度の結果では、ほかに 1 試料でカリ長石が、2 試料で二次黒雲母が同定されている。鉍化帯 II は、Macuchi 層も含め、200 m × 400 m の範囲に分布する黄銅鉍 - 黄鉄鉍 - (輝水鉛鉍) 鉍染及び細脈帯である。鉍石分析結果は、最高 Au 0.2 g / t、Ag 1.6 g / t、Cu 0.16 % である。

(2) 南部鉍化帯

南部鉍化帯は、花崗岩類の中に胚胎され、Ⅲ、Ⅳ及びⅦに分けられる。鉍化帯Ⅲは、400 m × 900 mの範囲に分布する黄鉄鉍鉍染及び細脈帯である。鉍化帯Ⅳは、鉍化帯Ⅲの南西延長にあり、沢沿い約150 m間に認められる黄銅鉍-黄鉄鉍-(輝水鉛鉍)鉍染及び細脈帯である。鉍化帯Ⅶは、沢沿い約200 mにわたって認められる黄銅鉍-黄鉄鉍鉍染及び細脈帯である。これらの鉍化帯の鉍石分析の結果は、最高Cu 0.05 %である。試料C2019の研磨片観察結果では、石英細脈中に、黄銅鉍-黄鉄鉍-磁鉄鉍-輝銅鉍-銅藍が認められた。変質鉍物の組合わせは、石英-絹雲母-緑泥石-(絹雲母)である。

(3) 北部鉍化帯

北部鉍化帯は、Ⅴ・Ⅵに分けられ、本年度調査で確認された新鉍化帯である。鉍化帯Ⅴは、主として角閃石石英閃緑岩(HQd)を母岩とする黄銅鉍-黄鉄鉍鉍染及び細脈帯で、400 m × 1,200 mの範囲に広がっている。鉍石分析結果は、最高Au 0.2 g/t, Ag 9.5 g/t, Cu 0.80 %である。試料A2035の研磨片観察結果では、他形の黄銅鉍と、少量の磁鉄鉍及び赤鉄鉍が鉍染状に認められた。鉍化帯Ⅵは、沢沿い約400 mに認められる黄銅鉍-黄鉄鉍鉍染及び細脈帯で、花崗岩類だけでなく、Macuchi層にも顕著な鉍化を及ぼしている。鉍石分析結果は、Au 0.4 g/t, Ag 5.8 g/t, Cu 1.65 %である。試料A2041の研磨片観察結果では、石英細脈(幅3 mm)中に、黄銅鉍-黄鉄鉍-磁鉄鉍の共生が認められた。変質鉍物の組合わせは、石英-絹雲母-緑泥石である。

3-1-3 帯磁率測定

帯磁率測定は、チャソ・ファン地区同様の解析を実施した。結果図をFig. II-3-2に示す。

帯磁率の異常帯は、中部及び南部の鉍化帯を含むNE-SW方向のゾーン、鉍化帯Ⅲの東側及び北部鉍化帯に含まれたゾーンの3か所が抽出された。これらのうち、最前者の異常帯の規模は、バルサパンバ地区のエル・トルネアド鉍化帯に抽出された異常帯の規模の倍以上である。鉍化帯Ⅱでは、マクチ層の岩石の帯磁率も鉍化帯に近くなるにしたがい、 83×10^{-3} SI Uから 36×10^{-3} SI Uに変化し、消磁現象が認められる。また、北部鉍化帯では、異常帯は鉍化帯全域をカバーするのではなく、局部的に抽出された。これは、同鉍化帯の実際のバックグランド値が、他の鉍化帯に比べて若干高いためと考えられる。したがって、3-1-4項で述べた異常値及びバックグランド値を、同鉍化帯では次のように設定する。つまり 10.0×10^{-3} SI U以下(強低異常値)、 $10.1 \sim 20.0 \times 10^{-3}$ SI U(中低異常値)、 $20.1 \sim 40.0 \times 10^{-3}$ SI U(弱低異常値)、 40.1×10^{-3} SI U以上(バックグランド)となる。この設定をもとに異常帯を抽出すると、Fig. II-3-3に示した異常帯よりも広くなり、北部鉍化帯の範囲にほとんど調和的になる。すなわち、北部鉍化帯の帯磁率の絶対値は、他の鉍化帯のその2倍であるが、異常値のバックグランド値に対する相対値はまったく同じである。

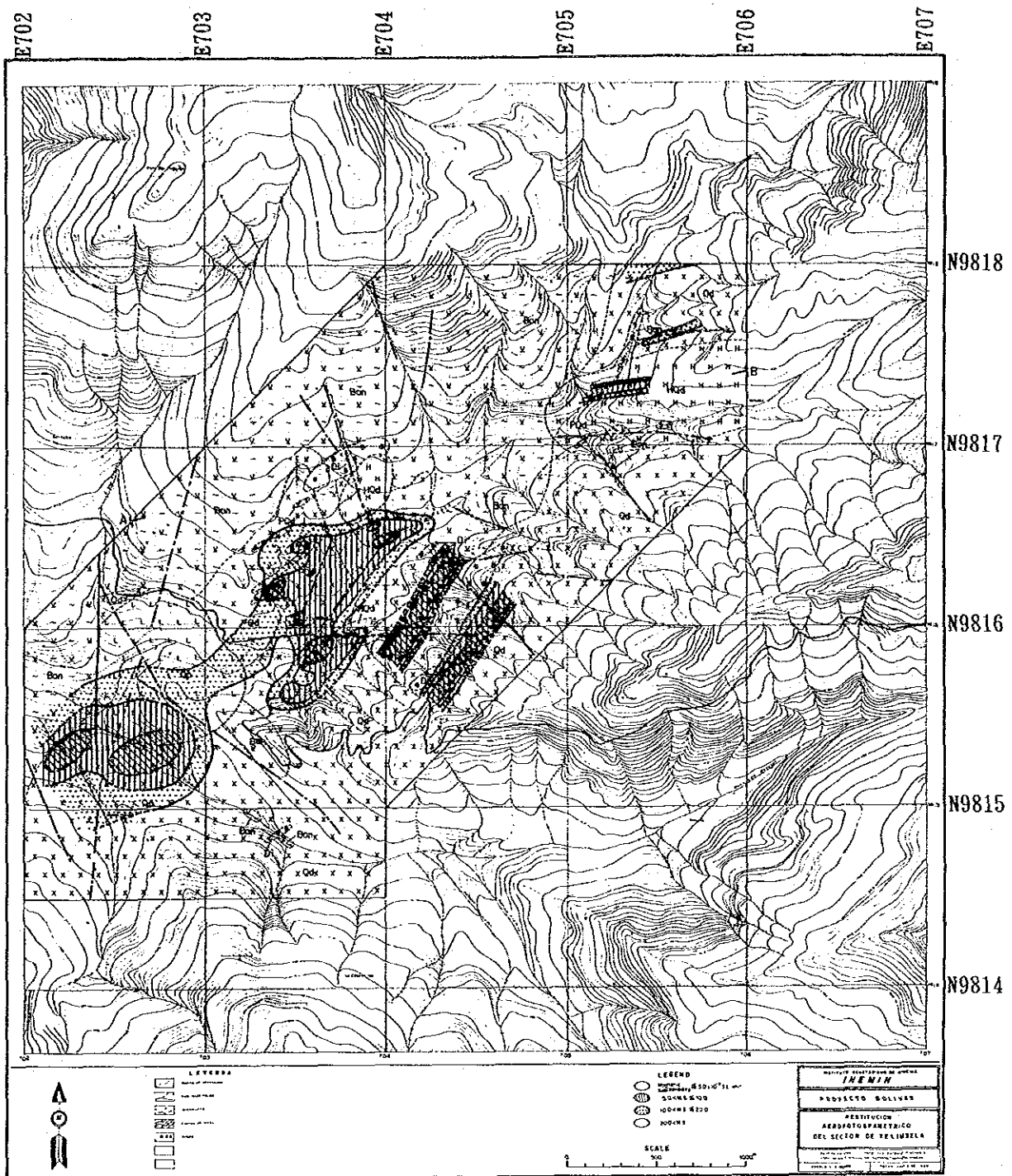


Fig. II-3-2 Interpretation map of magnetic susceptibility of the Telimbela area

3-1-4 考 察

本調査地区における地質調査、帯磁率測定により把握された本地区のポーフイリー-銅-鉛化帯の性状は、次のとおりである。

本地区の鉛化帯は、巨視的に花崗岩質バソリスの縁辺部に分布し、NE-SW方向に配列している。鉛化帯が分布している地帯には、角閃石石英閃緑岩(HQd)・石英斑岩(Qp)及び優黒質閃緑岩(Di)・斑状石英閃緑岩(PQd)岩脈等が、NE-SW方向に配列し、多数貫入している(Fig. II-3-1)。岩脈もNE-SW方向に伸びている。ポリバール地域において、これほど多くの貫入岩類が分布するのは他になく、本地区は特異である。本地区北方には、グァヤキルからキト東方まで連続する大構造線がNE-SW方向に横切っている。貫入岩類及び鉛化帯の配列方向がこれと一致していることは、貫入岩類の火成活動及びそれに引続く熱水活動が上記構造線と関係を持していることを暗示する。貫入岩類の同位体年代値が、石英斑岩(Qp)が 15.7 ± 1.0 Ma、角閃石石英閃緑岩(HQd)が 14.5 ± 3.0 Maを示し、ポリバール地域で最も若い年代を示す。この事実は、本地区における花崗岩類の火成活動がポリバール地域で最後まで継続したことを意味する。

また、本地区の鉛化帯は、ポリバール地域で最も規模が大きく、かつ、マクチ層まで強い鉛化作用が及んでいる。また、花崗岩類には広範囲に黄鉄鉛の鉛染及び細脈が認められる。これは、各鉛化帯を中心とする活発な熱水活動が広範囲に存在したことを意味し、探査上、極めて重要な地区である。特に重要な鉛化帯は、鉛化帯の規模及び鉛化作用の強度から、本年度調査で確認した北部鉛化帯である。

3-2 テリンベラ地区・北東区域

3-2-1 地質調査

3-2-1-1 地質

本調査区域の地質はマクチ層及びこれを貫く貫入岩類からなる (Fig. II-3-3, Fig. II-3-4)。

(1) マクチ層は、調査区域の中央部、アシュアカ (Ashuaca) 集落の西方500m付近から区域西部にかけて、末広がりになっている。また、アシュアカ周辺ではバソリス状岩体の角閃石-黒雲母石英閃緑岩 (Qd) 及びストック状の角閃石石英閃緑岩 (HQd) 中に捕獲された、ゼノブロックとして分布する。

本層は、安山岩質の火山砕屑岩 (Tf) と溶岩 (An) からなる。これら火山岩類は、下部では主に層厚220mの溶岩から構成され、それに2ないし3層の火山砕屑岩が挟在する。上部では、層厚460m以上の火山砕屑岩が発達し、その層厚は460m以上に達する。本層を構成する主な岩相は、粗粒凝灰岩、結晶質凝灰岩、細粒凝灰岩である。

(2) 貫入岩類

本調査区域に分布する貫入岩類は、バソリス状岩体の角閃石-黒雲母石英閃緑岩 (Qd)、小規模貫入岩体の優黒質粗粒石英閃緑岩 (Di)、角閃石石英閃緑岩 (HQd)、粗粒石英閃緑岩 (CQd) 及び安山岩ポーフイリー (Pa) からなる。

1) 黒雲母石英閃緑岩 (Qd) は、調査区域中央部に位置するアシュアカ周辺からその北西にかけて広く分布する。本岩は、白亜紀後期から古第三紀始新世前期のマクチ層に貫入し、境界部付近では同層起源の安山岩礫等をゼノリスとして取り込み、同層に対して接触変成作用を与えている。

本岩は、一般に明灰色から灰色塊状を呈し、等粒状で、中粒の鉱物粒度を示す。岩石の色指数は、15~20%である。構成鉱物は、肉眼的には、斜長石と石英及び角閃石と黒雲母からなる。有色鉱物は、所により緑泥石などに変わっている。鉱化変質の強いところでは、緑色鉱物の集合部に黄銅鉱が点在する。

2) 優黒質石英閃緑岩 (Di) は、調査区域の南部では西南西から東北東方向に伸長して分布し、アシュアカの南東で大きく膨らむ滴状の分布形態を示す。その延長は約2,500m、岩体の幅は100mから1,000mまで拡大する。また本岩は、マクチ層 (An及びTf) 及び黒雲母石英閃緑岩 (Qd) に貫入し、角閃石石英閃緑岩 (CQd) 及び粗粒石英閃緑岩に貫かれている。調査地区中央部アシュアカの北2,200mには、南西から北東に延びる本岩の小規模貫入岩体が分布する。その岩体の幅は150m、延長は約500mである。そのほか本岩より成る5つの小規模岩脈が調査区域の南西部に貫入している。

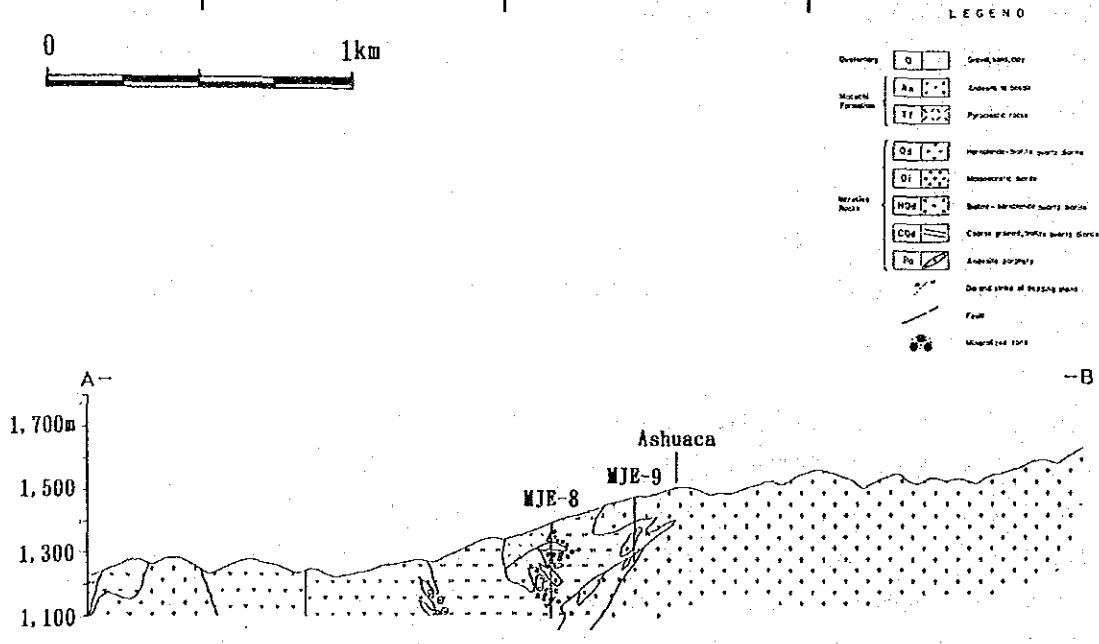
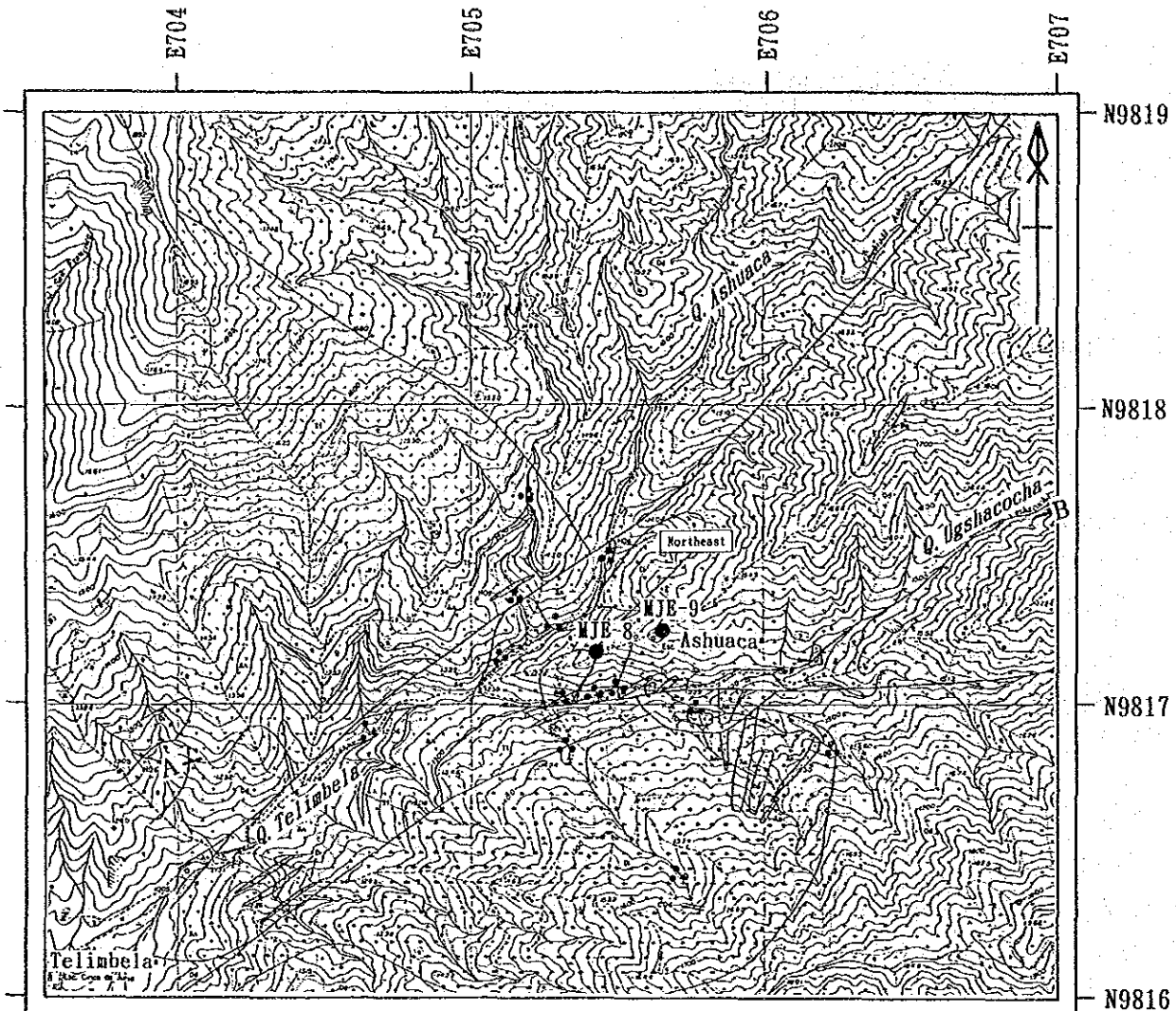
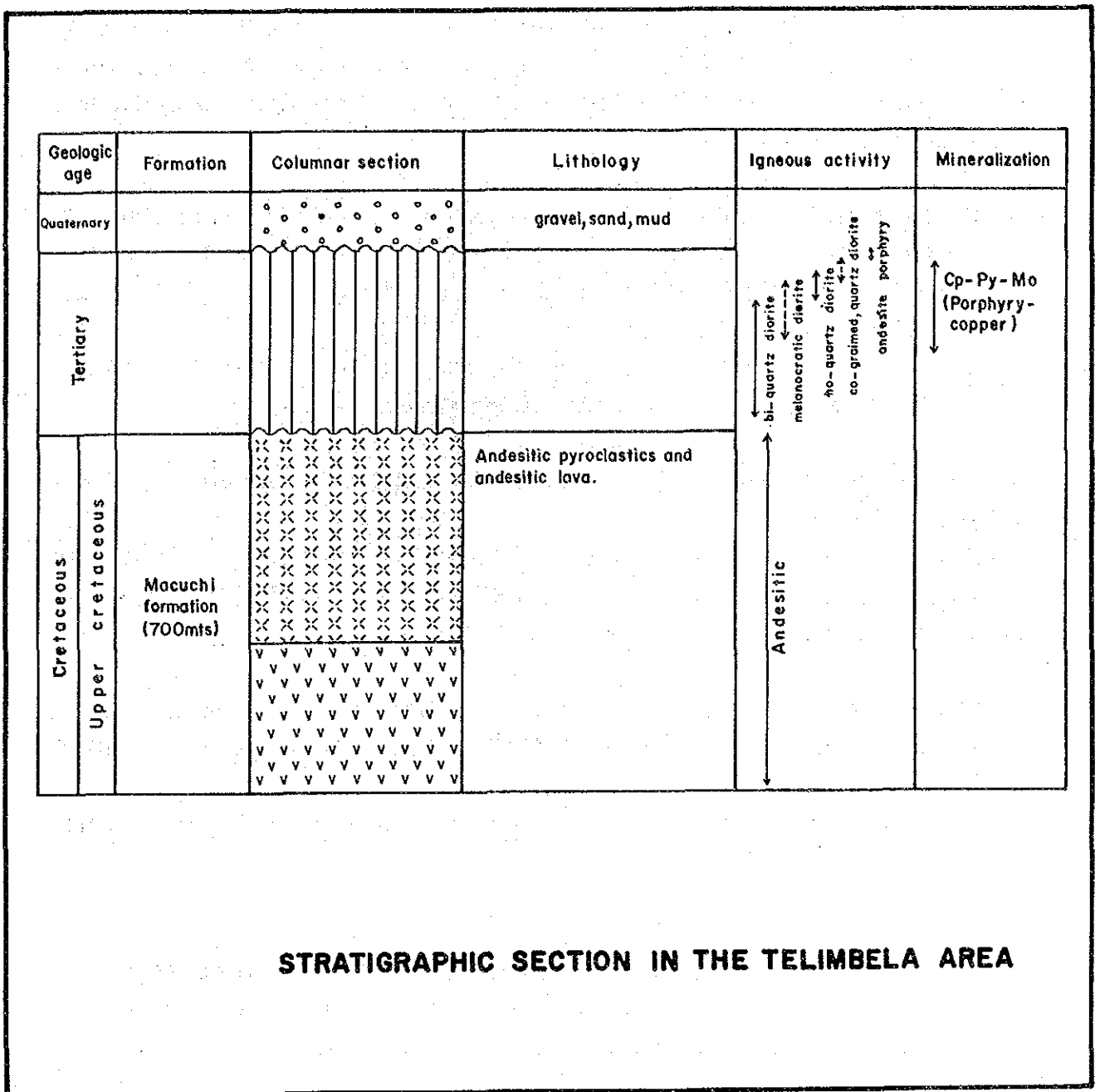


Fig. II-3-3 Geological map of the Northeast, Tlimbela area



STRATIGRAPHIC SECTION IN THE TELIMBELA AREA

Fig. H-3-4 Generalized stratigraphic section of the Northeast, Telimbela area

本岩は暗灰色から暗緑色を呈し、塊状・中粒から細粒を示す。岩石の色指数は、30~40%である。構成鉱物は、肉眼的には、斜長石>石英で、且つ角閃石>黒雲母から成る。しかし、顕微鏡観察によれば角閃石と黒雲母の量比は試料によって変化する。また有色鉱物は、部分的に緑泥石などの緑色鉱物に変わっている。

3) 角閃石石英閃緑岩 (H Q d) は、調査区域の中央部アシュアカの西部と南部に小規模貫入岩体として分布し、さらにアシュアカの北西部に2つの岩脈として分布する。本岩は、マクチ層 (A n 及び T f) 、黒雲母石英閃緑岩 (Q d) 及び優黒質石英閃緑岩 (D i) に貫入している。

本岩は、灰色から緑灰色を呈し、塊状中粒を示す。岩石の色指数は、20~30%である。本貫入岩体中には、マクチ層、角閃石-黒雲母石英閃緑岩及び優黒質石英閃緑岩起源のゼノリスが大量に取り込まれている。さらに、黄銅鉱、黄鉄鋼及び輝水鉛鉱が認められる。

4) 粗粒石英閃緑岩 (C Q d) は、調査区域の南中央部の優黒質石英閃緑岩の小規模貫入岩体中に岩脈として分布する。

本岩は、明灰色から明褐灰色を呈し、塊状・粗粒を示す。岩石の色指数は2~3%である。本岩中には、強い黄銅鉱を伴う鉱化が認められる。構成鉱物は、肉眼的には斜長石>石英、及び、黒雲母より成る。黒雲母は一部緑泥石などの緑色鉱物に変わっている。

5) 安山岩ポーフイリー (P a) は、アシュアカから北東方向の尾根沿い1,750m付近に岩脈として分布する。岩脈の方向は北北東-南南東、幅は約30 m、延長は約250 m と推定される。本岩は黒雲母石英閃緑岩 (Q d) を貫いている。

本岩は、灰色を呈する斑状緻密な岩石である。斑晶鉱物は、斜長石及び角閃石からなる。鉱化作用及び変質作用は認められない。

(3) リニアメント

リニアメント構造で最も明瞭なものは、テリンベラ部落から北東方向に延びるNE-SW 方向のリニアメント及びそれから派生したアシュアカの南側を通るE-W 方向のリニアメントである。

この他、NNW-SSE, NE-SW 及びENE-WSW 方向のリニアメントも認められる。

(4) 断層

本調査区域では次のリニアメントを断層として扱った。即ち、①テリンベラ部落から北東方向に延びるNE-SW 方向のリニアメント、及び②アシュアカ南側の東西性の沢沿いに走るE-W 方向のリニアメントである。

野外調査で認められた2つの小規模な白色粘土化帯及び珪化帯は、これらの断層上に位置とている。

一方、本調査区域は、巨視的にはグアヤキル (Guayaquil) からキト (Quito) 東方まで連続する大構造線 (Frente de Baños) が NE-SW方向に横切る地帯の一角に位置している。従って、NE-SW 方向のリニアメントはこの断層を反映している可能性がある。

3-2-1-2 鉍化作用及び変質作用

本調査区域では、ウグシャコチャ(Ugshacocha)沢・アシュアカ沢及びそれらの支流を含めた約1.5km×1.0kmの範囲に鉍化露頭が多数存在し、黄銅鉍・黄鉄鉍鉍化が認められる。これを北東部鉍化帯と称す。第2年次調査で鉍化帯V及び鉍化帯VIとしたものがこれに相当する。

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。

北東部鉍化帯

(1) 鉍化作用のタイプ

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

(2) 鉍化帯の産状

特に本鉍化帯では、黄銅鉍・黄鉄鉍の鉍染及び細脈は花崗岩類のみならずマクチ層中にも顕著に認められる。また、黄銅鉍/黄鉄鉍比が大きい所では部分的に輝水鉛鉍も認められる。

本鉍化帯の“アシュアカ鉍化部”は、アシュアカ沢とその枝沢及びウグシャコチャ沢(下流側)で黄銅鉍-黄鉄鉍を伴う鉍化露頭部として観察される。黄銅鉍-黄鉄鉍は次の母岩中にパッチ状、フィルム状、及び鉍染状の形態で認められる。鉍化露頭で観察された母岩を鉍化の強い順に列記すると、角閃石石英閃緑岩、マクチ層のホルンフェルス化を強く受けた安山岩、黒雲母石英閃緑岩、及び優黒質石英閃緑岩となる。また、平面的に見て鉍化帯の中心部とより外側とで硫化鉍物の産状に相違が認められる。すなわち、“アシュアカ鉍化部”には黄銅鉍-黄鉄鉍が石英脈、散点状・フィルム状の鉍染として多く存在する。鉍化帯のより外側になると、鉍染量は減少し、母岩のクラックだけとなる。

アシュアカ小学校の南約200m付近の鉍化露頭ではマクチ層のホルンフェルス化をうけた安山岩及びそれを岩脈として貫く優黒質石英閃緑岩中に、黄銅鉍-黄鉄鉍の鉍染状鉍化が認められる。他、幅約2~10cmの粗粒黄鉄鉍-石英脈もかなり優勢である。さらに、アシュアカ鉍化部の南西に小規模な銅鉍化帯5ヶ所の分布も確認された。

本鉍化帯の露頭サンプルの分析結果は、“アシュアカ鉍化部”ではCu 0.71~1.38%、外郭部ではCu 0.1以下であった。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、総じて南部の方が多い。

アシュアカ周辺では、風化が進行し厚い表土に覆われているために、ピット調査を実施した。ピット調査では褐鉄鉍の細脈・鉍染が普遍的に認められ、局所的にマラカイトが観察された。それぞれのピットから採取した試料の分析結果はCu 0.03~0.51%、平均Cu 0.12%を示した。これらのCu濃度は明らかに後背値(本調査区域周辺では、通常Cu 0.01%以下)から識別し得る値であった。このことは、元来存在していた黄銅鉍又はその酸化鉍物がサンプリングされたものと解される。鉍化に伴う変質は、珪化及び緑泥石化が顕著であった。

(3) 鈹化作用の構造規制

北東部鈹化帯は、テリンベラ沢ーアシュアカ沢沿いに発達するNE-SW断層とウグシャチャ沢沿いに発達するEW断層沿いに分布している。また、鈹化作用の特に著しい“アシュアカ鈹化部”は、上記2方向の断層の交差部に位置している。

一方、本地区は巨視的にはグァヤキルからキト東方まで連続する大構造線 Frente de Baños断層がNE-SW方向に横切る地帯の一角に位置している。また、テリンベラ地区はポリバール区域の中で最も多くのストックや岩脈が集中し、且つNE-SW方向に点在又は伸長して分布しているが、このような配列は、リニアメントや断層とともに、NE-SW系の大構造を反映したものと考えられる。

3-2-2 物理探査

3-2-2-1 調査目的

本調査の目的は、テリンベラ地区北東区域において物理探査（IP法）によりIP異常帯を抽出し、第2年次調査で確認された有望な鈹化帯の下部及び延長における鈹化帯の賦存状況を把握するとともに、ボーリング孔の位置選定に資することを目的としていた。

3-2-2-2 調査方法

(1) IP法概要

IP法電気探査は、鈹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鈹床の探査に用いられている。

IP法には、IP現象の捉え方により次のような方法がある。

① 周波数領域法 (Frequency-domain method)

周波数の異なる2種類以上の電流により測定される見掛け抵抗の変化率、即ち周波数効果 (FE: Frequency Effect, 単位%) を測定する方法。

② 時間領域法 (Time-domain method)

パルス波の電流切断後のある時間における過渡電位を測定し、充電率 (M: Chargeability, 単位 milli-sec) を求める方法。

③ 位相領域法 (Phase-domain method)

流電電流波形と受信電位波形間の位相角を測定する方法。

④ スペクトルIP法 (Spectral IP method)

多周波数を使用し、それぞれの周波数での信号の強度と位相を測定する方法。

(2) 測定方法

本調査では、3.0 Hz及び0.3 Hzの2種類の周波数を用いた周波数領域法を採用し、電極配置は双極子 (Dipole-dipole) 型電極配置とし、電極隔離係数 $n = 1 \sim 5$ まで測定した。

測線は、本区域の地質構造を考慮し、測線長1,600mの測線をNW-S E方向に測線間隔300mで6測線 (北東側より測線T-1~T-6) 設定した。また、電位電極間隔は100mとし、測点は水平距離100m間隔に設定し、測点番号は北西端より0, 1, 2, …… 32と50m毎に番号を付した。

3-2-2-3 考 察

本区域の見掛比抵抗は、 $37.8\Omega \cdot m$ から $3,370\Omega \cdot m$ の範囲で分布し、平均値（対数平均）は $349\Omega \cdot m$ である。これらの値は、第2年次に同手法を実施したチャソ・ファン地区及びバルサパンバ地区オソウアイコ区域と比較して極めて低い値を示している。

	Average	Maximum	Minimum
Northeastern zone of Telimbela area	349	3,370	37.8
Chaso Juan area	1,690	7,130	412
Osohuayco zone of Balzapamba area	1,300	5,960	122

Unit: $\Omega \cdot m$

本区域の地質は、第2年次の2地区と同様に、安山岩類及び凝灰岩類からなるマクチ層と花崗岩類の貫入岩で構成されている。したがって、見掛比抵抗の低さが岩種の違いに起因するとは考えられない。おそらく本区域では比抵抗値を低減させる粘土化変質（緑泥石化・モンモリロナイト化）が卓越しているために、比抵抗値を高める珪化変質が顕著であった他の2地区よりも低い見掛比抵抗値が得られたものと考えられる。

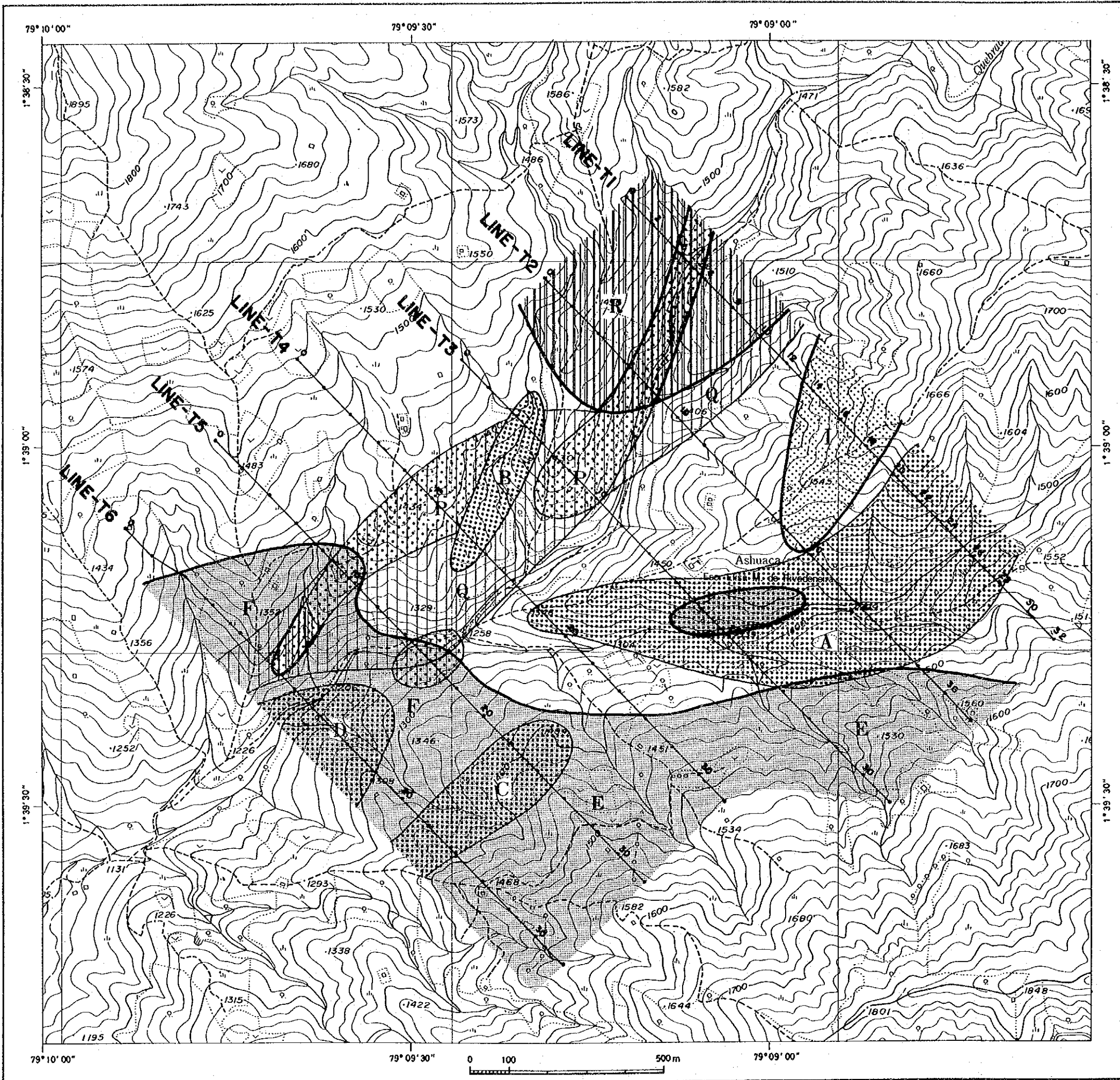
また、第2年次の2地区では、鉍化作用に伴う珪化変質が顕著であったことから、高比抵抗・高FE異常が鉍化帯に対応していた。しかし、本区域では、岩石試料の試験結果でも明らかなように、粘土化変質と鉍化作用との間に密接な関係があり、したがって本区域の鉍化帯に対しては低比抵抗・高FE異常が対応した。

本項では地質調査で鉍徴が確認されていない地域の高FE異常を評価する目的で、前述の測線T-3の他、測線T-4、T-5及びT-6の一部についてもシミュレーション解析を実施した（A-9-1～3）。

前述の2-2-4（3）でも指摘したように、各測線の $n=2$ 以深のFE分布には、明らかに電磁カップリングや電極付近の人工構造物（パイプライン等）の影響と考えられるノイズが認められ、さらに、谷地形による低電位のためS/N比が劣化したためと考えられるFE値のバラツキも認められる。これらFE値のバラツキをモデル・シミュレーションで近似するのは困難であり、近似できたとしても非現実的なFE値をもつモデルを想定することになる。Fig. II-2-13、A-9-1～2のシミュレーション解析結果でも明らかなように、測線T-3：測点12（ $n=4$ ）測点13（ $n=5$ ）、測線T-4：測点15（ $n=3$ ）；測点17（ $n=5$ ）及び測線T-5：測点18（ $n=4$ ）のFE 8.0%以上の測定値は、3～4%差引いた値であれば現実的なFE値を示す構造が想定される。また、測線T-5；測点5～9にみられる1.0%以下のFE値も地表付近の人工構造物による影響として無視すれば、A-9-2に示すように測点8～10の地表付近の低比抵抗・高FE層による典型的なハの字パターンが想定される。




これら定量解析の結果を考慮して全域について解析した結果をFig. II-3-5 に示す。さらに、地質調査結果を考慮してIP法の調査結果を取りまとめると以下の通りである。

- ①本区域ほぼ中央に分布する角閃石石英閃緑岩及びその周辺に認められる黄銅鉱-黄鉄鉱の鉱化帯は、潜頭性の高FE異常V、VIとして認められ、アシュアカの西方及び南方の沢沿いには黄銅鉱-黄鉄鉱の鉱化の分布によく一致した見掛比抵抗の低下が認められる。
- ②高FE異常VIは、アシュアカの尾根の南腹に沿って測線T-1；測点22から測線T-4；測点19にかけて舌状の低比抵抗・高FE帯A（比抵抗100～600Ω・m，FE8.0～20.0%）として解析された。この異常は測線T-4；測点19付近では地表に露出しているが、西方及び北東方に向かって深くなる傾向を示している。
- ③北部の石英閃緑岩分布域中には高比抵抗岩体Rがあり、測線T-1；測点10から測線T-6；測点10にかけて、NE-SW系の断層に沿った潜頭性の高比抵抗帯Qが解析された。これらの高比抵抗は珪化変質を反映していると考えられ、これらの中に測線T-1；測点5から測線T-6；測点11にかけてFE5.0%以上の高比抵抗・高FE帯Pが解析された。さらに、この高比抵抗・高FE帯Pを切るように測線T-3；測点7から測線T-4；測点13にかけて潜頭性の低比抵抗・高FE帯B（比抵抗200Ω・m，FE13.0～15.0%）が解析された。これらの高FE帯は潜頭性の高FE異常Vに対応している。
- ④アシュアカ鉱化帯の尾根の地表付近には、層厚30～80m；FE2.0%以下の低FE層が解析され、地表付近の風化層中の硫化鉱物の溶脱を示していると考えられる。また、アシュアカの尾根の北西の沢沿いには地質調査により鉱徴が確認されているが、IP法では異常源は認められない。従って、この鉱徴は裂隙系に沿った細脈の鉱化帯であり規模が小さいと推定される。
- ⑤南部の優黒質石英閃緑岩は、比抵抗200～250Ω・m；FE4.0～6.0%の低比抵抗・中FE岩体Eとして解析され、他の貫入岩体よりも全体的に強い鉱化作用・粘土化変質を受けていると考えられる。特に、測線T-2～6の各測線の南端の地表付近には高FE層が想定される。また、測線T-5；測点23から測線T-6；測点22にかけてのマクチ層との接触部には潜頭性の低比抵抗・高FE帯C（比抵抗200Ω・m，FE20.0%）が想定され、高FE異常IVに対応する。
- ⑥調査地域南西部の測線T-5；測点8～10及び測線T-6；測点4～20には、高FE異常Ⅲに対応する低比抵抗・高FE層F（比抵抗80～300Ω・m，FE7.0～12.5%）が地表付近に層厚20～60mで解析された。この地域はマクチ層分布域であることからマクチ層が硫化鉱物の鉱染を受けているものと考えられる。また、測線T-6；測点12～17にはこの低比抵抗・高FE層Fの下部に低比抵抗・高FE帯D（比抵抗60Ω・m，FE9.0%）が想定された。この低比抵抗・高FE帯Dは南東に深く延びる形状を示し、南西方向へ連続する可能性も示している。
- ⑦測線T-1；測点12～19には測点17を中心とする典型的な浅部示徴の高FE異常Iが捕捉された。この異常は、地質調査でアシュアカの北東のPT-02及びPT-04においてモンモリロナイトが確認されていることから、地表付近の黄鉄鉱を伴ったモンモリロナイト化を反映していると解釈される。



LEGEND

RESISTIVE ZONE

-  SURFACE
-  HIDDEN
-  HIGH FE (> 6%)

CONDUCTIVE ZONE




-  SURFACE (> 5% FE)
-  HIDDEN (> 10% FE)
-  MEDIUM RESISTIVITY & HIGH FE

Fig.II-3-5 Interpretation map of the Telimbela area

3-2-3 ボーリング調査

3-2-3-1 調査目的

本調査区域におけるボーリング調査の目的は、地質調査で確認された鉍化露頭の地下深部の鉍化状況を確認することである。

3-2-3-2 調査結果

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地質精査、IP法電気探査の結果を総合的に検討した。

MJE-8孔は、地質精査で確認の黄銅鉍を伴う鉍化露頭群“アシュアカ鉍化部”のほぼ中央で、またMJE-9孔はその東部で実施した。主な露頭群は、幅約50m、延長約350m、E-W方向に伸長する“鉍染状・網状脈鉍化帯”である。鉍染及び網状鉍脈は、黄銅鉍-黄鉄鉍-(輝水鉛鉍)-二次黒雲母-緑泥石-石英の共生関係を示し、石英閃緑岩類及びその角礫化した部分とその間隙、さらにゼノリス中に認められる。母岩の角礫は、全体的に緑泥石化と珪化を受けている。

MJE-8、9孔付近は全て風化土壌によりおおわれ、地表付近における鉍化帯の状況は不明であるが、ピット調査により風化土壌(C層)中の褐鉄鉍-石英細脈の産状及び金属濃度から、ウグシャコチャ沢及びアシュアカ沢に露出する鉍化部が尾根上に位置するボーリングサイト付近(沢との高度差120~150m)にまで達しているものと推察された。IP法電気探査の結果では、ボーリングサイト周辺の地表浅部では低FE、そのやや南方深部には高FE異常が想定されていた。

両孔の地質及び鉍化作用の概要は以下のとおりであった (Fig. II-3-6)。

(1) MJE-8孔

0m~24.0m

表土層

24.0~79.0

淡緑色塊状緻密角閃石石英閃緑岩。ホルンフェルス化安山岩の角礫を捕獲、貫入岩自体も角礫化を受けている。黄銅鉍・黄鉄鉍の鉍染・フィルム状及びパッチ状鉍化が認められる。

母岩は深度55mの試料の顕微鏡観察の結果では、黒雲母化の著しい閃緑岩である。造岩鉍物は剪断力による変形を示している。斜長石は一部白雲母化、曹長石化、緑簾石化、緑泥石化を受けており、黒雲母は完全に緑泥石及び緑簾石に変質している。著しい鉍化が認められる部分の研磨片観察の結果(深度53.8m)では1~1.5mmの黄銅鉍が岩石の割れ目ないし造岩鉍物の間隙を充填して産出し、丸みを帯びた微粒の黄鉄鉍(0.1~0.2mm)を包有している。

79.9～86.5

ホルンフェルス化を受けた安山岩（ブロック状の捕獲岩）。黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染又はフィルム状鉱化が認められる。

86.5～144.0

淡緑色角閃石石英閃緑岩。ホルンフェルス化安山岩の角礫を捕獲，貫入岩自体も角礫化を受けている。黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染及びフィルム状（及びパッチ状）鉱化が認められる。

母岩は深度119mの試料の顕微鏡観察の結果では，プロピライト化の著しい閃緑岩である。造岩鉱物は剪断力による変形を示している。斜長石は一部曹長石化，緑簾石化を受けており，黒雲母は完全に緑泥石及び緑簾石に変質している。

144.0～154.4

緑泥石化が著しい暗灰色安山岩（ブロック状の捕獲岩）。黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染が認められる。

155.4～161.6

淡緑色角閃石石英閃緑岩。ホルンフェルス化を受けた安山岩角礫を捕獲している。黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染又はフィルム状鉱化がわずかに認められる。

161.6～193.3

暗灰色～黒色中粒塊状・緻密優黒質石英閃緑岩。

コア長（1.1 m）～（5.3 m）の角閃石石英緑岩岩脈又はブロック（？）を4枚挟む。

黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染（一部フィルム状鉱化）が認められる。

193.3～220.0

淡緑色角閃石石英閃緑岩。多量の安山岩質凝灰角礫岩を捕獲している。黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染（一部フィルム状鉱化）が認められる。

220.0～229.2

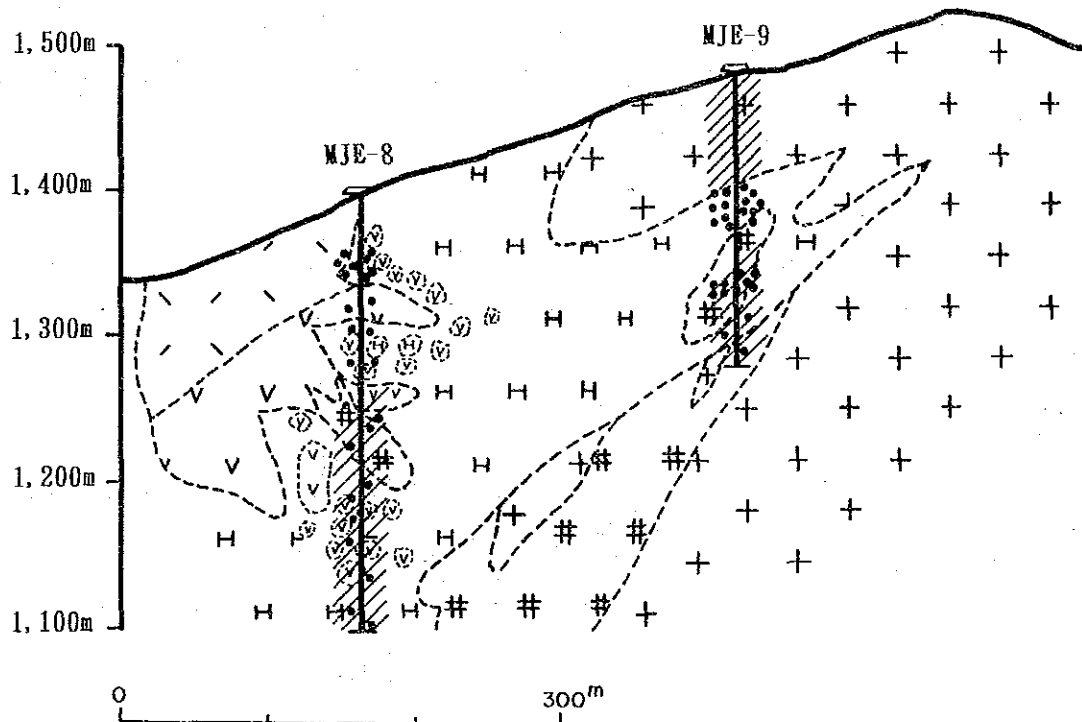
暗緑色安山岩（ブロック）。緑泥石化が著しい。黄銅鉱・黄鉄鉱のフィルム状鉱化を伴い、石英細脈が発達している。

229.2～242.8

淡緑色角閃石石英閃緑岩。局部的に緑泥石化及び粘土化を受けている。黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染又はフィルム状鉱染が認められる。

242.8～247.4

暗青緑色安山岩（ブロック）。黄鉄鉱・黄銅鉱の鉱染がわずかに認められる。



LEGEND

Murchison Formation	B Member	BAa	Quartz bearing schists	Murchison Rocks	Oa	HardAnk - Bkls quartz dikes	
		BTI	Andesite pyroclastic rocks		D1	Muscovitic dikes	
		AAa	Andesite		ROa	Bkls - hornblende quartz dikes	
		A Member	ATI		Andesite pyroclastic rocks	•••	Mineralized zone
			ABT		Basalt massive fine tuff	≡	Siliceous zone
				//	Argillized zone		

Fig. II-3-6 Geological section of drill holes MJE-8 and 9

247.4~251.4

緑色角閃石石英閃緑岩。著しい緑泥を石化を受け、黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染が認められる。

251.4~265.0

暗青緑色安山岩（ブロック）。角礫化著しく、割れ目に沿って角閃石石英閃緑岩が貫入している。わずかながら黄鉄鉱・黄銅鉱の鉱染が認められる。

265.0~301.0

緑青色角閃石石英閃緑岩。局部的に安山岩角礫を多量に捕獲している他、黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染が認められる。

(2) M J E - 9 孔

0m ~ 27.8 m

表土層（マサ土）

27.8 ~ 76.5

灰色、粗粒、塊状緻密花崗閃緑岩。局部的に安山岩角礫を多量に捕獲しているところがある。黄鉄鉱が普遍的に認められるが黄銅鉱は極く微量認められるにすぎない。

76.5 ~ 104.0

青緑色、中粒、角閃石石英閃緑岩。黄鉄鉱 > 黄銅鉱・輝水鉛鉱の鉱染が認められる。また緑泥石・緑簾石も普遍的に認められる。

母岩は深度100mの試料の顕微鏡観察の結果では、プロピライト化の著しい石英閃緑岩を示す。造岩鉱物は剪断力による変形を示している。斜長石は僅かに曹長石化、緑簾石化を受けており、黒雲母は完全に緑泥石及び緑簾石に変質している。

鉱化が認められる部分（深度 93.2m）の研磨片観察結果では、0.1 ~ 0.3mm 或いは更に微粒の黄銅鉱が鉱染状に産する。また微粒の黄鉄鉱（0.3 ~ 0.4mm）も単結晶として鉱染している。磁鉄鉱は観察されなかった

104.0~125.3

暗青緑色、優黒質石英閃緑岩。ホルンフェルス化著しい（二次黒雲母）く、黄鉄鉱 > 黄銅鉱 > 輝水鉛鉱の鉱染及び緑泥石・緑簾石が認められる。

125.3~169.4

青緑色、角閃石石英閃緑岩。局部的に暗青緑色斑状安山岩（？）を捕獲している。

黄鉄鉱・黄銅鉱及び極く微量の輝水鉛鉱の鉱染又はフィルム状鉱化が認められる。また緑泥石・緑簾石も普遍的に認められる。

169.4~205.0

暗緑青色，優黒質石英閃緑岩。本岩体内にコア長9.2 mの暗緑色角閃石英閃緑岩の貫入がある。黄鉄鉱>黄銅鉱の鉱染がわずかながら認められる。また，緑泥石・緑簾石も普遍的に認められる。

2-3-4 考 察

MJ E-8孔では，着盤以降，肉眼的にも相当量の黄銅鉱が認められた。鉱石品位分析の結果は，深度21~102m間で次のような品位が得られた。

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

また，それ以深については全体の品位は下がるものの<部分的にCu : 0.10%以上の所を列記すると深度108 ~110m間でCu : 0.29%深度124 ~132m間で平均Cu : 0.12%，深度170 ~172m間でCu : 0.32%となる。

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のみならず，角閃石石英閃緑岩自体も角礫化されている部分に認められる。また，本孔の孔底まで断続的にCuの鉱化作用が認められる。

MJ E-9孔では，肉眼的に相当量の黄鉄鉱と少量の黄銅鉱が認められた。鉱石品位分析の結果，比較的品位の高い部分では次のような品位が得られた。

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

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

また，上記以外に部分的にCu : 0.10%以上の所を列記すると深度36~37m 間でCu : 0.19% ; 深度52~53m 間でCu : 0.12% ; 深度116 ~117m間でCu : 0.17%となる。全体としてMJ E-8孔よりは平均品位は低かった。

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，MJ E-8孔同様剪断力による造岩鉱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胚胎している。また本孔においてもCu鉱化作用は，断続的に孔底まで観察された。