

このような事実より、地表の鉱徴は弱い、周辺にプロピライト変質を持ち、SIP測線両端にパイライト シェルを持ったポーフィリー型銅鉄床が潜在する可能性もある。

したがって、試錐を行うとすればこの仮説が成り立つかどうかを検証するため、SIP測線中央付近に深度400~500mの構造試錐を実施し、この異常の性格を明らかにすることも考えられる。

3-5 ボーリング調査

実施された5孔のボーリングの掘進位置、孔口標高、掘進深度、孔方向等をTable 6に示す。

これら全てのボーリング孔は、さきにコロンビア側で実施した地化学探査により抽出された Piedra Sentada 地区の中央部にNE-SW方向に伸長する楕円形(約2km×3km)の地質、地化学異常域にて実施された。このうちCJM-1, CJM-2, CJM-3の各孔は前年次に実施された物理探査SIP法による異常帯と鉱化作用との関係を追求するために、SIPの測線上に配置された。また他の2孔は上記のボーリング箇所を南北延長を探査するために、北方及び南方に各1孔ずつ実施された。

Table 6 ピエドラセターダ地区ボーリング孔一覧表

孔名	経緯 距離	孔口標高 (m)	深 度 (m)	孔方向	目 的
CJM-1	X= 732,720 Y= 1,027,560	1,321	301.8	垂 直	東部SIP強異常帯の検証
CJM-2	X= 733,000 Y= 1,027,080	1,285	351.4	垂 直	中央部SIP弱異常帯の検証
CJM-3	X= 733,030 Y= 1,026,480	1,247	300.6	垂 直	西部SIP強異常帯の検証
CJM-4	X= 733,340 Y= 1,026,740	1,220	351.2	垂 直	CJM-2孔, CJM-3孔の北方延長部探査
CJM-5	X= 732,000 Y= 1,027,150	1,280	350.6	垂 直	CJM-1孔, CJM-2孔, CJM-3孔の南方延長部探査

ボーリング調査の結果判明した事項は次のとおりである。

1) 地 質

ボーリングの5孔は全て酸性～中性貫入岩の分布する地点にて実施されたが、これらの貫入岩は次の3岩相に大別される。即ち

①灰色、中～細粒安山岩質玢岩、②灰色～灰白色中粒等粒状組織の閃緑岩または細粒閃緑岩及び③灰白色粗粒斑状組織の顕著な石英安山岩質斑岩または花崗閃緑岩質斑岩である。

前二者の相互関係は明らかでないが、③の斑岩は前二者に対して明瞭な急冷周縁相を持って接しており、貫入岩中最末期の生成物であることを示している。

鏡下の観察では、安山岩質玢岩は(CJM-3, 25.5m)半自形粒状組織を呈するが、強い変質作用を受けているため有色鉱物としては二次生成と見られる黒雲母、緑泥石、緑れん石、及び絹雲母が、また、透明鉱物としては自形ないし半自形の石英と半自形～他形の斜長石が認められる。

閃緑岩または細粒閃緑岩は、見かけは等粒状であるが、鏡下では斑状組織が明瞭に認められる。(CJM-2, 39.6m, CJM-2, 53.1m, CJM-2, 94.4m)

鉱物組成は角閃石-黒雲母-斜長石-石英を示し角閃石と斜長石を多量に含むことを特徴とする。

石英安山岩質斑岩は、閃緑岩と同じ主成分鉱物組成を有するが、自形かつ粗粒の黒雲母と石英に富むことが特徴的である。

2) 変質作用

貫入岩体中に肉眼鑑定された変質作用は鉱染状及び節理沿いの緑れん石、緑泥石化作用と、石英脈ないし岩石の白色緻密化を伴う珪化作用であるが、前者は全孔にわたり、量の多少はあるが認められる。一方珪化作用はCJM-1, CJM-2, CJM-5の各孔に多く観察されており、特にCJM-2, CJM-5の各孔では深部において強くなる傾向がある。

更にCJM-1, CJM-2, CJM-3孔より16個の薄片を作製し、それらの鏡下観察によれば、貫入岩中に普遍的に認められるのは、炭酸塩化作用であり、ついで黒雲母化作用、珪化作用、緑れん石化-緑泥石化作用となっている。黒雲母化作用はCJM-2孔に最も多く認められる。

また、CJM-1, CJM-2, CJM-3の各孔から合計10試料を採取し、これらにX線回折を行った結果、緑泥石の量が、CJM-2孔を中心として外側へ行くほど増加し、カリ長石はこれと反対の傾向を示している。

以上の諸事実を総合すると、本地区は、変質帯の区分では緑泥石-緑れん石を含むプロピライト帯と、黒雲母化作用を伴うカリウム添加帯とが混合しており、変質作用の中心はCJM-2孔のごく近傍にあると想定される。

3) 鉍化作用

ボーリング調査によって、本地区内の鉍化作用には二つのタイプのあることが明らかとなった。一つは貫入岩体及び被貫入岩体中に硫化物が鉍染状ないし細脈状をなすポーフイリーカッパー型であり、他は被貫入岩である緑色火山岩中の層状磁鉄鉍鉍化作用である。前者は地表調査及びボーリング5孔の全孔に観察されるが、後者は緑色火山岩に達したCJM-3, CJM-4, CJM-5の3孔中で認められた。

磁鉄鉍鉍化作用は黒色細粒緻密なものと同豆大のピソライト状を呈するものがあり、CJM-3孔の深度5.65~6.14m, CJM-4孔の深度3.34~4.25m, 180.8~187.0m, 202.2~203.0m, 244.4~246.8m, CJM-5孔の深度119.6~123.2m, 149.6~155.6m, 218.6~220.0m, 222.8~225.8m, 272.8~276.6mの各深度において捕捉されている。分析の結果鉄の含有量はCJM-3, 58.5~60.0mにて20%を示した。

磁鉄鉍層と接する貫入岩には、境界部に急冷周縁相を有する箇所(CJM-5, 244.4m)も観察され、かつ磁鉄鉍層を切って硫化鉄鉍の鉍染及び細脈鉍化が認められる。従って磁鉄鉍鉍化作用は硫化鉄鉍の鉍化作用以前に生成したものと考えられる。

ボーリングコアにおいて深度15m間隔、かつ1.5m長の四分割試料を分析した結果をまとめると、以下の如くポーフイリーカッパー型の鉍化作用は全般に低品位であった。

試料全体の平均値は金が0.1g/t, 銅が0.03%程度、その他の分析成分である銀, 鉛, 亜鉛, モリブデンは更に低品位であって、経済的鉍床とはなり難い。銅の鉍化作用はCJM-2及びCJM-5孔が他孔よりも若干強い。

CJM-1, CJM-2, CJM-3の各孔において鏡下観察された鉍石鉍物は、黄鉄鉍-黄銅鉍-磁硫鉄鉍-磁鉄鉍等であり、ごく少量の斑銅鉍(CJM-2, 156.4m), キューバ鉍(CJM-1, 148.0m), 四面銅鉍(CJM-2, 190.0m), 車骨鉍(CJM-1, 122m)等の銅鉍物が同定された。また、石英脈に伴い葉片状の輝水鉛鉍がしばしば観察される。

石英脈中の石英結晶に含まれる流体包有物による均質化温度は、CJM-1及びCJM-2孔がほぼ同じ温度の325°-351°を示しており、CJM-2孔では深度150m付近が最高温度を示し、深部において温度低下を示している。

一方、CJM-3孔は平均温度240°-291°(4点)を示し、深度を増すにつれて温度上昇の傾向を示している。これらの温度分布は変質帯の分布とほぼ一致しており、本地区での鉍化作用の局部中心はCJM-2孔の近傍にあることを示している。

4) 貫入岩体の形態

試錐により判明した最も顕著な事項は貫入岩の形態が明らかになったことである。CJM

— 3, CJM-4, CJM-5の各孔は地表の貫入岩分布区域で行われたものであるが、被貫入岩である緑色火山岩類(Diabasa層群相当)が浅所から広範囲にわたって出現した。即ち、貫入岩は漏斗状あるいはキノコの笠の如く浅所で平面的に広がった餅盤状を呈している。

5) SIP異常と鉍化作用との関係

第2年次は、地質調査、地化学探査によって抽出された異常帯中において、物理探査、SIP法により得られた異常部と鉍化作用との関係を検証するために2本のSIP測線上において東から西へCJM-1, CJM-2, CJM-3と3孔のボーリングを実施した。

SIP異常の強さは、測線上の両端部において最大値を示し、中央部に強度の低い異常部が検出された。

異常源の位置は測線両端部では地表浅所に、中央部では地表下200~300mの所に塊状形態で存在すると想定された。

ボーリングの結果、3孔の鉍化作用は、いずれも黄鉄鉍を主とする硫化鉍が鉍染状及び節理沿い石英細脈として出現し、3孔間で硫化鉍物の量に肉眼鑑定上では大きな変化は認められなかった。

中央部にて実施したCJM-2孔は他と比べて高い銅品位を有し、変質分帯や均質化温度からもCJM-2孔の近傍が鉍化作用の局部中心であると予想される。SIP異常部の最強部は銅の最大賦存域の外側を囲み、黄鉄鉍を主とする帯に相当するものと考えられる。

Tabla 7 ピエドラセターダ地区ボーリング孔分析結果のまとめ

Pozo No.	Cantidad de muestras	Análisis (ppm)											
		Au			Ag			Mo					
		Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.			
CJM-1	20	0.08	0.46	0.17	<1	<1	<1	2	22	5.3			
CJM-2	23	0.06	0.30	0.12	<1	2	1.09	2	48	12.9			
CJM-3	19	0.01	0.96	0.14	<1	3	1.32	1	14	6.8			
CJM-4	22	<0.005	0.335	0.095	0.1	0.9	0.29	1	8	2.7			
CJM-5	23	<0.005	1.030	0.102	0.1	1.1	0.27	1	150	17.3			
Total	107	<0.005	1.030	0.12	0.1	3	0.77	1	150	9.24			

Pozo No.	Cantidad de muestras	Análisis (ppm)											
		Cu			Pb			Zn					
		Min.	Max.	Ppom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.			
CJM-1	20	26	387	158	3	10	6.8	10	34	22.6			
CJM-2	23	148	1440	382	6	44	10.9	10	36	19.0			
CJM-3	19	59	910	283	6	62	13.8	11	182	29.7			
CJM-4	22	56	720	250	1	22	2	10	27	17.4			
CJM-5	23	45	1450	389	1	19	1.83	12	70	18.3			
Total	107	26	1450	297	1	62	6.87	10	182	21.1			

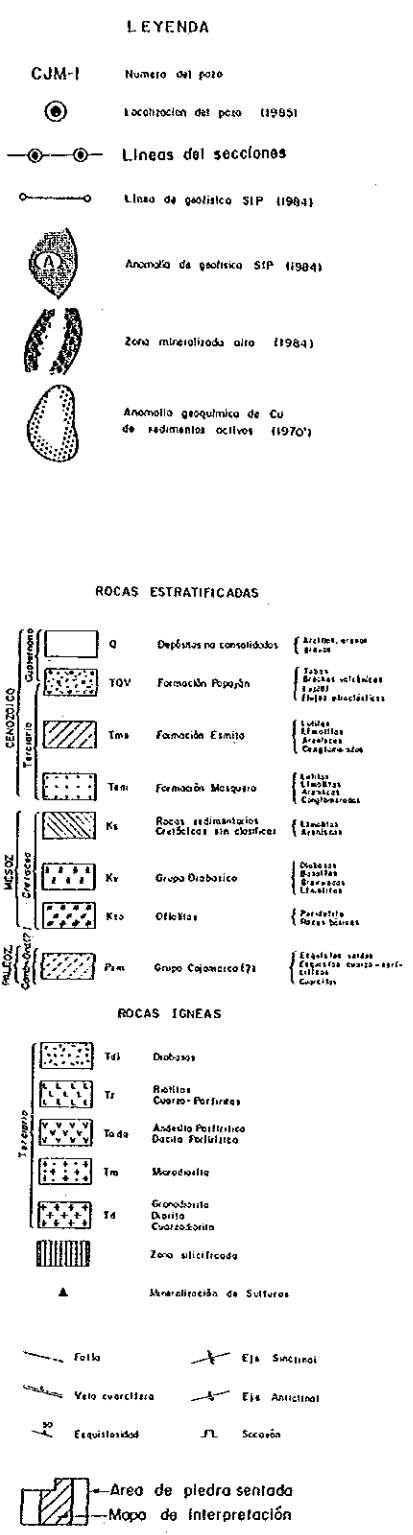
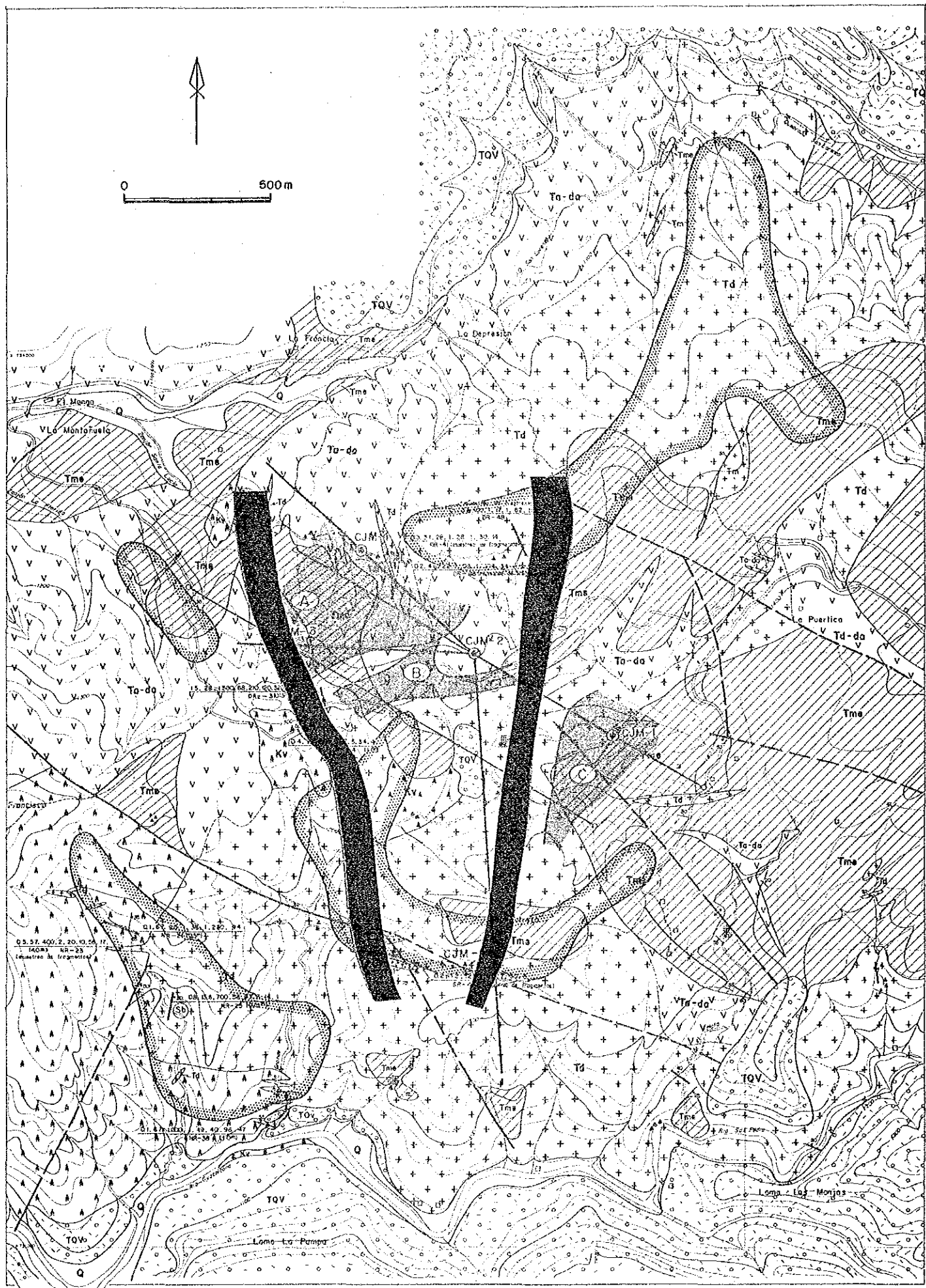


Figura 8 Piedra Blanca área total análisis

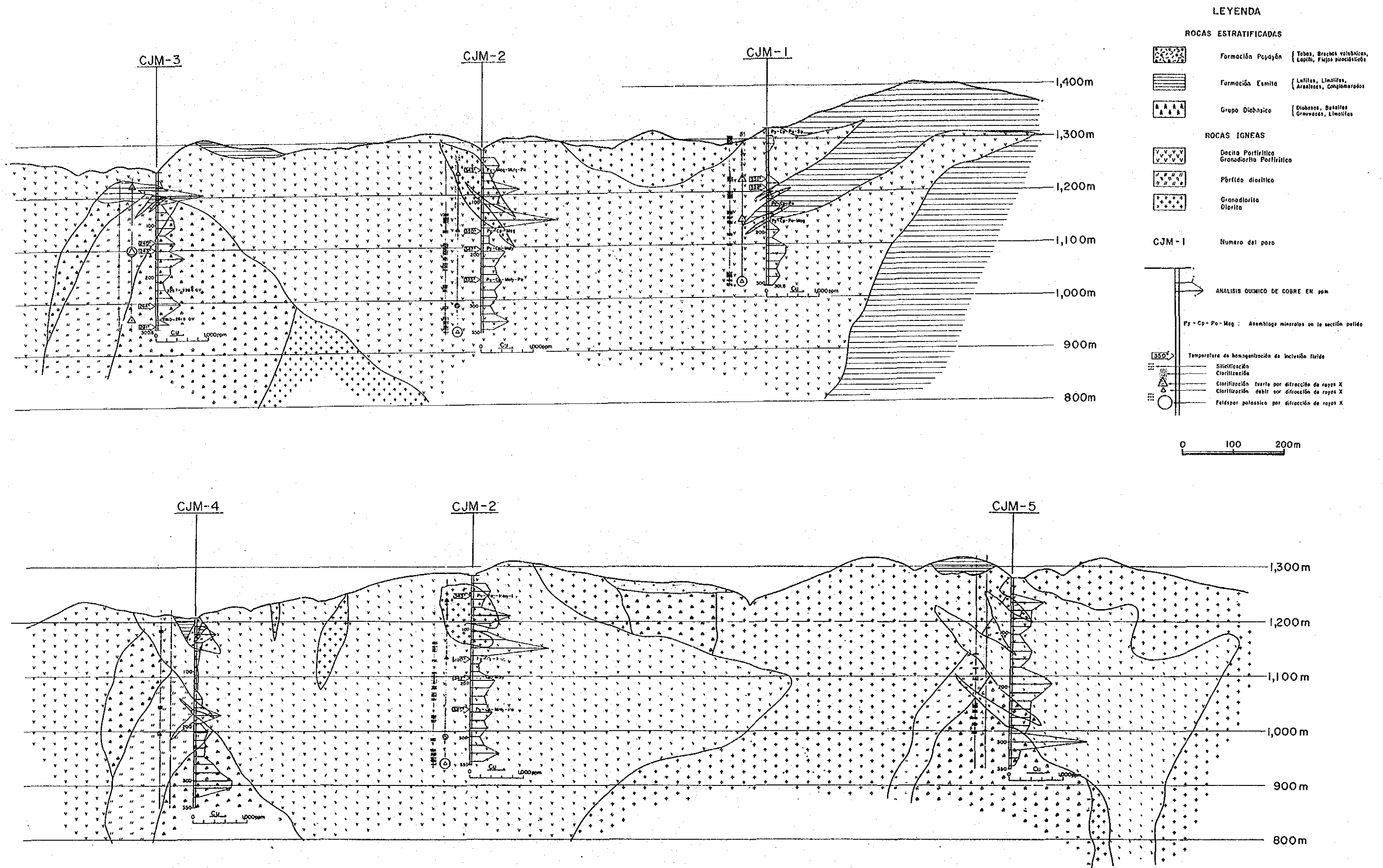


Figura 9 Piedra Centerada地区ボーリング地質断面図

第 4 章 Dominical 地区

4-1 地質及び地質構造

地質は、第三紀の Esmita 層、これに貫入する閃緑岩、石英安山岩、細粒閃緑岩等の岩体及びこれらを被覆する Popayan 層から構成されている。(Figura 10)

Popayan 層は、地区の北部と東部に小範囲に分布するのみで、地区一帯は、Esmita 層とこれを複雑な形で貫く酸性～中性の貫入岩体からなる。

Esmita 層は、灰白色のシルト、砂岩、礫岩から構成され層理が発達している。

貫入岩体の特徴として、地区の北東部に完晶質の閃緑岩質の岩石が分布し、南西部には斑岩質の石英安山岩質の岩石が広く分布する。石英安山岩質の岩体の中心部には、閃緑岩質の岩相が観察されるが、両者は漸移的に変わっている。

地区の北東部には、細粒閃緑岩が閃緑岩体中に分布している。

鏡下観察によると、三種の岩体の構成鉱物はいずれも有色鉱物として黒雲母、普通角閃石を 10-20% (by volume) 含み、透明鉱物は斜長石、石英である。

組織と結晶粒径の違いはあるが、いずれもほぼ同一成分の岩体である。

貫入岩体の伸長方向は、1) NE系主方向 2) NW系主方向 2) NW系主方向 4) NS系従方向等を示し、アルマゲール地域内の主要構造線方向に一致している。

4-2 鉱化作用

鉱化作用には鉱染・ネットワーク型と鉱脈型との二種類が認められる。

鉱染・ネットワーク型は、地区の中央部の Vereda La Pampa (ヴェレーダ ラ パンパ) と Vereda Dominical (ヴェレーダ ドミニカル) 間に集中して観察され、母岩は閃緑岩～石英安山岩の貫入岩体である。鉱石鉱物は、黄鉄鉱と少量の黄銅鉱及び輝水鉛鉱であり、これらの初生鉱物は沢の露頭に認められる。

産状は、小裂か充填と鉱染であるが、輝水鉛鉱は常に石英細脈に伴われて産出する。

鉱脈型鉱化作用は、上記の鉱染状鉱化地帯及びその周縁に認められる。

Rio Putis 右岸の鉱脈には硫化鉱物の輝安銅鉱-黄銅鉱が認められる。又、Vereda Dominical 沢中には、輝安銅の採鉱を目的とした坑道跡が少くとも 5箇所認められている。いずれも地表部の酸化帯から坑道が始まっているため鉱脈は、褐色の褐鉄鉱ヤケとなり、初生鉱物は殆んど認められないが、下流の沢中には輝安銅を含む石英脈の転石が見られる。鉱脈は、走向・傾斜 $N45^{\circ}-60^{\circ}W$ 、垂直、脈幅 15-60 cm 程度である。Vereda Dominical, La Pampa 間の沢中には、NW系と NS系の硫化銅鉱脈が発見されている。

このうち試料DDR-11, DNR-11, 及びDNR-30では, 各々Au 4.6, 4.4, 4.2 g/tを示し, 含金量の高いのが注目される。

鉍化作用に伴われる変質作用は, 地区の中央部の鉍染部では, 珪化作用, 粘土化作用を伴うフィリック変質に達する小部分が認められる。周辺の大部分は, 緑れん石-緑泥石化変質を伴うプロピライト化変質の段階である。この中央部の鉍染部の外側では節理沿いの黄鉄鉍化が少量認められるものの, 有色鉍物が明瞭に認められ, 変質作用は微弱となる。

鉍化作用と変質作用から抽出した要探鉍地帯はおよそ, 東西2 km, 南北1.5 kmの楕円形となる。

4-3 地化学調査

地質調査と並行して尾根沿いの土壤地化探を実施した。試料は土壤B層から採取し, 採取地点間隔は400~500 m間隔の地質踏査ルート上において150~250 mである。分析元素はAu, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Ni, Crの8元素である。

試料

試料数がDominical地区, Cerro Negro地区及びLa Medina地区の三地区で合計514個の比較的少ないので, 母集団を推測するうえで全試料を1標本と考え統計処理を施すこととした。

解析方法は, Lepeltier (1969) の関式解法を使用した。

異常値の決定

元素毎の累積度数分布曲線を検討すると次の四群に分けることができる。

- 1) 対数正規分布に近いもの Cu
- 2) 下に凸の屈曲点を1個持つもの Pb, Zn, Cr
- 3) 屈曲点を近接二箇所を持ち, このため累積度数分布曲線が雁行状を呈するもの
..... Mo, Ni, Au
- 4) 離散型の数値のため曲線を描けぬもの ... Ag

累積度数分布曲線の屈曲点は, 異なる母集団の接合部を近似していると考え, 屈曲点位置をしきい値として採用した。

しきい値並びに全試料の平均値, 質別平均値を次表 (Table 8) にまとめて表示する。

成分間の相関関係では, Ni - Cr が極めて高い相関性を示す (相関係数, 0.87) 他, Pb - Mo (0.40), Cu - Mo (0.34) と Mo に対して Pb, 及び Cu が弱い相関性を示している。この他の成分間では相関係数の絶対値が 0.1 以下となり殆んど相関が無いと言っても良い。

異常域の抽出及び評価

ドミニカル地区において抽出された地化学異常域及びその評価は次のとおりである。

Cu, Mo の地化学異常帯が地区の中央部の Rio Putis 兩岸に検出された。異常帯の広がり、東西 1 km, 南北 400 m の半月形を呈している。

地質調査の所見を加えるとこの異常帯は、更に西方に拡大すると考えられる。

上記の他に Au の異常帯が調査地区の南部をほぼ東西方向に走る道路上の 2 箇所検出された。

Cu - Mo 地化学異常帯は、地質調査時に判明した貫入岩類中の鉍化部と一致している。この異常帯の外縁には Sb, Cu, Au, Ag 等の脈状鉍床が点在し、又、Zn, Cr の地化学弱異常も点在分布する。即ち Cu - Mo 地化学異常帯を中心とする鉍化圏の存在が推定される。

Au 異常帯は、土壤中の含有量が 1 ppm を越える高品位のもので西流する La Laja (ララハ) 谷水系を取巻く小尾根上に発見されている。Au 異常帯を胚胎する地質は主として酸性貫入岩体である。第 1 年次の調査では試料採取の密度が粗いため異常帯が局在化されている疑いもあり、Au の品位が高いので、Au 鉍化を明らかにするため更に精査が必要である。

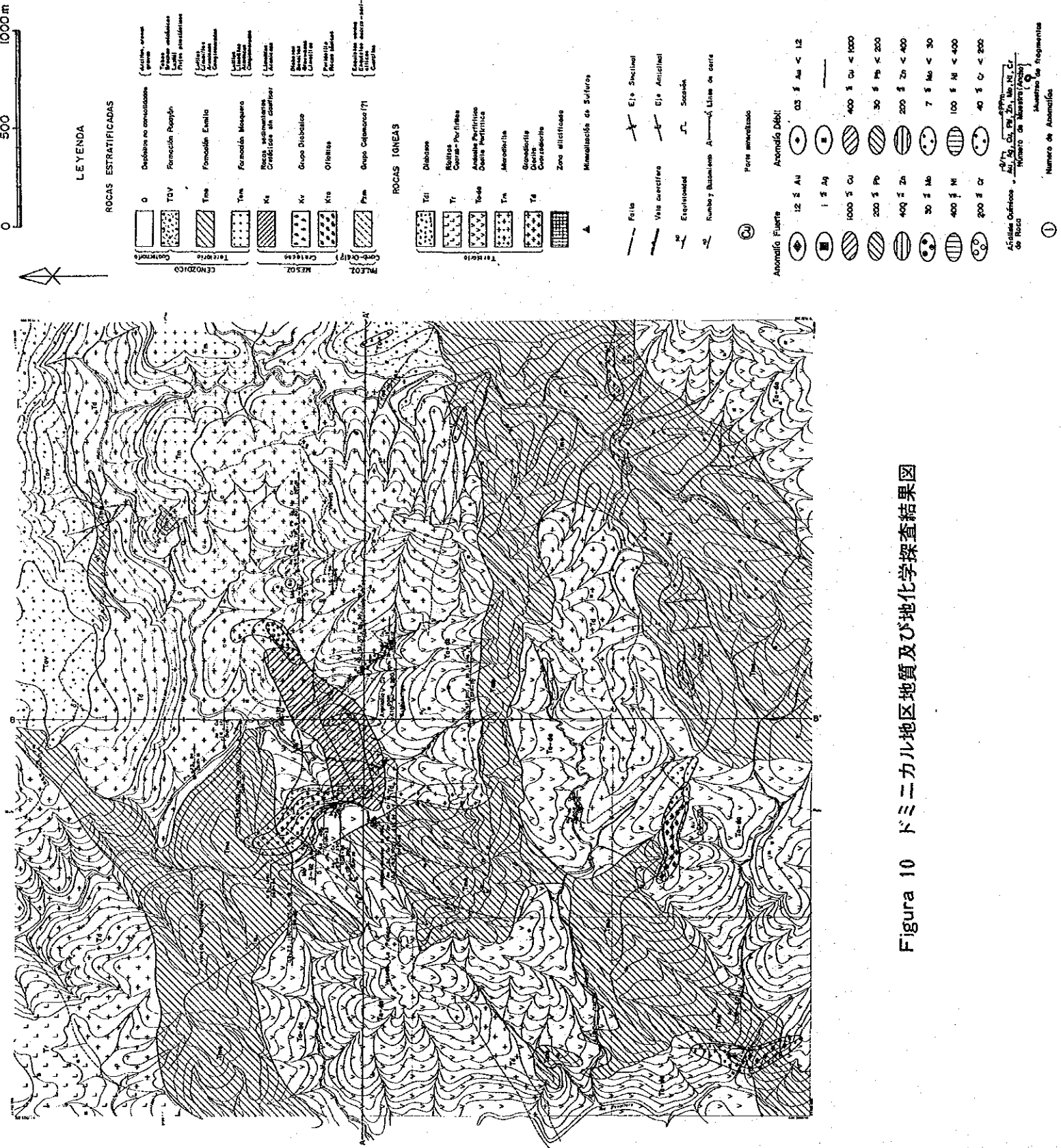


Figura 10 República Dominicana Geology and Geochemical Exploration Results Map

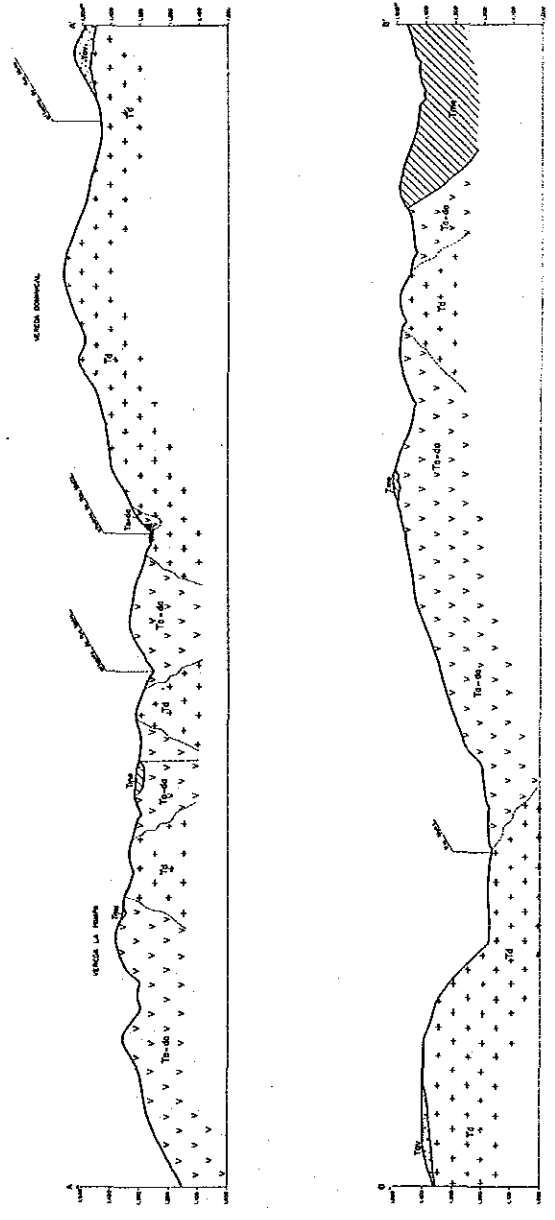


Figura 11 Dominican Republic Regional Geological Cross-sections

Tabla 8 アルマゲール地域精査地区の地化学探査しきい値及び統計数値表

Contenido en ppm

Elemento	Rango Geoquimico		Media	Areas			Rocas Estratificadas					Rocas Igneas	
	Débil	Fuerte		Domin- ical (205)	Cerro Negro (256)	La Medina (53)	Pzm (85)	KrO (19)	Tem (5)	Tme (92)	Tqv (14)	Q (28)	Td (271)
Au	0.3	1.2+	0.09	0.15	0.05	0.03	0.07	0.03	0.03	0.11	0.03	0.02	0.11
Ag	1+	-	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2
Cu	400	1,000+	104	79	136	46	102	88	29	35	10	30	143
Pb	30	200+	27	16	39	12	33	14	12	18	24	26	29
Zn	200	400+	63	70	55	76	42	89	35	57	29	43	75
Mo	7	30+	5.7	3.2	8.8	0.5	8.1	0.5	0.5	3.8	1.5	5.3	6.3
Ni	100	400+	35	12	23	189	29	458	15	14	13	13	19
Cr	40	200+	58	27	57	180	67	414	34	31	28	34	44

Q Depósitos no consolidado

Tqv Formación Popayán

Tme Formación Esmita

Tem Formación Mosquera

KrO Ofiolitas

Pzm Grupo Cajamarca(?)

Td Rocas Igneas

4-4 物理探査

物理探査は電気探査法の一つであるIP法及びSIP法を採用して、Dominical地区の中央部にて捕捉されたポーフィリーカッパー型(PC型)鉱徴の検討を実施した。

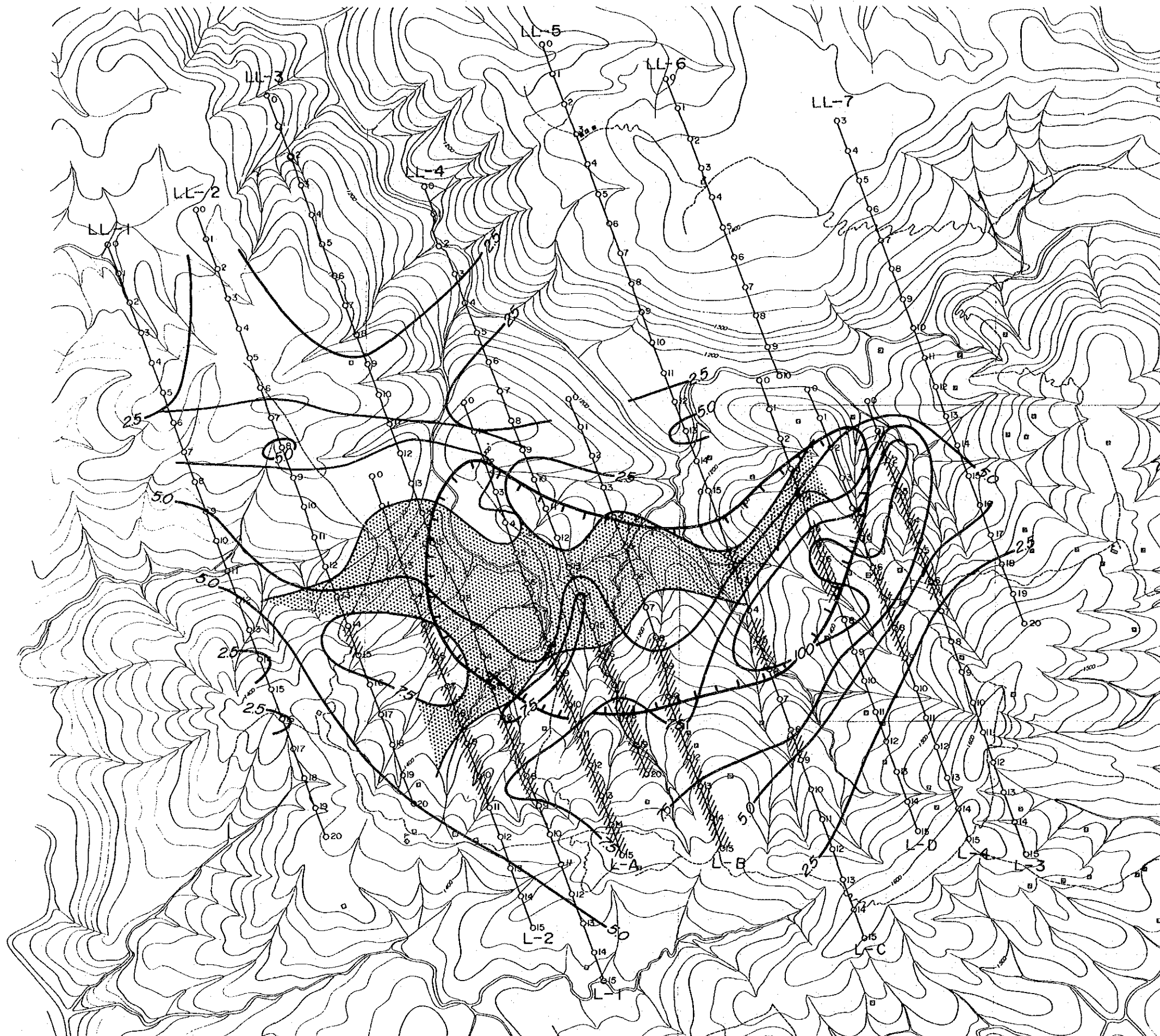
調査は2年間にわたり、地化学異常域を中心とする東西2.5 km、南北2.5 kmの方形地区内に13測線を150 mから300 m間隔に配置した。

調査の結果判明した事項をまとめると次のとおりである。



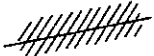

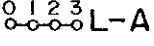
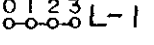
- 1) 調査地域の中央部に低比抵抗帯がほぼ東西方向に捕捉された。この低比抵抗帯は地表地質との相関は少なく、むしろPFE平面分布の傾向に類似すること、さらに地化学探査異常や地表で確認された熱水変質帯を包含することから、これらの異常をもたらした鉱化変質作用との関連が大きいと考えられる。
- 2) 2%以上の中～強PFE異常は調査域全体にほぼ円形の分布を示した。その中で5%以上の中～強PFE異常は、東西両方向ともその分布を閉じることが確認された。また北側への伸長は認められず、地化学探査異常を取り巻く形状でその南側に半月状に分布する形態が明らかとなった。これによって鉱化の中心はより明確化された。
- 3) 物性測定ではいずれの岩石も比抵抗の変差が大きい、特に閃緑岩類(Td)においては大きく、変質作用による比抵抗変化をより多く受けていると考え得る。このほかEsmita層(Tme)にも3%以上のPFE値を示す試料が存在し、Esmita層(Tme)への火成岩の貫入活動が存在した事実と合致している。
- 4) 強PFE応答体は物性測定結果や現地露岩の状況から、主に閃緑岩類(Td)又は玢岩類(Ta-da)中に広範囲に分布する黄鉄鉱を主とする硫化鉱物の分布を示すと考えられた。又解析結果シミュレーションモデルと試錐との対比によって、強いPFE応答体は高品位の黄鉄鉱の濃集部であることが確認された。
- 5) PC型鉱床の一般図式は、銅鉱化帯に随伴する黄鉄鉱帯が強PFE異常を示し、その内側に分布する銅鉱化帯はこの強PFE異常に包み込まれる形状で、やや弱いPFE異常を示す場合が多い。本地域の場合、銅鉱化に強い相関が認められる白色変質帯が地化学探査異常帯を伴って中PFE異常帯の中に分布し、これを囲む形状で、その南側に黄鉄鉱帯の分布を意味する強PFE帯が存在しており、上述の一般モデルと調和的である。

4-5 ボーリング調査

当地区にて実施した6孔のボーリングの位置・深度・調査目的などは次表にまとめて示されている。ボーリング孔は地化学異常帯を中心として、これを縁取る物理探査異常帯を含めて調査するように配置された。(Figura 10 参照)



Legenda

-  Zona de PFE entre 7.5 y 2.5%, y de AR menos de 250 Ω·m
-  Zona alteración de silicificación y caolinización en superficie
-  Cuerpos causantes calculados mas de 10% de PFE
-  Isolíneas de PFE
-  Líneas de SIP
-  Líneas de IP

0 400m

Figura 12 ドミニカル地区物理探査総合図

Tabla 9 ドミニカル地区ボーリング孔一覧表

試錐番号	位置	標高 (m)	深度 (m)	方向	目的
CJM-6	X = 728,494 Y = 1,027,967	1260	351.5	Vertical	地質・地化学異常帯東部 かつ, SIP弱異常
CJM-7	X = 728,400 Y = 1,027,540	1318	351.0	Vertical	地質・地化学異常帯中心 かつ, SIP弱異常
CJM-8	X = 728,745 Y = 1,027,390	1325	351.0	Vertical	地質・地化学異常帯北部 かつ, SIP弱異常
CJM-9	X = 728,200 Y = 1,028,145	1330	351.2	Vertical	SIP強異常帯 地化学異常の南東外縁
CJM-10	X = 727,890 Y = 1,027,736	1420	351.5	Vertical	SIP強異常帯 地化学異常の南外縁
CJM-11	X = 728,250 Y = 1,027,250	1365	301.5	Vertical	地質・地化学異常帯の西部 SIP強異常

ボーリング調査によって判明した事項は以下のとおりである。

1) 地質

孔内地質は第三紀中新世とされる Esmita 層 (頁岩, シルト岩, 砂岩, 礫岩) と, これを貫く石英安山岩 (Tda) ないし花崗閃緑岩 (Tgd) 及び安山岩質粉岩 (Ta) ないし閃緑岩質粉岩 (Td) から成る。

Tda ~ Tgd は Esmita 層と急冷周縁相をもって接しており (CJM-8 深度 103.3 m 及び 143.8 m), 明らかな貫入関係を示している。Tda ~ Tgd と Ta ~ Td との関係は切ったり (CJM-10 深度 220.8 m), 切られたり (CJM-10 深度 69.6 m) しており, 明瞭な境界が観察されず漸移関係とみられるところ (CJM-11 深度 190 m 前後, CJM-9 深度 260 m 前後) もある。検鏡観察によると Tda ~ Tgd, Ta ~ Td はいずれも斑状組織を有し, 主要構成鉱物は斜長石, 石英, 角閃石, 随伴鉱物としてアパタイト, 不透明鉱物, シルコン等から成り, 類似の鉱物組成を示している。

以上の事実から Tda - Tgd と Ta ~ Td とは同源マグマから晶出と考えられる。

2) 変質作用

本地区の露天化作用は亜熱帯気候とあいまって地表下 20~30 m に達しており, 地質の判

定が困難であった。

第3年次は6孔の試錐を実施するため、試錐座を開き、孔間移動のための道路作成をすることにより表土を剥いだ連続露頭が多量に観察された。

地表地質では第一年次に抽出された地化学異常帯を中心として変質の帯状分布が確認された。

即ち、中央部の地化学異常帯にほぼ重なる地域は、珪化作用、カオリン化作用等の白色変質帯が卓越する。これを取り巻き周縁部では緑泥石、緑れん石が目立つ緑色のプロピライト変質帯を呈している。

ボーリング孔は、白色変質帯中から4孔、その南縁部から2孔実施されたが、6孔中5孔にて深部が緑色のプロピライト変質帯に変わることが判明した。

またボーリング各孔から50mないし100mの間隔で鉍床母岩となっている貫入岩の試料を採取し粉末X線回折に供した。その結果を概観すると、石英、斜長石は殆んど全ての試料で観察されるが、この他に炭酸塩鉍物、絹雲母が普遍的に出現すること、初生の有色鉍物が極めて乏しいこと、カオリナイトと緑泥石とは共生しないこと等が判明する。カオリナイトは珪化作用と共に白色変質帯に観察され、緑泥石はその外側のプロピライト変質帯を特徴づけている。

3) 鉍化作用

ボーリング孔にて観察される鉍化作用は母岩中に硫化鉍物や酸化鉍物が鉍染状、細脈充填状及び石英細脈に伴われて出現するポーフイリーカッパー型の鉍化作用である。白色変質帯において銅鉍化が強く、その周囲の緑色プロピライト帯では銅鉍化が弱く黄鉄鉍化が強くなる。

主要鉍石鉍物は黄鉄鉍、黄銅鉍、輝水鉛鉍、磁鉄鉍、赤鉄鉍であり、鏡下観察により四面銅鉍(CJM-7, 深度 81.0m CJM-9, 深度 40.2m CJM-10, 深度 196.5m 及び306.5m), 斑銅鉍(CJM-7, 深度 46.3m 及び91.8m CJM-7, 深度 81.0m), 閃亜鉛鉍(CJM-6, 深度 46.3m, CJM-9, 深度 40.2m, 201.0m, CLM-10, 深度 63.6m, 196.5m)等が少量観察された。

黄鉄鉍化作用は自形ないし他形を呈し、鉍染状あるいは集合状に普遍的に認められ、容積比で4~5%に達するところもある。

黄銅鉍は黄鉄鉍の周辺に鉍染状に産し、黄鉄鉍量に比べて10分の1以下の量である。

輝水鉛鉍は常に石英細脈中に葉片状に認められ、黄鉄鉍、黄銅鉍を伴うことが多い。

ボーリング孔の分析は15mないし30m間隔に、採取長2mの2分割のコアを供し、Cu, Mo, Auの3元素を分析した。

統計的解析により分析元素間ではCu-Mo, Au-Cu間に正の相関関係があることが

判明した。

孔別の分析値（単位ppm）は次のようにまとめられる。

Table 10 ドミニカル地区ボーリング孔分析結果のまとめ

	CJM-6	CJM-7	CJM-8	CJM-9	CJM-10	CJM-11	全 体
分析件数	23	23	11	22	22	10	111
Cu range (ppm) 平均	32~1200 341	17~2120 882	5~1360 149	222~1050 473	100~1160 507	100~680 286	5 ~ 2120 488
An range (ppm) 平均	0.04~0.40 0.18	0.01~1.10 0.30	0.01~1.30 0.22	0.13~0.34 0.12	0.08~0.74 0.19	0.06~0.24 0.13	0.01~1.30 0.20
Mo range (ppm) 平均	3 ~ 128 26	6 ~ 134 48	2 ~ 130 19	9 ~ 152 40	7 ~ 121 42	5 ~ 23 12	2 ~ 152 35
Nota (ppm)		0~225m間 Cu 570~2120 平均 1328 Au 0.14 ~0.74 平均 0.33	Cu (除 1360) 平均 28 Au (除 1.3) 平均 0.11				

相関係数

	Au	Cu	Mo
Au	1.00	0.36	0.19
Cu	—	1.00	0.63
Mo	—	—	1.00

分析値の平均はCu 0.05%, Au 0.2g/t, Mo 0.004% と低品位であり、最良の箇所はCJM-7孔の0~225mまでのCu 0.13%, Au 0.33g/tを示した。この品位でも稼行品位にはほど遠く、本地区の鉱化作用は経済性を有する鉱床とはなり難い。

4) 均質化温度

均質化温度の検討には各孔あたり3箇、CJM-7孔のみ4箇の石英脈を含む鉍化した岩石を採取した。

供試料19試料のうち11試料は気相、液相、固相を含む多相包有物を有し、3試料は気相、液相の二相包有物、CJM-8孔の3試料を含む5試料からは流体包有物は検出されなかった。

包有物の大きさは数 μ から40 μ にわたり、平均12 μ を示し、石英鉍物中に密集状に生成する。

均質化温度(気相消失温度)の測定値は258 $^{\circ}\text{C}$ ~490 $^{\circ}\text{C}$ にわたり、490 $^{\circ}\text{C}$ を除く平均値は325 $^{\circ}\text{C}$ となる。

塩の結晶を含む流体包有物が多く鉍液の塩濃度が高かったと推定されること、気相消失温度が比較的高いこと、多相包有物を含むものと二相包有物を含むものが、一試料中でも共存しており、鉍液が沸とう状態にあったと推定されること等、斑岩銅鉍床の液体包有物の特徴を示している。

均質化温度の分布はCJM-7孔付近を中心とするキノコの笠状を呈しており、例外なく浅部の方が、深部よりも高温を示している。これはボーリングコアの肉眼鑑定の結果、上部の白色変質帯が下部で外縁変質であるプロピライト変質に変わることと良い一致を示している。

5) 物理探査の結果と鉍化作用との関係

SIP法、IP法により判明したFE値は、楕円形を呈する地化学異常と調和的な分布を示している。

すなわち、地化学異常帯は中程度のFE値を示し、これを半月状に囲んで高FE値が地化学異常帯の南側に分布する。これは、ポーフイリー銅鉍床の一般的なパターンとして、銅鉍床を囲んで黄鉄鉍の濃集帯ができるため、ドーナツ状のFE値分布が見られることになる。

当地区で半月状を呈するのは、侵食作用によって北半分が溶出したためでないかと考える。本地区の鉍化帯が可成りの程度の侵食作用を被っているらしいことは、変質帯の帯状分布で上部の珪化・カオリン化の下でプロピライト変質に変わること、均質化温度の分布が上部で高く下部で低くなることから推定される。

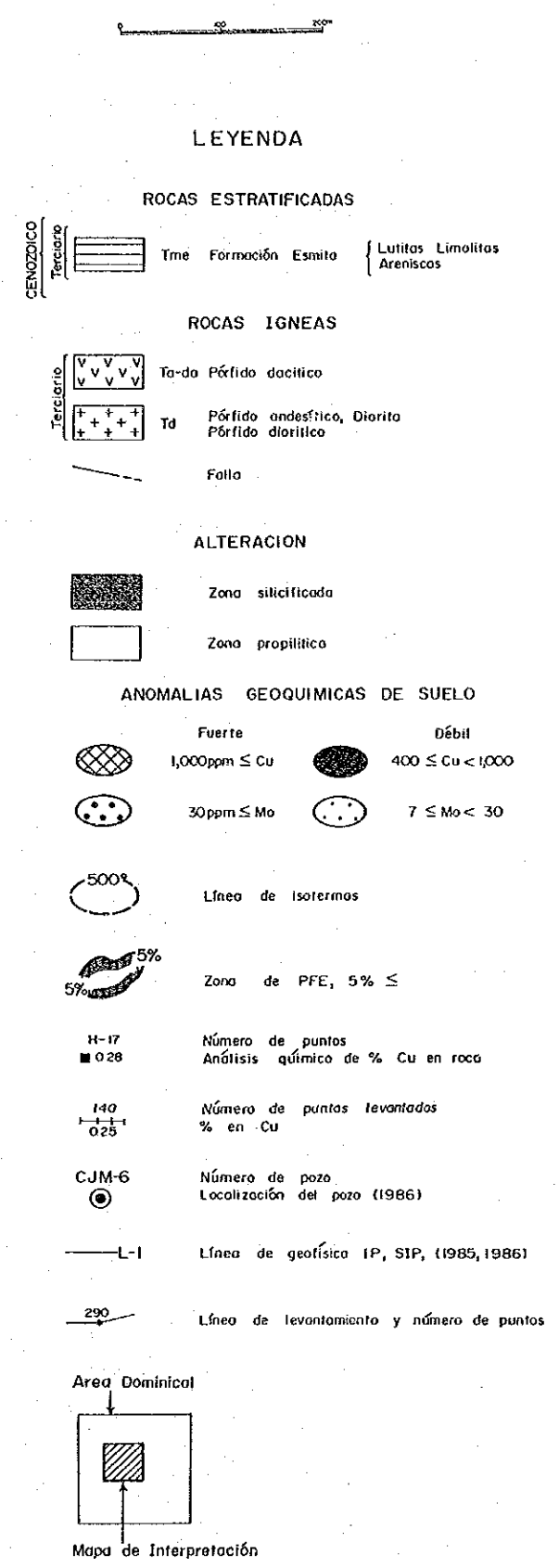
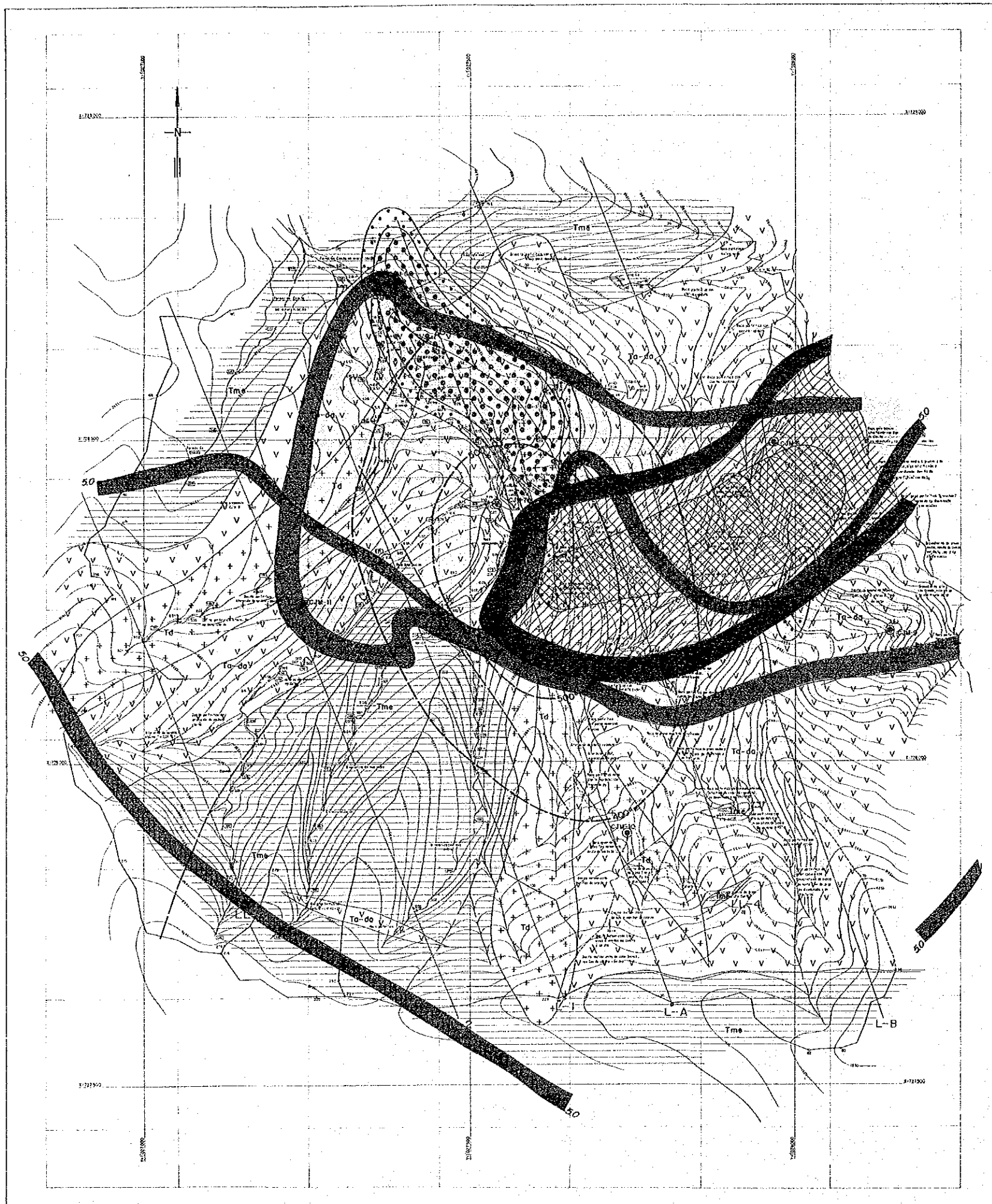


Figura 13 ドミニカル地区総合解析図

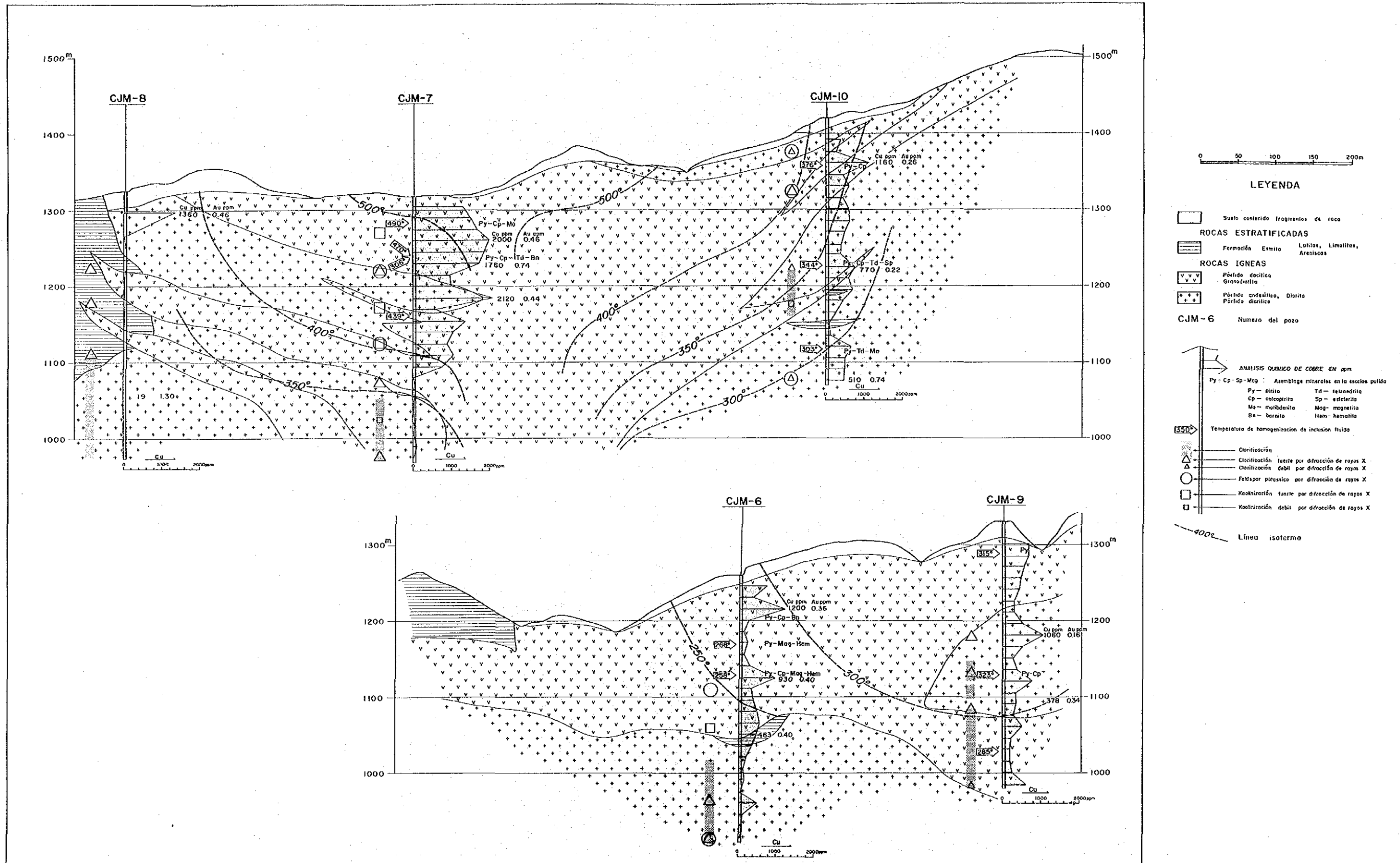


Figura 14 -1 ドミニカル地区ボーリング地質断面図

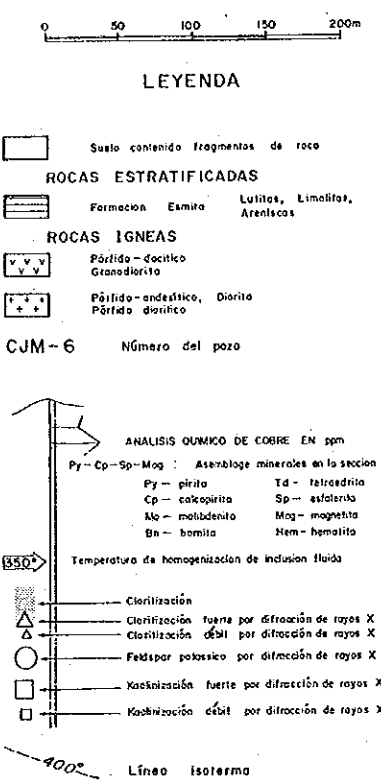
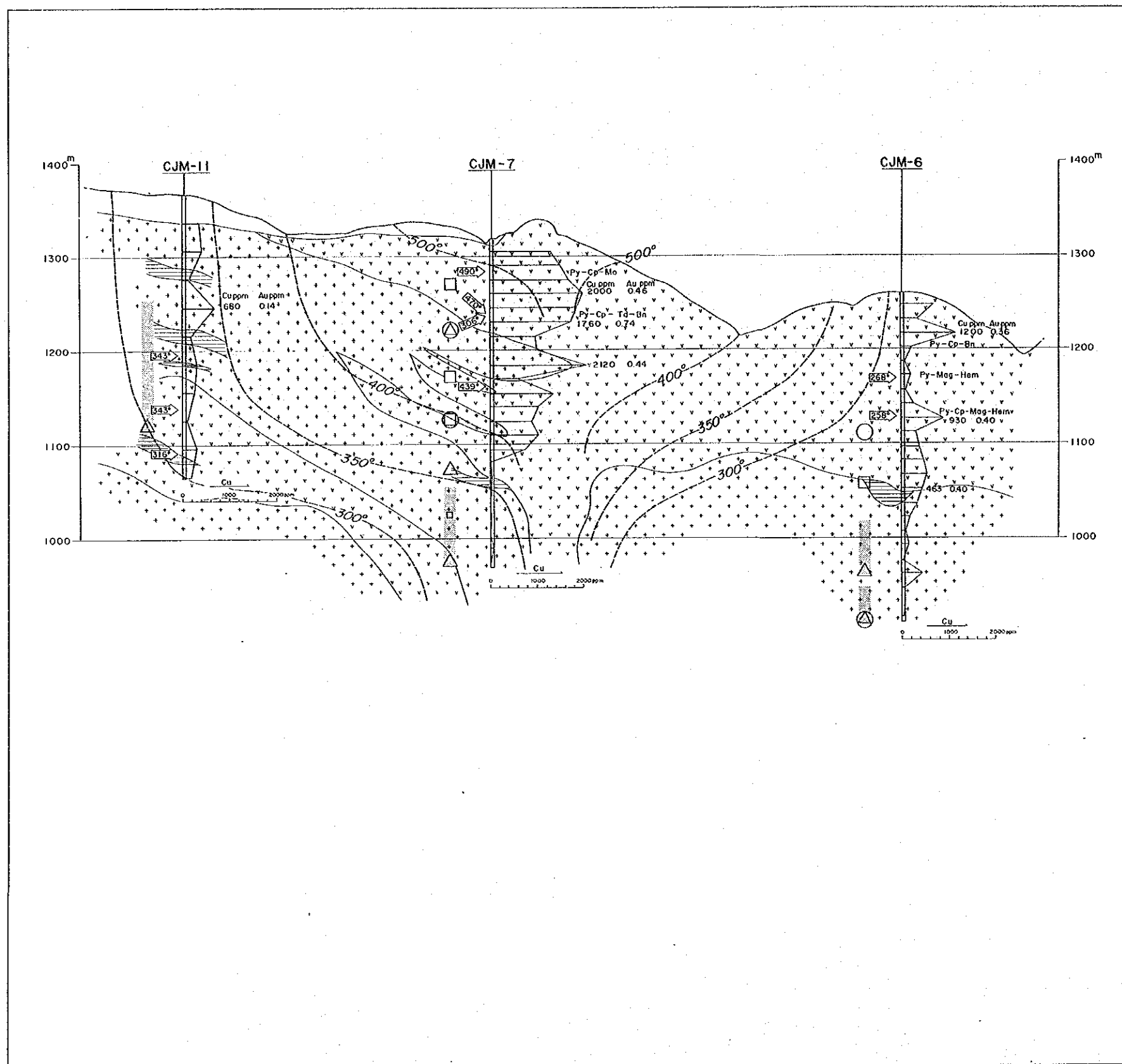


Figura 14 -2 ドミニカル地区ボーリング地質断面図

第5章 Cerro Negro 地区

5-1 地 質

地質は、古生層変成岩類、時代未詳中生層、第三紀 Esmita 層(?), 第四紀火山灰から構成され、貫入岩は、第三紀 Esmita 層(?)迄を貫く石英閃緑岩質～花崗閃緑岩質及び小岩体として安山岩～石英安山岩質斑岩から構成されている。地区の東部は、古生層変成岩類と第三紀の貫入岩が分布し、西部は、複雑な断層運動を伴い古生層、中生層、第三紀層及び貫入岩が交錯して分布している。

○ 古成層変成岩類

本岩類は緑泥石-石英片岩、緑泥石-石墨-石英片岩、珪岩等から成り剥理性に富み、セグレーションによる石英小レンズ体を含んでいる。

片理方向は、バラツキがあるが顕著な方向としてはNE系、SE緩傾斜となる。

鏡下観察(試料番号NDR-13)によると、組成鉱物は、絹雲母、石英を主とし、少量の斜長石、紅柱石、不透明鉱物を伴う。組織は、石英粒が5mm大の眼球状を呈している。

○ 中生層(?)

本岩は、南西隅の尾根に小露出の分布を示しcataclasticな動力変成を受けた堆積岩(頁岩又は砂岩起源?)である。分布が狭少なこと、尾根上のため風化作用も著しいことから、詳細な記載は困難である。

変成岩類とは、断層で接している。

○ 第三紀 Esmita 層(?)

本岩は二箇所分布する。西部の Esmita 層は砂岩、礫岩からなり、分布は、地区の西部で標高2,500m～3,200mの地点に南北方向に連なり、露出する。礫岩の配列方向から走向N-S、傾斜80°Eが読み取られる。

本岩の東西両側及び南部は古生層変成岩類が分布しており、南北方向の断層による地溝状の落ち込みと更にその後の北西方向断層による転位によって現在の分布ができたものと考えられる。北西に分布する Esmita 層はRio Cerro Negro流域の地区北西端に分布している。本岩は砂岩、頁岩から成り層理も殆んど水平となっている。

下位層との関係は、断層で接する。

○ 第四紀火山灰

未凝固の砂質火山灰であるが、一次降下物ではなく地形面に沿う緩傾斜のラミナを示している。

分布の最も広い所は、地区北西の緩傾斜北斜面であるが、尾根では各所に図示困難な小分布を示しているため、地化学探査試料採取に当っては、これを避けることが必要であった。

○ 貫入岩

本岩体は東部の閃緑岩，西部の閃緑岩，及び各地に小岩脈として存在する安山岩質玢岩，石英安山岩質玢岩に分けられる。

東部岩体は，東西 2.5 km，南北 3.5 km の Boss 状を呈し，中心部は，中粒～粗粒の等粒状～文象組織を示し新鮮な岩体をなしている。

周縁部では，斑岩構造を示すようになり（試料番号 NDR-19），又，ペグマタイトの観察されることもある。主要構成鉱物は，角閃石，黒雲母，石英，長石である。

本岩の分岐が観察される Rio Cerro Negro 流域では，周辺砂岩がホルンフェルス化を受け，更に黄鉄鉱の鉱染が観察されている。

西部岩体は，その東側が調査され，西側は調査地区外に伸張しているため，今回は未調査であるがその拡がりは，2 km × 2 km 強である。中粒～粗粒の閃雲花閃岩～花崗閃緑岩であるが，Rio Cerro Negro 川床，その西側の尾根などに石英細脈が多数網状に貫入している。

石英細脈は，弱い褐鉄鉱焼けを示す程度であり，多量の硫化物を含有している徴候は認められていない。

安山岩質玢岩は，石英安山岩質ないし安山岩質の小岩脈として各所に貫入している。

5-2 鉱化作用

鉱化作用としては，脈状鉱床（2箇所）と，西部の貫入岩体に伴われる硫化鉱染が挙げられる。

脈状鉱床（試料番号 CPR-18）は，地区南境界の東西尾根上に観察された。走向 N50°W，傾斜 90°，脈幅 1 m 強の石英脈である。

鏡下の観察により鉱石鉱物として，黄銅鉱，黄鉄鉱が記載され，分析値は，Cu 0.11%，Pb 0.33%，Au 1.0 g/t，Ag 158 g/t を示している。更に NSR-33 は尾根部の転石なので，源は近傍と考えられるが，閃亜鉛鉱～黄鉄鉱石英脈であって脈幅は，少なくとも 15 cm を超えるであろう。本脈は，Au 9.0 g/t，Ag 10.2 g/t の分析値を示し，含金量の高いのが特徴である。

西部貫入岩に伴う鉱染，網状鉱化作用は岩石試料 NNR-5，10 及び 13 の分析の結果，Cu 0.01% 前後，Au 0.4 g/t，Au 0.1 g/t，Au < 0.1 g/t の品位を示し，銅よりも金の方が金属価値が高い。

母岩の変質作用は，脈状鉱床では殆んど脈内に限られる。一方鉱染型の場合，東部岩体は有色鉱物が明瞭に肉眼で識別されるほど新鮮で，変質作用は殆んど認められない。

西部岩体は，石英細脈の網状貫入が著しい。この石英細脈には少量の硫化物しか認められず，又，貫入岩の形態も地区外西方へ伸びているため明らかにされていない。

5-3 地化学探査

調査目的、試料、分析結果、解析方法等は前章 Dominical 地区の記述と同じであるから省略し、抽出された異常域とその評価を記述する。

5-3-1 異常域の抽出及び評価

本地区からは、大小様々かつ多種元素の地化学異常域が抽出された。これらの異常域に番号を付け以下に説明する。

異常域①

異常域は、調査地区の西部に位置し、Cerro Negro 尾根、Rio Cerro Negro 及びその北岸を被覆する地区最大の規模（東西約 1 km、南北約 1 km）を示している。成分元素は、Mo の異常域（8~105 ppm、平均数 ppm と 1 年次調査地区内で最高の含有量を示す）を主とし、これと重複する Pb、更に一部重複しつつ北方に広がる Cr の弱異常から成る。Mo の異常域は、貫入する第三紀酸性岩の分布域と良く一致しており、Pb、Cr の異常域は、推定断層方向とほぼ一致している。地表踏査では、酸性貫入岩中に石英細脈が網目状に発達していることが判明しており、本貫入岩の形態も確定していないので調査をすることが望ましい。

異常域②

調査地区の中央北部に検出された Pb、Cu、Mo の異常域である。この異常域の近傍外側に Ag の異常値が 1 箇所認められる。

地質は、古生層変成岩中に貫入する花崗閃緑岩体の貫入周縁部に相当している。

異常域③

この異常域は、調査地区東部にほぼ北流する Qda, Medellin（メデリン谷）沿いに、南北 2.5 km にわたり分布する Pb、Cr の異常である。中に小範囲の Zn 及び下流域にて Cu の異常域を含有する。

地質は、酸性貫入岩体及び下流域は、古生層変成岩類となる。

本異常域は深く刻まれた谷沿いに発達しており、二次的な運搬作用が大きく働いていると推定される。

異常域④

地区の中央東部の山腹道路沿いに分布する Pb を主とし、Zn、Mo、Cu の小規模な地化学異常域である。地質は、酸性貫入岩である。

各元素の異常帯が散在することや母岩が新鮮な花崗閃緑岩であることを考えると本異常域の鉍化作用は鉍脈型であろうと推定される。

異常域⑤

異常域は、地区の北西部の尾根から北西斜面にかけて分布する Cr 及び尾根部に狭い範囲

て分布する Mo, Pb の異常から成る。

地質は、酸性貫入岩に貫かれた堆積岩及び古生層変成岩類である。

Cr の異常は低品位かつ広範囲に及んでおり、原岩である堆積岩に由来するものと考えられる。一方 Mo, Pb は、この異常域の北西縁部に石英細脈に伴われる Mo 鉍化作用が観察されており、これと同様の鉍脈型鉍化作用に起因するものと考えられる。

異常域⑥

地区の中央部南端の尾根の近く北斜面に分布する Ag の異常域である。

本異常域の南西端の尾根近傍では Au - Ag 石英脈の転石が見られることから、これは脈状鉍床の存在を示す異常域と考えられる。

異常域⑦

本異常は、地区南西部に存在し、東西方向の尾根沿いに分布する Ag の異常域である。

この異常域の中央には、脈幅 1 m を越す含金石英脈が発見されており、地化学異常は、この種の鉍化作用を反映しているものと考えられる。

異常域⑧

地区中央部の南北尾根上に捕捉された異常域⑦と同種類の Ag 異常である。この異常域には、既知鉍徴は、認められていないが、前例から推察すると、極く近傍に Au - Ag 鉍脈の賦存する可能性がある。

異常域⑨

地区中央部南端の Rio Cerro Negro 最上流地に捕捉された Au, Cr の異常域である。地形上から判断すると異常値は周辺岩石に由来しており、上述の異常域⑥～⑧に囲まれた地区にあることから付近に鉍脈型鉍床の賦存する可能性が考えられる。

5-4 考 察

西部貫入岩体には、硫化鉍を伴う石英細脈が数多く観察され、強い珪化作用を被ったことを示している。

現在までの調査では地表の鉍化作用は弱く、地化学探査による Mo 異常が広く検出されるだけであるが、貫入岩の全貌は地区外に貫入岩が伸びるため明らかではない。貫入岩境界部は鉍化作用に対して、しばしば好適な場を提供していることが多い。この西部貫入岩体においてはその西側のひろがりが見事にされていないので、地質調査、地化学探査を行い、鉍化作用が及んでいるかどうかを明らかにする必要がある。

また尾根上の転石である試料番号 NSR-33 は Au 9 g/t と含金量が高く、露頭の追跡調査が必要である。

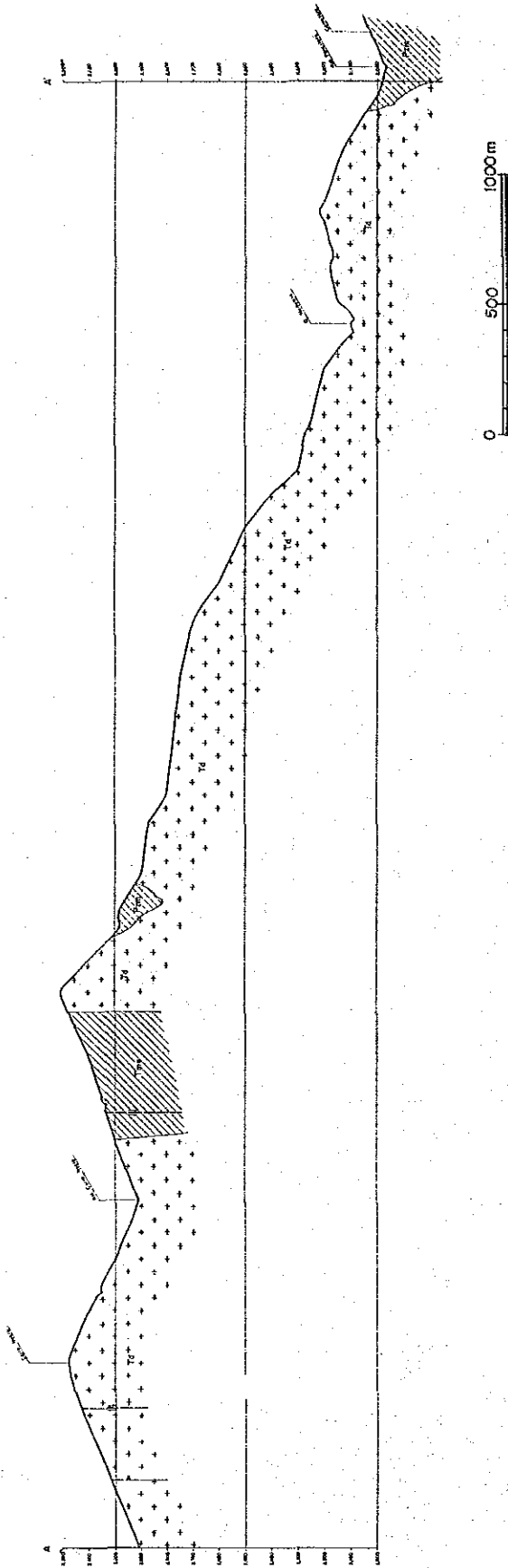


Figure 16 セロネグロ地区地質断面図

第 6 章 La Medina 地区

6-1 地 質

地質は、白亜紀のオフィオライト、第三紀 Mosquera (モスケーラ) 層、第三紀 Esmita 層及びこれらを通る第三紀の石英安山岩質貫入岩体から成っている。(Fig. 17)

オフィオライトは地区の中央部より西部一帯にかけて分布し、石英安山岩はこれを貫き北東～南西に伸びる小丘を形成している。

Mosquera 層は、地区の南東部に分布し、更にその南東側に Esmita 層が分布する。

Mosquera 層 Esmita 層を覆って第四紀の沖積層が形成されている。

オフィオライトは啓晶質な玄武岩から超塩基性岩の混合体をなす。その鏡下特徴は、主要構成鉱物として単斜輝石、斜長石、少量のかんらん石、不透明鉱物を有し、緑泥石化、緑れん石化、曹長石化、沸石化等の変質作用を被っている。

Mosquera 層は、オフィオライトを不整合に被覆し、礫岩、砂岩、シルト岩からなり層理面が明瞭である。

Esmita 層は、狭少な分布を示す灰色砂岩からなり、Mosquera 層の上位に整合的に被覆しているように見える。

石英安山岩貫入岩体は、黒雲母—(角閃石)—斜長石—石英の鉱物組成を示し、特に斜長石の自形結晶(1 cm 大)を生成していることが特徴的である。この貫入岩体中には、所々に塩基性ないし、超塩基性岩の小分布が観察され、ゼノリスとして下部からとり込んだものと考えられる。又、Mosquera 層、Esmita 層の地層傾斜も周辺は一般に 10—15° 程度の緩傾斜であるが、貫入近傍では、急傾斜の 60° 前後を示しており、貫入作用に伴い基盤の堆積岩類が、ひきずり作用を受けたことを示している。

6-2 鉱化作用

本地区では今後探鉱を実施する上で価値のある鉱化作用は認められなかった。又、石英安山岩は全く新鮮で鉱化作用の痕跡も認められなかった。

6-3 地化学探査

前章と同様第 4 章、第 3 節に既述した事項を省き、本地区にて抽出された異常域とその評価を記述する。

6-3-1 異常域の抽出及び評価

本地区に抽出された地化学異常は、Ni—Cr 異常帯である。(Fig. 17)

Ni-Crは1, 2の例外を除き, 常に相関関係の高い異常値を示しており, 異常帯の分布は白亜紀オフィオライトの分布する地域と極めて良く一致している。地化学異常と地質との対応の良さを示せば, オフィオライトは, 石英安山岩岩体に貫かれルーフペンダント状に残っているが, このオフィオライト中では異常値を示し, 周辺の石英安山岩ではNi-Crが低品位となる傾向を示す。Ni-Crの異常帯は, オフィオライトの分布する地域に広がるが, この中にNi Cr 鉱徴は認められておらず母岩の微量化学成分を反映したものと考えられる。

6-4 考 察

本地区を調査対象地区として抽出した最大の理由は, 地化学探査データコンパイル(河床堆積物)によりNi-Cr-Cu特にNi, Crの強異常帯が検出されたためである。しかし1年次調査により塩基性岩の分布することは確認されたが, Ni, Crの顕著な鉱徴は認められず, 過去にこれらを対象とした調査の報告もない。

これらの地化学異常は塩基性岩の通常の化学成分に由来するものであり, 鉱徴と考えられる程の濃集には到達していない。

地形上でもラテライトを生成する程の平坦地形はなく, 鉱床生成の可能性は乏しい。

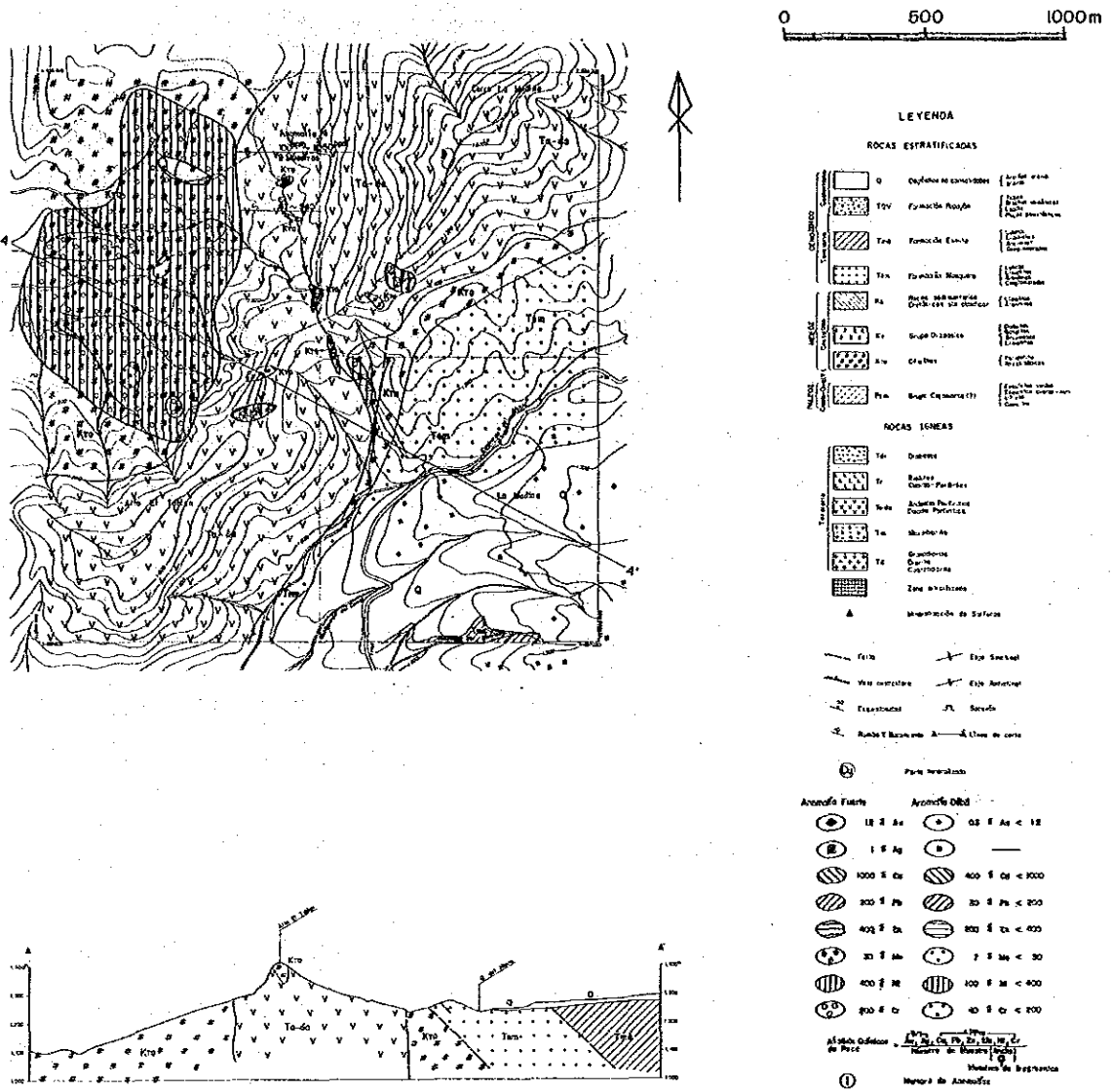


Figura 17 Lamedina地区地質、地化学探査結果図及び地質断面図

第7章 結論及び提言

7-1 結論

アルマゲール地域において既存の探査データを机上検討して、13箇所の有望地区を選定し、このうちから有望性のより高いと考えられた4地区について現地調査を実施した。調査の結果Cu-Moの地化学異常を追求した3地区のうち、Piedra Sentada, Dominicalの両地区の鉱徴についてはボーリング調査まで実施したが、

- 1) ポーフイリーカッパー鉱徴の特性を備えているが品位が低い。
- 2) 鉱徴の形態がある程度明らかとなり、Piedra Sentada地区では運鉱岩の規模が小さく、Dominical地区では鉱化圏の北半分が大きく剝されている。

等が明らかとなり、鉱床発見の可能性は乏しいと判断される。

またCerro Negro地区では地表示徴が他の2地区よりも弱いため地質調査、地化学探査を以って次段階の調査に進むことを中止した。さらにNi-Crの地化学異常を解析するため地質、地化学調査を実施したLa Medina地区では鉱徴は認められず、Ni-Crを母岩成分中に多く含有するオフィオライトの分布を反映することが判明し、次段階の調査には移行しなかった。

以上アルマゲール地域の代表的地区を採りあげ現地調査を実施した結果、鉱床地質に関する多くの新知見が得られたが、鉱床規模に発展するものは捕捉されなかった。

7-2 提言

アルマゲール地域における3年間の調査の結果、本地域の鉱徴は、小規模あるいは低品位であり、経済性を有する鉱床を発見する機会の乏しい地域と判断される。しかしながら本調査で採用された段階別の各種調査手法は要調査地区の抽出や鉱徴の評価に有効であった。

本調査によって得られた知見を参考にし、未知の地域調査を積極的に取り進めることを提言する。

参 考 文 献

- ACEVEDO, A.P. y CEPEDA, H., 1982.-El Volcán Sotará: Geología y Geoquímica de Elementos Mayores. Publ. Geol. Esp. Ingeominas, No. 10 Bogotá, Colombia pp. 19-30.
- ACOSTA, C.E., 1979.- El Graben Interandino Colombo-Ecuatoriano. Primer Congreso Latinoamericano de Geología, Lima, Perú, P. 1-18.
- ALUJA, J., et al., 1975.- Geología de la sección Buga-Buenaventura: Unpub. report, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá, 96 p.
- ALVAREZ, J., 1979.- Geología de la Cordillera Central y el Occidente colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides Meso - cenozoicos. Inf. 1773, Ingeominas, 359 p.
- ALVAREZ, J. y LINARES, E., 1979 b.- Edad K-Ar del Stock Granitoide de la Quebrada Minas. Municipio de La Vega, Cauca. Publ. Geol. Esp. No. 21, Fac. de Ciencias, Medellín, 3 p.
- ALVAREZ, J., ORREGO, A., BOTERO, G., y LINARES, E., 1979.- Determinación de la edad del stock de Suárez, Cauca, Publ. Esp. No. 11, Fac. Ciencias, Medellín, 4 p.
- ARANGO, J.L., KASSEM, T., y DUQUE, H., 1976.- Mapa Geológico de Colombia, Ingeominas, Escala 1:1.500.000.
- BARRERO, D., 1977.- Geology of the Central Western Cordillera, west of Buga and Roldanillo, Colombia. Thesis presented at Colorado School of Mines for a Ph.D. Degree. Publ. Geol. Esp. Ingeominas, No. 4, 1979.
- BARRERO, D., y VESGA, J., 1976.- Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9, Armero y parte sur del J-9, Dorada. Escala 1:100.000, Ingeominas, Bogotá.
- BELDING, H.F., 1952.- Mapa Geológico de la Costa del Pacífico, área sur. Int. Petr. Co. Ltd.
- BOSELER, R.B., 1921.- Geological Report on the West Coast of Colombia. Serv. Geol. Nal., Bogotá, Inf. No. 40.
- BOTERO, G., 1963.- Contribución al conocimiento de la Geología de la Zona Central de Antioquia. Anales Facult. Minas, No. 57, Medellín, 101 p.
- BRUET, E., y AUBERT DE LA RUE, 1943.- La Hoya del Río Naya. Rev. Univ. Cauca, No. 1, p. 137-160.
- BUENO, J., 1949.- Mapa Geológico del Departamento de Nariño. Zona Minera, Pasto.
- BURGL, H., 1961.- Historia Geológica de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. XI, No. 43.
- CANDELA, P.A., and HOLLAND, H.D. (1986)
A Mass Transfer Model for Copper and Molybdenum in Magmatic Hydrothermal Systems: The Origin of Porphyry-Type Ore Deposits Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists Vol. 81 January-February, 1986 No. 1
- Carson, D.J.T. and Jambor, J.L. 1974 - Mineralogy, Zonal Relationships and Economic Significance of Hydrothermal Alteration at Porphyry Copper Deposits, Rabine Lake Area, British Columbia CIM Bulletin, February 1974 pp. 110 - 133.
- CASE, J.E., DURAN, L.G., LOPEZ, A., y MOORE, W.R., 1971.- Tectonic investigations in western of Colombia and eastern Panama. Geol. Soc. Am. Bull., V. 82, No. 10, p. 2686-2711.

- CASE, J.E., BARNES, J., PARIS, G., GONZALEZ, H., y VINA, A., 1973.- Trans Andean Geophysical Profile, Southern Colombia. G.S.A., Bull. V. 84, p. 2895-2904.
- CEPEDA, H., et al., 1983.- Fuentes de Materiales de Construcción. En "El Sismo de Popayán del 31 de Marzo de 1983". Capítulo 5. Ingeominas Bogotá. Informe en prensa.
- Chakrabarti, A.K. and Durango, J.M. (1979)
Observations on A Porphyry Copper Prospect in Choco, Western Colombia ECONOMIC GEOLOGY, 1979 pp. 1687 - 1692.
- EASTOE C.J. and EADINGTON P.J. (1986)
High-Temperature Fluid Inclusions and the Role of the Biotite Granodiorite in Mineralization at the Panguna Porphyry Copper Deposit, Bougainville, Papua New Guinea. Economic Geology Vol. 81, 1986, pp. 478-483.
- ESPINOSA, A., 1980.- Sur les roches basiques et ultrabasiques du pasin du Patía, Cordillere Occidentale des Andes Colombiennes: Etude geologique et petrographique, these de Doctorat No. 1970, Université de Geneve, Imprimeris Nationale, Geneve, p. 242.
- ESPINOSA, A., 1980 a.- Rodingites of the Los Azules ophiolitic sequence in the Western Cordillera of the Colombian Andes. Vol. 33, Fasc. 2-3. Arch. Sc. Genève, p. 337-350.
- ESTRADA, A., 1972.- Geology and Plate Tectonics History of the Colombian Andes Thesis Msc. Stanford University, p. 115.
- FEININGER, T., 1982.- Glaucophane Schist in the Andes at Jambaló, Colombia. Canadian Mineralogist, Vol. 20, p. 41-47.
- GALVIS, A., 1982.- Un Arco de Islas en el occidente Colombiano. Geología Colombiana. No. 11, Bogotá, p. 2-44.
- GONZALEZ, H., 1976.- Geología del Cuadrángulo J-8, Sonsón. Informe No. 1704. Ingeominas, Bogotá, p. 421.
- GONZALEZ, H., 1977.- Conceptos de Metamorfismo Dinámico y su Aplicación a la Zona de Falla de Romeral. Carta Técnica No. 50. Ingeominas, Bogotá, p. 50.
- GOOSSENS, P.J., ROSE, W.I., y FLORES, A., 1973.- Chemical composition and age determination of tholeiitic rocks in the Basic Igneous Complex, Ecuador. Geol. Soc. Amer., Bull. V., 84, p. 1043-1052.
- GROSSE, E., 1926.- Estudio Geológico del Terciario Carbonífero de Antioquia. Berlín, Dietrich Reimer, 361 p.
- GROSSE, E., 1935.- Acerca de la Geología del sur de Colombia, Huila y Alto Caquetá. Comp. Est. Geol. Ofic. Col. T. III, Bogotá, p. 32-137.
- GROSSE, E., 1935.- Acerca de la Geología del sur de Colombia. Patía y Nariño. Comp. Est. Geol. Ofic. Col. T. III, Bogotá, p. 139-231.
- Guilbert, J.M. and Lowell, J.D. (1974)
Variations in Zoning Patterns in Porphyry Ore Deposits CIM Bulletin, February 1974 pp. 99 - 109.
- Gustafson, L.B. and Hunt, J.P. (1975)
The Porphyry Copper Deposit at El Salvador, Chile ECONOMIC GEOLOGY VOL. 70, 1975, pp. 857 - 912.
- Hollister, V.F. Anzalone, S.A. and Richter, D.H. (1975)
GEOLOGY OF MINERAL DEPOSITS
Porphyry Copper Deposits of Souther Alaska and Contiguous Yukon Territory
CIM Bulletin, April, 1975 pp. 104 - 112.

- HUBACH, E., 1945.- Cobre de Santander, Cauca. Comp. Est. Geol. Ofic. Col. T. XI.
- HUBACH, E., 1953.- Estudio Geológico para el abasto de agua para las poblaciones de Piedra Sentada, El Bordo y Patía. Departamento del Cauca, Serv. Geol. Nal., Inf. 898, p. 1-5.
- HUBACH, E., 1955.- Mapa Geológico, Instituto Geológico Nacional. Escala 1:50.000. Popayán (Inédito).
- HUBACH, E., 1955.- Unidades geográficas y geológicas del Departamento del Cauca. Serv. Geol. Nal., Inf. 1107, p. 1-9.
- HUBACH, E., 1955.- El Cauca. Las unidades geográficas y geológicas del departamento y los recursos del suelo y el subsuelo. Investigaciones de geología minera. Serv. Geol. Nal. Min. Minas y Petr. Inf. No. 117, 13 p.
- HUBACH, E., 1955.- Resumen de la geología de la Hoya del Alto del Cauca, departamentos de Caldas, Valle del Cauca y Cauca. Serv. Geol. Nal., Inf. No. 1122, p. 1-12.
- HUBACH, E., 1957.- Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia, Inst. Geol. Nal., Informe No. 1212, 166 p.
- HUBACH, E. y ALVARADO, B., 1932.- Exploración de la Región de Puracé. Informe Geológico No. 208, p. 1-43.
- HUBACH, E. y ALVARADO, B., 1934.- Geología de los departamentos del Valle y Cauca en especial del Carbón, Primera parte, Informe Geológico, No. 224, p. 1-235.
- HUBACH, E. y ALVARADO, B., 1945.- La Altiplanicie de Paletará, Departamento del Cauca. Comp. Est. Geol. Ofic. Col. T. VI, p. 43-59.
- HUBACH, E., y RADELLI, L., 1962.- Mapa geológico de Colombia. Serv. Geol. Nal., Bogotá. Escala 1:1'500.000.
- IGAC, 1977.- Atlas de Colombia. Tercera Edición, Litog. Arco, Bogotá, p. 285.
- IRVING, E., 1971.- La evolución de los Andes más septentrionales de Colombia. Inst. Nal. de Inv. Geol. Min., Bol. Geol., V. XIX, No. 2, 89 p.
- JAMES, et al., 1983.- Geología. In: "El Sismo de Popayán del 31 de Marzo de 1983". Capítulo 2. Ingeominas, Bogotá. Informe en prensa.
- JULIVERT, M., 1968.- L'exique stratigraphique international. America Latine. Vol. V, fascículo 4 a, p. 47-58.
- KEISER, J., 1954.- La geología del flanco oriental de la Cordillera Occidental en la región de San Antonio (municipio de Jamundí) Valle del Cauca.
- KEISER, J., 1954.- Estudios geológicos en la región carbonífera entre los ríos Guachinte y Jordán.
- Kesler, S.E. Sutter, J.F. Issigonis, M.J. Jones, L.M. and Walker, R.L. (1977)
Evolution of Porphyry Copper Mineralization in an Oceanic Island Arc: Panama
ECONOMIC GEOLOGY VOL. 72, 1977, pp. 1142 - 1153.
- KURODA, N., y PARIS, G., 1978.- Petrographical notes on some dacites and andesites of Puracé volcano. Cauca Colombia. Report of andean studies Shizuoka University, Japan, 51 p.
- LEON, L.A., PADILLA, L.E., y MARULANDA, N., 1973.- Geología recursos minerales y geoquímica de la parte NE. Cuadrángulo 0-5, El Bordo, Departamento del Cauca, Inf. 1652, Ingeominas.
- LONSDALE, P., 1978.- Structure and tectonic history of the eastern Panama Basin. Geol. Soc. of Am. Bull. V. 89. p. 981-999.

- MARULANDA, N., 1976.- Geología y Geoquímica del Area de Piedrasentada, Municipio de El Bordo. Departamento del Cauca. Inf. No. 1703, Ing. Bog. p. 49.
- MARULANDA, N., 1978.- Geología y prospección geoquímica del área mineralizada La Vega y Almaguer. Departamento del Cauca. Inf. 1762. Ingeominas, 156 p.
- MANJARRES, G., 1958.- Clizas en el Departamento del Cauca, Inf. No. 1304 del S.G.N. Bol. Geol. Vol. VI, Nos. 1-3, Bogotá, p. 31-50.
- MEISSNER, R.O., FLUEH, E.R., STIBANE, F., and BERG, E., 1976.- Dynamics of the active plate boundary in Southwest Colombia according to recent geophysical measurements: Tectonophysics, V. 35, p. 115-136.
- MIYASHIRO, A., 1973.- Metamorphism and metamorphic belts. John Wiley & Sons, New York, 492 p.
- MIYASHIRO, A., 1974.- Volcanic rocks series in island arc and active continental margins Amer. Jour. Sci., 274, p. 321-355.
- MURCIA, A., 1984.- Geología de la Plancha 410 - La Unión (Informe en preparación), Popayán.
- MURCIA, A., 1982.- El Vulcanismo Plio-Cuaternario de Colombia: Depósitos Piroclásticos Asociados y Mediciones Isotéricas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ y $\delta^{18}\text{O}$, en lavas de los Volcanes Galeras, Puracé y Nevado del Ruiz. Publ. Geol. Esp. No. 10. Ingeominas, Bogotá, p. 1-17.
- MURCIA, A. y CEPEDA, H., 1984.- Geología de la Plancha 429-Pasto. Informe Inédito. Ingeominas, Popayán.
- MURCIA, A., CEPEDA, H., ESPINOSA, A. y ORREGO, A., 1982.- Geología del Suroccidente de Colombia. Guía Escursión Post-IV Congreso Colombiano de Geología. Cali., p. 56.
- NAGANO K., TAKENOUCI S., IMAI H., and SHOJI T. (1977)- Fluid Inclusion Study of the Mamut Porphyry Copper Deposit, Sabah, Malaysia. Mining Geology, 27, 201 - 212, 1977.
- NELSON, W., 1957.- Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the Sector between Ibagué and Cali. Leide Geol. Meded., 22, p. 1-76, Leiden.
- NELSON, W., 1962.- Contribución al conocimiento de la Cordillera Occidental. Sección carretera Cali-Buenaventura. Serv. Geol. Nal., Bogotá, Bol. Geol. Vol. X, No. 1-3, p. 81-108.
- NELSON, W., 1962.- Contribución al conocimiento de la Cordillera Central. Sección entre Ibagué y Armenia. Serv. Geol. Nal., Bol. Geol. V. 10, No. 1-3, p. 161-202.
- NYGREN, W.E., 1950.- Bolivar Geosyncline of Northwestern South America. Am. Assoc. Petr. Geol. Bull., V. 34, No. 10, p. 1998-2006.
- NUNEZ, A., GONZALES, H., y LINARES, E., 1979.- Nuevas edades K/Ar de esquistos verdes del Grupo Cajamarca. Publ. Esp. Geol. Fac. Ciencias, Medellín (informe en preparación).
- ORDENEZ, R., 1968.- Depósitos de bauxita en el norte del Cauca, como bases para la industria del aluminio, química de abrasivos y refractarios, Inst. Nal. de Inv. Geol. Min. Bogotá (Inédito).
- ORDENEZ, R., 1968.- Preliminary report on bauxite deposits of Morales, Cauca, Southwestern Colombia. Inst. Nal. de Inv. Geol. Min. Bogotá (Inédito).
- ORREGO, A., 1974.- Areniscas como materia prima para vidrio. Municipio de Buenos Aires. Departamento del Cauca. Ingeominas. Carta Técnica, No. 025 (inédita), 12 p.

- ORREGO, A., 1975.- Geología y ocurrencias minerales de la parte oeste del Cuadrángulo N-6 Popayán, Ingeominas. Inf. 1690, 124 p.
- ORREGO, A., 1977.- Geología y geoquímica del área mineralizada El Pisco, Municipio de Silvia, Cauca, Ingeominas, 61 p.
- ORREGO, A. y RESTREPO, A., 1970.- El posible yacimiento de las calizas de Pitayó, Municipio de Silvia, Departamento del Cauca. Ingeominas. Inf. No. 1556, 12 p.
- ORREGO, A., ROSSMAN, D., y PARIS, G., 1976.- Geología del Cuadrángulo N-6, Popayán, Ingeominas. Inf. 1711, 124 p.
- ORREGO, A., CEPEDA, H., y RODRIGUEZ, G.I., 1977.- Esquistos glaucofánicos en el área Jambaló, Cauca (Colombia) Ingeominas, Inf. No. 1729, 14 p.
- ORREGO, A., TOUSSAINT, J.F., RESTREPO J., y LINARES, F., 1979.- Determinación de edad K/Ar de la unidad de esquistos glaucofánicos de Jambaló (informe en preparación).
- ORREGO, A., y ESPINOSA, A., 1982.- Lavas Ultramáficas (Komatiitas) Asociadas a una de las zonas de "Melange" de la Falla Romeral. IV. Congreso Colombiano de Geología. Resúmenes, Cali.
- ORREGO, A., y AMRIN, P., 1981.- Problemas Geológicos de la Carretera Panamericana en el tramo Timbío-Rosas y Alrededores de La Sierra, Departamento del Cauca. Revista CIAF. Vol. 6 (1-3). CIAF, Bogotá, p. 373-390.
- OPPENHEIM, V., 1949.- Geología de la Costa del Sur del Pacífico de Colombia. Inst. Geol. Andes Colombianos, Serv. Geol. Nal, Bol. No. 1, p. 1-2-3.
- PARIS, G., 1976.- Anomalías de molibdeno en el área de Mondomo - La Chapa, Municipio de Santander de Quilichao, Cauca. Carta Técnica, 19 p.
- PARIS, G., 1978.- El Azufre. Recursos minerales de Colombia. Publ. Geol. Esp. Ingeominas. No. 1, p. 53-60.
- PARIS, G., y MARULANDA, N., 1975.- Mapa geológico de la parte SE del Cuadrángulo 0-5 El Brode. Escala 1:50.000. Ingeominas (inédito).
- PARIS, G., y CEPEDA, H., 1978.- Algunos complejos ultramáficos en los departamentos de Cauca y Nariño, Colombia, 19 p.
- PARIS, G., y MARIN, P., 1979.- Generalidades Acerca de la Geología del Departamento del Cauca. Ingeominas, Bogotá, p. 38.
- RAASVELDT, H.C., 1954.- Estudio geológico preliminar de los carbones de la región de Timba. Inst. Geol. Nal. Inf. 1052.
- ROSAS, H.C., 1973.- Bauxite in the Morales - Cajibío Area, Cauca. Colombia. I.C.S.O.B.A. III Congreso International Nice, p. 237-244.
- ROSAS, H.C., 1975.- Yacimientos de caliza cristalina en Pitayó, Cauca, Inf. 1682, Ingeominas, 64 p.
- ROSAS, C.H. y LOPEZ, M.E., 1977.- Mapa Geológico de la parte S.W., del Cuadrángulo 0-5, El Bordo. Escala 1:50.000 Ingeominas (inédito).
- ROYO Y GOMEZ, 1942.- La Cuenca del Río Mayo y su formación granatífera (Departamento de Nariño). Compl. Est. Geol. Ofic. de Col. Tomo V., p. 81-211.
- SARMIENTO, A., 1950.- Comisión para localizar calizas en el Departamento del Cauca. Inf. 711 del S.G.N., Bol. Geol. Vol. 1, números 8-10, Bogotá, p. 13-32.

- SHAVER S.A. (1986)
Elemental Dispersion Associated with Alteration and Mineralization at the Hall (Nevada Moly) Quartz Monzonite-Type Porphyry Molybdenum Deposit, with a Section on Comparison of Dispersion Patterns with those from CLimax-Type Deposits
Journal of Geochemical Exploration, 25 (1986) 81-98 Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam-Printed in The Netherlands.
- SIGAL, J., 1969.- Quelques acquisitions récentes concernant la chronostratigraphie des formations sédimentaires de l'Equateur. Rev. Espan. Micropaleont., V. I, No. 2, p. 205-236.
- SILLITOE, R., 1978.- An appraisal of porphyry copper prospects in Colombia. Ingeominas, 58 p.
- SILLITOE, R. et al., 1982.- Setting, Characteristics, and Age of the Andean Porphyry Copper Belt in Colombia.
Econ., Geol., vol. 77, P.1837-1850
- Sillitoe, R.H. and Bonham, H.F. (1984)
Volcanic Landforms and Ore Deposits
ECONOMIC GEOLOGY VOL. 79, 1984, pp. 1286 - 1298.
- STUTZER, O., 1934.- Acerca de la geología de la Cordillera Occidental entre Cali y Buenaventura, C.E.G.O.C. Tomo II, p. 39-52.
- TAKENOUCI S. (1978)
Fluid Inclusions and Ore-forming Fluids of Porphyry Copper Deposits. (Mining Geology), 28, 117-130, 1978.
- TAKENOUCI S. (1980)
Preliminary Studies on Fluid Inclusions of the Santo Tomas II (Philex) and Tapian (Marcopper) Porphyry Copper Deposits in the Philippines
Reprinted from Granitic Magmatism and Related Mineralization (S. ISHIHARA and S. TAKENOUCI, editors)
Mining Geology Special Issue, No. 8, 1980 Published by The Society of Mining Geologists of Japan Nihon Kogyo-Kaikan Bldg., Ginza 8-5-4, Chuo-ku, Tokyo 104 Japan.
- THEODORE T.G., HOWE S.S., BLAKE D.W. and WOTRUBA P.R. (1986)
Geochemical and Fluid Zonation in the Skarn Environment at the Tomboy-Minnie Gold Deposits, Lander Country, Nevada.
Journal of Geochemical Exploration, 25 (1986) 99-128
Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam-Printed in The Netherlands.
- Titley, S.R. (1975)
Geological Characteristics and Environment of Some Porphyry Copper Occurrences in the Southwestern Pacific
ECONOMIC GEOLOGY VOL. 70, 1975, pp. 499 - 514.
- TOUSSAINT, J.F., y RESTREPO, J.J., 1976.- Modelos orogénicos de tectónica de placas en los Andes Colombianos. Bol. Ciencias de la Tierra. Fac. Cienc. Univ. Nal. Medellín, 47 p.
- VAN DER HAMMEN, T., 1958.- Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos. Bol. Geol. Inst. Geol. Nal. Vol. 6, No. 1-3, Bogotá, p. 67-128.
- VESGA, J., MARIN, P., y BARRERO, D., 1973.- Mapa geológico generalizado de la Cordillera Central, sector norte, Colombia (inédito). Escala 1:500.000.
- WHITE, H.E., 1934.- Informe de los estudios mineros verificados en los municipios de Inzá y Páez (Tierra-Dentro), Departamento del Cauca. Bol. Min. y Petr. T. XIII, No. 67-72.
- WINKLER, H., 1974.- Petrogénesis of metamorphic rocks. Fourth. ed. Springer-Verlag New York, 237 p.

70
66
M