

Fig.II-1-4(1) Geologic profile of the drill hole MJJ-2 and MJJ-3

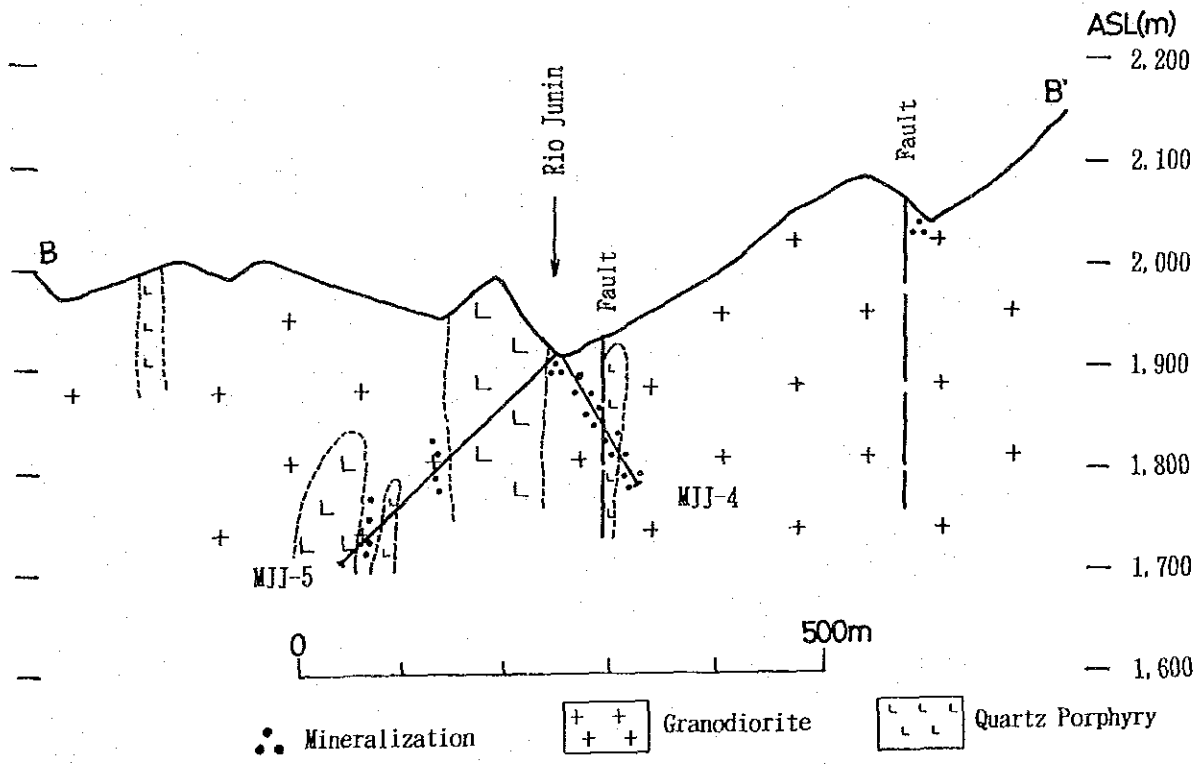


Fig.II-1-4(2) Geologic profile of the drill hole MJJ-4 and MJJ-5

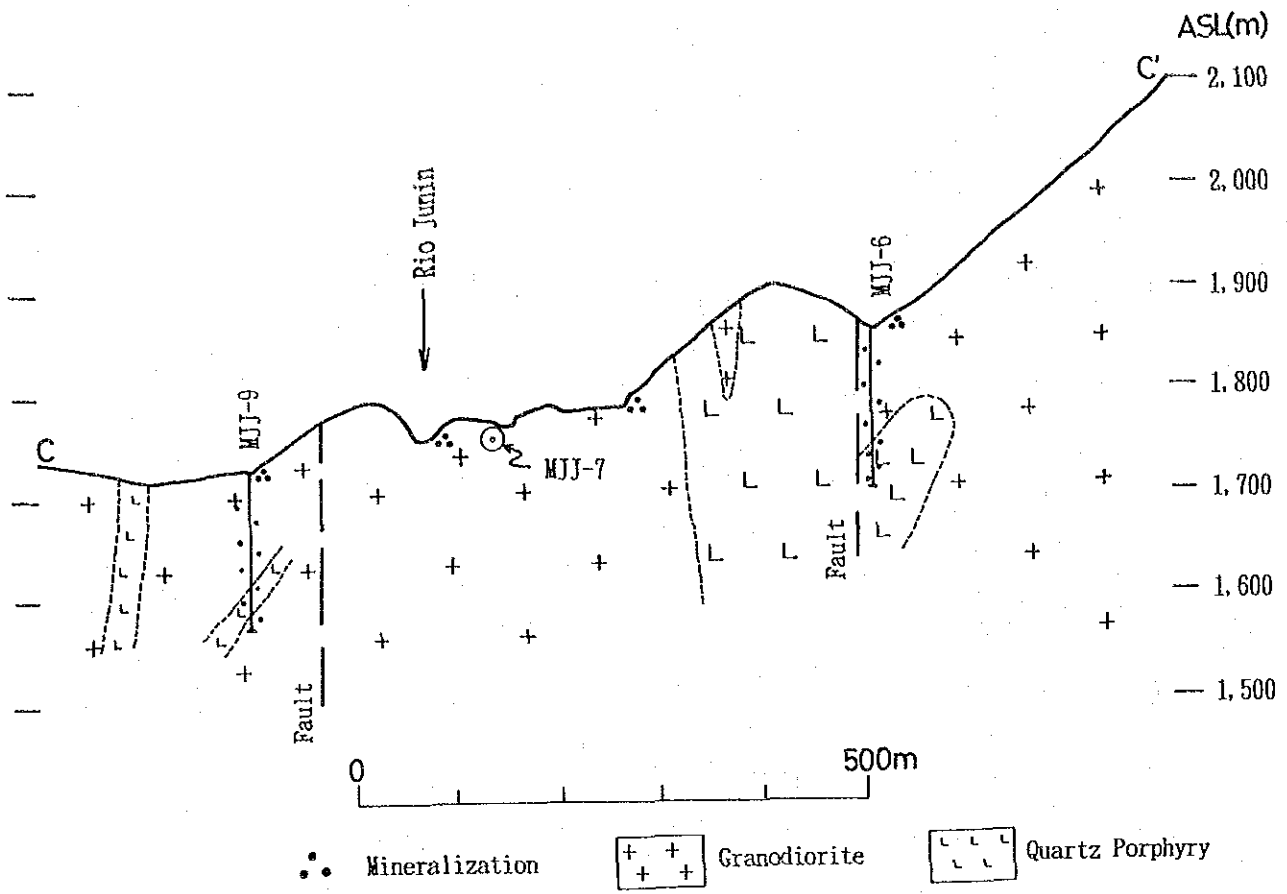


Fig.II-1-4(3) Geologic profile of the drill hole MJJ-6 and MJJ-9

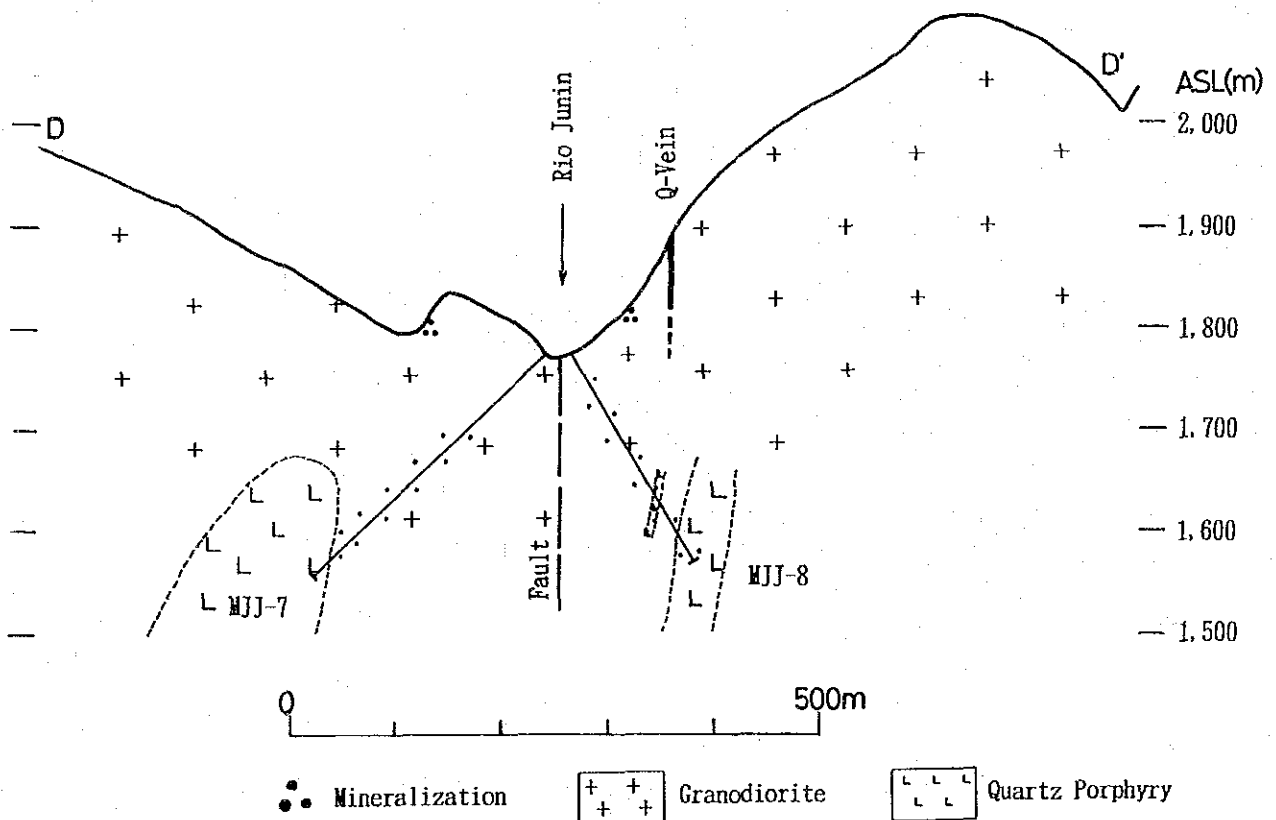


Fig.II-1-4(4) Geologic profile of the drill hole MJJ-7 and MJJ-8

鉍化部の良好な範囲は深度 145 m から 169 m まで 24 m 間で認められ、鉍石品位は平均 Cu 0.10 % を示した。

フニン川鉍化帯の深部探査 (MJJ-9) では、地表より孔底までほぼ一様の鉍化変質が認められた。鉍石品位は深度10m から150mまで 140m 間で平均Cu 0.20 % を示している。深度 130 m 以深では品位のバラツキが大きくなる傾向が窺えるものの、黄銅鉍-黄鉄鉍が地表から孔底まで認められている。MJJ-9 孔は、室内試験の結果フィリック変質帯に対比されている (Appendix 1, 2 及び3)。従って、鉍化帯の拡がりはまだ深部へ続くものと解される。

1-3 考 察

上記3つのタイプの鉍化変質帯の形成史は、次のように考えられる。

花崗閃緑岩バソリス (アプエラーナネガルバソリス) のトレンドは、大構造としてのアンデス方向のN-S~NNE-SSW系である。リニアメントのうち、卓越した方向として抽出されたNE-SW系及びNW-SE系は、中構造であり、両者は共役なセットと推定される。そしてこれら3系統の構造は、いわゆる基盤構造として既に存在し、ストック状の石英閃緑岩及びそのマグマの上昇にとって非常に都合の良い通路の形成に役立ったであろう。

フニン地区中央区域は、これら構造運動及び火成活動が集中した場の1つであった。例えば、リモニタ沢及びクリソコラ沢の合流点付近を中心として発達する放射状のリニアメント (フラクチャー) は、タイプI・タイプIIの鉍化変質作用 (ポーフィリーカッパータイプ) の双方を伴っており、斑岩の貫入路及び鉍液の通路としての役割を担ったことを示唆している。このような特殊な場に、各々の鉍化帯は形成された。

そして最終末期にタイプIIIの酸性熱水変質作用により終止符が打たれた。その後、局部的にいわゆる地下水の循環により、銅の二次鉍物が生成された。しかし、黄鉄鉍の量が極端に少なかったことと、隆起帯で多雨地域に位置していたため侵蝕が激しく、酸化帯あるいは二次富化帯の形成には至らなかったと推定される (ただし、クリソコラ沢の鉍脈では断層沿いに銅の溶脱が進み、二次富化帯を形成している)。

タイプII及びタイプIIIのフラクチャーによる構造解析の結果、これらのフラクチャーを生じさせた造構運動として、リモニタ沢及びクリソコラ沢の合流点付近深部からの上方への突き上げが想定される。

第2章 フニン地区周辺区域

本年度は、第1年次調査の結果抽出された3箇所の鉍化変質帯(クリスタル沢(Q, Cristal)支流変質帯・エスペランサ沢(Q, Esperanza)鉍化帯・フォルトゥナ沢(Q, Fortuna)鉍化帯:面積4 km²)の地質精査及び地化学探査(岩石)を実施した。クリスタル沢支流変質帯では、鉍化露頭を確認したので、同鉍化帯と変更する。

2-1 地質調査

2-1-1 調査目的及び方法

調査目的は、上記3箇所の鉍化帯の規模・産状等詳細を明らかにすると同時に、昨年度の沢砂地化探異常帯のソースを確認することである。

踏査に当たっては、既存の縮尺1万分の1の地形図を縮尺5千分の1に拡大したものを使用してルートマップを作成した。踏査ルートは、既存の資料を十分検討して設定した。踏査に当たっては、航空写真を活用した。

地質図をFig. II-2-1及びPl. II-2-1に、地質断面図をPl. II-2-2に示す。また、地質模式層序図をFig. II-2-2に示す。

各種試験分析に供した試料を、十分に配慮して採取した。これらの採取位置をPl. II-1-1に、各種試験分析結果を巻末に示す。

2-1-2 地質及び地質構造

本区域の地質は、主としてバソリスを形成する花崗閃緑岩(Gd)と、これに貫入するストック状の閃緑斑岩(Dp)及び石英斑岩(Qp)から構成される。

(1) 花崗閃緑岩(Gd)

本岩は、本調査区域のほぼ全域を構成するアプエラーナネガルバソリスを形成している。岩質は中粒を呈し、黒雲母及び角閃石が胡麻塩状に点在する。花崗閃緑岩質バソリスは、エスペランサ沢及び調査区域外西部のチャルグアヤク川(Rio Chalguayacu)上流部で、マクチ層の塩基性凝灰岩及びそのホルンヘルスをゼノリスとして取込んでいる。

(2) 閃緑斑岩(Dp)

本岩は、フォルトゥナ沢鉍化帯に2箇所分布する。花崗閃緑岩質バソリスに貫入し、長径約400mのストックを形成している。

(3) 石英斑岩(Qp)

本岩は、クリスタル沢支流鉍化帯及びフォルトゥナ沢鉍化帯に分布する。花崗閃緑岩質バソ

リス及び閃緑斑岩のストックに貫入し、幅数10mの岩脈を形成している。フォルトゥナ沢鉱化帯では、本岩の分布の規模は最大であり、長径1.7kmのストックを形成している。

本区域の石英斑岩の分布密度は、フニン地区中央区域に比べると低い。

これら3種類の岩石は全て磁鉄鉱系列の領域に分類される。また、K-Ar法による放射年代測定の結果、花崗閃緑岩は 14.5 ± 1.0 Ma、閃緑斑岩は 7.3 ± 0.3 Ma、石英斑岩は 6.1 ± 0.2 Maの年代を得た(JICA/WMAJ, 1992)。これらの年代は、パソリスでは従来のpost-eoceneという年代(MRNE/DGGM, 1982)をより限定した年代にし、新第三紀中新世中期である。斑岩類については、新第三紀中新世後期である。

(4) 地質構造

本調査区域には、リニアメントとして特徴づけられる地質構造が発達する。

クリスタル沢支流鉱化帯でNW-SE・E-W~WNW-ESE・NE-SW・N-S系が、エスペランサ沢鉱化帯及びフォルトゥナ沢鉱化帯でNE-SW・NW-SE系が発達する。

2-1-3 鉱化作用及び変質作用

各鉱化帯の特徴を以下に述べる。

(1) クリスタル沢支流鉱化帯 (Fig. II-2-3(1))

本鉱化帯の地質は、花崗閃緑岩及び小規模な石英斑岩岩脈より成る。

本鉱化帯には、タイプI及びタイプII A・Bが認められる。

タイプIは東部に分布し、主としてNW-SEの断層または石英斑岩に沿った珪化-粘土化帯中の、黄鉄鉱-黄銅鉱から成る鉱染状・網状・フィルム状の鉱化帯である。規模は、最大延長250mであるが、幅は狭く数mオーダーである。母岩の変質は、X線回折によると石英-絹雲母の鉱物組み合わせが検出され、これはフィリック変質帯に属する。鉱石分析の結果、試料(D2066)はCu 0.78%、Ag 3.7g/tの鉱石品位であった。

タイプIIは西部に分布する。本鉱化帯のタイプIIの鉱質は、硫化鉱に富むが、脈石には粘土より石英が多く認められ、タイプII AとタイプBの中間的性質を有する。脈幅は30cm程度であるが、断続的に400m間認められる。脈際変質はフィリック変質帯に属する。鉱石分析の結果Cuの最大値は試料B2096で10.53%、Agの最大値は試料B2099で114.5g/tであった。

(2) エスペランサ沢鉱化帯 (Fig. II-2-3(1))

本鉱化帯の地質は花崗閃緑岩より構成されるが、範囲外の状況から深部に石英斑岩岩脈が貫入しているものと推定される。

本鉱化帯はタイプIIに属し、エスペランサ沢に沿って幅1m以上、延長約1km間認められる。走向はNE-SW系、傾斜はSE方向に西部で 70° 、中間部で 55° 、東部で 85° で

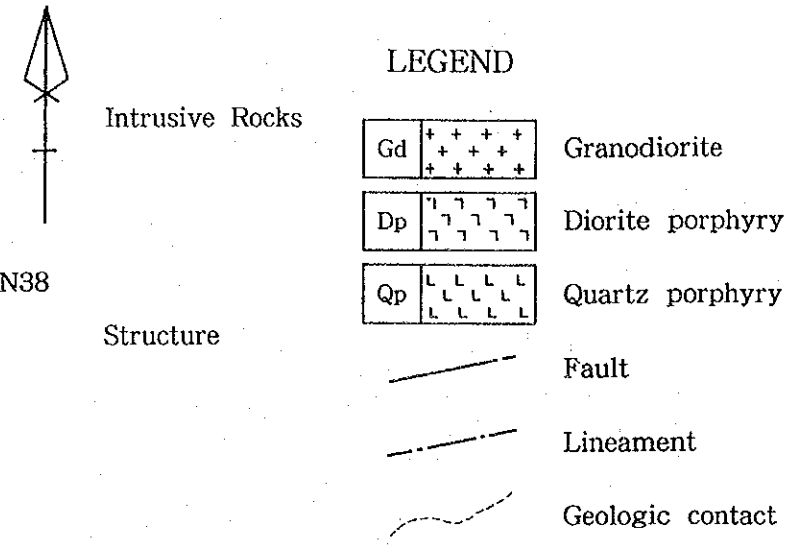
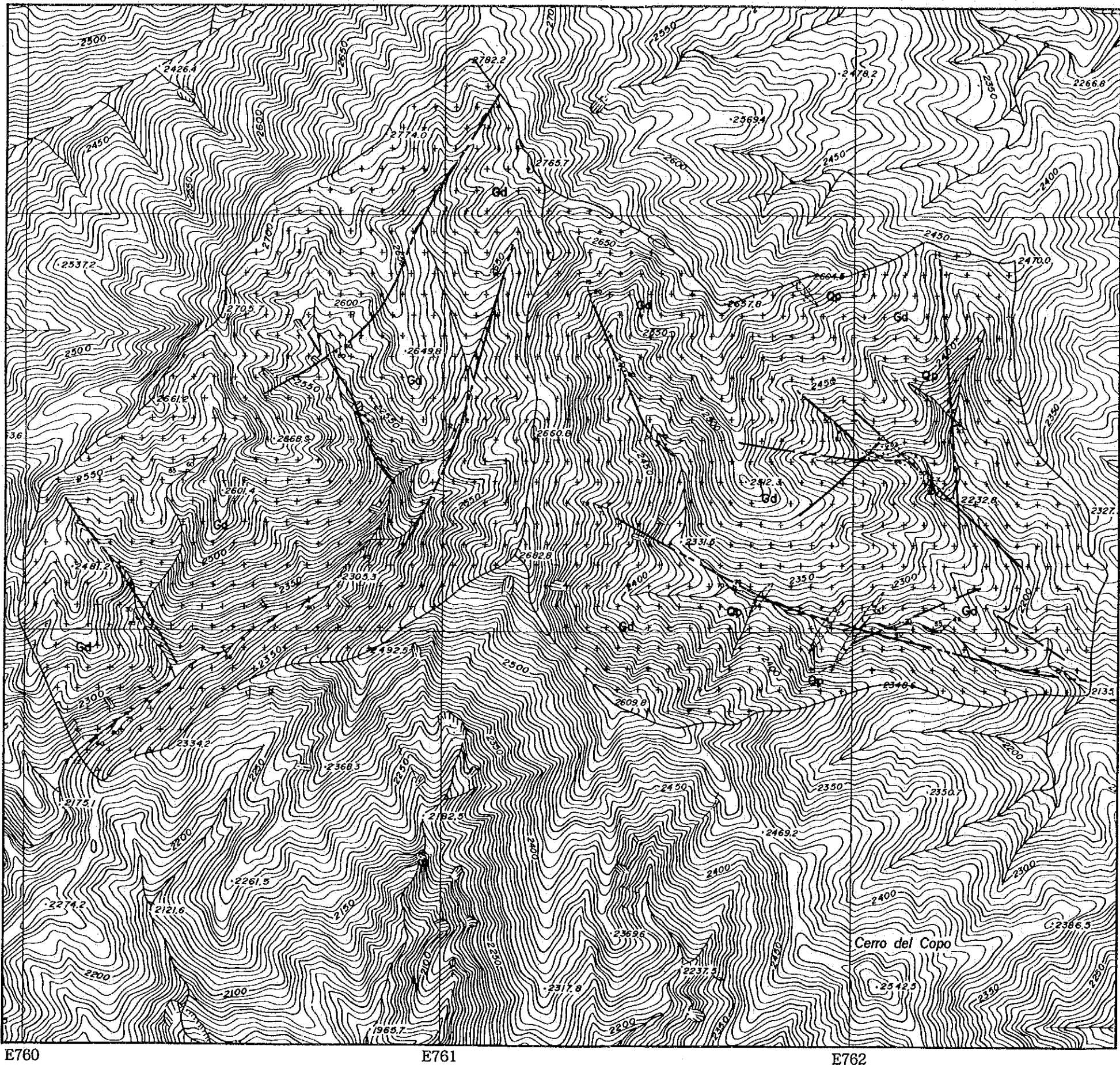
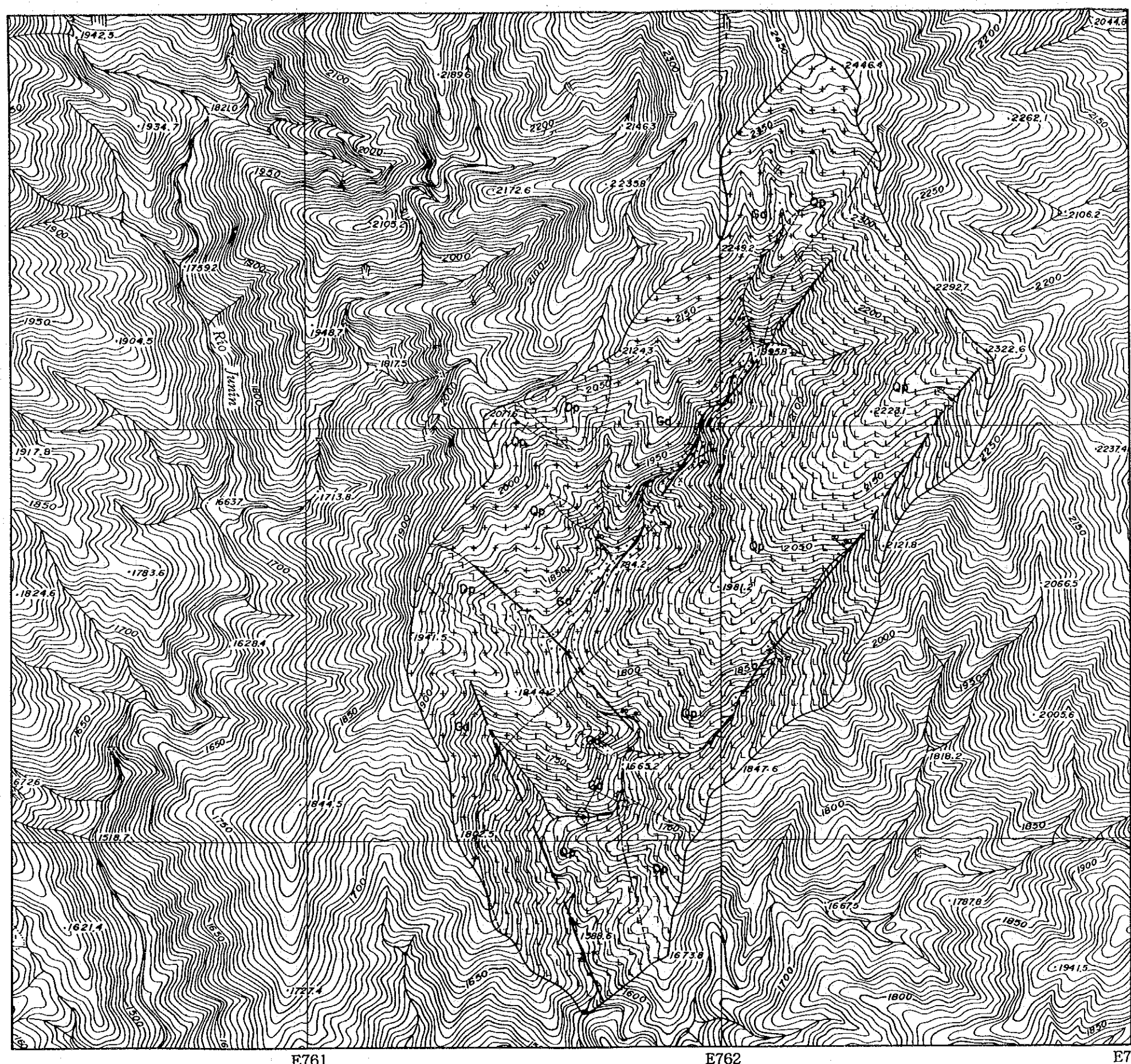


Fig.II-2-1(1) Geologic map of the Q.Cristal-Branch and Q.Esperanza mineralized zones, Surrounding zone,Junin area



N36
N35
N34
E761
E762
E763



Intrusive Rocks

Structure

LEGEND

Gd	+++++
Dp	
Qp	

- Granodiorite
- Diorite porphyry
- Quartz porphyry
- Fault
- Lineament
- Geologic contact

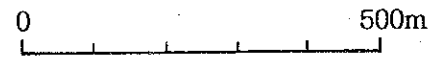


Fig. II-2-1(2) Geologic map of the Q. Fortuna mineralized zone, Surrounding zone, Junin area

Geologic Age			Ma	Igneous Activity	Mineralization and alteration			
Cenozoic	Quaternary	Holocene		0.01	<p style="text-align: center;">↔</p> <p style="text-align: center;">Dissemination & network type (Cu-Mo)</p> <p style="text-align: center;">↔</p> <p style="text-align: center;">Vein type (Cu-Mo)</p> <p style="text-align: center;">↔</p> <p style="text-align: center;">Acidic alteration</p>			
		Pleistocene		1.7				
	Tertiary	Neogene	Pliocene			5.1		
			Upper					
			Middle					
		Miocene	Lower			24		
			Upper					
			Lower			38		
		Paleogene	Eocene	Upper				
				Middle				
				Lower		55		
			Paleocene	Upper				
				Lower		65		
		Mesozoic	Cretaceous	Upper Cretaceous		Maastrichtian		<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;"> KM (Macuchi Formation uncropped out: xenolith in Gd) </div>
						Campanian		
						Santonian		
						Coniacian		
Turonian								
Cenomanian					96			
Lower Cretaceous	Albian							
	Aptian							
	Barremian							
	Hauterivian							
	Valanginian							
	Berriasian			143				

Fig. II-2-2 Generalized columnar section of the Junin and Cuellaje areas

ある。

鉱質は、西部～中間部では上盤側にタイプⅡA、下盤側にタイプⅡBが認められるのに対して、東部では逆になっている。タイプⅡAの脈幅は1.3m～0.6m、タイプⅡBの脈幅は0.6m～0.2mである。また西部では幅数cmの派生脈数本が認められる（Fig. II-2-4）。脈際変質は珪化・粘土化が著しく、フリック変質が顕著である。

タイプⅡAの鉱石鉱物は主に黄鉄鉱及び黄銅鉱から成り、ほかに四面銅鉱、斑銅鉱及び輝銅鉱を含む。

タイプⅡAの鉱石分析の結果、西部（下流）程高く、東部（上流）に向かって低くなる。Cuは13.98%～1.16%（平均10%）、Au4.2g/t～0.1g/t及びAg43.7g/t～3.6g/t（平均20g/t）の鉱石品位であった。

（3） フォルトゥナ沢鉱化帯（Fig. II-2-3(2)）

本鉱化帯の地質は、花崗閃緑岩及び長径1.7km石英斑岩ストックから成る。

本鉱化帯の主要部は、中央部の長さ600m×幅200m×標高差200mの範囲に認められ、タイプⅠが主体で若干のタイプⅡA・ⅡBを伴う。

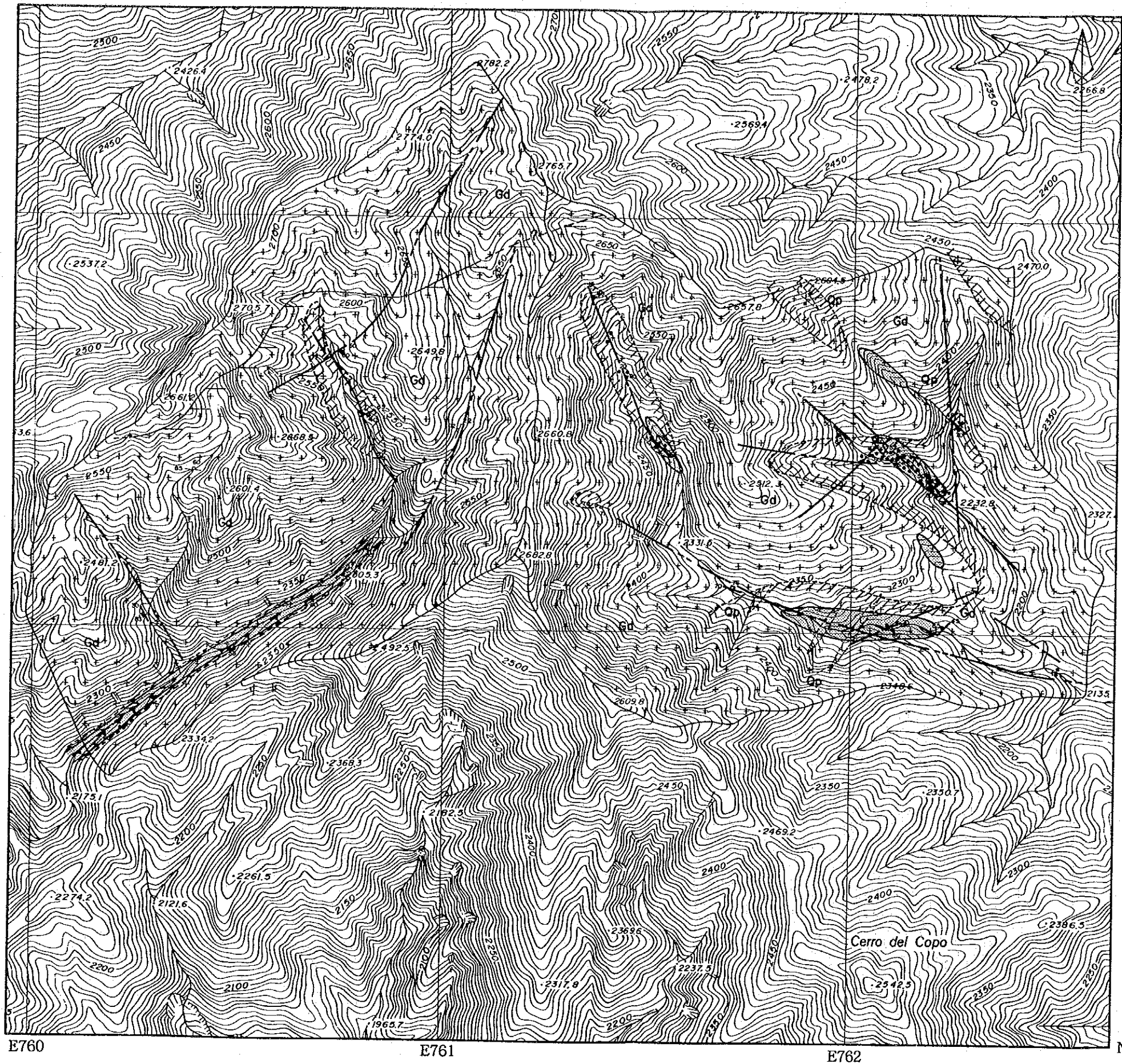
タイプⅠは、強珪化した花崗閃緑岩中の黄銅鉱-黄鉄鉱-（輝水鉛鉱-斑銅鉱-輝銅鉱）の鉱染状及び網状鉱化帯である。母岩の変質はフリック変質帯に属する。

タイプⅡAは主要部の南限に認められる、幅数10cmの黄銅鉱-黄鉄鉱-四面銅鉱-粘土脈である。走向はN30°W、傾斜は80°Wである。

タイプⅡBは数箇所に認められ、タイプⅠの鉱石鉱物組み合わせを伴う石英脈である。走向はNE-SW系、傾斜は40～50°SEである。

鉱石分析の結果、タイプⅠの試料は、Cu1.99%～0.50%（平均0.9%）及びAg3.4g/t以下の鉱石品位であった。タイプⅡAの試料は、Cu2.26%の品位であった。

そのほか、石英斑岩中にも鉱染・細脈が認められるが、黄鉄鉱以外銅の鉱石鉱物を伴わない。また、北西部には中央区域から連続するタイプⅢの変質が認められる。



LEGEND

Intrusive Rocks	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">Gd</td><td style="padding: 2px;">+</td><td style="padding: 2px;">+</td><td style="padding: 2px;">+</td><td style="padding: 2px;">+</td><td style="padding: 2px;">+</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Dp</td><td style="padding: 2px;"> </td><td style="padding: 2px;"> </td><td style="padding: 2px;"> </td><td style="padding: 2px;"> </td><td style="padding: 2px;"> </td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Qp</td><td style="padding: 2px;">L</td><td style="padding: 2px;">L</td><td style="padding: 2px;">L</td><td style="padding: 2px;">L</td><td style="padding: 2px;">L</td></tr> </table>	Gd	+	+	+	+	+	Dp						Qp	L	L	L	L	L	<p>Granodiorite</p> <p>Diorite porphyry</p> <p>Quartz porphyry</p>
Gd	+	+	+	+	+															
Dp																				
Qp	L	L	L	L	L															
Structure	<p>— (solid line)</p> <p>- - - (dashed line)</p> <p>~ (wavy line)</p>	<p>Fault</p> <p>Lineament</p> <p>Geologic contact</p>																		
Mineralization	<p>— (thin solid line)</p> <p>×</p> <p>⋯</p>	<p>Vein and veinlet</p> <p>Network</p> <p>Dissemination</p>																		
Alteration zone (by field observation)	<p>⊖ (dashed circle)</p>	<p>Medium to strongly silicified zone</p>																		
Alteration zoning pattern (by X-ray dif.)	<p>○ (solid circle)</p> <p>⊖ (stippled circle)</p> <p>○ (open circle)</p>	<p>Propylitic zone</p> <p>Phylic zone</p> <p>Acidic alteration</p>																		



Fig.II-2-3(1) Mineralized and alteration zone map of the Q.Cristal-Branch and Q.Esperanza mineralized zones, Surrounding zone, Junin area

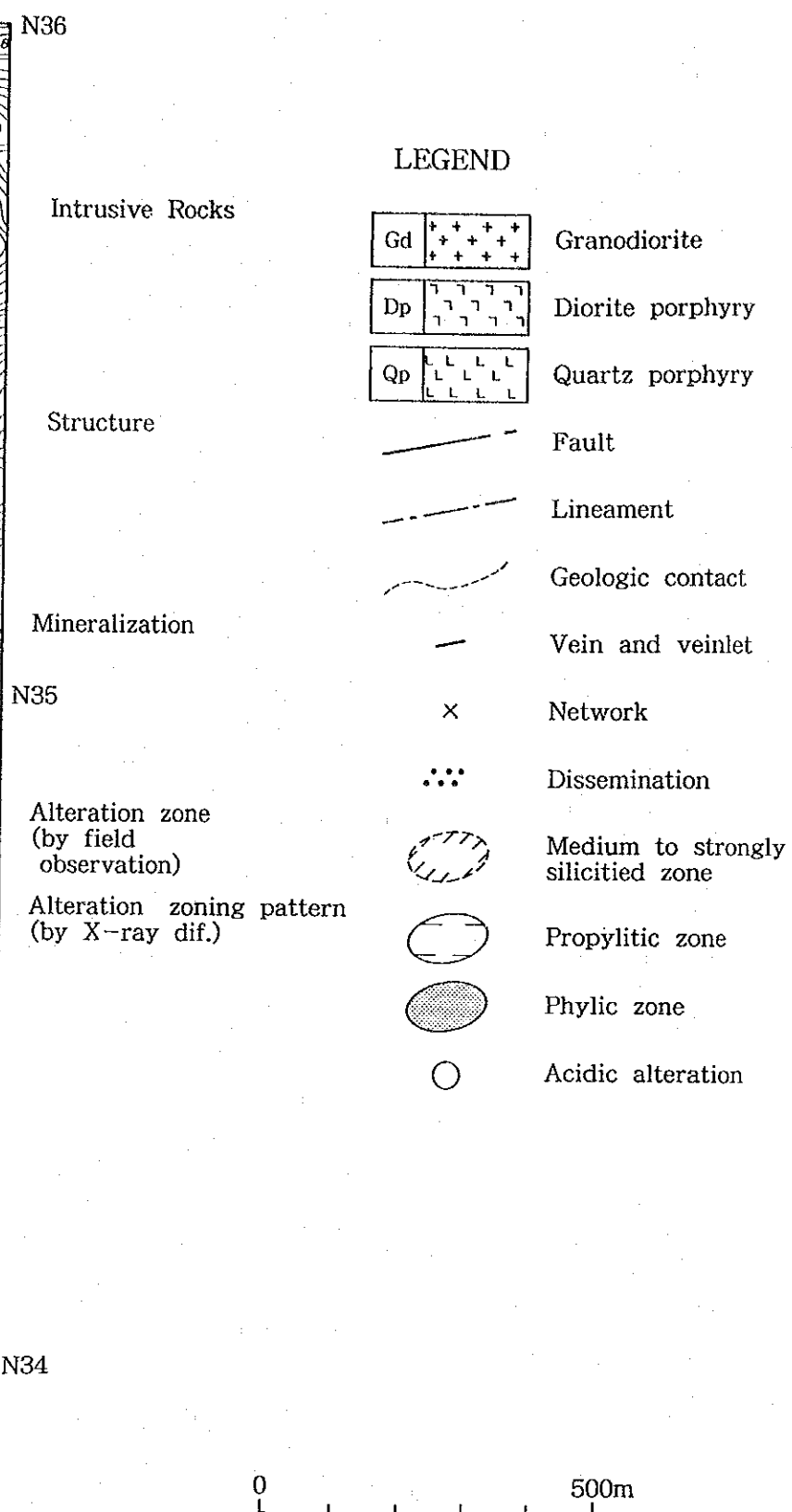
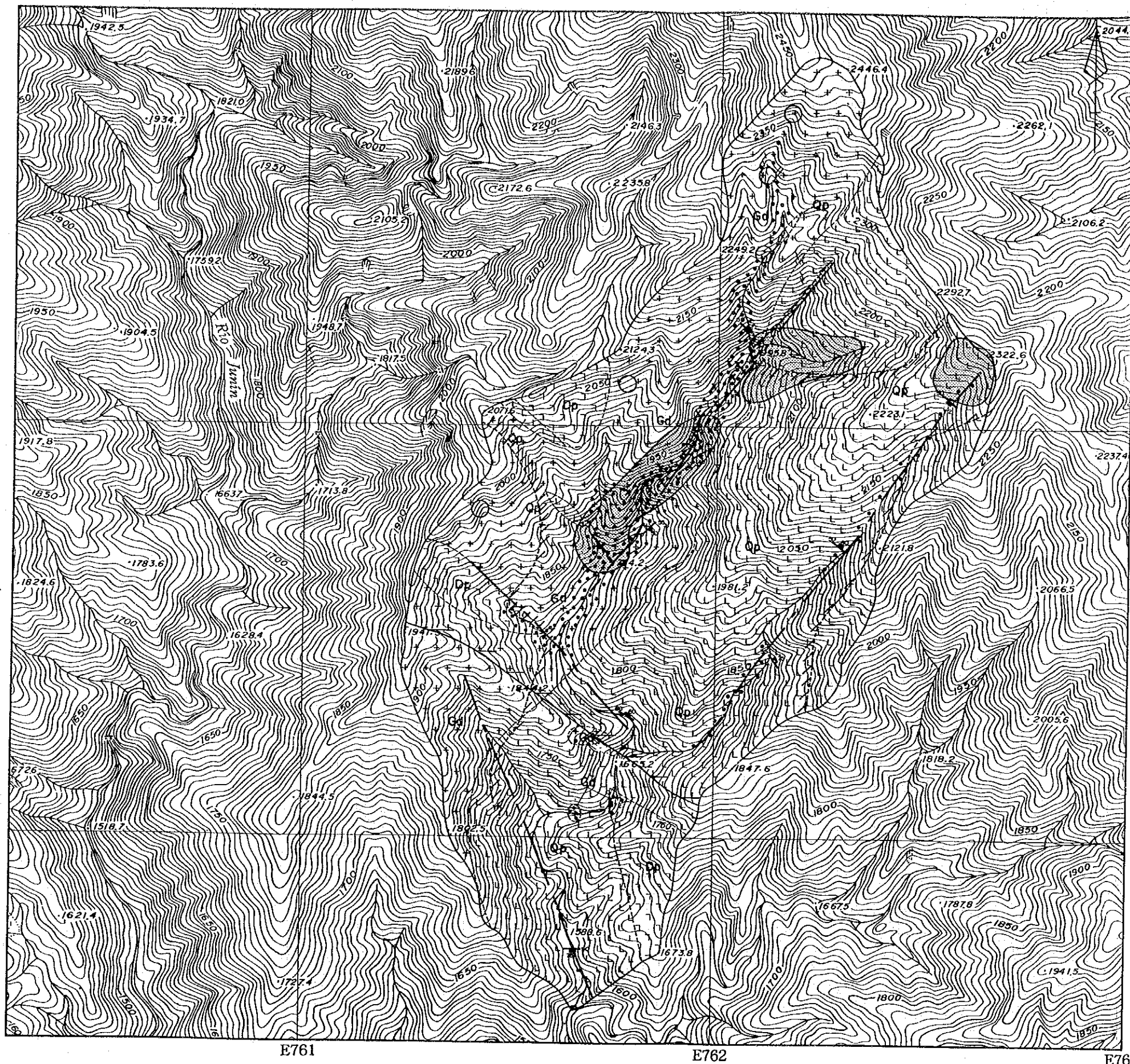


Fig.II-2-3(2) Mineralized and alteration zone map of the Q. Fortuna mineralized zone, Surrounding zone, Junin area

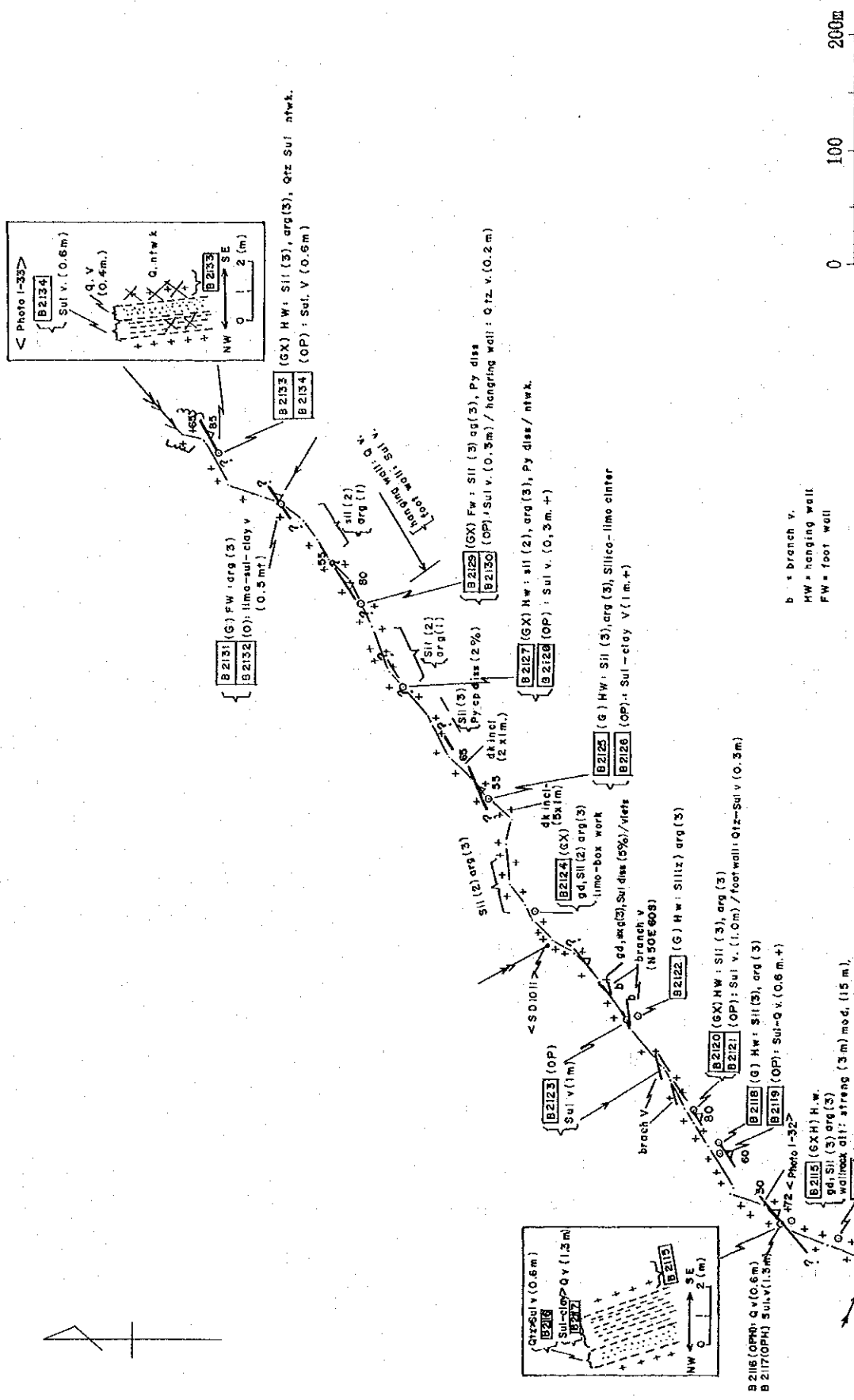


Fig. II-2-4 Geological sketch of the mineralized outcrop along the Q. Esperanza

2-2 地化学探査

2-2-1 探査目的

地化学探査の目的は、本区域の岩石における鉱化・変質作用に関連する元素の分散を調べ、有望な鉱化帯を抽出することである。

2-2-2 探査方法

(1) 試料採取及び試料調整

地質調査と平行して、本区域全体の沢を中心に、ほぼ均等に合計215個の岩石試料を採取した(P1, II-1-1)。採取点の間隔は平均約100mである。

採取方法としては、同一露頭の約1~2m四方の範囲内数点から少量ずつ計約500グラムを採取した。また、各試料の採取点情報として地質状況、変質のタイプ・強度等を記録した。

採取した試料は二次鉱物があればそれを除去し300グラムに秤量した。さらに、粉碎・調製後、四分法により1試料につき50グラムを分析用とし、50グラムを予備として保存した。

(2) 化学分析

試料は、現地にて300グラムの秤量後に、大手開発地科学試験所で化学分析を行った。対象元素は、Cu, Pb, Zn, Au, Ag及びMoの6元素である。

各元素の化学分析法と検出限界値をTab. II-2-1に示す。化学分析の結果はAppendix 5に示す。

(3) データ処理

(i) 単変量解析

得られた分析値をコンピュータに入力し、統計処理を行った。この際、処理の都合上検出限界値に満たないものは、検出限界値の半分の値を用いた。ここで、昨年度の中央区域に比較して、タイプIIの鉱化帯に関連する試料が多いため、中央区域の試料は含めずに今回の周辺区域の試料だけを一括して処理した。基本統計量を、Tab. II-2-2に示す。中央区域に比べると、平均値はそれ程の差はないが、Zn・Agで高くMoで低くなっている。最大値はZn・Au・Ag・Moで高くなっている。

次に、各元素間の関連性を明かにするために、相関係数を算出した(Tab. II-2-3, Fig. II-2-5)。これによれば、Au-Ag, Cu-Ag, Ag-Moの相関が強く、0.5以上である。

異常を求めるしきい値の決定には、Kurzu1, II. (1988)のExploratory Data Analysis (EDA)法を使用した。各成分について分析値のヒストグラム及びboxplotを作成した(Fig. II-2-6)。これらによれば、しきい値はupper fence, 補助的しきい値はupper whiskerである(Tab. II-2-4)。中央区域に比べると、若干ではあるが、Cu・Zn・Au・Agで高くMoで低くなっている。

Tab.II-2-1 Method and detection limits of chemical analyses

Sample media	Elements	Method	Detection limits
Rock	Cu	Inductively coupled plasma emission spectrometry	1 ppm
	Pb	ditto	1 ppm
	Zn	ditto	1 ppm
	Au	Atomic absorption spectroscopy	1 ppb
	Ag	ditto	0.2 ppm
	Mo	Inductively coupled plasma emission spectrometry	1 ppm
	Fe	ditto	0.01 %
	S	ditto	0.001 %

Tab.II-2-2 Summary of statistical analysis of rock geochemical data, Surrounding zone, Junin area

Geologic units	Elements	Mean	Variance	Standard deviation	Min.	Max.	Mean+2S. D
Gd, Qp & Dp. (N=215)	Cu (ppm)	132.5	0.563	0.751	4.0	18,060.0	4,202.1
	Pb (ppm)	3.9	0.211	0.459	0.5	120.0	31.9
	Zn (ppm)	29.4	0.329	0.573	2.0	2,627.0	411.9
	Au (ppb)	1.5	0.429	0.655	0.5	474.0	30.7
	Ag (ppm)	0.34	0.352	0.593	0.10	37.00	5.27
	Mo (ppm)	0.9	0.316	0.562	0.5	430.0	12.3

Tab.II-2-3 Correlation of six elements of rock geochemical data,
Surrounding zone,Junin area

	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Mo
Cu	1.000					
Pb	0.316	1.000				
Zn	0.090	0.399	1.000			
Au	0.422	0.359	-0.209	1.000		
Ag	0.617	0.428	-0.028	0.633	1.000	
Mo	0.469	0.045	-0.204	0.478	0.520	1.000

Tab.II-2-4 Results of the EDA analysis of rock geochemical data,
Surrounding zone,Junin area

Elements	Median	L. fence	L. whisker	L. hinge	U. hinge	U. whisker	U. fence
Cu(ppm)	124.0	-395.0	25.0	34.0	320.0	519.0	749.0
Pb(ppm)	3.0	-5.5	2.0	2.0	7.0	10.0	14.5
Zn(ppm)	30.0	-76.5	7.0	12.0	71.0	87.0	159.5
Au(ppb)	0.5	-4.8	0.5	0.5	4.0	6.0	9.3
Ag(ppm)	0.20	-0.80	0.10	0.10	0.70	1.20	1.60
Mo(ppm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.0	0.5

Tab.II-2-5 Results of factor analysis of rock geochemical data,
Surrounding zone,Junin area

Elements	Factor		Communality
	1	2	
Cu	0.691	0.234	0.5322
Pb	0.346	0.608	0.4891
Zn	-0.150	0.653	0.4491
Au	0.765	-0.022	0.5856
Ag	0.811	0.177	0.6898
Mo	0.674	-0.214	0.5003
Contribution	71.40%	28.60%	

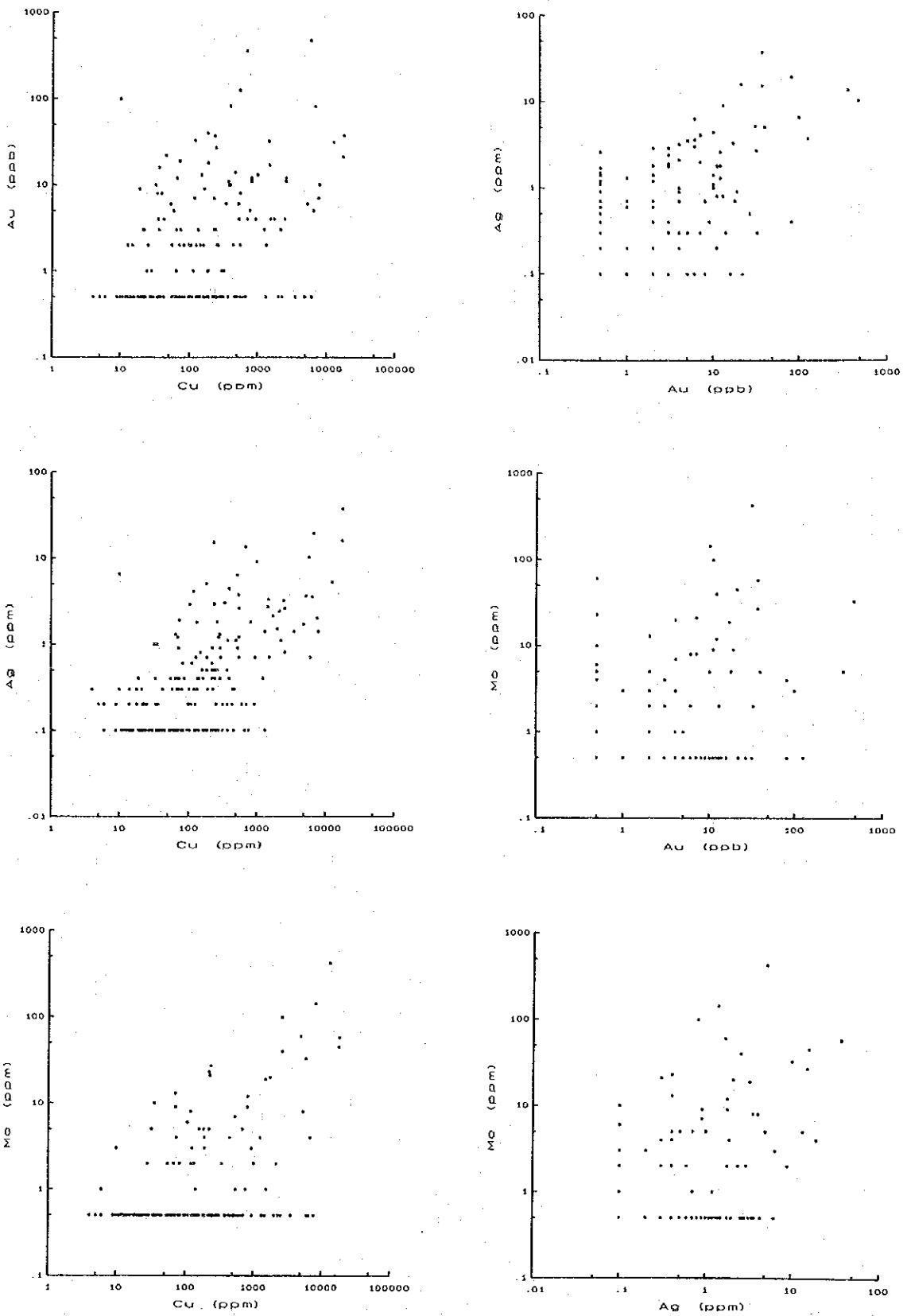


Fig.II-2-5 Correlation diagram between each element, Surrounding zone, Junin area

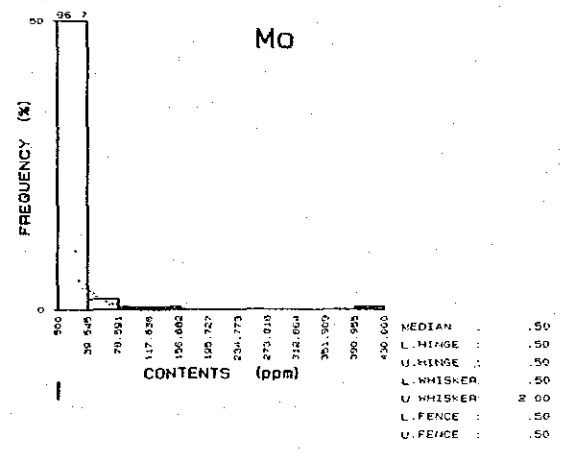
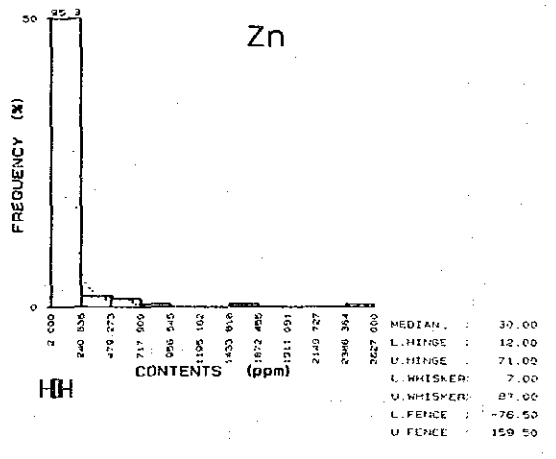
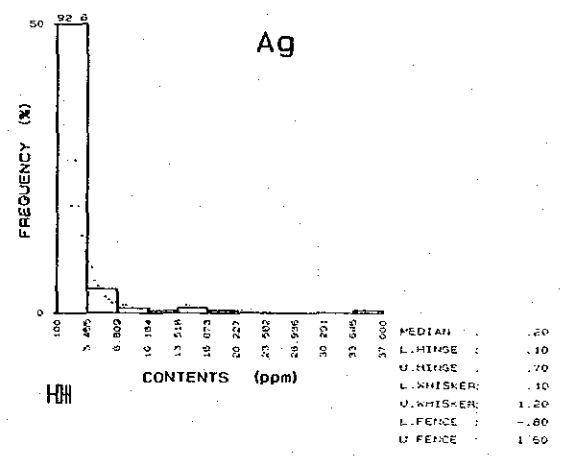
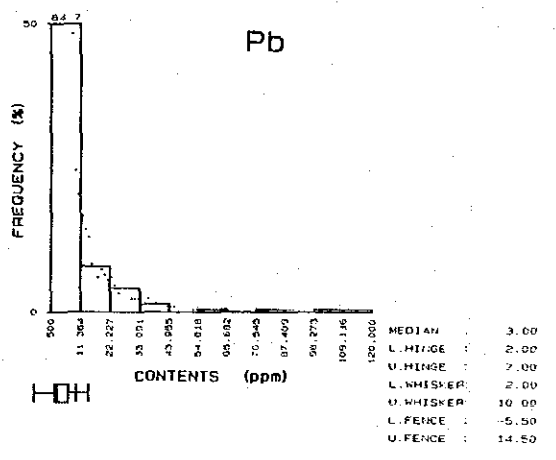
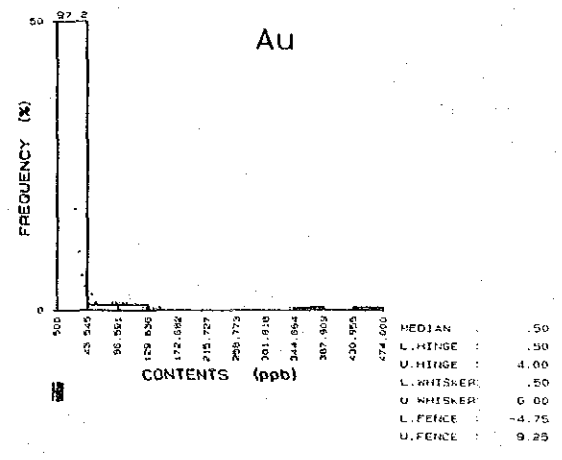
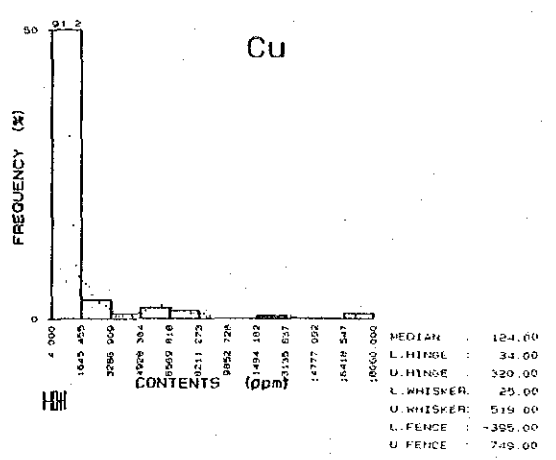


Fig.II-2-6 Histograms and boxplots of six elements,Surrounding zone,Junin area

(ii) 多変量解析

各試料の分析データから元素と鉱化作用あるいは母岩の特性などとの関連性を検討するために因子分析法を使用した。

分析データは、コンピュータを使用して、バリマックス法で処理した。中央区域は①Cu-Mo-(Ag), ②Pb-Zn-(Mo), ③Au-Agの3つの因子が抽出されたが、今回は計算の結果、①Cu-Mo-Au-Ag, ②Pb-Znの2つの因子が抽出された。これは、上記したようにタイプIIに関連した試料が多かったためと解釈される。因子分析による因子負荷量・共通性・因子寄与量をTab. II-2-5に示す。さらに因子分析により関連するとされた元素グループが各試料中にどれだけ共有されているかを数値で表わしたものが因子得点であり、この数値が各試料への当該元素グループの関与を示している。本報告では因子得点の絶対値が1以上を示す試料をひろいだし、地質及び鉱化作用との関連について検討した。

2-2-3 探査結果

(1) 元素別地化学異常

単変量解析としてEDA法を用いて、Cu, Pb, Zn, Au, Ag及びMoの各元素の濃度分布を調べ、地化学異常図を作成した(Fig. II-2-7)。

銅(Cu)

銅の濃度は、最小値4ppmから最大値18,060 ppmの広がりを示す。upper fenceの値(749.0ppm)及びupper whiskerの値(519.0ppm)を基に、Fig. II-2-7(1)に示すような高濃度分布図を作成した。

Upper fenceの値をしきい値とする異常域は、クリスタル沢支流鉱化帯東部のタイプI、同鉱化帯西部のタイプII、エスペランサ沢鉱化帯及びフォルトゥナ沢鉱化帯の主要部に一致して抽出された。

クリスタル沢支流鉱化帯の異常域は、18,060 ppmを最高に1,321~7,739ppmの7点含めて10点よりなる。エスペランサ沢鉱化帯の異常域は、2,150~6,323ppmの4点を含めて6点よりなる。フォルトゥナ沢鉱化帯の異常域は、1,247~17,877ppmの13点含めて15点よりなる。

鉛(Pb)

鉛の濃度は、最小値1ppm以下(検出限界)から最大値120ppmの広がりを示す。upper fenceの値(14.5ppm)及びupper whiskerの値(10.0 ppm)を基に、Fig. II-2-7(2)に示すような高濃度分布図を作成した。

upper fenceの値をしきい値とする異常域は、クリスタル沢支流鉱化帯では東部のタイプIの東西に、同鉱化帯西部のタイプIIにはほぼ一致して抽出された。また、エスペランサ沢鉱化帯では同鉱化帯の東半分、フォルトゥナ沢鉱化帯では主要部の外側に抽出された。

クリスタル沢支流鉍化帯の異常域は、106ppmの値を最高に12点含まれる。エスペランサ沢鉍化帯の異常域は58 ppmを最高に3点が、フォルトゥナ沢鉍化帯の異常域は120ppmの値を最高に11点含まれる。

亜鉛 (Zn)

亜鉛の濃度は、最小値2ppmから最大値2,627ppmの広がりを示す。upper fence の値 (159.5 ppm)及びupper whiskerの値 (87.0 ppm) を基に、Fig. II-2-7(3) に示すような高濃度分布図を作成した。

upper fence の値をしきい値とする異常域は、フォルトゥナ沢鉍化帯では鉛のそれと似ているが、クリスタル沢支流鉍化帯では小規模になりエスペランサ沢鉍化帯では抽出されなかった。

フォルトゥナ沢鉍化帯の異常域は2,627ppmを最高に11点含むが、クリスタル沢支流鉍化帯の異常域は5点である。

金 (Au)

金の濃度は、最小値1ppb以下 (検出限界) から最大値474ppbの広がりを示す。upper fence の値 (9.3ppb) 及びupper whiskerの値 (6.0ppb) を基に、Fig. II-2-7(4) に示すような高濃度分布図を作成した。

upper fence の値をしきい値とする異常域は、クリスタル沢支流鉍化帯東部のタイプIではこれを包含するように抽出され、同鉍化帯西部のタイプIIではこれを包含しさらに南西部と南部に広がって抽出された。また、エスペランサ沢鉍化帯では同鉍化帯の中部と北側に抽出され、フォルトゥナ沢鉍化帯では主要部に沿って抽出された。

クリスタル沢支流鉍化帯の異常域は、474ppbを最高に16点含まれる。エスペランサ沢鉍化帯の異常域は3点、フォルトゥナ沢鉍化帯の異常域は13点である。

銀 (Ag)

銀の濃度は、最小値0.2ppm以下 (検出限界) から最大値37.0 ppmの広がりを示す。upper fence の値 (1.60 ppm) 及びupper whiskerの値 (1.20 ppb) を基に、Fig. II-2-7(5) に示すような高濃度分布図を作成した。

upper fence の値をしきい値とする異常域は、Auのそれにほぼ一致する。

クリスタル沢支流鉍化帯の異常域は37 ppmを最高に8点含まれ、エスペランサ沢鉍化帯の異常域は6点、フォルトゥナ沢鉍化帯の異常域は20点である。

モリブデン (Mo)

モリブデンの濃度は、最小値1ppm以下 (検出限界) から最大値430ppmの広がりを示す。upper whiskerの値 (2.0ppm) を基に、Fig. II-2-7(6) に示すような高濃度分布図を作成した。upper whiskerの値をしきい値とする異常域は、エスペランサ沢鉍化帯では小規模であるが、

ほかの2つの鉱化帯ではCuのそれにほぼ一致して抽出された。

クリスタル沢支流鉱化帯の異常域は58 ppmを最高に15点含まれ、エスペランサ沢鉱化帯の異常域は5点、フォルトゥナ沢鉱化帯の異常域は430ppmを最高に26点である。

(2) 因子分析結果

多変量解析としてバリマックス法による因子分析を実施した結果、下記の2つの因子が抽出された。

第1因子：Cu-Mo-Au-Ag

第2因子：Pb-Zn

(i) 第1因子：Cu-Mo-Au-Ag

因子得点が1.000以上の高因子得点分布図をFig. II-2-8 (1)に示す。

高因子得点分布域は、クリスタル沢支流鉱化帯、エスペランサ沢鉱化帯及びフォルトゥナ沢鉱化帯の中心部に抽出された。

(ii) 第2因子：Pb-Zn

因子得点が1.000以上の高因子得点分布図をFig. II-1-8 (2)に示す。

高因子得点分布域は、各鉱化帯の外側に点在して抽出された。

2-3 考 察

フニン地域・周辺区域には、クリスタル沢支流鉱化帯、エスペランサ沢鉱化帯及びフォルトゥナ沢鉱化帯が分布する。

クリスタル沢支流鉱化帯は、東部鉱化帯と西部鉱化帯に分けられ、前者はタイプIが、後者はタイプIIが主体である。昨年度の沢砂地化探異常はこれら鉱化帯に起因するものと考えられる。本年度の岩石地化探異常は、これら鉱化帯の範囲をより限定した結果が得られた。

エスペランサ沢鉱化帯はタイプIIに属する脈状鉱(エスペランサ沢本流：脈幅1m)から成り、延長1km、標高差120mの範囲に分布する。鉱石の平均品位はCu10%、Ag20g/tであった。昨年度の沢砂地化探異常及び本年度の岩石地化探異常は、この鉱化帯に起因することが明らかとなった。同鉱化帯の今後の探鉱は、上記リモニタ沢上流鉱化帯と併せて検討する必要がある。

フォルトゥナ沢鉱化帯主要部はタイプIと若干のタイプIIから成り、長さ600m、幅200m、標高差200mの範囲に認められる。鉱石の平均品位はCu1%であった。同鉱化帯主要部の南限は、昨年度の調査により捕捉された。本年度調査により、同鉱化帯主要部のおおよその範囲は限定された。今後さらに詳細な鉱徴地調査と、ボーリング調査が望まれる。また、石英斑岩ストックの南東部及び東部の地質精査も必要と考えられる。

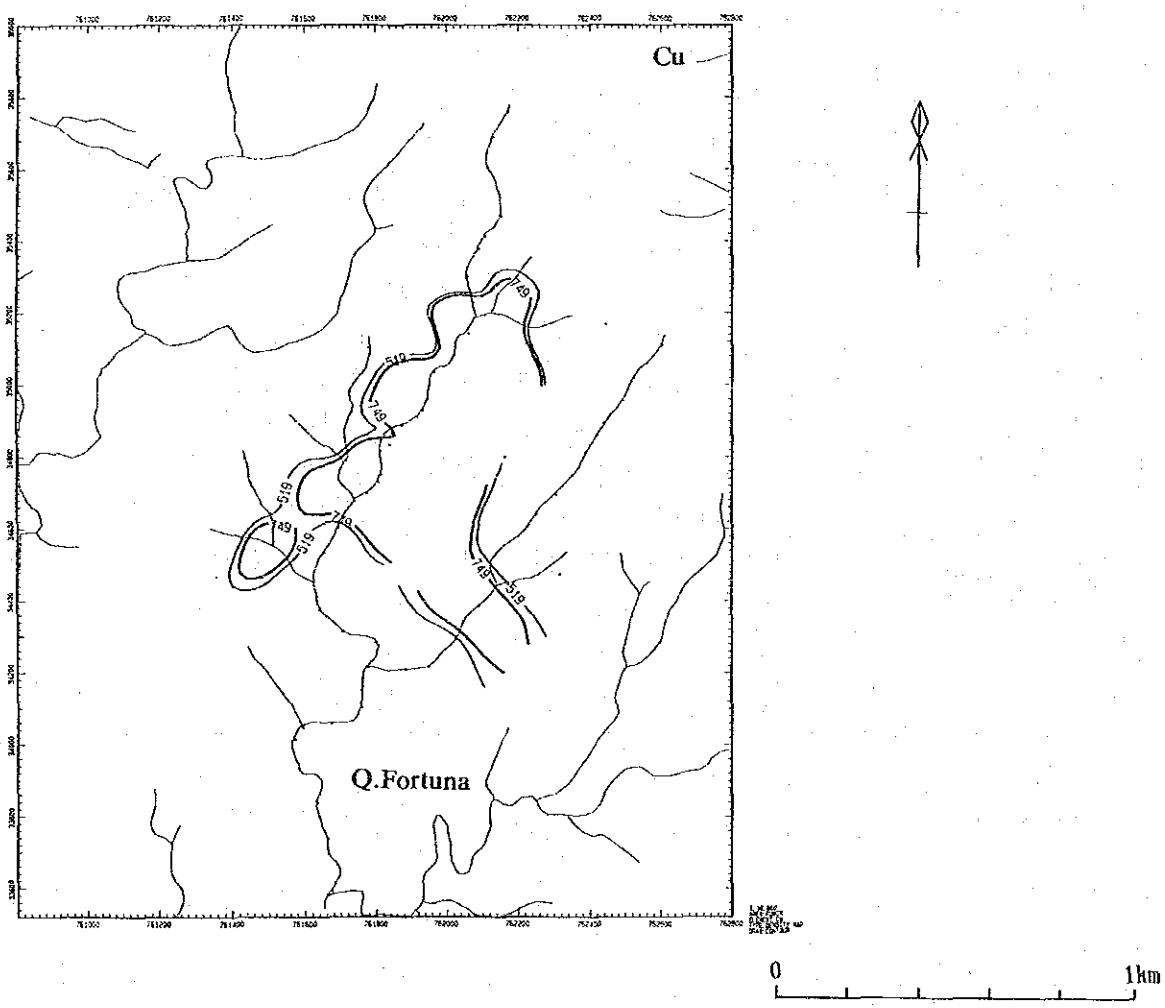
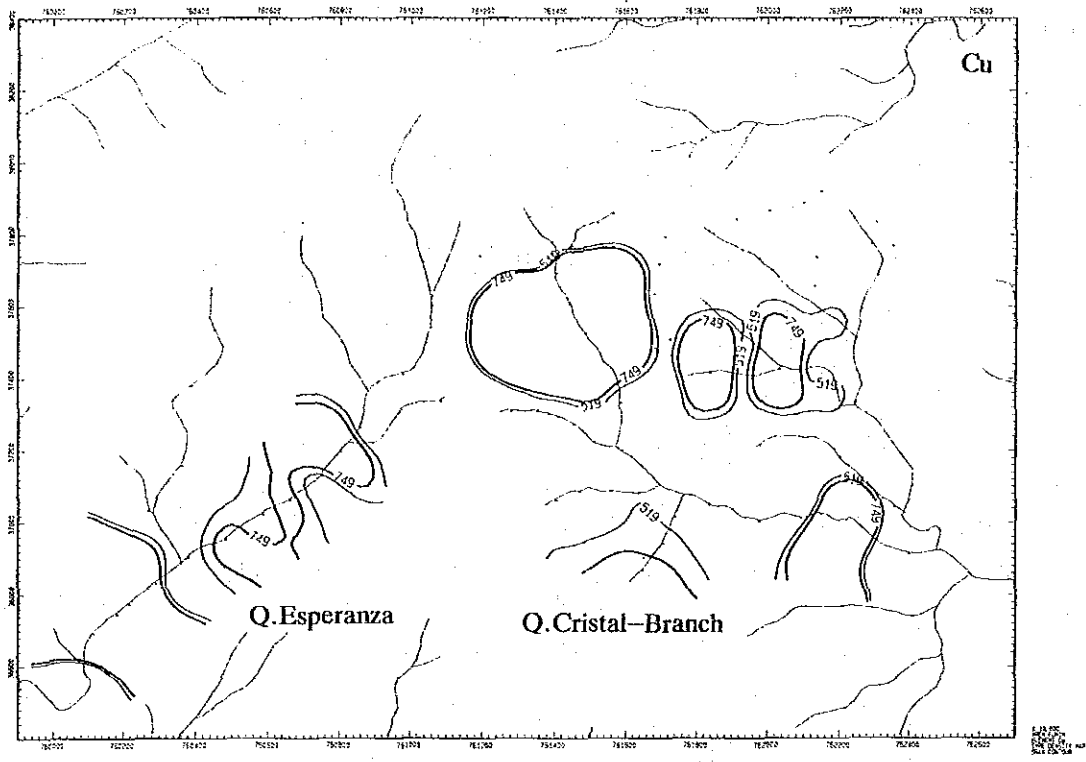


Fig.II-2-7(1) Geochemical anomalies of rock samples(Cu),Surrounding zone,Junin area

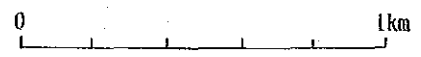
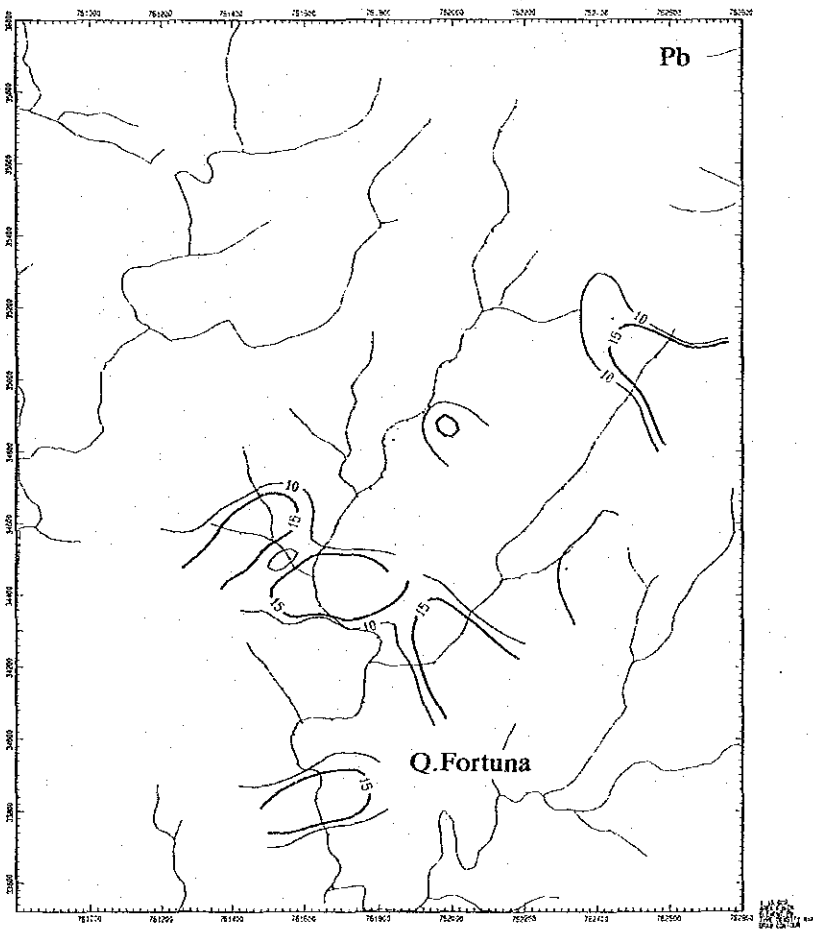
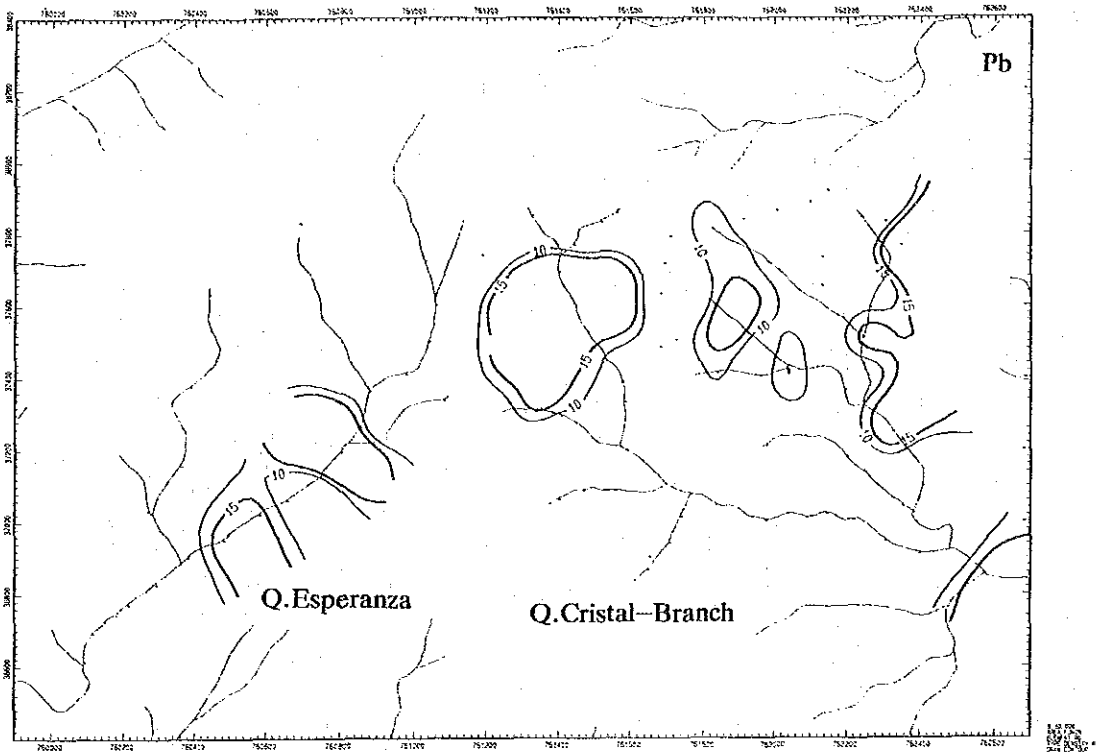


Fig.II-2-7(2) Geochemical anomalies of rock samples(Pb),Surrounding zone,Junin area

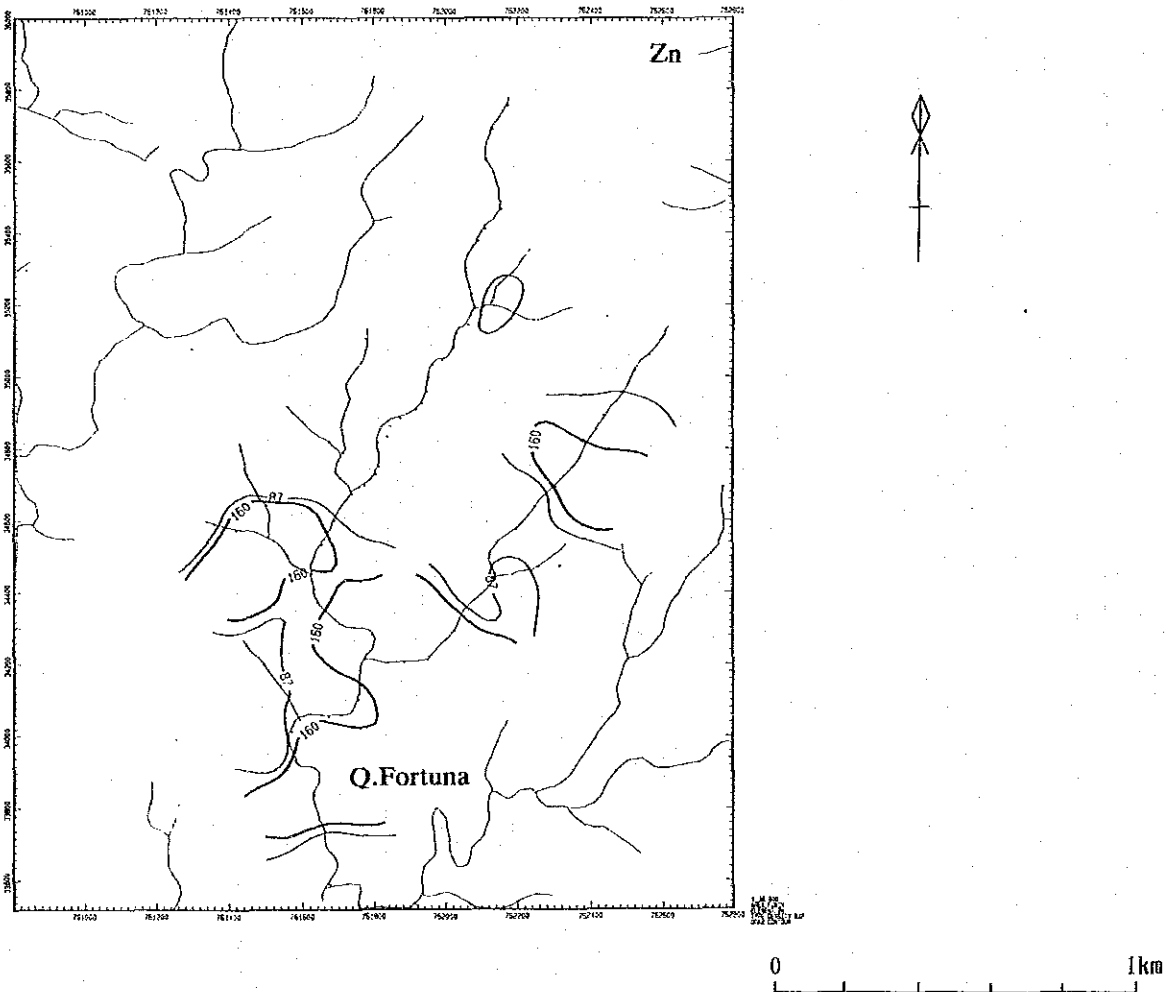
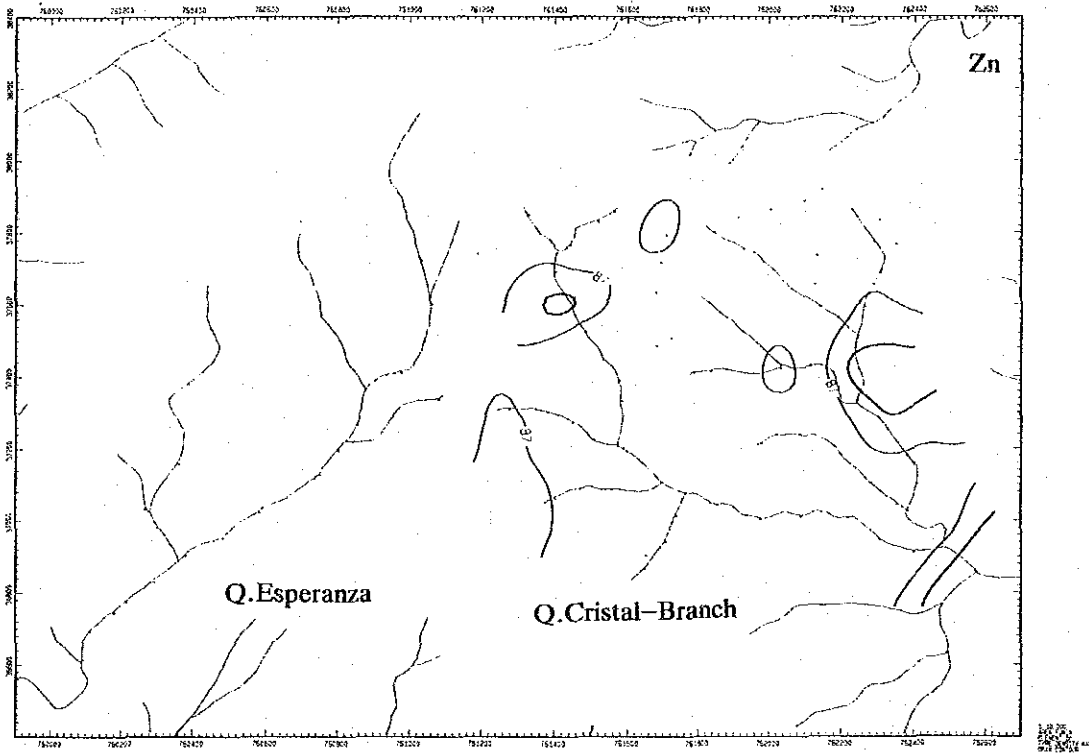


Fig.II-2-7(3) Geochemical anomalies of rock samples(Zn),Surrounding zone,Junin area

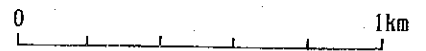
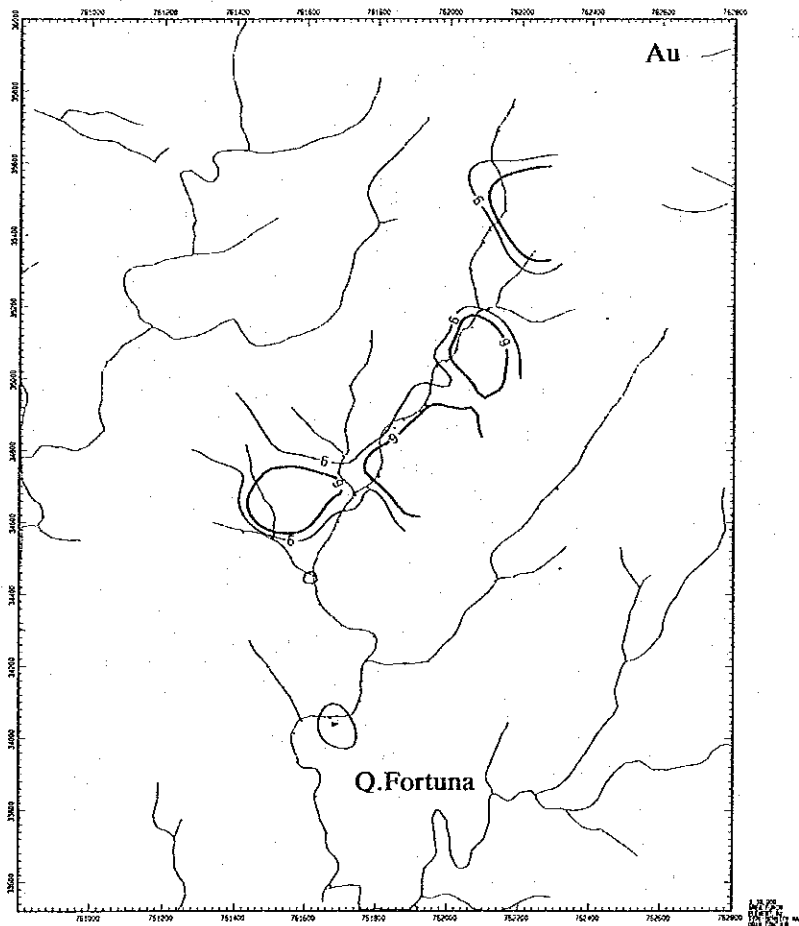
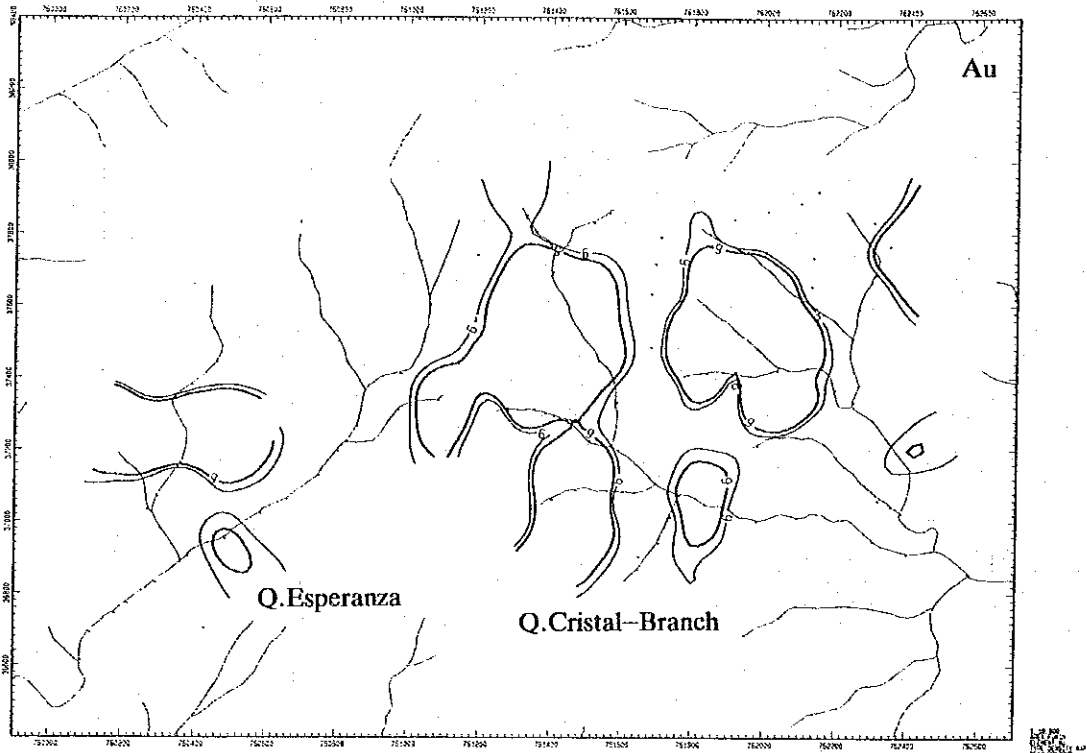


Fig.II-2-7(4) Geochemical anomalies of rock samples(Au),Surrounding zone,Junin area

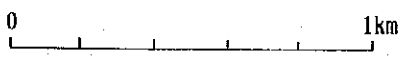
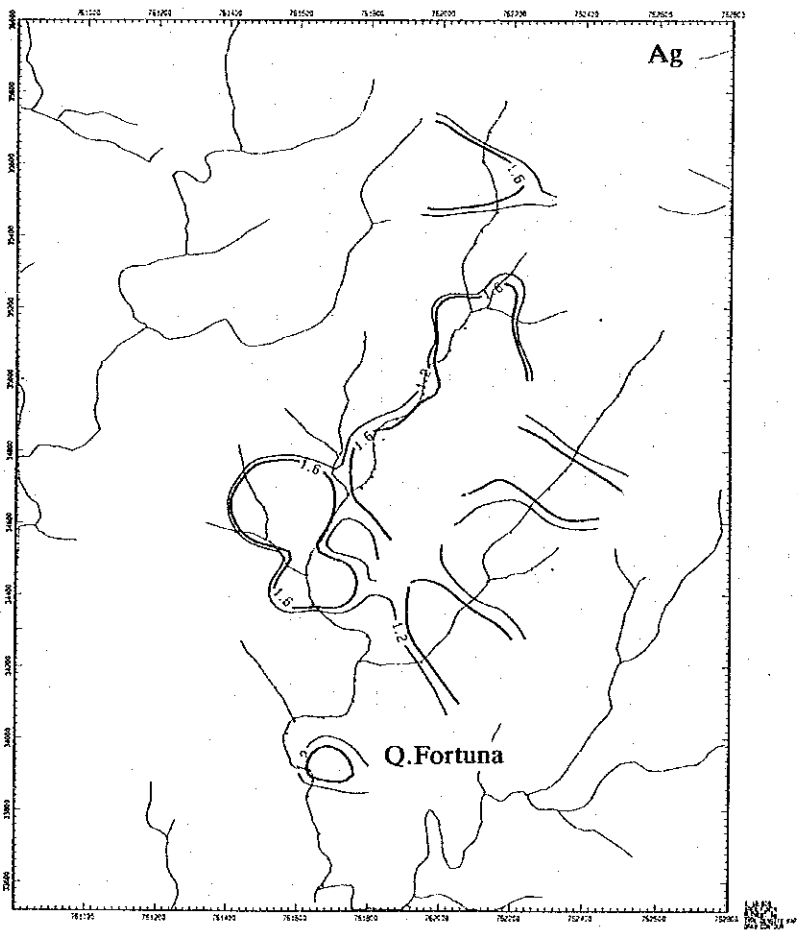
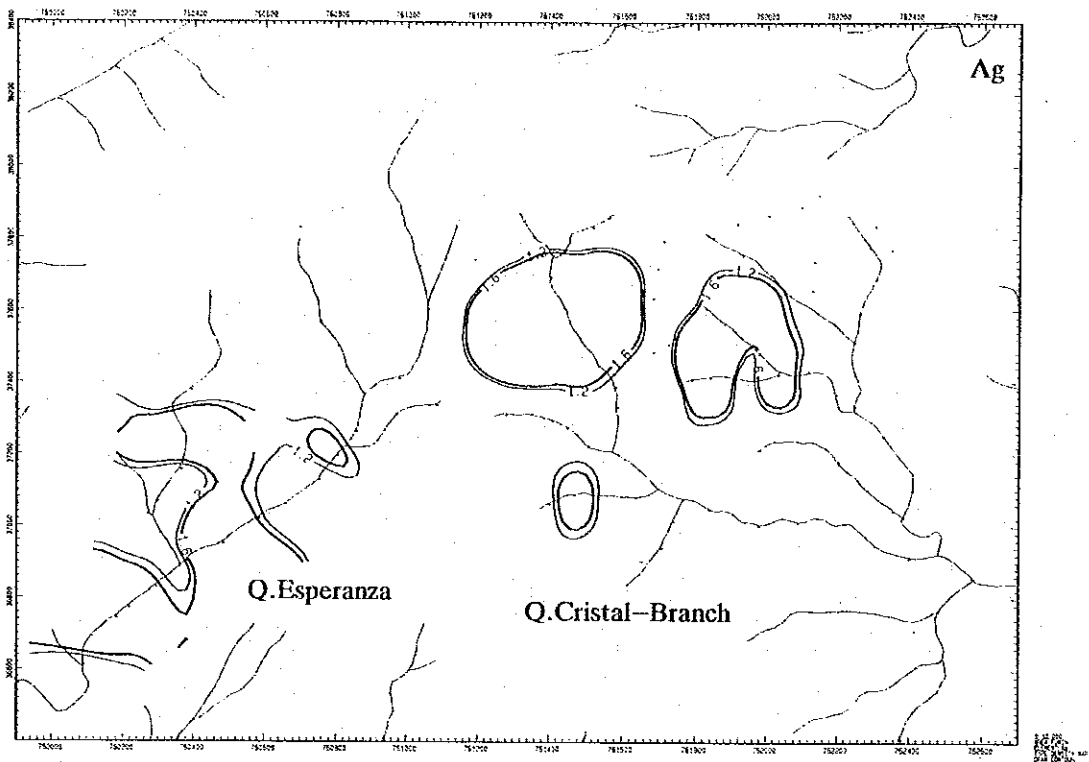
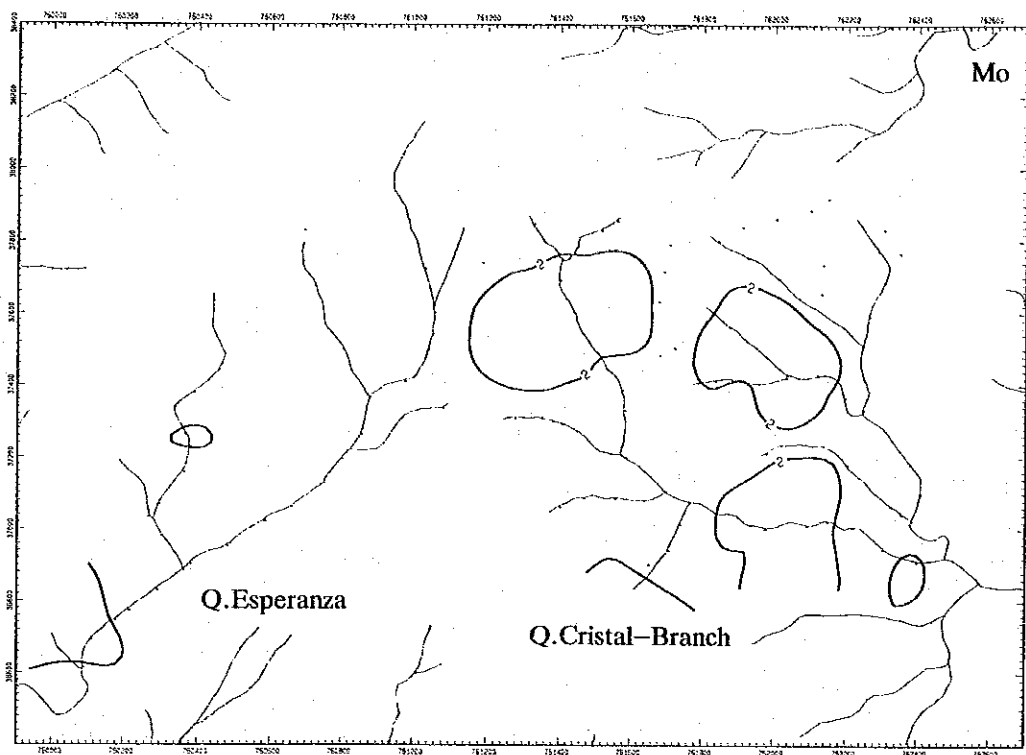


Fig.II-2-7(5) Geochemical anomalies of rock samples(Ag),Surrounding zone,Junin area



1:10,000
 1:50,000
 1:100,000
 1:200,000
 1:500,000
 1:1,000,000

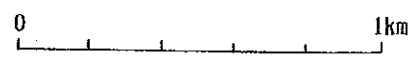
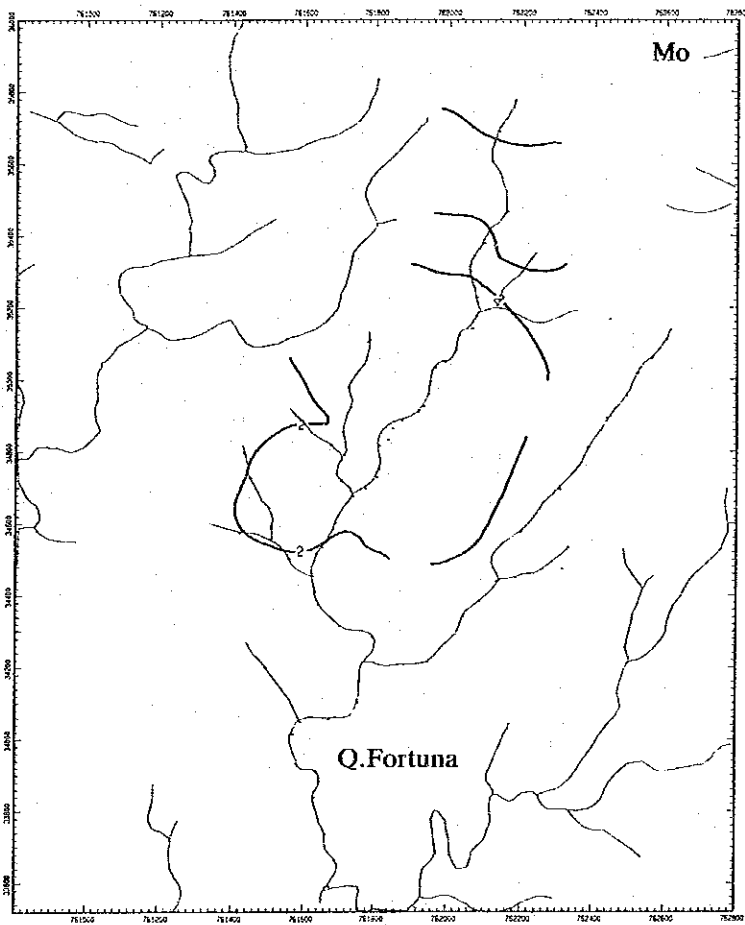


Fig.II-2-7(6) Geochemical anomalies of rock samples(Mo),Surrounding zone,Junin area

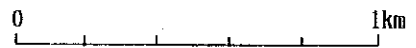
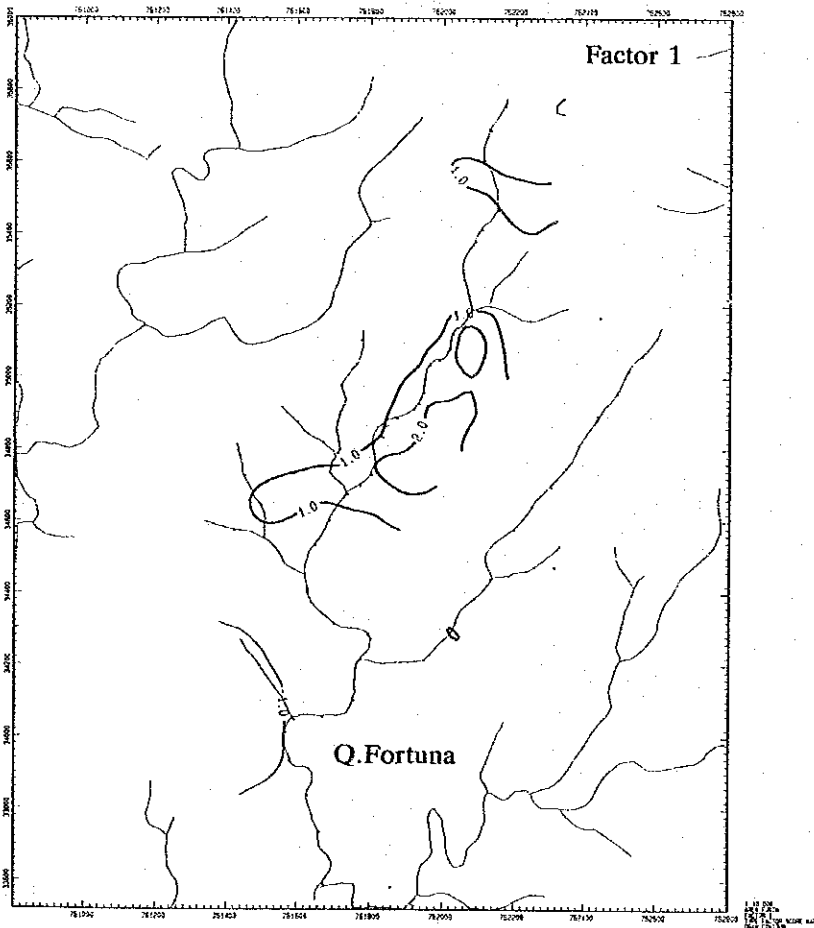
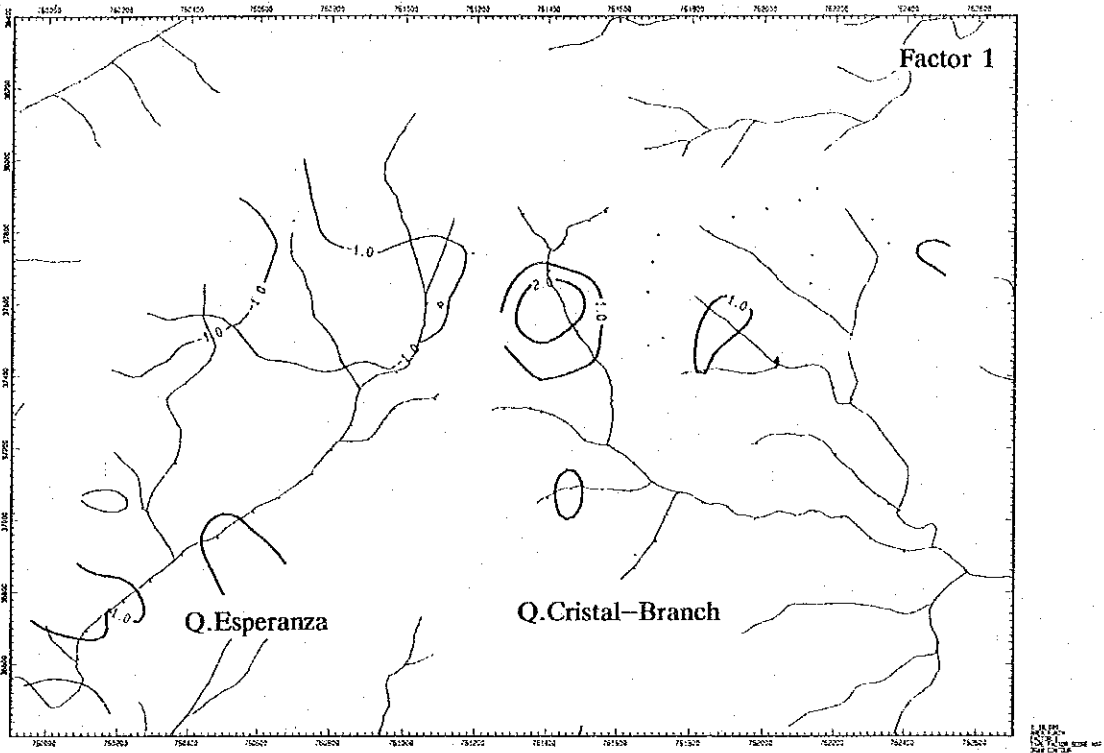


Fig.II-2-8(1) High factor scores from factor analysis of rock samples:Factor 1;Cu-Mo-Au-Ag

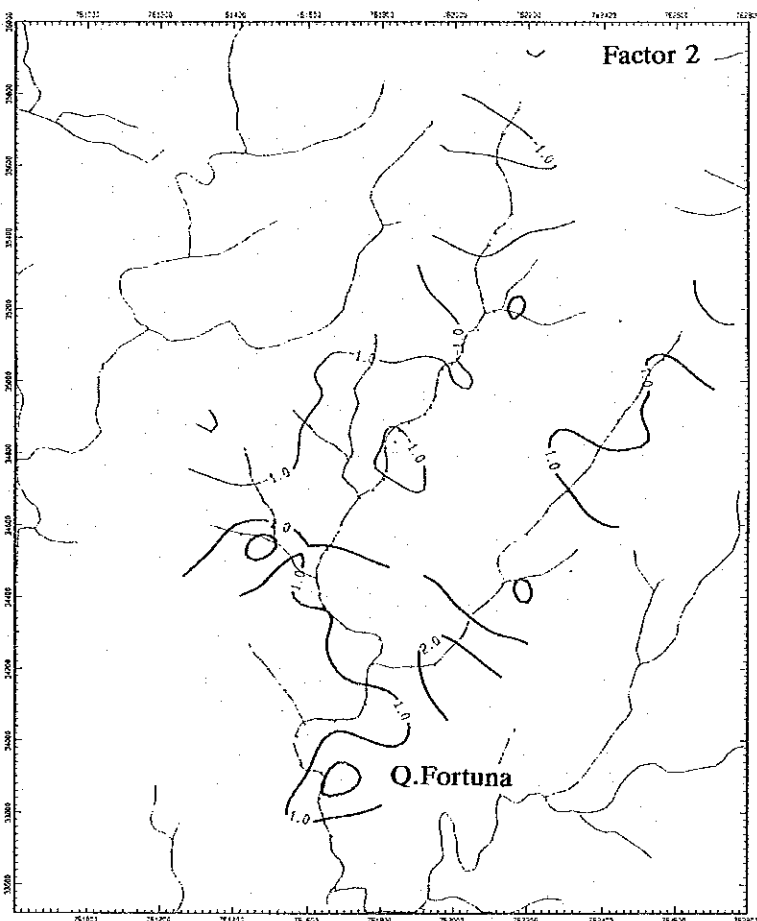
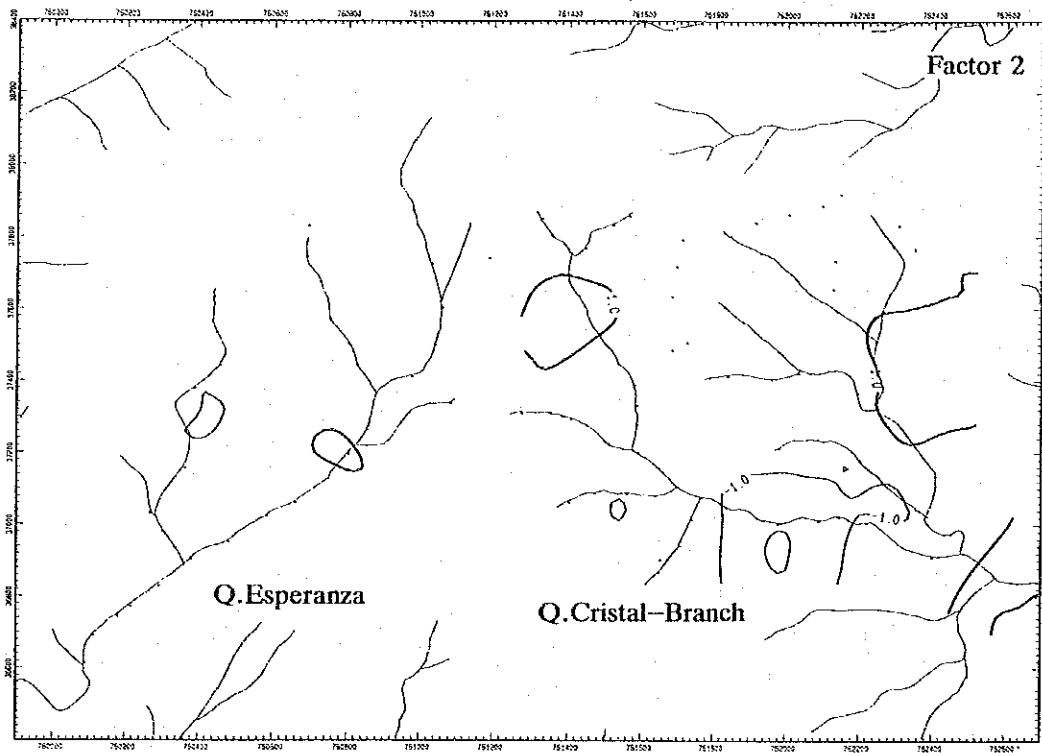


Fig.II-2-8(2) High factor scores from factor analysis of rock samples:Factor 2;Pb-Zn
-79-

第3章 コジャッヘ地区リオ・マグダレナ区域

本年度は、昨年度の地質概査の結果、新たに発見されたポーフイリーカッパー鉍化帯（面積4 km²）の地質精査及び地化学探査（岩石）を実施した。

3-1 地質調査

3-1-1 調査目的及び方法

調査目的は、ポーフイリーカッパー鉍化帯の規模・産状等詳細を明らかにすることである。

踏査に当たっては、既存の縮尺2万5千分の1の地形図を縮尺5千分の1に拡大したものを使用してルートマップを作成した。踏査ルートは、既存の資料を十分検討して設定した。同時に6万分の1の空中写真を活用した。

地質図をFig. II-3-1及びPl. II-3-1に、地質断面図をPl. II-3-2に示す。また、地質模式層序図をFig. II-2-2に示す。

各種試験分析に供した試料を、十分に配慮して採取した。これらの採取位置をPl. II-3-3に、各種試験分析結果を巻末に示す。

3-1-2 地質及び地質構造

本地区の地質は、フニン地区同様バソリス状の花崗閃緑岩（Gd）が主体を占め、これに貫入するストック状～岩脈状の安山岩質斑岩（Ap）、そして岩脈状の石英斑岩（Qp）及び閃緑斑岩（Dp）からなる。

(1) 花崗閃緑岩（Gd）

花崗閃緑岩は灰色を呈し中粒で、有色鉱物として黒雲母>角閃石を含む。場所によって角閃石が認められないものもあるが、概してフニン地域と同様の岩質である。

代表的な岩石の顕微鏡観察結果は、次のとおりである（Appendix 1）。

花崗閃緑岩（B2024）

位置：中央部

組織：完晶質

主成分・副成分鉱物：斜長石>石英>黒雲母>カリ長石>燐灰石、褐レン石、スフェーン

変質鉱物：緑泥石、緑レン石、アルバイト、絹雲母

斜長石は部分的にアルバイト化及び緑レン石化、黒雲母は僅かに緑泥石化及び緑レン石化している。

(2) 安山岩質斑岩（Ap）

安山岩質斑岩は中部のマグダレナ川支流にストックとして、南東部及び北西部に岩脈として

分布する。ストックは120×60mの楕円形の範囲に分布し、マグダレナ川支流鉄化帯（後述）のほぼ東縁に位置する。珪質で斜長石の斑晶を含む。岩脈は緑色ガラス質の石基中に数mmの斜長石の斑晶を含む。

代表的な岩石の顕微鏡観察結果は、次のとおりである（Appendix 1）。

安山岩質斑岩（C2006）

位置：南東部

組織：斑状

斑晶：斜長石>角閃石>石英，（黒雲母）

石基：ガラス>斜長石>石英

変質鉱物：緑泥石，緑レン石>石英，絹雲母

黒雲母は完全に緑泥石化している。斜長石の斑晶及び石基は部分的にアルバイト化及び緑レン石に置換されている。

（3） 閃緑斑岩（Dp）

閃緑斑岩は、本区域内では岩脈として数本認められるが、範囲外東部ではクリストパンバ川沿いに400×250mの規模で比較的広く分布するほかに、南部サン・ホアキン川及びコジャッへ部落南東部にENE～NNE系の岩脈として小規模に分布する。岩質は安山岩質斑岩に類似の岩質を呈するが、より石基が完晶質であり粗粒である。また、地域外北東部では局部的に花崗閃緑岩に漸移的に変化するところもある。

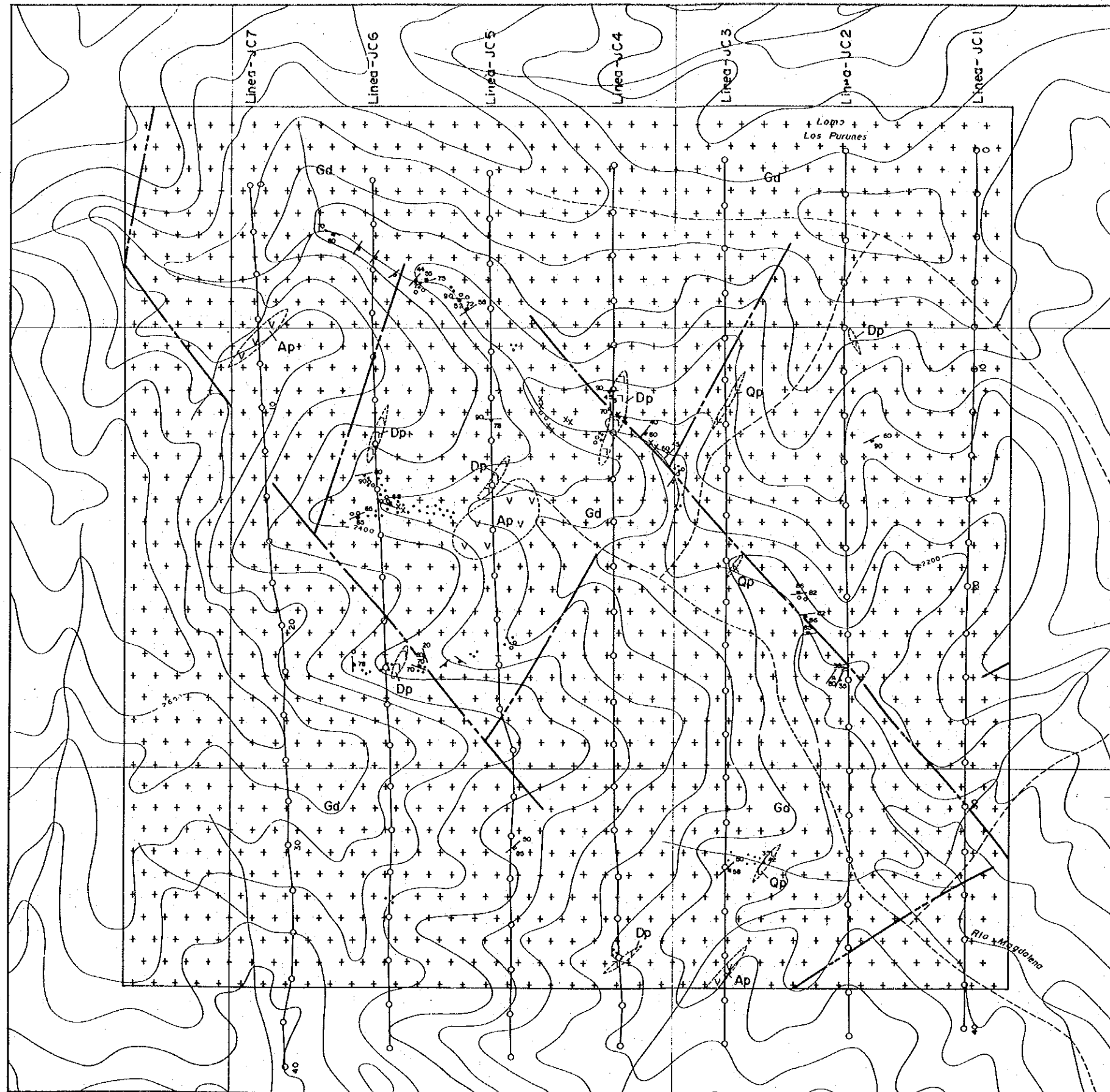
（4） 石英斑岩（Qp）

石英斑岩は、本区域内では岩脈として数本認められるが、範囲外東部ではクリストパンバ川とマグダレナ川との合流点付近に300×20mの規模でNE-SW系の岩脈として産する。岩質は灰白色ち密で、ガラス質石基中に径1～2mmの石英の斑晶を含む。

これら4種類の岩石は全て花崗閃緑岩，Iタイプ及び磁鉄鉱系列に分類される。また，K-Ar法による放射年代測定の結果，花崗閃緑岩は 13.0 ± 0.6 Ma，安山岩質斑岩は $11.1 \pm 0.6 \sim 10.4 \pm 0.5$ Ma，石英斑岩は 8.8 ± 0.4 Maの年代を得た（JICA/MMA J, 1992）。これらの年代は，ポリバール地域のものよりも新しく，フニン地区同様，新第三紀中新世中～後期である。

（5） 地質構造

リニアメントは，NNE-SW系及びNW-SE系のものが顕著で，区域外ではこれらに低次のオーダーとしてN-S及びE-W系のものが発達する。



LEGEND

Intrusive Rocks

Gd		Granodiorite
Dp		Diorite porphyry
Ap		Andesite porphyry
Qp		Quartz porphyry

Structure

	Lineament
	Geologic contact

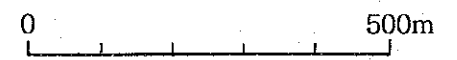


Fig.II-3-1 Geologic map of the Rio Magdalena zone, Cuellaje area

3-1-3 鉍化作用及び変質作用

コジャッヘ地区では、既知の鉍徴であるコジャッヘ部落周辺のクリストパンバ川沿いの脈状鉍から成る鉍化帯（フニン地区のタイプⅡに相当）のほかに、新たに地区北西部マグダレナ川上流及び地区南東部サン・ミゲル沢沿いの主として鉍染状鉍から成る鉍化帯（フニン地区のタイプⅠに相当）が昨年度調査によって確認された。本年度は、これらのうちマグダレナ川上流のものを詳細に調査した（Fig. II-3-2）。

(1) マグダレナ川支流鉍化帯（鉍化帯A）

マグダレナ川支流鉍化帯はタイプⅠに属する。ほぼ中部の安山岩質斑岩のストックの西部に半径600mの強～中珪化帯及び強～中粘土化帯が存在し、その中の南北500m、東西400mの範囲に鉍染状～フィルム状の黄銅鉍、黄鉄鉍及び珪孔雀石と少量の斑銅鉍及び輝銅鉍が認められる。中心には網状の輝水鉛鉍が認められる。X線回折結果では中心に石英－絹雲母－緑泥石－黄鉄鉍の鉍物組み合わせが、その外側に緑泥石－方解石の鉍物組み合わせが検出された。鉍化露頭を平均化するように採取した試料の鉍石分析の結果、Cuは1.40%～0.20%、Agは7.3g/t～0.1g/t以下及びMo0.16%～0.01%以下の鉍石品位であった（Appendix 4）。平均値はCu0.5%である。これらの規模及び銅の含有量は、フニン地区中央区域リモタ沢鉍化帯～ベルデ沢鉍化帯及び同地区周辺区域のフォルトゥナ沢鉍化帯に次ぐものである。

(2) マグダレナ川鉍化帯（鉍化帯B～鉍化帯E）

マグダレナ川本流には、NW－SE系のリニアメントに沿って4つの鉍化帯が分布する。これらは川沿いに100～400mの規模で認められる。

鉍化帯B・C・Eは鉍染状～フィルム状の黄鉄鉍、黄銅鉍及び珪孔雀石より成り、母岩は部分的に珪化及び粘土化を受けている。鉍石分析の結果、Cuは0.37%～0.06%及びAgは4.3g/t～0.1g/t以下の鉍石品位であった（Appendix 4）。

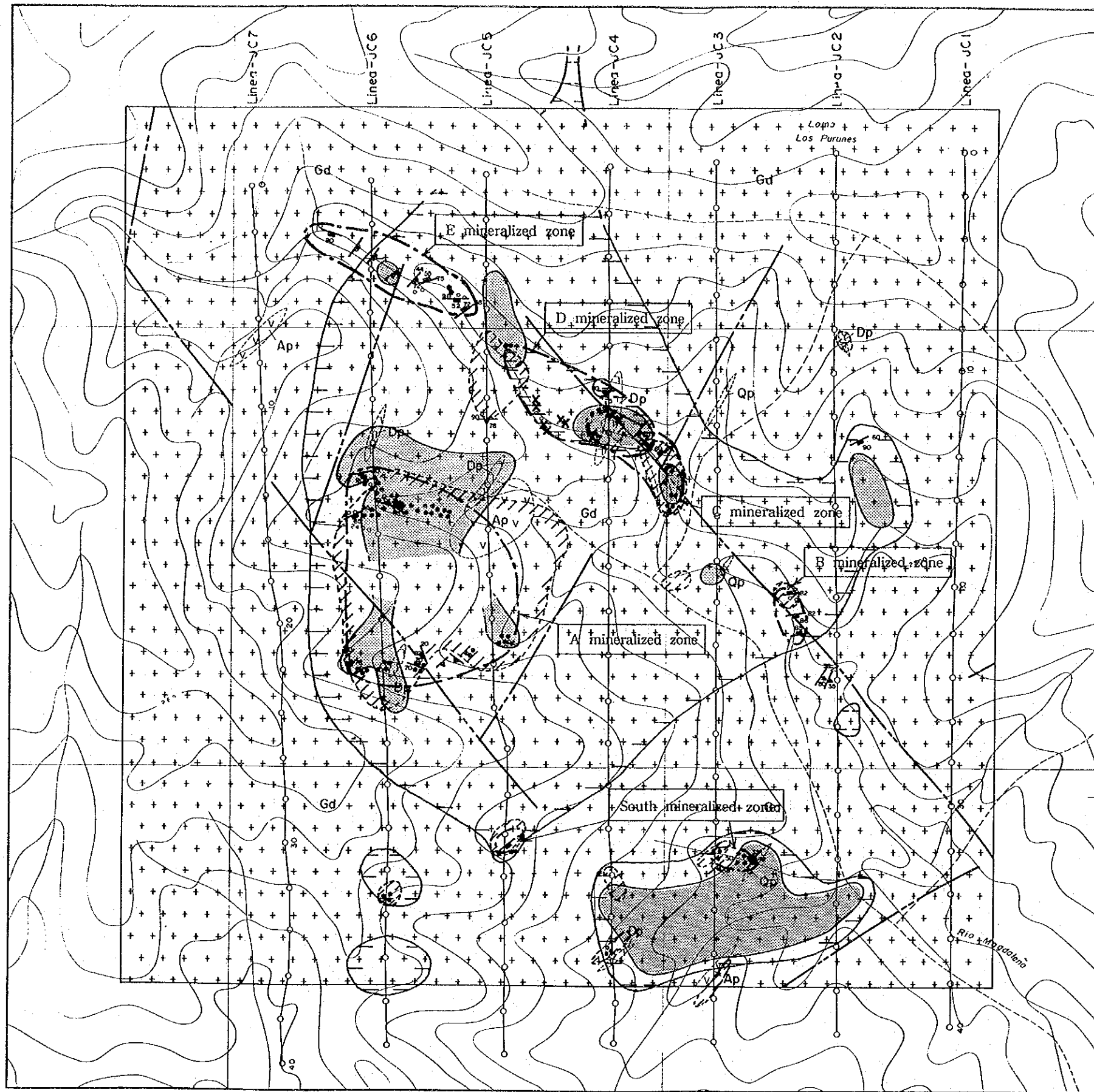
鉍化帯Dは、フニン地区中央区域南東部から同地区周辺区域のフォルトゥナ沢鉍化帯にかけて分布するタイプⅢと同じ珪化帯（酸性変質帯）中の珪孔雀石－石英網状脈から成る。ここには後述するように、フニン地区同様Au－Ag地化学異常が抽出されている。

(3) 南部鉍化帯

南部に2箇所、タイプⅡAに属すNE－SW系の黄鉄鉍－黄銅鉍－石英脈（脈幅10～80cm）が認められる。

X線回折結果では母岩の脈際変質として、内側に石英－絹雲母－緑泥石の鉍物組み合わせが、外側に緑泥石－方解石の鉍物組み合わせが認められる。

鉍石分析の結果、Cu0.49%～0.34%、Ag4.0g/t～2.4g/t及びMo0.15%～0.03%の鉍石品位であった。



LEGEND

- | | | | |
|--|----|--|------------------------------------|
| Intrusive Rocks | Gd | | Granodiorite |
| | Dp | | Diorite porphyry |
| | Ap | | Andesite porphyry |
| | Qp | | Quartz porphyry |
| Structure | | | Fault |
| | | | Lineament |
| | | | Geologic contact |
| Mineralization | | | Mineralized zone |
| | | | Vein and veinlet |
| | | | Film |
| | | | Network |
| | | | Dissemination |
| Alteration zone (by field observation) | | | Medium to strongly silicified zone |
| | | | Quartz network zone |
| Alteration zoning pattern (by X-ray dif.) | | | Propylitic zone |
| | | | Phyllic zone |
| | | | Acidic alteration |

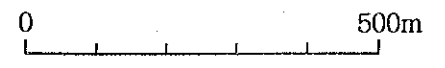


Fig.II-3-2 Mineralized and alteration zone map of the Rio Magdalena zone, Cuellaje area

3-2 地化学探査

3-2-1 探査目的

地化学探査の目的は、本区域の岩石における鉱化・変質作用に関連する元素の分散を調べ、有望な鉱化帯を抽出することである。

3-2-2 探査方法

(1) 試料採取及び試料調整

地質調査と平行して、本区域全体の沢及び尾根の露頭から、合計206個の岩石試料を採取した(P1, II-3-3)。本区域は尾根部の風化が進んでいるために、全域からの均等な試料採取は不可能である。したがって、沢沿いの試料は155個、採取点間隔は平均約50m、尾根部試料は51個、採取点間隔は非常に粗いものとなっている。

採取方法としては、同一露頭の約1~2m四方の範囲内数点から少量ずつ計約500グラムを採取した。また各試料の採取点情報として地質状況、変質のタイプ・強度等を記録した。採取した試料は二次鉱物があればそれを除去し、300グラムに秤量した。さらに粉碎・調製後、四分法により1試料につき50グラムを分析用とし、50グラムを予備として保存した。

(2) 化学分析

試料は、現地にて300グラムの秤量後に、大手開発地科学試験所で化学分析を行った。対象元素は、Cu, Pb, Zn, Au, Ag及びMoの6元素に、後述の物理探査異常を定量的に考察するためにFe及びSを追加した。

各元素の化学分析法と検出限界値をTab. II-2-1に示す。化学分析の結果はAppendix 5に示す。

(3) データ処理

(i) 単変量解析

得られた分析値をコンピュータに入力し、統計処理を行った。この際、処理の都合上検出限界値に満たないものは、検出限界値の半分の値を用いた。ここで、本区域の試料は昨年度のフニン地区中央区域と同様、タイプIの鉱化帯に関連する試料が多いが、同区域から20km離れているので、今回の本区域の試料だけを一括して処理した。基本統計量を、Tab. II-3-1に示す。中央区域に比べると、平均値はCuで2倍、Agで2.5倍高くなり、そのほかはそれ程の差はないにしても、Zn・Auで高くPb・Moで低くなっている。最大値はCu・Au・Moで高くなり、Pb・Zn・Agで低くなっている。

次に、各元素間の関連性を明かにするために、相関係数を算出した(Tab. II-3-2, Fig. II-3-3)。これによれば、Cu-Au, Cu-Ag, Au-Ag, Ag-Mo, Zn-Feの相関が強く、0.5以上である。

Tab.II-3-1 Summary of statistical analysis of rock geochemical data, Rio Magdalena zone, Cuellaje area

Geologic units	Elements	Mean	Variance	Standard deviation	Min.	Max.	Mean+2S, D
Gd. Qp. Dp & Ap (N=206)	Cu (ppm)	256.0	0.298	0.546	5.0	18,842.0	3,162.7
	Pb (ppm)	1.7	0.099	0.314	0.5	108.0	7.3
	Zn (ppm)	21.1	0.067	0.258	2.0	155.0	69.2
	Au (ppb)	2.1	0.446	0.668	0.5	136.0	45.1
	Ag (ppm)	0.23	0.197	0.443	0.10	5.70	1.80
	Mo (ppm)	1.1	0.408	0.639	0.5	1,688.0	20.2
	Fe (%)	1.93	0.024	0.154	0.32	4.27	3.91
	S (%)	0.033	0.110	0.332	0.012	1.557	0.154

Tab.II-3-2 Correlation of eight elements of rock geochemical data, Rio Magdalena zone, Cuellaje area

	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Mo	Fe	S
Cu	1.000							
Pb	-0.328	1.000						
Zn	-0.052	0.053	1.000					
Au	0.559	0.217	-0.383	1.000				
Ag	0.575	0.474	-0.225	0.645	1.000			
Mo	0.472	0.520	-0.113	0.420	0.597	1.000		
Fe	-0.169	-0.159	0.567	-0.361	-0.390	-0.241	1.000	
S	0.455	-0.223	0.134	0.183	0.395	0.467	0.035	1.000

Tab.II-3-3 Results of the EDA analysis of rock geochemical data, Rio Magdalena zone, Cuellaje area

Elements	Median	L. fence	L. whisker	L. hinge	U. hinge	U. whisker	U. fence
Cu(ppm)	268.5	-562.0	99.0	119.0	573.0	726.0	1,254.0
Pb(ppm)	2.0	-0.5	1.0	1.0	2.0	2.0	3.5
Zn(ppm)	22.0	-3.5	14.0	16.0	29.0	32.0	48.5
Au(ppb)	1.5	-7.8	0.5	0.5	6.0	11.0	14.3
Ag(ppm)	0.20	-0.50	0.10	0.10	0.50	0.60	1.10
Mo(ppm)	0.5	-1.8	0.5	0.5	2.0	3.0	4.3
Fe (%)	2.13	0.55	1.54	1.66	2.40	2.48	3.51
S (%)	0.027	0.012	0.023	0.024	0.032	0.035	0.044

Tab.II-3-4 Results of factor analysis of rock geochemical data, Rio Magdalena zone, Cuellaje area

Elements	Factor			Communality
	1	2	3	
Cu	0.729	-0.079	0.235	0.5924
Pb	0.196	-0.027	0.695	0.5220
Zn	-0.041	0.758	0.070	0.5810
Au	0.641	-0.479	0.094	0.6494
Ag	0.615	-0.333	0.453	0.6943
Mo	0.480	-0.129	0.600	0.6064
Fe	-0.071	0.722	-0.199	0.5654
S	0.542	0.218	0.284	0.4222
Contribution	40.76%	32.53%	26.71%	

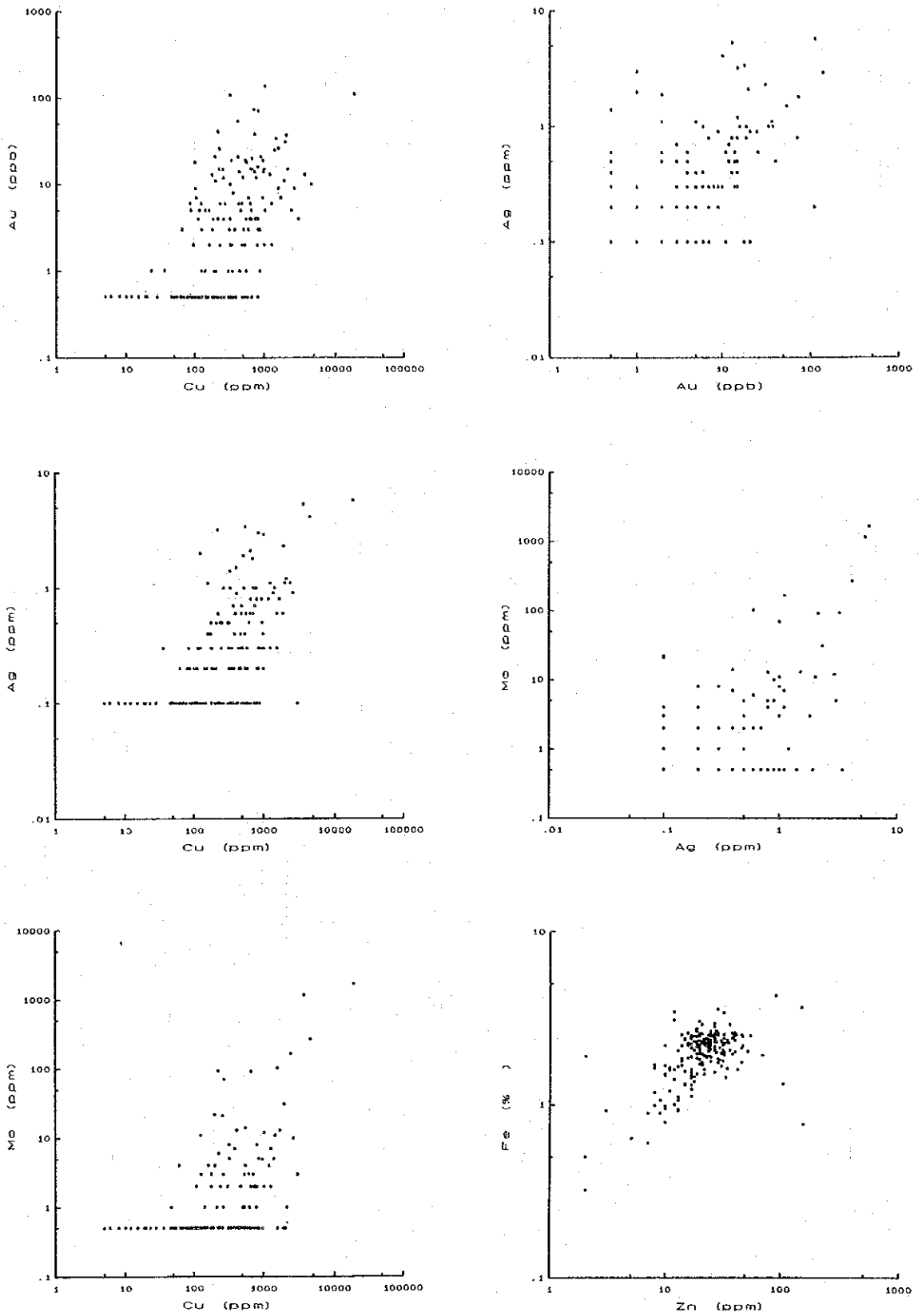


Fig.II-3-3 Correlation diagram between each element,Rio Magdalena zone,Cuellaje area

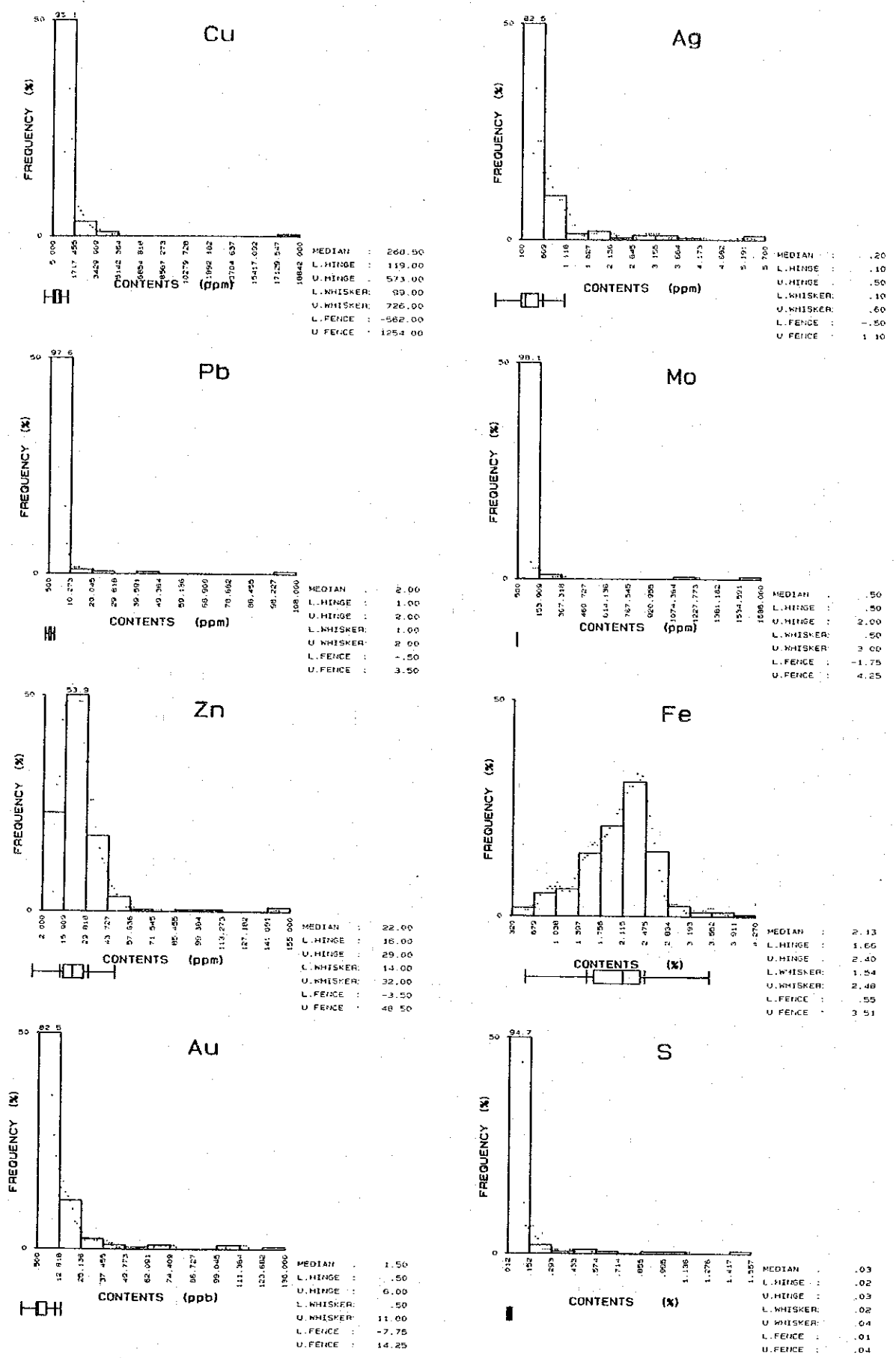


Fig.II-3-4 Histograms and boxplots of eight elements,Rio Magdalena zone,Cuellaje area

異常を求めるしきい値の決定には既述のEDA法を使用した。各成分について分析値のヒストグラム及びboxplotを作成した (Fig. II-3-4)。これらによれば、しきい値はupper fence, 補助的しきい値はupper whiskerである (Tab. II-3-3)。中央区域に比べると、Cuで2倍, Auで3倍, Agで5倍, Pb・Znで3分の1, Moで半分である。

(ii) 多変量解析

フニン地区同様、因子分析法を使用した。

分析データは、コンピュータを使用して、バリマックス法で処理した。計算の結果、①Cu-Mo-Au-Ag, ②Au-Ag, ③Pb-Mo-Agの3つの因子が抽出された。因子分析による因子負荷量・共通性・因子寄与量をTab. II-3-4に示す。さらに因子分析により関連するとされた元素グループが各試料中にどれだけ共有されているかを数値で表わしたものが因子得点であり、この数値が各試料への当該元素グループの関与を示している。本報告では因子得点の絶対値が1以上を示す試料をひろいだし、地質及び鉱化作用との関連について検討した。

3-2-3 探査結果

(1) 元素別地化学異常

単変量解析としてEDA法を用いて、Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Mo, Fe及びSの各元素の濃度分布を調べ、地化学異常図を作成した (Fig. II-3-5)。

銅 (Cu)

銅の濃度は、最小値5ppmから最大値18,842 ppmの広がりを示す。upper fenceの値 (1,254.0ppm) 及びupper whiskerの値 (726.0ppm) を基に、Fig. II-3-5(1) に示すような高濃度分布図を作成した。

Upper fenceの値をしきい値とする異常域は、鉱化帯A・C・E及び南部鉱化帯と一致して抽出された。

鉱化帯Aの異常域は、18,842 ppmを最高に7点よりなる。鉱化帯C及び南部鉱化帯の異常域は2点よりなり、鉱化帯Eの異常域は4点よりなる。

鉛 (Pb)

鉛の濃度は、最小値1ppm以下 (検出限界) から最大値108ppmの広がりを示す。upper fenceの値 (3.5ppm) 及びupper whiskerの値 (2.0ppm) を基に、Fig. II-3-5(2) に示すような高濃度分布図を作成した。

upper fenceの値をしきい値とする異常域は、南部鉱化帯に比較的まとまって抽出された。そのほか、鉱化帯Aに小規模に抽出された以外、本区域の縁辺部に散在する。

南部鉱化帯の異常域は、108ppmの値を最高に6点含まれる。鉱化帯Aの異常域は5点が含ま

れ、そのほか7点が散在する。

亜鉛 (Zn)

亜鉛の濃度は、最小値2ppmから最大値155ppmの広がりを示す。upper fence の値 (48.5ppm) 及びupper whiskerの値 (32.0 ppm) を基に、Fig. II-3-5(3) に示すような高濃度分布図を作成した。

upper fence の値をしきい値とする異常域は、南部鉍化帯及び南西部に抽出された。

南部鉍化帯の異常域は155ppmを最高に3点含み、南西部の異常域では151ppmを最高に2点である。

金 (Au)

金の濃度は、最小値1ppb以下 (検出限界) から最大値136ppbの広がりを示す。upper fence の値 (14.3ppb) 及びupper whiskerの値 (11.0ppb) を基に、Fig. II-3-5(4) に示すような高濃度分布図を作成した。

upper fence の値をしきい値とする異常域は、鉍化帯A・C・D・Eを包含するように抽出された。そのほか、鉍化帯B及び北縁部に小規模に抽出された。

鉍化帯A・C・D・Eの異常域は、136ppbを最高に21点含まれる。鉍化帯Bの異常域は5点、北縁部の異常域は3点である。

銀 (Ag)

銀の濃度は、最小値0.2ppm以下 (検出限界) から最大値5.7 ppm の広がりを示す。upper fence の値 (1.10 ppm) 及びupper whiskerの値 (0.60 ppm) を基に、Fig. II-3-5(5) に示すような高濃度分布図を作成した。

upper fence の値をしきい値とする異常域は、鉍化帯A・E及び南部鉍化帯にほぼ一致して抽出された。また、鉍化帯Dを含み、その東側にも抽出された。

鉍化帯Aの異常域は5.7ppmを最高に5点含まれ、鉍化帯E及び南部鉍化帯の異常域は3点ずつ含まれる。鉍化帯D及びその東部の異常域は4点である。

モリブデン (Mo)

モリブデンの濃度は、最小値1ppm以下 (検出限界) から最大値1,688ppmの広がりを示す。upper fence の値 (4.3ppm) 及びupper whiskerの値 (3.0ppm) を基に、Fig. II-3-5(6) に示すような高濃度分布図を作成した。

upper fence の値をしきい値とする異常域は、Cuのそれにおおよそ一致して抽出された。

鉍化帯Aの異常域は、1,688 ppm を最高に10点よりなる。南部鉍化帯の異常域は1,178ppmを最高に4点よりなり、鉍化帯Eの異常域は5点よりなる。

鉄 (Fe)

鉄の濃度は、最小値0.32%から最大値4.27%の広がりを示す。

upper fence の値 (3.51%) 及びupper whiskerの値 (2.48%) を基に、Fig. II-3-5(7) に示すような高濃度分布図を作成した。

upper whiskerの値をしきい値とする異常域は、鉍化帯A・B・E及び南部鉍化帯を包含するように抽出された。また、北縁部及び南西部にも抽出された。

鉍化帯A周辺の異常域は、3.40%を最高に12点よりなる。鉍化帯B周辺の異常域は、3.57%を最高に5点よりなり、鉍化帯Eの異常域は3点よりなる。南部鉍化帯周辺の異常域は4.27%を最高に9点よりなり、南西部の異常域は3.64%を最高に3点よりなる。北縁部の異常域は8点よりなる。

イオウ (S)

イオウの濃度は、最小値 0.012%から最大値 1.557%の広がりを示す。

upper fence の値 (0.044 %) 及びupper whiskerの値 (0.035 %) を基に、Fig. II-3-5(8) に示すような高濃度分布図を作成した。

upper fence の値をしきい値とする異常域は、Cuのそれにおおよそ一致して抽出された。

鉍化帯Aの異常域は、1.557 %を最高に13点よりなる。南部鉍化帯の異常域は 1.094%を最高に5点よりなる。鉍化帯CとEの異常域は、それぞれ3点と9点である。

(2) 因子分析結果

多変量解析としてバリマックス法による因子分析を実施した結果、下記の3つの因子が抽出された。

第1因子：Cu-Mo-Au-Ag

第2因子：Au-Ag

第3因子：Pb-Mo-Ag

(i) 第1因子：Cu-Mo-Au-Ag

因子得点が 1.000以上の高因子得点分布図をFig. II-3-6 (1)に示す。

高因子得点分布域は、鉍化帯A、鉍化帯E、南部鉍化帯及び北東部に抽出された。

(ii) 第2因子：Au-Ag

因子得点が-1.000以下の高因子得点分布図をFig. II-3-6 (2)に示す。

高因子得点分布域は、鉍化帯Dに一致して抽出された。

(iii) 第3因子：Pb-Mo-Ag

因子得点が 1.000以上の高因子得点分布図をFig. II-3-6 (3)に示す。

高因子得点分布域は、鉍化帯A、鉍化帯E、南部鉍化帯及び北東部に抽出された。

(3) ノルム黄銅鉍-黄鉄鉍量

後述の物理探査のIP異常を評価するために、元素ごとの異常図を検討した。各元素のうち、IP異常と良い一致を示すのはSである。

次に各岩石試料の化学分析値から、ノルム黄銅鉍-黄鉄鉍量を算出した(Tab. II-3-5)。実際には、種々の要因による制約があるので、両鉍物中のFe含有量で代用した。以下に示すように、ノルム黄銅鉍量はCu分析値に連動するために、ノルム黄鉄鉍量によりIP異常の評価をし、さらにノルム黄銅鉍-黄鉄鉍比により検討を加えた(Fig. II-3-7)。

算出のまえに、次の2点を前提条件として考慮した。

- ① 昨年度のフニン地域・中央区域の鉍化帯における、硫化鉍物中のCu含有量の、全Cu量に対する割合は30%であった。本区域は、フニン地域・中央区域に比べて酸化銅が少ないことから、この割合を50%と仮定した。
- ② 硫化銅のほとんどが黄銅鉍として、斑銅鉍及び輝銅鉍の量は無視できるものとした。

算出フローは、まず全Cu・Fe・S量から黄銅鉍中のCu、Fe、Sを算出し、残量を黄鉄鉍に配分し、最後にノルム黄銅鉍-黄鉄鉍比を求めることであった。ここで黄鉄鉍中のFe、S及びノルム黄銅鉍-黄鉄鉍比で負の値を示すのは、Sに過不足、すなわち硫化物より酸化物が多いことを意味する。

以上から、次の結果が得られた。

- ① 硫化物量(Sの異常図で代用)から、IP異常は全硫化物量に比例すると考えられる。
- ② ノルム黄銅鉍量(Cuの異常図で代用)、ノルム黄鉄鉍量及び各鉍化帯の特徴から、鉍化帯A・E上のIP異常は等量の黄銅鉍及び黄鉄鉍によるもの、南部鉍化帯上のIP異常は黄鉄鉍>黄銅鉍によるもの、北東部のIP異常は黄鉄鉍によるものと推定される。
- ③ ノルム黄銅鉍-黄鉄鉍比は絶対量ではなく相対比であり、IP異常の評価はできない。

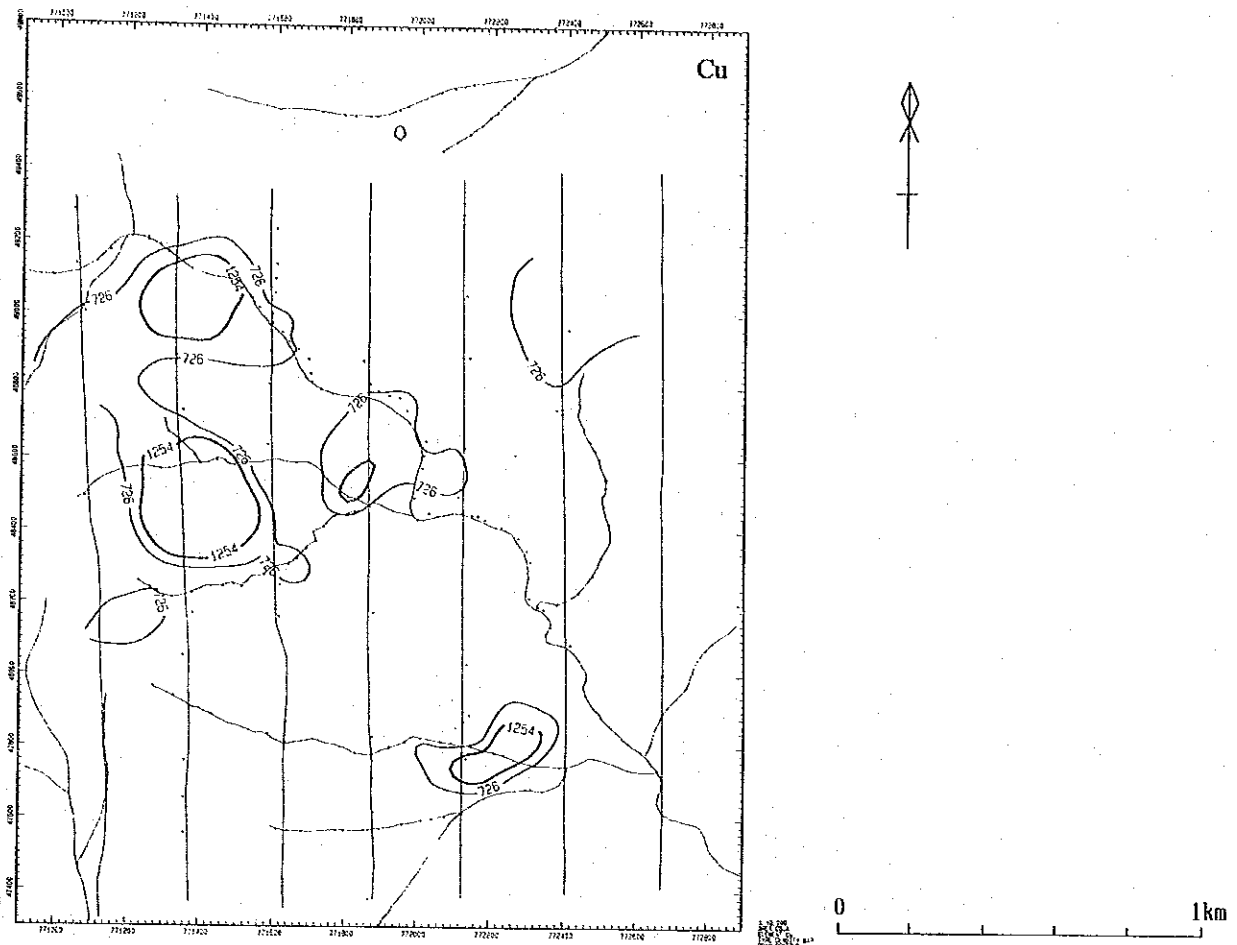


Fig.II-3-5(1) Geochemical anomalies of rock samples(Cu),Rio Magdalena zone,Cuellaje area

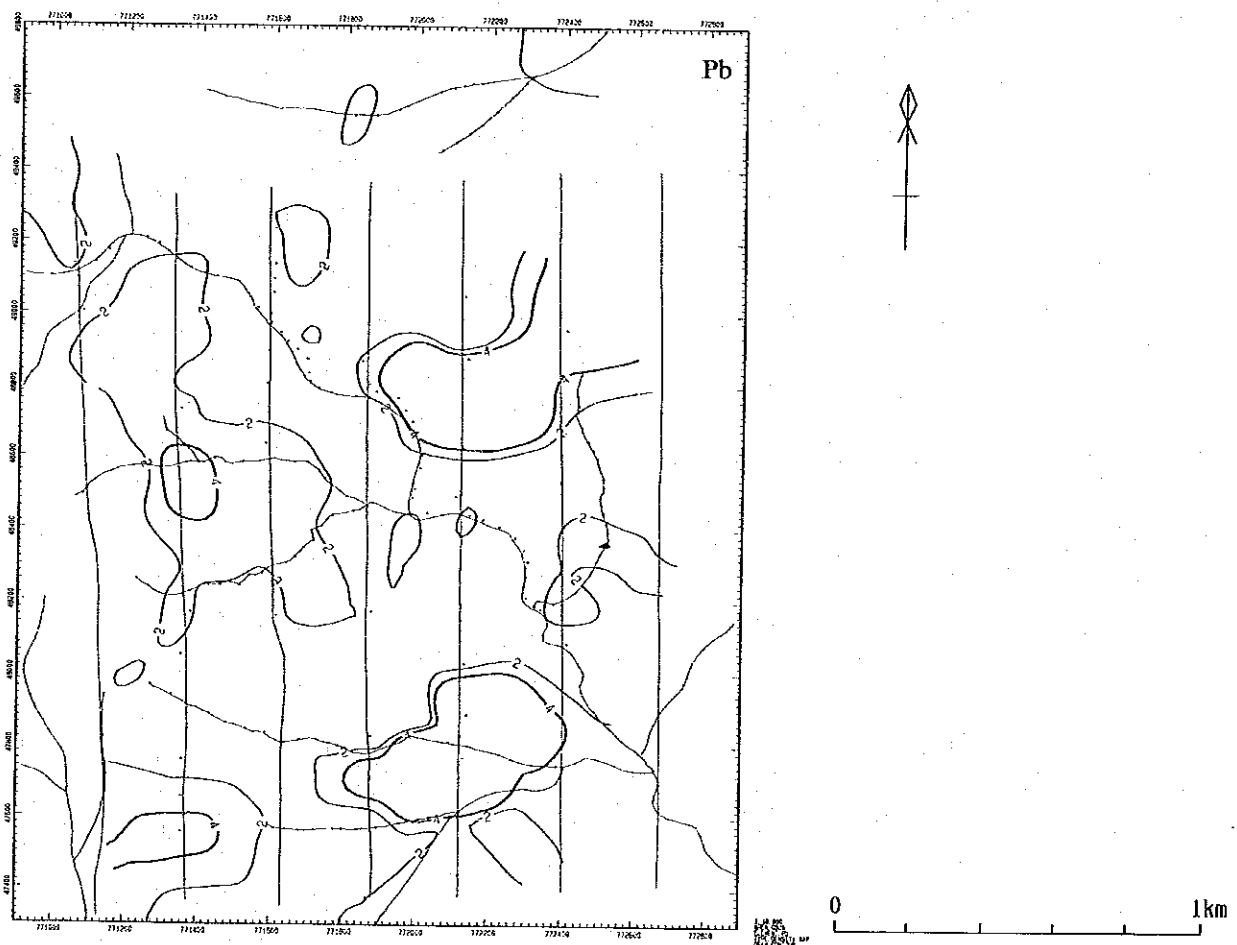


Fig.II-3-5(2) Geochemical anomalies of rock samples(Pb),Rio Magdalena zone,Cuellaje area

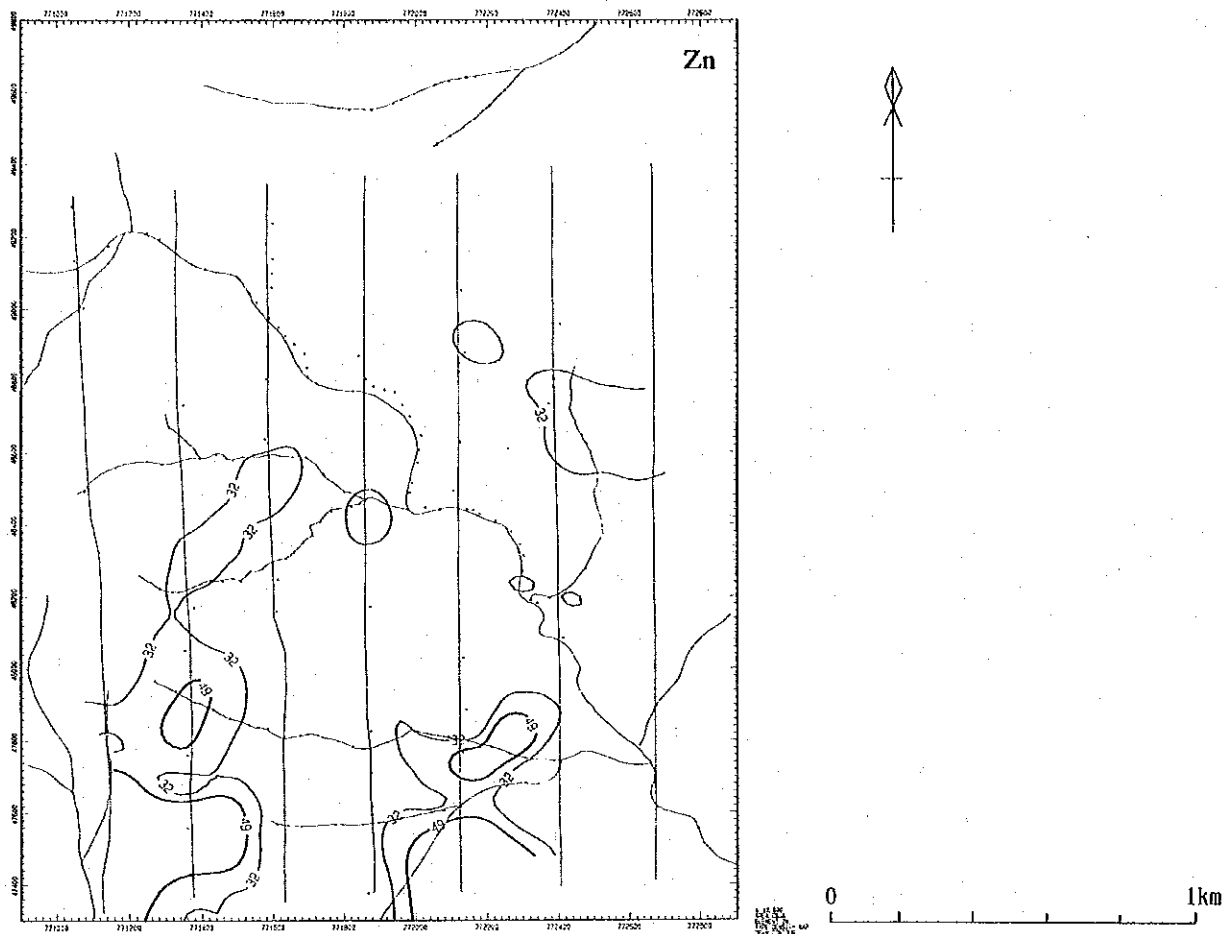


Fig.II-3-5(3) Geochemical anomalies of rock samples(Zn),Rio Magdalena zone,Cuellaje area

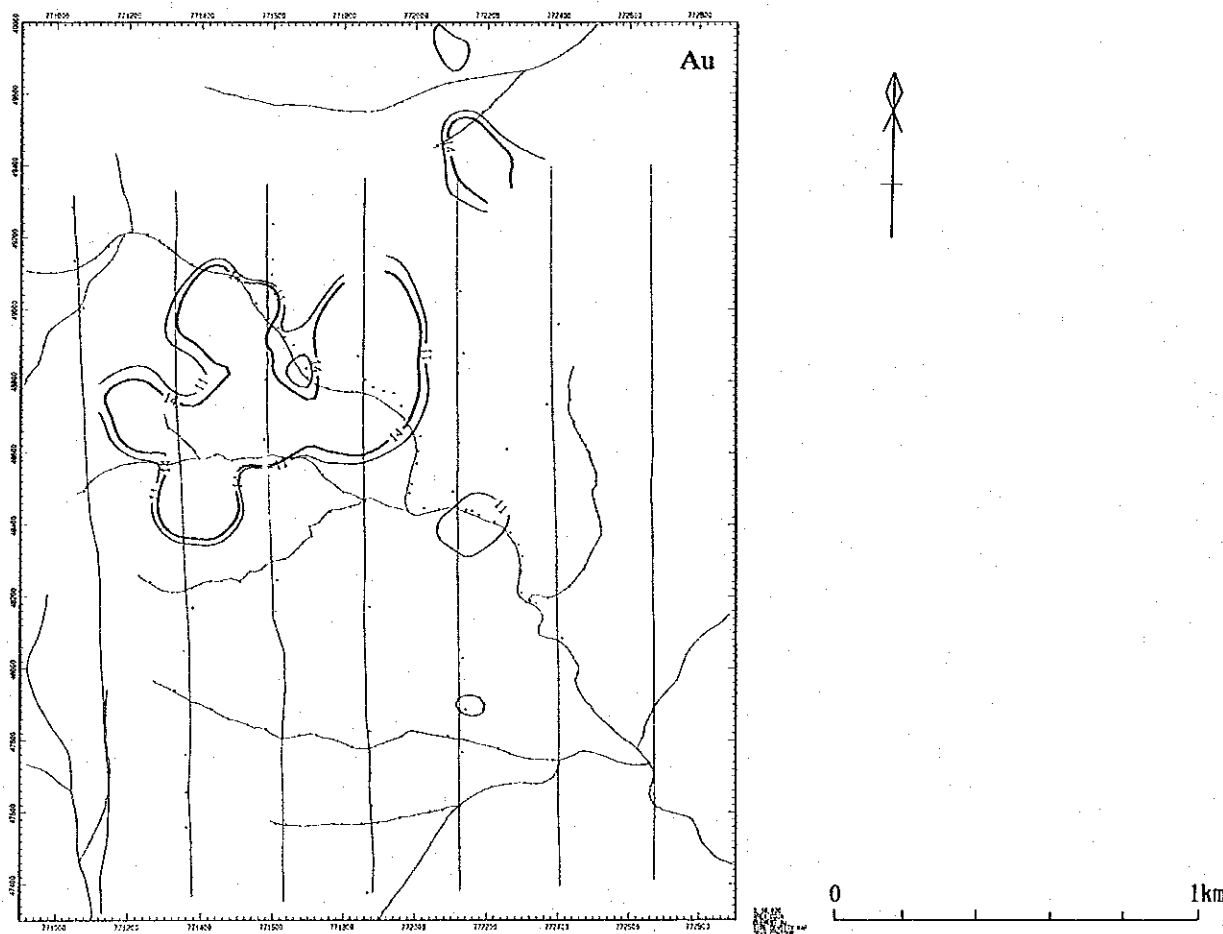


Fig.II-3-5(4) Geochemical anomalies of rock samples(Au),Rio Magdalena zone,Cuellaje area

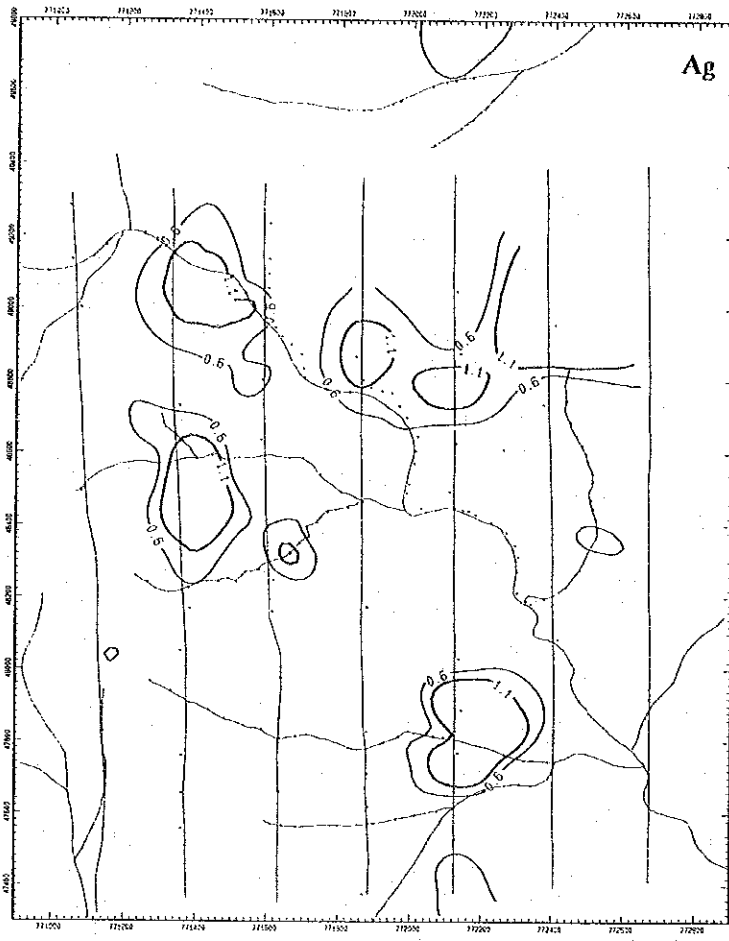


Fig.II-3-5(5) Geochemical anomalies of rock samples(Ag),Rio Magdalena zone,Cuellaje area

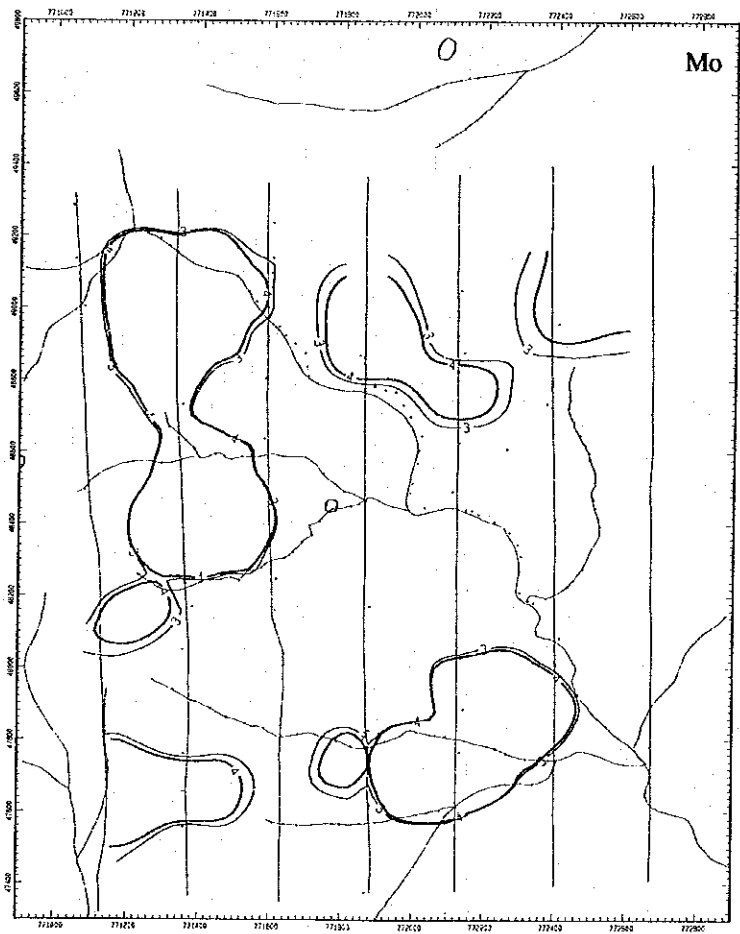


Fig.II-3-5(6) Geochemical anomalies of rock samples(Mo),Rio Magdalena zone,Cuellaje area

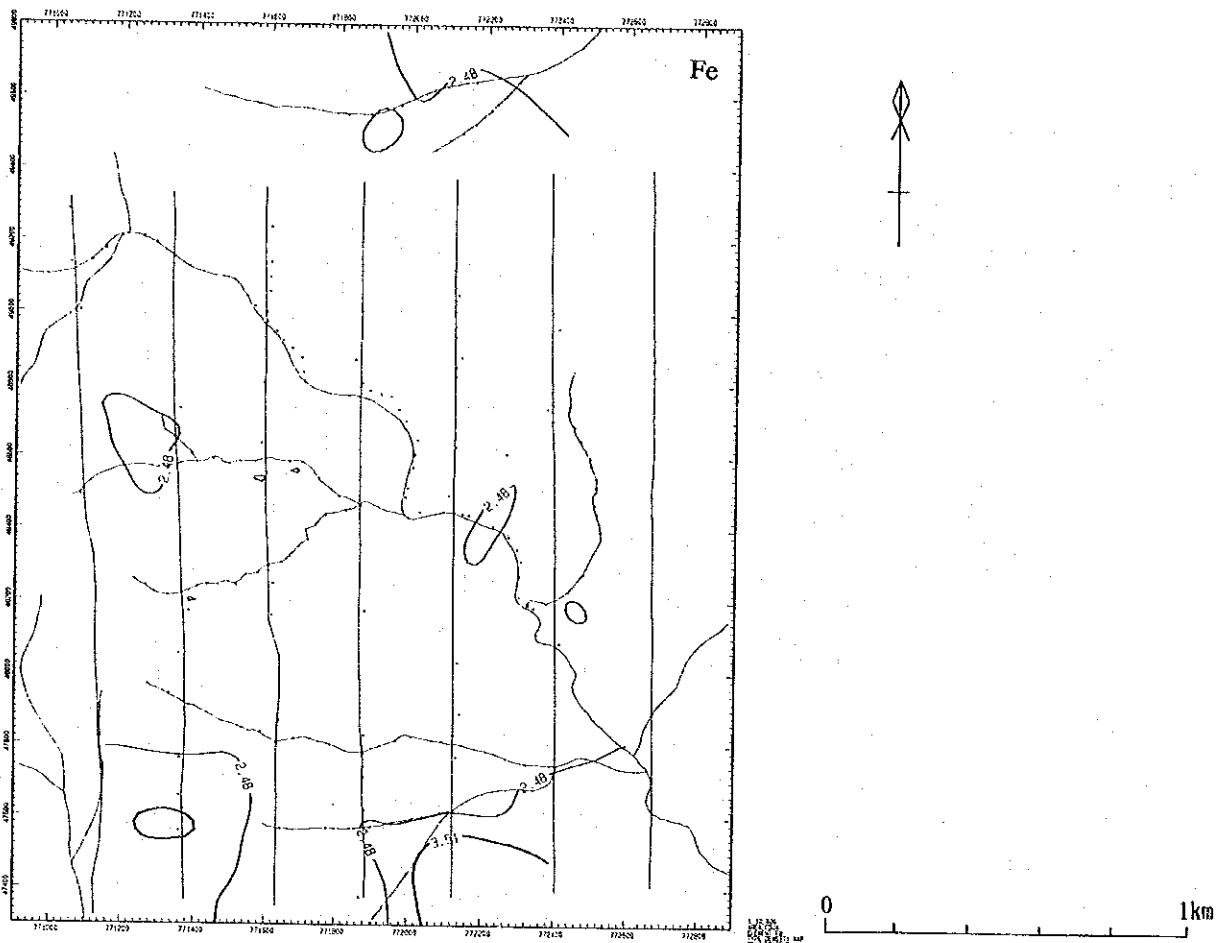


Fig.II-3-5(7) Geochemical anomalies of rock samples(Fe),Rio Magdalena zone,Cuellaje area

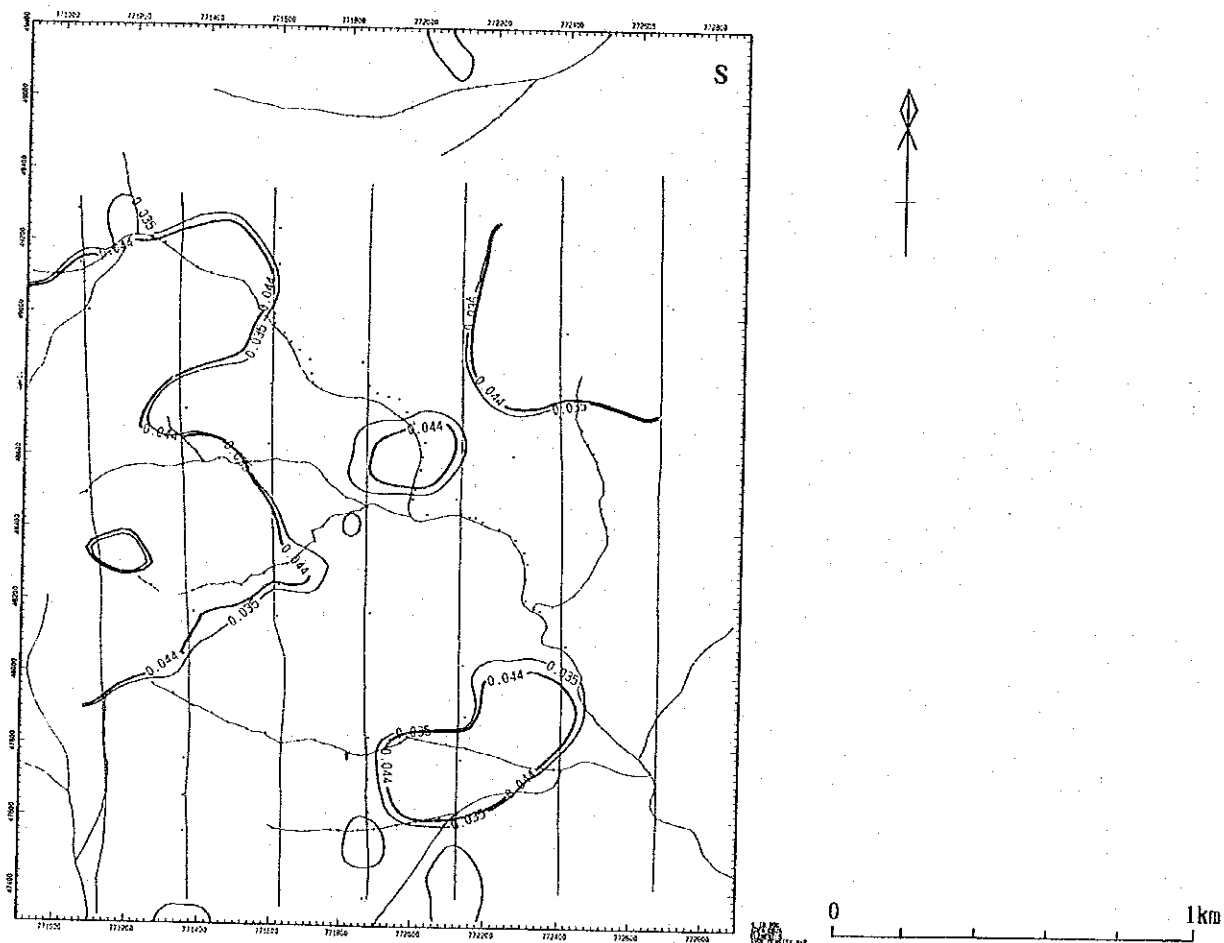


Fig.II-3-5(8) Geochemical anomalies of rock samples(S),Rio Magdalena zone,Cuellaje area

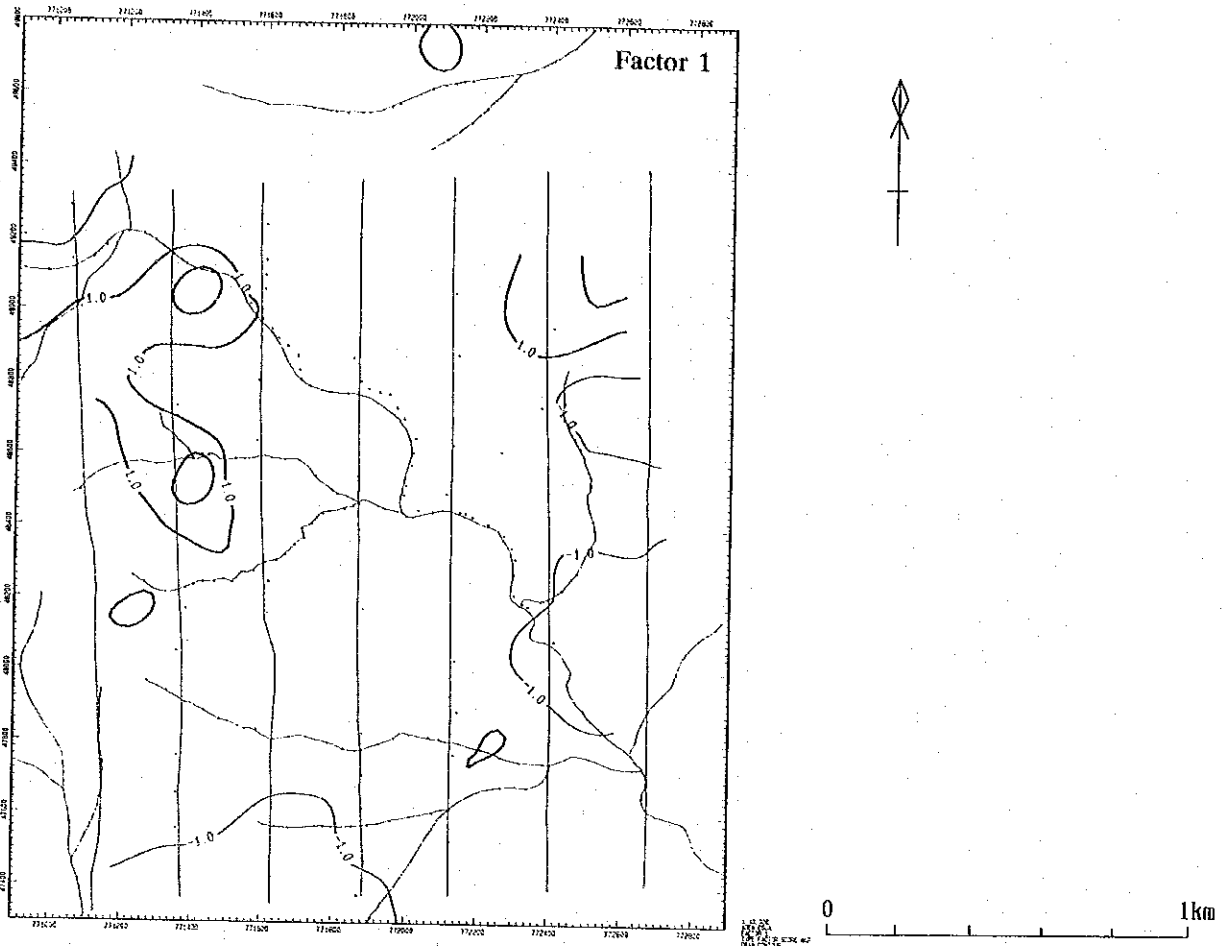


Fig.II-3-6(1) High factor scores from factor analysis of rock samples:

Factor 1;Cu-(Mo)-Au-Ag-S

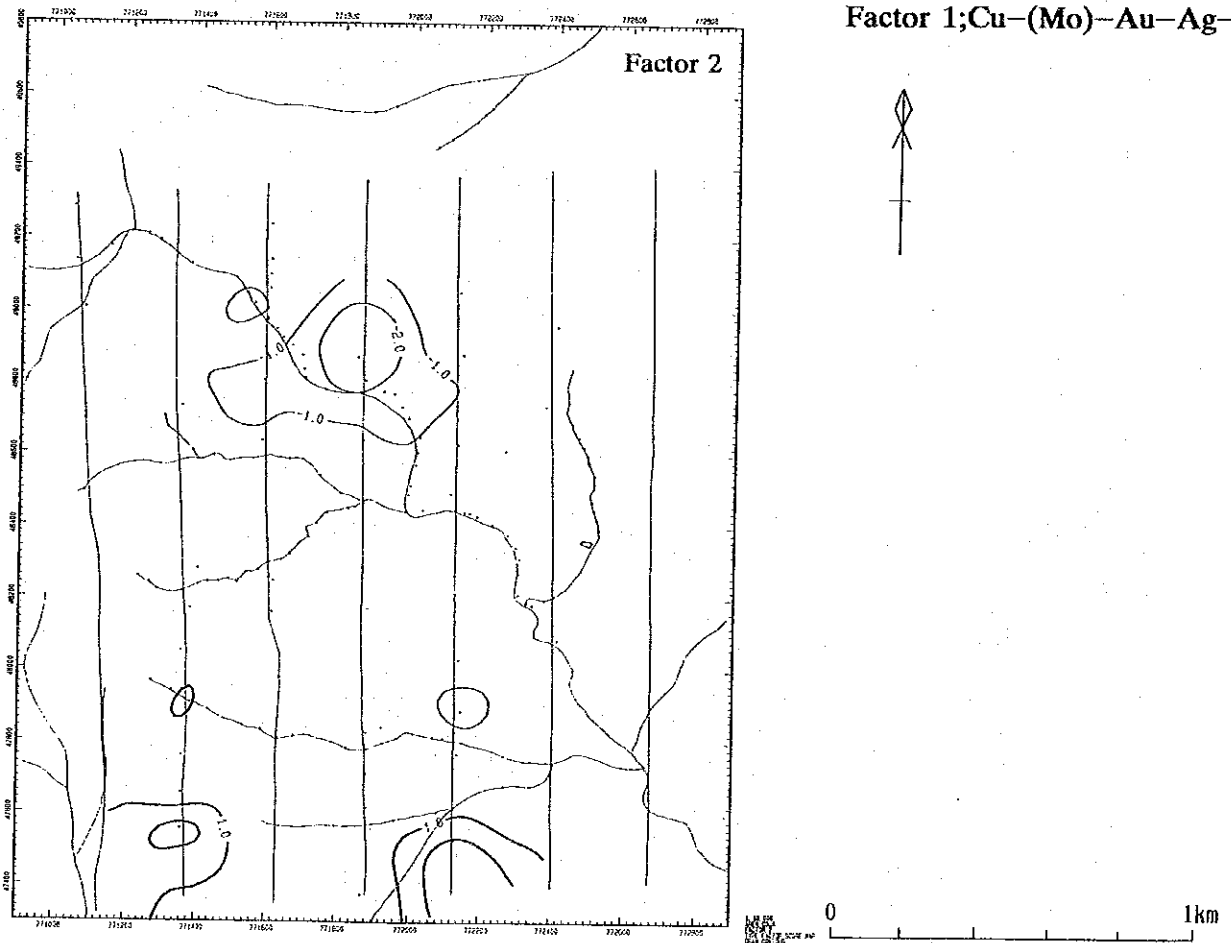


Fig.II-3-6(2) High factor scores from factor analysis of rock samples:Factor 2;Au-Ag

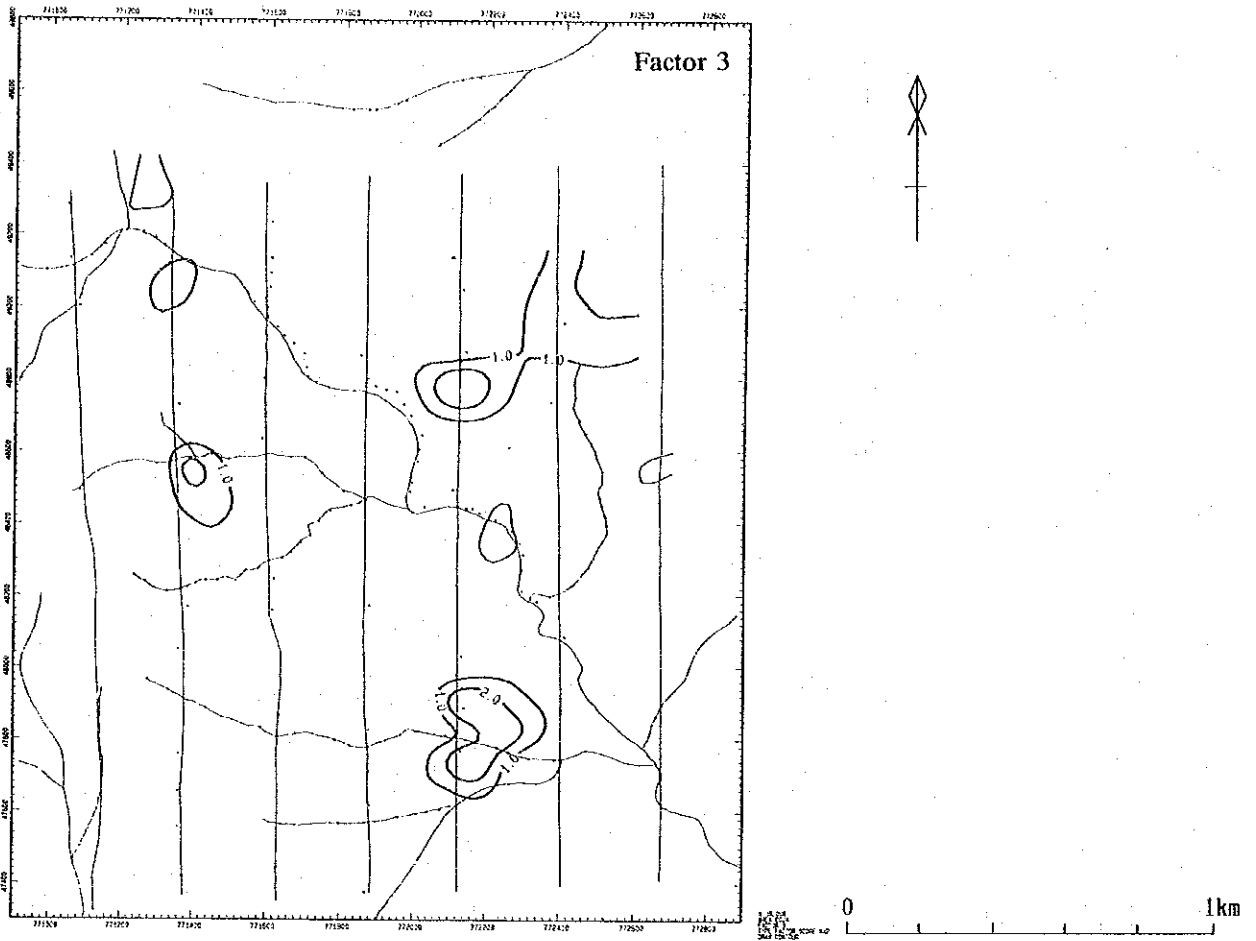
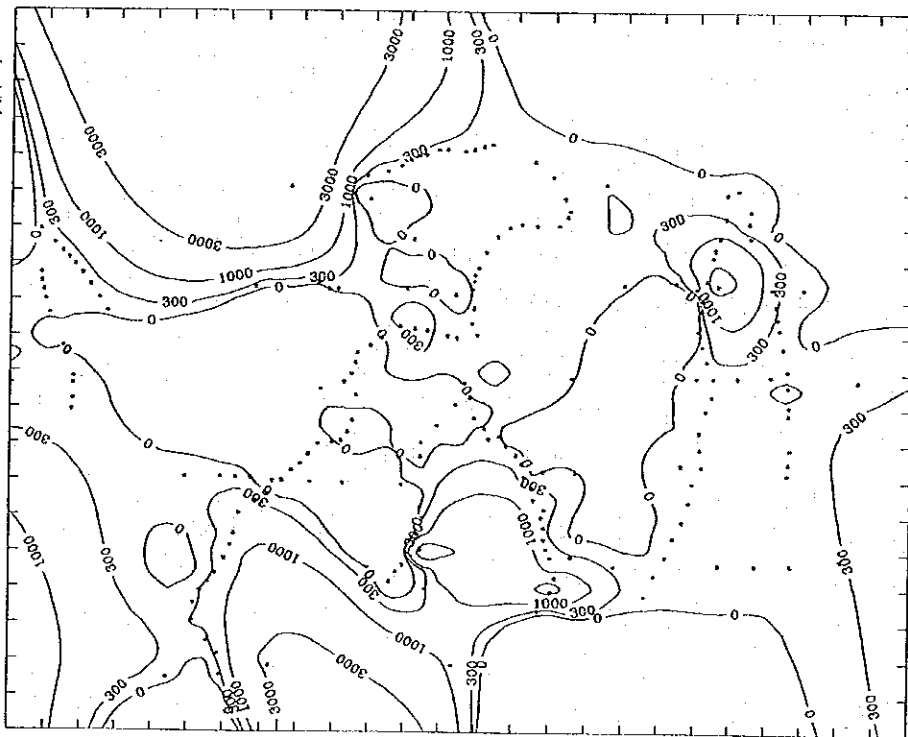
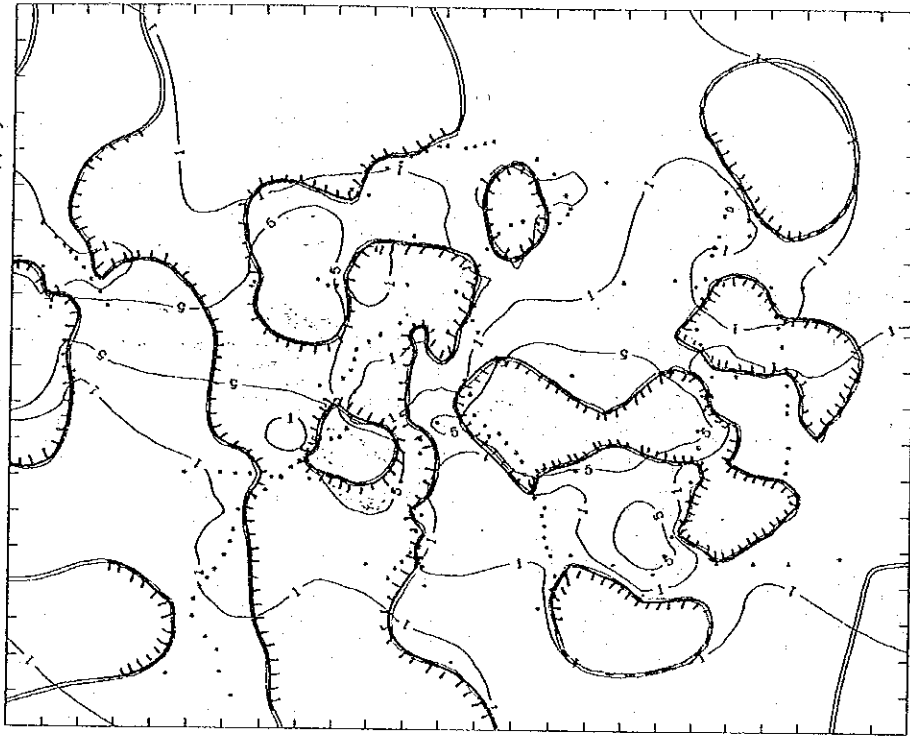


Fig.II-3-6(3) High factor scores from factor analysis of rock samples:Factor 3;Pb-Mo-(Ag)

Contour Map of the Contents of Cu, Fe & S
Fe for Py (ppm)



Contour Map of the Contents of Cu, Fe & S
Cp/Py ratio



Double solid lines show negative Cp/Py ratio.

Fig. II-3-7 Distribution of normative chalcocopyrite-pyrite

3-3 物理探査

3-3-1 調査目的及び調査方法

本調査の目的は、コジャッヘ地区リオ・マグダレナ区域において物理探査（IP法）を実施し、地下深部の異常帯を抽出し、鉱化帯及び地化学異常との関係を明らかにすることである。

調査方法は、周波数領域のIP法電気探査であり、3.0 Hz及び0.3 Hzの2種類の周波数を用いた。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 2,000mの測線をN-S方向に測線間隔 250mで7測線（東側より測線JC1～JC7）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、測点番号は北端より0, 1, 2, …… 40と50m毎に番号を付した。測線の位置をFig. II-3-8に示す。

本調査に用いた測定機器は以下のとおりであり、すべて日本から持参したものである。

Equipment	Model	Specification	Quantity
IP Transmitter	CH-8104T	2.5A, 800V	1
IP Receiver	CH-8104R		1
IP Checker	522A		1
Engine Generator	GPU-2000	2kw, 150V, 400Hz	1
Electrode Remote Controller	CH-60A	64ch	1
Transceiver	ICB-87	0.5W	6

3-3-2 解析方法

解析方法の手順をFig. II-3-9に示す。

(1) 比抵抗・PFEの算出

一対の電流電極（ C_1 , C_2 ）より大地に3.0 Hzの電流（ I_{AC} ）を供給し、他の一対の電位電極（ P_1 , P_2 ）にて電位（ V_{AC} ）を測定する。

このときの大地の見掛比抵抗 ρ_{AC} は、次式により算出される。

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

ここに、Kは各電極の配置により定まる係数で次式で与えられる。

$$K = 2\pi \left(\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_1} + \frac{1}{C_2 P_2} \right)$$

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

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

以上の式によって求めた見掛比抵抗及びPFEは、便宜上、各電極系の中点を結ぶ直線を底辺とする直角2等辺三角形の頂点に表示される。しかし、この表示法は必ずしも表示点に異常源が存在することを示すものではない。したがって、この表示法により作成される断面図を擬似断面図と称する。

(2) 地形補正

上述した見掛比抵抗の算出では、電極を無限平面に配置したものとして電極配置係数を仮定しているため、大地が電氣的に均質であったとしても、算出された見掛比抵抗は地形起伏による影響を受けている。IP法のダイポール・ダイポール型電極配置では、谷地形の場所では見掛比抵抗が低く、山地形では高く検出される。一方、PFEは見掛比抵抗の周波数による変化率であるため、地形起伏による影響を受けることは少ない。

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

(3) 室内物性試験

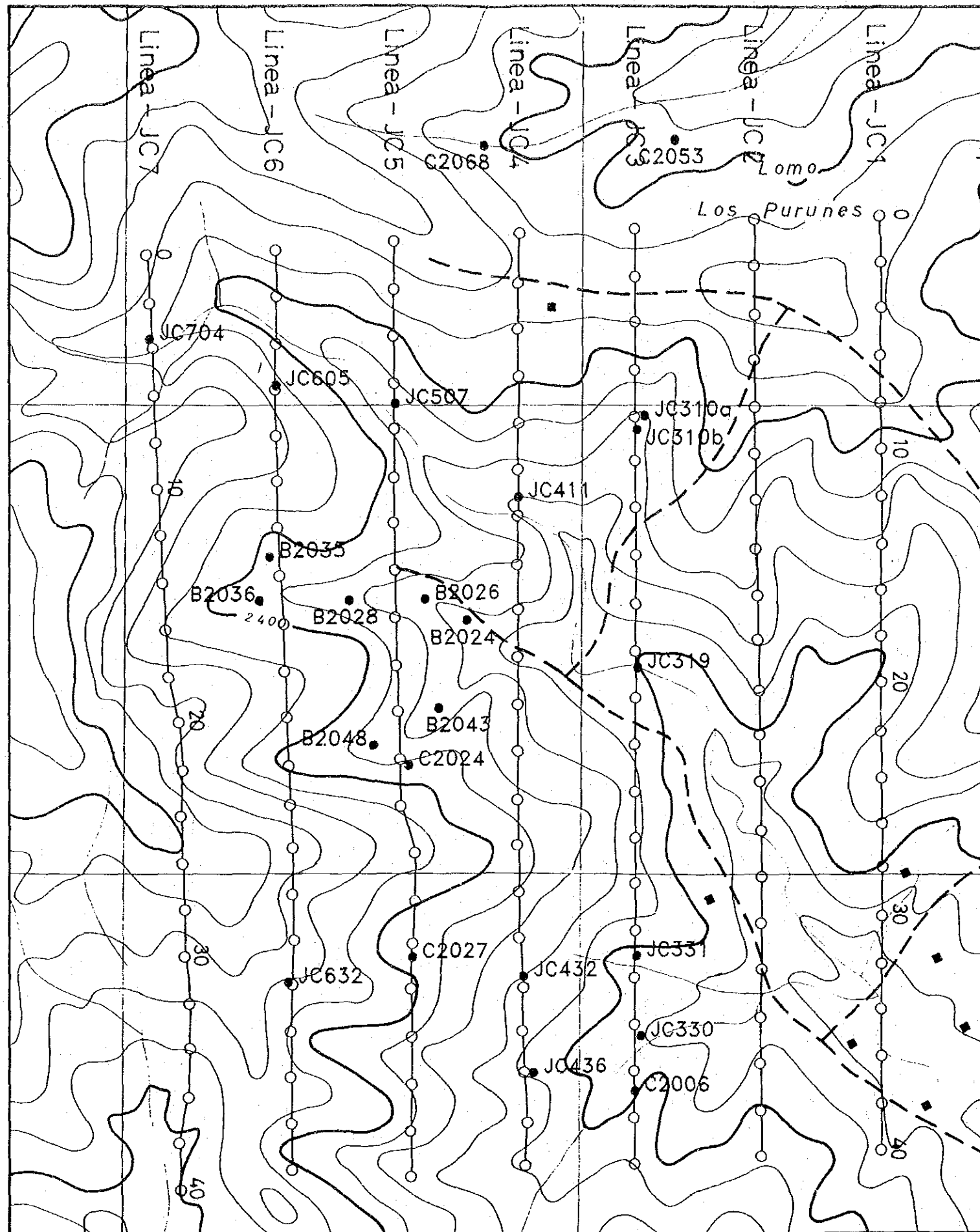
地表で測定された物理量は、地下の岩体及び鉱床の真の物性を表すことは少ないため、見掛比抵抗及びPFEを解析して地下構造を推定するためには、調査地内に分布する岩石の真の比抵抗及びPFEを室内物性試験によって知ることが必要である。

地表から採取した岩石試料は直方体に整形し、自然状態に近付けるため10日間蒸溜水に浸して含水飽和状態にした。



岩石試料の比抵抗(ρ)は次式によって求められる。

$$\rho = \frac{a_1 \times a_2}{\ell} \times \frac{V}{I}$$

- ℓ : 岩石試料の長さ
- a_1, a_2 : 岩石試料の辺長
- V : 電位差
- I : 電流値



LEGEND

- LINE-T3  IP Survey Line
-  Location of Rock Sample and Sample Number

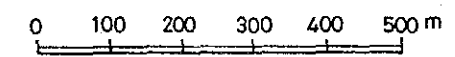


Fig.II-3-8 Location of Survey Lines and Rock Samples

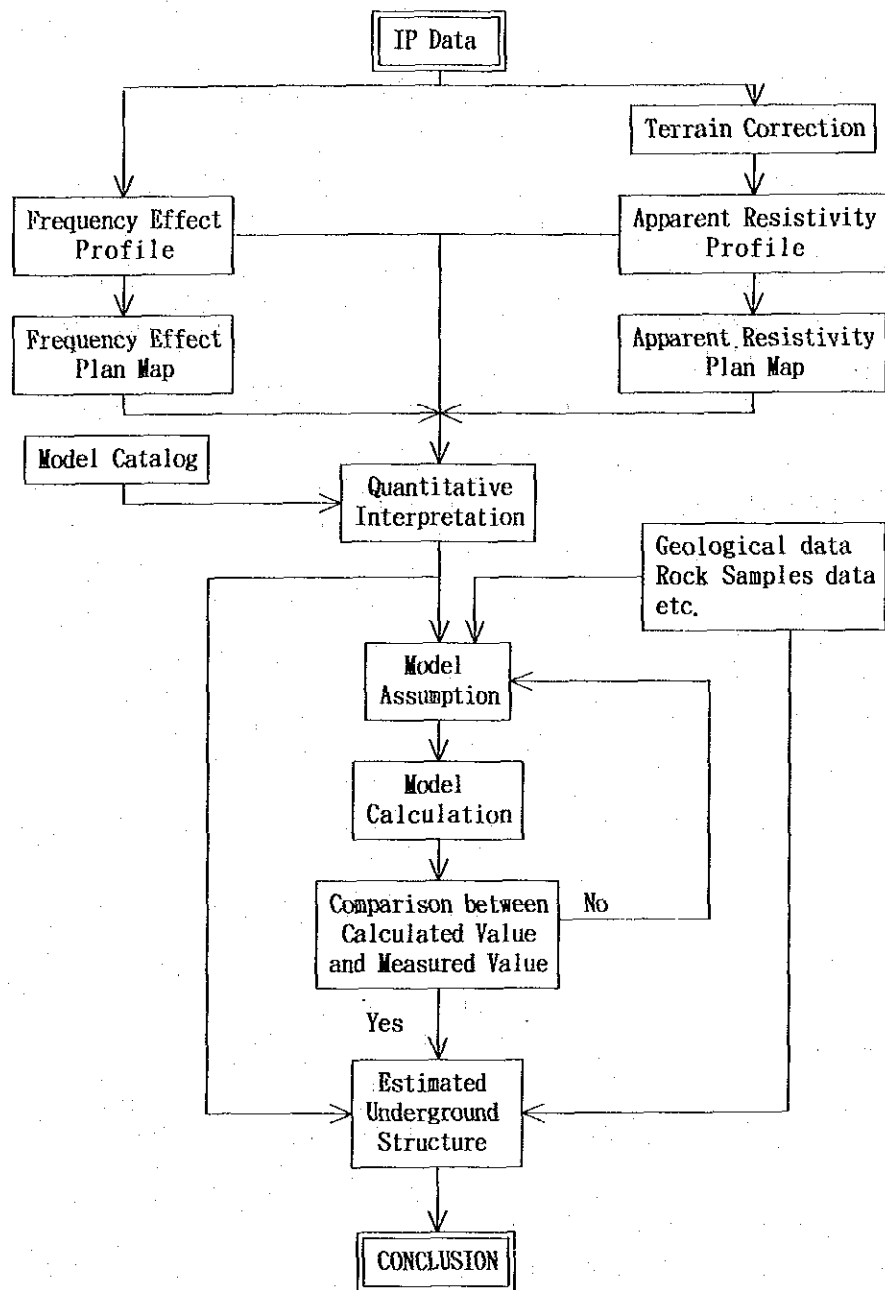


Fig. II-3-9 Flow chart of IP data analysis