

## 第2章 地化学探査

### 2-1 調査目的

鉍化作用のポテンシャルの高い地区を抽出することを目的とする。

### 2-2 調査方法

試料は露頭の岩石とした。一部、岩石露頭が稀薄な場所では、崖錘状の岩石の下の細粒粉試料を用いた。この場合は、篩いにより80メッシュより小さい粒径の土壌を採取した。地化学探査試料としては、全体で430試料を採取した。これらの試料のなかで、酸化銅が認められるものを除き、最終的に409試料の分析値を統計処理し、地化学異常域を求めた。

分析元素は、Au, Ag, As, Sb, Cu, Mo, Pb, およびZnの8元素である。

分析はカナダChemex社に依頼した。

各元素の検出限界値はAuが5ppb、Ag, Sbが0.2ppm、As, Cu, Mo, Pb, Znが1ppmである。

### 2-3 調査結果

各元素の分析結果をAppendix 4に示す。各元素の最大値、最小値、平均値をTable 2-2-1に示す。データの解析にあたっては、分析値の常用対数を用いた。検出限界以下の値は、検出限界値の半分の値を用いた。

各元素の累積頻度曲線をAppendix 5に示す。Table 2-2-2に各元素の相関行列を示す。相関係数からは、CuとAg、AgとPb、およびAuとAgに比較的良好な相関が認められる。

#### 2-3-1 しきい値の決定

各元素のバックグラウンド値およびしきい値の決定には、累積頻度曲線を用いた。バックグラウンド値は、原則として累積頻度曲線中、最も値が低い方の直線に載る集団をバックグラウンドとして決定した。バックグラウンド値以上を異常域とし、異常域のしきい値は、原則として累積頻度曲線上の屈曲点を用いた (Appendix 5)。

このようにして決定したしきい値を用いて描いた地化学異常分布図をFig. 2-2-1に示す。

#### 2-3-2 異常域の分布

##### Au

金は、バックグラウンド値を3ppbとすると、試料の90%以上がバックグラウンドとなる。

その異常域は、Rinconada 鉍徴地およびその南側の尾根から Quebrada Enriqueta 沢あたりに分布する。また、中央鉍徴地およびその西の La Escordida 鉍徴地あたりに弱い異常域が認められる。La Guanaca 鉍徴地には、異常は見えない。これは、鉍分析結果とも一致し、Rinconada 鉍徴地の銅鉍化を伴う石英脈の分析結果では、金濃度が他の鉍徴地より

Table 2-2-1 Basic statistical values of elements analysed

	Au	Ag	As	Cu	Mo	Pb	Sb	Zn
Sum	3002.5	298.8	3232	114391	1082	52834	417.4	42073
Maximum	430	65	130	22700	385	10000	60	5200
Minimum	2.5	<0.2	<1	<1	<1	<1	<0.2	<1
Average	7.34	0.73	7.90	279.68	2.65	129.18	1.02	102.87
Standard deviation	33.49	4.30	11.57	1427.38	20.32	872.15	3.48	309.82

Table 2-2-2 Correlation coefficients among each element analysed.

Au	1.00																			
Ag	0.35	1.00																		
As	0.08	0.04	1.00																	
Cu	0.26	0.44	0.12	1.00																
Mo	0.10	0.16	0.04	0.23	1.00															
Pb	0.18	0.55	-0.11	0.19	-0.01	1.00														
Sb	0.25	0.40	0.27	0.21	-0.05	0.47	1.00													
Zn	0.12	0.37	-0.07	0.35	-0.08	0.25	0.40	1.00												
	Au	Ag	As	Cu	Mo	Pb	Sb	Zn												

も高い傾向を示してゐる(Table 2-3-1, Fig. 2-3-4)。

#### Ag

銀もそのバックグラウンド値を 0.56ppm とすると、試料 90%以上がバックグラウンドとなる。

異常域と認められる地域はきわめて限られる。その異常域は、Rinconada 鉍徴地、La Guanaca 鉍徴地、中央鉍徴地および La Escondida 鉍徴地といずれも、鉍徴地が存在する地区に認められる。

#### As

砒素は、バックグラウンド値は 10.5ppm となり、約 80%の試料がバックグラウンドとなる。

他の元素に比較して、砒素の異常域は広く、ほぼ調査地域全域に分布する。Rinconada 鉍徴地より南の異常域は、Au の異常域と重なる。La Guanaca 鉍徴地、中央鉍徴地および La Escondida 鉍徴地など、鉍徴地付近に異常域が分布する。この他に、地域のほぼ中央には、Llanta 安山岩とアタカマ礫層との境界線が  $N60^{\circ} E$  方向に走っているが、この線上に As の異常が並んでいる様に見える。

#### Sb

アンチモンは、バックグラウンド値を 1.4ppm とすると約 86%の試料がバックグラウンドとなる。

アンチモンの異常域は、Rinconada 鉍徴地およびその周辺、La Guanaca 鉍徴地およびその周辺、中央鉍徴地、および北西側山塊の西側に分布する。

#### Cu

本元素の異常域が、直接本地域の銅鉍化作用の存在を示唆するものである。

バックグラウンドを 93.4ppm とすると、異常域に入る試料は全体の約 26%であり、銅の異常域は、本地域の比較的広い範囲に分布する。その異常域は、La Guanaca 鉍徴地、Rinconada 鉍徴地、中央鉍徴地、および La Escondida 鉍徴地周辺に認められる。これらの比較的高異常域は、Ag の異常分布域とよく一致し、相関がよいことを裏付ける(Table 2-2-2)。この他には、Rinconada の南側に弱い異常域が広がる。この異常域は、Au および As の異常域とも重なる。さらに、東側の山塊にも弱い異常域が分布する。

#### Mo

モリブデンは、バックグラウンド値を 2.60ppm とすると約 95%の試料がバックグラウンドとなり、異常域と認められる地域はきわめて限られる。

モリブデンの異常域は、La Guanaca 鉍徴地、La Escondida 鉍徴地、Quebrada Enriqueta

沢の南の変質帯、および Rinconada 鉱徴地に分布する。

#### Pb

鉛は、バックグラウンド値を 12.0ppm とすると約 25%の試料が異常域に分布し、本地域には比較的、鉛の異常が広く分布する。

鉛の異常域は、Rinconada 鉱徴地周辺、La Escondida 鉱徴地周辺、および中央鉱徴地などの鉱徴地周辺に分布する。その他、Rinconada の東側の尾根や、南西側の集野などに弱い異常域がある。La Guanaca 鉱徴地には、異常域がない。

#### Zn

亜鉛は、バックグラウンド値を 80ppm とすると約 30%の試料が異常域に分布し、本地域には比較的、亜鉛の異常が広く分布する。

亜鉛の異常域は、Rinconada 鉱徴地周辺、中央鉱徴地、および La Escondida 鉱徴地に分布する。この他に、Rinconada 南西方に弱いが広い異常域がある。Rinconada の東方の山塊の尾根近くにも弱い異常域が存在する。鉛と同様に、La Guanaca では、異常域が存在しない。

#### 2-4 考察

各元素の異常域の分布の特徴は、次のように整理できる。

地 区	異常値が認められる元素
a. La Guanaca 鉱徴地	Ag, As, Sb, Cu, Mo
b. 中央鉱徴地	Au, Ag, Cu, Pb, Zn
c. Rinconada 鉱徴地	Au, Ag, As, Sb, Cu, Mo, Pb, Zn; 全元素
d. La Escondida 鉱徴地	Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn
e. Quebrada Enriqueta 沢南の変質帯	Au, As, Mo
f. Rinconada の南西方の尾根とその南西裾野	Au, As, Cu, Pb, Zn
g. 地域南東の山塊	Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn

ほとんどの元素の異常域は、a.~e.の鉱徴地とその周辺に出現する。c.の Rinconada 鉱徴地とその周辺は、8 元素すべてに異常域が重なる。a.の La Guanaca 鉱徴地には、Pb, Zn の異常は認められない。

まとまった鉱徴がない場所では、f.および g.に弱い異常域がある。このうち f.では、Rinconada の南西方の尾根に、Au と As の異常が重なる。

このような、異常域の分布状況から、鉱化作用および鉱化ポテンシャルについて、次のようなことが考えられる。a.の La Guanaca では、Cu, Mo のまとまった異常があることが

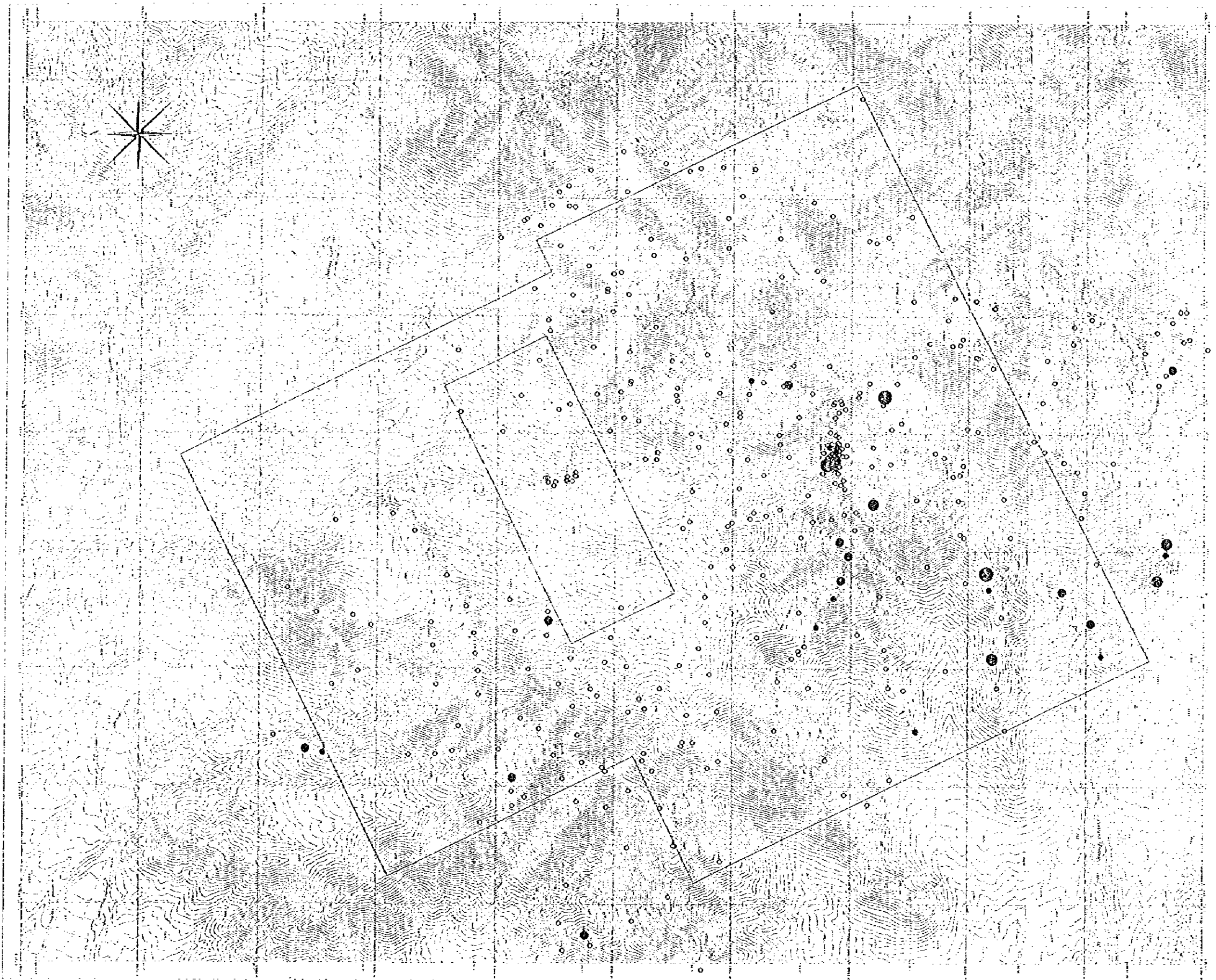
ら、ポーフイリー型の鉍化作用の存在を推定できる。また、Pb, Znの異常がないことから、同鉍化作用の比較的中心に近いと考えられる。一方、Rinconada 鉍徴地や中央鉍徴地では、Moの異常は顕著ではなく、代わって、Au, Pb, Znの異常が顕著である。

このことから、これらの鉍徴地は、ポーフイリー型鉍化作用の周辺鉍徴を示す可能性がある。このような各鉍徴地に特徴的な地化学異常は、各鉍徴地の鉍石分析の元素分布にも現れている(第3章参照)。f.の地化学異常域は、Au異常が顕著であり、e.の変質帯とともに、浅熱水性的鉍化作用に関連した異常の可能性がある。

地化学異常分布と地質構造との関係は、明瞭ではない。



GUANACA AU



- AU < 3
- 3 ≤ AU < 12
- ⊙ 12 ≤ AU < 37
- ⊗ 37 ≤ AU < 100
- ⊕ 100 ≤ AU

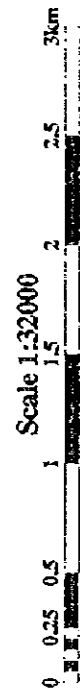
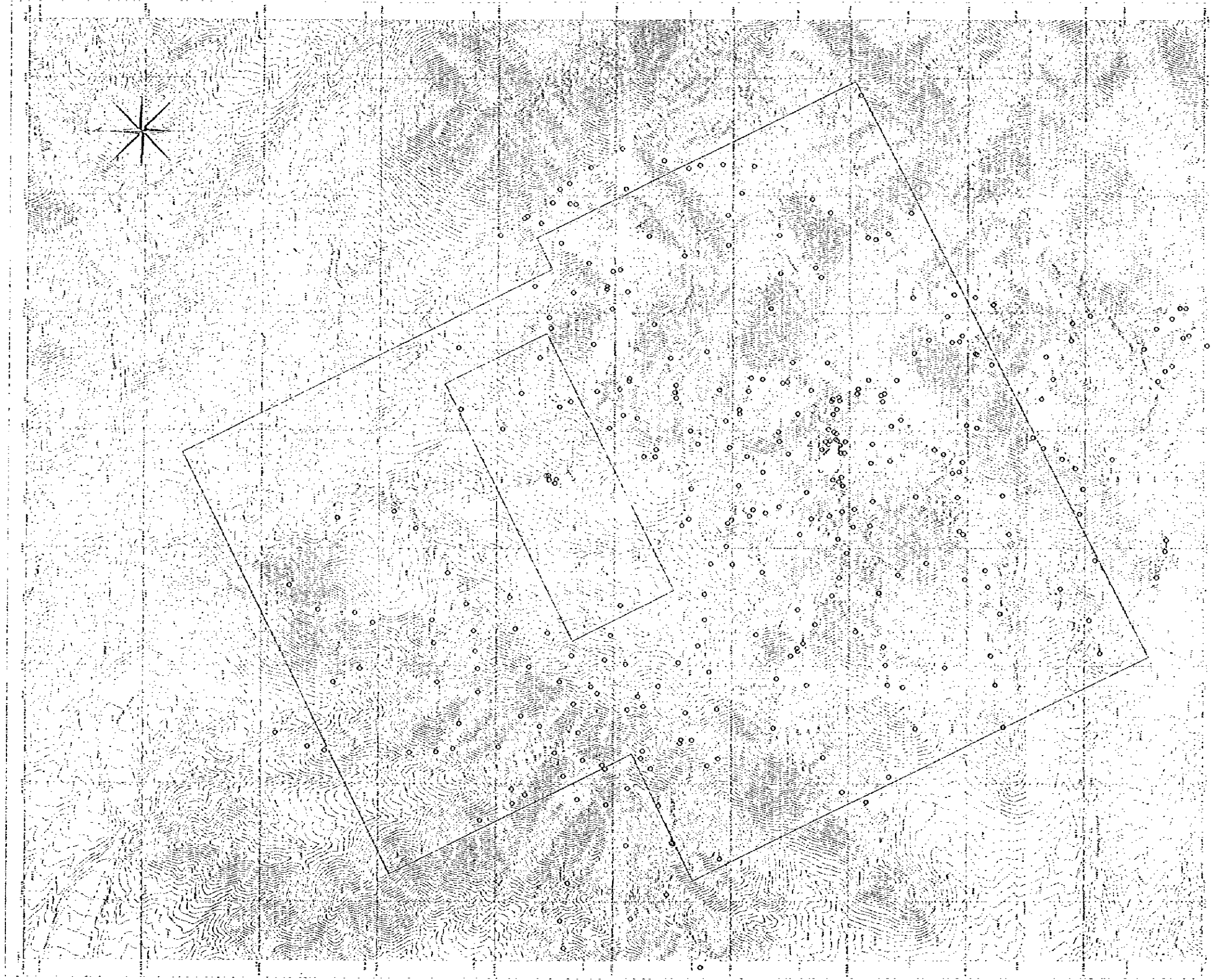


Fig.2-2-1(1) Distribution of geochemical anomalies (Au)



GUANACA AG

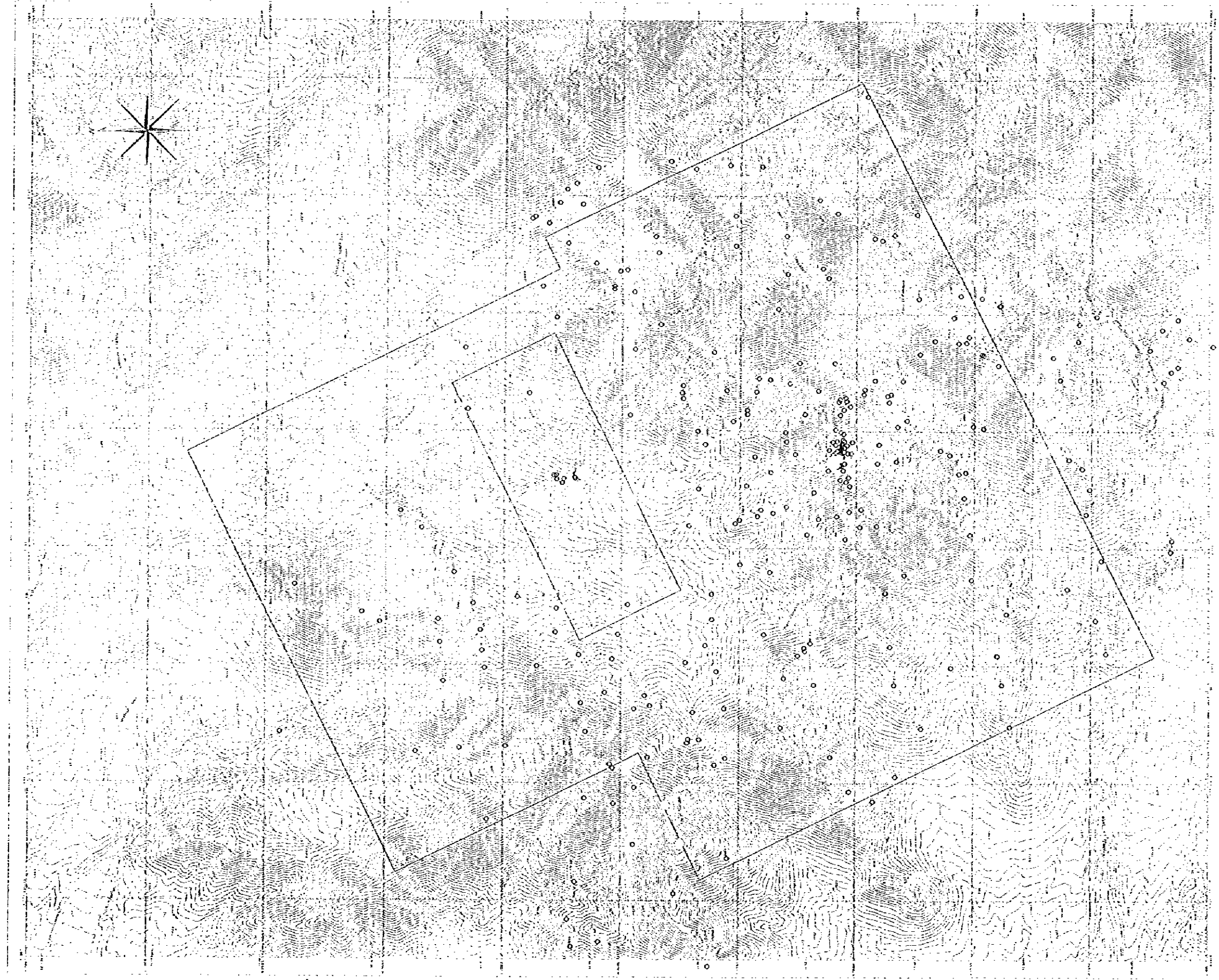


○ AG < 0.56  
○ 0.56 ≤ AG < 1.00  
○ 1.00 ≤ AG < 4.00  
○ 4.00 ≤ AG < 8.00  
○ 8.00 ≤ AG

Scale 1:52000  
0 0.25 0.5 1 1.5 2 2.5 3km

Fig.2-2-1(2) Distribution of geochemical anomalies (Ag)

GUANACA AS



○ AS < 10,5  
○ 10,5 ≤ AS < 20,0  
○ 20,0 ≤ AS < 30,0  
○ 30,0 ≤ AS < 50,00  
○ 50,00 ≤ AS

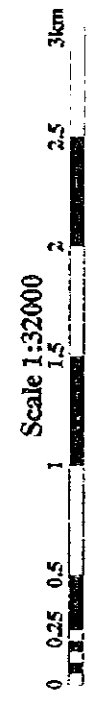
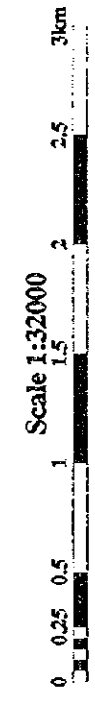
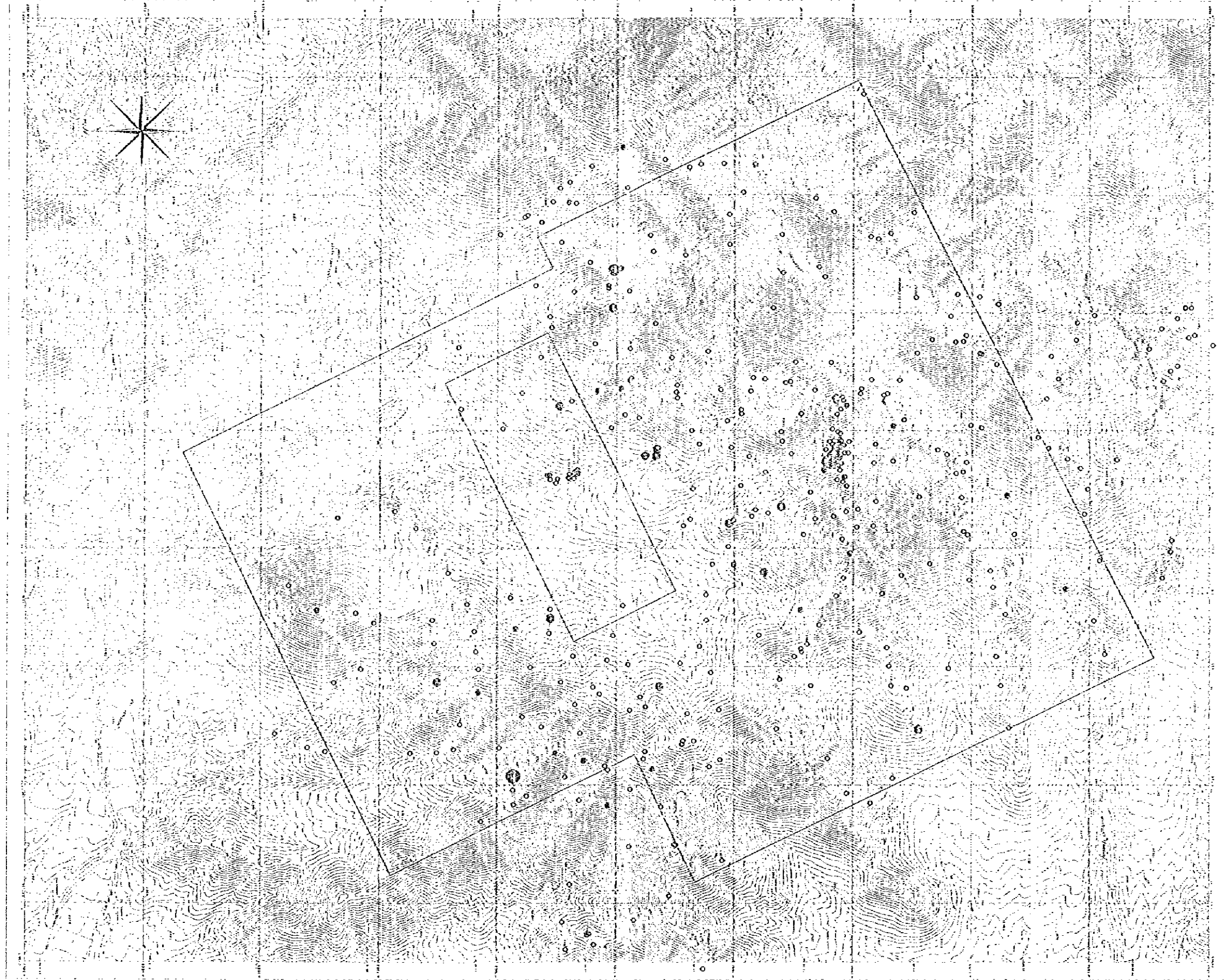


Fig.2-2-1(3) Distribution of geochemical anomalies (As)

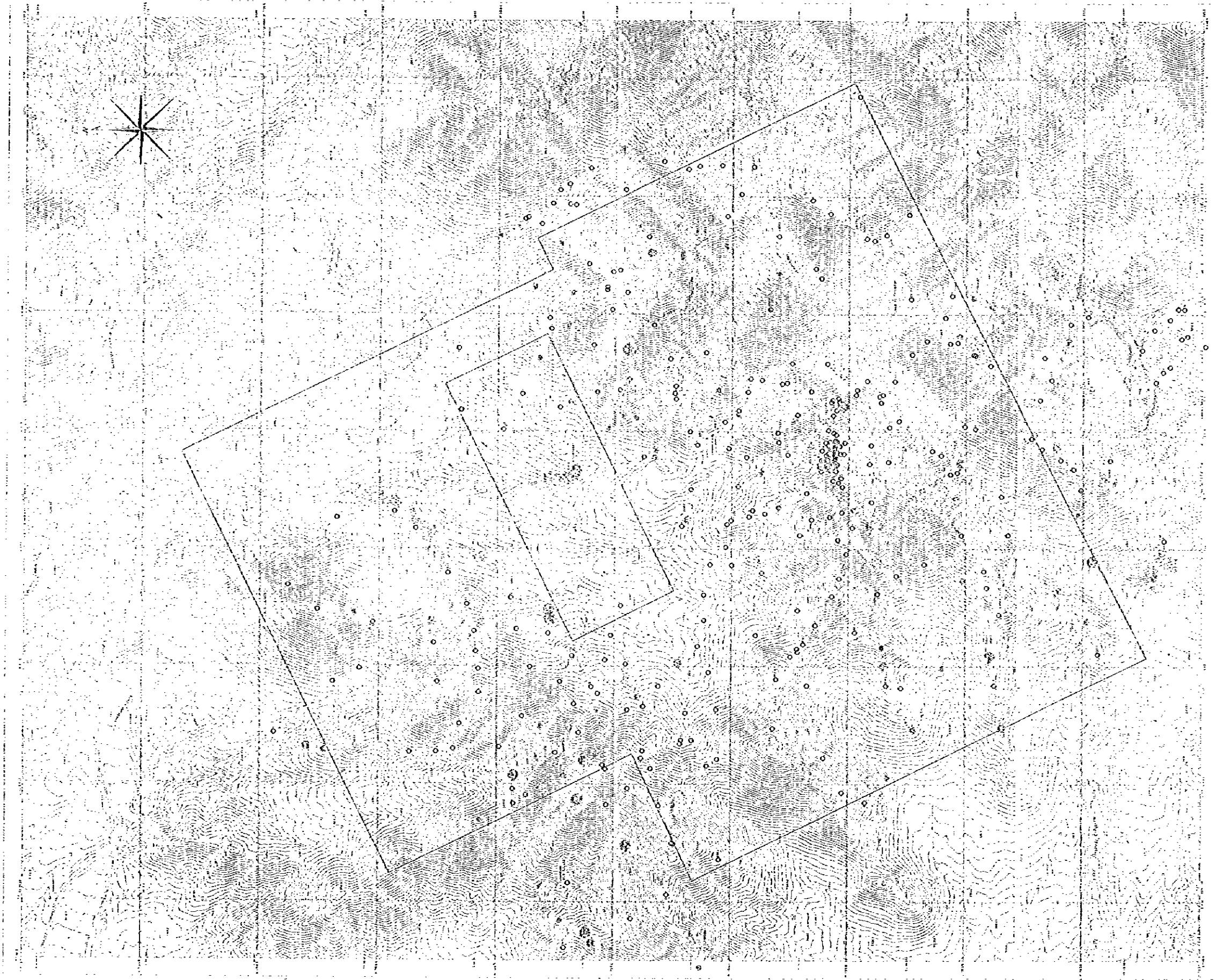
GUANACA SB



- SB < 1.4
- 1.4 ≤ SB < 2.4
- ⊙ 2.4 ≤ SB < 5.0
- ⊗ 5.0 ≤ SB < 8.0
- ⊕ 8.0 ≤ SB

Fig.2-2-1(4) Distribution of geochemical anomalies (Sb)

GUANACA CU

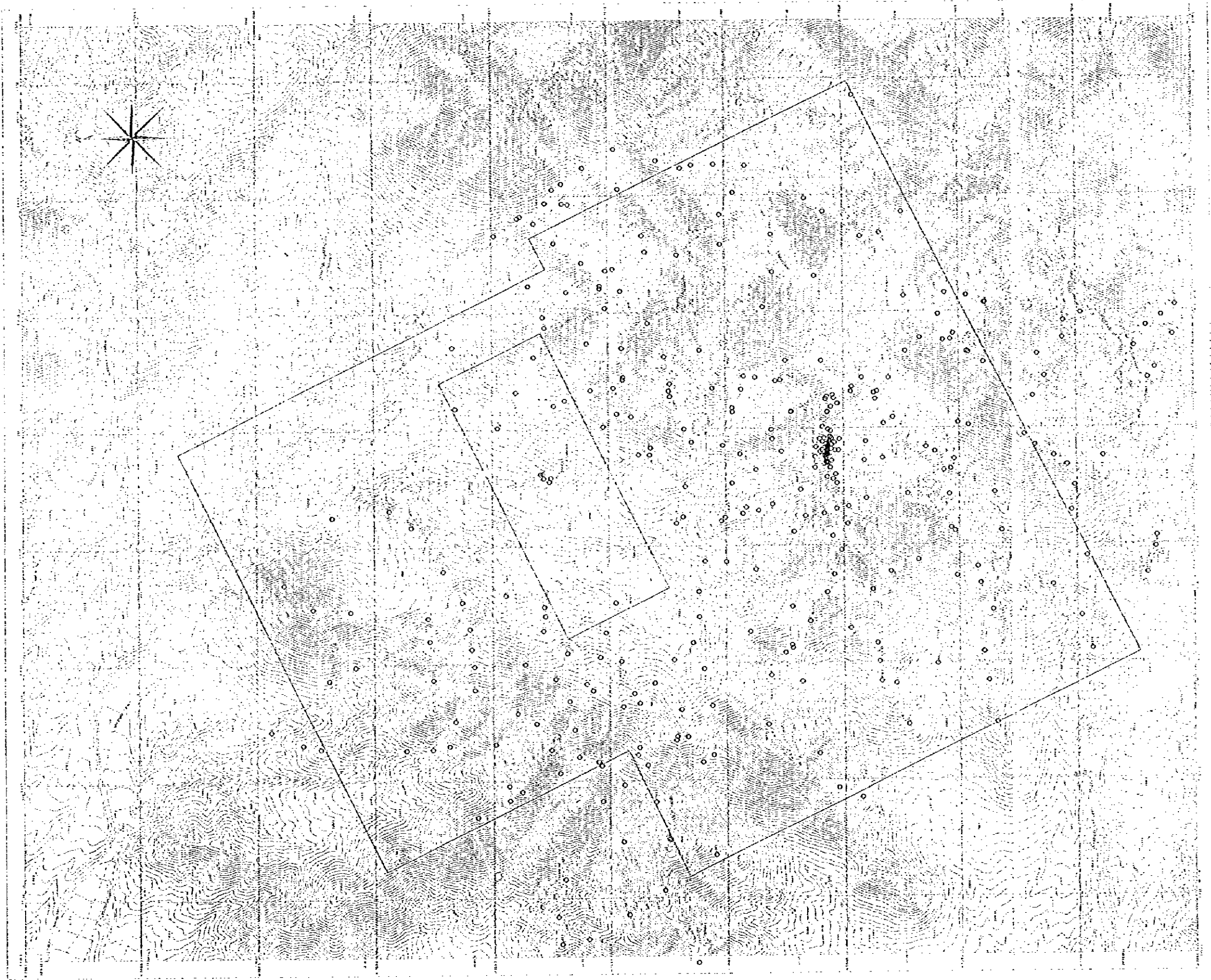


- CU < 93.4
- 93.4 ≤ CU < 230.0
- ⊙ 230.0 ≤ CU < 560.0
- ⊗ 560.0 ≤ CU

0 0.25 0.5 1 1.5 2 2.5 3km  
Scale 1:32000

Fig.2-2-1(5) Distribution of geochemical anomalies (Cu)

GUANACA MO

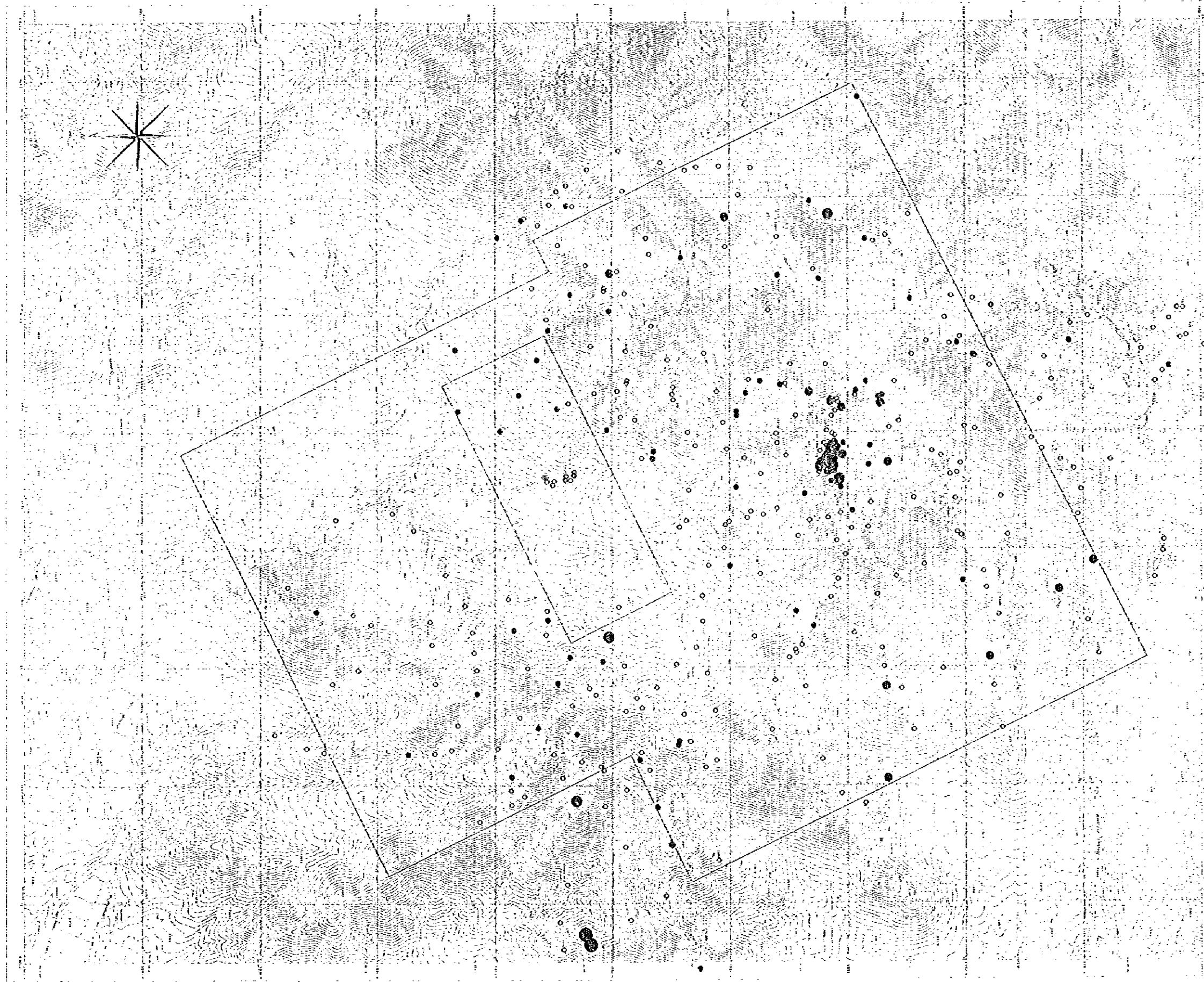


- MO < 2.6
- 2.6 ≤ MO < 5.0
- 5.0 ≤ MO < 15.0
- 15.0 ≤ MO

Scale 1:32000  
0 0.25 0.5 1 1.5 2 2.5 3km

Fig.2-2-1(6) Distribution of geochemical anomalies (Mo)

GUANACA PB



- PB < 12
- 12 ≤ PB < 40
- 40 ≤ PB < 100
- 100 ≤ PB < 300
- 300 ≤ PB

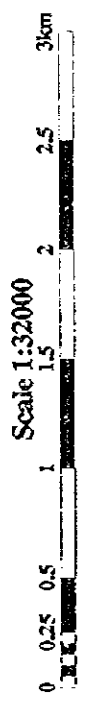


Fig. 2-2-1(7) Distribution of geochemical anomalies (Pb)

GUANACA ZN

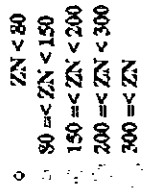
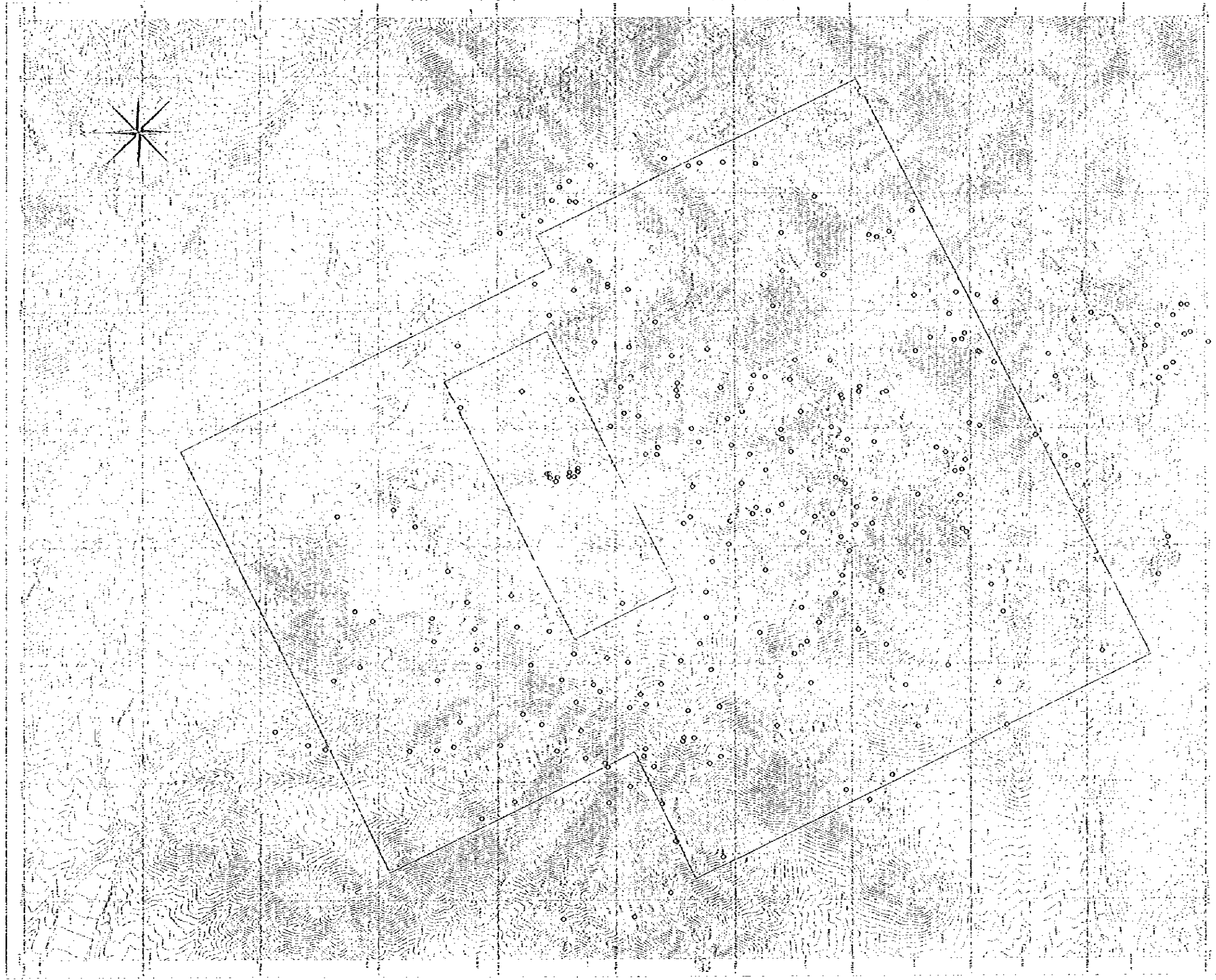


Fig.2-2-1(8) Distribution of geochemical anomalies (Zn)





### 第3章 室内試験

室内試験としては、Table 1-1-2 に示す試験を実施した。このうち、岩石や鉱石の顕微鏡観察結果および岩石の全岩分析については、地質調査の章の本文中に述べているので、ここでは、X線回折試験、流体包有物温度測定、鉱石分析および K-Ar 年代測定について述べる。

#### 3-1 X線回折試験

##### 3-1-1 目的

本地域に観察される変質作用の性質を明らかにすること、および変質作用の温度を推定することを目的とする。

##### 3-1-2 方法

粉末X線回折試験を実施した。X線回折装置は、理学電気(株)のガイガーフレックスを用いた。鉱物の量比は、各鉱物の特徴的ピークのバックグラウンドからの高さを基準にして決定した(Appendix 6)。その結果を、Appendix 7 に示す。

##### 3-1-3 結果

広域的な変質あるいは変成作用は除き、変質帯の発達は弱く、顕著な変質帯は、鉱微地に限られる。したがって、試料も鉱微地周辺に限られる。

今回X線回折試験を行った試料は、主に次の3箇所のものである。大部分が Rinconada 鉱微地のものであり(試料番号の頭がアルファベットのもの)、つぎに La Guanaca 鉱微地の試料(試料番号の頭に 1030 がつくもの)が多く、三つめは Quebrada Enriqueta 沢南の変質帯のもの(試料番号の頭に 961025 がつくもの)である。

La Guanaca 鉱微地では(Fig 2-1-13 参照)、黄銅鉱・黄鉄鉱・黄鉄鉱・黄鉄鉱のあるポーフィリー(試料 103001, 103003, 103005, 103036)は、肉眼的にもセリサイト変質が著しいが、X線回折においても肉眼的に変質作用を受けている試料は、セリサイト、緑泥石が多量に生じている。試料 103036 は、坑内から運び出されたズリであり、supergene 変質を受けていないものである。この試料では、カリ長石が認められ、カリ長石変質作用も受けていたと推定できる。花崗閃緑岩(Gd3)中の酸化銅脈のX線回折も、セリサイト変質が認められる。103034, 103035 は、採掘場の 70m 南にあるトレンチに観察される熱水角礫帯のマトリックス部の試料である(Fig 2-1-13, Fig. 2-3-1)が、多くのセリサイトができています。採掘場周辺の花崗閃緑岩(Gd3)は、一部やや白色化している(試料 103015, 103020)ものの、変質は弱い。白色化した花崗閃緑岩にはスメクタイトが生じている。これは、supergene

で生じたものと考えられる。

Rinconada 鉱徴地の試料では (Sheet 4 参照)、そのほとんど全てに緑簾石が出現する。試料のうち、XシリーズとYシリーズの試料は、鉱徴地から少しはなれたアブライト質花崗岩である。その他の試料は、酸化銅鉱を採掘していたピットなどの鉱徴地から採取したものであり、脈そのもの、脈際の母岩、脈から数 m 離れた箇所の試料などが含まれる。脈際では、セリサイト・緑泥石変質が認められる。石英脈や脈近くの弱く粘土化している場所では、白鉛鉱(Cerussite:  $PbCO_3$ )、黄鉛鉱(Mimetite:  $Pb_3(AsO_4)_2PO_4Cl$ )やスメクタイトが検出されている。これらは、その産状から熱水活動時に生成したものではなく、supergene で生じたものである。鉱徴地の試料は、X,Yシリーズのその周辺の試料に比べ、はるかにセリサイト、緑泥石が多く検出される。また、緑簾石の量も多い。

Quebrada Enriqueta 沢南の変質帯は、肉眼では、白色～黄褐色を呈し、弱い珪化や熱水角礫組織を伴う。このような変質が認められる原岩は、流紋岩質火山角礫岩であり、安山岩(Ga)が露出するところは、緑色変質であり、緑泥石、緑簾石が生じている。白色変質は、多くの場合セリサイト/スメクタイト混合層である。黄褐色変質しているところは、少量のセリサイトが検出されている。その他、少量のカオリナイト、スメクタイト、および石膏が検出されており、これらは、supergene 変質で生じたものと考えられる。これは、肉眼で、ジャロサイトが認められることと調和的であり、熱水変質で生じた黄鉄鉱が分解して、弱酸性の supergene 流体を形成したと考えられる。

### 3-2 流体包有物温度測定

#### 3-2-1 目的

鉱化作用をもたらした熱水の温度および塩濃度を推定するために、鉱化を伴う石英脈の石英中の流体包有物の均質化温度および塩濃度を測定した。

#### 3-2-2 方法

石英脈の中で、包有物が観察できそうな部分を採取し、両面研磨片を作成した。温度測定にはリンカム社製顕微鏡加熱装置 TH-600 型を使用した。均質化温度は  $1.0 \sim 0.1^\circ C$  分の昇温率で測定し、温度補正は Benzanilide ( $163^\circ C$ ) および Sodiumnitrate ( $305^\circ C$ ) を用いた。塩濃度は、液体窒素の用いてマイナス  $60^\circ C$  まで冷却し、その後加熱して包有物中の氷が溶ける温度を測定した。溶融温度から塩濃度への換算は、Potter et al (1978) に基づき計算した。

#### 3-2-3 結果

均質化温度および塩濃度を Appendix 8 に示す。また、均質化温度と塩濃度の関係を

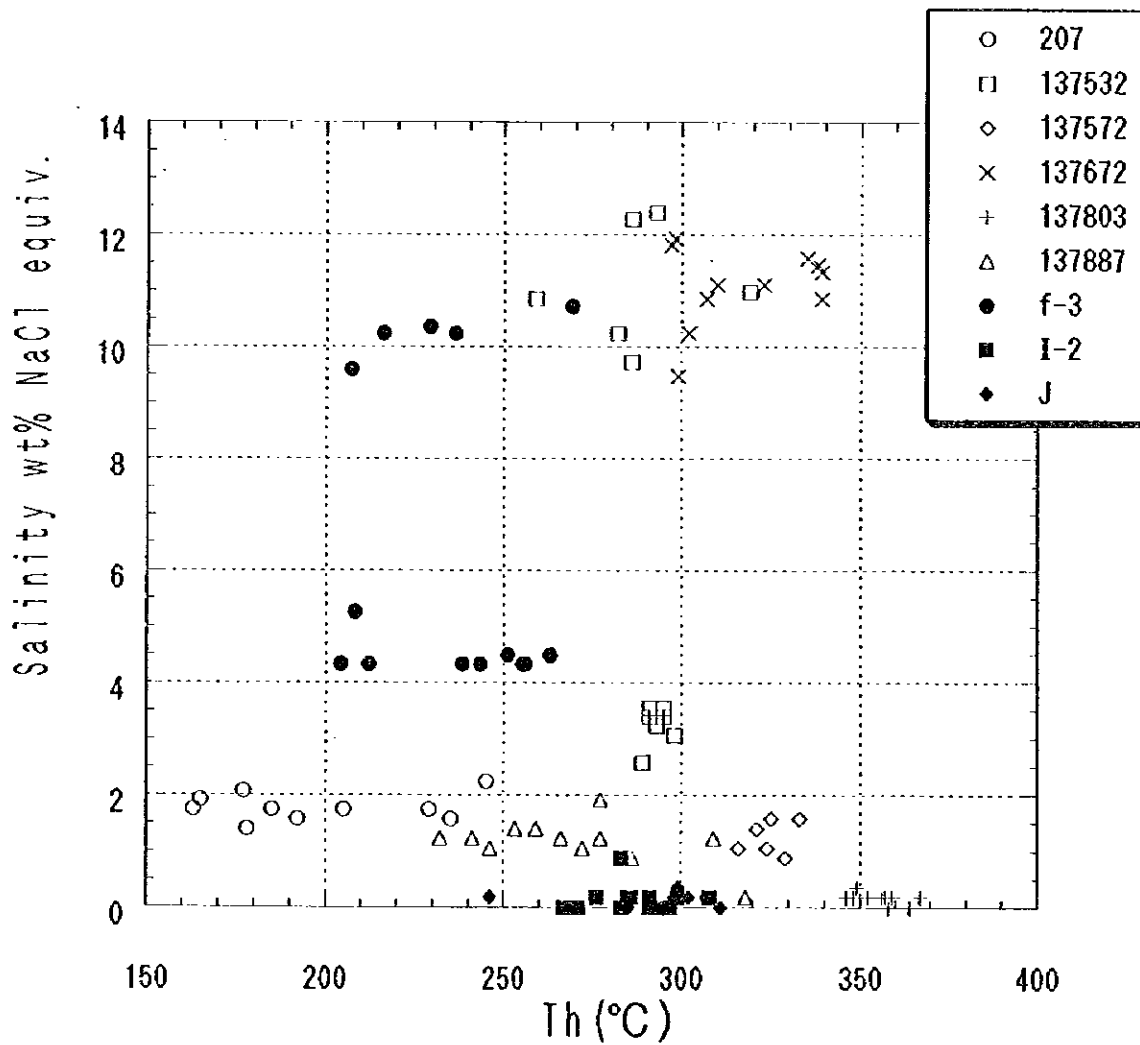


Fig 2-3-1 Th vs. salinity for fluid inclusions, samples 207, La Escondida; 137532 and 137672, Central; 137572, east of Rinconada; 137803, south of Rinconada; 137887, near Cerro El Pimiento; and f-3 ~ J, Rinconada.

Fig.2-3-1 に示す。

試料は、中央部の鉾徴地の石英脈(試料 137532,137672)、Rinconada 鉾徴地の石英脈(試料 f-3,I-2,J)、La Escondida 鉾徴地の石英脈(試料 207)、Cerro El Pimiento の南東尾根の石英脈(試料 137887)、Rinconada の南の尾根近くの石英脈(試料 137803)、および Rinconada 東方の 3373.2m ピーク近くの石英脈(試料 137572)から採取したものである。

中央鉾徴地の試料 137532 および 137672 の流体包有物は、径 2.5~57  $\mu\text{m}$  と大きさにかなりのばらつきがあるが、比較的大きなものが多い。包有物の気・液比は、大きく変化し、ほとんど気相からなる包有物も多数存在する。このような観察結果から、包有物を取り込まれる時、流体は沸騰していたと推定できる。均質化温度は、259~343 $^{\circ}\text{C}$  であり、平均で約 300 $^{\circ}\text{C}$  である。塩濃度は、両者の試料とも比較的高い値を示す。ただし、試料 137532 は、塩濃度に関しては二つの分布を示す。すなわち、3.5wt%NaCl equiv.の比較的低塩濃度のグループと、10~12wt% NaCl equiv.の比較的高濃度のグループである。比較的高い均質化温度および塩濃度から、これらの流体には、かなりマグマティックな寄与が高いと推定される。

Rinconada 鉾徴地の包有物は、径 2.5~70  $\mu\text{m}$  とばらつきが大きい。液相一相からなる包有物が観察され、ネッキングダウンも認められる。気液比の変化は、ネッキングダウンによるものが多く、沸騰現象は観察されない。均質化温度は、204~314 $^{\circ}\text{C}$  であり、平均約 270 $^{\circ}\text{C}$  である。塩濃度は、全体に低く、0~0.35wt%NaCl equiv.である。ただし、試料 f-3 は、比較的高い塩濃度が測定され、約 10wt%NaCl equiv.および約 4.5wt%NaCl equiv.の二つの塩濃度が測定されている。Rinconada 鉾徴地より標高で 200~250m 高い箇所にある試料 137803 では、包有物中の気液比が大きく変化し、ほとんど気相からなる包有物もあり、沸騰現象が観察される。均質化温度は平均 350 $^{\circ}\text{C}$  と高いが、塩濃度は、0~0.18wt%NaCl equiv.と低い。

Cerro El Pimiento の南東尾根の石英脈(試料 137887)の流体包有物の径は 2.5~20  $\mu\text{m}$  と小さい。気液比の変化は大きく、沸騰が起こっていたと推定される。均質化温度は、平均約 270 $^{\circ}\text{C}$  である。塩濃度は 0.18~1.9wt%NaCl equiv.と比較的低い。

Rinconada 東方の 3373.2m ピーク近くの石英脈(試料 137572)では、流体包有物は径は 2.5~20  $\mu\text{m}$  と小さい。気液比の変化は大きく、沸騰が起こっていたと推定される。均質化温度は、平均約 315 $^{\circ}\text{C}$  である。塩濃度は 0.88~1.57wt%NaCl equiv.と比較的低い。

La Escondida 鉾徴地の石英脈(試料 207)では、包有物中の気液比が大きく変化し、ほとんど気相からなる包有物もあり、沸騰現象が観察される。均質化温度は平均 200 $^{\circ}\text{C}$  と比

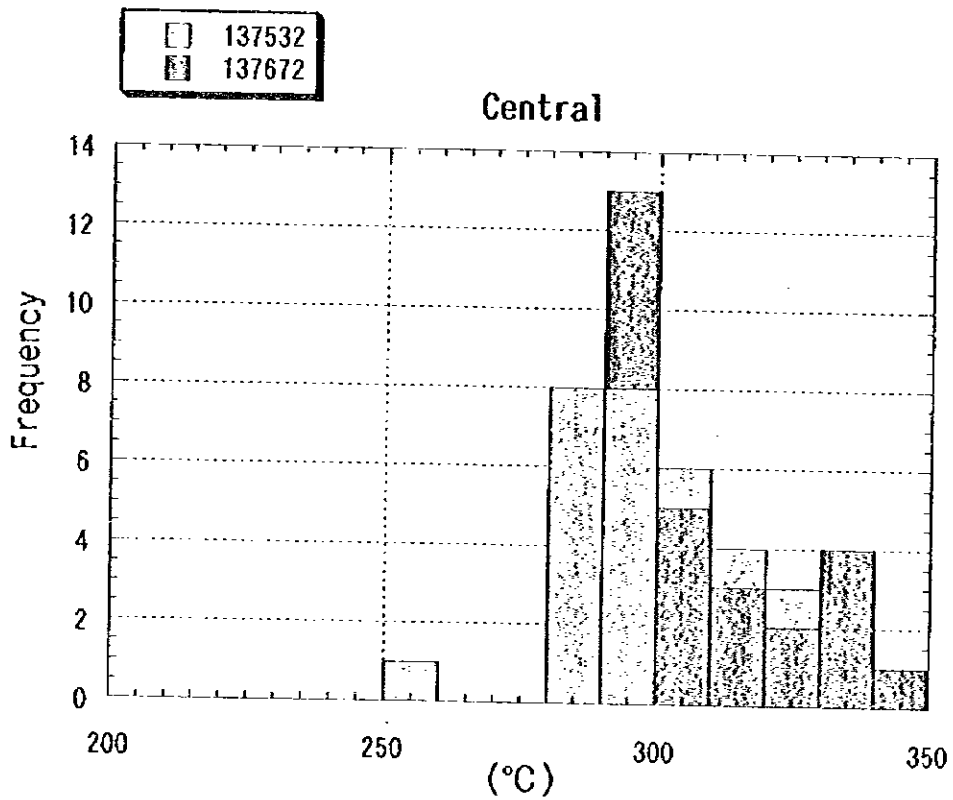
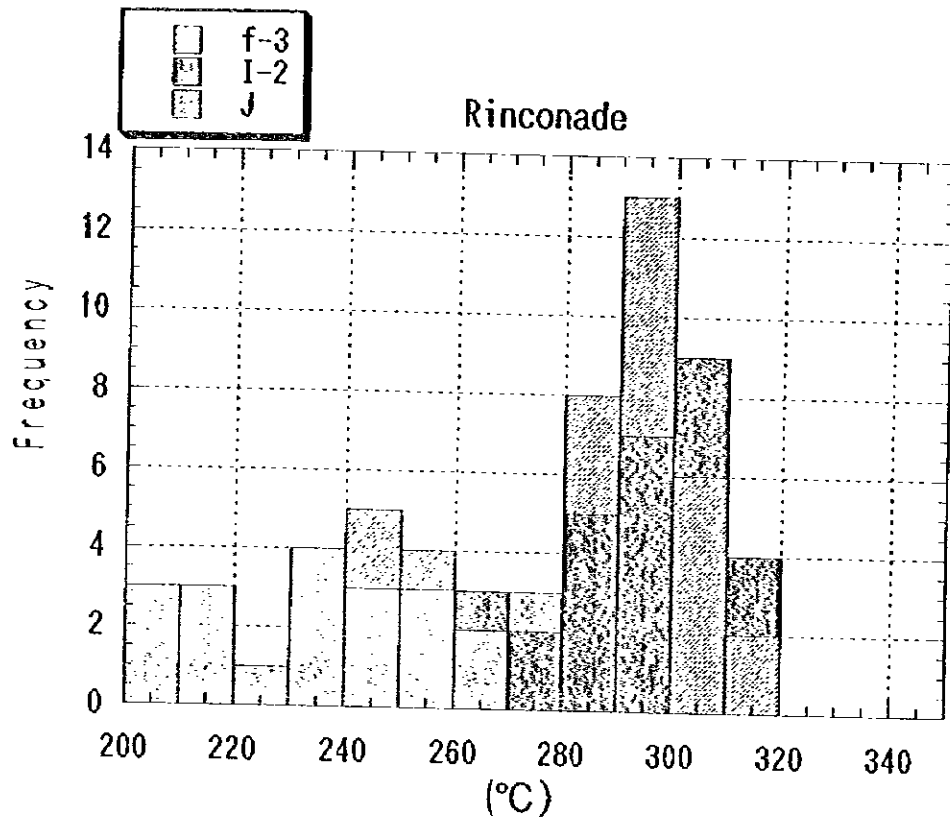


Fig.2-3-2 Homogenization temperatures of fluid inclusions from the Central and Rinconada Prospects.

較的低く、塩濃度も 1.4~2.2wt%NaCl equiv. と比較的低い。

Fig.2-3-2 に中央鉱微地および Rinconada 鉱微地の流体包有物の均質化温度分布を比較したものを示す。両者の均質化温度を比較すると、Rinconada 鉱微地のものは、温度範囲が広く、低温側に分布する。中央鉱微地のものは、温度範囲が狭く、高温側に分布する。塩濃度についてみると、中央鉱微地のものの方が、塩濃度が高い。沸騰現象は、中央鉱微地のものに認められるが、Rinconada 鉱微地のものには観察されない。

### 3-3 鉱石分析

#### 3-3-1 目的

鉱微地の鉱石品位を確認し、その鉱化作用の性質を明らかにすることを目的とする。

#### 3-3-2 方法

分析は、Chemex に依頼した。分析コードは、A-30 で依頼したため、30 元素の分析を行ったが、このうち Au, Ag, As, Sb, Cu, Mo, Pb, および Zn の 8 元素についてまとめたものを Table 2-3-1 に示す。この中には、地化学探査用分析試料としたものから、銅の鉱微が認められるものも含めている。

各元素の検出限界値は Au が 5ppb、Ag が 1ppm、As, Sb が 10ppm、Cu, Mo, Pb, Zn が 5ppm である。ただし、地化探試料として分析したものの検出限界値は、第 2 章を参照されたい。

#### 3-3-3 結果

Cu を横軸にとり、各元素の濃度を表したものを Fig.2-3-3 に示す。Table 2-3-1 には、La Guanaca、Rinconada、および中央鉱微地の鉱化作用が認められる試料（脈および岩石）分析値を示している。Fig.2-3-3 および Table 2-3-1 においてこれら 3 つの鉱微地を比較すると、次のような傾向がある。

Au : Rinconada  $\geq$  中央鉱微地 > La Guanaca

Ag : Rinconada > 中央鉱微地 > La Guanaca

As : Rinconada = 中央鉱微地 > La Guanaca

Zn : Rinconada > 中央鉱微地 > La Guanaca

Pb : Rinconada  $\gg$  中央鉱微地  $\gg$  La Guanaca

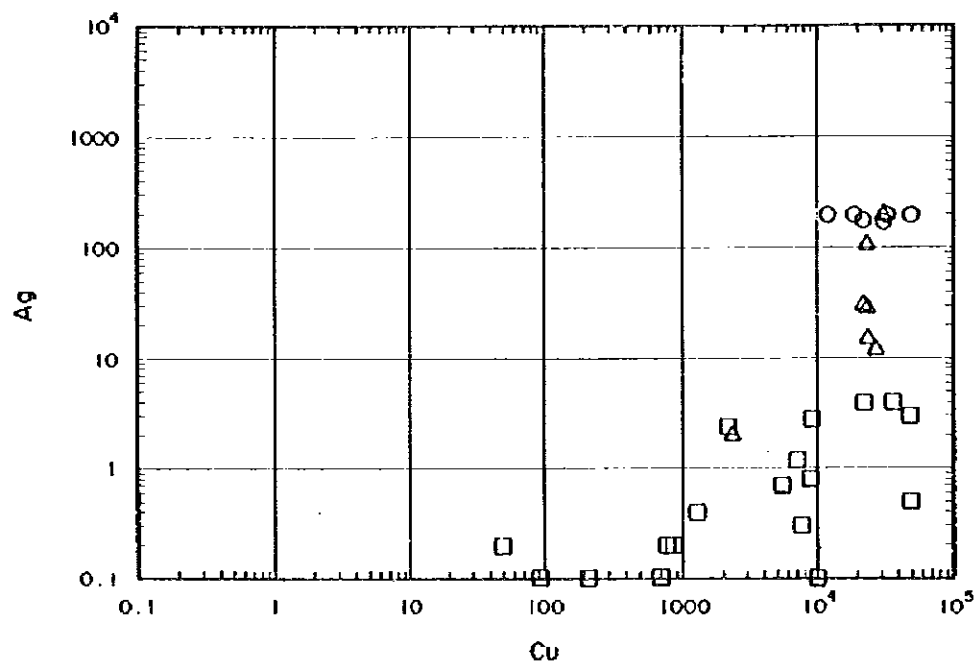
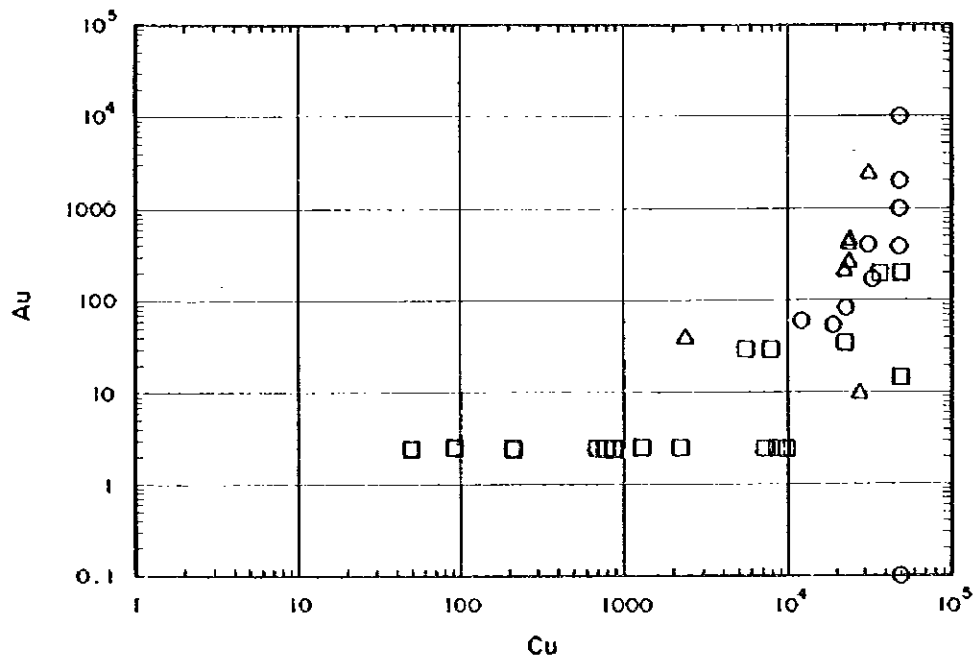
Sb : Rinconada = 中央鉱微地 > La Guanaca

Mo : Rinconada  $\leq$  中央鉱微地  $\leq$  La Guanaca

Cu : Rinconada  $\geq$  中央鉱微地  $\geq$  La Guanaca

Table 2-3-1 Chemical analysis for the mineralized samples.

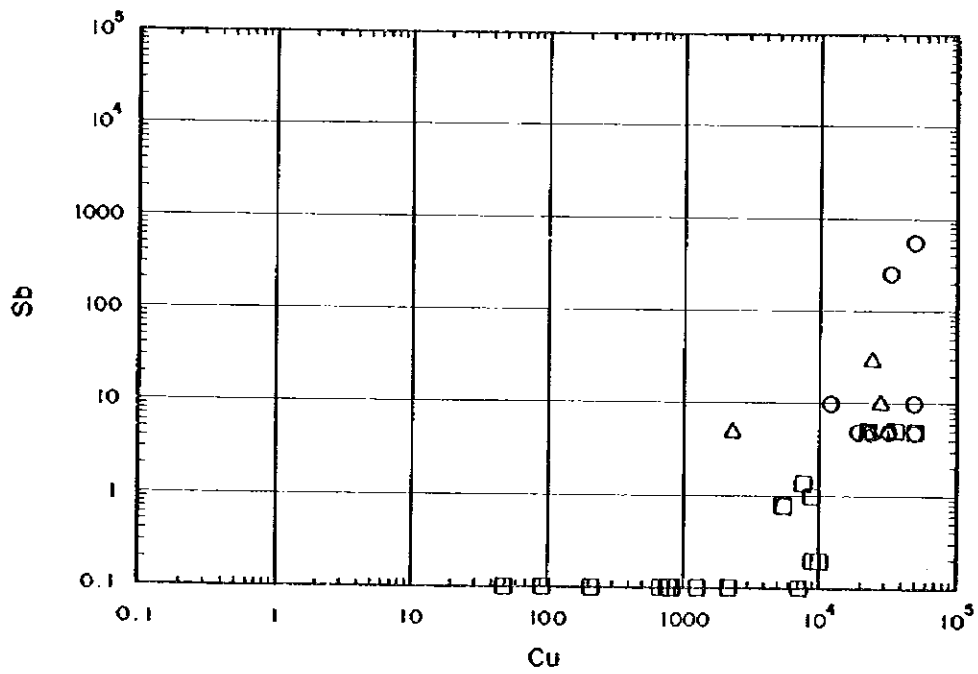
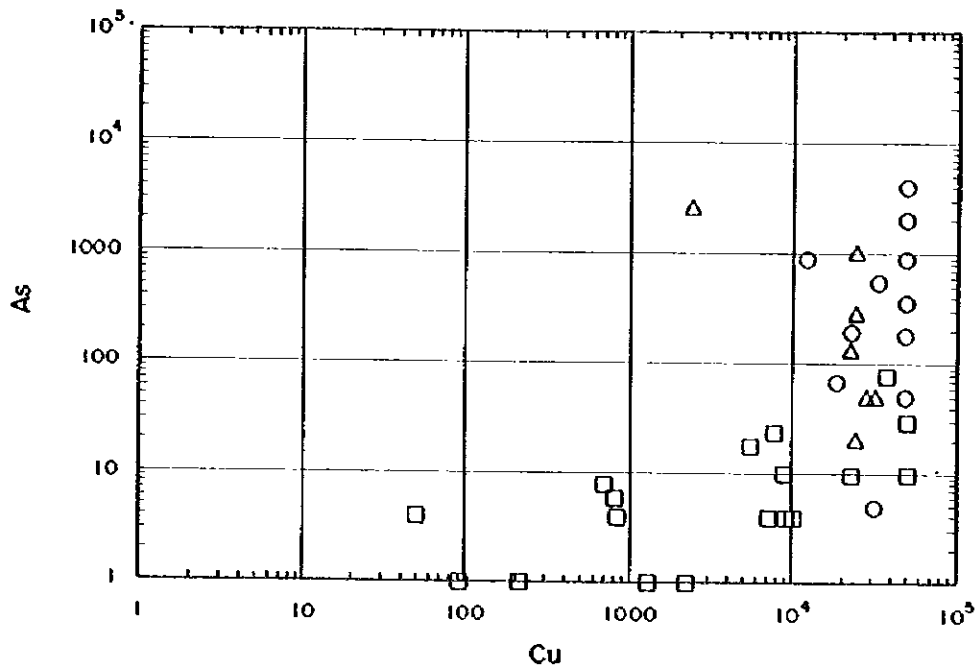
		Au ppm	Ag ppm	As ppm	Cu ppm	Mo ppm	Pb ppm	Sb ppm	Zn ppm
L a G u a n a c a	103001	<5	0.8	10	8900	151	32	1	10
	103004	30	0.7	18	5500	15	<1	0.8	160
	103005	30	0.3	24	7700	87	20	1.4	238
	103006	<5	1.2	4	7200	10	<1	<0.2	60
	103008	<5	2.8	4	9200	15	<1	0.2	78
	103014	<5	0.4	1	1300	3	<1	<0.2	37
	103015	<5	<0.2	8	690	1	<1	<0.2	41
	103018	<5	<0.2	4	10000	4	<1	0.2	43
	103021	<5	<0.2	1	92	2	<1	<0.2	34
	103022	<5	<0.2	1	210	1	<1	<0.2	33
	103024	<5	0.2	4	850	1	<1	<0.2	34
	103025	<5	0.2	6	800	2	2	<0.2	65
	103026	<5	0.2	4	49	1	1	<0.2	28
	103027	<5	2.4	1	2200	1	1	<0.2	38
	103002	210	3	30	50000	75	30	5	35
103010	15	0.5	10	50000	275	595	5	220	
103023	200	4	80	37200	475	120	5	770	
103036	35	4	10	22600	2.5	15	5	205	
R i n c o n a d a	137510	2430	200	50	32600	2.5	45000	5	780
	A-1	385	200	360	50000	2.5	2710	5	320
	C	405	175	5	31700	2.5	565	5	620
	D-1	1000	200	50	50000	10	2540	5	1610
	E-7	85	179	200	22800	2.5	1650	5	80
	F-6	170	200	550	33300	2.5	50000	260	1445
	H-5A	2000	200	4100	50000	5	44700	570	1130
	H-5B	60	200	910	12110	2.5	10930	10	1435
	J	0	200	180	50000	15	50000	10	435
	K-4	55	200	70	18710	2.5	11630	5	615
	N-3	10000	200	2060	50000	2.5	50000	5	355
O-3	390	200	900	50000	110	8930	10	385	
L a E s c o n d i d a	96102808	9600	39	10	27500	5	2830	5	860
	96102811	2730	24	380	14350	25	30000	40	34300
	96102812	240	10	40	38700	2.5	17260	5	1590
	96102818	115	100	50	50000	10	5590	5	2260
	96102818E	85	95	50	25600	5	3460	5	1155
C e n t r a l	137672	40	2	2460	2360	30	4950	5	255
	137676	275	107	20	24400	2.5	60	5	135
	137532	10	12	50	28200	5	510	10	30
	137534	465	15	990	24400	5	2330	5	135
	137530	215	30	130	22700	15	145	5	125
	137538	430	29	280	24200	115	610	30	350



- Rinconado
- △ Central
- Lo Guanaca

Fig.2-3-3(1) Concentrations for selected elements in mineralized samples from the La Guanaca, Central, and Rinconada Prospects.





- Rinconada
- △ Central
- La Guanaco

Fig 2-3-3(2) Concentrations for selected elements in mineralized samples from the La Guanaco, Central, and Rinconada Prospects.

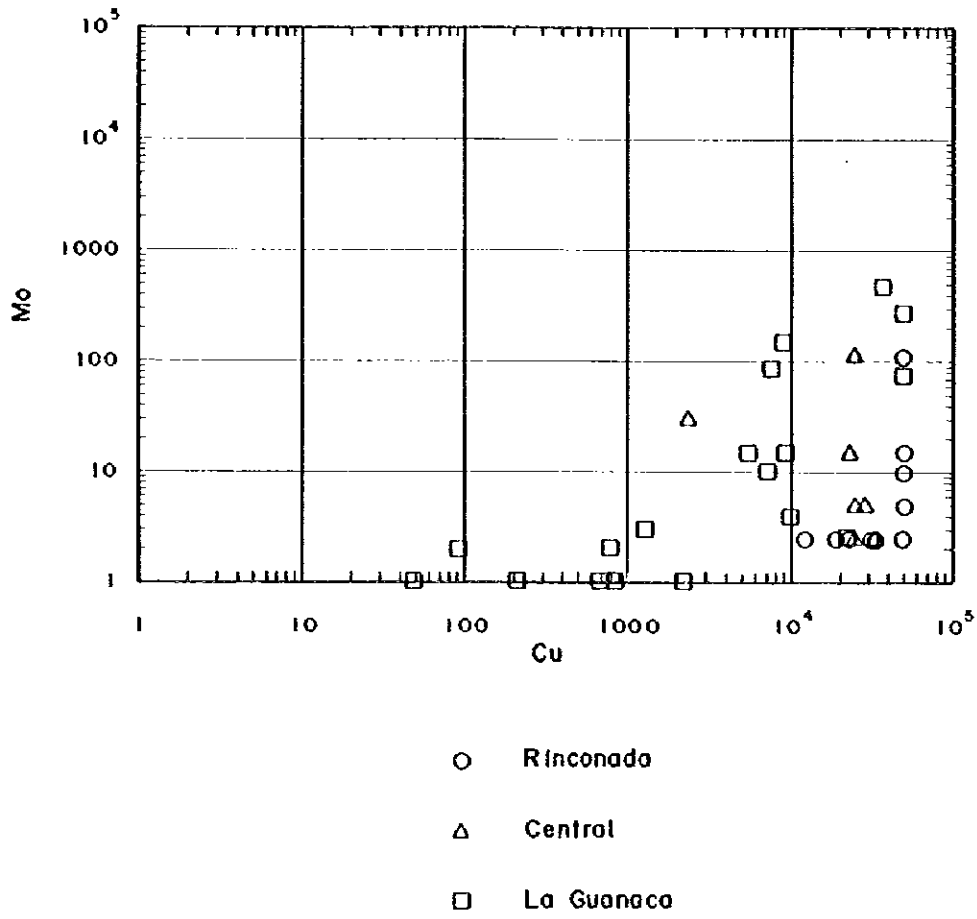
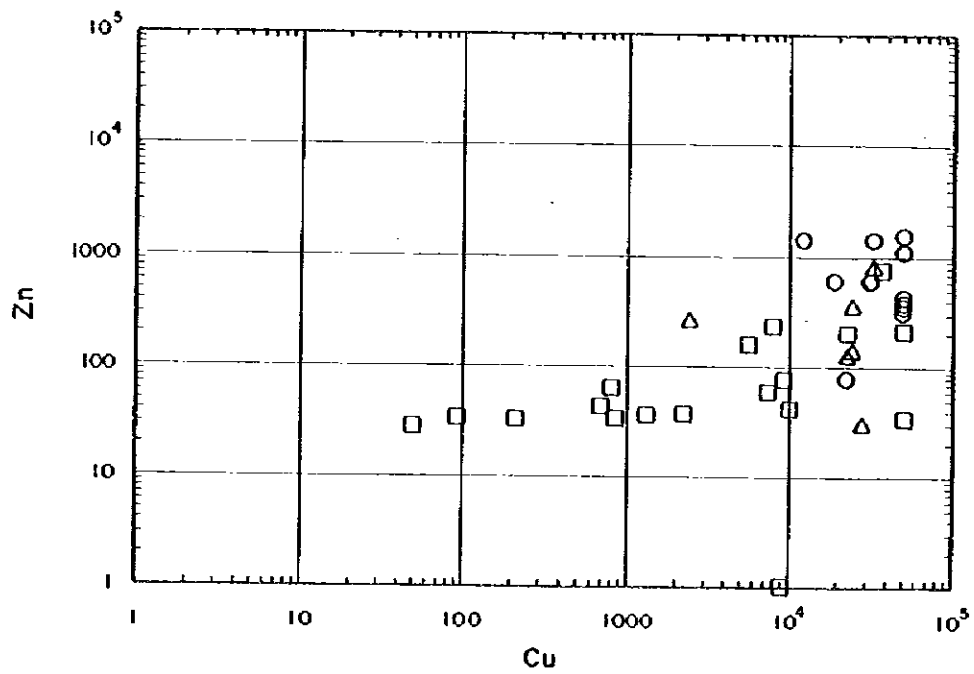
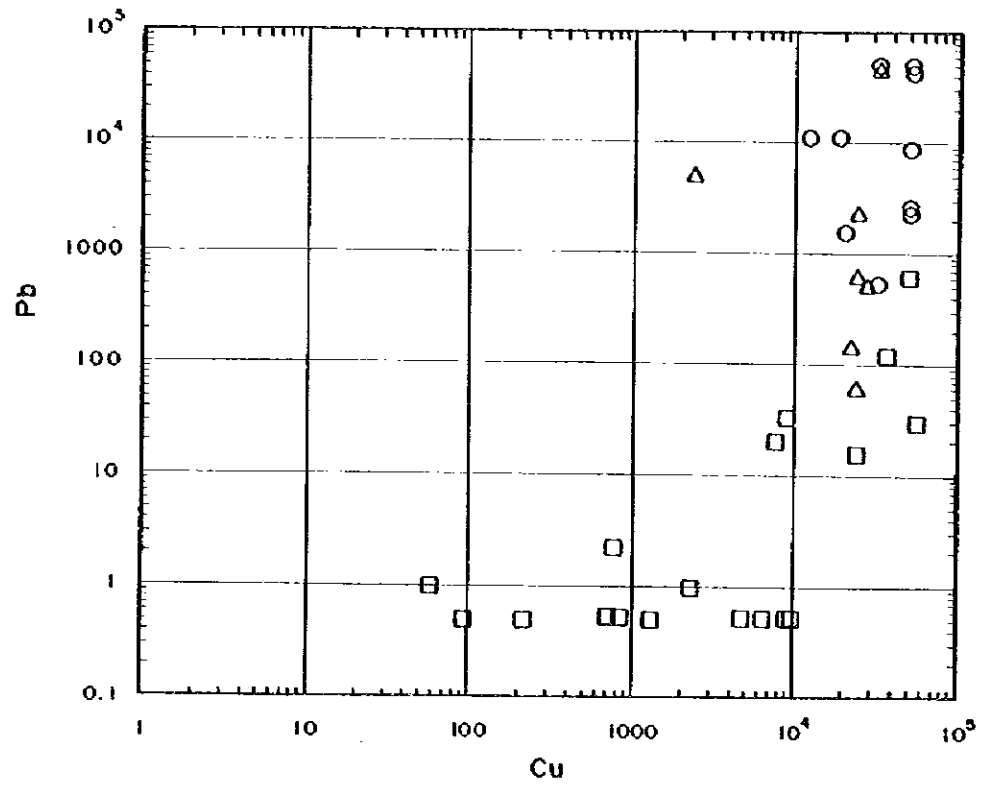


Fig 2-3-3(3) Concentrations for selected elements in mineralized samples from the La Guanaco, Central, and Rinconada Prospects.



- Rinconada
- △ Central
- La Guanaco

Fig.2-3-3(4) Concentrations for selected elements in mineralized samples from the La Guanaco, Central, and Rinconada Prospects.

それぞれの鉱徴地の鉱石における元素濃集傾向は、地化学異常域の分布傾向とも一致する。

La Guanaca 鉱徴地では、Cu, Mo の濃集があり、ポーフイリー型の鉱化作用の存在が推定される。Rinconada および中央鉱徴地は、Cu の他に、Au, Ag, Zn, Pb の濃集があり、ポーフイリー型鉱化作用の周辺にしばしば観察される金、ベースメタル鉱脈型鉱化作用の特徴を有する。

Rinconada と中央鉱徴地を比較すると、Rinconada の方が特徴的に、Au, Ag, Pb が高く、Mo に関しては、やや中央鉱徴地が高い傾向にある。このことから、Rinconada に比べ、中央鉱徴地の方が、よりポーフイリー型鉱化作用の中心に近い位置にあると推定される（例えば、Lowell and Guilbert, 1970; Lang and Eastoe, 1988; Ortiz et al., 1986; Thompson, 1993; Titley, 1993 など）。

なお、Rinconada で Pb が高い傾向は、鉱石顕微鏡観察で、Rinconada 鉱徴地に方鉛鉱が観察され、X線回折で、白鉛鉱、黄鉛鉱が検出されることと対応している。

### 3-4 K-Ar 年代測定

#### 3-4-1 目的

本地域の鉱化作用の時代を明らかにし、鉱化作用に関連した火成岩を推定することを目的とする。

#### 3-4-2 方法

年代測定は、Teledyne Isotope および蒜山地質年代研究所に依頼した。鉱化作用の時代決定には、各鉱徴地からセリサイトを分離抽出し、年代測定試料とした。岩石については、検鏡の結果できるだけ、変質の少ない試料を選び、全岩を年代測定試料とした。

#### 3-4-3 結果

##### 1) 鉱化年代

測定結果を Table 2-3-2 に示す。

鉱化作用を示す年代は、試料 103034, 137672, および e-3 のセリサイトの年代である。

これらは、それぞれ La Guanaca 鉱徴地、中央鉱徴地、および Rinconada 鉱徴地のものである。

試料 103034 は、La Guanaca 鉱徴地の熱水角礫帯のマトリックス部のセリサイトである。この年代は、 $43.9 \pm 1.1\text{Ma}$  (Table 2-3-2) を示す。試料 137672 は、中央鉱徴地の石英脈際セリサイトであるが、これは、セリサイトの分離が悪く、不純物を含む。このため測定誤差以外に試料の不均質性に起因する誤差が大きく、今回の議論には使えない。試料 e-3 は、Rinconada 鉱徴地の石英脈のセリサイトである。この年代は、 $45.6 \pm 1.2\text{Ma}$  および

Table 2-3-2 K-Ar age of sericite and rock samples

Sample No.	classification on the geological map	K-Ar geological age (Ma)	X(wt%)	<sup>40</sup> Ar rad (10 <sup>-3</sup> cc/g)	Air cont (%)	comment
255	Ga	42.3±2.1	4.3 4.31	0.715 0.718	78.6 75.8	Whole Rock *
137783	Dpf	42.6±2.1	4.7 4.66	0.796 0.772	82.5 86.3	Whole Rock *
137620	M	47.3±2.4	3.09 3.09	0.575 0.576	58.9 58.6	Whole Rock *
137796	Gd1	42.1±2.1	2.7 2.71	0.447 0.449	60.2 60.3	Whole Rock *
137930	Dpf					Whole Rock **
137515	Gd3					Whole Rock **
96110422	Md					Whole Rock **
96102405	Rd					Whole Rock **
96110418	Ag					Whole Rock **
103034	sericite La Guanaca	43.9±1.1	4.370±0.087	0.753±0.013	37.3	sericite mineral separation **
137672	sericite Central	32.84±0.75	1.687±0.034	0.2182±0.025	14.4	sericite mineral separation **
e-3	sericite Rinconada	45.6±1.2 46.0±1.2	5.440±0.109	0.974 0.964	36.7 36.1	sericite mineral separation **

notice

1. Decay constant of Steiger & Jaeger(1977) is adopted

Teledyne Ltd. Analyzed

$$\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10} / Y$$

$$\lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-11} / Y$$

2. Ratio of <sup>40</sup>K in K is <sup>40</sup>X/N=0.01167 atom%

3. Assumption of measurement error is Nagao et al.(1984)

\*\*Hiruzen Institute for geology and chronology

46.0±1.2Ma を示す。

これらのセリサイトの年代値から、本地域の鉱化作用は Eocene の中期に起こったと推定できる。また、La Guanaca 鉱徴地および Rinconada 鉱徴地のセリサイトの年代を比較すると、Rinconada 鉱徴地のセリサイトの年代の方がわずかに古い。

このわずかな年代値の差は、全く別の熱水系を考える必要はなく、両者は、同一の熱水系の発達段階の違いとして説明が可能である。すなわち、Rinconada 鉱徴地の鉱化作用は、マグマが貫入した初期に形成されたプロピライト変質に伴う鉱脈形成に対応する。その後、ポーフィリー銅鉱化作用のメインステージの鉱化作用がおり、これが弱ま過程で、La Guanaca 鉱徴地の熱水角礫帯が生じたと解釈することができる。

この年代は、El Salvador ポーフィリー銅鉱床の生成年代、約 41Ma(Gustafson and Hunt, 1975)よりもやや古い。

## 2) 母岩年代

今回年代測定を行った岩石のほとんどは変質している。

255 は、安山岩(Ga)に属する。大部分の斜長石斑晶は、セリサイトおよび緑簾石化する。輝石、角閃石斑晶も、ほとんどが緑泥石化、緑簾石化している。したがって、本岩石の年代値 42.3±2.1Ma は、変質作用の時代を示している。

137783, 137930 は、火山礫凝灰岩(Dp)に属する。本岩石の層準は、Llanta 安山岩(Ba)と緑色安山岩(Ga)との間に位置する。また、オコイータ安山岩(Oa)が本岩石と緑色安山岩(Ga)との境界にシート状に貫入していることから、本岩石の年代を求めることにより、上記の安山岩類の時代の推定が可能と考え、本岩石の年代測定を試みたが、いずれの試料も変質が著しく、変質年代しか求めることができなかった。42.6±2.1Ma という年代は、同様な変質を受けている試料 255 と同じ年代値であり、変質年代を示している。

137620 はモンゾニ岩 (M) に属する。斜長石は、一部セリサイト変質している。黒雲母は、その大部分が、緑泥石変質している。角閃石は、一部黒雲母に変わっているものがあるが、大部分は変質せずに残る。したがって、47.3±2.4Ma という年代は、変質によってある程度若返っていると考えられる。本岩石の K-Ar 年代は、Comejo et al.(1993)では、63±2Ma という値が出されている。

137796 は、花崗閃緑岩 1(Gd1)に属する。本岩石は、その産状から、本地域で最も若い花崗岩類と考えられる。フェルシック鉱物は、ほとんど変質していないが、ホルンブレンドや黒雲母のようなマフィック鉱物は、大部分が緑泥石に変質している。したがって、42.1±2.1Ma という年代値も変質年代を示していると考えられる。

137515 は花崗閃緑岩 3(Gd3)に属する。La Guanaca 鉱床および中央鉱徴地の母岩である。黒雲母に一部緑泥石化が認められるが、ほとんど変質が見られない。したがって、本岩石の K-Ar 年代値は、本岩石の生成年代を示していると考えられる。しかし、今回は、報告書作成までに、データが得られなかった。本岩石は、Gd4 の花崗閃緑岩

とは漸移することから、Comejo et al.(1993)の約48Ma という年代値とほぼ同じ値になることが予想される。

96110422 は、モンゾ閃緑岩(Md)に属し、モード分析では、石英モンゾニ岩である。斜長石は、部分的にセリサイト、緑簾石変質している。輝石、角閃石は、ほとんどが緑泥石、緑簾石、不透明鉱物に変質している。したがって本岩石の年代も変質の年代を示している。

96110418 は、アプライト質花崗岩(Ap)に属する。斜長石は、大部分セリサイト、緑簾石変質し、角閃石、黒雲母もほとんどすべて緑泥石、緑簾石、不透明鉱物に変質している。したがって本岩石の年代も変質の年代を示している。

96102405 は流紋岩質火山角礫岩～溶岩(Rd)に属する。本岩石は、その産状から緑色安山岩(Ga)中に貫入していると考えられる(Fig 2-1-9)。試料は、珪化を受け、微細な黒雲母が、熱水変質によって、わずかながら生じている。年代値も熱水変質作用の年代を示すと考えられる。