

による上昇はこの時期にも継続していた。その後中新世中期から後期にかけて、石英安山岩質～流紋岩質の火山活動が活発となり、広範囲に Alpabamba 層 (Al)、局部的に Huaylillas 層 (Hy) や Sencca 層 (Vse) などが噴出した。調査地域の標高 4,000～5,000 m にあるアンデス高原地帯は、ほぼこの活動によって形成された。

第四紀更新世に入って、安山岩溶岩を主体とする火山活動が活発となり、溶岩はアルチブラノに聳える Solimana 山 (6,093 m) を初めとする 5,500～6,000 m 級の高山を形成すると共に、周辺の低地を埋めて広範囲に流出した。これが Barroso 層群 (Vbl) に相当する。更新世末期にはこれらの高山に氷河が形成され、これによって周辺にはモレーンが形成された。

完新世には大規模な火山活動は認められず、局部的に玄武岩溶岩 (Vbl, Vm)、火山性堆積物 (Vsp) などの活動があった。沖積層はこれらの小規模な活動と相前後して河川沿いや、アルチブラノの低地に堆積している。

4-2-5 変質作用と鉱化作用

本調査において、大小 17ヶ所以上の変質帯及び鉱化帯を確認した。採取試料のうち、25試料の X線回析による鉱物同定、22試料の鉱石鉱物の鑑定及び 24試料の鉱石分析 (5成分) を行った。これらの結果はまとめて巻末の Apx. 5, 6, 8 に示した。

調査地域の変質帯及び鉱化帯の状況は次の通りである。

(1) 分布

調査地域に分布する変質帯及び鉱化帯は Fig. 4-6, PL. 10 に示す。これらはジュラ系、白亜系、第三系の Tacaza 層群などに分布し、その主なものは a) Mina Pararapa, b) Minas de Huayllura (Tanisca 東部), c) Tanisca 西部, d) Mina Luicho, e) Mina Picha, f) Maran 南部, g) Oyolo, h) Pirca などの 8 地区である。

(2) 変質帯及び鉱化帯の概要

変質帯は変質の型により、珪化を伴う白色変質、珪化と粘土化を伴う褐色変質、そのほか酸化鉄に汚染された褐色変質帯に分類される (Fig. 4-6, PL. 10)。

珪化を伴う白色変質は、石英-明ばん石の鉱物組合せを主とし、一部にカオリナイトを伴うものである。主要な変質帯では、c) Tanisca 西部変質帯の北部、e) Pirca 変質帯、g) Oyolo 変質帯北東部などがこの型に属する。このほか Sara Sara 南部や Algodon Pascana 変質帯もこの型に含まれる。

珪化と粘土化に伴う褐色変質帯は石英を主とし、絹雲母、ハロイサイト、モンモリロナイト、カオリナイトからなり、a) Mina Pararapa 周辺、b) Minas de Huayllura 周辺、c) Tanisca 西部変質帯の南部、g) Oyolo 変質帯の南西部などがこの型に属する。

酸化鉄汚染からなる褐色変質は、破碎帯、節理や割れ目に沿った褐色酸化鉄の汚染で特徴づけられ、b) Minas de Huayllura, d) Mina Luicho を初め、多くの変質帯がこれに含まれる。

スカルン帯は柘榴石を主とするスカルン帯で e) Mina Picha にみられる。

変質帯の産状は、珪化を伴う白色変質が主に Tacaza 層群から Barroso 下部層に、また、珪化と粘土化を伴う変質が Yura 層群から Tacaza 層群にかけて認められ、変質作用の層準規制があるものと考えられる。

鉍化作用は、石英脈に金銀を伴う鉍脈型の鉍化、破砕帯や節理に沿った酸化鉄汚染部にみられる金銀の鉍化、貫入岩と石灰岩の接触部にみられるスカルン中の金・銀・銅・鉛・亜鉛及び磁鉄鉍を伴う接触交代型の鉍化、貫入岩体及びその周辺にみられる鉍染状の黄鉄鉍化作用などである。

主要な鉍化帯の中で含金銀石英脈の露頭が確認された所は、a) Mina Pararapa, b) Minas de Huayllura の Copacahuana 鉍山, f) Maran 南部である。d) Mina Luicho では連続性の悪い石英細脈を伴う所がある。

(3) 変質帯及び鉍化帯各説

各変質帯及び鉍化帯の規模、母岩、変質、鉍化の状況を Table 4-2, 4-3 に示した。これらのうち、主要な 8 地区の変質帯と鉍化帯は次の通りである。

a) Mina Pararapa

本地区には幅約 1 km, 延長約 2.5 km の南北に伸びた変質帯があり、それはほぼ中央に N 20°W・80°NE 方向の含金銀石英脈がある。この石英脈は坑道によって、ごく最近まで探鉍されており、探鉍坑道の総延長は約 700 m に及ぶ（探鉍坑道の位置を Fig. 4-7, スケッチを Fig. 4-9, 4-10, に示す）。

鉍山周辺の地質は、珪化及び粘土化を伴い褐色に変質した安山岩質火山角礫岩（Tacaza 層群）とこれに貫入した変質（黄鉄鉍化及び緑泥石化）斑状安山岩岩脈からなる。含金銀石英脈は変質安山岩岩脈中の主脈及び岩脈周辺に分布する平行脈のほか、変質安山岩質火山角礫岩中にも細脈がある。主脈は露頭状況から約 1.3 km 連続し、脈幅は 0.5 ~ 1.5 m と推定される。

鉍山の未公表資料によれば、坑内（No 3 坑道）の最高品位は An が 40 g/t, Ag が 1,228 g/t を示すが、坑内約 200 m 間の平均品位は脈幅 0.9 m, Au 4.6 g/t, Ag 173 g/t である。この坑道付近の石英脈の露頭と地質状況は Fig. 4-9 に示す。

本調査で採取した石英脈の分析結果は Table 4-4 のとおりである。

Table 4-2 List of Alteration Zones and Mineralized Zones - (1) (Major)

Name	Location	Scale	Host rock	Alteration	Mineralization
Mina Pararapa	Approx. 20 km North-northeast of Cotahuasi	1 km x 2.5 km	Andesite dikes (An) and Andesitic volcanic rocks (Tacaza Group)	<ul style="list-style-type: none"> Brown altered zone contaminated by ferrous oxide Hydrothermal alteration consisting primarily of silicification (quartz + halloysite, cb-11 quartz + montmorillonite cb-13) The andesite dikes are chloritized and contaminated by pyrites. 	<ul style="list-style-type: none"> Mineralization of gold and silver in N20°W and 80°NE gold-silver bearing quartz veins Quartz vein being prospected by tunnels is 0.5 to 1.5 m wide and 1.3 km long. According to the mine data, the grade of gold ore is Au, max. 40 g/ton and average 4.6 g/ton. The average grades of gold and silver ores contained in quartz dikes of 80 cm in width are Au 4.6 g/ton and Ag 288 g/ton.
Minas de Huayllura (East of Tonisca)	Approx. 30 km west-southwest of Cotahuasi	1.2 km x 10 km	Quartzite (Yura Group)	<ul style="list-style-type: none"> Brown altered zone contaminated by ferrous oxide Hydrothermal alteration accompanied by quartz veinlets (quartz + sericite Bb-10 quartz + diaspore + sericite + jarosite Bb-9) 	<ul style="list-style-type: none"> Mineralization exists in oxidized zones occurring along fracture zones and joints, and in gold-silver bearing quartz veins Abandoned small-scale adits are found at several locations Analysis of the quartz veins of Mina Copacahuana shows the grades of Au and Ag are 4.6 g/ton and 288 g/ton, respectively.
West of Tanisca	Approx. 33 km west-southwest of Cotahuasi and approx. 23 km east-southeast of Pausa	1.5 km x 4 km	Andesitic volcanic rocks (Tacaza Group)	<ul style="list-style-type: none"> Essentially hydrothermal alteration of quartz + alunite and quartz + sericite + montmorillonite Relationship between both types of alteration is not clear. 	<ul style="list-style-type: none"> Conspicuous mineralization not observable. Analysis of altered rocks containing clay minerals revealed the content of Au 0.06 g/ton and Ag 0.31 g/ton.
Mina Luicho	Approx 5 km northeast of Pausa	1 km x 2 km	Quartzite (Yura Group)	<ul style="list-style-type: none"> Silicification around quartz veinlets and contamination with ferrous oxide. (quartz + scorodite (Ae-22)) 	<ul style="list-style-type: none"> Gold-silver bearing quartz veinlets and contamination with ferrous oxide are observable. Orientation of the veinlets is not clear. A dozen or so small-scale stopes are scattered. Spot samples from the stopes showed Au 26.0 g/ton, Ag 114.1 g/ton and Au 9.7 g/ton, Ag 30.2 g/ton.
Pirca	Approx. 15 km south of Pirca	2 km x 5 km	Andesite and pyroclastic rocks (Tacaza Group and lower part of Barroso Group)	<ul style="list-style-type: none"> Mostly hydrothermal alteration of quartz + alunite. 	<ul style="list-style-type: none"> Contaminated with goethite near Pirca. Vein-type mineralization not observable. Analysis of samples from the zone contaminated with goethite showed the grade of Ag 0.6 to 1.6 g/ton.

Table 4-2 (Continued)

Name	Location	Scale	Host rock	Alteration	Mineralization
South of Maran	Approx. 15 km south-southeast of Pausa	1.5 km x 3.5 km	Andesitic tuff to tuff breccia (Chocolate Formation)	•Silicification around quartz veinlets, veinlike silicification and contamination with ferrous oxide.	•Gold-silver bearing quartz veins about 10 cm wide and contamination with limonite around fracture zones are observable as several locations. •Analysis of samples from pyrite-quartz veins (5 to 10 cm wide) showed the grades of Au 1.1 g/ton and Ag 0.3 g/ton. •There are many abandoned old adits. In downstream areas river sediments are washed for gold.
Oyolo	Approx. 20 to 25 km northeast of Pausa	2 km x 8 km	Dacitic pyroclastic rocks (Tacaza Formation to Alpebamba Formation)	•Hydrothermal alteration (primarily argillization). In the northeast cristobalite + alunite and in the southwest quartz + sericite	•locally accompanied by contamination with ferrous oxide (grade: Ag 0.3 g/ton) •Conspicuous mineralization not observable.
Mina Picha	Approx. 22 km west-southwest of Cotahuasi	Small ore bodies scattered in an area of approx. 1 km x 2 km	Limestone (Arcurquina Formation) and diorite (stock)	Skarn type metasomatism (garnet (andradite) - calcite-quartz)	•Skarn type •Mineralization of Cu, Pb, Zn, Ag and Au. •Ore bodies are small lens-shaped bodies. •Analysis of mineral ores consisting mainly of galena and sphalerite showed the following grades: Au 7.7 g/ton, Ag 770 g/ton, Cu 1.38%, Pb 23.4%, Zn 21.6%

Table 4-3 List of Alteration Zones and Mineralized Zones - (2)
(Minor Alteration Zones, Small Mineralized Zones)

Name	Location	Scale	Host rock	Alteration or metamorphism	Mineralization
East of Colita alteration zone	Approx. 13 km north-northeast of Pausa	0.5 km x 1 km	Andesite (Tacaza Formation)	Hydrothermal alteration (silicification + argillization) (quartz + sericite)	Mineralization not observable
Sequilla alteration zone	Approx. 20 km north of Pausa	0.5 km x 2.5 km	Andesite (Tacaza Formation)	Hydrothermal alteration (silicified veins + argillization) (quartz + orthoclase + sericite) Contamination with pyrite	Silicified veins of 1 to 2 m in width (N 45°E, 70°N) Assay results Au 0.19 g/t, Ag 17.5 g/t Old adits of several meters in length are found
South of Sara Sara alteration zone	Approx. 17 km southwest of Pausa	2 km x 2 km	Andesite (Barroso Group)	Silicification Grey and porous silicified rocks	Mineralization not observable
Mina Puca Puca	Approx. 20 km southeast of Pausa	Unknown	Unknown	Unknown	Mineralization of Cu (malachite) Grade unknown
Mina Jatunsana	Approx. 27 km southeast of Pausa (local information)	Unknown	Unknown	Unknown	Gold mine (local information)
Huauhua mineralization zone	Approx. 5 km west-northwest of Cotahuasi	Approx. 10 m x 50 m Two unknown locations	Limestone (Arcuquina Formation diorite (stock)	Skarn type (clinopyroxene-calcite)	Magnetite mineralization
Lucha mineralization zone	Approx. 13 km northeast of Cotahuasi	5 m x 30 m ?	Andesitic tuff (?) (Huauca Formation)	Hornfels to Skarn	Magnetite mineralization concentrated in layers
Puica alteration zone	Approx. 30 km northeast of Cotahuasi	1 km x 1.5 km	Rhyolite, rhyolitic tuff (Alpabamba Formation)	White argillization alteration and locally contaminated with ferrous oxide. Accompanied by mordenite (quartz - mordenite) locally.	No mineralization
Algodon Pascana alteration zone	Approx. 35 km east of Cotahuasi	0.4 km x 2.5 km	Andesite ? (Tacaza Formation)	Quartz + alunite alteration Locally contaminated with ferrous oxide.	No mineralization

Table 4-4 Chemical Analyses of Ore Samples in the Mina Pararapa

Sample No.	Location	Thickness	Metal Contents					Remarks
			Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	
Cb-11	No.1 adit Fig 4-10	0.8 m	4.6	288.0	0.01	0.03	0.01	quartz vein
Cb-12	No.2 outcrop	0.5 m	0.2	12.8	<0.01	<0.01	<0.01	quartz vein
Cb-13	No.3 adit Fig 4-9	1.3 m	1.4	131.6	<0.01	0.01	<0.01	quartz vein and network quartz vein
Cb-19	No.5 adit	—	<0.06	23.0	0.02	0.08	0.18	quartz vein

鉍石研磨薄片による観察結果を Table 4-5 に示す。

Table 4-5 Mineral Assemblage of Ore Sample in the Mina Pararapa

Sample No.	Location	Ore Minerals	Gangue Minerals	Remarks
Cb-14	No.4 adit	py ○	qz ⊙ pl ⊙ ch ⊙ sr ○ ab ○	altered porphyritic andesite dike
Cb-18	No.5 adit	py ⊙	qz ⊙ pl ⊙ ch ⊙ sr ○ ab ○	altered porphyritic andesite dike
Cb-19	No.5 adit	py ○ Cp •, Sp •	qz ⊙ pl ⊙	quartz vein (waste)
Cb-20	No.5 adit	py ○	qz ⊙ pl ⊙	banded quartz vein (waste)

⊙: abundant ○: common •: rare py: pyrite cp: chalcopyrite sp: sphalerite
qz: quartz ch: chlorite sr: sericite ab: albite

b) Mina de Huayllura (Tanisca 東部)

幅 1 ~ 2 km, 延長約 10 km の変質帯中に小規模な採掘跡が多数 (5ヶ所確認) あり, いずれも急斜面に位置する。鉍山周辺の地質は Yura 層群の砂岩, Murco 層の赤色頁岩, Arcurquina 層の石灰岩及び Tacaza 層群の安山岩質火山岩類からなる (PL. 6)。

鉍化は Yura 層群の砂岩に発達する節理や破碎帯に沿った酸化鉄の汚染褐色変質帯中の小規模な含金銀石英脈と節理や破碎帯沿いの含金銀褐色酸化鉄脈に認められる。Copaahuana 鉍山 (Fig. 4-11) では幅約 1.2 m の石英脈 (一部網状細脈) があり, N 80°E・80°~90°S の方向に坑口から約 35 m まで連続するが, 幅約 3 m の破碎帯を伴う N 20°W・50°NE 方向の断層で切られる。

他の坑道は破砕帯又は割れ目に沿った酸化鉄の汚染帯を採鉱したもので、いずれも小規模なものである。

本地域から採取した鉱石の分析結果及び研磨薄片の観察結果は Table 4-6, 4-7 に示す。尚、当地区の坑道の位置関係は Fig. 4-8 に示す。

Table 4-6 Chemical Analyses of Ore Samples in the Minas de Huayllura

Sample No	Location	thickness	Au(g/t)	Metal Contents				Remarks
				Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	
Bb-6	No.1 adit (Mina Copacahuana)	1.20	1.9	7.2	<0.01	0.03	0.02	quartz vein
Bb-9	No.2 adit	0.40	0.4	5.0	<0.01	0.08	<0.01	sheared zone
Bb-12	Old crusher	—	0.06	2.5	<0.01	0.35	0.05	crushing sample

Table 4-7 Mineral Assemblage of Ore Samples in the Minas de Huayllura

Sample No	Location	Ore Mineral	Gangue Mineral	Remarks
Bb-4	No.1 adit (Mina Copacahuana)	hm ⊙	qz grain ⊙	ore stock
Bb-8	west of No.1 adit	py ⊙, hm ⊙	qz ⊙	waste of quartz vein

c) Tanisca 西部

珪化と粘土化を伴った白色変質帯で、その規模は幅約 1.5 km, 延長 4 km である。試料の分析結果 (Table 4-8) に示すように、この変質帯では顕著な鉱化はない。しかし、後述するよう、ここでは金の地化学異常が検出されている。

Table 4-8 Chemical Analyses of Altered Rock in the West of Tanisca

Sample No	Mineral assemblage	Metal Contents					Remarks
		Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	
Bf-1	qz◎ al◎	—	—	—	—	—	porphyritic altered rock
Bf-2	qz◎ sr○ mon•	0.06	0.31	<0.01	<0.01	<0.01	white altered rock

◎:abundant ○:common •:rare qz:quartz al:alunite sr:sericite
mon:montmorillonite

d) Mina Luicho

酸化鉄に汚染された褐色変質帯で、その規模は幅約1km、延長約2kmである。鉱床はこの変質帯のほぼ中央に位置し、約500m×500mの範囲に10数ヶ所の小規模な採掘跡（坑道は2～3mが多く、まれに20m程度のもの）が散在する。1ヶ所の採掘場において割れ目に沿った酸化鉄汚染部から採取した局部試料の分析結果はAu 26.0 g/t, Ag 114 g/tの値を示し、高品位鉱である。本変質帯では連続性の悪い石英細脈はまれに認められるが、一般には酸化鉄汚染部からなり、鉱脈と言えるものは観察されない。

Table 4-9 Mineral Assemblage and Chemical Analyses of Ore Samples in the Mina Luicho

Sample No	Mineral Assemblage	Metal contents					Remarks
		Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	
Ae-20	qz◎	9.67	30.17	<0.01	0.03	<0.01	porous siliceous rock
Ae-22	qz◎, sco○	26.00	114.14	0.05	0.02	<0.01	quartz veinlets and iron oxides

◎:abundant, ○:common, qz:quartz, sco:scorodite

e) Pirca

変質帯の規模は、幅約 2 km、延長約 5 km で、珪化と粘土化を伴った白色変質帯と酸化鉄に汚染された褐色変質帯からなる。局部的に酸化鉄が不規則レンズ状に濃集した所はあるが、鉍脈は認められなかった。

当地区の白色変質帯には明ばん石が特徴的に含まれる。酸化鉄の汚染帯には微量ながら銀の鉍化が認められる。

Table 4-10 Mineral Assemblage and Chemical Analyses of Iron Oxides in the Pirca Alteration Zone

Sample №	Mineral Assemblage	Metal contents					Remarks
		Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	
Gi-102	hm •	<0.06	<0.31	<0.01	<0.01	<0.01	silicified rock
Gi-104	hm ○, gt ○	<0.06	0.62	<0.01	<0.01	<0.01	silicified rock
Gi-113	hm ○, gt ○	<0.06	1.56	0.01	<0.01	<0.01	iron Oxides

○: common, •: rare, hm: hematite, gt: goethite

Table 4-11 Mineral Assemblage of Altered Rocks in the Pirca Alteration Zone

Sample №	Mineral Assemblage	Remarks
Gi-104	qz ◎, gt ○	iron oxides
Gi-106	qz ◎, kn ◎, al ◎	white altered rock (silicified)
Gi-108	qz ◎, al ◎	white altered tuff
Gi-113	qz ◎, gt ○	iron oxides

◎: abundant, ○: common, qz: quartz, gt: goethite, kn: kaolinite, al: alunite

f) Maran 南部

変質帯は酸化鉄に汚染された褐色変質帯で、その規模は幅約 1.5 km、延長約 3.5 km である。金銀の鉍化は石英細脈（幅約 10 cm）及び破砕帯や節理に沿った酸化鉄の汚染部に認められるが、鉍化は弱く、個々の鉍床規模は小さい。本地区には小規模な手掘探鉍坑道跡が多数散在

する。一部で現在も小規模に探採掘を行っており、鉍石は人力で搬出、粉碎し、椀がけの後に水銀を用いて金を回収している。また、この鉍化帯を横切る沢の下流では、河床堆積物を対象に砂金を採取している。

Table 4-12 Mineral Assemblage and Chemical Analyses of Ore Sample in the South of Maran

Sample №	Mineral Assemblage	Metal Contents					Remarks
		Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	
Ge- 88	hm ○, py •	—	—	—	—	—	quartz vein (lenticular)
Ge-104	py ○	1.06	0.31	<0.01	<0.01	<0.01	quartz vein (thickness 5~10cm)
Ge-104'	py ○	—	—	—	—	—	quartz vein (thickness 5cm)

○:common, •:rare, hm:hematite, py:pyrite, —:no assay

g) Oyolo

珪化と粘土化を伴う白色変質帯と酸化鉄に汚染された褐色変質帯からなり、その規模は幅約 2 km, 延長約 8 km の大規模なものである。この変質帯中には過去探鉍された場所はなく、黄鉄鉍の鉍染は認められるが、他にみるべき鉍化作用はない。酸化鉄の汚染部の一部に微量 (0.3 g/t) の銀を含む所がある。

Table 4-13 Mineral Assemblage and Chemical Analyses of Altered Rock in the Oyolo Alteration Zone

Sample №	Mineral Assemblage	Metal Contents					Remarks
		Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	
Gb- 99	er ◎ al ◎ kn ○ mon •	—	—	—	—	—	white altered rock
Gb-100B	—	<0.06	0.31	<0.01	<0.01	<0.01	light brown altered rock
Gb-102	qz ◎ sr ○	—	—	—	—	—	white altered rock

◎:abundant, ○:common, •:rare, er:cristobarite, al:alunite, kn:kaolinite, mon:montmorillonite, qz:quartz, sr:sericite, —:no assay

h) Mina Picha

石英閃緑岩 (Di) と Arcuquina 層 (Ar) の石灰岩との接触部に幅 1 km, 延長約 2 km のスカルンと酸化鉄の汚染帯がある。鉱体はスカルン中に胚胎する小規模なレンズ状塊状鉱と鉱染鉱からなる。塊状鉱の鉱石鉱物は、方鉛鉱及び閃亜鉛鉱を主とし、黄銅鉱、黄鉄鉱、自然金などを伴う。鉱染鉱は黄鉄鉱の鉱染を主とし、砒四面銅鉱、四面銅鉱、斑銅鉱を少量伴う。母岩のスカルンは、石英、淡緑色柘榴石、正長石、方解石からなる柘榴石スカルンである。

当地区にはこのほか、石英閃緑岩体に近接した砂岩中の珪化変質脈 (BgM-1), 石英閃緑岩中の暗灰色珪化脈 (BgM-2, BgM-3) などがあり、銀の鉱化がみられる。

Table 4-14 Chemical Analyses of Ore Samples in the Mina Picha

Sample #	Metal Contents					Remarks
	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	
BgM-1	0.06	87.05	<0.01	0.15	<0.01	strong silicified vein
BgM-2	0.12	59.71	0.03	0.01	0.02	dark grey silicified vein
BgM-3	0.12	345.21	0.36	0.06	0.06	dark grey silicified vein (thickness 0.4m)
BgM-7	0.06	3.11	<0.01	<0.01	0.03	skarn
BgM-10	7.7	777.0	1.38	23.4	21.6	massive ore

以上 a) から h) まで主要な変質帯及び鉱化帯について述べた。これらの他にも多数の変質帯や鉱化帯が認められるが、鉱化作用は一般に弱い (Table 4-3, Fig. 4-3)。

(4) Orcopampa

鉱床モデル調査のために地化学探査を実施した Orcopampa 鉱山周辺の地質は、安山岩溶岩及び同質の火山砕屑岩類からなる Tacaza 層群 (Apx. 11 の Tm-vor) の分布域である。鉱床はこの火山砕屑岩中の断層に沿って胚胎する鉱脈型の鉱床で、Mant, Calera, Tudela 及び Santiago などの鉱脈が知られている。これらの鉱脈は互いに約 800 m の間隔でほぼ平行に配列し、NE-SW の方向で SE または NW 方向へ 55°~80° で傾斜する。

鉱体の規模は Mant 鉱脈が最も大きく、鉱脈に沿って最大幅約 6 m, 延長 20~150 m の富鉱部が断続的に配列する。そのほかの鉱脈では、鉱脈の掘曲部や分岐脈に局部的に富鉱部を形成するが一般に小規模である。

これらの鉱体から産出する鉱石鉱物は、銀を含む四面銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱、斑

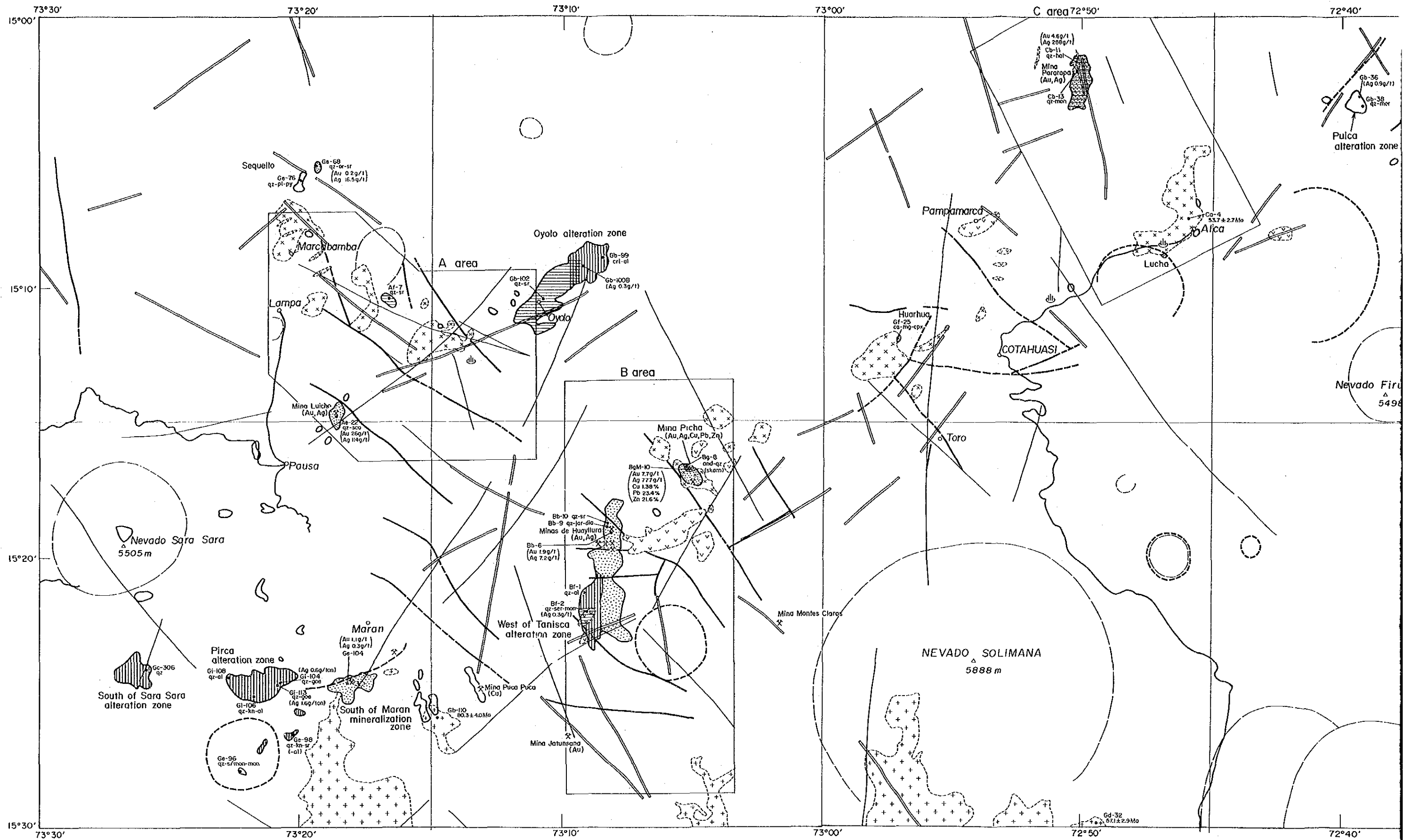
銅鉱，輝安銅銀鉱，金などで，脈石鉱物は黄鉄鉱，菱マンガン鉱，重晶石などである。

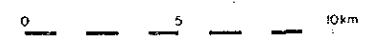
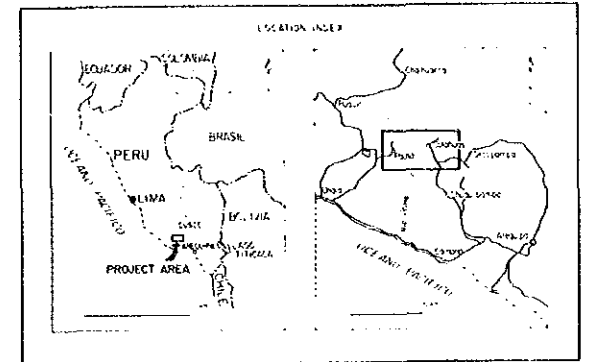
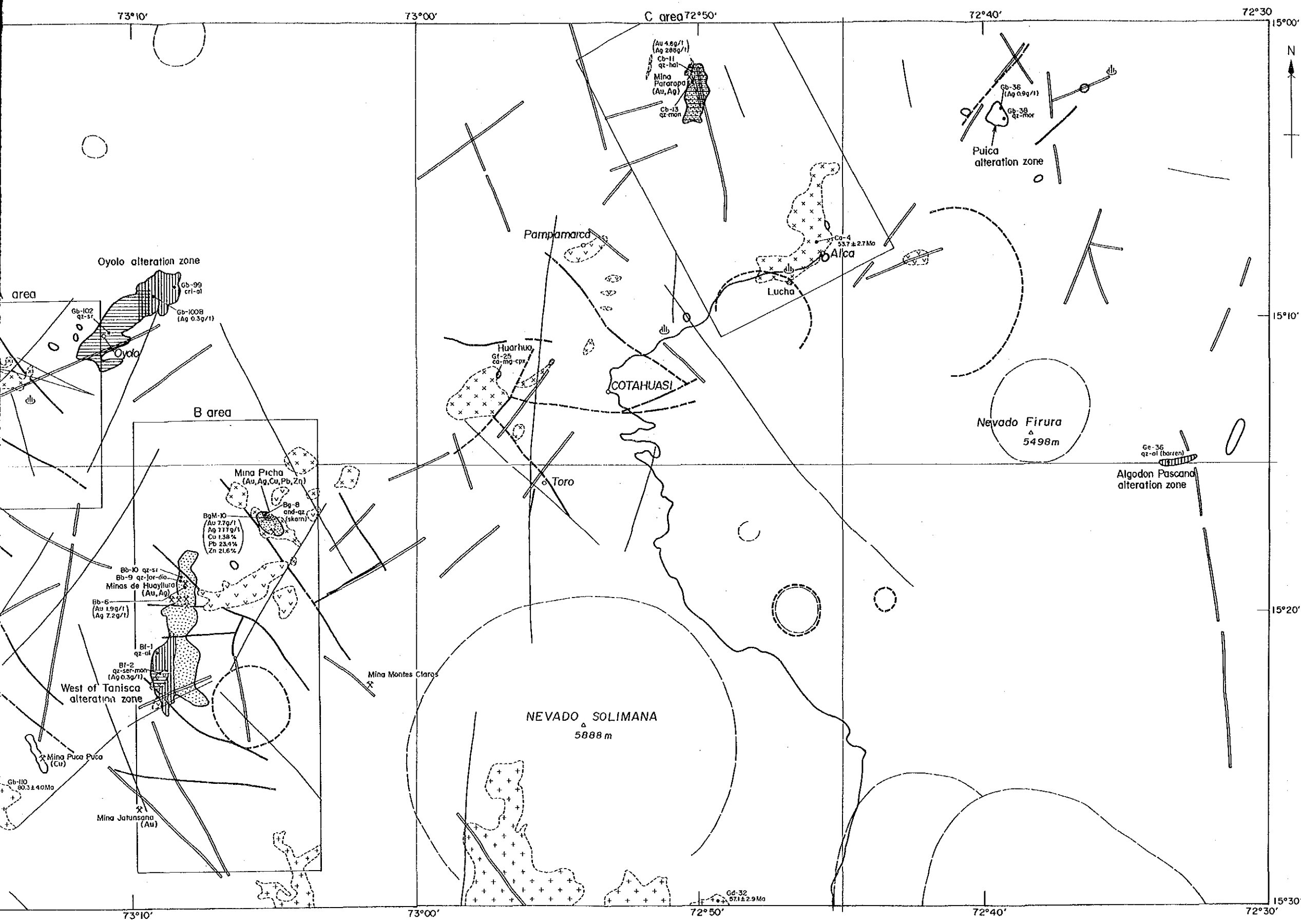
これらの鉱物は，一般に細粒結晶からなり，鉱体中の石英細脈の縞状部及び母岩に鉱染して産出する。石英細脈中には桃色の菱マンガン鉱が含まれ，鉱床探査の目安とされている。

Chotahuasi 地域においては，これと同様の鉱脈型鉱床が確認できなかった。

(5) 調査地以外の鉱化帯

調査地域の南西に隣接する Churuopampa 地域には，Curuz Vuelta 金鉱山，Huayllacha 銀鉱山がある。Curuz Vuelta 鉱床は，変質した閃緑岩中に胚胎する含金石英-粘土脈鉱床で，その規模は脈幅 0.5 m，延長 300 m 以上に及ぶ。この鉱体は平坦地に位置し，鉱化帯が沖積層に被覆されているため，現在も井戸掘り式に小規模な探採掘が行われている。従って，Churuopampa 地域の平坦地には，既知鉱床と同様の鉱化帯が沖積層に覆われて潜在する可能性がある (Apx. 27)。





LEGEND

Alteration zone		minerals	
	mainly silicification (qt ± al ± kn)	qt	: quartz
	silicification + argillization	pl	: plagioclase
	others (iron oxides stained zone)	or	: orthoclase
	skarn	al	: alunite
	samples	kn	: kaolinite
	mineralization zone	hal	: halloysite
	mine	sr	: sericite
	hot spring	mon	: montmorillonite
	Batholith granitic rocks	stmon	: sericite-montmorillonite mixed layer
	Srock dioritic rocks	dia	: diaspore
	Srock and dyke andesitic rocks	mor	: mordenite
	lineament (Landsat)	and	: andradite
	fault	cpx	: clinopyroxene
	lineament (aerial photograph)	ca	: calcite
	Curvicular structure (Landsat)	py	: pyrite
	Curvicular structure (aerial photograph)	mg	: magnetite
		goe	: goethite
		scs	: scorodite
		jar	: jarosite

Fig. 4-6 Location Map of Alteration and Mineralized Zones

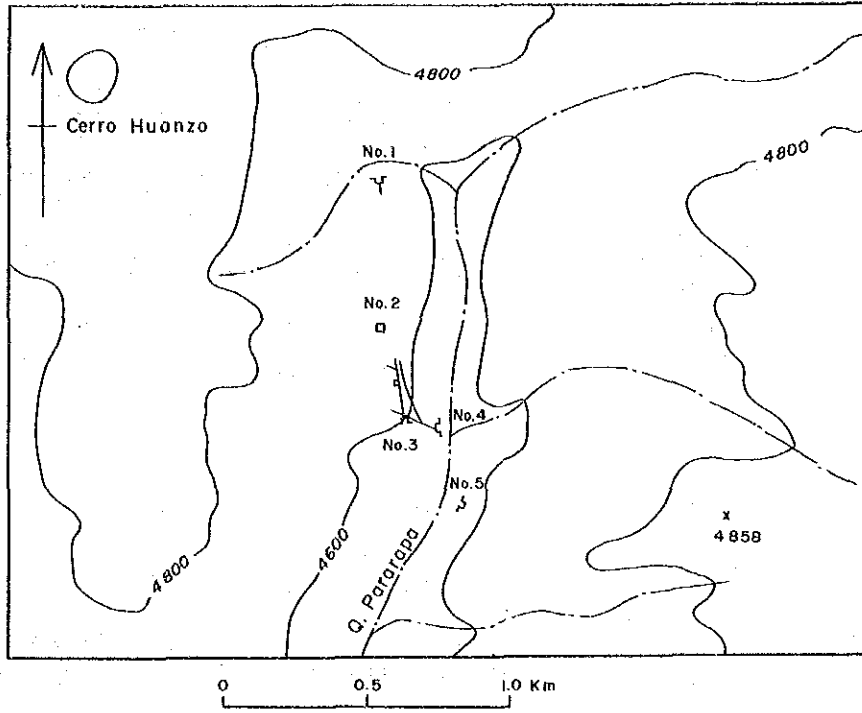


Fig.4-7 Location Map of Adits in the Mina Pararapa.

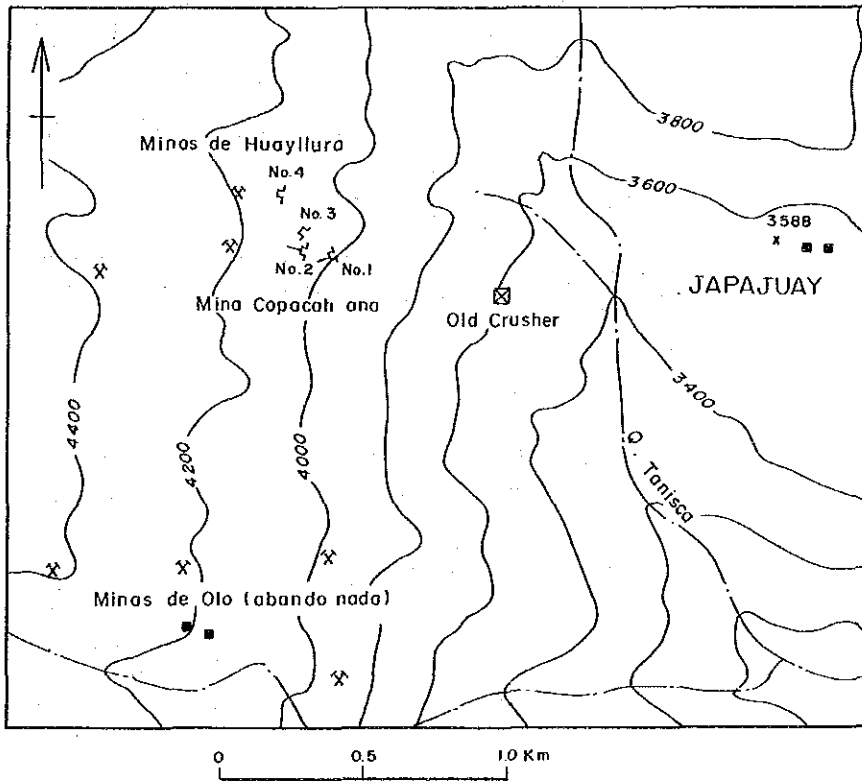


Fig. 4 - 8 Location Map of Adits in the Minas de Huayllura.

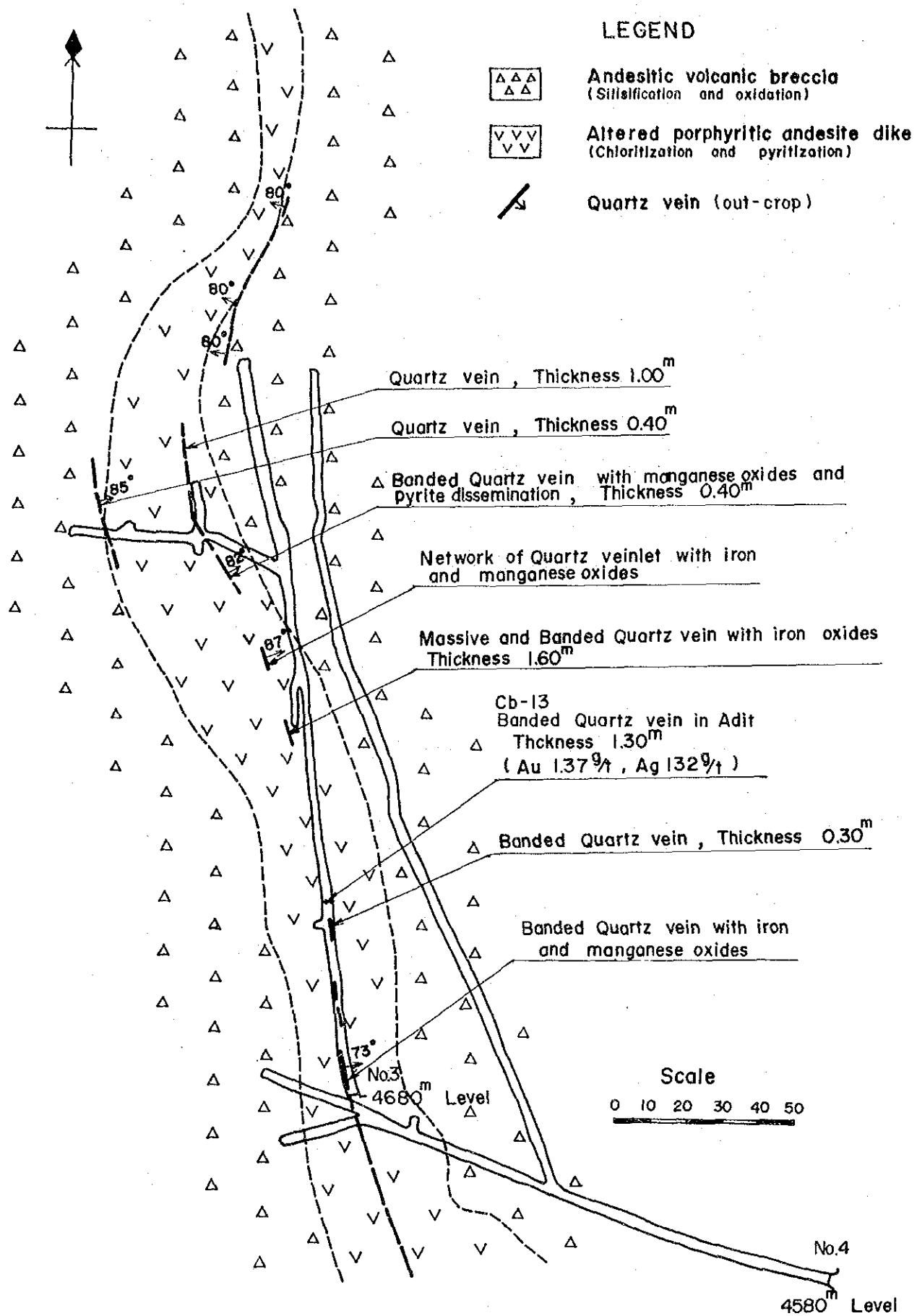


Fig.4-9 Location map of Quartz vein in the Mina Pararapa

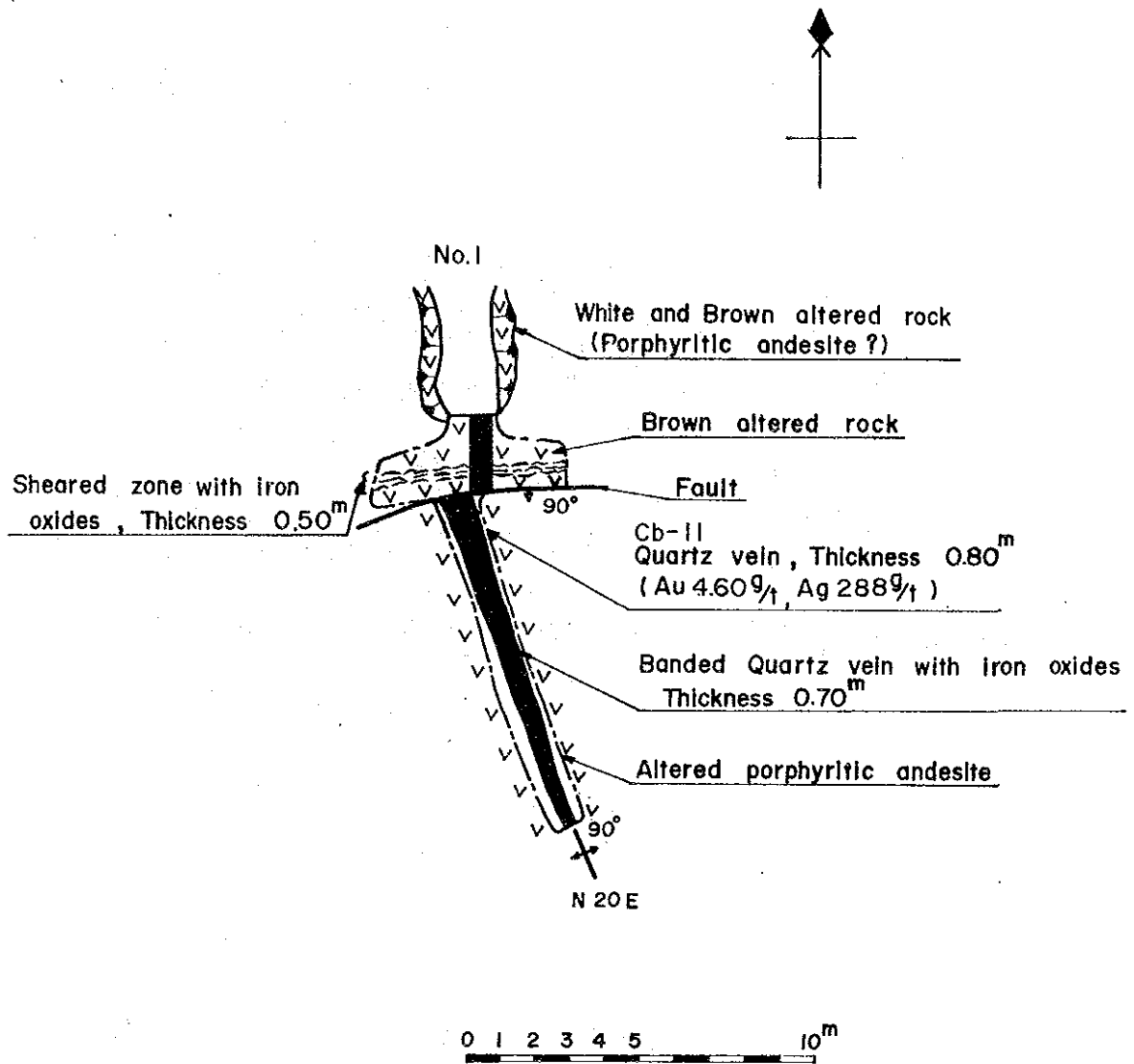


Fig.4-10 Geological Sketch of Adit in the Mina Pararapa

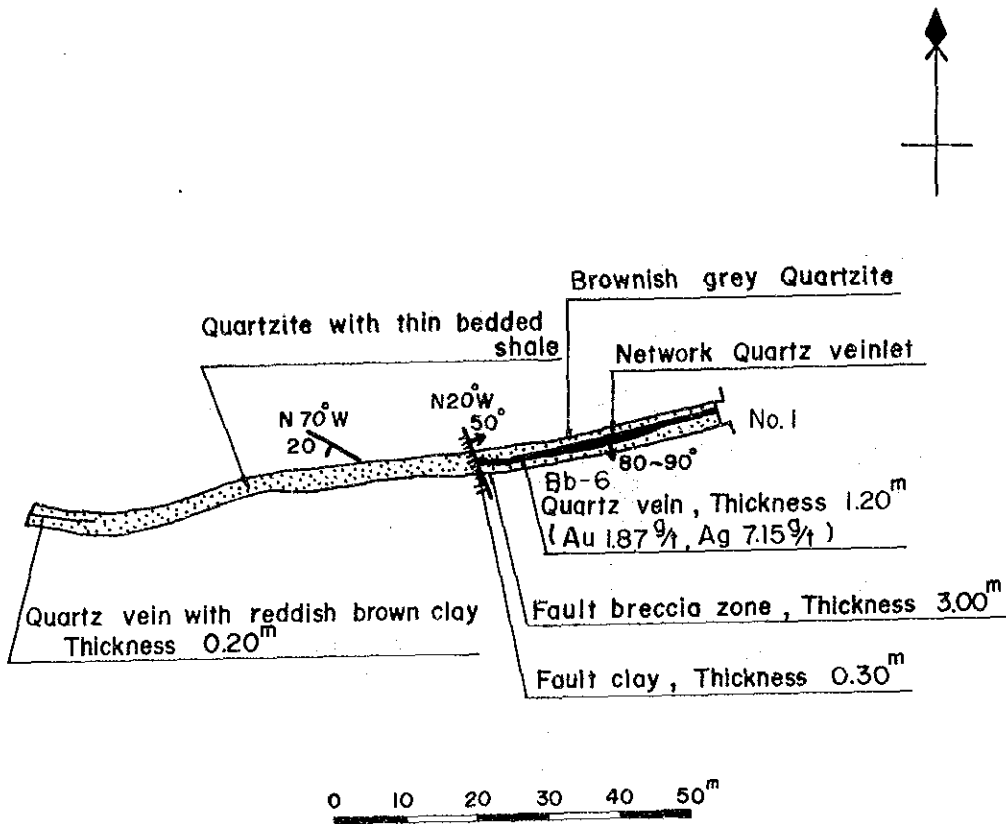


Fig.4-11 Geological Sketch of Adit in the Minas de Huayllura

第5章 地 化 学 探 查

第5章 地化学探査

河床堆積物を対象とし、指示元素を Au, Ag, As, Cu, Pb, Zn, の6成分とする地化学探査を行った。その結果は次の通りである。

5-1 調査方法

5-1-1 試料採取及び採取試料数

調査ルート上の各水系の採取地点において、80メッシュ篩を使用して河床堆積物から80メッシュ以下の沢砂約50gを採取した。採取した試料はベースキャンプにおいて乾燥後、分析用と保存用に2分割した。

総採取試料は2,174個に達した。その内訳は、概査地区の1,309個、精査地区の815個及びオルコバンパ鉾山周辺地区の50個である。したがって、採取密度は概査地区で252個/10km²及び精査地区では1.02個/km²である。

5-1-2 試料調整及び分析方法

(1) 試料調整

乾燥後、分析用に分割された試料は、試料番号と共に分類・整理され、梱包後、CHEMEX LABS LTD に発送され、分析に供された。試料の発送は、調査地からリマ経由でバンクーバーに直接発送した。

(2) 分析方法及び検出限界

CHEMEX LABS LTD において6成分の指示元素の分析を行った。その分析方法の概要は Table 5-1 に示す。

検出限界は、Au:1ppb, Ag:0.1ppm As・Cu・Pb・Zn 各1ppm である。

5-1-3 データ処理

単一変量解析においては、As・Cu・Pb・Zn の4成分それぞれについて、全試料(2,174個)の値を一緒にした統計的母集団を、Au及びAg成分については、概査地区及び精査地区の試料の値を一緒にした母集団とオルコバンパ鉾山周辺地区の試料(50個)の値のみからなる母集団それぞれを対象として行った。主成分分析においては、全試料(2,174個)の値からなる単一母集団を対象として実施した。

単一変量解析

1つの等質な母集団に属する地球化学的データ、とくに微量元素の含有量の分布は、一般に対数正規分布に近似することが経験的に知られている。したがって、地化学探査においては、ある指示元素の大多数の標本(バックグラウンド)が示す対数正規分布からの偏倚(とくに高含有量側の倚)を、その指示元素の地化学異常として扱うのが一般的である。

すなわち、鉍化作用の影響外にある「バックグラウンド母集団」と、それとは異なることが期待される「地化学異常母集団」が複合した標本集団を地化学探査では対象としていることになり、単一変量解析では両集団を分ける値（シキイ値）を求めることによって高含有量側異常値を検出することが主要な目的となる。

このようなシキイ値の設定には、確率紙上で複合母集団の累積頻度分布が示す直線（正規分布）からの偏倚を利用した Lepeltier (1969) や Sinclair (1976) の手法が従来から用いられてきた。これらの手法は、複合母集団を構成する各単元母集団が正規分布又は対数正規分布を示すという仮定に基づいている。

このように、調査地の地形的・水理的・気候などの諸条件が比較的均質な場合には、地化学データは地下の地化学的情報を公平に伝達するものと考えられ、上述の解析手法は有効と考えられる。

しかし、本調査地のように地形的に高低差が大きく、その為に気候条件も異なる。さらに、水理条件も高所と低所では大きく異なっている。このような外的条件が不均質な地域から得られた地化学データは、本来の地下の地化学情報に加えて上述の諸条件が合わさった複雑な値を示すものと考えられるが、このような外的諸条件を考慮した解析は現実には困難である。そこで本調査では、Au・Ag・As・Cu・Pb・Zn の 6 成分について平均値 M 、標準偏差等の標準統計量を計算し、これらの数値に基づいて各指示元素の濃度区分を行い、(PL. 1.2-(1)~(6))、さらに、各指示元素の地化学異常を重ねた単一変量解析地化学異常図を作成した。なお、金および銀の 2 元素については Cotahuasi 地区と Orcopampa 地区それぞれに分けて計算を行なった。

主成分分析

近年の化学分析手法の発達に伴って、より廉価に多数の元素が容易に分析できるようになってきた。このため、地化学探査では、より多くの指示元素を用いて鉍化作用を特徴づけようとする方向に進んでいる。多数の指示元素を用いた地化学探査で単一変量解析を行った場合、扱う変数が多数にのぼり、各指示元素相互の関係を定量的に表現することがかなり難しく、また、鉍化作用に関連する複数の指示元素を数理的に選別することが難しい。このため多変量解析の手法が導入され、コンピューターの普及に伴って広く用いられるようになってきた。今回の地化学探査では、多変量解析法のなかでも基本的な方法の一つである主成分分析を行った。

主成分分析法は、互いに相関のある多変量のデータの持つ特徴を要約し、目的に応じて総合するための手法で、その数理論の概略は次の通りである。

P 個の特性値（この場合ある特定の指示元素） x_1, x_2, \dots, x_p の持つ情報を、次の 2

Table 5-1 Method of chemical Analyses (by CHEMEX LABS LTD.)

GOLD

A 10 gram sample is fused in litharge, carbonate and silicious flux. The resulting lead button containing any gold in the sample is cupelled in a muffle furnace to produce a precious metals bead.

Sample beads, plus standard and blank beads are irradiated in a thermal neutron flux. The gamma emissions of the irradiated beads are counted utilizing a Ge (Li) detector and quantified for gold. The detection limit for a 10 gram sample is 1 ug/kg (ppb).

ARSENIC

A 1.0 gram sample is digested with a mixture of perchloric and nitric acid to strong fumes of perchloric acid. The digested solution is diluted to volume and mixed. An aliquot of the digested is acidified, reduced with KI and mixed. A portion of the reduced solution is converted to arsine with NaBH₄ and the arsenic content determined using flameless atomic absorption. The detection limit is of 1 ppm.

SILVER

A 1.0 gram portion of sample is digested in conc. perchloric-nitric acid (HC104-HN03) for approx. 2 hours. The digested sample is cooled and made up to 25 mls. with distilled water. The solution is mixed and solids are allowed to settle. Silver is determined by atomic absorption technique using background correlation on analysis. The detection limit is of 0.1 ppm.

Copper, Lead, Zinc

A 1.0 gram portion of sample is weighed into a calibrated test chube. The sample is digested using hot 70% perchloric acid and concentrated nitric acid. Digestion time is two hours. Sample solutions are homogenized and allowed to settle before being analyzed by atomic absorption procedures.

Detection limits using Varian atomic absorption unit are as follows :

Copper - 1 ppm
Lead - 1 ppm
Zinc - 1 ppm

つの条件を満足する m 個 ($m < P$) の総合特性値 Z_1, Z_2, \dots, Z_m (これを第1, 第2, \dots , 第 m 主成分と呼ぶ) に, 下記の(1)・(2)式を用いて要約する手法である。

$$Z_1 = l_{11} x_1 + l_{12} x_2 + \dots + l_{1p} x_p$$

$$Z_2 = l_{21} x_1 + l_{22} x_2 + \dots + l_{2p} x_p$$

.....

$$Z_r = l_{r1} x_1 + l_{r2} x_2 + \dots + l_{rp} x_p \quad \dots(1)$$

.....

$$Z_m = l_{m1} x_1 + l_{m2} x_2 + \dots + l_{mp} x_p$$

$$\text{ただし } \sum_{i=1}^p l_{ri}^2 = 1 \quad (r=1, 2, \dots, m) \quad \dots(2)$$

条件 1 $\dots Z_r$ と Z_{r+1} ($r=1, 2, \dots, m$) の相関はすべてゼロである。

条件 2 $\dots Z_1$ の分散は, (x_1, x_2, \dots, x_p) のあらゆる1次式のもつ分散のうち最大である。

Z_2 の分散は, Z_1 と無相関なあらゆる1次式のなかで最大である。以下同様にして Z_m の

分散は, Z_1, Z_2, \dots, Z_{m-1} のすべてと無相関な1次式のなかで最大である。

この計算に用いた数値は, 基準化された各指示元素の分析値 x_i' で, 主成分分析から得られる数値は, 固有値 λ_r (主成分の分散), 寄与率 (全分散に対する Z_r 主成分の分散が占める割合), 固有ベクトル (上記2条件の下で解いた(1), (2)式から得られる l_{ri} の値) 及び因子負荷量 (特性値 x_i と主成分 Z_i との相関) である。

この手法は幾何学的に次のように解釈される。すなわち, p 次元空間に分布する n 個のデータが, その空間内のある平面にほぼのっけていると仮定すると, この平面上にはすべての点が射影して, その上での n 点のバラツキの状態だけに注目しても情報の損失はほとんどないであろう。このような理想的な面がなくとも $m < p$ な m 次元空間にのっけていると仮定して扱う変数を m 次元空間にまで下げ得る。この m 次元空間を求めるには, p 次元空間から m 次元空間におろした垂線の長さの分散を最大になるようにすれば良い。

この主成分分析によって求められる主成分には次のような性質がある。

- ① 主成分 Z_r の分散は, 固有値 λ_r に等しい。
- ② 基準化された特性値 x_i' の分散 $V[x_i']$ は1であるから, $\sum_{i=1}^p [x_i'] = p$ である。したがって寄与率は λ_r/p として表わされ, 累積寄与率は $\sum_{r=1}^m \lambda_r/p$ として計算される。
- ③ 各主成分は互いに無相関である。
- ④ 主成分 Z_r と特性値 x_i との相関 (因子負荷量) $r(Z_r, x_i)$ は $\sqrt{\lambda_r} l_{ri}$ で表わされる。
- ⑤ 因子負荷量の2乗の和は λ_r である。

⑥ m 個の主成分 $\{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$ のもとの変数 x_i に対する寄与率 v_i は次式で与えられる。すなわち $v_i = \sum_{r=1}^m Y^2(Z_r, x_i) = \sum_{r=1}^m \lambda_r l_{ri}^2$ で、もし $m = p$ までとなると $v_i = 1$ となる。

一方、このようにして計算された統計量のうち各サンプルの特性値 x_i と r 主成分の固有ベクトル l_{ri} を用いて各サンプルの r 主成分に対するスコア Z_r を、 $Z_{rj} = \sum_{i=1}^p l_{ri} x_{ij}$ として計算することができる。今回の主成分分析で解析を行ったのは第3主成分迄で、その累積寄与率は77.0%で、損失となった原データからの情報量は23.0%である。

一方、求めた各主成分のスコアを各スコアの統計量に従ってスコア濃度及び異常分布図として P.L. 14(1)~(3)に表わし、このうち特に鉱化作用に関連する第1及び第2主成分異常を重ねて、主成分分析総合図(P.L. 15)を作成した。

5-2 探査結果

5-2-1 単一変量解析

5-2-1-1 標準統計量

データ処理によって得られた標準統計量を、各元素の地殻存在度、USGSの標準試料G-1, W-1の値と共に Table 5-2 に示す。指示元素 Au と Ag については、Orcopampa 地区で Cotahuasi 地区よりかなり高濃度の分布が認められるため、両地区を分けて統計処理を行った。その際、平均値及び標準偏差の計算による Cotahuasi 地区には、一部で異常に高い分析値(Au : 400 ppb 以上, Ag : 11 ppm 以上)を示すものがあり、そのデータは統計量の計算から除外した。

Table 5-2 Statistic Values and Crustal Abundance of Indicator Elements

Element	Number of samples	Maximum value	Minimum value	Mean (M)		Standard deviation		Classification of density			Abundance			
				Logarithmic base	Arithmetic	Logarithmic base	Arithmetic	H+0	H+2σ	H+3σ	G-1 sample	Crust	W-1 sample	
Au	(C)	2,108 (2,124)	376 (4,480)	0 (0)	1.6 (1.6)	6.1 (17.4)	3.00 (3.86)	30.2 (163.8)	4.7	14.1	42.4	2	4	4
	(O)	50	863	0	8.2	64.6	8.65	145.8	70.5	609.3	5269.9			
Ag	(C)	2,122 (2,124)	10.1 (21.0)	0.1 (0.1)	0.11 (0.11)	0.16 (0.17)	1.61 (1.68)	0.44 (0.69)	0.18	0.29	0.47	0.04	0.07	0.05
	(O)	50	33	0.1	0.45	2.56	6.41	5.42	2.98	19.13	122.63			
As	2,174	390	0	5.9	13.2	3.3	26.7	19.6	64.6	213.3	0.8	1.8	2.4	
Cu	2,174	845	3	22.6	29.3	1.89	38.5	42.8	80.9	152.9	13	55	110	
Pb	2,174	610	0	7.1	11.5	2.50	21.2	17.8	44.5	111.4	49	13	8	
Zn	2,174	780	8	66.2	82.2	1.7	66.01	18.2	201.9	344.9	45	70	82	

註) Au は ppb, その他の指示元素は ppm, で表示されている。

対数ベースの平均値及び標準偏差は対数値を真数に換算した値である。

指示元素 Au 及び Ag の(C)と(O)はそれぞれ Cotahuasi, Orcopampa を示し、カッコ内の数値は高濃度データを含めて得た値を示す。

G-1, 地殻存在後, W-1 のデータは岩波講座地球科学4の巻末付表による。

Table 5-2から, Orcopampa 地区の Au 及び Ag の算術平均値は, 地殻存在度の 16.2~36.5 倍と極めて高い値を示すが, Cotahuasi 地区では 1.6~2.29 倍であり, Orcopampa 地区ほどの Au と Ag の濃集はみられない。As の算術平均値は Cotahuasi, Orcopampa 両地区を合わせたものであるが, 7.33 倍であり, 調査地区では As が高く濃集されていることが判る。一方, Cu, Pb, Zn の 3 指示元素については, その算術平均値は地殻存在度に近く, ほとんど濃集は認められない。

5-2-1-(2) 指示元素間の相関

Cotahuasi, Orcopampa 両地区の 2,174 試料について, 各指示元素の含有量が互にどのような関係にあるかを対数ベースで, 相関係数表及相関図として表わし, それぞれ Table 5-3 及び Fig. 5-1 (1)~(4) に示す。これらの図表に示されるように, 各指示元素間の相関係数から, Au-Cu の組合せを除く他のすべての組合せは正の相関を示し, かつ 5% 有意水準に達していることが判る。特に Pb-As それに Au-Ag は極めて高い相関を示す。その他の組合せでは, 相関係数

Table 5-3 Correlation Coefficients in Logarithm

Element	Au	Ag	As	Cu	Pb	Zn
Au	1.00000					
Ag	0.51394	1.00000				
As	0.16477	0.26875	1.00000			
Cu	-0.02695	0.13564	0.40699	1.00000		
Pb	0.27839	0.33372	0.59914	0.31163	1.00000	
Zn	0.25816	0.22395	0.16374	0.35917	0.22326	1.00000

の高いものから順に, Cu-As, Cu-Zn, Pb-Ag, Pb-Cu, Pb-Au, Ag-As, Au-Zn, Ag-Zn, Pb-Zn, の組合せ順になる。Au-As, Zn-As それに Cu-Ag は 5% 有意水準に達してはいるが, 他の組合せと比べ相関は低い。

この相関傾向から, ① Au-Ag は密接に関連し, 同じく密接に関連する Pb-As や Cu-As とは別のグループに属すること, ② Zn は Cu とは相関するが他の元素とは離れていること, Cu, Pb, Zn, Au, Ag の間では Cu の Ag の相関の低さを除き互に同程度の相関を示し, ①とは別のつながりが認められ, 地域により互いの相関の高低を暗示させる。

5-2-1-(3) 累積頻度分布図

指示元素 Au・Ag・As・Cu・Pb・Zn について対数確率紙上に累積頻度分布図及び頻度分布図を作成し Fig. 5-2 (1)~(6) 及び Apx. 12, 13 に示す。これらの図に示された各元素集団の分布には, 後述するような特徴がみられる。これらの分布状況は以下のとおりである。

Au: Cotahuasi 地区では 1 ppb 以下の分析値の試料が 1,651 個もあり, さらに標準偏差 (3.0) が平均値 (1.57) の 2 倍近い値を示すのは, 平均値以上の値が大きくバラついていることを示す。累積頻度分布曲線では 6 ppb 付近に折れ曲がりが見られ, 高い値での直線性が良い。シキイ値 ($M+2\sigma$) 14.1 ppb 及びそれ以上の試料は 159 個であり, 総試料の 7.5% に相当する。

Fig. 5-1 (1) Correlation of Au-Ag

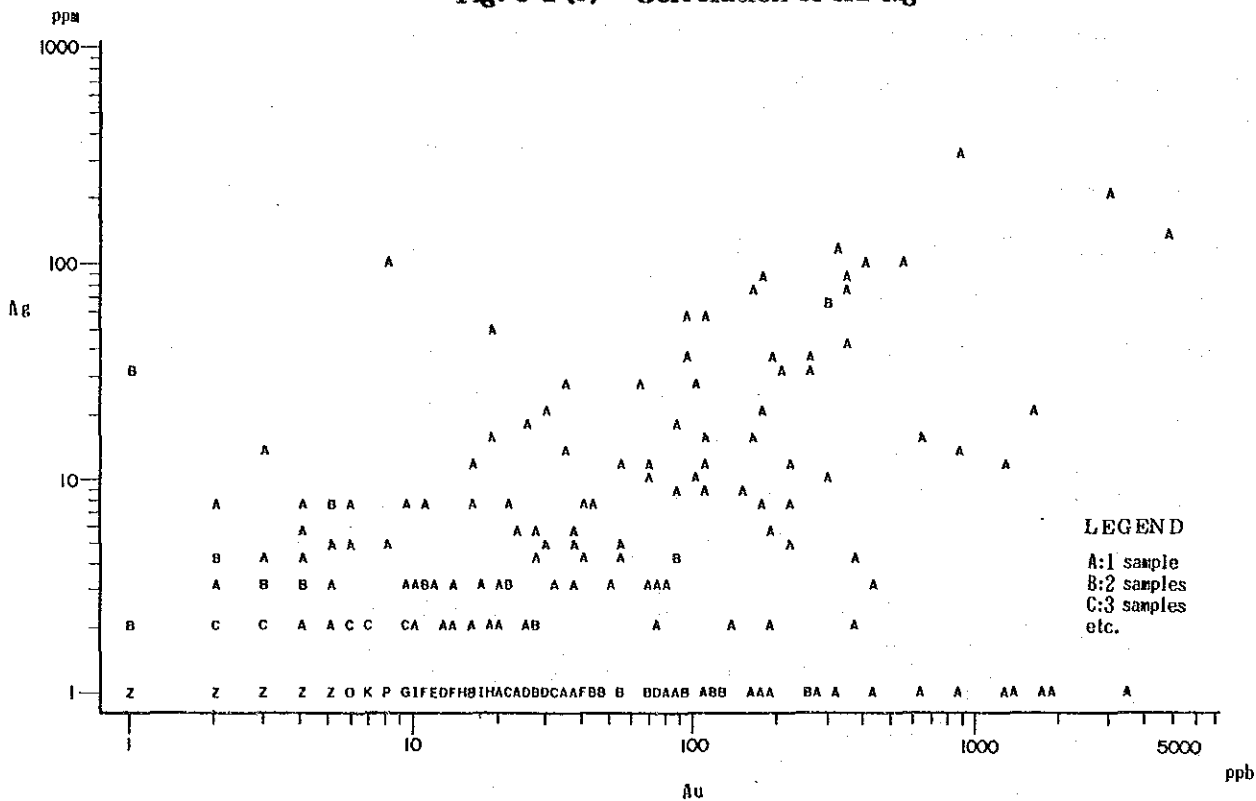


Fig. 5-1 (2) Correlation of Au-As

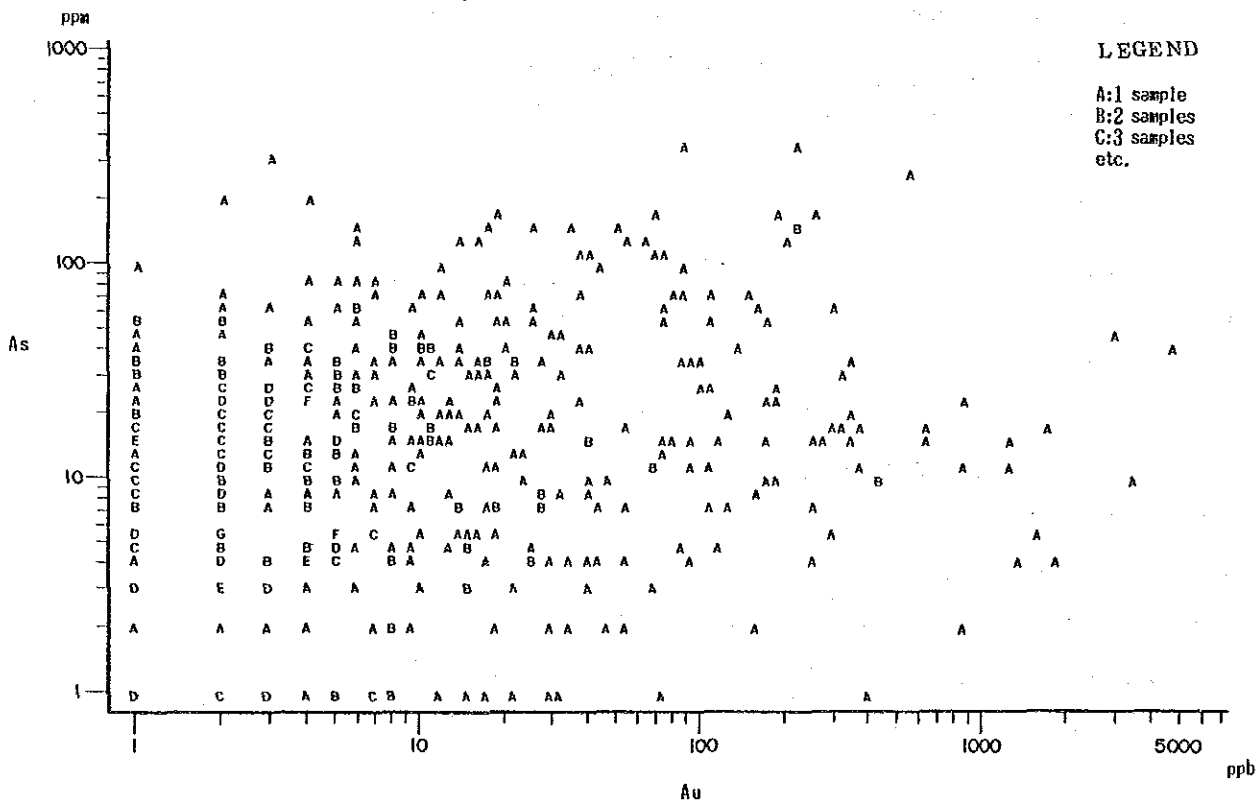


Fig. 5-1 (3) Correlation of Au-Cu

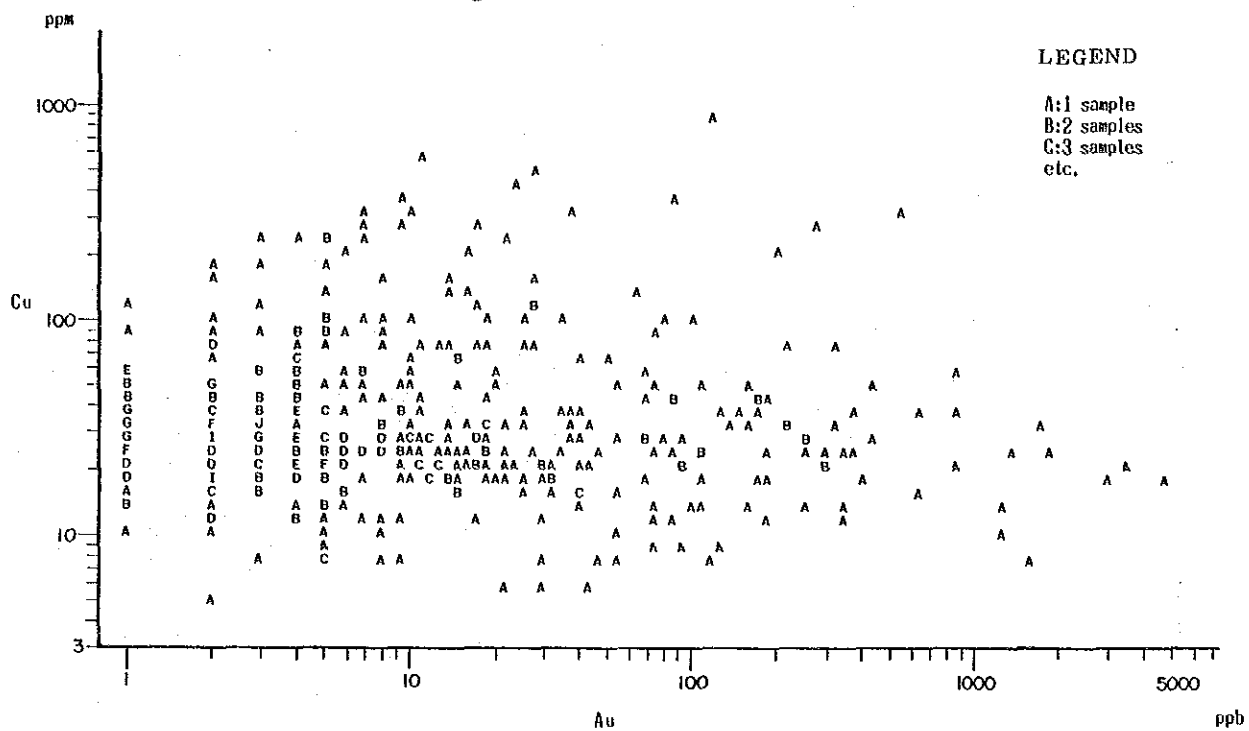


Fig. 5-1 (4) Correlation of Au-Pb

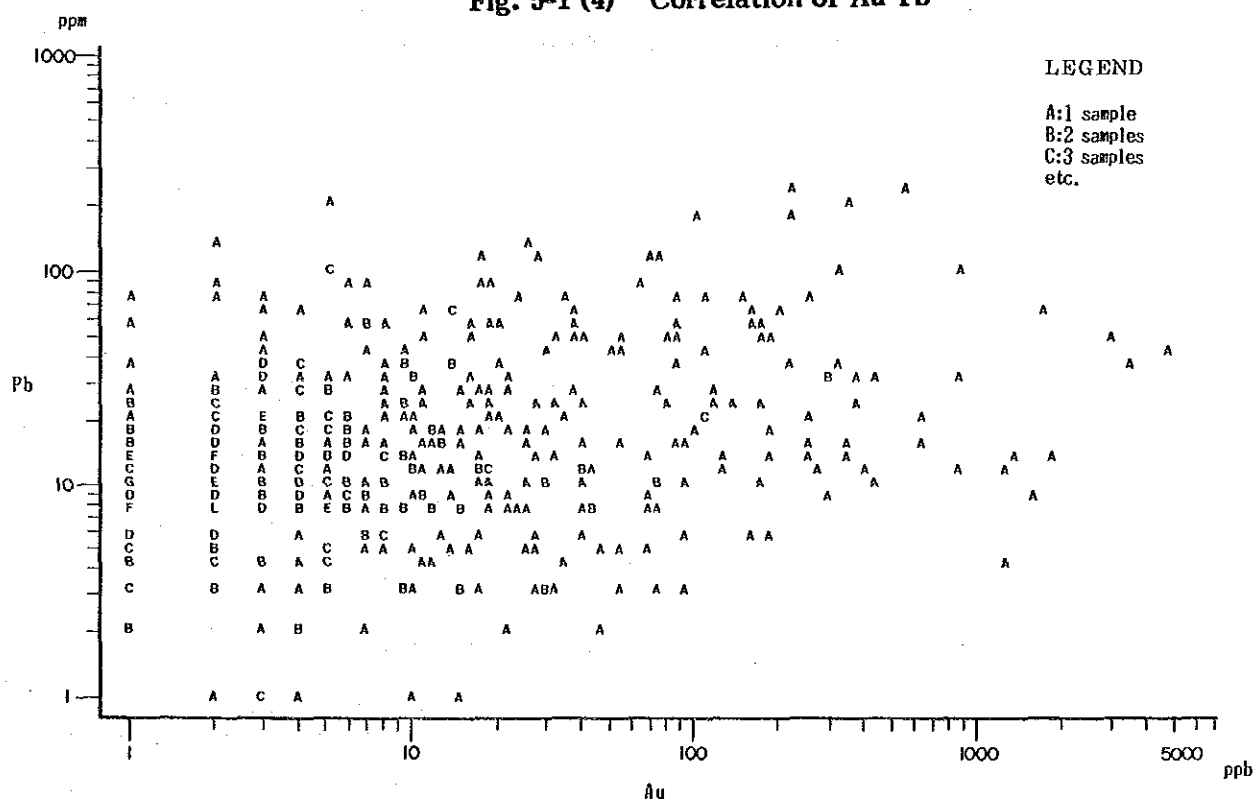


Fig. 5-1 (5) Correlation of Au-Zn

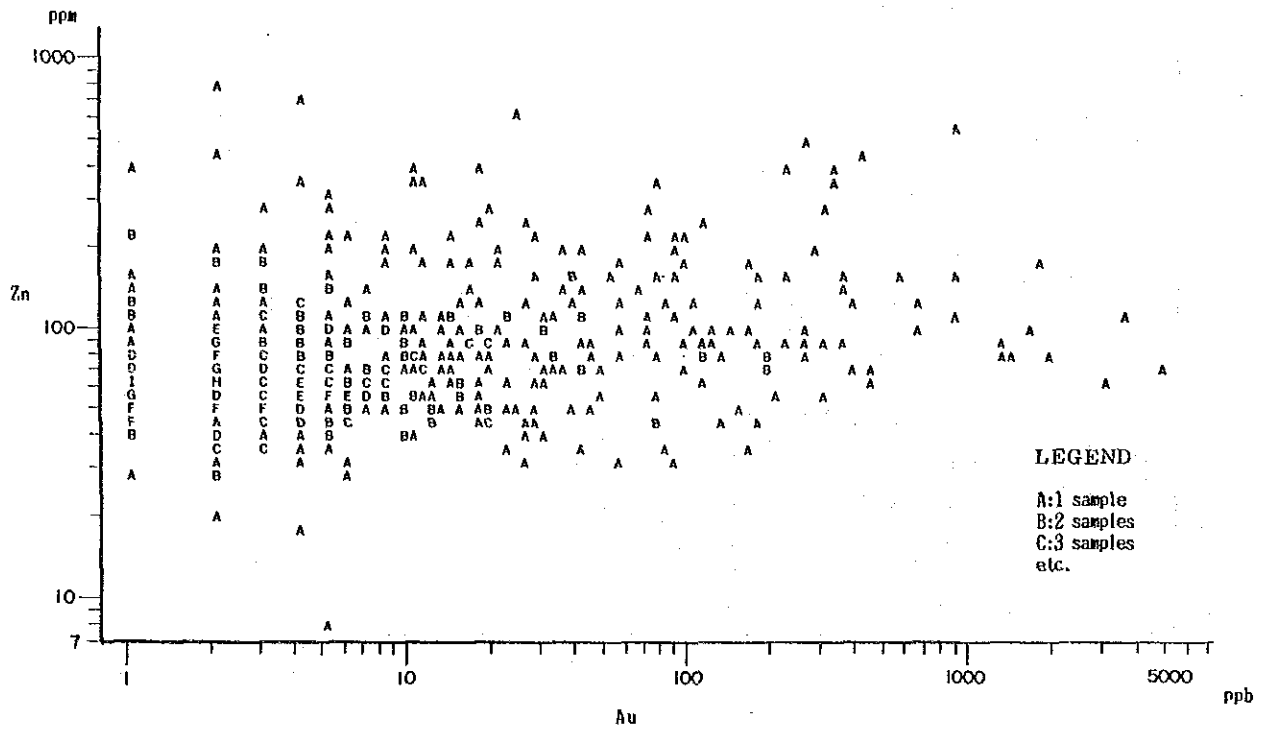


Fig. 5-1 (6) Correlation of Ag-As

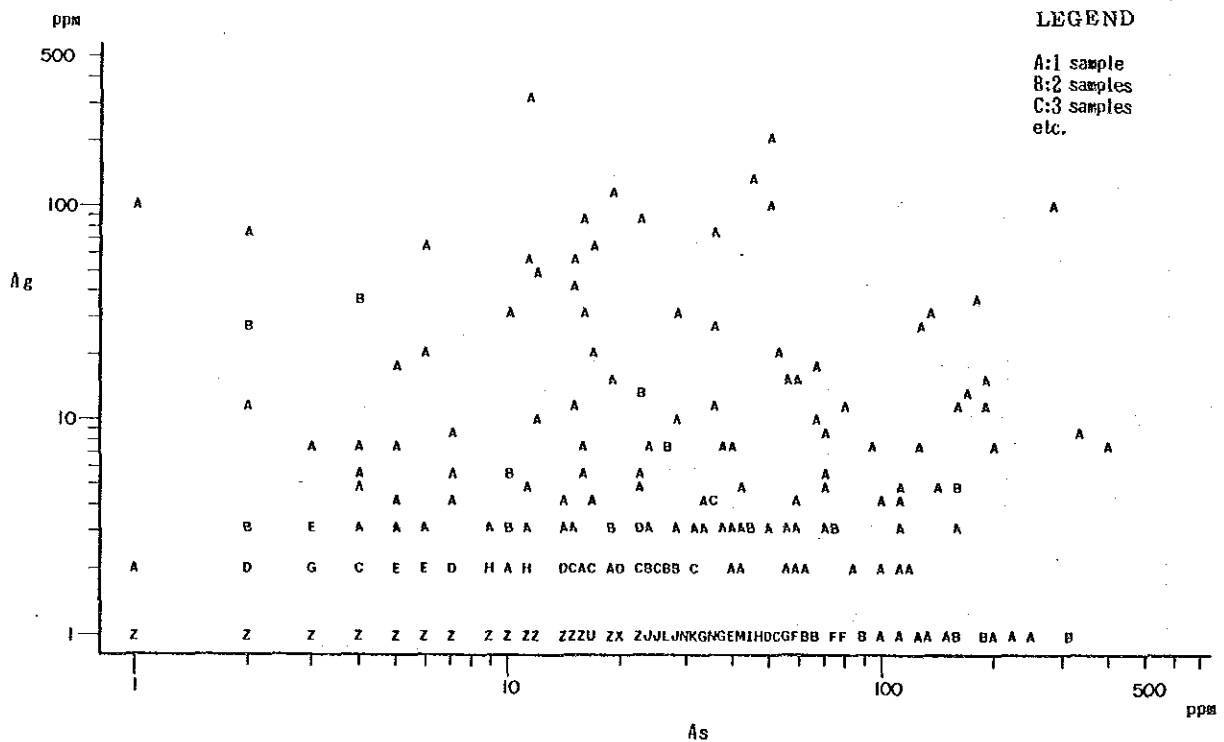


Fig. 5-1 (7) Correlation of Ag-Cu

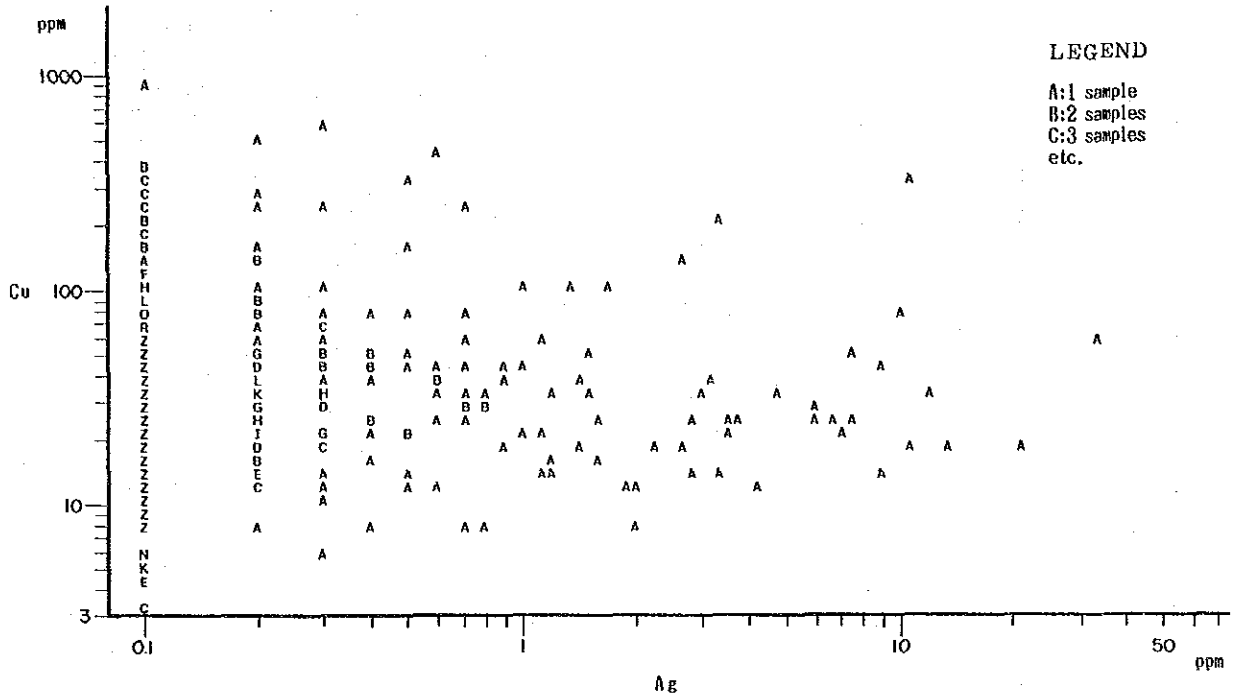


Fig. 5-1 (8) Correlation of Ag-Pb

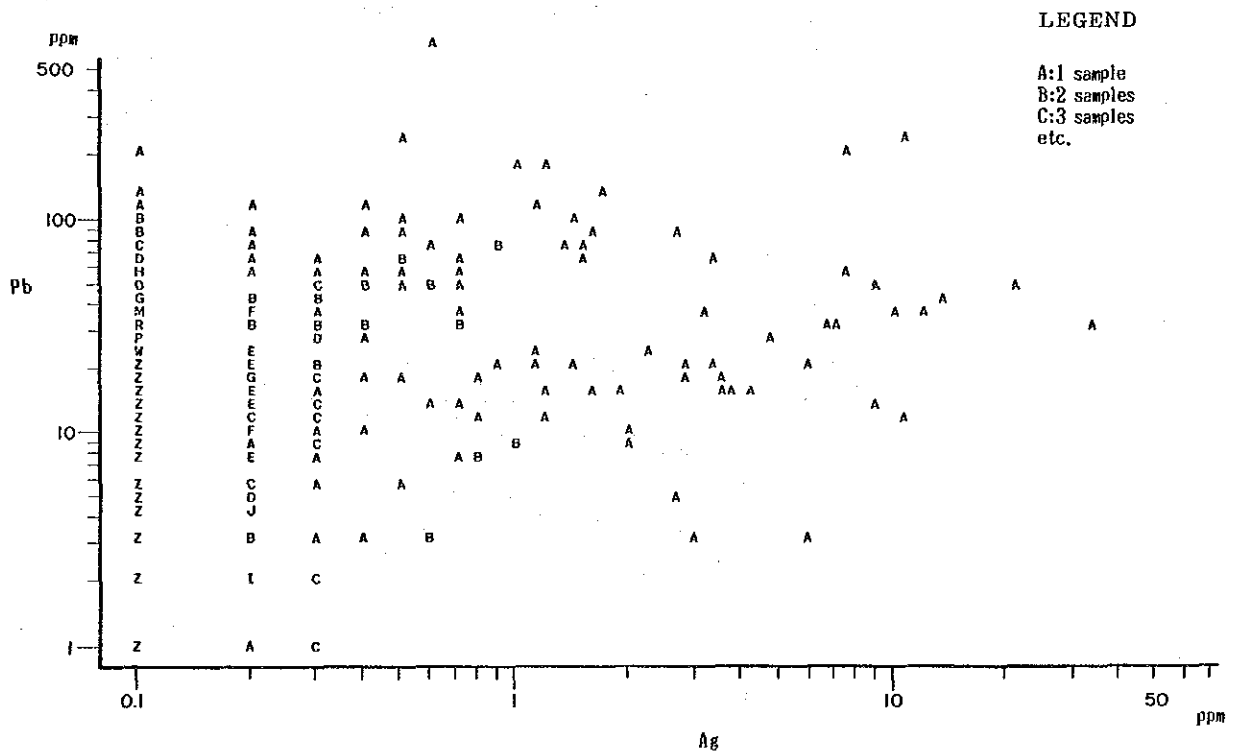


Fig. 5-1 (9) Correlation of Ag-Zn

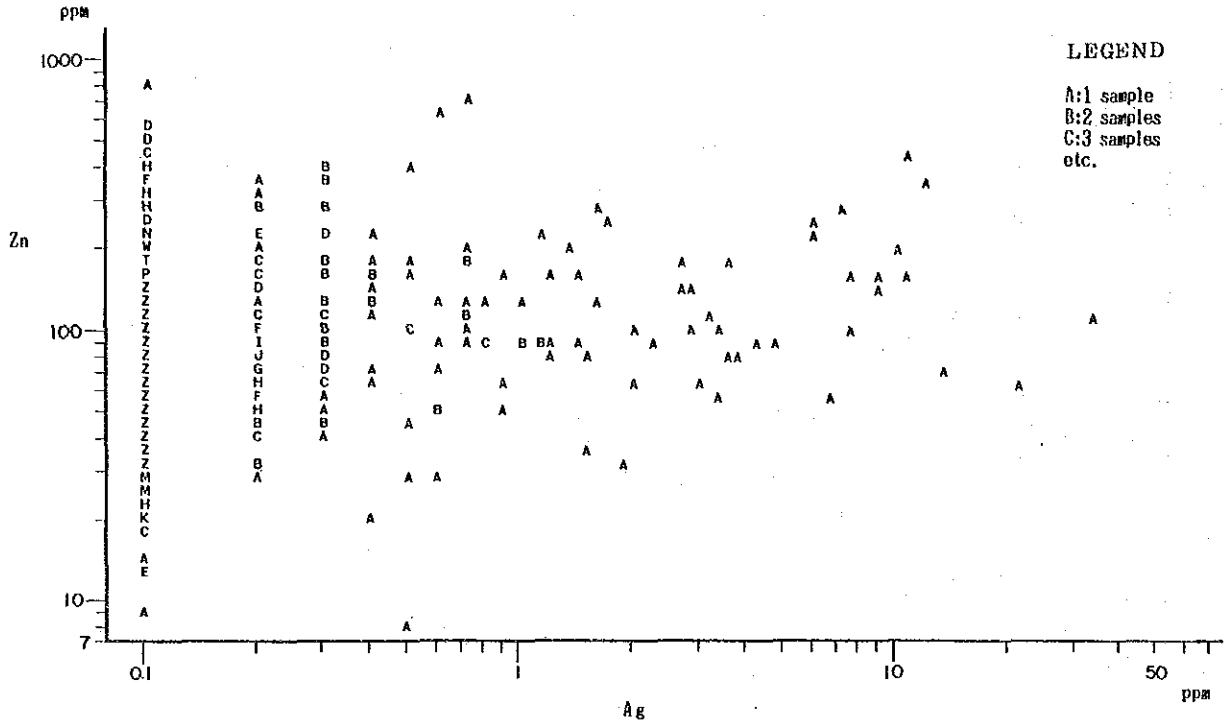


Fig. 5-1 (10) Correlation of As-Cu

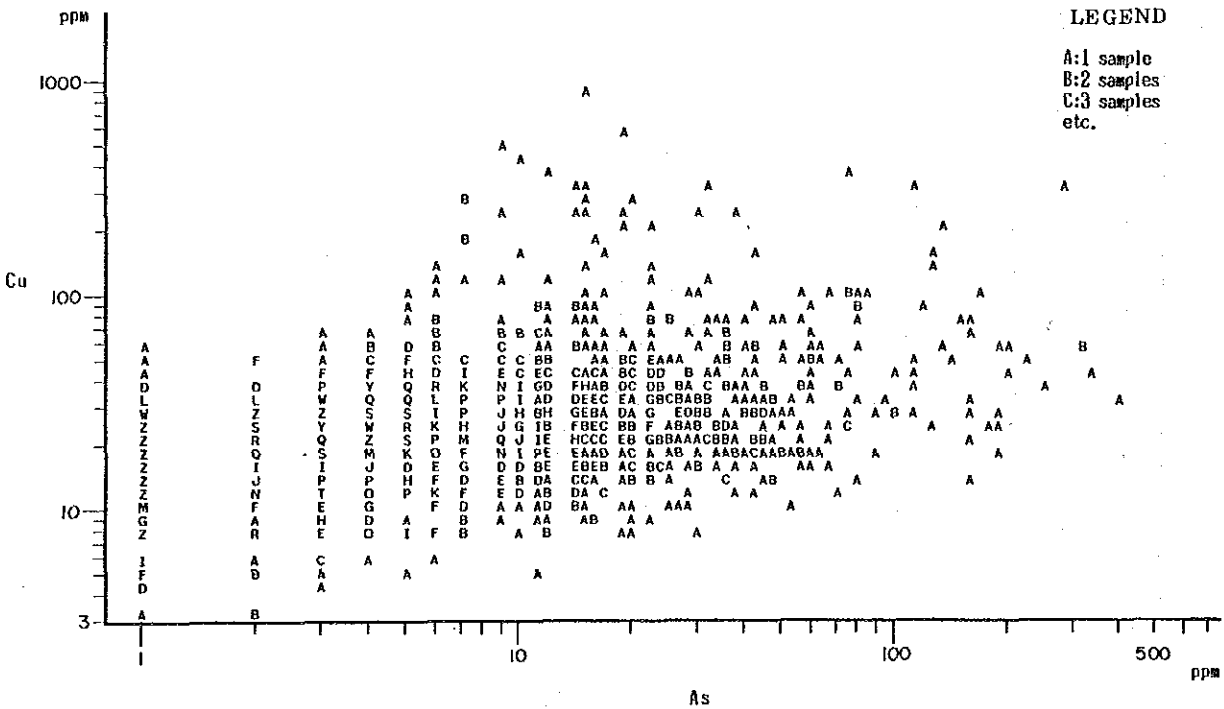


Fig. 5-1 (11) Correlation of As-Pb

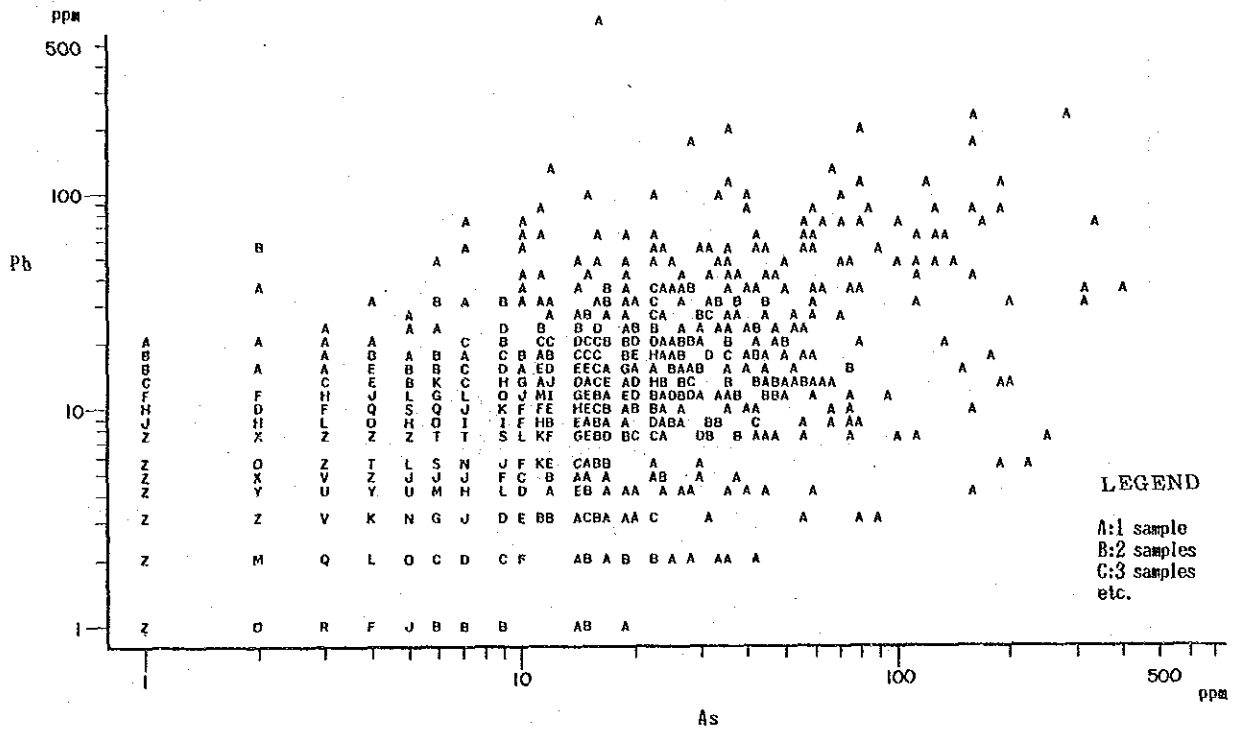


Fig. 5-1 (12) Correlation of As-Zn

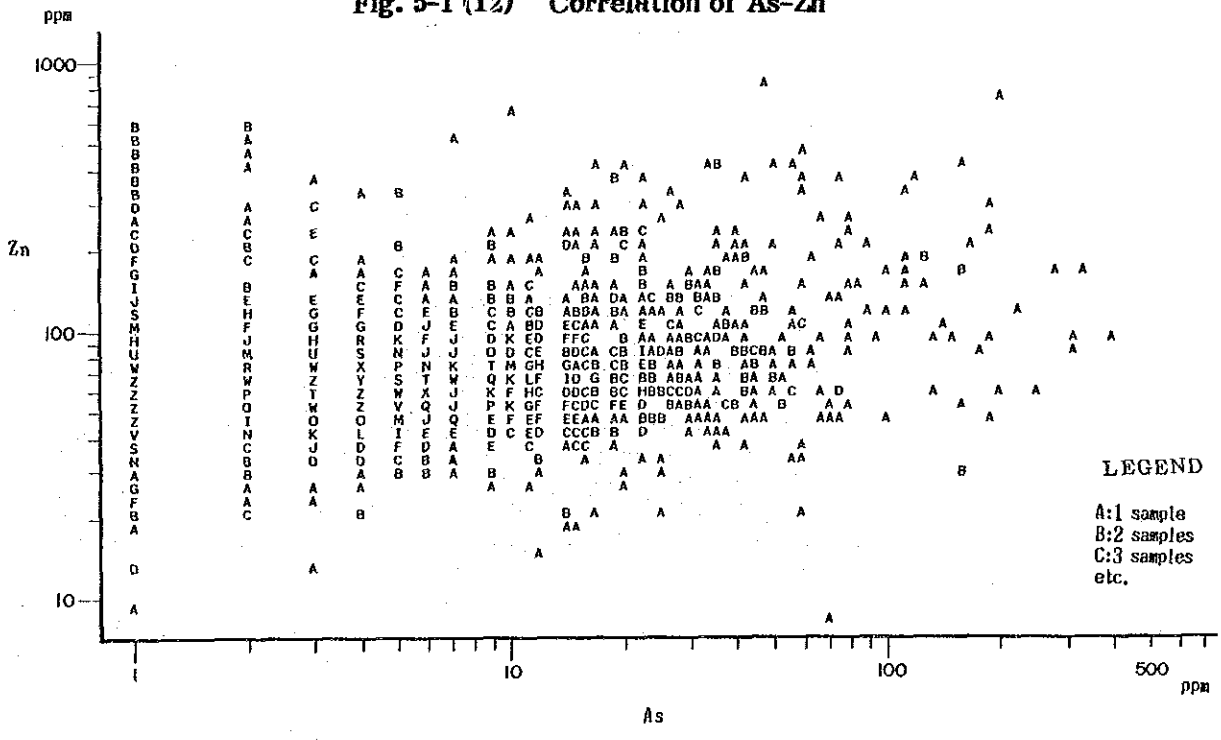


Fig. 5-1 (13) Correlation of Cu-Pb

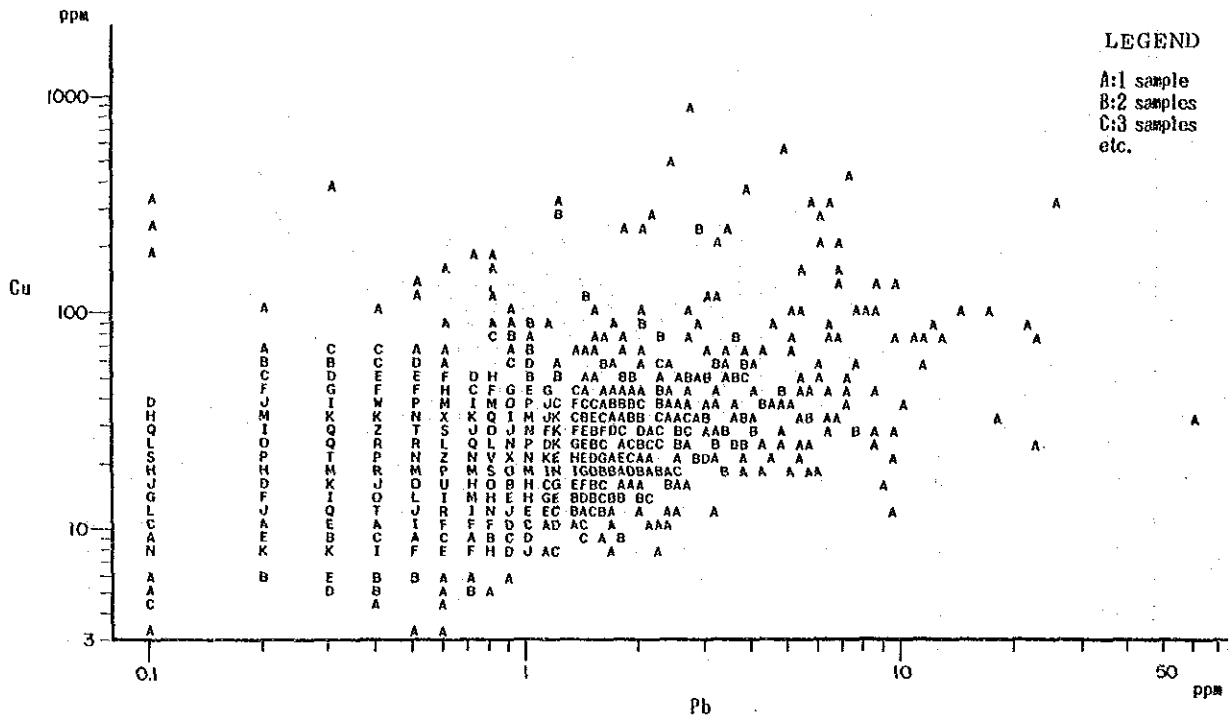


Fig. 5-1 (14) Correlation of Cu-Zn

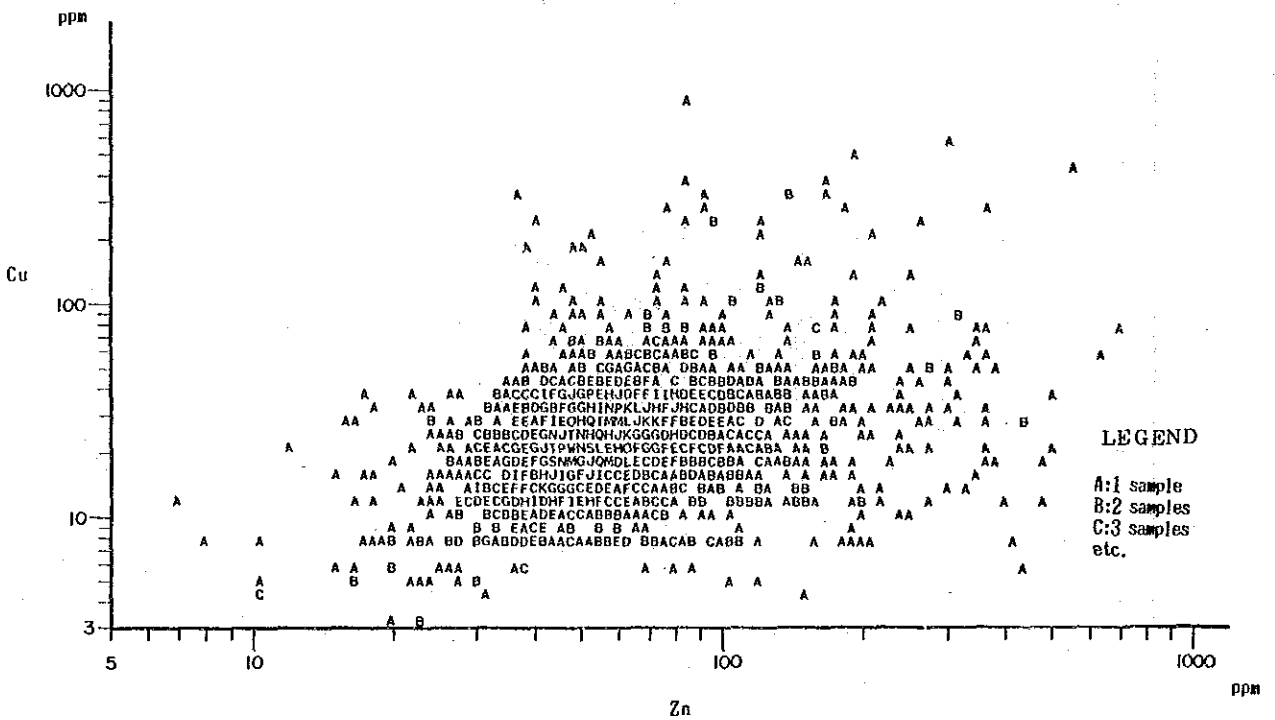
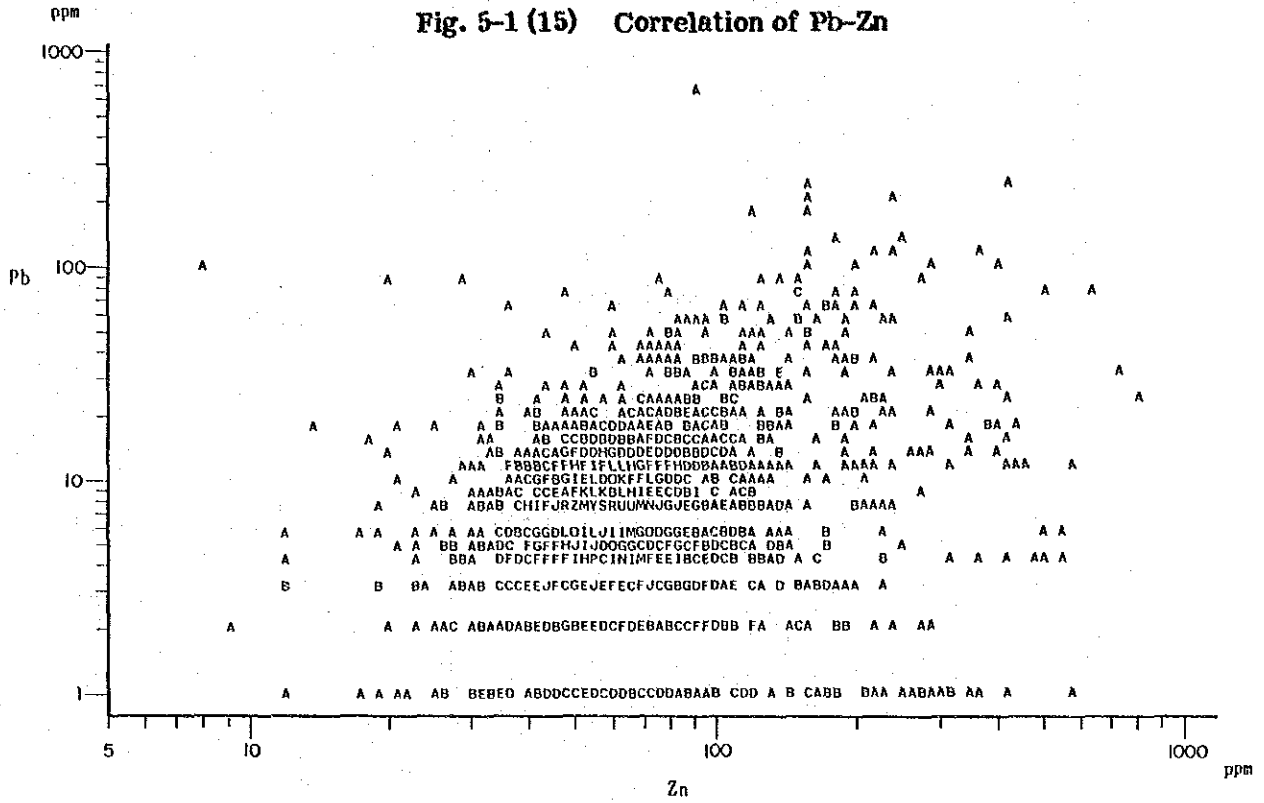
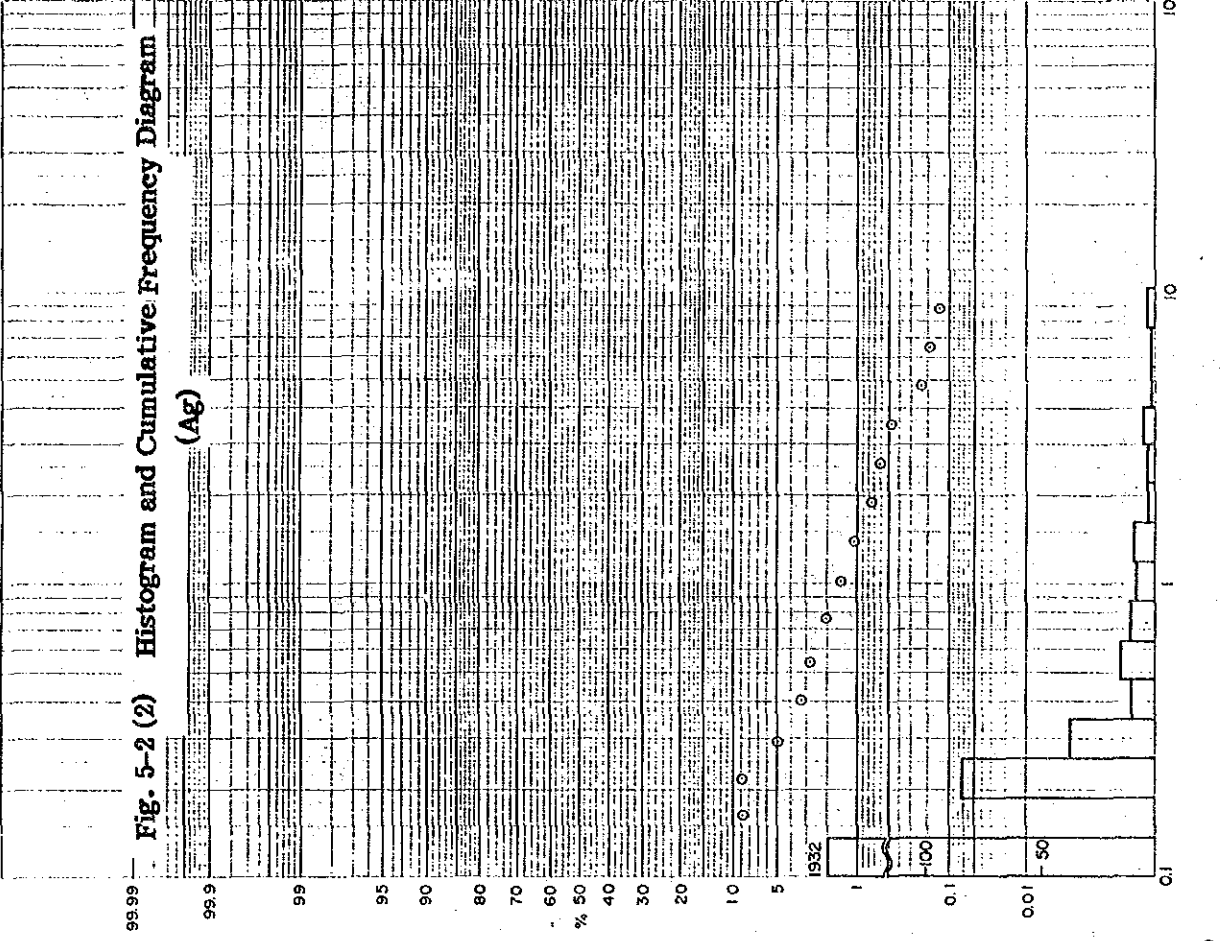
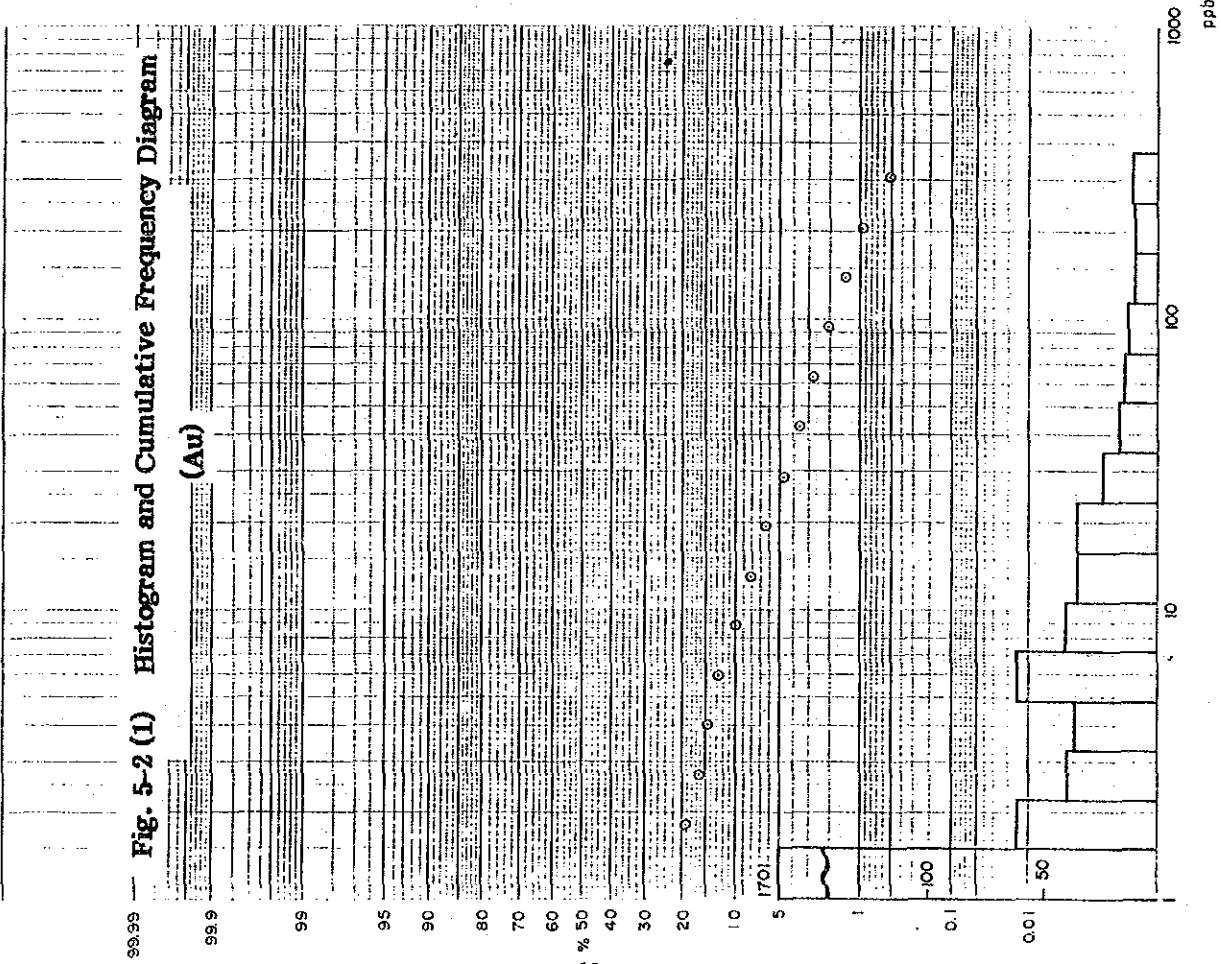
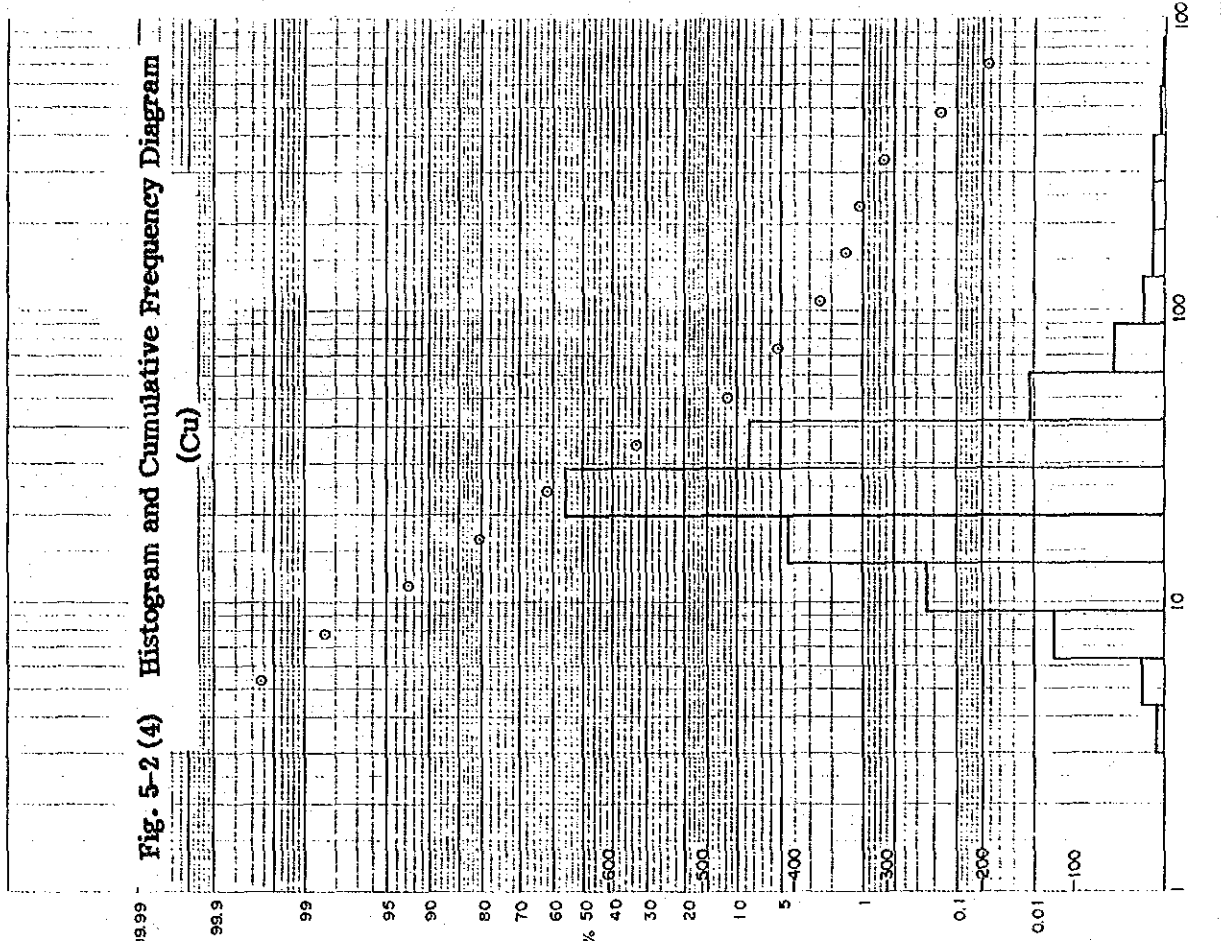
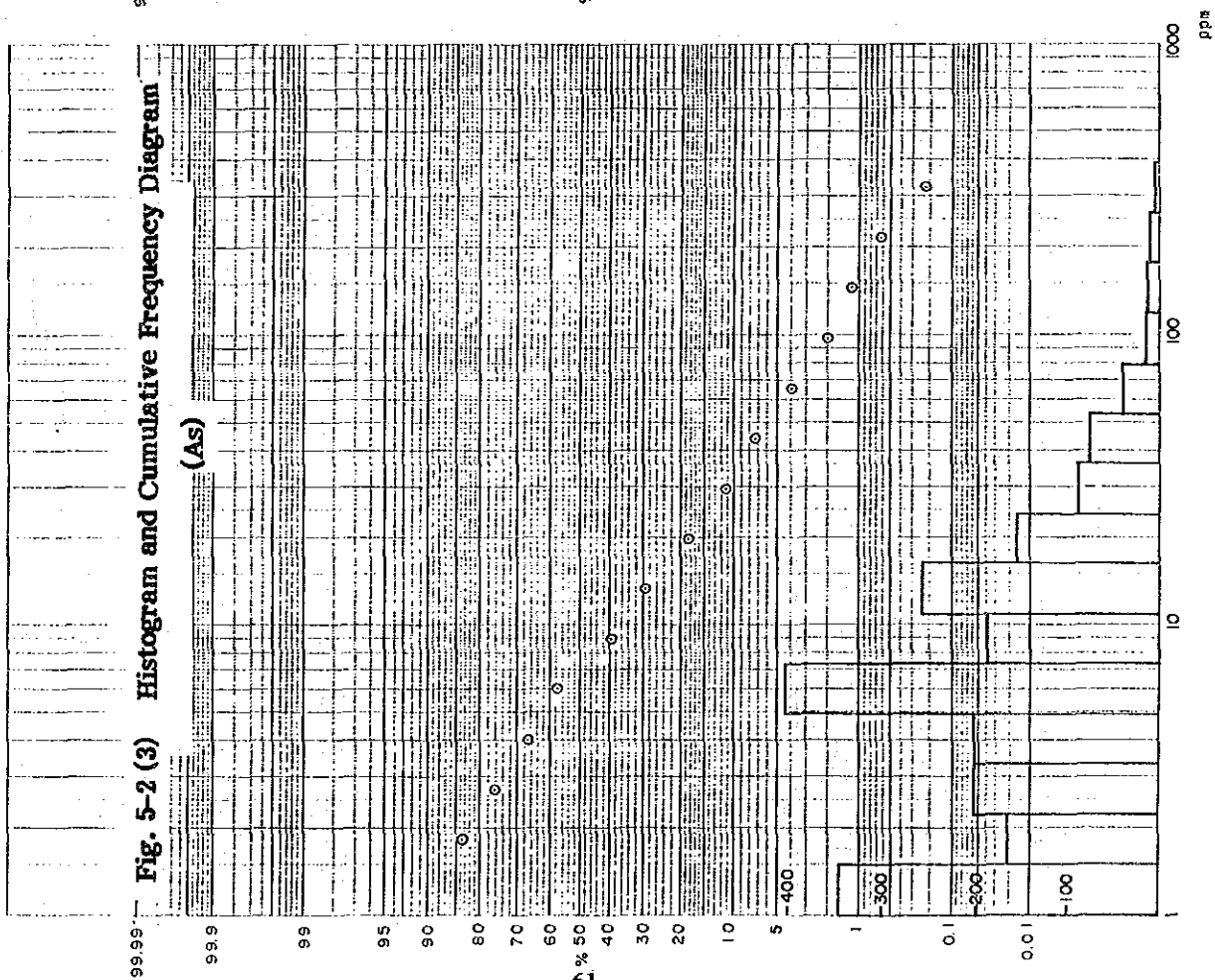
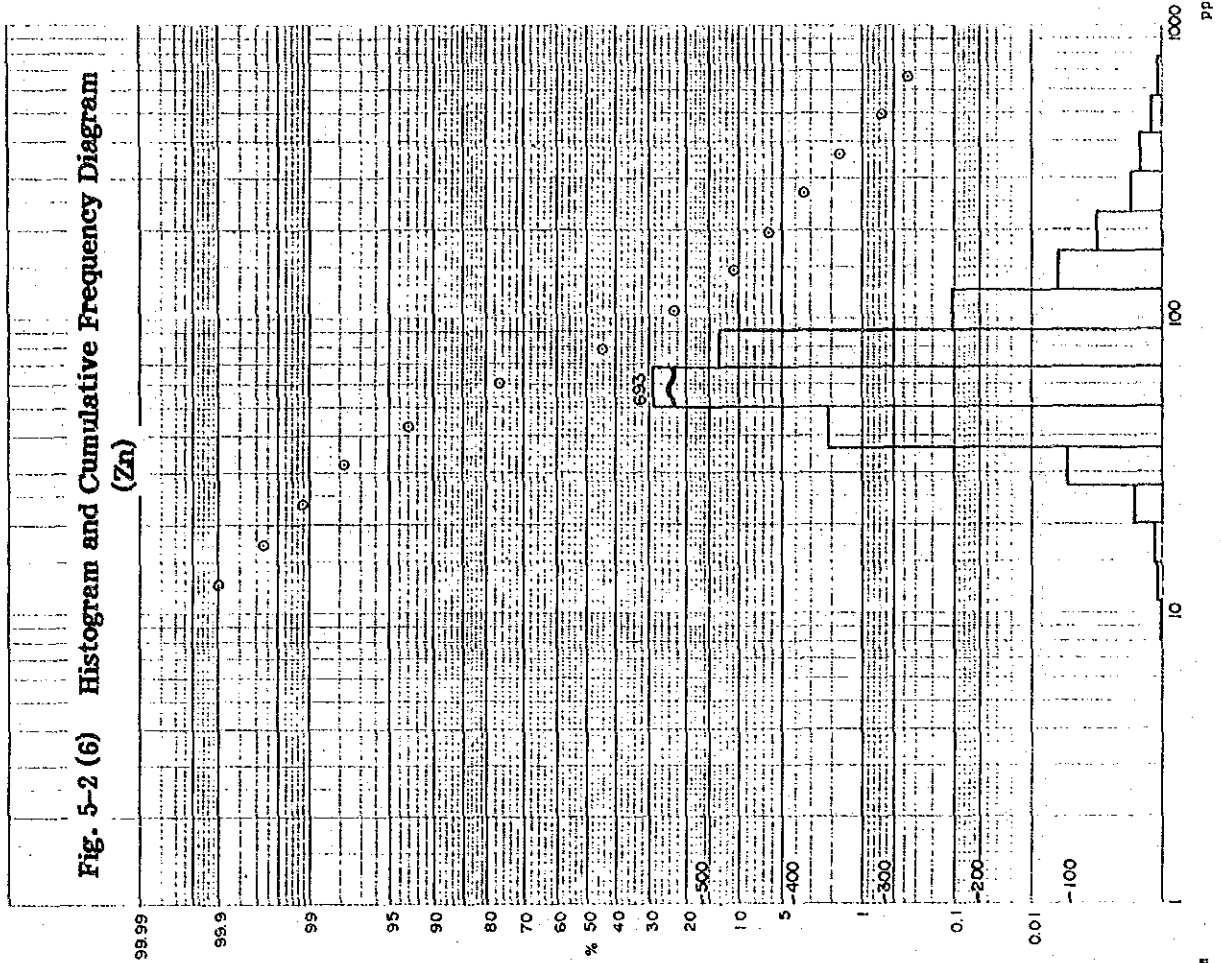
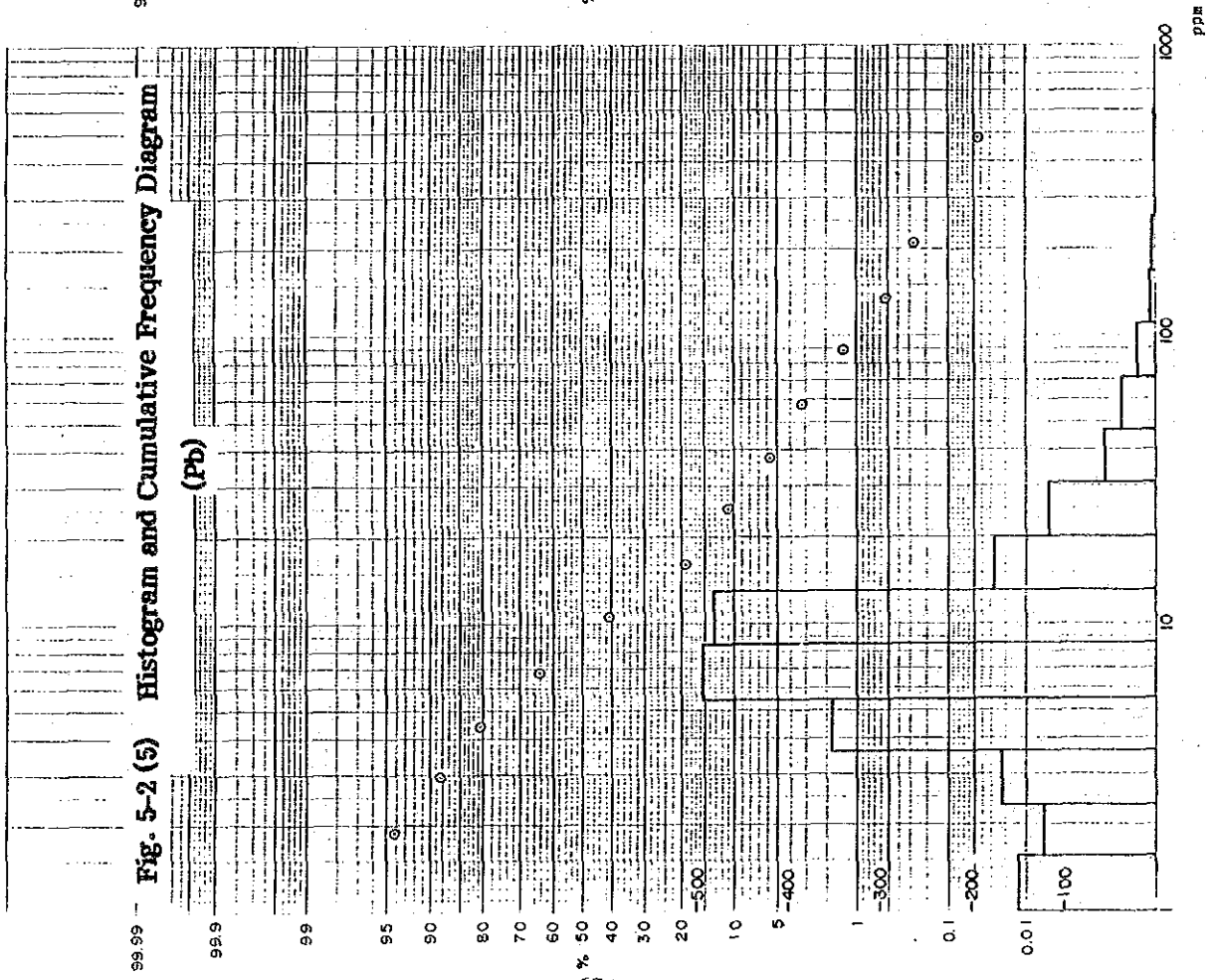


Fig. 5-1 (15) Correlation of Pb-Zn









Orcopampa 地区では、試料数 50 個ながらその値は Au < 1 ppb から 863 ppb と広範囲にわたっている。これらの内、Cotahuasi 地区の平均値 (1.6 ppb) より低い値を示す試料数は 19 個で全体の 38% に過ぎない。累積頻度曲線では 10 ppb 付近で高含有量側に折れ曲りがみられ異常集団を含むことが推定される。当地区で採用したシキイ値は $M+2\sigma = 609$ ppb と極めて高く、平均値も 8.1 ppb を示し、Cotahuasi とくらべ、バックグラウンドが高いことが特徴である。

Ag : Cotahuasi 地区では 0.1 ppm から 21 ppm の範囲を示す。11 ppm 以上の高い値の 2 試料を除いた当地区の平均値は 0.11 ppm であるが、標準偏差が 1.61 と大きいのは、高含有量側でバラツキが認められることに起因する。累積頻度分布曲線では 0.4 ppm 付近で高含有量側に折れ曲りがみられ、異常母集団が推定される。採用したシキイ値は 0.29 ppm で、それ以上の値を示す試料は 108 個あり、全体の 5.1% に相当する。

Orcopampa 地区では、全試料数が 50 個であるが 0.1 ppm から 33.0 ppm と含有量範囲が広く、その平均値は 0.47 ppm で Cotahuasi 地区より高く、また標準偏差も 6.41 である。最小値 0.1 ppm を示す 25 試料と比較して、1.0 ppm 以上の高含有量試料が 16 個あることは相対的に高含有量の試料数の比率が非常に高いことを示している。累積頻度分布曲線では 14 ppm 付近で折れ曲りがみられる。採用したシキイ値は 19.0 ppm で、シキイ値より高い値の試料はわずか 1 個であり、当地区は Cotahuasi とくらべ、バックグラウンドが高い。Cotahuasi 地区のシキイ値を用いると 46% の試料が異常値をもつことになる。

As : 含有量範囲は 1 ppm から 390 ppm にあり、平均値は 5.9 ppm 標準偏差は 3.3 である。累積頻度分布曲線では 9 ppm 付近で折れ曲りがみられ、さらに、100 ppm 付近で高含有量側に流れた分布を示し、高含有量側での異常分布を示す。シキイ値は 65 ppm であり、この値及びこれ以上の値の試料数は 64 個 (内 Orcopampa 1 試料) で全試料の 2.9% に相当する。

Cu : 含有量範囲は 3 ppm から 845 ppm にあり、平均値は 22.6 ppm、標準偏差は 1.9 である。累積頻度分布曲線上では 50 ppm 付近で折れ曲りがみられ、150 ppm 付近で高含有量側に流れた分布を示し、高含有量側での異常が認められる。シキイ値は 81 ppm であり、この値以上の異常値の試料数は 68 個で、すべて Cotahuasi 地区の試料であり、全体の 3.1% を占める。

Pb : 含有量は 1 ppm から 610 ppm の範囲を示し、平均値は 7.1 ppm、標準偏差は 2.5 である。平均値に比べ標準偏差が小さいのは値のバラツキが少いことを示している。累積頻度分布曲線上では 16 ppm 付近で折れ曲りがみられ、150 ppm 付近でわずかながら高含有量側へ流れる分布を示し、高含有量側での異常を示す。シキイ値は 45 ppm である。シキイ値及びそれ以上の高い値の試料数は 85 個 (Cotahuasi 地区 83 個、Orcopampa 地区 2 個) であり、全体の 3.9% を占

める。

Zn：含有量は8 ppmから780 ppmの範囲にあり，平均値は69.6 ppm，標準偏差は1.71である。平均値に比べ標準偏差が小さいのは，CuやPb同様，値のバラツキの少ないことを示している。累積頻度分布曲線上では35 ppm付近で直線性からの偏倚がみられ，140 ppm付近では折れ曲りがみられる。両点のほぼ中間に平均点が位置する。シキイ値は202 ppmであり，これ以上の高い値を有する試料は99個（Cotahuasi 地区78個，Orcopampa 地区21個）で，全体の4.6%を占める。しかし，Orcopampa 地区については採取試料50個のうち21個が異常値を示しており，全体の4.2%に相当している。これは，Orcopampa 地区からの試料のZnの含有量が非常に高いことを示している。これと同様なことがAu及びAg両成分についても認められる。

5-2-1-(4) 濃度区分及びシキイ値

統計処理の結果に基づき，各指示元素の分析値をバックグラウンド高濃度域 ($M+\sigma \leq M+2\sigma$) 及び異常域2種 ($M+2\sigma \leq M+3\sigma$ 及び $M+3\sigma \leq$) に3区分し，各指示元素ごとの濃度区分図を作成した（PL. 12(1)~(6)及びApx. 14~19）。又，各区分の値及びそれに属する試料数，全試料に対する割合をTable 5-4に示す。

Table 5-4 Classification of Anomalous Values and Thresholds

Element	High-background value		B-grade anomalous value		A-grade anomalous value	Threshold value	Unit
	$M+\sigma \leq$	$<M+2\sigma$	$M+2\sigma \leq$	$<M+3\sigma$	$M+3\sigma \leq$		
Au	(C)	4.7 \leq (128, 6.0) $<$ 14.1	14.1 \leq (79, 3.7) $<$ 42.4	42.4 \leq (80, 3.8)	14.1	ppb	
	(O)	70.5 \leq (11, 22.0) $<$ 609.3	609.3 \leq (1, 2.0) $<$ 5269.9	5269.9 \leq (-, -)	609.3	ppb	
Ag	(C)	0.18 \leq (84, 4.0) $<$ 0.29	0.18 \leq (46, 2.2) $<$ 0.47	0.47 \leq (61, 2.9)	0.18	ppm	
	(O)	2.98 \leq (11, 22.0) $<$ 19.13	19.13 \leq (1, 2.0) $<$ 122.63	122.63 \leq (-, -)	19.13	ppm	
As	19.6 \leq (285, 13.1) $<$ 64.6	64.6 \leq (58, 2.7) $<$ 213.3	213.3 \leq (6, 0.3)	64.6	ppm		
Cu	42.8 \leq (179, 8.2) $<$ 80.9	80.9 \leq (40, 1.8) $<$ 152.9	152.9 \leq (28, 1.3)	80.9	ppm		
Pb	17.8 \leq (210, 9.7) $<$ 44.5	44.5 \leq (74, 3.4) $<$ 111.4	111.4 \leq (11, 0.5)	44.5	ppm		
Zn	118.2 \leq (186, 8.6) $<$ 201.9	201.9 \leq (67, 3.1) $<$ 344.9	344.9 \leq (32, 1.5)	201.9	ppm		

注：(C)はCotahuasi地区，(O)はOrcopampa地区を表わす。

(128, 6.0)等のカッコ内の数字は，前者(128)が試料数，後者(6.9)は全試料に対する割合(%)を表わす。

5-2-2 主成分分析

5-2-2-(1) 標準統計量

単一変量解析での標準統計量に基づいて各指示元素を基準化し，基準化された数値に従って計

算された主成分分析統計量を Table 5-5 に示す。

基準化された各指示元素含有量（以下特性値という）の 6 次元空間における散布状況はこの空間の中での変換直交座標系にあたる第 1～第 6 主成分を軸とした 6 次元空間での散布状況としても表わされる。Table 5-5 の固有値及び累積寄与率から読みとれるように、特性空間における全分散に対して、主成分空間の第 1～第 3 主成分で説明し得る分散の割合は 77.0% に達する。一方、第 1～第 3 主成分までの各特性値の主成分に対する累積寄与率はすべて 50% 以上に達する。個有値だけについてみると第 3 主成分迄が 0.9 以上の値（第 1 主成分は 2.6 以上）を示す。本調査では、主成分分析の一般的な取扱いとして第 3 主成分までを検討する。

5-2-2-(2) 主成分の意味

第 1 主成分の固有ベクトル・因子負荷量及び特性値の主成分に対する寄与率をみた時、固有ベクトル・因子負荷量は Au, Ag, As, Cu, Pb, Zn の 6 指示元素が正の大きな値を示し、なかでも Au・Ag・As・Pb の 4 指示元素が大きく、Pb・As・Au・Ag の順に大きな寄与率を有する。これら 4 元素の第 1 主成分に占める割合は 78.0% に達し、全分散に占める割合は 44.1% である。元素間の相関傾向及び各指示元素の地殻存在度との比較も考慮すると、第 1 主成分は、金銀の鉱化及びこれに関連する変質作用を主とし、部分的に鉛を主体とした銅鉛亜鉛の鉱化作用の存在も示す成分といえる。

第 2 主成分は Cu・Zn について正の高い固有ベクトル・因子負荷量を有する。両元素の第 2 主成分の分散に占める割合は 54.5% であり、全分散に占める割合は 9.6% である。一方、Au・Ag・Pb は負の固有ベクトル・因子負荷量を有する。As は正の値を示し、この As が第 2 主成分の分散に占める割合は 0.6% にすぎない。第 2 主成分は Cu・Zn によって説明されるが Cu と Zn の割合はほぼ 2:1 であり、主として Cu が説明される成分であるといえる。Cu と Zn が共に地殻存在度に近い値を示すことを考慮すると、本地区の第 2 主成分は局所的な銅の鉱化作用を示す成分であると推定される。

第 3 主成分の固有ベクトル及び因子負荷量をみると、Zn が高い正の値を示し Zn を代表成分とする。Zn の第 3 主成分の分散に占める割合は 44.9% で、全分散に占める割合は 6.9% にすぎない。一方、Zn と正の相関を示す Ag が第 3 主成分の分散に占める割合は 12.8% にすぎない。Au と Cu はこれよりさらに小さい値を示し、As, Pb は共に負の因子負荷量を示す。Zn の地殻存在度から推定すると、第 3 主成分は、本地区に広く分布する火山岩類を示すものと解釈される。

5-2-2-(3) 累積頻度分布及びシキイ値

第 1～第 3 主成分について得られた固有ベクトル及び各試料の特性値から、各試料についての主成分別のスコアを計算し、得られた各主成分のスコアについて、累積確率紙を用いて特徴を見出し検討した。各主成分スコアの累積頻度分布図及び頻度分布図を Fig. (1)～(3) に示す。その結果に基づき、各成分ともスコア 2 をシキイ値に採用した。

第 1 主成分 (Z_1) : 累積頻度分布曲線上では、 Z_1 スコアが 0.8 付近で折れ曲り、更に、スコア

Table 5-5 Results of Principle Component Analysis

Principle component	Eigen value	Principle contribution ratio	Cumulative contribution ratio	Eigenvector						Factor loading (up) and contribution ratio of characteristic value (low)					
				Au	Ag	As	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	As	Cu	Pb	Zn
1	2.6468	0.4411	0.4411	0.27453	0.23955	0.28033	0.22233	0.28872	0.18357	0.727	0.634	0.742	0.588	0.764	0.486
2	1.0515	0.1753	0.6164	-0.40510	-0.50644	0.10892	0.57885	-0.01812	0.42796	-0.426	-0.533	0.115	0.609	-0.019	0.450
3	0.9210	0.1535	0.7699	0.15706	0.37189	-0.53126	0.00685	-0.39126	0.69817	0.145	0.343	-0.489	0.006	-0.360	0.643
4	0.5275	0.0963	0.8661	0.33657	0.19222	-0.11690	0.87332	-0.63647	-0.63231	0.194	0.111	-0.068	0.504	-0.368	-0.365
5	0.4304	0.0717	0.9379	1.11060	-0.99619	-0.25752	-0.12742	0.04713	0.11251	0.478	-0.429	-0.111	-0.055	0.020	0.048
6	0.3728	0.0621	1.0000	0.15405	-0.08298	1.13837	-0.43130	-1.03981	0.29728	0.057	-0.031	0.424	-0.161	-0.388	0.111
Cumulative contribution ratio of characteristic values of principle components up to the third										0.7310	0.8037	0.8029	0.7166	0.7137	0.8521

Fig. 5-3 Unrotated Factor Loadings

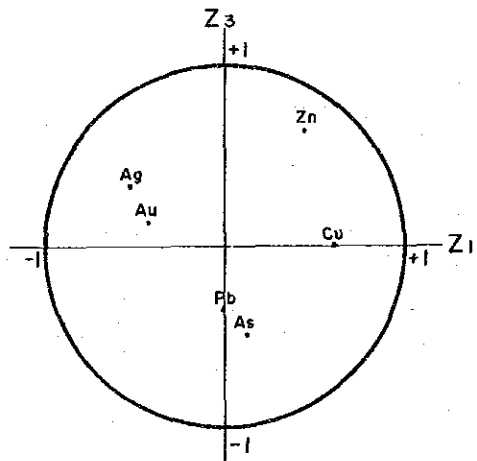
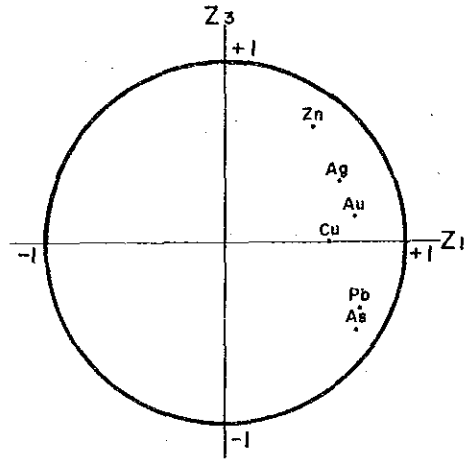
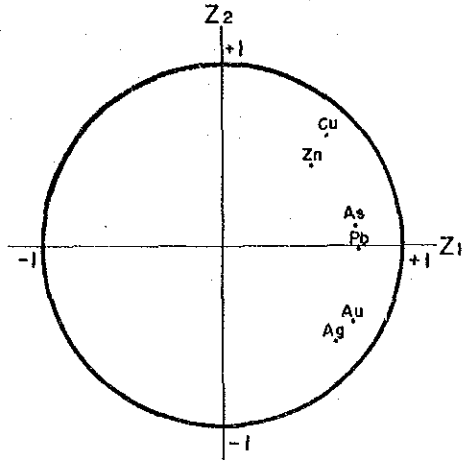


Fig. 5-4 (1) Histogram and Cumulative Frequency Diagram
(First Principal component)

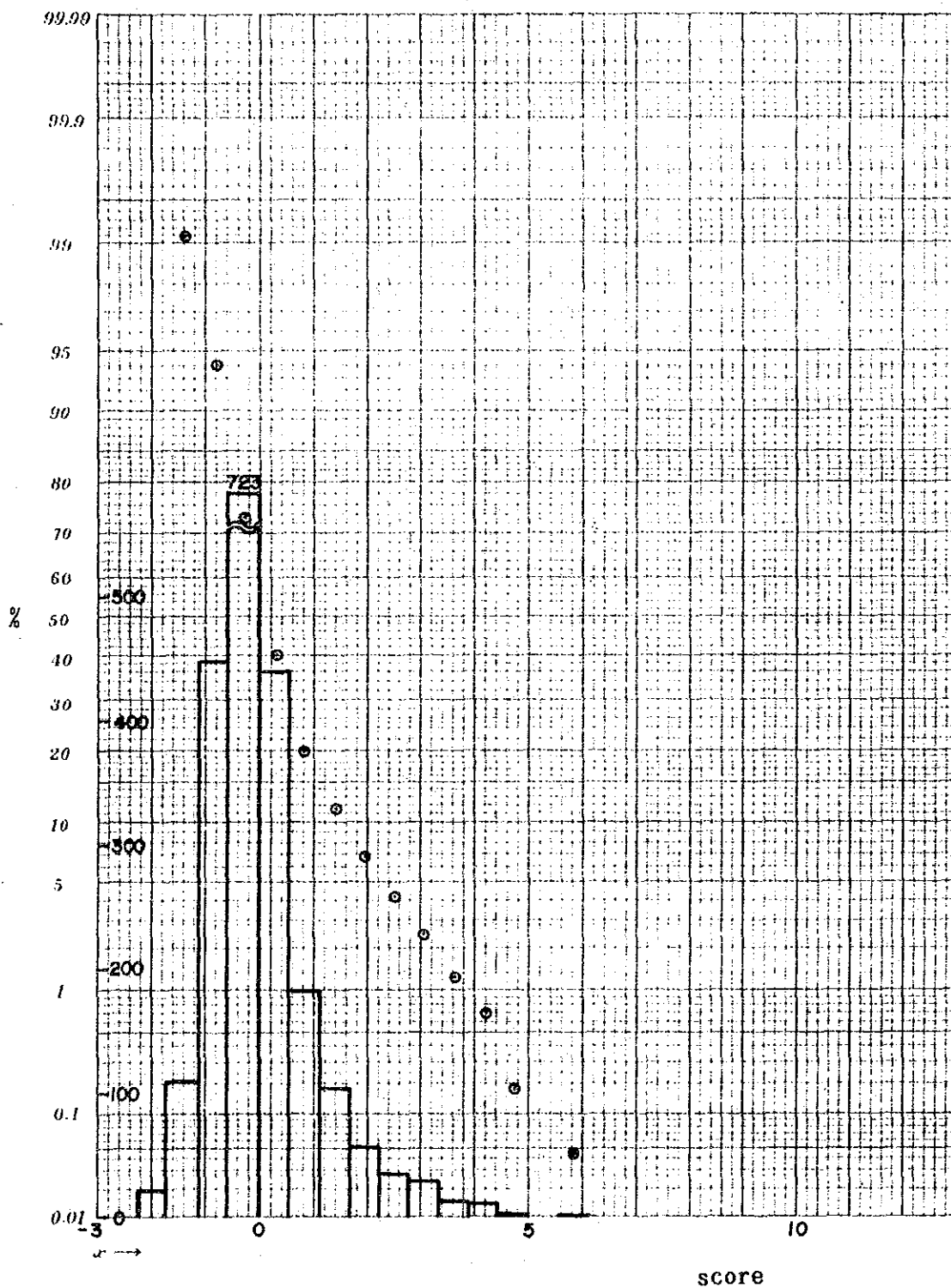


Fig. 5-4 (2) Histogram and Cumulative Frequency Diagram
(Second Principal Component)

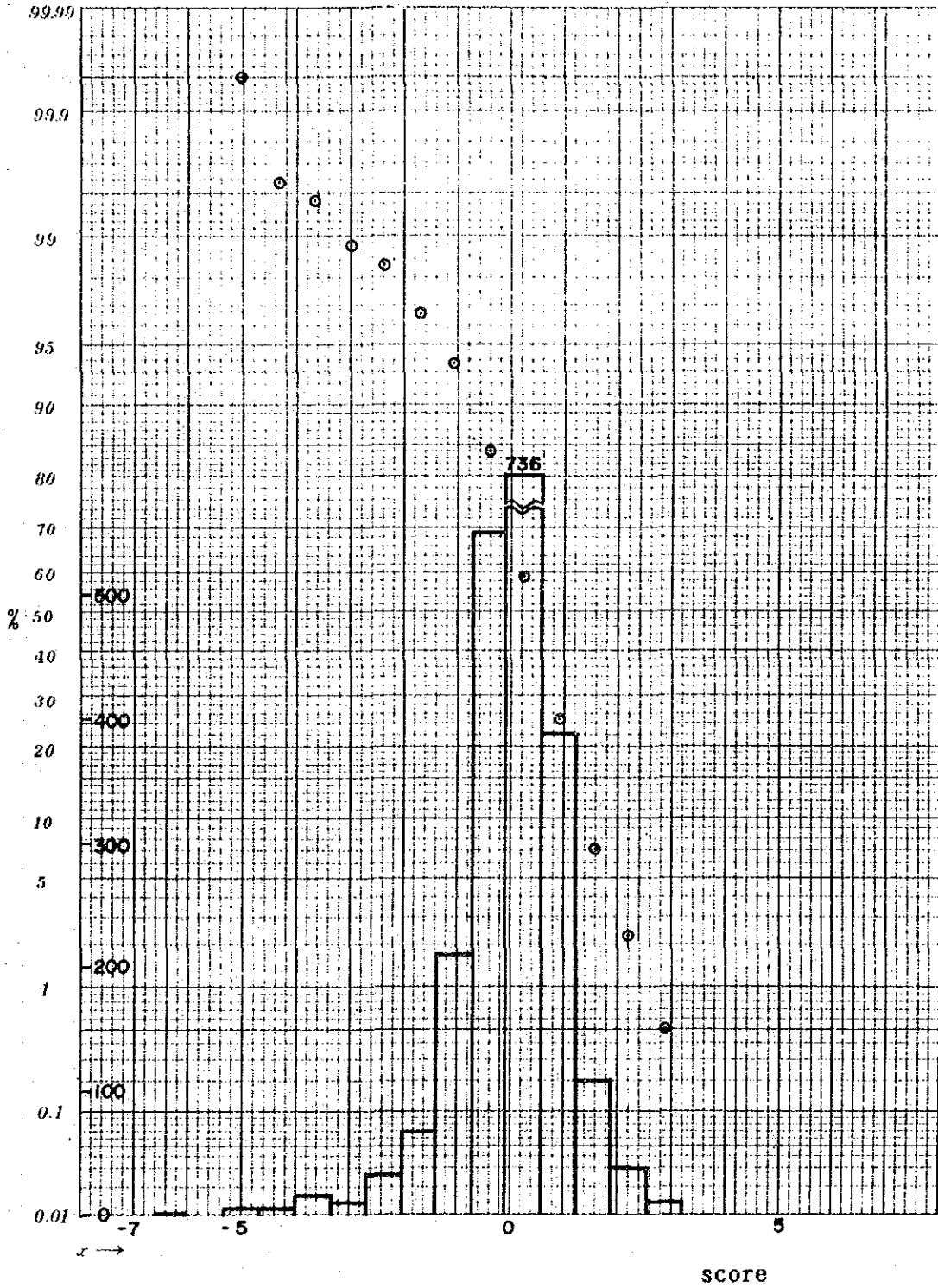
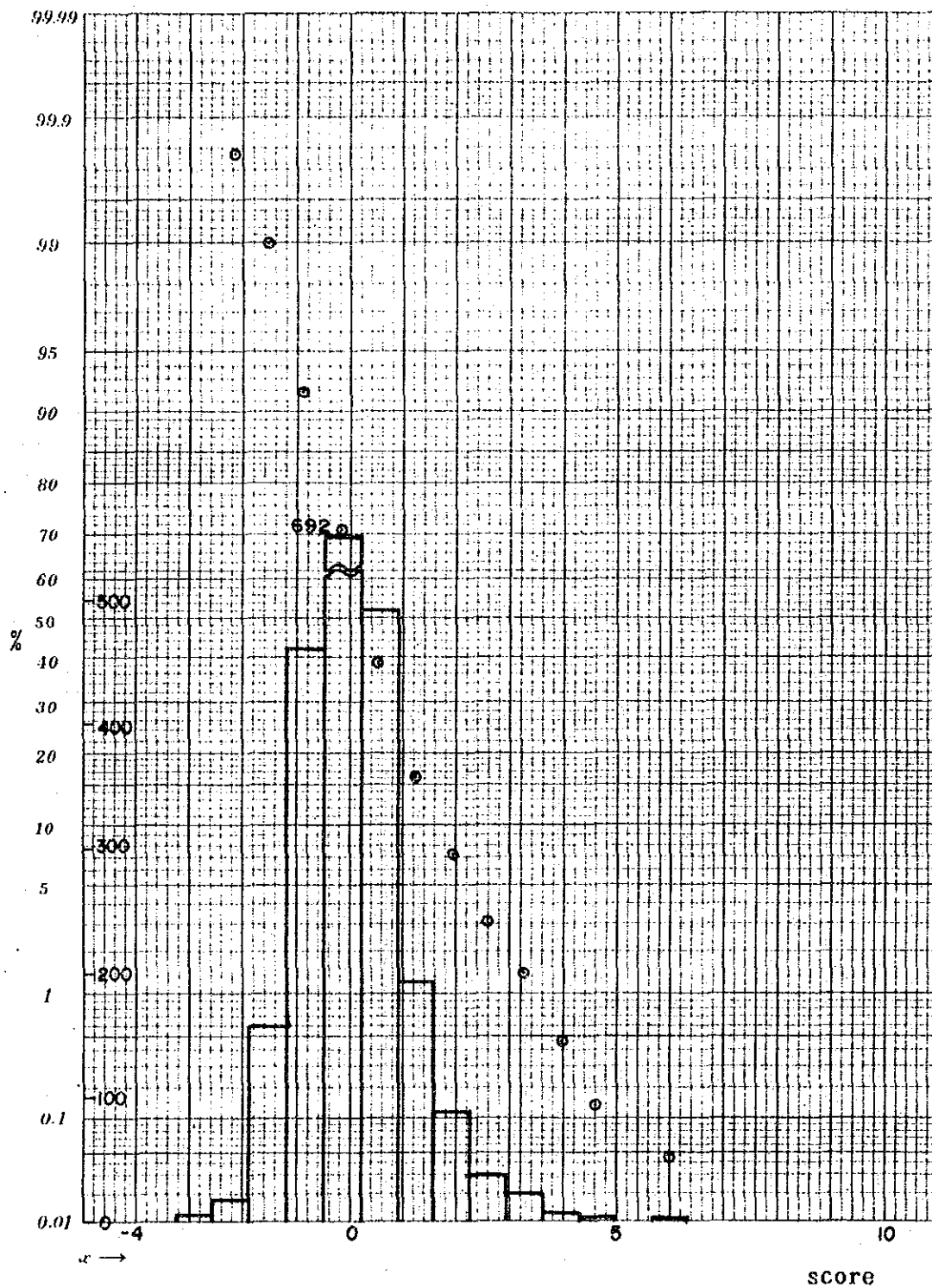


Fig. 5-4 (3) Histogram and Cumulative Frequency Diagram
(Third Principal Component)



2付近で高異常側に流れた分布を示し、高異常側に過剰を含む。シキイ値スコア2以上の高異常集団には114試料が含まれ、全体の5.2%を占める。

第2主成分(Z_2) : 累積頻度分布曲線上では、 Z_2 スコア-4.4付近で折れ曲りを示し、低異常側に過剰を含むが、高スコア側ではほぼ直線に近い分布を示しており、高異常集団は明瞭でない。シキイ値のスコア2以上の試料は39個で全体の1.8%である。

第3主成分(Z_3) : 累積頻度分布曲線上では、低スコア側ではほぼ直線に近い分布を示すが、高スコア側では1.2付近で折れ曲りを示し、高異常集団の存在が推定される。シキイ値はスコア2で、このスコア以上の試料は94個であり全体の4.3%に相当する。

以上の結果を $M+\sigma$, $M+2\sigma$ それに $M+4\sigma$ に相当するスコア1, 2, 4を用いてスコア区分し、これに属する試料数、全試料に対する割合それにシキイ値をTable 5-6に示す。また、Table 5-6のスコア区分に従って主成分濃度区分図を作成した(PL. 14(1)~(3))。

Table 5-6 Classification of Principle Component and Thresholds

Principle component	1 < 2		2 < 4		4 <		Threshold value
	No. of samples	%	No. of samples	%	No. of samples	%	
Z_1	161 ,	7.4	92 ,	4.2	12 ,	0.5	2
Z_2	194 ,	8.9	39 ,	1.8	-	-	2
Z_3	195 ,	9.0	90 ,	4.1	4 ,	0.2	2

Remarks) Percentage shows the ratio of the number of samples to whole samples.

5-2-3 地化学異常帯

単一変量解析地化学異常 : 単一変量解析の結果得られた地化学異常と5%有意水準に達した指示元素の正の相関関係を用いて、次の基準に従って単一変量解析による地化学異常帯を抽出した。すなわち、互に有意な相関を有する2つ以上の指示元素が同一地点あるいは接近した2地点以上の地点で異常を示す場合、及び単一指示元素が近接した2地点で異常を示す場合に、これらを一括して異常帯とし、この基準に添わない地化学異常は単に異常という。異常帯及び異常とする範囲としては、異常値の得られた試料採取地点を中心に川、沢及び山腹等の上方約1kmまでを含めた。この基準によって抽出された地化学異常帯及び異常の分布をPL. 13(単一変量解析地化学異常総合図)に示す。

Cotahuasi 地区には大小数多くの異常帯が広く存在し、その中でも比較的規模の大きな異常帯は、主として、調査地中央部から西部及び北部に分布している。一方、Orcopampa 地区には大小4つの異常帯が存在し、中央部と北東部の異常帯が主要な異常である。Cotahuasi, Orcopampa 両地区の主な異常帯について、名称、位置、分布範囲及び異常を示す指示元素とその役割と共にTable 5-7に示す。

主成分分析地化学異常 : 主成分分析の結果得られた地化学異常帯及び異常を第1主成分から第3主成分までまとめて表わしたのが PL. 15 である。また、主要異常帯について、各主成分の役割を付し単一変量解析結果と共に Table 5-7 に示す。

総合地化学異常帯 : 単一変量解析及び主成分分析による地化学異常を総合して、地化学探査総合図 (PL. 16) を作成した。この図から明らかなように、単一変量解析による地化学異常と主成分分析による地化学異常は極めて良い一致を示しており、単一変量解析で Au・Ag 又は Pb・As の組合せを主体とした他との組合せの異常は、すべて第1主成分異常として表現されている。

Cotahuasi 地区では、Table 5-7 で明らかなように、Au・Ag 又は Au・As 或は Au・Pb の異常を主体とした最初の7異常は、規模は異なるが、良く一致している。一方、Cu の情報を多く有する第2主成分異常としては、Quechualla 異常帯の南部 Abandonada を中心とした異常帯、Huayjo 異常帯、Maran 異常帯それに Velinga 異常帯がある。これの異常帯のうち Abandonada、Huayjo それに Maran の3異常帯は単一変量解析でも Cu の異常が比較的強く現われている。

Orcopampa 地区では、Orcopampa 及び Orcopampa 北部の両異常帯、単一変量解析異常と第1主成分異常が良く一致している。

5-2-4 地化学異常帯及び地質との関係

Cotahuasi 地区の主要地化学異常帯は地区を北東から中央部を経て南へ流下する Cotahuasi 川以西、以北に分布し、東側には規模の小さい異常帯が分布するだけである。このことは本調査地区の地質構造及び鉱化、変質環境を反映していると推察される。

Mina Pararapa 異常帯は Tacaza 層及び Alpabamba 層に分布し、Pararapa 鉱山付近に異常の中心を有する。異常帯は、Au 異常が主体で、鉱山の東側及び西側の沢でも Au 異常が検出され、広範囲に分布しており第1主成分異常とも良く一致している。鉱山の西約 3 km に安山岩岩脈がほぼ南北方向に分布している。この安山岩岩脈は、鉱山の鉱床母岩の分布と類似の分布をし、かつ岩脈の下方に Au の強い異常が検出されていることから、鉱化変質作用の何らから徴候が存在することが考えられる。

Quechualla 異常帯は多元素異常がかなり、広範囲に分布している。第1主成分分析による異常帯とも良く一致を示している。異常帯は4ヶ所に強い異常の中心を有している。北部の Mina Picha 付近は、主として Au, Ag, Pb, As の強い異常からなり、Arcurquina 層の石灰岩と石英閃緑岩との接触部の Skarn 帯に位置する。西部の Tanisca 付近では含金・銀石英脈を有する Hayllura 鉱化変質帯が分布し、小規模な旧坑がいくつか散在している。Quechualla から南部 Abandonada にかけても旧坑がいくつか存在している。

このように Quechualla 異常帯は鉱化変質帯に強い中心をもち、鉱化変質作用を強く反映している。

Huayjo 異常帯は Cotahuasi 川下流に分布し、Au, Cu, Ag の強い異常からなる。主成分分析

Table 5-7 List of Anomalous Zones

Anomalous zone	Location	Scale (km × km)	Indicator element						Principle component			Remarks
			Au	Ag	As	Cu	Pb	Zn	Z ₁	Z ₂	Z ₃	
- Cotahuashi Area -												
1	Mina Pararapa	Approx. 20 km NNW of Cotahuashi	8 × 9	++	++	+	-		++	+		Au>Ag
2	Quechualla	Along Cotahuashi River in the Center of the Survey Area	11 × 14									
	Picha	Northern part of Anomalous zone		++	++	+	-	+	++			Ag>Au
	Quechualla	Along Cotahuashi River		++	++	-	+	-				Au>Ag
	Abandonada	South of Quechualla		+	+	-	+	-	++	+	+	
	Tanisea	Western part of Anomalous zone		++	+		+		+			
3	Huayjo	Approx. 10 km south of Quechualla	2 × 10	++	+	-	++	+	++	+		
4	Naran	Approx. 10 km south-east of Pausa		++	-	+	++	+	-	+	+	Cu>Au
5	Mina Luicho	Approx. 4 km north-east of Pausa	4 × 4	++	++	+	++	+	++	+		Au>Ag, Cu
6	Marcabamba	Marcabamba in the north-east of the survey area	3 × 6	+	++	-	-	+	+			
7	Velinga	Approx. 15 km west-southwest of Cotahuashi	4 × 7	+	+	-	-	-	-	-	-	Au>As
8	Alca	Approx. 15 km northeast of Cotahuashi	4 × 10	+	+		-				+	
9	Huaynacotas	Approx. 6 km northwest of Alca	3 × 5	+					++		++	
10	Colta	Approx. 15 km north-northeast of Colta	3 × 6	+	+		-		-			Ag>Au
11	Pirca	Approx. 13 km south of Pausa	4 × 4					+				
12	Taurisma	Approx. 3 km north of Cotahuashi	1.5 × 2	-	-		-		-			
13	Cerro Kiura	Northeastern margine of the Survey Area	1.5 × 4	+								
14	Pausacocha	Approx. 10 km west of Quechualla	2.5 × 2.5	+								
15	Oyolo	Approx. 20 km northeast of Pausa	1.5 × 2	+								
16	San Sebastian Sacra	Approx. 7 km north of Pausa	1.5 × 2	+								
17	Salamanca	Approx. 10 km southeast of Nevada Sollman	1.5 × 2	+								
- Orcopampa Area -												
18	Orcopampa	Central part of the Orcopampa Area	10 × 6	(+)(+)			-	+	+	+		
19	Orcopampa North	Approx. 5 km northeast of Orcopampa	4 × 6	(+)(+)					+		-	

(Note) ++ : Existing three of more samples having a value of $\geq M+36$ or \geq score 4
+ : Existing one of more samples having a value of $\geq M+36$ or \geq score 4
- : Existing two of more samples having a value of $\geq M+26$ or \geq score 2
() : Classification standard in the Cotahuashi Area

異常とは良く一致している。異常帯は基盤岩類 (Gn) 及び海岸パンリス (CB) の分布地域に存在する。鉍化帯や変質帯の存在は確認されていないが、各元素の異常の強さから、異常帯の近傍に鉍化変質帯が存在すると推測される。

Maran 異常帯は Au 及び Cu 異常が強く広範囲に分布する。主成分分析異常とも良く一致している。異常帯内には、合金、銀石英脈を主体とする Maran 南部鉍化帯が、Chocolate 層と海岸パンリス (CB) との接触部に存在し、異常帯の中心を形成している。異常帯の北部でも強い異常が認められる。鉍化帯或は変質帯の存在は確認されていないが異常の強さから、北部では鉍化作用或は変質作用の存在が推定される。

Mina Luicho 異常帯は Au, Ag の強い異常からなり、第 1 主成分分析異常と極めて良く一致している。異常帯の近傍には石英細脈と酸化鉄の汚染を伴う Mina Luicho 鉍化変質帯が存在し、鉍化変質帯を強く反映している。

Marcabamba 異常帯は Huanca Huanca 川沿いに分布し、北部で Sequella 変質帯を包含する。Sequella 変質帯付近は Ag 主体の異常である。南の Cotolan 付近では Au, Ag の他にも Cu, Pb, Zn 異常が分布している。第 1 主成分異常は Sequella 変質帯及び Cotolan 付近に分布し、Au, Ag の強い異常であることを裏付けている。Cotolan 付近では、鉍化或いは変質作用は確認されていないが、異常の中心は Tacaza 層群と石英閃緑岩との接触部に当り、鉍化或いは変質作用を伴っている可能性がある。

Velinga 異常帯は、Quechualla の異常帯の北東に位置し、Au 異常が主体である。Cu 異常の分布範囲は小さいが比較的明瞭である。異常帯は主として Yura 層群に分布し、閃緑岩もわずかながら分布している。

Alca 異常帯は Au, Ag 異常を主体とし、Tacaza 層群及び石英閃緑岩に分布している。主成分分析異常は検出されていない。石英閃緑岩体の一部に黄鉄鉍化作用は認められるが、顕著な鉍化作用はない。

Huaynacotas 異常帯は Zn が強く Au を伴う異常で Alpacabamba 層及び Huanca 層に主として分布している。第 3 主成分異常が顕著である。

Colta 異常帯は北で Au, 南で Ag 異常が主体であり、Tacaza 層群, Arcurquina 層及び閃緑岩に分布している。異常帯の近傍には珪化及び粘土化作用を伴う Colta 東部変質帯が存在し、この変質帯を反映した異常と考えられる。

Pirca 異常帯は Zn, Ag 異常を主体とし、珪化と粘土化を伴う Pirca 変質帯に分布する。この異常帯の東方に Maran 南部の金の鉍化帯が接近しており、この異常帯下部にも金の鉍化が予想される。

Taurisma 異常帯は Au, Pb, As の異常で構成されており、Arcurquina 層に分布している。第 1 主成分異常がこれに一致する。

Cerro Kiura 異常帯は調査地北東縁に位置し、Au 異常が強く、Alpacabamba 層に分布する。異常は約 2 km 程離れて隣合った 2 点で検出され、2 地点共 67 ppb 以上の値である。近傍に弱い温泉変質が認められ、この変質作用反映していることも考えられる。

Hucacocha 異常帯は Quechualla 異常帯の南西に位置し、Au 異常を主体とする。異常帯は珪化と粘土化を伴い Tanisca 西部変質帯に分布している。

Oyolo 異常帯は Au 異常を主体とし、熱水作用による粘土化変質の Oyolo 変質帯の南端付近に分布する。変質帯の一部を反映した異常帯と考えられる。

San Sebastian Sacraca 異常帯は Au 異常のみからなり、Tacaza 層群に分布している。162 ppb という高い値ではあるが、1 試料による異常である。

Salamanca 異常帯は Au の異常で 2 地点から成り、Alpabamba 層に分布している。近傍に海岸パンリスの花崗閃緑岩が Alpabamba 層に接して分布している。鉍化或は変質帯の分布は確認されていない。

Cotahuasi 川以西の主要異常帯のうち Quechualla, Huayjo, Maran, Mina Luicho それに Marcabamba の各異常帯は、単一変量解析の結果によると、4~6 元素から構成されており、特に Au, Ag が強い異常を示す。その他の元素では Cu がかなり強い異常を示しているのが特徴である。これらの異常帯のうち Mina Luicho 異常帯を除く 4 異常帯には海岸パンリスや Accha 岩株の閃緑岩類が分布しており、Quechualla 及び Maran 異常帯では、これらのパンリスや岩株と他の地層との接触部で鉍化帯や変質帯を生じている。このことから、当地区の地化学異常帯には貫入岩類と密接に関係しているものが多い。

本地区での単一変量解析の指示元素の 1 つである Zn 異常は調査地全域に分布し、Tertiary 上部 Alpabamba 層から Quaternary の若い地層に多く出現している。調査地域の変質作用は基盤岩から中新世の Alpabamba 層にまで及ぶと言われており、若い地層に現われる大部分の小さな Zn 異常が鉍化作用を反映していると考えられるための根拠が薄い。

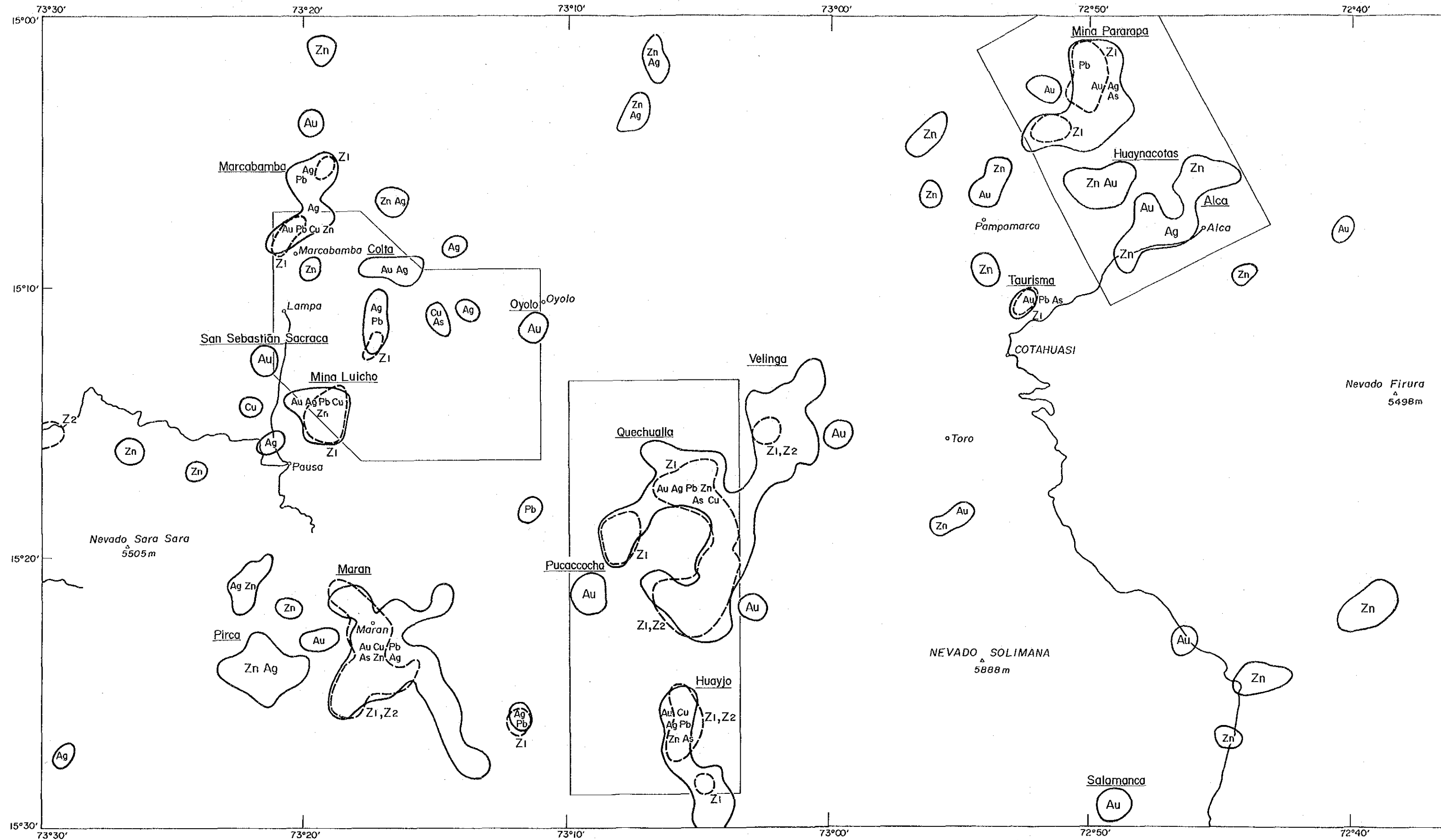
Orcopampa 地区には Orcopampa 及び Orcopampa 北の 2 異常帯がある。Orcopampa 異常帯の中心部は沖積層であるが、東部には Orcopampa 鉍山の鉍床母岩である Tacaza 層群が分布しており、異常はこの鉍山の銀、銅、鉛、亜鉛、金を伴う鉍脈型鉍床を強く反映していると考えられる。

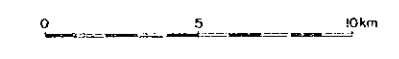
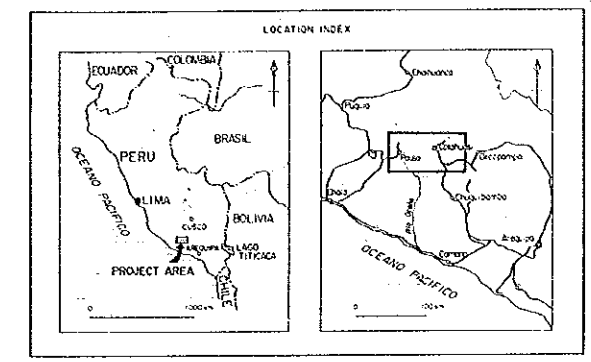
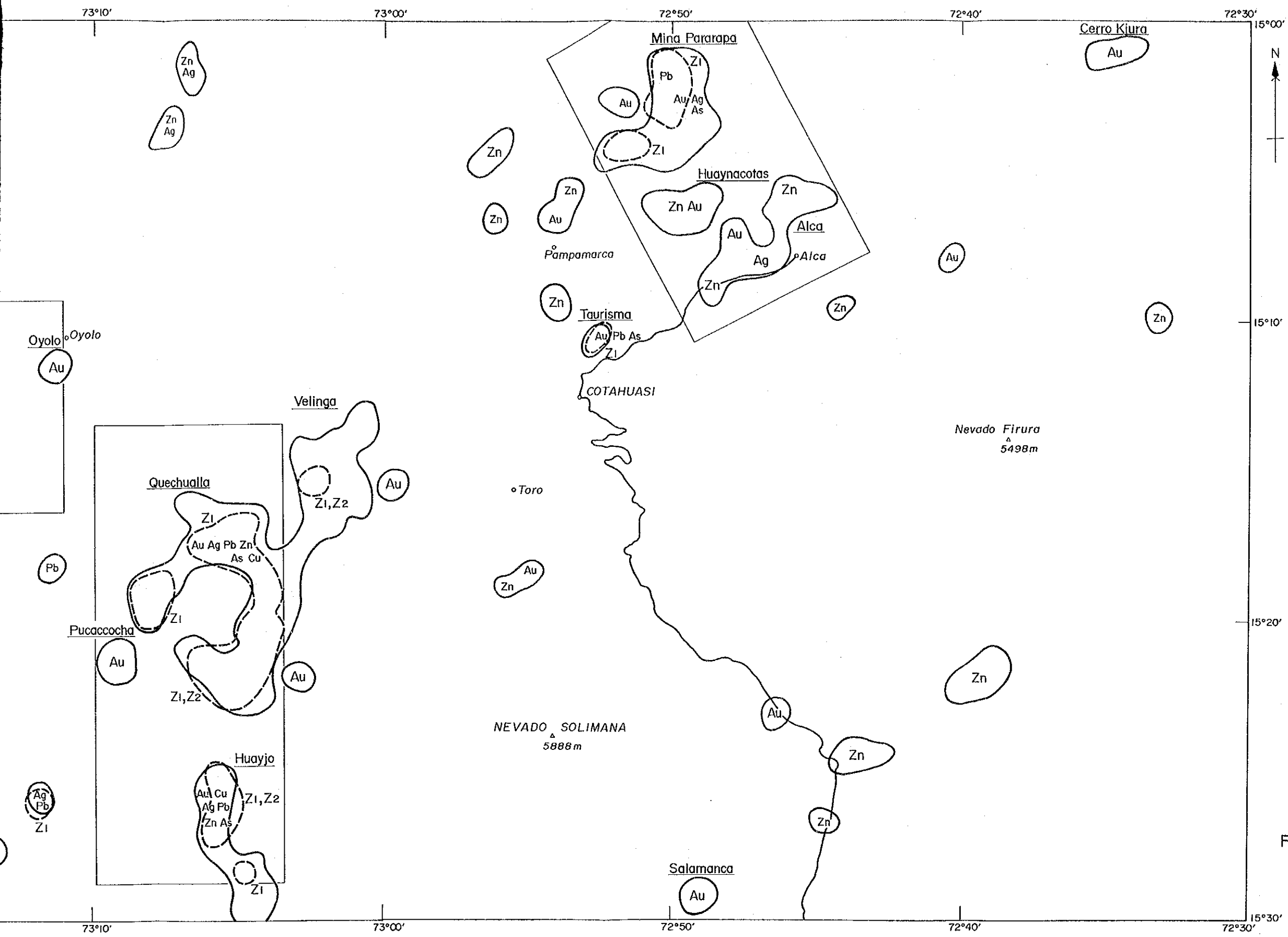
Orcopampa 北の異常帯は Au 異常が強く、主として Tacaza 層群に分布している。鉍化変質作用は確認されなかった。

Orcopampa 地区は Cotahuasi 地区に比較して Au・Ag 値の高い地区である。

有望地化学異常帯 : 地化学探査の結果抽出された有望な異常帯は次の通りである。

Mina Pararapa, Quechualla, Maran, Huayjo, Mina Luicho それに Marcabamba の各異常帯である。これらの異常帯は単一変量解析、主成分分析共に強い異常が現われている。単元素異常及び少数元素異常の有望異常帯は Cerro Kiura, Hucacocha (Tanisca 西部変質帯の一部) Alca それに Colta の 4 異常帯である。





LEGEND

- Anomaly Zone of Elements and Anomalous Elements
- Anomaly Zone of Principal Components and Anomalous Components
- Maran : Name of Anomaly Zone

Fig.5-5 Geochemical Interpretation Map (Composite Data)

第6章 総括及び提言

第6章 総括及び提言

6-1 総括

第1年次にあたる本年度の調査は、現地でのランドサット画像解析、地質調査及び地化学探査からなる。また、鉍床モデル調査のため、調査地域東方に位置する Orcopampa 鉍山周辺においても地化学探査を行った。これらの調査は、該当地域の地質状況を解明することにより、鉍床賦存状況を把握することを目的とした。その重点課題は地質構造と鉍化作用の関連性、地化学的特性を総合的に考察して有望地区を抽出することであった。

調査の結果、調査地域に関する地質・地質構造、火成活動、鉍化・変質作用、地化学異常帯及びこれらの相互関係について重要な資料が得られ、多くのものが解明されたが、次年度以降のより精密な調査によって解明すべき課題もある。

これらの調査結果は次のようにまとめられる。

〔1〕地質調査

基盤岩類 調査地域の基盤岩類は、緑灰色の片麻状構造の発達した花崗岩～閃緑岩からなり、先カンブリア時代(600～2,000Ma)とされている。

ジュラ系及び白亜系 調査地域の Cotahuasi 川及び Maran 川に沿った急崖地に分布する。

ジュラ系の最下位は基盤岩類を不整合に覆う変質安山岩質火山岩類の Chocolate 火山岩類(Cho)で、これを不整合に覆って、下位で石灰岩、上位で石灰質頁岩の優勢な Socosani 層(So)が分布する。

ジュラ紀から白亜紀にかけて堆積した砂岩～珪岩の卓越する Yura 層群(Yu)は、下位の Socosani 層を整合に覆い、さらにこの上位には白亜系の赤褐色の砂岩・頁岩互層からなる Murco 層(Mo)、厚層理石灰岩からなる Arcurquina 層(Ar)などが整合関係で累重する。

これらのジュラ系及び白亜系の走向・傾斜は、断層や褶曲によって乱されるが、各地層の分布状況からみて、全体的にはNEの走向でNW方向へ緩く傾斜する。

第三系 下位のジュラ系及び白亜系を不整合に覆って、Cotahuasi 川水系及び Maran 川水系の上流付近で広い分布を示す。第三系の基底には局部的に堆積した礫岩・砂岩の互層帯からなる Huanca 層(He)が Cotahuasi 部落付近に分布するが、その主体は火山岩類で占められる。

火山岩類は、中新世前期に噴出した安山岩質火山岩類の Tacaza 層群 (Tc) が広く分布し、この上位を不整合に覆って中新世中期から後期にかけて噴出した石英安山岩～流紋岩質火山岩類からなる Alfabamba 層 (Al), Huaylillas 層 (Hy), Seneca 層 (Vse) などが分布する。

本調査で実施した Alfabamba 層の K-Ar 年代測定結果は 4.8 ± 0.2 Ma で、鮮新世を示す。しかし、既存資料による噴出時期は中新世中期から後期とされており、噴出時期が異なる。本地域では下位の Tacaza 層群中に鉱床を胚胎し、本層中にも弱い鉱化変質を伴うことから、本層の活動時期は重要な意味を持つ。従って、今後の調査でさらに検討を要する。

第四系 アルチブラノ地帯に聳える第四紀火山の Firura, Solimana, Sara Sara 山付近一帯に広く分布するほか。調査地域北部に分布する。

基底には兩輝石安山岩質火山岩類からなる Barroso 層群の下部層 (Vbl) が第三系を不整合に覆って広く分布する。この火山岩類の K-Ar 年代測定結果は 1.30 ± 0.11 Ma で、更新世を示す。これを覆う石英安山岩質火山岩類の Barroso 層群上部層 (Vbu) は、更新世末期に局部的に噴出し、また、Firura 山及び Solimana 山付近には氷河によってモレーン (Mo) が形成された。

完新世には、Lampa 火山岩類 (Vla), Pausa 火山性堆積物 (Vsp), Mollebamba 火山岩類 (Vm) などの安山岩～玄武岩溶岩や火山砕屑物が局部的に噴出し、また、河床やアルチブラノ高原の低地では沖積層 (al) が堆積した。

貫入岩類 調査地域には石英閃緑岩～花崗閃緑岩からなる海岸パンリス (CB), 閃緑岩～石英閃緑岩からなる Accha 岩株 (Di), 角閃石安山岩を主とする岩株及び岩脈 (An) などの貫入岩がある。前者は南部で広い分布を示し、後二者は Cotahuasi 川に沿って NE-SW 方向に配列して分布するほか、北東の Marcabamba 付近で NW-SE 方向に配列して分布する。

海岸パンリスから採取した試料の K-Ar 年代測定結果は 80.3 ± 4.0 Ma, 57.1 ± 2.9 Ma で、前者は白亜紀後期、後者は第三紀暁新世を示す。北東の Alca 付近の Accha 岩株の K-Ar 年代測定結果は 53.7 ± 2.7 Ma で、第三紀始新世初期を示す。Accha 岩株には Tacaza 層群 (Tc) を貫ぬくものがあり、貫入時期は第三紀中新世に及ぶものと考えられる。

角閃石安山岩の貫入時期は明らかでないが、Alfabamba 層 (Al) を貫ぬくことから、

第三紀中新世中期～後期に及ぶものと推定される。

地質構造 本地域の地質構造は、アンデス造山運動に起因して、ジュラ系及び白亜系の中に発達する褶曲及び断層構造によって大きく特徴づけられる。第三系中では局部的に地層が緩い傾斜を示すほか、小規模な断層が観察されるが、その規模からみて、著しい構造運動の痕跡はほとんど認められない。

ジュラ系及び白亜系中の褶曲構造は、NW-S E方向の褶曲軸をもつ背斜及び向斜構造が一般的で、一部にN-S方向、NE-SW方向の軸をもつ小規模な褶曲がある。断層構造は、褶曲軸の方向性とほぼ一致するNW-S E方向のものが最も顕著で落差も大きい。

第三系では、中新世前期のTacaza層群中にNW-S E及びNE-SW方向の断層がみられる他、一部に小規模な褶曲がある。

主要な断層や褶曲軸の方向性は、広域的にみて、ランドサット画像解析結果によるリニアメントの方向性及び円形構造の配列方向とほぼ一致する。

変質作用と鉱化作用 変質帯及び鉱化帯は大小合わせて15ヶ所で観察される。これらのうち主要な鉱化変質帯は次のようにまとめられる。

番号	鉱化変質帯名	鉱化変質帯の規模	母岩	変質	鉱化の状況
(1)	Mina Pararapa	1km×2.5km	安山岩岩脈(An)及び安山岩質火山岩類(Tc)	珪化を主とする熱水変質、酸化鉄の褐色汚染変質	含金銀石英脈 脈幅0.5～1.5m, 延長1.3km
(2)	Minas de Huayllura (Tanisca 東部)	1～2km×10km	砂岩(Yu)	酸化鉄の褐色汚染変質、石英細脈を伴う熱水変質	破碎帯や節理沿いの酸化帯及び石英細脈に金・銀を伴う
(3)	Tanisca 西部	1.5km×4km	安山岩質火山岩類(Tc)	粘土化と珪化を伴う熱水変質	顕著な鉱化作用は認められない
(4)	Mina Luicho	1km×2km	砂岩(Yu)	石英細脈周辺の珪化酸化鉄の褐色汚染変質	金・銀を含む石英細脈及び酸化鉄汚染帯
(5)	Mina Picha	1km×2km	石灰岩(Ar)	閃緑岩の貫入によるスカルン帯、石榴石スカルン主体	小規模なレンズ状塊状鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱からなり、金・銀を含む
(6)	Maran 南部	1.5km×3.5km	安山岩質凝灰角礫岩及び凝灰岩(Cho)	石英細脈周辺の珪化及び酸化鉄の褐色汚染変質	含金銀石英細脈及び破碎帯に沿った含金酸化鉄の汚染帯
(7)	Oyolo	2km×8km	安山岩～石英安山岩質火山碎屑岩(Tc～Al)	粘土化を主とする熱水変質、酸化鉄の褐色汚染変質	顕著な鉱化作用はない
(8)	Pirca	2km×5km	安山岩質火山岩類(Tc)	珪化を伴う熱水変質	酸化鉄の汚染帯

以上の鉍化変質帯の中で、単位鉍体の最も規模の大きいものはMina Pararapa 鉍化変質帯(1)の含金銀石英脈で、鉍脈の規模は脈幅0.5~1.5m、延長1.3kmに及ぶ。鉍山の未公表資料によれば、最高品位はAu 40 g/t、平均品位は4.6 g/tで、本調査による脈幅0.8mの平均品位はAu 4.6 g/t、Ag 288.0 g/tであった。

小規模ではあるが、Mina Luicho 鉍化帯の割れ目沿いの酸化鉄汚染部の局部試料の分析品位はAu 26.0 g/t、Ag 114.1 g/tを示す。また、Mina Picha 鉍山(4)の塊状鉍(貯鉍)の品位はAu 7.7 g/t、Ag 777 g/t、Pb 23.4%、Zn 21.6%、Cu 1.38%を示す。その他の鉍化帯では高品位鉍は認められない。

〔2〕地化学探査結果

本調査で採取した河床堆積物2,174試料から、Au, Ag, As, Cu, Pb, Znの指示元素について、地球化学的手法に基づいて解析し、その特徴から地化学異常帯を抽出した。そのうち主要な地化学異常帯は次表のようにまとめられる。

番号	地化学異常帯名	単一変量解析異常(複数元素)	主成分分析異常の有無		異常帯の規模	面積
			(第1主成分)	(第2主成分)		
1	Mina Pararapa	Au, Ag, (As)(Pb)	有	無	7km × 4km	28 km ²
2	Quechualia (Tanisca)	Au, Ag, Pb, (Zn)(As)(Cu)	有	無	13km × 10km	130 km ²
3	Huayjo	Au, Cu, Ag, (Pb)(Zn)(As)	有	有	10km × 2km	20 km ²
4	Marcabamba	Au, Ag, Pb, (Cu)(Zn)	有	無	7km × 3km	21 km ²
5	Mina Luicho	Au, Ag, Pb, (Cu)(Zn)	有	無	4km × 3km	12 km ²
6	Maran	Au, Cu, Pb, (As)(Zn)(Ag)	有	有	9km × 4km	36 km ²
※	Orcopampa	Zn, Pb, (Au)(Ag)	有	無	6km × 5km	30 km ²
※	Orcopampa 北部	Au, Ag	有	無	5km × 4km	12 km ²

注1： 第1主成分のもたらす情報の主な元素は、Pb, As, Au, Agの順にあり、Cu, Znについては前記4元素より情報量が少ない。

注2： ※印は鉍床モデル調査として、Orcopampa 鉍床周辺において実施した地化学探査の結果である。

〔3〕鉍化変質帯と地化学異常帯との関係

鉍化変質帯と地化学異常帯とがほぼ重複して現われる所は、含金石英脈を主とするMina Pararapa、含金石英細脈及び酸化帯からなるMinas de Huayllura (Tanisca 東部)、

Mina Luicho, Maran 南部などが主に Au, Ag の地化学異常帯と、また、接触交代型の鉱徴を示す Mina Picha が Au, Ag, Pb, (Zn), (As) の地化学異常帯と顕著に重複する。

弱い地化学異常帯ではあるが、既知鉱化帯に接近した興味深い変質帯として、Au の地学異常帯と重複する Tanisca 西部変質帯及び Zn, Ag の地化学異常帯と重複する Pirca 変質帯がある。

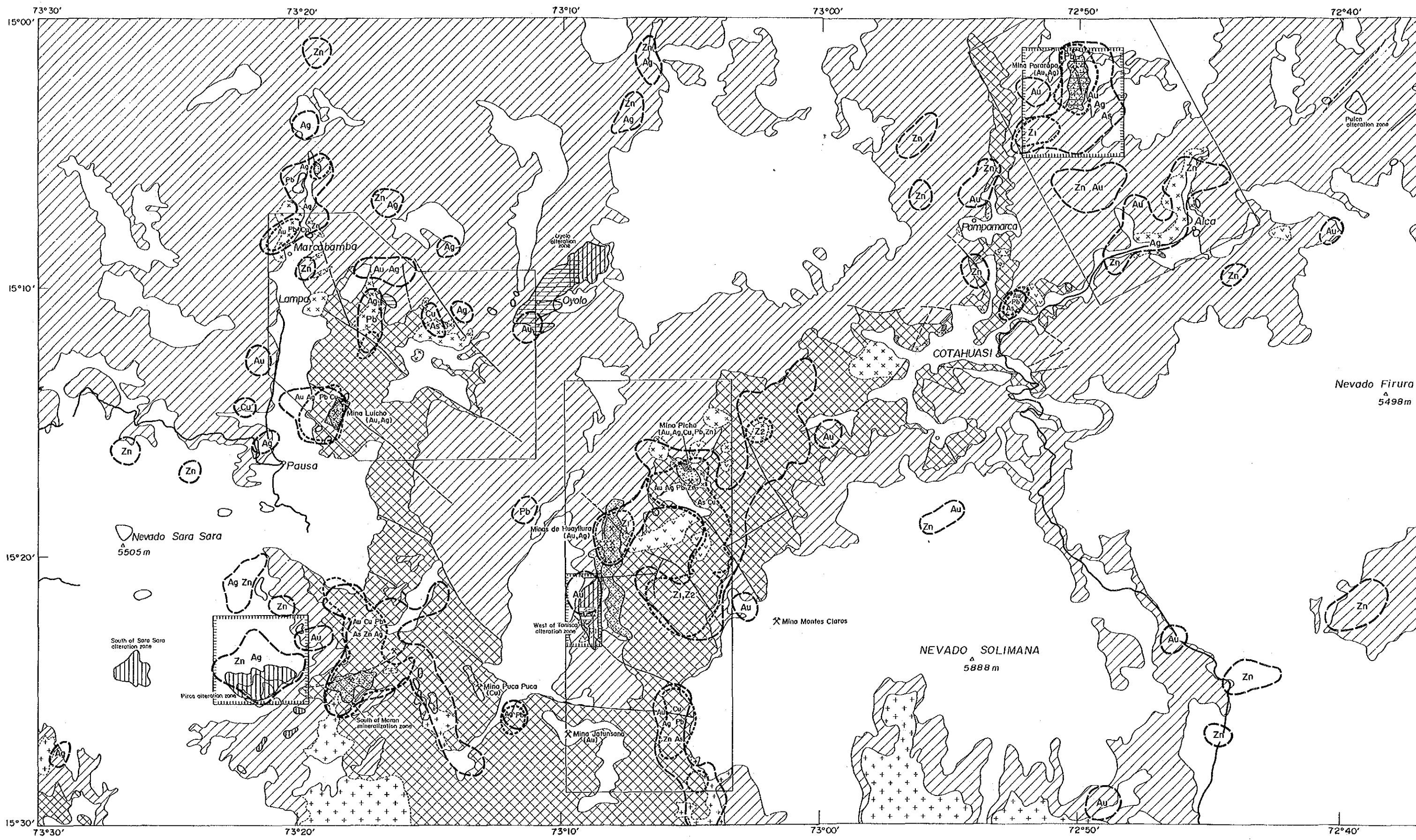
地化学異常帯のうち、Cotahuasi 川沿いの Velinga 及び Huayjo 北部の地化学異常帯は、小規模な金を伴う酸化鉄の褐色変質帯を反映し、調査地域の北東にある Alca, 南部の Quepace 及び Huayjo 南部、北西の Marcabamba などの地化学異常帯は閃緑岩の貫入岩体と重複して現われ、貫入岩体に伴う弱い黄鉄鉱鉱化作用を反映したものである。

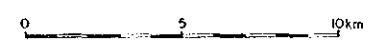
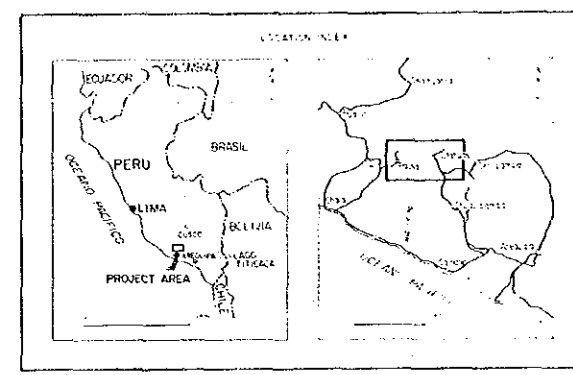
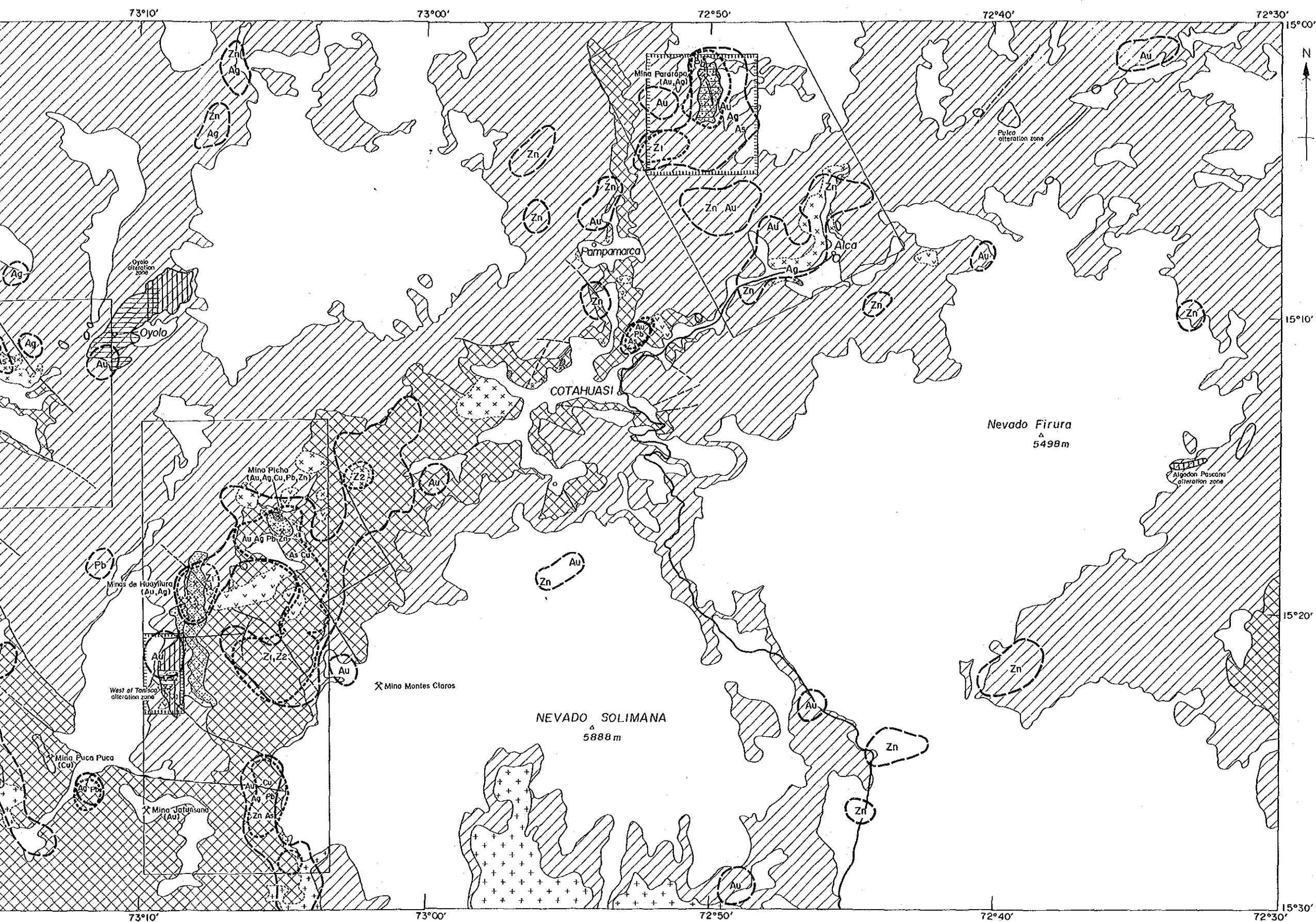
6-2 提 言

以上に述べた第1年次の調査結果に基づき、第2年次以降に実施すべき調査地区及び調査方法は次表のとおりである。

地 区 名	調 査 方 法
1. Mina Pararapa	地質精査 地化学探査 物理探査 試錐探査
2. Tanisca 変質帯西部	地質精査 地化学探査 物理探査
3. Mina Luicho	地質精査 地化学探査
4. Pirca 変質帯	地質精査 地化学探査 物理探査

ただし、次年度以降、調査地域の選定にあたっては、鉱区の設定状況につき充分検討を行う必要がある。





- LEGEND**
- Geochemical Anomaly**
 - (Au, Ag) Anomaly Zone and anomalous elements
 - (---) Principal Components anomaly
 - Alteration zone**
 - (//) Mainly silicification
 - (//) Silicification + argillization
 - (○) Others (Iron oxides stained zone)
 - (●) Skarn
 - (●) Mineratization zone
 - (*) Mine
 - Geological System**
 - (○) Quaternary System
 - (//) Tertiary System
 - (//) Pre-Tertiary System
 - Intrusive Rocks**
 - (●) Stock and Dyke (Andesite)
 - (●) Stock (Dioritic Rocks)
 - (●) Batholith (Granitic Rocks)
 - (---) Recommended Area

Fig. 6-1 Interpretation Map of the Cotahuasi Area

REFERENCES

(参考文献)

- (1) Bernd, L., (1980): Distribucion de Plata en Rocas Volcanicas del Sur del Peru, Bol. Sociedad Geologica del Peru No.66
- (2) Carlos, G. R., David D. M., (1983): Estratigrafia y Tectonica Terciaria del Area Coracora Pacapausa, INGEMMET Bol. Sociedad Geologica del Peru No.71, 1983
- (3) Donald, C. N., Edwin H. M., (1982): Nevado Portuguesa Volcanic Center, Central Peru: A Pliocene Central Volcanic-Collapse Caldera Complex with Associated Silver Mineralization, Economic Geology Vol.77
- (4) Edgardo, P. S., (1980): Metalogenia del Peru, INGEMMET
- (5) Eleodoro, B. B., (1969): Sinopsis de la Geologia del Peru, INGEMMET Bol. No.22
- (6) Fletcher, W. K., (1981): Handbook of Exploration Geochemistry Volume 1, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam-Oxford-New York
- (7) Howarth, R. J., (1983): Handbook of Exploration Geochemistry Volume 2, Elsevier Science Publishing Company Amsterdam-Oxford-New York
- (8) Julio, C. V., (1975): Geologia de los Cuadrangulos de Huambo y Orcopampa, Ministerio de Energia y Minas Direccion General de Minería Servicio de Geologia y Minería
- (9) Kushiro, I., Aramaki, S., (1978): Iwanami-Koza "Earth Science" 3, (in Japanese) Iwanami-Shoten
- (10) Luis, V. V., (1970): Geologia del Cuadrangulo de Arequipa, Editado por el servicio de Geologia y Minería Bol. No.24
- (11) Mario, J. A. F., (1975): Geologia de la Mina Orcopampa y Alrededores, Arequipa, Boletin de la Sociedad Geologica del Peru Tomo 46 P9-24

- (12) Michel, F., Cesar V. N., (1979): Mineralization Argentifera Asociada al Volcanismo Cenozoico en la Faja Puquio-Cailloma, Boletin de la Sociedad Geologia del Peru Tomo 60 Lima
- (13) Miyashiro, A. et al., (1977): Petrology I, II, and III (in Japanese), Kyoritsu Press
- (14) Onuma, N., (1985): Collected Paper on Geochemical Investigation of the Central Andes Volcanic Zone, Southern Peru, 1980-1981, Oversteas Scientific Research (Nos. 504112 and 56043012)
- (15) Petersen, G., Vidal C., (1983): Tres Epocas Metalogeneticas Evidenciadas en el Cenozoico del Peru, Bol. Sociedad Geologia del Peru No.71
- (16) Richard, M. T. et al., (1981): K-Ar Geochronology of the Late Cenozoic Volcanic Rocks of the Cordillera Occidental, Southernmost Peru, Journal of Volcanology and Geothermal Research, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Printed in Belgum
- (17) Victor, P. G., (1983): Geologia de Los Cuadranglos de Pausa y Caraveli, INGEMMET Bol. No. 37 Serie A., Lima

APPENDICES

(卷 末 資 料)

Abbreviations for appendices

<u>Stratigraphic unit</u>		Simbol	
Cenozoic Group	Quaternary System	Alluvium	al
		Mollebamba Volcanic Rocks	Vm
		Pausa Volcanic Sediment	Vsp
		Lampa Volcanic Rocks	Vla
		Moraine	Mo
	Tertiary System	Barroso Group Upper	Vbu
		Lower	Vbl
		Sencca Formation	Vse
		Huaylillas Formation	Hy
		Alpabamba Formation	Al
Mesozoic Group	Cretaceous System	Tacaza Group	Tc
		Huanca Formation	Hc
		Arcurquina Formation	Ar
	Jurassic System	Murco Formation	Mu
		Yura Group	Yu
Precambrian Group	Socosani Formation	So	
	Chocolate Volcanic Rocks	Cho	
	Basement (gneiss)	Gn	

Intrusive rocks

Tertiary	{	Stock and Dyke	An
		Accha stock	Di
Paleogene			
Cretaceous		La Costa Batholith	CB

Apx. 1 Microscopic Observations of Rock Thin Sections

Abbreviations

Minerals

ol: olivine	ze: zeolite
hy: hyperthene	ca: calcite
ag: augite	ep: epidote
hb: hornblende	ac: actinolite
bi: biotite	hd: hedenbergite
pl: plagioclase	ga: garnet
cr: orthoclase	ab: albite
qz: quartz	cc: calcedony
cr: cristobalite	py: pyrite
gl: glass	mg: magnetite
ch: chlorite	hm: hematite
sr: sericite	al: alunite
cl: clay minerals	cp: chalcopyrite
mon: montmorillonite	sp: sphalerite
kn: kaolinite	gn: galena
Au: native gold	gr: graphite
il: ilmenite	fe-min: Fe-mineral
po: pyrrhotite	

Apx 1 (continued)

No.	Sample No.	Coordinates		Rock name	Geol. unit	Texture	Grain				Matrix				Rock fragment			Secondary mineral																					
		X (Km)	Y (Km)				pl	qz	ca	gl	qz	pl	fe-min	gl	ca	gr	An	Silt	Tf	ch	mon	kn	ze	ca	ep	ac	hd	ga	gz										
40	Be-2	706.4	8303.3	marl	Mu	lamination of fine sandstone and marl					⊙	⊙	•		⊙	•																							
41	Be-7	705.1	8300.3	graphite bearing crystalline limestone	So	slaty									⊙	○																							
42	Bg-8 (T, X)	705.5	8309.9	tactite (garnet skarn)	Ar	granoblastic																																	
43	Ca-13	740.9	8323.8	welded tuff	Al	welded texture											⊙	•																					
44	Ce-4	736.0	8324.2	tuffaceous sandstone	Hc	grain and matrix	⊙	○	⊙		•	⊙		⊙	⊙																								
45	Gb-50	763.9	8334.8	rhyolitic tuff	Al	glass fragments grading	⊙	○		⊙	•	•		⊙																									
46	Gb-106	690.4	8294.6	andesitic tuff	So	calcite lens-pool bearing															⊙																		
47	Gd-12	723.4	8311.8	arkose sandstone	Yu	well sorting	⊙	⊙			•	•																											
48	Ge-83	683.0	8296.4	altered volcanic breccia	Cho	tuff matrix						⊙		⊙			⊙			⊙																			
49	Gf-25	719.9	8318.4	magnetite-skarn	Ar	inetasomatic																																	
50	Gi-106	675.9	8294.5	alunitized rock	Tc?																																		

⊙ : abundant ○ : common • : rare

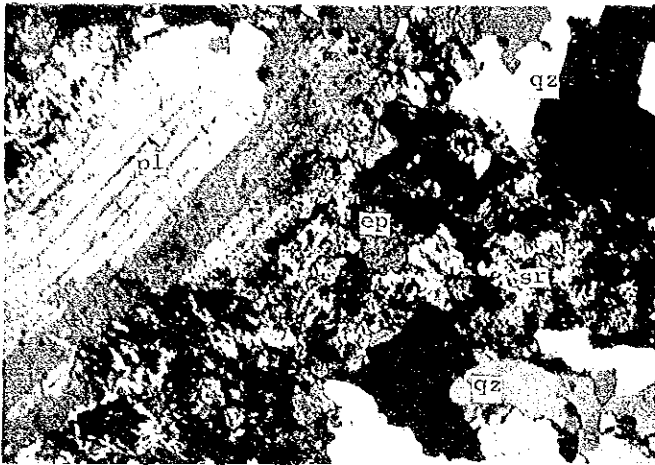
Elevations (Km)	Rock name	Geol. unit	Texture	Grain				Matrix				Rock fragment			Secondary mineral												Remarks											
				pl	qz	ca	gl	qz	pl	fe-min	gl	ca	gr	An	Silt	Tf	ch	mon	kn	ze	ca	ep	ac	hd	ga	gz		cr	cc	mg	he	al						
303.3	marl	Mu	lamination of fine sandstone and marl					⊙	⊙	•		⊙	•																									
300.3	graphite bearing crystalline limestone	So	slaty									⊙	○																									
309.9	tactite (garnet skarn)	Ar	granoblastic																		•		⊙	⊙										•		garnet skarn		
323.8	welded tuff	Al	welded texture											⊙	•																					mor: mordenite		
324.2	tuffaceous sandstone	Hc	grain and matrix	⊙	○	⊙		•	⊙			⊙	⊙																									
334.8	rhyolitic tuff	Al	glass fragments grading	⊙	○		⊙	•	•			⊙																										
294.6	andesitic tuff	So	calcite lens-pool bearing																																		calcite-chloritized	
311.8	arkose sandstone	Yu	well sorting	⊙	⊙			•	•																													
296.4	altered volcanic breccia	Cho	tuff matrix						⊙			⊙		⊙		⊙	⊙																					
318.4	magnetite-skarn	Ar	inertomatic																			⊙	•		⊙		•						⊙			magnetite-skarn		
294.5	alunitized rock	Te?																																		⊙		

abundant ○ : common • : rare

Apx. 2 Photomicrographs of Rock Thin Sections

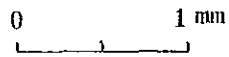
Abbreviations

hy:	hyperthene	ca:	calcite
ag:	augite	ac:	actinolite
hb:	hornblende	ga:	garnet
bi:	biotite	py:	pyrite
pl:	plagioclase	hm:	hematite
or:	orthoclase	ru:	rutile
qz:	quartz	gr:	graphite
gl:	glass	px:	pyroxene
kn:	kaolinite		



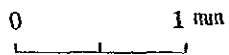
(1) Sample No.: Bi-54 (Gn)
 Location: x=706.9 Y=8287.6
 Rock name: Gneiss
 Remarks: metamorphosed
 granodiorite or sheared
 granodiorite

crossed nicols



(2) Sample No.: Gb-112 (Cho)
 Location: x=687.9 Y=8294.1
 Rock name: Sericite-quartz-
 semi-schist
 Remarks: volcanic rock
 origin

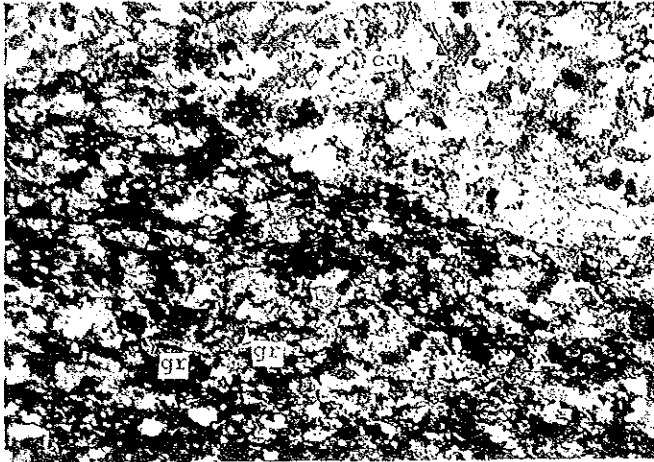
crossed nicols



(3) Sample No.: Ge-83 (Cho)
 Location: x=683.0 y=8296.4
 Rock name: Altered volcanic
 breccia

crossed nicols

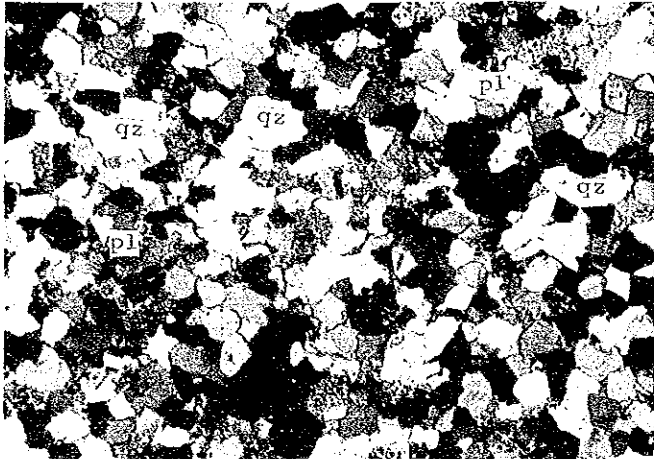




(4) Sample No.: Be-7 (So)
 Location: x=705.1 y=8300.3
 Rock name: Crystalline
 limestone
 Remarks: ca \gg gr \gg py

crossed nicols

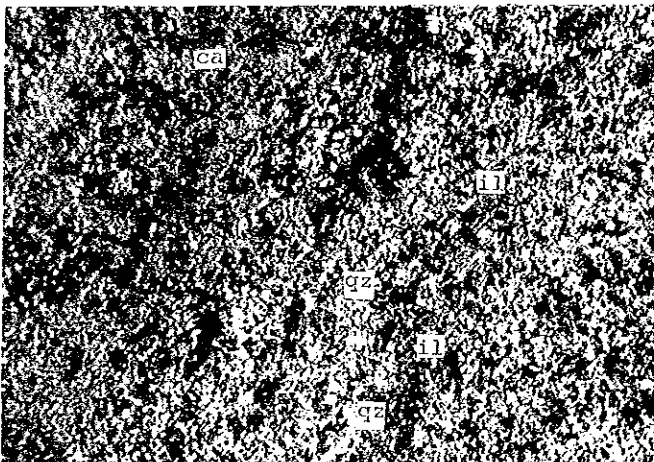
0 1 mm



(5) Sample No.: Gb-12 (Yu)
 Location: x=723.4 y=8311.8
 Rock name: Arkose sandstone
 Remarks: medium grained,
 qz > pl

crossed nicols

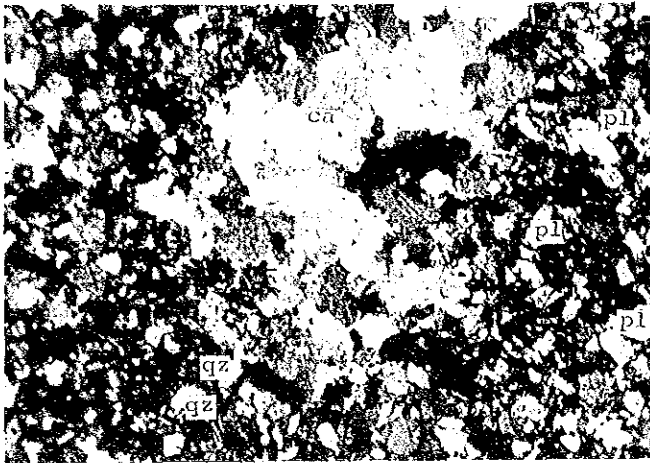
0 1 mm



(6) Sample No.: Be-2 (Mu)
 Location: x=760.4 y=8303.3
 Rock name: Marl
 Remarks: alternation of
 sandy shale and marl

crossed nicols

0 1 mm



(7) Sample No.: Ce-4 (Hc)
 Location: x=736.0 y=8324.2
 Rock name: Tuffaceous
 sandstone
 Remarks: grain...pl>qz>ca
 matrix...andesitic tuff

crossed nicols

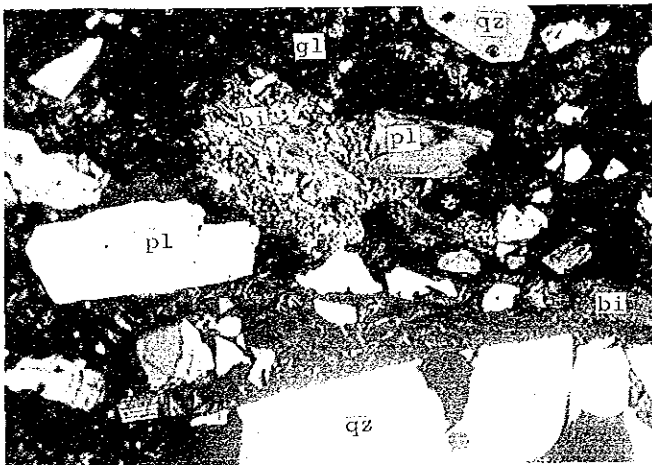
0 1 mm



(8) Sample No.: Bb-3 (Tc)
 Location: x=701.2 y=8306.2
 Rock name: Altered andesite
 Remarks: phenocryst...pl>px
 groundmass...ab,ca,ch
 (altered)

crossed nicols

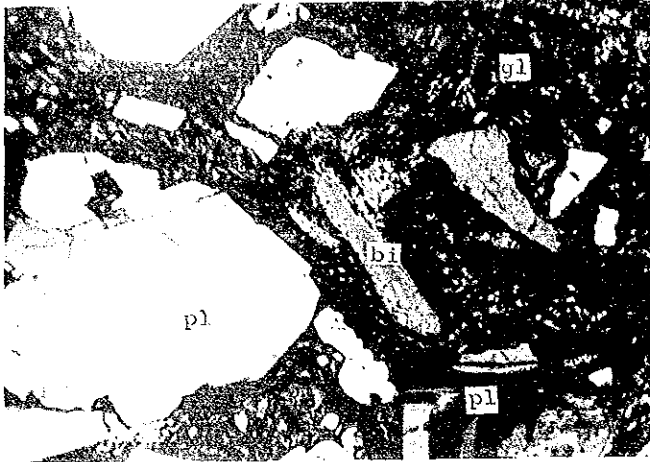
0 1 mm



(9) Sample No.: Gb-93 (A1)
 Location: x=688.5 y=8324.9
 Rock name: Phylolite
 Remarks: porphyritic, flow
 texture
 phenocryst...qz>pl>bi>hb
 groundmass...gl ≧ pl

crossed nicols

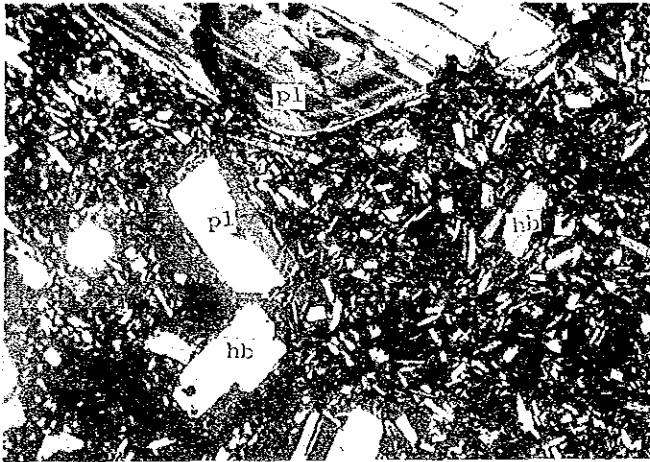
0 1 mm



(10) Sample No.: Ge-19 (Vse)
 Location: x=736.0 y=8305.2
 Rock name: Phylolite
 Remarks: porphyritic, flow texture
 phenocryst...pl > qz > hb > ag
 groundmass...gl > pl > qz

crossed nicols

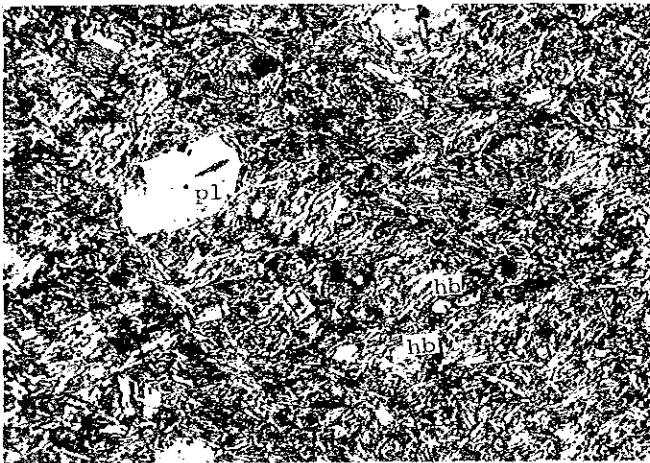
0 1 mm



(11) Sample No.: Gb-74 (Vb1)
 Location: x=748.6 y=8290.5
 Rock name: Hornblende-two-pyroxene andesite
 Remarks: porphyritic, hyalopilitic, fresh
 phenocryst...pl > hb > hy = ag > qz
 groundmass...gl > pl > hb
 ag = hy

crossed nicols

0 1 mm



(12) Sample No.: Af-1 (V1a)
 Location: x=678.1 y=8321.7
 Rock name: Hornblende andesite
 Remarks: porphyritic, hyalopilitic, flow texture
 phenocryst...ho > pl
 groundmass...gl > pl > hb

crossed nicols

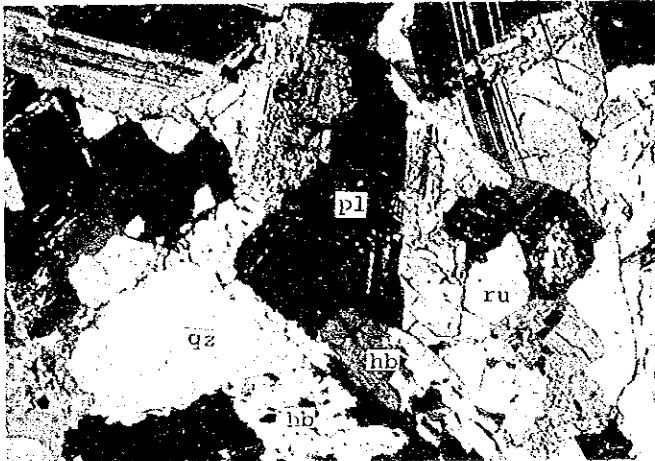
0 1 mm



(13) Sample No.: Gb-97 (Vm)
 Location: x=696.2 y=8332.4
 Rock name: Hornblende
 andesite
 Remarks: porphyritic,
 hyalopilitic flow texture
 phenocryst...hb>pl
 groundmass...gl>pl>hb

crossed nicols

0 1 mm



(14) Sample No.: Gb-32 (CB)
 Location: x=733.8 y=8285.5
 Rock name: Hornblende-
 biotite granodiorite
 Remarks: holocrystalline,
 equi-granular,
 pl>qz>or>hb>bi>ru

crossed nicols

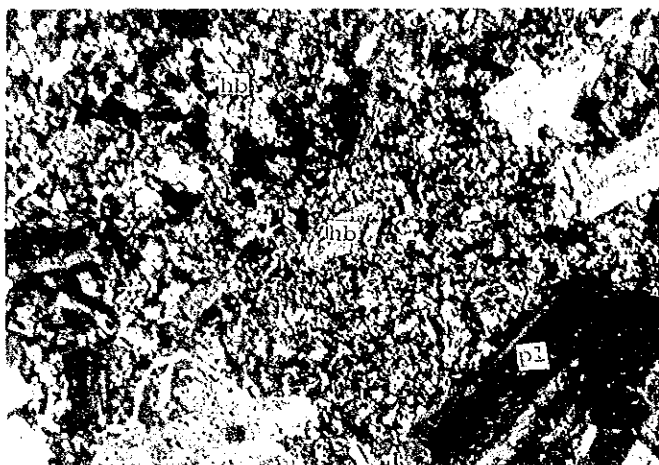
0 1 mm



(15) Sample No.: Ca-4 (Di)
 Location: x=740.3 y=8326.6
 Rock name: Quartz diorite
 Remarks: holocrystalline,
 equi-granular,
 pl>hb>qz>ag>ru

crossed nicols

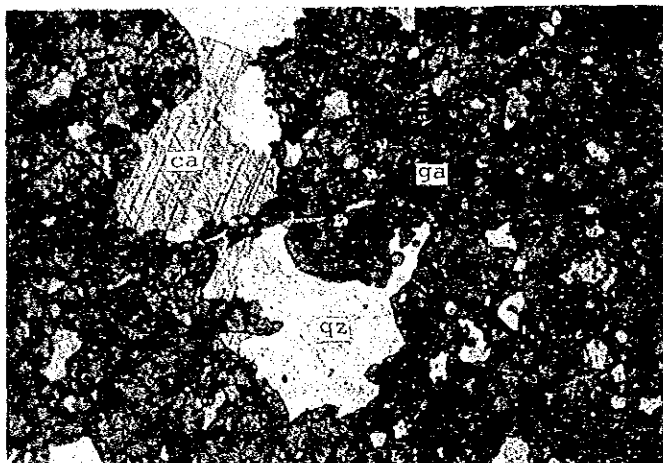
0 1 mm



(16) Sample No.: Gb-30 (An)
 Location: x=729.6 y=8321.4
 Rock name: Hornblende
 andesite
 Remarks: porphyritic,
 hyalopilitic
 phenocryst...pl>hb>>bi
 groundmass...pl lath, gl

crossed nicols

0 1 mm



(17) Sample No.: Bg-8T,X (Ar)
 Location: x=705.5 y=8309.9
 Rock name: Garnet Skarn
 Remarks: granoblastic
 texture
 ga>>ca>qz>ac>hm

open nicol

0 1 mm



(18) Sample No.: Gi-106 (Tc)
 Location: x=675.9 y=8294.5
 Rock name: Altered rock
 Remarks: strongly alteration
 al+qz+(kn)

crossed nicols

0 1 mm