

いる。

このような大構造にもなって生じたとみられる小褶曲構造がこれら堆積岩類中随所に観察される。

これらに比較して第三系中に顕著な構造運動の痕跡は認められない。

3-3-4 鉍 床

Pechuga 地区には、Bonanza 部落東方の Santa Elena 鉍山および Pechuga 部落北東の San Miguel 鉍山を含む 2 鉍化帯が主要なもので、このほか当地区の北央部やや東寄り付近にも弱い鉍化帯などが認められる。これらの鉍化帯は Las Trancas 累層および El Doctor 累層 (Kdf 部層) などの堆積岩類中に貫入した第三紀の閃緑岩類 (Tid1) や閃緑斑岩類 (Tidp) などと密接に関係している。鉍床はこれらの貫入岩類と堆積岩類の接触部およびその周辺において堆積岩類中に胚胎する高温交代型鉍床または熱水型鉍床である。これらの鉍化帯に対して、坑道開さくや露天掘りなどによって過去に探鉍や採掘が行なわれている。鉍石は鉛・亜鉛・銀などを主対象としたものと思われる。

Santa Elena 鉍山は、Bonanza 部落東方の東西約 1.5 Km・南北約 0.5 Km の区域に散在する通洞・立坑・露天採掘跡・探鉍跡を一括したもので、その主体は Bonanza 南東に位置する (PL. 3-3)。この付近には、Las Trancas 累層に属する堆積岩類と第三紀貫入岩類が分布する。堆積岩類は、暗灰色の中層理泥灰岩を挟む黒色ないし暗灰色の薄～中層理頁岩 (J1s) と暗緑色ないし淡黄褐色の凝灰質礫質砂岩 (J1c) からなり、これらは $N35^{\circ}\sim 45^{\circ}W \cdot 30^{\circ}\sim 50^{\circ}NW$ の一般走向・傾斜をもつが、局部的には褶曲して異なる走向・傾斜を示すことがある。第三紀貫入岩類は、閃緑斑岩質～石英斑岩質の半完晶質岩 (Tidp)・玄武岩 (Tiba) に分けられ、岩株状・岩脈状・岩床状に堆積岩を貫ぬいている。閃緑斑岩質貫入岩は、Bonanza 東方の山稜部から沢にいたる部分と Bonanza 南東方の山腹の採掘跡の 2ヶ所に分布する。前者は厚さ 10m・NW-S E 方向性・垂直の岩脈状および厚さ 15m・NE-SW 方向・ $36^{\circ}NW$ 傾斜の岩床状の 2 岩体、後者は厚さ 3m・EW 方向性・ $44^{\circ}NW$ 傾斜の岩床状、岩体からなる。この貫入岩は、最大 1cm 程度の自形斜長石 (および時に 5mm 大の石英) が細粒石基中に散在して斑状を呈するもので、有色鉍物として角閃石 (および黒雲母) を含む。Bonanza 南東方の山腹の採掘跡にみられる岩床状のものは、著しい珪化と変質をうけており、斑晶の斜長石は赤鉄鉍に汚染されて褐色を呈し、石基は珪化されて乳白色を呈する。この岩床はカスミ石を含む。玄武岩は、Bonanza 付近の斜面下部や、その東方約 0.75 Km の通洞付近に比較的広く分布する外は、1～5m 程度の幅 (厚さ) の岩脈・岩床である。暗灰色ないし淡緑色を呈し緻密堅硬で、多くの場合黄鉄鉍が鉍染している。

鉍化作用については採掘跡の大半が立ち入り不可能であり、また未鉍化母岩の残壁を残して

ほぼ終掘して、その詳細は不明であるが、残存する鉱石や坑道展開の状況から、石英・硫化物の組み合わせの熱水鉱脈型鉱床が主体であったと思われる。Bonanza 東南東約 0.4 Km の沢底付近からその東南東方の山腹にかけては、N80°E・40°~70°NW で厚さ 2 m の玄武岩岩床があり、この岩床沿いに通洞や探鉱跡が連なっている。最上部の通洞は錘押し状に約 500 m 掘進されて東側の入口に連絡している。この通洞産と思われる鉱石は石英と黄鉄鉱を主としている。その他の探掘跡では、褐色の酸化鉱物が散見されるものの、鉱化の状況を明らかにする初生鉱物は見当たらない。前述の通洞産鉱石試料と Bonanza 南東の稜線に位置する露天探掘跡の酸化鉱試料の化学分析結果は、0.28~0.47 g/t Au, 290~960 g/t Ag, 0.043~0.22% Cu, 0.11~1.75% Pb, 0.21~1.78% Zn を示し、Ag に富む傾向を示す (Table 3-3-1)。

Santa Elena 鉱山は、20 世紀前半頃までに最盛期を終ったものとみられ、Bonanza にある溶練所は崩壊したまま放置されている。その後は断続的に探鉱活動が続けられたらしく、1979 年には San Luis Potosi 州の Noranda 系 Las Cuevas, S.A. により、数地点で試錐探鉱が行なわれた。その結果の詳細は不明であるが、放置された岩芯の状況やその後の探鉱が中断していることからすると、見るべき成果はなかった模様である。

Table 3-3-1 Metal Contents of Ore Samples from the Santa Elena Mine, Bonanza

No.	Sample No.	Mine work	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
1	G 238M	open pit	0.28	290	0.043	0.11	0.21
2	G 239M	adit	0.47	960	0.22	1.75	1.78

San Miguel 鉱山は、本地区南央部・Pechuga 部落の北東約 800 m の山腹 (南斜面) に位置する。鉱山へ至るには、Pechuga 部落を通り北方へ通ずる車道に沿って約 1 Km 行った所から、東へ分岐して鉱山に向う 1.7 Km の鉱山道路があり坑口まで続いている。この鉱山道路は昨年度まで通行可能であったが、現在は崩落のために、四輪駆動車の通行も困難な状態である。

当鉱山は数 10 年前に小規模に探鉱されたと云われ、当時の探鉱跡は尾根付近に陥没した立坑跡、小規模な掘割、たぬき掘跡が、また、この尾根南斜面の 60 mL 旧坑および封鎖されている旧坑、沢沿いの標高 2,180 m 付近の露天掘跡などである。これらの他、60 mL 旧坑の下部探査として昨年度実施した 250 m の探鉱坑道 (120 mL) がある (PL.3-10 参照)。

鉱山付近の地質は、Las Trancas 累層の塊状石灰岩 (J11 部層) とこれを貫ぬく岩株状閃緑斑岩類 (Tidp) および小規模な流紋岩と玄武岩の岩脈からなる。塊状石灰岩は閃緑斑岩類の貫入によって熱変成作用を受け、全般に灰白色糖晶質石灰岩になっている。また貫入岩体との接触部周辺の数 m 間の石灰岩はスカルン化作用を受けている。スカルンは鏡下に、ゾイサイトの斑状変晶組織が認められ、構成鉱物はゾイサイト (0.8 mm)、方解石、緑泥石、緑簾石などで

ある。閃緑斑岩は当鉦山付近のものが最大で、幅200m×長さ800mの不規則楕円状で、NW-SEの方向に貫入しているが、坑口(60mL)付近の境界部は特に不規則な貫入形態をしている。本岩は灰褐色～褐色の色調を示す斑状完晶質岩で、鏡下に、構成鉱物は斜長石・石英・角閃石・黒雲母などであり、斑状結晶は1cm程度の自形斜長石である。本岩は部分的に強い変質を受けており、変質は斜長石斑晶の炭酸塩鉱物化、絹雲化および黒雲母の緑泥石化などで、一部に緑簾石・ゾイサイトの細脈が認められる。流紋岩と玄武岩の小岩脈は、当地区の堆積岩類と閃緑斑岩中に貫入しているが、流紋岩岩脈は閃緑斑岩中に多数貫入している。流紋岩は淡灰褐色で変質し、黄鉄鉱の鉱染が一部に認められる。鏡下に、斑晶は汚染された斜長石で、石基は完全に脱玻璃化作用を受けて、玉髓の密集組織を示している。玄武岩岩脈は暗灰緑色の色調を示すものが多いが、一部で粗粒玄武岩岩脈も認められる。

鉦床は閃緑岩類からやや離れた塊状石灰岩(J11部層)中に胚胎したレンズ状、鉱染状およびポケット状の高温交代型～熱水型鉦床と考えられる。

上部レベル(60mL)の水平坑道はN29°Eの方向に186mの立入坑道と、坑口から122m地点で北西に60m、南東に55mそれぞれ枝分かれする部分からなる(PL3-10参照)。坑内の地質は、坑口から10m間は再結晶した糖晶質灰白色石灰岩で、一部はスカン化作用を受けてゾイサイト・柘榴石スカンになっている。10m～30m間は変質した閃緑斑岩で、ここでは岩脈状に貫入している。30m～173m間は主として塊状石灰岩からなるが、51m～56m間に玄武岩岩脈、81m～84mおよび91m～94m間に白色流紋岩岩脈が貫入している。塊状石灰岩は暗灰色～灰色無層理の再結晶化石灰岩で、一部にゾイサイトや緑簾石を生じている。173mの所にN80°Wの走向で20°NEに傾斜する断層面があり、ここから引立までは断層粘土と破砕帯が続いている。したがってこの断層は大きいと考えられるが、断層が緩傾斜のため地表では確認されていない。鉦化帯は105mから125mまでの20m間で、塊状石灰岩中に発達した多数の小断層帯に沿って認められ、鉦石は断層破砕帯や粘土化帯中に鉱染状・レンズ状・ポケット状などの形態を示して濃集している。その規模は幅20mでNW-SE方向に70m連続するが、この北西延長には流紋岩岩脈があり、南東延長は尖波している。鉦化帯の中で最大のレンズ状鉦体は鍾幅1mで長さ6mのもので、他は小規模なレンズ状～ポケット状のものである。鉦染帯は幅30cm以下の膨縮を示し、一般に低品位なものである。

下部レベル(120mL)の水平坑道は、坑口から60mまで北方に進み、その後湾曲するがほぼN40°Eの方向に進み、上部レベル(60mL)の直下に達する全長250mの立入坑道である。坑内の地質は、坑口から100mまでは岩株状閃緑斑岩で、この奥引立(250m)までは塊状石灰岩(J11部層)を主体としており、一部で流紋岩と玄武岩の小岩脈に貫ぬかれている。閃緑斑岩は灰褐色の比較的新鮮な斑状完晶質岩である。塊状石灰岩は一般に暗灰色中層理で再結晶化作用を蒙っている。流紋岩は閃緑斑岩中に4箇所、石灰岩中に1箇所、玄武岩は閃緑斑岩中



に1箇所、閃緑斑岩と石灰岩との境界部に小規模に貫入している。塊状石灰岩と貫入岩の接触部付近の石灰岩側の1m間は、スカルン化作用を蒙っており、柘榴石を主体とするスカルン帯が生じている。鉍化帯は坑口から215m地点の塊状石灰岩中に認められ、ここではN20°E、40°NWの方向に流紋岩の小岩脈が貫入しており、この東側に沿った石灰岩中で幅30cmのポケット状～鉍染状の形態を示して胚胎している。この鉍化帯と上部の60mLの鉍化帯とは、鉍質と位置関係から一連のものと思われるが、この鉍化帯は貧弱で、両者が連続しているかどうかは明らかではない。

上部レベル(60mL)と下部レベル(120mL)の鉍化帯の鉍石鉍物は、閃亜鉛鉍・方鉛鉍・黄鉄鉍・黄銅鉍などが一般的で、一部に硫砒鉄鉍・斑銅鉍などが認められる。鏡下に、閃亜鉛鉍は双晶をなし、異方性が認められ、この中に黄銅鉍が散点状に包有されている(Apx. 11,14参照)。本鉍体の閃亜鉛鉍のX線マイクロアナライザーによる定性分析結果では、Zn・S・Fe・Mn・Cdなどが検出された(Apx.12参照)。二次鉍石鉍物としては孔雀石が認められる。脈石鉍物は、ゾイサイト・柘榴石・緑泥石・方解石などからなる。本鉍化帯の鉍石の化学分析結果は、Au 0.10～1.0 g/t, Ag 34～470 g/t, Cu 0.019～0.23%, Pb 0.43～19.6%, Zn 0.32～45.1%を示しており、Ag・Pb・Znに富む鉍化帯である(Table 3-3-2参照)。

Table 3-3-2 Metal Contents of Ore Samples from the San Miguel Mine and Its Surrounding, Pechuga

No.	Sample No.	Mine work	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
1	G 69M	60ML, San Miguel	0.30	35	0.029	2.15	12.5
2	G 71M	" "	0.92	41	0.23	0.43	0.55
3	G 82M	" "	0.09	150	0.019	5.44	2.86
4	G 84MR	" "	0.32	34	0.020	1.89	5.80
5	G 85M	" "	1.0	470	0.080	19.6	17.4
6	G 88M	" "	0.14	430	0.027	14.0	0.46
7	G 89M	" "	0.06	34	0.051	1.39	0.32
8	G 90M	" "	0.10	40	0.019	1.15	7.66
9	G 91M	" "	0.12	320	0.10	18.8	45.1
10	G 485MR	120ML, "	0.13	140	0.15	7.50	29.2
11	G 110M	sulfide showing	0.05	11	0.014	0.074	3.23
12	G 313M	iron-stained showing	0.18	2	0.001	0.012	0.067
13	J 110MX	leached showing	0.16	28	0.019	0.12	0.63
14	J 120M	oxidized showing	0.02	90	1.08	1.59	36.9

調査地区北央部やや東寄り付近の鉍化帯は、El Doctor 累層の黒色フリント挟在石灰岩部層(Kdf)とこれに貫入した閃緑岩類(Tidi)との接触部に胚胎する高温交代型鉍床である。当地区では貫入岩体によってKdf部層はわずかに再結晶化作用を蒙っているが、全般に熱変成作用は微弱と思われ、当地区にはスカルン帯が認められない。探鉍跡は閃緑岩類とKdf部層との接触部に沿って行なわれた8mの鍾押坑道(1)や堀割(2)などである。鉍化帯は最大鍾幅30cmのレンズ状酸化鉄濃集帯で連続性が認められない。鉍石鉍物は赤鉄鉍・褐鉄鉍などの酸化鉄鉍を主体とするが、詳細は不明である。

調査地区で河川堆積物による地化学探査が実施されたが、当地区では、Pechuga 部落の北西0.8km付近の沢中およびSan Miguel 鉍山北東1.5km付近で、鉛の弱い異常帯が認められるが、異常は散点的で小規模なものである。

3-3-5 今後の探鉍

Santa Elena 鉍山の鉍化帯に対する最近の探鉍は1979年の試錐探鉍で、その後の探鉍は中止になっている。今次調査においても、探鉍を行うべき鉍徴地は確認されていない。また河川堆積物による地化学探査の異常も認められないことから、本鉍体周辺地区にも鉍化帯が潜在する可能性が低いと判断される。

San Miguel 鉍山の鉍化帯は現在確認できる60mLのものが規模的に最大で、20m×70mの広がりをもつが、鉍石は断層破砕帯と粘土化帯に沿った部分だけで、鉍石は量的に少ない。また下部120mLでは鉍化帯は貧弱で、本鉍体がこれ以上大規模になる可能性は認められない。地表部の探鉍跡から推定して、当地区の鉍体は小規模でかつ散在しており、大規模な鉍化帯の潜在する可能性は低い。

これらの主鉍化帯以外の地区では、みるべき鉍化帯は認められない。地化学探査異常も弱く散点的なものである。

以上のことから本精査地区には、今後探鉍を実施すべき鉍化帯は認められない。

3-4 Providencia 地区

3-4-1 位置・交通・地形・植生

本地区は調査地域の南部に位置し、2 Kmの幅で5 Km北北西-南南東方向に伸長する矩形状の区域を占める。最寄りの集落は、地区西方の Santuario, 南方の Cardonal および南東方の Yonthe などである。

本地区周辺的主要道路は、Cardonalから発しSantuario を経て地区北西縁部を横断しながら Poterero に至る道路と、この道路からCardonal 北方約1 Kmの地点で北東に分岐しYonthe 付近を経てSan Andres (調査地域外)に達する道路である。地区北西側への進入は前者から分岐する小径によらねばならない。地区南東側へはYonthe 付近で後者から分岐しProvidencia 鉾山に至る道路を利用できるが、鉾山以北は徒歩道のみである。

本地区南端部にある一つの山頂が約2,710mの高さをもつ地区内の最高標高点であり、最低点との標高差は630mに達する。地区の大半は北北西-南南東に連続する山塊で占められ、一般に急峻な地形を呈する。特に山塊の上半部には $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の急斜面が発達し、南端部の山頂西側付近では高さ50m~60mの断崖もみられる。このような急峻地形は石灰岩の分布域に多い。一方、地区北東部および南西部の山麓には緩斜面の発達もみられるが、これは泥質岩の分布域に一致している。水系は、地区北西部において約100mの急崖を形成しながら東北東に流下するものが最も大きく、その他は小規模である。

植生は一般に密な松柏類からなるが、地区南西側山麓部より低地には比較的疎な松柏類および刺げのある灌木類の組み合わせに変わっている。

3-4-2 一般地質

本地区内の地質はジュラ系~白亜系堆積岩類と、これらを貫ぬく第三紀貫入岩類からなる。堆積岩類は、下位から順にLas Trancas 累層, El Doctor 累層(Kdl 部層・Kdf 部層)およびMendez 累層(Kms)よりなる。貫入岩類は、閃緑斑岩(Tidp), 安山岩(Tian) および流紋岩(Tirh)よりなり、これらの殆んどは小規模な岩脈状を呈する(PL. 3-4 参照)。

Las Trancas 累層(Jts)は、調査地全域においても最下位に位置する地層で、本地区付近では、ほぼNNW-SSW方向に伸長する西傾斜過褶曲背斜構造の芯部を構成しており、頁岩・石灰質頁岩(泥灰岩)・砂岩・石灰砂岩などの700m以上の累積が認められるが、本地区内ではその最上部の約200mの部分で地区南西縁の山麓部に分布するに過ぎない。この最上部は暗灰色薄層理~中層理頁岩(1~5cm)と暗灰色中層理石灰質頁岩(10cm±)を主とし、時に暗灰色中層理~厚層理泥質石灰岩(20~50cm)を挟む。薄層理頁岩は細かい縞状を呈し、部分的に千枚岩質となっている。随所で小褶曲構造が認められ、走向傾斜は多变的であるが、地層全体としては、ほぼ $N30^{\circ} \sim 35^{\circ}W \cdot 55^{\circ} \sim 65^{\circ}SW$ の走向傾斜で連続し、地区北西隅で北方に

小湾曲するためやや北北東に向きを変えている。

El Doctor 累層は下部の塊状石灰岩部層 (Kdl) と上部のフリント挟在石灰岩部層 (Kdf) に分けられる。塊状石灰岩部層 (Kdl) は、山塊西側斜面中部を構成して、下位の Las Trancas 累層に従って連続しており、層厚は約 250 m と見積られる。本部層は灰色ないし暗灰色の中～厚層理石灰岩 (30～50 cm) を主とするが、最下部では薄層理縞状頁岩 (3～5 cm) をはさむ。石灰岩の一部は二枚貝と巻貝の化石を含む。フリント挟在石灰岩部層 (Kdf) は、山塊の主体を占めて広い分布を示し、層厚は約 900 m と見込まれる。本部層は黒色フリント層 (1～5 cm) を互層状に挟む暗灰色中層理石灰岩 (5～30 cm) が主体であるが、最下部はやや泥質となり石灰岩は泥灰岩と呼ぶべきものが多く、黒色フリントもまれにレンズ状に認められるに過ぎなくなる。本部層分布域の各所で著しい褶曲構造が観察され、走向傾斜はその都度変化する。これら 2 部層からなる El Doctor 累層は、地区内の約 80% の面積を占めて、全体としてはほぼ $N30^{\circ}\sim 35^{\circ}W \cdot 55^{\circ}\sim 65^{\circ}SW$ の走向傾斜で連続している。

Mendez 累層 (Kms) は、本地区北東方に分布の主体があり、その全層厚は約 900 m と推定されているが、地区内ではその下半部の最大約 400 m の部分が地区北東側山麓部に細長く分布するに過ぎない。この下半部のうち、最下部の約 100 m は暗灰色中層理泥灰岩 (5～15 cm) と暗灰色ないし褐灰色薄層理縞状石灰質頁岩 (3～15 cm) の互層からなる。縞状石灰質頁岩は比較的堅硬で、薄く板状にはがれることが多く、まれに二枚貝化石を含む。この上位には暗灰色中～厚層理泥灰岩 (15～80 cm) と暗灰色中～厚層理頁岩 (15～100 cm) の互層が位置する。この部分の頁岩は、最下部のものほど石灰質ではないため軟弱で、風化面では層全体から小片状にくずれ易い。このためより風化に耐え得る泥灰岩層が突出し、頁岩層が凹んだ風化面が特徴的である。Mendez 累層は、下位の El Doctor 累層のフリント挟在石灰岩部層の延長方向に従って、全体としてはほぼ $N25^{\circ}\sim 30^{\circ}W \cdot 55^{\circ}\sim 65^{\circ}SW$ の走向傾斜で連続している。

これらの堆積岩類を貫ぬく貫入岩類のうち、閃緑斑岩 (Tidp) は、地区南東部山稜の鞍部に小規模に分布する。露出が少ないためその形態の詳細は不明であるが、この付近を通る断層の延長方向などから、ほぼ東西に伸長した岩脈と考えられる。この閃緑斑岩は、最大 1.5 cm (普通 3～8 mm) の褐鉄鉱に汚染された自形斜長石斑晶を特徴的に含む斑状完晶質岩で、他に石英および少量の微斜長石と黒雲母を含む。岩石名としては、石英が長石に次いで多くまたアルカリ長石が少ないことから花崗閃緑岩に相当するが、自形斜長石による特徴的な斑状構造から閃緑斑岩の一員とした。

安山岩 (Tian) は、地区北西隅部やその付近で地層の走向傾斜とほぼ一致して北北西あるいは北西方向に貫入した幅 1～5 m の小岩脈として認められることが多いが、一部では地層の走向と直交した北東方向の岩脈も存在する。非変質部は暗灰色であるが、多くは変質して灰緑色ないし淡灰色を示す。斑晶は 2 mm 以下の斜長石のみで、時に少量の石英を含む。石基は短冊状

斜長石とガラスからなりガラス基流晶質組織を示す。変質部のものでは、斜長石は方解石化が著しく、石基のガラスは緑泥石・方解石化している。また黄鉄鉱が鉄染する場合がしばしばある。この岩脈の一部には間粒状組織を示して玄武岩質と思われるものもある。

流紋岩 (Tirh) は、 $N20^{\circ}\sim 35^{\circ}W$ 方向に貫入した幅 10 m 以下の小岩脈として認められる例が多いが、地区南西部において最大幅約 160 m の本岩脈が西北西方向に延長しながら地区を横断している。この大規模岩脈は、地区外への延長部を合わせて、全体としては約 5 km にわたって連続するもので、その最大幅は約 250 m に達し、北西方向への分岐岩脈をもつ。小規模岩脈の流紋岩は、灰白色を呈しリソイダイト質で、1.5 mm 以下の斜長石と石英斑晶をわずかに含む。石基は著しく脱ハリしており、アメーバ状の石英がモルタル状に集合している。斑晶の斜長石は変質が著しく、また褐鉄鉱に汚染されて黄褐色を呈するものも多い。大規模岩脈の流紋岩もほぼ同様の岩質であるが、中心部のは斑状を呈し 2 mm 以下の溶融石英斑晶をやや多く含む。また斜長石斑晶に加えて、わずかなアルカリ長石 (アノソクレス?) 斑晶も認められる。石基は脱ハリして細かい玉髄質石英の集合体となっている。

本地区の随所で堆積岩類中に小褶曲構造が認められるが、これらは地区南西方に最下位地層である Las Trancas 累層を分布せしめた西傾斜過褶曲背斜構造の寄生褶曲構造と思われる。地区付近の地層は全体としては $N30^{\circ}\sim 35^{\circ}W \cdot 55^{\circ}\sim 65^{\circ}SW$ の一般走向傾斜をもって配列しており、西傾斜軸面をもつ過褶曲背斜構造の東翼部を形成している。この褶曲軸方向は、地区北西隅部で小湾曲するが、これは $N-S$ 方向の二次的規模の背斜構造の存在を示している。

地区南東部には、比較的規模の大きい断層があり、堆積岩類を分断している。この断層は地区外への延長も含めて全体としては $WNW-ESE$ 方向に連続する。垂直落差よりも水平転位量の大きい右横ずれ断層の性格をもつと思われる。

地区付近に認められる貫入岩類の貫入方向は、 $NNW\sim NW$ 系のものと $WNW\sim EW$ 系のものに分けられる。前者は堆積岩類の大まかな走向方向に一致し、後者はこの配列方向に斜交する断層系の存在を示しており、地区南東部を横断する比較的大規模な流紋岩岩脈はこの斜交断層系の代表である断層沿いに貫入している。

3-4-3 鉍 床

Providencia 鉍山とは、地区東央部の約 0.5×0.8 km の区域に散在する多くの採掘跡・探鉍跡を総称したもので、その主体は同鉍山に至る砂利道路終点西方の山腹に位置する (PL.3-11)。鉍床は El Doctor 累層のフリント挟在石灰岩部層 (Kdf) を母岩としており、採掘跡では、中層理石灰岩の層理沿いや裂か沿いに褐色酸化鉍が幅数 cm 以下の網脈として認められることが多いが、一部では幅 50 cm (最大肥大部は約 1 m) の酸化鉍の明瞭な鉍脈も存在する。また例はごくわずかであるが、方鉛鉍を含む石英細脈や不毛石英細脈も認められ、細脈の周囲は珪化して

いる。このようなことから、Providencia 鉱山における鉱床は熱水鉱脈型のものが主体と考えられる。細脈および鉱脈の方向性は多变的であり、かつ鉱化部の連続性が悪いため、鉱床賦存の傾向は不明瞭であるが、道路終点南西方の採掘跡がフリント挟在石灰岩部層の一般的走向方向（ほぼN35°W）に並んでいることは、この方向性が鉱化作用と何らかの関連をもつことを示している可能性がある。鉱石は一般に赤鉄鉱と針鉄鉱を主とした酸化鉱であるが、一部で方鉛鉱が残存する鉱石も認められる。採取試料の化学分析結果はPbあるいはZnを比較的多く含むものがあることを示し、これらの成分は炭酸塩鉱物その他の二次鉱物として酸化鉱中に含まれるものと思われる。鉱石10試料の分析結果は、0.01~0.94 g/t Au, 14~200 g/t Ag, 0.005~0.10% Cu, 0.02~7.03% Pb, 0.15~23.5% Znの品位を示し、PbあるいはZnを比較的多く含む傾向がうかがわれ、一部少量のAgを伴っている（Table 3-4-1）。

Table 3-4-1 Metal Contents of Ore Samples from the Providencia Mining Area

No.	Sample No.	Name of mine	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
1	K64M	(Providencia? float)	0.04	14	0.022	1.12	0.42
2	K66M	Providencia	0.94	53	0.006	4.78	3.96
3	K277M	»	0.09	24	0.005	4.00	1.38
4	K420M	(Providencia? float)	0.02	14	0.009	0.020	0.035
5	L315M	Providencia	0.01	80	0.023	1.81	10.1
6	L318M	»	0.01	150	0.014	0.52	23.5
7	L322M	»	0.24	200	0.10	7.03	0.15
8	L427M	»	<0.01	120	0.011	0.71	3.20
9	K197M	Unknown slag (float)	0.04	20	-	-	-
10	L444MTX	Black film-coated rhyolite	0.02	7	-	-	-

Providencia 鉱山付近以外では、山塊を挟んで反対側にあたる鉱山北側の沢中にも酸化鉱の転石（K64M, K420M）が認められ、この上流にも採掘跡あるいは鉱床露頭が存在すると思われるが、その位置は未確認である。また、鉱山西北西約1.6kmの川岸には溶練ガラミ（K197M）が認められるが、この産地は不明である。

3-4-4 今後の探鉱

今回の地質調査では、Providencia 鉱山とその北方に鉱化部が存在することが確認されたのみであるが、第四章で詳述するよう、河川堆積物による地化学探査では、全区域に顕著なPb異常が検出されている。この地化学探査結果に基づけばPb(-Zn-Ag)の鉱化作用はこの区域

全般に及んでいると考えられる。Providencia 鉱山周辺では鉱化作用に関連すると思われる火成岩は露出していないが、この南方約 1.5 km の山稜鞍部では閃緑斑岩が小岩脈状に認められる。この閃緑斑岩は、Pechuga 地区の San Miguel 鉱山や Santa Elena 鉱山の Pb-Zn(-Ag) 鉱化作用に関連したと思われる閃緑斑岩に酷似しており、本地区における鉱化作用もこの閃緑斑岩に関連するものかも知れない。今回の調査では、1ヶ所の小岩体のみが確認されたが、さらに Providencia 鉱山付近およびその南方にも分布すると予想される。今後この閃緑斑岩とその周囲における鉱化作用の性格および規模を明らかにするためのより精密な地表調査および土壌による地化学探査が必要と思われる。

3-5 San Clemente 地区

3-5-1 調査経緯

初年次の広域地質調査によって、本地区に分布するカリ流紋岩体中に興味ある金の鉱化作用が認められ、カリ流紋岩体およびその周辺が San Clemente 地区として今年次精密調査の対象地区として選定された。昨年度調査によれば、本地区にある San Severiano 金鉱山および周辺部において、通常金の鉱床にともなわれる、熱水変質作用、特に珪化作用、硫化鉱物の鉱染あるいは石英脈などは全く認められず、そのため、同鉱山の採掘場では、やや粘土化し節理あるいは割目の発達認められるものの、殆んど新鮮に見える岩石を無差別に鉱石として採掘している。金の賦存状態については、採掘場およびその周辺の同岩々屑からパンニングによって細粒な自然金を検出することはできたが、岩石中の初生の賦存状態を確認し得なかった。しかしながら、たまたま、同鉱山から 2 km 程東側に離れた場所の本岩試料 (K-Ar 年代決定用試料) あるいはその他の場所の試料を含めて合計 8 ケの岩石試料は、化学分析の結果、いずれも 0.11 g/t 以上の金含有量を示した (JICA and MMAJ, 1980)。地球上の通常の

岩石中の平均的金存在度は、	地殻	0.003 g/t
	花崗岩	0.002 "
	玄武岩	0.004 "
	頁岩	0.003 "

であって (Krauskopf, 1979; Rösler and Lange, 1972) いずれも 10^{-3} のオーダーである。この値に比較して、本流紋岩体の金含有量は地球化学的に異常に高い値である。

そのため本年次の調査は、具体的に金鉱化帯を探索する目的をもっており、東西幅約 2 km、南北延長約 5 km の広がりをもつ本流紋岩体とその周辺部に対する、(1)精密地質調査、(2)流紋岩の岩石試料による地化学探索 (Au, Ag 成分 379 試料、その内 45 試料は SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Total Fe, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, Cu, Pb, Zn 成分も併せて分析) を行なうことになった。

3-5-2 位置・交通・地形

本地区は、調査基地のある Ixmiquilpan 市の北北東約 21 km に位置し、その地形は中心部に流紋岩体をもって突出する独立山塊として特徴づけられる。最大標高は海拔 2,900m であるが、周辺部は大略、標高 2,200m 前後であり、山麓部が比較的ゆるやかなのに反し、尾根付近で急激に切り立つ地貌を示す。植生は、一般に灌木類および砂漠型耐乾性植物のまばらな分布がみられるに過ぎない。

最寄り部落としては、同山塊の東南山麓にある Santuario 部落および北西山麓より 1 km 西方の San Clemente 部落がある。Santuario 部落には、Ixmiquilpan 市より全天候型舗装道路により、約 20 km で Cardonal 村に至り、同所より砂利道約 5 km にて到着する。San Clemente 部落

には、前述の舗装道路を通り Ixmiquilpan 市より約 11 km の地点にある Olivo 部落付近で左折し、砂利道を北上すること約 10 km で到着する。なお、Santuario 部落行道路は大型トラックによる通行は可能であるが、San Clemente 方面行道路は、途中の Sruz 部落より道幅がせまくなり、急坂もある為大型車の進入は困難である。

3-5-3 一般地質

〔概要〕 南北方向に長径、東西方向に短径をもって楕円形を示し、中心部が突出している、一つの独立した山塊(San Clemente山塊と呼称する)である本地区の地質は、山塊の周縁部に分布する堆積岩類、これを買ぬく第三紀の小規模な貫入岩類、山塊の北側山麓緩斜面に主に分布する第三紀玄武岩溶岩と、これらを買ぬきあるいは被覆し、山塊の主体を占める流紋岩体で構成される(Fig.3-5-1およびPL.3-4, 3-6参照)。

〔堆積岩類〕

堆積岩類は下位よりLas Trancas累層(Jts), El Doctor累層(Kdf)およびMendez累層(Kms)よりなる。

Las Trancas累層(Jts)は、調査地東縁部において北北西-南南東方向に連続して分布するほか、調査地西縁部において2ヶ所の断続した分布を示す。その岩相は、薄層理の頁岩、石灰質頁岩および細粒砂岩の互層を生体とし泥灰岩を少量はさむ。なお本累層は既往調査(Segerstrom, 1962)によりSantuario累層と命名され、その時階はネオコム階に対比されているが、今次調査において、Las Trancas累層から産出した化石の時階はジュラ系最上部ティトン階から白亜系最下部ネオコム階に及ぶことが明らかたされ、地質構造上、本累層はLas Trancas累層の南方延長に相当するのでLas Trancas累層に含めたものである。

El Doctor累層(Kdf)は、調査地東部において南北方向に断続して2ヶ所、北西端に1ヶ所、南西部Fluoruros de Hidalgo 鉱山付近の計4ヶ所に主なる分布がある他、流紋岩体中に窓状あるいはペンダント状に小規模な露出がみられる。

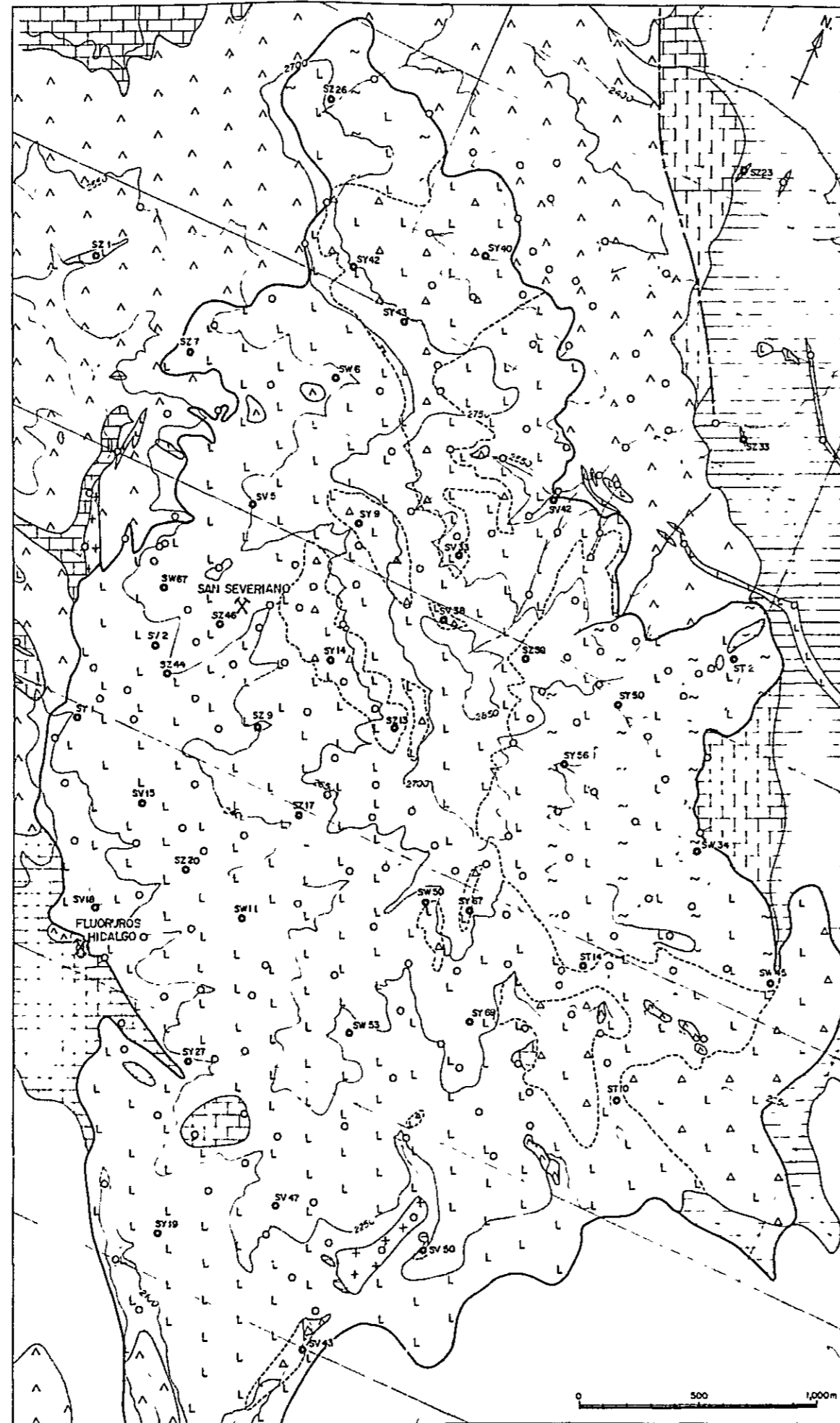
岩相は、黒色フリントと頁岩の薄層を挟む中層理石灰岩と泥灰岩を主体とし部分的に石灰砂岩を特徴的にもつものである。今次調査によって採取された大型化石および超微化石の鑑定結果にもとづき、本累層の堆積時期は中期オーブ期から中期チューロン期に対比されたので、前述のLas Trancas累層とは、堆積時階の不連続により、不整合の関係になるが、本地区東部および西部における両者の関係は、みかけ上整合的である。

〔火成岩類〕

(1) 閃緑岩(Tidi)

本岩は調査地南端部の流紋岩分布域の沢底および北西部の玄武岩分布域の沢底に、それぞれ窓状に小規模な露出をみせる。本岩は肉眼的に灰緑色を呈し、比較的細粒であるが、完晶質で角閃石、石英、斜長石の等粒状組織が観察される。鏡下では、斜長石は0.5mmの卓状、石英は他形で0.5mm前後を示し、角閃石は最大1mmに達するが殆んどが緑泥石に変質している。この他変質鉱物としてゾイサイト、緑簾石および方解石が観察され、一般に著しく変質作用を蒙っている。しかし本岩と接する流紋岩は新鮮であって同岩による影響を受けていない。本地区北方のPechuga地区あるいはEl Zapote地区にも同質の貫入岩類が分布しているので、これらと

Fig. 3-5-1 Geological Map of the San Clemente Area



LEGEND

- | | | |
|-------------------------|--|---|
| Quaternary | (QTeq) | Sand, silt and ash |
| | (Trny2-l) | Banded rhyolite lava |
| Tertiary volcanic rocks | (Trny2-1) | Rhyolitic tuff breccia |
| | (Trny2-c) | Compact rhyolite |
| | (Tba1) | Basalt lava and pyroclastic rocks |
| El Doctor Formation | (Kdf) | Alternation of limestone, marl calcarenite, shale and black flint |
| Los Trancos Formation | (Jts) | Shale calcareous shale, sandstone and marl |
| Intrusive rocks | | |
| | (Trn1) | Rhyolite dike |
| | (Tdi) | Diorite rock |
| ○ | Sampling point of rock for chemical analysis of Au and Ag. | |
| ● | Sampling point of rock for chemical analysis of Au, Ag, Cu, Pb, Zn, SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Total Fe, MgO, CaO, K ₂ O and Na ₂ O. | |
| ✕ | Mine site | |

同時期と考えれば、本地区の主体をなす火山活動（玄武岩および流紋岩）以前に貫入したものである。

(2) 玄武岩溶岩 (Tba 1)

調査地北半部において、San Clemente 山塊を縁取るように、馬蹄形状を示しながら大規模に分布するほか、調査地南端部および流紋岩体の南側末端部に小規模な分布もみられる。

したがって本岩は San Clemente 山塊の中心部を占める流紋岩体のまわりを取り囲んで、山麓部に分布していると云うことができる。

一般に暗灰色～暗灰緑色で、杏仁状構造をもつ溶岩流の岩相が卓越するが、自破砕状溶岩あるいは火山角礫岩の部分もしばしば観察される。これら溶岩流は、数枚の安山岩質火山礫凝灰岩および礫岩の薄層を挟んでいる。

鏡下では短冊状斜長石と石基による填間状組織が顕著に観察されるが有色鉱物は明らかではない。強い脱玻璃化作用および変質作用を蒙っており、殆んどが方解石、緑泥石、曹長石などになっている。また部分的に圧砕された形跡があり、その部分は曹長石－方解石に脈状に置換されている。

本岩と同質の玄武岩類は、本地区の北西方の Taxhai 部落付近および、さらにその北西方の Las Trancas 部落付近に断続した分布を示す。全域的に、ジュラ系～白亜系および第三系基底の El Morro 礫岩層を不整合に被覆し、本地区においては、流紋岩溶岩流に被覆され、一部では岩脈状流紋岩に貫ぬかれることから、本岩の活動時期は漸新世初期～中期と推定される。

(3) 流紋岩類 (Trhy 2)

本地区の中心部に突出して山塊を形成する流紋岩体は、岩相上、

- I) 流紋岩質凝灰角礫岩 (Trhy-t)
- II) 顕著な流理構造をもつ流紋岩溶岩 (Trhy-l)
- III) 溶岩円頂丘とみられる緻密質流紋岩 (Trhy-c)
- IV) 流紋岩々脈 (Tirh)

の4種類に分類される。これらは一連の火山活動の産物と考えられるが、後述するように、それらの化学組成は相互に若干異なり、それぞれの噴出時期に差のあることを示している。なお昨年度調査による本岩 (Trhy-l) の K-Ar 放射年代は 26.5 ± 1.3 Ma である。

I) 流紋岩質凝灰角礫岩 (Trhy-t)

San Clemente 山塊の北西側山腹、北部山麓、南東側山腹および南東山麓に断続した分布を示す。

一般に桃褐色～赤褐色を呈し、流紋岩質火山礫～角礫が不均質に同質凝灰岩に埋められたもので小量ではあるが、頁岩および玄武岩などの異質礫を含む部分もみられる。

鏡下では、多量の無色ガラス片と石英片、斜長石片、黒雲母片などが褐色ガラスからなる基



質に埋められた凝灰岩の構造が観察され、基質は脱玻璃化作用を受け、沸石、クリストバル石および玉髄などの微晶を形成している。その他僅かに安山岩片およびシルト岩片などが含まれるものもある。

地化学探査の際採取された本岩試料の内11試料について、金・銀など4成分のほかに、主要造岩成分の化学分析も行なった。本岩がやや不均質であることを反映して、化学組成にも多少のばらつきが認められるものの、それらの分析平均値 (Table 3-5-1 参照) は本岩がカリ流紋岩質であることを示している。

Table3-5-1 Average Chemical Composition
of
the San Clemente Rhyolitic Tuff Breccia

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Remarks
weight %	74.46	0.18	12.42	1.49	0.26	0.11	1.11	8.50	average value of 11 samples * Total Fe as FeO

本岩は山塊南東山麓ではジュラ系～白亜系に属する堆積岩類を、北部山麓では玄武岩溶岩をそれぞれ、直接被覆する。また、山塊中央部付近ではペンダント状に緻密質流紋岩 (Trhy-c) 上にのり、さらに、一部は流紋岩溶岩 (Trhy-l) に被覆される。

しかしながら後述する流紋岩各相の化学成分の比較検討結果によれば、本岩は流紋岩類の中で最も初期の活動により生じたものと理解される。したがって、最も初期に本岩を生じた噴出活動があり、引続いて溶岩流が溢流した。そして最後に溶岩円頂丘の形態をもつ緻密質流紋岩 (Trhy-c) の隆起上昇があったものと考えられる。

II) 流紋岩溶岩 (Trhy-l)

本岩は山塊中央部東側斜面および北部末端の2ヶ所に分布する。一般に灰赤紫褐色を呈し、やや多孔質で、顕著な流理構造が観察される。一部に自破碎状を呈する部分もみられる。寡斑品質の部分と斜長石および石英斑晶による斑状構造を明らかに観察し得る部分があり、全体にやや不均質である。

鏡下では、斑状構造を呈する部分の斜長石は最大3mmに達し、半自形～自形卓状であるが一般に変質しており、石英、曹長石微晶の集合に変わっている。1mm内外の融食石英も観察される。また少量であるが、0.5mm前後の黒雲母も存在する。

石基は淡褐色ガラスよりなるが、殆んど完全に脱玻璃化作用を蒙っており、玉髄・玉髄質石英およびクリストバル石の微晶集合に変化している。この場合しばしば、0.3mm前後の石英がボール状に集合して縫合組織を示す。しかし石基には顕著な筋状の流理組織が保存されている。

本岩から採取された8試料の主要造岩成分の化学分析結果によれば試料によってSiO₂含有量に差異がみられるが、それらの平均値は次のとおりである。

Table 3-5-2 Average Chemical Composition
of
the San Clemente Rhyolite Lava

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Remarks
weight %	73.85	0.21	12.82	1.81	0.15	0.08	0.42	7.87	average value of 8 samples * Total Fe as FeO

iii) 緻密質流紋岩 (Trhy-c)

既述の流紋岩質凝灰礫岩および同溶岩が San Clemente 山塊に断続して分布したのに比較して、本岩は同山塊の主体を占めて大規模に分布する。

一般に灰白色～淡桃灰色を示し堅硬緻密塊状である。しかし細かい割目の発達する部分では、割目に沿って酸化鉄の汚染がみられ、全体に灰褐色を呈する。

少量ではあるが、一般に石英の斑晶が観察されるほかに、部分的にカリ長石あるいは黒雲母の斑晶も認められる。石基は細粒緻密である。

鏡下では、斜長石・石英・カリ長石および黒雲母の斑状構造が明らかに認められる。斜長石は1mm前後のものが多く最大3mmに達する。集斑晶状を呈する場合もあり、一般に半自形～自形卓状で累帯構造は殆んど認められない。一般にAn15-30で灰曹長石である。部分的に変質作用を受け絹雲母に変わっているものもある。石英は融食されており、1mm前後のものを主とするが、最大5mmに達するものもみられる。前二者に比較してカリ長石および黒雲母は少量である。カリ長石はパーサイトで一般に1mm～2mmである。黒雲母は暗褐色～淡褐色の多色性を示し、しばしば結晶縁に不透明鉱物をもっている。最大1mmに達する。

石基は脱玻璃化作用を受け0.1mm前後の石英および斜長石のモルタル状～等粒状集合からなっており微小完品質である。

その化学組成は、既述の流紋岩質凝灰礫岩および同溶岩がやや不均質であったのに比較して、非常に均質である。本岩から採取された22試料の化学分析値の平均値は次のとおりである。

Table 3-5-3 Average Chemical Composition
of
the San Clemente Compact Rhyolite

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Remarks
weight %	75.77	0.09	12.85	1.17	0.12	0.16	3.47	4.28	average value of 22 samples *Total Fe as FeO

この化学組成を前述の凝灰角礫岩および溶岩のそれと比較すると、 SiO_2 および Na_2O が増加し K_2O が減少していることが理解される。これら化学組成の検討は次項で述べるので本項では省略する。

IV) 流紋岩岩脈 (Tirh)

本岩は San Clemente 山塊の北東方および北西方周辺において、Las Trancas 累層 (Jts) および玄武岩岩 (Tba1) 中に貫入する岩脈である。山塊北西方のものは、幅 17m 前後、延長 100 m ~ 300 m のレンズ状を示す 6 岩体が認められる。北東方周辺に分布する岩体のうち最大のものは、本地区東方約 4 km に位置する Providencia 地区から、延々と約 5 km にわたって連続してくるものである。この岩体は、本地区内において幅数 10 m をもって約 1 km WNW-ESE 方向に延長する主岩脈と、NNW-SSE 方向に延長する分岐岩脈に分かれる。分岐岩脈は幅約数 m であるが、延長は約 1.5 km に達する。これらの他、レンズ状小岩脈が 10 岩体程認められる。

本岩は一般に灰白色・細粒緻密な外観を呈するが、石英斑晶が認められる部分もある。鏡下では石英、斜長石およびカリ長石からなる斑晶と、完全に脱玻璃化作用を受け 0.1 mm 前後の玉髓～玉髓質石英の集合となった石基が観察される。その状況は前述の緻密質流紋岩と同様である。一般に前述の 3 相より斑晶に富んでいる。

本岩から採取された 2 試料の平均化学組成は次表のとおりである。

Table 3-5-4 Average Chemical Composition
of
the San Clemente Rhyolite Dike

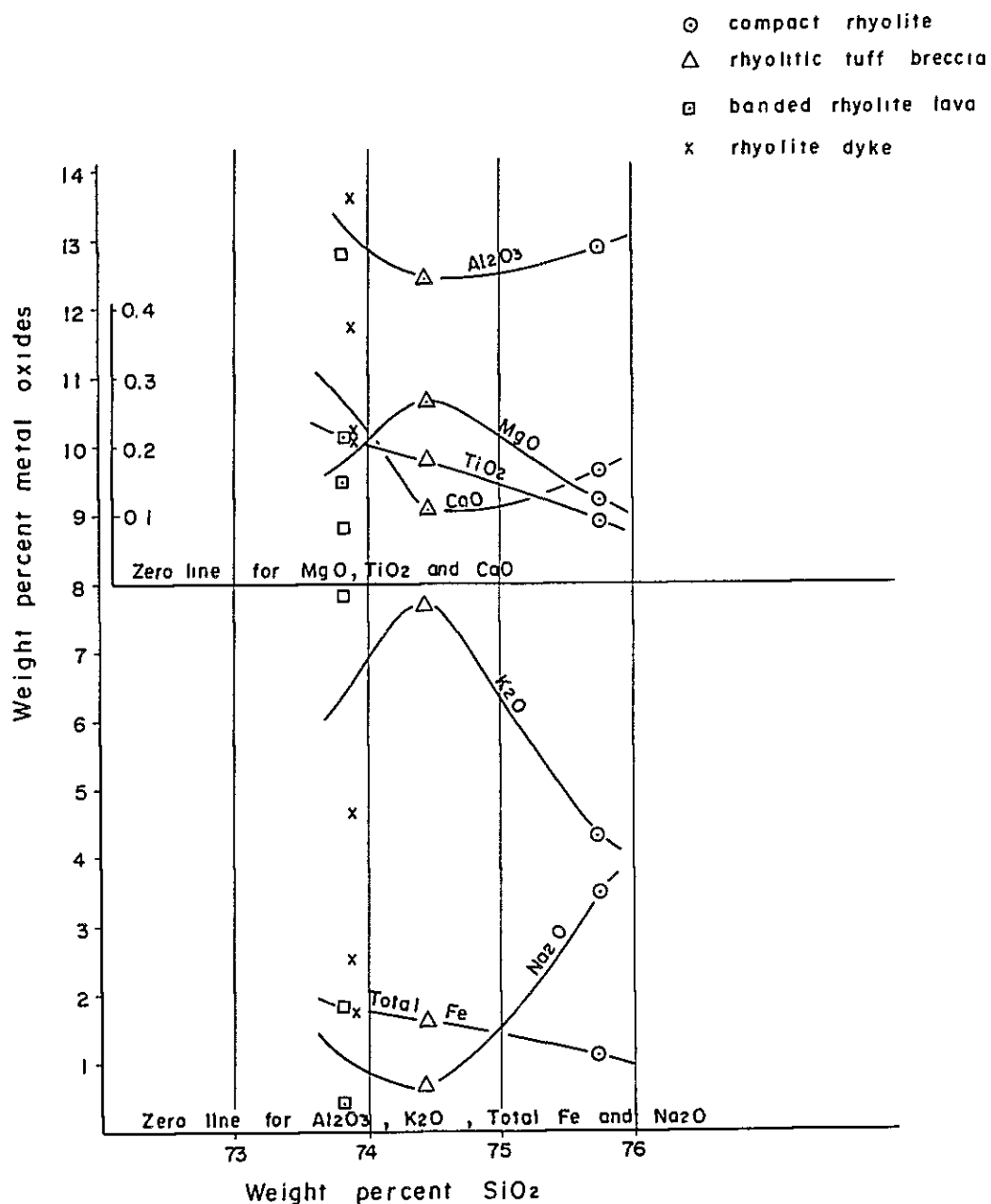
	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO^*	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Remarks
weight %	73.90	0.20	13.68	1.78	0.21	0.38	2.55	4.58	average value of 2 samples * Total Fe as FeO

3-5-4 流紋岩類の化学組成

4 種類の岩相に分けられる San Clemente 流紋岩類は、分布、産状および類似する鉱物組成から、一連の火山活動の産物と考えられる。しかしながら、既述したように、それぞれの平均化学組成は相互に若干異なっているばかりでなく、次に述べるように、43 試料それぞれの分析値も可成り変化する。Table 3-5-5 から明らかなように、殆んどその試料は 70% 以上 77% 前後の SiO_2 (重量パーセント) を含み、これを分化の進行尺度に用いると、本岩類を生じたマグマは分化の最晩期に近いものと考えられる。しかしこのような酸性火山岩類においても、 SiO_2 の増加にともなう他成分の変化傾向は、殆んどの成分について一般の分化岩系にみられるものと類似してはいるが、独特の挙動を示す成分もみられる。このような変化傾向はつぎのようにまとめられる (Fig. 3-5-2 参照)。

(1) TiO_2 および FeO (Total Fe) は SiO_2 の増加にともなって直線的に減少する。

Fig.3-5-2 Variation diagram for the San Clemente Rhyolitic Rocks by Their Average Chemical Compositions



- (2) MgOはSiO₂ 74.5%付近まで漸増するが、それより高SiO₂側に漸減する。
- (3) CaOはSiO₂ 74.5%付近まで急激に減少するが、それより高SiO₂側ではやや増加するものの、殆んど一定している。
- (4) Al₂O₃はSiO₂ 74.5%付近まで急激に減少するが、それより高SiO₂側ではやや増加するものの、殆んど一定している。
- (5) K₂OとNa₂Oは対称的に相反する挙動を示している。すなわち、SiO₂ 74.5%付近までは、K₂Oの増加にともなってNa₂Oは減少し、それより高SiO₂側ではこれとは逆に、K₂Oの急激な減少にともなってNa₂Oは急激に増加する。これは全アルカリ含有量が一定に近いことを示している (Fig. 3-5-3参照)。そして、このようなK₂OとNa₂O各成分の急激な変化とAl₂O₃成分の含有量があまり変化しない状況は、温度圧力条件の変化にともなって、当初カリ長石の晶出が卓越したが、分化の進行にともなって、曹長石またはNa成分にとむ斜長石が増加したことを暗示している。

以上各成分変化と各岩相の対応をみれば、緻密質岩相が最も高SiO₂側に位置しその他の岩相が低SiO₂側にあり、且つSiO₂の増加にともなってMgO、TiO₂およびTotal Feの減少がみられることから、本地区の流紋岩類は凝灰角礫岩および縞状溶岩2相の相前後した活動に始まり、その後緻密質流紋岩の活動によって終了したと考えられる。流紋岩々脈は、SiO₂含有量は前2者に類似しているが、K₂OおよびNa₂O含有量はむしろ後者に近いので、その活動時期は明らかにし得ない。

Fig. 3-5-3 K₂O-Na₂O Correlation Diagram for the San Clemente Rhyolitic Rocks by Their Average Chemical Compositions

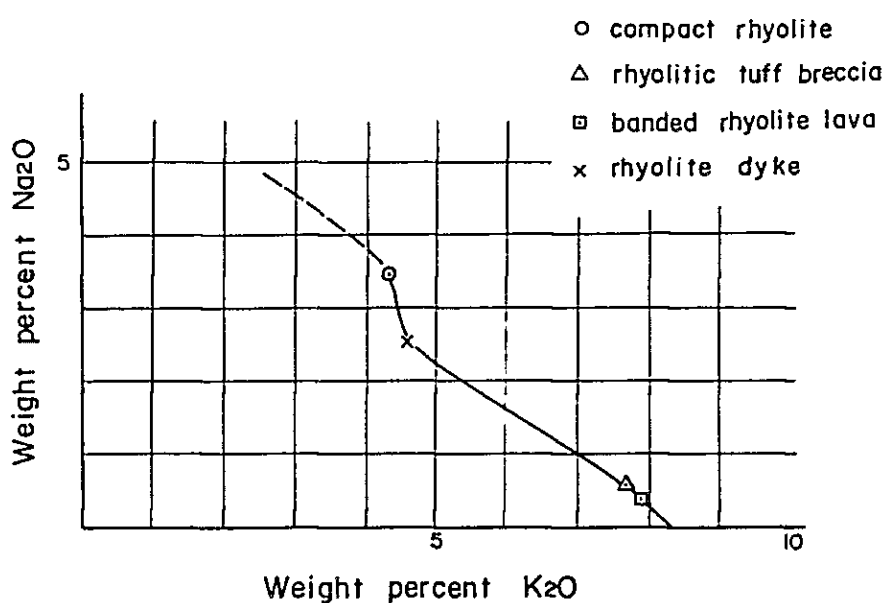


Table 3-5-5 Chemical Composition and Some Metal Contents of the San Clemente Rhyolitic Rocks

(compact rhyolite)													
Sp. No.	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	FeO* %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Au ppm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
SY-19	77.54	0.07	12.78	0.55	0.06	0.20	5.79	1.02	Tr	1.6	3	1.0	8
SY-27	76.87	0.08	13.21	0.70	0.12	0.14	6.03	0.86	Tr	1.1	5	16	40
SY-69	75.85	0.06	12.44	0.98	0.07	0.12	3.33	4.72	0.23	23.6	2	13	10
SY-01	75.72	0.07	12.36	1.47	0.09	0.20	3.73	4.82	Tr	4.1	8	20	25
SZ-07	74.52	0.16	14.97	1.05	0.08	0.05	0.15	3.95	Tr	152.9	<1	12	15
SZ-09	75.27	0.08	13.38	0.52	0.14	0.25	2.48	6.71	0.23	9.2	5	32	120
SZ-17	75.44	0.12	12.63	1.08	0.26	0.16	2.29	6.21	Tr	3.1	4	16	38
SZ-20	76.18	0.09	12.89	0.95	0.14	0.20	3.61	4.89	1.7	4.2	3	12	26
SZ-44	75.38	0.10	13.23	1.11	0.12	0.11	3.39	4.67	1.9	4.1	4	35	140
SZ-46	74.45	0.08	13.14	1.22	0.20	0.08	2.17	5.56	1.8	1.1	5	12	130
SV-02	75.75	0.06	12.77	1.17	0.11	0.16	3.92	4.47	0.81	1.0	9	40	80
SV-05	75.68	0.08	11.80	1.01	0.10	0.12	1.51	7.13	Tr	1.4	13	20	60
SV-15	75.83	0.06	12.64	1.16	0.06	0.25	4.03	4.91	Tr	28.4	5	21	45
SV-18	78.01	0.08	12.52	0.46	0.08	0.08	6.64	0.12	0.34	1.2	7	10	8
SV-42	73.27	0.09	15.46	1.00	0.17	0.25	7.66	0.77	0.11	28.4	4	6	5
SV-47	75.83	0.09	12.62	1.13	0.08	0.24	3.85	4.53	Tr	3.1	6	18	40
SW-06	76.39	0.09	12.40	0.41	0.14	0.07	2.94	4.99	1.7	3.5	5	18	22
SW-11	75.85	0.08	12.49	1.05	0.07	0.08	3.36	5.42	0.85	2.9	4	16	18
SW-50	75.20	0.04	12.91	1.02	0.06	0.08	2.67	6.13	0.25	66.7	4	19	28
SW-53	75.82	0.06	12.52	1.17	0.09	0.13	3.22	5.49	0.25	1.3	3	19	36
SW-67	79.25	0.05	9.36	3.56	0.06	0.10	0.10	1.51	1.9	4.1	110	920	98
ST-10	72.75	0.30	14.13	1.58	0.29	0.46	3.39	5.32	0.11	1.4	5	26	38
average	75.77	0.09	12.85	1.11	0.12	0.16	3.47	4.28	0.57	16.06	9.98	39.13	46.82
(rhyolitic tuff breccia)													
SY-09	75.57	0.08	12.26	0.95	0.05	0.07	0.44	8.95	Tr	0.8	22	140	100
SY-14	75.66	0.05	12.10	1.37	0.11	0.03	0.71	7.94	0.17	2.1	2	42	200
SY-67	75.71	0.11	12.04	1.40	0.09	0.07	1.15	7.88	0.35	12.5	3	22	30
SY-40	75.96	0.20	11.44	1.73	0.31	0.19	0.30	7.40	0.10	0.6	4	17	45
SY-42	68.56	0.36	14.26	2.58	1.18	0.23	0.28	4.40	Tr	2.0	7	11	48
SY-43	70.47	0.55	14.49	2.17	0.77	0.26	1.41	4.45	Tr	1.8	4	33	60
SZ-13	74.50	0.14	12.74	1.40	0.09	0.06	0.50	8.54	0.11	3.1	3	14	68
SV-33	76.13	0.05	11.88	1.04	0.02	0.04	0.24	8.94	Tr	2.2	4	35	32
SV-38	76.54	0.10	11.57	1.07	0.10	0.04	0.64	8.34	Tr	38.4	9	42	70
SV-43	74.24	0.25	11.92	1.68	0.04	0.15	0.17	8.87	0.11	6.4	15	40	12
SV-50	75.73	0.09	11.89	1.02	0.06	0.07	1.11	8.50	Tr	1.4	4	20	20
average	74.46	0.18	12.42	1.49	0.26	0.11	0.63	7.66	0.10	6.48	6.82	37.32	62.27
(banded rhyolite lava)													
SY-50	70.59	0.30	13.70	2.69	0.21	0.05	0.49	9.02	Tr	32.8	4	34	26
SY-56	72.34	0.29	14.39	1.47	0.09	0.05	0.34	8.95	Tr	3.8	5	31	62
SW-34	71.94	0.27	13.46	1.95	0.21	0.05	0.22	9.46	Tr	0.9	5	39	25
SW-45	73.10	0.24	12.31	2.50	0.15	0.12	0.72	8.83	Tr	0.9	4	30	32
ST-02	74.38	0.17	13.66	2.04	0.15	0.07	0.17	5.28	Tr	10.4	5	25	140
ST-14	76.41	0.06	11.94	1.17	0.07	0.06	0.37	8.00	Tr	30.4	5	18	30
SZ-26	76.53	0.16	11.42	1.42	0.31	0.16	0.70	4.92	0.16	1.4	4	24	55
SZ-39	75.47	0.22	11.65	1.46	0.03	0.04	0.32	8.47	1.2	1.1	3	26	25
average	73.85	0.21	12.82	1.81	0.15	0.08	0.42	7.87	0.21	10.2	4.38	28.53	49.58
(rhyolite dike)													
SZ-01	74.39	0.14	13.01	1.71	0.17	0.38	2.86	4.99	0.96	1.7	21	54	350
SZ-23	73.41	0.26	14.35	1.84	0.25	0.37	2.23	4.16	0.34	34.1	3	9	70
average	75.9	0.2	13.68	1.78	0.21	0.38	2.55	4.58	0.65	17.9	12	31.5	210

3-5-5 鉱 床

(1) 金の産状

通常の熱水型金鉱床において金を胚胎する、鉱脈あるいは珪化帯などは本地区にはみられない。本地区に分布する緻密質流紋岩々体の西央部において、時折小規模な探鉱活動を行なっている San Severiano 鉱山 (PL. 3-12 参照) の切羽では、ヘヤークラックがやや発達している同岩を無選別に採掘している。このような状況で金の自然の産状を観察するのは仲々困難なことであった。しかし今次調査の際、San Severiano 鉱山の採掘切羽およびその西方数ヶ所において流紋岩中に賦存する金粒を観察することができた。多くの場合金粒は、灰白色～淡灰褐色～淡桃灰白色の色調を呈する、新鮮な緻密質流紋岩を母岩とし、同岩中の微細な割目に沿って沈殿している、チョコレート色の赤鉄鉱皮膜上にある。その大きさは、通常0.1mm程度あるいはそれ以下であって、ルーベによって観察可能なものもある。その形状は表面がなめらかで、まるみをもっており不規則な粒状を示し結晶面は不明確である。色調は、通常の黄金色で、自然金を主体とするものと考えられる (後述する流紋岩中の金および銀含有量の対比結果により) が、今回 EPMA 分析の対象となった金粒はつぎのように、Ag を約 25 重量パーセント含んでおり、エレクトラムであった (Fig. 3-5-4, Table 3-5-6 参照)。

*Table 3-5-6 Assay Result of Gold Grain from the San Severiano Mine, San Clemente (by EPMA quantitative analysis)

	weight %	atomic %	weight %	atomic %	weight %	atomic %	weight %	atomic %
Au	73.72	61.54	74.05	61.86	74.29	61.96	74.25	61.93
Ag	25.23	38.46	25.00	38.14	24.98	38.04	25.00	38.07
total	98.95		99.04		99.28		99.26	

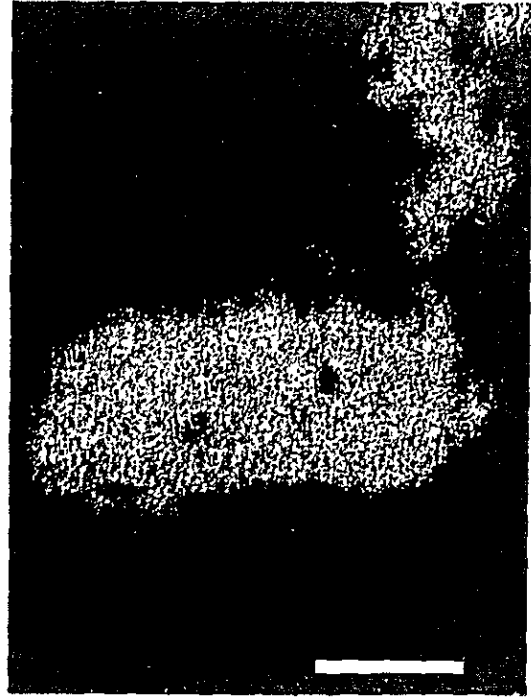
* 4 点測定

この他、San Severiano 鉱山の西方約 500m の地点において、微細な割目が発達しやや粘土化した部分の流紋岩から採取された試料 (SZ 89,90) はルーベによって観察可能な金粒を含んではいなかったが、分析結果は 3 g/t 以上の金品位を示し、金はより細かい微粒子として粘土の中に含まれていたものと推定される。また上記地点の南南東 150m の位置にある、幅約 20 cm の粘土化帯 (断層?) 中の厚さ数 mm の細脈状をなす珪質の部分からの試料 (SW 69) は金品位 4 g/t 以上を示したが金粒は確認されていない。

これらに示されるように、金の産状は緻密質流紋岩を母岩とし、(1)赤鉄鉱フィルム型、(2)粘土化帯型、(3)細脈型に大きく分けられるが、その殆んどは自然金またはエレクトラムの微粒子として存在しているものと考えられる。



SE



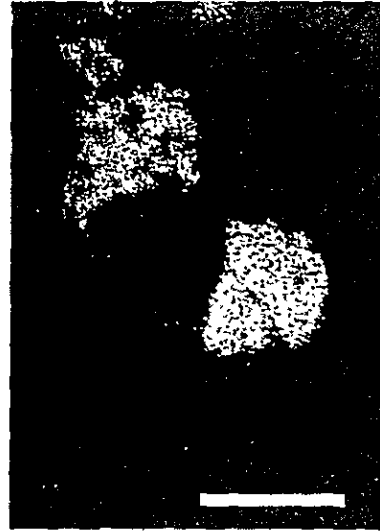
Au Mα



SE



Au Mα



Ag Lα

Fig. 3-5-4 Secondary Electron Images and Characteristic X-ray Images of Electrum Grains from the San Severiano Mine, San Clemente: bar scales show 40 μm .

(2) 流紋岩類の金・銀含有量

本地区にみられる金の鉱化作用は、主として流紋岩類中の微細な割目や、弱い粘土化帯などが一部にみられるものの、これらを地質調査のみによって判別するのは困難なことなので本次調査においては、流紋岩およびその周辺の岩類から岩石試料を採取し化学分析に供した(PL. 4-10, Fig. 3-5-1)。分析成分は379ヶの全試料についての金・銀と、その中の45試料についてCu・Pb・Znほか主要造岩8成分である。この分析結果にもとづき、本地区に分布する流紋岩類中の金・銀の分散を地化学的に解析し異常帯を検出することによって鉱化帯の分布を把握することを試みた。

岩石試料は、採取地点にある数ヶ所の岩石露頭からほぼ等量の小岩片を任意に採取して得られた。試料数の合計は379ヶであるが、この内232ヶは約13km²の広がりをもつ流紋岩類分布域内の沢に沿って約200m間隔で採取され、残りの147ヶがSan Severiano 鉱山およびその周辺からのものである。なお化学分析の際の金の検出限度は0.1ppmである。

化学分析の結果、379試料の内144試料から金が検出され、全体の62%に相当する235試料の含有量は検出限度以下であった。これらの全分析値を単純に算術平均して得られた平均値は次表に示したとおりである。(なお分析値一覧表はApx. 18, 19を参照)

Table 3-5-7 Arithmetic Mean of Au and Ag Contents of Rock Samples from the San Clemente Area

	No. of sample	Arithmetic mean (ppm)	Maximum	Minimum	Standard deviation
* Au	379	0.26	6.00	0.05	0.57
Ag	379	3.93	152.9	0.50	11.32

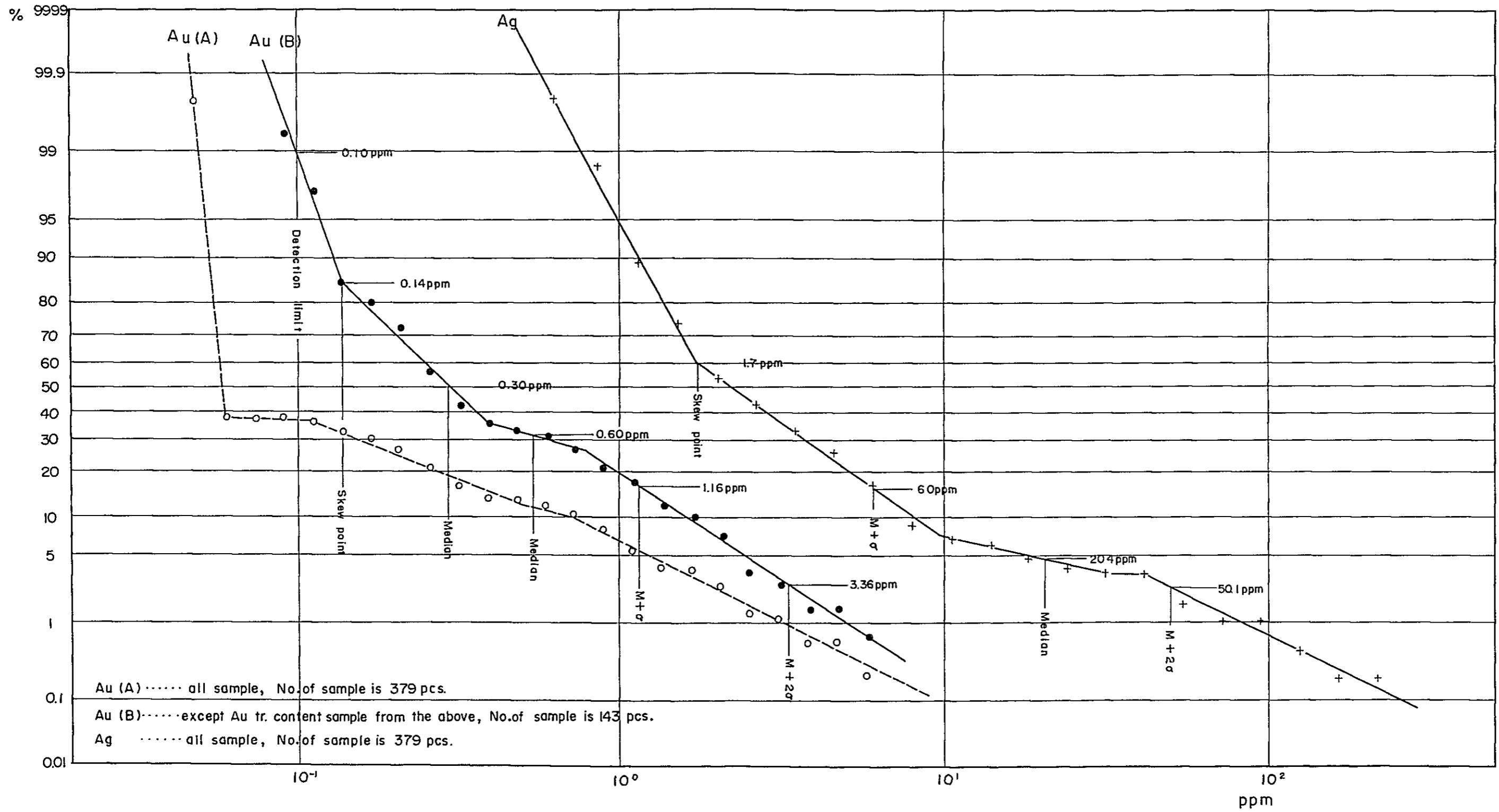
(* 分析値の中でTr.と表示されている試料は0.05ppmとして計算した)

(3) 金・銀分析値の統計処理

379試料から得られた分析値をLepeltier (1969)の方法によって統計処理し、つぎのような結果が得られた(Fig. 3-5-5 参照)。

[Au] まず全試料379ヶの分析値の中のAu成分について累積頻度分布図[Fig. 3-5-5 Au(A)]を作成した。この場合、検出限度以下の試料数が全体の62%に達するのでその全体に対する影響が強く、検出限度付近に後背値と異常値の分岐点があることが理解されるのみで、異常値側母集団の分布を明らかにし得ない。そこで、Auが検出限度以下の235試料を除き、残りの144試料の分析値を用いてその累積頻度分布図[Fig. 3-5-5 Au(B)]を作成した。その結果、Au含有量がTr.の試料を主体とする後背値側母集団とより高含量側母集団はAuが0.14ppmの点で分けられること。さらに、0.14ppmより高品位側の部分は、0.14ppmから

Fig. 3-5-5 Cumulative Frequency Distribution of Au and Ag Contents of Rock Samples from the San Clemente Area



0.60 ppmまでの部分と0.60 ppmより高品位側の、2つの異なった母集団の複合累積頻度分布であること、などが理解された。

[Ag] 全試料379ケの分析値を用いて累積頻度分布図[Fig.3-5-5 (Ag)]を作成し検討した。その分布は大きくみれば、低含量側母集団と高含量母集団からなり、両者は1.7 ppmの点で分けられる。高含量側母集団は、さらに204 ppmの点で2つに分けられる複合母集団であることが理解される。

(4) 異常値の決定

前節においては、試料分析値を対数変換し、AuおよびAgそれぞれの累積頻度分布図(Fig.3-5-5)を作成し、その図上で平均値(Mean)、折れ曲り点(skew point)、2つの母集団の中間値[Median(1)およびMedian(2)]、平均値+標準偏差(M+σ)、平均値+2標準偏差(M+2σ)を求めた。この結果を次表(Table 3-5-8)にまとめることができる。

Table3-5-8 Statistical Values of Au and Ag Contents of Rock Samples from the San Clemente Area (ppm)

	Min.	Skew point	Mean	Median(1)	M+σ	Median(2)	M+2σ	Max.
Au	0.10	0.14	0.30	0.60	1.16	-	3.36	6.00
Ag	0.5	1.7	(2.20)	-	6.0	20.4	50.1	152.9

これらの値を使用してつぎのように異常値および後背値を決めた。

[Au]	(Au ppm)	[Ag]	(Ag ppm)
A級異常値	M+σ 値 (1.16)	A級異常値	M+2σ 値 (50.1)
B級異常値	Mean 値 (0.30)	B級異常値	Median(2) 値 (20.4)
C級異常値	Min. 値 (0.10)	C級異常値	M+σ 値 (6.0)
D 後背値	(< 0.10)	D高後背値	Skew point 値 (1.7)
		E低後背値	(<1.7)

この階級分類によって、地化学異常分布図を全地区(Fig.3-5-6, 7 および, PL.4-19, 20, 21), および San Severiano 鉍山付近 (Fig.3-5-8, 9 および PL.4-22,23) に分けて作成した。

(5) Au-Ag 地化学異常帯の分布

[Au] (Fig.3-5-6, P L. 4-19 参照)

本地区西央部 San Severiano 鉍山鉍化帯を包含し、幅 300m で WNW 方向に 400m 延長する異常帯(W), その ESE 方向に 100m 離れた位置において、幅 200m で ESE 方向に約 400

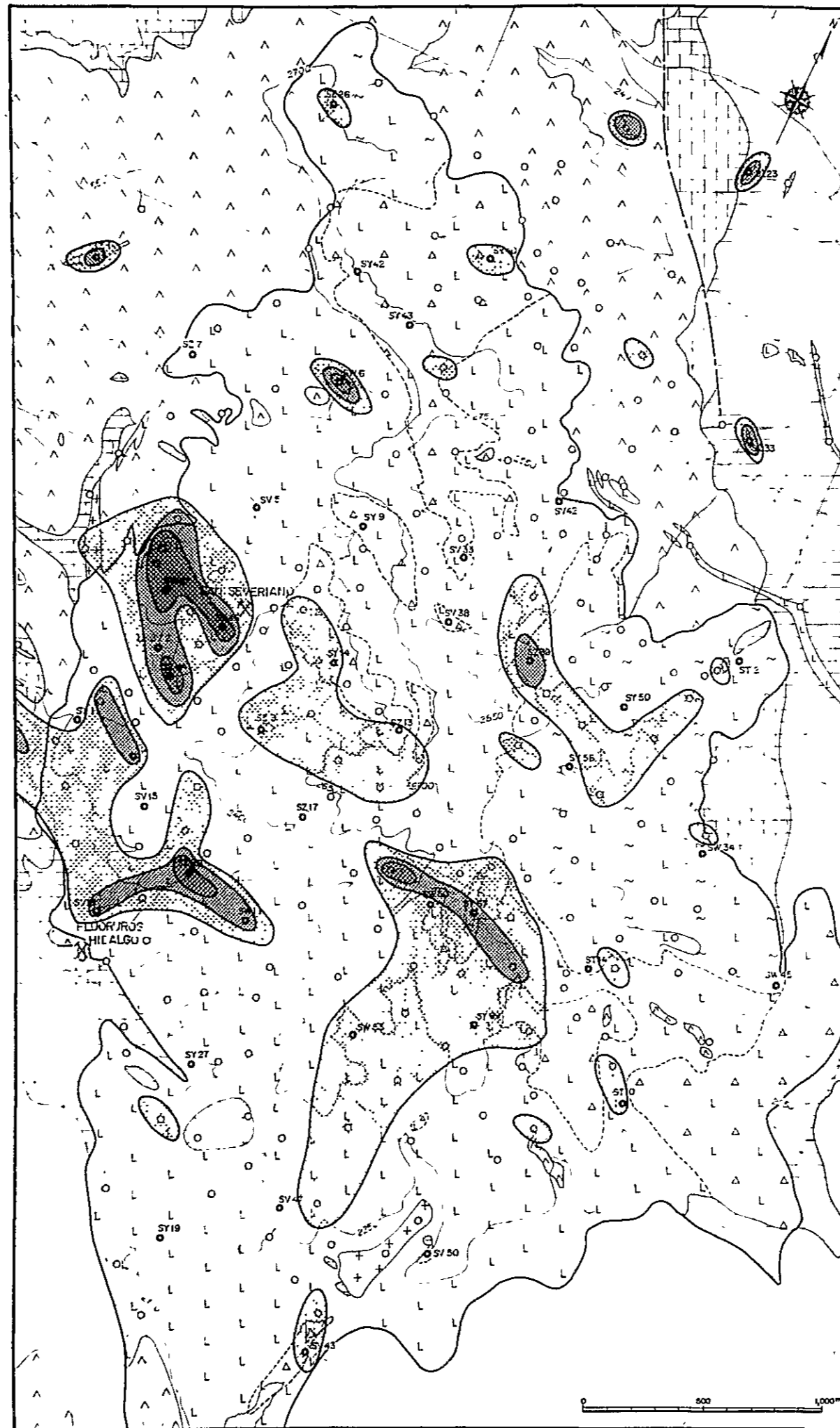
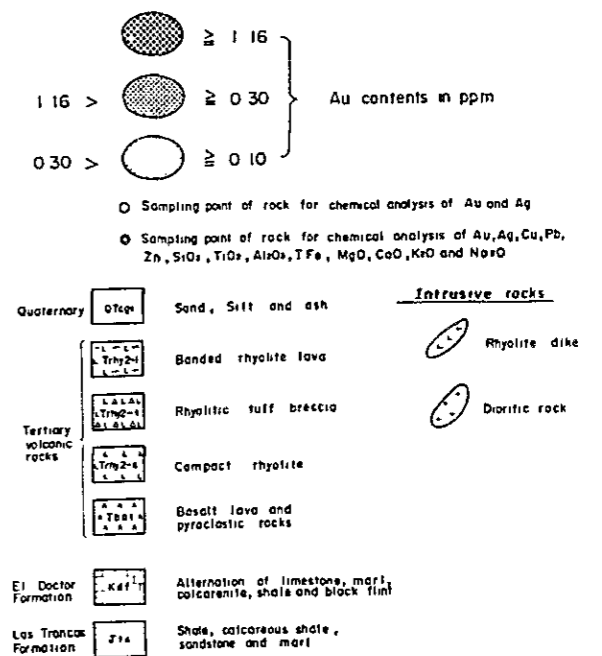


Fig 3-5-6 Geochemical Au - anomalies
of the San Clemente Area
(Rock Samples)

LEGEND



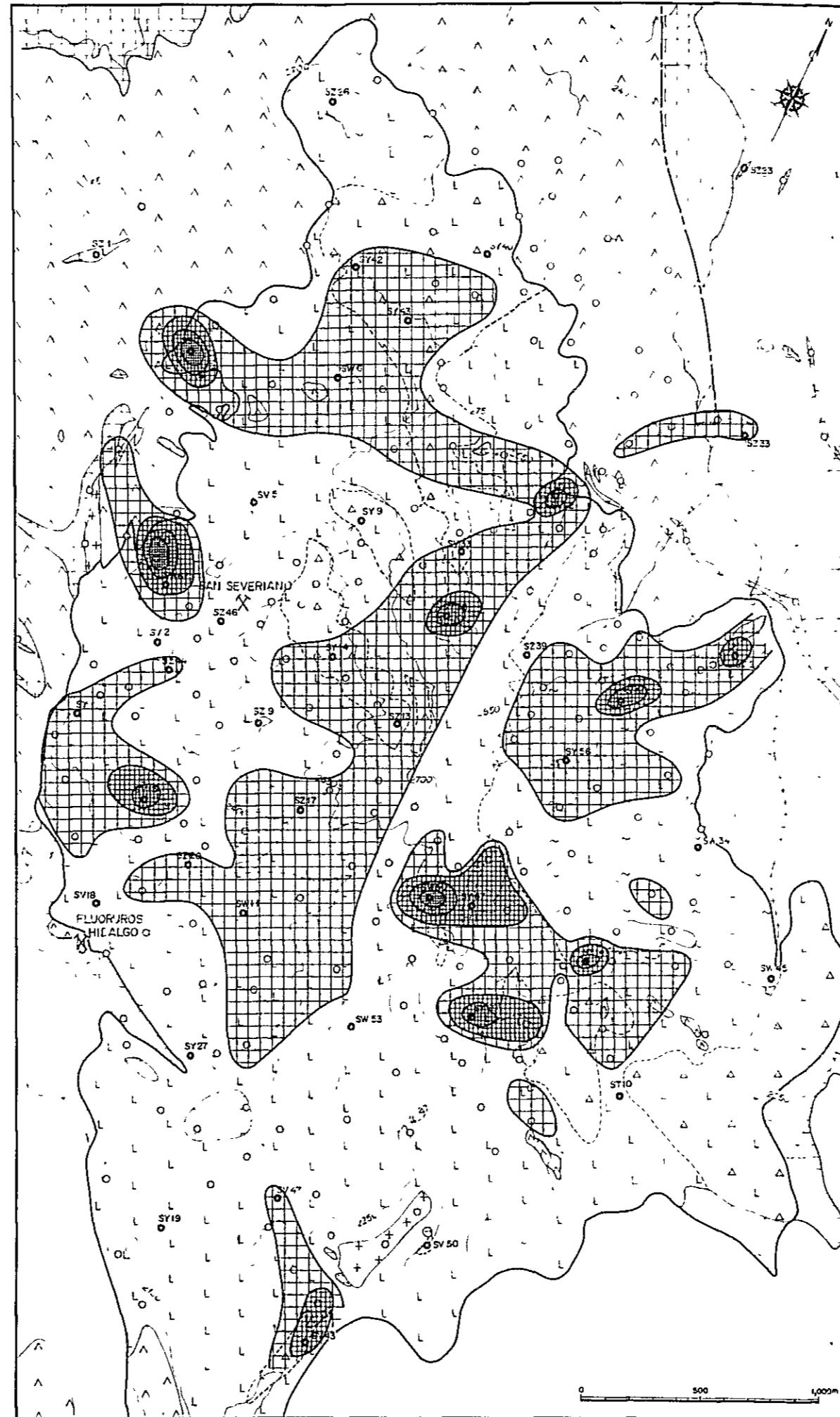


Fig 3-5-7 Geochemical Ag-anomalies
of the San Clemente Area
(Rock Samples)

LEGEND

- | | | | |
|-------------------------|--|---|------------------------|
| | | IV 50 1 | } Ag contents in ppm |
| 50 1 > | | IV 20 4 | |
| 20 4 > | | IV 6 0 | |
| 6 0 > | | IV 1 7 | |
| | | ○ Sampling point of rock for chemical analysis of Au and Ag | |
| | | ● Sampling point of rock for chemical analysis of Au, Ag, Cu, Pb, Zn, SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , T Fe, MgO, CaO, K ₂ O and Na ₂ O | |
| Quaternary | | Sand, silt and ash | Intrusive rocks |
| | | Banded rhyolite lava | |
| | | Rhyolitic tuff breccia | |
| Tertiary volcanic rocks | | Compact rhyolite | |
| | | Basalt lava and pyroclastic rocks | |
| El Doctor Formation | | Alternation of limestone, marl, calcarenite, shale and black lim | |
| Las Trancas Formation | | Shale, calcareous shale, sandstone and marl | |

m延長するC級の異常帯(B), さらにそのESE方向100mの位置において, ESE方向性の鉍化帯を含み幅約400m南北に約800m延長する異常帯(C)の3異常帯がWNW-ESEの方向性をもって断続配列する。そしてSan Severiano 鉍化帯の南方約400m付近にA級異常値を含む異常帯(D)がやはりWNW-ESEの方向性をもって分布する。これらの分布域はSan Clemente 山塊の西側山腹～山麓から南部稜線に相当し, 地質は緻密質流紋岩である。また中央東側山腹に1点のB級異常値を含む幅100m, 延長400m程度の異常帯(E)がある。これらの他約17ヶ所の異常が散在するが, その殆んどが1点によるものである。それらの中でB級の異常値を示すものは4点あり, それらは, San Clemente 山塊の北側周辺部において堆積岩あるいは玄武岩溶岩中に貫入している流紋岩々脈からの試料である。また1点異常であるが, 同山塊北西側山腹にA級の異常値が分布する。残りの12ヶ所の異常の中で, 2ヶ所は2点・10ヶ所は1点のC級による異常で地区内に散在している。

[Ag] (Fig.3-5-7, PL.4-20参照)

Agの地化学異常はAuに比較して散点的である。San Severiano 鉍山付近に分布し, A級異常値を2点含む, 150m×120mの広がりをおさめるもの(A)およびSan Clemente 山塊南部稜線から南東側斜面にかけて分布する独立した3点のA級異常値を含む異常帯(B)がややまとまっており, Auの異常帯にも重複し分布している。この他, 地区内に散点する7ヶ所の1点異常がある。この中で, 地区北西部にある1ヶ所の異常は全試料中最高のAg含有量(152.9ppm)を示すが1点異常である。その他のものはB級またはC級の異常値を含む1点異常である。

Agの異常帯はこのように散点的, 小規模であるが, これら異常帯を包含して大規模に分布する高後背値帯が特徴的である。一般的にみればAuとAgそれぞれの地化学異常の分布は不調和である。

(6) San Severiano 鉍化帯の状況 (Fig.3-5-8, 9およびPL.3-12, 4-20, 4-21参照)

San Clemente 地区全域に対する調査のほか, San Severiano 鉍山およびその周辺部の区域(約500m×500m)においては, 特に, 密度の高い試料採取を行って鉍化帯に対する地化学的解明を試みた。既述したように, 本区域から採取された試料数は147ヶであるが, これは鉍山南方のものを19ヶ含むので, これを除外し, ここでは128試料の分析結果を用いる。

ほぼ, San Clemente 流紋岩体の北西縁に位置する鉍山付近の地質は緻密質流紋岩からなる。

本岩は肉眼的に灰白色～淡桃灰色を呈し, 細粒緻密であるが, 部分的に石英および長石などの結晶も観察される。しかし長石類は殆んど粘土化し白色を呈している。本岩中には, 場所によって程度の差はあるが, 一般に細かい割目が観察される。それは大きくWNW-EWおよびNE系に分けられ, これら割目に沿って酸化鉄の皮膜状沈澱や汚染による変色がみられる。また割目系のよく発達する部分では弱い粘土化がみられ, やや軟弱化している。そしてこのよう

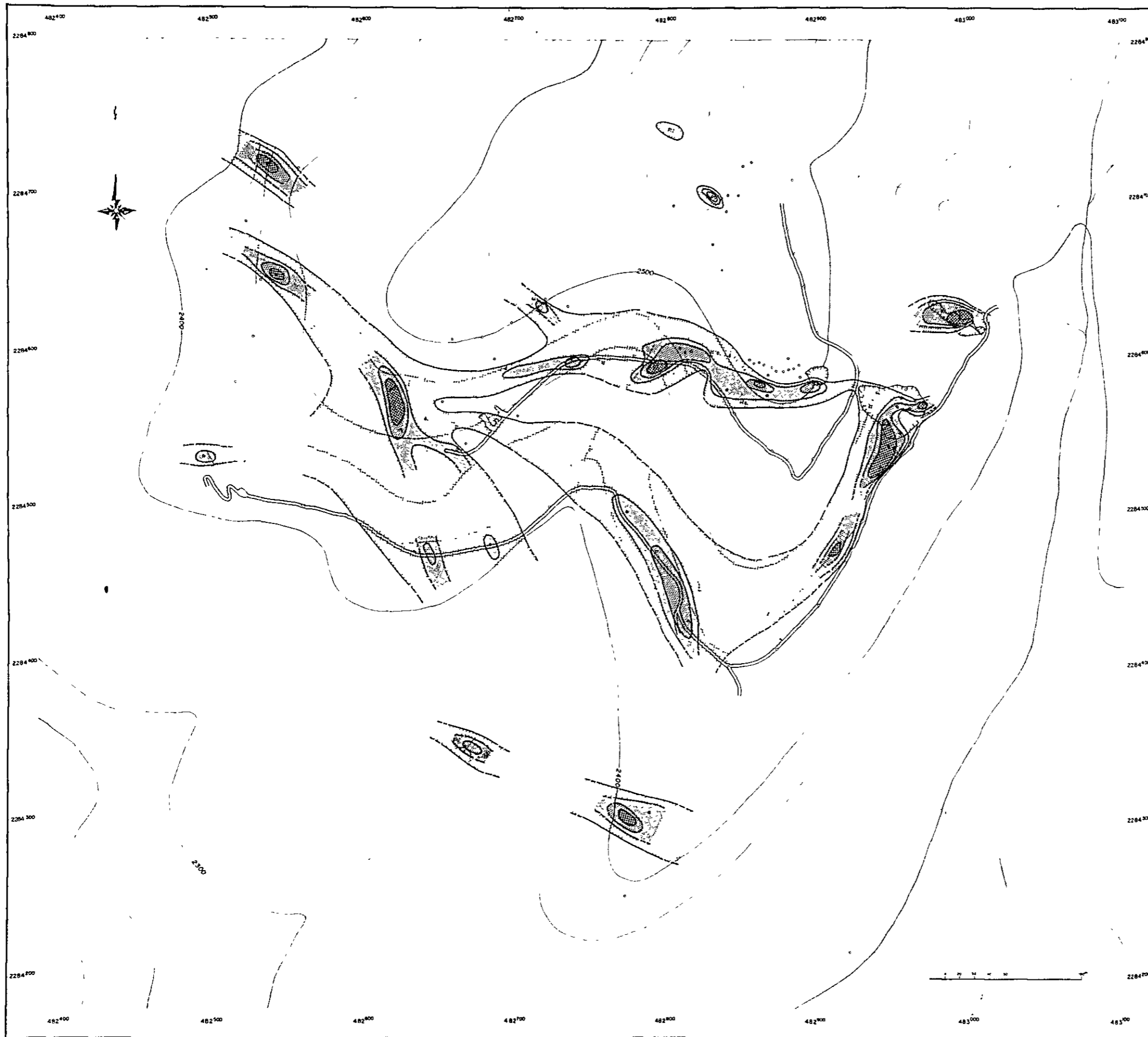
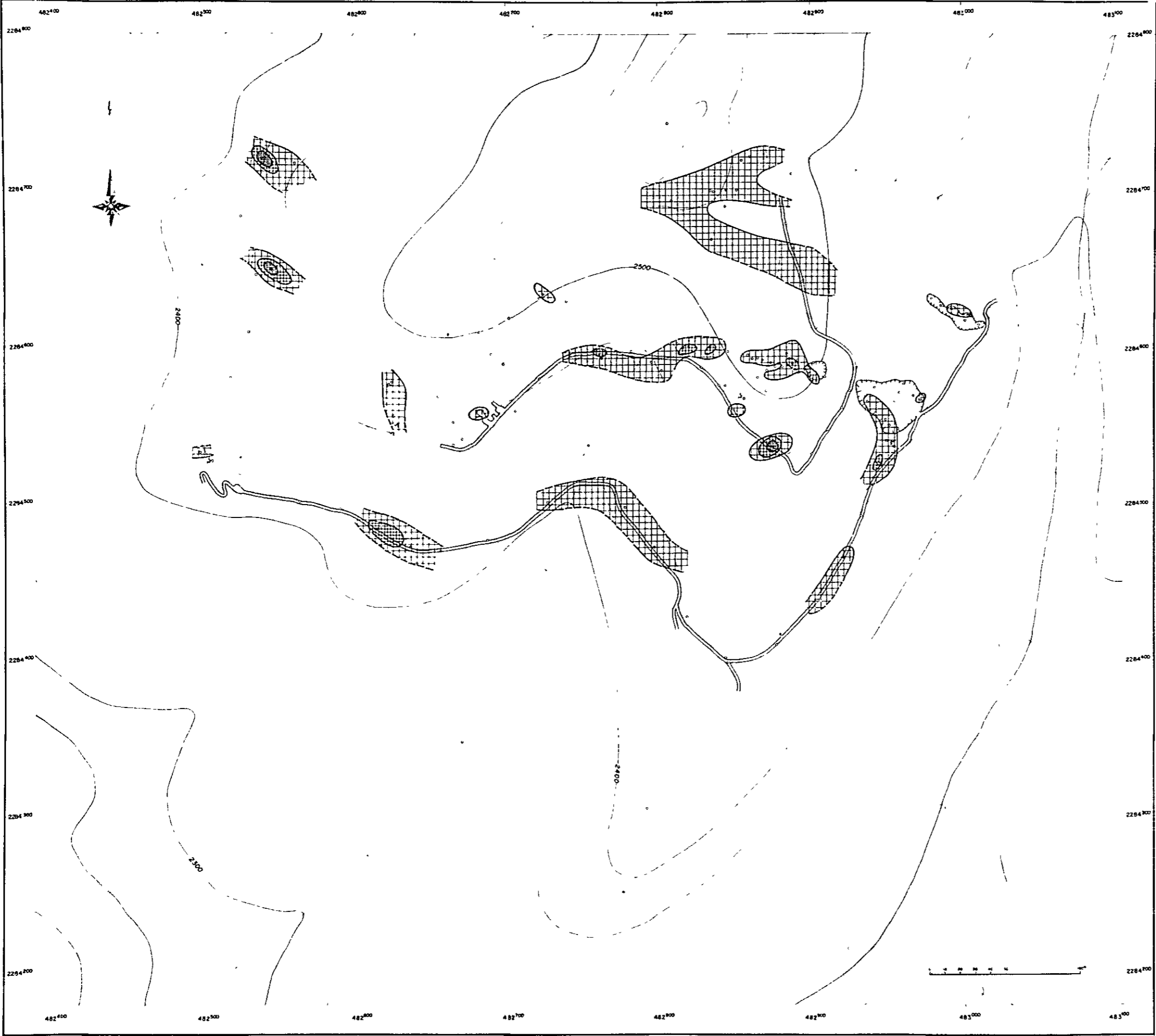


Fig 3-5-8
 Geochemical Au-anomalies of the San Severiano
 Mining Zone, San Clemente Area
 (Rock Samples)





LEGEND

Au contents in ppm	}	●	≥ 1.16
		▨	≥ 0.60
		▩	≥ 0.30
		○	≥ 0.14
		○	0.14 >

Fig 3-5-9
 Geochemical Ag-anomalies of the San Severiano
 Mining Zone, San Clemente Area
 (Rock Samples)



LEGEND

Ag contents in ppm	{		204
			60
			17
			

な部分では、まれに筋のような石英細脈がみられることもある。

このような、弱い変質作用をとともなり裂か系の発達は部分的であって、一定方向の連続はしない。しかし、大局的にみればそれらは、裂か系の方向性と同様な、WNW～EWおよびNEの方向に断続的に配列するものと考えられる。

今次調査に際し、分析用岩石試料の採取は採掘切羽・探鉱跡・切割りなどを重点的な対象として行なったために、多少試料採取位置が片寄り、全区域から均等には採取されなかったが、Fig.3-5-8, 9にみられるように、大まかな、つぎのような鉍化帯の規模や分布の方向性などが明らかになった。すなわち、Au 0.6 ppm およびそれより高品位の値を含む単位鉍化帯の規模は幅20m前後で延長50m～60mのものを主とする。このような単位鉍化帯の延長方向（長軸の方向）および配列方向は、裂か系にみられた方向と同様に、WNW～EWおよびNEの2系統に分けられる。

このようなAuの鉍化帯の分布に比較してAgのB級以上の地化学異常は小規模かつ散点的であるが、大局的にみれば分布および方向性の点でAuと調和的である。

(7) 鉍化流紋岩の化学組成

4相に分けられる流紋岩類の平均化学組成については、既に3-5-3節および3-5-4節で述べた。本節では、化学組成平均値の計算に用いられた43試料個々について、その化学組成と金含有量の関係について変化図〔Fig.3-5-10 (1)～(8)〕を用いて検討した。その結果はつぎのようにまとめられる。

i) 岩相別合金試料数 (Table 3-5-5 Chemical Composition and Some Metal Contents of the San Clemente Rhyolitic Rocks 参照)

緻密質流紋岩	に属する試料	……………	14 試料,	平均含有量	0.87 (ppm)
流紋岩質凝灰角礫岩	に属する試料	……………	5 試料,	"	0.17
縞状流紋岩溶岩	に属する試料	……………	2 試料,	"	0.68
流紋岩々脈	に属する試料	……………	2 試料,	"	0.65

これは、前節で述べたように、主要な金の地化学異常帯あるいは鉍化帯が緻密質流紋岩上に分布することを反映した数字である。ただ注目すべきは岩脈からの2試料がいずれも金を含んでいたことである。

ii) 鉍化試料のSiO₂成分

鉍化試料のSiO₂含有量は73.41～78.01重量パーセントであるが、その大多数はSiO₂74.4%から76.4%の間に集中しており、この中には金含有量0.5 ppm以上の試料がすべて含まれる。

iii) 鉍化試料のその他の造岩成分

Al₂O₃, TiO₂, MgO, CaOおよびTotal Feなどの含有量について、合金試料は有意

Fig.3-5-10 Variation Diagram for the San Clemente Rhyolitic Rocks
 (weight percent SiO₂—weight percent Al₂O₃,TiO₂,MgO,
 CaO, T.Fe , K₂O , Na₂O)

(a) ○ compact rhyolite	x ● ▲ ■ ≧ 0.5
(b) △ rhyolitic tuff breccia	○ 5 > x ○ △ □ ≧ 0.2
(c) □ banded rhyolite lava	Au contents in ppm
x rhyolite dyke	

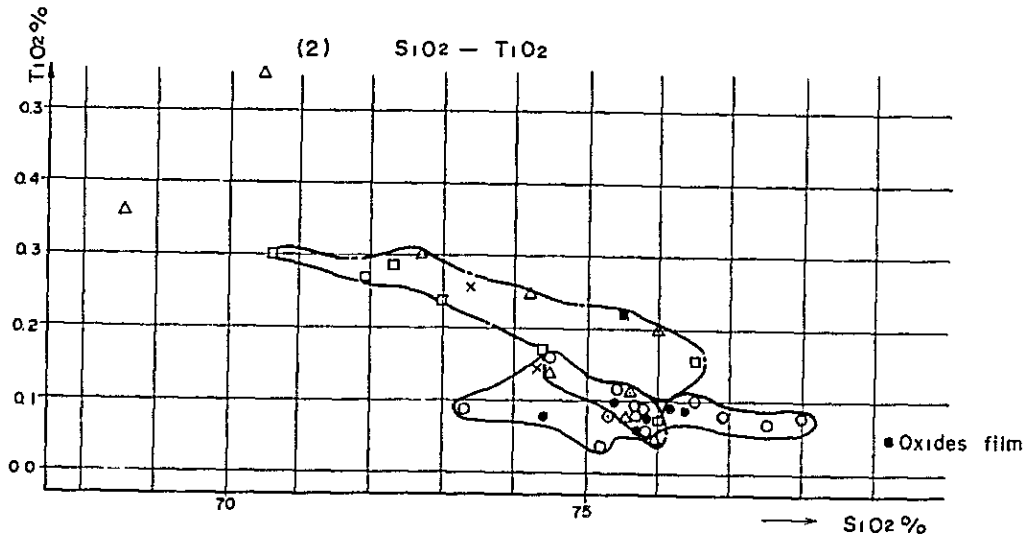
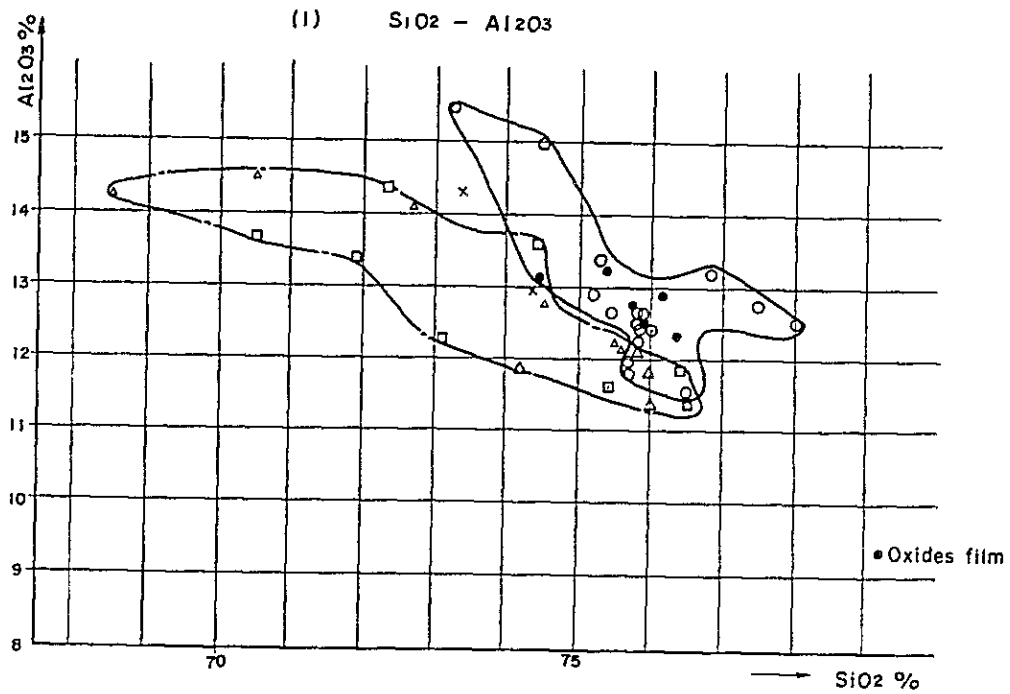


Fig.3-5-10 Continued

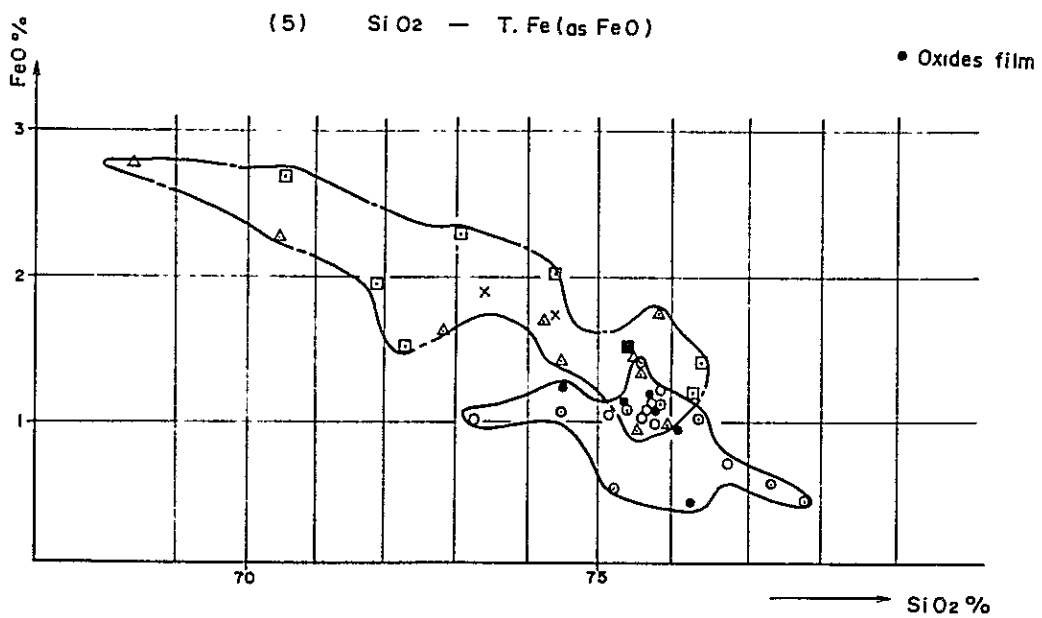
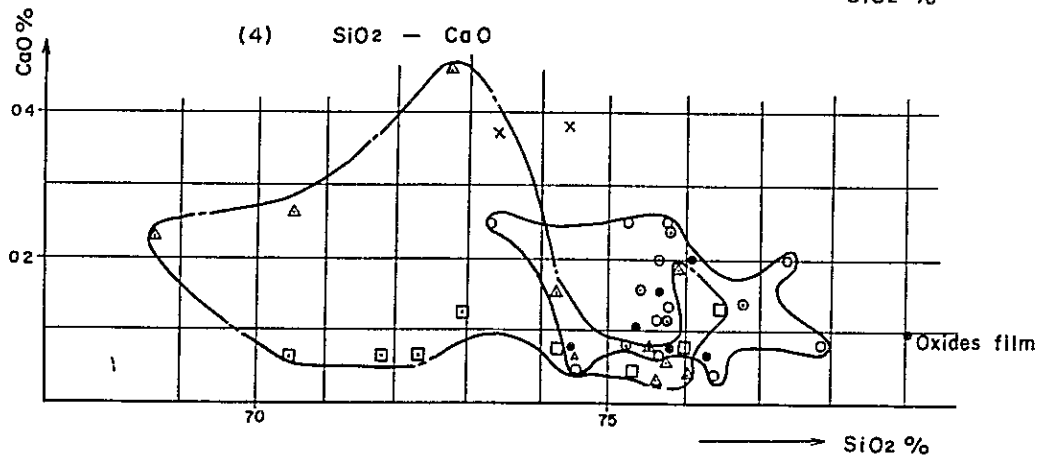
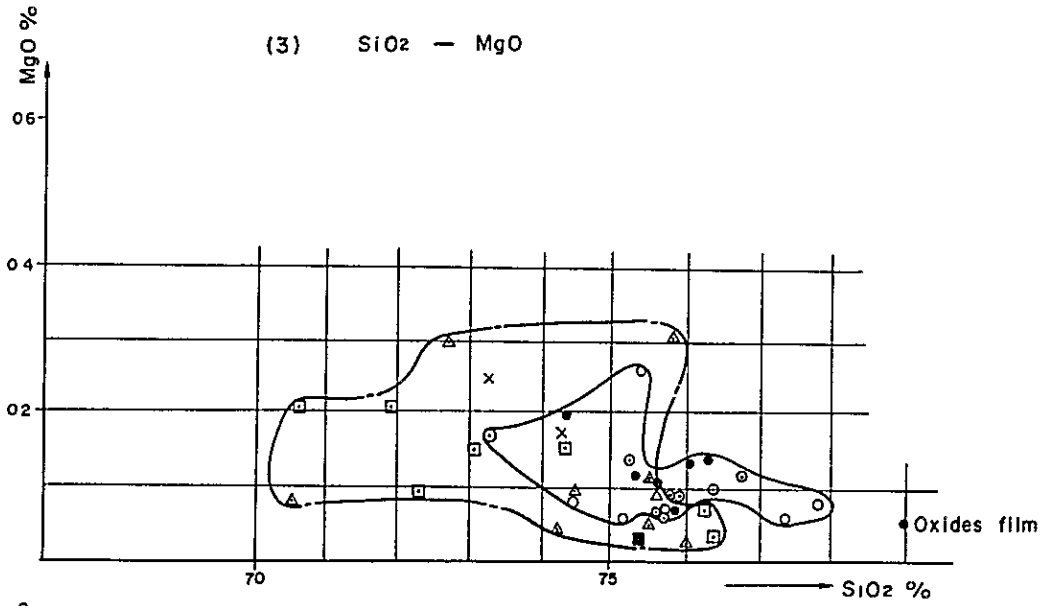
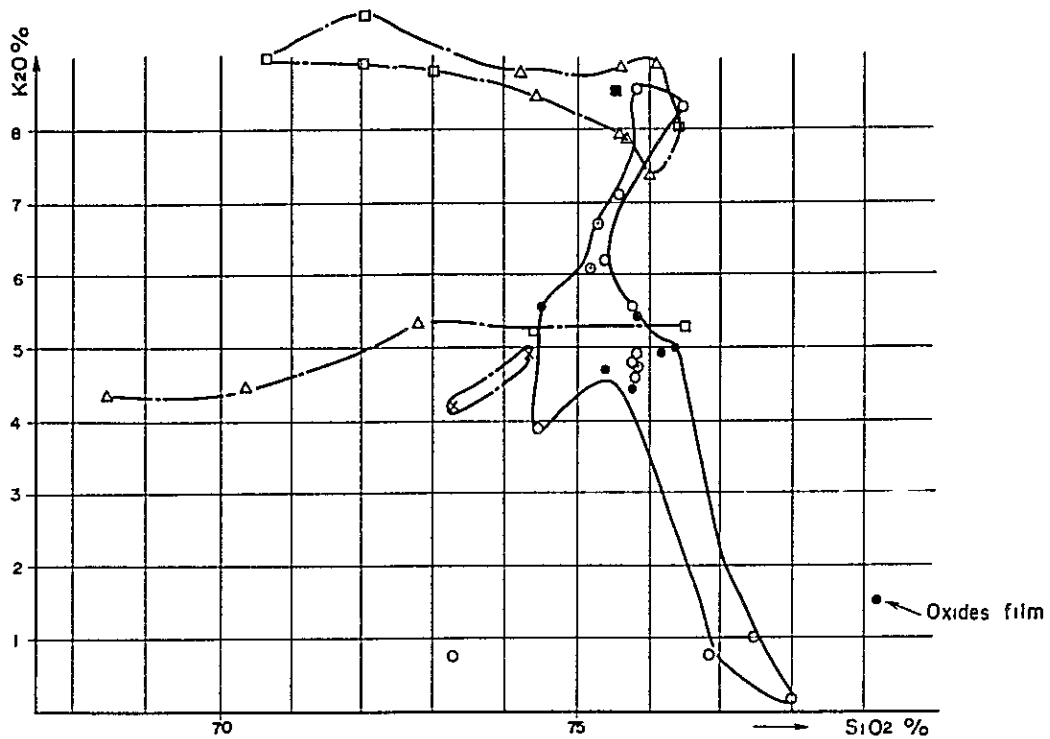


Fig. 3-5-10 Continued

(6) SiO₂ - K₂O



(7) SiO₂ - Na₂O

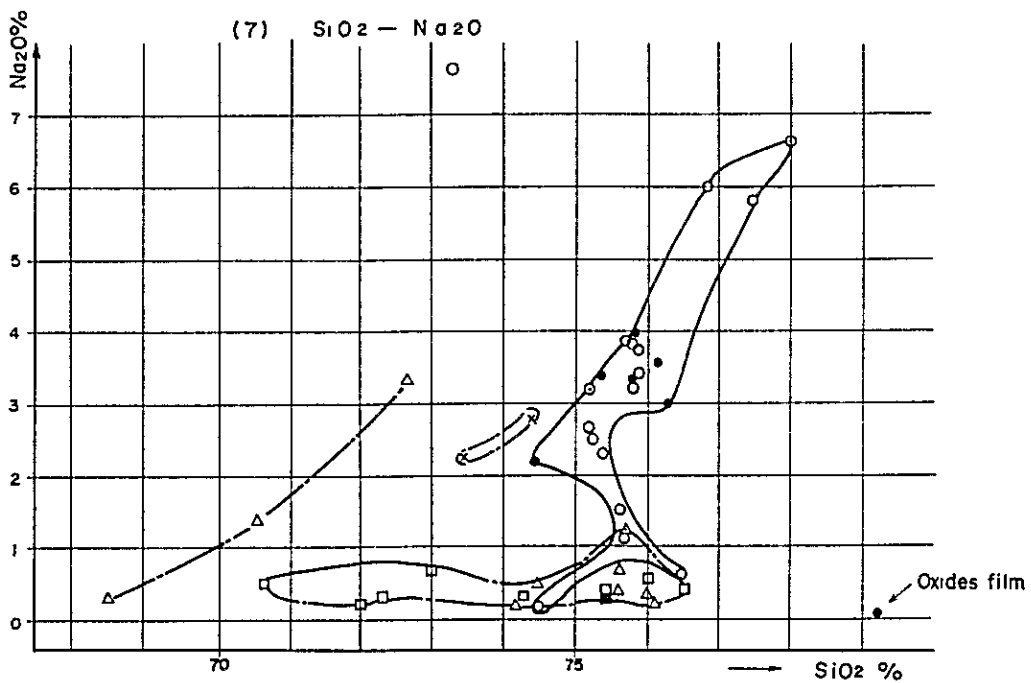
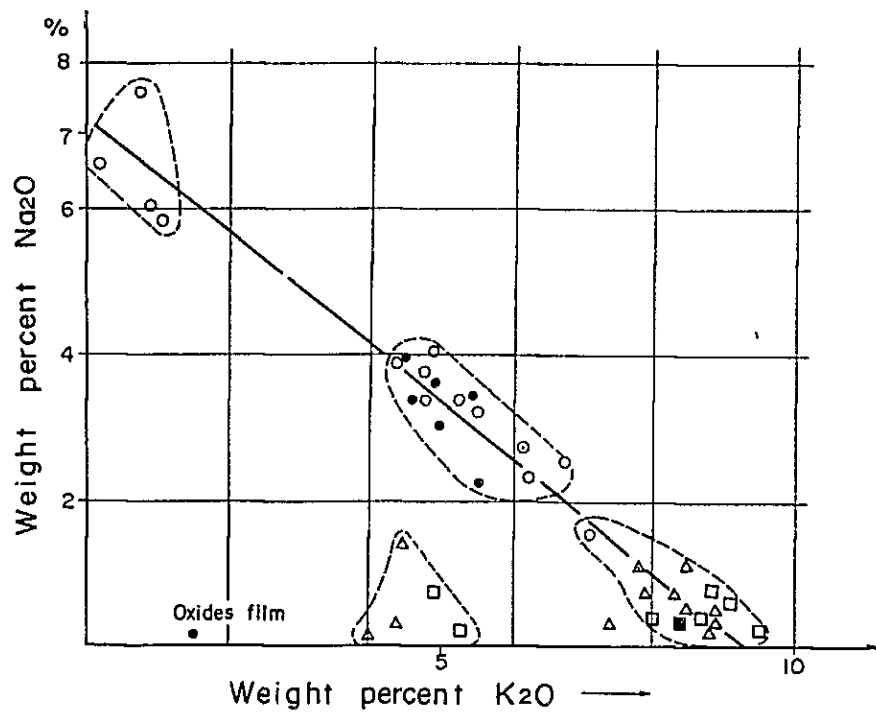


Fig. 3-5-10 Continued
K₂O - Na₂O Correlation Diagram of the
San Clemente Rhyolitic Rocks

(8) K₂O - Na₂O



的な特徴を示さない。しかし、 SiO_2 74.4 %から76.4 %の区間に限定すれば、合金試料は Tl_2O 0.22 %以下（大多数は0.1 %以下に集中する）、 Al_2O_3 は11.65%~13.23 %の区間に集中する傾向を示す。

IV) 鉍化試料と K_2O および Na_2O 成分

岩相によって K_2O および Na_2O 両成分含有量に大きな差がみられる。明らかに縞状溶岩相および凝灰角礫凝灰岩相は SiO_2 含有量の変化にかかわらず高 K_2O -低 Na_2O の特徴を示し、緻密質流紋岩相は SiO_2 の増加にともなって高 Na_2O -低 K_2O および低 Na_2O -高 K_2O の2通りの変化系を示す。そして合金試料は高 Na_2O -低 K_2O 系上に集中する傾向を示す。この傾向はFig.3-5-10 K_2O - Na_2O Correlation Diagram に示されるように、 K_2O の減少にともなって Na_2O が増加するので全アルカリ量は殆んど変化していない。

以上のような金含有岩石試料にみられる造岩成分の変化傾向は各試料の属する岩相それぞれから採取された非合金試料にもまた共通して認められるものもある。しかし注目すべきことは、大多数の金を含有する岩石試料は緻密質流紋岩相に属し、且つ、本岩相にみられる2つの K_2O - Na_2O 変化系の内、高 Na_2O -低 K_2O 変化系の上で SiO_2 が74.4 %より高含有量側で Na_2O 2%~4%、 K_2O 3.8%~5.6%の区間に集中することである。

すでに3-5-4節で述べられているように、各岩相の化学組成平均値の検討および野外調査によって、流紋岩類の活動は凝灰角礫岩の活動に始まり、続いて溶岩流の噴出が起った。その後溶岩円頂丘の形態をもった緻密質流紋岩の上昇があったものと考察された。

この考察にFig.3-5-10 Variation diagram(6)および(7)を加えれば、本地区流紋岩類の活動は初期に K_2O に非常に富み Na_2O に乏しい凝灰角礫岩および溶岩の噴出が起ったことを示している。したがって、この初期の活動によってマグマ中の K_2O 成分は大きく消費され、逆に Na_2O 成分はやや増加するはずである。前2相の活動より後期の緻密質流紋岩の化学組成は、前述したように、前者に比較して、 K_2O 成分が約1/2に減少し、逆に Na_2O 成分が3倍に増加する平均的組成を実際に示し、このことを裏づけている。そして緻密質流紋岩を生じたマグマの分化は、非常に僅かな SiO_2 の増加にともなって、 K_2O - Na_2O の相互に反対の増加および減少傾向を示す2通りの系列に分かれ、金はその過程で Na_2O に富む系列の方に濃集したものとみられる。したがって、金の鉍化作用は、緻密質流紋岩の活動に非常に近接して起ったものと考察される。

V) Au含有量とAg·Cu·Pb·Zn含有量の関係(Fig.3-5-11 Au-Ag·Cu·Pb·Zn

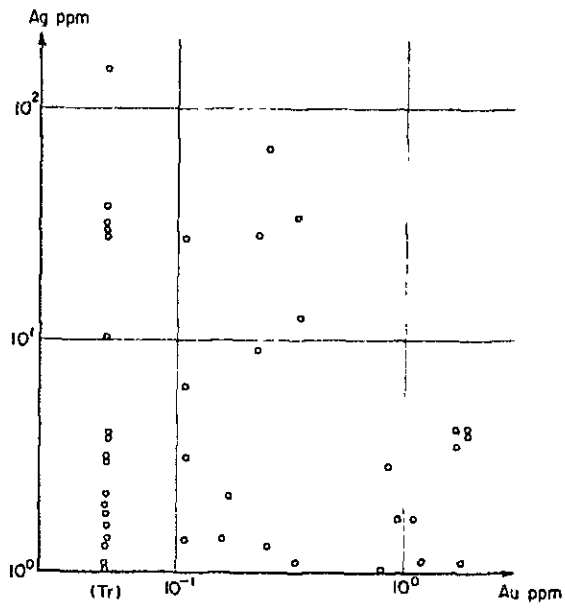
Contents Diagram)

Au-Ag: すでに本節(5)項および(6)項で述べられているように、Agの地化学異常帯の分布はAuに比較して、小規模かつ散点的であり、両者の関係は、San Severiano 鉍化帯

Fig.3-5-11 Au - Ag, Cu, Pb and Zn Contents Diagram of the San Clemente Rhyolitic Rocks

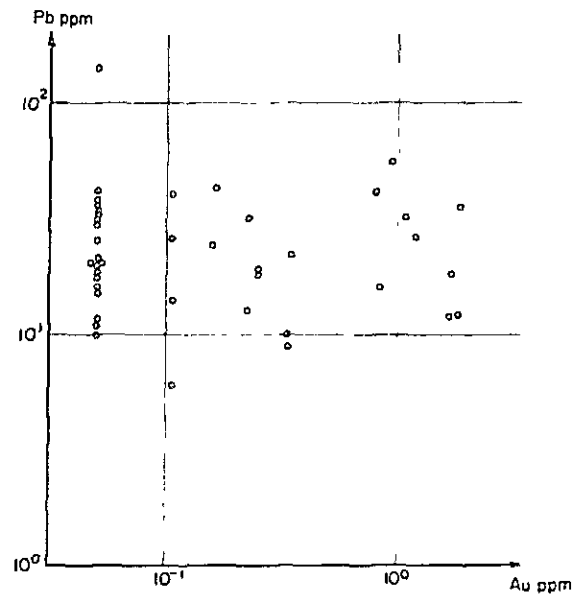
(by chemical analysis data of 43
 geochemical rock samples from the rhyolite mass)

(1) Au - Ag

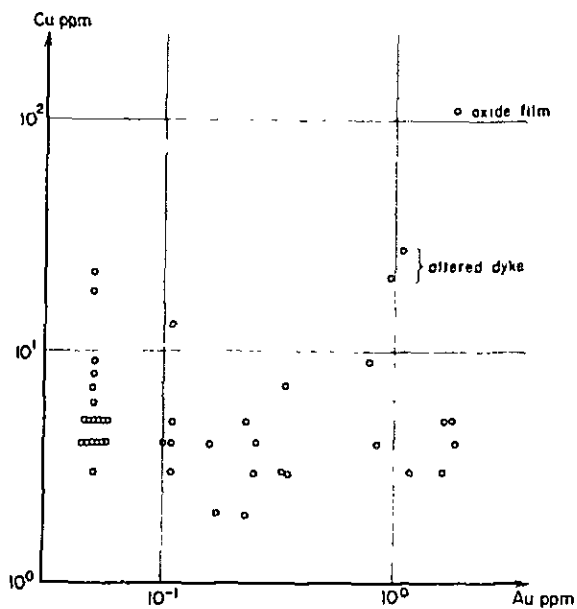


(3) Au - Pb

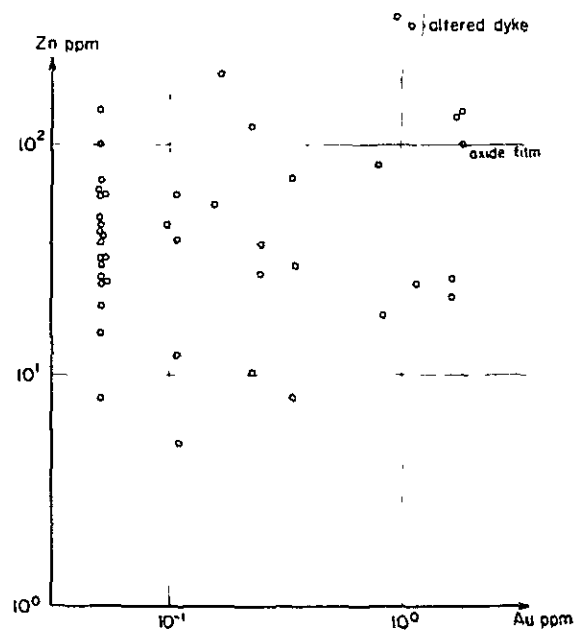
o oxide film



(2) Au - Cu



(4) Au - Zn



においては調和的であったが、全域的にはむしろ不調和であった。

本図は、このような両者の分布関係を明瞭に示している。すなわち、Au含有量がTrから約0.5 ppmの含有量を示す試料中のAg含有量は1 ppm～152 ppmまでの範囲においてAu含有量に無関係にみえる変化を示している。一方、Au含有量が0.9 ppm以上の試料については、Au含有量の増加にともなってAg含有量も増加する傾向をみせる。これは本節(1)項の金の産状に示されているように、本地区の金粒は銀を含むエレクトラムであることを示したものと考えられる。したがって、金が高品位側(本図では0.9 ppm以上)では、両者の含有量は正の相関を示すが、金低品位側においては、両者は相互に関係のない挙動を示すと云える。

Au-Pb·Cu·Zn: これら3者はAuと相互に関係した挙動を示さない。

このような金と他の金属成分との相互関係から、本地区の金の鉍化作用は銀をとともなうものの、他の3金属成分を顕著にはともなっていないと云える。

(8) 流紋岩類にみられる裂か系

San Clemente 流紋岩体中には大きな断層構造や破砕帯は認められない。しかし縞状溶岩にみられる流理構造や緻密質流紋岩中の細かい割目などはしばしば観察される。特に、後者は金の鉍化帯と関連があるものとみられることから、これらの構造をシュミット網に投影し(Fig. 3-5-12 Fracture Pattern in the San Clemente Rhyolitic Rocks)方向性の検討を試みた。裂か系の検討にあたっては、流紋岩体全体のもの、San Severiano 鉍山周辺のを2つに分けて別々に投影し、それらの性格を比較した。測定数は、全域のものが88点、San Severiano 鉍山付近のものが87点である。その結果、顕著にみられる裂かの方向性はつぎのようにまとめられる。

[全地区]

(San Severiano 鉍山付近)

WA系: N20°~50°W, 25°~45°NE

WB系: N65°~75°W, 80°NE~80°SW

WC系: N65°~80°E, 50°~65°SEおよび58°~65°NW

WD系: N25°~45°E, 80°NE~80°SW

B系: N60°~80°W, 55°~80°NEおよび60°~80°SW

C系: N60°~75°E, 40°~60°NW

D系: N20°~35°E, 80°SE~80°NW

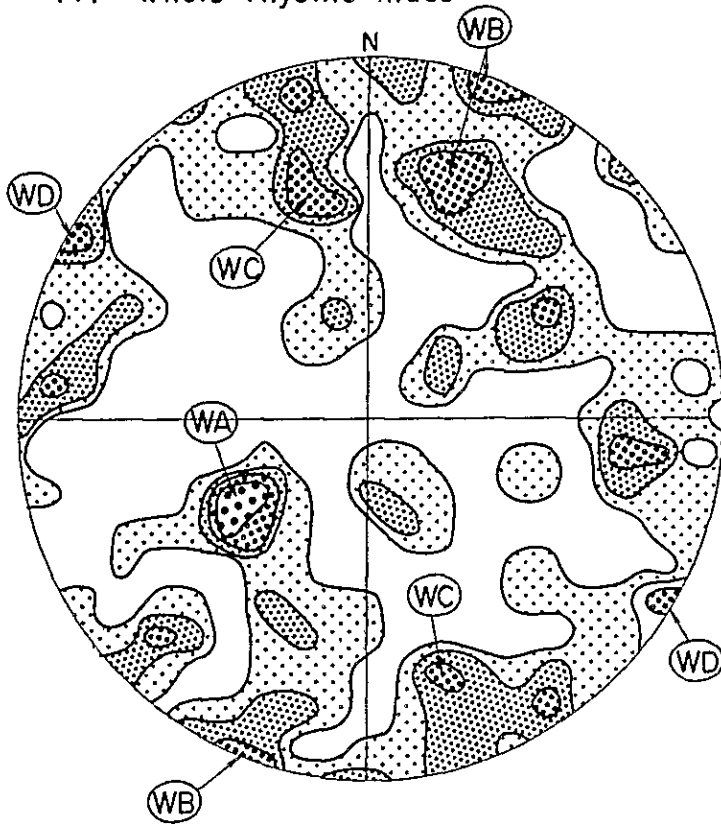
両者を比較して、全域にはあるが、San Severiano 鉍山付近にないものはWA系である。他の系統に比較して緩傾斜であるこの系統は、流紋岩体北端と東央部に分布する縞状溶岩の流理構造をあらわしているもので、本岩相はSan Severiano 鉍山付近に分布しないことから両者に差が生じたものと考えられる。

その他の系統はWB系-B系・WC系-C系およびWD系-D系という組合せで、両者の間に良好な対応がみられるが、それぞれの系統の発達程度には差がみられる。

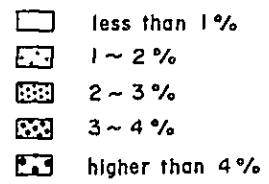
San Severiano 鉍山付近の裂か系で特に顕著な発達がみられる系統はB系(N60°~80°W)

Fig.3-5-12 Fracture Pattern in the San Clemente Rhyolitic Rocks

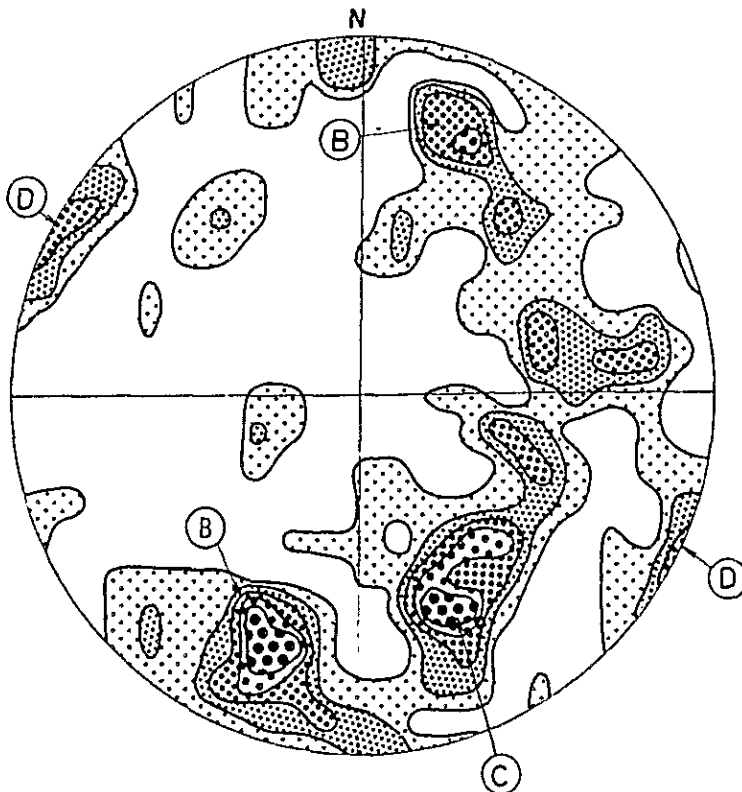
(1) whole rhyolite mass



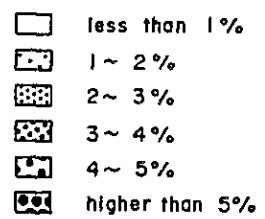
88 points



(2) in and around the San Severiano mine



87 points



である。この方向性は鉍化帯の延長方向と一致するものである。全域的にもこの系統の発達のみられるが、鉍化帯付近ではその傾斜方向はNE系のものを主とするが、全域的にはSW系のものが増加している。C系についても同様で、鉍山付近のものはNW方向に傾斜するが、全域的には、NW方向およびSE方向に傾斜するものが半々の割合に変化している。D系とWD系はほぼ同様であって変化はみられない。このように、これら3系それぞれは、走向は同じであるが、傾斜方向が反対の一对の裂か系からなっており、共役節理と考えられる。一般に流紋岩類中には大きな構造運動の形跡がみられず、主として緻密質流紋岩体にみられる、これら3方向性を示す裂か系は、溶岩円頂丘の形態をもつと考えられるこの岩体の活動末期の応力場に生じたものとみられる。

3-5-6 今後の探鉍

本地区に観察される金の鉍化作用は、4相に分類される本地区流紋岩類の中で緻密質流紋岩中に主に観察される。流紋岩類の産状と化学組成の検討結果から、緻密質流紋岩は本地区流紋岩類の中で最も後期の活動の産物と考えられ、他の3相と K_2O および Na_2O 両成分含有量の点で顕著な差がみられる。また緻密質流紋岩中には一連の共役節理の発達がみられ、San Severiano 鉍山付近の鉍化帯はこれら節理系に規制されている。

鉍化帯を包含する、主要な金の地化学異常帯の分布は、San Clemente 山塊の西側中央部から南央部の緻密質流紋岩上に集中して認められる他、散発的かつ小規模なものは本地区に点在する。

本地区の金の鉍化作用は、緻密質流紋岩の活動末期にともなわれた熱水溶液によってもたらされたものと考えられるが顕著な熱水変質作用は観察されない。したがって、今後の探鉍に際しては、鉍化帯に直交する方向の測線に沿った岩石試料採取によって、鉍化帯を包含する金の地化学異常帯をより正確に検出することが必要であると考えられる。

第4章 地化学探查

第4章 地化学探査

4-1 調査概要

地質調査に平行して実施された地化学探査は、調査地全域を対象とする準精査と、準精査域に包含される5地区の精査からなる。

精査地区の一つである San Clemente 地区における地化学探査は、同地区に分布する流紋岩類中の金の鉱化帯を探査する目的をもって、岩石試料中の Au および Ag を主たる指示元素として実施された。そして、これら指示元素の地化学的挙動は同地区に分布する流紋岩類の活動と密接な関係をもつものと考えられたので、本地区の地化学探査結果は第3章5節で既に説明した。ここでは、準精査地域および San Clemente 地区を除く、残りの4精査地区の調査結果を説明する。

本地域にみられる鉱化帯は、第三紀貫入岩類と被貫入岩である白亜系石灰質岩類との接触部に生成している、接触交代型とその周辺に散在する熱水型に属するものを主とし、鉱石は鉄・銅・鉛・亜鉛のほか銀を含むものが多い。そこで、今年度の調査では、Ag・Cu・Pb 3元素を指示元素とし、対象試料として河川堆積物を採取した。採取試料数を下表に示す。

Table 4-1-1 Number of Geochemical Samples

	Name of area	Grade of survey	Area (km ²)	No. of Samples	Sampling density (✓/km ²)
1	Dos de El Aguila area	detailed survey	12.5	51	4.0
2	El Zapote area	"	62.5	200	3.2
3	Pechuga area	"	38.0	210	5.5
4	Providencia area	"	10.0	69	6.9
5	whole district	semi-detailed	750	416	0.55
	Total		750	946	1.26

4-1-1 試料採取

試料採取は地質調査ルートに沿って行われた。沢砂を80メッシュの篩を通して、適量を得た。地形図上で採取位置を確認し、次の分岐点において、各沢から採取するように努めた。採取密度はTable 4-1-1に示されているように、準精査地域で1試料/1.8km²、精査地区平均で3.6試料/1km²である。

4-1-2 分析方法

採取試料は、今次新たに Ixmiquilpan CRM 事務所に設置された分析所において化学分析に供された。

その分析方法はつぎのとおりである。

- (1) 試料調整……恒温器内で定時間乾燥され分析試料とした。
- (2) 分析方法……試料 2.0 gram を秤量し、パイレックスビーカーに投入し、 HNO_3 conc. 20ml および H_2SO_4 conc. 2ml を加え、適当量の純水を添加し、加熱板上で硫酸白煙が発生するまで加熱分解し、放冷する。その後 1N HNO_3 により 50ml に希釈し、ろ過して得た溶液を通常の原子吸光法により定量した。
- (3) チェック分析……合計 946 試料から任意に 239 試料を選出し、分析値の誤差および再現性のチェックのため再分析を行った。その結果、当初の分析により得られた値の一部に、一定傾向の偏倚がみられたので、若干の補正により正しい値を得た。

4-2 データ処理

4-2-1 データの整理分類

946 ケの河川堆積物について、その試料番号・採取位置 (UTM 座標系)・化学分析値 (Ag・Cu・Pb 3 元素) を地区別に分類・整理し、一覧表にまとめた (Apx. 18, 19 参照)。そして全採取試料の位置は次の図上に記録されている。

PL.4-1	:	Geochemical Sample Location Map of the Survey District (Northern half, Scale 1:25,000)
PL.4-2	:	" " of the Survey District (Southern half, Scale 1:25,000)
PL.4-7	:	" " of the Dos de El Aguila Area (Scale 1:10,000)
PL.4-8	:	" " of the El Zapote Area (" ")
PL.4-9	:	" " of the Pechuga Area (" ")
PL.4-10	:	" " of the Providencia and San Clemente Area(" ")

4-2-2 母集団の分類および検討

946 試料から得られた分析値を、つぎの 3 種類の統計的母集団に分類した。

- 母集団 A : 全 946 試料 (準精査域および精査 4 地区からの全試料)
- " B : 200 試料 (El Zapote 精査地区のみの試料)
- " C : 210 試料 (Pechuga 精査地区のみの試料)

このように分類した理由は、母集団 A は全域からの試料を構成員とするので、その分布は全



域の地質的・地化学的諸条件を反映した性格を示し、一方母集団BおよびCは、それぞれの地区に特有な諸条件を反映した性格を示すはずである。この場合、前者および後者の地化学的後背値が異なる可能性があり、両者の比較が必要と考えられたためである。なお、Dos de El Aguila および Providencia 両地区の試料数は51および69であり、両者共単独母集団としては試料数が少なすぎるのでこの検討からは除外した。

これら3種類の母集団について、母集団別指示元素含有量累積頻度分布図を作成し、Lepel-tier(1969)の方法により後背値・異常値の検討を行った〔Fig.4-1-1(Ag),(Cu),(Pb)参照〕。

その結果は次のようにまとめられる。

〔Ag〕：3母集団共、低含有量側では0.5ppmの点で負の折れ曲りをみせる。この理由は、検出限度が0.2ppmで、そのすぐ上の表示が0.5ppmのため、0.3ppmおよび0.4ppmの値を示す試料がないことに起因する人為的なもので検討の対象にならない。

まず、A母集団は、低含有量側から高含有量側に、対数正規分布を示す直線で延長し、1.7ppmの点で正の折れ曲りを示す。そしてこの点より高含有量側試料は全体の約4%を占め、明らかに、対数正規分布をする低含有量母集団から偏倚し地化学的異常を示している。

また、BおよびC母集団についても、1.7ppmの点で正の折れ曲りを示しており且つ、それより高含有量側試料が全体の4%を占めていることも共通している。

そして、C母集団を構成するPechuga地区はB母集団のEl Zapote地区より急角度に折れ曲り、C母集団がより高含有量の試料を含んでいることを示している。

〔Cu〕：3母集団の分布に若干の相違が認められる。すなわち、AおよびB母集団は低含有量側からほぼ直線で延長し、両者共95ppmの点で急激に正の折れ曲りを示す。その後ややゆるやかな傾斜の直線で推移した後、負の折れ曲りをみせる。このような状況は、AおよびB両母集団が対数正規分布を示す低含有量側母集団およびそれと417ppmの点で交叉する高含有量側母集団からなる複合母集団であることを示している。

一方C母集団は対数正規分布を示し、高含有量側試料が非常に少ないことを示している。

〔Pb〕：A母集団は低含有量側からほぼ直線で延長し、218ppmの点で急激に正に折れ曲り、さらに758ppmの点で負の折れ曲りを示す。この状況は、正規分布を示す低含有量側母集団および、それと372ppmの点で交叉する高含有量側母集団からなる複合母集団であることを示している。C母集団は、若干の差は認められるものの、A母集団とほぼ同様の傾向を示す。これらに反し、B母集団は、ほぼ直線の分布を示し、高含有量側試料が非常に少ないことを示す。このことは、B母集団のEl Zapote地区には、Cuと反対に、Pbの鉍化帯が少ないことを示している可能性が強い。

Fig.4-1-1(Ag) Cumulative Frequency Distribution of Ag Contents of Stream Sediments from the Semi-Detailed Survey District

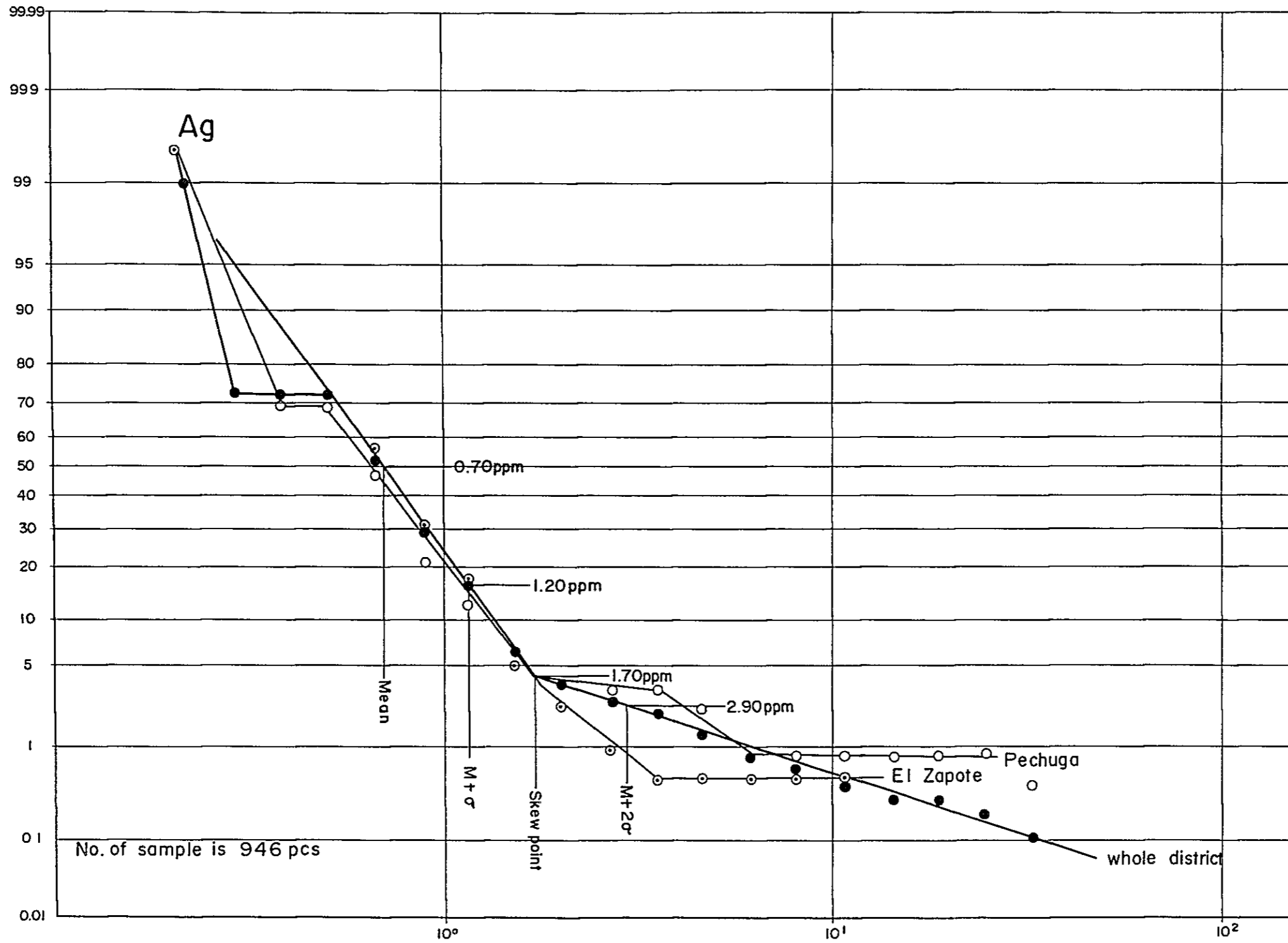


Fig.4-1-1 (Cu) Cumulative Frequency Distribution of Cu Contents of Stream Sediments from the Semi-Detailed Survey District

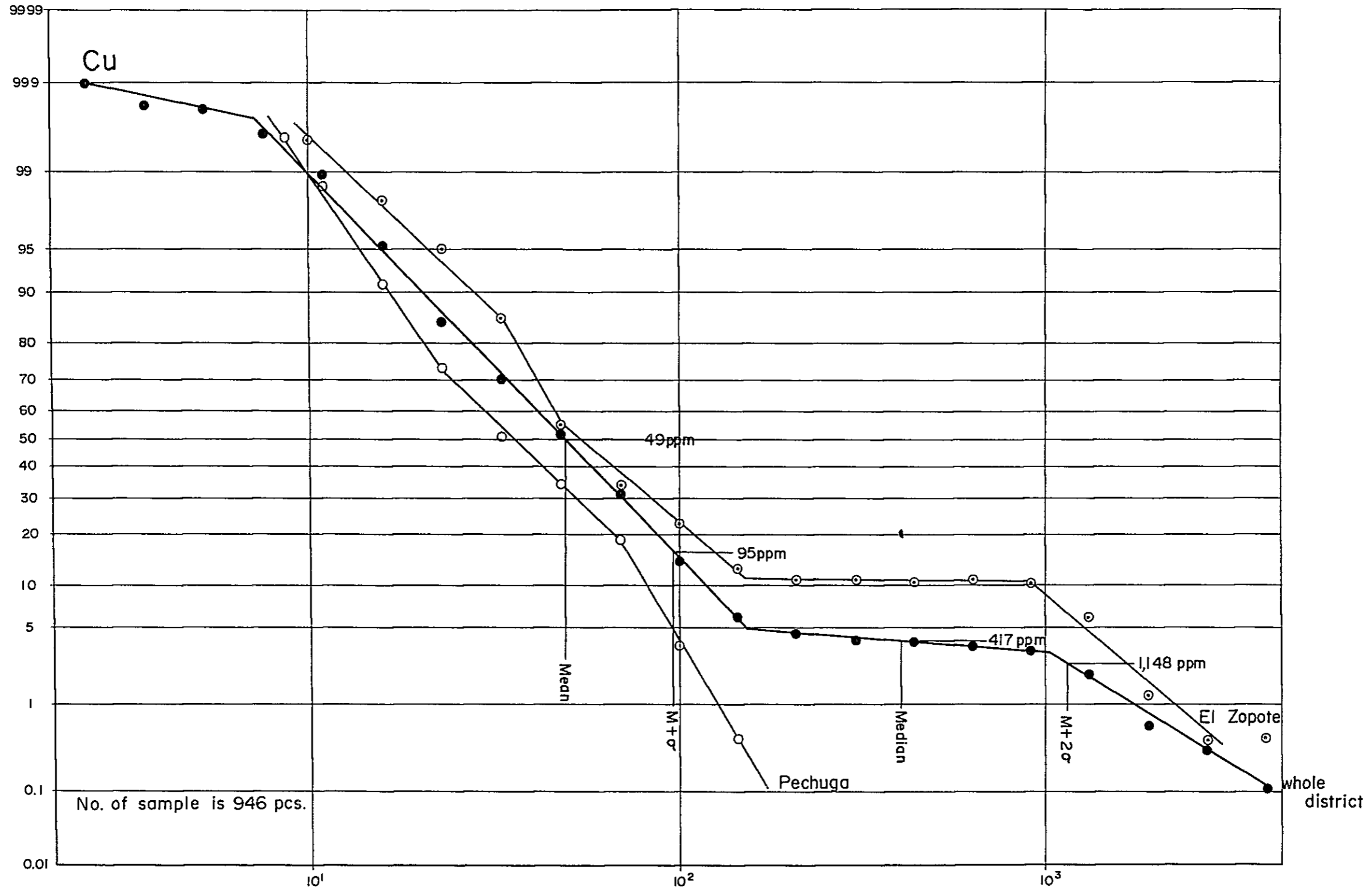
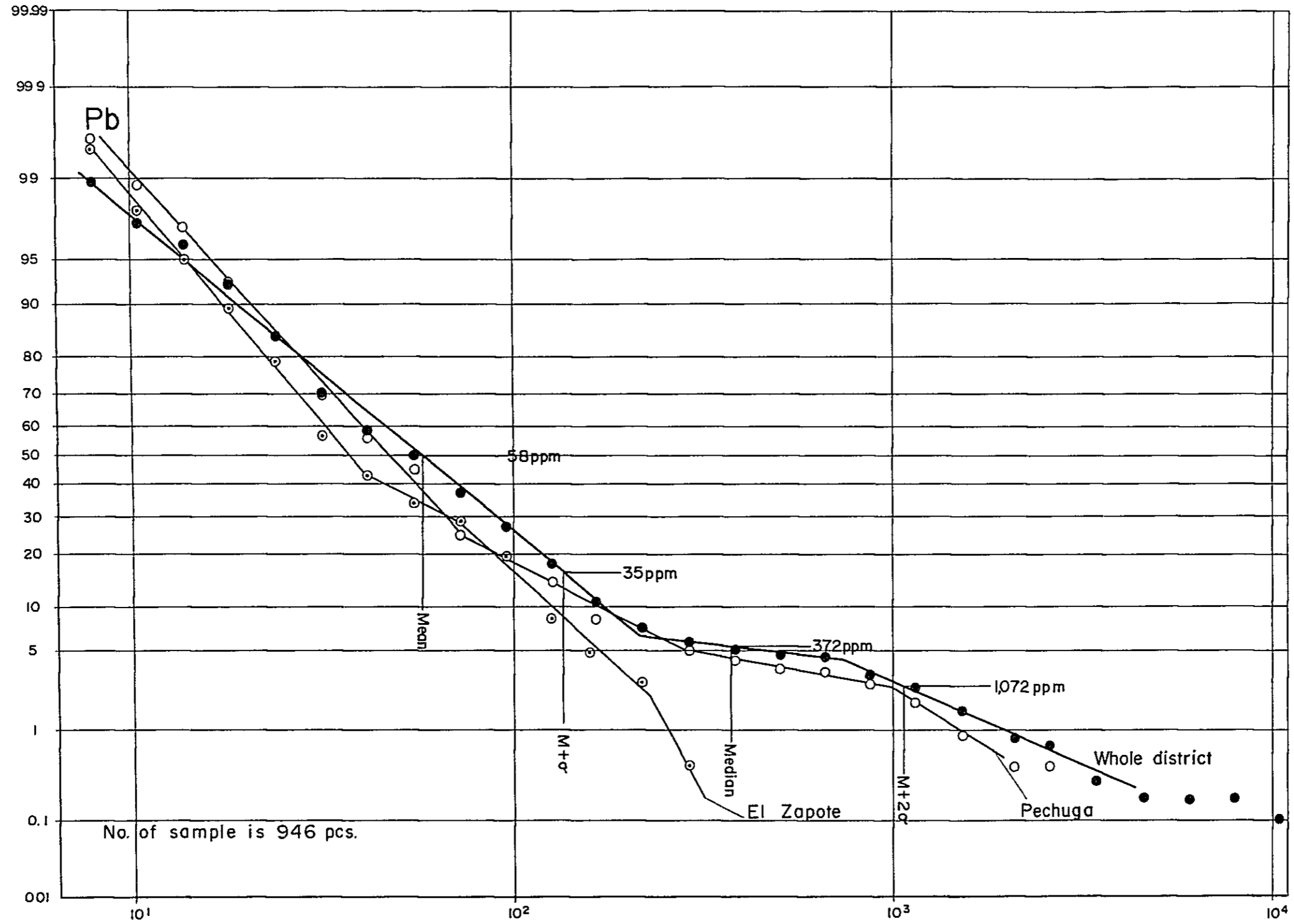


Fig. 4-1-1(Pb) Cumulative Frequency Distribution of Pb Contents of Stream Sediments from the Semi-Detailed Survey District



4-2-3 異常値の決定

以上3種類の母集団の分布を検討した結果、946ヶの全試料を構成員とするA母集団の累積頻度分布はEl ZapoteおよびPechuga両精査地区の分布とも主要な点で一致することが判明したので、本累積頻度分布図に基づいて、地化学的後背値および異常値の階級分けを行った。

本累積頻度分布図において、対数正規分布を示す低含有量側母集団から、高含有量側に明確な正の折れ曲りを示す場合は、折れ曲り点の示す値、 $M+2\sigma$ 値⁽¹⁾、 $M+\sigma$ 値⁽²⁾およびM値⁽³⁾を使用し、また、2つの母集団からなる複合母集団の場合は、両母集団の中間点の示す値、 $M+2\sigma$ 値、 $M+\sigma$ 値およびM値を使用し、階級分けを行なった。

この階級分類および異常値は元素毎につきのようにまとめられる。

Table 4-1-2 地化学異常値の階級分類

Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)
A級異常値 ≥ 2.9	A級異常値 ≥ 1148	A級異常値 ≥ 1072
..... $M+2\sigma$ $M+2\sigma$ $M+2\sigma$
$2.9 > B$ 級異常値 ≥ 1.7	$1148 > B$ 級異常値 ≥ 417	$1072 > B$ 級異常値 ≥ 372
..... 折れ曲り点 中間点 中間点
$1.7 > C$ 級異常値 ≥ 1.2	$417 > C$ 級異常値 ≥ 95	$372 > C$ 級異常値 ≥ 135
..... $M+\sigma$ $M+\sigma$ $M+\sigma$
$1.2 > D$ 高後背値 ≥ 0.7	$95 > D$ 高後背値 ≥ 49	$135 > D$ 高後背値 ≥ 58
..... M M M

この階級分類によって、準精査地域および精査4地区計5事例についてAg・Cu・Pb分布図(PL.4-3, 4, 11, 12, 13, 14)を作成した。

4-2-4 異常値の分布

試料を採取した水系上に、A、BおよびC級の異常を、それぞれに対応する線の太さで表現し、元素名を記入した地化学異常分布図(PL. 4-5, 6, 15, 16, 17, 18)を準精査地域および精査地区別に作成した。なお異常地点にはA級またはB級の異常を示す元素名のみを記入しており、異常の階級をあらわす線の太さは、その点の最も高い階級に対応させた。

地域内に観察される地化学異常の分布は次表のとおりである (Table 4-2 参照)。

- (1) $M+2\sigma$ 値 累積頻度分布が高含有量側で2.5%の点の示す値
 (2) $M+\sigma$ 値 " 16.0% "
 (3) M 値 累積頻度分布の50%の点の示す値

Table 4-2 地化学異常の分布一覧表

位置 および 区間	指示元素および異常階級・規模	異常の由来・地質・鉱化帯	今後の探鉱の必要程度	
Encarnacion 部落付近から国道85号線を通過し北に流下する水系上。Encarnacion から4 km 下流の間、本流上3ヶ所に分布、上流からの由来を示す。	Ag : C×2 Cu : A×2, B×2, C×1 Pb : A×2, B×1, C×3	Cu, Pb の A ~ B 級よりなり、 大規模に断続	Encarnacion 部落には旧製錬所跡あり。 人為的汚染に由来する。	-
El Tejocote 部落を沢頭にもち、Plomosas 部落を通り、北東方向に流下する水系とその南側の支流、約4 kmの区間にはば連続する異常	Ag : A×3, B×3, C×2 Cu : - Pb : A×5, B×1, C×1	Pb, Ag の A ~ B 級よりなり、 大規模に連続	旧坑・探鉱跡および既知鉱化帯は確認されていない。地質は、Kd1 塊状石灰岩層からなり、その構造は、緩傾斜の褶曲の繰り返しを示す。しかし、本水系の北方約1 km および El Tejocote 部落の南方1 km の位置には、閃緑岩類 (Tidi) が分布し、鉱化帯の潜在する可能性は強い。	A
Encarnacion の南方に位置する、Encarnacion 貫入岩体の中央部およびその南縁部に沿って東に流れる2本の水系の本流および支流。それぞれの水系上で約1.5 km の区間に分布	Ag : C×2 Cu : B×4, C×6 Pb : B×3, C×3	Cu, Pb の B ~ C 級よりなり、 大規模に連続	Encarnacion 貫入岩体の縁部に分布する接触交代型鉱化帯に由来する異常、多くの旧坑と2, 3の稼行鉱山がある。	-
El Zapote 地区北部の El Zapote 貫入岩体中央部を西に流れる水系の本流および支流、Puerto de Vigas 部落を境にして北および南に流れる2水系の上流部および Huileo 鉱山を沢頭にもつ水系上などに分布、1 km ~ 3 km にわたって連続する。	Ag : A×1, B×1, C×7 Cu : A×16, B×6, C×8 Pb : C×4	Cu の A 級を主体とし、 大規模に連続	El Zapote 鉱化帯に由来する。貫入岩体の周縁に分布する接触交代型鉱床で、鉄を主体とし顕著に銅をともなっている。	-
Dos de El Aguila 地区北部の支沢の数本に分布、それぞれ1 km 程度の区間に分布	Ag : B×2, C×3 Cu : C×3 Pb : B×4, C×3	Pb, Ag の B ~ C 級よりなり、 中規模に散在	これらの異常は Dos de El Aguila 鉱化帯自身に由来するものではなく、その北東および南西方に2 km 程離れた位置にある。このことから、既知鉱化帯の北東-南西延長方向に別の鉱化帯が発達することが予想される。	B

位置 および 区間	指示元素および異常階級・規模	異常の由来・地質・鉍化帯	今後の探鉍の必要程度	
San Jose del Oro 部落の南方および西方の支沢上に1km前後の連続異常がある。	Ag : A×1, C×4 Cu : - Pb : -	Ag の C 級を主体, 小規模に分布	El Zapote 鉍化帯の西方約1kmに位置し, 黑色フリント挟在石灰岩部層分布域に含まれる。これらの小規模な異常が, 潜在する貫入岩体に関する鉍化帯を暗示している可能性がある。	B
Las Piedras 部落の約1km北方において, 東に流れる水系およびその支流上に約2km連続する異常がある。	Ag : C×1 Cu : B×1, C×3 Pb : C×3	Cu の C 級を主体, 小規模に分布	黑色フリント挟在石灰岩部層, これと断層で接し, 頁岩層およびこれらを含め小規模・舌状の閃緑岩から地質は構成される。そして貫入岩と石灰岩層の接触部にはスカルン帯の発達認められるので, このスカルン帯に起因する異常と考えられ, 今後の調査が必要となる。	B
Pechuga 地区中央部を北に流下する Barranca de Pechuga の支流水系の幾つかに異常が認められる。Bonanza 部落付近で本流から分岐して南東方に延長する支流およびこの北側で同方向に延長する支流上に異常が分布している。異常区間は500m~1500m のものが断続する。	Ag : A×4, B×1, C×3 Cu : - Pb : B×3, C×2	Ag, Pb の A~B 級, 中規模に分布	両水系には Santa Elena 鉍山の坑道および探鉍跡があり, この鉍化帯および探掘による汚染による異常と考えられる。	-
Pechuga 鉍山の東側で東方に延長する2400m~2600mの山稜から発する水系(北側の2系, 南側の1系)に異常が認められる。	Ag : A×2 Cu : C×1 Pb : A×2, B×1, C×2	Pb, Ag A 級, 小規模	本区域の地質は, Las Trancas 層に含まれる泥質岩類を主体とする堆積岩からなる。異常は, Pechuga 鉍山と同様な, 閃緑斑岩(Tidp)質貫入岩体で起因するものと推定されるが, 被貫入岩が泥質岩類なので期待はもてない。	C
Barranca de Pechuga 本流を挟んで, Pechuga 鉍山の西向い側に, 西方に延長する支流がある。この支流上に約2kmの異常が認められる。	Ag : C×2 Cu : C×1 Pb : A×1, C×3	Pb, Ag C 級, 中規模	本区域の異常は, 黑色フリント挟在石灰岩部層から由来しているように見えるが, 同岩中に火成岩あるいは, 変質作用または鉍化作用は認められない。この水系の上流および山稜は大規模な玄武岩および安山岩溶岩が分布している。只1本の水系上における中規模の異常であり, あまり期待はもてない。	C

位置 および 区間	指示元素および異常階級・規模	異常の由来・地質・鉱化帯	今後の探鉱の必要程度	
Providencia地区の中央から南央部にかけて伸長する山稜から発する主要水系（北東側の7系、南西側5系）の異常、地区北西半部のほぼ中央を横断して北東に流下する沢から北西に分岐する枝沢（4系）の異常および地区北西部の散点的な異常などが認められる。	Ag : A×6, B×2, C×5 Cu : C×3 Pb : A×11, B×10, C×11	Pb, AgのA級を主体として大規模に分布	本区域には黒色フリント挟在石灰岩部層(Kdf)を母岩としたProvidencia 鉱山があり、地区中央東部で北北東に流下する沢の異常はこの鉱化帯に由来する。しかし当地区の異常は広範囲に及び、既存の鉱化帯以外の鉱徴地を示唆するものが含まれる。特に本地区の標高2,670 m の山稜から発する水系に認められる異常は、この山塊にPb, Ag, (Zn)を主成分とする鉱化帯が潜在することを暗示しており、今後の精密調査が必要と考えられる。	A
E1 Bocua 部落の北西約1 kmおよび2 km付近でほぼ平行して西方に流下する沢から分岐する枝沢において異常が認められる。	Ag : C×1 Cu : B×3, C×2 Pb : -	CuのB級を主体として、中規模に分布	本区域の地質はMendez 累層(Kms)に属する頁岩とこれに貫入する閃緑斑岩(Tdp)岩脈からなる。この貫入岩周辺に弱い鉱化と珪化が認められ、当地区の異常はこれに由来したと考えられる。被貫入岩が泥質岩なので、鉱化帯として大規模に発展する可能性は非常に低い。	C
Tedra 部落の北東0.7 km~ 1.5 km付近で、ほぼ南南西に流下する本流から北西に分岐する3本の沢の沢口に異常が認められる。	Ag : - Cu : C×3 Pb : -	CuのC級小規模に分布	本区域の地質はMendez 累層(Kms)の分布域である。当地区の異常は本累層に貫入した小岩脈に由来するものと思われる。異常も弱く、泥質岩中なので鉱化帯は期待できない。	-

4-3 考 察

本年次の河川堆積物による地化学探査は、準精査地域およびそれに包含される4つの精査地区において、具体的に鉱化帯の示徴を捕捉する目的で行なわれた。その結果はつぎのようにまとめられる。

(1) 指示元素および異常値の決定

地域内に分布する鉱床を考慮し、Ag・Cu・Pb 3元素を指示元素とし、異常値および後背値

は累積頻度分布図を使用する図法解析によって決めた。

その結果、各元素は既知鉱化帯の主要金属成分を敏感に反映した地化学的挙動を示すことが明らかで、指示元素として十分に適格であった。

累積頻度分布図による解析の結果は、対数正規分布を示す低含有量側母集団とそれから高含有量に偏倚する母集団の存在が明らかにされ、異常値の区分を明確に行なうことができた。

(2) 異常値の分布

前節の異常値の階級区分により、調査地域内の異常値分布図が作成され、異常値の分布する水系が明らかにされた。それらの中で、今後さらに調査が必要と考えられるものは前節Table 4-2にまとめられた通りである。この表の中で、今後探鉱の必要とされるものはA級およびB級にランクされた異常である。

(3) 今後の探鉱

今年次の地化学探鉱は河川堆積物を対象として行なわれた。そのため、今後の探鉱については水系上の異常分布と地質条件を考慮して区域を設定し、土壌を対象とする地化学探査を行なうべきものと考察される。

第5章 調査結果の総括および結論

第5章 調査結果の総括および結論

5-1 調査結果の総括

プロジェクト第2年次にあたる本年度の調査は、初年次調査結果にもとづいて選定された北部の750 km²を占める地域に対する準精密地質調査および地化学探査と、その地域に包含され、既知鉱化帯を含む5地区（計147 km²）に対する精密地質調査および地化学探査からなっている。

本年度調査の重点は、(1)全域に卓越する第三紀以前の堆積岩類の層序の確立、(2)地域北部に分布する石英閃緑岩貫入岩に関係する接触交代型～熱水型鉄・銅・鉛・亜鉛鉱床の精密調査、(3) San Clemente 付近のカリ流紋岩中の金鉱床の精密調査におかれた。

その結果はつぎのように総括される。

(1) 第三紀以前の堆積岩類の層序および地質構造

調査地域に分布する第三紀以前の堆積岩類は、下位より順に、ジュラ系最上部ティトン階から白亜系最下部ネオコム階に対比される Las Trancas 累層 (Jts, Jtc, Jtl 部層)、下部白亜系中部オーブ階から上部白亜系上部チューロン階に属する El Doctor 累層 (Kdl, Kdf, Kds 部層) および上部白亜系最上部チューロン階からジャンパーニュ階の Mendez 累層 (Kms) からなる。

これらの堆積岩類中には、大規模な一対の過褶曲背斜および向斜構造と多数の小褶曲構造が発達し、地質構造は著しく複雑化されている。しかし、この1対の過褶曲背斜・向斜構造は、走向NWの軸と西傾斜の軸面をもつので、地質構造は、一見、正常な層序関係を示す単斜構造状を呈するが、実際は逆転層序関係を示す過褶曲構造である。

昨年度調査においては、Las Trancas 累層から示準化石が発見されなかった為に、同累層の堆積時期をジュラ紀まで下げることはできなかった。その為、既往調査結果と不調和な結論をださざるを得ず、この問題は本年度の調査で解決すべきものとして繰越されてきた。しかし本年度調査における大型化石および超微化石の組織的な採取・鑑定により、Las Trancas 累層を上述の時代に決定することができたものである。

(2) San Clemente 地区の金鉱床

San Clemente 地区における岩石試料による金鉱化帯の探査は、同地区の金鉱化帯が顕著な熱水変質帯を随伴せず、新鮮な流紋岩体中にあるので、その分布、規模および流紋岩類の活動と鉱化作用の関係などを解明するために、Au・Ag・Cu・Pb・Znなどの金属成分のほか SiO₂、Al₂O₃、MgO、K₂O、Na₂O など主要造岩8成分の地化学的挙動を研究する目的をもって実施された。その結果、3種類に分類される流紋岩類の噴出順序およびそれらの化学組成の変化と鉱化作用が密接な関係をもつことが明らかにされた。具体的に、主要鉱化帯は流紋岩類の

中で最も後期の緻密質流紋岩中にあり、同岩中の共役節理系に支配されて分布していることが判明し、この結果、今後さらに精密な調査を継続すべき区域はSan Clemente 岩体西央部であると結論された。

(3) 地域内の金属鉱床および今後の探鉱

地域内に観察される重要な鉱化帯は、

a) 閃緑岩体(Tidi)の貫入によって、被貫入岩である石灰質岩類中に生じた接触変成帯に胚胎する接触交代型鉱床[Fe-Cu-(Pb-Zn-Ag-Au)型](代表例としてEl Zapote, Encarnacion 鉱化帯),

b) 上記貫入岩体から離れた周辺部、または閃緑斑岩(Tidp)貫入岩体周辺の石灰質岩類中に不規則塊状~マント状~鉱脈などの形態で胚胎する熱水型鉱床[Pb-Ag(Zn-Au-Cu)型](代表例としてSanta Elena, Pechuga, Providencia 鉱化帯),

c) 地域南部のSan Clemente 山塊を形成するカリ流紋岩中にみられる熱水型金鉱床(代表例として同地区のSan Severiano 鉱山)、の3型が挙げられる。

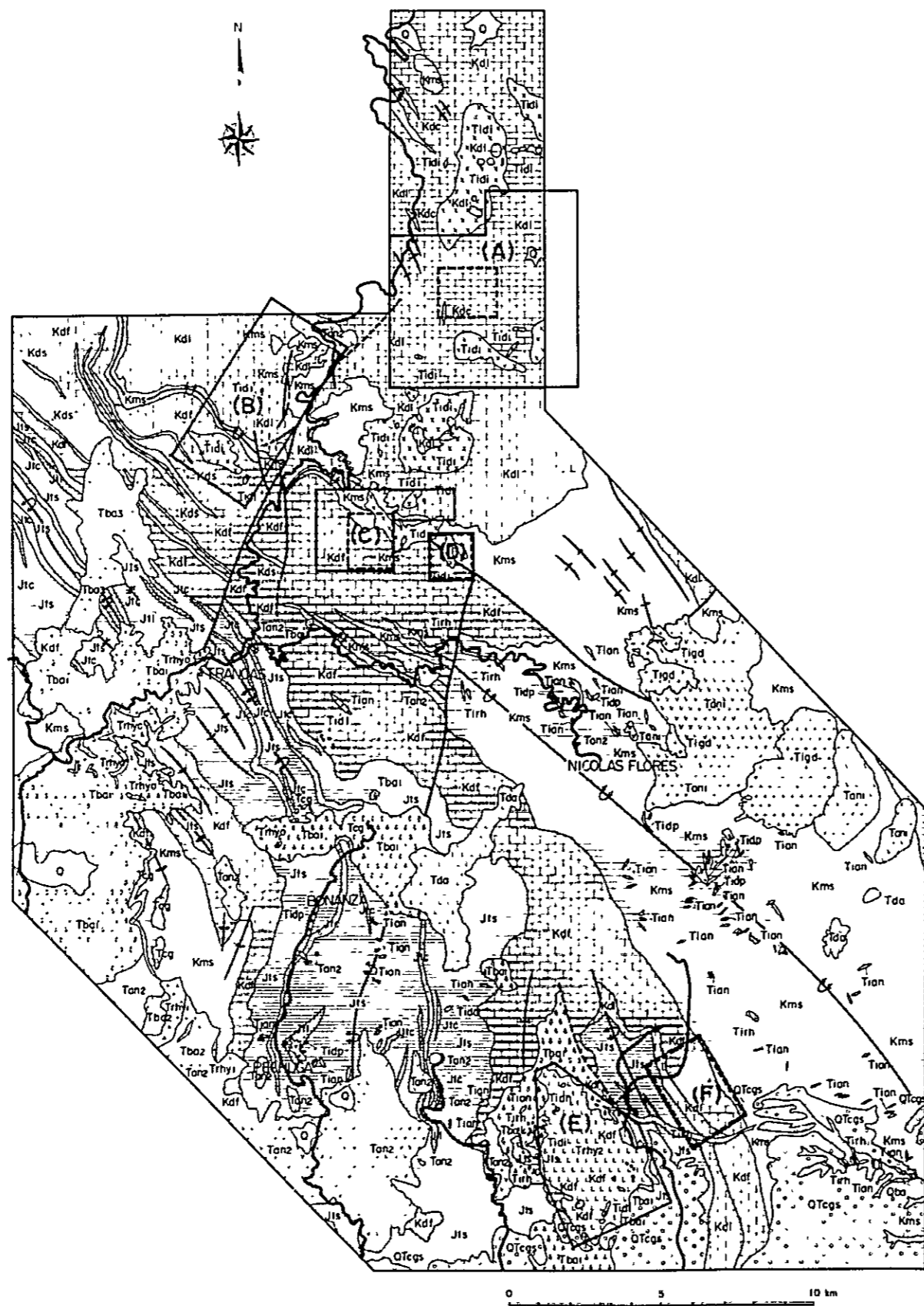
このような各種鉱化帯に対する探鉱または採掘は古くから行なわれているが、現在は中断されているものが多い。しかしこの中の幾つかは、現在も作業が継続されている。

このような地区を除外して、今後本プロジェクトによって、さらに精密調査をすすめるべき鉱化帯あるいは鉱化帯の存在が期待される地区として、(I)接触交代型鉱化帯はSan Jose del Oro 部落付近およびLas Piedras 部落の北方の閃緑岩体周辺部、(II)熱水型鉱化帯はProvidencia, El Tejocote 部落付近, Dos de El Aguila 北方およびColorado 部落付近、(III)San Clemente の金鉱化帯としては、San Clemente 流紋岩体の西半部などが挙げられる。そして地化学探査の結果を加えて、これらの地区を総合的に評価すると、El Tejocote, Providencia およびSan Clemente の3地区が最上位に位置づけられる。

5-2 結 論

本年次調査結果にもとづき、今後の精密調査が必要と考えられる地区および調査方法はつぎのようにまとめられる(Fig.5.1 参照)。

	地 区 名	面積(km ²)	調 査 方 法
1	El Tejocote	32	地質精査・鉱化帯露頭調査・地化学探査(土壌試料の定間隔採取) IP法電気探査(3km ²) 指示元素Ag, Cu, Pb
2	Colorado	18	地質精査・鉱化帯露頭調査
3	San Jose del Oro	8	地質精査・鉱化帯露頭調査・地化学探査(土壌, 指示元素Ag, Cu, Pb) 地上磁気探査
4	Las Piedras	2	" " "
5	San Clemente	14	地質精査・地化学探査(岩石試料の方眼状定間隔採取, 指示元素Au, Ag) 鉱化帯露頭調査
6	Providencia	6	地質精査・鉱化帯露頭調査・地化学探査(土壌試料の定間隔採取) IP法電気探査 指示元素Ag, Cu, Pb
	合 計	80km ²	地質精査・鉱化帯露頭調査・地化学探査 6地区 80km ² IP法電気探査 2地区, 地上磁気探査 2地区



LEGEND

Quaternary	Q	Gravel	
	A ¹ O ¹ B ¹ A ¹	Basalt lava	
	Q ¹ Tc ¹ Q ¹	Sand, silt and ash	
	A ¹ Tb ¹ A ¹	Basalt lava	
	L ¹ Td ¹ L ¹	Dacite lava and pyroclastic rocks	
	L ¹ Tr ¹ L ¹	Rhyolite lava and pyroclastic rocks	
	A ¹ Tb ¹ A ¹	Basalt lava and pyroclastic rocks	
Volcanic rocks	L ¹ Tr ¹ L ¹	Rhyolite lava and pyroclastic rocks	
	V ¹ Tan ¹ V ¹	Andesite lava and pyroclastic rocks	
	L ¹ Tr ¹ L ¹	Rhyolite lava and pyroclastic rocks	
	A ¹ Tb ¹ A ¹	Basalt lava and pyroclastic rocks	
	V ¹ Tan ¹ V ¹	Andesite lava and pyroclastic rocks	
El Morro fanglome Tate	Q ¹ Tc ¹ Q ¹	Conglomerate	
Mendez Formation	Kms	Shale intercalated with siltstone, sandstone and marl	
Lower - Upper Cretaceous	Kdf	Alternation of limestone, marl calcarenite, shale and black flint	
EL Doctor Formation	Kds	Alternation of shale and marl	
	Kdc	Clastic limestone, conglomeratic limestone and calcarenite	
	Kdl	Massive limestone	
Upper Jurassic - Lower Cretaceous	Jtc	Muddy limestone, limestone with a few flint bands	
Upper Jurassic - Lower Cretaceous	Jtc	Tuffaceous conglomerate, sandstone and andesitic tuff	
Upper Jurassic - Lower Cretaceous	Jtc	Shale, calcareous shale, sandstone and marl	

Intrusive rocks

L ¹ Tr ¹ L ¹	Rhyolite
V ¹ Tan ¹ V ¹	Andesite
A ¹ Tb ¹ A ¹	Basalt
L ¹ Td ¹ L ¹	Perthite-granite quartz monzonite
L ¹ Td ¹ L ¹	Diorite porphyry
L ¹ Td ¹ L ¹	Diorite, quartz diorite granodiorite

Recommended area for PHAS III

- Detailed geological and geochemical survey area
- Geophysical survey area

- Name of areas
- (A) El Tejocote
 - (B) Colorado
 - (C) San Jose del Oro
 - (D) Las Piedras
 - (E) San Clemente
 - (F) Providencia

Fig.5-1 Recommendation Map

REFERENCES

- 1) Aguilar Garcia, M., 1972 Prospección geológico-minera de la región de Maconí, Zimapán, Pachuca, Edos. de Querétaro e Hidalgo : Tesis Profesional, I.P.N.
- 2) Bastin, E.S., 1948 Mineral relationships in the ores of Pachuca and Real del Monte, Hidalgo, México : Econ. Geol., v. 43, p. 53-65.
- 3) Benites M., J.A., 1972 a Informe mensual de la zona Cardonal, Hgo. : C.R.N.N.R. (inedito).
- 4) ————— 1972 b Informe preliminar de la zona Bonanaza, Hgo. : C.R.N.N.R. (inedito).
- 5) Carrillo Bravo, J., 1965 Estudio geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla : Asoc. Mex. Geol. Petrol., v. 13.
- 6) Casarrubias Jimenez, J.S., 1973 Exploración geológico minera del área de el Cardonal, Estado de Hidalgo : Tesis Profesional, 52 p., I.P.N.
- 7) Chairez Blanco, J., 1978 Estudio geológico-minero de la Mina San Miguel, la Pechuga, Mpio de Ixmiquilpan, Hidalgo : Tesis Profesional, I.P.N.
- 8) Cumming, G.L., et al., 1979 Isotopic composition of lead in Mexican mineral deposits : Econ. Geol., v. 74. pp. 1395-1407
- 9) De la Crus, Trejo, M., 1975 Guías útiles de la prospección de minerales en el distrito minero de Zimapán, Edo. de Hidalgo : Tesis Profesional, I.P.N.
- 10) De Pablo Galan, L., 1965 Los minerales de manganeso de Molango, Hidalgo : Univ. Nac. Autón. Méx. Inst. Geol., Bol. 76, pte. 1, p. 1-38.
- 11) Fries, C., Jr., 1956 Bosquejo geológico de la región entre México, D.F. y Taxco, Guerrero : Internat. Geol. Cong., 20th, Mexico, 1956, Guidebook Excursions A-4 and C-2, p. 11-35.
- 12) ————— 1962 Carta geologica de Mexico : Hoja Pachuca 14, Q.E. (11).

- 13) Galicia F., J., 1972 Informes mensuales de la zona de Encarnación, Hgo. : C.R.N.N.R.
- 14) Geyne, A.R., 1949 Mineral relationships in the ores of Pachuca and Real del Monte, Hidalgo, México-a reply : Econ. Geol., v. 44, p. 233-234.
- 15) ————— 1956 Las rocas volcanicas y los yacimientos argentiferos del distrito minero de Pachuca-Real del Monte, Estado de Hidalgo : Internat. Geol. Cong., 20th: Mexico, 1956, Guidebook Excursions A-3 and C-1, p. 47-57.
- 16) Geyne, A.R., and Wilson, I.F., 1951 Relación entre los cuerpos de mineral costable y los diques en el distrito de Pachuca-Real del Monte, Estado de Hidalgo, México (abstract) : Convención Interamericana de Recursos Minerales, 1ª, México, 1951, Mem., p. 270.
- 17) Geyne, A.R., and Wilson, I.F., et al., 1963 Geology and mineral deposits of the Pachuca-Real del Monte District, State of Hidalgo, México : C.R.N.N.R., Mem. 5 E.
- 18) Imlay, R.W., 1944 a Cretaceous formations of Central America and Mexico : Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., v. 28, p. 1077-1195.
- 19) ————— 1944 b Correlation of the Cretaceous formations of the Greater Antillers, Central America, and Mexico : Bull. Geol. Soci. Amer., v. 55, p. 1005-1046.
- 20) ————— 1952 Correlation of the Jurassic formations of North America, exclusive of Canada : Bull. Geol. Soci. Amer., v. 63, p. 953-992.
- 21) JICA and MMAJ, 1980 Report on geological survey of the Pachuca-Zimapán area, central Mexico; phase I : 109 p., Japan International Cooperation Agency and Metal Mining Agency of Japan.
- 22) Krauskopf, K.B., 1979 Introduction to Geochemistry : 721 p., MacGraw-Hill Book Co.
- 23) Kuno, H., 1976 Volcanoes and Volcanic Rocks (in Japanese) : 2nd ed., 283 p., Iwanami Press.

- 24) Lee Moreno, J.L., 1974 Geochemical prospecting for epithermal precious metals veins in the vicinity of the Pachuca-Real del Monte mining district in Mexico : Soci. Min. Engn., AIME, p. 1-16.
- 25) Miyashiro, A. and Petrology I, II and III (in Japanese) :
Kushiro, I., 1977 Kyoritsu Press.
- 26) Quintus Bosz, R.L., 1972 Estudio geológico de la zona fosforítica de San Francisco, Municipio de Pacula, Estado de Hidalgo : C.R.N.N.R., p. 28-45.
- 27) Restovic Peres, I.V., 1973 Estudio geológico minero del área de Encarnacion, Mpio. de Zimapán, Edo. de Hidalgo : Tesis Profesional, U.N.A.M.
- 28) Rösler, and Lange, 1972 Geochemical Tables : Elsevier
- 29) Salas, G.P., 1975 Carta y provincias metarogenéticas de la Republica Mexicana : C.R.M. de México, Publicación 21E.
- 30) Schulze, G., 1951 Mantos intrusivos en formaciones volcánicas en sus relaciones con vetas : Convención Interamericana de Recursos Minerales, 1ª, México., 1951, Mem., p. 202-207.
- 31) Segerstrom, K., 1956 Estratigrafía y tectónica del Cenozoico entre México, D.F. y Zimapán, Hgo. : Internat. Geol. Cong., 20th, Mexico, 1956, Guidebook Excursions A-3 and C-1, p. 11-22, also A-14 and C-6, p. 311-323.
- 32) ————— 1961 Geología del suroeste del Estado de Hidalgo y del noreste del Estado de Mexico : Asoc. Mex. Geol. Petrol., Bol., v. 13, p. 147-168.
- 33) ————— 1962 Geology of south-central Hidalgo and northeastern Mexico, Mexico : U.S. Geol. Survey, Bull., 1104-C, p. 87-162.
- 34) Simons, F.S. and Geología y yacimientos minerales del
Mapes V.E., 1957 distrito minero de Zimapán, Hidalgo : Instituto Nacional para Investigación de Recursos Minerales.
- 35) Smith, R.L. et al. Hidalgoite, a new mineral. : U.S. Geol. Survey, Washington, D.C., p. 1218-1224.

- 36) Takeda, H., 1977 Las características de la mineralización de los depósitos de plomo, zinc, y plata en las calizas de la parte norte de la Sierra Madre Oriental, México : VI seminario interno sobre exploración geológico-minera, de C.R.M.
- 37) Tavera Amezcua, E., 1965 Yacimientos estanníferos del Fundo la Esperanza, Zimapán, Hgo. : Minería y Metalurgia, v. 35, p. 67-75.
- 38) Tavera Amezcua, E. and Alexandri R., R., 1963 Los yacimientos de manganeso del área de Molango, Hidalgo : V Convención de la Asoc. de Ings. de Minas, Met. y Geólogos de México, Toluca, Coahuila.
- 39) Thornburg, C.L., 1945 Some applications of structural geology to mining in the Pachuca-Real del Monte area, Pachuca silver district, Mexico : Econ. Geol., v. 40, p. 283-297.
- 40) ————— 1952 The surface expression of veins in the Pachuca silver district, Mexico : Mining Eng., v. 4, p. 594-600.
- 41) Turban, E., 1947 Estudio de la mineralización a la profundidad en los minerales de Pachuca y Real del Monte, Estado de Hidalgo : Minas y Petróleo, Bol., v. 16, p. 3-6.
- 42) White, D.E., 1947 Diagenetic origin of chert lenses in limestone at Soyatal of Querétaro, México : Amer. Jour. Sci., v. 245, p. 49-55.
- 43) ————— 1948 Antimony deposits of the Soyatal district, State of Querétaro, Mexico : U.S. Geol. Survey, Bull. 960-B, p. 35-38.
- 44) Wilson, B.W., Hernandez, Pedro, and Meave T., Edgardo, 1955 Un arrecife cretácico en la parte oriental del Estado de Querétaro : Soc. Geol. Mex., Bol., v. 18, p. 1-10.
- 45) Wisser, E., 1937 Formation of the north-south fractures of the Real del Monte Area, Pachuca silver district, Mexico. : Amer. Inst. Mining Metall. Engineers, Trans., v. 126, p. 442-486.

- 46) Wisser, E., 1941 a Discussion of paper by McKinstry on structural control of ore deposition in fissure veins : Amer. Inst. Mining Metall. Engineers, Trans., v. 144, p. 87-93.
- 47) ————— 1941 b The environment of ore bodies : Amer. Inst. Mining Metall. Engineers, Trans., v. 144, p. 96-110.
- 48) ————— 1941 c Discussion in Symposium on some observations in ore research : Amer. Inst. Mining Metall. Engineers, Trans., v. 144, p. 140-145.
- 49) ————— 1942 The Pachuca silver district, Mexico, in "Ore deposits as related to structural features" : ed. Newhouse, W.H., p. 229-235., Princeton Univ. Press.
- 50) ————— 1946 Some applications of structural geology to mining in the Pachuca-Real del Monte area, Pachuca silver district, Mexico-a reply : Econ. Geol., v. 41, p. 77-86.
- 51) ————— 1948 Mineral relationships in the ores of Pachuca and Real del Monte, Hidalgo, Mexico-a reply : Econ. Geol., v. 43, p. 280-292.
- 52) ————— 1951 Tectonic analysis of a mining district-Pachuca, Hidalgo : Econ. Geol., v. 46, p. 459-477.
- 53) Wittich, E. and Vivar, G., 1913 La celestita de Atotonilco el Grande, Hgo. : Soc. Geol. Mex. Bol., p. 5-8.

APPENDICES

APPENDICES

	Abbreviations for Tables and Figures	A-iii
Apx. 1	Identified Macrofossils	A-1
Apx. 2	Stratigraphic Correlation of the Jurassic and Cretaceous Systems by the Identified Macrofossils	A-2
Apx. 3	Identified Nannofossils	A-3
Apx. 4	Age Determination by the Identified Nannofossils	A-4
Apx. 5	Photomicrographs and Scanning Electron Images of the Representative Nannofossils	A-5
Apx. 6	Whole-rock K-Ar Datings of Some Igneous Rocks	A-7
Apx. 7	Chemical Composition and C.I.P.W. Norm of Some Igneous Rocks	A-8
Apx. 8	Normative Quartz-Orthoclase-(Albite + Anorthite) Triangular Diagram of Some Igneous Rocks	A-9
Apx. 9	Microscopic Observations of Rock Thin Sections	A-10
Apx. 10	Photomicrographs of the Representative Rock Thin Sections	A-16
Apx. 11	Microscopic Observations of Ore Polished Sections	A-23
Apx. 12	Qualitative Analysis of Minerals by Electron Probe Microanalyzer	A-24
Apx. 13	Quantitative Analysis of Sphalerite by Electron Probe Microanalyzer	A-25
Apx. 14	Photomicrographs of the Representative Ore Polished Sections	A-26
Apx. 15	Chemical Analysis of Ore Samples	A-29
Apx. 16	X-ray Powder Diffractions	A-32
Apx. 17	X-ray Powder Diffraction Charts	A-33

Apx. 18	Analytical Results of Geochemical Samples	A-41
Apx. 19	Major Chemical Components and Some Metal Contents of the Rhyolitic Rocks from the San Clemente Area	A-49

Abbreviations for Tables and Figures

<u>Stratigraphic unit</u>	<u>Rock-forming mineral</u>
<p>Quaternary System</p> <p style="margin-left: 40px;">Qba ; basalt lava</p> <p style="margin-left: 40px;">Tirh ; rhyolite</p> <p style="margin-left: 40px;">Tian ; andesite</p> <p style="margin-left: 40px;">Tiba ; basalt and dolerite</p> <p style="margin-left: 40px;">Tigd ; granite and quartz monzonite</p> <p style="margin-left: 40px;">Tidp ; diorite porphyry</p> <p style="margin-left: 40px;">Tidd ; diorite, quartz diorite and granodiorite</p> <p style="margin-left: 40px;">Tba 3; basalt lava</p> <p style="margin-left: 40px;">Tda ; dacite lava and pyroclastic rocks</p> <p style="margin-left: 40px;">Trh 2; rhyolite lava and pyroclastic rocks</p> <p style="margin-left: 40px;">Tba 2; basalt lava and pyroclastic rocks</p> <p style="margin-left: 40px;">Trh 1; rhyolite lava and pyroclastic rocks</p> <p style="margin-left: 40px;">Tan 2; andesite lava and pyroclastic rocks</p> <p style="margin-left: 40px;">Trh 0; rhyolite lava and pyroclastic rocks</p> <p style="margin-left: 40px;">Tba 1; basalt lava and pyroclastic rocks</p> <p style="margin-left: 40px;">Tan 1; andesite lava and pyroclastic rocks</p> <p style="margin-left: 40px;">Teg ; conglomerate</p> <p style="margin-left: 40px;">Kms ; marl, shale and sandstone</p> <p style="margin-left: 40px;">Kdf ; flint-banded limestone and marl</p> <p style="margin-left: 40px;">Kds ; shale and marl</p> <p style="margin-left: 40px;">Kdc ; limestone breccia and calcarenite</p> <p style="margin-left: 40px;">Kdl ; massive limestone</p> <p style="margin-left: 40px;">Jtl ; limestone</p> <p style="margin-left: 40px;">Jtc ; tuffaceous conglomerate, sandstone and tuff</p> <p style="margin-left: 40px;">Jts ; shale, marl and sandstone</p> <p style="margin-left: 40px;">Sk ; skarn</p>	<p style="margin-left: 40px;">ol ; olivine</p> <p style="margin-left: 40px;">px ; pyroxene</p> <p style="margin-left: 40px;">opx ; orthopyroxene</p> <p style="margin-left: 40px;">hy ; hypersthene</p> <p style="margin-left: 40px;">cpx ; clinopyroxene</p> <p style="margin-left: 40px;">di ; diopside</p> <p style="margin-left: 40px;">ag ; augite</p> <p style="margin-left: 40px;">am ; amphibole</p> <p style="margin-left: 40px;">hb ; hornblende</p> <p style="margin-left: 40px;">cr ; crossite</p> <p style="margin-left: 40px;">ha ; hastingsite</p> <p style="margin-left: 40px;">bl ; biotite</p> <p style="margin-left: 40px;">ru ; rutile</p> <p style="margin-left: 40px;">sp ; sphene</p> <p style="margin-left: 40px;">al ; allanite</p> <p style="margin-left: 40px;">op ; opaque mineral</p> <p style="margin-left: 40px;">af ; alkali feldspar</p> <p style="margin-left: 40px;">pl ; plagioclase</p> <p style="margin-left: 40px;">qz ; quartz</p> <p style="margin-left: 40px;">ap ; apatite</p> <p style="margin-left: 40px;">ca ; calcite</p> <p style="margin-left: 40px;">ne ; nepheline</p> <p style="margin-left: 40px;">cl ; clay mineral</p> <p style="margin-left: 40px;">ga ; garnet</p> <p style="margin-left: 40px;">vs ; vesuvianite</p> <p style="margin-left: 40px;">wo ; wollastonite</p> <p style="margin-left: 40px;">ep ; epidote</p> <p style="margin-left: 40px;">zo ; zoisite</p> <p style="margin-left: 40px;">ab ; albite</p> <p style="margin-left: 40px;">sm ; silica mineral</p> <p style="margin-left: 40px;">ch ; chlorite</p> <p style="margin-left: 40px;">sr ; sericite</p> <p style="margin-left: 40px;">mt ; montmorillonite</p> <p style="margin-left: 40px;">kn ; kaolin</p> <p style="margin-left: 40px;">ze ; zeolite</p> <p style="margin-left: 40px;">lm ; limonite</p> <p style="margin-left: 40px;">sa ; saussurite</p>
<p>Upper to Lower Cretaceous System</p> <p style="margin-left: 40px;">Mendez fm.</p> <p style="margin-left: 40px;">El Doctor fm.</p> <p style="margin-left: 40px;">Las Trancas fm.</p>	<p style="margin-left: 40px;">lf ; lithic fragment</p> <p style="margin-left: 40px;">mf ; microfossil</p> <p style="margin-left: 40px;">-brg; -bearing</p> <p style="margin-left: 40px;">xn ; xenolith</p>
<p>Lower Cretaceous to Upper Jurassic System</p>	<p style="text-align: center;"><u>Others</u></p>

Apx. 2 Stratigraphic Correlation of the Jurassic and Cretaceous Systems by the Identified Macrofossils

Age	European Stage	South-central Hidalgo and north-eastern Mexico (Segerstrom, 1967)	Pachuca-Zimapan area, Hidalgo (JICA & MMAJ, 1981)	Macrofossils
Upper Cretaceous	Maastrichtian			
	Campanian	Mexcala fm.	Mendez fm.	
	Santonian			
	Coniacian			
	Turonian	Soyatal fm.	?	
	Cenomanian		El Doctor fm.	
Lower Cretaceous	Albian	El Doctor limestone		
	Aptian			
	Neocomian	Santuario fm.	Las Trancas fm.	
Upper Jurassic	Tithonian			
	Kimmeridgian	Las Trancas fm.		
	Oxfordian		not observed	
	Collovian	not observed		
				Collignoniceratidae gen. et sp. indet.
				Inoceramus (<i>Platyceramus</i>) aff. <i>platinus</i> LOGAN
				Inoceramus (<i>Platyceramus</i>) ex. gr. <i>cycloides</i> WEGNER
				Scaphitidae gen. et sp. indet.
				<i>Nowakites</i> sp.
				<i>Otocaphites</i> sp.
				<i>Polyptychoceras</i> sp.
				<i>Scalarites</i> sp.
				Crioceratitinae gen. et sp. indet.
				Berriasellidae (<i>Berriasellinae</i>) gen. et sp. indet.
				Berriasellinae gen. et sp. indet.
				<i>Spiticeras</i> (<i>Spiticeras</i>) sp.

(); sample number
 < >; Symbol name of the formation
 — ; range of leading fossil

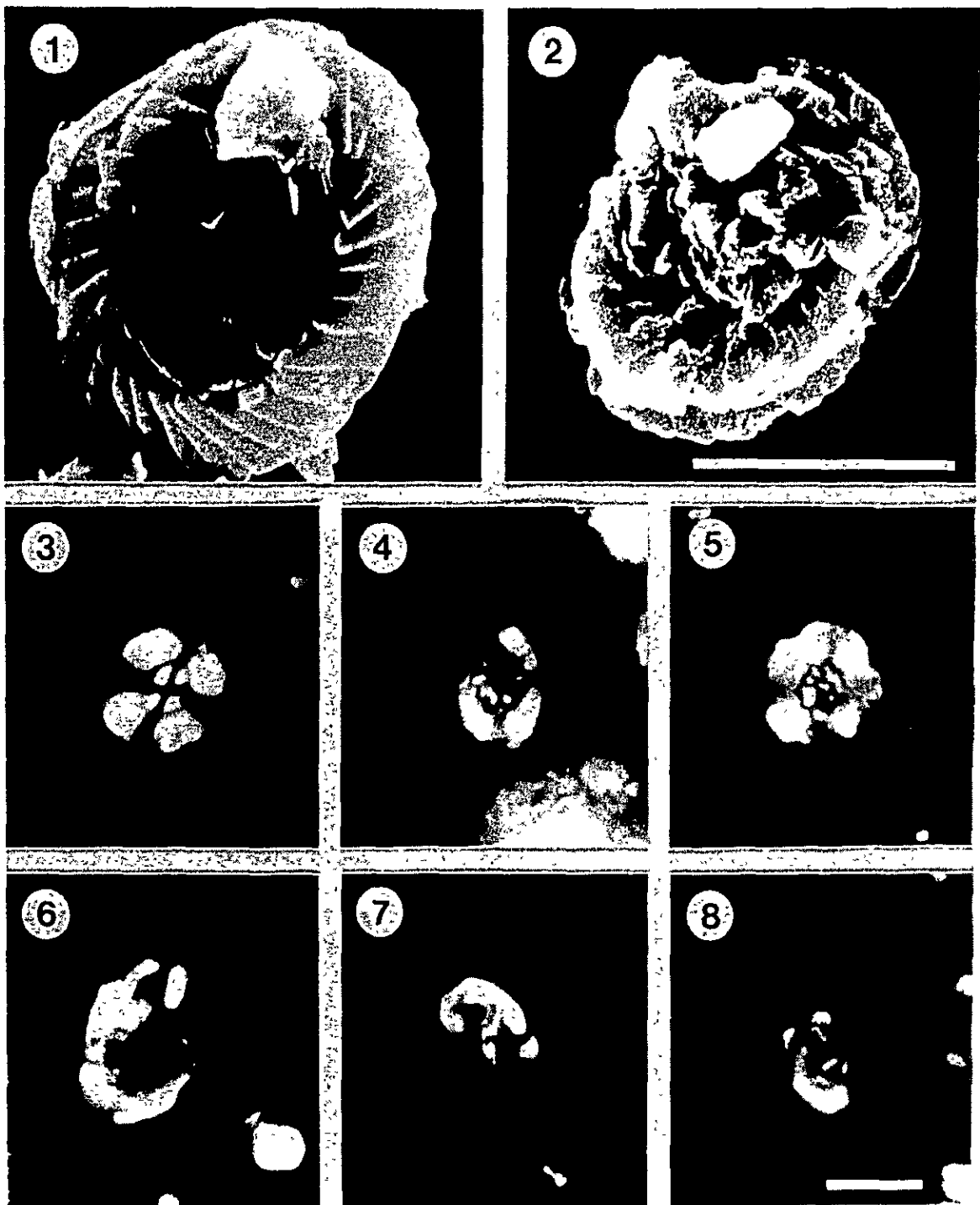


Ap. 4 Age Determination by the Identified Nannofossils

(Ma)	Age	Key species	Subordinate species	Range of nannofossil-yielding sample
65				
	Maastrichtian	<i>Eiffelithus eximius</i>		A202P B 7P B 23P B207P D217P E131P E205P E478P H200P I462P K 57P K 58P K411P L440P
70	Campanian	<i>Tetraithus aculeus</i> <i>Micula concava</i> <i>Broinsonia parca</i>		I464P I 2P L106P
80	Santonian	<i>Lithastrinus floralis</i>		(E203P) I460P L105P L206P
	Coniacian		<i>Lucianorhabdus cayeuxii</i> <i>Matanaueria communis</i>	D219P G 26P G 28P I 1P I301P K273P
90	Turonian	<i>Eiffelithus eximius</i>	<i>Gartnerago obliquum</i>	I105P I305P K269P
	Cenomanian	<i>Micula uturophora</i>	<i>Crucelliparis chitastia</i> <i>Prediscosphaera cretacea</i>	D317P E106P I 3P I 5P I 6P I 9P K263P K264P K265P L 1P L305P
100	Albian	<i>Eiffelithus turrisseiffeli</i>	<i>Broinsonia enormis</i> <i>Prediscosphaera colummata</i>	

Bar lines under the species names show the lower limits of the ranges; on the tops the contrary.

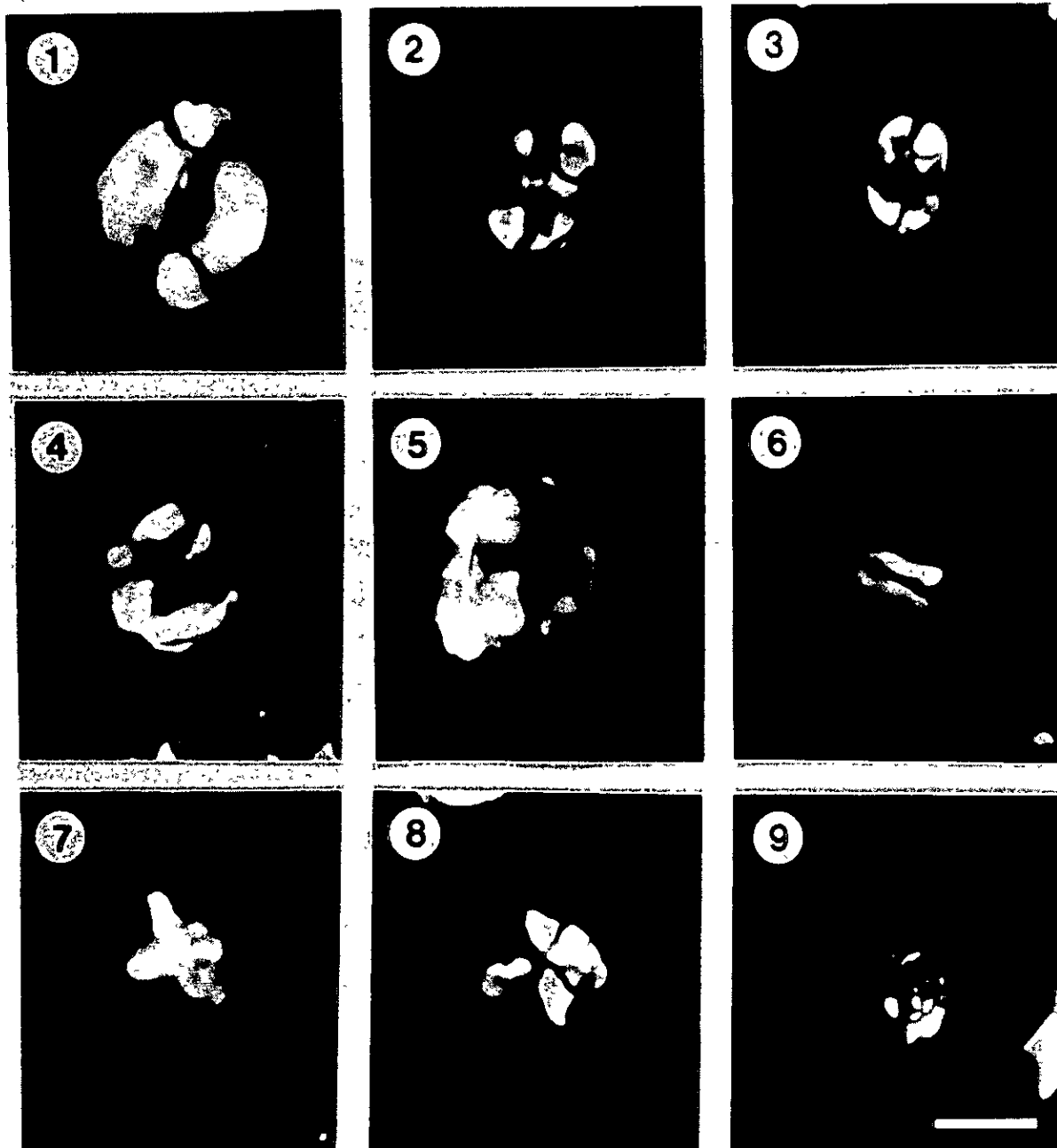
Apx. 5 Photomicrographs and Scanning Electron Images of
the Representative Nannofossils



Frequent-occurring Long-range Cretaceous Calcareous Nannofossils

1 and 2; *Watznaueria barnesae* (1; distal side, 2; proximal side),
 3; *Watznaueria barnesae*, 4; *Cretarhabdus* aff. *crenulatus*,
 5; *Cretarhabdus crenulatus*, 6; *Broinsonia enormis*,
 7; *Chiastozygus litterarius*, 8; *Zygodiscus diplogrammus*;
 1 and 2 are scanning electron images, the others photomicrographs; white
 bars show 5 μ m.

Apx. 5 - (Continued)



Effective Nannofossils for Age Determination of the Upper Cretaceous System.

	Alb.			Cen.			Tur.			Con.		San.		Cam.		Maa.	
	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	L	E	L	E	L	E	L
1; <i>Broinsonia parca</i>																	
2; <i>Eiffelithus eximius</i>																	
3; <i>Eiffelithus turrisseiffeli</i>																	
4; <i>Gartnerago obliquum</i>																	
5; <i>Kamptnerius magnificus</i>																	
6; <i>Lucianorhabdus cayeuxii</i>																	
7; <i>Micula concava</i>																	
8; <i>Micula staurophora</i>																	
9; <i>Prediscosphaera cretacea</i>																	

All photomicrographs are in the same enlargement; the white bar in the fig. 9 shows 5 μm.

Apx. 6 Whole-rock K-Ar Datings of Some Igneous Rocks

No.	Sample No.	Coordinates		Rock name	Strati-graphic unit	K (%)	$^{40}\text{Ar}/\text{R} / \text{gm} \times 10^{-5}$	^{40}Ar (%)	Age (m.y.)
		E	N						
1	B500DTC	478210	2304805	Quartz diorite	Tidi	2.96 2.99	0.556 0.567	81.8 79.3	47.8±2.4
2	C102DTC	479975	2309845	Quartz diorite	Tidi	2.53 2.54	0.470 0.487	76.9 80.5	47.9±2.4
3	D52DTC	485725	2299916	Quartz monzonite	Tigd	3.69 3.72	0.332 0.340	34.3 63.4	23.2±1.2
4	G483DTC	474472	2287728	Diorite porphyry	Tidp	2.01 2.02	0.249 0.243	48.3 54.2	31.1±1.6

$$\lambda_{\epsilon} = 0.581 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}, \quad \lambda_{\beta} = 4.962 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}, \quad ^{40}\text{K}/\text{K} = 1.167 \times 10^{-4}$$

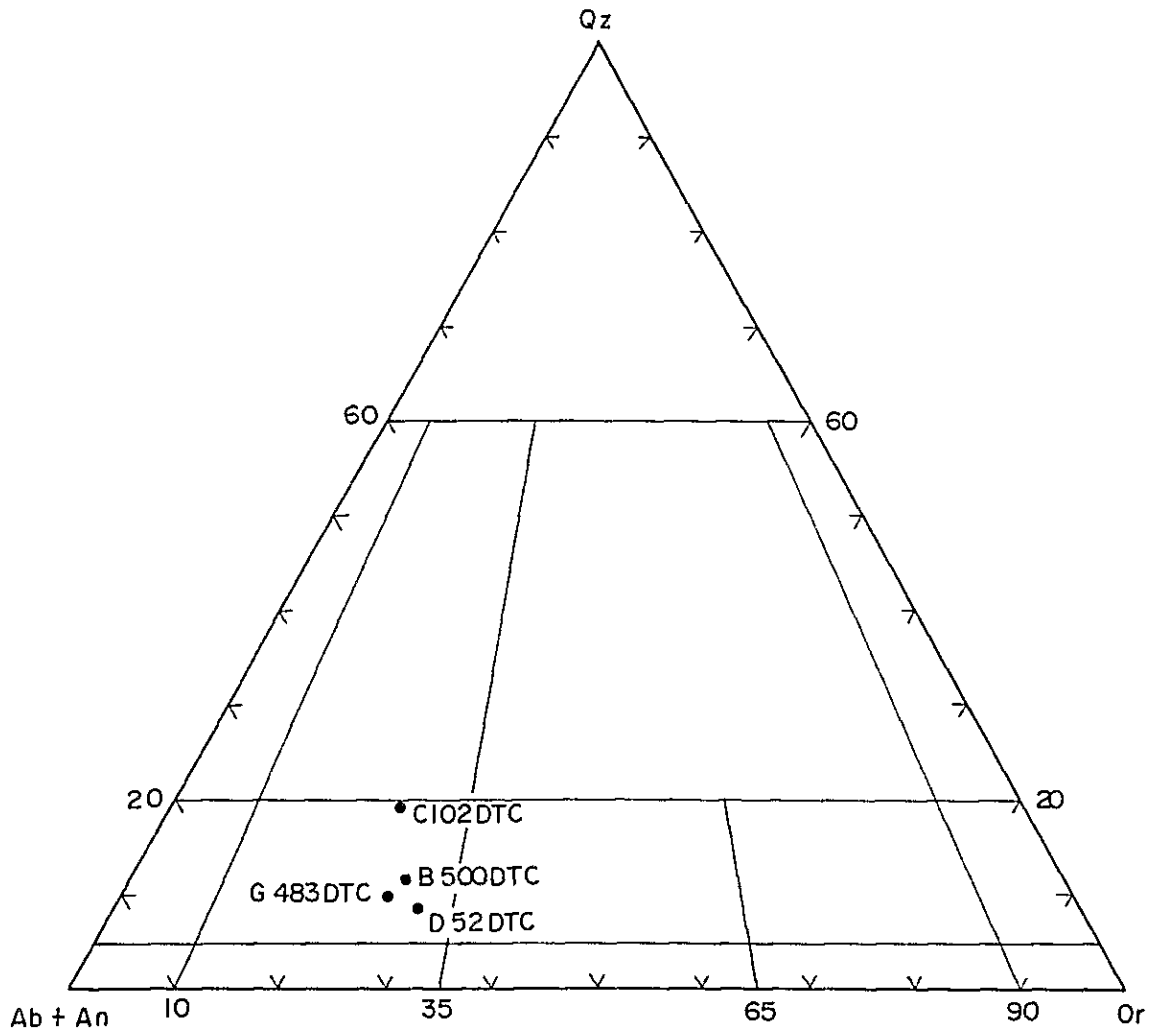
^{40}Ar ; radiogenic argon ^{40}Ar .

(All samples were analyzed in duplicate)

Apx. 7 Chemical Composition and C.I.P.W. Norm of Some Igneous Rocks

Sample No.		B500DTC	C102DTC	D52DTC	G483DTC	
Coordinates		E	478210	479975	485725	474472
		N	2304805	2309845	2299916	2287728
Rock name		Quartz diorite	Quartz diorite	Quartz monzonite	Diorite porphyry	
Chemical compositions	SiO ₂ (%)	60.41	61.61	61.38	58.34	
	TiO ₂	0.83	0.83	1.19	0.66	
	Al ₂ O ₃	17.57	16.34	16.73	19.94	
	Fe ₂ O ₃	3.41	2.83	0.97	1.54	
	FeO	2.03	2.73	4.58	2.35	
	MnO	0.12	0.13	0.11	0.05	
	MgO	2.00	2.44	1.75	2.13	
	CaO	4.84	5.00	3.48	4.96	
	Na ₂ O	4.14	3.48	4.76	4.93	
	K ₂ O	3.54	2.99	4.09	1.94	
	H ₂ O (+)	0.65	0.73	0.50	2.08	
	H ₂ O (-)	0.48	0.51	0.26	0.56	
	P ₂ O ₅	0.32	0.39	0.32	0.25	
	Total		100.34	100.01	100.12	99.73
weight in percent						
C.I.P.W. normative calculations	apatite	0.73	0.90	0.74	0.58	
	orthoclase	20.85	17.67	24.14	11.50	
	albite	34.91	29.44	40.23	41.83	
	anorthite	18.84	20.13	12.19	23.05	
	corundum	0	0	0	1.31	
	ilmenite	1.57	1.58	2.26	1.26	
	magnetite	4.51	4.10	1.40	2.24	
	diopside	2.35	1.71	2.49	0	
	hematite	0.29	0	0	0	
	hypersthene	3.87	6.81	8.94	7.37	
	quartz	10.94	16.43	6.85	8.23	
Total		98.86	98.77	99.24	97.37	

Apx. 8 Normative Quartz-Orthoclase-(Albite + Anorthite)
 Triangular Diagram of Some Igneous Rocks



Apx. 9 Microscopic Observations of Rock Thin Sections (Continued)

No.	Sample No.	Location		Stratigraphic unit	Rock name	Texture	Phenocryst or fragment																Groundmass or matrix											
		Coordinates					ol	opx	cpx	am	bi	ru	sp	op	af	pl	qz	ap	ca	ne	lf	mf	ol	opx	cpx	am	bi	ru	sp	al	op	af	pl	qz
		E	N																															
84	H6T	478348	2287758	Jtc	pumice-brg sandy tuff								○	○																				
85	H9T	479028	2288532	"	andesitic sandy tuff								○	○																				
86	H105T	477580	2289996	Jts	skarnized marl	schistose																												
87	H109T	475820	2288339	Sk	ga-vs skarn	granoblastic																												
88	H119T	473532	2296329	Jtc	andesitic tuff	vitric							○	●				●																
89	H121T	473327	2296382	Tan2	altered tuff	vitric, devitrified								●	●					●														
90	H122T	473031	2296212	Jtc	conglomerate	rounded pebble-brg							○	○	○		○	⊙									○	○	○					
91	H208T	483852	2287747	Jts	calcarenite								○	○		○	○												○	○				
92	H210T	483057	2287803	Tbal	ag basalt	intergranular							○								⊙								⊙					
93	H472T	482218	2294355	Kdf	muddy marble	porphyroblastic													●															
94	H475T	485150	2293655	Tian	ag-hy basaltic andesite	pilotaxitic		●	○					○							⊙						●	⊙						
95	H476T	486718	2293888	"	bi-brg hb andesite	porphyritic, devitrified				○	●	●	●	●		○													⊙					
96	H477T	486755	2293974	Tanl	titanag basaltic andesite	intersertal															⊙						●	⊙						
97	I106T	489405	2290510	"	altered hb andesite	porphyritic				○		●	●		○		●										●	⊙						
98	I200T	489382	2292855	"	altered basaltic andesite	intergranular				○					○						○						●	⊙						
99	I461T	492956	2290027	Tiba	altered ag? basalt	intersertal															○						●	⊙	●					
100	I465T	491146	2291668	"	ag? basalt	intersertal									○						○						●	⊙						
101	I467T	490724	2290573	Tian	altered andesite	pilotaxitic				○					○												●	⊙						
102	I470T	493497	2293921	Tanl	ag-hb andesite	hyalopilitic				●	○				○						●						●	⊙						
103	J105T	477025	2286328	Tan2	ag-hb andesite	trachytic				●	○				○														⊙					
104	J112T	475131	2287087	Tian	skarnized andesite	intersertal?									○														⊙					
105	J113T	474744	2287206	Tidp	hb-bi granodiorite	equigranular															○	○	●	●		●	⊙	●						
106	J116T	474331	2287219	Sk(Jtl)	ga-vs skarn	granoblastic																					●	⊙						
107	J305T	476479	2285281	Tan2	hb-ag andesite	trachytic				●	○																		⊙					
108	J314T	472090	2287174	Kms	weak-silicified siltstone																								○	○				
109	K4T	481720	2285467	Tbal	altered px? basalt	intersertal									(○)												(○)		⊙					
110	K18T	482631	2286882	Trhy2	flow-structured rhyolite	fluidal, devitrified																						●	○					

Apx. 9 Microscopic Observations of Rock Thin Sections (Continued)

No.	Sample No.	Location		Strati-graphic unit	Rock name	Texture	Phenocryst or fragment																Groundmass or matrix											
		Coordinates					ol	opx	cpx	am	bi	ru	sp	op	af	pl	qz	ap	ca	ne	lf	mf	ol	opx	cpx	am	bi	ru	sp	al	op	af	pl	qz
		E	N																															
111	K21T	483317	2286831	Tbal	andesitic tuff	vitric tuff												⊙										•						
112	K27T	481723	2284075	Tirh	rhyolite	porphyritic, devitrified						•		⊙	•													•						
113	K29T	482032	2283321	"	"	porphyritic								⊙	⊙	⊙		•												⊙				
114	K44T	482778	2283165	"	bi-brg rhyolite	hyalopilitic					•				•	•														⊙				
115	K54T	482086	2285005	Tbal	basalt	intersertal, mylonitic																						•		⊙				
116	K122T	483580	2286523	"	altered lapilli tuff	vitric, devitrified									•	•		⊙																
117	K164T	482770	2284839	Trhy2	rhyolite	porphyritic, holocrystalline									•														⊙	⊙				
118	K192T	485378	2286568	Tiba	px dolerite	intersertal												⊙				•					•		⊙					
119	K199T	485687	2285855	Jts	calcarenite												⊙	⊙		⊙									⊙	⊙				
120	K215T	484016	2285682	Tbal	andesitic lapilli tuff	devitrified												⊙									•							
121	K216T	484016	2285682	"	andesitic lapilli tuff	devitrified												⊙									•							
122	K220T	483688	2285607	Trhy2	rhyolite	porphyritic, holocrystalline												⊙	⊙								•		⊙	⊙				
123	K222T	483378	2285723	"	rhyolite	porphyritic, devitrified												⊙	⊙								•							
124	K242T	484538	2284100	"	rhyolitic lapilli tuff	devitrified						•							⊙															
125	K243T	484722	2284082	"	bi-brg rhyolite	porphyritic, devitrified						•																						
126	K246T	485538	2284187	Jts	tuffaceous sandstone													⊙	⊙	⊙														
127	K255T	482571	2284547	Trhy2	rhyolite	porphyritic, devitrified												•										•		⊙				
128	K260T	483092	2282876	"	lithoiditic rhyolite	devitrified																						•						
129	K270T	487903	2287463	Kms	mf-brg marl	spherical mf-brg												⊙									•							
130	K340T	484370	2282262	Tidi	altered hb diorite	equigranular															⊙						•		⊙	•				
131	K342T	484442	2282316	"	altered hb diorite	equigranular															⊙						•		⊙	⊙				
132	K401T	484774	2285133	Trhy2	basalt	intersertal													•								•		⊙	•				
133	K403T	484432	2285129	"	rhyolite	fluidal, devitrified																					•							
134	K415T	485460	2283502	"	bi rhyolite	porphyritic, devitrified							•														•			⊙				
135	K418T	484738	2284073	"	rhyolite	porphyritic, devitrified																					•							
136	K603T	479058	2287080	Tidi	altered microdiorite	equigranular																					⊙		⊙					
137	K605T	478988	2287047	Jtc	tuffaceous sandstone										⊙						⊙						•							
138	K609T	479126	2286724	"	andesitic lapilli tuff	devitrified									•												•							
139	L130T	492635	2284085	Tirh	lithoiditic rhyolite	devitrified																					•							

Phenocryst or fragment														Groundmass or matrix														Secondary mineral														Remarks																														
ol	opx	cpx	am	bi	ru	sp	op	af	pl	qz	ap	ca	ne	lf	mf	ol	opx	cpx	am	bi	ru	sp	al	op	af	pl	qz	ap	ca	ga	vs	wo	ep	sh	gl	cl	px	ga	vs	wo	am		ep	zo	of	ab	sm	sp	sa	ca	sh	sr	mt	kn	ze	lm	op															
										(O)	•													•	⊙										○											⊙	○										pl→ca; gl→ch,ca															
																								○				⊙									⊙																									•										
																								•	○	○		•											⊙										⊙																gl→ca, ch							
									○	•														•	•	⊙	○																																				pl, af→kn, sr pl→sr; gl→ch, ca									
																										⊙																																								pl→sr						
																										•																																														pl→sr

