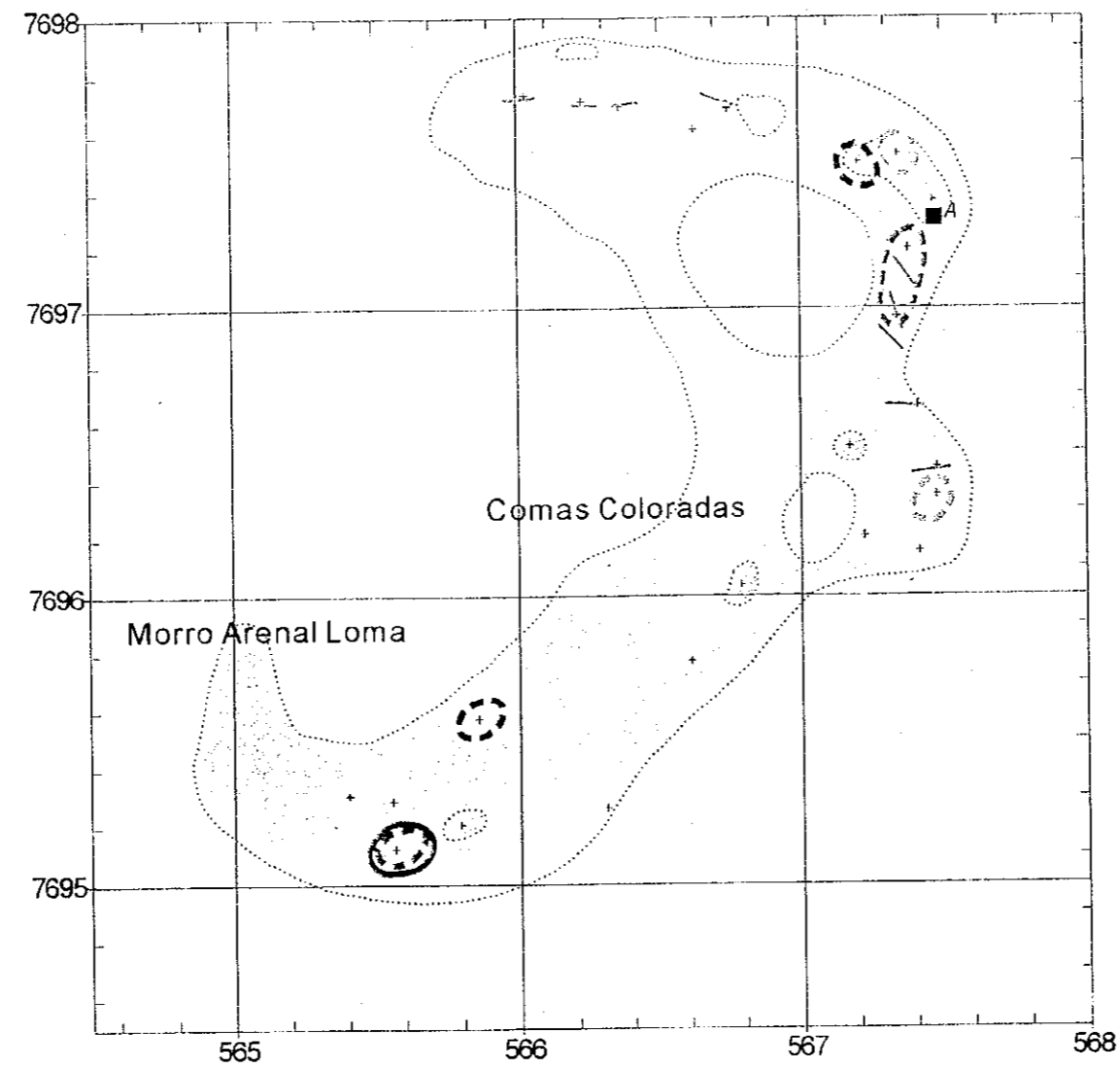


Colorado Colorado



Legend

- + Geochemical sampling point
- Argillized zone
- ▨ Silicified zone
- Ore vein
- Silicified vein
- A alunite
- Au
- Ag
- Cu
- Pb
- Zn
- As
- Sb
- Hg
- Mo
- Ba
- Sn

Fig.I-4-2 (13-4) Integrated Interpretation Map of the Colorado District (Colorado)

Luxsar

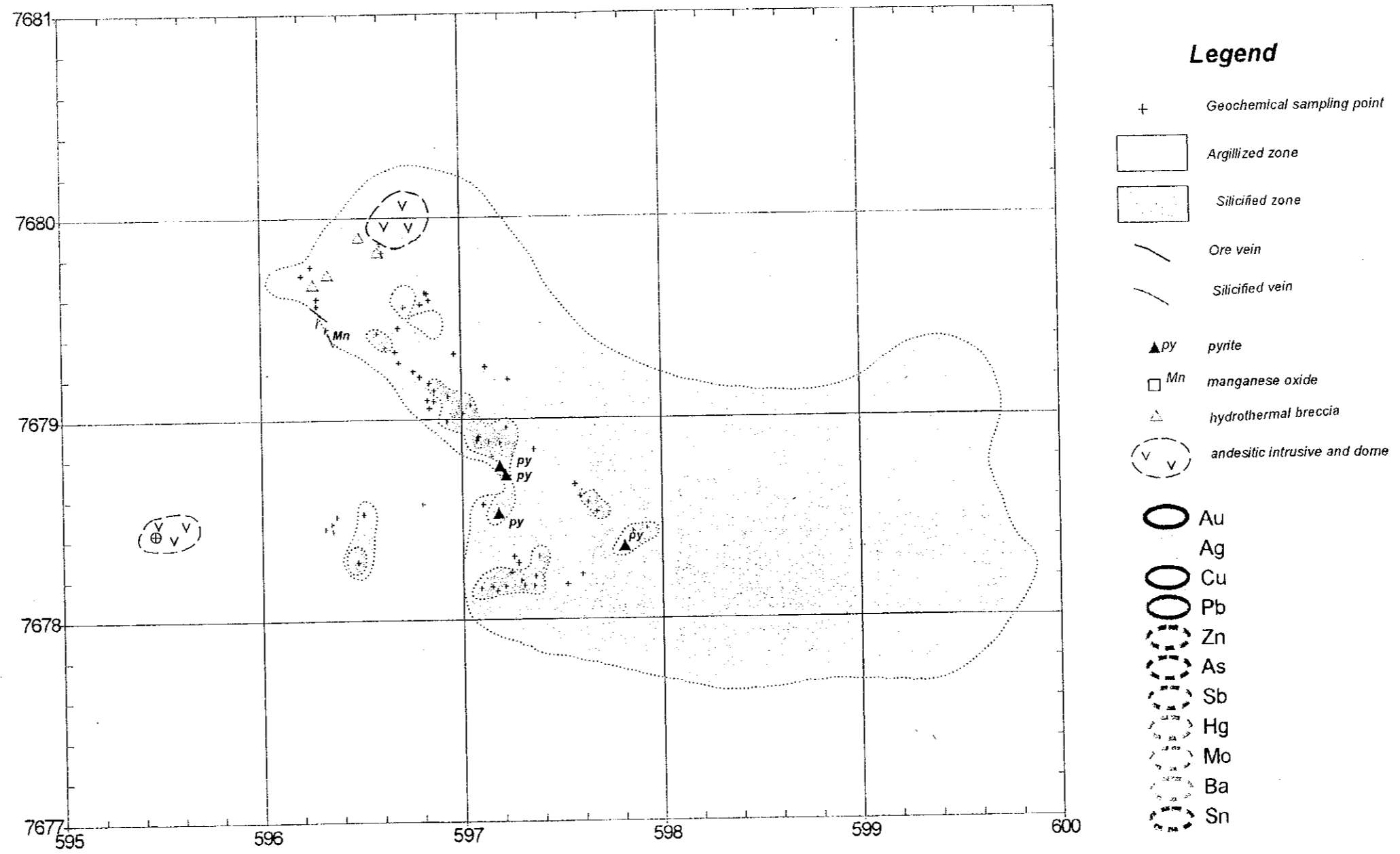


Fig.I-4-2 (14) Integrated Interpretation Map of the Luxsar District

Cachi Unu

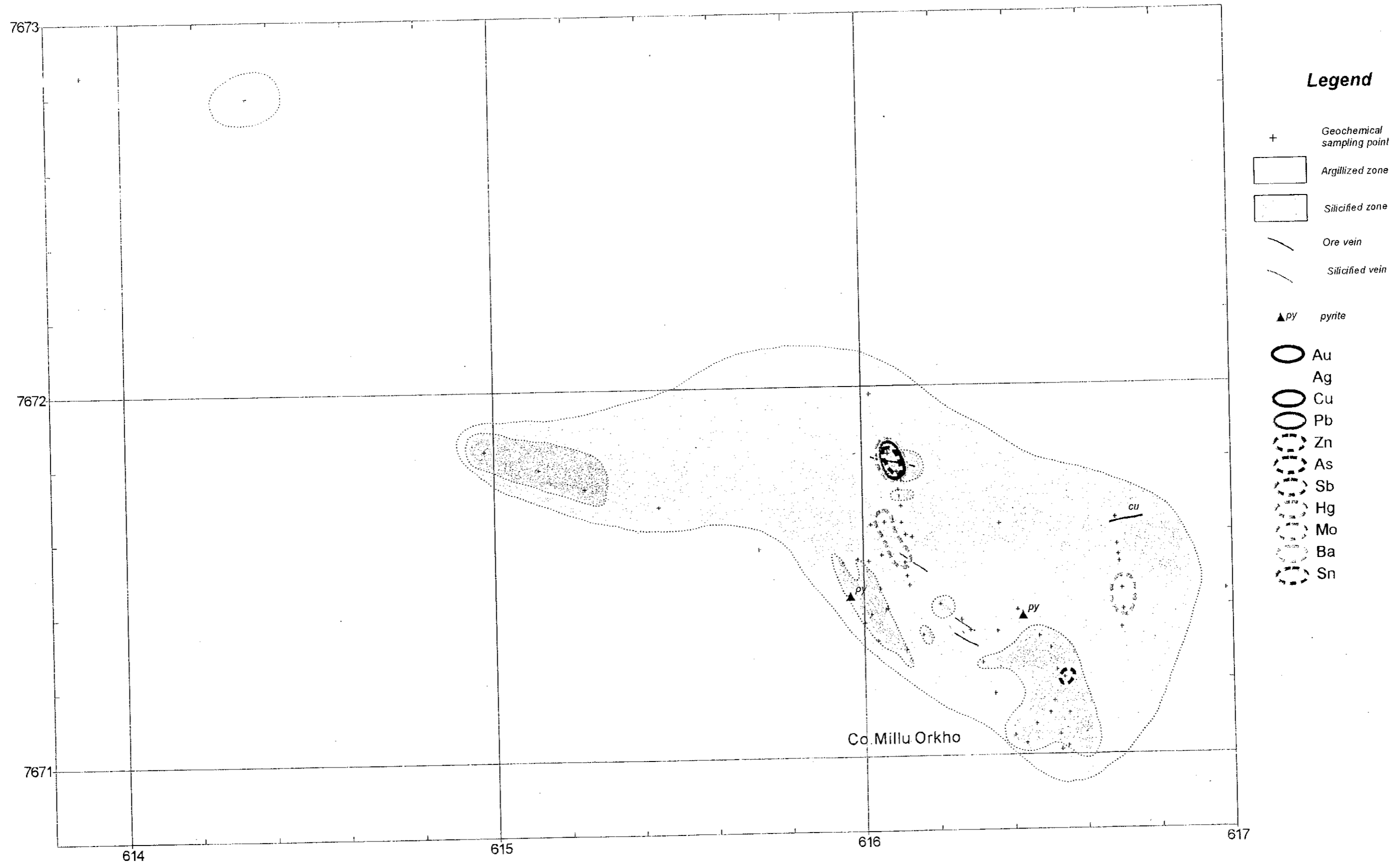


Fig. I-4-2 (15) Integrated Interpretation Map of the Cachi Unu District

Sedilla Chascos

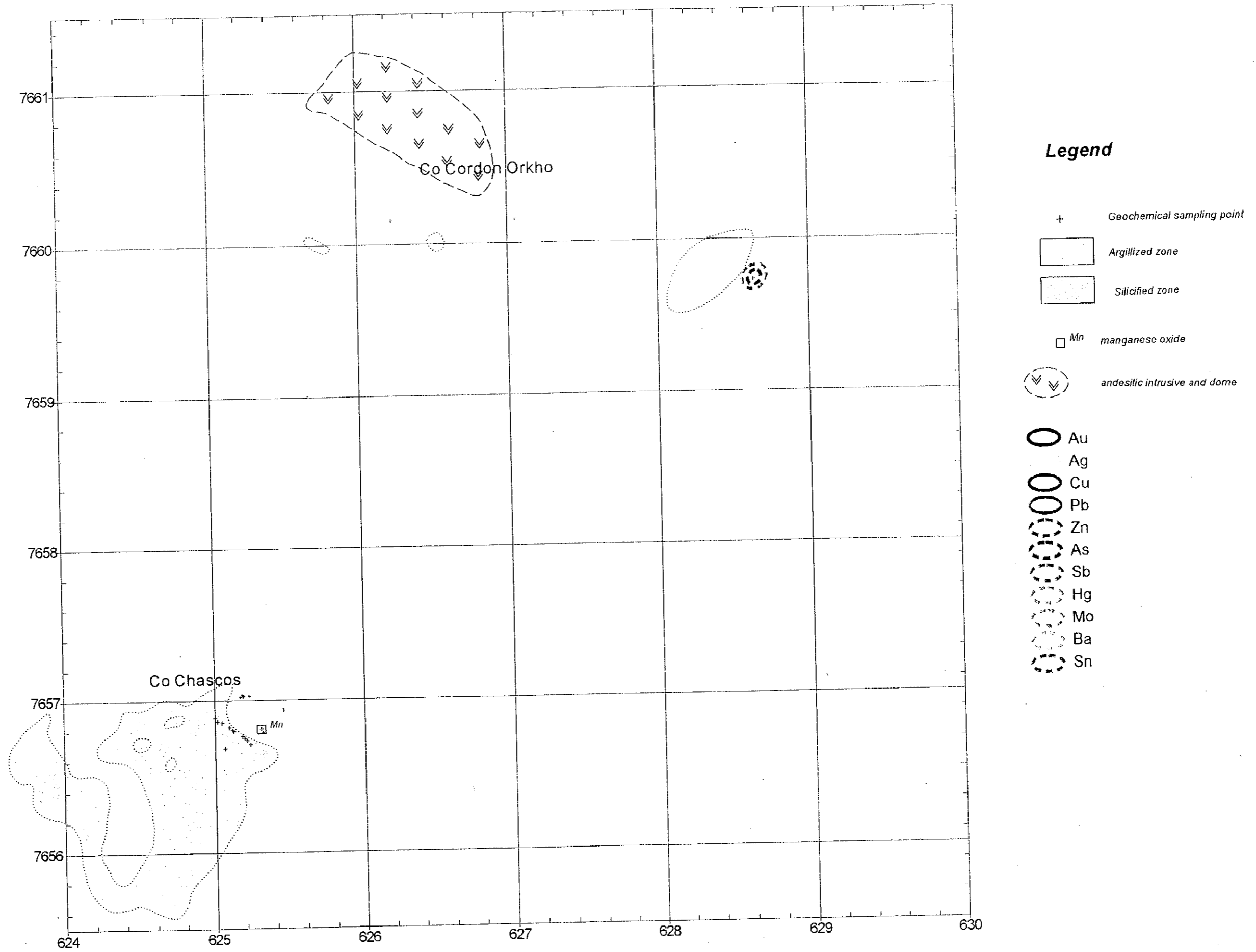
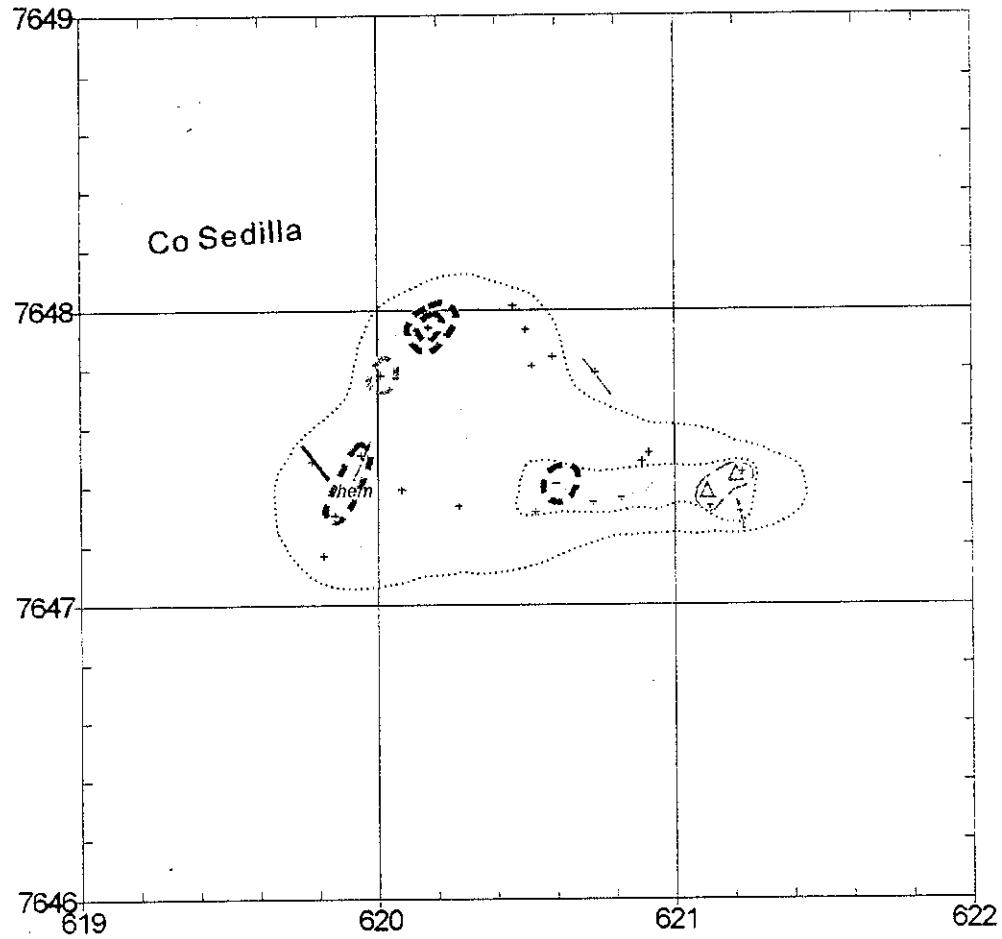


Fig.I-4-2 (16-1) Integrated Interpretation Map of the Sedilla District (Chascos)

Sedilla Sedilla



Legend

- + Geochemical sampling point
- [Solid Rectangle] Argillized zone
- [Dotted Rectangle] Silicified zone
- [Solid Line] Ore vein
- [Dotted Line] Silicified vein
- [Dashed Circle] hydrothermal breccia
- [Circle with horizontal lines] Au
- [Circle with vertical lines] Ag
- [Circle with diagonal lines /] Cu
- [Circle with diagonal lines \] Pb
- [Circle with horizontal dashed lines] Zn
- [Circle with vertical dashed lines] As
- [Circle with diagonal dashed lines /] Sb
- [Circle with diagonal dashed lines \] Hg
- [Circle with horizontal wavy lines] Mo
- [Circle with vertical wavy lines] Ba
- [Circle with diagonal wavy lines /] Sn

Fig.I-4-2 (16-2) Integrated Interpretation Map of the Sedilla District (Sedilla)

後期中新世の火山岩類中に約 1 km² の熱水変質帯が分布する。

本区域の断層、脈、割れ目は NNE—SSW 方向と NNW—SSE 方向が認められる。

鉱化作用は錫の存在から浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプ II）が推定されるが、変質作用や地化学異常からは存在しても弱いかまたは深い可能性がある。

3) エスカパ(Eskapa)鉱山区域 (Fig. I-4-2(16-3))

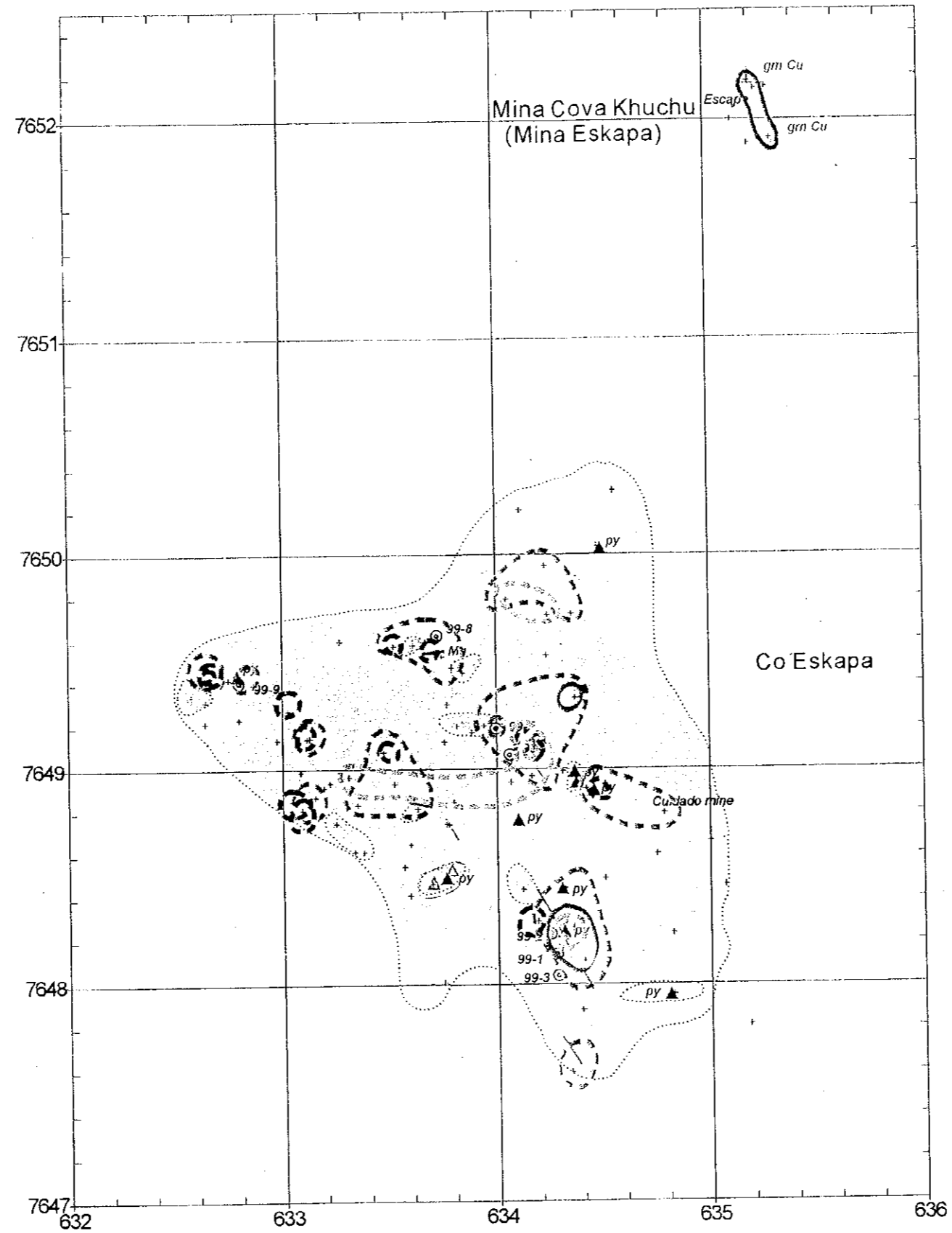
後期中新世の火山岩類中に約 4.5 km² の熱水変質帯が分布する。

変質鉱物では、中性変質を示すセリサイトやスメクタイトが広く分布し、かなり削剝を受けたことを示しており、浅部に鉱床胚胎の期待が持てる。

鉱床は、錫の存在や銀・鉛の異常から、浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプ II）に相当すると思われ、さらに中性変質帯の存在からポーフリー型鉱床の上部の可能性もある。

現在、SAMEX 社と International Chalice Res. 社が共同(joint venture)で探鉱（I P 調査）を実施している。

Sedilla Eskapa



Legend

- + Geochemical sampling point
- [] Argillized zone
- [] Silicified zone
- Ore vein
- Silicified vein
- ▲_{py} pyrite
- △_{lim} limonite
- _{Mn} manganese oxide
- ⊙₉₉₋₁ drill site
- ⊙ hydrothermal breccia
- Au
- Ag
- Cu
- Pb
- Zn
- As
- Sb
- Hg
- Mo
- Ba
- Sn

Fig. I-4-2 (16-3) Integrated Interpretation Map of the Sedilla District (Eskapa)

4-3 鉱床賦存のポテンシャルについて

第1年次と第2年次の調査結果を総合すると、西アンデス地域に広範囲に広がる熱水変質帯の下部にはベースメタルを伴う浅熱水性貴金属鉱床が存在する可能性が高いことが推定される。

これらの期待できる場所として、①運鉱岩(ore bringer)の存在する箇所、②熱水(鉱化流体)の通路が存在する箇所、③熱水の供給が繰り返し行われた箇所、が挙げられ、さらに④削剥量と⑤地化学異常によって鉱化帯中に占める位置が推定されポテンシャルが判断される。

①の運鉱岩については、熱水の供給源や熱源となるドームや貫入岩の存在が考えられる。メンドーサ地区のカンチャ山区域やグアダルツペ鉱山区域では多数の貫入岩が認められている。

②の熱水の通路については割れ目の発達の良い場所、熱水角礫岩や角礫パイプ等の存在箇所が好都合である。割れ目に関しては既知鉱床に東西系の脈(例えばサリナス・デ・ガルシーメントーサ鉱床群、トス・サトス鉱床、カンガス鉱床、トサリ鉱床)が多いことから特に東西系の割れ目が発達する箇所ではポテンシャルが高いといえる。

③熱水の供給が繰り返し行われた可能性のある箇所としては、成層火山より複合火山の存在する地区が有望と考えられる。また、古い火山岩(変質作用)と新しい火山岩(変質作用)が存在する箇所も同様に鉱化作用のオーバープリントが期待できる。したがって、これら熱水の循環が多い地区では一般に熱水変質帯の規模が大きくなる。この例としてメンドーサ地区のカンチャ山(16.2Maと8.0Maのデイサイトの貫入時期)やグアダルツペ鉱山(流紋岩と安山岩の貫入時期)およびソニア〜スサーナ地区(17Maと1.75Maの熱水変質時期)等が考えられる。

④削剥量については、主に年代測定、流体包有物の均質化温度、地化学異常および変質鉱物等で判断される。一般に削剥が進んでいるにもかかわらず鉱化作用が弱い場合にはもはや深部に対して期待が持てなくポテンシャルが低いと考えられる。

⑤地化学異常については、ラ・デセアーダ鉱床が参考になる。すなわち、鉱化帯の上部には(金、銅：局部的)、鉛、砒素、アンチモンの異常が見られ、鉱化帯の下部では、金、銀、銅、鉛、亜鉛、アンチモンの異常が観察される。脈質と併せて検討すれば鉱化帯中に占め

る位置を推定できる。

以上の要素を統合して検討すればポテンシャルの高い地区が抽出可能である。

4-4 川砂地化学探査結果 (Fig. II-3-1(1),-1(2))

川砂試料の48成分の因子分析の結果、本地域の鉱化作用に関連したと考えられるAg, Cd, Mn, Pb, Sb, Znの組み合わせからなる因子(第3因子)が抽出された。第3因子の因子得点分布をFig. II-3-2(1)(2)に示す。第3因子の高得点領域は、ソニア・スサーナ地区およびパニソ地区チンチルーマ区域に認められる。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

第1年次及び第2年次の調査結果、火山岩中に広範に分布する熱水変質帯の下部には以下のタイプの鉱床が賦存する可能性がある。

タイプⅠ：ボリヴィア型多金属鉱床

A：銀・錫に富むタイプ

B：銀・金・銅に富むタイプ

タイプⅡ：浅所の火山岩の活動に係る浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床

タイプⅢ：浅所の半深成岩貫入活動に係る浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛・銅鉱床

タイプⅣ：高硫化系浅熱水金・銀・銅鉱床（石英—明礬石型鉱脈鉱床）

タイプⅤ：低硫化系浅熱水鉱床（石英—氷長石型鉱脈鉱床）

トラキリ地区

トラキリ鉱床はカルデラの発達に伴って形成された東西系の割れ目を充填するベースメタルや貴金属鉱化作用を伴う浅熱水性重晶石—石英脈鉱床である。

変質帯が中性変質を示し錫の存在が認められないことや貫入岩が認められていないこと等から、低硫化系浅熱水鉱床（タイプⅤ）と浅熱水性貴金属鉱床（タイプⅢ）の性質を有している。

過去の採掘が、脈の部分のみを対象にしていることを考慮すると、サン・クリストーバル鉱山トルドス鉱床のように低品位、大鉱量の網状あるいは鉱染型の鉱床が残されている可能性がある。特に、2本の鉱脈が深部で交差する周辺部に強い鉱化作用が期待される。

アス・アスニ地区

第1年次確認した変質帯の東部に熱水角礫岩を伴う変質帯が分布するが、小規模で顕著な地化学異常が認められないことから、鉱化作用が弱いか、存在しても深い可能性が高い。

チュルカニ地区

今年度調査の結果、Loma Huarin Uma 尾根を中心に熱水変質帯が環状に分布し、さらに熱水角礫岩（岩脈状、パイプ状、塊状）や珪化脈が放射状に分布することが判明した。その結果、中心部の深部に貫入岩が潜在することが示唆される。また、変質鉱物として明礬石やカオリナイトお

よびパイロフィライトが認められ、酸性変質を示している。

地化学探査の結果では、金の地化学異常が変質帯の中央部に点在して分布するほか、アンチモン、バリウムの異常部が広く分布し、小規模ではあるが、鉛、砒素、モリブデン、錫の異常部が点在する。

したがってチュルカニ地区の鉱化作用は、浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）に相当するものと推定され、潜在する貫入岩の周辺部に鉱床胚胎の可能性が高い。さらに、パイロフィライトの存在と極一部に銅の異常値が認められることから、高硫化系浅熱水性鉱床（タイプⅣ）がオーバープリントしている可能性もある。

ソニア～スサーナ地区

金、銅、鉛、亜鉛の地化学異常と金、錫、アンチモン、砒素の地化学異常の2種類が認められる。これらは異なった鉱化作用によるものと解釈可能で、熱水活動時期に少なくとも2時期が考えられる。

前者の鉱化作用は浅所の半深成岩貫入活動に関係する浅熱水鉱床（タイプⅢ）に相当し、後者は浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）と解釈される。

古い鉱化帯の深部にはポーフリー型鉱化作用が期待され、新しい鉱化帯の深部には浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性貴金属鉱床が期待できる。

しかし、本地区では、鉱山会社(COMINCO Bolivia)が試錐10本を含む、地化探、I P調査を実施しており、これらの情報を統合して検討する必要がある。

カロールノ地区

本地区に広く分布する熱水変質帯は変質帯の最上部（最外側）に位置するものと考えられる。

南東部の Rio Agua Milagro に沿って分布する針鉄鉱を主体とするゴッサンは、上流の上端部で砒素とアンチモンの異常を示しており、その付近から熱水が噴出し、流下した可能性が考えられる。この付近は火山体の中心からやや離れているとみられ、低硫化系浅熱水性鉱床（タイプⅤ）の賦存の可能性が考えられる。

また北部は、一部熱水変質帯が強酸性溶液から生成した可能性が考えられ、さらに、錫の異常が認められることから、鉱化作用は高硫化系浅熱水性鉱床（タイプⅣ）または浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）に相当するものと思われる。

地化学異常にまとまりがなく鉱化作用が弱い可能性も考えられるが、極めて膨大な熱水が循環しており、熱水角礫岩の分布域も広いことから存在すれば大規模鉱床が期待される。

ロマ・ジェーナ地区

本地区の熱水変質帯は変質帯の最上部（最外側）に位置するものと見られる。また、一部熱水変質帯が強酸性溶液から生成した可能性がある。さらに錫の異常が認められることから、本地区の鉱化作用は、高硫化系浅熱水性鉱床（タイプⅣ）または浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）に相当するものと思われる。しかし、黄鉄鉱の鉱染も弱く、また地化学異常も優勢でなくまとまりがないことから、鉱化作用が存在しても弱いか存在しても深い可能性が高い。

ブランカ・ニエベス地区

ブランカ・ニエベス区域の鉱化作用は、錫の存在から浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）に相当すると思われるが、地化学異常も弱く、鉱化作用は弱いか存在しても深い可能性が高い。

ティティカヨ区域には北西系の割れ目が発達し、マンガンに伴う銀鉱化作用が認められる。この鉱化作用は、カラングス地区のマンガンに伴う銀鉱化作用に類似し、貫入岩は確認されていないが、浅所の半深成岩貫入活動に関係する浅熱水性貴金属鉱床（タイプⅢ）に相当すると解釈できる。

カラングス地区

サン・フランシスコ区域には割れ目や層理面に沿って銀を伴う二酸化マンガン鉱化作用が認められる。変質作用は弱いが中性変質を示し錫の存在が認められていない。貫入岩の存在は確認できていないが、本地区の鉱床は浅所の半深成岩貫入活動に関係する浅熱水性貴金属鉱床（タイプⅢ）に相当すると考えられる。

変質帯の発達が悪く、割れ目の発達もやや弱いことから、鉱化作用は弱い可能性が高い。

カラングス鉱山区域では、変質作用はエスピリット丘で認められるがサン・アントニオ丘では弱い。いずれも中性変質を示し錫の存在が認められていない。エスピリット丘では貫入岩（ドーム）が存在し、本地区の鉱床は浅所の半深成岩貫入活動に関係する浅熱水性貴金属鉱床（タイプⅢ）に相当すると考えられる。

サン・アントニオ丘は割れ目に沿って銀を伴う二酸化マンガン鉱化作用が認められるが、鉱化作用は弱い可能性がある。

クレブラ地区

トードス・サントス鉱床では、中性変質を示し錫の存在が認められていない。また、貫入岩（ドーム）が存在することから、本地区の鉱床は浅所の半深成岩貫入活動に関係する浅熱水性貴金属鉱床（タイプⅢ）に相当すると考えられる。

クレブラ区域では、錫の存在から浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）が推定されるが、地化学異常が弱いことから、鉱化作用が弱いかまたは存在しても深い可能性が高い。

メンドーサ地区

カンチャ山では浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）が考えられる。今年度の年代測定結果では変質年代が約 16Ma の中期中新世を示すが、東部の変質デイサイト質ラコリスが 8.0Ma を示すことから、熱水変質時期が少なくとも 2 時期存在していることを示唆している。しかし、地化学異常が弱く分散し、鉱化作用が弱いか鉱床が存在しても深い可能性がある。

ラ・デセアード鉱床は浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）とされる。Co. Mokho の地化学異常部の下部にはラ・デセアードと類似の鉱床の存在が期待でき、さらにラ・デセアード鉱山から変質帯が連続していることから、鉱化作用も連続している可能性が高い。

グアダルッペ鉱山やマリア・ルイサ鉱山も錫の存在から浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）と推定されるが、坑口のズリから採取された硫砒銅鉱は高硫化系浅熱水鉱床（タイプⅣ）の存在も示唆している。硫砒銅鉱-黄鉄鉱の鉱石が角礫化しており、2 時期の熱水活動が推定できる。

イラヌタ区域の鉱化作用は、錫が認められなく中性変質を示すことから、浅所の半深成岩貫入活動に関係する浅熱水鉱床（タイプⅢ）に相当すると考えられる。流体包有物の均質化温度は平均 258°C を示し、鉱化帯のやや下部を示唆している。さらに深部にポーフリー型鉱床が賦存する可能性はある。

チョルカ山の鉱化作用は、カオリナイト、明礬石およびパイロフィライト等酸性変質鉱物の存在から高硫化系浅熱水鉱床（タイプⅣ）が推定される。顕著な地化学異常を示さないが、鉛、アンチモンの異常部が比較的まとまって存在し、さらに鉱液の通路となる割れ目が熱水角礫岩や角礫パイプとして優勢に存在することから、深部に鉱床賦存の可能性が高い。

パニソ地区

ヴィラサカ区域は錫が存在し、浅所の火山岩の活動に関する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）が期待されるが、地化学異常は弱く鉱化作用が弱い鉱床が存在しても深い可能性が高い。

パコロマ区域は砒素とアンチモンの異常が点在するのみで、鉱床のタイプは推定できないが、鉱化作用が弱い鉱床が存在しても深い可能性が高い。

トゥルコ区域は錫が存在し、浅所の火山岩の活動に関する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）が推定される。砒素とアンチモンの地化学異常が重複する箇所には可能性があるが、他の地化学異常が認められないことから存在しても深い可能性が高い。

チンチルーマ区域は変質帯が中性変質を示し錫が認められないことから、鉱床は浅所の半深成岩貫入活動に関する浅熱水性貴金属鉱床（タイプⅢ）に相当すると考えられる。

プキッサ 区域は、変質帯規模が小さく、地化学異常も極めて弱いことから、鉱化作用のタイプは不明で、鉱化作用は存在しても弱いまたは深い可能性がある。

パニソ区域には、北部には金、砒素、アンチモン、錫が、中央部には銅、砒素、アンチモン、モリブデン、錫が、南西部には金、銀、鉛、砒素、アンチモン、錫の異常部が存在する。鉱化作用は、錫やパイロフィライトの存在等を考慮すると北部や南西部では主に浅熱水性の金・銀・鉛・亜鉛タイプ（タイプⅡ）が、中央部では高硫化系浅熱水鉱床の金・銀・銅鉱床（タイプⅣ）が期待される。南西部にはカオリナイトが多数存在することもあり、高硫化系浅熱水鉱床が重複している可能性もある。

変質年代が中期中新世後期を示したことから、比較的浸食を被っているものと思われ、地化学異常が比較的強いことから、下部の余り深くない箇所に鉱床賦存の可能性はある。

サイリカ地区

プラスマル鉱山の鉱化作用は既存のデータや地化学分析結果から浅所の火山岩の活動に関する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）に相当する。また、パイロフィライトと銅の異常の存在から高硫化系金・銀（銅）鉱床（タイプⅣ）が重複している可能性がある。地表で広く変質帯が分布し、地化学異常を顕著に示すことから、深部に鉱床賦存の可能性が高い。

ソルシオン鉱山の鉱化作用は坑内の鉱石分析結果から浅所の火山岩の活動に関する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）に相当する。坑内での鉱石賦存状況や規模、地化学異常、変質帯の規模等から判断すると大鉱床に発展する可能性は低い。

コロラド地区

パヨス区域では、熱水角礫岩は存在するが小規模の粘土化変質主体で顕著な地化学異常を示さないことから、鉱化作用が弱いか、または存在しても深い可能性がある。

オケ区域の鉱化作用は錫の存在から浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）が推定されるが、変質作用や地化探異常が弱いことから、鉱床が存在しても弱いかまたは深い可能性がある。

ペレナル区域の鉱化作用は鉛、錫の存在から浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）が推定される。珪化作用も強く、北西方向の連続性が良好なことから鉱床の存在が期待される。

コロラド区域ではパイロフィライトの存在から高硫化系鉱化作用（タイプⅣ）が考えられる。また、地化学異常値からは錫の異常はないが浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）の可能性もある。しかし、変質帯の最外側と考えられることや、地化学異常が顕著でないことから、鉱化作用は弱いかまたは存在しても深い可能性が高い。

ルクサール地区

ドームがその周辺部に熱水角礫岩を伴っているが、全体に珪化作用が弱く地化学異常も示さないことから、鉱化作用は存在しても弱いかまたは深い可能性が高い。

カチ・ウヌ地区

鉱化作用は錫や緑色銅鉱の存在およびパイロフィライトの存在からボリヴィア型多金属鉱床の銀・銅タイプ？（タイプⅠB）および高硫化系浅熱水鉱床タイプ（タイプⅣ）が推定されるが、変質作用や地化探異常からは存在しても弱いかまたは深い可能性が高い。

セディージャ地区

チャスコス区域は、変質作用が全体に弱く、地化学異常も砒素、アンチモンが1箇所認められる程度で、ドームが存在しても熱水変質を伴っていないことから、鉱化作用は存在しても弱いかまたは深い可能性が高い。

セディージャ区域の鉱化作用は錫の存在から浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）が推定されるが、変質作用や地化学異常からは鉱化作用が存在しても弱いかまたは深い可能性が高い。

エスカバ鉱山では、中性変質が広く分布し、浅部に鉱床胚胎の期待が持てる。

鉱床は、錫の存在や銀・鉛の異常から、浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）に相当すると思われ、さらに中性変質帯の存在からポーフイリー型鉱床の上部の可能性もある。

以上、第1年次と第2年次の調査結果を総合すると、トラキリ地区、ソニアヘスサーナ地区、カラングス地区、パニソ地区のチンチルーマ区域およびセディージャ地区のエスカパ区域は浸食が進んで鉱化帯のやや深部が露出しているものと解釈され、深部にポーフイリー型金・銅鉱床の胚胎の可能性も秘めている。

そのほかに、チュルカニ地区、カロールノ地区、メンドーサ地区のラ・デセアード鉱山区域、同地区の Cholca 山、パニソ地区のパニソ区域およびサイリカ地区のプラスマル区域は、ドームや貫入岩が分布し熱水角礫岩の発達も良く熱水作用が活発だった可能性が高く、鉱床胚胎の確率が高い。

5-2 第3年次調査への提言

第1年次および第2年次の調査の結果、オルロ・ウユニ地域には広範囲に熱水変質帯が分布し、その下部に浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床、高硫化系浅熱水金・銀・銅鉱床（石英—明礬石型）、浅所の半深成岩貫入岩に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床および低硫化系浅熱水鉱床（石英—氷長石型）を胚胎する可能性があることが判明した。

しかし、浸食が少なく比較的若い火山が被覆する西アンデス山脈では、いずれのタイプの鉱化作用も十分に解明されていない、有効な探鉱ツールは確認されていない。

第3年次は、鉱床賦存の可能性の高い地区で地質精査および物理探査を実施しさらに詳細な情報を得るとともに、そのうちの一部で構造試錐を実施し、三次元モデル（地質構造、変質分布、比抵抗構造、地化学変化等）を構築し、有望地区抽出の一助にすることが望ましい。

①チュルカニ地区：

本地区では金の地化学異常部の周辺で金鉱化作用の特性をさらに明確化するために地質精査を、また貫入岩の予想された箇所を中心に地質構造（貫入岩の深度、形状等）を推定し、比抵抗構造（熱水変質帯の分布状況）や分極率分布（鉱化状況）を確認するために電気探査（IP法）を実施することが望ましい。さらにそれらを具体的に且つ三次元的に確認するために試錐が望ましい。

②トラキリ地区：

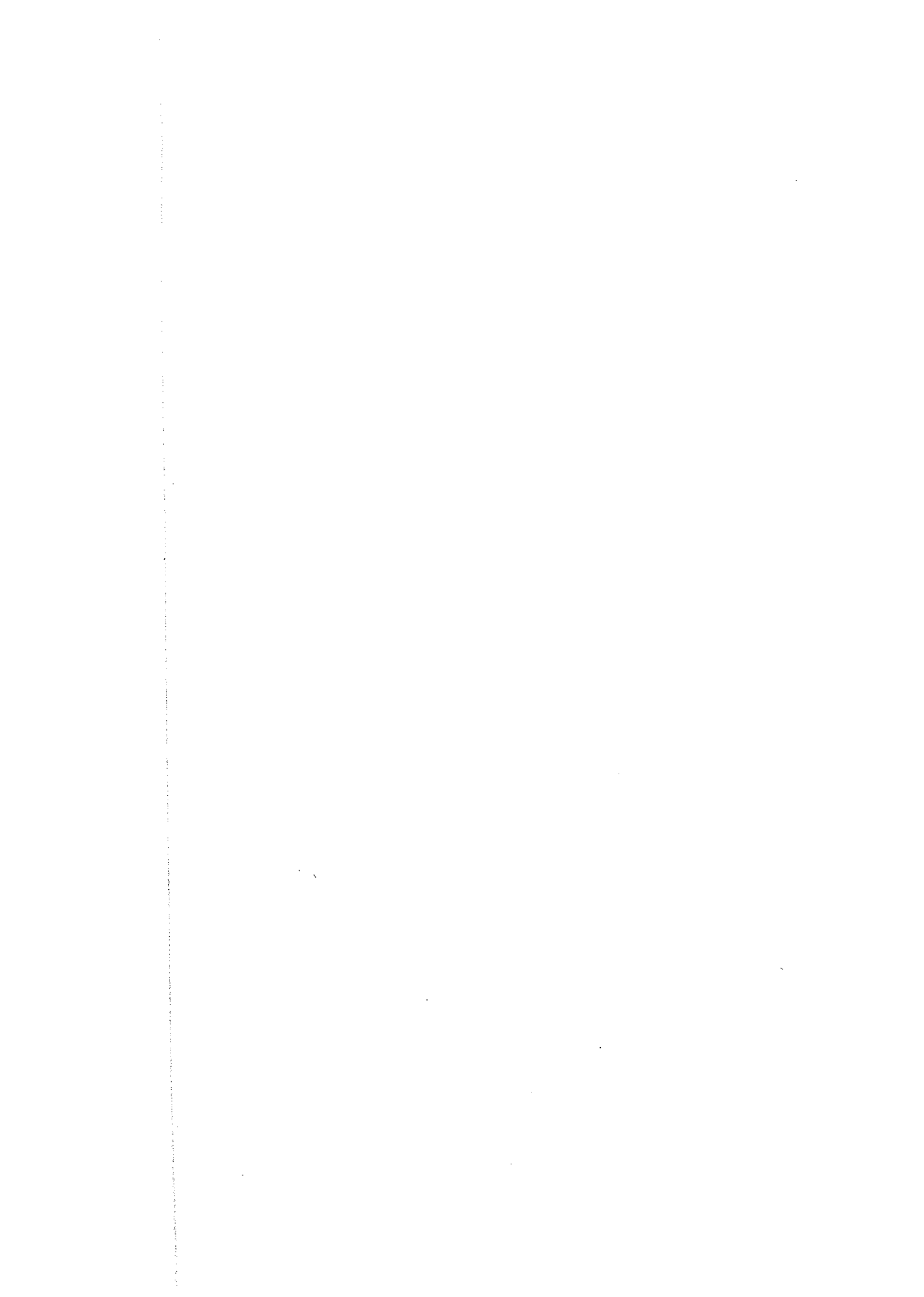
本地区では既知鉱脈の西方への連続性および平鉱脈の規模と連続性及び品位等を明確にするために地質精査を、また落合直りや鉱染状細脈状鉱化作用が予想された箇所での地質構造を推定し、分極率分布（鉱化状況）を確認するために電気探査（IP法）を実施することが望ましい。さらにそれらを具体的に且つ三次元的に確認するために試錐が望ましい。

③パニソ地区（パニソ変質帯）：

本地区では2箇所では金（銀）地化学異常と1箇所では銅・鉛・砒素の地化学異常が確認され、これら3箇所では鉱化作用の特徴と変質帯の分布を明確にするために地質精査を実施することが望ましい。また深部の地質構造を推定し、比抵抗構造（熱水変質帯の立体的分布状況）や分極率分布（鉱化状況）を確認するために電気探査（IP法）を実施することが望ましい。

④カロールノ地区：

本地区には極めて広範な熱水変質帯が分布するが、顕著な地化学異常が確認されていない。しかし、多量の熱水の供給が推定され、高硫化系鉱化作用と低硫化系鉱化作用の存在の可能性もあることから、深部での情報を得るために電気探査（I P法）を実施することが望ましい。



第Ⅱ部 各 論

第1章 調査方法

既存データ解析及び衛星画像解析により抽出した有望地区について Table I-1-1 に示す調査量の地質調査および地化学探査を行った。

踏査にあたっては、縮尺5万分の1の地形図を拡大したものを利用してルートマップを作成した。調査ルートは既存データ解析および衛星画像解析結果を反映して設定した。

現位置の確認にはGPSを活用し、鉱化帯露頭の位置は必要に応じて簡易測量により求めた。

ルートマップは、できるだけ具体的に諸観察事項を記入し、特に重要な露頭及び鉱徴は縮尺100～200分の1のスケッチおよびカラー写真撮影を行った。

地化学探査のサンプルメディアは岩石とし、現場で採取した岩石はオルロに送付し、ASA (Alex Stewart Assayers) 分析所で粉碎、試料調整を行った後、英国ASA分析所で分析した。

本調査で採取した2,600個と第1年次の803個の地化探試料分析結果について統計処理を行った。統計処理により正規確率紙に累積度数分布図を描いた。分布図の屈曲点をバックグラウンドと異常値とを区分する「しきい値」として求めた。

地質調査結果は調査精度に応じて1万分の1, 2.5万分の1, 5万分の1の地質図にまとめた (Fig. II-2-1～Fig. II-2-16)。

相手国機関によって採取された川砂試料の地化学分析は岩石試料と同様、ASA分析所で分析された。

調査結果は縮尺90万分の1にまとめた (Fig. II-3-2(1)(2))。

第2章 地区別調査結果 (Table 1-4)

2-1 トラキリ地区 (Fig. II-2-1,-1(1),-1(2),-1(3))

(1) 地質

後期中新世～鮮新世の凝灰岩，火山礫凝灰岩，凝灰角礫岩（火山角礫岩）等の火山碎屑岩類およびデイサイト溶岩が分布する。

火山碎屑岩類は淡灰色を呈し，一部に弱い溶結が認められる。デイサイト，安山岩，凝灰岩の岩片を含むほか，石英，黒雲母，角閃石を含みデイサイト質である。第1年次の K-Ar 年代測定結果は， 5.51 ± 0.11 Ma を示す。

本地区の断層，鉱脈，割れ目は E-W 方向が卓越し，一部に N-S 方向が存在する。

(2) 変質作用

熱水変質帯は約 2 km^2 を占める。

珪化変質，粘土化変質およびプロピライト化変質が認められる。

珪化変質はおおむね東西方向の鉱脈や割れ目に沿って各所に認められるが分布範囲は狭い。

粘土化変質は一般に珪化変質を取り囲む様に分布している。変質鉱物として，石英，カオリン，緑泥石，セリサイト，スメクタイトおよび明礬石が認められる。量的にはスメクタイトが多い。

プロピライト化変質は局部的に認められ，デイサイト，火山礫凝灰岩および凝灰角礫岩が炭酸塩化，緑泥石化を被っている。

(3) 鉱化作用

トラキリ鉱床は，スペイン植民地時代から採掘された，主として火山礫凝灰岩や凝灰角礫岩中の含銀鉛—重晶石—石英脈である。

鉱脈はおおむね東西方向で傾斜は南側の鉱脈が約 75° N ，北側の鉱脈が約 75° S を示す。この2本の脈を $\text{N}70^\circ \text{ E}$ 方向（傾斜 70° N ）の脈が見つけないでいる。

脈幅 30cm から 3 m 程度の脈が地表部の採掘跡の残壁で観察される。最大の採掘跡は幅 20m で延長 140m に及ぶ。

第1年次の鉱物研究の結果，鉱石鉱物として方鉛鉱，黄鉄鉱，黄銅鉱，針鉄鉱，赤鉄鉱が認められ，脈石鉱物としては石英，重晶石が一般的で，一部に菱鉄鉱，緑泥石，明礬石，ザクロ石を随伴している。

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

Turaquiri

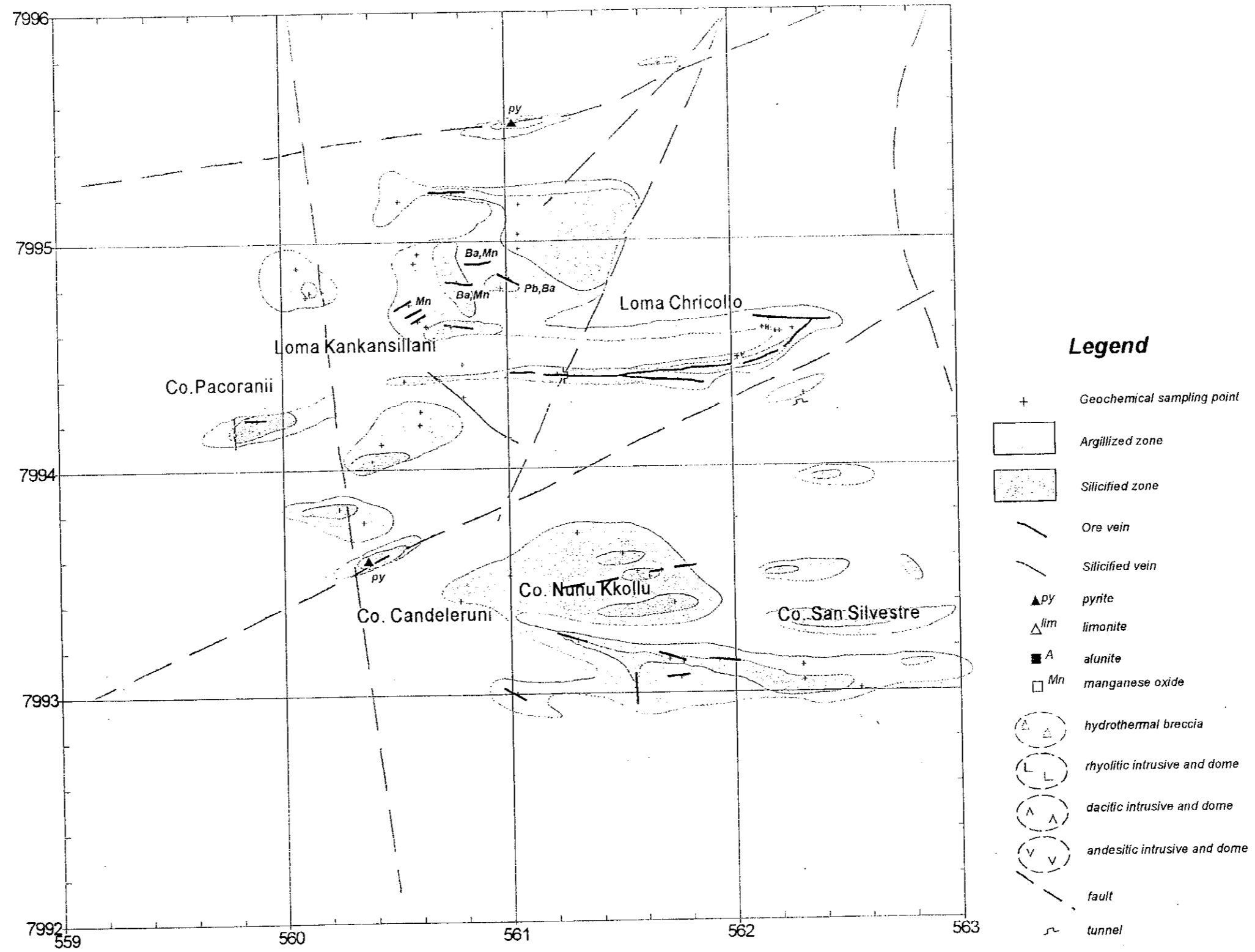


Fig.II-2-1 (1)Alteration Map of the Turaquiri District

Turaquiri

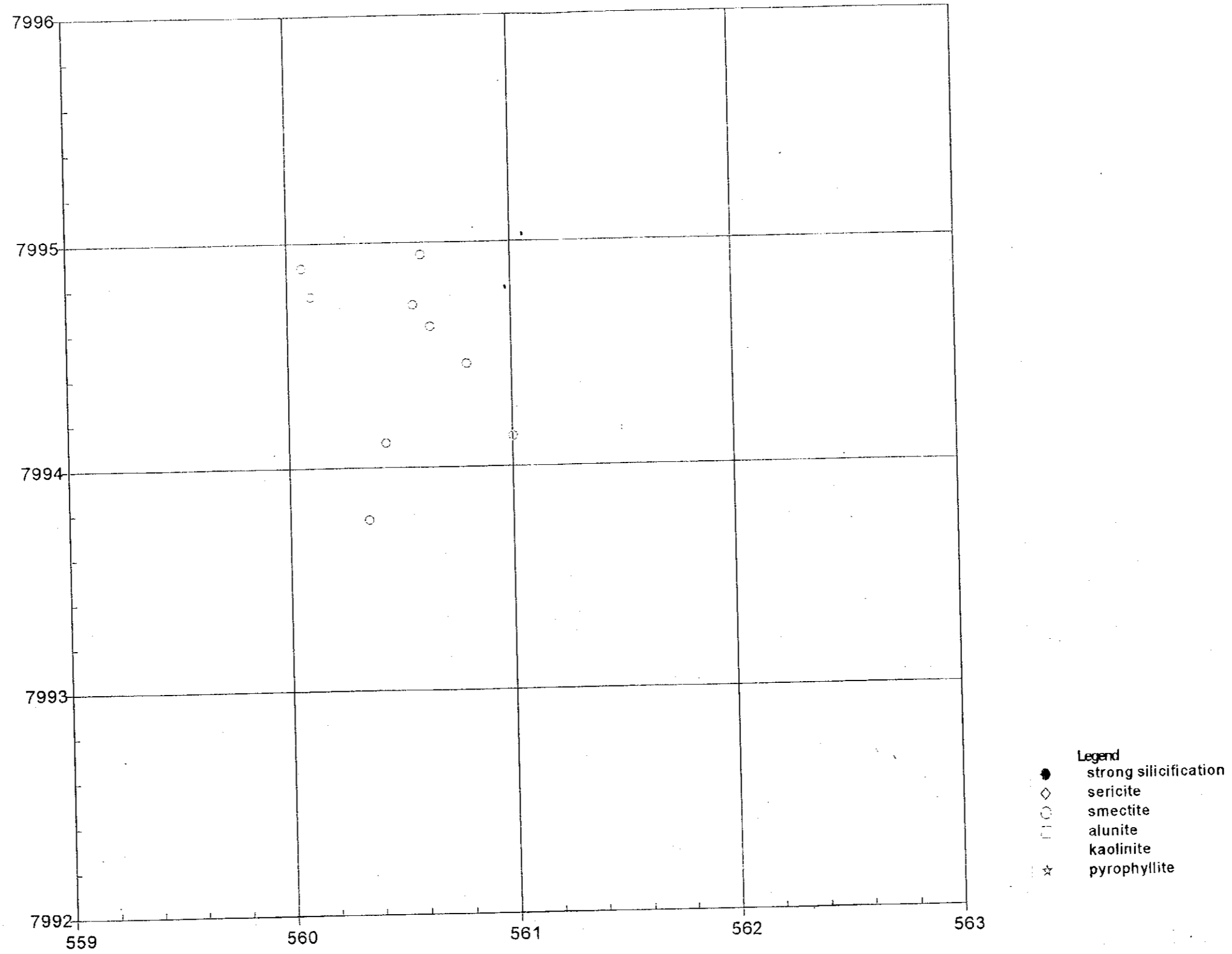


Fig. II-2-1 (2) Distribution Map of Alteration Minerals in the Turaquiri District

この鉱床の他に、南部の Co. Candelero~Co. San Silvestre の北斜面に旧坑跡が存在する。また、西部にも Loma Kankansillani の尾根には東西系の鉛・亜鉛を伴う重晶石—石英脈やNE系マンガン—重晶石脈が存在する。検鏡結果、方鉛鉱が微量の閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱を伴い、ほかに二酸化マンガン(No. 5256)、白鉛鉱(No. 6173)が観察された。

黄鉄鉱の鉱染が北部 Co. Lista Ponchuni と南部 Rio Virgen de Penas の右岸に認められ、Co. Lista Ponchuni には方鉛鉱と赤鉄鉱の鉱染が認められる。

(4) 地化学探査分析結果

今年次は本地区で岩石試料を 22 個採取し、第 1 年次の分析結果と併せて解析した。

各元素毎の最低値、最高値、平均値は順に Au : <2ppb, 30ppb, <2ppb, Ag : <0.5ppm, 583ppm, 26.2ppm, Cu : <2ppm, 790ppm, 37ppm, Pb : <3ppm, 9,308ppm, 656ppm, Zn : 7ppm, 5,177ppm, 582ppm, As : <5ppm, 650ppm, 29ppm, Sb : <5ppm, 19ppm, <5ppm, Hg : 1.00ppm, <1ppm, <1ppm, Mo : <1ppm, 11ppm, 2ppm, Ba : 40ppm, 7,963ppm, 1,547ppm, Sn : <5ppm, <5ppm, <5ppm を示した。

各元素の地化学異常分布を Fig. II-2-1(3)に示す。

金 : 全て 30ppb 以下の値を示し異常値を示さない。

銀 : 30ppm 以上の異常部は Loma Churicollo の既存の鉱脈部 (トラキリ鉱床) に集中している。

この他には、南部の Co. Ñuñu Kkollu の北斜面にある鉱徴地に局部的に異常値が認められる。

銅 : 90ppm 以上の異常部はトラキリ鉱床鉱脈部の地表部および南部の Co. Ñuñu Kkollu の北斜面にある鉱徴地に認められるが局部的でまとまっていない。

鉛 : 400ppm 以上の異常部はトラキリ鉱床鉱脈部の地表部から坑内にかけてが認められるほか南部の Co. Ñuñu Kkollu の北斜面に局部的に認められる。

亜鉛 : 230ppm 以上の異常部はトラキリ鉱床鉱脈部の地表部から坑内にかけて認められるほか南部の Co. Ñuñu Kkollu の北斜面にも分布する。その他にトラキリ鉱床鉱脈北西部に 1 箇所認められ、そこには WNW 方向の重晶石鉱脈の存在が知られている。

砒素 : 140ppm 以上の異常部は 3 箇所 に点在し、まとまっていない。

アンチモン : 1 箇所 6 ppm を示した他はすべて検出限界値未満であった。

水銀 : 全て検出限界値未満を示す。

モリブデン : 全て 8 ppm 以下の値を示し異常値を示さない。

バリウム : 1,500ppm 以上の異常部は、トラキリ鉱床鉱脈部の地表部と特に西部の Loma Kankansillani に広く分布する。

Turaquiri

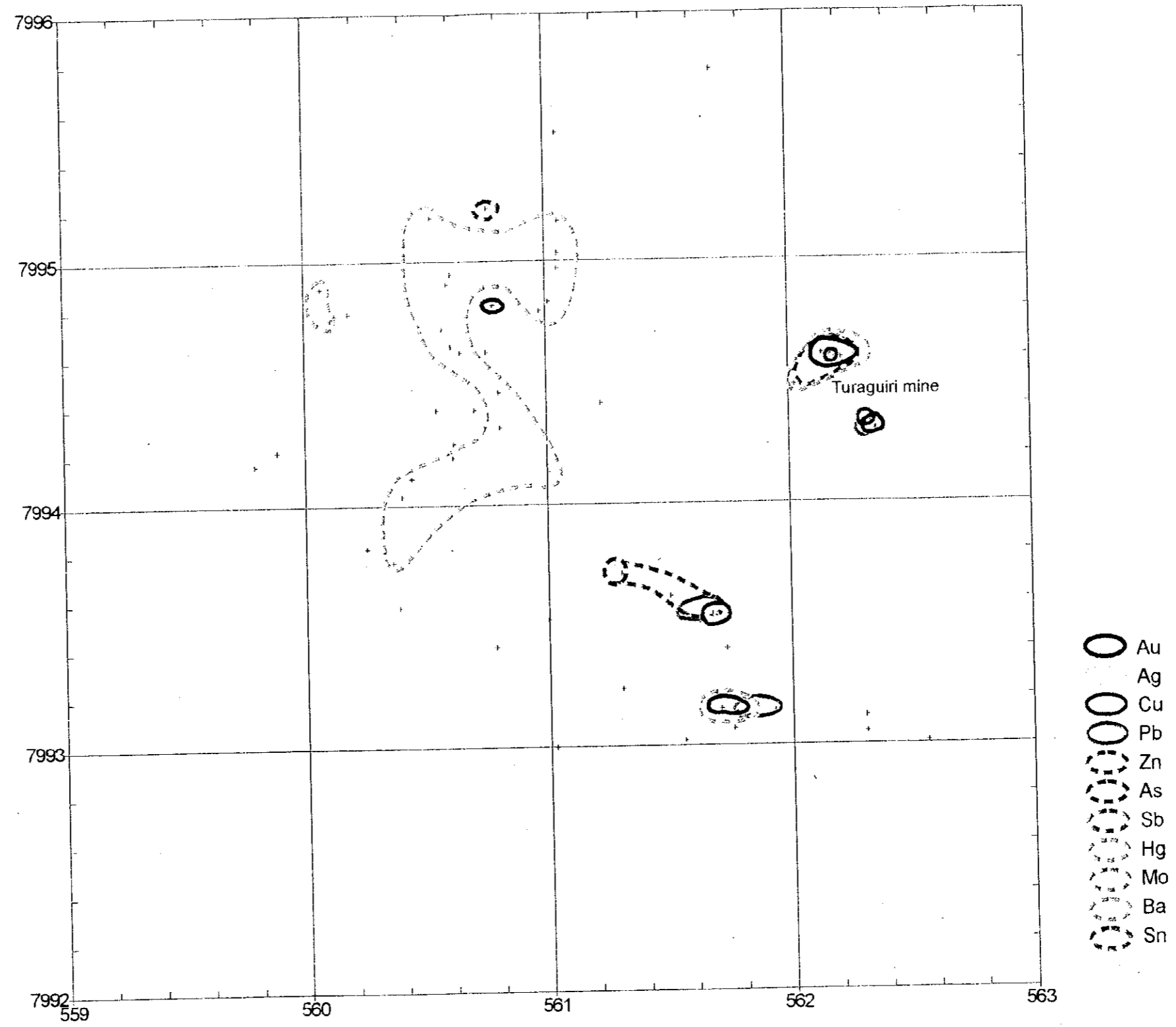


Fig.II-2-1 (3)Geochemical Anomaly Map of the Turaquiri District

錫：すべて検出限界未満を示した。

(5) 考察

トラキリ鉱床はカルデラの発達に伴って形成されたと考えられている。変質鉱物がセリサイトやスメクタイトを中心とする中性変質を示し、錫の鉱石鉱物や地化学異常が認められないことや貫入岩が認められていないこと等から、低硫化系浅熱水鉱床（タイプV）と浅熱水性貴金属鉱床（ポーフイリー型の上部？）（タイプIII）の性質を有している。

Co. Lista Ponchuni には方鉛鉱と赤鉄鉱の鉱染が認められる。過去の採掘が、脈の部分を対象にしていることを考慮すると、低品位、大鉱量の網状、あるいは鉱染型の鉱床が残されている可能性がある。

また変質帯や割れ目の分布等から、南部の鉱徴地を含め、トラキリ鉱床に調和的な平行脈の存在が期待できる。

2-2 アス・アスニ地区 (Fig. II-2-2,-2(1),-2(2),-2(3))

(1) 地質

後期中新世～鮮新世の火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩（火山角礫岩）、安山岩およびデイサイトが分布する。

火山礫凝灰岩および凝灰角礫岩は安山岩礫を含んでおり、変質を被っている。

安山岩は両輝石安山岩、角閃石安山岩および輝石・角閃石安山岩で、尾根の部分には変質を免れた新鮮な岩石が残されている。

既存資料によれば、安山岩溶岩は $4.1 \pm 1.2\text{Ma}$ の年代を示す。

今年次に東部斜面で採取された角閃石-黒雲母-輝石安山岩の K-Ar 年代測定の結果、 $3.27 \pm 0.10\text{Ma}$ が得られた (No. 6261)。

本地区の断層、脈、割れ目は E-W 方向が優勢で、南北方向もみられる。

(2) 変質作用

熱水変質帯は約 5km^2 を占める。

珪化変質、粘土化変質およびプロピライト化変質が認められる。

今年次に調査した東部の小変質帯は珪化作用を主体とし、熱水角礫岩を伴う。

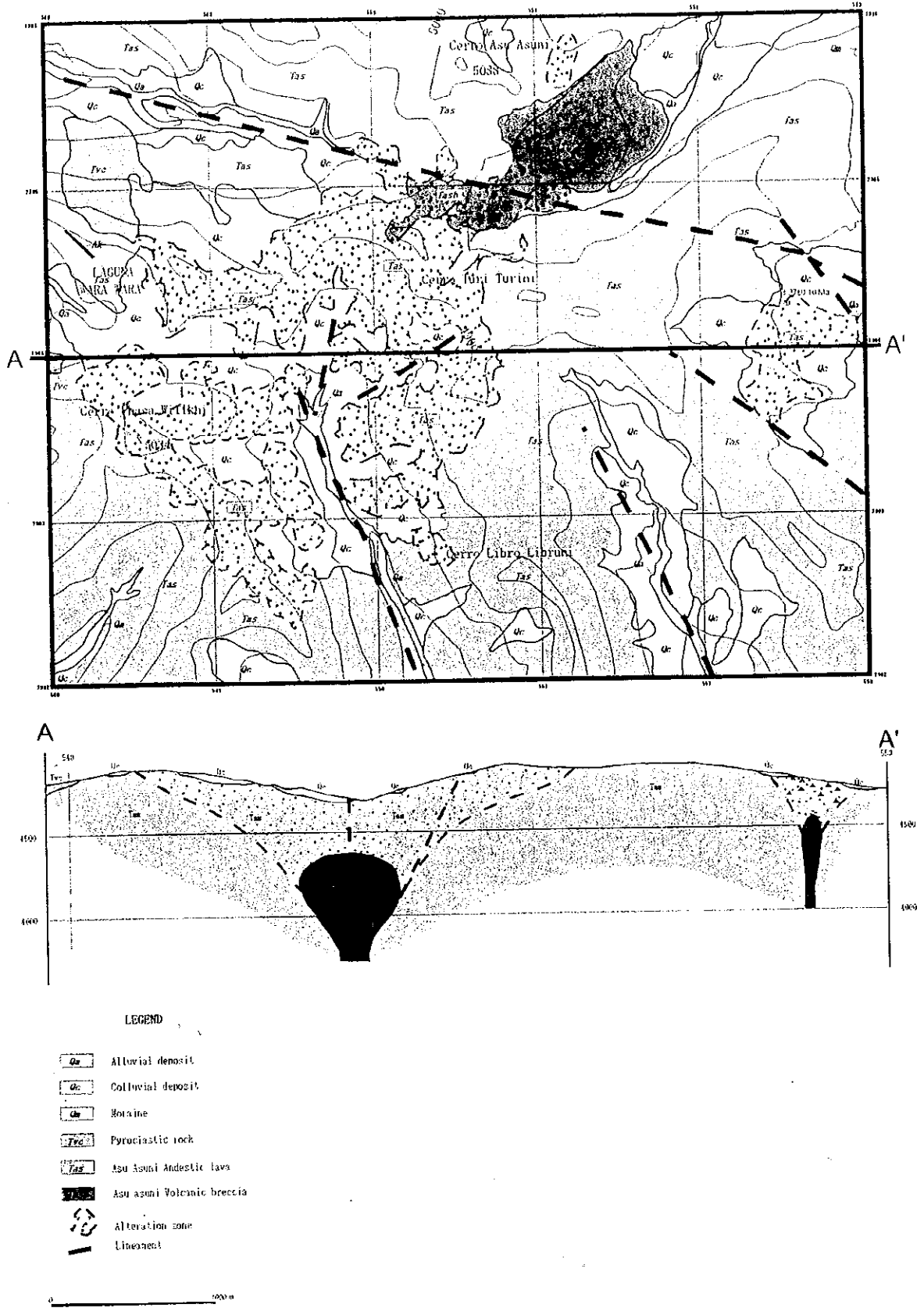


Fig. II-2-2 Geological Map of the Asu Asuni District

Asu Asuni

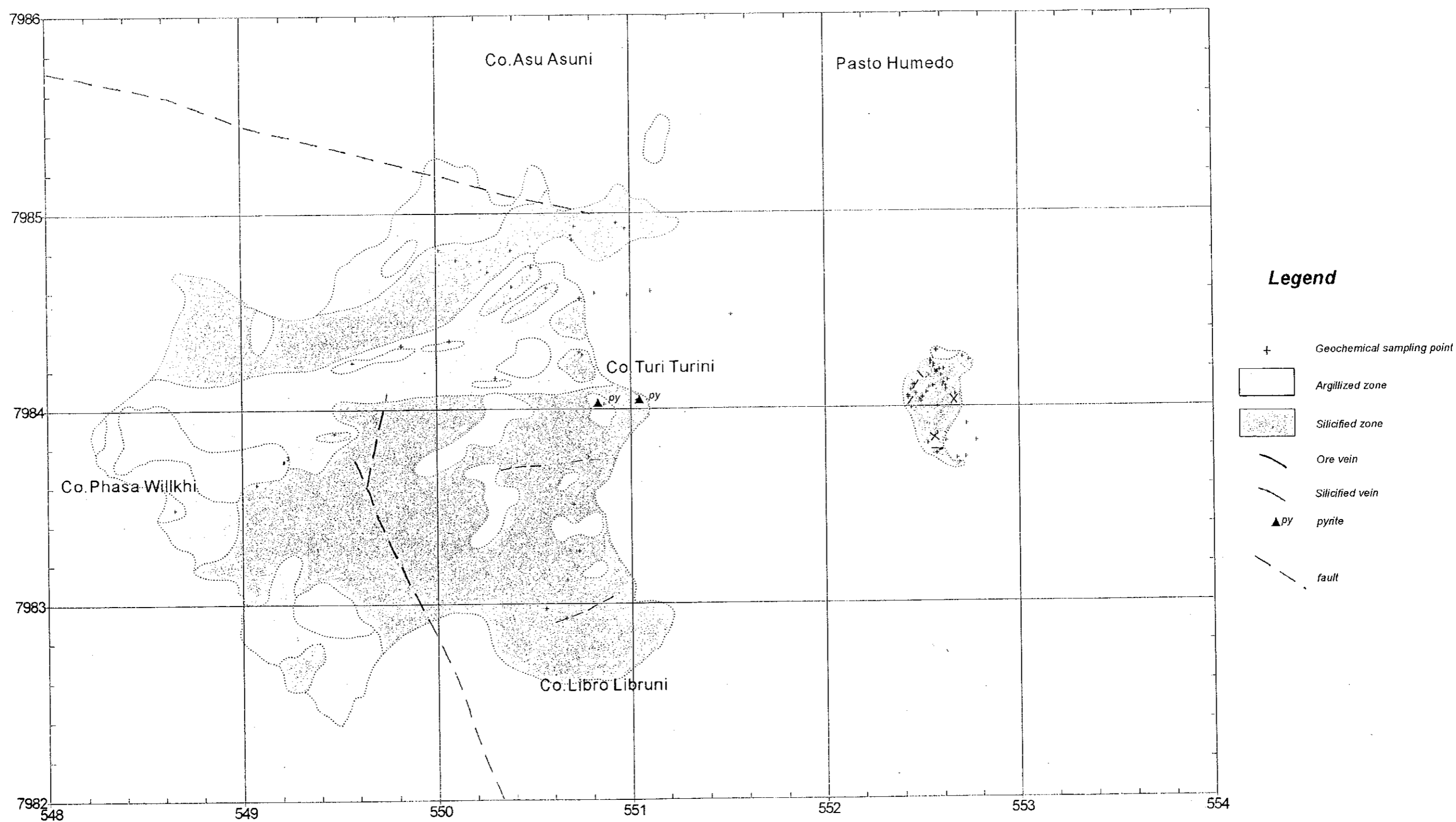


Fig II-2-2 (1) Alteration Map of the Asu Asuni District

Asu Asuni

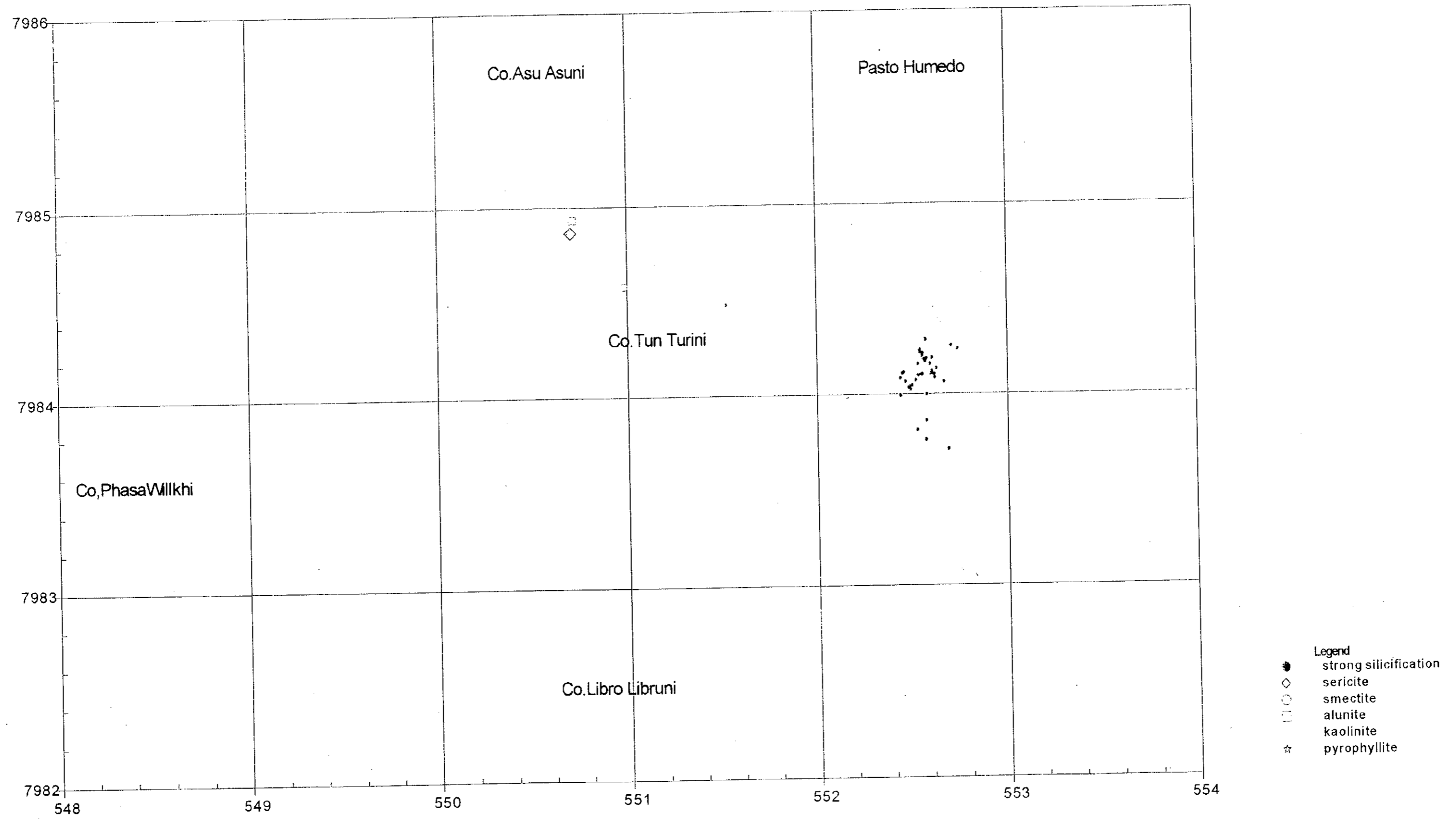


Fig. II-2-2 (2) Distribution Map of Alteration Minerals in the Asu Asuni District

変質鉱物として石英、スメクタイト、セリサイト、明礬石および沸石が認められる。

(3) 鉱化作用

一部安山岩中にわずかに黄鉄鉱と赤鉄鉱の鉱染が認められる。

鏡下では、鉱石鉱物として黄鉄鉱、赤鉄鉱および針鉄鉱が認められる。

(4) 地化学探査分析結果

今年次は本地区で岩石試料を 56 個採取し、第 1 年次の分析結果と併せて検討した。

各元素毎の最低値、最高値、平均値は順に Au : <2ppb, 3ppb, <2ppb, Ag : <0.5ppm, 1.0ppm, <0.5ppm, Cu : <2ppm, 51ppm, 10ppm, Pb : <3ppm, 60ppm, 9ppm, Zn : <2ppm, 433ppm, 24ppm, As : <5ppm, 39ppm, <5ppm, Sb : <5ppm, 6ppm, <5ppm, Hg : <1ppm, <1ppm, <1ppm, Mo : <1ppm, 16ppm, 4ppm, Ba : 36ppm, 2,370ppm, 683ppm, Sn : <5ppm, <5ppm, <5ppm を示した。

各元素の地化学異常分布を Fig. II-2-2(3) に示す。

金 : 1 箇所 3ppb を示した他はすべて検出限界値未満である。

銀 : 1 箇所 1.0ppb を示した他はすべて検出限界値未満である。

銅 : 全て 51ppm 以下で異常値を示さない。

鉛 : 全て 60ppm 以下で異常値を示さない。

亜鉛 : Co. Libro Libruni に 1 試料が 433ppm の異常値を示す他には、異常値は認められない。

砒素 : 全て 39ppm 以下で異常値を示さない。

アンチモン : 全て 6ppm 以下で異常値を示さない。

水銀 : すべて検出限界値未満を示す。

モリブデン : 全て 16ppm 以下で異常値を示さない。

バリウム : 東部の小変質帯中に異常部が存在する。

錫 : すべて検出限界値未満を示す。

(5) 考察

アス・アスニ地区の鉱化作用は、地化学異常が弱くて鉱床タイプが推定できない。熱水変質帯中に優勢な鉱化示徴を捕捉していないことから、鉱化作用が弱いが存在しても鉱床が深い可能性が高い。

Asu Asuni

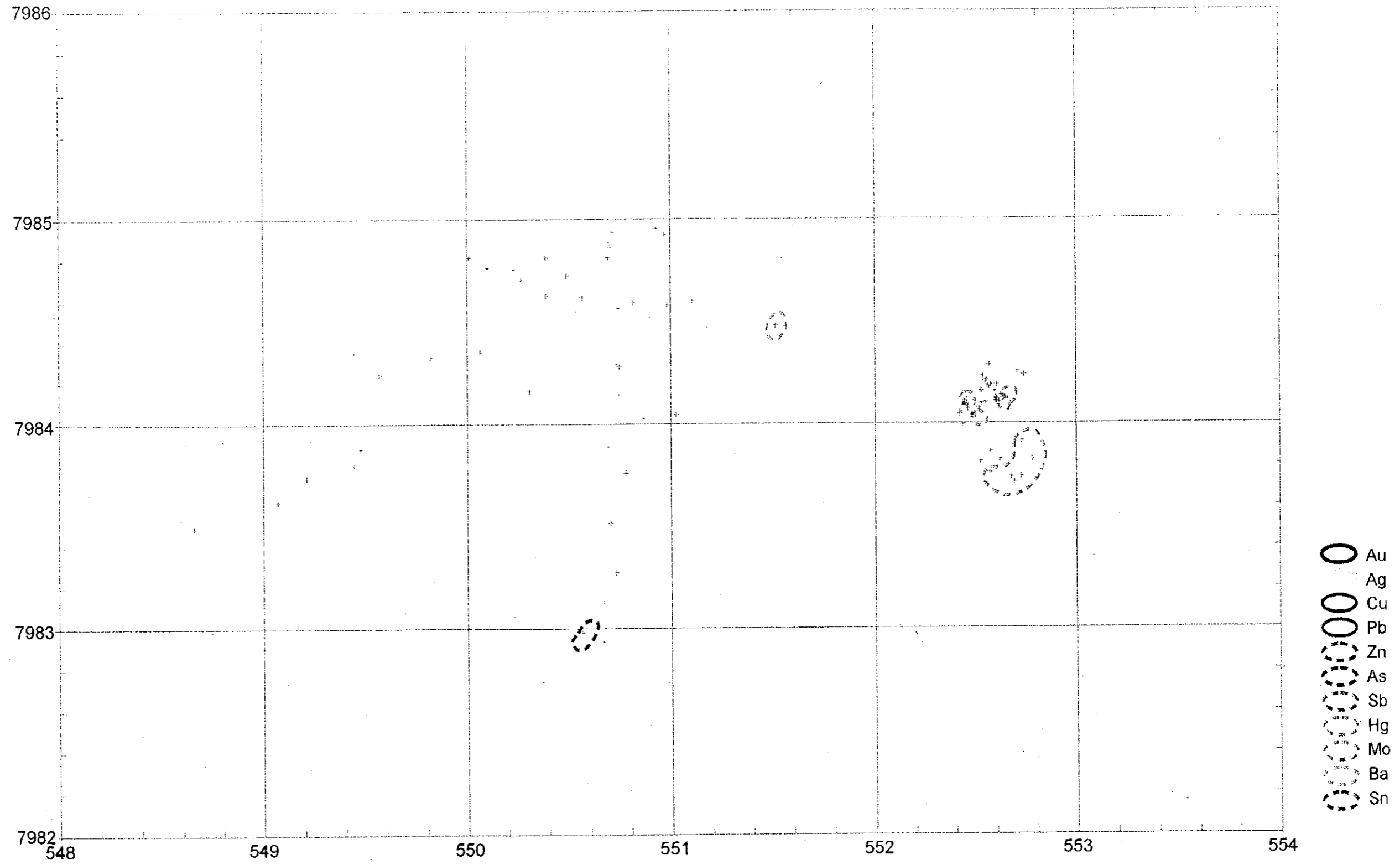


Fig.II-2-2 (3)Geochemical Anomaly Map of the Asu Asuni District

2-3 チュルカニ地区 (Fig. II-2-3, -3(1), -3(2), -3(3))

(1) 地質

後期中新世～鮮新世の火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩（火山角礫岩）等の火山砕屑岩類、安山岩と玄武岩の溶岩類、および流紋岩の貫入岩が分布する。

火山礫凝灰岩ないし凝灰角礫岩はデイサイト質で変質を被っている。

安山岩は輝石-黒雲母-角閃石安山岩で、第1年次の K-Ar 年代測定結果は $6.13 \pm 0.12\text{Ma}$ を示す。今年次に採取された2試料からは $6.14 \pm 0.12\text{Ma}$ (No. 4977) と $5.31 \pm 0.14\text{Ma}$ (No. 6256) が得られた。

玄武岩は東部で低いメサを形成しており、オリビンを多量に含む (No. 6247)。

流紋岩の貫入岩は安山岩と上記玄武岩の境界部に分布し、今年次に採取された試料の K-Ar 年代測定結果は $1.52 \pm 0.05\text{Ma}$ を示す。

第1年次に推定されたダイアトリームは角礫パイプと熱水角礫岩の集合と判明した。

本地区の断層、脈、割れ目は Co. Asu Asuni と Co. Nunutani の中間部付近を中心とした放射状を示す。

(2) 変質作用

熱水変質帯は、約 6.5km^2 を占める。

珪化変質および粘土化変質が認められる。

変質帯は Co. Huarin Uma 付近を中心として環状に分布し、熱水角礫岩や角礫パイプをともなっている。

今年次に採取された変質試料の K-Ar 年代測定結果は $5.32 \pm 0.07\text{Ma}$ (No. 6129) と、 $6.12 \pm 0.09\text{Ma}$ (No. 6257) を示す。

変質鉱物として石英、明礬石、スメクタイト、沸石、セリサイト、カオリナイトおよびパイロフィライトが認められる。

変質鉱物の分布を Fig. II-2-3(2) に示す。

(3) 鉱化作用

安山岩およびデイサイト質火山礫凝灰岩中に黄鉄鉱が鉱染している。鉱石鉱物として、黄鉄鉱、針鉄鉱が認められ、一部に重晶石を伴う。

また、東部斜面の角礫パイプに隣接してマンガン脈が認められ極微量の緑色銅鉱を随伴する。

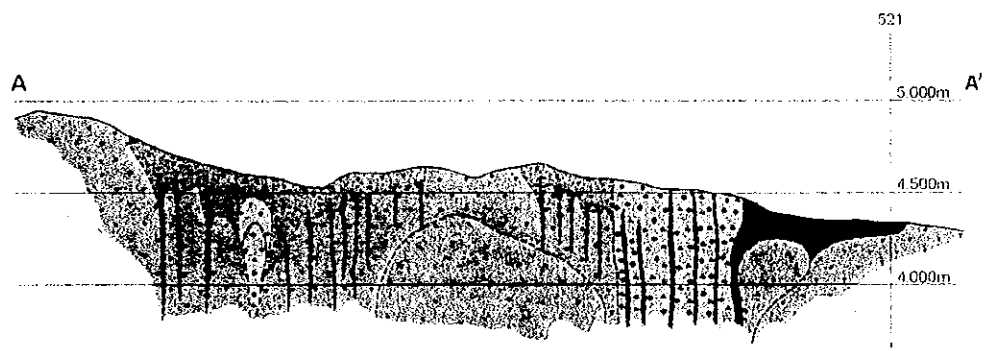
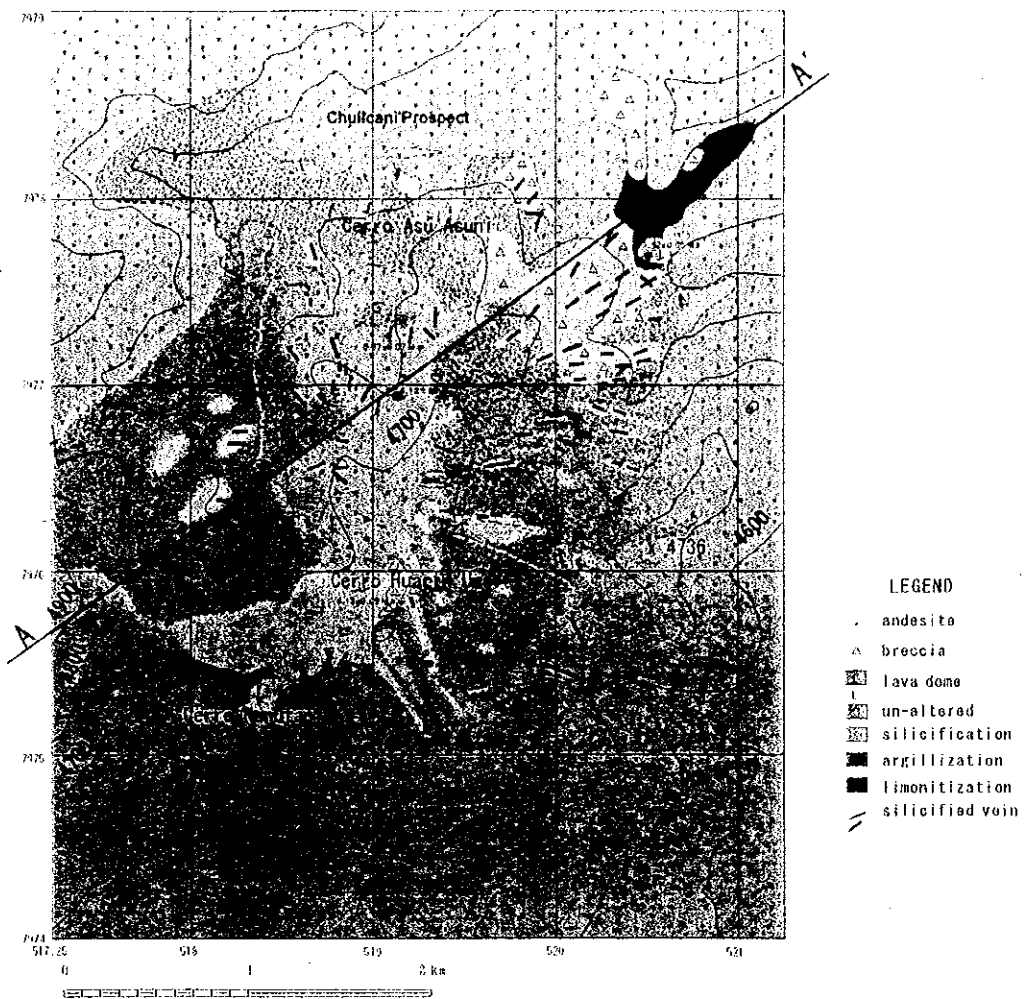


fig.II-2-3 Geological Map of the Chullcani District

Chullcani

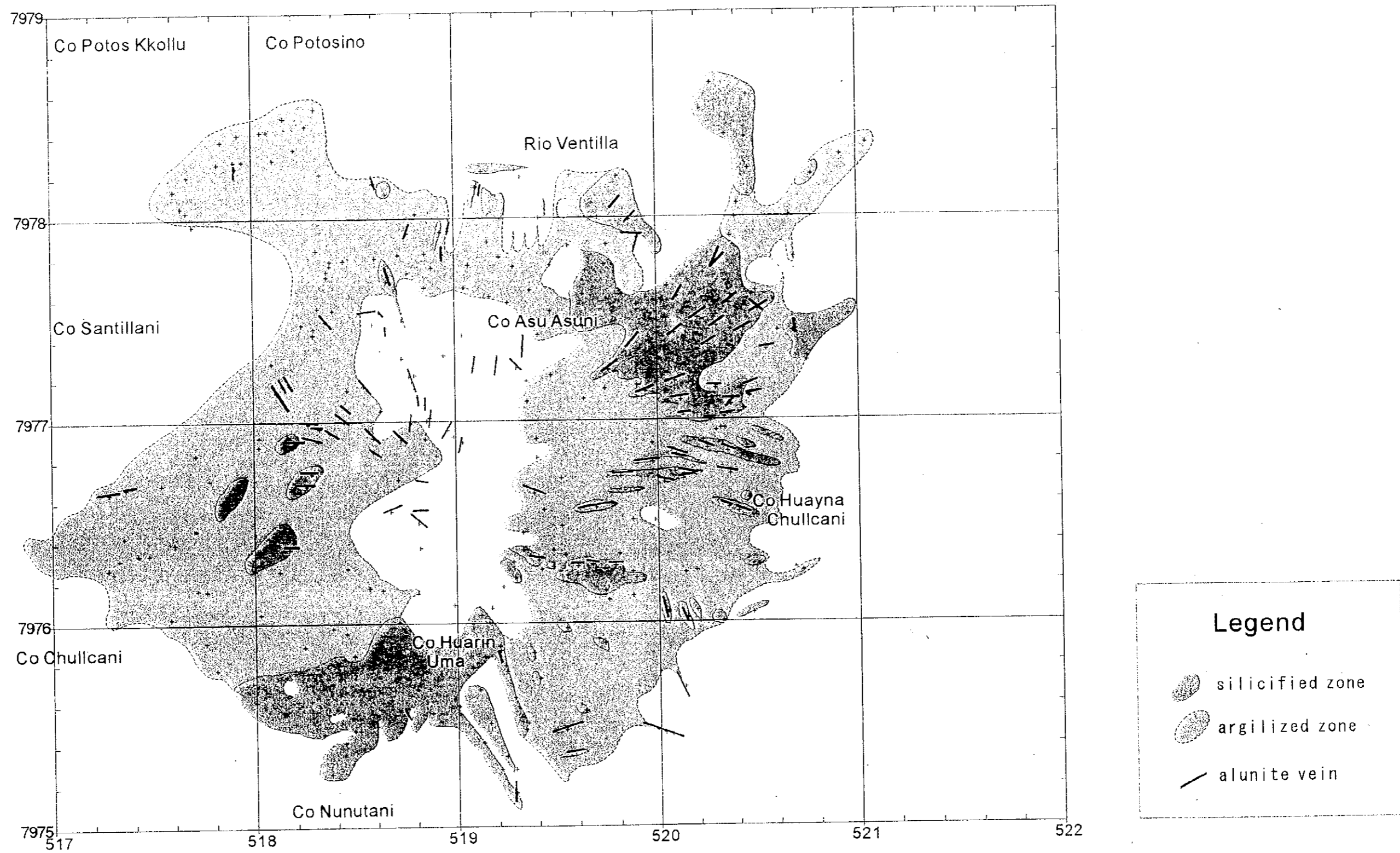


Fig. II-2-3 (1) Alteration Map of the Chullcani District

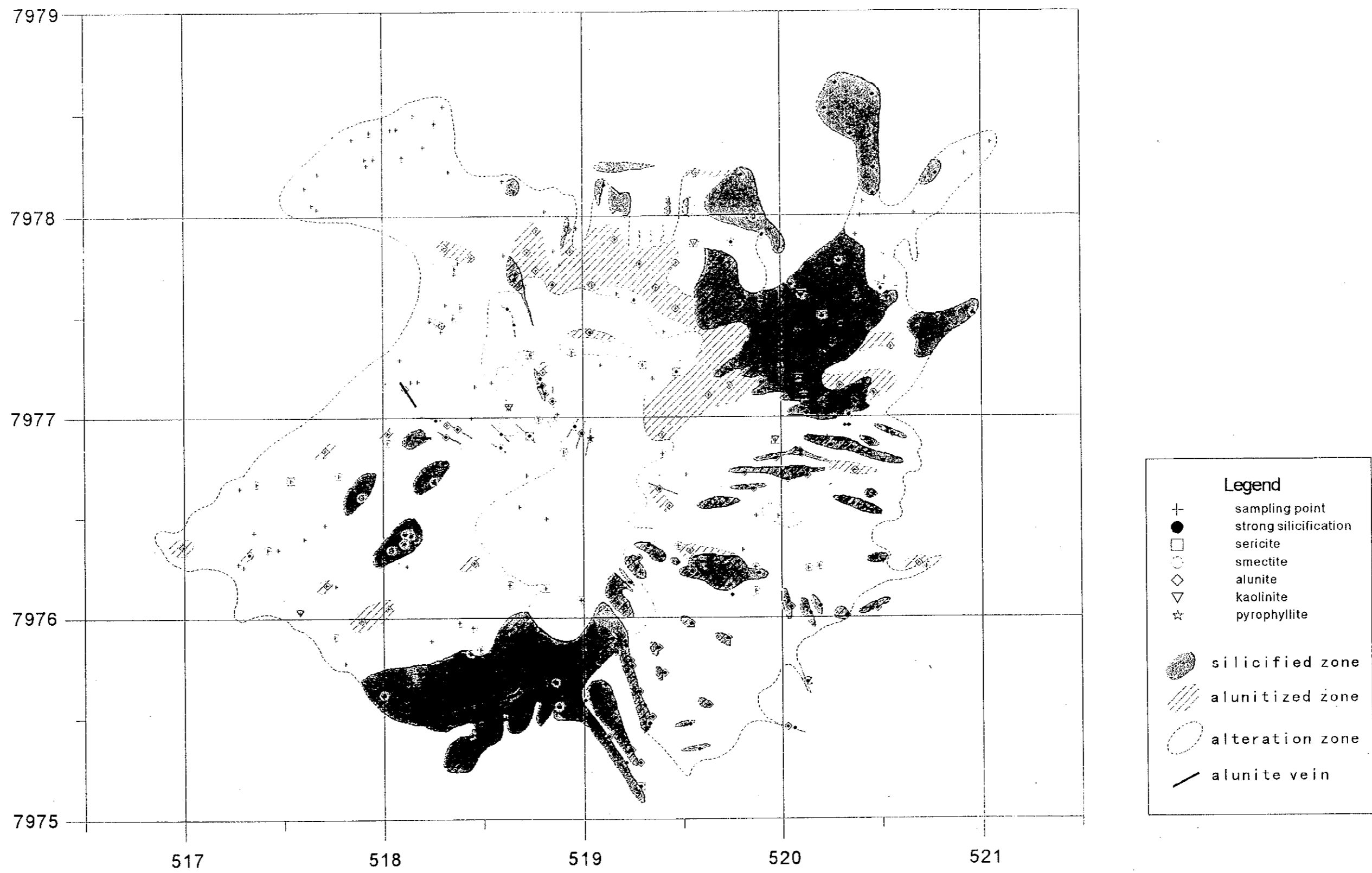


Fig.II-2-3 (2)Distribution Map of Alteration Minerals in the Chullcani District

数メートルの掘り下がり跡が残されている。

(4) 地化学探査分析結果

今年次本地区で岩石試料を 305 個採取し、第 1 年次の分析結果を併せて検討した。

各元素毎の最低値、最高値、平均値は順に Au : <2ppb, 603ppb, 12ppb, Ag : <0.5ppm, 32.3ppm, 3.9ppm, Cu : <2ppm, 124ppm, 20ppm, Pb : <3ppm, 3,313ppm, 121ppm, Zn : <2ppm, 543ppm, 26ppm, As : <5ppm, 373ppm, 25ppm, Sb : <5ppm, 45ppm, 10ppm, Hg : <1ppm, <1ppm, <1ppm, Mo : <1ppm, 127ppm, 7ppm, Ba : 67ppm, 9,898ppm, 1,305ppm, Sn : <5ppm, 16ppm, 9ppm を示した。

各元素の地化学異常分布を Fig. II-2-3(3)に示す。

金 : 11 試料が 70ppb 以上の異常値を示し、最高値は 603ppb に達す。変質帯の中心部に異常部が点在して分布する。

銀 : 1 試料が 32.3ppm の異常値を示す。

銅 : 3 試料が 90ppm 以上の異常値を示し 2 箇所認められる。

鉛 : 11 箇所に 400ppm 以上の異常部が点在し、変質帯の中央付近に多く分布する。

亜鉛 : 1 試料が 543ppm の異常値を示す。

砒素 : 小規模の異常部が 9 箇所点在し、特に北東部の珪化岩帯中に分布する。

アンチモン : 全域に亘って異常部が分布する。

水銀 : 全て 1ppm 以下で、異常値を示さない。

モリブデン : 5 試料が異常値を示し変質帯の中央付近に点在する。

バリウム : 全域に亘って異常部が分布する。

錫 : 7 試料が異常値を示して点在する。

(5) 考察

今年次の安山岩溶岩類の年代測定結果は $5.31 \pm 0.14\text{Ma}$ と $6.14 \pm 0.12\text{Ma}$ を示した。これらの値は第 1 年次に得られた $6.13 \pm 0.12\text{Ma}$ に近い。チュルカニの火山活動は約 6 Ma 頃に開始し、5 Ma 頃に現在の山体を形成したと考えられる。変質年代が約 5Ma と 6Ma を示すことから、この火山活動に呼応して熱水活動が起こったと考えられる。その後の鮮新世の後半から更新世にかけて流紋岩の貫入が起こり、玄武岩のメサの形成もほぼ同時期と思われる。

現地調査結果、Loma Huarin Uma を中心として、熱水変質帯が環状に分布しているのが確認され、さらに熱水角礫岩 (岩脈状、パイプ状、塊状) や珪化脈が放射状に分布していることも判明した。このことは、変質帯の深部に貫入岩が潜在していることが示唆される。

Chullcani

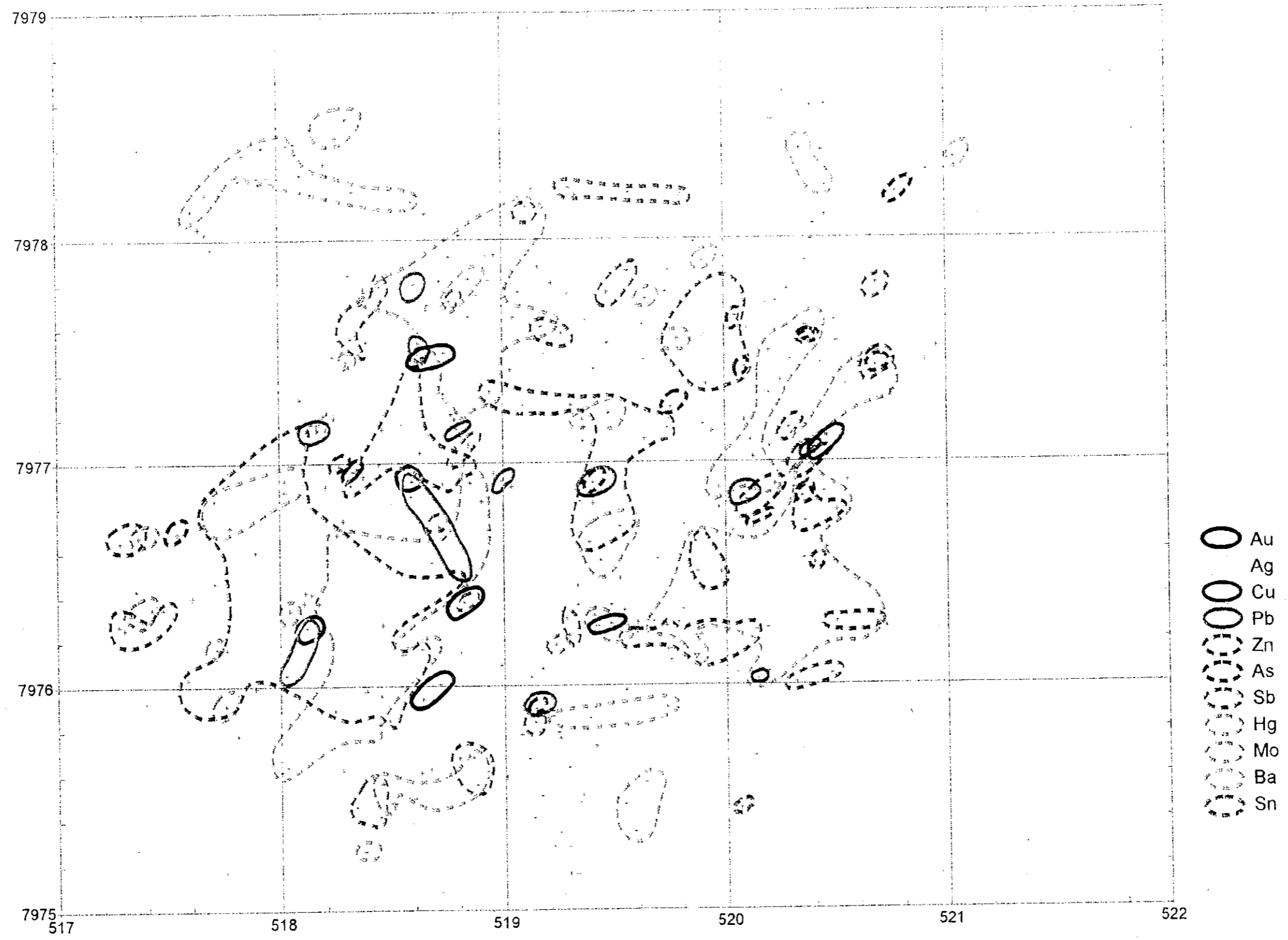


Fig.II-2-3 (3)Geochemical Anomaly Map of the Chullcani District

また、変質鉱物として明礬石やカオリナイトおよびパイロフィライトが認められ、酸性変質を示している。

地化学探査の結果では、金の地化学異常が変質帯の中央部に点在して分布するほか、アンチモン、バリウムの異常部が広く分布し、小規模ではあるが、鉛、砒素、モリブデン、錫の異常部が点在する。

以上を考慮するとチュルカニ地区の鉱化作用は、錫の存在から浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）に相当するものと推定され、さらに、パイロフィライトの存在と極一部に銅の異常値が認められることから、高硫化系浅熱水性鉱床（タイプⅣ）がオーバープリントしている可能性がある。

2-4 ソニア〜スサーナ地区 (Fig. II-2-4, 4(1), 4(2), 4(3))

(1) 地質

前期中新世〜鮮新世の凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩（火山角礫岩）等の火山砕屑岩類および安山岩、デイサイト、流紋岩、玄武岩の溶岩類に粗粒玄武岩の貫入岩が分布する。

凝灰岩は地区の中央部から西部に広く分布し、安山岩質、デイサイト質、流紋岩質である。環状に分布する流紋岩質凝灰岩には溶結が見られ、第1年次の K-Ar 年代測定で $17.70 \pm 0.35\text{Ma}$ の値が得られている。

流紋岩は灰白色で流理構造を有し、地区中央北部の Co. Entre Campanani を中心に直径約 1 km のドーム状に分布する。

粗粒玄武岩は第1年次には全域にわたって5箇所を確認されている。今年次は Entre Campanani の流紋岩ドームの北西部に幅 2 m で東西方向に認められた。

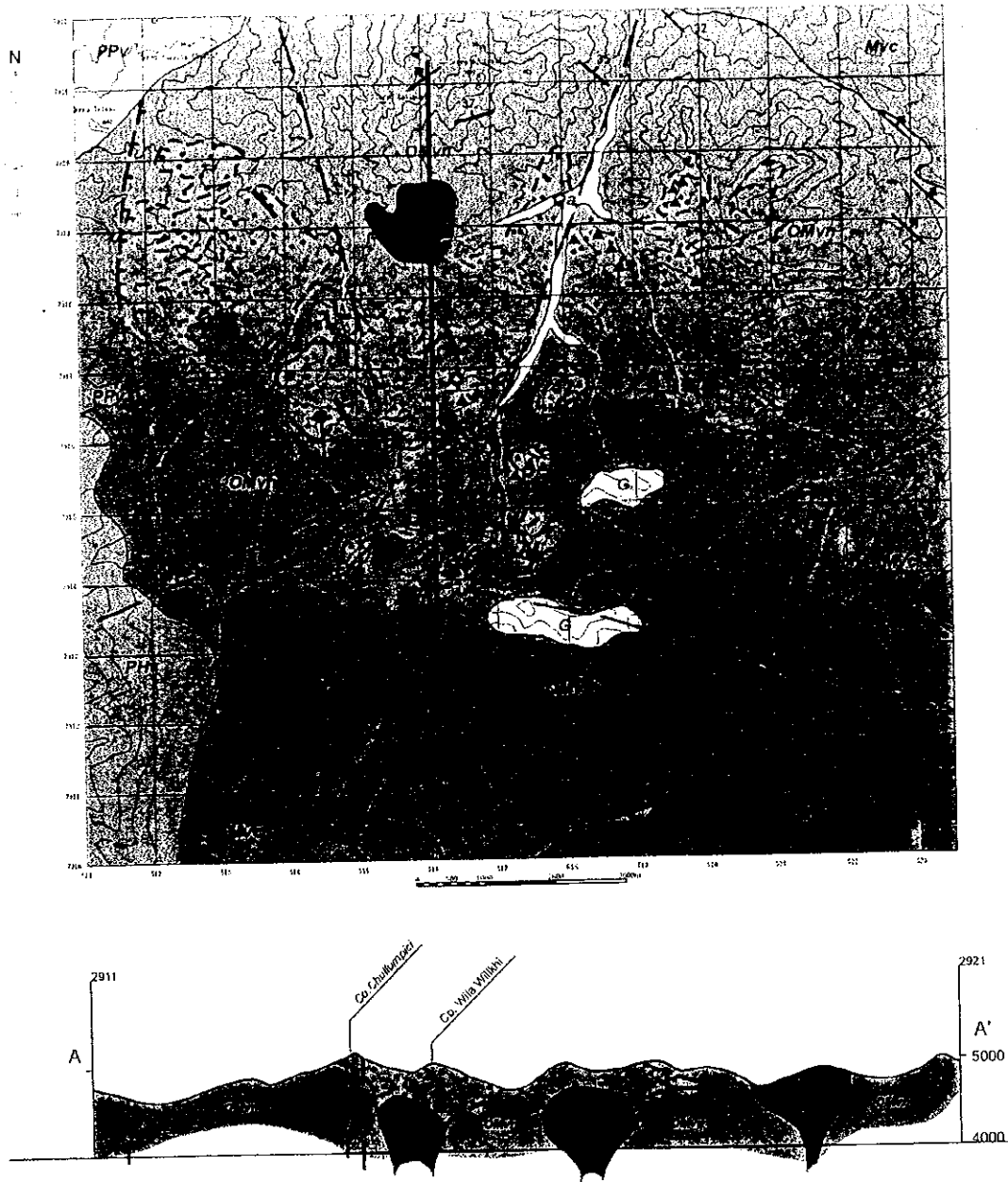
本地区の断層、脈、割れ目は東部では E-W 方向が卓越し、その西の Santa Catalina Loma では NW-SE 方向がやや優勢で、中央部は NE-SW 方向が顕著で、西部では E-W 方向が主体で N-S 方向、NW-SE 方向も認められる。

(2) 変質作用

熱水変質帯は約 12km^2 を占める。

珪化変質、粘土化変質およびプロピライト化変質が認められる。

全体的に粘土化変質帯が広く分布する中に脈状に珪化作用が認められる。プロピライト化変



LEGEND

- | | | | |
|------------|-------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------|
| Qa | Alluvial deposit | | Fault |
| PHV | Pleistocene to Holocene volcanic rocks | | Lineament |
| PPV | Pliocene to Pleistocene volcanics (Perez F.) | | Caldera margin |
| | Lower to middle Miocene volcanic rocks (Carandas F.) | | Strike and dip of bedding |
| OLM | Upper Oligocene to lower Miocene volcanic rocks (Negrillos F.) | | Hydrothermal alteration zone |
| | Lower Miocene volcanic to sub-volcanic rocks (domes, stocks and necks). | | Pb, Zn |
| G | Gracial | | Pyrite |
| | | | Mn, limonite |
| | | | Ore vein |

Fig. II-2-4 Geological Map of the Sonia-Susana District

Sonia Susana

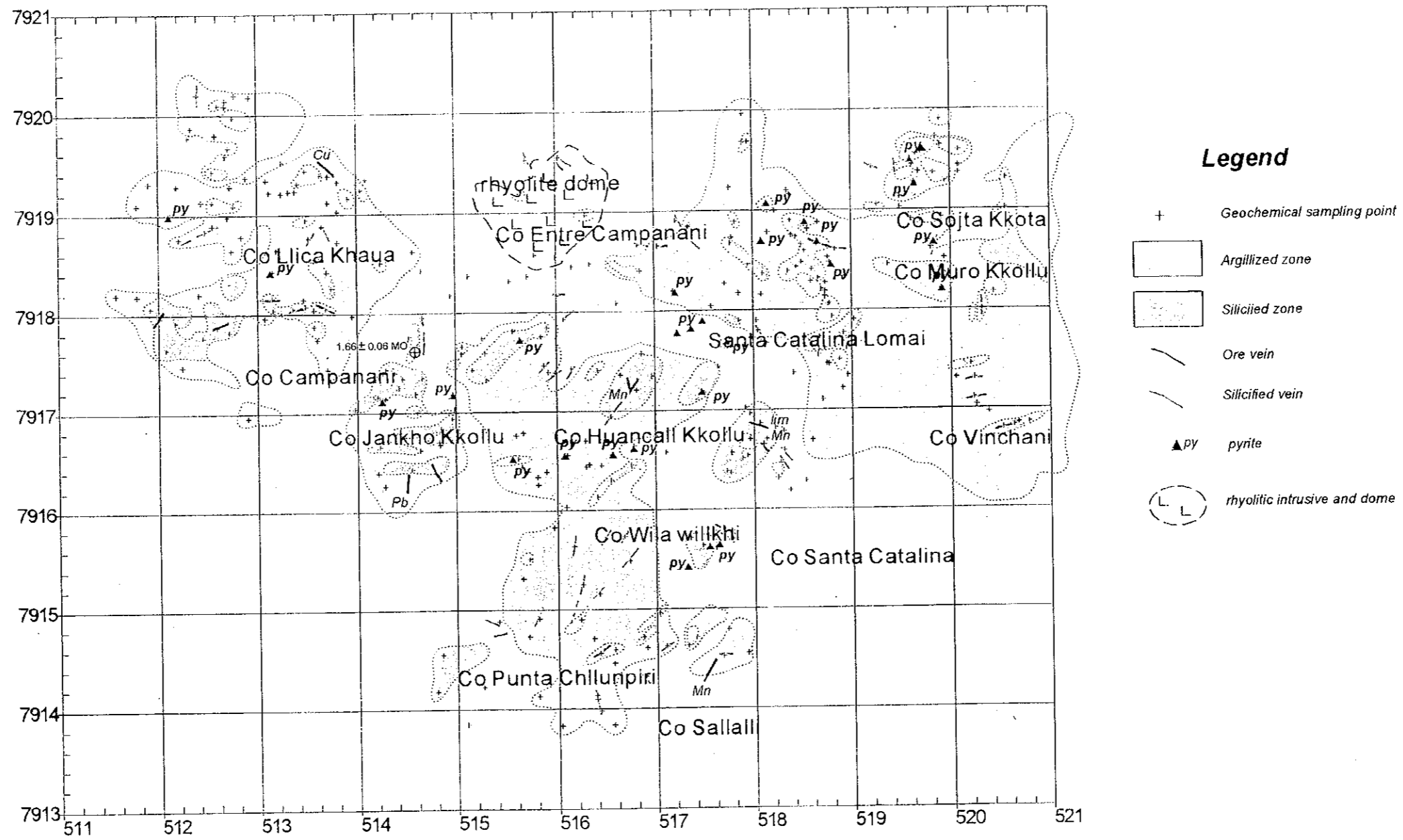


Fig. II-2-4 (1) Alteration Map of the Sonia-Susana District

質は粘土化変質帯中に島状に残されているほか、外部に広く分布している。

Co. Jankho Kholu に分布するデイサイトは珪化変質作用を被っており、一部に黒雲母がセリサイト化して残されている。セリサイト化変質した試料の K-Ar 年代測定結果 1.75 ± 0.10 Ma が得られた (No. 5929)。

変質鉱物としてセリサイト、石英、スメクタイト、カオリナイトおよび沸石が認められる。変質鉱物の分布を Fig. II-2-4(2) に示す。

(3) 鉱化作用

今年度も黄鉄鉱の鉱染が各所に認められたほか、一部二酸化マンガが脈状に認められた。

Co. Santa Catalina 西斜面には緑色銅鉱が鉱染しており、鏡下では硫化物として黄鉄鉱、黄銅鉱のほかにもリブデナイトが確認された (No. 5000)。

鉱化作用の温度的性質と鉱化流体の化学的性質を検討するために、Co. Santa Catalina 西斜面と南西斜面で採取された脈石英 2 試料の流体包有物の均質化温度と冷却温度を測定した。その結果を Table II-2-1 に示す。

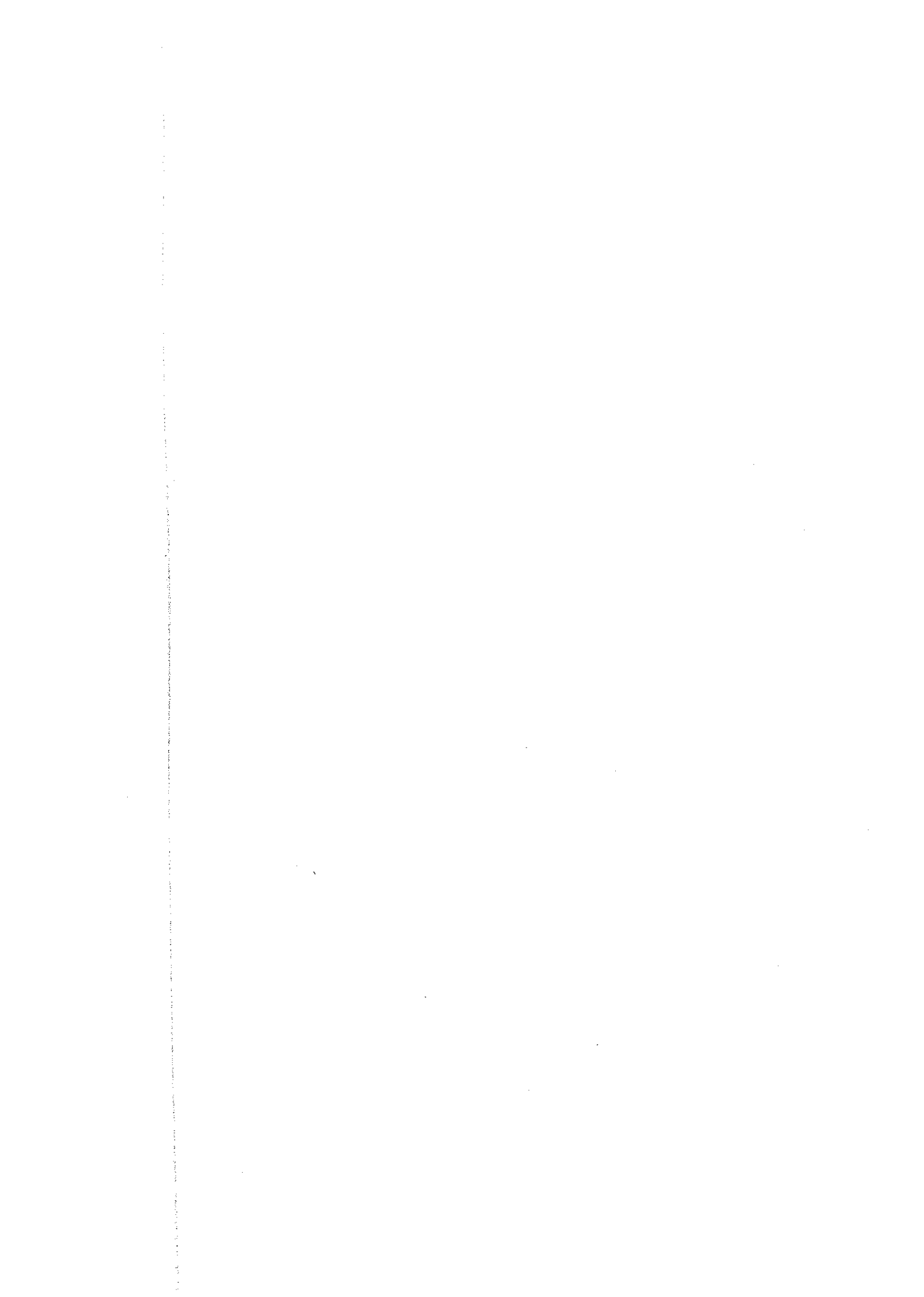
Table II-2-1 Homogenization Temperature and Freezing Temperature (Sonia - Susana)

Sample No.	Mineral	Homogenization Temperature			Freezing Temperature			
		Inc. No.	Range (°C)	Ave (°C)	Inc. No.	Range (°C)	Ave (°C)	Salinity (wt%)
6234	Qz	10	200 ~ 289	236	10	-1.2 ~ -0.1	-0.8	1.4
4999	Qz	10	177 ~ 234	208	10	-0.9 ~ -0.8	-0.9	1.5
Average			177 ~ 289	222		-1.2 ~ -0.1	-0.9	1.5

測定した鉱物は 2 試料とも石英で、均質化温度の分布は $177^{\circ}\text{C} \sim 289^{\circ}\text{C}$ を示し、平均温度は 222°C を示した。

また、冷却温度の分布は $-1.2^{\circ}\text{C} \sim -0.1^{\circ}\text{C}$ で、平均温度は -0.9°C を示した。この値から求められた NaCl 相当塩濃度は平均 1.5wt% である。

本地区では、鉱山会社 (COMINCO Bolivia) が試錐 10 本 (2,000m) を含む、地化探、IP 調査を実施しており、各所に試錐座、アクセス道路、トレンチ、チャンネルサンプリング跡、測点が残されている。



Sonia Susana

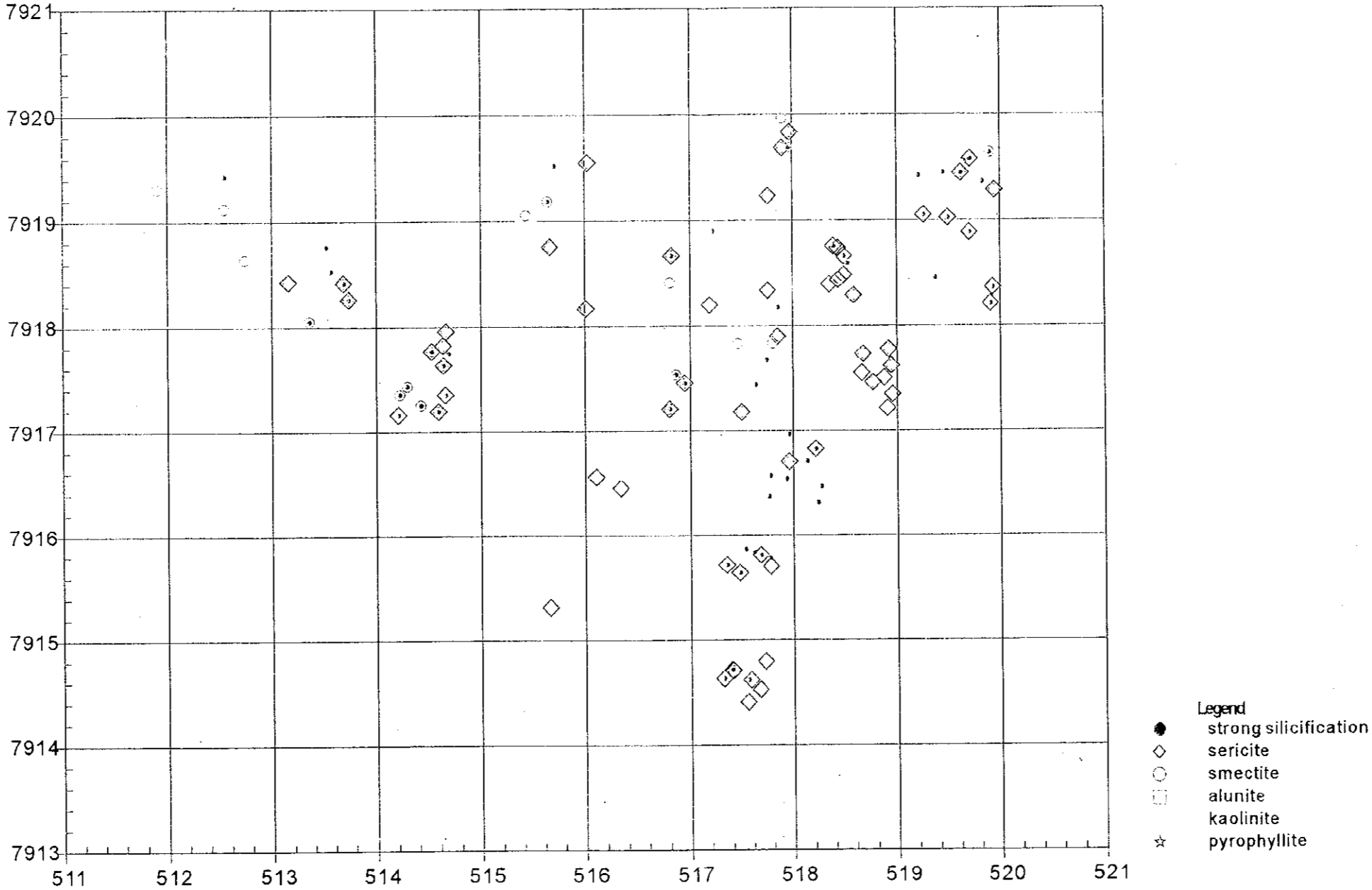


Fig. II-2-4 (2) Distribution Map of Alteration Minerals in the Sonia-Susana District

(4) 地化学探査分析結果

今年次は本地区で岩石試料を 151 個採取し、第 1 年次の分析結果を併せて検討した。

各元素毎の最低値、最高値、平均値は順に Au : <2ppb, 504ppb, 10ppb, Ag : <0.5ppm, 57.0ppm, 1.3ppm, Cu : <2ppm, 700ppm, 49ppm, Pb : <3ppm, 2,377ppm, 134ppm, Zn : <2ppm, 4,660ppm, 167ppm, As : <5ppm, 3,210ppm, 35ppm, Sb : <5ppm, 93ppm, <5ppm, Hg : <1ppm, 22ppm, <1ppm, Mo : <1ppm, 238ppm, 6ppm, Ba : 15ppm, 6,552ppm, 656ppm, Sn : <5ppm, 76ppm, <5ppm を示した。

各元素の地化学異常分布を Fig. II-2-4(3)に示す。

金 : 8 試料が異常値を示し、Santa Catalina Loma 周辺域に異常帯が分布する。

銀 : Santa Catalina Loma の 1 試料が 56.6ppm の異常値を示す。

銅 : Santa Catalina Loma 周辺域に異常帯が広く分布する。

鉛 : Santa Catalina Loma 周辺域に比較的まとまった異常帯が分布する。

亜鉛 : Santa Catalina Loma 周辺域に比較的まとまった異常帯が分布するほか、小規模の異常帯が全域に点在する。

砒素 : Co. Entre Campanani 南東部の金異常帯に重複して異常帯が分布する。他に 5 箇所小規模の異常帯が点在する。

アンチモン : Co. Entre Campanani 南東部の金、砒素異常帯に重複して異常帯が分布している。他に 8 箇所小規模の異常帯が点在する。

水銀 : Co. Llica Khaua 北西部の 1 試料が異常値を示す。

モリブデン : 小規模の異常帯が Santa Catalina Loma 周辺部に点在する。

バリウム : 十数カ所の小規模の異常帯が全域にわたって点在して認められる。

錫 : 小規模の異常帯が Santa Catalina Loma 周辺に 10 箇所点在する。

地化学異常は主に Santa Catalina Loma とその周辺域に集中している。

(5) 考察

今年次の Co. Jankho Kholu で採取された変質鉱物の年代測定結果は $1.66 \pm 0.06\text{Ma}$ が得られた。この年代値は第 1 年次に調査地西部と北西部で得られた流紋岩類の年代 $1.52 \pm 0.03\text{Ma}$ と $1.73 \pm 0.03\text{Ma}$ に近いことから、後期鮮新世から更新世の火山活動に伴う熱水活動によるものと解釈できる。第 1 年次に測定された Co. Jankho Kholu 南部で採取された試料の流体包有物の均質化温度が平均 195°C で、今年次 Co. Wila Willkhi 西斜面で採取された試料の流体包有物の均質化温

Sonia Susana

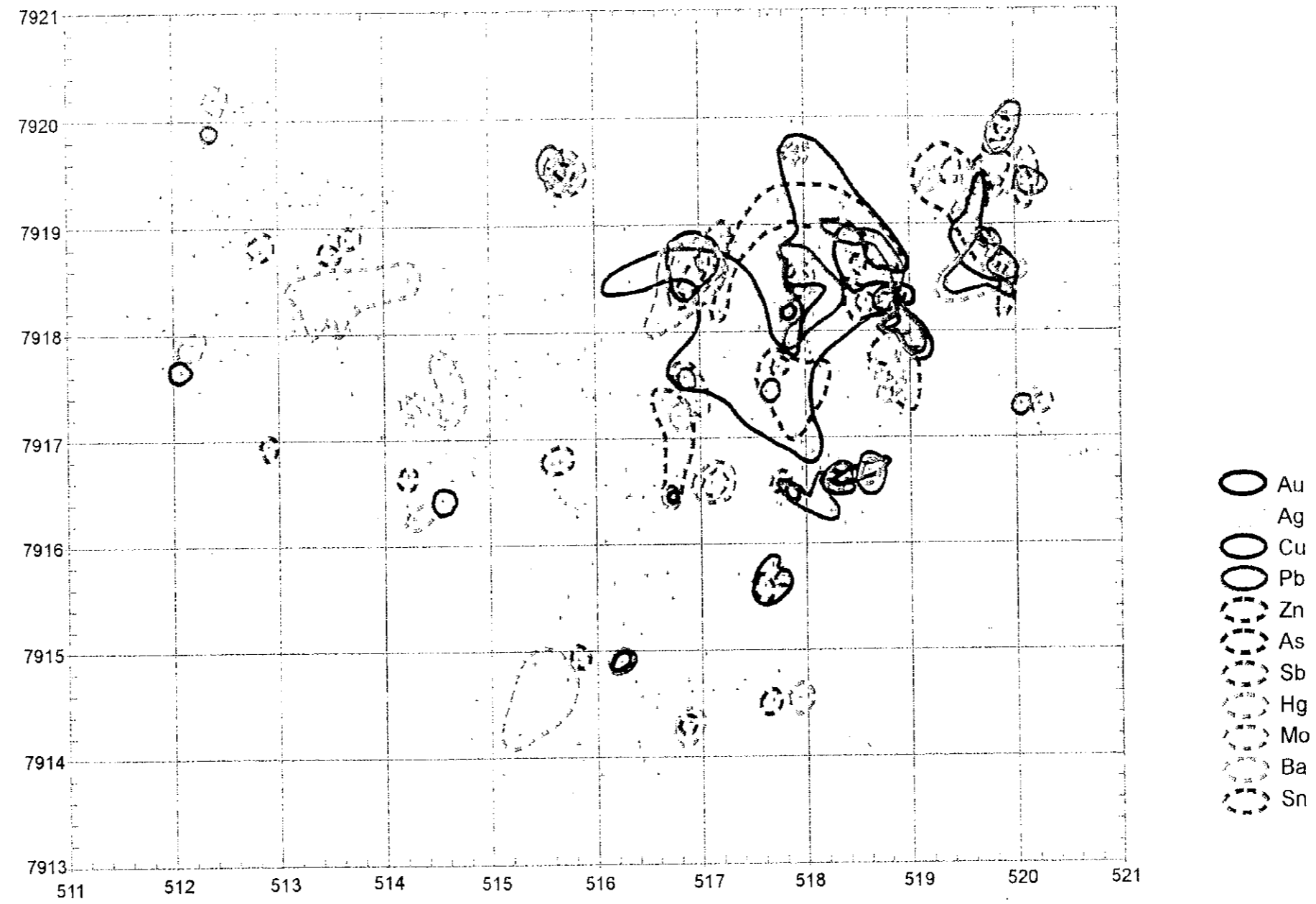


Fig.II-2-4 (3)Geochemical Anomaly Map of the Sonia-Susana District

度が平均 222°C と低いことを考慮するとこれらの鉱化作用も若い可能性がある。

Santa Catalina Loma と Co. Sojta Kkota 西斜面に金、銅、鉛、亜鉛の地化学異常が、また Co. Entre Campanani の南東部には金、錫、アンチモン、砒素の地化学異常が認められる。

これらは異なった鉱化作用と解釈可能で、熱水活動時期に少なくとも 2 時期が考えられる。

前者の鉱化作用は浅所の半深成岩貫入活動に関係する浅熱水鉱床 (タイプ III) に相当し、後者は浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床 (タイプ II) と推定される。

したがって、古い鉱化帯の深部にはポーフリー型鉱化作用が期待され、新しい鉱化帯の深部には浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床が期待できる。

本地区では、鉱山会社 (COMINCO Bolivia) が試錐 10 本を含む、地化探、I P 調査を実施しており、これらの情報を統合して検討する必要がある。

2-5 カロールノ地区 (Fig. II-2-5, -5(1), -5(2), -5(3))

(1) 地質

後期中新世～鮮新世の凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩 (火山角礫岩)、安山岩およびデイサイトが分布する。

一般に山頂部を溶岩類が占め、その下位に火山碎屑岩類が分布する。

第 1 年次に採取された試料の年代測定結果では $9.01 \pm 0.18\text{Ma}$ が得られている。

本地区の断層、脈、割れ目は北東部の Co. Sancarata では N-S 方向が優勢で NW-SE 方向を伴う。北西部は N-S 方向が優勢で ENE-SWS 方向を伴う。中央部は NW-SE 方向が顕著で NE-SW 方向や E-W 方向を伴う。

(2) 変質作用

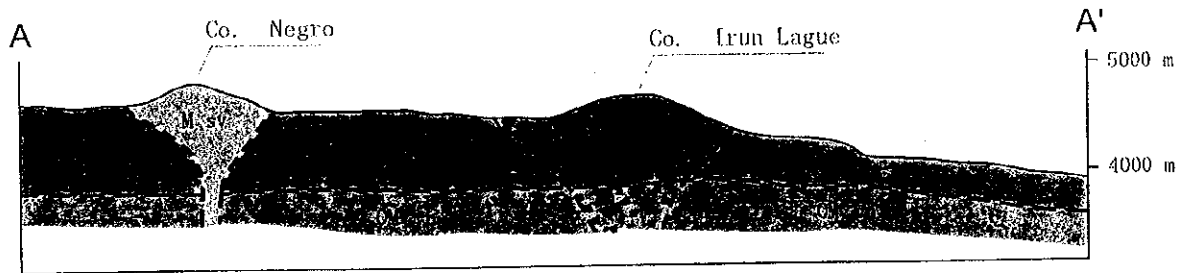
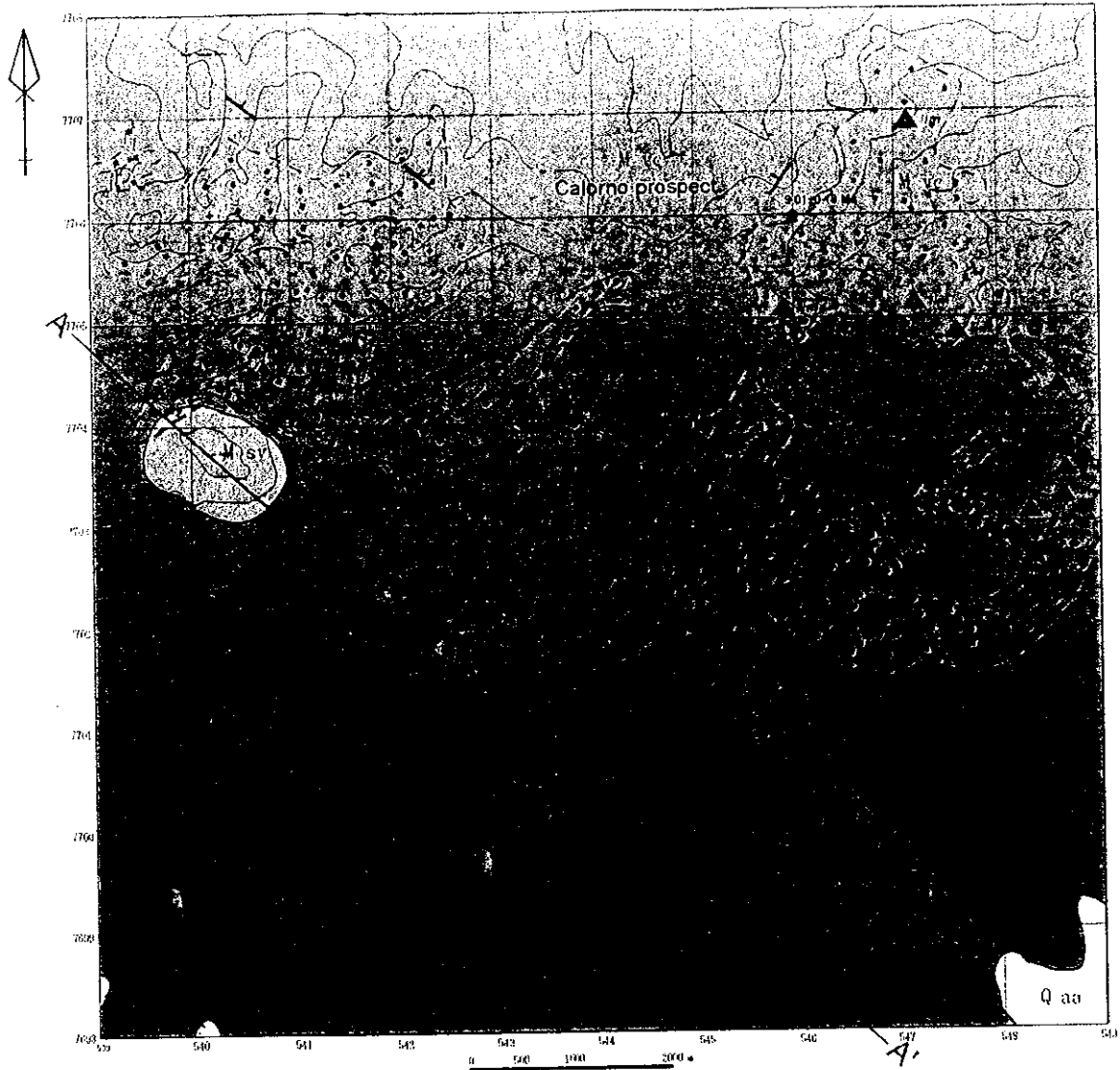
熱水変質帯は約 28.5km^2 に及び調査地域内で最大である。

珪化変質および粘土化変質が認められ、広範な粘土化変質帯中に脈状の珪化部が存在する。

山頂部には新鮮な岩石が残されている。

Co. Huaylla Khaua 南西斜面には熱水角礫岩が比較的まとまって分布している。一部にバギーシリカを伴っている。

変質鉱物として石英、明礬石、スメクタイト、カオリナイト、セリサイトおよびパイロフィ



LEGEND












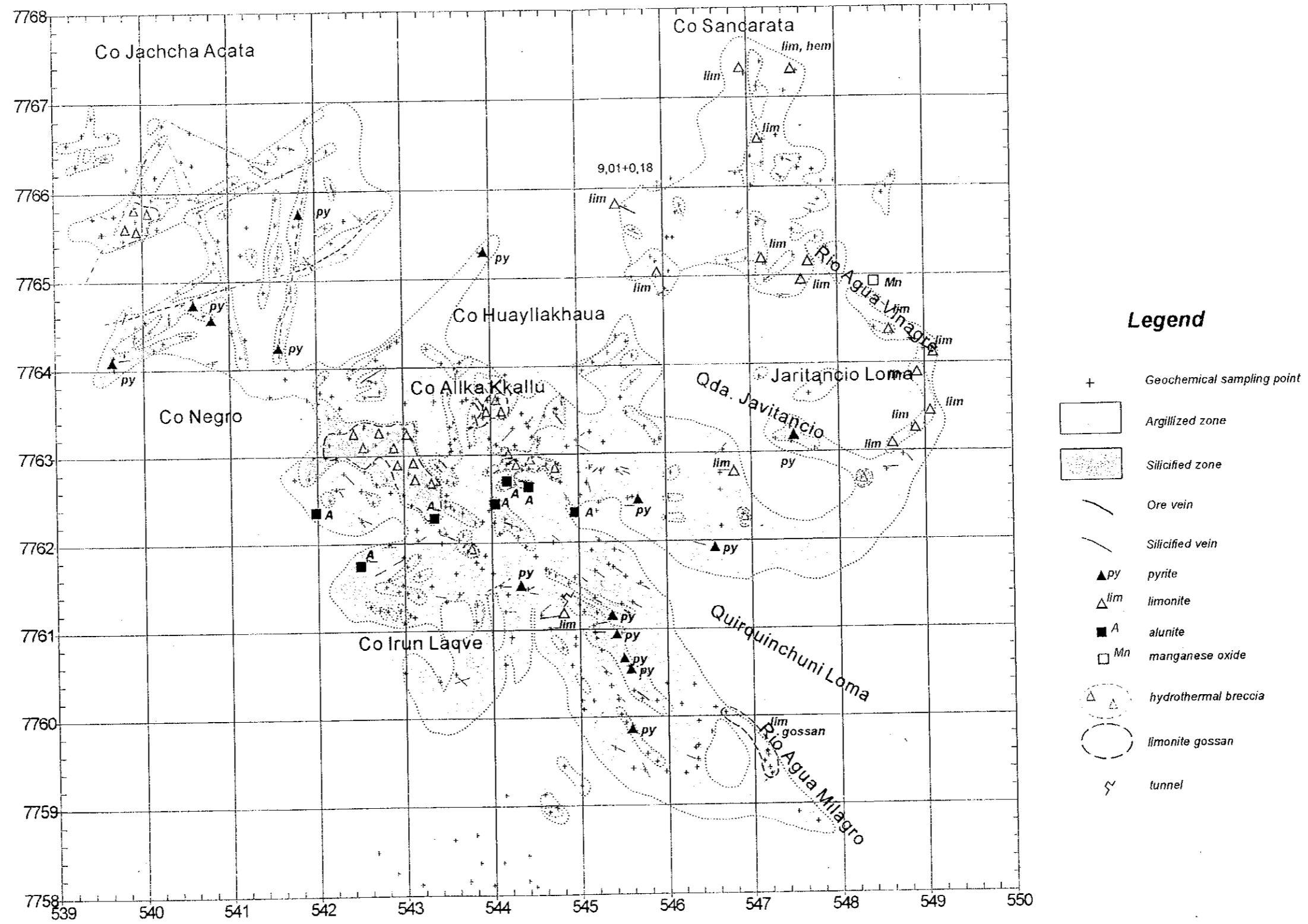
- | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
|  | Alluvialfan deposit. |  | pyrite |
|  | Lower to Middle Miocene
Volcanic rocks (Carangas F.) |  | yellow Alunite |
|  | Upper Oligocene to lower Miocene
volcanic rock (Negrillos.) |  | Limonite |
|  | Miocen sub-volcanic rock
(dikes, sills, stocks.) |  | tunnel |
|  | Dip of lava flow. |  | Mn |
|  | Hydro thermal
Alteration zone. | | |

Fig. II-2-5 Geological Map of the Calorno District

Calorno



Legend

- + Geochemical sampling point
- [White box] Argillized zone
- [Stippled box] Silicified zone
- [Solid line] Ore vein
- [Dashed line] Silicified vein
- ▲ py pyrite
- △ lim limonite
- A alunite
- Mn manganese oxide
- (Dashed circle) hydrothermal breccia
- (Dotted circle) limonite gossan
- ~ tunnel

Fig. II-2-5 (1) Alteration Map of the Calorno District

Calorno

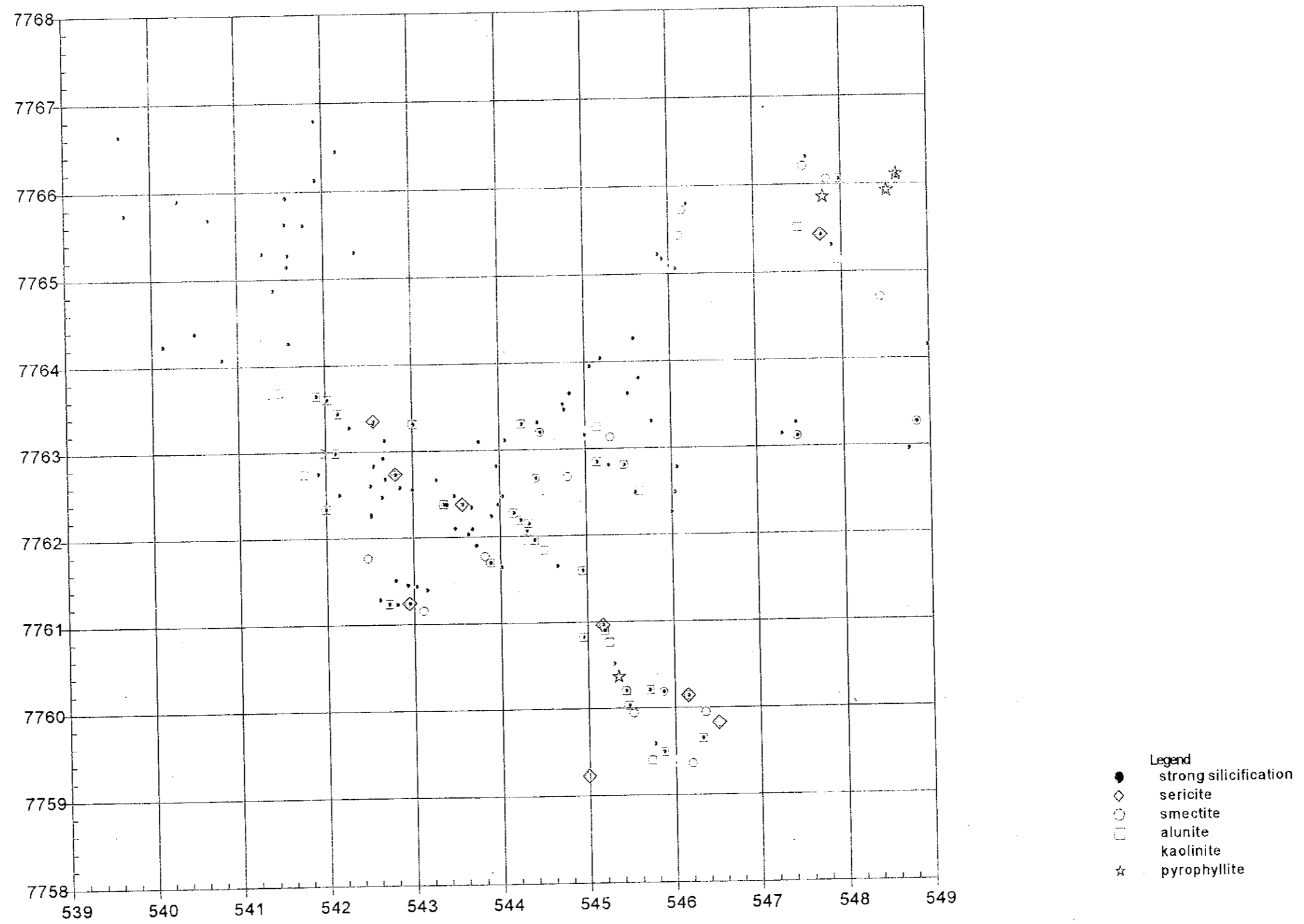


Fig. II-2-5 (2) Distribution Map of Alteration Minerals in the Calorno District

ライトが認められる。

(3) 鉱化作用

北西部と南東部に黄鉄鉱の鉱染が認められ、中央部の特に熱水角礫岩周辺部には黄色の明礬石が多数認められる。

北西部や南東部には褐鉄鉱の鉱染や脈が認められ、特に南東部の Rio Agua Milagro の川床沿いには延長約 800m にわたって針鉄鉱のゴッサンが露出している。

南部のゴッサン中には鏡下で黄鉄鉱が観察された (No. 4786)。

(4) 地化学探査分析結果

今年次は本地区で岩石試料を 234 個採取し、第 1 年次の分析結果と併せて検討した。

各元素毎の最低値、最高値、平均値は順に Au : <2ppb, 43ppb, <2ppb, Ag : <0.5ppm, 2.0ppm, <0.5ppm, Cu : <2ppm, 285ppm, 20ppm, Pb : <3ppm, 1,863ppm, 22ppm, Zn : <2ppm, 224ppm, 12ppm, As : <5ppm, 11,388ppm, 123ppm, Sb : <5ppm, 357ppm, <5ppm, Hg : <1ppm, 5.3ppm, <1ppm, Mo : <1ppm, 191ppm, 6ppm, Ba : 11ppm, 2,547ppm, 522ppm, Sn : <5ppm, 66ppm, <5ppm を示した。

各元素の地化学異常分布を Fig. II-2-5(3) に示す。

金 : 全て 43ppb 以下の値を示し異常値を示さない。

銀 : 全て 1.6ppm 以下の値を示し異常値を示さない。

銅 : 12 試料が 90ppm 以上の異常値を示し、異常部は点在する。

鉛 : 5 試料が 400ppm 以上の異常値を示し、異常部は点在する。

亜鉛 : 全て 224ppm 以下の値を示し異常値を示さない。

砒素 : 全域に多数の異常部が点在するが、褐鉄鉱の認められる Co. Sancarata 南部や Rio Agua Milagro の下流域に比較的まとまって異常帯が分布する。

アンチモン : 全域に多数の異常部が点在するが、地区北西部の Co. Negro 北方では比較的まとまって異常帯が分布する。

水銀 : Co. Huaylla Khaua 南西斜面の熱水角礫岩中に小規模の異常部が存在する。1ppm 台のやや高い値を示す箇所が全体に点在している。

モリブデン : 6 試料が異常値を示し点在する。

バリウム : 14 試料が異常値を示し全体に点在する。

錫 : 4 試料が異常値を示し点在する。

Calorno

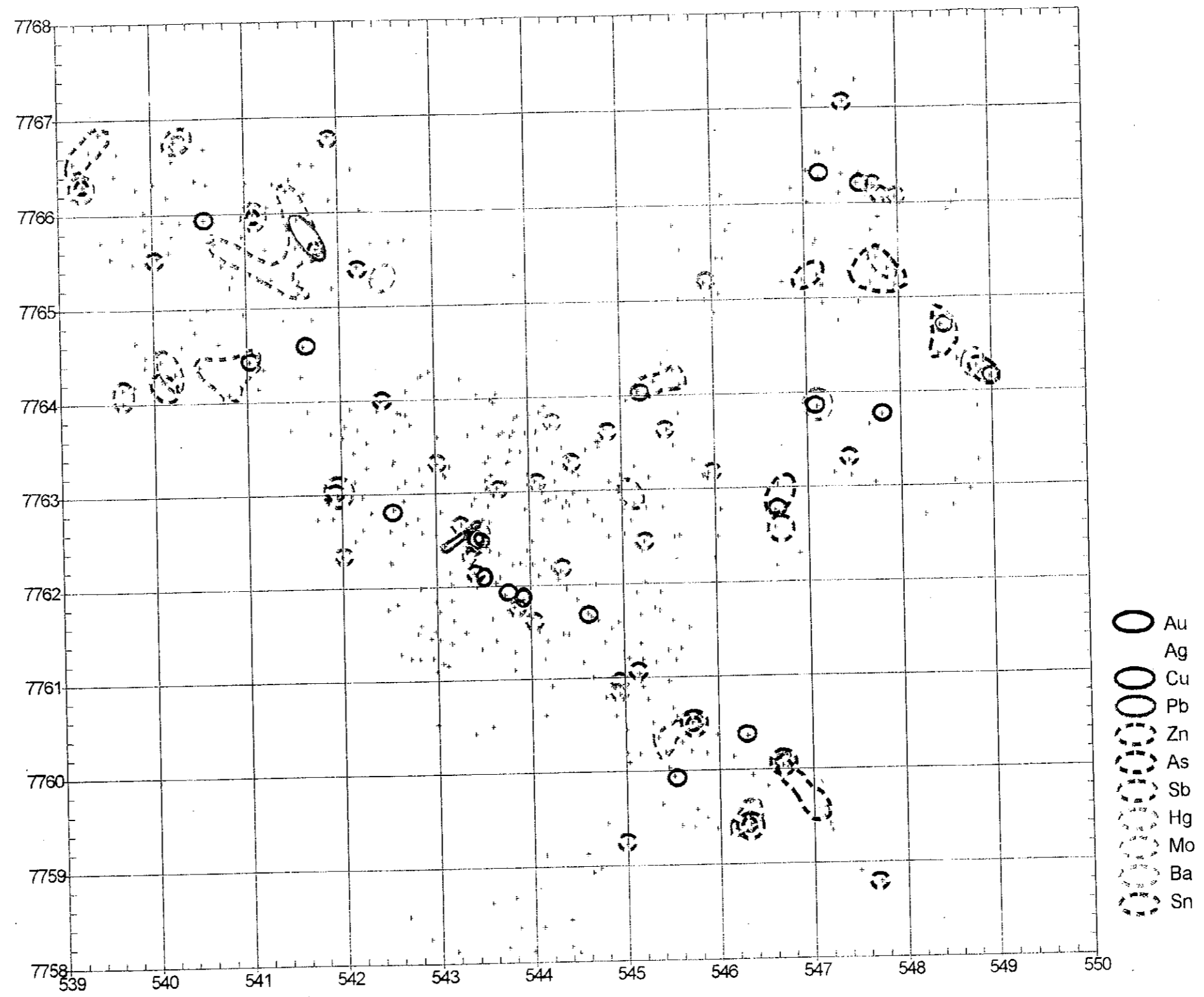


Fig. II-2-5 (3) Geochemical Anomaly Map of the Calorno District

すべての異常部は全域に亘って小規模に点在し、まともは悪い。

(5) 考察

山頂には非変質の岩石が残されており、また、プロピライトの存在も知られていないことから、本地区の熱水変質帯は変質帯の最上部（最外側）に位置するものと見られる。

Rio Agua Milagro にある針鉄鉱を主体とするゴッサンは、上流の開始点で砒素とアンチモン
の異常を示しており、その付近から熱水が噴出し、流下した可能性が考えられる。

本地区ではやや高温の酸性変質鉱物であるパイロフィライトが数カ所で確認されたことから、一部熱水変質帯が強酸性溶液から生成した可能性が考えられる。また、地化学異常として錫の異常が認められることから、本地区の鉱化作用は、高硫化系浅熱水性鉱床（タイプⅣ）または浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプⅡ）に相当するものと思われる。

地化学異常にまともがなく鉱化作用が弱い可能性も考えられるが、極めて膨大な熱水が循環しており、熱水角礫岩の分布域も広いことから存在すれば大規模鉱床が期待される。

2-6 ロマ・ジェーナ地区 (Fig. II-2-6,-6(1),-6(2),-6(3))

(1) 地質

後期中新世～鮮新世の凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩（火山角礫岩）等の火山碎屑岩類、および安山岩、玄武岩が分布する。

火山碎屑岩類は局部的に存在する。

安山岩は紫蘇輝石安山岩、両輝石安山岩、角閃石両輝石安山岩、黒雲母両輝石安山岩、角閃石普通輝石安山岩および角閃石安山岩が確認されている。今年次の調査地の周辺では、第1年次の安山岩のK-Ar年代測定の結果で $6.24 \pm 0.12\text{Ma}$ が得られている。

玄武岩は、南端の Co. Tirani (5,216m) の山体を構成している。

本地区の断層、脈、割れ目はN-S方向とNE-SW方向が優勢である。

(2) 変質作用

熱水変質帯は、約 8 km^2 を占め南北方向に分布する。

Loma Lena

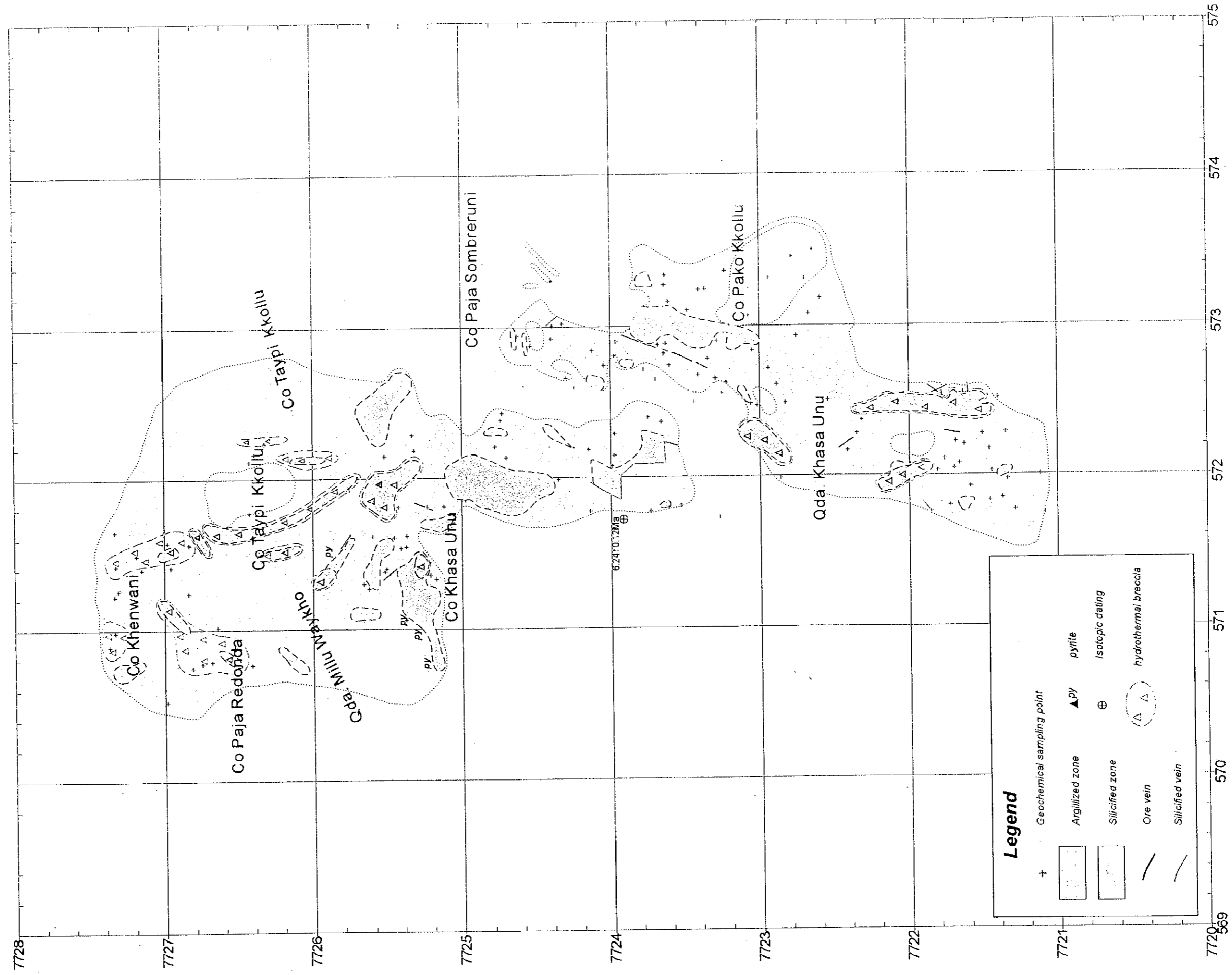


Fig.II-2-6 (1)Alteration Map of the Loma Lena District

珪化変質および粘土化変質が認められ、広範な粘土化変質帯中に脈状の珪化部が存在する。
各所に小規模の熱水角礫岩が分布し、粘土化または珪化を被っている。
山頂部には新鮮な岩石が残されている。

変質鉱物として明礬石、スメクタイト、石英、カオリナイト、セリサイト、沸石およびパイロフィライトが認められる。

(3) 鉱化作用

黄鉄鉱が北部 Co. Khasa Unu の北西斜面に鉱染状、細脈状に認められる以外に、顕著な鉱化示徴は認められない。

(4) 地化学探査分析結果

今年次は本地区で岩石試料を 145 個採取し、第 1 年次の分析結果と併せて検討した。

各元素毎の最低値、最高値、平均値は順に Au : <2ppb, 11ppb, <2ppb, Ag : <0.5ppm, 0.5ppm, <0.5ppm, Cu : <2ppm, 185ppm, 26ppm, Pb : <3ppm, 177ppm, 12ppm, Zn : <2ppm, 180ppm, 23ppm, As : <5ppm, 1,111ppm, 29ppm, Sb : <5ppm, 19ppm, <5ppm, Hg : <1ppm, 5.8ppm, <1ppm, Mo : <1ppm, 86ppm, 5ppm, Ba : 12ppm, 3,825ppm, 656ppm, Sn : <5ppm, 18ppm, <5ppm を示した。

各元素の地化学異常分布を Fig. II-2-6(3)に示す。

金：すべて 11ppb 以下を示し異常値を示さない。

銀：すべて 0.5ppm 以下を示し異常値を示さない。

銅：10 試料が 90ppm 以上の異常値を示し全域に小規模に点在し、北西部には 5 試料の異常値が集まる。

鉛：すべて 177ppm 以下を示し異常値を示さない。

亜鉛：すべて 180ppm 以下を示し異常値を示さない。

砒素：8 試料が 140ppm 以上の異常値を示し、全域に小規模に点在する。

アンチモン：3 試料が 10ppm 以上の異常値を示し、2 箇所認められる。

水銀：1 試料が 5.75ppm の異常を示し南部の熱水角礫岩中に存在する。

モリブデン：4 試料が 40ppm 以上の異常値を示し全域に点在する。

バリウム：13 箇所異常部が認められ、全域に小規模に点在する。

錫：2 試料が異常値を示す。

Loma Llena

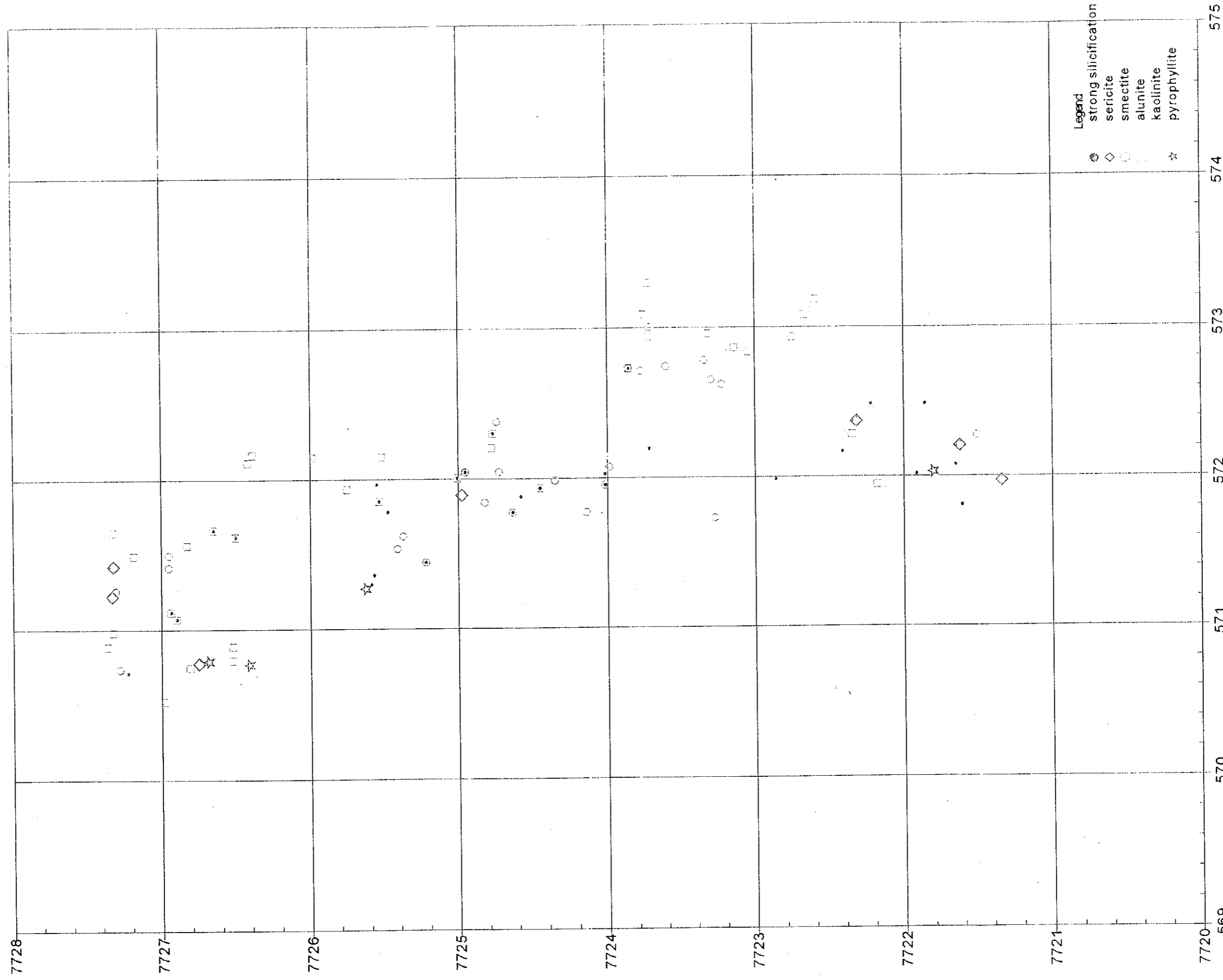


Fig II-2-6 (2) Distribution Map of Alteration Minerals in the Loma Llena District

Loma Llena

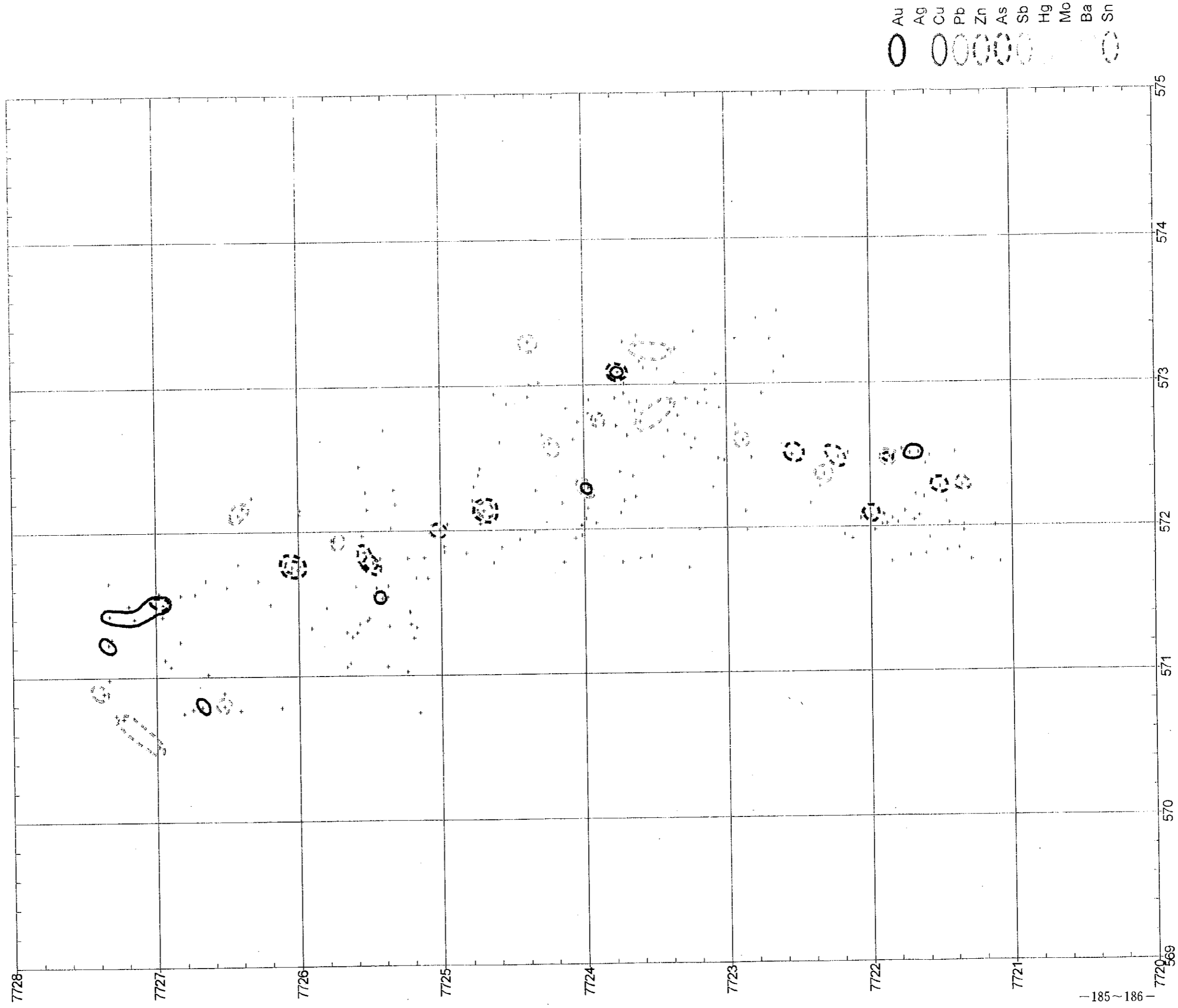


Fig. II-2-6 (3) Geochemical Anomaly Map of the Loma Llena District

(5) 考察

山頂には非変質の岩石が残されており、プロピライトの存在も知られていないことから、本地区の熱水変質帯もカロールノ地区と同様、変質帯の最上部（最外側）に位置するものと見られる。

本地区ではやや高温の酸性変質鉱物であるパイロフィライトが確認されたことから、一部熱水変質帯が強酸性溶液から生成した可能性がある。また、地化学異常として錫の異常が認められることから、本地区の鉱化作用は、高硫化系浅熱水性鉱床（タイプIV）または浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床（タイプII）に相当するものと思われる。しかし、黄鉄鉱の鉱染も弱く、また地化学異常も優勢でなくまとまりがないことから、鉱化作用が弱いか存在しても深い可能性が高い。

2-7 ブランカ・ニエベス地区

2-7-1 ブランカ・ニエベス区域 (Fig. II-2-7,-7(1),-7(2),-7(3))

(1) 地質

調査地の Qda. Viscachani を境に、西側に更新世の火山岩類が、東側に後期中新世～鮮新世の火山岩類が分布する。

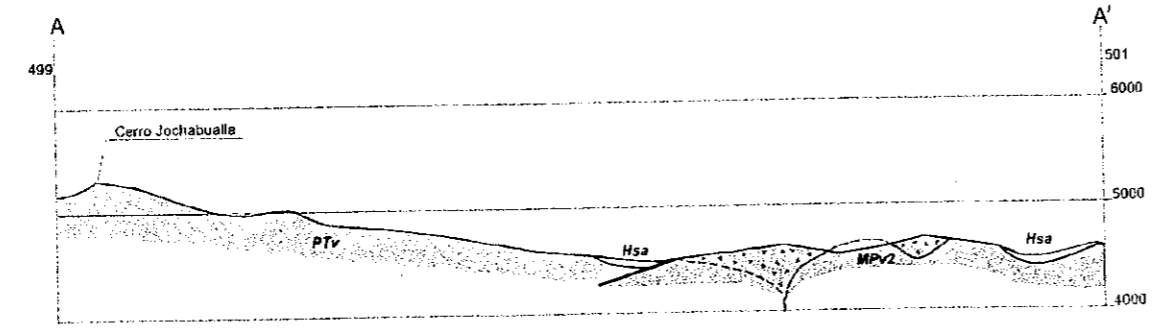
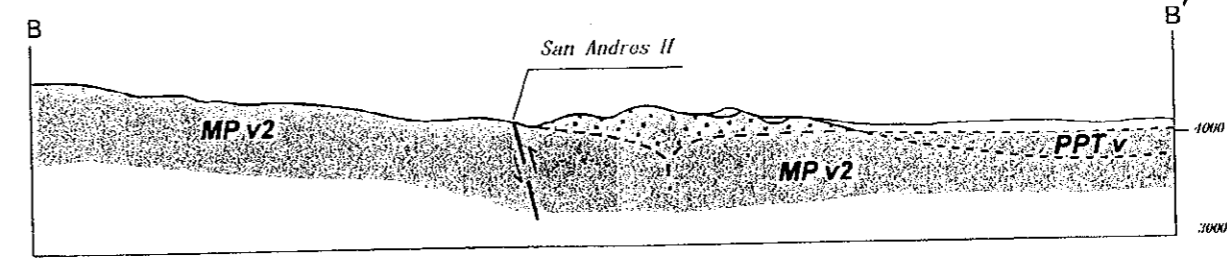
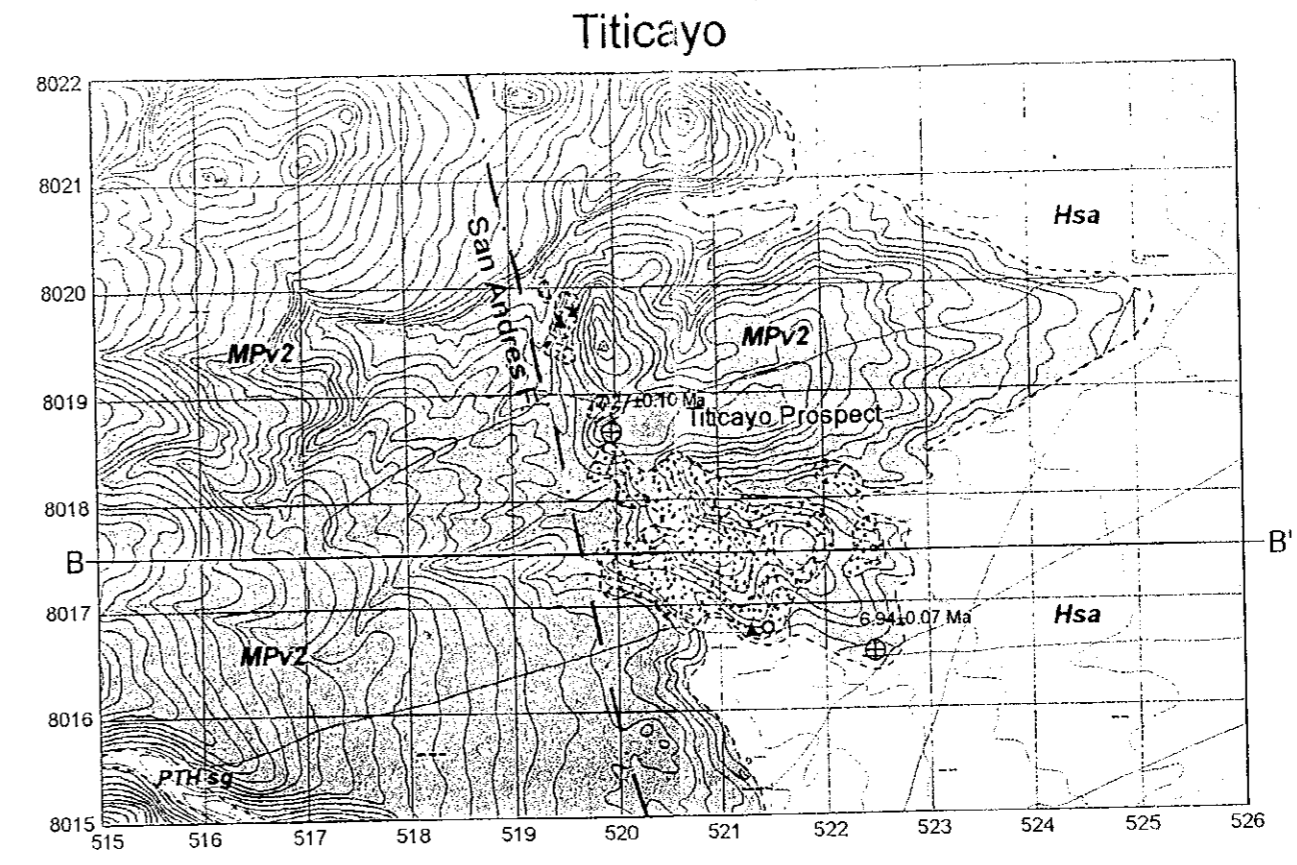
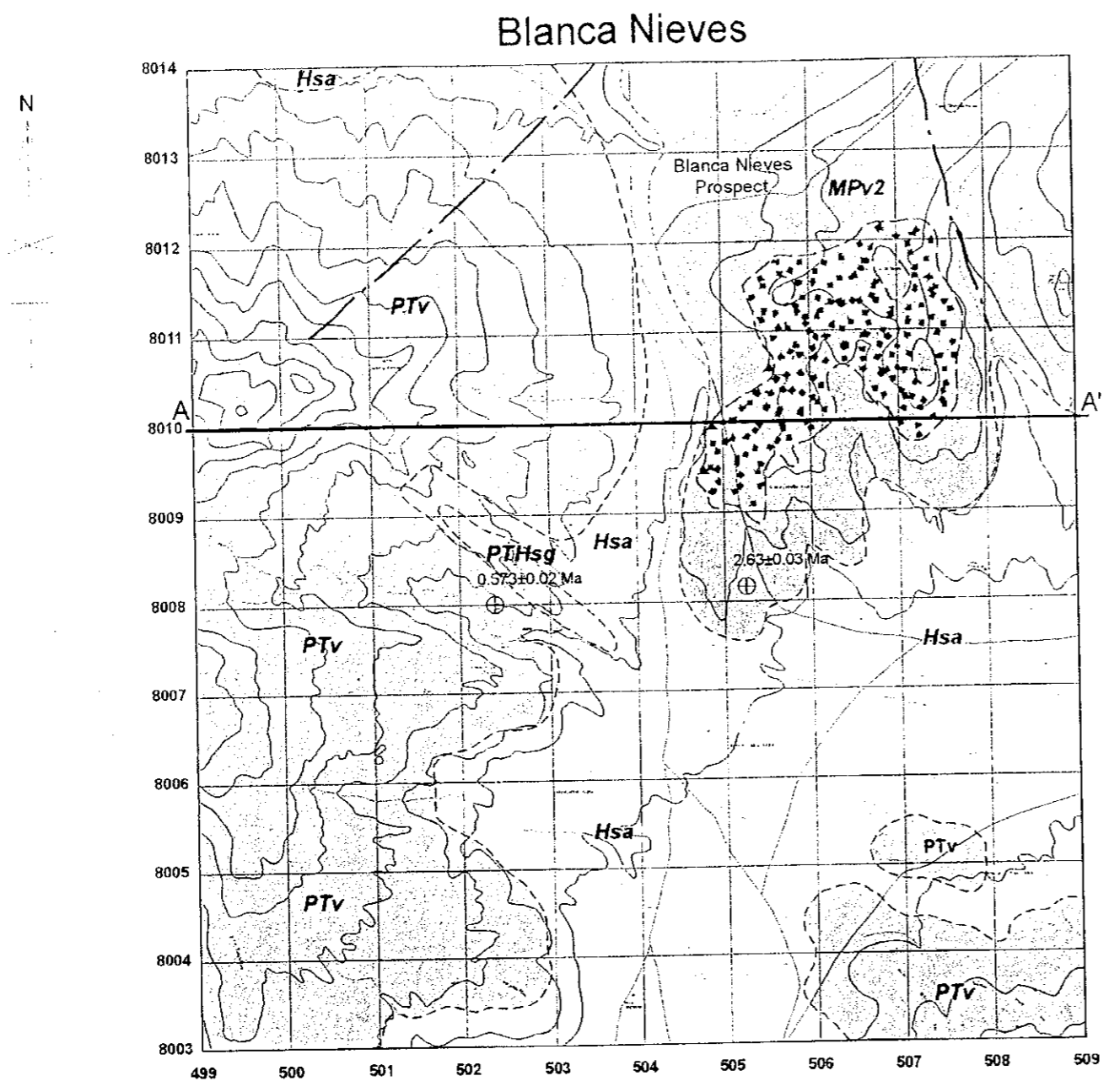
西側には広範囲に暗灰色～灰色～淡褐色の長石斑岩質黒雲母-角閃石-輝石安山岩が分布し、南部の Qda. Condoriri 下流右岸の Co. Huallokho は暗灰色の黒雲母流紋岩が占める。Qda. Condoriri 左岸で採取された安山岩の K-Ar 年代測定の結果 $0.57 \pm 0.04\text{Ma}$ (No. 6254) の値が得られた。

第1年次に画像解析で鉄酸化物として抽出された箇所は風化作用により生じた少量の褐鉄鉱と確認された。

東側には、広範囲に安山岩溶岩類が分布し、一部に安山岩の貫入岩、流紋岩溶岩および火山碎屑岩類が占める。

安山岩溶岩は暗灰色～灰色の黒雲母-輝石-角閃石安山岩で、Wila Kholu 山南斜面には直径約 10m と 20m の細粒輝石角閃石安山岩の貫入岩が N20E 方向に並んでいる。また、Co. Chinchircomani 南斜面には直径 100m 程度の輝石角閃石安山岩の貫入岩が推定される。この貫入岩から採取された岩石の K-Ar 年代測定の結果、後期鮮新世を示す $2.63 \pm 0.03\text{Ma}$ (No. 6252) の値が得られた。

流紋岩は赤褐色で流理構造を有し、下位に同質の凝灰角礫岩を伴う。これらの岩石類は上記安山岩溶岩に挟まれて分布する。



- #### Legend
- | | | |
|-------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Hsa | Holocene alluvial and colluvial sedimentary deposits | Lineament / fault |
| PTHsg | Pleistocene to Holocene glacial sedimentary deposits | Hydrothermal alteration zone |
| PTV | Pleistocene volcanic rocks | Pyrite |
| MPv2 | Upper Miocene to Pliocene volcanic rocks andesitic rhyolitic lava flow | Mn.limonite |

Fig II-2-7 Geological Map of the Blanca Nieves District

Blanca Nieves

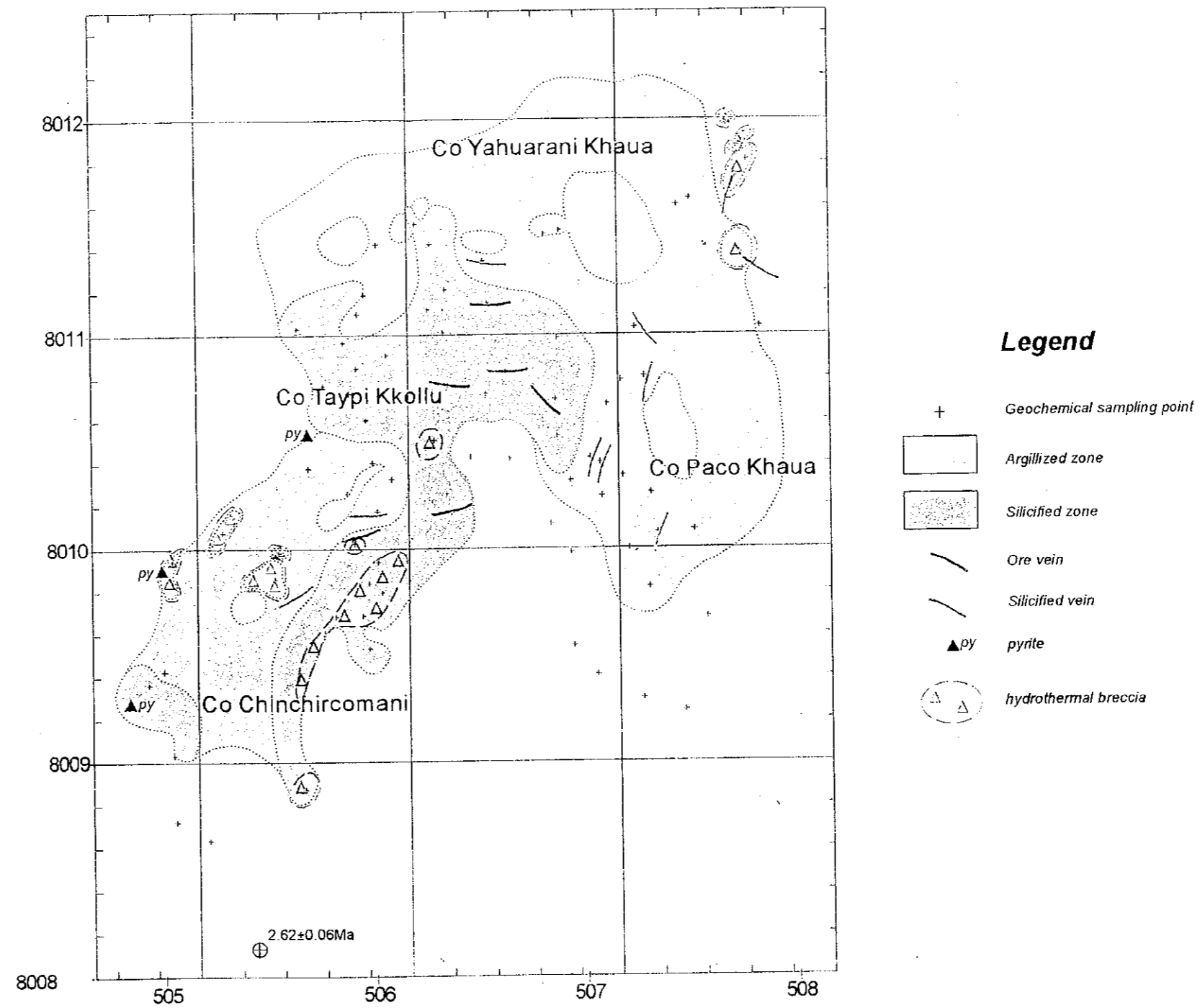


Fig.II-2-7 (1)Alteration Map of the Blanca Nieves District (Blanca Nieves)

本区域の断層、脈、割れ目は東部ではE-W方向と、NE-SW方向が卓越する。

(2) 変質作用

熱水変質帯は約5km²を占める。

珪化変質および粘土化変質が認められ、熱水角礫岩や角礫パイプがNE-SW方向に並ぶ。

全体的に粘土化変質帯が広く分布する中に脈状や粘土化作用を伴った珪化作用が認められる。

変質鉱物として石英、明礬石、ゼオライト、スメクタイトおよびセリサイトが認められる。

(3) 鉱化作用

黄鉄鉱の鉱染が3箇所で見られる。

角礫パイプ試料の検鏡結果、多量のチタン鉱物が沈殿している(No. 6910)。

鉱業権者により試錐探鉱が実施されており、熱水角礫岩上から垂直に1本(No. 6908 採取地点)と粘土化帯中から珪化帯に向けた斜め試錐(方向約215度、傾斜約-45度)が確認されている。

(4) 地化学探査分析結果

本区域で岩石試料を86個採取した。

各元素毎の最低値、最高値、平均値は順に Au : <2ppb, 2ppb, <2ppb, Ag : <0.5ppm, <0.5ppm, <0.5ppm, Cu : 3ppm, 94ppm, 18ppm, Pb : 5ppm, 193ppm, 36ppm, Zn : <2ppm, 160ppm, 30ppm, As : <5ppm, 232ppm, 11ppm, Sb : <5ppm, 5ppm, <5ppm, Hg : <1ppm, <1ppm, <1ppm, Mo : <1ppm, 72ppm, 8ppm, Ba : 38ppm, 2,208ppm, 948ppm, Sn : <5ppm, 15ppm, <5ppm を示した。

各元素の地化学異常分布を Fig. II-2-7(3)に示す。

金 : 全て 2ppb 以下の値を示し、異常値を示さない。

銀 : 全て検出限界値未満を示す。

銅 : 1 試料が 90ppm 以上の異常値を示す。

鉛 : 全て 193ppm 以下の値を示し異常値を示さない。

亜鉛 : 全て 160ppm 以下の値を示し異常値を示さない。

砒素 : 1 試料が 232ppm の異常値を示す。

アンチモン : 全て 5ppm 以下の値を示し異常値を示さない。

水銀 : 全て検出限界値未満を示す。

モリブデン : 1 試料が 72ppm の異常値を示す。

Blanca Nieves

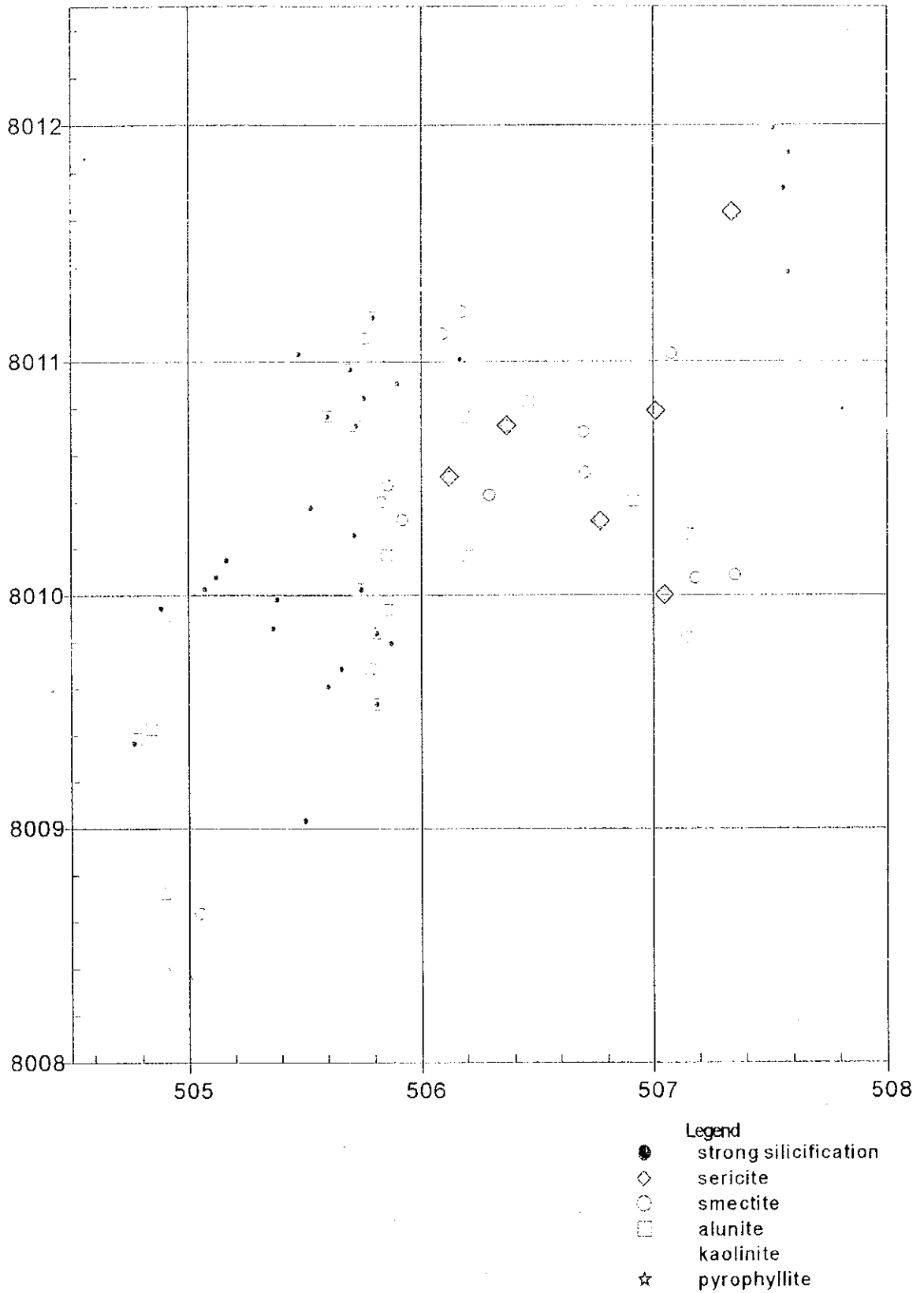


Fig. II-2-7 (2) Distribution Map of Alteration Minerals in the Blanca Nieves District (Blanca Nieves)

Blanca Nieves

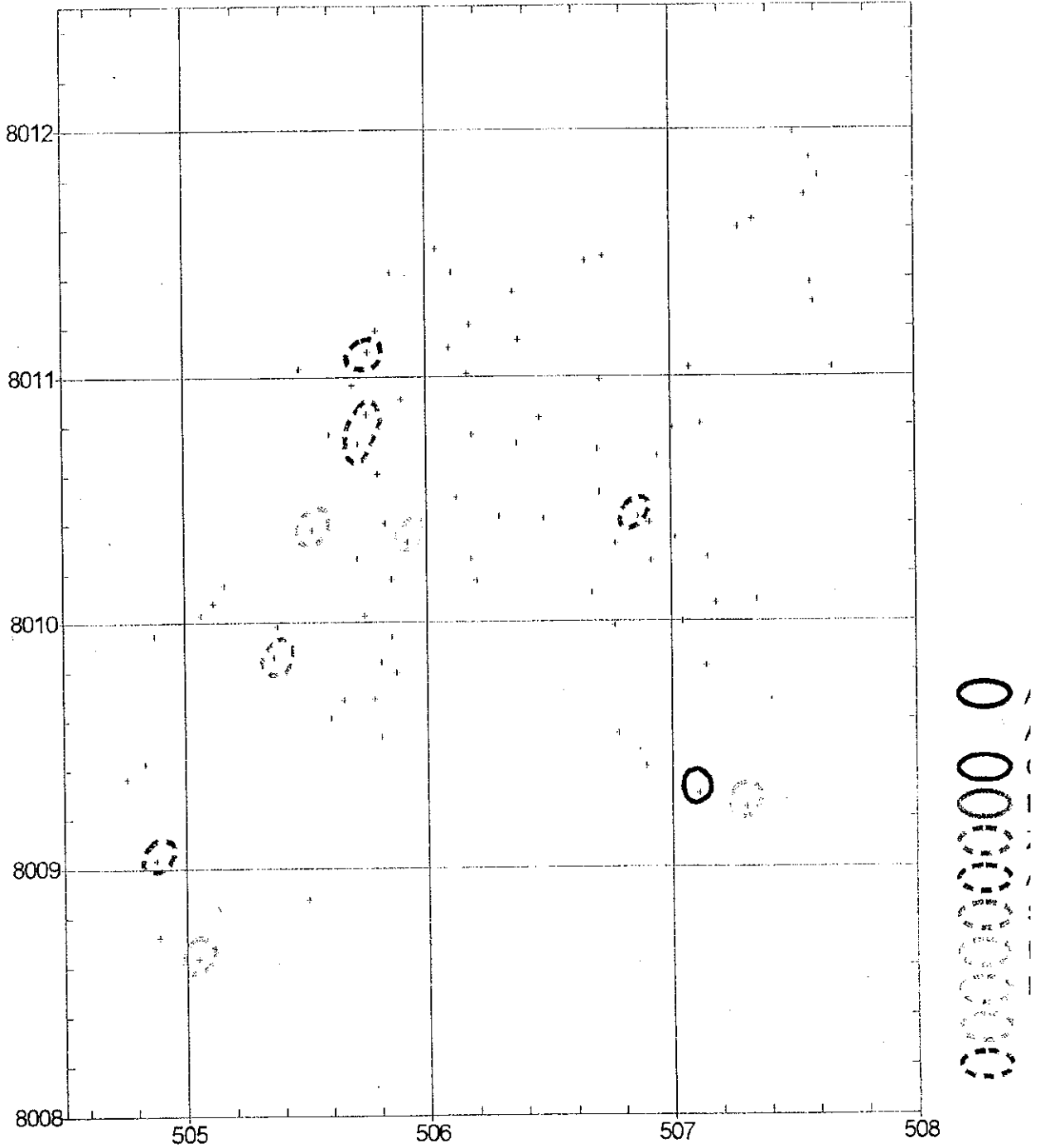


Fig.II-2-7 (3) Geochemical Anomaly Map of the Blanca Nieves District

