

#### 4) 地質・構造

本調査地周辺は、基盤をなすカンブリア紀の変成堆積岩類とそれに貫入するオルドビス紀の花崗岩類である。構造的には NE-SW から NNE-SSW 系の断裂系が卓越する。本変質帯の北東には巨大な Galan カルデラ（長径約 50km×短径約 30km）が存在し、新第三紀から第四紀の火山岩類が広く分布する。

#### 5) 鉱微・変質

ASTER で変質帯として抽出した地域（変質帯 No.112、123 等）は花崗岩の分布域とほぼ一致しているが、鉱化作用は認められなかった。花崗岩は粗粒で赤褐色から白色の変質を受けており、変成堆積岩類を挟在するところもある。花崗岩には Lagna Blanca と同様粗粒で白雲母が多量に観察でき、分析の結果でも Sericite が検出された(A01TK006、A01TK008)。ASTER 画像ではこれらを変質帯として抽出したものであると思われる。

#### 6) 衛星画像の特徴

ASTER フォールスカラー画像では変質帯とされる場所は淡緑色として示されるが、比演算画像ではあまり明瞭ではない。等粒子モデル画像では、中心部に kaolin が抽出されその周囲に広い sericite 変質が検出されている (Fig.II-5-2-28-2,3)。

#### 7) コメント

本変質帯も Lagna Blanca と同様、ASTER 画像により、変質帯として抽出されたものであるが明瞭な鉱化作用は認められなかった。しかし、今回の調査では変質帯と示された中心まで現地確認できなかったため、鉱化がないと断定することはできない。また、本変質帯周辺には小規模であるが非常に多くの変質帯と推定される地区が ASTER により検出されておりなんらかの熱水活動があったことを推測させる。今後、これらの未確認変質帯について調査事例を増やすことが望まれる。

#### 8) 参考資料

なし

### 5-2-29 Laguna Salitre 鉱微地 (Zone-39)

#### 1) 位置

南緯 26° 14' 54.7"、西経 66° 52' 48.7"、標高 4,323m (ピット跡)。  
Antofagasta de la Sierra の南南東約 55km、Lagua dei Saritre の北東岸に位置する。

#### 2) 交通

州道 43 号線沿いの El Penon から 4 輪駆動車で走行距離 46km、約 3 時間で至る。

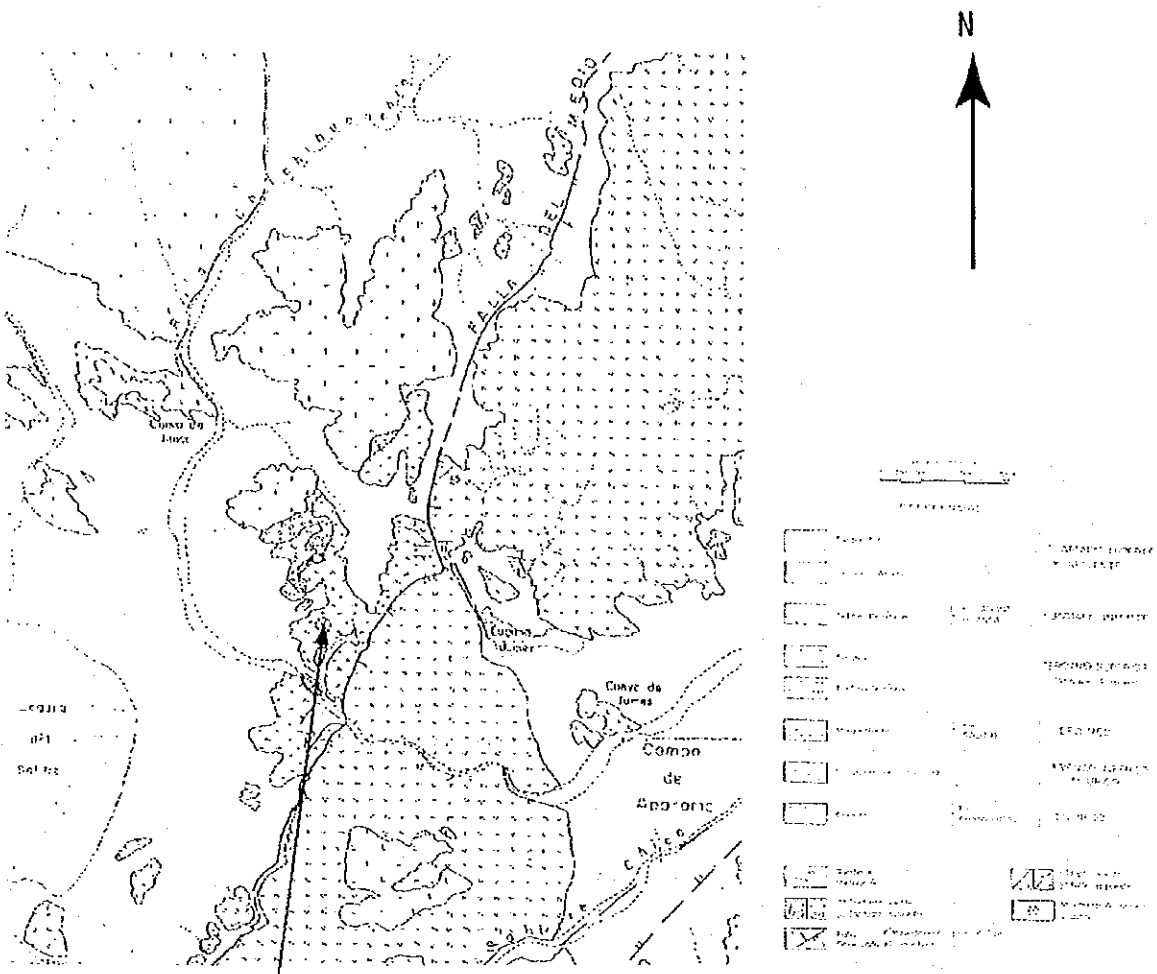
#### 3) 既往調査

・1980 年代：FM が調査を実施。

#### 4) 地質・構造

本鉱微地は、Cerro Galan カルデラの南外側に位置する。Cerro Galan カルデラは、ホルスト・グラバーン化した先カンブリア紀から古生代の基盤岩の上に発達すると考えられている。このホルスト・グラバーンは相互に約 20km 離れた南北性の断層に規制される (Sparks et. al., 1985)。鉱微地周辺の地

質は、基盤をなす花崗岩（シルル紀）、礫岩（下部シルル紀～デボン紀）、モンゾニ花崗閃緑岩（デボン紀）、およびこれらを覆う Cerro Galan 火山噴出物であるデイサイト（中新世～鮮新世）および Cerro Galan カルデラ外イグニブレイトよりなる(Gonzales, 1981) (Fig. II-5-2-29-1)。基盤岩類と第三紀火山岩は東傾斜の断層“Falla del Medio”で境される。しかしながら、基盤岩とされたモンゾニ花崗閃緑岩および礫岩については新第三紀の可能性のあることから、モンゾニ花崗閃緑岩（A01KN002）の全岩による K-Ar 年代測定を行なった。その結果  $29.1 \pm 0.7$  Ma の値を得たことから、第三紀の貫入岩とみなされることが判明した。このモンゾニ花崗閃緑岩は鏡下では、等粒状完晶質で半自形斜長石、両輝石および少量の不透明鉱物よりなる。変質の程度は微弱で、僅かに緑泥石を認められる。



Oxide copper, spharelite bearing quartz vein

Fig.II-5-2-29-1 Laguna Salitre mineral occurrence

## 5) 鉱徴・変質

ピット跡およびズリ堆（約 10m × 7m）が 1ヶ所残存する (Fig. II-5-2-29-1)。ズリから推定される鉱脈は、モンゾニ花崗閃緑岩を母岩とする含方鉛鉱・閃亜鉛鉱・藍銅鉱・珪孔雀石石英脈である。ピット跡で観察される石英脈は幅数 cm で N20W 方向を示す。脈際変質はほとんど認められない。また周辺のデイサイト (porfido dacitico) も未変質である。検鏡結果によると、石英脈ズリ (A01RT020) は、ジャスパー様の石英および赤鉄鉱・褐鉄鉱よりなり、金・銀鉱物は観察されなかった。また他の鉱石試料 (A01RT019) の品位分析では Au: 0.5g/t, Ag: 142g/t, Cu: 0.21g/t, Pb: 6.03%, Zn: 3.18% の値が得られた。鉱化作用の年代については、母岩のモンゾニ花崗閃緑岩の生成年代が 29.1 ± 0.7Ma であることが判明したことから、それ以降ということが言える。

## 6) 衛星画像の特徴

南東側に分布するデイサイトとの NNE-SSW 方向の直線的な境界 (Falla del Medio) が認められるほか特記すべき特徴は認められない (Fig. II-5-2-28-2,3)。

## 7) コメント

本鉱徴地は、第三紀火山活動に関連した鉱化作用ではあるが変質作用も弱いことから局部的なものであると考えられる。ただし、Cerro Galan 火山周辺には同火山活動により形成された熱水系に伴う浅熱水性鉱床が期待されることから、衛星画像解析より抽出された変質帯のなかでもカルデラ壁近くに存在するものについては、今後、その特徴、鉱化作用の有無のチェックが望まれる。

## 8) 参考資料

- ・ Gonzalez, O. (1981) Estudio geologico economico area de investigacion geologico minera No. 34 "Laguna del Salitre" Departamento Belen, Provincia Catamarca. Servicio Mincro Nacional, Exploracion Minera de la Region Noreste, Noa Geologico Minero, pp43.
- ・ Garcia, L. N.F. (19 ) Area de reserva "Laguna del Salitre". Mosaicos 19-A1-B1. Ministerio de Industria y Minera, Subsecretaria de Minera, NOA 1.
- ・ Ministerio de Industria y Minera (19 ) Area de reserva No. 34 "Laguna del Salitre" pp. 2.
- ・ Sparks, R. S. J., Francis, P. W., Pankhurst, R. D., Gallagher, Thorpe, R. S. and Page, R. (1985) Ignimbrite of the Cerro Galan Caldera, NW Argentina. Jour. Volcanol. Geotherm. Res., 24, 295-248.

## 5-2-30 Laguna Blanca 変質帯

### 1) 位置

南緯 26° 35'55.0"、西経 66° 57'09.7"、標高 3,352m。Belen のほぼ北約 110km 付近に位置する。

### 2) 交通

Belen の北東約 40km 付近で国道 40 号から北西へ分岐する国道 43 号を約 90km 北上する。道路は未舗装であるが比較的平坦路でアクセスは容易である。

Lagna Blanca alteration zone

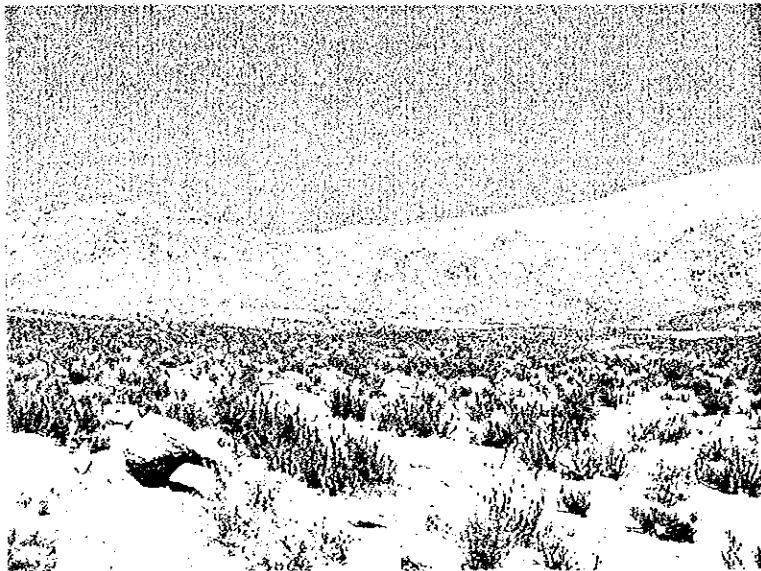
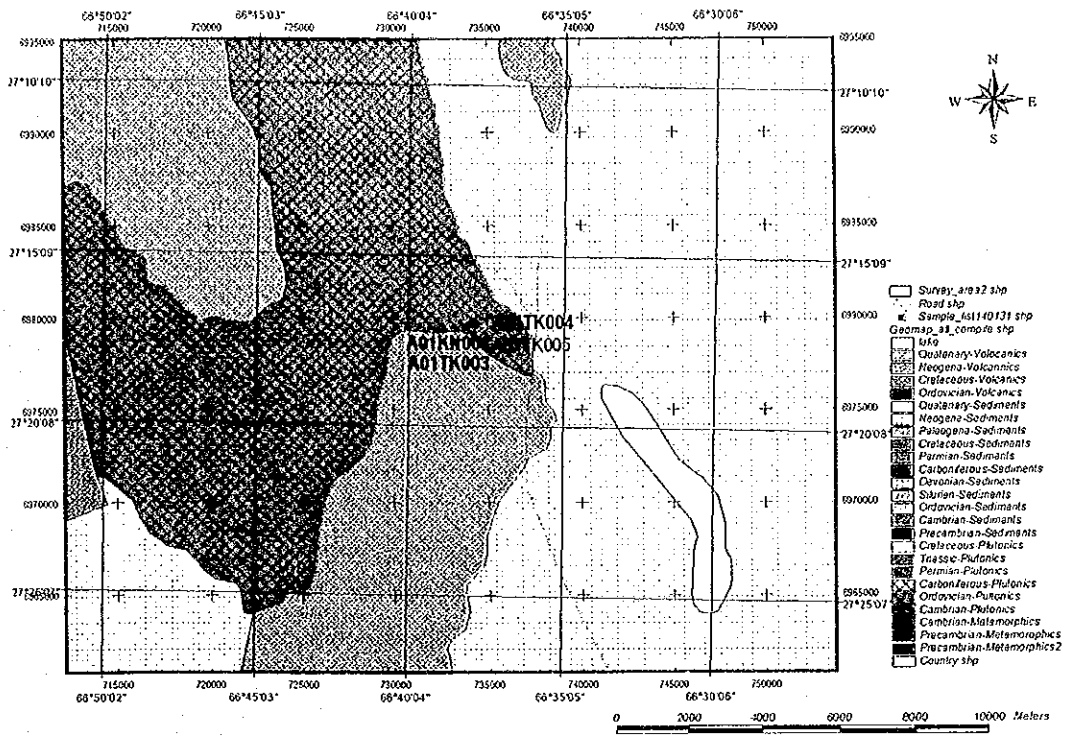


Fig. II-5-2-30-1 Lagna Blanca alteration zone  
(a) sample point, (b) perspective view

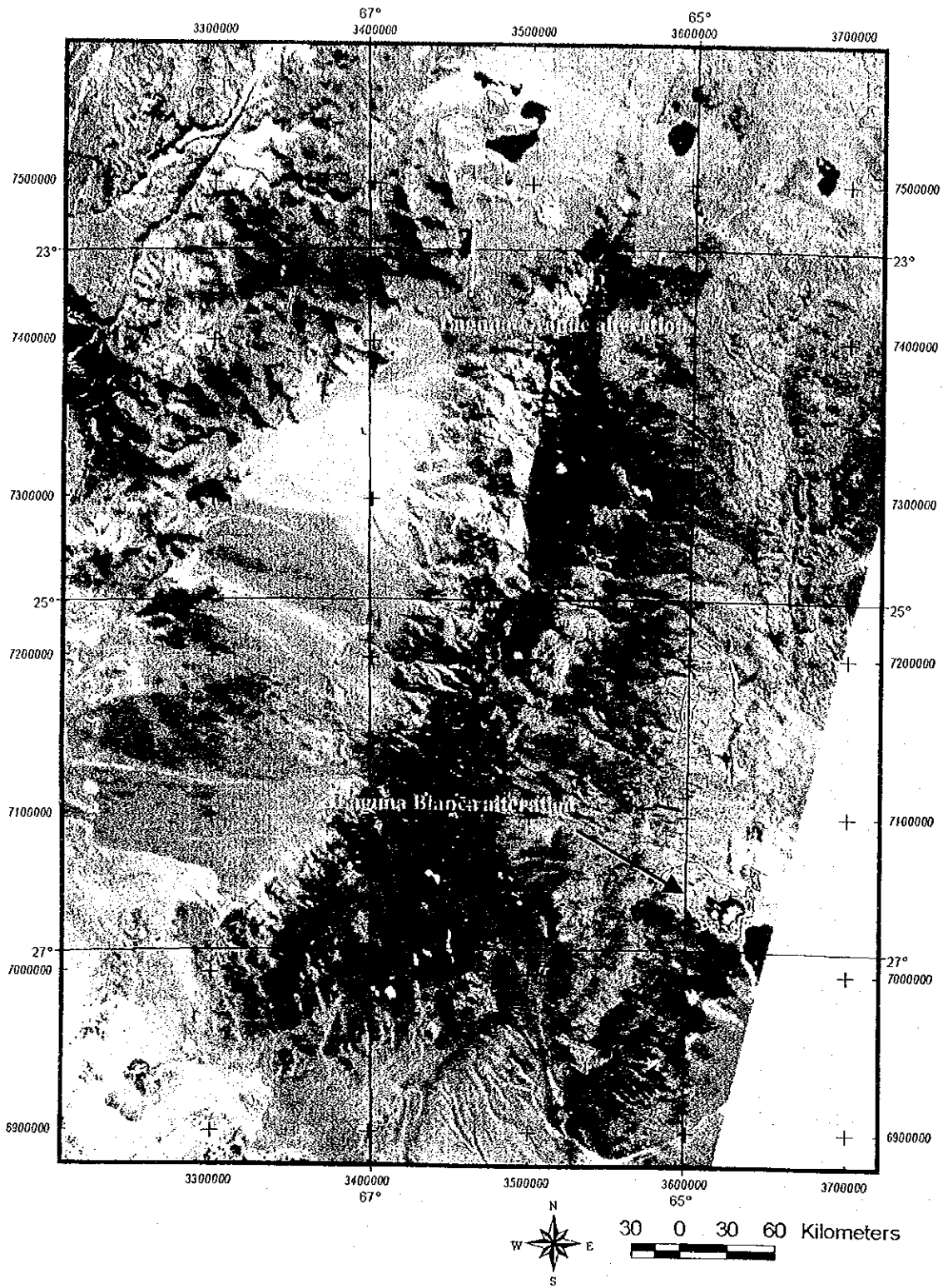
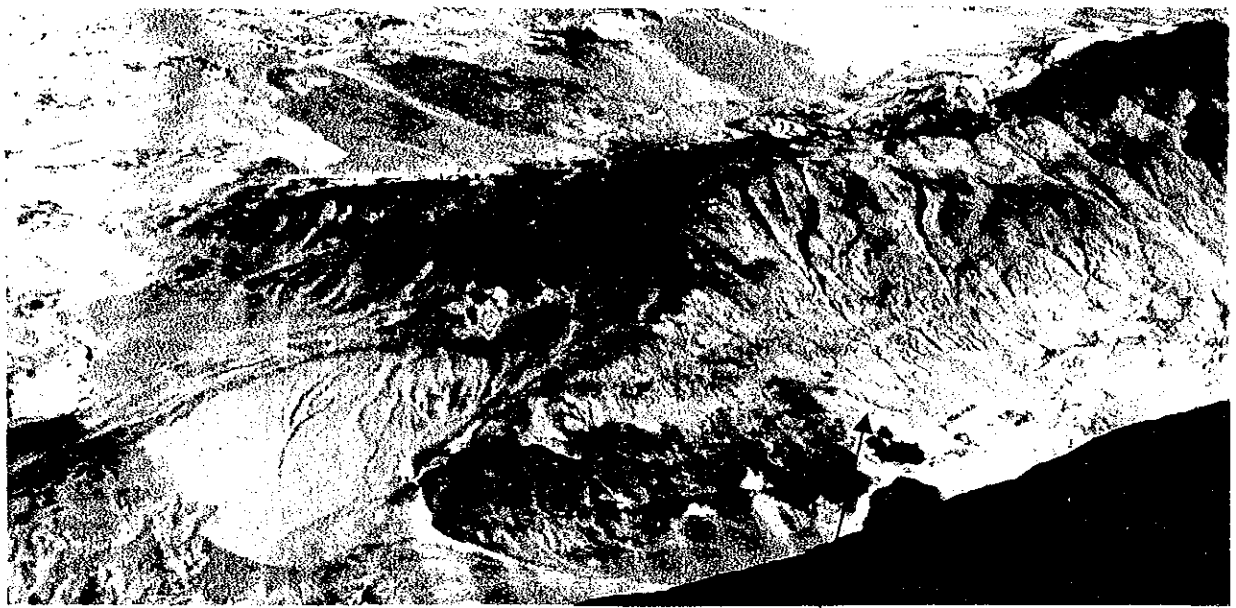


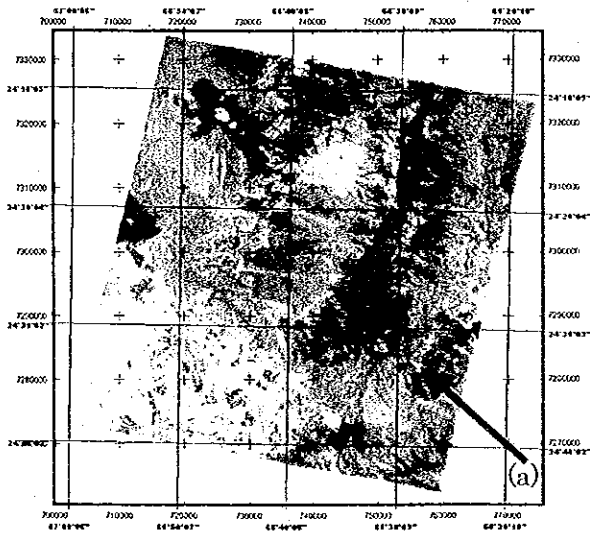
Fig.II-5-2-30-2 Laguna Blanca alteration (ASTER)

ASTER image 016



(a)

Laguna Blanca alteration



FigII-5-2-30-3 Birds-eye view of Laguna Blanca alteration

### 3) 既往調査

既往調査なし。

### 4) 地質・構造

本地域周辺はオルドビスの花崗岩類と新第三紀の火山岩類及びカンブリアの変成堆積岩類が分布する。本調査地（変質帯 No. 84）は塩湖 Lagna Blanca の北西岸の花崗岩の分布域にあたる。また、NW-SE 系の断層が卓越する。本調査地は地質図上には断層は示されていないが、本変質帯から Lagna Blanca を挟んだ対岸付近には NW 系の断層が示されており本調査地はその断層の延長部にあたる。

### 5) 鉱徴・変質

特段の鉱化作用は観察されないが、現地は粗粒な花崗岩質岩であり赤褐色から白色の変質を受けている。露頭では花崗岩中に粗粒な白雲母が多量に観察でき、分析の結果でも sericite が検出された (A01TK003、A01TK004、A01TK005)。ASTER 画像ではこれらを変質帯として抽出したものと思われる。

### 6) 衛星画像の特徴

ASTER フォールスカラー画像では、本調査地は淡緑色で周囲の花崗岩類とは区別することができる。また等粒子モデル画像では alunite-kaolinite および sericite 並びに goethite が強い変質帯として示される (Fig.II-5-2-30-2,3)。

### 7) コメント

本地区は、ASTER 画像によって抽出されたものであるが、鉱化作用は認められなかった。変質帯は、断層付近の花崗岩類の風化作用によるものと判断される。本変質帯の北側約 10km（変質帯 No.86 等）及び南西約 12km（変質帯 No.78 等）に小規模ながら未確認の変質帯が抽出されているため今後の確認が望まれる。

また、地質図では同一の花崗岩類としている周辺の花崗岩については変質帯としては抽出されていないことから花崗岩類の不均一性が考えられ、この点についても検証が望まれる。

### 8) 参考資料

#### 5-2-31 Vaca Vizcana 鉱徴地 (Zone-42)

##### 1) 位置

南緯 26° 55′ 27.0″、西経 66° 45′ 52.7″、標高約 2,800~2,900m。Catamarca 州、Belén 郡、Hualfín の北約 35km に位置する。

##### 2) 交通

Hualfín から国道 40 号経由で El Eje まで至り、そこから州道 53 号を北上。Barranca Larga の 5km ほど北で馬に乗り、西方の沢沿いに約 2 時間で到着する。

##### 3) 既往調査

・1972 年：5 万分の 1 地質調査の際に発見された。その後 5 千分の 1 地質図作成、地化学探査が実施された。



- ・1973年：Maria A.L.Auriemmaが岩石記載学および変質作用を研究。J.Hanzlik-CurcioはIP探査を実施し、2本の試錐の候補地を設定した。
- ・1977年：ボーリング2本が実施された。
- ・1984年：Plan NOAの一環として、上記調査の包括的な報告書がServicio Minero Nacionalより出版された。この報告書によれば、IP探査のアノマリーと地表の硫化物分布は一致するも地化学探査、試錐探査（2孔、計365m）ともに良好な結果は得られていない。

#### 4) 地質・構造

デボン紀花崗岩類は本地区の基盤岩を構成しており、El Aspero 累層の貫入岩類を不整合的に取り囲むように分布している。東側は Barranca Larga 累層と断層で接している。西方へは Vaca Vizcana 沢沿いに広く分布している。岩種は主としてミグマタイト質花崗岩類である。貫入岩近い部分は変質作用を被っており、組織、組成が変化している。

鮮新統 El Aspero 累層はデボン系 Chango Real 累層に貫入し、Vaca Vizcana 沢沿いに分布する。岩種はデイサイト質斑岩、珪化安山岩質角礫岩、安山岩質斑岩脈から構成される。

デイサイト質斑岩は El Aspero 累層のうち最も広く露出している。基盤岩との境界は明瞭であり、同質の捕獲岩を取り込んでいる。北西-南東に伸張した形態を呈し、地表での長さ 900m、幅 620m である。この岩石は Gozalvez de Valoy(1976)によって石英モンゾナイトと分類されており、石英-長石質の石基中に累帯構造を呈する斜長石斑晶および少量のマフィック鉱物が含まれる。石基はしばしば方解石の細脈に切られている。色は明灰色~緑灰色で緑灰色のものには角閃石が含まれる。

珪化安山岩質角礫岩は貫入岩の西側の Vaca Vizcana 沢沿いに分布し、地表では北東-南西に伸びた長さ 360m、幅 180mの楕円形の輪郭をなす。暗灰色~黒色で、デイサイト質斑岩の岩片を含み、基質も同質の岩片からなる。デイサイト質斑岩や基盤岩との境界部は明瞭である。

安山岩質斑岩脈は、地区全体にわたって、様々な規模で異なる方向に貫入しているが、主要な斑岩の輪郭と直交する傾向がある。Fronterita 沢の源流部付近や El Medanito 沢の分岐点対面側に露出する。厚さ 0.3m~1.5mで、斑状組織を呈し、暗灰色で、壁岩との接触部は明瞭である。組成はデイサイト質斑岩であり、主要な同質の斑岩と同時代と考えられる。

#### 5) 鉱徴・変質

硫化物の鉱化作用が集中する範囲は、凡そ Vaca Vizcana 沢沿いの西北西-南南東に長さ 800m、幅 100m である。変質帯の分布はより広く、1.5km×1.0km 程である。鉱化作用は El Aspero 累層の貫入岩に関連するものであり、鉱染状および細脈状の黄鉄鉱を主体とする。その他、少量の黄銅鉱、斑銅鉱、さらに微量の磁鉄鉱、銅藍、閃亜鉛鉱、金、孔雀石、藍銅鉱なども報告されている。

変質帯の分帯は不規則な形態ではあるが、ポーフリータイプの変質帯が存在している。鉱化作用が集中する Vaca Vizcana 沢沿いでは花崗岩質基盤岩、デイサイト質斑岩などがポタッシュ変質を受けている。その外側の花崗岩質基盤岩には広くセリサイト変質と黄鉄鉱鉱染が発達するが、貫入岩との接触部から離れるにつれて弱くなる。Medanito 沢と Fronterita 沢の間では、主として安山岩質斑岩脈にプロピリティック変質が及んでおり、長石、マフィック鉱物が緑簾石、緑泥石、炭酸塩鉱物に交代されている。粘土変質は小規模なゾーンがいくつか分散しており、斜長石が粘土化し

たデイサイト岩質斑岩に代表される。粘土化変質帯の中には極小規模に珪化変質が見られる。Medanito 沢と Vaca Vizcana 沢との合流部右岸には天水による黄鉄鉱の酸化帯が存在し、黄褐色～暗褐色の褐鉄鉱が石膏を伴って分布している。

現地調査では Vaca Vizcana 沢から Medanito 沢に入り 2 本の試錐を実施したとされる場所を調査した。Vaca Vizcana 沢と Medanito 沢との合流部の右岸には褐鉄鉱焼けた花崗岩類が小規模に観察される。そのやや上流部には石英-黒雲母変質を受けたデイサイト質斑岩が分布しており、肉眼では石英、黒雲母の他に黄鉄鉱、黄銅鉱、緑簾石、緑泥石、磁鉄鉱（、磁硫鉄鉱？）および石膏細脈が観察された。この岩石の試料（A01RT015）の研磨薄片鑑定では黒雲母角閃石閃緑岩と鑑定され、極多量の斜長石、多量の黒雲母、中量のホルンブレンド、少量のチタン石、燐灰石が、二次鉱物としては少量の緑泥石、緑簾石、方解石が、不透明鉱物としては中量の磁鉄鉱が同定された。同試料の X 線回折では多量の斜長石、中量の石英、カリ長石が同定された。本試料採取位置は Gozalvez de Valoy M.(1979)の変質帯図ではポタシック変質帯とプロピリティック変質帯の遷移部に位置している。さらに上流の試料（A01RT016）は珪化してマフィック鉱物が欠如したデイサイト質斑岩であり、黄鉄鉱の鉱染が観察される。X 線回折の結果、多量の石英、斜長石、中量のカリ長石、微量の緑泥石が同定された。さらに上流の試料（A01RT017）は斑岩中に捕らえられた花崗岩質の捕獲岩であり、石英-黒雲母変質を受けている。黒雲母は細脈状に多数存在し、黄鉄鉱の鉱染、微量の黄銅鉱が観察される。同試料の研磨片鑑定結果では変花崗岩（？）と分類されており、多量の石英、カリ長石、黒雲母、中量の斜長石、少量の燐灰石、極少量のジルコンが鑑定された。二次鉱物では少量の緑泥石、不透明鉱物では中量の黄鉄鉱、極少量の閃亜鉛鉱、黄銅鉱、四面銅鉱？が鑑定された。A01RT018 は弱い粘土変質を受けたデイサイト質斑岩であり、長石類、マフィック鉱物が残存し、黄鉄鉱が鉱染しているが、黒雲母は欠如している。A01RT015～018 の化学分析結果からは、顕著な異常は検出されなかった。

#### 6) 衛星画像の特徴

本地域については ASTER の良好な画像が取得されていないが、Landsat TM 画像では本鉱徴地の北側に直径約 4km の環状構造が認められる。変質帯については抽出されていない。

#### 7) コメント

本地区はポーフィリータイプの鉱徴地として過去にいくつかの調査がなされているが、期待される結果は得られていない。過去に実施された試錐は 2 本であり、調査が十分とは言い難いが、地表の硫化物鉱化帯と変質帯の分布範囲はそれ程広範囲でなく、鉱徴・変質作用ともに弱い。よって地表下に経済性を有するポーフィリー型鉱床賦存の可能性は低いものと思われる。

#### 8) 参考資料

- ・ Gozalvez de Valoy M. (1979). Estudio Retrográfico y de alteración de las perforaciones No1 Y No2. NOA Tucumán. Inédito.
- ・ Gonzalo, C. Z. (1984). Area de investigacion geologico minera No41, "Vaca Vizcana - Papachacra", Sector "Vaca Vizcana", Informe Final. NOA Tucumán. Inédito.

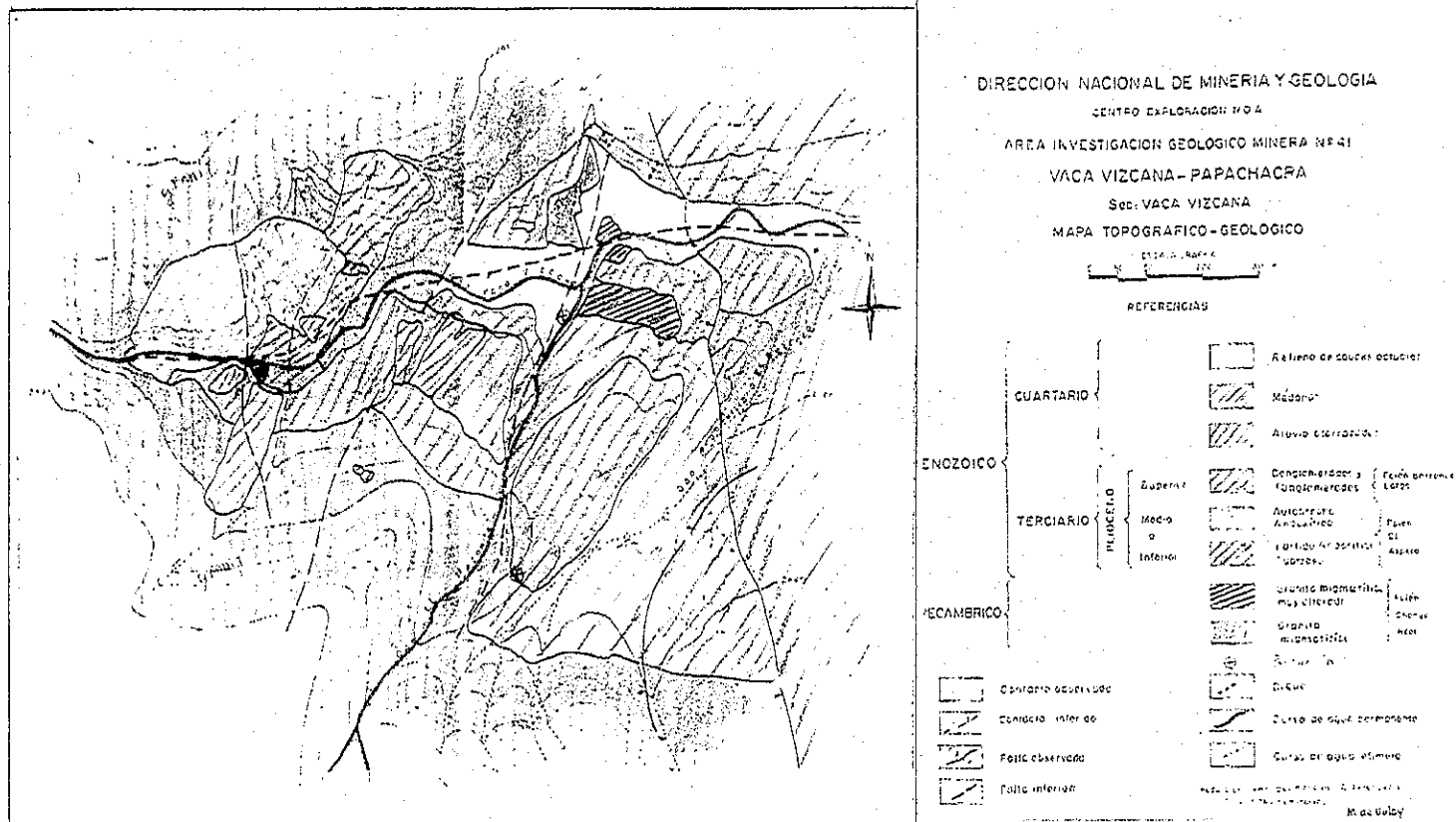


Fig.II-5-2-31-1 Simplified geological map of Vaca Vizcana area.  
(taken from Gonzalo, C.Z.,1984)

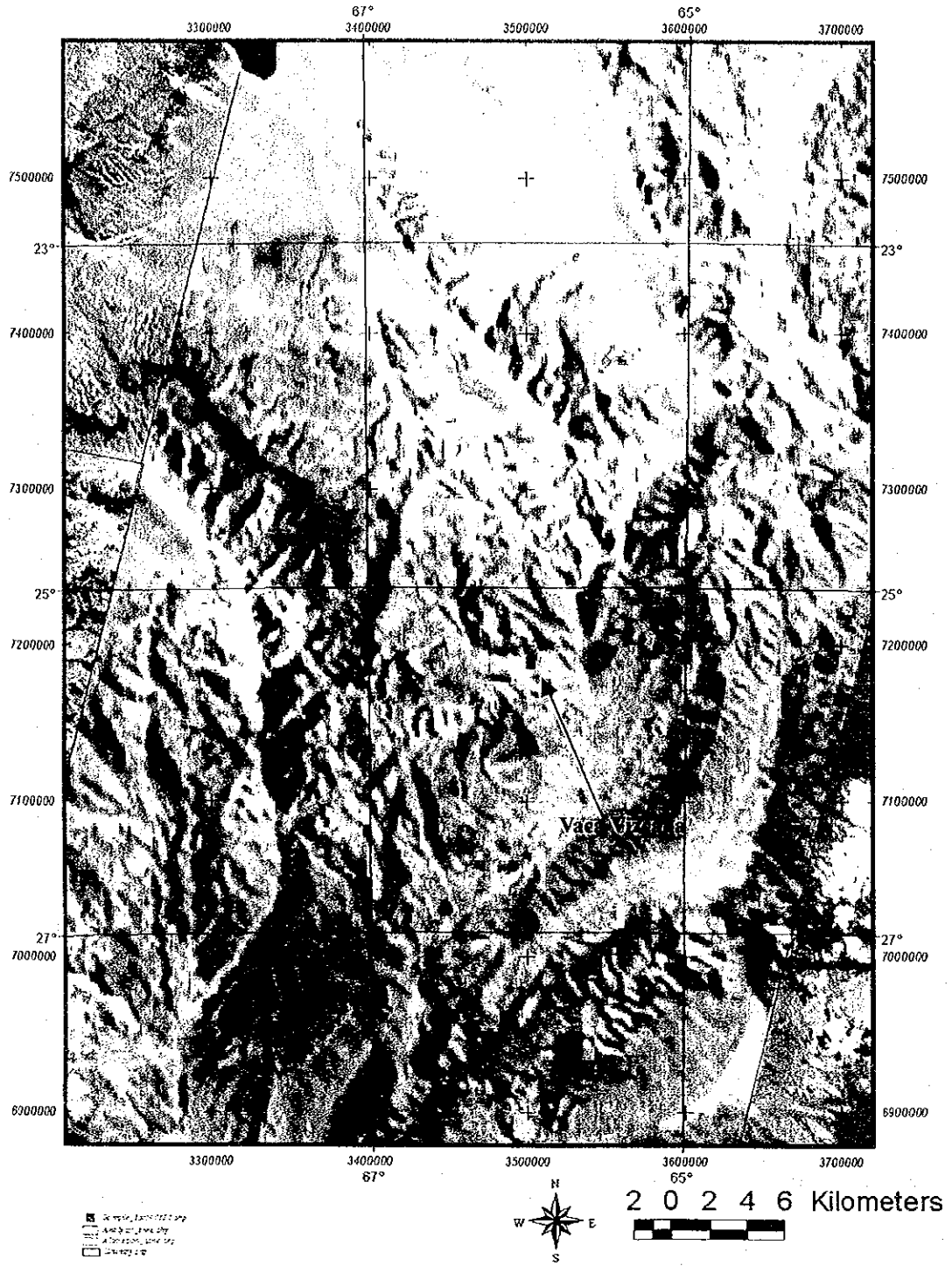


Fig.II-5-2-31-2 Vaca Vizcana mineral showing(Landsat TM BGR=145)

## 5-2-32 El Alisar 鉱微地 (Zone-46)

### 1) 位置

南緯 26° 50′ 16.8″、西経 65° 35′ 06.8″、標高約 2,300m。San Miguel de Tucumán の西約 30km、Tafi del Valle の東約 12km に位置する。

### 2) 交通

Tafi del Valle から馬を利用し、Tafi 山を越えて約 7 時間で El Alisar に至る。もしくは San Miguel de Tucumán 北西の Tablas 川沿いの牧場から馬を利用し約 10 時間で El Alisar に至る。

### 3) 既往調査

- ・ 1971 年：国連 Plan NOA による沢砂・岩石地化学探査 (Cu-Pb-Zn) を実施。この調査では地化学異常は発見されなかった (González, 1971)。
- ・ 1994 年：Martínez y Chipulina が衛星画像によるリニアメント解析を実施。転石調査によりポーフイリタイプ鉱化作用・変質作用を受けた半深成岩および溶岩転石を発見。これら転石の露岩が分布する範囲は Cumbres Calchaquies 山の東斜面の Tablas 川もしくは Membrillo 川の集水域と限定された。さらにこれらの流域 (100?) から範囲が絞り込まれ、安山岩質の火山岩、半深成岩、角礫岩が分布する地区として、El Alisar 地区と Cerro Pabellón 地区が選定された。さらに El Alisar 地区 (面積 10?) では準精査レベルでの地質調査、変質分帯、地質構造調査、地化学探査、岩石学的研究などが実施された (Martínez L.V. y Chipulina M.A., 1996)。その結果、El Alisar 地区には第三紀の火山岩-半深成岩コンプレックス (El Alisar Volcanic Complex) の分布、ポーフイリ型銅鉱化作用、変質帯の存在が確認された。

### 4) 地質・構造

本地区の地質には、原生代上部-カンブリア紀下部の変成岩類、オルドビス紀花崗岩類、第三紀火山岩-半深成岩コンプレックス分布する (Fig. II-5-3-32-1)。

オルドビス紀花崗岩類は基盤変成岩類を貫き、その中に第三紀コンプレックスが貫入する。Mala Mala 花崗閃緑岩と呼ばれており、花崗閃緑岩を主とし、アプライト、ペグマタイトを伴う。花崗閃緑岩の構成鉱物は斜長石、石英、微斜長石を主とし、黒雲母、白雲母、燐灰石および不透明鉱物を随伴する。

第三紀火山岩-半深成岩コンプレックスは本地区で El Alisar Volcanic Complex と呼ばれており、半深成貫入岩類、角礫岩類、溶岩状・塊状安山岩、デイサイト、玄武岩質安山岩、岩脈群から構成される。本コンプレックスは本地区の鉱化変質と密接な関係を有する。

最も分布が広い半深成貫入岩類は塊状安山岩質斑岩が主体で組織は細粒石基の斑状であり、斑晶は集斑状~モザイク状組織まで変化し、一部火山岩にも似る。熱水変質は k-silicate 変質、プロピリテック変質、セリサイト-粘土変質を受けている。斑晶鉱物は斜長石 (アンデシン)、石英、ホルンブレンド、黒雲母などからなるが、それぞれの変質作用によって二次的な鉱物が付加・交代する。最も広い k-silicate 変質帯では、斑晶として二次的なアルカリ長石、石英、黒雲母が付加・交代し、石基は斜長石、石英、アルカリ長石、黒雲母の微晶で構成されている。

角礫岩類は縁辺部貫入角礫岩と熱水性角礫岩とに分けられる。縁辺部貫入角礫岩は斑状貫入岩とオルドビス紀花崗岩類の接触部付近に分布し、斑岩角礫、花崗閃緑岩起源の角礫および安山岩質斑岩に代表されるマグマ性基質から構成される。熱水性角礫岩は、斑状貫入岩の角礫および様々な粒径に粉砕された二次石英や粘土鉱物で充填された岩石の岩屑からなる多源的な基質で構成される。角礫岩類は場所によって k-silicate 変質あるいはプロピリティック変質を被っている。

溶岩状・塊状安山岩は基盤花崗岩類上の溶岩流として、また斑状貫入岩に貫かれて地形的高所に局所的に残存する。プロピリティック変質を受けており、斑晶として斜長石（アンデシン）、石英、ホルンブレンド、ラミナ状・板状の変質マフィック鉱物、石基は変質した同様の鉱物からなる。

デイサイトは斑状貫入岩西側に接する花崗岩類中に小規模に胚胎する。組織は斑状で、構成鉱物は斜長石、石英およびマフィック鉱物の斑晶と同質の石基から構成される。弱くプロピリティック変質を受けて灰色～淡緑色を呈する。

玄武岩質安山岩は斑状貫入岩の北東部の第四紀堆積物に覆われる地区に小規模に分布する。組織は斑状、暗褐色～黒色で、構成鉱物は斜長石、角閃石、黒雲母の斑晶および同質の暗色石基から構成される。弱いプロピリティック変質を呈する。

岩脈群は基盤花崗岩類および火山岩-半深成岩コンプレックスに様々な厚さで貫入している。組成は安山岩質で、組織は斑状で、変質のため緑灰色、黄緑色、灰色などを呈する。構成鉱物は斜長石、黒雲母、ホルンブレンドの斑晶および長石優勢の完晶質な石基から構成される。弱いプロピリティック変質および強い k-silicate 変質を受けている。

このマグマ活動の時代について、今回の調査において、新鮮な流紋岩（A01KN006）で  $8.0 \pm 0.2$  Ma の K-Ar 年代値を得た。これは Farallon Negro 地区の火山活動とほぼ一致するものである。

A01KN005 および A01KN006 について全岩化学分析を実施した。全岩化 QAP ダイアグラム、AFM ダイアグラム、Rb-(Y+Nb)ダイアグラムおよびコンドライト規格化 REE パターンを Fig.II-5-32-2 に示す。いずれも A01KN005、A01KN006 ともカルクアルカリ岩系であり、A01KN005 は流紋岩、A01KN006 は安山岩でいずれも島弧型のマグマ活動に関連している。REE パターンでは、A01KN006 は右肩下がりの傾向を示し、分化が進んでいると判断されるが、A01KN005 は Eu の負の異常を示し、HREE にやや富むため比較的未分化と考えられる。

本地区に卓越する構造は、N30-40° W、N40-45° E、N0-10° E 系のリニアメントであり、前 2 者が本地区の鉱化作用をもたらした貫入活動を規制したとされている。第三紀の噴出センター（El Alisal Volcanic Complex）、貫入岩の輪郭あるいは地質の違いを示唆する環状構造が本地区を含むいくつかの周辺地区で確認できる。

##### 5) 鉱徴・変質

植生が濃く、雲が多いため、衛星画像による変質帯抽出は困難であった。Martínez L.V. y Chipulina M.A.(1996)よれば、変質帯は準環状・同心円状、非対称に分布しており、中心から外側にポタシック変質帯、絹雲母-粘土変質帯、プロピリティック変質帯が分布している。

k-silicate 変質帯は地表では La Cuchilla Larga 沢を跨いで 500×700m の楕円状に分布し、安山岩質斑岩および縁辺部貫入角礫岩に及んでいる。変質鉱物は二次的な黒雲母、石英、アルカリ長石（微

斜長石) によって特徴付けられる。二次的アルカリ長石は斜長石斑晶を交代している。二次的黒雲母は二次的石英に伴い、ホルンブレンド斑晶を完全にまたは部分的に交代し、細脈状、微粒モザイク状あるいはパッチ状を呈する。k-silicate 変質帯の中心核と考えられる斑岩の石基中には上記の二次鉱物に加えて石英-磁鉄鉱細脈も胚胎している。

セリサイト-粘土変質帯の露頭はその上の被りのために小規模にしか地表に出現しない。変質は安山岩質斑岩と母岩花崗岩類に中程度の強度で及んでいる。部分的にセリサイト-粘土-石英変質の部分も存在し、それぞれの変質を分けることは困難である。

プロピリティック変質は El Alisal 山脈の尾根付近に分布し、安山岩質斑岩、角礫岩類、溶岩類に及んでいる。二次的鉱物は緑泥石-緑簾石-方解石が特徴的であり、変質の強度は弱~中程度である。プロピリティック変質、k-silicate 変質に準じる変質として沸石化作用もみられる。

Martínez L.V. y Chipulina M.A.(1996)よれば、鉱化作用は変質帯と同様に累帯的分布を示す。硫化物は鉱染状・細脈状にしばしば二次的石英あるいは二次的石英-黒雲母に伴って、また時にはストックワーク状石英に伴って産出する。金の高異常はストックワーク石英を伴った縁辺部貫入角礫岩、熱水角礫岩、k-silicate 変質を受けた安山岩質斑岩で地化探により検出されている。

変質帯ごとの鉱石鉱物は、k-silicate 変質帯では黄鉄鉱、黄銅鉱、磁硫鉄鉱、磁鉄鉱、赤鉄鉱が、プロピリティック変質帯では黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、磁鉄鉱、褐鉄鉱、酸化銅鉱が、セリサイト-粘土変質帯では黄鉄鉱、褐鉄鉱が細脈状、鉱染状に胚胎している。初生硫化物は黄鉄鉱、黄銅鉱、磁鉄鉱、閃亜鉛鉱、磁硫鉄鉱などであり、表層付近のプロピリティック帯およびセリサイト-粘土帯では初生硫化物は浅成作用によって酸化され、黄鉄鉱は褐鉄鉱、燐鉄鉱、赤鉄鉱に、黄銅鉱は酸化銅鉱に変化している。

現地調査で採取した、斑状貫入岩東部の白色粘土化した安山岩質斑岩 (A01RT022) の X 線回折では多量の石英と斜長石が同定された。同じ岩石のやや新鮮な部分 (A01RT023) は薄片鑑定によって曹長石化、方解石化、緑泥石化、セリサイト化を受けた角閃石 (?) 石英安山岩と同定され、多量の石英、斜長石、中量のホルンブレンド、少量のカリ長石、極少量の燐灰石が、二次鉱物として中量の緑泥石、方解石、少量のセリサイトが同定された。

斑状貫入岩南西部において、安山岩類と花崗岩類との接触面付近の珪化粘土化を受けた安山岩 (A01RT024) は褐鉄鉱の鉱染が認められ、X 線回折によって、多量の石英、斜長石、少量のセリサイトが同定された。同じく接触面付近の安山岩 (A01RT025) は熱水変質 (接触変成) を受けて細粒になっており、斑晶では斜長石、黒雲母、石英および黄鉄鉱の鉱染が認められる。薄片鑑定では弱溶結した石英安山岩質凝灰岩と同定され、極多量の斜長石、中量の石英、黒雲母、少量のカリ長石、極少量の燐灰石が、二次鉱物では中量のセリサイト、少量のスメクタイトが同定された。同試料の化学分析では特に異常値は得られなかった。デイサイト (A01KN004, A01KN005) は薄片鑑定によって石英安山岩質凝灰岩と同定され、極多量の斜長石、多量の石英、黒雲母、少量のカリ長石、不透明鉱物が同定された。A00KN005 ではそれに加えて二次鉱物として極少量の緑泥石、セリサイト、スメクタイトが同定された。 La Cuchilla Larga 沢沿いでは、弱く変質した花崗岩類に僅かに黄鉄鉱、褐鉄鉱が鉱染しているのが観察された。さらに上流西側の流理構造を示す流紋岩

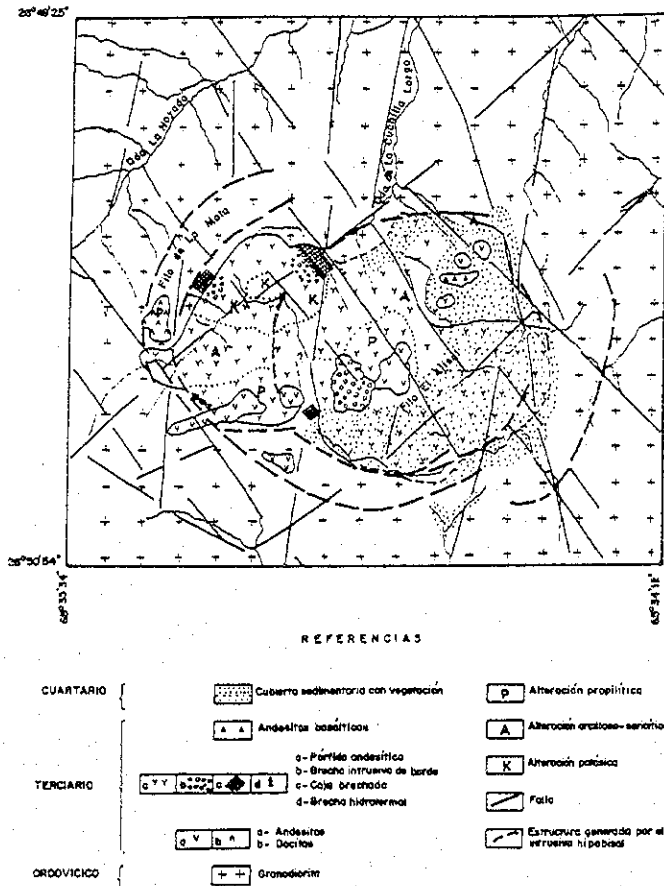


Fig.II-5-2-32-1(a) Schema of geology and hydrothermal alteration in El Alisal mineral occurrence. (taken from Martínez L.V. y Chipulina M.A.,1996)

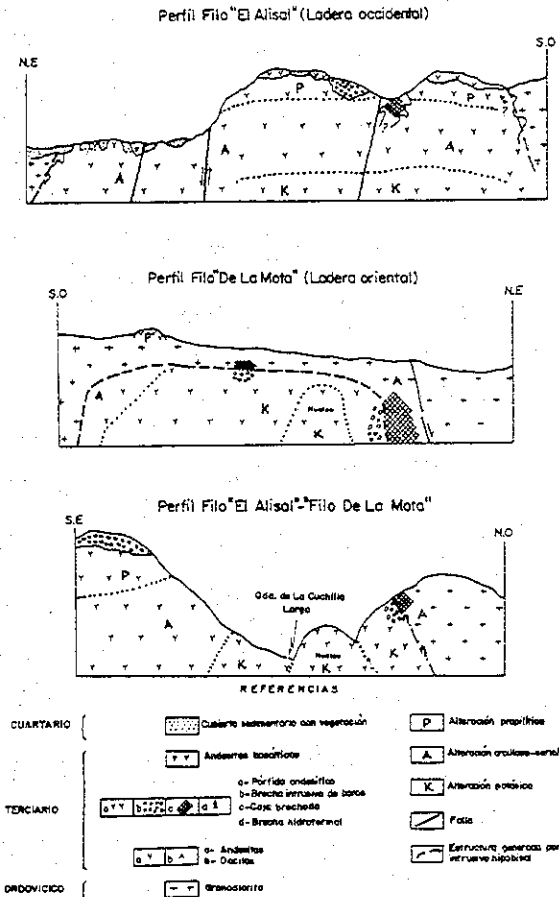


Fig.II-5-2-32-1(b) Schematic cross sections in El Alisal mineral occurrence. (taken from Martínez L.V. y Chipulina M.A.,1996)



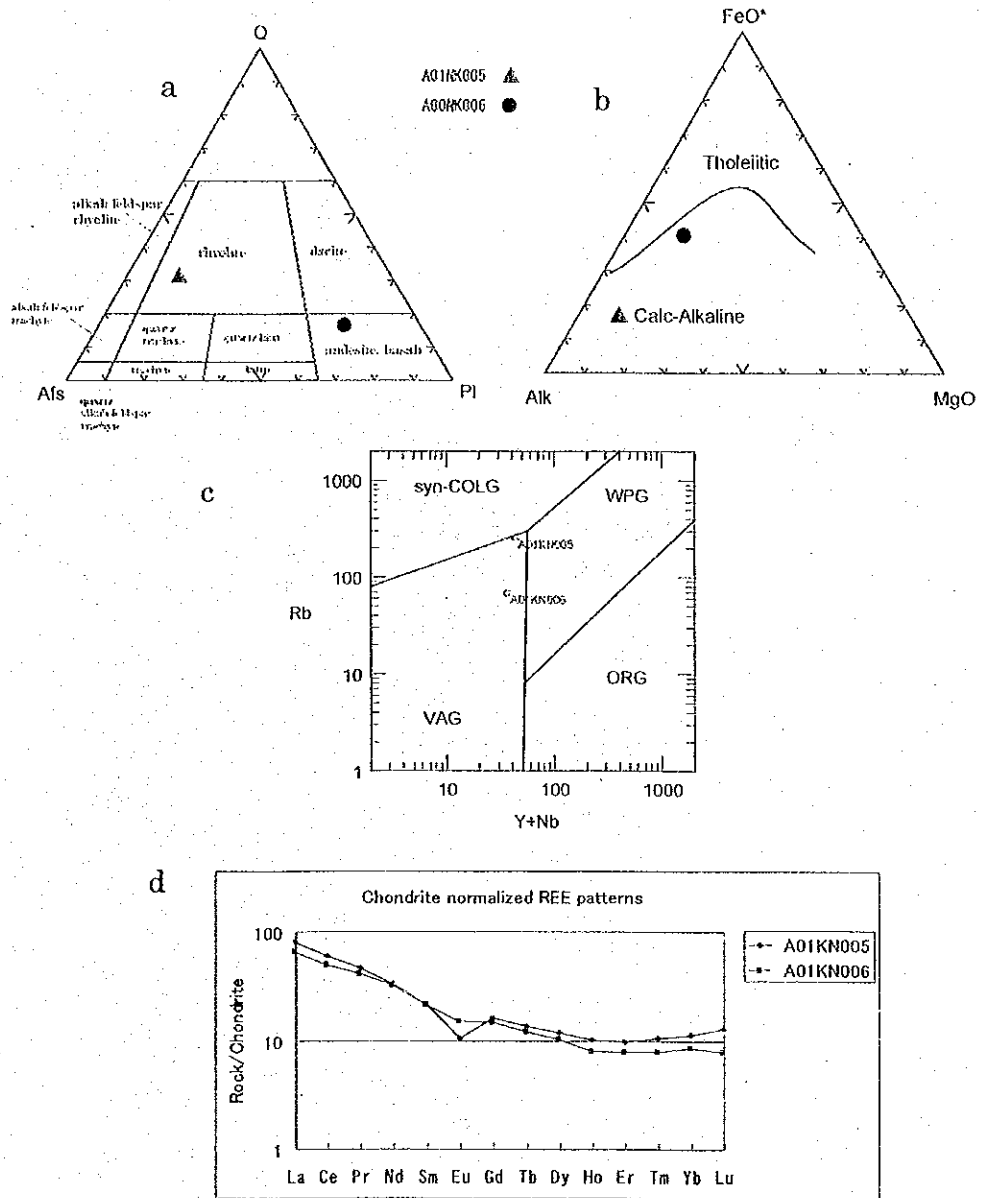


Fig.II-5-2-32-2 Discrimination diagrams for volcanic rocks

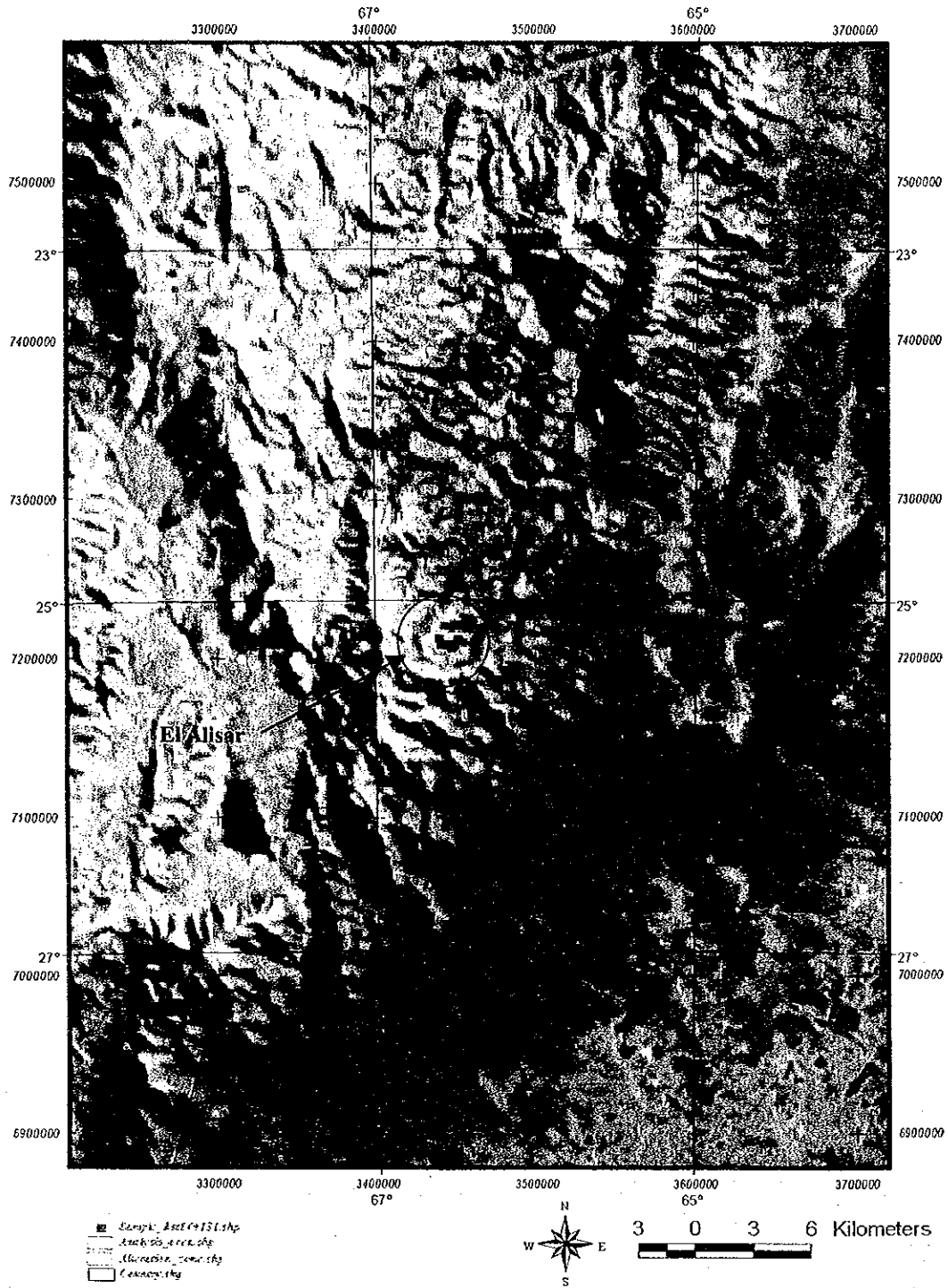


Fig.II-5-2-32-3 El Alisar mineral showing(Landsat TM BGR=145)

(A01KN006) は薄片鑑定により流紋岩質凝灰岩と同定され、極多量の斜長石、多量の石英、カリ長石、黒雲母、中量のホルンブレンド、少量の不透明鉱物、緑泥石が同定された。

さらに上流の斑状貫入岩西端部の基盤花崗岩類との接触面付近では、基盤花崗岩類および貫入岩両方に粘土化、黄鉄鉱鉱染が観察された。

斑状貫入岩南部の El Alisal 山脈尾根沿いではセリサイト・粘土化を受けた斑岩、プロピライト化した安山岩および角礫岩が分布している。X 線回折によって、弱い粘土化斑岩 A01RT026 には多量の斜長石、少量の石英、セリサイト、微量の緑泥石が、白色粘土化斑岩 A01RT027 には多量の斜長石、中量の石英、カリ長石、微量の緑泥石が、同じく白色粘土化斑岩 A01RT028 には多量の石英、斜長石、少量のセリサイトが同定された。A01RT028 には黄鉄鉱が溶脱した跡が多数観察された。

A01RT029 と A01RT030 は SEGEMARTucuman 州支所により過去に採取された試料であり、石英－黒雲母－カリ長石変質作用を受けた安山岩質斑岩である。本試料は Martínez L.V. y Chipulina M.A.(1996)で化学分析済みであるが、今回 A01RT030 を再分析した結果、Fe が若干多い他は特に異常は認められなかった。

#### 6) 衛星画像の特徴

本鉱徴地については ASTER の良好な画像が得られていないため Landsat TM 画像の利用となるが、植生域であることから変質帯は抽出されていない。しかし、西側に開いた小規模な環状構造を認めることができる (Fig.II-5-2-32-3)。

#### 7) コメント

本地区には新第三紀中新世に形成されたポーフィリー型銅鉱床である El Alisal 鉱床が存在する。本地区は“Selva”と呼ばれるジャングル地帯で植生が濃く天候の悪い時期が多いため、衛星画像解析は適応不可である。また広域スケールの地質図には第三系火山岩類が記載されていないこともあり、ポーフィリー型銅鉱化作用は比較的最近になって発見された。変質帯の規模は比較的大きく、過去の調査によって k-silicate 変質帯の核が地表に露出していることが判明した。今回の調査では時間的制約もあり、地表の顕著な鉱化帯は捕捉することが出来なかった。既往調査は概査段階であり、物理探査もボーリング調査も実施されていないことから、今後システムティックな基礎的調査が望まれる。

#### 8) 参考資料

- ・ González,O.(1971): Informe preliminar mosaico 20-D2, provincia Catamarca y Tucumán. Plan NOA Geológico Mincro, (inédito). Tucumán.
- ・ Martínez,L.V. y Chipulina,M.A.(1994). Asociaciones volcanico-tectónicas terciarias y mineralización polimetálica. Secretaría de Minería de la Nación. (inédito). Buenos Aires.
- ・ Martínez L.V. y Chipulina M.A.(1996). Complejo Volcánico “El Alisal”, Tucumán: Un nuevo prospecto de mineralización diseminada, Serie Contribuciones Tecnicas, Recursos Minerales 1, Direccion Nacional Del Servicio Geologico, Buenos Aires.

## 5-2-33 El Pago 鉱徴地 (Zone-47)

### 1) 位置

南緯 27° 05'・西経 65° 54'。San Miguel de Tucuman の西南西方約 70km に位置する。

### 2) 交通

鉱徴地周辺には道路がないため、馬を使って Tafi del Valle 等から入るか、ヘリコプターを使って入ることになる。アクセスは極めて悪い。

### 3) 既往調査

El Pago 鉱徴地を訪れたことのある地質技師 Carlos H. Morello から聴取した既往調査の概要を次に示す。

- ・ 1972 年 Dr. Mario Aldelete (SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA)
- ・ 1973 年 Dra. Margarita Reinoso (SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA)
- ・ 1976 年 Dra. Mavel de Valoy (SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA)
- ・ 1980 年 Dres. Hugo Bassi y G. Rochefort (SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA)
- ・ 1987 年 Dres. Nivaldo Rojas y Daniel Bonafede (UTAH DE LAS AMERICAS)
- ・ 1996 年 Dres. Peter J. Womald y Carlos H. Morello (PARAMOUNT VENTURES & FINANCE INC.)
- ・ 1997 年 Paolini (PEGASUS GOLD INTERENATIONAL INC.)

### 4) 地質・構造

縮尺 1:500,000 の Tucuman 州地質図によると、El Pago 鉱徴地は上部先カンブリア紀 Suncho 片麻岩の分布域内にある。オルドビス紀の花崗岩類が北東方に、第三紀中新世の Portezuelo Las Animas 火山複合岩類が北方および北東方に分布しており、これらの岩石が本鉱徴地に分布する可能性がある。

SEGEMARTucuman 支所から入手したものの Fig. II-5-2-33-1 によると、この鉱徴地に分布する岩石は、大別すると基盤岩類、安山岩質斑岩およびランプロファイヤーの 3 種類である。

### 5) 鉱徴・変質

本鉱徴地に見られる変質は、Fig. II-5-2-33-1 によると、カリウム化、セリサイト化、粘土化、プロピライト化および珪化である。

SEGEMAR Tucuman 支所から提供された試料のうち、斑岩 (Porphyry) 3 試料、変成基盤岩類 (Metamorphic basement) 4 試料およびランプロファイヤー (Lamprophyre) 3 試料、計 10 試料について X 線回折を行った。これらの試料採取地点は Fig. II-5-2-33-1 に、その X 線回折結果は Appendix に示されている。この X 線分析結果で Fig. II-5-2-33-1 に示す変質の存在がほぼ確認された。また、SEGEMAR の記載にもあるとおり、黄銅鉱や黄鉄鉱の存在が確認された。

### 6) 衛星画像の特徴

Fig. II-5-33-1 のみでは大局的な変質帯分布を把握することが困難であったが、ASTER 画像上ではほぼ 2km×2km の範囲の大規模な変質帯として認識できる (Fig. II-5-2-33-2)。

### 7) コメント

既存資料、X 線回折結果のみでは評価は困難である。現時点でのアクセスは極めて悪いが、可能であれば、現地調査を実施することが望ましい。

### 8) 参考資料

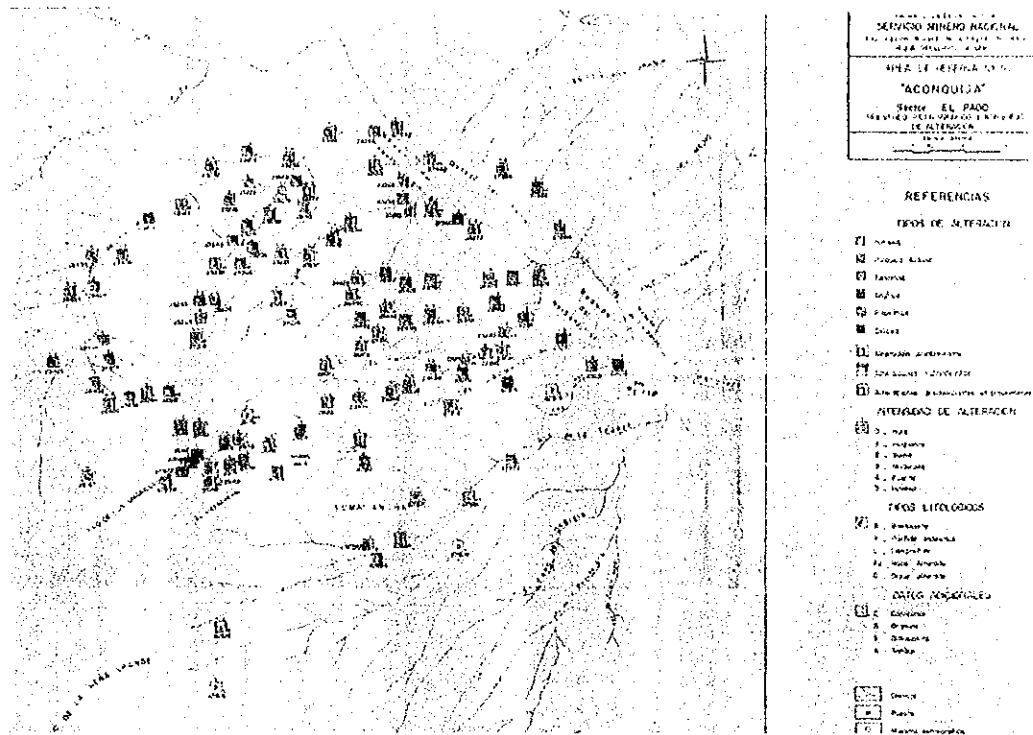


Fig.II-5-2-33-1 Distribution of rock type and alteration in the El Pago

5-2-34 Alto de la Blenda (Laboreo, Nudo, Esperanza) 鉱床 (Zone-43)

1) 位置

南緯 27° 18' 30.6"、西経 66° 39' 40.2" (Esperanza 脈の露頭)、標高約 2,700m。Catamarca 州 Belen 郡、Belen の北東約 50km に位置する。

2) 交通

国道 40 号沿いの Nacimientos de Abajo から南東方向へ、未舗装の鉱山専用道路を通り、車で 40 分ほどで鉱山ゲートに到着する。

3) 既往調査

1938 年：Mn-Au-Ag を含んだ石英脈 (Farallon Negro 脈) が発見された。

～1950 年代：Tucman 大学によって探鉱実施。

1964 年：開発計画検討。

1978 年：Farallon Negro 脈にて探掘開始。

～1988 年：12 のレベルの水平坑道 (5,044m)、3 本の斜坑 (545m)、638m の探鉱ボーリング、2,150m の通気坑道が掘進された。

1992 年に鉱量枯渇のため終掘。1978-1992 年間に累計 1,200,000t (Au:5.5g/t) が採掘された。

1970 年代：Alto de la Blenda 脈の探査開始、一次中断。

1986 年：探鉱再開。

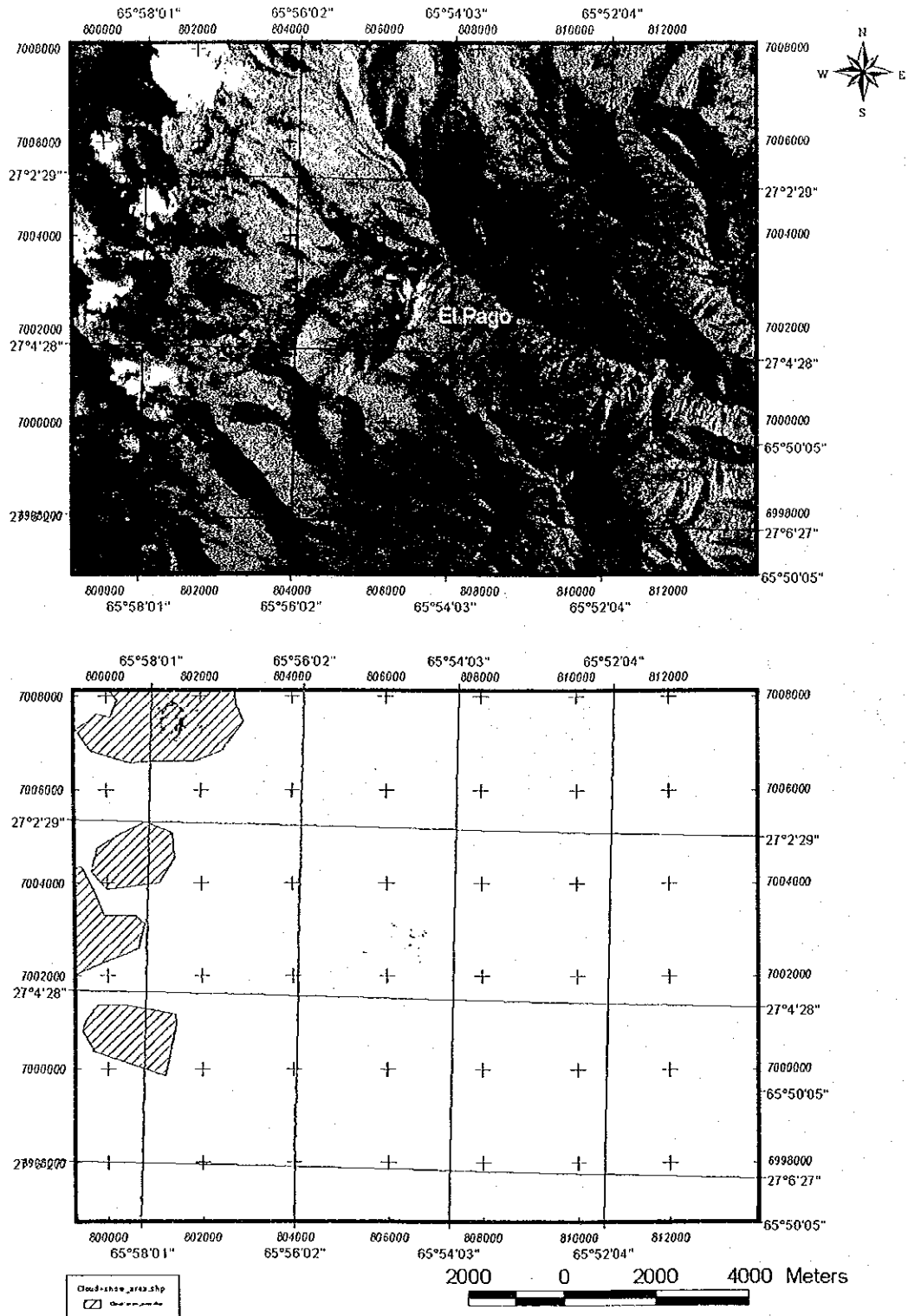


Fig.II-5-2-33-2 Distribution of alteration zones extracted by ASTER data, El Pago sector

1988年まで：3,581mの水平坑道、739mの探鉱ボーリング、411mの通気坑道を掘削。

1988-92年：JICA/MMAJの探査により Alto de la Blenda 脈が調査され、1.445Mt (Au:6.53g/t, Ag:128g/t) の埋蔵鉱量が確保され、坑内採掘が開始された。

1986-1991年：JICA/MMAJの探査によって Blenda 脈延長部の Esperanza 脈が発見された (850,000t)。

1996年：Esperanza 脈の低品位部鉱量は約 1,800 千 t (Au3.4g/t, Ag71g/t)。

1998年：Alto de la Blenda-Laboreo 脈-Zona de Nudo の高品位部鉱量は約 480 千 t (Au6.1g/t, Ag112g/t)。

#### 4) 地質・構造

本地区の地質は先カンブリア～カンブリア紀変成基盤岩類 (El Suncho 累層、片麻岩、千枚岩)、オールドビス紀花崗岩類 (Capillitas Granite)、中新世赤色砂岩 (El Morteritos 累層)、これらを貫入また上位を覆う中新世火山岩類 (Farallon Negro Volcanic Complex) から構成されている (Fig.II-5-2-34-1)。鉱化作用は Farallon Negro Volcanic Complex 中の安山岩質角礫岩およびモンゾン岩中に胚胎する石英-マンガン-方解石脈として出現する。

Farallon Negro Volcanic Complex は安山岩質角礫岩、モンゾン岩ストック、玄武岩溶岩、多源角礫岩、流紋岩～デイサイト～安山岩岩脈などから構成される。モンゾン岩ストックは細粒、完晶質で、カリ長石、黒雲母、単斜輝石、不透明鉱物と僅かな石英から構成される。岩脈群は厚さが 1～20m と変化し、北西-南東走向、垂直～ほぼ垂直が優勢であるが、本地区では北東-南西および南-北系も存在している。

#### 5) 鉱徴・変質

Farallon Negro 地区は Catamarca 州 Belen 郡の YMAD (Catamarca 州資源開発公社) の鉱区 (344km<sup>2</sup>) 内に位置しており、平均的な標高は海拔 2,600m である。大きく 2 つの脈、Farallon Negro 脈と Alto de la Blenda 脈に分けられ、現在は Alto de la Blenda 脈にて金・銀鉱石が採掘されている。Farallon Negro-Alto de la Blenda 鉱床は、鉱石は、青化プラントで処理される高品位鉱とリーチング処理される低品位鉱の 2 タイプに分類されている。現在、粗鉱生産量は高品位鉱 300t/d (Au:7～8g/t, Merrill-Crowe 法)、低品位鉱 150t/d (Au:3～4g/t, Heap leaching) であり、月産 35～40kg の金と 300～400kg の銀を生産している。本鉱床は Farallon Negro カルデラの火山底鉱床と考えられており、低硫化系浅熱水性鉱床とされている。北西-南東系の何本かの鉱脈群から構成されている。これらの脈は Farallon Negro Complex の安山岩質角礫岩、モンゾン岩ストック中に胚胎しており、大きく Farallon Negro 脈と Alto de la Blenda 脈に分けられる。Farallon Negro 脈については鉱量枯渇のため、現在の採掘は Alto de la Blenda 脈から行われている。Alto de la Blenda 脈は Farallon Negro 脈の北東 500m に位置し、3 本の脈、すなわち Laboreo 脈 (延長 1,500m、幅 1～3m、N35-55W、垂直-70N)、Portezuelo 脈 (延長 1,200m、幅 0.5～2m、N20-30W、60-65N)、Chica 脈 (延長 1,100m、幅 1m、N25-35W、垂直) から構成されている。Laboreo 脈と Portezuelo 脈は南東部で結合して、これは Esperanza 脈 (延長 1,100m、平均脈幅 6m、N50-60° W、60-70° N) と呼ばれている。これらの鉱脈の脈石は石英を主とし、方解石、石膏を伴う。

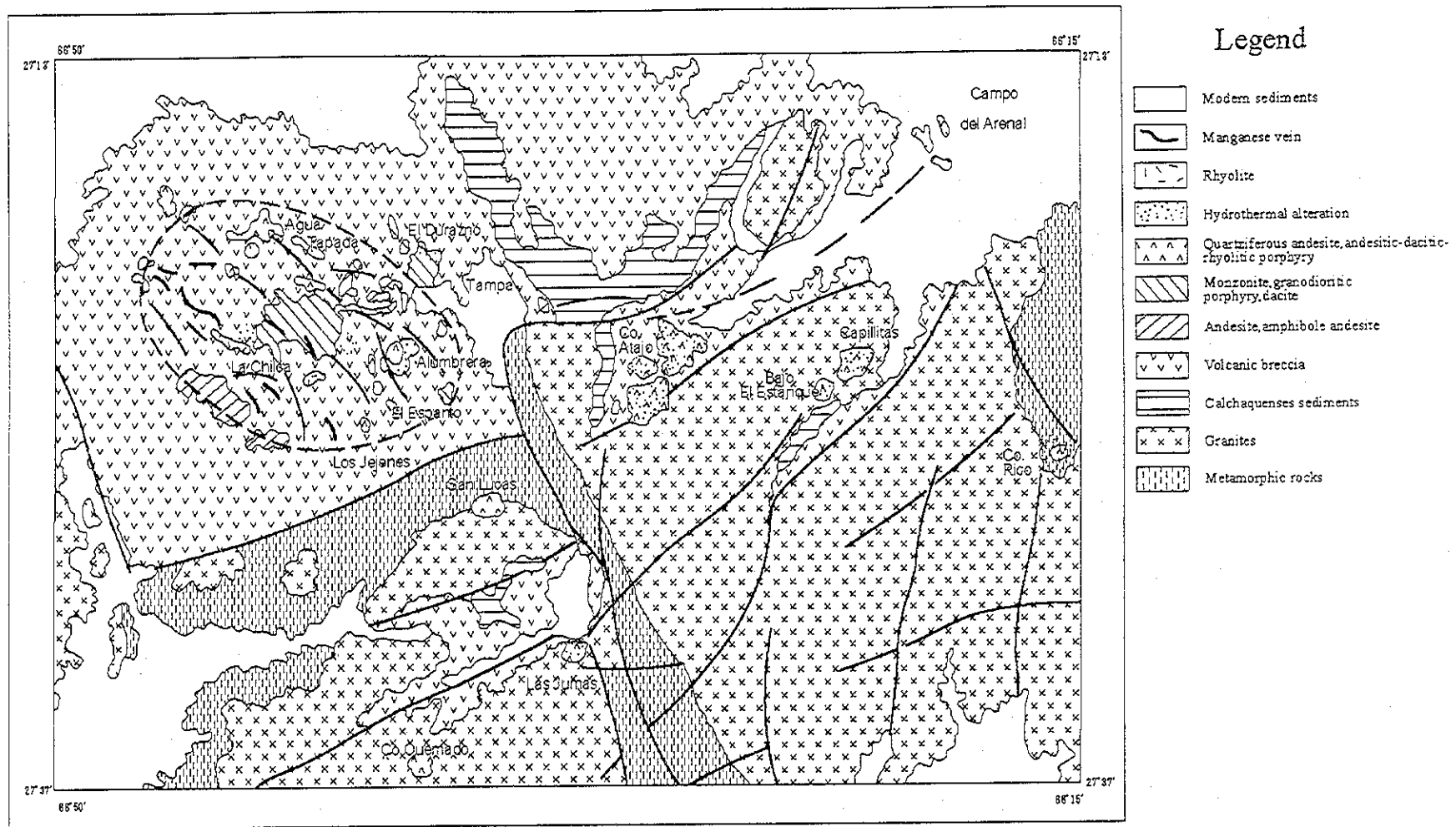


Fig. II-5-2-34-1 Simplified geological map around the Zone-43 (based on Llambias, 1970-1971, Aenolaza et al., 1982, Secretaria de Minería-NOA Geológico Minero, 1970-1978 (inedited), International Musto Exploration Ltd., 1993)



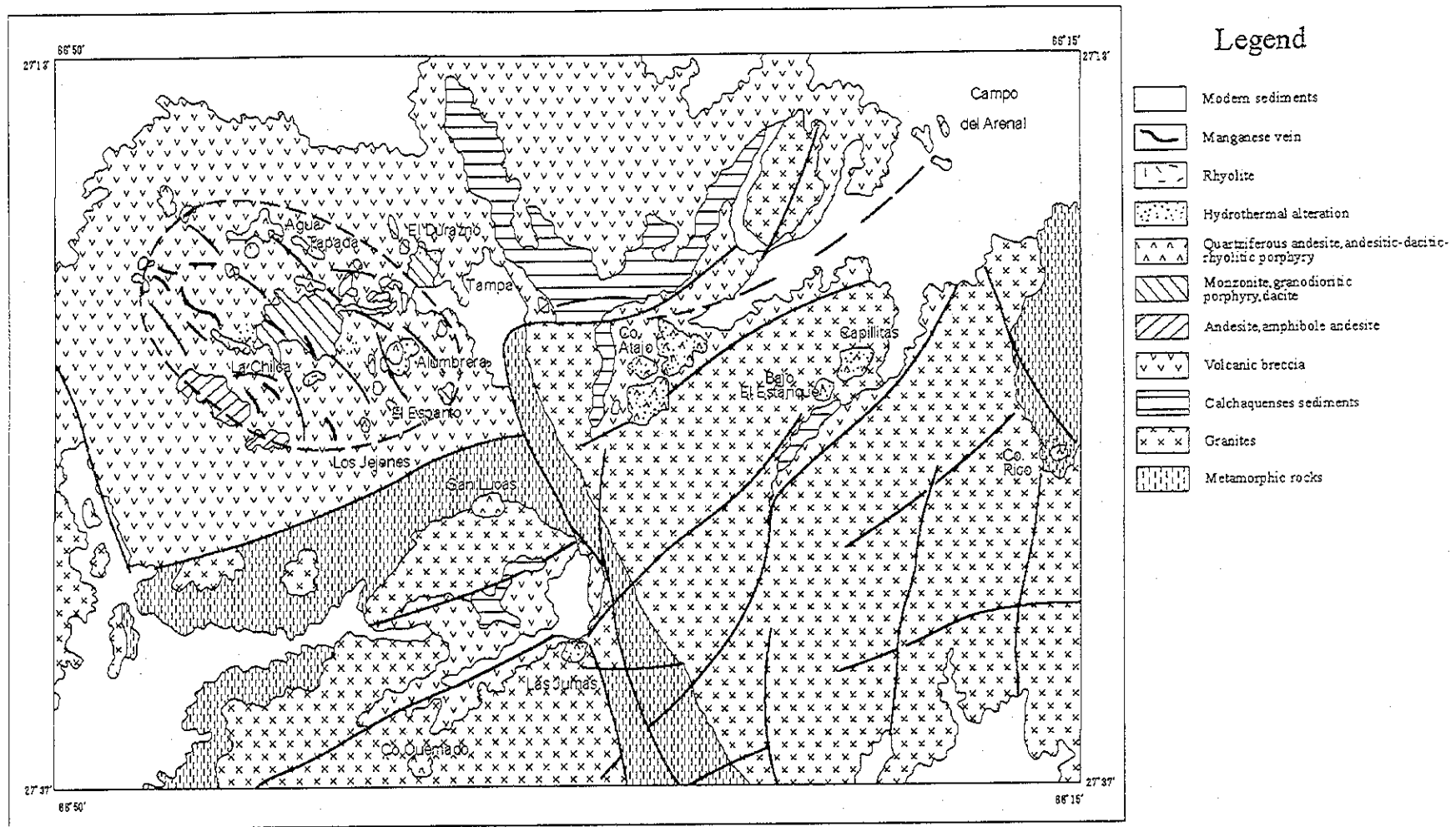


Fig. II-5-2-34-1 Simplified geological map around the Zone-43 (based on Llambias, 1970-1971, Acenolaza et al., 1982, Secretaria de Minería-NOA Geológico Minero, 1970-1978 (inedited), International Musto Exploration Ltd., 1993)

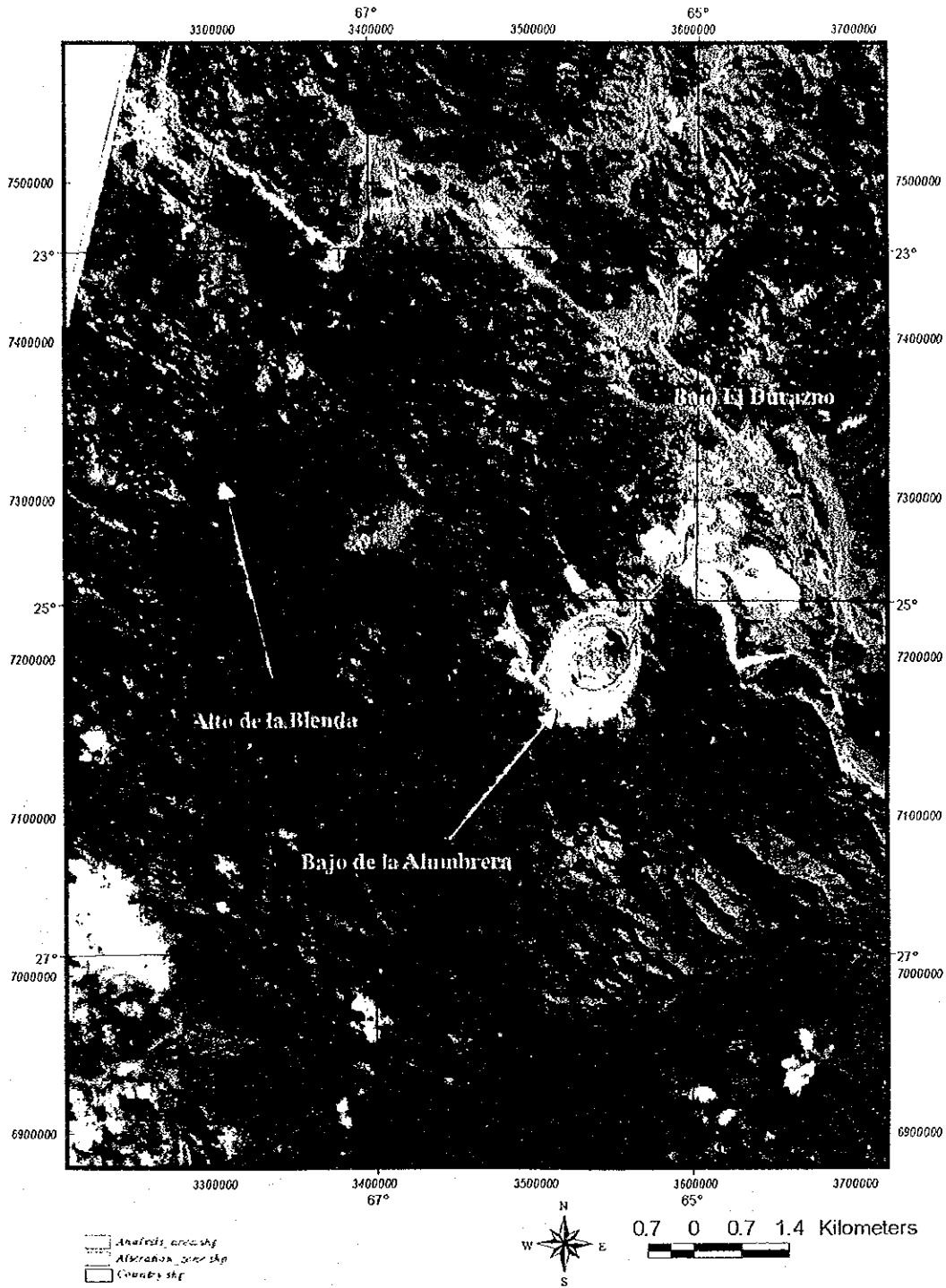


Fig.II-5-2-34-2 Alto de la Blenda (Laboreo, Nudo, Esperanza) deposit, Bajo de la Alumbreira deposit, Bajo El Durazno mineral showing (ASTER BGR=123)

脈は縞状、塊状、角礫状など呈するが、金銀の鉱化作用は縞状部分に多い。縞状部分は酸化 Mn (黒色)、炭酸 Mn (薄ピンク)、石英、方解石のバンドからなっており、一般に酸化 Mn の黒色部で金の含有量が高い。鉱石鉱物はエレクトラム、自然金、ポリバス鉱、自然銀、含銀四面銅鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱、菱マンガン鉱、マンガン酸化物などである。鉱化作用はフィリック変質作用の年代から  $6.55 \pm 0.14 \text{Ma}$  とされている (SASSO et al., 1998)。Esperanza 脈の石英脈の流体包有物均質化温度は  $203 - 239^\circ\text{C}$  である (Alderete, 1999)。

母岩変質はモンゾン岩、安山岩のプロピリティック変質が卓越するが、一部セリサイト化変質も見られ、本地区北西部では安山岩質火砕岩の粘土化帯が分布している。

坑内での Laboreo 脈はモンゾン岩、安山岩中に胚胎する縞状石英-マンガン-方解石脈であり、酸化マンガンと方解石 (および石英) による黒白縞模様が観察された。炭酸マンガンは薄ピンク色で石英に伴っている。一部に黄鉄鉱、方鉛鉱の鉱染が観察された。母岩はプロピリティック変質を受けており、黄鉄鉱鉱染、方解石細脈、セリサイト細脈、緑泥石が確認された。坑内の鉱石試料 (A01RT002) は白-薄ピンク-黒の縞状、方解石-マンガン-石英脈であり、化学分析によれば、Au: 0.115g/t、Ag: 15g/t、Mn > 10,000ppm、Pb: 1,062ppm、Zn: 2,230ppm などが得られた。

地表の Esperanza 脈は脈幅 4 ~ 5 m、 $N20^\circ W$ 、 $70^\circ E$  の石英脈であり、上盤脈際に幅 5cm 程の石膏脈が、その上に 1m 程の白色断層粘土化帯があり、その上は母岩のプロピライト化安山岩となっている。粘土化帯には黒色マンガン酸化物のレンズが挟在している。

#### 6) 衛星画像の特徴

本鉱床は Landsat TM でも ASTER 画像でも変質帯等は認められないが、小規模なベーズン構造が認められる (Fig. II-5-2-34-2)。

#### 7) コメント

本鉱山は古くから知られる鉱脈型金銀鉱山であり、主力の Esperanza 脈は現在でも埋蔵鉱量の大半が残存している。しかし、最近の鉱石品位の低下 (Au: 2~4g/t、Ag: 70~100g/t) から、厳しい操業が強いられている。同鉱山の健闘に期待したい。

#### 8) 参考資料

- ・ Alderete, M.C. (1999) Distrito Farallon Negro - Alto de la Blenda, Catamarca. Recursos Minerales de la Republica Argentina (Ed. E.O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1637-1642, Buenos Aires.
- ・ Sasso, A.M. and Clark, A.H. (1998): The Farallón Negro Group, Northwest Argentina: Magmatic, Hydrothermal and Tectonic Evolution and Implications for Cu-Au Metallogeny in Andean Back-arc: SEG NEWSLETTER, No.34, July, 1998, p.7-18.

## 5-2-35 Agua Tapada 鉱徴地 (Zone-43)

### 1) 位置

南緯 27° 15'51.4"、西経 66° 40'43.3"、標高 2490m。 Catamarca 州 Belen 郡

カタマルカ州 Belen の北東約 56km、Bajo de la Alumbraera 鉱床の北東約 10km に位置する。

### 2) 交通

Bajo de la Alumbraera までの行程と同様であり、Belen から州道 40 号上の北東約 50km に位置する Nacimientos de Abajo から分岐し、南西約 12km で至る。

### 3) 既往調査・4) 地質・構造

Bajo de la Alumbraera の記載参照。

### 5) 鉱徴・変質

鉱徴地 (変質帯 No.50) は YMAD (Catamarca 州資源開発公社) の鉱区内であり、白色から淡赤色の変質帯が直径約 2km 弱でほぼ円形に広がる。母岩は安山岩質からデイサイト質の火山岩で Farallon Negro 付近のものよりも古いとされ (約 7Ma)、変質の中心は珪化であり外側に向かって argillic~propyritic へと漸移する。

### 6) 衛星画像の特徴

ASTER のフォールスカラー画像上 (Fig.II-5-2-35-2) では、変質帯はやや白色の分布域として示されるが、あまり明瞭ではない。しかし、比演算画像では白色で明瞭に識別でき、等粒子モデル画像 (kaolin+alunite 画像) では中心部が明瞭に赤色で示され (本鉱徴地では kaolin が分布)、その周辺に sericite を示す緑色域が分布する。また、明瞭な針鉄鉱のヤケを伴う。この南東側にも sericite が認められる弱い変質帯が存在する (変質帯 No. 39、45)。

### 7) コメント

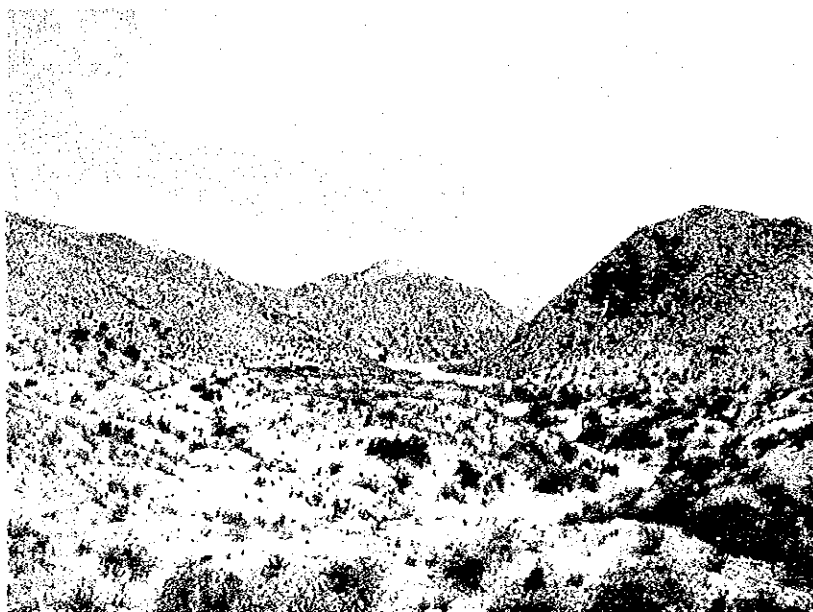
すでに調査が進んでいる。

### 8) 参考資料

なし



Fig. II-5-2-35-1 Agua Tapada occurrence



FigII-5-2-37-1 Bajo El Durazno occurrence

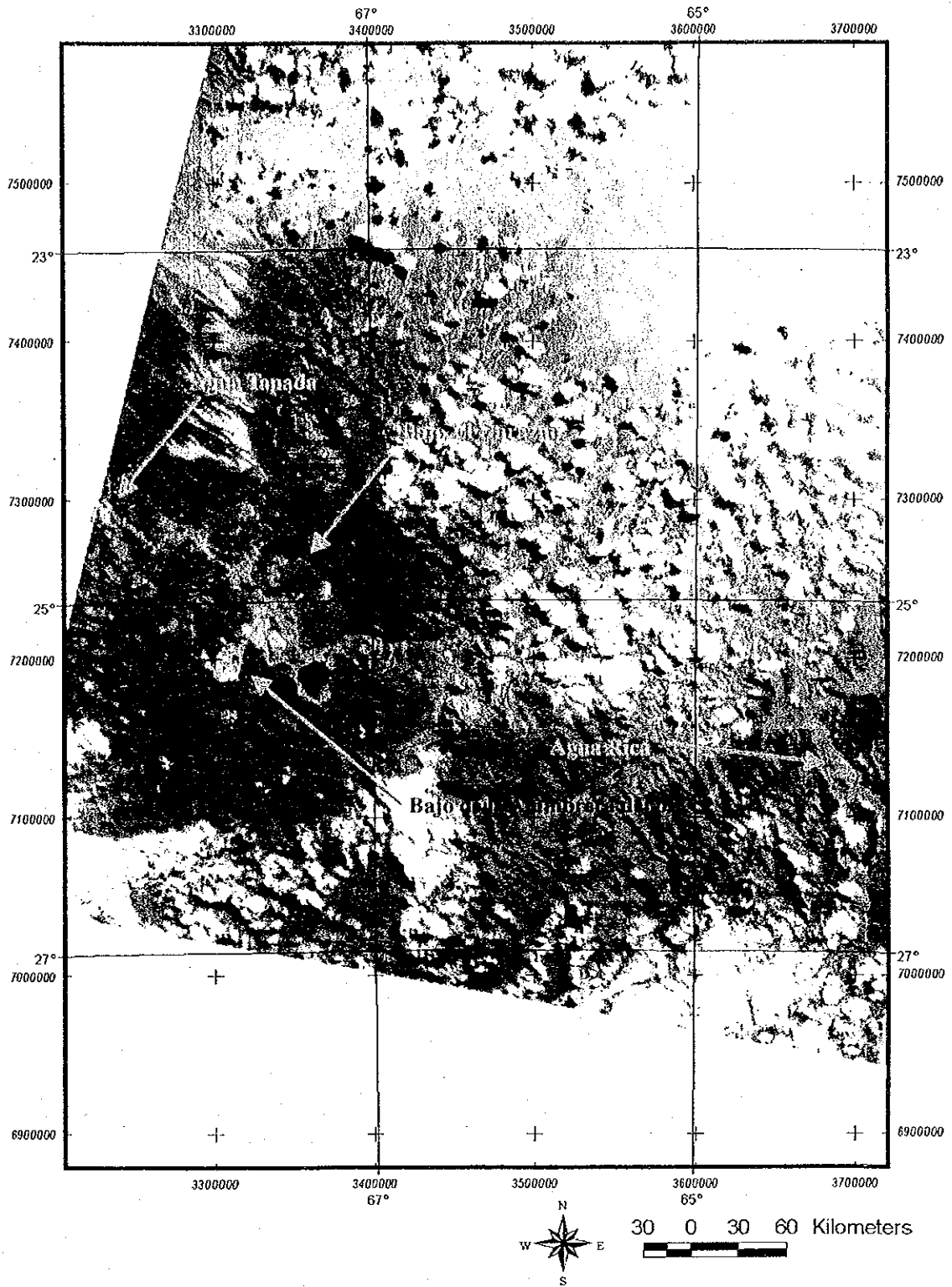
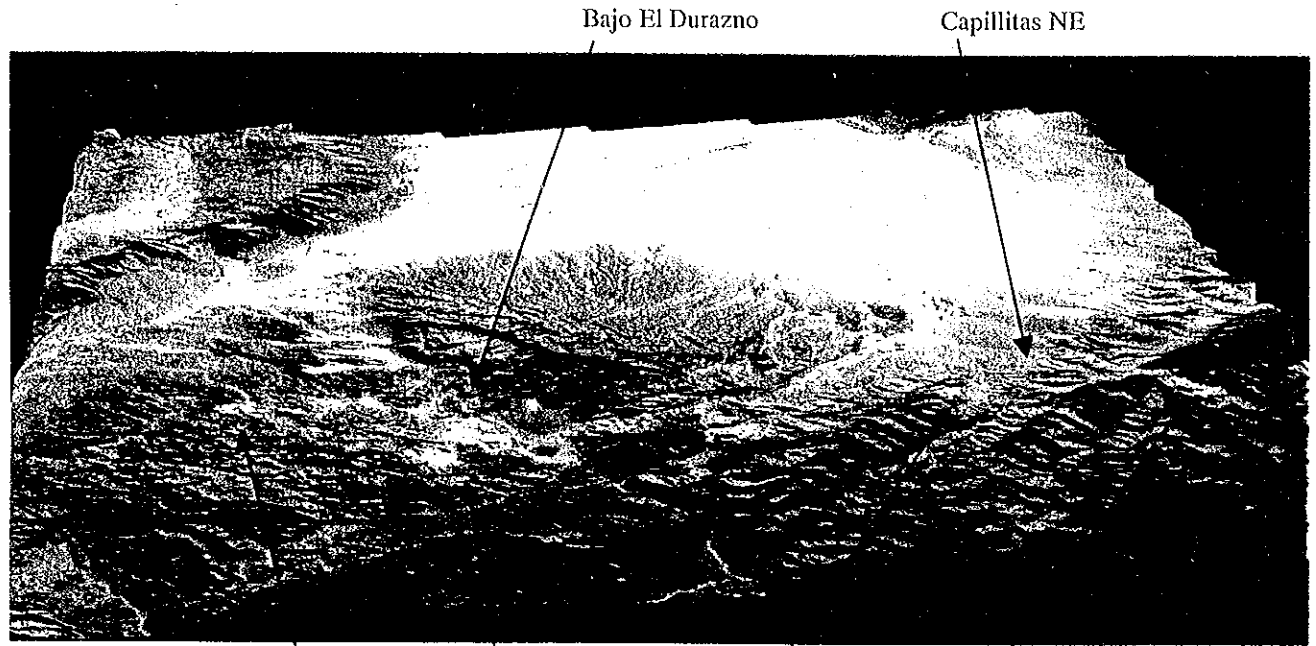
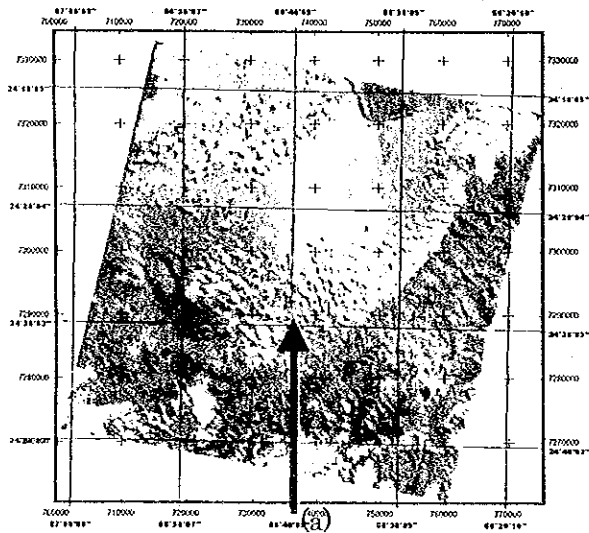


Fig.II-5-2-35-2 Bajo de la Alumbra deposit, Agua Tapada, Bajo El Durazno (ASTER)



(a)BGR=123(VNIR)



ASTER image 6201



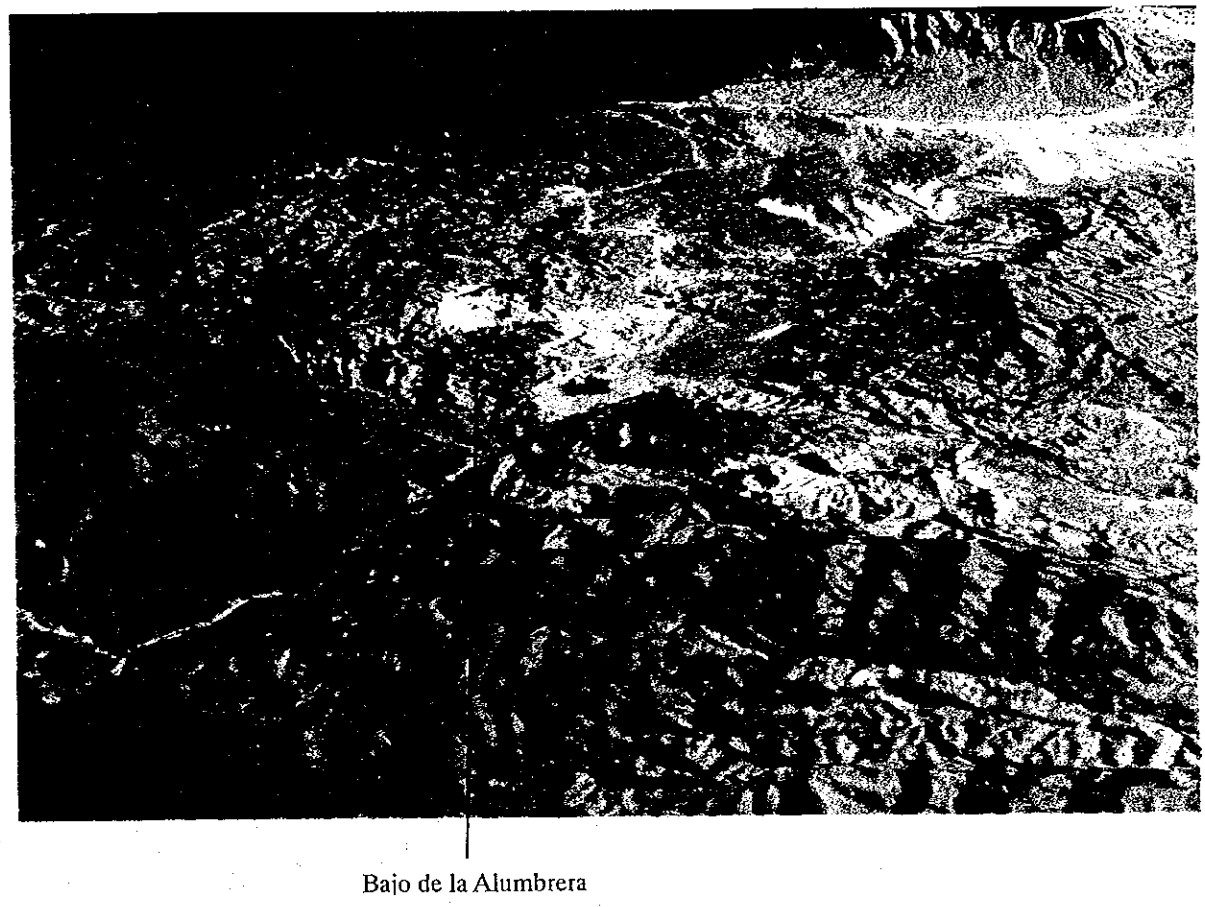
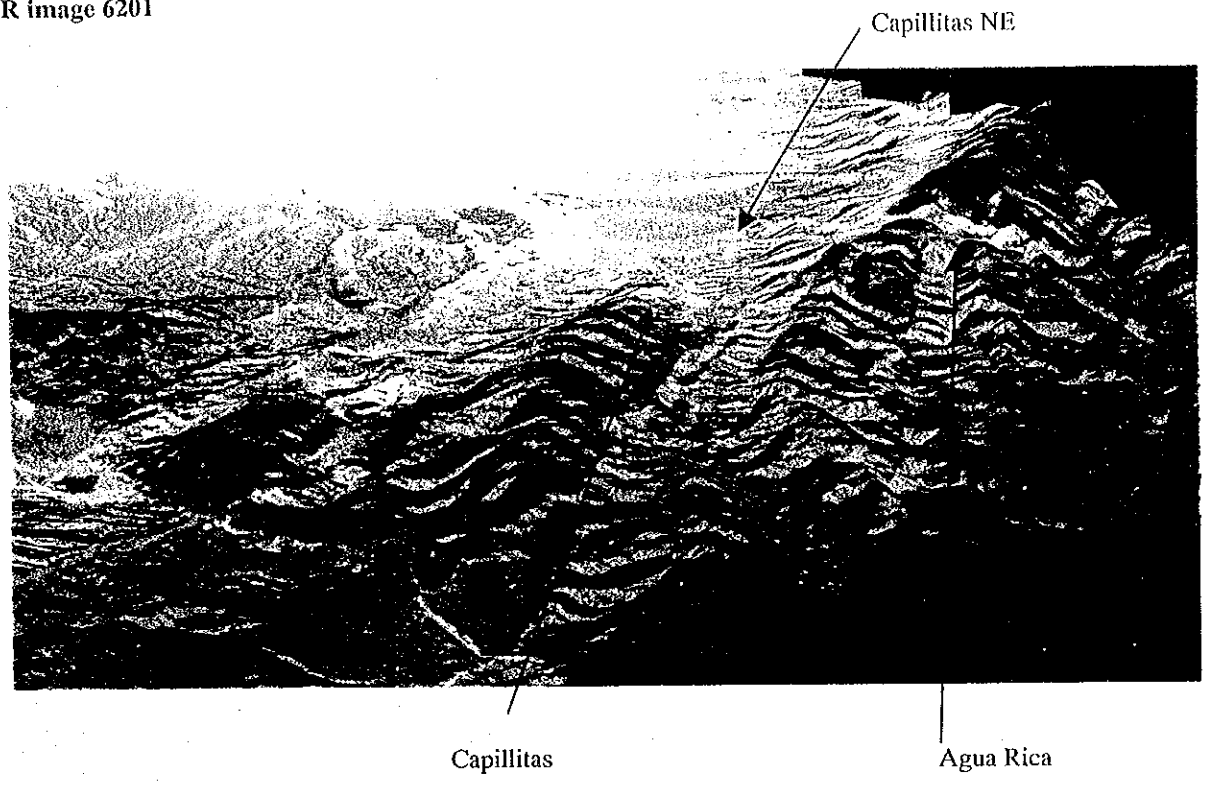
(b)

Bajo de la Alumbraera(open pit)

- FigII-5-2-35-3
- Agua Tapada occurrence
  - Bajo de la Alumbraera deposit
  - Bajo El Durazno occurrence
  - Agua Rica deposit
  - Capillitas deposit
  - Capillitas NE alteration

\*DEM(ASTER6201 only) data source: SEGEMAR GEOSAT, SEGEMAR/JICA project

\*\*BGR=123(VNIR), Vertical exaggeration 2.0, Processed by ENVI 3.4



FigII-5-2-35-4 Bajo de la Alumbraera deposit, Bajo El Durazno occurrence, Agua Rica deposit  
Capillitas deposit, Capillitas NE alteration

\*DEM(ASTER6201 only) data source: SEGEMAR GEOSAT, SEGEMAR/JICA project

\*\*BGR=123(VNIR), Vertical exaggeration 2.0, Processed by ENVI 3.4



## 5-2-36 Bajo de la Alumbreira 鉱床 (Zone-43)

### 1) 位置

南緯 27° 19' 47.2"、西経 66° 36' 20.7" (2,270mL ベンチ)、標高約 2,270~2,550。  
Catamarca 州 Belen 郡、Belen の北東約 55km に位置する。

### 2) 交通

国道 40 号沿いの Nacimientos de Abajo から南東方向へ、未舗装の鉱山専用道路を通り、車で 1 時間ほどで鉱山ゲートに到着する。

### 3) 既往調査

- ・1949 年：異常な色を示す地形的な窪地 (Bajo) としてに Tucman 大学が地質調査を実施。
- ・1963 年 Dirección Nacional de Geología y Minería が 5,000 分の 1 地質図作成、地化学探査を実施。
- ・1968~1982 年：YMAD と国連の Plan NOA-1 により、地質図、変質帯分帯図、地化学探査、IP 探査、ボーリング (71 本、計 18,970m) を実施。中心部の K-silicate 変質帯および石英-磁鉄鉱帯の確認。K-silicate 帯の Cu 異常および高い Au の異常が確認され、大規模なポーフィリー型銅・金鉱床として注目を集める。

- ・1992 年：カナダの International Musto Exploration Ltd. が探査権を取得し、以前の試錐コア (20,000 m) の約 10% 分の再分析および新たにボーリング (17 本、計 7,400m)、また F.S. 実施。

- ・1994 年：権益の 50% を MIM Holdings 社が引継ぎ、新たにボーリング (12,950m) を実施。

- ・1995 年：権益の半分をもつ International Musto Exploration Ltd. は Rio Algom 社、North Ltd. に分割合併。

- ・1997 年 8 月：MIM 社が開発に着手、同年 10 月に公式開

- ・1998 年 2 月：本格生産開始。開山までの初期投資は 12 億ドル。初期剥土岩は 25Mt、剥土岩比 1.4 : 1。鉱山所有権は全て YMAD (Catamarca 州政府 (60%) と Tucman 大学 (40%) による鉱業公社) に属する。鉱区採掘権を Minera Alumbreira Ltd. が租借。Minera

Alumbreira Ltd. の株主は、Mount Isa Mining (MIM) Holdings Ltd. 50%、Rio Tinto plc. 25%、BHP-Billiton 25% である。Minera Alumbreira Ltd. は収益の 20% を royalty として YMAD に支払っており (2002 年から)、Catamarca 州に支払う royalty は昨年 12 月に山元価格からコスト差し引いた後の 3% と決定された。

現在可採鉱量は 385Mt (確定+推定、平均品位、0.55% Cu, 0.64g/t Au, June 30, 2001)。露天採掘により粗鉱生産量 8 万 t / 日。生産計画では銅量 (精鉱中) 178,000t/y (実収率 91%)、金量 (精鉱中) 590,000oz/y (実収率 70%) に対して、2000 年度の生産量は銅量 (精鉱中) 160,116t/y、金量 (精鉱中) 557,200oz/y、銀量 (精鉱中) 736,100oz/y。ポンドあたりのキャッシュコストは \$0.42/lb で世界でも有数の低コスト鉱山である。オープンピットの採掘範囲は 1.8km × 1.8km、ベンチ高 17m。採掘重機は 5 台の大型ドリル、43? バケツ容量のショベル 4 台、240 t 積みダンプ 35 台、補助用ショベル 2 台など。精鉱は 316km 離れた Tucman までスラリーパイプ輸送し、脱水してから鉄道で Santa Fe 州、Rosario の専用ポートまで運び、そこから船で日本、韓国などに輸出されている。

### 3) 地質・構造

本地区周辺の地質は、先カンブリア～カンブリア紀変成基盤岩類（El Suncho 累層、片麻岩、千枚岩）、オルドビス紀花崗岩類（Capillitas Granite）、中新世火山岩複合岩体（Farallon Negro Volcanic Complex）から構成されている（Fig.II-5-2-34-1）。本鉱床は典型的なポーフリー型銅・金鉱化作用および変質分帯を示し、採掘前の地形は火山の侵食によって地表に露出した窪地（Bajo, 2.5?）を形成していた。

Farallon Negro Volcanic Complex は、アンデスのマグマ弧火山活動が中新世中期～後期にチリ側からアルゼンティン側に拡大した際に形成されたマグマ弧火山岩類である。岩相は安山岩優勢の火山岩類、多源角礫岩、安山岩～玄武岩質溶岩流、火山砕屑物レンズなど種々の組成の火山噴出物からなり、それらはさらに多くのデイサイト斑岩、モンゾニ斑岩、花崗閃緑斑岩などのアルカリ質浅所貫入岩によって貫かれている。鉱化作用は小規模なデイサイト斑岩ストック（ $7.10 \pm 0.13\text{Ma}$ ～ $6.83 \pm 0.07\text{Ma}$ ）によってもたらされたと考えられており、デイサイト斑岩ストック、安山岩質噴出岩に鉱染状に及んでいる。貫入岩類は広域的な構造に規制され NW-SE 系の走向を示す。

### 5) 鉱徴・変質

本鉱床の地質図、断面図を Fig.II-5-2-36-1 および Fig.II-5-2-36-2 示す。本鉱床に鉱染状、細脈状の銅・金鉱化作用を及ぼしたのは、Farallon Negro Volcanic Complex に貫入している一連のデイサイト斑岩と考えられており、中心にストック状に、また北西-南東走向の岩脈状に貫入している。鉱化作用はデイサイト貫入岩自身と被貫入岩の安山岩にも及んでいる。鉱山内の岩石はその組成および組織（斑晶）の違いから、いくつかタイプ分けされている。分類方法は大きく P1、P2、P3（P は Porphyry の略）、Barren Core、安山岩鉱石に分けられている。

P1 は鉱床北部、北西部に分布する斑岩ストックであり、細粒～等粒状組織を示す斑岩で局所的に石英脈が散在する。フィリック変質作用によって長石が崩壊しているのが特徴である。鉱化作用は弱い。

P2 は銅金の鉱化作用が豊富な斑岩ストックであり、その初生鉱物や組織は強い K-silicate 変質によって破壊されている。斑晶は少ないが、初生黒雲母、二次黒雲母、二次カリ長石、二次石英が観察され、変質の弱い部分では斜長石が残存している。石基はピンク色で、石英、カリ長石、黒雲母、磁鉄鉱などからなり、強い磁性を持つ。

P3 も K-silicate 変質作用を受けた斑岩であるが、P2 との違いは斑晶が多く、鉱化作用・K-silicate 変質の程度がともに P2 よりも弱いことである。P2 と同じ二次鉱物の他、斜長石の斑晶が多く残存している。

Barren Core の組織は P3 に似るが、文字通り黄銅鉱の鉱染は少なく、黄鉄鉱、磁鉄鉱の鉱化作用が観察される。斑岩ストック中心深部の k-silicate 変質帯に属する。

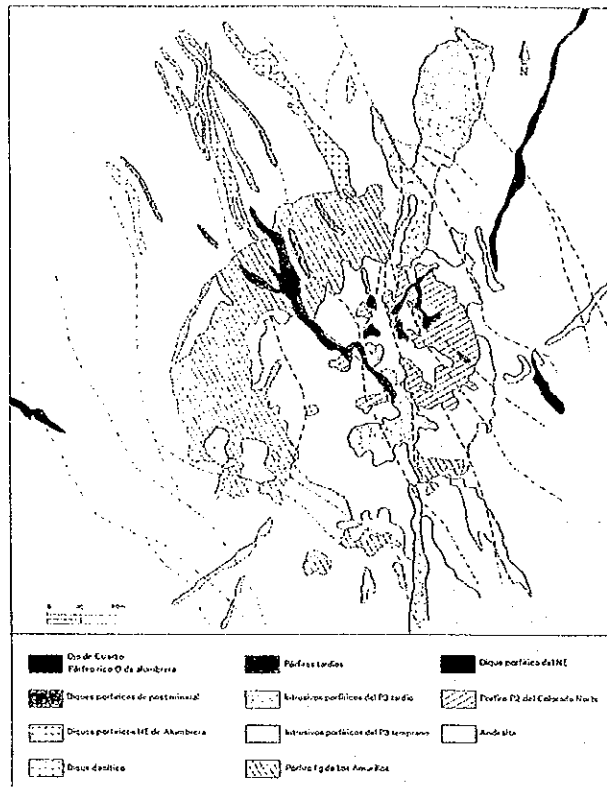


Fig. II-5-2-36-1 Geology of the Bajo de la Alumbra mine. (taken from Angera, J.A., 1999)

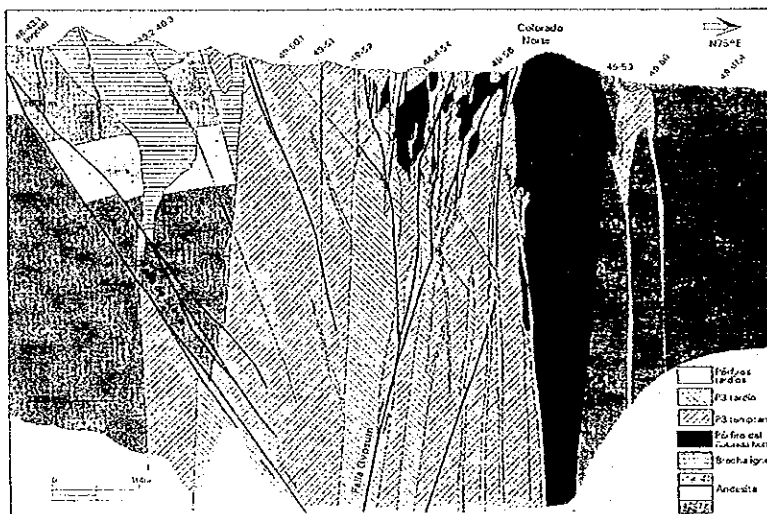


Fig. II-5-2-36-2 Geological section of the Bajo de la Alumbra mine. (taken from Angera, J.A., 1999)

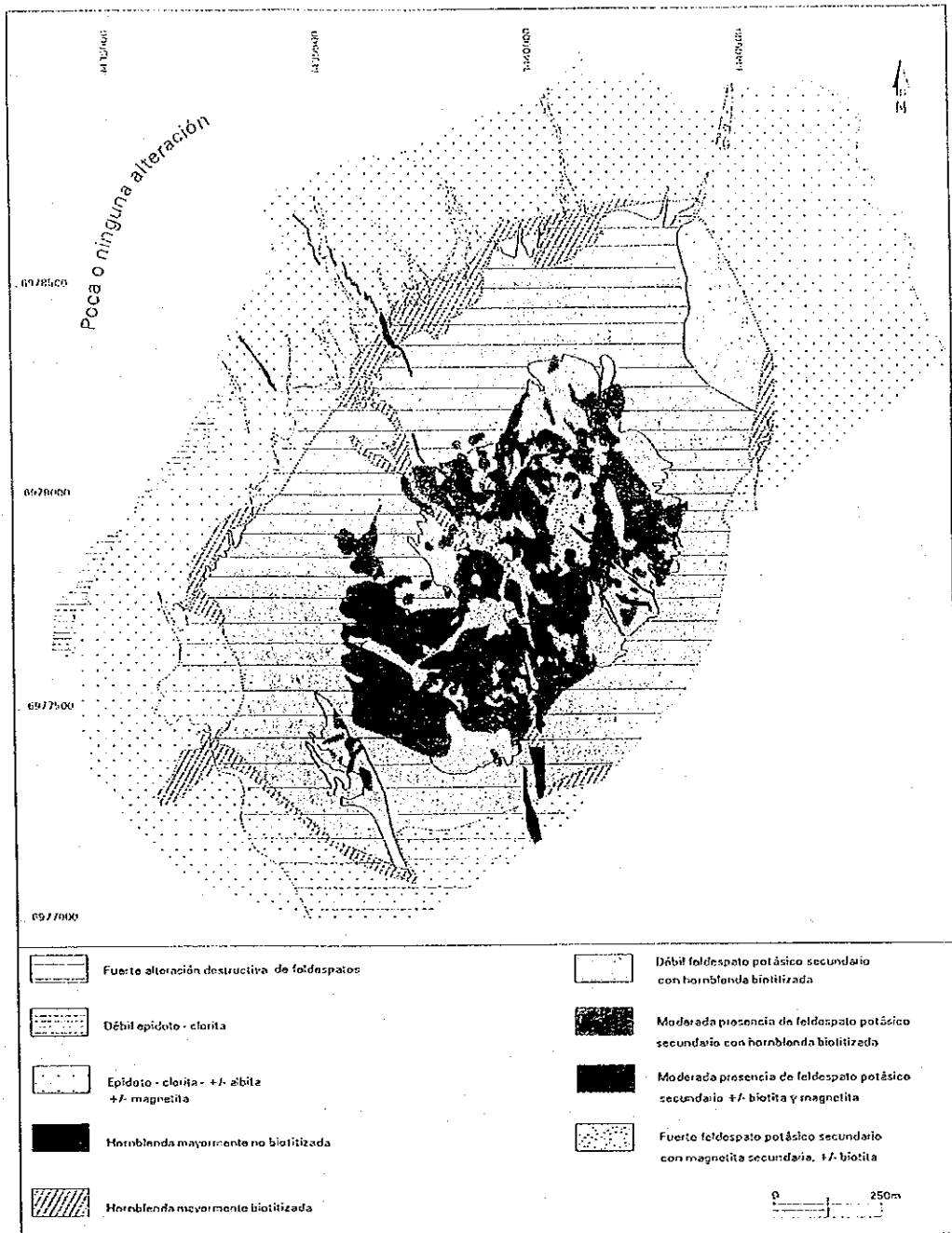


Fig.II-5-2-36-3 Hydrothermal alteration zones of the Bajo de la Alumbrera mine. (taken from Angera, J.A., 1999)

安山岩鉍石は上記貫入岩による被貫入岩であり、P2 近辺の安山岩は鉍化作用も豊富で重要な鉍石となっている。変質は K-silicate 変質で石英、磁鉄鉍の発達と、黄銅鉍、黄鉄鉍などの鉍染で特徴づけられる。

Alumbrera 鉍床は酸化帯、二次付加帯が薄く、地表下数 10m で初生の硫化鉍体が産出する。採掘対象鉍物はこれら初生の硫化鉍であり、黄銅鉍、自然金、輝水鉛鉍、黄鉄鉍、磁鉄鉍、方鉛鉍、閃亜鉛鉍などを産出する。金は 10~50 $\mu$  で、黄鉄鉍、黄銅鉍、脈石珪酸塩などに伴う。二次付加帯は薄く、輝銅鉍、銅藍、斑銅鉍などを産出する。

変質帯は典型的なポーフィリー型銅鉍床の累帯構造をなしており、大きく同心円状に 3 つの変質帯が配置している (Fig.II-5-2-36-3)。中心に K-silicate 変質帯、それらを取り囲むように緑簾石-緑泥石変質帯 (プロピリティック)、k-silicate 変質帯外縁上部を覆うように長石崩壊変質帯 (フィリック) が分布している。

K-silicate 変質帯は角閃石の黒雲母化、斜長石のカリ長石化、石英脈の発達などによって特徴付けられる。K-silicate 変質帯の中心部は変質が強く、二次磁鉄鉍を鉍染しており、鉍化作用の乏しい核 (Barren Core) を含む。その核の周りが最も銅の濃集する鉍化帯となっている。

緑簾石-緑泥石変質帯 (プロピリティック) は K-silicate 変質帯を取り囲むように分布しており、その外側は数 m の遷移帯を挟んで新鮮な安山岩が分布している。マフィック鉍物は緑泥石、緑泥石-磁鉄鉍、緑簾石-磁鉄鉍、緑簾石-緑泥石に、斜長石は曹長石、曹長石-緑簾石、一部セリサイトに变化している。

長石の消失した変質帯 (フィリック) は K-silicate 帯の銅鉍化帯を取り囲むあるいは上を覆うように分布する。長石の粘土化 (セリサイト化)、珪化、黄鉄鉍脈の発達、マフィック鉍物の緑泥石-粘土-セリサイト化によって特徴づけられる。末端部には一部に高度粘土変質などを含むゾーンも見られる。表層付近には酸化・溶脱帯も認められ、ジャロサイトキャッピング、ヘマタイトキャッピングが観察される。

鉍化作用を受けた安山岩 (A01RT004) は、強い石英-磁鉄鉍変質を受け、源岩の組織は崩壊している。黄鉄鉍、黄銅鉍および微量の斑銅鉍の鉍染、マフィック鉍物を交代した緑泥石が僅かに観察される。P2 斑岩 (A01RT005) は、強い石英-磁鉄鉍変質を受け、源岩の組織は破壊されている。斑晶は少ないが、僅かに長石類が残存している。黄鉄鉍と黄銅鉍の鉍染・細脈、微量の斑銅鉍が観察される。化学分析結果によれば、Au:0.46g/t、Cu:3440ppm、K:3.0%などを示す。P3 斑岩 (A01RT006) は弱い K-silicate 変質を受けている。斑晶はカリ長石、斜長石、一部黒雲母、磁鉄鉍が見られる。鉍化作用、磁性ともに弱い。Barren Core (A01RT007) は、岩石組織は P3 に似ており、斑晶が多い。K-silicate 変質を受けて、二次カリ長石、二次黒雲母および初生角閃石の斑晶、細粒の二次石英、黄鉄鉍、磁鉄鉍などが観察される。

#### 6) 衛星画像の特徴

ASTER の VNIR 画像では稼行中のオープンピットの内部構造が明瞭に捉えられている (Fig.II-5-2-34-2)。また、変質鉍物同定では、ピット外周部は Kao が卓越し Alunite を伴う環状を示し、Leached

cap の存在をうかがわせる。ピット内部は Sericite からなり Alunite、Kaolinite は検出されない。鉱山北東には堆積場があり、Alunite、Kaolinite および Sericite が分布する。なお、ピットと堆積場は新鮮岩であることから Goethite や Hematite も検知されない。

本鉱山の南側約 2km にある El Espanto のペーズン構造も明瞭である。ここでは Sericite を主とし、わずかに Kaolinite の濃集部が認められる。また、Goethite の明瞭な焼けを伴う。なお、変質帯周囲は弱い Chlorite が検出されている。

#### 7) コメント

本地区は現在稼行中の大規模ポーフイリー型銅・金鉱床であり、Zone-43 (広義の Farallon Negro) の中でも最も詳細に研究・調査された地区である。

#### 8) 参考資料

- Angera, J.A. (1999): Mina Bajo de la Alumbraera, Catamarca. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E.O.Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1451-1461, Buenos Aires.
- Sasso, A.M. and Clark, A.H. (1998): The Farallón Negro Group, Northwest Argentina: Magmatic, Hydrothermal and Tectonic Evolution and Implications for Cu-Au Metallogeny in Andean Back-arc: SEG NEWSLETTER, No.34, July, 1998, p.7-18.
- Sillitoe, H. R. (1995). III. Porphyry copper-gold/gold deposits, 1. Bajo de la Alumbraera, Argentina. Exploration and discovery of base- and precious-metal deposits in the circum-pacific region during the last 25 years. Metal Mining Agency of Japan, 1995. p21-23.
- <http://www.mining-technology.com/projects/bajo/> Mining Technology - The Website for the Mining Industry. BAJO DE LA ALUMBRERA- MINERA ALUMBRERA COPPER AND GOLD MINE, ARGENTINA.
- <http://www.mim.com.au/alumbraera.html> MIM - Website. Bajo de la Alumbraera.

#### 5-2-37 Bajo de la Durazno 鉱徴地 (Zone-43)

##### 1) 位置

南緯 27° 17'13"、西経 66° 34'25"、標高 3100m。 Catamarca 州 Belen 郡 Bajo de la Alumbraera 鉱山の北東約 4km に位置する。

##### 2) 交通

Bajo de la Alumbraera 鉱山道路により容易にアクセス可能である。

##### 3) 既往調査

##### 4) 地質・構造

本鉱徴地は Farallon Negro Volcanic Complex にあり既往調査及び地質・構造については Bajo de la Alumbraera の項を参照。