

第 5 章 画像の判読・解析

本章においては、各地区ごとに画像からの地質、地質構造判読結果及び変質帯抽出結果を述べる。各地区ごとの小節は、既存資料をまとめた地質・鉱床概要、地質判読による地質単元区分、変質帯分布と既知鉱床・鉱化帯との関係、リニアメント、褶曲構造・環状構造についてそれぞれ分けて記述する。なお、対象地域全域の概括については、次章で述べる。

各地区ごとの地質、地質構造判読結果及び変質帯抽出結果は、地質判読図としてまとめ、添付図に示した。この地質判読図上において密集する変質帯を一つのものとしてまとめ、さらに、既存資料から得られた鉱床、鉱化帯を同図上に記したものを総合解釈図として作成した。総合解釈図は添付図中に画像とともに一括してある。また、各地区のフォールスカラー合成画像及び比演算処理画像をそれぞれの記述の項に挿入した。

各地区の地質・鉱床概要における地質ユニットの表記については、次のように本文と挿入した地質図との間に対応をとってある。

- ・先カンブリア系は「PC」と表し、地質図中の「pE」に対応する。
- ・カンブリア系は「Cb」と表し、地質図中の「E」に対応する。
- ・三疊系は「TR」と表し、地質図中では「R」に対応する。
- ・石炭系～三疊系は「CTR」と表し、地質図中では「CT」に対応する。

地質・鉱床概要の項では、鉱床名を記載した場合にそれらに番号を付記してあるが、これらの番号は巻末資料 1 の地区ごとの鉱床番号に対応する。

また、変質帯を記載する場合に変質帯番号を付しているが、これは巻末資料 4 と総合解釈図に記載された番号に対応する。

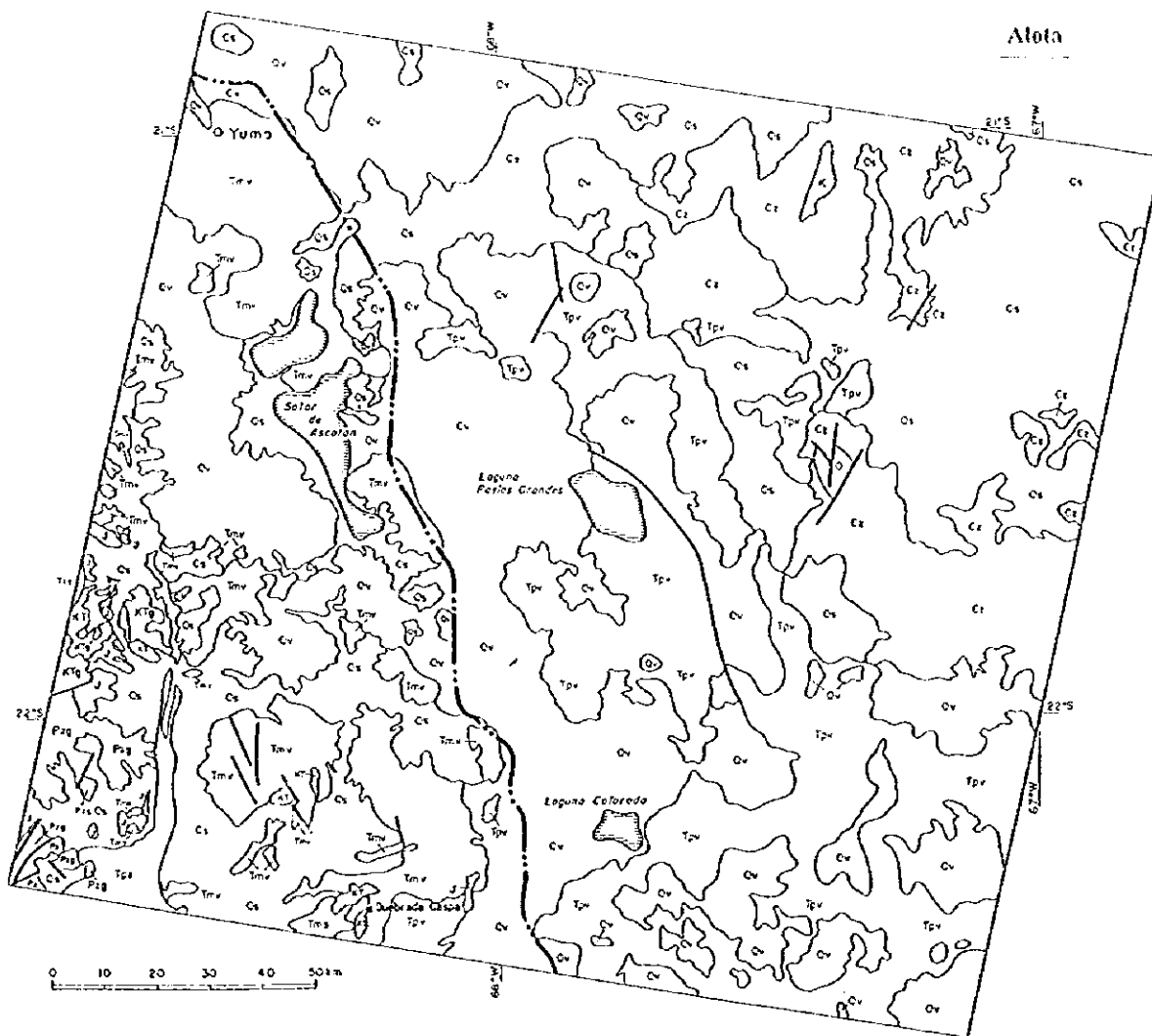
5.1 Alota 地区

5.1.1 既存資料からまとめた地質・鉱床概要

(1) 地質及び地質構造

本地区の地質は、下位から上位に次の 10 ユニットから構成される。それらはオルドビス系、未区分古生界、ジュラ系、白亜系～第三系、未区分新生界、中新世火山岩類、鮮新世堆積岩類、鮮新世火山岩類、第四紀堆積物、第四紀火山岩類である。また、これらのユニット中に貫入する火成岩類として、古生代貫入岩類及び中生代～新生代貫入岩類の 2 種類がある。

- ・オルドビス系(O)：本系はポリビア領内において小分布し、砂岩、頁岩、シルト岩、石灰岩の堆積岩類からなる。



凡例

- | | | |
|-----|-----|--------------------|
| 新生代 | Ov | 第四系(火山岩を主体とする地層) |
| | Cv | 第四系(堆積岩を主体とする地層) |
| | Tpv | 中新世～鮮新世火山岩を主体とする地層 |
| | Tps | 鮮新世堆積岩を主体とする地層 |
| | Tmv | 中新世火山岩を主体とする地層 |
| 中生代 | Ct | 未区分新生界 |
| | Kt | 白垩系～第三系 |
| | J | ジュラ系 |
| 古生代 | O | オルドビス系 |
| | Pz | 未区分古生界 |
| 貫入岩 | Kl | 中生代～新生代貫入岩 |
| | Pz | 古生代貫入岩 |
- 断層
■ 主要断層
1: Quebrada Caspa

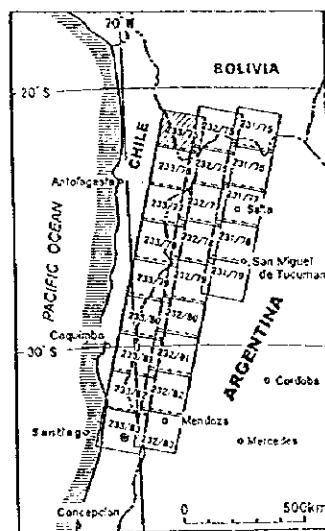


図9 Alota地区地質図

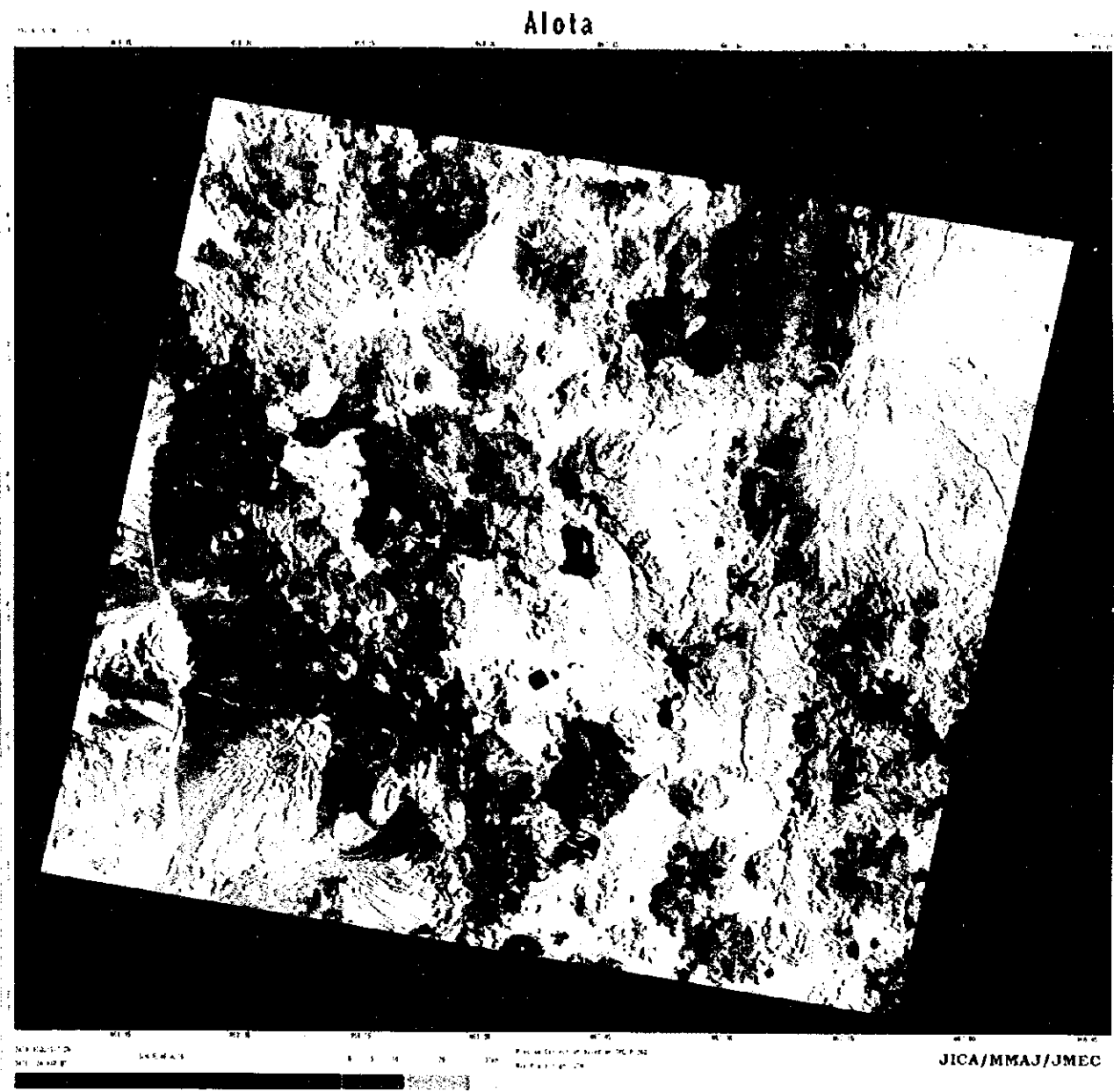


図 10 Alota 地区 LANDSAT TM フォールスカラー合成画像



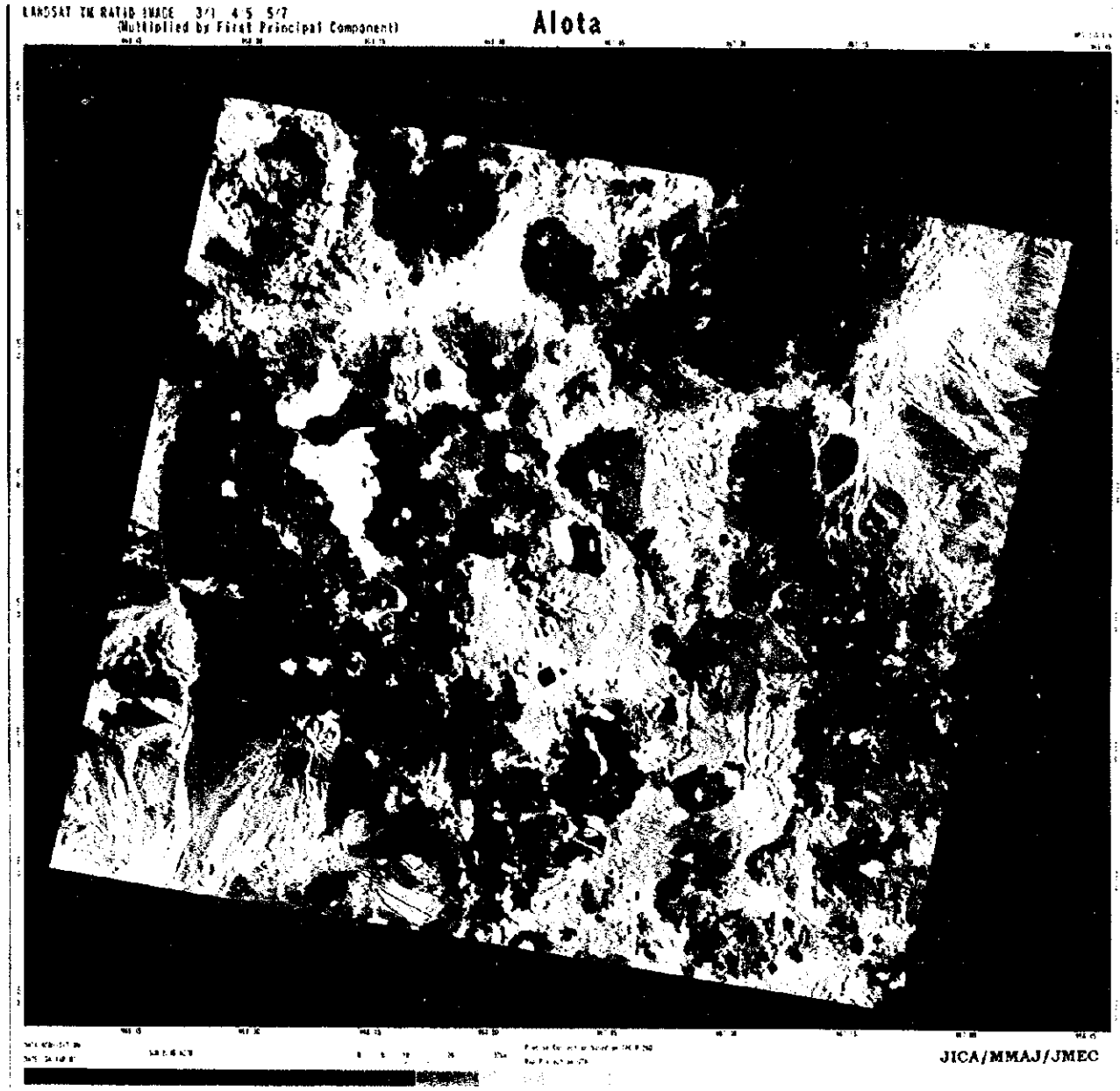


图 11 Alota 地区 LANDSAT TM 比演算处理画像



- ・未区分古生界(Pz)：本界は時代未詳の変砂岩，粘板岩，千枚岩，片岩，変塩基性岩，蛇紋岩，片麻岩，角閃岩などからなり，チリ領内南西部に少数の小岩体として分布する。
- ・ジュラ系(J)：本系は砂岩，石灰岩，マール，頁岩，礫岩及びチャートの堆積岩類からなり，一部で流紋岩，石英安山岩及び粗面岩を挟む。また，火山岩・火山砕屑岩層は，主として安山岩溶岩及び同質凝灰岩から構成される。
- ・白亜系～第三系(KT)：白亜紀から第三紀の主として火山岩類・火山砕屑岩類が本地区の西部に産出する。これらは，安山岩，流紋岩，石英安山岩，同質凝灰岩からなり，頁岩，砂岩，石灰岩，礫岩などの薄層を間に挟む。
- ・未区分新生界(CZ)：本界は時代未詳の砂岩，シルト，泥岩及び石灰岩からなる。
- ・中新世火山岩類(Tmv)：本岩類は流紋岩，石英安山岩，安山岩などの溶岩と集塊岩からなる。
- ・鮮新世堆積岩類(Tps)：本岩類は石灰岩，砂岩，頁岩，チャート及びシルト岩からなる。
- ・鮮新世火山岩類(Tpv)：本岩類は安山岩，石英安山岩，流紋岩，玄武岩などの溶岩，溶結凝灰岩，凝灰岩からなり，一部で堆積岩層を挟むことがある。
- ・第四紀堆積物(Qs)：本堆積物は河成，湖沼成，氷河成，風成，沖積成，崩積成，ラハールなどの種々の堆積物からなる。
- ・第四紀火山岩類(Qv)：本岩類は安山岩ないし石英安山岩の溶岩からなり，中央部に広く分布する。
- ・古生代貫入岩類(Pzg)：本岩類は古生代の主として花崗岩ないし花崗閃緑岩からなり，南西部に小規模で分布する。
- ・中生代～新生代貫入岩類(KTg)：本岩類は白亜紀～第三紀の酸性から塩基性までの種々の深成岩類～半深成岩類を含む。

本地区は次の 2 つの構造区からなる。プリンシパル山脈構造区は南西端部を占め，これ以外の地域をプーナ・アルチプラーノ構造区が占めている。これら 2 つの構造区は南流するロア川付近を境界としている。

プリンシパル山脈構造区は，古生代の海成堆積岩類及び深成岩類～半深成岩類とこれを覆うジュラ紀の陸成堆積岩類及び火山岩類からなる。また，白亜紀から第三紀には火山岩及び斑岩類などが貫入している。なおロア川沿いには鮮新世の堆積岩類が分布する。この構造区では明瞭な方向性は認められない。

プーナ・アルチプラーノ構造区では，中央部付近にオルドビス紀の海成堆積岩類が小規模な岩体として認められるが，それ以外では，第三紀及び第四紀の火山岩類及び堆積岩類によって広く被覆されている。特に鮮新世以降の安山岩を主とした火山岩類及び溶結凝灰岩が卓越する。本構造区の北部に分布する第三紀堆積岩類には N-S～NNE-SSW 方向の褶曲構造が認められる。

(2) 鋳床

本地区には約 40 箇所の鋳床が知られている。これらのうち南西部には不規則塊状(マント型を含む)または鋳脈型の小規模な銅鋳床が分布する。これらの鋳床の分布形態は NNE-SSW 方向を示す。なお, Quebrada Caspa 鋳床(C11)は後期古生代の安山岩を母岩とするマント型鋳床であり, この鋳床の鋳化時期は後期三畳紀($225 \pm 7\text{Ma}$, Boric, 1990)とされている。

ボリビア側では第三紀堆積岩中に銅及び金・銀を伴う鋳床群が分布するが, 鋳床タイプなどの詳細は不明である。また, 第四紀火山に伴う硫黄鋳床がチリ・ボリビア国境付近に分布する。

5. 1. 2 地質単元

本地区の範囲内に分布する岩石と堆積物は合計で 21 種類の地質単元に区分された(巻末資料 2)。それらのうち 11 種類の地質単元がシルル系から鮮新統までの堆積岩類や火山岩類に対比可能であり, 1 種類の地質単元が変質帯と判定された。また, 7 種類の地質単元が第四系の未固結ないし半固結堆積物と火山岩類に相当し, 2 種類の地質単元が古生代と中生代に生成した貫入岩体からなる。各地質単元の分布位置や伸長方向などを巻末資料 3 に示す。

5. 1. 3 変質帯

本地区の範囲内では北東部など第四系の未固結堆積物の分布域を除く広い地域から多数の変質帯が判読・抽出された。孤立して分布するものを 1 箇所として扱い, 1~2km の水平距離で近接する複数個のものを任意に一括して 1 つの変質帯としてみなすと, 全体で 68 箇所になる。本地区で行った複数個の変質帯を 1 つのグループにまとめる解析作業は, 全ての地区の変質帯を検討の対象とし, 地質単元との関係や地形的な分布位置を考察して必要と判断されたものについて行われた。

本地区で判読・抽出された 68 箇所の変質帯は概して散在する傾向にあるが, 相対的には北西部, 東部及び南部でやや密集している。これらの変質帯の大部分は中新統または鮮新統の火山岩類(地質単元 Miv, Plv)の分布域に位置している。個々の平面形態は楕円状または不規則なアムーバ状を呈しており, 中央部に位置する最大規模のものは長軸方向に 4~5km の長さを有する。

本地区の変質帯内に分布する既知鋳床, 鋳化帯としてはチリ側で Conchi Viejo(ストックワーク銅鋳床, 変質帯番号 AA1024: 以下同じ)が, ボリビア側で Tanbillo(鉛・亜鉛鋳床)がある。本地区の南西端にはポーフィリー・カッパー大鋳床であるチュキカマタ鋳山が

位置し、その変質帯の一部が画像上で認められる(AA2001)。また、本地区には硫黄鉱床に伴う変質帯が認められる(AA1008, AA1012, AA1028)。

5.1.4 リニアメント

1.4 で述べた基準に従って判読・抽出を行った結果、判読図と付帯資料などに示すように各地区毎に極めて多数のリニアメントが抽出された。判読図に示した実線部は、判読・抽出の基準となる地形現象が明瞭かつ連続しているものであり、破線部はそれらが不連続ないしやや不明瞭なものである。また、長さが 1~2km 程度で平行または直交して密集しているものは、産状からみて主として火成岩類に発達する節理とみなされる。リニアメントに関するこれらの点は、以下に記述する全ての地区について共通した基本的な特徴となっている。

本地区の範囲内では、判読・抽出されたりニアメントの分布や方向について以下のような特徴が認められた。

- (1) 北東部以外の地域には溶岩流地形が保存されている火山噴出物(中新統・鮮新統・第四系に分けられる)や第四系の未固結堆積物が広く分布しており、リニアメントはごく一部でしか抽出されなかった。
- (2) 地域全体の地質構造を大きく規制するリニアメントは認められないが、西部~南部の地域に NW-SE 方向のリニアメントが断続しており、約 70km にわたって追跡が可能である。
- (3) NW-SE 方向以外では、N-S, NE-SW 及び NNW-SSE 方向のリニアメントが抽出されたが、全体に散在しており、特定の傾向は認められない。
- (4) 衝上断層を示すリニアメントは、東部に位置し NNE-SSW 方向に伸長する 1 本について判定された。その長さは約 13km で白亜系と中新統の境界となっている。

5.1.5 褶曲構造・環状構造

本地区の北東部に分布する漸新統や中新統などの堆積岩類ではベディングが良好に発達しているため、画像から明瞭に褶曲構造が判読でき、それらの堆積岩類の分布域において 27 箇所で褶曲構造が抽出された(近接して同一直線上に断続している構造は 1 箇所の構造とみなした; 以下全ての地区について同様)。背斜と向斜の内訳は 16 と 11 である。それらの構造は 3~5km の波長で繰り返して発達している。褶曲軸の方向は N-S~NNE-SSW と NE-SW とに分けられる。

本地区の範囲内では顕著な環状構造は判読・抽出されなかった。ただし、本地区では広い範囲が中新統、鮮新統及び第四系の火山噴出物で覆われており、一部で円形を呈する力

ルデラ状の火口が認められた。

5.2 Atacama 地区

5.2.1 既存資料からまとめた地質・鉱床概要

(1) 地質及び地質構造

本地区の地質は、下位から上位に次の 12 ユニットから構成される。それらはデボン系、石炭系～三畳系、未区分古生界、三畳系、ジュラ系、白亜系～第三系、中新世堆積岩類、中新世火山岩類、鮮新世堆積岩類、鮮新世火山岩類、第四紀堆積物及び第四紀火山岩類である。また、これらのユニット中に貫入する火成岩類として、古生代貫入岩類、中生代貫入岩類、中生代～新生代貫入岩類及び新生代貫入岩類の 4 種類がある。

- ・デボン系(D)：本系は、珪岩、グレイワック、砂岩、千枚岩、粘板岩、片岩、頁岩、礫岩などからなり、Salar de Atacama の南方に小岩体として分布する。
- ・石炭系～三畳系(CTR)：本系は凝灰岩、溶結凝灰岩、流紋岩及び石英安山岩からなる。
- ・未区分古生界(Pz)：本系は、時代未詳の変砂岩、粘板岩、千枚岩、片岩、変塩基性岩、蛇紋岩、片麻岩、角閃岩などからなり、チリ領土内の北西端部に小岩体として分布する。
- ・三畳系(TR)：本系は、砂岩、頁岩、礫岩などからなる。本系の中には流紋岩質～安山岩質溶岩及び角礫岩を含む。
- ・ジュラ系(J)：本系は、砂岩、石灰岩、マール、頁岩、礫岩及びチャートの堆積岩類からなり、一部で流紋岩、石英安山岩及び粗面岩を挟む。また、火山岩類・火山砕屑岩類は、主として安山岩溶岩及び同質凝灰岩から構成される。
- ・白亜系～第三系(KT)：白亜紀から第三紀の主として火山岩類・火山砕屑岩類が西部に分布する。これらは、安山岩、流紋岩、石英安山岩及び同質凝灰岩からなり、頁岩、砂岩、石灰岩、礫岩などの薄層を挟む。なお、一部では玄武岩(アルカリ玄武岩ないしソレアイト)質集塊岩、角礫岩、凝灰岩などからなる。
- ・中新世堆積岩類(Tms)：本岩類は、中新世の礫岩、砂岩、シルトなどの陸成の堆積岩類を主とする。本系は Salar de Atacama の西側において、N-S 方向で帯状に分布する。
- ・中新世火山岩類(Tmv)：本岩類は、流紋岩、石英安山岩、安山岩などの溶岩と集塊岩からなる。
- ・鮮新世堆積岩類(Tps)：本岩類は石灰岩、砂岩、頁岩、チャート及びシルト岩からなる。本岩類は北西部のロア川沿いに分布する。
- ・鮮新世火山岩類(Tpv)：本岩類は、安山岩、石英安山岩、流紋岩、玄武岩などの溶岩、溶結凝灰岩、凝灰岩からなり、一部で堆積岩層を挟むことがある。主として Salar de Atacama の東方で広く露出している。

- ・第四紀堆積物(Qs)：本堆積物は、河成、湖沼成、氷河成、風成、沖積成、崩積成、ラハールなどの種々の堆積物よりなり、盆地や Salar de Atacama 付近を広く被覆している。
- ・第四紀火山岩類(Qv)：本岩類は安山岩または石英安山岩の溶岩からなり、北東部のチリ・ボリビア国境付近に分布する。
- ・古生代貫入岩類(Pzg)：本岩類は、古生代の主として花崗岩ないし花崗閃緑岩からなる。本岩類は、西部及び Salar de Atacama の南方に認められ、周囲にある古生界の堆積岩類(PZ, D, TR など)とともに分布する。
- ・中生代貫入岩類(Mzg)：ジュラ紀から第三紀に貫入した酸性から塩基性の深成岩類～半深成岩類であり、Salar de Atacama 西方の盆地内に小規模な岩体として多数分布する。
- ・中生代～新生代貫入岩類(KTg)：本岩類は、主として後期白亜紀のトーナライト斑岩及び同時期の花崗岩類からなり、南西部に分布する。
- ・新生代貫入岩類(Tg)：本岩類は、第三紀の花崗閃緑岩、閃緑岩、モンソニ岩であり、西部に小岩体として多数分布する。

本地区は西部のプリンシパル山脈構造区と東部のプーナ・アルチプラーノ構造区からなり、それらは Salar de Atacama 西縁付近を境界とする。それらの特徴は次のとおりである。

プリンシパル山脈構造区では、古生代の堆積岩、火山岩類及びこれらに貫入した深成岩類が西部及び南部に分布し、これらの地区では N-S～NE-SW 系の断層が卓越する。ジュラ紀～第三紀にかけて火成活動が活発となり、花崗岩類及び火山岩類を生成した。第三紀中新世には東西方向の強い圧縮場が形成され、Salar de Atacama 西部の N-S 系衝上断層及び漸新世から中新世の堆積岩類に過褶曲を伴う N-S～NNE-SSW 系の褶曲構造が形成された。

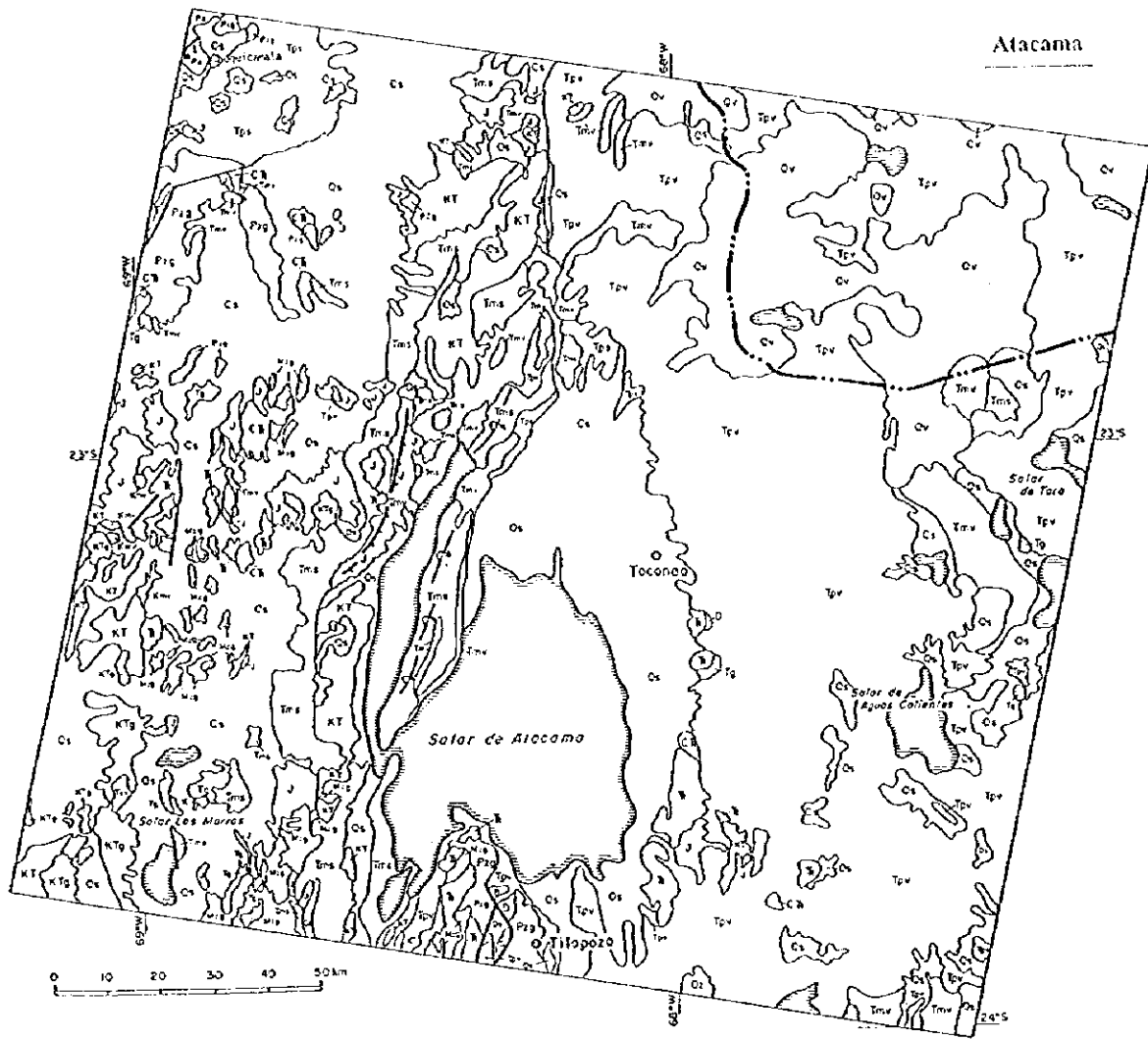
プーナ・アルチプラーノ地区構造区では、Salar de Atacama 東縁付近に古生代の堆積岩類が小岩体として分布している以外は、鮮新世以降の安山岩～石英安山岩が広く被覆している。

(2) 鉱床

本地区には世界最大級のポーフイリーカップパー鉱床であるチュキカマタ鉱山が知られており、本地区の北西端部に位置する。

- ・ Chuquicamata(C9)：本鉱床は、断層・褶曲運動に伴い貫入した漸新世(30～34Ma, Sillitoe, 1991)の花崗閃緑岩及び石英モンソナイト斑岩を母岩とする。鉱床は、"West Fissure"と呼ばれる N-S 系断層沿いに梨状の鉱体(南北 3km×1.1km×1km)を形成する。母岩は珪化とセリサイト化を受け、硫化鉱物の微細脈や鉱染が著しく発達する。埋蔵鉱量

Atacama



凡例

- Qv 第四系(火山岩を主体とする地層)
- Qs 第四系(堆積岩を主体とする地層)
- Tpv 中新世～鮮新世火山岩を主体とする地層
- Tps 鮮新世堆積岩を主体とする地層
- Tmv 中新世火山岩を主体とする地層
- Tms 中新世堆積岩を主体とする地層
- KT 白堊系～第三系
- J ジュラ系
- K 三畳系
- Ct 石炭系～三畳系
- D デボン系
- Pz 未区分古生界
- T 新生代貫入岩
- KTg 中生代～新生代貫入岩
- Mrg 中生代貫入岩
- Pzg 古生代貫入岩

- 断層
- 主要鉱床
1: Chuquicanata

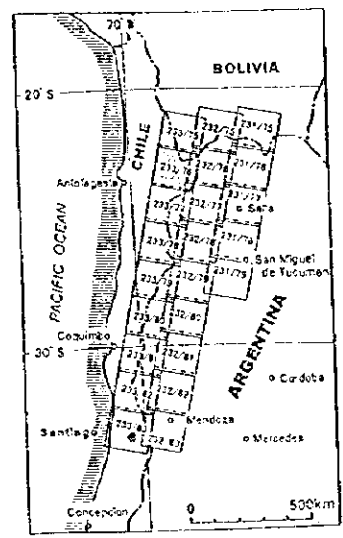


図 12 Atacama 地区地質図

San Pedro de Atacama

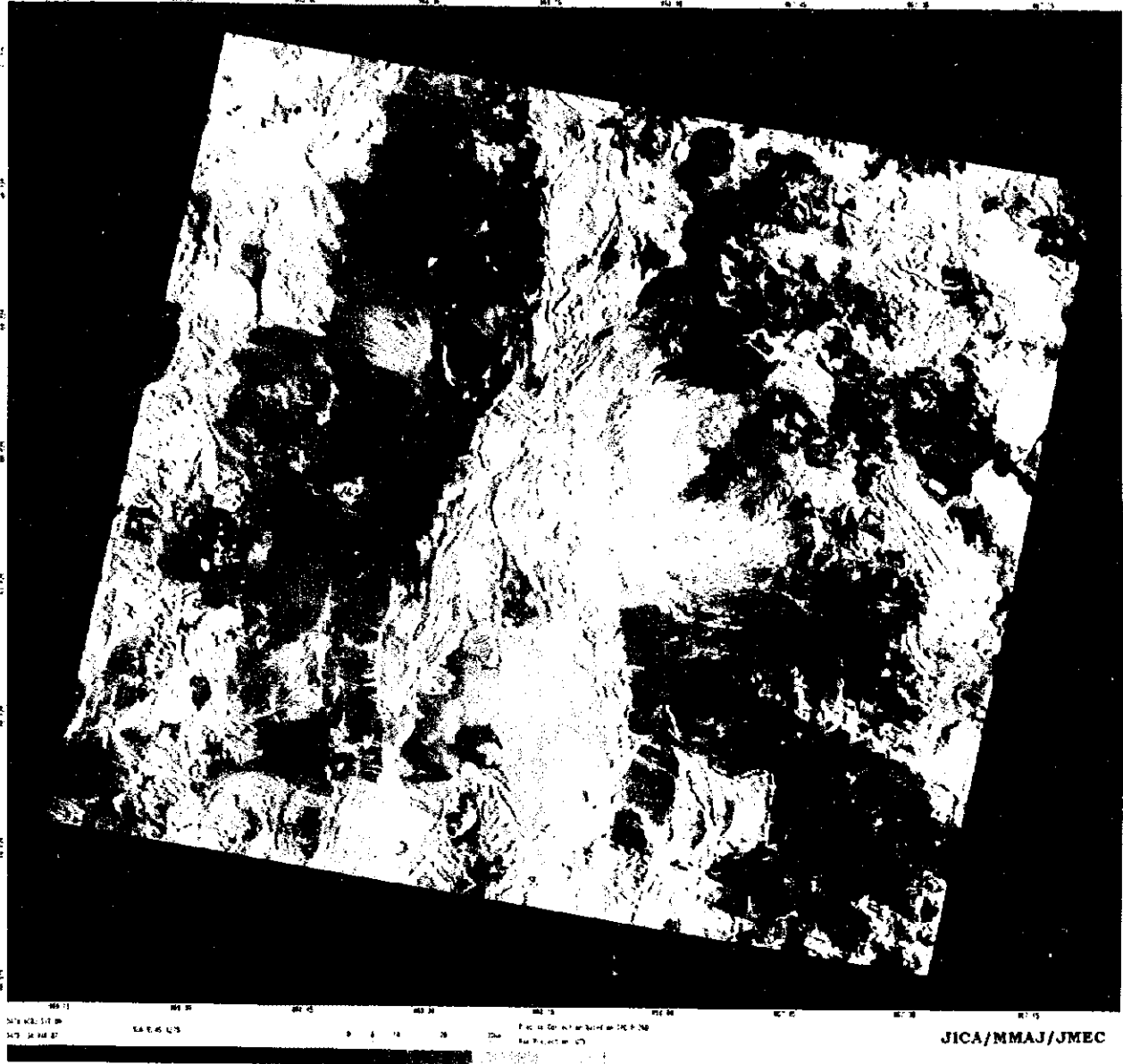
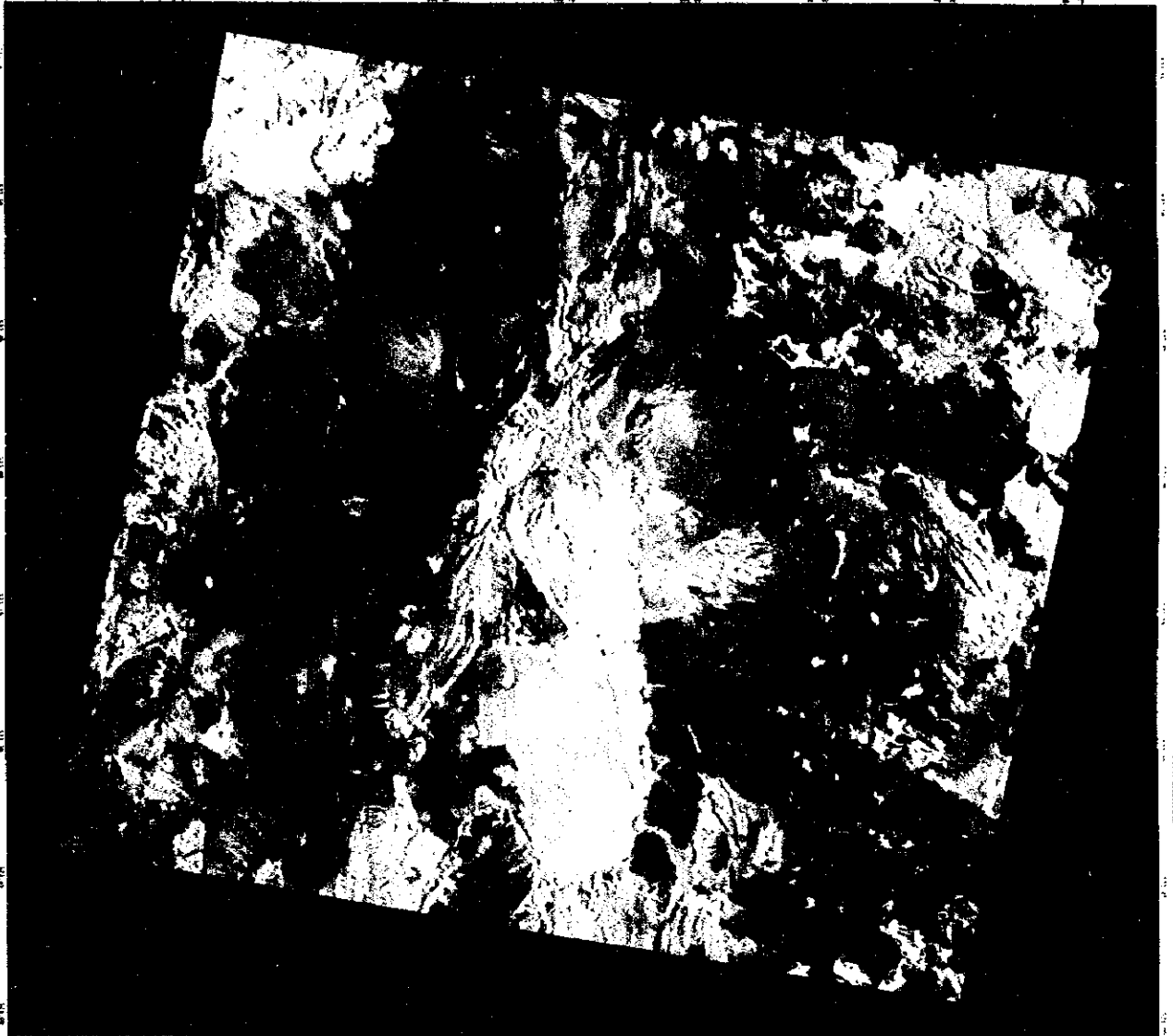


図 13 Atacama 地区 LANDSAT TM フォールスカラー合成画像



LANDSAT TM RATIO IMAGE 3/1 4/5 5/7
(Multiplied by First Principal Component)

San Pedro de Atacama



JICA/MMAJ/JMEC

图 14 Atacama 地区 LANDSAT TM 比演算处理画像



は酸化鋳体から流出した河川底の酸化鋳を含めて 30 億 t 以上が予想されている。

本地区ではチュキカマタ以外にも多数の鋳床が知られており、これらは大きく以下の 3 つの地区に分類することができる。

(a) 北部に分布する銅を主とする鋳脈及び不規則型(マント型を含む)：鋳脈型鋳床は N-S ないし NW-SE 系の走向を示し、主として古生代上部の石炭紀～ペルム紀の堆積岩及び火山岩を母岩としている。

(b) 西部の銀鋳脈型鋳床：これらの鋳床は主として N-S 系を示し、ジュラ紀の石灰岩、砂岩及び後期白亜紀のトーナライト斑岩を母岩とする。鋳床生成年代としては、Gran Corrida de Caracoles 鋳床(C42)で白亜紀末期～暁新世(55～77Ma, Boric, 1990)とされている。これらの鋳床は閃亜鉛鋳及び方鉛鋳からなり銀硫酸鋳物を伴うものが多い(Gran Corrida, Flor del Desierto, Grupo Descubridora, Gran Corrida de Caracoles Sudamerica など)。

(c) チリ-ボリビア国境付近に分布する硫黄鋳床群：これらは第四紀火山岩類が被覆する地域に分布する。これらの鋳床は NNE-SSW 系の分布を示すが、鋳床の詳細は不明である。

これら以外の鋳床として南東部には鉄鋳床が分布する(San Vicent Bajo, Cristles Grandes, San Vincent Alto, Rodados Negros, Laco N, Laco S, Laquito など)。これらはいずれも鮮新世の火山岩類を母岩とするレンズ状鋳脈型鋳床であり、磁鉄鋳、赤鉄鋳及び褐鉄鋳からなる。

5.2.2 地質単元

本地区の範囲内に分布する岩石と堆積物は合計で 26 種類の地質単元に区分された(巻末資料 2)。それらのうち 15 種類の地質単元が未区分古生界やデボン系から鮮新統までの変成岩類、堆積岩類、火山岩類に対比可能であり、1 種類の地質単元が変質帯と判定された。また、4 種類の地質単元が第四系の未固結堆積物と火山岩類に相当し、6 種類の地質単元が古生代、中生代及び第三紀に生成した貫入岩体からなる。各地質単元の分布位置や伸長方向などを巻末資料 3 に示す。

5.2.3 変質帯

本地区の範囲内では多数の変質帯が認められ、86 箇所で見出された。それらは西部と東部のそれぞれの一帯に著しく偏在している。西部では主として花崗岩質岩類(古生代、中生代及び第三紀に生成)の範囲内に卓越しており、東部の変質帯は主に中新統と鮮新

統の火山噴出物の分布域に位置する。それらの変質帯は孤立して分布する場合は稀であり、一般に 1 箇所の変質帯が 5~10 個(多い場合では 20 個以上)の個々の変質帯から構成されている。概して個々の変質帯は小規模な円形または楕円状を呈し、長軸方向の長さが 0.5~1km のものが多い。巨視的な配列方向と分布ゾーンの幅は、西部では N-S と 30km、東部では NNW-SSE と 40km である。

本地区の変質帯内に分布する既知鉱床・鉱化帯としては、ボリビア側で Quijote(硫黄鉱床、変質帯番号 AA2067: 以下同じ)がある。また、北西端部にはポーフィリーカッパー大鉱床であるチュキカマタ鉱山が位置し、その変質帯の一部が画像上で認められる(AA2001)。

5.2.4 リニアメント

本地区の範囲内では、判読・抽出されたりニアメントの分布や方向について以下のような特徴が認められる。

- (1) 東半部や北西部などの極めて広い地域が中新統~第四系の火山噴出物または扇状地堆積物や蒸発残留物など第四系の未固結堆積物で覆われているため、リニアメントが抽出された地域は主として西半部の露岩地帯や東半部の一部に限られている。
- (2) 地域全体の地質構造を規制するリニアメントは N-S 方向を示し、西部、北部、南東部などに散在している。それらの長さは概して 20~30km 程度であり、部分的に断続して発達している。
- (3) 長さが 5km 以下の小規模なりニアメントは NW-SE と NE-SW の 2 系統に分けられるが、これらも特定の傾向を示さない。
- (4) 衝上断層を示すリニアメントは、N-S~NNE-SSW 方向を示す 3 本について判定された。それらは比較的連続性に富み、西部~南西部に分布するジュラ系などの構造を規制している。

5.2.5 褶曲構造・環状構造

中央部に広く分布する第四系の未固結堆積物の西側には、幅約 30km の規模を有するジュラ系、白亜系、漸新統~中新統などの露岩地帯があり、それらを構成する堆積岩類には至る所でベディングが認められる。それらの顕著なベディングから 13 箇所において褶曲構造が抽出された。背斜と向斜の内訳は 7 と 6 であり、本地区ではそれらが同程度で判定された。褶曲軸の方向は N-S~NNE-SSW であり、認められた部分の波長は約 10km である。

本地区の範囲内では顕著な環状構造は判読・抽出されなかった。ただし、東部では広い範囲が中新統、鮮新統及び第四系の火山噴出物で覆われており、径 1~5km の規模を有す

る円形のカルデラや火口が認められた。

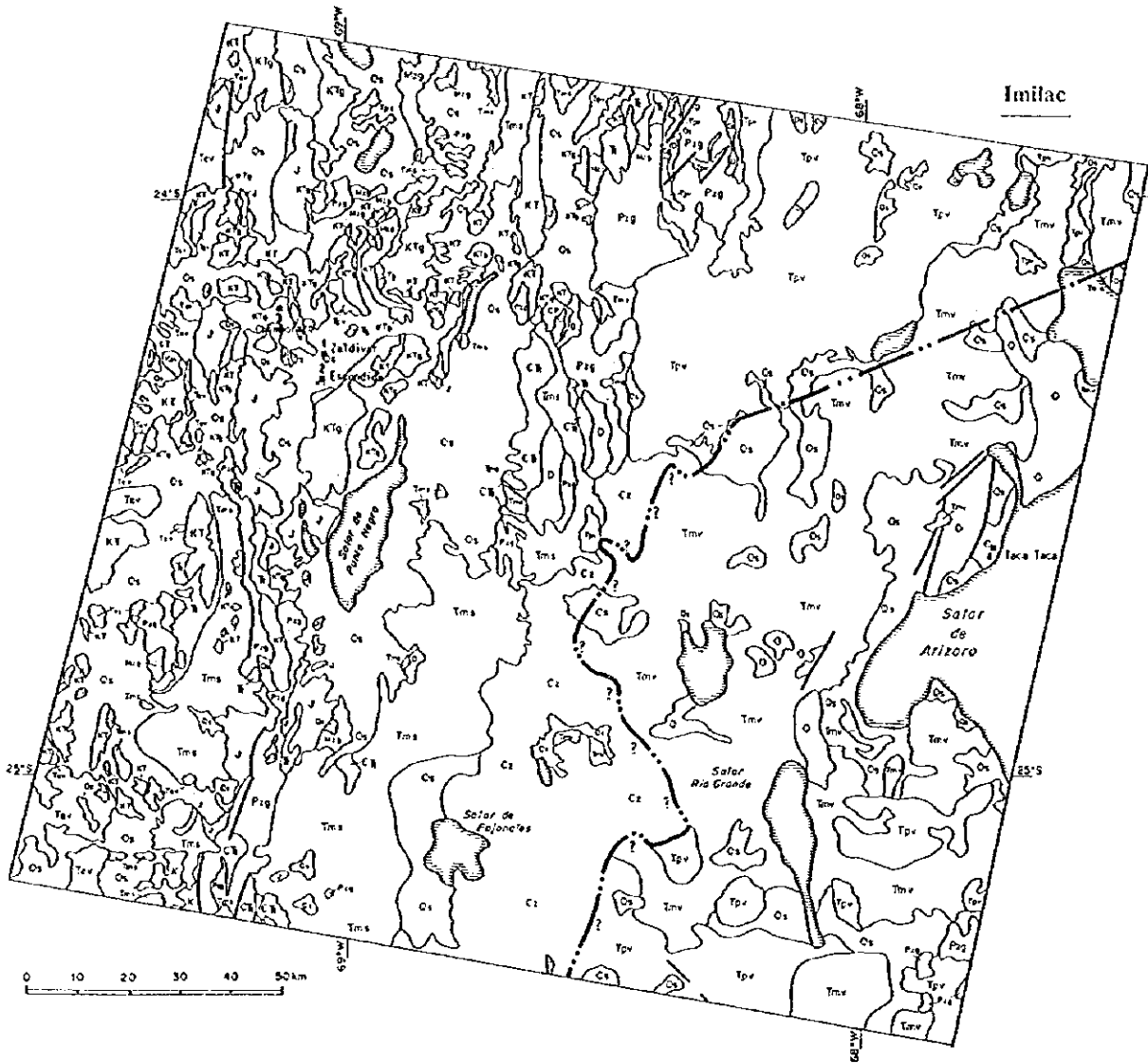
5.3 Imilac 地区

5.3.1 既存資料からまとめた地質・鉱床概要

(1) 地質及び地質構造

本地区の地質は、下位から上位に次の 13 ユニットから構成される。それらはオルドビス系、デボン系、石炭系～三畳系、三畳系、ジュラ系、白亜系、白亜系～第三系、未区分新生界、古第三紀火山岩類、中新世堆積岩類、中新世火山岩類、鮮新世火山岩類及び第四紀堆積物である。また、これらのユニット中に貫入する火成岩類として、古生代貫入岩類、中生代貫入岩類及び中生代～新生代貫入岩類の 3 種類がある。

- ・オルドビス系(O)：本系は海成堆積物及びこれらの変成岩類からなる。なお、一部に石英安山岩～流紋岩からなる火山岩類を含む。本系は東部の Salar de Arizaro の西側に分布する。
- ・デボン系(D)：本系は、珪岩、グレイワッケ、砂岩、千枚岩、粘板岩、片岩、頁岩、礫岩などからなり、古生代の貫入岩類及び石炭～三畳系とともに分布する。
- ・石炭系～三畳系(CTR)：本系は凝灰岩、溶結凝灰岩、流紋岩及び石英安山岩からなり、中央部山地付近に分布する。
- ・三畳系(TR)：本系は砂岩、頁岩、礫岩などからなり、流紋岩質～安山岩質溶岩及び角礫岩を含む。本系は南西部において N-S 方向で帯状に分布する。
- ・ジュラ系(J)：本系は砂岩、石灰岩、マール、頁岩、礫岩及びチャートの堆積岩類からなる。また、主として安山岩溶岩及び同質凝灰岩の火山岩・火山砕屑岩層を含む。さらに、一部に流紋岩、石英安山岩及び粗面岩が挟まれる。
- ・白亜系(K)：本系は安山岩、石英安山岩、流紋岩、粗面岩、凝灰岩、溶結凝灰岩などの火山岩類を主とし、石灰質堆積物を挟在する。本系は南西端部に分布する。
- ・白亜系～第三系(KT)：白亜紀から第三紀の安山岩、流紋岩、石英安山岩及び同質凝灰岩からなり、頁岩、砂岩、石灰岩、礫岩などの薄層を間に挟む。西部に分布する。
- ・未区分新生界(Cz)：本界はチリ側に分布し、古第三紀～鮮新世の火山岩類をすべて一括している。これと接するアルゼンティン側のユニットは、中新世～鮮新世の安山岩、石英安山岩、玄武岩及び溶結凝灰岩からなる。なお、本ユニットの構成岩類の K-Ar 年代は、ほとんどが 2～10Ma(Boric, 1990)の範囲にあり、それらは後期中新世から鮮新世に形成されたものである。
- ・古第三紀火山岩類(Tev)：本岩類は暁新世から始新世の流紋岩、玄武岩及び溶結凝灰岩からなり、海成の砂岩・石灰岩などの堆積岩類を含む。西部に分布する。



凡例

- | | | |
|-----|-----------------------|--------------------|
| 新生代 | O₂ | 第四系(堆積岩を主体とする地層) |
| | Tp_v | 中新世~最新世火山岩を主体とする地層 |
| | Tmv | 中新世火山岩を主体とする地層 |
| | Tms | 中新世堆積岩を主体とする地層 |
| | Tev | 晩新世~最新世火山岩を主体とする地層 |
| 中生代 | C₂ | 未区分断生界 |
| | K_T | 白垩系~第三系 |
| | K | 白垩系 |
| | J | ジュラ系 |
| 古生代 | R | 三疊系 |
| | CT | 石炭系~三疊系 |
| | D | デボン系 |
| 震入岩 | O | オルドビス系 |
| | K_Ta | 中生代~新生代震入岩 |
| | M₂a | 中生代震入岩 |
| | P₂a | 古生代震入岩 |
- 断層
- 主要鉱床
 1: Zaldivar
 2: Escondida
 3: Dhuimborazo
 4: Taca Taca

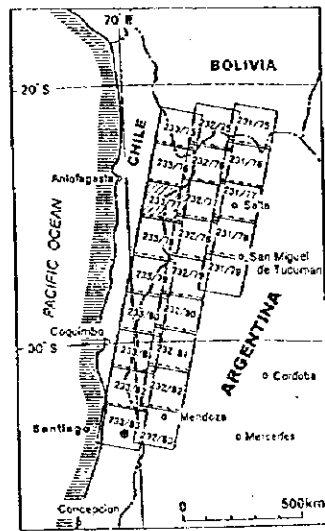


図 15 Imilac 地区地質図

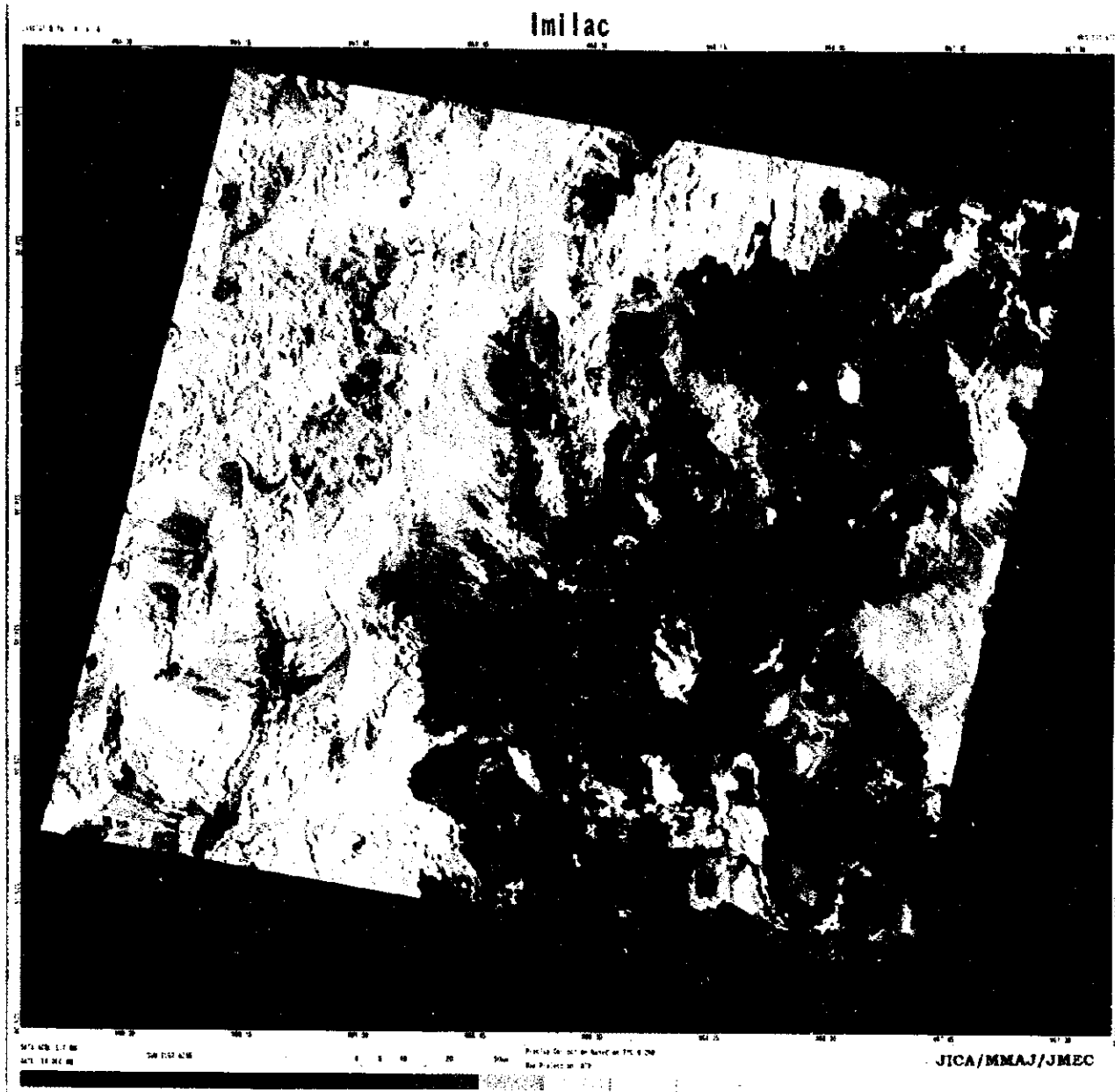


図 16 Imilac 地区 LANDSAT TM フォールスカラー合成画像



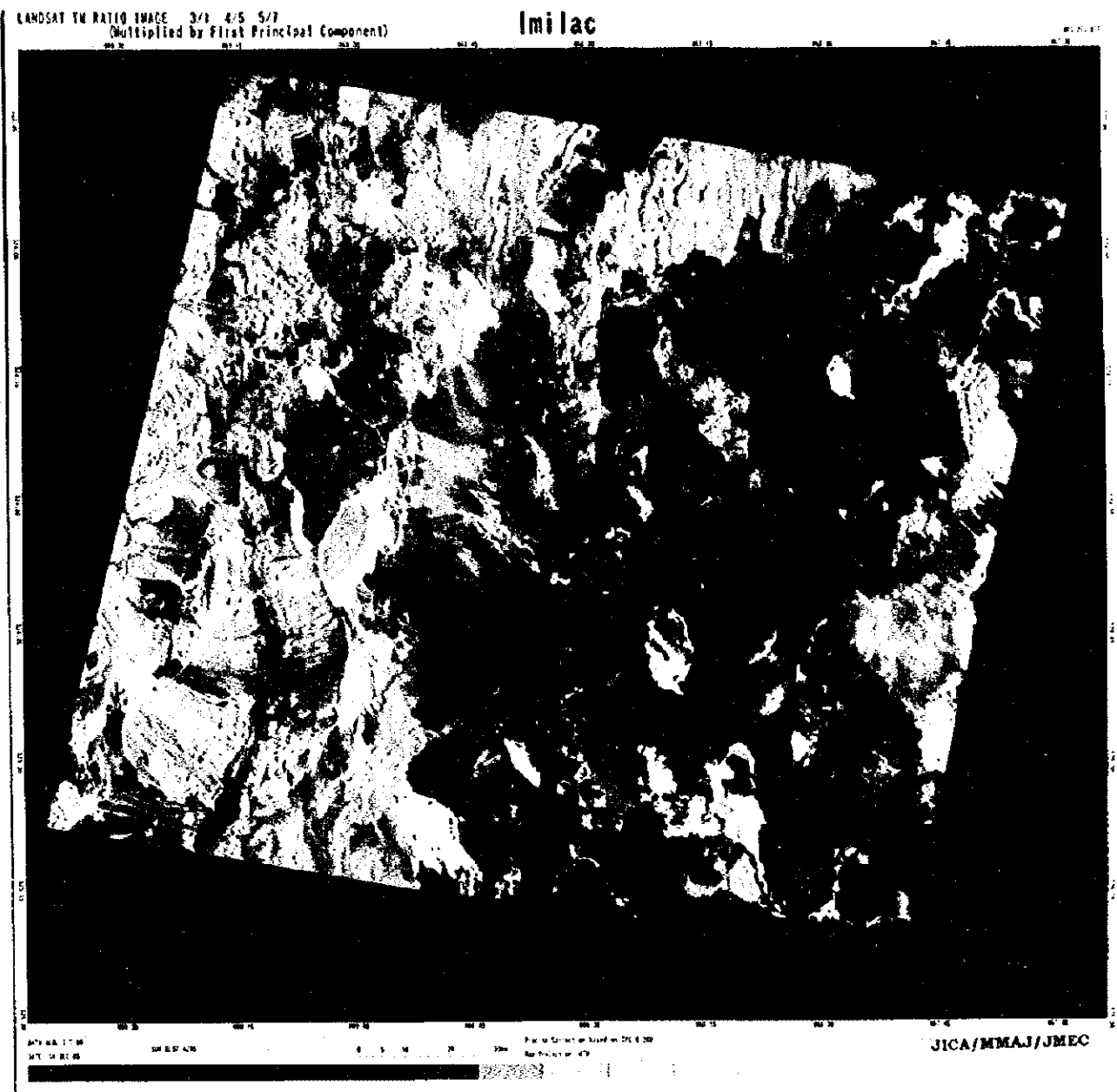


图 17 Imilac 地区 LANDSAT TM 比演算处理画像



- ・中新世堆積岩類(Tms)：本岩類は砂岩，シルト岩，頁岩及び泥岩からなり，一部では漸新世の礫岩，砂岩，シルト岩などの陸成の堆積岩類を含む。本岩類は Salar de Punta Negra 及び Salar de Pajonales 付近に広く分布する。
- ・中新世火山岩類(Tmv)：本岩類は，流紋岩，石英安山岩，安山岩などの溶岩と集塊岩や溶結凝灰岩からなる。本岩類は東部のアルゼンティン領土内を広く被覆している。
- ・鮮新世火山岩類(Tpv)：本岩類は，鮮新世から更新世の溶結凝灰岩，石英安山岩及び凝灰岩からなり，一部で陸成の堆積岩層を挟む。本地区ではチリ領北東部及びアルゼンティン領南部を広く被覆する。
- ・第四紀堆積物(Qs)：本堆積物は，河成，湖沼成，氷河成，風成，沖積成，崩積成，ラハールなどの種々の堆積物よりなり，Salar de Punta Negra 付近に広く分布する。
- ・古生代貫入岩類(Pzg)：本岩類は，古生代の主として花崗岩ないし花崗閃緑岩からなる。本岩類は，西部及び中央部付近に認められ，ほぼ N-S 系の帯状分布を示す。なお，アルゼンティン側では石炭紀の花崗岩，花崗閃緑岩及びモンゾニ岩からなる。
- ・中生代貫入岩類(Mzg)：ジュラ紀から第三紀に貫入した酸性から塩基性の深成岩類～半深成岩類であり，西部で小岩体として分布する。
- ・中生代～新生代貫入岩類(KTg)：本岩類は，白亜紀～第三紀の酸性から塩基性までの種々の深成岩類～半深成岩類を含み，北西部に小岩体として多数分布する。

本地区は西部のプリンシパル山脈構造区と東部のプーナ・アルチプラーノ構造区からなる。それらの特徴は次のとおりである。

プリンシパル山脈構造区では，N-S 系及び NE-SW 系の断層が卓越する。古生代の堆積岩類，貫入岩類及びジュラ紀の堆積岩類は Salar de Punta Negra の北東方及び西方の 2 地区に分布し，西方域では N-S 系のドメイコ断層沿いに帯状に露出する。また，ジュラ紀～第三紀の花崗岩類及び火山岩類は，プリンシパル山脈構造区全域に分布している。なお，中新世の陸成堆積岩類は Salar de Punta Negra 及び Salar de Pajonales 付近を広く被覆している。

プーナ・アルチプラーノ構造区では，南東部に石炭紀の花崗岩類が分布し，北東部にブロック化されたオルドビス紀の堆積岩類が分布する。これ以外の地域では中新世以降の火山岩類(溶結凝灰岩を含む)が N-S 方向で広く被覆し，低地を第四紀堆積物が被覆する。古生界中には N-S～NE-SW 系の正断層が認められる。

(2) 鉱床

本地区では次の 3 回の鉱化作用が知られている。(a) 後期古生代～三疊紀のものでチリ領内の花崗岩類を母岩とする鉱脈型の銅鉱化作用，(b) 南西部の白亜紀末から古第三紀の流紋岩～閃緑岩を母岩とする鉱脈型の金・銀鉱化作用及び(c) 後期古第三紀に貫入した斑

岩類を関係火成岩とする、ポーフイリー銅床を形成した銅鉛化作用である。

・La Escondida(C61)：世界最大級のポーフイリー銅床の 1 つであり、西部に位置する。地質は下部白亜紀の堆積岩類(砂岩・石灰岩・頁岩など)及び上部白亜紀～古第三紀の石英安山岩類・安山岩類からなり、それらに貫入した後期白亜紀から古第三紀の斑岩類を伴っている。鉛化時期はチュキカマタ鉛山とほぼ同時期の 31～35Ma(Sillitoe, 1991)とされ、鉛床は"West Fissure"上に位置する。鉛床規模は 4.5km(NW-SE)×1～3km(NE-SW)であり、18 億 t(Cu 1.59%, Cut off 0.7%Cu)が見込まれている。

・Zaldivar：本鉛床は La Escondida 鉛床の北側 5km に位置し、それと同一の鉛化作用によって形成されている。鉛化・変質帯の規模は 1.2km×0.7km×250m であり、埋蔵鉛量は 316 百万 t(0.89Tcu%)が見込まれている。

・Chimborazo(C54)：Zaldivar の北西 10km に最近発見されたポーフイリー銅床である。詳細は不明である。

・Taca Taca(A35)：アルゼンティン領内の Salar de Arizaro の北西方に位置するポーフイリー型鉛床である。古生代の堆積岩類とオルドビス紀の花崗岩類を母岩とし、鉛床生成年代は石炭紀(323±5Ma, Sillitoe, 1977)とされている。鉛化変質帯は強いフリック変質を受けている。これまで 9 本の試錐が行われており、19 百万 t(Cu 0.29% Mo 0.08%)が見込まれている。

・Cachinal de la Sierra(C66)：南西端部に位置し、N15～20°W の走向を示す鉛・亜鉛鉛脈型鉛床である。暁新世の流紋岩及び閃緑岩を母岩とし、鉛床生成年代は K-Ar 法により暁新世末から始新世初期(56～61Ma, Boric, 1990)とされている。

・El Guanaco(C68)：南西端部に位置し、前述の Cachinal de la Sierra(C66)の南西に位置する。N70～85°W の走向からなる鉛脈型鉛床であり、黄鉄鉛・黄銅鉛を主とし、硫砒銅鉛及びエレクトラムを伴う。暁新世の流紋岩及び流紋岩質凝灰岩を母岩とし、鉛化年代は Cachinal de la Sierra と同じ 56～61Ma(Boric, 1990)とされている。

5.3.2 地質単元

本地区の範囲内に分布する岩石と堆積物は合計で 25 種類の地質単元に区分された(巻末資料 2)。それらのうち 16 種類の地質単元がオルドビス系から鮮新統までの変成岩類、堆積岩類、火山岩類に対比可能であり、1 種類の地質単元が変質帯と判定された。また、3 種類の地質単元が第四系の未固結堆積物と火山岩類に相当し、5 種類の地質単元がシルル紀

～デボン紀、ジュラ紀、後期ジュラ紀～前期第三紀、後期白亜紀～前期第三紀及び第三紀に生成した貫入岩体からなる。各地質単元の分布位置や伸長方向などを巻末資料 3 に示す。

5.3.3 変質帯

本地区の範囲内には変質帯の特徴を示す部分が多数認められ、合計 100 箇所て大小多様な変質帯が判読・抽出された。それらの分布位置には明瞭な偏在性が認められ、主として北西部と北東部～中央部～南部の国境地帯にまとまって存在する。特に、北西部には約 40%が集中しており、かつ規模の大きいものが多い。

地質単元との関係を見ると、北西部の変質帯は、後期ジュラ紀から前期第三紀に生成した花崗岩質岩類(地質単元 γjt , γkt)や暁新統～始新統の火山岩類(同 E_v)の縁辺部に位置することが多い。一方、国境地帯の 3 つの領域で認められた変質帯は、中新統、鮮新統、第四系の火山岩類(同 Miv , Plv , Qv)とシルル紀～デボン紀に生成した花崗岩質岩類(同 γp)の分布域に位置する。

個々の変質帯の多くは 1×2 km 程度の楕円状または不規則なアメーバ状の平面形態を呈している。北西部、北東部及び南西端部には 2×2 km の拡がりを示す比較的規模の大きいものが集中する傾向にあり、北西部で最大規模のものは 5×10 km を超える広さがある。

本地区の変質帯内に分布する既知鉱床、鉱化帯としては、チリ側で Chimborazo(ポーフイリーカッパー大鉱床、変質帯番号 AA3019 : 以下同じ)、La Escondida(ポーフイリーカッパー鉱床、AA3023)、Tres Amigos(AA3026)、Escondida(鉛・銀鉱脈、AA3042)、El Guanaco など(金・銀・銅鉱脈、AA3045)、Inesperada(金鉱脈、AA3046)が、アルゼンティン側で Taca Taca(ポーフイリーカッパー鉱床、AA3061)がある。

5.3.4 リニアメント

本地区の範囲内では、判読・抽出されたリニアメントの分布や方向について以下のような特徴が認められる。

(1) 本地区の中央部一帯から東部にかけての広い地域には中新統、鮮新統及び第四系の火山噴出物が卓越し、その山間盆地には大規模なプラヤが形成されている。また、中央部山地の西側には第四系の未固結堆積物からなる平坦地が広がっている。このような地域ではリニアメントはほとんど抽出されていない。リニアメントが判読・抽出された地域は主として中生界と第三系の堆積岩類・火山岩類や古生代の花崗岩質岩類の分布域であり、北西部、南西部、中央部～北部及び北東部などの一部地域に限られている。全域にわたって分布密度は高くない。

(2) 長さが 50 km 以上の大規模なものは、南西部において NNW-SSE 方向を示すものが 1

本のみ認められ、それによってその部分の地質構造が大きく規制されている。それ以外では 20~30km 程度の長さのものが相対的に長く、それらは一般に N-S の伸長方向を示すが、それらの分布密度も低い。

(3) 長さが 5km 以下の小規模なりニアメントは NW-SE と NE-SW の 2 系統に分けられ、それらは全般に散在している。

(4) 衝上断層を示すリニアメントは、N-S と NNE-SSW 方向に伸長する 2 本についてのみ判定された。それらは南西部に位置し、NNW-SSE 方向の大規模なりニアメントに切れ、その部分を境に断層面の傾斜方向が西側から東側へと変化している。南側に位置するリニアメントは 40km 以上連続して本地区の範囲外へ延びている。

5.3.5 褶曲構造・環状構造

本地区の範囲内ではベッディングの発達した堆積岩類からなる地質単元の分布が限られているが、ベッディングの挙動を把握できる部分が多く、全体において 25 箇所で褶曲構造が抽出された。背斜と向斜の内訳は 20 と 5 であり、本地区の範囲では背斜が地形に良く反映されているといえる。これらの構造は北西部、北部及び南東部に分かれて存在しており、N-S~NNE-SSW または NNW-SSE 方向の軸を有する。一般に褶曲構造の連続性は乏しく、褶曲軸の長さは 3~5km 程度にすぎない。北西部では主としてジュラ系が、北部ではデボン系・漸新統から中新統が、及び南東部では中新統のそれぞれの堆積岩類がこれらの構造を形成している。南東部の構造の波長は約 5km である。

一方、本地区の範囲内では環状構造が判読・抽出されなかった。しかしながら、東半部に広く分布する、中新世、鮮新世及び第四紀に活動した火山の中心付近には平均直径が 2~3km のカルデラと同 0.5~1km 程度の火口が多数認められた。南東部に位置する鮮新世の火山の場合では直径が約 5km のカルデラが形成されている。

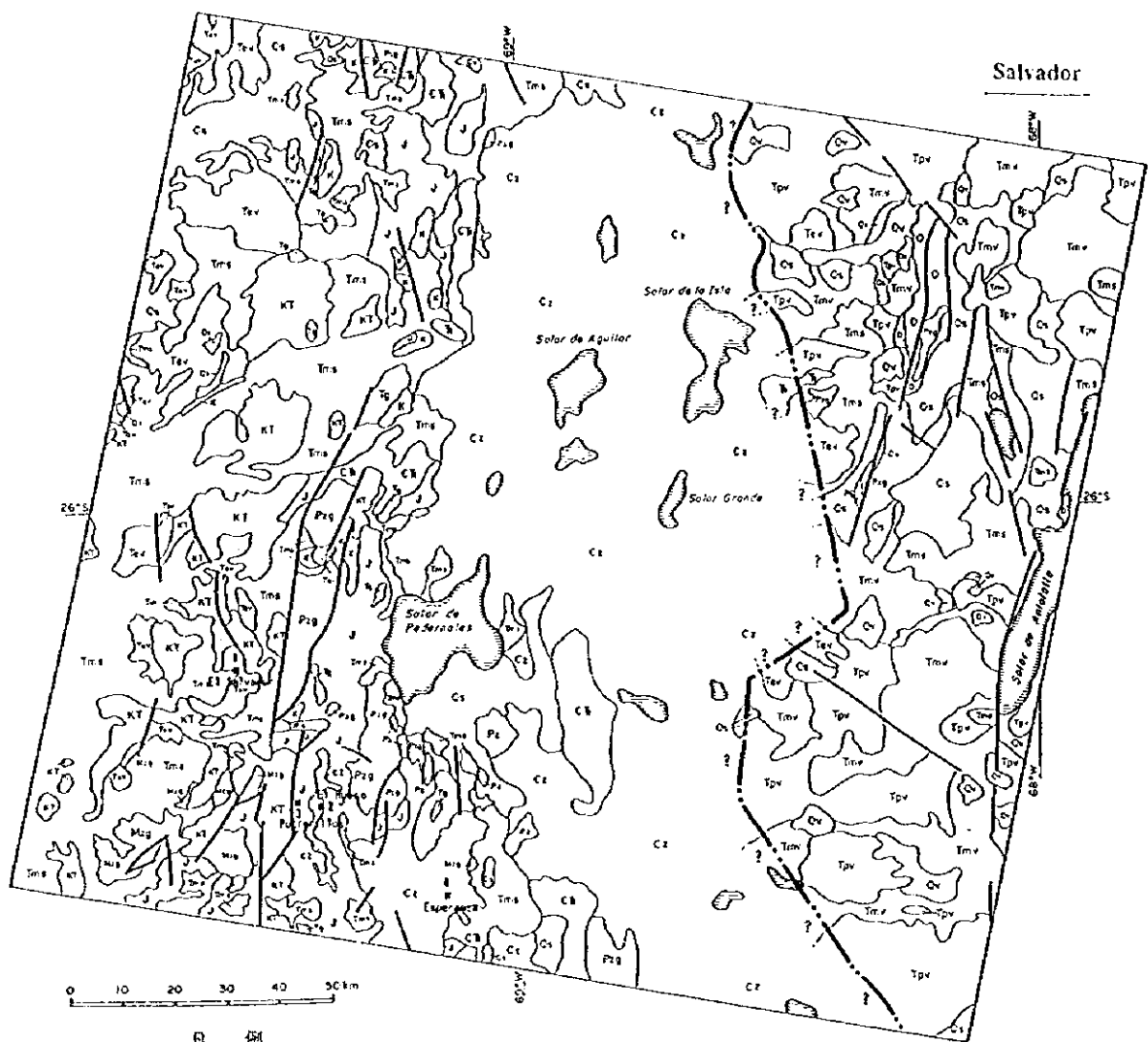
5.4 Salvador 地区

5.4.1 既存資料からまとめた地質・鉱床概要

(1) 地質及び地質構造

本地区の地質は、下位から上位に次の 17 ユニットから構成される。それらは先カンブリア系、オルドビス系、デボン系、ペルム系、未区分古生界、石炭系~三畳系、三畳系、ジュラ系、白亜系、白亜系~第三系、未区分新生界、古第三紀火山岩類、中新世堆積岩類、中新世火山岩類、鮮新世火山岩類、第四紀堆積物及び第四紀火山岩類である。また、これらのユニット中に貫入する火成岩類として、古生代貫入岩類、中生代貫入岩類及び新生代貫入岩類の 3 種類がある。

- ・先カンブリア系(PC)：本系は片岩・片麻岩・角閃岩及び大理石からなり、アルゼンティン領土東部の N-S 系断層沿いに小岩体として分布する。
- ・オールドビス系(O)：本系は海成堆積物及びその変成岩類からなる。なお、一部に石英安山岩及び流紋岩からなる火山岩類を含む。
- ・デボン系(D)：本系は海成の堆積岩類、変堆積岩類、石灰岩、火山岩類及び火山砕屑岩類からなり、北東部に分布する。
- ・ペルム系(P)：本系は頁岩、粘板岩、砂岩、礫岩及び石灰岩からなる。
- ・未区分古生界(Pz)：本系は、時代未詳の変砂岩、粘板岩、千枚岩、片岩、変塩基性岩、蛇紋岩、片麻岩、角閃岩などからなる。
- ・石炭系～三畳系(CTR)：本系は凝灰岩、溶結凝灰岩、流紋岩及び石英安山岩からなり、西部に分布する。
- ・三畳系(TR)：本系は、砂岩、頁岩、礫岩などからなる。なお、チリ-アルゼンティン国境付近に分布する本系は凝灰岩及び流紋岩質斑岩からなる。
- ・ジュラ系(J)：本系は、砂岩、石灰岩、マール、頁岩、礫岩及びチャートの堆積岩類からなる。また、火山岩類・火山砕屑岩類として安山岩溶岩及び同質凝灰岩が含まれる。本系は西部において N-S 方向で帯状に分布する。
- ・白亜系(K)：本系は安山岩、石英安山岩、流紋岩、粗面岩、凝灰岩、溶結凝灰岩などの火山岩類を主とし、石灰質堆積物を挟在する場合がある。
- ・白亜系～第三系(KT)：白亜紀から第三紀の主として火山岩類・火山砕屑岩類が西部に広く分布する。これらは、安山岩、流紋岩、石英安山岩及び同質凝灰岩からなり、頁岩、砂岩、石灰岩、礫岩などの薄層を間に挟む。
- ・未区分新生界(Cz)：本系はチリ側に広く分布し、古第三紀～鮮新世の火山岩類をすべて一括している。これと接するアルゼンティン側のユニットは、漸新世～第四紀の安山岩、石英安山岩、玄武岩及び溶結凝灰岩からなる。
- ・古第三紀火山岩類(Tev)：本岩類は暁新世から始新世の流紋岩、玄武岩及び溶結凝灰岩からなり、海成の砂岩・石灰岩などの堆積岩類を一部含む。本岩類は白亜紀～第三紀火山岩類(KT)と共に西部に分布し、東部ではチリ-アルゼンティン国境付近に分布する。
- ・中新世堆積岩類(Tms)：本岩類は、砂岩、シルト岩、頁岩及び溶結凝灰岩からなる。白亜紀～古第三紀の火山岩類の周囲に堆積しており、西部に広く分布する。
- ・中新世火山岩類(Tmv)：本岩類は石英安山岩、安山岩、玄武岩及び溶結凝灰岩からなる。東部のアルゼンティン領内を広く被覆しているが、チリ領内では未区分新生界(Cz)として一括されている。なお、西部では中新世の火山岩類は分布しない。
- ・鮮新世火山岩類(Tpv)：本岩類は安山岩、玄武岩及び溶結凝灰岩からなる。東部のアルゼンティン領内に中新世火山岩類と共に卓越して分布する。
- ・第四紀堆積物(Qs)：本堆積物は河成、湖沼成、氷河成、風成、沖積成、崩積成、ラハールなどの種々の堆積物からなり、北西部に主として分布する。



凡例

- | | | |
|---------|-----|--------------------|
| 新第三紀 | Qv | 第四系(火山岩を主体とする地層) |
| | Qs | 第四系(堆積岩を主体とする地層) |
| | Tpv | 中新世～鮮新世火山岩を主体とする地層 |
| | Tmv | 中新世火山岩を主体とする地層 |
| | Tms | 中新世堆積岩を主体とする地層 |
| | Tev | 晚新世～漸新世火山岩を主体とする地層 |
| | Cz | 未区分新第三系 |
| 中生代 | KT | 白堊系～第三系 |
| | K | 白堊系 |
| | J | ジュラ系 |
| | B | 三畳系 |
| | CT | 石炭系～三畳系 |
| 石炭代 | P | ペルム系 |
| | D | デボン系 |
| | O | オルドビス系 |
| 先カンブリア紀 | Pz | 未区分古生界 |
| | PC | 先カンブリア系～カンブリア系 |
| 侵入岩 | Tg | 新第三紀侵入岩 |
| | Mz | 中生代侵入岩 |
| | Pz | 古生代侵入岩 |
- 〓 地層
 ■ 主要鉱床
 1: El Salvador
 2: El Hueso
 3: Potrerillos
 4: Esperanza

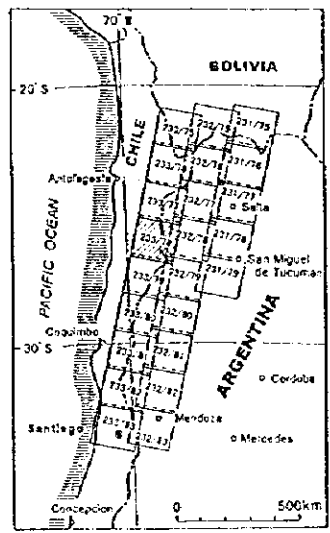


図 18 Salvador 地区地質図



図 19 Salvador 地区 LANDSAT TM フォールスカラー合成画像



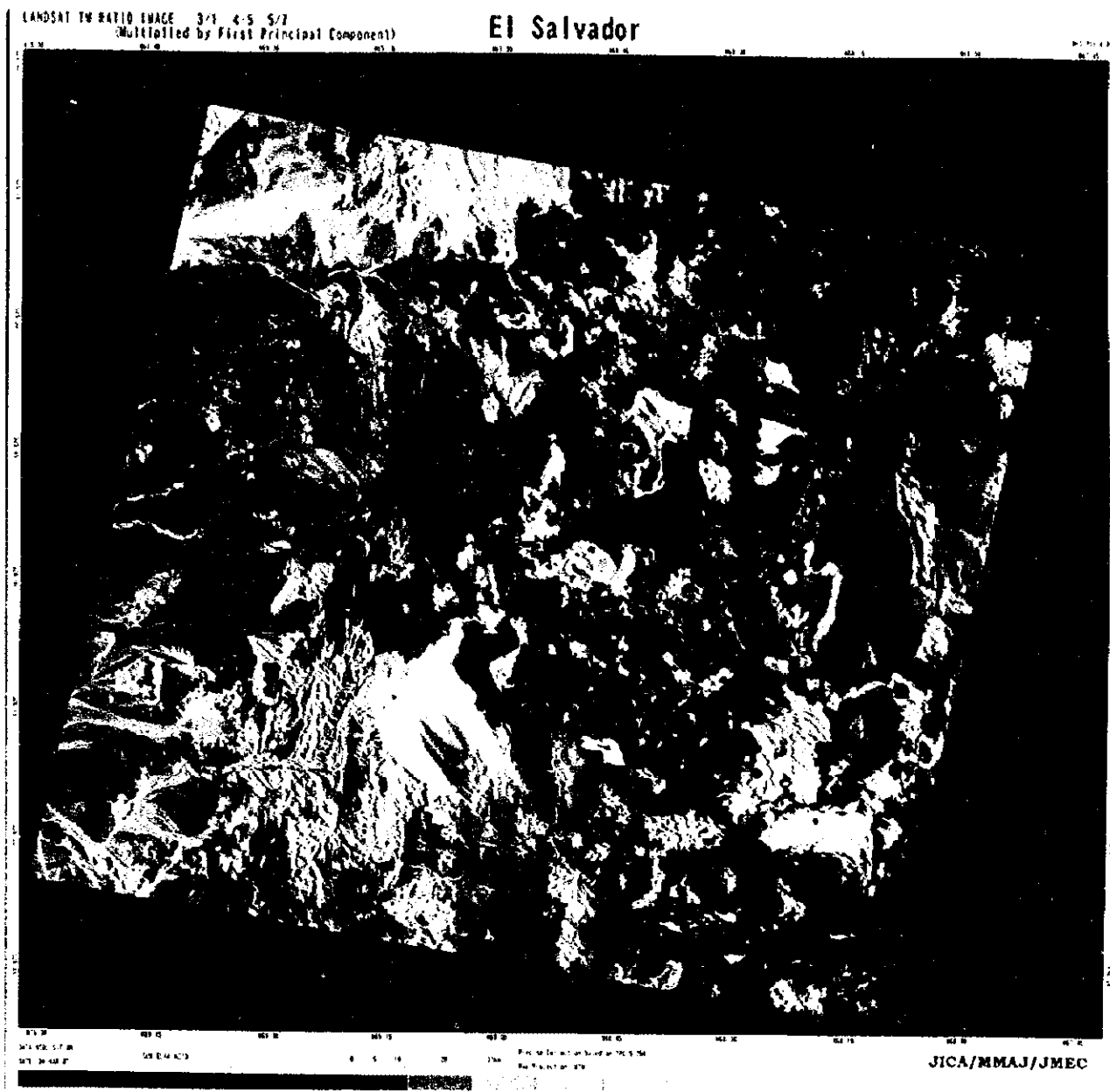


图 20 Salvador 地区 LANDSAT TM 比演算处理画像



- ・第四紀火山岩類(Qv)：本岩類は安山岩から石英安山岩の溶岩からなり、北東部のチリ・アルゼンティン国境付近に分布する。
- ・古生代貫入岩類(Pzg)：本岩類は、変成を受けた深成岩類～半深成岩類からなり、西部の N-S 系の断裂沿いに N-S 方向で帯状に分布する。また、チリ・アルゼンティン国境付近に分布する本岩類は石炭紀の花崗岩類からなる。
- ・中生代貫入岩類(Mzg)：本岩類は南西部に分布し、白亜紀の深成岩類～半深成岩類からなる。
- ・新生代貫入岩類(Tg)：本岩類は、古第三紀の酸性から塩基性までの種々の深成岩類～半深成岩類を含み、西部のドメイコ断層沿いに小岩体として分布する。

本地区は西端部の山間盆地構造区、西部のプリンシバル山脈構造区及び中央部～東部のプーナ・アルチプレーノ構造区の 3 つの構造区からなる。それらの特徴は次のとおりである。

山間盆地構造区には、白亜紀～古第三紀の火山岩類及び第三紀の堆積岩類が広く分布する。この構造区では漸新世以降の火山岩類は認められない。

プリンシバル山脈構造区では、N-S 系の構造(ドメイコ断層)が卓越する。古生代の堆積岩、貫入岩類及びジュラ紀の堆積岩類は、Salar de Pedernales 西側の N-S 系の構造沿いに N-S 方向で帯状に分布する。また、白亜紀～第三紀にかけて火成活動が活発となり、本構造区全域にかけて火山岩類や深成岩類が広く分布する。

プーナ・アルチプレーノ構造区とプリンシバル山脈構造区の境界は Salar de Pedernales 付近に位置する。アルゼンティン側では N-S 及び NW-SE 系の構造が卓越し、これらのうち N-S 系の構造に沿って Salar de Antofalla が N-S 方向で分布する。この地域では古生代(先カンブリア系含む)の変成岩類及び貫入岩類が断裂系沿いに分布する以外は、古第三紀以降の火山岩類に広く被覆されている。チリ側の地域では明瞭な構造はない。

(2) 鉍 床

本地区の鉍床はチリ側のドメイコ断層付近に集中し、東部のプーナ・アルチプレーノ構造区には認められない。鉍床タイプは鉍脈型のものが多い。鉍種は北部では金・銀を、南部では銅を主とするものが多い。ドメイコ断層付近に位置する鉍脈型鉍床の走向は、ドメイコ断層と平行な N-S 系が多く、これより西側の地区に分布する鉍脈の走向は NW-SE～E-W 系の走向を示すものが多い。これら鉍脈型鉍床の多くは、白亜紀～古第三紀の火山岩類を母岩とする。

本地区で特筆すべき鉍床としては、ポーフイリー・カッパー鉍床の 1 つである El Salvador 鉍床がある。また、南部のドメイコ断層東側には金・銀を含む鉍脈型～ストッ

クワーク型の Potrerillos や Esperanza 鉱床があり、これらの鉱化時期は始新世～中新世とされている。

・ El Salvador(C89) : 本鉱床はドメイコ断層の西約 10km に位置する。地質は後期白亜紀の安山岩溶岩と堆積岩類及びこれらに貫入した古第三紀の花崗閃緑岩と石英斑岩の複合岩体からなり、これらを古第三紀の火山岩類が不整合で覆う。鉱床は石英斑岩を関係火成岩とし、鉱床生成年代は始新世(41～43Ma, Sillitoe, 1991)とされている。

変質帯は 5×7km の広範囲に及び、変質帯の中心ではセリサイト、カオリナイト、明礬石及びパイロフィライトからなる。鉱量は 521 百万 t(Cu 1.05%)が推定されている。

・ Potrerillos(C95) : 本鉱床は金・銅を伴うストックワーク型の鉱床であり、ジュラ紀から白亜紀の石灰岩に貫入した Cobra 斑岩を関係火成岩とする。鉱化時期は始新世(Colby, 1989)とされ、前述の El Salvador 鉱床とほぼ同時期である。鉱床の規模は 50 百万 t(Cu 0.88%)が推定されている。

・ El Hueso(C93) : 本鉱床は、Potrerillos の南東 7km のところに位置する。16MT, 1.68g/tAu の鉱量、品位を有する。鉱床は、ジュラ系の石灰岩と始新統の火山岩類及びそれらの中に貫入する珪長質斑岩中に胚胎する。鉱床母岩は強度の珪化及び粘土変質を被っている。鉱床は、幅 100m, 長さ 600m の規模を有する。地表から約 60m は酸化帯をなし、細粒の自然金と赤鉄鉱、ジャロサイトが認められる。初生の硫化鉱物としては黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、斑銅鉱、黄銅鉱、輝水鉛鉱などが産出する。

・ Esperanza(C102) : 南部に位置し、金・銅を伴うストックワーク～鉱脈型の鉱床である。ジュラ紀の堆積岩類を母岩とし、鉱床生成年代は漸新世から中新世(Colby, 1989)とされるが、関係火成岩は明らかにされていない。変質帯は 5×3km の広がりをもつ、モンモリロナイト変質帯、カオリナイト変質帯及びプロピライト変質帯からなる。

5.4.2 地質単元

本地区の範囲内に分布する岩石と堆積物は合計で 24 種類の地質単元に区分された(巻末資料 2)。それらのうち 16 種類の地質単元が原生界から鮮新統までの変成岩類、堆積岩類、火山岩類に対比可能であり、1 種類の地質単元が変質帯と判定された。また、3 種類の地質単元が第四系の未固結堆積物と火山岩類に相当し、4 種類の地質単元がシルル紀～デボン紀、前期白亜紀及び第三紀に生成した貫入岩体からなる。各地質単元の分布位置や伸長方向などを巻末資料 3 に示す。

5.4.3 変質帯

本地区の山地には変質帯の特徴を示す部分が多く認められ、39箇所の変質帯が判読・抽出された。それらは北西部、北部、中央部、南部及び南西部にややまとまって分布する。東部一帯のアルゼンティン側ではほとんど分布せず、3箇所のみが抽出された。大局的には国境の西側のチリ領土内(中央部～北部)での分布密度が高い。

北西部と南西部の変質帯は、主として第三紀に生成した花崗岩質岩類(地質單元 γ t)や火山岩類(上部白亜系～第三系及び暁新統～始新統：同 KTv, Ev)の分布域または周辺部に位置する。一方、北部から中央部で認められた変質帯は、鮮新統や第四系の火山岩類の分布域に位置する。また、南部の3箇所の変質帯は中新統の火山岩類(同 Miv)中に見出されている。

個々の変質帯の多くは 1×2 km 程度の楕円状または不規則なアメーバ状の平面形態を呈しており、中央部では1箇所の変質帯が5～15個の個々の変質帯から構成されている。南部には単一では最大規模のものが抽出されており、 5×10 km の広さがある。

本地区の変質帯内に分布する既知鉱床・鉱化帯としては、チリ側で Petronila(金・銀・銅鉱床、変質帯番号 AA4012：以下同じ)、La Salvador(ポーフイリーカッパー鉱床、AA4013)、Esperanza(金鉱床、AA5023)がある。

5.4.4 リニアメント

本地区の範囲内では、判読・抽出されたリニアメントの分布や方向について以下のような特徴が認められる。

- (1) 本地区の中央部一帯には中新統、鮮新統及び第四系の火山噴出物が広範囲に卓越しており、山間盆地には広大なプラヤが形成されている。また、西部一帯の山麓部とその前面の平坦地には第四系の未固結堆積物が広く覆っている。このような地域ではリニアメントがほとんど抽出されていない。リニアメントが判読・抽出された地域は主として中生界と第三系の堆積岩類や古生代の花崗岩質岩類の範囲であり、北西部、南西部、南部、北東部及び東部などの一部地域に限られている。
- (2) 長さが 50km 以上の大規模なものは認められず、20～30km 程度の長さのものが相対的に長く、それらは一般に N-S～NNE-SSW の伸長方向を示す。
- (3) 主要な方向に斜交するリニアメントは NW-SE と NE-SW の2系統に分けられ、それらの長さは概して 2～5km 程度である。全般に散在しており、分布位置については特定の傾向は認められない。
- (4) 衝上断層を示すリニアメントは、NNE-SSW 方向に伸長する3本について判定された。それらは南西部に位置し、長さは 15～30km である。

5.4.5 褶曲構造・環状構造

本地区の範囲内ではベディングの発達した堆積岩類や火山岩類の分布が限られており、全体において 14 箇所のみで褶曲構造が抽出された。背斜と向斜の内訳は 7 と 7 である。これらの構造は西部と東部に分かれて存在しており、N-S~NNE-SSW 方向の軸を有する。西部における褶曲構造の連続性は乏しい。石炭系~三疊系、下部白亜系、上部白亜系~下部第三系の火砕岩類がこれらの構造を形成していると考えられる。

一方、本地区の範囲内では環状構造が判読・抽出されなかった。しかしながら、西経 69°00' 以東に広く分布する、中新世、鮮新世及び第四紀に活動した火山の中心付近には平均直径が 2~10km のカルデラと同 0.5~1km 程度の火口が多数認められた。南東部に位置する鮮新世の火山の場合では直径が約 20km の大規模な複式カルデラが形成されている。

5.5 Francisco 地区

5.5.1 既存資料からまとめた地質・鉱床概要

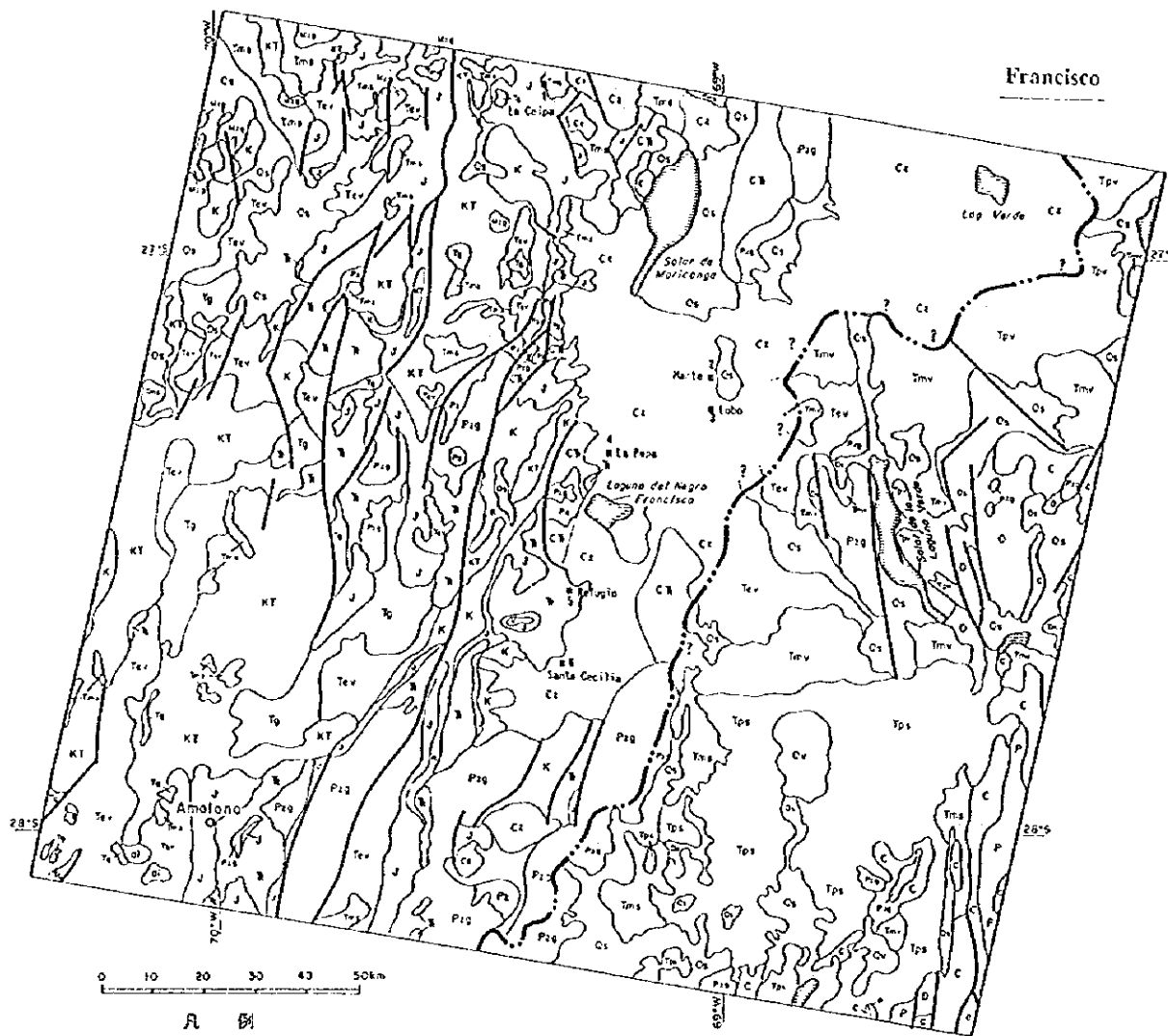
(1) 地質及び地質構造

本地区の地質は、下位から上位に次の 16 ユニットから構成される。それらはオルドビス系、デボン系、石炭系、ペルム系、未区分古生界、三疊系、ジュラ系、白亜系、白亜系~第三系、未区分新生界、古第三紀火山岩類、中新世堆積岩類、中新世火山岩類、鮮新世火山岩類、第四紀堆積物及び第四紀火山岩類である。また、これらのユニット中に貫入する火成岩類として、古生代貫入岩類、中生代貫入岩類及び新生代貫入岩類の 3 種類がある。

- ・オルドビス系(O)：本系は海成堆積物及びこの変成岩類からなる。なお、一部に石英安山岩~流紋岩からなる火山岩類を含む。
- ・デボン系(D)：本系はグレイワッケ、砂岩、礫岩及び頁岩からなり、南東端部においてブロック化された小岩体として分布する。
- ・石炭系(C)：本系は礫岩、アルコース砂岩、砂岩及び赤色頁岩からなり、南東部に石炭系・デボン系とともに分布する。
- ・ペルム系(P)：本系は礫岩、アルコース砂岩及び赤色頁岩からなり、南東部に分布する。
- ・三疊系(TR)：本系は砂岩、礫岩、頁岩などの堆積岩と安山岩、流紋岩及びこれらの火砕岩類からなる。本系は中央部付近に広く分布する。
- ・ジュラ系(J)：本系は、砂岩、石灰岩、マール、頁岩、礫岩及びチャートの堆積岩類からなる。また、火山岩類・火山砕屑岩類は、主として安山岩溶岩及び同質凝灰岩から構成され、一部で流紋岩、石英安山岩及び粗面岩を挟む。本系は西部に広く分布する。

- ・白亜系(K)：本系は堆積岩類として砂岩、石灰岩、マール及び頁岩を含む。また、火山岩類としては安山岩、石英安山岩、流紋岩、粗面岩、凝灰岩及び溶結凝灰岩が認められ、これら火山岩類中に石灰質堆積物を挟在する場合がある。
- ・白亜系～第三系(KT)：白亜紀から第三紀の主として火山岩類・火山砕屑岩類が西部に広く分布する。これらは、安山岩、流紋岩、石英安山岩及び同質凝灰岩からなり、頁岩、砂岩、石灰岩、礫岩などの薄層を間に挟む。なお、一部の地域では玄武岩(アルカリ玄武岩ないしソレアイト)質集塊岩、角礫岩、凝灰岩などが分布する。
- ・未区分新生界(Cz)：本界はチリ側に広く分布し、古第三紀～鮮新世の火山岩類をすべて一括している。これと接するアルゼンティン側のユニットは、漸新世～鮮新世の安山岩、石英安山岩、玄武岩及び溶結凝灰岩からなる。
- ・古第三紀火山岩類(Tev)：本岩類は暁新世から始新世の流紋岩、玄武岩及び溶結凝灰岩からなり、海成の砂岩・石灰岩などの堆積岩類を挟む。本岩類は白亜紀から第三紀の火山岩類(KT)と共に西部に分布し、東部ではチリ-アルゼンティン国境付近に分布する。
- ・中新世堆積岩類(Tms)：本岩類は、砂岩、シルト岩、頁岩及び溶結凝灰岩からなり、西部に主として分布する。
- ・中新世火山岩類(Tmv)：本岩類は石英安山岩、安山岩、玄武岩及び溶結凝灰岩からなる。それらは東部のアルゼンティン領内を広く被覆しているが、チリ領内では前述の未区分新生界(Cz)として一括されており、本岩類は分布しない。
- ・鮮新世堆積岩類(Tps)：本岩類は礫岩、砂岩及び凝灰岩からなり、南東部を広く被覆する。
- ・鮮新世火山岩類(Tpv)：本岩類は安山岩、玄武岩及び溶結凝灰岩からなり、北東部に主として分布する。
- ・第四紀堆積物(Qs)：本堆積物は、河成、湖沼成、氷河成、風成、沖積成、崩積成、ラハールなどの種々の堆積物からなり、北西部に主として分布する。
- ・第四紀火山岩類(Qv)：本岩類は安山岩～石英安山岩の溶岩からなり、南東部に分布する。
- ・古生代貫入岩類(Pzg)：本岩類は、変成を受けた深成岩類～半深成岩類からなり、中央部の N-S 系の断裂沿いに同方向で帯状に分布する。また、チリ-アルゼンティン国境付近に分布する本岩類はペルム紀～三疊紀の花崗岩、花崗閃緑岩及び花崗斑岩からなる。
- ・中生代貫入岩類(Mzg)：本岩類は北西部に分布し、主として白亜紀の深成岩類～半深成岩類からなる。
- ・新生代貫入岩類(Tg)：本岩類は、古第三紀の酸性から塩基性までの種々の深成岩類～半深成岩類を含み、西部に小岩体として分布する。

本地区は、西部を占めるプリンシパル山脈構造区と東北部を占めるプーナ・アルチプラーノ構造区及び東部を 4 つに区分したフロントアル山脈、プレコルディジェラ、パンペアン山脈、トランスパンペアンネス山脈構造区の 6 つの構造区からなる。本地区では地質と構造区が明確に対応しないため、(a) 西部のプリンシパル山脈構造区、(b) 中央部～東部のプ



0 10 20 30 40 50km

凡例

- | | | |
|-----|------------|--------------------|
| | Qu | 第四系(火山岩を主体とする地層) |
| | Os | 第四系(堆積岩を主体とする地層) |
| 新生代 | Tpv | 中新世～鮮新世火山岩を主体とする地層 |
| | Tps | 中新世～鮮新世堆積岩を主体とする地層 |
| | Tmv | 中新世火山岩を主体とする地層 |
| | Tms | 中新世堆積岩を主体とする地層 |
| | Tev | 暎新世～漸新世火山岩を主体とする地層 |
| | Cz | 未区分断生界 |
| 中生代 | Kt | 白堊系～第三系 |
| | K | 白堊系 |
| | J | ジュラ系 |
| | h | 三疊系 |
| | P | ペルム系 |
| 古生代 | C | 石炭系 |
| | D | デボン系 |
| | O | オルドビス系 |
| 真入岩 | Tg | 新生代真入岩 |
| | Mg | 中生代真入岩 |
| | Pg | 古生代真入岩 |
| | — | 断層 |
| | ■ | 主要鉱床 |
| | | 1: La Coipa |
| | | 2: Marte |
| | | 3: Lobo |
| | | 4: La Pepa |
| | | 5: Refugio |
| | | 6: Santa Cecilia |

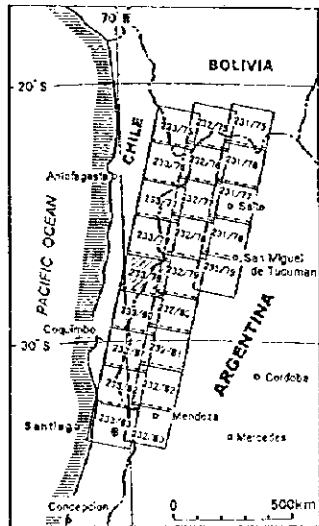


図 21 Francisco 地区地質図

Laguna del Francisco



図 22 Francisco 地区 LANDSAT TM フォールスカラー合成画像



5

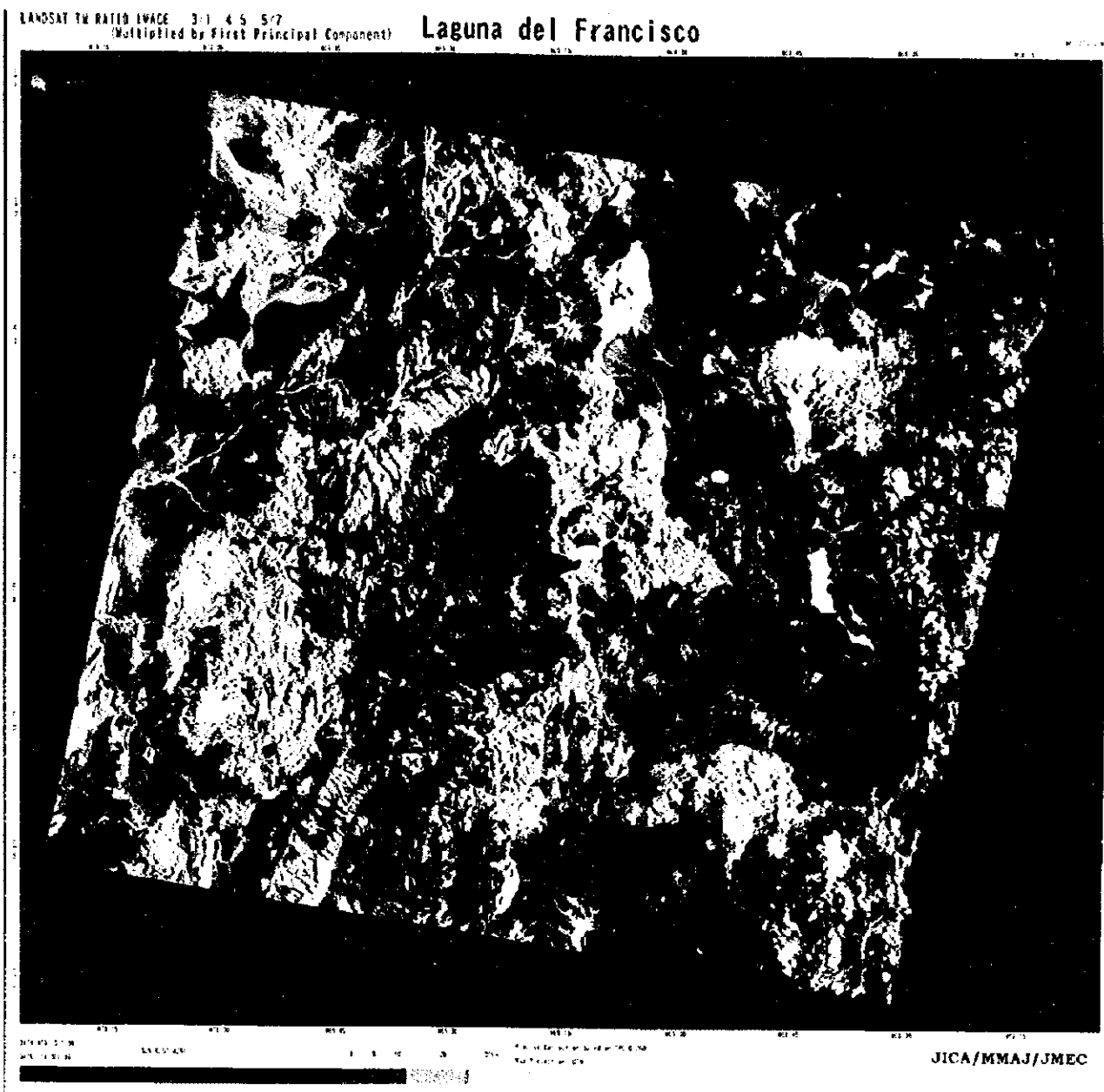


图 23 Francisco 地区 LANDSAT TM 比演算处理图像



ーナ・アルチプラーノ、フロントアル山脈及びプレコルディジェラ構造区、(c) 東部のパンベアン山脈及びトランスパンベアン山脈構造区の3つに分類して述べる。

(a) プリンシパル山脈構造区の東部では N-S 系の構造が明瞭であり、この断裂に沿って古生代の堆積岩類(Pz, CTr)、貫入岩類(Pzg)及び中生代の堆積岩類、火山岩類(TR, J, K)が N-S 方向で帯状に分布する。また、西部ではジュラ紀以降の堆積岩類が分布する。白亜紀～古第三紀にかけて火成活動が活発となり、本構造区全域に火山岩類(KT, Tev)及び貫入岩類(Mzg, Tg)が分布する。なお、本地区では中新世以降の火山岩類は認められない。なお、(b)とは Laguno del Negra Francisco 付近を境界とする。

(b) プーナ・アルチプラーノ、フロントアル山脈及びプレコルディジェラ構造区では、ペルム紀～三畳紀の花崗岩、花崗閃緑岩及び花崗斑岩がチリ・アルゼンティン国境付近において N-S 方向で帯状に分布すること、中生代の堆積岩類、火山岩類及びこれらを被覆する第三紀以降(主として中新世以降)の火山岩類及び堆積岩類が分布することが特徴である。構造は西部では NNE-SSW 系が、東部では NNW-SSE 系が卓越する。なお、東側の(c)とは Salar de la Laguna Verde 付近を境界とする。

(c) パンベアン山脈及びトランスパンベアン山脈構造区では、古生代の堆積岩類が主として分布する。石炭紀～ペルム紀の堆積岩類が広く分布し、これらにペルム紀～三畳紀の花崗岩類が貫入する。中生代の堆積岩類は分布せず、北部では第三紀以降の火山岩類が被覆する。主な構造は古生代の堆積岩類中に認められ、N-S～NNW-SSE 系の断裂系が卓越する。

(2) 鉱床

本地区には多数の鉱脈型、ストックワーク型及びマント型の鉱床が分布しており、これらのほとんどは西部のプリンシパル山脈構造区に分布する。鉱床の分布は鉱床タイプから大きく2つに分類することができる。1つは西部の N-S 系の断裂よりも西側に分布する鉱床群であり、鉱脈、マント型及び不規則塊状型の金・銀及び銅を伴う鉱床からなる。この地域はジュラ紀～古第三紀の火山岩及び貫入岩類からなり、暁新世から漸新世に生じた鉱化帯(Sillitoe, 1992)に対応する。もう1つは N-S 系断裂の東側に分布するストックワーク型及び浅熱水性型(鉱染状)の鉱床であり、Marte, Lobo, Refugio 鉱床などがある。これらは中新世前期から中期の火成活動に伴う金鉱化作用が生じた地域であり、マリクンガ・ベルトと呼ばれる。なお、本地区南方の El Indio 鉱床(A7)を含む地域をエルインディオ・ベルトと呼び、同時期の金鉱床生成区とされている。

・ La Coipa(C126)：北部に位置する金・銀及び銅を伴う浅熱水性鉱床である。三畳紀の堆積岩類を母岩とし、漸新世末から中新世に貫入した石英斑岩を関係火成岩とする。鉱床生成年代は 22～23Ma(Sillitoe, 1991)とされている。変質帯はモンモリロナイト及びカオリナイトからなり、一部で石英、明礬石及びジャロサイトを伴う。鉱量は 52 百万 t(Au

1.58g/t Ag 60.4g/t)が予想されている。

・ Marte(C161), Lobo(C168) : 中央部に位置し、金を伴うストックワーク型鉱床である。Marte 鉱床の南方に Lobo 鉱床があり、地質・鉱床形態は同様であるため両鉱床をまとめて呼ぶ場合もある。鉱床は閃緑斑岩、閃緑岩及び安山岩溶岩を母岩とし、鉱床生成年代は 13~14Ma(Deavidson, 1991)とされている。埋蔵鉱量は 46 百万 t(Au 1.43g/t, cut-off Au 0.5g/t)が予想されている。

・ La Pepa(C167) : 銅を伴う浅熱水金鉱脈(High Sulfidation)である。母岩は主として安山岩質火山岩類である。含有金量約 15t の中規模鉱床である。

・ Refugio(C191) : 金を伴うストックワーク型鉱床であり、Marte, Lobo 鉱床の南西方に位置する。漸新世から中新世の閃緑岩及び石英閃緑岩を母岩とし、鉱床生成年代は 22Ma(Deavidson, 1991)とされている。埋蔵鉱量は 216 百万 t(Au 0.88g/t cut-off Au 0.5g/t)が予想され、1994 年に開発が開始された。なお、本鉱床の約 30km 東方の Laguna Verde 付近(アルゼンティン領)では同様の変質帯が 1994 年に発見されており、探鉱が進められている。

・ Amolanas(C236) : 南西端部に位置し、銅を伴うマント型鉱床である。鉱体はジュラ紀(?)の流紋岩を母岩とし、走向延長 1,050m が確認されている。鉱量は 6.6 百万 t(Cu 1.74%)が予想されている。

5.5.2 地質単元

本地区の範囲内に分布する岩石と堆積物は合計で 28 種類の地質単元に区分された(巻末資料 2)。それらのうち 18 種類の地質単元がオルドビス系から鮮新統までの変成岩類、堆積岩類、火山岩類に対比可能であり、1 種類の地質単元が変質帯と判定された。また、5 種類の地質単元が第四系の未固結堆積物と火山岩類に相当し、4 種類の地質単元がシルル紀~デボン紀、ペルム紀~三疊紀、前期白亜紀及び第三紀に生成した貫入岩体からなる。各地質単元の分布位置や伸長方向などを巻末資料 3 に示す。

5.5.3 変質帯

本地区の範囲内では 59 箇所の変質帯が判読・抽出された。それらの分布位置には明瞭な偏在性があり、北西部と中央部一帯に大半が認められた。中央部一帯では北部から南部までの概ね N-S 方向を示す山地に位置し、幅が約 50km の地帯にまとまって配列している。特に、本地区の中心部における分布密度は高い。

地質単元との関係を見ると、北西部の変質帯は主として第三紀の花崗岩質岩類(地質単元γt)や暁新統～始新統の火山岩類(同 Ev)の分布域または周辺部に位置する。これに対し、中央部一帯で認められた変質帯の大部分は中新統の火山岩類(同 Miv)の分布域に位置しており、その時期の火山活動と密接に関連していることを示唆している。

個々の変質帯の規模は変化に富んでおり、1×2km程度から最大では5×12kmの楕円状または不規則なアメーバ状の平面形態を呈している。地区の中心部では30×30kmの範囲に大小多数の変質帯が集中している。

本地区の変質帯内に分布する既知鉱床・鉱化帯としては、チリ側で Esperanza(金鉱床、変質帯番号 AA5005：以下同じ)、Enriqueta(含銅角礫パイプ、AA5009)、Emilia など(金・銀・銅鉱床、AA5011)、Cerro del Bonite(銀鉱床、AA5015)、Rajitos de Oro など(金・銅鉱床、AA5016)、Remales(銀鉱床、AA5020)、La Coipa(浅熱水金鉱床、AA5030)、Marte(ストックワーク金鉱床、AA5032)、Lobo など(ストックワーク金鉱床、AA5033)、Soledad(金鉱床、AA5034)、Pepa(ストックワーク金鉱床、AA5036)、Pantanillo(金鉱床、AA5042)、Laguna Verde(ポーフイリーカッパー鉱床、AA5044)、Refugio(ストックワーク金鉱床、AA5046)、Sta. Cecilia(ストックワーク金鉱床、AA5052)、Aldebaran(ポーフイリーカッパー鉱床、AA5055)がある。

5.5.4 リニアメント

本地区の範囲内では、判読・抽出されたりニアメントの分布や方向について以下のような特徴が認められる。

- (1) 西半部では多数のりニアメントが抽出され、北西部では分布密度が高いが、東半部で広く分布する中新統、鮮新統及び第四系の火山噴出物の範囲からはほとんど抽出されていない。
- (2) 規模の大きいりニアメントの長さは20km以上あり、大局的にはNNE-SSW方向に伸長している。この方向は西半部の構成岩類の一般的な伸長方向にほぼ一致している。
- (3) 主要なりニアメントに斜交または直交し、相対的に規模の小さいものの伸長方向はNW-SEとNE-SWの2系統に分けられる。これらは北西部では複雑に交錯して分布しており、南東部ではNE-SW方向のものが卓越している。
- (4) 衝上断層を示すりニアメントは、NNE-SSW方向に伸長する3本について判定された。それらは中央部山地の西縁と南東端部に位置しており、極めて連続性に富む。長さは50km以上あり、そのうちの2本は本地区の南側の範囲外へ延びている。

5.5.5 褶曲構造・環状構造

本地区の範囲内ではベディングの発達した堆積岩類や火山岩類の分布面積が狭く、全

体において 10 箇所のみで褶曲構造が抽出された。背斜と向斜の内訳は 4 と 6 であり、本地区ではほぼ同程度で判定された。これらの構造は中央部～西部に偏在しており、いずれも NNE-SSW 方向の軸を有する。一般に三疊系、ジュラ系、白亜系～第三系の構成岩類がこれらの構造を形成している。

一方、本地区の範囲内では 7 箇所で環状構造が判読・抽出された。それらのうち、4 箇所は西部に露出する上部白亜系～下部第三系の火山岩類の分布域に位置する。また、東半部に広く分布する、中新世、鮮新世及び第四紀に活動した火山の中心付近には直径 2～5km のカルデラと同 0.5～1km 程度の火口が多数認められた。

5.6 Puntilla 地区

5.6.1 既存資料からまとめた地質・鉱床概要

(1) 地質及び地質構造

本地区の地質は、下位から上位に次の 16 ユニットから構成される。それらは先カンブリア系～カンブリア系、未区分古生界、オルドビス系、デボン系、石炭系、ペルム系、三疊系、ジュラ系、白亜系、白亜系～第三系、古第三紀火山岩類、中新世堆積岩類、中新世火山岩類、鮮新世火山岩類、第三紀～第四紀堆積物及び第四紀堆積物である。また、これらのユニット中に貫入する火成岩類として、古生代貫入岩類及び新生代貫入岩類の 2 種類がある。

- ・先カンブリア系～カンブリア系(PC)：本系は、主として雲母片岩と角閃石片麻岩からなり、角閃岩、大理石、ミグマタイトなどを伴う。一部にマイロナイト化作用が認められる。
- ・未区分古生界(P_z)：本界は、時代未詳の変砂岩、粘板岩、千枚岩、片岩、変塩基性岩、蛇紋岩、片麻岩、角閃岩などからなる。
- ・オルドビス系(O)：本系は、石英質ないし長石質砂岩、頁岩、礫岩、千枚岩、チャート、石灰岩などの堆積岩類を主とする。また、アルゼンティン側では、石英安山岩質火山岩・凝灰岩類からなる地域がある。なお、本系の一部はシルル系を含む。
- ・デボン系(D)：本系は、珪岩、グレイワッケ、砂岩、千枚岩、粘板岩、片岩、頁岩、礫岩などからなる。
- ・石炭系(C)：本系は、頁岩、粘板岩、砂岩、礫岩、珪質シルト岩、石灰岩などからなる。
- ・ペルム系(P)：本系は、頁岩、粘板岩、砂岩、礫岩、石灰岩などからなる。
- ・三疊系(TR)：本系は、砂岩、頁岩、礫岩などからなり、一部で流紋岩質～安山岩質溶岩及び角礫岩が含まれる。

- ・ジュラ系(J)：本系は、堆積岩類と火山岩類・火山砕屑岩類からなる。堆積岩類は、砂岩、石灰質砂岩、石灰岩、マール、頁岩、礫岩、チャートなどである。火山岩類・火山砕屑岩類は、主として安山岩溶岩及び同質凝灰岩であり、一部で流紋岩、石英安山岩及び粗面岩が含まれる。
- ・白亜系(K)：本系は、堆積岩類と火山岩類・火山砕屑岩類からなる。堆積岩類は、石灰質砂岩、石灰岩、頁岩、マールなどである。この堆積岩層の中に、安山岩、安山岩質凝灰岩類が挟在する。また、それら以外の火山岩類・火山砕屑岩類は、流紋岩、石英安山岩、粗面岩及び同質凝灰岩類である。
- ・白亜系～第三系(KT)：白亜紀～第三紀の主として火山岩類・火山砕屑岩類が一部に分布する。これらは、安山岩、流紋岩、石英安山岩及び同質凝灰岩類からなり、頁岩、砂岩、石灰岩、礫岩などの薄層を挟む。
- ・古第三紀火山岩類(Tev)：本岩類は、主として流紋岩、玄武岩溶岩と溶結凝灰岩からなる。一部で石灰岩、砂岩、集塊岩層を挟む。
- ・中新世堆積岩類(Tms)：本岩類は、砂岩、シルト岩、頁岩及び泥岩からなる。
- ・中新世火山岩類(Tmv)：本岩類は、流紋岩、石英安山岩、安山岩などの溶岩と集塊岩からなる。
- ・鮮新世火山岩類(Tpv)：本岩類は、安山岩、流紋岩、玄武岩などの溶岩、溶結凝灰岩、凝灰岩からなる。なお、一部で堆積岩類を挟む。
- ・第三紀～第四紀堆積岩類(TQs)：本岩類は、砂岩、石灰質砂岩、石灰岩、礫岩、シルト岩などからなる。
- ・第四紀堆積物(Qs)：本堆積物は、河成、湖沼成、氷河成、風成、沖積成、崩積成、ラハールなどの種々の堆積物からなる。
- ・古生代貫入岩類(Pzg)：本岩類は、古生代の主として花崗岩ないし花崗閃緑岩からなるが、酸性から塩基性までの種々の深成岩類～半深成岩類を含む。本岩類は、チリ・アルゼンティン国境の西側(チリ側)に幅数 10km で広く分布する。また、国境の東側(アルゼンティン側)では、チリ領内に分布する本岩類の数 10km 東方を N-S 方向で幅 30～40km にわたって露出する。
- ・新生代貫入岩類(Tg)：本岩類は、第三紀の酸性から塩基性までの種々の深成岩類～半深成岩類を含む。本岩類は、花崗閃緑岩、閃緑岩、モンソニ岩を主とし、西端部におおむね N-S 方向で断続的に分布している。

本地区は西から東へ次の 3 地質区からなる：(a) プリンシパル山脈構造区、(b) フロントアル山脈構造区、(c) プレコルディジェラ構造区。それらの特徴は次のとおりである。

(a) プリンシパル山脈構造区は西側を占め、主として未区分古生界堆積岩類(Pz)、ジュラ系(J)、白亜系～第三系(KT)、中新世火山岩類(Tmv)などからなり、これらはおおむね N-



凡例

- | | | |
|---------|-----|---|
| | Qs | 第四系(堆積岩を主体とする地層) |
| | TCs | 第三系~第四系(堆積岩を主体とする地層) |
| 新生代 | Tpv | 中新世~最新世火山岩を主体とする地層 |
| | Tmv | 中新世火山岩を主体とする地層 |
| | Tms | 中新世堆積岩を主体とする地層 |
| | Tev | 更新世~最新世火山岩を主体とする地層 |
| 中生代 | KI | 白亜系~第三系 |
| | K | 白亜系 |
| | J | ジュラ系 |
| | B | 三畳系 |
| 古生代 | P | ペルム系 |
| | C | 石炭系 |
| | D | デボン系 |
| | O | オルドビス系 |
| 先カンブリア紀 | Fz | 先カンブリア系 |
| | P-C | 先カンブリア系~カンブリア系 |
| 貫入岩 | Tg | 新生代貫入岩 |
| | P-g | 古生代貫入岩 |
| | — | 断層 |
| | ■ | 主要鉱床
1. La Melvecia
2. Arcollanas |

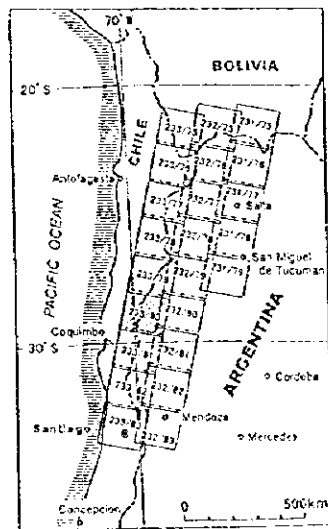


図 24 Puntilla 地区地質図

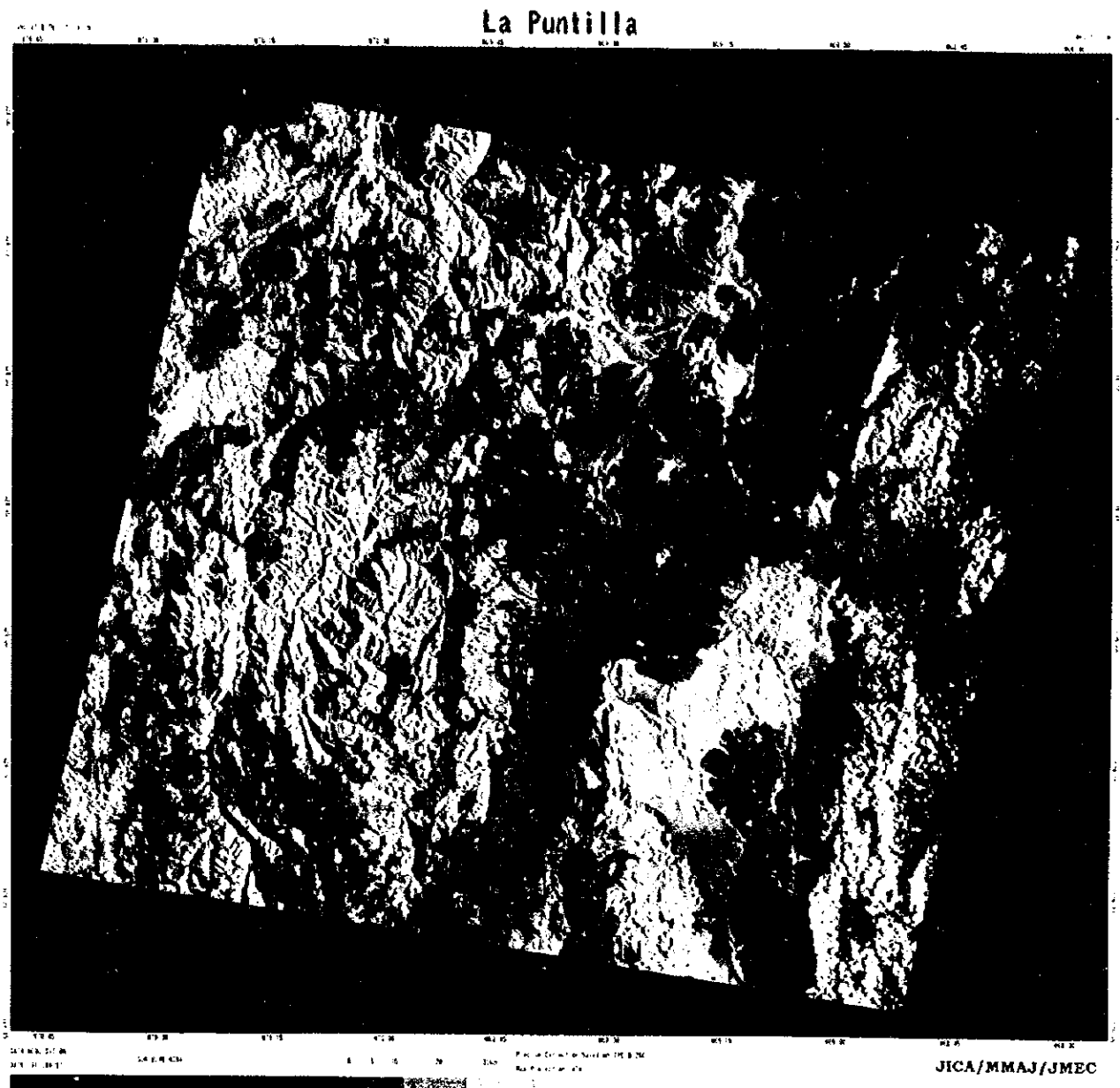


図 25 Puntilla 地区 LANDSAT TM フォールスカラー合成画像



LANDSAT TM RATIO SWAGE 3:1 4:5 5:7
Multiplied by First Principal Component

La Puntilla

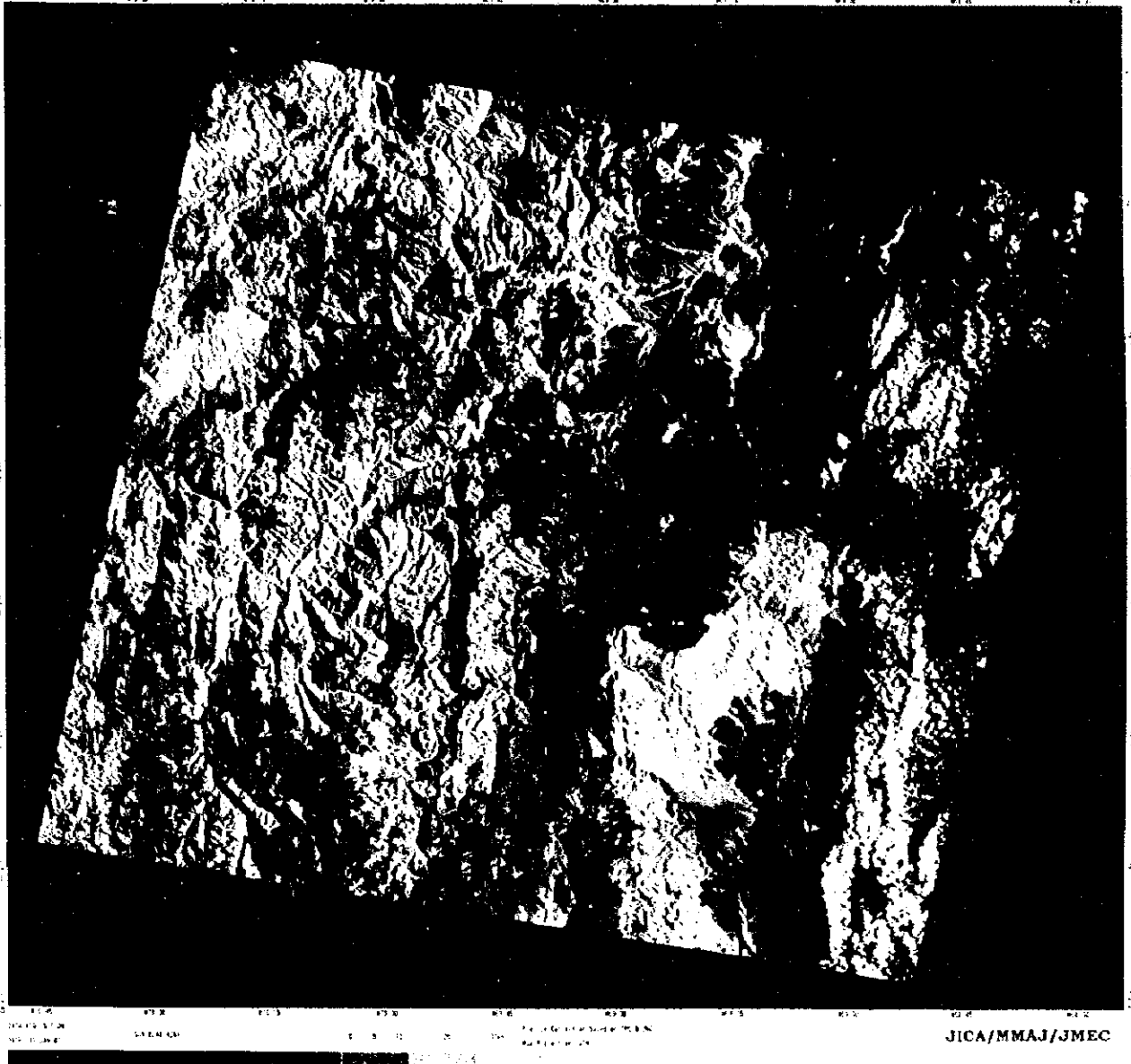


图 26 Puntilla 地区 LANDSAT TM 比演算处理画像



S 走向を示す。これらの地層中に古生代貫入岩類(Pzg)と新生代貫入岩類(Tg)が広く貫入している。これらは主として N-S 系(一部 NNE 系)の断層によって切られている。断層の大部分は正断層であるが、一部には衝上断層も認められる。本構造区はアンデス山脈の中央部を占め、古生代の造山運動と中生代～新生代に生じたアンデス造山運動の 2 回の造山運動を経て形成されたものである。

(b) フロントアル山脈構造区には第三紀火山岩類(Tmv, Tpv)と堆積岩類(Tms)が比較的広く N-S 方向で帯状に分布する。チリとの国境地帯では古生代貫入岩類(Pzg)が帯状に分布する。この地域の地層は、主として N-S 系の衝上断層によって切断されている。本構造区の地質構造は、古生代の造山運動によって形成され、新生代のアンデス造山運動によって再度活性化されたものである。

(c) プレコルディジェラ構造区はアルゼンティン側の東部を占める。東端部に近い La Rioja 州 Guandacol の周辺に本地区の最下部層に相当する先カンブリア系～カンブリア系(PC)が露出し、その西側に、主としてオルドビス系(O)、デボン系(D)、石炭系(C)、未区分古生界堆積岩類(Pz)などの古生界が広く分布する。この地帯の山間の河川沿い低地は、第三紀～第四紀堆積物と第四紀堆積物に覆われる。また、この地帯の中に前述の新生代貫入岩類が幅 30～40km で N-S 方向で帯状に分布する。本構造区の地層は主として N-S 系の断層によって切られている。また、これらの地層には N-S 方向の軸を持つ褶曲(向斜、背斜)が認められる。主要構造は、鮮新世～更新世のアンデス造山運動によって現在のように形成されたと考えられている。

(2) 鉱床

本地区では、広域的には 3 回の鉱化作用が知られている：(a) 後期原生代～前期古生代のもので、主として、アルゼンティン側において東部の先カンブリア～カンブリア系の分布地域に認められ、花崗岩質貫入岩体に伴うもの。(b) 主としてチリ領内、一部アルゼンティン領内のアンデス地帯における後期古生代及び後期中生代～鮮新世の鉱化作用。カルクアルカリ岩質火山活動に伴うもので、ポーフィリー・銅・鉛・亜鉛・銀・タングステン、銅、鉛・亜鉛などの多金属鉱脈鉱床などを代表とする。(c) 更新世～現世の火山活動に伴うもの。以下に、代表的な鉱床の産状を記述する。

・ La Helvecia(A76)：アルゼンティンの La Rioja 州に位置する鉛・亜鉛鉱脈型鉱床である。古生代(オルドビス紀)の石灰岩とその上位の堆積岩類(石炭紀～ペルム紀)を母岩とし、第三紀安山岩、モンゾニ岩、閃緑岩などが貫入する。鉱石鉱物は方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱、四面銅鉱、黄鉄鉱を主とする。脈石鉱物は石英、重晶石、方解石などからなる。体坑が多数ある。残存鉱量約 36 万 t、品位は Pb8.3%、Zn18.8%、Ag91g/t 程度である。なお、この他に、Las Carachas, Yegua Pircada, El Fierro Alto, El Fierro などの鉱床が知られている。

・ Amolanas(C236) : チリの Atacama 州に位置するマント型銅鉛鋳床である。第三紀の流紋岩質溶結凝灰岩を母岩とする。鋳石鋳物は黄銅鋳, 斑銅鋳, 輝銅鋳, 藍銅鋳, 黄鉄鋳, 孔雀石などからなる。鋳床の走向延長は 1,000m 以上, 傾斜が 70°であり, 鋳量は 6.6 百万 t, Cu1.74%(Cut off 1%)である。

5.6.2 地質単元

本地区の範囲内に分布する岩石と堆積物は合計で 40 種類の地質単元に区分された(巻末資料 2)。それらのうち 30 種類の地質単元が原生界から鮮新統までの変成岩類, 堆積岩類, 火山岩類に対比可能であり, 1 種類の地質単元が変質帯と判定された。また, 4 種類の地質単元が第四系の未固結堆積物と火山岩類に相当し, 5 種類の地質単元がシルル紀~デボン紀, ペルム紀, ペルム紀~三疊紀及び第三紀に生成した貫入岩体(小規模な岩脈を含む)からなる。各地質単元の分布位置や伸長方向などを巻末資料 3 に示す。

5.6.3 変質帯

本地区の範囲内には変質帯の特徴を示す部分が多数認められ, 合計 77 箇所に変質帯が判読・抽出された。それらの分布位置には偏在性があり, 北西部と南西部では散在しており, 中央部の国境地帯では北部から南部まで幅約 50km のゾーンに多数の変質帯が NNE-SSW 方向で配列している。このゾーンではその南部において著しく密集している。

北西部と南西部の変質帯は, 主として第三紀に生成した花崗岩質岩類(地質単元 γt)や火山岩類(上部白亜系~第三系及び暁新統~始新統: 同 KTv, Ev)の分布域または周辺部に位置する。一方, 中央部の国境地帯で認められた変質帯は, シルル紀~デボン紀に生成した花崗岩質岩類(同 γp)とそれらの周辺の第三系火山岩類(同 OIMiv)の分布域に位置する。

個々の変質帯の多くは 1×2km 程度の楕円状または不規則なアメーバ状の平面形態を呈している。南部には 2×2km の拡がりを示す比較的規模の大きいものが集中する傾向にあり, 最大規模のものは 2×10km の広さがある。

本地区の変質帯内に分布する既知鋳床・鋳化帯としては, チリ側で Luz(金・銀鋳床, 変質帯番号 AA6019: 以下同じ), Cerro Amarillos(ポーフイリーカッパー鋳床, AA6024), Nevada(ポーフイリーカッパー鋳床, AA6033), Rio Blanco(ポーフイリーカッパー鋳床, AA6034), Cajon de Encierro(ポーフイリーカッパー鋳床, AA6044), La Coipa(金・銀・銅鋳床, AA7001)がある。

5.6.4 リニアメント

本地区の範囲内では, 判読・抽出されたりニアメントの分布や方向について以下のような特徴が認められる。

(1) 東部で南へ流下する Rio Blanco の流路周辺には第四系の未固結堆積物が帯状に分布しており、その分布域以外の広い地域からリニアメントが抽出された。特に、西経 69°00′ 以東の東部一帯ではオルドビス系、デボン系～石炭系などの堆積岩類に多数の断裂が発達しており、リニアメントの分布密度は高い。

(2) 長さが 50km 以上の大規模なものは、N-S～NNE-SSW 方向を示しており、その方向は山地に分布する主要な構成岩類(堆積岩類、火山岩類、貫入岩類)の巨視的な伸長方向にほぼ一致する。本地区全体の北半部と南半部とで伸長方向に差異が認められ、北半部の NNE-SSW がほぼ連続的に南半部の N-S に変化している。

(3) 主要なりニアメントに斜交または直交し、相対的に規模の小さいものの伸長方向は NW-SE と NE-SW の 2 系統に分けられる。前者は北西部、中央部及び南東部に卓越し、後者は北東端部と南東部に密集している。

(4) 衝上断層を示すりニアメントは、N-S～NNE-SSW 方向に伸長する 12 本について判定された。それらは北東部以外の地域に散在しており連続性に富む。長さは 10～50km あり、南東部の一部は本地区の範囲外へ延びている。一般にジグザグ状に緩く湾曲している。

5.6.5 褶曲構造・環状構造

本地区ではベディングの発達した堆積岩類の分布範囲が狭く、全体において 18 箇所 で褶曲構造が抽出された。背斜と向斜の内訳は 10 と 8 である。これらのうちの 16 構造 が東部の堆積岩類地域に位置しており、2 箇所の向斜が北西端部と西部に孤立している。 褶曲軸はしばしば湾曲しており、N-S、NE-SW 及び NW-SE の方向を示す。

本地区の範囲内では環状構造は判読・抽出されなかった。

5.7 Vicuna 地区

5.7.1 既存資料からまとめた地質・鉱床概要

(1) 地質及び地質構造

本地区の地質は、下位から上位に次の 13 ユニットから構成される。それらはオルドビス系、デボン系、石炭系、ペルム系、三疊系、ジュラ系、白亜系、白亜系～第三系、古第三紀火山岩類、中新世堆積岩類、中新世火山岩類、鮮新世火山岩類及び第四紀堆積物である。また、これらのユニット中に貫入する火成岩類として、古生代貫入岩類、中生代～新生代貫入岩類及び新生代貫入岩類の 3 種類がある。

・オルドビス系(O)：本系はグレイワッケ、砂岩、頁岩及び石灰岩などの海成堆積岩類か



凡例

- | | | |
|-----|------------|--------------------|
| 新生代 | Os | 第四系(堆積岩を主体とする地層) |
| | Tey | 中新世~上新世火山岩を主体とする地層 |
| | Tmv | 中新世火山岩を主体とする地層 |
| | Tms | 中新世堆積岩を主体とする地層 |
| | Tve | 晚新世~漸新世火山岩を主体とする地層 |
| 中生代 | KT | 白堊系~第三系 |
| | K | 白堊系 |
| | J | ジュラ系 |
| | R | 三畳系 |
| 古生代 | P | ペルム系 |
| | O | 石炭系 |
| | O | デボン系 |
| 貫入岩 | O | オルドビス系 |
| | Tg | 新生代貫入岩 |
| | KTg | 中生代~新生代貫入岩 |
| | P2g | 古生代貫入岩 |
- 断層
● 主要鉱床
1: El Indio
2: Tarco

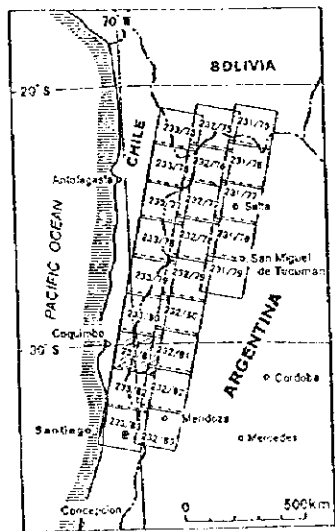


图 27 Vicuna 地区地質図

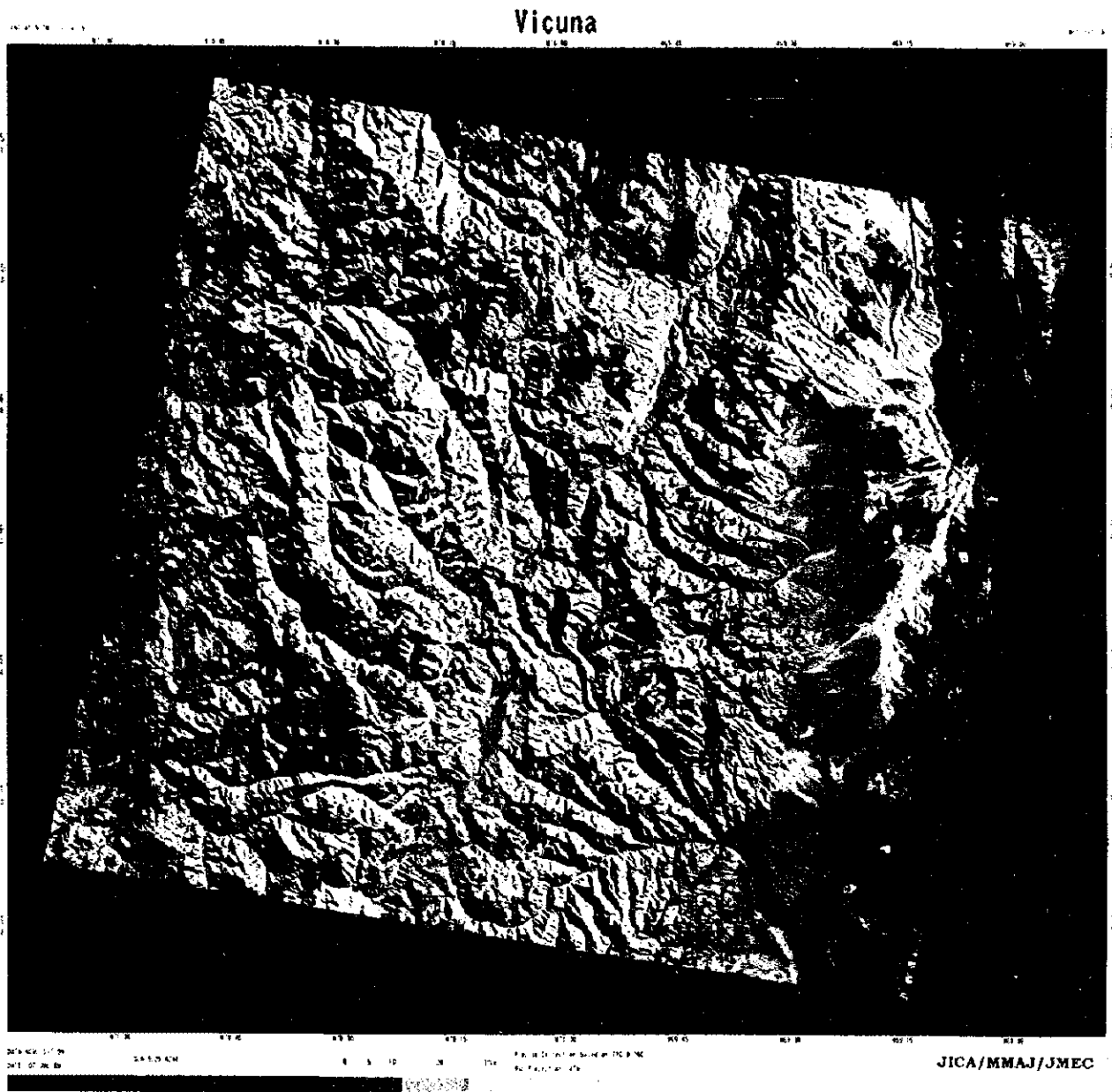


図 28 Vicuna 地区 LANDSAT TM フォールスカラー合成画像



LANDSAT TM RATIO IMAGE 3/1 4/5 5/7
(Multiplied by First Principal Component)

Vicuna

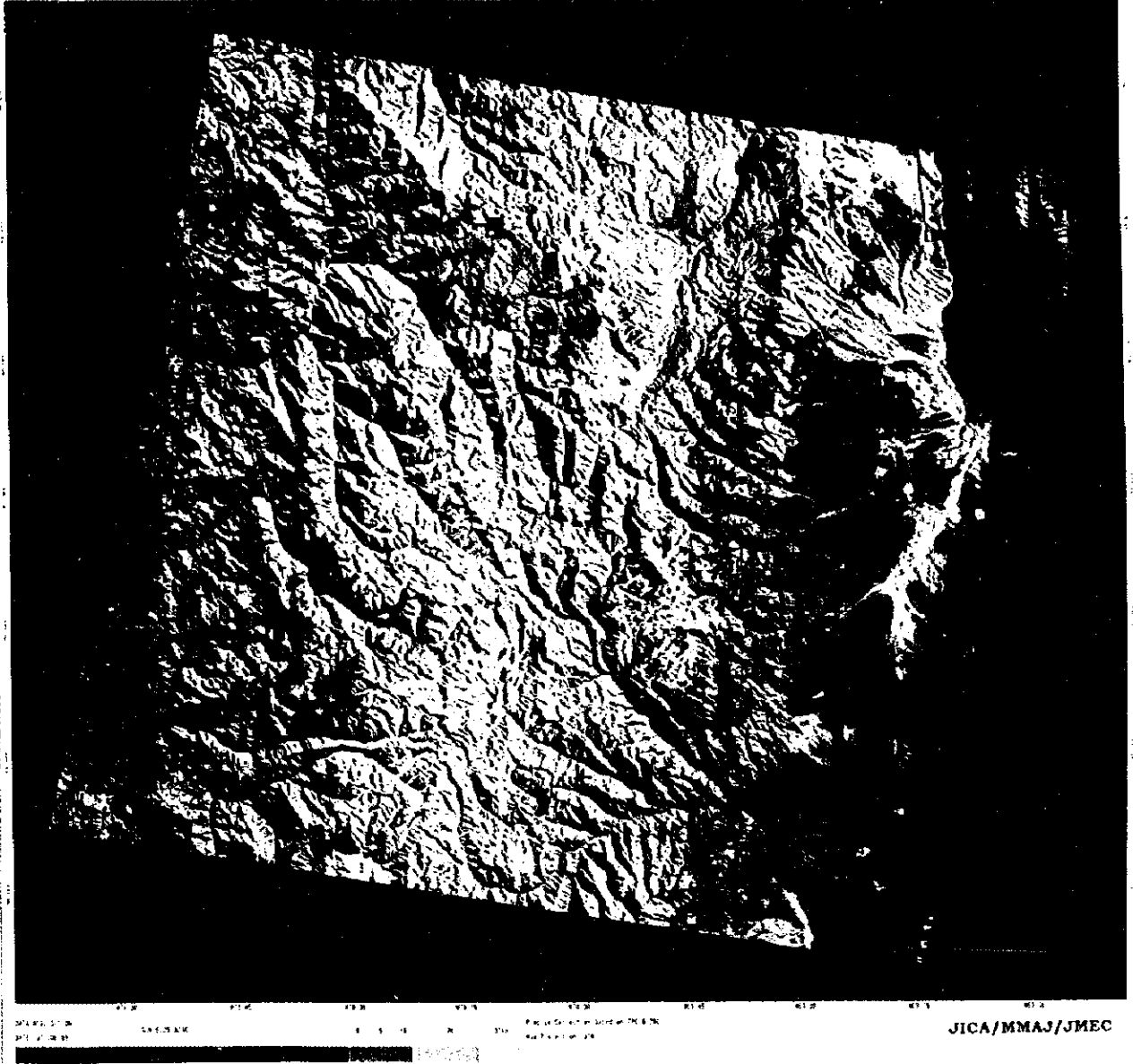


图 29 Vicuna 地区 LANDSAT TM 比演算处理画像



らなり、一部で塩基性の貫入岩類及び火山岩類を伴う。

- ・デボン系(D)：本系は礫岩、砂岩及び泥岩の海成堆積岩類からなり、東部において N-S 方向で帯状に分布する。
- ・石炭系(C)：本系は海成及び陸成の砂岩、頁岩、珪岩、礫岩及び珪質の石灰岩からなり、安山岩及び同質の碎屑岩類を含む。本系は東部のアルゼンティン側に広く分布する。
- ・ペルム系(P)：本系は陸成の礫岩、砂岩及び凝灰岩からなり、南東部では斑岩類及び中性の火山岩類を含む。
- ・三畳系(TR)：本系は砂岩、礫岩、頁岩などの堆積岩と安山岩、流紋岩及びこれらの火砕岩類からなり、中央部付近に分布する。
- ・ジュラ系(J)：本系は砂岩、石灰岩、マール、頁岩、礫岩及びチャートの堆積岩類からなる。また、火山岩類・火山碎屑岩類として、主として安山岩溶岩及び同質凝灰岩を含む。また、一部に流紋岩、石英安山岩及び粗面岩を挟む。本系は西部で N-S 方向の帯状に分布する。
- ・白亜系(K)：本系の堆積岩類は砂岩、石灰岩、マール及び頁岩である。また、火山岩類として安山岩、石英安山岩、流紋岩、粗面岩、凝灰岩及び溶結凝灰岩が含まれ、石灰質堆積物を挟在する場合がある。
- ・白亜系～第三系(KT)：白亜紀から第三紀の時代未詳の主として火山岩類・火山碎屑岩類が西部に広く分布する。これらは、安山岩、流紋岩、石英安山岩、同質凝灰岩類からなり、頁岩、砂岩、石灰岩、礫岩などの薄層を間に挟む。
- ・古第三紀火山岩類(Tev)：本岩類は暁新世から始新世の流紋岩、玄武岩及び溶結凝灰岩からなり、一部に海成の砂岩、石灰岩などの堆積岩類を含む。本岩類は白亜系(K)及び白亜紀～第三紀の火山岩類(KT)と共に西部に分布する。
- ・中新世堆積岩類(Tms)：本岩類は砂岩、礫岩、凝灰岩、屑灰岩及び蒸発残留岩からなり、中央部付近のアルゼンティン領土内に分布する。
- ・中新世火山岩類(Tmv)：本岩類は安山岩、石英安山岩及び流紋岩からなり、東部のアルゼンティン領土内で広く分布する。
- ・鮮新世火山岩類(Tpv)：本岩類は安山岩質から玄武岩質の火砕岩類、凝灰岩及び碎屑性堆積岩類からなり、北部に分布する。
- ・第四紀堆積物(Qs)：本堆積物は、河成、湖沼成、氷河成、風成、沖積成、崩積成、ラハールなどの種々の堆積物からなり、東部の低地を広く被覆する。
- ・古生代貫入岩類(Pzg)：西部に広く分布する本岩類は、後期古生代から三畳紀に貫入した花崗岩類からなる。また、東部に分布する本岩類はペルム紀の花崗岩、花崗閃緑岩及び花崗斑岩からなる。
- ・中生代～新生代貫入岩類(KTg)：本岩類は白亜紀～第三紀の酸性から塩基性までの種々の深成岩類～半深成岩類を含み、南西部に小岩体として分布する。
- ・新生代貫入岩類(Tg)：本岩類は、古第三紀の酸性から塩基性までの種々の深成岩類～半

深成岩類を含み、西部に分布する。

本地区は西部を占めるプリンシパル山脈構造区、中央部～東部を占めるフロンタル山脈構造区及び東端部を占めるプレコルディジェラ構造区の 3 つ構造区からなる。プリンシパル構造区とフロンタル山脈構造区はチリ-アルゼンティン国境付近を境界とし、フロンタル山脈構造区とプレコルディジェラ構造区は東端部の N-S 系断層付近を境界とする。

プリンシパル山脈構造区では後期古生代～三畳紀の花崗岩類、中生代の堆積岩類及び火山岩類が東部に分布し、白亜紀～古第三紀の火成活動による貫入岩類及び火山岩類が全域に卓越する。断裂系は N-S 及び NW-SE 系の正断層及び衝上断層が発達する。

フロンタル山脈構造区では東部を中心として古生代の堆積岩類及び貫入岩類が分布し、これらは N-S 系の断裂(主として衝上断層)によってプレコルディジェラ構造区と接する。本構造区では中生代の堆積岩類及び火山岩類は欠如し、西部を中心として中新世以降の火山岩類及び堆積岩類が分布する。この西部地域では N-S 系, NNE-SSW 系及び NW-SE 系の衝上断層が卓越する。

プレコルディジェラ構造区では N-S 系の断層(主として衝上断層)によってブロック化された古生代の堆積岩類, 貫入岩類及び中生代前期の堆積岩類が N-S 方向の帯状岩体として分布する。本地区のこの構造区では中生代以降の火成活動は認められない。

(2) 鉱床

本地区の鉱床の分布は大きく 3 つの地域に分類することができる。それらは, (a) 東部(フロンタル山脈構造区)の古生代の堆積岩類及び貫入岩類中に認められる鉱脈型鉱床, (b) 中央部の白亜紀以降の火山岩類を母岩とする金を伴う鉱脈型鉱床, (c) 西部の白亜紀以降の火山岩類を母岩とする金, 銀, 鉛及び亜鉛を伴う鉱染状～鉱脈型多金属鉱床である。なお, フロンタル山脈構造区の中新生代以降の火山岩類及び堆積岩類, 及びプリンシパル山脈構造区中の古生代の貫入岩類(後期古生代～三畳紀の花崗岩類)が分布する地域では鉱床は認められない。

(a)の鉱化作用はペルム紀～三畳紀にかけた流紋岩質の火成活動に関連すると考えられ, El Salado(A81), San Francisco de Los Andes(A90), Cuatro Amigos(A92)及び Castano Viejo(A95)鉱床などがある。これらの鉱床は古生代の堆積岩類及び花崗岩類を母岩とする鉱脈型鉱床であり, 鉱石鉱物は方鉛鉱, 閃亜鉛鉱, 黄銅鉱, 四面銅鉱及び輝銀鉱からなり, 脈石鉱物として石英, 重晶石, 菱鉄鉱などが認められる。

・El Salado(A81): 本鉱床は古生界の堆積岩類, 花崗岩及び花崗閃緑岩を母岩とする浅熱水性鉱脈型鉱床である。鉱石鉱物は方鉛鉱, 閃亜鉛鉱, 黄銅鉱, 四面銅鉱及び輝銀鉱からなり, 脈石鉱物としては石英, 重晶石, 菱鉄鉱などが認められる。鉱床を中心としてプロ

ピライト化あるいはカオリン化した変質帯が分布する。採掘対象鉱量は 25,000~30,000 t (Ag 1,500~2,000g/t)が予想されており、1910 年代に採掘が行われている。

・ San Francisco de Los Andes(A90) : 本鉱床は石炭系堆積岩類、変成岩類及び花崗岩類を母岩とし、網状~鉱染状の多金属鉱床である。鉱床は酸化鉱帯と硫化鉱帯に分類され、採掘対象鉱量は両鉱体を合わせて 15 万 t(酸化鉱帯 : Cu 5%, Bi 1.2%, Ag 200g/t,硫化鉱体 : Cu 0.8%, Bi 0.6%, Ag 80g/t, Au 4g/t)が予想されている。

・ Cuatro Amigos(A92) : 本鉱床はシルル~石炭系の堆積岩類、花崗岩及び花崗閃緑岩を母岩とする鉱脈型鉱床である。方鉛鉱、閃亜鉛鉱、四面銅鉱及び黄鉄鉱からなる多金属鉱床である。採掘対象鉱量は 16 万 t(Ag 300g/t, Pb 14.9%, Zn 16.7%)が見積もられている。

・ Castano Viejo(A95) : 本鉱床はペルム系~三畳系の花崗閃緑岩及び斑岩を母岩とする鉱脈型鉱床である。鉱石鉱物は方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱を主とし、脈石鉱物は石英を主とする。採掘対象鉱量は 1Mt(Ag 305g/t, Pb 12%, Zn 1%)が予想されている。

(b)の鉱床群は主として白亜紀以降の火山岩類を母岩とする。鉱床生成時期は El Indio 鉱床で後期中新世 8~13Ma(Sillitoe, 1991)とされている。以下の主要な鉱床がある。

・ Rio Frio(A82) : 本鉱床はチリ-アルゼンティン国境に位置する鉱脈型鉱床であり、石英、重晶石中にエレクトラムを伴う。母岩は古生代の安山岩とされているが、鉱床生成年代は不明である。本鉱床は El Indio 帯(Sillitoe, 1992)に属し、初期~中期中新世の鉱床生成区に位置する。鉱量は 2 百万 t(Au 4g/t)が予想されている。

・ El Indio, Tambo(C264) : 本鉱床はチリ-アルゼンティン国境に位置し、その鉱化変質帯は両国にまたがる。鉱床は浅熱水性の鉱脈型鉱床であり、安山岩~石英安山岩を母岩とする。地表付近の変質帯はカオリナイトあるいは明礬石からなり、鉱脈にはエレクトラム、硫砒銅鉱を伴う。鉱床としては El Indio 鉱床と Tambo 鉱床及び北部の Pascua 鉱床があり、採掘対象鉱量(確定+推定+生産済み)は 23.3 百万 t、総含金量 31t が見込まれている。Tambo 鉱床は El Indio の 5km 南東にあり、金とともに銀を含む。

(c)の鉱床群は白亜紀~古第三紀の火成岩類からなる地域に分布する。それらの大部分は小規模な鉱床である。

5.7.2 地質単元

本地区の範囲内に分布する岩石と堆積物は合計で 35 種類の地質単元に区分された(巻末

資料 2)。それらのうち 26 種類の地質単元がオールドビス系から中新統までの堆積岩類や火山岩類に対比可能であり、1 種類の地質単元が変質帯と判定された。また、3 種類の地質単元が第四系の未固結堆積物に相当し、5 種類の地質単元がペルム紀、中期ペルム紀、後期三疊紀、後期白亜紀及び前期中新世に生成した貫入岩体からなる。各地質単元の分布位置や伸長方向などを巻末資料 3 に示す。

5.7.3 変質帯

本地区の範囲内では 74 箇所の変質帯が判読・抽出された。それらの分布位置には明らかな偏在性が認められ、主として北西部、南西部、北部及び南東部に密集しており、南部と東部一帯の広い範囲には全く抽出されなかった。地質単元との関係では、北西部、南西部及び東部のものが主として花崗岩質岩類(生成時代は古生代、中生代及び第三紀に分けられる)の分布範囲内に位置し、南東部の変質帯が古生代の花崗岩質岩類(地質単元 $r p$)や中生代に活動した安山岩質岩類中(同 αm)に発達している。一般に孤立した変質帯は少なく、数個~10 数個が不規則な形態で 1 つのゾーンを形成している。単一で大規模なものは $3 \times 5 \text{ km}$ 程度の拡がりを持つ。北部の変質帯群は国境付近のチリ側で N-S 方向に伸長している。

本地区には 74 箇所の変質帯が抽出されているが、それらのうち変質帯内に分布する既知鉱床・鉱化帯としては、チリ側で Luz など(金・銀鉱床, 変質帯番号 AA6019, AA7004 : 以下同じ), La Coipa(金・銀-銅鉱脈, AA7001), Rosita Estrella(金・銀・銅鉱床, AA7002), La Caldera(銀・銅鉱床, AA7009), Chacras(銅鉱床, AA7010), China(銅鉱床, AA7018), El Sauce(金・銀鉱床, AA7020), Ponderosa など(金・銀・銅鉱床, AA7022), Pichilingo(銀鉱床, AA7026), Facundo など(銅鉱床, AA7028), La Prevision(金鉱床, AA7030), Guías Toro Bronce(銅鉱床, AA7031), Castellana Lourdes(銅鉱床, AA7033), Preferida(銀・銅・鉛鉱床, AA7034), Carmen など(金・銅鉱床, AA7035), Las Piritas Rosario など(金・銀・銅鉱床, AA7036), Abandonada(銀鉱床, AA7037), El Indio(浅熱水金鉱床, AA7038), Las Hediondas(板状金鉱床, AA7040), Carmen(金・銀鉱床, AA7044), Castano Nuevo(ポーフィリーカッパー鉱床, AA7068)が、アルゼンティン側で Rio Frio(金・銀鉱脈, AA7039), San Francisco de Los Andes(ストックワーク状金・銅鉱床, AA7060), Cuarto Amigos(中熱水鉛・亜鉛鉱脈, AA7064), Castano Viejo(中熱水鉛・亜鉛鉱脈, AA7064)がある。

5.7.4 リニアメント

本地区の範囲内では、判読・抽出されたりニアメントの分布や方向について以下のような特徴が認められる。

(1) 本地区の中央部は N-S 方向の脊梁山地からなる国境地帯であり、そこではリニアメン

トが密集している。また、国境地帯とほぼ同方向で配列する西端部と東端部の露岩山地からも比較的多くのリニアメントが抽出された。脊梁山地と東端部との間の地帯は第四系の未固結堆積物で覆われており、大部分はリニアメントの空白地帯となっている。

(2) 長さが 30km 以上の大規模なものは N-S~NNE-SSW または NNW-SSE 方向に伸長しており、山地の主要な構成岩類の構造方向にほぼ一致している。

(3) 主要なリニアメントに斜交または直交し、相対的に規模の小さいものの伸長方向は E-W, NW-SE 及び NE-SW の系統に分けられる。E-W 方向のものは北部と南部のみで抽出されたが、それらの地域の地質や構造を大きくは規制していない。NW-SE 方向のものは北西部と南東部に断続して分布する。一方、NE-SW 方向のものは南東部の一部で抽出された。

(4) 衝上断層を示すリニアメントは、N-S 方向に伸長する 13 本と NW-SE 方向の 2 本について判定された。

5.7.5 褶曲構造・環状構造

本地区の範囲内に分布する堆積岩類にはベディングが発達しているが、それらの分布面積が狭いことやベディングの傾斜方向が不明瞭であるなどの理由から 3 箇所のみで背斜構造が抽出されたにすぎない。それらの構造は南東部に位置し、軸の方向はいずれも N-S である。周辺地域はリニアメントでブロック化されており、波長は明らかでない。

本地区の範囲内では大小 4 箇所環状構造が判読・抽出された。それらのうち、3 箇所は漸新統~中新統または中新統の火山岩類の分布域に位置し、1 箇所は古生代に生成した花崗岩質岩類中に認められた。

5.8 Iliapel 地区

5.8.1 既存資料からまとめた地質・鉱床概要

(1) 地質及び地質構造

本地区の地質は、下位から上位に次の 13 ユニットから構成される。それらはオルドビス系、シルル系、デボン系、石炭系、ペルム系、三疊系、ジュラ系、白亜系、白亜系~第三系、古第三紀火山岩類、中新世堆積岩類、中新世火山岩類及び第四紀堆積物である。また、これらのユニット中に貫入する火成岩類として、古生代貫入岩類、中生代貫入岩類、中生代~新生代貫入岩類及び新生代貫入岩類の 4 種類が知られている。

- ・オルドビス系(O)：本系はグレイワッケ、砂岩、頁岩及び石灰岩などの海成堆積岩類からなり、一部で塩基性の貫入岩類及び火山岩類を伴う。



凡例

- | | | |
|-----|-----|--------------------|
| 新生代 | Qs | 第四系(堆積岩を主体とする地層) |
| | Tmv | 中新世火山岩を主体とする地層 |
| | Tms | 中新世堆積岩を主体とする地層 |
| | Tev | 晚新世~漸新世火山岩を主体とする地層 |
| 中生代 | KT | 白堊系~第三系 |
| | K | 白堊系 |
| | J | ジュラ系 |
| | B | 三畳系 |
| | P | ペルム系 |
| | C | 石炭系 |
| 古生代 | D | デボン系 |
| | S | シルル系 |
| | O | オルドビス系 |
| 貫入岩 | Yg | 新生代貫入岩 |
| | Ktg | 中生代~新生代貫入岩 |
| | Mzg | 中生代貫入岩 |
| | Pzg | 古生代貫入岩 |
- 断層
 ■ 主要鉱床
 1: El Bronce
 2: Los Pelambres
 3: El Pachon

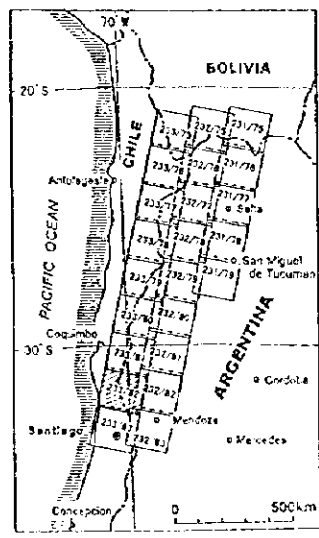


図30 Illapel 地区地質図

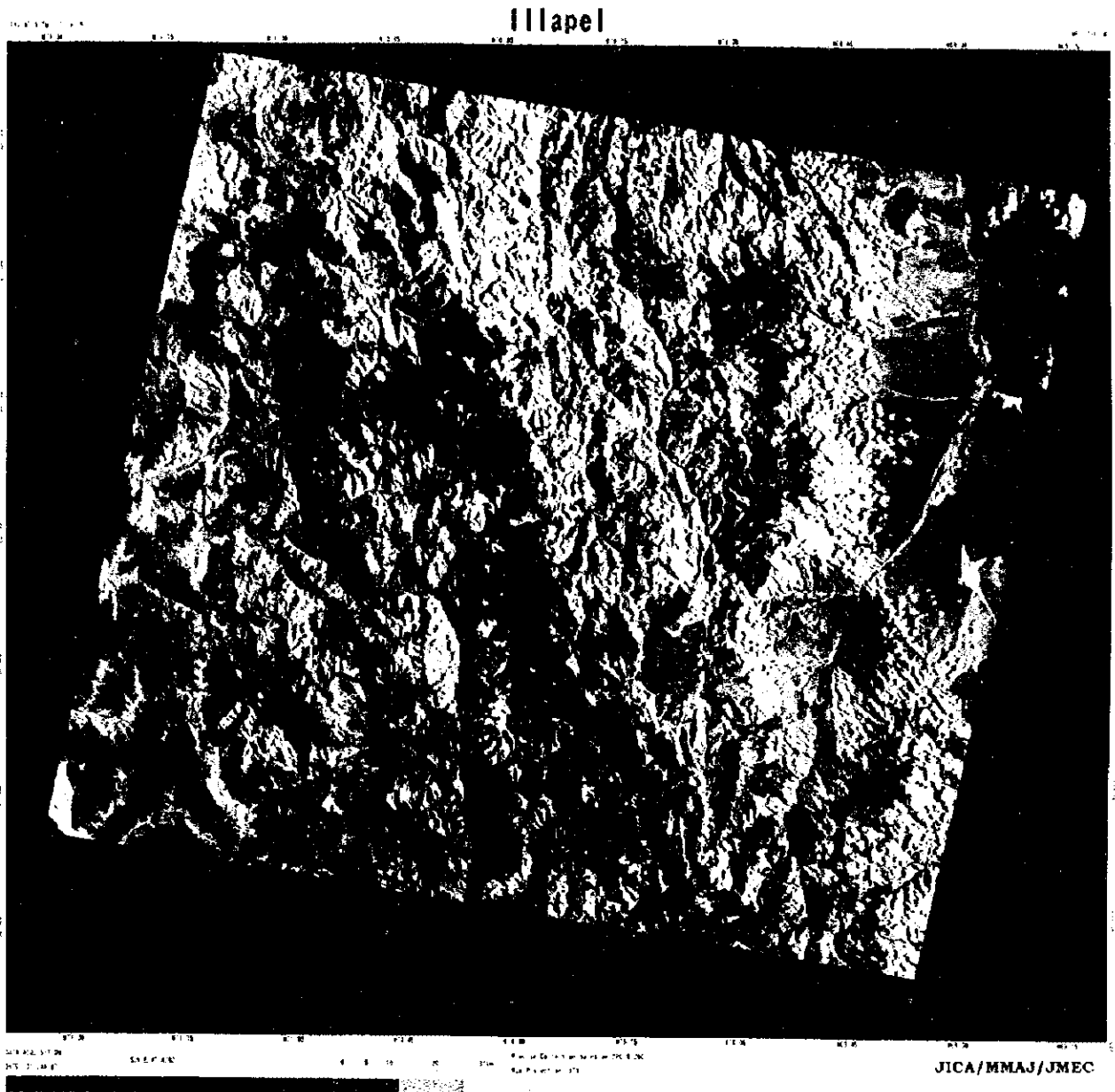


図 31 Illapel 地区 LANDSAT TM フォールスカラー合成画像



LANDSAT TM RATIO IMAGE 3:1 4:5 5:7
(Multiplied by First Principal Component)

Illapel

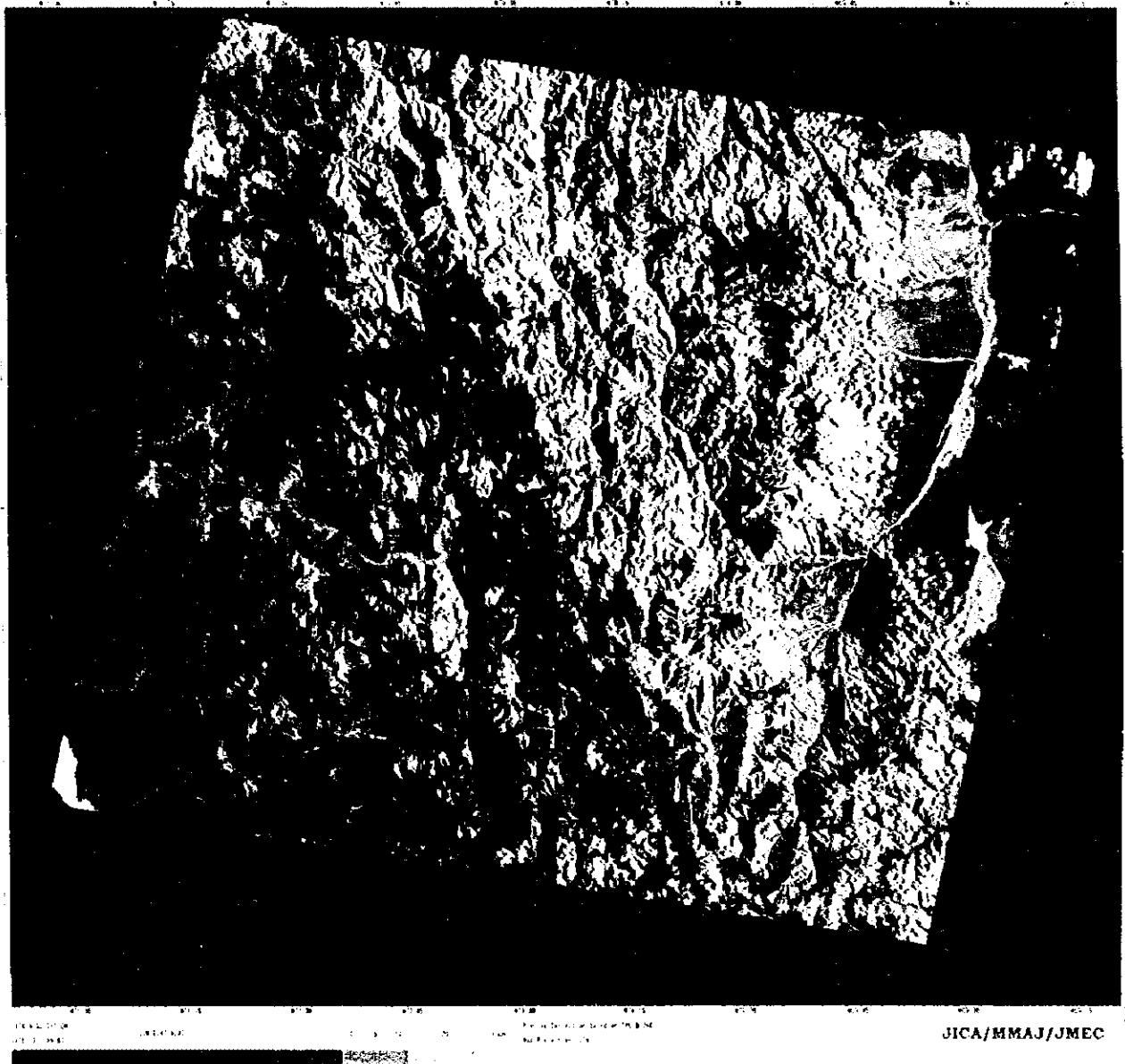


图 32 Illapel 地区 LANDSAT TM 比演算处理画像



- ・シルル系(S)：本系は海成の頁岩からなり、東端部に小岩体として分布する。
- ・デボン系(D)：本系は礫岩、砂岩及び泥岩の海成堆積岩類からなり、オルドビス系とともに北東部に分布する。
- ・石炭系(C)：本系は海成及び陸成の砂岩、頁岩、珪岩、礫岩及び珪質の石灰岩からなり、東端部に小岩体としてわずかに分布する。
- ・ペルム系(P)：本系は陸成の礫岩、砂岩及び凝灰岩からなり、酸性～中性の火山岩類を一部含む。本系は東部の衝上断層沿いに広く分布する。なお、本系に貫入する古生代貫入岩類は後期ペルム紀から前期三畳紀に貫入した花崗岩類である。
- ・三畳系(TR)：東部に分布する本系は、陸成の砂岩、泥岩、礫岩、凝灰岩、頁岩などの堆積岩類からなり、ペルム系の西側に分布する。また、西部の海岸付近に分布する本系は、堆積岩類としては海成の砂岩、頁岩及び礫岩からなり、火山岩類としては流紋岩、安山岩及びこれらの碎屑岩類からなる。
- ・ジュラ系(J)：中央部～東部に分布する本系は陸成及び海成の砂岩、泥岩、石灰岩、礫岩及び蒸発残留岩からなる。また、西部の海岸付近に分布する本系は安山岩質の凝灰岩と溶岩、流紋岩、石英安山岩、粗面岩及び石英安山岩質凝灰岩からなる。
- ・白亜系(K)：中央部付近の本系は海成及び陸成の砂岩、礫岩、碎屑岩、泥岩及び石灰岩からなる。また、西部に分布する本系は安山岩質凝灰岩と溶岩、流紋岩、石英安山岩、粗面岩、凝灰岩及び溶結凝灰岩からなる。
- ・白亜系～第三系(KT)：白亜紀から第三紀の主として火山岩類・火山碎屑岩類が西部に広く分布する。これらは、安山岩、流紋岩、石英安山岩及び同質凝灰岩からなり、頁岩、砂岩、石灰岩、礫岩などの薄層を間に挟む。玄武岩(アルカリ玄武岩ないしソレライト)質集塊岩、角礫岩、凝灰岩などが分布する地域もある。
- ・古第三紀火山岩類(Tev)：本岩類は暁新世から始新世の流紋岩、玄武岩、溶結凝灰岩からなり、海成の砂岩・石灰岩などの堆積岩類を一部で含む。本岩類は北西部に小岩体として分布する。
- ・中新世堆積岩類(Tms)：本岩類は砂岩、礫岩、凝灰岩、層灰岩及び蒸発残留岩からなる。
- ・中新世火山岩類(Tmv)：本岩類は安山岩質火砕岩、安山岩、流紋岩、玄武岩、凝灰岩、溶結凝灰岩からなり、一部で碎屑性堆積岩類を挟む。
- ・第四紀堆積物(Qs)：本堆積物は河成、湖沼成、氷河成、風成、沖積成、崩積成、ラハールなどの種々の堆積物からなり、北東部の低地を広く被覆する。
- ・古生代貫入岩類(Pzg)：北東端部に分布する本岩類はオルドビス紀の花崗岩類からなる。その地域以外ではペルム紀～三畳紀の花崗岩、花崗閃緑岩及び花崗斑岩からなる。
- ・中生代貫入岩類(Mzg)：本岩類はジュラ紀のハンレイ岩や花崗岩からなり、南西部の海岸付近に分布する。

- ・中生代～新生代貫入岩類(KTg)：本岩類は白亜紀～第三紀の酸性から塩基性までの種々の深成岩類～半深成岩類を含み、西部で白亜紀～第三紀火山岩類(KT)と共に分布する。
- ・新生代貫入岩類(Tg)：本岩類は漸新世～中新世の花崗閃緑岩，閃緑岩，モンゾニ岩及びハンレイ岩からなり，チリ-アルゼンティン国境付近に分布する。

本地区は西側から海岸山脈構造区，プリンシバル山脈構造区，フロントアル山脈構造区及びプレコルディジェラ構造区の 4 つの構造区からなる。プリンシバル山脈構造区とフロントアル山脈構造区との境界は，チリ-アルゼンティン国境の衝上断層付近である。プレコルディジェラ構造区は北東端部を占め，フロントアル山脈構造区との境界は第四紀堆積物が広く分布する地域の東縁部付近である。また，西部の中生代～新生代貫入岩類が分布する地区までを海岸山脈構造区が占める。ここでは海岸山脈構造区とプリンシバル山脈構造区を一括して扱う。

プリンシバル山脈構造区ではチリ-アルゼンティン国境付近に古生代～中生代の堆積岩類，火山岩類及びペルム紀貫入岩類が分布する。この構造区では NNW-SSE 系の衝上断層が発達し，これら古生代～中生代の岩体は NNW-SSE 方向の帯状の分布を示す。一般に層序は西側ほど新しい。海岸山脈構造区を含む国境から海岸までの西側の地域では火山岩，貫入岩類が卓越する。この構造区の断裂系は NNE-SSW 系が卓越するが，これらは NE-SW 系の断層によって切断されている。この構造区の構成岩類とプリンシバル山脈構造区中の火成岩類は明瞭な累帯分布を示し，海岸付近から国境にかけて，ジュラ紀貫入岩類→白亜紀～第三紀貫入岩類→白亜紀～第三紀火山岩類→第三紀(漸新世～中新世)貫入岩類と配列しており，東側ほど新しい火成岩類が分布する。なお，この構造区では第四紀の火成活動は認められない。

フロントアル山脈構造区ではペルム紀の堆積岩類及び花崗岩類が広く分布し，中新世の火山岩類は北部を広く被覆する。特徴的な構造としては連続性の良い N-S 系の衝上断層があり，これらは中新世の火山岩類及び古生代の堆積岩類・深成岩類を切断する。なお，本構造区の東部は衝上断層による N-S 系の盆地を形成しており，この地域は第四紀層によって広く被覆されている。

プレコルディジェラ構造区は北東端部を占め，古生代の堆積岩類が分布する。この構造区では NNW-SSE 系の衝上断層が卓越し，堆積岩類は N-S 方向で帯状に分布する。

(2) 鉱床

本地区の鉱化作用は大きく 3 つに分類することができる。(a) 西部の海岸山脈及びプリンシバル山脈構造区に分布する主として鉱脈型及びマント型，(b) チリ-アルゼンティン国境付近に分布するポーフリーカッパー鉱床，(c) 北東部の古生代堆積岩類中に分布する鉱床群(Vicuna 地区の南東部鉱床群の一部)。

(a)の地域に分布する鉱床群は小規模なものが多く、鉱床タイプ、鉱床生成年代及び関係火成岩など詳細は不明なものが多い。鉱床の多くは白亜紀以降から古第三紀の火山岩及び堆積岩類を母岩とする。

・El Bronce(C514)：本鉱床は白亜系安山岩及び火砕岩類を母岩とする浅熱水性鉱脈型鉱床であり、鉱床生成年代は後期白亜紀の 86~79Ma(Sillitoe, 1991)とされている。鉱石鉱物は閃亜鉛鉱、黄銅鉱、方鉛鉱、四面銅鉱などからなる。対象鉱量は 25Mt(Au 4.8g/t, Ag 20g/t, Cu 0.3%)が予想されている。

(b)のポーフイリーカッパー鉱床としてはチリ側に Los Pelambres 鉱床、アルゼンティン側に El Pachon 鉱床がある。

・El Pachon(A102)：本鉱床は 1963 年に発見され、現在も採鉱が継続されている。地質は安山岩及びこれに貫入した閃緑岩からなり、鉱化作用は両者に及んでいる。鉱床は 450m×2,000m×300m の範囲に広がり、埋蔵鉱量は 8 億 t(Cu 0.6%, Mo 0.16%)が予想されている。

・Los Pelambres(C444)：本鉱床は、後期ジュラ紀~白亜紀の安山岩類とそれに貫入した後期中新世(9.8±0.2Ma,R. H. Sillitoe 1977)の石英閃緑岩に伴うポーフイリーカッパー鉱床である。本鉱床は NW-SE 系の断層の北東側に位置し、この断層のアルゼンティン側延長上に前述の El Pachon 鉱床がある。鉱化作用は 2.5km×6km×450m の範囲に及んでいる。埋蔵鉱量は 428 百万 t(Cu 0.78%, Mo 0.03%)が予想されている。

(c)の北東部鉱床群は古生代の堆積岩類及び貫入岩類を母岩とするが、その鉱床タイプは鉱脈型、噴気堆積性(キプロス型?)及びポーフイリーカッパー型など多岐にわたり、鉱床生成年代なども明らかではない。

・Mari Marta Circe 及び周辺鉱床(A95)：これらはフロントル山脈構造区に位置する鉛・亜鉛・銀鉱床である。二疊紀~三疊紀の花崗閃緑岩、珪化した斑岩を母岩とする。鉱床形成年代は、二疊紀~三疊紀の可能性がある。可採鉱量は 1 百万 t、品位は Ag 305 g/t, Pb 12%,Zn 1%とされている。

・Santa Elena(A99)：プレコルディジェラ構造区に位置するキプロス型の噴気堆積性鉱床とされている。鉛、亜鉛、金、銀を鉱種とする。オルドビス紀の堆積岩類及びレプタイト、それらを覆うオフィオライト質溶岩を母岩とする。これらに流紋石英安山岩が貫入している。