

### 3. 調査結果

#### 3.1 概査域

サクアルパン地域の地質は下位から、ゲレロテレーンを構成するテフピルコ片岩、ビジャアヤラ層、アカペトラワヤ層・パチピア層、ミステコテレーンを構成するモレロス層、これらを覆う新生代のバルサス層、ティルサポトラ流紋岩層および貫入岩類で構成される(図4)。

テフピルコ片岩は弱変成の泥質～砂質岩を主体とし少量の緑色片岩を伴う。ビジャアヤラ層は大部分が玄武岩～安山岩類(塊状溶岩、枕状溶岩、自破碎溶岩～ピローブレッチャー、ハいろクラストイト)で構成され、上部に酸性(酸性安山岩～デイサイト質)の溶岩・凝灰岩類と粘板岩・石灰質堆積岩類の互層が発達する部分を伴う。アカペトラワヤ層は良く成層した粘板岩・砂岩の互層を主とし、砂質凝灰岩または礫岩を伴う。パチピア層は黒色の片理の発達した石灰質粘板岩を主体とし暗灰色の泥質石灰岩を伴うことが多いが、石灰岩は数センチの薄層やレンズから部分的に発達して幅1-2kmの岩体を形成することがある。モレロス層は、灰黒色～灰白色を呈する塊状石灰岩を主体とする。粘板岩～頁岩の薄層と共に層状に産する場合や、チャートの薄層・レンズ(1～20cm)を伴う。バルサス層は、赤褐色を呈する礫岩を主とする。ティルサポトラ流紋岩層は主に流紋岩～デイサイト質火山砕屑岩類からなる。貫入岩は流紋岩～デイサイトがまとまった岩体として分布する

地質構造は、ゲレロテレーンの地層(テフピルコ片岩・ビジャアヤラ層・アカペトラワヤ層・パチピア層など)には、白亜紀末～古第三紀初頭のララミー変動の結果と考えられる、強い変形作用(褶曲構造、衝上断層)が認められるがミステコテレーンのモレロス層や新生代の地層中にはこのような変形は認められない。

鉱化作用は塊状硫化物型と鉱脈型が存在する。塊状硫化物鉱床はゲレロテレーン中でビジャアヤラ層の緑色火山岩類の活動末期に形成されたことが明らかとなり、鉱床胚胎層準が特定された。この末期の火山活動は、下盤緑色火山岩類に比べやや酸性で堆積岩と互層(鉱床上盤)を形成し、特殊な地質環境で堆積したと考えられた。既存の鉱徴地のうちマント・リコ、トラニルパ、カピレ、アウロラ、アスラケス地区などではすべてこの特殊な地質環境の中に含まれる。しかし、マント・ママトラやマント・アメリカ鉱床などは層準的に下盤中の鉱化であり、熱水の上昇域に当たると考えられた。

鉱脈型鉱床は銀、鉛、亜鉛を主とするもので、サクアルパン付近で現在も小規模に稼行されている。しかし、経済性の高い鉱脈鉱床の存在する可能性は低いと考えられた。

## 3.2 アウロラ地区

### 3.2.1 地質・地化学調査

アウロラ地区の地質はビジャアヤラ層、パチピア層、貫入岩で構成される。

ビジャアヤラ層は下部火山岩類の片状安山岩類 (Gsh)、片状凝灰岩 (Qsh)、安山岩類 (Va, Vat)、デイサイト (Vct)、堆積岩類 (Ms, Mst, Mss)、上部火山岩類 (Vam, Vad, Vt, Vdt) で構成される。このうち Ar-Ar 年代測定の結果、下部火山岩類の塊状安山岩溶岩 (Va) で  $92.6 \pm 1.2\text{Ma}$ 、上部火山岩類のデイサイト質凝灰岩 (Vdt) で  $93.8 \pm 1.9\text{Ma}$ 、安山岩質自破碎溶岩 (Vad) で  $118.8 \pm 8\text{Ma}$  (低 Ar 値) が得られたが、変成・変質による若干の若返りが推定された (表 3)。

パチピア層は石灰質粘板岩を主とする地層 (Psl) と火山岩類 (Pv) からなる。

地質構造は NNE ~ NNW 方向で緩傾斜の劈開を軸とする褶曲構造と断層構造により複雑に支配されている。大局的には、E-W 系と NW-SE 系の断層構造が発達し地層に変位を与えブロック化が見られる。

パチピア層は地区東部で南北帯状に分布し、見かけ上西傾斜であるがパチピア層の化石年代や褶曲パターンから層位は逆転していると判断された。

アウロラ地区の鉱化作用には塊状硫化物型と鉱脈型の鉱化が存在する。塊状硫化物型のうちカピレ鉱床、アウロラ鉱床、マント・リコ鉱床はビジャアヤラ層の堆積岩類中に胚胎され、グアダルーペ鉱床、クルス・ブランカ鉱床などはパチピア層最下部に胚胎される。これらの鉱床は連続性に乏しいレンズ状鉱体からなり、鉱石鉱物は閃亜鉛鉱が主体で黄鉄鉱、方鉛鉱、黄銅鉱、四面銅鉱などを伴い、Ag、Ba を比較的多く含有する傾向がある。既存の塊状硫化物鉱床周辺の変質は一部で強いセリサイト化、黄鉄鉱の鉱染が認められるものの変質帯の規模は小さく連続性に乏しい

代表的鉱床及び鉱徴地から得られた試料の流体包有物均質化温度はバイモーダルな温度分布を示すことが多く、低温側は 170 前後、高温側は 210-230 を示し、塩濃度は 2-4% が得られた (表 4)。

鉱脈型の鉱床は、地域北東端に NW-SE 系のトレンドを持って分布するイエルバ・ブエナ鉱床、サン・カルロス鉱床、ベリストラ鉱床が存在する。鉱石は塊状硫化物鉱床同様に Pb、Zn を主とし部分的に Ag を多く伴うが、Ba に乏しく As 鉱物を多く伴うことが、塊状硫化物鉱床とは異なる。これらはの鉱床は広域変形後の生成で片状構造を切っている。

地化学探査結果では、主要成分の岩相毎の変質指数値の平均+1 以上が示す区域が塊状硫化物型の鉱化変質のハローを反映していると考えられた。微量元素では Ag、As、Zn、Pb、

Cd、Ba が鉍脈鉍床の指示元素として、Au、Ag、As、S が塊状硫化物型の指示元素として有効である可能性が高いことが明らかとなった。また、主成分分析では、ラカンパーナ、ベリストラ南部、サンチャゴサリナス、カピレ鉍床～アウロラ鉍床付近などで鉍化作用を示す異常が抽出され、地質状況と総合して有望地区が抽出された（図 5）。

### 3.2.2 構造ボーリング調査

構造ボーリング調査は、3 孔、掘削総延長 850m が実施された。MJZC-1 では、浅部で塊状硫化物鉍床の層準を捕らえており、層準直下のデイサイト中に硫化物ネットワークを確認した。これはトラニルバ鉍徴地や既存ボーリング TN-14 と連続するものである。MJZC-2 では片理面の発達した火山岩類がみられ、部分的に強い黄鉄鉍の鉍染が認められたが、塊状硫化物鉍床の層準より下位であると判断された。MJZC-3 では深度 149.5m まで弱い黄鉄鉍鉍染や鉍化岩片が含有される堆積岩類が連続するのを確認した。堆積岩の下には地表の Vad に対応するビジャアヤラ層の安山岩溶岩が確認された。

## 3.3 サンチャゴサリナス区域

### 3.3.1 地質精査

サンチャゴサリナス区域はアウロラ地域の南西部を占める。地質はビジャアヤラ層下部火山岩類の安山岩溶岩、火砕岩(Va,Vat)、デイサイト凝灰岩 (Vct, 結晶質～ガラス質) 堆積岩類(Ms)の石灰質粘板岩、石灰岩、上部火山岩類のデイサイト質凝灰岩(Vdt)、粘板岩層を挟む安山岩質凝灰岩(Vam,Vt)及び南部の尾根に小規模に露出するパチピア層堆積岩(Psl)で構成される。

構造は堆積岩の分布から判断されるように大局的には緩傾斜であり、区域北部で北傾斜、南部ではほぼ水平である。劈開の傾斜は西に緩傾斜を示すことが多い。

鉍化変質帯は下部火山岩類と堆積岩類の境界部に認められ、サンチャゴサリナス集落北西の沢 (Santiago-NW)、サンチャゴサリナスの南東部 (Santiago-SE) 及びサンチャゴサリナス南部 (Santiago-S) であり、主に地区南東部の鉍化帯の延長部をターゲットとしてボーリング調査が実施された。これら鉍徴地から得られた試料の化学分析結果の主な品位は 4.85ppm/Ag, 121ppm/Pb, 337ppm/Zn, 1.01%/Ba であった。

### 3.3.2 ボーリング調査

ボーリング調査は 2 孔、総計 465.5m が実施された。図 6 に MJZC-4, MJZC-5 を結んだ

ボーリング断面図を示す。

地質は全体に北東に向かって緩傾斜を示し、下部から下部火山岩類の安山岩質自破碎溶岩、水中火砕岩からなる安山岩類(Va)とデイサイト質凝灰岩類(Vct, 結晶質、ガラス、火山礫質)、堆積岩類(Ms, 石灰質粘板岩、石灰岩)、デイサイト質凝灰岩(Vdt)からなる上部火山岩類で構成される。

MJZC-4 では 20cm の塊状黄鉄鉱層、MJZC-5 では塊状～強い鉱染状黄鉄鉱層 60cm を捕捉した。層序的には下部火山岩類のデイサイト質凝灰岩最上部と堆積岩類の境界部に相当し、これは地表の鉱徴地の連続部と考えられたが、品位は Fe が最大 29.6%、Ba が最大 2,470ppm を示したが、Pb、Zn には乏しい結果がえられた。黄鉄鉱にはコロフォーム組織が認められることがある。堆積岩類の下底部には細粒黄鉄鉱層と粘板岩層の互層が認められ、また、デイサイト質凝灰岩にはやや強い黄鉄鉱の鉱染、網状脈が下部に向かって 10m 程度連続するが、それより下部は緑泥石化が主体となり鉱化は弱まる。

### 3.4 カピレ区域

#### 3.4.1 地質精査

カピレ区域の地質は、ピジャアヤラ層を構成する下部火山岩類の安山岩類(Va)とデイサイト質凝灰岩類(Vct)、堆積岩類(Ms)、上部火山岩類のデイサイト質凝灰岩(Vdt)、ガラス質凝灰岩(Vt)、安山岩類(Vad)からなる(図 7)。これらの地層には部分的に緩傾斜の劈開面を軸面とする転倒小褶曲が発達するが、大局的にはほぼ水平に重なり西から東に向かって上位の地層が分布する。区域内には NW-SE 系の断層系と N-S 系の断層が存在し、地層に最大数十メートルの変位を与えている。

区域南端部には既存の Pb、Zn を伴うカピレ鉱床、アウロラ 鉱床が存在するが、その他トラニルパ付近では、デイサイト質凝灰岩中の黄鉄鉱鉱染と粘板岩・凝灰岩互層帯に伴われる細粒黄鉄鉱層からなる鉱徴地、さらにはアウロラ 鉱床北部の黄鉄鉱鉱染帯からなる変質帯が確認された。

地化学探査結果から、鉱化作用を反映したと考えられる元素、変質指数、主成分分析の異常域は南端の既存鉱床分布域周辺～北西部、トラニルパ鉱徴地東部に分布する傾向が認められた。この結果及びトラニルパ付近の鉱徴の分布から、未探鉱域である区域北東部地下深部にトラニルパ鉱徴地の延長部が連続し、塊状硫化物タイプの鉱体の存在が期待され、ボーリングが計画された。

### 3.4.2 ボーリング調査

ボーリング調査は2孔(MJZC-6, MJZC-7)、総計600mが実施された。図8にMJZC-6 MJZC-7を結ぶボーリング断面図を示す。

孔井地質は石灰質粘板岩、石灰岩を主とする堆積岩類(Ms)を境にして、下部にビジャアヤラ層下部火山岩類の安山岩溶岩、凝灰岩(Va)とデイサイト質凝灰岩類(Vct)、と上部火山岩類のガラス質凝灰岩類(Vt, ガラス質凝灰岩、細粒凝灰岩、デイサイト質凝灰岩、安山岩質凝灰岩、粘板岩)と安山岩類(Vat, 安山岩質水中火砕岩、溶岩、凝灰岩)で構成される。

堆積岩類の下底には微粒黄鉄鉱を伴う凝灰岩と粘板岩の互層帯が存在するが、MJZC-6では薄く(1m)、MJZC-7では10mであり北部に向かい厚くなる傾向がある。互層下部のデイサイト質凝灰岩にはやや強い黄鉄鉱染が認められるが数メートルで鉱染、変質は弱まる。本層はトラニルパ鉱化帯の延長部に相当するが、鉱化部の鉱石化学分析結果ではPb、Znの品位は低く、Baのみが1,300-2,000ppmを示した。鉱化部は大部分黄鉄鉱からなりコロフォーム組織、フラムボイダル組織が一部に認められ、まれに閃亜鉛鉱、黄銅鉱が顕微鏡的に観察された。

化学分析結果が示す変質指数は最大60であり、コア観察結果と総合するとトラニルパの鉱化変質の中心からは離れていると推定された。

これ以外ではMJZC-6の孔低付近では片状構造を切る脈状の石英-黄鉄鉱、上部火山岩類中には黄鉄鉱の網状脈が確認され、熱水活動がビジャアヤラ層火山岩類の活動後まで続いたことがうかがえる。

## 3.5 ラカンパーナ区域

### 3.5.1 地質精査

本区域の地質は、ビジャアヤラ層下部火山岩類を構成する片状安山岩類(Gsh)、片状凝灰岩(Qsh)、安山岩類(Va)、デイサイト質凝灰岩(Vct)、堆積岩類(Ms, Mst)、上部火山岩類(Vt)で構成される(図9)。

地層は局部的には劈開による褶曲構造が発達するが、大局的には水平に近く、南部で北に緩傾斜、西部では東に緩傾斜を示す。区域北部から東部にかけてNW-SE系の断層が存在し、また、南部にはE-W系断層が存在する。区域中央部は両断層により相対的に落ち込んでいる。

区域南東端にはマント・リコ鉱床が位置し、区域北西部にはラカンパーナ鉱徴地が存在する。また、区域北西端から北端には片状凝灰岩中に著しい黄鉄鉱染帯が確認された。

地化学探査結果から、鉱化作用を反映したと考えられる元素、変質指数、主成分分析の異常域はマント・リコ南西部、オタテス (Otates) 東部、区域北部の一帯に抽出された。特に本地区では Au の高異常が多く分布する傾向がある。

区域北部の黄鉄鉱鉱染帯、地化学異常、構造ボーリング(MJZC-2)の結果、区域北部の堆積岩類や上部火山岩類に覆われた部分の地下に鉱体が期待され、ボーリング調査が計画された。

### 3.5.2 ボーリング調査

ボーリング調査は 2 孔(MJZC-8, MJZC-9)、総計 400m が実施された。図 10 に MJZC-8 MJZC-9 を結んだボーリング断面図を示す。

孔井地質は、ピジャアヤラ層の下部火山岩類を構成する片状安山岩(Gsh)が MJZC-9 の深部にみられ、その上位に黄鉄鉱鉱染を伴う変質した片状凝灰岩 (Qsh) が緩やかな東傾斜で MJZC-8 に連続する。これを覆って堆積岩類の粘板岩、砂質凝灰岩の互層帯が MJZC-9 では地表まで連続し、MJZC-8 では中間深度に分布する。互層帯の最上部は石灰質粘板岩で地表には露出しないことから MJZC-8 付近に薄く堆積したものと考えられた。この上位は上部火山岩類のデイサイト質凝灰岩(Vdt)、ガラス質凝灰岩(Vt)と連続する。

MJZC-8 では深度 80-120m 付近までの堆積岩類中の数カ所に黄鉄鉱、閃亜鉛鉱を主とし、方鉛鉱、黄銅鉱を伴う薄層状 (数 cm) の鉱化帯が捕捉された。これらの化学分析の結果では、深度 83.7m で 26ppb/Au, 11.7ppm/Ag, 0.268%/Cu, 1.69%/Pb, 3.94%/Zn, 1,920ppm/Ba, 3.65%/Fe を示し、また深度 115.7-116.0m では 176ppb/Au, 47.5ppm/Ag, 0.231%/Cu, 1.28%/Pb, 1.33%/Zn, 44ppm/Ba, 8.20%/Fe を示した。この鉱化の下位に出現する下部火山岩類の片状凝灰岩は強い黄鉄鉱の鉱染を伴い Zn の品位は 455ppm を示した。顕微鏡観察では微量の閃亜鉛鉱が確認された。微量成分分析では鉱化部近辺で Au、Ag、As、Mo、Sb が高い値を示す傾向が見られた。

MJZC-9 では深部の片状安山岩中で片状構造を切る石英 - 黄鉄鉱脈が発達し顕微鏡観察では微量の黄銅鉱が確認された。

## 3.6 ランチョ・ピエホ地区

### 3.6.1 地質・地化学調査

ランチョ・ピエホ地区の地質は、ピジャアヤラ層の火山岩類とこれを覆うパチビア層の堆積岩及び火山岩類で構成される(図 11)。

ピジャアヤラ層は玄武岩～安山岩類 (Va) とデイサイト (Vd) からなるが、デイサイトの

分布量はアウロラ地区に比べ少ない。

パチピア層は玄武岩～安山岩質凝灰岩類(CFv)、石灰岩(CFL)、粘板岩(CFs)、凝灰岩・粘板岩互層(CFt)からなる。地層の分布トレンドはNNW-SSEである。

構造的にはアウロラ地区同様に堆積岩類にNNE～NNW系でW傾斜の劈開面が発達し、同方向の褶曲構造が支配的である。地層の見かけの傾斜は西であり、地層は全体的に逆転している。

鉱化変質はティエラ・コロラダ沢の下流に黄鉄鉱と閃亜鉛鉱を主とする幅5cm程度の脈(熱水性)がビジャアヤラ層とパチピア層の境界付近に確認された。安山岩質ハイアロクラスタイト中に網状の焼けがみられ硫化物を伴うが、周囲の岩体に変質は及んでいない。化学分析結果ではZnが4.8%を示したが他の成分の値は低い結果が得られた。顕微鏡観察結果では角礫化した多量の黄鉄鉱と角礫部を充填した少量の閃亜鉛鉱が確認された。コロフォーム組織が黄鉄鉱、閃亜鉛鉱に認められ、温度低下に伴う急激な生成を示すことから地下浅部で形成されたことが推定される。

地化学探査結果では、安山岩質岩分布域でCo, Cr, Cu, Ni, Sc, Ti, Vなどのバックグラウンドが高い傾向が明瞭に認められた。また、主要成分の変質指数値及び主成分分析結果の示す異常区域がランチョ・ピエホから北部のティエラ・コロラダにかけて点在する傾向が認められた。