

第4章 川砂地化学探査

4-1 解析方法

川砂試料の48成分の分析結果をSPSS統計パッケージにより単純統計、相関係数の計算および因子分析を行った。統計処理に際しては、全分析試料2003件のうちチェック分析試料32件のデータは除外した。分析値が検出限界値以下の場合、その成分の検出限界値の1/2の値に置き換えた。セレンとタングステンは全ての試料において分析値が検出下限以下であり、分散が0となるため、統計解析から除外した。

4-2 解析結果

各因子に対する負荷量が0.4以上の元素は以下のとおりである。

第1因子：Ca, Co, Cr, Fe, Ga, Mg, Ni, P, Sc, Ti, V, Zn

第2因子：Al, Ba, Be, Ca, Ga, K, Mg, Na, Rb, Sc, Sr, Y, Zr

第3因子：Ag, Cd, Mn, Pb, Sb, Zn

第4因子：Ge, Nb, Sn, Y

第5因子：Ce, La, Th, Ti, Y

第6因子：As, B, S

第7因子：In, Mn, Mo

第8因子：Li, U

第9因子：P, Te

第10因子：Cu

第11因子：Au, Te

第12因子：Bi

上記因子の組み合わせから、第3因子が本地域の鉱化作用に関連した因子を示すと考えられる。

因子分析により得られた第3因子の因子得点分布を Fig. II-4-1(1), (2)に示す。第3因子の高得点領域（因子得点3以上）は、ソニア・スサーナ地区およびパニソ地区チンチルーマ区域に認められる。

Northern Part

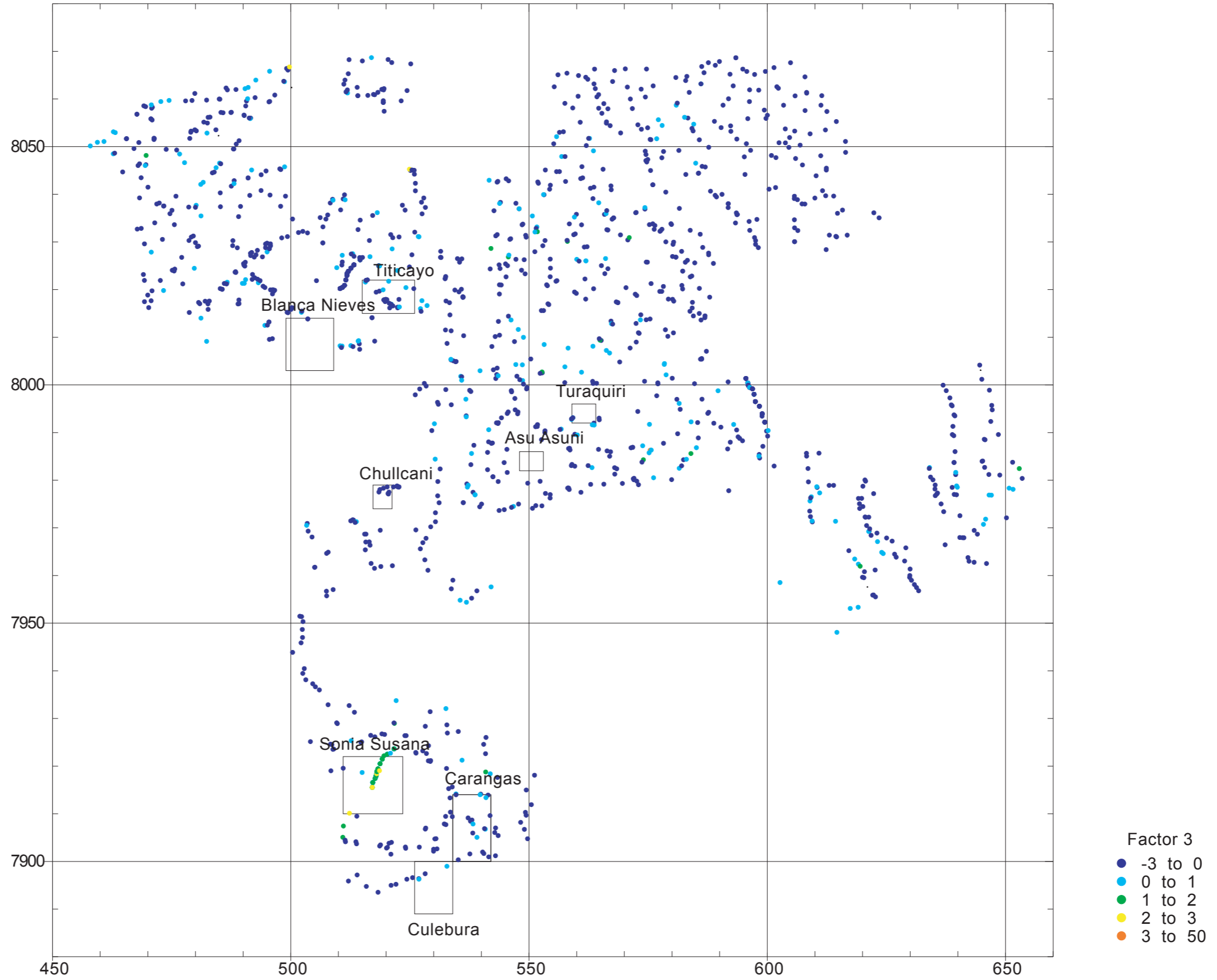


Fig.II-4-1(1) Geochemical Anomaly Map of the Stream Sediments (Northern Part)

Southern Part

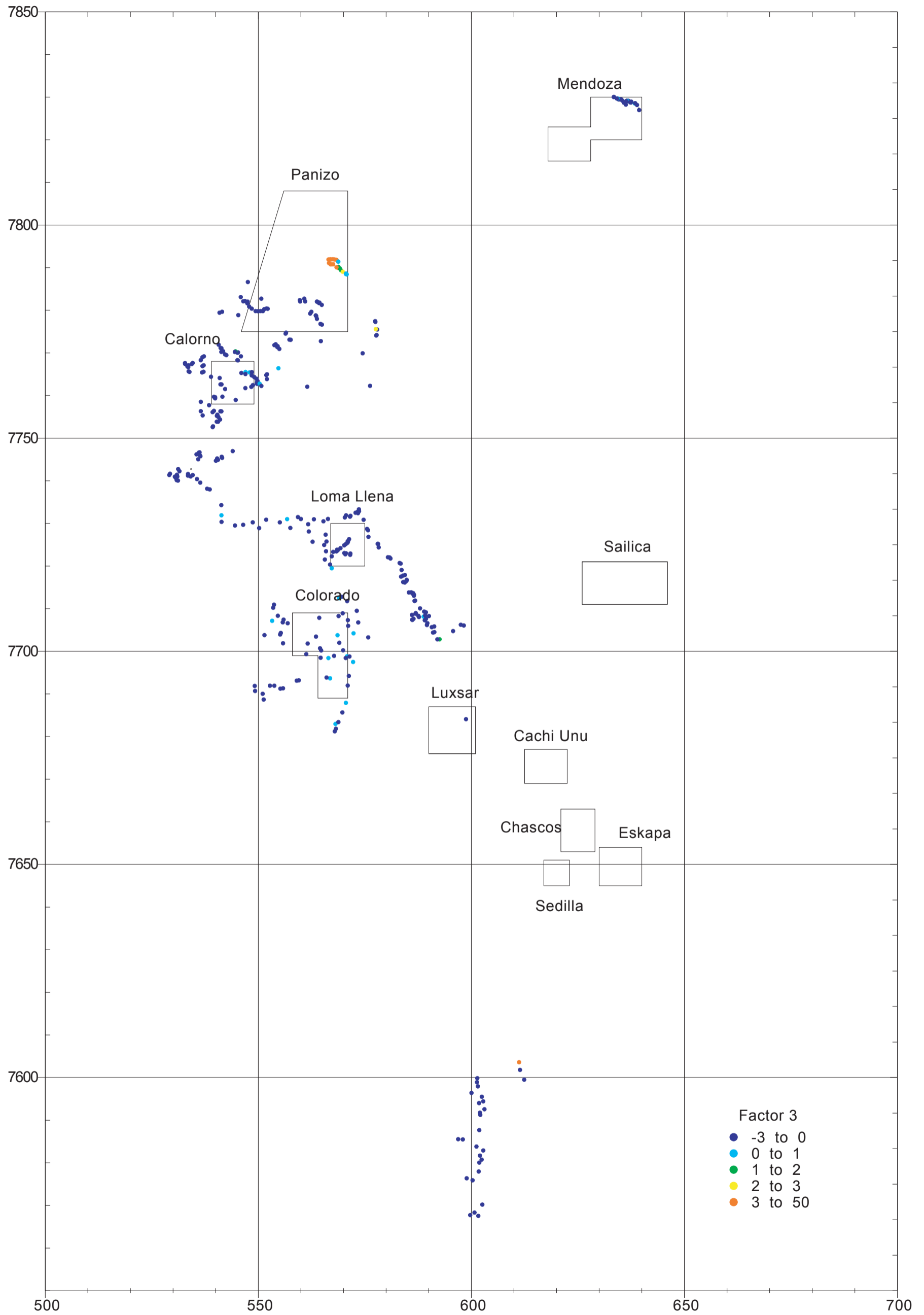


Fig.II-4-1(2) Geochemical Anomaly Map of the Stream Sediments (Southern Part)

第5章 調査結果の総合検討

5-1 衛星画像解析結果と現地調査結果

衛星画像解析で抽出された変質帯のうち、セディージャ地区チャスコス区域の北部以外は踏査した変質帯と良い一致を見た。しかし、粘土化・炭酸塩化変質帯と酸化鉄変質帯の識別は明瞭でない。チャスコス区域で抽出された異常帯は、太陽光の陰の部分に表れたスペクトル異常と解釈される。厳密な分布の一致はみられないが、衛星画像解析による変質帯の抽出は、十分に有効であるといえる。

5-2 火山岩類の生成年代の特性

調査地域には、先カンブリア紀の結晶片岩、片麻岩がチュルカニ地区の南東方に地窓として露出し、東部のアルチプレーノの一部に第三紀以降の陸成堆積物が認められる他は、西アンデスには火山岩類が広く分布している。

地質調査実施地区の火山岩類の年代測定結果からは、前期中新世から更新世のものが分布している (Table II-3-1)。

チリとの国境沿いに更新世の火山が認められているが、年代測定結果からは、東のアルチプレーノから西に向かう生成年代の規則的な分布はみられない (Fig. II-5-1)。西の方でもソニア～サーナ地区のように、比較的古い火山岩類が存在する可能性がある。

5-3 地質構造と鉱化作用の関係

衛星画像判読結果では、西アンデスの火山岩中にはリニアメントの発達が悪く、方向や分布密度に顕著な傾向を示さない (Fig. II-2-3)。リニアメントは疎であり、短く連続性がない。本地域ではリニアメントの発達が悪いのか、火山岩中では抽出されにくいのかは不明である。

また、抽出された変質帯とリニアメントの関連性もはっきりしない。

鉱脈は、南部のサン・クリストバル鉱床 (NE-SW 系) やエスカパ地区 (N-S 系) を除くと、トラキリ地区では E-W 系に、カラングス地区では E-W 系 (N70W) に、またサリーナス・デ・ガルシー・メンドーサ地区では E-W 系 (N80E~N75W) と NW-SE 系の割れ目に鉱化作用が認められる。

東西系の割れ目は鉱床胚胎の重要な役割を担っていると考えられる。

5-4 変質帯の特性

西アンデスの熱水変質帯は最大約 30 km² (カロールノ地区) に及び、広範な粘土化帯中に珪化帯が島状や脈状に点在している。

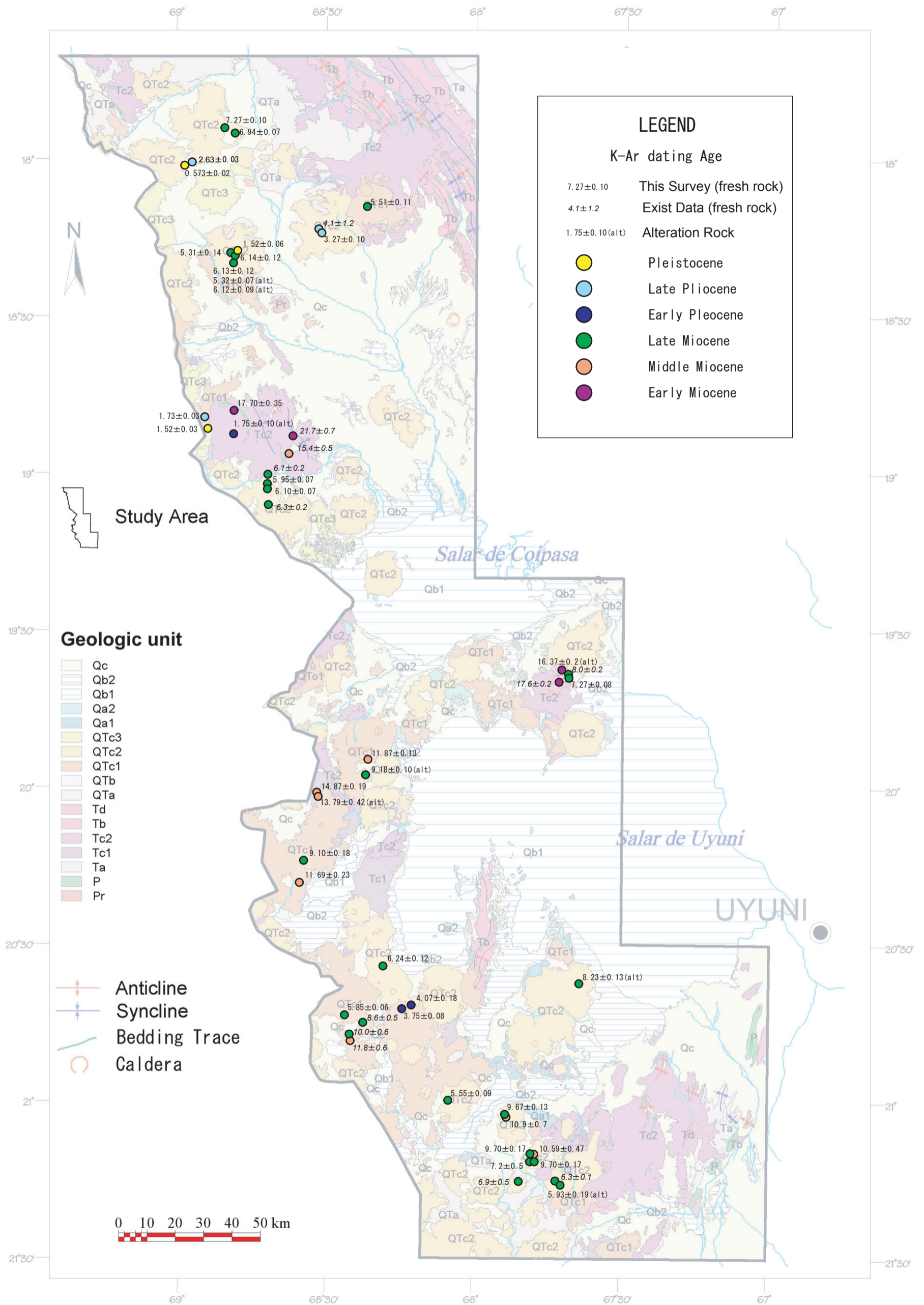


Fig. II-5-1 K-Ar Age in the Survey Area

チュルカニ地区の例 (Fig. II-5-2) から、変質帯の中心部から外側部に向けて、石英—セリサイト帯、石英帯、クリストバル石帯になっていると推察されるが、浸食の程度により欠如する場合がある。削剥をうけて貫入岩が露出している箇所ではセリサイト帯が現れている。

明礬石は石英帯とクリストバル石帯の境界部周辺に分布する傾向がチュルカニ地区で見られた。

変質帯の年代測定の結果も周辺の火山岩の生成年代に調和的な値を示す (Fig. II-5-1)。

一般に浸食の関係で比較的若い（後期中新世～鮮新世）火山岩類中の変質は石英—セリサイト帯の分布は狭いか認められず、比較的古い（中期中新世以前）の火山岩類中の変質は石英—セリサイト帯が広く認められる。

5-5 脈質の特性

ラ・デセアーダ鉱脈は浸食により、外側部から中心部が露出して観察され、化学分析結果は脈質の変化とともに、類似地区での探鉱に参考とされる。

脈質は、鉱化帯の最外側（最上部）では広い粘土化変質中にレンズ状の珪化変質（場合によっては粘土化珪化岩を示し、母岩の組織を残す）として現れ、鉱化帯の内側に向かうにつれて脈状を呈し珪化作用が強くなる。さらに内側に向かうと原岩の組織が不明となり黄鉄鉱の鉱染を伴うようになる。さらに深部では脈中に石英が出現し、石英の含有比率が高くなって鉛・亜鉛の硫化物が出現する (Fig. II-5-3)。

トラキリ地区の場合には粘土脈の内側にマンガン脈が出現している。

5-6 地化学異常と鉱化作用の特性

ラ・デセアーダ鉱脈の地化学異常値をみると、鉱化帯の外側（上部）に金、銅、鉛、砒素、アンチモンの異常が現れ、深部は金、銀、銅、鉛、亜鉛、アンチモンの値が上昇する。したがって、確認された異常元素の種類と脈質とによって、鉱化帯に占める位置をある程度判断することが可能である。

メンドーサ地区及び同じ時期の火山岩類が分布する地区では、金、銅、鉛、砒素、アンチモンの地化学異常が存在する箇所の深部にラ・デセアーダ鉱床類似の鉱床が期待できる (Fig. II-3-7(2))。

5-7 流体包有物均質化温度と塩濃度の特性 (Fig. II-5-4)

調査地区では流体包有物の均質化温度は平均値で 168℃ から 297℃ までが測定され、塩濃

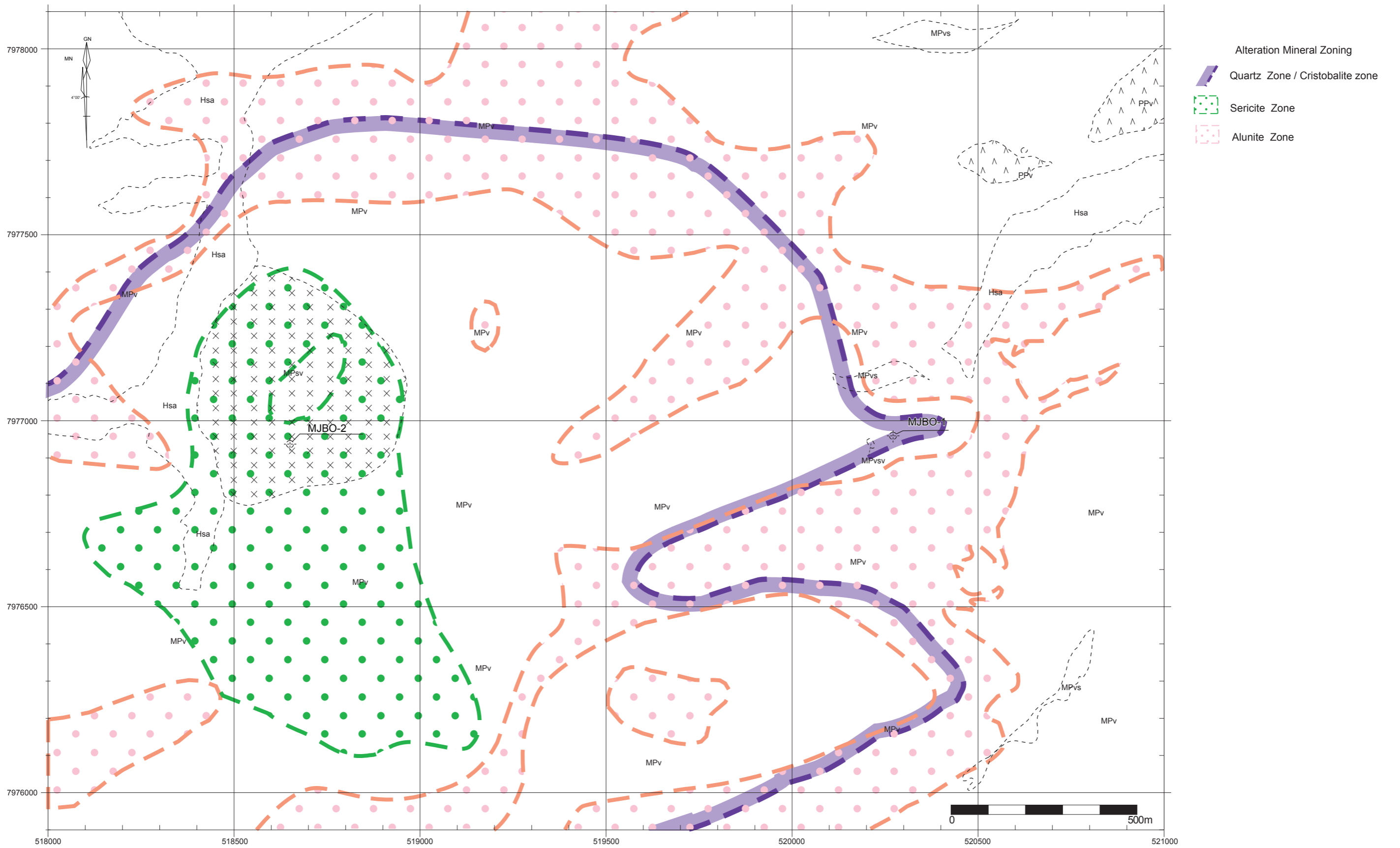


Fig.II-5-2 Distribution Map of the Alteration Minerals in the Chullcani District

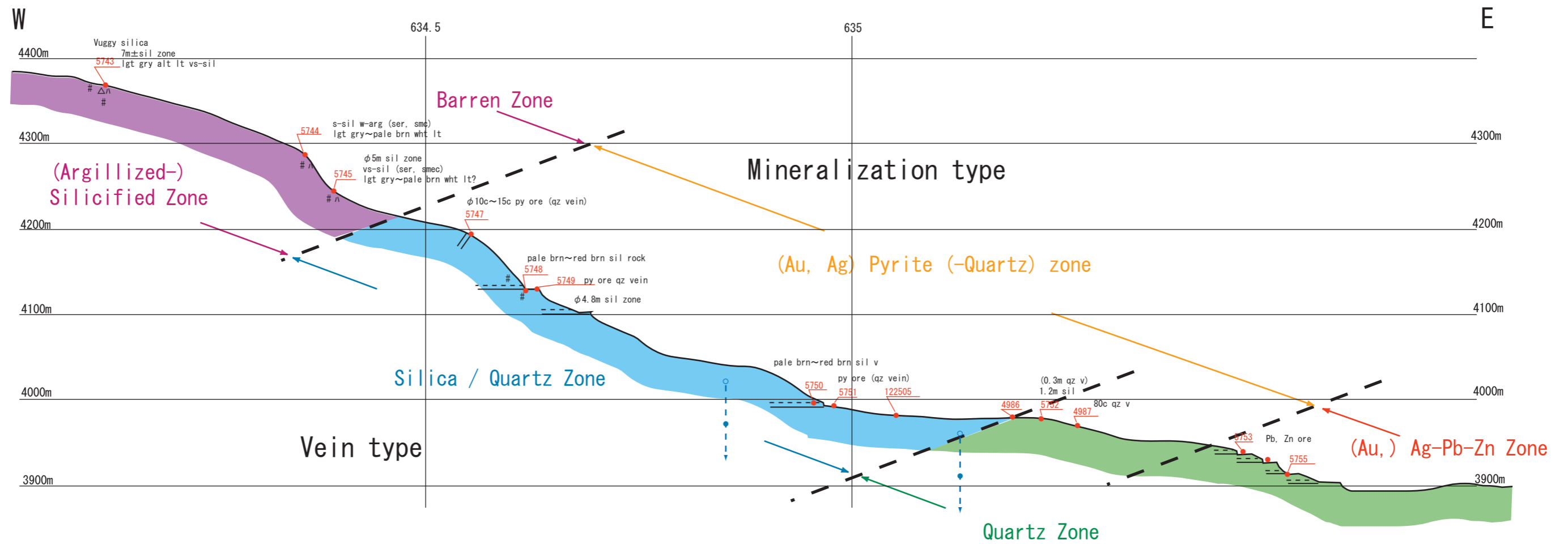


Fig. II-5-3 Schematic section of mineralization at the La Deseada Mine

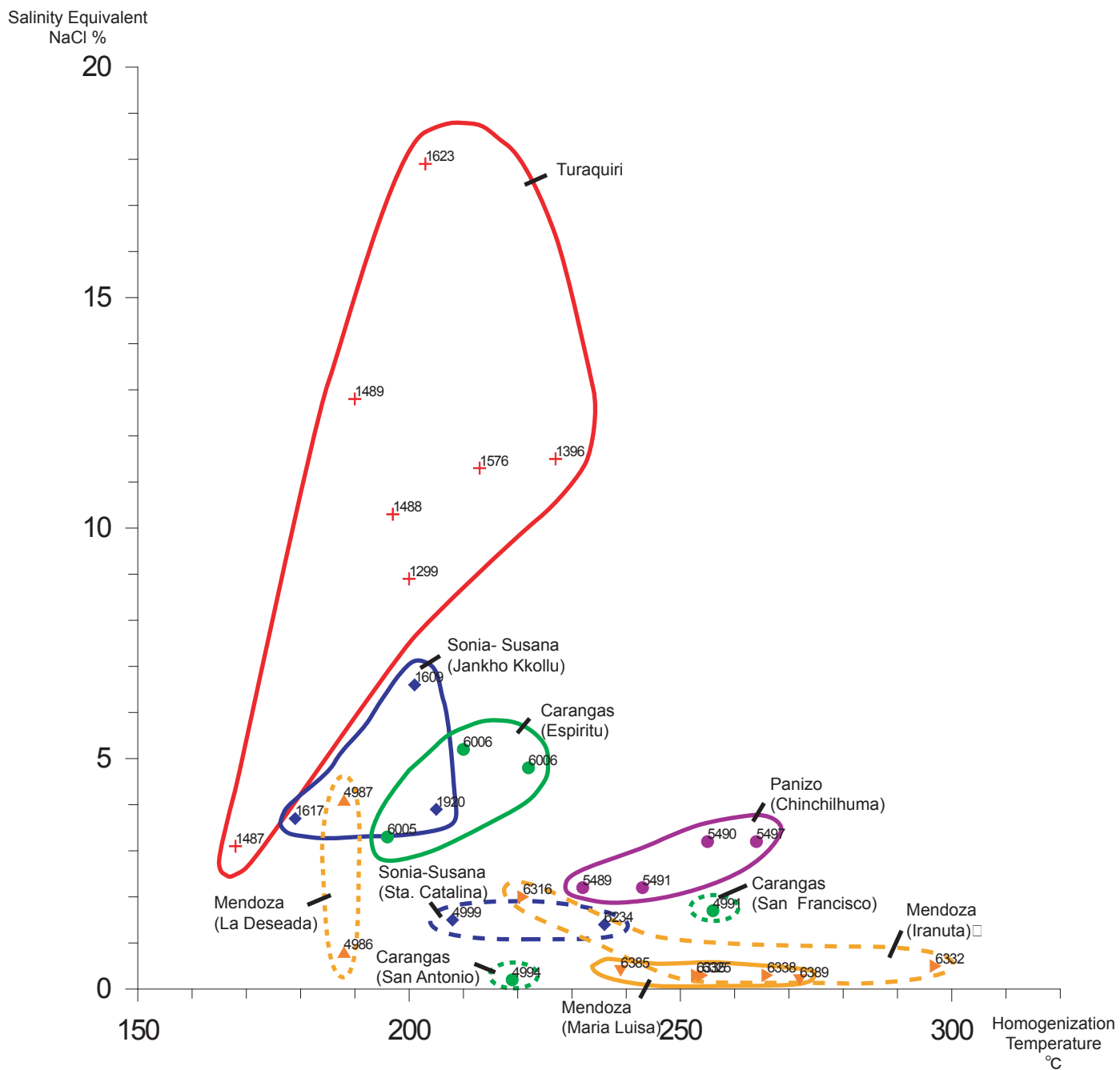


Fig.II-5-4 Temperature and Salinity of F.I. in the Area

度は平均値で0.2%から17.9%であった(Table II-5-1)。

Table II-5-1 Homogenization Temperature and Salinity of the Fluid Inclusions

District		Sample No	Host Min.	Ave. Temp. °C	Nacl (wt%)	
Turaquiri		1299	quartz	200	8.9	
		1396	quartz	227	11.5	
		1487	quartz	168	3.1	
		1488	quartz	197	10.3	
		1489	quartz	190	12.8	
		1576	quartz	213	11.3	
		1623	quartz	203	17.9	
Sonia-Susana	Jankho Kkollu	1609	quartz	201	6.6	
		1617	quartz	179	3.7	
		1920	quartz	205	3.9	
	Sta. Catalina	4999	quartz	208	1.5	
Carangas		6234	quartz	236	1.4	
		San Antonio	4994	quartz	219	0.2
		Espiritu	6005	quartz	196	3.3
			6006	sphalerite	210	5.2
			6006	quartz	222	4.8
		San Francisco	4991	quartz	256	1.7
		Mendoza		La Deseada	4986	quartz
4987	quartz				188	4.1
Maria Luisa	6385			quartz	239	0.4
	6389			quartz	272	0.2
Iranuta	6316			quartz	221	2.0
	6325			quartz	254	0.3
	6332			calcite	297	0.5
	6335			quartz	253	0.3
Panizo	Chinchilhuma San Salvador	6338	quartz	266	0.3	
		5489	sphalerite	232	2.2	
		5490	sphalerite	255	3.2	
		5491	sphalerite	243	2.2	
	Aguilani	5497	sphalerite	264	3.2	

トラキリ鉱脈は塩濃度が比較的高く、メンドーサ地区のイラヌタ鉱脈やマリア・ルイサ鉱脈では低い。鉱化流体に差があったことを示し、トラキリでは深部のマグマ水の関与が考えられ、メンドーサ地区では天水の混入を示唆している。

トラキリ鉱脈の直下には深成岩類が潜在する可能性がある。

さらにデータの蓄積が望まれるが、今回の調査結果ではラ・デセアード鉱脈(メンドーサ地区)、ハンコ・コジュ鉱脈(ソニア・スサーナ地区)、エスピリット鉱脈(カランガス地区)およびサン・

アントニオ鉱脈（カランガス地区）では均質化温度が低いことから、さらに深部（高温部）に鉱化作用が連続する可能性が期待される。

5-8 鉱化作用の特性

対象地域内に期待される鉱床タイプは、以下のように考えられる。

- ①アルカリ玄武岩に伴う銅鉱床
- ②古第三紀の赤色堆積岩中に胚胎する層状銅鉱床（コロコロ型鉱床）
- ③浅熱水性鉱床
- ④ボリヴィア型多金属鉱脈鉱床
- ⑤斑岩型銅・金鉱床

この内、漸新世後期のアルカリ玄武岩に伴う細脈状、鉱染状銅鉱床およびコロコロ型鉱床は小規模で当面の探査対象とならない。

斑岩銅・金鉱床は、現世の火山の深部では現在形成過程にあると考えられ、また、比較的若い火山では鉱床生成深度が深いため探鉱が困難と考えられる。比較的古い火山岩類が露出している必要がある。

調査地域では浅熱水性鉱床とボリヴィア型多金属鉱床（特に銀・金・銅に富むタイプ）が主要な対象となる。それぞれ以下に分類される。

I ボリヴィア型多金属鉱床

A 銀・錫に富むタイプ（主に東アンデス）

鉱物組合せ：銀-錫-鉛-亜鉛-タングステン-ビスマス-金

脈質：硫化脈

鉱床例：ポトシ鉱床，プラカヨ鉱床，ワヌニ鉱床

B 銀・金・銅に富むタイプ（主にアルチプラーノ）

鉱物組合せ：銀-金-少量の銅（鉛-亜鉛-アンチモン-錫の存在）

脈質：硫化脈

鉱床例：コリコージョ鉱床

II 浅所の火山岩の活動に関係する浅熱水性（金）・銀・鉛・亜鉛鉱床

鉱物組合せ：（金）-銀-少量の鉛・亜鉛（錫の地化学異常）

脈質：重晶石—石英脈

鉱床例：サン・クリストバル鉱床

III 浅所の半深成岩貫入活動に関する浅熱水貴金属鉱床

鉱物組合せ：金—銀—鉛—亜鉛—銅

脈質：明礬石—カオリン—石英脈，重晶石—石英脈

中性変質帯の存在

鉱床例：ラ・エスパニョーラ鉱床，チョケリンピエ鉱床

IV 高硫化系浅熱水鉱床（石英—明礬石型鉱脈鉱床）

火山活動に関する浅熱水性金・銀・銅鉱床

鉱物組合せ：(金)—銀—銅（硫砒銅鉱）

脈質：明礬石—重晶石—石英脈

鉱床例：ラウラニ鉱床，ラ・エスパニョーラ鉱床，チョケリンピエ鉱床

V 低硫化系浅熱水性鉱床（石英—氷長石型鉱脈鉱床）

氷長石や炭酸塩鉱物を伴うセリサイト化変質や中性粘土化変質帯（明礬石の欠如）

脈質：石英—氷長石脈

鉱床例：ラ・エスパニョーラ鉱床の外側部

ボリヴィア型多金属鉱脈鉱床を含む熱水型鉱床と浅熱水変質を伴う斑岩銅・金鉱床の模式的な鉱床モデルを Fig II-5-5 と Fig II-5-6 に示す。

鉱床モデルから，ボリヴィア型多金属鉱脈鉱床の硫化鉱物脈は，上方に向かって重晶石—石英または重晶石—玉髓脈に変化する傾向が普遍的に見られ，浅熱水性鉱化作用へと移行している。

上記分類した浅熱水性鉱床 II，III はボリヴィア型多金属鉱床上部の浅熱水性鉱化部に相当する可能性があると考えられた。

今回の調査では，石英（玉髓）—重晶石脈の深部に対する探鉱がチュルカニ地区以外では実施されなかったので十分には解明されていない。さらに，ボリヴィア型多金属鉱床に移行する場合，比較的古い火山岩類が分布する地区の鉱徴部では，一部に硫化脈が存在すると考えられたが確認されていない。

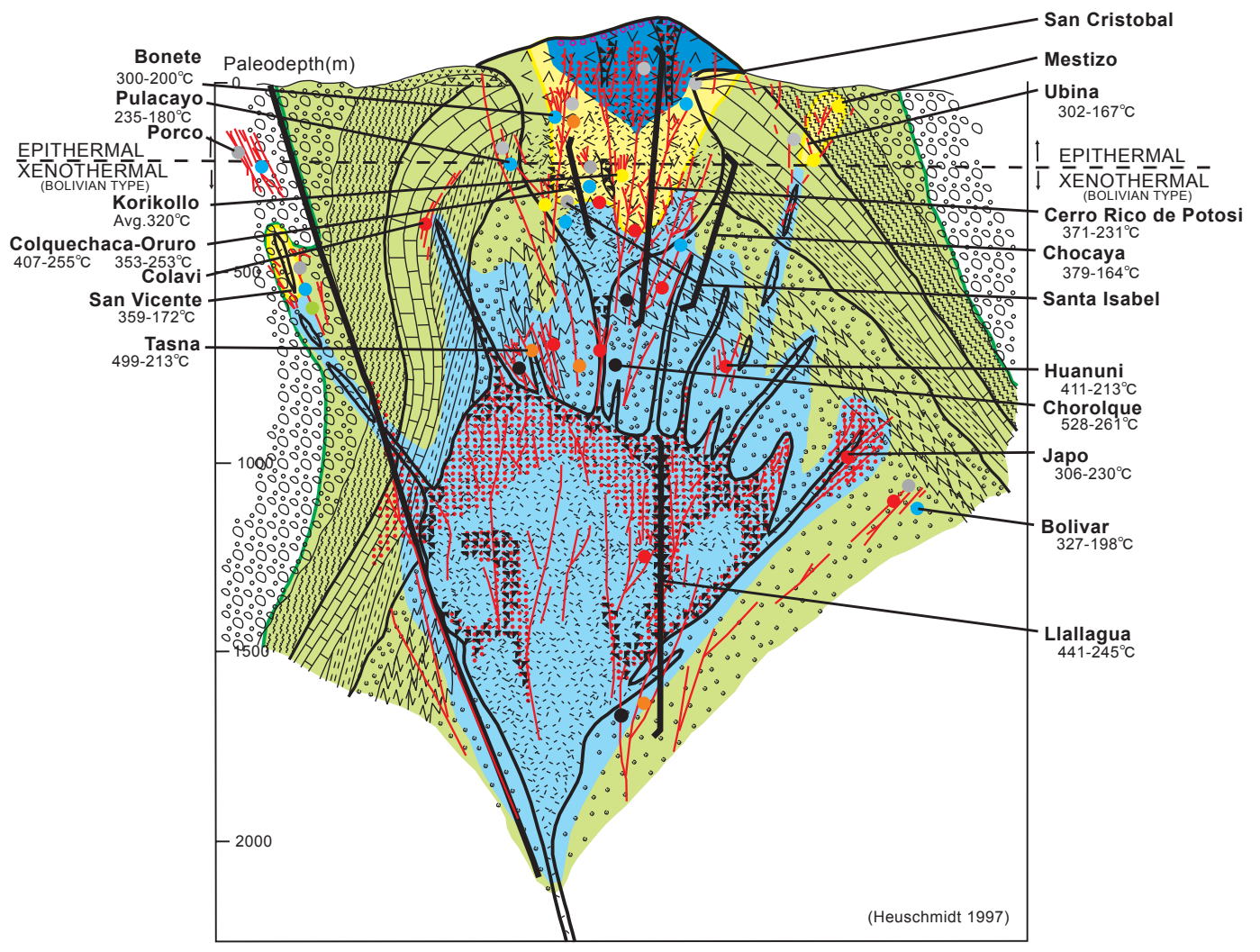


Fig. II-5-5 Idealized Bolivia Type deposit

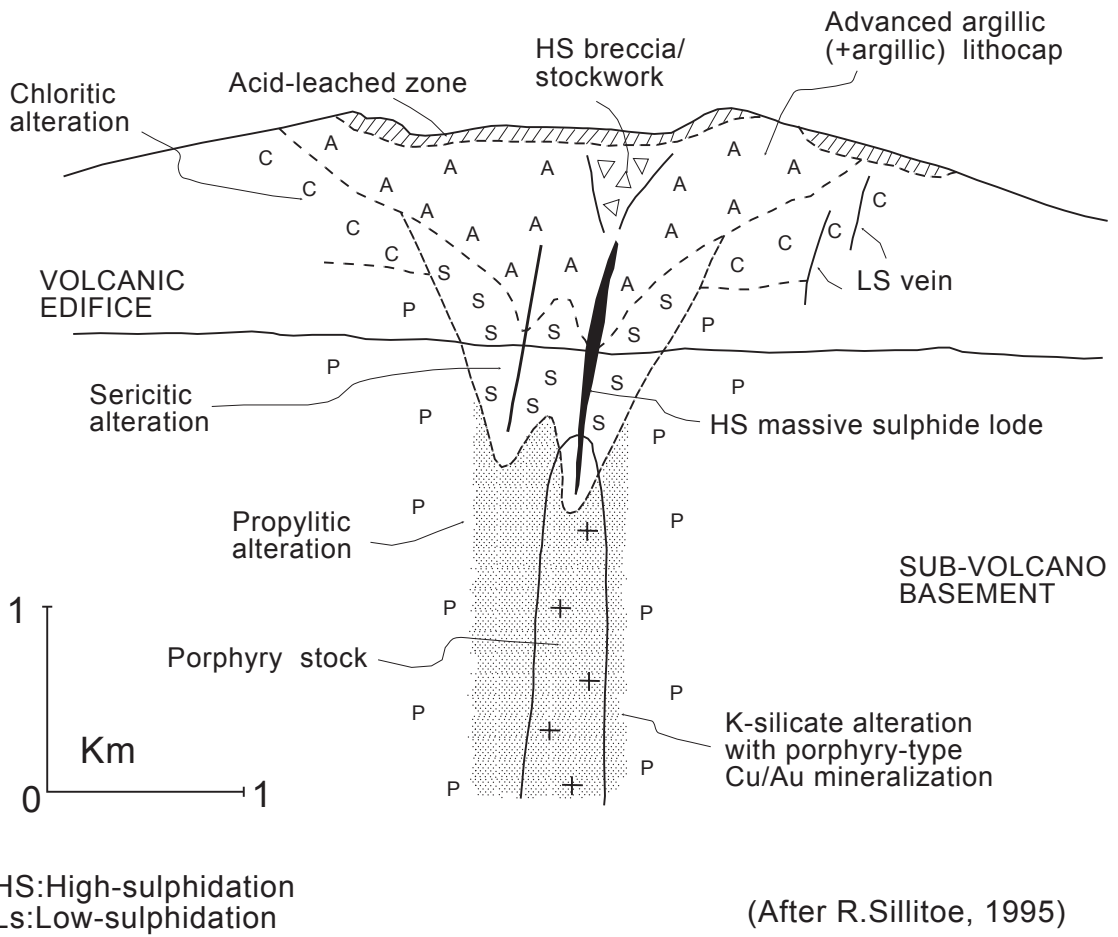


Fig. II-5-6 Idealized Lithocap and Underlying Porphyry Cu/Au deposit

西アンデスからアルチプレーノの一部の鉱化作用は東部のボリヴィア型多金属鉱化作用とは若干異なる可能性も考えられる。