

ボリヴィア共和国オルコ・ウユニ地域 資源開発協力基礎調査報告書

第 3 年次

平成 14 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

はしがき

日本国政府はボリヴィア共和国政府の要請に応え、同国の首都ラ・パスの南西方に位置するオルロ・ウユニ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、既存データ解析、衛星画像解析、地質調査、地化学探査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は平成 11 年度を第 1 年次とする第 3 年次にあたり、金属鉱業事業団は 3 名の調査団を編成して平成 13 年 7 月 31 日から平成 13 年 10 月 20 日まで現地に派遣した。現地調査は、ボリヴィア共和国政府関係機関、地質鉱山局の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、第 3 年次の調査結果をまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力をいただいたボリヴィア共和国政府関係機関らびに外務省、経済産業省、在ボリヴィア共和国日本大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成 14 年 3 月

国際協力事業団

総 裁 川 上 隆 朗

金属鉱業事業団

理事長 田 代 直 弘

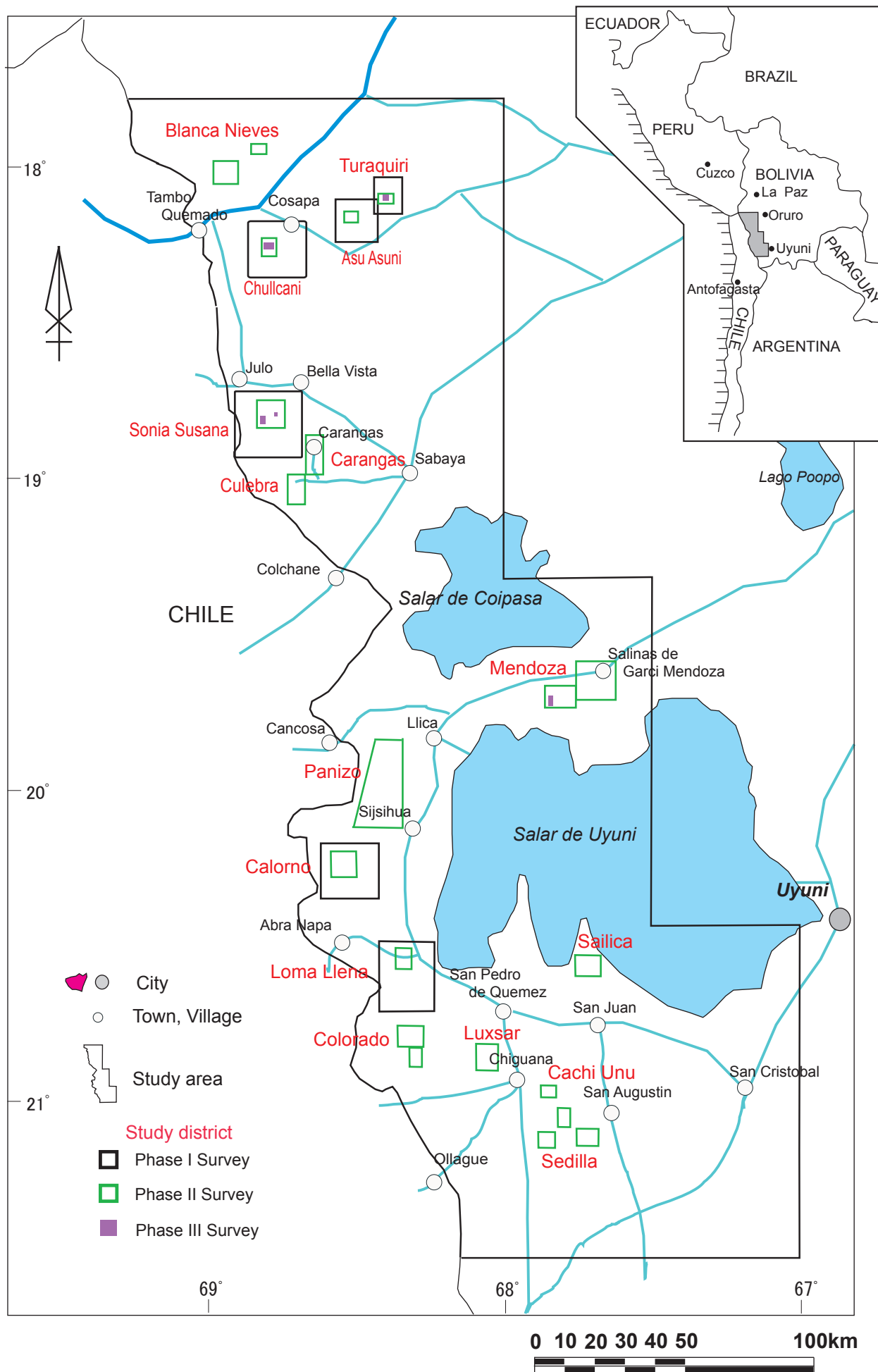


Fig. I-1 Location Map of the Survey Area

要 約

本報告書は、ボリヴィア共和国オルロ・ウユニ地域において実施した資源開発協力基礎調査の第3年次調査結果をとりまとめたものである。

調査結果、総合評価および将来への探鉱提言を要約すると以下の通りである。

調査結果

①地質精査（縮尺 1/5,000）：4 地区

トラキリ地区ではトラキリ鉱脈の北西方に多数のマンガンを主体とする鉱脈群が捕捉され、新たに貫入岩の周辺部に金の鉱化作用が確認された。

チュルカニ地区では、チュルカニ火山の中央部にモンゾ閃緑岩が貫入し、それを中心として変質鉱物の分布が確認され、貫入岩が熱水活動の中心と解釈された。今年度も貫入岩の周辺には金の地化学異常がみられた。

ソニアヘスサーナ地区のハンコ・コジュ区域では変質貫入岩とその南部に多数の鉛・亜鉛鉱脈が捕捉された。サンタ・カタリーナ区域では斑岩型鉱化作用が期待されるものの、今回までの調査では、その積極的な示徴は確認されなかった。

メンドーサ地域ではイラヌタで多数の鉛・亜鉛鉱脈が捕捉され北方の流紋岩貫入岩に由来する鉱化作用と考えられ、チョルカ山で確認された金の地化学異常はその下部に推定される半深成岩に由来するものと解釈された。

②ボーリング調査：チュルカニ地区（2本、600m）

優勢な熱水変質帯を捕捉したが、顕著な鉱化作用は捕捉されなかった。

総合評価

トラキリ地区では確認されたマンガン脈の下部に銀・鉛・亜鉛・銅鉱床が期待され、貫入岩の周辺部では金の付加も期待されるが、規模的には小さい。

チュルカニ地区では貫入岩が地表に露出しているのが確認され、貫入岩とその周辺部に石英—セリサイト帯が分布し金の沈殿条件としては整っている。しかしボーリングの結果では地表の金の地化学異常は深部で優勢になっていない。依然南東部に胚胎する可能性が残されているが、全体的に金鉱化作用が弱い可能性が考えられる。

ソニア〜スサーナ地区ではハンコ・コジュ区域で銀・鉛・亜鉛・銅鉱脈が確認されたが規模的に発展する可能性は小さい。サンタ・カタリーナ区域では斑岩銅鉱化作用が期待されるが、積極的な示徴を確認しておらず、存在してもかなり深部と考えられる。

メンドーサ地区ではチョルカ山の深部に貫入岩とそれに関係した浅熱水性金・銀鉱化作用が期待され、北側斜面には高硫化系金・銅鉱化作用も考えられるが、単一の成層火山であることを考慮すると規模的に小さい可能性がある。

将来への探鉱提言

今年度までの調査で、地質的データが蓄積され、地質的理解も深まったが、顕著な鉱化示徴は確認できなかった。したがって現時点では調査を継続する積極的な結果が得られていない。しかしながら、将来、オルロ・ウユニ地域を含む西アンデスの金属鉱床を再評価する場合、以下の点に留意することを提言する。

(1) 浅熱水性金属鉱床探査における提言

広範囲なエリアからの探査対象の絞り込みには、熱水変質帯を抽出する必要があり、それには衛星画像解析が有効である。また、抽出された熱水変質帯中から鉱床賦存の可能性のある箇所を絞り込むには、地化学探査が有効である。

上記により絞り込まれた区域について以下の点に留意して調査を実施することを提言する。

地質調査にあたっては

- ① 運鉱岩(ore bringer) (ドームや貫入岩) の存在する箇所
- ② 熱水(鉱化流体) の通路(割れ目、熱水角礫岩や角礫パイプ) が存在する箇所
- ③ 熱水の供給が繰り返し行われた箇所(成層火山より複合火山、古い火山岩(変質作用) と新しい火山岩(変質作用) が重複する箇所)

を十分に把握すること

さらに室内研究にあたっては

- ① 削剥レベルの検討(年代測定、流体包有物の均質化温度、地化学異常および変質鉱物等)
- ② 鉱化帯中に占める位置の検討(変質鉱物、地化学異常、脈質)

を十分に行うことが望ましい。

上記調査で絞りこまれたポテンシャルの高い地区についてはさらに地下深部の地質構造や鉱化作用を推定するために物理探査やボーリング探鉱を実施することが望ましい。

(2) 斑岩型鉱床の探査における提言

チリの斑岩銅鉱床の生成年代は西から東へと若くなっていく傾向がみられる。したがってボリヴィア西アンデスの火山岩類分布域には斑岩銅鉱床存在の可能性がある。しかし若い火山では斑岩銅鉱床が存在してもかなり深部になると予想される。このため基礎データとして西アンデスの火山層序（特に絶対年代）の確立が望まれる。この火山層序の確立は、(1)で述べた浅熱水鉱床の探鉱においても重要である。

ボリヴィア共和国オルロ・ウユニ地域
資源開発協力基礎調査
(第3年次)

目 次

はしがき

調査地域位置図

要 約

第 I 部 総 論

第1章 序 論	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 第2年次調査の結論と提言	1
1-2-1 第2年次調査の結論	1
1-2-2 第2年次調査の提言	1
1-3 第3年次調査の概要	2
1-3-1 調査地域	2
1-3-2 調査目的	2
1-3-3 調査方法	2
1-3-4 調査団の編成	4
1-3-5 調査期間	4
第2章 調査地域の地理	5
2-1 地形及び水系	5
2-2 気候及び植生	5
第3章 一般地質	7
3-1 調査地域周辺の一般地質	7
3-2 調査地域における鉱化作用の特徴	12

第4章 調査結果の総合検討	17
4-1 地質及び地質構造と鉱化作用の関係	17
4-1-1 地質	17
4-1-2 地質構造	17
4-1-3 期待される鉱床タイプ	17
4-2 地区別調査結果	24
4-2-1 トラキリ地区	24
4-2-2 チュルカニ地区	24
4-2-3 ソニア～スサーナ地区	29
4-2-4 メンドーサ地区	29
4-3 鉱床賦存のポテンシャルについて	35
第5章 結論及び提言	37
5-1 結 論	37
5-2 将来への提言	40

第 II 部 各 論

第1章 調査方法	41
第2章 地質調査	43
2-1 トラキリ地区	43
2-2 チュルカニ地区	54
2-3 ソニア～スサーナ地区	67
2-4 メンドーサ地区	83
第3章 ボーリング調査	97
3-1 調査目的	97
3-2 ボーリング工事	97
3-2-1 工事概要	97

3-2-2 孔別掘進状況	101
3-3 調査結果	102
3-4 考察	118

第 III 部 結論及び将来への提言

第1章 結 論	121
第2章 将来への提言	125
文献・参考資料	127
Appendices	A-1

LIST OF FIGURES

Fig. I -1	Location Map of the Survey Area
Fig. I -3-1	Geological Map of Bolivia
Fig. I -3-2	Schematic Geologic Map of the Area
Fig. I -3-3	Schematic Geologic Column of the Survey Area
Fig. I -3-4	Ore Deposits and Showings in the Area
Fig. I -4-1 (1)	Idealized Model of Bolivian Type Deposit
Fig. I -4-1 (2)	Idealized Lithocap and Underlying Porphyry Cu/Au Deposit
Fig. I -4-2 (1)	Integrated Interpretation Map of the Turaquiri District
Fig. I -4-2 (2)	Integrated Interpretation Map of the Chullcani District
Fig. I -4-2 (3)	Integrated Interpretation Map of the Sonia-Susana District
Fig. I -4-2 (4)	Integrated Interpretation Map of the Mendoza District
Fig. II -2-1 (1)	Geological Map of the Turaquiri District
Fig. II -2-1 (2)	Alteration Map of the Turaquiri District
Fig. II -2-1 (3)	Geochemical Anomaly Map of the Turaquiri District
Fig. II -2-2 (1-1)	Geological Map of the Chullcani District
Fig. II -2-2 (1-2)	Geologic Section of the Chullcani District
Fig. II -2-2 (2-1)	Alteration Map of the Chullcani District
Fig. II -2-2 (2-2)	Distribution Map of Alteration Minerals in the Chullcani District
Fig. II -2-2 (3)	Geochemical Anomaly Map of the Chullcani District
Fig. II -2-2 (4)	Idealized Formation Process of the Chullcani Volcano
Fig. II -2-3 (1)	Geological Map of the Sonia-Susana District
Fig. II -2-3 (2)	Alteration Map of the Sonia-Susana District
Fig. II -2-3 (3)	Geological Sketch in the Jankho Kkollu Area
Fig. II -2-3 (4)	Geochemical Anomaly Map of the Sonia-Susana District
Fig. II -2-4 (1-1)	Geological Map of the Mendoza District
Fig. II -2-4 (1-2)	Geologic Section of the Mendoza District
Fig. II -2-4 (2)	Alteration Map of the Mendoza District
Fig. II -2-4 (3)	Geochemical Anomaly Map of the Mendoza District
Fig. II -3-1	Location Map of Drill Holes

- Fig. II -3-3(1) Geological Map of the Drill Hole MJBO-1 Site Area
- Fig. II -3-3(2) Geologic Section of the Drill Hole MJBO-1
- Fig. II -3-3(3) Relative Mineral Abundance (Drill Hole MJBO-1)
- Fig. II -3-3(4) Variations of 8-Elements Grades in Core (Drill Hole MJBO-1)
- Fig. II -3-3(5) Geological Map of the Drill Hole MJBO-2 Site Area
- Fig. II -3-3(6) Geologic Section of the Drill Hole MJBO-2
- Fig. II -3-3(7) Relative Mineral Abundance (Drill Hole MJBO-2)
- Fig. II -3-3(8) Variations of 8-Elements Grades in Core (Drill Hole MJBO-2)

LIST OF TABLES

Table I -1-1	Contents of the Survey
Table I -1-2	List of Laboratory Test
Table I -1-3	Period of the Survey
Table I -2	Temperature & Humidity in Oruro City
Table II -2-1	Result of Chemical Analysis(Turaquiri)
Table II -2-2	Result of Chemical Analysis(Chullcani)
Table II -2-3(1)	Result of Chemical Analysis(Jankho Kkollu)
Table II -2-3(2)	Result of Chemical Analysis(Santa Catalina)
Table II -2-4	Result of Chemical Analysis(Mendoza)
Table II -3-1	Drill Hole Length and Core Recovery
Table II -3-2	Result of Chemical Analysis (Drill Hole MJBO-1)
Table II -3-3	Result of Chemical Analysis (Drill Hole MJBO-2)

LIST OF APPENDICES

Appendix 1	Sample List of Laboratory Works
Appendix 2	Microscopic Observations of Thin Sections
Appendix 3	Microscopic Observations of Polished Sections
Appendix 4	X-ray Diffraction Analysis
Appendix 5	Sample Locality
Appendix 6	Assay Results of Rock Samples
Appendix 7	Assay Results of Ore Samples
Appendix 8	Miscellaneous Data for the Drilling Survey
Appendix 9	Geologic Core Logs of the Drill Holes

LIST OF PLATE

PL- 1	Geological Map of the Turaquiri District(1:5,000)
PL- 2	Geological Map of the Chullicani District(1:5,000)
PL- 3	Geological Map of the Sonia Susana District(1:5,000)
PL- 4	Geological Map of the Mendoza District(1:5,000)
PL- 5	Sample Location Map of the Turaquiri District(1:5,000)
PL- 6	Sample Location Map of the Chullicani District(1:5,000)
PL- 7	Sample Location Map of the Sonia Susana District(1:5,000)
PL- 8	Sample Location Map of the Mendoza District(1:5,000)
PL- 9	Geochemical Anomaly Map of the Turaquiri District(1:5,000)
PL- 10	Geochemical Anomaly Map of the Chullicani District(1:5,000)
PL- 11	Geochemical Anomaly Map of the Sonia Susana District(1:5,000)
PL- 12	Geochemical Anomaly Map of the Mendoza District(1:5,000)
PL- 13	Geological Sketch in the the Sonia Susana District (Jankho Kkollu)

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論

1－1 調査の経緯

本調査は、ボリヴィア共和国政府の要請を受けて、1999 年 12 月 10 日付で締結された Scope of Work に基づいて、日本国政府がボリヴィア共和国オルロ・ウユニ(Oruro-Uyuni)地域において、鉱物資源調査を実施するものである。

1－2 第 2 年次調査の結論と提言

1－2－1 第 2 年次調査の結論

第 2 年次は、第 1 年次調査地区及び新たに追加された 10 地区の合計 16 地区で精度の異なった地質調査、地化学探査を実施するとともに、相手国機関が採取した川砂試料について化学分析を行った。

第 1 年次および第 2 年次の調査の結果、オルロ・ウユニ地域には広範囲に熱水変質帯が分布し、その下部に浅所の火山岩の活動に係る浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床、浅所の半深成岩貫入岩に係る浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛・銅鉱床、高硫化系浅熱水金・銀・銅鉱床（石英—明礬石型）および低硫化系浅熱水鉱床（石英—氷長石型）を胚胎する可能性があることが判明した。さらに、浸食の進んだ地区の深部にはポーフィリー型金・銅鉱床の胚胎の可能性も秘めており、またドームや貫入岩が分布し、熱水角礫岩や角礫パイプが発達した地区では熱水活動が活発であったと解釈され、浅熱水鉱床賦存の可能性が高いと評価された。

有望地として、北部から南部へトラキリ地区、チュルカニ地区、ソニア〜スサーナ地区、カロールノ地区、メンドーサ地区（モコ山区域、チョルカ山区域）、パニソ地区（パニソ区域）、サイリカ地区（プラスマール鉱山）及びセディージャ地区（エスカパ区域）が抽出された。

1－2－2 第 2 年次調査の提言

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

1－3 第3年次調査の概要

1－3－1 調査地域

オルロ・ウユニ地域は、首都ラ・パス (La Paz) の南方約 150km から 560 km間に位置している (Fig. I-1)。本地区の西半分は海拔 4,000～5,000m の山岳地帯、東半分は主として海拔 4,000m までの緩やかな高原及び塩湖からなる。

第3年次調査の4地区はオルローウユニ地域の北部を占める。

1－3－2 調査目的

本調査の目的は、ボリヴィア共和国オルロ・ウユニ地域を対象として、地質状況および鉱床賦存状況を解明し、短期かつ効率的に広大なエリアから鉱床賦存有望地区を抽出することである。

本調査の重点課題は、第1年次に実施した衛星画像解析及び既存データ解析の結果から抽出した地区について、地質状況、変質及び鉱化特性の把握を目的として地質調査・地化学調査を行い、特に、第三紀火山岩類に伴う鉱化作用の特性を考察し、有望地区の選定を行うことである。

1－3－3 調査方法

第3年次調査は、第1年次・第2年次調査結果から抽出された鉱床賦存の可能性の高い4地区（トラキリ地区、チュルカニ地区、ソニア～スサーナ地区、メンドーサ地区）について地質調査を、さらにチュルカニ地区については、ボーリング調査も実施した（Table I-1-1）。

また Table I-1-2 に示す数量の各種サンプリングを行い室内試験を実施した。

Table I-1-1 Contents of the Survey

調査内容	調 査 量
地質調査	調査地区 : トラキリ地区, チュルカニ地区, ソニア～スサーナ地区, メンドーサ地区 縮尺 : 1/5千の地質調査 対象面積 : 12km ² ・トラキリ地区:1.5 km ² ・チュルカニ地区: 6 km ² ・ソニア～スサーナ地区:1.5 km ² ・メンドーサ地区: 3 km ² 総ルート長 : 120km
ボーリング調査	調査地区 : チュルカニ地区 総延長 : 600m (2孔×300m) 傾斜 : ー90° 付帯工事 : 道路作成 12km

Table I-1-2 List of Laboratory Test

調査内容	室内試験項目及び数量	
地質調査	①化学分析 (岩石/11成分) ②化学分析 (鉍石/11成分) ③岩石薄片作成 ④研磨片作成 ⑤粉末X線回折 (不定方位)	500 件 10 件 20 件 10 件 70 件
ボーリング調査	①化学分析 (岩石/11成分) ②岩石薄片作成 ③粉末X線回折 (不定方位)	210 件 5 件 40 件

化学成分 : 岩石・鉍石／11成分 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Hg, Mo, Ba, Sn)

1－3－4 調査団の編成

1) 現地調査団

日 本 側		ボリヴィア共和国	
氏 名	所 属	氏 名	所 属
橋本 守男 (団 長) (地質・ボーリング)	三井金属 資源開発㈱	Fernando Murillo Salazar (調 整) (地質)	地質鉱山局
武部 晃充 (地質)	〃	Yerco Santa Cruz Salvatierra (地質・ボーリング)	〃
日比 福二 (地質)	〃	Girberto Borja Navarro (地質・ボーリング)	〃
	〃	Manuel Menacho Leon (地質)	〃
	〃	Guido Quezada Cortez (地質)	〃

2) 現地作業監理

伊藤 正 金属鉱業事業団
塩川 智 金属鉱業事業団リマ支所

1－3－5 調査期間

調査期間は、下記の通りである。

Table I-1-3 Period of the Survey

期 間 項 目	2 0 0 1 年						2002 年
	7 月	8 月	9 月	1 0 月	1 1 月	1 2 月	1 月
計画・準備	30						
現地調査	31			20			
試験・分析		15					15
報告書作成					1		31

第2章 調査地域の地理

2-1 地形及び水系

調査地域はボリヴィア最西端の2つの地形学的地域に属している。

一つはアルチプレーノ（海拔約 3,700m の平坦な高原）で広さは 10 万 km²に及ぶ。世界で一番高く大きいチベット高原に次ぐ大きさである。

もう一つは火山山脈でペルーとチリの自然の国境をなしており、海拔 6,000m 以上の高度を有している（サハマ(Sajama)山 6,542m, パリナコタ(Parinacota)山 6,132m)。北はペルーから南はアルゼンチンまでの 620km に亘って北西―南東方向に走っている。

調査地の水系は中央盆地または湖沼に属し、アルチプレーノのほとんど全域をカバーしている。それらはチチカカ(Titicaca)湖、ポーポ湖、コイパサ(Coipasa)塩湖、ウユニ塩湖およびデサグアデロ(Desaguadero)川から形成されている。

ポーポ湖はオルロ県にあって、海拔は 3,868m である。流入する主要な川は、パスニャ(Pazña), チャジャパタ, コンデ(Conde), セバルーヨ(Sevaruyo), およびキンパラ(Kimpara)の各河川である。

ラカハウイラ(Lakajahuira)川はポーポ湖とコイパサ塩湖を結ぶ唯一の水系である。

ラウカ(Lauca)川とサバヤ(Sabaya)川はコイパサ塩湖へ流入する。

ウユニ塩湖に流入する主要河川は、南部のグランデ(Grande)川、ケテーナ(Quetena)川および東部のチカ・チカ(Chica Chica)川である。それらの殆ど全ての川が非常に小さく、雨期(12月～3月)にのみ水が存在し、橋がないために通行が困難となっている。

2-2 気候及び植生

ボリヴィア南部（南緯 10° ～23° ）は、緯度からみれば熱帯～亜熱帯気候であるが、高度のために 3,600m 以上は乾燥、寒冷気候である。夜間は年間を通じて気温は零下を示す。

雨期は 12 月から 3 月の夏で、年間降雨量はおおよそ 400mm である。

地域の一部では寒さのために雨が雪や氷に変わる。この季節の最高気温は 22℃で、最低気温はおおよそ -5℃である。

乾期は冬に相当し、最高気温は 18℃に達し最低気温は-22℃を示すが、野外調査にはベストのシーズンである。冬季には西からの風が非常に強く、日較差は 30℃となり夜間は非常に寒く、湿度は 0 %から 22%を示す。

参考のため調査地域近くのオルロ市の平均気象データを Table I -2 に示す

Table I -2 Temperature and Humidity in Oruro City

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年間
平均気温 °C	11.5	11.0	10.5	9.2	5.8	3.4	2.7	4.9	7.2	9.4	10.9	11.7	8.2
最高気温(平均)	18.3	18.5	17.8	17.9	16.3	14.3	14.1	16.5	17.6	18.7	19.6	19.5	17.40
最低気温(平均)	4.7	3.5	3.2	0.5	-4.7	-7.4	-8.7	-6.6	-3.2	0.2	2.3	3.9	-1.0
降雨量 mm.	87.1	48.8	64.3	25.4	8.2	3.7	5.8	5.6	22.7	26.5	27	39.5	364.6
相対湿度 %	61	53	59	54	52	44	43	41	42	41	43	45	48
風向,風力(ノット)	E-7	E-6	E-6	S-5	S-3	S-2	NW-4	S-4	S-5	S-6	S-7	E-5	S-5

Station : Oruro, Province : Llocodo, Departament : Oruro

Period : 1995 – 1999 Latitud Sur : 17°58' , Longitud Oeste : 67°04' , Altitud : 3,702 m

植生は中央アルチプレーノと南アルチプレーノで異なる。

中央アルチプレーノ（南緯 18°～20°30'）：

寒冷、乾燥気候で特徴づけられ、そのために広く砂漠が覆う。そこでは局部的に thola, yareta, イチュー（paja brava）が育つ。

場所によってはキヌア、ジャガイモ、大麦、その他典型的な塊茎類が栽培されている。

火山火口丘斜面には小木や灌木（keñua, kiswa, thola）が認められる。

南アルチプレーノ（南緯 20°30'～22°51'）：

砂漠的、砂質ゾーンでフラミンゴが棲息している。

ウユニ塩湖の西部～北部（ジーカ (Llica)―サリナス・デ・ガルシ・メントーサ (Salinas de Garci Mendoza)）ではキヌアが広く栽培されている。

第3章 一般地質

3-1 調査地域周辺の一般地質

ボリヴィア共和国の地質は大きく5つの地質構造区に分かれ、西から東へ、西アンデス(Cordillera Occidental)、アルチプレーノ(Altiplano)、東アンデス(Cordillera Oriental)、サブアンデス～ベニ・チャコ平原(Subandean y Beni Chaco Plano)、アマゾン楕状地(Escudo Brasileiro)と呼ばれる。

調査対象地域は西アンデスとアルチプレーノに属する (Fig. I-3-1, Fig. I-3-2)。

西アンデス

西アンデスには、中～古生界基盤岩類の南北性隆起軸に沿って噴出した第三紀～現世の火山岩類が広範に分布し、火山体の間には陸成～浅海成の堆積物が存在している。

山稜を形成する火山岩類は中新世後期～鮮新世の安山岩、流紋岩溶岩を主とし、山頂付近には第四紀のデイサイト類も存在している。

西アンデスを特徴づける、これらの大規模・広範囲な火山活動は、漸新世後期に始まったナスカプレートの南米プレートへの沈み込みによって生じたものである。

この火山活動に伴って多数の成層火山が形成されている。

アルチプレーノ

アルチプレーノには、原生界ないし古生界を基盤とし、白亜紀～第四紀の膨大な火山噴出物と陸成堆積物の累層が広範囲に存在している。

陸成堆積物は、白亜紀後期の陸成モラッセ堆積物（赤色層）と始新世～漸新世の前地盆地堆積物（砂岩、砂岩・泥岩互層）で構成されている。

火成活動は中新世～鮮新世に生じ、南部では中新世に安山岩質の噴出活動が、北部では中新世～鮮新世に流紋岩質火砕岩類の噴出活動が継続し、膨大な量の陸成火山噴出物が堆積している。

調査地域の概略地質柱状図を Fig. I-3-3 に示す。

東アンデス

東アンデスには、古生界の深海成～陸源堆積物と中生界の海成～陸棚炭酸塩岩が分布している。

これらは、先カンブリア紀を基盤として堆積した古生代～中生代の厚い堆積岩類（劣地向斜堆積物）で構成され、カレドニア期（オルドビス紀）、ヘルシニア期（デボン紀～三畳紀）、アンデ

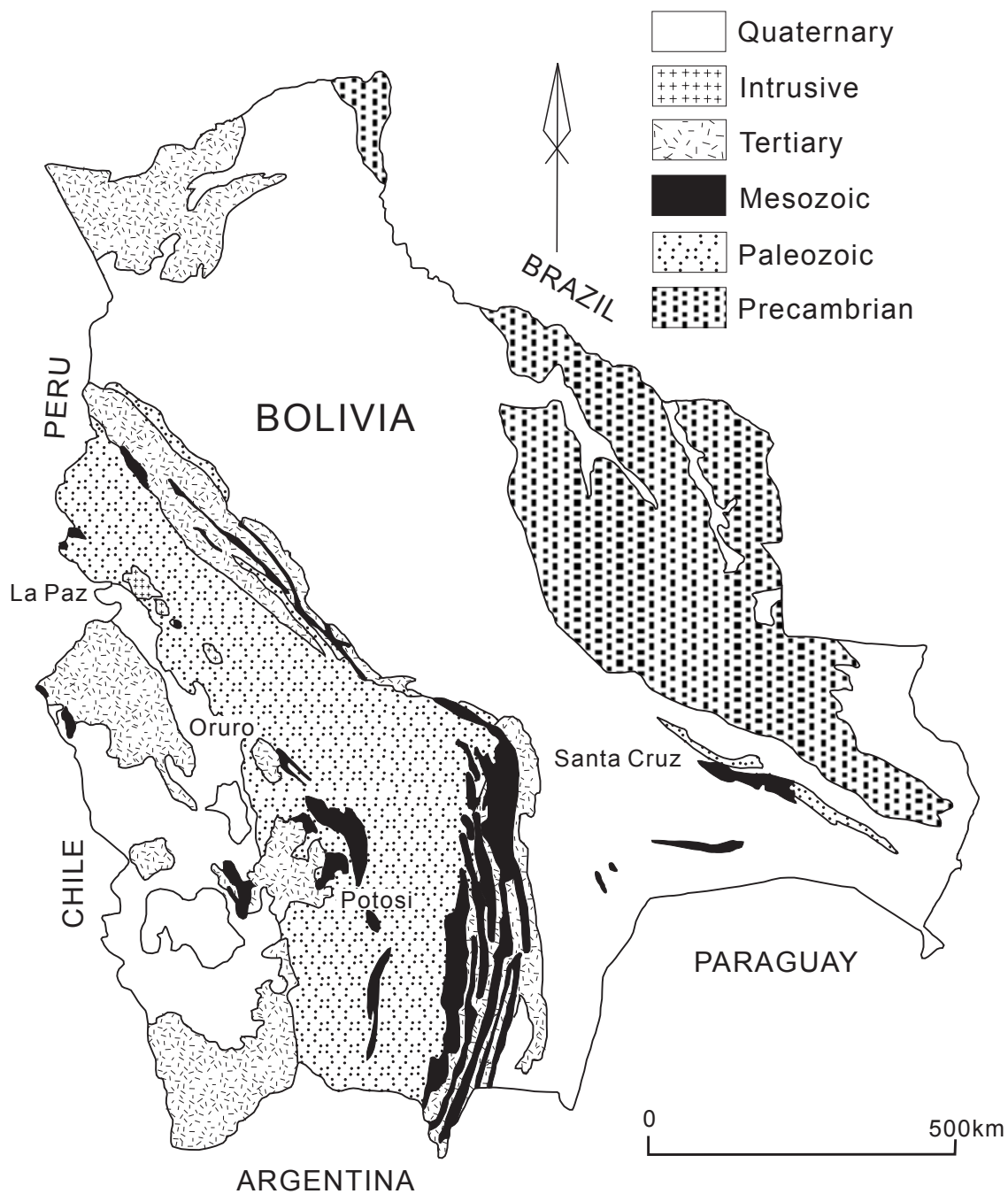


Fig.I-3-1 Geological Map of Bolivia

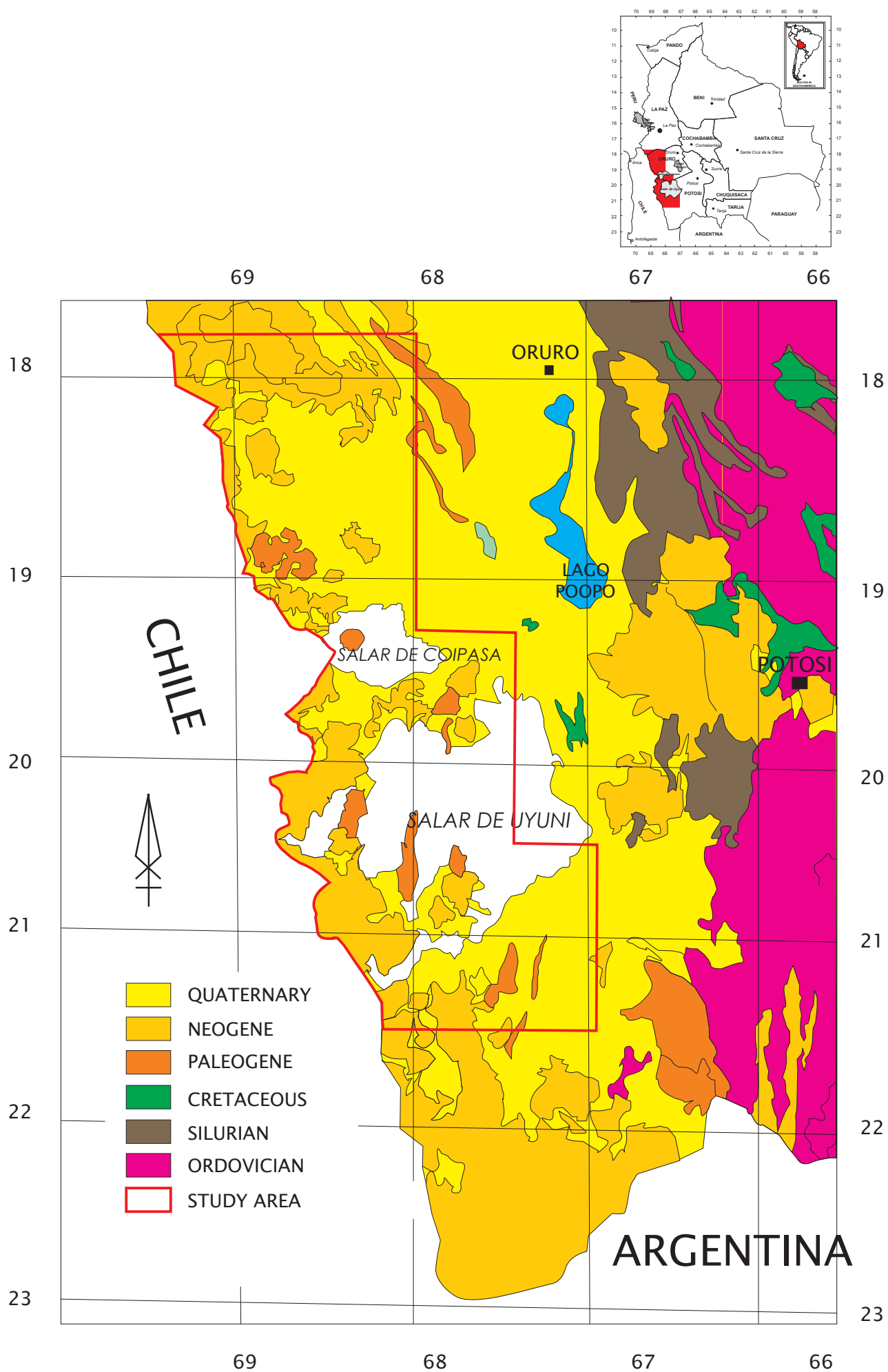


Fig. I-3-2 Schematic Geologic Map of the Area

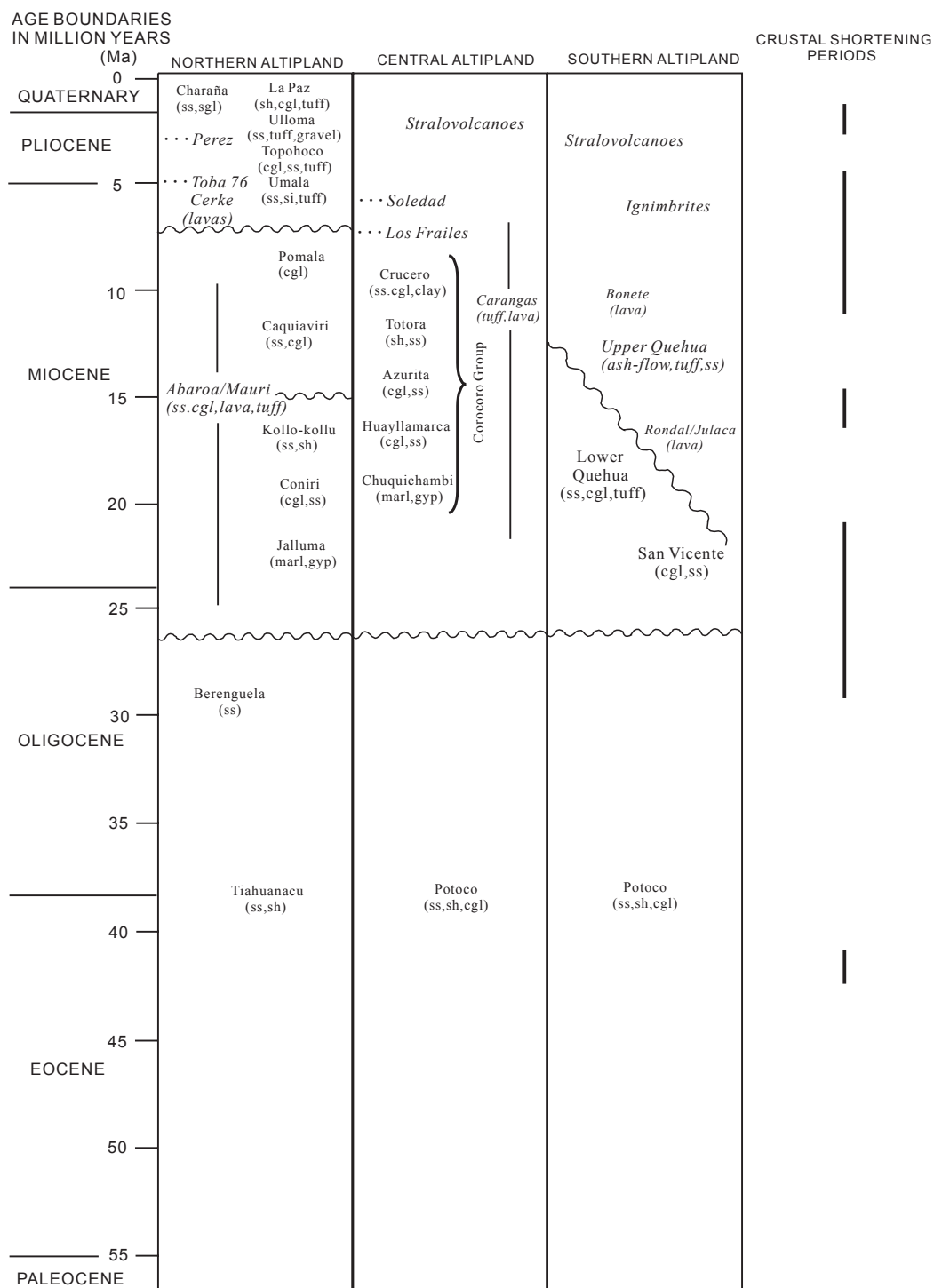


Fig.I-3-3 Schematic Geologic Column of the Survey Area

ス期（白亜紀～新生代）の造山運動により、南北系の軸をもつ衝上断層や複雑な褶曲構造が形成されている。

本地域は、ヘルシニア造山運動の終焉（二畳紀～三畳紀）とともに張力変動の場（環境）となり、過アルカリ質火山活動と花崗岩質深成岩の進入が生じている。

その後、プレートの沈み込みが始まり、ジュラ紀から新生代にかけて続くカルクアルカリ質火山活動が引き起こされた。

アンデス造山期（第三紀）に東アンデスは東西の圧縮変動により隆起し褶曲帯や衝上断層帯が形成され、西側では安山岩質火山活動とそれに引き続く半深成岩の貫入やアルプチラーノ側への押し被せなどが生じている。

サブアンデス～ベニチャコ平原

本地域は、東アンデスの東側に隣接する褶曲山脈と、その東側の広大な平原地帯（ベニチャコ平原）からなる。

褶曲山脈は古生界と新第三系で構成され、東側の平原地帯ではこれらの累層が第四紀の湖成堆積物や崖錐堆積物に広く覆われている。

ブラジル楕状地

ブラジル楕状地の延長部がボリビアの東側に延びて、面積 22,000 km² を占める熱帯雨林地帯を形成している。

本地域は原生代から白亜紀の岩石で構成されるが、大部分は片麻岩、黒雲母片岩、石英片岩からなる原生代の変成岩類である。

これらの変成岩類は第三紀以降のラテライト化作用を受け、第四紀の沖積層によって覆われている。

3-2 調査地域における鉱化作用の特徴

西アンデス、アルチプラーノ、東アンデスを含む地域は金属鉱床が集中する地帯であり、そこにはアルカリ玄武岩に伴う銅鉱化作用や古第三紀の赤色砂岩層に伴う堆積性銅鉱化作用、ボリビア型と称され錫・銀を主体とする多金属鉱化作用及び金・銀を主体とする浅熱水鉱化作用が知られている。

西アンデスには、中新世のデイサイト質火山岩中に胚胎する小規模な浅熱水性金・銀鉱脈が知られており、これらの一部は、銅、鉛、亜鉛、ビスマスなどの硫化鉱物を伴っている。

この地域はまた、デイサイト質火山中に広範囲にわたって粘土化を主とする熱水変質帯が存在している。変質帯の一部には、珪化変質や黄鉄鉱鉱染が認められており、これらの熱水変質帯の下部には、ポーフィリー型金・銅鉱床の存在も期待されている。

東アンデスからアルチプレーノにかけてボリヴィア型多金属鉱脈鉱床が認められ、アルチプレーノ中央部の北から南にかけてはアルカリ玄武岩や赤色砂岩に伴われる銅鉱床が存在する。

アルチプレーノのボリヴィア型多金属鉱脈鉱床は上部第三系～第四系に覆われて解明されていない部分もあるが、相対的に錫、タングステンが少なく銅に富む銅・鉛・亜鉛鉱脈鉱床が多い。

ボリヴィア型多金属鉱脈鉱床には様々なタイプが知られているが、銀と錫に富む鉱床タイプと銀、金および銅に富む鉱床タイプの2つに大別される。

銀と錫に富む鉱床タイプは、東アンデスに見られるもので、銀—錫—鉛—亜鉛—タングステン—ビスマス—金などの鉱物学的に複雑な組み合わせを有している。

代表的な鉱床として、セロ・リコ・デ・ポトシ(Cerro Rico de Potosí)鉱山、プラカヨ(Pulacayo)鉱山、ワヌニ(Huanuni)鉱山などが挙げられ、銀の硫酸塩鉱物に富む鉱床と上部銀ゾーンの削剥（浸食）が進んで下部の錫ゾーンが現れている鉱床の2種類がある。

銀、金および銅に富む鉱床タイプはアルチプレーノに見られ、その代表として現在稼行中のコリ・コージョ(Kori Kollo)鉱山が挙げられる。

コリ・コージョ鉱山は、銀、金、少量の銅を伴う鉱床で、外観上は含金・銀硫化鉄鉱床に類似しているが、鉛、亜鉛、アンチモン、錫などの存在が認められていることから、多金属鉱床に分類されている。

調査地域内に存在する鉱山や鉱徴地はFig. I-3-4に示す。

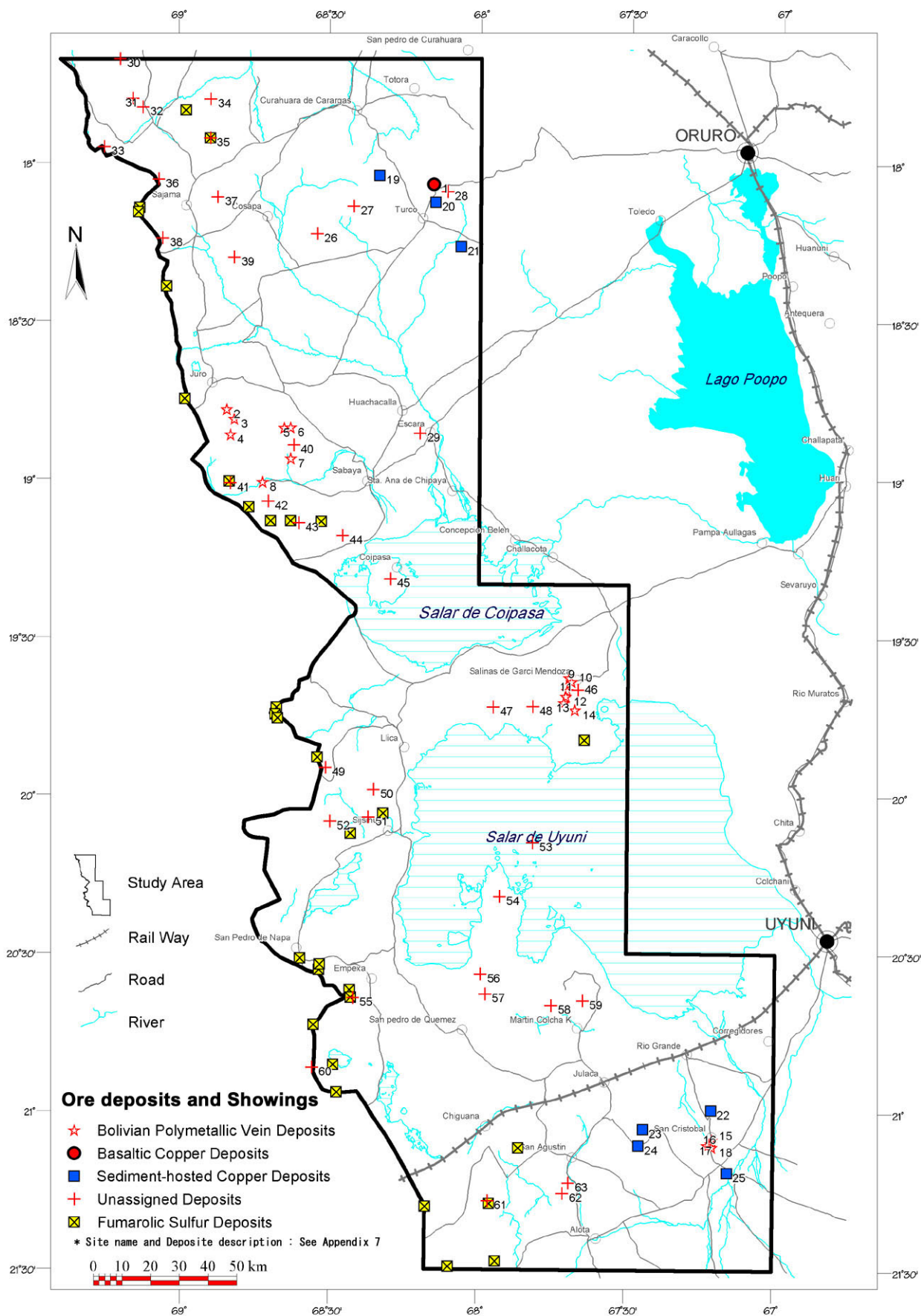


Fig. I-3-4 Ore Deposits and Showings in the Area

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質及び地質構造と鉱化作用の関係

4-1-1 地質

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(Chulcani)地区の南東方に地窓として露出し、東部のアルチプラノの一部に第三紀以降の陸成堆積物が認められる他は、西アンデスを中心に火山岩類が広く分布している。

既存資料と本調査で得られた年代測定の結果からは、前期中新世から更新世までの火山岩類が分布している。

これらの火山岩類は一般に成層火山を形成しており、この火山岩類中に粘土化を主体とする変質帯が広範囲に分布している。変質帯の年代測定の結果も火山岩と同様に前期中新世から更新世までの値が得られている。

この変質帯中に既存の鉱床が存在し、鉱床は熱水作用により形成されたと考えられる。

4-1-2 地質構造

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、カランガス地区では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。

東西系の割れ目が重要な役割を担っている可能性がある。

4-1-3 期待される鉱床タイプ

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。また、斑岩銅・金鉱床も鉱床生成深度が深いため探鉱が困難と考える。したがって、調査地域では浅熱水性鉱床とボリヴィア型多金属鉱脈鉱床が対象となる。

ボリヴィア型多金属鉱脈鉱床は、下部の硫化鉱物脈が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。

したがって、鉱化作用を明確に分類するのは困難であるが、以下のタイプに分類した。

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

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（主にアルチプレーノ）

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）

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 I -4-1 (1) と Fig I -4-1 (2) に示す。

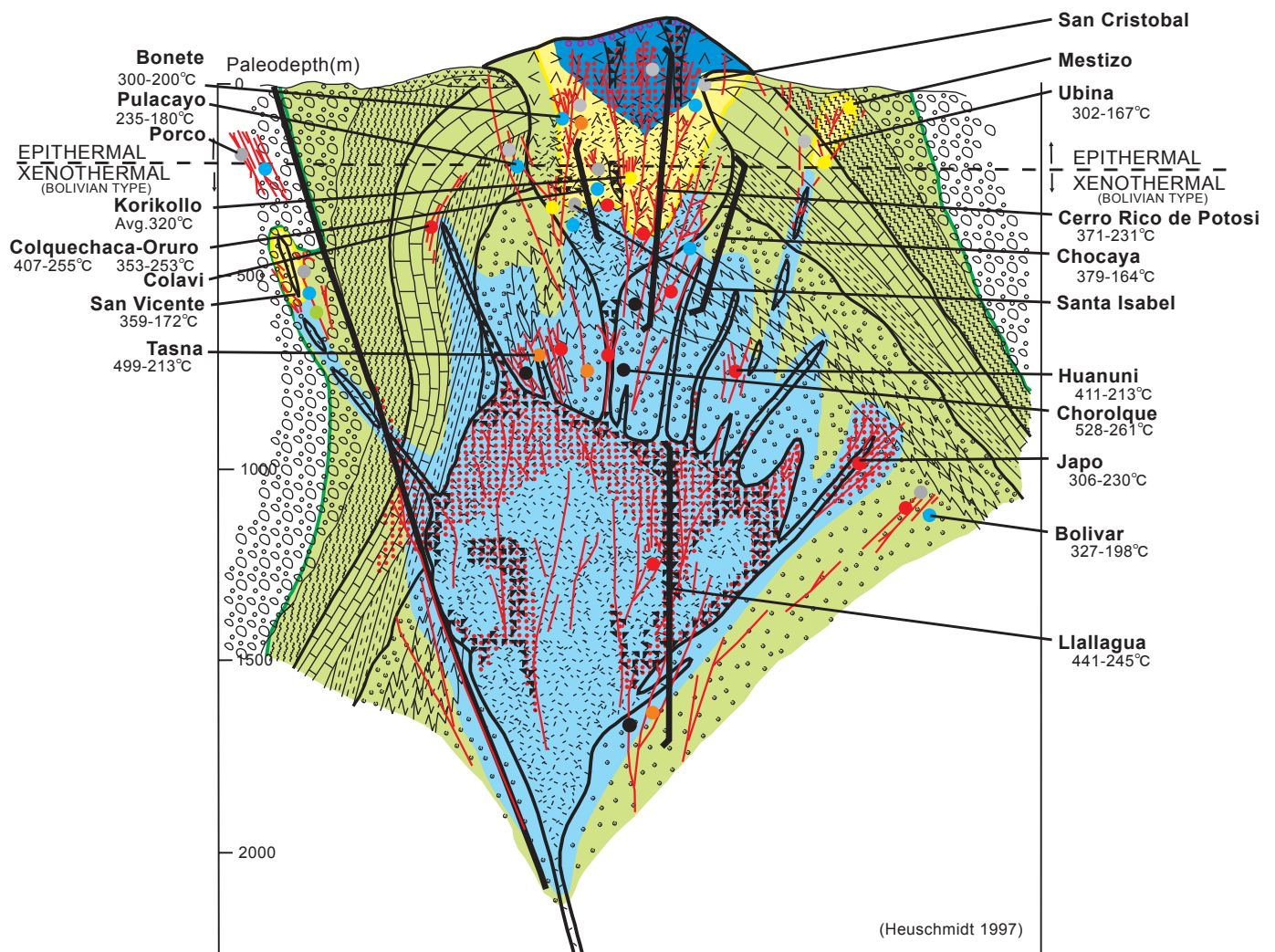
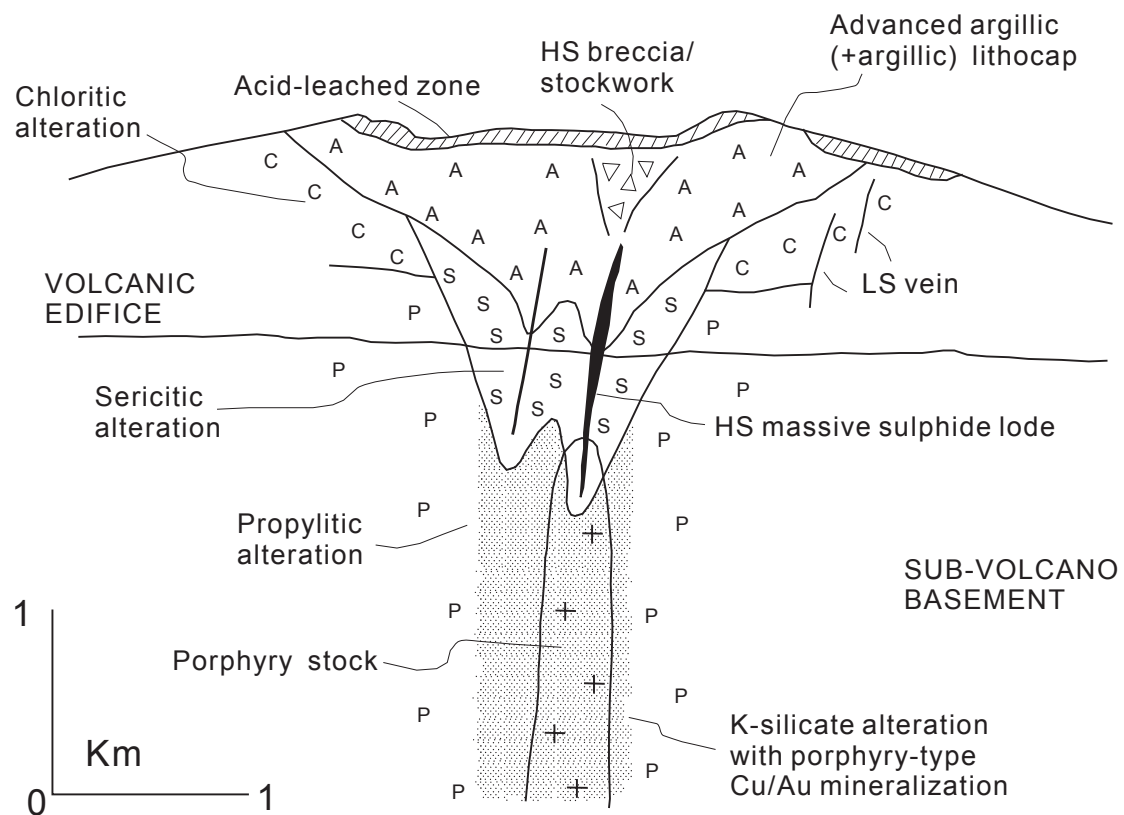


Fig. I-4-1(1) Idealized Model of Bolivia Type Deposit



HS:High-sulphidation
Ls:Low-sulphidation

(After R.Sillitoe, 1995)

Fig.I-4-1(2) Idealized Lithocap and Underlying Porphyry Cu/Au Deposit

4-2 地区別調査結果

4-2-1 トラキリ(Turaquiri)地区 (Fig. I-4-2(1))

中期～後期中新世の堆積岩類から中新世～鮮新世の火山岩類の分布が明らかになり、安山岩貫入岩の存在が確認された。

トラキリ鉱床はカルデラの発達に伴って形成された東西系の割れ目を充填するベースメタルや貴金属鉱化作用を伴う浅熱水性重晶石－石英脈鉱床と解釈される。この北西方に多数の鉱脈群を確認したが、大部分脈幅数十センチ以下で網状あるいは鉱染状の鉱化作用は確認されていない。

また鉱質変化が確認され、トラキリ鉱脈を中心として北西方向に鉛・亜鉛脈から二酸化マンガン脈へさらに外側は粘土脈に変わっている。さらに今年度の調査で局所的な金の示徴が確認された。

4-2-2 チュルカニ(Chullcani)地区 (Fig. I-4-2(2))

後期中新世～鮮新世の安山岩質火山岩類および閃緑岩中に熱水変質帯が分布する。

チュルカニ火山の火成活動は約6.5Ma頃から始まり、閃緑岩や安山岩の貫入とそれ等に伴われた熱水活動により広い熱水変質帯を形成した。その後の浸食により火山体の中央部が削剥され、鮮新世後半から更新世にかけて玄武岩のドームとメサが形成されたと解釈される (Fig. II-2-2(4))。

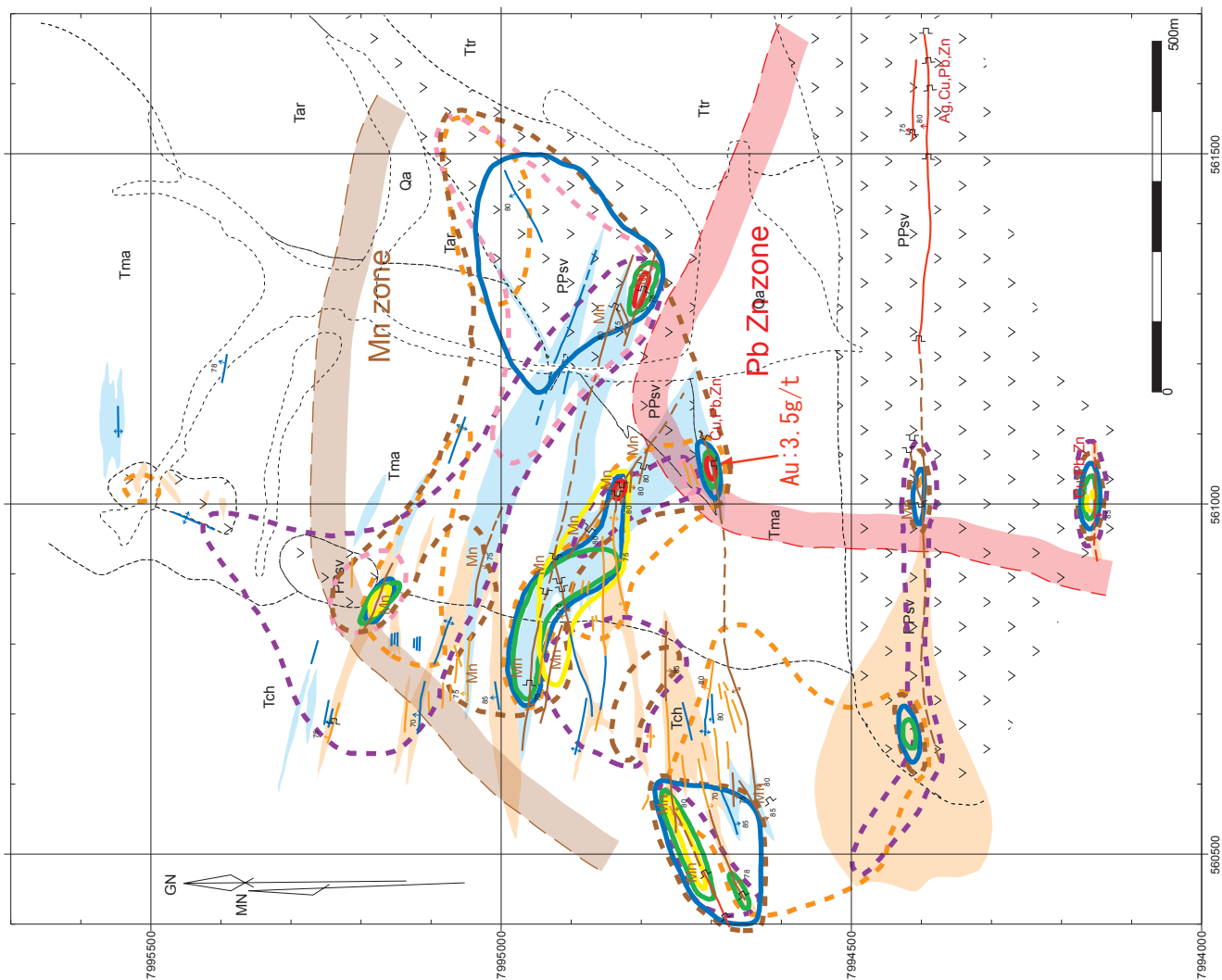
変質鉱物は、閃緑岩とその周辺部に石英－セリサイトが分布し、それを取り巻いて石英が、さらに外側にクリストバル石帯が出現していることから、閃緑岩の貫入岩が熱水作用の中心であることを示唆している。

地化学探査の結果では、今年度も金の地化学異常が閃緑岩の貫入岩体とその周辺部で認められ、鉛、亜鉛、モリブデンの異常部も同じ範囲内に分布している。

MJB0-1 孔試錐結果では熱水変質が全体に亘り優勢に認められ、活発な熱水活動が確認された。黄鉄鉱、自然硫黄の鉱染も認められる。変質鉱物の組合せから深部に向かう温度上昇が推定される。化学分析結果では、鉛・砒素・亜鉛の異常が一部に存在するが顕著な鉱化作用は確認されていない。

MJB0-2 孔試錐結果では、一部に安山岩を挟む閃緑岩が連続し、その中に断層帯を伴う珪化－粘土化帯が捕捉されている。変質鉱物の組合せからは、金の沈殿条件に十分であるが、化学分析結果では、金はMJB0-1 孔に比べやや高い程度で、顕著な鉱化作用は確認されていない。

両孔で確認された鉱化作用は鉱化作用は急傾斜を示している。



LEGEND

- (Qa) Alluvial deposit
- (Tch) Chingurani lava (Andesitic lava tuff)
- (Ttr) Turaquiri tuff (Dacitic welded tuff)
- (Tma) Moun tuff (Dacitic tuff - lapilli tuff)
- (Tar) Sandstone - Conglomerate
- (PPsv) Bt - Hb Andesite
- Argillized zone
- Silicified zone
- Silicified vein
- Silicified vein with Fe, Mn oxide
- Argillized vein
- Pb, Zn, vein
- Strike and Dip
- Mineral Showing
- Ancient working

Geochemical Anomaly

- Au > 70ppb
- Ag > 30ppm
- Cu > 90ppm
- Pb > 400ppm
- Zn > 230ppm
- As > 140ppm
- Sb > 90ppm
- Hg > 2ppm
- Mo > 80 ppm
- Ba > 1500ppm
- Sr > 10ppm

Fig. I-4-2(1) Integrated Interpretation Map of the Turaquiri District

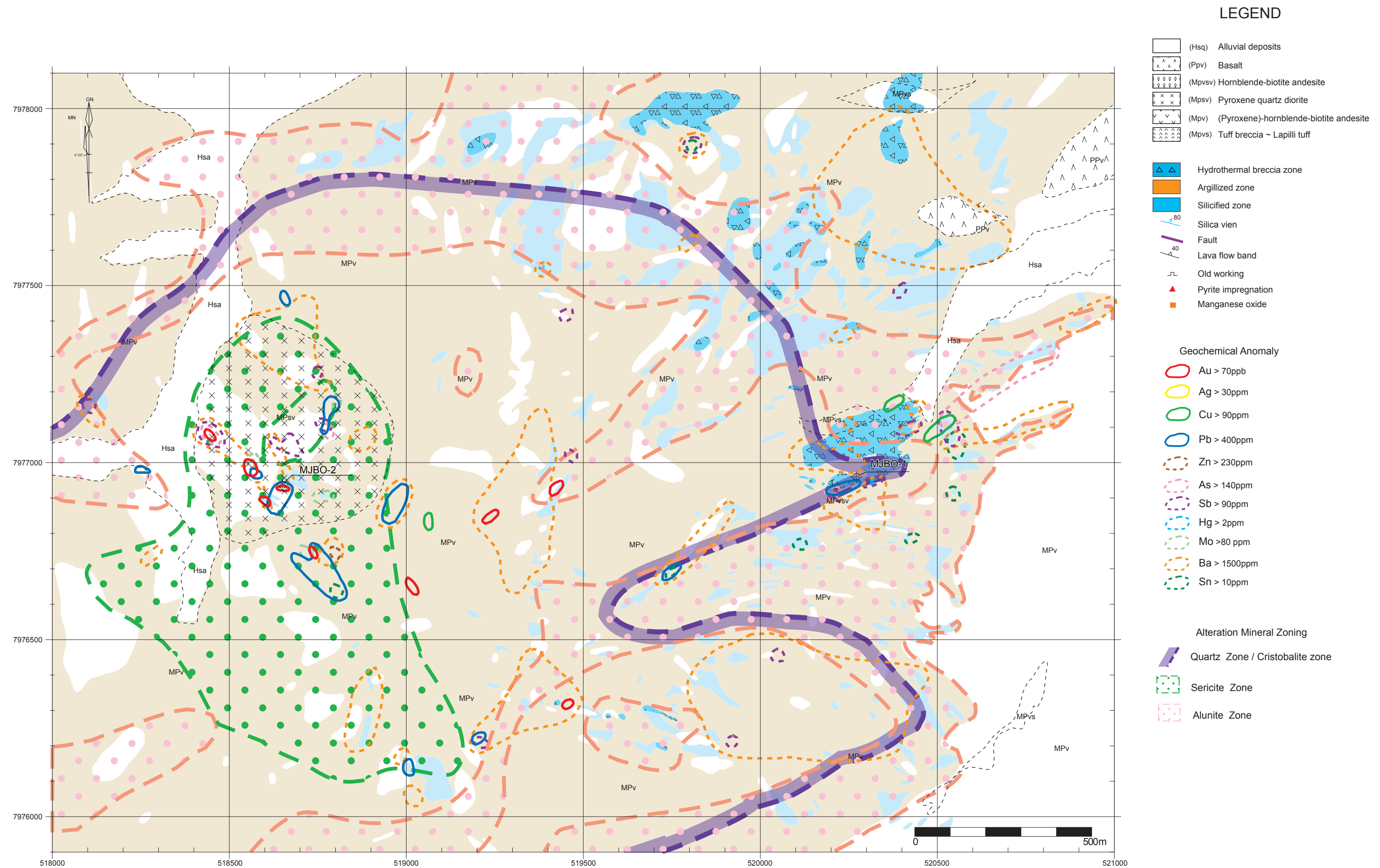


Fig. I-4-2(2) Integrated Interpretation Map of the Chullcani District

チュルカニ地区の鉍化作用は浅所の貫入岩の活動に関係する浅熱水性金鉍化作用および一部に高硫化系浅熱水鉍化作用が生じているものと推定される。

4-2-3 ソニア～スサーナ(Sonia～Susana)地区 (Fig. I-4-2(3))

ハンコ・コジュ区域の凝灰岩類や安山岩溶岩類は、後期漸新世～前期中新世のネグリージョス累層に相当すると考えられている。今年度の調査結果では、成層火山にデイサイトが貫入し、浸食を受けて中央部が露出したものと推察される。火山の生成時期は後期漸新世～前期中新世ではなく、中期中新世のカランガス累層形成時期より新しい可能性がある。

貫入岩体の南部に多数の含鉛・亜鉛・重晶石-石英脈が、また、北部に褐鉄鉍脈が確認され、鉍脈の脈質に差がみられたが、鉍化時期が別かどうかは不明である。

本区域の鉍化作用は、中性熱水変質と貫入岩の存在から、浅所の半深成岩貫入活動に関係する浅熱水性銀・鉛・亜鉛・銅鉍化作用と考えられる。しかし南部の鉍脈は連続性が悪く規模的に小さく、北部の脈も極めて小規模であった。

サンタ・カタリーナ区域ではモリブデンの分析結果が高い値を示し、斑岩型鉍化作用が期待されるが、今回までの調査ではその存在を示唆する積極的な示徴を確認できなかった。

4-2-4 メンドーサ(Mendoza)地区(Fig. I-4-2(4))

暗灰色の安山岩溶岩類や火山碎屑岩類が広く分布し、その中の北西から南東にかけて灰色凝灰岩が占める。いずれも熱水作用（粘土化、珪化）を被っている。

イラストのプロピライト中に多数の鉛・亜鉛鉍脈を確認した。

イラスト区域の鉍化作用は、錫が認められなく中性変質を示すことから、浅所の半深成岩貫入活動に関係する浅熱水鉍化作用に相当すると考えられる。流体包有物の均質化温度は平均 258℃を示し、浅熱水鉍化帯のやや下部を示唆している。

地化学分析結果や地化学異常分布状況および凝灰岩中の熱水変質の分布状況から、イラストの鉍化作用は北部の流紋岩質貫入岩に由来すると推察され、 Cholca 山の鉍化作用とは別の鉍化作用と考えられる。

Cholca 山の上部北斜面に認められたマグマ起源と考えられる酸性変質は、金、銅、砒素、アンチモンおよび水銀の地化学異常と重複しており高硫化系鉍化作用が期待できる。

優勢な熱水活動を併せて考えると Cholca 山頂上付近の下部には貫入岩の存在が考えられ、浅所の半深成岩貫入活動に関係する浅熱水性金、銀鉍床賦存の可能性があるが、単一の成層火山で

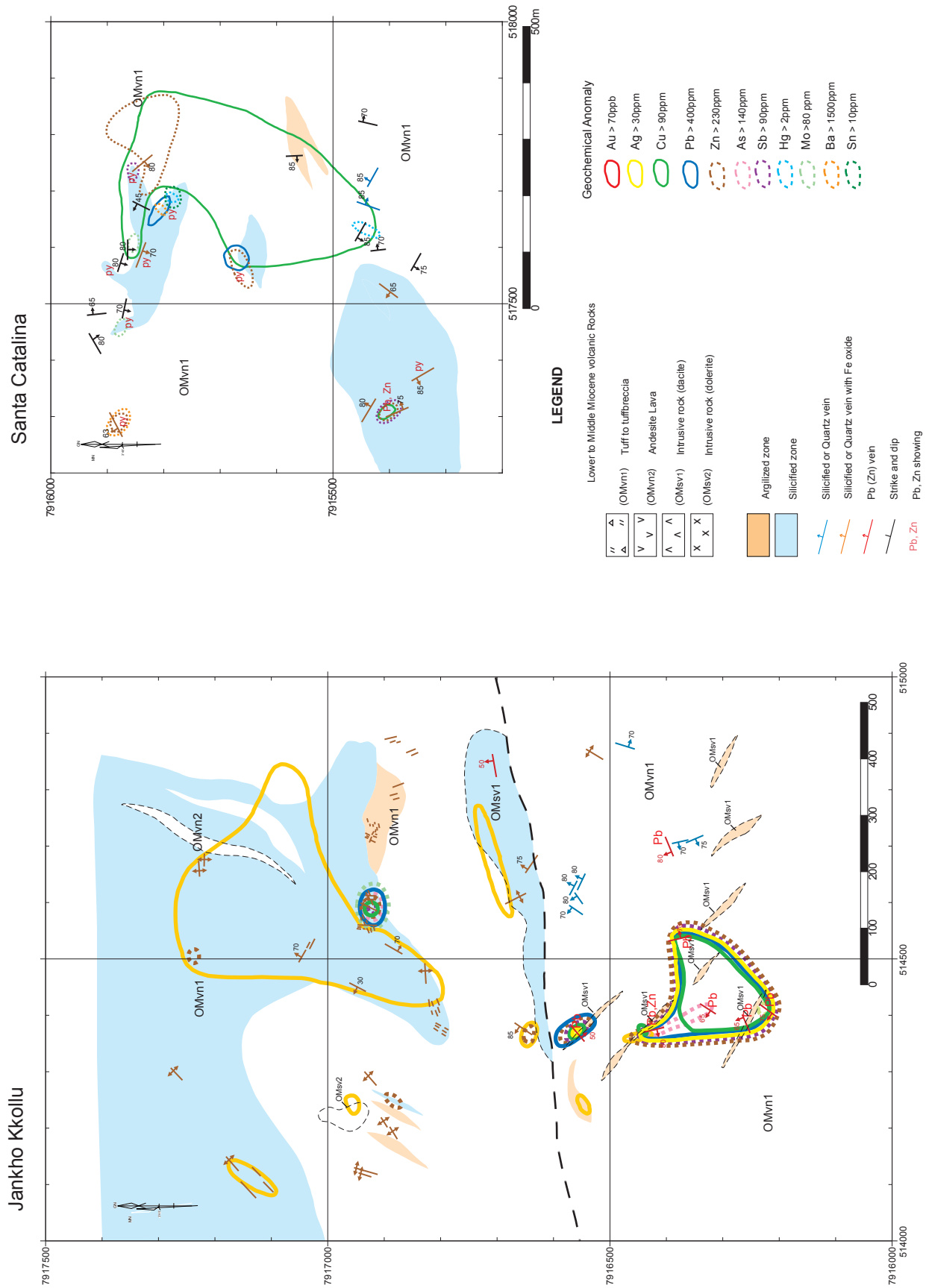


fig. I-4-2(3) Integrated Interpretation Map of the Sonia-Susana District

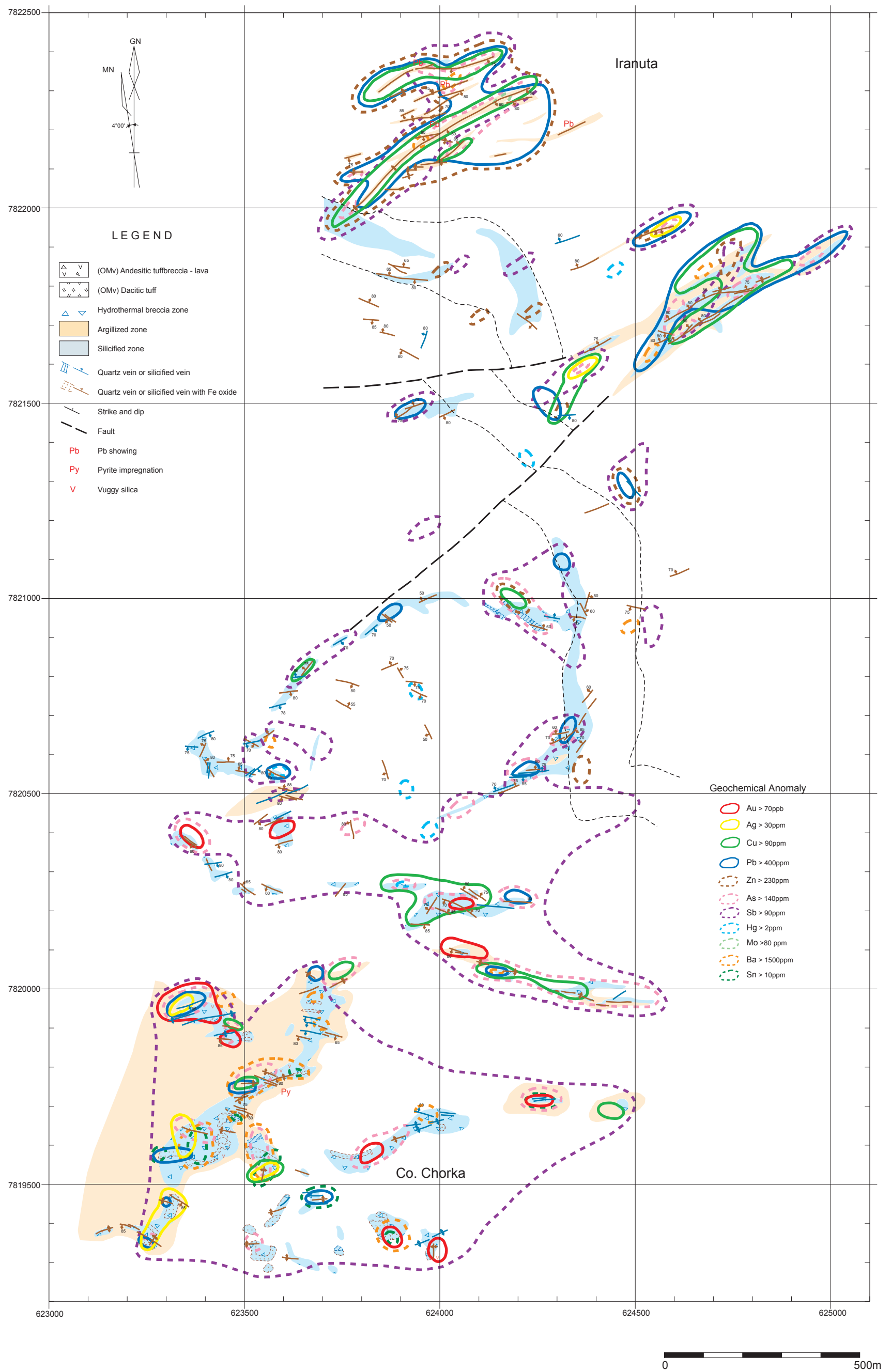


Fig. I-4-2(4) Integrated Interpretation Map of the Mendoza District

あることから規模的には望めない。

4-3 鉱床賦存のポテンシャルについて

今年度の調査結果からも、西アンデス地域に広範囲に広がる熱水変質帯の下部にはベースメタルを伴う浅熱水性貴金属鉱床が存在する可能性が高いことが推定される。

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

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

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

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

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

⑤地化学異常については、ラ・デセアード鉱床が参考になる。すなわち、鉱化帯の上部には（金、

銅：局部的)、鉛、砒素、アンチモンの異常が見られ、鉍化帯の下部では、金、銀、銅、鉛、亜鉛、アンチモンの異常が観察される。脈質と併せて検討すれば鉍化帯中に占める位置を推定できる。

以上の要素を統合して検討すればポテンシャルの高い地区が抽出可能である。

第5章 結論及び提言

5-1 結 論

第2年次までの調査の結果で、オルロ・ウユニ地域には広範囲に熱水変質帯が分布し、その下部に火山岩の活動に関係する浅熱水性金・銀・鉛・亜鉛鉱床、半深成岩貫入岩に関係する浅熱水性金・銀・銅・鉛・亜鉛鉱床、高硫化系浅熱水金・銀・銅鉱床（石英—明礬石型）、および低硫化系浅熱水鉱床（石英—氷長石型）を胚胎する可能性があることが判明し、有望地区が抽出された。第3年次はその中で4地区が選ばれて調査が実施されている。

各地区の調査結果は以下の通り。

トラキリ地区

今年度の調査で中期～後期中新世の堆積岩類から中新世～鮮新世の火山岩類の分布が明らかになり、安山岩の貫入岩の存在が確認された。この貫入岩の周辺には新たに金の示徴が確認されたが、局部的なものと考えられる。

またトラキリ鉱床の北西方に多数の脈群を確認した。しかし大部分脈幅数十センチ以下の小規模で、網状脈や鉱染状の鉱化作用は確認されていない。

また脈質が、トラキリ鉱床を中心として北西方向に鉛・亜鉛脈から二酸化マンガן脈へさらに外側は粘土脈に変化する現象が認められた。

以上の結果から、本年度調査区域北西部の二酸化マンガן脈の下部は銀・鉛・亜鉛・銅に移行すると推察されるが、大規模採掘可能な鉱床の期待は少ない。

チュルカニ地区

チュルカニ火山の火成活動は約6.5 Ma 頃から始まり、閃緑岩や安山岩の貫入とそれ等に伴われた熱水活動により広い熱水変質帯を形成した。その後の浸食により火山体の中央部が削剥され、鮮新世後半から更新世にかけて玄武岩のドームとメサが形成されたと解釈される (Fig. II-2-2(4))。閃緑岩の貫入岩は石英—セリサイトの分布から熱水作用の中心を示唆している。

MJB0-1 孔試錐結果では熱水変質が全体に亘り優勢に認められ、局部的な熱水活動の上昇口を示している。変質鉱物の組合せから深部に向かう温度上昇が推定される。自然硫黄の鉱染や、地表の銅・鉛・砒素等の地化学異常の存在から、周辺部には高硫化系浅熱水性銅・鉛・亜鉛鉱化作用が存在する可能性があるが、コアの化学分析結果では、鉛・砒素・亜鉛の異常が一部に存在するものの顕著な鉱化作用は確認されていない。したがって、鉱床が存在しても小規模で、賦存箇所

はさらに深部になると推察される。

MJB0-2 孔試錐結果では、閃緑岩中に珪化―粘土化帯を捕捉したが、金は MJB0-1 孔に比べやや高い程度で、顕著な鉍化作用は確認されていない。

両孔で確認された鉍化作用は急傾斜の構造を示している。

第2年次に調査した Todos Santos 鉍床の様に、既存の鉍床が必ずしも貫入岩やドームの全体に胚胎していないこと、石英―セリサイト変質帯が南東部に延びており閃緑岩が深部に潜在している可能性がある事、さらに隣接する南東部には熱水角礫岩や角礫パイプが分布し活発な熱水活動を示唆しており、B0-2 孔の南東部に浅所の貫入岩の活動に関係する浅熱水性金鉍化作用鉍床賦存の可能性が残されているが、火山が単一の成層火山と解釈されることや地表の金地化学異常が深部で優勢でなかったことから金鉍化作用が全体に弱かった可能性が考えられる。

ソニア〜スサーナ地区

ハンコ・コジュ区域は、成層火山にデイサイトが貫入し、浸食を受けて中央部が露出したものと解釈され、火山の形成時期は後期漸新世〜前期中新世ではなく、中期中新世のカランガス累層形成時期より新しい可能性がある。

貫入岩体の南部に多数の含鉛・亜鉛・重晶石-石英脈が、また、北部に褐鉄鉍脈が確認された。

本区域の鉍化作用は、中性熱水変質と貫入岩の存在から、浅所の半深成岩貫入活動に関係する浅熱水性銀・鉛・亜鉛・銅鉍化作用と考えられる。しかし、南部の鉍脈は連続性が悪く規模的に小さい。北部の脈も極めて小規模で、大規模鉍床は期待できない。

サンタ・カタリーナ区域では、モリブデンの地化学異常値が認められ、斑岩型鉍化作用が期待されるが、今年度までの調査ではその存在を示唆する積極的な示徴を確認できなかった。

メンドーサ地区

暗灰色の安山岩溶岩類や火山砕屑岩類が広く分布し、その中の北西から南東にかけて灰色凝灰岩が占める。いずれも熱水作用（粘土化、珪化）を被っている。イラストでは多数の鉛・亜鉛鉍脈を確認した。

地化学分析結果や地化学異常分布状況および凝灰岩中の熱水変質の分布状況から、イラストの鉍化作用は北部の流紋岩質貫入岩に由来する半深成岩貫入活動に関係する浅熱水性鉛・亜鉛鉍化

作用に相当すると推察され、 Cholca 山の鉍化作用とは別の由来と考えられる。これらの鉍脈は浅熱水鉍床としては比較的深部が露出しているものと解釈され、 規模的にも大規模鉍床は期待できない。

Cholca 山北斜面に認められたマグマ起源と考えられる酸性変質部は、 金、 銅、 砒素、 アンチモンおよび水銀の地化学異常と重複しており高硫化系金・銅鉍化作用が考えられる。

優勢な熱水活動を併せて考えると Cholca 山直下には貫入岩の存在が推定され、 貫入岩頂部付近には浅所の半深成岩貫入活動に関係する浅熱水性金・銀鉍床賦存の可能性がある。しかし、 Cholca 山が単一の成層火山であることを考慮すると規模的に小さい可能性がある。

5-2 将来への提言

今年度までの調査で、地質的データが蓄積され、地質的理解も深まったが、顕著な鉱化示徴は確認できなかった。したがって現時点では調査を継続する積極的な結果が得られていない。しかしながら、将来、オルロ・ウユニ地域を含む西アンデスの金属鉱床を再評価する場合、以下の点に留意することを提言する。

(1) 浅熱水性金属鉱床探査における提言

広範囲なエリアからの探査対象の絞り込みには、熱水変質帯を抽出する必要がある、それには衛星画像解析が有効である。また、抽出された熱水変質帯中から鉱床賦存の可能性のある箇所を絞り込むには、地化学探査が有効である。

上記により絞り込まれた区域について以下の点に留意して調査を実施することを提言する。

地質調査にあたっては

- ① 運鉱岩(ore bringer) (ドームや貫入岩) の存在する箇所
- ② 熱水(鉱化流体) の通路(割れ目、熱水角礫岩や角礫パイプ) が存在する箇所
- ③ 熱水の供給が繰り返し行われた箇所(成層火山より複合火山、古い火山岩(変質作用)と新しい火山岩(変質作用)が重複する箇所)

を十分に把握すること

さらに室内研究にあたっては

- ① 削剥レベルの検討(年代測定、流体包有物の均質化温度、地化学異常および変質鉱物等)
- ② 鉱化帯中に占める位置の検討(変質鉱物、地化学異常、脈質)

を十分に行うことが望ましい。

上記調査で絞りこまれたポテンシャルの高い地区についてはさらに地下深部の地質構造や鉱化作用を推定するために物理探査やボーリング探鉱を実施することが望ましい。

(2) 斑岩型鉱床の探査における提言

チリの斑岩銅鉱床の生成年代は西から東へと若くなっていく傾向がみられる。したがってボリヴィア西アンデスの火山岩類分布域には斑岩銅鉱床存在の可能性がある。しかし若い火山では斑岩銅鉱床が存在してもかなり深部になると予想される。このため基礎データとして西アンデスの火山層序(特に絶対年代)の確立が望まれる。この火山層序の確立は、(1)で述べた浅熱水鉱床の探鉱においても重要である。