

アルゼンティン共和国 南部アンデス地域
資源開発協力基礎調査報告書

第1年次

平成12年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

は し が き

日本国政府はアルゼンティン共和国政府の要請に応え、同国のメンドーサ州、ネウケン州、リオネグロ州、チュブト州にわたるチリ共和国との国境沿いに位置する南部アンデス地域の非鉄鉱物資源賦存の可能性を確認するための衛星画像解析、地質調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および鉱物資源の調査という専門分野に属することから、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年度が第1年次にあたり、金属鉱業事業団は5名の調査団を編成して平成12年1月12日から平成12年2月21日まで現地に派遣した。現地調査はアルゼンティン政府機関、経済省・商工鉱業庁・鉱業次官庁の協力を得て予定どおり完了した。

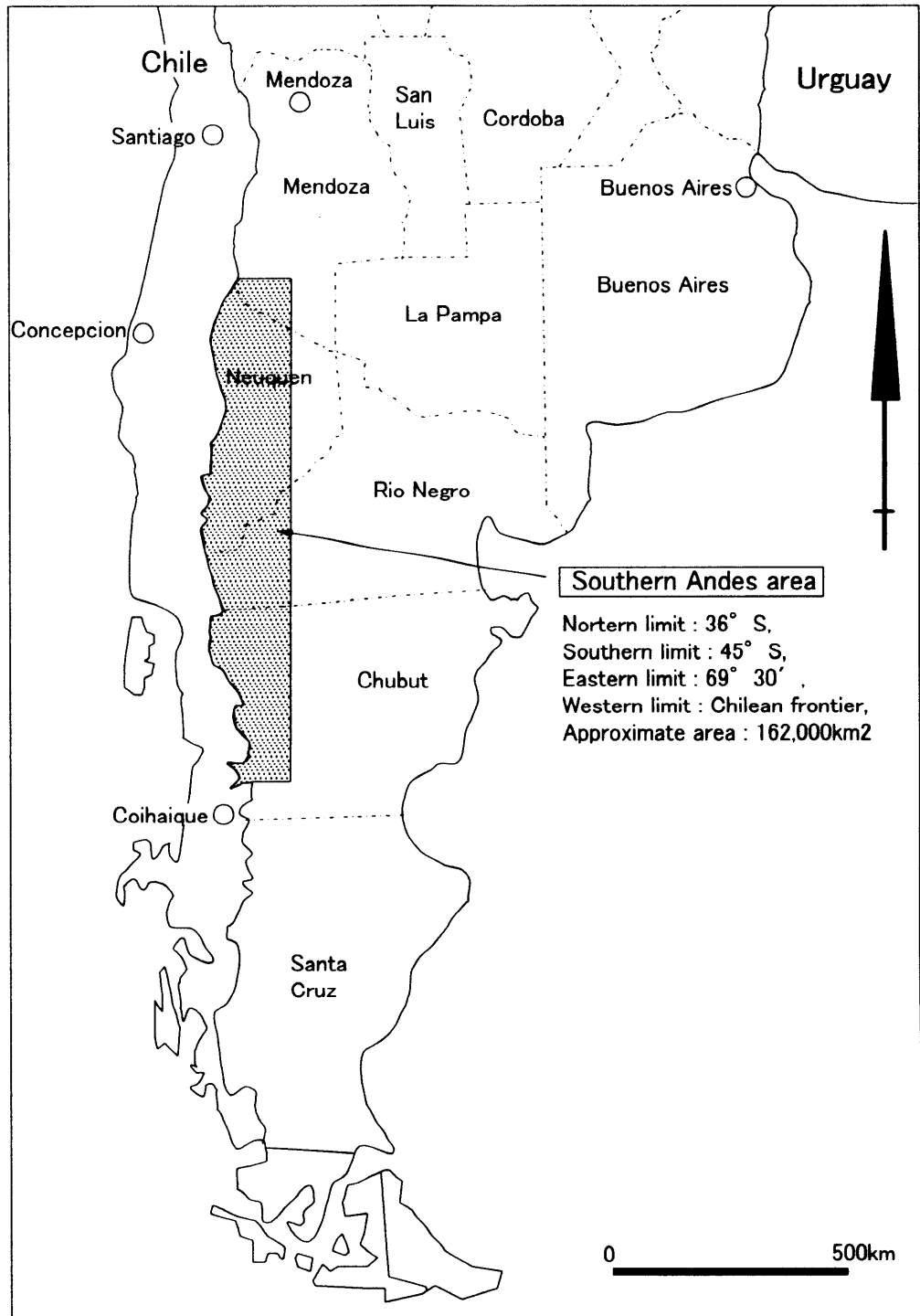
本報告書は、本年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたアルゼンティン共和国政府機関ならびに外務省、通商産業省、在アルゼンティン日本大使館およ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12年3月

国際協力事業団
総 裁 藤田 公郎

金属鉱業事業団
理事長 田代 直弘



Location map of the Southern Andes area, the Argentine Republic.

要 約

南部アンデス地域は南緯 36° ~ 45°、西経 69° 30′ 以西からチリ国境までの 162,000km² の範囲である。本調査は 2 ヶ年計画で非鉄金属鉱物資源のポテンシャルを評価するとともに有望地区を選定し、次段階の探査への指針を与えることを目的としている。初年度に当たる平成 12 年度は既存データ解析・LANDSAT TM の衛星画像解析・グランドトルス調査を実施した。

既存データ解析では、Zappettini (1998) および Zanettine et al. (1999) と衛星画像解析結果に基づき、各地質時代のマグマ弧・既知鉱徴地・熱水変質帯の分布とその特徴について考察を行った。この結果、本地域において地質鉱床学的視点から賦存可能性が高くかつ経済性のある鉱床タイプとして、斑岩銅-金鉱床、高・低硫化系浅熱水性金鉱床、含金多金属鉱脈鉱床があげられた。本地域を含む南部アンデス一帯には、異地性地塊の付加衝突および太平洋側からの海洋プレートの沈み込みに起因して形成されたマグマ弧が発達し、このマグマ活動に伴って上記鉱床が形成されたと考えられる。特に斑岩銅-金鉱床は白亜紀後期~古第三紀のマグマ弧分布域にポテンシャルがあると考えられる。一方、新第三紀マグマ弧分布域はまだ削剥レベルが浅く、斑岩銅-金鉱床よりも浅熱水性金鉱床の方がポテンシャルが高いと考えられる。

LANDSAT TM の衛星画像解析では、フォルスカラー合成画像および比演算処理画像を用いて写真地質学的判読とリニアメント・変質帯の判読を行った。この結果計 244 箇所の熱水変質帯が判読された。

グランドトルス調査では 31 地区を調査対象とした。これらは既存データ解析および衛星画像解析の結果と SEGEMAR の意向を考慮して選定したものであり、既知鉱徴地や衛星画像解析により判読された熱水変質帯が分布している。特に、代表的な既知鉱床を調査対象とすることにより、本地域の地質と鉱床の特徴の全容を把握するように努めた。また、時間的な制約から短期間で出来るだけ多くの地区を調査するように努めた。

第 1 年次調査結果に基づき、第 2 年次にグランドトルス調査を実施すべき有望地区として、Varvarco・Campana Mauhida・Nireco・Rio Quillen・Rio Foyel・Epuyen・Cerro Gonzalo の 7 地区を選定した。Varvarco 地区には二畳紀~三畳紀マグマ弧および新第三紀マグマ弧が分布し、前者には高硫化系浅熱水性金鉱床あるいは斑岩銅-金鉱床が、後者には高・低硫化系浅熱水性金鉱床が期待される。Campana Mauhida 地区には白亜紀後期から古第三紀マグマ弧が分布し、斑岩銅-金鉱床が期待される。Nireco 地区には二畳紀~三畳紀マグマ弧および新第三紀マグマ弧が分布し、前者には斑岩銅-金鉱床が、後者には浅熱水性金鉱床が期待される。Rio Quillen 地区には二畳紀~三畳紀マグマ弧が分布し、砂金鉱床のソースとしての金鉱床が期待される。Rio Foyel 地区には古第三紀マグマ弧が分布し、砂金鉱床のソースとしての金鉱床が期待される。Epuyen 地区には白亜紀後期~古第三紀マグマ弧が分布し、斑岩銅-金鉱床および高硫化系浅熱水性金鉱床が期待される。Cerro Gonzalo 地区には白亜紀後期から古第三紀マグマ弧が分布し、斑岩銅-金鉱床が期待される。

目次

はしがき	
調査地域位置図	
要約	
目次	
図表一覧	

第 I 部 総論

第 1 章 序論	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 調査概要	1
1-2-1 調査の目的	1
1-2-2 調査地域	2
1-2-3 調査方法	2
1-2-4 調査団の編成	2
1-2-5 調査期間および調査量	5
第 2 章 調査地域の地理	6
2-1 位置・交通	6
2-2 地形および水系	7
2-3 気候	8
2-4 植生	8
第 3 章 調査地域の地質、鉱床および鉱業事情	11
3-1 地質概要	11
3-2 鉱床・鉱徴地概要	22
3-3 最近の鉱業事情	26
第 4 章 調査結果の総合検討	31
4-1 既存データ解析	31
4-2 衛星画像解析	31
4-3 グラントルース	33
4-4 地質構造および鉱化作用の特性と鉱化規制	33
4-5 鉱床賦存ポテンシャルと有望地区の選定	38

第5章 結論および提言	41
5-1 結論	41
5-2 第2年次調査への提言	42

第Ⅱ部 各論

第1章 既存データ解析	45
1-1 既存データ収集対象機関	45
1-2 既存データの整理と解析	45
第2章 衛星画像解析	56
2-1 画像処理・作成	56
2-2 画像判読・解析	67
第3章 グラントルース調査	215
3-1 調査対象地区および選定理由	215
3-2 各地区調査結果	215
3-2-1 Varvarco 地区	215
3-2-2 Butalon Norte 地区	224
3-2-3 Andacollo 地区	228
3-2-4 Cerro Caicayen 地区	237
3-2-5 Cerro de Diablo 地区	241
3-2-6 Campana Mahuida 地区	248
3-2-7 Palau Mahuida 地区	255
3-2-8 Carreri Malal 地区	256
3-2-9 Nireco 地区	262
3-2-10 La Voluntad 地区	264
3-2-11 Mina Maria 地区	269
3-2-12 El Bolson 地区	273
3-2-13 Cerro Coihue 地区	277
3-2-14 Condorcanqui 地区	283
3-2-15 Cushamen 地区	286
3-2-16 Epuyen 地区	290
3-2-17 Lago Cholila 地区	293
3-2-18 Huemules 地区	297
3-2-19 Joya del Sol 地区	303

3-2-20	Cerro Gonzalo 地区	309
3-2-21	Arroyo Cascada 地区	314
3-2-22	Gabros de Tecka 地区	318
3-2-23	Pozones de Navarro 地区	321
3-2-24	Las Mentas 地区	325
3-2-25	Poncho Moro 地区	326
3-2-26	Cerro Colorado 地区	332
3-2-27	Estrella Gaucha 地区	336
3-2-28	Mina Gato 地区	340
3-2-29	Eastacion Arroyo Victoria 地区	345
3-2-30	Ferrocarrilera 地区	349
3-2-31	Cerro Blanco 地区	353
第4章 考察		358
4-1	地質構造および鉱化作用の特性と鉱化規制	358
4-2	有望地区の選定	365

第Ⅲ部 結論および提言

第1章	結論	377
第2章	第2年次調査への提言	378

参考文献

巻末付録

図表一覧 (Figures and Tables)

Preface	Location map of the Southern Andes area.
Fig. I-1-1	Location map of the past projects.
Fig. I-1-2	Geographic map of the survey area.
Fig. I-2-1	Data of climate of the survey area.
Fig. I-3-1	Accretionary terranes of the southern region of South America.
Fig. I-3-2	Geological map of the survey area.
Fig. I-3-3	Legend of geological map of the survey area.
Fig. I-3-4	Distribution of major known mineral occurrences in the Provinces of Mendoza, Neuquen, La Pampa, Rio Negro and Chubut where almost of them belong to the Patagonia terrane of Fig. I-3-1.
Fig. I-3-5	Distribution of all known mineral occurrences in the survey area.
Fig. II-1-1	Compilatory result of the existing data analysis.
Fig. II-2-1	Index map of 13 scenes of Landsat TM image over the survey area.
Fig. II-2-2	Lateral variation of the brightness due to directional difference.
Fig. II-2-3	The Malargue area: Photogeologic interpretation map.
Fig. II-2-4	The Malargue area: Landsat TM false color image.
Fig. II-2-5	The Malargue area: Landsat TM ratio image.
Fig. II-2-6	The Chos Malal area: Photogeologic interpretation map.
Fig. II-2-7	The Chos Malal area: Landsat TM false color image.
Fig. II-2-8	The Chos Malal area: Landsat TM ratio image.
Fig. II-2-9	The Zapala area: Photogeologic interpretation map.
Fig. II-2-10	The Zapala area: Landsat TM false color image.
Fig. II-2-11	The Zapala area: Landsat TM ratio image.
Fig. II-2-12	The San Martin de Los Andes area: Photogeologic interpretation map.
Fig. II-2-13	The San Martin de Los Andes area: Landsat TM false color image.
Fig. II-2-14	The San Martin de Los Andes area: Landsat TM ratio image.
Fig. II-2-15	The San Carlos de Bariloche area: Photogeologic interpretation map.
Fig. II-2-16	The San Carlos de Bariloche area: Landsat TM false color image.
Fig. II-2-17	The San Carlos de Bariloche area: Landsat TM ratio image.
Fig. II-2-18	The Lago Menendez area: Photogeologic interpretation map.
Fig. II-2-19	The Lago Menendez area: Landsat TM false color image.
Fig. II-2-20	The Lago Menendez area: Landsat TM ratio image.
Fig. II-2-21	The Plaza Huincul area: Photogeologic interpretation map.
Fig. II-2-22	The Plaza Huincul area: Landsat TM false color image.
Fig. II-2-23	The Plaza Huincul area: Landsat TM ratio image.
Fig. II-2-24	The Laguna Blanca area: Photogeologic interpretation map.
Fig. II-2-25	The Laguna Blanca area: Landsat TM false color image.

- Fig. II-2-26 The Laguna Blanca area: Landsat TM ratio image.
- Fig. II-2-27 The Ojo de Agua area: Photogeologic interpretation map.
- Fig. II-2-28 The Ojo de Agua area: Landsat TM false color image.
- Fig. II-2-29 The Ojo de Agua area: Landsat TM ratio image.
- Fig. II-2-30 The Esquel area: Photogeologic interpretation map.
- Fig. II-2-31 The Esquel area: Landsat TM false color image.
- Fig. II-2-32 The Esquel area: Landsat TM ratio image.
- Fig. II-2-33 The Senguerr area: Photogeologic interpretation map.
- Fig. II-2-34 The Senguerr area: Landsat TM false color image.
- Fig. II-2-35 The Senguerr area: Landsat TM ratio image.
- Fig. II-2-36 The Colelache area: Photogeologic interpretation map.
- Fig. II-2-37 The Colelache area: Landsat TM false color image.
- Fig. II-2-38 The Colelache area: Landsat TM ratio image.
- Fig. II-2-39 The Buen Pasto area: Photogeologic interpretation map.
- Fig. II-2-40 The Buen Pasto area: Landsat TM false color image.
- Fig. II-2-41 The Buen Pasto area: Landsat TM ratio image.
- Fig. II-2-42 Compiled photogeologic interpretation map of the survey area.
- Fig. II-2-43 Landsat TM mosaic images (false color and ratio image) of the survey area.
- Fig. II-2-44 Stratigraphic correlation among the survey areas based on the interpretation maps.
- Fig. II-2-45 Regional interpretation map of the survey area.
- Fig. II-3-1 Location map of the ground truth survey districts.
- Fig. II-3-2-1a Geological map with sampling points of the Varvarco district.
- Fig. II-3-2-1b Ternary variation diagram of AFM plot for granitic rocks of the Varvarco district.
- Fig. II-3-2-1c Ternary variation diagram of Qz-Or-Pl CIPW normative Compositions for granitic rocks of the Varvarco district.
- Fig. II-3-2-1d Rb-(Y+Nb) diagram for the granitic rocks of the Varvarco district.
- Fig. II-3-2-1e Chondrite normalized REE patterns for granitic rocks of the Varvarco district.
- Fig. II-3-2-2a Geological map with sampling points of the Butalon Norte district.
- Fig. II-3-2-3a Geological map with sampling points of the Andacollo district.
- Fig. II-3-2-3b Veins of Sofia ore deposits of the Andacollo gold mine.
- Fig. II-3-2-3c Ternary variation diagram of AFM plot for granitic rocks of the Andacollo district.
- Fig. II-3-2-3d Ternary variation diagram of Qz-Or-Pl CIPW normative compositions for granitic rocks of the Andacollo district.
- Fig. II-3-2-3e Rb-(Y+Nb) diagram for the granitic rocks of the Andacollo district.
- Fig. II-3-2-3f Chondrite normalized REE patterns for granitic rocks of the Andacollo district.
- Fig. II-3-2-4a Geological map with sampling points of the Cerro Caicayen district.

- Fig. II-3-2-5a Geological map with sampling points of the Cerro de Diablo district.
- Fig. II-3-2-6a Geological map with sampling points of the Campana Mahuida district.
- Fig. II-3-2-7a Geological map of the Palau Mahuida district.
- Fig. II-3-2-8a Geological map with sampling points of the Carreri Malal and Nireco districts.
- Fig. II-3-2-10a Geological map with sampling points of the La Voluntad district.
- Fig. II-3-2-11a Geological map with sampling points of the Mina Maria district.
- Fig. II-3-2-12a Geological map with sampling points of the El Bolson district.
- Fig. II-3-2-13a Geological map with sampling points of the Cerro Coihue and Condorcanqui districts.
- Fig. II-3-2-15a Geological map with sampling points of the Cushamen district.
- Fig. II-3-2-16a Geological map with sampling points of the Epuyen district.
- Fig. II-3-2-17a Geological map with sampling points of the Lago Cholila district.
- Fig. II-3-2-18a Geological map with sampling points of the Huemules district.
- Fig. II-3-2-18b $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ versus SiO_2 plot for basalt intrusion of the Humules district.
- Fig. II-3-2-18c Tectonic discrimination diagram for basalt intrusion of the Humules district.
- Fig. II-3-2-19a Geological map with sampling points of the Joya del Sol district.
- Fig. II-3-2-19b Joya del Sol and Huemules veins in the concessions of Minera el Desquite, S.A..
- Fig. II-3-2-20a Geological map with sampling points of the Cerro Gonzalo district.
- Fig. II-3-2-21a Geological map with sampling points of the Arroyo Cascada district.
- Fig. II-3-2-22a Geological map with sampling points of the Gabros de Tecka district.
- Fig. II-3-2-23a Geological map with sampling points of the Pozones de Navarro district.
- Fig. II-3-2-24a Geological map with sampling points of the Las Mentas district.
- Fig. II-3-2-25a Geological map with sampling points of the Poncho Moro district.
- Fig. II-3-2-26a Geological map with sampling points of the Cerro Colorado district.
- Fig. II-3-2-27a Geological map with sampling points of the Estrella Gaucha district.
- Fig. II-3-2-28a Geological map with sampling points of the El Gato district.
- Fig. II-3-2-28b Geological map with alteration types of the El Gato district.
- Fig. II-3-2-29a Geological map with sampling points of the Estancio Arroyo Victoria district.
- Fig. II-3-2-30a Geological map with sampling points of the Ferrocarrilera district.
- Fig. II-3-2-31a Geological map with sampling points of the Cerro Blanco district.

Fig. II-4-1	Synthetical interpretation map of the control factors of mineralization.
Fig. II-4-2	Noticeable districts based on the ground truth survey results.
Fig. II-4-3	Location map of the survey districts of Phase-2 survey.
Table I-1-1	Record of the ground truth survey.
Table I-1-2	Amount of the laboratory works.
Table I-3-1	Simplified stratigraphy of the survey area.
Table I-3-2	Major known mineral occurrences shown in Fig. I-3-4.
Table I-3-3	Data of major deposits of the survey area.
Table II-1-1	Data of all known mineral occurrences of the survey area.
Table II-2-1	Path/Row, date of acquisition, sun azimuth and sun elevation of the Landsat TM image of 13 scenes.
Table II-2-2	Characteristics of photogeologic units of the Malargue area.
Table II-2-3	Characteristics of photogeologic units of the Chos Malal area.
Table II-2-4	Characteristics of photogeologic units of the Zapala area.
Table II-2-5	Characteristics of photogeologic units of the San Martin de Los Andes area.
Table II-2-6	Characteristics of photogeologic units of the San Carlos de Bariloche area.
Table II-2-7	Characteristics of photogeologic units of the Lago Menendez area.
Table II-2-8	Characteristics of photogeologic units of the Plaza Huincul area.
Table II-2-9	Characteristics of photogeologic units of the Laguna Blanca area.
Table II-2-10	Characteristics of photogeologic units of the Ojo de Agua area.
Table II-2-11	Characteristics of photogeologic units of the Esquel area.
Table II-2-12	Characteristics of photogeologic units of the Senguerr area.
Table II-2-13	Characteristics of photogeologic units of the Colelache area.
Table II-2-14	Characteristics of photogeologic units of the Buen Pasto area.
Table II-2-15	Alteration zone of the Malargue area.
Table II-2-16	Alteration zone of the Chos Malal area.
Table II-2-17	Alteration zone of the Zapala area.
Table II-2-18	Alteration zone of the San Martin de Los Andes area.
Table II-2-19	Alteration zone of the San Carlos de Bariloche area.
Table II-2-20	Alteration zone of the Lago Menendez area.
Table II-2-21	Alteration zone of the Plaza Huincul area.
Table II-2-22	Alteration zone of the Laguna Blanca area.
Table II-2-23	Alteration zone of the Ojo de Agua area.
Table II-2-24	Alteration zone of the Esquel area.
Table II-2-25	Alteration zone of the Senguerr area.
Table II-2-26	Alteration zone of the Colelache area.
Table II-2-27	Alteration zone of the Buen Pasto area.

Table II-2-28	Geological age of 51 geological units of the mosaic image of the survey area.
Table II-2-29	Number of alteration zones of 13 areas.
Table II-3-1	Ground truth survey districts and reasons to be selected.
Table II-4-1	Ground truth survey results for alteration zones inferred from TM ratio Image.
Table II-4-2	Conclusion on the ground truth survey.
Appendix-1	Collected literatures for the existing data analysis, sorted in order of category and year.
Appendix-2	Samples taken for the phase-1 survey.
Appendix-3	Observation results of thin sections.
Appendix-4	Observation results of polished thin sections.
Appendix-5	Powdery X-ray diffraction results.
Appendix-6	Bulk chemical analysis results for the geochemical survey.
Appendix-7	Bulk chemical analysis results including PGM elements for the geochemical survey.
Appendix-8	Bulk chemical analysis results for the petrochemical study.
Appendix-9	Ore grade assay results.
Appendix-10	Homogenization temperatures and salinities of fluid inclusions.
Appendix-11	Measurement results of sulfur isotopic composition.
Appendix-12	Measurement results of oxygen isotopic composition.
Appendix-13	K-Ar radiometric measurement results.
Appendix-14	Photographs of the field survey.