

にかけて分布する。これらは火山岩類、堆積岩類および花崗岩類から構成される。

火山岩類は Neuquen 州の北西端から Zapala 西方の山岳地帯に分布する Cajón Negro 層 ($T\alpha 2$) と Zapala 近傍に分布する Campos basálticos de Zapala ($TQ\beta$) が存在する。これらは島弧型の造山運動に伴うカルクアルカリ岩である。Cajón Negro 層は 2Ma 頃に活動したとされる。玄武岩質～安山岩質の溶岩と集塊岩を主体とし、少量の酸性溶岩とイグニンプライトを伴う。これらには浸食された成層火山が伴われる。Campos basálticos de Zapala の火山活動は更新世におよび、Zapala 南西の Laguna Blanca 湖畔では完新世にまでおよぶ。玄武岩溶岩を主体とし、輝石安山岩およびデイサイトを伴う。

堆積岩類は Rio Negro 州の Ñorquinco から Chubut 州の Leleque 東方にかけての範囲に分布し、Collón Curá 層 (T) と命名されている。基底層は厚い礫岩に始まり、頁岩および砂岩からなる。主に陸成層であるが局部的に海成層を伴う。多くの植物化石のほか、哺乳類の化石なども産する。

花崗岩類 (Tg) について 15Ma と 7Ma の年代測定結果が得られている (e.g. Munizaga et al. 1985)。これらは主に国境を超えたチリ側に分布しており、本地域ではその一部が Neuquen 州北西部および同州と Rio Negro 州境界部のチリとの国境沿いに小規模に分布している。

9) 第四系 ($TQ\beta$, Qgl , Qa)

本地域における第四系のうち、新第三紀に活動が始まる玄武岩類 ($TQ\beta$) については前項に述べた。第四系は主に更新世の氷河堆積物 (Qgl) と完新世の沖積層および崩積土 (Qa) から構成される。氷河堆積物はチリとの国境沿いにおいて、山間部の凹地を埋めて分布している、沖積層および崩積土は河川沿いの低地と調査地域東部の平坦地に分布する。

3-2 鉱床・鉱徴地概要

本地域および周辺地域の主要な既知鉱徴地の分布を Fig. I-3-4 に、これら鉱徴地の概要を Table I-3-2 に示す。この範囲は Mendoza 州、La Pampa 州、Neuquen 州、Rio Negro 州および Chubut 州にわたる。Fig. I-3-1 の地質体区分によると Neuquen 州、Rio Negro 州および Chubut 州の既知鉱徴地は Patagonia tarrane に属している。Zappetini (1998) に基づいて Patagonia tarrane における鉱化作用の概要を鉱化年代の古い順に以下に記述する。

1) Pampian and pre-Pampian events

この時期は Pampia と Rio de la Plata Craton (Fig. I-3-1) が衝突した地殻変動およびそれ以前の時期で、原生代からカンブリア紀後期に相当する。

この時期 Patagonia では、Somuncura (Fig. I-3-1) の基盤を形成するタービダイトの堆積期間に、堆積作用と同時発生の断層によって二次堆積盆が発達した。この断層が噴気堆積性の Pb-Zn-Ag 鉱床 (Gonzalito mine, Río Negro) の生成を規制した。また、石灰岩及びドロマイトが挟在され稼行対象となっている。

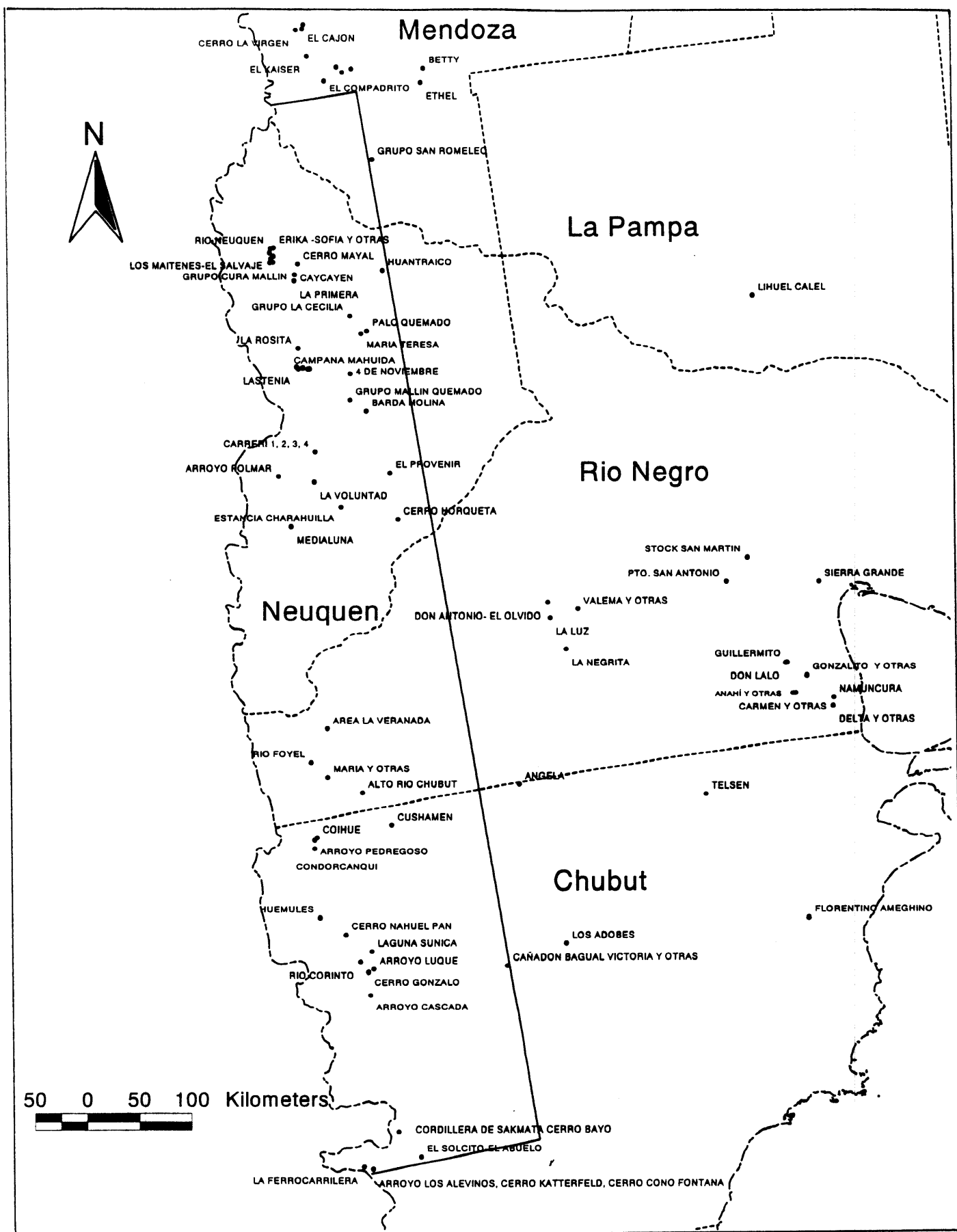


Fig. I-3-4 Distribution of major known mineral occurrences in the Provinces of Mendoza, Neuquen, La Pampa, Rio Negro and Chubut where almost of them belong to the Patagonia tarrane of Fig. I-3-1, after Zappettini (1998).

Table I-3-2 Major known mineral occurrences shown in Fig. I-3-4.

PROVINCE	NAME	MAJOR ELEMENT	MINOR ELEMENT	MODEL	LON (D)	LON (M)	LAT (D)	LAT (M)	
MENDOZA	LA FLOR	Pb,Ag,Zn	Cu	Epithermal	69	56	35	22	
	CERRO LA VIRGEN	Cu	Ag,Zn	Metasomatism	70	1	35	24	
	EL CAJON	Pb,Zn,Ag	Au	Epithermal	69	57	35	24	
	EL KAISER	Fe		Metasomatism	69	57	35	38	
	HUEMUL, ARROYO SECO, AGUA BOTADA	U	Cu	Sedimentary	69	40	35	46	
	CERRO MIRANO, ROSA	U	Cu	Sedimentary	69	31	35	48	
	CASA DE PIEDRA	U,Cu		Sedimentary	69	37	35	49	
	EL COMPADRITO	Ba		Sedimentary	69	49	35	52	
	BETTY	Mn		Epithermal	68	47	35	53	
	ETHEL	Mn	F	Epithermal	68	50	36	0	
	GRUPO SAN ROMELEO	Cu		Sedimentary	69	27	36	35	
	LIHUEL CALEL	Co,Mo,Cu		Porphyry	65	40	38	10	
	LA PAMPA NEUQUEN	ERIKA -SOFIA Y OTRAS, ANDACOLLO	Au	Pb,Zn	Epithermal	70	37	37	11
RIO NEUQUEN		Au		Placer	70	39	37	11	
LOS MAITENES-EL SALVAJE		Au		Porphyry	70	40	37	13	
EL PÓRVENIR		Pb,Zn,Au,Cu,Ag		Epithermal	70	38	37	15	
MILLA MICHICO		Au	Pb,Zn,Ag	Epithermal	70	40	37	16	
GRUPO CURA MALLIN		Cu	Pb,Zn	Epithermal	70	41	37	18	
CURA MALLIN		Ba		Exhalative sulfides	70	39	37	18	
CERRO MAYAL		Au		Epithermal	70	24	37	21	
CAYCAYEN		Cu	Fe	Porphyry, Metasomatism	70	27	37	26	
LA PRIMERA		U	Cu	Sedimentary	70	28	37	29	
HUANTRAICO		Fe		Association of subaerial volcanism	69	32	37	31	
GRUPO LA CECILIA		Sr	Ba	Sedimentary	69	57	37	51	
PALO QUEMADO		U,V	Cu	Sedimentary	69	48	38	0	
MARIA TERESA		U,V	Cu	Sedimentary	69	52	38	1	
LA ROSITA		Ba		Sedimentary	70	33	38	3	
LASTENIA		Pb,Ag,Zn		Epithermal	70	36	38	12	
CAMPANA MAHUIDA		Cu	Au	Porphyry	70	32	38	13	
AMELIA, BELEN, TERESA		Pb,Ag,Zn	Ba	Epithermal	70	35	38	13	
AGUSTINA Y OTRAS		Pb,Ag,Zn		Epithermal	70	29	38	14	
CERRO HUAYELON		Pb,Ag,Zn	Cu	Epithermal	70	28	38	14	
4 DE NOVIEMBRE		Ba		Sedimentary	70	3	38	20	
GRUPO MALLIN QUEMADO		Ba		Sedimentary	70	6	38	33	
BARDA MOLINA		Cu		Sedimentary	69	57	38	40	
CARRERI 1, 2, 3, 4		Pb,Ag,Zn	Cu	Vein and Breccia (Various genesis)	70	34	38	56	
ARROYO POLMAR		Au		Placer	71	0	39	5	
LA VOLUNTAD		Cu	Mo	Porphyry	70	38	39	11	
EL PROVENIR		Cu		Sedimentary	69	49	39	13	
ESTANCIA CHARAHUILLA		Cu,Ag	U	Sedimentary	70	24	39	26	
MEDIALUNA		Au		Placer	70	58	39	31	
CERRO HORQUETA		Cu		Sedimentary	69	49	39	37	
RIO NEGRO		STOCK SAN MARTIN	W		Vein associated with granitoid	66	5	40	23
		DON ANTONIO- EL OLVIDO	Mn		Epithermal	68	21	40	31
		PTO. SAN ANTONIO	F		Vein and Breccia (Various genesis)	66	21	40	34
		VALEMA Y OTRAS	F		Vein and Breccia (Various genesis)	68	2	40	37
		LA LUZ	Pb,Ag,Zn		Epithermal	68	21	40	39
		SIERRA GRANDE	Fe		Sedimentary	65	20	40	40
		LA NEGRITA	Mn		Epithermal	68	14	40	56
		AREA LA VERANADA	Au	Cu,Pb,Zn	Epithermal	71	0	41	15
		GUILLERMITO	W	Mn	Vein associated with granitoid	65	48	41	19
		DON LAJO	Mn		Epithermal	65	49	41	19
		GONZALITO Y OTRAS	Pb,V,Ag,Zn	Cu,Fe,As	Exhalative sulfides	65	36	41	27
		RIO FOYEL	Au		Placer	71	15	41	30
	ANAHI Y OTRAS	F		Vein and Breccia (Various genesis)	65	45	41	35	
	CARMEN Y OTRAS	F		Vein and Breccia (Various genesis)	65	47	41	35	
	NAMUNCURA	Fe		Sedimentary	65	20	41	40	
	DELTA Y OTRAS	F		Vein and Breccia (Various genesis)	65	21	41	44	
	ALTO RIO CHUBUT	Au		Placer	70	45	41	50	
	CHUBUT	MARIA Y OTRAS	Pb,Ag,Zn,Cu		Epithermal	71	6	41	39
		ANGELA	Pb,Zn	Ag,Au	Epithermal	69	0	42	0
		COIHUE	Cu,Au	Pb,Zn	Porphyry	71	21	42	8
CUSHAMEN		Mo		Vein associated with granitoid	70	30	42	9	
CONDORCANQUI		Cu	Au	Association of subaerial volcanism	71	23	42	9	
ARROYO PEDREGOSO		Au		Placer	71	24	42	13	
TELSEN		Au		Epithermal	66	55	42	20	
HUEMULES		Au		Epithermal	71	30	42	48	
CERRO NAHUEL PAN		Au		Epithermal	71	15	42	59	
LAGUNA SUNICA		Au	Cu	Epithermal	71	0	43	10	
RIO CORINTO		Au		Placer	71	9	43	14	
ARROYO LUQUE		Cu	Mo	Porphyry	71	1	43	19	
CERRO GONZALO		Mo,Cu,Ag,Au		Vein and Breccia (Various genesis)	71	5	43	20	
LOS ADOBES		U	Cu	Sedimentary	68	47	43	24	
FLORENTINO AMEGHINO		Mn		Epithermal	65	57	43	30	
CAÑADON BAGUAL VICTORIA Y OTRAS		Pb,Ag,Zn	Au,Bi	Epithermal	69	30	43	30	
ARROYO CASCADE		Au,Ag		Epithermal	71	7	43	32	
CORDILLERA DE SAKMATA CERRO BAYO		Au	Pb,Zn	Epithermal	71	7	44	42	
LA FERROCARRILERA		Pb,Zn	Cu,Au,Ag	Epithermal	71	36	44	56	
EL SOLCITO-EL ABUELO		Fe	Mn	Metasomatism	70	55	44	57	
ARROYO LOS ALEVINOS, CERRO KATTERFELD, CERRO CONO FONTANA		Au	Cu,Pb,Zn,Ag	Epithermal	71	30	44	58	

2) Famatina events

この時期は Cuyania および Chilenia が Pampia に付加され、また Somuncura と Deseado (Fig. I-3-1) が衝突した地殻変動の時期で、カンブリア紀後期から石炭紀に相当する。

この時期 Patagonia の東部において、非活動的な縁辺的な堆積作用がシルル紀～デボン紀に行われた。これらには堆積性の Fe の濃集が伴われた (Sierra Grande, Río Negro)。

3) Gondwana events

この時期は Patagonia が、ゴンドワナ大陸を形成していた他の地質体に衝突した地殻変動の時期で、石炭紀後期からジュラ紀前期に相当する。

Patagonia のゴンドワナ大陸への衝突に先だって、Somuncura にマグマ弧が形成され、引き続いて広大な溶岩高原が形成された。また、二疊期花崗岩に関連する衝突後のイグニブライトが発生した。この火成活動に伴って W 鉱脈 (San Martín, Río Negro)、螢石脈 (Valema, San Antonio, Carmen, Río Negro)、Mn 鉱床 (Don Antonio, Río Negro)、熱水性のカオリン鉱床が形成された。

4) Mesozoic events

この時期は伸張テクトニスが働いて大陸間に堆積盆が形成されるとともに、大西洋が開口してゴンドワナ大陸が解体された時期であり、ジュラ紀から白亜紀に相当する。

大西洋の開口を原因とする上昇運動に関連した火山活動に伴い、せん断帯などの構造に規制されて、浅熱水性金鉱床が生成している。Fig. I-3-4 の範囲外であるが Santa Cruz 州に Cerro Vanguardia 鉱床が生成している。一方、白亜紀には太平洋からの海洋地殻の沈み込みによるマグマ弧が形成され、これによって斑岩銅鉱床が形成されている (Campana Mahuida, Neuquen; Cerro Coihue, Chubut)。

ジュラ紀には剛塊核の縁辺部に堆積盆が形成された。堆積盆は San Juan 州南部から Neuquén 州南部にかけて分布し、堆積性の鉱床が伴われている。これらには堆積性銅鉱床 (El Provenir, Neuquén)、重晶石 (Mallín Quemado, Neuquen)、セlestタイト、石膏などがある。

ジュラ紀～白亜紀に形成された島弧後退型の堆積盆では、海成及び陸成の層状鉱床を伴う。これらにはセlestタイト-重晶石 (Noviembre, Grupo La Cecilia, Neuquén)、岩塩、石灰岩、リン灰岩などがある。

また、マグマ活動の後で発生した堆積盆では、熱源が後退する過程の堆積物に層状ウラン鉱床が伴われている (Los Adobes, Chubut)。

5) Andean events

この時期はアンデス山脈の造山運動による地殻変動の時期で、古第三紀、新第三紀、第四紀にわたる。

a) 古第三紀

古第三紀を代表するものは火山弧の活動であり、チリにおいて最高潮に達して多くの斑岩銅鉱

床を生成した。火山弧の南方延長は Mendoza 州や Neuquen 州を経て Chubut 州にまで連続している。この火山弧によって Patagonia でも斑岩銅鉱床が生成されている (Cerro Caycayan, Neuquén)。また、金に富む多金属鉱床 (Huemlas, Chubut)、安山岩溶岩に関連するマント型銅鉱床 (Condorcanqui, Chubut) が知られている。これらの緯度において古ベニオフ帯が漸新世～中新世に緩傾斜になったことが示唆されている。

b) 新第三紀

新第三紀にはアンデス山脈に沿ったマグマ弧の進化と拡散があった。そのマグマ活動の範囲は海溝から東方へ約 700km に達している。この時期の火成活動に伴って Catamarca 州の Bajo de la Alumbrera 斑岩銅鉱床などの重要な鉱床がアルゼンティン北西部で生成している。

南緯 36° から 41° の範囲では、火山弧は中新世の初めに西へ拡散し、東方に向かっては後退性の島弧マグマ活動が発達した。これは Neuquén 州の Auca Mahuida 火山によって代表される。これらのマグマ活動に関連するのはマグマ性鉄鉱脈 (Huantraico, Neuquen)、浅熱水性マンガング鉄床 (Ethel, Mendoza)、噴気性の硫黄鉄床である。西部におけるマグマ弧に関連するのは金に富む多金属鉱床 (Andacollo, Neuquén) であり、斑岩金鉄床 (Los Maitenes-El Salvaje, Neuquén) も存在している。

島弧後退型の堆積盆に関連する堆積物には粘土、堆積性ベントナイト、渦成珪藻土が伴われる。

南緯 41° より南方ではマグマ活動が再構築されている。高角度のベニオフ帯と遅い収束速度を特徴として孤立した火山が存在している。これは伸長テクトニスに関連するプレート内部のアルカリ火山岩活動であり鉱化作用を伴っていない。

非活動的な縁辺的堆積盆には経済的に興味の持たれる石灰岩、石膏、ベントナイト、堆積性カオリン、明礬石が伴われている。

c) 第四紀

第四紀の乾燥気候における堆積盆では塩化ナトリウムや局所的な硫酸塩が濃集している。山岳地帯では削剥により多様な重鉱物が濃集している。砂金鉄床は多様な初生金鉄床のタイプにリンクして幅広く分布している (e.g. Rio Neuquén, Neuquén)。

3-3 最近の鉱業事情

1) 探査活動

本地域の Neuquen 州における探査活動はアルゼンティン政府の陸軍工廠 (Dirección General de Fabricaciones Militares: DGFm) によって 1941 年に開始され、1963 年～1969 年には Plan Cordillerano として組織的に広域調査が実施された。この間 1968～1969 年には Plan Cordillerano Centro として、それまでに抽出された有望地区に対して試錐調査が実施された (Méndez et al., 1995)。Rio Negro 州および Chubut 州でも最初の探査活動は陸軍工廠によって実施された (e.g. Pages, 1951)。その後、鉱業庁 (Servicio Minero Nacional、現在の SM) の

Plan Patagonia Comahue による広域調査が 1972 年より実施され、その成果を受け継いで 1977 年～1982 年に国連回転基金による探査活動が実施され、1983 年に最終報告書が提出された。これらの基礎調査によってこれまでに多くの鉱徴地の存在が把握されている。本地域における総ての既知鉱徴地の分布を Fig. I-3-5 に示し、Table I-3-3 にはこれらのうち主要な鉱徴地の概要を示す。

現在採掘が行われているのは Neuquen 州の Andacollo 鉱山 (Au) である。Neuquen 州の鉱山公社である CORMINE S.E.P.が鉱区を所有し、カナダおよびチリ資本による Minera Andacollo Gold S.A.が CORMINE S.E.P.との開発契約により 1999 年 1 月より操業を行っている。金とベースメタルを含む石英脈を坑内採掘し、青化精錬で金を現地生産している。プラントの最低処理能力は 200t/d である。公表されている可採鉱量は Erica 脈で 199,916t, 7.77g/t Au、Sofia 脈で 79,836t, 14.72g/t Au であるが、鉱山関係者によると金の生産は 50,000 oz/y であり、80,000 oz/y まで増産の計画があるとのことであった。

Chubut 州の Joya del Sol 鉱徴地 (Au) では現在試錐探鉱が活発に実施されている。鉱区を所有しているのは Minera el Desquite S.A.であり、英国の Brancote Holdings Plc が 60%とアルゼンティンの MBP 社が 40%の資本構成であり、前者が実際の探査活動を行っている。探査の対象は低硫化系の含金石英脈であり、撤退した Sunshine 社によると金 209,000 oz と銀 1,410,000 oz の埋蔵量があり、平均品位は 5.8g/t Au, 39.5g/t Ag とされている。Minera el Desquite S.A.は 1998 年 10 月に Sunshine 社よりオプション権を取得し、1999 年より組織的な試錐探鉱を開始した。インターネットによると、2000 年 2 月に 75%は推定鉱量ながら金 1,000,000 oz を既に獲得したと発表している。

Chubut 州の Huemules 鉱徴地 (Au) は金を含むベースメタルの鉱脈鉱床であり、前述の国連回転基金プロジェクトの試錐調査によって 2,975,000t と鉱量計算がなされた。このうち 9g/t Au の平均品位を有するのは 750,000t と再計算されている (Viera and Hughes, 1999)。Huemules 鉱徴地は前述の Joya del Sol 鉱徴地の西方約 20km に位置していることから、Minera el Desquite S.A.が Huemules 鉱区を現在所有している。Huemules 鉱床単独の鉱量では鉱山開発には不十分ながら、Joya del Sol 鉱床が鉱山開発される場合には Huemules 鉱床の鉱山開発も併せて検討されるものと思われる。

Chubut 州の Cerro Colorado 鉱徴地 (Au) は高硫化系の熱水角礫の鉱徴地であり、地表変質帯において 7.95g/t Au の値が得られている。1998 年に Billiton Argentina B.V.が Newcrest Minera Argentina S.A.との合併に参入し、試錐調査を開始したものの、Newcrest 社が撤退を決定したために試錐調査を中止した。鉱区は Billiton 社が継続して保有している。

Neuquen 州の Campana Mahuida 鉱徴地は斑岩銅鉱床の鉱徴地である。1968～1975 年に陸軍工廠 (DGFM) および Falconbridge 社によって 45 孔、計 4,043m の試錐が実施されている。これらの結果、酸化鉱体について 4,637,782.3t, 0.73% Cu、硫化鉱体について 22,890,977t, 0.6% Cu がカットオフ 0.3% Cu により計算されている。現在探査活動は実施されておらず Neuquen 州鉱山公社の CORMINE S.E.P.が鉱区を保有している。

Chubut 州の Ferrocarrilera 鉱徴地 (Pb, Zn, Ag) は 1940 年代に試錐探鉱および坑道調査が実

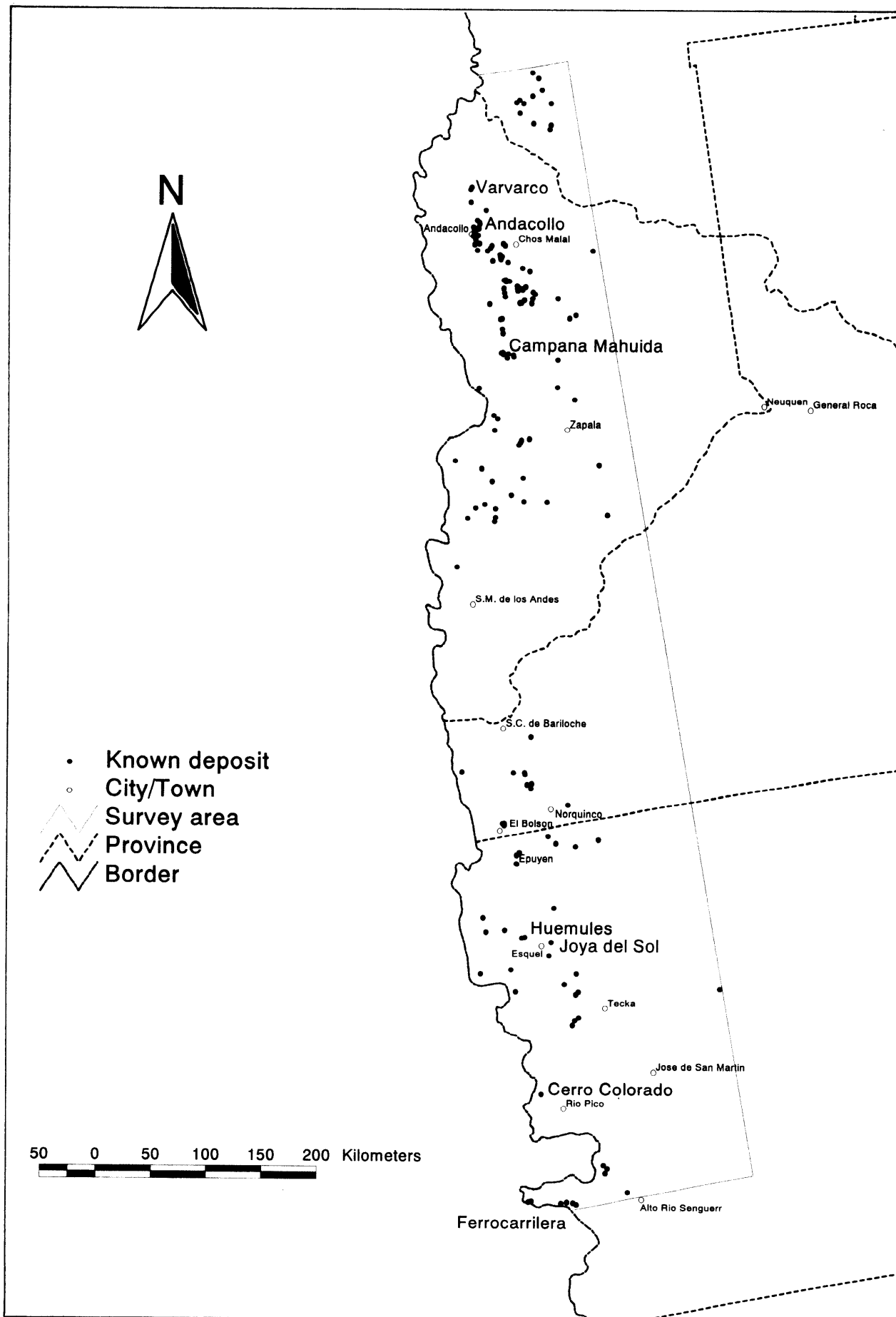


Fig. I-3-5 Distribution of all known mineral occurrences in the survey area.

Table I-3-3 Data of major deposits of the survey area.

Type	Name	Province	Metal	Type	Host rock	Data	Property	Note
1	Erica	Neuquen	Au,Pb,Zn	Polymetal vein	Tuff (C)	199,916t, 7.77g/t Au	Minera Andacollo Gold S.A./CORMINE S.E.P.	These veins are exploited as the Andacollo gold mine from January 1999. Current production is 50,000 oz/y Au and increase to 80,000 oz/y Au is planned.
1	Sofia	Neuquen	Au,Pb,Zn	Polymetal vein	Tuff (C)	79,836t, 14.72g/t Au		
2	Joya del Sol	Chubut	Au,Ag	Low sulfidation quartz vein	Andesitic and dacitic volcanics (J β a)	209,000 oz Au, 1,410,000 oz Ag with 5.8g/t Au, 39.5g/t Ag	Minera el Desquite S.A.	1,000,000 oz Au, of which 75% is in the measured and inferred categories, had already gained by systematic drilling survey.
3	Campana Mahuida	Neuquen	Cu,Au,Mo	Porphyry Cu (Chacocite blanket)	Sandstone (Jk), Andesite (Kg)	4,637,782.3t, 0.73% Cu oxide and 22,890,977t, 0.6% Cu, (Cut off 0.3% Cu)	CORMINE S.E.P.	Outline of orebody was unveiled by drilling survey. Secondary enrichment zone is not thick.
3	Huemules	Chubut	Au,Ag,Pb	Polymetal vein	Andesitic volcanics (J β a)	Total 2,975,000t; 750,000t, 9g/t Au	Minera el Desquite S.A.	Ore reserves were calculated by drilling survey of UNRF. Currently Minera el Desquite owns the property because it is adjacent to their Joya del Sol property.
3	La Ferrocarrilera	Chubut	Pb,Zn,Ag	Polymetal vein	Andesitic volcanics (J β a)	708,630t, 1.63% Pb, 4.49% Zn, 0.61% Cu, 0.1g/t Au, 14g/t Ag	Gropo Minero Aconcagua S.A.	Previously it was explored by drilling and underground survey in 1940's. Lower extension of the veins is not expected.
4	Cerro Colorado	Chubut	Au	High sulfidation epithermal breccia	Andesite (J β a), Granitoids (Kg)	7.95g/t Au, 66 samples of 2,200km ²	Billiton Argentina B.V.	Billiton Argentina B.V. retains the property. Drilling survey was ceased in 1998 after the withdrawal of Newcrest Argentina S.A. who was the partner of J/V.

Type 1= mine in operation, Type2=drilling survey is being conducted, Type3= exploration was ceased, but reserve calculation was done, Type4= exploration was ceased, but noticeable ore grades were reported.

施された。さらに国連回轉基金プロジェクトの対象ともなった。これらの探査結果に基づいて 1985 年には SEGEMAR によって鉱量計算がなされ、鉱量 708,630t, 1.63% Pb, 4.49% Zn, 0.61% Cu, 0.1g/t Au, 14g/t Ag との結果を得た (Zubia, 1985)。下部での鉱況は良くないとのことで現在探査活動は実施されていない。

2) 鉱山公社

Neuquen 州政府は 1975 年に鉱山公社として CORMINE S.E.P (Corporación Minera del Neuquén, Sociedad del Estado Provincia) を創設した。同公社は探鉱鉱区を保有し、民間企業とオプション契約を締結することにより州内の探査活動の促進を図っている。2000 年 1 月現在、州内に 11 鉱区を保有している。また、前述の Minera Andacollo Gold S.A. が操業を行っている Andacollo 金山も同公社の保有鉱区である。Rio Negro 州政府および Chubut 州政府は鉱山公社を創設していない。

3) PASMA プロジェクト

アルゼンティン政府の包括的投資環境整備として世銀の援助を受けて PASMA プロジェクト (Proyecto de Apoyo Minero Argentino) が実施されている。中央政府および州政府が所有している鉱業権および基本地質情報などの各種情報を一定のフォーマットでデータベース化し、コンピューターネットワークを通じてオープン化および共有化することを目的としている。

PASAMA プロジェクトの一環として、Program of geophysical and mineral resources mapping が実施されており、1997 年に SEGEMAR より刊行された鉱床地質図のデジタル化が 1998 年に実施された (Zappettini ed. 1998)。また、本調査地域を含む範囲で空中物理探査が実施されている。

4) Proyect Minero Rio Negro

Rio Negro 州政府と SEGEMAR の合意に基づき、地質、金属鉱床、物理探査、地化学探査および工業原料について GIS (Geographic Information System) による情報のシステム化が実施されている。成果物は 1998 年に CD-ROM を媒体として刊行されている。

5) チリ・アルゼンティン鉱業統合条約

チリおよびアルゼンティン両国の国境付近での資源開発を促進するための環境整備として、二国間の鉱業統合条約が 1997 年 12 月に両国間で合意に至った。しかし、南部での国境問題が懸案となり両国議会の審議が行われない状態が続いた。これを打開するための新たな国境条約が 1999 年 6 月に両国議会で承認され、8 月には両国大統領による最終批准手続きが完了した。これによって鉱業統合条約が両国議会に上程される運びとなった。

鉱業統合条約が批准された場合、アルゼンティン側の資源を国境を超えてチリ側の港から輸出することが可能となり、アルゼンティンの資源開発の促進が期待される。

第4章 調査結果の総合検討

4-1 既存データ解析

本地域における既存データの多くは、1999年2月15日から3月12日かけて実施した平成10年度資源開発協力基礎調査・アルゼンティン共和国プロジェクト選定調査により収集されている。本調査においては、さらに必要に応じて SEGEMAR 本部、同 General Roca 支所 (Neuquen・Rio Negro・La Pampa 州を管轄)、同 Comodoro Rivadavia 支所 (Chubut・Santa Cruz・Tierra del Fuego 州を管轄)、関係州政府鉱山局、Neuquen 州鉱山公社の CORMINE S. E. P. において収集を行った。また、鉱山開発および探査を実施している民間企業である Minera Andacollo Gold S. A. および Minera El Desquite S. A. を訪問し、新たなデータの収集に努めた。各機関からの収集データ一覧を巻末 (Appendix-1) に示す。

既存データに基づく本地域の既知鉱徴分布、鉱床の生成と密接な関係のある地質時代別マグマ弧の分布、Landsat TM 画像解析から判読された変質帯の分布を Fig.II-I-I に示す。既知鉱徴データについては Zappettini (1998) および Zanettini et al. (1999) に基づく。鉱床形成と密接な関係にある地質時代別マグマ弧の分布は、Zappettini (1998) より作成した。LANDSAT TM 画像解析は本調査で実施したものである。

Zappettini (1998) によると、本地域において存在が期待される金属鉱床タイプは、斑岩銅-金-モリブデン鉱床、スカルン鉱床、高・低硫化系浅熱水性金鉱床、含金多金属鉱脈鉱床、マント型鉱床、堆積性銅-ウラン鉱床などがあげられる。既存データ解析による地質状況、さらに経済性を考慮した場合、本地域において探査の対象となる鉱床タイプは、マグマ弧の火成活動と密接な関係がある斑岩銅-金-モリブデン鉱床、高・低硫化系浅熱水性金鉱床および含金多金属鉱脈鉱床に絞られる。従って、これら3つのタイプの鉱徴地およびその周辺に発達する変質帯が分布する8地区が優先度の高い調査対象と考えられる。ただし、本年度のグランドトールズ調査においては、現地のアクセス状況および SEGEMAR 側の要望を考慮し、選定された8地区のうち6地区がグランドトールズ調査の対象とされた。

4-2 衛星画像解析

本地域の調査対象範囲である南緯 36° ~ 45°、西経 69° 30' 以西 をカバーする LANDSAT 5 号 (一部 4 号) の TM 画像 13 シーンから、フォールスカラー合成画像 (バンド 1=B、バンド 4=G、バンド 5=R、縮尺 1:250,000) および比演算処理画像 (BGR=3/1, 4/5, 5/7、縮尺 1:250,000) を作成し、写真地質学的判読、リニアメント解析および変質帯抽出を行った。この範囲は 1997~1998 年に実施した東部アンデス地域 (南緯 28° ~ 35°、西経 67° 以西の範囲) の南側にほぼ隣接する。

写真地質学的判読について、層序は Mendoza 州地質図 (縮尺 1:500,000)、Neuquen 州地質鉱物資源図(縮尺 1:500,000)、Rio Negro 州地質図 (縮尺 1:750,000)、Chubut 州地質図 (縮尺 1:750,000) に従った。判読結果と地質図との対比は概ね一致する結果を得た。

リニアメントに関しては、全域に亘り、現在のペルー・チリ海溝すなわちなスカプレートの子ダクションゾーンに平行な N-S 系の延長 10~20km のリニアメントが発達するほか、南緯 41° ~42° にかけては延長 100km 以上に及ぶ N-S 系のリニアメントが発達する。リニアメントの傾度と方向により、南緯 36° ~40°、南緯 40° ~43° 30′、南緯 43° 30′ ~45° の 3 つのドメインに分けられる。南緯 36° ~40° には N-S 系が、南緯 40° ~43° 30′ には N-S・NW-SE・NNE-SSW 系が、南緯 43° 30′ ~45° には多方向のリニアメントが卓越する。貫入岩もしくはカルデラ等の存在を示唆する環状構造は、第三紀マグマ弧の分布域である Chos Malal シーンおよび Zapala シーンにおいて多く抽出された。

一方、変質帯については衛星画像解析により 244 箇所が抽出された。これらの変質帯は全体としてみると、ほぼ N-S 方向に配列した密集域を形成している。これらは以下の 6 地帯の高密度域としてまとめられる。これら変質帯の多くは火山熱水活動に起因するものと推定される。

- a) Andacollo 市街地北部
- b) Zapala 市街地西方域
- c) San Martin de Los Andes 市街地西方域
- d) Ñorquinco 市街地 - Esquel 市街地域
- e) Ñorquinco 市街地南東方域
- f) Jose de San Martin 市街地 - Alto Rio Senguerr 市街地域

これら変質帯の多くはリニアメントの高密度地帯に存在するという興味ある傾向が把握された。衛星画像解析から判読された変質帯に対するグラントルース調査では実際の変質帯の存在が現地で確認された (Table II-4-1)。よって、露岩地帯における変質帯抽出には比演算処理画像解析が有効であることが確認された。

ただし、西経 71° 以西では植生が発達しており、特に Chubut 州中西部~南西部では森林地帯となっており、標高の高い箇所には積雪が存在している。このような範囲では山頂部の限られた露岩地帯を除いて、比演算処理画像解析による変質帯抽出が適用されない。よって、森林地帯においてはすべての変質帯が衛星画像解析によって判読されている訳ではないことを考慮する必要がある。

4-3 グラントルース

グラントルース調査の対象地区の選定にあたり、第1年次の本年度は調査地域全体の地質概要を把握すること、また、多くの模式的な鉱床の特徴を把握するように努めた。なお、本年度は時間的制約からキャンプを要する遠隔地を避け、短期間に出来るだけ調査地域全域の状況を把握出来るように対象地区を選定した。さらに、SEGEMAR側の要望も考慮した。

既存データ解析結果から重要と考えられる斑岩銅-金-モリブデン鉱床、浅熱水性金鉱床、含金多金属鉱脈鉱床に関する鉱徴地調査では、既往探査状況および室内試験結果を十分に考慮し、現地で認められる鉱徴が一般的な鉱床生成概念モデルと比較してどの部分に対応するのか考察を行った。

衛星画像解析により判読された変質帯については日帰りでアクセス可能な地点に限定して調査を行った。なお、アクセス不可能な地点については、変質帯付近から流下する水系にて転石調査を実施し、熱水変質岩の存在の有無およびその特徴を把握した。

本年度の調査対象地区は計31地区である (Fig. II-3-1, Table II-3-1)。グラントルースの現地調査および室内試験の結果を総合に検討した結果、Varvarco・Campana Mahuida・Palau Mahuida・Nireco・La Voluntad・El Bolson・Condorcanqui・Epuyen・Lago Cholila・Cerro Gonzalo・Arroyo Cascadaの11地区について、第2年次にフォローアップ調査を行う必要があるものと判断された (Fig. II-4-2, Table II-4-2)。

4-4 地質構造および鉱化作用の特性と鉱化規制

本地域には多岐にわたる金属鉱床が期待されるが、主要な鉱床タイプは、斑岩銅-金鉱床・浅熱水性金-銀鉱床・含金多金属鉱脈鉱床である。これらのタイプの鉱床は経済性の観点からも、今後の調査のターゲットとして重要と考えられる。

メタロジェニーとテクトニックセッティングとは、不可分の関係にあることから、超広域的範囲から、特定のタイプの鉱床をターゲットとする場合は、それを規制するテクトニックセッティングを重視した鉱床生成区をまず第一に抽出することになる。例えば、斑岩銅鉱床や浅熱水性金鉱床については陸上の中性～酸性火成活動ゾーンが選定され、火山性塊状硫化物鉱床は、海底火山活動ゾーンが選定されることになる (Sillitoe, 1980)。さらに、斑岩銅鉱床および高硫化系浅熱水性金鉱床は、チリ型あるいは衝突型の圧縮応力場で生じた陸上での中性～酸性火成活動ゾーンに、一方低硫化系浅熱水性金鉱床は応力場による束縛条件は比較的少ないが、島弧・背弧・ホットスポット等の陸上の中性～酸性火山活動ゾーンが選定される (Hedenquist, 1999)。更にデイメンジョンを絞った広域的スケールおよびプロスペクトスケールの場合には、その地域の地質構造発達史を把握するとともに、対象とする鉱床タイプの概念的生成モデルとの比較において、鉱床の生成を規制したファ

クターを満たす地質現象の把握が必要とされる。

4-4-1 超広域スケール

南米アンデスの斑岩銅鉱床および浅熱水性金鉱床は、通称アンデスカッパーベルトとされる中部アンデス地域の新生代マグマ弧に集中する (Sillitoe, 1992)。これと同じ条件のテクトニックセッティングが認識されれば、鉱床賦存の確率は高いと考えられる。

南米アンデスの地質構造発達史は以下のように考えられている。原生代後期のロディニア超大陸分裂以降、大陸の再編成により南アメリカ大陸は Gondwana 大陸の西縁に位置した。特に太平洋側では古生代前期から中生代前期にかけて次々と異地性地塊が衝突、それに伴う火成活動が生じる活動的大陸縁辺部であった。これらの衝突のイベントは、カンブリア紀後期～石炭紀の Famatinia events、石炭紀後期～ジュラ紀前期の Gondwana events と称されている。Famatinia events では Gondwana 大陸の西縁辺部に、Cuyania (Precordillera) terrane、Chilenia terrane が衝突・付加し、Chilenia terrane と海域を挟んでその東側に存在した Cuyania terrane 西側において付加体とマグマ弧が形成された。Gondwana events では Gondwana 大陸の南縁部に Patagonia terrane が衝突・付加した。三畳紀以降になるとこうした衝突 events はなくなるが、ジュラ紀の Mesozoic events では大西洋の開口によって Gondwana 大陸が分裂した。

活動的大陸縁辺部としての太平洋側からのプレートサブダクションは古生代に始まったと推定されているが、白亜紀に顕在化し、新生代には Andean events として活発化した。この結果、付加プリズムおよびマグマ弧が形成されコルディレラ型造山帯が形成された。速度・方向・角度などのサブダクション様式は一定ではなく、その多様性がアンデス地帯のテクトニクスおよび火成活動に多様性をもたらした。また、アンデス地帯の非鉄金属鉱物資源のほとんどは、このマグマ弧の火成活動と密接に関係して生成した。

本調査の対象である南部アンデス地域の Pre-Accretion terrane は Patagonia terrane であり、Neuquen 州北西部がわずかに Chilenia terrane に属する。これら terrane もコルディレラ型造山運動の影響下にあり、これに関係するマグマ弧の分布域が鉱床胚胎の有望地域となる。

本地域において識別されるマグマ弧の中性～酸性火成活動およびこれに関連する鉱化作用は、大きく以下の 5 期に分けられ、テクトニックセッティングの違いにより、鉱化作用の特徴にも差異が存在する。①石炭紀の深成火成活動およびこれに引き続く二畳紀から三畳紀前期の Choiyoi 層群、②ジュラ紀の Lago la Plata 層の火山岩類および同時期の深成岩類、③白亜紀の Divisadero 層の火山岩類および同時期の深成岩類、④古第三紀の火山岩類、⑤新第三紀の火山岩類および古・新第三紀の深成岩類に分けられる。これらの火成活動の場は、サブダクションゾーンが現在のチリトレンチの付近にあったことから、重複しているところも多いと考えられる。

①に相当する火成活動は、Patagonia terrane が Gondwana 大陸に衝突・付加した時期の火山弧 (Kay et al. 1989) である。南アメリカ南部では、Chilena terrane の西側すなわち太平洋側においてサブダクションが生じた。テクトニクスセッティングは伸長テクトニクスでマリアナ型とされている (Ramos et al., 1986)。この時代に形成された斑岩銅鉛床としては San Juan 州の Alcaparrosa (267±4 Ma)・Mendoza 州の San Jorge (270±4 Ma)・Neuquen 州の La Voluntad (281±4 Ma) が知られている (Sillitoe, 1976)。本地域において、この時期の火成岩は Andacollo 北部の Vient 山脈および南緯 39°~41° 間で Zapala 市の西方から南東にかけて広く分布するが、La Voluntad 鉛床を含めて顕著な鉛化作用は存在していない。

②および③の初期に相当する火成活動は、Mesozoic events の時期であるが、マリアナ型とされる太平洋側からの海洋プレートの高角サブダクションによって特徴付けられる。この時期にチリ北部の海岸線に形成された火山弧にはマント型鉛床が生成している (Sato, 1984)。その背弧側にあたるアルゼンティンではジュラ紀後期~白亜紀前期の間に背弧海盆として Neuquen basin や Tarapaca basin が形成された (Davidson and Mpodozia, 1996)。本地域の南緯 42° 付近にはジュラ系の Lago la Plata 層の安山岩質火山岩類が広く分布する。Lago la Plata 層中に胚胎する鉛床として Chubut 州に高硫化系金鉛床の Cerro Colorado が知られている (Perez and Sreda, 1989)。

③の後期にはマリアナ型からチリ型へとテクトニックインバージョンが生じ背弧側では堆積盆が消滅するとともに、褶曲・スラスト帯が形成された (Ramos et al. 1996)。この時期に Neuquen 州の Campana Mauhida 斑岩銅鉛床が生成した。

④に相当する火成活動は、チリ型サブダクションに起因するもので、特に暁新世から中新世にかけて、プレートの沈み込みが活発化した。チリではこの時期に大規模な斑岩銅-金鉛床および浅熱水性金鉛床が多く生成した (Sillitoe, 1991; Sillitoe, 1992)。特に、始新世後期から漸新世にかけて、ナスカプレートのオブリークサブダクションによって Chuquicamata・Escondida・El Salvador・El Abra のような大規模な斑岩銅鉛床が Domeyko fracture zone のような大規模な横ずれ断層に規制されて生成している。本地域において、この時代のマグマ弧は古生代後期の付加プリズム・背弧海盆・前弧地域にオーバーラップして生じ、貫入岩に伴って Neuquen 州の Cerro Caicayen 斑岩銅鉛床を生成した。

⑤に相当する火成活動も④に引き続くもので、アルゼンティン北西部では、Catamarca 州の Bajo de la Alumbrera・San Juan 州の El Pachon・Mendoza 州の Parsmillos Sur の斑岩銅-金鉛床を生成している。本地域においても、チリ型サブダクションに転換した白亜紀後期以降のマグマ弧がより鉛化作用のポテンシャルが高いと判断される。

4-4-2 広域スケール

本地域の斑岩金鉱床として①Los Maitenes-El Salvaje が知られ、斑岩銅鉱床として②Cerro Caicayen、③Pino Andino、④Campana Mauhida、⑤La Voluntad、⑥Cerro Gonzalo ⑦Arroyo Luque が知られている。また高硫化系浅熱水性金鉱床として⑧Cerro Rinon、⑨Cerro Colorado が知られている。②、③、④はジュラ紀～白亜紀前期の Neuquen 背弧海盆の堆積岩中に貫入した白亜紀後期～古第三紀の小規模な貫入岩に関連したもので、南緯 37° 23′ 付近～南緯 38° 12′ 付近の間に南北方向に配列する。このゾーンは白亜紀中期のテクトニックインバージョン期の褶曲・スラスト帯となり、構造的弱線をなしたものと考えられる。⑥、⑦については Esquel 南部の白亜紀後期のバソリス分布域に存在する。なお、本地域の新第三系火山岩分布域には、顕著な鉱化作用は知られていない。このように、広域的視点からも、本地域の斑岩銅鉱床および高硫化系金鉱床賦存のポテンシャルは、白亜紀後期から古第三紀のマグマ弧分布域において高いものと判断される。

本地域において現在で知られている低硫化系浅熱水性金鉱床は、ジュラ系 Lago La Plata 層を母岩とする Chubut 州の Joya del Sol のみである。その他、低硫化系浅熱水活動を示唆する中性粘土化変質帯は Chubut 州の Cushamen に知られているが、明瞭なテクトニックセッティングや年代束縛性は見られない。

本地域の主な含金多金属脈鉱床は Neuquen 州の Andacollo (Erica・Sofia)、Rio Negro 州の Mina Maria、Chubut 州の Huemles と Ferrocarrilera である。Andacollo 鉱床は石炭系 Andacollo 層群を母岩とし、第三紀の酸性貫入岩に関係したものと考えられ、Mina Maria については古第三系火山岩類を母岩としている。Ferrocarrilera はジュラ系火山岩類を母岩としている。これらの鉱床周辺には類似のタイプの鉱徴が存在する。なかでも Andacollo 鉱床および Huemles 鉱床は、含金量が高く、金鉱床として注目すべき鉱床タイプである。

火山活動期以降の削剥については、鉱床の保存レベルを知るうえで重要なファクターとなる。斑岩銅鉱床の場合、Sillitoe (1995) の概念モデルによれば火山体の頂部にリソキャップが、その下位に高硫化系浅熱水性金鉱床が、更にその下位の火山頂部から 2km 下部に斑岩銅鉱床が形成されるとされている。削剥レベルはマグマ弧の上昇と氷河や乾燥風化、風水による削剥のバランス等で決まる。チリアンデスでは、南緯 32° ～34° にメジャーな斑岩銅-モリブデン鉱床、南緯 26° 30′ ～31° に、斑岩銅-金鉱床および高硫化系浅熱水性金鉱床が発達する。この違いは、より南方での削剥量の大きさによるものとされている

(Sillitoe, 1991)。本地域の白亜紀～古第三紀のマグマ弧分布域では、Cerro Colorado・Varvaroco・Butalon Norte 地区の酸性熱水変質帯が確認されている。また Mina Goto および Estrella Gaucha 地区のカオリン粘土鉱床がリソキャップを示す可能性がある。白亜紀後期～古第三紀のマグマ弧分布域における Campana Mauhida・Cerro Caicayen・Cerro Gonzalo 地区では、いずれもポタシク変質帯が浅所または地表に表れているが、高硫化系浅熱水性金鉱床あるいはリソキャップを示す酸性変質帯を伴わないことから、これら鉱

床では中心レベルまで削剥が進んでだものと解釈される。新第三紀のマグマ弧分布域では、火山地形が保存されており、熱水活動の浅部が保存されている可能性が高い。この観点から高・低硫化系浅熱水金鉱床の賦存が期待される。

4-4-3 プロスペクトスケール

一般に斑岩銅鉱床および浅熱水性金鉱床は、火山活動の中心部に存在することが多く、安山岩質成層火山のコア部や石英安山岩質ドームコンプレックスに産する (Sillitoe, 1991)。鉱化作用をもたらす貫入岩の活動の場として、環状構造やリニアメント密集ゾーンの構造的弱線部があげられる。環状構造・リニアメントと既知鉱床分布の関係図を Fig. II-4-1 に示す。

本地域の斑岩銅鉱床である Cerro Caycayen・Pino Andino・Campana Mauhida・Cerro Golzalo のうち、Cerro Caycayen は NNE-SSW 系と NW-SE 系のリニアメントの交錯部付近に位置する。Campana Mauhida は NNE-SSW 系リニアメント発達箇所位置する。Pino Andino は NNW-SSE 系リニアメントの発達箇所位置する。Cerro Gonzalo については明瞭なりニアメントが存在していない。必ずしも必要条件とはなり得ないが、リニアメント密集地区は鉱化作用に関連する貫入活動の場として重要と考えられる。

一方、環状構造については、衛星画像の Malargue・Chos Malal・Zapala のシーンにおいて、新第三紀マグマ弧分布域に多く判読されている。また、Senguerr のシーンでは白亜紀マグマ弧分布域に環状構造が判読されている。しかし、前述の斑岩銅鉱床の分布域には顕著な環状構造が判読されてない。環状構造は新第三系の削剥のあまり進んでない火山山体において、陥没性カルデラや火山の斜面崩壊を示していると考えられる。

衛星画像解析から判読された変質帯とリニアメントの関係を見ると、環状構造の内部または周辺に位置する変質帯として、Zapala シーンの ZA002 と ZA004、Senguerr シーンの SE002-006 があげられる。また、リニアメント密集地の変質帯として、例えば Zapala シーンの ZA006~ZA019 や ZA020~ZA033 があげられる。環状構造の周辺や内部に判読される変質帯は比較的保存された火山体上部に位置することから、火山活動の中心部に生成する斑岩銅-金鉱床および浅熱水性金鉱床の賦存が期待される。しかし、火山体の削剥量が少ないことから鉱床賦存レベルの深いことが懸念される。

なお、衛星画像解析による変質帯に対するグランドトランス調査結果を Table II-4-1 に示す。Neuquen 州の Andacollo 鉱床や Chubut 州の Huemules・Joya del Sol 鉱床の分布域では、鉱床存在に対応して衛星画像解析による変質帯が判読されている。

4-5 鉱床賦存ポテンシャルと有望地区の選定

4-5-1 鉱床賦存ポテンシャル

本地域において賦存が期待される斑岩銅-金鉱床、高・低硫化系浅熱水性金鉱床、含金多金属鉱脈鉱床は、いずれも石炭紀以降南アメリカ大陸縁辺部で生じた衝突型およびコルディレラ型造山運動により形成されたマグマ弧での火成活動に伴って生成したものである。従って、これらのマグマ弧分布域が第一義的に調査の対象地域として選定される。既述のように、中生代以降は、三畳紀から白亜紀前期まではマリアナ型サブダクション、白亜紀後期以降はチリ型サブダクションに転換した。

南部アンデスはチリやペルーといった中部アンデスの銅ベルトと比較すると既知の斑岩銅鉱床の数は極端に少ないものの、本地域内には、白亜紀後期から古第三紀に形成したと考えられる Campana Mauhida・Cerro Caicayen・Cerro Gonzalo といった斑岩銅鉱床が存在しており、類似タイプの鉱床賦存の可能性は高いものと考えられる。また、同時期のマグマ弧分布域には、Varvarco・Estella Gaucha・Mina Gato といったリソキャップの可能性のある酸性変質帯が存在する。さらに、Cerro Colorado 鉱床は高硫化系浅熱水性金鉱床であり、類似タイプの鉱床および斑岩銅鉱床が潜在する可能性がある。

浅熱水性金鉱床の生成環境に関しては、サブダクション様式による束縛性はなく、本地域に発達する各時代のマグマ弧分布域に存在が期待される。調査のターゲットになるか否かは削剥レベルに規定されるが、現在、Mineral el Desquite, S. A. 社が探査中の Joya del Sol 地区では低硫化系浅熱水性金鉱床が捕捉されており、その周辺においても類似タイプの鉱床が賦存する可能性は高いと考えられる。また、Rio Quillen や Rio Foyel といった砂金鉱床が二畳紀～三畳紀マグマ弧や古第三紀マグマ弧分布域に知られており、そのソースとして各種の金鉱床の賦存が期待される。

4-5-2 有望地区の選定

本地域の総合解析結果を Table II-4-2 および Fig. II-4-2 に示す。既存データ解析・衛星画像解析・グラントルース調査結果を総合的に検討した結果、第 2 年次調査対象地区として 7 地区を選定した (Fig. II-4-3)。これら地区では斑岩銅-金鉱床、高・低硫化系浅熱水性金鉱床、含金多金属鉱脈鉱床の賦存が期待される。これらの鉱床は二畳紀以降のマグマ弧と密接な関係があることから、対象地区選定理由は以下のようにマグマ弧別に記載した。なお、地区内に複数のマグマ弧が重複する場合は個別に記載した。

1) 二疊紀～三疊紀マグマ弧

二疊紀～三疊紀の Choiyoi 層群の形成時のテクトニックセッティングは、マリアナ型であるとされているものの、調査地域の北方に San Juan 州の Alcaparossa (267±4 Ma) や Mendoza 州の San Jorge (270±4 Ma) といった斑岩銅鉛床が知られている。また、Choiyoi 層群中の第三紀貫入岩に伴って、チリの El Indio や Maricunga belt の金鉛床、San Juan 州の El Pachon や Mendoza 州の Paramillos Sur といった斑岩銅鉛床が存在する。本地域においても Choiyoi 層群分布域に同様のタイプの鉛床が期待される。

a) Varvarco 地区

本地区には、衛星画像解により CM004～007 の変質帯が判読されており、現地において酸性変質帯および珪化岩 Ledge の分布を確認した。酸性変質帯を形成した熱水活動の年代は不明であるが、この酸性変質帯が斑岩銅鉛床システムの周辺部に相当する可能性があり、高硫化系浅熱水性金鉛床および斑岩銅-金鉛床の賦存が期待される。また、含金多金属鉛脈鉛床が存在するので鉛化状況の詳細な把握が望まれる。

b) Nireco 地区

本地区の二疊紀～三疊紀火成岩分布域には、衛星画像解析により ZA020～ZA037 の 18 箇所の変質帯が判読されている。また NNW-SSE 系と NNE-SSW 系のリニアメントの密集域である。変質帯 ZA027～ZA029 に対するグランドトルース調査では粘土化変質帯の分布を確認した。これらに顕著な鉛化作用は確認されていないものの、多数の変質帯と密集するリニアメントの存在から、熱水性鉛床賦存の可能性が考えられる。また La Volunted 斑岩銅鉛床 (281±4Ma) が分布しており、これと類似の鉛床の賦存も期待される。

c) Rio Quillen 地区

本地区に対するグランドトルース調査は実施していないが、本地区一帯に砂金鉛床の存在が知られている。これらのソースとして金鉛床の賦存が期待される。

2) 白亜紀後期～古第三紀マグマ弧

白亜紀後期からマグマ弧はチリ型に転換した。特にチリの古第三紀のマグマ弧はでは大規模斑岩銅鉛床が生成しており、アルゼンティンにおいても最も注目すべきマグマ弧と言える。

a) Campana Mauhida 地区

背弧海盆西縁部の褶曲帯に貫入岩した白亜紀後期の酸性～中性火成岩に関係して、Campana Mauhida 斑岩銅鉛床や Pino Andino 斑岩銅鉛床が分布している。これらの周辺において類似鉛床の賦存が期待される。

b) Rio Foyel 地区

本地区に対するグランドトールズ調査は実施していないが、Rio Foyel 砂金鉛床が知られており、衛星画像解析による変質帯も判読されている。よって、砂金鉛床のソースとして鉛床の賦存が期待される。

c) Epuyen 地区

衛星画像解析により、El Bolson 市西方から Cholila 湖北方にかけて多くの変質帯が判読されている。Epuyen 町西部には砂金鉛床が存在し、Cholila 湖での転石調査では角礫化した珪化岩に銅 0.24%の分析値を得た。これらに関して斑岩銅鉛床および浅熱水性鉛床の賦存が期待される。また、Condorcanqui 鉛床の黄銅鉛の硫黄同位体組成から高硫化系浅熱水性鉛床が賦存している可能性がある。

d) Cerro Gonzalo 地区

白亜紀後期の花崗岩バソリス中に Arroyo Luque～Cerro Gonzalo 斑岩銅鉛床が分布しており、熱水角礫岩・ボーリングで確認された小規模な二次富鉛化帯・黄銅鉛の鉛染するポタシク変質帯の存在が確認されている。これら鉛化作用に関するより詳細なポテンシャル評価が望まれる。

3) 新第三紀マグマ弧

a) Varvarco 地区

今年度に調査した Varvarco 地区の北方～西方には新第三系の火山岩類が分布しており、衛星画像解析により環状構造が判読されている。また Cerro Blanco de Vaca Lauquen、Laguna Pajaritos、Arroyo Pajaritos 等の鉛化作用を伴う変質帯が知られており (CORMINE, 1996)、熱水性鉛床の賦存が期待される。

b) Nireco 地区

Palau Mauhida 周辺の火山岩類は新第三紀の火山活動の産物である。いくつかの火山体が残存しており削剥は進んでいない。火山体の頂部や周辺部には衛星画像解析によるリニアメントが密集し、その交錯部付近に 16 箇所の変質帯が判読されている。これらに関して浅熱水性鉛床の賦存が期待される。

第5章 結論および提言

5-1 結論

既存データ解析により、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は、石炭紀以降南アメリカ大陸縁辺部で生じた衝突型およびコルディレラ型造山運動により形成されたマグマ弧での火成活動に伴って生成したものである。このマグマ活動に伴って上記の鉱床が形成されたと考えられる。構造発達史からは、マリアナ型サブダクションによって形成された二疊紀～白亜紀前期のマグマ弧よりもチリ型サブダクションによって形成された白亜紀後期～古第三紀のマグマ弧に斑岩銅-金鉱床が期待される。一方、新第三紀マグマ弧は削剥レベルが浅く斑岩銅-金鉱床よりも高・低硫化系浅熱水性鉱床や含金多金属鉱脈鉱床が期待される。

LANDSAT TM による衛星画像解析では、フォールスカラー画像および比演算処理画像を用いて写真地質学的判読・リニアメント判読・変質帯の判読を行った。判読された変質帯に対するグラントルース調査では実際に変質帯の存在が確認され、露岩地帯での比演算処理画像の有効性が確認された。

グラントルース対象地区は、既存データ解析および衛星画像解析の結果と SEGEMAR 側の要望を考慮し選定した。選定されたのは 31 地区であり、これらには既知鉱徴地および衛星画像解析により判読された変質帯が存在する。第 1 年次である本年度は、調査対象地域全域の地質鉱床の特徴を把握出来るよう代表的な既知鉱床を調査対象に含めた。また、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 年次調査結果から、第 2 年次にグラントルース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 地区には二疊紀～三疊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 地区には二疊紀～三疊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 地区には二疊紀～三疊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。

本調査は政府間ベースの技術協力調査であり、広域範囲の非鉄金属鉱物資源のポテンシャル評価を行い、有望地区の抽出とさらに次段階の探査への指針を与えることを目的としている。よって、第2年次調査対象地区は、鉱業権未設定地区および公的機関保有鉱区を重点的に選定するとともに、鉱業投資促進の観点から民間企業による鉱業権設定地区もポテンシャル評価の対象としている。

5-2 第2年次調査への提言

第2年次調査においては、第1年次調査により抽出された有望地区のさらに詳細なフォローアップ調査を実施するとともに、第1年次に時間的制約からアプローチが出来なかった衛星画像解析による変質帯のグランドトランスを実施する。

また、Neuquen州については過去にアルゼンティン政府が採取した沢砂試料を再分析し、その結果を有望地区抽出の解析に活用することが望まれる。さらに、南緯 $37^{\circ}45'$ ～ $39^{\circ}30'$ 、西経 $70^{\circ}25'$ ～ 71° のNeuquen州中西部においてSEGEMARは空中物理探査を実施しており、磁気と放射能のデータについて地質学的解釈を実施することが望まれる。この範囲にはNireco地区およびCampana Mauhida地区が含まれている。なお、本地域をカバーするJERS-1のOPSデータはhigh gainなため、変質帯判読のための解析に使用できないが、それに代わってLANDSAT TMデータにより、比演算処理画像から抽出された変質帯の更に細かな区分が可能であることから、第2年次調査対象地区をカバーする範囲において適用することが望まれる。

第2年次調査対象地区はFig. II-4-3に示すとおりであり、これらについて解明すべき課題と調査方法等について以下に提言する。

1) Varvarco 地区

本地区は第1年次調査のVarvarco地区を含む。衛星画像解析から判読された変質帯CM004には酸性変質帯および珪化岩Ledgeが分布し、変質帯CM005には酸性変質帯が分布している。これらが斑岩銅鉱床のリソキャップに相当する可能性がある。また、本地区には含金多金属鉱脈鉱床が存在している。このため本地区において、熱水変質帯の広がりおよびその性質を明確に把握することにより高硫化系浅熱水性金鉱床・斑岩銅-金鉱床・含金多金属鉱脈鉱床の賦存の可能性を検討する。またチリとの国境付近に分布する新第三系火山岩分布域に分布するCerro Blanco de Vaca Lauquen・Laguna Pajaritos・Arroyo Pajaritos等の鉱化作用を伴う熱水変質帯についてグランドトランス調査を実施することが望まれる。

2) Campana Mauhida 地区

本地区は第1年次調査の Campana Mauhida 地区を含む。本地区には斑岩銅鉛床である Campana Mauhida 鉛床や Pino Andino 鉛床が存在する。これら鉛床については過去に十分なボーリング調査などが実施されているが、これらの周辺において未発見の類似鉛床が存在している可能性がある。過去にアルゼンティン政府が採取した泥砂試料の分析結果と衛星画像の詳細解析によって地化学異常および変質帯を抽出し、グランドトールスにより現地状況を把握することが望まれる。

3) Nireco 地区

本地区は第1年次調査の Palau Mauhida・Nireco・La Voluntad 地区を含む。Palau Mauhida には新第三系の火山体が保存されている。多数のリニアメントとともに山頂部付近に多数の変質帯が抽出されている。この変質帯は地形的に熱水活動の浅部兆候を示しているものと推定され、その特徴を把握し、浅熱水性金鉛床賦存の可能性を検討する必要がある。Nireco においても衛星画像解析によりリニアメントの密集域と小規模ではあるが18箇所の変質帯が判読されている。変質帯は、二疊紀花崗岩類および二疊紀～三疊紀火山岩類中に分布する。また、La Voluntad 鉛床周辺にも変質帯が判読されている。グランドトールス調査によりこれら変質帯の特徴の把握と鉛化作用の状況を把握することが望まれる。これまで、Palau Mauhida および Nireco の変質帯での鉛徴の記載はない。

4) Rio Quillen 地区

第1年次に調査対象としなかったが、二疊紀～三疊紀の花崗岩類および古第三紀の火山岩類の分布域に Rio Quillen 等の砂金鉛床が知られている。変質帯は衛星画像解析で判読されず、金鉛床が既に削剥されている可能性もあるが、グランドトールス調査により砂金鉛床ソースとしての金鉛床の賦存可能性を把握することが望まれる。

5) Rio Foyel 地区

第1年次に調査対象としなかったが、古第三系火山岩分布域に Rio Foyel 砂金鉛床が存在する。また衛星画像解析から変質帯が判読されている。グランドトールス調査により砂金鉛床ソースとしての浅熱水性金鉛床の可能性を把握することが望まれる。

6) Epyen 地区

本地区は第1年次調査の El Bolson・Condorcanqui・Epyen・Lago Cholila,地区を含む。Lago Cholila には衛星画像解析にて変質帯が判読されており、その下流域の転石調査で珪化した角礫岩に銅 0.24%の分析値を得た。これについて斑岩銅鉛床の賦存が期待される。グランドトールス調査により変質帯での鉛化状況を把握することが望まれる。Condorcanqui 鉛床では黄銅鉛の硫黄同位体組成から、黄銅鉛の鉛徴のほか高硫化系金鉛

床賦存の可能性が考えられる。よってグラントルース調査により熱水システムの全容の把握が望まれる。Epuyen および El Bolson については衛星画像解析で変質帯が判読されており、Epuyen には砂金鉱床が存在している。これらについてグラントルース調査を実施して現地状況を把握することが望まれる。

7) Cerro Gonzalo 地区

本地区は第1年次調査の Cerro Gonzalo および Arroyo Cascada を含む。Cerro Gonzalo における SEGEMAR の調査によって、白亜紀後期～古第三紀の酸性貫入岩に伴われる斑岩銅鉱床が記載されている。現地においては酸化銅を伴う熱水角礫岩、ボーリング調査で確認された小規模な二次富銅化帯、黄銅鉱が銅染するポタシック変質帯の存在を確認した。第2年次調査ではグラントルース調査により地表兆候の特徴をさらに詳細に把握し、斑岩銅鉱床システムとしての全容について考察を行う必要がある。また、SEGEMAR が過去に採取した約 1,000 個の沢砂・岩石・土壌の地化学試料の化学分析と解析を実施し、地化学異常域を把握することが望まれる。Arroyo Cascada では石英脈・珪化岩に金銅化作用の存在を確認した。これについてもグラントルース調査により銅化作用の規模と性質をより詳細に把握することが必要である。