

布する傾向が認められる。但し、中央地域南東部のように、このようなりニアメント群が分布するからといって、鉱徴地が伴われるとは限らない。

斑岩銅鉱化帯は、リニアメント発達域の周縁部(リニアメント密度 50~150m/km²)に位置するもの(Cerro Colorado, Collahuasi 等)とリニアメントの相対的高密度域(リニアメント密度 150~300m/km²)の中心部付近に位置するもの(Quebrada Blanca, Copaquire 等)に分かれる(Fig. 1-8)。

5-1-8 変質帯と鉱床・鉱徴地

TM 画像及び GEOSCAN 画像判読により得られた変質帯と鉱床・鉱徴地の関係は次のとおりである。

北部地域では、NNW-SSE 方向に配列する変質帯群の一部に鉱床・鉱徴地が伴われるが、変質帯が抽出されない東側や西側の地域にも鉱徴地は存在する。斑岩銅型鉱化帯及びそれに密接する可能性を有する鉱徴地の多くは、上記の西側地域に分布する。

中央地域では、北部及び南東部を除き、多くの鉱徴地が変質帯及びその周辺に分布する。

南部地域では、西部を除き、鉱徴地は変質帯及びその周辺に分布する。

近年発見された斑岩銅型大鉱床の位置は、変質帯とは必ずしも一致しないが、変質帯から 4km 以内には分布している。TM 画像上では、変質帯を示すカラーアノマリーはシャープな輪郭を持たないため、抽出された変質帯は実際よりも小さくマッピングされている恐れがある。また、一般にアクセスが悪い本調査地域では既知鉱徴地の周辺に未発見の鉱徴地が存在する可能性は高いと予想される。このような観点から、変質帯及び鉱床・鉱徴地と、これらから 4km 離れた周辺地域からなる範囲を鉱化作用に関連した熱水活動範囲と仮定した。Fig. 1-10 によれば、熱水活動域は、全体的に NNW-SSE 方向に分布するが、北部、中央部及び南部の各地域には、NNW-SSE 方向を切るような E-W 系の熱水活動域が存在する。既知の斑岩銅型鉱化帯は、この E-W 系熱水活動域中に分布している。CODELCO(1998)は中央アンデスにおける横断性磁気異常の存在、E-W 方向の第四紀火山列の存在及び斑岩銅鉱床の分布から、鉱床生成に関与した貫入火成岩が E-W 方向の大規模マグマ溜りに由来する考えを提案している。上記 E-W 系熱水活動域の存在は、この考えと調和的である。

熱水活動域は、中央地域及び南部地域ではリニアメント発達域にほぼ一致するが、北部地域では中央地域や南部地域に比べてリニアメント発達域との対応が悪く、むしろ中新世-第四紀の火山分布と良い対応を示す。

5-2 調査地区の地質、鉱化作用の特性

各調査地域の地質、変質及び鉱化作用の特性を Table 1-5-1 にまとめた。

斑岩銅鉱床型鉱化作用に特徴的な産状は、① 網状・鉱染型の銅鉱化を伴う斑岩若しくは花崗岩類の存在、② カリ変質若しくはフィリック変質の存在、③ Au, Ag, Cu, Mo, As の岩石

地化学異常の存在，④ 比較的高温で高塩濃度の鉱液の存在，⑤ Pb/Cu 比が小さいこと等である。

このような産状を示すのは，モチャ地区及びラプラナダ地域であり，モチャ地区では既に斑岩銅鉱床が発見されている。従って，モチャ地区は他地域の評価をする上で教師的存在となる。

上記①～⑤の産状に対し，一部不明な項目があるものの比較的良好に適合するのは，クイーンエリザベス南部地区及びカマローネス沢西部鉱化帯である。

クイーンエリザベス南部地区及びラプラナダ地域の鉱化年代は始新世中期～後期(39～38 Ma)であり，チリ北部の主要斑岩銅鉱床の鉱化年代(43～31 Ma)に一致する。

カマローネス沢西部鉱化帯では試錐により幅約 10m の二次富化帯が把握されている。その鉱化年代と推定される石英斑岩の変質年代 67 ± 2 Ma は，ペルーの斑岩銅鉱床ゾーンの鉱化年代範囲(65-50 Ma: Clark et al., 1990)の最古の値に相当する，その理由は，この鉱化帯が上記鉱床ゾーンの中で最も西側に位置しているためと考えられる。

カマローネス沢流域～調査地域南端部の鉱化帯の変質と地化学異常の元素構成は，花崗岩質貫入岩類が大規模に発達する所では斑岩銅鉱床型を示し，その周辺鉱化帯では浅熱水型を示す。しかし，石英脈の流体包有物の塩濃度はいずれも著しく低く，均質化温度はカマローネス沢中部鉱化帯から周辺部に向かって低下する。これらの鉱化変質は，カマローネス沢西部鉱化帯の斑岩銅型鉱化をもたらした石英斑岩のマグマ活動に引き続いて生じたカマローネス沢西部～中部鉱化帯を中心とするマグマ貫入活動に関連した熱水によって生成したと考えられる。カマローネス沢西部鉱化帯の石英斑岩のマグマ活動は静岩圧下で行われたが，それに引き続くマグマ活動は次第に静水圧下的環境が増大する中で行われたため，優良な斑岩銅鉱床は形成されず浅熱水型の鉱化作用が卓越したものと考えられる。

カマローネス沢西部鉱化帯の Pb/Cu 比は典型的な斑岩銅鉱化帯のそれに比べ少し高い値となっている。Pb/Cu 比は斑岩銅鉱化帯の中心部に向かって低くなることが知られている(Atkinson Einaudi 1975, JICA-MMAJ 1999)。同鉱化帯は斑岩銅鉱化帯の周縁部に相当する可能性がある。

カマローネス地域北西部の鉱化帯は斑岩銅型の変質と石英脈を有するが，銅鉱物は認められず，石英脈の流体包有物の塩濃度は著しく低い。また，同鉱化帯周辺では，新第三系イグニンプライト及び第四系中に石英脈が発達する。これらの浅熱水型鉱化作用が，後斑岩銅型鉱化作用としてどのように位置づけられるかは不明である。

北部ティグナマール地区は，斑岩銅鉱床型の鉱化・変質を示し，立坑調査により二次富化帯も確認されたといわれる。しかし，今次調査で把握された流体包有物の低塩濃度と地化学異常の元素構成，及び比較的近距离に分布する Ag-Pb-Zn 鉱脈鉱床の存在から，本地区では斑岩銅鉱床型鉱化作用に浅熱水型鉱化作用が重複していると考えられる。このような重複は鉱床の富化をもたらすこともあるが，斑岩銅型鉱化作用から浅熱水型鉱化作用への移行が早

ければ優良な斑岩銅鉛床は形成されないと考えられる。地表の Cu, Mo 品位の低さは、後者の可能性を示しているのかもしれない。

ソレダー地区は、環状構造中心部にモチャ地区の斑岩生成年代に近い生成年代をもつ斑岩類が分布し、斑岩銅鉛床型の鉛化・変質を有することから、貫入プラグ尖頭部の鉛化帯が潜在する可能性があるが、フィリック変質帯の規模は小さく、その周辺はプロピライト変質帯である。

クイーンエリザベスの北部地区及び中部地区は、それぞれ、酸性変質卓越型及び酸性-フィリック変質型で、鉛化は弱く、Pb/Cu 比及び地化学異常の元素構成は浅熱水型鉛化作用を示す。

ダイアナ地域は、酸性-フィリック-プロピライト変質型で、比較的高い Au, Cu, Mo 品位、比較的小さい Pb/Cu 比及び地化学異常の元素構成から、斑岩銅鉛床型の可能性が考えられる。当地域では上部ジュラ系～新第三系鮮新統下部が欠如しているとされ、他地域が上部白亜系～新第三系中新統中部または古第三系下部～漸新統を欠如しているのに比べ、地層の欠如区間が長い。

チャカリージャ地域は、斑岩銅鉛床型の可能性を有する鉛化・変質を示すが、石英網状脈の発達が弱く、Cu, Mo 品位が低いことから、鉛化の規模は小さいと考えられる。

クイーンエリザベス西部地域の北部、中部及び西部には、酸性-中性-プロピライト変質型の変質帯が存在するが、鉛化の程度は著しく弱い。前2者は Pb/Cu 比から、浅熱水型鉛化作用と考えられる。

クイーンエリザベス西部地域の南東部は、花崗閃緑岩岩体境界部の割れ目に規制された磁鉄鉛脈を含む含銅鉛化帯の存在から、深熱水型の鉛化と考えられる。花崗閃緑岩の生成年代は始新世中期(41 Ma)であり、チリ北部の主要斑岩銅鉛床の鉛化年代に重なる。しかし、石英網状脈は発達せず、Pb/Cu 比は典型的な斑岩銅鉛床の値よりは大きい。本鉛化帯の生成深度は、斑岩銅鉛床の生成深度より深い可能性がある。

南部ティグナマール地区は、酸性変質卓越型で、Pb/Cu 比及び地化学異常の元素構成は浅熱水型鉛化作用を示すが、鉛化の程度は弱い。

チュスマサ及びカミーニャの2地域では、斑岩銅鉛床型鉛化作用に特徴的な産状のうち、面的な拡がりを持ったフィリック変質の存在、鉛化を伴う斑岩若しくは花崗岩類の存在、及び北部チリ～ペルーの斑岩銅鉛床と同様の生成年代(65-48 Ma)を有する貫入火成岩または変質帯の存在については確認されたが、網状石英脈や Cu, Mo の岩石地化学異常は認められない。カミーニャ地域の西部変質帯における石英斑岩中の黄鉄鉛鉛染帯は、Lowell & Guilbert(1970)の San Manuel - Kalamazoo モデルにおける Pyrite shell に似る。

プトレ西地域では、斑岩銅鉛床型の鉛化が再確認されたが、フィリック変質は鉛脈の近傍に限られ、付近の沢では下部におけるフィリック変質の発達が確認されないことから、地表には既に鉛化帯の深部相が現れている可能性がある。

Table 1-5 Characteristics of Geology, Alteration and Mineralization at the Survey Areas

Area	Wall Rock (Age)	Ore Bringer	Alteration Minerals	K-Ar Age (Ma) of Primary Rock / Alteration	Ore Minerals	Gangue Minerals	Development of Quartz Vein	Fluid Inclusion		Cu content (average ppm)	Mo content (average ppm)	Total number of samples	Anomalous Samples								Pb/Cu	Elements of Strong Geochemical Anomaly
								Disappearance Temperature (average °C)	Salinity (NaCl average wt%)				Cu>84ppm		Cu>260ppm		Cu>581ppm		Mo>36ppm			
													Number	%	Number	%	Number	%	Number	%		
Mocha	Dacite (K), Qz-porphry (T), Meta-volcanics (K), Andesite (K), Rhyodacite (K), Quartz diorite (K)	Qz-porphry (T)	Qz, Tou, Ser, Smec, Chl, (Epi), Cal, Kao, Gyp, Jar,	56	Cp, ((Py)), Gov, At, Cry, Goe	Si, Tou, Kf, Ser, Chl, Ana, (Zir), (Mon), (Apa)	abundant	332-339	40.5-42.3	3327	21	8	7	88	7	88	7	88	3	38	0.051	Au-Cu
Soledad	Andesite (K), Meta-andesite (K), Granodiorite porphyry (T), Qz-porphry (T), Rhyodacite (K), Quartz diorite (K)	Granodiorite porphyry (T), Qz-porphry (T)	Qz, Tou, Ser, Smec, (Chl), (Epi), (Amp), Ka, (Jar)	52.1±2.0 (Bi-alteration)	Py, Cp, (Gal), (Po), (CuZn), (Goe)	Si, Tou, Chl, (Tit), Ana, (Zir), (Mon), (Apa), (Opx), (Cpx), (Cal), (Epi)	small	-	-	166	7	20	9	45	2	10	1	5	0	0	0.185	Cu-Zn-As
Northern Queen Elizabeth	Andesite (K), Dacite (K)	-	Qz, Ser, Smec, Al, Ka	-	Py, Lim, Hem	Qz	small	-	-	15	10	31	0	0	0	0	0	0	1	3	8.086	As-Hg
Central Queen Elizabeth	Meta-siltstone (K)	-	Qz, Ser, Smec, Tou	-	-	Qz, Tou	none	-	-	75	7	15	2	13	1	7	0	0	1	7	9.703	Au-Ag-Pb-Zn-As-Hg
Southern Queen Elizabeth	Andesite (K), Dacite (K), Granodiorite (K), Granodiorite porphyry (T), Qz-porphry (T), Rhyodacite porphyry (T)	Granodiorite porphyry (T)	Qz, Tou, Bi, Ser, Smec, Chl, (Epi), (Cal), Ka, (Alu), (Gyp), (Jar)	38.0±1.4 (Bi-alteration)	Py, Cp, Cry, Mal, Gal, Hem, Goe	Si, Kf, Ser, Ana, (Zir), (Mon), (Apa), (Cal), (Jar)	abundant	424	-	10703	70	17	14	82	14	82	11	65	6	35	0.195	Cu-Mo
Diana	Siltstone (J), Quartzite (J), Meta-chert (J), Meta-basalt (J), Andesite (K), Granodiorite porphyry (K/T), Dacite porphyry (K/T), Granite (K/T), Qz-porphry? (K/T)	Granodiorite porphyry (K/T), Qz-porphry? (K/T)	Qz, Ser, Chl, (Epi), Ka, (Jar)	-	Py, (Cp), (Hm), Goe	Qz, Ser, Ba	small	-	-	105	14	44	16	36	3	7	1	2	4	9	0.379	Au-Cu-As
La Planada	Meta-dacite (K), Meta-porphry (K), Meta-volcanics (K), Granodiorite (K), Diorite (T), Granodiorite porphyry (T), Qz-porphry (T)	Diorite (T), Granodiorite porphyry (T), Qz-porphry (T)	Qz, Tou, Kf, Bi, Chl?, Ser, Kao, Trem, Ep	38.1±0.9, 38.6±1.3, 39.2±1.7, (Bi-alteration)	Py, Cp, Mo, (Bo), (Cov), (Pyr), Cry, (Ang), Cer, (Hem)	Si, Tou, Chl, (Kf), (Bio), (Ser), (Tit), (Ana), (Zir), (Mon), (Apa), (Cpx), (Cal)	abundant	328-334	40.4-40.5	9607	182	23	23	100	17	74	15	65	20	87	0.061	Cu-Mo-As
Eastern Chacarilla	Sandstone (J), Shale (J), Diorite (K/T), Porphyry (K/T)	Diorite (K/T), Porphyry (K/T)	Qz, Ser, Chl, Cal, (Ka)	-	Py, Mal, Lim	Qz, Ser, Chl, Apa	small	-	-	27	6	17	1	6	0	0	0	0	0	0	0.578	Zn-As
Western Chacarilla	Shale (J), Quartzite (J), Granodiorite porphyry (K/T)	Granodiorite porphyry (K/T)	Qz, Ser, Chl	-	Py, Cp, Cu-Zn	Qz, Chl, (Side), (Ba), (Gyp)	none	-	-	23	6	13	1	8	0	0	0	0	0	0	0.175	none
Northern Part of West Queen Elizabeth	Shale (K), Andesite (K), Diorite (K/T), Granite porphyry (K/T)	?	Qz, Ser, Chl, Epi, Smec, Ka, Pyroph	-	Py, ((Sp))	Qz, Kf, (Chl), (Bi)	rare	-	-	21	7	29	1	3	0	0	0	0	0	0	0.517	none
Southeastern Part of West Queen Elizabeth	Shale (J), Volcaniclastics (K), Granodiorite (K/T), Porphyry (K/T)	Granodiorite (T)	Qz, Ser, Chl, (Epi), (Ka)	41.3±1.0 (Bi-primary rock)	Py, Cp, Mal, Cu-oxi, Mt, Lim	Qz, Kf, (Ser), (Chl)	small	-	-	2687	8	15	3	20	2	13	2	13	0	0	1.319	Au-Cu-Zn-As
Central Part of West Queen Elizabeth	Andesitic volcaniclastics (K), Porphyry? (K/T)	?	Qz, (Bi), Ser, Epi, Ka, (Jar)	-	Py, ((Gal))	Pl, Cpx	none	-	-	20	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.253	none
Western Part of West Queen Elizabeth	Andesite? (K), Granite porphyry (K/T)	?	Qz, Ser, (Chl), (Ka)	-	-	-	none	-	-	13	3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.527	none
Northern Tignamar	Andesitic volcaniclastics (K), Granodiorite (K/T), Granodiorite porphyry (K/T), Quartz porphyry (K/T)	Granodiorite (K/T), Granodiorite porphyry (K/T), Quartz porphyry (K/T)	Qz, Tou, Bi, Ser, Chl, Epi, (Ka)	-	Py, Cp, Cc, Cu-oxi	Qz, Tou, (Ser)	abundant	291	0.40	72	3	14	4	29	0	0	0	0	0	0	0.367	Zn-As-Hg
Southern Tignamar	Andesite (T-Q), Dacite (T-Q), Volcaniclastics (T-Q), Porphyry (T-Q)	?	Qz, Ser, Alu, Ka, Jar Smec	-	Py, Lim, Hem	Qz, (Cal)	small	-	-	20	3	26	0	0	0	0	0	0	0	0	3.467	Pb-Zn-As-Hg
Western Q. Camarones	Andesitic lava/volcaniclastics (K), Quartz porphyry (K)	Quartz porphyry (K)	Qz, Ser, Chl, Tou	67±2, (Whole rock-alteration)	Cc, Cp, Meta-alunogen, Cu-oxi, Py, Lim	Qz, Ser, Chl, Tou, Kf, Bi	abundant	-	-	Int. 1165, K 317	5, 9	43, 34	27, 19	63, 56	16, 7	37, 21	8, 4	19, 12	0, 1	0, 3	0.567, 1.28	Cu-Mo-As
Central Q. Camarones	Andesitic lava/volcaniclastics (K), Rhyolitic volcaniclastics (K-T), Quartz diorite (K)	Quartz porphyry breccia pipe (K) ? or Diorite porphyry	Ser, Qz, Kf, Bi	-	Cu-oxi, Py, Lim	Qz, Gyp	small	362	0.6	Int. 45, K, KT 694	6, 22	17, 11	3, 3	18, 27	0, 1	0, 9	0, 1	0, 9	0, 1	0, 9	0.775, 1.66	Cu-Mo-As
Eastern Q. Camarones	Andesitic lava/volcaniclastics (K), Rhyolitic volcaniclastics (K-T), Diorite (T)	Diorite (T) ?	Ser, Qz, Amp	-	Cu-oxi, Py, Lim	Qz, Kf, Chl, Ba	small	282	0.6	95	7	10	2	20	2	20	0	0	0	0	1.104	Au-Hg
Southern Q. Camarones	Rhyolitic volcaniclastics (K-T)	?	Ser, Qz	-	Py, Lim, Hem	Qz	small	275~237	0.5	28	7	50	3	6	0	0	0	0	0	0	4.294	Pb-Mo-As-Hg
Southernmost Camarones	Rhyolitic volcaniclastics (K-T), Quartz diorite (K), Quartz diorite breccia pipe (K), Diorite porphyry (T)	Diorite porphyry (T) ?	Chl, Ser, Tou, Kf, Bi	51.3±1.7 * (Whole rock-primary)	Cu-oxi, Py, Hem, Lim	Qz, Kf, Bi	small	299~225	0.5~0.7	81	8	27	8	30	1	4	0	0	1	4	1.907	Cu-Mo-As-Hg
Northwesternmost Camarones	Andesitic lava/volcaniclastics (K), Rhyolitic volcaniclastics (K-T), Quartz diorite (K)	Quartz diorite (K) ?	Qz, Epi, Ser, Amp, Bi, Kf	-	Lim, Hem	Qz, Epi, Bi, Tou, Kf	abundant	323	0.6	61	5	21	6	29	0	0	0	0	0	0	0.418	none
Pachica	Andesitic lava/volcaniclastics (K), Granodiorite (K), Diorite (K)	?	Chl, Epi, (Ser), (Ka), (Qz)	-	Py, (Hem), (Lim)	Bar, Cal, Qz	rare	-	-	50	7	14	2	14	1	7	0	0	0	0	0.805	Au-Zn-As-Hg
Chusmisa	Shale-Sandstone-Conglomerate-Basaltic-andesitic lava/volcaniclastics (K), Granodiorite-Diorite-Granite-Dacite (T)	Granite-Diorite (T)?	Ser, Tou, Qz, Bi, Chl, Epi	48±1.4 (Whole rock-primary)	Cu-oxi, Py, Hem	Qz, Tou, Epi	rare	-	-	35	4	30	3	10	0	0	0	0	0	0	0.582	Ag-Pb-Zn-As
Chusmisa Northeast	Ignimbrite (T, Q), Andesitic-basaltic lava-Dacite (T-Q)	?	Ka, Qz, Ser	-	py, Hem, Native S	Qz	small	-	-	20	8	21	0	0	0	0	0	0	1	5	1.595	As-Hg

Table 1-5 Characteristics of Geology, Alteration and Mineralization at the Survey Areas

Area	Wall Rock (Age)	Ore Bringer	Alteration Minerals	K-Ar Age (Ma) of Primary Rock / Alteration	Ore Minerals	Gangue Minerals	Development of Quartz Vein	Fluid Inclusion		Cu content (average ppm)	Mo content (average ppm)	Total number of samples	Anomalous Samples								Pb/Cu	Elements of Strong Geochemical Anomaly		
								Disappearance Temperature (average °C)	Salinity (NaCl average wt%)				Cu>84ppm		Cu>260ppm		Cu>581ppm		Mo>36ppm					
													Number	%	Number	%	Number	%	Number	%				
Pailca	Ignimbrite (T), Conglomerate (T-Q)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camiña (Western part)	Andesitic-basaltic lava/volcaniclastics-Sandstone-Shale (K), Granodiorite-Diorite-Qz-porphry (T)	Qz-porphry (T)	Ser, Qz, Chl, Epi	63±2, 56.9±2 (Whole rock-alteration)	Py	Ser	rare	-	-	30	5	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.474	-
Camiña (Eastern part)	Andesitic-basaltic lava/volcaniclastics (K), Diorite-Diorite porphyry (T)	Diorite porphyry (T)	Qz, Chl, Epi	58.8±2 (Whole rock-primary)	Cu-oxi	Qz	rare	-	-	4598	2	22	8	36	2	9	2	9	0	0	0	0	0.239	Cu-Zn-As
Camiña Northeast	Ignimbrite (T), Basaltic-andesitic lava (T-Q)	Andesite?	Serr, Ka, Qz	10.4±0.4 (Whole rock-primary)	Lim	-	none	-	-	20	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.243	As-Hg
Minimiña	Conglomerate-Ignimbrite (T-Q)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Codpa North	Ignimbrite (T)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tigamar Northwest	Ignimbrite (T), Pumice tuff-Basaltic-andesitic lava (T-Q)	?	Ka, Qz	-	Lim	-	-	-	-	47	3	6	1	17	0	0	0	0	0	0	0	0	1.227	Pb-Zn-As
Tigamar Southeast	Ignimbrite (T), Pumice tuff-Basaltic-dacitic lava (T-Q)	?	Ka, Al, Qz	-	Lim	-	-	-	-	26	1	3	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	7.754	As
Putre South	Basaltic-rhyolitic lava (K), Granodiorite-Diorite-Diorite porphyry-Qz-porphry (T), Ignimbrite-Basaltic-andesitic lava (T-Q)	Qz-porphry-Diorite porphyry (T)	Ser, Qz, Chl, Epi	13.7±0.5, 14.1±0.6, 13.7±0.7 (Whole rock-primary), 17.1±0.5 (Bi-primary)	Py, Lim	Qz	none	-	-	44	3	16	2	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0.961	Zn-As
Putre Southwest	Granodiorite-Diorite (K-T)	-	Chl	65±2 (Whole rock-primary)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arica East	Shale-Marble (J), Sandstone (K), Granodiorite (K-T)	Granodiorite (K-T)	Ser, Ka, Qz	66±2, 68±2 (Bi-primary), 57.4±2.1, 66±2 (Whole rock-Alteration)	Cu-oxi, Cc, Py	Qz	small	143	-	2903	17	2	2	100	2	100	2	100	0	0	0	0	0.104	Au-Ag-Cu-Mo-Pb-Zn-As
Putre West	Sandstone (K), Granodiorite (T)	Granodiorite (T)	Qz, Ser, Kf, Tou	56±1.5, 52.8±1.4, 50.4±2, 44.4±2 (Ser-Alteration), 50±1.2 (Bi-Alteration), 55.1±1.9 (Whole rock-primary), 53.8±1.4 (Bi-primary)	Cu-oxi, Cp, Py	Qz, Tou	abundant	398-319	47.3-39.7	12417	10	15	11	73	8	53	8	53	0	0	0	0	0.082	Au-Ag-Cu-Pb-Zn

Abbr. Py=pyrite, Hm=hematite, Lim=limonite, Mt=magnetite, Cp=chalcopyrite, Gal=galena, At=atacamite, Mal=Malacite, Goe=goethite, Cov=covellite, Cry=chrysocolla, Cu-oxi=Cu oxide, Po=pyrrhotite, CuZn=hydrous CuZn mineral, Cc=chalcocite, Sp=sphalerite, Kf=K-feldspar, Ser=sericite or muscovite, Bi=biotite, Ba=barite, Side=siderite, Chl=chlorite or clay minerals, Epi=epidote, Qz=Quartz, Si=SiO₂ minerals, Cal=calcite, Jar=jarosite, Pyroph=pyrophyllite, Alu=alunite, Ka=kaolin, Gyp=gypsum, Smec=smectite, Tou=tourmaline, Amp=Amphibole, Trem=tremolite, Cpx=clinopyroxene, Opx=orthopyroxene, Pl=plagioclase, Ana=anatase, Apa=apatite, Tit=titanite, Zir=zircon, Mon=monazite, J=Jurassic, K=Cretaceous, T=Tertiary, KT=Cretaceous-Tertiary, I=Intrusive * : Age of Diorite porphyry at eastern Quebrada Camarones

アリカ東地域では、花崗閃緑岩中に銅鉛脈が確認されたが、変質は脈際に限られ、流体包有物の均質化温度は低く、浅熱水性鉛化作用を示す。変質帯の生成年代は斑岩銅鉛床の生成年代範囲に含まれることから、鉛脈は斑岩銅鉛床生成に引き続く熱水活動の産物と考えられる。

プトレ南地域における石英斑岩を中心とする広範囲なフィリック変質-黄鉄鉛化は、斑岩銅鉛床型の鉛化・変質と類似するが、斑岩類の貫入-変質年代は新第三紀中新世であり、北部チリでこれまで知られていた斑岩銅鉛床の生成年代と異なる。今回、ティグナマール地域の鉛化帯付近で採取した石英斑岩のセリサイト化変質年代も中新世である。ティグナマール鉛化帯の生成年代については、始新世中期の年代も報告されており(Clark et. al.,1998)、複数の鉛化時期が存在した可能性もある。プトレ南地域~ティグナマール地域のゾーンは、従来、始新世後期-漸新世前期(43-31Ma)の斑岩銅鉛床ベルトとされてきたが、少なくともティグナマール地域より北については、その時期の貫入火成岩や斑岩銅鉛床型鉛化帯は認められない。

チュスマサ北東、カミーニャ北東、ティグナマール北西及びティグナマール南東の各地域は、調査地域東側のプレアンデス帯に属し、新第三系~第四系の火山岩類が発達する。これらの地域には大規模な酸性変質帯が分布し、褐鉄鉛化または黄鉄鉛化(火山性硫黄鉛床)を伴う。

5-3 空中磁気異常と地質及び鉛化作用との関係

空中磁気探査再解析により、既知斑岩銅型鉛化帯の多くが

- ①中波長異常域の周縁部に位置する。
- ②磁気中間強度帯上またはその近傍に位置する。
- ③短波長異常を伴う。

という共通の磁気異常パターンを有することが示された。

また、地質概査により新たに確認された変質帯または鉛化帯のうち、プトレ西地域を除く全てのフィリックまたは酸性変質帯、または、鉛化帯(チュスマサ、チュスマサ北東、カミーニャ、カミーニャ北東、ティグナマール北西、ティグナマール南東、プトレ南、アリカ東)は、①、②、③のいずれにもほぼ合致していることが判明した。なお、プトレ西地域の鉛化帯については、②、③には合致しているものの中波長異常域は存在しない。

既知斑岩銅型鉛化帯に関係する中波長異常の大部分については異常域内または近傍に貫入岩類が分布している。帯磁率の測定結果によると、調査地域の貫入岩類は火山岩よりも帯磁率が高く、高異常を示す可能性が高い。既知斑岩銅型鉛化帯に関係する中波長異常は高異常と低異常がほぼ半々であるが、低異常については逆磁極の残留磁気を有する貫入火成岩が関与していると考えられる。残留磁気が測定された貫入岩類の極性は10箇所中4箇所が逆磁極となっており、逆磁極の4箇所は実際に低磁気異常の分布によく合致している。なお、逆

磁極残留磁化の強度が帯磁率による誘導磁化の強度に等しい場合には、両者が打ち消しあって磁気異常が形成されない場合もあり得る。プトレ西地域の鉍化帯では貫入岩体が広範囲に分布するにもかかわらず中波長異常が欠如しているが、その原因としてこのようなケースが成立している可能性がある。

中波長異常の規模は地表に露出するバソリス状の深成複合岩体の規模に近似し、これらはまた、火山直下のマグマ溜まりの規模にも近似すると考えられる(Takahashi, 1986)。既知の斑岩銅型鉍化帯が中波長異常の周縁部に位置するのは、バソリス状岩体が地下に存在し、その周縁部に鉍化帯が形成されていることを示唆するものと考えられる。

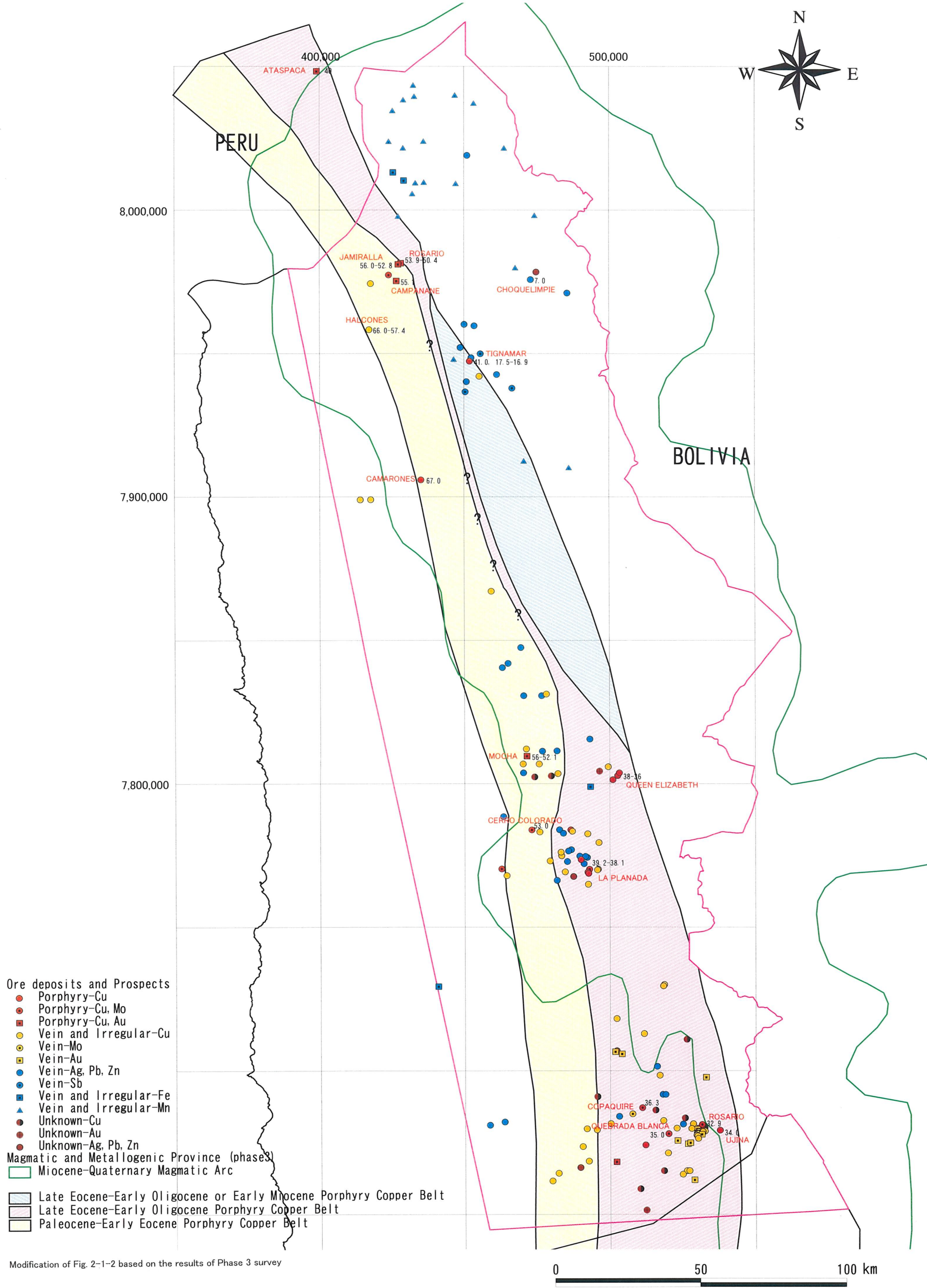
磁気中間強度帯は一般に不規則な形状を示すが、そのパターンには地域差が認められる。すなわち、第 I 州を東西に三分したとき、磁気中間強度帯は、西側のマント型鉍床地域では比較的規模の大きいループ状を呈し、中央部では ENE-WSW~WNW-ESE 及び NNE-SSW~NNW-SSE 方向への連続性に富む比較的幅の広いゾーンからなり、北東部の新期火山地域では幅の狭い小ループの集合体からなる(Fig. 1-12)。

中・南部では、NNE-SSW~NNW-SSE 方向への連続性に富む磁気中間強度帯の発達域はリニアメント発達域に一致する。この地域内で、N-S 系リニアメントと E-W 系磁気中間強度帯が交わる部分の付近に斑岩銅型鉍化帯が分布する。また、北東部の新期火山地域では、小ループ状磁気中間強度帯の発達域はリニアメント発達域に一致する。しかし、北端部では、中間強度帯の発達域にリニアメントは発達しない。

TM 及び GESCAN 画像から抽出された酸性~中性変質帯は磁気中間強度帯上に乗るものが多い(Fig. 1-13)。これらの変質帯は短波長異常の周縁部付近に分布することが多い。また、変質帯が広範囲に発達した所では短波長異常が存在しない場合がある。帯磁率測定結果によると、フィリック変質と酸性変質については変質が強くなると帯磁率が低下するという明瞭な相関があり、このことはボーリング探査でも確認されている。既知斑岩銅型鉍化帯にはゼロ・コロラドやコジャワシ周辺のように短波長異常を伴わない可能性をもつ鉍化帯があるが、短波長異常が欠如しているとするれば上記のような変質帯の発達に起因していると考えられる。

コルディレラ型斑岩銅鉍床は、火山-深成岩の境界付近で形成されたと考えられている。また、鉍化作用の前後には、数百万年にわたる複数回のマグマ貫入活動が認められている。このような斑岩銅鉍床の生成環境と上述した磁気異常に関係する諸事実を合わせ考えれば、基本的には、斑岩銅型鉍化作用の前駆的活動産物のバソリス状深成複合岩体は中波長異常として、鉍床を含む深成~半深成岩類は短波長異常として、また、貫入火成活動に伴う熱水変質帯は磁気中間強度帯として表現されるものと考えられる。

なお、コルディレラ型斑岩銅鉍床が火山-深成岩の境界付近で形成されるという前提に立てば当然のことであるが、斑岩銅型鉍化帯地域と同様の磁気異常パターンは、プレアンデス帯東側の新期火山地域においても認められる。多くの火山中心部の周りには、中波長異常、短波長異常及び磁気中間強度帯からなる 1 セットの磁気異常組み合わせが存在し、火山



Modification of Fig. 2-1-2 based on the results of Phase 3 survey

Fig. 1-11 Magmatic and Metallogenic Province in the Region I Area