

第Ⅱ部 各論

第Ⅱ部 各 論

第1章 既存データ解析

1-1 地質・鉱床資料の編集及び解析

1-1-1 資料の編集及び解析

調査地域の地質・鉱床は、鉱業地質局 (Servicio Nacional de Geología y Minería: SERNAGEOMIN) により、100 万分の 1 地質・鉱床図としてまとめられている。また、より詳細な地質図として、以下の図幅を収集し、衛星画像解析及び地質調査を実施するために必要な知見を得た。

地域名	縮尺	緯度	経度	発行年	発行者
Arica	1:300,000	17.5~19.25	68.9~70.4	1966	IIG
Collacagua	1:250,000	20.0~21.0	68.4~69.0	1984	SERNAGEOMIN
Pisagua y Zapiga	1:100,000	19.5~20.0	69.5~70.25	1977	IIG
Quillagua	1:250,000	21.0~22.0	69.0~70.5	1981	IIG
Ollagüe	1:250,000	21.0~22.0	68.0~69.0	1981	IIG
Juan de Morales	1:50,000	20.0~20.25	69.25~69.5	1968	IIG
Mamiña	1:50,000	20.0~20.25	69.0~69.25	1967	IIG
Alca	1:50,000	20.25~20.5	69.0~69.25	1962	IIG
Pica	1:50,000	20.25~20.5	69.25~69.5	1962	IIG
Chacarilla	1:50,000	20.5~20.75	69.0~69.25	1962	IIG
Matilla	1:50,000	20.5~20.75	69.25~69.5	1962	IIG

調査地域の地質層序表を 100 万分の 1 地質図に基づき作成し、Table 1-3-1 に示した。また、同地質図に基づき作成した地質構造図を Fig. 2-1-1 に示した。

岩石の放射年代値は、Collacagua 及び Ollagüe 図幅説明書に記載されている。

鉱徴地及び鉱床データは、100 万分の 1 鉱床図にまとめられているほか、Collacagua, Pisagua y Zapiga, Quillagua, Ollagüe, 及び Mamiña の各図幅説明書に記載されている。また、Cerro Colorado 鉱床については、海外地質構造調査報告書チリ北部地域(金属鉱業事業団, 1978)に探鉱結果が記載されている。これらの資料を用いて鉱山・鉱床・鉱徴地の一覧表及び分布図を作成し、それぞれ Table 2-1-1 及び Fig. 2-1-2 に示した。

本地域における火成弧の発達史は、J. Davidson・C. Mpodozis (1991)によってまとめられ、ほぼ南北を示す火成弧の中心軸が時代とともに東方に移動していることが示された。また、チリから南部ペルーにかけての金属鉱床の鉱化時期については、Clark et al. (1990) 及び Sillitoe (1991, 1992) によってまとめられ、斑岩銅鉱化帯ベルトとして、暁新世一始

新世前期の西側ベルトと、始新世後期－漸新世前期の東側ベルトの存在が示された(Figs. 2-1-3, 2-1-4)。さらに、Clark et al. (1998) は始新世後期－漸新世前期の鉱化作用の中でも比較的末期に巨大斑岩銅鉱床が生成されたと推定した。これらの結果をコンパイルし、Fig. 2-1-5 に示した。

各種の地質構造要素とタイプ分けされた鉱徴地の分布及び斑岩銅鉱化ベルトとの関係をコンパイルし、地質・鉱床解析図として Fig. 2-1-6 に示した。

1-1-2 情報のデジタル化

50 万分の 1 地形図に基づく地勢情報、鉱山・鉱床・鉱徴地の一覧表(Table 2-1-1) に基づく既知鉱床・鉱徴地の位置、及び 100 万分の 1 地質図をデジタル化し、ARC-View 対応のデジタルデータに変換した。

1-2 GEOSCAN データの画像作成、地質判読及び解析

1-2-1 解析目的

本解析の目的は、解析対象地域について GEOSCAN データから、変質帯の分帯及び地質構造の解明を行い、鉱床賦存有望地域の抽出に資することである。

1-2-2 解析範囲

本解析の対象地域は、Fig. 2-1-7 に示すように、調査地域内の 6 地区で合計面積は 2,550km² である。

1-2-3 使用データ

解析に使用した GEOSCAN データは ENVI (Environment for Visualizing Images) 形式で CD-ROM に収録されたものであり、1 シーンのデータは 1,024 ピクセル×約 6,000～12,000 ライン×24 バンドから成る。各バンドの中心波長は Table 2-1-2 に示すとおりであり、可視近赤外域 (0.4～1.5 μm) に 10 バンド、短波長赤外域 (1.5～3.0 μm) に 8 バンド、熱赤外域 (4～20 μm) に 6 バンドをもつ。

解析対象範囲 (面積 2,550km²) のデータは Table 2-1-3 に示すように、6 地区、17 シーンのデータである。(ただし、シーン SF-19-2_7 のバンド 17 のデータのみは CD-ROM から読み取れなかったため、使用していない。)

1-2-4 画像の作成

GEOSCAN データから作成した画像は、以下に示すように、可視近赤外域～短波長赤外域のデータを用いたフォールスカラー画像*1、短波長赤外域の比演算画像*2 および無相関ストレッチ画像*3、熱赤外域のログレジデュアル画像*4 および無相関ストレッチ画像である。

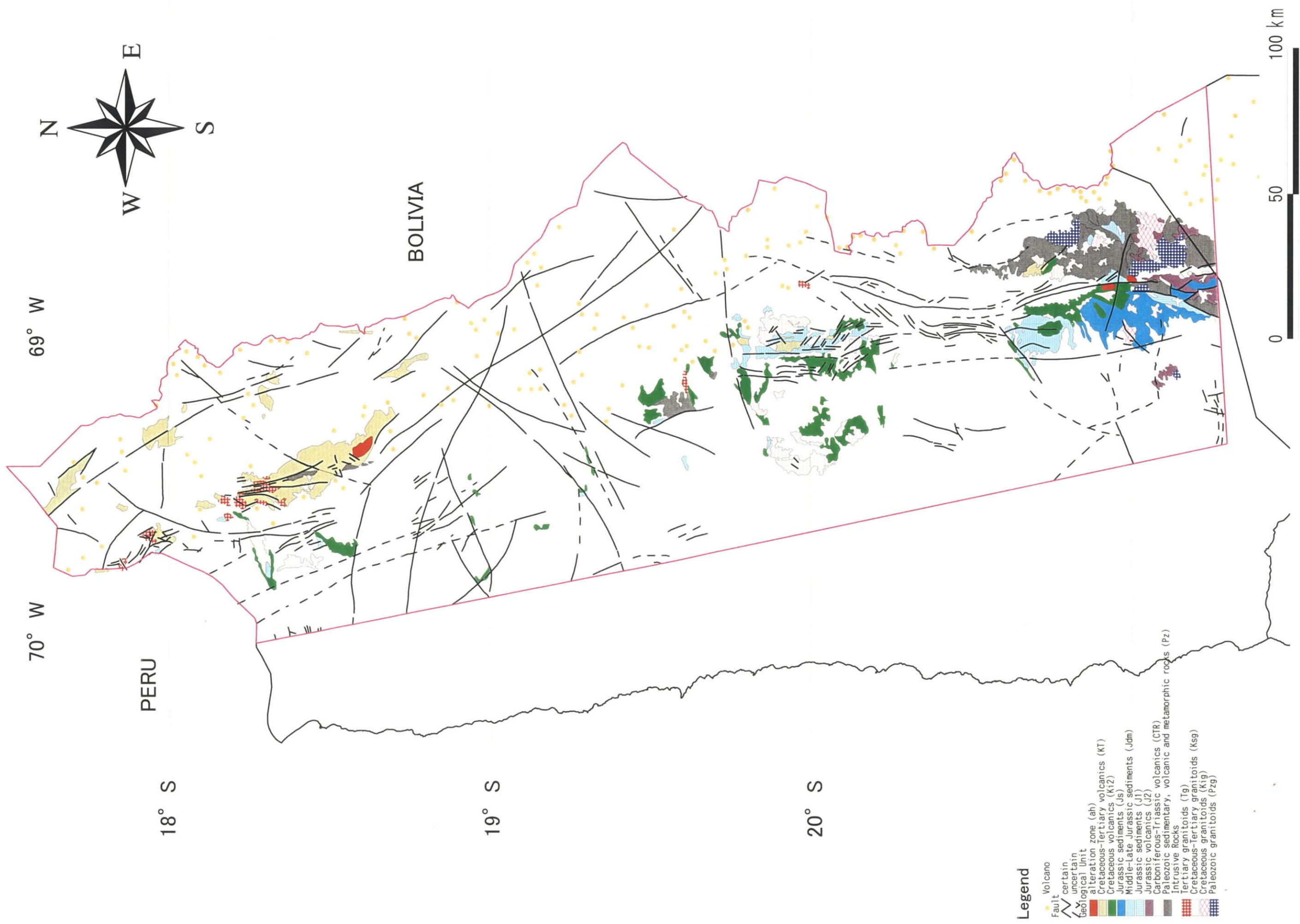


Fig. 2-1-1 Geological Structure of the Study Area

No.	Name	Location		Type of Ore	Ore Mineral	Gangue Mineral	Form of Ore Deposit	Direction of Strike / Structure	Dip	Dimension Length x Width (m)	Wall Rock	Alteration	Ore Reserve (Million t / category)	Ore Grade	Type of Mineralization	Source of Data
		UTM N	UTM E													
128	Tarapaca	7680008	5307688	Cu, Au?	Chrysoc. Au?, Specu, Lim	Qz	vein/stockwork	340	90	60 x 4.5	Ad, Dac-po		-		Porphyry-Cu, Au	12,13
129	Don Manuel	7679877	529836	Au, Mn	Au, Mn-oxi, Lim	Qz	vein/stockwork	0-342	90	470 x 1.5	Ad		-		Vein-Au	12,13
130	Esperanza	7679012	530455	Cu, Au	Chrysoc. Atac, Turq, Chenev, Au		vein/stockwork	336	90	Wd: 1-3	Dac-po		-		Porphyry-Cu, Au	12,13
131	Forasteras	7678791	530246	Au, Cu	Au, Mal, Chrysoc, Chenev, Lim	Qz	vein	312	70S	Wd: 1-4	Dac-po		-		Vein and Irregular-Cu	12,13
132	Anita	7678349	530038	Au, Ag	Au, Specu, Lim	Qz	vein	20	63N	800 x 2	Dac-po		Possible: 1 Au 7.6g/t, Ag 100g/t		Vein-Au	12,13
133	Rosario (Collahuasi)	7681445	531395	Cu, Mo	Op, Cc, Mo, Chrysoc, Mal, Py, Lim	Qz	vein/stockwork	NW-SE	-	Altered zone: 2500 x 1000	Dac-po(Olig)	Ser. Prop. (U/G, Mt, Blo, Kf, Ch)	Rosario, supergene enriched ores: 90	Cu 1.5%	Porphyry-Cu, Mo	3,4,9,12,13
134	Ujina (Collahuasi)	7675008	540008	Cu	Alongside but higher than porph. Cu, En		stockwork					Alongside but higher than Por. Cu: (Qz-Au)	Rosario, primary ore: 710	Cu 0.93%		
135	Venus	7680891	532121	Cu	Op, Cc, Bn, Chrysoc, Mal, Py, Lim	Qz	vein/stockwork?	-	-	-	Dac-po, Ad		supergene enriched ore: >100 Ujina, primary ore: 1266	Cu 2%	Porphyry-Cu	3,4
136	Ponderosa	7680448	532225	Cu	Op, Bn, Tet, Cc, Chrysoc, Mal, Py, Lim	Qz	stockwork?	320	70S	wd: 13	Dac-po		Possible: 0.5	Cu 8%, Ag 80g/t, Au 1g/t	Porphyry-Cu	12,13
137	San Carlos	7680228	532432	Cu	Op, Bn, Cc, Chrysoc, Turq, Py, Lim	Qz	vein?	300	73S	wd: 9	Altered po		-	Cu 18.7%	Porphyry-Cu	12,13
138	Jiguero	7679008	532534	Cu	Chrysoc, Mal, Lim	Qz	vein?	330	90	wd: 1.5	Gd-po		-	-	Unknown-Cu	12,13
139	Tinque	7678788	531806	Cu	Chrysoc, Mal, Lim	-	vein?	-	-	-	Dac-po		-	-	Vein and Irregular-Cu	12,13
140	Las Granadas	7673614	490544	Cu	Chrysoc, Mal, Lim		vein	-	-	-			s	-	Vein and Irregular-Cu	12
141	Quebrada Blanca	7674166	512158	Cu, Mo	Lim, Py, Op, Mo, Bn, Cu-oxi		stockwork			Altered zone: 7km ² Mineralized zone (E-W): 2000 x 1000m Leached zone: 80-100m, Sec. Enriched zone: 30-100m	Qz-Monz(Olig), Dac/Rhyo-po	Prop. Clay, Oz-Ser, Sil, Blo, (Kf, Tou)	supergene enriched ore: 90	Cu 1.3%		2,3,7,12
142	Yareta, Yareta	7675704	523174	Ag, Au, Mn			vein						primary ore: 400	Cu 0.5%, Au 0.1g/t, Ag 1-2g/t, Mo 0.015%	Porphyry-Cu, Mo	
143	Jovita	7681561	528484	Cu	Op, Bn, Cov, Chrysoc, Mal		vein	NW	90	-	Altered po		s	-	Vein-Au	12
144	Ingenio	7681450	529108	Fe	Py, Lim	Qz	-	NW	90	-	Altered po		s	-	Vein and Irregular-Cu	12,13
145	Trinidad	7674592	526706	Ag, Mn	Mn-oxi, Lim	Qz	vein	280	90S	100 x 0.5	Gd		s	Mn 15.3%, Ag 80g/t, Au 2.37g/t	Unknown-Fe	12,13
146	Moctezuma, (Borracha)	7674922	527538	Ag, Au, Cu, Mn	Psilomelane, Pyrolusite		vein	350	80S	300 x 2	Dac-po, Ad		>2	Mn 10%, Ag 250g/t, Au 2g/t	Vein-Au	12,13
147	San Nicolas	7679902	527962	Cu, Mn, Au	Chrysoc, Atac, Mn-oxi, Lim	Qz	vein	300	90	600 x 5	Dac		-	-	Vein and Irregular-Cu	12,13
148	Anita	7664311	482242	Cu, Au			vein						s	-	Vein and Irregular-Cu	12
149	Sud-America	7678349	529830	Cu	Chrysoc, Mal, Turq, Chenev, Au, Lim, Mn-oxi	Qz	vein	10	80W	400 x 1	Dac-po		-	-	Vein and Irregular-Cu	12,13
150	Pergolesi	7678238	530038	Cu	Op, Cc, Chrysoc, Mal, Au, Py, Lim	Qz	vein	30	70N	wd: 5	Ad, Tuff		-	-	Vein and Irregular-Cu	12,13
151	Delirio	7678127	530349	Cu, Au	Op, Cc, Chrysoc, Mal, Au, Py, Lim	Qz	vein	0	90	wd: 4	Ad, Dac-po		-	-	Vein and Irregular-Cu	12,13
152	Los Caciques	7677904	531492	Au	Au, Lim, Mn-oxi	Qz	vein	339	90	wd: 1	Dac		-	-	Vein and Irregular-Cu	12,13
153	Japonesa	7677575	529725	Cu	Op, Cov, Enar, Chrysoc, Chenev, Py, Lim	Qz	vein	NW	90	wd: 0.3	Dac, Ad		-	-	Vein and Irregular-Cu	12,13
154	La Borracha	7677353	530036	Cu	Chrysoc, Atac, Lim	Qz	vein	350	40E	wd: 1	Ad		-	-	Vein and Irregular-Cu	12,13
155	Dulcinea	7676467	530242	Cu	Chrysoc, Mal, Lim	Qz	vein	320	75N	wd: 1	Rhy-po		-	-	Vein and Irregular-Cu	12,13
156	Quilahuena	7661652	480064	Cu, Au	Chrysoc, Au, Lim	Qz	vein	32	69E	40 x 2	Cret (contact of Gd)		Probable: 0.002, Possible: 0.008	?		10,12
157	Prulia	7666309	489718	Ag, Pb			no record						Probable: 0.002	Ag 15-1000g/t, Pb 1-38%	Unknown-Ag, Pb, Zn	12
158	Opatona, (Quebrada de Mami)	7668524	492825	Au, Ag, Cu	Gn, Py, Lim, Chalcantite	Gyp	vein	100	80N	200 x (0.1-0.7)	Jur, Tert		Probable: 0.002		Vein and Irregular-Cu	10,12
159	Oliga, Lorena, Caniqueta	7668305	502181	Cu, Au			stockwork						s	-	Vein and Irregular-Cu	12
160	Julia	7665195	518486	Cu			no record						s	-	Porphyry-Cu, Au	12
161	Tres Marias, (La Peruana)	7665185	526379	Cu	Cu-oxi		vein	45	90	wd: 1-2	Gd		s	-	Unknown-Cu	12
162	Gales	7665183	527210	Cu	Cu-oxi		vein	305	90	wd: 1	Rhy-po		s	-	Vein and Irregular-Cu	12
163	La Esperanza	7663970	524923	Cu	Cu-oxi		vein	-	-	4 x 1	Gd		s	-	Vein and Irregular-Cu	12
164	Conacona	7661971	528970	Au			vein						s	-	Vein and Irregular-Cu	12
165	Macats	7658894	510381	Cu			no record							-	Unknown-Au	12
166	Chocal	7651477	512452	Au			no record							-	Unknown-Au	12
167	Jovita	7671392	519844	Cu			vein						s	-	Vein and Irregular-Cu	12
168	Santa Rosa (Queen Elizabeth)	7801352	501079	Cu			vein						s	-	Vein and Irregular-Cu	12
169	Qucho, (Queen Elizabeth)	7803746	503302	Cu			vein, stockwork						s	-	Porphyry-Cu	12

Abbreviation (Table 2-1-1)

<Ore Mineral>	<Gangue Mineral>	<Alteration>
Angl	Adularia	Chl
Antl	Albite	Epi
Ap	Alunite	Kao
Arg	Barite	Kf
Atac	Biotite	Lim
Azur	Calcite	Mt
Bn	Gypsum	Prop
Cc	Jarosite	Py
Cerus	Kaolinite	Qz
Chalc	Montmorillonite	Ser
Chenev	Orthoclase	Sil
Chrysoc	Pyrophyllite	Tou
Cov	Quartz	u/g
Cp	Sericite	<Type of Mineralization>
Cup	Tourmaline	Ir
Enar		Irregular, pocket
Gn		Porphyry
Hem	Andesite	St
Lim	Adamellite	Stratiform
Mal	Conglomerate	Unk
Mo	Dacite	Ve
Mt	Diorite	
Oxi	Granodiorite	
Py	Monzonite	
Sp	porphyry	
Specu	Rhyolite	
Stib	Rhyodac	
Teno	Sedimentary	
Tet	Sandstone	
Turq	Trachytic	
	Tertiary	
	Olig	
	Mesoz	
	Cret	
	Jur	
	Paleoz	

<Category of Ore Reserve>	
Metal (ore grade)	s m
Cu #1	<10,000
Au #1	<2
Ag #1	<60
Mn(48%) #2	100,000– 10,000,000
Fe(60%) #2	500,000– 50,000,000
Pb #1	<25,000
Zn #1	<20,000

*1 fine metal (t)
*2 ore reserve (t)

<Source of Data>

- 1 Canadian Mining Journal (2000)
- 2 Mineral Yearbook (1997)
- 3 Mining Magazine (1992)
- 4 Mining Magazine (1999)
- 5 MMAJ (1978)
- 6 Olivier C. (1968)
- 7 Ramirez C. and Huete C. (1981)
- 8 Salas R., Kast R., Montecinos F. and Salas I. (1966)
- 9 Sillitoe R. (1991)
- 10 Skarmeta J. and Marinoic N. (1981)
- 11 Thomas A. (1967)
- 12 Uiriksen C. (1990)
- 13 Vergana H. and Thomas A. (1984)

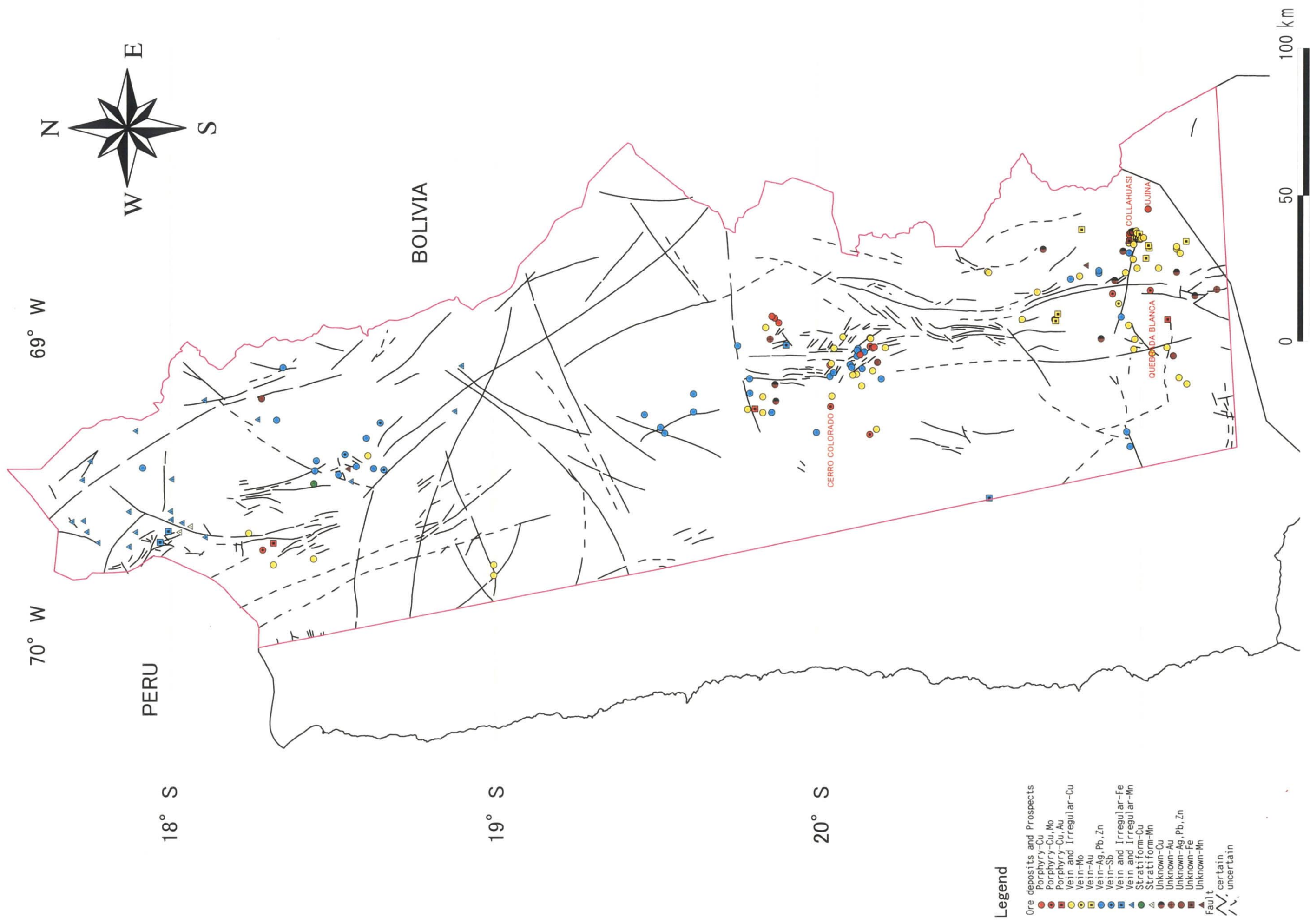


Fig. 2-1-2 Distribution of Ore Deposits and Prospects in the Study Area

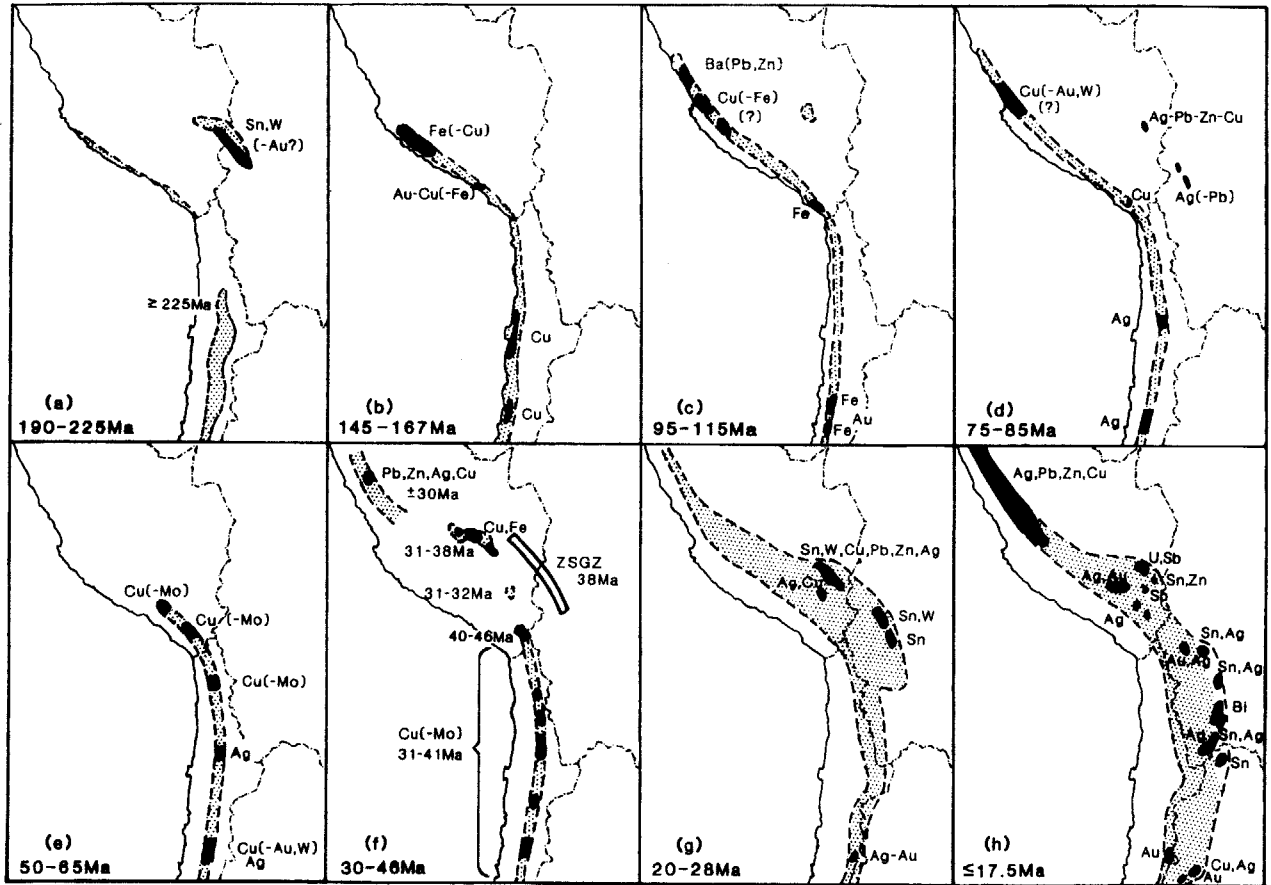


Fig. 2-1-3 Sketch Maps Showing Areas in the Central Andes Affected by Selected Mesozoic and Cenozoic Magmatic and Metallogenic Episodes

Shading delimits approximate volcano-plutonic domains and black areas represent the more important, or in some cases, metallogenically significant, mineralizations.

Radiometric ages are given (f) for the several regions contributing to the critical 30 to 46 Ma. episode; ZSGZ represents the Zongo-Sán Gabán tectono-thermal zone of Farrar et al. (1988).

Map "a" incorporates the location of the Permo-Triassic volcano-plutonic belt of northern Chile, emplacement of which had terminated prior to the intrusion of the Carabaya batholith in the study transect.

(after Clark et al., 1990)

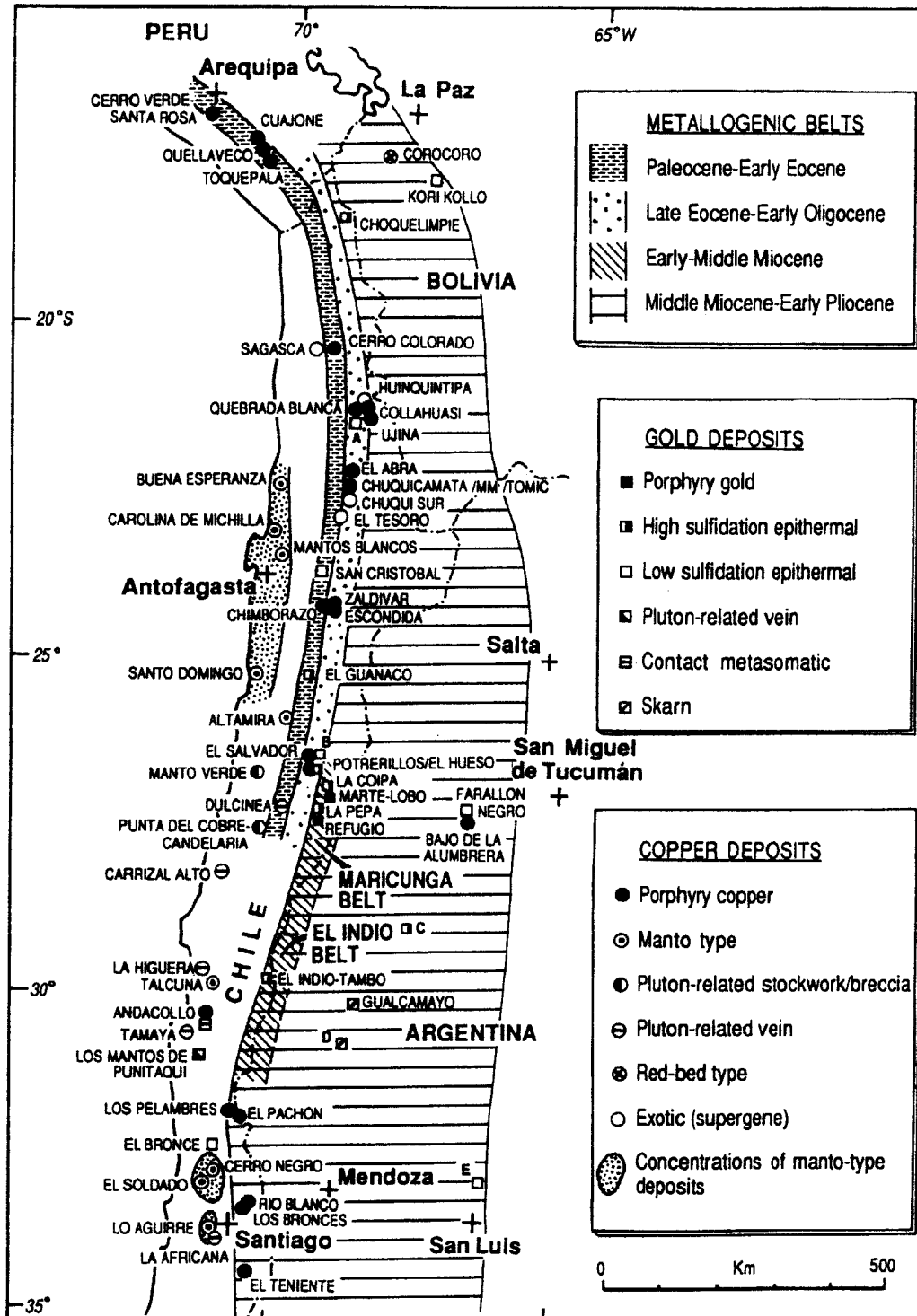


Fig. 2-1-4 Types of Principal Gold and Copper Deposits in the Central Andes

Principal deposits, defined arbitrarily to contain >10 metric tons Au or >100,000 metric tons Cu, are named. Metallogenic belts adapted from Sillitoe (1990, 1991). Minor deposits and prospects referred to in text are marked by letters: A=Choja, B=Tinajas, C=La Mejicana, D=Carolina. (after Sillitoe, 1992)

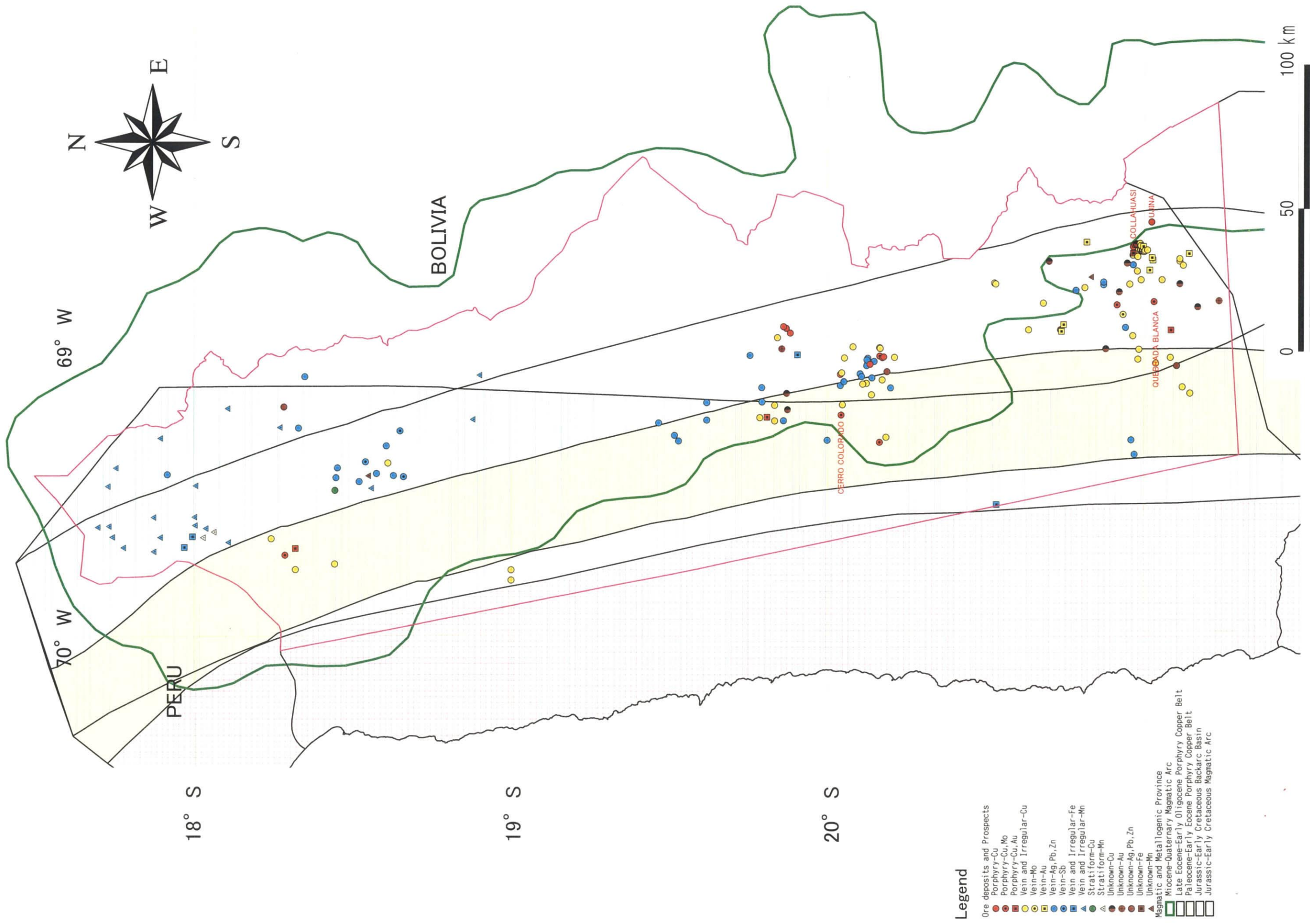
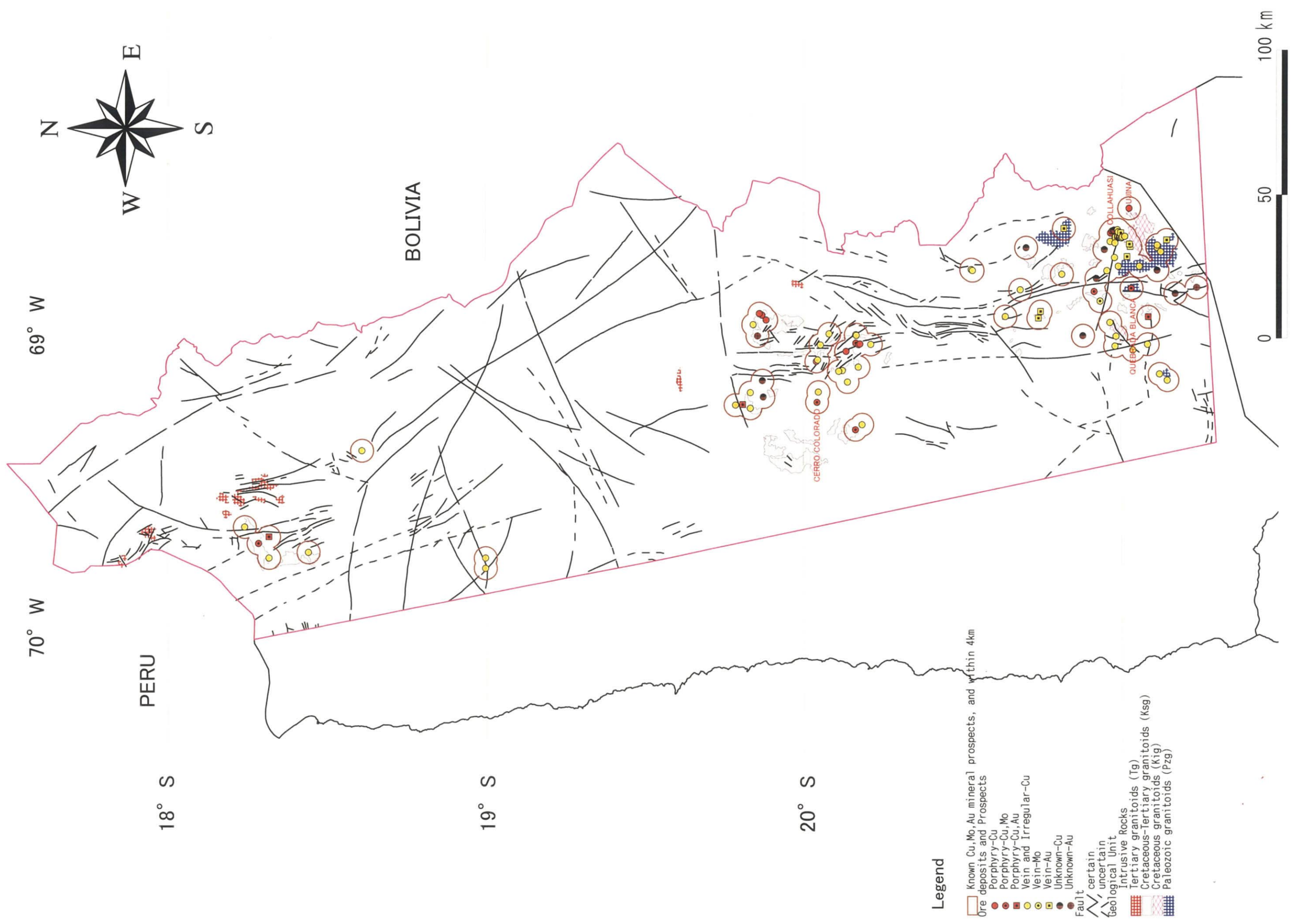


Fig. 2-1-5 Magmatic and Metallogenic Province in the Region I Area



- Legend**
- Known Cu, Mo, Au mineral prospects, and within 4km Ore deposits and Prospects
 - Porphry-Cu
 - Porphry-Cu, Mo
 - Porphry-Cu, Au
 - Vein and Irregular-Cu
 - Vein-Mo
 - Vein-Au
 - Unknown-Cu
 - Unknown-Au
 - Fault
 - certain
 - uncertain
 - Geological Unit
 - Intrusive Rocks
 - Tertiary granitoids (Tg)
 - Tertiary-Tertiary granitoids (Ksg)
 - Cretaceous granitoids (Kig)
 - Paleozoic granitoids (Pzg)

Fig. 2-1-6 Compiled Interpretation Map from Previous Data of the Study Area

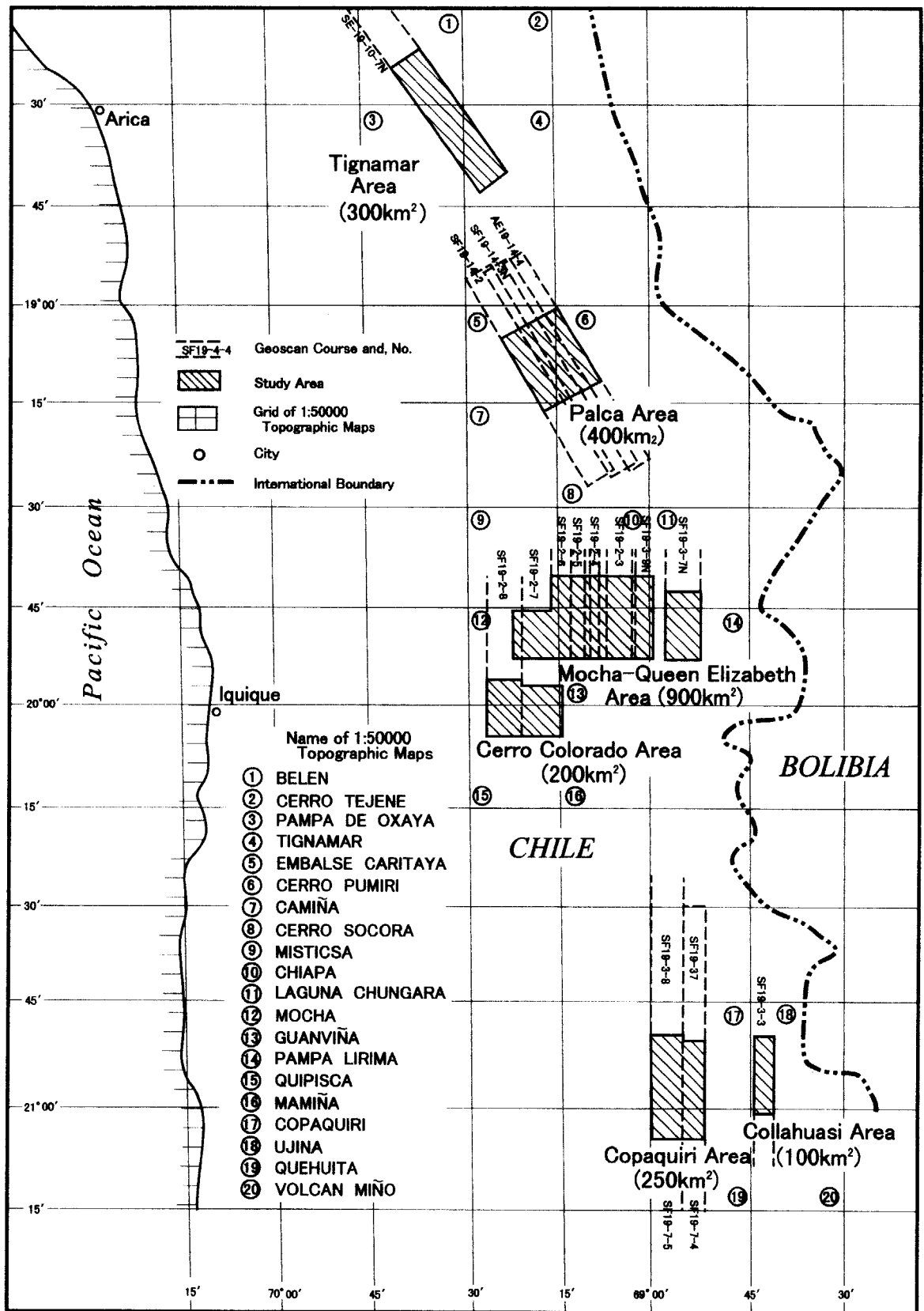


Fig. 2-1-7 Location Map of Geoscan Images

各解析対象範囲を含むシーン全体で前記画像の作成を行った後、解析対象範囲を切り出した (Table 2-1-3 参照)。なお、出力画像が縮尺 5 万分の 1 地形図とより合致するように、シーン毎に適宜、幾何補正 (タンジェント補正) やスケージングを行っている。

① 可視近赤外域～短波長赤外域のフォールスカラー画像 (バンド 1-2, 7-10, 11-18)

可視近赤外域のバンド 1～2, バンド 7～10 および短波長赤外域のバンド 11～18 のそれぞれの平均値に赤色, 緑色および青色を割り当てたフォールスカラー画像である。

② 短波長赤外域の比演算画像 (バンド 11/13, 11/14, 11/15)

短波長赤外域のバンド 11/13, 11/14 および 11/15 の各比演算値に赤色, 緑色および青色を割り当てた画像である。

③ 短波長赤外域の無相関ストレッチ画像 (バンド 12, 13, 14)

短波長赤外域のバンド 12, 13 および 14 に赤色, 緑色および青色を割り当てた無相関ストレッチ画像である。

④ 短波長赤外域の無相関ストレッチ画像 (バンド 14, 15, 16)

短波長赤外域のバンド 14, 15 および 16 に赤色, 緑色および青色を割り当てた無相関ストレッチ画像である。

⑤ 熱赤外域のログレジデュアル画像 (バンド 20, 22, 24)

熱赤外域のバンド 20, 22 および 24 に赤色, 緑色および青色を割り当てたログレジデュアル画像である。

⑥ 熱赤外域の無相関ストレッチ画像 (バンド 20, 22, 24)

熱赤外域のバンド 20, 22 および 24 に赤色, 緑色および青色を割り当てた無相関ストレッチ画像である。

*1) フォールスカラー画像

マルチバンドの画像では、各バンドの画像に異なった色彩を割り当てることにより、カラー画像を作成することができるが、この画像をフォールスカラー画像という。通常は、3つのバンド (あるいは3つの演算結果) に三原色 (赤色, 緑色, 青色) を割り当てる。

*2) 比演算

比演算処理は、多くのバンドの中から2つのバンドの組み合わせを3組選んで、それらの比を計算し、そのそれぞれに三原色を割り当てるものである。その主な目的は、データの中から地形的な情報 (太陽光の影響) を除去し、スペクトル的な情報を強調することにある。

*3) 無相関ストレッチ

Table 2-1-2 Band Allocation of GEOSCAN Data

Band	Central wavelength [μm]	Band	Central wavelength [μm]
1	0.522	13	2.123
2	0.583	14	2.154
3	0.645	15	2.220
4	0.693	16	2.255
5	0.717	17	2.301
6	0.740	18	2.346
7	0.830	19	8.640
8	0.873	20	9.170
9	0.915	21	9.700
10	0.955	22	10.220
11	2.031	23	10.750
12	2.083	24	11.280

Table 2-1-3 List of GEOSCAN Data Used for Interpretation

Area	Scene	Pixel	Line	Line width used for interpretation	Num. of line
Tigamar	SE-19-10 7N	1,024	11,786	1 - 6,700	6,700
Palca	SE-19-14 4	1,024	7,473	2,001 - 5,500	3,500
	SE-19-14 3N	1,024	7,733	2,001 - 5,500	3,500
	SE-19-14 2	1,024	7,910	2,501 - 6,000	3,500
Copaquiri	SF-19-7 5	1,024	7,026	1 - 1,400	1,400
	SF-19-7 4	1,024	9,566	1 - 1,900	1,900
	SF-19-3 8	1,024	12,116	1 - 2,400	2,400
	SF-19-3 7	1,024	8,077	1 - 2,400	2,400
Collahuasi	SF-19-3 3	1,024	6,582	1 - 2,800	2,800
Cerro Colorado	SF-19-2 8	1,024	5,668	2,001 - 3,300	1,300
	SF-19-2 7	1,024	6,080	2,401 - 3,700	1,300
Mocha-Queen Elizabeth	SF-19-2 7	1,024	6,080	1 - 1,800	1,800
	SF-19-2 6R	1,024	8,882	5,301 - 8,300	3,000
	SF-19-2 5	1,024	11,645	1,001 - 5,000	4,000
	SF-19-2 4	1,024	11,795	1,101 - 5,100	4,000
	SF-19-2 3	1,024	12,117	7,901 - 11,900	4,000
	SF-19-3 9N	1,024	12,117	7,801 - 11,800	4,000
	SF-19-3 7N	1,024	12,116	8,717 - 12,116	3,400

Table 2-1-4 Wavelength for Calculation of Reflectance and Emissivity

Band	GEOSCAN Central wavelength [μm]	Wavelength for calculation [μm]
1	0.522	0.4915 - 0.5525
2	0.583	0.5520 - 0.6140
3	0.645	0.6210 - 0.6690
4	0.693	0.6810 - 0.7050
5	0.717	0.7055 - 0.7285
6	0.740	0.6950 - 0.7850
7	0.830	0.8085 - 0.8515
8	0.873	0.8520 - 0.8940
9	0.915	0.8950 - 0.9350
10	0.955	0.9350 - 0.9750
11	2.031	2.0050 - 2.0570
12	2.083	2.0630 - 2.1030
13	2.123	2.1075 - 2.1385
14	2.154	2.1210 - 2.1870
15	2.220	2.2025 - 2.2375
16	2.255	2.2320 - 2.2780
17	2.301	2.2785 - 2.3235
18	2.346	2.3235 - 2.3685
19	8.640	8.3750 - 8.9050
20	9.170	8.9050 - 9.4350
21	9.700	9.4400 - 9.9600
22	10.220	9.9550 - 10.4850
23	10.750	10.4850 - 11.0150
24	11.280	11.0150 - 11.5450

マルチバンドの画像では、各バンドのデータ間に相関が高く、前述のフォールスカラー画像では多様な色調で表現することができない。一方、主成分分析により、原画像に含まれていた情報のほとんどを仮想的な少数のバンドで表すこと（データの圧縮）ができ、主成分分析処理を行った画像では色彩は多様になる。ただし、その色による対象物の推定が難しいという問題がある。無相関ストレッチ処理とは、主成分分析により得られた新しいバンドがお互いに無相関であるという性質を保存しつつ、なるべくもとの色づけに近い色付けをしようとするものである。Kahle et al. (1983)では、TIMS (Thermal Infrared Multispectral Scanner) のデータから作成した無相関ストレッチ画像により、珪化岩、粘土化岩および炭酸塩岩を識別している。

*4) ログレジデュアル

ログレジデュアル法は、対象範囲の平均値による正規化手法であり、観測値から放射率に類似したパターンに変換するものである。その概要を以下に示す。

熱赤外域において、センサで観測される放射輝度が、地表物質の放射率、黒体放射輝度、大気の影響（透過率等）の3者の積の形で表されると仮定する。すなわち、ピクセル i のバンド λ における観測値を $X_{i\lambda}$ とすると、

$$X_{i\lambda} = \varepsilon_{i\lambda} \cdot B_i(T) \cdot I_\lambda \quad (1)$$

との関係が成り立つと仮定する。 $\varepsilon_{i\lambda}$ はピクセル i に対応する地表面のバンド λ における放射率を表す。 $B_i(T)$ はピクセル i の地表面の温度 T での黒体放射輝度を示し、波長（バンド）には依存しないと仮定する。 I_λ はバンド λ における大気の影響を表し、ひとつのバンドでは画像中のどの位置でも一定と仮定する。ここで、各バンドのピクセル数を M 、バンド数を N とし、 $X_{i\lambda}$ および $\varepsilon_{i\lambda}$ について λ および i 方向での幾何平均を求めると、(1)式から次式のような関係が導かれる。

$$(X_{i\lambda}/X_{i.}) / (X_{.\lambda}/X_{..}) = (\varepsilon_{i\lambda}/\varepsilon_{i.}) / (\varepsilon_{.\lambda}/\varepsilon_{..}) \quad (2)$$

(2)式の左辺は各ピクセルの観測値とその幾何平均からなり、右辺は放射率に関する項のみからなる。すなわち、幾何平均による正規化によって、理論的には地表面の温度や大気の影響を除去できることになる。ここで、(2)式の右辺を見掛けの放射率 ε' とすると、 ε' は次式で求めることができる。

$$\log \varepsilon' = \log X_{i\lambda} - \log X_{i.} - \log X_{.\lambda} + \log X_{..} \quad (3)$$

ここで、

$$X_{i.} = \left(\prod_{\lambda} X_{i\lambda} \right)^{1/N}$$

$$X_{.\lambda} = \left(\prod_i X_{i\lambda} \right)^{1/M}$$

$$X_{i\lambda} = \left(\prod_{i=1}^M \prod_{\lambda=1}^N X_{i\lambda} \right)^{1/MN}$$

である (山口ほか, 1989)。

1-2-5 スペクトルデータ

画像作成におけるバンド選定に当たり、参照データとして主要な岩石の放射スペクトル及び鉱物の反射スペクトルを求めた。使用したデータセットは **MMAJ Spectral Database Ver.3.0** および **JPL (NASA ジェット推進研究所) Spectral Library** であり、各バンドのスペクトルは **Table 2-1-4** に示す波長帯の値を単純平均して求めた。岩石および鉱物試料の分光スペクトルを **Fig. 2-1-8** に示す。

- ・ 短波長赤外域では、硫酸塩鉱物および粘土鉱物はバンド 13, 14, 15 で吸収 (反射率の低下) が見られる (**Fig. 2-1-8**)。よって、粘土鉱物による変質帯の抽出を目的として、バンド 11/13, 11/14, 11/15 の比演算画像、バンド 12, 13, 14 および 14, 15, 16 を組み合わせた無相関ストレッチ画像を作成した。
- ・ 熱赤外域では、岩石の SiO₂ 含有量により吸収帯が変化されると言われる (金属鉱業事業団, 2000)。珪化岩ではバンド 20 で吸収が見られる (**Fig. 2-1-8**)。よって、珪化岩を抽出する目的で、バンド 20, 22, 24 を組み合わせたログレジデュアル画像および無相関ストレッチ画像を作成した。

1-2-6 作成された画像の特徴

セロ・コロラド地区を例にとり、作成された各画像の色調の特徴について以下に述べる。

- ① 可視近赤外域～短波長赤外域のフォールスカラー画像 (バンド 1-2, 7-10, 11-18)
地質図と比較すると、堆積岩が分布する部分は青緑色～灰青系色を示し、安山岩類や花崗岩類は青緑系色を呈している。また、変質帯は白色で表現されている。
- ② 短波長赤外域の比演算画像 (バンド 11/13, 11/14, 11/15)
堆積岩は濃青系色、安山岩類や花崗岩類は青緑色～黄系色を呈している。また、変質帯は明るい水色で表現されている。
- ③ 短波長赤外域の無相関ストレッチ画像 (バンド 12, 13, 14)
変質帯のうち、セリサイトに富む部分は黄色、カオリンと明ばん石に富む部分は赤色～橙色を呈している。これらの鉱物の当該バンドにおけるスペクトルパターンを見ると、これらの色調で表現されることは理解できる。

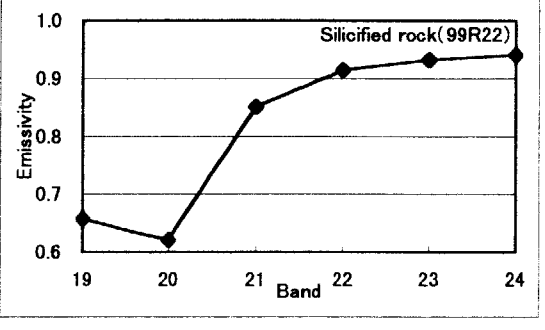
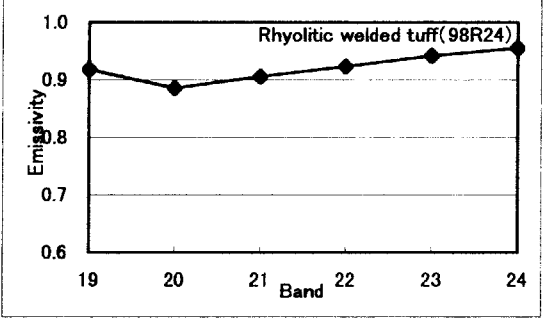
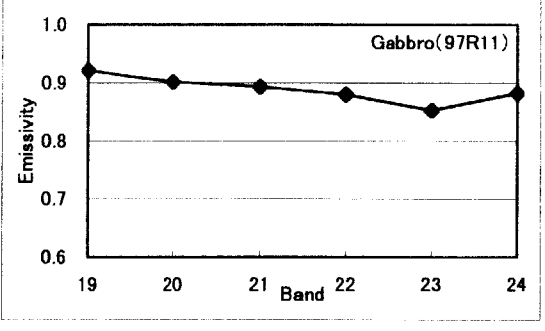
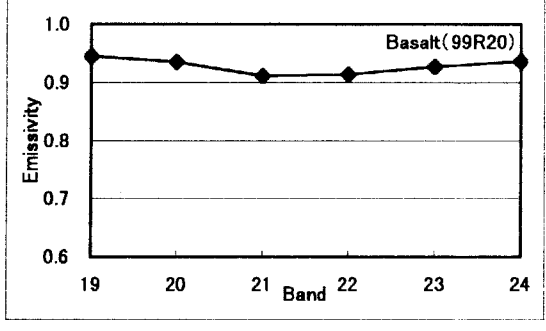
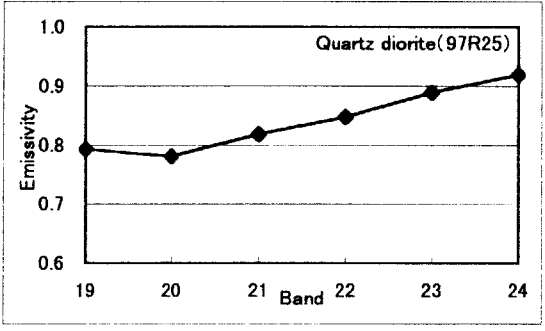
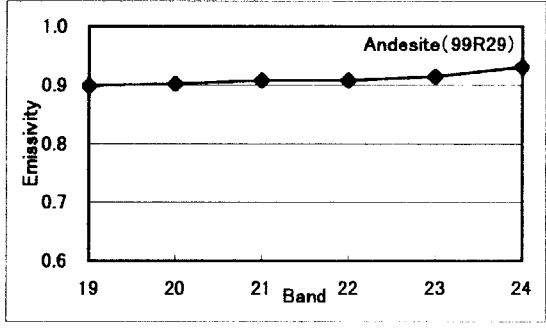
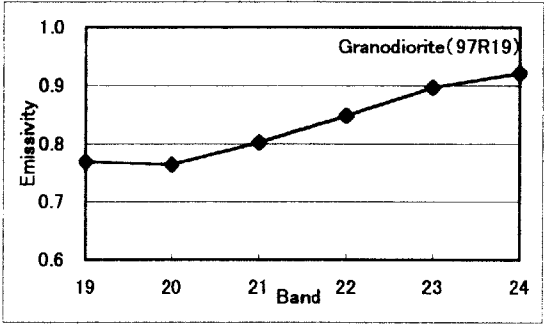
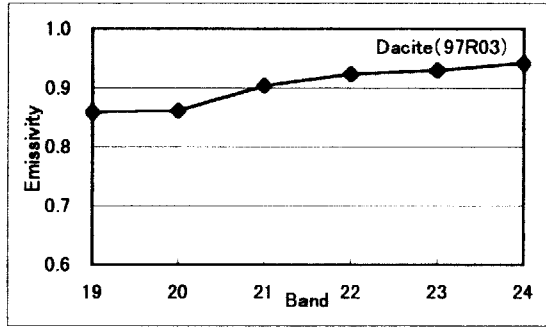
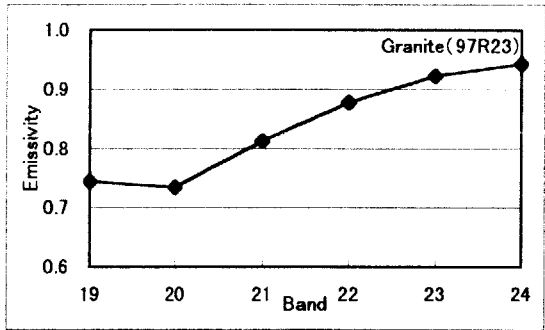
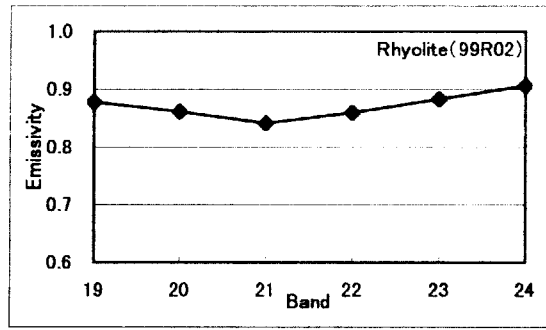


Fig. 2-1-8 Reflectance - Emissivity of rock and mineral samples (1)

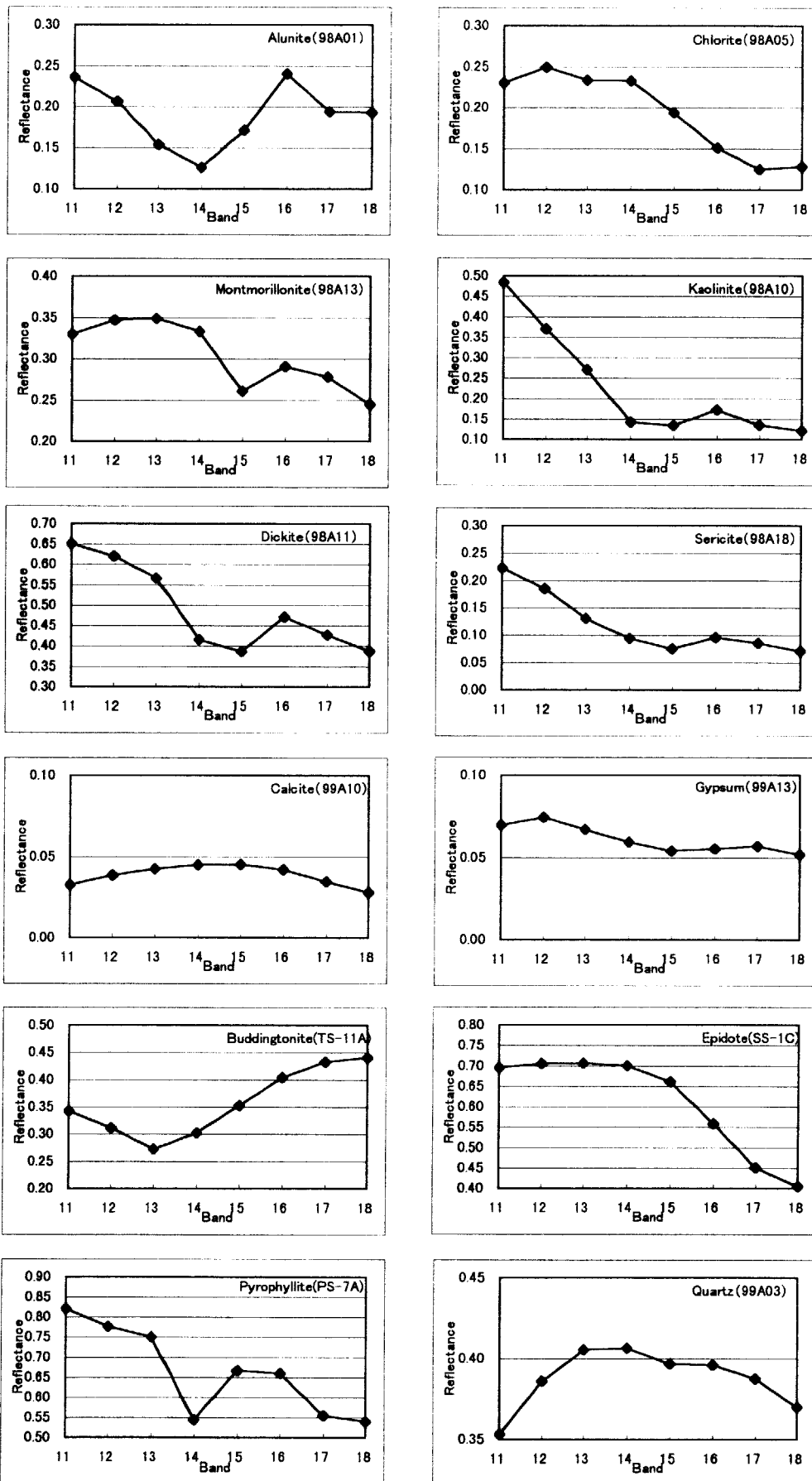


Fig. 2-1-8 Reflectance - Emissivity of rock and mineral samples (2)

④ 短波長赤外域の無相関ストレッチ画像 (バンド 14, 15, 16)

前記セリサイトやカオリンなどに富む変質帯は濃青色を示している。また、スメクタイトに富むと推定される部分は赤紫色を呈している。

⑤ 熱赤外域のログレジデュアル画像 (バンド 20, 22, 24)

珪質岩は緑青系色を示している。

⑥ 熱赤外域の無相関ストレッチ画像 (バンド 20, 22, 24)

珪質岩は明るい青緑色を示している。

なお、短波長赤外域比演算画像、短波長赤外域無相関ストレッチ画像 (バンド 12,13,14 及び 14,15,16) と、熱赤外域ログレジデュアル画像・無相関ストレッチ画像から抽出された変質帯と、フォルスカラー画像から抽出された変質帯とを比較すると、前者での変質帯が後者に比べかなり広範囲に抽出されている。この原因としては、変質鉱物そのものが脆弱なため、風・水などの自然現象によって変質帯の周辺に拡散し、これらの部分も画像上で変質帯と同様に反応しているためと考えられる。

1-2-7 画像の判読・解析

各地区の判読図は別添図(PL. 6~11)に示した。

判読範囲の地質層序は Table 1-3-1 に、また、判読・解析結果の総括表は Table 2-1-5 に示した。

各地区ごとの地質単元、地質構造要素及び変質帯の判読・解析結果を以下に述べる。

(1) Tignamar 地区

1) 地質単元

本地区の地質単元は、古生代の準片岩類(単元 ; Pz), 白亜紀の火山岩類(単元 ; K₂), 第三紀の火山砕屑岩類(単元 ; Ti₃ 及び Ti₄), 第四紀の未固結堆積物(単元 ; Qal 及び Qtl)及び貫入岩類(単元 ; Tgd)から構成される。

これらの単元は概ね次のように分布する。

単元 Qal : 主要な河川沿い

単元 Qtl : 中央部及び北東部の河川沿い

単元 Ti₄ : 南西部

単元 Ti₃ : 北西部 (1km×1km 規模の楕円形)

単元 K_2 : ほぼ全域

単元 Pz : 北東部 (概ね $2\text{km} \times 7\text{km}$ の規模で $NNE-SSW$ 方向に帯状分布)

単元 Tgd : 中央部($0.5 \times 2\text{km}$ 程度の規模)

各単元の特徴と、既存地質図との対比は **Table 2-1-6** に示したとおりである。

2) 地質構造要素抽出

(イ) リニアメント・断層

本地区でのリニアメント判読基準としては、次の 4 要素が挙げられる。

- ① 河川の流路が著しく屈曲する場合
- ② 山腹斜面や地形の傾斜変換点が直線的に連続する場合
- ③ 河川の流路が著しく直線状を示す場合
- ④ 色調差を示す直線状の線状模様

本地区から抽出されたリニアメントは合計 58 本である。これらのリニアメントの殆どは単元 K_2 中に分布する(単元 Ti_3 及び Ti_4 中には 3 本のみ)。最大のリニアメントは単元 Pz と単元 K_2 の境界部に認められ、 $NNE-SSW$ 方向に長さ 8km 程度を有す。このほか、長さ 5km 内外のものが 3 本あり、これら以外のは長さ $1 \sim 2\text{km}$ 程度である。方向性は、 $NE-SW$ 系とこれに直交ないし斜交する $NNW-SSE$ 及び $NW-SE$ 系が卓越し、北部中央域から中央西部域にかけてリニアメント分布の高密度域が認められる。

(ロ) 褶曲

本地区には褶曲構造が認められない。

(ハ) 環状構造・カルデラ構造・ドーム構造

本地区には、北東部の単元 $K2$ 内に唯一直径 1km 程度の半環状構造が認められる。この部分の単元 $K2$ の色調は、他の地域とは若干異なった淡青色を呈している。周囲の地層には顕著な層理の発達が見られない。従って、背斜構造の頂部を示唆する環状構造とは考え難く、 $K2$ 単元の下部に貫入岩が潜在する可能性が考えられる。これ以外には環状構造・カルデラ構造・ドーム構造が認められない。

3) 変質帯

Geoscan フォールスカラー画像上からは、**PL. 6-A** 図に示すように全体で 53 箇所の変質帯が抽出された。これらの変質帯のうち、48 箇所は単元 $K2$ 中に、5 箇所は単元 Ti_4 中に認められる。変質帯分布の高密度域は、中央西部域(単元 K_2 中)と、南西端部(単元 Ti_4 中)に存

在し、前者での変質帯は最大規模 $0.5 \times 1.0 \text{ km}$ 程度を有し、 $5 \text{ km} \times 8 \text{ km}$ の範囲に散在している。後者での変質帯は $0.3 \times 1.9 \text{ km}$ 程度の規模を有し、 $3 \text{ km} \times 4 \text{ km}$ の範囲にまとまって分布する。

一方、短波長赤外域の比演算画像、短波長赤外域の無相関ストレッチ画像(バンド 12,13,14 と 14,15,16)及び熱赤外域のログレジデュアル画像・無相関ストレッチ画像から抽出された変質帯は、PL. 6-B に示すようにフォールスカラー画像から抽出された変質帯とほぼ同様な分布を示す。変質鉱物としてはセリサイトが普遍的に認められ、スメクタイトが中央部に、カオリン・明礬石が北東端部、中央西部及び南西部に認められる。これらのうち南西部に認められたカオリン・明礬石帯には熱赤外域のログレジデュアル画像上で珪質岩を示唆する特徴的な緑青色を呈する部分が認められ、カオリン・明礬石の存在と考え合わせると珪化変質帯の可能性が挙げられる。なお、リニアメントと変質帯の分布には直接的な関係がみられない。

(2) Palca 地区

1) 地質単元

本地区では、Geoscan フォールスカラー画像上の山稜形態及び層理の追跡から、地層の累重関係が比較的容易に把握される。

本地区の地質単元は、第三紀の火山岩類に対比される単元 Tv 及び第四紀の未固結堆積物に対比される単元 Q に 2 大別される。さらに単元 Tv は下位から Tva, Tvb1, Tvb2, Tvc に、また、単元 Q は Qs, Qf, Qtl, Qal にそれぞれ細分される。これらのうち、単元 Tvb1 が最も広範囲に分布し、火山岩類から構成される。単元 Tvb2 は単元 Tvb1 に挟在するイグニンプライトと推定される。

各単元の特徴と、既存地質図との対比は Table 2-1-7 に示したとおりである。

2) 地質構造要素抽出

(1) リニアメント・断層

本地区でのリニアメント判読基準としては、次の 3 要素が挙げられる。

- ① 河川の流路が著しく屈曲する場合
- ② 河川の流路が直線状を示す場合
- ③ 色調差を示す直線状の線状模様

本地区から抽出されたリニアメントは合計 20 本である。これらのリニアメントは単元 Tvb1, Tvb2 及び後述する単元 A (変質帯) にみられるが、リニアメントの長さは 3 km 未満であり、いずれも連続性に乏しい。

(ロ) 褶曲

Geoscan フォールスカラー画像上から認識される層理の追跡から、本地区北部寄りの **Quebrada Limpire** 沢(**Cerro Libunuma** 山の北側)沿いに **NW-SE** 方向の軸をもつ1つの緩傾斜を示す背斜構造が推定された。

(ハ) 環状構造・カルデラ構造・ドーム構造

Geoscan フォールスカラー画像上の山稜形態及び層理面の存在から、本地区は火山岩類の発達域であることが容易に認識される。

現象としては、**Cerro Colorado** 山などのように円錐形を示す山稜が多くみられ、それぞれが火山活動の中心である可能性が高い。そこでは成層型及びドーム型の火山がみられるが、溶岩ドームの存在は少ない。また、本地区中央部の **Quebrada de Tana o Camiña** とその支流、及び **Quebrada Maimaja** 沢とその支流には、火山活動に規制されて形成された環状水系が判読される。しかし、本地区では地下深部の貫入岩類に起因するような環状構造はみられない。なお、本地区最高峰の **Cerro Guaichane** 山(標高 **4,686m**)の山頂部には半円形を示す滑落崖がみられ、小規模の陥没構造が推定される。この現象は火山活動の中心部を示唆していると考えられるが、大規模のカルデラ構造は認められない。

3) 変質帯

Geoscan フォールスカラー画像上から抽出された変質帯は、**PL. 7-A** に示すように各所に、かつ、広範囲に及んでいる。

変質帯(単元 **A**)は、単元 **Tva**, **Tvb1**, **Tvc** を母岩としているが、単元 **Tvb1** 中に最も多く、かつ、広く分布している。本地区中央部に分布する単元 **Tvb1** 中の変質帯は、上部を同じ単元(**Tvb1**)の一部に覆われている。**PL. 7-A** に示した変質帯は露頭部分のみを示しているが、変質帯の大半は崖錐堆積物(単元 **Qtl**)の一部となっており、分布上はこの単元 **Qtl** によって覆われていることが多い。変質帯と抽出されたリニアメントには特別な関係はみられない。変質帯(単元 **A**)の写真的・地形的特徴は **Table 2-1-5** に示したとおりである。

また、変質帯(単元 **A**)は、層位的・分布面の類似性から **25** 個にグルーピングされる。

一方、短波長赤外域の比演算画像、短波長赤外域の無相関ストレッチ画像(バンド **12,13,14** と **14,15,16**)及び熱赤外域のログレジデュアル画像・無相関ストレッチ画像から抽出された変質帯は、**PL. 7-B** に示すようにフォールスカラー画像から抽出された変質帯とほぼ同様な分布を示す。変質鉱物としてはセリサイトが普遍的に認められ、次いでスメクタイト、さらにカオリン・明礬石及び混合粘土鉱物の順に抽出されている。これらのうち、本地区中央部及び南西部に認められたカオリン・明礬石帯には、熱赤外域のログレジデュアル画像上で珪質岩を示唆する特徴的な緑青色を呈する部分が認められ、カオリン・明礬石の存在と考え合わせると珪化変質帯の可能性がある。この珪化変質帯は中央部では **2** 箇所、南西部に **1** 箇所

みられ、いずれも 0.3km×0.3km 未満の範囲に限られる。

本地区の変質帯は、上述のとおり単元 **Tva**, **Tvb1**, **Tvc** を母岩とする比較的新期の火山活動の旺盛な地域に属していること及び火山活動の中心部周辺に分布していることから、新期地熱地帯にみられる変質の可能性が考えられる。

(3) Mocha-Queen Elizabeth 地区

1) 地質単元

本地区の地質単元は、ジュラ紀の火山岩類・堆積岩類(単元；**Js₁**,**Js_{1s}**)、白亜紀の火山岩類・堆積岩類(単元；**K1**,**K₂**)、第三紀の火山砕屑岩類(単元；**Ti₁**,**Ti₂**,**Ti₃**,**Ti₄**,**Ti_{4w}**)、第四紀の未固結堆積物(単元；**Qal**, **Qtl**)及び貫入岩類(単元；**Kg**,**Kp**, **d**)から構成される。

これらの単元は概ね次のように分布する。

単元 **Qal**：主要な河川沿い

単元 **Qtl**：中央部から東部の山麓及び丘陵地

単元 **Ti₄**：中央部から西部に亘る山頂部

単元 **Ti₃**：中央部から西部

単元 **Ti₂**：西部の山腹

単元 **Ti₁**：西部の山腹

単元 **K₂**：北東部の河川沿い

単元 **K₁**：東部から西部の河川沿い

単元 **Js₁**：中央部の河川沿い及び山腹

単元 **Js_{1s}**：中央部の山頂部

単元 **Kp**：南東部 { 3 km×3km+α }

単元 **Kg**：南東部の山間部及び西部の河川沿い

単元 **d**：東部の山腹

各単元の特徴と、既存地質図との対比は **Table 2-1-8** に示したとおりである。

2) 地質構造要素抽出

(イ) リニアメント・断層

本地区でのリニアメント判読基準としては、次の 4 要素が挙げられる。

- ① 河川の流路が著しく屈曲する場合
- ② 山腹斜面や地形の傾斜変換点が直線的に連続する場合
- ③ 河川の流路が著しく直線状を示す場合
- ④ 色調差を示す直線状の線状模様

本地区から抽出されたリニアメントは合計 145 本である。これらのリニアメントのほとんどは単元 Kg , K_1 , Js_1 及び Js_{1S} にみられ、他の単元では Ti_4 中に 4 本、 Ti_{4S} 中に 1 本、 Tv 中に 6 本判読されるのみである。リニアメントの長さは、最大のもは東部の Tv , Qtl 及び Qal 中に認められる N-S 方向及び NNE-SSW 方向の 2 本で 10km に及ぶ。このほか 3~5km 程度のものが 13 本あり、これら以外のものは 0.5~2km 程度である。これらのリニアメントの連続性には地域的な特徴があり、中央部から東部に至る一帯では比較的連続性に富むが、中央部から西部に至る一帯では連続性に乏しい。このことは、中央部から西部に至る一帯が、単元 Ti_3 及び Ti_4 に広く覆われているためと考えられる。

比較的連続性に富むリニアメントの方向性は、NW-SE 系、NNE-SSW 系及び NE-SW 系が卓越し、中央南部にリニアメント分布の比較的高密度域が認められる。連続性に乏しいリニアメントは多方向を示して発達する。

(ロ) 褶曲

中央南部の単元 Js_1 及び Js_{1S} の発達域に背斜構造が 1 箇所、向斜構造が 2 箇所判読される。これらの褶曲軸はいずれも N-S 方向を示す。

(ハ) 環状構造・カルデラ構造・ドーム構造

環状構造：本地区西部の単元 Kg 内に直径 0.5km 程度の環状構造が認められる。この部分の単元 Kg の色調は、他の地域とは若干異なった淡灰色を呈し、周囲に若干の窪みを示す環状の水系が発達する。この地域は Mocha 鉱徴地の南東部に位置し、Soledad 鉱徴地と一致する。

ドーム構造：本地区南東部に 3km×3km 程度の円頂丘が判読される。地質単元では Kp に当たり周囲の地層に比較し円みを帯びたなだらかな地形を示す。この地域は Queen Elizabeth 鉱徴地に一致し、画像上でもボーリング探鉱の形跡が明瞭に認められる。

3) 変質帯

Geoscan フォールスカラー画像上からは、PL. 8-A に示すように全体で 90 箇所の変質帯が抽出された。これらの変質帯のうち、49 箇所は単元 Kg 中に、30 箇所は単元 Js_1 中に認められる。その他では、 Tv 中に 7 箇所、 Ti_3 中に 2 箇所、 Js_{1S} 中に 1 箇所、 Ti_{4w} 中に 1 箇所それぞれ認められる。

比較的まとまった変質帯分布高密度域としては、東部で No. 1~3 の 3 地域（単元 Tv , Kg , Js_1 中）、中央部で No. 4~6 の 3 地域（単元 Kg_2 地域、 Js_1 , Js_{1S} , Kg 中 1 地域）、西部で No. 7 の 1 地域（単元 Kg ）認められる。これらの地域の特徴は、

No. 1：範囲 6km×1km, 変質帯 3 箇所, 最大規模 2km×0.8km

No. 2：範囲 2km×5km, 変質帯 11 箇所, 最大規模 0.6km×0.3km

No. 3 : 範囲 4km×4km, 変質帯 11 箇所, 最大規模 1.8km×0.3km

No. 4 : 範囲 1km×2.5km, 変質帯 3 箇所, 最大規模 0.8km×0.8km

No. 5 : 範囲 1.5km×2.5km, 変質帯 14 箇所, 最大規模 0.7km×0.3km

No. 6 : 範囲 4km×3.5km, 変質帯 12 箇所, 最大規模 0.7km×0.3km

No. 7 : 範囲 4km×2 km, 変質帯 15 箇所, 最大規模 0.6km×0.4km

これらの地域のうち, No. 3 は Queen Elizabeth, また, No. 7 は Mocha の各鉱徴地若しくはその近傍に一致している。

一方, 短波長赤外域の比演算画像, 短波長赤外域の無相関ストレッチ画像(バンド 12,13,14 と 14,15,16)及び熱赤外域のログレジデュアル画像・無相関ストレッチ画像から判読された変質分帯図では, PL. 8-B に示すように, フォールスカラー画像から抽出された変質帯以外の変質帯が各所に抽出されている。変質鉱物としては, セリサイトが東部の独立した範囲を除いてほぼ全域に認められ, スメクタイトが中央部, 中央北部及び東部に, カオリン・明礬石が東部に認められる。これらのうち東部に認められたカオリン・明礬石変質帯及び混合層粘土化変質帯には熱赤外域のログレジデュアル画像上で珪質岩を示唆する特徴的な緑青色を呈する部分が認められ, カオリン・明礬石あるいは混合層粘土化変質帯の存在と考え合わせると珪化変質帯の可能性がある。なお, リニアメントと変質帯の分布には直接的な関係がみられない。

(4) Cerro Colorado 地区

1) 地質単元

本地区の地質単元は, 白亜紀の火山岩類(単元; K_1), 第三紀の火山砕屑岩類(単元; Ti_3 及び Ti_4), 第四紀の未固結堆積物(単元; Qal)及び白亜紀後期～第三紀前期の貫入岩類(単元; Kg)から構成される。

これらの単元は概ね次のように分布する。

単元 Qal : 主要な河川沿い

単元 Ti_4 : 主として東部側で, 単元 Ti_3 の地形的上位

単元 Ti_3 : 西端部, 中央北部及び南東部

単元 K_1 : 中央部

単元 Kg : 6 岩体として孤立分布, 規模は北西部のものが 2km×3km 程度, 中央部及び南西端部のものが 3km×1.5km 程度, 中央東部のものは 0.2km×0.2km 及び 0.5km×0.5km 程度。これらのほかに, 西部中央に 0.5km×0.5km 程度の岩体がある。

各単元の特徴と, 既存地質図との対比は Table 2-1-9 に示したとおりである。

2) 地質構造要素抽出

(イ) リニアメント・断層

本地区でのリニアメント判読基準としては、主として、次の3要素が挙げられる。

- ① 河川の流路が著しく屈曲する場合
- ② 山腹斜面や地形の傾斜変換点が直線的に連続する場合
- ③ 河川の流路が著しく直線状を示す場合

本地区から抽出されたリニアメントは合計 52 本である。これらのリニアメントのほとんどは単元 K_1 及び単元 K_g が分布する中央部に認められる。最も連続性に富むリニアメントは、南西部に分布する単元 K_1 及び単元 Ti_4 中に NW-SE 方向に発達するもので、長さ 2.5km を有す。リニアメントの方向性は NNW-SSE 系、N-S 系及び NW-SE 系が卓越し、中央部には 5 条の E-W 系が認められる。

(ロ) 褶曲

本地区には褶曲構造が認められない。

(ハ) 環状構造・カルデラ構造・ドーム構造

本地区には環状構造・カルデラ構造・ドーム構造が認められない。

3) 変質帯

Geoscan フォールスカラー画像上からは、PL. 9-A に示すように全体で 51 箇所の変質帯が抽出された。これらの変質帯のうち、46 箇所は単元 K_1 中に、5 箇所は単元 Ti_3 中に認められる。変質帯の高密度域は、概ね次の 4 箇所に認められる。

- ① 北西部(2 箇所の変質帯；最大 0.6km×0.1km)
- ② 中央部(21 箇所の変質帯；最大 0.2km×0.2km)
- ③ 東部(23 箇所の変質帯；最大 0.9km×0.5km)
- ④ 南西部(5 箇所の変質帯；最大 0.2km×0.1km)

一方、短波長赤外域の比演算画像、短波長赤外域の無相関ストレッチ画像(バンド 12,13,14 と 14,15,16)及び熱赤外域のログレジデュアル画像・無相関ストレッチ画像から抽出された変質帯は、PL. 9-B に示すようにフォールスカラー画像から抽出された変質帯とほぼ同様な分布を示す。変質鉱物としては、セリサイトが普遍的に認められ、東部には、セリサイト帯中にカオリン・明礬石が 2 箇所認められる。これらのカオリン・明礬石帯にはそれぞれ熱赤外域のログレジデュアル画像上で珪質岩を示唆する特徴的な緑青色を呈する部分が認めら

れ、カオリン・明礬石の存在と考え合わせると珪化変質帯の可能性が挙げられる。本地区にはスメクタイト帯が認められない。なお、リニアメントの高密度域と変質帯の高密度域はよく調和している。

(5) Copaquiri 地区

1) 地質単元

本地区の地質単元は、古生代の準片岩類(単元; Pz), ジュラ紀の堆積岩類(単元 Js₁ 及び Js₂), 白亜紀の火山岩類(単元; K₁), 第三紀の堆積岩類(単元; Tt), 第四紀の未固結堆積物(単元; Qal)及び古生代～第三紀の貫入岩類(単元; Pzg, Kg, Tgd, Tg)から構成される。

これらの単元は概ね次のように分布する。

単元 Qal: 主要な河川沿い

単元 Tt: 主として東部側で, 単元 Ti3 の地形的上位

単元 K₁: 西端部, 中央北部及び南東部

単元 Js₂: 他の単元を除くほぼ全域

単元 Js₁: 南部中央

単元 Pz: 南東部に約 5.5km の幅をもって NNE-SSE 方向で帯状分布

単元 Tg: N-S ないしは NNE-SSW 方向の 7 岩体として孤立分布。北部中央に分布するものが最大で約 3.5km×12km の規模を有する。

単元 Tgd: 北西部に 7km×1.2km の規模で ENE-WSW 方向に分布

単元 Kg: 東部に約 3km の幅をもって N-S 方向で帯状に分布

単元 Pzg: 南東部に 4km×7km と 2km×1.2km 及び 0.5km×0.5km の 3 岩体として孤立して分布各単元の特徴と, 既存地質図との対比は Table 2-1-10 に示したとおりである。

2) 地質構造要素抽出

(i) リニアメント・断層

本地区でのリニアメント判読基準としては, 主として次の 6 要素が挙げられる。

- ① 河川の流路が著しく屈曲する場合
- ② 山腹斜面や地形の傾斜変換点が直線的に連続する場合
- ③ 河川の流路が著しく直線状を示す場合
- ④ 直線的な広い谷
- ⑤ 特定方向に平行する地形の存在

本地区から抽出されたリニアメントは合計 86 本である。これらのリニアメントは概ね次

の6箇所のリニアメント分布高密度域としてまとめられる。なお、E-W系のリニアメントは連続性に富むものが多い。

- (i) 東部 (29本のリニアメント群からなる。卓越方向はNNW-SSE系及びNW-SE系, 最大延長**6.5km**)
- (ii) 中央部 (27本のリニアメント群からなる。卓越方向はNW-SE系, NNE-SSW系及びE-W系, 最大延長**6.5km**)
- (iii) 南西部 (11本のリニアメント群からなる。卓越方向はWNW-ESE系, 最大延長**1.5km**)
- (iv) 南西端部 (8本のリニアメント群からなる。卓越方向はNNW-SSE系, 最大延長**1.0km**)
- (v) 南部中央域 (7本のリニアメント群からなる。卓越方向はNNE-SSW系, 最大延長**0.6km**)
- (vi) 南東端部域 (4本のリニアメント群からなる。全てNE-SW系, 最大延長**0.5km**)

(ロ) 褶曲

本地区には褶曲構造が認められない。

(ハ) 環状構造・カルデラ構造・ドーム構造

本地区には環状構造・カルデラ構造・ドーム構造が認められない。

3) 変質帯

Geoscan フォールスカラー画像上からは、PL. 10-A に示すように全体で104箇所の変質帯が抽出された。これらの変質帯はほぼN-S方向に並列して分布し、概ね次の6つの変質帯分布高密度域に分けられる。

- (i) 東部(12km×5kmの範囲；37箇所の変質帯, 最大**0.8km×0.2km**)
- (ii) 西部(15km×6kmの範囲；41箇所の変質帯, 最大**0.7km×0.4km**)
- (iii) 北西端部(2.5km×1kmの範囲；6箇所の変質帯, 最大**0.4km×0.1km**)
- (iv) 南東部(6.5km×1.5kmの範囲；11箇所の変質帯, 最大**1.1km×0.5km**)
- (v) 南東端部(2.5km×1.5kmの範囲；2箇所の変質帯, 最大**0.4km×0.1km**)
- (vi) 南西端部(3.3km×5kmの範囲；7箇所の変質帯, 最大**3.0km×0.8km**)

一方、短波長赤外域の比演算画像、短波長赤外域の無相関ストレッチ画像(バンド12,13,14と14,15,16)及び熱赤外域のログレジデュアル画像・無相関ストレッチ画像から抽出された

変質帯は、PL. 10-B に示すようにフォールスカラー画像から抽出された変質帯とほぼ同様な分布を示す。ただし、北部中央に抽出されたセリサイト変質帯及び南東端部に抽出されたスメクタイト変質帯の範囲にはフォールスカラー画像上では変質帯が抽出されていない。変質鉱物としてはセリサイトが普遍的に認められ、混合層粘土鉱物が北東域及び西部中央域に、スメクタイトが東部及び南部に、カオリン・明礬石が西部中央域にそれぞれ認められる。これらのうち、カオリン・明礬石変質帯には熱赤外域のログレジデュアル画像上で珪質岩を示唆する特徴的な緑青色を呈する部分が認められ、カオリン・明礬石の存在と考え合わせると珪化変質帯の可能性が挙げられる。なお、リニアメントの高密度域と変質帯の高密度域は、調和的な分布を示す。

(6) Collahuasi 地区

1) 地質単元

本地区の地質単元は、古生代の準片岩類(単元 **Pz**, **Pzv**) ジュラ紀の火山岩類(単元 ; **Jkv**)、第四紀の未固結堆積物(単元 ; **Qal**)及び白亜紀～第三紀の貫入岩類(単元 ; **Kg**, **Tg**)から構成される。

これらの単元はおおむね次のように分布する。

単元 **Qal** : 主要な河川沿い

単元 **Jkv** : 主として東部側で、7箇所分散

単元 **Pz**, **Pzv** : ほぼ全域

単元 **Tg** : 中央北部の2箇所に孤立分布、規模はいずれも **0.4km×0.4km** 程度

単元 **Kg** : 南部と中央部、中央部のものは3箇所に孤立分布(最大規模 **2km×1.5km**)

各単元の特徴と、既存地質図との対比は **Table 2-1-11** に示したとおりである。

2) 地質構造要素抽出

(イ) リニアメント・断層

本地区でのリニアメント判読基準としては、主として次の3要素が挙げられる。

- ① 河川の流路が著しく屈曲する場合
- ② 山腹斜面や地形の傾斜変換点が直線的に連続する場合
- ③ 河川の流路が著しく直線状を示す場合
- ④ 特定方向に平行する地形の存在

本地区から抽出されたリニアメントは合計 **42** 本である。方向性は **NNE-SSW** 系及び **NW-SE** 系が卓越する。リニアメントの長さは、**NW-SE** 系では最大 **4.5km**、**NNE-SSW** 系

では最大が 8km である。これらのほかのリニアメントも長さ 2~3km と比較的連続性に富む。

(ロ) 褶曲

本地区には褶曲構造が認められない。

(ハ) 環状構造・カルデラ構造・ドーム構造

本地区には環状構造・カルデラ構造・ドーム構造が認められない。

3) 変質帯

Geoscan フォールスカラー画像上からは、PL. 11-A に示すように全体で 8 箇所の変質帯が中央部にまとまって抽出された。8 箇所の変質帯は、約 4.5km×4.5km の範囲に分布する。変質帯の最大規模は 2.0km×1.5km で、3.0km×0.7km のものがこれに次ぐ。

一方、短波長赤外域の比演算画像、短波長赤外域の無相関ストレッチ画像(バンド 12,13,14 と 14,15,16)及び熱赤外域のログレジデュアル画像・無相関ストレッチ画像から抽出された変質帯は、PL. 11-B に示すようにフォールスカラー画像から抽出された変質帯以外にも数多く存在する。ただし、これらの殆どはスメクタイト帯であり、セリサイト帯やカオリン・明礬石帯が認められない。変質鉱物としてはセリサイト帯、スメクタイト帯及びカオリン・明礬石帯が認められるが、フォールスカラー画像から抽出された変質帯はセリサイト、スメクタイト及びカオリン・明礬石の組み合わせからなる。これらの中のカオリン・明礬石帯には熱赤外域のログレジデュアル画像上で珪質岩を示唆する特徴的な緑青色を呈する部分が認められカオリン・明礬石の存在と考え合わせると珪化変質帯の可能性が挙げられる。なお、リニアメントの高密度域と変質帯の高密度域はよく調和している。

Table 2-1-5 Photogeological Interpretation of Geoscan Images (1)

Area (Name of Image)	Number of Potogeologic Unit	Kind of Image	Alteration zone				Lineament				Folding / Annular structure			
			Number	Wall Rock Formation	Arrangement Direction	Shape (extension direction)	Size (km x km)	Alteration Minerals	Number	Wall Rock Formation		Direction	Length (km)	Direction of Lineament near Alteration Zone
① Tignamar	8F Paleoz. sed : 1 C-T. volc : 1 Ter. int : 1 Ter. Volc : 1 T-Q. volc : 1 Q. sed : 1 Alt. Z : 1	8F	53	C-T. volc T-Q. volc		elliptic irregular N-S	max. 1.9 x 0.3, 1.0+ x 0.5		58	Paleoz. Sed C-T. volc Ter. int T-Q. volc Q. sed	N-S NW-SE WNW-ESE	0.3~8.0	WNW-ESE N-S	Annular str. K2, φ 1.0km
			69				max. 3.1 x 2.7	Ser Alu-Kao Smec Sili						
			153	T-Q. volc	N-S	elliptic irregular NW-SE	max. 6.1 x 2.7		18	T-Q. volc	N-S NW-SE NNW-SSE (NNE-SSW)	0.4~2.2	N-S NW-SE NNW-SSE (NNE-SSW)	
② Palca	T-Q. volc : 3 Q. sed : 4 Alt. Z : 1	RI DS TLR	130			elliptic, irregular N-S,E-W	max. 5.4 x 3.4	Ser Smec Alu-Kao Sili						
			90	Jur. sed Cret. volc C-T. volc C-T. int Ter. volc T-Q. volc	N-S	elliptic irregular N-S NW-SE (NW-SE)	max. 1.8 x 0.7		145	Jur. sed Cret. volc Cret. int Ter. volc T-Q. volc d	NW-SE N-S NNE-SSW NE-SW	0.2~1.1	NW-SE N-S	Annular str. Kg, φ 0.5km Anticlinal str. with N-S axis in Js1 & Js1s Synclinal str. with N-S axis in Js1 & Js1s x 2
③ Mocha- Queen Elizabeth	C-T. int : 3 Jur. Sed, volc : 2 Cret. sed : 1 Cret. volc : 1 Ter. vol : 6 Q. sed : 2 d. : 1 Alt. Z : 1	RI DS TLR	275		N-S NW-SE NE-SW	elliptic, irregular N-S NW-SE NE-SW, E-W	max. 3.1 x 1.9	Ser Smec Alu-Kao Sili mixed						

Table 2-1-5 Photogeological Interpretation of Geoscan Images (2)

Area (Name of Image)	Number of Potogeologic Unit	Kind of Image	Alteration zone				Lineament				Folding / Annular structure			
			Number	Wall Rock Formation	Arrangement Direction	Shape (extension direction)	Size (km X km)	Alteration Minerals	Number	Wall Rock Formation		Direction	Length (km)	Direction of Lineament near Alteration Zone
④ Cerro Colorado	6 Cret., int./volc 2 T-Q, volc/sed: 2 Q, sed: 1 Alt. Z.: 1	6 F	54	Cret. int. Cret. volc T-Q, sed	NNW-SSE N-S E-W	elliptic, irregular NNW-SSE, N-S, (E-W)	max. 0.9 x 0.6		52	Cret. int. Cret. volc T-Q, sed Q, sed	N-S NW-SE ENE-WSW (NE-SW)	0.2~2.6	N-S NNW-SSE NW-SE (NE-SW)	none
			67		NNW-SSE E-W	elliptic, irregular NNW-SSE, N-S, (E-W)	max. 1.3 x 1.1, 1.7 x 0.9	Ser Alu-Kao Sili						
			104	Paleoz. int. Paleoz. sed Jur. sed Cret. int Ter. int Ter. volc	N-S NW-SE E-W	N-S NNW-SSE, N-S (E-W) NNE-SSW E-W, N-S, NW-SE, NE-SW E-W	max. 2.9 x 0.8 max. 9.0 x 5.0		86	Paleoz. int. Paleoz. sed Jur. sed Cret. int Ter. int Ter. volc Q, sed	N-S NW-SE NE-SW E-W NNE-SSW	0.3~7.5	NW-SE N-S NE-SW	none
⑤ Copaqiuri	11 Paleoz. int: 1 Paleoz. sed : Jur. sed : 2 C-T, volc : 1 Ter. int : 2 Ter. volc : 1 Q, sed : 1 dyke : 1 Alt. z. : 1	107 RI DS TLR	107					Ser, Smec, Alu-Kao, Sili, mixed						
			12	C-T, int Jur. sed O-T, int:	N-S	irregular	max. 2.2 x 1.7		42	C-T, int Jur. sed C-T, int: Q, sed:	N-S NNW-SSE NW-SE NNE-SSW	0.7~7.7	NW-SE NNE-SSW N-E	none
			30			elliptic, irregular N-S NW-SE	max. 4.5+ x 3.5+	Ser Smec Alu-Kao Sili						
⑥ Collahuasi	6 C-T, int: 1 Jur. sed: 1 C-T, int: 1 Ter. int: 1 Q, sed: 1 Alt. Z 1	6 F												

RI : Ratio Image, DS : Decorrelation Stretched Image, TLR : Thermal Logarithmic Residual Image

Abbrev. P=Paleozoic, J=Jurassic, Cret=Cretaceous, T=tertiary, Q=quaternary, A=Alteration, volc=volcanics, sed=sedimentary rocks, int=intrusive, gr=granitic rock, str=structure, Alt. Z =Alteration Zone

Table 2-1-6 Characteristics of Photo-geologic Units of the Tignamar Area

Unit	Photo-Characteristics		Morphologic Expression					Superficial Cover		Probable Lithology (Correlation with available Geologic Map)
	Tone	Texture	Drainage		Rock Resistance	Section	Bedding	Vegetation	Cultivation	
			Pattern	Density						
Qal	pale brown	very fine	meandering	very low	very low		none	partly	partly	Unconsolidated sediments composed of gravel, sand, silt and clay (Alluvium)
Qtl	pale brown	fine	parallel	low	low		none	none	none	Talus deposits
T ₁	pale brown	medium	sub-dendritic	medium	high-medium		very gentle	none	none	Sedimentary rocks Imagua member : (Pliocene to Pleistocene : Sandstone and conglomerate)
T ₂	gray	rough	parallel	low-medium	high-medium		very gentle	none	none	Pyroclastic rocks (Pliocene to Pleistocene : Tombillo member : Ignimbrite)
K ₂	blueish gray	medium	parallel	medium	medium		partly	none	none	Volcanic rocks (Late Cretaceous to Early Tertiary : Rhyolitic to dacitic lava and tuffs)
Pz	brown	coarse	sub-parallel	high	medium		unknown	none	none	Meta Sedimentary rocks and volcanic rocks (Carboniferous to Permian : Colihuasi Formation, Micaceous schist, gneiss, phyllite, quartzite intercalated with dacitic to andesitic volcanic rocks)
Tgd	gray	rough	sub-rectangular	medium	high		none	none	none	Igneous rocks (Tertiary : Quartz diorite)
A	light gray	fine	sub-dendritic	low	low		none	none	none	Alteration Zone (Hydrothermal alteration zone)

Table 2-1-7 Characteristics of Photogeologic Units of the Palca Area

Unit	Photo-Characteristics		Morphologic Expression					Superficial Cover		Probable Lithology (Correlation with available Geologic Map)
	Tone	Texture	Drainage		Rock Resistance	Section	Bedding	Vegetation	Cultivation	
			Pattern	Density						
Qal	white, light gray	very fine	meandering	low	very low		none	partly	none	Unconsolidated sediments composed of gravel, sand, silt and clay (Alluvium)
Qtl	white, gray	very fine	sub-parallel, distributary	high	very low		rare	none	none	Talus deposits
Qf	blueish gray	fine	distributary	medium	very low		rare	none	none	Fan deposits
Qs	blueish gray	fine	sub-parallel	low	low		none	none	none	Unconsolidated sediments composed of gravel and sand
Tvc	brown	medium	radial	medium	very high		none	none	none	Volcanic rocks composed of lavas and pyroclastic rocks (Pliocene to Pleistocene : Andesitic to basaltic flow with pyroclastic rocks)
Tvb ₂	light blue	medium	sub-parallel	low	medium~low		rare	none	none	Ignimbrite (Pliocene to Pleistocene : Andesitic to basaltic flow with pyroclastic rocks)
Tvb ₁	brown	coarse	dendritic, radial	high	medium~very high		partly bedded	none	none	Volcanic rocks composed of lavas and pyroclastic rocks (Pliocene to Pleistocene : Andesitic to basaltic flow with pyroclastic rocks)
Tva	brown, purplish gray	fine~medium	radial	medium	very high		none	none	none	Volcanic rocks (Pliocene to Pleistocene : Andesitic to basaltic flow with pyroclastic rocks)
A	white, dark greenish gray	fine	sub-dendritic	medium	low		none	none	none	Alteration Zone (Hydrothermal alteration zone)

Table 2-1-8 Characteristics of Photogeological Units of the Mocha - Queen Elizabeth Area (1)

Unit	Photo-Characteristics		Morphologic Expression				Superficial Cover			Probable Lithology (Correlation with available Geologic Map)
	Tone	Texture	Drainage		Section	Bedding	Vegetation	Cultivation		
			Pattern	Density					Rock Resistance	
Qal	pale brown	very fine	meandering	very low		none	partly	partly	Unconsolidated sediments composed of gravel, sand, silt and clay (Alluvium)	
Qtl	pale brown	fine~medium	sub-parallel	low		none	none	none	Talus deposits	
T _{14w}	light gray	fine	sub-dendritic	low~medium		very gentle	none	none	Pyroclastic rocks (Pliocene to Pleistocene : Ignimbrite)	
T ₄	brownish gray	fine	sub-parallel	medium~high		very gentle	none	none	Pyroclastic rocks (Pliocene to Pleistocene : Ignimbrite)	
T ₃	dark gray, blueish gray	fine	sub-parallel	medium		very gentle	none	none	Pyroclastic rocks (Pliocene to Pleistocene : Ignimbrite)	
T ₂	light gray	fine	sub-dendritic	medium		very gentle	none	none	Pyroclastic rocks (Pliocene to Pleistocene : Ignimbrite)	
T ₁	gray, light gray	fine	sub-dendritic	medium		very gentle	none	none	Pyroclastic rocks (Pliocene to Pleistocene : Ignimbrite)	
T _v	dark brown	medium~coarse	sub-parallel	medium		partly	shrubs	none	Volcanic rocks (Pliocene to Pleistocene : andesitic basaltic breccia intercalated with sedimentary rocks)	
K ₂	greenish brown	coarse	sub-dendritic	medium		partly	none	none	Sedimentary and pyroclastic rocks (Early Cretaceous to Late Tertiary : shale, limestone, sandstone, conglomerate and pyroclastic rocks)	
K ₁	purplish brown	coarse~medium	sub-parallel	medium~high		partly	none	none	Pyroclastics and sedimentary rocks (Early Cretaceous : andesitic to rhyolitic tuffs, trachytic tuffs and ignimbrite intercalated with sedimentary rocks)	
J _{e1}	blueish gray	medium	sub-dendritic	medium		partly	none	none	Volcanic rocks and sedimentary rocks (Dogger~Malm : Andesitic to rhyolitic volcanic rocks intercalated with sedimentary rocks)	

Table 2-1-8 Characteristics of Photogeological Units of the Mocha- Queen Elizabeth Area (2)

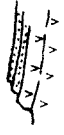
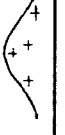
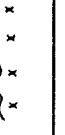


Unit	Photo-Characteristics		Morphologic Expression				Superficial Cover			Probable Lithology (Correlation with available Geologic Map)
	Tone	Texture	Drainage		Rock Resistance	Section	Bedding	Vegetation	Cultivation	
			Pattern	Density						
Js _{1s}	greenish brown, light gray	medium	sub-parallel	medium~high	medium~high		well bedded	shrubs	none	Sedimentary rocks and volcanic rocks (Dogger~Malm : Sandstone, calcareous sandstone, limestone, shale, dolomite intercalated with andesitic to rhyolitic volcanic rocks)
Kp	dark gray	fine~medium	sub-parallel	low	medium~high		none	none	none	Igneous rocks (Cretaceous : Quartz porphyry)
Kg	blueish gray	medium~coarse	sub-parallel, rectangular	high	medium~high		none	none	none	Igneous rocks (Late Jurassic to Early Cretaceous : Plutonic rocks and Hypabyssal rocks)
d	greenish gray	rough	sub-parallel	medium	high		none	shrubs	none	Dyke rocks
A	light gray	fine	sub-dendritic	low	low		none	none	none	Alteration Zone (Hydrothermal alteration zone)



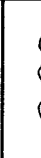



Table 2-1-9 Characteristics of Photo-geologic Units of the Cerro Colorado Area

Unit	Photo-Characteristics		Morphologic Expression						Superficial Cover		Probable Lithology (Correlation with available Geologic Map)
	Tone	Texture	Drainage		Density	Rock Resistance	Section	Bedding	Vegetation	Cultivation	
			Pattern	meandering							
Qal	pale brown	very fine	meandering	very low	very low	very low		none	partly	partly	Unconsolidated sediments composed of gravel, sand, silt and clay (Alluvium)
T ₄	brown	fine~medium	pinnet, sub-parallel	medium	medium	medium		very gentle	none	none	Sedimentary rocks Imagua member : (Pliocene to Pleistocene : Sandstone and conglomerate)
T ₃	blueish gray	fine~medium	sub-parallel	medium	medium	medium		very gentle	none	none	Pyroclastic rocks (Pliocene to Pleistocene : Tombillo member : Ignimbrite)
K ₁	brownish green	coarse	sub-parallel	medium~high	medium~high	medium~high		partly	none	none	Volcanic rocks (Barriasian to Santonian : Cerro Empexa Formation : Andesitic breccia, trachyte, latite, tuff and conglomerate)
K _g	greenish gray	medium	sub-rectangular	medium	high	high		none	none	none	igneous rocks (Late cretaceous : Granite, granodiorite, adamellite and tonalite)
A	light gray	fine	sub-dendritic	low	low	low		none	none	none	Alteration Zone (Hydrothermal alteration zone)

Table 2-1-10 Characteristics of Photo-geologic Units of the Copaquiri Area

Unit	Photo-Characteristics		Morphologic Expression					Superficial Cover		Probable Lithology (Correlation with available Geologic Map)
	Tone	Texture	Drainage		Rock Resistance	Section	Bedding	Vegetation	Cultivation	
			Pattern	Density						
Qal	pale brown	very fine	meandering	very low	very low		none	partly	partly	Unconsolidated sediments composed of gravel, sand, silt and clay (Alluvium)
Tt	moss green	fine	sub-parallel	low	low~medium		very gentle	none	none	Sedimentary rocks (Upper Miocene to Pliocene : Breccias, conglomerate, sandstone and dacitic tuffs)
K ₁	brown, green	fine~medium	parallel	medium	medium		partly	none	none	Volcanic rocks (Tithonian to Late Cretaceous : Cerro Empexa Formation, Andesite with andesitic tuffs and dacitic tuffs)
Jz ₂	blueish green	fine~medium	sub-dendritic	medium~high	medium		rare	none	none	Sedimentary rocks (Colovian to Kimmeridgean : Quehuita Formation, Sandstone, shale and conglomerate)
Jz ₁	pale purple	medium	sub-parallel	medium	medium		partly	none	none	Sedimentary rocks (Colovian to Kimmeridgean : Quehuita Formation, Conglomerate, calcareous sandstone, shale with limestone)
Pz	purplish brown	coarse	sub-parallel	high	medium~high		unknown	none	none	Meta Sedimentary rocks and volcanic rocks (Carboniferous to Permian : Collahuasi Formation, Micaceous schist, gneiss, phyllite, quartzite intercalated with dacitic to andesitic volcanic rocks)
Tg	gray	medium	sub-rectangular	medium	high		none	none	none	Igneous rocks (Tertiary : Granodiorite)
Tgd	light gray	medium	sub-dendritic	medium	high		none	none	none	Igneous rocks (Tertiary : Quartz diorite)
Kg	light gray	medium	sub-rectangular	medium	high		none	none	none	Igneous rocks (Cretaceous : Quartz diorite porphyry)
Pzg	gray	rough~coarse	sub-rectangular	medium	high		none	none	none	Igneous rocks (Paleozoic : Granitic rocks)
d	dark brown	rough	sub-parallel	medium	high		none	none	none	Dyke rocks
A	light gray	fine	sub-dendritic	low	low		none	none	none	Alteration Zone (Hydrothermal alteration zone)

Table 2-1-11 Characteristics of Photogeologic Units of the Collahuasi Area

Unit	Photo-Characteristics		Morphologic Expression				Superficial Cover			Probable Lithology (Correlation with available Geologic Map)
	Tone	Texture	Drainage		Rock Resistance	Section	Bedding	Vegetation	Cultivation	
			Pattern	Density						
Qal	pale brown	very fine	meandering	very low	very low		none	partly	partly	Unconsolidated sediments composed of gravel, sand, silt and clay (Alluvium)
Jkv	brown	coarse	sub-parallel	medium	medium		rare	none	none	Volcanic and sedimentary rocks (Late Jurassic to Early Cretaceous : Basalt lava , doleritic dikes, trachyte with tuffs and chert)
Pzv	brown	rough	sub-dendritic	high	medium~high		rare	none	none	Meta-volcanic rocks (Carboniferous to Permian : Collahuasi Formation, Dacitic to andesitic volcanic rocks)
Pz	blueish gray	fine	sub-parallel	medium	medium~high		none	none	none	Meta Sedimentary rocks and volcanic rocks (Carboniferous to Permian : Collahuasi Formation, Micaeous schist, gneiss, phyllite, quartzite intercalated with dacitic to andesitic volcanic rocks)
Kg	pale gray	rough	sub- rectangular	medium~ high	medium~high		none	none	none	Igneous rocks (Cretaceous : Granite porphyry)
A	light gray	fine	sub-dendritic	low	low		none	none	none	Alteration Zone (Hydrothermal alteration zone)