

中国科学院图书馆

植物学 张其成 著 科学出版社

植物学

张其成 著

科学出版社

704
661
MPN

チリ共和国北部地区

鉍物資源開発基礎調査報告書

第 二 年 次

JICA LIBRARY



1026067L7J

昭和52年3月

国際協力事業団
金属鉍業事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 4. 10	704
登録No. 03141	66.1
	MPN

は し が き

日本政府はチリ共和国政府の要請に応え、同国北部地区 Quebrada Blanca - El Abra 地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質等の調査を実施することとし、この調査を国際協力事業団に委託した。事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門的な分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に依頼することとした。

本調査は3カ年にわたって行なわれるものであるが、本年はその第2年次にあたり、上記調査の一環として、日鉱探開株式会社古川雄也氏を団長として10名からなる調査団を編成して、昭和51年5月25日から昭和52年2月18日まで現地に派遣した。現地調査は、チリ共和国政府関係機関の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第2年次の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力いただいたチリ共和国政府関係機関並びに通商産業省、外務省及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和52年3月

国際協力事業団

総 裁 法 眼 晋 作

金属鉱業事業団

理事長 平 塚 保 明

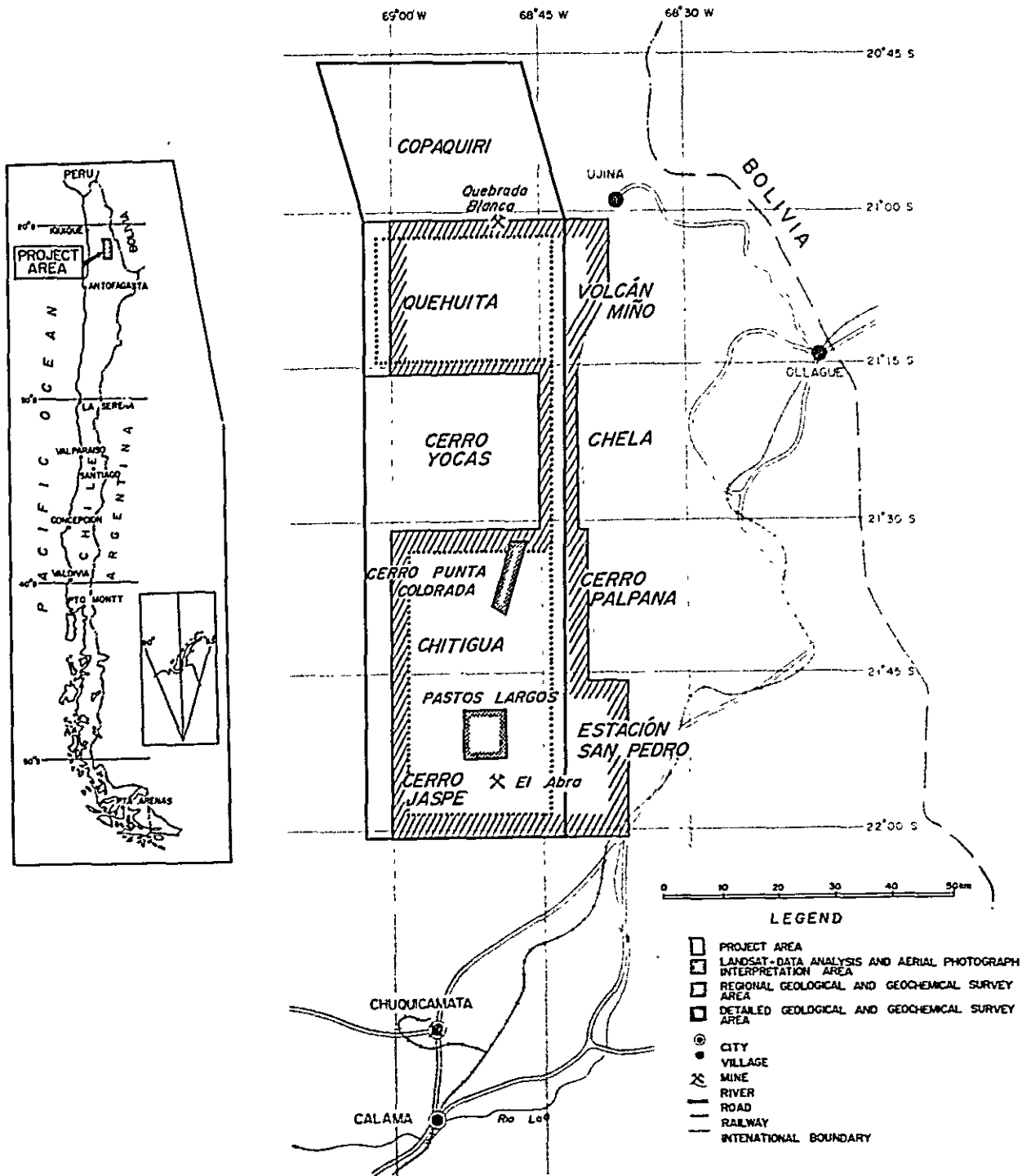


Fig. 1 KEY MAP AND LOCATION MAP

目 次

はしがき	
位 置 図	
要 約	(1)

序 論

第1章 調査目的	1
第2章 本年次調査内容	2
2-1 調査方法	2
2-2 調査区域	2
2-3 地 図	3
2-4 地 理	4
2-5 調査量	6
2-6 調査期間	7
2-7 調査団の編成	9
2-8 調査の経緯	10
2-9 従来 of 調査	10
2-10 報告書	11

各 論

第I部 LANDSAT-1 データ解析及び航空写真解析

第1章 総 説	12
第2章 解析方法	12
2-1 概 要	12
2-2 使用データ	12
2-3 解析手順	12
第3章 解析結果	26
3-1 概 要	26
3-2 LANDSAT-1 データ解析	26
3-3 航空写真解析	38
第4章 総 括	41

	第Ⅱ部 広域地質調査	42
Ⅱ-1	QUEHUITA 地域	42
	第1章 地質	42
	1-1 概要	42
	1-2 層序及び岩質	42
	1-3 貫入岩類	50
	1-4 地質構造	53
	1-5 考察	54
	第2章 応用地質	56
	2-1 概要	56
	2-2 鉍化作用	56
	2-3 熱水変質作用	60
	2-4 考察	64
	第3章 結論	66
Ⅱ-2	CHITIGUA 地域	67
	第1章 地質	67
	1-1 概要	67
	1-2 層序及び岩質	67
	1-3 貫入岩類	76
	1-4 地質構造	80
	1-5 考察	81
	第2章 応用地質	83
	2-1 概要	83
	2-2 鉍化作用	83
	2-3 熱水変質作用	85
	2-4 考察	87
	第3章 結論	89
Ⅱ-3	CERRO JASPE 地域	90
	第1章 地質	90
	1-1 概要	90
	1-2 層序及び岩質	90
	1-3 貫入岩類	100
	1-4 地質構造	103
	1-5 考察	104

第2章 応用地質	105
2-1 概要	105
2-2 鉍化作用及び熱水変質作用	105
2-3 考察	107
第3章 結論	108
第Ⅲ部 精密地質調査	
第Ⅲ-1 CERRO PUNTA COLORADA地区	109
第1章 地質	109
1-1 概要	109
1-2 層序及び岩質	109
1-3 貫入岩類	111
1-4 地質構造	113
第2章 応用地質	115
2-1 概要	115
2-2 鉍化作用	115
2-3 熱水変質作用	117
2-4 電気石化作用	118
2-5 考察	119
第3章 結論	121
第Ⅲ-2 PASTOS LARGOS地区	122
第1章 地質	122
1-1 概要	122
1-2 層序及び岩質	122
1-3 貫入岩類	123
1-4 地質構造	125
1-5 考察	126
第2章 応用地質	127
2-1 概要	127
2-2 鉍化作用	127
2-3 熱水変質作用	128
2-4 接触變成作用	129
2-5 考察	129
第3章 結論	131

第Ⅳ部 広域地化学探査	132
Ⅳ-1 QUEHUITA-CHITIGUA 地域	132
第1章 概 要	132
第2章 分析及び解析	133
2-1 試料の採取及び分析	133
2-2 データの統計処理	133
第3章 結果及び検討	135
Ⅳ-2 CERRO JASPE 地域	142
第1章 概 要	142
第2章 分析及び解析	143
2-1 試料の採取及び分析	143
2-2 データの統計処理	143
第3章 結果及び検討	144
第Ⅴ部 精密地化学探査	149
Ⅴ-1 CERRO PUNTA COLORADA 地区	149
第1章 概 要	149
第2章 分析及び解析	150
2-1 試料の採取及び分析	150
2-2 データの統計処理	150
第3章 結果及び検討	151
Ⅴ-2 PASTOS LARGOS 地区	156
第1章 概 要	156
第2章 分析及び解析	157
2-1 試料の採取	157
2-2 データの統計処理	157
第3章 結果及び検討	158
第Ⅵ部 第二年次総括	163
第1章 総合検討	163
1-1 緒 言	163
1-2 地質及び地質構造	163
1-3 応用地質	164
1-4 地化学探査	165
第2章 結論及び将来への展望	166
2-1 結 論	166

2-2	将来への展望	166
	第一年次及び第二年次総括	167
第1章	緒言	167
第2章	経緯	167
第3章	地質及び応用地質	168
第4章	結論及び将来への展望	171
	REFERENCES	172

LIST OF TABLES

Table 1	Period of Survey	8
Table 2	Compailed Columnar Section of Project Area	170
Table I-1	LANDSAT-1 C.C.T. Used	13
Table I-2	List of Aerial Photographs	13
Table I-3	Classification of "LANDSAT Anomaly"	19
Table I-4	Characteristic Chart of Photo Geological Units in the Quehuita - Cerro Jaspe Area	39
Table II-1-1	Generalized Geological Columnar Section of Quehuita Area	43
Table II-2-1	Generalized Geological Columnar Section of Chitigua Area	68
Table II-3-1	Generalized Geological Columnar Section of Cerro Jaspe Area	91
Table IV-1-1	Means, Variance and Standard Deviation of Stream Sediment Samples	137
Table IV-1-2	Means, Variance and Standard Deviation of Stream Sediment Samples	137
Table IV-1-3	Coefficient of Correlation	138
Table IV-1-4	Correlation of Stream Sediment Values (ppm) from the Surveyed Area	139
Table IV-2-1	Means, Variance and Standard Deviation of Stream Sediment Samples	146
Table IV-2-2	Coefficient of Correlation	146

Table V-1-1	Means, Variance and Standard Deviation of Soil Samples	153
Table V-1-2	Coefficient of Correlation	153
Table V-2-1	Means, Variance and Standard Deviation of Soil Samples	160
Table V-2-2	Coefficient of Correlation	166

LIST OF ILLUSTRATIONS

Fig. 1	Key Map and Location Map	
Fig. I-1	Color Compositve Image in the El Abra - Quebrada Blanca Area	14
Fig. I-2	Index Map of LANDSAT-1 Data, Northern Chile	15
Fig. I-3	Index Map of Aerial Photographs in the El Abra - Quebrada Blanca Area	16
Fig. I-4	Flow Chart Showing the Sequence of Steps Used in Processing Computer Campatible Tape	17
Fig. I-5	Histograms of Each Band (4, 5, 6, 7)	20
Fig. I-6	Histograms of Each Ratio (4/5, 4/6, 4/7, 5/6, 5/7, 6/7) of the Training Area	21
Fig. I-7	Classification of the Ranges of Brightness Levels (Digital Numbers)	22
Fig. I-8	Digital Maps of Each Ratio of the Training Area	23
Fig. I-9	Index Map of the Areas Selected by the C. C. T. Data Analyses from the "LANDSAT Anomalous Areas" of the Phase I	24
Fig. I-10	Digital Maps of the A-1 and C-1 Areas	28
Fig. I-11	Digital Maps of the A-2 Area	29
Fig. I-12	Digital Maps of the B-3 Area	30
Fig. I-13	Digital Maps of the C-2 and C-3 Areas	31
Fig. I-14	Digital Maps of the C-4 and C-5 Areas	32
Fig. I-15	Digital Maps of the C-6 Area	33

Fig. I-16	Digital Maps of the C-7 Area	34
Fig. I-17	Digital Maps of the C-8 Area	35
Fig. I-18	Digital Maps of the C-9 Area	36
Fig. I-19	Digital Maps of the C-10 Area	37
Fig. II-1-1	Geological Sketch Showing the Active Movement of N-S Fault Occurred During Sedimentation of the Papajoy Formation	49
Fig. II-1-2	Geologic Map of Trinidad and Moctesuma Veins	59
Fig. II-1-3	Detailed Geologic Map of Pampa Pitausa Altered Zone	63
Fig. II-3-1	Stratigraphic Sections of the Arca Formation in the Parañague and Millo Creek	93
Fig. II-3-2	Geological Sketch of Outcrop in the Palcuno Creek	94
Fig. II-3-3	Stratigraphic Section between Upper Part of the Tolar Formation and Lower Part of the Icanche Formation in the Cienago Gulch	97
Fig. II-3-4	Geological Sketch of Boundary between the Tolar Formation and the Icanche Formation	98
Fig. IV-1-1	Histogram of Cu, Zn, Mo and Mn	140
Fig. IV-1-2	Cumulative Frequency Distribution of Cu, Zn, Mo and Mn	141
Fig. IV-1-3	Distribution of Copper in Stream Sediment along Pacopaco Gulch, El Abra Area	141
Fig. IV-2-1	Histogram of Cu, Zn, Mo and Mn	147

Fig. IV-2-2	Cumulative Frequency Distribution of Cu, Zn, Mo and Mn	.....	148
Fig. V-1-1	Histogram of Cu, Zn, Mo and Mn	.....	154
Fig. V-1-2	Cumulative Frequency Distribution of Cu, Zn, Mo and Mn	.....	155
Fig. V-2-1	Histogram of Cu, Zn, Mo and Mn	.....	161
Fig. V-2-2	Cumulative Frequency Distribution of Cu, Zn, Mo and Mn	.....	162

APPENDICES

- Table 1 *List of Fossils*
- Table 2-1 *Microscopic Observations of Thin Sections*
- Table 2-2 *Microscopic Observations of Polished Sections*
- Table 3-1 *Potash-Argon Ages on Some Igneous Rocks and Metamorphic Rock of Quehuita Area*
- Table 3-2 *Potash-Argon Ages on Some Igneous Rocks of Chitigua Area*
- Table 3-3 *Potash-Argon Ages on Some Igneous Rocks of Cerro Jaspe Area*
- Table 4 *List of X-Ray Diffractive Analyses*
- Table 5 *List of Chemical Analyses of Ores*
- Table 6 *Chemical Analyses of Stream Sediments for Cu, Zn, Mo and Mn*
- Table 7 *Chemical Analyses of Soil for Cu, Zn, Mo and Mn*
-
- Fig. 1-1 *Microscopic Observations of Thin Sections*
- Fig. 1-2 *Microscopic Observations of Polished Sections*
- Fig. 2 *Classification of Volcanic Rocks by Mode of Quartz and Feldspars in the Surveyed Area*
- Fig. 3 *Classification of Plutonic Rocks by Mode of Quartz and Feldspars in the Surveyed Area*

ATTACHED SHEETS

- PL. I-1 Digital Map of Band 4 (Approximate scale 1 : 75,000)
- PL. I-2 Digital Map of Band 5 (Approximate scale 1 : 75,000)
- PL. I-3 Digital Map of Band 6 (Approximate scale 1 : 75,000)
- PL. I-4 Digital Map of Band 7 (Approximate scale 1 : 75,000)
- PL. II-1-1 Geological Map of Quehuita and Western Part of Volcán Miño
Quadrangles (Scale 1:50,000)
- PL. II-1-2 Route and Rock Sample Map of Quehuita and Western Part of
Volcán Miño Quadrangles (Scale 1:50,000)
- PL. II-2-1 Geological Map of Chitigua and Western Part of Cerro Palpana
Quadrangles (Scale 1:50,000)
- PL. II-2-2 Route and Rock Sample Map of Chitigua and Western Part of
Cerro Palpana Quadrangles (Scale 1:50,000)
- PL. II-2-3 Geological Map of Cerro Yocas and Western Part of Chela Quadrangle
(Scale 1:50,000)
- PL. II-2-4 Route and Rock Sample Map of Western Part of Chela
Quadrangle (Scale 1:50,000)
- PL. II-3-1 Geological Map of Cerro Jaspe and Western Part of Estación
San Pedro Quadrangles (Scale 1:50,000)
- PL. II-3-2 Route and Rock Sample Map of Cerro Jaspe and Western Part
of Estación San Pedro Quadrangles (Scale 1:50,000)
- PL. III-1-1 Geological Map of Cerro Punta Colorada Area
(Scale 1:10,000)
- PL. III-1-2 Route and Rock Sample Map of Cerro Punta Colorada Area
(Scale 1:10,000)
- PL. III-1-3 Alteration Map (I) of Cerro Punta Colorada Area
(Scale 1:10,000)
- PL. III-1-4 Alteration Map (II) of Cerro Punta Colorada Area
(Scale 1:10,000)
- PL. III-2-1 Geological Map of Pastos Largos Area (Scale 1:10,000)

- PL. III-2-2 Route and Rock Sample Map of Pastos Largos Area
(Scale 1:10,000)
- PL. III-2-3 Alteration Map of Pastos Largos Area (Scale 1:10,000)
- PL. IV-1-1 Geochemical Sample Map of Quehuíta and Western Part of
Volcán Miño Quadrangles (Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-2 Geochemical Map of Quehuíta and Western Part of Volcán Miño
Quadrangles (Cu) (Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-3 Geochemical Map of Quehuíta and Western Part of Volcán Miño
Quadrangles (Zn) (Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-4 Geochemical Map of Quehuíta and Western Part of Volcán Miño
Quadrangles (Mo) (Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-5 Geochemical Map of Quehuíta and Western Part of Volcán Miño
Quadrangles (Mn) (Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-6 Geochemical Sample Map of Western Part of Chela Quadrangle
(Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-7 Geochemical Map of Western Part of Chela Quadrangle (Cu)
(Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-8 Geochemical Map of Western Part of Chela Quadrangle (Zn)
(Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-9 Geochemical Map of Western Part of Chela Quadrangle (Mo)
(Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-10 Geochemical Map of Western Part of Chela Quadrangle (Mn)
(Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-11 Geochemical Sample Map of Chitigua and Western Part of
Cerro Palpana Quadrangles (Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-12 Geochemical Map of Chitigua and Western Part of Cerro
Palpana Quadrangles (Cu) (Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-13 Geochemical Map of Chitigua and Western Part of Cerro
Palpana Quadrangles (Zn) (Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-14 Geochemical Map of Chitigua and Western Part of Cerro
Palpana Quadrangles (Mo) (Scale 1:50,000)
- PL. IV-1-15 Geochemical Map of Chitigua and Western Part of Cerro
Palpana Quadrangles (Mn) (Scale 1:50,000)

- PL. IV-2-1 Geochemical Sample Map of Cerro Jaspe and Western Part of Estación San Pedro Quadrangles (Scale 1:50,000)
- PL. IV-2-2 Geochemical Map of Cerro Jaspe and Western Part of Estación San Pedro Quadrangles (Cu) (Scale 1:50,000)
- PL. IV-2-3 Geochemical Map of Cerro Jaspe and Western Part of Estación San Pedro Quadrangles (Zn) (Scale 1:50,000)
- PL. IV-2-4 Geochemical Map of Cerro Jaspe and Western Part of Estación San Pedro Quadrangles (Mo) (Scale 1:50,000)
- PL. IV-2-5 Geochemical Map of Cerro Jaspe and Western Part of Estación San Pedro Quadrangles (Mn) (Scale 1:50,000)
- PL. V-1 Geochemical Map of Cerro Punta Colorada Area (Cu, Zn, Mo, Mn) (Scale 1:10,000)
- PL. V-2 Geochemical Map of Pastos Largos Area (Cu, Zn, Mo, Mn) (Scale 1:10,000)
- PL. VI-1 Map Showing the Relation between Mineralization, Alteration and Tectonics

要 約

(1) 本年次(第2年次)は、第1年次の結論に基づき、チリ共和国北部地区 Quebrada Blanca-El Abra地域(以下プロジェクト地域と呼称する)の残された区域、面積約 2,500km² の範囲について、Landsat-1データ解析、航空写真解析、広域地質調査(縮尺1:50,000)及び広域地化学探査を実施し、その結果2箇所の精査地区が選ばれ、精密地質調査、面積約 86km²の範囲(縮尺1:10,000)及び同面積に対する精密地化学探査を行った。なお、Landsat-1データ解析については、本年次はデジタル法をとり入れた。

(2) 本調査は第1年次同様、日本、チリ両国の協力調査として実施され、Landsat-1データ解析作業は日本において、チリ技術者1名の参加のもとに、また、広域調査は前期と後期の2期にわかれ実施され、両国各5名の技術者が参加した。

(3) 以上に基づき、2箇年間で実施された調査量は次のとおりである。

Landsat-1データ解析及び航空写真解析	5,000km ²
同 上 デジタル解析及び航空写真解析	2,500km ²
広域地質及び地化学探査	4,107km ²
精密地質及び地化学探査	122km ² (3地区)

なお、Quebrada Blanca 鉱床、El Abra 鉱床、Copaquire 鉱床等の付近及び個人鉱区については、調査の対象から除いた。また、プロジェクト地域の西端部はアクセスの問題から踏査困難なため、主として、Landsat-1データ解析及び航空写真解析による考察のみを行った。

(4) Landsat-1データ解析及び航空写真解析結果

第1年次の同解析によって抽出された110箇所の示徴のうち、本年度調査対象地域に位置する90の示徴についてデジタル法解析を行い、4箇所の有望示徴帯を抽出した。その各々に対し、現地確認調査を行った結果、そのいずれの示徴帯においても、その示徴域と一致、あるいはその近傍で、熱水変質帯の発達を確認された。そのうち、2箇所は、精査地区に選ばれるほどのものであった。

(5) 広域地質調査及び広域地化学探査結果

i) 本年次は、初年次実施した Cerro Yocas 図幅地域の南北すなわち、Quehuita 図幅、Chitigua 図幅及び、Cerro Jaspe 図幅を中心に調査を実施した。その結果、各図幅共ほぼ同じような地質状況を示しているため、以下一括して要約を述べる。

本広域調査地域の地質は、古生代の変成岩類と花崗岩質岩類を基盤とし、それをおおって、海成堆積物類、陸成堆積物よりなるジュラ系、流紋岩質火山噴出物を主とした白亜系、安山岩質火山噴出物、内陸性堆積盆堆積物、軽石流堆積物等からなる第三系及び段丘堆積物、氷成堆積物、扇状地堆積物等からなる第四系等によって構成されている。また、白亜紀末から古第

三紀にかけて、中～酸性の貫入活動が活発に行われ、岩株状、岩脈状の貫入岩を所々に産出している。

地質構造上の特徴は、本地域のほぼ中央を南北に通ったN-S構造線（Chuquicamata 鉍山付近に発達する西部断層の延長に当る。以下、“南北断層”と仮称する）の発達である。同構造線によって、貫入岩の進入や鉍化変質作用の多くが規制を受けている。

ii) 本地域には、鉍脈型や網状鉍染型の鉍化変質帯が“南北断層”を中心とした地域に散在しているが、いずれも小規模かつ微弱である。

iii) 広域地化学探査の結果、Estación San Pedro 図幅地域南部に位置した Quebrada Millo 鉍化変質帯付近に Cu 及び Mo の異常が把握された。この異常域は、銅成分において、 $\bar{X}+2S$ (519 ppm) 以上、最高値 659ppm を示しており、El Abra や Conchi Viejo 鉍山周辺の値と比較するとかなり低いものであるが、その異常域は約 40km² に及んでいる。

その他の地域で、注目すべき異常は抽出されなかった。

(6) 精密地質調査及び精密地化学探査結果

i) Cerro Punta Colorada 地区

本地区の地質は、主として、流紋岩熔岩と、花崗斑岩、流紋岩斑岩等の貫入岩からなり、本地区の中央を“南北断層”が南北に走っている。鉍化変質作用として、鉍脈型や網状鉍染型が所々に発達しているが、その主なものは、同断層の断層破碎帯に形成された石英-絹雲母化変質を主とする熱水変質帯で極く微量の黄銅鉍、黄鉄鉍及び酸化銅鉍を伴ったものである。したがって、ポーフイリ・カッパー型鉍化変質作用によるものとは考えられない。また、その鉍化変質帯自体も小規模かつ微弱であり、大きな期待はかけられないものと判断される。

ii) Pastos Largos 地区

本地区の地質は、その大部分が古第三系の安山岩質火山岩及び同質火山碎屑岩、並びに、これらを買いた中～酸性の貫入岩類によって構成されている。本地区の中央に上記古第三系を母岩として、延長約 10km、幅約 2km の熱水変質帯が発達しており、主として、石英-絹雲母化及び粘土化変質からなる。また、脈状の赤鉄鉍、褐鉄鉍からなる鉄塊が同変質帯内に発達しているが、鉍化作用は認められなかった。本変質帯は、“南北断層”より派生した NNE-SSW 系断層あるいは、割れ目に形成された有用金属鉍物を伴わない熱水変質帯で、ポーフイリ・カッパー型鉍床に伴う変質作用とは性質を異にするものと解される。

iii) 精密地化学探査

上記 2 地区に対する地化学探査の結果、注目すべき地化学異常は得られなかった。なお、Cu、Mo、Zn、Mn とその値は非鉍化岩のそれに近似したもので、鉍化作用の存在を示唆するようなデータは得られなかった。

(7) 以上の調査から、本年度実施した地域に対し、更に詳細な調査、探鉍を行う価値は極めて低いものと判断される。

(8) 以上の本年次調査及び昨年次（初年次）調査を総括して結論付けると次のとおりとなる。

i) 本プロジェクト地域には、所々に鉍化変質帯が発達しているが、いずれも小規模で、かつ、微弱であり、大鉍床が賦存する可能性は極めて少なく、したがって、今後更に詳細な調査、探鉍を行う価値は低いものと判断される。

ii) ただし、Estación San Pedro 図幅南部に位置する Quebrada Millo 鉍化変質帯付近には Cu 及び Mo の地化学異常があらわれているので、今後、その異常域に対し、土壤地化学探査によるチェックを行ってみる必要がある。

iii) 新第三紀末あるいは第四紀初頭に噴出した軽石流凝灰岩（Pitusa 層あるいは Ichuno 層）等の鉍化変質作用後の地層（以下新期地層という）が広く分布する地域の下位は、観察不可能なため、今次調査では、十分な考察ができなかったが、本プロジェクト地域に発達する鉍化変質帯の多くは、“南北断層”運動と密接して形成されたものと解されるので、同断層延長上付近の新期地層の下位は、鉍床賦存の可能性を残している。探鉍ランクは下るが、今後、機会があれば、その周辺部再チェックを行ってみる必要がある。

序 論

第 1 章 調 査 目 的

本調査はチリ共和国 Quebrada Blanca - El Abra地区（面積約 5,000km² 以下プロジェクト地区という）における第 2 年次調査に当る。第 1 年次は同地区全域に対する Landsat-1 データ解析及び 845 km² の地域に対する地質調査、地化学探査が実施され、同プロジェクト地区のほぼ中央を南北に縦断する南北断層周辺が金属鉱床賦存の可能性のもっとも高い地帯であることが推断され、同断層を中心とした地域の地質調査及び地化学探査が望まれた。また、Landsat-1 データ解析については、より客観的な情報を得るためのデジタル法の試みが要望された。

これらのリコメンデーションに従い、本年次は同プロジェクト地区として残された地域のうち、鉱床賦存の可能性の高い地域約 2,500 km² に対してデジタル法による Landsat-1 データ解析、広域地質調査及び広域地化学探査を実施し、その結果、有望箇所（Cerro Punta Colorada 地区、及び Pastos Largos 地区）については、更に詳細な地質及び地化学探査を行い、本プロジェクト地区に対する金属鉱床、特にポーフィリ・カッパー鉱床賦存の可能性を検討し、鉱物資源の開発に資することを目的としている。

第2章 本年次調査内容

2-1 調査方法

本調査は、次の方法によって行った。すなわち、(1) Landsat-1データ解析及び航空写真解析、(2) 広域地質調査及び広域地化学探査（縮尺1:50,000）、(3) 精密地質及び地化学探査（縮尺1:10,000）等である。

2-2 調査区域

各調査区域は下記のとおりである。なお、Quebrada Blanca 鉱床、El Abra 鉱床等、及び個人鉱地区は本調査の対象から除かれる。

(1) Landsat-1データ解析及び航空写真解析範囲

北 限	南緯	21° 00' S
南 限	"	22° 00' S
東 限	西経	68° 42' W
西 限	"	69° 03' W

に囲まれた範囲。総面積約 2,500 km²

(2) 広域地質及び地化学探査範囲

本調査は、次の3つの地域に区分される。

i) Quehuita 地域

本地域は、Quehuita 図幅全域と Volcán Miño 図幅西部を含む地域で、以下 Quehuita 地域と呼称する。

北 限	南緯	21° 00' S
南 限	"	21° 15' S
東 限	西経	68° 37' 30' W
西 限	"	69° 00' W

に囲まれた範囲。地質調査面積 1,030 km²、地化学探査試料個数 792 個。

ii) Chitigua 地域

本地域は、Chitigua 図幅全域と Cerro Palpana 図幅西部、及び Chela 図幅西部を含む地域で、以下 Chitigua 地域と呼称する。

北 限	南緯	21° 30' S
南 限	"	21° 45' S
東 限	西経	68° 39' W
西 限	"	69° 00' W

に囲まれた範囲。地質調査面積 1,176 km²，地化学探査試料個数 861 個。

iii) Cerro Jaspe 地域

本地域は、Cerro Jaspe 図幅全域と Estación San Pedro 図幅西部を含む地域で、以下 Cerro Jaspe 地域と呼称する。

北 限	南緯	21°45' S
南 限	"	22°00' S
東 限	西経	68°36' W
西 限	"	69°00' W

に囲まれた範囲。地質調査面積 1,092 km²，地化学探査試料個数 789 個。

(3) 精密地質及び地化学探査範囲

精査地区としては、次の 2 地区を調査した。

i) Cerro Punta Colorada 地区

本地区は Chitigua 図幅の北東端に位置している。

北 限	南緯	21°31' 19" S
南 限	"	21°37' 45" S
東 限	西経	68°45' 58" W
西 限	"	68°49' 27" W

に囲まれた範囲。地質調査面積 30 km²，地化学探査試料個数 236 個。

ii) Pastos Largos 地区

本地区は、Cerro Jaspe 図幅中央に位置する。

北 限	南緯	21°47' 35" S
南 限	"	21°51' 56" S
東 限	西経	68°48' 22" W
西 限	"	68°52' 26" W

に囲まれた範囲。地質調査面積 56 km²，地化学探査試料個数 466 個。

2-3 地 図

(1) Landsat-1 データ解析及び航空写真解析

縮尺約 1:75,000 の Landsat デジタル・マップを作成し、また約 1:40,000～1:50,000 の航空写真を利用した。

(2) 広域地質調査及び地化学探査

i) Quehuita 地域

縮尺 1:50,000 地形図 Quehuita、及び Volcán Miño の図幅が用いられた。

ii) Chitigua 地域

縮尺 1:50,000 地形図 Chela、Chitigua 及び Cerro Palpana 等の図幅を利用した。

Ⅲ) Cerro Jaspe 地域

縮尺 1:50,000 地形図 Cerro Jaspe 及び Estación San Pedro 図幅を利用した。

(3) 精密地質調査及び地化学探査

i) Cerro Punta Colorada 地区

縮尺 1:10,000 地形図を作成し、利用した。

ii) Pastos Largos 地区

縮尺 1:10,000 地形図を作成し、利用した。

2-4 地 理

本プロジェクト地区の地理の概要は、初年次の報告書に述べられている。本年次実施した各地域の地理的格差はあまりみられないが、各地域の特徴を以下に述べる。

(1) Quehuita 地域

1) 地 形

本調査地域の地形は、地域のほぼ中央部を南北に縦走する“南北断層”によって大きく2分される。

すなわち“南北断層”より東側 Loa 川に至るまでの主として古期火成岩類より成る地域は、標高 4,000~5,000 m の広大な、かつ、なだらかな隆起準平原でところどころに火成岩から成る残丘を残す老年期地形を呈す。

同断層より西側は、ジュラ紀以降の堆積岩類を主とする地域で、同断層寄りの安山岩及び片麻岩、花崗岩等から成る南北に、狭長な一段と高い山地を挟んで、一気に約 1,000~1,500 m 比高を下げ、脊~壮年期の解析地形を示す。特に“南北断層”以西ではこの急激な比高変化のため、主な谷は、400~800 m も切り立った深い峡谷状となっている。これらの解析地形の分布は本地域の地質及び地質構造の延びと密接な関係があり、NS-N10°E の方向性を有して調査地域を南北に貫いている。

2) 交 通

Chuquicamata 鉱山から調査地域までは約 180km、El Abra 鉱山経由及び Loa 川経由で Blanca 沢~Ujina へ通じるトラック道がある。Calama 市よりジープにて調査地域南端まで 4 時間半を要する。

調査地域内の交通は地形及び地質によって規制され、西経 68°52' 以東 Loa 川までの地域は標高 4,000~4,300 m の高原沿いに Blanca 沢に通ずる道路及び Loa 川沿いにトラック道路があるほか、主な沢沿い又は尾根沿いにジープによる乗入れが可能である。西経 68°52' 以西の地域は Choja 沢沿いに地域西方を南北に縦走する Pan American Highway から西経 68°58' 位まではジープによる乗入れが可能であるが、ほかは道らしい道はなく、滝、がれ沢等のため、ロバ及び人力が唯一の交通機関となる。この場合、水、食糧、寝具からロバの餌に至るまで運ばなけ

ればならないので、輸送能率はすこぶる悪いものである。

(2) Chitigua地域

1) 地 形

本地域の中央部には、Las Rabones 及び El Millo で代表される南北方向の山脈が発達している。本地域の最高峰は、El Millo山脈に属する Juchullunito 山（標高 4,340 m）で、最低地は本地域南西部 Quinchamale 沢下流で標高約 2,500 m である。

一般的に地形の起伏量は中～低度で、特に本地域東限の Loa 川流域では平坦な地形を示している。

水系はほぼ東西を成し、分水嶺となっている上記山脈の西部は西方へ、また、東部では東方へ走り、北より南に流れる Loa 川に集約する。

水は Loa 川を除いて枯渇しており、僅かに Agua Mala（Chitigua 部落）、Aguas Blanca、Llaretuno 上流等の一部に若干の湧水が見られるが、極く近傍にて伏流する。このうち Agua Mala では、少量の湧水をたよりに一世帯が畑作及び牧畜を行っている。

植生は、まばらで調査地域の南部、Saucoror 山（標高 3,883 m）周辺に限って 4～5 m にも達するカクタスが散在する。

棲息する野性動物は限られており、それぞれ 20 頭弱のグワナコ（Guanaco）及びビクニャ（Vicña）、時折り見かけられる 2、3 のロバ、及びだ鳥等である。家畜は Chitigua 部落で放牧している 200 頭前後のヤギ及びヤーマのみである。

2) 交 通

本地域には、Loa 川の右岸沿いに走る整備された未舗装自動車道路（幅員約 6 m）があり、北へは Quehuita 地域、南へは Chuquicamata 鉱山あるいは Calama 市に通じる。他に上記本地域南東部の主要道路から、Aguas Blancas 沢を経由し、El Millo 脊梁沿いに北部に抜ける自然道があり、四輪駆動自動車の通行が可能である。なお、Chitigua 部落に通じる自動車道路はない。

(3) Cerro Jaspe 地域

1) 地 形

本地域は主として三つの山系とそれらにはさまれた低地とから成り、いずれも南北に縦走している。同山系は東部の Colorado 山嶺、中央部の Las Babonas 山脈から Ursula 山（3,948 m）を通り Las Maia（4,286 m）に至る中央山系、及び西部の Jaspe 山嶺等で、いずれも貫入岩体の広い分布域に対応される。本地域の標高は 3,000 m～4,500 m を示し、最高峰は本地域の南部に位置する Pajonal 山（4,542 m）で、このほか Colorado 山（4,462 m）、Millo 山（4,255 m）、Parañaos 山（4,426 m）、Llaretas 山（4,498 m）等が主として本地域の中央～南部にそびえている。

河川としては、本地域の東端を南北に流れる Loa 川がもっとも大きく、年間を通じ水の涸れることのない唯一の河川である。このほか規模の大きなものとしては Satujuno 沢、Pacopaco

沢, Novillo Muerto 沢, Seco 沢, Torriuno 沢等が南北あるいは東西に走っているが、いずれも雨期(12月~3月)の3~4ヶ月間流水をみるのみである。

2) 交通

本地域に布設されている車道としては、本地域の南部を Chuguicamata 鉦山→El Abra 鉦山→Conchi Viejo 部落→Loa川に至るものと、Loa川の西岸沿いを南北に通るものが主な車道でその他車道らしいものはない。ただ、本地域の南半分は四輪駆動のジープによればかなりの範囲が通行可能である。

(4) Cerro Punta Colorada 地区

1) 地形

本地区は、Chitigua 図幅の北東端部に位置しており、北々東-南々西に連なる El Millo 山嶺と Quemazón 山嶺にはさまれた谷間部に当る。地形は標高 3,900 m から 4,200 m の起伏の少ない比較的なだらかな斜面からなる。水系は、ほぼ南北に流れる Millo 沢を主流とし、これに東西系の支沢が合流している。

2) 交通

本地区を走る道路としては、Millo 沢を通り、北の Quebrada Blanca 鉦床地帯へ通じるプロジェクト地域の西部幹線道路(トラック道路)の一部が通っている以外、道路らしいものはないが、四輪駆動のジープによれば El Millo や Quemazón 山嶺の通行は可能である。また、Millo 沢の東西系支沢に平行した屋根部も上記ジープでは通行可能である。しかし調査地区を南北に縦断することは不可能である。

(5) Pastos Largos 地区

1) 地形

本地域は、Gerro. Jaspe 図幅中央に位置する。標高は 3,650 ~ 4,000 m の範囲内にあるが、大部分は 3,800 ~ 3,950 m 程度の緩やかな地形をなし、多くの河川が北、あるいは北東方向に走っている。

2) 交通

本地区は、El Abra 鉦山の北約 6 Km に位置し、同鉦山より、調査地区まで、車道があり 30 分で到達することができる。調査地内は、北西部を除いて丘陵の尾根あるいは沢の河床に沿って、四輪駆動のジープなら通行可能である。

2-5 調査量

- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| (1) Landsat-1 データ解析及び航空写真解析面積 | 2,500 Km ² |
| (2) 地質調査面積 | |
| 広域調査総面積 | 3,298 km ² |
| 精査総面積 | 86 km ² |
| (3) 地化学探査用試料個数 | |

広域地化学探査	2,442 個
精密地化学探査	702 個
(4) 鉍石分析試料個数	28 個
(5) 薄片作成枚数	392 枚
(6) 研磨片作成個数	28 個
(7) X線解析件数	378 件
(8) 絶対年代測定試料個数	22 個
(9) 化石鑑定件数	23 件

2-6 調査期間

調査期間は Table 1 に示すとおりである。

Table 1 調査期間

作業内容	調査員数	期 間														
		51/3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	52/1月	2月	3月	4月	5月
調査計画打合せ	日本 9 チリ 10			25 2	28 11						12 22					
Landsat-1データ解析及び 航空写真解析	日本 4 チリ 1			12												
広域地質調査	日本 4 チリ 5	24-20		1-20	3-22			10-21	5		27					
広域地化学探査	日本 4 チリ 5	24-20		1-20	3-22			10-21	5		27					
精密地質調査	日本 2 チリ 1								5		27					
精密地化学探査	日本 3								5	23						
解析及び報告書作成	日本 5 チリ 4				23		15				28			19		

■ 日本チーム参加

▨ チリ・チーム単独

2-7 調査団の編成

本調査に参加した団員は、下記のとおりである。

日 本 側

団 長	古川 雄也 (日 鋳探開株式会社)	総括, 現地調査及び報告書作成
団 員	宮副 信隆 (金属鋳業事業団)	総括
"	小山 恭一 (")	調整
"	金野 雄 (")	調整
"	河口 敏夫 (")	調整
"	山本 正弘 (国際協力事業団)	調整
"	瓜生 正彦 (")	調整
"	小原 賢 (日 鋳探開株式会社)	現地調査及び報告書作成, Landsat-1データ 解析及び航空写真解析
"	梅津 一晴 (")	現地調査及び報告書作成
"	新井 勝男 (")	"
"	佐藤英太郎 (")	"
"	谷 藤吉郎 (")	Landsat-1データ解析及び航空写真解析
"	藤岡 洋介 (")	"
"	鎌田 治朗 (")	Landsat-1データ解析, 機械操作

チ リ 側

団 長	Carlos ULRIKSEN GODOY (地質調査所)	総括, 現地調査及び報告書作成
団 員	Carlos HUETE LIRA (")	現地調査及び報告書作成
"	Hernán VERGARA LUCO (")	"
"	Ramón MOSCOSO DIAZ (")	"
"	Victor MAKSAEV JURCHUC (")	"
"	Gabriel PEREZ ROJAS (")	Landsat-1データ解析
"	Walter ESPINOSA NEUPERT (")	現地調査
協力員	Ramón CACERES CHAMORRO (")	"

2-8 調査の経緯

本年次は、前期と後期の2期にわかれて、現地調査が行われた。前期は3月から6月にかけて実施され、前期前半はチリ・チームが単独に調査し、前期後半に日本調査員2名が参加した。前期は、主として、広域地質及び地化学探査がなされ、その結果と、Landsat-1データ解析結果とを合わせ検討がなされ、精査地2箇所が選ばれた。後期は、更に、3名の日本調査員が加わり、9月初旬現地に赴いたが、積雪のため、調査を中断し、10月上旬再開した。後期は前期残された広域地質及び地化学探査、並びに精密地質及び、地化学探査が行われた。

本年次は、広域地質調査3班、精密地質調査1班、地化学探査1班、Landsat示徴現地確認調査1班の6班にわかれて調査が進められた。また、本年次は、3箇所に簡易宿泊設備を設け、これをベース・キャンプとし、また、広域調査地域の西部はジープによる入山が困難なため、人力及び馬等によって調査及び募営用具、水等を運搬し、前進キャンプを設け、調査を行った。なお、食糧購入、人夫の手配等は昨年同様 Calama 市で調達した。

また、本年度は、例年のない寒気降雪にみまわれ、前期後半及び後期前半の現地調査は難行したが、大きな問題もなく予定どおり終了した。

解析作業は Santiago 市のチリ地質調査所（以下 I. I. G. と云う）にて行われ、52年2月上旬報告書の草案が完成した。各種分析は、主として I. I. G. の分析で行われたが、岩石薄片の一部はチリ大学で作成された。また、絶対年代測定はサン・パウロ大学で行われた。

2-9 従来 of 調査

従来 of 調査として、本プロジェクト地域全域をカバーするものとして縮尺 1:1,000,000 の地質図 (I. I. G. 1968) 及び 1:250,000 の地質図 (A. Thomas, 1964, 1967) がある。このほか Quehuita 地域付近には、1:50,000 Copaquire 図幅 (Villemur, 1963), 1:50,000 Cero Yocas 図幅 (本プロジェクト第1年次報告書, 1975) 及び 1:50,000 Ujina 図幅 (H. Vergara 未公刊), Estudio de los Yacimientos de oro, plata y manganeso del distrito de Collahuasi (C. Milan 1945 未公刊), Exploración geológica en el área de Quebrada Blanca (R. Fam, 1974), Informe de Avance Nº1 Sector Guatacondo, provincia de Tarapacá (R. Cáceres, N. Rojas, H. Vergara, I. I. G. 1973 未公刊), Recopilación de la Geología del sector de Guatacondo, Provincia de Iquique I Región (E. Botto, IIG 1976 未公刊) 等がある。また Cerro Jaspe 地域付近には、Geología de la región El Abra (Vivallo, W. and Moreno, H., I. I. G., 1974) がある。

2-10 報告書

本報告書の草案はチリ国にて作成し、印刷は日本で行った。

また、本書の内容は地域別、調査方法別に記述されている。VI部に各論の内容を総合的に検討し、まとめました。また本書の最後に初年次と2年次を総括し、プロジェクト地域に対する検討結果の要約と結論を述べた。また、初年次実施したCerro Yocas 地域と本年度行った広域調査地域の層序の対比をII-1Chitigua 地域で述べた。その結果の層序対比表 Table2 は両年次総括に挿入されている。

各 論

第 I 部 LANDSAT-1 データ解析 及び航空写真解析

第 1 章 総 説

本調査の目的は、第一年次 Landsat - 1 データの影像解析により抽出された“Landsat示徴帯”に対して、デジタル解析を行い、より詳細な情報を得ること、並びに航空写真を用いて調査地域の地質、地質構造を明らかにし、現地調査に先立って基礎資料の作成及び鉱床賦存有望地域を選出することにある。

第 2 章 解 析 方 法

2-1 概 要

本解析は、Landsat - 1 データ解析と航空写真解析に分けられる。

Landsat-1データ解析は、次の手順で行った。Landsat - 1 データを記録した C.C.T. (Computer Compatible Tape) を電子計算機によって処理し、全地域について C.C.T. 最小記録単位 (約 57m x 79 m) の輝度レベルを各バンド毎にプリント・アウトした。次に、カラー・ディスプレイにて、調査地域内のポーフイリ・カッパー型鉱床の El Abra 鉱床をトレーニング地域として選び、種々の方法 (バンド間の四則演算等) を試みた。この結果、各バンド比のうち、4/6 バンドレシオが最も良く El Abra 鉱床 ないしその付近の変質帯の形態を識別できた。したがって、第一年次に得られた“Landsat示徴帯”を 4/6 バンド・レシオ・マップとしてプリント・アウトし、トレーニング地域との類似性、異質性を比較検討し、類似性の最も高い地域を抽出することに努めた。なお、参考までにカラー・ディスプレイで得られた解析範囲の加色合成画像を Fig I-1 に示した。

航空写真解析は、第二年次地表地質調査対象地域約 2,500km² に対し、縮尺約 1:50,000 の白黒航空写真上のパターン及び色調等の情報をもとに岩相区分、地質構造の把握を行った。

2-2 使用データ

2-2-1 LANDSAT - 1 データ

本解析に使用した C.C.T. の画像番号等は Table I - 1 に、その標定図は Fig. I - 2 に示す。

2-2-2 航空写真

本解析に使用した航空写真を Table I - 2 に、その標定図を Fig. I - 3 に示す。

2-3 解析手順

2-3-1 LANDSAT - 1 データ解析

本解析には、(株)日本ユニパック総合研究所及び(株)NAC の設備を利用した。同研究所では、UNIVAC-1108 電子計算機及びソフトウェアを使用するとともに、新たにプログラムの開発も行

Table I-1 LANDSAT-1 C.C.T. Used

I.D. Number	Date	Latitude/Longitude of the Principal Point
E1244-14060	24 March 1973	21° 28' S, 69° 26' W

Table I-2 List of Aerial Photographs

Course	Photo Number	No. of Photos	Date	Flight Direction	Flight Altitude
-	9676 - 9707	32	30 Apr. '55	N-S	? ^m
L1	7369 - 7398	30	11 Apr. '55	N-S	?
1C	1699 - 1730	37	18 Apr. '61	N-S	11,430
2C	1652 - 1688	37	18 Apr. '61	S-N	do.
3C	1596 - 1634	39	18 Apr. '61	N-S	do.
4C	1534 - 1572	39	26 Apr. '61	S-N	do.
5C	212 - 248	39	26 Mar. '61	N-S	do.
6C	142 - 176	35	26 Mar. '61	S-N	do.

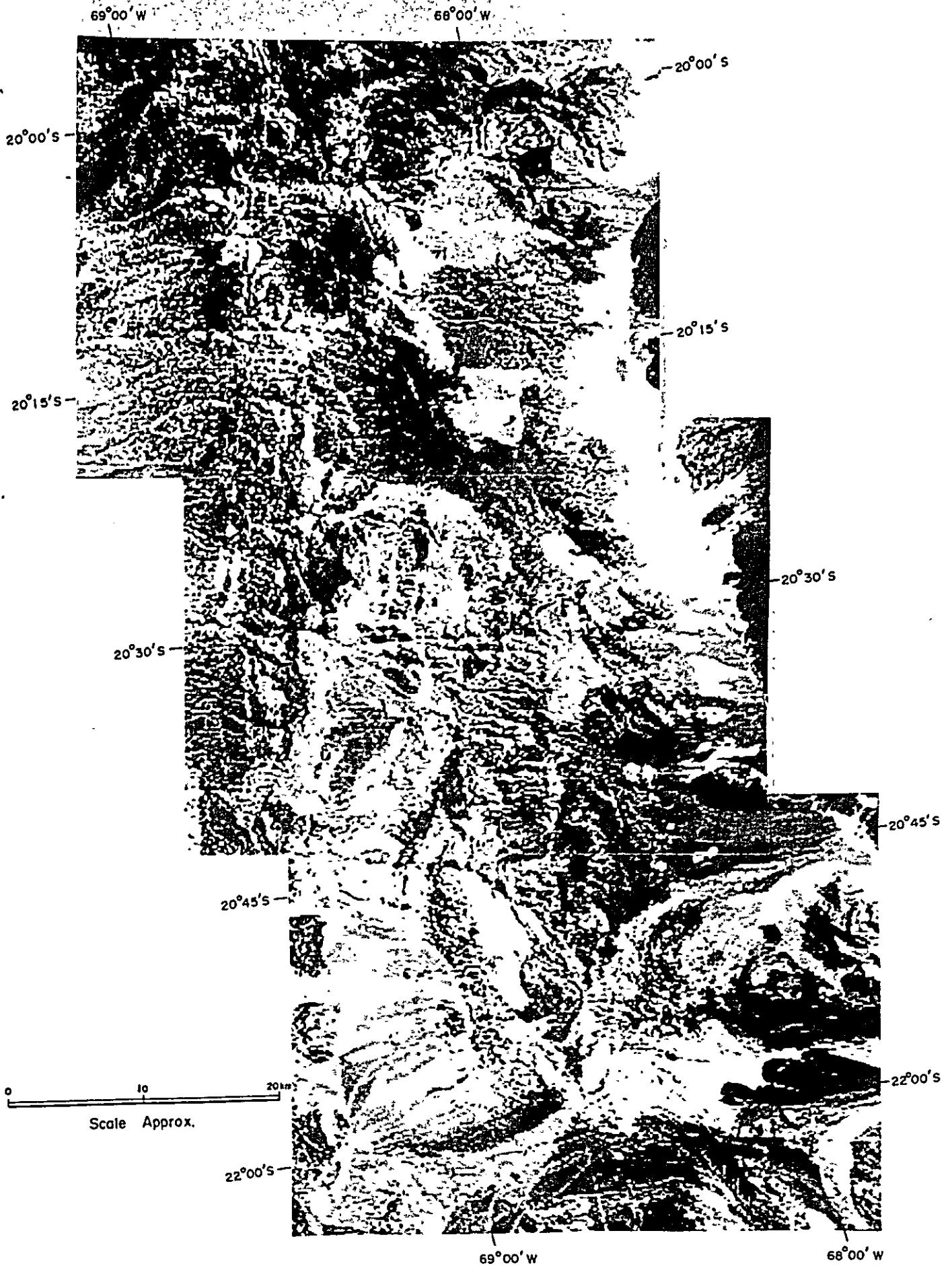


Fig. I-1 Color Composite Image in the El Abra-Quebrada Blanca Area

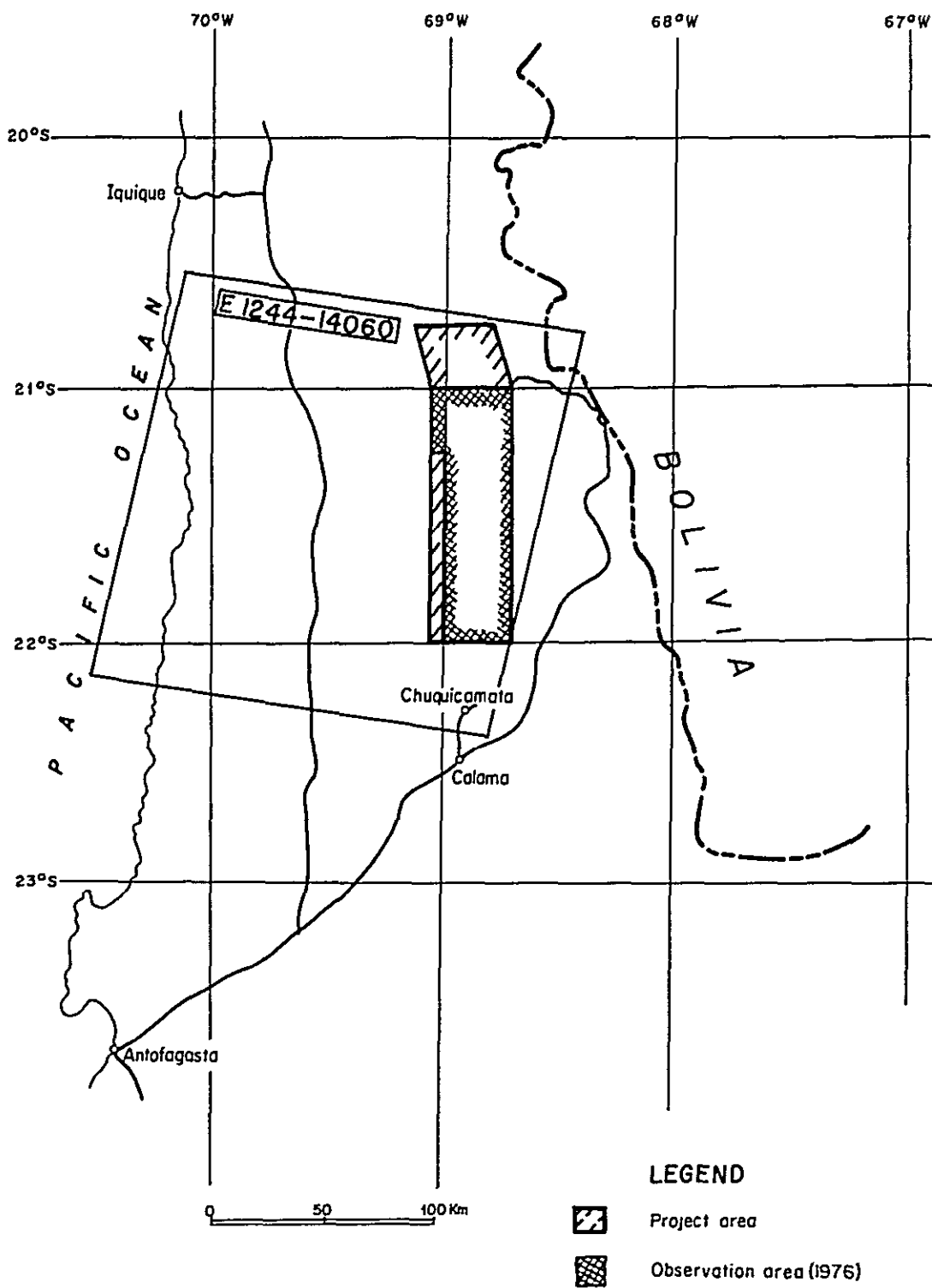


Fig. I-2 Index Map of LANDSAT-1 Data, Northern Chile

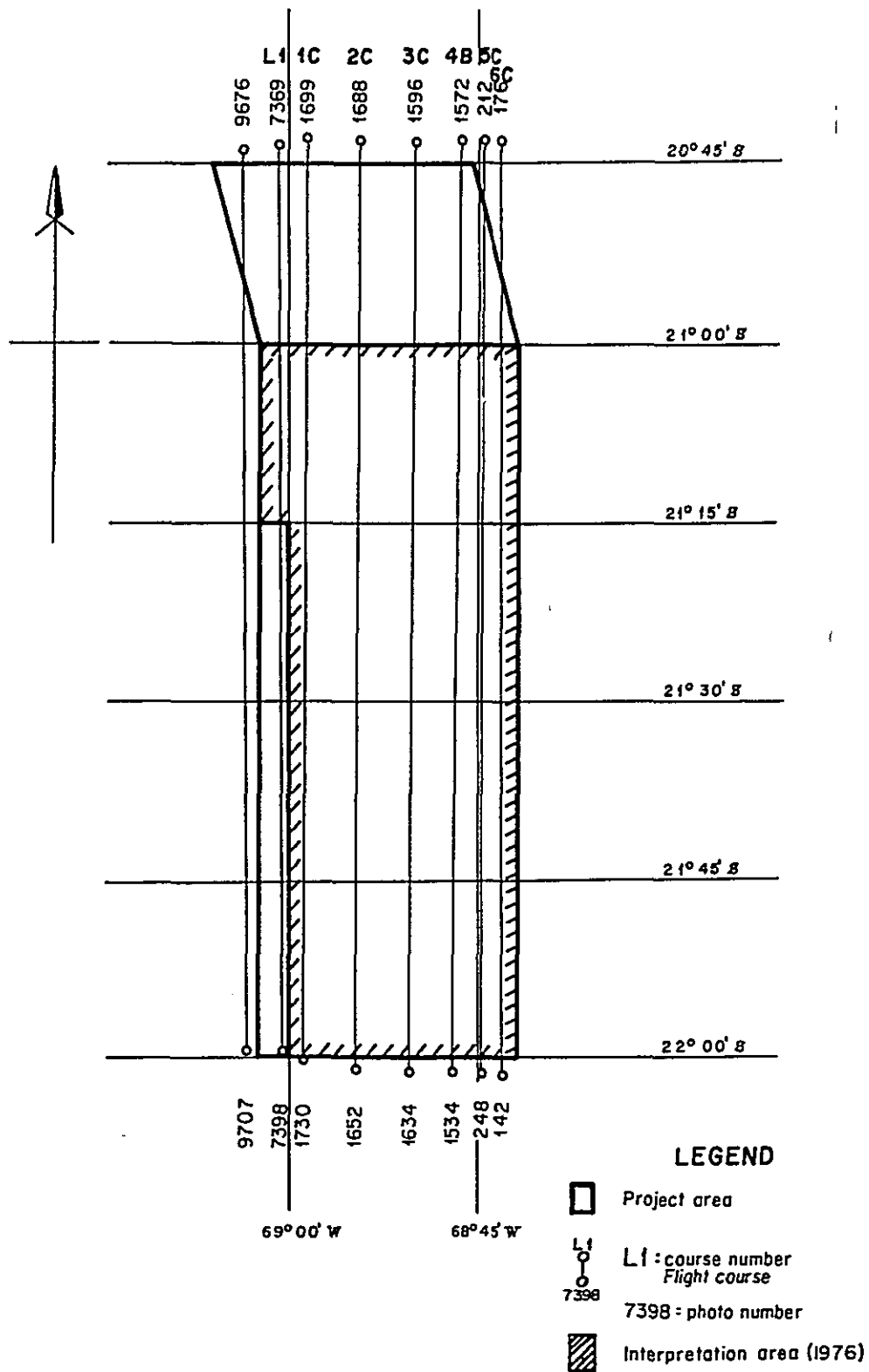


Fig. I-3 Index Map of Aerial Photographs in the El Abra - Quebrada Blanca Area

- * Band 4: 0.5 - 0.6 μm
- Band 5: 0.6 - 0.7 μm
- Band 6: 0.7 - 0.8 μm
- Band 7: 0.8 - 1.1 μm

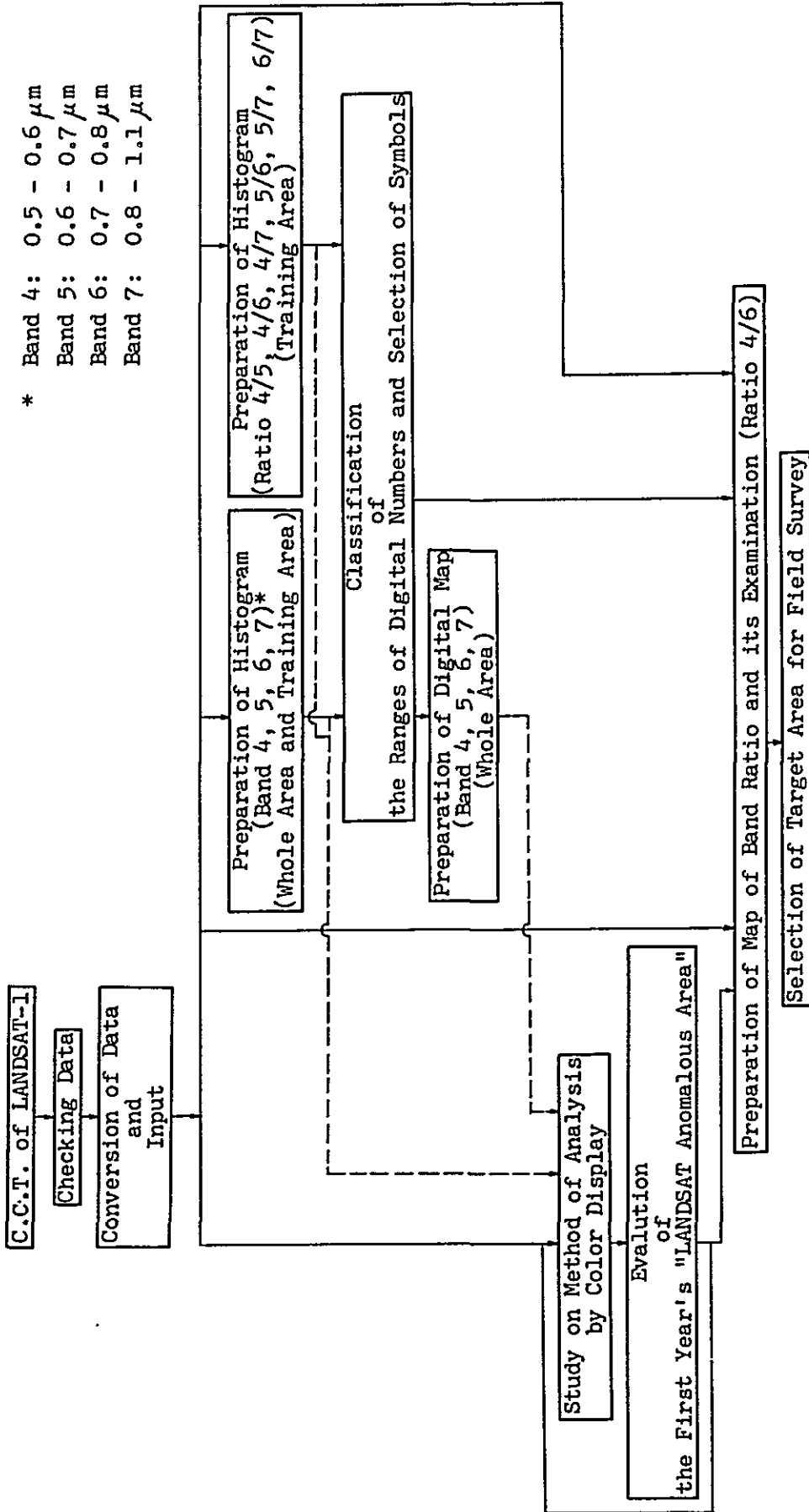


Fig. I-4 Flow Chart Showing the Sequence of Steps Used in Processing Computer Compatible Tape

った。機NACでは、IBMシステム7型電子計算機及び自社開発の付属機器NAC-TIPS及びソフトウェアを使用した。

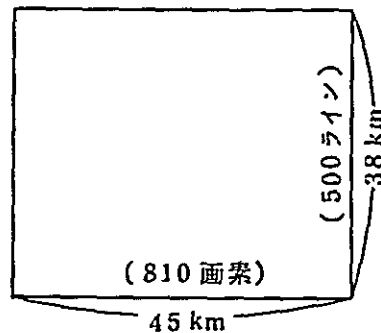
本解析作業の内容は、おおよそFig. I-4に示す通りである。次に各過程の概略を説明する。

(1) データチェック

C.C.T.の有効性を確かめた後、データをテープからデスクに移す。

(2) データ変換、計算機入力

C.C.T.のうちから、解析地域約2,500km²をカバーする約5,000km²の範囲についてのデータを取り出し、データ・フォーマット変換してNAS-TIPS計算機に入力した。本解析地域が広範囲に亘っているため、3シーンの範囲は、Fig. I-1のとおり北部、中央部及び南部(いずれも仮称)とした。なお、トレーニング地域は南部内に属する。1シーンの大きさは概略下図の通りである。



(3) ヒストグラム作成

本解析全域、トレーニング地域の各バンド(バンド4, 5, 6, 7)及びトレーニング地域の各バンド・レシオ(4/5, 4/6, 4/7, 5/6, 5/7, 6/7)について、オリジナル・データのヒストグラムをプリンターで出力した。これらの結果をFig. I-5, I-6に示す。

(4) 輝度範囲、記号選定

(3)の結果から、各バンド毎の輝度範囲区間及び記号を選定した。輝度範囲は10段階とし、記号は濃淡差の鮮明なものを採用した。各バンドの輝度範囲と記号は、Fig. I-7の通りである。

(5) デジタル・マップ作成

全域に対して(4)で決められた記号を基に、各バンド毎のデジタル・マップを作成した。これをPL. I-1に示した。

(6) カラー・ディスプレイによる解析方法の検討

トレーニング地域として、El Abra 鉱床を選んだ。その理由は、同鉱床はボーフィリ・カップー鉱床として既試錐及び坑道探鉱によって鉱床のほぼ全容が把握されており、かつ、露頭

がみられることなどから、本解析地域におけるポーフイリ・銅鉄床のモデルとして最適であると考えられたためである。

カラー・ディスプレイ操作に当っては、トレーニング地域の輝度値を基にして、El Abra鉄床が最も良く識別されるまで四則演算を行った。カラー・ディスプレイ上では地域の拡大、縮小、グレイ・レベル・エンハンス等を試みた。

この結果バンド・レシオ、特に4/6のレシオが最も良くEl Abra鉄床を反映していることが把握できた。各バンド・レシオ・マップをFig.I-8に示す。

(7) 第一年次 "Landsat 示徴帯" 検討

(6)のデータを基に本年次解析対象域における第一年次 "Landsat 示徴帯" 90箇所について、El Abra鉄床との類似性及び異質性を比較検討した。この結果はTable I-3に示す通りである。このうち、ランクAからランクCは、ランク順にEl Abra鉄床との類似性がより高い "Landsat 示徴帯" で、15箇所にあつた。(Fig.I-9) この15箇所のうちの2箇所は、Cerro Yocas 図幅内に分布し、既に第一年次調査によって地質状況が把握されており、また、1箇所は、Quenerada Blanca 鉄床を反映しているもので、これらは本年次解析対象域から除外した。

Table I-3 Classification of "LANDSAT Anomaly"

Quadrangle	Classification of "LANDSAT Anomaly"					Total
	A	B	C	D	E	
Auehuíta and Western Part of Volcán Miño	1	0	0	21	9	31
Cerro Yocas and Western Part of Chela	0	2	0	10	11	23
Chitigua and Western Part of Cerro Palpana	1	1	5	8	2	17
Cerro Jaspe and Western Part of Estación San Pedro	1**	0	5	6	7	19
Total	3	3	10	45	29	90

Note; "LANDSAT Anomaly" (after Phase I, 1976 Analysis of Landsat)

** Training Area (El Abra Ore Deposit)

※ 2箇所の Landsat 示徴帯は、Pinchal 及び Puno 熱水変質帯に相当する。

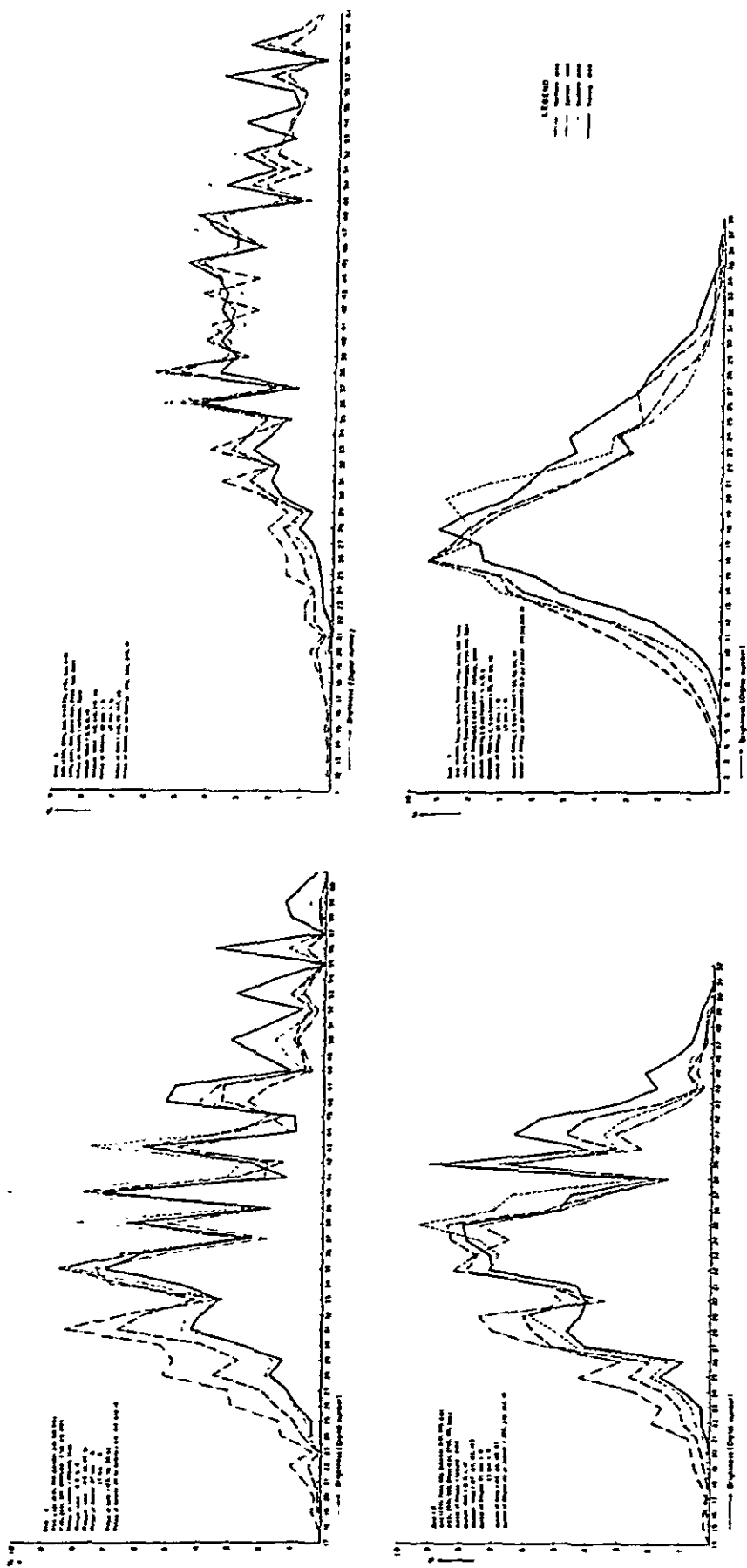


Fig. I-5 Histograms of Each Band (4, 5, 6, 7)

Ratio = Band 4/5, 4/6, 4/7, 5/6, 5/7, 6/7
 Area = (1621, 2726, 100, 200)
 Number of Samples = 20000
 Minimum Value (4/5, 4/6, 4/7, 5/6, 5/7, 6/7) = 27, 26, 29, 32, 39, 39
 Maximum Value (4/5, 4/6, 4/7, 5/6, 5/7, 6/7) = 47, 58, 60, 54, 70, 63
 Number of Samples GT, Max = 0
 LT, Min = 0
 Number of Calls (4/5, 4/6, 4/7, 5/6, 5/7, 6/7) = 21, 33, 52, 23, 32, 25
 Number of Samples per on Asterisk (4/5, 4/6, 4/7, 5/6, 5/7, 6/7)
 = 59, 37, 24, 54, 39, 50

LEGEND

BAND RATIO	SYMBOL
4/5	—
4/6	—
4/7	—
5/6	—
5/7	—
6/7	—

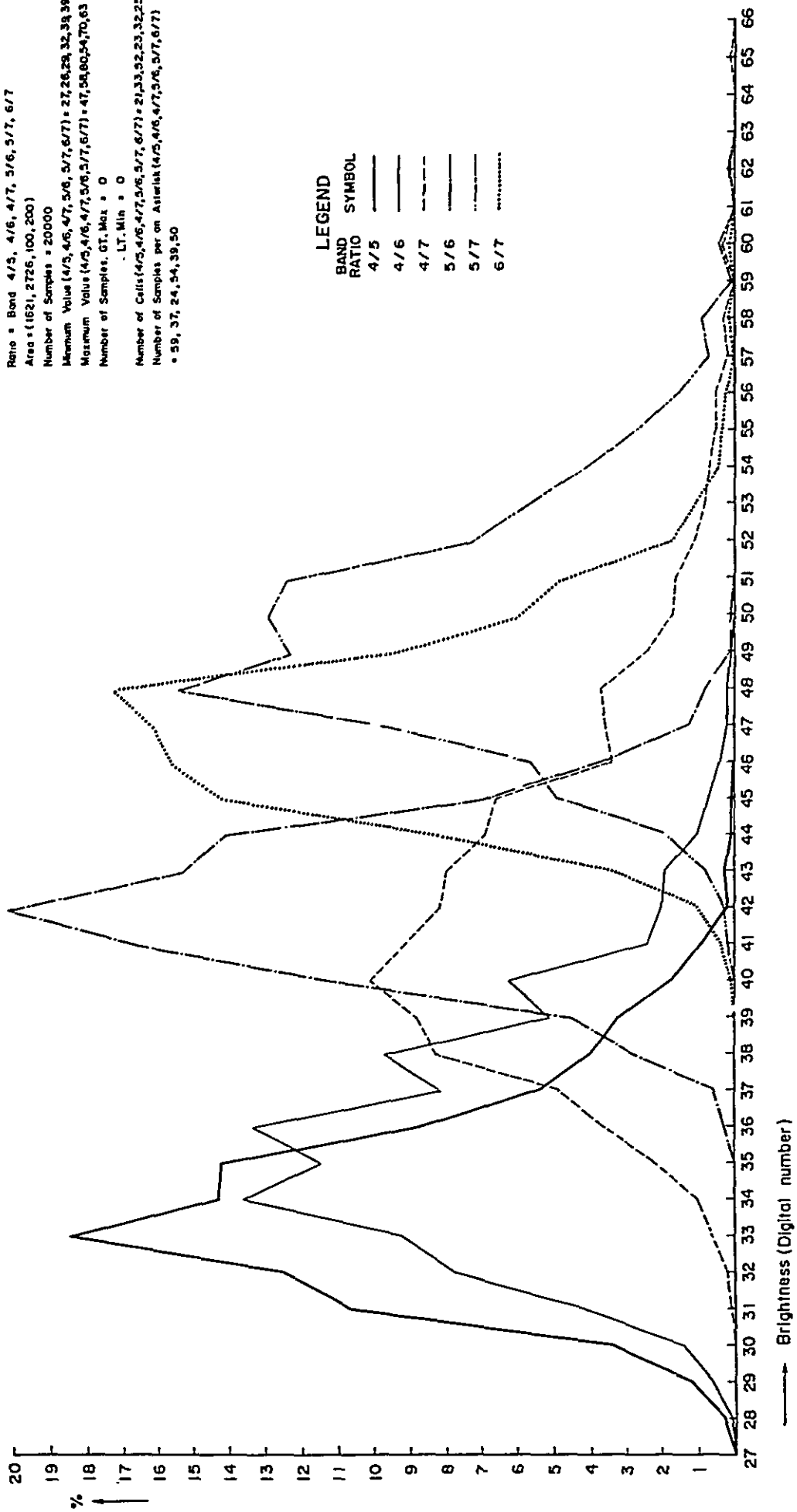


Fig. I-6 Histograms of Each Ratio (4/5, 4/6, 4/7, 5/6, 5/7, 6/7) of the Training Area

Symbol	Value (Band 4,6)
■	0 - 28
⊗	29 - 29
⋈	30 - 33
#	34 - 35
⊗	36 - 41
✧	42 - 42
×	43 - 50
::	51 - 52
▣	53 - 60
	61 - 255

Symbol	Value (Band 5)
■	0 - 26
▣	27 - 31
≡	32 - 37
⊗	38 - 38
#	39 - 52
✧	53 - 53
×	54 - 57
::	58 - 59
▣	60 - 68
	69 - 255

Symbol	Value (Band 7)
■	0 - 9
▣	10 - 13
⊗	14 - 15
⋈	16 - 16
#	17 - 19
⊗	20 - 22
✧	23 - 23
×	24 - 25
▣	26 - 30
	31 - 255

Symbol	Value (Ratio 4/5)
■	0 - 38
▣	39 - 39
≡	40 - 40
⊗	41 - 41
#	42 - 42
✧	43 - 43
×	44 - 44
::	45 - 45
▣	46 - 46
	47 - 255

Symbol	Value (Ratio 4/6)
■	0 - 34
▣	35 - 35
≡	36 - 36
⊗	37 - 37
#	38 - 38
✧	39 - 39
×	40 - 40
::	41 - 41
▣	42 - 42
	43 - 255

Symbol	Value (Ratio 4/7)
■	0 - 43
▣	44 - 44
≡	45 - 45
⊗	46 - 46
#	47 - 47
✧	48 - 48
×	49 - 49
::	50 - 50
▣	51 - 51
	52 - 255

Symbol	Value (Ratio 5/6)
■	0 - 44
▣	45 - 45
≡	46 - 46
⊗	47 - 47
#	48 - 48
✧	49 - 49
×	50 - 50
::	51 - 51
▣	52 - 56
	57 - 255

Symbol	Value (Ratio 5/7)
■	0 - 45
▣	46 - 46
≡	47 - 47
⊗	48 - 48
#	49 - 49
✧	50 - 50
×	51 - 51
::	52 - 52
▣	53 - 53
	54 - 255

Symbol	Value (Ratio 6/7)
■	0 - 48
▣	49 - 49
≡	50 - 50
⊗	51 - 51
#	52 - 52
✧	53 - 53
×	54 - 54
::	55 - 55
▣	56 - 58
	59 - 255

Note; The values of the ratios used in this report are multiplied as the original values by 40 times.

Fig. 1-7 Classification of the Ranges of Brightness Levels (Digital Numbers)

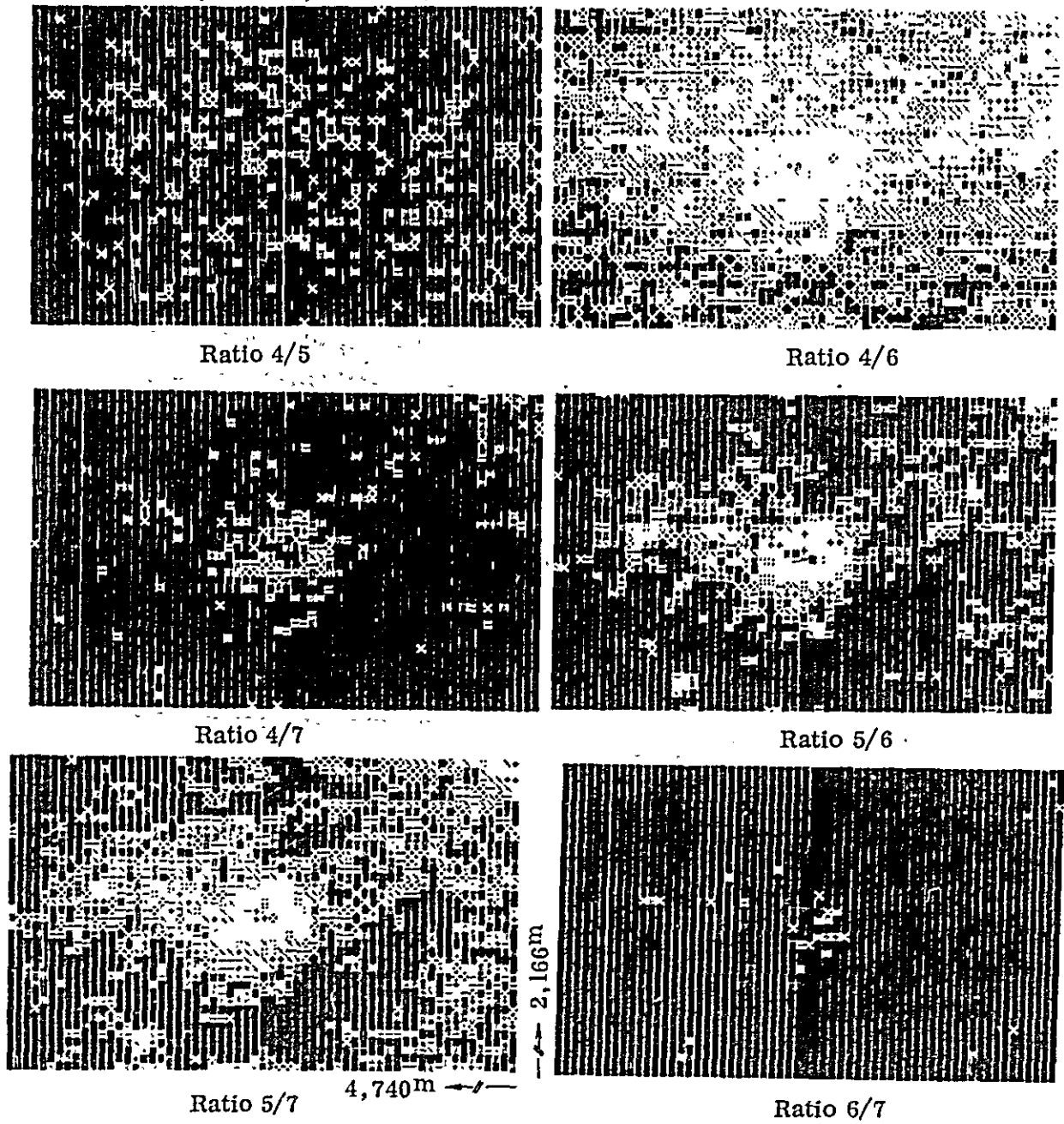


Fig. I-8 Digital Maps of Each Ratio of the Training Area

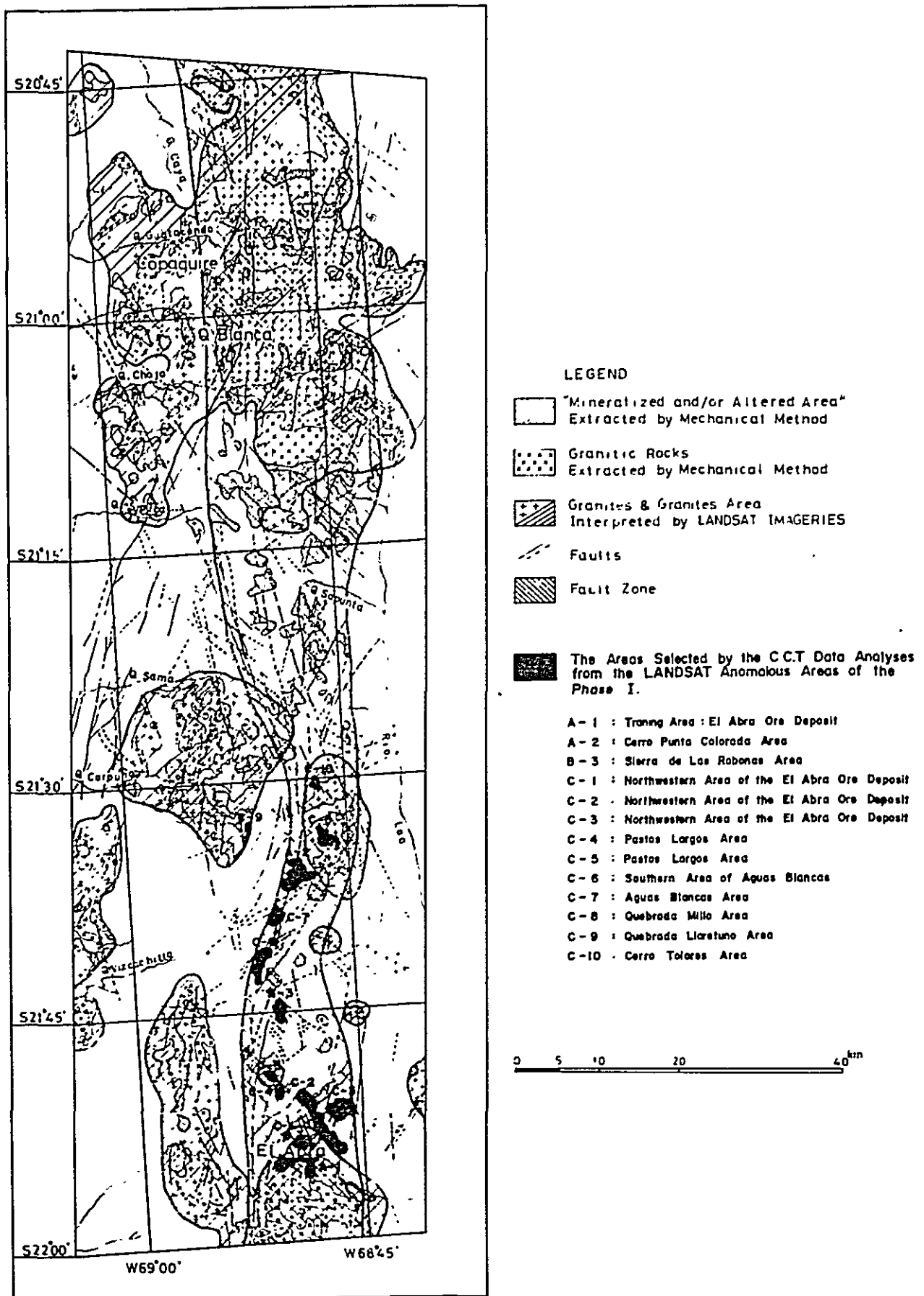


Fig. I-9 Index Map of the Areas Selected by the C. C. T. Data Analyses from the "LANDSAT Anomalous Areas" of the Phase I

(8) バンド・レシオ・マップ作成，検討

(7)までの過程において得られた13箇所(トレーニング地域としてのEl Abra鉱床を含む)について4/6バンド・レシオ・マップ2組を作成した。その結果はFig.I-10～I-19に示す通りであるが，1つは記号，他の1つは10進法表示によるものである。

(9) 現地調査対象地域抽出

以上の結果を総合的に検討，判断し，現地調査対象地域を抽出した。これについては，第3章で説明する。

2-3-2 航空写真解析

既存の縮尺約1:50,000航空写真を実体視し，航空写真地質の解析要素(肌合，色調，抵抗度等)から岩相単位区分を行うとともに，層理，片理及び断層等の線状パターンを判読し，これらを総合し縮尺1:50,000予察写真地質図を作成した。

第 3 章 解 析 結 果

3-1 概 要

Landsat-1 データ解析では、バンド・レシオ特に 4/6 のレシオが最も良く El Abra 鉱床の形態を識別できることが判明した。この 4/6 レシオをもとに先の 12 箇所について、バンド・レシオ・マップ及びカラー・ディスプレイによって検討した結果、現地調査対象地域として 4 箇所が抽出された。

航空写真解析では、29 の地質単元が区分され、また、褶曲及び断層などの地質構造とも併せて、縮尺 1:50,000 予察写真地質図としてまとめ、野外調査及び地質図作成に活用した。なお、本解析結果は野外調査結果と大きく異なる事はなかった。したがって、地質単元及び地質構造についての説明は、後述の II~IV 部において地質調査結果と合わせて述べることにし、本章では主として野外地質調査結果との対比についてのみ略記した。

3-2 LANDSAT-1 データ解析

現地調査対象地域抽出のために El Abra 鉱床との類似性がより高い "Landsat 示徴帯" (A~C) の 12 箇所 (Fig. I-9) について、バンド・レシオ・マップ (レシオ 4/6 の濃淡図及び輝度図) にて検討した。この結果を以下に説明する。なお、本報告書に載せた濃淡図及び輝度図における各レシオの値は実際の比を 40 倍したものである。

3-2-1 トレーニング地域としての El Abra 鉱床の特徴

本鉱床は、記号による濃淡図では、だ円状 (南北約 0.9 Km × 東西約 1.6 Km) のパターンを示している。また、だ円内のレシオ値は 10 進法表示によると 40 以上であり、かつ、45 以上がだ円の中心を表わしている。これらの結果は Fig. I-10 の通りである。これらは当然のことながらカラー・ディスプレイ上においても容易に把握できる。

3-2-2 トレーニング地域と各クラスとの比較

(1) A-2 (Cerro Punta Colorada 地域)

レシオ値 40 以上を示す部分は、解析対象範囲 (A-2 を含むたて 4.6 Km × よこ 4.7 Km の範囲、以下各地域を含む同範囲をいう) の北部に分布範囲は南北約 0.5 Km × 東西約 0.5 Km である。

(Fig. I-11)

(2) B-3 (Sierra de Las Rabonas 地域)

レシオ値 40 以上を示す部分は、解析対象範囲に散在する。ややまとまりを欠く分布であるが、その分布規模は南北約 0.5 Km × 東西約 1 Km である。(Fig. I-12)

(3) C-1 (El Abra 鉱床の北西部地域)

レシオ値 40 以上を示す部分は、解析対象範囲の南東部にみられるが、分布規模 (南北約 0.2 Km × 東西 0.4 Km) が狭い。また、レシオ値 45 以上は極めて少ない。(Fig. I-10)

(4) C-2 (El Abra 鉱床の北東部地域)

レシオ値 40 以上を示す部分が少なく、まとまった分布を示さない。(Fig. I-13)

(5) C-3 (El Abra 鉱床の北東部地域)

レシオ値 40 以上を示す部分がみられるが、まとまった分布を示さない。また、レシオ値45 以上はほとんどみられない。(Fig. I-13)

(6) C-4 (Pastos Largos 地域)

レシオ値 40 以上を示す部分は、解析対象範囲にはみられないが、隣接する C-5 域にかけて分布する。(Fig. I-14)

(7) C-5 (Pastos Largos 地域)

レシオ値 40 以上を示す部分は、解析対象範囲の西部及び南東部にみられる。分布規模は NNE-SSW 方向に 2~3 km, 幅約 1 km である。また、この中にはレシオ値 45 以上を示す部分もみられ、興味ある分布パターンを示している。(Fig. I-14)

(8) C-6 (Aguas Blancas 南部)

レシオ値 40 以上を示す部分は、解析対象範囲の南部にみられる。分布規模は、南北 0.5 km × 東西 0.4 km である。(Fig. I-15)

(9) C-7 (Aguas Blancas 地域)

レシオ値 40 以上を示す部分が少なく、また、興味を示す分布パターンはみられない。(Fig. I-16)

(10) C-8 (Quebrada Millo 地域)

レシオ値 40 以上を示す部分が少なく、かつ、散在している。(Fig. I-17)

(11) C-9 (Quebrada Llaretuno 地域)

レシオ値 40 以上を示す部分が 1 点のみである。(Fig. I-18)

(12) C-10 (Cerro Tolares 地域)

レシオ値 40 以上を示す部分がみられない。(Fig. I-19)

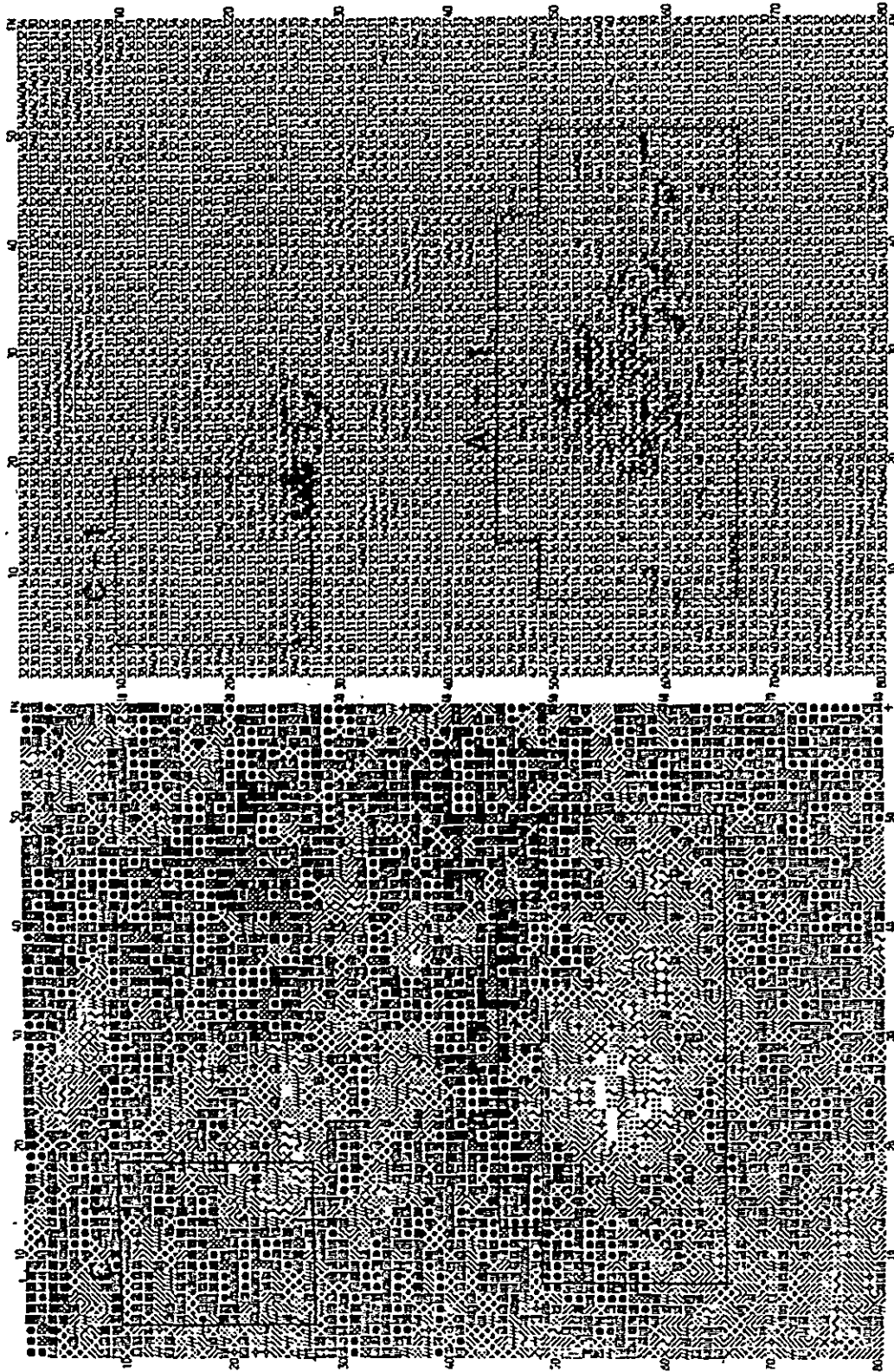
3-2-3 検討

3-2-2 で抽出された 12 箇所のうち、El Abra 鉱床と類似性の高いパターンを示す箇所は、A-2 (Cerro Punta Colorada 地域)、B-3 (Sierra de Las Rabonas 地域)、C-1 (El Abra 鉱床北西部)、C-5 (Pastos Largos 地域) 及び C-6 (Aguas Blancas 南部) の 5 箇所である。このうち、レシオ値の分布パターンの類似性及び分布規模からすると、C-5 が最も似ており、続いて B-3、C-6 及 A-2 の順で、C-1 は分布規模が小さい。

一方、上記 5 箇所について航空写真地質解析結果を合わせて考察すると、次の様に解される。

C-5 ; 本地域は、Chuquicamata 鉱山から連続するとみられる N-S 系の "南北断層" の東部に位置し、周辺の地質は、火山岩類及び花崗岩質岩類より成る。

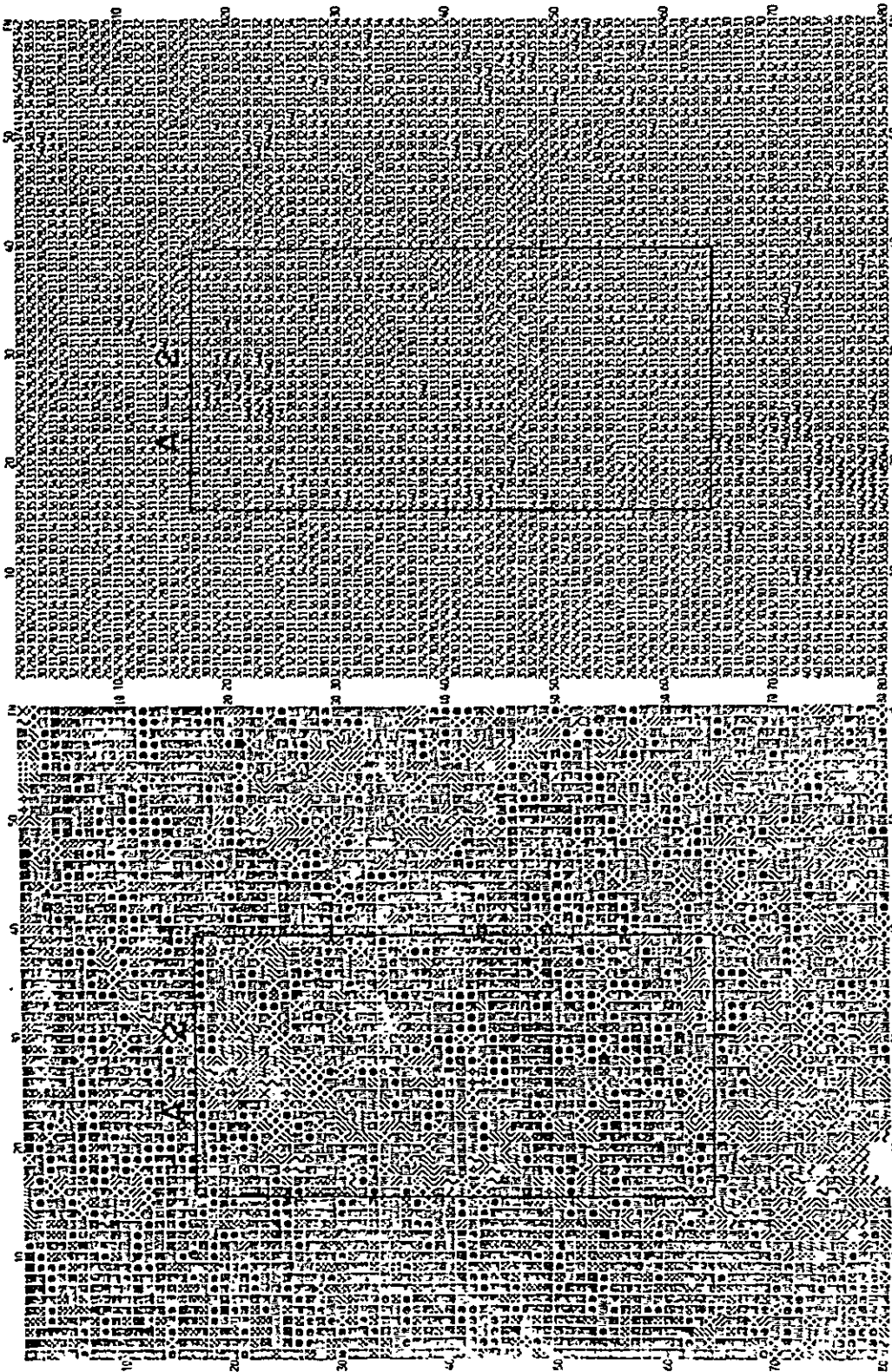
B-3 ; 本地域は、"南北断層" の東部に位置し、周辺の地質は、火山岩類で、かつ、別の N-S 系断層がみられる。



(Light and Shade Type)

(Decimal Type)

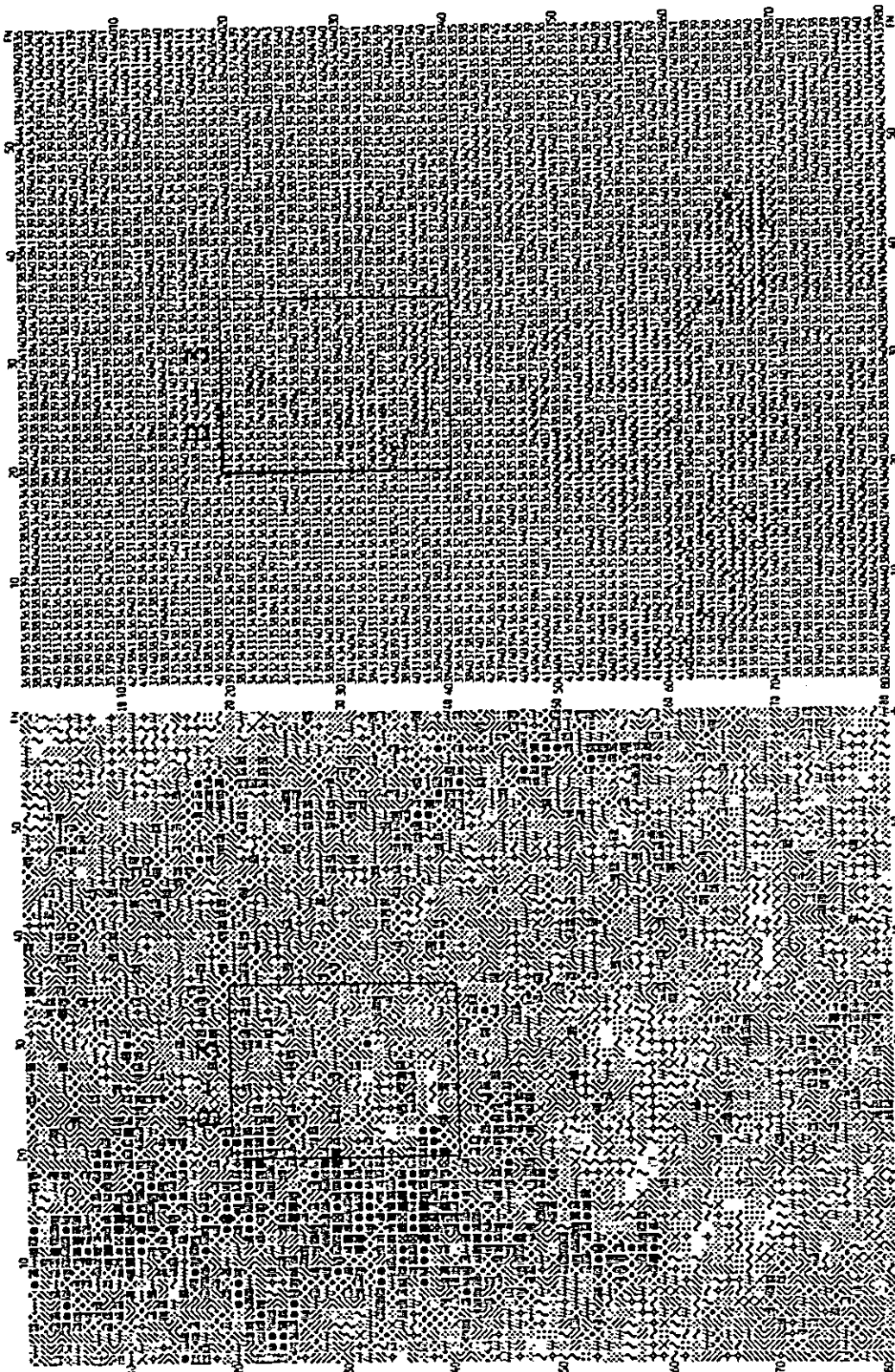
Fig. I-10 Digital Maps of the A-1 and C-1 Areas
 Area (Line No. 1601 - 1680, Sample No. 2821 - 2880), Ratio (4/6)



(Light and Shade Type)

(Decimal Type)

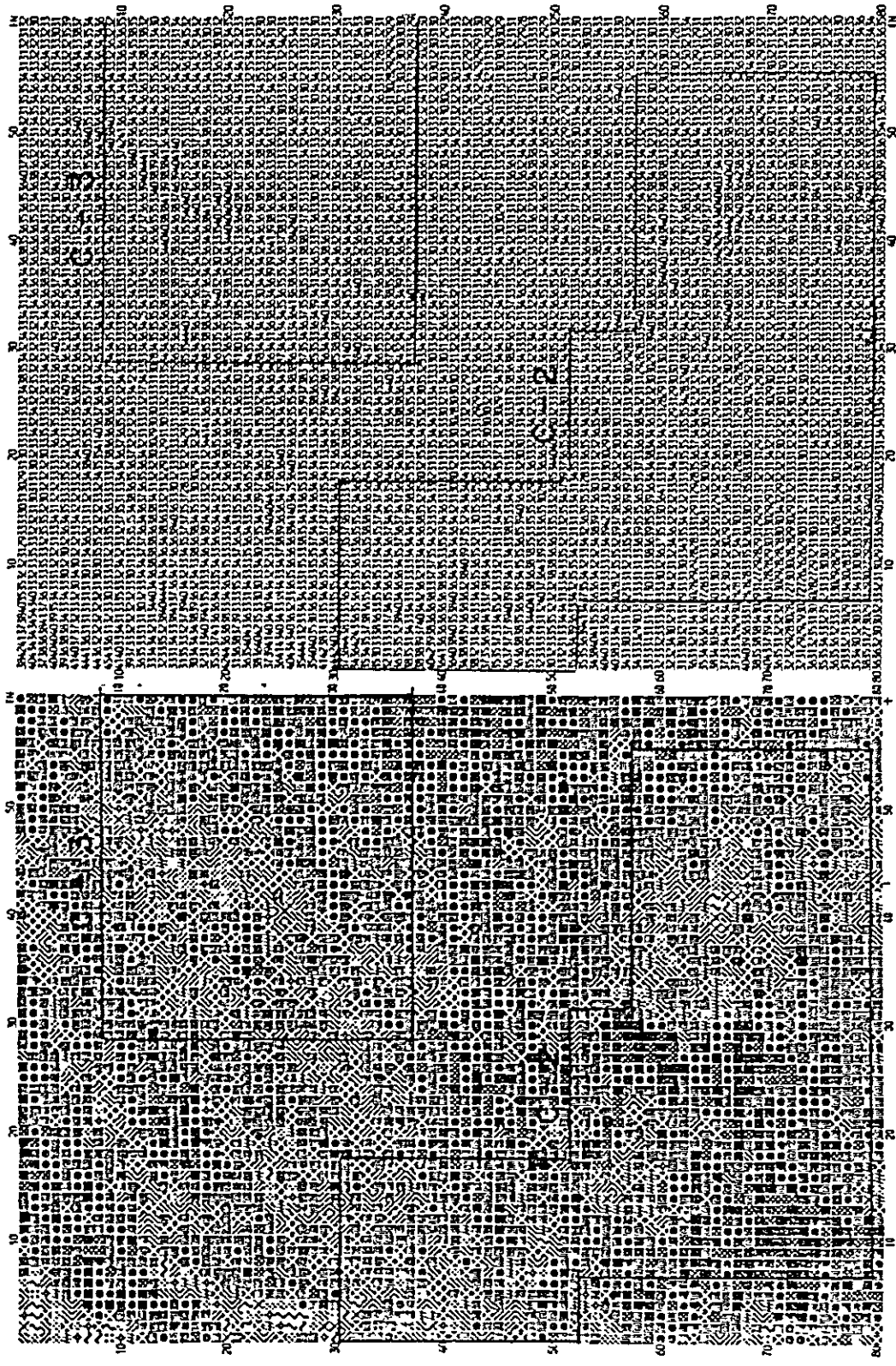
Fig. I-11 Digital Maps of the A-2 Area
Area (Line No. 1181 - 1260, Sample No. 2731 - 2790), Ratio (4/6)



(Light and Shade Type)

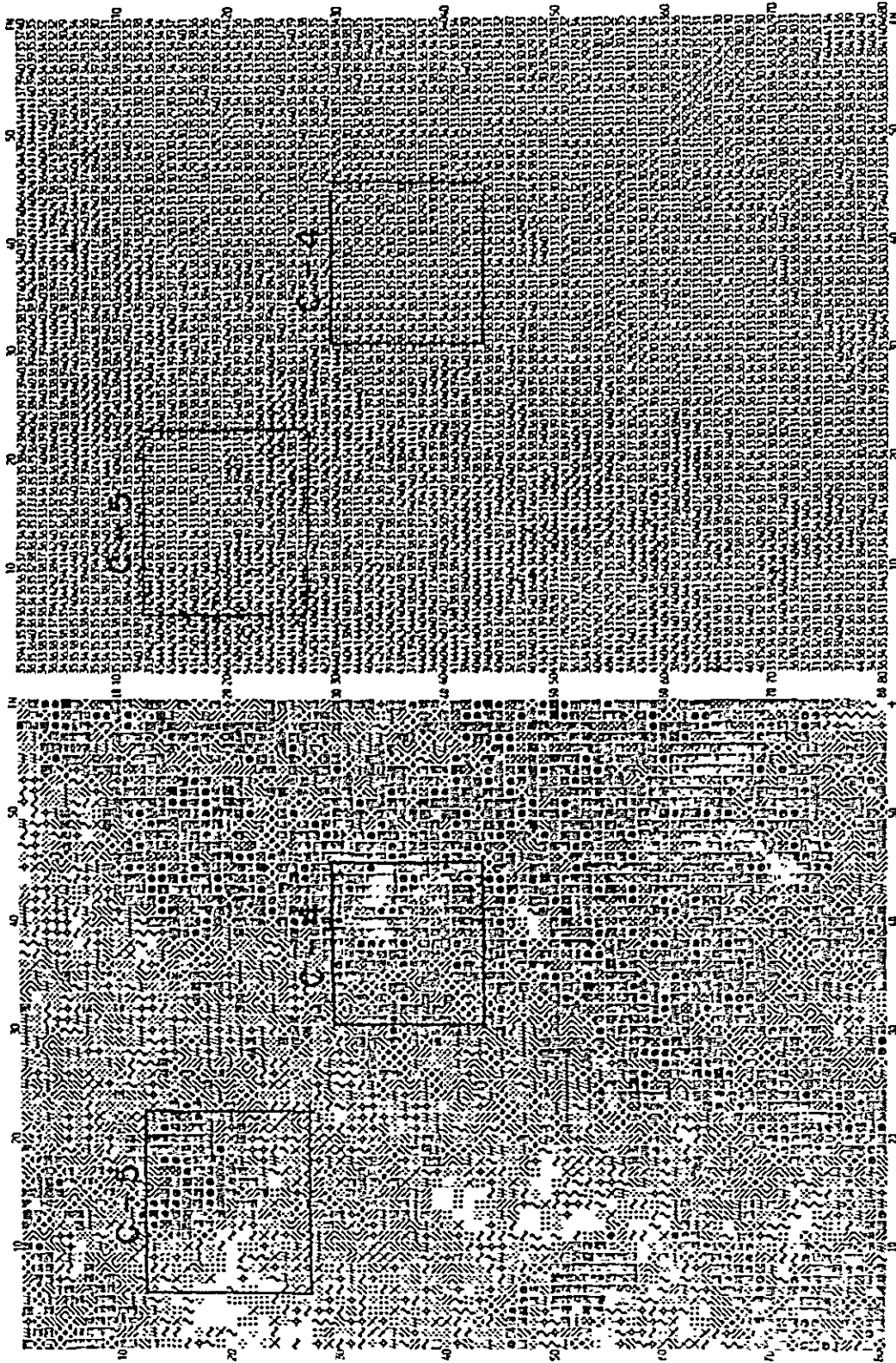
(Decimal Type)

Fig. 1-12 Digital Maps of the B-3 Area
 Area (Line No. 1391 - 1470, Sample No. 2751 - 2810), Ratio (4/6)



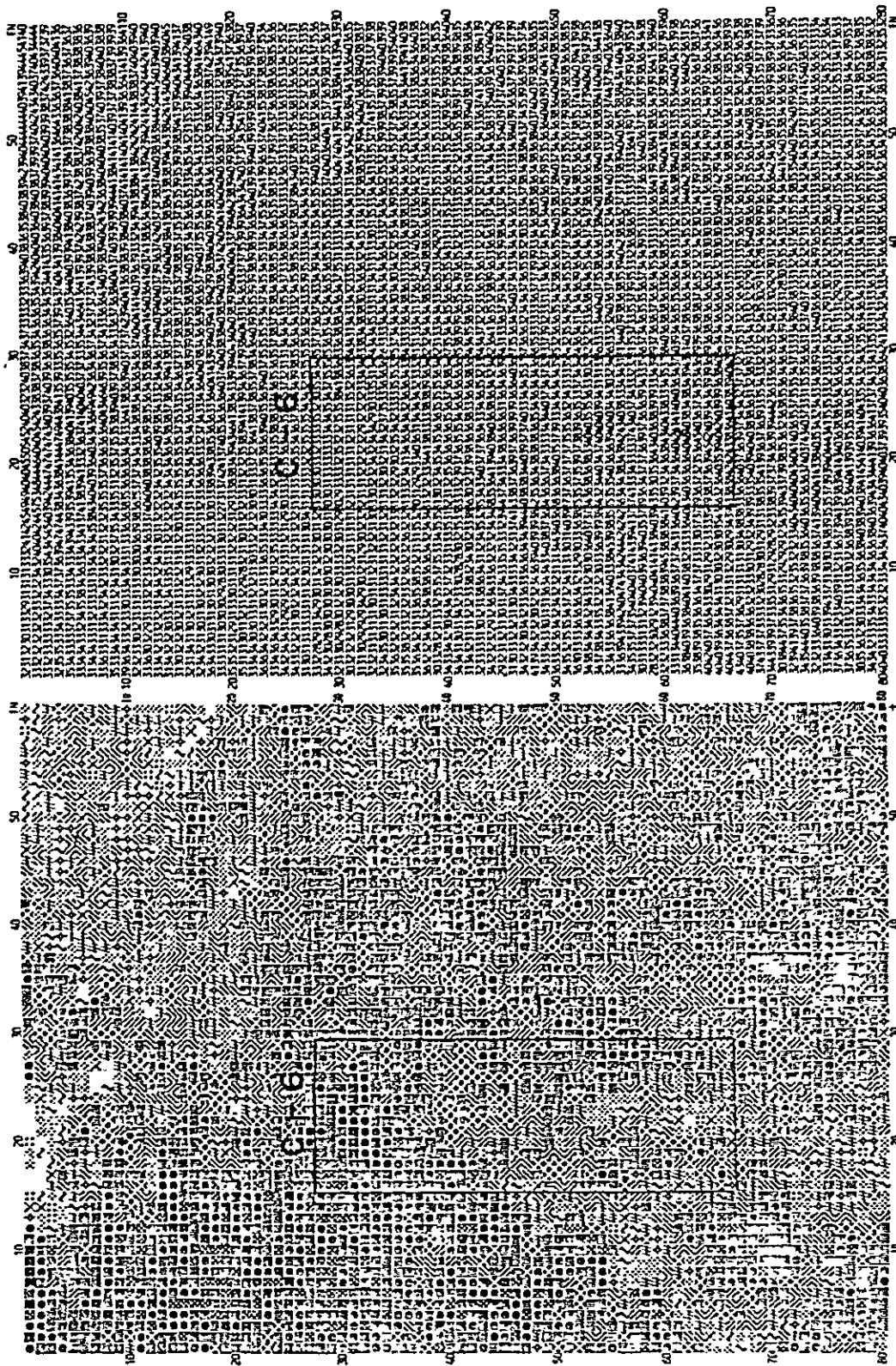
(Light and Shade Type) (Decimal Type)

Fig. I-13 Digital Maps of the C-2 and C-3 Areas
 Area (Line No. 1541 - 1620, Sample No. 2878 - 2937), Ratio (4/6)



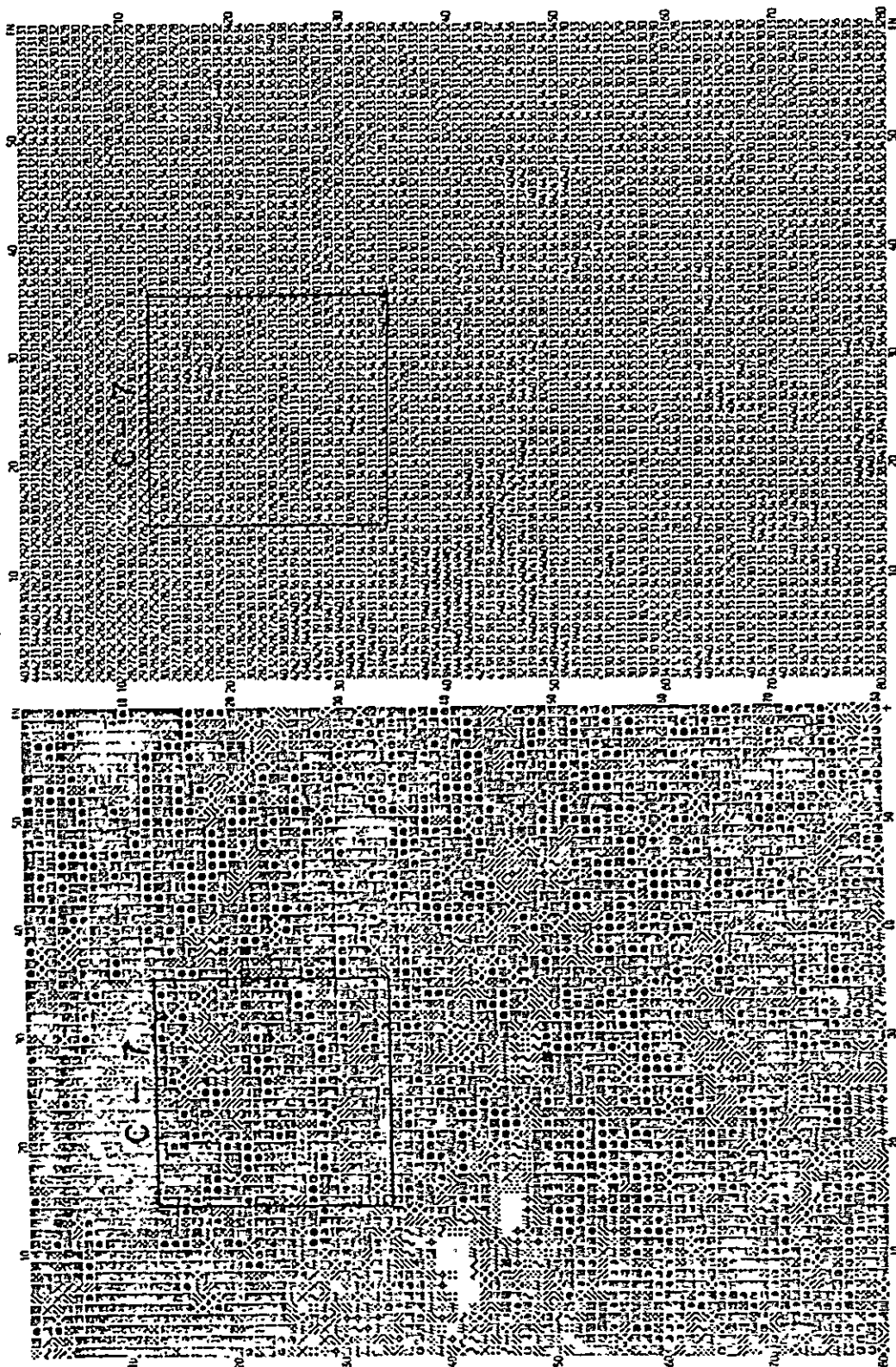
(Light and Shade Type) (Decimal Type)

Fig. 1-14 Digital Maps of the C-4 and C-5 Areas
 Area (Line No. 1501 - 1580, Sample No. 2761 - 2820), Ratio (4/6)



(Light and Shade Type) (Decimal Type)

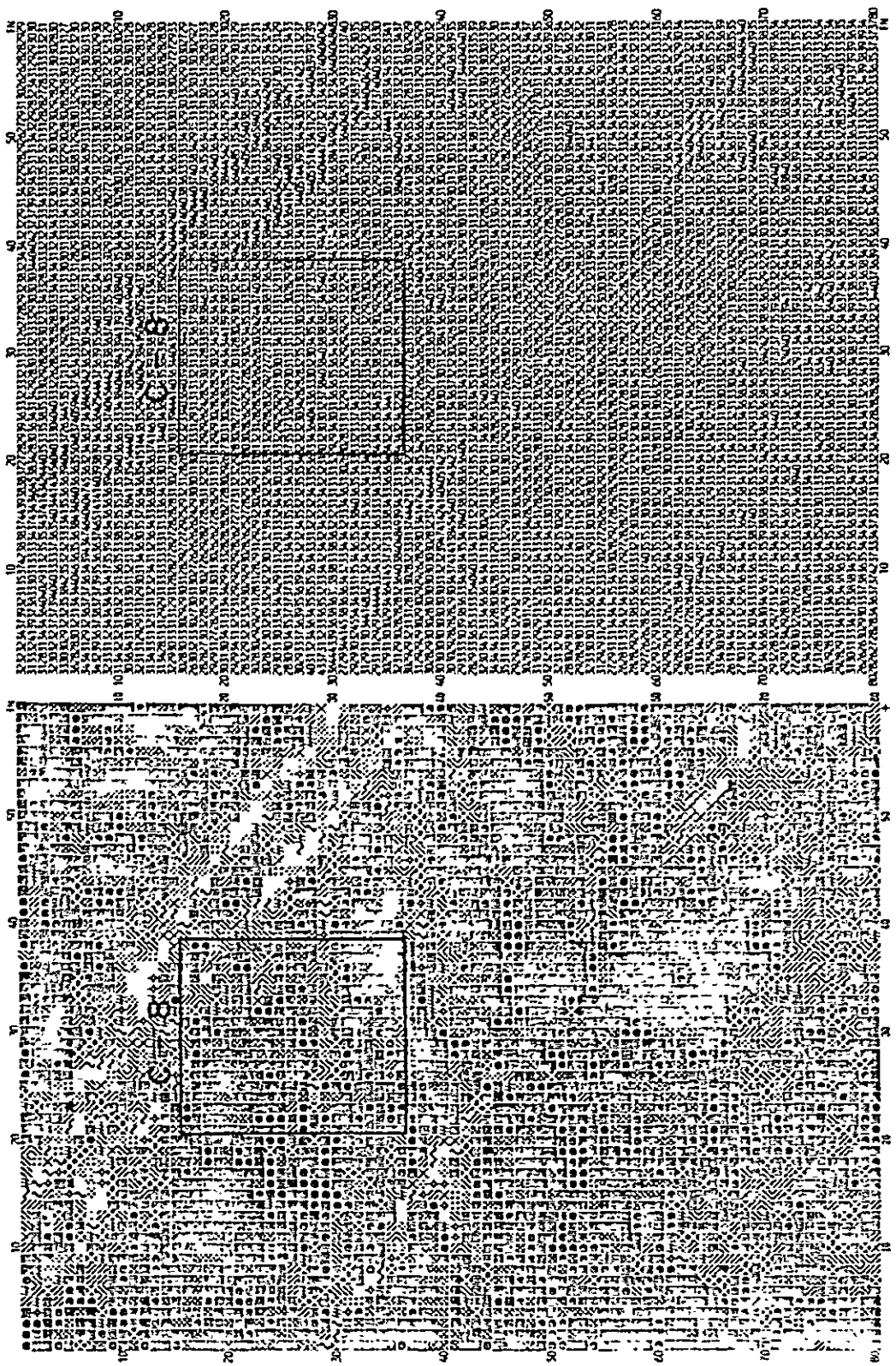
Fig. I-15 Digital Maps of the C-6 Area
 Area (Line No. 1301 - 1380, Sample No. 2701 - 2760), Ratio (4/6)



(Decimal Type)

(Light and Shade Type)

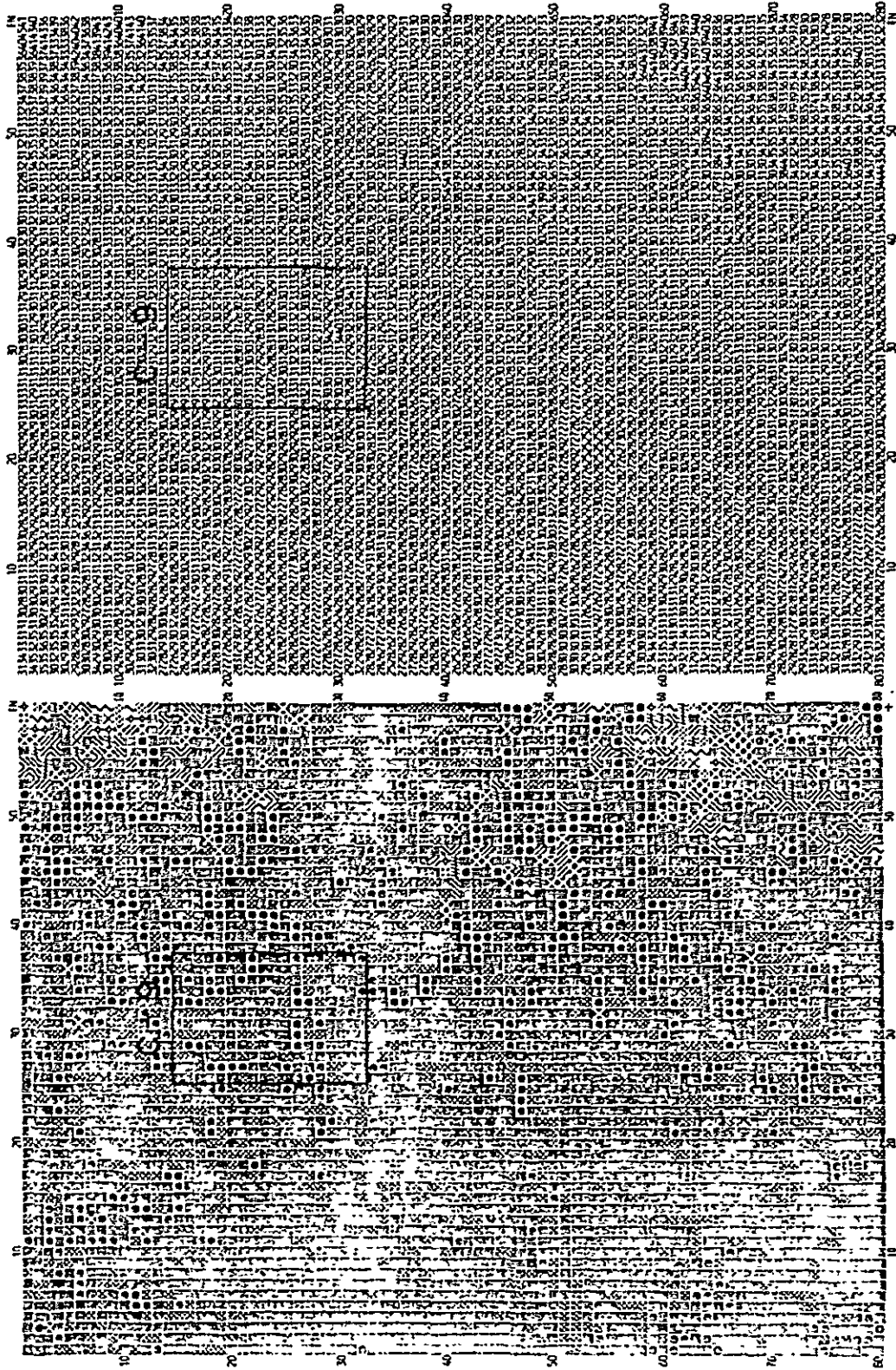
Fig. I-16 Digital Maps of the C-7 Area
 Area (Line No. 1261 - 1340, Sample No. 2651 - 2710), Ratio (4/6)



(Decimal Type)

(Light and Shade Type)

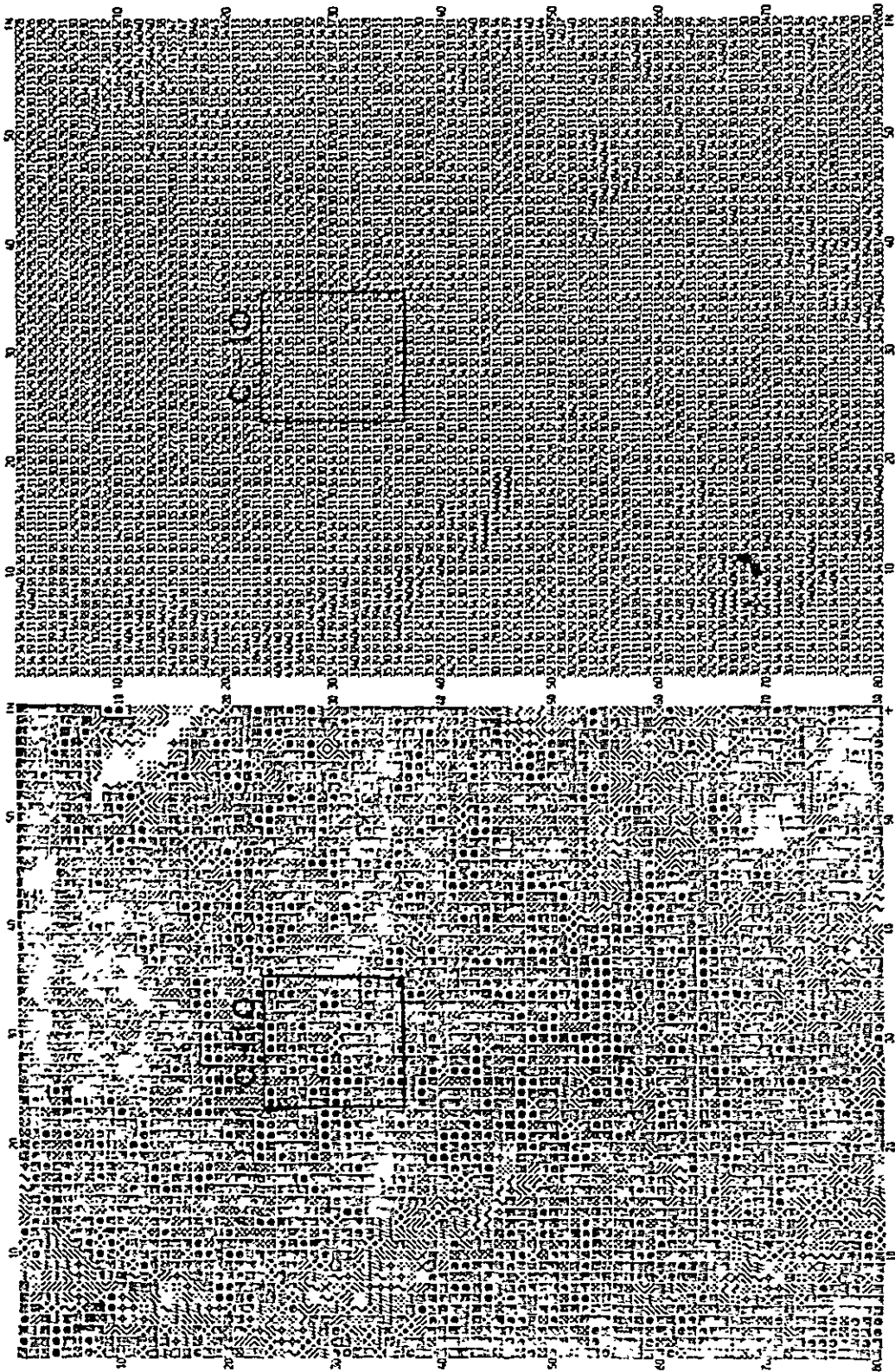
Fig. I-17 Digital Maps of the C-8 Area
 Area (Line No. 1141 - 1220, Sample No. 2771 - 2830), Ratio (4/6)



(Light and Shade Type)

(Decimal Type)

Fig. I-18 Digital Maps of the C-9 Area
 Area (Line No. 1141 - 1220, Sample No. 2701 - 2760), Ratio (4/6)



(Light and Shade Type)

(Decimal Type)

Fig. I-19 Digital Maps of the C-10 Area
 Area (Line No. 1141 - 1220, Sample No. 2701 - 2760), Ratio (4/6)

C-6 及び A-2 ; これらの地域は, “南北断層” 沿いに位置し, 周辺の地質は, 火山岩類及び貫入岩類である。

C-1 ; 本地域は, “南北断層” の東部に位置し, 周辺の地質は, 火山岩類及び花崗岩質岩類である。

以上の点からすると, C-5, B-3, C-6 及び A-2 の4箇所が鉱床探査上興味ある地域と解される。

更にこれらの地域に対して現地調査を行った結果では, C-5 及び A-2 の2箇所に少量の銅鉱化作用を伴う熱水変質作用が認められた。なお, B-3 及び C-6 は弱褐鉄鉱が認められたのみである。

3-3 航空写真解析

3-3-1 地質単元

写真地質判読の結果, 本地域の地質単元は, A~R, IrA~Irk の29地質単元に区分された。これら各単元の特徴は Table I-4 の通りである。以下に各単元と地質調査結果との対比を述べる。

単元 A ; 写真解析で変成岩類とみられた岩石は, 野外調査では Choja 層の片麻岩, Amaculla 層の片麻岩及び若干の深成岩類から成っていた。分布に若干の不一致がみられた。

単元 B ; 古期火山岩類とみられた岩石は, 古生代の活動とみられる花崗岩, 花崗閃緑岩であった。

単元 C ; 層理の発達する海成堆積岩類とみられた岩石は, Quehuita 層及び Santa Elena 層に対比され, 石灰岩, 頁岩, 層状石こう, 砂岩及び礫岩であった。

単元 D ; 砂岩及び礫岩とみられた岩石類は, Arca 層の安山岩及び安山岩質火山碎屑岩類, Quinchamale 層の礫岩, Sical 層の礫岩及び砂岩に区分される。層序の点からは Arca 層のみが本単元となるべきであるが, Cerro Jaspe 図幅北部から Chitigua 図幅南部にかけては, 他の2層との明瞭な区分は困難であった。その理由は, 褶曲構造並びに断層が発達し地質構造が複雑なこと, 岩質が碎屑岩類のため, 写真上類似の色調及びパターンを示していたことによる。

単元 E ; 火山岩類とみられた岩石は, Arca 層に対比され, 安山岩及び同質火山碎屑岩類であった。

単元 F ; 砂岩とみられた岩石は, Tolar 層に対比され, 砂岩及び少量の礫岩であった。この他 Arca 層の1部を含めていた。

単元 G ; 火山岩類とみられた岩石は, Arca 層及び Icanche 層の安山岩, 火山碎屑岩類, Peña Morada 層の流紋岩に区分される。層序の点からは, 本単元は細分されるべきであった。

単元 H ; 頁岩, シルト岩及び砂岩とみられた岩石は, Tolar 層の砂岩及び少量の礫岩よりなる。この他, Cerro Jaspe 図幅南東部に分布する Arca 層の1部を含めていたが, 本来は除外さ

Table I-4 Characteristic Chart of Photo Geological Units in the Quehuita - Cerro Jaspe Area

Photo Units	Photographical Characteristics		Topographical Characteristics								Probable Lithology	Formation and/or Lithology (after Phase II, 1977 Geological Survey)
	Tone	Texture	Drainage		Relativity	Section		Lineament				
			Pattern	Density		Fluc	Valley	Ridge	Direction	Intensity			Kinds
R	dark	fine	parallel	medium	very weak	∩	∩	-	-	-	Gravel, sand, silt Gravel, sand, silt Acidic pumice tuff (ignimbrite)	Alluvium: gravel, sand
Q	light	fine	parallel	low	very weak	∩	∩	-	-	-		Alluvium: gravel, sand
P	dark gray	fine	sub-dendritic	high	weak	∩	∩	rare	medium	joint fault		Pitusa F. and Ichuno F. dacitic and rhyolitic tuffs and welded tuffs
O	gray - dark gray	coarse	dendritic	very high	medium	∩	∩	rare	weak	joint	volcanic sediments	Papajoy F. and Sical F: conglomerates, sandstones, gypsum
N	dark	smooth	dendritic	low	weak - medium	∩	∩	rare	medium	bedding joint	Andesite	Tolar F: sandstone intrusive rock: diorite
M	gray - light gray	smooth	dendritic	medium	strong	∩	∩	medium	medium	joint fault	Porphyritic rhyolite	Intrusive rocks: rhyolite porphyry and granite porphyry
L	medium gray	smooth	dendritic	medium	strong - medium	∩	∩	rare	weak	fault	Rhyolite	Yocas F. and Peña Morada F: rhyolite porphyry, rhyolite and welded tuff
K	dark gray	fine	parallel	high	medium	∩	∩	medium	medium	joint	Andesites	Arca F: andesites and pyroclastic rocks
J	gray - light gray	coarse	parallel - dendritic	high	weak	∩	∩	rare	weak - medium	bedding	Conglomerate	Sical F: conglomerates
I	gray	coarse	parallel - dendritic	high	weak	∩	∩	rare	weak - medium	bedding	Conglomerate, sandstone	Quehuita F: shales, siltstone, sandstone
H	medium gray	coarse	parallel partly angular	high	weak	∩	∩	medium	medium	bedding	Sediments	Tolar F: sandstones with conglomerates Arca F: andesites
G	dark gray	coarse - fine	parallel - dendritic	medium	medium	∩	∩	many	medium	bedding	Volcanic rocks sediments (andesite, agglomerate etc.)	Incanche F: andesites with phroclastic rocks Peña Morada F: rhyolites Arca F: andesites with pyroclastic rocks
F	dark gray	coarse	parallel	medium	very weak	∩	∩	medium	medium	bedding	Sandstones	Tolar F: sandstones with conglomerates Arca F: andesites
E	dark gray	smooth	parallel	medium	medium	∩	∩	rare	weak	joint	Volcanic	Arca F: andesites and pyroclastic rocks
D	gray - dark gray	very fine	parallel	high	medium	∩	∩	rare	medium	bedding	Sandstone and conglomerate	Arca F: andesites and pyroclastic rocks Quinchamal F: conglomerates Sical F: conglomerates and sandstones
C	light gray	fine	parallel - pinnate	high	medium - strong	∩	∩	rare	medium	bedding	Sediments (shale, limestone)	Quehuita F. and Santa Elena F: limestones, shales, siltstones, sandstones, conglomerate, gypsum
B	medium gray	coarse partly fine	parallel	low	medium - strong	∩	∩	medium	medium	joint	Volcanic sediments	Intrusive rocks granite, granodiorite
A	medium gray	coarse	dendritic	medium	medium	∩	∩	medium	medium	schistosity	Metamorphic rocks	Amaculla F: schists Choja F: gneisses
Ir-K	light	coarse	dendritic	medium	strong	∩	∩	very few	weak	joint	Rhyolite (dyke)	Intrusive rocks: dacite and rhyolite
Ir-J	dark	coarse	dendritic	low	medium	∩	∩	very few	weak	joint	Andesite (dyke)	Incanche F: andesites
Ir-I	dark	coarse	dendritic	medium	medium	∩	∩	rare	weak	joint	Andesite B (dyke)	Macata F. and Arca F. (Member 2): andesites Conacosa F: andesites
Ir-II	medium gray	coarse	dendritic	medium	medium	∩	∩	rare	weak	joint	Andesite A (dyke)	Incanche F: andesites
Ir-G	light gray	coarse	parallel	low	strong	∩	∩	rare	weak	joint	Porphyritic andesite (dyke)	Intrusive rock: diorite porphyry
Ir-F	dark gray	coarse	dendritic	low	weak - medium	∩	∩	rare	weak	joint	Aorthosite	Intrusive rock: aorthosite
Ir-E	medium gray	coarse	dendritic	low	strong	∩	∩	medium	weak	joint	Granitic rock	Intrusive rocks: granodiorites (Cretaceous, Paleozoic)
Ir-D	dark gray	coarse	dendritic	low	medium - strong	∩	∩	few	weak	joint	Granitic rock	Intrusive rocks: granodiorite (Paleozoic, Cretaceous) tonalite (Tertiary)
Ir-C	medium gray	fine	dendritic	low	strong	∩	∩	few	weak	joint	Granitic rock	Intrusive rock: diorite (Tertiary, Paleozoic)
Ir-B	light gray	coarse	dendritic	low	strong	∩	∩	many	medium	joint	Granitic rock	Intrusive rock: diorite (Tertiary)
Ir-A	medium gray	fine - coarse	parallel	medium	very strong	∩	∩	medium	medium	joint fault	Granitic rock	Intrusive rocks: granite and granodiorite (Paleozoic)

れる。Arca層全体が第四紀砂礫層におおわれており，露出が沢の流域のみに限定されるため，写真上ではTolar層との明確な差異がみられなかった。

単元I；礫岩及び砂岩とみられた岩石は，Quechuita層の頁岩，シルト岩，砂岩及び1部Papajoy層の礫岩であった。

単元J；礫岩とみられた岩石は，Sichal層の礫岩及び砂岩であった。

単元K；安山岩類とみられた岩石は，安山岩及び火山砕屑岩類であった。

単元L；流紋岩とみられた岩石は，Yocas層及びPeña Morada層の流紋岩，流紋斑岩，流紋岩質熔結凝灰岩であった。

単元M；塊状分布を示し流紋岩とみられた岩石は，流紋斑岩及び花崗斑岩の貫入岩類であった。

単元N；安山岩とみられた岩石は，閃緑岩及びTolar層の砂岩であった。分布範囲が約2km×2kmと狭く，また，Ichuno層及び第四紀層に被覆されて，他の単元との関係が不明瞭であった。

単元O；平坦な分布を示し火山性堆積物とみられた岩石は，Papajoy層及びSichal層の礫岩，砂岩等であった。写真上に明瞭に識別される。

単元P；平坦な構造を示し，かつ，均質な酸性凝灰岩と解析された岩石は，Pitausa層及びIchuno層の石英安山岩質ないし流紋岩質凝灰岩及び熔結凝灰岩であった。写真上で他の単元と比較して明瞭に識別される。

単元Q，R；第四紀砂礫層とみられた堆積物で，写真上で明瞭に識別される。

単元IrA～E；花崗岩質岩類とみられた貫入岩類は，花崗岩，花崗閃緑岩，閃緑岩等であった。これらの貫入岩類は，写真上で明瞭に識別される。

単元IrF；上記の貫入岩類と比較して，色調がより暗色で，斜長岩とみられた岩石で，野外調査でも同様であった。

単元IrG～K；安山岩及び流紋岩とみられた貫入岩類は，野外調査でもほぼ同様であった。

3-3-2 地質構造

本解析の結果，本地域には褶曲及び断層がみられ，ほぼ野外調査結果と一致している。

褶曲構造は，後述する“南北断層”の西部域の地質単元C～Gに発達している。

主要な断層としては，Chuquicamata 鉦山でいう“西部断層”がEl Abra鉦山西部からQuebrada Blanca鉦山西部にかけて連続していることが確認された。この断層は，地質単元O（漸新世）を切り，地質単元P（中新世末期～鮮新世初期）以前であることが野外調査でも確認されている。このことから本地域の主要な断層は，第三紀漸新世から中新世にかけて形成されたものと考えられる。

第 4 章 総 括

本年次の Landsat データ解析及び航空写真解析は、昨年次に引き続いて更に詳細なデータを得るために実施したものである。すなわち、昨年次の Landsat - 1 データ解析は、フィルムに記録されたデータを基に解析し、また、航空写真解析は最終的に現地チェックの必要がありと認められた地域についてのみ行った。これに対し本年次は、Landsat - 1 データの解析には C.C.T. を使用し、また、調査地域全域に対し、航空写真による地質判読を行った。

Landsat - 1 データ解析では、第一年次 " Landsat 示徴帯 " として抽出された 110 箇所のうち、本年度調査地域 (約 2,500 km²) 内の 90 箇所を対象とした。各示徴について単バンド・デジタル・マップ解析及びカラー・ディスプレイによって、El Abra 鉍床付近との類似性から A, B, C, D, E の 5 段階に分け、このうち、A, B, C ランクについてバンド・レシオ (4/6) のデジタル・マップを作成、検討し、これによって次の 4 箇所を野外対象地域として選出した。

C - 5 (Pastos Largos 地域)

A - 2 (Cerro Punta Colorada 地域)

B - 3 (Sierra de Las Rabonas 地域)

C - 6 (Aguas Blancas 地域)

このうち、現地調査の結果、C - 5 及び A - 2 の 2 箇所に少量の銅鉍化作用を伴う熱水変質作用が認められた。

航空写真解析では、29 の地質単元に区分され、また、褶曲及び断層などの地質構造とも併せて、予察写真地質図としてまとめ、野外調査及び地質図作成に活用した。

第II部 広域地質調査

II-1 QUEHUITA地域

第 1 章 地 質

1-1 概 要

本地域の地質は、古生界の変成岩類、ジュラ紀の含化石海成層及び赤色砂岩層、白亜紀の中～酸性火山岩類及び同質火山砕屑岩、第三紀の安山岩及び礫岩、中～酸性貫入岩類、軽石凝灰岩、第四紀の氷成堆積物及び砂礫層等から構成されている。

これらの岩石は本調査地域においては特徴ある分布を示す。すなわち調査地域のほぼ中央を南北に縦走する“南北断層”を境に、それより東は白亜紀以降の各種火成岩類が広大な分布を示し、同断層より西の地域では断層寄りに安山岩類及び片麻岩、片岩等が幅約 8km の帯状に南北に分布する。他はジュラ紀の海成層が広大な分布を示す。

一般に本地域の地質構造は NS ～ N 10° E の延びを示す。

1-2 層序及び岩質

1-2-1 古生界

本地域の古生界は、片麻岩類から成る Choja 層と結晶片岩類から成る Amaculla 層とに区別される。

(1) Choja 層

分布：El Cucho 沢上流～Piscala 沢上流，Choja 沢上流～Amaculla 沢上流にかけての東西約 5km，南北約 9km の地域に分布し，Choja 沢流域を標識地とする。

岩質及び構成：黒雲母眼球片麻岩，優白色黒雲母片麻岩，優白色黒雲母－白雲母片麻岩等を主とし，一部緑泥石化した優黒色片麻岩をも挟在する。このほか，しばしば白雲母花崗岩，同質片麻岩を伴い，白雲母，長石等を主とするアブライトやペグマタイトの小岩脈も多数認められる。

層厚：2,400 m 以上

層位関係：本地域の基盤を成し，下限は不明，上限は Amaculla 沢上流及び Choja 沢流域で緑色片岩類におおわれるが，多くは断層関係である。一般に走向南北，東落し 30°～60° 示し，他の岩体とは構造的に非調和である。

対比：再結晶化が完全に進み無化石のため，古生物学的な対比はできない。片麻岩の構造に平行に進入した片麻状白雲母花崗岩の絶対年代は $(431.05 \pm 9.97) \times 10^6$ 年を示す。この値はほぼ片麻岩の生成した時代を示すものと解釈され，したがって，片麻岩類の原岩の時代はこれより古く，シルル紀初期以前のものと推定される。

Table II-1-1 Generalized Geological Columnar Section of Quehuila Area

Era	Period	Epoch	Formation	Columnar Section	Thickness (m)	Lithology	Igneous Activity	Mineralization and Alteration	Remarks	
Cenozoic	Quaternary	Holocene	Alluvium		20-50	Gravel, sand, moraine				
		Pleistocene	Pitauze F.		30-150	Docile and rhyolitic tuff and welded tuff	Andesite Gabbro (25332) (251 M.Y.)			
		Lower Pliocene Upper Miocene	Popeley F.		50-250	Red and gray conglomerates light gray mudstones	Andesite Porphyry (251 M.Y.)			
	Tertiary	Eocene	Conacona F.		3,200	Reddish and purple aphanitic and porphyritic andesites	K-Ar Age Granite Granodiorite Porphyry Diorite Quartz porphyry Andesite dyke Andesite and rhyolitic tuff and welded tuff		Trinidad, Moctezuma and Quebrada Blanca mines, Oliga, Lorena Enriquez, Co. Pisacoma and Quebrada Degollada alteration zones	
		Lower Eocene	Mal Paso F.		640	Reddish sandstones and conglomerates intercalated with andesite	Granodiorite			
		Upper Cretaceous	Yacas F.		2,500	Red, purple, pink and gray rhyolite docile lava flows and welded tuff	Andesite (114 5312.82 M.Y.)		Los Tres Moric, Gales, Quebrada de Chuquillo Guelco, Co. Peruvia, Jovita and Chocal mines Co. negri, Co. Amaculita and Paquetara alteration zones	
	Mesozoic	Cretaceous	Lower	Mocota F.	Upper Member	1,050	Dark green aphanitic and porphyritic andesite tuff breccia and volcanic breccia	Rhyolite Porphyry K-Ar Age		
			Lower M.	250	Andesitic volcanic breccia					
		Jurassic	Upper	Las Tambos Member	940	Alternation of red sandstone and siltstones well sorted some with concretions	Andesite		La Esperanza, Mocota, Gales, Quebrada de Chuquillo Guelco, Co. Peruvia, Jovita and Chocal mines Co. negri, Co. Amaculita and Paquetara alteration zones	
				Puallia Member	1,750	Light yellow or brownish siltstones, light gray sandstones intercalated with limestones				
Lower			Chillique Member	1,600	Black and dark gray mudstone and siltstone intercalated with limestones and gypsum, abundant concretions pyrite crystals in some levels			g: Fossil found Oxfordian Medium Coloum		
			Chocal Member	310	Medium to fine red sandstones intercalated with conglomerate					
			Quehuila F.							
Paleozoic	Permian	Lower Permian (?)	Amaculita F.		1,072	Muscovite schist, sericite-chlorite schist, chlorite schist	Microcline granite Oronotoma orthoclase (43105 ± 97 M.Y.) K-Ar Age (248.81 ± 17.82 M.Y.)		K K-Ar Age 29172 ± 1885 M.Y.	
	Carboniferous	Upper Carboniferous	Cheje F.		?	Biotite gneiss, Biotite Augen gneiss	K-Ar Age	Pampa Pitauze alteration zone		

(2) Amaculla 層

分布；El Cucho 沢上流から Amaculla 沢上流にかけての片麻岩分布地域に分布する。

岩質及び構成；岩質は緑れん石-緑泥石片岩，白雲母-緑泥石片岩，緑泥石-白雲母片岩，白雲母片岩等である。El Cucho 沢から Amaculla 沢にかけてのものは中性凝灰岩，砂岩，頁岩等を原岩とするものと，片麻岩中に挟在するものが存在する。

層厚；1,072m

層位関係；下位の片麻岩類とは断層関係，上部は Blanca 沢西方山地で第三紀の Altos de Pica 層 (Galli, 1968) の下部礫岩層に不整合でおおわれるほかはすべて断層関係である。

対比；無化石のため古生物学的対比はできない。Choja 沢上流の白雲母結晶片岩の絶対年代測定結果 $(291.72 \pm 16.85) \times 10^6$ 年の値が与えられた。この値は結晶片岩が形成された時代を示すものと考えられるので，原岩の堆積はそれ以前の先石炭紀と推定される。

1-2-2 中生界

本調査地域の中生界は，下位より，Quehuita 層，Macata 層及び Yocas 層とから成り，Quehuita 層は下位より Chocal 部層，Chitigua 部層，Punilla 部層，Los Tambos 部層の4つの部層に分けられる。

(1) Quehuita 層

分布；“南北断層”以西に広範囲な分布を示す。

岩質及び構成；下位より頁岩，砂岩より成る Chocal 部層，黒色頁岩から成る Chitigua 部層，灰色砂岩頁岩互層から成る Punillo 部層，赤色砂岩からなる Los Tambos 部層とから構成される。

層厚；4,290m

層位関係；その東縁で基盤岩類と断層関係で接し，上位は Macata 層の変質安山岩類に傾斜不整合でおおわれる。

対比；本層の Chitigua 部層中に

Perisphinctes aff. boehm Stainman

Perisphinctes cf. andium Stainman

Euaspidoceras sp.

等を多産し，Chitigua 部層は上部ジュラ系オックスフォード階と同定される。中～上位部層には化石の産出を見ないが各部層間の関係はすべて整合的かつ構造的にも調和的であることから上部ジュラ系と推定される。

1) Chocal 部層

分布；調査地域南端部 Chocal 沢上流域に露出する。南隣りの Cerro Yocas 地域で広大な分布が知られている。

岩質及び構成；主として中～細粒赤色砂岩，頁岩等から成り，時に細粒礫岩の薄層を挟在する。

層厚；310m(+)

層位関係；北西方向にブランチする背斜の軸部に位置し、下限は不明。上位は産出化石により上部ジュラ系オックスフォード階と同定される Chitigua 部層に整合的におおわれる。

対比；本層はその上位をオックスフォード階に整合的におおわれることから中部ジュラ系に相当するものと推定される。

2) Chitigua 部層

分布；Amaculla 沢と Choja 沢との合流点付近から Los Barros 平原を経て Quehuita 西方に至る東西約 3km、南北約 20km の範囲に、背斜構造の軸部に分布する。

岩質及び構成；黒色～暗灰色、暗灰褐色等の軟質頁岩を主とし、その下部は石こう層、黄鉄鉱ノジュール等に富む。中～上部には厚さ数十 cm～1 m の石灰質部が数層存在し、アンモナイトや魚類、貝類、サンゴ等の化石を産する。一般に上部へ行く程、中～細粒砂岩層を多く挟む様になり、上位の Los Tambos 砂岩頁岩互層へと漸移する。構成粒の淘汰良好、層理はよく連続する。

層厚；1,600 m 以上

層位関係；その東縁において断層関係で基盤岩類と接し、上位は細粒砂岩薄層の挟みを増して Los Tambos 砂岩頁岩互層へと漸移する。

対比；本部層はその産出化石よりオックスフォード階と同定され、Galli and Dingman(1962) の Chacarilla 層に対比される。

3) Punillo 部層

分布；Macata 山西側斜面及び南部と、調査地域西部一帯に広大な分布を示す。

岩質及び構成；淘汰良好な細粒灰色硬質石英砂岩と茶～黄色シルトとの互層。下位では黒色頁岩が、上位では硬質細～中粒石英砂岩が卓越する。また、中部に石灰岩層を挟在する。無化石、上部では偽層理が発達する。

層厚；1,000～1,750 m を有し、地域北半で層厚大である。

層位関係；Choja, Los Tambos, Chitigua, Quehuita 等の各沢で、下位はその黒色頁岩の割合を増加し、Chitigua 黒色頁岩部層に互層漸移するのが観察される。上位はその粒度があらくなり、褐赤色砂岩薄層を挟在する様になって Los Tambos 部層の赤色砂岩層へと互層漸移する。構造は上下位層とも整合的である。

対比；本部層は化石に乏しく化石による時代決定はできないがオックスフォード階に対比される Chitigua 部層を整合でおおい、かつ構造もほぼ調和的であることから上部オックスフォード階以降の上部ジュラ系に属するものと推定される。

4) Los Tambos 部層

分布；“南北断層”沿い、同断層西側、及び Quehuita 図幅中央部西部に分布する。

岩質及び構成；細～粗粒赤色砂岩から成り、全体に偽層理の発達が著しい。鏡下では淘汰良好な石英粒を主とし、多数の不透明鉱物を含む。

層厚：940 m以上

層位関係；上部は安山岩類や第三紀の Pitausa 層下部礫岩層に不整合でおおわれる。

対比；本部層は化石の産出がなく，正確な時代はわからないが，下位の Puniuo 部層と整合的に互層漸移し，かつ構造的にも Chitigua 部層から一貫して調和的であることから上部ジュラ系に相当するものと推定される。

(2) Macata層

本層は，Quehuita 図幅中央の Macata 山に模式地をもつ安山岩類に対して命名されたものである。

本層は，下位の安山岩質火山砕屑岩類より成る下部層と，上位の安山岩熔岩より成る上部層の2部層に細分される。

1) 下部層

分布；本部層は Quehuita 図幅の中央 - 南部に2地区に分れて分布している。その1つは Macata 沢沿いに約 5 km² の分布面積をもって分布している。他の1つは Desfiladero 山の西 1 km には南北に帯状に分布している。

岩質及び構成；本部層は安山岩質火山砕屑岩類よりなり，礫は亜角礫質の灰色斑状安山岩よりなり，礫の大きさは最大 40 cm を示す。また，基質も安山岩質である。

層厚；最大 250 m

2) 上部層

分布；本部層は主として Pequetora 山，Macata 山及び Querone 山付近に分布している。

岩質及び構成；本部層は暗灰～緑色斑状安山岩熔岩からなる。鏡下では斑状組織を呈し，斑晶として自形斜長石（15～50%，大きさ 1～5 mm），角閃石及び輝石（10%）等が認められ，石基は短ざく状斜長石（70%），輝石及び不透明鉱物等から成っている。変質鉱物として絹雲母，緑れん石，緑泥石及び方解石等がみられ，また多孔質安山岩には杏仁状沸石が生成している。

層厚；1,050m(+)

層位関係；Macata層は下位の Quehuita 層を不整合におよっている。本層の形成時期は， $(114.53 \pm 2.82) \times 10^6$ 年の流紋岩質斑岩に貫かれていること，及び下位層がカローブ階 - キンメリッヅ階と解されること，等から推して下部白亜系に属するものと考えられる。

(3) Yocas 層

分布；Jovita 沢上流から Chiclla 山にかけての山地，Mal Paso 沢北方，Conacona 山周辺及び Leon 山周辺山地一帯に分布する。

岩質及び構成；本調査地域内においては，斑状流紋岩，石英安山岩質流紋岩等から成る複合岩体で，調査地域南隣の Gerro Yocas 図幅では熔結凝灰岩の存在も知られている。岩質は一般に灰色～灰褐色～紫灰色ち密で，有色鉱物として黒雲母を含むほか鉄鉱を含む。石英の斑晶も普遍的で通常粒径 0.5～5 mm である。

層厚；2,500 m

層位関係；本流紋岩類は本調査地域内において“南北断層”以東にのみその分布が知られ、同断層以西の堆積岩類中にその分布を見ないので直接の層序関係は不明である。本岩体の絶対年代測定結果（第1年次）では $(89.8 \pm 2.3) \times 10^6$ 年の値が与えられており、今回の絶対年代の測定結果が $(114.53 \pm 2.82) \times 10^6$ 年であるのと合わせて白亜紀中期に位置づけられる。

2-2-3 新生界

本調査地域の新生界は、第三系及び第四系とから成り立っている。第三系は、古第三紀中頃から始まった激しい安山岩質火山活動がもたらした部厚い火山性堆積物によって特徴づけられ、下位よりMal Paso層、Conacona層、Papajoy層、及びPitausea層等に分けられる。

第四系は、モレーン等の氷成堆積物、扇状地堆積物、崖錐堆積物及び現世河床堆積物等から成る。

(1) Mal Paso層

本層はVolcán Miño 図幅のMal Paso 沢の北に露出している安山岩薄層を挟在した陸成堆積物に対して命名されたものである。

分布；本層はVolcán Miño 図幅のMal Paso沢の北部及びConacona 山の南西部に分布している。

岩質及び構成；本層は紫色粗粒砂岩と礫岩の互層から成り、安山岩熔岩及び同質凝灰岩層を挟在している。層理の発達は良好であるが、淘汰作用は悪い。円磨度は普通で礫径最大40cmを示し、礫種には流紋岩質斑岩、安山岩及び花崗閃緑岩等がみられる。

層厚；640 m

層位関係；本層は下位のYocas層を不整合におよっている。本層の堆積時期を示した決定的な資料は得られなかったが、始新統と解されるConacona層に整合におよわれていることを考え合せると、白亜紀末～古第三紀暁新世の堆積と考えられる。

(2) Conacona層

分布；Conacona沢、Alto de Alianza、Mal Paso沢上流、Llareta沢及びNegro 山等に点々と直径数kmの小岩体として分布する。

岩質及び構成；斑状安山岩、軽石凝灰岩、熔結凝灰岩、安山岩質凝灰角礫岩、火山源砂岩等から成り、全体に緑れん石作用、緑泥石化作用等を被っている。

層厚；3,200 m

層位関係；本部層はその分布が“南北断層”以東に偏在しており、地域西部の堆積岩との関係を直接観察することはできない。無化石、各岩体の構造はおおむね基盤の形状に調和的で、かつAlto de la Alianzaにおいては、安山岩と古生代の花崗閃緑岩との接触部に急冷周縁相らしいものも見られる。この様な産状から、本層はYocas層の流紋岩類及び古生代の花崗閃緑岩を不整合におよりものと推定され、これは絶対年代の測定結果とも一致する。

対比；岩相及び層位の類似する Chitigua 地域の Icanche 層の絶対年代が $(42.77 \pm 1.17) \times 10^6$ 年と与えられており，始新統中～上部に相当するものと推定される。

(3) Papajoy 層

分布；“南北断層”沿い，特に Blanca 沢から Papajoy 沢に至る区域に分布する。このほか調査地域西端と Quehuita 沢上流に分布する。

岩質及び構成；最下位に砂岩，白色熔結凝灰岩層，シルト岩等をおいて，下部では礫径 30cm 以下の淘汰の悪い多源礫岩が卓越する。礫質は安山岩，安山岩質流紋岩，石英斑岩，黒雲母角閃石花崗閃緑岩，頁岩，砂岩等である。本層中～上部では礫径を減少し，最上部では粗粒～中粒砂岩が優勢となる。中～下部の礫岩は基質を構成する砂質部風化のため，著しい赤色を呈する。また，本層には石こうを挟在している。

層厚；“南北断層”沿い，Papajoy 沢付近で最大層厚を示し 320m である。

層位関係；Blanca 沢から Papajoy 沢にかけての地区及び Quehuita 層上部の Los Tambos 赤色砂岩部層，Quebrada Blanca 花崗岩類及び Conacona 安山岩類等をすべて不整合でおおひ。上位は不整合で軽石凝灰岩層 (Pitausea 層) におおわれるのが観察される。Papajoy 沢流域において本層は Fig. II-1-1 に示す様な著しい断層運動 (東側が沈降) があったことが推定される。

対比；本層相当層である Chitigua 地域の Sichel 層下部の白色凝灰岩から $(34.71 \pm 0.83) \times 10^6$ 年の絶対年代が得られ，下部漸新統に対比されており，したがって，本層の堆積時代は漸新世～中新世と解される。

(4) Pitausea 層

分布；本層は主に Loa 川沿い，“南北断層”沿い及び Quehuita 付近にほぼ現在の地形の凹部を埋めた形で分布する。“南北断層”沿い地域，特に Pitausea 平原付近では解析が充分に進んでおりその全容が最も良く観察される。

岩質及び構成；黒雲母軽石凝灰岩を主とし，これに一部黒色玻璃質角閃石-黒雲母安山岩の角礫を伴う。最上部に厚さ数メートルの細粒軽石凝灰岩層を伴うことがある。

層厚；150m 以下で，地域全体としては西ほど薄く，東部で層厚大である。

層位関係；本層は下位層を不整合におおっている。

対比；Chitigua 地域における本層相当層の凝灰岩から $(7.37 \pm 0.37) \times 10^6$ 年の絶対年代が得られており上部中新統に対比される。

(5) 第四系

氷成堆積物

本堆積物は Volcán Miño 図幅の北部 Mal Paso 沢に分布した氷河による堆積物で，Ceusis 山の氷食作用によって側堆石が形成されている。

沖積層

分布；Los Barros 平原，Cimarron 平原及び Cienega Redonda 沢下流，及び Choja 沢，Que-

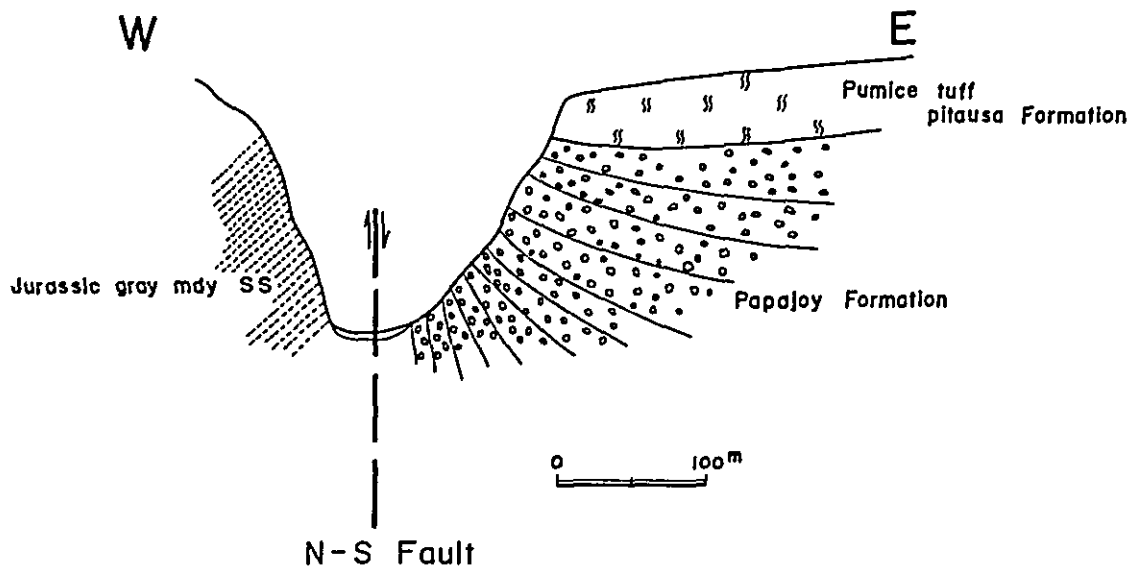


Fig. II-1-1 Geological Sketch Showing the Active Movement of N-S Fault Occurred During Sedimentation of the Papajoy Formation

huita 沢, Loa 川等の流域に分布する。

岩質及び構成；段丘堆積物, 扇状地堆積物, 崖錐堆積物及び現世河床堆積物等から成る。これらの堆積物はいずれも直接する後背山地の地質を反映し, 安山岩類, 花崗岩～花崗閃緑岩類, 流紋岩, 片麻岩類, 頁岩等, さまざまである。構成粒も巨礫から粘土に至るまでさまざまで連続性に乏しい不安定な堆積物で未固結である。稀に草根等を含む。

層厚；20m以下

層位関係；Mal Paso 沢流域そのほかで Mal Paso 層を不整合でおおう。

対比；その層位学的位置関係及び堆積物の性状から本層は完新統に対比される。

1-3 貫入岩類

本調査地域の貫入岩類は, 古生代の火成活動によるものと, 白亜紀～第三紀にかけての火成活動によるものとに分けられる。古生代の貫入岩は, 片麻状花崗閃緑岩, 白雲母花崗岩, 及び花崗閃緑岩等である。白亜紀から第三紀にかけては, 各種斑岩類, 閃緑岩～花崗岩類の大規模な貫入活動があり, 古第三紀始新世には特に激しい火成活動が行なわれた。本地域の多くの鉍化作用はこれらの火成活動に伴って, その末期に生成されている。このほか, この時代には, 安山岩, 石英安山岩等の小規模な活動も見られる。

1-3-1 古生代の貫入岩類

(1) 片麻状花崗閃緑岩

本岩は Quehuita 図幅の南部 Punilla 山と Mal Paso 山の間分布している。

本岩は片麻状構造をもった他形粒状岩で, 石英と長石の連晶, 斜長石(一部絹雲母に変質), 白雲母及び黒雲母を主成分鉍物としており, 副成分鉍物として不透明鉍物, りん灰石等が認められる。変質鉍物としては, 絹雲母, 緑泥石及び緑れん石等が見られる。

本岩は上部オルドビス紀～下部シルル紀 $\{(431.05 \pm 9.97) \times 10^6 \text{年}\}$ を示す花崗岩(後述)によって貫ぬかれており, 先シルル紀の活動と解される。

(2) 白雲母花崗岩

本岩は Quehuita 図幅の中央～北部の Amaculla 山の西, Choja 沢と El Cucho 沢の間等に分布している。鏡下では, Panautomorphic-granular 組織を示し, 斜長石(30%), 微斜長石(30%) (一部粘土化), 石英(30%) 及び白色雲母(10%) 等が主成分鉍物として認められる。

本岩は片麻岩を貫いており, また Amaculla 層や Conacona 層におゝわれており, その活動時期は, 絶対年代測定の結果 $\{(431.05 \pm 9.97) \times 10^6 \text{年}\}$ から上部オルドビス紀～下部シルル紀と解される。

(3) 花崗閃緑岩

本岩は Quehuita 図幅の中央～西部及び Volcán Miño 図幅の北西部に分布している。鏡下では半自形粒状組織を呈し, 黒雲母(15%), 緑色柱状角閃石(5%), 斜長石(35%), 石英(20%)

%)、カリ長石(20%)等を主成分鉱物とし、また不透明鉱物が角閃石や黒雲母中に生成している。黒雲母は、部分的に緑泥石やぶどう石に、斜長石は絹雲母に交代されている。

本岩の活動時期は、絶対年代測定の結果 $\{(246.91 \pm 17.92) \times 10^6 \text{年}\}$ 二畳紀と解される。

1-3-2 中生代の貫入岩類

(1) 流紋斑岩

分布は Leon 山を中心とする 85 km^2 、Conacona 山を中心とする 37 km^2 、Jovita 沢から Ch-
iclla 山にかけての 17 km^2 、Malpaso 沢北方の 11 km^2 、計約 150 km^2 の広大な露出面積を有する。

本岩は、黒雲母-石英斑岩~黒雲母流紋斑岩の岩相を示し、斑晶は黒雲母、斜長石、正長石、石英、石基は不透明鉱物から成る。黒雲母は直径 0.5 mm 以下で微量、長石類の斑晶は 4 mm 以下、石英は $0.5 \sim 5 \text{ mm}$ 大を示し、色は桃~淡朱~白、灰白~灰、紫灰色と多様であり、岩質も細粒石英安山岩質、石英斑岩質、流紋岩質と変化する。場所により $1 \sim 4 \text{ m}$ ごとに板状節理が発達し、これと直交する柱状節理をも不明瞭ながら認める。これにより本岩体はドーム状構造を呈していることが判明した。絶対年代測定の結果は $(114.53 \pm 2.82) \times 10^6 \text{年}$ の値が与えられており、従って本岩の活動時期は白亜紀中期と解される。

(2) 花崗閃緑岩

本岩は Volcán Miño 図幅の Chiclla 平原の北、Ceusis 沢の東、Quehuita 図幅の Cienaga Grande や Salas 沢、Pequetora 山の東等に分布している。

本岩は桃~灰色の中粒等粒状組織を呈し、鏡下では半自形粒状組織を示し、局部的に石英と正長石の連晶からなるシルメカイトが形成されている。この他、主成分鉱物として斜長石(部分的に絹雲母や方解石に変質)、黒雲母(緑泥石、緑れん石に変質)、角閃石(わずかに緑泥石化)等が認められ、また副成分鉱物として、不透明鉱物、りん灰石及びジルコン等が見られる。

本岩は、Ceusis 山の南で Macata 層の上部層を貫いている現象が、また Mal Paso 山や Colorado 山の南東で Yocas 層を貫いている現象が観察される。また、Mal Paso 山において、本岩が下部第三系の閃緑岩体に貫ぬかれている現象が観察された。これらの観察から本岩の活動時期は上部白亜紀と解される。

1-3-3 新世代の貫入岩類

(1) 石英閃緑斑岩

本岩は、Quehuita 図幅の中央南部に位置する Los Barros 平原の西~北東の El Cucho 沢や Caracoles 山等に分布している。

本岩は斑状組織を呈し、斑晶として、斜長石(絹雲母や粘土鉱物に変質)、石英、白雲母、黒雲母(一部緑泥石化)等が認められ、非顕晶質の石基は石英、カリ長石、斜長石、及び絹雲母から成っている。また、不透明鉱物の散点も見られる。

本岩は、Conacona 層を貫いており、したがって、その活動は始新世末と解される。

(2) 花崗岩

本岩は, Conacona 山南方4 Km, 2 Km×0.8 Km露出面積0.6 km² の岩脈状の小岩体として分布する。

本岩は白雲母, 斜長石, カリ長石等の半自形結晶及び石英の他形結晶から成る。中～細粒完晶質, 優白色で, 斜長石は若干の絹雲母化を被っている。熱水変質作用を伴う。

本岩の活動時期は, Conacona 層上部の砂岩層を貫き, Pitausa層に不整合でおおわれることから漸新世と推定される。

(3) 花崗閃緑斑岩

本岩は, Capona 山周辺, 東西3.5 Km×南北3 Km, 及び Amaculla山西方の岩体が主なもので, いずれも露出面積6 km² 以下の小岩体としてジュラ系を貫いた貫入岩体として分布する。このほか, Morros Blancos 及び Ceusis 山北方にも分布する。

本岩は, 石英閃緑岩～花崗閃緑岩質の斑状完晶質岩で, 角閃石 (<5%), 黒雲母 (<1%), 斜長石 (≒30%), 石英 (10%)等の半自形斑晶と, 斜長石, カリ長石等の石基とから成る。斑晶の径は0.1～5mm の範囲で変化する。一般に本岩は多少とも熱水変質作用を受けていることが多く, 通常, 絹雲母, 緑泥石, 緑れん石, 方解石等の変質鉱物を伴う。

本岩の活動時期は, H. Vergara, 1975 (未公刊)による絶対年代測定の結果 (K/Ar法 59.4 × 10⁹年)から暁新世と考えられる。

(4) 閃緑岩

本岩は, Mal Paso 山及び Yuruguai co 沢流域にそれぞれ1.4 Km×0.8 Km及び200 m×700 mの小岩体として分布する。

本岩は閃緑岩, 石英閃緑岩, 花崗閃緑岩の範囲で岩相変化する。黒雲母 (半自形, 0.1～1 mm, 10%), 角閃石 (半自形, 0.1～1 mm, 15%), 斜長石 (自形～半自形, 0.1～2 mm, 55%), 石英 (他形, 1～0.1 mm, 10%) 等から成り, 時に普通輝石を含む。副成分鉱物として鉄物, チタン石等を少量伴う。

本岩は上部白亜系の花崗閃緑岩を貫いており, また後述の Cerro Jaspe 地域に分布する類似の閃緑岩の絶対年代測定結果が 49.11×10⁹年及び44.69×10⁹年等の値を得ている等のことから, 本岩の活動時期は始新世と解される。

(5) 石英斑岩

本岩は, Quechuita 図幅の北西端及び Chocal山の北に小岩脈として産している。

本岩は巨斑状組織を呈し, 巨斑晶及び石基は石英, 正長石, 及び少量の黒雲母等から構成されている。なお, 黒雲母は局部的に緑泥石化, 正長石は粘土化, 絹雲母化等の変質作用を受けている。

本岩は上部白亜系の花崗閃緑岩を貫いており, したがって, 第三紀の活動と解される。

(6) 安山岩

本岩は El Plomo 鉍山から La Esperanza 鉍山にかけての角閃石-黒雲母花崗閃緑岩体中及び Conacona 山南方 3 km の地点等に多数分布し、岩脈として産する。

本岩の一部の試料で普通輝石が認められるほかは一般に有色鉍物はすべて緑れん石化、緑泥石化等を被り、同時に多くの鉄鉍物、赤鉄鉍、褐鉄鉍等を生じていわゆるオバサイト化している。このため、原岩の組成を知ることはできない。暗緑～暗紫緑色のち密な岩石で、多くの場合斜長石の斑晶を認める。本岩の多くは、NW-SE 性の伸長を示す。

本岩は Conacona 層以前の総ての地層を切り、Papajoy 層以後の地層を貫くものは認めないので、始新世のものと推定される。

(7) 石英安山岩

本岩は Quilaquila 山 (4,499 m) を構成しているもので、熔岩円頂丘の産状をなしている。

鏡下では、ガラス質斑状組織を呈し、斑晶として、石英、斜長石及び黒雲母が認められ、ガラス質な石基には短ざく状斜長石が認められる。斑晶の斜長石はわずかに絹雲母化している。

本岩は二畳紀の花崗閃緑岩を貫き、あるいはおゝい、また、Macata 層上部の安山岩を貫き、Pitauca 層におゝわれている。

絶対年代測定結果では $(25.32 \pm 0.51) \times 10^6$ 年の値が得られた。これは下部中新統に相当する。

1-4 地質構造

本地域は Blanca 沢から Pitauca 平原を経て地域を南北に縦断する“南北断層”及び Quehuila 沢西方 3 km を通り Barros 平原を経て Amaculla 西方を通る構造線 (Amaculla-San Bartolo 構造線：仮称) の 2 つの大きな構造線によって大きく次の 3 つの構造区に分けられる。

すなわち、Loa 川から“南北断層”に至る間の高原区域 (高原区と仮称)、“南北断層”と Amaculla-San Bartolo 構造線との間に南北に連なる Occidental 山脈 (Occidental 山脈区と仮称) 中核部及びその西方に連なる主にジュラ紀以降の堆積岩類から成る褶曲山地 (西部地区と仮称) とである。高原区の東端は Loa 川で、ここから東へは第四紀成層火山が南北に連なるアンデス山脈区域へと続く。断層は NS-N20°E 系、N20°-30°W 系及び N60°E 系等が優勢である。

i) 高原区：高原区は“南北断層”以東 Loa 川までの標高 4,000~5,000 m の隆起準平原状の高原部である。

主に石炭紀から二畳紀にかけての黒雲母-角閃石花崗閃緑岩類、白亜紀の流紋岩～石英斑岩及びこれらを貫きかつ不整合におおひ古第三紀の安山岩類等から成る地域である。石英斑岩及び花崗閃緑岩等の岩体は節理、縞状構造等からそれぞれドーム状構造を示すものと推定されている。全体として堅硬かつ安定な構造区である。断層としては N-S 系、N45°W 系、N30°E 系等のものがわずかに認められる。

ii) Occidental 山脈区；“南北断層”及び Amaculla - San Bartolo 構造線によって画される幅 5 ~ 15 km の南北に狭長な区域で、先シルル紀の片麻岩類及び花崗岩類、先二疊紀の結晶片岩、ジュラ紀の海成層、古第三紀の安山岩質火山砕屑物及びこれを貫く古第三紀の花崗閃緑岩等の火成岩類から成り、褶曲と断裂との交錯した複雑な地質構造を示す。“南北断層”はほぼ直立した断層である。本地塊は西側でジュラ系に衝上している。主な褶曲軸の方向は N - S 方向で、西方で Papajoy 層は Conacona 層以前の地層を傾斜不整合におおうことから、褶曲作用は Conacona 層の堆積後 Papajoy 層堆積前に終了したことが推定される。主な断層の方向は N - S, N 10° ~ 20°E, N 20°W, N 40°W 等で、特に N - S ~ N 20°E 系のものが著しい。N 20°W, N 40°W 系統のものは、N - S 系, N 10 ~ 20°E 系断層を切った形で分布している。“南北断層”近傍の Papajoy 層は PL - II - 1 に示す様な著しい「将棋倒し構造」を示すことから、“南北断層”は Papajoy 層堆積期、すなわち漸新世初期以降まで活動したものと推定される。

iii) 西部地区；広義の Occidental 山脈に含まれる。

西部地区は Amaculla - San Bartolo 構造線以西の主としてジュラ紀以降の頁岩、砂岩、礫岩等の堆積岩類と、これを貫く安山岩類、石英斑岩、花崗斑岩等から成る。

一般に N - S ~ S 20°E 方向の褶曲を示す。下部層程褶曲度大きく新しい地層では褶曲度が小さくなって方向性が不明瞭となる。Papajoy 層に至ってはついに西方へ 6° ~ 8° で落とす単斜構造となっている。

断層としては N 15° ~ 25°E のものが Quechuita 沢西方に見られる。

1-5 考察

本地域の基盤を成す岩石は、黒雲母片麻岩及び両雲母片麻岩等で、これ等の片麻岩類に構造的に調和的に進入した片麻状白雲母花崗岩の絶対年代は $(431.05 \pm 9.97) \times 10^6$ 年を示す。片麻状白雲母花崗岩の産状からこの値はほぼ片麻岩の形成した時代を示すものと解釈され、したがって片麻岩の原岩の時代はこれより古くシルル紀初期以前のもものと推定される。このことは本地域に先シルル系の部厚い砂質 - 泥質堆積物を堆積した地向斜が存在したことを意味するものと解釈される。またこれ等の堆積物を片麻岩類にまで変成した広域変成作用と、これ等の中 - 酸性深成活動の起った時代はカレドニア造山運動の時代に相当する。この片麻岩の上位に存在する結晶片岩類は $(291.72 \pm 16.85) \times 10^6$ 年の絶対年代を示し Chitigua 地域において、これ等の結晶片岩類を貫く花崗岩 - 花崗閃緑岩類は $(318.14 \pm 6.80) \times 10^6$ 年から $(246.91 \pm 17.92) \times 10^6$ 年の絶対年代を示す。結晶片岩類は互層等の原岩の構造を比較的よく残したものもあり、上記の片麻岩類とは構造的にも異なる構造を有する。

結晶片岩類とこれに貫入する深成岩類の年代は、パリスカン造山運動の時代と一致し、シルル紀から石炭紀までの間により新らしい造山輪廻が本地域に存在したことが推定される。

とが推定される。

次の海進はジュラ紀の中期から始まるが、本地域では基盤と断層関係で中部ジュラ系最上部のカーブ階の赤色砂層から露出が見られる。本層は海進初期の浅海性堆積物と考えられ、上部の黒色頁岩層は黄鉄鉱ノジュールや黄鉄鉱薄層を挟在することから、やや深い静かで選元的な海で堆積したものと推定される。本層中～上部には幾層かの石こう層及び石灰岩層を挟む様になり、ここにアンモナイトやサング、魚類化石等を豊富に産する。これから上は一方的に珪質砂質物の量比を増し、石灰岩層は見られなくなる。更に上部では偽層理の発達する赤色砂岩層の堆積を見る。この間すべて整合的で、かつ構造も調和的であることから堆積盆の埋積により、次第に浅海化し、酸素に富んだかつ寒冷な環境になっていったものと推定される。

ジュラ系はその末期に褶曲し、一部陸化して削剥され、その後、白亜紀中期に多量の流紋岩類および同質火山碎屑物が堆積した。以後、古第三紀始新世の初めまでの間は地層を欠如することから陸化した時代が続いたものと推定される。

更に、始新世に入ってから再度この地域は堆積盆に転じ、この頃から始まった安山岩類の激しい火山活動によって供給されたおびただしい量の火山噴出物が堆積した。始新世の堆積物はこの地方に広大な広がりとして3,000m以上に達する部厚い層厚を有し、その堆積物の間によく淘汰された赤色砂岩層を伴うことから浅海～陸域で堆積したものと推定される。

更に、始新世末期には閃緑岩、花崗閃緑岩、花崗岩等の激しい貫入があり、この地域の多くの熱水変質帯や各種の鉱床が形成された。その後、漸新世の初めには内陸性堆積盆に部厚い礫岩及び砂岩が堆積した。以後、この地域は陸化した時代が続き更に陸化、削剥が進み、この末期にはほぼ現在の地形に近いものとなっていた。

中新世末期に入って本地域には多量の黒雲母軽石凝灰岩の供給があり、これらの凝灰岩はこの低地を埋めた形で堆積した。

第四紀に入って洪積世には本地域は氷河及び万年雪におおわれ、その後完新世に至って氷河は消え、段丘堆積物、扇状地堆積物等が形成された。

第 2 章 応 用 地 質

2-1 概 要

本地域に発達する鉍化作用としては、網状-鉍染状のいわゆるポーフィリ・カッパー型と鉍脈型がみられ、前者には Quebrada Blanca 鉍床, Olga, Lorena 及び Enriqueta 等の鉍化変質帯があり、後者は金, 銀, 銅, マンガン等の大, 小鉍脈からなり, 規模の大きなものには, Trinidad 鉍脈や Moctezuma 鉍脈等がある。そのほか, 小規模ながら Lavaderos Chiclla と呼ばれている砂金鉍床も発達している。このうち Quebrada Blanca 鉍床は現在鋭意探鉍中であり, また Lavaderos Chiclla 鉍山では極く小規模ながら現在でも採掘がなされている。その他は往時探鉍, 採掘なされたが現在は休止している。なお, 上述の Quebrada Blanca 鉍床, Olga, Lorena 及び Enriqueta 鉍化変質帯, 並びに Trinidad, Moctezuma 鉍脈は Chuquicamata 鉍山所有あるいは個人鉍区に属し, 本調査の対象から除かれている。

上記のほか, 銅の鉍化作用を少量, あるいは殆んど伴わない石英, 絹雲母, 電気石, カリ長石 (二次性) 一部粘土等からなる変質帯が所々に散在している。

2-2 鉍化作用

2-2-1 鉍脈型

本型は, 往時かなりの規模で採掘されていたものから, 無名なものまで大小の様々な規模で発達しているが, その多くは脈巾 1 m 以下の小規模なものである。以下主要なものについて述べる。

(1) Gales 鉍山

本鉍山の中心は西経 $68^{\circ}44'18''$ 南緯 $21^{\circ}06'50''$; Gales 山 (4,500 m) の北西 2 km に位置する。

本鉍脈は Yocas 層の流紋岩質岩に胚胎した走向: N55W, 傾斜: 垂直, の脈巾 1 m の脈で, 延長は不明である。構成鉍物は珪孔雀石, 孔雀石, 石英, 褐鉄鉍等で鉍石鉍物と脈石鉍物の比率は約 1 ; 10 である。脈際変質として幅約 0.5 m の珪化帯が発達している。

探鉍実績としては 1 堅坑と 1 鍾押坑道跡がみられるが, 入坑は不可能である。

(2) Esperanza de Chunjullo Guaico 鉍山

本鉍山の中心は西経 $68^{\circ}44'05''$, 南緯 $21^{\circ}06'35''$; (1) の Gales 鉍山の北東 500 m に位置している。

本鉍床を示す露頭はみられないが, 往時採掘された堆積鉍から推すと, 本鉍床は珪孔雀石, 孔雀石等の酸化銅鉍からなるもので, 新鮮な流紋斑岩中に発達しているものと考えられる。その研盤から判断するところ小規模なもの解される。

(3) La Peruana 鉍山

本鉍山は西経 $68^{\circ}44'20''$; 南緯 $21^{\circ}06'30''$; Chunjullo Guaico 山 (4,600 m) の北斜面に位置

している。

本鉛床の露頭は第四系におゝわれており、観察不可能であるが、堆積鉛から判断すると(2)の鉛床に類似した脈状の酸化銅鉛と解される。なお、脈石に緑れん石、電気石が多量みられる。

(4) La Esperanza 鉛山

本鉛山は西経 $68^{\circ}45'37''$ 、南緯 $21^{\circ}07'30''$ に位置する。

本鉛山には、尾根沿いの南北 $200\text{ m} \times$ 東西 300 m 程の区域に多数の堅坑と小堆積研とが存在する。総量 $1,200 \sim 1,500\text{ t}$ 、坑口はいずれも崩落しており詳細はわからないが、1 探鉛堅坑には $N 10^{\circ} W 80^{\circ}$ 東落し、幅 1 m 前後の剪断帯沿いに酸化銅鉛がしみ込んだ産状が観察される。本地域には、ほかに $1 \sim 2$ 条の鉛脈が存在するものと推定されるが、地表付近は薄い第四紀層におおわれているため、詳細は不明である。

母岩は、二疊紀の中～粗粒黒雲母—角閃石花崗閃緑岩である。

稼行実績としては上記の旧坑が存在する。1900 年代初頭のものといわれるが出鉛量等詳細は不明である。

構成鉛物には孔雀石、珪孔雀石、緑塩銅鉛、緑れん石、緑泥石、カリ長石等がみられる。

代表的鉛石試料の分析結果は次のとおりである。

Sample No	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	Mo	Mn	As
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
S-18	134	32,500	<20	<100	1.90	1.2	<100	5

脈際変質は緑れん石化、絹雲母化、緑泥石化、カリ長石化等であるが、鉛脈から数十センチ離れると母岩は弱い緑れん石化を認めるほかは、ほとんど新鮮である。

なお、同鉛山からその北西 3.5 km にわたって、同系統、同性質の鉛脈が点散している。その北端に El Plomo 鉛山がある。

(5) Las Tres Maria 鉛山

本鉛山は西経 $68^{\circ}43'40''$ 、南緯 $21^{\circ}05'32''$ 、Las Tres Maria 沢沿いに坑口及び長屋風家屋跡を残す。

本鉛山は現在坑口廃頽し、詳細は不明であるが、研量は約 $5,000\text{ t}$ である。坑口や探鉛用堅坑等の位置から推定される鉛脈は 1 条で、走向 $N 45^{\circ} E$ 、急斜～垂直、幅 $1 \sim 2\text{ m}$ 以下の剪断帯に沿う酸化銅鉛を稼行したものと推定される。

母岩は二疊紀の中粒黒雲母—角閃石花崗閃緑岩等である。

構成鉛物には孔雀石、珪孔雀石等がみられ鉛山の見掛け品位 $\text{Cu } 0.8 \sim 1.2\%$ 鉛石は緑れん石—緑泥石—赤鉄鉛化した花崗閃緑岩の割目沿いに酸化銅鉛がフィルム状にしみ込んだものである。

鉛脈中の鉛石の変質相は緑れん石、緑泥石、赤鉄鉛変質相である。しかしながら本鉛脈に近接して存在する角閃石花崗閃緑岩及び石英斑岩は、時に節理沿いに鏡鉄鉛のフィルムを伴うことがあるが、一般的には極めて新鮮なものである。

(6) Macata 鉍山

本鉍山は西経 $68^{\circ}53'00''$ 南緯 $21^{\circ}10'10''$ に位置する。

本鉍床は強い緑れん石化を受けた安山岩中に発達した石英及び電気石細脈に伴った珪孔雀石からなるもので、付近に深さ3mのピットが1箇所みられる。

稼行実績等詳細は不明である。

(7) Jovita 鉍山

本鉍山は西経 $68^{\circ}48'25''$ 南緯 $21^{\circ}03'30''$ 標高4,310mに位置する。

本鉍脈は珪化、粘土化を受けた花崗閃緑岩を母岩としており、走向 $N30^{\circ}W$ 、傾斜 $70^{\circ}S$ 、脈幅0.10～0.50mを有する。構成鉍物は珪孔雀石、孔雀石、石英、方解石、鏡鉄鉍、赤鉄鉍等からなる。

その他詳細は不明である。

(8) Chocal 鉍山

本鉍山は西経 $68^{\circ}52'00''$ 、南緯 $21^{\circ}14'30''$ 、Chocal 沢下流域に位置している。

本鉍山付近には小さな堅坑が強い珪化を受けた花崗閃緑岩中に1箇所みられるが、入坑は不可能であり、また露頭もみられず詳細は不明であるが、堆積礫の状況からすると酸化銅鉍の小規模な鉍脈からなるものと思われる。

(9) 金、銀及びマンガン鉍脈

Volcán Miño 図幅の北西端の Chiclla 沢沿いの幅約2km、延長3.5kmの範囲に多数の含銀マンガン石英脈が発達しており、このうち、規模の大きなものに Trinidad 脈及び Moctezuma 脈等がある。Trinidad 脈は花崗閃緑岩中に発達しており、走向 $N80^{\circ}W$ 、傾斜 $85^{\circ}N$ 、延長100m、脈幅0.4mを有する。また Moctezuma は安山岩中に発達し、走向 $N15^{\circ}E$ 、傾斜 $85^{\circ}W$ 、延長300m、脈幅20mを有する。両鉍脈とも縞状の石英、褐鉄鉍、赤鉄鉍、二酸化マンガン（パイロルーサイト、サイロメレン鉍）等からなり、金、銀を伴っている。C.Milon(1945)による分析結果では、Trinidad 脈の場合、Mn 15.30%、Au 2.37g/t、Ag 806g/t、Moctezuma 脈の場合、Mn 9.34%、Au 1.66g/t、Ag 252g/t等を示している。その他の鉍脈は脈幅2m以下、延長数百m以下と推定される。(Fig. II-1-2 参照)

2-2-2 網状鉍染型（ポーフイリ・カッパー型）

本地域に分布する本型には、Quebrada Blanca, Olga, Lorena 及び Enriqueta の4つがあるが、いずれも本プロジェクトによる調査の対象から除かれているので、本項では従来の調査に基づいた概要紹介にとどめる。

(1) Quebrada Blanca 鉍床 (R. Fam, 1974)

本鉍床は Quehuita 図幅北東端から Copaquiri 図幅にかけ Blanca 沢沿い分布している。

鉍床は主として石英-絹雲母化変質帯中に網状鉍染状に石英モンゾニ岩、石英安山岩質斑岩を主な母岩として胚胎している。地表部には褐鉄鉍からなる溶脱帯と緑色酸化銅鉍（珪孔雀石、

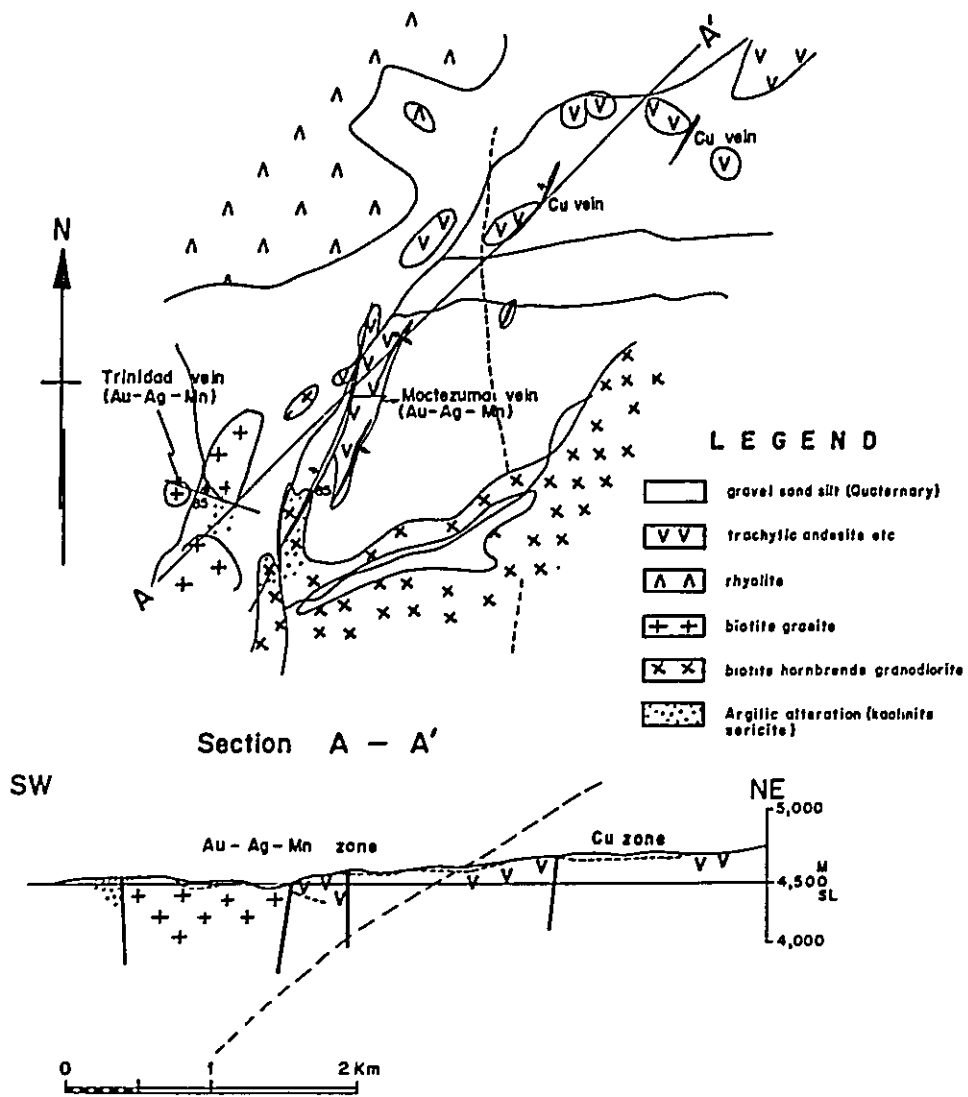


Fig. II-1-2 Geologic Map of Trinidad and Moctezuma Veins

孔雀石等)がみられ、初生鉱物としては黄鉄鉱、黄銅鉱、輝水鉛鉱等が局部的であるが認められる。熱水変質作用は上記のほか、珪化作用、黒雲母化作用、粘土化作用、プロピライト化作用等がみられる。

(2) Olga 鉱化変質帯 (Caceres ほか, I.I.G. 1973)

本鉱化変質帯は西経 $68^{\circ} 58' 28''$, 南緯 $21^{\circ} 04' 28''$, 標高 2,700 m Choja 沢北岸に位置している。

本鉱化帯は、石英斑岩中に発達した網状鉱染型で、初生鉱物として黄鉄鉱、黄銅鉱が、二次鉱物として輝銅鉱が、また酸化銅鉱として胆ばん、珪孔雀石、孔雀石等が認められる。なお主として石英-絹雲母化変質からなる変質帯は $100\text{ m} \times 70\text{ m}$ の範囲に及んでいる。

(3) Lorena 鉱化変質帯 (Caceres ほか, I.I.G. 1973)

本鉱化変質帯は西経 $68^{\circ} 59' 00''$, 南緯 $21^{\circ} 04' 42''$, 標高 2,920 m , Choja 沢南岸に位置している。

鉱化帯は岩枝状流紋斑岩中に発達した網状鉱染型で、珪化、石英-絹雲母化変質を受けた母岩中に珪孔雀石、孔雀石が認められる。

(4) Enriqueta 鉱化変質帯 (Caceres ほか, I.I.G. 1973)

本鉱化変質帯は西経 $68^{\circ} 59' 02''$, 南緯 $21^{\circ} 05' 08''$, Choja 沢南方標高 2,920 m に位置している。

鉱化帯は岩枝状石英斑岩中に、網状、鉱染状に、孔雀石、珪孔雀石、緑塩銅鉱、酸化マンガン等が発達しているもので、付近の母岩は、珪化、石英-絹雲母化を受けている。

2-2-3 砂金鉱床

本鉱床は Volcán Miño 図幅北西端、Chiclla 沢下流域に位置しており、本地域で唯一の稼行中の鉱山である。Rochna(1940)によると、本鉱床の北東に分布している Collaguasi 鉱床 (Ujina 図幅) の含金石英脈の浸食によると考えられており、品位は $\text{Au } 0.21\text{ g/t}$ とされている。

2-3 熱水変質作用

本地域に発達する熱水変質帯として、上述の 2-2-2 の網状鉱染型鉱床及び鉱化帯に伴っているもの以外に、珪化、カリ長石化、石英-絹雲母化、粘土化、等からなる変質帯が所々に散点している。なお、多くの場合、それらには電気石、磁鉄鉱、赤鉄鉱を伴っている。

(1) Cerro Piscala 変質帯

本変質帯は西経 $68^{\circ} 57' 00''$, 南緯 $21^{\circ} 07' 30''$, Piscala 山 (3,290m) から El Cucho 沢南方にかけて分布している。

本変質帯の露出面積は約 3 km^2 を有し、変質帯は主として Quehuita 層を貫いた岩株状の流紋斑岩中に発達している。また同変質帯は周囲の石英閃緑斑岩及び Quehuita 層にも及んでいる。変質作用の種類は粘土化、石英-絹雲母化、及び珪化等である。

本変質帯には、弱い褐鉄鉱からなる溶脱帯、僅少の鉱染状あるいは細脈状の黄鉄鉱、及び2条の酸化銅鉱細脈の発達が見られ、また石こう、硬石こうの細脈も一部に発達している。

なお、本帯付近に稼行跡は見られない。

(2) Quebrada Degollane 周辺変質帯

本変質帯は西経 $68^{\circ}50'00''$ ~ $68^{\circ}51'30''$ 、南緯 $21^{\circ}11'$ ~ $21^{\circ}14'30''$ に位置する。

本変質帯は東西3km、南北11kmの範囲に、幅400~2,500m、延長1~3kmの規模を有し発達しているもので、変質鉱物として褐鉄鉱、赤鉄鉱、らん銅鉱(転石)、石こう、絹雲母、石英、緑泥石、緑れん石等が認められる。変質帯の中心部は、珪化、絹雲母化が強く、周辺部は緑泥石化、緑れん石化よりなり、また、石こうは断層破砕帯の粘土中に認められる。母岩はMacata層の安山岩及び同質火山砕屑岩、上部ジュラ系の赤色砂岩、古第三紀始新世末の石英閃緑岩等である。

なお、本変質帯は“南北断層”沿いに発達している。付近に採掘跡は殆んどなく、たゞChocai山南側に小規模な銅鉱脈の採掘跡があるが、詳細は不明である。

(3) Cerro Negro 変質帯

本変質帯は西経 $68^{\circ}49'$ 、南緯 $21^{\circ}07'$ に位置する。

本変質帯には東西1.5km、南北1.5kmの範囲に多数の磁鉄鉱、赤鉄鉱、電気石脈及び角礫帯が発達しており、変質鉱物は磁鉄鉱、赤鉄鉱、石英、絹雲母、緑泥石、緑れん石、カリ長石等から成なり、微量の酸化銅鉱を伴っている。

母岩は中~細粒花崗閃緑岩(及びアブライト質岩)で、本変質帯は同岩の南端に位置している。

変質の種類はカリ長石化、珪化、周辺部で弱い緑れん石化、緑泥石化等で、これに電気石化作用を伴っている。

本変質帯内に銅の鉱脈型のJulia鉱山があり小規模な稼行跡があるが、詳細は不明である。

また、Negro山にも多数の電気石、赤鉄鉱、磁鉄鉱々脈が発達しており、多数のピットと坑道があるが、入坑不可能で詳細は不明である。

(4) Cerro Amaculla 変質帯

本変質帯は西経 $68^{\circ}52'50''$ 、南緯 $21^{\circ}00'30''$ 、Amaculla山(4,380m)の北に位置している。

本変質帯は花崗閃緑岩の東縁部、Macata層の安山岩との境に発達しており、幅200~500m、延長2,000m以上の範囲に散在する角礫帯に主として発達している。変質作用は角礫帯内部で、電気石化、カリ長石化、一部珪化、緑れん石化、緑泥石化、側方へは微弱な緑れん石化、緑泥石化を経て新鮮な母岩に移化している。また、本帯中には深さ数メートルのピットがあり、その付近の堆積鉱には磁鉄鉱、赤鉄鉱、黄銅鉱、孔雀石、珪孔雀石、電気石、石英、カリ長石等が認められる。なお、ピットの中の酸化銅鉱付着部の分析品位は次のとおりである。

Sample No	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	Mo	Mn	As
	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm
S-87	<2	13,900	<20	46	2.37	11	<100	30

(5) Pequetora 変質帯

本変質帯は西経 68°53', 南緯 21° 07' 30" に位置する。

変質帯の規模は幅 200~400m×延長 4 km 以上を有する。

母岩は中~細粒花崗閃緑岩, 安山岩類, 白雲母片岩, 両雲母花崗岩等で, 安山岩類は緑れん石化, 緑泥石化, 赤鉄鉱化, 花崗岩はカリ長石化のほか微量の緑泥石化, 緑れん石化, 一部絹雲母化及び電気石化を被る。電気石は節理や小さな角礫を伴う割目を充填しており, これに伴って微量の酸化銅鉄が付着している。

多い割目の系統は N-S ~ N 20°E, 垂直である。稼行実績はない。安山岩類中の酸化銅鉄細脈に対するトレンチがある程度である。(深さ 1~2 m のもの数箇所)

(6) Pampa Pitausa 変質帯

本変質帯は西経 68°48' 30" , 南緯 21° 09' 30" に位置する。

本変質帯の平面的規模は東西 1.5 km 以上, 南北 2.0 km 以上を有し, 同帯内部に 2 箇所の角礫帯が発達しており, それらの規模は, 700m×300 m 及び 400m×150 m である。母岩は二層系の細粒質花崗閃緑岩である。変質作用は角礫帯で強く, 同帯内部は珪化, カリ長石化, 電気石化を被り, 磁鉄鉱, 赤鉄鉱及び微量の酸化銅鉄を伴っている。また同帯の一部には顕微鏡的規模の黄銅鉄, 磁硫鉄が認められる。同帯の周辺部も広範囲にわたってカリ長石化, 電気石化を受けており, その外側では微弱な緑れん石化, 緑泥石化帯を経て新鮮な母岩に移行している。

本変質帯付近に稼行された跡はみられない。なお, 代表的試料の分析結果は次のとおりである。(Fig. II-1-3 参照)

Sample No	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	Mo	Mn	As
	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm
S-17	5	1,300	40	127	11.30	26	300	45

(7) その他の変質帯

本地域には, 上記のような比較的規模の大きい, かつ強い変質帯以外に, 下記に列挙するような小規模かつ, 中~弱程度の変質帯が所々にみられる。それらの変質の状態は類似しているので, その特徴を一括して述べる。

それらは主として古第三紀始新世の活動と解される中~酸性の貫入岩々体及びその周辺に発達しており, 珪化, 石英-絹雲母化及び電気石化作用等を受け, 一部には, ごく弱いカリウム質変質が認められる。また, それらの変質帯には赤鉄鉱, 磁鉄鉱, 褐鉄鉱及び酸化マンガン等の細脈が発達しているが, 銅の鉄化作用は殆んど認められない。なお, 電気石は角礫等の基質に(一部 Breccia Pipe?) あるいは, 細脈として産している。以上の変質の状況は(3)の Cerro

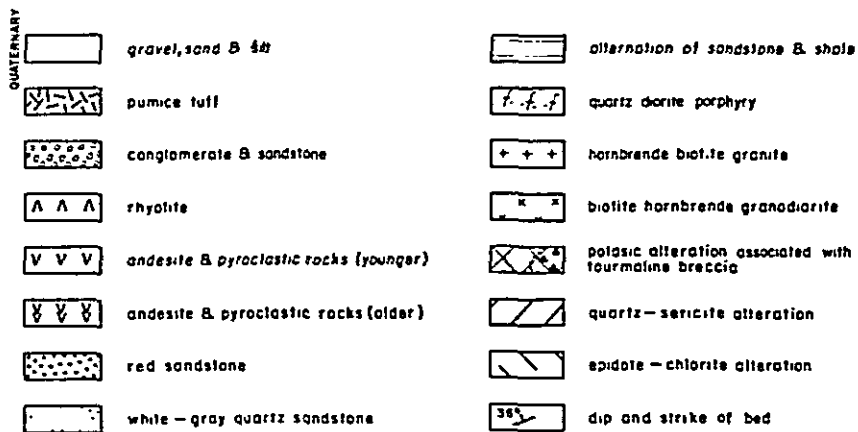
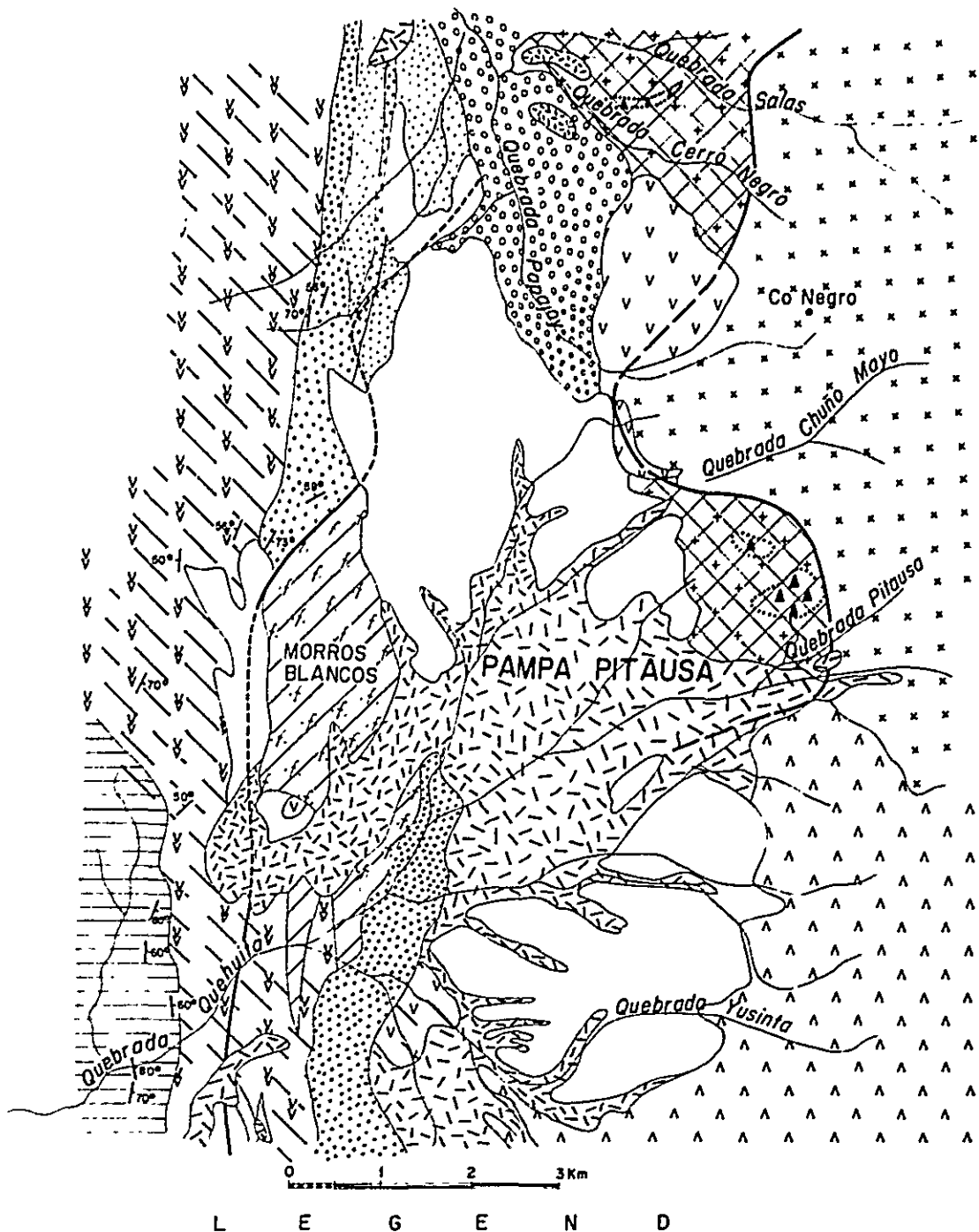


Fig. II-1-3 Detailed Geologic Map of Pampa Pitausa Altered Zone

Negro 変質帯に似ている。

- Quebrada Leon, (西経 68° 44' 00", 南緯 21° 11' 50")
- Quebrada Yuruguaico (西経 68° 46' 00", 南緯 21° 04' 00" 及び西経 68° 47' 30" 南緯 21° 04' 00")
- Cimarron (西経 68° 53' 20", 南緯 21° 13' 30")
- East Cerro Conacona (西経 68° 40' 00", 南緯 21° 08' 30")
- Cerro Amaculla 西方 (西経 68° 54' 30", 南緯 21° 01' 20")

2-4 考 察

(1) 本地域に発達する鉍化変質帯は中～酸性の岩株及び岩脈内部あるいはその周辺に分布している。したがって、同鉍化変質帯は同貫入岩類の活動と密接して形成されたものと解される。なお、そうした場合、関係貫入岩の活動時期から、同鉍化変質作用は古生代(二疊紀)から新生代(多くは古第三紀)にわたって行なわれたことになるが、そう結論づけるためには未だ資料不足であり、今後に残された問題点の1つである。たゞ、大部分の鉍化変質帯は白亜紀末から古第三紀にかけて形成されたものと解される。この解釈は後述の Chitigua や Cerro Jaspe 地域の場合と矛盾していない。

(2) La Esperanza 鉍床から El Plomo 鉍床にかけて同系統(NW-SE系)の鉍脈が比較的密集している。この El Plomo 鉍床の北西延長上 5.5 km に同系統の Jovita 鉍床があり、また、Jovita 鉍床の北西延長上 3 km、及び La Esperanza 鉍床の南東延長上 5 km に同系統の断層が発達している。

以上のことから、これらの鉍脈群は NW-SE 系の断層に規制され形成され、かつ、鉍化の中心は La Esperanza 鉍床から El Plomo 鉍床にかけての地域と解される。

(3) Quebrada Degollane 周辺変質帯及び Quebrada Blanca 鉍床南部変質帯は“南北断層”破碎帯に形成されており、したがって同断層が同変質帯の形成に対し構造的規制を与えている。

(4) Cerro Amaculla, Cerro Negro, Pampa Pitausa 及び Quebrada Leon 等の変質帯には角礫帯が形成されており、同角礫帯を中心に珪化、電気石化、緑泥石化、緑れん石化、カリ長石化、一部絹雲母化等の変質がみられる。また、いずれも絹状、細脈状の磁鉄鉍、赤鉄鉍を伴っている。以上の点からそれらは一種のポーフイリ・銅型の変質と解され、しかも磁鉄鉍-石英-絹雲母(少量)-緑泥石-緑れん石-カリウム長石の組合せから、一般的に考えられているポーフイリ・銅-鉍床の底部周縁帯に相当するものと判断される。

(5) Cerro Amaculla 西方変質帯, Olga, Lorena 及び Enriqueta 鉍化変質帯はいずれも中～酸性の岩株を中心に鉍化変質作用が及んでおり、同岩株の活動に伴って形成されたことは明らかである。たゞ、Cerro Amaculla 西方変質帯の場合は珪化作用が主体で、他の変質作用はごく弱く、かつ鉍化作用は認められない。また、後の三者は少量ではあるが黄鉄鉍、黄銅鉍等の

初生硫化鉍物も認められ、変質作用も石英-絹雲母化変質が優勢であり、それほど浸食が進んでいないポーフィリ・銅型鉍化帯と解される。

(6) Trinidad 及び Moctezuma 含銀マンガン鉍脈の北東約 7km に網状鉍染型の Collaguasi 鉍床 (Ujina 図幅) があり、同鉍床はその中心部から周辺に向かって $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}$, $\text{Au} \rightarrow \text{Mn}$ の累帯分布がみられるとされている (H. Vergara 未公刊)。この更に外側に Ag, Mn の本鉍脈が位置している。

この点からすると、本鉍脈は Collaguasi 鉍床と一連の鉍化作用によるもので、その最外かく部に当たるとする見方も出来る。

第 3 章 結 論

(1) 本地域には、古生界の変成岩類、花崗岩質岩類を基盤にジュラ系、白亜系、第三系及び第四系が分布している。ジュラ紀には海成～陸成の堆積作用が盛んに行なわれた。白亜紀から第三紀にかけては中～酸性の火成活動が活発に行われ、優勢な火山噴出物あるいは貫入岩類を産している。鉍化変質帯の多くは同火成活動に関連して形成された。第四紀には氷成、河成、崖錐等の同所堆積がみられるにすぎない。

地質構造は“南北断層”を中心に衝上断層、波状褶曲等によって地質を複雑化している。鉍化変質作用の一部はN-S系、NW-SE系等の断層による構造規制を受けている。

(2) 本地域には銅、銀、マンガン等の鉍脈型及びポーフイリ・カッパー型の鉍化変質作用がみられ、このうち多くの鉍脈は小規模かつ低品位で発展性は期待薄である。また、個人鉍区に属さないポーフイリ・カッパー型鉍化変質帯は浸食作用がかなり進んでおり、いずれも鉍化帯の底部が露見しているものと解され、したがって、その発展性は期待薄である。また、“南北断層”沿いの変質帯及びその他の小規模変質帯は銅成分に乏しい不毛に近い鉍化変質作用によるものと解され、したがって、その将来性に大きな期待はかけられない。

(3) 以上の理由から、本地域に対し、更に詳細な調査あるいは採鉍を行う価値は極めて少ないものと判断される。

II - 2 CHITIGUA地域

第 1 章 地 質

1-2 概要 (PL. II-2-1~4 参照)

本地域の地質は、古生界から現世までに亘っている。古生界は結晶片岩類、中生界は下～上部ジュラ系の堆積岩類、下～上部白亜系の堆積岩類及び酸性火山岩類、新生界は、古第三系の中性火山岩類及び堆積岩類、新第三系の酸性火山岩類より成る。

貫入岩類は、古生代の花崗岩質岩類、白亜紀の斑岩類、古第三紀の閃緑岩類、斑岩及び中性～酸性岩脈類より成る。

地質構造は、南北系の褶曲並びに断層がみられ、特に断層は本地域中央部の背染周辺に発達している。

本地域の層序並びに岩石は Table II-2-1 に示す。なお、本地域層名は、いずれも今回の調査で命名したもので、命名に当っては、各地層が発達する地域の沢等の名称を採用した。また、層序の確立並びに地層の対比に当っては、化石鑑定結果及び火成岩等に対する絶対年代測定結果を基に決定した。

1-2 層序及び岩質

1-2-1 古生界

本界は、Challo層より成る。

(1) Challo層

分布；本層は、本地域北西端の Challo 沢下流域周辺に分布する。

岩質及び構成；本層は、大部分暗灰青色の黒雲母-長石-石英結晶片岩より成る。他に局部的に暗黒茶色黒雲母-長石-石英結晶片岩、及び灰色を呈する白雲母-黒雲母-長石-石英結晶片岩が見られるが、これらは古生代の貫入時期を示す花崗岩質岩類との接触部に顕著である。

本層は片理が良く発達しており、片理の走向は総じてN-S系、傾斜80°前E,W前後を示す。

鏡下では、レピドプラスチック又はグラノプラスチック組織を示し、黒雲母、白雲母、長石及び石英が大部分で、他に緑れん石、ジルコン及び不透明鉱物（鉄鉱物）が見られる。変質鉱物としては、黒雲母が緑泥石、長石が絹雲母に変わっている。

層厚；1,000 m ?

層位関係；本層は、本地域内の最下位層を成すが、Challo 沢流域では花崗岩質岩類の上にルーフペンダントを成す。

対比；本層は、岩相及び分布等から第一年次報告書でいう Cerro Yocas 地区の A 層、Quehuita 地域の Amaculla 層に対比される。本層の時階は、本層を貫く花崗閃緑岩が K-Ar 法によ

Table II-2-1 Generalized Geological Columnar Section of Chitigua Area

Era	Period	Epoch	Formation	Columnar Section	Thickness (m)	Lithology	Igneous Activity	Mineralization and Alteration	Remarks	
Cenozoic	Tertiary	Quaternary	Alluvium		0-80±	Gravel, sand				
		Lower Pliocene	Ichuno F.		10-80±	Dacitic and rhyolitic tuff and welded tuff conglomerate			K-Ar age 7.37 ± 0.37 M.Y.	
		Miocene (?)	Sichal F.		1,800±	Sandstones	Andesite lava Dacitic tuff Rhyolitic and dacitic tuff and welded tuff	Andesite dyke Rhyolite dyke Tonallite Dioritic porphyry		K-Ar age 3471 ± 083 M.Y.
		Oligocene				Alternation of sandstone and gypsum Conglomerates intercalated with dacitic tuff Brown conglomerate				
		Eocene	Iconche F.		3,900-	Andesitic conglomerate Andesites intercalated with andesitic tuff breccia and volcanic breccia	Dacite dykes Rhyolite porphyry			K-Ar age 42.77 ± 1.17 M.Y.
		Lower Eocene	Tolar F.		1,000±	Red sandstones intercalated with red conglomerates Rhyolitic and dacitic angular conglomerate	Trachyandesite Rhyolitic and dacitic lava Rhyolitic porphyry			K-Ar age 50.67 ± 1.28 M.Y.
		Upper Cretaceous	Peña Morada F.		1,200±	Rhyolitic and dacitic lava flows and welded tuffs	Andesite lava		Viscachilla Mine Cerro Punta Colorado Mineralization & Alteration Aguas Blancas Mineralization & Alteration Aquadita Mine (Pb-Zn) Northern Cerro Ichuno Mineralization Southern Cerro Saucor Mineralization Southern Quebrada Tolaguaco Alteration Northern Quebrada Liaretuno Alteration Sierra Las Rabanas Alteration Quebrada de Los Mondaco Alteration	
		Lower				Andesites and andesitic volcanic breccias intercalated with tuff breccias	K-Ar age 106.72 ± 2.12 M.Y.			
		Upper				Green tuffaceous conglomerates and sandstones Volcanic tuff breccias Green tuff breccia				
		Mesozoic	Cretaceous	Lower	Arca F.	Member 2	1,750±	Andesites and andesitic volcanic breccias intercalated with tuff breccias		
Lower	Arca F.			Member 1	140-730	Green tuffaceous conglomerates and sandstones Volcanic tuff breccias Green tuff breccia				
Jurassic	Upper		Quinchamate F.		870 1,900	Red conglomerate Reddish brown conglomerates and sandstones				
	Upper		Santa Elena F.		1,040±	Alternation of shales and gypsum Greenish gray shales Black shales Gray limestones Red conglomerate	Diorite Granodiorite K-Ar age 260.40 ± 4.17 M.Y. 270.79 ± 7.59 M.Y. 318.14 ± 6.80 M.Y.			Fossil flora Fossil fauna Oxfordian Middle to Upper Lias epoch
Paleozoic	Carboniferous	Lower Permian (?)	Challo F.		1,000?	Biotite - muscovite quartz schists	Granite K-Ar age 296.68 ± 9.60 M.Y.	Quartz diorite K-Ar age 271.58 ± 22.74 M.Y.	Santa Elena Mine	
		Upper Carboniferous								

る絶対年代測定によって $(270.79 \pm 7.59) \times 10^6$ 年の数値が得られていることから、本層の上限は最大限下部二畳系とみられる。

また、下限は本層に対比される Amaculla 層の片岩に対する K-Ar 法による絶対年代測定結果から、上部石炭紀より古いと解される。

1-2-2 中生界

中生界は、ジュラ系及び白亜系に区別される。ジュラ系は、下部～上部ジュラ系の Santa Elena 層及び上部ジュラ系の Quinchamale 層に、白亜系は、下部白亜系の Arca 層、下部～上部白亜系の Peña Morada 層及び 1 部上部白亜系に属する Tolar 層に区別される。

(1) Santa Elena 層

分布；本層は、大別して Chitigua 図幅の西部寄り 3 箇所に分布している。すなわち、北より南へ Llaretuno 沢中流から Challo 沢中流にかけ南北に延びる地域、Santa Elena 沢下流から Quinchamale 沢にかけける地域及び Quinchamale 沢支流 Las Rabonas 山脈寄りの Quinchamale 沢支流に小分布する。この中 Santa Elena 沢から Quinchamale 沢にかけける地域が最も優勢である。

岩質及び構成；本層は総じて下位より礫岩、石灰岩、頁岩及び層状石こうより構成される。

礫岩は、一般に暗灰色を呈し、礫種は、直径平均 5 cm、最大 20 cm 位の円礫状ないし垂角礫状花崗岩質岩より構成されており、局部的に少量の貝化石を含む。基質は石英、斜長石、正長石、その他の岩片よりなり、石灰質である。礫岩の層厚は Tolaguaico 沢及び Challo 沢では 1～2 m 位と薄い、Santa Elena 沢南部では約 10 m、更に Quinchamale 沢では約 25 m と南部程厚くなっている。南部の礫岩は上位に移るに従い 1 m 以下の石灰岩との互層を成しながら、石灰岩に移行する。これらの礫岩類は、古生代の石英モンゾニ岩を基盤とし、その周辺に分布するいわゆる基底礫岩である。

石灰岩は、比較的純度の高い部分と粘土質の部分があり、前者は暗灰色を呈し、ち密、堅硬であるのに対し、後者は風化されやすく黄褐色を呈し、かつ、やや脆弱である。他に魚卵状石灰岩より成るところもある。本岩は Santa Elena 沢から Quinchamale 沢にかけて優勢で、アンモナイト類、二枚貝及び腕足貝等の化石を産する。本岩層の層厚は、Quinchamale 沢で約 250 m、その他の地域では断層で接するため不明である。

頁岩は、一般に灰色ないし黒色であるが、局部的に淡緑色を呈するところがある。本岩は、脆弱、かつ、剝離性に富み、Santa Elena 沢から Quinchamale 沢にかけて広く分布する。本岩からはアンモナイト類、二枚貝及び腕足貝等の化石を多産し、優化石層を成す。また、本岩には多くの方解石結核を含むと同時に上部に移行するに従い石灰質となり、層状石こうに移化する。頁岩層の厚さは Quinchamale 沢で約 300 m である。

層状石こうは、純度の高い石こうと、ところによって砂質又はシルト質を成し、Santa Elena 沢から Quinchamale 沢にかけて発達する。本岩は 10 m 前後の厚さで、総じて頁岩及び石灰質頁岩との互層を成す。これら互層全体のおおよその層厚は 200 m 前後である。

層厚：1,040m±

層位関係；本層は，下位の Challo 層と直接の関係はみられないが，Challo 層より若い古生代の花崗岩質岩との間に基底礫岩を持つことから，不整合である。

対比；本層は化石及び岩相の点から第一年次 Cerro Yocas 地区の C 層，Quehuita 地域の Quehuita 層に対比される。

古生物学的には本層より多くの海棲動物化石を産出し，Vladimir Covacevich C. (Paleontological Section of I. I. G.) による鑑定結果では，下部ジュラ系の中～上部リアス統，中部ジュラ系バジョース階，カローブ階，上部ジュラ系オクスフォード階の時階が与えられている。なお，各時階から産出する主要な化石は次のとおりである。

中部～上部リアス統；“*Terebratula*” “*copiapensis*” Moericke, “*Rhynchonella*” cf. *concinna transatlantica* Tornquist, *Weyla* aff. *alata* (Von Buch), *Entolium* sp., *Trigonia* s.l.

バジョース階；“*Rhynchonella*” sp., *Nuculana* sp., *Propeamusium* (P.) aff. *personatus* Zieten, *Astarte* sp., *Arctioides* ind. (*Epicyprina* sp.?). *Chondroceras* aff. *submicrostomum* (Gottsche). *Oppelia* (O.) *subradiata* (Sowerby), *Oppelia* sp., *Stephanoceratidae* ind. (*Cadomites* sp.?), *Laevilamellepteous* sp., *Belemnites* sp.

カローブ階；*Vaugonia* sp., *Macrocephalites* ? sp., *Reineckeia* ? sp., *Perisphinctes* sp.

オクスフォード階；*Perisphinctes* aff. *boehmi* Steinmana., *Perisphinctes* sp., *Gryphaea* sp. A (*G. calceola* Quenstedt ?), *Gryphaea* sp.

以上の鑑定結果は，Appendices Table 1 にまとめた。

(2) Quinchamale 層

分布；本層は，Chitigua 図幅中央部の Llaletuno 沢～Tolaguarico 沢，南西部の Quinchamale 沢及びその支流に小分布する。

岩質及び構成；本層は，礫岩及び砂岩より成る。

Quinchamale 沢下流では，下部，中部及び上部に大別できる。

下部は，赤褐色の礫岩及び砂岩の互層よりなる。礫種は全て安山岩よりなり，礫の大きさは直径平均 50 cm～1 m の巨礫をなし，一般に固結度が低い。本層の一部には珪化木が含まれる。下部の層厚は約 40 m である。

中部は，赤褐色礫岩よりなる。礫種は下部と同様安山岩よりなる。礫の大きさは直径平均 5～20 cm で時に最大 5 m の巨礫を介在するが，全般に円磨度が良い。基質は比較的粗粒の砂よりなる。中部の層厚は約 500 m である。

上部は，赤色礫岩と白色礫岩互層よりなり，砂岩を介在する。礫種は石英，珪岩及び千枚

岩よりなる。礫の大きさは直径5 cmで、円礫ないし亜角礫状である。基質は粗粒の砂である。上部の層厚は約330 mである。

Quinchamale 沢中流及び支流では、赤褐色及び白色の主とし礫岩よりなり、砂岩を介在する。礫種は、花崗岩質岩、片岩及び千枚岩よりなり、礫の大きさは平均直径10 cm、最大30 cmである。これらの岩相の類似するところから、本層上部に相当する。

Llaretuno 沢～Tolaguaico 沢にかける地域では、全般的に成層をなし、比較的下位は砂岩、あるいは黒色頁岩が多いが、上部に移るに従い礫岩が優勢となり、砂岩は薄層として介在するのみである。礫種は花崗岩質岩、片岩が多く、石灰岩及び珪岩は少ない。礫の大きさは、下部では平均直径2～5 cmであるが、上部では平均直径20 cmにも達する。本地域の礫岩類は堅硬であるが、これはこの地域全体に緑れん石化、緑泥石化などのプロピライト化変質を受けたためとみられる。また、一部は石英-絹雲母化等の熱水変質帯の母岩となっている。本地域の礫岩類の層厚は約1,900 mである。Quinchamale 沢の礫岩類との関係は、中部～上部に相当するとみられる。

層厚：870～1,900 m

層位関係：本層は下位の Santa Elena 層とは整合的である。ただ、本層は Santa Elena 層の礫を含むこと、また植物化石（珪化木）がみられること、などから下位の Santa Elena 層との間には多少の時間的ギャップがあったものと解される。

対比：本層は、第一年次 Cerro Yocas 地区及び Quehuita 地域との対比は出来ない。

本層の時階は、本層とそれ上位の Arca 層との間に起ったとみられる “ Araucana 構造運動期 ” (Charrier ら, 1970) ないしそれ以前、すなわち、下部キンメリッジ階に相当すると解される。

(3) Arca 層

Arca 層は、更に下部及び上部層に区別される。

(3)-1 Arca 下部層

分布：本層は、Chitigua 図幅の Llaretuno 沢～Tolaguaico 沢にかけ NNW～SSE 系に細長く分布する地域、Arca 山嶺より Quinchamale 沢にかける地域の2箇所に分布する。

岩質及び構成：本部層は礫岩、火山角礫岩、凝灰角礫岩、砂岩及び層状石こうより構成される。

礫岩は本部層の最下位に位置し、Quinchamale 層、Santa Elena 層及び基盤をなす花崗岩等に直接する。本岩は暗灰色を呈し、Santa Elena 沢よりも北部域に発達する。礫種は灰色又は褐色安山岩、石英、片岩及び花崗岩質岩よりなる。礫の大きさは、直径平均1～8 cm、最大25 cmと礫の陶汰が悪い。本岩は円礫ないし亜角礫状をなし、全般に固結度が低い。基質は凝灰質及び砂質である。本層の層厚は約100 mである。

火山角礫岩は、暗灰色を呈し、安山岩質で、砂岩層に挟み込まれ、互層をなす。互層帯の層厚は約 160m である。層準的には砂岩及び層状石こう互層の上位に位置する。

凝灰角礫岩ないし火山礫凝灰岩は、石英安山岩質で、桃白色～赤褐色を呈する。本岩類は礫岩層の比較的上位に薄層（厚さ約 10 m）として介在し、鍵層になっている。

砂岩及び層状石こうは、一般に緑灰色を呈し、Quinchamale 沢付近では互層をなすが、Llaretuno 沢周辺では層状石こうを欠き、砂岩ないしは礫岩が優勢となる。これらの層準は、礫岩の上位に位置し、層厚は約 40 m である。

層厚：140～730 m

層位関係；本部層は下位の Quinchamale 層と Santa Elena 層及び基盤をなす花崗岩質岩との間に基底礫岩を持ち、傾斜不整合（一部平行不整合）をなしている。

対比；本部層は岩相の点から、第一年次 Cerro Yocas 地区の D 層、Quehuita 地域の Macata 層に対比される。

(3)－2 Arca 上部層

分布；本部層は、主として Chitigua 図幅の El Millo 山嶺をはさんで両側に分布する。すなわち、西側は Llaretuno 下流から Soledad 平原にかける地域及び Arca 山嶺から Quinchamale 沢にかける地域、東側は Chala 沢、Guanaco Muerto 沢、Playita 沢流域及び Saucoror 山（標高 3,883 m）周辺に分布している。

岩質及び構成；本部層は、安山岩及び安山岩質火砕岩よりなり、これらは互層をなしている。

安山岩は、一般に暗灰色、堅硬で、時に暗灰緑色、暗灰青色を呈する輝石安山岩である。本岩は Challo 沢中流、Armapaquina 沢、及び Saucoror 山周辺で優勢で、他の地域では火砕岩と互層をなすことが多い。鏡下では、例外なく斑状組織を示し、斑晶としては、単斜輝石、斜長石が大部分で、稀に普通角閃石を含むところもある。石基は、ピロタキシチックあるいは、微等粒状組織を示し、単斜輝石、斜長石よりなる。Armapaquina 沢付近では普通角閃石が黒雲母に、斜長石が絹雲母に変質しているのがみられる。

火砕岩は、輝石安山岩質火山角礫岩、凝灰岩、火山礫凝灰岩及び凝灰岩より構成されており、Armapaquina 沢周辺を除いて、Arca 上部層分布域に発達している。これらは普通 2～10 m の厚さをもつ単層として互層をなしており、固結度は中～小程度である。

層厚：1,750 m 土

層位関係；本部層は、El Millo 山嶺の西側では、下位の Arca 下部層と整合であり、また、東側では古生代二疊紀の花崗閃緑岩等と不整合を成している。

対比；本部層は、第一年次 Cerro Yocas 地区の D 層、Quehuita 地域の Macata 層に対比される。

Araca 層の時階は、本部層が Quinchamale 層（キンメリッジ階）と Peña Morada 層（パレーム階～チャーロン階）間に胚胎しているところから、ティトン階からオーテリーブ階間のいずれ

かに相当にすると解される。

(4) Peña Morada 層

分布：本層は、Chela 図幅西端及び Chitigua 図幅東部の El Millo 山系東部，El Cojo 沢流域から Peña Morada 沢流域にかけて，及び Las Rabonas 山脈に分布する。

岩質及び構成：本層は大部分流紋岩ないしは石英安山岩より成り，極めて局部的に流紋岩質熔結凝灰岩を介在する。

流紋岩ないし石英安山岩は色調が種々で，暗灰色，暗紫色，帯青色及び茶灰色を呈する。本岩類は El Cojo 沢から Peña Morada 沢にかけては一般に緻密質堅硬でドーム状をなしているように見え，最上部の方ではゆるい流理構造が発達している。これに対して，Las Rabonas 山脈では，厚さ 5～10 m の熔岩の繰り返しとなっており，この一部に同質熔結凝灰岩を介在する。鏡下での流紋岩は斑状組織を有し，斑晶は自形正長石＋マイクロパーサイトよりなり，石英の一部は直径 3 mm にも達することがある。他に不透明鉱物及び方解石などがみられる。石基は微晶質で石英，長石からなっている。変質鉱物としては，正長石，マイクロパーサイトがへき開に沿ってカオリン鉱物及び絹雲母に，また，斜長石の一部が絹雲母に変わっているが，いずれも微弱である。

層厚：1,200 m ±

層位関係：本層は，下位の Arca 層とは不整合とみられる。

対比：本層は，分布及び岩相の点から第一年次 Cerro Yocas 地区の F 層，Quehuita 地域の Yocas 層に対比される。

本層の時階は，第一年次 Cerro Yocas 地区及び Quehuita 地域で実施した K-Ar 法による絶対年代測定資料 { (89.8 ± 2) × 10⁶ 年，(114.53 ± 2.82) × 10⁶ 年 } からすると，下部白亜系バレーム階～チューロン階間に相当すると解される。

(5) Tolar 層

分布：本層は，Chitigua 図幅南東部に位置する Aguas Blancas 及び Tolar 沢から南の La Aguadita 平原にかけて分布する。

岩質及び構成：本層は，礫岩及び砂岩より成る。

礫岩は，ほとんど褐色流紋斑岩の角礫より成り，局部的に安山岩の角礫を含むことがある。礫の大きさは 3～5 cm で，基質は赤褐色砂である。本層は本層の基底礫岩を成す。礫岩の層厚は，10～30 m である。他に赤褐色砂岩に厚さ 50 cm 以下の礫岩層を介在するが，少なく，かつ円礫を成す。

砂岩は，本層の大半を占め赤褐色を呈し，層理の発達が良い。一般的に岩相変化に乏しいが，局部的に緑色パッチを含むことがある。全体に固結度が低い。鏡下では火山岩類岩片，斜長石，石英，不透明鉱物がみられ，粒径は直径 0.04～0.3 mm である。

層厚：1,000 m ±

層位関係；本層は，下位の Peña Morada 層又は Arca 上部層との間に基底礫岩を持ち，かつ，傾斜不整合を成している。

対比；本層は，第一年次 Cerro Yocas 地区の E 層，Quehuita 地域の Conacona 下部層に対比される。

本層の時階を決定する直接的な資料は得られなかったが，本層を挟さむ上（Icanche 層），下（Peña Morada 層）層及び本層を貫く斜長岩（Cerro Jaspe 地域）等に対する絶対年代測定（K-Ar 法）資料からすると，上部白亜系コニャック階以降始新統ルシタニア階間に相当すると解される。

1-2-3 新生界

新生界は，上部白亜系から古第三系始新統にかかる Tolar 層，古第三系中新統の Icanche 層，古第三系漸新統から新第三系中新統(?)の Sichal 層，新第三系上部中新統から鮮新統の Ichuno 層及び第四系の沖積層に区分される。このうち，Tolar 層については既に述べているので，ここでは省略する。

(1) Icanche 層

分布；本層は，Chitigua 図幅の Aguas Blancas 沢を北端として南の Icanche 沢から Aguadita 沢にかけて分布する。

岩質及び構成；本層は安山岩及び安山岩質火砕岩よりなる。

安山岩は，輝石安山岩で，一般に暗灰色であるが，ところによって赤褐色，暗灰青色の色調を呈し，堅硬である。本岩は何枚かの熔岩の繰り返しからなり，その中には多孔質熔岩がみられる。鏡下では例外なく斑状組織を示し，斑晶は自形の単斜輝石，斜長石及び不透明鉱物が大部分であるが，Blanco 山（標高 3,800 m）東部では若干の自形の黒雲母及び石英を含んでいる。石基は微品質の斜長石，単斜輝石がみられる。変質鉱物としては，斜長石がカオリン鉱物になっていること，及び他に若干の方解石が認められることがある。

火砕岩は，安山岩質火山角礫岩及び凝灰角礫岩よりなり，安山岩熔岩に介在する他，本層の最上部に安山岩質礫岩がみられる。全般に固結度は中程度である。

層厚；3,900 m -

層位関係；本層は，下位の Tolar 層とは整合及び一部断層で接する。

対比；本層は，第一年次 Cerro Yocas 地区の D 層の一部及び，H 層に，また Quehuita 地域では Conacona 下部層に対比される。

本層の時階は，K-Ar 法による絶対年代測定資料〔Chaipana 沢上流で採取した安山岩 { Sample № CM 331 : $(50.67 \pm 1.28) \times 10^6$ 年，Las Rabonas 山脈東部の安山岩 { Sample № CM 36 : $(42.77 \pm 1.17) \times 10^6$ 年 } 〕からすると，始新統ルシタニア階からブリアボナ階に相当する。

(2) Sichal 層

分布；本層は，Chitigua 図幅西部の Soledad 平原から南へ Sical 沢，Vizcachilla 沢及び Quinchamale 沢にかけて広く分布する。このほか Millo 沢上流に小分布する。

岩質及び構成；本層は，礫岩，砂岩，層状石こう及び石英安山岩質火山礫凝灰岩より成る。

礫岩は，一般に灰色～暗灰色を呈し Sical 沢流域等に広く発達する他，本層分布域の全てにみられる。礫種は下位のほとんど全ての岩石の礫を含んでいる。その中で最も多い礫としては安山岩で，次いで花崗岩質岩，流紋岩，石灰岩がみられ，最も少ない礫は片岩である。一般に円礫ないし亜角礫を呈し，固結度が低く，また，分級度も悪い。基質は砂及び凝灰質砂である。礫の大きさは直径平均 10～15 cm である。

砂岩は，茶褐色～赤褐色を呈し，Quinchamale 沢上流域に分布する。本岩は一部礫岩の上部に，大半は礫岩と同時異相を成すものとみられる。固結度は極めて低く平坦な地形を成す要因となっている。

層状石こうは，茶褐色～赤褐色砂岩層の中部に厚さ 5～30 m からなる 3 枚の層状石こうとして介在する。

石英安山岩質火山礫凝灰岩は，桃白色を呈し，厚さ約 30 m で Chalio 沢上流及び Chitigua 部落周辺に分布する。本岩は，礫岩層の中でも比較的下位（礫岩の基底より上位へ 400 m 前後）に介在する。本岩は固結度の低い礫岩層の中において風化に対する抵抗度が高く，地形の頂部を形成している。

層厚；1,800 m ±

層位関係；本層は，下位の Icanche 層とは傾斜不整合を成す。

対比；本層は，第一年次の Cerro Yocas 地区では欠除，Quehuita 地区では Papajoy 層に対比される。

本層の時階は，K-Ar 法による絶対年代測定資料（Chalio 沢支流の石英安山岩質火山礫凝灰岩 { Sample No. CM 326 : $(34.71 \pm 0.83) \times 10^6$ 年 } からすると，漸新統サンノア階に相当する。しかし，試料の採取位置が比較的下位の層準を占めているので，本層の上限は不明であるが，本層が上部中新統から下部鮮新統に属する Ichuno 層に不整合に覆われているところから，本層の上限は最大限中新統と解される。

(3) Ichuno 層

分布；本層は，本地域東部の Loa 川流域及びその支流に分布する。この地域は，また，第四系沖積層によって被覆されているが，この第四系の下位は大部分 Ichuno 層により占められているものとみられる。以上の他は El Millo 山嶺の西部においても本層の分布をみるが，いずれも沢の流域に散在するのみである。

岩質及び構成；本層は礫岩，流紋岩質凝灰岩及び流紋岩質熔結凝灰岩より構成されているが，大部分は流紋岩質凝灰岩により占められる。

礫岩は，灰色を呈し，亜角礫又は角礫状の基底礫岩である。本岩の構成礫は，下位のほとん

どの岩石の礫より成り、礫の大きさは直径5~20cm位である。膠結物は凝灰質ないし泥質である。本岩は、極めて局所的な堆積物で、厚さも1~5mに過ぎない。

軽石凝灰岩は、石英安山岩ないし流紋岩質で新鮮な部分は凝灰白色~桃白色を示すが、地表下では風化により淡褐色を呈することが多い。本岩は、岩相変化に乏しく、ほとんど塊状、無層理で、ところによって熔結凝灰岩となっているところがある。

層厚；10~80m

層位関係；本層は、下位のSichal層とは傾斜不整合をなす。

対比；本層は、第一年次Cerro Yocas地区のAltos de Pica層に対比されるが、Altos de Pica層でも最上部に相当する。

本層の時階は、A-Kr法による絶対年代資料〔Millo沢の流紋岩質熔結凝灰岩〔Sample No. CM 372: $(7.37 \pm 0.37) \times 10^6$ 年〕〕等からすると、上部中新統サルマチア階から下部鮮新統に相当すると解される。

(4) 沖積層

分布；本層は、現在の平坦地形を形成しており、西部ではSoledad平原、東部ではBlanco山平原、La Aguadita及びLoa川流域に分布する他、局所的に沢の流域に分布する。

岩質及び構成；本層は、砂、シルト及び礫など未固結の河成及び崖錐堆積物から成り、下位のほとんど全ての岩石の礫を含んでいる。

層厚；0~80m±

層位関係；下位のIchuno層とは不整合である。

対比；第一年次Cerro Yocas地区の第四系砂礫層と同一である。

1-3 貫入岩類

本地域の貫入岩類については、今回実施したK-Ar法による絶対年代測定結果及び産状から、時代別に記載する。

1-3-1 古生代の貫入岩類

(1) 花崗閃緑岩及びモンゾニ閃緑岩“Pzgd”

本岩類は、Chitigua 図幅中央北部に分布する。本岩類は、この地域の周辺では最下部を成し、ジュラ系Quinchamale層とは断層で接し、上部白亜紀から古第三紀初期にかけての火成活動である花崗斑岩及び流紋斑岩等により貫かれている。

本岩類の岩相は、暗灰色、堅硬で、岩質は花崗閃緑岩質からモンゾニ閃緑岩質まで岩相変化する。鏡下では、半自形粒状組織を呈する。本岩体の代表的試料をモード計算すると、斜長石45%、正長石20%、石英20%、普通角閃石5%及び黒雲母10%を示し、他に少量の不透明鉱物及びチタン石が認められる。変質鉱物は、斜長石が絹雲母、黒雲母が緑泥石又はブドウ石に変わっているのがみられる。

本岩類の活動時期は、Apacheta 沢より採取した花崗閃緑岩 (Sample № CM 224) に対する絶対年代測定結果では、 $(318.14 \pm 6.80) \times 10^6$ 年の値が得られており、これは上部石炭紀の最古期に相当する。ただ、測定した試料は多少緑泥石化作用を受けていることを考慮すると、上部石炭紀より若干古期、すなわち、下部石炭紀後期ミシシッピ期頃の可能性があるだろう。

(2) 花崗岩 “Pzg”

本岩体は、Chitigua 図幅西部の Challo 沢、Llaretuno 沢及び Quinchamale 沢流域周辺の 3 箇所に分布する。これらの岩体は、Challo 沢下流域で Challo 層を貫き、Challo 沢及び Llaretuno 沢の上流では Santa Elena 層に覆われている。また、Quinchamale 沢では岩体の西部は Santa Elena 層に覆われているが、東部は N-S 系断層で接する。

本岩体の岩相は、桃灰色又は緑灰色を呈し、花崗岩質から 1 部花崗閃緑岩質を示す。鏡下では、半自形粒状組織を呈する。代表的な試料のモード計算では、斜長石 30%、石英 20%、正長石 10%、微斜長石 15%、普通角閃石 10% を示す。他に不透明鉱物、りん灰石及びジルコンが認められる。変質鉱物は、普通角閃石及び黒雲母が若干の緑泥石、また、斜長石が絹雲母に変質しているのが認められるがいずれも弱い。

本岩体の活動時期は、Challo 沢で採取した試料 (Sample № CM 350) に対する絶対年代測定結果では、 $(296.68 \pm 9.60) \times 10^6$ 年、Mal Paso 沢の試料 (Sample № CM 330) は $(270.79 \pm 7.59) \times 10^6$ 年の値が得られており、上部石炭紀から下部二畳紀に相当する。

(3) 閃緑岩 “Pzd”

本岩体は、Chitigua 図幅北東部の Millo 沢流域に分布する。本岩体は Arca 層及び Peña Morada 層の火山岩類に被覆されている。

岩相は、緑灰色を呈し、粗粒、堅硬で、閃緑岩質から石英閃緑岩質と岩相変化を示す。鏡下では、半自形粒状組織を呈する。代表的な試料のモード計算では、斜長石 55%、角閃石 20%、石英 10%、黒雲母 5%、微斜長石 5% 及び不透明鉱物より成る。変質鉱物は、斜長石が絹雲母及びカオリン鉱物に、黒雲母が緑泥石及びブドウ石に変質しているのが認められる。

本岩体の活動時期は、Millo 沢流域で採取した試料 (Sample № CM 373) の黒雲母及び普通角閃石について、絶対年代測定した結果では $(271.58 \pm 22.74) \times 10^6$ 年の値が得られており、これは下部二畳紀に相当する。ただ、本試料は強い緑泥石化作用を受けているため、本岩体の形成時期は上記よりも古い上部石炭紀の可能性もあろう。

(4) 花崗閃緑岩 “Pzgd”

本岩体は、Chitigua 図幅北端に一見岩株状を成して分布する。本岩体は、Arca 層及び Peña Morada 層の火山岩類に被覆されている。

岩相は、明灰色を呈し、細粒花崗閃緑岩質である。鏡下では、半自形粒状組織を呈する。代表的な試料のモード計算では、弱絹雲母化を受けた斜長石 45%、石英 25%、正長石 10%、ブドウ石化及び緑泥石化した黒雲母 15%、普通角閃石 5% を示す。他にりん灰石及び不透明鉱物

が認められる。

本岩の活動時期は、Tolares 沢で採取した試料 (Sample № CM 228) の黒雲母について絶対年代測定した結果では、 $(260.40 \pm 4.17) \times 10^6$ 年の値が得られており、これは下部二畳紀に相当する。なお、測定試料が一部変質していた点、本岩体は上記年代より若干古期の可能性があるろう。

1-3-2 中生代の貫入岩類

(1) 花崗岩 “Kgr”

本岩体は、主として Cerro Palpana 図幅西部の Chala 沢、Ichuno 沢、Guanaco Muerto 沢、Pocorco 山周辺に分布する。本岩体は Arca 上部層を貫き Peña Morada 層に被覆されている。

岩相は、桃色、粗粒のいわゆる優白色岩である。鏡下では、半自形粒状組織を呈し、粘土化した斜長石、黒雲母が交代された緑泥石及び緑れん石等が認められる。

本岩体の活動時期は、他の地層との関係から下部白亜紀のパレーム期～アプト期間位と解される。

(2) 流紋斑岩 “Kmpr”

本岩体は、El Millo 山嶺の中部より南部にかけて広く発達する。本岩体は、石炭紀のモンゾニ閃緑岩を貫き Sical 層に被覆されている。

岩相は、桃色～暗柴灰色を呈し、緻密、堅硬である。鏡下では、斑状組織を示し、主成分鉱物としては、正長石 (マイクロパーサイト) (20%)、石英 (20%)、絹雲母化、カオリン化及び方解石化した斜長石 (5%) より成り、他に緑泥石化した黒雲母、方解石及び不透明鉱物が認められる。

本岩体は、Peña Morada 層の流紋岩と岩相が酷似し、かつ、分布上も近接していることから、両者は貫入相と噴出相の関係にあると解される。

本岩体の活動時期は、Abra Pajarita で採取した試料 (Sample № CM 334) に対する絶対年代測定結果では、 $(108.72 \pm 2.12) \times 10^6$ 年、Quehuita 地域では $(114.5 \pm 2.8) \times 10^6$ 年、Cerro Yocas 地域では $(89.8 \pm 2) \times 10^6$ 年の値が得られているところから、下部白亜紀パレーム期～チューロン期と解される。

1-3-3 新生代の貫入岩類

(1) 花崗斑岩 “Tipgr”

本岩体は、主として El Millo 山嶺の北部に分布する他、Carcote 沢及び Guanaco Muerto 沢の流域に小分布する。本岩体は流紋斑岩を貫いている。

岩相は、桃灰色を呈し、粗粒、堅硬である。鏡下では、他形粒状の斑状組織を呈する。斑晶は石英及び絹雲母化、カリ長石化した斜長石より成り、石基は正長石 (マイクロパーサイト)、微斜長石、石英、黒雲母等より成る。

本岩体の活動時期は、流紋斑岩を貫き、Cerro Punta Colorada 鉍化変質帯の変質作用を受

けているところから、上部白亜紀から古第三紀初期頃の活動と解される。

(2) 石英閃緑岩 “Ti”

本岩体は、Chitigua 図幅北部の Camol 山及び Llaretuno 沢周辺の 2 箇所に小分布し、古生代の花崗岩、Icanche 層の安山岩及び Santa Elena 層の石灰岩を貫いている。

本岩は暗灰色を呈す。鏡下では、半自形粒状組織を示し、絹雲母化した斜長石、緑泥石化した普通角閃石及び石英等が認められる。

本岩体の活動時期は、周囲の岩石等との関係から上部始新世と解される。

(3) 閃緑斑岩 “Tepd”

本岩体は、Chitigua 図幅中央北部に小規模の岩株状を成し、Quinchamale 層の礫岩類を貫き、Quebrada Llaretuno 北部熱水変質帯の母岩と成っている。

本岩は、暗灰色を呈す。鏡下では細粒他形の斑状組織を示し、斑晶は大きな斜長石（1.5 cm 大）より成り、石基は、粘土化した斜長石、緑泥石化した単斜輝石及び不透明鉱物より成る。

本岩体の活動時期は、上部ジュラ系を貫入しているのみで、はっきりしないが、おそらく第三紀とみられる。

(4) モンゾ＝閃緑岩 “Ted”

本岩体は、Chitigua 図幅北東の Quemazón 山嶺及び Cerro Palpana 図幅南西部の Saucoror 山周辺に小規模の岩株状の分布を成し、Peña Morada 層の流紋岩及び Arca 上部層の安山岩を貫いている。

本岩は、IUGS の分類にしたがえば、モンゾ＝閃緑岩質から石英モンゾ＝閃緑岩質の岩相に相当する。鏡下では、半自形粒状組織がみられ、代表的な試料のモード計算では、弱い粘土化を受けた斜長石 45%、強いカオリン化の正長石 10%、弱緑泥石化の普通角閃石 15%、強緑泥石化の黒雲母 10%、不透明鉱物 10%、石英 5% 及び緑れん石 5% と成っている。

本岩体の活動時期は、Peña Morada 層を貫いていることから、上部白亜紀以降とみられる。本岩と岩相の酷似する岩石（Cerro Jaspe 地域内）に対する絶対年代測定結果では、古第三紀始新世を指しており、これと同時期の活動である可能性があると解される。

(5) 粗面安山岩 “Tta”

本岩体は、Chitigua 図幅中央部の Pescanadel Zorro 山に小規模の岩株を成し、流紋斑岩を貫いている。

本岩は、暗灰色を呈し、鏡下では斑状組織を示し、斑晶は方解石化及び緑泥石化した斜長石及び石英、石基は絹雲母化斜長石、緑泥石化輝石、不透明鉱物、方解石及び緑れん石より成る。また、緑れん石、石英、方解石等の細脈が認められる。

本岩の活動時期は、上部白亜紀の流紋斑岩を貫いていることから、それ以降おそらく第三紀の活動と解される。

(6) 流紋斑岩 “Tpr”

本岩体は、Aguas Blancas 及びその南部に分布し、岩株状あるいは岩脈状として Tolar 層を貫いている。

本岩体は、赤紫灰色を呈す。鏡下では、斑状組織を示し、斑晶は弱カオリン化及び絹雲母化正長石（25%）、絹雲母化斜長石（10%）、石英（15%）及び不透明鉱物（10%）、石基は長石、石英より成り、稀れに方解石、不透明鉱物が認められる。

本岩体の活動時期は、Tolar 層を貫くことから、おそらく始新世頃の活動と解される。

(7) 石英安山岩（岩株，岩脈）“ Tda ”

本岩体は、Chitigua 図幅南東部の Blanco 山に岩株を成し、Tolar 層を貫いている。また、Icanche 沢では南北方向に発達する岩脈として Icanche 層の安山岩を貫入している。

本岩は明灰色を呈し、Icanche 沢では角礫状を成す。鏡下では、斑状組織を示し、斑晶は弱い沸石化及びカオリン化を受けた斜長石、黒雲母、石基はアルカリ長石の微晶から成る。

本岩体の活動時期は、他の岩石との関係から古第三紀以降とみられる。Quehuita 地域の石英安山岩岩脈は、絶対年代測定によって $(25 \pm 0.5) \times 10^6$ 年の値が得られており、これは中新世初期に相当する。産状及び岩相が本岩と酷似することから、両者とも同時期の活動とみなされる。

(8) 流紋岩（岩株，岩脈）“ Tr ”

本岩は、Las Rabonas 山脈では NNE - SSW 系の岩脈をなし、Santa Elena 層の石灰岩、Peña Morada 層の流紋岩、Icanche 層の安山岩、また、Aguadita 平原では岩株状に Icanche 層を貫いている。本岩は、優白色を呈し、鏡下では、石英、斜長石及び白雲母化した黒雲母等が認められる。

本岩の活動時期は、Icanche 層を貫いていることから、新第三紀と解される。

(9) 安山岩（岩脈）“ Ta ”

本岩体は、Aguas Blancas 沢、El Millo 山嶺及び Saucoror 山南部等に小分布を成す。本岩体は、通常幅 1 ~ 2 m の岩脈を成し、Arca 層、Peña Morada 層、Tolar 層及び上記流紋岩（“Tr”）を貫いている。

これらのことから、本岩の活動時期は新第三紀中新世と解される。

1-4 地質構造

本地域の最下位層をなす古生界の Challo 層は、片理が良く発達しており、本地域では走向 N 30° E、70° E の片理を示す。これらの片理は大局的には、本層を貫く古生代の火成活動とみられる花崗岩類の分布及び全体の構造と同じ方向を有する。

中生界下部～上部ジュラ系の Santa Elena 層は、最も優勢な Quinchamale 沢における走向は、右岸では N 20° ~ 40° E、左岸では N - S ~ N 10° E、傾斜は両方とも 50° ~ 70° W ~ NW、又は E ~ SE を示す。これが上部に移向するに従い、小褶曲を繰り返すとともに、Santa Elena 沢で

はN-S背斜軸の核となっている。その地域では、Challo沢では、地層の逆転がみられ、これの東部はN-S系の逆断層により切られている。

Quinchamale層は、Quinchamale沢流域では走向N 10°~25°E、傾斜65°~80°NWを示す。Quinchamale沢支流では小さな背斜構造を示し、背斜の中心部では、走向N-S、傾斜40°~60°E、Wを示す。また、更に上流では、逆転構造がみられ、走向N 5°~20°W、傾斜65°~75°Eを示す。Llaretuno沢~Tolaguaico沢地域にかけては、下位でNNE~SSW系の小さな背斜構造が見られ、この背斜の東部は、NNE~SSW系の断層により切られる。なお、この地域の下流、すなわち、地層の上位ではN-S系の小さな向背斜構造が見られる。

白亜系のArca下部層は一般的に走向NE~NWの範囲、傾斜30°~60°NW、NEを示すが、Santa Elena沢周辺では、N-S系の褶曲構造が認められ、背斜構造の1つは、Arca山嶺を形成している。

Arca上部層の地質構造は、地域的に異っており、El Millo山嶺を中心に西部では、褶曲構造が発達しているのに対し、東部では少ない。西部のArca山嶺では、N-S系の褶曲構造を示し、断層付近では一部地層の逆転がみられる。Soledad平原地域ではSan Antonio沢を中心とするNNW-SSE系の緩い向斜構造がみられる。El Millo山嶺の東部では、全般にNW-SE系の走向を示し、傾斜10°~40°SWを示す。この中において、Playita沢流域では、N-S系の小さな向斜構造を示すが局部的である。

Peña Morada層の地質構造は、北部では塊状分布のため不明である。Las Rabons山脈では、走向ほぼN 25°E、傾斜25°NW、SE前後と単純である。本層の西翼はNNE~SSW系の大断層により切られている。他に、El Cojo沢及びGuaijar沢で、NW~SE系の断層及び、Las Rabonas山脈の東部でN-S系の断層がみられる。

上部白亜脈から下部古第三系にかかるTolar層の地質構造は、単純で大きな褶曲構造はみられない。地層の走向はN 10°E~N 60°Wの範囲で傾斜25°NW、SE前後である。他に本層を切る2、3のN-S系の断層がみられる。

Icanche層の地質構造は、Tolar層と同様に単純で褶曲構造はみられない。地層の走向は、N-S~N 30°Wの範囲で、傾斜25°E、W、NE、SW前後である。本層を切る断層にはN-S系がみられる。

Sichal層の地質構造は、Challo沢からChitiguaにかけてNNE~SSW系の向斜構造を示し、この西翼はN-S系断層によって切られるものの、Arca山嶺を通る背斜構造の東翼となっており、地層の走向、傾斜はN 10°E、40°W前後を示す。この他、Vizcachilla沢下流ではNNE~SSW系の緩傾斜の褶曲がみられる。

Ichuno層は、現地形の低地部、特に各沢の流域に分布しており、ほぼ平坦な堆積構造を示す。

1-5 考 察

以上の結果から、本地域の地質及び地質構造を考察すると、次のようなことが考えられる。

本地域の堆積環境は、古生界の Challo 片岩類形成後、花崗岩類の進入と同時に陸化し、その後若干の堆積時間を経て、次第に沈降し海進が旺盛となる。この時期は化石鑑定の結果、下部ジュラ紀から上部ジュラ紀まで続いており、かつ、含化石層として顕著な Santa Elena 層堆積期に当る。その後、次第に海退となり、大部分陸化し、次の Quinchamale 層堆積期に変る。この Quinchamale 層堆積期の少くとも初期には植物の繁栄が考えられる。この後の Arca 層との間には傾斜不整合が認められ、続いて安山岩火山活動が旺盛となり、安山岩の火山活動が終息すると共に、更に陸化を続け、Peña Morada 層堆積期に入って熔結凝灰岩がみられること等から、陸性の酸性火山活動期に引き続いて、主として半深成岩類の活動があったものとみられる。次の Tolar 層堆積期に入っては、赤色砂岩で特徴付けられる陸性堆積物がみられる。この時期は、上部白亜紀から古第三紀下部始新世にかけてとみられるが、この間、小規模の沈降・隆起が繰り返されたものと考えられる。Tolar 層に引き続き Icanche 層の旺盛な安山岩の火山活動があるが、この末期には深成岩類及び岩脈等の活動が認められる。

後述する鉍化、珪化、粘土化変質作用は、主としてこの時期の火成活動と密接な関係をもつものとみられる。

古第三紀漸新世 Sical 層堆積期には若干沈降しているが、依然として陸性の堆積盆である。供給物はそれまでの下位の全ての岩石の礫を含むことから一部、特に東方で盛んに浸食が行われると同時に西部の沈降域に供給堆積したものと考えられる。この間、若干の石英安山岩の火山活動があったものとみられる。Ichuno 層堆積期は、酸性火山岩類の活動であり、原地形に支配されており、地形の凹部を消たしていると共に緩やかな堆積構造を示す。

本地域の地質構造は、El Millo 山嶺を境とし大きく異なる。すなわち、El Millo 山嶺の西部では古生界の片岩類及び古生代の花崗岩類が基盤をなし、また、新期貫入岩類が少なく、褶曲構造が発達している。これに対して、El Millo 山嶺の東部では古生界の深成岩及び中生界の火山岩類が基盤をなし、これらを買いて白亜紀後期から新第三紀にかけての火成活動とみられる貫入岩類がずい所にみられる。また、褶曲構造も極めて劣勢である。

これら両者を境とするものは、El Millo 山嶺を形成している白亜紀後期から古第三紀の火成活動に属する、主として流紋斑岩、花崗斑岩であり、かつ、岩体の両翼を NNE—SSW 系の大断層で切られている。この“南北断層”は南部の Cerro Jaspe 地域まで連続しており、Chuquicamata 鉍山でいう西部断層と同一のものとみられる。これらの断層形成時期は、古第三系の Sical 層を切っているが、新第三系の Ichuno 層を切っていない事から、漸新世末期ないし最大限中新世末期以前とみられる。

第2章 応用地質

2-1 概要 (PL. II-2-2, V-I-1 参照)

本調査地域内にみられる鉍化作用は、まばらで小規模な銅鉍脈があるのみである。現在、開発されている鉍床はない。熱水変質帯は、Cerro Punta Colorada 鉍化変質帯を除いて、5箇所認められるが、いずれも変質の程度は劣勢である。なお、これら変質作用は、モンモリロナイト-カオリン等の粘土化及び石英-絹雲母化である。

2-2 鉍化作用

(1) Cerro Punta Colorada 鉍化変質帯

本鉍化変質帯は、El Millo山嶺東北翼部に位置し、鉍化変質帯のほぼ中心に当る Carcote 沢上流の酸化銅鉍脈地点の緯経度は、南緯 $21^{\circ} 34' 30''$ 、西経 $68^{\circ} 47' 40''$ である。

本鉍化変質帯は、1部に脈状の黄銅鉍-黄鉄鉍-酸化銅鉍脈とポーフイリ・銅型鉍床にみられる粘土化、珪化変質作用を伴う。鉍床の母岩は流紋岩、流紋斑岩、花崗斑岩及び閃緑岩等である。鉍化変質帯の規模は、幅約 1 km、延長 14 km に及び NNE-S SW 方向に発達する。

本鉍化変質帯は、鉍化変質帯の規模が大きいこと、銅鉍化作用及びポーフイリ・銅型鉍床にみられる粘土化変質作用を伴う。

本鉍化変質帯については、III-1にて詳述する。

(2) Aguas Blancas 鉍化変質帯

本鉍化帯は、本地域のほぼ中央部の南緯 $21^{\circ} 38' 46''$ 、西経 $68^{\circ} 48' 37''$ に位置する。所在地の標高は約 4,000 m である。交通は、ジープ又はトラックにて Loa 川沿いの主要道路から、Aguas Blancas 沢沿いに到達できる。

本鉍化変質帯は、一部に脈状の珪孔雀石-赤鉄鉍脈とポーフイリ・銅型鉍床にみられる粘土化、珪化変質作用を伴う。鉍床の母岩は、流紋岩、流紋斑岩、及び閃緑岩である。鉍化変質帯の規模は、“南北断層”沿いに最大幅約 600 m、延長約 1 km で前述の Cerro Punta Colorada 鉍化変質帯の南方延長に当り、かつ、僅少なながらも連続している。鉍化の認められる試料の分析結果は、次の通りである。

Sample No K 31, 脈幅 30 cm, Ag 10 ppm, Cu 0.89%, Pb 50 ppm, Zn 327 ppm,

S 0.011%, Fe 8.05%, Mo 11 ppm, Mn 0.08 ppm, As 5 ppm

(3) Vizcachilla 鉍山

本鉍山は、El Millo山嶺南端の南緯 $21^{\circ} 41' 30''$ 、西経 $68^{\circ} 51' 25''$ に位置する。所在地の標高は約 3,000 m である。交通はジープあるいはトラックで Aguas Blancas 沢及び支流を経て、

Santa Elena 沢支流沿いに到達できるが、極めて悪路である。

本鉛山は、珪孔雀石-緑塩銅鉛-赤鉄鉛-褐鉄鉛-石英脈よりなる。鉛床母岩は流紋斑岩である。鉛床の規模は、脈幅 15~30 cm, 延長約 50 m 程度で、1 km × 0.5 km の範囲に脈数は数条ある。脈の走向はほぼ E-W, 傾斜 60° S, N~90° を示し、Santa Elena 沢を通る NEE-SWW 系の断層と斜交ないし一部平行をなす。

Calama 市住民によると 10 年前に稼行されたということであるが、本鉛山に関する資料は皆無である。数条の脈毎に坑道あるいはピット程度の採鉛採掘を行っているが、研量は 10,000 t 程度である。参考までに、今回採取した脈の分析結果は、次の通りである。

Sample No	脈幅 (cm)	Ag (ppm)	Cu (%)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Total-S (%)	Fe (%)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	As (PPm)
K 66	30	8	1.35	130	1.96	0.014	3.11	7	0.08	125
K 67	30	32	3.65	30	80	0.224	3.90	6	0.015	125
K 68	15	8	9.00	< 20	30	0.018	2.09	15	0.035	10

以上の結果、銅以外にみるべきものがなく、かつ、銅品位自体も低い。これらのことから本鉛山地域は発展性に乏しい鉛化帯であるとみられる。本鉛床の形成については不明であるが、本鉛山の東約 1 km に南北に延びる閃緑岩体があり、かつ、赤鉄鉛-電気石-石英細脈がみられることなどより、この閃緑岩体の貫入時に脈の形成が行われたものと解される。

(4) Aguadita 鉛山

本鉛山は、本地域中央部南端の南緯 21° 44' 55", 西経 68° 46' 30" に位置する。所在地の標高は約 3,550 m である。交通はジープで Loa 川沿いの主要道路から Aguas Blancas に通じる道路の途中から南下し、更に Aguadita 沢沿いに到達できるが、通行は困難である。

本鉛山は、方鉛鉛-閃亜鉛鉛-赤鉄鉛-石英-方解石脈より成る。鉛床の母岩は灰緑色を呈する安山岩質凝灰礫岩である。

鉛床の規模は、脈幅約 0.5~2 m, 延長約 100 m で、かつ 1 本脈である。脈の走向は N40° E 傾斜 70° NW を示す。

地層の走向とは直角に交っており、脈は緑泥石及びカオリン鉛物などの粘土鉛物を伴う剪断帯に形成されている。

本鉛山に関する資料は皆無のため詳細は知り得ないが、脈沿いに 10 m 弱の採掘跡がある。なお、鉛脈の上盤側には深さ 10 m 程度の掘下りがみられるが、掘下り跡の研中には鉛石がみられないところから、鉛脈まで達していないようである。ただ、沢の上流約 1 km 地点に極めて小さな簡易焙鉛炉跡のあるところから、若干なりとも稼行したものとみられる。

参考までに、今回採取した脈の分析結果は次の通りである。

Sample No	脈幅 (cm)	Ag (ppm)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Total-S (%)	Fe (%)	Mo (ppm)	Mn (ppm)	As (ppm)
K64	200	109	0.18	2.74	1.72	0.074	4.77	20	6.10	700
K65	200	152	0.14	3.23	3.68	1.08	4.32	6	11.55	400

(5) Santa Elena 鉛山

本鉛山は、本地域南西部の南緯 $21^{\circ}41'30''$ 、西経 $68^{\circ}55'30''$ に位置する。所在地の標高は約 3,500m である。交通は Loa 川沿いの主要道路から Aguas Blancas に通じる道路の途中から、El Millo 山嶺を越え、Santa Elena 沢の中流までジープで、それ以降鉛山までの約 5km 間は徒歩による。

本鉛山は、石英-方解石脈よりなり、肉眼観察では金属鉛物は認められない。

母岩は花崗岩である。脈の規模は脈幅 1~5m、延長約 300m で、かつ 1 本脈である。脈の走向は E-W、傾斜 90° を示す。

本鉛山に関する資料は皆無である。露頭箇所では約 10m の横坑がみられ、また、脈の中心部を占める方解石部だけを抜き掘りしているが、鉛を採掘していたということである。

(6) Cerro Ichuno 北部鉛化帯

本鉛化帯は、Ichuno 山嶺北部の南緯 $21^{\circ}32'45''$ 、西経 $68^{\circ}46'$ に位置する。所在地の標高は約 4,000m である。本地域には車では到達できない。

本鉛化帯は、2、3 条の酸化銅鉛を伴う電気石脈から成る。いずれも細脈で、脈幅数 cm ~ 40cm 位までで、走向、傾斜は、北部で $N5^{\circ}S$ 、 90° 、中心部で $N65^{\circ}W$ 、 $70^{\circ}S$ 、南部で $N85^{\circ}W$ 、 $65^{\circ}S$ である。母岩は、Peña Morada 層の流紋岩及びこれを岩株状に貫く微粒状閃緑岩である。鉛物は主として両者の破碎帯に胚胎するが、極めて小規模である。

(7) Cerro Saucoror 南部鉛化帯

本鉛化帯は、Saucoror 山南部の南緯 $21^{\circ}43'30''$ 、西経 $68^{\circ}43'30''$ に位置する。所在地の標高は約 3,430m である。交通は Loa 川沿いの主要道路から Aguas Blancas 沢沿いを経て、ジープにて到達できる。

本鉛化帯は、酸化銅鉛、珪孔雀石、方解石及び緑れん石から成る鉛脈型鉛化帯である。鉛脈は 2、3 条認められるが、いずれも小規模で脈幅は約 15cm 位である。鉛脈の走向、傾斜は、最西部の鉛脈は $N50^{\circ}E$ 、 90° 、東部で $N-S$ 、 90° 、最東部では $N35^{\circ}E$ 、 $85^{\circ}E$ である。

2-3 熱水変質作用

(1) Cerro Punta Colorada 熱水変質帯

前述の通りである。

(2) Quebreda Llaretuno 北部熱水変質帯

本変質帯は、本地域中央北端の南緯 $21^{\circ}31'40''$ 、西経 $68^{\circ}51'50''$ に位置する。所在地の標

は約 3,950m である。交通はジープにて El Millo 山嶺を通る道路から Liaretuno 沢北の山頂沿いに至る。

本変質帯は、主として絹雲母-カオリン鉱物-石英からなる粘土化、珪化変質帯で、変質帯の周辺は弱いながらもプロピライト化変質が認められ、かつ、局部的に小数の赤鉄鉱-電気石-石英脈を介在する。変質帯の母岩は、閃緑斑岩及び Quinchamale 層の礫岩類である。

ある。

変質帯の規模は、長径 700m、短径 500m で、だ円形を成し、これの中心には関係火成岩と考えられる小岩株状の閃緑斑岩がみられる。

以上のパターンからすると、ポーフイリ・銅型熱水変質帯に酷似するが、鉱化作用は認められない。

(3) Quebrada Tolaguaico 南部熱水変質帯

本変質帯は、Quebrada Liaretuno 北部熱水変質帯の南、南緯 $21^{\circ}33'30''$ 、西経 $68^{\circ}51'40''$ に位置する。所在地の標高は約 3,750m である。交通はジープにて El Millo 山嶺から Chalho 沢まで、その後分岐点より Chalho 沢支流沿いに徒歩にて約 4km で到達する。

本変質帯は、X線解析の結果からすると、主として絹雲母-明ばん石-葉ろう石-石英からなる粘土化、珪化変質帯である。局部的に赤鉄鉱-褐鉄鉱やけが認められるが小規模である。変質帯の母岩は Quinchamale 層の礫岩、Arca 上部層の安山岩及び関係火成岩とみられる閃緑斑岩である。変質帯の規模は、NE-SW 方向に長軸をもつ、長径 2.3km、短径 1km である。

以上のパターンからすると、ポーフイリ・銅型熱水変質帯に酷似するが鉱化作用が認められない。

(4) Sierra Las Rabonas 熱水変質帯

本変質帯は、本地域中央部南端の南緯 $21^{\circ}44'50''$ 、西経 $68^{\circ}49'50''$ に位置する。所在地の標高は約 3,800m である。交通はジープにて上述の Aguadita 鉱山から上流に行けるが、通行には極めて困難を極める。

本変質帯は、X線解析の結果、主として石英、絹雲母-葉ろう石の珪化、粘土化変質帯より成り、少量の石こうを伴う。変質帯の母岩は Icanche 層の安山岩である。変質帯の規模は、長径約 1km、短径 700m で、変質帯の 1 部は N-S 系断層と接している。

本変質帯には、鉱化作用が認められない。

(5) Aguas Blancas 熱水変質帯

前述の通りである。

(6) Quebrada de Los Mondaco 熱水変質帯

本変質帯は、本地域中央部の南緯 $21^{\circ}38'30''$ 、西経 $68^{\circ}52'40''$ に位置する。所在地の標高は約 3,750m である。交通は Aguas Blancas 沢から El Millo 山嶺に通じる道路の分岐点より徒歩にて約 4km で到達する。

本変質帯は、主としてカオリン鉱物—石英からなる粘土化、珪化変質帯である。一部に若干珪化変質が認められるが劣勢である。変質帯の母岩は、流紋斑岩で関係火成岩とみられる閃緑岩体周縁の一部を成す。変質帯の規模は、長径700m、短径300mである。

本変質帯は、鉍化作用が認められず、かつ、小規模である。

2-4 考 察

上記のような観察結果から、本地域に発達する鉍化帯及び熱水変質帯は、4つのタイプに区別され、それぞれの特徴、共通点は次のように考えられる。

(1) Cerro Punta Colorada型鉍化変質帯

本型には、Cerro Punta Colorada鉍化変質帯の他、Aguas Blancas鉍化変質帯等がある。

本型は、Cerro Punta Colorada鉍化変質帯に代表される通り、“南北断層”沿いに分布し、“南北断層”を主な胚胎の場としている。一部に少量の銅鉍脈—網状脈が認められ、優勢な石英—絹雲母化作用及びモンモリナイト化、カオリン化がみられること、また、極めて小規模ながら閃緑岩等の岩株がみられることから、ポーフイリ・銅型鉍床に属する変質の1つと解される。(Cerro Punta Colorada鉍化変質帯の帯状型(Ⅲ-1, 第2章参照)を除く。)しかし、広い石英—絹雲母化変質帯が認められるにもかかわらず、銅鉍化作用が劣勢であることから、鉍床賦存の可能性は極めて少ないと解される。

なお、Sierra Las Rabonas熱水変質帯は、鉍化作用及び貫入岩類がみられないが、“南北断層”に平行するN-S系断層沿いに分布するところから、本型と同様、主として断層に伴う変質帯であると解される。

(2) Quebrada Llaretuno 北部型熱水変質帯

本型には、Quebrada Llaretuno北部変質帯の他、Quebrada Tolaguaico 南部変質帯及びQuebrada de Los Mondaco 変質帯がある。

本型は、いずれも深成岩、半深成岩等の新期貫入岩類に伴う変質帯と解され、岩体の周辺に粘土化変質、及び若干石英—絹雲母化変質作用を伴う。これ自体ポーフイリ・銅型鉍床にみられるパターンに類似する。しかし、貫入岩体の規模が小さく、石英—絹雲母化変質が弱く、かつ、鉍化作用が認められないこと、また、広域地化探結果でも異常が認められないことから、ポーフイリ・銅型鉍床胚胎の可能性はないと解される。

(3) Vizcachilla 鉍山型鉍化帯 (Cu)

本型には、Vizcachilla 鉍山の他、Cerro Ichuno 北部鉍化帯及びCerro Soucoror山南部鉍化帯がある。

本型は、いずれも脈状の銅鉍化作用から成るもので、粘土化変質を伴わない。これらは“南北断層”あるいは新期貫入岩類の活動に伴う副次的な小裂かを充てんしたものと解されるが、小規模、かつ、鉍化が微弱であること、発展性に乏しいこと、等から、鉍床賦存はそれ程期待

出来ないと解される。

(4) Agiadita 鉱山型 鉱化帯 (Pb-Zn)

本型は、脈状の鉛-亜鉛 鉱化作用からなるもので、方解石及び石英を脈石としている。本 鉱脈の形成について、鉱脈の近傍うに関係付けられる野外データはないが、おそらく本地域にみられる一連の裂か形成と関連したものと解される。

なお、Santa Elena 鉱山については、今回の調査では 鉱石 鉱物が認められなかったが、以前には、鉛を採 鉱していたということであり、おそらく、本型と同タイプの 鉱化帯と考えられる。これらは、いずれも小規模で大きく発展する可能性は少ないと判断される。

第3章 結 論

本地域の地質は、古生代の片岩類及び深成岩類を基盤とし、下部～上部ジュラ紀の海成堆積物がみられる。この後の上部ジュラ期末期には陸成堆積物より成る。白亜紀は、陸成火山岩類より成る。古第三紀から現在までは陸成堆積物より成る。貫入岩類の活動は古生代の深成岩類と、白亜紀末期より第三紀にかけての深成岩類、半深成岩類と若干の火山岩類より成る。

本地域の主要な地質構造は、N-S系、NNE-SSW系である。

本地域の鉍化作用としては、鉍脈型の銅又は鉛-亜鉛鉍化作用が認められるが、いずれも小規模、かつ、まばらである。また、熱水変質作用としては、Cerro Punta Colorada 鉍化変質帯を除いて、一般に変質の規模が小さく、ほとんど鉍化作用を伴っておらず、強い熱水変質作用を伴うような優勢な新期の貫入岩が認められない。したがって、本地域には、ポーフイリ・カップー型鉍床胚胎の可能性は極めて少ないものと判断される。

II-3 CERRO JASPE地域

第1章 地 質

1-1 概 要

本地域の地層は、古生界の花崗岩類を基盤として、ジュラ系、白亜系、第三系及び第四系等によって構成されている。ジュラ系は、含具化石海成及び陸成堆積物、白亜系は主として安山岩質火山噴出物、第三系は浅海成～陸成堆積物、安山岩質火山噴出物、流紋岩質軽石凝灰岩等からなっている。第四系は河岸段丘堆積物、崖錐堆積物等からなる。

貫入岩類としては、白亜紀～古第三紀活動の中～酸性岩を主とするが、斜長岩のような超塩基性岩もみられる。

地質構造は、南北性が顕著で、断層としては、本地域の西を南北に走っている“南北断層”を中心にNE-SW系、NW-SE系等の派生断層が発達し、新第三系以前の地層を各所で寸断している。また、褶曲構造も南北性が卓越しており、ジュラ系～古第三系を屈曲している。

1-2 層序及び岩質

本地域は、断層及び褶曲運動が活発に行なわれた地域で、地質構造が複雑化しているため、層序の確立が困難であった。従って、その北に隣接するChitigua地域で確立された層序を本地域に適用した箇所が多い。また地層名についてもChitigua地域で確立したものを踏しゅうした。

1-2-1 中生界

本地域に分布する中生界には、ジュラ系と白亜系があり、前者は下位のSanta Elena層と上位のQuinchamale層に、また、後者は下位のArca層と上位のTolar層にそれぞれ区分される。

(1) Santa Elena 層

分布：本層は、後述の基盤の花崗岩類の西に南北に延び広く分布している。このほか同基盤岩の東及び“南北断層”の東にも小分布をなす。

岩質及び構成：本層は、細～中粒黄色砂岩（石こうを伴なり）、含化石頁岩を伴った黄灰～灰色石灰岩、灰～青色流紋岩質凝灰岩、Reineckeiaや植物化石を含有した頁岩、黄色砂岩と灰色含化石頁岩の互層等から構成されている。

本層の標式的な露頭（Cherejara 沢の北2 km）における岩相層序は下位より上位に向かって次のとおり観察される。

－基盤岩（花崗岩）

（不整合）

－青～緑色礫岩（基質：石英質砂）

－安山岩質薄層を挟在した角礫状石灰岩、層厚 65 m

－石灰質砂岩及び含化石石灰岩（Belemnites, Ammonites, Gryphaea） 層厚 7 m

Table II-3-1 Generalized Geological Columnar Section of Cerro Jaspe Area

Era	Period	Epoch	Formation	Columnar Section	Thickness (m)	Lithology	Igneous Activity	Mineralization & Alteration	Remarks	
Cenozoic	Quaternary	Upper Miocene - Lower Pliocene	Alluvium		0-50	Piedmont and alluvial deposits, pebbles, gravels, sands,		Western Co. Ichuno Mineralized Zone Pastos Largos Altered Zone El Abra Ore Deposit		
			Ichuno F.		4-60	Rhyolitic and dacitic pumice tuff and conglomerates				
		Neogene - Miocene - Oligocene	Sichal F.		400 ±	Conglomerates, gypsum, red sandstones			Quabroa Mila Mineralized Zone C° Guanchaca Mineralized Zone Conchi Viejo Mine	
	Tertiary	Eocene	Icanche F.		2000 ±	Porphyritic and aphanitic andesites, andesitic breccia at the bottom, rhyolites, tuff breccia, tuffaceous conglomerates	Granodiorite porphyry Dacite porphyry Diorite dykes	Andesite dyke Rhyolite Granodiorite		X1 K-Ar age 42.27 ± 2.26 MY. X2 K-Ar age 44.69 ± 2.49 MY. X3 K-Ar age 49.11 ± 1.15 MY.
			Tolar F.		3500 ±	Basal red conglomerates, gray sandstones in the middle part intercalated with red shale	Quartz diorite porphyry, Granodiorite porphyry Rhyolite porphyry	Anorthosite Andesite dyke	La Colorado Mineralized Zone (?)	
		Paleocene								
	Mesozoic	Cretaceous	Upper							X1 K-Ar age 65.13 ± 1.85 MY.
			Lower	Arca F.		1,150 ±	Green basal conglomerates, tuffaceous conglomerates and sandstones, green and pink tuff, volcanic breccia, andesitic breccia andesites, gypsum	Rhyolite porphyry		
		Jurassic	Upper	Quinchamale F.		700 ±	Red conglomerates, sandstones			
	Lower		Santa Elena F.		500 ±	Basal conglomerate, fossiliferous limestones and shales, gypsum sandstones	Granodiorite			
Paleozoic	Permian					Granitic rocks			X1 K-Ar age 231.82 ± 7.16 MY. X2 K-Ar age 305.11 ± 7.97 MY.	
	Carboniferous									

- 桃色凝灰岩質薄層を伴った石灰岩，層厚 23 m
- 含アンモナイト黄色砂岩層を挟在した灰～白色石灰岩，層厚 35 m
- 灰～黒色含化石石灰岩（Ammonites, Rhynchonellas, Pelecipods等），層厚 90 m
- 多含“Rhynchonella”石灰岩，層厚 15 m
- 黄色石灰岩及び含化石石灰質砂岩 層厚 18 m

層厚；500 m(±)

岩位関係；本層は後述の古生代の基盤岩を不整合におおっている。

：本層の石灰岩，砂岩には次のような動物化石 { App. Table 1-(3) 参照 } を多含しており，時代決定の一助となっている。すなわち，*Lingula* sp., “*Rhynchonella*” sp., *Terebratula* sp., *Nucula* sp., *Lucina* sp., *Belemnites* sp., *Calliphylloceratinae* gen. et sp. ind., *Oxycerites* sp., *Kheraiceris* sp., *Eurycephalites rotundus* (Tornguist), *Reineckea* (*Reineckelites*), *douvillei* Steinmaun, *Cadomites* aff. *Psilacanthus* (Wernbter), *Macorcephalites* sp., *Perisphinctes* sp., *Teloeceras* sp., 等である。

以上の化石によって，本層はバジョース階～カローブ階に対比される。すなわち中部ジュラ系に相当するものと解される。

また，本層は層序，岩相あるいは化石の類似性から Chitigua 地域の Santa Elena 層に対比される。

(2) Quinchamale 層

分布；本層は，本地域の中央北部 Novillo Muerto 沢，中央南端 Milagro 沢及び北西端に分布している。

岩質及び構成；本層は，砂岩，礫岩からなる。礫岩は，赤灰色を呈し，安山岩質円礫を砂質の基質で埋めたもので，砂岩は，細～粗粒質で赤灰～黒色を呈し，珪長質の礫からなっており，陸成堆積物と解される。

層厚；本層は平均層厚約 700 m を有するが，北から南にかけてその厚さを減じている。

岩位関係；本層は，下位の Santa Elena 層を整合におおっており，岩質的及び層序的に Chitigua 地域の Quinchamale 層に対比される。本層には化石が含まれておらず，したがって時代を示す決定的な資料は得られていないが，カローブ階～バジョース階を示した Santa Elena 層を整合におおい，後述の下部白亜系（Arca 層）に急角度の傾斜不整合をもっておおわれているので，もっとも新しく見積って下部キンメリッジ階に相当するものと解される。

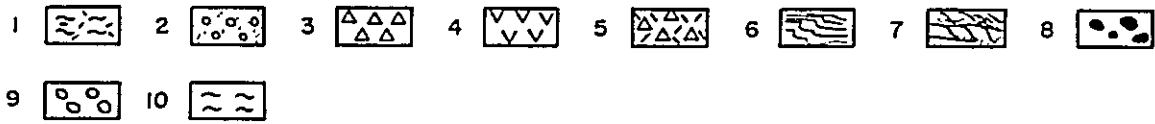
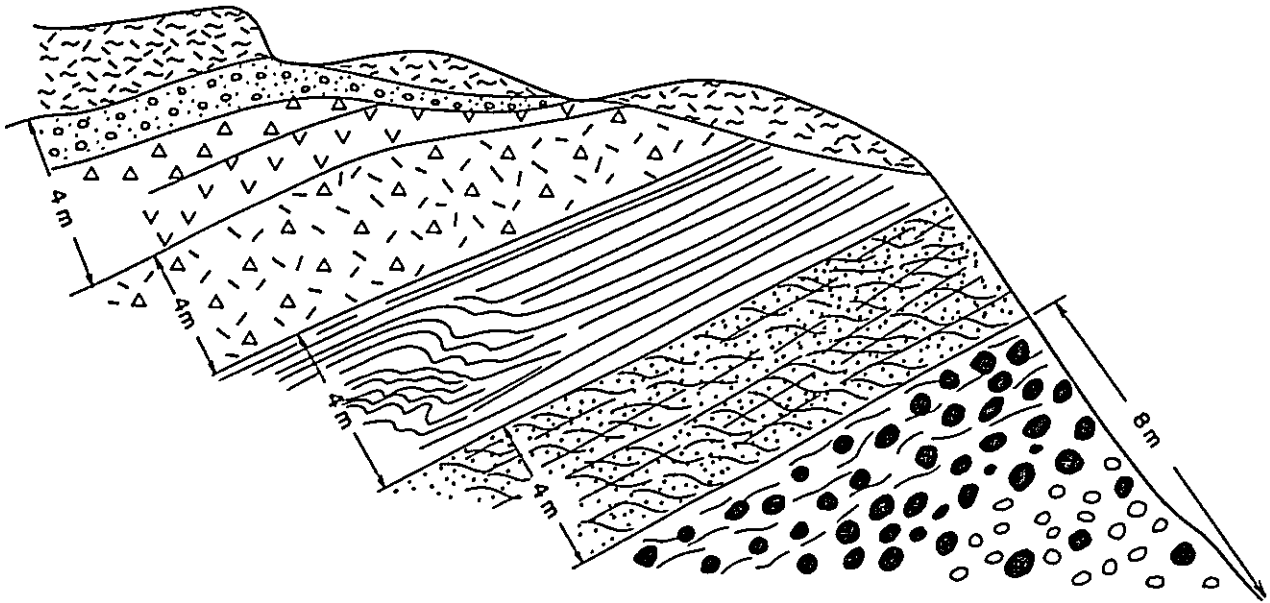
(3) Arca 層

分布；本層は本地域の西端，“南北断層”の西沿い，及び Estación San Pedro 幅南西部等に分布している。

岩質及び構成；本層の基底部には，礫岩，砂岩，頁岩が発達し，その上位に安山岩質火山噴出物，一部流紋岩質火山噴出物が分布する。なお，代表的ルートで観察された層序断面は Fig. II-3-1 及び II-3-2 のとおりである。

Fig. II-3-1 Stratigraphic Sections of the Arca Formation in the Parañague and Millo Creek

Parañague creek, central part of the surveyed area			Millo creek, southwest part of the surveyed area	
Columnar section	Thickness (m)	Rock facies	Columnar section	Rock facies
	23	Green, conglomeratic sandstones with sandstone and shale		Blue reddish to blue violaceous aphanitic andesite
	3	Tuffaceous fine grained conglomerate		
	19	Green, medium grained conglomeratic sandstone with laminar bedding		Reddish tuffaceous sandstone
	24	Conglomeratic red breccias		Tuffaceous conglomerates and blue andesitic breccias with tuffaceous fragments
	36	Green, sandy conglomerate		Light gray rhyolitic tuff very fractured
	16	Pink, sandy tuff		Tuffaceous conglomerate
	4	Fine, gray, tuffaceous sandstone and green tuff with lithic fragments		Gray and reddish tuffaceous sandstone
	8			
	76	Green, sandy conglomerates with blue tuffaceous and andesitic clasts in a tuffaceous matrix		
		Gray - reddish, sandstone.		Pink brecciated dacite
	88.5	Fine gray - bluish conglomerate		Conglomerates with clasts of gray tuffaceous sandstone in a reddish tuffaceous matrix.
	19	Bluish sandstone		
	24.5	Sandstones with conglomerates intercalated		
	22	Gray - bluish conglomerate with tuffaceous clasts		
	78	Green breccias of andesitic clasts		
	16	Gray rhyolite		
	2	Gray-greenish conglomerates with green blue tuffaceous sandstones intercalated.		
	18.5	Fine gray sandstone with graded bed		
		Green conglomeratic sandstone.		
	81	Green sandstones and yellow - pink tuffaceous conglomerates		



- 1. Ignimbrite (rhyolitic pumice flow deposit) of Ichuno Formation
 - 2. Yellowish gray conglomerate of Ichuno Formation
 - 3. Green andesitic volcanic breccia (up to 10 ~ 20cm)
 - 4. Green andesite lava
 - 5. Green andesitic tuff breccia (subangular, up to 3 ~ 10 cm)
 - 6. Light gray shale with intraformational folding structure
 - 7. Yellowish sandstone with gypsum
 - 8. Conglomerate coated with gypsum
 - 9. Conglomerate (up to 10 ~ 40 cm)
 - 10. Gypsum
- } Arca Formation

Fig. II-3-2 Geological Sketch of Outcrop in the Palcuno Creek

礫岩は赤褐色を呈し、礫は3～40 cm 大の円礫、垂円礫で、礫種は赤褐色安山岩、流紋岩、花崗岩類、砂岩、石灰岩等からなり、基質は赤褐色砂から構成されている。なお、“南北断層”帯では基質がりん片状に破碎されている。また、同礫岩層の一部には、石こうが皮殻状に礫を包んでいる場合や、基質に葉片状に発達している場合がある。また、砂岩中に網状に発達している場合もみられる。なお、含石こう層は層理面に調和的である。

安山岩質火山噴出物としては熔岩、火山角礫岩、凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩、及び凝灰岩等がみられる。

層厚：1150 m

層位関係；本層は下位のQuinchamale層を不整合におおっている。なお、形成時期を決定する有効な資料は得られなかったが、下部キンメリッジ階に対比されるQuinchamale層を不整合におおっていること、及び本層を貫く後述の流紋斑岩が絶対年代測定の結果、白亜紀中期の活動と考えられること等を考え合せると、本層の形成時期は下部白亜紀と解される。

(4) Tolar 層

分布；本層はCerro Jaspe 図幅の東端部Milagro 山(4,044m)及びTortuga 山(4,255m)山麓、Estación San Pedro 図幅中央、Cerro Colorado 山嶺西麓、Abra del Justo 山(3,620m)付近等に分布している。

岩質及び構成；本層は礫岩、砂岩、及び頁岩の互層からなり、下部及び上部は礫岩が卓越し、中部は砂岩、頁岩を主とする。なお、代表ルートにおける岩相層序は次のとおりである。

Milagro 山東部(上位から下位へ)

- 青色礫岩(3～6 cm, 礫種：灰色頁岩、灰～青色安山岩、砂岩、流紋岩)
- 緑～紫色砂岩、砂質頁岩をはさむ
- 灰色礫岩(礫種：安山岩、流紋岩、青色砂岩)
- 紫灰色石英質細粒砂岩(緑れん石脈発達)
- 礫岩(礫種：石英、砂岩、頁岩、斑状及び非頭晶質安山岩)

Cerro Colorado 山嶺 西山麓(上位から下位へ)

- 灰色中粒珪質砂岩
- 灰青色砂岩、及び褐色頁岩
- 灰紫色砂岩(頁岩薄層挟在、緑れん石団塊含有)
- 紫色頁岩(灰青色細粒砂岩層を挟在、マッドクラック発達)
- 黒色砂質頁岩
- 灰色中～粗粒砂岩
- 灰色礫岩(青赤色安山岩礫含有、褐色頁岩層挟在)
- 灰青色粗粒石英質砂岩

礫岩は灰，赤，青等の色を呈し，基底部に近いところでは，亜角礫質の角ばったものが多く，上部の同岩は円礫質である。礫種は本層下位の Arca 層の安山岩礫がもっとも多く，その他，砂岩，頁岩礫も含有している。

砂岩には，青灰色珪質砂岩と赤褐色軟質砂岩の2つのタイプがあり，前者は主として，Cerro Colorado 山嶺西麓に分布し，後者は Tortuga 山周辺から北にかけて広く発達している。

なお，本層は一般的に赤色を呈していること，円磨度の比較的悪い礫岩が多いこと等から陸成堆積物と解される。

層厚；3,500 m

層位関係；本層は下位の Arca 層を不整合におおっている。

本層の形成時代を示す決定的な資料は得られなかったが，下部白亜系に属すると解される Arca 層を不整合におおっていること，後述の始新統に属する Icanche 層 (42.27×10^6 年) に整合におおわれていること，後述の白亜紀末から古第三紀の貫入である斜長岩 ($(65.13 \pm 1.85) \times 10^6$ 年) に一部貫かれていること，等の点から本層の堆積は上部白亜紀に初まり，古第三紀暁新世にまで及んだものと解される。

1-2-3 新生界

本地域に分布する新生界には，第三系と第四系があり，第三系は下位より Icanche 層，sichal 層及び Ichuno 層の3層に区分される。

(1) Icanche 層

分布；本層は Cerro Jaspe 図幅の中央から北東にかけて広く分布する。なお，本層の大部分は後述の Pastos Largos 精査地域に分布しており，従って詳細な岩質記載は III-2 に述べる。

岩質及び構成；本層は優勢な安山岩熔岩流及び同質火山砕屑岩類からなる。下部は安山岩質火山砕屑岩類（一部安山岩熔岩薄層をはさむ）と赤色礫岩，砂岩の互層からなり，上位に移るに従って火山砕屑岩の量を増す。中部は優勢な熔岩流からなり，岩相は輝石安山岩を示す。上部で再び火山砕屑岩（一部凝灰質泥岩薄層を挟む）が多くなり，最上部は角閃石安山岩熔岩に移行している。

層厚；2,000 m

層位関係；本層と下位の Tolar 層との関係は，Fig. II-3-3 及び Fig. II-3-4 に示したとおりであるが，これで明らかなように両層の境付近は砂岩，礫岩と安山岩質火山噴出物が互層をなしており，両層の境を安山岩質火山活動の開始においた。以上のような状況から，両層の関係が整合であることは明らかである。

なお，Fig. II-3-3, Fig. II-3-4 などの野外状況から本層の初期の活動は断続的であり，しかも下位層の頂部が，まだ未固結の状態のもとで，本層初期の火山活動が開始されたものと想定される。

本層の形成時期は，K-Ar 法による絶対年代測定結果 ($(42.27 \pm 2.26) \times 10^6$ 年) から古第三

	Columnar Section	Thickness (m)	Rock facies	
Icanche Formation			Andesite lava	
		50	Yellowish green ~ gray sandy tuff, in part containing andesitic clasts	
		20	Dark gray compact andesite lava Top and bottom of the lava are autobrecciated	
		15	Andesitic tuff breccia (rounded clasts, up to 5 ~ 15 cm)	
		10	Alternation of yellowish green sandy tuffs and gray sandstones	
		12	Augite andesite lava with autobrecciated structure	
	Tolar Formation		5	Red ~ yellowish green sandstone
			0.4	Red conglomerate
		3	Red sandstone	
		7	Red conglomerate of 2cm in size	
		0.5	Red sandstone	
			Red conglomerate with clasts of andesite, rhyolite, quartz-porphry and granitic rock	

Fig. II-3-3 Stratigraphic Section between Upper Part of the Tolar Formation and Lower Part of the Icanche Formation in the Cienago Gulch

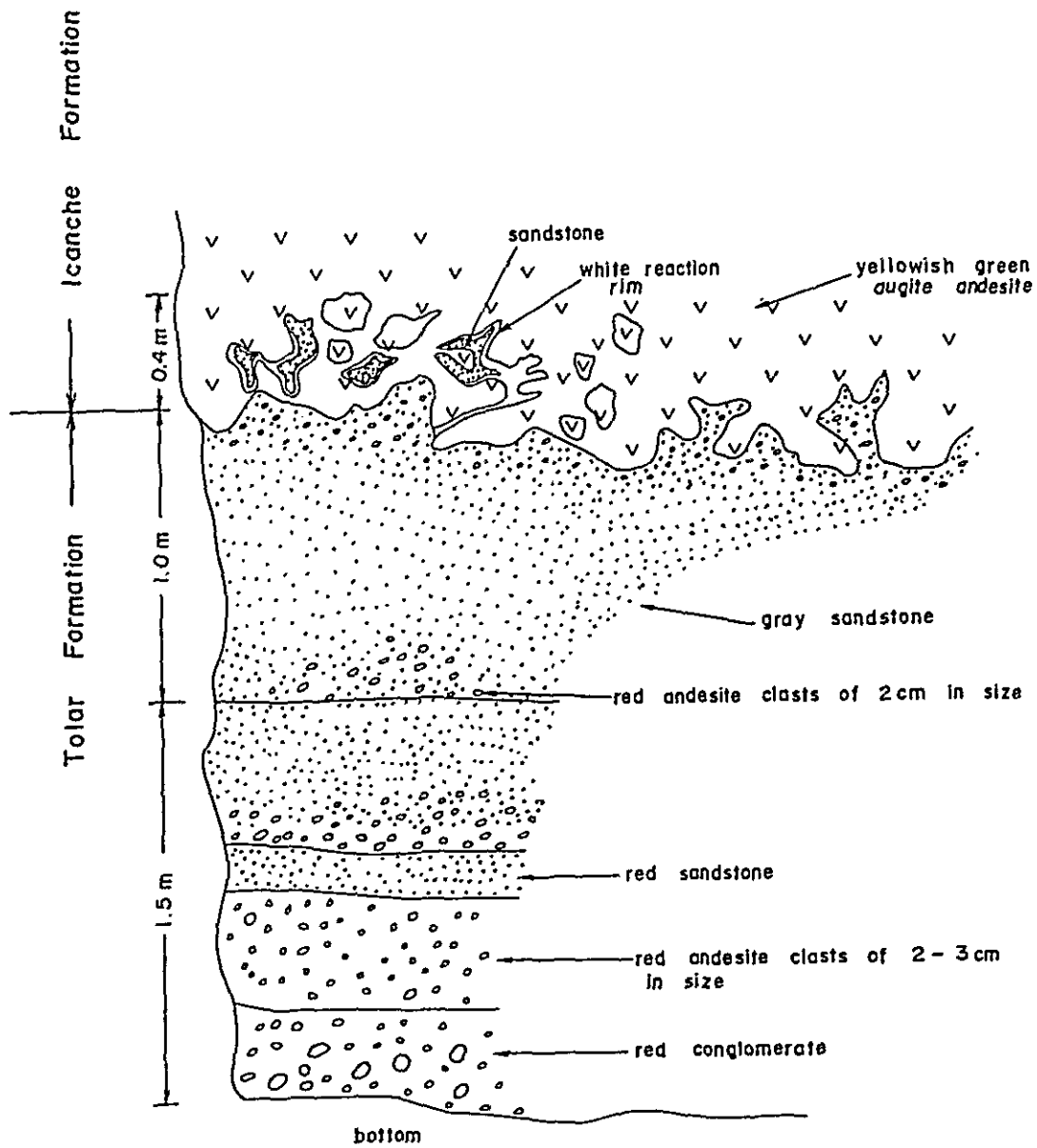


Fig. II-3-4 Geological Sketch of Boundary between the Tolar Formation and the Icanche Formation

紀始新世と解される。

(2) Sical 層

分布；本層は基盤の花崗岩類の東及び西側に分布し，“南北断層”の西に限られる。

岩質及び構成；本層は礫岩，及び砂岩からなり，局部的に凝灰岩，及び石こうの薄層を挟んでいる。

礫岩は灰色，一部赤色を呈し，固結度は比較的悪い。礫種は安山岩，流紋岩，花崗閃緑岩及び，石灰岩等からなり，それらを粗粒砂が膠結している。砂岩は赤～灰色，中～粗粒を示し，層理の発達は良好である。凝灰岩は本層基底から 200 m の位置に薄層をなして礫岩層に挟在している。石こうは薄層をなし，本層の所々に層理面と調和的に分布している。

層厚；500 m

層位関係；本層は下位の Icanche 層とは傾斜不整合をなす。本層の活動時期は挟在する凝灰岩層の K-Ar 法による絶対年代測定結果 $\{(34.7 \pm 0.83) \times 10^6 \text{年}\}$ から，古第三紀漸新世に当るものと解される。

(3) Ichuno 層

分布；本層は本地域のほぼ全域に点在しているが，特に Loa 川沿いにもっとも広く，かつ層厚も厚い。

岩質及び構成；本層は流紋岩質軽石凝灰岩及び礫岩よりなる。軽石凝灰岩は黄灰色を呈し，比較的軟質の $1 \times 2 \text{ cm}$ 大の軽石を多含した岩石で，鉱物片として，石英，斜長石，黒雲母等がみられ，基質は細かいガラス質火山灰からなる。

本層には，しばしば礫岩の薄層を挟在しているが，同礫岩は灰色を呈した固結度の低い，かつ淘汰作用の悪い岩層である。また，その分布は現河岸付近に限られており，従って当時の河床堆積物と解される。

本層は水平に近い構造をなしており，かつ構造運動及び鉍化変質作用を受けていない。また，その分布は現在に近い地形の低地部を埋めた形をなしており，従って同凝灰岩はその活動当時の低地に沿って流出した軽石流と解される。

層厚；5～60 m

層位関係；本層は下位の sical 層を不整合におおっている。形成時期については，本層に対比される Chitigua 地域に分布する軽石凝灰岩の K-Ar 法による絶対年代測定結果 $\{(7.37 \pm 0.37) \times 10^6 \text{年}\}$ の値が得られたことから上部中新世に相当するものと解される。

(4) 第四系

第四系は，Cerro Jaspe 図幅西端及び Estación San Pedro 図幅の東半分の沢部を中心に広い分布をなす。本系は河岸段丘堆積物，河床堆積物，崖錐堆積物等からなり，砂，礫によって構成されている。また Estación San Pedro 図幅の南東部に位置する Torruno 沢中流域には美麗な縞状をなすオニックス層が砂，礫層に挟在している。

本系は下位層を不整合におおっている。

1-3 貫入岩類

本地域には超塩基性から酸性まで種々の貫入岩類が分布している。また、それらの活動時期も古生代から第三紀にわたっており、その産状も底盤状、岩株あるいは岩脈等をなしている。なお、古生代の貫入岩類は、“南北断層”の西に分布し、白亜紀末から第三紀にかけての貫入岩類は、主として同断層の東に分布している。

1-3-1 古生代の貫入岩類

古生代の貫入岩類には黒雲母花崗岩と花崗閃緑岩があり、いずれも本地域の基盤岩となっている。

(1) 黒雲母花崗岩

本岩は Caraperote El Morro 山を南端に南北に伸長し、その北限は Chitigua 図幅にまで及んでいる。産状は露出面積約 115 ㎓を有した底盤状をなす。

本岩は灰白色を呈し、風化の進んだ脆弱、塊状をなす。鏡下では半自形粒状組織を呈し、主成分鉱物として、半自形斜長石、パーサイト質カリ長石、黒雲母及び石英等が認められ、また、随伴鉱物として、不透明鉱物及びチタン石がみられる。

本岩の活動時期については、K-Ar 法による絶対年代測定の結果(2個の試料)、 $(305.11 \pm 7.16) \times 10^6$ 年及び $(231.82 \pm 7.16) \times 10^6$ 年の値が得られていることから、石炭紀から二畳紀にかけて数回の活動が行なわれたものと解される。

(2) 花崗閃緑岩

本岩は(1)の黒雲母花崗岩体内の北部及び南部に不規則な円形の岩株として発達している。

本岩は帯緑灰色、塊状で半自形粒状組織を呈する。主成分鉱物としては、斜長石、正長石、石英、黒雲母、角閃石及びマイクロパーサイトが認められ、副成分鉱物には、チタン石、りん灰石、ジルコン等がある。

本岩は(1)の黒雲母花崗岩を貫いている。

1-3-2 中生代の貫入岩類

この時期の貫入岩類には、流紋斑岩、一部の安山岩、及び石英閃緑斑岩—花崗閃緑斑岩等がある。

(1) 流紋斑岩

本岩は“南北断層”の西側沿い、その北部に南北に延び分布している。産状は岩株状をなす。

本岩は赤褐色を呈したち密堅硬な岩石で、石英斑晶がち密なガラス質石基中に散点しているのを肉眼的特徴としている。なお、詳細な岩石記載は後述のⅢ-2 Pastos Largos 地区で述べる。

本岩は“南北断層”によって著しい破砕作用を受けており、角礫状、あるいは、りん片状を呈して

いる箇所が多い。

本岩の活動時期については、Chitigua 地域に分布する同質岩の絶対年代測定の結果 (108.72 ± 2.12) $\times 10^6$ 年の値が得られており、従ってその活動は白亜紀と解される。

(2) 安山岩

本地域には白亜紀から古第三紀にかけて活動した安山岩が分布しているが、このうち、Arca 層の一部を構成している安山岩熔岩と岩質的に類似の安山岩岩脈が同層を貫いて発達している。このことから同層形成時に、同安山岩活動の一部は貫入相として産したものと解される。

本岩の分布は Estación San Pedro 図幅の南西部に多い。

(3) 石英閃緑斑岩—花崗閃緑斑岩

本岩は Cerro Jaspe 図幅南部 Caraperote El Morro 山麓に分布しており、岩脈状をなしている。

本岩は灰白～暗灰色を呈した斑状岩で、成分的に石英閃緑岩及び花崗閃緑岩の二相を示しているが、野外調査において両者を区別することが困難であったため、両者を並べ呼称した。鏡下では、石英閃緑斑岩の場合、斑品の斜長石、石英及び黒雲母等が石英、長石、方解石、絹雲母及び2次性黒雲母等の微晶のからなる石基中に点在しており、また花崗閃緑斑岩の場合は、斑品の石英、斜長石、正長石、黒雲母等が石英、正長石、斜長石、黒雲母等の微晶からなる石基中に散点している。また、随伴鉱物としてチタン石、りん灰石及びジルコン等が認められる。なお、斑品の斜長石は一般に絹雲母や石英に、また黒雲母は緑泥石に変わっている。

本岩の活動時期について、決定的な資料は得られなかったが、Arca層を貫いていることから、下部白亜紀以降の活動であるが、詳細は不明である。

1-3-3 新生代の貫入岩類

この時期に活動したと解される貫入岩類としては、閃緑岩、花崗閃緑岩、閃緑斑岩、花崗斑岩、安山岩、流紋岩等の中～酸性岩と超塩基性の斜長岩とが分布している。

(1) 斜長岩

本岩は Cerro Jaspe 図幅南端部、及び Estación San Pedro 図幅東部に岩株として産している。

本岩は暗緑色を呈した堅硬な岩石で、 $10\text{mm} \times 5\text{mm}$ 大の斜長石結晶を多含していることを特徴としている。鏡下では半自形粒状組織を呈し、主成分鉱物として、斜長石、カリ長石、サニディン、角閃石等が認められ、副成分鉱物として、りん灰石を産している。

本岩は、K-Ar 法による絶対年代測定の結果 (65.13 ± 1.85) $\times 10^6$ 年の値が得られており、従ってその活動は白亜紀末から古第三紀にかけて行なわれたものと考えられる。

本岩体中には、モンゾニ閃緑岩相、及び閃緑岩相を示している箇所もあるが、その分布は縮尺 1:50,000 地形図に記載できない程の小規模なものである。なお、斜長岩との関係は不明である。

(2) 黒雲母花崗閃緑岩

本岩は Cerro Jaspe 図幅中央 Copacaca 山付近に小岩株として数岩体分布する。岩質については III-2 の Pastos Largos 地区の頂で述べる。本岩は Icanche 層及び細粒閃緑岩を貫いている。

(3) 閃緑岩

本地域には大小の岩株状の閃緑岩が分布しているが、結晶粒度によって粗粒、中粒、及び細粒の3つのタイプに区分される。このうち、粗粒及び細粒の閃緑岩は El Abra 鉍床近傍りに分布しており、中粒のそれは、Cerro Jaspe 図幅の北部から北東部に分布している。

なお、El Abra 鉍山付近については、既存の資料 Vivallo W. and Moreno H. I.L.G (1,974) を参照した。なお、岩石の特徴は次のとおりである。

(3)-1 細粒閃緑岩

本岩は El Abra 鉍床の母岩の一部をなしているもので、同鉍床の北部一帯に広い分布をなし、岩株として産する。

本岩は淡灰色細粒質で、半自形粒状組織を呈し、主成分鉍物として、斜長石 (70%)、自形角閃石、黒雲母 (15%)、カリ長石、及び少量の石英が認められる。なお、本岩体の北端部はモンズナイト質を示し、岩相変化がみられる。

本岩体は Tolar 層及び Icanche 層を貫いており、周辺の被貫入岩に接触変成作用を与えている。

(3)-2 粗粒閃緑岩

本岩は Cerro Jaspe 図幅の南端に比較的大きな岩株として産している。

本岩は暗灰色を呈し、N 55°W, 70°SW 系の節理が顕著に発達している。岩石組織は半自形粒状を示し、主成分鉍物として、ソーダ斜長石 (45%)、他形カリ長石 (30%)、黒雲母 (10~15%)、角閃石 (5%)、及び石英 (10~15%) が認められ、副成分鉍物としてチタン石を産している。なお、本岩は、(3)-1 の細粒閃緑岩と比べて粗粒を呈しており、肉眼的に識別が容易である。また、角閃石が大結晶を呈していることも特徴の1つである。

本岩の活動時期は Tolar 層を貫いていることから、古第三紀晩新世以降の活動と解される。なお、(3)-1 の細粒閃緑岩との前後関係を明らかにした資料は得られていない。

(3)-3 閃緑岩 (中粒、一部モンズナイト質)

本岩のうち、後述の Pastos Largos 地区北部に分布しているものはモンズナイト質である。岩石の詳細記載は III-2 の項にゆずる。

本岩の活動時期は、K-Ar 法の絶対年代測定の結果 [(49.11 ± 1.15) × 10⁶ 年] 古第三紀始新世に当ると解される。

(4) 閃緑斑岩

本岩は Estación San Pedro 図幅西部から Cerro Jaspe 東端部にかけて、小岩株あるいは岩脈状をなして産している。

本岩は、灰白色ち密堅硬な岩石で、鏡下では斑状組織を呈し、斑晶として斜長石 (60%)

角閃石（30%）、少量の黒雲母、カリ長石等が認められ、石基は細粒の斜長石、黒雲母等からなっている。また、随伴鉱物としてりん灰石、ジルコン、緑れん石、及び緑泥石等を産する。

本岩の活動は、K-Ar法による絶対年代測定の結果 $(44.69 \pm 2.49) \times 10^6$ 年、古第三紀始新世と解される。

(5) 花崗斑岩

本岩は Cerro Jaspe 図幅中央の後述の Pastos Largos 地区に主として分布している。産状は小岩株状をなす。また、モンゾナイト質閃緑岩の周辺相としても一部産している。岩石記載は III-2 で述べる。貫入時期は、モンゾナイト質閃緑岩とほぼ同時の古第三紀始新世と解される。

(6) 流紋岩

本岩は Estacion San Pedro 図幅中央に小岩株として産する。本岩は灰白色ち密な岩石で、石英斑晶が点在している。本岩は Tolar 層を貫いており、従ってその活動時期は古第三紀暁新世以降と解される。

(7) 安山岩

本岩は Cerro Jaspe 図幅東部から Estación San Pedro 図幅中央部にかけて、幅数m~50mの岩脈として産している。特に、幅数mの板状をなすものが多く、岩質は暗緑色、紫黒色、暗灰色などを呈し、玄武岩質から角閃石安山岩の岩相を示す。本岩は Icanche 層を貫いているが、Sichal 層以降の新しい地層におおわれている。従って、古第三紀始新世末期~漸新世初期の活動と解される。

1-4 地質構造

本地域の地質構造は大局的にはN-S性を示している。断層及び褶曲運動を受けている地層はSichal層までで、それ以降の新しい地層はごく一部の断層運動を除いて、それらの影響を受けていない。

(1) 断層

本地域に発達する主要断層は、本地域の中央を南北に走っている“南北断層”である。同断層は3~5kmの間隔をもって、2条平行しており、南部で両者の間隔はせばめられている。このうち、東部に発達している断層は Chuquicamata 鉱山で“西部断層”と呼称している断層の北部延長に当るもので、その両側で地質を異にした構造線の性格を有している。この“南北断層”の西には同断層から派生したと解されるNW-SE系断層と、これに交叉したNW-SW系断層が主として古生代の花崗岩類中に発達している。また、“南北断層”の東部にも、やはり同断層から派生したと考えられるNE-SW系、NNE-SSW系断層、割れ目などが発達しており、地層を各所で寸断している。また Estación San Pedro 図幅では、その南西から北東に走るNE-SW系断層が卓越しており、閃緑斑岩の貫入及び後述の主要鉱化変質作用を規制している。なお、“南北断層”以外の断層は連続性に乏しく、かつ地層に大きなずれを与えていない。

以上の断層の多くは $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ と急傾斜を示しているが、“南北断層”の一部には、逆断層も認められ、かつ第四系をもずらした新しいものもある。また、以上の断層のうち、鉍化変質作用を伴った断層は“南北断層”，NE-SW系，NNE-SSW系である。

(2) 褶曲

本地域に発達している主要褶曲構造はN-S性を示しており、向斜と背斜が繰り返された波状を呈している。このうち、“南北断層”とこれに平行したN-S系断層には含まれた地帯がもっとも著しい褶曲作用を受けており、地質構造を複雑化している。また Estación San Pedro 図幅中央部のNE-SW系断層の発達した地域では、褶曲軸も同系統を示している。

1-5 考 察

以上の観察結果に基づき考察を加え、要約すると次のとおりとなる。

本地域の基盤となっている花崗岩類は、石炭紀から二疊紀にかけて数回の深成活動によって形成された。その後、著しい侵食作用があり、中部ジュラ紀になって海進が起り浅海～半深海性の堆積物（Santa Elena層）を堆積した。ジュラ紀後半には陸化が再びあり、一部に赤色の陸成堆積物（Quinchamale層）を堆積した。白亜紀前期再び海進が起り、この時期になって先駆的な安山岩質火山活動（Arca層）が行なわれた。この活動は始新世の同活動より劣勢なもので、その初期には、断続的に熔岩及び火山砕屑物を噴出している。白亜紀後半になると再び浅海成～陸成の堆積作用があり、同作用は古第三紀初期まで続き、厚い地層（Tolar層）を形成した。このTolar層堆積期末期に、再び安山岩質の火山活動が始まり、その初期には断続的に行なわれていた同活動も次第に活発になり、最盛期には、熔岩を多量に流出した（Icanche層）。この時期は古第三紀始新世に当り、本地域において、火成活動がもっとも活発に行われた時期で、上記の安山岩活動に引き続き、優勢な中～酸性の貫入活動も行なわれている。主な鉍化変質作用もこの時期の火成活動に関連して行なわれている。その後、火成活動は極端に衰微し、上部中新世の流紋岩質火山活動までは休止期が続いた。この間、“南北断層”の西では沈降があり、浅海成～陸成の堆積作用（Sichel層）が行なわれた。その後、中新世末期になって、再び火山活動が起り、流紋岩質軽石流を流出している。（Ichuno層）。なお、同活動が行なわれた時期には、現在の主要河川は既に形成されており、同軽石流はこの河川に沿って流出している。

また、断層や褶曲運動も新第三紀中新世を境に極端に衰えている。なお、N-S系断層の一部は、第四系をもずらし、また Chuquicamata 鉍床地帯では、現在も動いている新しい断層がある。

第2章 応用地質

2-1 概要

本地域に発達する鉍化帯としては、酸化銅鉍、褐鉄鉍、磁鉄鉍、黄鉄鉍、鏡鉄鉍、一部黄銅鉍、方鉛鉍、閃亜鉛鉍、等からなる鉍脈型がある。また熱水変質作用としては石英絹雲母化変質作用がもっとも多く見られ、同変質からなる変質帯が“南北断層”の東部に数箇所発達している。なお、本プロジェクト調査対象外であるが、Cerro Jaspe 図幅南部のOjo de Galloを中心とした地域には、埋蔵鉍量7億トン（Cu 1%）といわれているポーフイリ・銅型（ポーフイリ・銅型）の EL Abra 鉍床（EL-Cobre Chileno, 1975）が、Estación San Pedro 図幅南東部には、小規模ながら、やはりポーフイリ・銅型の Conchi Viejo 鉍床がある。なお、EL Abra 鉍床はごく最近まで坑道、試錐等による探鉍が鋭意なされており、また Conchi Viejo 鉍床は 1967 年頃坑道、試錐等による探鉍がなされている。

2-2 鉍化作用及び熱水変質作用

本地域に発達する鉍化変質帯は“南北断層”沿い、及びその東部に全て分布している。その区域は白亜紀末から古第三紀にかけて火成活動が活発に行なわれた区域に相当する。

(1) Quebrada Millo 鉍化変質帯

Estación San Pedro 図幅の南東に位置する Millo 沢中流域から Gentilar 沢上流域にかけて発達している鉍化変質帯を総括して Quebrada Millo 鉍化変質帯と仮称する。

本帯付近には Arca 層の安山岩とこれを貫いた岩株及び岩脈状の閃緑斑岩並びにこれらをおおった第四系、等が分布している。

鉍化変質帯は Millo 沢中流域に分布する閃緑斑岩岩株の南半分で、もっとも優勢に発達している。同岩株は露出面積約 2.3km²を有しているが、そのうち南半分の約 1 km²の範囲が強い石英-絹雲母化変質作用を受けており、同変質帯に、主として酸化銅鉍、孔雀石、珪孔雀石、褐鉄鉍、石英からなる微細脈（巾 10 μm 前後）が数箇所発達している。なお、1 km²の同変質帯には虫喰状に非～弱変質部がとり残されている。また、褐鉄鉍、赤鉄鉍の網状脈からなる Capping も発達しているが、その発達密度は粗く、かつ、ポーフイリ・銅型鉍床に普通にみられる網状石英脈の発達が極めて弱い。このことは Capping の多くが風化によつたと解される。なお、強変質帯中にとり残されている弱変質部における変質鉍物としては（X線及び顕微鏡によつて同定）、石英、絹雲母以外にカオリン鉍物、明ばん石、モンモリロナイト等が認められる。

なお、上述岩株付近には、更に数岩体の同質の岩株あるいは岩脈が分布しているが、それらの岩体では、変質作用は弱く、かつ上記のような細脈の発達も極めて少ない。また、被貫入岩

になると変質作用は更に微弱になっている。ただ、上記変質岩株の付近 7 Km × 3 Km の範囲には、主として Arca 層の安山岩を母体とし、幅数 mm ~ 20 mm の酸化銅鉍（孔雀石、珪孔雀石）、褐鉄鉍、赤鉄鉍、一部磁鉄鉍、方解石などからなる細脈が主として、NE-SW 方向を示し、点在している。なお、この細脈群周辺には変質作用はみられない。

また、同鉍化変質帯の西端では閃亜鉛鉍からなる鉍脈（脈巾 0.60m 酸化銅鉍、磁鉄鉍、石英、緑れん石）の露頭 1 箇所が把握された。

上記変質岩株中に発達している鉍化帯のうち、もっとも優勢な脈の分析結果は Ag 4 ppm, Cu 3.05 %, Pb 70 ppm, Zn 218 ppm, Fe 2.12 %, S 0.017 %, Mn 0.010 %, As 100 ppm である。その他については、App. Table 5-(3) 参照のこと。

なお、後述のとおり、本帯付近で行なった河床堆積物による地化学探の結果では、それほど高値ではないが（他のポーフイリ・カッパー鉍床地帯に比較して）Cu 及び Mo の異常が現われている。

(2) Western Cerro Ichuno 鉍化変質帯

本鉍化変質帯は Barrera 沢と Pacopaco 沢の間、Ichuno 山の西方 5 Km に位置し、“南北断層”沿いに発達した鉍化変質帯で、強い珪化作用と小規模の弱い粘土化作用を受けた Arca 層及び Icanche 層の安山岩中に褐鉄鉍からなる鉄やけとこれに伴った数条の孔雀石及び珪孔雀石の微細脈からなるものである。

(3) La Colorada 鉍化帯

本鉍化帯は、Estación San Pedro 図幅中央の Cerro Colorado 山嶺の西から南にかけての山麓に発達している鉍脈型鉍化帯で、母岩は Tolar 層の砂岩である。今次調査によって把握された鉍脈は 5 条である。脈方向は N-S ~ NE-SW 性で、脈幅 0.15 ~ 0.40 m を有し、構成鉍物は緑塩銅鉍、珪孔雀石、赤鉄鉍、（鏡鉄鉍）及び微量の黄銅鉍からなる。なお、Azulillo 山 (3,720m) に発達する鉍脈の鏡下観察では赤鉄鉍、磁鉄鉍、輝銅鉍及び輝銅鉍を交代した銅らん等が認められる。見掛品位は Cu 1 ~ 3 % である。また、同鉍脈群の周辺には変質作用は認められず、かつ、脈勢は弱い。

(4) Cerro Guanchaca 鉍化帯

本鉍化帯は、Cerro Jaspe 図幅の北東端 Guanchaca 山 (3,742 m) の西山麓に発達している鉍脈型で、N 20° E, 35° SE, 及び N 60° W, 90° の 2 条が確認された。同鉍化帯は巾 2.00 m の破砕帯に黄鉄鉍、方鉛鉍、褐鉄鉍からなる微細脈が数条発達しているもので、周りに熱水変質作用は認められない。なお、脈勢は極めて弱い。

(5) Pastos Largos 変質帯

本変質帯は、Cerro Jaspe 図幅の中央に発達しており、精査地として取り上げられているので、その詳細は III-2 に述べる。

本変質帯は NNE-SSW 系断層及び割目に沿って形成された 2 × 10 Km に及ぶ大規模なも

ので、石英-絹雲母化変質作用、及び粘土化変質作用を主とした熱水変質帯であるが、鉍化作用は認められない。

2-3 考 察

(1) 本地域における鉍化変質作用のもっとも優勢な地区はQuebrada Millo 鉍化変質帯から La Colorada 鉍化帯にかけてである。同地区には古第三紀始新世に活動した閃緑斑岩（一部流紋岩）の小規模岩株及び岩脈が密集しており、その一部は同鉍化変質の母岩となっている。このことは同鉍化変質作用がこれらの貫入岩類と密接して形成されたことを物語っている。また、同地区の鉍化変質作用の中心は、もっとも強く変質を受けているMillo 沢中流域に分布する閃緑斑岩岩株付近と解される。また閃緑斑岩岩脈の大部分及び鉍脈の多くはNE-SW から NNE-SSWの方向性を示しており、この方向は同地区に発達する断層や割れ目あるいは褶曲軸の方向にはほぼ一致している。すなわち、NE-SW 系断裂に規制されて始新世に閃緑斑岩の貫入があり、この貫入活動に関係してMillo 沢中流域を中心に鉍化変質作用が広がったものと解される。なお、含銅細脈が広い範囲に及んでいるにもかかわらず変質作用がさほど広範囲に及んでいないこと、明瞭な累帯配列を示していないこと、あるいは強変質帯の所々に非～弱変質部がとり残されていること等から判断すると、同変質作用はさほど優勢なものではなかったものと想定される。このことは、網状脈やCappingの発達が弱いこと、脈石の勢いが弱いこと（EL Abra 鉍床やConchi Viejo 鉍床には優勢な石英、絹雲母網状脈を伴っている）等からも推定される。

(2) その他の鉍化変質帯も、母岩の形成時期からして始新世に形成されたものと解される。このうちWestern Cerro Ichuno 鉍化変質帯及びPastos Largos 変質帯では、熱水変質作用自体はかなり広範囲に及んでいるにもかかわらず鉍化作用がごく微弱か、ほとんど認められないことから判断すると、これらの熱水変質作用にはごく少量の銅分しか伴っていなかったものと想定される。

(3) Cerro Guanchaca鉍化帯には、本プロジェクト地域には稀な鉛の鉍化作用が認められたが、これについて十分な考察を行なうに足る資料を得ることができなかった。同地区周辺には上記以外の鉍化作用は認められなかったこと、熱水変質作用をほとんど伴っていないことからすると同鉍化作用はごく微弱なものであったと解される。

第 3 章 結 論

(1) 本地域の地質は、古生代の花崗岩類を基盤としてジュラ系、白亜系、第三系及び第四系等によって構成されている。また、白亜紀から古第三紀始新世にかけて活発な火成活動が行なわれている。

(2) 断層運動としては、N-S性の構造線(“南北断層”)を中心にNW-SE系、NE-SWが副次的に派生し、火成岩の貫入活動、鉍化変質作用の多くを規制している。褶曲構造もN-S性が卓越しており、波状を呈している。なお、主要な構造運動は上部中新世以前に行なわれたものと解される。

(3) 鉍化作用としては、主として酸化銅鉍-褐鉄鉍-赤鉄鉍からなる鉍脈型の発達が見られるが、いずれも微弱で発展性は期待できない。熱水変質作用も数箇所で見られるが、劣勢、あるいは鉍化作用を伴っていないか、いずれも探鉍価値は少ないものと判断される。

第III部 精密地質調査

III-1 CERRO PUNTA

COLORADA地区

第1章 地 質

1-1 概 要

本地区は、Chitigua図幅の北東端に位置し、主として、火成岩類からなり、堆積岩類は小分布を占めているにすぎない。なお、以下に述べる地層名は、Chitigua地域広域調査において呼称した名称による。地層は、シルル紀および二疊紀の閃緑岩、花崗閃緑岩を基盤に下位より、安山岩よりなるArca 層、流紋岩および同質熔結凝灰岩よりなるPeña Morada 層、砂岩、礫岩よりなるSichal層、及び流紋岩質軽石凝灰岩からなるIchuno 層等が分布している。このうち、Arca 層およびPeña Morada 層は白亜系に属し、Sichal 層及びIchuno 層は第三系に属すると解される。このほか、砂、礫層よりなる第四紀の崖錐堆積物が小分布をなす。

貫入岩類としては、花崗閃緑岩、花崗斑岩、閃緑岩、流紋斑岩及び安山岩等が分布している。

地質構造としては、Sichal層以前の各地層は南北方向を示し、小さなうねりをもっている。また、Sichal層はかなり乱れている。Ichuno 層は水平に近い構造をなす。

断層としては、N-S系のいわゆる“南北断層”が本地区の中央を縦断している。また、局部的であるが、東西系の断層が南北断層に交叉し発達している。後述する鉍化変質帯の多くは、南北断層沿いに分布している。

1-2 層序及び岩質

1-2-1 中生界

本地区に分布している中生界には白亜系のArca 層とPeña Morada 層があり、同地区の東半分を占めている。

(1) Arca 層

分布；本層は調査地区の北部、Cerro de Chala 周辺部に小範囲を占め分布する。

岩質及び構成；本層は大部分が安山岩熔岩からなり、局部的に同質の火山碎屑岩がみられる。安山岩は、緑色ないし、緑紫色を呈し、ち密堅硬で、塊状をなす。鏡下では、完晶質、斑状組織を示す。斑晶として斜長石、普通輝石、角閃石を有し、石基には、斜長石、普通輝石、普通角閃石及び鉄鉍物が認められる。なお、本層の代表試料をモード計算し、Streckeisen(1969)の三角図に投影すると安山岩-玄武岩の範ちゅうに入る。

変質鉍物として、斑晶には、緑泥石、緑れん石、方解石等がみられ、石基には、カオリン鉍物、モンモリロン石、緑泥石、緑れん石等が認められる。

火山碎屑岩としては、火山礫凝灰岩がみられる。本岩は、緑色ないし淡黄緑色を呈し、5～10mmの安山岩礫よりなる。

層厚；露出が少なく、かつ構造が判然としないため、詳細不明である。

層位関係；本層は、本地区の最下位層である。

(2) Peña Morada 層

分布；“南北断層”の東に、南北にのび、広く分布する。

岩質及び構成；本層は、流紋岩及び同質熔結凝灰岩からなり、灰色ないし、灰褐色を呈し、堅硬である。本岩は下位ほど流理構造が顕著で、上位では斑状組織を呈する場合が多い。また、ユークシチック構造と思われる構造も一部に見られることから、熔結凝灰岩の発達も一部に考えられるが、野外での識別は困難であった。斑晶として、石英、斜長石を有し、石基には石英、カリ長石、斜長石、ハリ等が認められ、また、一部に再結晶作用を受けている。変質鉱物として、僅かに絹雲母が認められる。

本層の代表試料をモード計算し、Streckeisen(1969)の三角図に投影すると、流紋岩の軌ちゅうに入る。

層厚；400 m

層位関係；本層は下位のArca層を不整合におおっている。また、本層は、後述の中部白亜系と解される流紋斑岩に貫ぬかれているが、同岩と岩質的に類似しており、また、両者の分布も接近した位置にある。たゞ、本層の流紋岩には、流理構造が顕著に発達し、かつガラス質の石基が多く、また、熔結凝灰岩状組織も一部にみられる等の点から、本岩は噴出相と解され、従って、両者とも同源マグマから由来したが、流紋岩は噴出岩として、流紋斑岩は貫入岩として産出したものと解される。従って、両者の活動はほぼ同時期と判断される。

1-2-2 新生界

本地区に分布する新生界には、第三系のSichal層とIchuno層及び第四系の崖錐堆積物がある。

(1) Sichal層

分布；本地区の中央やや北部のMillo沢沿いに小分布をなす。

岩質及び構成；本層は礫岩および砂岩の互層からなる。礫岩は、灰色を呈し、固結度は、比較的弱い、分級度は悪い。礫は円礫からなり、直径5~50mm大で、礫種は、流紋斑岩、流紋岩、閃緑岩等のほか、白色粘土化岩片も含まれている。基質は砂質である。本層の単層の厚さは0.5~2mである。

砂岩は灰色を呈し、固結度は弱い。礫の大きさは、1~2mmで極粗粒砂岩を示す。礫種は、上記礫岩の場合と同じである。単層の厚さは数cmから20cmである。

なお、本層は下位ほど、礫岩が多く、かつ礫の大きさも増している。

層厚；400 m

層位関係；本層は下位のPeña Morada層とは不整合をなす。また、本層は局所的な分布をなし、Chitigua地域のSichal層と接している個所はみられないが、岩質的に同層と類似しているので、同層に対比されるものと解される。

(2) Ichuno 層

分布：本層は、本地区の中央の東部に分布する。

岩質及び構成：本層は流紋岩質軽石凝灰岩よりなる。本岩は黄灰色ないし、灰白色の塊状、多孔質で固結度は比較的lowく、白色の1×2 cm大の軽石を多含する。基質は、細かい火山灰よりなり、ガラス質である。鉱物片として、石英、斜長石、黒雲母等を含有している。本層には、一般に干裂が認められる。

層厚：15 m

層位関係：本層は、下位の Sical 層とは、傾斜不整合をなす。

(3) 第四系

本系は本地区の中央部に小分布をなした崖錐堆積物からなり、亜円礫質の砂、礫から構成されている。

1-3 貫入岩類

本地区に分布する貫入岩類は、古生代と白亜紀～第三紀に区別される。古生代には、閃緑岩及び花崗閃緑岩があり、本地区の基盤をなしている。絶対年代測定の結果、前者は、シルル紀に、後者は二疊紀にそれぞれ形成されたものと解される。白亜紀～第三紀には、花崗斑岩、流紋斑岩、花崗閃緑岩及び安山岩等があり、それらの形成時期は、中部白亜紀～古第三紀と解される。なお、花崗閃緑岩には、二疊紀と白亜紀～第三紀に属するものがあるので、前者を花崗閃緑岩A、後者を花崗閃緑岩Bと呼称する。

1-3-1 古生代の貫入岩類

(1) 閃緑岩

本岩は、“南北断層”の東側に、南北に点々と分布する。その産状は、岩株状をなす。

本岩は、黄緑色ないし、緑色を呈し、比較的もろい塊状、中粒半自形粒状である。主成分鉱物は石英、斜長石、黒雲母、角閃石等よりなり、副成分鉱物として、鉄鉱物が認められる。変質鉱物として、方解石、緑泥石及びカオリン鉱物が認められる。本岩の代表的な試料をモード計算し、IUGS(1972)の三角図に投影すると、閃緑岩-ハンレイ岩の範ちゅうに入る。

なお、北部に分布する一部の岩体の周縁相は、斑状組織を有した安山岩質となっている。

本岩の形成時期は、北部岩体の試料によるK-Ar法絶対年代測定結果{(430.42 ± 14.32) × 10⁶年}にもとずくと、シルル紀と解される。

(2) 花崗閃緑岩A

本岩は、本地区の北部に分布し、それらは“南北断層”の東部に位置している。その産状は岩株状をなす。

本岩は帯緑白色を呈し、やや脆弱な塊状をなし、半自形ないし他形粒状である。主成分鉱物は、石英、カリ長石、斜長石、黒雲母、角閃石等からなり、副成分鉱物として、鉄鉱物、ジルコン、りん灰石等が認められる。

本岩の代表的な試料をモード計算し、IUGS(1972)の三角図に投影すると花崗閃緑岩の範ちゅうに入る。

本岩の形成時期は、K-Ar法による絶対年代測定結果 $(260.40 \pm 4.17) \times 10^6$ 年)にもとずくと、二疊紀と解される。

1-3-2 白亜紀～第三紀の貫入岩類

(1) 流紋斑岩

本岩は、“南北断層”の主として、西側に後述の花崗斑岩をとりまくように、あるいは、同断層沿いに分布する。又、本地区の南端部では、同断層の東側にも分布する。その産状は岩脈状、岩株状をなす。

本岩は灰白色であるが、多くは褐鉄鉱化を受け、茶褐色を呈し、堅硬塊状で、完晶質斑状組織を有する。斑晶として他形の石英(大きさ $0.4 \sim 3 \text{mm}$)、半自形の斜長石(アルバイト)、他形の黒雲母等が認められる。石基は、石英、カリ長石、アルバイト、及び鉄鉱物などからなる。変質鉱物として、絹雲母、緑泥石、方解石等が認められる。

本岩の代表的な試料をモード計算し、Streckeisen(1969)の三角図に投影すると、流紋岩の範ちゅうに入る。

本岩は、Peña Morada層を貫き、Sichal層に被ふくされており、また、前述の閃緑岩の節理に沿って侵入している等の現象が野外で観察される。また、Chitigua地域に分布する本岩と同質の流紋斑岩の絶対年代測定結果では、 $(108.72 \pm 2.12) \times 10^6$ 年の値が得られている。これらのことから本岩の活動時期は、中部白亜紀と解される。

(2) 花崗斑岩

本岩は、“南北断層”の西に広く南北にのびた分布をなす。その産状は、岩体の北部では、岩脈状、中央から南部では、岩株状をなす。

本岩は、僅かに黄緑色を帯びた白色を呈し、塊状で比較的もろい。また、中粒の半自形あるいは他形粒状、ないし斑状組織を有するが、石基は少ない。斑晶として、石英、カリ長石、斜長石、黒雲母、角閃石等が認められ、石基には、石英、カリ長石、斜長石、黒雲母が認められる。変質鉱物として、緑泥石、緑れん石、方解石等がみられる。

本岩の代表的な試料をモード計算し、IUGS(1972)の三角図に投影すると、花崗岩の範ちゅうに入る。なお、場所によっては、石英閃緑岩を示す個所もあり、岩相変化がみられる。

本岩の活動時期を明らかにする資料は、得られなかった。たゞ、Chitigua地域の広域調査の結果、前述の流紋斑岩と岩質的に類似している個所がみられ、かつ、本岩体が流紋斑岩々体に侵入しているような分布をなしている等の理由から、両者はほぼ同時期かあるいは、本岩が若干後期に形成されたものと想定される。

(3) 花崗閃緑岩B

本岩は、“南北断層”沿い及び同断層の西側にそのほとんどが分る。産状は、小岩株をなす。

本岩は、帯緑灰白色を呈した堅硬塊状岩で、鏡下では、半自形粒状組織を示す。主成分鉱物は、双晶及び累帯構造を持った斜長石、正長石、石英、角閃石、及び黒雲母等からなり、副成分鉱物として、不透明鉱物、チタン石、りん灰石等が認められる。

変質鉱物には、斜長石から変った絹雲母及び緑れん石、黒雲母を交代した緑泥石等が認められる。

なお、前述の花崗閃緑岩Aとの間に、明りような岩質上の違いは認められない。たゞ、花崗閃緑岩Aの方がやゝ脆く、風化が進んでいる。

本岩の代表的試料をモード計算し、IUGS(1972)の三角図に投影すると花崗閃緑岩の範ちゅうに入る。

本岩の活動時期を明らかにする資料は得られなかった。たゞ、前述の流紋斑岩を貫いており、また一部、後述の珪化、絹雲母化等の熱水変質作用を受けている等のことから、中部白堊紀以降熱水変質期(古第三紀?)以前と解される。

(4) 安山岩

本岩は南北断層沿い及び同断層の西側にそのほとんどが分布する。その産状は巾2～100mの細長くのびた板状、あるいは、レンズ状の岩脈をなす。

本岩は緑色ないし、帯黄緑色を呈し、肉眼観察では、一見、細粒質閃緑岩を思わせる様相を呈している。鏡下観察では、完晶質、かつ顕晶質で斑状組織を示めず。斑晶として、斜長石、角閃石、普通輝石、りん灰石、チタン石及び鉄鉱物等が認められ、石基には、斜長石、角閃石、普通輝石及び緑れん石等が認められる。変質鉱物としては、方解石、アルバイト等が生成している。本岩の代表的試料をモード計算し、Streckeisen(1969)の三角図に投影すると安山岩—玄武岩の範ちゅうに入る。

本岩の活動時期については、次のことがいえる。すなわち、本岩は本地区に分布する他の貫入岩類を貫いていることから、貫入岩類では、もっとも後期の活動である。また、本岩はArca層、Peña Morada層等を貫いているが、Sichal層、Ichuno層を貫いている本岩は認められない。従って本岩はPeña Morada層形成後Sichal層形成前の活動と解される。また、“南北断層”帯に分布する本岩は、同断層帯に分布する他の岩層が著しい破碎作用あるいは熱水変質作用を受けているにもかかわらず、それらの作用を受けていない。また、本地区に発達する鉱脈を本岩がきっている現象が観察されるなどのことから、本岩の貫入時期は、同断層形成後、あるいは本地区に発達する鉱化変質期以降である。おそらく始新世末期の貫入であろう。

1-4 地質構造

本地区には顕著な褶曲構造はみられない。Peña Morada層は、その北部で略々N-S方向のゆるやかな向斜構造をもっている。中央部から南部にかけては走向N35°E、傾斜30°Eの単斜構造をなし、また南端部では、N70°E方向の向斜構造がみられる。Sichal層は傾斜30°～80°を

なす。Ichuno 層は、ほとんど平坦に近い構造を示している。

断層としては、プロジェクト地域を縦断する南北系の構造線、すなわち“南北断層”が本地区の中央をとっている。本断層は、本地区の中央から南部において、NE方向のブランチを出しており、また北部ではやや分散の傾向を示している。また本断層は、その大部分が Peña Morada 層と流紋斑岩の境界部に沿って発達している。本断層の走向は北部で $N5^{\circ}E$ 、中央部で $N15^{\circ}E$ 、南部で僅かに東西に屈曲している。傾斜は、垂直あるいは垂直に近い場合が多く、東あるいは、西に傾斜している。本断層は幅 40 ~ 300m を有した断層帯を形成している。断層帯の岩石は 0.5 ~ 5.0 cm 大に角礫化あるいは、りん片状に破砕されている場合が多く、後述する鉍化作用変質の場となっている。

本断層の形成時期は、Sichal 層に同断層帯が被ふくされていることから、同層堆積以前である。また、本地区に分布する安山岩々脈貫入時及び同地区に発達する鉍化変質作用よりも、本断層の形成は古い。

上記“南北断層”の他に、本地区の北部に局部的に発達した E-W 系の断層が数条みられる。同断層は“南北断層”をきって発達しており、また 100 m 前後の水平ずれを“南北断層”に与えている。同断層運動は鉍化変質作用後である。

第2章 応用地質

2-1 概要

本地区にみられる鉍化作用には(1)網状-鉍染型及び(2)鉍脈型の2つのタイプがある。(1)のタイプは赤鉄鉍、褐鉄鉍を主体とし、これに僅かの酸化銅鉍、黄銅鉍、黄鉄鉍、斑銅鉍、銅らんを伴う。(2)のタイプは主要構成鉍物によってさらに次の2つに細分される。すなわち、(i)褐鉄鉍-赤鉄鉍-石英(一部酸化銅鉍を伴う)型、と(ii)磁鉄鉍-赤鉄鉍(極く一部に酸化銅鉍を伴う)型で、いずれのタイプもその規模は小さい。また、それらの分布は“南北断層”帯内あるいは同断層沿いの特にその西側の花崗斑岩、流紋斑岩中に集中している。

本地区にみられる熱水変質作用には、珪化作用、絹雲母化作用、カオリン化作用、モンモリロナイト化作用、緑泥石化作用、緑れん石化作用、石こう化作用、及び方解石化作用等がある。

このほか、電気石化作用が一部に認められる。

上記の熱水変質作用のいくつかの組合せによって形成されている変質帯は、形態的に、次の2つのタイプに大別される。すなわち、(1)帯状型および(2)不規則な円型である。(1)のタイプは主として“南北断層”帯に形成されており、(2)のタイプは、小岩株状貫入岩体あるいはその周辺の被貫入岩に発達している。また(1)のタイプの変質帯には、前述の変質作用のほとんどがみられ、(2)のタイプには、珪化作用と絹雲母化作用が主として認められる。

なお、Sichal層以降の地層及び、貫入岩類のうち、もっとも新しい安山岩々脈には、鉍化熱水変質作用は認められない。

本地区において、稼行あるいは探鉍実績のある鉍山は存在しない。ただ、網状-鉍染型あるいは鉍脈型鉍化帯の、特に酸化銅鉍の濃集している部分を極く小規模に採掘した個所は数箇所認められる。

2-2 鉍化作用

(1) 網状-鉍染型

本型の鉍化作用として、本地区で3個所の鉍化帯を確認した。それらを鉍化帯“A”、“B”及び“C”と仮称する。

鉍化帯“A”；本鉍化帯は、本地区の南端部に位置し、“南北断層”帯に発達している。付近が第四系でおおわれているので露頭観察は出来ないが、小ビット(2.0 × 1.8 m、深さ不明)が掘られており、その堆積鉍の観察では、破碎された角礫化流紋斑岩の礫間をうずめて、石英、方解石、緑泥石が形成されておりそれらの脈石中に黄銅鉍、黄鉄鉍が散点している。また孔雀石、珪孔雀石等の酸化銅鉍、及び褐鉄鉍が母岩の割れ目や空隙に付着している。鏡下観察では、前述の鉍石鉍物の他、銅らん、及び輝銅鉍が黄銅鉍を一部交代して生成している。

代表試料の化学分析結果では Cu 1.27%, Pb 30 ppm, Zn 190 ppm, Mn 0.775%, Mo 156 ppm, Fe 4.70%, Ag 31 ppm, As 13 ppm, S 0.466% (total) の値が得られた。

鉍化帯 "B"; 本鉍化帯は鉍化帯 "A" の北 200 m に位置し, "南北断層" 帯に形成されている。露出規模は 200 m × 50 m で, 本型鉍化帯のうちでは最大のものである。本鉍化帯は "南北断層" によって破碎した Peña Morada 層の流紋岩中に発達しており, 断層による割れ目, 節理あるいは空隙に, 赤鉄鉍, 褐鉄鉍を伴って酸化銅鉍 (孔雀石, 珪孔雀石) が形成されている。また, 一部に鏡鉄鉍の細脈がすじ状に生成している。本鉍化帯において, 初生銅鉍物は確認されなかったが, 母岩が著しい珪化, 絹雲母化を受けていることから, 本鉍化帯内あるいはその極く近傍で銅の鉍化作用があったものと解される。代表試料の化学分析結果では, Cu 0.22%, Pb 195 ppm, Zn 248 ppm, Mn 0.044%, Mo 3 ppm, Fe 2.01%, Ag < 2 ppm, As 188 ppm, S 0.024% (Total)

鉍化帯 "C"; 本鉍化帯は, Los Colorados 沢 (Quebrada de Los Colorados) の北 900 m の小山 (海拔 4,094 m) に発達している。母岩は, 花崗閃緑岩 B で, 電気石, 石英を伴った角礫帯の先端部に存し, 孔雀石, 珪孔雀石等の酸化銅鉍が, 同帯中に鉍染, 一部網状をなしているものである。なお, 酸化銅鉍の認められる範囲は 5 m × 5 m 程度で, ごく小規模なものである。代表試料の化学分析結果は, Cu 1.25%, Fe 4.70%, S 0.019%, Mn 0.34%, Zn 85 ppm, Cr 57 ppm, As 75 ppm, Co 75 ppm, Ni 13 ppm, Mo 4 ppm, Pb < 10 ppm, Au < 15 ppb である。

(2) 鉍脈型

本型鉍化作用は "南北断層" 帯及びその西の花崗斑岩, 流紋斑岩中の小断層あるいは節理に主として発達している。また同鉍化作用は主要構成鉍物によって, (i) 褐鉄鉍-赤鉄鉍-石英 (一部酸化銅鉄を伴う) 型, (ii) 磁鉄鉍-赤鉄鉍 (極く一部に酸化銅鉍を伴う) 型, の 2 つに大別される。いずれも規模は小さい。

(i) 褐鉄鉍-赤鉄鉍-石英型

本型鉍脈は, 本地区の中央から北部の "南北断層" の西側に同断層沿いに主として発達している。母岩は花崗斑岩, 流紋斑岩等である。鉍脈の走向は N-S 系と NE-SW 系の 2 系列がある。傾斜は 60°~90°E あるいは W である。本鉍脈は 1.10~1.50 m の破碎帯に 5~10 cm の鉍脈が数条発達するもので, 延長は確認走向延長 350 m が最大で, 多くは 50 m 前後である。傾斜延長は詳細不明である。構成鉍物は褐鉄鉍, 赤鉄鉍, 鏡鉄鉍, 石英, 方解石及び緑泥石等で, 一部の脈で孔雀石, 珪孔雀石及び電気石を伴っている。母岩の変質は極めて弱く 2-5 mm の緑泥石化が脈際にみられる程度である。鉍石品位は AP P. Table 5-(4) に示すとおりである。

(ii) 磁鉄鉍-赤鉄鉍型

本型鉍脈は本地区の北部, "南北断層" の西 100~150 m に流紋斑岩, 花崗斑岩を母岩として発達する。鉍脈の走向は N55°~60°E 系と N70°~80°W 系の 2 系統がある。傾斜方向に規則

性は認められない。傾斜は $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$ と急傾斜が多い。脈巾は、走向 $10m$ 間で $1cm \sim 30cm$ と変化し、はり縮がある。確認走向延長は $10 \sim 20m$ で、せいぜい $50m$ 程度の小規模なものである。傾斜延長は不明である。構成鉱物は磁鉄鉱、赤鉄鉱、が主で、石英、電気石を若干伴う。また、極く稀に微量の酸化銅鉱を伴う。付近の母岩は弱いモンモリロナイト化変質を受けている。鉱石品位は、APP. Table 5-(4)に示すとおりである。

2-3 変質作用

本地区には2-1に述べたとおりの熱水変質作用がみられ、これらの1つあるいは、複数の組合せによって形成される変質帯は、形態的に(1)帯状型、(2)不規則な円型の2つに大別される。

(1) 帯状型

本型は“南北断層帯及びその派生断層あるいは割れ目に形成されているもので、その分布、規模は、それらと一致している(第1章1-4、及びPL. III-1-4参照)。本型には珪化、絹雲母化、カオリン化、モンモリロナイト化、緑泥石化、石こう化、及び方解石化、等の変質作用が認められる。これらの変質作用のうち、ほとんど常に共存している変質鉱物を同一グループにまとめ、石英-絹雲母化、カオリン化、モンモリロナイト化、緑泥石-方解石化、及び石こう化の5つのグループに分け、その分布を示すとPL. III-1-4のとおりとなる。ただしこの分布はかなり大まかなもので、あるグループの分布範囲内に他のグループの変質相が認められる箇所もあるが(特に漸移帯)、強弱の程度によって、どちらかのグループにまとめた。これを変質鉱物の分布の傾向を知る手がかりとした。

(i) 石英-絹雲母化変質帯；本帯は、本型の北部、中央や南部及び南部の3箇所に分布しており、各々 $4.3km + \alpha$ 、 $2.8km$ 、 $1.3km$ の水平延長を有する。本帯における母岩は、ほとんどその組織、組成鉱物の識別が困難なほど著しく変質しているが、周囲の地質状況および僅かに残されている非変質部から推察すると、流紋斑岩が大部分で、僅かに流紋岩からなる。また、母岩は一般にりん片状に細かく破碎されているが、 $1m$ 大にブロック化している箇所もある。りん片状の破碎帯では原岩はほとんど熱水性石英及び絹雲母の集合に変わっている。また大きくブロック化した箇所では、その割目沿いに巾 $0.5 \sim 1.0cm$ の石英、絹雲母細脈が形成されている。本帯にはほとんど常に褐鉄鉱、赤鉄鉱からなる巾 $5 \sim 10cm$ の脈を伴っている。また南部の本帯の一部には鉱化帯“ A ”及び“ B ”が発達している。

本帯の周辺部は本変質作用も弱まり、後述するモンモリロナイト化、カオリン化あるいは緑泥石化に移化している。また急激に非変質部に変る場合もある。

(ii) モンモリロナイト化変質帯；本帯は前述の各石英-絹雲母化変質帯の間、同変質帯の周辺部、あるいは北部に主としてみられる“南北断層”の西部派生断層帯に形成されている。母岩は流紋斑岩、花崗斑岩、流紋岩等からなり、細かく破碎された隙間に、主としてモンモリロナイトからなる灰白色粘土が形成されている。本帯の変質度は、石英-絹雲母変質帯のそれに比べ

弱く、母岩の組織は残されている場合が多い。本帯にはモンモリロナイトのほか、少量の熱水性石英、絹雲母、カオリン鉱物、緑泥石等を所々に伴っている。また、褐鉄鉱、赤鉄鉱等の細脈を伴っている箇所もあるが、石英-絹雲母化変質帯に比べてその発達頻度は低い。

(III) カオリン化変質帯；本帯の分布は小範囲で、北部の石英-絹雲母化変質帯の南周辺部、及び南部の石英-絹雲母化変質帯の南周辺部に主として分布している。その他、連続性の少ない小断層破碎帯の一部にも本帯の形成がみられる。

本帯は流紋斑岩、花崗斑岩を母岩としており、母岩の変質度は弱く、原岩の組織が破かいされている場合は稀である。また褐鉄鉱、赤鉄鉱等の脈の発達も少ない。

(IV) 石こう化変質帯；本変質は、石英-絹雲母化変質帯の中央、あるいは先端部に分布し、その位置は石英-絹雲母化変質のものよりも強い部分に一致している。分布規模は極く小さく、最大で巾 15m 延長 100m 程度で“南北断層”に平行した帯状をなす。

(V) 緑泥石-方解石化変質帯；本帯はモンモリロナイト変質帯中、カオリン化変質帯周辺部の一部、前述 2-2(2)の鉱脈の脈際、あるいは緑泥石-方解石細脈として発達している。後 2 者の幅は各々 0.2~0.5 cm, 1~2 cm 程度である。また緑泥石-方解石細脈の発達は“南北断層”の西約 500m 付近まで比較的顕著で、それより離れると発達頻度は極端に落ちる。本帯における母岩の組織はほとんど残されている。なお、本地区に分布する岩層のうち、Sicha層、Ichuno層を除いた各岩層は微弱ながら緑泥石化、方解石化作用を受けている。

(2) 不規則な円型

本型は“南北断層”の東側の北部と南部に比較的まとまって分布する。平面的な拵りりは 400m × 100m が最大で、一般に極く小規模なものである。このうち北部では大小 9 箇所、南部では 4 箇所、合計 13 箇所本型を把握した。

母岩は Peña Morada 層の流紋岩、花崗閃緑岩 B、花崗斑岩及び流紋斑岩等であるが、流紋岩を母岩とするものがもっとも多い。変質鉱物としては、13 箇所、全箇所において石英、絹雲母が 3 箇所において電気石が認められる。また南部の本型の一部ではカオリン鉱物、緑泥石が若干認められ。なお、南部に発達する同型変質帯の一部では前述の鉱化帯“C”が発達している。以上の変質鉱物は角礫化した母岩の礫間をうずめ、あるいは節理を中心に発達している。

2-4 電気石化作用

本地区には、脈状、あるいは、網状をなして電気石が所々に産している。

網状をなすものは本地区の北部及び北端部に分布する。いずれも、流紋斑岩、花崗斑岩、流紋岩等を母岩としている。脈の走向は“南北断層”と平行した N15°~20°E、あるいは E-W、N45°Eなどを示し、傾斜は垂直のものが多い。北部の場合は断層あるいは、節理に沿って脈幅 5mm 前後を有し発達する。北端部のそれは脈幅 0.6~3.00m の断層破碎帯に形成されている。走向延長は 20~50m 程度である。

構成鉱物は石英、電気石、褐鉄鉱、赤鉄鉱のほか緑泥石、方解石を随伴している。

網状をなすものは、いわゆる“Tourmaline breccia”で本地区の南部に分布する花崗閃緑岩 B に産しており、角礫化した母岩の隙間を埋めて石英と共に生成している。平面的規模は、300 m × 50 m で、南北に延びたレンズ状をなす。なお、同角礫帯の周辺には、石英—絹雲母化変質帯が発達し、また同角礫帯の先端部に既述の鉍化帯“C”が発達している。

2-5 考 察

以上のような観察および各種分析等の結果に基づいて、本地区に発達する鉍化変質帯の考察を次のように試みた。すなわち、(1)本地区に発達する鉍脈型鉍化帯は“南北断層”沿いに分布し、かつ同断層近ほうで分布密度を増している等の事実から、同型鉍化帯は、“南北断層及び同断層に伴った派生断層、あるいは割れ目を埋めて形成された。

また、網状—鉍染型(鉍化帯“C”を除く)は“南北断層”運動によって母岩に生じた網状の割れ目あるいは角礫状に破砕された母岩の隙間を埋めて形成された、等と解される。また本鉍化作用と関連あると考えられる熱水変質作用が広範囲に及んでいるにもかかわらず、本鉍化帯の規模は小さく、局部的なものであり、かつ劣勢であり、後述の地化学探査の結果でも局部的な異常の把握に止まっている等のことから、本地区における鉍脈型および網状—鉍染型(鉍化帯“C”を除く)における銅の鉍化作用はごく微弱なものであった、と解される。また同型鉍化帯は“南北断層”帯を胚胎の場としていると解されるので、深部において同型鉍化帯が同断層の規模より大きくなることは考えにくく、かつ、磁鉄鉱、電気石等の比較的高温型鉱物が多くみられることから露頭の鉍化作用としての位置はかなり深部に当るものと想定される。

(2) (1)の鉍化作用を伴った帯状型変質帯は“南北断層”及びそれに付随した小裂かに形成されている。また“南北断層”帯に発達した変質帯のうち、強変質部では石英—絹雲母化変質作用が卓越し、弱変質部ではモンモリロナイト化あるいはカオリン化作用が強い。また強変質部(すなわち、石英—絹雲母化変質)の規模は3~6 Kmの水平延長を有し、また強変質帯と弱変質帯は3~6 Km間隔で繰返されているように想定される。なお、強変質帯には局部的に弱い銅の鉍化作用を伴う。

(3) 不規則だ円型変質帯の一部は、花崗閃緑岩 B 内に発達しており、同岩を関係火成岩として形成されたものと解される。

本型変質は、累帯配列をなしていない。これの一要因として、熱水変質作用の勢いが弱かったため、温度勾配を作るほどの距離まで熱水溶液が至らなかったことが考えられる。また、本型変質帯の多くが、その付近に貫入岩を伴わず Peña Morada 層の流紋岩中に発達し、かつ不規則だ円形をなしている。これについては、本変質帯の地下浅所に潜頭性の貫入岩があり、それらの冷却、収縮に伴って、その上部の被貫入岩に沈降による割れ目をもたらし、それを通路とし、熱水溶液が上昇し、本型変質帯を形成した。また、本変質帯は13個所に及んでいるにもかかわらず、銅の鉍徴は1ヶ所にしか認められず、かつ溶脱帯の発達がほとんどみられないか、

極く微弱である，等の理由から，本型変質作用に伴った鉍化作用は極く微弱なものであった，と解される。

(4) いずれのタイプの鉍化変質作用も，構成鉍物の類似性，母岩の形成時期の近似性からして，ほぼ同時期の生成と思われる。その時期は，花崗閃緑岩B貫入後，Sichal層形成前，すなわち，中部白亜紀から，古第三紀始新世までの間と解される。

第3章 結 論

- (1) 本地区の地質は、古生界の深成岩類を基盤に、白亜紀中期に初まった優勢な中～酸性の火成活動で特徴づけられ、堆積岩類の形成は、古第三紀始新世以降に局部的に行なわれたに過ぎない。
- (2) 地質構造上の特徴は、本地区の中央をN-Sに走る“南北断層”の発達である。これによって、その後の火成岩の貫入あるいは鉍化変質作用が大きく規制されている。また同断層によって、本地区の地質は西の貫入岩類と東の出岩類に大きく2分されている。
- (3) 本地区に発達する鉍化帯あるいは熱水変質帯は、“南北断層”を主な胚胎の場としており、鉍化作用は極めて微弱かつ局部的である。すなわち、本地区においては、小規模かつ少量の銅鉍を伴った鉍脈型鉍床は期待できるが、ポーフイリ・銅型鉍床の賦存の可能性は極めて少ない。
- (4) 従って、本地区に対して、将来更に詳細な地質調査あるいは物理探査、試錐探鉍等を行なう価値は極めて少ないものと判断される。