

文雅之風，雖非一日之功，然其始也，亦足以見其志之遠矣。

其始也

其始也

其始也

ペルー共和国パチャピリアーナ地域
資源開発協力基礎調査報告書

第1年次

JICA LIBRARY



1072764[2]

18792

平成元年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

18792

は し が き

日本国政府はペルー共和国政府の要請に応え、同国北部のカハマルカ県及びランパイエツケ県に位置するパチャピリアーナ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、地化学探査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は昭和63年度を第1年次とする初年次にあたり、金属鉱業事業団は6名の調査団を編成して昭和63年10月17日から昭和63年12月30日まで現地に派遣した。

現地調査は、ペルー共和国政府機関、鉱山動力省鉱山総局所轄の地質鉱物冶金研究所の協力を得て予定通り完了した。

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

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたペルー共和国政府機関ならびに外務省、通商産業省、在ペルー共和国日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成元年2月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介

金属鉱業事業団

理事長 佐藤淳一郎

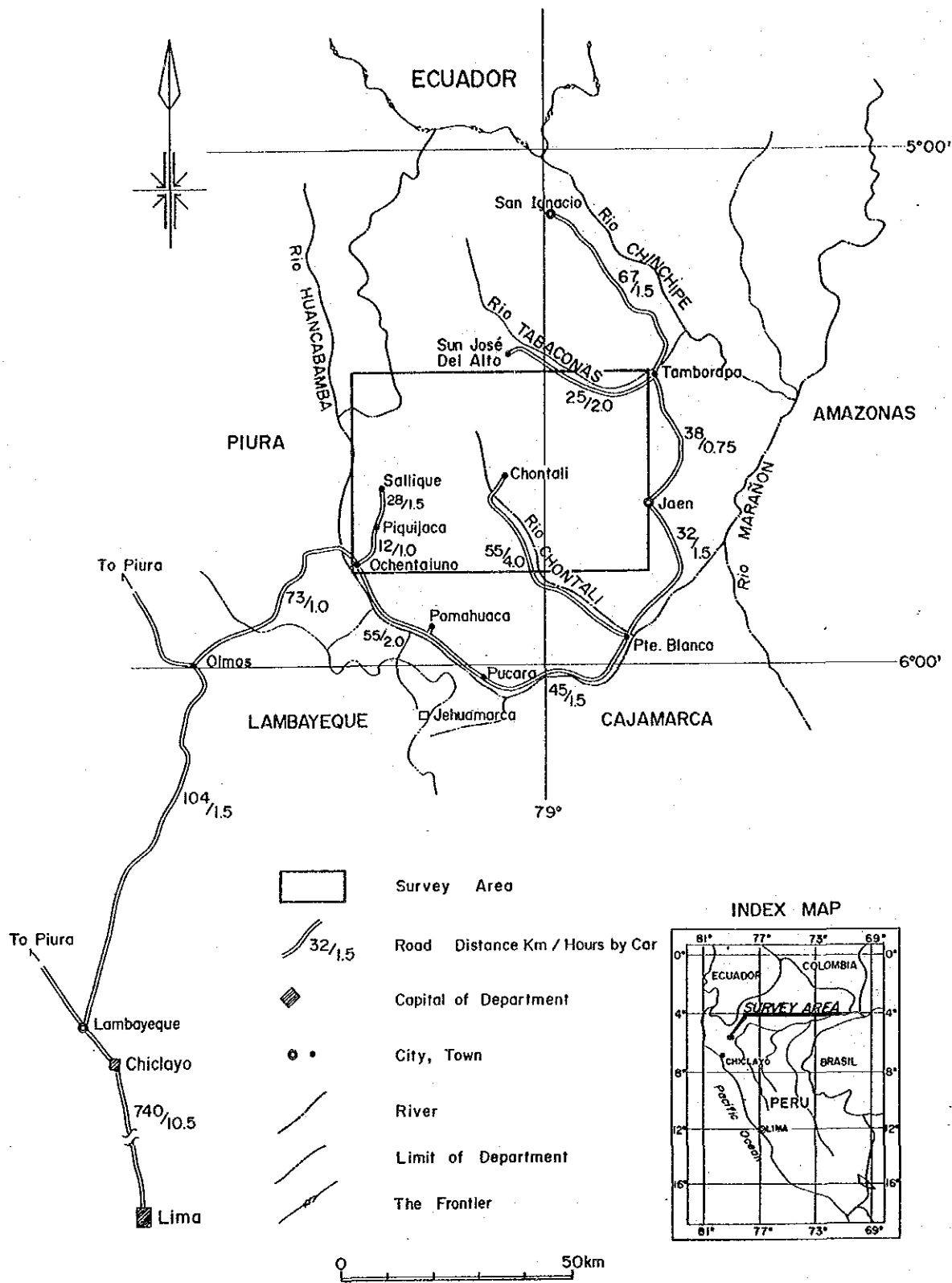


Fig.1-1 (1) Location and Accesibility Map of The Survey Area

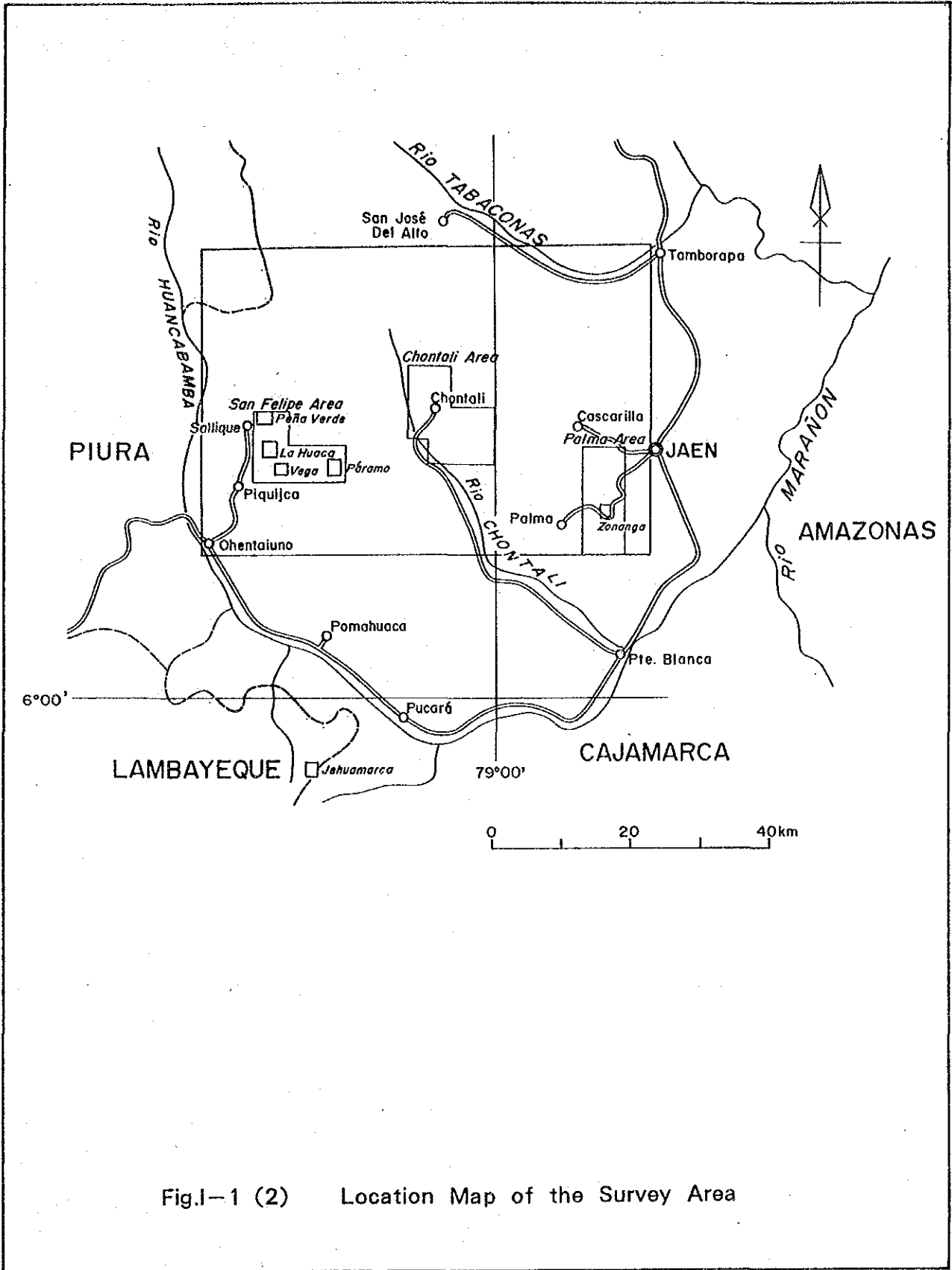


Fig.I-1 (2) Location Map of the Survey Area

要 約

本報告書は、ペルー共和国パチャピリアーナ地域において実施した資源開発協力基礎調査の第1年次調査結果をとりまとめたものである。本調査の目的は本地域の地質状況を解明することにより有用鉱物資源の賦存状況を把握することにある。現地調査は昭和63年10月から12月にかけて実施された。

第1年次調査はペルー共和国鉱山動力省鉱山総局に直属する調査機関である地質鉱物冶金研究所により抽出された河川堆積物による地化学異常帯の一部及び同研究所により抽出された鉱徴分布域に対し、鉱物賦存の可能性及び既知鉱徴の地質鉱床学的位置付けを明確にするため、地化学探査を併用した地質準精査を3地区計300km²の範囲に実施し、加えて既知鉱徴帯6区域に対し地質精査計25km²を実施した(Fig. I-1-(2))。更に既存資料解析により有望と判断された既知鉱徴3区域に対しては物理探査(CSAMT法)を25km²の範囲に対し102測点実施した。

地質準精査及び地質精査では既知鉱徴分布帯であるサン・フェリッペ地区(Fig. II-5)において各鉱徴の位置付けを明確にした。その結果ラ・ワカ〜ペーニャ・ベルデ間に斑岩銅型鉱床賦存の可能性が指摘された(Table I-2)。チョンタリ地区(Fig. II-18)では含金石英脈を多数含む有望な変質帯が抽出され(Table I-2)、更にパルマ地区(Fig. II-20)ではソナンガ区域に斑岩銅型鉱化変質帯(Table I-2)及びミラフローレス区域にスカルン帯が捕捉されたが地化学探査の結果ミラフローレススカルン帯は無鉱化スカルン帯であると判定された。ヘワマルカ地区では変質帯の帯状分布が明確にされた(Fig. II-22)。

物理探査はサン・フェリッペ地区21km²及びヘワマルカ地区4km²について、CSAMT法による電気探査を実施した。

その結果、サン・フェリッペ地区では、高比抵抗な火山岩分布域の中で既知鉱徴地、ラ・ワカ及びペーニャ・ベルデにおいて低比抵抗帯を捕捉した(Fig. II-16)。この低比抵抗帯は、モンゾニ岩または安山岩の小規模脈状貫入域を中心に拡がっており、地表の珪化帯、粘土化帯の分布に一致している。

ヘワマルカ地区では、地表に分布する珪化帯が地下にキノコ状に延びる高比抵抗層として解析されたが、その周辺深部は低比抵抗化していることが判明した(Fig. II-22, 26)。

サン・フェリッペ、ヘワマルカ両地区共に捕捉された低比抵抗帯は、地質状況から判断して、鉱徴に関係する地下深部の火成活動のあるいは鉱化変質作用の方向・規模に関連すると考えられる。

次年度以後の調査(Table III-1)として本年度チョンタリ地区にて捕捉した有望な鉱徴及び

変質帯に対する地質精査及び物理探査を実施し、鉱床賦存の可能性を探る必要がある。またヘワマルカ地区に対しては具体的鉱化ポテンシャル把握のためのボーリング調査の実施を提言する。

更に地質鉱物冶金研究所により捕捉されている地化学異常帯は本年度調査では有望な鉱徴あるいは鉱床賦存の可能性のある変質帯がいずれの地区でも捕捉されており（Fig. III-1）、第2年次には未調査で残る地化学異常帯に対する地質準精査又は概査を実施する必要がある。

昭和63年度資源開発協力基礎調査
資源開発調査 ペルー共和国パチャピリアーナ地域

目 次

は し が き

調査地域位置図

要 約

第I部 総 論

第1章 序 論	1
1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 第1年次調査の範囲, 目的及び作業の概要	1
1-3 調査団の編成	3
第2章 調査地域の地理	5
2-1 位置及び交通	5
2-2 地形及び水系	5
2-3 気候及び植生	6
第3章 調査地域の既存地質情報	8
3-1 既往調査の概要	8
3-2 一般地質及び調査地域の地質的位置付け	8
3-3 調査地域の鉱床学的位置付け	13
第4章 調査結果の総合検討	15
4-1 地質構造, 鉱化作用の特性と鉱化規制について	15
4-2 鉱床賦存のポテンシャルについて	16
4-3 地化学異常と鉱化作用との関係について	16

第5章 結論及び提言	18
5-1 結 論	18
5-2 第2年次調査への提言	18

第II部 各 論

第1章 ランドサット画像解析	21
1-1 解析方法	21
1-2 解析結果	23
1-3 考 察	24

第2章 サン・フェリッペ地区	25
2-1 地質調査・地化学探査	25
2-2 物理探査	30
2-3 考 察	41

第3章 チョンタリ地区	43
3-1 調査目的及び方法	43
3-2 地 質	43
3-3 調査結果	43
3-4 鉱石分析結果	47
3-5 考 察	47

第4章 パルマ地区	48
4-1 調査目的及び方法	48
4-2 地 質	48
4-3 調査結果	48
4-4 考 察	52

第5章 ヘワマルカ地区	53
5-1 地質調査・地化学探査	53
5-2 物理探査	55
5-3 考 察	59

第Ⅲ部 結 論	
第1章 結 論	61
第2章 第2年次調査への提言	63
【REFERENCES】	65

LIST OF FIGURES

- Fig. I-1 (1) Location and Accessibility Map of The Survey Area
- Fig. I-1 (2) Location Map of The Survey Area
- Fig. I-2 Summarized Accessibility of The Survey Area
- Fig. I-3 Generalized Geological Map of The Survey Area
- Fig. I-4 Generalized Stratigraphic Column of The Survey Area
- Fig. I-5 Group of Mineral Deposits within The Mesozoic Polymetallic Province
- Fig. I-6 Location Map of Alteration and Mineralized Zone in The Surveyed Area
- Fig. II-1 Location Map of Landsat Image
- Fig. II-2 Lineaments Map of Landsat Image
- Fig. II-3 Lineaments Analysis
- Fig. II-4 Histogram and Cumulative Frequency Diagram
- Fig. II-5 Geological Map and Profiles of The San Felipe Area
- Fig. II-6 (1) Geochemical Map of The San Felipe Area (Au, Ag and Pb)
- Fig. II-6 (2) Geochemical Map of The San Felipe Area (Zn, Cu and Mo)
- Fig. II-7 Location Map of Geophysical Survey Area
- Fig. II-8 Schematic Diagram of CSAMT Survey
- Fig. II-9 Flow Chart for CSAMT Data Processing
- Fig. II-10 Location Map of CSAMT Station in The San Felipe Area
- Fig. II-11 Location Map of Rock Sample in The San Felipe Area
- Fig. II-12(1) Apparent Resistivity Map of The San Felipe Area (Frequency 4 Hz)
- Fig. II-12(2) Apparent Resistivity Map of The San Felipe Area (Frequency 64 Hz)
- Fig. II-12(3) Apparent Resistivity Map of The San Felipe Area (Frequency 1024 Hz)

- Fig. II-13 EM Modeling
- Fig. II-14 Apparent Resistivity Pseudo-Section with Estimated Resistivity Structure in The San Felipe Area
- Fig. II-15(1) Resistivity Structure Map of The San Felipe Area (+2,000m)
- Fig. II-15(2) Resistivity Structure Map of The San Felipe Area (+1,500m)
- Fig. II-16 Low Resistivity Zone Map of The San Felipe Area
- Fig. II-17 -PFE Distribution of Rock samples
- Fig. II-18 Geological Map and Profiles of The Chontali Area
- Fig. II-19(1) Geochemical Map of The Chontali Area (Au, Ag and Pb)
- Fig. II-19(2) Geochemical Map of The Chontali Area (Zn, Cu and Mo)
- Fig. II-20 Geological Map and Profiles of The Palma Area
- Fig. II-21(1) Geochemical Map of The Palma Area (Au, Ag and Pb)
- Fig. II-21(2) Geochemical Map of The Palma Area (Zn, Cu and Mo)
- Fig. II-22 Geological Map and Profiles of The Jehuamarca Mineralized Zone
- Fig. II-23(1) Geochemical Map of The Jehuamarca Mineralized Zone (Au, Ag and Pb)
- Fig. II-23(2) Geochemical Map of The Jehuamarca Mineralized Zone (Zn, Cu and Mo)
- Fig. II-24 Location Map of CSAMT Station and Rock Sample
- Fig. II-25 Apparent Resistivity Map of The Jehuamarca Mineralized Zone
- Fig. II-26 Apparent Resistivity Pseudo-Section with Estimated Resistivity Structure in The Jehuamarca Mineralized zone
- Fig. II-27 Resistivity Structure Map of The Jehuamarca Mineralized Zone
- Fig. III-1 Location Map of The Recommended Survey Area for The Future

LIST OF TABLES

Table I-1	Quantity of The Survey
Table I-2	Correlation of Fissure System, Alteration, Geochemical Arrangements and Expected Ore Deposit
Table II-1	List of Landsat CCT Data
Table II-2	Geochemical Threshold of The Surveyed Area
Table II-3	List of Apparent Resistivity
Table II-4	Result of Rock Properties
Table III-1	Summarized Recommendation for The Future Survey

LIST OF PLATES

PL. - 1	Lineament Map of Landsat Image	Scale 1/200,000
PL. - 2	Geological Map of The San Felipe Area	Scale 1/25,000
PL. - 3	Geological Map of The Chontali Area	Scale 1/25,000
PL. - 4	Geological Map of The Palma Area	Scale 1/25,000
PL. - 5	Geological Profile of The Semi Detailed survey Area	Scale 1/25,000
PL. - 6	Geological Map and Profile of The Pena Verde Mineralized Zone	Scale 1/10,000
PL. - 7	Geological Map and Profile of The La Huaca Mineralized Zone	Scale 1/10,000
PL. - 8	Geological Map and Profile of The Vega Mineralized Zone	Scale 1/10,000
PL. - 9	Geological Map and Profile of The Paramo Mineralized Zone	Scale 1/10,000
PL. -10	Geological Map and Profile of The Zonanga Mineralized Zone	Scale 1/10,000
PL. -11	Geological Map and Profile of The Jehuamarca Mineralized Zone	Scale 1/10,000
PL. -12	Location Map of The Alteration and Mineralized Zone	Scale 1/200,000
PL. -13 (1)	Geochemical Map of The San Felipe Area (AU, Ag and Pb)	Scale 1/25,000
PL. -13 (2)	Geochemical Map of The San Felipe Area (Zn, Cu and Mo)	Scale 1/25,000
PL. -14 (1)	Geochemical Map of The Chontali Area (Au, Ag and Pb)	Scale 1/25,000
PL. -14 (2)	Geochemical Map of The Chontali Area (Zn, Cu and Mo)	Scale 1/25,000
PL. -15 (1)	Geochemical Map of The Palma Area (Au, Ag and Pb)	Scale 1/25,000
PL. -15 (2)	Geochemical Map of The Palma Area (Zn, Cu and Mo)	Scale 1/25,000

PL. -16 (1)	Geochemical Map of The Jehuamarca Mineralized Zone (Au, Ag and Pb)	Scale 1/25,000
PL. -16 (2)	Geochemical Map of The Jehuamarca Mineralized Zone (Zn, Cu and Mo)	Scale 1/25,000
PL. -17	Geological Sketch of Trenches in The La Huaca Mineralized Zone	Scale 1/200
PL. -18	Location Map of Samples in The San Felipe Area	Scale 1/25,000
PL. -19	Location Map of Samples in The Chontali Area	Scale 1/25,000
PL. -20	Location Map of Samples in The Palma Area	Scale 1/25,000
PL. -21	Location Map of Samples in The Jehuamarca Mineralized Zone	Scale 1/10,000

LIST OF APPENDIXES

- Apx. 1 Microscopic Observations of Rock Thin Section
- Apx. 2 Microphotograph of Thin Section
- Apx. 3 Results of Whole-Rock Chemical Analysis
- Apx. 4 Results of Isotopic (K-Ar) Datings
- Apx. 5 X-ray Diffractive Analysis
- Apx. 6 Microscopic Observations of Polished Section
- Apx. 7 Microphotograph of Polished Section
- Apx. 8 Result of Chemical Analysis of Ore Samples
- Apx. 9 X-ray Diffraction Chart
- Apx. 10 Assay Results of Geochemical samples
- Apx. 11 Apparent Resistivity Curve and Acceptable Model
- Apx. 12 Photograph of Fossils
- Apx. 13 False Color Image of The Survey Area

第 I 部 總 論

第1章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

本調査地域は、1968年英国の開発援助案件として採択された、北部地化学探査計画 (Proyecto Geoquimico del Norte) により河川堆積物による地化学探査が実施された地域の一部である。本調査を実施した地質鉱物冶金研究所 (INGEMMET; Instituto Geológico Minero y Metalurgico) は、捕捉した地化学異常帯に対し一部は西独及びフランスとの協力調査及び自力で調査実施したが、大部分は調査資金不足により調査中断となっていた。

地質鉱物冶金研究所では前述調査のフォローの為、昭和63年3月ペルー共和国外務省を通じて日本国政府に対し協力調査要請を行なった。同年8月通商産業省、国際協力事業団及び金属鉱業事業団は事前調査協定折衝調査団をペルー共和国へ派遣し同年8月15日パチャピリアーナ (Pachapitriana) 地域に係る Scope of Work が署名された。

本調査の目的は、既存資料の再解析、ランドサット画像解析によるリニアメント抽出図の作成、地質調査、地化学探査、物理探査及びボーリング調査により調査地域の鉱床賦存状況を把握することにある。

1-2 第1年次調査の範囲、目的及び作業の概要

地質鉱物冶金研究所-国際協力事業団及び金属鉱業事業団との間にて取交わされた Scope of Work では調査対象範囲は2,820km²となっている。本年度調査ではランドサット画像解析は全地域について実施されたが、地質調査及び地化学探査はそのうち304km²に対して実施された。

本年度調査の目的は①調査対象範囲2,820km²全域のランドサット画像解析を実施することにより、リニアメントを抽出し、リニアメントと既知鉱徴及び地質鉱物冶金研究所により捕捉された地化学異常帯との相互関係を把握すること。②既知鉱徴帯及び地質鉱物冶金研究所により捕捉された地化学異常帯の一部に対し地質準精査を実施し、既知鉱徴帯の地質鉱床学的位置付けを明確にすること及び地化学異常帯の起源を明確にすること。③既知鉱徴帯及び本年度地質準精査により抽出されるであろう有望鉱徴の一部に対し地質精査を実施し、各既知鉱徴の再評価を行なうこと及び新たに捕捉した鉱徴の評価を行なうこと。④特に有望と考えられる既知鉱徴に対し物理探査 (CSAMT法) を併用し、具体的鉱床賦存の可能性を探ることである。

調査は以下の要領で実施した。

地質準精査は国立地理研究所 (IGN; Instituto Geografico Nacional) 発行の1/25,000地

形図を調査基本図とし、サン・フェリッペ (San Felipe) 地区は日本人技術者にペルー人技術者を配し3班編成で、チョンタリ (Chontali) 地区及びパルマ (Palma) 地区はペルー人技術者にも調査ルートを受持ってもらい5班編成で実施した。

地質精査は間縄及びクリノメータ又はクリノコンパスを用い、1/5,000の縮尺で簡易測量を行ないながら3班編成で実施した。

地化学探査は地質調査と併行して実施されたが、各調査地区(準精査)あるいは調査区域(精査)の鉱況あるいは変質状況に合わせ、試料の採取密度に粗密をつけた。即、準精査についてはチョンタリ地区を重点地区とし、精査についてはヘワマルカ (Jhuamarca) 地区を重点区域として試料採取を密に行なった。

トレンチ調査はサン・フェリッペ地区ラ・ワカ (La Huca) 区域精査範囲内の珪化岩分布域において珪化岩の分布範囲確認を目的として実施された。トレンチ掘進にあたってはペルー人技術者が常時現場に駐在し作業員の指導監督にあたり、掘進完了時日本人及びペルー人技術者協同で1/200のスケッチを行った後埋め戻しを行なった。

物理探査は、CSAMT法による電気探査を実施した。機材類は日本から送付し、一部調査用品は現地購入した。作業準備・撤収として送信極の接地・配線・撤収を、また、測定作業として送信及び受信作業をサン・フェリッペとヘワマルカ地区について実施した。サン・フェリッペ地区ではピキハカ (Piquijaca) 部落をベースとした。ヘワマルカ地区では、測定班は山頂にてテント生活を送った。

岩石試料採取は測定中に行い、日本帰国後比抵抗及びIP効果を測定した。

本年度実施された調査を概括すれば次の通りである。

		地質調査・地化学探査				物理探査	
		調査面積	踏査延長	トレンチ	地化探試料	調査面積	測点
準 精 査	San Felipe	90 km ²	95 km	m	79 個		
	Chontali	120	163.1		245		
	Palma	90	146.1		180		
	計	300 km ²	404.2km		504 個		
精 査	Jhuamarca	4	21.3		73	4 km ²	31 点
	Pena Verde	4	35.4		26	21	71
	La Huaca	5		359.7	41		
	Vega	4	16.4		21		
	Paramo	5	10.3		20		
	Zonanga	3	18.0		25		
	計	25 km ²	101.4km	359.7m	206 個	25 km ²	102 点

1-3 調査団の編成

事前調査・協定折衝調査団は昭和63年8月6日から8月18日までの間ペルー共和国に派遣された。

調査団員及び折衝相手は次の通りである。

日本側

松川 圭男 (MATSUKAWA Yoshio)	金属鉱業事業団
岸本庄太郎 (KISHIMOTO Shotaro)	通商産業省資源エネルギー庁
安達直隆 (ADACHI Naotaka)	金属鉱業事業団
貝沼弘康 (KAINUMA Hiroyasu)	国際協力事業団

ペルー側

Juan Guillermo HERCILLA GONZALES	地質鉱物冶金研究所
Gregorio FLORES ÑANES	"
Luis DYARCE GONZALES	"

現地調査団は地質調査・地化学探査班と物理探査班とで構成され、地質調査・地化学探査班は昭和63年10月17日から同年12月30日まで、物理探査班は昭和63年10月27日から同年12月

8日まで派遣された。

調査団員及びペルー側カウンターパートは次の通りである。

日本側

濱 博 也 (HAMA Hiroshi)	総括・地質調査・ 地化学探査	三井金属資源開発株式会社
亀 沢 稔 (KAMEZAWA Minoru)	地質調査・地化学探査	〃
水谷内 修 (MIZUYACHI Osamu)	〃	〃
三好 福次郎 (MIYOSHI Fukujiro)	物理探査	〃
吉 本 猛 (YOSHIMOTO Takeshi)	〃	〃
斉藤 光義 (SAITO Mitsuyoshi)	〃	〃

ペルー側

Cesar VILCA NEIRA	総括・地質調査・ 地化学探査	地質鉱物冶金研究所
Emilio ROJAS RIVERA	地質調査・地化学探査	〃
Carlos JIMENES VELASCO	〃	〃
Luis QUISPE ARANDA	〃	〃
Armando GALLOSO CARRASCO	〃	〃
Calros A. GAMARRA ROMERO	物理探査	〃
Walter PARI PINTO	〃	〃

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

調査地域はペルー共和国最北端に位置し、エクアドルとの国境地帯に分類され、いわゆる西アンデス山脈東部斜面帯に位置する。すなわち調査地域西部には西アンデス山脈脊梁山脈、東部にはアマゾン低地帯が分布する。

行政区分に従えば本調査地域は三県四郡にまたがる範囲である (Fig. I-1)。調査地域の大部分はカハマルカ (Cajamarca) 県ハエン (Jaen) 郡に属するが調査地域の北東部はカハマルカ県サン・イグナシオ (San Ignacio) 郡に、北西部はピウラ (Piura) 県ワンカバンバ (Huancabamba) 郡に属し、更にとび地であるヘワマルカ地区はランバイエツケ (Lambayeque) 県フェレニャフェ (Ferrenafe) 郡に属する。

地理学的には国際横メルカトール座標系 (Universal Transverse Mercator Projection System; UTM座標系) に従えば、本調査地域の位置及びその面積は、9,400,000Nより9,356,000Nまでと680,000Eより744,000Eまでの間にかこまれる2,816km² (44km×64km)の範囲と9,327,000Nより9,325,000Nまでと693,000Eより695,000Eまでの間に囲まれる4km² (2km×2km)の範囲の合計2,820km²と表示される。

調査地域内の各ベースキャンプに至る交通経路はFig. I-2のとおり要約できる。

リマよりオチェンタイウノまでは舗装道路である。オチェンタイウノよりハエンまでは前ベラウンデ (Belaunde) 政権時に策定された舗装計画があり、一部舗装も施されているが、現ガルシア (Galicia) 政権となり、計画自体が保留され、大部分が未舗装として残っておりかつ路面補修も全くなされておらず、雨期の通行は難渋を極める。支線に至っては全て単にブルドーザーで開さくしたのみであり、整備も全くなされていないと言ってもよく、乾期であっても通行は難渋する。

調査地域内の交通は自動車道はFig. I-1に示す道路のみで非常に乏しく、実際の調査は馬道が主要交通網となる。その馬道も調査地域内部では未だ広大な熱帯雨林帯 (原生林) が残存し未開拓地であるため非常に乏しく、調査ルート確保のためには伐採班を編成する必要があった。

2-2 地形及び水系

ペルーの地形区分に従えば本調査地域の大部分はサジケ (Sailique) 山脈帯に属する。標高は海拔700mから3,800mまでを示し、地形は急峻で典型的な幼年期地形を呈する。調査地域の西側はいわゆるワンカバンバ低地帯をはさみ南米大陸の分水嶺を形成する西アンデス山

脈が分布する。調査地域東端はいわゆるマラニョン(Marañon)低地帯にかかり、起伏のゆるやかな老年期地形を呈する。

サジケ山脈帯は西アンデス山脈帯より氷河活動により分離されたとされ、比較的低位にもU字谷、氷蝕カール等の氷河地形の残影がみられる。また高所では針状峰(aiguille)、氷蝕尖峰(horn)及び鋸歯状山稜(gra)等の氷河に特徴的な地形が随所に保存されている。

本調査地域の水系は全てアマゾン川を經由して、大西洋に注ぎ込む。重要河川としては調査地域の西部を境しほぼ南北に流れ、調査地域南方でほぼ東西に方向を転ずるワンカバンバ川、調査地域中央部を北西-南東の方向性をもって斜交するチョンタリ川、調査地域北端を境するタバコナス(Tabaconas)川がある。これらの河川は全てアマゾン川のペルーにおける一大支流の一つであるマラニョン川に合流する(Fig. I-1)。

ワンカバンバ川はその豊富な水量を西アンデス山脈西部に広がる広大な砂漠地帯に灌漑するための、西アンデス山脈を横断する用水路計画の水源として位置付けられているが現在のところ掘さく作業は中止している。

2-3 気候及び植生

調査地域の気候及び植生は標高差が3,000mにも達するため標高による変化が特に顕著である。

標高3,000m以上はいわゆるプーナ(Puna)気候であり、寒冷気候帯である。植生もイチュ(lchu)と呼ばれる針状植物あるいは低灌木類のみであり、氷河地形の急峻さと相俟って土地利用はほとんどなされていない。

標高1,500m~3,000m間は亜熱帯性気候であり、高温多湿の性格を有し、主要農耕地帯を形成する。未開墾部は高地性亜熱帯雨林帯が残存し、地形の急峻さと相俟って人跡未踏の地を形成する。開墾部はいわゆる焼畑農業であるため、放置された部分は、二次的植生が繁茂する。西部域は、開墾が進むにつれ降雨量が減り砂漠化が進んで来たという。ワンカバンバ川の支流であるグランデ(Grande)川下流域ではかつては植生豊かであったとの事であるが、現在では岩石砂漠に化している。

標高1,500m以下は初生的には高温多湿の熱帯雨林帯であるが、現在では開墾が進み、熱帯雨林地帯は河川流域に局所的に残存するのみである。

本調査地域は明瞭な雨期と乾期とが認められる。雨期は12月~3月であり、降雨量も平均2,000mm/年に達する。乾期は4月~11月であるが、東部域においては乾期であっても時にスコールの降雨が認められる。

前節に記した重要河川は雨期の豊富な降雨及び山岳部に残存する広大な亜熱帯雨林帯が保

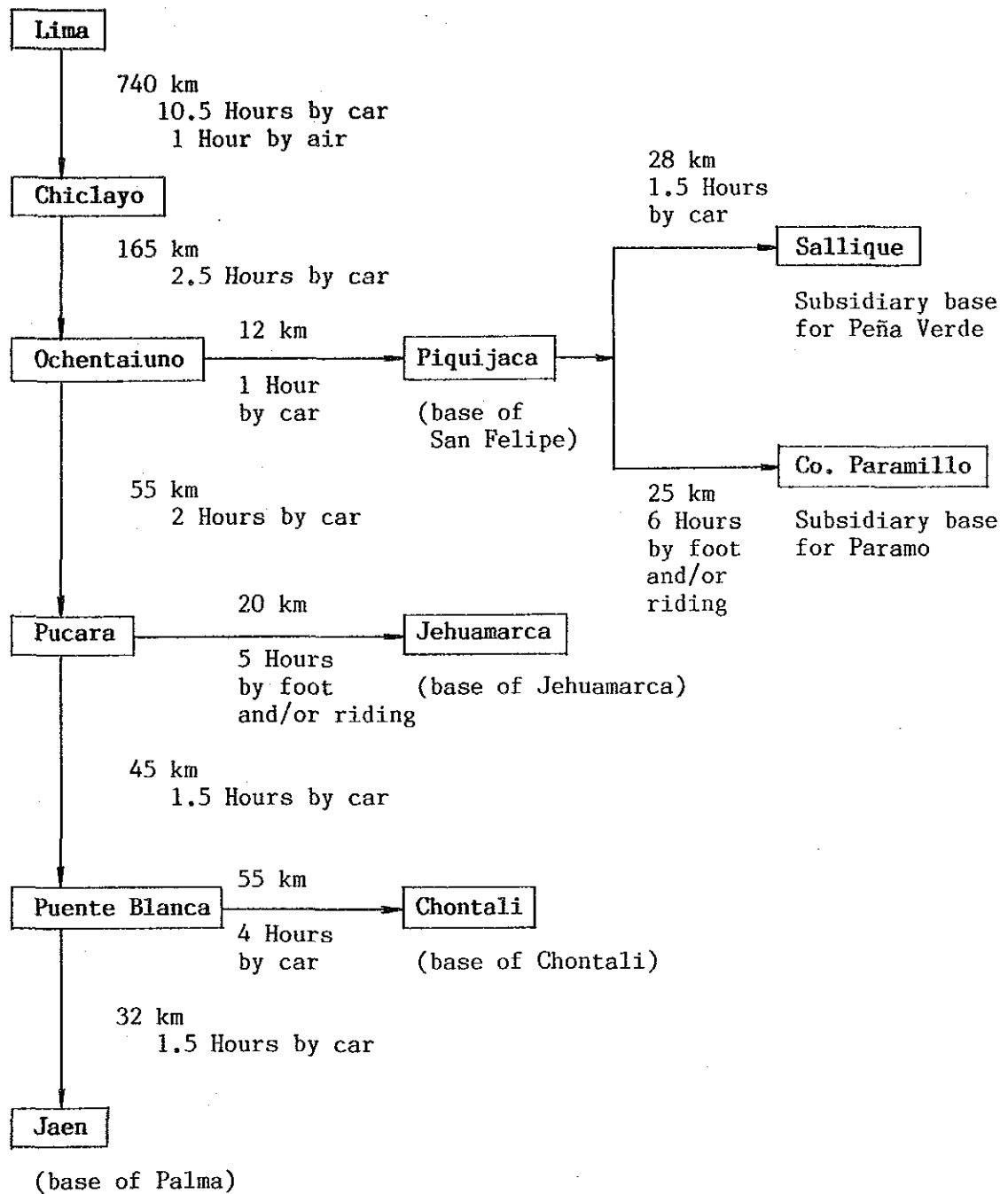


Fig.1-2

Summarized Accessibility in The Survey Area

水林の役目をはたし、年中豊富な水量を有しており、本河川及びその支流を巧みに利用し開墾地の灌漑が行われている。この灌漑用水路は今年度地質調査の重要な調査ルートとして利用された。

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 既往調査の概要

本調査範囲の地質については部分的又は局所的地質調査はなされていたが広域的地質調査は地質鉱物冶金研究所の図幅調査 (Geología de Los Cuadrangulos de La Playas, La Tinta, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos, Pomahuaca; Bol No. 39, Serie A, Reyes, L. y Caldos, J. 1987) をその嚆矢とする。

本調査地域の鉱床調査は、1968年から1970年までの英国の技術協力による“北部地化学探査計画”，1971年から1975年までの西独及びフランスの技術協力及び地質鉱物冶金研究所自身による前記技術協力調査により得られた河川堆積物による地化学異常帯に対するフォロー調査及び1983年から1986年までのチンチッペ総合計画 (Proyect Integral Chinchipe) があげられる。

“北部地化学探査計画”ではカニャリアコ (Cañariaco), ラ・ワカ, ラ・グランハ (La Granja), ヘワマルカ, ペーニャ・ベルデ (Peña Verde), パラモ (Páramo) 及びベガ (Vega) 等の鉱徴が捕捉され、カニャリアコ及びヘワマルカは地質鉱物冶金研究所自身により、ラ・ワカはフランスの技術協力により、ラ・グランハは西独の技術協力によりフォロー調査が実施されている。その他の鉱徴は未調査のまま放置されている。

“チンチッペ総合計画”ではトマケ (Tomaque), ワキージャ (Huaquilla) セロ・カンパニャ (Cerro Campana), エル・セドロ (El Cedro), ラス・ピーニャス (Las Piñas), チョントリ, ハエン及びソナンガ (Zonanga) 等の地化学異常帯が捕捉されている。これらの異常帯のうち前4者は、1986年より西独の技術援助により調査が開始されている。

3-2 一般地質

本調査地域を含む広域地質をReyes y Caldas (1987), Wilson (1984) 及びDavila et al (未公刊) をもとに概観する (Fig. 1-3)。

本地域はいわゆるワンカバンバ屈曲帯 (Huancabamba Deflexion Zone) に属し、地質構造擾乱帯に位置する。従って各地質単元の堆積環境の変化が著しく地層の対比に相当の混乱が認められ、今後の研究が必要である。調査地域に出現する地質単元を模式的に編纂すれば Fig. 1-4の如く取りまとめることができる。以下に下位層準より順次概説する。

3-2-1 堆積岩類及び変成岩類

1) マラニョン複合岩体 (Marañon Complex)

本複合岩体は大別すれば結晶片岩と片麻岩とより成る。結晶片岩は堆積岩源の雲母片岩を主体とし、珪岩及び変アルコーズ砂岩を挟在する。片麻岩はトナル岩ないし花崗閃緑岩質の縞状片麻岩であり、鉱物共生関係より、白雲母-黒雲母-柘榴石系と黒雲母-白雲母系とに分類される。

本岩の命名者 Wilson y Reyes (1964) によれば本岩体の上位に不整合にてオルドビス系が分布する (パタス Pataz 図幅) としており、本岩は先オルドビス系と言える。南部ペルーの海岸地帯に分布する本岩に類似する変成岩類は Rb-Sr 年代で 20~6.5 億年を与えており、本岩体も先カンブリア系に対比し得るものと考えられる。

調査地域内では北部縁を流れるタバコナス川上流域に分布するとされる。

2) オルモス複合岩体 (Olmos complex)

本複合岩体は Baldock (1971) により命名され、下部古生界に対比されている。

本岩体は、粘土質堆積物を原岩とし、泥質片岩及び石英質片岩より成り、深部相として時に片麻岩相に達する事もある。一般に層々注入石英が観察されるが、貫入岩体近辺では特にその発達は顕著である。

本岩体の時代を明確にする証拠は何もないが、マラニョン複合岩体を不整合に覆うこと及び後述するサラス層群により不整合に覆われていることより、先カンブリア後期から早期オルドビス紀までの間に対比される。

本調査地域においては南西部域に分布する変成岩類が本複合岩体に同定されている。

3) サラス層群 (Salas Group)

本層群は千枚岩、泥質片岩及び凝灰質泥岩より成り、珪岩の薄層を挟在し、オルモス複合岩体を不整合に覆う。基底部には片岩の礫を有する基底礫岩が発達し、上部はリオ・セコ累層に漸移する。

本層群は稀に産する化石により下部オルドビスないしシルル-オルドビス系に対比されている。

調査地域においては北西縁のワンカバンバ川上流及び北縁中央部のタバコナス川中流域に出現する。

4) リオ・セコ累層 (Rio Seco Formation)

本累層は珪岩を主体とし千枚岩を挟在し、サラス層群を整合的に覆う。化石を産しないので明確な時代決定は出来ないが、産状よりシルルー・オールドビス系に対比される。

調査地域内での分布は知られていない。

5) オヨトゥン火山岩類 (Oyotun Volcanics)

本火山岩類はWilson (1984)により命名された。オルモス複合岩体を不整合に覆い上部は整合的にゴイアリスクスガ層群に覆われるが、調査地域西方では不整合にてティナホネス層に覆われる。

本火山岩類の下部層準では、安山岩質溶岩及び火山碎屑岩中に石灰岩及び千枚岩を挟在することもあり、上部に向い安山岩または変安山岩に変化する。更に上部に向うと火山碎屑岩を主体とするようになり再度頁岩・泥岩及び珪質石灰岩を挟在する。

火山岩質岩を主体とするため化石の産出は乏しいが、稀に産する化石によれば三疊紀後期に対比される。

調査地域における主要構成地質単元であり、全域にわたり広範に分布する。

6) ティナホネス累層 (Tinajones Formation)

本累層はWilson (1984)により命名された。オヨトゥン火山岩類を不整合に覆い、砂質堆積物を主体とし凝灰質岩を挟在する地層である。上部に向い珪岩質岩の挟みを増しゴイアリスクスガ層の珪岩層に移行する。プカラ以東では本累層は欠除し、オヨトゥン火山岩類にファラット累層が直接堆積する。

本累層には多量の化石を産し、これらによりベリアシアン (Berriasian)あるいはネオコミアン (Neocomian) に対比されている。

調査地域では西部縁に分布する。

7) ゴイアリスクスガ層群 (Goyllarisquizga Group)

本層群は中部ペルーにおいては下部よりチムー累層 (Chimu Formation)、サンタ累層 (Santa Formation)、カルワズ累層 (Calhuaz Formation) 及びファラット累層 (Farrat Formation) より成るとされている (Bellido 1969) が、本地域ではチムー累層に相当する珪岩層及びファラット累層に相当する頁岩の薄層を挟在する珪岩層が記載されているのみで、サンタ累層及びカルワズ累層に相当する石灰岩及び頁岩砂岩互層は欠除するとされている。

本調査地域では西部縁、中央部チョンタリ地区及び北縁部に分布する。

8) インカ累層 (Inca Formation)

本累層は不整合にてゴイアリキスガ層群を覆い、チュレック累層の石灰岩層に整合的に覆われる。基底層は砂質石灰岩及び石灰質凝灰岩より成り、その上位に成層した砂岩が累重する。石灰岩中には緻密な石灰質団塊が特徴的に産する。

随伴する化石によれば本累層は下部アルビアン (Albian) に相当し、ペルー中部におけるパリアワンカ累層 (Pariahuanca Formation) に対応する。

本調査地域内では西部域に出現する。

9) チュレック累層 (Chulec Formation)

本累層は Benavides (1956) により命名された。下位層であるインカ累層及び上位層であるパリアタンボ累層とは整合的に変化する。下部層は泥灰岩、上部層は団塊を有する石灰岩より成り、化石を多産する。これらの化石により中部アルビアンに同定されている。

調査地域内では西部域にインカ累層に接して出現する。

10) パリアタンボ累層 (Pariatambo Formation)

本累層は下位層であるチュレック累層及び上位層であるプルイカーナ累層と整合関係にある。下部層は成層した石灰岩・石灰質頁岩・凝灰質頁岩の互層帯であり上部に向い凝灰質頁岩・凝灰岩に変化する。石灰質岩にはアンモナイト化石を多産する。これらの化石より中部アルビアン上部に対比される。

調査地域内では西部域にチュレック累層に接して出現する。

11) プルイカーナ累層 (Pulluicana Formation)

本累層は Tafur (1950) により命名され、下位層であるパリアタンボ累層とは整合的に変化する。上部は不明であるが概ね第三紀火山岩類に不整合にて覆われる。一般に石灰質岩より成り頁岩・石灰質砂岩を挟在する。上部に向い安山岩質火山岩及び火山砕屑岩に変化する。一般に化石に富み、上部アルビアン～セノマニアン (Cenomanian) に対比される。

調査地域では西部域にパリアタンボ累層に接して分布する。

12) ヤーマ火山岩類 (Llama Volcanics)

本火山岩類は Wilson (地質鉱物冶金研究所内部資料) により命名された。

本火山岩類は種々地質単元を不整合に覆い、上部は不整合にてポルクヤ火山岩類に覆われる。

岩質的には安山岩質火山砕屑岩を主体とし、酸性岩質凝灰岩を挟在する。更に一部には石灰質砂岩、石灰岩、石膏及び砂岩を随伴する。調査地域北西延長に位置するアラゴト (Aragoto) 及びアンチャライ (Anchalay) においては本火山岩類中に、銅・鉛・亜鉛の鉱徴を含むことが知られている。

本火山岩類の堆積時代は化石の保存状況悪く直接的に時代を決定することはできないが、チョタ (Chota) 礫岩層 (上部白亜系～下部第三系) を不整合に覆うことより下部第三系に対比され、いわゆるカリプイ火山岩類 (Calipuy Volcanics) の下部層に同定し得る。

調査地域内には分布しないが、調査地域の北西延長部及び南部外縁に分布する。

13) ポルクーヤ火山岩類 (Porculla Volcanics)

本火山岩類は Baldock (1971) により命名され、下位層ヤーマ火山岩類及び上位層シンベ火山岩類とは傾斜不整合の関係にある。

岩質的には安山岩ないし流紋岩質凝灰岩を主体とし、安山岩質凝灰角礫岩及び溶岩を挟在する。西部に向い流紋岩質岩が卓越する。

本火山岩類の堆積年代は化石の産出少なく、決め手に欠くがヤーマ火山岩類を不整合に覆うことより下部～中部第三系に対比され、いわゆるカリプイ火山岩類上部層あるいはペルー南部に分布するタカサ火山岩類 (Tacaza Volcanics) に対比し得る。

調査地域内においてはワンカバンバ川流域及び支流のグランデ川下流部に分布するとされる。

14) シンベ火山岩類 (Shimbe Volcanics)

安山岩ないし変安山岩より成り時に黄鉄鉱の鉱染を伴う。下位層のポルクーヤ火山岩類を不整合に覆いほぼ水平的に分布するが、 $5\sim 10^\circ$ の間で波うつ。

時代決定の決め手はないが、ポルクーヤ火山岩類を不整合に覆うことより中部～上部第三系に対比され、ペルー南部のタカサ火山岩類に相当するものと考えられる。

本火山岩類は調査地域内には分布しないが、調査地域の北西延長部に出現している。

15) タンボラーパ累層 (Tamborapa Formation)

本累層は亜円礫ないし円礫の不均質な礫岩層より成る。礫種は貫入岩類、火山岩類、堆積岩類更に時には変成岩類と非常に雑多である。固結度も弱く、第四紀堆積物に対比される。

本調査地域東縁部にジュラ系及び白亜系を不整合に覆って分布する。

3-2-2 貫入岩類

本区域における貫入岩類は斑糲岩類、閃緑岩類及び花崗岩類等より成る。これらの貫入岩類の貫入時期は絶対年代の測定は行なわれておらず不明であるが隣接するエクアドルの海岸バソリスに属するマカラ (Macara) 貫入岩体では 100 百万年 (Kennerley 1973) の値が得られている。一般に斑糲岩類及び閃緑岩類は花崗岩類よりも古く、花崗岩類はボルクーヤ火山岩類までを貫く。

調査地域においては、南西部域、中央部及び東部域に、北西-南東又は、南北の貫入トレンドを有して、閃緑岩質～花崗岩質の深成岩類が分布する。

3-2-3 地質構造

本地域における地質構造上の特徴はアンデス構造帯の一般方向の変異帯の南縁に位置することである。本変異帯はいわゆるワンカバンバ屈曲帯であり、アンデスの基本構造である NNW-SSE の一般方向がコロンビア～ベネズエラの基本構造である NE-SW に変化する地域に相当する。本屈曲帯は中生代の造構運動発展過程に形成されたとされる。すなわちアンデス型の大陸性環境よりアルプス型の地向斜または内陸性環境に変化した過程である。

本地域における断層構造は東西の力による東西及び北東-南西の組合せと北西-南東の力による南北及び北北西-南南東の組合せの二系統がある。これらの断層系列はいずれもワンカバンバ屈曲帯形成時の構造運動を反映している。

3-3 調査地域の鉱床学的位置付け

本調査地域は鉱床生成区概念に従えば、西部鉱床区、北部銅鉱床亜区及び中生界多金属鉱床亜区 (Ponzoni 1980) に分類される。

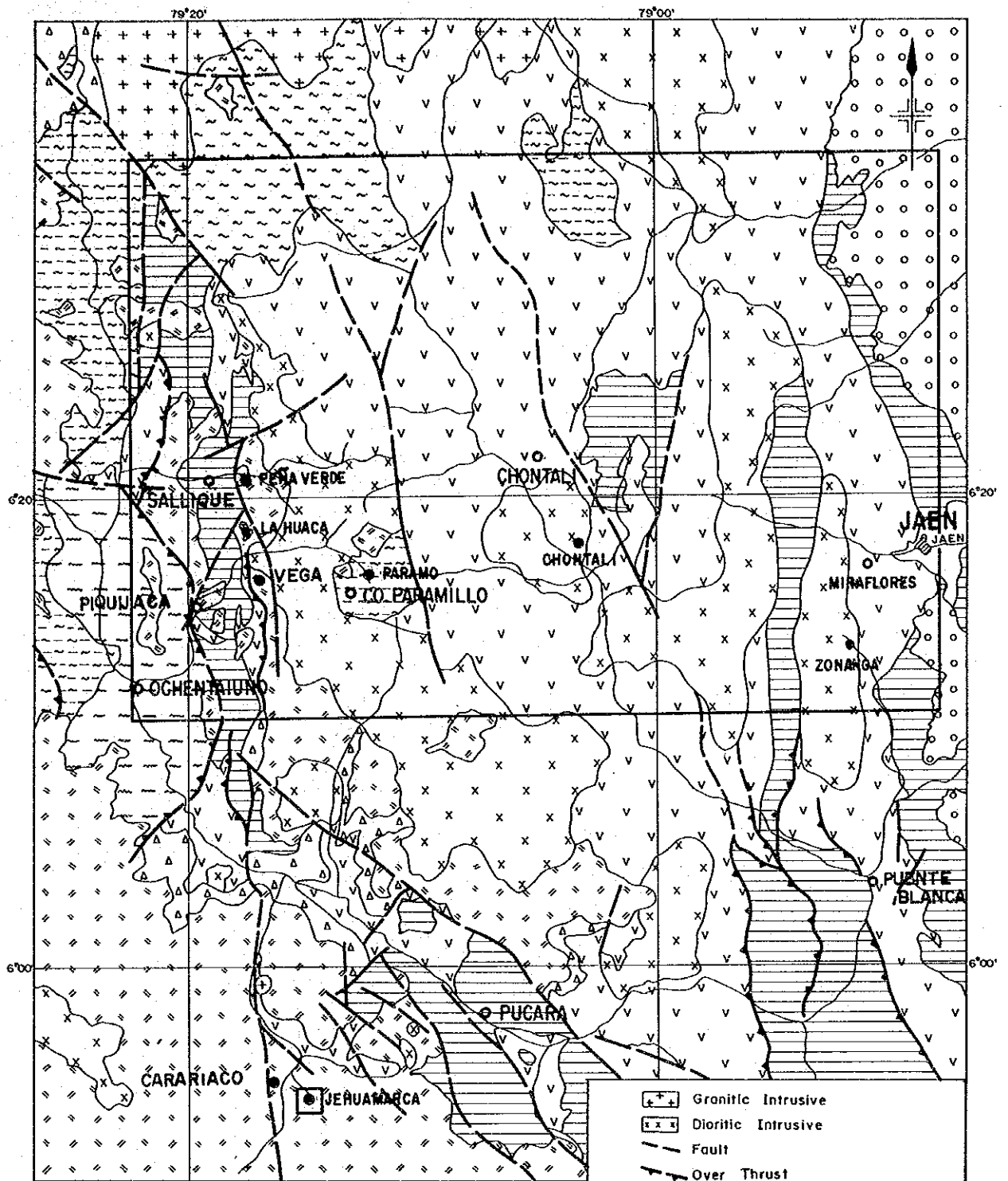
北部銅鉱床亜区はペルー中部及び南部におけるいわゆる海岸銅鉱床亜区に対応するものであるが、現在までのところ重要な鉱床は見出されていない。中生界多金属鉱床亜区は北はコロンビアから南はボリビアを経てチリーに至るいわゆるアンデス地向斜堆積盆にほぼ平行して分布する銅・鉛・亜鉛・銀 (モリブデン・金・タングステン) を伴う単純又は複雑硫化物鉱床の分布域であり、ペルーにおける主要鉛・亜鉛鉱床は全てこの鉱床亜区に包含される。

Cobbing et al (1981) によれば中生界多金属鉱床亜区は更に細分され、調査地域はミチキジャイ (Michiquillay) ～ラ・ワカ鉱床帯に分帯されている (Fig. 1-5)。本鉱床帯は銅の鉱化が優勢で、著名なものはミチキジャイ (鉱量 544 百万 t, Cu 0.69%), ラ・グランハ (La Granja, 鉱量 234 百万 t, Cu 0.8%), カニャリアコ (Cañariaco, 鉱量 8.84 百万 t, Cu 0.78%) 及びトルマリーナ (Tormalina) 等の斑岩銅鉱床が分布する。また本鉱床帯は金

・銀等の貴金属を随伴する多金属鉍脈鉍床帯を含む。著名なものはワルガヨック (Hualgayoc) 及びソロチュコ (Sorochuco) 等がある。

調査地域内においては現在生産活動を行なっている鉍山はないが、サン・フェリッペ地区南西縁において石油ボーリングの泥材用に重晶石脈が稼行された実績があると言う。

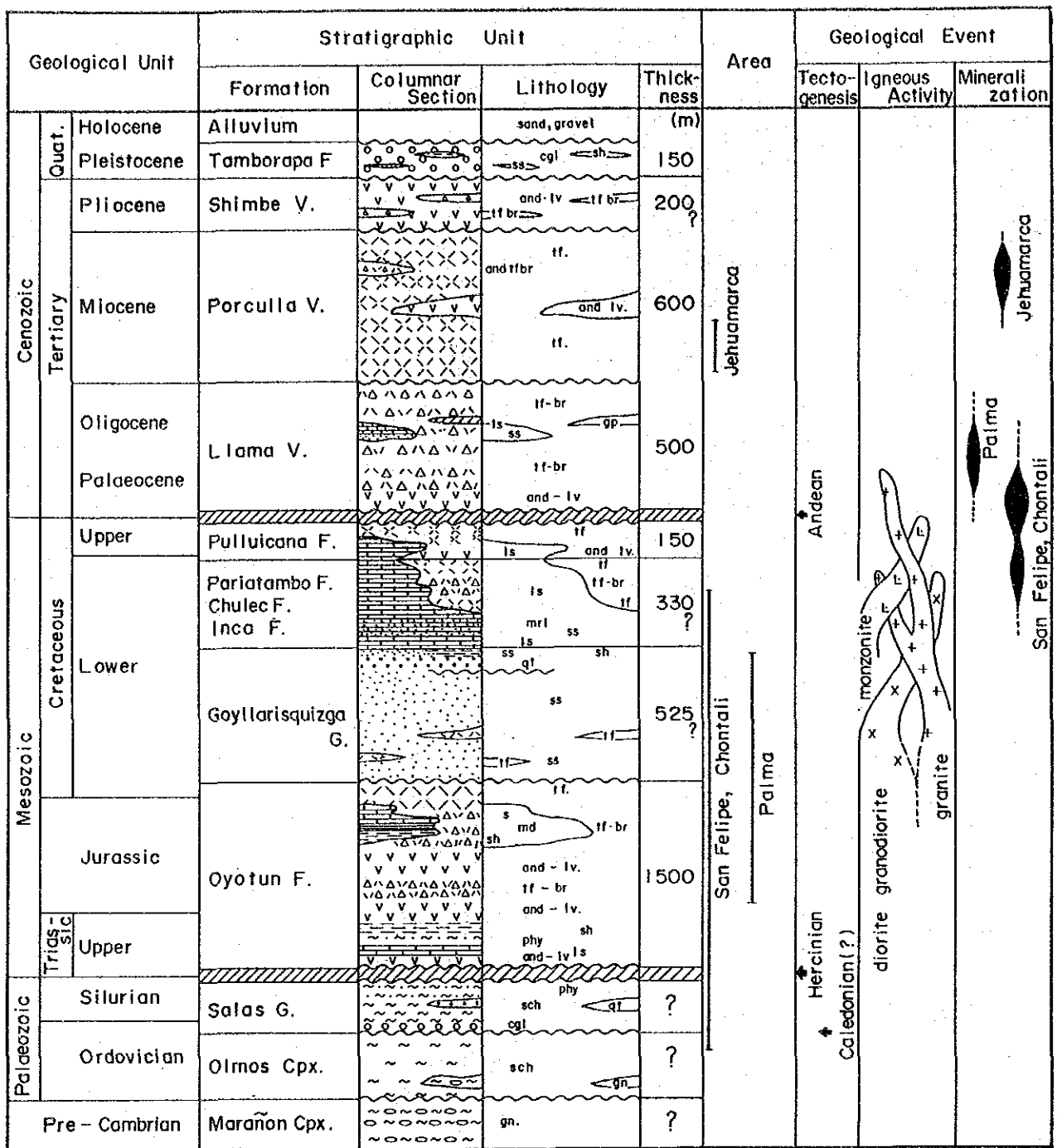
チョンタリ川及びタバコナス川においては、個人あるいは小グループにて砂金の採取が行なわれており、前述した本鉍床帯の特徴である含貴金属鉍化作用の存在が示唆されていると考えられる。



LEGEND		● Mineral Indication ○ village
Quaternary	Tamborapa Formation	○ ○ ○ ○
Tertiary	Porculla Volcanics	○ × × ×
	Llama Volcanics	△ △ △ △
Cretaceous	Goyllarisquizga Group	▨ ▨ ▨ ▨
Jurassic	Oyotun Volcanics	× × × ×
Triassic		▽ ▽ ▽ ▽
Silurian	Salas Group	▨ ▨ ▨ ▨
Ordovician		▨ ▨ ▨ ▨
Cambrian	Olmos Complex	▨ ▨ ▨ ▨
Proterozoic	Marañon Complex	▨ ▨ ▨ ▨
		Shale, Sandstone, Conglomerate
		andesite, tuff, tuff breccia
		tuff breccia, Sandstone, limestone, gypsum
		quartzite, Shale, Sandstone, limestone
		andesite, tuff, tuff breccia, Shale, limestone
		Phyllite, Schist, quartzite, Conglomerate
		Schist, gneiss,
		gneiss

Fig. 1 – 3 Generalized Geological Map of The Survey Area

after Wilson (1984), Reyes et al (1987) and Davila et al (inedited)

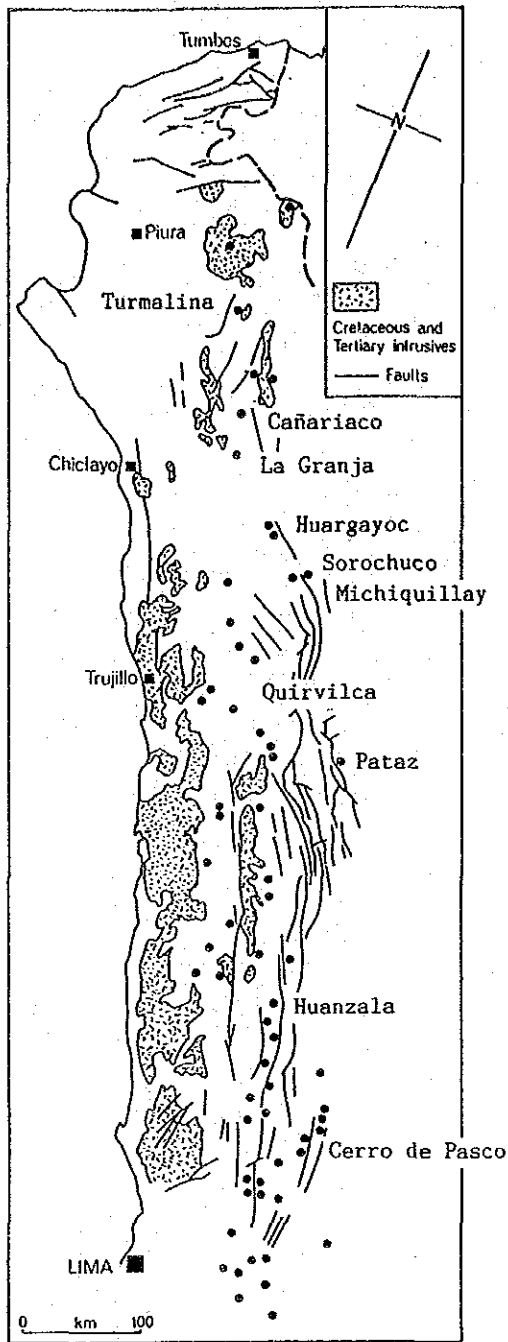


Abbreviations.

and	andesite	gn	gneiss	md	mudstone	sch	schist
acd	acidic	gp	gypsum	mrl	marl	sh	shale
br	breccia	ls	limestone	phy	phyllite	ss	sandstone
cgl	conglomerate	lv	lava	qt	quartzite	tf	tuff
F.	Formation	V.	Volcanics	G.	Group.	Cpx.	Complex

Fig.1-4

Generalized Stratigraphic Column of The Survey Area



Location of Mines and Major Mineral Deposits

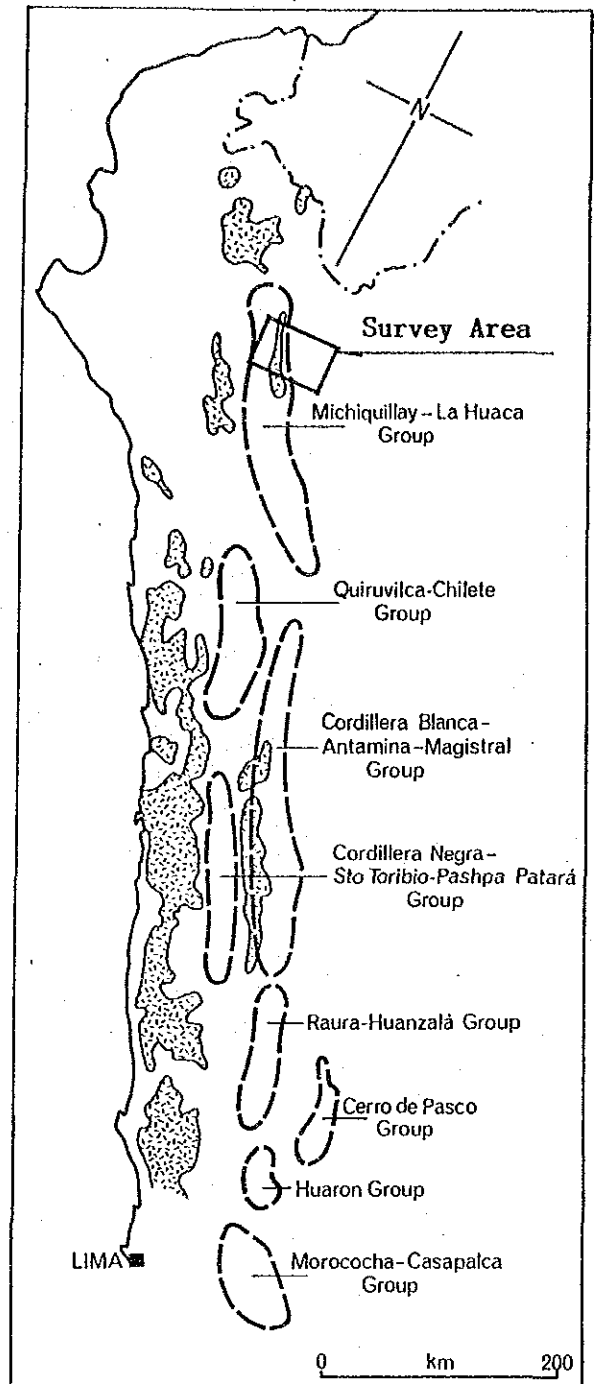


Fig.1-5

Group of Mineral Deposits within The Mesozoic Polymetallic Province.

After Cobbing et al (1981)

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制について

本調査地域は広域的にはいわゆるワンカバンバ屈曲帯に位置する。すなわちアンデストレンドである北北西-南南東の一般走向が、北東-南西方向のトレンドに方向転換する転移帯に本地域は属する。

ランドサット画像解析によるリニアメントの出現頻度及びその規模は広域的にはN15°W方向、いわゆるアンデストレンドが卓越する。各準精査地区別にその出現頻度をみれば、チョンタリ及びヘワマルカ地区では北北西-南南東方向のトレンドが優勢であり、サン・フェリッペ及びパルマ地区では東西あるいは南北系のリニアメントが優勢である (Fig. II-3)。

一方現地調査によっては前記リニアメントに斜交する北東-南西ないし北北東-南南西系の断層裂罅系が各地区共に顕著に観察されている。これは前述の大構造に対応する横圧力の方向を示すものと考えられ、パルマ地区において観察される右横ズレ断層の成因を暗示するものと考えられる。しかしながらサン・フェリッペ地区においてみられる西側ブロックの陥没した様な構造は、力の場の伸張系を示すものであり、本調査地域全域を一つの力の場で説明することは困難であろう。あるいは東部域の圧縮系、西部域の伸張系とこれらを対としてみる場合ワンカバンバ屈曲帯の形成過程を示すのかもしれないが、今年次調査では解明するには至らなかった。

鉱化作用を鉱化変質作用という面からとらえた場合、変質帯は常に現地調査により得られた北東-南西方向の裂罅系あるいは二次的に派生した北西-南東方向の裂罅系に伴って生成している。前者の例はヘワマルカ鉱化変質帯 (Fig. II-22) であり、後者の例はチョンタリ鉱化変質帯 (Fig. II-18) である。パルマ地区ソナンガ区域の鉱化変質帯 (Fig. II-20) は地化学異常の分布形態より混合型であると言え、またサン・フェリッペ地区 (Fig. II-5) におけるラ・ワカ鉱化変質帯も、モンゾニ岩の貫入に由来する如き産状を示すが、モンゾニ岩の貫入形態が北東-南西及び北西-南東方向の組合せより成っていることより、両者の混合型であると言えよう。更にペーニャ・ベルデ鉱化変質帯は、珪化変質帯の伸張方向が北東-南西方向であり、現在既に膠着してしまっているが始源的には前者の裂罅系に伴う変質生成の場に位置していたものと推定される。

これらの鉱化変質作用はいずれも浅熱水性鉱化変質作用として特徴付けられるが各鉱化変質帯の立体的位置付けを無視して各調査地区の裂罅系と鉱種の間係をとらえてみれば (Fig. I-6)、北東-南西裂罅系に伴う鉱化変質作用は銀を伴う卑金属鉱化変質作用 (ペーニャ・ベルデ及びヘワマルカ)、二次的北西-南東系裂罅系に伴う鉱化変質作用は金銀鉱化変質作

用（チョンタリ），混合型裂罅系については銅鉍化変質作用（ラ・ワカ及びソナンガ）が卓越すると言える。

4-2 鉍床賦存のポテンシャルについて

本調査地域は地質鉍物冶金研究所により実施された“北部地化学探査計画”及び“チンチッペ総合計画”の河川堆積物による地化学探査により捕捉された多数の地化学異常を包含する地域であり，今年度調査はその地化学異常の本源を探ることを目的として実施された。その結果地化学異常の記載された河川の後背地においては明らかな鉍化変質作用が確認された。本年度調査地区のうちチョンタリ地区及びパルマ地区においては継続調査が行われていなかったことから，確たる鉍徴は知られていなかったが，チョンタリ地区においては金銀鉍脈型鉍床の鉍徴が，パルマ地区においては斑岩銅鉍床型の鉍徴がそれぞれ確認された。したがって地質鉍物冶金研究所により捕捉された地化学異常はいずれも何らかの鉍化示徴をあらわしているものと結論づけることが出来る。

一方本調査地域内においては未だ経済的に稼行対象とし得る鉍床は確認されていないが，前記諸計画の継続調査によってラ・グランハ及びカニャリアコ等の鉍床が確認され，更に本調査地域北部地域にて進行中の“チンチッペ総合計画コンドル山系地域”では層状金鉍床及び浅熱水性金鉍床の発見が報告されており，有望な鉍床地帯であることは確実である。

更に本年度調査により，ラ・ワカ鉍化変質帯，ペーニャ・ベルデ鉍化変質帯，ヘワマルカ鉍化変質帯の鉍化変質作用の立体的拡がり が物理探査により明らかとなり，より確度の高い鉍床賦存の可能性が明らかとされ，またチョンタリ鉍化変質帯及びソナンガ鉍化変質帯においては，地化学探査により平面的な拡がり が明らかとされ，サン・フェリッペ地区の既知鉍化変質帯に優るとも劣らぬことが明らかとなり，今後のより詳細な調査により有望鉍床の捕捉の可能性は極めて高いものと判断される。

4-3 地化学異常と鉍化作用の関係について

本年度調査により捕捉した地化学異常帯は，鉍化変質示徴を示唆するもの及び特定層準を示唆するものに分類される。後者については資料不足の感もあるが，チョンタリ地区のサラス層群中に分布する地化探異常値がこれに該当するものと推定される。鉍化変質，特に変質帯の存在を示唆する地化学異常は，オヨトゥン火山岩類及びポルクーヤ火山岩類中に分布するものほとんど全てが該当すると考えられる。

現状では鉍化帯の全貌が未だ明らかでなく，推論の域を出ないが，本地域に賦存の予想される各鉍床型に対応する地化学異常は次の通りである。

フランスのBRGMのボーリング調査により斑岩銅型鉍化作用と分類し得るラ・ワカ鉍化変質帯においては鉍化変質作用の中心部より外側に向い銅・亜鉛・鉛の地化学異常が累帯配列をなすことが明らかとなった。

浅熱水性金銀鉍脈型鉍化作用に分類し得るチョンタリ鉍化変質帯においては、鉍脈分布域では明瞭な地化学異常は現われずその隣接域に金・銀・鉛の地化学異常帯が分布する。大局的にはこの順に累帯配列をなすと言えよう。

含金銀卑金属鉍染型鉍化作用と分類したヘワマルカ鉍化変質帯は、調査範囲全域が変質帯であり地化学異常分布の規則性に乏しいが、金、銀及び鉛の地化学異常帯は鉍化作用をもたらしたと思われる珪化～珪化・粘土化変質帯に密接して分布する。

以上総括すれば Table I-2のとおり取りまとめることができる。

第5章 結論及び提言

5-1 結 論

本調査地域は先カンブリア界より新生界までの地質単元が出現する。鉍化変質作用は中生界であるオヨトゥン火山岩類及び新生界であるポルクーヤ火山岩類中に生じている。鉍化変質作用は、北東-南西系の裂罅系を主体とし、これにより派生したと思われる北西-南東系の裂罅を通路とし生成されたと考えられる浅熱水性鉍化変質作用であり、絹雲母、スメクタイト、カオリナイト及び絹雲母-スメクタイト混合層等の粘土鉍物を特徴的に随伴する。

珪化変質及び/又は珪化粘土化変質帯に重複する地化学異常帯は斑岩銅型鉍床、浅熱水性金銀鉍脈型鉍床及び含金銀卑金属鉍染型鉍床等の賦存の可能性を示唆している。斑岩銅型鉍化示徴は、ラ・ワカ及びソナング各鉍化変質帯に、浅熱水性金銀鉍脈型鉍化示徴はチョンタリ鉍化変質帯に、含金銀卑金属鉍染型鉍化示徴はペーニャ・ベルデ及びヘワマルカ各鉍化変質帯にて捕捉された。

物理探査によりヘワマルカ鉍化示徴は粘土化変質を示す低比抵抗帯中に珪化変質帯を暗示する高比抵抗帯がきのこ状構造を有して存在すると解析されたが、鉍化作用は珪化変質期に重複している可能性があり、きのこ状構造を有する高比抵抗帯は有力な探査ターゲットとなる。またサン・フェリッペ地区では未変質火山岩類である高比抵抗帯中の粘土化変質帯を暗示する低比抵抗帯として物探異常が抽出された。

鉍石分析結果チョンタリ鉍化変質帯中の石英脈はAu 1.37 g/t, Ag 7 g/t (17試料平均)を示し、金銀鉍脈型鉍床賦存の可能性を有し、またヘワマルカ鉍化変質帯の硫化物を有する変質岩はAu 0.80 g/t, Ag 495 g/t, Pb 0.42%, Zn 0.69%, Cu 0.4% (2試料平均)を示し、含金銀卑金属鉍染型鉍床賦存の可能性を示す。

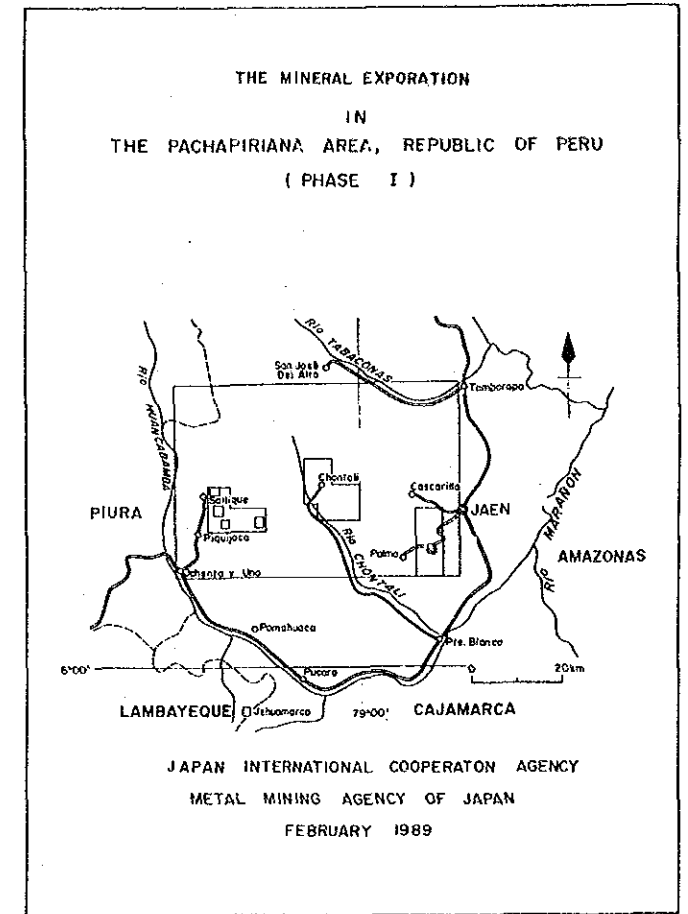
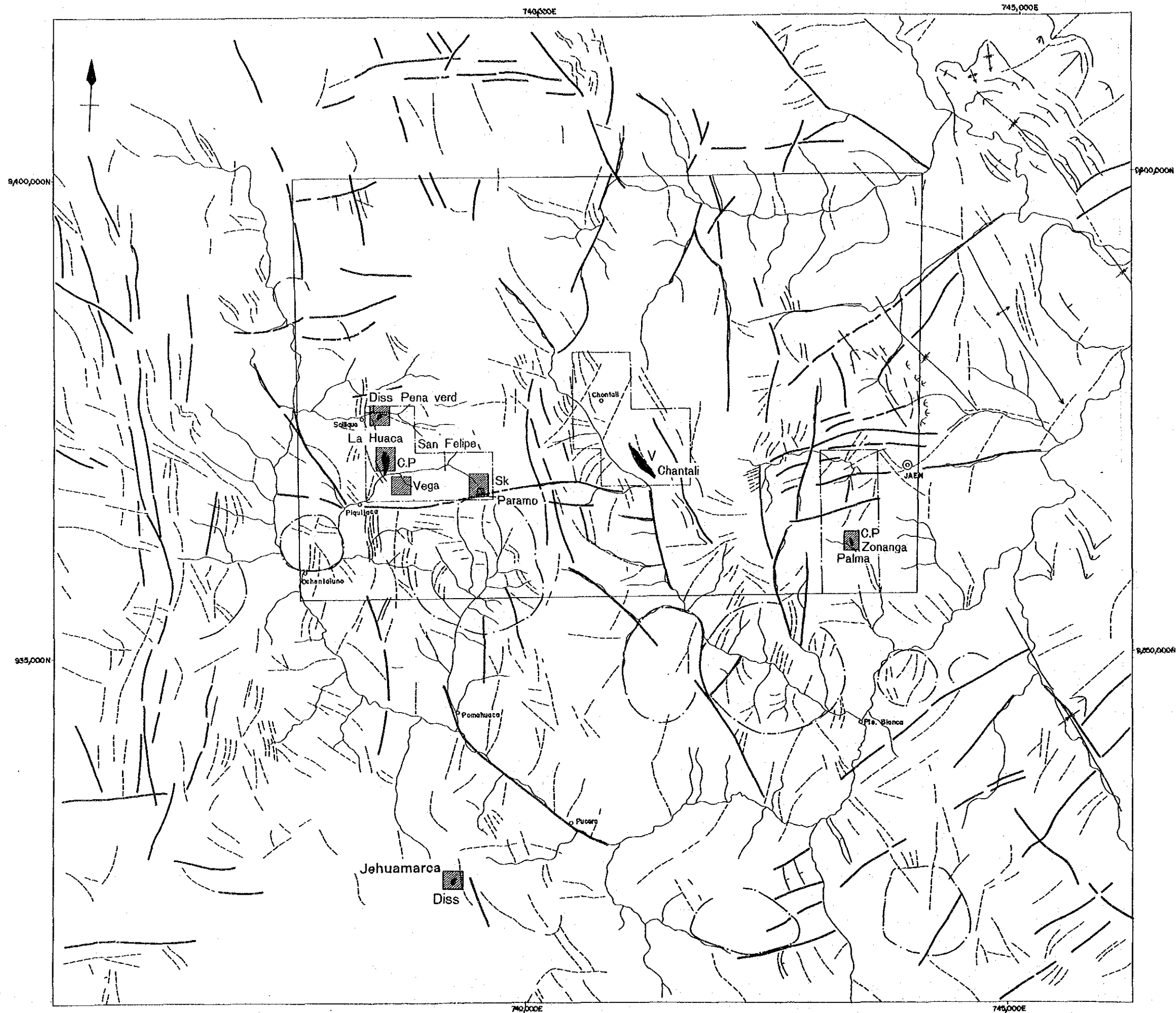
5-2 第2年次調査への提言

第2年次調査については、本年度調査結果を踏まえ次の如き展開が提言される。

- 1) 準精査地区より抽出されたチョンタリ鉍化変質帯の地質精査及び物理探査の実施。
- 2) 物理探査により調査ターゲットが明確に抽出されたヘワマルカ鉍化変質帯に対するボーリング調査の実施。
- 3) 地質鉍物冶金研究所により抽出された河川堆積物による地化学異常帯は、本年度調

Table 1-2 Correlation of Fissure System, Alteration Geochemical Arrangements and Expected Ore Deposit

Area	Fissure System	Alteration	Geochemical Anomalous Arrangement Inner Side - Outer Side	Expected Ore Deposits
San Felipe	Peña Verde	Silicification	Ag - Cu	Au, Ag bearing Disseminated type ore deposits
	La Huaca	Silicification and Argillization combined	Cu - Zn - Pb	Porphyry copper type ore deposits
Chontali	NE-SE	Silicification Argillization combined	Au, Ag - Pb	Hydrothermal vein type ore deposits
Palma Zonanga	NW-SE, NE-SW combined	Silicification Argillization combined	Au, Pb. - Cu, Mo, Zn	Porphyry copper type ore deposits
Jhuamarca	NE-SW	Silicification	Au - Ag - Pb	Au, Ag bearing Disseminated type ore deposits



0 20km

LEGEND

凡例

- MAJOR LINEAMENTS
線構造(強)
- MINOR LINEAMENTS
線構造(弱)
- CIRCULAR FEATURE
環状構造
- BEDDING
層理
- ANTICLINAL AXIS
背斜軸
- SYNCLINAL AXIS
向斜軸
- SURVEY AREA
調査地域
- SEMIDETAILED SURVEY AREA
半精査地区
- DETAILED SURVEY AREA
精査地区
- MINERAL INDICATION
鉱徴地

- C.P : Porphyry Copper Type
- Diss : Dissemination of Base Metal Type
- V : Vein Type
- Sk : Skarn Type

Fig.1-6 Location Map of Alteration and Mineralized Zones in The Surveyed Area

査により極めて確度の高い鉍化示徴である事が確認された。従って未調査のまま放置されているチョンタリ北部，チョンタリ南部，ペーニャ・ブランカ，テウーナ等の地化学異常帯の確認のための地質概査の実施。

- 4) 本年度物理探査（概査）を実施したラ・ワカ及びペーニャ・ベルデ鉍化変質帯に対する物理探査精査の実施（例えばSIP法又はIP法）。
- 5) 精査区域として調査されたソナンガ鉍化変質帯の北部及び東部延長部の精査の追加及び全域に対する概査的物理探査の実施（例えばCSAMT法）。

以上の調査を調査手法毎に優先順位を付し各調査予定地（Fig. III-1）の優先度を検討すれば，Table III-1のとおり総括することができる。

第Ⅱ部 各 論

第1章 ランドサット画像解析

1-1 解析方法

1-1-1 ランドサットMSSデータ

本調査に使用したMSSデータをTable II-1に示す。又、この位置をFig. II-1に示す。

Table II-1 LIST OF LANDSAT CCT DATA

PATH/ROW	DATA ACQUISITION	SATELLITE	CLOUD COVERAGE	SUB-SCENE
9/64	Oct. 26, '83	Landsat-4	10%	○
9/65	Jan. 7, '79	" -3	20%	
10/64	May 19, '78	" -3	20%	○
10/65	May 19, '78	" -3	0%	

調査対象地域は2シーンであるが、この地域の地質解釈を補助するため、パス9/ロー65とパス10/ロー65の2つのシーンを追加した。

1-1-2 処 理

フルシーンとサブシーンに分けて、各々の処理手順を以下に示す。

(1) フルシーン

(a) データの入力

原データを計算機に入力する。今回使用したデータはブラジル局のもので、特殊フォーマットであったため、このブラジリアンBIP2 (Band Interleaved by 2 Pixels) と呼ばれるフォーマットから標準的なBIL (Band Interleaved by Line) フォーマットに変換した。

(b) 濃度変換

原画像の濃度ヒストグラムをとってみると、その分布がかたよっているためコントラストが明瞭でなかった。そこで、コントラストの強調変換を行った。この変換には、一次式を用いた (Linear Contrast Stretch)。

(c) データ欠損の補間

原画像を調べてみると、データ1行分全体に亘りノイズが含まれているものがあることがわかった。そこで、このラインを前後のラインデータを用いて補間した。この補間は、線形補間により行った(Bilinear Interpolation)。

(d) 幾何補正

幾何的に未補正画像を地図座標へ投影するために幾何補正処理を行った。今回は、UTM図法による地形図(1/10万)を入手し、地上基準点を取得し、この地上基準点に対応するように画像を多項式を用いて変換(アフィン変換)(Affine Transformation)することで幾何補正を行った。この変換式の係数は最小自乗法(Least Squares method)によって求めた。

(e) 処理画像の作成

バンド4, 5, 7に青, 緑, 赤の色を割り当てて、各々、各シーンについてフォールスカラー画像(False Color Image)を作成し、写真による出力を行った。

2) サブシーン

(a) データ入力 フルシーンの処理に同じであり説明は省略する。

(b) 濃度変換 フルシーンの処理に同じであり説明は省略する。

(c) 幾何補正 フルシーンの処理に同じであり説明は省略する。

(d) モザイク処理を行う接合部の幾何スムージング(Smoothing)(位置合わせ)処理幾何補正後に接合部に残存する幾何歪の補正を行った。接合部において画像から対応点を抽出した後、荷重をかけて基準点の変更をし、その点をもとにアフィン変換により再投影した。

(e) モザイク処理を行う接合部分における濃度スムージング処理

データ取得日の違いなどにより生じる両シーン間の濃度差を補正するため、まず、一方の画像を基準にし、両画像の濃度の平均値と分散を合わせた。次に、接合部のつなぎ目において、未だ濃度差が残存するため、適当な幅に亘ってスムージング処理を行った。

(f) サブシーンの切り出し

モザイク処理を行った画像データから調査対象地域の範囲を切り出した。

(g) 濃度変換

この切り出したサブシーン内で十分なコントラストを得るように再度(b)と同様の方法で濃度変換を行った。

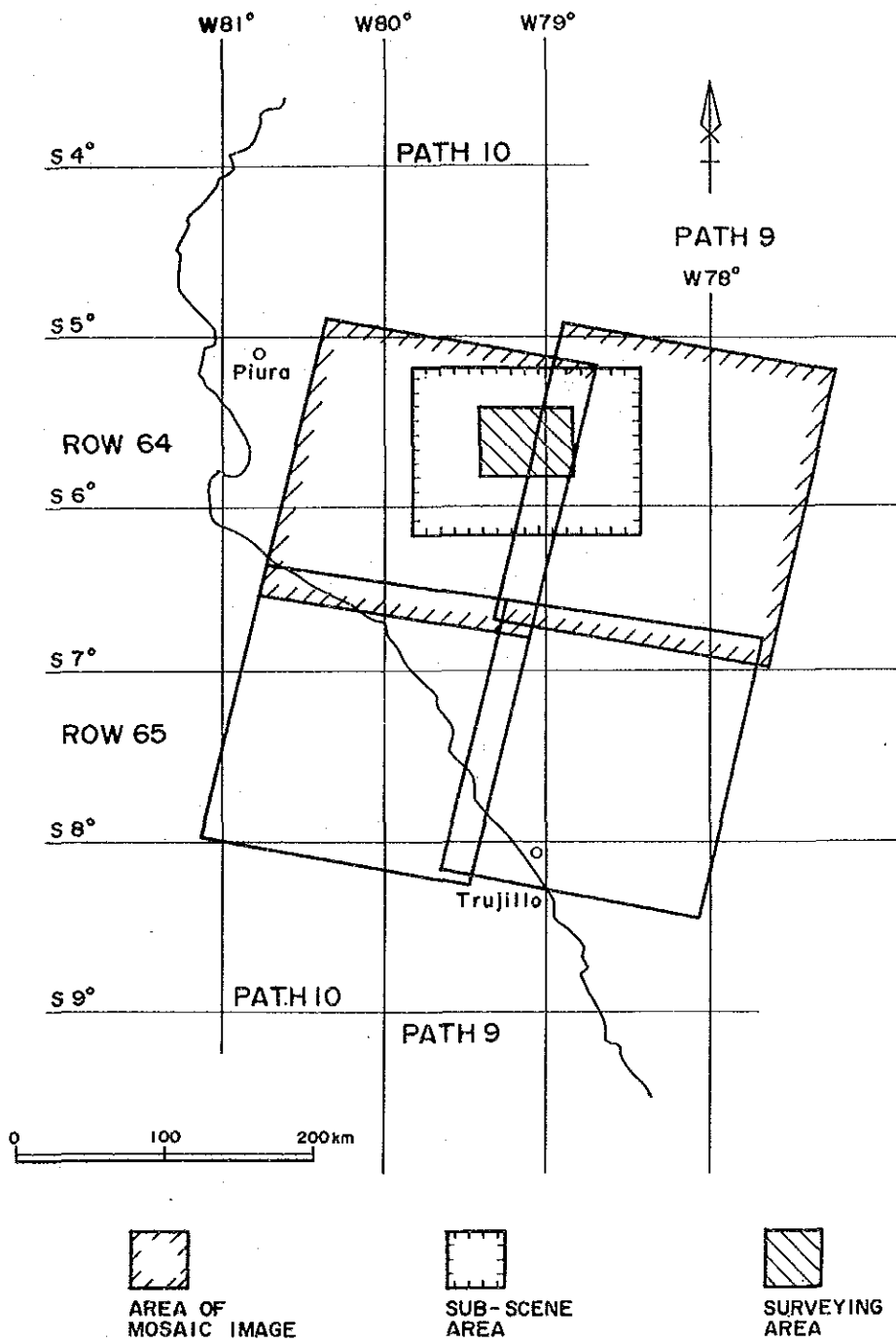


Fig.II-1 Location Map of Landsat Image

(h) 処理画像の作成

バンド4, 5, 7に青, 緑, 赤の色を割り当てたフォルスカラー画像を作成し, このフォルスカラー画像及び, 第7バンドの白黒画像の写真による出力を行った。

1-1-3 判読方法

画像判読は, フォルスカラー画像を主として用いた。同一シーンのMSS第7バンド白黒画像は, 細かい判断を要す所で偽似立体視のために使用した。判読要素は線状構造, 環状構造及び層理とその傾斜方向とし, 層理面の傾斜の空間的配置から向斜背斜構造を判断できる時には, その軸を判読図に書き入れた。

線状構造については, 断層を反映している可能性の高い強いリニアメントとそれ以外の弱いリニアメントに分けた。

1-2 解析結果

1-2-1 リニアメント

ペルー北部及びエクアドル南部は広域的な地質構造トレンドの変換部となっている。アンデス山脈を構成する三連の山脈は, この地域を境にNW-SE系からNE-SW系にトレンドを変える。画像範囲は, アンデス山脈がNW-SEトレンドを示す部分の北西端に位置している。NW-SEのトレンドは調査対象範囲の北東(画像北東端)の堆積岩類の走向に表われている他, 対象範囲の南ないし南東及び北に主要なリニアメントの方向として表れている。また, 画像東端には堆積岩類の向斜背斜構造が読み取れ, その方向もNW-SE系である。このNW-SE系に直交するNE-SW方向のリニアメントは南東に顕著である。N-S方向のトレンドはワンカバンバ川西部に顕著である。

調査対象範囲内は, NW-SE方向及びNE-SW方向のリニアメントは優勢ではなく, むしろN-S系とこれに直交するE-W系が優勢である(Fig. II-2)。特にハエン西部のリニアメント群, チョントリ南部の主要なリニアメント群及び南西端ピキハカ南部の弱いリニアメント群に表われている。

Fig. II-3はそれぞれ調査対象範囲の強いリニアメント(Fig. II-3上段)とすべてのリニアメント(Fig. II-3下段)のローズダイアグラムである。上半円は頻度, 下半円は累積距離である。強いリニアメント図では抽出されたリニアメントは81本, その累積距離は約500kmで, N15°W方向が最も頻度が高く累積距離はN5°W方向が最も長い。これらに直交するE-W系が上記の方向の次に卓越している。1本のリニアメントの長さは3~4kmのものが最も

頻度が高い。

すべてのリニアメントについてはローズ・ダイアグラム (Fig. II-3下段) に見られるように、リニアメント 306本、累積距離約 900kmであった。頻度の高い方向はN20° W、累積距離の長いのはN10° Wで強いリニアメントのみの場合に比べ両者とも5° 西へ回転している。1本のリニアメントの長さは1~2kmのものが頻度が高い。

1-2-2 環状構造

環状構造は調査範囲南西端から東南東方向にかけて5ヶ所、画像南端に2ヶ所、その他環状の一部が見えるものとして、2ヶ所判読された。環状構造の直径は4~15kmである。このうち調査範囲南西端の環状構造は最も明瞭で南流するワンカバンバ川とオチェンタイ・ウノ部落で合流するピキハカ川とがきれいな半円を構成し、それぞれの川の枝沢が残りの半円を構成し環状を呈している。

1-3 考 察

1) サン・フェリッペ地区

サン・フェリッペ地区は判読されたりニアメントが少ないが、これは、一部雲に覆われているためである。近傍も含めると判読されたりニアメントは、ほぼN-S系とE-W系で、ピキハカ部落から東に延びる明瞭なりニアメントはチョンタリ準精査地区まで達している。

2) チョンタリ地区

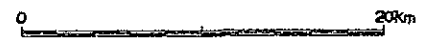
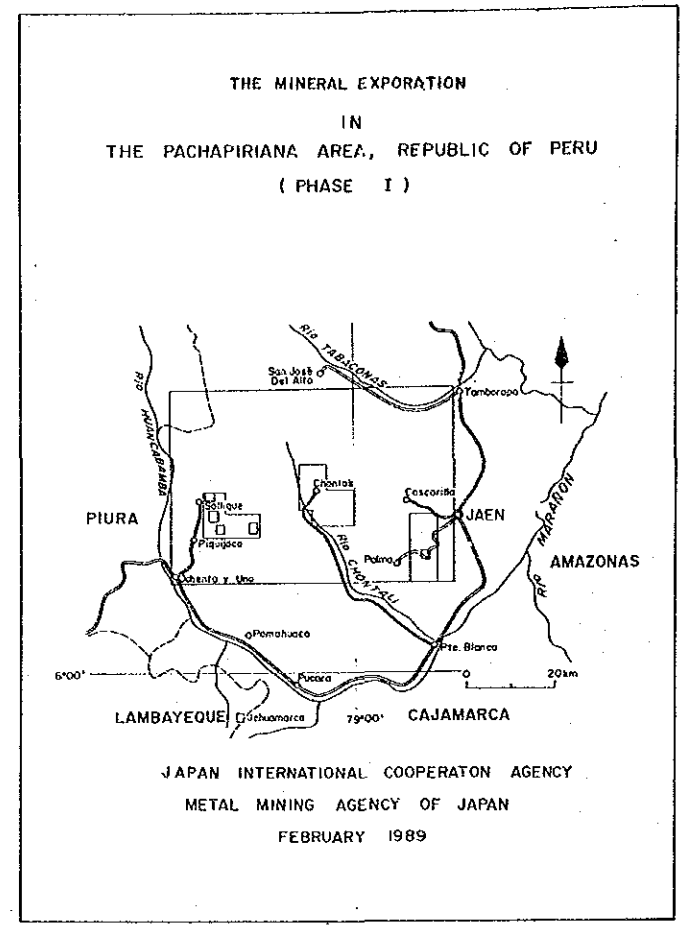
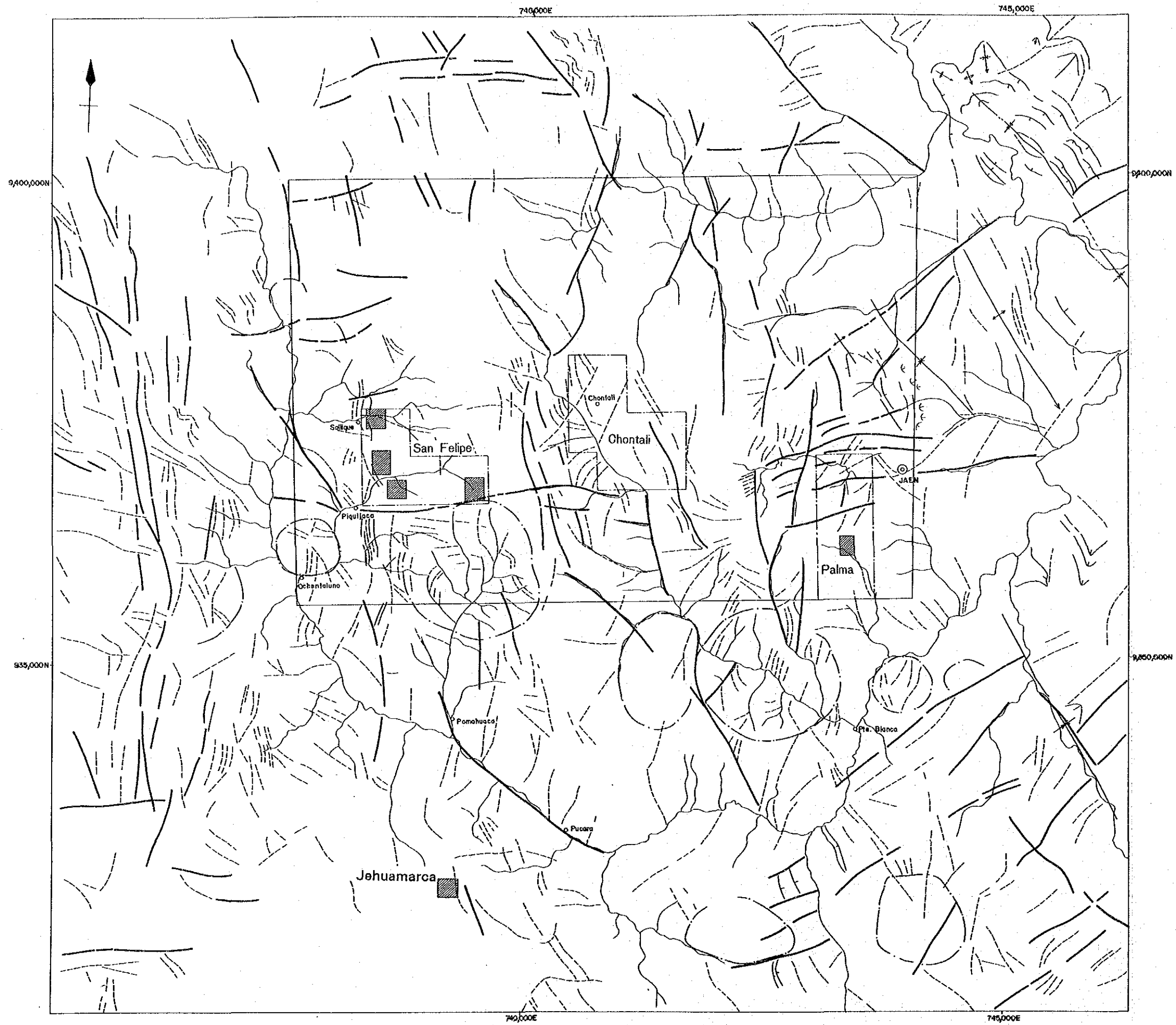
チョンタリ地区はNNW系~NW系が優勢でこれに斜交するNNE系~NE系が見られる。NW~NW方向はアンデス山脈の大きなトレンドを反映しているものと考えられる。

3) パルマ地区

パルマ地区北半分には明瞭なE-W系のリニアメントが見られる。このうち1本はハエンの東方にまで続く優勢なものである。その他NNE方向の明瞭なりニアメントとNE系の弱いリニアメントが見られる。

4) ヘワマルカ地区

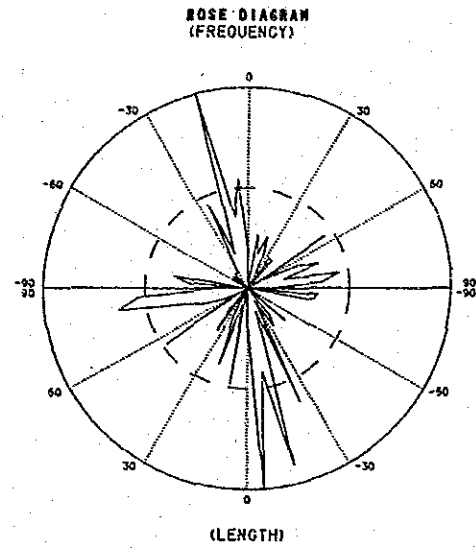
一部に雲があるため判読されたりニアメントは2本で、いずれもNNW方向である。



- LEGEND**
凡例
- MAJOR LINEAMENTS
線構造(強)
 - - - MINOR LINEAMENTS
線構造(弱)
 - CIRCULAR FEATURE
環状構造
 - /// BEDDING
層理
 - ⋈ ANTICLINAL AXIS
背斜軸
 - ⋈ SYNCLINAL AXIS
向斜軸
 - SURVEY AREA
調査地域
 - SEMIDETAILED SURVEY AREA
半精査地区
 - DETAILED SURVEY AREA
精査地区

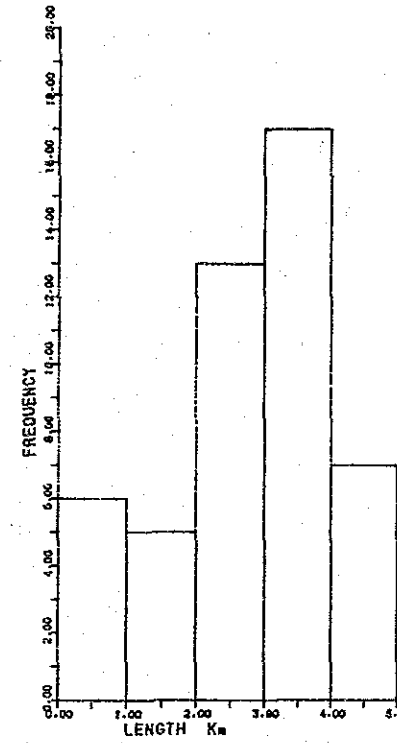
Fig.II-2 Lineaments Map of Landsat Image

ROSEDIAGRAM OF LINEAMENTS



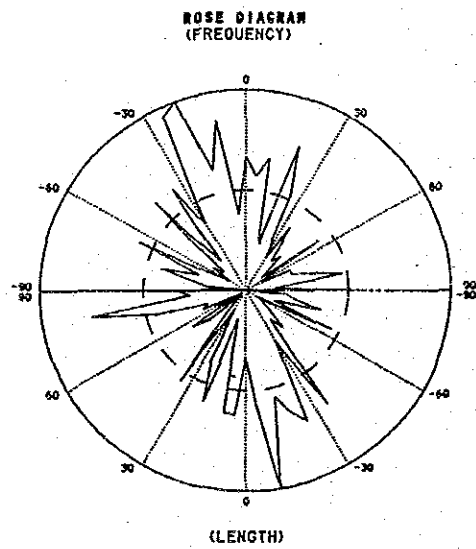
MAJOR LINEAMENTS
 NTOTAL = 81
 NMAX = 11
 MAX-AZIM = -15 (DEG.)
 TOTAL-KM = 503.4 (Km)

HISTOGRAM OF LINEAMENTS

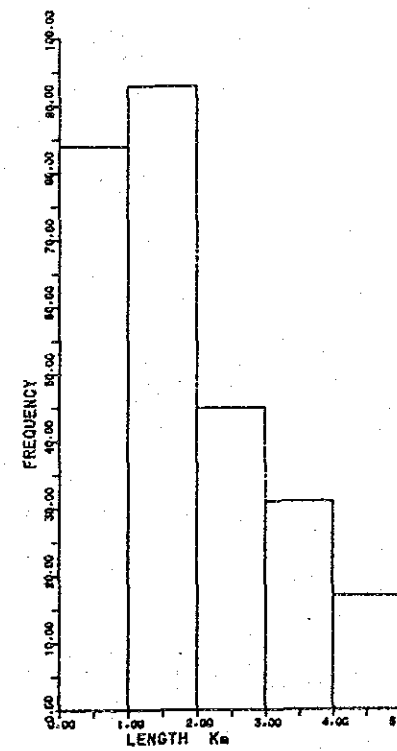


LIST OF LINEAMENTS

DIRECTION	NUMBER	LENGTH
PCS X		KM X
N90.0E-N87.5E	1 1	8.8 2
N87.5E-N82.5E	4 5	30.7 6
N82.5E-N77.5E	5 6	36.9 7
N77.5E-N72.5E	2 2	16.7 3
N72.5E-N67.5E	4 5	13.9 3
N67.5E-N62.5E	3 4	8.1 2
N62.5E-N57.5E	1 1	2.4 0
N57.5E-N52.5E	5 6	27.9 6
N52.5E-N47.5E	0 0	.0 0
N47.5E-N42.5E	0 0	.0 0
N42.5E-N37.5E	2 2	7.3 1
N37.5E-N32.5E	2 2	14.8 3
N32.5E-N27.5E	0 0	.0 0
N27.5E-N22.5E	2 2	8.8 2
N22.5E-N17.5E	3 4	23.1 5
N17.5E-N12.5E	2 2	4.7 1
N12.5E-N 7.5E	3 4	27.9 6
N 7.5E-N 2.5E	0 0	.0 0
N 2.5E-N 2.5W	2 2	11.6 2
N 2.5W-N 7.5W	6 7	57.7 11
N 7.5W-N12.5W	4 5	24.4 5
N12.5W-N17.5W	11 14	52.3 10
N17.5W-N22.5W	2 2	6.9 1
N22.5W-N27.5W	5 6	35.8 7
N27.5W-N32.5W	1 1	4.1 1
N32.5W-N37.5W	1 1	13.1 3
N37.5W-N42.5W	1 1	9.8 2
N42.5W-N47.5W	0 0	.0 0
N47.5W-N52.5W	1 1	14.1 3
N52.5W-N57.5W	0 0	.0 0
N57.5W-N62.5W	1 1	2.8 1
N62.5W-N67.5W	0 0	.0 0
N67.5W-N72.5W	0 0	.0 0
N72.5W-N77.5W	0 0	.0 0
N77.5W-N82.5W	4 5	18.7 4
N82.5W-N87.5W	3 4	19.9 4
N87.5W-N90.0W	1 1	8.8 2
SUM TOTAL	81	503.4



INCLUDING MINOR LINEAMENTS
 NTOTAL = 306
 NMAX = 21
 MAX-AZIM = -20 (DEG.)
 TOTAL-KM = 912.1 (Km)



DIRECTION	NUMBER	LENGTH
PCS X		KM X
N90.0E-N87.5E	9 3	23.9 3
N87.5E-N82.5E	3 1	18.8 2
N82.5E-N77.5E	10 3	53.2 6
N77.5E-N72.5E	7 2	31.4 3
N72.5E-N67.5E	5 2	13.8 2
N67.5E-N62.5E	5 2	15.5 2
N62.5E-N57.5E	1 0	1.4 0
N57.5E-N52.5E	9 3	21.6 2
N52.5E-N47.5E	2 1	16.3 2
N47.5E-N42.5E	5 2	2.0 0
N42.5E-N37.5E	4 1	9.1 1
N37.5E-N32.5E	8 3	38.6 4
N32.5E-N27.5E	4 1	7.7 1
N27.5E-N22.5E	11 4	27.7 3
N22.5E-N17.5E	16 5	41.8 5
N17.5E-N12.5E	5 2	10.4 1
N12.5E-N 7.5E	14 5	43.6 5
N 7.5E-N 2.5E	12 4	43.9 5
N 2.5E-N 2.5W	14 5	23.6 3
N 2.5W-N 7.5W	8 3	40.0 4
N 7.5W-N12.5W	18 6	70.4 8
N12.5W-N17.5W	13 4	38.8 4
N17.5W-N22.5W	21 7	45.4 5
N22.5W-N27.5W	20 7	50.4 6
N27.5W-N32.5W	8 3	20.4 2
N32.5W-N37.5W	13 4	48.8 5
N37.5W-N42.5W	4 1	13.2 1
N42.5W-N47.5W	13 4	18.2 2
N47.5W-N52.5W	3 1	10.7 1
N52.5W-N57.5W	4 1	4.6 1
N57.5W-N62.5W	2 1	4.6 1
N62.5W-N67.5W	12 4	32.3 4
N67.5W-N72.5W	5 2	10.4 1
N72.5W-N77.5W	9 3	26.4 3
N77.5W-N82.5W	5 2	17.1 2
N82.5W-N87.5W	4 1	13.9 2
N87.5W-N90.0W	9 3	23.9 3
SUM TOTAL	306	912.1

Fig.II-3

Lineaments Analysis

第2章 サン・フェリッペ地区

2-1 地質調査・地化学探査

2-1-1 調査目的

本地区は“北部地化学探査計画”により抽出されたラ・ワカ、ペーニャ・ベルデ、ベガ及びパラモ等の鉱徴が存在する。これらの鉱徴のうち、ラ・ワカについてはフランスBRGM (Bureau de Recherches Geologiques et Minières)によりボーリング調査(7孔計572m)が実施されている。またその他の3鉱徴については地質鉱物冶金研究所により鉱床予察調査が部分的に実施されている。

今年度調査はこれら鉱徴地の相互の関係及び地質的位置付けを明確にすることを目的として地化学探査を併用した地質準精査が、更に各鉱徴の具体的鉱床ポテンシャルを明らかとすることを目的として地化学探査を併用した地質精査が実施され、更にラ・ワカにて捕捉された珪化岩分布域に対しその規模及び産状を探ることを目的としてトレンチ調査が実施された。

2-1-2 調査方法

調査の基地であるベースキャンプは調査地区南西部外側に位置するピキハカ部落に設営し、前進キャンプを調査地区北西端に位置するサジケ部落及び南東端に位置するセロ・パラミージョ(Cerro Paramillo)の2ヶ所に設営した(Fig. I-2)。

本調査地区は最初の調査地であるため日本人技術者及びペルー人技術者の観察眼を合致させるため日本人技術者各々にカウンターパートに随行してもらう形式で3班の調査班を編成し調査を実施した。

調査ルートは調査地区内に縦横に走る馬道及び灌漑用水路を主体に設定した。調査地区内部に残る未開墾地においては適宜伐採班を編成し原生林を伐採しつつ調査実施した。

地化探試料採取は地質準精査及び地質精査と並行して実施した。本地区は地質鉱物冶金研究所で予察調査が実施されているため、試料採取密度を若干減らし、その分を準精査ではチョンタリ及びパルマ地区に、精査ではヘワマルカ及びソナンガ区域に配分した。

2-1-3 解析方法

地質調査の解析にあたっては準精査地区の地質構造解析をまず行ない、その結果を用いて精査区域の構造解析を行なった。準精査地区の解析にあたっては空軍省(Ministerio de Aeronautica)に直属する航空写真局(S. A. N. ; Servicio Aerofotografico Nacional)撮影によ

る359-83-A (1983年撮影) 及び222-72-A (1972年撮影) シリーズの航空写真を補助的に利用した。これらの写真の縮尺は各々約1/30,000及び約1/25,000である。

地化学探査試料は銀・鉛・亜鉛・銅及びモリブデンについてはペルーのプレング分析所 (C. H. Plenge & Cia, S. A) に、金についてはカナダのケメックス分析所 (Chemex Labs Ltd.) に送付し、分析を行なった。

地化学探査試料の分析結果は各準精査地区及び/又は各精査区域別にそれぞれ個別に統計処理を行なった場合、調査地域全域に対する各地区及び/又は各区域の特性を明瞭に現わすことができなかつたので全域を一括して統計処理し、正規確率紙に累積度数分布図を描き、分布図の屈曲点を全域に対するバックグランドと異常値とを区分するしきい値 (A) として求めた (Fig. II-4)。これを各地区別に統計処理して得られた平均値と標準偏差との和 (B) と比較し、 $A < B$ のときはAを、 $A > B$ のときはBを各地区のしきい値として採用し、地化探異常分布図を作成した (但しモリブデンを除く)。なお、各地区別の標準偏差を算出する場合、鉱石品位に該当するAu 1 g/t, Ag 200 g/t, Pb 2%, Cu 5%, Mo 0.1%以上の値は明らかに異常値とみなし得るので、該当する成分のみ統計処理より除外した。解析作業に用いたしきい値及びそれと算出した統計値をTable II-2に示す。

2-1-4 地 質

本調査地区はReyes et al (1987) によれば西部域 (ペーニャ・ベルデ, ラ・ワカ及びベガ分布域) は堆積岩を主体とする中生層を基盤とし、これを不整合に覆い第三紀のポルクーヤ火山岩類が分布し、両者は断層により接しているとしているのに反し、東部域 (パラモ区域) では古生層サラス層群を基盤とし、これを不整合に覆いポルクーヤ火山岩類が分布するとし、両区域の中間域にほぼ南北の伸長方向を有する閃緑岩質貫入岩が分布するとしている (Fig. I-3)。

中生層は調査地区西部縁にほぼ南北の伸長方向を有し、中生層分布域の東縁よりティナホネス累層、インカ累層、チュレック累層、パリアタンボ累層及びプルーイカーナ累層が累重し、西縁でポルクーヤ火山岩類に不整合にて覆われる。東部縁に分布するティナホネス累層は衝上断層により東部に分布するポルクーヤ火山岩類を覆う。地質鉱物冶金研究所により捕捉されたペーニャ・ベルデ, ラ・ワカ及びベガの鉱徴はこのポルクーヤ火山岩類中に生成するとしている。

Table II-2 Geochemical Threshold of The Surveyed Area

Geochemical element	Au		Ag		Pb		Zn		Cu		Mo	
	Whole Sample	Selected Sample	Whole Sample	Selected Sample	Whole Sample	Selected Sample	Whole Sample	Selected Sample	Whole Sample	Selected Sample	Whole Sample	Selected Sample
Whole Area	Number of Sample	710	704	710	706	710	709	710	710	710	710	709
	Mean	43.00	24.73	6.41	3.37	463.92	411.54	220.58	190.86	115.81	10.91	9.40
	Standard Deviation	228.72	74.28	49.50	9.10	1800.55	1138.38	183.42	2018.80	277.12	42.13	12.68
	Threshold		80		7		610	290		200		20
San Felipe	Number of Sample	187	185	187	186	187		187	187	186	187	
	Mean	56.67	31.18	3.87	2.74	538.61		206.10	480.05	195.54	10.78	
	Standard Deviation	255.76	70.42	15.97	4.05	1615.57		188.31	3916.32	448.48	16.27	
	Threshold		80		6.79	610		290		200		20
Chontali	Number of Sample	245	243	245		245		245	245		245	
	Mean	34.31	23.60	2.58		327.59		253.18	71.48		7.35	
	Standard Deviation	144.34	81.00	3.01		800.25		212.12	87.92		3.34	
	Threshold		80	5.59		610		290	159.40		20	
Palma	Number of Sample	205		205		205		205	205		205	
	Mean	9.93		1.95		226.85		209.61	83.90		11.02	
	Standard Deviation	15.95		3.57		245.26		158.27	190.49		16.68	
	Threshold	25.88		5.52		472.11		290	200		20	
Jehuamarca	Number of Sample	73	71	73	70	73	72	73	73		73	72
	Mean	130.01	54.52	38.31	11.92	1395.89	893.06	179.04	151.10		22.88	8.19
	Standard Deviation	513.12	131.51	149.15	25.47	4660.75	1819.64	99.92	286.60		125.62	6.62
	Threshold		80		7		610	278.96	200		20	

Blank column is same to left column.

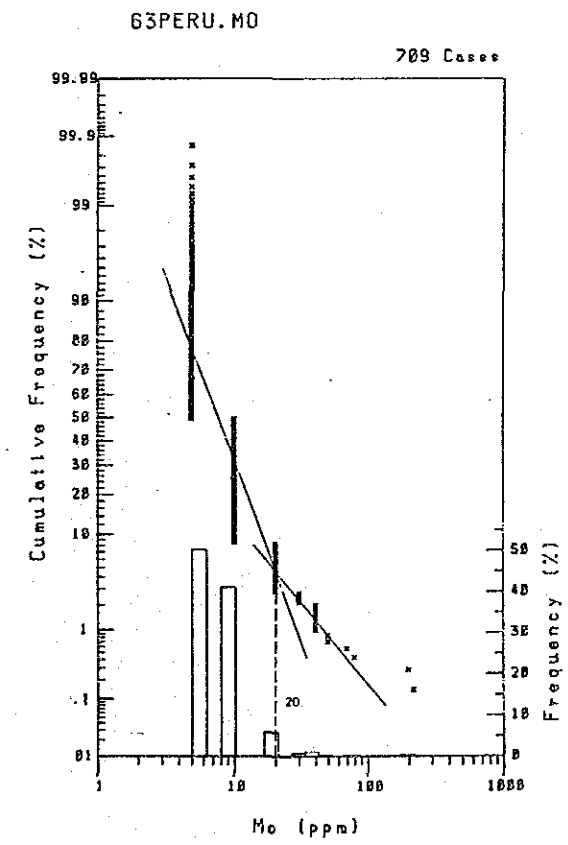
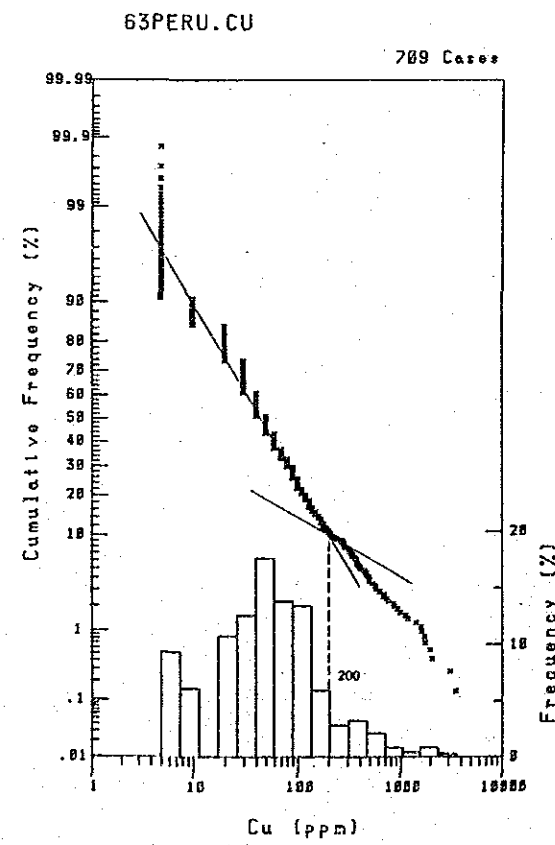
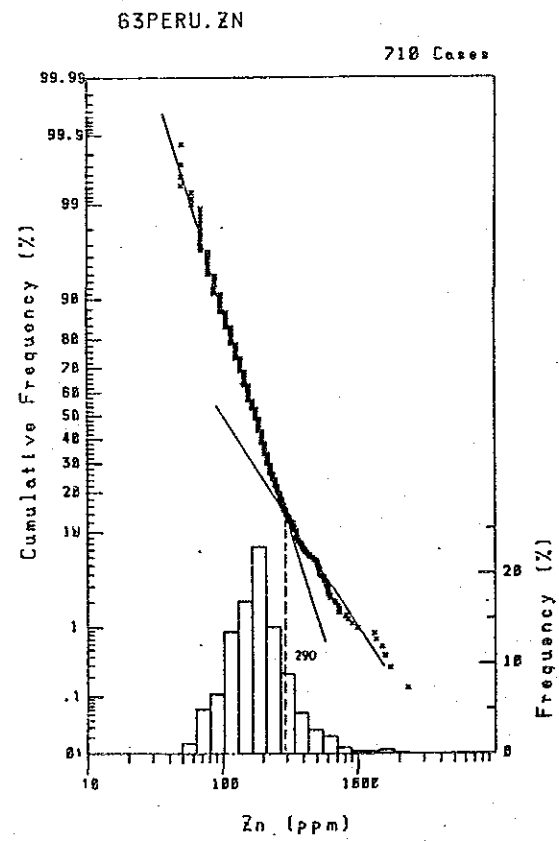
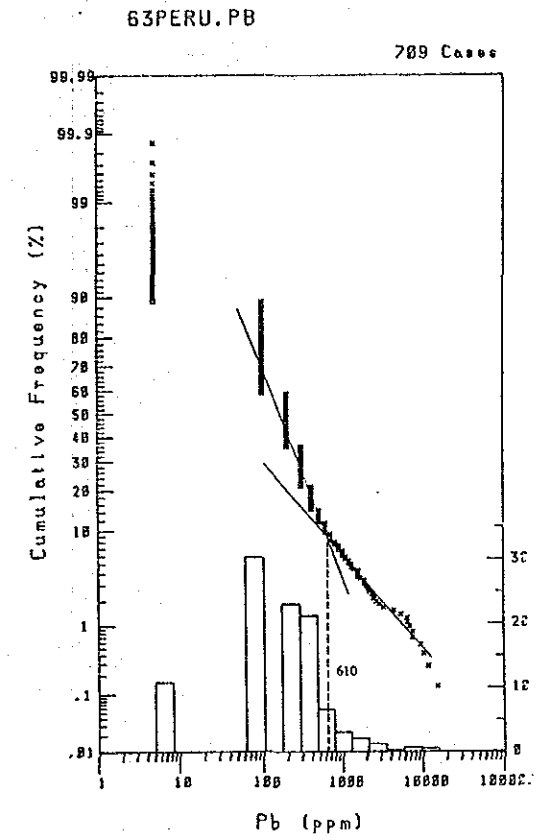
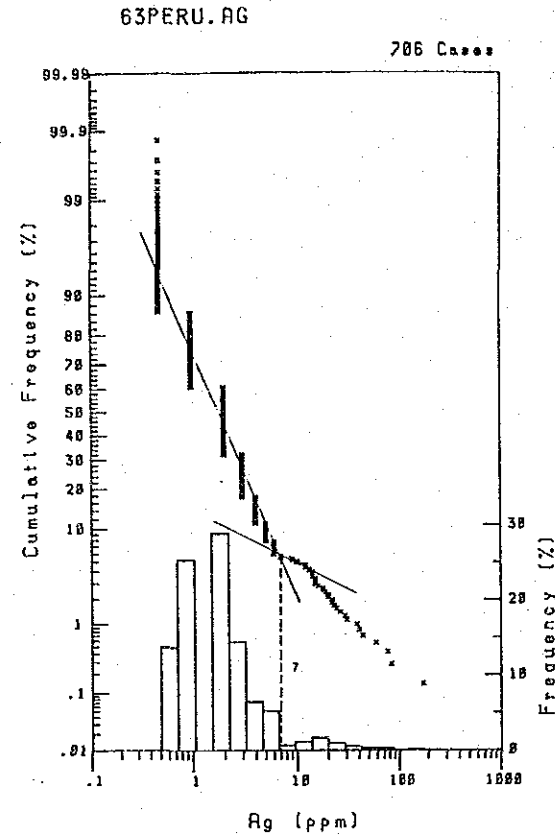
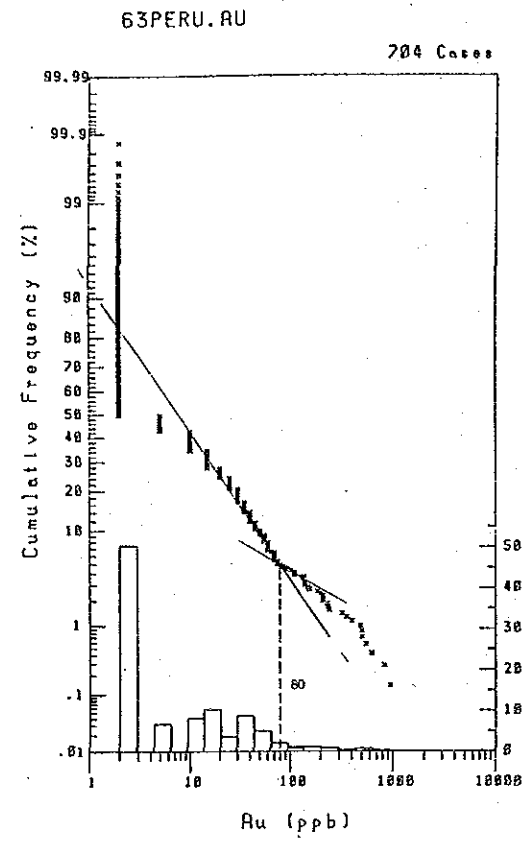


Fig.II-4 Histogram and Cumulative Frequency Diagram

2-1-5 調査結果

1) 地質調査

本調査地区は片麻岩を主体とし結晶片岩を随伴する変成岩を基盤とし、安山岩類ないし石英安山岩類を含む火山砕屑岩類が不整合にて基盤岩を覆いその上位に石灰岩、泥灰岩を挟在する石灰質ないし凝灰岩質堆積岩類が分布し、これらを貫き閃緑岩～花崗閃緑岩、花崗岩、モンソニ岩、石英斑岩～花崗斑岩及び安山岩が分布する (Fig. II-5)。

変成岩類はラ・ワカ精査区域 (サン・フェリッペ準精査地区西部域中央部) 東部縁及びパラモ精査区域北西部の2ヶ所にて観察されるが、いずれも縞状構造が明瞭であり、変成度よりみてオルモス複合岩体の貫入岩近辺相に相当するものと考えられる。

火山岩類は前述のオルモス複合岩体を不整合に覆い出現する。西部域に分布する火山岩類はほぼ南北の伸長方向を有して分布するが、その中央部にオルモス複合岩体が出現しており、全体的構造はこの複合岩体を境とし北部は北方へ、南部は南方へプランジするものと解釈される。換言すれば、ラ・ワカ付近において基盤の盛り上がりがあると解析することができる。この観点より火山岩類の層序を考察すれば下部に安山岩質凝灰岩ないし凝灰角礫岩を主体とするが、中部においてはこれら火山砕屑岩に比較的多量の安山岩質溶岩を挟在する様になり、更に上部では頁岩ときに砂岩の薄層を挟在する様になり、後述する堆積岩類へと整合的に変化してゆくとみることができる (セロ・タブロン Cerro Tablon)。一方、東部域においては、オルモス複合岩体に接して安山岩質溶岩が分布しており、凝灰岩ないし凝灰角礫岩は極めて乏しい。すなわち基盤岩類が本火山岩類堆積時平坦であったと仮定すれば、本火山岩類の地域的岩相変化は火山岩類供給源の位置を示唆するものと解析することができる。本火山岩類の堆積年代については化石の産出がなくまた絶対年代測定値もないため確言できないが白亜紀の堆積岩類に覆われること、下部白亜系上部の貫入岩類に貫ぬかれること及び前述の岩相よりオヨトゥン火山岩類に対比されるものと考えられる。

堆積岩類は大部分調査地区西縁部に南北の伸長方向を持って分布する。極く一部はオヨトゥン火山岩類と整合的關係でオヨトゥン火山岩類を覆って出現するが、南北の伸長方向を有して出現する堆積岩類は断層構造によりオヨトゥン火山岩類と接する。オヨトゥン火山岩類に直接する堆積岩は層厚約20mの珪岩であり、その上位に頁岩層が分布する。更に上位には比較的厚い石灰岩を挟在する石灰質ないし凝灰質頁岩及び砂岩帯となる。石灰質岩には比較的普遍的にアンモナイト、巻貝、などの化石を産する。地質鉱物冶金研究所 Lidia Romero Pittman 氏の鑑定によればこれらの化石は下部白亜系上部から上部白亜系下部までの地質年代に相当し (Apx. 12), Reyes et al (1987) のインカ累

層、チュレック累層、パリアタンボ累層及びブルーカーナ累層等に対比されるものと考えられる。

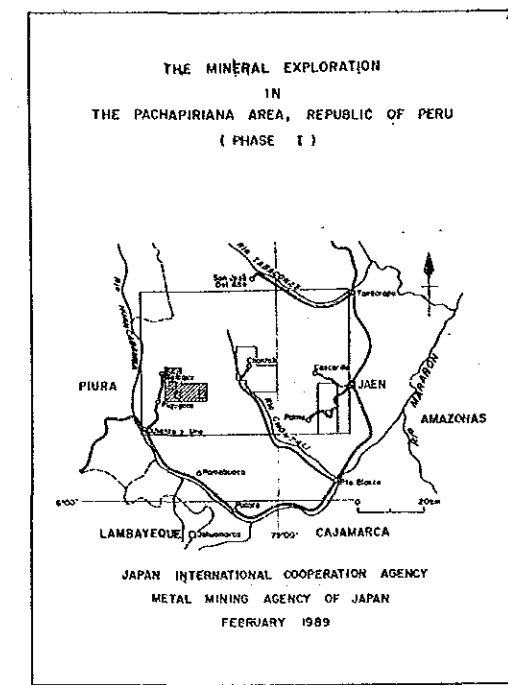
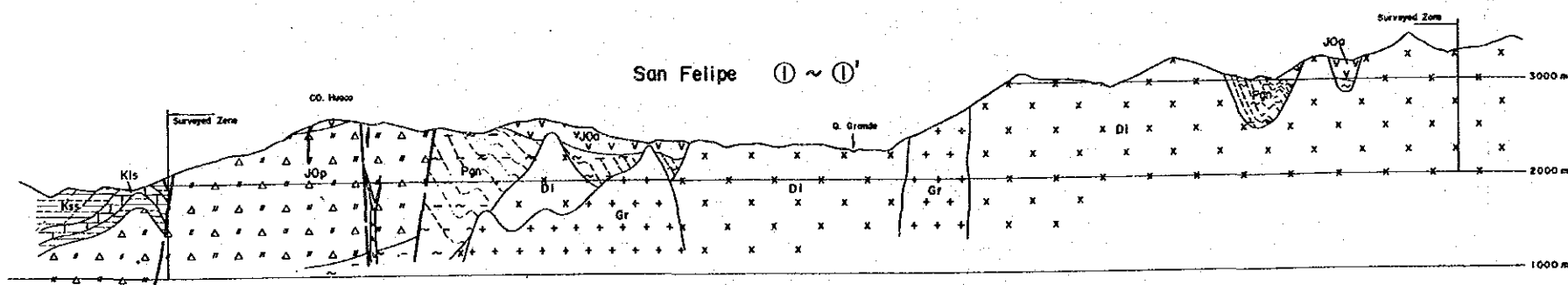
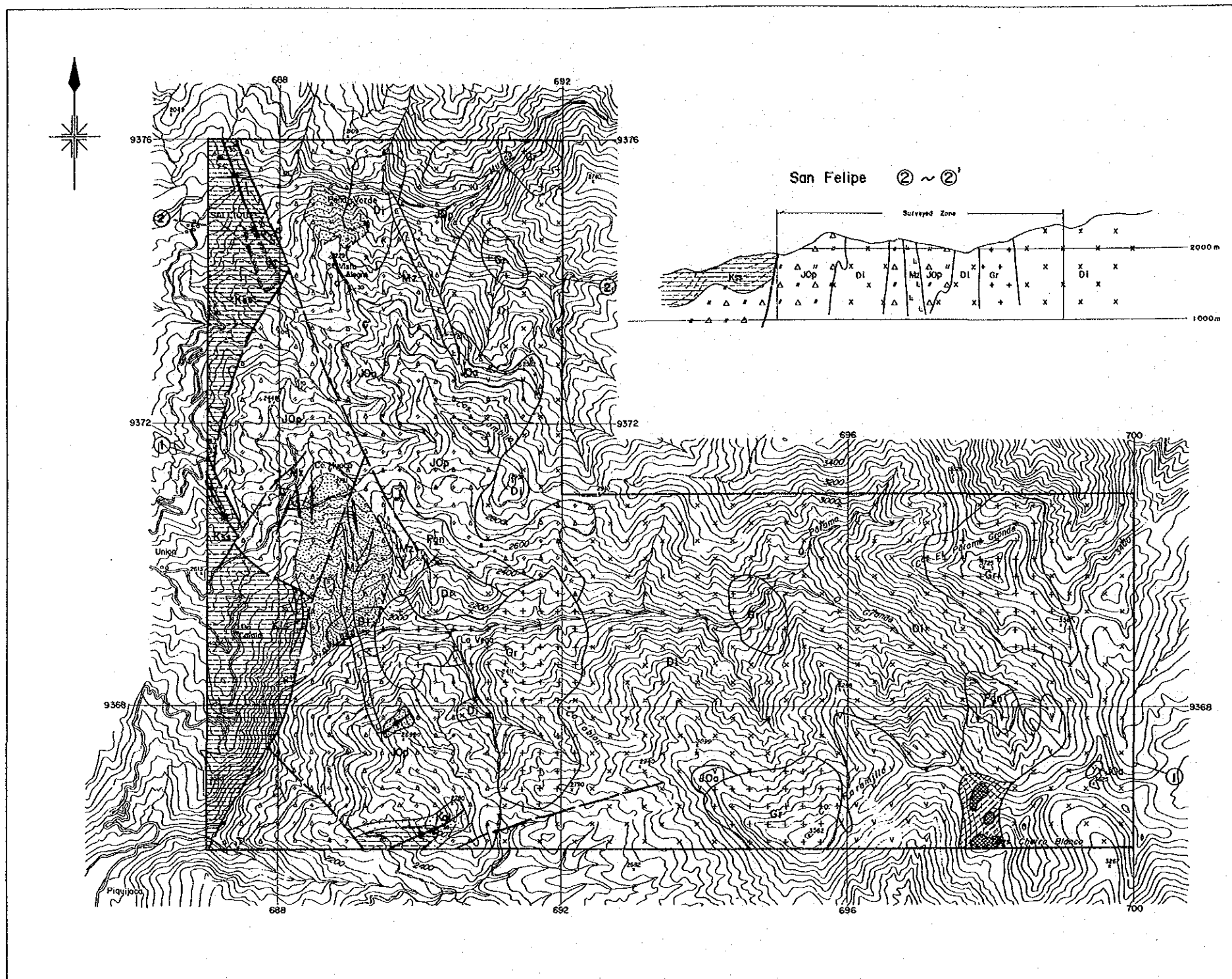
貫入岩類は調査地区中央部から東部にかけて上述の地質単元を切って広く分布する閃緑岩～花崗閃緑岩、閃緑岩～花崗閃緑岩の貫入境界部近辺に短径 0.5～1.5km、長径 1～3kmの規模でストック状に貫入する花崗岩、西部域のオヨトゥン火山岩類分布域に巾 10～150m延長 50m～3kmの規模で岩脈状に貫入するモンゾニ岩～モンゾニ斑岩及び巾数 10cm～数mの規模で岩脈状に貫入する石英斑岩～花崗斑岩と安山岩とである。

閃緑岩～花崗閃緑岩は、鏡下では(Apx. 1)斜長石、石英、黒雲母より成り(試料番号 K02505)、閃緑岩に相当する岩相を示す。花崗岩は本調査地区では細粒なものが多く、またグランデ(Grande)川沿に分布する岩体は、時に縞状構造を呈する特徴を有する。更に片麻岩類との境界部付近では多量の片麻岩の捕獲岩が認められ、一部は同化作用の生じた可能性も認められる。グランデ川沿いに分布する花崗岩体より採取した試料の検鏡結果いわゆる花崗閃緑岩(試料番号H11005)からトナル岩(試料番号H03008)までの変化が認められた。本花崗岩(試料番号H11005)のK/A r法による絶対年代(Apx. 4)は 82.5 ± 4.1 百万年(上部白亜系中部)を示すが、カリ長石が絹雲母に変質しておることより若干若い年代を表示している可能性あることに留意しておく必要がある。

モンゾニ岩は一般に顕著な変質を受けている。鏡下(Apx. 1)においては斜長石・石英及び変質鉱物である緑泥石、緑簾石、方解石、絹雲母等より成り(試料番号H02503)モンゾニ閃緑岩～石英閃緑岩の組成領域に位置する。本岩(H02503)のK/A r法による絶対年代値(Apx. 4)は 78.0 ± 3.9 百万年(Campanian上部白亜系)を示すが、変質の度合も強く若干若い年代を与えている可能性もある。石英斑岩～花崗斑岩は前述の貫入岩類を貫き主に花崗岩体周辺部に出現する。安山岩類は調査地区全域においてみられるが、岩相変化激しく貫入時期に相当の巾があるものと推定される。大別して、斑状組織を呈するものと、非顕晶質なものがあるが、後者は主にオヨトゥン火山岩類分布域に出現する。

断層裂罅系は北西-南東及び北東-南西の二系統が調査地区西部域の中生層分布域において顕著に認められる。いずれの断層裂罅系も急傾斜であり、西部に位置するブロックにより若い地質単元が出現する。これらの断層構造は航空写真解析結果貫入岩分布域ではその連続性は不明瞭となることより、これらの断層裂罅系は貫入岩の貫入時期以前に生成され、貫入構造を規制したものと考えられる。

変質作用は、調査地区西部域のオヨトゥン火山岩類、石灰質岩類及び東部域のオヨトゥン火山岩類分布域にそれぞれ特徴的な変質相を示し出現する。西部域のオヨトゥン火



LEGEND

- | | | |
|--------------|-----------------------|---------------------------------|
| Perotombe F. | Kss | Shale, Sandstone |
| Cretaceous | Chiles F. | Kls |
| | Isca F. | Limestone |
| | Goylla - Pampillo GP. | Qtz |
| | | Quartzite |
| Jurassic | Oyolon Vol. | Andesite |
| Triassic | | Tuff, Tuffaceous, Lapilli Tuff, |
| Silurian | Sales GP. | PMillite, Sulf, Gneiss |
| Ordovician | Olmoo Cps. | |
| Intrusives | | Andesite |
| | | Monzonite Tonalite |
| | | Granite |
| Alteration | | Diorite, Gneissiferite |
| | | Stern |
| | | Silicified Zone |
| | | Carbonized Zone |
| Others | | Fault |
| | | Antiformal Axis |
| | | Synclinal Axis |
| | | Bedding |
| | | Schistosity |
| | | Landslide |

Fig.II-5 Geological Map and Profiles of The San Felipe Area

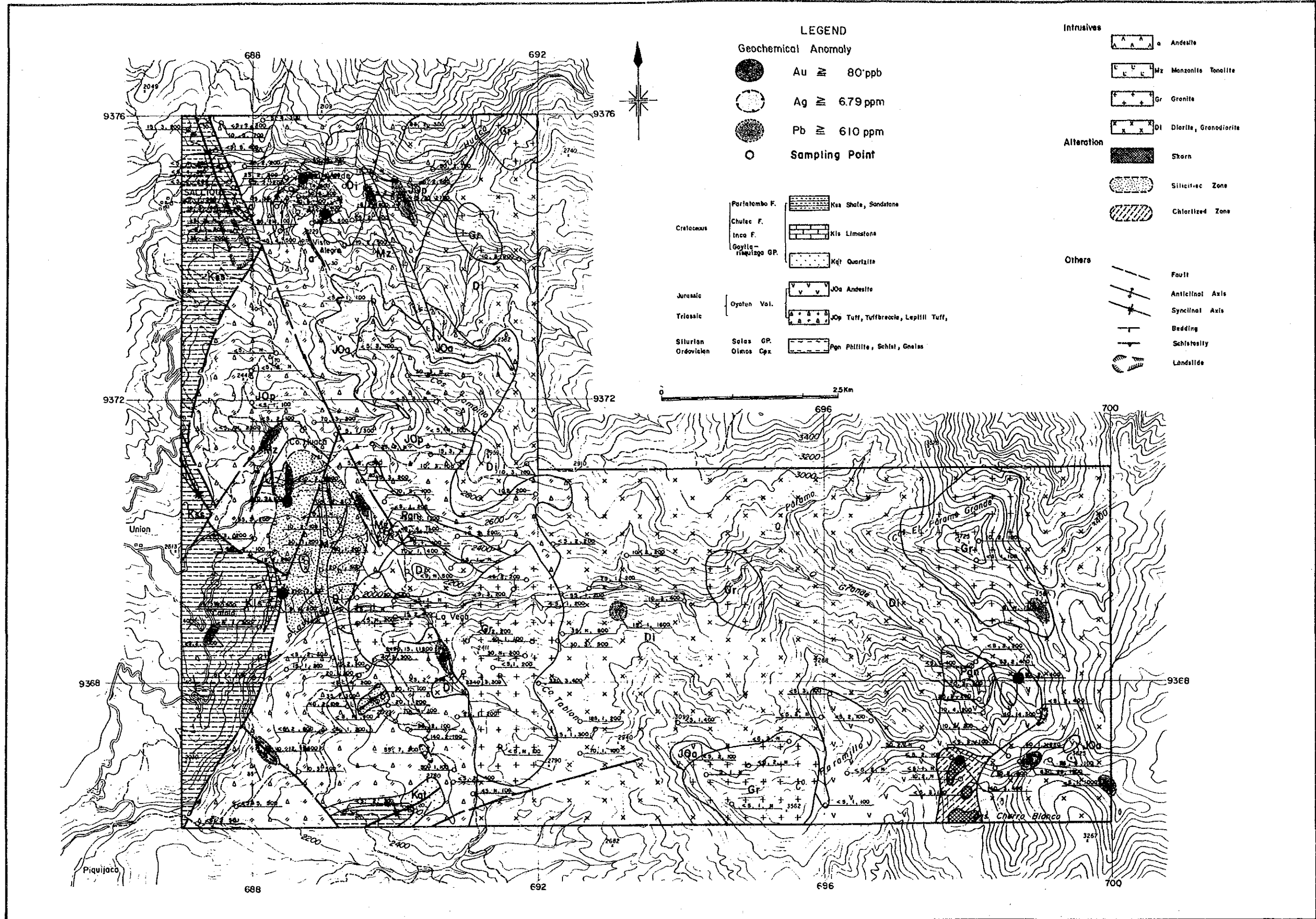


Fig.II-6 (1) Geochemical Map of The San Felipe Area (Au, Ag and Pb)

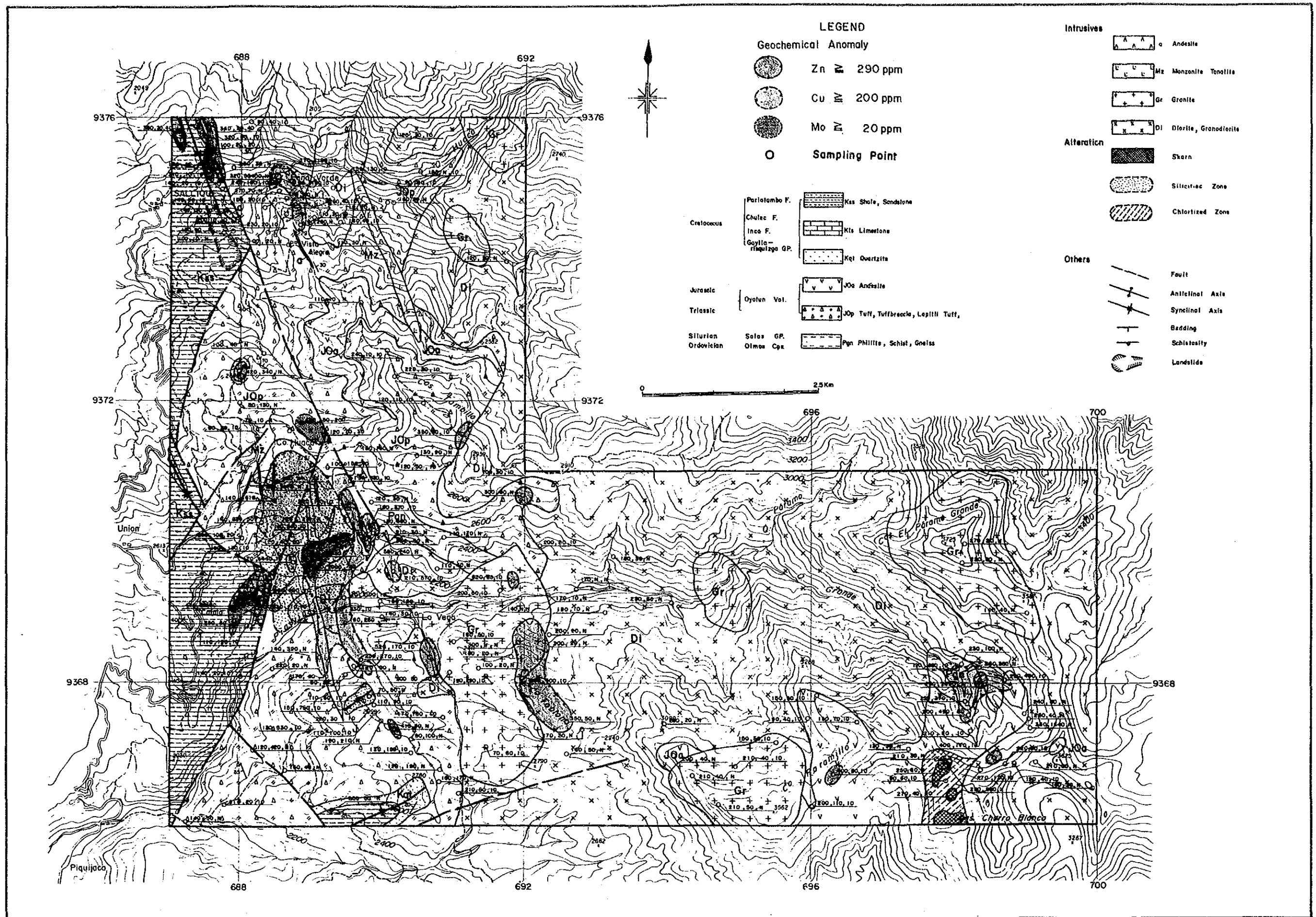


Fig.II-6 (2) Geochemical Map of The San Felipe Area (Zn, Cu and Mo)

山岩類分布域に出現する変質作用は、いわゆる熱水変質作用によるものであり、その規模は地質鉱物冶金研究所により抽出されたペーニャ・ベルデ、ラ・ワカ、ベガ各鉱徴区域を包含するほぼ南北の伸長方向を有する巾約2 km、延長約9 kmの範囲に分布する。この変質帯は大局的に概観すれば南部ベガ区域(Pl. 8)においては粘土化変質が主体となるが、中央部のラ・ワカ区域(Pl. 7)においては珪化・粘土化混合変質を主体とし、最北部のペーニャ・ベルデ区域(Pl. 6)においては珪化変質を主体とする。これらの変質帯の分布の特徴は本変質帯を一連の変質作用による生成であると考えれば、調査地区北部延長部においても変質帯が存在する可能性があることを示唆しているものと考えられる。変質作用は前述の断層裂隙系を通路とし、閃緑岩～花崗閃緑岩及びあるいは、モンゾニ岩の後火成活動の産物として生成されたものと推定される。すなわち、ペーニャ・ベルデ区域においては閃緑岩～花崗閃緑岩の小規模貫入岩体の周辺、特に西部域を中心として珪化帯、珪化粘土化帯及び粘土化帯の帯状分布が認められ、またラ・ワカ区域においてはモンゾニ岩分布域を中心として珪化・粘土化帯及び粘土化帯が分布している。変質鉱物としてはX線回折(Apx. 5)の結果、石英、絹雲母、スメクタイト、カオリナイト、ハロイサイト、緑泥石等の熱水変質に特徴的な粘土鉱物が検出されている(Apx. 5)。ラ・ワカ区域にて採取した珪化粘土化帯の絹雲母ポリタイプは2M、であり比較的高温生成相であると推定される。

東部域オヨトゥン火山岩類中に出現する変質帯はいわゆる接触交代型変質作用によるものであり、緑泥石、緑簾石スカルンにより特徴付けられる。更に金属鉱物として磁鉄鉱を多量に伴う。極く稀に黄鉄鉱と共生するキューバ鉱が認められる(Apx. 6及び7, 試料番号 H10307)。

調査地区西部縁に分布する堆積岩中には層理面及び又は層理面に斜交する割目沿いに生成する粘土化変質が認められる。X線回折結果(Apx. 5, 試料番号 M02706)、カオリナイト、絹雲母、パイロフィライト、明ばん石、鉄明ばん石を含有しており、前述熱水変質帯の外縁帯を形成するものと考えられる。

2) 地化学探査

本調査地区の地化学探査結果を平均値にて他地区と比較してみれば、金(56.67 ppb) 鉛(538.61 ppm) 及び銅(480.05 ppm) が全調査地区平均より高く、特に銅については平均値(190.86 ppm) の2倍以上にも達しており、銅卓越型の鉱化変質地区であると言える(Table II-2)。各成分毎の地化探異常値あるいは地化学異常帯の分布をみれば(Fig. II-6(1)(2))、金、鉛及び銀については非常にまとまりが悪くかつ小規模である。モリブデ

ンは小規模ではあるが比較的まとまりがよい。亜鉛及び銅については規模も大きく、比較的よくまとまる傾向を示している。

各成分の地質との対応についてみれば金の地化学異常帯は閃緑岩～花崗閃緑岩体の内外縁部に主に分布する。銀の地化学異常はオヨトゥン火山岩類及び貫入岩類中に分布する。この中でもペーニャ・ベルデ精査区域においては、閃緑岩類に隣接する珪化変質帯に比較的連続性よく分布するのが特筆される。鉛の地化学異常はオヨトゥン火山岩類及び貫入岩類中に主として認められるが、中生層堆積岩中にも僅か1ヶ所ではあるが分布する。全体的にスポット的であるがペーニャ・ベルデ精査区域東方に比較的まとまった異常帯が捕捉された。亜鉛及びモリブデンについては、全地質単元に地化学異常が認められるがいずれも裂隙系及び貫入岩の縁辺部に分布する傾向が認められる。銅についてはオヨトゥン火山岩類中の変質帯にほぼ重複して地化学異常が現われる。ペーニャ・ベルデ精査区域については前述の銀異常とほぼ重複し、またラ・ワカ精査区域についてはモンソニ岩の貫入域にほぼ重複し、更にパラモ精査区域では基盤岩及びその周辺の貫入岩体中に比較的まとまって分布する。

これらの分布域を帯状分布の観点より眺めれば、ラ・ワカ精査区域及びその近傍では銅異常帯を亜鉛異常帯がとりまき、更にその外側を鉛の異常帯がとりまくという配置が読みとれ、ペーニャ・ベルデ区域については、銀異常の外縁に銅異常が分布する傾向が読みとれる。

2-2 物理探査

2-2-1 調査目的

電磁探査方法を用いて、斑岩銅鉱床型並びに鉱脈型鉱化変質帯の地下深部における比抵抗構造を把握し、鉱化変質帯と地下構造の関係を解明する。

2-2-2 調査方法

1) 規模

調査位置並びに流電電極位置をFig. II-7に示す。

本地区の調査規模は、次の通りである。

調査面積 21 km² 測点数 71点

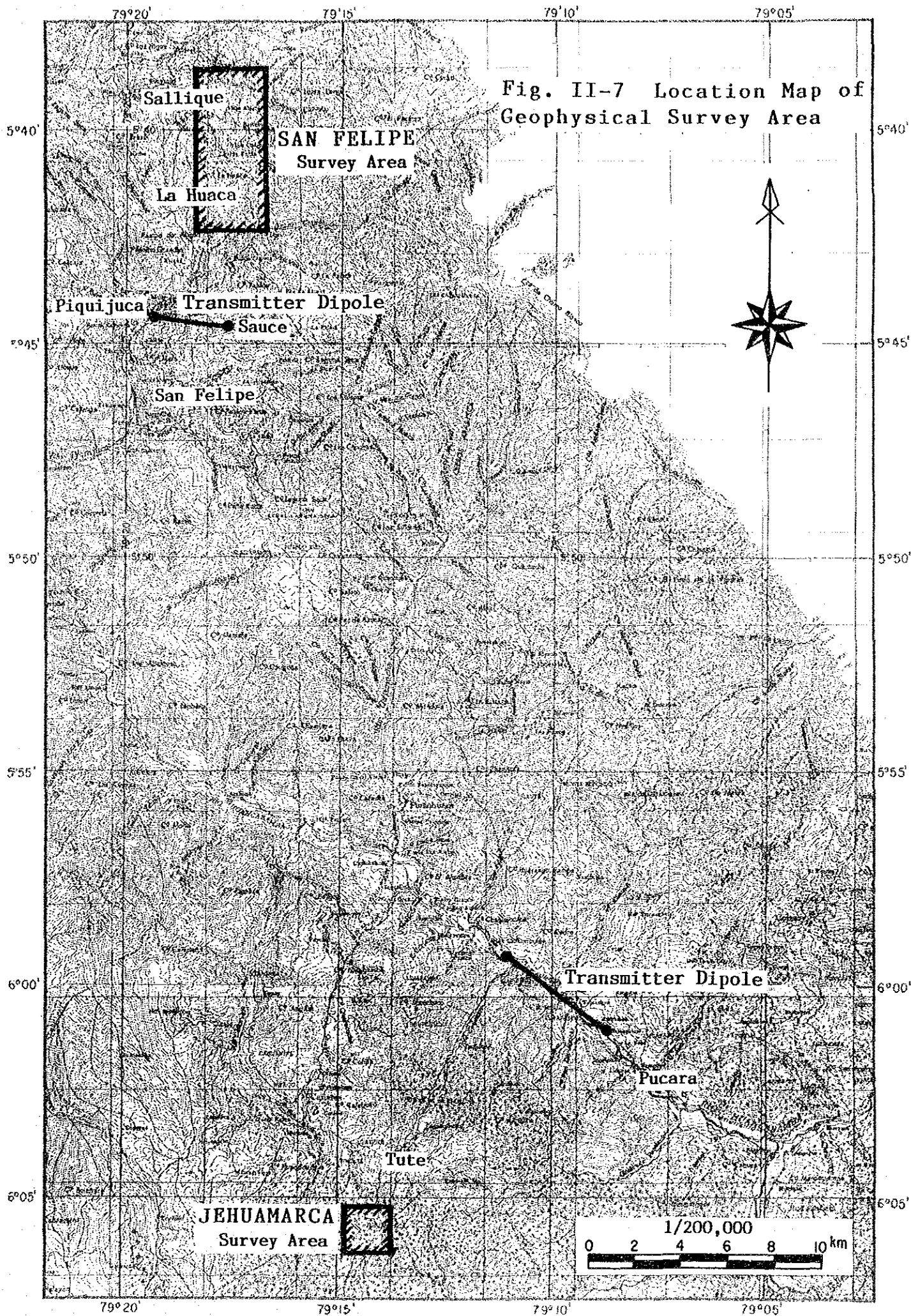


Fig. II-7 Location Map of Geophysical Survey Area

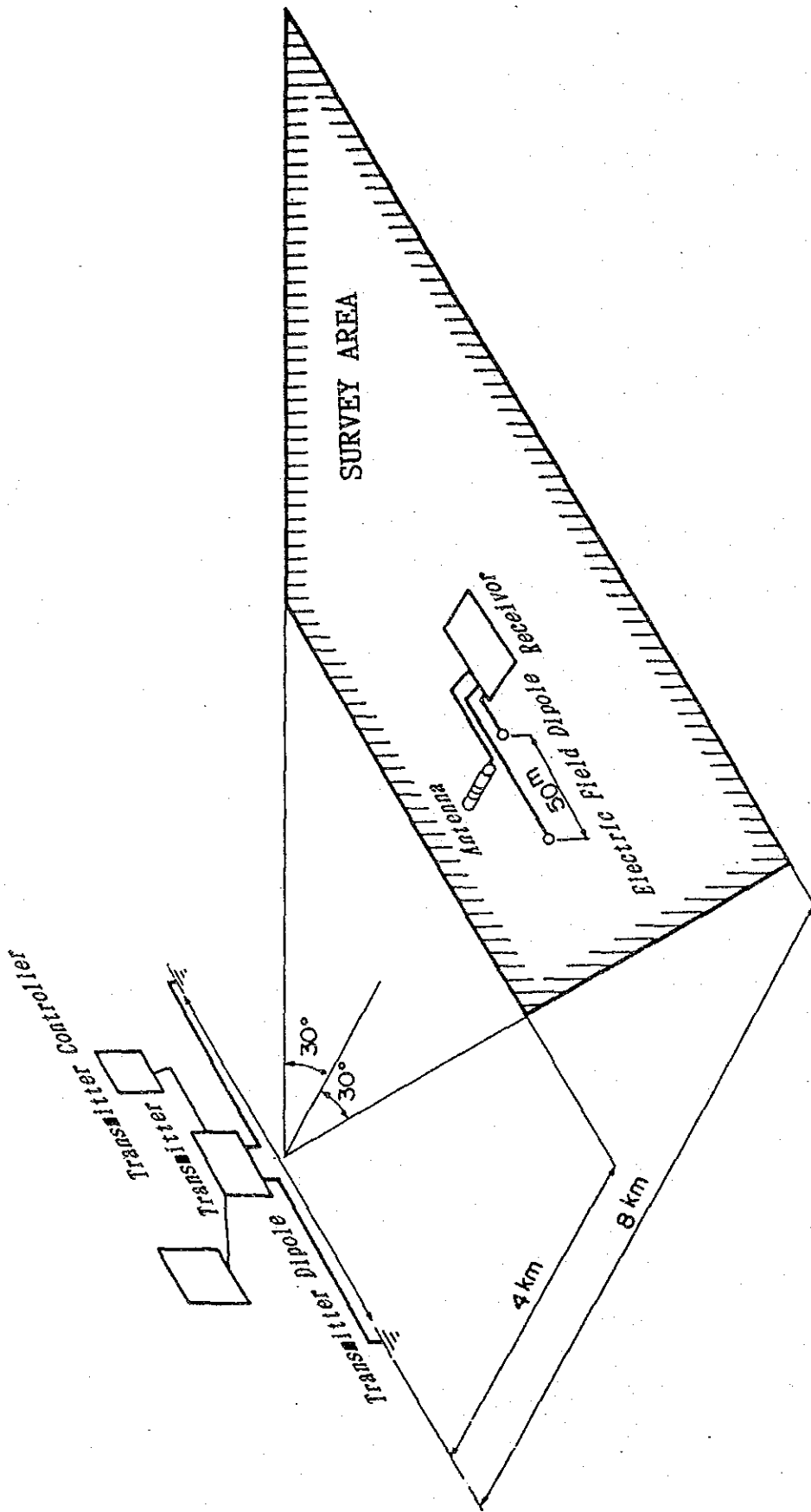


Fig.II-8 Schematic Diagram of CSAMT Survey

2) 探査方法並びに探査機器

(a) 探査方法

本探査方法であるCSAMT (Controlled Source Audio Frequency Magnetotelluric) 法はMT法の一様であるが、人工信号源を利用することにその特徴がある。CSAMT法の探査理論はMT法のそれに準じる。

MT法は、地球を取り巻く電離層や磁気圏で発生する自然電磁場を利用する。地中へ入射する電磁場と、それによって地中に誘導される渦電流により生じる二次電磁場との合成電磁場の磁場と、これと直交する電場を地表で測定し、次式により周波数ごとの見掛比抵抗 ρ_a を求めるものである。

$$\rho_a = \frac{1}{5f} \left(\frac{E_x}{H_y} \right)^2 \dots\dots\dots ①$$

①式は、半無限均質大地に平面電磁波が垂直入射した場合を仮定している。

- ρ_a : 見掛比抵抗 ($\Omega \cdot m$)
- f : 周波数 (Hz)
- E_x : 地表面の電場 (mV/km)
- H_y : 地表面の磁場 (γ)

探査深度の指標としては、表皮深度 δ が利用され、半無限均質比抵抗構造の場合、次式により求められる。

$$\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \dots\dots\dots ②$$

- δ : 表皮深度 (m)
- ρ : 比抵抗 ($\Omega \cdot m$)
- f : 周波数 (Hz)

ここで使用されている、表皮深度とは、電磁場の強さが地表における値の $1/e$ (= 37%, e は自然対数の底)になる深度である。

一般に、表皮深度は周波数 f の2乗根に反比例する。したがって、低い周波数の電磁波まで測定すれば、深部の比抵抗情報が得られることになる。

直流電場が絶縁体を透過しないのに対し、交流電磁場は、絶縁体を容易に透過できる。

したがって、MT法は、極めて高い比抵抗層の下部に潜在する低比抵抗帯の情報を得ることが可能である。

MT法の中で、10Hzから10kHz程度の可聴周波数帯の電磁場を利用する手法をAMT (Audio Magnetotelluric) 法と呼ぶ。AMT法で利用する自然電磁場は、雷放電によるものであるため、地域、時間、等により変動し不安定である。そこで、安定な信号を得るために、人工信号源を利用する方法がGoldstein and Strangway (1975) によって提唱された。これが、CSAMT法である。その概念図をFig. II-8に示す。

CSAMT法測定においては、電磁場信号が平面波と仮定でき、MT法の解析方法が適用できる領域をファーフィールドと呼ぶ。この領域の信号源からの距離は、周波数や地下比抵抗にもよるが、表皮深度の3倍程度以上である。送受信間距離が近くなると、受信点での電磁場は送信源から直接地中を通ってくる成分が主となり、電磁場の強さは周波数の関数でなくなり、MT法の解析方法が適用できない。この領域はニアフィールドと呼ばれる。ニアフィールドからファーフィールドに移る間は、トランジションフィールドと呼ばれている。トランジションフィールドでは、高比抵抗基盤が存在すると、見掛比抵抗がいったん急激に減少するというアンダーシュート現象が発生することが知られている。

(b) 測定方法

調査開始に先立ち、ベースキャンプを送信機操作地に近い、調査地の南に位置するピキハカにおいた。

流電電極は、調査地との距離や地質構造の方向を考慮にいれて、ピキハカとその東のサウセに埋設し、その間約3.2 kmにケーブルを敷設した。電極には、1.5 m×2.0 mの亜鉛トタン板を使用した。接地抵抗を下げるため、深さ1.5 mの電極用穴を各10個掘り、その穴を塩水で満たし、一日置いてよく浸みこませた後、水、ベントナイトを混合しながらトタン板を埋設した。流電電極の全直流抵抗は16 $\Omega \cdot m$ であり、その方向は、N105° Eであった。

測定点の配点は、地質的にみて鉱床賦存可能性が考えられるラ・ワカとペーニャ・ベルデの2地点を中心に密に、その周囲を粗に配点した。もし、調査地内で低見掛比抵抗が測定された場合は、再測、あるいはその付近で新たに測定した。その低比抵抗が再確認されたならば、その伸びの方向を追跡した。

測定に使用した周波数は、4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048Hzの10周波数である。測定準備としては、まず、電位電極となる銅棒を、流電電極方向と平行となるように50

m離して、地中に差し込み、磁場センサーをそれと直行する方向に水平においた。この際、風のノイズを受けないように、電位電極用ケーブルは地面に道わせ、センサーはぐらつかないように地表を平らに均した。信号の有無及び強弱は、オシロスコープにて確認した。調査地内では、ノイズとなり得る発電所、送電線などの人工物がなかったため、S/N比が高く、信号は大変クリアに見えた。

測定器にデジタル出力される測定値は、電場、磁場、見掛比抵抗、電磁場位相であり、それを野根に記入しながら測定した。データ記入と同時に見掛比抵抗値と周波数をグラフにプロットし、データの再現性及び信用性をチェックし、疑わしいデータについては信頼できるまで測定を繰り返し行なった。

(c) 探査機器

本調査に使用した主要な機器類は、全て米国Zonge社製である。それらの名称・規格を次に示す。

送 信 部

① エンジン発電機 (ZMG-7.5)

出力 30 kVA, 120/208 V, 400 Hz 3相, 53HP (3,600 r. p. m.)

② トランスミッター (GGT-6)

最大出力 5 kW, 最大出力電流 24 A, 最大出力電圧 1,000 V

③ トランスミッター・コントローラー (XMT-12)

制御周波数範囲 DC ~ 10,000 Hz

受 信 部

① データ・プロセッサ (GDP-12)

増幅、フィルタリング、A/D変換、データプロセッシング

周波数範囲 0.5 ~ 4,096 Hz

② アンテナコイル (AMT/1)

1軸フェライトコイル、感度 0.2 mV / γ Hz

2-2-3 解析方法

本調査のデータ処理及び解析のフローチャートをFig. II-9に示す。

1) 見掛比抵抗の平均

測定では、各周波数について3回以上の測定を繰返したが、以後の解析をするにあたり、再現性の良好な3個以上の測定値の相乗平均を求め、これを見掛比抵抗値とした。この各周波数毎の見掛比抵抗値をTable II-3に示す。

2) ニアフィールド (Near Field) 補正

2-2-2 (a) 探査方法で述べたように、ニアフィールドではMT法の解析方法が適用できない。そこで、受信間距離を考慮にいたした、ニアフィールド補正が必要となる。今回は、一様な比抵抗構造を仮定した、Yamashita and Hallof (1985)の補正式③を用いて、補正を行った。

$$\rho_a = 0.2 Kf \frac{1}{f} \left(\frac{E_x}{H_y} \right)^2 \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

Kf : 補正係数

3) EM解析

Yamashita and Hallof (1985)の補正式③では、補正後もアンダーシュートが残ってしまう。このアンダーシュートの補正については、以下の通りにした。

まず、アンダーシュートが認められる1測点について、2層構造モデルを仮定し、そのモデルが測定曲線と一致するまで、EM解析を繰返した。この方法は、電流電極位置を考慮した計算を行うものでEM法の解析に分類される。計算には、Anderson (1982)のアルゴリズムを使用した。そして、これから見出だした、2層目の比抵抗と深度は、アンダーシュートが認められた測点の最下層の比抵抗と深度であると仮定した。

尚、詳細は、後述する解析結果に譲る。

4) 逆解析

各測点毎に逆解析を行って、一次元水平多層構造モデルを求めた。ここでは、水平多層構造モデルを仮定して理論見掛比抵抗を計算し、ニアフィールド補正済実測値との対比を行って自動的にモデルの修正を繰返す方法を用いた。こうして最終的に得られるモデルは水平多層構造を仮定しており、近似解の1つである。

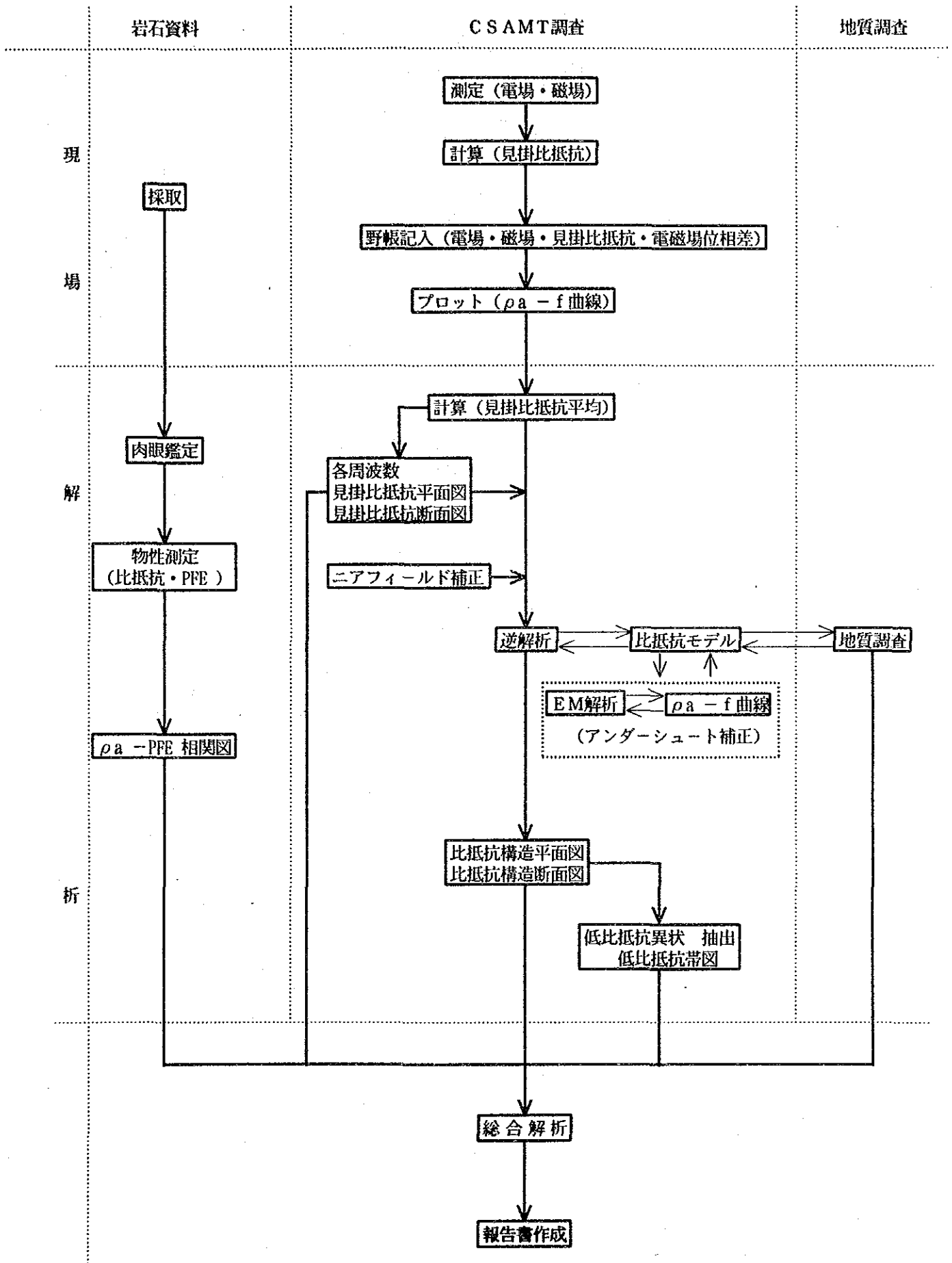


Fig.II-9

Flow Chart for CSAMT Data Processing

2層構造の場合の見掛比抵抗の計算式を次に示す。

$$\rho_a = \rho_1 \cdot \cot h^2 (c_1 h_1 + \cot h^{-1} c_1 / c_2)$$

ただし、 $c_1 = \sqrt{\frac{J \omega \mu}{\rho_1}}$

$$c_2 = \sqrt{\frac{J \omega \mu}{\rho_2}}$$

ρ : 真の見掛比抵抗 ($\Omega \cdot m$)

h_1 : 一層目の層厚 (m)

ρ_1 : 一層目の比抵抗 ($\Omega \cdot m$)

ρ_2 : 二層目の比抵抗 ($\Omega \cdot m$)

ω : 角速度 ($2 \pi f$)

μ : 透磁率 ($4 \pi \times 10^7 H/m$)

各々の測点の逆解析結果は、巻末のApx. 11に掲載した。

2-2-4 調査・解析結果

1) 室内物性測定結果

調査地域内で採取した代表的な岩石15個の比抵抗とI P効果について、室内測定をおこない、その結果をTable. II-14並びにFig. II-17に示す。

試料採取位置はFig. II-11に示す。

測定結果は次のようにまとめられる。

比抵抗	San Felipe				Jehuamarca			
	岩石名	試料数	比抵抗 (Ωm)	FE (%)	岩石名	試料数	比抵抗 (Ωm)	FE (%)
低	モンゾニ岩	1	300	0.6	火山礫凝灰岩	4	400	2.3 ~ 10.8
	火山礫凝灰岩	1	300	2.9				
	砂岩	1	100	2.5				
中	花崗閃緑岩		1,000	2.0				
高	珪化岩	4	3,000	0~ 1.7	凝灰質珪化岩	1	2,000	0.3
	珪化安山岩	3	2,000	1.4 ~ 2.5				
	石灰質砂岩	2	8,000	1.8				
	石英 モンゾニ岩	1	3,000	2.3				
	花崗岩	1	2,000	0.8				
計		15				5		

①珪化岩（石英質岩）は、高比抵抗を示す。

②モンゾニ岩，凝灰岩，砂岩は，低比抵抗を示す。

③珪化岩は，FE値が低い。

④モンゾニ岩，花崗閃緑岩，火山礫凝灰岩のFEは，2~3%程度の値を持つ。この試料は黄鉄鉱の微粒の存在をルーペにより観察出来る。

Table.II-3

List of Apparent Resistivity

1/2

ST. NO. & DIPOLE	FREQUENCIES (HZ)									
	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048
1 S	1444	760	458	331	259	193	149	111	88	78
2 S	23670	13250	8723	6924	6075	4595	3917	3663	3635	3525
3 S	5929	3426	2341	1920	1656	1245	852	654	399	347
4 S	3181	3323	3502	3363	3065	2267	1902	1929	2379	2973
5 S	9149	4771	2911	2171	1859	1364	1050	773	547	427
6 S	9449	5752	4235	3537	3056	2314	1932	1636	1300	976
7 S	2164	1117	660	435	309	196	126	84	65	54
8 S	810	415	238	169	140	109	94	95	103	111
9 S	660	366	230	173	148	124	119	123	123	123
10 S	1329	729	469	371	340	307	302	319	320	335
11 S	736	437	307	247	220	184	161	122	88	73
12 S	631	343	223	179	167	160	173	208	235	265
13 S	442	301	241	209	188	162	167	206	248	258
14 S	2120	1139	704	543	493	465	460	410	428	343
15 S	1994	1180	794	625	548	479	448	403	382	448
16 S	504	307	222	177	149	121	108	92	84	88
17 S	456	242	144	114	103	93	93	89	76	80
18 S	592	302	171	124	111	101	105	117	123	157
19 S	2432	1245	708	508	477	471	474	425	377	327
20 S	7564	4808	3313	2448	1997	1728	1703	1569	1337	1034
21 S	3913	1570	833	610	634	627	828	1095	1184	941
22 S	852	565	450	415	420	441	489	479	389	266
23 S	1869	925	447	286	274	291	305	296	264	223
24 S	1557	747	367	215	203	204	210	189	158	139
25 S	1642	791	393	246	220	226	263	266	218	146
26 S	772	383	222	145	145	162	180	220	228	209
27 S	202	96	68	59	62	74	87	104	108	119
28 S	1009	536	317	242	239	239	246	250	263	271
29 S	808	464	324	252	236	208	195	175	155	170
30 S	217	161	134	112	99	87	195	116	164	250
31 S	6592	3619	2229	1569	1209	808	539	355	239	171
32 S	4365	2341	1402	947	725	488	319	205	134	94
33 S	3928	2140	1276	861	640	411	273	190	138	108
34 S	6425	3469	2265	1940	1616	1169	904	801	775	718
35 S	234	125	77	57	48	40	43	51	58	65
36 S	61	32	19	15	17	22	34	44	47	42
37 S	14	5.8	2.7	3.1	6.9	11	17	24	33	43
38 S	309	145	63	40	52	59	63	65	64	68
39 S	293	151	73	41	55	57	51	46	40	73
40 S	394	181	77	51	80	84	85	79	74	64
41 S	1040	582	335	235	259	256	248	211	198	192
42 S	2392	1156	579	410	495	517	315	505	454	436
43 S	4356	2404	1366	972	931	890	932	878	812	763
44 S	5397	2983	1853	1451	1404	1417	1335	1297	978	778
45 S	2375	1133	481	344	449	510	568	495	441	996
46 S	1986	1014	517	410	642	601	598	487	422	288
47 S	45	25	12	11	20	23	20	20	28	4.0
48 S	140	65	27	22	43	45	56	55	63	22
49 S	474	213	75	52	90	79	76	68	68	68
50 S	9236	6473	4386	2889	2704	2473	1910	1439	1012	668
51 S	3.3	1.6	0.66	0.93	2.1	2.7	3.0	4.4	11	2.4
52 S	201	102	46	42	74	83	88	84	80	69

Table II-3 List of Apparent Resistivity

2/2

ST. NO. & DIPOLE	FREQUENCIES (HZ)									
	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048
53 S	8402	4940	2551	1907	2914	3406	3414	3236	2874	2555
54 S	3494	1928	970	685	1026	1032	1444	1174	1033	906
55 S	518	310	179	134	177	225	215	238	220	167
56 S	2432	538	240	168	262	318	360	396	309	315
57 S	618	255	92	83	151	164	180	160	113	100
58 S	3150	1466	519	376	734	628	672	681	642	528
59 S	411	198	63	45	91	84	188	30	820	4581
60 S	258	113	43	34	57	49	51	53	57	56
61 S	403	196	83	111	134	119	137	133	120	108
62 S	49	24	7.9	7.9	11	8.4	12	12	12	11
63 S	885	282	106	123	198	205	170	144	158	198
64 S	723	294	114	139	227	289	205	214	165	165
65 S	263	187	96	84	112	146	149	181	239	74
66 S	553	247	82	80	144	146	137	160	135	195
67 S	4736	2193	814	624	906	880	937	800	754	490
68 S	569	292	93	61	84	64	66	68	66	53
69 S	591	234	48	39	100	88	109	106	95	89
70 S	540	287	99	68	122	106	110	205	720	1453
71 S	670	498	233	149	182	159	200	143	115	84
72 J	23	28	39	50	62	78	69	103	95	105
73 J	14	22	31	44	56	65	89	106	110	106
74 J	29	49	77	104	145	200	276	247	225	204
75 J	35	37	52	76	117	167	212	373	411	315
76 J	76	79	106	144	190	183	203	192	197	212
77 J	25	32	44	58	66	88	108	105	97	61
78 J	31	40	45	68	85	96	93	85	101	116
79 J	64	86	126	184	252	216	194	187	195	187
80 J	17	26	34	46	54	66	76	95	97	94
81 J	16	24	34	49	59	61	62	69	71	56
82 J	14	23	36	56	59	97	121	108	125	190
83 J	33	43	56	80	88	85	104	95	97	108
84 J	25	34	38	58	67	87	151	174	148	127
85 J	14	20	33	47	60	62	64	60	59	45
86 J	47	77	123	192	243	288	239	247	252	207
87 J	26	43	74	102	136	175	180	186	165	191
88 J	75	110	156	229	242	265	288	273	274	226
89 J	27	44	64	88	110	136	149	126	103	22
90 J	24	34	50	73	100	91	100	124	105	67
91 J	112	133	173	215	266	333	331	212	162	90
92 J	37	57	85	110	142	187	242	242	202	151
93 J	46	60	84	115	153	161	191	175	167	113
94 J	26	28	46	62	70	99	106	135	109	71
95 J	15	24	33	51	74	112	133	144	133	123
96 J	22	39	56	100	125	163	169	162	160	120
97 J	12	17	24	35	47	53	78	76	95	96
98 J	34	52	72	105	153	194	204	171	153	144
99 J	52	75	105	140	186	234	210	178	145	109
100 J	21	28	42	60	80	94	111	98	88	74
101 J	22	28	45	62	102	135	154	146	133	109
102 J	19	31	46	62	77	112	116	82	63	54

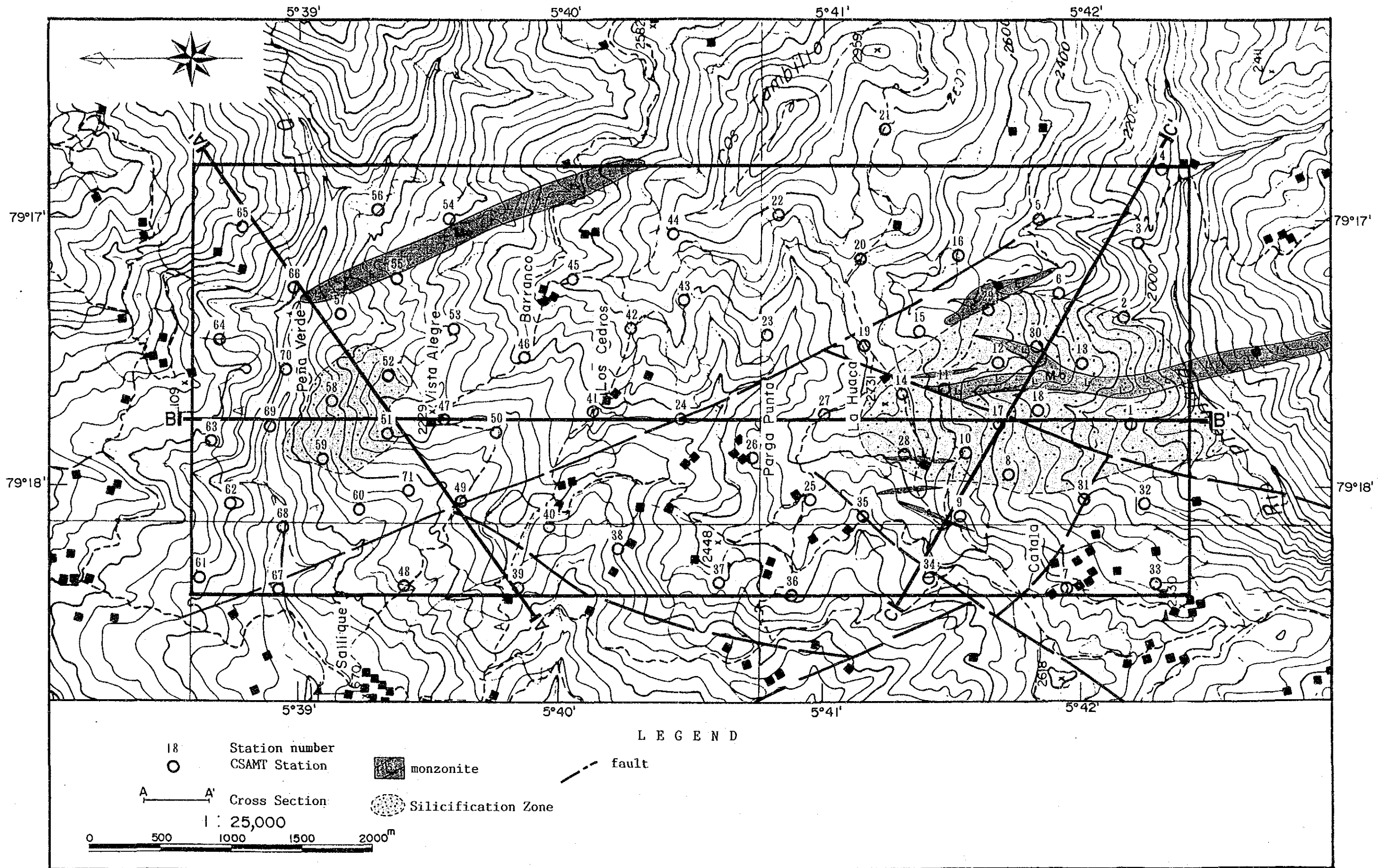


Fig.II-10 Location Map of CSAMT Station in The San Felipe Area

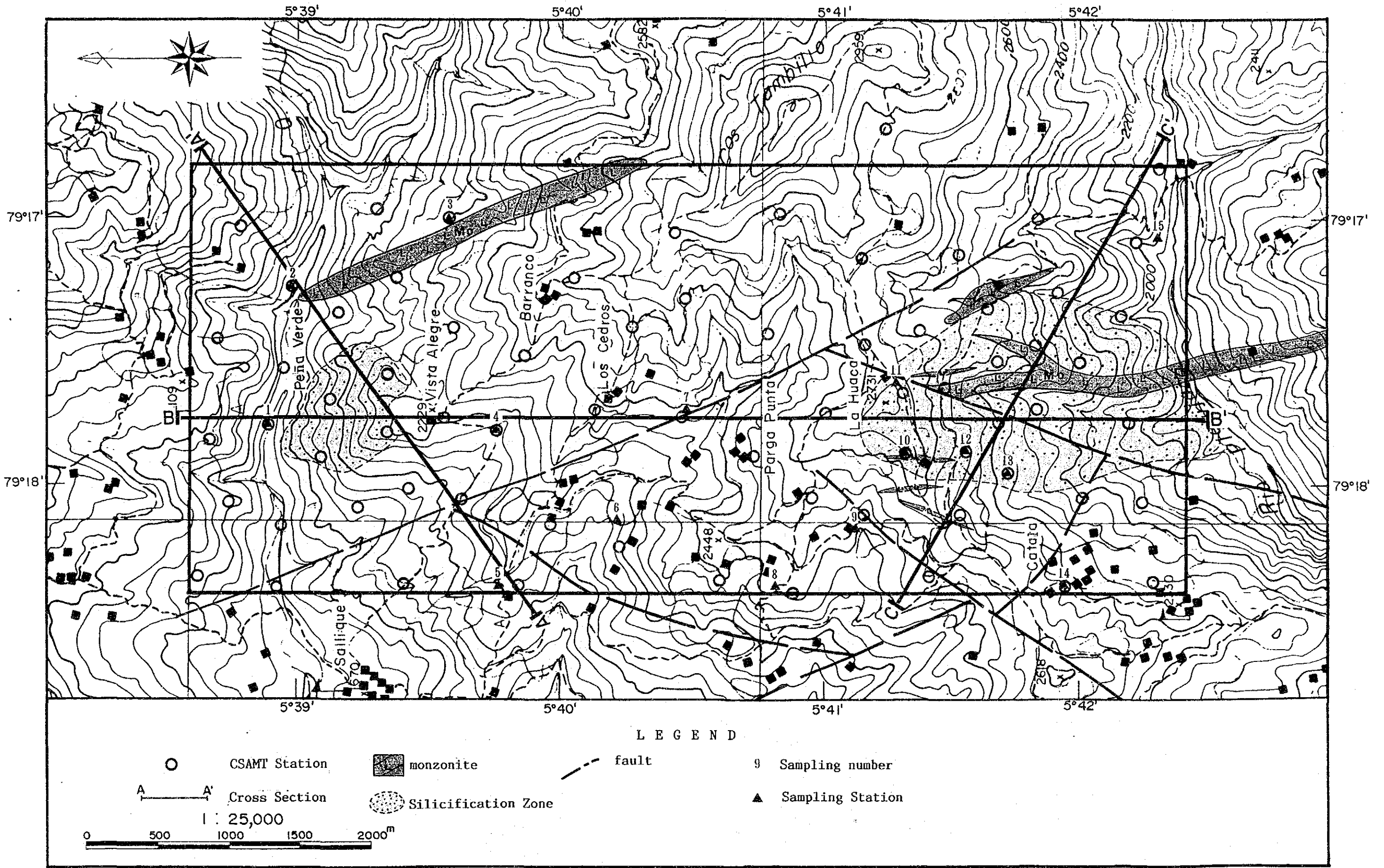


Fig.II-11 Location Map of Rock Sample in The San Felipe Area

Table.II-4 Result of Rock Properties

No.	Loction	Rock Name	Resistivi- ty($\Omega \cdot m$)	P F E (%)
1	San Felipe	lapilli tuff	349	2.9
2	San Felipe	monzonite	385	0.6
3	San Felipe	granodiorite	817	2.0
4	San Felipe	silicified andesite	687	1.4
5	San Felipe	sandstone	110	2.5
6	San Felipe	silicified andesite	1.183	2.5
7	San Felipe	silicified rock	8.054	0.5
8	San Felipe	calcareous sandstone	2.049	1.8
9	San Felipe	quartz monzonite	2.655	2.3
10	San Felipe	silicified rock	427	1.7
11	San Felipe	silicified rock	2.478	0.0
12	San Felipe	silicified rock	1.272	0.2
13	San Felipe	silicified andesite	3.711	1.5
14	San Felipe	calcareous sandstone	13.987	1.8
15	San Felipe	granite	1.898	0.8
16	Jhuamarca	lapilli tuff	868	2.3
17	Jhuamarca	tuffaceous silicified rock	2.445	0.3
18	Jhuamarca	lapilli tuff	304	10.8
19	Jhuamarca	argillized lapilli tuff	398	3.3
20	Jhuamarca	argillized lapilli tuff	253	2.5

2) 見掛比抵抗分布

一般に見掛比抵抗は、測定周波数が高いほど地下浅部比抵抗の影響を、また周波数が低いほど地下深部比抵抗の影響を反映する。

測定結果、10周波数についての見掛比抵抗分布が得られたが、これらの傾向は大局的に同じ傾向を示した。そこで、局部的変化をより反映している、4 Hz、64 Hz、1,024 Hzの3種類の見掛比抵抗分布につき説明する。

尚、説明の都合上、次のような見掛比抵抗区分を用いた。

$\Omega \cdot m$					
10		100		500	5,000
著しい低見掛比抵抗	低見掛比抵抗	中見掛比抵抗	高見掛比抵抗	著しい高見掛比抵抗	
L L	L	M	H	H H	

[4 Hz] (Fig. II-12-(1))

①見掛比抵抗の分布は 3~20,000 $\Omega \cdot m$ 程度に亘る。

②見掛比抵抗分布における等値線が示す全体的傾向は南北系であり、ラ・ワカ、ペーニャ・ベルデでは、北東から南西系のトレンドも認められる。

③ 500 $\Omega \cdot m$ 以上の高見掛比抵抗帯がほぼ全域を占めるが、ラ・ワカ、ペーニャ・ベルデ及び調査地中央・西部域において中見掛比抵抗帯および低見掛比抵抗帯が分布する。

④ラ・ワカで捕捉された中見掛比抵抗帯は 500 $\Omega \cdot m$ 以上の高見掛比抵抗帯および 5,000 $\Omega \cdot m$ 以上の著しい高見掛比抵抗帯に囲まれ、相対的にはかなり低い見掛比抵抗分布となっている。この中見掛比抵抗帯およびそれを取り巻く高見掛比抵抗帯のトレンドは、北東から南西方向を持ち、地表ではモンゾニ岩の脈状貫入体を中心として分布している。

⑤ペーニャ・ベルデで捕捉された 100 $\Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗帯は、北東から南西方向の他、北西から南東方向のトレンドも認められる。この低見掛比抵抗帯は、地表では小規模な安山岩の脈状貫入岩体を中心として分布している。

⑥調査地中央・西部域において捕捉された低見掛比抵抗は1測点であるが、これを取り巻く中見掛比抵抗分布のトレンドは、南北方向である。

⑦調査地南端付近および中央・東部では 5,000 $\Omega \cdot m$ 以上の著しい高見掛比抵抗帯の分布が見られる。

[6 4 H Z] (Fig. II-12-(2))

- ①見掛比抵抗は $5,000\Omega \cdot m$ 以下となり、4 Hz の場合より全体的に低比抵抗化している。即ち、中見掛抵抗帯、高見掛抵抗帯並びに低見掛抵抗帯がほぼ同じ程度の分布面積を占めている。
- ②等値線が示すトレンドは 4 Hz と大局的に同一である。
- ③ラ・ワカで捕捉された中見掛抵抗帯は、かなり広い分布面積となり、北東から南西方向の他、南北方向のトレンドも認められる。
- ④ペーニャ・ベルデで捕捉された低見掛抵抗帯は、 $10\Omega \cdot m$ 以下の著しい低見掛抵抗帯を含んで南北系のトレンドを持ち、また中見掛抵抗帯と合わせて北東から南西系のトレンドも示し、かつかなり広い分布範囲を示す。
- ⑤調査地中央・西部の低見掛抵抗帯も $10\Omega \cdot m$ 以下の著しい低見掛抵抗帯を含み、かつかなりの分布面積をもって、南北方向に延び、ペーニャ・ベルデの低見掛抵抗帯に連続する。
- ⑥調査地南端付近および中央・東部では高見掛抵抗帯の分布となっている。

[1 0 2 4 H Z] (Fig. II-12-(3))

- ①64Hzの見掛比抵抗分布に類似するが、中見掛抵抗帯が分布面積を拡げ、著しい低見掛抵抗帯は消滅し、低見掛比抵抗、高見掛抵抗帯共分布面積を縮小する。
- ②ラ・ワカの中見掛抵抗帯の中に、低見掛抵抗帯が現れ、北東から南西方向のトレンドを強調している。
- ③ペーニャ・ベルデの低見掛抵抗帯は高見掛抵抗帯に挟まれ、北東から南西方向のトレンドが強調されている。
- ④調査地中央・西部の低見掛抵抗帯は 4 Hz , 64 Hz の見掛比抵抗分布に比べ、南北方向のトレンドが最も明瞭に表現されている。

3) 見掛比抵抗断面 (Fig. II-14)

各種平面図に断面位置を示すように3種(A-A', B-B', C-C')の断面図を作成した。本図は見掛比抵抗値を、地形断面上に高周波から低周波の順に並記したもので、見掛比抵抗の深度方向の変化の概要を表している。

ラ・ワカ、ペーニャ・ベルデにて捕捉された中見掛抵抗帯および低見掛抵抗帯の地下における分布傾向や、相対深度の概要が示される。

- ①ラ・ワカでは、規模の大きい中見掛抵抗帯が、高見掛抵抗帯に囲まれる形でその上に

乗り、その中に小規模な低見掛抵抗帯が散在している。

②ペーニャ・ベルデの低見掛抵抗帯は高見掛抵抗帯に囲まれ、かつその中に著しい低見掛抵抗帯が深部まで分布している。この著しい低見掛抵抗帯は、地表付近で僅かにくびれる形状を示している。

4) 解析結果

測定結果から得られる見掛比抵抗一周波数曲線には、ペーニャ・ベルデ付近においてアンダーシュートが観測された。このアンダーシュートは表皮深度の数倍程度の範囲で、比抵抗コントラストが大きく存在する場合発生するが、この現象は送信源からの距離を考慮したEM理論による計算によって確認出来る。

図 (Fig. II-13) は測点No. 40 の実測値に対して、10倍の比抵抗コントラストのある2層構造モデル ($80\Omega \cdot m$ と $800\Omega \cdot m$) についてのEM理論による計算例であるが、16 Hz 並びに 32 Hz 付近において明瞭な局部的下降曲部が現れている。これをそのまま逆解析行くと元の二層構造に対し、偽の低比抵抗層を含む三層構造と誤って逆解析されてしまう。

見掛比抵抗一周波数曲線の下降曲部がアンダーシュートによるものか、真の比抵抗構造によるものかは、地質解釈による。今回は、1) アンダーシュート特有の曲線があったこと、2) それが広範囲に亘ったこと、3) そのまま解析すると、堆積岩、火山砕屑岩、貫入岩と相異なる地層中に共通して、特に花崗閃緑岩中に低比抵抗層を解析する結果となり、極めて不自然な結果になること等の理由から、地下構造に起因するのではなく、アンダーシュート現象が存在すると判定し、これを考慮した解析を行った。

解析の結果、低比抵抗層、中比抵抗層、高比抵抗層の3層に解析された。これらの比抵抗構造について、各断面・平面について説明する。

[A-A' 断面] (Fig. II-14)

本断面はペーニャ・ベルデの低比抵抗帯を北東から南西方向に切断したものであり、堆積岩、火山砕屑岩、花崗閃緑岩が断面の西から東へ分布している。

測点 No. 51 付近の珪化および粘土化変質帯の分布ならびに安山岩の貫入位置に一致して地表浅部に小規模な低比抵抗層が解析された他は、中比抵抗層が地表から深部まで広く解析された。又測点 No. 57 以南は中比抵抗層が2層に分れ、表層とその下位層に分れている。中比抵抗層の下位に $300 \sim 800\Omega \cdot m$ 程度の高比抵抗層が解析された。火山砕屑岩が分布する測点 No. 51, 52 ではこの高比抵抗層は解析されていない。

[B-B' 断面] (Fig. II - 14)

本断面は、調査域を南北方向に切断したものであり、火山砕屑岩が全面に分布する。パーニャ・ベルデ並びにラ・ワカにおいて低比抵抗層が解析されている。

ラ・ワカでは50～100Ω・m程度の低比抵抗層が測点 No. 1 付近から測点 No. 10 付近まで、および測点 No. 27 付近に最大層厚およそ500m程度の規模で、地表浅部に解析され、その下位は100Ω・m以上の中比抵抗層となっている。測点 No. 10 付近以南の低比抵抗層はモンゾニ岩の分布及び変質帯の分布に一致している。測点 No. 10 付近以北では、パーニャ・ベルデ付近まで700Ω・m程度以上の高比抵抗層が最下層として、中比抵抗層の下位に存在している。

[C-C' 断面] (Fig. II - 14)

本断面はラ・ワカの低見掛抵抗帯を横断する目的で北西から南東方向に切断したものであり、火山砕屑岩とそれに貫入するモンゾニ岩、花崗閃緑岩、花崗岩等を横断している。

測点 No. 17 において、地表浅部に解析された低比抵抗層が測点 No. 18, 30 では地下に潜在する形状となる。この低比抵抗層は粘土化変質帯の中央に位置し、モンゾニ岩の貫入個所に一致している。その周辺に解析された数100Ω・m程度の中比抵抗層は、測点 No. 30 付近から No. 9 付近まで、地下深部にまで解析され、その両外側で解析された800Ω・m程度以上の高比抵抗層に挟まれる形状を示す。この高比抵抗層は断面東側では花崗岩、閃緑岩の分布に対応している。

[比抵抗構造平面]

各測点毎に解析された比抵抗結果を総合的に表現する為、標高2,000m準並びに1,500m準について、比抵抗構造平面図を作成した。

またラ・ワカ、パーニャ・ベルデで解析された低比抵抗層はこれら比抵抗構造平面図に現われてこない部分があるので、その分布をより明らかにするため、低比抵抗層分布図を作成した。

これら平面図の特徴は以下のとおりである。

[2,000m準, 1500m 準平面] (Fig. II - 15)

①ラ・ワカで解析された低比抵抗層はB-B', C-C' 両断面で明らかな様に、地表浅部に解析されたものであるが、2,000m準平面図では北東から南西方向と南北方向のト