

2000年12月31日  
2001年1月1日

(2001年1月1日)

2001年1月1日

2001年1月1日

703  
021  
100

105 11



ブラジル連邦共和国 アンタゴルダ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

(第 二 年 次)

JICA LIBRARY



1025110E6J

昭和 57 年 5 月

金属鉱業事業団  
国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日      23	703
登録No.    13580	66.1 MPN

## は し が き

日本国政府はブラジル連邦共和国政府の要請に応え、同国の南部に位置する Anta Gorda 地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等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およ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56年度が第二年次にあたり、金属鉱業事業団は、10名の調査団を編成して、昭和56年7月3日から昭和56年10月22日まで現地に派遣した。現地調査は、ブラジル連邦共和国政府関係機関、特に鉱山動力省鉱山局および鉱物探鉱公社の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第一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御協力をいただいたブラジル連邦共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ブラジル連邦共和国日本大使館およ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57年3月

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔

金属鉱業事業団

理事長 西 家 正 起



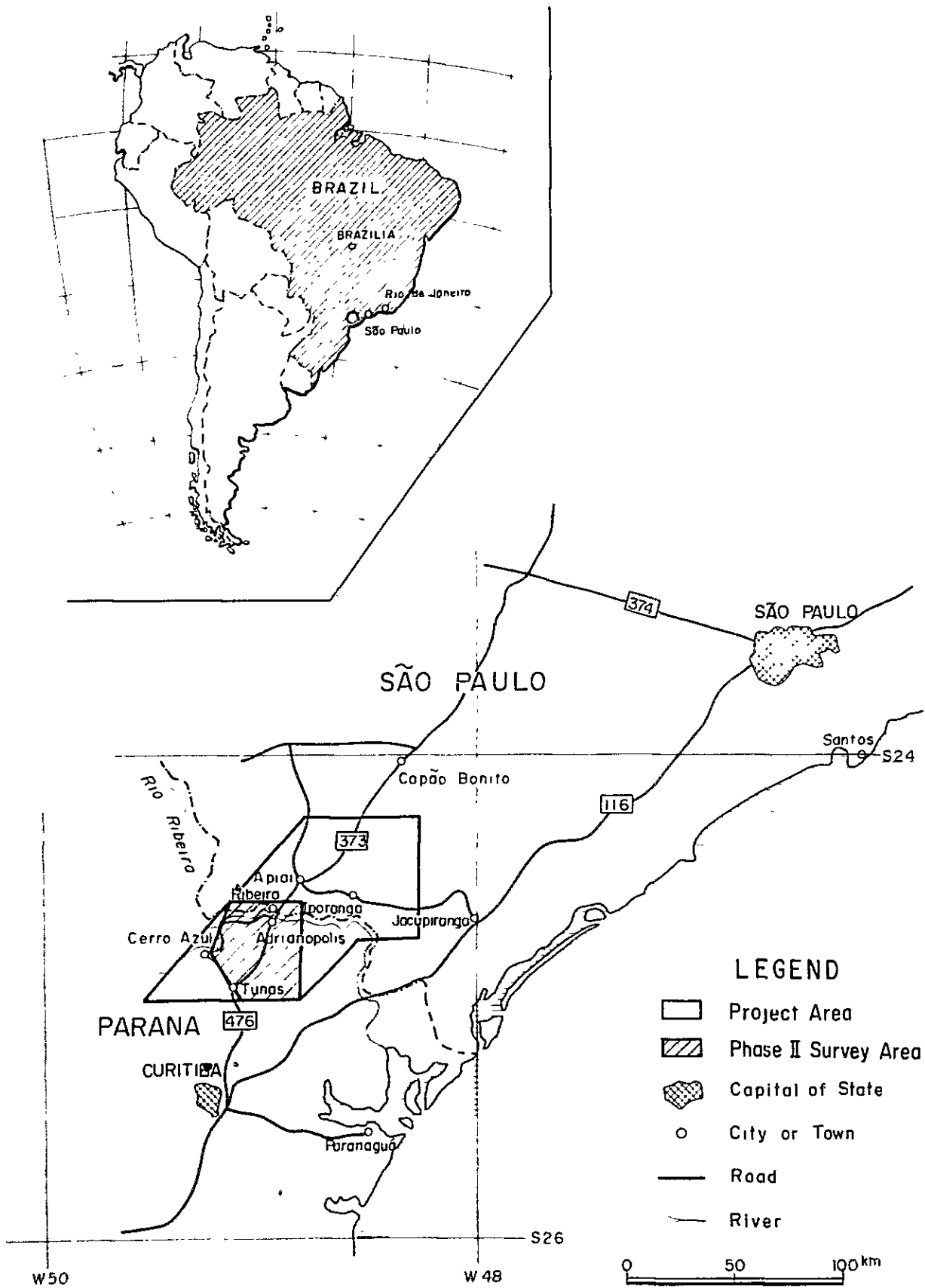


Fig. 1. Location Map of Survey Area





# 目 次

は し が き  
位 置 図  
目 次  
要 約

## 総 論

第1章 序 論 .....	1
1-1 調査の経緯および目的 .....	1
1-2 調査内容 .....	1
1-3 調査団の編成 .....	2
1-4 従来 の 調 査 .....	3
1-5 参 考 文 献 .....	5
第2章 調査地域の概要 .....	7
2-1 位置, 交通 .....	7
2-2 地 形 .....	7
2-4 気候および植生 .....	8
第3章 総合検討 .....	9
3-1 地質調査, 地化学探査 .....	9
3-1-1 層 序 .....	9
3-1-2 変 成 作 用 .....	10
3-1-3 Perau 地 区 .....	10
3-1-4 Rocha 地 区 .....	11
3-1-5 鉛同位体測定結果 .....	12
3-1-6 地 化 学 探 査 .....	13
3-2 物 理 探 査 .....	13
3-2-1 重力探査結果 .....	13
3-2-2 IP法電気探査結果 .....	13
3-2-3 スペクトルIP法電気探査結果 .....	14
3-2-4 空中磁気探査解析結果 .....	14
第4章 結論および将来の展望 .....	15



# 各 論

## 第 I 部 地質調査、地化学探査

第 1 章 地 質	17
1-1 概 説	17
1-2 層 序	17
1-2-1 Setuva 層	18
1-2-2 Açungui 層群	19
(1) Açungui I 層	19
(2) Açungui II 層	22
(3) Açungui III 層	24
1-3 貫入岩類	27
1-3-1 変塩基性岩類	27
1-3-2 花崗岩類	28
1-3-3 斑レイ岩	29
1-3-4 閃長岩	31
1-3-5 輝緑岩類	31
1-4 変成作用	32
1-5 地質構造および地史	33
第 2 章 鉍 床	37
2-1 概 説	37
2-2 Perau 地区の地質鉍床	37
2-2-1 Perau 鉍山の概要	37
2-2-2 地 質	38
2-2-3 地 質 構 造	41
2-2-4 鉍 床	43
(1) 鉍床の概要	43
(2) 鉍床の形態、規模	44
(3) 鉍石鉍物の組合せ	45
(4) 鉍石分析の結果	47
2-2-5 地化学探査結果と鉍床の関連性	47
2-2-6 物理探査結果と鉍床の関連性	48
2-2-7 今後の探査余地	48



2-3	Rocha 地区の地質鉍床	49
2-3-1	Rocha 鉍山の概要	49
2-3-2	地 質	49
	(1) Açungui III 層下部層	49
	(2) Açungui III 層中部層	50
	(3) 変 塩 基 性 岩	52
	(4) 輝 緑 岩 岩 脈	52
2-3-3	地 質 構 造	52
	(1) Rocha 鉍山周辺の地質構造	52
	(2) 坑内の地質構造	53
2-3-4	鉍 床	54
	(1) タイプ1に属する鉍脈群	54
	(2) タイプ2に属する鉍脈群	56
	(3) 鉍石鉍物の組合せ	56
2-3-5	鉍床母岩の化学分析	57
2-3-6	今後の探鉍余地	58
第3章	鉛同位体測定結果	60
第4章	地化学探査結果	61
4-1	探試法および分析成分	61
4-2	解 析 法	61
4-2-1	単成分毎の解析	61
4-2-2	因子分析	62

## 第Ⅱ部 物 理 探 査

第1章	概 説	63
第2章	重 力 探 査	64
2-1	調 査 方 法	64
2-1-1	測 点 計 画	64
2-1-2	重 力 計	64
2-1-3	重力値の基準	65
2-1-4	水 準 測 量	65



2-2	整理解析方法	66
2-2-1	重力補正	66
2-2-2	解析方法	71
2-3	解析結果	76
2-3-1	等重力線図からの解釈	76
2-3-2	5次傾向面図からの解釈	77
2-3-3	5次残差図からの解釈	77
2-3-4	2次元断面モデル解析	78
2-4	まとめ	81
第3章	IP法電気探査	82
3-1	調査方法	82
3-1-1	測定方法	82
3-1-2	測定機器	82
3-1-3	測線設定・測量	83
3-2	整理・解析方法	84
3-2-1	解析方法概要	84
3-2-2	IP物性測定	86
3-2-3	IPモデルシミュレーション	88
3-3	解析結果	89
3-3-1	断面解析	89
3-3-2	平面解析	94
3-3-3	モデル計算結果	97
3-4	まとめ	97
第4章	スペクトルIP法電気探査	100
4-1	調査方法	100
4-1-1	測定方法	100
4-1-2	測定機器および機器設定	101
4-2	整理・解析方法	102
4-3	解析結果	106
4-4	まとめ	109
第5章	空中磁気探査資料解析	110
5-1	空中磁気探査概要	110





5-1-1	調査地域	110
5-1-2	現地調査概要	110
5-2	解析方法	112
5-2-1	スペクトル解析	113
5-2-2	岩石試料帯磁率	114
5-3	解析結果	115
5-3-1	残差図	115
5-3-2	バンド・パス・フィルタ図	117
5-3-3	定量解析	118
5-4	まとめ	119



## LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. 1 Location Map of Survey Area
- Fig. I-1 Geological Map of Survey Area
- Fig. I-2 Generalized Stratigraphic Columnar Section in Survey Area
- Fig. I-3 Geological Columnar Section and Stratigraphic Correlation in Survey Area
- Fig. I-4 ACF Diagrams of Chemical Analyzed Samples
- Fig. I-5 Mineral Assemblages of Metamorphic Rocks in Survey Area
- Fig. I-6-1 Metamorphic Facies Map of Metabasite in Survey Area
- Fig. I-6-2 Metamorphic Mineral Zones Map of Pelitic Rocks in Survey Area
- Fig. I-7 Geological Map of Perau Area
- Fig. I-8 Geological Columnar Section in Perau Area
- Fig. I-9 Correlative Section of Core Logs in Perau Mine
- Fig. I-10 Distribution Map of Ore Shoots in Perau Mine
- Fig. I-11 Correlation Diagram between Pb and Ag in Perau Mine
- Fig. I-12 Geological Columnar Section in Rocha Mine
- Fig. I-13 Geological Sketch of Nova Esperança (308 m Level) Cross Cut in Rocha Mine
- Fig. I-14 Sketch Showing Folding at 403 m Level in Rocha Mine
- Fig. I-15 Geological Profile near Basseti in Rocha Mine
- Fig. I-16 Relation of Stress against Folding and Fracturing
- Fig. I-17 Distribution Map of Ore Veins in Rocha Mine
- Fig. I-18 Sketch of Ore Shoot of Gaveta III in Rocha Mine
- Fig. I-19 Variation Diagram of Base Metal Content in Carbonate Rocks
- Fig. I-20 Pb Isotopic Ages by Ore Lead Growth Curve of Cumming and Richards
- Fig. I-21 Histogram for Cu, Pb, Zn, Co, Ni and Mn in Geochemical Data in Perau Area
- Fig. II-2-1 Location of Gravity Survey Area
- Fig. II-2-2 Route Map of Levelling Survey
- Fig. II-2-3 Flow Chart of Gravity Data Arrangement



Fig. II-2-4	Flow Chart of Gravity Data Processing	
Fig. II-2-5	Disc used for Terrain Correction (Far, Middle and Near)	
Fig. II-2-6	Disc used for Terrain Correction (Neighbour)	
Fig. II-2-7	G-H Correlation	
Fig. II-2-8	Gravity Profile and Structure Model (A-A')	
Fig. II-2-9	Gravity Profile and Structure Model (B-B')	
Fig. II-2-10	Gravity Profile and Structure Model (C-C')	
Fig. II-2-11	Gravity Profile and Structure Model (D-D')	
Fig. II-3-1	Flow Chart of IP and Spectral IP Data Analysis	
Fig. II-3-2	Plotting Method in IP Pseudo-Section	
Fig. II-3-3	Block Diagram of Terrain Correction	
Fig. II-3-4	Example of Terrain Correction	
Fig. II-3-5~16	IP Profile (Line-A~L)	
Fig. II-3-17	IP Model Calculation	(Line A)
Fig. II-3-18	IP Model Calculation	(Line F)
Fig. II-3-19	IP Model Calculation	(Line G)
Fig. II-3-20	IP Model Calculation	(Line K)
Fig. II-3-21	Relation of IP Anomaly and Perau Ore Horizon	
Fig. II-4-1	Survey and Communication Lines	
Fig. II-4-2	Arrangement of Potential Electrodes and Preamplifiers	
Fig. II-4-3	Arrangement of Current Electrodes and Wires	
Fig. II-4-4	Block Diagram of Spectral IP Survey Instruments	
Fig. II-4-5	Spectral IP Effect	
Fig. II-4-6	Transmitting and Receiving Wave-forms	
Fig. II-4-7	Relation between Frequency Effect and Phase Shift	
Fig. II-4-8	Example for Cole-Cole Diagram	
Fig. II-4-9	Spectral IP Pseudo-Section (Line G)	
Fig. II-4-10	Spectral IP Pseudo-Section (Line K)	
Fig. II-4-11	Cole-Cole Diagram	(Line G)
Fig. II-4-12	Cole-Cole Diagram	(Line K)
Fig. II-4-13	Phase Spectrum	(Line G)
Fig. II-4-14	Phase Spectrum	(Line K)



Fig.	II-4-15	Magnitude Spectrum (Line G)
Fig.	II-4-16	Magnitude Spectrum (Line K)
Fig.	II-5-1	Location of Aeromagnetic Survey Area
Fig.	II-5-2	Flow Chart of Aeromagnetic Analysis
Fig.	II-5-3	Index of Analyzed Area
Fig.	II-5-4	Energy Spectrum vs. Wavelength
Fig.	II-5-5	Frequency Response of Band-pass and Low-pass Filters
Fig.	II-5-6	Magnetic Anomaly due to Prism Model (26°S)
Fig.	II-5-7	Magnetic Anomaly due to Dyke Model (26°S)
Table	I-1	Chemical Components of Rock Samples
Table	I-2	List of Ore Veins in Rocha Mine
Table	I-3	Calculated Constituent Minerals of Carbonate Rocks
Table	I-4	Base Metal Content in Carbonate Rocks
Table	I-5	Result of Pb Isotopic Analysis
Table	I-6	Mean and Standard Deviation of Geochemical Data in Perau Area
Table	I-7	Factor Loading of Geochemical Data in Perau Area
Table	II-2-1	Milligal Values for Model G Gravimeters #372 and #454
Table	II-2-2	Gravity Standard Values
Table	II-2-3	Errors and Correction Values of Base Tie Levelling Loop
Table	II-2-4	Range and Size of Graid for Terrain Corrections
Table	II-2-5	Density of Rock Samples
Table	II-2-6	Average Density of Rock Samples
Table	II-3-1	List of Survey Lines
Table	II-3-2	PFE and Resistivity of Rock Samples
Table	II-3-3	Characteristics of Three IP Anomaly Zones
Table	II-4-1	Characteristics of Three Spectral IP Anomaly Zones
Table	II-5-1	Magnetic Susceptibility of Rock Samples





Photo	A-1	Field Survey		
Photo	A-2	Microphotograph of Thin Section		
Photo	A-3	Microphotograph of Polished Section		
Fig.	A-1	Columnar Section of Core Logs in Rocha Mine		
Table	A-1	List of Mines and Showings in Survey Area		
Table	A-2	Microscopic Observations (Thin Section)		
Table	A-3	Microscopic Observations (Polished Section)		
Table	A-4	X-ray Diffractive Analysis		
Table	A-5	Result of Chemical Analysis of Ores		
Table	A-6	Result of Chemical Analysis of Host Rocks		
Table	A-7	Result of Chemical Analysis of Geochemical Samples in Perau Area		
Table	A-8	Result of Factor Analysis of Geochemical Data in Perau Area		
Plate	I-1-1~9	Geological Map of Survey Area	1:25,000	(9 sheets)
Plate	I-2	Geological Profile of Survey Area	1:25,000	(1 sheet)
Plate	I-3	Distribution Map of Mines and Showings in Survey Area	1:50,000	(1 sheet)
Plate	I-4	Relation Map between Mineralization and Geological Structure in Survey Area	1:50,000	(1 sheet)
Plate	I-5	Geological Map of Perau Area	1:10,000	(1 sheet)
Plate	I-6	Geological Profile of Perau Area	1:10,000	(1 sheet)
Plate	I-7	Underground Geological Map in Perau Mine	1:500	(1 sheet)
Plate	I-8	Sketch of Ore Beds in Perau Mine	1:100	(1 sheet)
Plate	I-9	Geological Map and Profile of Rocha Area	1:10,000	(1 sheet)
Plate	I-10-1~2	Underground Geological Map in Rocha Mine	1:1,000	(2 sheets)
Plate	I-11-1~2	Geochemical Anomaly Maps and Location Map of Soil Sample in Perau Area	1:10,000	(2 sheets)
Plate	I-12	Geochemical Factor Map of Soil Sample in Perau Area	1:10,000	(1 sheet)
Plate	II-1	Bouguer Anomaly Map ( $\rho \approx 2.7$ )	1:25,000	
Plate	II-2	Bouguer Anomaly Map ( $\rho \approx 2.8$ )	1:25,000	



Plate	II-3	Third Order Surface Fit Map	1:25,000
Plate	II-4	Fifth Order Surface Fit Map	1:25,000
Plate	II-5	Third Order Residual Map	1:25,000
Plate	II-6	Fifth Order Residual Map	1:25,000
Plate	II-7	Structural Map	1:25,000
Plate	II-8	Location Map of IP and Spectral IP Survey Lines	1:10,000
Plate	II-9-1	Equi-Frequency Effect Map (a=200m, n=1)	1:10,000
Plate	II-9-2	Equi-Frequency Effect Map (a=200m, n=3)	1:10,000
Plate	II-9-3	Equi-Frequency Effect Map (a=200m, n=5)	1:10,000
Plate	II-10-1	Apparent Resistivity Map (a=200m, n=1)	1:10,000
Plate	II-10-2	Apparent Resistivity Map (a=200m, n=3)	1:10,000
Plate	II-10-3	Apparent Resistivity Map (a=200m, n=5)	1:10,000
Plate	II-11	IP Interpretation Map	1:10,000
Plate	II-12	Raw Phase Pseudo-Section (Line-G)	
Plate	II-13	Raw Phase Pseudo-Section (Line-K)	
Plate	II-14-1~4	Residual Map	1:100,000 (4 sheets)
Plate	II-15	Residual Map	1:250,000
Plate	II-16-1~4	Band-Pass Map (BP-1)	1:100,000 (4 sheets)
Plate	II-17	Band-Pass Map (BP-1)	1:250,000
Plate	II-18-1~4	Band-Pass Map (BP-2)	1:100,000 (4 sheets)
Plate	II-19	Band-Pass Map (BP-2)	1:250,000
Plate	II-20-1~4	Interpretation Map	1:100,000 (4 sheets)
Plate	II-21	Interpretation Map	1:250,000



## 要 約

ブラジル連邦共和国 Anta Gorda 地域における第二年次の調査は、より詳細な地質層序、地質構造、火成活動および鉱化作用などの状況把握と、これらの相互関係を明らかにすることによって今後の探査に有益な指針を得るため、地質調査（準精査）、Perau 鉱山および Rocha 鉱山の地質鉱床調査、Perau 鉱山周辺の地化学探査と物理探査（I.P.SIP および重力）を実施した。

地質調査の結果、本調査地域の地質を構成する先カンブリア系の Setuva 層および Açungui 層群は整合的に分布している。

Açungui 層群最上位の Açungui III 層が細区分され、そのうちの中部層石灰岩・苦灰岩に Rocha 鉱山 Barrinha 鉱山、Panelas 鉱山など、現在稼行中の鉱床が胚胎することが判明した。

Perau 鉱床は Açungui I 層の堆積初期に生成した層状鉱床で、褶曲構造により富鉱部が形成されており、下部にも富鉱部の存在が期待される。

Perau 地区の重力探査結果では、この地区の主要な地質構造が把握された。

Perau 鉱床層準の土壌地化学探査では Cu-Pb-Zn の相関の最も良い所と鉱床の胚胎位置とが一致することが判明した。

Rocha 鉱床は先カンブリア末期の造構運動で形成された鉱床で、鉱床近隣の母岩中の Ag 含有量が高いことが判明し、同種の鉱床探査に有効な指針となる。

今後の調査としては Perau 鉱床の深部の試錐探査と南部の電気探査の実施が望まれる。

Barrinha 鉱山に於いて電気探査を実施して潜頭性脈状鉱床の探鉱余地を究明することが望ましい。更に

更に、Anta Gorda プロジェクトの北部地域の地質調査（準精査）を実施し、地質構造と鉱床の関係を解明することが望ましい。



# 總論





# 第 1 章 序 論

## 1-1 調査の経緯および目的

ブラジル連邦共和国における資源開発協力基礎調査は、国際協力事業団（JICA）の依頼により金属鉱業事業団（MMAJ）が、昭和55年度から調査を開始した。昭和55年10月金属鉱業事業団は、ブラジル連邦共和国の鉱産局（Departamento Nacional da Produção Mineral DNPM）と本プロジェクトに関する作業協定（Scope of Work）を締結した。

ブラジル南東部のSão PauloとParana両州にまたがる地域には、多数の小規模な鉛鉱床が知られ、古くから種々研究が行なわれているが、鉱化作用と地質構造や火成活動の関係および鉱床の成因等については、まだ定説がない。

作業協定に従って、第1年次は鉛鉱床群を含む地域5,800km<sup>2</sup>について、地質概査を実施して地質層序を確立し、地質構造を解明すると共に既存鉱床の地質学的位置づけを行なった。

第2年次に当る本年度の調査は、第1年次の調査結果から選出された有望地区のうち南部地区、(Ribefra河以南のParana州に位置する地区)で、1,200km<sup>2</sup>の範井について地質調査（準精査）を実施することにより、地質層序と地質構造をより詳細に解明し、更にPerau型鉱床とRocha型鉱床の鉱床胚胎の場と鉱床の性質を解明して今後の鉱床探査に有益な指針を得ることを目的とした。

## 1-2 調査の内容

第2年次の調査では南部地区（1,200km<sup>2</sup>）の地質準精査とPerau地域の地質調査（精査）、地化学探査、坑内調査および物理探査を実施し、Rocha地区の地質調査（精査）、坑内調査を実施した。

地質調査（準精査）では新たに作成された縮尺1/25,000の地形図に現地調査のデータをまとめ（ルートマップの作成）縮尺1/25,000空中写真の解析を併用して地質図の作成を行なった。Perau地区の地質調査では新たに作成された縮尺1/10,000の地形図を利用して地質調査（精査）を実施した。

地化学探査ではIP測線上で、Perau鉱床胚胎層準の地層の分布範囲で、土壤試料（B層）を採取した。坑内調査では原則として縮尺1/500で鉱床の調査を行ない、一部では縮尺1/100のスケッチを実施した。その他Perau鉱山がこれまでに実施した試錐コアを調査し、地質構造解明の参考試料とした。Rocha地区の地質調査では、縮尺1/10,000の地質調査（精査）を実施し、鉱床胚胎層準の追跡を行なった。坑内調査は縮尺1/1,000地質調査と鉱脈調査を実施し、一部では1/100のスケッチを実施して坑内地質、鉱床分布図を作成した。また、Rocha鉱山がこれまでに実施した試錐コアをできる限り数多く調査して、坑内地質・鉱床の解明に



利用した。

本調査地域に関係のある既存の地質資料としては、1977年にブラジル連邦共和国の鉱物探鉱公社（Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais CPRM）が編さんした縮尺1/100,000地質図があり、又、同じくCPRMが発刊した（未公開）Projeto Chumbãoの報告書には、Perau地域およびRocha地域の縮尺1/25,000地質図が含まれている。これらの資料は今回の調査に大変参考になった。

今回の調査は日本人技師10名とブラジル人技師5名により行われた。この報告書をまとめるにあたり、鉛放射年代については地質調査所佐々木昭博士に、石灰岩については同じく五十嵐俊雄博士にご教示を受けた。又、鉱石鉱物について、東京大学武内寿久禰教授に、変成岩類については秋田大学丸山孝彦助教授に有益なご助言を頂いた。深く謝意を表したい。

### 1-3 調査団の編成

本年度調査のための計画と折衝および現地調査に参加した調査団員は下記の通りであるが、本調査にはブラジル連邦共和国よりDNPMの委託を受けたCPRMから地質技師および物理探査技師が参加した。

#### 1-3-1 調査計画策定および折衝

##### (1) 日本側調査計画策定および折衝

中島 信久 (Nobuhisa Nakajima)	金属鉱業事業団
横川 勝美 (Katsumi Yokokawa)	"
辻本 崇史 (Takafumi Tsujimoto)	"

##### (2) ブラジル側調査計画策定および折衝

Antonio Carlos Giordan Marcondes de Godoy	DNPM
Luis Eraldo Matoz	"
Fernando Batolla Junior	CPRM

#### 1-3-2 現地調査

##### (1) 日本側調査団員

団長	丸山 定男 (Sadao Maruyama)	大手開発株式会社
副団長・地質	鈴木 強 (Tsuyoshi Suzuki)	" "
地質	柴田 精久 (Kiyohisa Shibata)	" "
"	渡部 春夫 (Haruo Watanabe)	" "
"	高橋 洋 (Hiroshi Takahashi)	" "
物理探査	佐々木 進 (Susumu Sasaki)	" "
"	江川 昭 (Akira Egawa)	" "



物理探査	田中 富雄 (Tomio Tanaka)	大手開発株式会社
”	高橋 直良 (Naoyoshi Takahashi)	” ”
”	加藤 雅胤 (Masatane Kato)	” ”

(2) ブラジル側調査団員

団 長	Elias Carneiro Daitx	CPRM
	Cid Chiodi Filho	”
	Cassio Roberto da Silva	”
	Jose Carlos Garsia Ferreira	”
	Frederico Augusto Verejão Marinho	”

1-4 従来 の 調 査

本調査地域周辺の地質は、多くの人々によって研究されており、先カンブリア時代の岩石が主要部分を占めて分布することが知られている。

Cordani 他 (1967) は放射年代の研究により、3,000~450 m. y. の測定結果を得て、何回かの造山運動 (Orogeny) が生じたことを述べている。

岩石学的、層序学的研究としては Bigarella 他 (1956), Marini 他 (1967), Fuck 他 (1971), Ebert (1971), Continho (1971) および Kaefen (1972) 等があり、地質層序の区分を試みている。

鉱床学的な研究としては、Melcher (1968) が Açungui Group の石灰岩類中の鉱床について報告している。Leonardos (1956) 他は本地域の鉱床の成因は、付近に分布する花崗岩類に関係した深成鉱床と考えたが、Melcher (1968) や他の人々は Pb 放射年代や母岩の Pb 品位の研究等から意見を異にしている等今日まで定説がない。

調査地域および周辺の広域地質図幅は、DNPM の編さんした縮尺 1/1,000,000 Curitiba (1974) や CPRM が DNPM より委託された Projeto Leste do Parana で編さんした縮尺 1/100,000 図幅や 1974 年 São Paulo 州における Projeto Sudelpa で CPRM が作成した 1/50,000 地質図等は広く利用されている。

近年の調査では、1978~1979 年 CPRM が DNPM の依頼により実施した Projeto Chumbão は Perau 地域および Rocha 地域の地質、鉱床の調査が行われ、1980 年その報告書 (縮尺 1/25,000 地質図を含む) が発刊 (未公開) された。又、1980 年 MMAJ は JICA の委託を受けて 1980 年 1 月~4 月、Anta Gorda 地域の資源開発協力基礎調査の第 1 年次の調査を実施した。この報告書では地質層序の区分は、基本的に 1/1,000,000 Curitiba 図幅 (1974) に従ったが、Açungui 層群を 3 層に区分して、それぞれ Açungui I 層、II 層および III 層とした。更に、同報告書では本地域の鉛鉱床は Perau 型の層状鉱床と



Rocha 型 の石灰岩中の割目充填鉱床に大別され、Perau 型 はⅠ層中に、Rocha 型 はⅢ層の石灰岩中に分布すると述べている。





1 – 5 参考文献

- (1) ALMEIDA, F.F.M. de (1967) – Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. Bol. 241, DGM/DNPM, Rio de Janeiro, GB
- (2) ALMEIDA F.F.M. et al. (1976) – The upper Pre-Cambrian of South America, – Bull. I.G. U.S.P. v.7 : 45–80, 1976.
- (3) BARBOSA A.F. (1955) – Estrutura e Gênese da Jazida de Chumbo de Furnas, Estado de São Paulo.
- (4) CORDANI, U.G., BITTENCOURT, I. (1967) – Determinação de Idade Potássio-Argônio em Rochas do Grupo Açungui – Anais XXI<sup>o</sup> Congr. Bras. Geol., SBG, Curitiba, PR.
- (5) COUTINHO, J.M.V. (1971) – Estado Atual de Conhecimentos do Pré-Cambriano Superior Sul-Brasileiro, Uma Síntese – Anais XXV<sup>o</sup> Congr. Bras. Geol., vol. 1, SBG São Paulo, SP.
- (6) CPRM (1981) – Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira, Area Ribeirão do Rocha, vol. VII (Texto).
- (7) CPRM (1981) – Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira, Area Ribeirão do Perau, vol. VI (Texto)
- (8) Damasceno, E.C. (1966) – Nota Sobre a Composição Isotópica de Chumbo em Galenas de Jazidas do Vale do Rio Ribeira – XX Congr. S.B.C., n. 1.
- (9) D.N.P.M. (1972) – Projeto Sudeste do Estado de São Paulo, Mapa Geológico Itararé 1:250,000.
- (10) D.N.P.M. (1974) – Carta Geológica do Brasil ao Miliónésimo Folha Curitiba – SG22
- (11) D.N.P.M. (1977) – Projeto Leste do Paraná (Anexo, Folha Apriai, Ribeira 1:1.000,000)
- (12) EBERT, H. (1971) – Observações sobre a Litologia e Subdivisão do “Grupo Setuva” no Estado do Paraná, com Sugestões à Tectônica Geral do “Geossinclínio Açungui”. – Anais XXV<sup>o</sup> Congr. Bras. Geol., vol. 1, SBG, São Paulo, SP.
- (13) FUCK, R.A., MARINI, O.J., TREIN, E.; MURATORI, A. (1971) – Geologia do Leste Paranaense – Anais XXV<sup>o</sup> Congr. Bras. Geol. SBG, São Paulo, SP.
- (14) HASUI Y. et al (1975) – The Ribeira Folded Belt – Revista Brasileira de Geociências vol 5, 1975.
- (15) JICA (1981) – On Geological Survey of Alta Gorda Brazil, Phase I.
- (16) KAEFER, L.Q. & ALGARTE, J.P. (1972) – Folha Itararé SG.22-X-B Geologia Preliminar. vol 1. Proj. Sudeste de São Paulo. DNPM/CPRM, São Paulo, SP. inédito.



- (17) LEONARDOS, O H. (1956) Carbonatitos com Apatita e Pirocloro – Av n° 80, DFPM/DNPM, Rio de Janeiro, GB.
- (18) MAACK, R. (1947) – Breves Notícias sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. – Arq. Biol Tecnol , vol II, Curitiba, PR
- (19) MARINI, O J., FUCK, R.A , TREIN, E. (1967) – Intrusivas Básicas Jurássico-Cretáceas do Primeiro Planalto do Paraná. Bol Par. Geoc., n° s. 23 a 25 Curitiba, PR
- (20) MELCHER, G.C. (1968) Contribuição ao Conhecimento do Distrito Mineral do Ribeira de Iguape, Estados de São Paulo e Paraná
- (21) MELCHER, G.C., GOMES, C.B , CORDANI, U G ; BETTENCOURT, J.S , DAMASCENO, E.C.; GIRARDI, V.A.V , MELFI, A.J. (1973) – Geologia e Petrologia das Rochas Metamórficas e Graníticas Associadas do Vale do Rio Ribeira de Iguape. SP e PR. – Rev Bras Geoc., vol 3 n° 2, SBG, São Paulo, SP
- (22) MIYASHIRO A. (1979) – The Earth Science 16. Iwanami Shoten, Tokyo (In Japanese)
- (23) Odan Y (1978) - Geologia da Mina de Chumbo de Pannels – Adrianópolis - PR Anais do XXX Congresso B.G. Recife. 1978 v.4.
- (24) Oliveira, G M de A. (1937) – A gazida de Galena Argentifera de Pannels de Brejauvas – Min. e Met., v 1. n 5
- (25) PEDERSEN, F D (1980) – Remobilization of the Massive Sulfide Ore of the Black Angel Mine Central West Greenland
- (26) CPRM (1978) – Relatório Calculo
- (27) D.N.P.M. (1981) – Relatório de Processamento, Projeto Aerogeofísico São Paulo-Rio de Janeiro, Sub-Área IV.
- (28) Hallof P.G., (1974) – The IP phase measurement and inductive coupling, GEOPHYSICS, Vol 35, No.5, pp 650–665
- (29) Nettleton L L , (1971) – Elementary Gravity And Magnetism For Geologists and Seismologists, Society of Exploration Geophysicists
- (30) Pelton W.H., etc (1978) – Mineral Discrimination and Removal of Inductive Coupling with Multifrequency IP, GEOPHYSICS, Vol 43, No.3, pp.588–609.
- (31) Petric W R., Pelton W.H , and Ward S.H . (1977) – Ridge Regression Inversion Applied to Crustal Resistivity Sounding Data from South Africa, GEOPHYSICS, Vol 42, No.5, pp 995–1005.
- (32) Summer J.S ,(1976) – Principles of Induced Polarization for Geophysical Exploration, Elsevier



## 第2章 調査地域の概要

### 2-1 位置・交通

本調査地域は、ブラジル最大のSão Paulo市の南西に位置し、Ribeira河以南のParaná州に属する（Fig. 1）。調査地域のほぼ中央をParaná州道476号線が走っており、今回調査基地となったAdrianópolisまではSão Paulo市から約360km離れており、車で6時間、またParaná州の州都Curitiba市からは134km、車で3時間で到達することができる。また近くの主な町は第1年次の調査基地となったApiraiまで約36km、調査地域南限のTunasまでは約56km離れている。調査地域の東側には、São Paulo市からCuritiba市に至る幹線道路（州道116号線）が通っている。Adrianópolisの隣町でParaná州との境にあるRibeira町からSão Paulo市およびCuritiba市行きの定期バスが1日数便運行されている。また、São Paulo、Curitiba間は国内航空が1日数便運行されている。

### 2-2 地形・水系

本調査地域の地形は、先カンブリア系の地質構造に大きく規制され、NE-SW方向の山系が卓越する。調査地域北部から北西部にかけては、石灰岩類が多く分布している。この地域では急峻な崩形とカルスト地形が特徴的に発達して、しばしばドリーネ（doline）が見られる。地域の中西部および南東部には、変成度の低い千枚岩類を主体とする地層が発達するが、これらの地域では比較的なだらかな地形を呈するが、谷は深く発達する。

地域のほぼ中央部から南部には変成度の高い片麻岩、片岩および珪岩等が分布し、ドーム状、または背斜および向斜構造が発達している。この地域では、これらの褶曲構造に大きく支配されたNE-SW系の山系が発達し、しばしば急峻な地形を示す。北部または西部には、花崗岩の大きな貫入岩体が分布し、一般にこれらの地区では比較的なだらかな地形を示すが、境界部で急峻な地形を示す場所もある。

水系はRibeira河が最も大きな川で、地域の西側から北部を通って北東部に流下する。付近の水系は、全てRibeira河の支流で、標高は本流付近で100mであるが、山頂部付近では1,000m以上に達する。

石灰岩地帯では、カルスト地形の台地となり、深いV字谷を形成して樹枝状水系が発達するが、ドリーネの発達する場所では局所的に水系が途絶える。

変成岩類の発達する所では、構造線に規制されてできた格子状～平行状の水系が発達している。また、花崗岩地帯は、なだらかな地形と細かな樹枝状水系が特徴的である。

Perau地区ではRibeirão Grande、Ribeirão das CanoasおよびRio San Seba-



stian等がほぼN-S、又はNNE方向を示して北流する。又、Rocha地区では、Ribeirão do Rocha、Ribeirão das OnçasおよびRibeirão de Carumbè等がNW-SEを示して、Ribeira河に流れ込む。

### 2-3 気候および植生

本地域の気候は亜熱帯～温帯の多雨型で、四季の別が比較的はつきりしている。年間の平均降雨量は1,200～1,300mmでその大部分は10月～2月に集中している。気温は年平均16～19℃であるが、夏季(1月～3月)の日中最高気温は35℃を越えることも珍しくない。又、冬季(7月～9月)は0℃近くまで下ることがある。植生は多く、松柏類や雑木が密生するが、多くの地区では山頂付近まで伐採されて畑や牧場に利用されている。これら松柏類や雑木の他に小灌木や羊歯類(Samambaias)が密生するが、特に羊歯類は花崗岩や変成岩類の分布する所で繁茂し、石灰岩類の分布する所ではほとんど成長しない。





## 第3章 総合検討

本年度の調査結果、地域内の層序、変成作用、地質鉱床年代、地質構造および鉱床等について多くの基礎的なデータが得られた。これらの各項目については各論で詳述されるため、ここでは特に重要な意義をもついくつかの項目についての検討結果を述べる。

### 3-1 地質調査・地化学探査

#### 3-1-1 層序区分

本地域の主要な地質層序は 下位より上位に向って次の様に区分される。

先カンブリア系に属する地質は、Setuva層およびAçungui層群の変成岩類と、これら貫く花崗岩類および斑レイ岩から成り、中生代(白亜紀)に属する地質は閃長岩および塩基性岩類の貫入岩類から成る。

Setuva層は主として片麻岩類および珪岩から成り、本地域の地質の最下部を構成する。

Açungui層群は主として泥質～砂質片岩、千枚岩、石灰岩および角閃岩～角閃片岩等から成り、本地域の大部分を占めて分布する。Açungui層群は第1年次の調査結果でAⅠ層、AⅡ層およびAⅢ層に区分された。今回の調査では、このうちAⅢ層をさらに上、中、下部層に細分した。

Setuva層とAçungui層群との層位的関係は、従来から多くの人々によって論じられてきた。即ち、Setuva層はAçungui層群の一部でその最下部を構成するものであるとする考え(J.J. Bigarella等、1956)から、Setuva層の変成度とAçungui層群の変成度は異なり、且つSetuva層の片麻岩の一部がmilonite化していることから、両者の間に構造的な不整合が存在するという考え(CPRMのProjeto Chumbão報告書、1981)まで種々の考え方があつた。

しかし、いずれの考え方も両者を区分する岩相基準は同じで、且つSetuva層がAçungui層群よりも下位であるとする考えは一致する。従って両者の間に不整合関係が存在するかどうか、また、両者の変成度および変成年代が異なるかどうかという点において、議論が分かれている。

今回の調査では、野外の観察からSetuva層とAçungui層群の不整合関係は認められず、又、鏡下の観察結果、両者の変成相は緑色片岩相～緑レノ石-角閃岩相に属し、大きな差異は認められなかった。

更に両者の変成岩類は、ブラジル造山輪廻(Brazilian Cycle)の変成作用によって生成されたと考えられ、Setuva層とAçungui層群の間に不整合関係を推定することは困難である。



### 3-1-2 変成作用

本調査地域に分布する Setuva 層および Açungui 層群を構成する変成岩類は砂泥質堆積物起源の片麻岩・片岩・千枚岩と塩基性火山岩類および同質凝灰岩類起源の角閃岩・角閃片岩等から構成される。

塩基性変成岩については、Setuva 層では角閃石-緑レン石-黒雲母の組合せを示し、Açungui 層群では角閃石-陽起石-緑レン石の組合せを示す。

これらの鉱物組合せの特徴は、緑色片岩相から緑レン石-角閃岩相の特徴を示しており、Setuva 層および Açungui 層群の塩基性変成岩類の変成相には大きな差は認められない。

砂泥質変成岩については、石英、長石を含む他に Setuva 層では黒雲母-白雲母の組合せが特徴である。

一方 Açungui 層群では次の3つの組合せに分けられる。

- ① 黒雲母-白雲母-ザクロ石
- ② 黒雲母-白雲母
- ③ 白雲母(セリサイト)-石墨

これらは緑色片岩相から緑レン石-角閃岩相の特徴を示すが、③はやゝ低い変成度を示す。①の組合せは Itaoca 花崗岩体周辺に特徴的に認められ、ザクロ石が多量に形成されたのは花崗岩の貫入に影響された可能性がある。

②の組合せは Ribeira - Tunas を結ぶほぼ南北の線の東側に見られ、③の組合せはその反対側に多く見られる。

特に③は Tunas 北西方向の Açungui I 層上部から Açungui II 層に多い。

Perau 鉱山周辺では Setuva 層の変成相とこの上位の Açungui I 層の変成相には差が認められない。

以上のことから本調査地域の変成岩類の変成相は緑色片岩相から緑レン石-角閃岩相に属し、Setuva 層と Açungui 層の変成相には大きな差は認められない。

### 3-1-3 Perau 地区

Perau 鉱床は、Açungui I 層下部の石灰・珪酸塩岩中に胚胎する層状鉛鉱床である。鉱床の母岩をなす石灰・珪酸塩岩は Açungui I 層の最下部を構成する珪岩の上に乗る、レンズ状に分布する。この Perau 鉱床の鉱床胚胎層準は調査地区南方の Agua Clara 鉱床 (Cu, Pb, Ba) や東部の Pretinho 鉱床 (Ba) 等の鉱床胚胎層準と同じ層準と考えられ、Perau 鉱山周辺では走向延長約 4 km, 最大層厚 150 m の規模で分布する。

坑内で観察される鉱床母岩は石灰・珪酸塩岩を主とし、縞状~塊状石灰岩、苦灰岩、泥質~珪質片岩および石英の薄いレンズなどが複雑に互層したものである。鉱床の直接下盤には



石墨片岩の薄層（最大層厚13m）が分布し、鉍床直上には局部的に鉛鉍化作用を伴った重晶石がレンズ状～層状に濃集し、更に5～10m上盤には厚さ3～10mの磁鉄鉍の濃集帯“magnetite zone”が広く分布する。以上の様に鉍床胚胎層準の広域的探査にはAçungui I層最下部の珪岩が良いKey bedとなり、Perau 鉍山内では石墨片岩や磁鉄鉍帯が鉍床の上・下盤を判別するのに良いKey bedとなる。

Perau 鉍山の主要鉍体は走向延長約350m、傾斜延長120mの規模で、数枚の鉍層からなり、鉍層の膨縮により小褶曲構造または線構造（S45°～70°W、20°～35°S）の方向と一致していくつかの富鉍部に区分される。富鉍部の下端を結ぶ線は地表にほぼ平行しており、主鉍体の上半分は浸食されたものと考えられる。

鉍石鉍物の組合せおよび量的関係は方鉛鉍、黄鉄鉍を主とし、少量の黄銅鉍や閃亜鉛鉍、他に磁硫鉄鉍、白鉄鉍および四面銅鉍等を微量に伴う。これらの鉍物は母岩の褶曲運動の影響による流動化作用（remobilization）を蒙っているが、特に方鉛鉍・黄銅鉍は流動化し易い特徴を示している。黄鉄鉍は層理に調和的な縲状構造を示し、鉍下では閃亜鉛鉍や白鉄鉍中に同心円構造（コロフォーム構造）が残っていることから、Perau 鉍床は低温溶液から晶出した鉍物が地層に調和的に堆積した層状鉍床であると考えられる。

鉛鉍石品位はPb 10%前後を示すものが多く、鉍層の肥大した所と他の部分との差異は認められない。銀品位は高い値を示すが銀鉍物は認められず方鉛鉍や四面銅鉍に随伴していると考えられる。

Perau 鉍床で稼行対象となり得る場所は地質構造的に鉍層の肥大した所（富鉍部）である。

Perau 鉍床胚胎層準の分布する範囲を対象とした地化学探査（土壌）によれば、Pb、Zn、Cu成分の異常帯はPerau 鉍床胚胎層準の分布によく一致している。特にPerau 主鉍体の分布する範囲ではPb-Zn-Cuの相関が最も良く表われ、南に向ってCuのハローが認められる。

Perau 鉍床周辺で実施した電気探査（IP法、SIP法）の結果ではPerau 鉍床層準は明瞭に捕捉されており、下部に連続することが判明した。

重力探査の結果では花崗岩の形態や、断層構造が把握された。

Perau 鉍床の今後の探鉍余地は主鉍体の下部に新たな鉍体（および富鉍部）の賦存の可能性があり、これを試錐探査によって確認する必要がある。またPerau 鉍床南部の銅鉍徴の分布する地域において電気探査、地化学探査を実施する必要がある。

#### 3-1-4 Rocha 地区

Rocha 地区の地質は主としてAçungui III層の下部層、中部層から成り変塩基性岩および輝緑岩の岩脈を伴う。



Rocha 鉍床は Açungui Ⅲ層中部層の石灰岩(AIII<sub>L2</sub>)の層準に胚胎される鉍脈型鉛鉍床である。

坑内調査および試錐調査の結果、鉍床母岩をなす石灰岩・苦灰岩類(AIII<sub>L2</sub>)の岩相は石灰岩の発達する部分(L)、石灰岩・苦灰岩の互層する部分(A)、および苦灰岩の発達する部分(D)に区分され、鉍脈は苦灰岩中に発達する。

Rocha 鉍山は Rocha 向斜の西翼部に位置し、地質構造は見掛け上一般走向NE-SW系、傾斜SEの単斜構造を示すが、坑内では引きずり褶曲を主とする複雑な褶曲構造が観察される。褶曲構造は石灰岩・苦灰岩の互層部(A)で良く発達し石灰岩(L)や層理を有する苦灰岩(D<sub>1</sub>)に向かって弱くなる傾向を示し、特に鉍脈裂力系の発達する塊状苦灰岩(D<sub>2</sub>)ではほとんど褶曲構造は認められない、これらの褶曲構造の観察結果から石灰岩～苦灰岩の見掛けのコンピーテンシーは、塊状苦灰岩(D<sub>2</sub>)>層状苦灰岩(D<sub>1</sub>)>石灰岩(L)>石灰岩・苦灰岩互層(A)となる。

鉍脈を胚胎する割目は塊状苦灰岩(D<sub>2</sub>)中で発達し、その一部は断層構造の性格を示す。

断層裂力系は走向N-S系で鉍脈裂力系はNNW-SSE系の方向を示す。

鉍脈は一般に塊状苦灰岩(D<sub>2</sub>)の厚い所で発達し、その他の母岩中で劣化する。

鉍脈の富鉍部は一般に一本の割目(鉍脈)が肥大したものではなく、数本の細脈が平行状に集合して形成される場合が多い。

鉍石鉍物の組合せは方鉛鉍、黄鉄鉍が肉眼で察され、四面銅鉍、硫砒鉄鉍、白鉄鉍および磁硫鉄銜らを随伴する。これらの鉍物は母岩の割目に濃集し、晶出したものであるが、方鉛鉍はより遅い時期まで流動している。

Rocha 鉍床の鉍床母岩をなす石灰岩～苦灰岩について岩石化学成分(CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MgO)の分析、X線粉末回折によって石灰岩・苦灰岩を分類し、原子吸光分析による重金属成分(Au, Ag, Cu, Pb, Zn)の含有量の測定を実施した結果、Agは石灰岩で高く、苦灰岩で低くなる傾向を示し、Pb, Znは逆の傾向を示す。

Rocha 鉍床母岩のAg含有量は一般の炭酸塩岩中に比べて非常に高い値を示し、広域的な鉍床探査の場合、鉍床母岩を指示する重要な特徴と考えられる。

Rocha 鉍山における今後の探鉍余地は、苦灰岩の分布する範囲に重点を置いて探鉍する必要があり、既知鉍床の間の未探鉍地区や既知鉍脈の下部などの探鉍が望まれる。

### 3-1-5 鉛同位体測定結果

本地域の鉛鉍床は、Perau型の層状鉍床とRocha型の脈状鉍床に大別される。PerauおよびRochaの鉍床から得られた方鉛鉍の鉛同位体測定値をCumming and Richards(1975)の鉍石鉛生長曲線(Ore lead growth curve)上にプロットすると、Perau鉍床のサンプルとRocha鉍床のサンプルは明らかに異なったグループを構成し、前者は1,400 m.y.付近に集中し、後者は1,100 m.y.付近に集中する傾向を示す。





これらの値は、この地域の花崗岩類の貫入時期(550 m y.)よりも古く、鉍化作用が花崗岩類の貫入に関係したとする説には否定的である。Perau型鉍床は鉍床母岩(Açungui I層)と同生的に生成し、Rocha型鉍床は母岩(Açungui III層)中に堆積した重金属が母岩の割目に濃集して生成したと考えられる。

### 3-1-6 地化学探査

Perau 鉍床の鉍床胚胎層準の分布する範囲を対象とした土壌の地化学探査を実施した。

試料の採取はIP測線に沿って50 m間隔(一部100 m間隔)でB層の土壌を113個採取した。

採取試料は原子吸光分析により、Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn を分析し、これらのデータから単成分毎の解析と多変量計算による因子分析を実施した。この結果Cu, Pb, Zn 成分の異常帯はPerau 鉍床胚胎層準の分布によく一致し、特にPerau 鉍床の分布する範囲でCu-Pb-Znの相関が最も良く表われる。

Cu 成分は既知鉍床の分布範囲から南に向ってPerau 鉍床胚胎層準に分布し、地表の地質調査結果に一致する。

今後Perau 鉍床胚胎層準の探査を実施する場合Cu-Pb-Zn相関の最も良い所が有望となる。

## 3-2 物理探査

### 3-2-1 重力探査結果

- (1) 重力図からNE-SW方向の構造が考えられ、主たる地質構造の方向性と一致している。
- (2) 基盤(Setuva層)およびこれを覆うAçungui I層の分布が把握された。Serra do Cadeado付近でNE-SW方向の背斜構造を呈し、北西、南東方向へ緩傾斜している。北西方向へは、一部波状褶曲構造を呈し、緩やかに傾斜しており、Açungui I層が徐々に層厚を増している。
- (3) 調査地域中央には、NE-SW方向の約1,500 mの落差のある北西落ちの断層が推定された。この断層の北西側では、Setuva層は地表から2,500 mの深さにあり、北西へ緩傾斜している。Açungui I層の層厚は2,500 m以上である。
- (4) また、断層の南東側には貫入岩体の存在が推定された。この岩体は断層にそって貫入したと考えられ、斑レイ岩と推察された。
- (5) 調査地域北西端の花崗岩の分布が把握された。

### 3-2-2 IP法電気探査結果

- (1) FE3%以上のIP異常帯が、調査地域北部(A異常帯)、中央部(B異常帯)および



南西部（C異常帯）の3箇所に検出された。

- (2) A異常帯は石墨片岩の分布を反映したものであり、鉍床胚胎の可能性は小さい。
- (3) B異常帯はPerau鉍山を中心とする地区で検出された異常帯であるが、2個の異常帯にわけられ、一つは北東部に分布しており、硫化鉍物を伴う角閃岩類によるものと考えられ、A異常帯と同様、鉍床胚胎の可能性は小さい。

一方、中央部のPerau鉍山付近にみられるIP異常帯は、硫化鉍物を伴うPerau鉍床胚胎層準を反映していると考えられ、この異常源は西傾斜であり、地質調査結果と一致している。また、異常帯の分布から、S～SSW方向、且つ深部へ伸びていると考えられる。S～SSW方向および深部における鉍床胚胎の可能性が大きい。

- (4) C異常帯は、A異常帯と類似の傾向が看取されるので、石墨片岩の分布を反映したものと考えられる。しかしながら、この異常帯はB異常帯の上位に位置するものであり、その下盤にはPerau鉍床層準が連続して胚胎していると考えられる。

### 3-2-3 スペクトルIP法電気探査結果

本調査は、IP異常帯が検出された測線KおよびPerau鉍山直上を通る測線Gの2測線で実施されたものであり、IP法結果と同様の異常帯が検出されたので、異常帯には同一の名称を使用する。

A異常帯は、測線Kの西側で検出されたものであるが、石墨片岩を反映したものである。

B異常帯は、測線Gの中央部、Perau鉍山を中心とする地区に位置するが、Perau鉍床胚胎層準を反映したものであり、西傾斜である。

C異常帯は、測線Gの西部に位置しており、A異常帯に類似した傾向がみられるが、IP効果が強いので、A異常帯よりも黄鉄鉍々染をより強く受けた石墨片岩に起因することが考えられる。

またB異常帯とは全く異なる特徴がみられるので、硫化物を伴う銅・鉛・亜鉛鉍床に起因するものではないと考えられるが、全く別種の鉍床に起因することも否定できない。

### 3-2-4 空中磁気探査解析結果

- (1) 磁気図から把握された構造線の方向は、NE-SWであり、主たる地質構造の方向と一致している。
- (2) 花崗岩、斑レイ岩、輝緑岩、角閃岩などの露出あるいは潜在する貫入岩体の分布が把握された。斑レイ岩、角閃岩は構造線に規制されて分布している。一部の花崗岩および角閃岩については、岩質の異なる可能性がある。
- (3) 鉍山は、あたかも上記貫入岩体の周辺に分布しているが、これらの岩体と直接の関連はないと考えられる。また、鉍山は、ランクD（微弱）、磁性岩体の泥質岩類、砂質岩類、石灰岩分布域に位置している。



## 第4章 結論および将来の展望

本調査地域に於いて地質調査（準精査）を実施して、地質構造と鉍床胚胎の場の関係を、より明確に把握することに努めた。

Perau 地区および Rocha 地区について、詳細な地質調査と鉍床調査を実施した。特に Perau 鉍床周辺については、地化学探査および物理探査（電気探査 IP、SIP と重力探査）を併せて実施した。

これらの調査結果から得られた結論は次の通りである。

1. 調査地域の地質は、先カンブリア系に属する Setuva 層および Açungui 層群の変成岩類が整合的に分布し、火成岩類がこれら貫いている。このうち Açungui 層群は第1年次の調査で3層に区分されたが、今回の調査では、その最上位の A III 層を3部層に細区分した。
2. 変成岩類は緑色片岩相から緑レン石-角閃岩相に属し、Setuva 層と Açungui 層群の変成相には大きな差は認められない。
3. Rocha 鉍床、Barrinha 鉍床および Panelas 鉍床等は Açungui III 層の中部層の石灰岩・苦灰岩に胚胎しており、同一層準に位置づけられることが判明した。
4. Perau 鉍床は Açungui I 層の初期（1,400-1,300 m.y.）に周生的に生成した層状鉍床である。現在稼行中の富鉍部は褶曲運動によって形成されたもので、母岩の線構造に調和的な方向を示す。富鉍部の下限は G-2 レベルであるが、下乱で新たな富鉍部の存在が期待される。
5. Perau 鉍床胚胎層準の土壤地化学探査の結果、鉍床付近で Cu-Pb-Zn の相関が最も良く、南部に向って Cu 異常値が連続する傾向を示し、今後この地域の探査が望まれる。
6. Perau 鉍床周辺で実施した電気探査（IP および SIP）の結果、Perau 鉍床層準が下部に向って連続する可能性が大きく、現在稼行中の鉍床の深部にも IP 異常帯が捕捉された。
7. 重力探査の結果、Anta Gorda 背斜構造、Água Clara 背斜構造、Ribeirão do Grande 断層構造および Varginha 花崗岩体の構造等が把握出来た。
8. Rocha 鉍床は、母岩中の金属成分がブラジル造山運動期に形成された鉍脈裂力系に濃集したもので、鉍脈裂力系は石灰岩・苦灰岩と雲母片岩の互層する中で、相対的にコンピーテナ場にあった苦灰岩中に発達している。  
鉍床付近の石灰岩中の Ag 含有量は一般的な炭酸塩岩中の Ag 含有量に比べて非常に高い値を示す。これは今後同種の鉍床探査を実施する場合、鉍床母岩を指示する重要な特徴と考えられる。
9. 以上、今回の調査から各種の基礎的データが得られたが、今後更に下記調査の実施が望ましい。



- 9-1 Perau 鉱山の鉱床層準に見られる IP 異常帯は、鉱化作用に関係する可能性がある  
るので、試錐により明らかにする。
- 9-2 Anta Gorda・プロジェクトの北部地域（Ribeira 河の北側部）の地質調査（準  
精査）を実施し、地質構造と鉱床の関係をより明らかにする。
- 9-3 Perau 地区南部の電気探査（IPまたはSIP）と地化学探査を実施して、鉱床賦存  
の可能性を究明する。
- 9-4 Barrinha 鉱床は Rocha 鉱床と同一層準にある脈状～網状鉱床である。鉱床は  
Barrinha 背斜構造の頂部付近に位置し、雲母片岩下部の石灰岩－石灰片岩中に潜頭的に  
胚胎している。この鉱床および周辺に電気探査（IPまたはSIP）を実施して潜頭性鉱床の  
探鉱余地を解明する。





# 各 論

## I . 地質調查、地化学探查



# 第 1 章 地 質

## 1-1 概 説

本調査地域およびその周辺の地質は、先カンブリア時代の Setuva 層と Açungui 層群から構成され、Açungui 層群には多数の鉛鋳床が胚胎していることが知られている。

Setuva 層は本調査地域の地質の最下部を構成し、主に片麻岩類から成る。Açungui 層群は下位より I 層、II 層および III 層に区分され、片岩類、千枚岩および石灰岩から成る。

これらの地質は全般に褶曲運動および断層運動を蒙り、正確な地質構造や層位関係を把握することは困難な場合が多い。

Setuva 層と Açungui 層群の層位関係については従来から多くの議論がなされているが、今回の調査では整合関係と考えた。

火成岩類は、上記変成岩類形成末期に併入し、弱い変成作用を蒙った変塩基性岩と花崗岩類および白亜紀に貫入した閃長岩、輝緑岩等がある。

これらの先カンブリア系の変成岩類の主要な変成作用は、ブラジル造山輪廻の時期に行われたと考えられる。

角閃岩や雲母片岩などの変成鉱物の組合せから Setuva 層と Açungui 層群の変成相は、緑色片岩相から緑レン石-角閃岩相に相当し、両者の間には大きな差は認められない。

本地域の地質構造は NE-SW 系が卓越している。地域中央部に NE-SW 系の Ribeira 断層が発達し、地質構造を二分している。この断層の南東部では、Setuva 層と Açungui I 層～II 層から成る NE-SW 方向の褶曲が、ほぼ南北に配列し背斜構造のコア部に Setuva 層が露出する。また Ribeira 断層の北西部では Açungui III 層が NE-SW の走向を示して広く分布し、多くの褶曲と断層により Açungui I～II 層よりも複雑な構造を示す。

鋳床は Açungui I 層中に層状に胚胎する Perau 型鋳床と、Açungui III 層の石灰岩類に脈状に胚胎する Rocha 型鋳床に大別される。

この地域の地質略図を Fig. I-1 に、総合地質柱状図を Fig. I-2 に、および各地の柱状対比図を Fig. I-3 に示す。

## 1-2 層 序

本地域の地質は下位より片麻岩類を主とする Setuva 層と、片岩類、千枚岩および石灰岩類を主とする Açungui 層群から構成される。





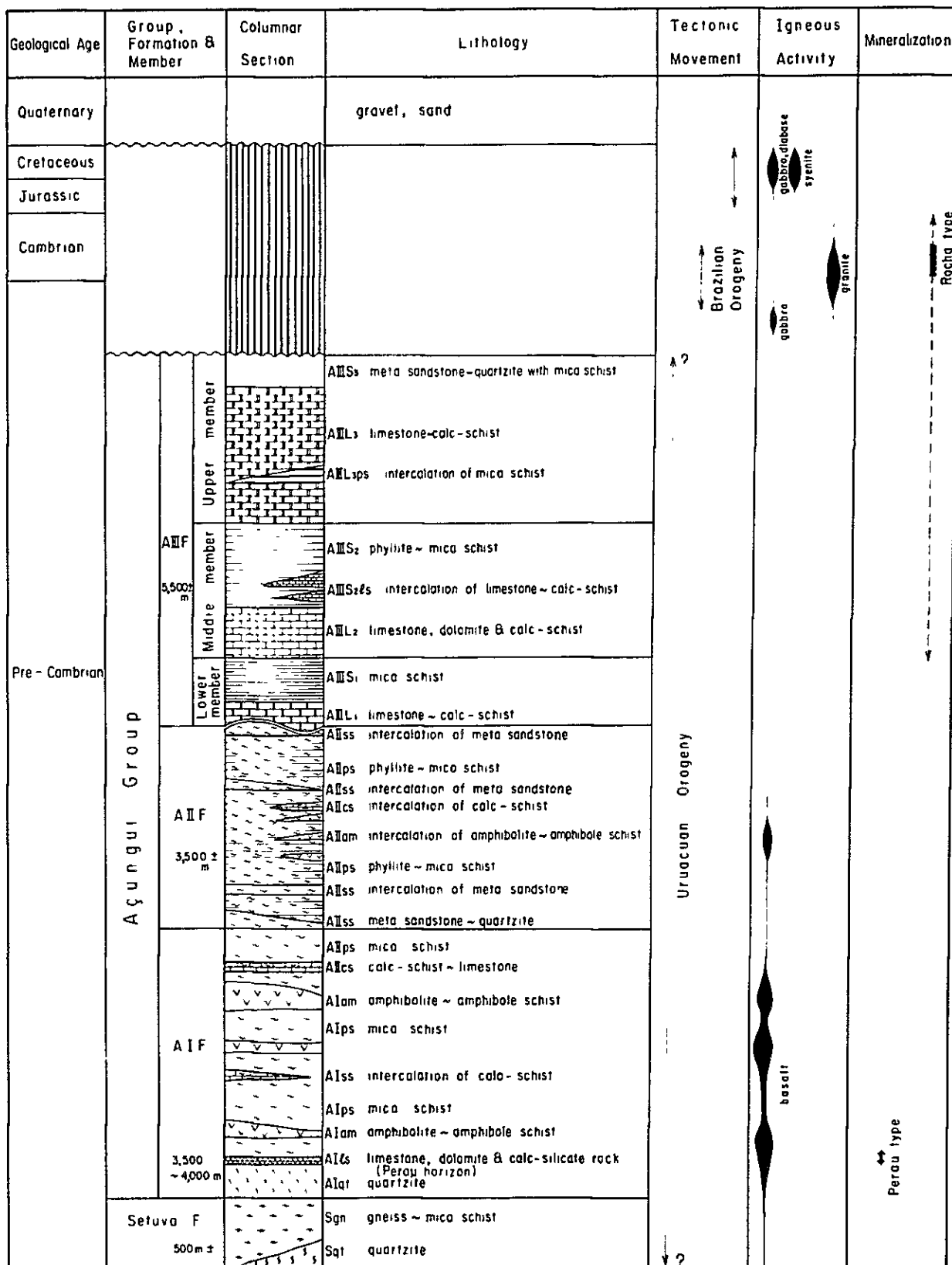


Fig. I-2 Generalized Stratigraphic Columnar Section in Survey Area

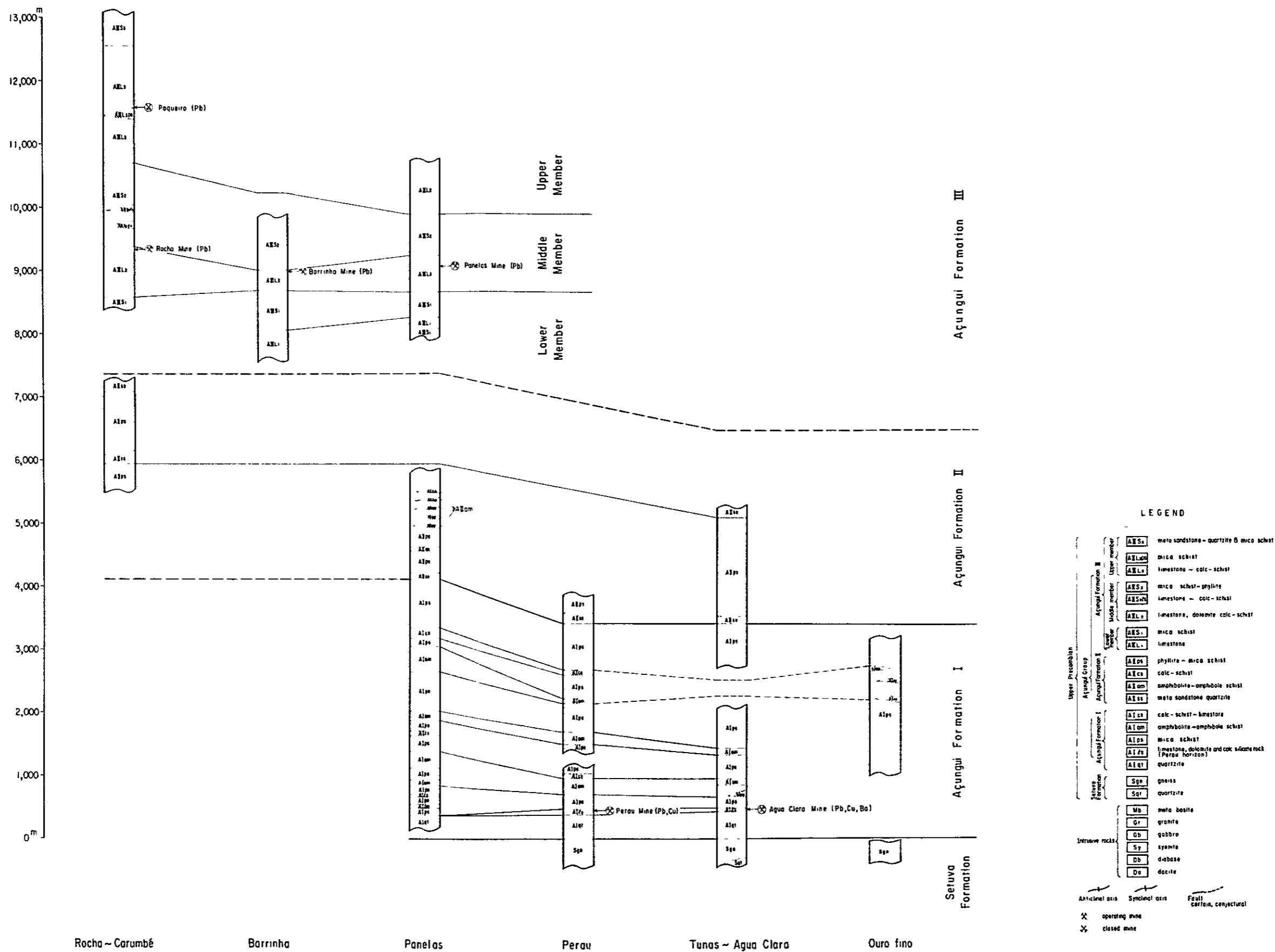


Fig. I -3 Geological Columnar Section and Stratigraphic Correlation in Survey Area





### 1-2-1 Setuva 層

Setuva層は本地域の地質の最下部を構成し、主として片麻岩類(Sgn)から成り、一部に珪岩(Sqt)を挟在する。

#### 分布および層厚

本地域の東南部にNE-SW系の褶曲軸を有すAnta Gorda背斜およびPerau背斜等の背斜構造のコアとして露出して居り、他に東南端にも分布している。

上記の背斜構造はNE-SW系の方向を示しながら更に南北の配列をして居り、本層の分布もこれらの褶曲により反復しながらその軸部を占めて露出する。最も広い分布を示す地区はAnta Gorda背斜でPerau背斜地区では小分布を示す。Anta Gorda背斜地区では背斜軸の中心部に珪岩が分布する。これは見掛け上、最下部を示すがAgua Clara背斜では露出しないことから片麻岩中に局所的に挟在されるものと考えられる。

層厚は500m以上と推定される。

#### 岩 相

主要岩相は白雲母-黒雲母片麻岩、角閃石-黒雲母片麻岩、眼球片麻岩および珪岩などから成る。

片麻岩類は一般に暗灰色～暗緑色の塊状で、白雲母、黒雲母、石英、長石等が普遍的に認められ白雲母や黒雲母の多い部分と石英や長石の多い部分からなる明瞭な縞状組織(片麻状組織)が認められる。

一般に下部から上部に向って構成鉱物の粒度が細粒になる傾向を示し、粗粒な部分ではしばしばカリ長石の斑状変晶を含む。細粒な部分では雲母片岩となる所も多い。Ribeirão do Perau上流ではこの中に角閃岩の薄層を挟在することがある。

カリ長石の大型斑状変晶や石英結晶の集合部を多量に含有する眼球片麻岩は各所に露出するが、その代表的なものはAnta Gordaの部落北東部やAgua Clara背斜地域のRibeirão do Perau上流等で良く観察され、ここでは2cm以上のカリ長石の巨晶が認められる。

鏡下で観察される片麻岩類の一般的な鉱物組合せは石英、長石、黒雲母、白雲母、普通角閃石、緑レン石で更に少量のジルコン、ザクロ石、アパタイト等を随伴することがある。レビドプラスチック～ネマトプラスチック組織が特徴的で眼球片麻岩ではポーフィロプラスチック組織が見られる。石英、長石は小粒の他形結晶で、黒雲母や白雲母の小片と共に方向性を示して配列する。

眼球状片麻岩では、カリ長石の大晶や石英の結晶集合体を斑状に含み、それらの間を埋めて細粒の石英、カリ長石、黒雲母、角閃石等が縞状に分布している。

珪岩はAnta Gorda背斜のRio dos Veados最上流で観察される。白色～淡灰色微



細粒珪岩で、片理が明瞭に発達している。

以上の様に片麻岩類は白雲母、黒雲母を多量に包有することから泥質堆積岩起源の特徴を示し、更に石英、長石も多量に包有することから砂質堆積岩起源の片麻岩の特徴も有している。特に珪岩は砂質物の優勢な堆積岩起源と考えられる。

#### 層位関係および時代

本層の下部は調査地域内では確認出来ない為下位層との関係は不明である。

### 1-2-2 Açungui 層群

Açungui 層群は第1年次の調査によって下位より Açungui I 層、II 層、および III 層に区分されている。

今回の調査では Açungui III 層を更に3つの部層に細分して下位より下部層、中部層および上部層とした。

#### (1) Açungui I 層

本層は、Setuva 層を覆う珪岩を最下部とし、主要部は雲母片岩～千枚岩から成る。珪岩と雲母片岩の間に石灰・珪酸塩岩類を挟み、雲母片岩中には多くの角閃岩類や石灰岩～石灰片岩を挟在する。

上限は Serra do Vente e Sete 付近に発達する珪岩・変砂岩 (Açungui II 層の最下部) の下盤までを言う。

#### 分布および層厚

本層は、Setuva 層の分布する範囲を囲む様に分布する。特に本層最下部の珪岩は Anta Gorda 背斜、Água Clara 背斜および Perau 背斜のコアを形成する Setuva 層の囲りにのみ分布する。上限は Cricima 部落北方から Serra do Vente e Sete を経て Tunas 部落北西方約 5 Km まで分布する。

層厚は約 3,500～4,000 m と推定され、上記各背斜構造の北東方で厚い角閃岩層を挟在して全体が厚くなる傾向を示す。

#### 岩 相

本層の主要岩相は珪岩、石灰岩～石灰珪酸塩岩、雲母片岩、角閃岩等で構成される。

#### (a) 珪 岩 (Alqt)

白色～淡黄灰色、塊状で、一部片状構造を有す。

本岩の主要構成鉱物は細粒～微粒の石英粒で、少量の長石を伴っている。しばしば白雲母のフィルム状薄層を挟在するが、Água Clara 周辺では白雲母の含有が多く、



片理が発達する。

本岩は上部の石灰岩や石灰珪酸塩岩類、又は雲母片岩に漸移する関係が認められ、境界部付近では上記の石灰岩又は雲母片岩の薄層と互層する。

本岩の直上には Perau 型 鈹床の胚胎母岩である石灰岩～石灰・珪酸塩岩類がレンズ状に分布するので、その層準調査には本岩は岩相の特徴から有効な鍵層となる。Perau 鈹山周辺では層厚 300 m であるが、Anta Gorda 周辺では 100 m 以下となる。

(b) 石灰岩～石灰・珪酸塩岩類 (Al ls)

上記珪岩直上には石灰岩～石灰・珪酸塩岩類および苦灰岩がレンズ状に分布して居り、この一部には Perau 鈹床、Agua Clara 鈹床および Pretinho 鈹床等の層状鈹床が胚胎している。

これまでにこの層準の石灰岩～石灰・珪酸塩岩の露出が確認されている地区は、Perau 鈹山周辺、Corrego volta Grande、Agua Clara 鈹山周辺および Pretinho 鈹山周辺で、Perau 鈹山周辺で最も広い分布（走向延長約 4 km、最大層厚 150 m）を示す。

ここで石灰・珪酸塩岩としたものは、淡緑灰色緻密な見掛けを呈し、多量の方解石と白雲母、石英・透角閃石の集合体の中に黒雲母のフレークからなる縞状構造が発達する岩相である。

Perau 鈹床の鈹床母岩は、石灰珪酸塩岩類と泥質～珪質片岩類が複雑に互層している。

(c) 雲母片岩 (Al ps)

本岩相は変化が著しいが、中～細粒の灰色～暗灰色を呈する片理の発達した片岩を基本的な岩相とする。

雲母片岩を構成する主要構成鈹物は石英、黒雲母、白雲母およびセリサイトから成り、これらに斜長石、ザクロ石、角閃石および透角閃石等を随伴する。

上記構成鈹物の組合せにより黒雲母の優勢な白雲母－黒雲母片岩と白雲母～セリサイトの優勢な石墨－白雲母－セリサイト片岩の岩相を示す。

前者は Perau 鈹山付近から北部に発達し、後者は Perau 鈹山南部から Tunas 周辺および、調査地域の南東部 Ouro Fino 地域に発達する傾向を示す。

前者は片理が明瞭で黒雲母のフレークを多量に包有し、しばしば粗粒のザクロ石を随伴する。



鏡下では上記鉱物からなるレピドブラスチック組織が特徴的で、稀に十字石を包有する。

Perau 鉱山の鉱床層準直上では磁鉄鉱の濃集部が認められる。

後者は白雲母を多量に包有し、細粒で片理は前者より弱い。しばしば前者の白雲母-黒雲母片岩と互層をなして分布する他に Tunas 北方や Ouro Fino 付近では千枚岩様の岩相を示すことがある。

鏡下ではセリサイト、白雲母、石英と少量の黒雲母から成るレピドブラスチック組織が観察されるが、千枚岩様の岩相を示す所ではこれらの鉱物は微細粒で、レピドブラスチック組織も不明瞭となる。

雲母片岩の層厚は角閃岩相を挟んで約 3,700 m を示す。

#### (d) 角 閃 岩 (Alam)

暗緑色細粒～粗粒で塊状～片状の不均質な岩相を呈す。

上記雲母片岩類に挟<sup>※</sup>まれて雲母片岩類の層理と整合的に細長く連続する。数 m から数 100 m まで厚さの異なる角閃岩層が多数分布するが、特に Perau 背斜の北方で発達し、最大層厚 400 m を示す。

鏡下の観察結果では主要構成鉱物は角閃石、斜長石および陽起石からなり、少量のザクロ石、緑レン石、黒雲母および電気石等を随伴し、その他に磁鉄鉱や黄鉄鉱を随伴することもある。塊状部ではポーフィロブラスチック組織が特徴的な角閃片岩である本岩はしばしば雲母片岩の薄層を挟在したり、石灰片岩と共存する産状を示し、周辺の堆積岩起源の片岩類と非常に調和的である。

本岩の起源については片岩形成以前に玄武岩質な火成岩が貫入したとする考え方 (CPRM 1981) や凝灰岩が不純な石灰質又は苦灰質堆積岩か、又は両者の混成岩から生じた可能性があるとする考え方 (第1年次報告書 1981) 等がある。Fig.I-4 の ACF ダイアグラム上で角閃岩類の分析値は塩基性火成岩の領域にプロットされることや、本調査の結果片岩類と非常に調和的であり、塊状部では火成岩の組織を示す等の理由から本岩類の起源は塩基性噴出岩熔岩および同質凝灰岩等が主体で一部泥質堆積岩類と混在して形成されたものと考えられる。

---

※ 本岩の主要なものは、Açungui I 層の雲母片岩中に分布するが、その他に類似の岩相を示すものが Setuva 層の上部の雲母片麻岩、Açungui I 層の珪岩および Açungui II 層の一部に小規模に分布する。





(e) 石灰岩, 石灰片岩 (A l c s)

Perau 鉱山周辺では石灰岩および石灰・珪酸塩岩の他に本層の中～上部に数枚の石灰岩～石灰片岩が挟在される。ここで石灰片岩としたものは, 石灰岩と黒雲母, 白雲母片岩, 透角閃石などからなる片岩の細かい互層である。

調査地域東部 Rio San Sebastião 流域には石灰岩の薄層がほぼ水平に分布する。

又, Cricima 部落から Ribeirão do Grande 西側に連続的に分布する石灰岩層は, 北部の Cricima 部落付近では塊状石灰岩が優勢であるが, Ribeirão do Grande と交叉する付近から南では石灰片岩が優勢となる。その他小規模レンズ状に分布するものも石灰片岩が主要岩相である。

層位関係および時代

下位の Setuva 層との層位関係は構造的不整合とする考え方 (CPRM 1981) もあるが, 今回の調査では次の様な理由により整合関係と考えた。

Setuva 層の片麻岩類の岩相は眼球片麻岩等粗粒の構成鉱物が濃集する部分は下部に発達し, 上部に向って細粒の白雲母-黒雲母片麻岩に移行し, Açungui I 層最下部の珪岩に覆われる産状を示す。

CPRM 報告 (1981) によれば Setuva 層の片麻岩の Rb/Sr 年代は 1,400 m.y. で Açungui I 層は 1,330 m.y. を示すなど両者の年代は非常に近似的なことから Setuva 層と Açungui I 層は, 連続的に堆積したものと考えられる。

又, DNPM の Projeto Leste do Paraná の 1/1,000,000 図幅説明書 (1977) によれば Setuva 層の片麻岩中の黒雲母の K/Ar 年代測定結果  $783 \pm 18$  m.y. を示し, 変成作用の年代がブラジル造山輪廻に一致していることを示して居る。

(2) Açungui II 層

本層は雲母片岩・千枚岩から成り, しばしば珪岩～砂質片岩を挟在するのが特徴である。又少量の角閃岩を挟在する。Serra de Vente e Sete 付近の珪岩を最下部とし Açungui I 層を整合的に覆い, 上部は Ribeira 断層で切断される。

分布および層厚

本層は調査地域南西部から中央部を経て北東部に NE-SW 系および E-W 系の走向で帯状に分布する。

鋸層に乏しく, 小褶曲構造が発達していることから正確な層厚の推定は難しいが, 3,000 m 以上と推定される。珪岩～変砂岩は本層の下部を構成して中央～北東部に分布するものと, 中西部に分布するものがある。角閃岩は北東部に小規模に分布する。



## 岩 相

主として雲母片岩～千枚岩 (A II ps) から成り、少量の珪岩～変砂岩 (A II ss)、角閃岩 (A II am) および石灰片岩 (A II cs) を挟在する。

### (a) 雲 母 片 岩

雲母片岩は地域中央部から北東部に優勢に分布し、千枚岩は中央部から南西部に優勢となる傾向を示す。

雲母片岩は灰色、暗灰色、黒色を示し、細～中粒の黒雲母－白雲母片岩を主要岩相とし、黒雲母を多く包有する岩相は Açungui I 層の雲母片岩に以る。しかし野外では Açungui I 層に較べて全般的に砂質 (Psamitic) な部分が多く認められる。砂質の部分では石英粒が雲母類よりも多く包有されている。

地域北東部では黒雲母の含有量が多くなる傾向を示し、特に Panelas 鉍山の南方では局所的に粗粒の黒雲母、ザクロ石、磁鉄鉍が濃集し、黒雲母は、しばしば片理に直交して発達する産状が観察される。

ここでは、Itaoca 花崗岩に近づくにつれて黒雲母が粗粒となり片理に斜交又は直交する現象が認められることから、この地域の變成岩類は Itaoca 花崗岩の熱變成の影響を蒙った可能性がある。

中央部の Cacador 部落周辺では、しばしば石墨を包有する千枚岩と黒雲母片岩が互層状に分布するが、Varginha 花崗岩に貫かれた部分では共に珪化作用を強く蒙っている。

千枚岩は淡灰色～暗灰色を示し、風化部は非常に軟岩となる。

鏡下で観察されるこれらの岩相は、非常に細粒の石英、セリサイト、石墨、白雲母を主要構成鉱物とする泥質起源のものが多いが雲母片岩は白雲母、黒雲母、石英、斜長石が主要鉱物で、微量のザクロ石や電気石を随伴するレブドプラスチック組織を示す。千枚岩は白雲母、セリサイト、石墨などから成るレブドプラスチック組を示すが、粒度が非常に細かい。

### (b) 珪岩～変砂岩

珪岩～変砂岩は灰白色塊状で、やや弱い片状組織を示すこともある。地域中央部の Serra de Vente e Sete では Açungui II 層最下部を構成する珪岩が発達し、尾根部を構成して北東部へ連続する。この珪岩は南西に向って次第に変砂岩（又は砂質片岩）の薄層に変化し、しばしば露出が途絶える。

本岩層は中央部から北東部で Açungui II 層下限と Açungui I 層上限を区分する良い鍵層となるが、南部では不明瞭となり両層の区分は困難である。

調査地域中央部 Cacador 部落周辺や、南西部の Rio Mato Preto 中流付近に分布するものは中～粗粒の変砂岩・変礫岩で、珪岩を挟在する。



鏡下で観察されるこれらの岩相は、変砂岩は石英粒を主構成鉱物とし、少量の白雲母と斜長石を包有するグラノプラスチック組織を示す。

### 層位関係

下位の Açungui I 層を整合的に覆っている。

### (3) Açungui III 層

本層は主として雲母片岩、変砂岩、および石灰岩類から構成される。地域北部～北西部に広く分布し褶曲運動および断層運動を蒙り複雑な構造を呈す。

従来、本層は下部に石灰岩類が分布し、上部に雲母片岩又は変砂岩が分布し、複雑な褶曲構造により下位の石灰岩が繰り返し露出していると考えられていた。今回の調査では、これらの各岩類を詳細に追跡した結果、石灰岩層は3層(A III L<sub>1</sub>, A III L<sub>2</sub> および A III L<sub>3</sub>) 存在することが判明した。本層はこれらの石灰岩と雲母片岩、変砂岩(A III S<sub>1</sub>, A III S<sub>2</sub> および A III S<sub>3</sub>) の組合せで下位より下部層、中部層および上部層の3部層に区分される。

#### (a) 下部層

本部層は下位の石灰岩(A III L<sub>1</sub>) と上位の雲母片岩(A III S<sub>1</sub>) から成る。

#### 分布および層厚

Ribeira 断層の北側に沿って地域南西部の Rio Bocanha 付近から北東部の Rio Caraça Grande まで細長く分布する。他に地域西方 Rocha 鉱山周辺に小規模分布する。層厚は全体で 1,200 m 以上と推定され、そのうち石灰岩(A III L<sub>1</sub>) が 200 ~ 600 m 以上、雲母片岩(A III S<sub>1</sub>) が約 600 m である。

#### 岩相

石灰岩(A III L<sub>1</sub>) は暗灰色～黒色で細粒～中粒の塊状緻密質、又は糖状を呈し、層理が明瞭である。地域中央～西南部でしばしば苦灰岩を挟在する他に中央部 Cacador 部落北方で螢石が脈状、塊状、角礫状を呈して産出する。北東部では砂質な雲母片岩と互層をなして分布する。雲母片岩(A III S<sub>1</sub>) は灰色～暗灰色の中～粗粒、黒雲母-白雲母片岩で、微褶曲構造が顕著である。

鏡下では白雲母と石英が多く、少量の黒雲母、斜長石とザクロ石を随伴するレビドプラスチック組織を示す。石灰岩は主として方解石から成るグラノプラスチック組織を示し、苦灰岩は同様に苦灰石から成るグラノプラスチック組織を示す。これらは少量の石英や、ザクロ石を随伴することがある。

#### (b) 中部層

本部層は下位の石灰岩～石灰片岩(A III L<sub>2</sub>) と上位の雲母片岩(A III S<sub>2</sub>) から成り、雲母片岩中に石灰岩～石灰片岩(A III S<sub>2</sub> l<sub>s</sub>) 薄層を挟む。



### 分布および層厚

Cerra do Carumbe 断層東部地区では、一般走向 NEE-SWW を示して緩かに褶曲しながら全体的に北に傾斜する。Rocha 鉞山周辺部では一般走向 NE-SW 方向を示して、Rocha 背斜の軸部や Rocha 向斜の翼部に位置するが、更に多くの断層に切断されて複雑な構造を示して分布する。

本部層の石灰岩 (A III L<sub>2</sub>) 中には Rocha 鉞山, Barrinha 鉞山および Panelas 鉞山の鉛鉞床が胚胎している。層厚は全体で 1,200 m ~ 2,000 m が推定され、そのうち石灰岩 (A III L<sub>2</sub>) は Rocha 鉞山周辺で最大 900 m, Barrinha 鉞山周辺で 300 m, Panelas 鉞山周辺で 500 m を示し、Cerra do Carumbe 断層付近では 100 m 前後と薄くなる。

雲母片岩 (A III S<sub>2</sub>) は Rocha 鉞山周辺で最大 1,000 m を示し、Barrinha - Panelas 地域で最大 850 m が推定される。

### 岩 相

石灰岩 (A III L<sub>2</sub>) は灰白色～暗灰色を呈し、細粒緻密な岩相から粗粒で糖粒状組織を示す部分まで変化し、しばしば苦灰岩や石灰片岩を挟在する。

Rocha 鉞山付近では主に淡灰色～暗灰色、細粒～中粒石灰岩が発達する。下部は白色～淡灰色で片理の明瞭な石灰片岩と互層を成し、上部には灰色～暗灰色塊状の苦灰岩を伴う。

石灰岩～苦灰岩については Rocha 鉞山の重要な鉞床母岩であるので、今回の坑内調査で岩相を細分し、詳しい調査を実施した。これらについては鉞床の項で詳述する。

Barrinha 鉞山付近では灰色～暗灰色の石灰岩および石灰片岩が互層状に分布する。この岩相は Rio Carumbe 中流ではほとんど石灰片岩のみに変化する。

石灰片岩は片理が発達し、暗灰色の黒雲母、白雲母からなる薄層 (2 ~ 5 cm 幅) と白色炭酸塩岩の薄層 (5 ~ 10 cm 幅) の互層によって特徴ある縞模様を示す。また、Barrinha 鉞山の Secrisa 鉞床付近には粗粒の透角閃石が濃集しているのが観察される。

Panelas 鉞山付近では石灰岩が発達し、鉞山の地質図では黒色石灰岩と灰白色石灰岩に区分しているが、今回の調査では両者の岩相を一括してマッピングした。この石灰岩中にはしばしば著しい流動褶曲が観察される他、花崗岩周辺部で粗粒の糖粒状組織が観察される。

雲母片岩 (A III S<sub>2</sub>) は灰色～淡緑灰色、細粒～中粒で片理の明瞭な黒雲母-白雲母片岩、緑泥石-白雲母片岩および石墨-白雲母片岩等の岩相を示す。石英粒を多





く含むものは砂質片岩の岩相を呈す。

Rocha 鉦山周辺では下部で細粒、石墨-セリサイト-白雲母片岩の割合が多く上部で白雲母-石英片岩の岩相に移行する。本岩中にはしばしば石灰岩~石灰片岩(AⅢS<sub>2</sub>ls)の薄層が挟在され、その一つの石灰片岩との境界部に透角閃石の濃集部が連続的に認められる。この岩相はDiago Lopes断層北部でも見られ、Colleto部落北西部では大型透角閃石結晶が発達する。

Rocha 背斜構造の軸部では灰色~灰褐色、細粒の石英-白雲母片岩が広く分布し、上位には偏平に引き伸ばされた石英粒(3~7mm)を主とする礫岩が挟在され、下位には石灰岩および石灰片岩の薄層が挟在される。

Barrinha - Panelas 地域では白雲母-黒雲母片岩が広く分布し、Itaoca 花崗岩周辺部で粗粒の黒雲母が片理と斜交して発達する。本岩中には、しばしばザクロ石が濃集する。本岩類の鏡下での特徴は下部層の石灰岩や雲母片岩類と類似する。

#### (c) 上 部 層

本部層は下位の石灰岩(AⅢL<sub>3</sub>)と上位の変砂岩・変礫岩互層(AⅢS<sub>3</sub>)から成り、石灰岩中には雲母片岩(AⅢL<sub>3</sub>ps)を挟在する。

#### 分布および層厚

Adrianopolis - Serra do Carumbé - Rio Mato Preto を結ぶ地域では一般走向NE-SWを示して細長く分布する。Serra do Carumbé 西側の石灰岩(AⅢL<sub>3</sub>)と雲母片岩(AⅢL<sub>3</sub>ps)が断層関係で接する所ではPaqueiro 鉦山、Buena 鉦山、Diago Lopes 鉦山(いずれも休山中)等が分布する。層厚は本地区内では上限が確認されていないので不明だが全体で2500m以上と推定される。このうち石灰岩(AⅢL<sub>3</sub>)はSerra do Carumbé 地区で1400~1800mと推定され、Ribeira 河 北部ではこれよりも厚くなることが予想される。石灰岩中に挟在される雲母片岩(AⅢL<sub>3</sub>ps)は断層に切られるので実層厚は不明だが、約100m前後と推定される。変砂岩・珪岩・変礫岩互層(AⅢS<sub>3</sub>)は上部が断層で切られて実層厚は不明だが、500m以上と推定される。

#### 岩 相

石灰岩(AⅢL<sub>3</sub>)は灰白色~暗灰色細粒~中粒塊状石灰岩や、微褶曲構造を伴う雲母片岩と炭酸塩岩互層の石灰片岩から成る。

Paqueiro 鉦山付近では下部で灰色細粒の塊状~縞状石灰岩が発達し、中部に暗灰色細粒の雲母片岩(AⅢL<sub>3</sub>ps)を挟在し、上部では石灰岩と石灰片岩の互層が発達する。

Ribeira 河 北部では灰色~灰白色、中~粗粒の縞状又は塊状晶質石灰岩が主



要岩相を占める。しばしば石灰岩、雲母片岩、石灰片岩の互層が発達し、黒雲母が濃集することがある。縞状、または塊状の晶質石灰岩はRibeira河流域からItaoca花崗体岩周辺部に発達し、Ribeira 北部では大理石状の粗い岩相を示し、黒雲母を包有することがある。

Quarenta Oitava 断層に沿って雲母片岩 (A III L<sub>3</sub>Ps) が細長く分布する。本岩相は十字石-白雲母-黒雲母片岩で、粗粒の黒雲母が肉眼的にも多量に認められ、鏡下では十字石が認められる。

変砂岩・珩岩・変礫岩互層 (A III S<sub>3</sub>) は Serra do Carumbé に走向 NE-SW を示して細長く分布する。変砂岩と珩岩がリズムカルな堆積構造を示し、上位で礫岩の薄層を 3~4 層 (0.5~5 m 層厚) 挟在する。

珩岩・変砂岩は白色~帯黄色、細粒~中粒で弱い層理を示す。変礫岩は、珩質岩又は石英の円礫 (2~4%) と砂質のマトリックスから成る。

### 1-3 貫入岩類

調査地域内に分布する貫入岩類は変塩基性岩、花崗岩、斑レイ岩、閃長岩、輝緑岩類等である。変塩基性岩類と花崗岩類はブラジル造山輪廻の活動期からその終末期にかけて貫入したものと考えられ、斑レイ岩、閃長岩および輝緑岩類はジュラ紀から白亜紀にブラジル南部に生じた Paraná 塩基性火山活動 (130~120 m.y に最高) によって形成されたものと考えられている。

#### 1-3-1 変塩基性岩類 (Mb)

本地域では Açungui III 層中に岩床状、一部岩株状形態を示して分布する。

Açungui 層群堆積後に貫入したもので、Acungui 層群と共に変成作用を蒙っている。

#### 分 布

Quarenta Oitava 断層沿いに細長く分布するものは Ribeira 町北西部で雲母片岩 (A III L<sub>3</sub>ps) と指交状関係を示して分布する。

Rocha 背斜軸部および Rio Carrumbé に露出するものは Barrinha 背斜構造の軸部に岩床状又は岩株状に貫入している。又、Rocha 断層付近や Quarenta Oitava 断層付近では見掛上断層沿いに貫入した形態を示すが、地層の走向に調和的に貫入したものが断層で切られているものと解釈される。

#### 岩 相

暗灰色~暗緑灰色、細粒~中粒塊状の変斑レイ岩、変輝緑岩および変玄武岩等様々な岩相を示す。本岩類は第1年次 (1981) の報告書では後述の斑レイ岩類に一括していたが、



本岩類は変成作用を蒙って居り、斑レイ岩類は変成作用を蒙っていない点で大きく異なるので今回は両者を区分した。

代表的な岩石の鏡下の性質は次の通りである。

普通角閃石-陽起石変斑レイ岩(D015)

位置：Ribeira西部，Quarenta Oitava断層沿いの岩体

組織：ポイキロプラスチック組織

構成鉱物：陽起石>普通角閃石>斜長石>石英>黒雲母，スフェーン，鉄鉱物（一部赤鉄鉱），リン灰石>ジルコン

陽起石は0.7×1.5 mm大の半白形～自形結晶で，普通角閃石と共に多量に含まれる。

普通角閃石は0.5×1.0 mm大の半白形～自形結晶を示す。

陽起石，普通角閃石は共に斜長石，石英の細粒結晶をポイキリチックに包有する。

斜長石は半自形（0.4 mm）結晶を示すものと細粒状（0.2～0.5 mm）を示すものがある。

石英，黒雲母は極く少量含まれる。

#### 貫入時期

Açungui III層を貫くが，本岩類も変成作用を蒙って居る事実から，本地域の主要な変成作用をもたらしたと考えられるブラジル造山輪廻の時期に花崗岩類の先駆的な活動として貫入したものと推定される。

#### 1-3-2 花崗岩類(Gr)

花崗岩類は，調査地域の中央～北部の各地所でバソリスまたは岩株としてAçungui層群を貫いている。

#### 分布

調査地域西側から北側にTrês Corregosバソリス岩体の一部が分布している。北東部にはItaoca岩体の一部が中央部にVarginha岩体および南西部にMorro Agudo岩体の一部がそれぞれ岩株状形体を示して分布する。

#### 岩相

灰白色～淡紅色，中～粗粒塊状の花崗岩～花崗閃緑岩である。地域東部Olho D'água付近では局所的に花崗岩の一部と見られる変質した灰色～暗灰色石英安山岩(Da)が岩脈状に分布する。

結晶は一般にほぼ等粒で，多量のカリ長石を包有する所では桃色～淡紅色を呈す。



Itaoca 岩体や Três Corregos 岩体では 5 cm 以上のカリ長石の巨晶を包有するのが特徴的である。

鉱物の配列には方向性はないが、地域西部の Três Corregos 岩体の一部で、断層の発達する所にミロナイト化作用を蒙った岩相が認められる。

代表的な岩石の鏡下での性質は次の通りである。

微斜長石-角閃石-黒雲母花崗閃緑岩 (A001)

位置: Panelas 北東部の Itaoca 岩体

組織: 完晶質, 斑状組織

構成鉱物: 斜長石 > 石英, 微斜長石 > 黒雲母 > 角閃石, スフェーン鉄鉱物, リン灰石

斜長石は曹長石~灰曹長石で 1.5 × 2.0 mm 大の自形~半自形, アルバイト双晶が顕著に認められる。

石英は 1.0 × 1.2 mm 大で他形の粒状を示したり, 他の鉱物を充填する。

カリ長石は 5 × 6 mm 大 (巨晶を除く) の斑状自形を呈し, その他に他の鉱物の間を充填する。一般に微斜長石双晶が顕著で, パーサイト構造も発達する。黒雲母は自形~半自形で, 一部又は全体が緑泥石化している。角閃石に伴って晶出している。

角閃石は 0.5 × 1.0 mm 大で自形~半自形を示す。

### 貫入時期

Cordani 他 (1967) による黒雲母の K/Ar 年代測定では, Três Corregos 岩体が 510 ± 15 m. y. を示し, Itaoca 岩体が 500 ± 15 m. y. を示し, いずれもカンブリア紀初期に相当する。

Cordani 他によればブラジル造山輪廻の時期の花崗岩類の貫入時期は次の様に区分される。

- |                   |           |
|-------------------|-----------|
| ① 650 ~ 600 m. y. | 造山運動中の貫入  |
| ② 600 ~ 590 m. y. | 造山運動後期の貫入 |
| ③ 590 ~ 500 m. y. | 造山運動末期の貫入 |

従って本地域の花崗岩類は③期の造山運動末期の貫入と考えられている。

### 1-3-3 斑レイ岩類 (Gb)

Ribeira 断層や他の断層の近く又は褶曲軸の近旁に小岩株状に貫入している。

### 分 布

地域のほぼ中央部で Ribeira 断層の近旁に分布する 2 つの小岩体と地域南西部に褶曲





軸に貫入した小岩体がある。

## 岩 相

主要岩相は優黒色の中粒緻密な完晶質斑レイ岩であるが、Barrinha 鉞山の南方の José Fernandes 岩体の一部には石英閃緑岩の岩相が見られる。

本岩類は変成作用を受けて居らず、既述の変塩基性岩類とは肉眼的および鏡下の特徴が明瞭に異なる。

代表的な岩石の鏡下の性質は次の通りである。

### 角閃石斑レイ岩 (A 018)

位置：Panelas 西方 4 Km の Ribeira 河岸

組織：オフィティック組織

構成鉱物：斜長石 > 普通輝石 > 普通角閃石、紫蘇輝石

斜長石は  $1.2 \times 0.3 \text{ mm}$  大で自形～半自形を示し、平均粒径  $0.5 \times 0.4 \text{ mm}$

紫蘇輝石は半自形を示し、平均粒径  $0.4 \times 0.3 \text{ mm}$

普通角閃石は針状半自形～他形を示し、平均粒径  $0.3 \times 0.1 \text{ mm}$

### 石英閃緑岩 (C 025)

位置：Barrinha 鉞山南方 3 Km (José Fernandes 岩体)

組織：半自形等粒状組織

構成鉱物：斜長石 > 黒雲母 > 斜方輝石、石英 > 角閃石、鉄鉱物、リン灰石

斜長石は自形 ( $1 \sim 2 \text{ mm}$ ) と他形 ( $2 \sim 3 \text{ mm}$ ) とがあり、前者はアルバイト双晶が良く発達して明瞭な累帯構造が見られる。後者は稀に不明瞭なアルバイト双晶と累帯構造が見られ、他の鉱物間を充填する様に晶出している。

黒雲母は自形～半自形淡褐色～濃褐色で  $0.5 \times 0.1 \text{ mm}$  大で一部は強く緑泥石化している。多量の鉄鉱物を伴い、石英粒や細粒自形長石をポイキリティックに包有する。

斜方輝石は半自形を示し平均粒径  $0.4 \times 1.2 \text{ mm}$  で不均質な分布をする。

石英は他形で他の鉱物間を充填する、一部は粒状を示す。

角閃石は少量含まれ大部分緑泥石や鉄鉱物に変わっている。

## 貫 入 時 期

Açungui II 層や Açungui III 層を小岩株状に貫入している。

Cordani (1967) や G. Amaral (1976) は同種の貫入岩の K/Ar 年代測定を実施した結果、前者は 108.4 m.y. を得、後者は 147～117 m.y. を得た。これらの年代はジュラ紀末から白亜紀に貫入したことを示している。



### 1-3-4 閃長岩 (Sy)

Tunas 北方に岩株状に貫入している岩体の他に地域西部 Mato Preto 付近に小岩体が知られている。

#### 分 布

Tunas 北方の岩体は NW-SE の貫入方向を示して、約 20 Km<sup>2</sup> の広さで分布している。Mato Preto 付近の岩体は直径 1 Km 以下の小岩株状形態を示して分布する。

#### 岩 相

灰色～暗灰色の中粒～粗粒完晶質な塊状岩で、新鮮な斜長石、カリ長石の中に短柱状の有色鉱物を少量含んでいる。

代表的な岩石の顕下の性質は次の通りである。

普通角閃石-単斜輝石-黒雲母閃長岩 (C073)

位置：Tunas 北方 4 Km

組織：半自形等粒状

構成鉱物：カリ長石 > 斜長石 > 黒雲母・単斜輝石・普通輝石

カリ長石は半自形のバサイトで、平均粒径  $40 \times 1.2 \text{ mm}$  カールスバント双晶が多く見られる。

斜長石は半自形で、平均粒径  $25 \times 10 \text{ mm}$ 、An 成分は 10% を示す。

黒雲母は自形～半自形で平均粒径  $0.3 \text{ mm}$ 、最大  $1.5 \text{ mm}$ 。

普通角閃石は他形～半自形で平均粒径  $0.3 \text{ mm}$ 。

単斜輝石は自形～半自形で平均粒径  $0.4 \text{ mm}$ 。

#### 貫 入 時 期

Cordani (1967) によれば、Tunas 北方の岩体の黒雲母の K/Ar 年代は  $111.5 \pm 15.6 \text{ m. y.}$  で白亜紀中期を示している。

### 1-3-5 輝緑岩類 (Db)

Setuva 層、Acungui 層群および花崗岩類を岩脈状に貫いている。

#### 分 布

輝緑岩類は、調査地域全域に NW-SE 系岩脈として多数分布する。

一般に岩脈の幅は数 10 cm～数 m であるが、Rocha 鉞山北方では 30 m 以上に達するものもある。走向延長は数 m から数 Km まで様々である。

#### 岩 相

輝緑岩類は暗灰色～黒色の輝緑岩、玄武岩である。



同一岩脈中でも中心部が粗粒完晶質な輝緑岩岩相を示し、周縁相は玄武岩の岩相を示す。また、小岩脈はほとんど玄武岩の岩相を示す。

代表的な岩石の鏡下の性質は次の通りである。

カンラン石玄武岩 (D113)

位置：Cricima 部落北方 1 Km

組織：斑状・間粒状組織

構成鉱物：斜長石、単斜輝石 > 紫蘇輝石 > カンラン石

斜長石は石基中に針状自形結晶を示し、平均粒径  $0.8 \times 0.3 \text{ mm}$

単斜輝石は自形結晶で平均粒径  $1.0 \times 0.5 \text{ mm}$  を示し、干渉色において累帯構造が見られる。

紫蘇輝石は自形で平均粒径  $1.0 \times 0.5 \text{ mm}$ 。

カンラン石は自形で最大  $4.0 \times 3.0 \text{ mm}$  を示す。

鉄鉱物が多量に含まれる。

#### 貫入時期

花崗岩や断層構造を切って分布し、本地域で最も若い時期の貫入岩である。白亜紀の貫入と推定される。

#### 1-4 変成作用

本調査地域に分布する Setuva 層および Açungui 層群を構成する岩類は先カンブリア系の変成岩類である。

これらの変成岩類は砂・泥質堆積物起源の片麻岩・片岩・千枚岩と塩基性火山岩類および同質凝灰岩類起源の角閃岩・角閃石片岩等から構成される。

これらの変成相についてはこれまでに多くの人々が意見を述べているが、緑色片岩相から角閃岩相までの変成相に属しているとする意見が多い。

CPRM (1981) 報告書では Açungui 層群は緑色片岩相で Setuva 層は角閃岩相に属し、変成度が異なると考えている。

Fig. 1-6 は今回の調査で採取された変成岩の代表的なサンプルについて変成鉱物組合せの ACF ダイアグラムの分布を多少模式的に図示したものである。

塩基性変成岩については、Setuva 層では角閃石-緑レン石-黒雲母の組合せを示し、Açungui 層では角閃石-陽起石-ザクロ石-緑レン石の組合せを示す。

これらの鉱物組合せの特徴は緑色変岩相から緑レン石-角閃岩相の特徴を示して居り、Setuva 層および Açungui 層群の塩基性変成岩類の変成相は大きな差は認められない。

砂・泥質堆積物起源の変成岩については、石英・長石を含む他に Setuva 層では黒雲母-白



Table I-1 Chemical Components of Rock Samples

Sample No.	AO18	AO31	AO39	AO80	AO81	AO92	AO95	AO93	CO47	D023B	
Location	Rio Ribeira	Curmbe	Curmbe	Perau	Perau	Perau	Perau	Perau	Vargina	Rio Ribeira	
Rock Name	Gabbro	Gabbro	Meta diabase	hb Schist	bt Schist	bt-mus Schist	hb-bt Gneiss	ep-hb Schist	act- Schist	act- Schist	
Chemical Composition	SiO <sub>2</sub>	48.97	50.74	49.97	64.54	51.73	62.26	63.98	46.49	49.78	49.38
	TiO <sub>2</sub>	0.86	2.29	0.77	1.34	0.74	0.57	0.67	2.19	1.37	1.61
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.38	14.07	11.39	11.70	15.06	15.77	15.37	15.66	13.57	17.43
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.28	3.15	3.79	5.03	3.64	1.35	1.88	4.94	2.71	3.00
	FeO	10.06	11.82	7.65	6.79	8.95	4.96	2.98	10.24	10.85	9.59
	MnO	0.29	0.18	0.20	0.27	0.34	0.05	0.06	0.25	0.26	0.21
	MgO	10.14	3.90	9.52	0.73	6.70	4.76	1.72	5.37	7.19	4.49
	CaO	14.09	8.23	12.82	3.20	7.18	0.91	3.41	10.54	9.42	8.69
	Na <sub>2</sub> O	1.60	2.72	1.33	4.75	3.60	4.10	3.53	1.30	2.52	2.76
	K <sub>2</sub> O	0.09	1.21	0.26	0.05	0.11	3.70	4.16	1.25	0.19	0.40
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06	0.36	0.04	0.29	0.09	0.24	0.30	0.11	0.13	0.14
	CO <sub>2</sub>	0.09	-	-	0.66	0.04	-	0.85	0.37	0.07	-
	+H <sub>2</sub> O	0.40	0.91	1.72	0.43	0.86	1.03	0.65	0.85	0.92	1.66
	-H <sub>2</sub> O	0.24	0.24	0.12	0.14	0.12	0.04	0.16	0.20	0.38	0.32
Total	99.55	99.82	99.58	99.92	99.16	99.74	99.72	99.76	99.36	99.68	

CIPW Normative Mineral	Q	0.00	4.15	3.55	28.24	1.70	12.63	19.30	3.02	1.18	2.79	
	C	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	3.94	1.38	0.00	0.00	0.00	
	or	0.53	7.15	1.54	0.30	0.65	21.87	24.58	7.39	1.12	2.36	
	ab	13.54	23.02	11.25	40.19	30.46	34.69	29.87	11.00	21.32	23.35	
	an	23.60	22.61	24.34	10.16	24.61	2.95	10.03	33.20	25.15	33.99	
	wo	18.95	6.63	16.28	0.00	4.26	0.00	0.00	6.77	8.49	3.43	
	di	en	10.93	2.57	10.65	0.00	2.32	0.00	0.00	3.53	4.38	1.58
		fs	7.16	4.15	4.50	0.00	1.78	0.00	0.00	3.05	3.89	1.82
	hy	en	6.91	7.14	13.06	1.82	14.37	11.86	4.28	9.84	13.53	9.60
		fs	4.52	11.51	5.52	6.60	11.05	7.14	2.92	8.52	12.02	11.05
	ol	fo	5.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		fa	3.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	mt	1.86	4.57	5.50	7.29	5.28	1.96	2.73	7.16	3.93	4.35	
	il	1.63	4.35	1.46	2.54	1.41	1.08	1.27	4.16	2.60	3.06	
	ap	0.14	0.83	0.09	0.67	0.21	0.56	0.70	0.25	0.30	0.32	
	cc	0.20	0.00	0.00	1.43	0.09	0.00	1.84	0.80	0.15	0.00	
Total	98.91	98.67	97.74	99.35	98.18	98.67	98.91	98.71	98.06	97.70		
Q+or+ab	14.07	34.32	16.34	68.73	32.82	69.19	73.75	21.41	23.62	28.51		
D.I	14.23	34.78	16.72	69.17	33.42	70.12	74.56	21.69	24.09	29.18		





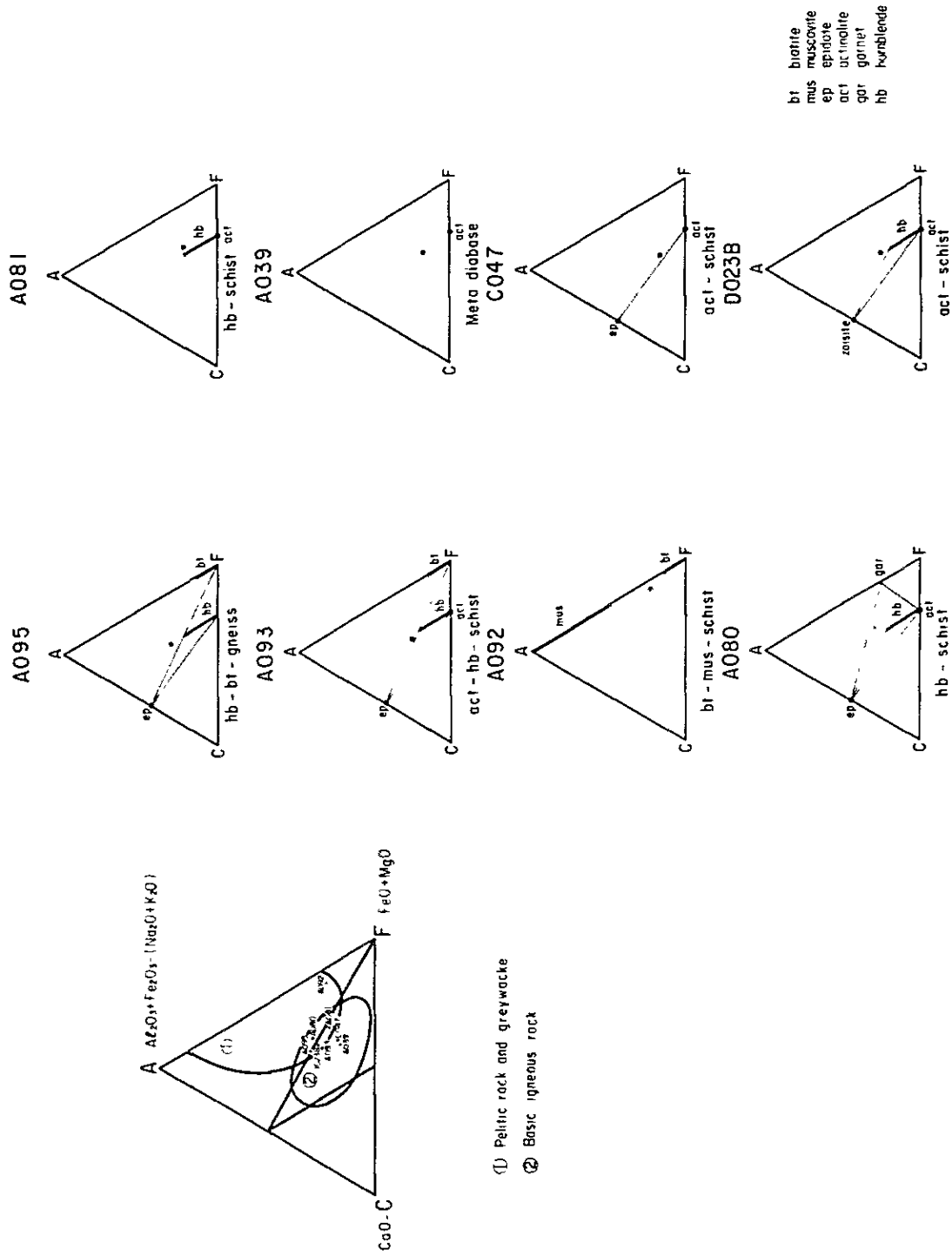


Fig. I - 4 ACF Diagrams of Chemical Analyzed Samples



metamorphic facies		green schist facies		epidote-amphibole facies
mineral zones of pelitic rocks		muscovite zone	biotite zone	
metabasites	chlorite			
	epidote (zoisite)			
	actinolite			
	hornblende			
	almandine			
pelitic rocks	sercite			
	graphite			
	chlorite			
	muscovite			
	biotite			
	almandine			

(modified from Miyashiro 1979)

Fig. I -5 Mineral Assemblages of Metamorphic Rocks in Survey Area

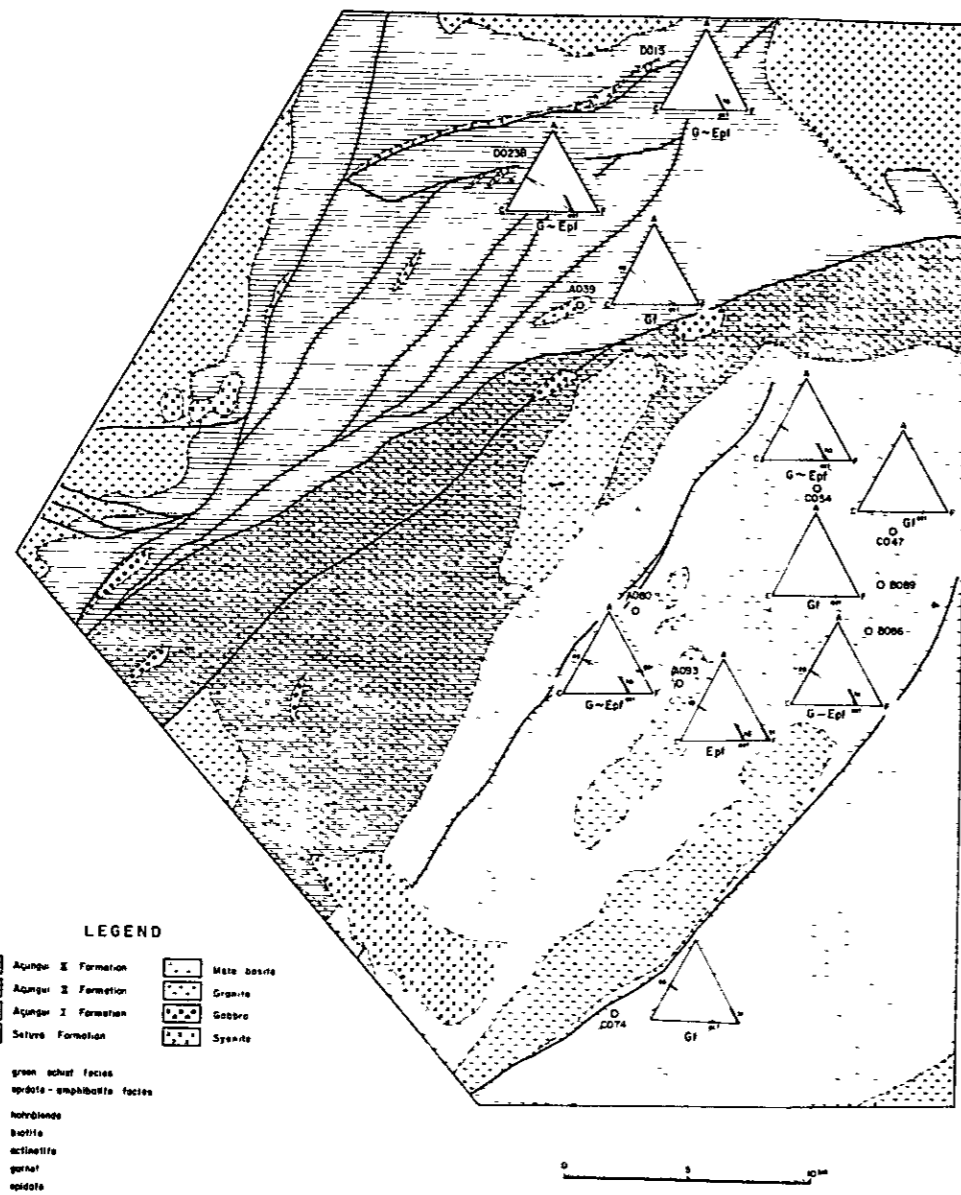


Fig. I-6-1 Metamorphic Facies Map

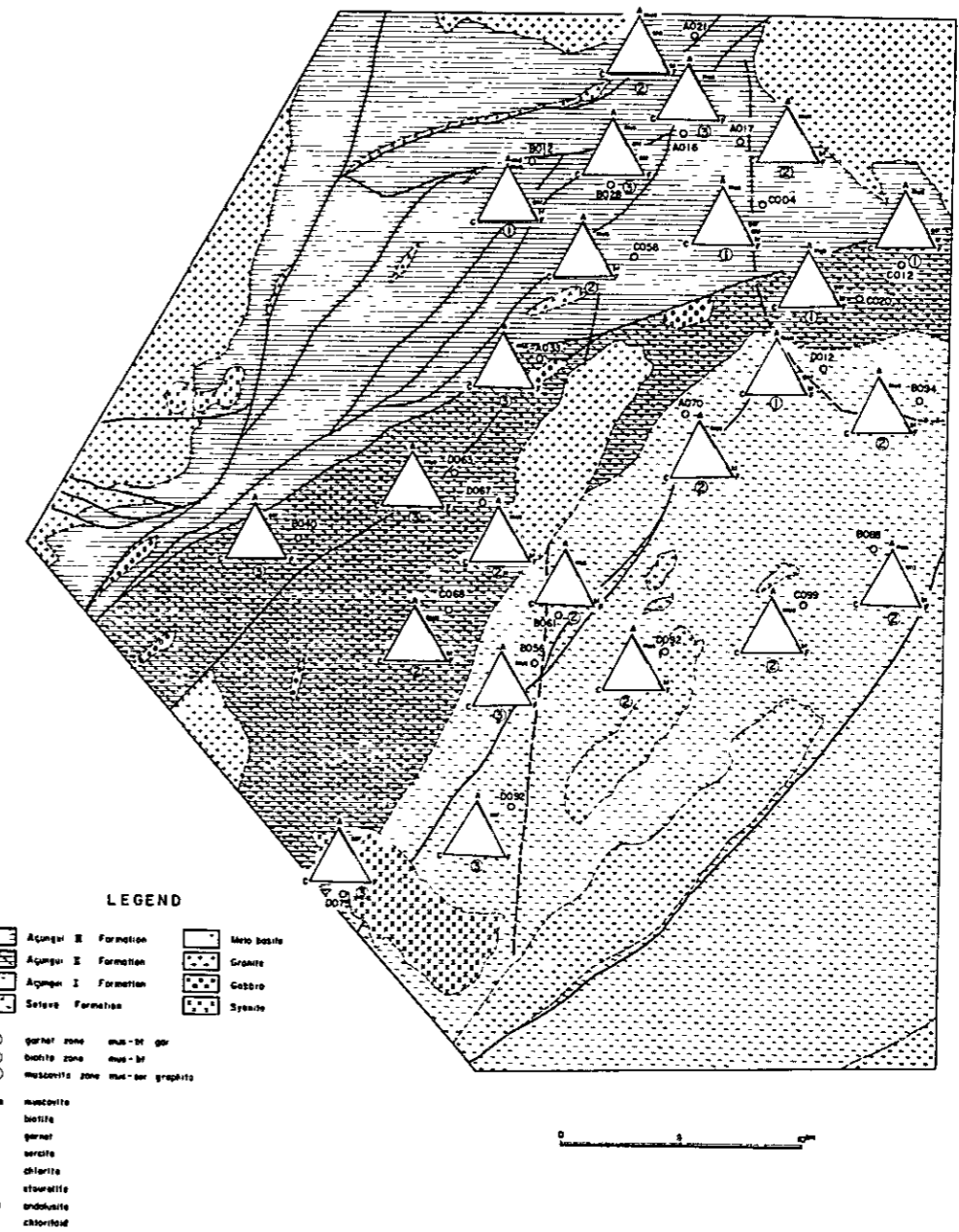


Fig. I-6-2 Metamorphic Mineral Zones Map of Pelitic Rocks



雲母の組合せが特徴である。一方 Açungui 層群では次の3つの組合せに分けられる。

- ① 黒雲母-白雲母-ザクロ石
- ② 黒雲母-白雲母
- ③ 白雲母-石炭-セリサイト

これらはいずれも緑色片岩相から緑泥石-角閃岩相に特徴的な鉱物組合せであるが③はやや低い変成度を示す。

①の組合せは Adrianopolis-Barrinha -Cricima 付近から Itaoca 花崗岩体の周辺部に特徴的に認められ、ザクロ石が多量に形成されたのは花崗岩の貫入に影響された可能性もある。

②の組合せは Ribeira - Tunas を結ぶほぼ南北の線の東側に見られ ③の組合せはその西側に多く見られる。特に③は Tunas 北西方向の Açungui I 層上部から Açungui II 層に多い。

Perau 鉱山周辺では Setuva 層の変成相とこの上位の Açungui I 層の変成相には差が認められない。

本調査地域の変成岩類の源岩の Rb/Sr 年代測定結果は 1,400-1,170 m.y. (Batolla Jr 1977, CPRM 1981) であることが知られている。一方 Setuva 層の片麻岩中の黒雲母の K/Ar 年代測定結果では  $582 \pm 31$  m.y. (Cordan 1967) の年代が得られている。この K/Ar による黒雲母の生成年代は、この地域の変成岩類の変成年代を表わすものと考えられ、その変成作用の時期はブラジル造山輪廻 (750-500 m.y.) に一致することを示している。

## 1-5 地質構造

本調査地域の主要な地質構造は、NE-SW系の構造が卓越している。Fig. 1-1は調査地域における各層の分布状況、主要構造線および貫入岩類の分布等を多少模式化して示してある。なお、ここで使用される褶曲、断層の名称のあるものは、従来から存在するが、大部分は今回新たに仮称したものである。

本調査地域の基盤をなす Setuva 層は、南北に配列する Perau 背斜、Agua Clara 背斜および Anta Gorda 背斜等 NE-SW系背斜構造のコア部に波長 3~5 Km オーダーで繰り返して露出している。

Açungui I 層および II 層は Setuva 層をとり囲む様に分布している。Açungui II 層と III 層は、地域中央を NE-SW 方向に通る Ribeira 断層に切断されて接し、Açungui III 層は断層の北側に NE-SW 系の走向を示して広く分布し、多くの褶曲と断層により I 層および II 層よりも複雑な構造を示す。

本地域の地質構造を支配する褶曲構造と断層構造の主なものは次の通りである。

### (1) 褶曲構造

Setuva 層~ Açungui I 層中に発達する褶曲構造 (NE-SW系)



- Perau 背斜 …… …… 軸長 1.3 Km で北および南にブランチする。Perau 鉞山はこの西翼部に位置する。
- Faria 向斜 …… …… 軸長 7 Km で南にブランチ、北は断層に切断される。
- Agua Clara 背斜 …… …… 軸長 1.7 Km で北および南にブランチする。
- Agua Clara 向斜 …… …… ” ”
- Anta Gorda 背斜 …… …… 軸長 2.0 Km 以上、北および南にブランチする。

Açungui II 層中に発達する褶曲構造 (NE-SW系)

- Mato Preto 向斜 …… …… 軸長 2.0 Km、北はRibeira断層に切断される。
- Morro Grande 背斜 …… …… 軸長 1.3 Km、北は断層に切られ、南はMorro Agudo 花崗岩体に貫かれる。
- Morro Grande 向斜 …… …… 軸長 1.7 Km、北はVarginha花崗岩体に貫かれる。

これらの各褶曲は約 3 Km 間隔で NE-SW の走向を示して平行に配列する。

Açungui III 層中に発達する褶曲構造 (NE-SW系およびENE-WSW系)

- Barrinha 背斜 …… …… ENE-WSW、軸長 1.0 Km、Barrinha 鉞山は褶曲軸部に位置する。
- Adrianopolis 背斜 …… …… ENE-WSW、軸長 1.2 Km、東および西は断層で切断される。
- Rocha 背斜 …… …… NE-SW系、軸長 8 Km、北および南は断層で切断される。
- Rocha 向斜 …… …… NE-SW系、軸長 3 Km、北および南は断層で切断されるRocha 鉞山はこの西翼部に位置する。

(2) 断層構造

本地域の地質構造を二分する最大の断層はNEE-SWW系のRibeira断層である。

このRibeira断層は北側のブロック(地塊)が約 2,000 m 以上落ちている。断層の北側と南側では褶曲構造や断層構造のパターンがやゝ異なっている。

Ribeira断層の南側ではNE-SW系の走向断層が発達する。

- Olho D'água 断層 …… …… Anta Gorda 背斜に平行で、南東側のブロックが落ちている。落差約 2,000 m。
- Ribeirão do Grande 断層 …… …… Perau 背斜に平行で、北西側のブロックが落ちている。落差約 600 m。
- Morro Grande 断層 …… …… Ribeira断層から分岐してAçungui II 層中に走向断層として発達、落差約 1,000 m と推定される。

その他、地域東部Criciema部落付近ではNW-SE系の小規模断層が認められる。この





断層も走向断層の性格を示している。

Ribeira 断層北側では NE-SW 系の走向断層と NEE-SWW 系又は E-W 系断層が分布する。

#### NE-SW 系断層

Cerra do Carumbe 断層 …… Açungui Ⅲ 層最上部の A Ⅲ S<sub>3</sub> を切断する。北西側のブロックが落ちている。落差約 1,000 m 以上。

Agua Morna 断層 …… Rocha 背斜、向斜の間を通り北は Diago Lopes 断層に連続し南は Rocha 断層につながる。南東側ブロックが落ちており、落差約 800 m。

Rocha 断層 …… Rocha 鉱山西側では地層の走向に平行だが北部および南部では走向に斜交する。西側ブロックが落ちており落差約 1,000 m。

これらの NE-SW 系断層は調査地域西南端で Ribeira 断層に収れんする傾向を示す。

#### NEE-SWW 系又は E-W 系断層

Quinta Oitava 断層 …… Rocha 断層から派生し Itaoca 岩体の西方を通過して北部へ抜ける。北側ブロックが落ちているが落差不明。

Diago Lopes 断層 …… Rocha 断層から Cerra do Carumbe 断層に至る。ディアゴ・ロベス鉱床はこの断層の一部に胚胎する脈状鉛鉱床である。

その他 Mato Preto およびその南方で、Três Corrégos 花崗岩体を切る E-W 系断層が Rocha 断層から派生して発達し、同岩体の一部をミロナイト化している。

### 1-5-2 地質構造および地史

本地域の地質を構成する変成岩類の生成年代、変成の時期、褶曲および断層の形成時期や火成岩類の貫入時期等については多くの人々により考察されているが、本地域について統一的にまとめたものは少ない。

特に Setuva 層と Açungui 層群の層位関係については種々議論があり、未だ定説がない。ここではこれまで公表されている Setuva 層と Açungui 層の年代測定結果と今回の調査で得られたデータから本地域の地史について考察する。

ブラジルの東海岸沿いに分布する先カンブリア時代の基盤岩類は、片麻岩～ミグマタイト岩類から成る海岸山脈 (Paraíba do Sal 帯) が最も古く、トランスアマゾン輪廻 (2200 ~ 1,800 m. y.) 中に形成されたと考えられている。



本調査地域はこの Paraiba do Sul 帯の内帯（西側）に位置している。

本地域の Setuva 層および Açungui 層群の源岩は、Rb/Sr 年代が 1,400 m. y. ~1,170 m. y. であることが知られて居り、ブラジル東部に行われた Uruaçuan 造山輪廻（1,400 ~1,100 m. y.）間に沈積した地向斜堆積物によって構成されたものと考えられる。

Setuva 層の堆積物は砂質物の優勢な砂・泥混合物から成り、Açungui 層群の堆積物へ移行する。

Açungui 層群（A I ~ A III 層）の堆積物には、基本的には砂質物から堆積を開始し、次第に泥質物に移行して、この中に石灰質物を挟在するサイクルが見られる。

しかし、本地域の A III 層には A I、A II 層に比べて石灰質物が優勢に堆積した。

Açungui III 層の石灰岩類、砂岩類まで浅海性の堆積環境を保持しながら連続的に堆積したと考えられる。

これらの堆積期間中、Setuva 層から Açungui I 層、II 層の堆積期間中に塩基性火山活動が行われ、特に Açungui I 層で旺盛に活動し、溶岩や同質噴出物を供給した。

Açungui I 層中の塩基性火山活動が旺盛に活動する直前に石灰質～苦灰質物および珪質物が堆積し、これらの一部に還元環境で Perau 型鉍床の硫化鉍物が沈殿した。

Perau 鉍床の鉛鉍石の Pb/Pb 放射年代は約 1,400 m. y. を示し、この時期にマグマから供給されたことを示している。一方 Açungui II 層中の Rocha 鉍床の鉛鉍石の年は約 1,200 m. y. を示し、Açungui III 層堆積時の年代と一致し、逆に鉍脈裂力を形成した時期よりも古いと云う一見矛盾した現象を呈するが、Açungui III 層の石灰・苦灰岩中に堆積した硫化鉍物（主に方鉛鉍）が後の造山運動によって形成された鉍脈裂カ系に濃集したものと解釈される。

先カンブリア末期になると、ブラジル全体に古い台地の破壊と再結合を行う造構運動（ブラジル造山輪廻 750-500 m. y.）が行われ、本地域の変成岩類はこの時期<sup>\*\*</sup>に形成された。

Setuva 層の片麻岩の K/Ar 年代 582 ± 31 m. y. はこの時期の変成作用を示している。

また主要な褶曲運動とこれに引き続いた断層運動もこの時期に行われ、Rocha 型鉍床の鉍脈裂カ系を形成した。

この造構運動は変塩基性岩類の貫入をもたらし、更に造構運動末期には花崗岩類の貫入が行われた。

ジュラ紀から白亜紀にかけて、この時期にブラジル南部では Parana 玄武岩その他の火成岩類の大規模噴出（130-120 m. y. に最高）が行われた。本地域の塩基性岩類および閃長岩の貫入はこの時期に行われた。

---

\*\* ブラジル造山輪廻以前にも埋没変成作用を蒙っていたと考えられるが、現在観察される変成岩は最終的にこの時期に形成されたものと考えられる。



## 第 2 章 鋳 床

### 2-1 概 説

本調査地域の Açungui 層群中には、PL I-14 に示す様に多様の鉛鋳床や鋳微が存在するが、これらの鋳床のタイプは Perau 型および Rocha 型に大別される。

Perau 型鋳床は、Açungui I 層の基底部の珪岩直上にレンズ状に分布する石灰岩～石灰珪酸塩岩中に層状に胚胎する。現在稼行中の Perau 鋳山 (Pb, Ag-Cu-Zn)、休山中の Agua Clara 鋳山 (Pb, Cu, Ba) および開発準備中の Pretinho 鋳山 (Ba) がこれに属している。

一方、Rocha 型鋳床は Açungui III 層の石灰岩 A III L<sub>2</sub> および A III L<sub>3</sub> 中に脈状に胚胎するもので、代表的な稼行鋳山は Rocha 鋳山、Barrinha 鋳山および Panelas 鋳山等いずれも石灰岩 A III L<sub>2</sub> 中に胚胎しており、他に休山中の Drago Lopes 鋳山、Bueno 鋳山および Paqueiro 鋳山等いずれも石灰岩 A III L<sub>3</sub> 中に胚胎している他に多数の鋳微が A III L<sub>2</sub> および A III L<sub>3</sub> の石灰岩中に分布している。

今回の調査では、これらの鋳床のうち代表的な鋳山として Perau 鋳山および Rocha 鋳山を選んで調査を実施した。

Perau 鋳山の調査は 1/10,000 地表地質調査、1/100～1/500 坑内地質鋳床調査、試錐コア調査、鋳床層準の地化学探査 (土壌)、および物理探査 (IP 法、SIP 法および重力法) 等を実施した。

Rocha 鋳山の調査は 1/10,000 地表地質調査、1/100～1/1,000 坑内地質鋳床調査および試錐コア調査を実施した。

### 2-2 Perau 地区の地質鋳床

#### 2-2-1 Perau 鋳山の概要

Perau 鋳山は Adrianópolis の南 2.5 km に位置し、Ribeirão do Grande の支流 Ribeirão do Perau 上流 1.5 km に Eletro São Marco Ltda. の鋳山事務所および坑口がある。

Perau 鋳床は Açungui I 層の珪岩の上にレンズ状に分布する石灰岩～石灰珪酸塩岩 (Calc-Silicate Rock) 中に調和的に胚胎する層状鉛鋳床で、標高 500 m 付近に鋳床露頭が認められる。

この鋳床の開発は、露頭部の酸化銅鋳を対象として、Open Pit により開始されたが、鉛鋳床の発見により坑内採掘に発展して、現在は G-1 (460 m) レベル、G-2 (419 m) レベル、G-3 (438 m) レベルおよび G-4 (374 m) レベルに主要坑道が展開され、更にこれらの間に約 10 m 間隔で 7 本のサブレベルが展開されている。

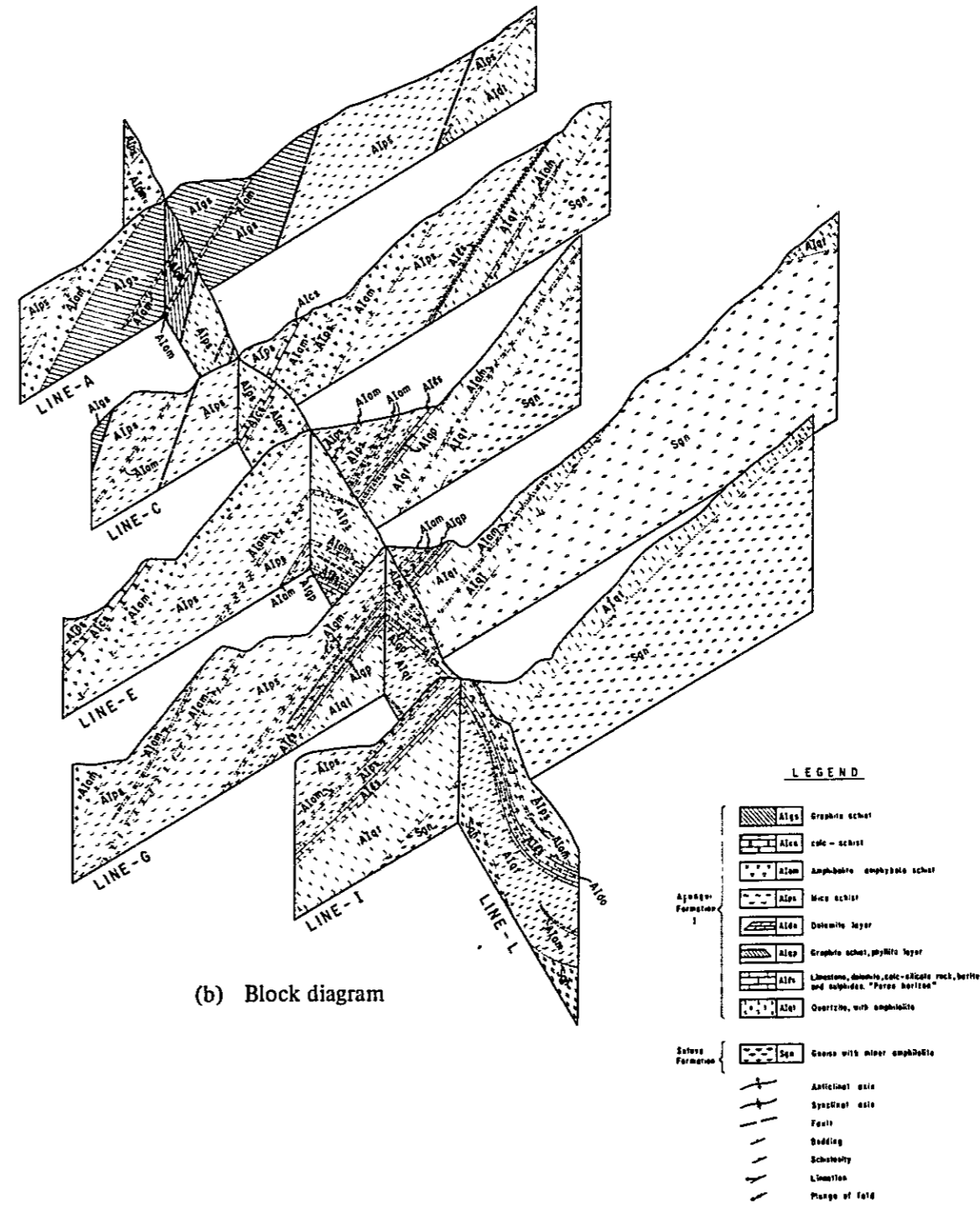
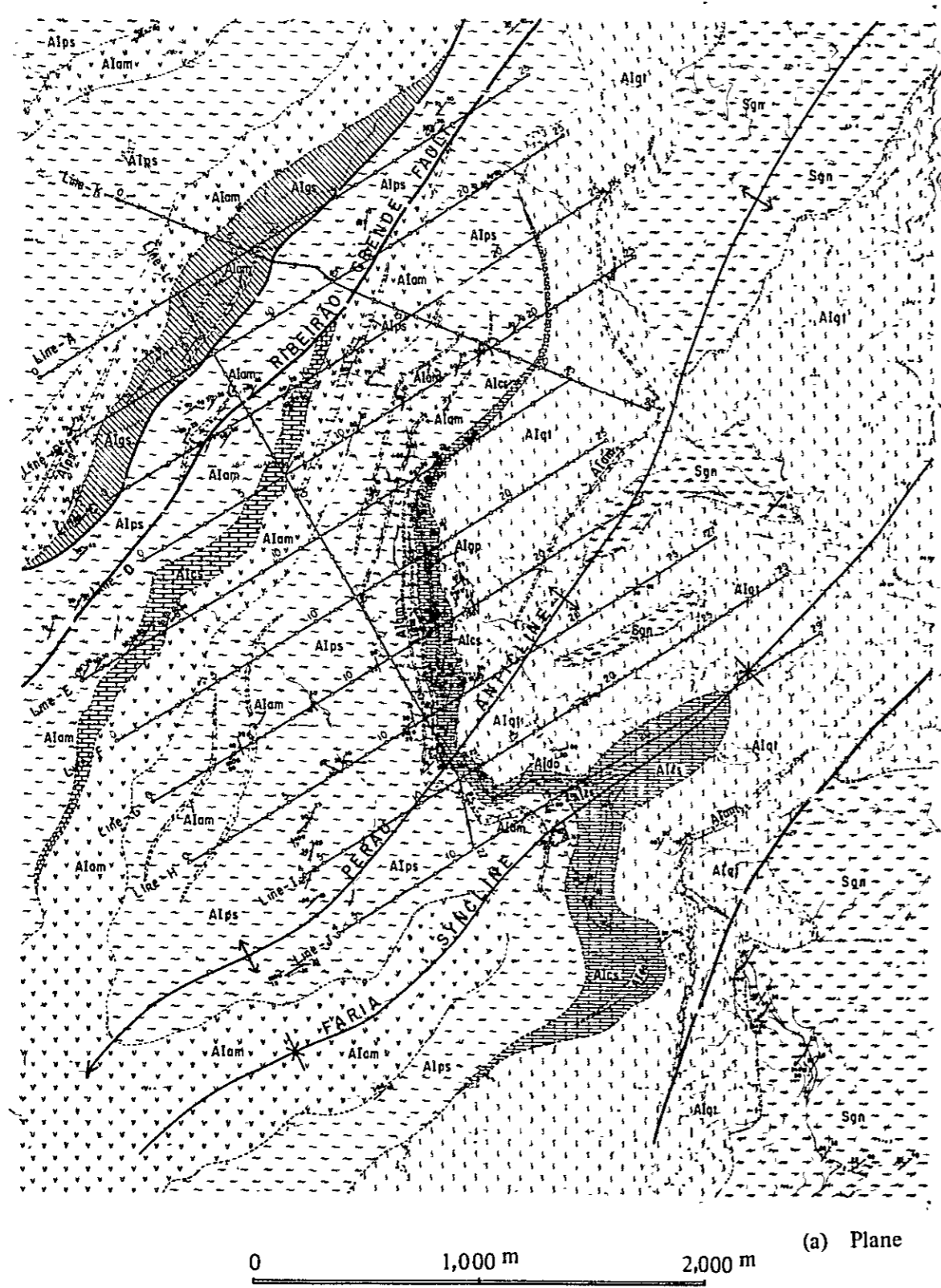


Fig. I -7 Geological Map of Perau Area





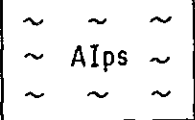


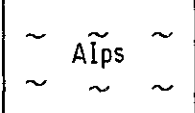
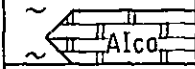
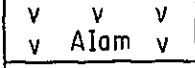
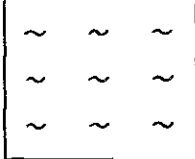
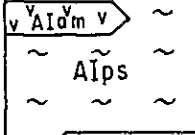
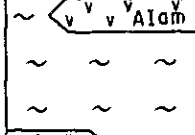
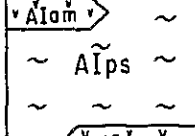
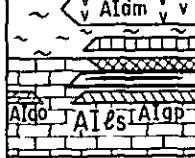
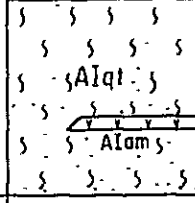
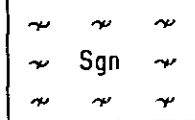

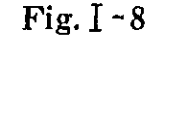
Geologic Age and Formation	Columnar section	Lithological description	Reference	
Pre - Cambrian	Açungui I Formation	 <p>~ ~ ~ ~ A Ips ~ ~ ~ ~</p>	Mica schist	Ribeirão Grande Fault
		 <p>v v v v A Iam v</p>	Amphibolite	
		 <p>A Igs A Iam</p>	Graphite schist intercalate amphibolite beds	
		 <p>~ ~ ~ ~ A Ips ~ ~ ~ ~</p>		
		 <p>(80m) A Ico</p>	Calc - schist	
		 <p>v v v v A Iam v</p>	Amphibolite	
		 <p>~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~</p>		
		 <p>v A Iam v</p>	Mica schist intercalate amphibolite	
		 <p>v v v A Iam v</p>		
		 <p>v A Iam v</p>		
 <p>~ ~ ~ ~ A Ips ~ ~ ~ ~</p>				
 <p>v A Iam v v</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetite concentration</li> <li>• Barite concentration</li> <li>• Ore horizon intercalate 3 ore beds</li> </ul>	<p>"Magnetite zone" "Peran ore deposit"</p>		
 <p>(10) 150m A Ido A Ies A Iap</p>	Limestone, Calc - silicate rock			
 <p>300m ± A Iqt</p>	Quartzite intercalate amphibolite			
Setuve Formation	 <p>~ ~ ~ ~ S gn ~ ~ ~ ~</p>	Gneiss		

Fig. I - 8 Geological Columnar in Perau Area



現在、従業員が90名、月産粗鉛1,500t、Pb：7～10%、Ag：80～120g/tを出鉛し、全量Plumbum S.A.社の製錬所（Panelas 鉛山にある）に売鉛している。

## 2-2-2 地 質

Perau 鉛山および付近の地質は下位より Setuva 層の片麻岩類（Sgn）と Açungui I 層から成る。

本地域はNE系の軸を有する Agua Clara 背斜の北部に位置し、Perau 背斜および Faria 向斜等の褶曲構造の影響を受けている。

### (1) Setuva 層

#### 分 布

Ribeirão do Perau 上流で一般走向  $N 20^{\circ} \sim 40^{\circ} E$ 、傾斜  $2^{\circ} \sim 35^{\circ} NW$  を示して Agua Clara 背斜の軸部を形成して広く分布し、また Perau 鉛山の東部および北東部にNE系の走向で Perau 背斜の軸部を形成して分布する。

#### 岩 相

主要岩相は白雲母-黒雲母片麻岩、角閃石-黒雲母片麻岩、眼球状片麻岩等の片麻岩類（Sgn）で黒雲母-緑レン石-角閃石片麻岩を挟在する。

Ribeirão do Perau ではこれらの岩相の変化する様子が良く観察される。即ち、下流から上流に向って黒雲母片麻岩、白雲母-黒雲母片麻岩および角閃石-黒雲母片麻岩を主要岩相として、黒雲母-緑レン石-角閃石片麻岩の薄層（5m以下）を挟在する部分、長石類の斑状変晶（Porphyroblast）を特徴とする眼球状片麻岩の発達する部分および黒雲母片麻岩の発達する部分が観察される。一方、Perau 鉛山の東部または北東部の Setuva 層は、黒雲母片麻岩を主要岩相とする。

### (2) Açungui I 層

#### 分 布

本層は Açungui 層群の最下部層で、Setuva 層の上に整合的に広く分布する。

調査地域の東半分は珪岩が広く分布し、中央部に Perau 鉛床を胚胎する石灰岩-石灰・珪酸塩岩類が南北に分布し、更に西半分は雲母片岩、角閃岩-角閃石片岩、石灰片岩および石墨片岩等が分布する。

#### 岩 相

本層を構成する岩相は下位より珪岩、石灰岩-石灰・珪酸塩岩（Perau 鉛床、石墨片岩薄層および苦灰岩薄岩を挟在）、雲母片岩（角閃岩、石灰片岩および石墨片岩



等を挟在)から成る。

(a) 珪岩 (Alqt)

白色，緻密，塊状を呈し，約300mの層厚を有する。この層準の中間に角閃岩，黒雲母-角閃石片岩の薄層(10m以下)を挟在する。上位の石灰岩-石灰・珪酸塩岩との境界付近には，両者の漸移帯約10mを経て上位の石灰・珪酸塩岩に移行する。

(b) 石灰岩-石灰・珪酸塩岩類 (Al ls)

この岩相はPerau 鉍床胚胎層準でPerau 鉍山道路およびPerau 鉍山の坑内および試錐コアで良く観察できる。

主要岩相は石灰岩と石灰・珪酸塩岩および泥質~珪質片岩の互層である。Perau 鉍床は，これらを母岩として層状に胚胎し，走向延長4Km，最大層厚150mの規模で分布する。

Perau 鉍山では鉍床下盤に石墨片岩薄層 (Algp, 最大層厚13m) が挟在し，南に向ってせん滅する。しかし，南ではこの層準に苦灰岩 (Al do) の薄層 (10m以下) が挟在される。鉍床上盤には局所的に鉛鉍化作用を伴った重晶石がレンズ状-層状に濃集しているのが観察される。また，鉍床の5~10m上盤に厚さ3~10mの磁鉄鉍の濃集帯 "Magnetite zone" の分布が地表の露頭，坑内G-2レベルの立入および試錐コア (Fig.1-9) 等で観察される。

坑内で得られた鉍床母岩のサンプルのX線粉末回折および化学分析の結果，石灰・珪酸塩岩類および泥質~珪質片岩はそれぞれ次の様な岩類の組合せから成ることが判明した。

即ち，

石灰・珪酸塩岩類 (塩酸で良く発泡する)

黒雲母-透角閃石-方解石片岩

石英-黒雲母-方解石片岩

白雲母-透角閃石-苦灰石-方解石片岩

泥質~珪質片岩類

石英-白雲母片岩

黒雲母-石英-白雲母片岩

透角閃石-石英-白雲母片岩

となっている。鉍床の上・下盤の母岩は1/100坑道スケッチ (PLI-18) に見られる

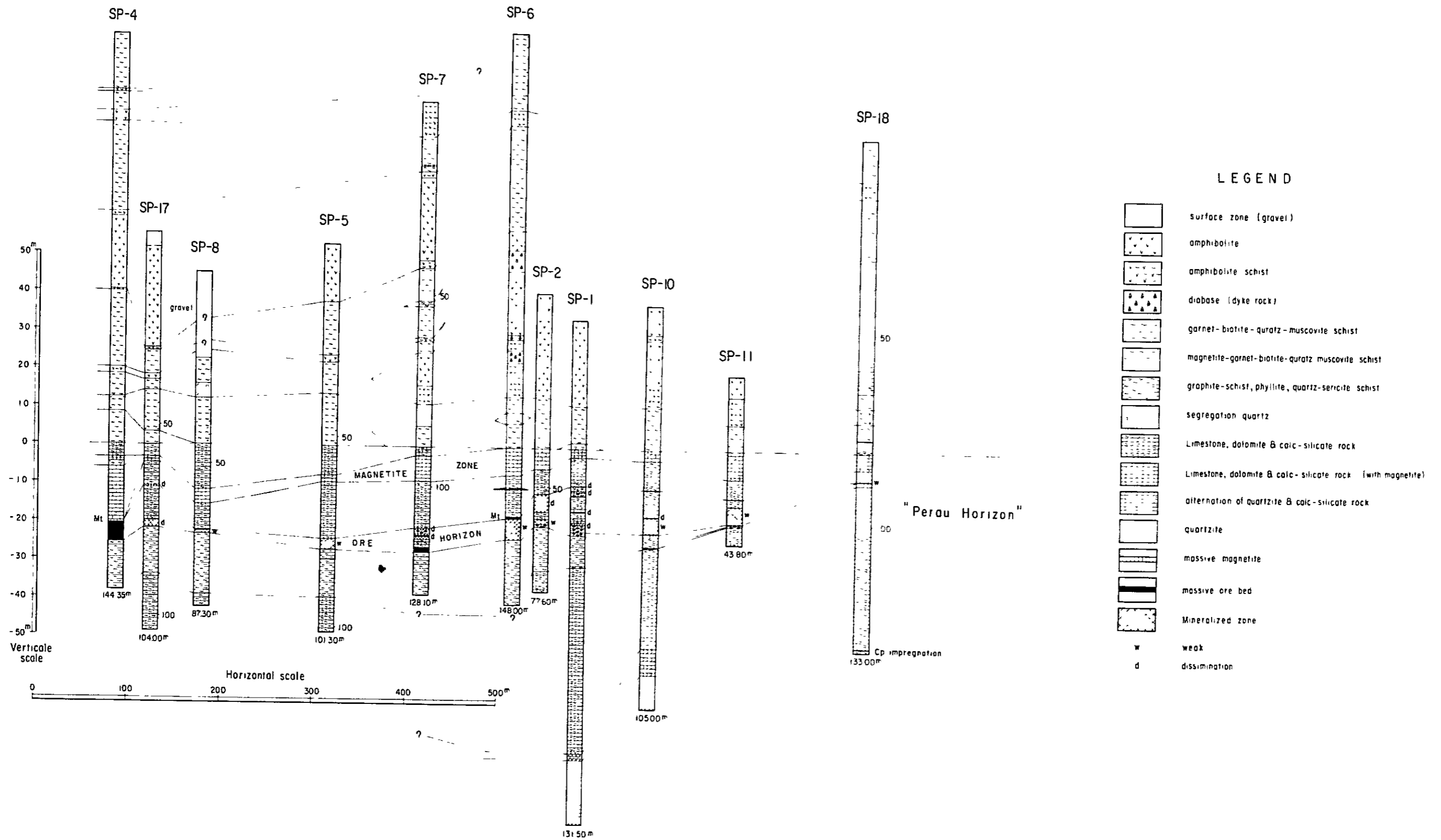


Fig. I-9 Correlative Section of Core Logs in Perau Mine



様に、石灰・珪酸塩岩類、縞状～塊状石灰岩、苦灰岩、泥質～珪質片岩類および石英レンズなどが複雑に互層したものであるが、苦灰岩の量は少ない。

(c) 雲母片岩 (Alps)

本岩相は中～細粒の灰色～暗灰色を呈する片理の発達した片岩である。雲母片岩を構成する主要構成鉱物は、石英、黒雲母、白雲母(セリサイト)から成り、斜長石、ザクロ石、角閃石および透角閃石等を随伴する。

本岩中に数mm～数mの石英脈が片理面に整合的に分布し、しばしばブーディン(boudin)状構造を示す。

上記構成鉱物の組合せにより、白雲母片岩-黒雲母および白雲母(セリサイト)片岩の岩相に細分される。前者はPerau 鉱山西側から北側に分布しザクロ石を多く含有し、Perau 鉱山の試錐コアでは磁鉄鉱の濃集が認められる。後者は前者より上位にあり、ザクロ石や磁鉄鉱の含有が少ない。

(d) 角閃岩～角閃石片岩 (Alam)

上記雲母片岩中に整合的に多数挟在される。

岩相は中～細粒、暗灰色～暗緑色を呈し、均質または不均質な塊状～縞状構造を示す。

Perau 鉱床胚胎層準の5 - 10 m上位から本岩の分布が認められ、層厚数mから最大200 m以上のものまで分布する。本岩は特にA1層中に優勢で、雲母片岩に調和的に分布することから原岩は塩基性熔岩および同質の噴出物と考えられる。

鏡下ではネマトプラスチック～ポーフイロプラスチックな組織が特徴的で、主要構成鉱物は斜長石、陽起石、緑閃石、角閃石および少量の石英等からなる。

Perau 鉱山西部および北西部では石灰片岩や石墨片岩と互層する。

(e) 石灰片岩 (Ales)

本岩相は中～細粒の暗灰色～緑灰色を呈し、片理面が発達し、塩酸で良く発泡する。Perau 鉱山の西側のRibeirão Grande右岸に沿って走向延長約3 Km、層厚最大80 mを示して分布し、北端はRibeirão Grande 断層に切られる。

主要構成鉱物は石英、斜長石、方解石、黒雲母で少量の白雲母、ザクロ石、陽起石、透角閃石等を含有する。これらの鉱物組合せからPerau 鉱床胚胎層準の石灰・珪酸塩岩に似る岩相を示すが、石英および石灰岩の割合が少なく、より雲母片岩に近い岩相で、且つ鉱化作用が認められない。





(f) 石墨片岩 (Algs)

本岩相は細粒暗灰色～黒色を呈し片理が発達する。

Ribeirão Grande 左岸の断層 (Ribeirão Grande 断層の上盤断層) に沿って走向延長約 3 Km, 層厚最大 230 m を示して分布する。

主要構成鉱物は石英, 石墨, 白雲母わら成り, しばしば砂質片岩, 角閃石片岩や石灰片岩の薄層を挟在する。本岩中の割目帯 (fissure zone) に酸化銅鉱のしみ込みが認められる。

2-2-3 地質構造

本地区の主要な地質構造には NE-SW 系の褶曲構造, 線構造および断層構造が認められる。地区の中央部に Perau 背斜, その南に Faria 向斜, 更に北西部に Ribeirão Grande 層およびその上盤支脈断層が分布する。

(1) 褶曲構造

Perau 背斜および Faria 向斜は N 30°~50°E 方向の軸を有してほぼ平行に分布し, 褶曲軸は SW 方向にブランチする。Perau 背斜北西部で地層の走向は N 20°~45°E を示し, 傾斜は 20°~70°NW で背斜軸に近い所で緩く, 断層付近で急傾斜となる。

Perau 背斜および Faria 向斜の影響により Perau 鉍床胚胎層準 (Alls) およびその上・下盤の各地層は "S 字形" を示して分布する。

Perau 鉍山の坑内では 1/500 坑内地質図 (PL1-7) に見られる様に, 波長約 50 m の緩斜褶曲 (Open fold) が鉍床の "うねり" として分布している。この Open fold の頂部 (crest) を上下の坑道レベルで結ぶ線は, Perau 背斜軸の方向に一致する。この緩やかな褶曲構造は, 鉍床の富鉍部形成に密接に関係したと考えられるが, 野外調査でこのオーダーの褶曲の存在を確認することは困難である。

上記の様な褶曲の他に数 cm ~ 数 10 cm オーダーの小褶曲構造が Ribeirão do Perau 上流の Setuva 層上部の黒雲母片麻岩や Açungui 1 層の Perau 鉍床胚胎層準およびその上位の雲母片岩類に観察され, その褶曲軸は Perau 背斜軸に一致し, S 30°~45°W 10°~45°S のピッチを示す。

その他坑内で鉍体中に走向断層により形成されたと考えられる局所的なおりたたみ褶曲が認められる。この褶曲構造は上下盤に連続せず, 鉍体の上下に発達する断層付近のみに分布して局所的な富鉍部を形成する。



## (2) 線 構 造

Setuva 層の片麻岩類、Açungui I 層の珪岩、石灰・珪酸塩岩、石黒片岩および雲母片岩の層面片理面上に線構造が発達する。これらの線構造の方向は、 $S30^{\circ}\sim 50^{\circ}W$  で  $10^{\circ}\sim 25^{\circ}$  のピッチを示し、上記の各種の褶曲の軸の方向と一致する。

坑内では G-3 レベルで局所的に  $S20^{\circ}\sim 40^{\circ}E$ 、 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$  のピッチを示すが、全体に  $S30^{\circ}\sim 60^{\circ}W$ 、 $10^{\circ}\sim 25^{\circ}$  のピッチを示し、野外で観察される線構造の方向と一致する。

## (3) 断 層

野外では Ribeirão Grande に沿って、Ribeirão Grande 断層およびこの上盤支脈断層 (branch fault) が平行に分布する。これらの断層はいずれも推定断層で、北西側のブロックが落ちた正断層と考えられる。

物理探査 (重力探査) の結果によれば、この付近に断層構造の存在が推定され、且つ北西側ブロックが数  $100\text{ m}$  落ちたと推定されている。

一方、Perau 鉱山の坑内調査の結果、鉱床の上下盤には多数の走向断層が発達し、また鉱床と斜交する断層も多数分布していることが判明した。

走向断層は一般に粘土帯や角礫帯を伴わず、層理面や片理面との区別が困難な場合が多い。このタイプの断層は主に断層片理面に平行する“すべり面 (Slip plane)”が発達したもので、層面の傾斜方向に平行に、時には緩く斜交して鉱体の上下盤に発達する。

この走向断層の規模が大きく、層面の傾斜に平行して鉱体に直接断層面が接する場合、鉱体の上面または下面を削り取って鉱体を劣化させたり、またはせん断させたりする。

これとは逆に鉱体の上下盤に発達する走向断層の間で鉱体および母岩が折りたたみ構造を形成して鉱体を局部的に富化させる場合もある。

一方、層面の傾斜に斜交する走向断層は、鉱体を転移させている。この例は G2+20 レベルと G-2 レベルの間の斜坑で観察される。ここでは断層は層面より急傾向で G2+20 レベルの鉱体を大きく転移させている。

尚、鉱体がこれらの走向断層と接する部分では、著しく細粒で緻密な外観を呈したり、母岩の角礫を含むのが観察される。

斜交断層は鉱床母岩の走向に斜交して分布する。一般走向  $N30^{\circ}\sim 60^{\circ}E$ 、傾斜  $45^{\circ}\sim 90^{\circ}NW$  を示す断層が多い。このタイプの断層の特徴として次の様な点があげられる。

即ち、



正断層系が多く走向断層や鉞体を切る。

転移量は小さく(1 m以下)、最大で2~3 mの転移を示す。

断層の巾は数cmから20 cm程度で断層粘土は認められないが、二次方解石で充填される場合が多い。

断層の走向は褶曲軸およびRibeirão Grande断層の方向に一致している。

以上坑内に分布する断層のうち、走向断層は本地区の褶曲運動に起因して、層理、片理面の“すべり面”が発達して形成されたと考えられる。一方、斜交断層の場合は、一般にこの様な小断層系は張力の場で形成される事が多く、断層の走向が褶曲軸の方向に一致することから考えて、褶曲時のNW-SE方向の最大圧縮応力の解放後に発生した同方向の最小圧縮応力によって形成されたものと考えられる。

## 2-2-4 鉞 床

### (1) 鉞床の概要

Perau鉞床はAçungui I層の石灰・珪酸塩岩(Ai ls)中に層状(Strata bound)の形態を示して調和的に胚胎する鉛鉞床である。

鉞床の母岩となる石灰・珪酸塩岩類は詳細に観察すれば、2-2-2, (2), (b)で述べた通り複雑な岩相の組合せとなっている。坑道探鉞および試錐探鉞の結果、これまでにPerau鉞床胚胎層準(Ai ls)中に走向方向に約800 m、傾斜方向に約120 mの範囲に鉞化作用の存在が確認されている。

また、地表ではPerau鉞山の南方に向った探鉞道路の切り替りには、Perau鉞床胚胎層準の石灰・珪酸塩岩(多数の石英の薄層を挟在する)が露出しており、これらの中に小規模の黄鉄鉞、黄銅鉞が鉞染状、縞状またはレンズ状形態を示して胚胎している。黄銅鉞の表層部はほとんど酸化銅鉞に変化している。これらの鉞化帯の南端の苦灰岩の発達する地区で、過去に10数mの坑道(Mina Azurita)探鉞を実施しているが、見るべき成果は得られていない。

上記の坑道および試錐探鉞によって捕捉されている鉞化帯の中で、稼行対象になっている“主鉞体”は、G-1~G-3レベルの坑道が展開されている走向延長約350 m、傾斜延長約120 mの範囲である。

この主鉞体は鉞層の膨縮によりいくつかの富鉞部(Bonanza)に区分される。これらのボナンザの最下底を結ぶボナンザの下限線<sup>※1</sup>は地表にほぼ平行している。

主鉞体の北方約500 mのG-4レベル鉞化帯はデータが少ないので不明な点がある

---

※1. 主鉞体の上半分は地表上にあり、浸食されたものと推定される。

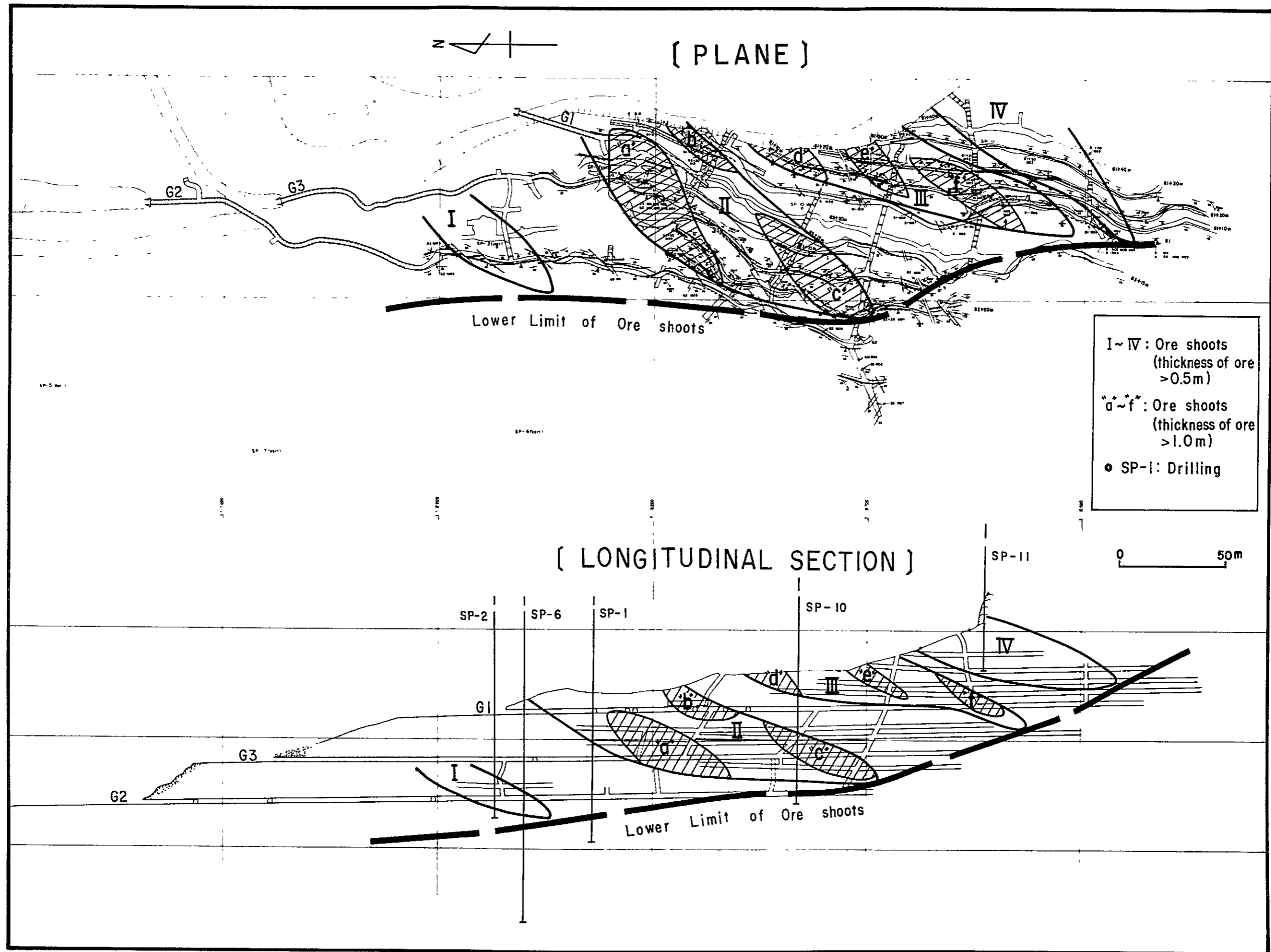


Fig. I-10 Distribution Map of Ore Shoots in Perau Mine





が主鉱体とは別のポナンザを形成する可能性がある。

鉱石鉱物の組合せは方鉛鉱を主とし、黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱を随伴し、稀に磁硫鉄鉱、白鉄鉱、または四面銅鉱等を伴う。方鉛鉱や黄銅鉱等は流動化して角礫化した脈石の間を充填している。

## (2) 鉱床の形態、規模

ポナンザ鉱山の主鉱体は、数 $m$ ~10 $m$ の厚さの鉱化帯中に数10 $cm$ ~数 $m$ の厚さを有する何層かの鉱層<sup>※2</sup>から構成される。これらの鉱層は母岩の褶曲運動の影響を受けて膨縮を繰り返しながら、あるものは非常に連続性が良く、あるものは連続性に乏しい産状を示す(PL 1-8)。

主鉱体中には鉱層が肥大していて、層厚0.5 $m$ 以上の厚さを有する富鉱部<sup>※3</sup>が少なくとも4箇所(ポナンザⅠ,Ⅱ,ⅢおよびⅣ)形成されている。(Fig.1-10)。更に鉱層が10 $m$ 以上に肥大した部分(鉱房-pocket)がポナンザⅡ中に3ヶ所(a, b, c)、ポナンザⅢ中に3ヶ所(d, e, f)形成されている。

ポナンザの大きさは、ポナンザⅡが最大で50 $m$ ×100 $m$ の規模を示し、他のものは大略30 $m$ ×100 $m$ の規模を示す。

鉱房の規模は大小様々であるが、最大のもは"a"で30 $m$ ×100 $m$ の規模を示す。

これらの各富鉱部(ポナンザ)の方向と落し(ピッチ)は一般にS45°~70°W, 20°~35°を示して、母岩の褶曲構造に調和的に分布する。特に鉱房の方向と落しは母岩の線構造の方向と落しに良く一致している。

Perau 鉱山の主鉱体は既述の通り2-3層の鉱層から形成されており、富鉱部はこれらの一部が厚くなった部分である。

ポナンザⅠ付近では、G-2レベル、G2+10レベルおよび試錐SP-2のデータから2層の鉱層が分布している。現在G-2レベルおよびG2+10レベルで捕捉している鉱層は最下盤のものと考えられるが、試錐SP-2のデータによれば、これより上盤に優勢な鉱層が捕捉されているので、今後坑道探鉱により上盤の鉱層を捕捉する必要がある。

ポナンザⅡ付近では、G-1レベル、G-3レベル、G2+20レベル、斜坑および試錐(SP-1およびSP-10)のデータから3層の鉱層が分布している。このうち鉱

---

※2 塊状、鉱染状又は縞状の方鉛鉱-黄鉄鉱がまとまった部分で、中石を挟みながら最大6層認められる。しかし、一般に2~3層にまとめられる。

※3 二次オーダーの褶曲に頂部(crest)で鉱層が肥大し、翼部(wing)で縮少する傾向がある。



房“a”は最上位の鉍層に相当し、“b”および“c”は中間の鉍層に相当する。

G-2レベルではボナンザ-Ⅱの下方に、3層の薄い鉍層がエシェロン状に分布するのみで、富鉍部の存在は確認されていない。また、鉍房“a”および“c”の直下の立入のデータからもボナンザ-Ⅱの下限はG-2レベルまで達していないことが推定される。

尚、試錐SP-10はボナンザ-ⅡおよびⅢの間の鉍層の劣化した個所を通り、またSP-1は鉍房“a”の末端部を捕捉したもので、いずれも鉍況は良くない。

ボナンザ-ⅢおよびⅣ付近では、G-1レベルおよびこれより上位の各サブレベルのデータおよび試錐SP-11のデータから2層の鉍層が分布しているが、ⅢおよびⅣはいずれも下盤の鉍層に相当する。G-2レベルおよびG-3レベルの一部でこれらの鉍層の上盤に重晶石が分布し、この中に細粒の方鉛鉍が雲状に濃集しているが鉍況は弱い。

### (3) 鉍石鉍物の組合せ

鉍石鉍物は方鉛鉍、黄鉄鉍を主とし、少量の黄銅鉍、閃亜鉛鉍を随伴しているのが肉眼で観察される。

鏡下では更に磁硫鉄鉍、白鉄鉍および四面銅鉍等が極く少量観察される。

黄鉄鉍は細粒で縞状構造を示し、母岩の層理に調和的に配列し、母岩と共に小褶曲構造やブーティン構造を形成し、方鉛鉍に充填される。

方鉛鉍は中～粗粒で、全体として母岩の層理に調和的に配列する。

一般に肉眼的には均質で塊状の見掛けを示す部分でも、研磨した面で観察すると多数の角礫状～円礫状の母岩や黄鉄鉍を含むのが認められる。特に小褶曲構造の発達した所や富鉍部でこれらの岩片を含むことが多い。

方鉛鉍は母岩や黄鉄鉍の割目に流動化して充填したもので、しばしば鉍層や母岩の構造を切って粗粒の方鉛鉍からなる「はねこみ」現象が認められる。

閃亜鉛鉍は方鉛鉍に伴って主鉍体全体に少量分布するが、局部的にまとまる場合もある（G-1南部、G-4および試錐SP-4等）。

鏡下で観察される各種鉍物の特徴は次の通りである。

方鉛鉍：肉眼的に塊状を示す部分では、へき開の発達した粗粒結晶の集合（Photo G3-M01）が特徴的で、他の鉍物（黄鉄鉍、閃亜鉛鉍、および磁硫鉄鉍等）を包有して、更にそれらの鉍物を融食している。（Photo G3-M01, G2-M04）。しばしば流動化して母岩の割目や原構造を充填している（Photo G3-M04, G3+20M01）。鉍染状の部分では細粒で点滴状の方鉛鉍が母岩の原構造に規制されている（Photo G2-M05）。

黄鉄鉍：黄鉄鉍のみから成る部分では、半自形～他形結晶（少量の自形結晶を含む）



がモザイク状に集合し ( Photo G 3 - M 0 3 ) , 少量の方鉛鉱や閃亜鉛鉱を伴う。方鉛鉱中に含まれるものは半自形～他形を示し, 結晶周辺部は方鉛鉱により融食されている。

閃亜鉛鉱: 方鉛鉱, 黄鉄鉱および黄銅鉱と共生し, 母岩の割目を充填している。方鉛鉱に充填され, 黄鉄鉱を埋める。結晶中には黄銅鉱が点滴状に多数含まれる ( Photo G 1 - M 0 8 ) 。 G - 4 レベルの閃亜鉛鉱濃集部では細粒の閃亜鉛鉱-黄鉄鉱の集合が観察され ( Photo G 4 - M 0 1 ) その一部に堆積原構造と考えられる同心円構造が観察される ( Photo G 4 - M 0 2 ) 。

黄銅鉱: 上記の各鉱物や白鉄鉱等と共生する。方鉛鉱の中に他形を示して取り込まれたり ( Photo G 3 - M 0 4 ) , 黄鉄鉱や白鉄鉱の周辺部又はそれらの割目を充填したり ( Photo G 1 - M 0 4 ) 更に閃亜鉛鉱中に点滴状包有物として観察される。

白鉄鉱: 黄鉄鉱, 黄銅鉱および閃亜鉛鉱と共生して少量分布する。最も初期に晶出した鉱物と考えられ, 鉱物粒の周辺部や割目が黄鉄鉱または黄銅鉱等で交代されているのが観察される ( Photo G 4 - M 0 2 ) 。 G - 4 レベルでは上記閃亜鉛鉱と同様に堆積の原構造と考えられる同心円構造が観察される ( Photo G 4 - M 0 2 ) 。

磁硫鉄鉱: 方鉛鉱中に小粒状にとり込まれているのが観察される ( Photo G 2 - M 0 3 ) 。 鉱物粒の周辺部や割れ目に沿って黄鉄鉱に交代されている ( Photo G 2 - M 0 3 ) のが観察され, 白鉄鉱と共に初期に晶出した鉱物と考えられる。

四面銅鉱: 方鉛鉱および黄鉄鉱の接する部分に, 不規則形状を示して少量観察される ( Photo G 1 - M 0 5 ) 。 方鉛鉱に密接に伴って, ほぼ同時期に晶出したと考えられる。

以上の鉱石鉱物の量的関係は, 方鉛鉱および黄鉄鉱が最も多く, 次いで閃亜鉛鉱および黄銅鉱が少量含まれる。これらの鉱物は肉眼的にも観察されるが, 白鉄鉱, 磁硫鉄鉱および四面銅鉱は鏡下でのみ観察可能である。

これらの鉱物は母岩の褶曲運動の影響による流動化作用 ( Remobilization ) を蒙り, 元の晶出場所から移動している場合が多く, 特に方鉛鉱および黄銅鉱は流動化しやすい特徴を示している。鉱石鉱物の組合せは, 黄鉄鉱および方鉛鉱を主要構成鉱物とする多金属鉱石の特徴を示し, 閃亜鉛鉱および白鉄鉱中に同心円構造 ( コロフォーム構造の一部と見なされる ) が観察されることから, 低温溶液からの晶出が推定される。又, 黄鉄鉱の縞状構造は母岩の層理に非常に調和的に堆積したことを示している。



#### (4) 鉍石分析の結果

Perau 鉍床における稼行鉍種は、Pb, Ag で月産 1,500 t, Pb 7~10%, Ag 80~120 g/t の粗鉍を出鉍している。これらの品位の分布については、鉍山における組織的なサンプリングと分析の資料がないので説明できないが、今回の調査で鉍床の各地点から採取したチップサンプルの分析結果から得られた知見を下記する。尚、チップサンプルの分析品位は粗鉍品位より高い値を示すのが普通であるが、全体の傾向をつかむことはできる。Perau 鉍床から得られた鉍石サンプルの分析結果(30個)は Table A-5 に示す。鉛品位は 10% 前後を示すものが多く、鉍層の肥大した所とそうでない所での差異は認められない。これは方鉛鉍が流動化作用を受けて鉍層内をほぼ均質に充填した結果と考えられる。従って肉眼的に鉛鉍石が塊状均質、高品位鉍石に見えても母岩の隙を包有するため、あまり高品位とはならない。亜鉛品位は 1% 以下と低品位を示すものが多い。しかし、鉍体全体に亜鉛が含有されていることを示す。局所的に高い品位(4~10% zn)を示すものは、特に亜鉛の濃集した部分のサンプル(G-1 レベル南部および G-4 レベルで採取)である。銅品位は全て 1% 以下で(0.1% 以下のものが多い)非常に低い値を示すが、亜鉛と同様鉍体全体に含有されていることを示す。銀は最高値 6293 g/t を示し、200 g/t 以上の高い値を示すものが多い。鏡下での観察結果では、銀鉍物の存在は認められないが、多量の方鉛鉍に少量の四面銅鉍が随伴している。一般に鉛、亜鉛、銅などを主な採掘対象とする多金属鉍床の鉍石では、銀は主として四面銅鉍、方鉛鉍、斑銅鉍などの硫化鉍物中に類質同像混合物(Isomorphous Mixture)の形で存在する。本鉍床の銀も方鉛鉍や四面銅鉍などに含有されているものと考えられる。金品位はサンプルの半数以上が測定限界以下である。金を含有するサンプルでも、最大値 1.5 g/t を示すのみで、大部分は 0.5 g/t 以下と非常に低い値を示す。

以上、本鉍床の各地点から採取されたチップサンプルの分析結果は、稼行対象となる鉍石は Pb-Ag 鉍で、Cu, Zn および Au 等は稼行対象となり得る程に含有されていない。垂直又は水平方向における品位の規則制については資料が少ないので不明な点が多いが、Pb-Ag 品位はいずれでもほぼ同じ値を示し、富鉍部と他の部分での変化は認められない。

従って、Perau 鉍床で稼行対象となりうる場所は地質構造的に鉍層が肥大した所である。

#### 2-2-5 地化学探査結果と鉍床の関連性

Perau 鉍床胚胎層準(Alls)周辺の土壌地化学探査を実施した。

分析成分は Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn の 6 成分である。





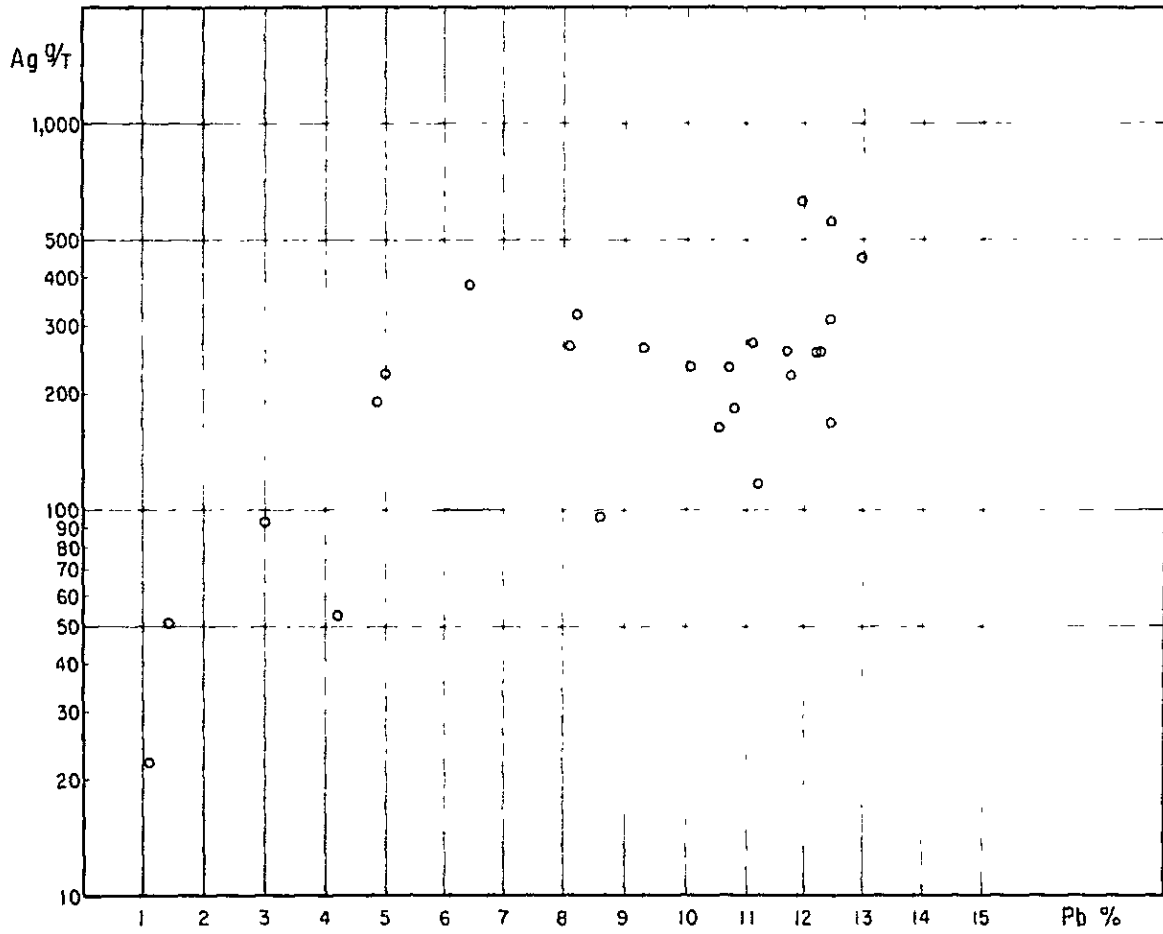


Fig. I -11 Correlation Diagram between Pb and Ag in Perau Mine



個々の成分のヒストグラムの $10^{\bar{x}+\sigma}$ 以上を異常値とすると、Pb、Znは異常帯は鉱床直上に一致し、Cu異常帯は鉱床直上から南に分布する。

多変量解析法による因子分析の結果、Cu-Pb-Znで特徴づけられる因子は、鉱化作用を反映しているものと考えられ、その因子得点の高いゾーンは鉱床の分布と良く一致する。またNi-Co-Mn-Znで特徴づけられる因子は、鉱床胚胎層準の石灰岩～石灰・珪酸塩岩(AlIs)の他に角閃岩(Alam)の岩石特性を反映しているものと考えられ、その因子得点の高いゾーンは、それらの岩類の分布と一致する。

## 2-2-6 物理探査結果と鉱床の関連性

Perau 鉱山周辺で実施された物理探査は重力探査および電気探査(IP法およびSIP法)である。重力探査は調査地区の地下構造の概要を把握するために実施された探査法でPerau 鉱山北西部Ribeirão Grande 沿いに断層構造の存在を捕捉している。

電気探査は主としてIP法により鉱床探査を行い、補助的にSIP法探査を併用した。

電気探査の結果Perau 鉱山周辺でいくつかの異常帯が捕捉された。即ち

- (1) 測定地域の北西部で、石墨片岩の分布に一致した異常帯。
- (2) Perau 鉱床胚胎層準より上盤の黄鉄鉱の弱い鉱染帯と石墨片岩を挟在し雲母片岩中に分布する異常帯。
- (3) Perau 鉱床層準に一致した異常帯。
- (4) Perau 鉱床胚胎層準より下盤の珪岩に挟在される角閃岩の層準に一致する異常帯。

等に大別される。

これらの各異常帯のFE異常や見掛け比抵抗値はそれぞれ異なった特徴を持っている。特に(3)のPerau 鉱床胚胎層準に起因する異常帯は深部に向って連続する状態が良く捕捉されている。異常帯の配列および落しの方向はS又はSSW方向である。

これらの事実は、地質調査の結果判明したPerau 鉱体の落しが母岩の褶曲構造に一致してS又はSSW方向を示すことや、現在稼行中の鉱床の富鉱部はG-2レベル付近で下限(鉱化作用の下限ではない)となり、深部で再び富鉱部の形成が期待されること等と良く一致する。

今後Line GからHにかけてPerau 鉱床層準の深部探査をすることが望まれる。

## 2-2-7 今後の探査余地

地質調査、物理探査の結果を総合的に検討した結果、Perau 鉱山およびその周辺に於ける今後の探鉱余地は次の通りである。

- (1) 現在稼行中のPerau 主鉱体の富鉱部はG-2レベル付近でその下限となるがSP-



6 のデータは下部に新たな富鉛部の存在を示す可能性がある。今後 G-4 レベルでの探鉛が望まれる。

(2) 物理探査の結果 Line G-H 付近の深部に異常帯が捕捉されて有望な鉛化帯の存在が期待されるので試錐による探鉛が望まれる。

(3) Perau 鉛床は Perau 背斜北西翼部に位置している。富鉛部は褶曲構造に支配されて形成されるので、同様の地質構造的条件を有する背斜の反対側の翼部又は Faria 向斜翼部に於ける電気探査および地化学探査の実施が望まれる。

## 2-3 Rocha 地区の地質鉛床

### 2-3-1 Rocha 鉛山の概要

Rocha 鉛山は Adrianopolis の西南方約 2.4 km に位置し、Ribeira 河の支流 Ribeirão do Rocha 上流の急峻な山々に囲まれた標高 230 m の谷間に Rocha Exploração e Comercio de Minerio Ltda の鉛山事務所がある。

現在の主要稼行範囲は 308 m レベルおよび 403 m レベルから上った中段坑道で、他に 227 m レベルの旧坑の取明けを実施中である。

作業員 150 名で、月産粗鉛 3,000 T、粗鉛品位 Pb: 5~7%、Ag: 100~130 g/T を出鉛し、比重選鉛により Pb: 35% の精鉛を全量 Plumbum S.A 社の Pannels 製錬所に売鉛している。

### 2-3-2 地 質

Rocha 地区の地質は主として Açungui III 層の下部層、中部層から成り、変塩基性岩および輝緑岩の岩脈を伴う。

一般走向 NNE-SSW 系を示して、下部層は地区の西側に細長く分布し、中部層は地区の大部分を占めて広く分布する (PLI-10 および Fig. I-12)。

本地区の西縁に Rocha 断層、東縁に Agua Morna 断層がそれぞれ NNE-SSW 系の走向断層として発達している。

Agua Morna 断層の西側付近に Rocha 向斜があり同断層に切られる。本地区はこの向斜の西翼部に位置し東傾斜の単斜構造を示す。

#### (i) Açungui III 層下部層

##### 分 布

Rocha 鉛山の約 1 km 西側に走向 N20°~35°E、傾斜 35°~50°SE を示して分布し、その西側は NNE-SSW 系の Rocha 断層に切られる。

(a) Stratigraphic Section in Rocha Area

Formation & Member	Columnar Section	Lithology	Thickness (m)		
Açungui Formation III	Middle.M	A <sub>III</sub> S <sub>2</sub>	west sandy mica (sericite) schist east mica (sericite) schist	350 900 550 1100	
		A <sub>III</sub> S <sub>2</sub> ls	limestone with calc - schist	50	
		A <sub>III</sub> S <sub>2</sub>	mica (sericite) schist	160	
		x x x x x x x x x x	— tremonite bearing zone	260	
		A <sub>III</sub> S <sub>2</sub> ls	limestone with calc - schist	200	
		A <sub>III</sub> S <sub>2</sub>	mica (sericite) schist ~ phyllite	200	
		A <sub>III</sub> dol	dolomite	0 200	
		A <sub>III</sub> L <sub>2</sub> ps	limestone intercalation of mica (sericite) schist	140	
		A <sub>III</sub> L <sub>2</sub> ls	limestone with calc - schist	200	
		A <sub>III</sub> L <sub>2</sub> ps	mica (sericite) schist	0~40 500	
		A <sub>III</sub> L <sub>2</sub>	limestone	200 800 400	
		A <sub>III</sub> L <sub>2</sub> CS	calc - schist with limestone	100 200	
		Low.M	A <sub>III</sub> S <sub>1</sub>	mica (sericite) schist	+ 200

(b) Underground Stratigraphic Section in Roche Mine

Columnar Section	Lithology
S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> : sericite schist
S <sub>2</sub> l	S <sub>2</sub> l: intercalation of limestone
S <sub>2</sub> d	S <sub>2</sub> d: sericite schist with intercalation of dolomite
D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub> : massive dolomite grey, fine ~ medium grained size
Da	Da: intercalation of alternation of dolomite & limestone
Dl	Dl: intercalation of limestone
D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> : bedded dolomite light grey, medium grained size
A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> : alternation of dolomite > limestone
A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> : alternation of limestone > dolomite dolomite - black, fine grained size limestone - light grey, medium grained size
L	L: limestone light grey ~ white, medium grained size

Fig. I - 12 Geological Columnar Section in Rocha Mine



## 岩 相

灰～暗灰色細粒の白雲母（セリサイト）片岩を主とし、石英粒の多い砂質片岩の薄層を挟在する片理の発達した岩相を示す。

### (2) Açungui Ⅲ層中部層

本部層は下部の石灰岩類（AⅢ L<sub>2</sub>）と上部の雲母片岩類（AⅢ S<sub>2</sub>）に区分され、本地区の大部分を占めて分布する。

#### (a) 石灰岩類（AⅢ L<sub>2</sub>）

この石灰岩類は下位より上位に向って石灰片岩（L<sub>2</sub>cs）、石灰岩（L<sub>2</sub>ls）および苦灰岩（L<sub>2</sub>dol）に細分される。

#### 分 布

一般走向N20°～40°E、傾斜50～80°SEを示して、地区の西半分を占めて分布する。尙、苦灰岩（L<sub>2</sub>dol）は好適な鉱床母岩となっており、走向延長5km、最大層厚200mが確認されている。

#### 岩 相

石灰片岩（L<sub>2</sub>cs）は白色～淡灰色の白雲母（セリサイト）一方解石片岩で、白雲母（セリサイト）片岩の薄層（5～10cm）を挟在する。一般に明瞭な層理および片理を示すが北部ではやや不明瞭となる。

石灰岩（L<sub>2</sub>ls）は塩酸で良く発泡する。細粒～中粒で、淡灰色～暗灰色を呈し層理は明瞭である。上部ではしげしげ石灰片岩に似た岩相を示し白雲母（セリサイト）片岩のレンズ状薄層を挟在する。

最上部は塊状となり、石灰岩－苦灰岩互層部を経て苦灰岩に移行する。

苦灰岩（L<sub>2</sub>dol）は塩酸でほとんど発泡しない。細粒で暗灰色～淡灰色塊状の岩相を呈す。

野外や坑内で石灰岩と苦灰岩を肉眼的に明瞭に識別する方法としては塩酸溶液（10%）を用いて、その発泡の状態から岩石を区分する方法が一般的で且つ簡便であるので、今回の調査でもこれを使用し、その発泡の状態により石灰岩から苦灰岩まで次の4種類に区分した。

- ①石灰岩：強く発泡し、サイズの大きい泡が集合して、発泡時間は長い。
- ②苦灰質石灰岩：比較的強く発泡するが、泡のサイズが小さい。
- ③石灰質苦灰岩：弱く発泡してすぐ消える。
- ④苦灰岩：ほとんど発泡しない。





尚これらの区分に相当する岩石のサンプルのX線回折および化学分析の結果からこの区分は妥当と考えられる ( Table 1-3 )。

Rocha 鉍山の坑内では上記石灰岩 ( L<sub>2</sub> ls ) の一部と苦灰岩 ( L<sub>2</sub> dol ) が広く分布しており、苦灰岩の発達する地域に鉛鉍脈が分布する。

坑内調査および試錐コア調査に先立ち 308 m レベルの Nova Esperanga 立入の 1/100 側壁スケッチを実施し、石灰岩～苦灰岩の分類を上記の区分に従って実施した結果、石灰岩の発達する部分 ( L )、石灰岩・苦灰岩互層 ( A ) および苦灰岩の発達する部分 ( D ) に分類された。

この分類に従って 308 m レベル、403 m レベルの坑内地質図 ( 付図 PL 1-7 ) を作成した。

石灰岩の発達する部分 ( L ) は 403 m レベルで Basseti 断層 鍾 押し の北西部、試錐 1-125 および 1-95 に認められる。308 m レベルでは西部立入、Nova Esperanga 引立付近、試錐 1-124、1-139、1-112、および 1-141 等に認められる。塩酸による発泡状態は①および②が優勢で、③の薄層 ( 5~10 cm ) を挟在する。しばしば中粒の黄鉄鉍を鉍染状に認める。①、②の部分の肉眼的な見掛けは淡灰～白色で塊状を示し、③の部分は暗灰色で緻密質である。

石灰岩と苦灰岩の互層する部分 ( A ) は 403 m レベルで Basseti 断層 鍾 押し の北西部、試錐 1-125 および 1-95 に認められる。308 m レベルでは西部立入、Nova Esperanga 立入、試錐 1-124、および 1-139 で認められる。①②と④が 0.3~1.0 m の巾で互層状に表われる。①②の部分の肉眼的な見掛けは中粒で淡灰色を示し、④の発達する部分では細粒、黒色で黄鉄鉍を含有する。

苦灰岩の発達する部分 ( D ) は 403 m レベルで西部立入や試錐 1-125 および 1-95 に認められる。308 m レベルで西部立入、Nova Esperanga 立入、試錐 1-124、1-139、1-112 および 1-141 に認められる。④が優勢で、②の薄層を挟在する。肉眼的な見掛けは④の部分で細～中粒淡灰色～暗灰色を示し黄鉄鉍の鉍染が認められる。②の部分は中粒白色を呈す。

(b) 雲母片岩類 ( A III S<sub>2</sub> )

分 布

一般走向 N25°~40°E、傾斜 35°~75°SE を示し、地区の東半分を占めて広く分布する。東縁部は Agua Morna 断層に切られる。北東端に向斜の一部が分布する。

岩 相

灰色～暗灰色の白雲母 ( セリサイト ) 片岩を主要岩相とするが、下位で石墨質な白



雲母（セリサイト）片岩～千枚岩が発達し、上位で砂質片岩を多く挟在する。特に北部でこの傾向が強まり層理が不明瞭となる。本岩類の肉眼的特徴としては石墨の多い黒色部と石墨を含まない白色部の縞状構造が顕著に認められる。

石灰岩～石灰片岩（AⅢS<sub>2</sub>ls）は灰色～暗灰色を呈し、20～50cmの互層を示す。最下位のもは最も広い分布を示し、その上面付近から上盤の白雲母（セリサイト）片岩にかけて大型柱状～針状の透角閃石が良く発達する。この透角閃石帯は連続性が良く、この地区の重要な層となつている。他の石灰岩～石灰片岩には透角閃石は認められない。

### (3) 変塩基性岩（Mb）

#### 分 布

調査地区西縁部の Rocha 断層に沿って細長く分布する。露出状態が悪いので分布範囲を明確にするのは困難であるが岩床状形態を示して貫入したと考えられる。

#### 岩 相

風化した転石のみで新鮮なサンプルは得られないが、一般に暗緑色中粒～粗粒塊状を呈し、弱い磁性を有する。

### (4) 輝緑岩岩脈（Db）

#### 分 布

NW-SE系走向で、上記の各層を貫いて Rocha 鉞山の坑内、坑外に多数の岩脈が観察される。これらの岩脈の巾は一般に1～2mを示すが、調査地区北東部で最大30mに達するものもある。

#### 岩 相

黒色～暗緑色細～中粒の塊状を呈し、中心部は輝石の斑晶が認められる斑状組織を示す輝緑岩の岩相を示し、周辺部や細い岩脈では玄武岩質組織が特徴的である。

## 2-3-3 地 質 構 造

### (1) Rocha 地区の地質構造

本地区に分布する Acungui Ⅲ層の下部層および中部層は、一般走向N25°～40°Eを示し、大部分が東傾斜の単斜構造を示す

褶曲構造は本地区東縁に Rocha 向斜が認められ、本地区の大部分は、この向斜構造の西翼部に位置する。

断層構造は NNE-SSW系および NNW-SSE系が分布する。NNE-SSW系断層と



しては地区の西縁に Rocha 断層、東縁に Agua Morna 断層があり、NNW-SSE系断層としては Rocha 坑内に見られる Basseti 断層、Esperanca 断層や鉍脈がある。

Rocha 断層は正断層で、西側ブロックが約1000m落ちていると推定される。Agua Morna 断層は正断層で、東側ブロックが約800m落ちていると推定される。

## (2) 坑内の地質構造

坑内に分布する地質の一般走向は地表で観察される一般走向とほぼ同じでNE系の方向を示す。しかし傾斜は石灰岩および苦灰岩の一部でNW落しとなり、周辺の一般的傾斜方向とは一致しない。これは後述の様に Rocha 鉍山は広域的に Rocha 向斜の西翼部に位置し、石灰岩～苦灰岩移行部に引きずり褶曲 (drag fold) が発達したためと解釈される。

断層構造および鉍脈裂カ系 (vein fissure pattern) は苦灰岩中に集中して発達し NNW-SSE 方向を示す。

### (a) 褶曲構造

Rocha 鉍山の坑内では、石灰岩の発達する部分 (L) から石灰岩・苦灰岩の互層部 (A) を経て苦灰岩の発達する部分 (D) に移行する場所で、さまざまなタイプの褶曲構造が観察される。

Fig. I-13 は 308 m レベルの Nova Esperanca 立入の側壁で観察される褶曲の様子を 1/100 のスケールでスケッチしたものである。この立入では石灰岩 (L) 中では中心部に向って open 褶曲が認められ、(A) に近い部分で tight 褶曲が発達する。

互層部 (A) 中では tight 褶曲や isoclinal 褶曲が顕著に発達する。苦灰岩中では褶曲構造はほとんど認められないか、あってもわずかで層理を有する部分 (D<sub>1</sub>) で弱い褶曲が認められるのみである。

褶曲の著しく発達した部分から離れた塊状の苦灰岩 (D<sub>2</sub>) では、褶曲構造は全く発達せず、鉍脈が認められる。

Fig. I-14 は 403 m レベルの西部立入内に観察される互層 (A) に見られる褶曲の様子をスケッチしたものである。石灰岩と互層する苦灰岩 (黒色部) の薄層は引きずり褶曲 (drag fold) の形態を示し、互層部 (A) が矢印の方向の応力によりさらに大きなオーダーの引きずり褶曲を形成していると解釈される。

坑内各所で測定された走向、傾斜と、小褶曲構造の観察結果から Rocha 鉍山の石灰岩～苦灰岩移行部には Fig. I-15 および Fig. I-16 の模式断面図に示す様な褶曲構造が発達すると解釈される。



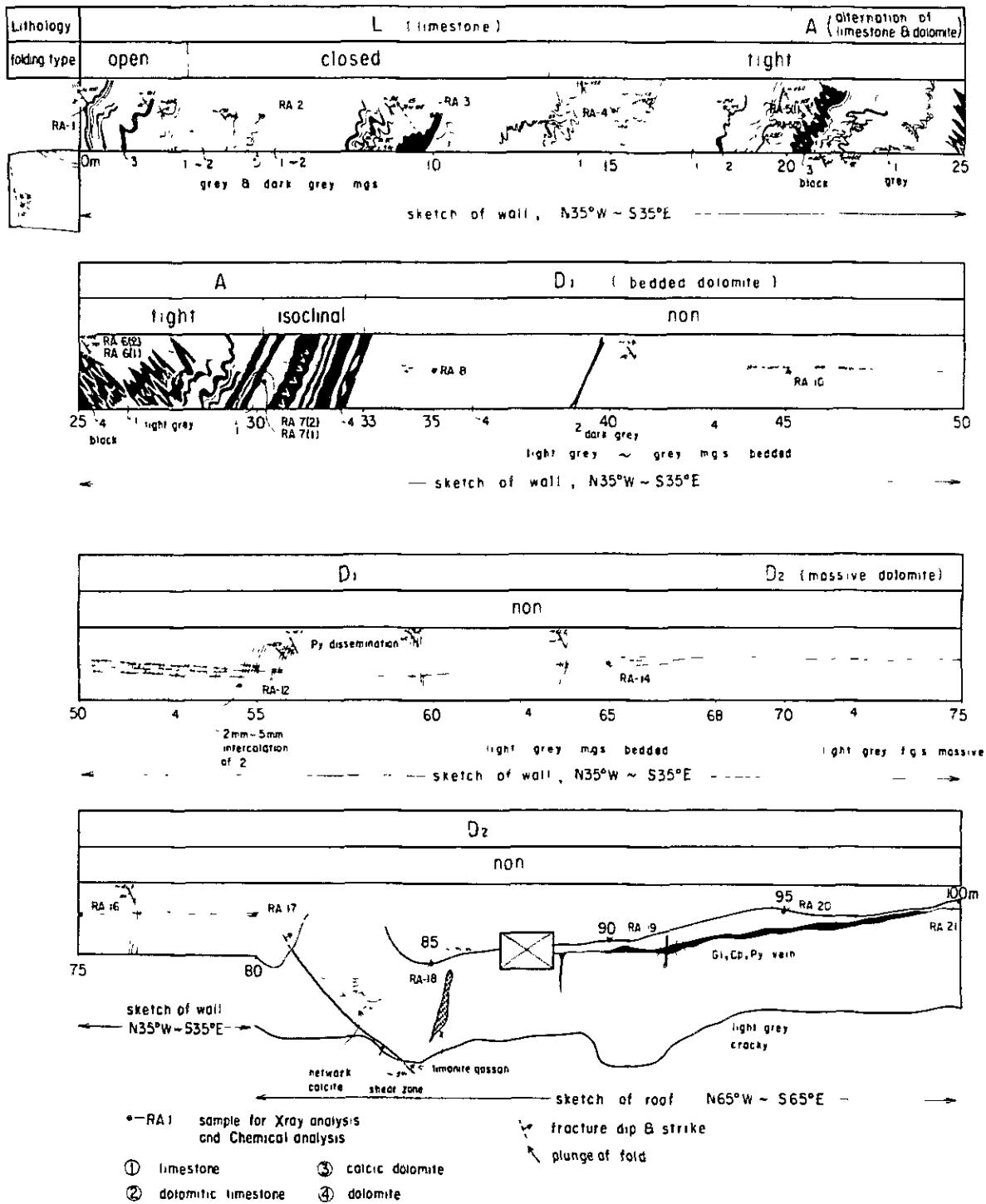


Fig. I -13 Geological Sketch of Nova Esperança (308 m Level)  
Cross-Cut in Rocha Mine





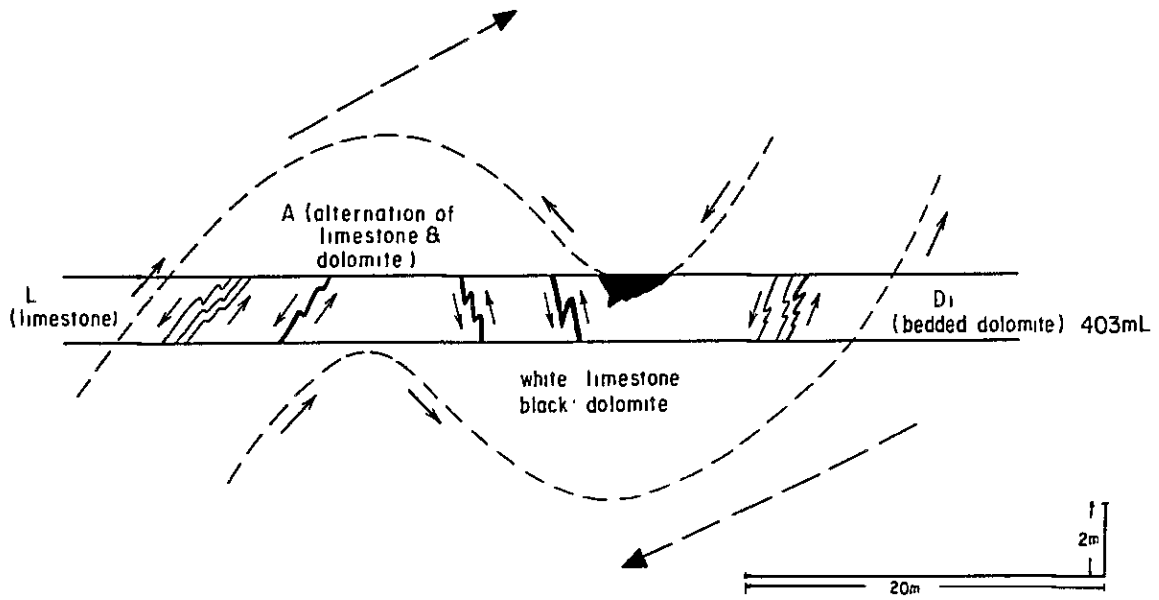


Fig. I -14 Sketch Showing Folding at 403 m Level in Rocha Mine

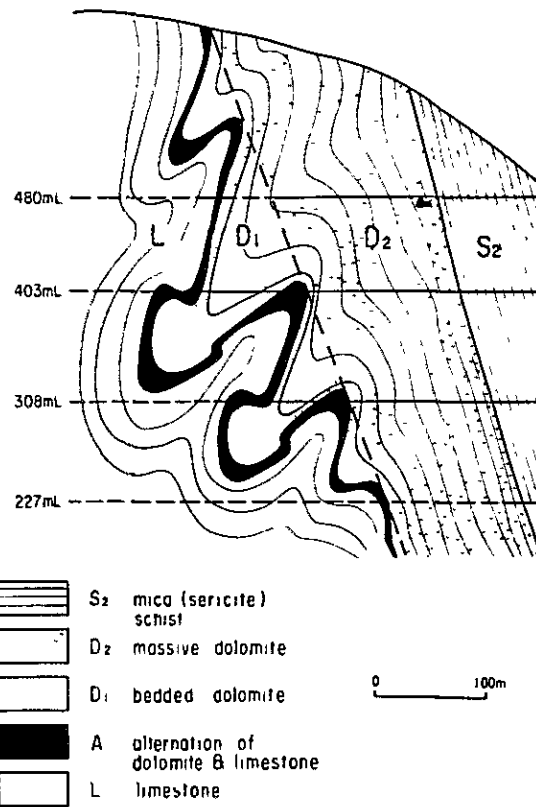


Fig. I -15 Geological Profile near Basseti in Rocha Mine



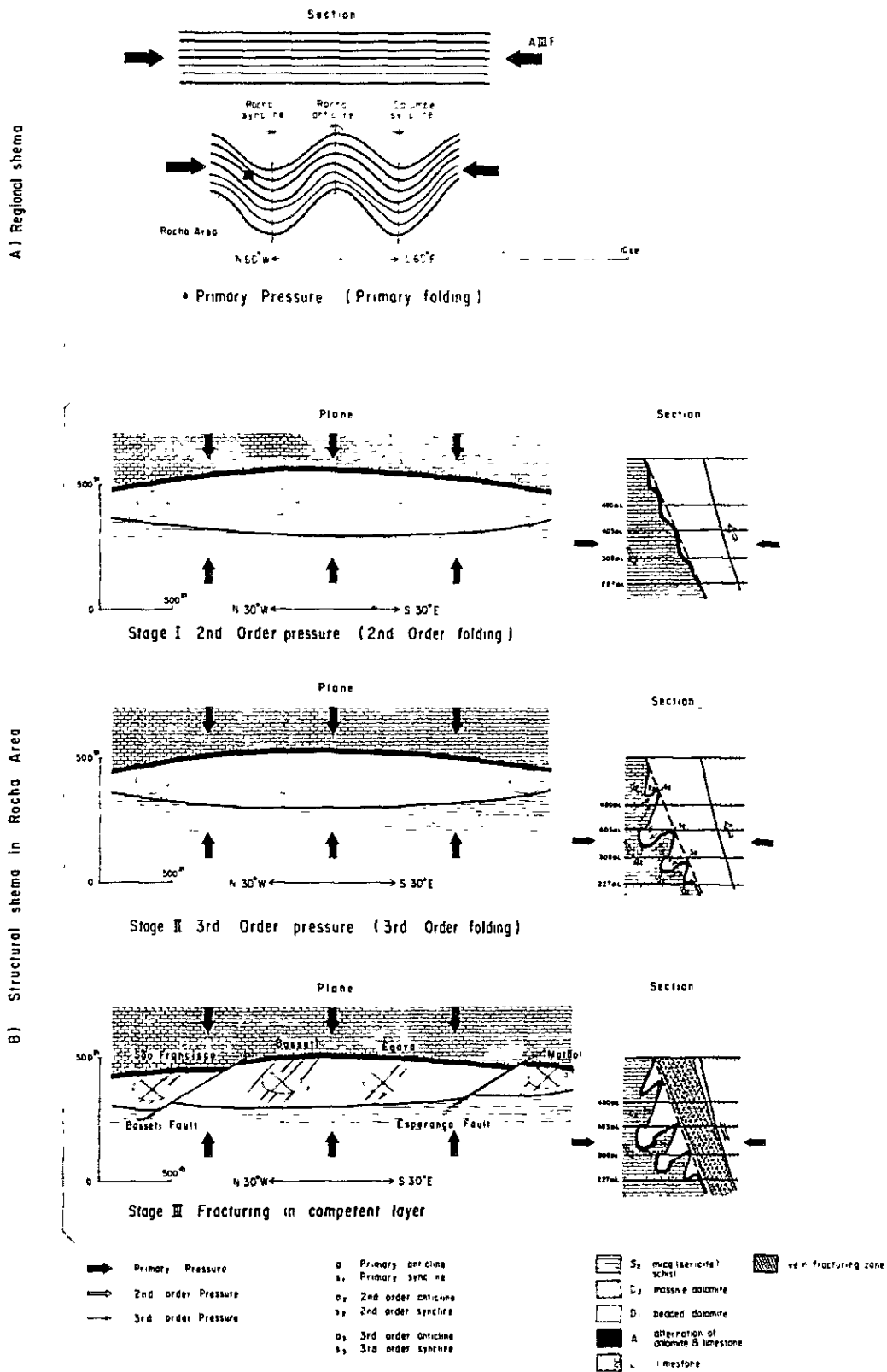


Fig. I-16 Relation of Stress against Folding and Fracturing



この褶曲は Rocha 向斜を形成した応力と同じ応力によって形成されたもので、引きずり褶曲の形態を示している。苦灰岩側で褶曲の頂部 (crest) を結んで出来る褶曲鏡面 (enveloping surface of folds) の下盤には層理の発達した苦灰岩 ( $D_1$ ) が向斜部に流れ込み、石灰岩 (L) は背斜部に流れ込んでおり、両者の互層部 (A) が最も流動し易くインコンピテントである。褶曲鏡面より上盤に発達する塊状の苦灰岩 ( $D_2$ ) 中に褶曲はほとんど発達しない理由として、上盤の雲母片岩 ( $A \parallel S_2$ ) との間にはすべり面 (slip plane) が形成されて、苦灰岩 ( $D_2$ ) の内部応力が解放されたために (L), (A) および ( $D_1$ ) に対して相対的にコンピテントであったと考えられる。

これらの褶曲構造の観察結果から石灰岩～苦灰岩の見掛けのコンピテンシーは、 $D_2 > D_1 > L > A$  となる。

#### (b) 断層および鉞脈裂カ系

坑内に分布する断層は Basseti 断層と Esperanca 断層が確認されている。

Basseti 断層の走向はほぼ N-S, 傾斜  $70^\circ E$  を示して雲母片岩 ( $A \parallel S_2$ ) から石灰岩 (L) にかけて分布するが、苦灰岩中で良く発達する。この断層は左手ずれ断層 (left lateral fault) の性格を有し、水平  $60 \sim 80 m$  のずれを生じている。Esperanca 断層は走向 NNW-SSE, 傾斜  $60^\circ E$  を示し、上記 Basseti 断層と同様左手ずれ断層で  $60 \sim 80 m$  のずれを生じている。

これらの断層の他に苦灰岩、特に塊状苦灰岩 ( $D_2$ ) 中に鉞脈裂カが発達する。割れ目は次の3つの系統に分けられる。

①  $N20 \sim 30^\circ W$ ,  $60 \sim 70^\circ NE$ , ②  $N20 \sim 30^\circ SW$  および ③  $N60^\circ W$   $90^\circ$  で、現在まで10数条確認されている。

これらの断層および鉞脈裂カ系は Rocha 地区の褶曲運動の末期に褶曲運動と同じ方向の応力により相対的にコンピテントな苦灰岩 ( $D_2$ ) 中に形成されたと考えられる。

#### 2-3-4 鉞 床

Rocha 鉞山の鉞床は Açungui Ⅲ層の石灰岩類 ( $A \parallel L_2$ ) 中の苦灰岩に発達する鉞脈型鉛鉞床である。

鉞脈は NNW-SSE 系を示すタイプ1と、N-S 系断層中に胚胎するタイプ2に大別される (Fig. I-17, Table I-2)。

##### (1) タイプ1に属する鉞脈

このタイプに属する鉞脈は南部より北部に向つて São Francisco 鉞脈群, Basseti



Table I-2 List of Ore Veins in Rocha Mine

type & group	Vein Name	Strike of vein	Dip of vein	length of vein (m)	mean wide of vein (cm)	
TYPE I	São Francisco	São Francisco III	N 20° W	55° E	30	30
		São Francisco II	N 20° W	74° E	100	20
		São Francisco I	N 10° W	60° E	50	10
	Baseti	Baseti II - sul	N - S	68° E	100	20
		Baseti I - Bis	N 15° W	60° E	100	20
		Baseti I	N 20° W	65° E	120	50
		Baseti O	N5°W - 20°W	65° W	180	60
		Gaveta III	N 20° W	70° W	160	30
		Gaveta II	N 15° W	60° W	80	5
		C	N 25° W	68° E	110	30
		D	N 25° W	70° E	70	15
	Egara	Nova Esperança	N 65° W	60° SW	40	20
		Egara	N 40° W	80° NE	70	20
	Matão	Matão I	N 10° W	75° E	70	5
			N 35° W	80° W	40	50
Matão II		N 75° W	50° N	40	1	
TYPE 2	Baseti II	N - S	74° E	400	30	
	Esperança	N - S	58° E	200	50	



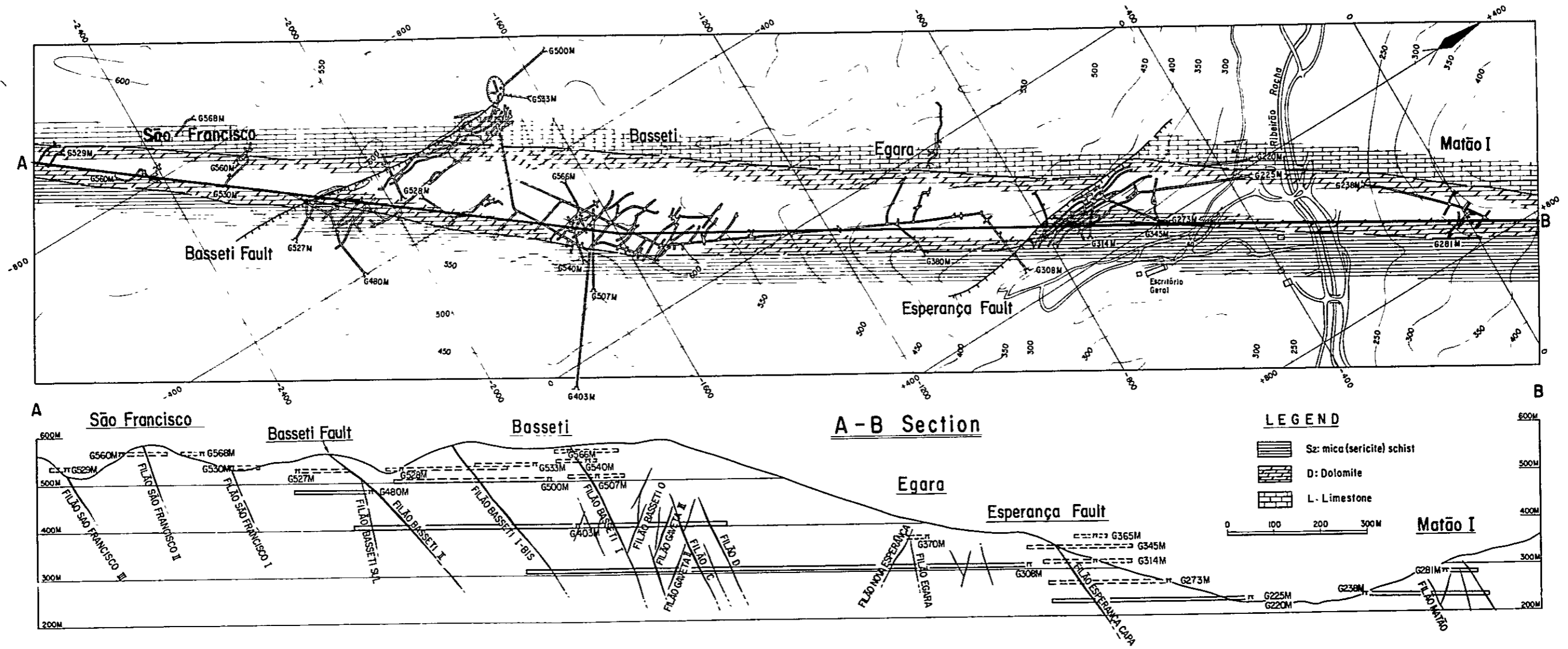


Fig. I - 17 Distribution Map of Ore Veins in Rocha Mine



鉍脈群, Egara 鉍脈群および Matão 鉍脈群の 4 鉍脈群に大別される。

(a) São Francisco 鉍脈群

Rocha 鉍床の南部に位置し, São Francisco I, II, III の 3 脈から成る。標高 520 m ~ 560 m に露頭および坑口が存在するが, 坑口は崩落のため入坑不能となっている。一般走向 N20°W, 傾斜 60°E で, 露頭の分布から推定される鉍脈の規模は走向延長 30 ~ 100 m, 幅 10 ~ 30 cm と推定される。

(b) Baseti 鉍脈群

Rocha 鉍床の中央部の苦灰岩の厚く分布する中に位置する。鉍脈群は走向 N20°W, 傾斜 60°~74°E の Baseti-Sul, I-Bis, I, C, D と走向 N20°W, 傾斜 60°~70°W の Baseti O, Gaveta II, III などの 8 鉍脈が密集し, 鉍脈規模も他の鉍脈群に比べて優勢である。鉍脈の走向延長は 80 ~ 180 m, 脈幅 5 ~ 60 cm で, 膨縮が著しいが, 一般に塊状苦灰岩 (D<sub>2</sub>) の中心部付近で脈幅が肥大する傾向が認められる。Fig. I-18 は現在採掘中の Gaveta III 脈で 308 m レベルから 55 m 上部の中段採掘切羽に見られる富鉍部の天盤スケッチである。富鉍部を形成している所では, 一本の脈が肥大したものではなく脈幅 20 ~ 30 cm の 5 ~ 6 本の細脈が平行状に集合した状態が良く観察できる。鉛高品位部は塊状方鉛鉍の濃集した所 (RP-6, 7, 8) や細粒方鉛鉍の鉍染した所 (RP-4, 5) などで, 個々の脈幅も肥大している。末端部に向って細脈の数も減少し, 且つ塊状方鉛鉍は消滅し, 細粒方鉛鉍-黄鉄鉍の弱い鉍染 (RP-1, 2) を経て, 末端は苦灰石-方解石細脈となる。

これらの鉍脈群は塊状苦灰岩 (D<sub>2</sub>) を母岩とする場所で発達し, その他の母岩中では劣化するか, または鉍脈が形成されない。308 m レベルの Gaveta IV 脈 (408 m レベルの Baseti I に同じ) は塊状苦灰岩 (D<sub>2</sub>) から石灰岩・苦灰岩互層部 (A) に至る間に次第に劣化して馬尾状 (hose tail) に消滅する現象が観察される。

(c) Egara 鉍脈群

Rocha 鉍床の中央からやや北寄りに位置し, 308 m レベルで Nova Esperança Egara 両脈の他に 2 ~ 3 の細脈が観察される。Nova Esperança 脈は走向 N65°W, 傾斜 60°SW を示し, 脈の規模は走向延長 40 m, 脈幅 20 cm である。Egara 脈は走向 N40°W, 傾斜 80°NE を示し, 脈の規模は走向延長 50 m, 脈幅 1 ~ 10 cm の細脈である。

これらの主要脈の他に, NW 系の細脈が数本観察されるが, Egara 脈の北西方では, 石灰岩・苦灰岩互層 (A) 中に一般の脈の走向とは異なり層理面に平行な脈が認められる。すなわち, 走向 N35°E, 傾斜 70°NE で脈の規模は走向延長 20 m, 脈幅 60 cm を示す。



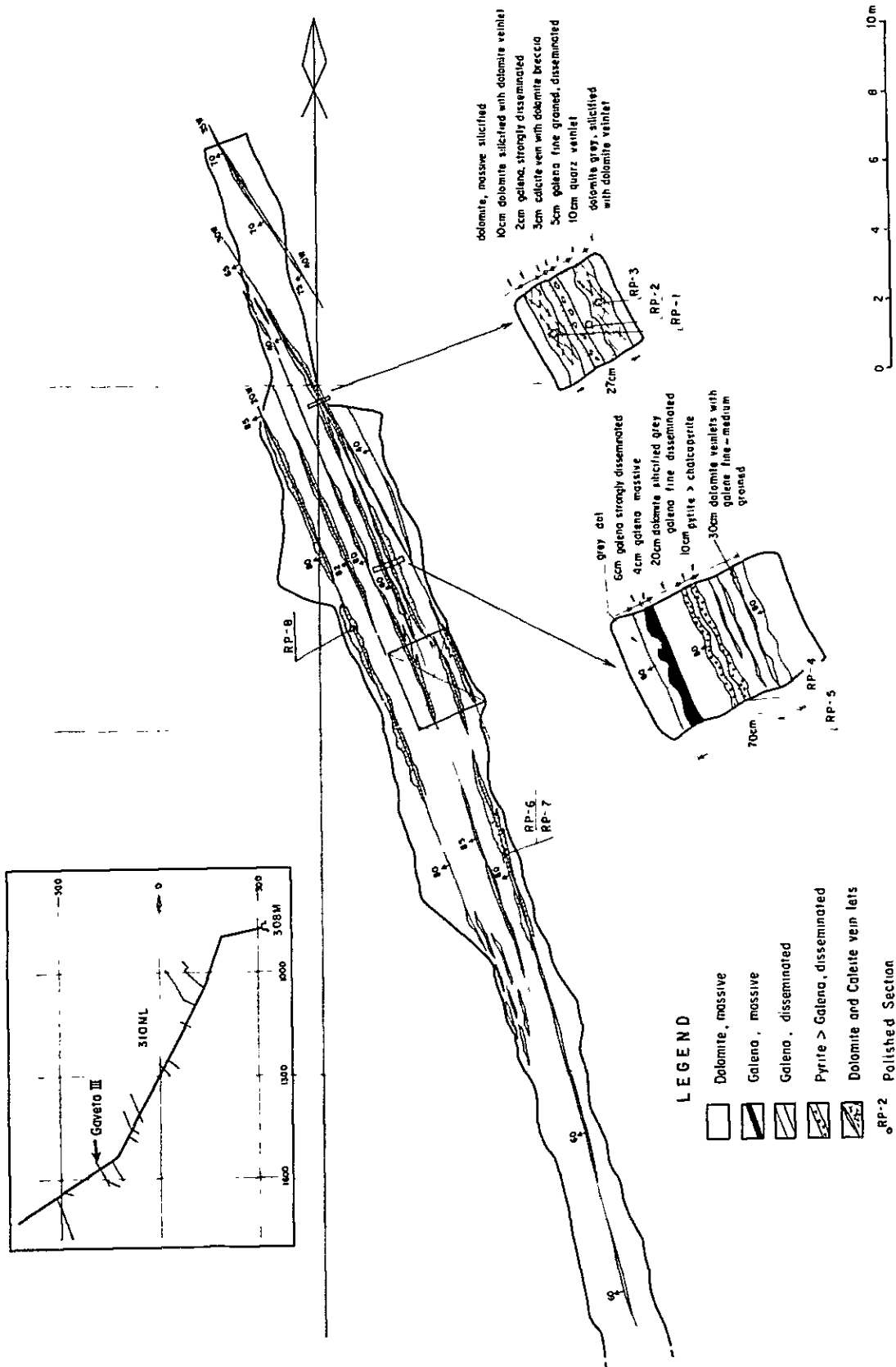


Fig. I - 18 Sketch of Ore Shoot of Gaveta III in Rocha Mine



(d) Matão 鉍脈群

Egara 鉍脈群の北部1Km付近に位置し, Matão I, II 脈が観察できる。Matão I 脈は 238 m レベルの引立付近西部および東部に 2 脈を捕捉している。西部の鉍脈は, 走向 N 35°W, 傾斜 80°W, 走向延長 10 m, 幅 30~40 cm のレンズ状に膨縮する。東部引立付近の鉍脈は走向 N 10°W, 傾斜 75°E を示し, 脈幅は 5~10 cm である。Matão II 脈は 281 m レベル引立付近で捕捉され, 鉍脈の走向 N 75°E, 傾斜 50°N 脈幅 1~2 cm の細脈である。

以上のタイプ 1 の鉍脈は連続性は D<sub>2</sub> に限られ, しかも D<sub>2</sub> の厚く分布する箇所連続性は良好であり, 脈の密度も高く, 脈幅は比較的大となる。

(2) タイプ 2 に属す鉍脈

このタイプに属する鉍脈としては, Basseti II 断層に胚胎する鉍脈と Esperanca 断層に胚胎する鉍脈がある。

(a) Basseti 断層脈

Rocha 鉍床の中央部からやや南寄りに位置し, 走向 N-S, 傾斜 54°E を示し, 石灰岩, 苦灰岩および白雲母(セリサイト)片岩等を左手ずれに 60 m 水平転位している。403 m レベルでは断層粘土を伴った幅 20~50 cm の破碎帯が約 400 m 追跡可能である。この破碎帯に方鉛鉍, 黄鉄鉍がレンズ状または細脈状(延長 20~30 m, 巾 5~30 cm)に断続しながら胚胎する。

(b) Esperanca 断層脈

Rocha 鉍床の中央やや北寄りに位置し, 308 m レベル, 313 m レベルで観察される。本断層は, 走向 N-S, 傾斜 58°E を示し, 石灰岩, 苦灰岩および白雲母(セリサイト)片岩等を左手ずれ 80 m の水平転位を与え, 走向延長 200 m 追跡され, 破碎帯の幅 50 cm 内外である。破碎帯中に鉍化作用があり方鉛・黄鉄鉍のレンズ状鉍脈(規模, 延長 50 m, 最大巾 3 m, 平均 50 cm)が断続する。

(3) 鉍石鉍物の組合せ

Rocha 鉍床の鉍脈を構成する主要鉍石鉍物は方鉛鉍, 黄鉄鉍および少量の黄銅鉍と閃亜鉛鉍が肉眼で観察される。更に鏡下では四面銅鉍, 硫砒鉄鉍, 白鉄鉍および磁硫鉄鉍等の硫化鉍物と輝銅鉍や銅藍などの二次鉍物を伴う。脈石鉍物は苦灰岩・方解石を主とし, 少量の石英を伴う。

主な鉍石サンプルの鏡下の観察結果は次の様になる。





PR-2

方鉛鉱>黄鉄鉱>黄銅鉱>四面銅鉱

方鉛鉱は脈石のすき間を埋めて不規則な形状に分布し、且つ細脈状に分布する。黄鉄鉱は方鉛鉱に融食され、且つ脈状に切られる。細粒の黄銅鉱は黄鉄鉱や脈石中に見られ、四面銅鉱は黄銅鉱と黄鉄鉱との接触部に認められる。

PR-4

方鉛鉱>黄鉄鉱>四面銅鉱>黄銅鉱>閃亜鉛鉱

二次鉱物：輝銅鉱

方鉛鉱は不規則な細脈中や脈石中に鉱染状に存在する。黄鉄鉱は方鉛鉱によって交代されている。方鉛鉱は黄銅鉱、四面銅鉱、閃亜鉛鉱と共生する。方鉛鉱や黄銅鉱の周縁部は輝銅鉱によって交代されている。

PR-7

方鉛鉱>黄鉄鉱>黄銅鉱>四面銅鉱>閃亜鉛鉱

方鉛鉱は黄鉄鉱、黄銅鉱、四面銅鉱、閃亜鉛鉱を含む。黄鉄鉱は方鉛鉱に融食されている。黄銅鉱は、しばしば閃亜鉛鉱または四面銅鉱と共生する。

PR-9

方鉛鉱>黄銅鉱>閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、四面銅鉱、白鉄鉱

黄銅鉱は四面銅鉱、閃亜鉛鉱、磁硫鉄鉱のドットを含む。磁硫鉄鉱は黄銅鉱と共生する。

PR-14

方鉛鉱>黄鉄鉱=四面銅鉱>黄銅鉱>磁硫鉄鉱

二次鉱物：輝銅鉱

方鉛鉱と四面銅鉱は共生し、しばしば黄鉄鉱を交代している。黄銅鉱は方鉛鉱と四面銅鉱の境界部に存在する。方鉛鉱、四面銅鉱、黄鉄鉱の周縁の一部は輝銅鉱によって交代されている。

2-3-5 鉱床母岩の化学分析

Rocha 鉱山の鉱床母岩は石灰岩、苦灰岩等の炭酸塩岩から成るが、これらの岩相を肉眼で区別することは非常に困難である。今回の調査では10%塩酸溶液を使用してその発泡の状態から石灰岩～苦灰岩を4種類に区分し、その代表的なサンプル32個について岩石化学成分(CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO)の分析(Table A-6), X線粉末回折(Table A-4)による構成鉱物の同定を実施した。また、これらのサンプルの一部を使って母岩中の重金属成分(Au, Ag, Cu, Pb, Zn)の含有量を原子吸光分析により測定した。



Table I-3 Calculated Constituent Minerals of Carbonate Rocks

Sample No.	w% dolomite	w% calcite	w% quartz	w% sericite	w% other	dal +cal	rank of Hcl test	rock facies
RA-1	44	29	14	12	1	60	③	L
2	26	46	21	3	4	35	②	L
3	26	44	22	5	5	37	②	L
4	6	89	2	0	3	6	①	L
5(1)	7	77	8	2	6	11	①	A
5(2)	46	16	23	5	10	74	③	A
6(1)	7	71	16	3	3	9	①	A
6(2)	66	4	11	6	13	94	④	A
7(1)	7	81	6	1	5	8	①	A
7(2)	59	2	23	6	10	97	④	A
8	72	4	12	6	6	95	④	D <sub>1</sub>
10	61	1	22	11	5	98	④	D <sub>1</sub>
12	50	2	32	6	10	96	④	D <sub>1</sub>
14	76	1	4	8	11	99	④	D <sub>1</sub>
16	81	0	4	8	7	100	④	D <sub>2</sub>
17	65	5	10	13	7	93	④	D <sub>2</sub>
18	65	2	13	13	7	97	④	D <sub>2</sub>
19	72	4	18	2	4	95	④	D <sub>2</sub>
20	65	2	20	9	4	97	④	D <sub>2</sub>
21	74	6	16	1	3	92	④	D <sub>2</sub>
RB-1	42	37	10	7	4	53	②	A
2	7	87	2	1	3	8	①	L
3	61	0	25	9	5	100	④	A <sub>1</sub>
4	59	0	23	16	2	100	④	D <sub>1</sub>
5	91	0	4	1	4	100	④	D <sub>1</sub>
6	81	4	7	4	8	95	④	D <sub>1</sub>
7	65	25	8	1	1	72	③	A <sub>1</sub>
8	72	2	19	4	3	97	④	D <sub>2</sub>
9	52	8	22	12	6	87	③	D <sub>2</sub>
10	74	0	14	9	3	100	④	D <sub>2</sub>
RC-1	13	74	2	13	-	15	①	L
2	39	35	16	4	6	53	②	L

- ① limestone
- ② dolomitic limestone
- ③ calcic limestone
- ④ dolomite

- D<sub>2</sub> massive dolomite facies
- D<sub>1</sub> bedded dolomite facies
- A : alternation of limestone & dolomite facies
- L limestone facies



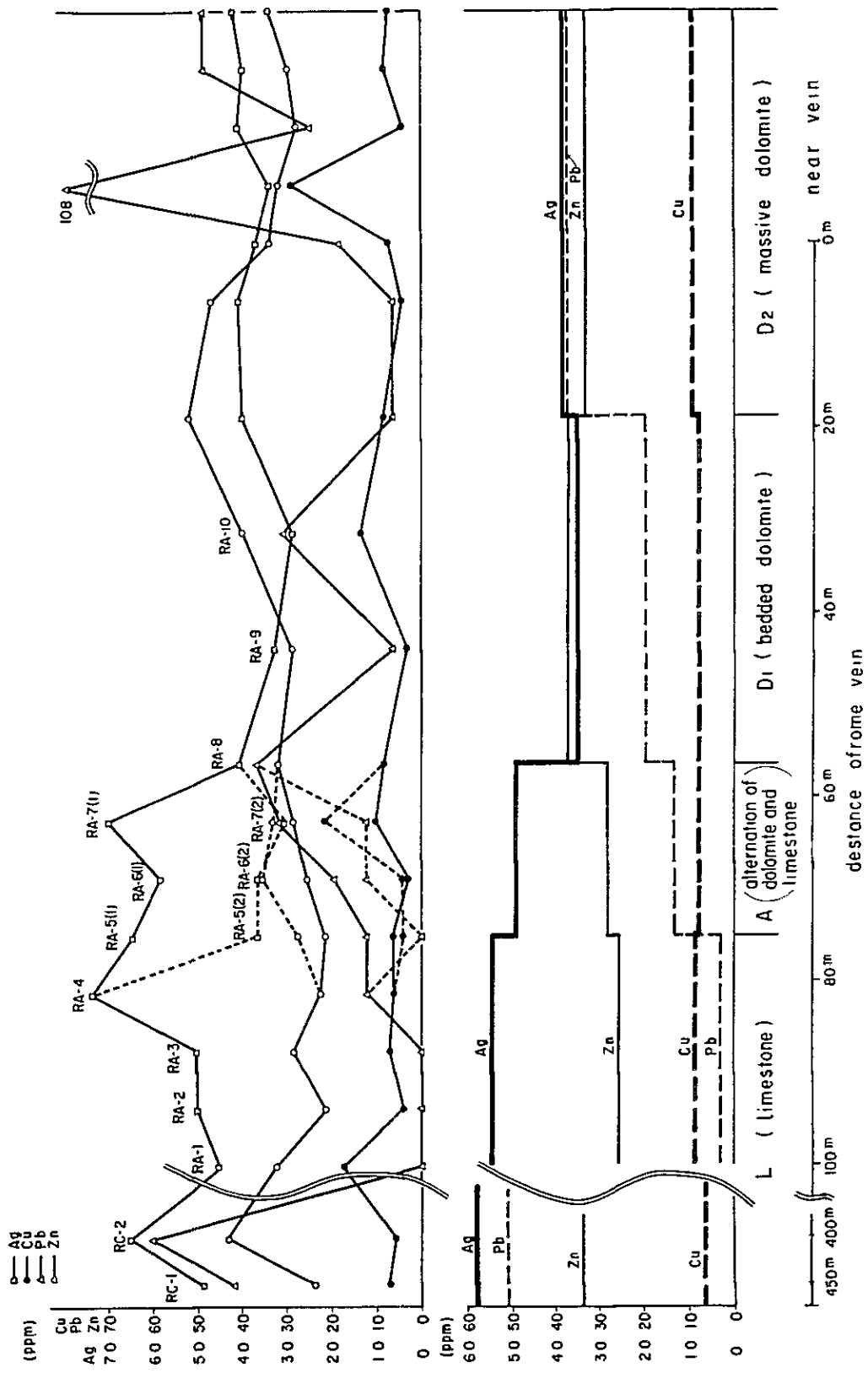


Fig. I - 19 Variation Diagram of Base Metal Content in Carbonate Rocks

Table I -4 Base Metal Content in Carbonate Rocks

(a) in Rocha Mine

Sample No.	Au ppm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	
2	0.0	4.9	4	0	21	o limestone o 75m from vein
3	0.0	4.8	7	0	28	o limestone o 70m from vein
4	0.0	7.3	6	12	22	o limestone o 65m from vein
5(1)	0.0	6.4	6	12	21	o limestone o 60m from vein
5(2)	0.0	3.6	4	0	27	o dolomite o 60m from vein
6(1)	0.0	5.8	3	19	25	o limestone o 55m from vein
6(2)	0.0	3.6	4	12	35	o dolomite o 55m from vein
7(1)	0.0	6.9	10	31	28	o limestone o 50m from vein
7(2)	0.0	3.0	21	12	32	o dolomite o 50m from vein
8	0.0	4.0	8	36	31	o dolomite o 45m from vein
10	0.0	3.2	3	6	28	o dolomite o 35m from vein
12	0.0	2.8	13	30	39	o dolomite o 25m from vein
14	0.0	3.9	8	6	51	o dolomite o 75m from vein
16	0.0	4.0	4	6	46	o dolomite o 5m from vein
17	0.0	3.6	7	18	33	o dolomite near vein
18	0.0	3.3	28	108	31	o dolomite near vein
19	0.0	4.0	4	24	27	o dolomite near vein
20	0.0	3.9	8	48	29	o dolomite near vein
21	0.0	4.1	7	48	33	o dolomite near vein
RC-1	0.0	6.5	7	42	24	o limestone
2	0.0	4.9	6	60	43	o limestone
mean	0.0	4.5	84	23.8	29.9	

(b) in Survey Area

	Sample No.	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Location	
Açungui Formation I	A10s	A083	0.1	12	22	79	Perau
		A089	0.1	10	7	9	Perau
		D089	0.2	7	22	29	Agua Clare
Açungui Formation II	A10s	B080	0.6	42	41	27	Olho D'agua
		D081	0.5	10	30	21	do
		B096	0.4	8	22	11	do
		B070	0.0	34	19	59	Serra do Vinte e sete
		B091	0.6	17	7	48	Olho D'agua
Açungui Formation III	A11L <sub>1</sub>	B038	0.2	13	19	59	Carumbé
		A036	0.6	8	59	40	Mato Preto
	A11L <sub>2</sub>	A006	0.3	77	33	26	panelas
		A005	0.6	88	37	12	panelas
	A11S <sub>2</sub> & A11L <sub>2</sub>	B010	0.5	13	37	19	Rio Ribeira
		B014	0.4	3	30	29	Rio Ribeira
	A11L <sub>3</sub>	A015	0.6	19	37	16	Rio Ribeira
	B025	0.7	17	44	8	Rio Ribeira	
	0001	0.2	34	20	86	Ribeira	

(c) general

element	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
GRAF (1960)	0.005 ~0.009	0.7 ±0.4	14±9	8±4	26±5
TUREKIAN & WEDEPOHL (1961)	0.00X	0.0X	4	9	20



X線粉末回折の結果、方解石、苦灰石、石英、セリサイトはほとんどのサンプル中に含有され、その他に少量の斜長石と、微量の緑泥石がいくつかのサンプルで同定された。石灰岩～苦灰岩の岩相区分は、方解石と苦灰石の含有量によって区別されるので、これらの分析結果から主要構成鉱物の含有量を理論計算<sup>※</sup>して方解石と苦灰石の含有割合と、塩酸溶液を使用して区分した岩相との比較をすると次の様になる (Table I-3)。

① 石灰岩	苦灰石/方解石+苦灰石	15%以下
② 苦灰質石灰岩	"	15～50%
③ 石灰質苦灰岩	"	50～85%
④ 苦灰岩	"	85%以上

石英の含有量は2～32%でばらつきが大きく、石灰岩および苦灰岩両者共に含有しており、従来苦灰岩中で石英が多くなると考えられていた事と異なり、岩相による傾向は認められない。

Fig.I-19は Rocha 鉱山の Nova Esperanca 立入における母岩の重金属の含有量の測定結果を示してある。

(a) 石灰岩-苦灰岩互層 (A) 部分で、Ag は石灰岩に高く、Pb は苦灰岩で高い傾向を示す。

(b) Ag は石灰岩 (L) で最も高く、互層部 (A) を経て苦灰岩 (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>) に向って低くなる傾向を示す。Pb は Ag と逆の挙動を示し、Zn は Pb と同様の挙動をする。Cu はほとんど変化を示さない。

Rocha 鉱床の母岩中の重金属の含有量と、他の層準 (A I ls, A I cs, A III L<sub>1</sub>, A III L<sub>2</sub>, A III S<sub>2</sub> ls, A III L<sub>3</sub>) から採取された炭酸塩岩の重金属の含有量および Graf (1960), Turekin & Wedepohl (1961) による一般的な炭酸塩岩中の重金属含有量 (Table I-4) を比較すると、Rocha 鉱床の母岩では Cu, Pb, Zn, は平均的だが、Ag の含有が非常に高い特徴が認められる。このことは鉱床の鉱化作用との直接的な関連は不明だが鉱床探査の場合鉱床母岩を指示する重要な特徴と考えられる。

### 2-3-6 今後の探鉱余地

Rocha 鉱床の鉱脈を胚胎する裂力系は、Rocha 地区を含む広域的な褶曲運動の終末期に形成されたもので、力学的にコンプレッションな場を形成した苦灰岩中に裂力系が規則的な方向を示して集中している。

これまで Rocha 鉱床で確認された鉱脈の全ては苦灰岩層中にあり、且つ平面的には苦灰

※ 1) 苦灰石 ( $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ ) と方解石 ( $CaCO_3$ ) を計算

2)  $Al_2O_3$  をセリサイト ( $2K_2O \cdot 6SiO_2 \cdot 2Al_2O_3 \cdot (OH)_4$ ) に代表させて計算

3) セリサイトで消費された残りの  $SiO_2$  は石英 ( $SiO_2$ ) とする。





岩の分布する範囲はほとんど探鉱されている。

今回の調査結果、今後の探鉱余地として考えられる区域は次の様になる。

(1) 403 m レベル Basseti 付近の西部立入は地表で発見された Basseti 断層脈に向けられたもので、塊状苦灰岩(D<sub>2</sub>)をはずし、鉍脈劣勢と思われる石灰岩(L)に向っている。この付近の未探鉱区域の D<sub>2</sub> の中心(鉍山使用座標 1900, -400 付近)に向けての探鉱が望まれる。

(2) 308 m レベルでは、403 m レベル同様に Basseti 付近で、未探鉱区域の D<sub>2</sub> の中心である(鉍山使用座標 1800, -300 付近)に向けての探鉱が望まれる。

(3) 227 m レベルでは、Egara 鉍脈群や Basseti 鉍脈群の既存の脈の下部探鉱が望まれる。

•



### 第 3 章 鉛同位体測定結果

本調査地域の鉛鉱床は Açungui I 層の石灰・珪酸塩岩中に層状鉱床の形態を示して胚胎する Perau 型と, Açungui III 層の石灰岩類中に脈状鉱床の形態を示して胚胎する Rocha 型に大別される。

これらの鉱床の成因については古くから種々議論がなされ, まだ定説はないが, 近年 Perau 型鉱床は Açungui I 層堆積時に同生的に生成した鉱床で, Rocha 型鉱床は母岩の Açungui III 層中に含有される重金属がその後の構造運動によって同層内の割目に濃集したとする考え方があ

る。今回の調査では Perau 鉱山と Rocha 鉱山から採取した方鉛鉱試料(各 2 個)の鉛同位体を測定した。この Pb/Pb 同位体測定値と Damasceno, E.C.(1966)による本地域の Rocha 型の各鉱山の Pb/Pb 同位体測定値 (Table I-5) を Cumming and Richards (1976) の鉱石鉛生長曲線 (Ore lead growth curve) 上にプロットした結果は Fig I-20 である。Perau 鉱山の測定値と Rocha 鉱山および同型の鉱山の測定値とは明らかに異なったグループを構成し, 前者は 1,400 m.y. 付近に集中し, 後者は 1,100 m.y. 付近に集中する傾向を示す。Açungui I 層の Rb/Sr 法による年代は 1,400~1,300 m.y. を示す (CPRM 1981, F. Batolla Jr. 1977) ことが知られており Perau 鉱床の年代と一致する。

Rocha 型の年代 1,200~1,100 m.y. については, これらの鉱床母岩で層序学的に Açungui I 層より上位の Açungui III 層の年代に近似すると考えられる。従って, これらの鉛同位体によって得られた年代は, Melcher (1968) の述べている様にこの地域の花崗岩類の貫入時期 (550 m.y.) よりも古く, 鉛鉱化作用が花崗岩類の貫入に関係したとする説には否定的である。

Perau 鉱床と母岩の年代が良く一致することは, Perau 鉱床が同生的に堆積したとする考えを支持するものであり, また Rocha 鉱山や他の鉱山の年代が花崗岩類の活動よりも古く, 母岩の年代に近似することはこの地域の脈状鉱床は母岩中に堆積した重金属が母岩の割目に濃集して生成したとする考えを支持する。



Table I-5 Result of Pb Isotopic Analysis

Sample No.	Location	Isotopical Relation		Isotopic Age (m.y)
		Pb207/Pb204	Pb206/Pb204	Cumming and Richards (1975)
P - 1	Perau Mine	15.51	16.24	1,400
P - 2	do	15.56	16.31	1,430
R - 1	Rocha Mine	15.54	16.91	1,070
R - 2	do	15.51	16.84	1,120
1 x	Rocha Mine	15.65	17.01	1,050
2 x	Rocha Mine	15.59	16.92	1,070
3 x	Paqueiro Mine	15.51	16.82	1,130
4 x	do	15.59	16.90	1,080
5 x	do	15.59	16.78	1,150
6 x	do	15.65	16.83	1,120
7 x	Panelas Mine	15.54	16.66	1,210

x after Damasceno E.C (1966)

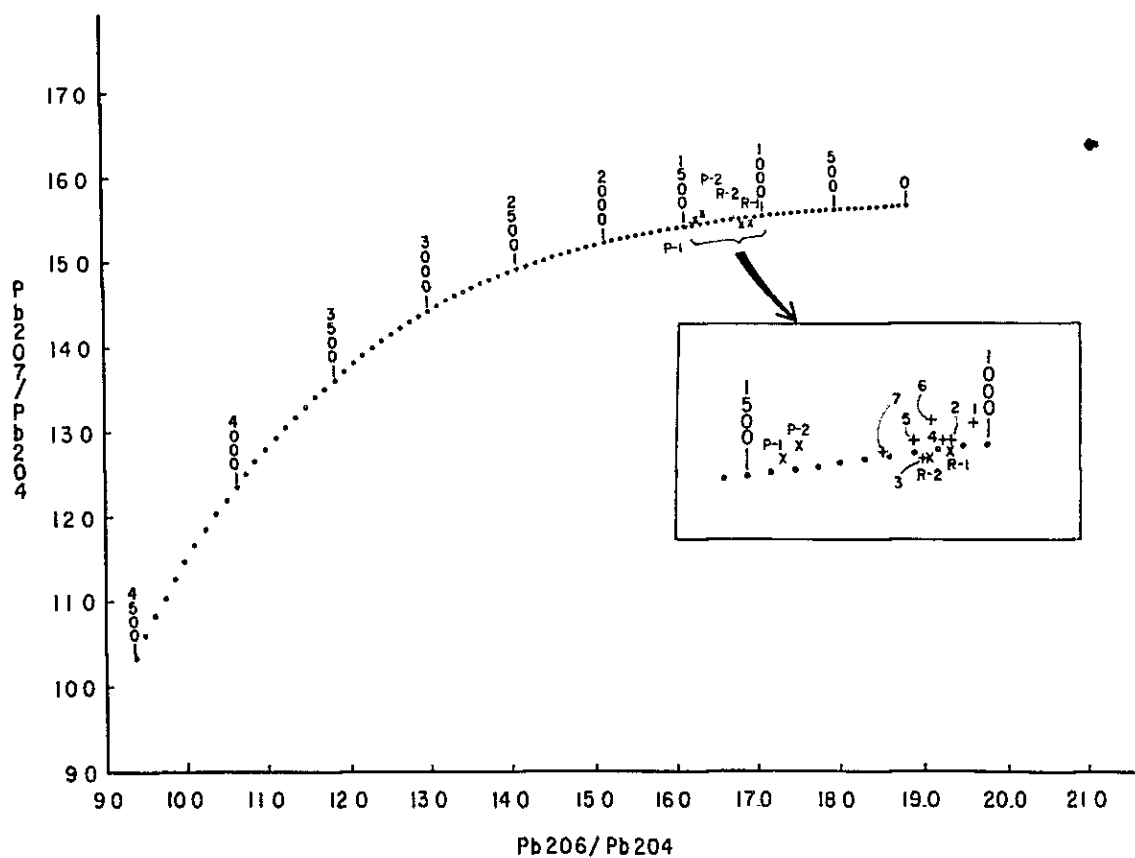


Fig. I-20 Pb Isotopic Ages by Ore Lead Growth Curve of Cumming and Richards



## 第 4 章 地 化 学 探 査

地化学探査は Perau 鉍床の鉍化作用を明確にするため鉍床胚胎層準 (Alls) の周辺で土地化探を行なった。

### 4-1 採試法および分析成分

試料は I P 測線に沿って 50 m 間隔 (一部 100 m 間隔) で Perau 鉍床層準周辺から採取された。採取個数 113 個で、原則として B 層の土壤をハンドオーガーを用いて採取した。採取試料は原子吸光分析法により Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Mn の 6 成分分析された (Table A-7)。

### 4-2 解 析 法

得られた分析データから単成分毎のヒストグラムと異常帯分布図を作成し、更に鉍化作用に密接に関係する成分を抽出する為に因子分析 (解析) を実施し因子図を作成した。

#### 4-2-1 単成分毎の解析

全ての分析値から各成分毎のヒストグラムを作成 (Fig I-21) し、更に各成分毎に平均値 ( $\bar{x}$ ) 標準偏差値 ( $\sigma$ ) を算出した (Table I-6)。

Cu, Pb, Zn のヒストグラムは明瞭に 2 つの母集団に分かれ、低い値の母集団は母岩を反映したもので、高い値の母集団は鉍化作用を反映したものと解釈される。鉍化作用に関係すると考えられる母集団の値は  $10^{\bar{x}+2\sigma}$  以上である。

Co, Ni, Mn のヒストグラムは正規分布を示さず、いくつかの母集団が重なっていると考えられる。このヒストグラムからだけでは鉍化作用に関係するものか、母岩特性を反映したのか判別は困難である。しかし後述の因子分析法によれば因子-1 (Ni-Co-Mn-Zn) は鉍床母岩と角閃岩の岩石特性を反映していると解釈される。

$10^{\bar{x}+2\sigma}$  以上の値を高い異常値とし、 $10^{\bar{x}+\sigma}$  以上を低い異常値として図示すると、Cu 異常帯は既知鉍床付近の Line G から南に向って Perau 鉍床胚胎層準に沿って分布し、Pb 異常帯は Line G を中心に Line E~H まで分布し、更に Zn 異常帯は Line G を中心に不連続に Line E~H まで分布する。

Co および Ni の異常帯は Line G を中心に小範囲に分布し、Mn 異常帯は Line H 以南で Perau 鉍床胚胎層準 (Alls) に沿って分布する。



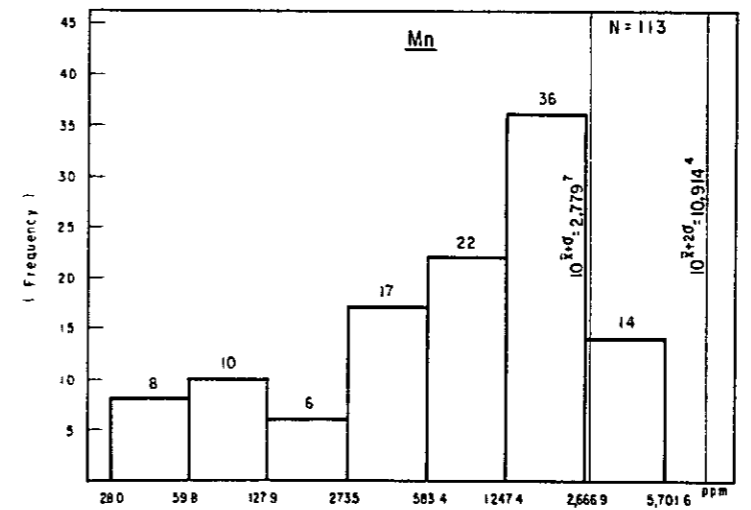
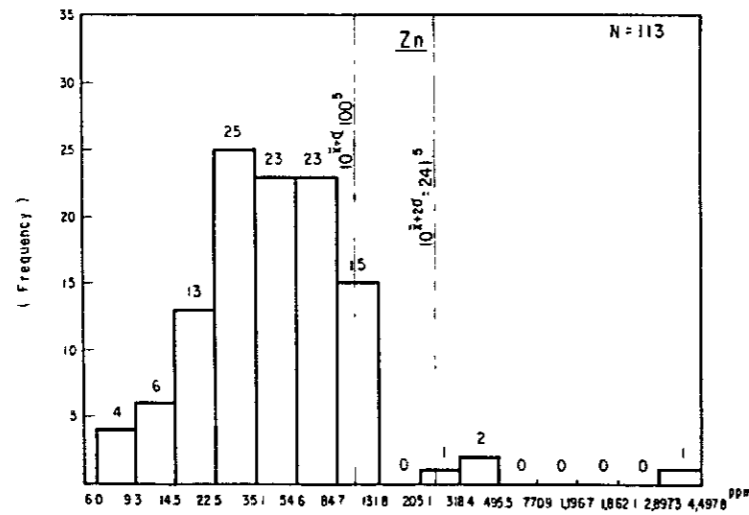
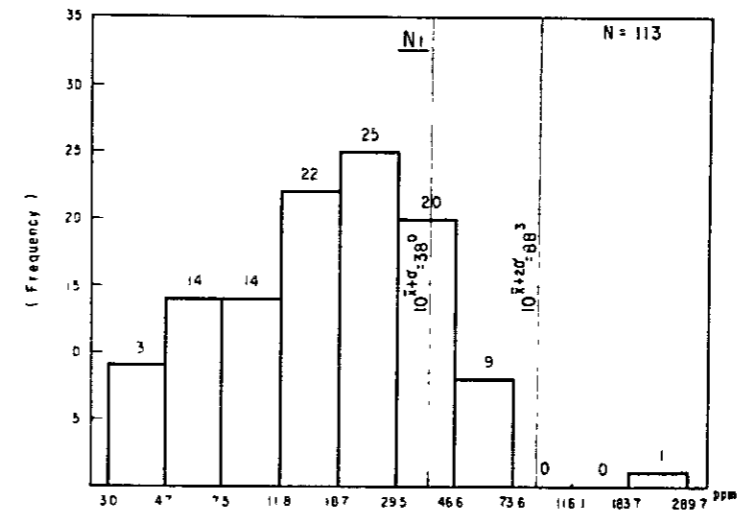
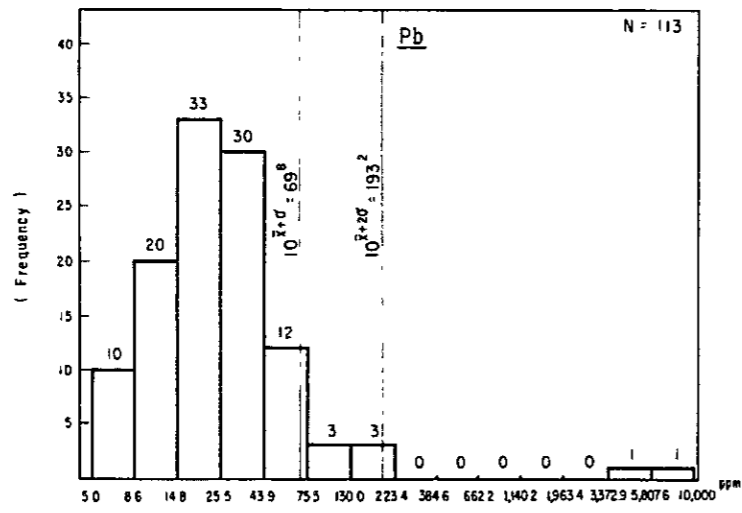
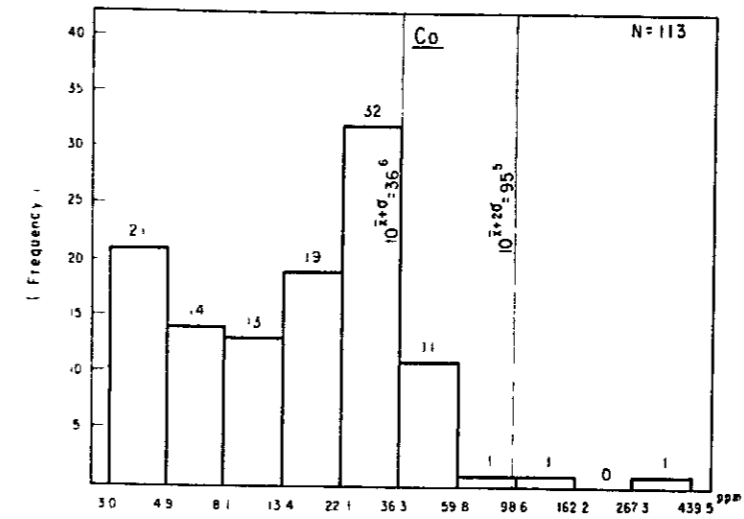
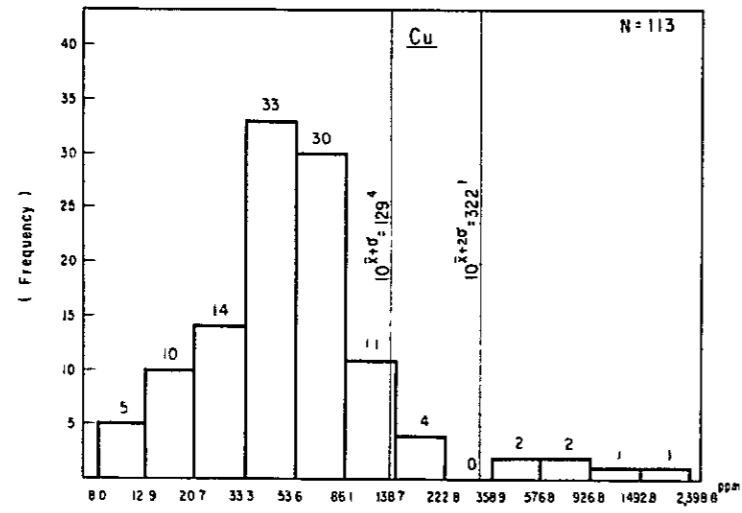


Fig. I-21 Histogram for Cu, Pb, Zn, Co, Ni, and Mn, in geochemical Data in Perau Area



**Table I -6 Mean and Standard Deviation of  
Geochemical Data in Perau Area**

Element	Max (ppm)	Min (ppm)	Mean 10x	S.D 10 $\sigma$	10 $x+\sigma$	10 $x+2\sigma$
Cu	2400	8	52.12	2.48	129.4	322.1
Pb	10000	5	25.18	2.77	69.8	193.2
Zn	4500	6	41.88	2.40	100.5	241.5
Co	440	3	14.09	2.60	36.6	95.5
Ni	290	3	16.39	1.03	38.0	88.3
Mn	5700	28	707.95	3.93	2779.7	10914.4

**Table I -7 Factor Loading of Geochemical Data  
in Perau Area**

	Factor 1	Factor 2
Element	Factor Loading	Factor Loading
Cu	0.28992	0.70405
Pb	-0.01332	0.92004
Zn	0.69207	0.54181
Co	0.91388	0.20020
Ni	0.85397	0.24562
Mn	0.90075	-0.02068

