

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

1950

1950

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

JICA
702
61
MPN
BRARY

ボリヴィア共和国サンアントニオ地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 1 卷
(第 1 年次)

JICA LIBRARY



1030051[5]

昭和58年 5 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団	
国際協办事業団	
受入 月日 No 84687231	702
	66.1
登録No. 13579	MPN

は し が き

日本国政府はボリヴィア共和国政府の要請に応え、同国の南部に位置するサンアントニオ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及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は昭和57年度が第1年次にあたり、金属鉱業事業団は6名の調査団を編成して、昭和57年9月3日から昭和57年12月22日まで現地に派遣した。

現地調査はボリヴィア共和国政府関係機関、特に鉱山冶金省、ボリヴィア鉱山公社の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第1年次の調査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ボリヴィア共和国政府関係機関ならびに外務省・通商産業省・在ボリヴィア日本大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和58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

•

1

.

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

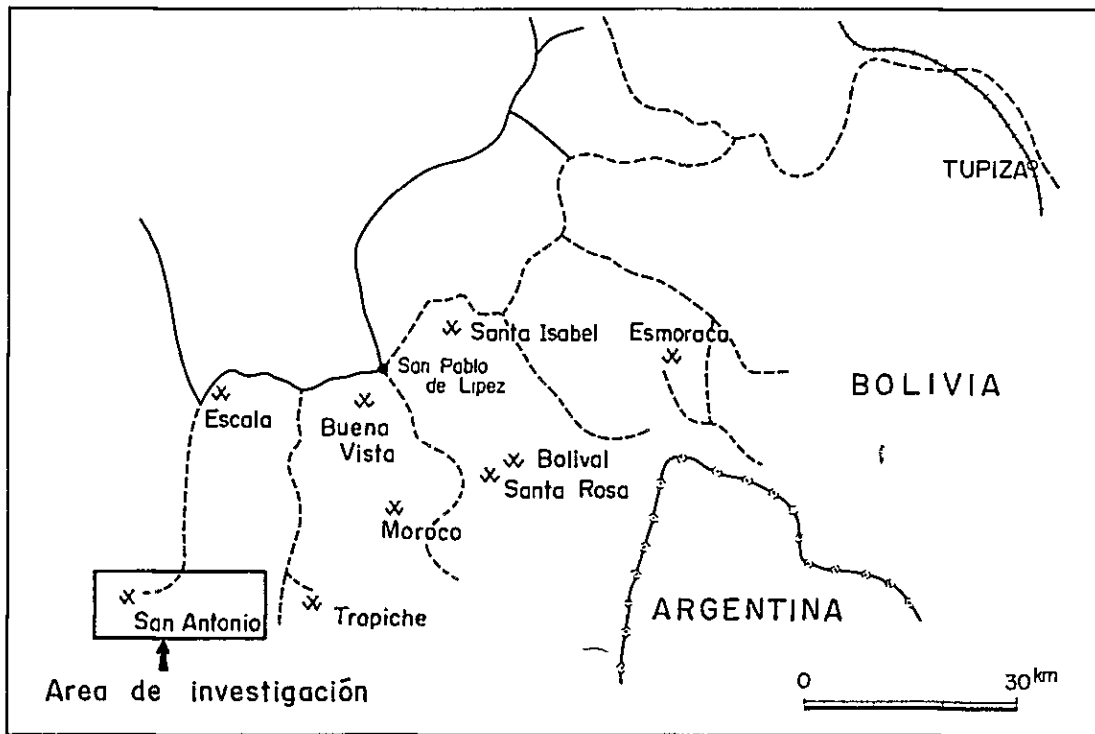
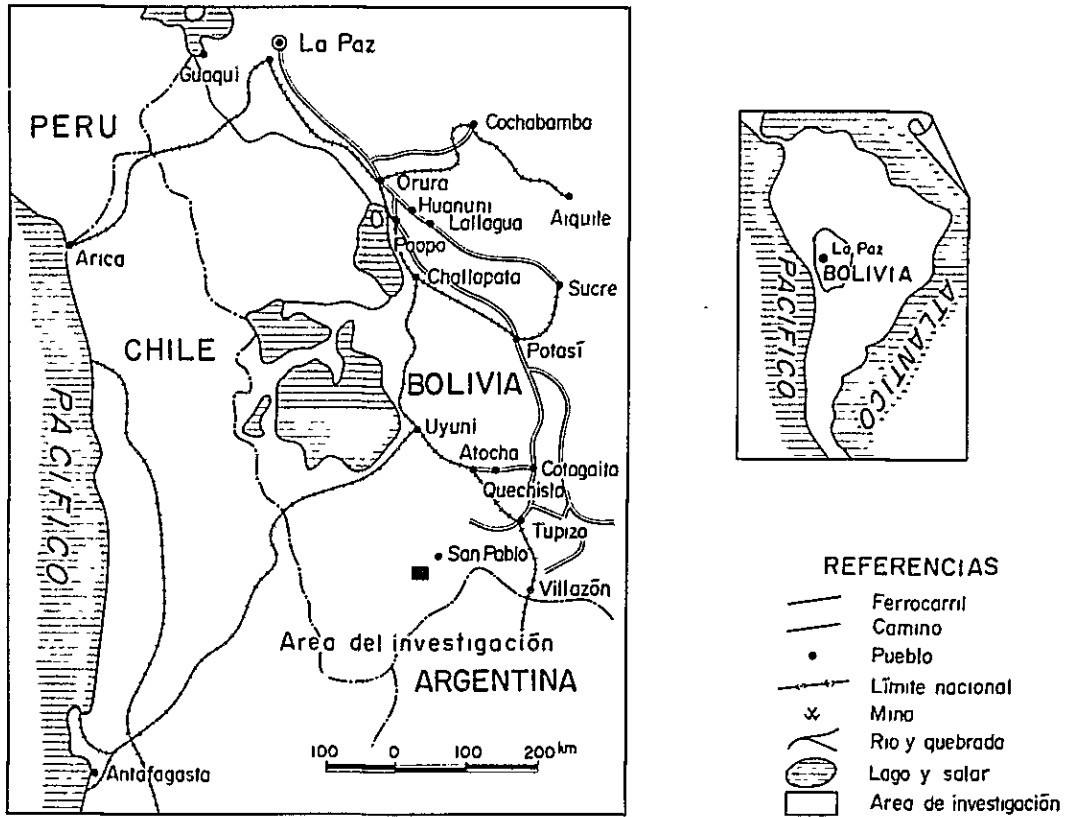
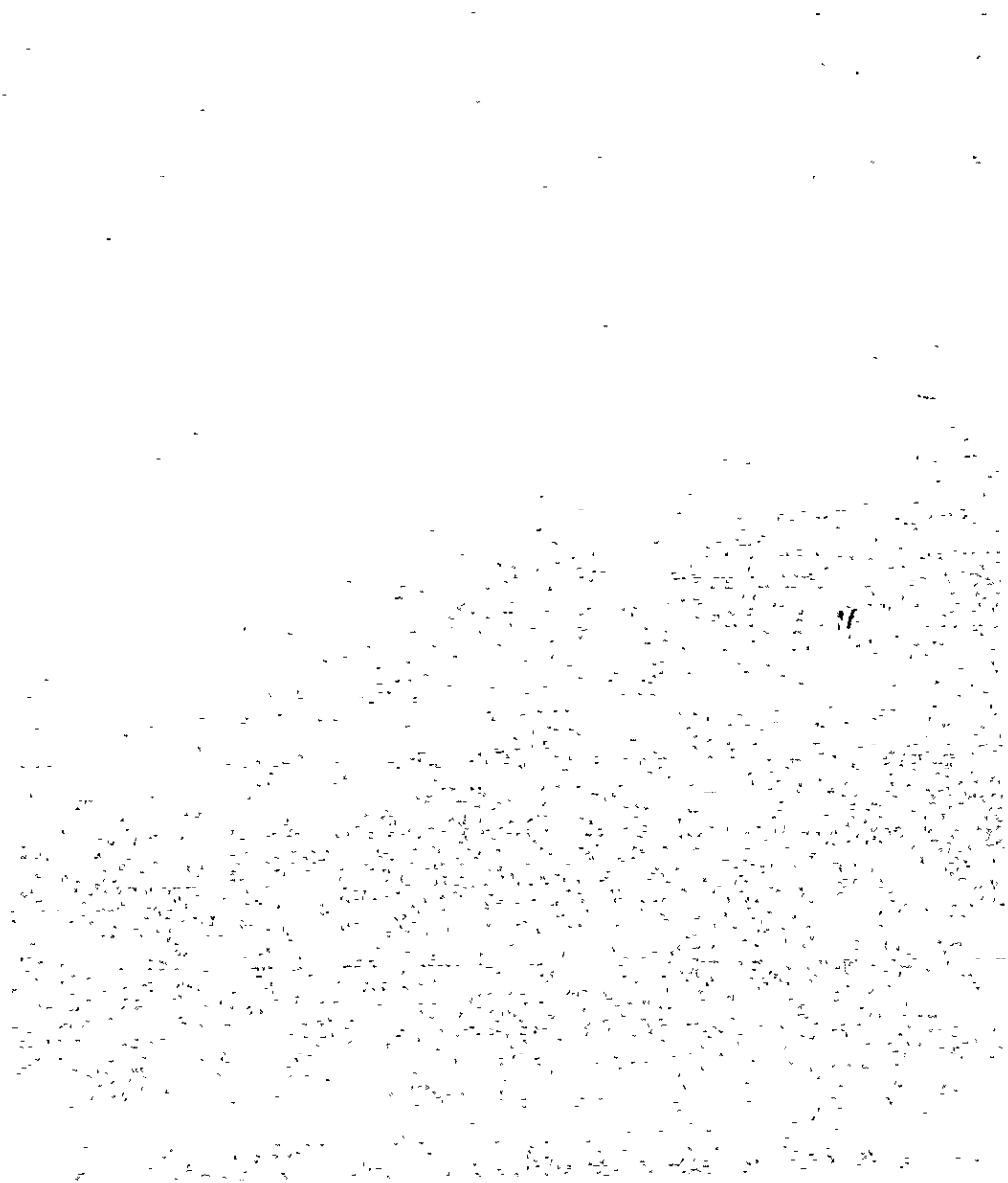
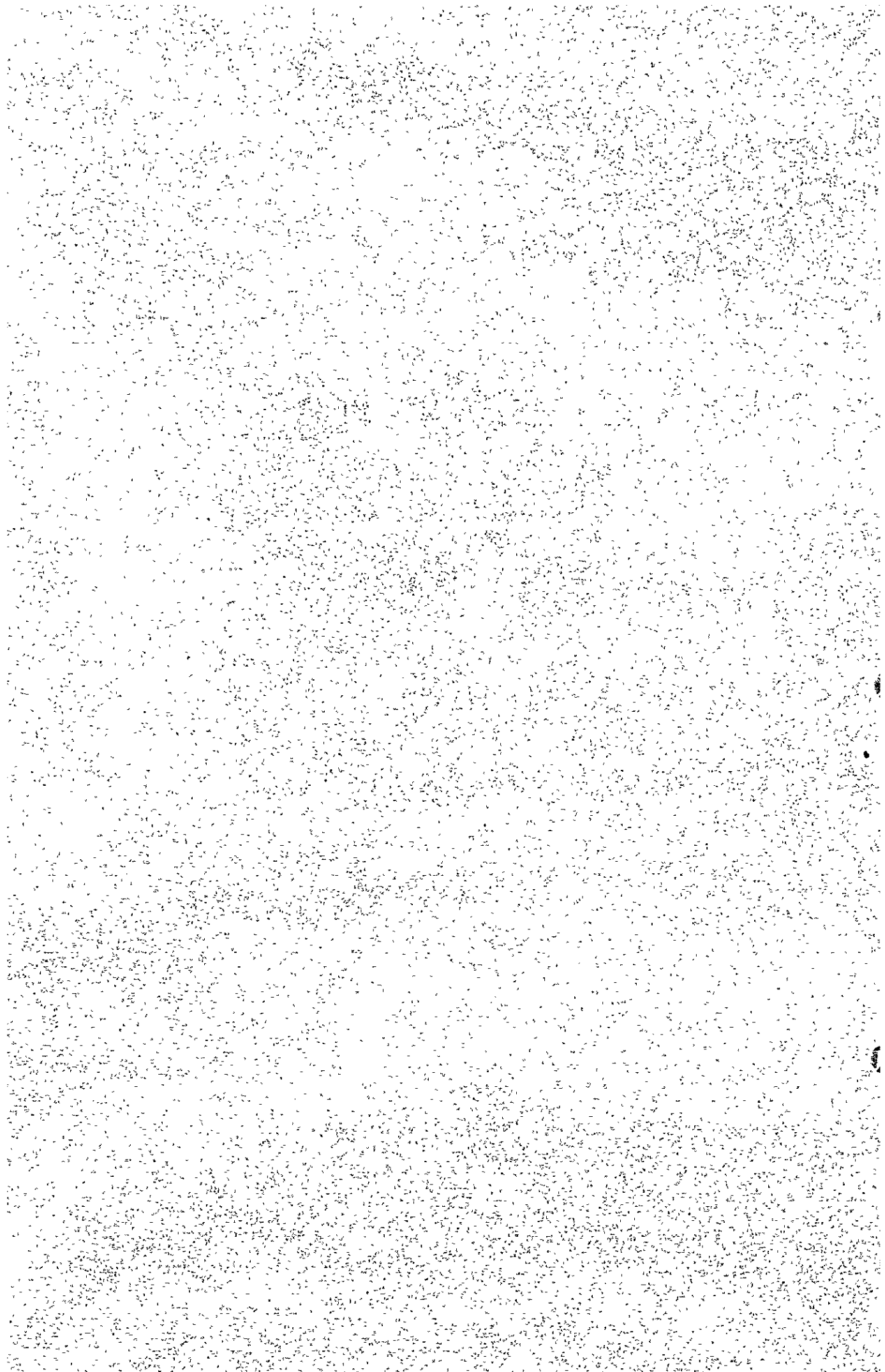


Fig. 1 Plano general del área de investigación



要 約



要 約

本調査はボリヴィア共和国 San Antonio (サンアントニオ) 地域資源開発協力基礎調査の第1年次として実施した。調査は1981年に実施した地質予備調査結果に基き計画された地質調査及びボーリング調査である。

調査地域は San Antonio 鉱山を中心とした南北4 km、東西5 kmの20 km²の範囲である。地質調査は地表及び坑内地質図の作成・母岩の変質作用・鉱化作用・富鉱体の形態などの特性及び鉱脈を胚胎する裂隙の生成機構を解析し、次期探査計画の指針とすることを目的とした。又、ボーリング調査は本鉱山の主要脈である Sistema de Veta No I (システマデベタ、以下 Veta No I と称する) 及び Sistema de Veta No II (以下 Veta No II と称する) の下部延長部の規模及び鉱況の確認を目的とした。

Sud Lípez (スールリベス) 地域の広域的な地質は、下位よりオールドビス系・白亜系及び第三系から構成されるが、調査地域では白亜系の Chaunaca (チャウナカ) 累層を基盤岩とし、主として新第三紀の石英安山岩から構成される。

地質構造は調査地域内に断層及び褶曲構造が認められないため詳細は不明であるが、既存資料並びに Sud Lípez 地域全体の褶曲及び断層構造などから調査地域の地質構造もほぼ南北～北北東系であるものと推定した。

Sud Lípez 地域には多数の旧坑・露頭・変質帯などの鉱徴地が確認されており、ボリヴィア国内でも有数の多金属型鉱脈鉱床区を形成している。これらの鉱徴地は全て新第三紀の石英安山岩活動に密接に関連して形成されたものである。近時、本地域の鉱徴地はボリヴィア鉱山公社(以下 COMIBOL) が Potosí (ポトシ) に建設中の鉛製錬所の重要な給鉱地として脚光を浴びている。これらの鉱徴地のうち San Antonio 鉱山及び Buena Vista (ブエナビスタ) 鉱山が最有望視されており現在 COMIBOL により試錐探鉱が実施されている。

調査地域の石英安山岩は普遍的に変質作用を被っており、特に鉱化帯を中心に数箇所の大規模且つ優勢な変質帯が形成されている。

San Antonio 鉱山の主要脈は Veta No I・Veta No II・Veta No III 及び Veta No IV で、東西系の走向が卓越し、最大延長は1,000 m 前後と推定される。傾斜は Veta No I は北方向、Veta No II は南方向が優勢である。脈幅は変化に富み最大10数 m に達し、富鉱体の連続性も良好である。

鉱脈の露頭は全て粗粒な石英・重晶石脈で微量な硫化鉱物を随伴するのみであるが、坑内では硫化鉱物は増加する傾向にある。

Veta No I 及び Veta No II はスペイン植民地時代に銀鉱山として大々的に採行されたが詳細は不明である。

当鉱床で確認された初生鉱石鉱物は方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・白鉄鉱・黄銅鉱・四面銅鉱・自然銀・輝銀鉱・輝安銅鉱・濃紅銀鉱・赤鉄鉱・硫カドミウム鉱(CdS)、アイキナイト(Cu Pb Bi S₃)、脈石鉱物は重晶石・石英及び菱鉄鉱、二次鉱物は針鉄鉱・銅藍である。

鉱化作用は脈の産状・顕微鏡観察及び変質作用の解析結果を総合的に検討すると、比較的早期のステージⅠと後期のステージⅡに大別される。

ステージⅠの鉱化作用はVeta No I に代表され方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・銀鉱物などに比較的富み、石英が脈石の主体をなす。

一方ステージⅡの鉱化作用はVeta No II に代表され、ステージⅠに形成された鉱石角隙間を充填するもので、前述の鉱物に乏しく白鉄鉱・菱鉄鉱を産し脈石の主体は石英・重晶石である。

鉱石鉱物の種類・組合せ・組成などの検討結果、本鉱床は浅熱水型鉱脈鉱床と判断される。

当鉱床の品位と富鉱体は次のように要約される。主要鉱脈の平均品位はVeta No I が Ag: 344 ‰・Pb: 2.65 ‰・Zn: 3.38 ‰・Veta No II が Ag: 289 ‰・Pb: 1.2 ‰・Zn: 0.49 ‰及びVeta No IV が Ag: 399 ‰・Pb: 0.67 ‰・Zn: 0.36 ‰を示す銀・鉛・亜鉛系の鉱脈であり、これらを統計的に検定した結果、各々異なるグループに属することが判明した。

Veta No II で、銀品位300 ‰以上の富鉱体が4箇所を確認されており、胚胎場所は鉱液の通路に規制され、落しの方向はほぼ垂直でより深部に達するものと推定される。形態は不規則なアメーバ状を呈し複雑で且つ分散して賦存し、1富鉱体の規模は80×80m前後である。従って今後富鉱体の確認には密度の高いボーリング探査が必要である。

鉱化温度は流体包有物の実験結果から149~298℃と推定される。ステージⅡの鉱石は比較的低温側に集中しており鉱化温度はステージⅠからステージⅡに向って低下した傾向が認められる。又この鉱化温度はCatavi 鉱山(ポーファイリー錫)の315~529℃及びAnimas 鉱山(ゼノサーマルAg・Pb・Zn・Sn)の195~349℃より低温である。さらにその液体包有物の塩濃度も前述2鉱山より低い傾向にある。鉱化作用で記述した鉱石鉱物の特性も流体包有物の測定値に対応している。従って当鉱床は少なくとも地表下300m前後まではポリヴイア国内の他の鉱脈鉱床と異なり浅熱水性鉱床の特性を有しているものと判断される。

鉱脈の主体をなす東西系裂隙は二次剪断裂隙であり富鉱体形成の場に好都合である。裂隙の形成は東西方向の横圧力に起因するものと解析され、この方向はSud Lípez 地域の南北方向の地質構造を形成せしめた構造運動に調和的である。

鉱化作用に伴う変質作用はX線解析と岩石成分の両面から検討した。Mesa de Plataの坑内の変質帯は鉱脈を中心に緑泥石帯・絹雲母帯・カオリン鉱物帯及びモンモリロナイト帯からなる累帯分布を示し有力な探鉱指針となり得る。緑泥石帯はVeta No I 及びVeta No II の方鉛鉱・閃亜鉛鉱に比較的富む富鉱体にはほぼ一致し、ステージⅠの鉱化中心を示すものと判断される。絹雲母帯はVeta No I 及びVeta No II を中心に分布し、ステージⅡの鉱化中心を示すものと判

断される。カオリン鉱物帯は前記2帯を取りまいてさらに広範囲に分布しモンモリロナイト帯に移行する。

地表では4箇所の変質帯が確認された。

変質帯 No I は主要既知鉱床を取りまいて分布する。特に本帯内の西部の Veta No III を取りまく絹雲母帯の下部には優勢な鉱化作用の賦存が期待される。

変質帯 No II は Mesa de Plata の南東に隣接し、主として絹雲母帯であり、大規模で変質の程度は変質帯 No I より強い。特に本帯中の緑泥石示徴は注目に値する。

変質帯 No III は当地域の南東端に分布するカオリン鉱物帯であるが、変質の程度・規模とも変質帯 No I と同程度であり、さらに本帯内には緑泥石示徴が認められる。

変質帯 No IV は当地域の北東端に分布するカオリン鉱物帯であるが変質帯 No I との間を氷河堆積物が覆っており、両者の関係は不明である。

変質帯の累帯分布は鉱化帯を中心とした変質作用が中性環境から酸性環境に移行した結果、形成されたものと考えられる。

石英安山岩の Ag・As の分析値 (N=106, 平均値 Ag 5.5 ppm, As 58 ppm) の大半は酸性火山岩地域のバックグラウンド値 (Ag 0.4 ppm, As 2.1 ppm) より高く、調査地域は異常帯に入る。しかし両成分とも坑内では鉱脈を中心に高い傾向を示し、さらに坑外でも坑内に比較して多少低下するものの、いずれも Ag は 0.5 ppm, As は 131 ppm 以上の示徴が変質帯を網羅している。変質帯との対応は明瞭でない。

岩石成分を利用した変質帯の解析結果では変質を支配する主要岩石成分は $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{FeO} \cdot \text{MnO}$ などであることが判明した。しかし岩石成分と変質分帯との対応は明瞭でない。

従って当鉱山の探査には Ag・As の分析値と粘土鉱物の量比を含めた X-線解析がより効果的であるものと判断される。

ボーリング調査結果は次のように要約される。

MJB-1 は深度 100.3~104.8m (4.5m) で Veta No II の下部を確認し、その平均品位は Au: 1.8 ‰・Ag: 168 ‰・Pb: 0.64%・Zn: 0.07%・Sn: 0.01% でこれまでの San Antonio 鉱山の鉱脈群の分析結果に比べて金品位が高い。MJB-2 は深度 155.2~162.8m (7.5m) 間で Veta No II の下部を確認し、その平均品位は Au: <1 ‰・Ag: 20 ‰・Pb: 0.96%・Zn: 0.55%・Sn: 0.01% と低品位である。従って Veta No II は通洞坑以下約 150m まで脈幅の優勢な鉱脈が連続するが品位は低く、MJB-1・MJB-2 とともに富鉱体から外れた可能性がある。しかし鉱石は依然として硫化鉱物に乏しく石英・重晶石を主体とするものであり、深部で初生硫化鉱体に移行する可能性がある。

MJB-3 は深度 284.0~284.3m (0.3m) 間で Au: 15 ‰・Ag: 21 ‰・Pb: 0.16%・

Zn: 0.38%・Sn: 0.01% の鉛脈を確認した。Veta No I との関係は不明であるが金品位が異常に高い。

MJB-2 により通洞坑の下部約 200m に断層を介して白亜系の Chaunaca 累層の潜頭が確認されたが、鉛化作用と断層活動の時期的な前後関係及び断層の走向・傾斜などが未確認である。従ってこれらの諸点を確認する事が当鉛床の評価に極めて重要かつ不可欠である。

以上の調査結果から当調査地域の今後の探査方針は次の通りである。

(1) 第 2 年次調査は、Veta No I 及び Veta No II の水平・垂直的拡がり把握するためボーリング調査を優先すべきである。

(2) 地表の変質帯の精査は変質帯 No II - No III - No IV の優先順位で氷河堆積物下位への緑泥石帯の延長を追跡すべきである。

(3) Veta No I については通洞坑以東の比較的初生硫化鉛物に富む既知富鉛体下部の規模・鉛況並びに地質状況確認のための坑内ボーリングを実施すべきである。

(4) Veta No II については MJB-1・2 で確認した地点以西での鉛脈下部の規模・鉛況並びに地質状況確認のためのボーリングを実施すべきである。

目 次

は し が き
要 約
位 置 図

第 1 部	総 論	7
第 1 章	序 論	7
1-1	調査の経緯及び目的	7
1-2	調査作業の概要	7
1-3	調査団の編成	8
1-4	調査地域の選定	9
第 2 章	調査地域の一般概要	11
2-1	位置・交通	11
2-2	地形・気候	11
2-3	調査地域の一般社会情勢	12
第 3 章	地質及び鉍床概要	13
3-1	地 質	13
3-2	地質構造及び地史	14
3-3	鉍化作用	15
第 2 部	地質調査	17
第 1 章	地 質	17
1-1	地 質	17
1-2	地質構造	19
第 2 章	鉍 床	21
2-1	母 岩	21
2-2	鉍 脈	21
2-3	鉍物及び鉍化作用	23
2-4	品位及び富鉍体	24
2-5	流体包有物	27
2-6	裂隙の生成機構	29

第 3 章	変質作用	3 1
3-1	X-線解析結果	3 1
3-2	岩石の完全分析結果	3 5
第 4 章	結論及び第 2 年次への提言	4 1
第 3 部	ボーリング調査	4 3
第 1 章	ボーリング調査の概要	4 3
第 2 章	ボーリング工法及び使用機材	4 5
第 3 章	ボーリング作業	4 7
3-1	設営作業	4 7
3-2	移設作業	4 7
3-3	撤収作業	4 7
3-4	コアリング状況と泥水管理	4 7
3-5	ボーリング用水	4 8
3-6	掘進状況	4 8
第 4 章	ボーリング地質	4 9
4-1	ボーリング位置の選定	4 9
4-2	ボーリング地質	4 9
第 5 章	結論及び第 2 年次への提言	5 3
参考文献		5 5
添付資料		
附帯資料		
	ルートマップ・岩石薄片・鉍石研磨片・岩石鉍石標本	
	作業写真及び 8 %フィルム	

LISTA DE FIGRAS

- Fig.II-1 Clasificación de dacitas por Modelo de I.U.G.S.
- Fig.II-2 Secuencia de minerales idealizados
- Fig.II-3 Dibujos de vetas (explicando la etapa de mineralización)
- Fig.II-4 Distribución de leyes de Ag. Pb y Zn de cada Veta
- Fig.II-5 Mapa de distribución de ley de Ag.Pb y Zn de Veta No. II verticalmente
- Fig.II-6 Histograma de temperatura de homogenización de inclusiones fluidas
- Fig.II-7 Modelo de mecanismo de formación de fracturas
- Fig.II-8 Características de fracturas de cada Veta
- Fig.II-9 Resultado de investigación de fracturas de Veta No. I y Veta No. II
- Fig.II-10 Resultado de investigación de fracturas de superficie
- Fig.II-11 Resultado de investigación de esfuerzo de formando las fracturas cerca de Veta No. IV
- Fig.II-12 Secuencia relativa de minerales de arcilla
- Fig.II-13 Perfil de zona clasificada por alteración de interior mina de Mesa de Plata
- Fig.II-14 Histograma y curva de frecuencia acumulativa de Ag y As
- Fig.II-15 Histograma y curva de frecuencia acumulativa de Z₁ y Z₂
- Fig.III-1 Mapa de ubicación de los pozos
- Fig.III-2 Perfiles geológicas de los pozos
- Fig.III-3 Resultado de investigación de zona clasificada por alteración, Ag, As, Z₁ y Z₂ de cada pozo

LISTA DE TABLAS

Tab.II-1	La estratigráfia del área de Sud Lípez y San Antonio
Tab.II-2	El características de Veta No. I, Veta No. II y Veta No. IV
Tab.II-3	Ley promedia y correlación de cada Veta
Tab.II-4	Relación entre temperatura de homogenización y salinidad de inclusiones fluidas
Tab.II-5	Correlación entre cada minerales confirmadas por rayos-X
Tab.II-6	Lista de factores estadísticos entre cada composiciones de rocas, Ag y As
Tab.II-7	Correlación entre cada composiciones de rocas y minerales de arcilla
Tab.II-8	Resultado de análisis de componentes principales
Tab.III-1	Direcciones, inclinaciones etc de cada pozo perforado
Tab.III-2	Resultado mediado de curva de cada pozo perforado
Tab.III-3	Lista de maquinas y materiales usadas
Tab.III-4	Lista de consumo de materiales
Tab.III-5	Lista de estado de consumo de las coronas de diamantes y cilindros de escariadores
Tab.III-6	Lista de especificación de coronas de diamantes y de escariadores (Número de veces de uso)
Tab.III-7	Análisis de las horas trabajadas por obras de cada sondeo
Tab.III-8	Los resultados de perforaciones
Tab.III-9	Trabajo de trasladación
Tab.III-10-1	Datos resumidos de perforación de MJB-1
Tab.III-10-2	Datos resumidos de perforación de MJB-2
Tab.III-10-3	Datos resumidos de perforación de MJB-3
Tab.III-11-1	Resultado de obras de sondeo de MJB-1

Tab.III-11-2 Resultado de obras de sondeo de MJB-2

Tab.III-11-3 Resultado de obras de sondeo de MJB-3

LISTA DE APENDICES

- A-1 Lista de análisis químico de los minerales
- A-2 Lista de análisis químico de rocas
- A-3 Resultados de medida de inclusiones fluidas
- A-4 Resultados de observaciones microscópicas de secciones de pulidas y delgadas, y sus fotografías
- A-5 Análisis de rayos-X y sus cartas
- A-6 Columnas geológicas de taladros de sondeo
- A-7 Fotografías

LISTA DE PLANOS

- PL-1 Mapa geológico del área estudiada (1:5,000)
- PL-2 Mapa geológico de interior mina (1:500)
- PL-3 Mapa de ubicaciones de muestras (1:10,000)
- PL-4 Mapa de distribuciones y clasificaciones de zonas alteradas (superficie 1:10,000, interior mina 1:2,500)
- PL-5 Mapa de distribuciones de indicios de Ag, As, Z₁ y Z₂ de superficie (1:10,000)
- PL-6 Mapa de distribuciones de indicios de Ag, As, Z₁ y Z₂ de interior mina de Mesa de Plata (1:2,500)
- PL-7 Mapa de distribuciones de leyes de minerales analizados

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that proper record-keeping is essential for transparency and accountability, particularly in financial matters. The text notes that without clear documentation, it becomes difficult to track expenses, revenues, and other critical data points.

2. The second section addresses the challenges associated with data management in a rapidly changing environment. It highlights the need for robust systems and protocols to handle large volumes of information efficiently. The author suggests that organizations should invest in modern technology and training to ensure their data is secure, accessible, and up-to-date.

3. The third part of the document focuses on the role of leadership in driving organizational success. It argues that effective leaders must be able to communicate a clear vision and inspire their teams to achieve common goals. The text provides several examples of successful leadership practices, such as active listening, delegation, and fostering a culture of innovation.

4. The fourth section discusses the importance of continuous learning and development. It notes that in today's fast-paced world, skills and knowledge must be constantly updated to remain relevant. The author recommends that organizations provide opportunities for employees to learn and grow, whether through formal training programs or on-the-job experiences.

5. The final part of the document concludes with a call to action, urging readers to take the principles discussed and apply them to their own work. It emphasizes that success is not achieved overnight but through consistent effort, adaptability, and a commitment to excellence. The author ends with a motivational message, encouraging readers to embrace challenges and strive for the best in everything they do.

第1部 総論



第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

ボリヴィア共和国は南米大陸内陸部の発展途上国であり、国家財政の65%前後を鉱産物に依存する鉱産国である。特に錫の生産高は長らく世界第2位を誇っていたが、近時減少の傾向にあり、タイ・マレーシア・インドネシアに次いで第4位となっている。従って同国の財政上、錫鉱石の確保は極めて重要な問題である。

同国政府は鉱石輸送費の低減と付加価値の増大という観点から、国内各所に製錬所を建設することを鉱業基本政策としてきた。この結果、鉱石の確保が急務となり、日本国政府に資源開発協力基礎調査を要請してきた。この要請に応じて、日本国政府は第1次調査を同国南部の San Vicente - Tatasi (サンビセンテータタシ、1976~1978年)地域に、第2次調査を Gran Chocaya (グランチョカヤ、1979~1981年)地域に実施した。

これらの調査結果、両地域の地質・鉱床・鉱化作用・変質作用などの実体及び特性などが解明された。さらにこれらに基づきボーリング調査で Gran Chocaya 地域に高品位の銀・錫・鉛・亜鉛の2鉱脈及び優勢な変質帯を確認した。従って前述地域で採用された一連の調査方法は同国内での他の鉱床地域の探鉱にも有効であることが実証された。

1981年にボリヴィア政府は Potosí (ポトシ)に建設中の鉛製錬所の有望な給鉱地である Sud Lípez 地域の鉱床探査の技術協力を日本政府に要請してきた。日本政府はこれに応じて同年地質予備調査団を派遣し、その結果1982年にボリヴィア政府・ボリヴィア鉱山公社(以下COMIBOLと称する)と調査に関する事前調査・協定折衝を行ない San Antonio 鉱山の資源開発協力基礎調査を実施することとした。

本調査は San Antonio 鉱山の地質・変質作用・鉱化作用の特性を解明するとともに、San Antonio 鉱山における鉱床の賦存状況を解明することを主目的とした。

1-2 調査作業の概要

調査は坑内外地質調査及びボーリング調査からなる。地表調査は面積20km²を対象とし、坑内調査は Mesa de Plata を主体とした。地表調査では縮尺1:5,000のルートマップ及び地質図を作成した。調査に際しては主要露頭及び旧坑の位置を簡易測量で確認した。坑内調査は天盤スケッチを実施し縮尺1:500の坑内地質図を作成した。

ボーリング調査は Mesa de Plata の通洞坑で既知鉱脈下部の鉱況を確認することを目的として3孔の傾斜掘が実施された。調査は後述する日本側及びボリヴィア側技術者により実施された。調査期間は San Antonio 鉱山到着翌日から同鉱山出発日の前日までで、地質調査は54日、ボーリング調査は73日間である。調査に際してはCOMIBOL 所有の諸資料の提供

を受け、調査及び調査結果の解析に活用した。

調査に際して下記の試料を室内実験用に採取した。

	地 質	ボーリング	計
岩石薄片	20	10	30
鉍石研磨片	30	20	50
X-線用岩石試料	166	34	200
鉍石分析試料	50	50	100
岩石分析試料	83	17	100
流体包有物試験試料	15	5	20
E・P・M・A 試料	10		10

1-3 調査団の編成

現地調査はCOMIBOLの協力を得て、日本側及びボリヴィア側調査員により友好裏に実施された。調査に参画した調査員は下記の通りである。

(1) 事前調査・協定折衝(昭和57年5月7日～5月17日)

KANBE	YASUSHI	
神 戸	靖	金属鉍業事業団
SHIMODE	MASAYOSHI	
下 出	雅 義	通産省資源エネルギー庁鉍業課
NAKAYAMA	KEN	
中 山	健	金属鉍業事業団

(2) 現地調査(昭和57年9月3日～12月22日)

日本国側調査団員

YAMAMOTO	TAKAHISA	
山 本	恭 久	金属鉍業事業団 (調整)

ITO	TOSHIYA	
伊 藤	俊 弥	同和工営株式会社(地質)

KINRYU	YUKUO	
金 龍	之 緒	" " (")

KAJIO	MASANOBU	
梶 尾	昌 延	" " (試錐)

SHIKANAI	SYOZŌ	
鹿 内	省 三	" " (")

YAMAMOTO	KATSUHIKO	
山 本	克 彦	" " (")

ŌSHIMA MASAYUKI
大 島 正 行

同和工管株式会社(試錐)

ボリヴィア共和国側調査員

Ing Carlos Soruco M.	COMIBOL ORURO 地質局
" Juan Carlos Seguro A.	"
" Plinio Velasco A.	"
" Vladimir Rodrigues R.	"

1-4 調査地域の選定

調査地域はボリヴィア共和国南端の Sud Lípez 地域の一部を占め、La Paz - Oruro - Potosí - Tupiza を結ぶ大規模な多金属鉱脈鉱床区の南西端に位置する。従って当地域内には多数の旧坑・鉱徴・変質帯などが知られており、同国内でも有数の鉱床密集地域となっている。さらに当地域の鉱床は銀に富み経済性が高く、近時当地域への自動車道路の整備に伴ない急速に脚光を浴びている。

COMIBOL は現在銀の回収を目的とした鉛製錬所を Potosí に建設中であり、この給鉱地として Sud Lípez の鉱床区は鉱種及び地理的にも有利であると判断された。COMIBOL は 1980 年から Oruro 地質局直轄の探査プロジェクトチームを編成し、San Antonio 鉱山及び Buena Vista 鉱山のボーリング並びに坑道探鉱を開始した。

1981 年の地質予備調査団は当地域内の代表的な 10 鉱徴地を概査し、各鉱徴地の立地及び地質鉱床学的条件を比較検討した結果、以下の理由で San Antonio 鉱山を資源開発協力基礎調査の対象候補地として選定した。

- (1) 地理的に本地域の探鉱中心ならびに資材の中継基地である Escala 鉱山に近い。
- (2) 鉱山を中心として発達する変質帯は極めて大規模かつ優勢であり、更に東方の Cerro Amarillo を中心にして同程度の規模と質を有する変質帯が発達する。
- (3) スペイン植民地時代に、当時としては極めて大規模に採行された形跡がある。
- (4) 地表には最大脈幅 200 cm に及ぶ多数の露頭が認められ、Mesa de Plata の通洞地並でも脈幅 10 数 m に及ぶ鉱脈の採掘跡が存在する。
- (5) 鉱床は主脈の Veta No II を中心に多数の平行脈からなり、走向延長は 1,000 m 前後で最大脈幅は 10 数 m に達するものと推定される。
- (6) 鉱脈は地表下約 150 m の Mesa de Plata の通洞地並で硫化鉱物を随伴するものの鉱石の主体は依然として酸化鉱であり、下部に初生硫化鉱帯が期待出来る。
- (7) 通洞地並以下も採掘された形跡はあるが、その規模・地質鉱床学的情報ならびに採掘を中止した理由が不明である。

(8) 鉍石は含銀・鉛・亜鉛鉍で経済性が高い。

第2章 調査地域の一般概要

2-1 位置・交通

調査地域は首都La Pazの南方直距離約800kmに位置し、行政上はPotosí州に属し陸軍地理調査院発行の縮尺1:50,000のSan Antonio de Lipez図幅に入る。La Pazから当鉱山に至るには自動車及び自動車と列車を併用する方法がある。しかしいずれの場合も1月から3月までの雨期には各所で道路・河床が水没・寸断され通行は不可能となる。

自動車による代表的ルートは次の通りである。

La Paz - Oruro - Uyuni - San Antonio 鉱山	行程3日
" - " - Potosí - Atocha - San Antonio 鉱山	"

又自動車と列車の併用は次の通りである。

La Paz - Uyuni - San Antonio 鉱山	行程2日
列車 自動車	
" - Atocha - " - " - "	"
列車 自動車	

鉄道はLa Pazとアルゼンチンを結ぶLa Paz - Villazón線を利用するが、Uyuni及びAtochaでの自動車の確保は極めて困難であり、実質的に本ルートの採用は不可能である。La PazからSan Antonio 鉱山までの自動車道路は一部を除きほぼ良好といえる。

2-2 地形・気候

Sud Lipez地域は東アンデス山系の南端の標高4,000m以上の山岳地帯であり、最高峰のCerro Lipez(セロリベス, 6,000m)をはじめ5,000m以上の高峰が集中し、これらの高峰を中心に鉱化帯が発達する。

地形は地質を明瞭に反映しており、標高約4,200m以下の平坦地はオルドビス系・新第三紀の火砕岩類及び第四系から構成される。一方標高4,400m以上の山地は新第三紀中新世の石英安山岩及び同質火砕岩から構成され、急峻な壮年期の地形を呈する。河川部では侵食作用が進行し切立った段丘地形を呈する。

調査地域はCerro Lipez北麓の南緯22°付近に位置し緯度的には熱帯地方に属する。しかし前述の如き高地に位置するため寒冷で植生のほとんど認められない半砂漠的不毛地となっている。

雨期と乾期の差が明瞭で、雨期には出水のため交通網は途絶し、他地域との通行は不可能となる。4月から12月までの乾期は湿度が0~20%で寒気が厳しく、特に6月~9月の気温日較差は15℃~-20℃にも達する。1月から3月までの雨期(夏期)の気温日較差は25

℃～-5℃前後で、年間降雨量の約400mmはこの時期に集中する。特に6月から8月の厳寒期の夜間気温は-30℃にも達し、連日強風が吹き荒れ、谷部での積雪が凍結してジープの運行は困難である。

従って当地域の探査活動は9月から12月頃までに限定される。

2-3 調査地域の一般社会情勢

本地域の自然条件が非常に厳しいため、San Antonio 鉦山を除き標高4,200m以上では全く集落は存在しない。今調査の宿舎は標高4,600mのMesa de Plataに設営された。住民は全てインディオであり生活水準は極めて低く、生活の全てをリャマと羊の放牧に頼っている。農耕は自然条件の厳しさから全く行なわれていない。当地域の中心都市であるSan Pablo de Lópezは人口が200～300人といわれるが商店・市場並びに宿泊設備などは皆無である。従って調査に際しては宿泊設備・食糧・生活必需品・車輛用及び動力用燃料など全ての資材を調査地域外から調達しなければならない。

現在探査中のSan Antonio 鉦山及びBuena Vista 鉦山も調査資材及び食糧をOruro・Uyuni・Atochaなどの都市から補給しており、今回の調査も同様であった。食糧調達には最寄のAtochaまでジープで2日の日数を要し、最低週1回の食糧調達が必要である。

外部との交信はSan Antonio 鉦山のCOMIBOL専用の無線電話を利用するが、電波状態が悪く、時間的制約もあり他地域との確実且つ直接的交信方法はない。

以上の自然条件の厳しさに加えて酸素不足に起因する高山病の問題があり、調査に際して物質的な点以外に調査員の健康管理対策に特に配慮しなければならない。

第3章 地質及び鉱床概要

3-1 地質

Sud Lípez 地域は地質学的に東アンデス山系を形成するオルドビス系とアルティブラーノを形成する第三系から構成され、鉱床学的には前述の通り多金属鉱床区内に位置する。これら両系の境界部付近に新第三紀の石英安山岩及び同質火砕岩が点在しこの一部がボリヴィア国内の多金属鉱脈鉱床の生成に密接に関連している。

調査地域は新第三紀の石英安山岩と第四系のみから構成されているので、Sud Lípez 地域の地質概要について述べる。

本地域の地質はオルドビス系を基盤岩とし白亜系及び第三系から構成され、基本的には San Vicente 及び Gran Chocaya 地域とほぼ同一である。

オルドビス系：本系は San Antonio 鉱山の北東約 5 km と、さらに東方のアルゼンチンとの国境付近に分布する。本系は成層した粘板岩・砂岩及び両者の互層から構成され、火成活動の産物を全く挟まない単調な典型的な劣地向斜堆積物であり、変成作用を全く被っていない。岩相は厚さ 10 cm 前後の成層した緻密堅硬な灰色砂岩と黒色粘板岩の互層及び細かな劈開の発達する黒色粘板岩に大別され、層準的には前者は後者の下位となる。

本系は上位の白亜系及び第三系と断層並びに不整合で接する。

白亜系：本系は El Molino (エルモリノ) 累層と呼称され、San Antonio 鉱山の東方約 70 km に南北方向に小規模に分布する。岩相は美しい偽層を有する成層した赤色砂岩が主体であり、一部に浅海性の石灰岩及び緑色砂岩の薄層を挟在するものの全体としては陸成層といえる。

本系は上位の第三系と断層・不整合及び一部漸移関係で接する。

第三系：本系は下位より Potoco (ポトコ) 累層・San Vicente 累層・Rondal (ロンダール) 累層・Quehua (ケウア) 累層、石英安山岩及び同質火砕岩が累重する。

Potoco 累層はオルドビス系と後述の San Vicente 断層で接し南北に帯状の小規模な分布を示す。本累層も美しい偽層を有する成層した陸成赤色砂岩層であるが、El Molino 層より固結度が低く、両者の区別が可能である。本累層までは著るしい褶曲運動を受けている。

San Vicente 累層は Santa Isabel (サンタイサベル) 鉱山の北方及び南東に広範囲に分布する。ほぼ水平で不明瞭な層理を示す赤色砂岩及び礫岩層から成り、構成礫は基盤岩の円礫である。本層中には偽層並びに礫の水平及び垂直方向の級化構造や覆互構造が随所に認められる。

Rondal 累層は Santa Rosa (サンタローサ) 鉱山の東方に北北西から南南東方向に比較的小規模な帯状分布を示す。岩質は多量のかんらん石斑晶を含有する緻密堅硬な黒色玄武岩熔岩である。本火山活動はボリヴィア国内で確認された最初の活動であり、地史的には極めて重

要な問題として位置付けられている。

Quehua 累層は Sud Lípez 地域を含めてアルティプレーノ全体に広範囲に分布する層厚数100 mに達する石英安山岩質凝灰岩類である。岩相は多様で軽石凝灰岩・凝灰岩～凝灰角礫岩及び砂質凝灰岩まで変化する。含有岩片は石英安山岩を主体とするが、下位の粘板岩及び砂岩などの異質岩片も含有する。本累層はその岩相・層理・分布などの特性から広域的な降下性火砕岩と解釈されている。

石英安山岩及び同質火砕岩は Sud Lípez 地域の鉱徴地と密接に関連して分布する。熔岩は一連の黒雲母石英安山岩で、黒雲母以外に多量の斜長石・石英斑晶を含有し斑状組織が極めて顕著である。本岩の主体は柱状節理を有する緻密な岩石であるが、一部で自破砕熔岩も認められ、火砕岩に移行する場合もある。火砕岩は凝灰岩・凝灰角礫岩でその分布規模は極めて小さい。これらの熔岩及び火砕岩の大半は著しい変質作用の結果白色～黄色～淡灰色を帯びる。特に変質作用の著しい場所では斜長石は白濁し、有色鉱物の斑晶は肉眼的識別が困難な程度に変質している。しかし石英斑晶のみは新鮮に残存する。

3-2 地質構造及び地史

Sud Lípez 地域は東アンデス山系の西端に位置するため、基本的な地質構造は同山系と同一の南北性であり、調査地域も同様であるものと推定される。

断層：San Antonio 鉱山の東方のアルゼンチン国境沿いに主としてオルドビス系と第三系を画するボリヴィア国内で最大規模の断層の1つである San Vicente 断層が南北に発達する。この付近では本断層に支配されて南北系及びこれにほぼ直交する小断層が認められる。San Antonio 鉱山の北東に近接するオルドビス系中の断層は走向ほぼ $N 20^{\circ} E$ 系とこれに直交するものが卓越する。後者の方向は Sud Lípez 地域の鉱脈の一般走向とほぼ一致し、当地域の鉱脈を胚胎する裂罅の形成機構が構造運動に関連することを暗示している。又 San Antonio 鉱山に近接する調査地域外の第三系中の断層もほぼ南北～北北東とこれに直交する方向を示す。

褶曲：褶曲構造はオルドビス系と白亜系中で顕著であるが過褶曲は認められない。褶曲の形式は軸面の垂直な対称褶曲で、軸方向は南北から $N 20 E$ 程度である。第三系中に認められる緩やかな褶曲構造の軸方向も前述とほぼ同様である。これらの褶曲構造はオルドビス系がパリスカン造山運動、白亜系がネバタ造山運動、そして第三系がアルプス造山運動を受けた結果である。

なお調査地域内には地質構造を明確に示す断層及び褶曲構造は全く認められない。

地史：ボリヴィア全土はオルドビス紀にはブラジル盾状地と西アンデス山脈の間に発達する東アンデス地向斜に属し、ここに膨大なオルドビス系の劣地向斜堆積物が形成された。その後海退が進行し、現在まで上昇運動が継続しこの間に白亜紀の小規模な海進が認められるのみ

である。古第三紀に至り上昇する東及び西アンデス山系に挟まれたアルティプレーノ堆積盆地が形成され、層厚10,000m以上に及ぶ陸成層が堆積した。

San Vicente 累層堆積後、ボリビアの地史上最初の本格的火成活動期に入る。即ち小規模な Rondal 玄武岩活動に引き続き大規模かつ広範囲な酸性火山活動の時期に入り膨大な Quehua 累層を形成せしめた。本活動の最末期に各所で小規模な石英安山岩が活動し、この一部に多様な鉍化作用を伴った。調査地域に分布する石英安山岩は本時期の活動によるものである。

3-3 鉍化作用

Sud Lípez 地域には多数の鉍徴地が確認されており、その代表例が San Antonio 鉍山である。地域内の鉍徴地の大半は標高4,400m以上の急峻な山岳地帯に集中し、Escala・Buena Vista・San Antonio・Trapiche (トラピチェ)・Moroco (モロッコ)・Santa Isabel Bolívar (ポリパル)・Santa Rosa・Esmoraca (エスマラカ) 及び Villarruer (ビラルーエル) 鉍山などが1981年に概査された(国際協力事業団・金属鉍業事業団, 1982) これらの鉍床のうち Trapiche 及び Buena Vista 鉍山が Quehua 累層中に胚胎されるが、他は全て石英安山岩中に胚胎される。

上記の諸鉍山は全て稼行並びに探鉍実績を有するが、1982年現在 Esmoraca 鉍山及び Villarruer 鉍山のみが稼行中で、San Antonio 鉍山及び Buena Vista 鉍山は探鉍中である。

鉍化作用は銀・鉛・亜鉛などが主体でこれに微量の錫・銅を伴う。しかし Trapiche 鉍山は蒼鉛・石英脈で、Esmoraca 鉍山は含金タングステン鉍脈である。

これらの鉍山はいずれも大小の顕著な変質帯を伴っている。特に San Antonio 鉍山及び Santa Isabel 鉍山には大規模な変質帯が発達し、その規模は5×3km 前後に達する。その形態は一般に鉍床を中心にほぼ楕円形を示すが、小規模なものは鉍脈を中心に帯状又は縞状に発達する。

Santa Isabel 鉍山：当鉍山は San Antonio 鉍山の北東約50kmの Cerro Santa Isabel を中心に発達する大規模な鉍化変質帯の総称である。当地区には Mercedes (メルセデス) 鉍山・San Agustín (サンアグスティン) 鉍山・Consuelito (コンスエリト) 鉍山並びに Escalera (エスカレラ) 鉍山をはじめ多数の旧坑が知られている。鉍床は石英安山岩中の銀・錫・鉛・亜鉛鉍脈鉍床で San Agustín 鉍山では優勢な高品位鉍脈が確認されている。

当鉍山の鉍化作用は銀に富む複雑鉍で経済性が高い。また多数の旧坑・鉍徴地が確認されており、大規模かつ優勢な変質帯が発達する。

Santa Rosa 鉍山：当鉍山は San Antonio 鉍山の北東約40kmに位置する石英安山岩中の銀・鉛・銅鉍脈鉍床である。脱色変質帯の発達は極めて大規模でこれに多数の旧坑・鉍徴を伴

う。研中に鉱石はほとんど認められず、既存資料の鉱況も劣勢であり、鉱化作用は全般に微弱であるものと推定される。

Bolivar 鉱山：当鉱山は San Antonio 鉱山の北東約 40 km に位置する安山岩中の蒼鉛を主体とする銀・鉛・銅脈鉱床である。多数の旧坑並びに膨大な研が残存するが、研中に鉱石はほとんど認められず、さらに変質帯も小規模であり、鉱化変質作用は劣勢なものと判断される。

Buena Vista 鉱山：当鉱山は San Antonio 鉱山の北東約 30 km に位置し、Quehua 累層中に胚胎される銀に富む蒼鉛・鉛・亜鉛脈鉱床で、1981年からCOMIBOL が坑外試錐及び坑道探鉱を実施している。鉱床は高品位であるが膨縮に富む複数の平行脈から成り、稼行実績もかなり大規模である。

Moroco 鉱山：当鉱山は San Antonio 鉱山の東方約 30 km に位置し石英安山岩中に胚胎される銀に富む鉛・亜鉛脈鉱床で多量の黄鉄鉱を伴う。鉱床は走向延長 1,000 m 前後と推定される主脈の Rica (リカ) 脈を中心に多数の平行脈からなり、これに伴う変質帯も大規模かつ優勢である。しかし坑口付近の膨大な研中に鉱石はほとんど認められず且つカラミも残存しておらず当鉱山の鉱化作用は比較的劣勢なものと判断される。

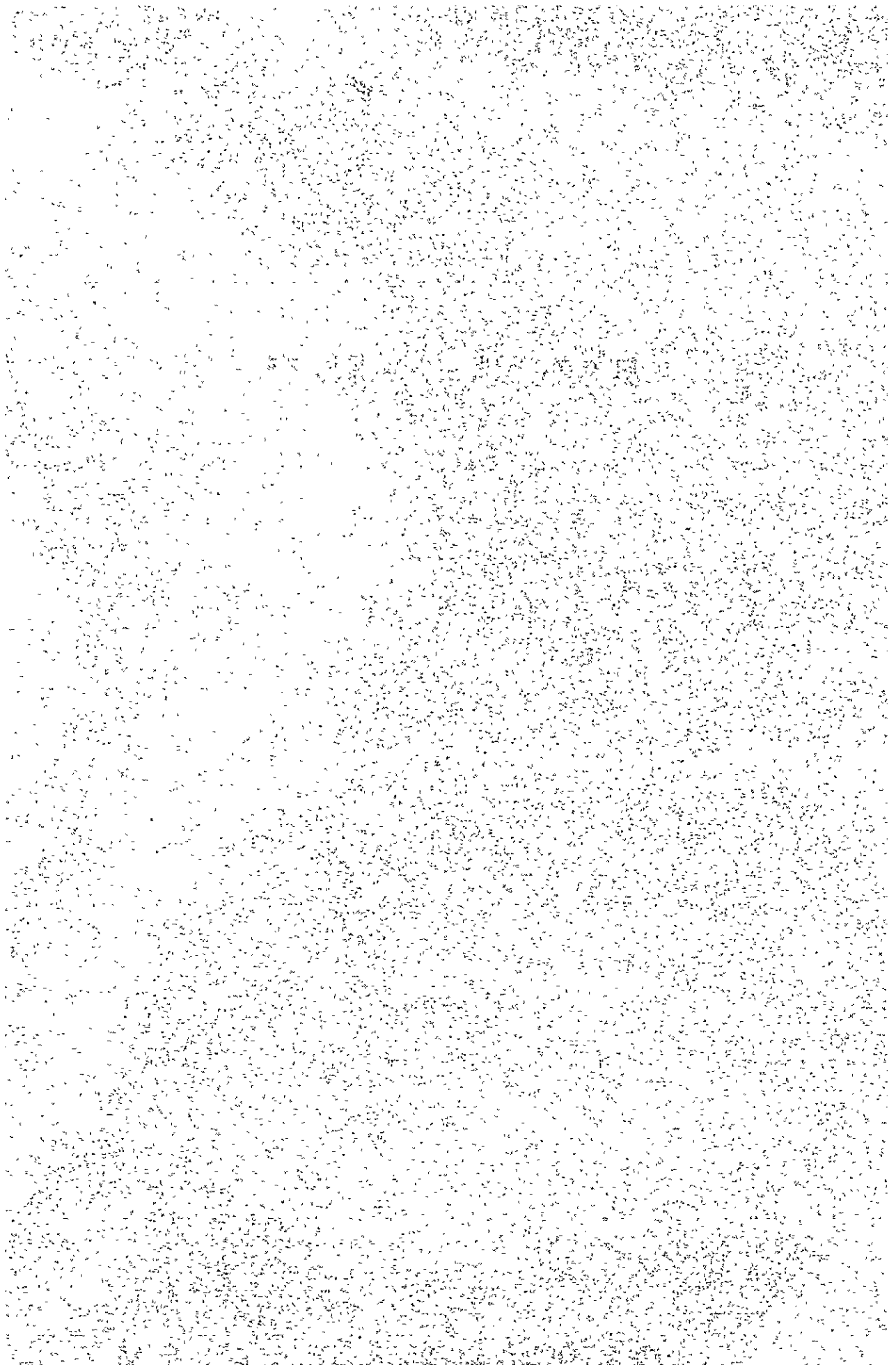
Trapiche 鉱山：当鉱山は San Antonio 鉱山の東方約 20 km に位置する Quehua 累層中の蒼鉛を主体とする鉱脈鉱床である。脈幅は 10 cm 以下で鉱化作用及び変質作用とも極めて劣勢でかつ蒼鉛の経済価値も低い。

Escala 鉱山：当鉱山は San Antonio 鉱山の北方約 30 km に位置する石英安山岩中の銀・鉛・亜鉛脈鉱床である。鉱床は多数の平行脈からなり主要脈の走向方向の連続性は良好であるが、脈幅及び品位は変化に富み、鉱脈に伴う変質帯は比較的小規模である。当鉱山は Sud LÍpez 地域の COMIBOL の探鉱中心基地となっており、資材倉庫・宿泊設備等が設けられている。

Esmoraca 鉱山：当鉱山は San Antonio 鉱山の東北東約 60 km のアルゼンチン国境付近に位置する石英安山岩中の鉱脈鉱床である。鉱石は微量の金を伴うタングステン鉱で、多量の赤鉄鉱・磁鉄鉱・黄鉄鉱などを随伴する高温性鉱脈であり、前述の各鉱山とはかなり鉱物組合せを異にする。鉱床は走向延長 1,500 m 前後と推定される Thiel (ティエル) 脈を中心に多数の平行脈から構成される。

Villarruer 鉱山：当鉱山は Escala 鉱山の南西約 35 km に位置する安山岩中の含銀方鉛鉱脈で、脈石鉱物をほとんど含有しない高品位鉱脈鉱床である。現在手掘採掘で手選精鉱を出荷している。本鉱山は数本の平行脈から構成される。

第2部 地質調査



第 1 章 地 質

1-1 地 質 (PL-1 参照)

調査地域は主として新第三紀の石英安山岩及び第四系から構成されるが、本年次のボーリング調査で下位に白亜紀の Chaunaca 累層を確認した。調査地域及び Sud LÍpez 地域の模式地質層序表を Tab. II-1 に示す。

Tab. II-1 La estratigrafía del área de Sud LÍpez y Antonio

Area		San Antonio	Sud LÍpez	Rocas
		Unidades	Unidades	
QUATERNARIO		Aluviones, Terrazas etc.		
TERCIARIO	Mioceno Superior	Lavas y rocas piroclásticos	Lavas y rocas piroclásticos	Intrusivos, lavas y piroclásticos
			Formación Quehua	Tobas, Tobas lapilli, Tobas brecha etc.
	Formación Rondal		Lava de basalto	
	Formación San Vicente		Arenisca con conglomerado	
	Eoceno		Formación Potoco	Areniscas
CRETACICO		Formación La Chaunaca	Formación El Molino	Areniscas, calizas y yeso
ORDOVICICO		Areniscas y pizarras, alternante de areniscas y pizarras		Areniscas y pizarras

Chaunaca 累層：本累層は Sud LÍpez 地域には確認されておらず、今回の坑内ボーリング MJB-2 により、通洞坑の下部約 200m に潜頭することが明らかとなった。本層は数 cm 以下の成層した美麗な層理及び葉理の発達する頁岩・細粒砂岩並びに泥質石符の互層より構成される。

頁岩は赤色～暗褐色～灰色を帯び、固結度が低く、その試錐岩芯は層理に沿って崩壊する。鏡下では石英を微量含有する泥質岩である。砂岩は赤色～灰色細粒質で頁岩に相互移行し、鏡下では石英を主体とし級化構造が認められる。石こうは黒色頁岩質で鏡下では細粒の石こう結晶が層理に平行に発達する。

石英安山岩：調査地域内で最も新鮮な 9 試料をノルム計算し、I.U.G.S.(1973)に従い分類

した その結果, Fig. II-1 に示す通り, 本岩の一部は流紋岩に属するが, 主体はアルカリ長石流紋岩であることが判明した。しかし, 従来石英安山岩と呼称されているのでこれに従う。

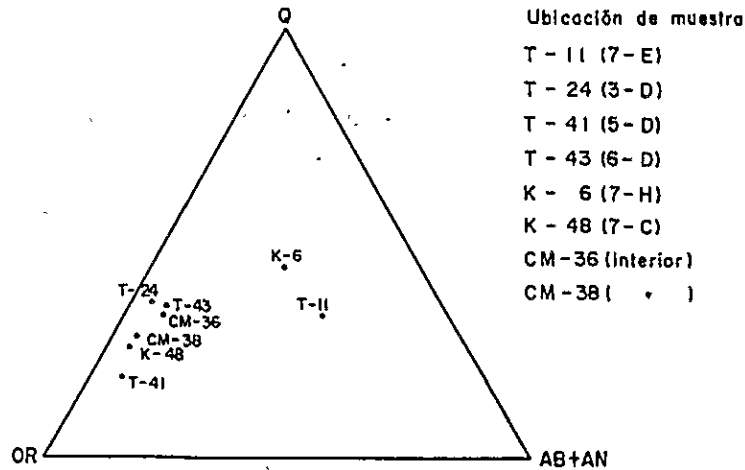


Fig:II-1 Clasificación de dacitas por modelo de I.U.G.S.

本岩の主体は塊状であるが, 節理・流理構造及び自破碎構造の発達する部分も多く岩相変化に富むが, 各岩相は漸移する。気孔の量も場所により大幅に変化する。従って本岩はほぼ同一時期に活動した一連の石英安山岩の熔岩及び熔岩ドームであるものと推定される。

自破碎構造は各所に認められるが, 特に調査地域の北東端及び南西端に広範囲に分布し, 下位の Chaunaca 累層の灰色及び赤色砂岩を捕獲岩として普遍的に含有する。

変質作用の結果, 色調は白色～灰色～赤灰色と多様に変化し, 特に変質作用の著しい場所では黒雲母・斜長石などの斑晶鉱物の肉眼での識別が困難となる。しかし石英斑晶のみは全く変質していない。

鏡上では自破碎熔岩部の破碎組織以外は全て斑状組織を示す。斑晶鉱物は石英・斜長石・カリ長石及び黒雲母である。

石英は 4 mm 以下で割目の多い丸味を帯びた自形を示す。斜長石及びカリ長石は 4 mm 以下の自形結晶が多い(以下両者を含めて単に斜長石と称する)。黒雲母は 3 mm 以下の自形結晶が多く, 斜長石と同様に後述する著しい粘土化作用を被っている。石基は微小な黒雲母を随伴する斜長石が主体で, 変質作用を受けている。以上の鉱物以外に, 多様な鉄鉱物が散点し, 鉱脈付近にはチタン石及び磁鉄鉱が一部確認されている。

第四紀層: 第四紀層は沢浴の河川堆積物と調査地域の北西から南東に分布する氷河堆積物で

ある。氷河堆積物は比較的山陵部に分布し、その分布は地表に未陶汰の多様な大小礫が転在することで確認出来る。構成礫の主体は暗灰色細粒及び斑状安山岩並びに赤色黒雲母石英安山岩であるが、全く変質作用を受けておらず鉍化変質帯以外から運ばれてきたことを示している。安山岩礫は新鮮な紫そ輝石－角閃石－黒雲母安山岩で Sud Lípez 地域内では確認されていない。

1-2 地質構造

調査地域内には地質構造を具体的に示す断層・褶曲構造が全く認められず、その詳細は不明である。しかし Sud Lípez 地域に関する既存資料及び周囲の地質構造から調査地域の基本的な地質構造は南北～北北東系であるものと推定した。

一方、地表及び坑内地質調査に基づく石英安山岩中の裂罅(N=594ヶ)の走向・傾斜を統計的に処理し解析した。その結果は後章で詳述するが、これらの裂罅を形成せしめた主応力は東西方向であり、予想地質構造を形成せしめた横圧力にほぼ一致し、前述の推定を示唆している。

Handwritten text at the top of the page, possibly a header or introductory paragraph.

Main body of handwritten text, consisting of several lines of cursive script.

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a signature or concluding paragraph.

第 2 章 鋳 床

San Antonio 鋳床は東西約 2.5 km, 南北約 2.0 km の範囲内に分布し, 多数の露頭及び旧坑が確認されている。Mesa de Plata を中心に Veta No I 及び Veta No II がスペイン植民地時代に大規模に稼行された形跡を残すがその実績・地質・鋳床などの詳細は不明である。現在当鋳床は COMIBOL の最優先探鋳地の 1 つとして積極的な坑内及び坑外試錐探鋳が実施されている。主要な鋳脈群は Veta No I・Veta No II・No III 及び No IV であり, Mesa de Plata を中心にほぼ北東から南西方向に分布し, 各々の走向・傾斜及びその他の特性は Tab II-2 に示す通りである。しかし今回の調査対象の主体は Mesa de Plata 坑内及び鋳脈露頭でありその他の旧坑群についてはほとんど調査不可能であった。坑内地質調査では鋳脈を胚胎する裂罅の形成機構を解析し, 鋳床を中心とした変質作用の特性及び変質果帯の検討を実施した。さらに鋳化作用の鋳物学的, 物理化学的特性を解析するために研磨片・鋳石分析・流体包有物に関する各種の室内実験を実施した。また富鋳体の形態・落しなどの特性並びにその特性と各金属元素の相関関係を解明した。これらの解析結果を総合して, 今後の探査指針とすることを目的とした。

2-1 鋳床母岩

鋳床母岩は全て顕著な変質作用を被った緻密な石英安山岩であるが, Veta No II 付近では角礫状構造が著しい。色調は一般に白色を呈するが Veta No I では緑色を帯びる。

顕微鏡観察では, 斜長石は主として絹雲母及びカオリン鋳物に, 緑泥石は鉄鋳物に交代されている。石基部は絹雲母・カオリン鋳物・緑泥石・鉄鋳物などの密雑な集合体となっている。一般に Veta No I では緑泥石化が, Veta No II では絹雲母化及びカオリン鋳物化作用が顕著である。

変質作用の時期は緑泥石化作用が絹雲母及びカオリン化作用より相対的に早期で, さらにこれら全体を切る最末期のカオリン鋳物及び石英の微細脈が認められる。

2-2 鋳脈 (PL-2 参照)

Veta No I : 走向はほぼ東西系で北傾斜が優勢であり, 複数の雁行状脈からなる。その規模は錘押坑道及び露頭の分布状況などから走向方向に約 1,000 m, 傾斜方向に約 250 m 前後まで確認されているが, さらに深部については不明である。脈幅は変化に富むが, 最大 1.0 m 前後に達し, 特に通洞坑東部で優勢である。多数の小規模な平行脈及び分岐脈が存在し坑内で主脈の西部錘先は劣化しているが, 東部錘先の詳細は不明である。鋳石は石英を主体とし方鉛鋳・閃亜鉛鋳・黄鉄鋳・銀鋳物などを随伴し粗粒質である。本脈では石英と硫化鋳物の縞状構造が普遍的であるが, 角礫状構造の発達は比較的少い。通洞坑以東では上部及び下部と

も採掘されているが、その規模は全く不明である。

Veta No II : 走向・傾斜及び脈幅とも変化に富むが、走向 $N70^{\circ}E \sim EW$ 系で南傾斜が優勢である。

立入坑道により小規模な多数の平行脈が確認されている。主脈の規模は走向方向に約 800m、傾斜延長は地表下約 300m まで確認されたが、さらに深部については不明である。脈幅は最大 10 数 m に達し、通洞坑以西の採掘跡は極めて大規模である。多数の分岐脈及び平行脈が存在し、坑内では主脈の西部鍾先は断層で切れ、東部鍾先は劣化するが詳細は不明である。構成鉱物は石英・重晶石を主体とし方鉛鉱・閃亜鉛鉱・銀鉱物を随伴する。本脈には角礫状構造が顕著に発達し、Veta No I と同質の鉱石隙間を、より後期生成の鉱石が膠結する。後期の鉱石は比較的硫化鉱物に乏しく石英・重晶石を主体とする。

従って本脈は角礫化作用を境に多少性質の異なる前後 2 回の鉱化作用が存在した事を明確に示している。当脈の通洞坑以西は上部・下部とも採掘されているが、下部についての実績は全く不明である。

Veta No III : 当脈は Veta No II の西部～南西部に分布する一群の露頭及び旧坑の総称である。Veta No II との関係は不明である。北部の数ヶ所の露頭は Veta No II とほぼ平行な $N80^{\circ}E$ 系の走向を示すが、傾斜は $50^{\circ} \sim 60^{\circ}N$ と $60^{\circ}S$ を示す。西部及び南部に散在する露頭は走向及び傾斜とも変化に富みその詳細は不明である。露頭部での最大脈幅は約 2 m に達し、構成鉱物は粗粒な石英・重晶石を主体とし、顕著な角礫状構造を有し Veta No II の鉱質に類似する。各旧坑口には前述の特徴を有する研が残存するが、本格的に採掘された形跡はない。従って Veta No III の地表付近の優勢な石英・重晶石脈は比較的銀品位が低かったものと推定される。下部についての鉱況・地質情報は皆無であり、今後試錐探査で確認することが望まれる。

Veta No IV : 当脈は Mesa de Plata の南西約 2 km に位置する Veta No IV の坑道を中心とした露頭群の総称とする。旧坑及び露頭の分布は北西-南東方向に約 1,000m、これと直交する方向に約 200m の範囲内に散在している。露頭の走向及び傾斜は多様であるが、走向 NS 系と NW 系が比較的優勢である。

本脈は坑内では比較的小規模であるが、露頭部での最大脈幅は 2 m 以上に達する。しかしその走向、傾斜方向の規模は不明である。

本脈は石英・重晶石を主体とし方鉛鉱・閃亜鉛鉱などを随伴し角礫状構造を示す。旧坑付近には石英・重晶石の研が少量残存するが、本格的な採鉱又は採掘はなされていない模様である。

その他：Veta No I の約 400m 北方に、これとほぼ平行する露頭が数ヶ所存在する。走向方向はほぼ東西系で、傾斜はほぼ 80° 北であるが、一部に南傾斜も認められる。露頭の分布状況から走向延長は最大 400～500m 程度と推定されるが傾斜方向の情報は皆無である。

鉱石は粗粒な石英・重晶石を主体とし、角礫状構造が発達し、Veta No II の鉱石に類似する。

旧坑付近には大量の研が残存するが、本格的に採掘された形跡はない。

TabII-2(Veta No I と No II 及び Veta No IV の特性を示す。

Tab. II - 2 Elcaracterísticas de Veta No. I, Veta No II y Veta No. IV

veta característica	Veta No I	Veta No II	Veta No IV
longitud	grande	grande	mitad
Brechamiento de roca	parcialmente	cralmente	parcialmente
Brechamiento de veta	"	"	popular
textura bandeada	cralmente	parcialmente	"
drusa	bastante	bastante	bastante
cara de desplazamiento	parcialmente	cralmente	parcialmente
veta paralela	mucho	mucho	mucho
bonanza	grande	grande	pequeño

2-3 鉱物及び鉱化作用

今次調査で確認された初生鉱石鉱物は方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・白鉄鉱・黄銅鉱・四面銅鉱・自然銀・輝銀鉱・輝安銅鉱・濃紅銀鉱・赤鉄鉱・アイキナイト (Cu Pb Bi S₃)・硫カドミウム鉱 (CdS), 脈石鉱物は石英・重晶石・菱鉄鉱, 二次鉱物は針鉄鉱・銅藍などである。

これらの鉱物中には高温生成の鉱物や, 錫を含む複雑な硫酸鉱物は認められず, 鏡下での鉱物組合せも比較的単純であり, さらに多量の重晶石を産し, 浅熱水型鉱脈の特徴を備えている。従って San Antonio 鉱床は地表下約 300 m 付近まではボリヴィア国内で普遍的に産する錫・タングステンなどを伴うゼノサーマル型多金属鉱床とは多少異なった鉱化作用といえる。

銀鉱物は自然銀・輝銀鉱・濃紅銀鉱・輝安銅鉱・四面銅鉱などで, その晶出時期は比較的鉱化作用の早期(後述のステージ I)に集中する。これらの銀鉱物は主として方鉛鉱と共生したり, 方鉛鉱中に包有されて産するが, 後期(後述のステージ II)には他の鉱石鉱物と密雑に共生したり, 脈石中に単独で産する傾向にある。又方鉛鉱中には銀が固溶体としてほとんど含有されていないことが E P M A で確認された。

主要鉱石鉱物の方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱は密接に共生し, 主として早期に晶生する傾向がある。これらの鉱物は銀鉱物・銅鉱物などの微小な鉱物の包有物を含む場合が多い。

赤鉄鉱は普遍的に石英と共生したり, 石英中に葉片状を呈して比較的早期に晶出する。

黄銅鉱は方鉛鉱に随伴したり閃亜鉛鉱中に包有されて早期に晶出しており, いずれも微小で且つ小量である。

白鉄鉱は方鉛鉱・閃亜鉛鉱と共生するが微量である。

アイキナイト及び硫カドミウム鉱は方鉛鉱に随伴して少量産する。
石英及び重晶石は脈石の主体で、前者は各種の鉱石を包有したり、鉱物間を充填しており主として早期に晶出している。後者は石英と共生するがその晶出時期は後期に集中する。

Fig. II-2 は顕微鏡観察結果に基づき、これらの鉱物の相対的晶出量及び晶出時期を示したものである。又 Fig. II-3 はステージ I 及びステージ II の関係を示す鉱脈のスケッチである。

坑内調査の結果、鉱化作用の時期は次の様に推定された。Veta No II に普遍的に認められる角礫化作用を境に、これ以前の Veta No I と Veta No II 中の鉱石礫に代表されるステージ I、これ以後の Veta No II の鉱石礫を充填するステージ II の鉱化作用に大別される。

ステージ I の鉱化作用は石英を主体とし方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱及び赤鉄鉱の細脈を伴い縞状構造が特徴的である。これらの鉱石鉱物は後期に向って次第にその量を増し縞状から縞状構造を示すようになる。

ステージ II の鉱化作用は石英・重晶石を主体とし、ステージ I の鉱脈を切ったり、鉱石角礫間を充填するがステージ I に比較して鉱石鉱物に乏しく縞状構造を示さない。本鉱化作用の後期には菱鉄鉱・白鉄鉱を産する傾向があり、さらにこの鉱化作用を切るカオリン鉱物・石英の細脈が散見される。

以上の産状と Fig. II-2 を対比するとステージ I の鉱化作用は方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄銅鉱・赤鉄鉱などに富み、自然銀・輝銀鉱・濃紅銀鉱・輝安銅鉱などの銀鉱物を伴い、脈石は石英を主体とする。さらに本鉱化作用は硫カドミウム鉱・アイキナイトなどの稀少鉱物を伴う。

ステージ II は全体にステージ I より鉱石鉱物の量に乏しい反面、白鉄鉱・菱鉄鉱などの比較的低温生成の鉱物が認められ、脈石鉱物は重晶石を主体とする。しかし Veta No II はステージ I の鉱石礫を多量に含むため大幅な品位の低下は認められない。

従って本鉱床は多少性質の異なる 2 回の鉱化作用により形成された浅熱水性鉱脈鉱床であるものと推論される。

2-4 品位及び富鉱体

2-4-1 品位

分析試料の多い Veta No I、Veta No II 及び Veta No IV 間の品位について検討し、その差異と原因を考察した。

各脈の銀・鉛・亜鉛品位の統計量・相関関係及び品位の分布幅を Tab. II-3・Fig II-4 に示した。なお COMIBOL の資料では金品位はほぼ 0.5 g/t 以下、最大 5 g/t であり、錫のそれは 0.1% 以下及び 3.5% である。

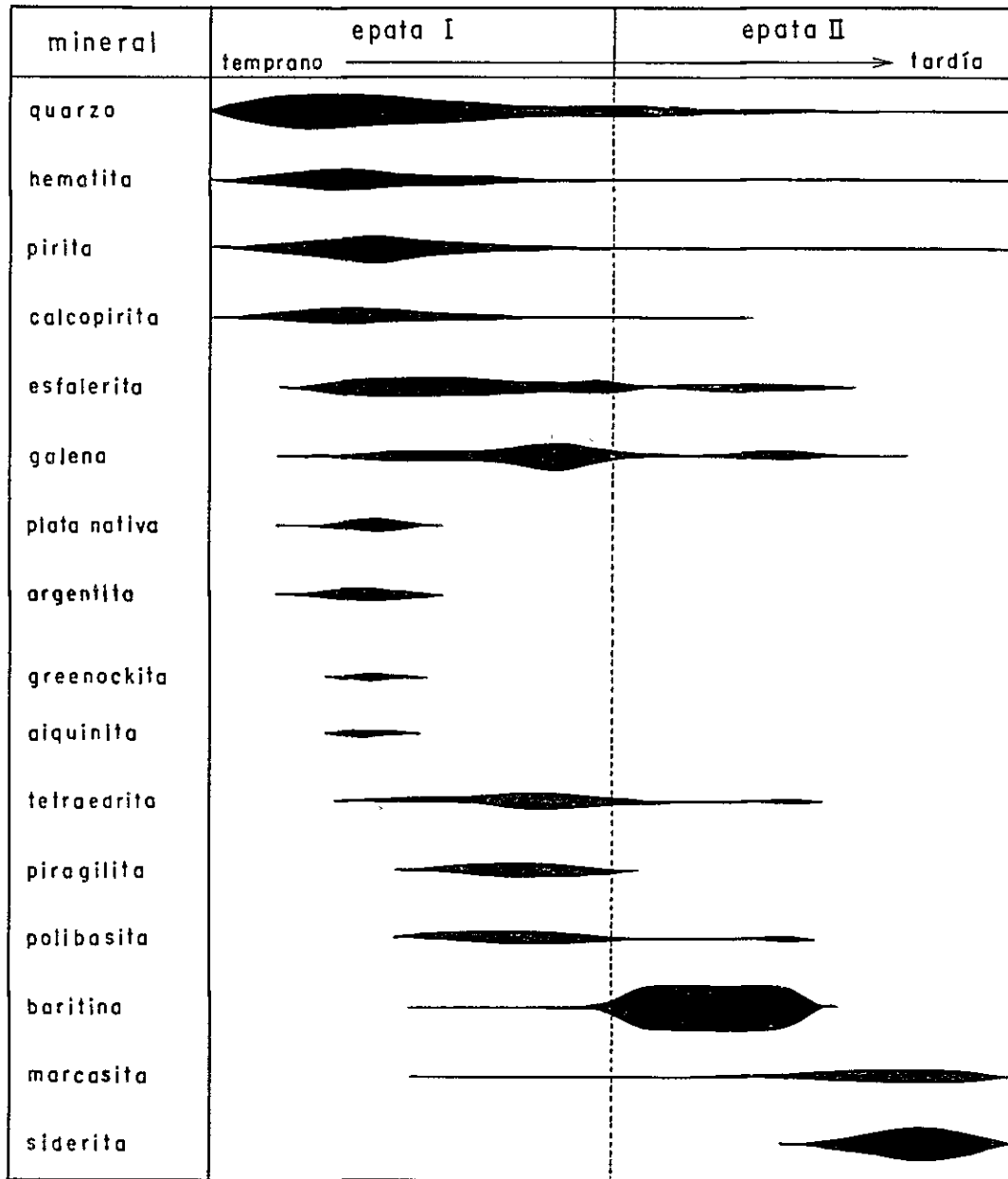
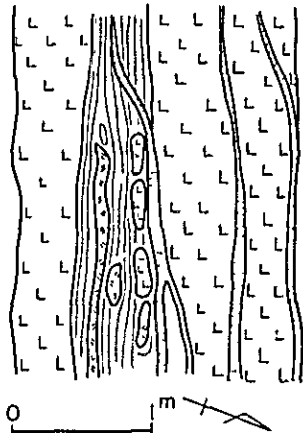


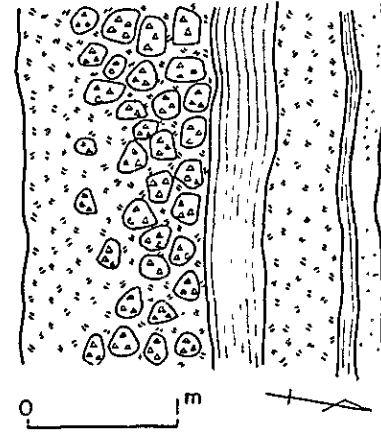
Fig.II-2 Secuencia de minerales idealizados



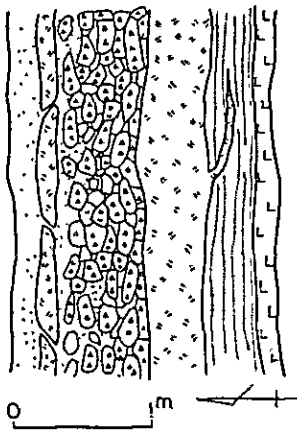
VETA No. I



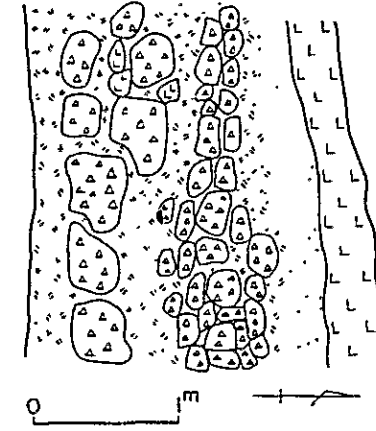
VETA No. I



VETA No. II



VETA No. II



LEYENDA



: dacita alterada fuertemente



: mineral brechado de cuarzo y sulfuros (etapa I)



: mineral bandeado de cuarzo y sulfuros (etapa II)



: mineral de baritina, sulfuros y plata (etapa II)



: caolinita y cuarzo

Fig. II-3 Dibujos de Vetas (Techo)
(explicando la etapa de mineralización)



Tab. II - 3 Ley promedia y correlación de cada Veta

ubicación de muestra	número de muestra	Ag (g/t)		Pb (Z)		Zn (Z)		correlación		
		valor de promedio aritmético	valor de promedio geométrico	valor de promedio aritmético	valor de promedio geométrico	valor de promedio aritmético	valor de promedio geométrico	Ag - Pb	Ag - Zn	Pb - Zn
VETA No I	140	343	188	2.65	1.97	3.38	1.67	+	+	+
VETA No II	548	289	188	1.20	0.93	0.49	0.38	+		
VETA No IV	29	399	269	1.28	1.17	3.14	2.29			

confianza mas 95% + : positivo

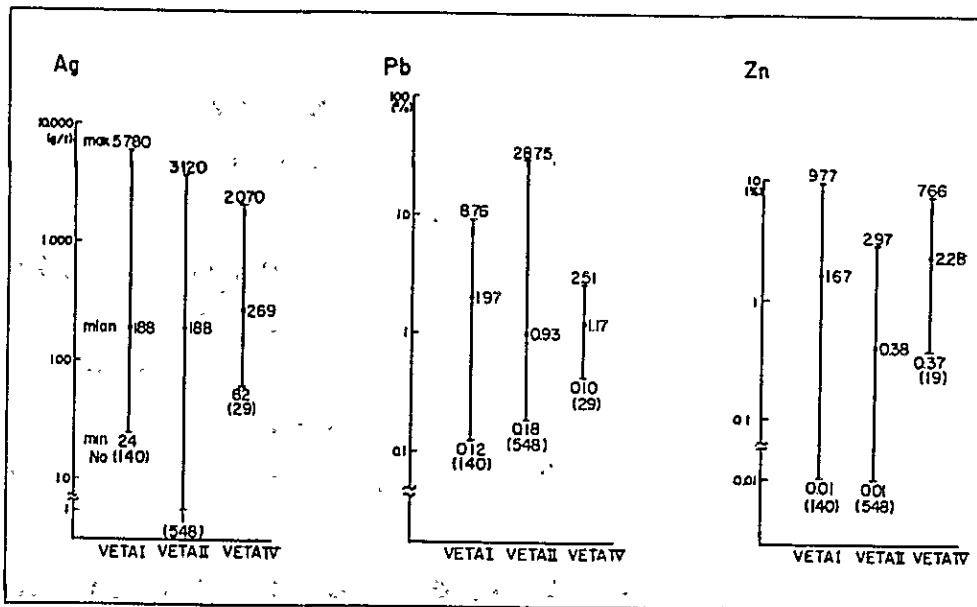


Fig. II-4 Distribución de ley de Ag, Pb y Zn de cada veta

Tab II - 3 • Fig II-4 に従って各品位を検討した。

幾何平均値の検定

銀品位は Veta No I • Veta No II 及び Veta No IV 間で差は認められない。

鉛品位は Veta No I と Veta No II • Veta No IV の間で差が認められ、相対的に Veta No I が高く Veta No II 及び Veta No IV が低い。

亜鉛品位は Veta No I • Veta No IV と Veta No II で差が認められ、相対的に Veta No I 及び Veta No IV が高く Veta No II が低い。

相関係数の有意差の検定

Veta No I では銀・鉛・亜鉛間にそれぞれ正相関が認められた。

Veta No II では銀・亜鉛間に正相関が認められるのみである。

Veta No IV では各金属間に相関関係は認められない。

以上の結果、当鉱床で経済性の高い銀品位について Veta No IV が他の脈より高品位を示すが、統計的には、3 鉱脈間では差異が認められない。

従って上記 3 鉱脈のうち鉱脈規模の大きい Veta No I 及び Veta No II の探鉱を優先させるべきである。

上記 3 鉱脈間の品位及び相関関係の変化は次の様に鉱化作用の時期の差異による鉱石鉱物の量比・共生関係に起因する。

Veta No I では比較的鉱石鉱物に富み、銀鉱物は方鉛鉱に密接に共生して産する。一方 Veta No II 及び Veta No IV では上述の鉱石の角礫間を銀を随伴する比較的鉱石鉱物の少ない鉱石が充填しており、その詳細については前述した。

2-4-2 富鉱体

Veta No II の富鉱体について考察する。Fig II-5 は Veta No II の銀・鉛・亜鉛の垂直方向の品位分布図であり、以下文中で銀の富鉱体は品位 300 g/t 以上、鉛の濃集部は 1.5 % 以上、亜鉛の濃集部を 0.7 % 以上と規定する。

銀の品位分布：4 富鉱体が賦存し西から Ag-I・Ag-II・Ag-III 及び Ag-IV と呼称する。各富鉱体の形態は一般に不規則なアメーバー状を呈し、規模は走向方向に 80 m 前後、傾斜方向に 100 m 前後であるが Ag-I 及び Ag-III は垂直方向にさらに連続する。富鉱体の落しは垂直方向が優勢である。富鉱体内の品位分布は 700 g/t 以上の高品位部を中心にほぼ規則的な変化を示す。富鉱体を形成せしめた鉱液の通路及び流動方向は富鉱体の落し・分布形態などから推定出来るが Ag-II 並びに Ag-IV についてはこれらが不明である。しかしこれら以外の富鉱体の落しは一般に垂直方向であり、Ag-I 及び Ag-III の下部は小規模な帯状形態を示し、より下部に連続する。Ag-III の東及び西に賦存する小規模な富鉱体もその落しは垂直方向でより下部に連続する。さらに Ag-III の東及び西に分布する品位 100 g/t 以下の低品位帯が富鉱体を分断している。以上の諸現象から、鉱液の通路は多中心的であり、その流動方向はほぼ垂直で、富鉱体は鉱液の通路及び流動方向に支配されて形成されたものと推定される。

各富鉱体ともその形態及び脈全体の品位の分布状況からさらに地表まで連続する傾向は認められない。Ag-II の東上部に近接して賦存する富鉱体は極めて小規模である。Ag-I・Ag-II 及びその他の富鉱体はより下部に連続する。さらに母岩の変質作用は上部で弱くなる。以上の諸現象から富鉱体の上限は既知富鉱体であり、下限はさらに下部に賦存するものと推定される。

鉛の品位分布：5 濃集部が認められ西から Pb-I・Pb-II・Pb-III・Pb-IV 及び Pb-V と呼称する。その形態は Pb-III 及び Pb-V を除きほぼ小規模な帯状を呈する。Pb-III 及び Pb-V の落し方向は不明であるが、その他の濃集部の落し方向は多少が異なるもののほぼ垂直である。濃集部内の品位分布は 2.0 % 以上の高品位部を中心に銀と同様な傾向を示す。

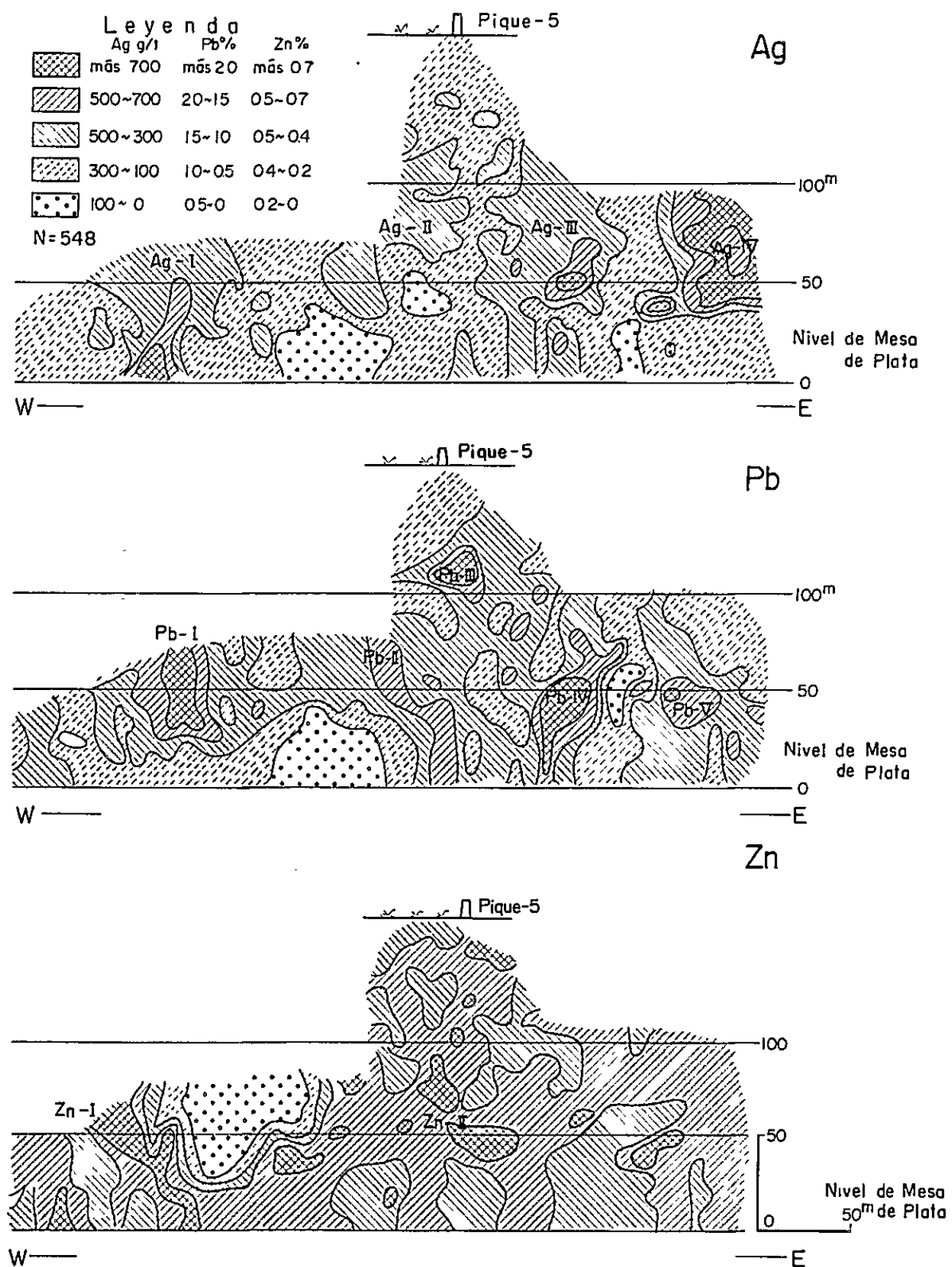


Fig.II-5 Mapa de distribución de ley de Ag, Pb, Zn de Veta No.II verticalmente

Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is extremely faint and illegible due to the quality of the scan. It appears to be several lines of text, possibly a list or a series of notes.

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a signature or a date. It is also very faint and difficult to read.

Pb-III, Pb-Vの鉍液の通路及び流動方向は不明である。しかし前記以外の濃集部の落し方向は銀のそれとほぼ同様で、帯状形態を示してより下部に連続し、品位1.0%以下の低品位帯も垂直方向に発達する。以上の現象から鉍液の通路、流動方向並びに濃集部の賦存場所も銀のそれらとほぼ同様であったものと判断される。

さらに濃集部の上限・下限についても銀と同様に判断される。

亜鉛の品位分布：濃集部は極めて小規模且つ分散的で、西部のZn-Iのみが帯状形態を示し東に急傾斜する。Zn-Iの形態、通洞坑に接して賦存する品位0.5%以下の低品位帯の分布及び形態から鉍液の通路及び流動方向並びに鉍化作用の上限・下限についても銀・鉛と同様に推定した。

以上の結果を要約すると鉍液の通路は各成分ともAg-IIIの東及び西に賦存する銀品位100%以下の低品位帯を境にして東部・中央部並びに西部に限定される。特に中央部では銀3ヶ所・鉛及び亜鉛は各々2ヶ所の通路がほぼ同一場所に集中するが、東部及び西部では分散する。

富鉍部及び濃集部ともこれらの通路に支配されて賦存し、特に中央部では大規模なものが形成されている。

しかし経済的には銀のみが富鉍体を形成しているため、これについて補足する。

富鉍体は東から西へ多少深くなる傾向にあり、その東部・西部及び下部延長部は未探鉍である。富鉍体は垂直方向に100m前後が確認されているに過ぎない。又ボーリング調査で通洞坑下部約150mまで脈幅の優勢な鉍脈が連続するが低品位であることが判明した。しかし富鉍体の形態・分布状態・規模などの特性からボーリングは富鉍体を外れた可能性が大きい。

銀と鉛は密接な正相関を示す事がTab II-3に示されており、両者の富鉍部がほぼ一致する事で明らかにされた。しかしAg-IVは鉛の濃集部に一致していないが、その原因は前述の通り、銀鉍物の全てが方鉛鉍と共生せず且つ方鉛鉍中に銀が固溶体として存在しない事実などから説明される。

2-5 流体包有物

鉍化流体の性質と鉍化作用との関係を明らかにするため、流体包有物の均質化温度・塩濃度を測定した。

均質化温度及び塩濃度の測定にはそれぞれ、加熱顕微鏡、冷却顕微鏡を使用した。塩濃度は流体包有物の融解温度に対応するNaCl相当の重量パーセント濃度(wt.% NaCl eq., 以下単にwt.%とする)で表示した。測定した包有物は石英中にとりこまれた液相・気相の二相からなる液体包有物である。これら包有物は成因的に一次・擬二次であり、それらの約90%は擬二次である。大きさは5~50 μ で、不規則粒状を示すものが多い。

測定した166個の実験結果をFig 11-6及びTab II-4に示す。均質化温度は149~2

98°Cで、多くは170~230°Cの範囲に分布する。しかし、ステージIIの試料は少ないもののその測定温度は、ステージIと比較して、より低温側に分布する傾向にある。従ってステージIからIIにかけて順次鉍化流体の温度が低下したものと考えられる。このことはステージIIの鉍石に比較的低温で生成する重晶石・菱鉄鉍を多く伴っていることに対応する。

塩濃度は166個の液体包有物中から測定可能な18個を測定した。その値は0~18.9wt.%で、多くは10wt.%以下である。塩濃度と均質化温度の関係は明らかに出来なかったが、温度の変動幅に比較して塩濃度のそれはかなり大きいものと考えられる。

均質化温度から鉍床の生成温度を推定するには、圧力及び塩濃度補正を必要とする (Kelly et al.)。しかし包有物の一部に沸騰現象が認められること、及び後述の如く鉍床の生成深度から推定される圧力は100 atm以下と考えられることから、補正温度は10°C以下と考る。従って均質化温度はほぼ鉍床の生成温度とみなし得る (地質調査の結果から調査地域はほぼ石英安山岩の活動時間の地形を止めているものと判断される。地域内の最高峰はCerro Lópezの海拔6000mで、侵食作用を全く被っていない。しかしMesa de Plata付近では氷河により数100m侵食されており、実験試料の大半は海拔4600mのMesa de Plata通洞坑から採取されている。従ってこれらの試料は最大地表下1000m前後で生成されたものであり、その静水圧は100 atm前後と推定される)。

Catavi 鉍山 (ポーフリーー錫)の生成温度は315~529°C、塩濃度は1.9~20.6wt.%であり、Animas 鉍山 (Ag・Sn・Pb・Znセノサーマル鉍脈)のそれは195~349°C及び9.5~21.6wt.%である。

従ってSan Antonio 鉍床の生成温度・塩濃度とも前述2鉍山より低い傾向にある。この結果は当鉍床に磁鉄鉍・磁硫鉄鉍・錫鉍物などの高温生成の鉍物が認められず、逆に重晶石を多量に伴う、鉍石鉍物の組合せ、組成が単純であるなどの現象に対応しており、当鉍床Mesa de Plataの通洞坑では浅熱水型の鉍脈鉍床の特性を備えているものと結論し得る。

Tab II-4. Relación entre temperatura de homogenización y salinidad de inclusiones fluidas

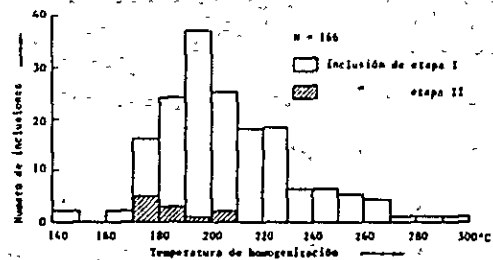
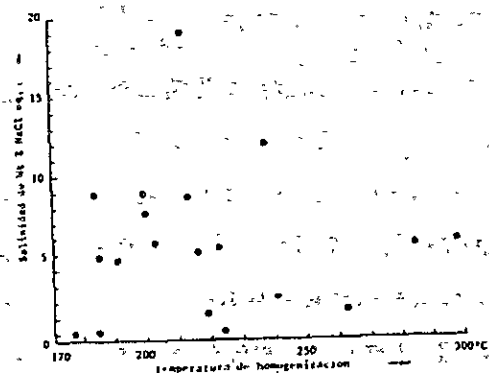


Fig II-6 Histograma de temperatura de homogenización de inclusiones fluidas

2-6、裂罅系の生成機構

本鉛床は東西系を主とした鉛脈群とこれらに斜交する鉛脈群から形成され、その傾斜方向は多様である。又同一脈でも場所により走向・傾斜は変化しかつ分岐脈が多い。これらの鉛脈を胚胎する裂罅系の生成機構を解析し地質構造及び富鉛体形成の場との関係を明らかにした。

坑内調査から前述の TabII-2 及び FigII-3 に示されるように、鉛脈中には剪断裂罅に特有な角礫状構造・粘土を伴う滑り面の発達が普遍的である。従つてこれらの産状から鉛脈を胚胎する裂罅の主体は剪断裂罅と判断した。

これらの裂罅は脈幅が比較的狭く角礫状構造の劣勢なタイプと、これに鋭角で交り脈幅が広く顕著な角礫状構造の発達するタイプに大別される。McKinstry によると前者は主剪断裂罅、後者は二次剪断裂罅と解釈される (FigII-7)。二次剪断裂罅は主剪断裂罅の形成に伴う“ひきずり”により形成され、大きな空洞を形成し、しばしば富鉛体胚胎の場となる。この特性は当鉛床の脈の産状に一致する。FigII-8に Veta No I・Veta No II・及び Veta No IVの裂罅の特性を図示した。

坑内では一組の二次剪断裂罅が認められ、このうち主剪断裂罅に鋭角で交るものが優勢であり、この方向は裂罅形成時の最大主応力の方向に一致することが知られている。

FigII-9は Veta No I・Veta No II、FigII-10、11は地表での多数の裂罅をシュミットネットの南半球に投影して解析した結果を示しており、各々異なつた方向・傾斜を呈している。以下各裂罅系の生成機構を解析する。

Veta No Iは走向 $N90^{\circ}E$ 系と $N75^{\circ}W$ 系が主体で南及び北に傾斜するが北傾斜が優勢である。Veta No IIは走向 $N70^{\circ}E$ 系と $N75^{\circ}E$ 系が主体で南及び北に傾斜するが南傾斜が優勢である。

Veta No I 及び Veta No II には共役な裂罅は認められなかったが、各々の二次剪断裂罅は $N75^{\circ}W$ 及び $N75^{\circ}E$ を示す。従つてこれらから推定される Veta No I 及び Veta No II を形成せしめた主応力は東西方向の横圧力と考えられる。

地表での裂罅系は FigII-10 に示される様に多様であるが、その主体は Veta No I 及び Veta No II と同様な東西系である。これ以外に San Antonio 鉛山事務所から Veta No IV にかけて $N5^{\circ}W$ ・ $N45^{\circ}W$ ・ NE 系の裂罅が分布する。

これらの裂罅系は同一の応力の場で形成されたものとしては解析出来ない。このうち主体の東西系裂罅は前述の東西方向の横圧力により形成されたものであろう。

しかし、Veta No IV の NS 系と NW 系は FigII-8 に示されるように共役な主剪断裂罅であり、本裂罅系を形成せしめた主応力の方向は、両者の合成により $N25^{\circ}W$ 方向の横圧力であると解析される。この方向は Veta No IV の二次剪断裂罅に一致し理論的である。

以上の結果、当鉛床の鉛脈を胚胎する裂罅系の生成機構は次に要約される。

Veta No I 及び Veta No II に代表される東西系裂罅は東西方向の横圧力により形成された。この方向は Sud Lipez 地域全体の南北方向の地質構造を形成せしめた横圧力に調和的であり、その横圧力は構造運動に起因するものであろう。

Veta No IV に代表される NS 系及び NW 系裂罅は N 25 W 方向の横圧力で形成されたが、その分布は局所的で、裂罅も小規模である。従ってこの横圧力は局所的な火山岩の貫入などに起因するものと推定される。

富鉍体の形成の場は裂罅の幅の大きい二次剪断裂罅が好条件であり、Veta No I 及び Veta No II はこの条件を備えておるが、その賦存場所は前述の通り鉍液の通路によりさらに規制される。

Veta No IV は局所的な横圧力により形成された小規模な裂罅系であり、さらに鉍脈は主剪断裂罅に胚胎されており、大規模な富鉍体は形成されていない。

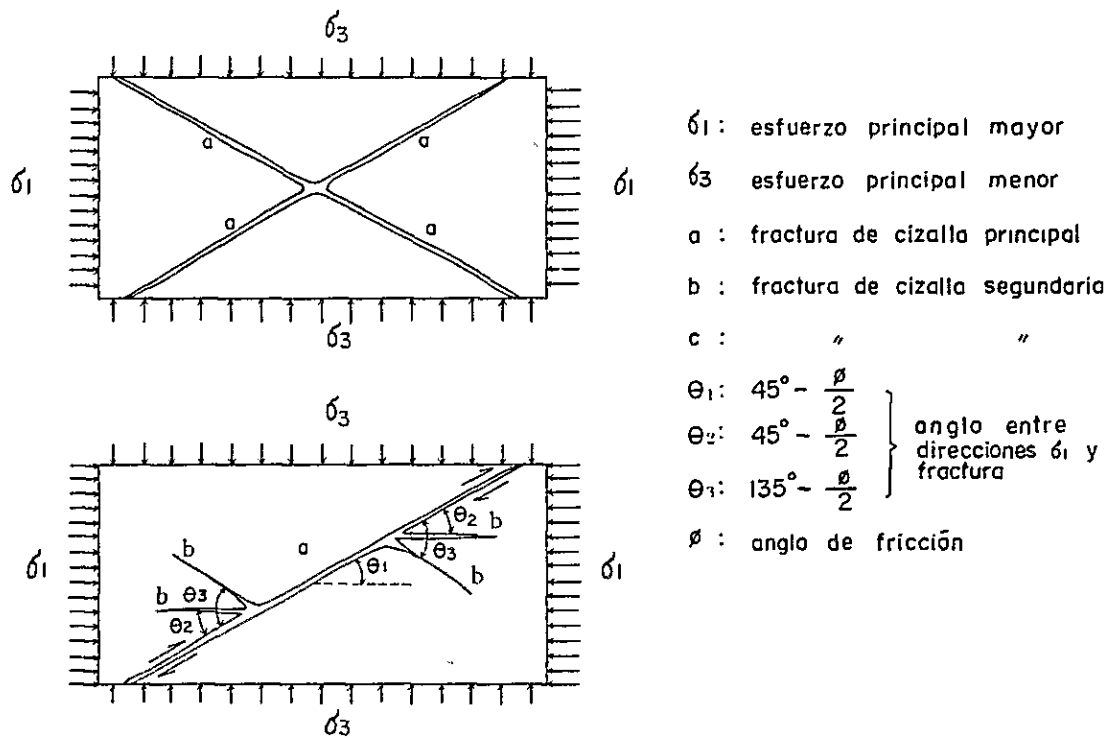


Fig. II-7 Modelo de mecanismo de formación de fracturas

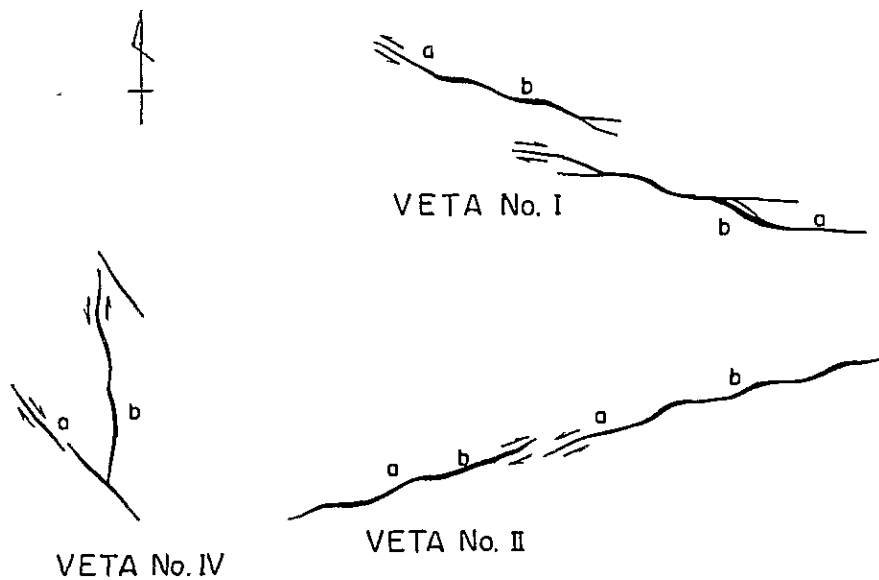
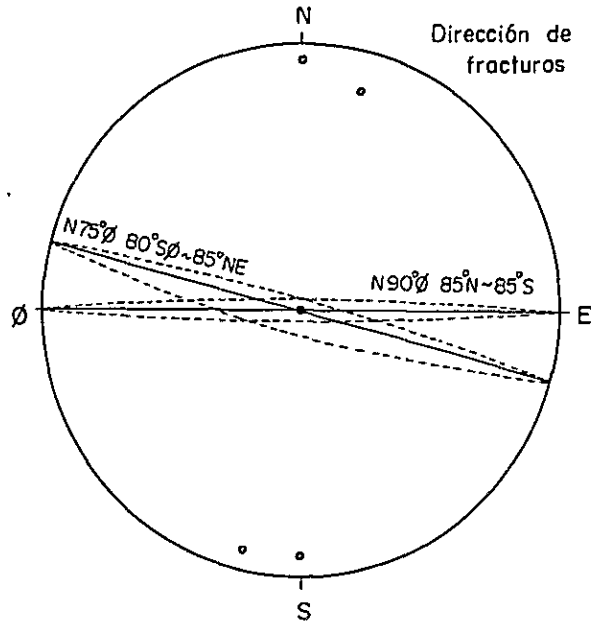
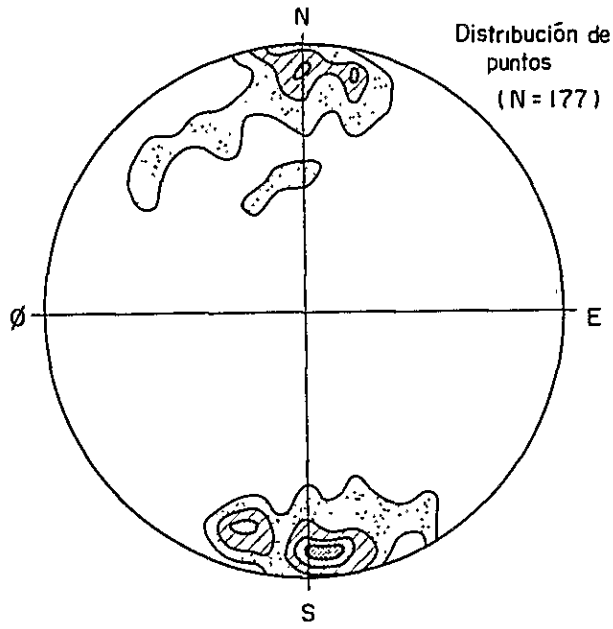


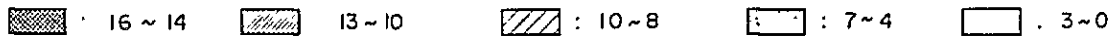
Fig. II-8 Característica de fracturas de cada Veta



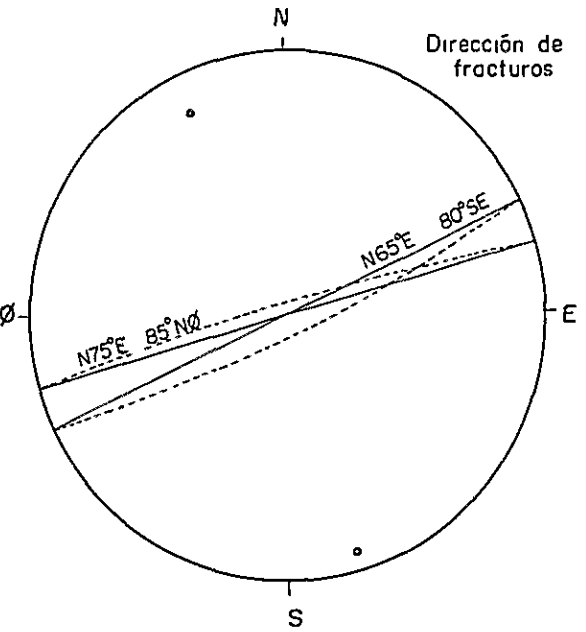
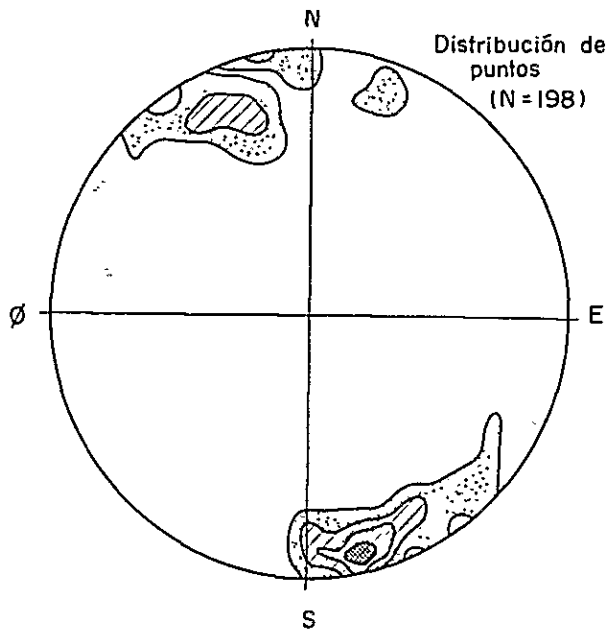
VETA No. I



Número de puntos



VETA No. II



Número de puntos

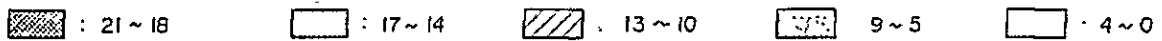
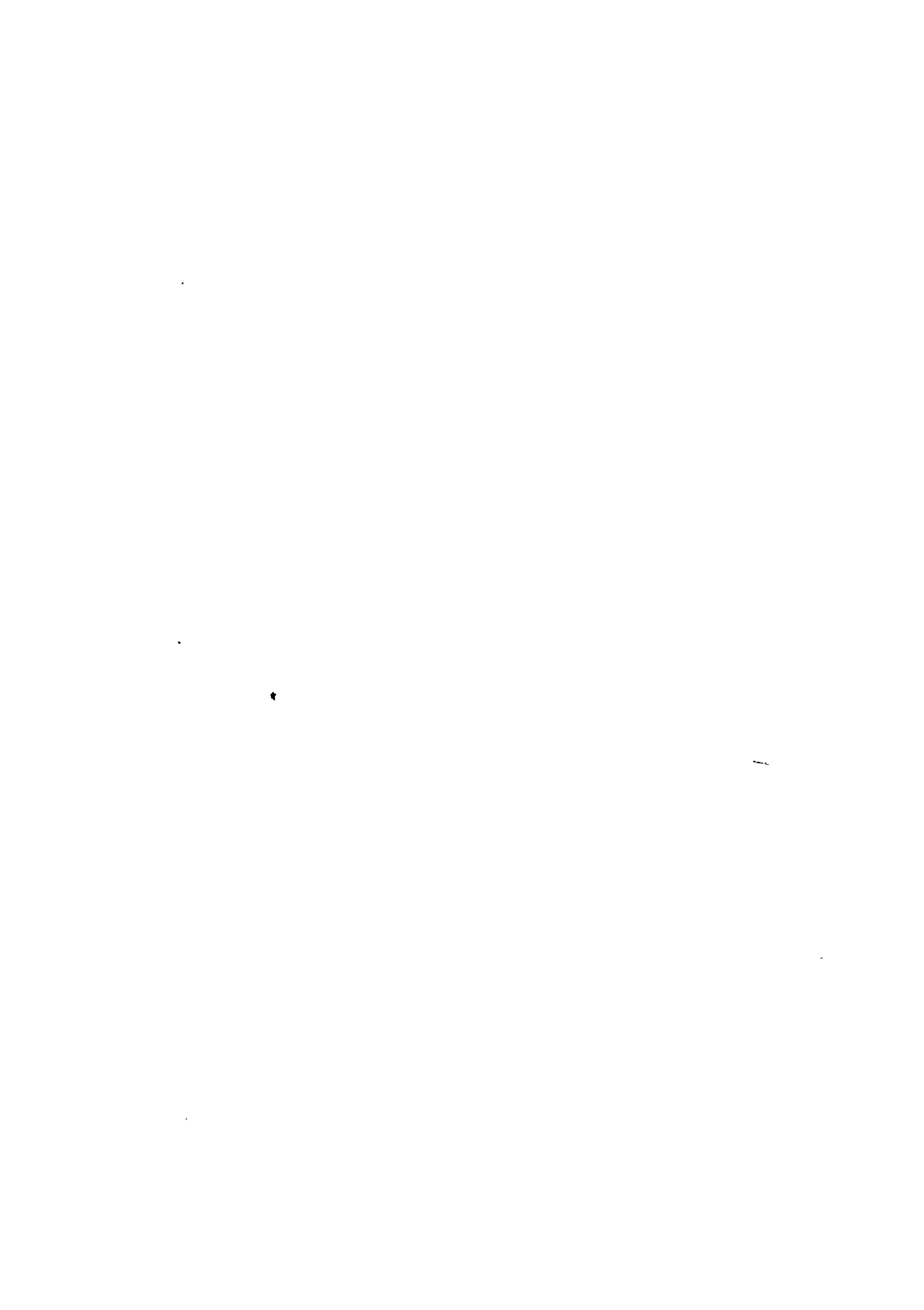


Fig. II-9 Resultado de investigación de fracturas de Veta No. I y Veta No. II



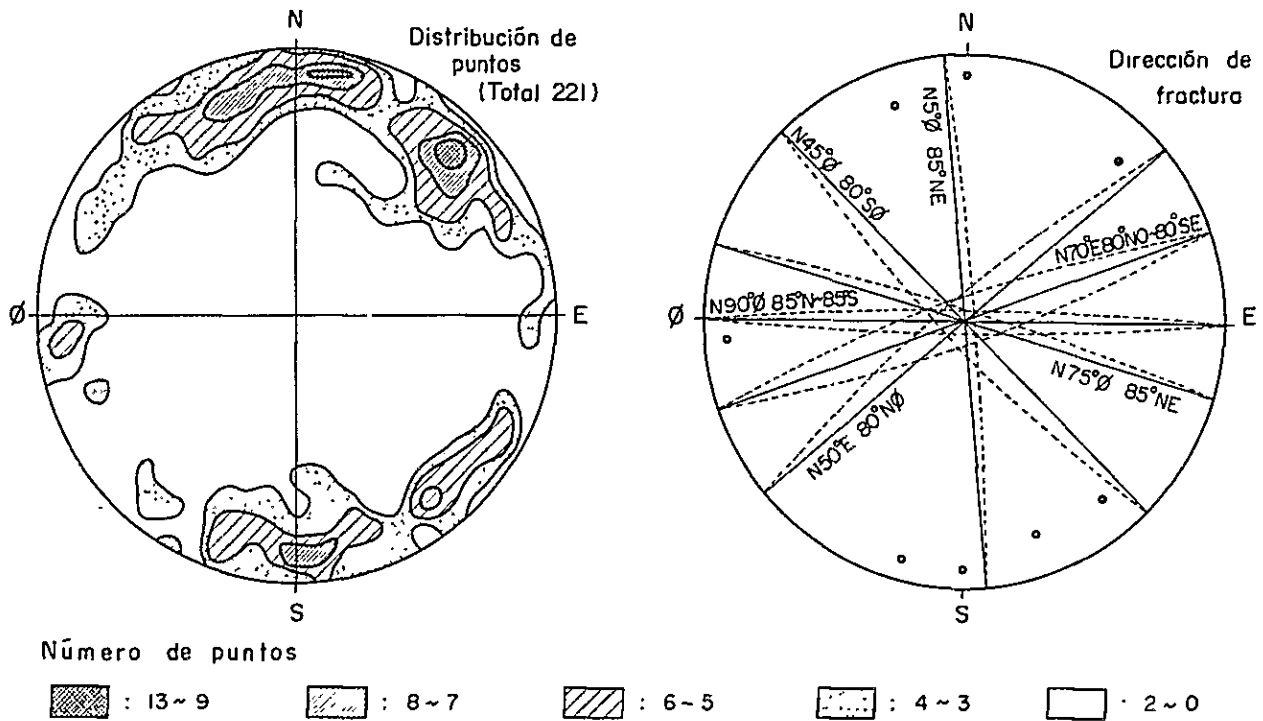


Fig.II-10 Resultado de investigación de fracturas de superficie

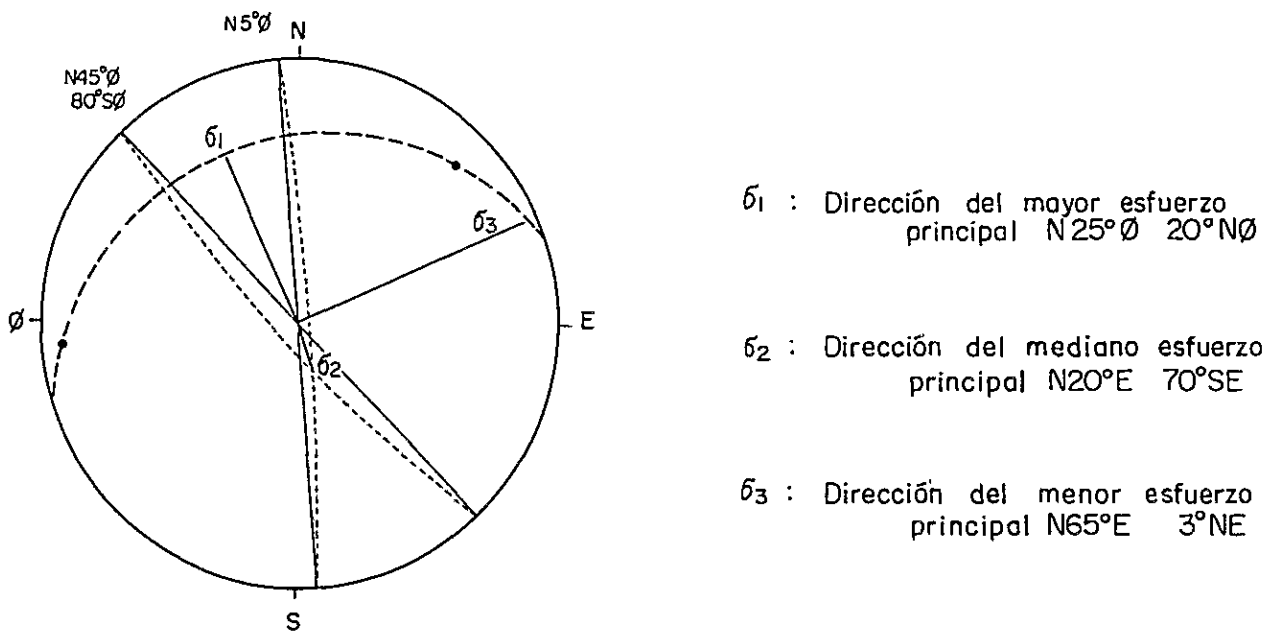
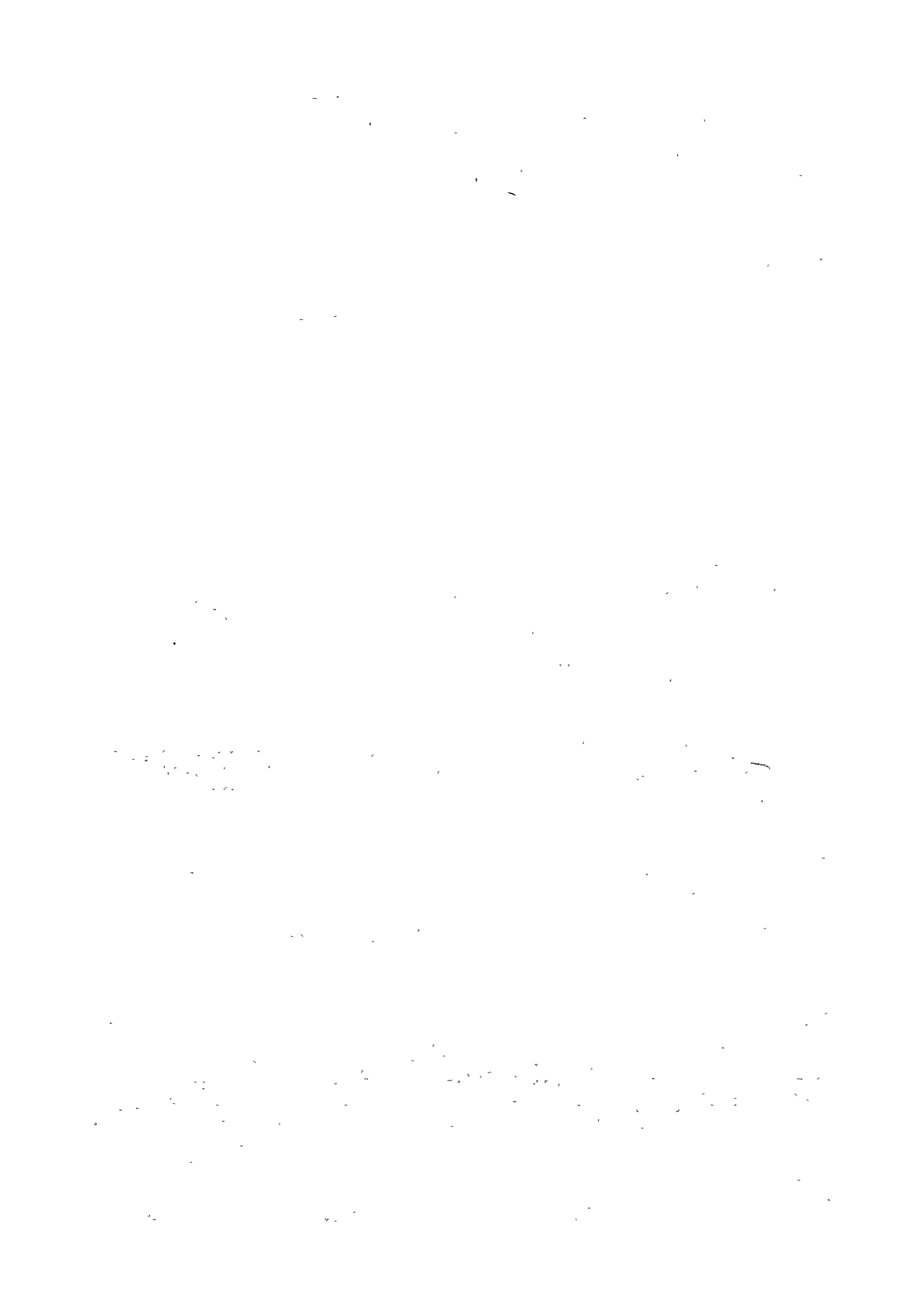


Fig.II-11 Resultado de investigación de esfuerzo de formando las fracturas cerca de Veta No. IV



第3章 変質作用

地質調査の結果、調査地域内に賦存する変質帯の分布・形態・規模及び鉱微地との関係が明らかとなった。さらに変質作用の実体・鉱床を中心とした変質作用の累帯分布の特性を解析し、富鉱体との関係を明らかにし、併せて変質帯の探査価値を評価するために石英安山岩のX-線解析及び完全分析を実施し検討した。

3-1 X-線解析結果

3-1-1 X-線解析結果

X-線解析結果は次の強度指数で表示した。強度指数とは同定された全ての鉱物について、各鉱物を代表する特定の1ピークの面積と、それらの総知を回折チャートより求め、特定のピークがそれらの総和に占める割合を百分率で表示したものである(X-線解析表参照)。

同定された鉱物は石英・クリストパル石・斜長石・曹長石・カリ長石・黒雲母・モンモリロナイト・絹雲母・カオリン鉱物・明ばん石・炭酸塩鉱物・石こう・重晶石などである。

これらの鉱物の一部は変質作用の結果生成したものであり、造岩鉱物と粘土鉱物の相関関係を知るため、強度指数に基づき各鉱物間の相関係数を求め、有意検定を行ないその結果をTab II-5に示す。

Tabla II-5 Correlación entre cada minerales confirmados por Rayos - X

	Qz	Cr	Pl	Ab	Kf	Bio	Mnt	Ser	Chl	Kao	Aln
Cr	-										
Pl	-	+									
Ab			-								
Kf	+	-	-	-							
Bio	-		+		-						
Mnt	-	+	+	+	-	+					
Ser		-	-		+	-	-				
Chl								+			
Kao	+	-	-		+	-	-	+	-		
Aln		+			-						
Ca				+	-		+			-	

Leyenda
 Qz : Cuarzo
 Cr : Cristobalita
 Pl : Plagioclasa
 Ab : Albita
 Kf : Feldespato potásico
 Bio : Biotita
 Mnt : Montmorillonita
 Ser : Sericita
 Chl : Clorita
 Kao : Coalinita
 Aln : Alunita
 Car : Carbonita

confianza: más 95%, +: positivo, -: negativo

この結果と岩石の肉眼観察、顕微鏡観察を考え合せると、変質の程度が微弱で斜長石、黒雲母斑晶が残存している場所ではモンモリロナイトが、変質が著るく前記の斑晶鉱物の大半が後生鉱物に交代されている場所では絹雲母、カオリン鉱物、緑泥石が多く生成していることが判明した。

カオリン鉱物の多い場所では絹雲母も多いが緑泥石は逆に少ない傾向にある。これらの現象から鉱化作用の項で述べたように、主として緑泥石を伴う Veta Na I の変質作用は絹雲母・カオリン鉱物を伴う Veta Na II のそれより相対的に早期であると結論し得る (Fig II-12)。

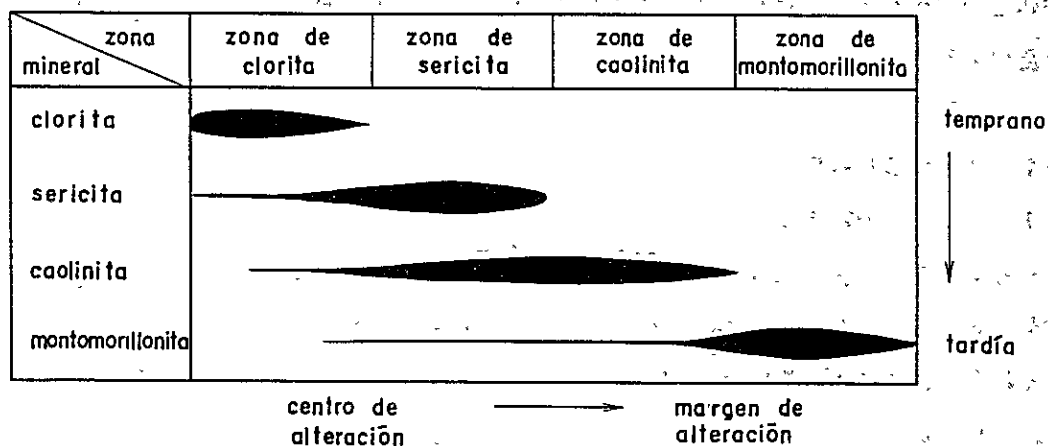


Fig. II-12 Secuencia relativa de minerales de arcillas.

石英・曹長石は原岩の造岩鉱物以外に変質鉱物としても認められるが、X-線解析では両者を区別することは困難であり、これらの生成条件を明確にすることは出来なかった。

クリストバル石・明ばん石及び炭酸塩鉱物は変質の程度の微弱な場所に生成しており、その出現頻度も低い。

従って変質帯の解析には、出現頻度が高く、生成順序が比較的明らかで探査指針となり得る緑泥石・絹雲母・カオリン鉱物及びモンモリロナイトを用いた。

これらの鉱物は上述のように変質作用の時期・程度により差異が認められるため、変質帯を次の鉱物組合せに基いて分帯した。

緑泥石帯： 緑泥石を主体とし、一部では少量の絹雲母・カオリン鉱物・モンモリロナイトを含む。

絹雲母帯： 緑泥石を欠き絹雲母を主体とする。カオリン鉱物を伴うことが多いがモンモリロナイトは稀である。

カオリン鉱物帯： 緑泥石・絹雲母を欠き、カオリン鉱物を主体とするがモンモリロナイトをかなり含む。

モンモリロナイト帯：モンモリロナイトのみを含む。

以上の規準に基き調査地域内の変質帯を検討した結果、Mesa de Plata 坑内で鉱床を中心に緑泥石帯・絹雲母帯・カオリン鉱物帯・モンモリロナイト帯が規則的に分布することが判

明した (Fig. II-1-3. 及び PL-4)

以下各変質帯について記述する。

(1) 緑泥石帯：本変質帯は Veta Na I を中心に発達するが Veta Na II にも小規模な分布が認められる。分布形態は鉱脈と平行な帯状を呈し、下部に向って広がるのがボーリング調査で明らかにされている。Veta Na I の規模は幅 40 m, 延長 180 m 前後に達するが東部延長部は未確認である。Veta Na II での規模は延長方向に 4.0 m 前後で小規模である。

本変質帯の分布は比較的鉱石鉱物に富む銀の富鉱部に一致する傾向があり、鉱化作用の中心部 (ステージ I) を示すものと判断され探鉱上極めて重要である。

(2) 絹雲母帯：本変質帯の分布は Veta Na I 及び Veta Na II を取りかこむ北部と、南部の比較的細脈の発達する場所に分布するものに大別される。

北部の分布形態は膨縮に富むものの鉱脈とはほぼ平行な帯状を呈し、その幅は 10 m から 200 m 前後と変化し、特に Veta Na II では極端にその幅を減ずる。脈の走向方向には 700 m 前後確認されているが、その延長部は不明である。

南部の分布規模は幅 200 m 前後であるが延長方向は不明である。

本帯は下部には緑泥石帯を中心にして広がるが上部に向っては急激に劣化する。

本帯の分布も Veta Na II (ステージ II) の鉱化作用の中心部を反映しているものと考えられ探鉱上重要である。

(3) カオリン鉱物帯：本帯は前記 2 帯を取りまいて大規模に帯状に分布し、地表部の変質帯 Na I に連続するもので形態・規模については後述する。

通洞坑北部ではモンモリロナイトの含有量が北に向って次第に増加しており、カオリン鉱物帯がモンモリロナイトに漸移する現象が明瞭である。

本帯は Veta Na II を中心に絹雲母帯の周辺部に広範囲に分布し鉱化中心を追跡するために重要である。

(4) モンモリロナイト帯：本帯は坑内には認められないが地表では後述の各変質帯の周辺に分布し、変質帯の末端部を示す。

3-1-2 変質帯の生成環境

変質鉱物から変質帯の生成条件を検討すると緑泥石帯及び絹雲母帯は主として中性環境下で、カオリン鉱物帯は酸性環境下で形成されたと考えられる。又変質帯の累帯分布は Veta Na I 及び Veta Na II を中心に鉱化作用の時期を反映してほぼ対称的に発達する。

従って Mesa de Plata の変質作用は Veta Na I 及び Veta Na II を中心とする鉱化作用に伴うもので、その生成環境は中性から酸性に移行し大規模な変質累帯が形成されたものと推定される。

調査地域は地形的にあまり侵食されておらずほぼ石英安山岩の活動時期の原形を止めている。

従って変質作用は地表付近の急激な温度低下に伴い劣化した結果、地表の変質帯の分布は坑内に比較して極端に小規模になったものと推定される。

3-1-3 変質帯の分布・特徴及び評価 (PL-4参照)

Mesa de Plataの坑内で解明された変質帯の特性を利用して地表の変質帯No I・変質帯No II・変質帯No III及び変質帯No IVの分布・特徴を解析し、その評価を行なった。各変質帯を取りまくモンモリロナイト帯と未変質帯の境界は大部分が調査地域外にあるため詳細は不明である。

(1) 変質帯No I: 本変質帯はMesa de Plata を中心にVeta No I・Veta No II及びVeta No IIIを取りまいて分布する。規模は東西2,500 m, 南北500 m前後に達するが、東部延長部は氷河堆積物に覆れて不明である。本帯はカオリン鉱物帯であるが、その中に西部のT26を中心とした東西900 m, 南北200 m前後の絹雲母帯が発達する。

本帯は既知鉱床を取りまき、東部ではCCMIBOL が優勢な銀・鉛・亜鉛鉱脈を確認している、変質の程度も強いことなどから最優先の探鉱地である。

(2) 変質帯No II: 本変質帯は変質帯No Iの南東に隣接し、Río Mina Blanca の中流に分布する。形態・規模は試料数の不足、東部及び西部とも氷河堆積物に被れて不明である。しかし延長方向は変質帯No Iとほぼ同様と推定した。北部の絹雲母帯と南部のカオリン鉱物帯に大別される。

絹雲母帯は南北に500 m前後、東西方向には東部のRío Yurai Salli 中流のP-13の緑泥石示徴まで連続するならば1,800 m前後の広がりが見込まれる。

カオリン鉱物帯は南北に300 m前後の広がりを見すが、東部及び西部延長は氷河堆積物に覆れて不明である。

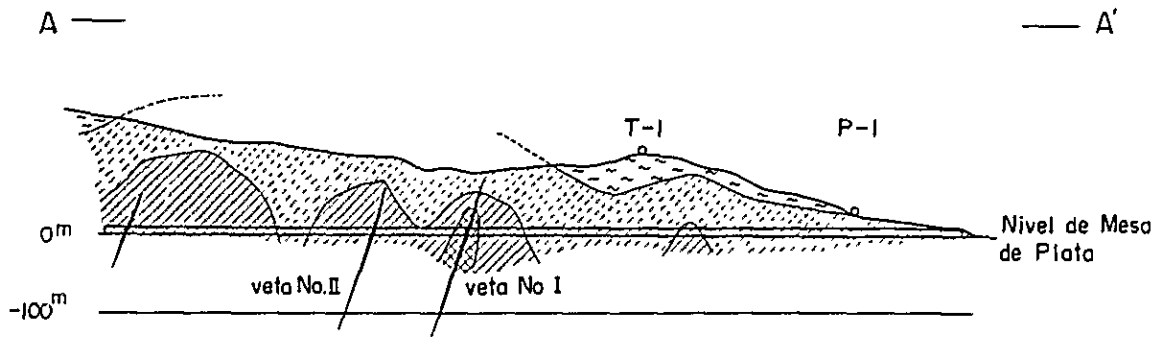
本変質帯の変質の程度は変質帯No Iより優勢であり、分布規模も大きく、さらにP-28・P-29及びP-13に緑泥石示徴が認められる。従って探鉱順位は変質帯No Iに次いで高いものと判断される。

変質帯No III: 本変質帯はMesa de Plata の南東部のRío Mina Blanca 及びRío Yurai Salli 上流に分布する。正確な分布形態・規模は試料数の不足、東部及び南部延長部が調査地域外に及ぶ、両河川間に氷河堆積物が分布することなどから不明である。しかし東西方向には1,000 m以上に及ぶものと予想される。

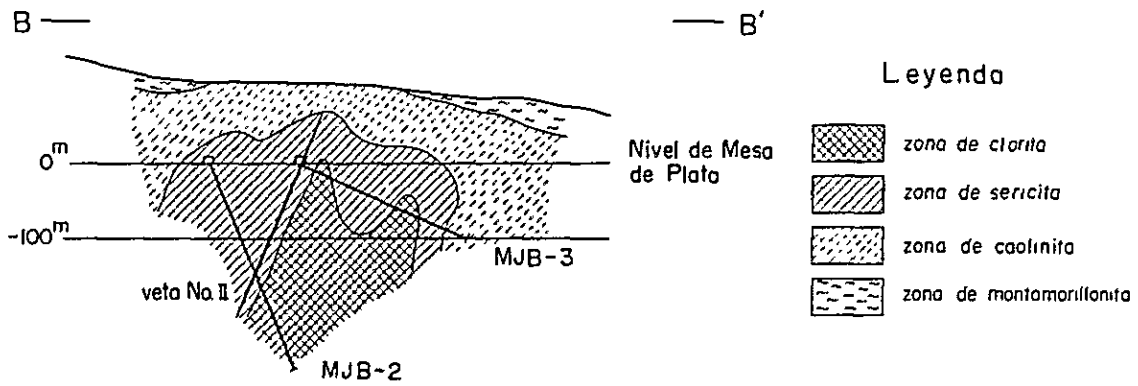
Río Mina Blancaではカオリン鉱物帯で、あるがRío Yurai Salli では緑泥石帯・絹雲母帯である。

本変質帯の変質の程度及び分布規模は変質帯No Iと同程度と判断される。さらに本帯中にはT-5・P-17・P-19の緑泥石示徴が認められ、探鉱順位は変質帯No IIに次いで高いものと判断される。

Perfil de A - A'



Perfil de B - B'



Mapa plano de Mesa de Plata

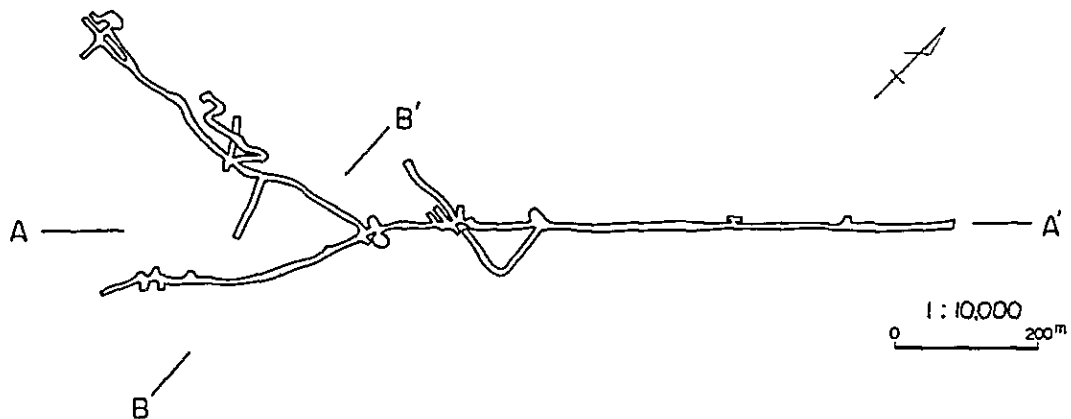


Fig. II - 13 Perfil de zona clasificada por alteración interior mina de Mesa de Plata

... ..
... ..
... ..

... ..

... ..
... ..
... ..

... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..

(3)変質帯No.Ⅳ：本変質帯は調査地域の北東端に分布し、東部延長は調査地域外に及ぶ。分布規模は東西1,000m以上、南北1,500m以上に及ぶカオリン鉱物帯でありP-38に絹雲母示徴が認められる。

本変質帯の変質作用の程度は前述の3帯より多少劣り、鉍徴が認められないことなどから採鉍順位は変質帯No.Ⅲに次ぐ。しかし変質帯No.Ⅰとの連続性を解明するため、両帯間に分布する氷河堆積物下位の調査は重要である。

(4)その他：以上の4変質帯以外にP-23・P-25のカオリン鉱物示徴が調査地域北西端に認められる。しかしこれらはいずれも孤立し且つ周囲の地質状況から注目に値するものではないものと判断される。

3-2 岩石の完全分析結果 (PL-5, 6 参照)

石英安山岩の13成分及び銀・砒素(以下単にAg・As)の分析結果を利用して鉍化作用及び変質作用を検討し変質帯との関係を明らかにした。

岩石の13成分並びにAg・Asの分析値の初等統計量をTab II-6に、またこれらの相関関係をTab II-7に示した。試料採取位置はMesa de Plata を中心にして鉍化帯と直交する南北方向に集中させた。

Tab. II-6 Lista de factores estadísticas entre cada composiciones de rocas, Ag y As

composición	valor mínimo %	valor máximo %	valor de medio aritmético %	valor de desviación %	valor de medio geométrico %	coeficiente de desviación %
SiO ₂	51.94	89.69	65.79	4.21	65.66	0.027
TiO ₂	0.42	1.05	0.60	0.07	0.60	0.046
Al ₂ O ₃	1.92	19.93	15.10	1.91	14.87	0.096
Fe ₂ O ₃	0.38	6.74	2.69	1.37	2.31	0.263
FeO	0.29	9.79	1.59	1.54	1.19	0.307
MnO	0.00	0.70	0.70	0.13	0.03	0.516
MgO	0.01	3.01	0.79	0.72	0.39	0.661
CaO	0.06	4.06	0.91	1.19	0.36	0.593
Na ₂ O	0.01	3.11	0.98	0.96	0.57	0.507
K ₂ O	0.10	11.67	6.43	2.64	5.68	0.267
P ₂ O ₅	0.02	1.36	0.18	0.14	0.15	0.253
+H ₂ O	0.60	3.76	1.96	0.73	1.83	0.164
-H ₂ O	0.06	1.52	0.54	0.36	0.41	0.349
Ag	0.10 ^{ppm}	99.0 ^{ppm}	5.54 ^{ppm}	13.37 ^{ppm}	1.77 ^{ppm}	0.623 ^{ppm}
As	5.00 ^{ppm}	2300.0 ^{ppm}	158.0 ^{ppm}	335.0 ^{ppm}	50.92 ^{ppm}	0.660 ^{ppm}

Tabla II-7 Correlación entre composiciones de rocas y minerales de arcilla.

	SO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	+H ₂ O	-H ₂ O	Ag	As
Al ₂ O ₃	-	-													
Fe ₂ O ₃	-	-													
FeO	-	-													
MnO	-			+	+										
MgO	-		+	+	+										
CaO	-	+					+	+							
Na ₂ O	-		+				+	+							
K ₂ O	-	-	+					-	-						
P ₂ O ₅	-		+		+			+	+	-					
+H ₂ O										-	+				
-H ₂ O		+		+			+	+	+	-		+			
Ag														-	
As								-	-	-	+			-	+
Mnt			+				+	+	-	-	+	+	+	-	-
Ser									-	-	+				
Chl	-				+	+	+								
Kao					-		-	-	-						+

confianza . más 95%, + positivo, - : negativo
Mnt: Montmorillonita, Ser: Sericita, Chl: Clorita, Kao: Caolinita

3-2-1 Ag · As の分析結果

Fig II-14は Ag · As の分析値の頻度分布及び相対累積度数分布を示したものであり、区間幅は対数等間隔である。累積点は厳密には直線上にのらないが 95% の信頼限界に含まれるので分析値は同一母集団に属するものと解釈し得る。従って閾値を求めず Fig II-14 から累積度数 2.5% 毎の点を境に 4 等分した。

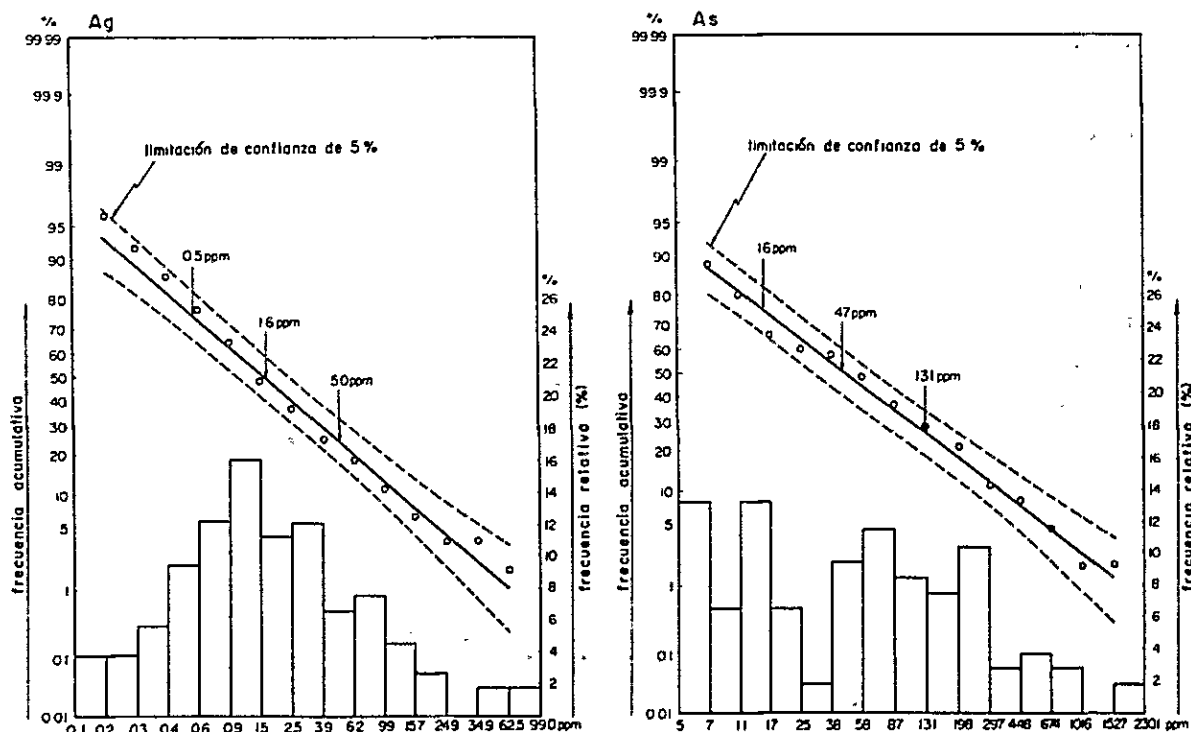


Fig. II-14 Histograma y curva de frecuencia acumulativa de Ag y As

この結果、Agは0.5 ppm 以下・0.5～1.6 ppm・1.6～5.0 ppm 及び5.0 ppm以上、Asは1.6 ppm 以下・1.6～4.7 ppm・4.7～13.1 ppm及び13.1 ppm 以上に分けられる。しかし両成分ともその分析値は全て酸性火山岩地域のバックグラウンド値(Ag 0.4 ppm, As 2.1 ppm Rose et al 1979)より高く、調査地域自体が異常帯を形成している。

以下にAg・Asの坑内及び坑外における分布をPL-5・PL-6を使って記述する。

坑内：Agの5.0 ppm以上の示徴は主として鉱脈付近に分布する。1.6～5.0 ppmの示徴は坑口より約300 m以南に分布し、それ以北では0.5～1.6の示徴が分布するが、以南にも散見される。

Asの示徴は坑口付近以外ではほぼ13.1 ppm以上の値を示す。

従って坑内ではAg・Asとも高い示徴は緑泥石・絹雲母・カオリン鉱物帯にはほぼ一致し、多少低い値はモンモリロナイトを比較的少量に含む北部のカオリン鉱物帯に一致する。

坑外：Agについては、5.0 ppm以上の示徴は変質帯Na I内の絹雲母帯中に認められる。5.0～1.6 ppmの示徴は変質帯Na II・変質帯Na III内のK-12・K-13及びP-15などの緑泥石・絹雲母示徴に一致する。変質帯以外では変質帯Na Iの北方のT-41と変質帯Na IIIの西端のK-6 K及びVeta No IVのK-48が高い示徴を示す。T-41及びK-48は鉱脈の近傍であり理解出来るが、K-6の原因は不明である。0.5 ppm以下の示徴はRío Mina Blancaの東及び西の地形の高い場所に分布する傾向を示す。

Asについては4.7 ppm以上の示徴は変質帯Na I内の絹雲母帯に存在し、その他は変質帯Na Iの絹雲母帯と変質帯Na Iの北方のT-24・T-41・T-43及び変質帯Na IIIのP-16, T-7, さらにVeta No IVのK-48に認められる。前述のうちT-24以外は全て旧坑付近に位置する。1.6 ppm以下の示徴はRío Mina Blancaの西方に分布する傾向を示す。

以上の結果、変質帯Na I西部のAgの低い場所を除き両成分の示徴はほぼ同じ傾向を示し且つ変質帯全体を反映している。又両成分の低い示徴が地形の高い場所に賦存するのは地形の侵食が進行していない結果であるものと推定される。

従ってAg・Asの比較的高い示徴は変質帯Na IIの一部を除き坑内外ともほぼ重複し、且つ変質体全体を網羅しているものと推定される。

3-2 岩石の分析結果

一般に多成分間の変動を支配する主要因を把握する目的で、統計学では主成分分析法(Principal component analysis)が活用される。本手法では全変動に影響を与える寄与率を検討することにより変動の主要因を解析し得る。寄与率(Contribution ratio)は多成分間の全変動のうち各成分が説明出来る変動の割合を示す。

従って寄与率の低いものは全体に微小な影響を与えるか、局所的な変動を反映するものとして割愛し得る。

因子負荷量 (Factor loading) とは主成分得点 (Point of component) と各成分間の相関を表わしており、これらの関係は次の関数で示される。

$$Z = f_1 + f_2 \quad f_1 : \text{因子負荷量の大きい成分 (composition)}$$

$$f_2 : \quad \quad \quad \text{小さい成分 (")}$$

従って f_1 が大きく f_2 が小さい程 Z は高得点となる。

Tab. II - 8 Resultado de análisis de componentes principales

Componente principal	Proporción (Z)	carga de factor														
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	P ₂ O ₅	Ag	As
21	30.4	-0.44	0.22	0.32	0.17	0.21	0.36	0.75	0.87	0.81	-0.43	0.36	0.28	-0.43	-0.75	-0.81
22	17.5	-0.66	-0.59	0.42	0.35	0.71	0.61	0.16	-0.04	-0.06	0.52	-0.23	-0.36	0.30	0.23	0.21

TabII-8から第1主成分 (First component) Z_1 の寄与率は30.4%で全変動の30.4%を支配しており、その因子負荷量から f_1 は $MgO(0.75) \cdot CaO(0.87) \cdot Na_2O(0.81)$, f_2 は $SiO_2(-0.44) \cdot K_2O(-0.43) \cdot Ag(-0.75) \cdot As(-0.81)$ である。これらの成分は TabII-7 の相関表から f_1 の成分が大きくなると粘土鉱物の強度指数はモンモリロナイトを除き低下する傾向が判読される。逆に f_2 の成分が大きくなると絹雲母の強度指数が大きくなる。化学成分的には f_1 は未変質岩及びモンモリロナイトの生成, f_2 は絹雲母・カオリン鉱物の生成を反映している。

従って Z_1 は高得点から低得点になるに従って未変質帯・モンモリロナイト帯から絹雲母・カオリン帯に変化する過程を定性的且つ定量的に示しているといえる。

Z_2 の寄与率は Tab II - 8 から17.5%で, f_1 は $FeO(0.71) \cdot MnO(0.61) \cdot K_2O(0.52)$; f_2 は $SiO_2(-0.66) \cdot TiO_2(-0.59)$ である。Tab II-7 の相関表から f_1 の成分が大きくなると緑泥石の強度指数が大きくなるが、逆に f_2 が小さくなると緑泥石の強度指数が小さくなる。

従って Z_2 は緑泥石化作用の程度を示しているものと解釈される。

Z_3 以下は寄与率が10%以下と小さく、変質作用による Z_1 ・ Z_2 以外の微小な変動並に原岩成分の変動を示しているものと理解される。

以上の結果から Z_1 ・ Z_2 を支配する主な岩石成分は $SiO_2 \cdot Na_2O \cdot K_2O \cdot CaO \cdot MgO \cdot MnO \cdot FeO$ などであることが判明した。

Z_1 及び Z_2 の頻度分布並びに相対累積度数分布を Fig II - 15 に示した。両者とも相対累積度数が95%信頼限界に含まれるので統計学的に単一母集団に含まれるものと解釈される。従って閾値を求めず Z_1 及び Z_2 とともに2.5%毎の累積点で Z_1 を -1.24 以下・ $-1.24 \sim 0.10$ ・

0.10 ~ 1.48 及び 1.48 以上, Z_2 を -0.92 以下・-0.92 ~ 0.12・0.12 ~ 1.10 及び 1.10 以上に区分した。

Z_1 : 坑内では Veta Na I 付近に 0.10 以上の示徴が, さらにこれらを取りまいて 0.10 ~ 1.48 の示徴が小範囲に分布する。前記の範囲外では全て -1.24 ~ 0.10 及び -1.24 以下の示徴が分布する。Veta Na I 付近の高得点示徴は弱変質を示すものではなく, 後述の Z_2 の高得点帯にはほぼ一致しており緑泥石化作用の結果を反映しているものと解釈される。

坑外では坑内に比較して Z_1 の得点は低く, これは変質作用によって生成する鉱物が同じでもその量が少いことを示している。変質帯 Na I の西部に高い示徴が集中する。

Z_2 : 坑内では Veta Na I を中心に 1.10 以上の示徴が分布する。坑口より約 350 m を境に南部には 0.12 以上の示徴が, 以北には 0.12 以下の示徴が分布する。

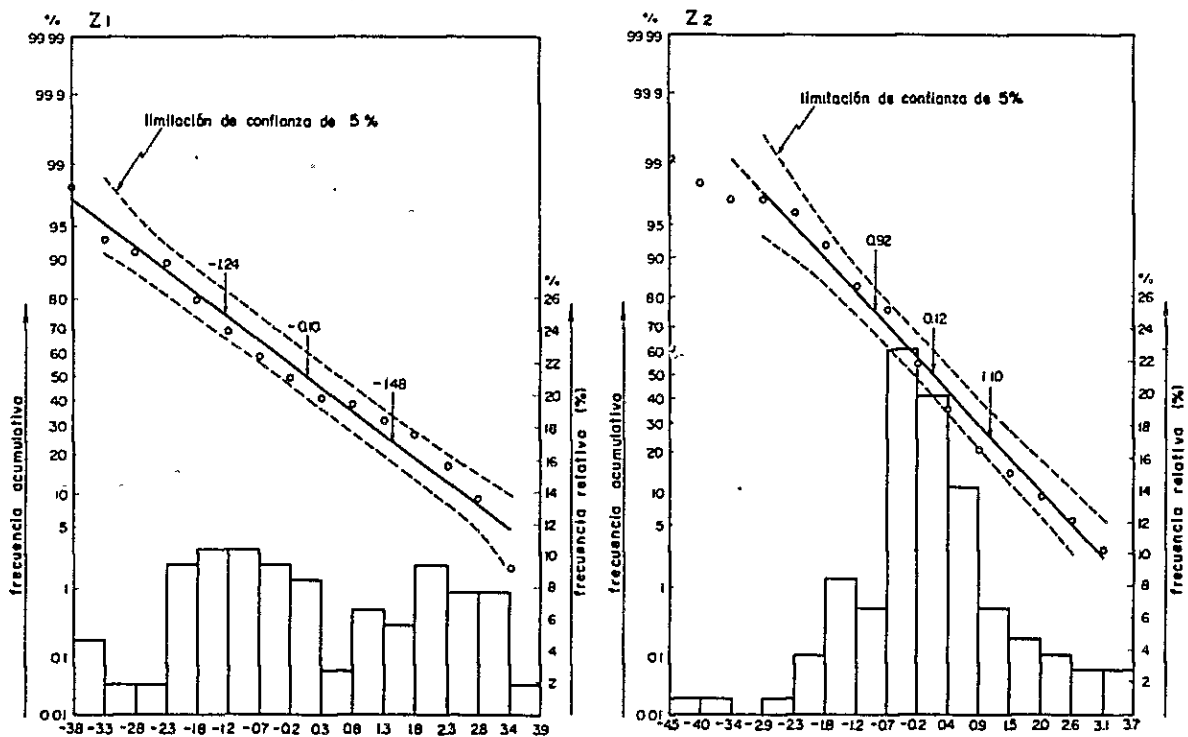


Fig. II-15 Histograma y curva de frecuencia acumulativa de Z_1 y Z_2

従って Veta Na I では緑泥石化作用が著しく坑口より約 350 m 付近を境に相対的に北部では緑泥石化作用が弱く, 南部では強い傾向を示すものと判断される。

坑外では変質帯 Na I を東西に分かつ氷河堆積物の西部に 0.12 以上の高い示徴が分布するが, T-34・T-43 の -0.12 以下の示徴も認められる。東部では変質帯 Na II 及び Na III 内の T-2・T-10・P-15 の 1.10 ~ 0.12 の高い示徴以外は全て 0.12 以下の示徴である。

従って変質帯Na Iの西半分及び変質帯Na IIIの東部で相対的に緑泥石化作用が進行しており、それ以外では緑泥石化作用が弱いものと判断される。

以上の結果、 Z_1 ・ Z_2 による変質分帯は粘土鉱物による変質分帯とは必ずしも対応しない。この原因は解析に際して変質作用にあまり関与しない成分をも利用した結果と考えられる。従って今後 SiO_2 ・ Na_2O ・ K_2O ・ CaO ・ MgO 及び MnO などの特定の分析値のみを利用して変質作用を検討すると、より探鉱に有効な結果が出るものと予想される。

第4章 結論及び第2年次調査への提言

4-1 地質調査

地表地質調査・坑内地質調査及び各種室内実験の結果から、次の結論並びに探査指針を得た。

4-1-1 結論

(1) 本調査地域は、白亜系の Chaunaca 累層を潜頭基盤にして新第三紀の石英安山岩の溶岩及び溶岩ドームのみから構成される。本石英安山岩は一般に強い変質作用を受け、特に鉍床帯及び鉍徴地では大規模な脱色変質帯が形成されている。

(2) 地質調査の結果、次の4つの変質帯を確認した。

- 変質帯Ⅰ：San Antonio 鉍脈群をとりまいて分布する絹雲母帯、カオリン鉍物帯
- 変質帯Ⅱ：変質帯Ⅰの南東に隣接して分布する緑泥石帯及び絹雲母帯
- 変質帯Ⅲ：調査地域南東部に分布するカオリン鉍物帯及び緑泥石帯。
- 変質帯Ⅳ：調査地域北東部に分布するカオリン鉍物帯。

(3) Veta №Ⅰ及び№Ⅱなどの既知の主要鉍脈を胚胎する裂罅は剪断裂罅であり、東西方向の横圧力で形成されたものと考えられる。Veta №Ⅳの裂罅は局部的に作用したN25°W方向の横圧力により形成されたもので、比較的小規模である。

(4) Veta №Ⅰ、Veta №Ⅱとも走向・傾斜・脈幅は変化に富むが、走向は東西方向で前者は北傾斜、後者は南傾斜が優勢である。

(5) Veta №Ⅱで4箇所銀富鉍体が確認された。その規模は80×80m程度で不規則なアレーバ状を呈し、落し方向は垂直でさらに下部に連続する可能性がある。

(6) 鉍石鉍物は方鉛鉍・閃亜鉛鉍・黄鉄鉍・白鉄鉍・黄銅鉍・四面銅鉍・自然銀・輝銀鉍・輝安銅鉍・濃紅銀鉍・赤鉄鉍などであり、脈石鉍物は重晶石・石英である。

(7) 鉍化作用は、鉍脈の角礫化作用を境に前後2回の時期が認められ、Veta №Ⅰは前期で硫化鉍物に比較的富み石英が脈石の主体をなす。Veta №Ⅱの主体は後期の鉍化作用のもので、硫化鉍物に乏しく、重晶石が脈石の主体をなす。

(8) 変質帯は、鉍床を中心として緑泥石帯・絹雲母帯・カオリン鉍物帯・モンモリロナイト帯に分帯され規則的な分布を示す。

4-1-2 第2年次調査への提言

1. 第2年次調査は、Veta №Ⅱの水平的・垂直的拡がり把握するため、坑内ボーリング調査を優先させるべきである。

2. 地表の変質帯の精査は、変質帯Ⅱ-Ⅲ-Ⅳの優先順位で氷河堆積物下位への緑泥石帯の

延長を追跡すべきである。

第3部 ボーリング調査



第1章 ボーリング調査の概要

ボーリング調査は1981年の地質予備調査結果及びCOMIBOLの資料に基づき Mesa de Plata 坑内で実施された。Veta No 1 及び Veta No 2 の通洞坑以下の鉱況の確認と鉱化及び変質作用の実体を解明し、当鉱山の埋蔵鉱量の増加をはかることを究極の目的とした。掘進作業は1982年10月18日に開始され、同年12月11日に終了した。作業量は3孔で、その総延長は853.5 mで、いずれも傾斜掘である。

作業は日本人主任調査員1名、試錐技師4名及び現地人作業員15名の合計20名でボーリング機械を1台使用して3交代作業を実施した。掘進方法はワイヤライン工法を採用し、コア採取率及び作業能率の向上に努めた。

しかし、ボリビア国内の政治経済不安に伴うゼネラルストライキを含む各種のストライキに依り日本からの別送機材到着の遅れ、さらに通信・ペントナイトなどの資材補給並びに機修などがままならなかった。このため移設・搬出作業の一部を掘進作業と平行して3交代で実施した。

現地には自動車以外の機械類は皆無で坑内も無軌道であるため機械の荷卸・荷積及び運搬は全て人力に頼った。さらに坑道の規模が小さいため大型機械の搬入・搬出及び移設に際し、これらを解体し必要な場所で再度組立てる必要があった。

掘進作業は断層破砕帯が多く、特にMJB-2の新第三系と白亜系を画する100m前後の粘土化断層破砕帯の掘進と孔壁保護に時間を費した。実施したボーリングの方位・傾斜・深度などは次の通りである。

Tab. III-1 Direcciones, inclinaciones etc de cada pozo perforado

No	Dirección	Inclinación	Profundidad ^(m)	C. R. ^(%)	Período de perforación
MJB-1	330°	-50°	250.8	91.46	11. 11. 1982~ 1. 12. 1982
" -2	0°	-75	301.5	85.17	15. 9. 1982~10. 11. 1982
" -3	350	-30	302.0	91.42	23. 11. 1982~16. 12. 1982

実施した3孔はいずれも鉱脈を捕捉した。

3孔とも孔曲り測定を実施したが、次表の如く孔曲りは微小であった。

Tab. III-2 Resultado mediado de curva de cada pozo perforado

Número de pozo Profundidad(m)	MJB-1		MJB-2		MJB-3	
	Dirección (°)	Inclinación (°)	Dirección (°)	Inclinación (°)	Dirección (°)	Inclinación (°)
0	330	-50	0	-75	350	-30
50	328	-50	359	-75	350	-30
100	328	-49	358	-75	351	-29
150	imposible por		358	-74	350	-29
200	Jerming		356	-73	349	-28
250			355	-73	349	-29
300			355	-72	350	-29

第2章 ボーリング工法及び使用機械

掘さく対象の岩石は、新第三紀の石英安山岩と白亜紀の頁岩・砂岩及び石膏であった。当工事ではあらかじめ旧坑・鉱脈・破砕帯・変質帯などの存在が予想されたため、ペントナイトを基材とする泥水工法・BWケーシングを使用したワイヤーライン工法を計画した。

今調査は坑内試錐であるため、通気対策上電動に切替え、これに必要な大型発電機(125kw)・トランス・キャップタイヤケーブル・各種電動機などを日本より輸送・搬入した。本調査に使用したボーリング機械及び機材の形式・仕様並びに消耗機材は次の通りである。

Tabla III-3 Lista de maquinas y materiales usados

Artículo	Modelo	Capacidad, Tipo, Medida Especification	Cantidad
Maquina de perforación	TGM-3	Capacidad BQT 500mm Medida Altura 1,520mm Largo 2,380mm Anchura 990mm	1 Juego
Motor electrico para perforación	HITACHI	cabeza giratoria Torno asceite Velocidad de eje (r.p.m.) 200, 500, 770, 1000 Capacidad de izar 2,200 ton Maxima presion 70 kg./cm ²	1 "
Bomba para perforación	NAS-3C	Duplex cilindro y dobla acción Peso 330 kg Diámetro de pistón 60mm / 75 l/min Carrera de pistón 50mm Capacidad 80 l/min. - 130 l/min Presión máxima 40 kg/cm ²	
Motor electrico de bomba para perforación	HITACHI	7.5KW,50HZ, 200V, 4P	1 "
Bomba para abastecimiento de agua	E-IN-3	Peso 14 kg Capacidad 360 c/min Capacidad por desague Vertical 26m	1 "
Motor electrico de bomba para abastecimiento de agua	TERADA S-400	100 V, 200W	1 "
Varillaje	NQT BQT	3m 3m	Pieza 55 " 100"
Tubo de nevestimiento	NW BW	3m 3m	2 " 55 "
Mandibula automática de varilla	CH-60A		1 "
Eslabón giratorio de elevación de agua	B-NO5		1 "
Transformador	FUJI BHD515681	Peso 710 kg 3KV-210V, 50-60HZ, 200KVA Peso 3550 kg	2 "
Generador	EDG-175 Diesel	Capacidad 175KVA/140KW/50HZ 200KVA/160KW/60HZ	1 "
Cable de alambre		3KV, 3 ^c x 8 ^{se}	1500 m



Tabla III-4 Lista de consumo de materiales

Articuro	Media	Unitada	Cantidad	Articuro	Media	Unidad	Cantidad
vaullaje de wire line	HQT	pieza	10	traba	16 100 ^m /m	pieza	10
"	NQT	"	20	center ponch		"	2
"	BQT	"	50	alambre		"	11
tubo de revestimiento	NW	"	20	trapos		kg	50
"	BW	"	30	clavo		"	20
tubo interior Assy	NQT	juego	2	para		pieza	5
"	BQT	"	"	tecle de cadina	2t	"	1
anillo	NQT	"	"	pulla de cambio		"	"
"	BQT	"	"	goma de piston		"	16
cable de metal con encaje	125 25 ^m	pieza	"	vara de piston		"	4
corona de zapata de	HW	"	1	empaquetadura de V		"	32
revestimiento				foco	200V, 100V	"	60
"	NW	"	"	valvula		"	2
"	BW	"	"	tubo		"	2
nabaja para sierra mecanica	250 ^m /m	"	12	pin		"	"
lima		juego	1	empaquetadura		"	10
regalo	180 ^{cm}	"	3	arandela		"	2
cepillo		"	"	tuerca		"	3
cepillo de cable		"	"	collar		"	2
alambre		kg	30	resorte		"	2
alicate		pieza	2	callar		"	2
dearmador		"	"	resorte		"	2
llave ingresa		"	"	rolepin de resorte		"	5
llave de truecas		juego	2	over shot	BQT	"	1
gata con aceite		pieza	"	swibel	"	"	"
llave para tubo	900 ^m /m	"	4	ancillo O		"	2
"	600 ^m /m	"	"	oil sheel		"	2
"	450 ^m /m	"	2	cojnete		"	1
sub		"	1	pieza de mandril	NQT	"	2
over shot	NQT	juego	1	"	BQT	"	2
cable	6 ^m /m	m	500	bentonita		kg	22,900
caja de extractor	NQT	pieza	6	ribonita		"	260
"	BQT	"	5	C M C		"	387
extractor	NQT	"	9	Tel stop		"	40
"	BQT	"	7	cemento		"	400
goma para contolorar	NQT	"	5	macho de roscar		"	1
"	BQT	"	5	aceite y gasolina		f	18,000
cojinet de empuje	51203	"	6				
"	7	"	5				
mangela de caudal	25 ^m /m	m	25				
mangela de succion	50 ^m /m	"	3				
swibel de aqua,empaquetdor V		pieza	6				
cojinet de bola	6207	"	6				
oil sheel		"	4				

Tabla III-5 Lista de estado de consumo de las coronas de diamantes y los cilindros de escariadores

Artículo	Medida	Tipo	Número de corona	Estado de uso				Descripción
				MJB-1	MJB-2	MJB-3	Total(m)	
Corona	NQ	NQT-WL	481120	53.00			53.00	desperfecto
			481121	24.70			24.70	
			481122	60.30			60.30	
			481123		42.20		42.20	
			481124		110.40		110.40	
			481125		10.20		10.20	
			481126			42.80	42.80	
			481127			10.30	10.30	
	481128				105.70	105.70		
	BQ	BQT-WL	471669	67.60			67.60	desperfecto
			471670	45.20			45.20	
			471671		53.40		53.40	
			471672		85.30		85.30	
471673					65.30	65.30		
476174				77.90	77.90			
Lima	NQ	NQT-WL	68379	77.70			77.70	desperfecto
			68380	60.30			60.30	
			68381		42.20		42.20	
			68382		120.60		120.60	
	68383			158.80	158.80			
	BQ	BQT-WL	67311	112.80			112.80	desperfecto
			67312	138.70			138.70	
67313					143.20	143.20		
Corona			250.80	301.50	302.00	854.30		
Lima			250.80	301.50	302.00	854.30		

Tabla III-6 Lista de especificación de coronas de diamantes y cilindros de escariadores (Numeros de veces de uso)

Artículo	Medida	Modelo	Cantidad colocada	Matriz	Tamaños del diamante	Paso del agua	Cantidad	Descripción
Corona	NQ	NQT-WL	30 "	E	1/40~ 1/20	4kg/cm ²	9	481120~ 28
"	BQ	BQT-WL	20 "	E	"	7~8kg/cm ²	6	471669~ 74
Cilindro escariador	NQ	NQT-WL	8 "	E	1/25		5	68379~ 83
"	BQ	BQT-WL	6 "	E	"		3	67311~ 13



第3章 ボーリング作業

3-1. 設営作業

La Paz 市内の倉庫に保管のボーリング機械及び機材類をトラック3台で山元に搬入した。日本からの別送機材も同様にトラック2台で搬入された。坑道内の機材の搬入・搬出は全て小型手押一輪車及び人力に頼った。

3-2. 移設作業

MJB-2とMJB-3の約250m間は試錐機及びポンプ類を解体し全て人力で運搬した。工期短縮のため作業は掘進作業と平行して実施された。

3-3. 撤収作業

MJB-3は1982年12月11日に掘進作業を終了したが、一部の機材については掘進終了前から搬出作業を開始した。

3-4. コアリング状況と泥水

MJB-1・MJB-2は3,00m迄HSで掘進し、それ以下はN.Q.T.ワイヤーライン工法で掘進した。MJB-3口元よりN.Q.T.ワイヤーライン工法で掘進した。3孔とも150m前後でBWケーシングパイプを挿入後B.Q.T.に切替え掘進した。特にMJB-2は全孔長の約50%が粘土化破碎帯であり、逸水及び湧水が著しく、孔壁保護のため大量の泥材を使用した。又、MJB-1はジャミングによるロッドの切断事故を起した。

使用泥材は下記の通りである。

	MJB-1	MJB-2	MJB-3	合計
セメント (kg)	250	150		400
ベントナイト (#)	7,050	9,900	5,950	22,900
リボナイト (#)	200		60	260
C M C (#)	117	65	205	387
テルストップ (#)		40		40

岩芯採取率はMJB-1は91.46%、MJB-3は91.42%であったが、MJB-2は地質条件が悪く、85.17%と低下した。

3-5. ボーリング用水

坑内水を集水し水中ポンプで送水して使用した。

3-6. 掘進状況

MJB-1: 本孔は全て石英安山岩であるが、局部的に粘土帯及び大量の湧水帯があり、大量の泥材を使用した。

MJB-2: 本孔は全孔の約50%が粘土化断層破碎帯であり、随所で湧水及び逸水帯に遭遇した。このため大量のベントナイト・リボナイト・セメント等の泥材を使用して本孔を完成させた。最大の断層帯は新第三系と白亜系を画するもので、その規模は100m前後に達する。

MJB-3: 本孔は口元から約80m迄は石英を多量に含む石英安山岩であるためタイヤビットの消耗が著しかったが、以降は比較的軟質な石英安山岩であった。本孔の掘進角度は-30°であるため坑内用コーバールを使用しなければならず、作業能率の低下をきたした。

Tab. III-7 Análisis de las horas trabajadas por obras de cada sondeo

Número de sondeo	Perforación (Horas)	Ascensos y descensos del varillaje y tubo interior		Trabajos dependientes			Accidentes	Varios	Traslada-ción, desarme y retiro	Total
		Varilla-je	Tubo interior	Revesti-miento	Amplia-ción de taladro	Varios				
MJB-1	171°00'	20°20'	116°05'	8°00'	2°20'	0°55'	2°05'		108°00'	
" 2	216°35'	29°50'	178°15'	9°00'	10°00'	13°40'	19°20'		296°00'	
" 3	138°30'	24°45'	96°45'	8°00'	0	18°40'	8°25'		193°00'	

Tab. III-8 Los resultados de perforaciones

Número de sondeo	Modelo de máquina	Fecha de comienzo y terminación	Avance total (m)	Testigo sacado		Número de turno de perforación			Avance por un turno de trabajo general de perforación (m)	Avance por un turno trabajado solo por perforación (m)	Terreno (m)
				Largo de testigo (m)	Recuperación (%)	Por perforación	Por revesti-miento	Total			
MJB-1	TGM-3	11.11.1982 29.11.1982	250.8	229.4	91.47	40	15	55	4.56	6.27	3
" 2	"	19.11.1982 10.11.1982	301.5	256.8	85.17	65	41	106	2.84	4.46	3
" 3	"	23.11.1982 16.12.1982	302.0	276.1	91.42	36	18	54	5.59	8.39	0

Tabla III-9 Trabajo de trasladación

		MJB-1		MJB-2		MJB-3				Total	
Trabajo de trasladación (Período)	Preparación	11.11.1982~ 12.11.1982		15. 9.1982~ 17.10.1982		23.11.1982~ 29.11.1982					
	Desarme y retiro	28.11.1982~ 29.11.1982		9.11.1982~ 10.11.1982		5.12.1982~ 16.12.1982					
Preparación		Días	Mitas	Días	Mitas	Días	Mitas	Días	Mitas	Días	Mitas
	Arreglo de planta y reparación de camino										
	Transporte de máquinas			28.5		5.5				34	
	Instalación	1		1.0		0.5				2.5	
	Instalación de tubos para agua	1		0.5						1.5	
	Prueba y otros			1.0		0.5				1.5	
	Total	2	37	31	200	6.5	60			39.5	297
	Desarme y retiro	Desarme y retirado de tubos para agua	0.5		1		0.5				2
Transporte de máquinas		1		1		10.5				12.5	
Reparación de camino											
Varios						1				1	
Total		1.5	30	2	20	12	140			15.5	190
Gran total		3.5	67	33	220	18.5	200			55.0	487



Tabla III-10-1

Datos resumidos de perforación de MJB-1

MJB-1

Período de Trabajo	Clase	Período de trabajo			Detalle de Período				
		Período			Total de días	Días trabajados	Días no trabajados	Total mitas	
Período de Trabajo	Preparación para perforación	11.11.1982 ~ 12.11.1982			2	2	0	37	
	Perforación	13.11.1982 ~ 27.11.1982			15	15	0	313	
	Traslación	28.11.1982 ~ 29.11.1982			1.5	1.5	0	30	
	Total				18.5	18.5	0	380	
Profundidad de perforación	Profundidad proyectada	250 m	Gravas	3 m	Recuperación del testigo por cada 100 m.				
	Largo prolongado	0.8m	Largo de testigo	229.4m	Profundidad	Total por 100 m		Gran total	
	Profundidad supervisada	250.8 m	Re-cuperación	91.47%	(0m ~ 100m)	0 ~ 102.3 %	88.56 %	%	
					(100m ~ 200m)	102.3 ~ 205.6 m	94.58 %	91.58 %	
Horas trabajadas	Perforación	171 ⁰⁰	53.31 %	42.67 %	(200m ~ 300m)	205.6 ~ 250.8 m	90.93 %	91.46 %	
	Ascenso y descenso de varillase	20 ²⁰	6.34 %	5.07 %	Total	m	%	91.46 %	
	Ascenso y descenso de tubo interior	116 ⁰⁵	36.19 %	28.97 %					Eficiencia
	Trabajos dependientes	10 ²⁰	3.22 %	2.58 %	250.8 m/total Período		13.55 m/día		
	Trabajos para accidentes de pozo	2 ⁰⁵	0.65 %	0.52 %	250.8 m/días trabajados		13.55 m/día		
	Varios	55	0.29 %	0.23 %	250.8 m/Período perforado días trabajados		16.72 m/día		
	Sub-Total	320 ⁴⁵	100 %		250.8 m/solo por perforación real		16.72 m/día		
	Traslación	Preparación	48 ⁰⁰		11.98 %	Total mita/ 250.8 m		1.5 mitas±	
		Desarme y retiro	32 ⁰⁰		7.98 %				
	Total				400 ⁴⁵				
Tubo de revestimiento	Profundidad revestida por cada diametro del taladro	$\frac{B}{A} \times 100$	Recuperación de tubos de revestimiento		CR de tubo de BQ 48 %				
	IW m	%	%						
	NW 3 m	1.2 %	100.00 %		Observación				
	BW 138 m	55.02%	100.00 %		A: Largo perforado B: Largo revestido				



Tabla III-10-2

Datos resumidos de perforación de MJB-2

MJB-2

Período de Trabajo	Clase	Período de trabajo		Detalle de Período				
		Período		Total de días	Días trabajados	Días no trabajados	Total mitas	
Período de Trabajo	Preparación para perforación	15. 9.1982 ~ 17.10.1982		33	31	2	200	
	Perforación	18.10.1982 ~ 8.11.1982		22	22	0	579	
	Trasladación	9.11.1982 ~ 10.11.1982		2	2	0	20	
	Total			57	55	2	799	
Profundidad de perforación	Profundidad proyectada	300.0 m	Gravas	3.0 m	Recuperación del testigo por cada 100 m.			
	Largo prolongado	1.5 m	Largo de testigo	256.8 m	Profundidad	Total por 100 m	Gran total	
	Profundidad supervisada	301.5 m	Recuperación	85.17%	(0m ~ 100m)	0 ~ 102.5 m 89.17 %	%	
Horas trabajadas	Perforación	216 ⁰ 35	45.44%	28.03 %	(200m ~ 300m)	206.9 ~ 301.5 m 79.28 %	85.17 %	
	Ascenso y descenso de varillase	29 ⁰ 50	6.26%	3.86 %	Total	m	%	
	Ascenso y descenso tubo interior	178 ⁰ 15	37.39%	23.07 %	Eficiencia			
	Trabajos dependientes	10 ⁰ 00	2.10%	1.30 %	301.5 m/total Período		5.29 m/día	
	Trabajos para accidentes de pozo	19 ⁰ 20	4.05%	2.50 %	301.5 m/días trabajados		5.48 m/día	
	Varios	22 ⁰ 40	4.76%	2.93 %	301.5 m/Período perforado días trabajados		13.7 m/día	
	Sub-Total	476 ⁰ 40	100.00%		301.5 m/sólo por perforación real		13.7 m/día	
	Traslación	Preparación	248 ⁰ 00		32.1 %	Total mita/ 301.5 m		2.65 mitas±
		Desarme y retiro	48 ⁰ 00		6.21 %			
	Total	772 ⁰ 40		100.00 %				
Tubo de revestimiento	Profundidad revestida por cada diametro del taladro	$\frac{B}{A} \times 100$	Recuperación de tubos de revestimiento					
	HW	m	%	%				
	NW	3 m	0.99%	0 %	Observación			
	BW	165 m.	54.72%	100 %	A: Largo perforado B: Largo revestido			



Tabla III-10-3 Datos resumidos de perforación de MJB-3

MJB-3

Período de Trabajo	Clase	Período de trabajo		Detalle de Periodo				
		Período		Total de días	Días trabajados	Días no trabajados	Total mitas	
Período de Trabajo	Preparación para perforación	23.11.1982~ 29.11.1982		6.5	6.5	0	60	
	Perforación	29.11.1982~ 11.12.1982		12.5	12.5	0	293	
	Trasladación	5.12.1982~ 16.12.1982		12.0	12.0	0	140	
	Total			31.0	31.0		493	
Profundidad de perforación	Profundidad proyectada	300.0 m	Gravas	0 m	Recuperación del testigo por cada 100 m.			
	Largo prolongado	2.0 m	Largo de testigo	276.1m	Profundidad	Total por 100 m	Gran total	
	Profundidad supervisada	302.0 m	Recuperación	91.42%	(0m~100m)	0~128.4 m 89.95 %		
Horas trabajadas	Perforación	138 ⁰ 30	46.75%	28.37 %	(100m~200m)	128.4~207.2 m 83.50 %	87.50 %	
	Ascenso y descenso de varillase .	24 ⁰ 45	8.85%	5.07 %	(200m~300m)	207.2~302.0 m 100.00 %	91.42 %	
	Ascenso y descenso de tubo interior	96 ⁰ 45	32.68%	19.82 %	Total	m	%	
	Trabajos para dientes	8 ⁰ 00	2.61%	1.64 %	Eficiencia			
	Trabajos para accidentes de pozo	8 ⁰ 25	2.75%	1.73 %	302.0 m/total Periodo		9.74 m/día	
	Varios	18 ⁰ 45	6.36%	3.84 %	302.0 m/días trabajados		9.74 m/día	
	Sub-Total	295 ⁰ 10	100.00%		302.0 m/Periodo perforado días trabajados		24.16 m/día	
	Traslación	Preparación	81 ⁰ 00		16.59 %	302.0 m/sólo por perforación real		24.16 m/día
		Desarme y retiro	112 ⁰ 00		22.94 %	Total mita/ 302.0 m		1.6 mitas†
	Total				100.00 %			
Tubo de revestimiento	Profundidad revestida por cada diametro del taladro	$\frac{B}{A} \times 100$	Recuperacion de tubos de revestimiento					
	HW m	%	%					
	NW m	%	%		Observación			
	BW 158.8 m	52.58%	100 %		A: Largo perforado B: Largo revestido			

Tabla III-11-1 Resultado de obras de sondeo de MJB-1

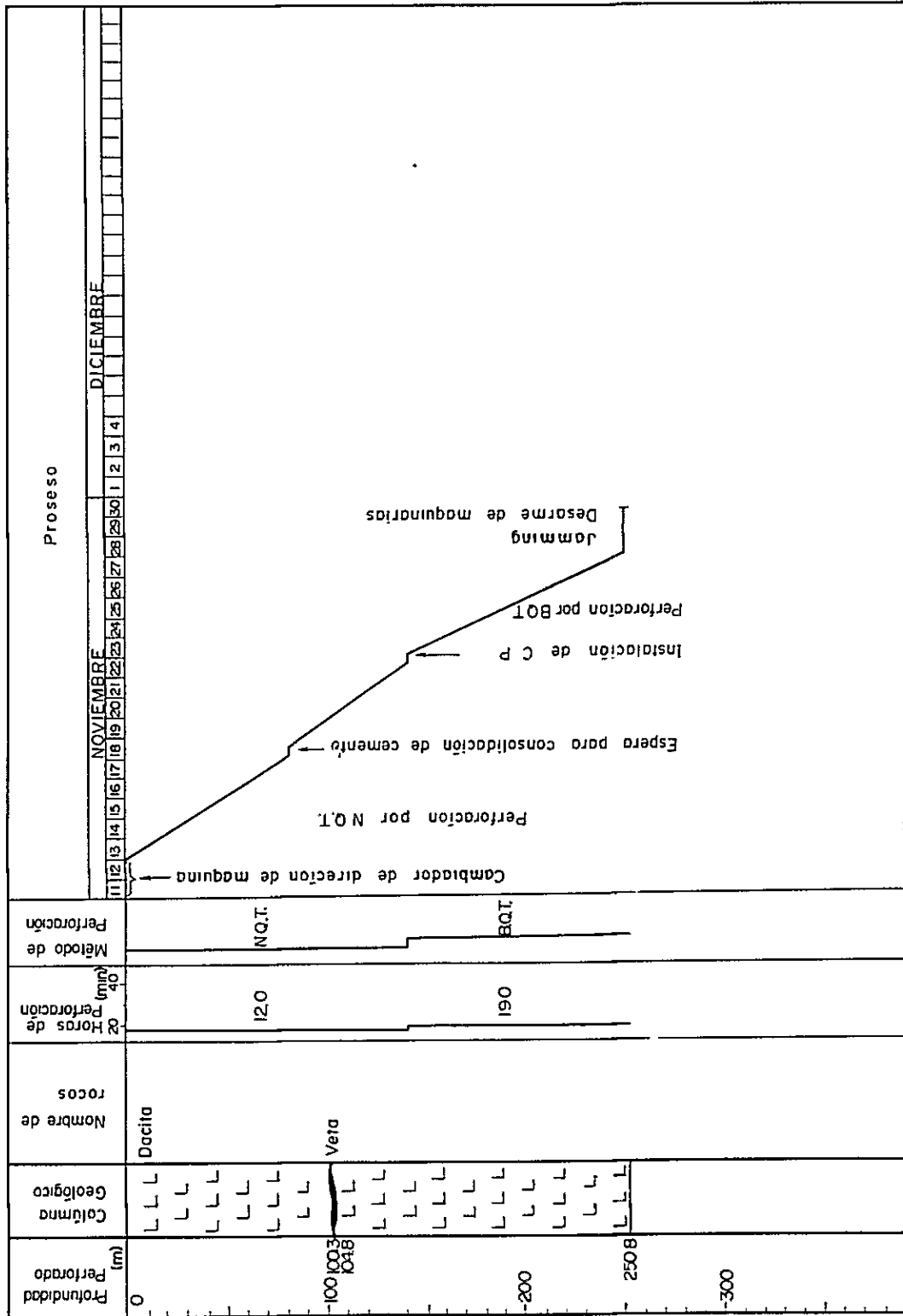


Tabla III-11-2 Resultado de obras de sondeo de MJB-2

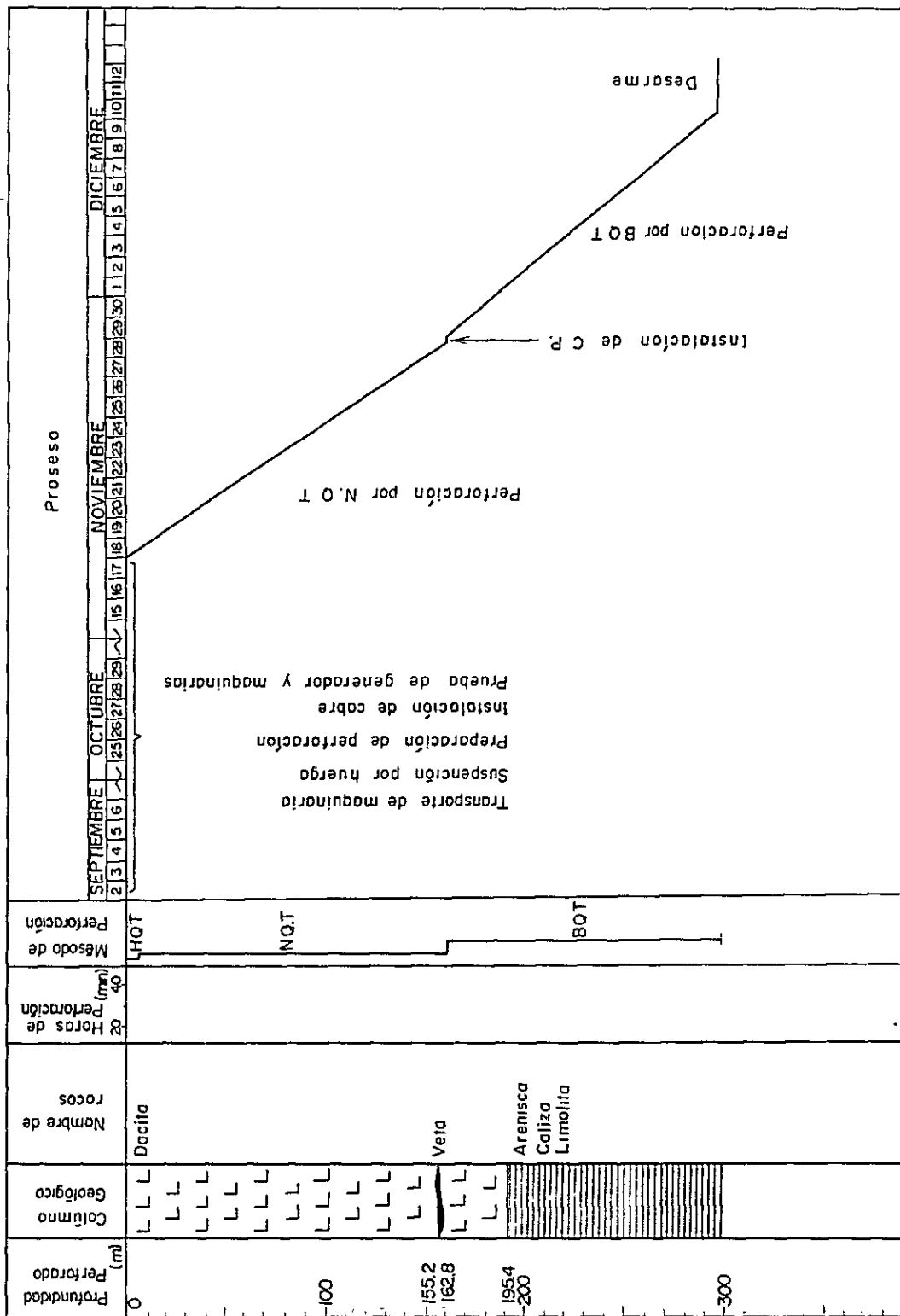
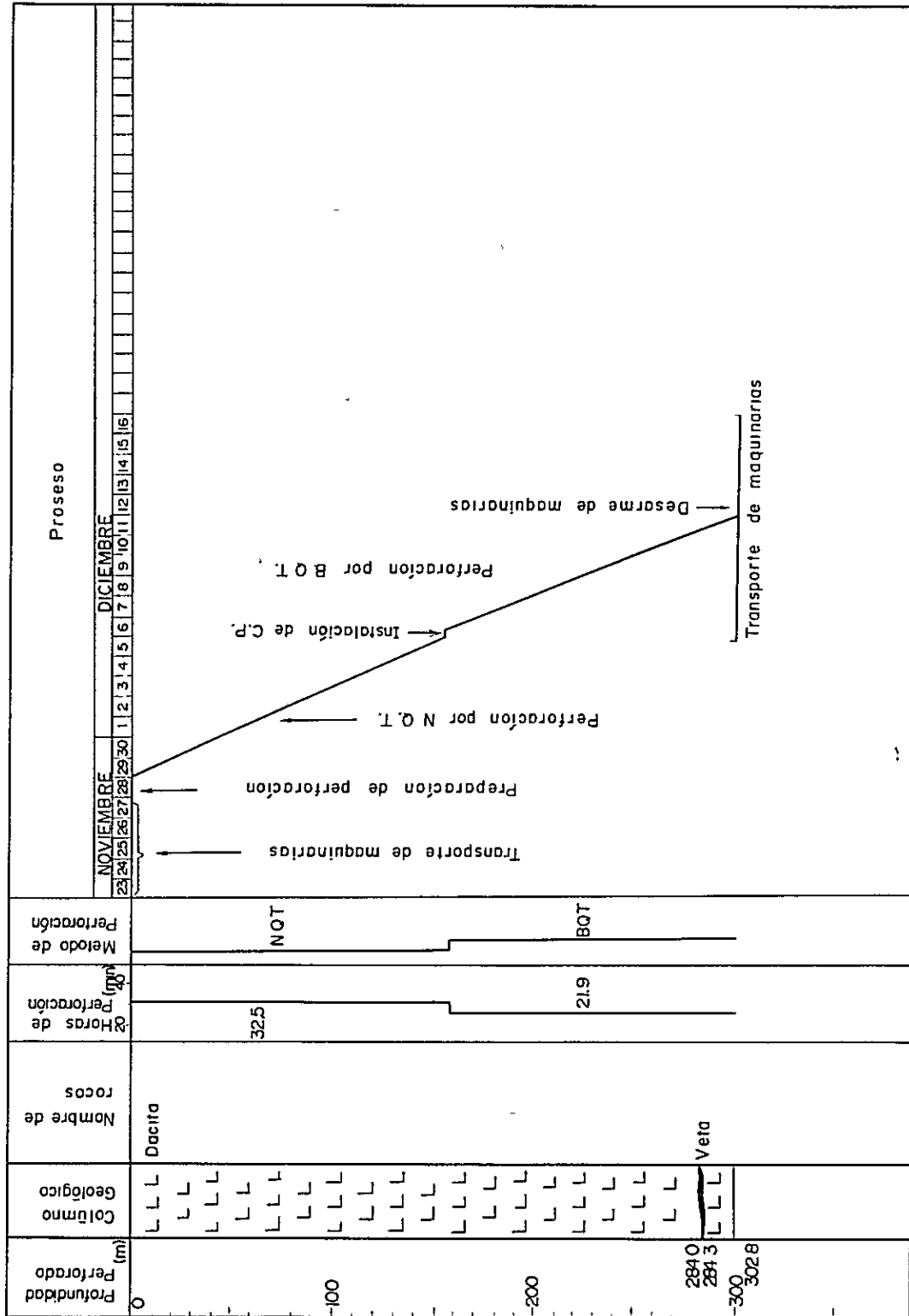
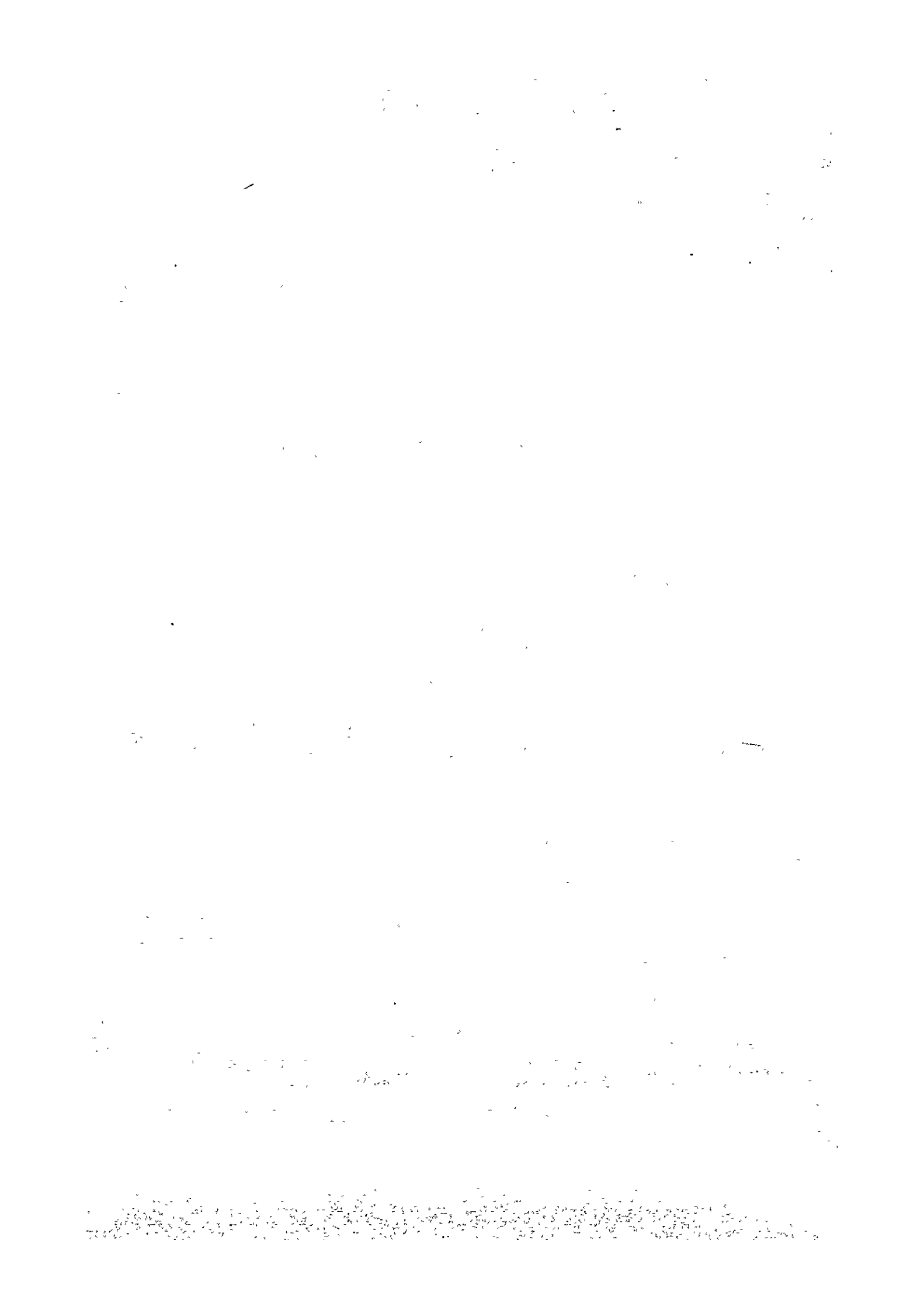


Tabla III-II-3 Resultado de obras de sondeo de MJB-3





第4章 ボーリング地質

4-1 ボーリング位置の選定

前述の方位・傾斜・深度の3孔のボーリングが Mesa de Plata 坑内で実施された。MJB-1 及び MJB-2 は Veta №Ⅱ の下部延長及びその平行脈、MJB-3 は Veta №Ⅰ の西部鍾先の下部延長部及びその平行脈の探査を目的として、各孔の位置が選定された。ボーリング位置・ボーリング地質断面図及び各孔の変質作用の検討結果を Fig III-1, 2, 3 に示す。

4-2 ボーリング地質

4-2-1 MJB-1

本孔の構成岩石は色調の変化に富む一連の石英安山岩で、深度 40 m (以下“深度”を省略) 付近から孔底まで自破碎構造が顕著である。粘土を伴う断層帯は 5.45~5.60 m・64.2~70.5 m・95.8~97.9 m 間に認められるのみで各々小規模である。

鉍化作用について記述する。10.03~10.48 m (4.5 m) 間で Veta №Ⅱ の下部延長部を確認した。その平均品位は Au : 1.8 g/t・Ag : 168 g/t・Pb : 0.64%・Zn : 0.07%・Sn : 0.01% を示し金品位が高い。鉍石は石英を主体とし微量の黄鉄鉍と赤鉄鉍を随伴し、ステージⅠの鉍化作用の性格を示す。Veta №Ⅱ 以外にも随所に褐鉄鉍・石英・重晶石細脈が発達するが、その規模・品位とも貧弱である。15.78 m の不規則な褐鉄鉍・石英脈の脈幅は 2 cm 前後であるが、Au : <1 g/t・Ag : 221 g/t・Pb : 0.39%・Zn : 0.16%・Sn : <0.01% を示し、さらに 15.03~15.24 m 間の黄鉄鉍の鉍染部が Au : <1 g/t・Ag : 60 g/t・Pb : 0.06%・Zn : 0.02%・Sn : 0.01% を示し注目される。

Fig III-3 は、各孔の変質分解帯及び Ag・As・Z₁・Z₂ の示徴を表示したものであり、これに基づいて変質作用を考察する。

X-線解析結果、本孔は鉍脈を中心に主としてカオリン鉍物帯・絹雲母帯となっており 200 m 付近に緑泥石帯が認められる。緑泥石帯中には 183.8~189.6 m 間の黄鉄鉍の網状脈、197.0~201.4 m 間の緑色粘土を伴う断層帯が認められ、さらに斜長石斑晶は緑色粘土に変質している。Ag は 1.6 ppm 以上、As は 16 ppm 以上の高い示徴を示し、両者の増減はほぼ対応している。これらの値を坑内でのそれに比較すると As は多少低いものの全体としてほぼ同じ値を示す。

Z₁ と Z₂ の示徴は相反する傾向にあり、Z₁ は 0.1 以下、Z₂ は 0.12 以上で坑道での検討結果に一致し、絹雲母帯・カオリン鉍物帯を示している。

従って本孔の変質帯・Ag・As・Z₁・Z₂ は調和的であり、変質の程度は Veta №Ⅱ と同程度で鉍化作用の中心部付近を示しており、変質作用は依然として優勢である。

本孔の構成岩石は195.4mまで石英安山岩で、それ以深は孔底まで白亜紀のChaunaca累層の頁岩・細粒砂岩・泥質石こうである。石英安山岩は全般に破砕されている。粘土化作用の著しい断層破砕帯は43.1~46.8m・75.7~78.4m・85.0~95.0m・110.5~148.0m及び169.5~244.3m間に認められる。特に169.5~244.3m間の新第三系と白亜系を画する断層は大規模である。本断層の走向・傾斜方向並びに種類及び断層活動と鉍化作用の时期的な前後関係が不明で、今後これらを確認する必要がある。

鉍化作用について記述する。155.2~162.8m(7.6m)間でVeta No.Ⅱの下部延長部を確認した。その平均品位はAu:<1g/t・Ag:20g/t・Pb:0.96%・Zn:0.55%・Sn:<0.01%を示し、脈幅は優勢であるが低品位である。本脈は角礫状構造が顕著で、10~20%前後の母岩の角礫を含有する。鉍石は石英・重晶石を主体し方鉛鉍・閃亜鉛鉍・黄鉄鉍・白鉄鉍・黄銅鉍・赤鉄鉍・四面銅鉍・菱鉄鉍などが確認されている。鉍石組織・鉍物組合せともVeta No.Ⅱと同様であり、ステージⅠ及びステージⅡの鉍化作用の性質を示す。

当脈の下盤の162.8~182.5m間の粘土化及び破砕化された石英安山岩中に微細な網状石英・重晶石脈が散見され、この間の平均品位はAu:1g/t・Ag:3g/t・Pb:0.05%・Zn:0.07%・Sn:0.01%を示す。本細脈の母岩中に磁鉄鉍が確認されたが造岩鉍物である可能性が強い。

上記以外にも随所に褐鉄鉍・石英・重晶石細脈が認められるが品位的に注目すべきものは認められない。

変質作用について記述する。X-線解析結果、本孔は175m付近の石英安山岩と白亜系を画する断層帯を境に上部の絹雲母帯、下部の緑泥石帯に大別されるが、原岩の差異を反映しているものと判断される。しかし絹雲母化作用は白亜系中にも及んでいる。Agは0.5ppm以上、Asは16ppm以上の示徴を示し、Agは一部高い値を示すものも両者の増減はほぼ対応している。両者とも鉍脈付近では相対的に低い値を示しており、銀の5.0ppm以上の示徴は粘土化断層帯に一致する。Ag・Asとも坑内での示徴より多少低い値を示す。

Z₁とZ₂の示徴はほぼ同じ傾向を示す。Z₁は鉍脈を中心に低下し絹雲母化・カオリン化作用が強いことを示している。坑道の示徴に比較するとZ₁は低く、Z₂は高い値を示し、MJB-1に比較するとZ₁は低く、Z₂はほぼ同じ値といえる。

従って本孔の絹雲母帯とAg・As・Z₁・Z₂の示徴は必ずしも対応していない。本孔は低品位ながら脈幅の優勢な鉍脈を確認しており、Ag・Asの比較的低い示徴は鉍富体から外れた可能性を暗示している。

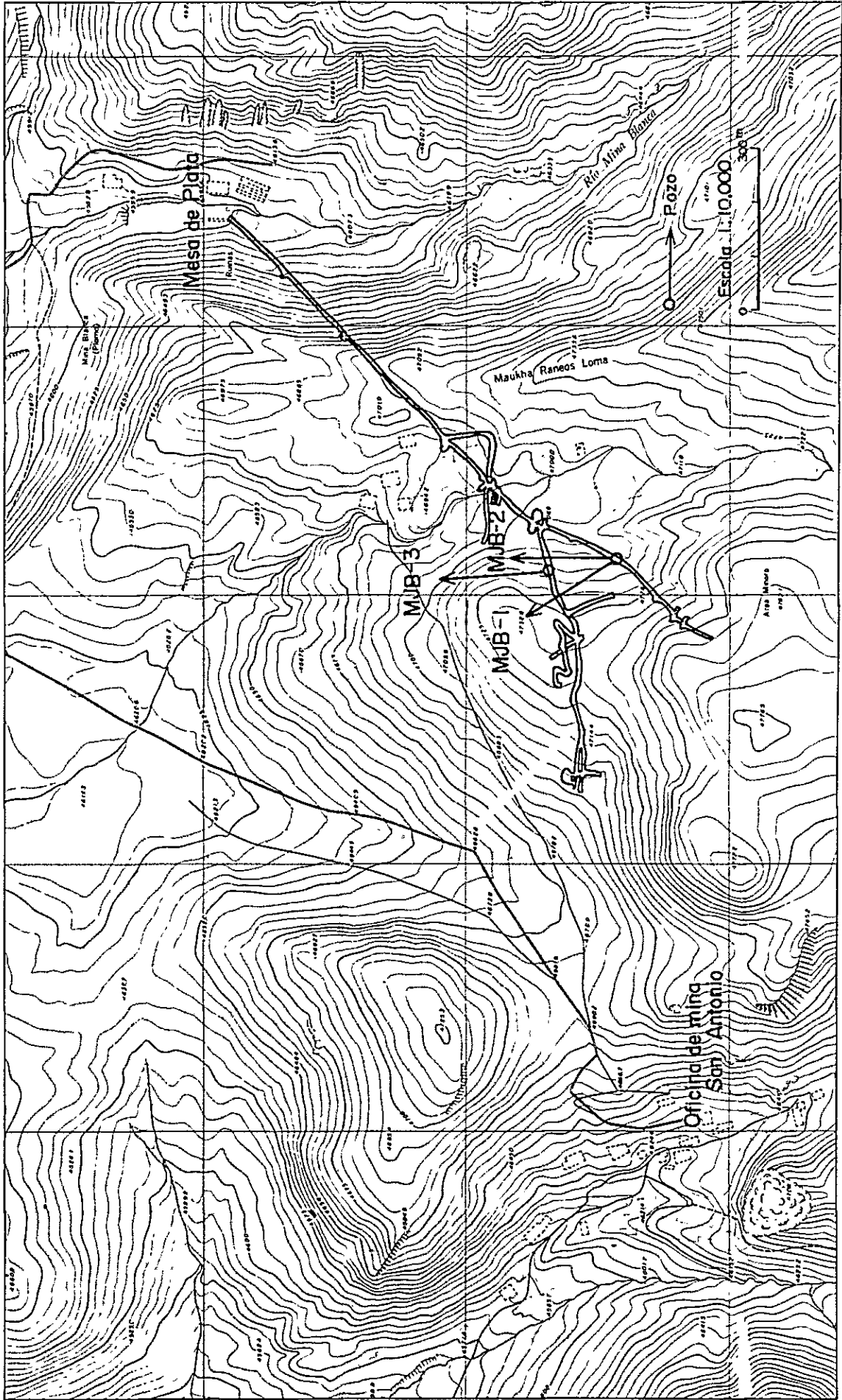
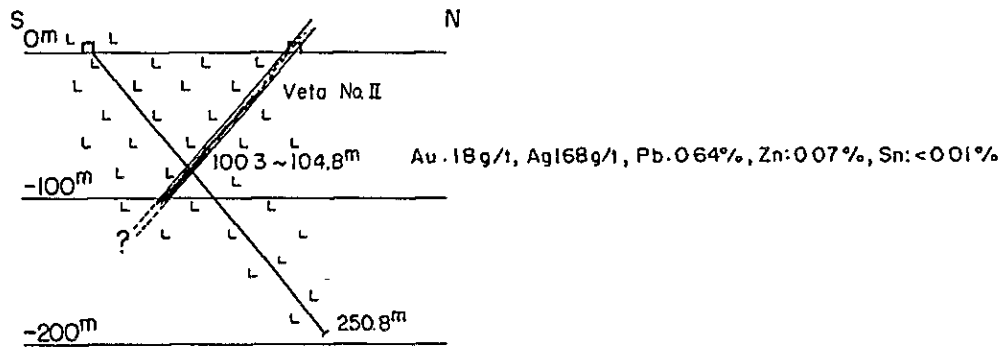


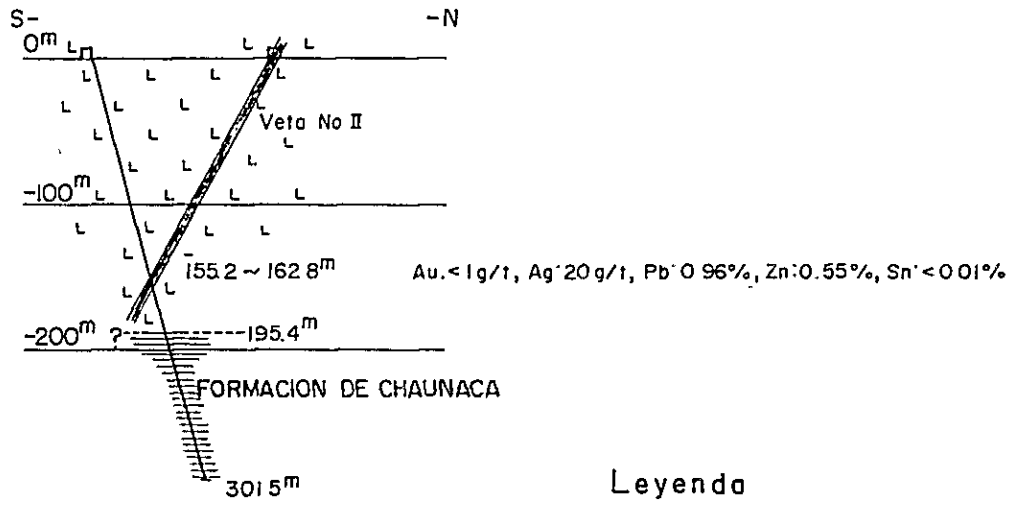
Fig. III-1 Mapa de Ubicación de pozos

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. The text is scattered across the page and cannot be transcribed accurately.]




MJB-1 Perfil (330°-50°)



MJB-2 Perfil (0°-75°)



Leyenda

-  Dacita
-  Arenisca fina, limolita y yeso (Cretácico)
-  Veta

MJB-3 Perfil (350°-30°)

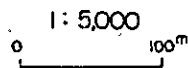
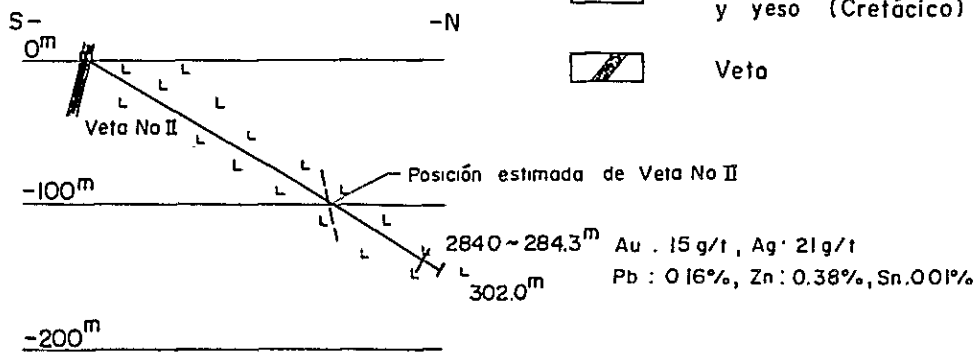
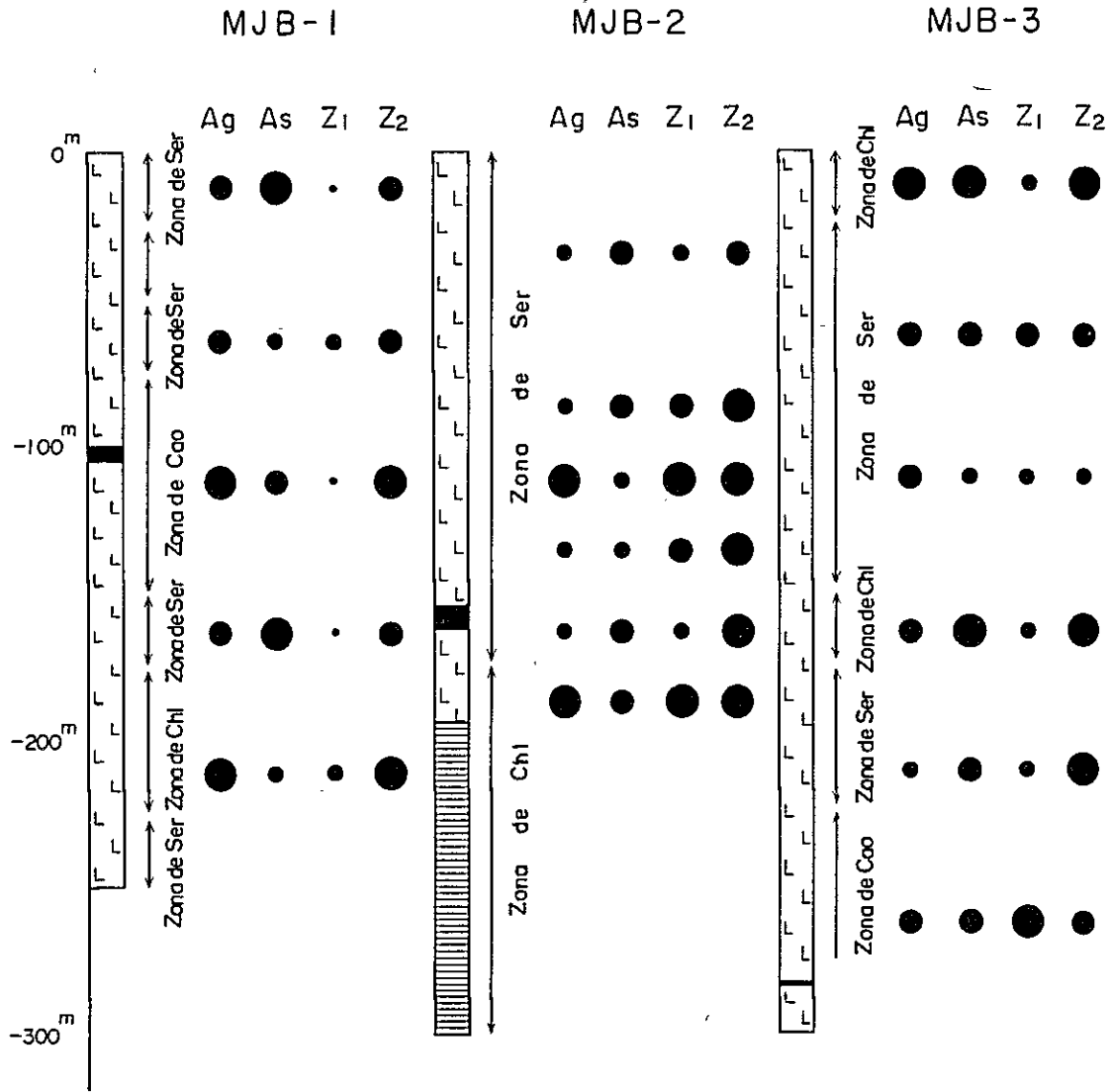


Fig. III-2 Perfiles geológicas de pozos

Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is extremely faint and illegible due to the quality of the scan. It appears to be organized into several paragraphs or sections, but the specific content cannot be discerned.



: Dacito



: Arenisca fina, limolita y yeso (Cretácico)



: Veta

Ser : Sericitita

Cal : Caolinita

Chl : Clorita

Ag

As

Z₁

Z₂



: más 50ppm más 131ppm más 148 más 110



: 50~16ppm 131~47ppm 148~010 110~012



: 16~05ppm 47~16ppm 010~124 012~092



: menos 05ppm menos 16ppm menos 124 menos 092

Fig. III-3 Resultado de investigación de zona clasificada por alteración, Ag, As, Z₁ y Z₂ de cada pozo

Handwritten text, mostly illegible due to extreme blurriness. Some faint words like "The" and "and" are visible.

Handwritten text at the bottom of the page, also illegible due to blurriness.

4-2-3 MJB-3

本孔の構成岩石は一連の石英安山岩であるが、155m 付近から孔底まで自破碎構造が顕著である。断層帯は 65.9~68.2m 及び 143.2~145.3m 間に発達するのみであるが、前者には径 3cm の石英鉍石片が認められ、断層付近に鉍脈が賦存する可能性を暗示している。

鉍化作用について記載する。本孔は 190m 付近で Veta № I を捕捉する予定であったが、鉍徴は認められなかった。284.0~284.3m (0.3m) 間で微量の方鉛鉍を随伴する石英脈を確認したが、その走向・傾斜及び Veta № I との関係は不明である。品位は Au:15g/t・Ag:21g/t・Pb:0.16%・Zn:0.38%・Sn:0.01% を示し、金品位が異常に高い。

本孔でも随所に褐鉄鉍・石英細脈が認められ、いずれも銀品位は比較的高く数 10g/t を示す。特に 5.6~6.7m (1.4m) 間の石英網状脈の品位は Au:<1g/t・Ag:132g/t・Pb:0.75%・Zn:0.25%・Sn:0.01%、145.3~148.3m (3.0m) 間の珪化石英安山岩は Ag:156g/t を示す。

これらの鉍脈はいずれも石英を主体として方鉛鉍・閃亜鉛鉍・黄鉄鉍・赤鉄鉍・黄銅鉍・四面銅鉍・菱鉄鉍などは認められず、ステージ I の鉍化作用の性質を示す。さらに深度 78.8m 付近の細脈中には硫カドミウム鉍、156.0m 付近の細脈中にはチタン石・磁鉄鉍、179.8m 付近の細脈中にはアイケナイトが確認されている。

変質作用について記述する。X線解析結果、本孔は絹雲母・カオリン鉍物を主体とするが小規模な緑泥石帯が 2箇所 で認められる。上部の緑泥石帯は試錐基地の Veta № II の緑泥石帯を示しているが、175m 付近の緑泥石帯には石英・褐鉄鉍の微細脈が認められるのみである。

Ag はほぼ 1.6 ppm 以上、同じく As も 131 ppm 以上の高い示徴を示し、両者は同じ傾向を示し坑内の値と一致する。

Z₁ は坑内より多少高いもののほぼ 0.1 以下、Z₂ もほぼ 0.12 以上の示徴を示し、両者とも坑内の値に一致し、絹雲母・カオリン鉍物帯を示す。

従って本孔の変質帯、Ag・As・Z₁・Z₂ は調和的であり変質の程度は Veta № II と同程度で鉍化作用の中心部付近を示しており、変質作用は依然として優勢である。又、200m 付近の緑泥石帯は断層に沿う局所的な変質作用及び鉍化作用を反映しているものと推定される。

第5章 結論及び第2年次調査への提言

5-1 結論

3本の坑内ボーリング調査の結果は以下の通りである。

1. MJB-1は深度100.3~104.8m(4.5m)間でVetaⅡの下部を確認した。その平均品位はAu, 1.8g/t; Ag, 168g/t; Pb, 0.64%; Zn, 0.07%; Sn, 0.01%であった。既知鉛脈に比較して金の品位が高い。

2. MJB-2は深度155.2~162.8m(7.5m)間でVetaⅡの下部を確認した。その平均品位はAu, <1g/t; Ag, 20g/t; Pb, 0.96%; Zn, 0.55%; Sn, 0.01%であり、比較的低位であった。

3. 以上のことからVetaⅡは通洞坑以下約150mまで大規模な鉛脈として連続することが確認された。

4. MJB-2は通洞坑下部約200mに断層を介して白亜系のChaunaca累層の潜頭が確認された。

5. MJB-3は深度284.0~284.3m(0.3m)間で鉛脈を確認したが、VetaⅠとの関係は不明である。しかしその品位はAu, 15g/t; Ag, 21g/t; Pb, 0.16%; Zn, 0.38%; Sn, 0.01%で金品位が極めて高い。

4-2-2 第2年次調査への提言

1. VetaⅠについては通洞坑以東の比較的初生硫化鉛物に富む既知富鉛体下部の規模・鉛況並びに地質状況の確認のための坑内ボーリングを実施すべきである。

2. VetaⅡについてはMJB-1, 2で確認した地点以西での鉛脈下部の規模・鉛況並びに地質状況の確認のためのボーリングを実施すべきである。

2011 年 12 月 10 日 星期五

2011 年 12 月 10 日

2011 年 12 月 10 日

2011

2011 年 12 月 10 日 星期五

2011 年 12 月 10 日

2011 年 12 月 10 日

2011 年 12 月 10 日 星期五

2011 年 12 月 10 日 星期五

2011 年 12 月 10 日 星期五

2011 年 12 月 10 日 星期五

2011 年 12 月 10 日 星期五

2011 年 12 月 10 日 星期五

2011 年 12 月 10 日 星期五

2011 年 12 月 10 日

2011 年 12 月 10 日

2011 年 12 月 10 日 星期五

2011 年 12 月 10 日 星期五

2011 年 12 月 10 日 星期五

2011 年 12 月 10 日 星期五

2011

2011 年 12 月 10 日 星期五

BIBIOGRAFIA

- (1) GEOBOL: Project LÍpez-COMIBOL-70, Mina San Antonio GE-10
(1970 - 1971)
- (2) JICA/MMAJ: Informe de investigación geológica en Area Gran Chocaya,
República de Bolivia Fase 2 (1982)
- (3) JICA: Fisibility Report for the Modernization of Mining
Facilities in the Republic of Bolivia (1983)
- (4) Kawaguchi, M.: An Introduction to Multivariate Analysis (1989)
- (5) Kelly, Wm. et al: Mineralogy, Paragenesis and Geothermometry of the
Tin and Tungsten Deposits of Eastern Andes, Bolivia,
Econ. Geol Vol 65 P609-680 (1970)
- (6) Lipeltier, C.: A Simplified Statistical Treatment of Geochemical
Date by Graphical Representation. Econ. Geol. Vol 64,
P538-550 (1969)
- (7) Mckinstry, H.: Shears of the Second order, American Journal of
Science, Vol. 251, P401-414 (1953)
- (8) Prinz, M. et al: Rocks and Minerals
- (9) Rose, W. et al : Geochemistry in Mineral exploration (1979)
- (10) T. Tatsumi: Fundament of Modern Economic Geology (1977)

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. The text is scattered across the page and cannot be transcribed accurately.]