

（九） 臺灣中南部及南部地區
鐵物資源開發與發展調查

綜合報告書

昭和50年11月

日本經濟合作發展團
鐵物資源開發與發展調查團

ペルー共和国ミチキジャイ地区
鉱物資源開発基礎調査

総合報告書

JICA LIBRARY



1035170181

昭和50年11月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

設立 年月日 '84. 3. 15	709
登録No. 00372	66.1 MP

は し が き

日本政府はペルー共和国政府の要請に応え、同国北部に所在するミチキジョイ鉱山の鉱床探査を実施することとし、この調査を国際協力事業団に委託した。

当事業団は本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門的な分野に属することから調査の実施を金属鉱業事業団に依頼した。

本調査は2ヶ年にわたって行われ、ペルー共和国政府関係機関の協力を得て予定通り完了した。

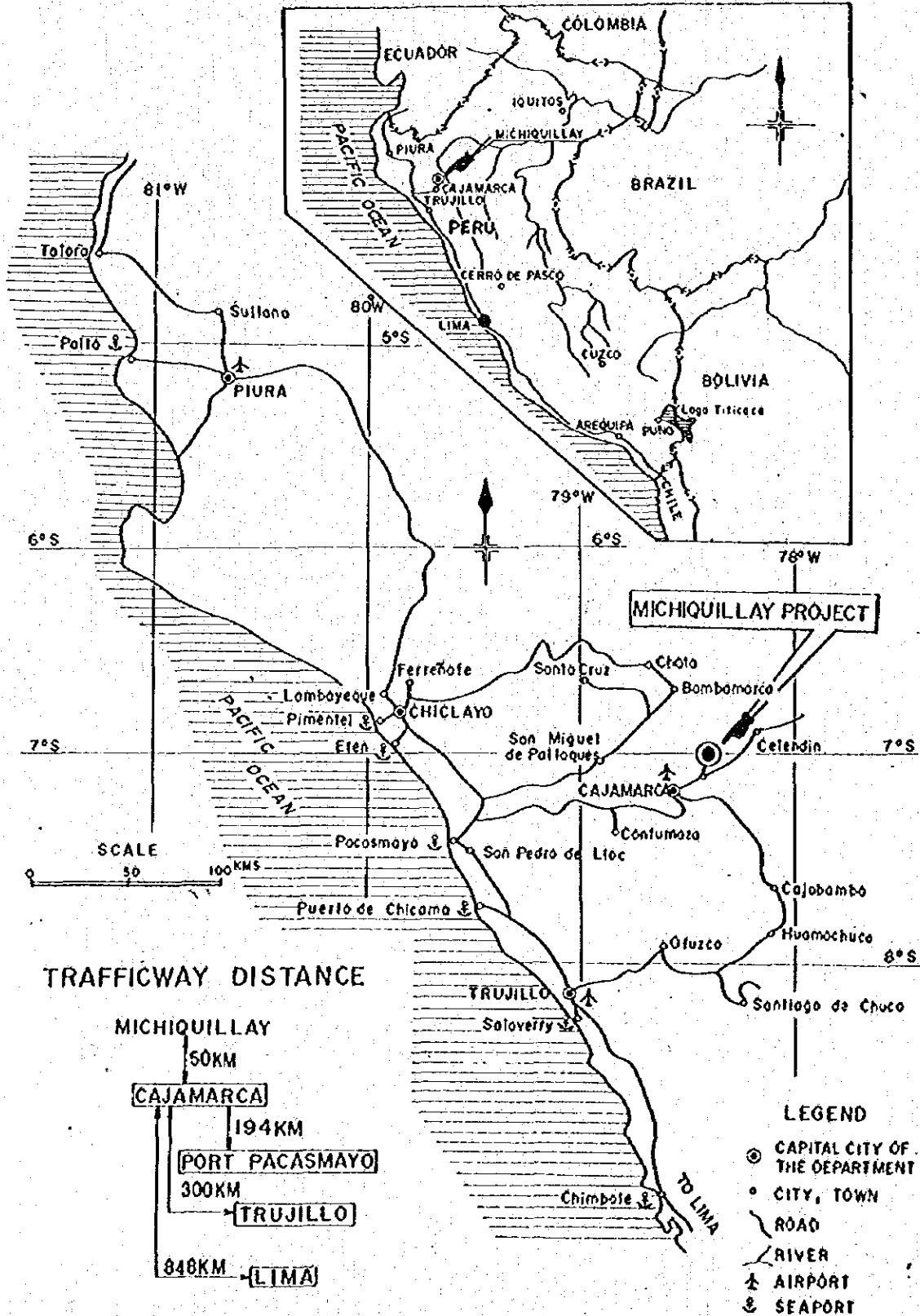
本報告書は、2ヶ年間の調査結果をとりまとめたものである。

本調査の実施にあたってはペルー共和国政府関係機関ならびに通商産業省、金属鉱業事業団及び関係各社の方々に御協力をいただいた。ここに衷心より感謝の意を表するものである。

1975年11月

国際協力事業団
総裁 法眼晋作

Fig. 1 LOCATION MAP



総合目次

はしがき	
位置図	..... 1
要約	..... 11
総論	..... 1~49
各論	

第Ⅰ部 地質調査	..... Ⅰ-1~Ⅰ-37
第Ⅱ部 坑道掘さく工事	..... Ⅱ-1~Ⅱ-37
第Ⅲ部 ボーリング工事	..... Ⅲ-1~Ⅲ-63

APPENDICES

Geological Data	..... A-1~A-61
Drilling Data	..... A-62~A-87

ATTACHED MAPS (別巻)

Geological Maps

要 約

(1) 総延長 1,240 m の坑道掘進と、総延長 2,600 m の坑内外ボーリングが本調査における工事の主体である。工事の大半は 3,500 m 坑準における Michiquillay (ミチキジャイ) 鉱床本体の精密調査に充てられたが、周辺地域の鉱化作用未確認地域に対しても 3 孔の坑外垂直ボーリングによる調査が行われた。

(2) これ等工事の進捗を迫って、精密な地質スケッチと分析試料の採取、調整が行われ、分析されたサンプル総数は 1,328 個に達した。これら豊富に蓄積された資料の総合検討により

- 1) 鉱染状 (dissemination) 並びに細脈群 (veinlets) という 2 段階的な銅鉱化作用の実態が判明し
- 2) それに伴う鉱化変質帯の生成と帯状分布の実態及び
- 3) 鉱石のフラクチャー・コントロール (fracture control) などが明らかとなり、
- 4) 更には鉱床生成後の天水性富化作用による二次的銅鉱物の生成と相互関係、富化帯、漸移帯、初生帯の分布
- 5) 並びにこれ等諸現象と品位との関係

などが把握され、調査範囲としては、3,500 m 坑準における Michiquillay 鉱床のほぼ全貌を明らかにし得たと共に、Michiquillay 鉱床のもつ基礎的な地質的特性を把握し得て、本調査の所期の目的を達した。

(3) 更に野外地質学的な成果としては、Michiquillay 鉱床の由来を地質構造的に説明し得たことである。そのあらましを述べれば

- 1) 白亜紀末ないしは古第三紀初頭に始まるアンデス山脈生成の過程において Michiquillay 地域は Cajamarca を含みアンデス山脈の一般的方向に斜交する変動帯に包含され、褶曲生成の横圧力の場とその一般的方向を歪めるような変形運動の場とが重複する地帯に置かれることとなった。
- 2) 必然的にこの応力の場に対応する一群の断層裂罅系が生成され現在角閃石モンゾニ斑岩にて代表されるマグマの進入が誘発され、母岩の地質構造に非調和的に進入したこのマグマが大量の母岩を捕獲同化し、その混成作用の結果この部分だけは黒雲母で特長づけられた黒雲母・石英モンゾニ斑岩なる一変異相を生ずるに至った。更に、この変異相の部分に限り銅元素の集中が行われ、ポーフイリー・カッパーとなったものと解される。

3) 顕微鏡観察の結果では、銅鉱物の生成は既に黒雲母斑岩晶出の末期から始まっており、当時なお流動体であった石基中にも当然銅鉱晶出の芽生えがあったものと察せられ、石基の固化と共にこれら銅鉱物は石基中にとじ込められいわゆる鉱染状銅鉱を生成したと考えられる。石基固結後は母岩中に発生した裂罅群が鉱化物質の移動あるいは沈殿の場となり、いわゆる含銅細脈群の生成をもたらしたものである。

(4) 地質構造に非調和的な角閃石モンソニ斑岩の貫入、斑岩の変異相の生成、及び銅元素の集中との一致という現象は Michiquillay 地域に限れば現在の Michiquillay 鉱床の占める位置にのみ見られる現象であって、他の部分での角閃石モンソニ斑岩の進入形式は寧ろ母岩の地質構造に調和的であり、その及ぼした鉱化作用も石灰岩、石灰質堆積岩に対する高熱交代性のものであり、観察された限りでは、すべて局所的且つ小規模である。

(5) 以上により Michiquillay 鉱山においては、今回の鉱床調査終了をもって、おおむね探鉱段階を終ったと考えて良いであろう。今次調査によって得られた 3,500 m 坑準の鉱質に関する諸性質は、開発の初期に採掘される鉱石中に予想される諸性質を網羅しているので、生産計画策定上の参考になるものと思われる。

総 論

第1章 序 論	6
1-1 調査目的	6
1-2 調査概要	6
1-3 調査団員	8
第2章 調査地域の地理的環境	9
2-1 位 置	9
2-2 交 通	9
2-3 風 土	9
第3章 一般地質	11
3-1 広域的地質鉱床環境	11
3-2 鉱山地域の地質	11
第4章 地質構造	18
4-1 北部ペルーの構造異常-カハマルカ・トレンド (Cajamarca trend).....	18
4-2 鉱山地域の地質構造	18
第5章 鉱床地質	28
5-1 序	31
5-2 鉱化作用の形式	31
5-3 母岩の変質	35
5-4 天水性富化作用	37
5-5 鉱質に就て	37
5-6 鉱化モンソニ岩の化学成分の変化	39
5-7 鉱床の地質構造史	46
第6章 今後の調査及び将来への展望	47
6-1 新鉱床探査の問題	47
6-2 開発と鉱質の諸問題	47

Tables

Table 3-1	Geological Column of the Michiquillay Area, Cajamarca, Peru	14
Table 5-1	Microscopic Observations	30
Table 5-2	Chemical Composition and its calculated Composition of Quartz Monzonite Porphyry from Michiquillay Deposit, Peru	40
Table 5-3	Calculated Chemical Composition of Rocks and its NORM from Michiquillay Deposit	41

Figures

Fig. 1	Location Map	ii
Fig. 4-1	Regional Geological Map of Cajamarca Area	12
Fig. 4-2	Diagrammatic Explanation How to Deform the Andean Trend into Cajamarca Trend	19
Fig. 4-3	Geological Sketch of Upper Stream of the West River ..	24
Fig. 4-4	Geological Sketch of the East River	25
Fig. 4-5	Geological Profile of Michiquillay Deposit	26
Fig. 4-6	Geological Sketches of Magnetite Mineralization on the Up-stream of West River, Magnetite Hill and Drill Holes	27
Fig. 5-1	Paragenesis on Mineralization and Alteration	29
Fig. 5-2A	Contour Diagrams Showing Frequency Distribution of Fractures in Each Cross Cut on L-3500 m	33
Fig. 5-2B	Fracture Pattern and its Frequency on Level 3500 m Michiquillay Ore Deposit	34
Fig. 5-3	Zonal Distribution of Supergene Alteration on Level 3,500 m Michiquillay Ore Deposit	38
Fig. 5-4	The Relation between SiO ₂ and the Other Components ...	43
Fig. 5-5	Relation between SiO ₂ and the Other Components, based on the Modified Chemical Compositions	44
Fig. 5-6	K ₂ O-CaO-MgO System by Modified Components	45

APPENDICES
GEOLOGICAL DATA

- A-1 List of Rock Samples
- A-2 Locality Map of Rock Samples on Level 3,500 m, Michiquillay Ore Deposit
- A-3 List of Microphotographs Thin Sections
- A-4 List of Microphotographs Polished Sections
- A-5 Chart of Xray Diffraction Analysis
- A-6 Photographs of Fossils
- A-7 Flowsheet of Preparation of Assay Samples
- A-8 Flowsheet of Chemical Analysis
- A-9 Comparison of Ore Grades between Cross Cut No.1 and Underground Drill Hole No.4
- A-10 Comparison of Assays between C.R.L. and Plenge C.R.L. :
Central Research Laboratory of Mitsui Mining and Smelting Co., Tokyo.

Appendices (are in pocket)
Geological Data

Plate 1	Underground Fracture and Alteration Map of the 3,500 m Level 1 : 1,000
Plate 3-1	Geological Map of Michiquillay Area 1 : 10,000
Plate 2 Sheet 1	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 1 1 : 200
Plate 2 Sheet 2	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 2 1 : 200
Plate 2 Sheet 4	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 4 1 : 200
Plate 2 Sheet 5	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 5 1 : 200
Plate 2 Sheet 6	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 6 1 : 200
Plate 2 Sheet 7	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 7 1 : 200
Plate 2 Sheet 8	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 9 1 : 200
Plate 2 Sheet 9	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 10 1 : 200
Plate 3-1-1	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 3 1 : 200
Plate 3-1-2	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 11 1 : 200
Plate 3-1-3	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 12 1 : 200
Plate 3-1-4	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 13 1 : 200
Plate 2 Sheet 10	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 14 1 : 200
Plate 3-1-5	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 15 1 : 200
Plate 3-1-6	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 16 1 : 200
Plate 3-1-7	Geological and Assay Log of Underground Drill Hole No. 17 1 : 200

Plate 5 Sheet 1	Geological and Assay Log of Surface Drill Hole No. 1 1 : 200
Plate 5 Sheet 2	Geological and Assay Log of Surface Drill Hole No. 2 1 : 200
Plate 3-1-8	Geological and Assay Log of Surface Drill Hole No. 3 1 : 200
Plate 3-1-9	Geological and Assay Log of Surface Drill Hole No. 8 1 : 200
Plate 3-2-1	Underground Geological Sketch and Assay Map of Cross Cut No. 1 1 : 200
Plate 3-2-2	Underground Geological Sketch and Assay Map of Cross Cut No. 2 1 : 200
Plate 3-2-3	Underground Geological Sketch and Assay Map of Cross Cut No. 3 1 : 200
Plate 3-2-4	Underground Geological Sketch and Assay Map of Cross Cut No. 4 1 : 200
Plate 3-2-5	Underground Geological Sketch and Assay Map of Cross Cut No. 4A 1 : 200
Plate 4	Underground Geological Sketch and Assay Map of Raise No. 2, 3 and 6 1 : 200
Plate 3-2-6	Underground Geological Sketch and Assay Map of Raise No. 2, 3 and 5 1 : 200
Plate 4-1	Alteration Map of the 3,500 m Level Michiquillay 1 : 3,000
Plate 4-2	Assay Map of Michiquillay Deposit on Level 3,500 m 1 : 1,000
Plate 4-3	Assay Spectra of Cu and MoS ₂ on Level 3,500 m Michiquillay Ore Deposit 1 : 3,000

総 論

第一章 序 論

1-1 調査目的

本調査は、ペルー共和国政府の要請に基づき、同国に所在するMichiquillay (ミチキジャイ) 鉱山の鉱床に対し、坑道掘進及び坑内外ボーリング工事を行って、本鉱床に関する基礎的な地質資料を採集し、Michiquillay 鉱山の合理的開発計画、立案に資することを目的として実施された。

1-2 調査概要

本調査において行われた工事は坑道掘進、坑内水平ボーリング、坑外垂直ボーリングより成る。この大半はMichiquillay 鉱床本体の調査のために実施され、一部鉱床周辺の鉱化作用未確認地区の調査のために実施された。又坑内の工事は専ら、かつてAmerican Smelting and Refining Co. (ASARCO) が掘さくした 3,500 m 準坑内において実施された。

1-2-1 坑道掘進

既存の水平坑道(3,500 m 準、延長約 1,000 m)を根幹として、これより 5 箇所において立入坑道を掘進し、併せて 4 箇所において鉱床の垂直的变化を調査する目的で切上り坑を掘進した。又その総延長は 1,240 m (切上り坑 170 m を含む)に達した。新しく掘進された坑道に対しては、水平坑道においては天盤と、一側壁の縮尺 1/200 の地質スケッチを行うと共に、規則的に分析試料を採取し、縮尺 1/200 の坑道地質図及び品位図としてまとめた。又切上り坑においては一側面のスケッチ及び分析試料採取を行い、縮尺 1/200 の切上り坑地質図及び品位図としてまとめた。

1-2-2

3,500 m 準の根幹坑道及び新たに掘進された立入坑道より 16 箇所において諸方向に又水平に掘進し、立入坑道とあいまって鉱床内の調査密度を極力高めるように努めた。

掘進総延長は 1,893.72 m に達した。ボーリングコアは縮尺 1/100 にてスケッチされ併せて規則的な分析試料採取が行われ、結果は縮尺 1/200 の地質及び品位の柱状図としてまとめられた。

1-2-3 坑外ボーリング

坑外 4 箇所において実施され、すべて垂直に掘進された。内 1 孔は鉱床本体に対して行われ

たが、他の3孔は鉾床本体周辺の鉾化作用未確認地区の調査に充てられた。掘進総延長は706.28 mに達した。又坑内外掘進長は合計2,600 mとなった。コア鑑定の結果は全く坑内ボーリングと同じ手法によってまとめた。

1-2-4 総合解析

現地調査より得られた諸資料に基づき、鉾床の地質構造、変質、品位分布等総合的な解析を行った。

なお本調査によって採取、調整された分析試料数は坑道より496筒(内85筒は複合試料)、ボーリングコアより832ヶ(内143筒は複合試料)合計1,328筒(内複合試料228筒)である。

1-3 調査団員

各年度別調査団員を次に示した。

昭和48年度調査団員			昭和49年度調査団員		
団 長	大倉長喜	三井金属エンジニアリング株式会社	団 長	大倉長喜	三井金属エンジニアリング株式会社
総括及び 渉 外	島谷幸雄	"	総括及び 渉 外	島谷幸雄	"
	向井靖雄	"		安部三郎	"
	松村作楽	"		角 孝文	"
	長谷川隆	"		長谷川隆	"
坑道掘さく	塚中邦彦	"	坑道掘さく	塚中邦彦	"
ボーリング	下田春吉	"	ボーリング	下田春吉	"
地質調査	佐藤 弘	"	地質調査	岩船達三	"
	浜 博也	"		佐藤 弘	"
	亀沢 稔	"		浜 博也	"
				亀沢 稔	"
48年 カウンター パート	Samuel Guia Canales	ペルー共和国鉱山公社	49年 カウンター パート	Fernando Castilla Barrios	ペルー共和国鉱山公社
"	Fernando Castilla Barrios	"	"	Hector Zarate Olazabal	"
"	Hector Zarate Olazabal	"	"	Felix Valencia Ponce	"
"	Felix Valencia Ponce	"	"		

第2章 調査地域の地理的環境

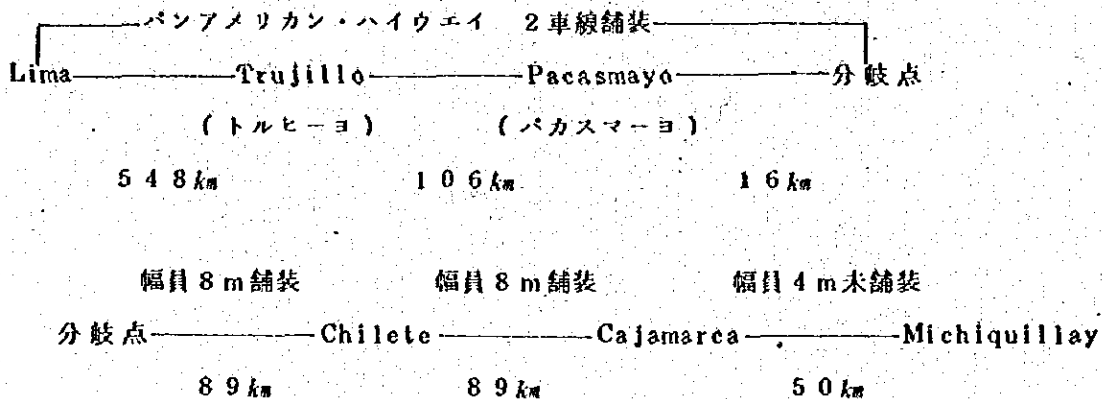
2-1 位置

Michiquillay 鉱山の所在する Cajamarca (カハマルカ) 県は、北は Ecuador (エクアドル) と国境を接し、西は Piura (ピウラ) 県及び Lambayeque (ランバイエケ) 県と、南は La Libertad (ラリベルター) 県と、東は Amazonas (アマゾンナス) 県と接している内陸県である。

Michiquillay 鉱山は、本県の南東部 Cajamarca 郡 Encañada (エンカーニャダ) 地区にあり、ほぼ南緯 7° 、西経 $78^{\circ} 20'$ に位置する。県庁所在地の Cajamarca 市は鉱山の西南西約 25 km にある。

2-2 交通

Michiquillay 鉱山の所在する北部アンデス地域は現在道路整備事業が進められており、首都 Lima (リマ) より県都 Cajamarca までは、ほぼ完全にアスファルト舗装が完成した。Lima より Michiquillay 鉱山までの自動車による道程は下記の通りである。



自動車によれば、Lima より Trujillo まで約 7 時間 Trujillo より Cajamarca までは約 5 時間及び Cajamarca より 鉱山までは約 1 時間、合計 13 時間ほどで Lima より 鉱山に達する事ができる。

一方空路は Lima-Trujillo-Cajamarca 便 (週 3 回、所要時間約 2 時間) 及び Lima-Chiclayo-Cajamarca 便 (週 2 回、所要時間、約 2 時間半) の 2 ルートがあり、計週 5 便が就航している。更に 鉱山所在地が Cajamarca 市に近いこととあいまって、Michiquillay 鉱山はアンデス山中に位置するにもかかわらず至極交通の便がよいといえる。

2-3 風土

Cajamarca 市はインカ帝国最後の皇帝 Atahualpa (アタウルパ) が、1532年にスペイン

ン人の侵略者達により捕われ、翌1533年に Francisco Pizarro (フランシスコ・ピサロ) により、処刑された地であることで有名であり、更にインカ時代からの名高い温泉地(硫黄泉) Los Baños del Inca (ロス・パーニョス・デルインカ) が Cajamarca 市の東方約6km, Michiquillay へ至る道筋にある。Cajamarca 県は35,418km²の面積を有し、太平洋岸の砂漠性乾燥地帯、アンデス山脈北部にあたる山岳地帯、及びアマゾン特有の熱帯雨林の発達するジャングル地帯の三地域に大別される。この地域の山岳地帯は、ペルーアンデス山脈の中でも南部中部アンデス山脈中の山岳地帯とは異なり、比較的標高は低く、平均標高3,000m前後の緩やかな起伏の高原が広がり、盆地部では中部及び南部ペルーに比し、緑豊かな草原となっており、このような地域では牧畜が盛んに行なわれている。Michiquillay 鉱山は、この高原地帯の東部にあり、アマゾン川の最上流に位置する。

本地域の気候は、アンデス高原性であり、乾期雨期に分かれるが、赤道に近いこと及び比較的標高が低いことと相俟って、アンデス山地としては比較的温暖である。通年して結氷は稀であり、気温は、雨期(10月~4月)に高く、乾期(5月~9月)に低い。雨量も年間1,500mm程度で南部高原地帯よりも多い。

第3章 一般地質

3-1 広域的地質鉱床環境

Cajamarca 地域における総合的、地質層序の確立は、Benavides (ベナビエデス, 1956) によりなされ、更に Bellido (ベジード, 1969) により、ペルーにおける地質概況の集約がなされた。更にまた Bellido (1969) (1972) らはペルーにおける鉱床調査結果を集約し、鉱床区の設定を行なった。

彼らの区分によれば、Michiquillay 鉱山は西部アンデス鉱床区中の高原台地 (Altiplano) 多金属鉱床亜区内に位置する。本鉱床亜区に属する鉱化作用は北はエクアドル国境から南はボリビア国境までの広範囲にわたり分布しており、又その鉱化作用は西部アンデス山岳地帯の西側における火山岩中のものと、東側における堆積岩中に生じているものとの二つに分帯される。これら二帯における鉱床は、鉱物組成、生成温度、鉱床形態、等に若干の相違が見られる。火山岩中に見られる鉱化作用は主として浅熱水性であり、Cordillera Negra (コルディエラ・ネグラ) 鉱山帯、Puquio (プキオ) - Cailloma (カイヨマ) 鉱山帯を含んでいる。堆積岩中に見られる鉱床は変化に富み小規模鉱脈より交代鉱床、網状鉱染鉱床などである。本帯に含まれる鉱床は北より南に Sinchas (シンチャス) - Michiquillay, Sayapullo (サヤプーヨ) - Antamina (アントミナ), Hualanca (ワヤンカ) - Oyon Paseo (オヨン・パセオ), Huaron (ワロン) - Morococha 及び Andahuaylas (アンダーワイラス) - Yauli (ヤウリ) などである。

Michiquillay 鉱床は前述の堆積岩中に進入した火成岩体の中に生じたいわゆるポーフリー-カッパー式鉱化作用によるものであり、本鉱床の北には堆積岩中の鉱脈及び石灰岩交代鉱床を主体とする Hualgayoc (ワルガヨック) 鉱化帯があり、北東には鉱脈型鉱床の Punre (プンレ) 鉱山がある。いずれも銅、鉛、亜鉛鉱床であるが、多量の銀を有しており、かつては銀山帯として名高かった。

西部アンデス鉱床区における鉱化作用の大部分は、アンデス造山運動の時期である白亜紀末期第三紀中期及び第三紀末期初頭にあったと解されている。

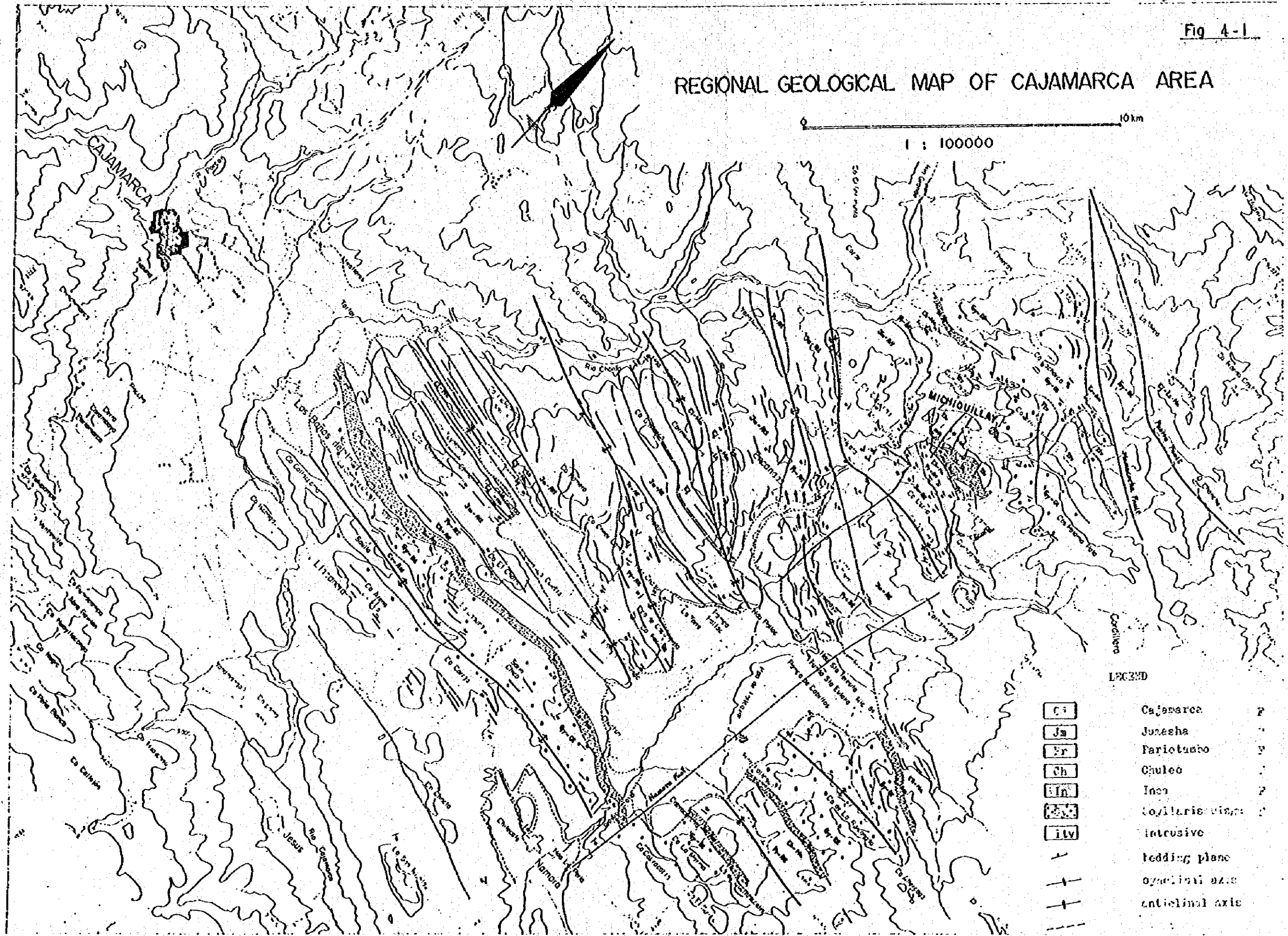
ペルーにおける地質構造は、アンデス山系の伸長方向に一致して配列するという特徴がみられる。地質構造の方向性について考察すれば、二つの特徴的遷移点がみられる。一つは南緯 7° 付近においてであり、他は西経 $71^{\circ} \sim 73^{\circ}$ 間においてである。後者では、 $N 30^{\circ} W$ の方向をもち南下した地層が、この地点では、ほぼ $N 80^{\circ} W$ の方向を有するようになり、更に南下すれば $N 60^{\circ} W$ の方向へと移行し、チリ北部へと連続していく。

3-2 鉱山地域の地質

Fig 4-1

REGIONAL GEOLOGICAL MAP OF CAJAMARCA AREA

10km
1 : 100000



LEGEND

- Ci Cajamarca P
- Ja Juneha P
- Pr Pariotambo P
- Ch Chuleo P
- In Inca P
- Coyllarisuyo intrusion
- itv intrusive
- bedding plane
- synclinal axis
- anticlinal axis

3-2-1 地質構成概観

Michiquillay 地区は Table 3-1 の地質柱状図に見られる如く、白亜紀の大陸成堆積物より海成ないし海成堆積物が厚く集積した地域であり、堆積環境の著しい変化がうかがわれる。すなわち、白亜紀下部においては、珪岩を主体とし、上部に移行するにつれ砂岩、頁岩の互層を経て、頁岩を挟在する石灰岩帯へと変化する。これらの堆積岩類は、Plate 3-1 において観られるように、全体的傾向は WNW-ESE 系の褶曲の繰り返しはあるが、鉱床付近ではほぼ褶曲軸に平行な走向をもち SSW に傾斜するという単純な配列をなす。これらの堆積岩を買いて、鉱床の母岩となった石英モンゾニ斑岩が分布する。この岩体のトレンドもほぼ上記の褶曲軸に沿ったものであろうと推察されるが、氷河堆積物により被覆され、確実な連続は未確認である。この岩体の平面的拡がりには、NW-SE 方向に約 5 km、NE-SW 方向に約 15 km 以上と推定される。

3-2-2 堆積岩類

本地域に産する堆積岩類はほとんど白亜系であり、Bellido (1969)、中村 (1975) によりなされた層序に従って各層を概述する。

(1) Goyllarisquiza (ゴイヤリスクスガ) 層 (層厚約 900 m)

本層は、一般には珪岩及び珪質砂岩より成り、白色ないし、灰色で粒度は中粒ないし粗粒で、時に細粒礫岩となる場合もある。大部分陸成の堆積物である。本地域においては、頁岩薄層を挟在する砂岩及び珪岩より成り、白色ないし灰色を呈する。一般に偽層の発達が顕著である。浸蝕に抗して山岳頂部を形成するときは極めて、特異な景観を示す。

(2) Inca (インカ) 層 (層厚約 100 m)


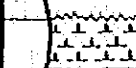
本層は一般に、砂質石灰岩より成り、暗灰色を呈する。部分的に暗色ないし黄色の頁岩を挟在する。本地域においては、極めて著しい岩相変化をし、黄褐色頁岩及び石灰質砂岩より成り、塩基性熔岩流を挟在する。この時期において大陸成より海成への堆積環境の変化があったことを示している。外観が黄褐色を示すことより、この地域の鍵層の役割りを果たしている。鉱山附近にみられる Inca 層は最下底において、石灰岩あるいは石灰質頁岩を有していると思われる。すなわち坑外ボーリング 6 2 孔より、同 6 1 孔に至る山麓沿い Magnetite Hill (マグネタイト・ヒル) 及び西沢北端部において磁鉄鉱を有する gossan (ゴッサン) 帯を確認した。また坑外ボーリング 6 1 においても同様の観察がされた。東沢においては本層上部の砂岩帯が見られるが、この中には標本番号 1303・1305 (Appendices Geology A-6 参照) の如き貝化石が見られる。

(3) Chulec (チュレック) 層 (層厚約 400 m)

Ca Jamarca 地方における本層の一般的特長は、灰色ないし暗灰色石灰岩のほさみを有する暗黄色泥灰岩より成る。

Michiquillay 地域においても同様石灰岩を挟在する泥灰岩より成る。堆積環境としては浅海相

Table 3-1 GEOLOGICAL COLUMN OF THE MICHICULLAY AREA, CAJAMARCA, PERU.

Era	Period	Epoch	Columnar Section	Formation	Remarks
Cenozoic	Quaternary				Glacial deposits and alluvium
	Tertiary		+ + + ?	Intrusion of Quartz monzonite porphyry	K-Ar dates by A.W. Laughlin et al. (1968) 20.6 ± 0.6 m.y. Biotite of the qtz monzonite porphyry from Michiquillay ore deposit 46.4 ± 1.8 m.y. Hornblende of the qtz monzonite porphyry from Michiquillay area
Mesozoic	Upper Cretaceous	Coniácan, Santónian		200m Celendín	Marl with Limestone
		Turonian	+ +	300m Cajamárca	Bluish grey massive limestone
	Lower Cretaceous	Albian	+ +	1200m Jumashó	Alternation of limestone, marl and shale with fossils
			+ +	300m Pariatambo	Grey limestone with bituminous shale
			+ +	400m Chulec	Yellowish grey marl with limestone
	Lower Cretaceous	Hauterivian, Barremian, Aptian	+ +	100m Inca	Brown shale with grey quartzite and muddy limestone
			+ +	900m Goyllarisquiza	Massive quartzite with black shale and andesite sill

より深海相までを含んでいる。

本層下部における、東沢の標本(1306)からは比較的保存のよい *Neithea facalfoi* (Choffat) を採集した。したがって、Michiquillay 地区においては、比較的浅海性堆積環境であったと考察される。

(4) Pariatambo(パリアタンボ)層(層厚約300m)

一般に本層は、暗色ないし、黒色の石灰岩、泥灰岩、頁岩より成り非常に凝青質である。堆積環境は、比較的浅海であったと考えられるが、極めて不安定な場であったと推定される。

Michiquillay 地区においては、ほぼ10cm間隔にて互層する石灰岩、頁岩及び泥灰岩より成る。

(5) Fumasha (フマシャ)層(層厚約1,200m)

Cajamarca 地方における本層は、Guillquinan(ギジュキニャン)層、Pullucana(プジュイカナ)層及びCajamarca層の三層に分層されているが、Cajamarca層の岩相は他の二層と堆積環境が異なるためFumasha及びCajamarca層の二層に分層した。(by Nakamura) Fumasha層は、基底部に頁岩を有する1~2m巾の石灰岩、泥灰岩及び頁岩の互層より成り、小型2枚貝、大型2枚貝化石を多量に産することによって特長付けられる。

Michiquillay 地区においても比較的多量に化石を産し、標本、2904, 2905, 2906, 3001, 3002及び3003に示す。

(6) Cajamarca層(層厚約300m)

ノジュール(nodule)の多い泥灰岩のはさみを有する暗灰色ないし青灰色の塊状石灰岩より成る。地形的に突出した筋を形成しているのが特長的である。

(7) Celendin(セレンディン)層(層厚約200m)

一般に黄色ないし、淡灰色の柔らかい石灰質頁岩より成り、暗灰色の薄い石灰岩のはさみを有する。

Michiquillay 地区では、石灰岩の薄層を有する泥灰岩より成り鉄床付近では全く分布していない。

本地域において採取した化石を Appendices A-6に掲げる。

3-2-3 石英モンソニ斑岩

Laughlinほか(1968)によれば、本岩はK-Ar年代測定によって第三紀中期に進入したものとされている。本岩の斑晶鉱物は、地域的にかなりの変化があり、それにより本岩もほぼ二相に大別できる。1つは角閃石を含む石英モンソニ斑岩であり、他は黒雲母を含む石英モンソニ斑岩である。

(1) 角閃石を含む石英モンソニ斑岩

本岩はMichiquillay 鉄床の周辺に比較的新鮮な形で観察されるが、鏡下における観察に

よれば比較的多くの石英斑晶が融蝕をうけており、斜長石は顕著な累帯構造を示す。正長石は、一部パーサイト構造を有する斑晶として産する場合もあるが、全体としては石基部分を構成する。角閃石斑晶のうちには稀ではあるが顕著な累帯構造を示すものもある。黒雲母斑晶は角閃石に比すれば極く少量である。また微量の緑簾石類も含まれる。石基は、石英、斜長石、正長石より成り細粒で、斑状組織がよく目立つ。副成分鉱物としては、ジルコン及び焼灰石を含む、方解石、絹雲母及び緑泥石により一部斑晶及び石基は破壊されるが全般的には新鮮である。

(2) 黒雲母を含む石英モンゾニ斑岩

(A) 一般的特長

本岩は Michiquillay 鉱床自体及びその極く近傍にのみ見られ、全般的に非常に強い変質を受けている。斑晶鉱物としては非常に強い融蝕をうけた石英、顕著な累帯構造を有する斜長石及び黒雲母が顕著に見られる。また極く稀にパーサイト構造を有する正長石、変質して形骸のみになった角閃石及び緑簾石が観察される。石基には石英、斜長石、正長石及び黒雲母が見られるが、斑晶及び石基はいずれも絹雲母、緑泥石、カオリナイト等に、変化しているのが観察される。鉱床内における、本岩はしばしば石英斑晶の識別できない部分が存在する。坑内調査においては、便宜のため石英斑晶を含む場合には石英モンゾニ斑岩、石英斑晶を含まない場合には、モンゾニ斑岩と記載した。鏡下においてはモンゾニ斑岩の場合、石基の石英はほとんど完全に再結晶しており、斑晶と石基との区別がつけ難い場合が非常に多い。

(B) 黒雲母の生成及び混成現象

鉱体内における石英モンゾニ斑岩は一般に完全な自形を有する黒雲母を特長的に有しており、角閃石は極く稀にその形骸を認め得るのみである。鏡下における黒雲母は鮮明な多色性を有しているが、変質すれば緑泥石、絹雲母及び極く僅かに緑簾石となる。珪化及び絹雲母化の著しい箇所においては普通その形骸のみが残存するが、より強い変質をうけるとその形骸も認め難い。しかしながらほぼ全域にわたり自形黒雲母を確認し得ることより鉱床の母体となった石英モンゾニ斑岩は、黒雲母を含む石英モンゾニ斑岩であると考えられる。自形黒雲母の屈折率 γ (東大工学部による測定値)は 1.6325 ± 0.00003 となり、Wones (1963) の相関式にあてはめ $Mg/Fe = 1.2 \sim 1.7$ の値を得る。

Beane (1974)によれば火成起源の黒雲母は $Mg/Fe < 1$ であり、変質によるものは $Mg/Fe > 1.5$ としており、Michiquillay 鉱床における自形黒雲母は両者の中間に位置する。しかしながら黒雲母は、形状により二種類に分類でき、先述の自形のものとは微小な半自形ないし他形を示すものである。後者は形状より判断すればより後期、すなわち石基形成期の産物であろうと考えられる。石英モンゾニ斑岩は比較的少量の捕獲岩を有する。角閃石を含む石英モンゾニ斑岩中には主として角閃石微閃緑岩質岩 (hornblende microdioritic rock) が見られ、黒雲母を含む石英モンゾニ斑岩中には主として珪岩及び頁岩が捕獲岩として観察される。鉱体を形成する。

黒雲母石英モンソニ斑岩の検鏡によれば μ 4立入及び μ 4A立入において紅柱石を、 μ 3立入にて柘榴石を観察した。これは石英モンソニ斑岩貫入時の泥質岩及び石灰質岩の捕獲による生成物であると考えられる。

以上特徴的な黒雲母の生成、捕獲岩の存在；それに由来すると思われる二、三の変成鉱物の存在等は本岩を生成したマグマの混成現象と見ることができ、元來角閃石をもつ石英モンソニ岩で代表されるマグマが局部的に壁岩をストープ（stope）し、同化したことによる岩相変化であると考えられる。

3-2-4. 氷河堆積物

Michiquillay 地域には鉱床北西部をはじめとして鉱床の周辺に小さいし中規模の氷堆石（Moraine モレーン）や融氷流水堆積物が早期の地質構造を被覆している。これらの堆積物は更新世の氷河作用により堆積したものであり、いわゆる山岳氷河堆積物である。これらの氷河堆積物は後背地の地質を如実に反映しており、礫質及び基質の成分比、その差異が顕著に認められる。例えば鉱床を覆う氷河堆積物には更に高地に露出している石英モンソニ斑岩、珪岩砂岩及び頁岩が主に見られ、西沢においては珪岩、砂岩、石英モンソニ斑岩及び磁鉄鉱を含む gossan（ゴッサン）が見られる。

第4章 地質構造

4-1 北部ペルーの構造異常—カハマルカ・トレンド (Cajamarca trend)

250万分—'Mapa Metalogénico del Perú'(1972)によれば、ほぼ $N30^{\circ}W$ の方向で北上したアンデス山脈の構造—背斜・向斜の軸によって代表されるもの—は、ペルー北部において、その方向を $N60^{\circ}\sim70^{\circ}W$ に転じて、西方へ向うが、更にその北部延長は再び $N30^{\circ}W$ の方向に戻ってエクアドル国境に向い更に国境附近で鋭くその方向をNE方向に転じてエクアドル国内に入る。この $N60^{\circ}\sim70^{\circ}W$ に転ずる地帯は上記地質図に依れば、ほぼ $N30^{\circ}E$ に走る巾約85kmの地帯でアンデス山脈の一般的方向 $N30^{\circ}W$ に斜行して伸びているようである。Cajamarca市よりMichiquillay 鉱山に至る区域も正にこの走向変異帯に含まれて居り、この地域の地質構造上の著るしい特長と見ることが出来る。又いわゆる'Sub-provincia Polimetálica del Altiplano'なる鉱床区——ほぼアンデス山脈の走向に沿って分布するが——に見られる大型鉱床の多くはこのような地質構造の変異部ないしはその近傍に位置することは注目される。よって上記変異部の構造的方向($N60^{\circ}\sim70^{\circ}W$)をCajamarca trend (カハマルカ・トレンド)と呼び、 $N30^{\circ}W$ を示す北部アンデス山脈の一般的構造方向をAndean Trend (アンデアン・トレンド)と呼ぶこととする。

4-2 鉱床区域の地質構造

4-2-1 褶曲構造

地域内の中生層は前述のCajamarca trend たるWNW—ESE方向の軸をもった向斜・背斜褶曲をくり返している。Cajamarca市付近には当地方の最下層たるGoyllarisquiza層が露出し、同市と鉱山間では緩い褶曲をくり返しながそれより若い地層が分布し、鉱山地域で再び最下層が現れるので、この間は全体として複向斜を形成しているものと思われる。

鉱山地域の地層の走向はNW系($N30^{\circ}\sim50^{\circ}W$)、とWNW系($N60^{\circ}\sim75^{\circ}W$)とが細かくくり返しなが全体として $N50^{\circ}\sim70^{\circ}W$ の一般的走向を示している。地層の傾斜は $20^{\circ}NW$ ないし $60^{\circ}NE$ まで変化する。

区域の西部及び東部地域では、局部的に地層の走向がNE—SW方向に変化し、或はNW—SE、ないしE—W方向の軸をもった小褶曲のくり返しが観察されるが、この構造帯を経て更にその西及び東の外側に入ると、再びWNW—ESEの一般的方向になる傾向が現れる。

4-2-2 断層・裂隙の構造

Michiquillay 鉱床において顕著な断層裂隙系はWNW系、EW系及びNNW系である。(1) WNW系、このグループを代表するものは鉱床南部にあるMichiquillay 断層である。この断層は一般走向 $N70^{\circ}W$ 、平均傾斜 $65^{\circ}N$ 、巾約20mの破砕帯を伴う逆断層である。

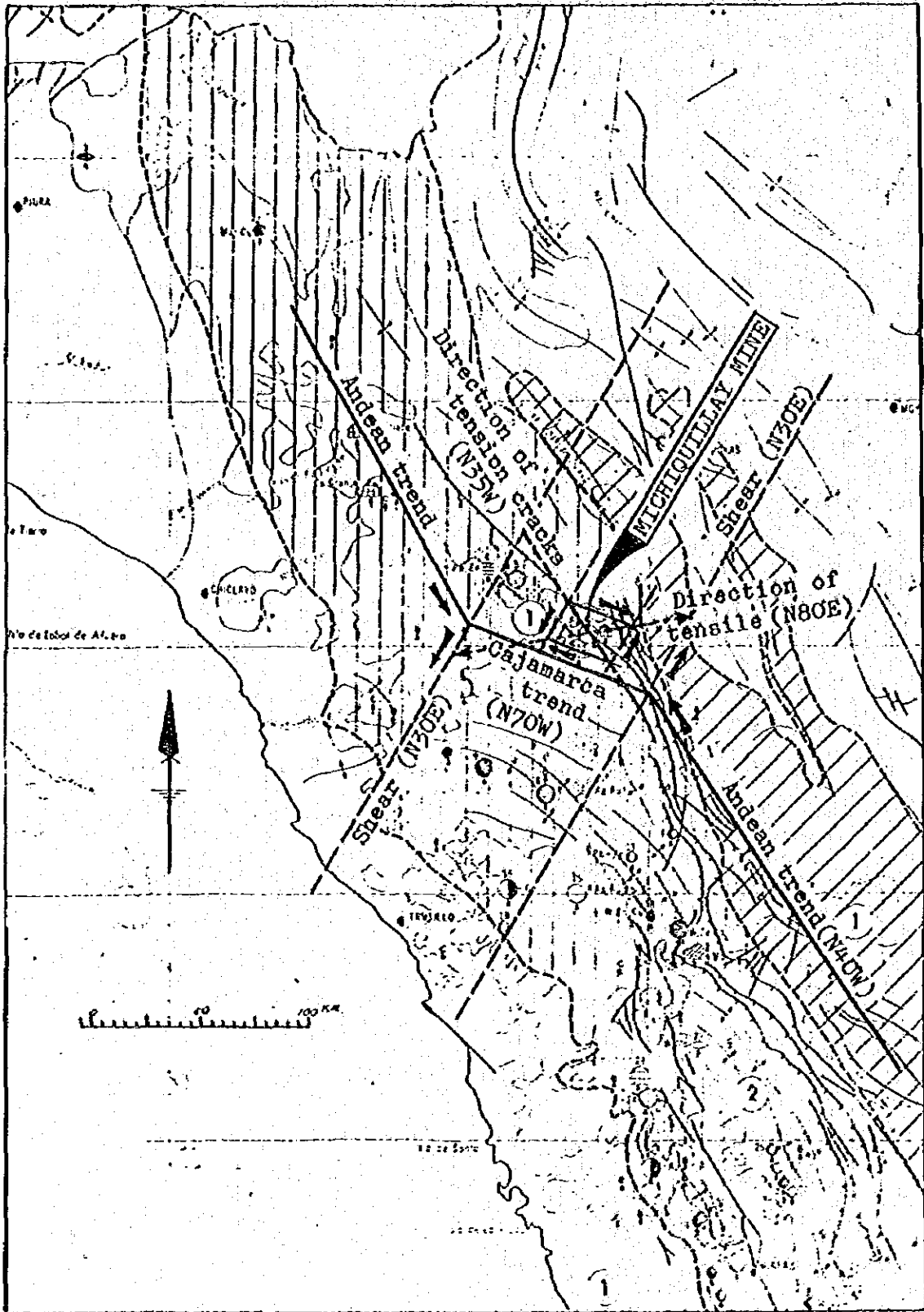


Fig. 4-2 DIAGRAMMATIC EXPLANATION HOW TO DEFORM THE ANDEAN TREND INTO CAJAMARCA TREND

BASE MAP: MAPA METALOGENICO DEL PERU (1972)

Scale 1:2500000

破砕帯は珪岩及び頁岩の角礫及び垂角礫を有し、角礫の最大サイズは 20×30 cmに達するものもあるが平均すれば $3 \sim 10$ cm程度である。基質は黄鉄鉱より由来したと思われる褐鉄鉱より成る。本断層は鉱体附近では石英モンゾニ岩と中生層との境界部に生じており極めて顕著に観察される。しかし鉱体より東西に離れるに従い急激に劣化し不明瞭となる。このようにMichiquillay断層は火成岩の進入を規制していると共に鉱化前の生成でもある。すなわちこの断層の上盤に位置する石灰岩においては柘榴石及びベズブ石スカムが生じており、本断層の熱水期における存在を証拠付けている。

(2) EW系断層、これは鉱体南部においてMichiquillay断層上盤に顕著に観察される。走向はほぼEW、傾斜平均 55° Sであり、巾約2 mの粘土帯を有する逆断層である。この粘土帯中には褐鉄鉱、赤鉄鉱、磁鉄鉱を断層とはほぼ平行な走向・傾斜で観察することができる。したがって本断層は鉱化前の生成と考えられる。

(3) NNW系、ほぼ300 m間隔に規則的に発達する鉱体直上にある断層は、走向 $N20^\circ$ W、傾斜 65° E平均1 mの粘土帯を有しズレ上のfissureと考えられる。比較的よく連続しMichiquillay鉱床における3500 m 準の坑道においても顕著に観察される。この断層も鉱化前の生成と考えられる。

(4) 坑内において観察される裂隙系、坑道スケッチにより記載した裂隙の極をステレオ投影すればFig. 5-2A・Bの如くなる。既存の坑道を含め全坑道における全ての裂隙における最多頻度の平均は $N31^\circ$ E、 67° SEである。これ等はNNE-SWWの圧縮応力の場で生じた展張列解である。

4-2-3. Cajamarca トレンドの生成機構

4-1において述べたようにアンデス山系中Cajamarca・トレンドを示す部分は $N30^\circ$ E方向に走る巾約85 kmの $N30^\circ$ Eのゾーンに含まれるが、このゾーンにおいても著しい構造上の断層をも示さず、方向は変えながらも構造自体は連続している。このことは、この変形、すなわち曲折がアンデス山脈生成期の局所的異変として把握されるべきことを暗示している。すなわちこの造山期において $N30^\circ$ Wのアンデス・トレンドの均一的発生を局所的に阻むような要因——ここでそれを具体的に指摘することは困難であるが——の為にこれに斜交する $N30^\circ$ E方向の剪断帯が発生し、これが東側では北方へ、西側では南方へという偶力的運動を行ったことにより、この間にはさまれた部分は結果的WNW系すなわちCajamarca・トレンドに変ずることを余儀なくされたものと解釈される。

4-2-4 断層・裂隙の生成

(1) 褶曲運動に伴う開裂

4-2-1にて述べたとおりCajamarca-Michiquillay 鉱山間では、 $N30^\circ$ Eの変異帯に含まれながらも、中生層は整然と褶曲をくり返しておりMichiquillay 鉱山地域もこの褶曲構造の一部にすぎない。

この褶曲構造を促した、横圧力は褶曲軸に直角に働き結果としてその褶曲軸の方向に引張り
が働きこれに直角な方向すなわちほぼ横圧力の方向に一群の展張裂罅を生じかつ引張りの方向には逆
断層的な開裂が起る。すなわち

横圧力の方向 ($N 20^{\circ} \sim 30^{\circ} E$) = 展張裂罅 (tension crack)

引張りの方向 ($N 60^{\circ} \sim 70^{\circ} W$: Cajamarca トレンド): 逆断層 (reverse fault)
となり、前者は 4-2-2 (4) に述べた坑内における出現頻度の最も高い、鉛石をもった細脈群で
代表されよう(平均走向及び傾斜 $N 31^{\circ} E$, $67^{\circ} SE$) 後者は Michiquillay 断層によっ
て代表されると考えられる。

(2) Cajamarca・トレンド生成に伴う開裂

4-2-3 (1) に於て述べた $N 30^{\circ} E$ の偶力運動に呼応して、このゾーンに含まれる地塊に
おいては新たに生じたトレンド方向にもう一対の偶力的運動が発生する。その結果として地塊内
の各構造単位領域は 2 組の偶力方向による平行四辺形の場に置かれることとなる。この平行四辺
形の長い方の対角線は引張りの方向を代表し、これが極限に達して破断すると逆断層的な動きを
示す裂罅となる、短い方の対角線方向には、上記の引張の影響で幾つかの破断すなわちテンショ
ン・クラックが発生する。同時に 2 対の偶力方向に平行に 2 組の剪断裂罅をも生ずるに至る。

Michiquillay 地区にて鉱床をほぼ中心として、西方は西沢に沿い走向を $N 30^{\circ} E$ に
変ずる地帯、東方は東沢に沿い同じく走向を NS 系に変える地帯までの東西約 5 km をとり、一方
鉱床の南限を決定している Michiquillay 断層より北方 Punre に至る道路上の Coshoreo 丘
までの約南北約 4 km の領域を、平均トレンド $N 30^{\circ} E$, $N 70^{\circ} W$ として一つの単位平行四辺
形をとれば前述の引張りの方向は $N 80^{\circ} E$ すなわち $E-W$ 系を示し、後者は $N 35^{\circ} W$ すなわち NW な
いし NNW 系となる。これを実際に野外にて求めると、4-2-2 で述べたように

- 1) 引張り方向の裂罅は Michiquillay 断層上盤ブロック中にて鉱床南部に見られる走向 $E-W$, 傾斜 $55^{\circ} S$ がこれの代表的なものと見なされる。
- 2) 剪断力の方向たる NNE 系及び WNW 系について言えば東沢、西沢の走向変化がその端的な
現われであり WNW 系は Michiquillay 断層で代表される。この断層は野外でも認められる明
瞭な逆断層であり、前述のとおり褶曲運動の際の開裂では、逆断層として発生したものが変形の段
階にて更に剪断的な動きを行ったものと解される。一方鉱床の母体たる石英モンソニ斑岩の進入
をもコントロールしていることから見ればこの進入の際のマグマの上方への引張りが更にその動
きを強調している可能性もある。この断層の走向方向への連続性は乏しい模様である。これは、
元来局所的な小断層として発生したものが鉱床付近においてのみ火成岩の進入により局所的にその
落差が強調されたにすぎないものであるかも知れない。

又坑内における NNE 系の細脈群のあるものは盤際に粘土を伴っており、鉱液受入れに好適
なテンションクラック(褶曲に伴う開裂)であったと共に変形段階において NNE 系の剪断面とし

て動いたものと見ることが出来る。

3) 展張裂罅たる NNW 系のものは当然のことながら火成岩の進入を規制している。しかし褶曲運動に伴う開裂としては、剪断裂罅の性格をもつものであり、逆断層的動きを示す断層としても野外で観察されることは 4-2-2 でも述べたとおりである。

以上 2 種の応力の場で行われた開裂はパターンにおいてはほぼ同一と見ることが出来るが、パターンの上で同一と認められる各断層裂罅もそれぞれの力の場で動きの性格を変えていることは注目し得ること、それだけにマグマ・鉍液など流体の受け入れの chance が多かったことが類推される。

4-2-5 地質構造と火成岩進入との関係

石英モンゾニ斑岩の分布形式と形態については次の特長があげられる。

- 1) 鉍床南部において見れば下盤は Michiquillay 断層に沿って分布している。
- 2) 鉍体北部においてはしばしば NNW 系の裂罅に支配されながらも、ほぼ地層に調和的に進入している。
- 3) 鉍体中央に広く、東南部北西部においてすばまったほぼ菱形の分布形態を示す。

これ等の進入時期は主として地質構造の屈曲を引き起した時期であり、その際発生した E-W 系の引張りに応じて生じた NNW 系の展張裂罅の開裂によりその進入は大いに促進されたものと考えられる。

更に鉍体周辺の母岩の小褶曲のブランチは、鉍体の東側では西の方へ、西側では東の方へゆるく傾斜して居り鉍体の部分は、東西系ないし、WNW 系の構造がゆるく下方へ撓曲した部分に相当する。一方鉍体の南側は、北に約 65° 傾斜する Michiquillay 断層に押えられ、北側では母岩は全体として南に傾斜している。このようにして、鉍体部の母岩は、南を Michiquillay 断層で抑えられつつ、鍋底状に凹んだ構造を成していたと考えられる。一方西側、東側によって代表される N-S 系の構造変異帯を境にしてその外側ではブランチは外側へ向うようになる。このような陥没的撓曲が何如なる要因によって生じたかは、十分明らかになし得ないが、明らかに鉍床部の火成岩はこれ等の構造を切っていることが野外において観察されるので、この構造は少なく共鉍床部のマグマの進入前に生じたものである。いずれにしてもかかる撓曲が起れば地層中にはその凹部に下向きに放射状のクラックが発生し、母岩は大小様々なブロックに割られる。マグマがここに上昇した時には、これ等のブロックは多量にマグマ中に捕獲され、いわゆるマグマチック・ストーピング (Magmatic stoping) が起り、マグマは他に比して、より多量の外来岩を捕獲するに至る。この場合捕獲された岩石は

- 1) 珪岩、砂岩等の arenaceous なもの
- 2) 頁岩のごとき argillaceous なもの
- 3) 石灰岩又は泥質石灰岩のごとき calcareous ないしは argillo-calcareous なもの

であったはずである。

これらの岩片は各々の成分に応じマグマと反応して特殊鉱物を生成するに至る。このうち特に著るしいのは黒雲母の生成で鉱床外側部の新鮮なモンゾニ斑岩の珪晶が角閃石で特長づけられているに反して、鉱体部では珪晶、石基共に著るしい黒雲母の生成で特長づけられている。

一方顕微鏡観察により鉱床母岩となっている、モンゾニ斑岩中よりは紅柱石、柘榴石・剛玉・ゾイサイト類・菱鉄鉱等の変成鉱物が発見され、特に紅柱石は坑外でもホルンフェルス化した頁岩中に各所に見出されている。又珪岩の捕獲岩は坑内外で頻繁に見出され、ボーリングのコアの中でも原形をとどめたままの状態で容易に識別される。珪岩の捕獲岩の多くは元来シリカに富むマグマとの反応の機会を失い原形のままで捕獲されているものが多いのであろう。

以上のことは鉱床部において外來岩の捕獲によりマグマが汚染され、その混成作用の結果として黒雲母・石英モンゾニ斑岩なる一異相を生じたことを物語るものである。このような混成現象が起れば、そのバルク成分に応じて新たな平衡に達するまでマグマの中には様々な物理・化学的な変動が起り得るはずであり、それがいかなる内容かは別として重金属の集中、移動すなわち鉱化作用へとつながる出発点となったものではなかろうか。一方この地域の標準的モンゾニ斑岩たる角閃石、石英モンゾニ斑岩は接触部の argillocalcareous rock に磁鉄鉱の小鉱体を形成し、(例、西沢及びマグネタイト・ヒル) 又黄鉄鉱を主とし、黄銅鉱・方鉛鉱・閃亜鉛鉱を伴った石灰岩交代式の小規模鉱化作用を与えている(坑外ボーリング63) にすぎない。

Fig 4-3 Geological Sketch of Upper Stream
of the West River

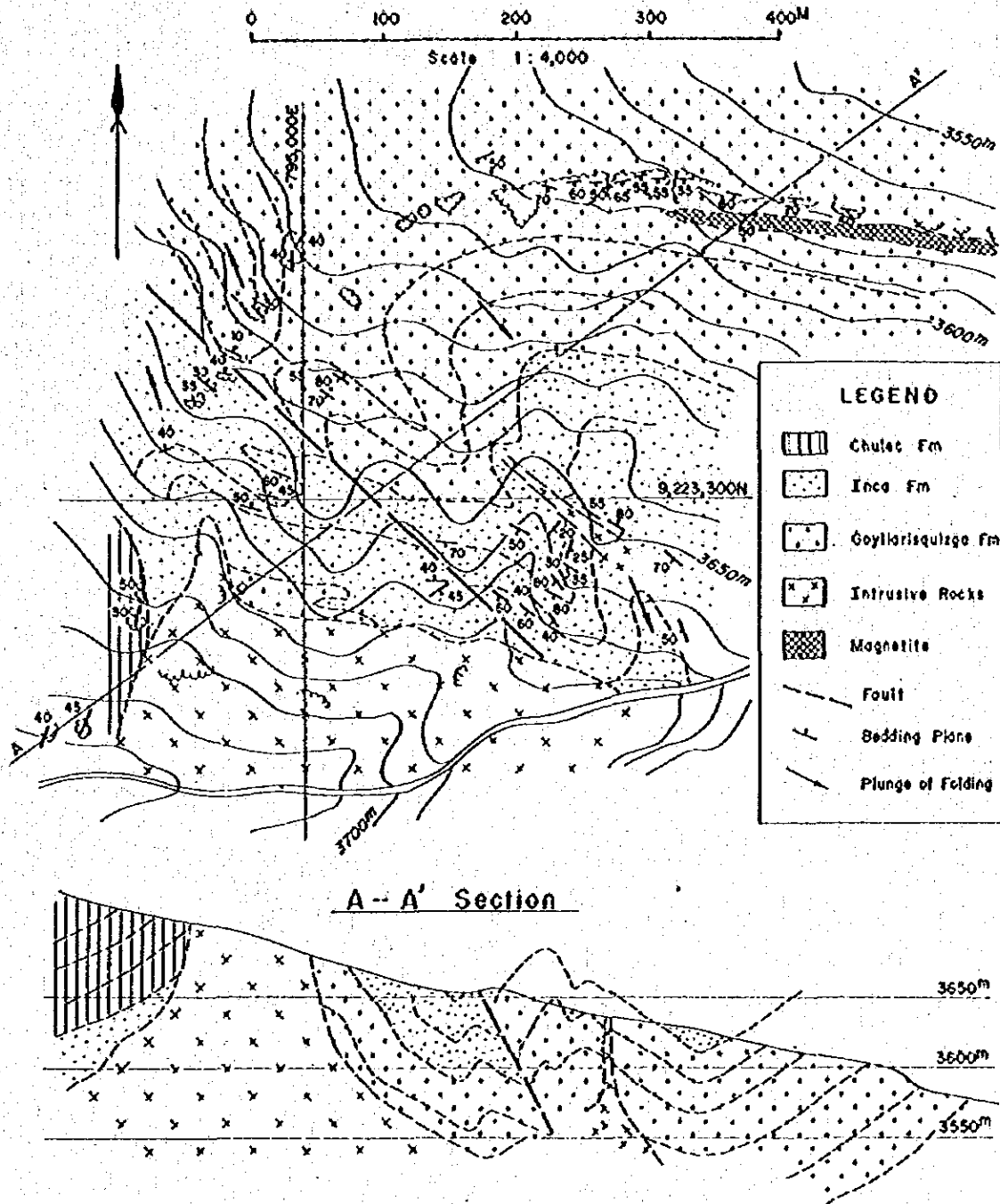


Fig 4-4 Geological Sketch of the East River

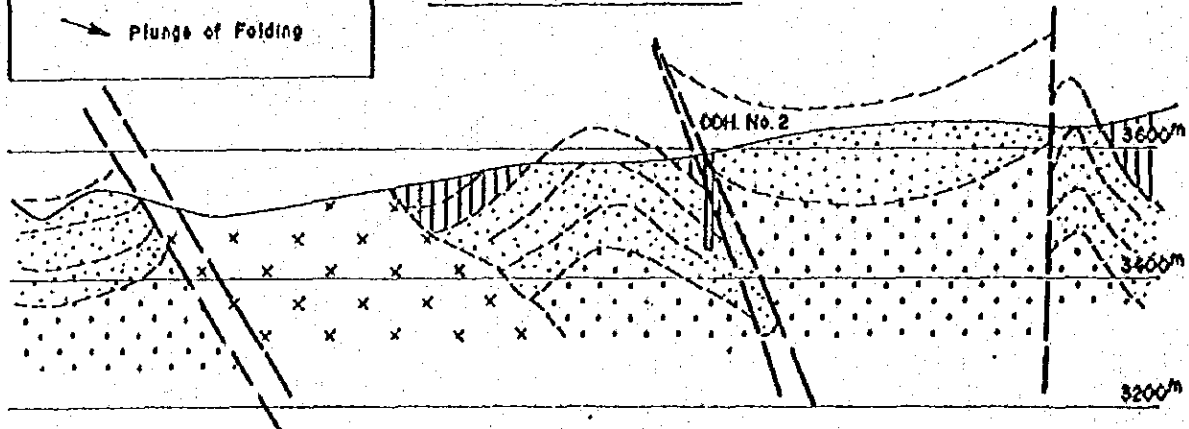
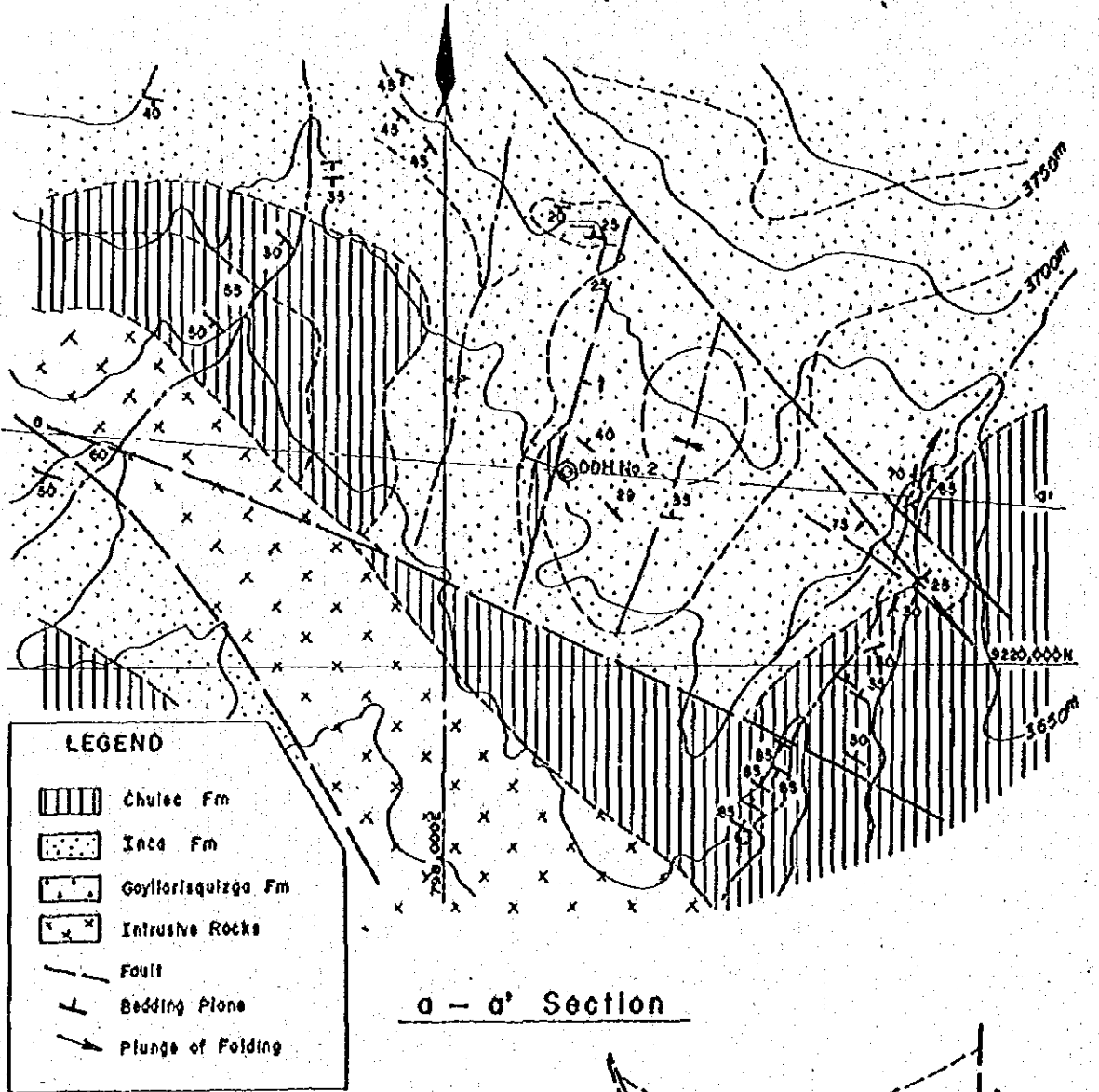
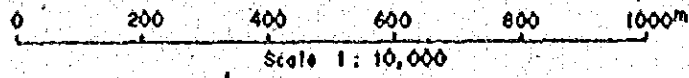


Fig 4-5 Geological Profile of Michiquillay Deposit

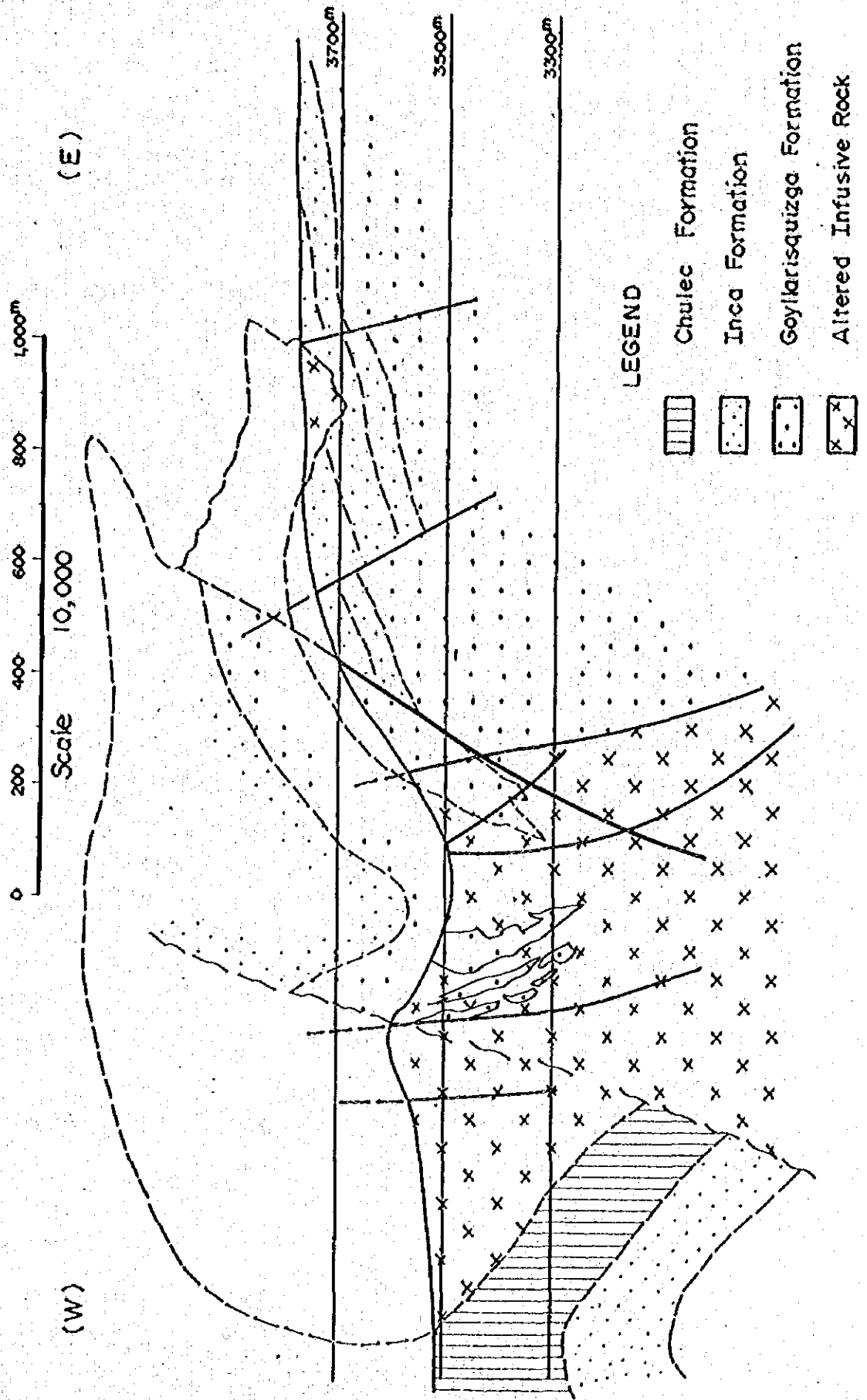
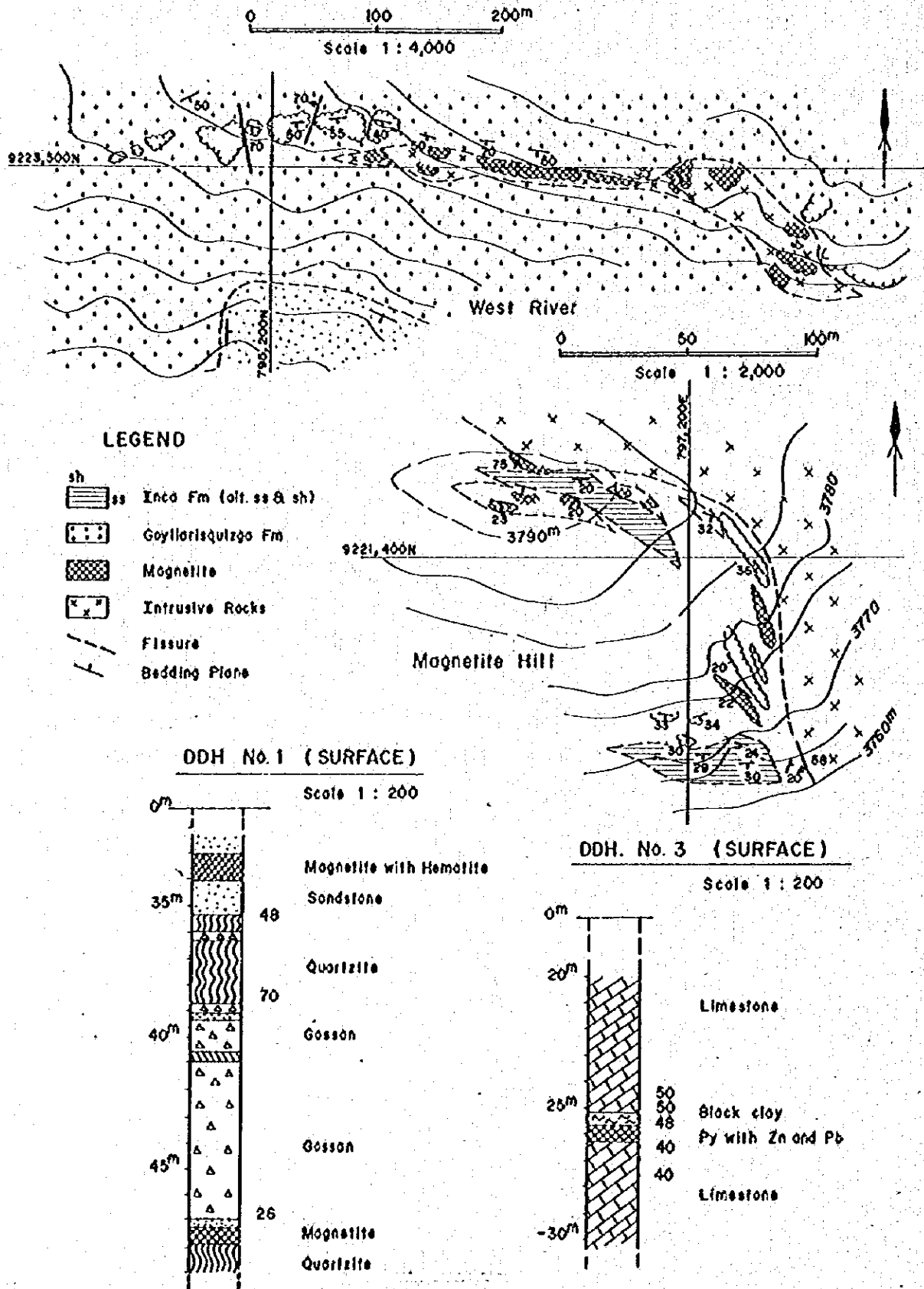


Fig 4-6

Geological Sketches of Magnetite Mineralization on the Up-Stream of West River, Magnetite Hill, and Drill Holes.



第5章 鈦床地質

Michiquillay 鈦床は南部及び北部の二つの鈦化圏の合体により生じたとされている。本調査はこの考えに基づき、既存の坑道より北部鈦体についての一平面（海拔 3,490 m であるが 3,500 m 準と呼称されている。）の研究により他方をも類推するという手法により開始された。以下 Michiquillay 鈦床についての研究成果を記述する。ただし、5-2 以下に述べる Michiquillay 鈦床とは、北部鈦体を意味する。なお、鈦床の母岩たる石英モンソニ斑岩類の肉眼的並びに顕微鏡的記載は第2章に述べたので、本章では省略する。主として顕微鏡観察に基づく鈦化作用と鈦化変質作用に基づく鈦物共生関係については Fig 5-1 に示した。

新規に掘進された坑道及び坑内ボーリング・コナーの顕微鏡観察の結果は一表にまとめ Table 5-1 とした。

		Magmatic stage		Hydrothermal stage	
		Phenocrystic stage	Groundmass stage	Ore bearing veinlets stage	Free from ore mineralization
			Copper dissemination stage		
Rock forming minerals	Quartz	[Peak in Groundmass stage]			
	Plagioclase	[Peak in Phenocrystic stage]			
	K-feldspar			[Peak in Ore bearing veinlets stage]	
	Hornblende	[Peak in Phenocrystic stage]			
	Biotite	[Peak in Groundmass stage]			
	Epidote group	[Peak in Phenocrystic stage]			
Alteration	Sericitization			(Sericite)	
	Silicification			(Quartz)	
	Chloritization			(Chlorite)	
	Kaolinization				(Kaoline)
	Calcification				(Calcite)
Ore minerals	Magnetite	[Peak in Phenocrystic stage]			
	Hematite				[Peak in Free from ore mineralization]
	Pyrite			[Peak in Ore bearing veinlets stage]	
	Chalcopyrite			[Peak in Groundmass stage]	
	Pyrrhotite			[Peak in Groundmass stage]	
	Sphalerite			[Peak in Ore bearing veinlets stage]	
	Enargite			[Peak in Ore bearing veinlets stage]	
	Molybdenite			[Peak in Ore bearing veinlets stage]	

Fig. 5-1 PARAGENESIS ON MINERALIZATION AND ALTERATION

5-1 序

Michiquillay 鉄床についての従来の研究は、Minero-Peru と M. C. C (Michiquillay Copper Corporation) により行なわれたものに集約されている。これらを要約すれば、次のとおりである。

(1) 鉄化作用及び変質作用は、二つの時期に行なわれた。

a) 第1期：中心部に桃色長石・黒雲母を有し、その外周において緑泥石化変質を伴う銅鉄化作用。

b) 第2期：強い珪化及び絹雲母化変質を伴う黄銅鉄・黄鉄鉄・鉄化作用。(中心部に低品位粘土化帯を形成)

(2) 変質帯は黒雲母帯・石英・絹雲母帯・緑泥石帯・粘土帯及び外側帯に分類できる。

(3) Michiquillay 鉄床は、二つの黒雲母化変質帯を中心とする二つの鉄化帯より成る。

(4) 鉄床と地質構造との関係について、斑岩の伸びの方向はWNW-ESE方向であるが、鉄体の伸長方向はNNE-SSW方向である。褶曲生成時の圧縮応力に対応する展張裂罅の方向であり、これらの弱線帯が鉄化作用に関係があった。

5-2 鉄化作用の形成

5-2-1 鉄染状鉄化作用 (dissemination)

Michiquillay 鉄床の母体をなす岩石は、斑晶には自形・大型の黒雲母、石基には小型薄片状 (flaky) の黒雲母をもつ特長のある岩石で黒雲母-石英モンゾニ斑岩と称すべき岩種である。これが当地域の標準的岩種である角閃石-石英モンゾニ斑岩のマグマが進入した際に、大量に壁岩を捕獲・同化したことによって生じた混成作用による一変異相であろうことは既に3-3-4に述べたとおりである。更に著しいことは、自形黒雲母斑晶の或るものは、黄銅鉄・黄鉄鉄の細粒をその周辺部に包有することでしかもその配列は黒雲母の輪廓に同調的であることである。このことはこれ等硫化鉄物の晶出が既に斑晶生成期の末期には始まっていた事を暗示するものである。この頃石基はいまだ流動的 (fluidal) な状態ながらも、中にはかかる鉄物晶出の胎動が始まっていたはずであり、石基の固結と同時にこれ等は石基中にとり込まれ、いわゆる鉄染状 (disseminated) の産状を示すに至ったものと解される。この鉄化期の鉄物組合せは比較的簡単で、黄銅鉄・黄鉄鉄及び極く少量の磁鉄鉄より成り、黄鉄鉄中には稀に磁硫鉄鉄が包有されていることがある。

5-2-2 細脈群の生成

黄銅鉄を始めその他の鉄石鉄物を含む細脈群の生成は当然のことながら、石基の固結以後の事であり、上記鉄染状鉄化作用に引続くものである。この時期の鉄物組合せは、かなり複雑で、

次のようになる。

(1) 黄鉄鉱・黄銅鉱・赤鉄鉱より成り、黄鉄鉱は微硫鉄鉱・黄銅鉱・硫砒銅鉱・閃亜鉛鉱の細粒を包有する。

(2) 黄鉄鉱・硫砒銅鉱・閃亜鉛鉱

(3) 輝水鉛鉱を伴う石英細脈

このうち輝水鉛鉱-石英細脈は最後の時期を代表する。各鉱物生成順序はFig 5-1に模式的に表示されている。

5-2-3 鉱石のフラクチャーコントロール(fracture control)

鉱床内の細脈群は、この地域に分布する裂隙系のすべてのものが存在する。このうち3-3-2で述べたように鉱床内で最も頻繁に出現するのはNNE系でありNNW系がこれに次ぐ。この二つのシステムは褶曲及び変形の場において、剪断裂隙となり同時に展張裂隙ともなったものである。すなわち鉱化作用に対しopeningを提供し得るものであり、細脈としてのこのシステムの出現頻度の高いことは当然であり、ほぼNWに伸びた鉱化帯の形成はこれ等の組合せによる所が多いと解される。これを箇所別に概観すれば(Fig 5-2A, B参照)

(1) 立入坑1においてはNNE-S SW系の裂隙群は走向N18° E・傾斜65° SEと走向N55° E・傾斜61° SEとに高頻度のピークが現われる。すなわち、この両ピークは前者は南部方向への、後者は北部方向への等品位曲線とはほぼ一致する。

(2) 立入坑2においては、ほぼ走向N26° E・傾斜65° E 方向の裂隙の集中が見られる。

(3) 立入坑3においては走向N30° E・傾斜72° NEと走向64° E・傾斜68° SEのピークが観察される。これも同様前者は北部、後者は南部への等品位線の流れに一致している。

(4) 立入坑4においては走向N20° E・傾斜65° SE及び走向N60° E・傾斜72° SEとにピークは観察される。前者は北方よりの後者は南部への等品位線の流れによく一致している。

(5) 立入坑4Aにおいては走向N4° E・傾斜66° E及び走向N51° E・傾斜66° SEにピークは現れており、等品位線の流れもまたこれによく一致する。

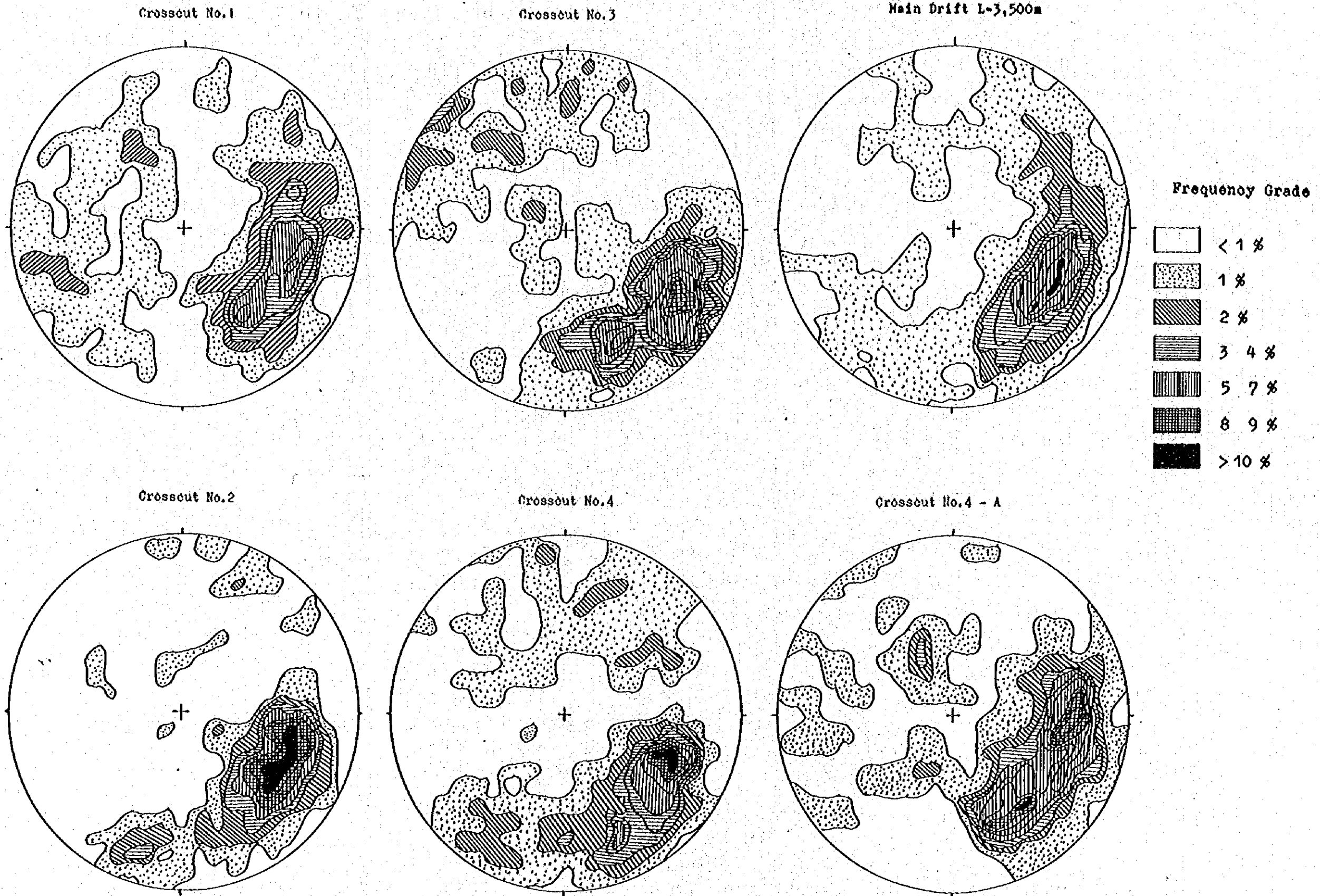
(6) 既存坑道の引立より250 m間における裂隙群についても、走向N14° E・傾斜65° E 及び走向N62° E・傾斜71° SEのピークを有しているが、前者の方向は等品位線には顕著に現れておらず、むしろこの地点ではNNW-SSE系断層方向に沿って分布する。後者は西南方向への流れによく一致している。

NNE-SSE系逆断層とNNE-S SW系裂隙群とのなすブランジの方向はS78° E, 68° S Eとなる。すなわちSEE方向に約70° の「落し」がある。等品位線は鉱床の断面においてはほぼ上記の傾向を認め得る。(Plate 4-3参照)

鉱化作用の形態的特長は、銅鉱化については先に述べた裂隙パターンに沿いほぼ長円形をなし、

Fig 5-2A

CONTOUR DIAGRAMS SHOWING FREQUENCY DISTRIBUTION OF FRACTURES IN EACH CROSSCUT ON LEVEL 3,500m



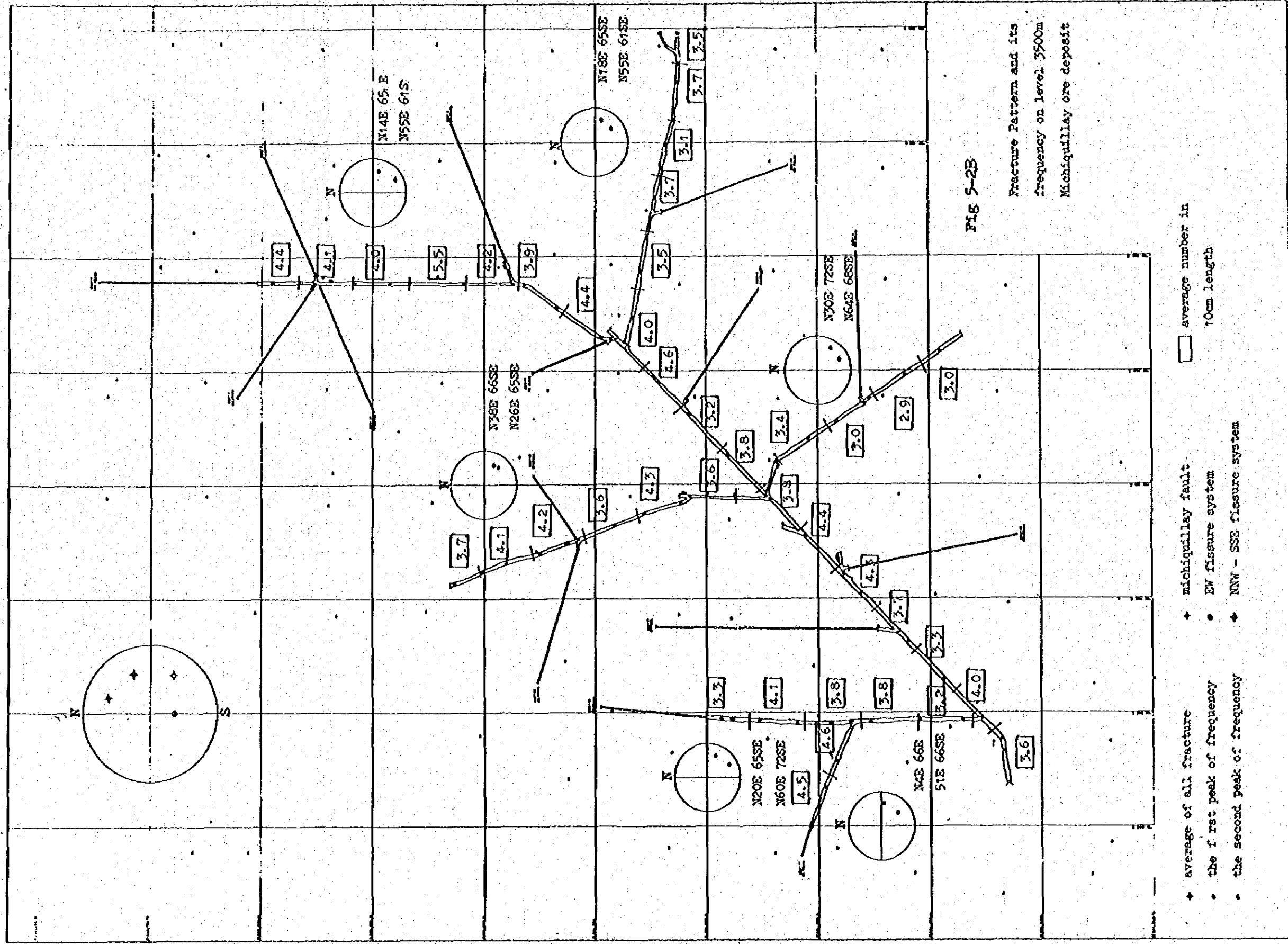


Fig 5-2B

Fracture Pattern and its
frequency on level 3500m
Michiquillay ore deposit

最内帯いわゆる粘土化帯より低品位帯・高品位帯・低品位帯及び無鉄化帯と変化していくが、輝水鉛鉄についてもほぼ同様に最内帯より低品位帯から高品位帯への移行が観察され、ほぼ銅品位分布と似たような配列を成すが、高品位部は銅高品位部の外側よりに位置する。

南部においては非常に高品位の部分が観察されるが、これはMichiquillay 鉄床を形成している南北の二つの鉄化帯の重複によるものと解される。

5-3 母岩の変質

5-3-1 変質帯の帯状配列と黒雲母帯

3,500m 準の坑道及びボーリングコアの地質観察の結果、それぞれ特定の鉄物によって特長づけられた次のような鉄物帯の累帯配列を認めることが出来る。

- (1) 桃色長石の観察される最内帯
- (2) (1)をも含み、これを取り囲む微鉄鉄濃集帯
- (3) 上記2帯をも含みこれを取り囲む黒雲母帯
- (4) 更にこれらを取り巻き、緑泥石のよく観察されるゾーン

これらの累帯配列の分布形態は、次節に述べる粘土化帯の北東部に接して、これを取り囲むような半月形を示す。粘土化帯の南西部に対応する黒雲母帯・微鉄鉄濃集帯及び桃色長石帯は、3,500m 探鉄坑準では探鉄区域外となり観察できず、坑口付近に緑泥石化帯を認めるのみである。

これらすべての帯状分布に重複して珪化・絹雲母化変質がみられ、その分布はほぼ鉄床の形状と一致する。このうち黒雲母帯の黒雲母の生成はマグマと壁岩との混成作用の産物であろうとの考えは、既に述べたとおりである。ただしこの黒雲母特に石基の黒雲母の生成期は、鉄化作用の面から見れば、鉄床状銅鉄化作用の開始期でもあるので、その生成も鉄化作用と切り離しては考えられない。

一方、この黒雲母帯は、他の過激的な鉄化変質帯と帯状配列を成し、これらとの相互関係を論ずる便宜の爲にも一つの変質帯として取扱うこととする。ただし、この場合といえども早期の生成にかかるこれらの黒雲母が一部ないし全部緑泥石・絹雲母等に変質していることも普通に見られるので、その領域の一部は後に働いた鉄化変質作用を重複して受けたはずである。

5-3-2 変質帯相互の関係

珪化及び絹雲母化作用は、密接に伴って現れ、ほぼ全域にわたって観察される。また、絹雲母及び珪化変質による石英もほぼ全域に観察される。換言すれば、これらの作用は鉄化作用のかなり早期から行われていたと考えられる。

また、従来粘土化変質帯と称されていた部分は微細な絹雲母より成りわずかにカオリナイト・モリロン石を含む。

このように顕著に観察し得る粘土化変質は微細絹雲母の生成、すなわち絹雲母化作用による

ものであるので、変質の分帯上正確な意味においての粘土化帯なるものを区画することはできないが、ここでは従来の慣習に従い粘土化変質という語を使用するが、その内容は上記のごときものを指すこととする。

変質の中心を粘土化変質帯を中心として考えるならば、次のような配列が考えられる。

- (1) 最内帯の粘土化変質帯
- (2) これに重複し、更に外側に拡がった珪化・絹雲母化帯
- (3) これらを取りまく黒雲母帯を含む緑泥石化帯

となる。すなわちこの中心から珪化帯・絹雲母帯などが生成される過程において先行して生じた黒雲母帯などの一部領域が部分的に打ち消され、二つの帯状配列の領域がこの粘土化帯を中にはさんで鉱床の伸長方向に相對峙して生成されたとも考えられる。(Plate 4-3)

坑内ボーリングNo. 11孔及び13孔を例にとれば一部桃色長石を觀察しており、また立入No. 4にては一部自形黒雲母を、更にはば全域にわたり赤鉄鉱を觀察している。前二者は上記の打ち消し帯にありながらも既存の帯状配列の一部を残していると考えられ、又、赤鉄鉱は磁鉄鉱の変質による生成物とも考え得る。とすれば次のごとく変質順序を考察し得る。

第1期 珪晶固結期において黒雲母珪晶の晶よりやや遅れて開始された絹雲母化。

第2期 石基固結期に生じた磁鉄鉱・桃色長石及び微細黒雲母の生成時期。

第3期 珪化作用を伴う粘土化変質作用(微細な絹雲母及び一部カオリナイト、更に極く稀にモンモリロン石)の時期である。

すなわち第1期及び第2期に生じていた累帯配列は第3期における珪化及び粘土化作用により微小黒雲母、桃色長石及び磁鉄鉱などの既成鉱物は、それぞれ絹雲母、カオリナイト及び赤鉄鉱に変質し、前節に述べたいわゆる黒雲母帯が半月形形態を示すような帯状配列の蚕蝕が行なわれたものと解される。

珪化作用については珪晶鉱物固結期より石基鉱物固結期にかけても珪酸は豊富に存在し、かつ連続的に他鉱物に種々の作用を与えていたものと思われるが、顕著な石英細脈群として現れ、その周囲の諸鉱物を交代した第3期についてのみ記載した。

5-3-3 鉄化作用と変質作用(要約)

鉄化作用と変質作用は、ほぼ同一時期に活動したと考えられ、両者の関係を概観すれば、次のごとく鉄化変質史をまとめ得る。

- (1) 最内帯よりの黄銅鉄を主体とした絹雲母・珪化変質を伴う鉄化作用の時期、黒雲母帯の一部破壊(鉄染状鉄化期)
- (2) 磁鉄鉱・微晶黒雲母及び桃色長石を有する黄鉄鉄を主体とした鉄化作用の時期(細脈状鉄化期)
- (3) 輝水鉛鉄を伴う珪化作用の時期

(4) (2)にて生じた脈石鉱物を変質させた粘土化変質の時期

となる。すなわち鉱染状鉱化期においてはほぼ鉱床の形態は完成し、ほぼ、現在見られるごとき解分分布をなしていたと思われる。

細脈状鉱化により更に、銅品位の上昇を促し、(4)における粘土化作用により(1)、(2)により形成された果帯配列を破壊中断し、現在のごとき南北に対峙するがごとき変質帯のパターンをとるに至ったと考えられる。

5-4 天水性富化作用

天水性変質作用に伴う富化作用は、本鉱床の南西部において、顕著に認められる。黄銅鉱に対する輝銅鉱・斑銅鉱及び銅藍の割合により分類すると、坑道の奥部から坑口に向って、

- (1) 輝銅鉱・斑銅鉱及び銅藍が認められない部分。
- (2) 輝銅鉱・斑銅鉱及び銅藍の量比が黄銅鉱より少ない部分。
- (3) 輝銅鉱・斑銅鉱及び銅藍の量比が黄銅鉱より多い部分。

の3帯に分帯できる。これらに初生鉱化帯・漸移帯及び富化帯及び坑口付近において観察される銅鉱物の全く観察されない部分を溶脱帯と名付けた。これを図示すればFig 5-3のごとく表わされる。

形態的には、次のごとき特長が見られる。

- (1) 初生鉱化帯は深部において現われる。
- (2) 富化帯は、ほぼ地形に沿ってほぼ一定深度(平均約55m)に現れ、かつ裂隙系に一部支配されている。
- (3) 漸移帯は富化帯の内側に位置し、断層及び裂隙系に強い影響をうける。

富化帯及び漸移帯における銅鉱物は黄銅鉱・輝銅鉱・斑銅鉱及び銅藍である。黄銅鉱は初生鉱化の産物であり、後3者は、天水性富化作用によるものである。黄銅鉱と輝銅鉱・斑銅鉱・銅藍との関係は、一般に中心部に黄銅鉱、それより外側に向い斑銅鉱・銅藍及び輝銅鉱の順に配列する。一般に富化帯外側に向かうにつれ、輝銅鉱が優越し、富化帯内側及び漸移帯においては輝銅鉱は極く薄い被膜であり、主に銅藍及び少量の斑銅鉱より成る。いずれの場合もこれら4者が同一鉱物粒中に、いくつかの鉱物組合せとなって、観察されるのが特徴である。

5-5 鉱質について

Milchiquillay 鉱床における母岩は3,500m 準においては、すべて石英モンソニ斑岩である。石英モンソニ斑岩は、珪化作用、絹雲母化作用及び粘土化作用をうけており、また自形黒雲母及び微小黑雲母を含む部分も存在する。

これら変質帯における銅鉱物は、ほとんどすべて黄銅鉱である。黄銅鉱は鉱染状及び細脈状にて

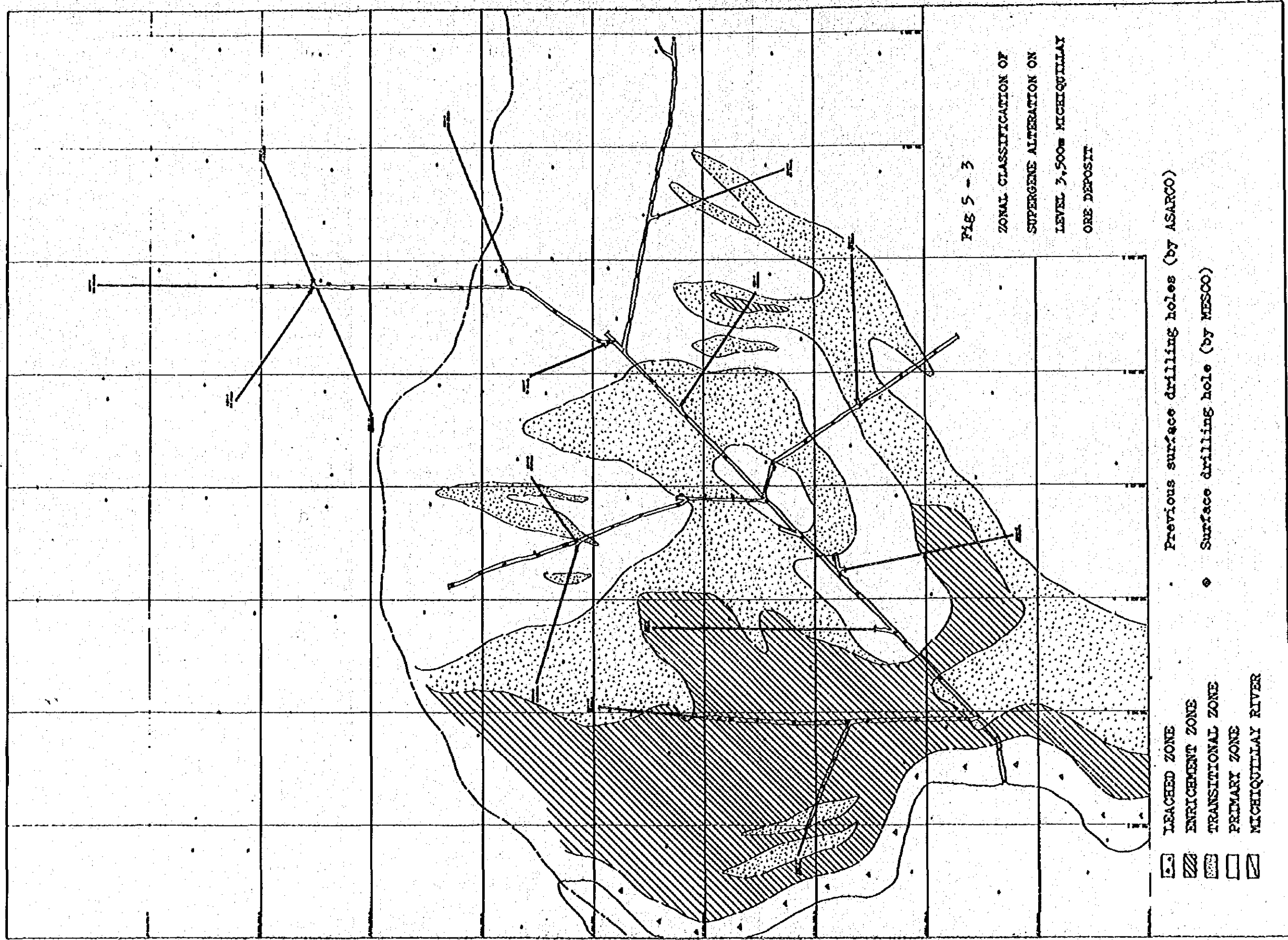


Fig 5 - 3

ZONAL CLASSIFICATION OF
SUPERGENE ALTERATION ON
LEVEL 3,500m MICHIQUILLAY
ORE DEPOSIT

- ▣ LEACHED ZONE
- ▤ ENRICHMENT ZONE
- ▥ TRANSITIONAL ZONE
- ▦ PRIMARY ZONE
- ▧ MICHIQUILLAY RIVER
- Previous surface drilling holes (by ASARCO)
- ◉ Surface drilling hole (by MESCO)

産するが、鉄染状の産状が卓越する。一般に鉄染状に産する黄銅鉄は、平均粒径0.2~0.3 mmを有し、細脈中の場合はやや小さく0.1~0.2 mmである。一般に鉄染状黄銅鉄は単体で産する事が多く、細脈中に産する黄銅鉄は黄鉄鉄の外周あるいは黄鉄鉄中に産する。黄鉄鉄中に見られる黄銅鉄の平均粒径は0.05 mmであるが量的には微小なものが多い。

鉄染状黄銅鉄及び細脈中の黄銅鉄は天水性交質作用により輝銅鉄、斑銅鉄及び銅藍に変化する。富化帯における黄銅鉄はほとんどすべて鉄物粒の内側より外側に向って斑銅鉄、銅藍及び輝銅鉄の被膜を有する。量的には、銅藍、輝銅鉄及び斑銅鉄の順に減少する。漸移帯における二次富化鉄物は、斑銅鉄が主に観察される。また時には、黄銅鉄あるいは、黄鉄鉄の外周に厚さ0.003~0.004 mmほどの輝銅鉄が、被膜状に産する場合もある。一般に、漸移帯及び富化帯中における二次富化鉄物は、平均粒径0.2~0.3 mmの中に、黄銅鉄を含め、他の三種の二次鉄物が同一鉄物粒の中に共存する。

更に本鉄床においては黄鉄鉄を全般に産する。特に黄鉄鉄細脈の発達する粘土化帯の周囲においては、黄鉄鉄は15% (面積比) に達することもあるが、全般的には約5% (面積比) 程度である。

化学分析値を用い分子ノルムにより計算された黄鉄鉄の含有量は、黒雲母帯においては0.2~0.3%、珪化帯においては18.5%及び絹雲母化帯においては6.1~7.2%の値をとる。

またMichiquillay 鉄床において特記すべき点は経時変化による緑色酸化銅鉄の生成があげられる。最も変化の激しい部分では約2週間にて緑色酸化銅鉄があらわれ、ほぼ2ヶ月で全面的に産するようになる。坑外における貯鉄の鑑察においては、雨が降れば約1ヶ月ほどで緑色酸化銅鉄の生成が確認できる。

5-6 鉄化モンソニ斑岩の化学成分の変化

原岩を代表するものとして、鉄床北東部Magnetito Hill の磁鉄鉄鉄床を生成した角閃石石英モンソニ斑岩(0205)を、黒雲母帯(桃色長石・磁鉄鉄帯を包含)にて立入床1の1818・1432を、絹雲母化帯より立入床4Aの5221を珪化帯より立入床2の2508を、及び珪化絹雲母化の共存する立入床3の3515を化学分析し、その成分変化を追求した。

分析値はTable 5-2 上段に示す。鉄体内試料である1818, 1432, 5221, 3515及び2508については硫化物の存在のためFeOの定量が出来ず、全鉄をFe₂O₃として表わす。Cu及びSを黄鉄鉄・黄銅鉄あるいは黄鉄鉄・銅藍として消費し、残余の鉄成分を鉄体外の新鮮な石英モンソニ斑岩である0205に見られるFeO及びFe₂O₃の比に対応させてそれぞれに分配するとTable 5-2 下段のごとく計算され、その合計もほぼ100%前後に分布する。更にTable 5-2 下段の計算された化学成分より硫化物を差し引いた残余のものについて各成分の百分率を求めそのノルムを計算するとTable 5-3のごとく示される。

Sample No.	0205	1818	1432	2508	5221	3515
SiO ₂	59.72	62.13	62.35	63.45	66.57	68.21
TiO ₂	0.55	0.52	0.61	0.37	0.50	0.55
Al ₂ O ₃	17.49	16.18	16.72	9.26	14.33	15.05
FeO	2.59					
Fe ₂ O ₃	3.10	6.12*	4.54*	15.40*	5.48*	5.28*
MnO	0.14	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01
MgO	2.06	2.24	2.57	0.36	0.92	0.58
CaO	5.12	3.27	0.80	0.06	0.03	0.04
Na ₂ O	3.83	3.28	1.87	0.16	0.23	0.18
K ₂ O	2.55	3.23	6.14	3.14	5.37	4.88
P ₂ O ₅	0.23	0.25	0.21	0.07	0.22	0.07
Cu		0.33	0.55	0.49	1.99	0.47
S	0.01	0.38	0.68	7.52	3.33	3.15
H ₂ O +	2.75	1.73	2.26	2.40	2.05	2.18
H ₂ O -	0.41	0.58	0.48	0.45	0.25	0.40
Total	100.13	100.27	100.18	103.14	101.28	101.05
SiO ₂		62.13	62.35	63.45	66.57	68.21
TiO ₂		0.52	0.61	0.37	0.50	0.55
Al ₂ O ₃		16.18	16.72	9.26	14.33	15.05
FeO		2.38	1.66	2.52	1.15	0.65
Fe ₂ O ₃		2.96	1.92	3.12	1.36	0.72
MnO		0.03	0.04	0.01	0.01	0.01
MgO		2.24	2.57	0.36	0.92	0.58
CaO		3.27	0.80	0.06	0.03	0.04
Na ₂ O		3.28	1.87	0.16	0.23	0.18
K ₂ O		3.23	6.14	3.14	5.37	4.88
P ₂ O ₅		0.25	0.21	0.07	0.22	0.07
H ₂ O +		1.73	2.62	2.40	2.05	2.18
H ₂ O -		0.58	0.48	0.45	0.25	0.40
Sub Total		98.78	97.99	85.37	92.99	93.52
Fe**		0.39	0.56	6.61	1.79	2.74
Cu**		0.33	0.55	0.49	1.99	0.47
S**		0.38	0.68	7.52	3.33	3.15
Grand Total		99.88	99.78	99.99	100.27	99.88

* Total iron as Fe₂O₃

** to be allocated for pyrite, chalcopyrite, covellite.

Table 5-2 Chemical composition and its calculated composition of quartz monzonite porphyry from Michiquillay Deposit, Peru.

Sample No.	0205	1818	1432	5221	3515	2508
SiO ₂	59.72	62.90	63.63	71.59	72.94	74.32
TiO ₂	0.55	0.52	0.62	0.54	0.59	0.43
Al ₂ O ₃	17.49	16.38	17.06	15.41	16.09	10.85
FeO	2.59	2.41	1.69	1.24	0.70	2.95
Fe ₂ O ₃	3.10	3.00	1.96	1.46	0.77	3.66
MnO	0.14	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01
MgO	2.06	2.27	2.62	0.99	0.62	0.42
CaO	5.12	3.31	0.82	0.03	0.04	0.07
Na ₂ O	3.83	3.32	1.91	0.25	0.19	0.19
K ₂ O	2.55	3.27	6.27	5.77	5.22	3.68
P ₂ O ₅	0.23	0.25	0.21	0.24	0.07	0.08
H ₂ O +	2.75	1.75	2.67	2.20	2.33	2.81
H ₂ O -	0.41	0.59	0.49	0.27	0.43	0.53
Total	100.13	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Q	13.1	19.7	22.7	45.9	49.9	58.5
Or	15.5	20.0	38.5	36.0	33.0	24.0
Ab	35.5	30.5	17.5	2.0	2.0	2.0
An	23.5	15.5	2.5			
Wo	0.4					
En	6.0	6.6	7.6	3.0	1.8	1.2
Fs	1.4	1.0	0.4	0.2		1.6
C		2.1	7.2	10.2	11.6	7.8
Ap	0.5	0.5	0.5	0.3	0.1	0.1
Il	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.6
Mt	3.3	3.2	2.1	1.6	0.4	4.2
Hm					0.4	

Table 5-3. Calculated chemical composition of rocks and its Norm from Michiquillay Deposit (above halves are converted into 100% from the sub-totals of previous page)

1) SiO_2 に対する各成分の変化

分析値及び計算上の化学成分をそれぞれ SiO_2 に対応させて各成分の変化をみれば、Fig 5-4 及び Fig 5-5 の如く示される。

分析値における SiO_2 と各成分の関係 (Fig 5-4)

各累帯配列に対応する成分の変化をみれば

黒雲母帯 (磁鉄鉱、桃色長石帯を含む) においては、初生岩 (角閃石石英モソソ=斑岩) に比し、 SiO_2 、 MgO 及び K_2O が増加し、 Al_2O_3 、 CaO 、 Na_2O 及び全鉄が減少する。

絹雲母化帯においては、初生岩に比し、 SiO_2 及び K_2O が増加し、 Al_2O_3 、 CaO 、 Na_2O 、 MgO 及び全鉄が減少する。

珪化帯においては初生岩に比し、 SiO_2 及び K_2O が増加し、 Al_2O_3 、 CaO 、 Na_2O 、 MgO 及び全鉄が減少する。

計算上の化学成分における SiO_2 と各成分の関係 (Fig 5-5)

分析値における成分変化においては硫化物の影響により酸化物成分の変化は乱されてあらわれる。すなわち Fig 5-4 においては SiO_2 の低い方より珪化帯、絹雲母化帯、珪化・絹雲母化帯の順にあらわれる。これを硫化物を除外した Fig 5-5 によれば、この順序は絹雲母化帯、珪化絹雲母化帯、珪化帯となり、肉眼鑑定の結果とよく一致する。

硫化物を除外した各成分変化を初生岩に比すれば

黒雲母帯においては、 SiO_2 、 K_2O 及び MgO の増加が見られ Al_2O_3 、 CaO 、 Na_2O 及び全鉄の減少が見られる。

絹雲母帯においては、 SiO_2 及び K_2O 増加に対し Al_2O_3 、 CaO 、 Na_2O 、 MgO 及び全鉄の増加があり、 CaO 、 Al_2O_3 、 Na_2O 、 MgO が減少する。

これらの成分変化に基づき各変質帯における鉱物の生成を考察すれば、黒雲母帯における MgO 及び K_2O の増加は黒雲母及び桃色長石の生成に対応し、絹雲母化帯及び珪化帯における K_2O の増加は、絹雲母の生成に対応するものと思われる。また各変質帯において常に SiO_2 の増加が見られることは岩漿固結の最終段階に SiO_2 が濃集したことに起因するとも考えられる。

2) $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{K}_2\text{O}$ の成分変化 (Fig 5-6)

この三成分系における成分変化は、鉱物組成変化を如実に表わしている。すなわち、初生岩に含まれていた角閃石の減少に伴う黒雲母の生成は CaO の減少に伴う K_2O 及び MgO の増加となって表現され (0205 に対する 1818 及び 1432)、黒雲母の減少に伴う絹雲母の生成は、 MgO の減少に伴う K_2O の増加として表現される (1818 及び 1432 に対する 5221, 3515, 2508)。

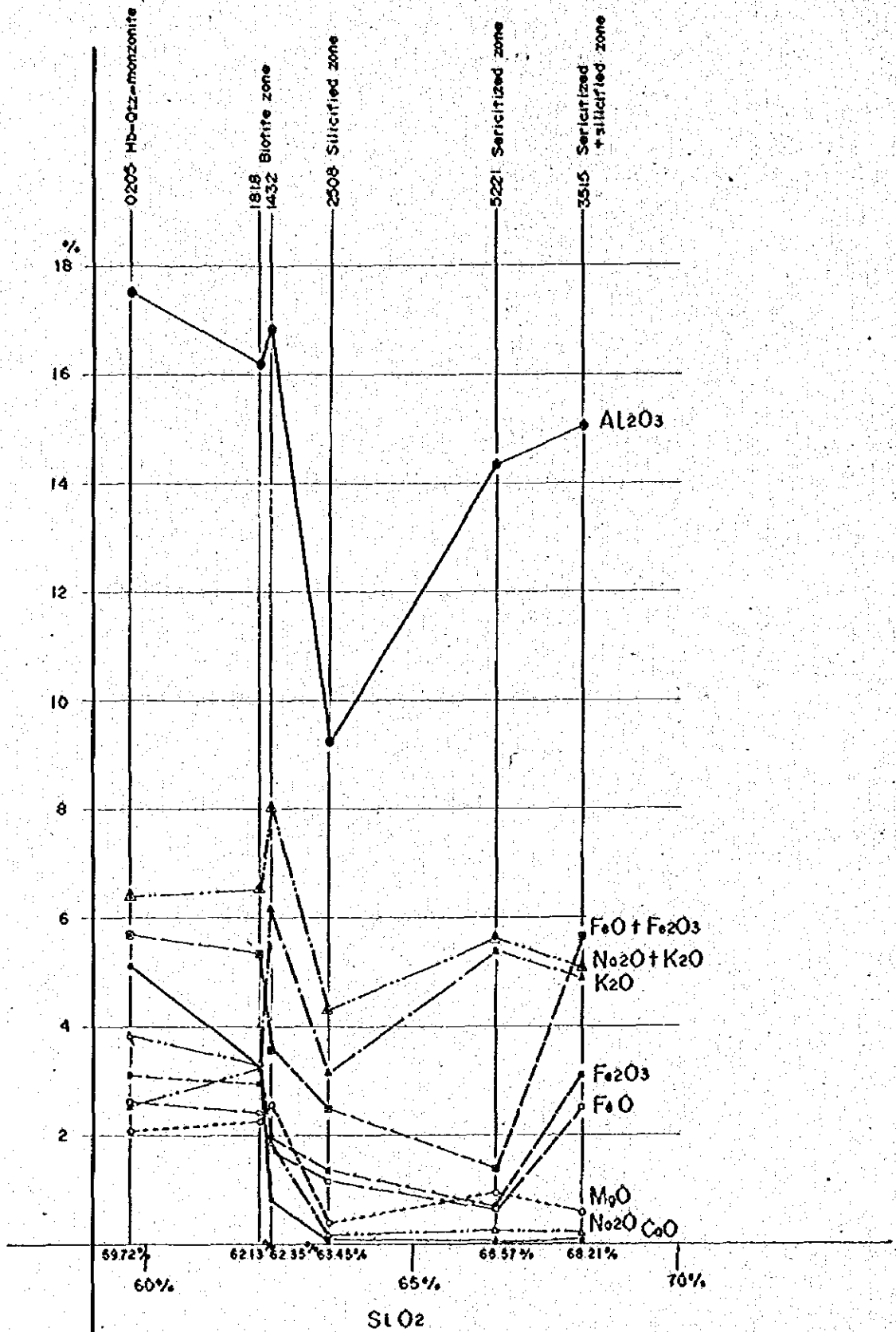


Fig. 5-4 THE RELATION BETWEEN SiO₂ AND THE OTHER COMPONENTS.

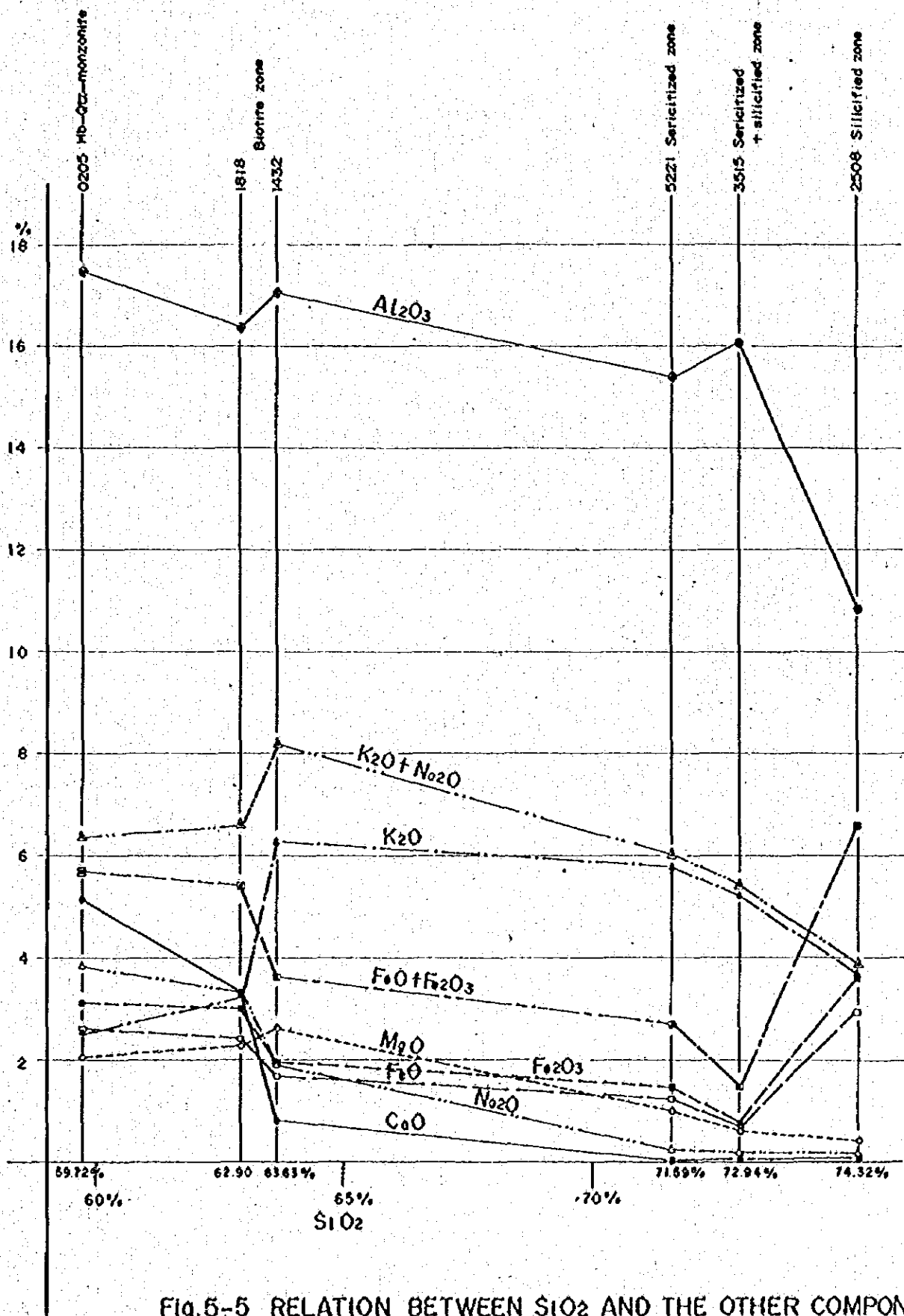


Fig. 5-5 RELATION BETWEEN SiO₂ AND THE OTHER COMPONENTS, BASED ON THE MODIFIED CHEMICAL COMPOSITIONS

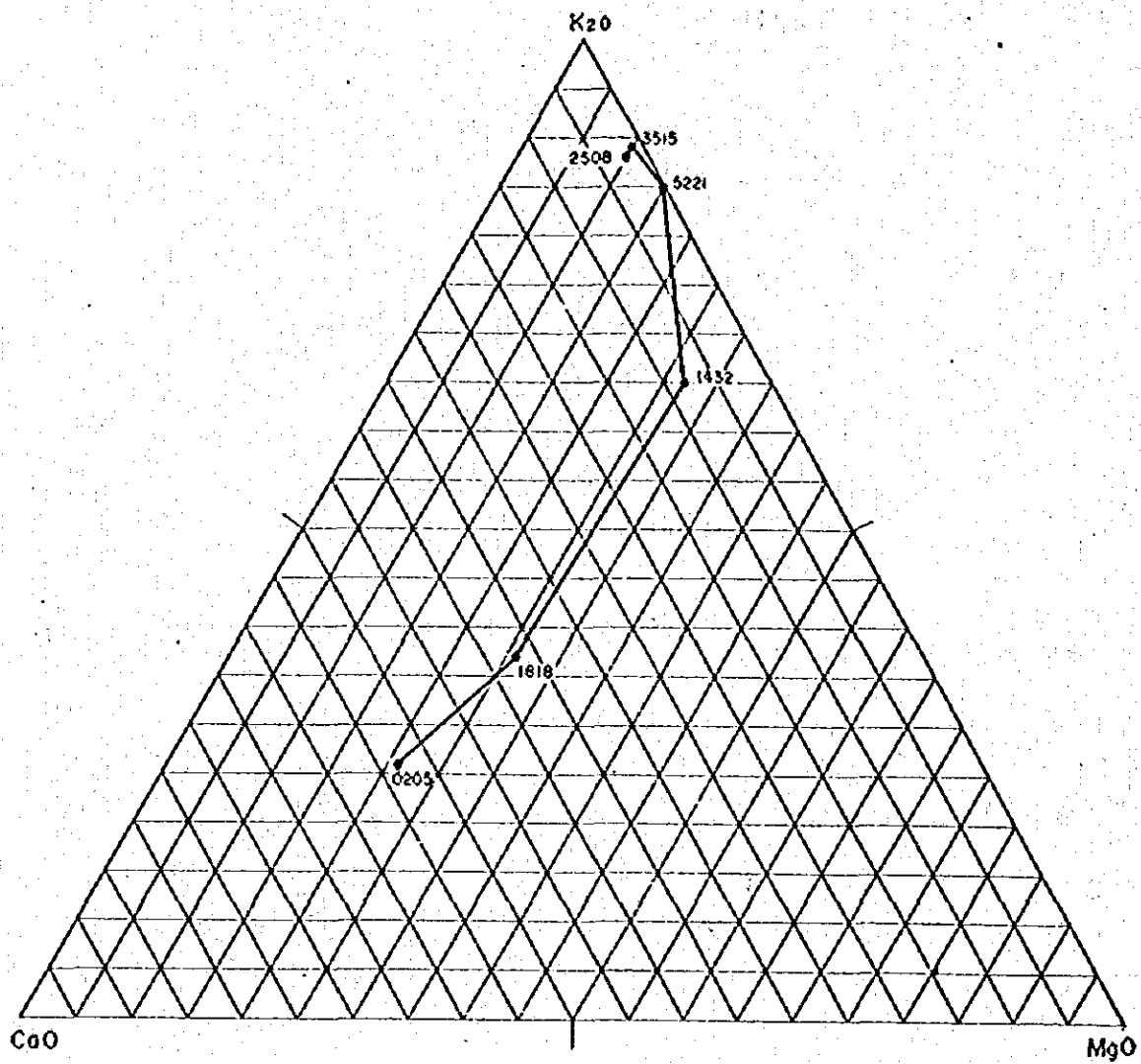


Fig. 5-6 K₂O - CaO - MgO SYSTEM BY MODIFIED COMPONENTS

5-7 鈹床の地質構造史

以上詳述して来た諸般の地質現象をまとめ、Michiquillay地区における一連の地質変動史中でのMichiquillay 鈹床の生成史を下記の通りまとめて本章の結びとする。

- 1) 堆積期 : 下部白亜紀に珪岩を主とする陸成層の形成に始まり、後に海成層の生成に変わり多量の石灰岩が形成される。
- 2) 造山期 : 隆起運動が始まり、それに伴われNW-SE方向の軸をもつ褶曲構造が生成し、更にNW-SE系の一般的アンデス・トレンドからWEW-ESE方向のCajamarcaトレンドに変動する動きが生じた。又これに伴い断層作用が起った。
- 3) 火成活動期 : こうして生じた弱線に沿って、モンゾニ斑岩が貫入した。
このマグマ中では混成作用が進み、変異相として黒雲母で特長づけられた石英モンゾニ斑岩を生じた。
- 4) 鈹化作用期 : 火成岩の冷却固化に伴い(古代三紀)上記の変異相の中でのみ鈹化作用が生じた。
鈹床はその後の侵蝕作用により天水性変質作用による富化作用を受けた。

第6章 今後の調査と将来への展望

2ヶ年次にわたる坑道掘進、及びボーリング工事も大過なく予定量を完遂し、これに続く詳細な地質調査の資料も豊富に蓄積され、3,500m坑準におけるMichiquillay 鉄床のほぼ全貌を明らかにした。

6-1 新鉄床探査の問題

本鉄床の母岩をなす角閃石モンソニ斑岩は周囲の地質構造に非調和的に貫入し、壁岩との混成作用により黒雲母・石英モンソニ斑岩なる変異相を生じており、ポーフイリー・カッパー式銅鉄化作用はこの変異相の中に限られている。

上記地域の他の部分ではマグマは角閃石モンソニ斑岩として進入しその形式はおおむね母岩の地質構造に調和的であり、鉄化現象としては母岩中の石灰質岩層中にスカルンを伴う高热交代式の磁鉄鉱、赤鉄鉱を生じている。これは西沢上流部、マグネタイト・ヒルでよく観察され、又、マグネタイト・ヒルの磁鉄鉱の下部傾先と思われるものは坑外ボーリング第1孔でも捕捉されている。一般に小規模であり、鉄鉱資源として開発を考慮するに値するものとは考えられない。

坑外ボーリング第3孔においては黄鉄鉱を主とし、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱を伴う石灰岩交代式の鉄化作用が認められ、併せて角閃石モンソニ岩の小岩体をも認め得た。ただし、これも厚さ1m以下の小規模な鉄化作用で本孔1孔のみをもってしては、この発展性について論ずることは出来ないが、将来地上施設の構築などが発生する場合には、この問題につき更に何等かの調査を行う必要も生じよう。

以上新鉄床探査の面から言えば、特に急を要する課題もないようであり、Michiquillay 鉄床も今次調査の終了と共に最早探査段階は終了したと称しても良いであろう。

6-2 開発と鉄質の諸問題

今回行ったMichiquillay 鉄床本体の調査は、3,500m坑準のみに限られたが、このレベルに関する限り5ヶ所の立入坑道、4ヶ所の切上り坑、及び16ヶ所の水平ボーリングにより従来を遙かに上回る精密かつ広範な調査が可能となった。

これら現地観察の資料に加えて鉄石、岩石の顕微鏡的観察、化学分析などの資料も追加され、その解析の結果鉄化作用に関する諸般の解釈が試みられ、鉄石分布のフラクチャー・コントロール、母岩の変質の帯状分布と鉄質変化の態様、更には天水性変質作用に伴う銅鉄物の二次的変化と品位との関係など、開発並びに操業に関連するMichiquillay 鉄床のもつ基礎的な地質的特長を把握し得、本調査の所期の目的を達し得た。

Michiquillay 鉄床の開発に当っては恐らくは露天掘方式が採用されるであろうが、3,500m

坑準で確かめられた鉱種変化の様子は、初期に採掘される鉱石の性質を端的に代表していると思われることが出来る。すなわち、出鉱される鉱石は初生的鉱石のみならず、天水性交質作用の影響が及んだ富化帯、漸移帯の鉱石の混合体となるはずである。したがって選鉱に供される鉱石中の銅鉱物も、黄銅鉱のほか、これよりの二次的生成物たる輝銅鉱、銅藍、斑銅鉱が伴い、その産状も必ずしも画一的ではなく、相互に雑多にかかわり合つた産状を示すので磨鉱粒度や浮選条件の決定などにはかかる銅鉱物相互間の関係ないしこれ等銅鉱物と黄鉄鉱との関係などの顕微鏡観察結果を十分参照することが望ましい。

天水性交質作用は現在もお進中であるので、鉱石には何がしかの酸溶性銅分が含まれるものと考えられる。坑口より約30mの坑道側壁における銅鉱物の経時変化を観測したところ、緑色銅鉱物の浸出、沈澱が始まるには約2週間を要することが判明した。しかるに順調な実作業の中では採掘された鉱石はこれより遙かに短時間で選鉱に供せられると考えるので、経時変化に起因する原鉱品位の変動は先ず無いと考えて良いであろう。ただし、2ヶ月以上坑外に暴露された貯鉱を処理する場合には酸溶性銅分の検定のみならず、銅鉱物の種類、サイズ、産状など事前にチェックすることが望ましい。

なお、Asを含有する砒斑銅鉱、Cdを含有する閃亜鉛鉱も産するが極めて少量かつ局所的であり操業上問題とならないが、環境問題との関連においてこれら鉱物が微量ながらも存在することは念頭に置く必要がある。

References

- Beane, R.E. (1974): Biotite Stability in the Porphyry Copper Environment, *Economic Geology* Vol. 69 No. 2
- Benavides, V.C. (1956): Geología de la Región de Cajamarca Sociedad Geológica del Peru, Tomo 30
- Bellido, E.B. (1969): Sinopsis de la Geología del Peru, Servicio de Geología y Minería, Peru Vol. 22
- Bellido, E.B. et al. (1969): Aspectos Generales de la Metalogenia del Peru, XI Convencion de Ingenieros de Minas del Peru
- Bellido, E.B. et al. (1972): Aspectos Generales de la Metalogenia del Peru, Servicio de Geología y Minería, Peru
- Giletti, B.J. & Day, H.W. (1968): Potassium-Argon Ages of Igneous Intrusive Rocks in Peru, *Nature* Vol. 220 November 9
- Herron, E.M. (1972): Sea-Floor Spreading and the Cenozoic History of the East-Central Pacific, *Geological Society of America Bul.* 88
- Hollister, V.F. (1973): Regional Characteristics of Porphyry Copper Deposits of South America, *Mining Engineering*, August
- Hollister, V.F. & Sirvas, E.B. (1974): The Michiquillay Porphyry Copper Deposit, *Mineralium Deposita (Berl)* 9
- Hollister, V.F. & Sirvas, E.B. (1974): El Porphido de Cobre Michiquillay, *Sociedad Geológica del Peru*, Tomo XLIV
- Iddings, H. & Olsson, A. (1928): Geology of Northwest Peru, *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* Vol. 12
- Jenks, W.F. (1956): Handbook of South America Geology, *Geological Society of America*, Memoir 65
- Lacy, W.C. (1957): Differentiation of Igneous Rocks and Ore Deposition in Peru, *Mining Engineering*, May
- Laughlin, A.W., Damon, P.E. & Watson, B.N. (1968): Potassium-Argon Dates from Toquepala and Michiquillay, *Economic Geology* Vol. 63
- Lowell, J.D. and Guilbert, J.M. (1970): Lateral and Vertical Alteration-Mineralization Zoning in Porphyry ore deposit, *Economic Geology* Vol. 65 No. 4
- Titley, S.R. and Hicks, C.L. (1966): Geology of the Porphyry Copper Deposits, Southwestern North America, *The University of Arizona Press*, Arizona
- Wones, D.R. (1963): Physical Properties of Synthetic Biotites on the Join Phlogopite-Annite, *American Mineralogist* Vol. 48 p. 1300 ~ 1321

各 論

第 I 部 地質調査

第 1 部 地質調査

第 1 章 調査要領	1 - 4
1 - 1 坑道地質調査法	1 - 4
1 - 2 坑道サンプリング	1 - 4
1 - 3 ボーリング地質調査法	1 - 4
1 - 4 ボーリングサンプリング	1 - 5
第 2 章 坑道地質	1 - 6
2 - 1 № 1 立入坑道	1 - 6
2 - 2 № 2 立入坑道	1 - 7
2 - 3 № 3 立入坑道	1 - 7
2 - 4 № 4 立入坑道	1 - 8
2 - 5 № 4 - A 立入坑道	1 - 9
2 - 6 切上り № 2	1 - 9
2 - 7 切上り № 3	1 - 9
2 - 8 切上り № 5	1 - 10
2 - 9 切上り № 6	1 - 10
第 3 章 ボーリング地質	1 - 11
3 - 1 坑内 № 1 孔	1 - 11
3 - 2 坑内 № 2 孔	1 - 11
3 - 3 坑内 № 3 孔	1 - 14
3 - 4 坑内 № 4 孔	1 - 14
3 - 5 坑内 № 5 孔	1 - 17
3 - 6 坑内 № 6 孔	1 - 17
3 - 7 坑内 № 7 孔	1 - 20
3 - 8 坑内 № 9 孔	1 - 20
3 - 9 坑内 № 10 孔	1 - 23
3 - 10 坑内 № 11 孔	1 - 23

3-11	坑内 1 2 孔	.....	1-23
3-12	坑内 1 3 孔	.....	1-26
3-13	坑内 1 4 孔	.....	1-26
3-14	坑内 1 5 孔	.....	1-29
3-15	坑内 1 6 孔	.....	1-29
3-16	坑内 1 7 孔	.....	1-32
3-17	坑外 1 孔	.....	1-32
3-18	坑外 2 孔	.....	1-35
3-19	坑外 3 孔	.....	1-35
3-20	坑外 8 孔	.....	1-36

Tables

Table 7-1	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 1 .....	| - 12
Table 7-2	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 2 .....	| - 13
Table 7-3	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 3 .....	| - 15
Table 7-4	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 4 .....	| - 16
Table 7-5	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 5 .....	| - 18
Table 7-6	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 6 .....	| - 19
Table 7-7	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 7 .....	| - 21
Table 7-8	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 9 .....	| - 22
Table 7-9	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 10 .....	| - 24
Table 7-10	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 11 .....	| - 25
Table 7-11	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 12 .....	| - 27
Table 7-12	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 13 .....	| - 28
Table 7-13	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 14 .....	| - 30
Table 7-14	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 15 .....	| - 31
Table 7-15	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 16 .....	| - 33
Table 7-16	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 17 .....	| - 34
Table 7-17	Histogram of Mineralization and Alteration Grade No. 8 .....	| - 37

第 1 章 調査要領

1-1 坑道地質調査法

坑道地質調査は縮尺 1/200 にて、水平坑道の場合は天盤と北側側壁の 2 面を、切上り坑道の場合は南側側壁の 1 面のみをスケッチした。

調査項目は岩質、欽化作用、変質作用、破砕作用及び斑晶の粒度である。調査方法は MINERO PERUK より測量・設置された各測点より 1m ごとく坑道側壁に印をつけて距離の目印とした。また側壁スケッチ面において 2m ごとく岩石ピースサンプル（大きさ平均 5cm × 5cm × 3cm）を採集し、このサンプルにより岩質、欽化作用及び斑晶の粒度をチェックした。破砕作用は巾 1cm 以上の裂隙及び細脈はスケッチにそのまま記載し、巾 1cm 以下のものについてはスケッチした側壁については 1m ごとく、スケッチしない側壁は 2m ごとく坑道床面より約 1.2 m の高さにおいて、1 辺の長さ 10cm の正方形木枠の中に存在する裂隙及び細脈の数を破砕度として記載した。更により多くの頻度を有する裂隙及び細脈の走向、傾斜を記載した。坑内において採取したピースサンプルの観察方法はボーリングコアの章に記載したものと同一である。

1-2 坑道サンプリング

坑道における品位調査は、1-4 ボーリングコアの記載と同様に、試料採取、調製及び分析という工程による。

分析試料採取は 3m 連続チャンネルサンプリング千鳥方式である。採取作業には 3 名 1 組となり、1 名がげんのう及びタングステンカーバイトチップ付きタガネにて巾 10cm 深さ 2cm の採取溝を掘り、他の 2 名が 1m × 2m のキャンバスシートをささえ、その掘り取った試料を受けるといった方法にて行った。採取量は約 10kg / 3m である。

試料調整は ASARCO により設置された装置を用い、A-7 図のフローシートにより行ない、同一試料より分析所送付用試料、山元分析用試料、チェック分析用試料（日本へ送付）及び保管試料の 4 種に分割した。

分析は Plenge 分析所において、全銅・酸化銅・硫化モリブデン・金・銀・鉄・硫黄・珪酸を分析した。分析工程は A-8 図に示す。

1-3 ボーリング地質調査法

ボーリングコアの地質スケッチは縮尺 1/100 で行い、その調査結果を縮尺 1/200 にて柱状図にまとめた。調査項目は岩質、岩芯採取率、欽化作用、破砕作用及び斑晶の粒度である。

欽石欽物のうち黄銅欽・黄鉄欽については、その産状を欽染状及び細脈状とに二分した。後者は脈状に配列するものすべてを包含し、前者はそれ以外のものすべてを表す。

変質作用は黒雲母・石英・絹雲母・粘土鉱物・緑泥石及びその他（主として桃色長石・緑簾石）について観察し、それぞれの鉱物名を付して黒雲母変質、珪化変質、絹雲母化変質、粘土化変質、（カオリンの存在が認められるときは、カオリン化変質と特記）及び緑泥石化変質とし、その強度を '5'（非常に強い）、'4'（強い）、'3'（普通）、'2'（弱い）及び '1'（非常に弱い）の5段階に鉱物量及び鉱物粒の大きさにより分類した。

破砕作用はボーリングコア長10cm中に何本の裂隙及び細脈があるかを測定し、'-'（弱い：1～2本）、'+'（普通：3～4本）、'++'（強い：5～6本）及び'+++'（非常に強い：7本以上）と分類した。

斑晶の粒度は各コア仕切り内における識別出来たすべての斑晶を20単位で測定し、その最大値を記載した。

1-4 ボーリングサンプリング

ボーリングコアの品位調査は、試料採取、試料調製及び分析という工程によって行った。

試料採取は孔口より各3mごとを一試料としコアスプリッターにより二分割し、半分を分析試料として使用し、残余の半分はMichiquillay 鉱山に保管した。

試料調製及び分析は坑道試料の場合と同様手法により実施した。

第 2 章 坑道地質

2-1 No. 1 立入坑道

位置 9,221,672.70N , 796,269.12E

方向 110° 掘進長 300m

全長にわたり、ほとんどすべてモンソニ斑岩であり、石英（最大 $2.5 \times 6\text{mm}$ 、平均 $1 \times 1\text{mm}$ ）斑晶はまれに観察されるのみである。鏡下でも 0.2mm 程度の斑晶が極くまれに見られるのみである。斜長石（最大 $4 \times 7\text{mm}$ 、平均 $2 \times 4\text{mm}$ ）黒雲母（最大 $5 \times 7\text{mm}$ 、平均 $1 \times 1\text{mm}$ ）の斑晶を有する。黒雲母変質は特に顕著であり、次いで珪化及び緑泥石化が全般に見られる。絹雲母化及び粘土化は局在する。X線回折によれば粘土鉱物はカオリナイトを主体とし、若干のモンモリロン石を含む。鏡下では、斑晶石英はすべて融蝕をうけ、斑晶斜長石は一部累帯構造を明瞭に残存する部分もあるが、ほとんど絹雲母及びカオリナイトに変質している。比較的新鮮な斜長石のアルパイト双晶の最大対称消光角による平均成分測定はほぼAn39に相当する。正長石は斑晶では比較的少なく石基部に多く、いずれにもパーサイト構造を認め得る。黒雲母は斑晶、石基共にX Pale brownish, Y light brown, Z dark brownの多色性を有し、部分的に緑泥石、絹雲母、金雲母及び緑簾石に変化する。副成分鉱物としてジルコン、焼灰石を普遍的に有し、まれに菱鉄鉱を産する。巾10cm以上の裂隙は深度41m(N25°W, 50°E) 55m(N60°E, 60°S), 128m(N10°W, 60°E) 133.5m(N75°E, 90°), 142m(NS60°E, 灰色粘土30cm逆断層). 146m(N15°W, 75°W) 156m(N10°E, 60°E), 171m(N5°E, 60°E), 196m(N20°E, 80°E)及び228m(N30°E, 70°E)の粘土脈である。銅鉱物は黄銅鉱及び斑銅鉱であり、他に黄鉄鉱、磁鉄鉱、赤鉄鉱及び輝水鉛鉱を産する。黄銅鉱及び黄鉄鉱は全般的には鉄染状のものが卓越するが、黄鉄鉱は深度120mまでは細脈状が優勢である。磁鉄鉱は黒雲母に作られて産するものが多いが深度131m以後では桃色長石と共に細脈中に産するものもある。赤鉄鉱はこれら磁鉄鉱より変化したものが多く、極めて小さく（径 0.02mm 以下）量も比較的少ない。輝水鉛鉱はほぼ全長にわたり観察できるが、特に深度225m以深において顕著であり、ほとんどの場合石英脈に随伴する。斑銅鉱は黄銅鉱の表面に被膜状に産するのみである。鏡下においては黄銅鉱は不規則な形のものが多く、黄鉄鉱は、磁鉄鉱、黄銅鉱の包有物を有する。桃色長石に伴う細脈中の磁鉄鉱は黄銅鉱を包有物として有するものもある。

2-2 No.2立入坑道

位置 9,221,622.79N , 796,133.67E

方向 340° 掘進長 231.5 m

全長にわたり、大部分モンゾニ斑岩であり、斜長石(最大 $4 \times 6 \text{mm}$ 、平均 $2 \times 3 \text{mm}$)黒雲母(最大 $4 \times 5 \text{mm}$ 、平均 $2 \times 2 \text{mm}$)の斑晶を有する。珪化及び絹雲母化は全般に比較的強く、粘土化は推進開始点より深部に向かい漸増する。黒雲母化は深度196~210.5 m間に見られるのみであり、緑泥石化は極く少なく弱い。鏡下では石英はほとんどが完全に再結晶したと思われ、斑晶、石基の区別はつけ難い。斜長石はほとんど完全に絹雲母及びカオリナイトに変化し、形骸化している。X線回折では極く僅かモンモリロン石を有する。正長石は黒雲母帯にのみ現われパーサイト構造を有する。黒雲母は一部緑泥石に変化するが、部分的には完全に緑泥石、絹雲母、金雲母に変化し、形骸化したものもある。副成分鉱物としては、焼灰石、シリコン及び赤鉄鉱をほぼ普遍的に産する。巾10cm以上の断層及び裂罅は深度125 m(N10° E, 55° E)、178 m(N15° E, 55° E) 185 m(N10° E, 75° E)、192 m(N45° E, 53° SE)及び215 m(N40° E, 20° E)の黄鉄鉱を鉱染する白色ないし灰色粘土帯である。銅鉱物は黄銅鉱、銅藍、輝銅鉱、斑銅鉱、硫砒銅鉱及び緑色酸化銅鉱であり、他に黄鉄鉱、磁鉄鉱、赤鉄鉱及び輝水鉛鉱を産する。主として鉱染状に産するものは硫化銅鉱類及び酸化鉄鉱類であり、一方黄鉄鉱は細脈状に卓越する。硫砒銅鉱及び輝水鉛鉱は細脈中に産する。鏡下では黄鉄鉱は磁鉄鉱、閃亜鉛鉱、硫砒銅鉱の包有物を有する。斑銅鉱、銅藍及び輝銅鉱はいずれも黄銅鉱の外周に生成し、黄銅鉱の側より前述の順序で外側に配列する。黄銅鉱に直接する輝銅鉱の場合その被膜の厚さは0.004 mm程度である。黄銅鉱の中には稀に磁鉄鉱の包有物を有する。硫砒銅鉱は極く稀に四面銅鉱と共生する。

2-3 No.3立入坑道

位置 9,221,538.84N , 796,169.09E

方向 145° 掘進長 200 m

岩石はすべて、モンゾニ斑岩であり、絹雲母化を主体とし、珪化粘土化及び極く稀に緑泥石化を伴う。鏡下では石英斑晶は融蝕をうけ石基部との区別が困難なものも多い。斜長石は完全に絹雲母及びカオリナイトに変質し、その形骸も不明瞭となる場合も多い。X線回折によるとモンモリロン石の弱いピークが見られる。正長石はほとんど緑泥石化及び一部絹雲母化しており量的にも非常に少ない。黒雲母は完全に緑泥石及び絹雲母に変質してしまい、その形骸より推察できるのみである。副成分鉱物としては、シリコン赤鉄鉱及び稀に焼灰石、柘榴石、銅玉を産する。巾10cm以

の裂罅は深度73m(N30°E, 85°NW), 95m(N80°E, 58°N及びN30°E, 70°SE), 106.5m(N40°E, 65°SE), 116m(N75°E, 70°S), 139.5m(N70°W, 80°N), 144m(N80°W, 50°N), 147m(N5°E, 56°E)及び173m(N70°W, 60°N)の灰色ないし白色粘土脈である。銅鉱物は黄銅鉱, 銅藍, 斑銅鉱, 輝銅鉱及び硫砒銅鉱であり, 他に黄鉄鉱, 輝水鉛鉱及び赤鉄鉱が見られる。黄鉄鉱は細脈状のものが卓越し, 硫化銅鉱は, 鉄染状のものが多し。硫砒銅鉱及び輝水鉛鉱は主として細脈中に産する。鏡下では黄鉄鉱の包有物として, 黄銅鉱と共生する磁硫鉄鉱が観察され, 赤鉄鉱もまた, 普遍的に黄鉄鉱中に見られる。硫化銅鉱は黄銅鉱を中心に外側に向って斑銅鉱, 銅藍, 輝銅鉱の配列をなす。微細な赤鉄鉱, 極くまれに磁鉄鉱を伴う。

2-4 No.4 立入坑道

位置 9,221,370.70N , 796,943.11E

方向 0° 掘進長 238.5m

極く部分的に石英(最大3.5×2.5mm, 平均1×1mm)斑晶を有することもあるが, 全体的にモンゾニ斑岩であり, 斜長石(最大4×7mm, 平均2×4mm)及び極く稀に黒雲母斑晶を有する。変質は絹雲母化及び粘土化を主体とし, 珪化, 緑泥石化は弱い。黒雲母化は極く稀に見られるのみである。鏡下では斑晶石英は融触を受け, 石基との区別がつけ難いものもある。斜長石は完全に絹雲母及びカオリナイトに変質し, その形骸も不明瞭となったものが大部分で, 斑状組織の不明瞭な部分もある。X線回折によればモンモリロン石を若干伴う。正長石は, パーサイト構造を有し, 絹雲母の微細結晶に変化しており量的に少ない。黒雲母は完全に緑泥石及び絹雲母に変化し, その形骸より推定できるのみである。副成分鉱物はジルコン赤鉄鉱, 稀に燐灰石, 紅柱石及び銅玉を産する。巾10cm以上の裂罅は深度7.5m(N80°W, 51°N), 6.2m(N75°E, 63°N), 7.8m(下盤N75°W, 45°N, 上盤N70°W, 45°N), 13.7m(N25°W, 70°E)及び15.9m(N58°E, 80°NW)の暗灰色ないし淡灰色粘土脈である。銅鉱物は黄銅鉱, 輝銅鉱, 斑銅鉱, 銅藍及び緑色酸化銅鉱であり, 他に黄鉄鉱, 赤鉄鉱, 輝水鉛鉱, 閃亜鉛鉱, 方鉛鉱である。硫化銅鉱, 黄鉄鉱, 赤鉄鉱は主に鉄染状に産し, 輝水鉛鉱, 閃亜鉛鉱, 方鉛鉱は細脈中に産する。鏡下では黄鉄鉱は黄銅鉱, 磁硫鉄鉱の包有物を有する。黄銅鉱はその外縁に向け斑銅鉱, 銅藍, 輝銅鉱に被覆される。形は非常に不規則で, 網目状になるものもある。全長にわたり, 天水性富化作用を受け, 漸移帯, 富化帯を生じている。

2-5 No.4-A立入坑道

位置 9,221,468.23N , 795,940.14E

方向 290° 掘進長 100m

石英モンゾニ斑岩を一部産するが、モンゾニ斑岩が主体を成す石英(最大 5×6 mm, 平均 1×1 mm), 斜長石(平均 1×2 mm)の斑晶を有する。絹雲母化, 珪化及び粘土化を主体とし, 極く稀に黒雲母化, 緑泥石化を伴う。鏡下では石英斑晶は融蝕を受け, 石基との区別し難いものも多い。斜長石は完全に絹雲母化しその形骸も不明瞭となる。正長石は微細な絹雲母により埋められ, 形も不明瞭となる。副成分鉱物は赤鉄鉱, 紅柱石が多量に見られる。巾10cm以上の裂隙は深度42m(N15°W, 55°E), 48m(N15°W, 70°E)及び75m(上盤N5°E, 70°E, 下盤N10°E, 60°E, 逆断層)の灰色粘土脈である。銅鉱物は輝銅鉱, 黄銅鉱, 斑銅鉱及び緑色酸化銅鉱であり, 他に黄鉄鉱, 赤鉄鉱, 輝水鉛鉱を産する。黄鉄鉱, 黄銅鉱, 輝銅鉱は主として鉱染状に産し, 赤鉄鉱, 緑色酸化銅鉱は細脈群の周辺に産する。斑銅鉱は細脈中の黄銅鉱の被膜として産し, 輝水鉛鉱は石英細脈中に産する。鏡下では黄鉄鉱は黄銅鉱, 微硫鉄鉱の共生する包有物を有する。全長にわたり天水性富化作用の富化帯, 漸移帯を形成している。

2-6 切上りNo.2

位置 9,221,620.6N , 796,141.5E

傾斜 +90° 掘進長 60m

全長にわたり石英モンゾニ斑岩より成り, 斜長石(最大 3×5 mm)斑晶を有するが全般に斑状組織は不明瞭となる。石英(最大 1×1 mm)斑晶は非常に少ない。珪化及び絹雲母化を主体とし, 弱い粘土化を伴う, 巾10cm以上の裂隙は開始点より26m(N40°W, 75°EN), 35m(N50°E, 70°S)に破砕帯及び白色粘土脈としてあらわれる。銅鉱物は, 黄銅鉱, 輝銅鉱, 斑銅鉱及び緑色酸化銅鉱であり, 他に黄鉄鉱を産する。黄鉄鉱は全般に細脈状のものが若干多い, 黄銅鉱は鉱染状のものが圧倒的に多い。輝銅鉱は黄銅鉱をフィルム状に被覆して産し, また細脈中の黄鉄鉱も輝銅鉱のサビにより被覆されている。斑銅鉱は主に鉱染状黄銅鉱の被膜として産し, 緑色酸化銅鉱は脈状及び鉱染状黄鉄鉱に接して産する。天水性富化作用により漸移帯を形成している。

2-7 切上りNo.3

位置 9,221,725.2N , 796,138.4E

傾斜 +90° 掘進長 60m

全長にわたりモンゾニ斑岩であり, 斜長石(最大 3×5 mm)斑晶は変質により形状は不明瞭となり, 斑状組織の認められない場合が多い。黒雲母は極く稀に絹雲母, 金雲母に変化した形骸

のみが残存している。一般に変質は絹雲母化、珪化、粘土化が顕著である。部分的には珪岩の捕獲が認められる。巾10cm以上の裂隙は開始点より46.5m (N5°W, 27°E)及び53m (N50°W, 85°N)の白色ないし灰色粘土脈である。銅鉱物は黄銅鉱及び輝銅鉱であり、他に黄鉄鉱を産する。黄銅鉱は主として鉄染状に産し、黄鉄鉱は下部では鉄染状、上部では細脈状のものが卓越する。輝銅鉱は下部では細脈中の黄鉄鉱の被膜として産するものが上部では黄銅鉱の被膜として産するものが卓越する。輝水鉛鉱は全般に細脈中に産する。天水性変質作用による富鉄化作用は下部で漸移帯、上部では富化帯を形成している。

2-8 切上り No.5

位置 9,221,472.2N , 795,941.8E

傾斜 +90° 掘進長 20m

全長にわたり石英モンゾニ斑岩であり、石英(最大3×4.5mm)斜長石(最大4.5×7mm)の斑晶を有する。石英は非常に少なく斜長石は全体として形状不明瞭なものが多く、斑岩組織が不鮮明となる。珪化、絹雲母化、粘土化が顕著であるが、粘土化は主に斜長石中に表われる。銅鉱物は黄銅鉱、輝銅鉱及び銅藍であり、他に黄鉄鉱、輝水鉛鉱を産する。黄銅鉱は黄鉄鉱と同様鉄染状のものが卓越する。輝水鉛鉱は全体的に石英細脈中に産するが部分的には鉄染状にても産する。銅藍及び輝銅鉱は黄銅鉱の周囲に被膜状に産する。天水性富化作用は、富化帯を形成している。

2-9 切上り No.6

位置 9,221,576.4N , 796,494.1E

傾斜 +90° 掘進長 30m

全長にわたり石英モンゾニ斑岩であり、石英(最大2.5×4mm)斜長石(最大5×7mm)及び黒雲母(最大2×3mm)の斑晶を有する。石英は非常に少なく、斜長石は変質により形状不明瞭となり、斑状組織の不鮮明な部分が多い。黒雲母は絹雲母、金雲母に変化し、その形骸のみ残存する。絹雲母化、珪化は非常に顕著であるが上部では粘土化もまた優勢となる。巾10cm以上の裂隙は開始点より12.8m (E W 70° S)に粘土脈を確認したのみである。銅鉱物は黄銅鉱及び輝銅鉱であり他に黄鉄鉱、輝水鉛鉱を産する。黄鉄鉱、黄銅鉱共に鉄染状のものが卓越する。天水性変質作用による富化作用は富化帯を形成している。

第 3 章 ポーリング地質

3-1 坑内No.1孔 (Table 7-1 参照)

位置 9,222,005.27N 796,327.57E

方向 0° 30' 傾斜 0°

掘進長 144.38m

岩質はほとんどすべて石英モンゾニ斑岩であるが、深度75m以後孔底まで珪岩(2cm×4cm~1cm×2cm)の捕獲が顕著である。変質は珪化及び絹雲母化は常に観察できる。粘土化は孔口側に卓越し、緑泥石化もまた孔口側に強く現われる。顕著な裂隙は認められない。銅鉱物は黄銅鉱・輝銅鉱及び銅藍であり、その他に黄鉄鉱・輝水鉛鉱及び磁鉄鉱を産する。黄銅鉱は鉄染状のものが卓越し、黄鉄鉱は孔口より深度65mまでは鉄染状、以後孔底側に細脈状が各々卓越する。輝水鉛鉱は主として石英脈中に産し、輝銅鉱及び銅藍はいずれも細脈中の黄銅鉱、極く稀に黄鉄鉱の被膜として産する。天水性変質作用による富化作用は割れ目の中においてのみであり、ほとんどの部分は初生鉄化帯である。

3-2 坑内No.2孔 (Table 7-2 参照)

位置 9,221,955.93N 796,321.37E

方向 305°15' 傾斜 0°

掘進長 116.19m

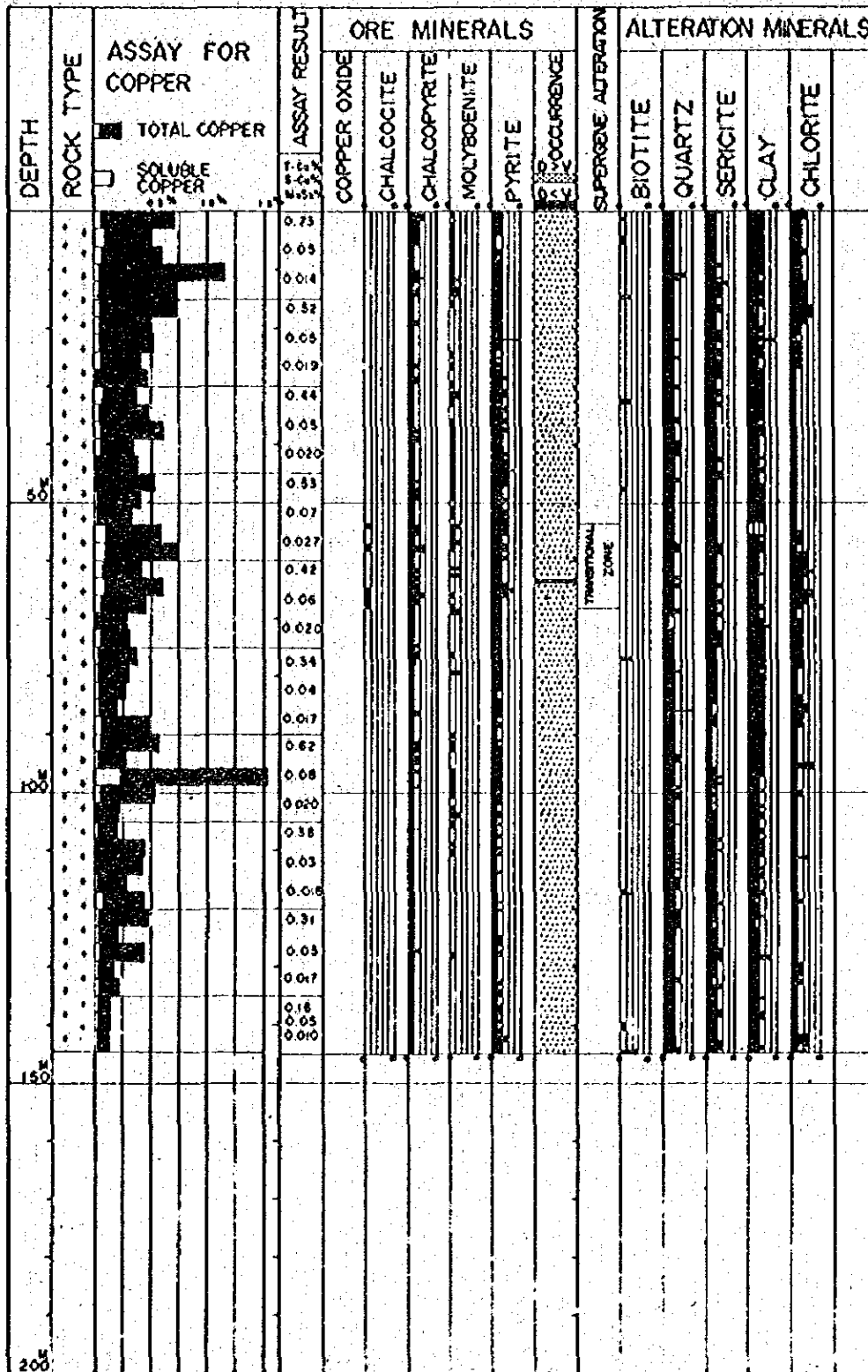
岩質はすべて石英モンゾニ斑岩であり、石英(最大6.5mm×7mm, 平均1.5mm×2mm)、斜長石(最大4mm×9mm, 平均2mm×4mm)及び自形黒雲母(最大6mm×7mm, 平均2mm×2mm)の斑晶を有する。変質は珪化及び絹雲母化は全般に見られ、粘土化は孔口より孔底に向け漸増し、黒雲母は孔底に向け漸減する。緑泥石化は全般的に強く、また桃色長石もほぼ全長にわたり観察される。顕著な裂隙は深度103.75m~104.05mに石英モンゾニ斑岩隙(径1cm~2cm)を有する灰色粘土帯を観察した。銅鉱物は黄銅鉱・輝銅鉱及び銅藍であり、他に黄鉄鉱・磁鉄鉱及び輝水鉛鉱を産する。黄銅鉱・黄鉄鉱は主に鉄染状のものが卓越し、磁鉄鉱は黒雲母と共に産するものが圧倒的に多く、輝水鉛鉱は部分的に鉄染状にて産するが、大部分石英細脈中に産する。輝銅鉱及び銅藍は細脈中の黄銅鉱の被膜として産する。天水性富化作用は細脈中においてのみ観察され初生鉄化帯に属する。

HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-1

No. 1

AVERAGE T-Cu 0.45%
S-Cu 0.05%
MoSe 0.018%



3-3 坑内No.3孔 (Table 7-3 参照)

位置 9,221,952.86N 796,333.97E
方向 65°45' 傾斜 0°
掘進長 114.21m

岩質はすべて石英モンソニ斑岩であり、石英(最大5.5mm×6mm, 平均2mm×3mm)、斜長石(最大5mm×9mm, 平均3mm×5mm)及び自形黒雲母(最大4mm×6mm, 平均2.5mm×3mm)の斑晶を有する。珪岩・頁岩及び変輝緑岩質岩を捕獲岩として有する。捕獲変輝緑岩質岩は鏡下では自形ないし半自形(a≠b軸0.1mm, c軸0.03mm)の短冊状緑色黒雲母が特徴的であり、黄鉄鉱及び黄銅鉱を鉱染している。顕著な裂罅は深度23.25m~24.6m, 60.8m~61.35m, 61.95m~62.4m, 及び75.0m~75.6m間に石英モンソニ斑岩角礫(径0.5cm~2cm)を含む灰色ないし淡褐色・灰色粘土帯である。銅鉱物は黄銅鉱・輝銅鉱・銅藍及び斑銅鉱であり、他に黄鉄鉱・輝水鉛鉱・磁鉄鉱及び閃亜鉛鉱を有する。黄銅鉱は主に鉱染状にて産するが深度60m以後孔底に向け細脈状の産状も目立って来る。この傾向は、黄鉄鉱においても同様である。輝水鉛鉱は主に石英細脈中に産し、ほぼ全孔長にわたり観察される。極く稀に鉱染状に産する部分もみられる。輝銅鉱・斑銅鉱・銅藍及び閃亜鉛鉱はすべて黄鉄鉱細脈中に産し、磁鉄鉱は主として黒雲母斑晶の周辺に包有される。天水性富化作用は主として細脈中あるいは裂罅中及びその周辺にのみ漸移帯を生成している。

3-4 坑内No.4孔 (Table 7-4 参照)

位置 9,221,670.57N 796,278.89E
方向 101°15' 傾斜 0°
掘進長 163.45m

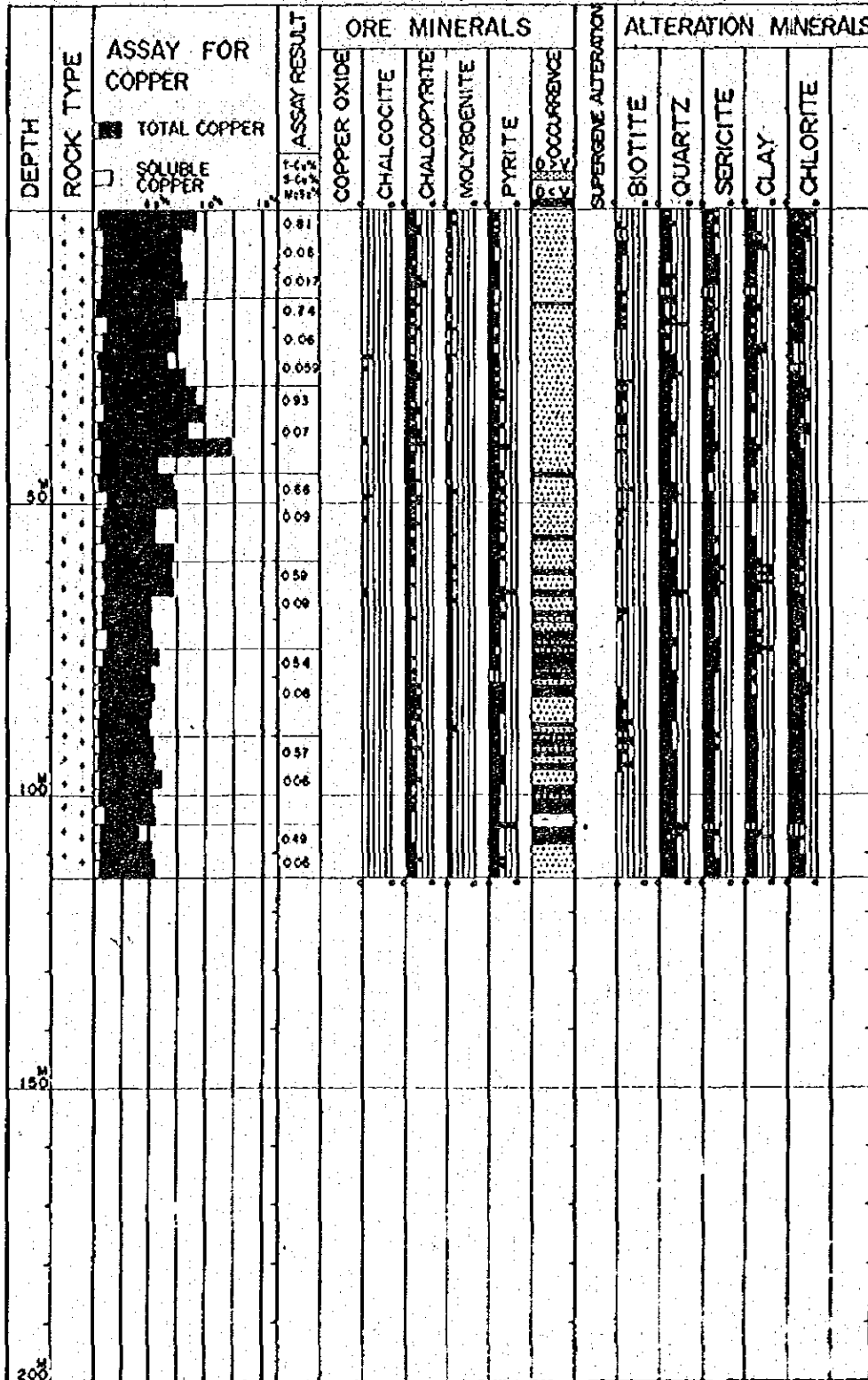
全長にわたり石英モンソニ斑岩よりなり、石英(最大3mm×3mm, 平均1mm×1mm)、斜長石(最大5mm×9mm, 平均2mm×4mm)及び自形黒雲母(最大9mm×11mm, 平均1mm×2mm)の斑晶を有する。珪化及び絹雲母化は孔口より孔底に向い漸増の傾向があり、粘土化は孔口及び孔底付近に強く中央部に弱い。黒雲母もほぼ同様の分布を示す。緑泥石化はほぼ全般にわたりみられる。顕著な裂罅は深度15.0m~15.1m, 21.7m~22.5m, 36.3m~36.9m及び150.55m~150.7m間において暗灰色ないし淡黄灰色粘土帯として観察される。銅鉱物は黄銅鉱及び極く微量の輝銅鉱であり、他に黄鉄鉱・磁鉄鉱・赤鉄鉱及び輝水鉛鉱を産する。黄銅鉱は主に鉱染状にて産するものが卓越し、黄鉄鉱は孔口側に細脈状、孔底側に鉱染状の卓越が認められる。磁鉄鉱及び赤鉄鉱は主に黒雲母に伴って産するが、細脈状に産するものも顕著である。輝水鉛鉱は石英細脈中にのみ産し非常に少ない。輝銅鉱もまた細脈中の黄銅鉱の被膜としてのみ産する。

TABLE 7-3

HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

No. 3

AVERAGE T-Cu 0.08%
S-Cu 0.07%
M-Su 0.05%



HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-4

No. 4

AVERAGE
 T-Cu 0.53%
 S-Cu 0.16%
 MoS₄ 0.006%

DEPTH	ROCK TYPE	ASSAY FOR COPPER		ASSAY RESULT	ORE MINERALS					SUPERGENE ALTERATION	ALTERATION MINERALS				
		TOTAL COPPER	SOLUBLE COPPER		COPPER OXIDE	CHALCOCITE	CHALCOPYRITE	MOLYBDENITE	PYRITE		MoS ₄ OCCURRENCE	BIOTITE	QUARTZ	SERICITE	CLAY	CHLORITE
				0.13											
				0.04											
				0.007											
				0.13											
				0.05											
				0.004											
				0.12											
				0.03											
				0.006											
50'				0.15											
				0.05											
				0.008											
				0.61											
				0.11											
				0.004											
				0.73											
				0.13											
				0.003											
				0.89											
100'				0.20											
				0.004											
				0.81											
				0.12											
				0.003											
				0.76											
				0.09											
				0.006											
				0.78											
				0.09											
150'				0.004											
				0.78											
				0.12											
				0.004											
200'															

3-5 坑内No.5孔 (Table 7-5 参照)

位置 9,221,781.17N 796,345.72E

方向 61° 30' 傾斜 0°

掘進長 129.90m

岩質は全長にわたり石英モンゾニ斑岩であり、石英(1mm×1.5mm)、斜長石(最大6mm×9mm、平均3mm×6mm)及び自形黒雲母(最大7.5mm×9.5mm、平均2mm×2mm)の斑晶を有する。珪化は孔口より孔底に向い漸増するが、粘土化、緑泥石化及び黒雲母はほぼ全長にわたり観察される。また桃色長石も全長にわたり観察される。顕著な裂罅は深度25.6m~25.85m、35.15m~35.3m、94.0m~94.1m、104.45m~104.6m及び128.4m~129.9m(孔底)間の灰色粘土帯である。銅鉱物は黄銅鉱・輝銅鉱・銅藍及び緑色酸化銅鉱であり、他に黄鉄鉱・磁鉄鉱・赤鉄鉱及び輝水鉛鉱を産する。黄銅鉱及び黄鉄鉱は鉱染状のものが卓越し、磁鉄鉱及び赤鉄鉱は黒雲母斑晶の周辺に包有されて産すると共に細脈状にても産する。輝水鉛鉱はほとんど石英細脈にのみ産するが、極めて少ない。輝銅鉱及び銅藍は黄銅鉱の被膜として産する。緑色酸化銅鉱は黄鉄鉱の周囲あるいは、黄鉄鉱細脈中に極く僅か産する。

3-6 坑内No.6孔 (Table 7-6 参照)

位置 9,221,617.17N 769,225.23E

方向 124° 45' 傾斜 0°

掘進長 115.75m

全長にわたり石英モンゾニ斑岩であり、石英(最大3mm×6mm、平均1mm×1mm)、斜長石(最大5mm×8mm、平均3mm×5mm)及び黒雲母(最大9mm×11mm、平均2mm×2mm)の斑晶を有する。珪化及び緑泥石化は孔口より孔底に向け漸減し、粘土化は逆に増加する。絹雲母化は、全般に見られるが、孔口側に若干弱い。黒雲母化変質は、極く稀に観察されるのみで、桃色長石も僅かに産する。顕著な裂罅は深度3.6m~3.7m及び111.2m~111.55m間において観察され、いずれも灰色粘土より成る。銅鉱物は、黄銅鉱・輝銅鉱及び銅藍より成り、他に黄鉄鉱・赤鉄鉱・磁鉄鉱及び輝水鉛鉱を産する。黄銅鉱は鉱染状のものが卓越し、黄鉄鉱は孔口より孔底に向い細脈状より鉱染状のものが優越するようになる。輝水鉛鉱はすべて石英細脈中に産し、輝銅鉱・銅藍も黄銅鉱の被膜として細脈中に産するが、孔底付近においては鉱染状黄銅鉱をも被覆し、その量も増加する。赤鉄鉱、磁鉄鉱は主に黒雲母の形態中にあり、黒雲母の変質による生成と考えられる。

HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-5

No. 5

T-Cu 1.08 %
 AVERAGE S-Cu 0.23 %
 MISC 0.002 %

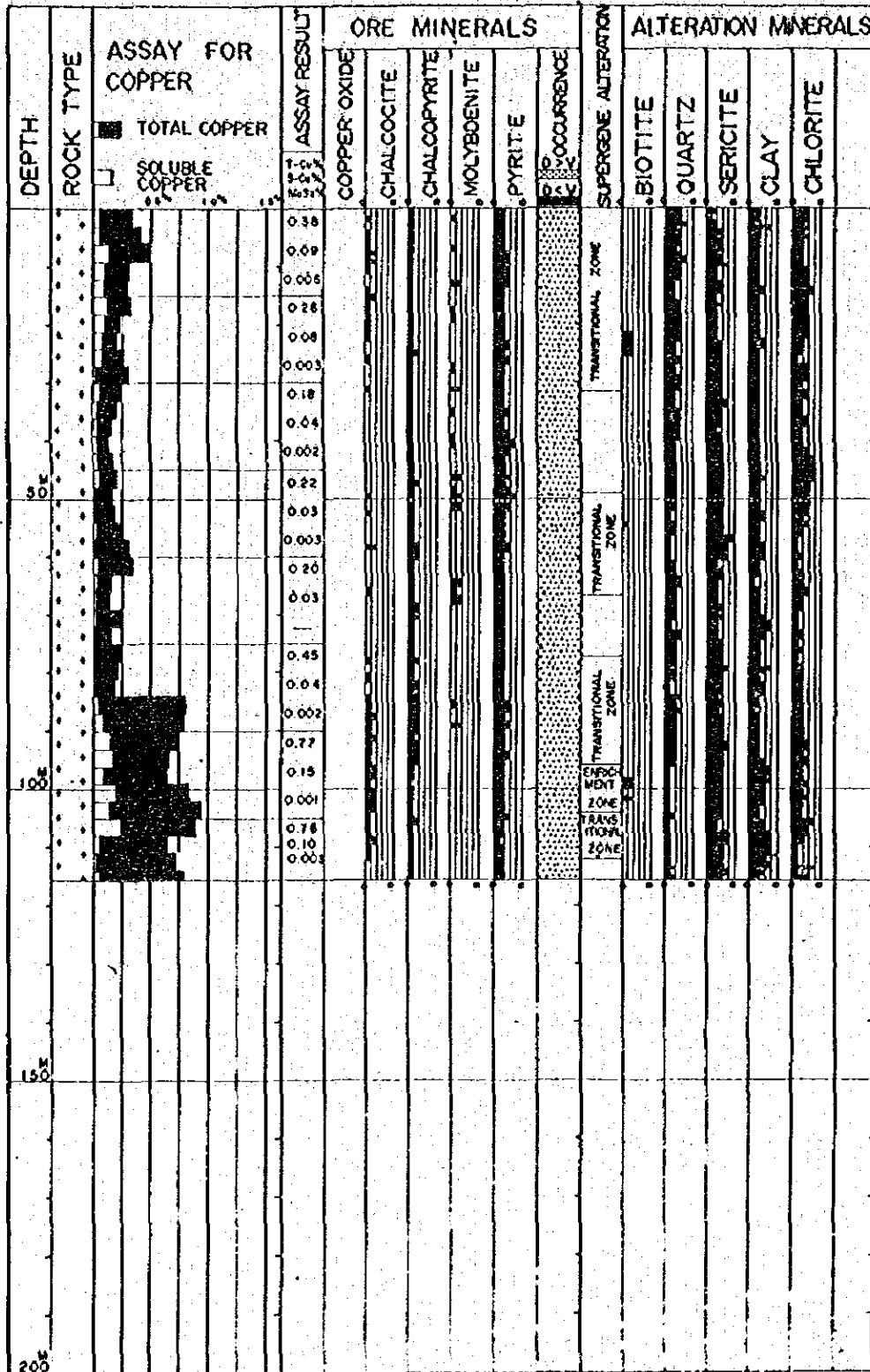
DEPTH	ROCK TYPE	ASSAY FOR COPPER		ASSAY RESULT	ORE MINERALS					SUPERGENE ALTERATION	ALTERATION MINERALS						
		TOTAL COPPER	SOLUBLE COPPER		COPPER OXIDE	CHALCOCITE	CHALCOPYRITE	MOLYBDENITE	PYRITE		MINOR OCCURRENCE	BIOTITE	QUARTZ	SERICITE	CLAY	CHLORITE	
				1.01													
				0.24													
				0.002													
				0.86													
				0.17													
				1.17													
				0.22													
				0.001													
50				1.03													
				0.12													
				0.001													
				1.21													
				0.18													
				0.003													
				0.90													
				0.22													
				0.002													
100				1.24													
				0.48													
				0.002													
				1.11													
				0.23													
				0.004													
				0.47													
				0.16													
				0.005													
150																	
200																	

HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-6

No. 6

T-Cu 0.39%
 AVERAGE S-Cu 0.07%
 M36 0.003%



3-7 坑内No.7孔 (Table 7-7 参照)

位置 9,221,690.03N 796,274.49E
方向 337° 30' 傾斜 0°
掘進長 7215m

極く僅か石英斑晶(1mm×1.5mm)を有するが、ほぼ全長にわたり、モンゾニ斑岩であり、斜長石(最大5mm×7mm, 平均2mm×5mm)及び黒雲母(最大6.5mm×7mm, 平均1.5mm×2mm)の斑晶を有する。黒雲母化及び緑泥石化は非常に顕著であり、絹雲母化・粘土化は一般に弱い。珪化は孔口より孔底へ向い増加する。顕著な裂罅は深度27.2m~27.4m, 28.5m~28.75m, 29.15m~29.35m, 33.2m~34.4m, 35.9m~36.05m, 36.4m~36.6m, 37.3m~37.9m, 47.8m~49.0m, 56.45m~58.65m, 61.5m~61.85m 及び62.55m~62.65m において見られ、いずれも灰色ないし、白色粘土を有する。銅鉱物は黄銅鉱及び鏡下にて硫砒銅鉱を確認した。その他に黄鉄鉱・磁鉄鉱及び赤鉄鉱を産する。黄銅鉱は鉄染状にて産するものが卓越し、黄鉄鉱も若干鉄染状に産するものが卓越する。磁鉄鉱・赤鉄鉱は主に黒雲母形骸中に産するが、孔底においては細脈中にも産する。鏡下においては黄銅鉱は最大0.4mm, 平均0.1mm程度の粒径をもち、網目状の不規則な形状を示すものが多い。

3-8 坑内No.9孔 (Table 7-8 参照)

位置 9,221,447.46N 796,022.91E
方向 0° 30' 傾斜 0°
掘進長 200m

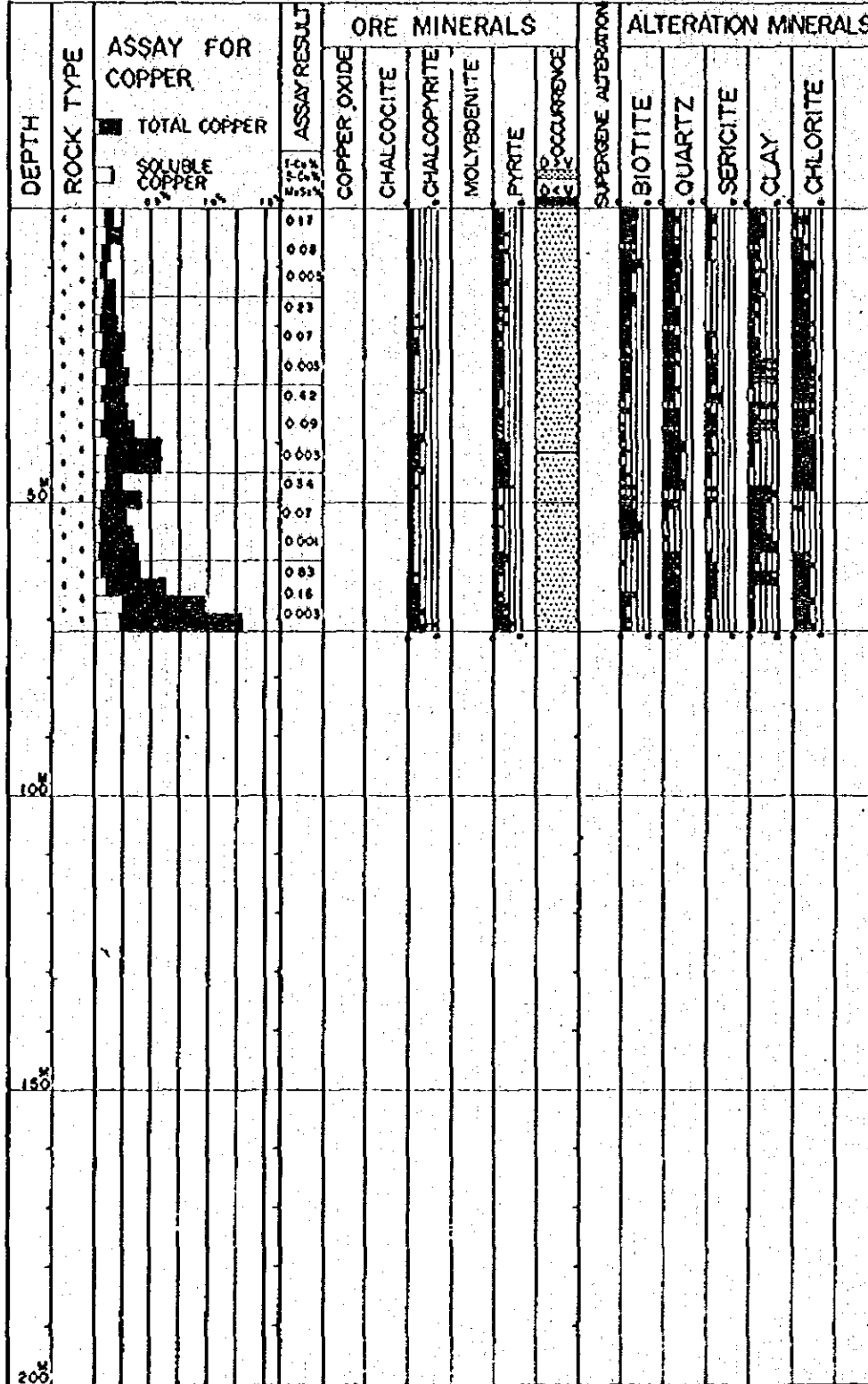
部分的に石英(最大2.5mm×3mm, 平均1mm×1mm)斑晶を有するが、大部分はモンゾニ斑岩であり斜長石(最大5mm×8.5mm, 平均3mm×5mm)・黒雲母(最大3mm×3mm, 平均1mm×1mm)の斑晶を有する。黒雲母はいずれも絹雲母及び金雲母に変化しており、斜長石も斑状組織の判別できないほどに変質してしまう場合がある。珪化・粘土化及び緑泥石化はいずれも孔口より孔底に向い弱化するが、絹雲母化は全般に非常に強いが孔底に向い更に強くなる。顕著な裂罅は観察できなかった。銅鉱物は黄銅鉱・輝銅鉱・斑銅鉱・銅藍・硫砒銅鉱及び緑色酸化銅鉱であり、他に黄鉄鉱・輝水鉛鉱・磁鉄鉱・方鉛鉱・閃亜鉛鉱及び磁硫鉄鉱を産する。黄銅鉱は鉄染状のものが、黄鉄鉱は細脈状のものが卓越する。硫砒銅鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱及び磁硫鉄鉱は細脈中に産する。緑色酸化銅鉱は主として黄鉄鉱及び黄銅鉱の周囲にハロー状に産する。輝銅鉱・斑銅鉱及び銅藍は主に黄銅鉱の被膜として産し、孔底に向かうにつれその量も増大する。

HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-7

No. 7

T-Cu 0.38%
AVERAGE S-Cu 0.09%
MoS₂ 0.003%

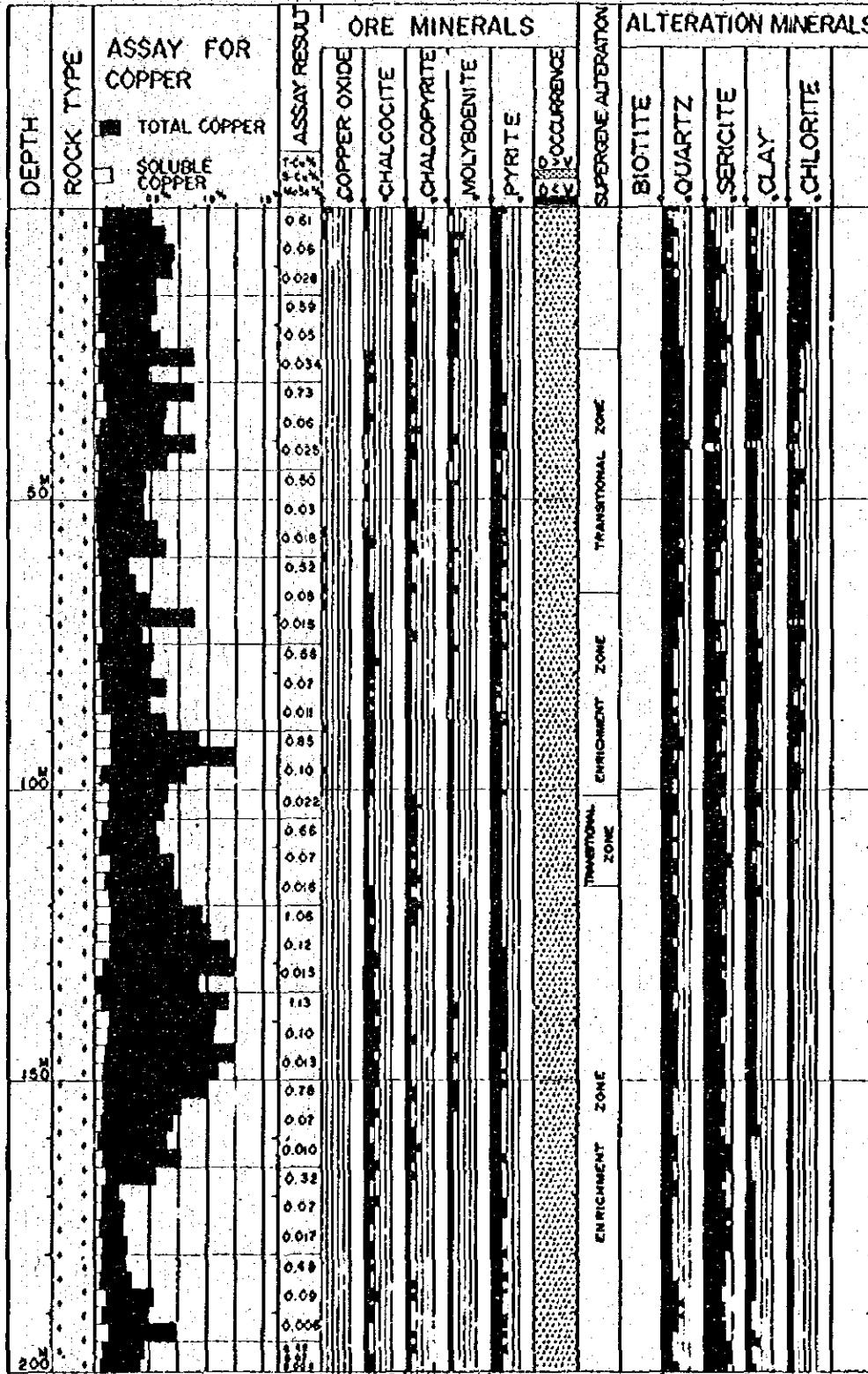


HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-8

No. 9

AVERAGE
 T-Cu 0.67%
 S-Cu 0.07%
 MoS₄ 0.07%



3-9 坑内No.10孔 (Table 7-9 参照)

位置 9,221,472.89N 796,075.68E

方向 169° 00' 傾斜 0°

掘進長 154.96m

全長にわたり石英モンゾニ斑岩であり、石英(最大5mm×6mm, 平均1mm×1mm)・斜長石(最大4.5mm×8mm, 平均2mm×3mm)の斑晶を有する。珪化及び粘土化は孔口に弱く、孔底に強い。絹雲母化は孔口に強く孔底に弱い。緑泥石化は孔口及び孔底に強く、深度105m~135m間はほとんど認められない。顕著な裂罅は深度84.15m・84.65m, 109.10m~109.85m, 133.80m~133.95m及び143.05m~143.25mにて灰色ないし白色粘土帯として確認された。珪岩の捕獲が顕著である。銅鉱物は黄銅鉱・斑銅鉱・輝銅鉱及び銅藍よりなり、他に黄鉄鉱・輝水鉛鉱・閃亜鉛鉱及び赤鉄鉱を産する。黄銅鉱及び黄鉄鉱は鉱染状のものが卓越し、輝水鉛鉱は一部鉱染状に産する部分もあるが石英細脈中に大部分見出される。閃亜鉛鉱は黄鉄鉱細脈中に産する。輝銅鉱・斑銅鉱及び銅藍は黄銅鉱の被膜として産する。

3-10 坑内No.11孔 (Table 7-10 参照)

位置 9,221,461.12N 796,225.91E

方向 87° 45' 傾斜 0°

掘進長 126.52m

ほとんど大部分石英モンゾニ斑岩であり、石英(最大4mm×7mm, 平均3mm×3mm)・斜長石(最大5mm×7mm, 平均3mm×5mm)及び黒雲母(最大5mm×5mm, 平均3mm×3mm)の斑晶を有する。珪化は孔口に強く孔底に弱い。絹雲母化は全般に観察され弱い粘土化を伴う。自形黒雲母は緑泥石及び絹雲母に変化しその形骸のみが残存している。顕著な裂罅は103.1m~103.5m間に白色粘土帯を認めたのみである。銅鉱物は黄銅鉱・輝銅鉱・斑銅鉱・硫砒銅鉱及び緑色酸化銅鉱よりなり、他に黄鉄鉱・輝水鉛鉱・赤鉄鉱及び磁鉄鉱が観察された。黄銅鉱は鉱染状のものが卓越し、黄鉄鉱は鉱染状細脈状の比はほぼ1:1である。硫砒銅鉱・輝水鉛鉱及び緑色酸化銅鉱はほとんどすべての細脈中に産する。輝銅鉱及び斑銅鉱は黄鉄鉱及び黄銅鉱の被膜として産する。天水性富化作用は漸移帯を形成している。

3-11 坑内No.12孔 (Table 7-11 参照)

位置 9,221,639.67N 796,388.63E

方向 160° 45' 傾斜 0°

掘進長 121.74m

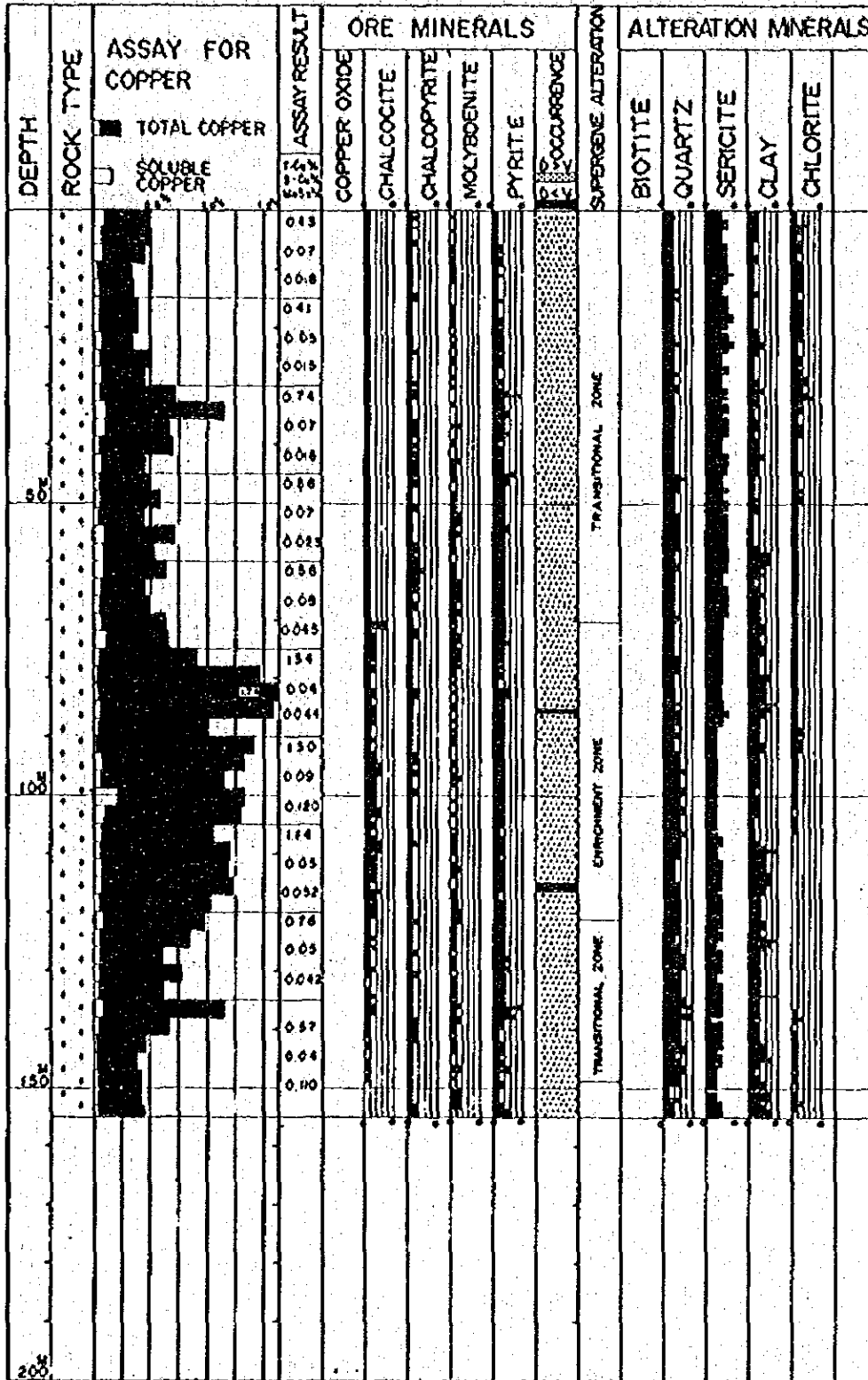
全長にわたり石英モンゾニ斑岩より成り、石英(最大5mm×6mm, 平均2mm×2mm)・斜長

HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-9

No. 10

AVERAGE T. Cu 0.78%
S. Cu 0.04%
Mo 51 0.000%

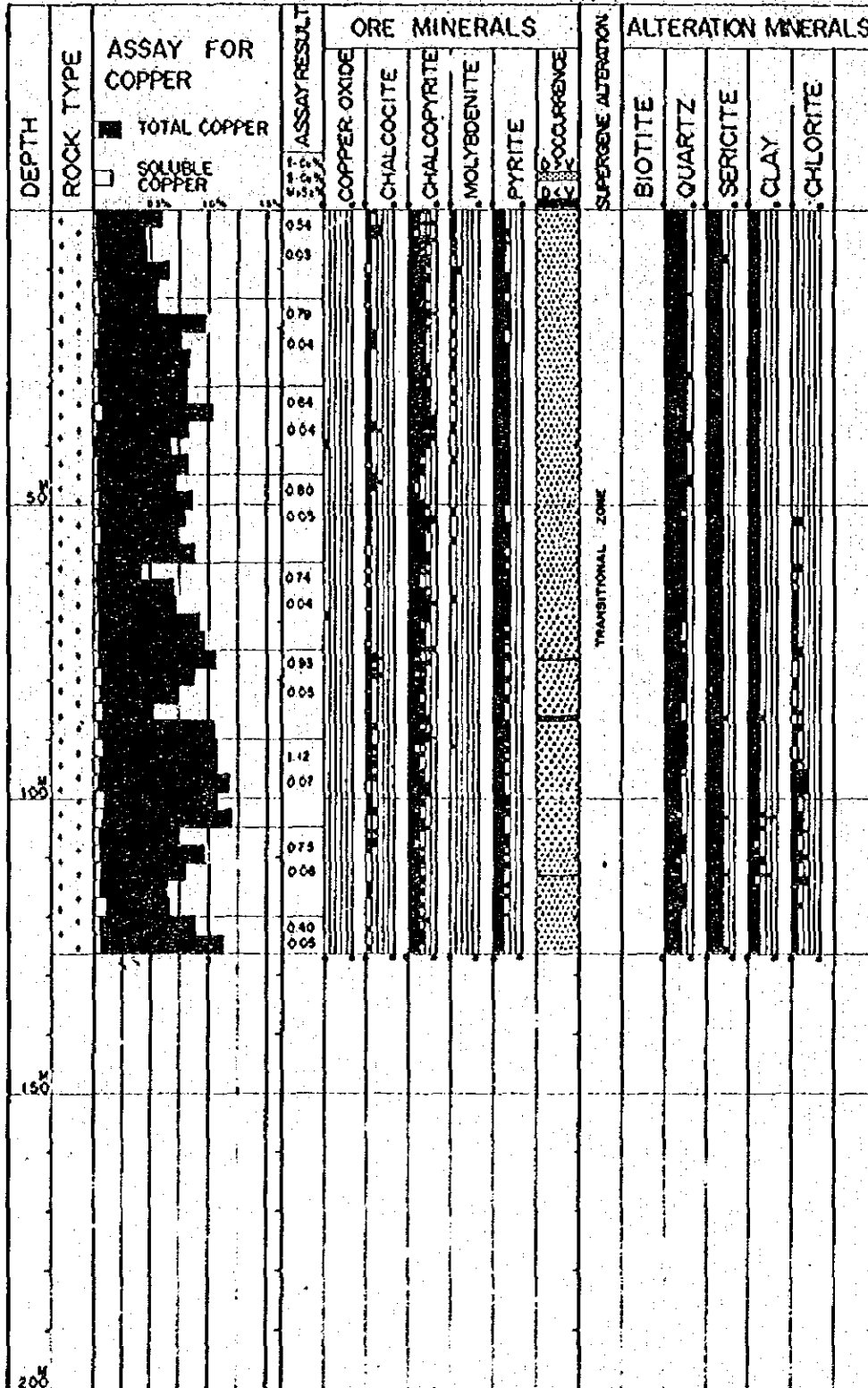


HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-10

No. 11

AVERAGE
 T-Cu 0.82%
 S-Cu 0.65%
 M-Cu 0.003%



石（最大6mm×8mm，平均4mm×6mm）及び黒翼母（最大6mm×4mm，平均3.5mm×4mm）の斑晶を有し，他に比し巨晶のものが多い。変輝緑岩質岩・珪岩及び珪化頁岩の捕獲がみられる。黒翼母化及び緑泥石化は全般に顕著であるが，珪化及び絹翼母化は共に比較的弱い。粘土化は斜長石斑晶にみられる程度である。桃色長石が比較的顕著に観察される。顕著な裂罅は深度10.05m～10.25m，61.25m～61.35m，67.35m～67.55m，109.35～110.05m及び113.10m～113.35mに灰色粘土及び104.7m～106.6m間に石英モンゾニ斑岩角礫（径1cm内外）を有する灰色粘土帯がある。銅鉱物は黄銅鉱・輝銅鉱及び極く僅かに斑銅鉱を産し，他に黄鉄鉱・磁鉄鉱及び輝水鉛鉱を産する。銅鉱物は主に鉱染状にて産し，黄鉄鉱・輝水鉛鉱は細脈中に産する。輝銅鉱・斑銅鉱は黄銅鉱の被膜として産し，天水性富化作用の漸移帯を形成している。

3-12 坑内No.13孔（Table 7-12 参照）

位置	9,221,600.62N	795,945.78E
方向	5° 15'	傾斜 0°
掘進長	95.95m	

全長にわたり石英モンゾニ斑岩であり，石英（最大5mm×5mm，平均2mm×2mm）・斜長石（最大5mm×7mm，平均2mm×3mm）及び絹翼母あるいは金翼母に完全に変質した黒翼母の斑晶を有する。変質は絹翼母が最も顕著で珪化，粘土化の順にその程度は弱くなる。桃色長石も一部に観られる。顕著な裂罅は認められなかった。銅鉱物は輝銅鉱・黄銅鉱・硫砒銅鉱及び緑色酸化銅鉱より成り，他に黄鉄鉱・輝水鉛鉱及び赤鉄鉱を産する。黄銅鉱及びそれを一部交代した輝銅鉱は鉱染状にて産するものが卓越し，黄鉄鉱は孔口より孔底に向け細脈状より鉱染状の産状のものが優勢となる。硫砒銅鉱は細脈状黄鉄鉱の優勢な部分に顕著であり，輝水鉛鉱は石英脈中に産する。輝銅鉱は黄銅鉱の被膜として産する。天水性富化作用は極めて顕著で漸移帯ないし富化帯を形成する。

3-13 坑内No.14孔（Table 7-13 参照）

位置	9,221,949.56N	796,325.24E
方向	245° 30'	傾斜 0°
掘進長	123.20m	

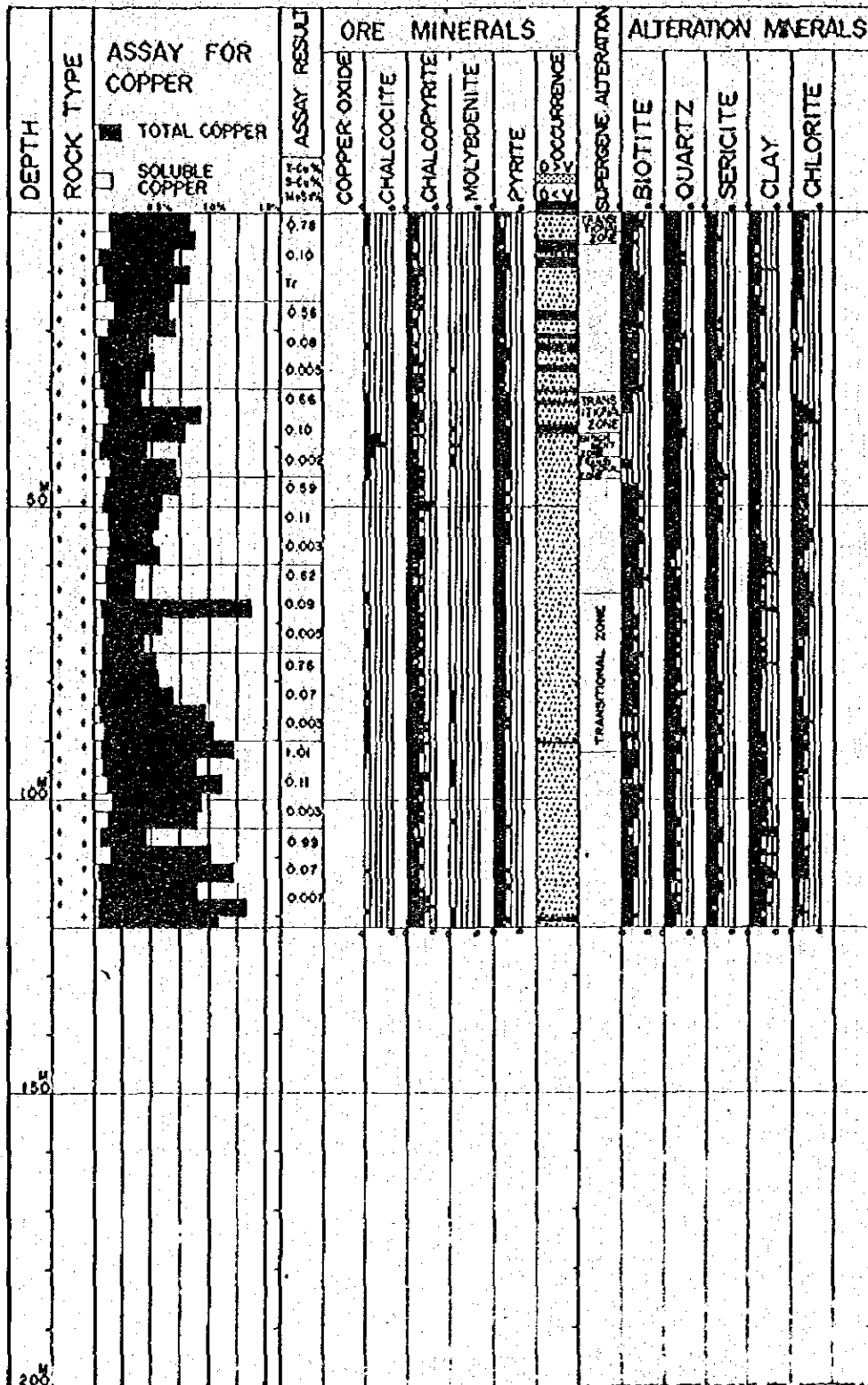
全長にわたり石英モンゾニ斑岩であり，石英（最大3mm×3.5mm，平均1mm×1mm）・斜長石（最大8mm×11mm，平均3mm×5mm）及び黒翼母（最大9.5mm×9.5mm，平均3mm×3mm）の斑晶を有する。黒翼母化及び緑泥石化は極めて強く，絹翼母化及び粘土化は比較的弱い。珪化はほぼ全長にわたって見られるが，孔底に向い若干増加する。顕著な裂罅は認められない。銅鉱物は黄銅鉱・輝銅鉱及び斑銅鉱であり，他に黄鉄鉱・磁鉄鉱・輝水鉛鉱及び赤鉄鉱を産する。黄

HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-11

No. 12

AVERAGE T-Cu 0.76%
S-Cu 0.09%
Moly 0.004%

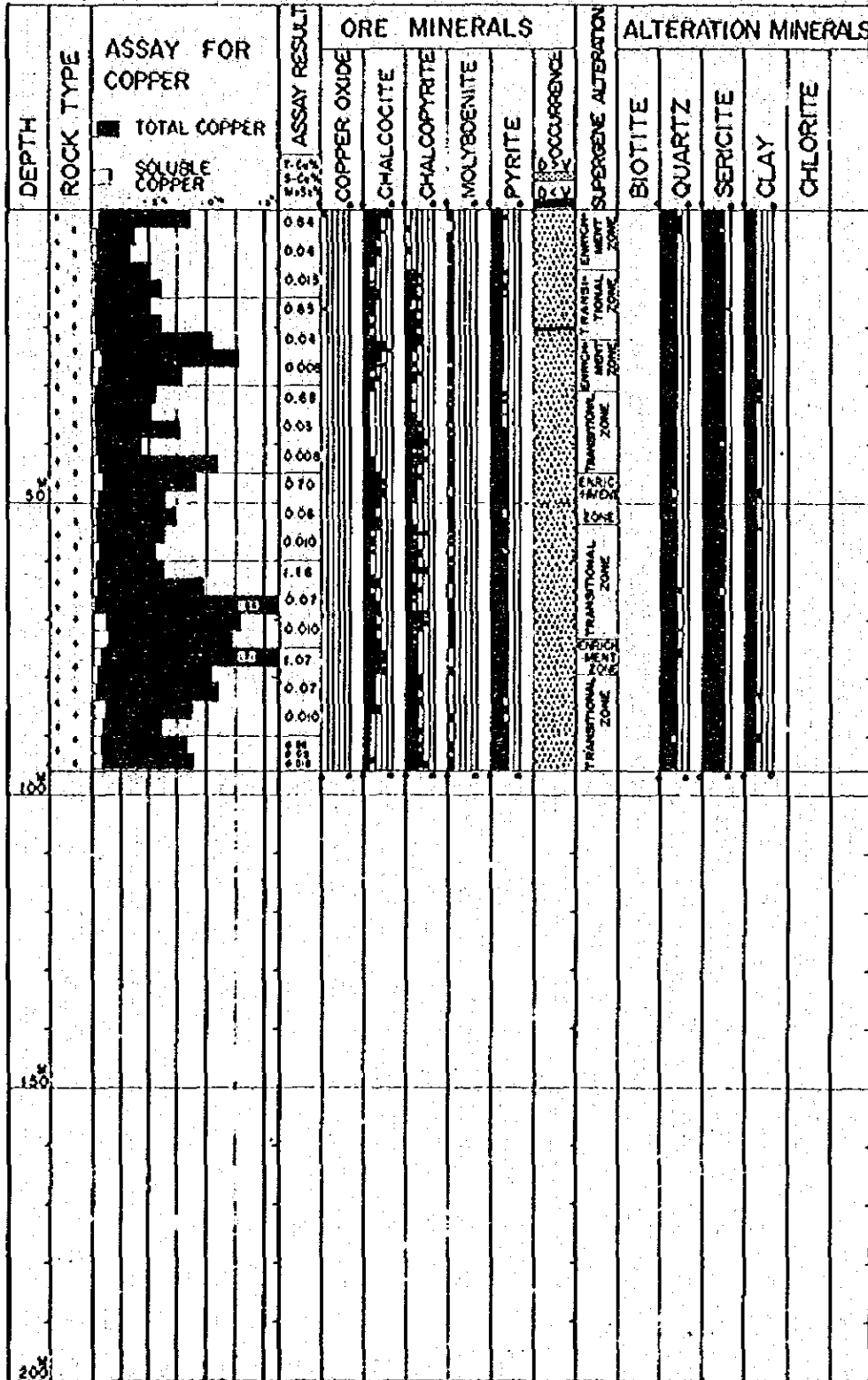


HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-12

No. 13

T-Cu 0.83%
 AVERAGE S-Cu 0.03%
 MoS₂ 0.00%



銅鉱は鉄染状のものが卓越するが、他所に比し細脈状のものも顕著である。黄鉄鉱は比較的少なく、主として鉄染状に産する。磁鉄鉱及び赤鉄鉱は黒雲母の外周及びその中に見られる。輝水鉛鉱は石英細脈中に産するが、稀に鉄染状にて産する。輝銅鉱・斑銅鉱は黄銅鉱及び黄鉄鉱の被膜として産するが量的には少ない。

3-14 坑内No.15孔 (Table 7-14 参照)

位置	9,221,715.95N	796,092.40E
方向	287° 15'	傾斜 0°
掘進長	121.95m	

孔底付近では石英(最大4mm×4.5mm, 平均2mm×2mm)斑晶を含むが全般にモンゾニ斑岩であり、斜長石(最大4.5mm×7mm, 平均3mm×5mm)及び黒雲母等の斑晶を含む。絹雲母化及び珪化は比較的優勢であり、斜長石斑晶は粘土化を黒雲母は絹雲母・金雲母に変質し、孔口付近にては緑泥石化をうけ、その形骸のみが残存している。顕著な裂隙は深度44.6m~45.4m, 49.45m~50.20m, 50.7m~51.3m, 56.4m~56.95m, 57.1m~58.65m及び102.7m~103.0m間の珪岩(1cm~2cm径)及びモンゾニ斑岩ないし、石英モンゾニ斑岩(径1cm~3cm)の角礫を含む白色粘土帯である。銅鉱物は黄銅鉱・輝銅鉱・硫砒銅鉱・斑銅鉱及び緑色酸化銅鉱であり、他に黄鉄鉱・輝水鉛鉱及び閃亜鉛鉱を産する。黄銅鉱は主として鉄染状に、輝銅鉱・斑銅鉱及び緑色酸化銅鉱は主に細脈中に産する。硫砒銅鉱は、石英細脈中の黄鉄鉱細脈に産しており、この石英脈中には閃亜鉛鉱を含有する。黄鉄鉱は鉄染状及び細脈状の産出比率はほぼ1:1であるが孔口付近では若干細脈状のものが優勢である。輝水鉛鉱は少量ながらほぼ全長にわたり産する。

3-15 坑内No.16孔 (Table 7-15 参照)

位置	9,221,716.96N	796,102.03E
方向	52° 15'	傾斜 0°
掘進長	67.67m	

全長にわたりモンゾニ斑岩であり、斜長石(最大5mm×7mm, 平均4mm×5mm)及び黒雲母(最大7mm×7mm, 平均3mm×4mm)の斑晶を含む。絹雲母化及び珪化は顕著であるが、粘土化は比較的弱い。黒雲母化は孔底に向かい漸増する。緑泥石化もまた孔底に強い。極く稀に緑簾石を産する。顕著な裂隙は深度56m~56.35m間の灰色粘土帯のみである。銅鉱物は黄銅鉱・輝銅鉱及び斑銅鉱であり、他に黄鉄鉱・輝水鉛鉱・磁鉄鉱及び赤鉄鉱を産する。黄銅鉱は主に鉄染状にて産し、黄鉄鉱は比較的多く鉄染状及び細脈状共に顕著である。輝水鉛鉱はほぼ全長にわたり観察された。磁鉄鉱及び赤鉄鉱は一部重複して産するが、孔口側に赤鉄鉱、孔底側に磁鉄鉱

HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-13

No. 14

AVERAGE
 T-Cu 0.87%
 S-Cu 0.11%
 MoS₂ 0.009%

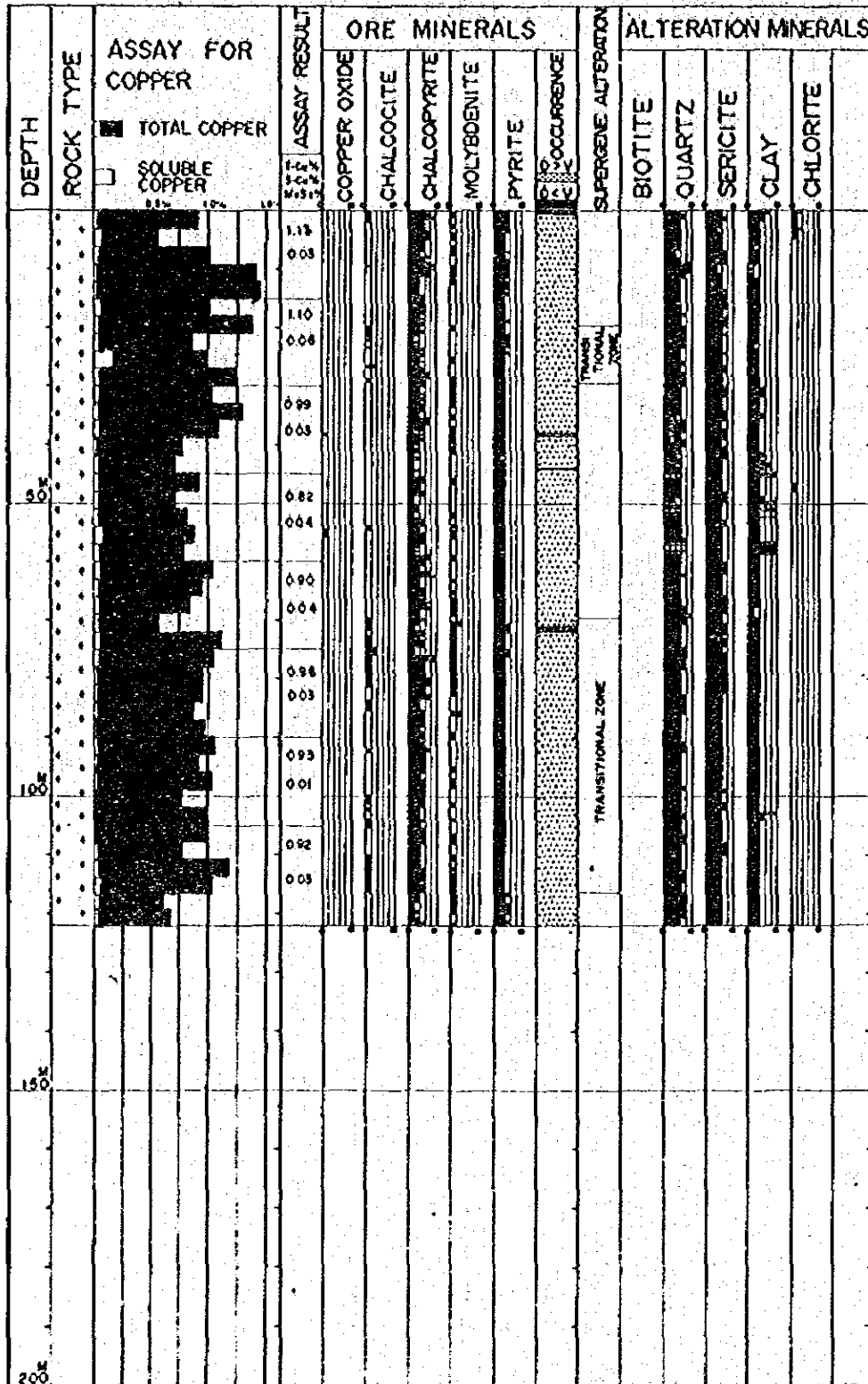
DEPTH	ROCK TYPE	ASSAY FOR COPPER		ASSAY RESULT	ORE MINERALS					SUPERGENE ALTERATION	ALTERATION MINERALS									
		TOTAL COPPER	SOLUBLE COPPER		COPPER OXIDE	CHALCOCITE	CHALCOPYRITE	MOLYBDENITE	PYRITE		OCURRENCE	BIOTITE	QUARTZ	SERICITE	CLAY	CHLORITE				
				0.76																
				0.65																
				0.012																
				1.21																
				0.12																
				0.021																
				0.93																
				0.18																
				0.011																
50				0.68																
				0.19																
				0.009																
				0.81																
				0.10																
				0.008																
				0.68																
				0.11																
				0.006																
				1.02																
				0.16																
100				0.006																
				0.90																
				0.08																
				0.004																
150																				
200																				

HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-14

No. 15

T-Cu 0.87%
 AVERAGE S-Cu 0.03%
 Wt% 0.004%



と比較的明瞭に区分できる。これらの酸化鉄鉱は黒雲母の外縁及びc軸に直角な(001)面に沿って産するものが多い。輝銅鉱及び斑銅鉱は共に黄銅鉱の被膜として産し、天水性富化作用による漸移帯を形成している。

3-16 坑内No.17孔 (Table 7-16 参照)

位置	9221,507.36N	795,847.73E
方向	289° 30'	傾斜 0°
掘進長	25.7 m	

全長にわたり石英モンゾニ斑岩であり、石英(最大6.5mm×7mm, 平均1.5mm×2mm)及び斜長石(最大4mm×6mm, 平均3mm×4mm)の斑晶を有する。絹雲母化は極めて著しく、次いで粘土化及び珪化を伴う。緑泥石化は主に網状石英脈の周辺に観察される。これらの変質により斜長石の形状が不明瞭となり、斑岩組織の識別できない部分も見られる。本孔においては顕著な裂隙は認められなかった。銅鉱物は輝銅鉱・黄銅鉱及び一部斑銅鉱を産し、他に黄鉄鉱・輝水鉛鉱及び赤鉄鉱を産する。輝銅鉱・黄銅鉱及び斑銅鉱は正倒約に鉱染状にて産し、灰白色石英モンゾニ斑岩中に胡麻塩状斑点(径約0.1mm~0.3mm)として観察される。黄鉄鉱はむしろ細脈状のものが卓越する。輝水鉛鉱はほぼ全長にわたり、主に石英細脈中に産する。天水性富化作用は孔口側にて富化帯、孔底側に漸移帯を形成している。

3-17 坑外No.1孔

位置	9221,024.89N	797,142.15E	標高 3,657.77m
方向	0°	傾斜 -9°	掘進長 200 m

深度35mまではInca層相当の砂岩・頁岩互層帯であり、以後孔底までGoyllarisquizga層上部相当層となる。179.3m~180.3m及び182.55m~190.2m間においてはより後期の玢岩岩脈が貫入している。顕著な裂隙は深度17.0m~19.5m, 52.3m~52.5m及び131.6m~133.25mにて、灰色ないし淡灰色粘土帯である。

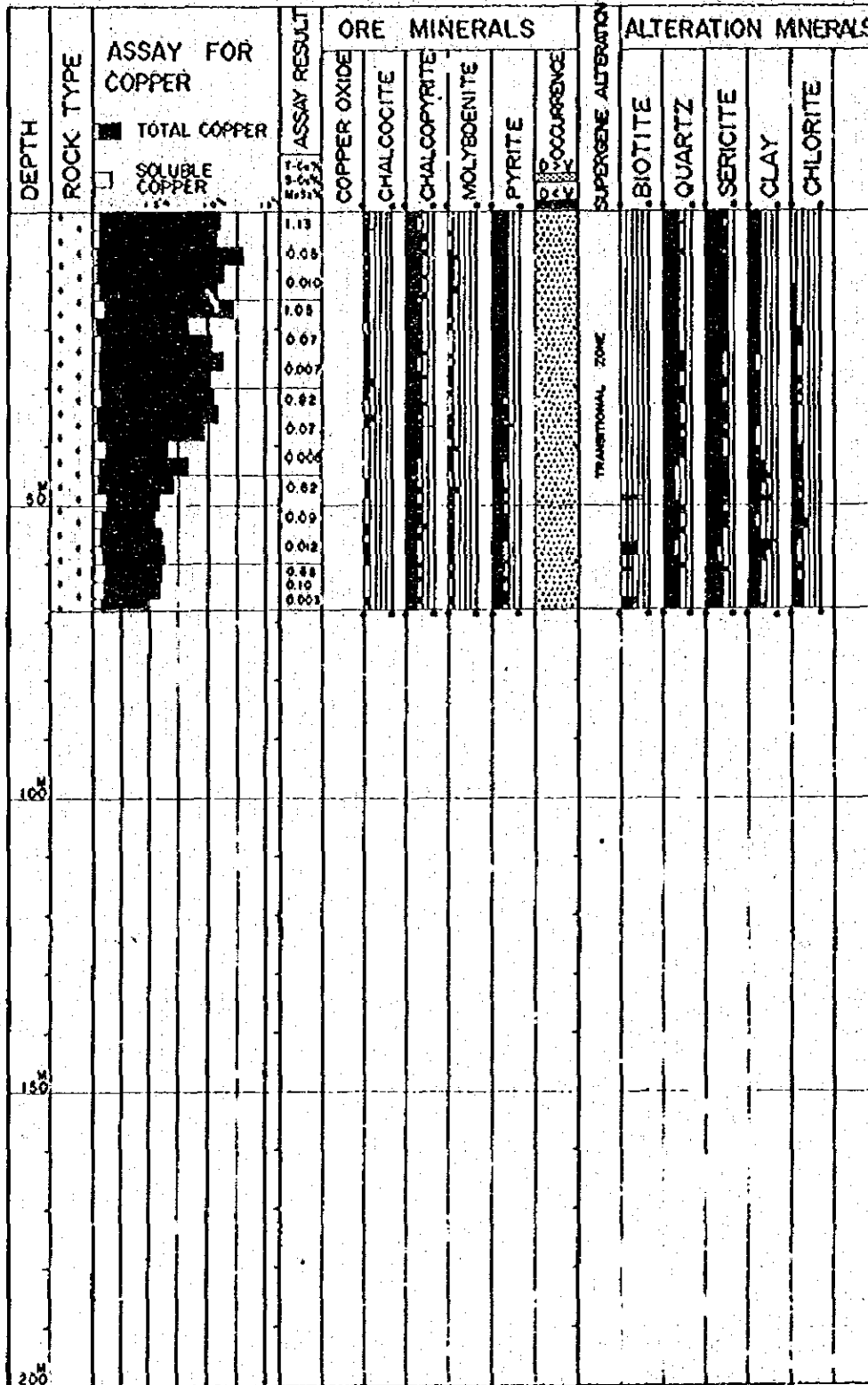
Michiquillay 鉱床近辺においては、Inca層下底部に存在する石灰質頁岩中に赤鉄鉱及び磁鉄鉱を生成しているが、本孔においても深度14.5m~17.0m及び29.15m~33.95mにおいて確認した。更にGoyllarisquizga層中の珪岩帯においても38.7m~47.0m及び75.25m~75.56m間に露頭焼け(Gossan)を生じており、また96.1m~96.35m間に磁鉄鉱及び135.15m~142.2m間に黄鉄鉱を被覆した輝銅鉱・斑銅鉱及び銅藍を確認した。

HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-15

No. 16

T-Cu 0.89%
 AVERAGE S-Cu 0.07%
 M34 0.008%



HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-16

No. 17

AVERAGE T-Cu 1.18%
S-Cu 0.07%
MoS₂ 0.021%

DEPTH	ROCK TYPE	ASSAY FOR COPPER		ASSAY RESULT	ORE MINERALS						ALTERATION MINERALS							
		TOTAL COPPER	SOLUBLE COPPER		COPPER OXIDE	CHALCOHITE	CHALCOPYRITE	MOLYBDENITE	PYRITE	BiO OCCURRENCE	SUPERGENE ALTERATION	BIOTITE	QUARTZ	SERICITE	CLAY	CHLORITE		
0-50		■	□	1.35														
50-100		■	□	0.09														
100-150		■	□	0.08														
150-200		■	□	0.04														
200-250		■	□	0.03														
250-300		■	□	0.02														

3-18 坑外No.2孔

位置 9,220,322.08N 798,208.05E 標高 3,592.64m
方向 0° 傾斜-90° 掘進長 150.55m

本孔に分布する岩相は

- (1) 深度16.65mまでの頁岩層
- (2) 深度65.65mまでの貝化石破片を含む石灰岩層
- (3) 以下孔底までの黒色頁岩を挟在する凝灰質砂岩層
- (4) これらを通る玢岩岩脈

である。(1)及び(3)は Inca 層に、(2)は Chulec 層に相当し、(4)はより後期の岩脈と解される。深度18.3m~19.3m及び20.4m~21.7m間において見られる石灰岩亜角礫(径1cm~5cm)を含む灰色粘土帯は相当の落差を有する逆断層でなければならぬ。他に65.65m~74.0m間において珪岩及び黒色砂質石灰岩角礫ないし亜角礫(径1cm~3cm)を有する灰色粘土帯が出現する。このうち、68.9m~74.0m間は破砕帯と思われる未固結砂質物質より成る。全体的に酸化作用に乏しく、黄鉄鉱も極く稀にしか観察できないが、玢岩は微鉄鉱を特長的に有する。

3-19 坑外No.3孔

位置 9,222,029.25N 794,622.36E 標高 3,493.91m
方向 0° 傾斜-90° 掘進長 201.50m

本孔における岩石は

- (1) 深度136.85mまでの石灰岩を主体とする堆積岩類
- (2) 深度136.85m以下に見られる角閃石を含む石英モンゾニ斑岩
- (3) 堆積岩類及び石英モンゾニ斑岩を通る玢岩類

である。堆積岩類は上部は貝化石破片を含む石灰岩、泥質石灰岩及び灰色塊状石灰岩の互層であるが、98m以深は黒色ないし暗灰色頁岩及び安山岩質凝灰岩をはさむ石灰岩類へと変化する。これらは Chulec 層の下部に相当するものと思われる。

石英モンゾニ斑岩は堆積岩に対し貫入関係にあり、巾約3cmの急冷周縁相をもつ。接触部付近の石英モンゾニ斑岩は方解石が顕著に見られ、斜長石・正長石及び有色鉱物をも交代している。有色鉱物は方解石のほか緑泥石・緑簾石にかわり角閃石及び黒雲母は識別出来ない。接触部をはなれるにしたがい角閃石は新鮮となるが、黒雲母は量的に少なく形骸のみ残存しているにすぎない。また本岩は石灰岩に対し弱い接触変成作用を与えており一部に石榴石を認めた。

玢岩の産晶はほとんど斜長石より成り、有色鉱物はほとんど見られない。石基は拍子木状斜長石(平均0.1mm×0.02mm)が大部分を占める。本孔における顕著な裂罅は深度25.3m~25.7m、26.25m~

26.4m, 49.7m~50.3m, 92.85m~93.5m及び175.5m~176.2m間において石灰岩(径1cm~3cm)及び頁岩(径1cm~2cm)の角礫を有する黒色ないし灰色の粘土帯である。石灰岩中の25.7m~26.25m間においては、黄鉄鉱帯中に、方鉛鉱及び閃亜鉛鉱が鉱染状ないし細脈状に産する交代式鉱化作用が見られる。

3-20 坑外No.8孔 (Table 7-17 参照)

位置 9,221,845.46N 795,827.91E 標高 3,527.16m
方向 0° 傾斜 -90° 掘進長 154.23m

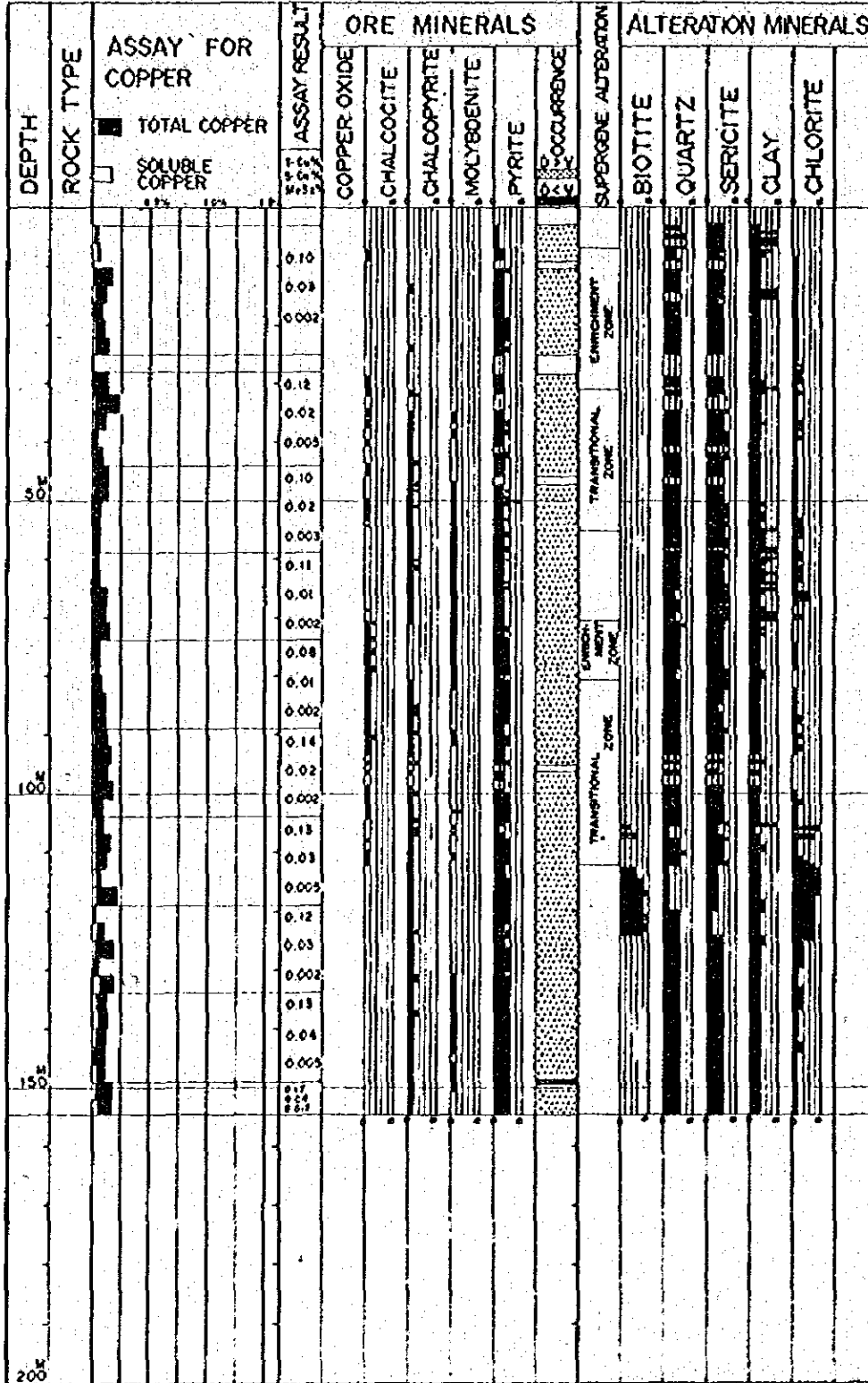
全長にわたり石英モンゾニ斑岩であり、石英(最大6mm×7.5mm, 平均3mm×3mm)・斜長石(最大7mm×8.5mm, 平均2.5×3.5mm)の斑晶を有し、更に深度105.5m~124m間においては黒雲母斑晶を有している。珪化・絹雲母化及び粘土化はほぼ全長にわたり顕著に観察でき、緑泥石化も比較的強い。黒雲母は鏡下ではほとんど完全に緑泥石・緑簾石・黝簾石・斜黝簾石及び菱鉄鉱に変化している。桃色長石は深度77m~78m間において産するのみである。顕著な裂罅は深度3.85m~4.55m, 5.35m~6.50m, 14.40m~16.10m, 30.50m~31.00m, 57.95m~58.65m, 59.50m~59.75m, 62.10m~62.50m, 64.05m~64.45m, 65.00m~65.55m, 80.00m~80.40m及び105.10m~105.50m間において、時に石英モンゾニ斑岩角礫(径0.5cm~5cm)を含む白色ないし灰色粘土帯である。また、深度55.40m~60.15m及び62.50m~63.45m間の石英モンゾニ斑岩は3cm~5cm径の角礫構造を有する。銅鉱物は黄銅鉱及び輝銅鉱より成り、他に黄鉄鉱・輝水鉛鉱及び磁鉄鉱を産する。黄銅鉱は主に鉱染状にて産し、黒雲母斑晶中に見られるものは1.2mm×0.5mmほどの大きさに達するものもあるが、石基中のものは普通0.2mm以下である。黄鉄鉱も鉱染状に産するものが比較的多く、最大0.5mm径に達するものもあるが、平均0.1mm径程度であり、半自形を示す場合が多い。輝水鉛鉱は、ほとんど細脈中に産し、磁鉄鉱は主に黒雲母の外縁及び(001)面に沿って生成している。輝銅鉱は黄銅鉱の被膜として産し富鉄帯及び漸移帯の形成に参与している。

HISTOGRAM OF MINERALIZATION AND ALTERATION GRADE

TABLE 7-17

No. 8

AVERAGE T-Cu 0.12%
S-Cu 0.02%
MoS₃ 0.004%



第II部 坑道掘さく工事

第Ⅱ部 坑道掘さく工事

第1章 坑道掘さく工事の概要	Ⅱ - 4
第2章 使用機械および使用消耗物品	Ⅱ - 6
第3章 坑道掘さく工事	Ⅱ - 11
3-1 設営作業	Ⅱ - 11
3-2 掘さく作業	Ⅱ - 14
3-3 撤収作業	Ⅱ - 19
3-4 工事工程表	Ⅱ - 22

List of Figures

Fig. 2-1	Location Map of Drilling Chambers, Cross-Cuts and Raises	II - 5
Fig. 2-2	Layout Map of Mine Office, Bodega, Compressor, and Ore Bins	II - 12
Fig. 2-3	Illustrations of Wooden Ore Bins	II - 13
Fig. 2-4	Standard Drill Round of Drifting	II - 16
Fig. 2-5	Cross Section of Drift	II - 17
Fig. 2-6	Cross Section of Timbered Drift	II - 18
Fig. 2-7	Standard Drill Round of Raise	II - 20
Fig. 2-8	Wooden Chute for Raise	II - 21

List of Tables

Table 2-1	Main Machineries Used	II - 7
Table 2-2	Spare Parts Used	II - 8
Table 2-3	Consumption of Materials	II - 9
Table 2-4	Operational Data in the Preparation of Diamond Drilling Chambers	II - 23
Table 2-5	Operational Data in the Preparation of Diamond Drilling Chambers	II - 24
Table 2-6	Operational Data in the Drifting General Summary	II - 25
Table 2-7	Operational Data in the Drifting General Summary	II - 26
Table 2-8	Operational Data in the Drifting by Heading Cross Cut No.1	II - 27
Table 2-9	Operational Data in the Drifting by Heading Cross Cut No.2	II - 28
Table 2-10	Operational Data in the Drifting by Heading Cross Cut No.3	II - 29
Table 2-11	Operational Data in the Drifting by Heading Cross Cut No.4	II - 30
Table 2-12	Operational Data in the Drifting by Heading Cross Cut No.4A	II - 31
Table 2-13	Operational Data in the Raising General Summary	II - 32
Table 2-14	Operational Data in the Raising General Summary	II - 33
Table 2-15	Operational Data in the Raising by Heading Raise No.2	II - 34
Table 2-16	Operational Data in the Raising by Heading Raise No.3	II - 35
Table 2-17	Operational Data in the Raising by Heading Raise No.5	II - 36
Table 2-18	Operational Data in the Raising by Heading Raise No.6	II - 37

第1章 坑道掘さく工事の概要 (Fig. 2-1参照)

本工事はMichiquillay 鉱床の賦存状況調査を目的とし、第1年次分工事は1974年3月17日に作業を開始し、1974年11月18日終了した。第2年次分工事は1974年12月23日に作業を開始し1975年5月31日終了した。この期間(406日間)中に実施した作業量はボーリング室追切工事掘進延長56.95m、横坑掘さく工事掘進延長1,070m、切上り坑掘さく工事掘進延長170mである。尚坑道掘さくの位置についてはFig. 2-1のとおりである。

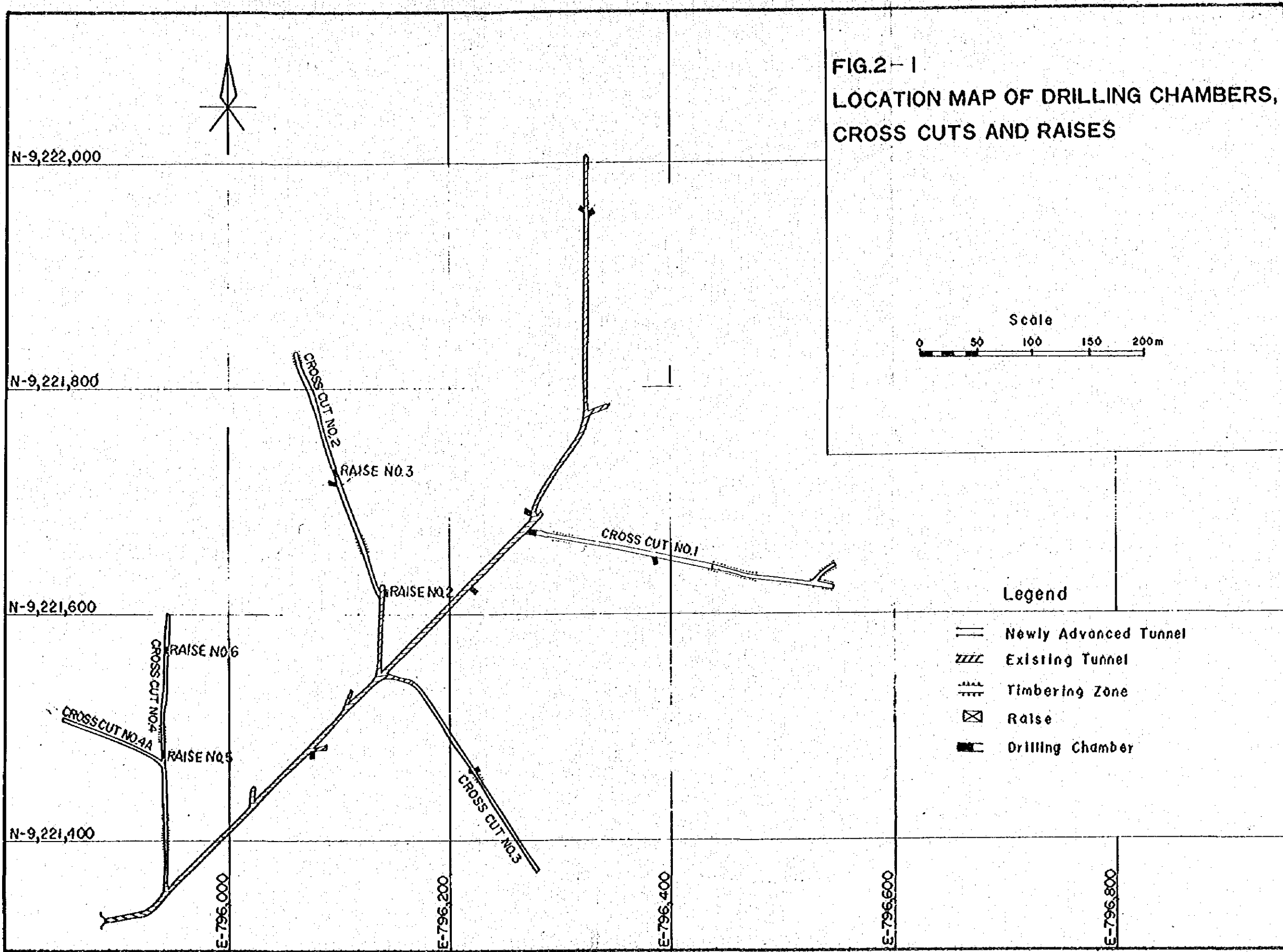
作業は日本人技術者とMINERO PERU 技術者の指導の下に現地人技術者および現地人労務者により2交代作業を行った。作業方法としてはレッグさく岩機とローダーの組合せにより1方当り1発破とし、1発破当り1.2m進行を目標とした。又切上り工事は特に保安上の見地から人道と落しを仕切り、人道には3m毎に踏だなを設けかつ梯子道をつけた。坑口付近には適当な研捨場もなく又掘進機の大部分は銅鉱石であるために坑口に木製の貯鉱舎を設け、ダンプトラックにより既存の空港に集積したそのために貯鉱舎が充満の場合もありトラブルは避け得なかった。

作業内容としては、湧水、岩盤脆弱等のため部分的に非常に難工事の箇所があった。又現地人技術者及び労務者に対する技術指導も併せ行ったために工事は遅延気味であった。

工事期間は、1974年3月17日より仮設、設営を開始して、引続き掘進作業に入り1974年11月18日一時中止した。1974年12月23日掘進作業を再開し1975年5月31日撤収作業完了をもって全工事を終了した。

この間に要した所要延人員は次のとおりである。

作 業 種	延 人 員
監 督 者	208人
組 長	633
事 務 員	429
さ く 岩 員	1,884
倉 庫 係	547
コンプレッサー係	266
維 夫	4,594
支 柱 員	51
計	8,612人



第 2 章 使用機械および使用消耗物品

坑道掘さく工事に使用した機械、機械部品、消耗品は Table 2-1, 2-2, 2-3 のとおりである。

Table 2-1. Main Machineries Used

Item	Model	Quantity	Specification
Air Compressor	DK-600	3	Discharge; 11 m ³ /min. Diesel Engine; T-928 120 PS. Air-cooled, portable type.
	DT-4-ARR	1	Discharge; 18 m ³ /min. Diesel Engine; D-100 B 145 PS. Water-cooled, stationary type.
Shovel Loader	EIMCO-12B	3	Bucket Capacity; 0.16 m ³
Rock Drill	TY-280LD	7	Cylinder Diameter; 76 mm.
	TY-280JS	2	Air Consumption; 3.4 m ³ /min.
Mine Car		10	Volume; 0.9 m ³ Hand-operated, Side-dumping.
Bit-grinder	LSD61	1	Air-driven, 4,200 r.p.m.

Table 2-2 Spare Parts Used

Machinerie	Spare Part	Quantity
Rock Drill	Rifle Bar	13
	Rifle Nut	12
	Water Tube	66
	Water Valve Retainer Ring	12
	Water Valve Spring	9
	Rotation Pawl	28
	Steel Holder	1
	Steel Holder Spring	10
	Steel Holder Nut	12
	Through Bolt	14
	Through Bolt Nut	10
Air Compressor	Cup Rubber	40
	Pawl Spring	24
	Air Cleaner Filter	3
	Fuel Filter	8
Shovel Loader	Oil Filter	12
	Diaphragm Valve sheet	14
	King Bolt	2
	King Bolt Nut	2
	Rocker Cable (long)	10
	Rocker Cable (short)	8
	Bucket Chain	2
Bumper Spring	6	
Handle Spring	14	
Turntable Ball	10	

Table 2-3 Consumption of Materials

Material	Quantity	Material	Quantity
Grinding Stone	20 pcs.		
Nail 6"	355 kg	Picking Steel Bar	29 pcs.
Nail 4"	130 "	Pick	15 "
Nail 2"	30 "	Trimming Hand Axe	2 "
Wire	800 "	Hand Saw 60 cm	3 "
Manila Rope 19 m/m	350 m	Hand Saw 30 cm	1 "
Manila Rope 12 m/m	100 "	Japanese Hand Saw	5 "
Wire Rope 12 m/m	90 m		
Wire Rope 21 m/m	180 "		
Carbide	2,450 kg	Heavy Hammer 15 lbs.	4 "
Tamping Rod 2 m	90 pcs.	Hand Hammer 4 kg	2 "
Oil for Drill	375 l	Pipe Wrenche 18"	4 "
Oil for Shovel Loader	500 "	Pipe Wrenche 21"	2 "
Light Oil	96,495 "	Pipe Wrenche 24"	2 "
Lubricant	900 "	Adjustable Spanner 8"	8 "
Grease	185 kg	Adjustable Spanner 12"	8 "
Safety Cap	73 pcs.	Pinche 6"	4 "
Glove	80 prs.	Measuring Tape 50 m	1 "
Rubber Coat	75 pcs.	Measuring Tape 10 m	1 "
Rubber Pant	75 "	Rubber Hose 1 "	120 m
Rubber Boot	116 prs.	Rubber Hose 1/2 "	120 m
Carbide Lamp (L)	44 pcs.	Valve 4"	1 pcs.
Carbide Lamp (S)	43 "	Valve 2"	6 "

Materials	Quantity	Material	Quantity
Drill Rods, Hex. Hól.		Valve 1"	14 pcs.
22 m/m x 0.9 m	22 pcs.	Dynamite (SEMEXA 45%)	13,037.2 kg
22 m/m x 1.2 m	21 "	Blasting Caps No.6	22,412 pcs.
22 m/m x 1.8 m	161 "	Safety Fuses	55,822 m
22 m/m x 2.4 m	21 "	" Kuhlen "	14 pcs.
<u>Timber & Lumber</u>		<u>For Ore Bin</u>	
<u>For Raise</u>		Log ϕ 25cm x 3m	72 pcs.
Log ϕ 25cm x 3m	360 pcs.	" ϕ 30cm x 3m	22 "
Plate 5cm x 20cm x 3m	591 "	" ϕ 20cm x 3m	20 "
Ladder	91 "	Square Lumber	
<u>For Drift</u>		30cm x 30cm x 8m	3 "
Logs ϕ 25cm x 3m	400 "	25cm x 25cm x 8m	5 "
Plate 5cm x 20cm x 3m	759 "	25cm x 25cm x 6m	3 "
<u>For Ore Bin</u>		25cm x 25cm x 4m	2 "
Log ϕ 30cm x 8m	4 "	Plate 5cm x 20cm x 4m	80 "
" ϕ 25cm x 5m	2 "	" 5cm x 20cm x 3m	619 "
" ϕ 25cm x 3.5m	7 "	" 5cm x 20cm x 2.5m	25 "

第 3 章 坑道掘さく工事

3-1 設営作業

3-1-1 配管およびレール布設作業

空気圧縮機4台を3500M. L. 坑口に据付けて、4' パイプを各切羽に配管する工事を1974年3月17日より開始した。さく岩用水は3600M. L. の Michiquillay 川の水を、坑内3500M. L. 坑道より地表に貫通している立坑内に配管した2' パイプにより利用した。又レールは10 kg/m レールを500mmゲージにて布設し、立入坑道入口にはそれぞれ分岐レールを布設した。

3-1-2 仮設作業

1974年3月17日から坑口付近に事務所、倉庫、修理場各1棟を建設した。その所要人員の内訳は次のとおりである。火薬庫は既存の火薬庫を利用した。

作 業 名	延 人 員	延 時 間
空気圧縮機据付及び配管	32人	256時間
レール、パイプ等運搬及び坑外布設	75	600
坑口付近倉庫、事務所等建設及び整備	38	304
貯 鉱 倉 建 設	100	903
"	59	684
"	38	456
坑内レール、パイプ布設	67	512
計	409人	3,715時間

事務所、倉庫、コンプレッサー室、貯鉱倉の位置はFig. 2-2のとおりである。

3-1-3 貯鉱倉建設作業

坑口付近には適当な研捨場がないために坑口の斜面（傾斜約37°）を利用して木製貯鉱倉（容量16m³のもの2ヶ、80m³のもの2ヶ、10m³のもの1ヶ）を建設した。

掘進研は貯鉱倉より抽出してダンプトラックにより鉱山空港まで運搬した、堆積は坑道掘進長8m単位（100t相当）として坑道別にした。

貯鉱倉はFig. 2-3のとおりである。

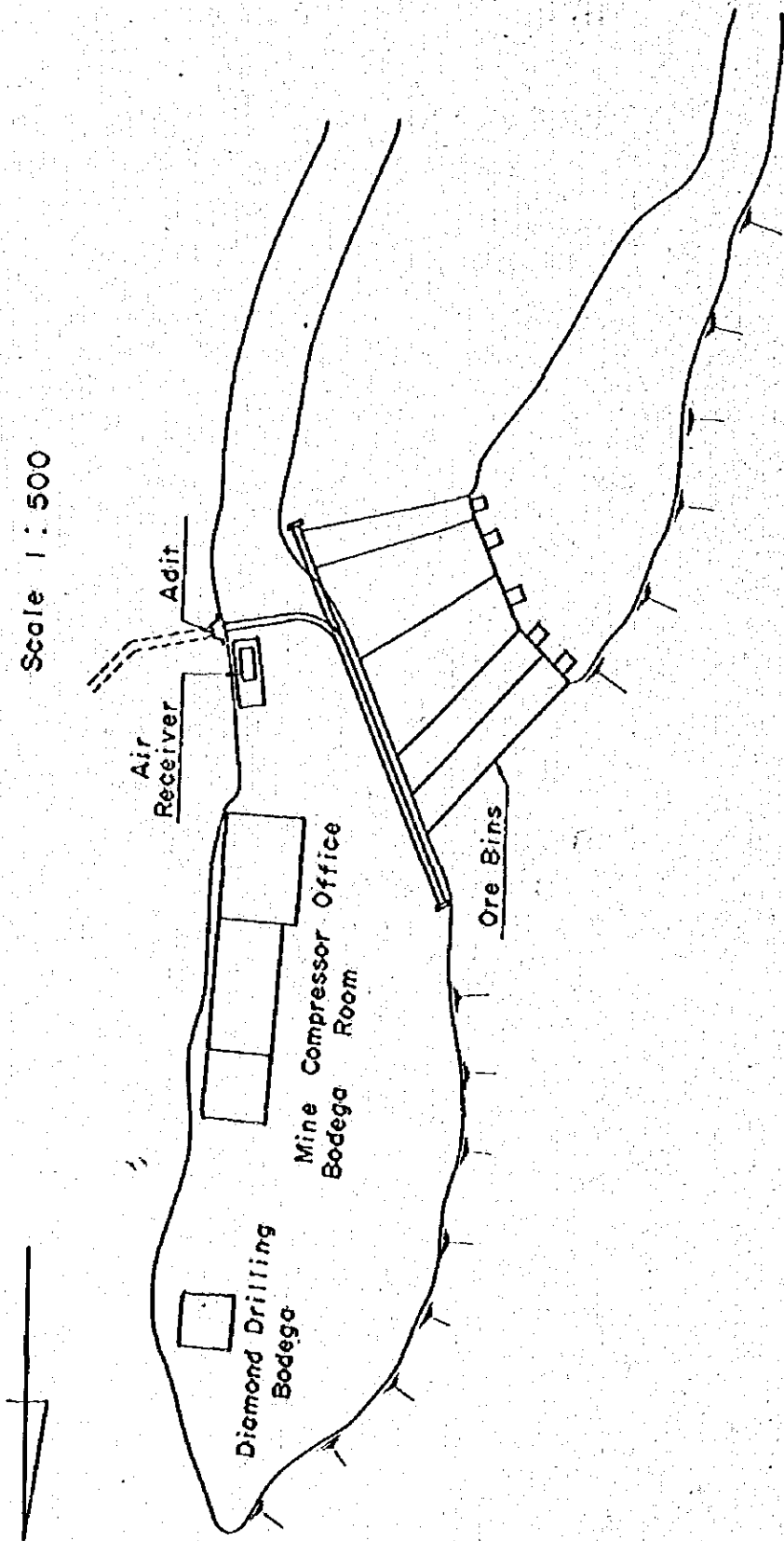
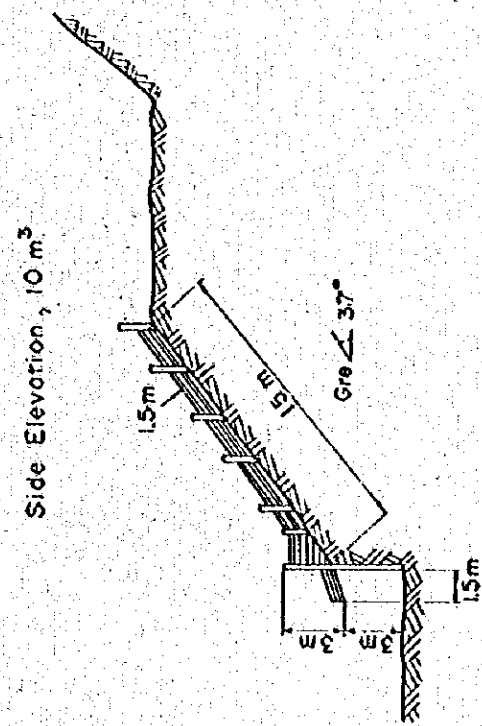
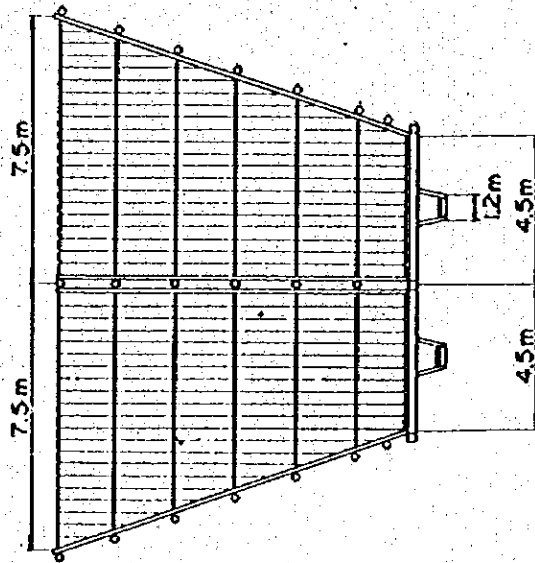
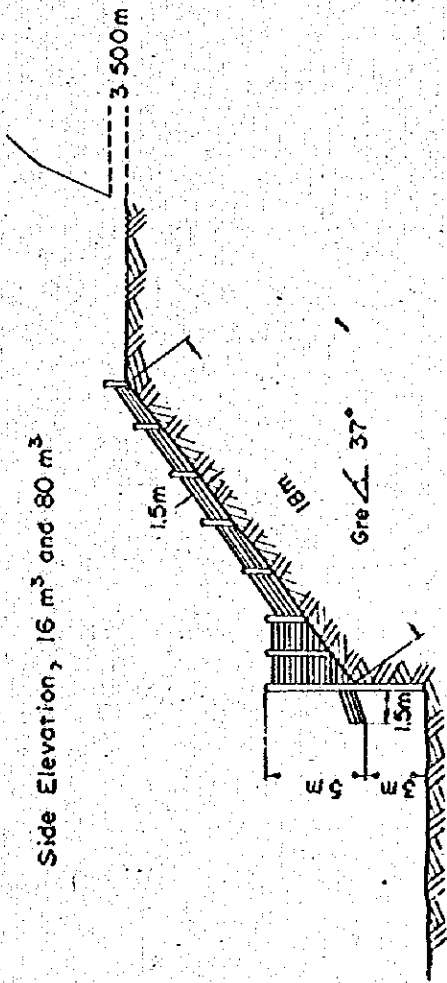
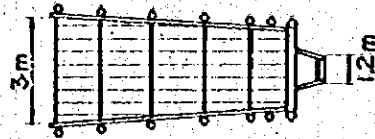


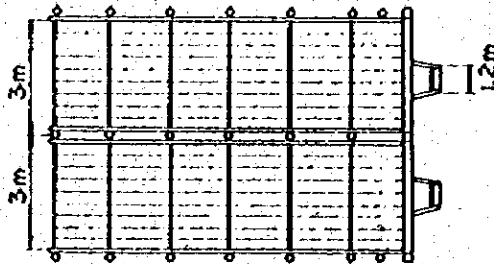
FIG.2-2 LAYOUT MAP OF MINE OFFICE, BODEGA, COMPRESSOR ROOM, AND ORE BINS



Plan, 10 m³



Plan, 80 m³



Plan, 16 m³

FIG.2-3 ILLUSTRATIONS OF WOODEN ORE BINS

3-2 掘さく作業

3-2-1 ボーリング室追切工事

下記の様にそれぞれ工事を実施した。

ボーリング孔名	所要日数	掘進長	留付
No 2	5	4.20 m	
No 3	6	6.20 m	
No 4	5	6.40 m	
No 6	6	8.45 m	
No 7	4	4.35 m	2 枠
No 10	5	4.85 m	
No 11	3	6.00 m	
No 12	8	8.00 m	
No 15	4	8.50 m	
計		56.95 m	2 枠

上記以外のボーリング室は既存の坑道を利用した。又研取りは手積み土砂取りによった。

3-2-2 横坑掘さく工事

ローダーはEIMCO12Bを3台準備したが、1部手積み土砂取りも行った。又運搬は0.9m横明け鉱車を使用した。坑道加背は巾21m×高さ2.5m、坑道勾配は1/200とした。標準穿孔配置はFig. 2-4、坑道断面はFig. 2-5、2-6のとおりである。

(1) No1立入坑道(予定延長300m)

S70°Eの方向で掘進を開始して、2450m掘さくした地点で一時中止した。2450mから掘進を再開し、300mに到達し完了した。所要日数は154日であった。

0m~19.35mの間は岩目が多かったが比較的掘進は順調であった。19.35m~33.50mの間において断層添いにモンソナイトが粘土化作用を受け湧水も10ℓ/分あり14枠の留付を必要とした。33.50m~161mの間は良好な岩盤であった。161m~204mの間断層に添った岩目が非常に多く湧水も10ℓ/分~25ℓ/分あり、36枠の差矢を行い掘さく困難であった。204m~262mの間は断層と岩目が多く湧水もあったが留付は必要がなく順調に進んだ。262m~273mの間は断層と岩目が多く湧水も20ℓ/分~30ℓ/分あり11枠の差矢を行ったが、引立では天盤の矢先に荷重がかかり直進することは保安的、技術的にも困難と判断されたので、258m付近で左側に迂回坑道27mを掘進して完了した。その間湧水は10ℓ/分位であった。

が断層と岩目が多く、14枠の留付を必要とした。なおその間30m付近、175m付近で荷重のため保坑が危険となりそれぞれ2枠、3枠の増留を実施した。

(2) №2立入坑道(予定延長250m)

N20°Wの方向で掘進を開始して、171.50m掘さくした地点で一時中止した。

171.50mから掘進を再開し231.50mの地点で岩盤不良となり中止した。所要日数は126日であった。

0m～41.90mの間は比較的順調に掘進出来たが41.90m～54.40mの間は断層添いに破砕帯があり9枠の留付を行った。54.40m～148.50mの間は湧水もなく良好な岩盤であった。148.50m～156.10mの間には7枠の留付を行った。156.10m～219mの間は岩目は多かったが掘進は比較的順調であった。219m～231.50mの間は湧水が20ℓ/分～25ℓ/分もあり、又破砕帯に入り10枠の差矢を行ったが引立では天盤の矢先に荷重がかかりこれ以上の掘進は保安上、技術上から困難と判断されたので中止した。

(3) №3立入坑道(予定延長200m)

S35°Eの方向で掘進を開始して170.40mに達した地点で一時中止した。170.40mから掘進を再開し、200mに到達して完了した。所要日数は102日であった。

0m～92.70mの間、岩目は多かったが掘進は比較的順調であった。92.70m～103.20mの間は岩目と湧水のため4枠の留付を行った。又湧水は一時的に40ℓ/分～200ℓ/分と多量であったが、引立が進むにつれて分散していった、なお多量の湧水のために火薬の不発があり工事は難渋した。103.20m～200mの間は湧水もなく岩盤も良好であり掘進は順調であった。

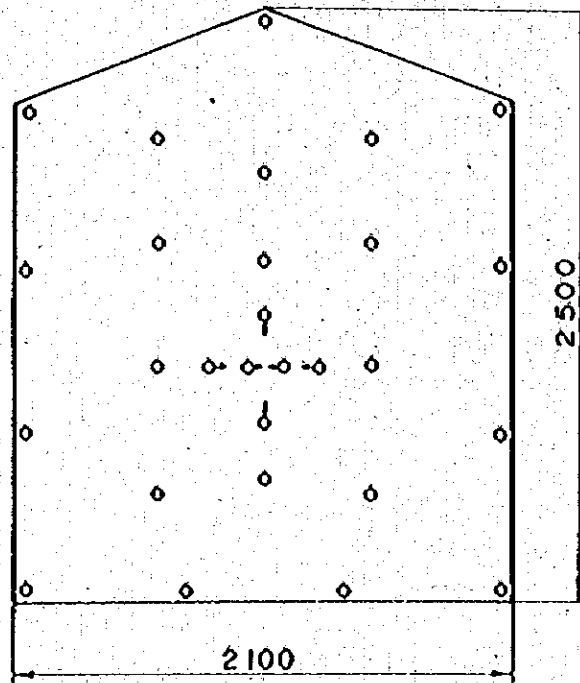
(4) №4立入坑道(予定延長220m)

Nの方向で掘進を開始し133.60mに達した地点で一時中止した。133.60mから掘進を再開し、238.50mに到達して完了した。所要日数は114日であった。

0m～31.50mの間は湧水もなく比較的順調に掘進出来た。31.50m～52.50mの間はモンソナイトが粘土化作用を受けており12枠の留付を行った。58.60m～62.10mの間は大きな岩目にあたり2枠の留付を行った。62.10m～127mの間は比較的軟弱な岩盤であったが湧水がなく、掘進は順調であった。127m～142.30mの間は岩目が多く少量の湧水があり留付が必要となり、13枠の留付を行った。142.30m～238.50mの間は岩目は多かったが湧水がなく比較的掘進は順調であった。なおその間31.50m付近では湧水も多く保坑が危険となったので3枠の増留を行った。又35m付近では左側壁に異状な盤圧が加り留付の柱が折損し保坑が危険となったので、2枠の増留を行った。

(5) №4A立入坑道(予定延長100m)

№4立入坑道開始点より107mの地点でN70°Wの方向に掘進を開始し100mに到達して完了した。所要日数は31日であった。岩目は多かったが湧水はほとんどなく掘進は順調であった。



Numbers of Drill Holes	28
Type of Center Cut	Pyramid Cut
Blasting Caps Used	NO. 6
Explosives Used	SEMEXA 45% 82 g/stick

Safety fuses were used.

FIG.2-4 STANDARD DRILL ROUND OF DRIFTING

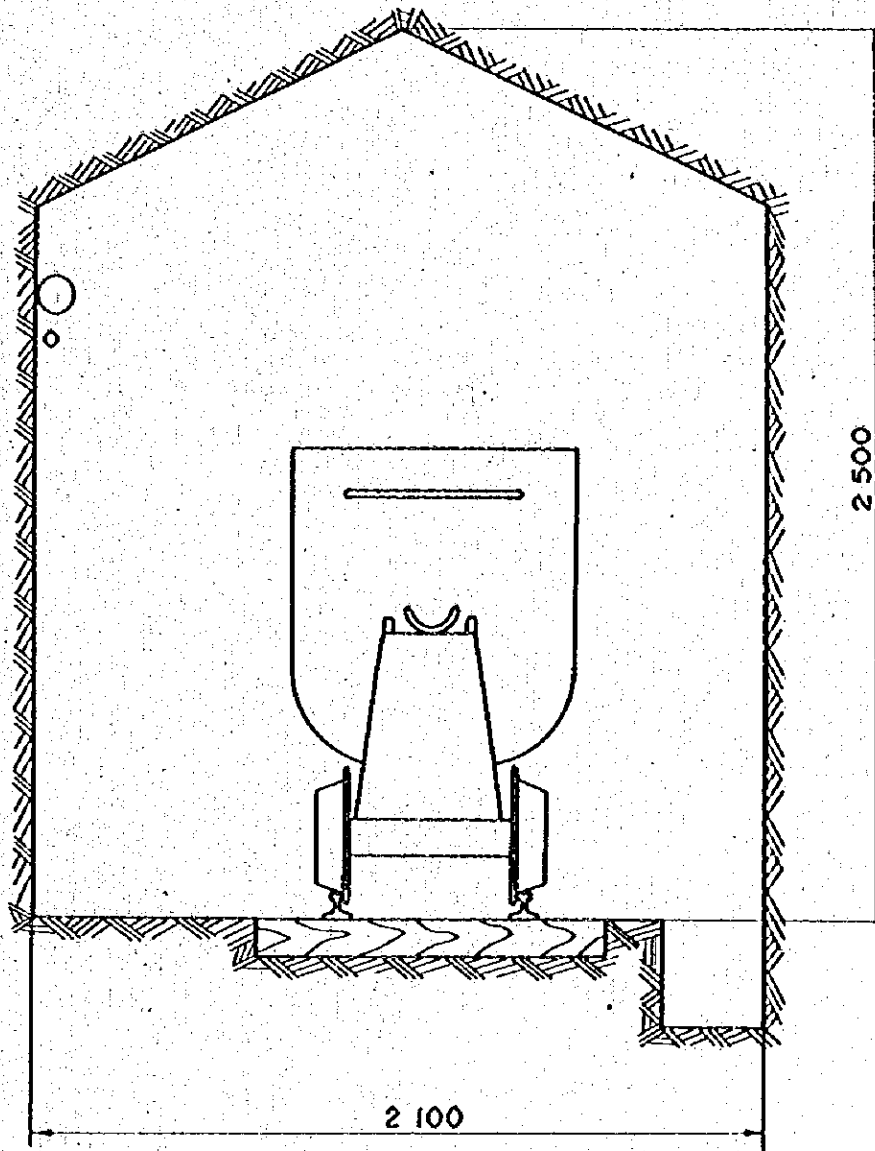


FIG.2-5 CROSS SECTION OF DRIFT

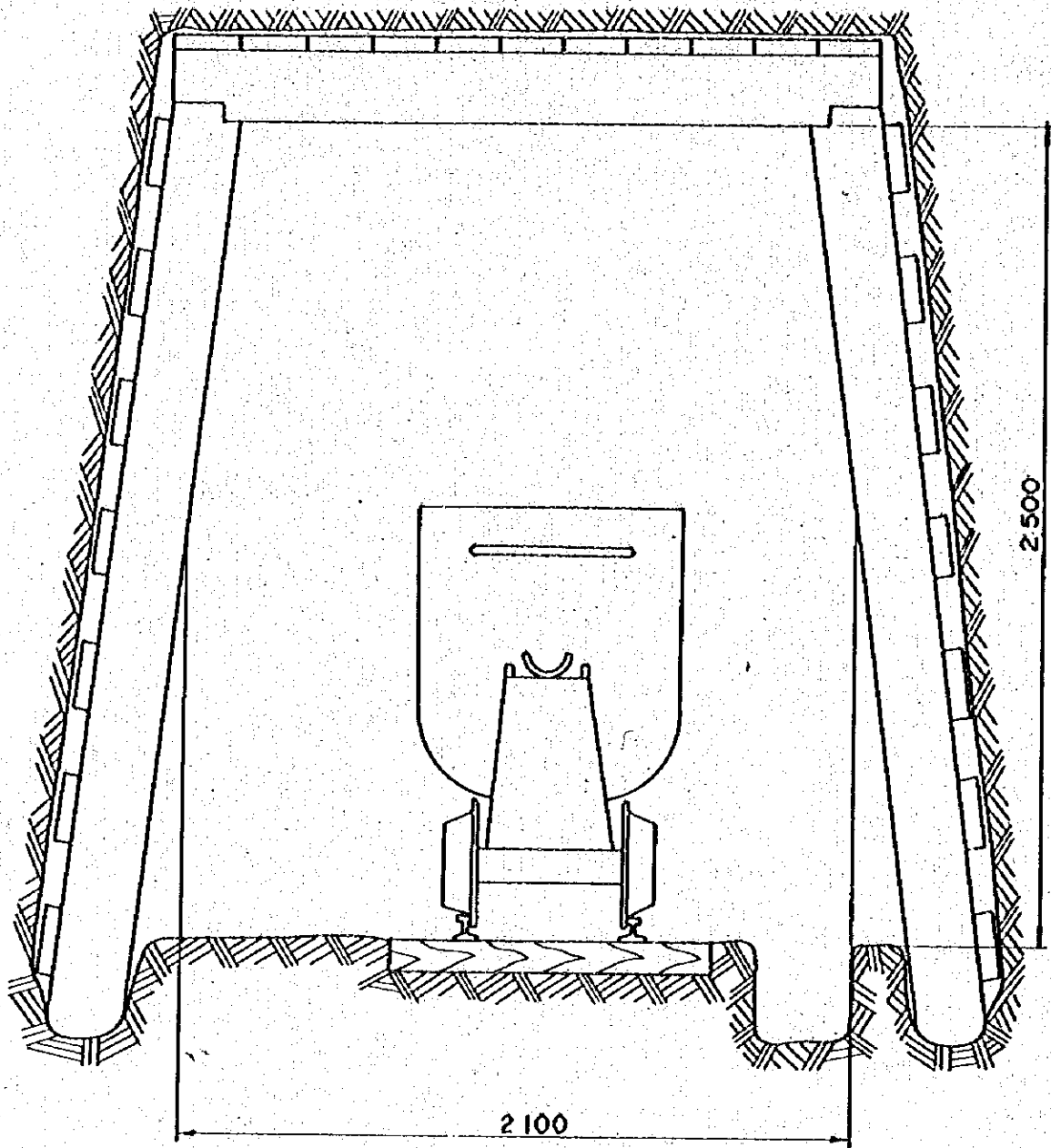


FIG.2-6 CROSS SECTION OF TIMBERED DRIFT

3-2-3 切上り坑掘さく工事

加背は2.7m×1.2m、足場間隔1.5m、傾斜は垂直、標準穿孔配置はFig. 2-7、木製漏斗および足場はFig. 2-8のとおりである。

(1) No 2切上り(予定延長60m)

掘進を開始して54.0mに達した地点で一時中止した。54.0mから掘進を再開し60.0mに到達して完了した。

仮足場にて7.9m掘進を実施して木製漏斗を設置し作業を行った。40m付近は岩目により穿孔困難であったが湧水もなく比較的掘進は順調であった。所要日数は78日であった。

(2) No 3切上り(予定延長60m)

掘進を開始して36.0mに到達した地点で一時中止した。36.0mから掘進を再開し60.0mに到達して完了した。

仮足場にて5.3m掘進を実施して木製漏斗を設置し作業を行った。岩目が多く穿孔困難な事がしばしばあったが湧水もなく比較的順調であった。所要日数は73日であった。

(3) No 5切上り(予定延長20m)

掘進を開始した後20.0mに到達して完了した。

岩盤状況は比較的良好で湧水もなく掘進は順調であった。所要日数は23日であった。

(4) No 6切上り(予定延長30m)

掘進を開始した後30.0mに到達して完了した。

湧水もなく岩盤状況は比較的良好で順調に掘進が完了した。所要日数は31日であった。

3-3 撤収作業

3-3-1 鉄管およびレール撤収

1975年5月21日より完了した立入坑道の撤収作業を開始し5月31日完了した。

3-3-2 空気圧縮機及び配管撤収

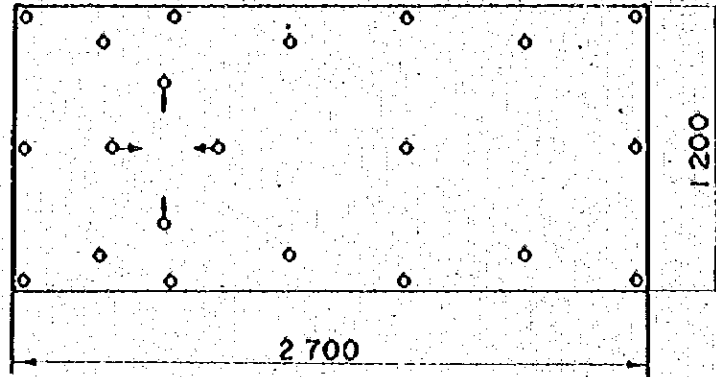
1975年5月23日より逐次撤収作業を開始し5月31日に完了した。

3-3-3 倉庫、事務所撤収

1975年5月26日より逐次撤収作業を開始し5月31日に完了した。

3-3-4 その他機材撤収

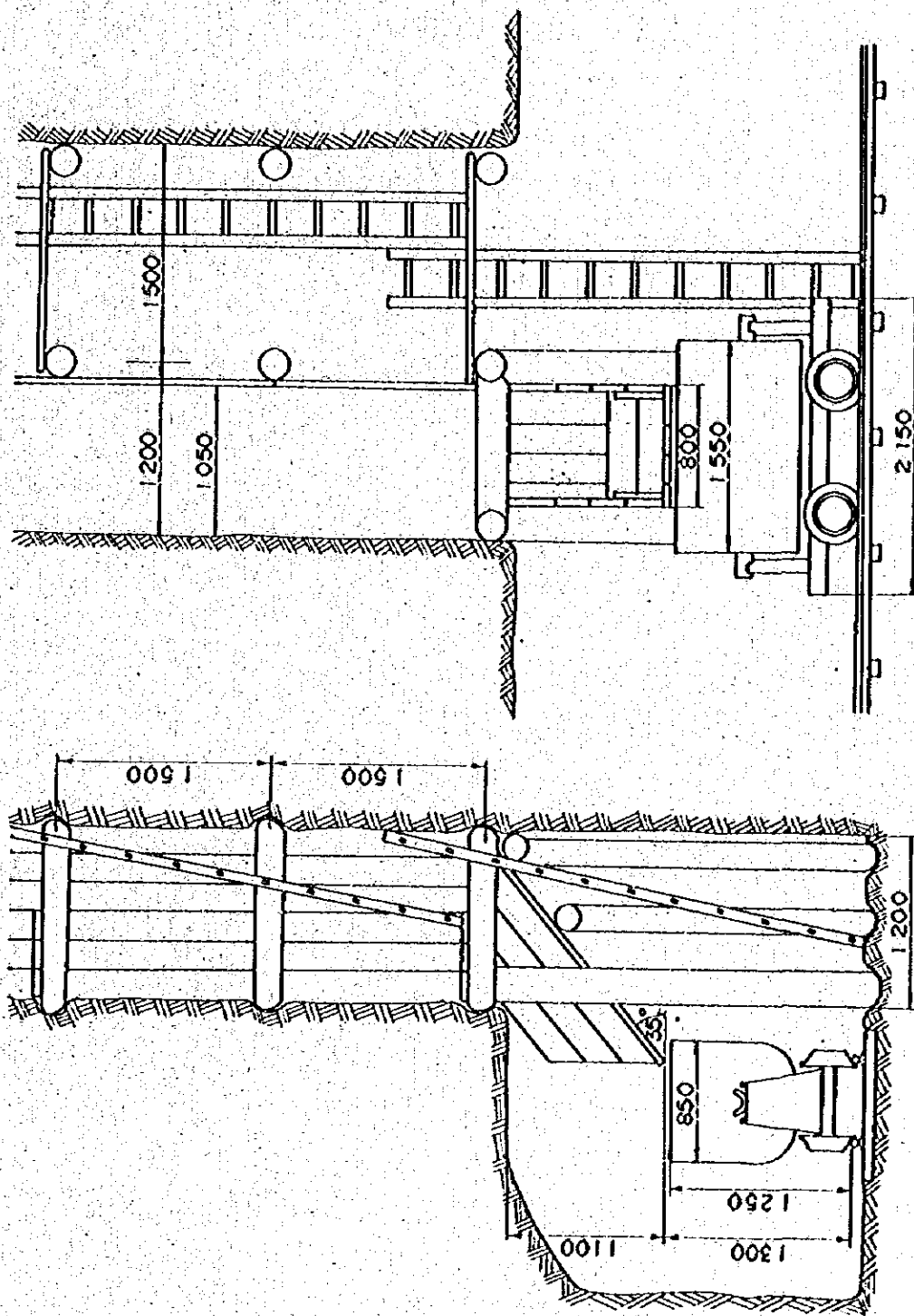
1975年5月28日より逐次撤収作業を開始し5月31日に完了した。



Numbers of Drill Holes	21
Type of Center Cut	Pyramid Cut
Blasting Caps Used	NO. 6
Explosives Used	SEMEXA 45% 82 g/stick

Safety fuses were used.

FIG. 2-7¹¹ STANDARD DRILL ROUND OF RAISE



Front View
 Side View
FIG.2-8 WOODEN CHUTE FOR RAISE

撤収作業に要した所要人員は次のとおりである。

作 業 名	延 人 員	延 時 間
空気圧縮機及び配管撤収	24人	288時間
倉庫、事務所撤収	24	288
坑内レール、パイプ撤収	120	1,440
その他機材撤収	16	192
計	184人	2,208時間

3-4 工事工程表

ボーリング室追切工事、横坑掘さく工事、切上り坑掘さく工事の作業時間、能率、原単位等については、Table 2-4, 2-5, 2-6, 2-7, 2-8, 2-9, 2-10, 2-11, 2-12, 2-13, 2-14, 2-15, 2-16, 2-17, 2-18のとおりである。

Table 2-4 Operational Data in the Preparation of Diamond
Drilling Chambers

Headings, Drill Site		No.2	No.3	No.4	No.6	No.7	No.10	No.11	No.12	No.15	Total
Total Days Worked		5	6	5	6	4	5	3	8	4	32
Total Advance (m)		4.20	6.20	6.40	8.45	4.35	4.85	6.00	8.00	8.50	56.95
Advance per Day (m)		0.84	1.03	1.28	1.41	1.09	0.97	2.00	1.00	2.13	1.78
Total Manshifts		18	38	26	40	25	15	16	32	24	234
Advance per Manshift (m)		0.23	0.16	0.26	0.21	0.17	0.32	0.38	0.25	0.35	0.24
Nos. of Cycles		4	8	4	7	5	3	4	8	8	51
Advance per Cycle (m)		1.05	0.78	1.60	1.21	0.87	1.62	1.50	1.00	1.06	1.12
Drilled Length per Hole (m)		1.63	1.06	1.60	1.41	1.19	1.60	1.60	1.20	1.20	1.39
Rate of Advance against Drilled Length (%)		64.4	73.6	100	86.4	73.1	101.3	93.8	83.3	88.3	80.6
Explosives Consumed	Total Am't. (kg)	30.4	38.0	43.5	64.1	35.4	44.0	47.2	75.3	77.3	455.2
	Am't. per m. Adv. (kg)	7.2	6.1	6.8	7.6	8.1	9.1	7.9	9.4	9.1	8.0
Blasting Caps Consumed	Total Am't. (pcs.)	68	88	103	131	79	81	102	183	143	978
	Am't. per m. Adv. (pcs.)	16.2	14.2	16.1	15.5	18.2	16.7	17.0	23.0	17.0	17.2
Fuses Consumed	Total Am't. (m)	145	188	182	277	161	187	249	447	349	2,185
	Am't. per m. Adv. (m)	34.5	30.3	28.4	32.8	37.0	38.6	41.5	55.9	41.1	38.4
Nos. of Timbered (sets)		-	-	-	2	-	-	-	-	-	2
Nos. of Inserted Bits Used (pcs.)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 2-5 Operational Data in the Preparation of Diamond Drilling Chambers

	No.2	No.3	No.4	No.6	No.7	No.10	No.11	No.12	No.15	Total
Drilling Time (hrs.)	39 (16%)	57 (12%)	52 (20%)	66 (15%)	47 (18%)	27 (19%)	48 (25%)	96 (25%)	96 (33%)	528 (19%)
Blasting Time (hrs.)	19 (8%)	74 (15%)	20 (8%)	31 (7%)	17 (7%)	17 (12%)	24 (13%)	64 (17%)	48 (17%)	314 (12%)
Mucking Time (hrs.)	137 (56%)	222 (45%)	163 (62%)	241 (53%)	159 (61%)	60 (42%)	104 (54%)	192 (50%)	120 (42%)	1,398 (51%)
Timbering Time (hrs.)	-	-	-	16 (4%)	-	-	-	-	-	16 (17%)
Track Lay'g Time (hrs.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Time (hrs.)	49 (20%)	139 (28%)	26 (10%)	99 (21%)	37 (14%)	38 (27%)	16 (8%)	32 (8%)	24 (8%)	460 (17%)
Total Time (hrs.)	244 (100%)	492 (100%)	261 (100%)	453 (100%)	260 (100%)	142 (100%)	192 (100%)	384 (100%)	288 (100%)	2,716 (100%)

Table 2-6 Operational Data in the Drifting

General Summary

Headings		Cross-Cut No.1	Cross-Cut No.2	Cross-Cut No.3	Cross-Cut No.4	Cross-Cut No.4A	Total
Items							
Total Days Worked		154	126	102	114	31	229
Total Advance (m)		300	231.5	200	238.5	100	1,070
Advance per Day (m)		1.95	1.83	1.96	2.09	3.23	4.67
Total Manshifts		1,398	978	814	913	305	4,408
Advance per Manshift (m)		0.21	0.24	0.25	0.26	0.33	0.24
Nos. of Cycles		209	163	149	167	61	749
Advance per Cycle		1.44	1.42	1.34	1.43	1.64	1.43
Drilled Length per Hole (m)		1.66	1.60	1.60	1.59	1.70	1.62
Rate of Advance against Drilled Length (%)		86.7	88.8	83.8	89.9	96.5	88.3
Explosives Consumed	Total Am't. (kg)	2,946.2	2,372.7	2,280.0	2,441.0	987.8	11,027.7
	Am't. per m. Adv. (kg)	9.8	10.2	11.4	10.2	9.9	10.3
Blasting caps consumed	Total Am't. (pcs.)	4,916	4,056	4,072	4,069	1,637	18,750
	Am't. per m. Adv. (pcs.)	16.4	17.5	20.4	17.1	16.4	17.5
Fuses Consumed	Total Am't. (m)	12,015	10,050	10,029	9,304	4,613	46,011
	Am't. per m. Adv. (m)	40.1	43.4	50.1	39.0	46.1	43.0
Nos. of Timbered (Sets)		80	26	4	32	-	142
Nos. of Inserted Bits Used (pcs.)		48	41	35	40	16	180

Table 2-7 Operational Data in the Drifting
General Summary

Headings Items	Cross Cut No.1	Cross Cut No.2	Cross Cut No.3	Cross Cut No.4	Cross Cut No.4A	Total
Drilling Time (hrs.)	3,682 (22%)	2,731 (23%)	2,637 (27%)	2,871 (26%)	1,169 (32%)	13,090 (25%)
Blasting Time (hrs.)	1,791 (11%)	1,337 (11%)	1,334 (14%)	1,318 (12%)	580 (16%)	6,360 (12%)
Mucking Time (hrs.)	4,845 (29%)	4,599 (40%)	4,225 (44%)	4,085 (37)	1,316 (36%)	19,070 (36%)
Timbering Time (hrs.)	4,472 (27%)	1,234 (11%)	47 (1%)	1,093 (10%)	-	6,846 (13%)
Track Lay'g Time (hrs.)	448 (3%)	468 (4%)	245 (3%)	297 (3%)	188 (5%)	1,646 (3%)
Misc. Time (hrs.)	1,417 (8%)	1,272 (11%)	1,045 (11%)	1,257 (12%)	407 (11%)	5,398 (11%)
Total Time (hrs.)	16,655 (100%)	11,641 (100%)	9,533 (100%)	10,921 (100%)	3,660 (100%)	52,410 (100%)

Table 2-8 Operational Data in the Drifting by Heading
Cross cut No.1

Items	Months									
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	Total	
Drilling Time (hrs.)	157	120	88	813	966	290	693	555	3,682	
Blasting Time (hrs.)	70	60	42	358	468	153	365	275	1,791	
Mucking Time (hrs.)	327	289	189	891	1,056	575	803	715	4,845	
Timbering Time (hrs.)	-	259	77	495	-	1,505	895	1,241	4,472	
Track Lay'g Time (hrs.)	75	60	-	74	99	30	83	25	448	
Misc. Time (hrs.)	139	80	36	249	230	142	280	261	1,437	
Total Time (hrs.)	768	868	432	2,880	2,819	2,695	3,121	3,072	16,655	
Total Manshifts	64	72	36	240	234	236	260	256	1,398	
Advance per manshift (m)	0.21	0.15	0.26	0.21	0.29	0.11	0.26	0.20	0.21	
Total Advance (m)	13.70	10.80	9.50	51.30	70.20	26.20	68.30	50.00	300.00	
Explosives Consumed	Total Am't. (kg)	147.0	112.8	66.0	664.7	1,068.5	199.3	443.0	244.9	2,946.2
	Am't. per m. Adv. (kg)	10.7	10.4	6.9	13.0	15.2	7.6	6.5	4.9	9.8
Blasting Caps. Consumed	Total Am't. (pcs.)	233	172	108	1,065	1,516	388	881	553	4,916
	Am't. per m. Adv. (pcs.)	17.0	15.9	11.4	20.8	21.6	14.8	12.9	11.1	16.4
Fuses Consumed	Total Am't. (m)	568	420	264	2,599	3,687	977	2,151	1,349	12,015
	Am't. per m. Adv. (m)	41.5	38.8	27.8	50.7	52.5	37.3	31.5	27.0	40.1
Nos. of Timbered (Sets)	-	4	4	6	-	18	18	30	80	
Nos. of Inserted Bits Used (pcs.)	-	4	2	8	11	4	11	8	48	

Table 2-9 Operational Data in the Drifting by Heading

Cross cut No.2

Items	Months									
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	Total	
Drilling Time (hrs.)	36	500	515	744	144	196	520	76	2,731	
Blasting Time (hrs.)	17	233	235	316	70	123	291	52	1,337	
Mucking Time (hrs.)	256	1,046	865	1,042	217	245	677	251	4,599	
Timbering Time (hrs.)	10	32	267	-	230	-	-	695	1,234	
Track Lay'g Time (hrs.)	25	74	94	89	12	-	96	78	468	
Misc. Time (hrs.)	145	251	224	477	71	29	40	35	1,272	
Total Time (hrs.)	489	2,136	2,200	2,668	744	593	1,624	1,187	11,641	
Total Manshifts	46	182	185	230	62	49	117	107	978	
Advance per manshift (m)	0.07	0.26	0.25	0.27	0.22	0.33	0.32	0.06	0.24	
Total Advance (m)	3.20	46.50	47.00	61.30	13.50	16.10	37.30	6.60	231.5	
Explosives Consumed	Total Am't. (kg)	46.5	343.8	465.9	628.4	339.2	192.5	485.1	71.3	2,372.7
	Am't. per m. Adv. (kg)	14.5	7.4	9.9	10.3	10.3	12.0	13.0	10.8	10.2
Blasting Caps Consumed	Total Am't. (pcs.)	93	726	834	1,043	249	295	709	107	4,056
	Am't. per m. Adv. (pcs.)	29.1	15.6	17.7	17.0	18.4	18.3	19.0	16.2	17.5
Fuses Consumed	Total Am't (m)	197	1,838	2,086	2,625	588	705	1,674	337	10,050
	Am't. per m. Adv. (m)	61.6	39.5	44.4	42.8	43.6	43.9	44.9	51.1	43.4
Nos. of Timbered (sets)	-	-	10	-	6	-	-	10	26	
Nos. of inserted Bits Used (pcs.)	-	7	7	9	8	3	6	1	41	

Table 2-10 Operational Data in the Drifting by Heading

Cross cut No.3

Items		Months							Total
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	
Drilling Time (hrs.)		57	476	682	740	395	180	107	2,637
Blasting Time (hrs.)		27	290	291	338	185	129	74	1,334
Mucking Time (hrs.)		181	1,017	1,063	936	505	341	182	4,225
Timbering Time (hrs.)		-	-	-	47	-	-	-	47
Track Lay Time (hrs.)		35	69	51	63	15	12	-	245
Misc. Time (hrs.)		73	154	277	366	100	38	37	1,045
Total Time (hrs.)		373	2,006	2,364	2,490	1,200	700	400	9,533
Total Manshifts		37	175	197	210	100	59	36	814
Advance per manshift (m)		0.14	0.18	0.25	0.27	0.29	0.38	0.20	0.25
Total Advance (m)		5.30	31.00	49.20	55.70	29.20	22.40	7.20	200.00
Explosives Consumed	Total Am't. (kg)	68.3	417.9	541.8	565.6	377.2	216.0	93.2	2,280.0
	Am't. per m. Adv. (kg)	12.9	13.5	11.0	10.2	12.9	9.6	12.9	11.4
Blasting Caps Consumed	Total Am't. (pcs.)	137	731	975	1,040	649	369	171	4,072
	Am't. per m. Adv. (pcs.)	25.8	23.6	19.8	18.7	22.2	16.5	23.8	20.4
Fuses Consumed	Total Am't. (m)	290	1,841	2,443	2,547	1,583	901	424	10,029
	Am't. per m. Adv. (m)	54.7	59.4	49.7	45.7	54.2	40.2	58.9	50.1
Nos. of Timbered (sets)		-	-	-	4	-	-	-	4
Nos. of Inserted Bits Used (pcs.)		-	5	10	10	5	4	1	35

Table 2-11 Operational Data in the Drifting by Heading

Cross cut No.4

Items		Months									Total
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	
Drilling Time (hrs.)		16	487	643	398	72	679	376	200	-	2,871
Blasting Time (hrs.)		-	209	276	180	28	339	188	98	-	1,318
Mucking Time (hrs.)		-	861	921	468	122	932	535	246	-	4,085
Timbering Time (hrs.)		-	228	280	-	281	228	32	-	44	1,093
Track Lay'g Time (hrs.)		16	92	49	12	-	70	38	20	-	297
Misc. Time (hrs.)		-	214	327	106	61	224	163	138	4	1,257
Total Time (hrs.)		32	2,111	2,496	1,164	564	2,472	1,332	702	48	10,921
Total Manshifts		4	176	209	97	47	206	111	59	4	913
Advance per manshift (m)		-	0.25	0.26	0.37	0.31	0.25	0.27	0.31	-	0.26
Total Advance (m)		-	44.5	53.50	35.60	5.30	51.10	30.00	18.50	-	238.50
Explosives Consumed	Total Am't. (kg)	-	436.3	543.6	397.1	46.1	553.9	287.3	176.7	-	2,441.0
	Am't. per m. Adv. (kg)	-	9.8	10.2	11.2	8.7	10.8	9.6	9.6	-	10.2
Blasting Caps Consumed	Total Am't. (pcs.)	-	720	918	655	72	921	485	298	-	4,069
	Am't. per m. Adv. (pcs.)	-	16.2	17.2	18.4	13.6	18.0	16.2	16.1	-	17.1
Fuses Consumed	Total Am't. (m)	-	1,809	2,231	1,600	149	1,895	1,004	616	-	9,304
	Am't. per m. Adv. (m)	-	40.7	41.7	44.9	28.1	37.1	33.5	33.3	-	39.0
Nos. of Timbered (Sets)		-	7	10	-	6	6	1	-	2	32
Nos. of Inserted Bits Used (pcs.)		-	5	5	13	1	8	5	3	-	40

Table 2-12 Operational Data in the Drifting by Heading

Cross-cut No.4A

Items		Months		
		1st	2nd	Total
Drilling Time (hrs.)		432	737	1,169
Blasting Time (hrs.)		216	364	580
Mucking Time (hrs.)		485	831	1,316
Timbering Time (hrs.)		-	-	-
Track Lay'g Time (hrs.)		132	56	188
Misc. Time (hrs.)		115	292	407
Total Time (hrs.)		1,380	2,280	3,660
Total Manshifts		115	190	305
Advance per manshift (m)		0.35	0.32	0.33
Total Advance (m)		40.00	60.00	100.00
Explosives Consumed	Total Am't. (kg)	346.5	641.3	987.8
	Am't. per m. Adv. (kg)	8.7	10.7	9.9
Blasting Caps Consumed	Total Am't. (pcs.)	580	1,057	1,637
	Am't. per m. Adv. (pcs.)	14.5	17.6	16.4
Fuses Consumed	Total Am't. (m)	2,027	2,586	4,613
	Am't. per m. Adv. (m)	50.7	43.1	46.1
Nos. of Timbered (Sets)		-	-	-
Nos. of Inserted Bits Used (pcs.)		6	10	16

Table 2-13 Operational Data in the Raising
General Summary

Items \ Headings		Raise No. 2	Raise No. 3	Raise No. 5	Raise No. 6	Total
Total Days Worked		78	73	23	31	133
Total Advance (m)		60	60	20	30	170
Advance per Day (m)		0.77	0.82	0.87	0.97	1.28
Total Manshifts		257	246	73	121	697
Advance per Manshift (m)		0.23	0.24	0.27	0.25	0.24
Nos. of Cycles		48	50	15	24	137
Advance per Cycle (m)		1.25	1.20	1.33	1.25	1.24
Drilled Length per Hole (m)		1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
Rate of Advance against Drilled Length (%)		89.3	85.7	95.0	89.3	88.6
Explosives Consumed	Total Am't. (kg)	608.2	562.6	166.9	216.6	1,554.3
	Am't. per m. Adv. (kg)	10.1	9.4	8.3	7.2	9.1
Blasting Caps Consumed	Total Am't. (pcs.)	1,025	987	302	370	2,684
	Am't. per m. Adv. (pcs.)	17.1	16.5	15.1	12.3	15.
Fuses Consumed	Total Am't. (m)	2,743	2,981	876	1,026	7,626
	Am't. per m. Adv. (m)	45.7	49.7	43.8	34.2	44.9
Nos. of Timbered (sets)		44	40	14	20	118
Nos. of Inserted Bits Used (pcs.)		13	18	11	3	45

Table 2-14 Operational Data in the Raising
General Summary

Items \ Headings	Raise No. 2	Raise No. 3	Raise No. 5	Raise No. 6	Total
Drilling Time (hrs.)	667 (22%)	660 (23%)	170 (19%)	322 (22%)	1,819 (21%)
Blasting Time (hrs.)	194 (6%)	214 (7%)	58 (7%)	96 (7%)	562 (7%)
Mucking Time (hrs.)	328 (11%)	328 (11%)	125 (14%)	293 (20%)	1,074 (13%)
Timbering Time (hrs.)	1,505 (48%)	1,300 (44%)	444 (51%)	602 (42%)	3,851 (46%)
Track Lay'g Time (hrs.)	14 (1%)	-	-	-	14 (1%)
Misc. Time (hrs.)	372 (12%)	428 (15%)	79 (9%)	135 (9%)	1,014 (12%)
Total Time (hrs.)	3,080 (100%)	2,930 (100%)	876 (100%)	1,448 (100%)	8,334 (100%)

Table 2-15 Operational Data in the Raising by Heading
Raise No. 2

Items	Months	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	Total
	Drilling Time (hrs.)		153	216	146	88	14	50	667
Blasting Time (hrs.)		46	64	40	24	4	16	194
Mucking Time (hrs.)		80	84	70	70	4	20	328
Timbering Time (hrs.)		282	465	194	155	319	90	1,505
Track Lay'g Time (hrs.)		-	14	-	-	-	-	14
Misc. Time (hrs.)		51	129	110	35	31	16	372
Total Time (hrs.)		612	972	560	372	372	192	3,080
Total Manshifts		51	81	47	31	31	16	257
Advance per manshift (m)		0.31	0.23	0.24	0.21	0.05	0.38	0.23
Total Advance (m)		16.00	18.90	11.20	6.40	1.50	6.00	60.00
Explosives Consumed	Total Am't. (kg)	159.2	210.9	122.2	58.9	9.8	47.2	608.2
	Am't. per m. Adv. (kg)	10.0	11.2	10.9	9.2	6.5	7.9	10.1
Blasting Caps Consumed	Total Am't (pcs.)	254	342	230	98	20	81	1,025
	Am't. per m. Adv. (pcs.)	15.9	18.1	20.5	15.3	13.3	13.5	17.1
Fuses Consumed	Total Am't. (m)	620	834	626	324	67	272	2,743
	Am't. per m. Adv. (m)	38.8	44.1	55.9	50.	44.7	45.3	45.7
Nos. of Timbered (sets)		8	16	4	4	8	4	44
Nos. of Inserted Bits Used (pcs.)		7	-	-	3	-	3	13

Table 2-16 Operational Data in the Raising by Heading
Raise No. 3

Items		Months							Total
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	
Drilling Time	(hrs.)	56	218	166	-	126	94	-	660
Blasting Time	(hrs.)	24	68	48	-	36	38	-	214
Mucking Time	(hrs.)	2	124	98	-	54	50	-	328
Timbering Time	(hrs.)	55	320	113	286	70	368	88	1,300
Track Lay'g Time	(hrs.)	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Time	(hrs.)	19	256	43	26	26	50	8	428
Total Time	(hrs.)	156	986	468	312	312	600	96	2,930
Total Manshifts		13	84	39	26	26	50	8	246
Advance per manshift	(m)	0.41	0.21	0.33	-	0.46	0.21	-	0.24
Total Advance	(m)	5.30	18.00	12.70	-	12.00	12.00	-	60.00
Explosives Consumed	Total Am't. (kg)	54.5	198.6	110.2	-	101.8	97.5	-	562.6
	Am't. per m. Adv. (kg)	10.3	11.0	8.7	-	8.5	8.1	-	9.4
Blasting Caps Consumed	Total Am't. (pcs.)	85	346	188	-	180	188	-	987
	Am't. per m. Adv. (pcs.)	16.0	19.2	14.8	-	15.0	15.7	-	16.5
Fuses Consumed	Total Am't (m)	207	943	611	-	604	616	-	2,981
	Am't. per m. Adv. (m)	39.1	52.4	48.1	-	50.3	51.3	-	49.7
Nos. of Timbered (Sets)		-	8	2	13	-	13	4	40
Nos. of Inserted Bits Used	(pcs.)	-	-	6	-	6	6	-	18

Table 2-17 Operational Data in the Raising by Heading
Raise No. 5

Items		Months		1st	2nd				Total
Drilling Time	(hrs.)	138	32						170
Blasting Time	(hrs.)	46	12						58
Mucking Time	(hrs.)	58	67						125
Timbering Time	(hrs.)	60	384						444
Track Lay'g Time	(hrs.)	-	-						-
Misc. Time	(hrs.)	34	45						79
Total Time	(hrs.)	336	540						876
Total Manshifts		28	45						73
Advance per manshift	(m)	0.61	0.07						0.27
Total Advance	(m)	17.00	3.00						20.00
Explosives Consumed	Total Am't. (kg)	133.0	33.9						166.9
	Am't. per m. Adv. (kg)	7.8	11.3						8.3
Blasting Caps Consumed	Total Am't. (pcs.)	234	68						302
	Am't. per m. Adv. (pcs.)	13.8	22.7						15.1
Fuses Consumed	Total Am't. (m)	653	223						876
	Am't. per m. Adv. (m)	38.4	74.3						43.8
Nos. of Timbered (Sets)		-	14						14
Nos. of Inserted Bits Used (pcs.)		9	2						11

Table 2-18 Operatinoal Data in the Raising by Heading
Raise No. 6

Items	Months	1st	2nd					Total
Drilling Time	(hrs.)	322	-					322
Blasting Time	(hrs.)	96	-					96
Mucking Time	(hrs.)	293	-					293
Timbering Time	(hrs.)	118	484					602
Track Lay'g Time	(hrs.)	-	-					-
Misc. Time	(hrs.)	91	44					135
Total Time	(hrs.)	920	528					1,448
Total Manshifts		77	44					121
Advance per manshift	(m)	0.39	-					0.25
Total Advance	(m)	30.00	-					30.00
Explosives Consumed	Total Am't.	216.6	-					216.6
	(kg)							
Explosives Consumed	Am't. per m. Adv.	7.2	-					7.2
	(kg)							
Blasting Caps Consumed	Total Am't.	370	-					370
	(pcs.)							
Blasting Caps Consumed	Am't. per m. Adv.	12.3	-					12.3
	(pcs.)							
Fuses Consumed	Total Am't	1,026	-					1,026
	(m)							
Fuses Consumed	Am't. per m. Adv.	34.2	-					34.2
	(m)							
Nos. of Timbered	(Sets)	-	20					20
Nos. of Inserted Bits Used	(pcs.)	3	-					3