

一九五〇年五月

《關於我國經濟建設的報告》

第一卷

(第六卷)

一九五〇年十月

中國經濟科學出版社
北京

ペルー共和国ヤウリ地区

鉍物資源開発基礎調査報告書

第三年次

(第六卷)

JICA LIBRARY



1036171(6)

昭和49年10月

国際協力事業団
金属鉍業事業団

國際協力事業団	
受入 期日	84. 3. 30
登録号	02275
	709
	66.1
	MP

は し が き

日本政府はペルー共和国の要請に応え、同国のヤウリ地区の鉱物資源賦存の可能性を確認するため地質等の調査を実施することとし、この調査を海外技術協力事業団（同事業団は昭和49年8月1日に発足した国際協力事業団へ統合さる）に委託した。事業団は、本調査の内容が地質および鉱物資源の調査という専門的な分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に依頼することとした。

本調査は3ヶ年にわたって行われるものであるが、本年は、その最終年度にあたり、上記調査の一環として三井金属エンジニアリング株式会社吉川恵章氏を団長とし24名から成る調査団を編成して、昭和48年10月10日から昭和48年12月21日まで現地に派遣した。現地調査は、ペルー共和国関係機関の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は、第3年度の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力を頂いたペルー共和国政府関係機関ならびに通商産業省、外務省、金属鉱業事業団および関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

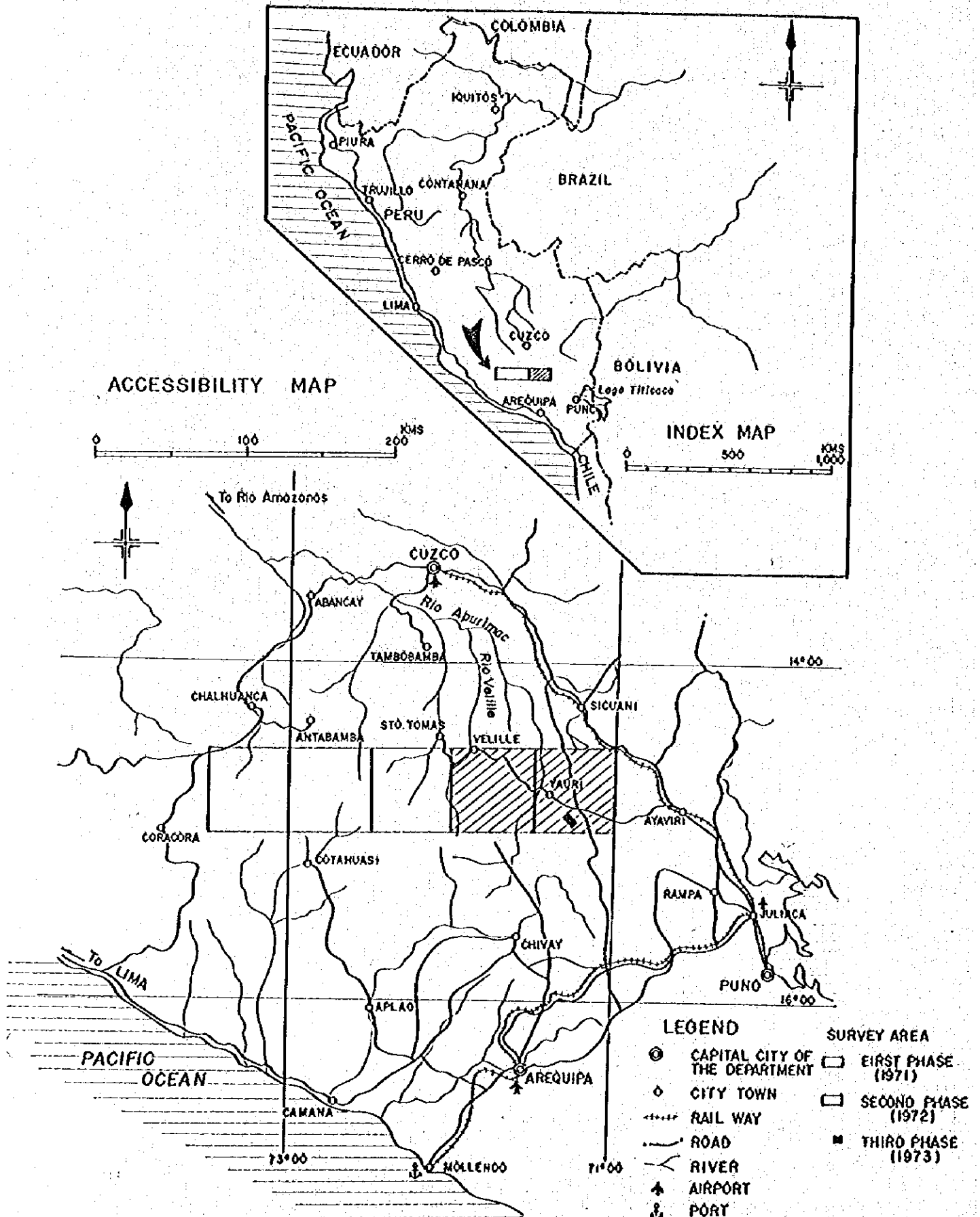
1974年10月

国際協力事業団

総 裁 法 眼 晋 作

Fig. 1

LOCATION MAP OF THE YAURI AREA



總 合 目 次

披しがき	I
位置図	II
要 約	IV
總 論	1

各 論

第1部	地 質 調 査	I - 1
第2部	物 理 探 査	II - 1
第3部	試 錐	III - 1

APPENDICES

Geological Data	A - 1
Drilling Data	A - 99

(別 卷)

ATTACHED MAPS

Geological maps

Geophysical maps

Drilling maps

要 約

本調査はペルー共和国ヤウリ地区における第3年次の調査として実施された。

第2年次(昭和47年度)の地質調査,地化学探査,重力探査の各調査によって,鉱物資源賦存の有望区域としてYauri町南方CorocochuaycoおよびHuaccollo両区域を抽出した。

本調査の目的は,この両区域に対して地質精査,地化学精査,IP法による物理探査および試錐の各調査を行ない,地下地質構造と鉱化作用の関連性を明らかにすることにあつた。

現地調査は昭和48年10月より12月にかけて実施された。主な調査方法としては,CorocochuaycoおよびHuaccollo両区域(面積32km²)に対し,縮尺1:2,500の地質マッピングによる精査,200m×100mのグリッド各点より土壌採取による地化学精査(総数1681箇)および周波数法によるIP探査(測線延長86km)さらに6孔・総延長1,503.6mの試錐が採用された。

今回の調査によって,従来の地質・鉱化作用に関する情報に,新たに鉱化帯に関する資料が追加され,上記両区域の鉱化帯の性格を把握することが出来た。

本地域の地質は,主に中生層とこれを貫く侵入岩類より成り,これらを新規の火山岩類,氷河堆積物,沖積層などが被覆している。地質構造はNNW-SSEの主方向と,これにほぼ直交するENE-WSWの副方向により規制されている。調査地域中央部をENE-WSW方向に横断する断層を境として,北部ブロック(Huaccolloブロック)は中生層が卓越し,南部ブロック(Corocochuaycoブロック)は塩基性深成岩類が広く分布している。

侵入岩類には,斑岩〜閃緑岩を主とする前期侵入の塩基性深成岩類と,後期侵入の石英モンソニ斑岩ほかの酸性〜中性斑状岩類がある。後期侵入岩は,岩株,岩脈,岩床状などの小岩体をなし区域のほぼ全域に散在しているが,南部ブロックでは中央部から東部にかけて,北部ブロックでは中央部に分布し,構造の主方向のNNW-SSEに貫入しているものが多い。本地域の鉱化作用は,石英網状細脈群に伴うもの(DDH-4において確認)と斑岩周辺の含銅スカルンに伴うもの(DDH-3において確認)とに代表され,銅鉱化作用は後期の斑状岩侵入と直接の関連性を有する。

変質作用については,典型的な斑岩銅鉄型とは異なり,珪化・粘土〜セリサイト化,およびスカルン化,緑泥石・緑簾石化作用が著しいが,しばしば炭酸塩が共存する。これらより,本区域の鉱化作用は,スカルン銅型(例Tintaya鉄床)と斑岩銅型(例Quechua鉄床)との中間的性格を持っていると思われる。

地質年代について,鉱化帯付近の侵入岩類を測定した結果,侵入岩もしくはそれに関連した変質作用の時代は古第三紀であり,昨年度の資料に追加された。

地化学精査の結果、銅異常帯は、Corocchohuaycoブロックにおいては斑岩類を中心として顕著に認められ、Huaccolloブロックにおいてはスカルン化変質帯が認められる。また南部ブロックの北東方にも銅異常が認められ、更に東方に延長する可能性がある。

1 P探査により3帯のD.D異常帯が捕捉された。①はHuaccolloブロックの中央部付近にあり、地下深部に賦存する異常帯に起因すると思われる。②はHuaccolloブロック中央部から西部にかけての異常帯は潜頭の1 P異常帯に起因すると考へられ幅1500 mで南西方向延長はQuechua方面に、北北西方向延長はTintaya方面に伸長すると思われる。③は南部Corocchohuayco川に沿う斑状岩周辺に幅500 m×長さ約2500 mの規模の異常帯が捕捉され、この北部外縁部付近において行なわれたDDH-3には、優勢な含銅スカルン欽化帯を捕捉している。

試錐については、Huaccolloブロックで2本、Corocchohuaycoブロックで4本計掘進長15036 m穿孔された。普遍的に黄鉄欽化・銅欽化の各作用が見られ、斑状岩およびその周辺に銅欽化が強い。DDH-3孔においてスカルンに伴う銅欽、DDH-4孔においては石英網状細脈に伴う銅欽を確認しこの2種の型の欽化を確認した。

これら調査結果より今後の調査を要する区域は、
南部Corocchohuayco 欽化区域
北部Huaccollo 欽化区域
化探・1 Pなどの異常の延長があり銅欽化の拡大が予想される調査地域東方区域およびHuaccollo北方延長区域が選定された。

これらの区域のうち、最もよく地質情報が得られているのはCorocchohuayco区域であり、構造試錐、トレンチによる斑岩貫入形態および分布の調査が望ましい。Huaccollo区域は、Quechua 欽床とかなり地質環境が類似しており、まず情報試錐によって欽化の概要確認から検討することが望ましい。

調査地域東方区域は重力高異常の捕捉されている地区であるが、1 P探査、地化学探査などの基礎調査を試みるべきである。

この3年間の一連の基礎調査によって、広大な調査範囲より地域を抽出・選択してCorocchohuayco-Huaccolloの両欽化帯を確認し得たことは、本調査の輝かしい成果であり、適切な探査方法の実施の結果であると考えられる。

總論

総 論

第1章 序 論	2
1-1 調 査 目 的	2
1-2 調 査 概 要	2
第2章 総 合 検 討	5
2-1 昨年度調査結果との比較	5
2-2 地質についての検討	5
2-3 地化学探査についての検討	7
2-4 IP探査についての検討	7
2-5 試錐についての検討	9
第3章 結論および将来への展望	11
3-1 結 論	11
3-2 今後の探査に対する意見	11

第 1 章 序 論

1-1 調査目的

本調査は Yauri 地区プロジェクトの第 3 年次（最終年次）調査として立案されたものであり、その主な目的は、昭和 47 年に実施された第 2 年次調査により有望な銅鉛化示徴が発見された Corocochuayco-Huaccollo 区域について、鉛化作用を規制する基本的な地質条件を究明するとともに、鉛床の概要を把握することにある。

1-2 調査概要

1-2-1 調査範囲（Fig. 1, 2 参照）

調査地域は Yauri 南東方 25 km に位置し（Fig. 1）、その範囲は、Fig. 2 に示すように、Corocochuayco および Huaccollo の両鉛化示徴を含む面積 32 km² の区画である。

1-2-2 調査方法および期間

地質調査、地化学探査、IP 法による物理探査、および試錐が実施された。

1) 地質調査および地化学探査

調査地域全域にトランシットコンパスおよびテープにより 100 m × 200 m グリッドの測点を設け、1:2,500 の地質マッピングと各測点での地化学探査用土壌試料（総数 1,681 個）の採取をおこなった。現地作業は昭和 48 年 10 月 19 日より 12 月 11 日までの 54 日間を要した。

2) 物理探査（IP 法）

IP 探査は、周波数法によって実施され、調査地域の 85 % に当る 27.5 km² の区域を 400 m 間隔の測線 17 本（延長 68 km）で全域をカバーし、Corocochuayco、Huaccollo において、第 2 年次の地質調査で鉛化が見出されている区域には、400 m の測線間の中央に測線 9 本（延長 18 km）を補間し、測線 26 本（総延長 86 km）について探査を行なった。現地作業期間は昭和 48 年 10 月 19 日より 12 月 4 日までの 48 日間を要した。

3) 試 錐

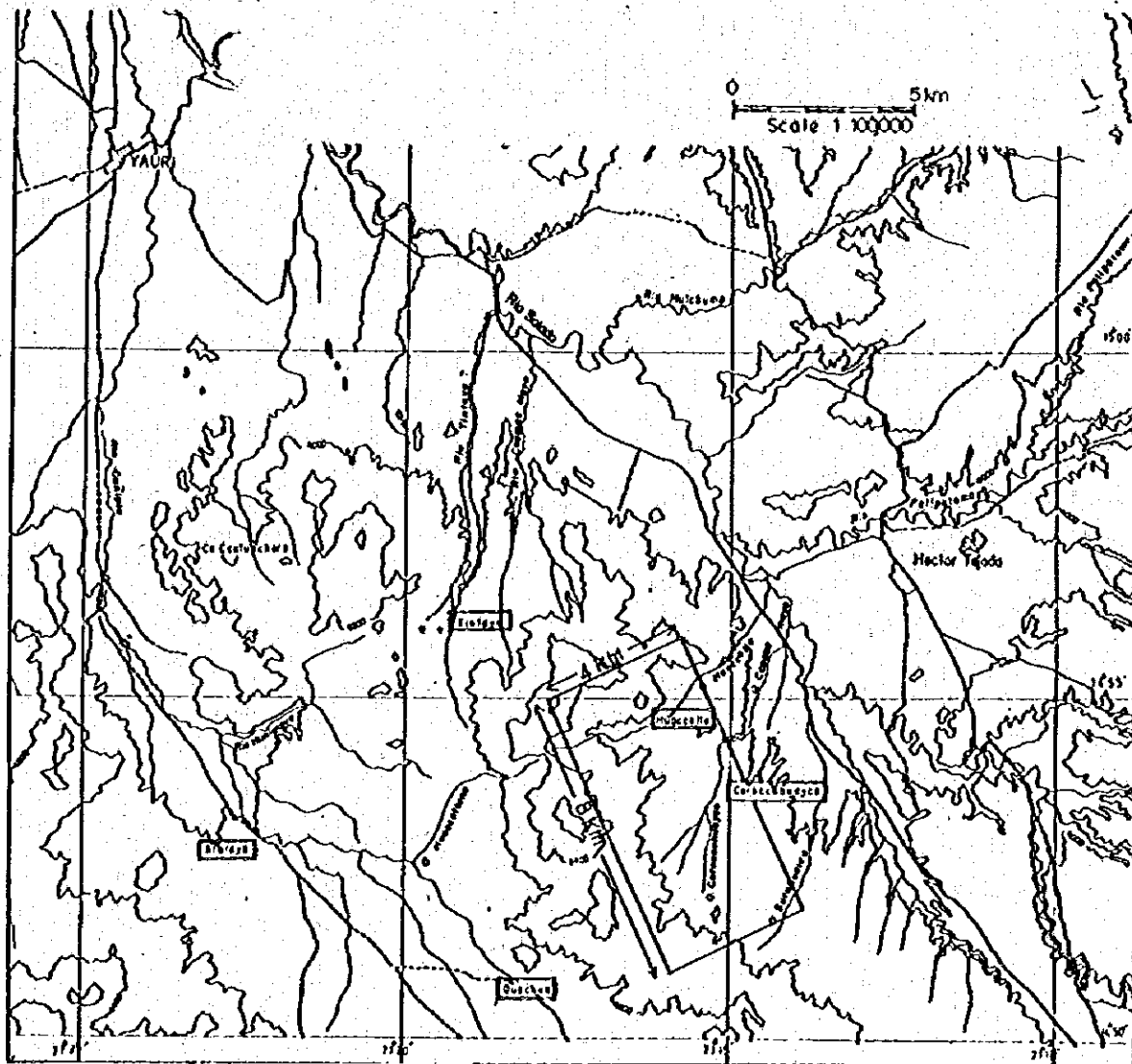
6 孔・総延長 1,503.6 m の試錐が 500 m から 2 km の間隔をおいて実施された。そのうちの 2 本は Huaccollo 区域でおこなわれ、4 本は Corocochuayco 区域で実施された。現地作業期間は昭和 48 年 10 月 19 日より 12 月 11 日までの 54 日間を要した。

1-2-3 調査団の構成

現地調査および解析作業は、ペルー共和国地質調査所（以 Servicio de Geología y Minería）の協力を得て、三井金属エンジニアリング株式会社により実施された。

現地調査団の構成は次のとおりである。

Fig. 2 LOCATION MAP OF THE SURVEYED AREA.



1) 総括および渉外

団 長 吉 川 恵 章
千 葉 信 正
戸井田 宜 雄
佐 藤 弘

三井金属エンジニアリング株式会社
金属鉱業事業団
国際協力事業団(前海外技術協力事業団)
三井金属エンジニアリング株式会社

2) 地質調査班

篠 田 晃 一
喜 多 正 宏
斎 藤 正 夫
山 田 毅
佐 藤 哲 男
武 山 真
Julio Acevedo
Edgar Vardivia

三井金属エンジニアリング株式会社
"
"
"
"
"
"
ペルー共和国地質調査所
"

3) 物理探査班

犬 塚 重 三
青 山 孝
後 藤 信 之
島 山 勝
佐 藤 克 朗
津 田 亮
浅 岡 滋 司

三井金属エンジニアリング株式会社
"
"
"
"
"
"

4) 試錐班

下 出 春 吉
中 川 義 顕
谷 川 育 夫
山 下 幸 一
野 村 光 雄
伊 藤 通 庸
岡 崎 勇

三井金属エンジニアリング株式会社
"
"
"
"
"
"

第2章 総合検討

2-1 昨年度調査結果との比較

今回の地質調査によって調査地域の地質、鈳化作用に関する情報は著しく増加し、昨年度の広域的地質調査の結果に加えて多くの鈳化帯に関する新資料の追加がなされ、とくに次の点が明確になった。

- 1) 鈳床の性状および火成活動と鈳化作用の関係が、具体的に把握されたこと、すなわち、本地域の鈳化作用は、石英網状細脈群に伴うものと、斑岩周辺の含銅スカルンに伴うものとに代表されることおよび火成活動については、斑岩～閃緑岩を主とする前期進入の塩基性岩類と、石英モソニ斑岩ほかの後期進入の酸性～中性斑状岩類とがあり、銅鈳化作用は後者の斑状岩に直接賦存性を有することである。
- 2) 変質作用について、典型的な斑岩銅鈳型の変質作用とは若干異なり、珪化・粘土～セリサイト化作用、および黒雲母化作用が顕著であるが、しばしば炭酸塩が共存する。
- 3) 地質年代について、鈳化帯付近の進入岩類を測定した結果、進入岩もしくはそれに関連した変質作用の時代は古第三紀であり、昨年度の資料に追加された。
- 4) 地化学探査の結果、異常帯の分布が明らかとなった。
- 5) IP探査により3帯の異常帯が捕捉されたこと。
- 6) 試錐によって深部における鈳化作用の変化、特に進入岩体の形態について確認した。

2-2 地質についての検討

今回の調査により、CoroccohuaycoおよびHuacollo地域について、地層の分布状態、地質構造が明らかになり、特に進入岩類について、前期、後期の2期に分けられ、銅鈳化作用に直接関連性があるのは、後者の斑状岩であることが明らかになった。

2-2-1 地質

分布岩石は主として中生層とこれを含む進入岩類より成り、これらを新期の火山岩類、氷河堆積物、沖積層などが覆うが、区域中央部をENE-WSW方向に横断する断層を境にして、北部は中生層が卓越し、南部は塩基性深成岩が広く分布する。

北部ブロックでは、NNW-SSE方向の軸をもつ複合背斜構造に規制され、中央部にHualhuani層が広く分布し、これをとりまいてMurco層、更にPerrobamba層が露出している。

南部ブロックでは中央部に深成岩類が進入し、その東西両側にPerrobamba石灰岩が分布する。

進入岩類には、斑岩～閃緑岩を主とする前期進入の塩基性深成岩類と、後期進入の石英モ

ンゾニ斑岩ほかの酸性～中性斑状岩類がある。

前期進入岩は中生層における地質構造の主方向と同様にNNW-SSW方向に伸長した貫入方向を示す。本岩に関連した欽化作用としては、局部的に磁鉄欽スカルンが形成されている程度で、銅欽化作用との直接的関連性は認められない。

後期進入岩の斑状岩は、岩株、岩脈、岩床状などの小岩体をなし、貫入方向は殆んどがNNW-SSW方向である。

斑状岩は明らかに銅の欽化作用と直接的な関連性があり、中生層や深性岩に変質作用を与えると共に自らもかなり変質し、かつ、しばしば銅の欽化作用が顕著に認められる。

斑状岩は、野外において斑状組織の程度、有色欽物の量比などから4岩相に区分された。仮に花崗閃緑岩、花崗閃緑斑岩、石英モンゾニ斑岩、花崗斑岩の4岩石名をもって分類した。構成欽物の種類にほとんど差異がなく、アルカリ長石に富み石英が比較的乏しい石英モンゾニ岩的な特徴を共通して示す。

この特徴はTintaya, Quechua, Atarayaなどの斑状岩についても同様である。

このように斑状岩は、本質的には、同質のマグマから固結したものと考えられ、固結条件または時期の相違による分化作用の影響と見られる。

2-2-2 変質作用

本区域の変質作用は、主として斑状岩の貫入活動に関連するものと考えられるが、典型的なポーフリークーパーにおける変質作用とは若干性格が異なっている。すなわち、スカルン化作用や緑泥石-緑簾石化変質作用が広範囲に及ぶ一方、珪化・粘土化帯にも炭酸塩化作用がしばしば重複して認められる。このような変質作用の特異性については、被貫入岩にカルシウムに富む岩石(石灰岩、石灰質頁岩、斑岩など)が多いことも一つの原因になっていると考えられるが、明確な理由は不明である。

本区域の欽化作用は、大局的にみて、石英網状細脈群に伴うもの(例DDH-4)と斑岩周辺の含銅スカルン(例DDH-3)とに代表され、スカルン銅型欽化作用の優勢なTintaya欽床と、ポーフリークーパー型欽化作用の優勢なQuechua欽床との、中間的性格を持っていると思われる。

地域南部ブロック中央部の「Goroccohuayco変質帯」における欽化作用としては、上記両タイプの他は、一般に弱く、今後の探査は珪化帯、およびスカルン帯の発展性とその中の欽化作用の状況説明が焦点となる。

地域北部ブロックでは中央部を砂礫層が広く覆っており情報が大幅に不足している。しかし地質環境がQuechua欽床のそれとよく似ており、Quechua欽床同様に破砕化珪化帯も存在している模様であり、探査の価値がある。

2-3 地化学探査についての検討

地化学探査結果の解析において、異常帯のしきい値は次の方法により算出した値を用いた。すなわち銅含有量において、平均値+標準偏差(約360 ppm Cu)を弱異常のしきい値、また平均値+標準偏差の2倍(約660 ppm Cu)を強異常のしきい値とした。因に、銅含有量の平均値は104 ppm Cu、また全試料の5%値は340 ppm Cu、10%値は180 ppmとなっている。

最も顕著な銅異常は南ブロック中央部の「Coroccohuayco変質帯」において認められる。異常帯はややまとまりに欠けるが、石英モンゾニ斑岩群を中心として、P測線からI'測線(PI, I-4)まで、NNW-SSE方向2.6km、ENE-SWS方向400~800mの範囲に集中している。

北ブロックG測線20点付近のスカルン化変質帯にNE-SW方向約1km、NW-SE方向の200mの銅異常が認められた。

南ブロック東側境界部のJ測線37点付近よりNE方向に区域外にのびる銅異常がある。この異常は地表では含銅スカルン帯に対比されるが、区域東方にも銅酸化作用が広がっている可能性を示唆するものとして重要な意義がある。

2-4 IP探査についての検討

2-4-1 FE異常帯

3帯のFE異常源が捕捉された。

A異常帯：北ブロックの東部にあり、G測線0点付近からA測線15点付近にかけて分布する。異常の中にはFE値4%以上を示し、FE値2%以上の弱異常も含めると巾1km内外の規模を有する。本異常帯の全体方向はNS方向を示すが、NNW-SSE方向とNE-SW方向の異常源が組合さったものとも解され、本区域内ではD測線付近にNE-SW方向の屈曲部があり、またO測線付近でもNE-SW方向に曲り、QuechuaにおけるFE異常帯に向っている。異常帯はQuechuaのFE異常帯とかなり類似し、変化が比較的少ない柱状異常源のパターンを示す。

本異常帯は地質的にみるとNNW-SSE方向の軸をもつ2本の雁行する小背斜構造の西側に沿って分布する。この背斜構造の軸は南部では南落し、北部では北落しとなっており、局部的には小さな盛り上り構造を形成している。このような盛り上り構造(ドーム)は、直接的に進入岩の潜在を示すものとは限らないが、少なくとも火成岩の進入に好適な場であると考えられ、この付近に火成岩が潜頭していることが期待される。従って、本異常帯はそのような進入岩体ないしその周辺部の硫化物濃集帯の潜在を示すものと解釈される。

B異常帯：北ブロック中央部から南部にかけて(G測線測点16~24→O測線測点18~28)検出された異常帯で、弱異常は地表にかなり近いところから認められるが、強異常の深度は300m前後と推定される。本異常帯の北半部は殆んど砂礫層により被覆され、その下部の地質状況は詳かでないが、A異常帯の場合と同様の背斜構造の存在が推定されるところであり、進入

岩の潜在する可能性が十分考えられる。因にB測線測点19付近に石英モンソニ斑岩の小露出が存在する。異常帯の南半部は各種斑状岩の小岩株群が貫入し、スカルン化変質帯および銅の地化探異常帯を形成している。なお、本異常帯中に実施したDDH-2では石英モンソニ斑岩の小岩脈に伴う銅の鉱化作用が認められたほか、黄鉄鉱の普遍的存在も確認され、本異常源が少なくとも硫化物に起因するものであることを示唆している。

○異常帯：南ブロックJ'測線からP測線の中央部付近にて捕足された異常帯で、石英モンソニ斑岩の小岩株群を中心とする既述のCorocchurayco変質・地化探異常帯とほぼ重複し、幅約500m延長約2.5kmの規模を有する。本異常帯の大きな特徴は、推定される異常源の形状・深度にかなりの変化が認められること、および異常源のFE値が北ブロックの異常帯のそれに比較して小さいことなどである。本異常帯の異常源が硫化物であることは、今回の試錐により、ほぼ明らかになったが、変化に富む異常源の形状・深度から、地下の地質構造がかなり複雑であることが予想され、今後の探鉱にはこの点に関する十分な考慮が必要である。

以上の3異常帯のほかに、J測線の東端近く(測点38付近)の含銅スカルン帯下部でFE弱異常が検出されており、区域東側に対する探査も今後必要となってきた。

2-4-2 FE異常帯と銅の鉱化作用について

FE異常の強さは比抵抗に大きな差異がなく、粘土などによる影響が小さければ、ほぼ硫化物の含有量に比例する筈である。従って、FE異常帯が硫化物濃集帯となっていることはほぼ確かであり、事実比較的大きなFE値の検出されたDDH-2, DDH-6などでは他の試錐孔よりも、硫化物含有量が比較的多いという結果を得ている。

しかしながら、銅の硫化物は必ずしもFE強異常帯に濃集するとは限らず、むしろFE強異常帯から若干離れた弱異常帯にしばしば濃集することが多くの探査例で知られている。例えば、Quechua鉱床においては、銅の優勢な鉱化作用は、FE値2~3%、所によっては2%以下の弱異常帯に認められ、この弱異常帯をとりまいて発達するFE強異常帯は黄鉄鉱ハローによるものであることが明らかになってきた。

本区域においても比較的優勢な銅鉱化作用が捕捉されたDDH-4およびDDH-3のFE値は比較的低く、DDH-4付近のFE値は2~3%程度、またDDH-3付近では2%以下という結果が示された。

すなわち、IP異常は、銅鉱化作用に関連して形成された潜頭硫化物濃集帯の存在状況を明らかにするもので、銅の濃集部自体を直接示すものではない。換言すれば、IP異常帯は銅の濃集に好適な一つの地質環境を示唆するものであって、その周辺では異常が弱いところでも銅濃集部の存在する可能性があることを意味しており、探鉱に際しては地質調査・地化学探査などの結果も併せた総合解析が不可欠である。

2-5 試錐についての検討

6孔・総延長1,503.6mの構造試錐が、地下の地質および欽化作用に関する基礎資料を得る目的で、調査地域の中央帯に、ほぼ500mから2kmの間隔を置いて実施された。各孔の位置および目的は次のようである。

2-5-1 試錐位置の選定

試錐孔	位 置	目 的
DDH-1	Huaccolloブロック測点O'-18付近。 Huaccollo川に沿う「欽化」斑状岩露頭の南方約100m。 IP探査のA異常帯中。 第四紀層被覆区域。	潜頭斑状岩の確認とこれに伴う欽化および変質作用の性格の把握。
DDH-2	Huaccolloブロック測点F-20付近。 IP探査のB異常帯中。 顕著な地化探銅異常を伴うスカルン帯の北方約200m。 第四紀層被覆区域。	第四紀層下の地質および欽化作用の把握。 とくにF-E弱異常と硫化物の欽化作用との関係についての検討。
DDH-3	Corocchohuayco 欽化帯東側縁辺部の測点 K-26 付近。 第四紀層被覆区域。	斑状岩岩株群と東部石灰岩との境界帯における地質構造および欽化作用の概要把握。
DDH-4	Corocchohuayco 欽化帯中の測点M-21 付近。 IP探査のC異常帯中。 顕著な銅欽化示徴を伴う石英モンソニ斑状岩岩株中。	石英モンソニ斑状岩中の欽化作用の性格、とくに変質作用との関係についての検討。
DDH-5	Corocchohuayco 欽化帯中の測点M-17 付近。 IP探査のO異常帯中。 斑状岩岩株群西側の地化探高異常を示す斑状岩質岩中。	斑状岩岩株群周辺の斑状岩質岩中における欽化作用およびそれに関連した変質作用の特徴の把握。
DDH-6	Corocchohuayco 欽化帯中の測点O'-20 付近。 IP探査のO異常帯中。 斑状岩岩株群南側の地化探高異常を示す斑状岩質岩中。	同 上

6-3-3 試錐の結果

DDH-1 (250.4m)

38mで着岩し、以下250.4mまで斑状岩であり、緑泥化一部珪化が見られた。44mより65

mに至る21m間平均品位Cu 0.51%を示した。

DDH-2 (250.5m)

頁岩、砂岩および珪岩などの推積岩類と、4ヶ所に石英モンゾニ斑岩が出現した。主としてモンゾニ斑岩さらにその周辺に銅の欽化が強く、57.7mより80.0mに至る22.3m間平均Cu品位0.67%を示した。

頁岩は珪化、絹雲母化、緑泥石化、赤鉄欽化を受け、千枚岩質となり、熱変成を受けていると思われる。

DDH-3 (250.2m)

斑岩および石灰岩とこれらを買いて斑状岩が分布する。珪化、緑泥石化をうけ、特にスカルン化が著しい。

スカルンは石榴石、陽起石、緑簾石、微鉄欽などよりなり、特に銅欽物を多量に含有している。

深度80mより98mの18m間、0.77%、1194-1440、25m間1.53%の平均銅品位を示し、銅スカルン帯の存在を確認した。

DDH-4 (250.3m)

石英モンゾニ斑岩より成るが、珪化、粘土化および破碎作用が顕著である。深度6mより84mに至る76m間Cu平均品位0.84%、Mo 0.065%を示した。この地帯は石英細脈群が豊富に網状に存在し、銅欽物を欽染している。細脈群は急傾斜のものが多い。孔全体の平均Cu品位は0.356%を示し、今回実施した6孔のうち最も高い平均Cu品位を示した。

DDH-5 (251.1m)

斑岩が分布し、地表近くにはスカルンがわずかに認められた。斑岩は珪化、破碎が著しい。7.5-31.0m間平均Cu品位0.55%、160m-176m間Cu 0.55%を示し、孔全体の平均Cu品位は0.226%を示した。

DDH-6 (251.1m)

一部黒雲母を含みスカルン化を受けた斑岩より成り、珪化、粘土化、緑泥石化作用を受けている。

深度74m-84m間Cu平均品位0.87%を示した。

以上6孔のコアを分析した結果をとりまとめたCu品位、Mo品位、を別表に示す。

(Table 1-8)

これよりCuの高品位部分は、DDH-3のスカルン帯で、黄鉄欽、黄銅欽、斑銅欽、鉄欽物を含む部分およびDDH-4の石英モンゾニ斑岩の珪化、粘土化を受け、破碎が発達した部分に入った網状石英細脈群である。何れも、花崗閃緑斑岩、石英モンゾニ斑岩の岩脈・岩枝状部に関連して銅欽化帯が発達していることを示している。

第3章 結論および将来への展望

3-1 結論

第2年次の調査により、有望な銅鉄化示徴を示している区域として選定された Coroccohuayco、Huaccollo 両区域は、予測のとおり、相当なポテンシャルが期待される斑岩銅鉄化帯および含銅スカルン型鉄化帯より成ることが明らかになった。

今年度の調査結果により、次の IP 異常帯を含む地区が要探査地区として選定された。

1) 南部ブロック中央部 Coroccohuayco 川に沿って分布する斑状岩周辺に幅約 500 m × 長さ約 2500 m の規模で、NNW-SSW 方向に伸びる斑状岩に起因すると思われる IP 探査による異常帯（以下 IP 異常帯という）が捕捉された。

この異常帯の北部外縁部付近に行なわれた DDH-3 によって含銅スカルン鉄化帯を捕捉しており、この IP 異常帯北東外縁部にあたる新規砂礫層に覆われた地区に、含銅スカルン鉄化体が潜在する可能性が強くなった。

2) 北部ブロック中央部から西部にかけて捕捉された IP 異常帯は、Huaccollo 川岸に斑状岩によるとと思われる鉄化部が露出しているが、大部分は潜頭の IP 異常帯に起因すると考えられる異常帯で、最大巾は約 1,500 m で、その南西方向および北北西方向の延長は、それぞれ隣接する Quechua、Tintaya 方面に伸展すると思われるものである。

この IP 異常帯より派生し、さらに地下深部に賦存する IP 異常帯に起因すると思われる異常帯が、北部ブロック中央部付近に捕捉された。

3) 南部ブロック北東縁部に認められた含銅スカルンは優勢な地化学異常と軽微な IP 異常を伴っており、さらに東方への伸展に希望が持たれる。

3-2 今後の調査に対する意見

調査結果から考えられる要探査区域は①南部ブロックの Coroccohuayco 変質鉄化区域、②北部ブロック Huaccollo 変質鉄化区域、③化探異常、IP 異常などから銅鉄化作用の広がる可能性が示唆されている調査域東方区域および、④北部ブロック IP 異常帯の北方延長区域である。この異常帯の南西延長は Quechua 区域でありすでに探査されている。

上述の要探査区域のうち、最もよく地質情報が得られているのは① Coroccohuayco 区域であり、開発可能な鉄床の存否について最も早期に結論されうる。したがって、Coroccohuayco 区域の探査がまず優先されるべきである。

Coroccohuayco 区域の探査方針としては、現在までの調査では鉄化作用がまとまりに欠けている可能性が考えられるので、探査を2段階に分け、

第1期：斑状岩中の珪化帯および予想スカルン帯に対する構造試錐とトレンチ探鉱による斑状岩貫入形態および分布の検討。

第2期：第1期の探鉱結果によってグリッド試錐に移行。

の方式が望ましい。

②Huaccollo 区域の探鉱方針は、この区域の基本的な地質環境が Quechua 区域のものにかなり類似しており、Quechua 同様の潜頭鉱床の存在する可能性を秘めているが、地質情報が少なく、本格的探鉱に踏みきる段階ではない。

したがって、IP異常や地質構造などから潜在が予想される斑状岩類の確認と銅鉱化作用とIP異常の関係を大まかに把握する情報試錐を実施すべきであろう。

③調査域東方区域は、第2年次の重力探査で、侵入岩の潜在が期待される局所的重力高異常が捕捉されているなど一応鉱床賦存の可能性が考えられる地質環境をなしているので、この地域にはIP探査・地化学探査などの基礎調査を試みるべきである。

④調査地域北方区域は、IP異常帯は延長するものと推定されるが、このIP異常源の性格も明らかでないので、先ず第3年次の調査域内で行なわれる情報試錐の結果により、さらに北方に探査範囲を拡大するかどうか検討すべきであろう。

各 論
第 I 部 地質調查

第 I 部 地質調査

第 1 章 調査作業の概要	I - 4
1 - 1 地表地質調査	I - 4
1 - 2 地化学探査	I - 4
1 - 3 構造試錐のコア鑑定	I - 5
1 - 4 岩石の地質年代に関する検討	I - 5
第 2 章 地 質	I - 6
2 - 1 地質概要	I - 6
2 - 2 岩石記載	I - 7
2 - 3 逆入岩類の時代	I - 16
第 3 章 地質構造	I - 20
3 - 1 広域構造	I - 20
3 - 2 調査地域の地質構造	I - 21
第 4 章 応用地質	I - 23
4 - 1 欽化作用	I - 23
4 - 2 変質作用	I - 29
4 - 3 地化学探査結果	I - 33
第 5 章 試錐地質	I - 37
5 - 1 試錐位置の選定	I - 37
5 - 2 試錐結果	I - 38
文 献	I - 42

List of Tables

Table I-1	Chemical Analysis of Gabbro from the Surveyed Area and the Periphery	I - 10
Table I-2	Chemical Analysis of Intrusive Rocks	I - 12
Table I-3	K-Ar Age Determination for Intrusive Rocks in the Yauri Area .	I - 18
Table I-4	Silica, Lime and Alkali Contents in the Main Barlier Intrusives, Yauri Area	I - 19
Table I-5	Assay Result for Au, Ag and As on the Mineralized Core-Samples from DDH-3 and DDH-4	I - 27
Table I-6	Thickness of Oxidized Zone shown by the Lower Limit of "Clear Limonitization" in the Drill Holes	I - 28
Table I-7a	Qualitative Spectrum Analysis of Drill Cores	I - 35
Table I-7b	Hg Contents in Geochemical Soil Samples	I - 36
Table I-8	Main Copper Mineralizations and Average Sulphur Content in Each Drill Core	I - 39
Table I-9	List of Rock Samples	A - 1
Table I-10	Microscopic Observation	A - 16
Table I-11	Microphotographs	A - 48
Table I-12	Chart of X-ray Diffractive Analysis	A - 86

List of Figures

Fig. 1	Location Map of the Yauri Area	ii
Fig. 2	Location Map of the Surveyed Area	3
Fig. 3	Normative Composition of Porphyries	I - 14
Fig. 4	Histogram and Frequency Curve of Cu Content on the Soil Samples	I - 34
Fig. 5	Copper Grade of Each Drill Hole	I - 41

LIST OF PLATES (are in pocket)

		Scale
PL. 1-1.	Geological Map of the Coroccohuayco-Huaccollo Area	1:10,000
PL. 1-2.	Geological Profile of the Surveyed Area	1:10,000
PL. 1-3.	Alteration Map of the Coroccohuayco-Huaccollo Area	1:10,000
PL. 1-4.	Geochemical Map of the Coroccohuayco-Huaccollo Area	1:10,000
PL. 1-5.	Sketch Map of Main Mineral showing of the Coroccohuayco Area	
PL. 1-6.	Sketch and Sampling Map (3 sheets)	1:5,000
PL. 1-7.	Core Log and Assay (6 sheets)	1:200

第I部 地質調査

第1章 調査作業の概要

調査地域は、Fig. 2に示すように、Oroccóhuayco および Huaccollo 両鉱化示徴区域を含む面積32km²の区画よりなる。区画は、本地域の地質の主構造がNNW-SSEの方向性を示すことを考慮して、主構造方向にはほぼ平行な、磁針方位でN23°W方向に8km、これに直交するN67°E方向に4kmとして設定された。

実施された調査作業は主に地表地質調査、化学探査、および試錐のコア鑑定であるが、第2年次調査において不詳な点があった岩石の地質年代についても若干の検討が試みられた。

1-1 地表地質調査

調査に先立って、トランシットコンパスとテープにより、磁針方位N67°Eの調査測線が200m間隔に測量され、測線上100m毎に測点が設けられた。

地質マッピングはこれらの測点を基準にクリノメーターとテープによる簡易測量をおこないながら縮尺2,500分の1で実施された。

また、Oroccóhuayco 区域の主な鉱化露頭については、縮尺500分の1のマッピングと品位検討用の試料採取がおこなわれた。とくに、測点N'-21付近には酸化銅鉄を伴う変質斑板岩の小露頭が散在しているので、トレンチ採取により鉱化作用の状況を調査した。

1-2 地化学探査

上述の200m×100mのグリッド状に設けられた測点で地化学探査用の土壌試料が採取された。試料総数は1,681個である。

試料の採取深度は地表下20cmから50cmである。この深度は、第四紀砂礫層が発達するパンパや黒色沖積土が分布する沢沼を除いて、中生層や侵入岩の原地性風化土壌のB層に達している。ただし、パンパでは厚さ数10m（例えばHuaccollo 区域中央部では厚さ40m程度）の第四紀砂礫層が中生層や侵入岩を覆っており、また沢沼の黒色沖積土も一般に厚さ数mにおよんでいる。

指示元素としては第2年次調査同様CuとMoが選ばれた。また、本地域には上述の如くかなり厚い第四紀層が分布するので、大きな透徹性（penetrability）を持つHgが指示元素としての適応性を有するかどうかについて若干の検討をおこなった。CuとMoの分析は第2年次調査同様ペルーの地化学分析専門家であるMaria Lauに、また、Hgの分析は日本鉱業株式会社中央研究所にそれぞれ依頼した。

1-3 構造試錐のコア鑑定

6孔・総延長1,506.3mの試錐コアについて、地質鑑定と化学分析が実施された。定量分析は、第四紀岩を除く全岩石を対象に、total Cu（全銅）、soluble Cu（酸溶性銅）Mo およびSについておこなった。また、分光光度法による定性分析が代表的な進入岩試料（斑状岩類16個、斑柘岩質岩7個）に対して試みられた。

1-4 岩石の地質年代に関する検討

進入岩10試料についてK-Ar法による年代測定を実施した。8試料は銅酸化作用をもたらしたとみなされ後期進入の斑状岩類であり、調査地域およびTintaya・A taraya両銅化帯から採取された。2試料は調査地域内で採取された前期進入の斑柘岩であるが、酸化作用に関連した変質作用の影響をうけていることが判明した。

Ferrobamba 石灰岩中のチャート質凝結物について放射虫・コノドントなどの化石の有無を検討するため、非酸法によるエッチングを試みた。また、第2次調査で化石が発見されなかった

Coporaque および Puno 赤色岩類に対して花粉・有孔虫・珪藻などが存在するかどうかについて検出試験をおこなった。

第2章 地 質

2-1 地質概要

調査地域は、第2年次調査報告書で述べたように、Tintaya 銅鉄床区の東部に位置しており、その地質および地質構造はすぐ西側に隣接する Tintaya および Quechua 欽化帯のそれらに多くの点で類似している。

調査地域を構成する主な岩類は中生代後期の堆積岩類とこれを買く侵入岩類であるが、これらは所により新期の火山岩類・氷河堆積物・沖積層などで覆われている。中生層は、下位より、頁岩を挟在する珪岩層（Hualhuani 層）、頁岩と砂岩の互層（Murco 層）、および石灰岩層（Ferrobamba 層）の層序を示す。侵入岩類には前期進入の斑状岩・閃緑岩を主とする塩基性深成岩類と後期進入の石英モンゾニ斑岩を代表とする酸性ないし中性斑状岩類とがある。

銅鉄化作用は、第2年次調査で指摘したように、明らかに斑状岩類の進入活動に伴ってもたらされている。したがって、欽化作用の局在性を規制する最も基本的かつ重要な要因は斑状岩類の分布・形態であるとみなされる。また、被買入岩である中生層や塩基性深成岩も母岩として欽化作用の型式や定着性を規制している。斑状岩の買入もしくはそれに関連した変質作用の時代は、K-Ar 法による年代測定をおこなった結果、古第三紀であることがほぼ確かになった。

調査地域は、そのほぼ中央を ENE-W SW 方向に横断する新層によって、中生層が発達する北部 Huaccollo ブロックと塩基性深成岩が卓越して分布する南部 Orococohuayco ブロックとに分けられる。

Huaccollo ブロックでは、中生層は NNW-SSE 方向の軸をもつ緩い複合背斜構造をなしており、ブロックの中央部には主として Hualhuani 珪岩層が分布し、これを取りまいて Murco 頁岩・砂岩層が露出している。最も若い Ferrobamba 石灰岩は Murco 層を取りまいて主にブロックの東西両部を占める。塩基性深成岩の分布は Orococohuayco 区域に較べてはるかに小さく、ブロックの西側境界に沿って数個の岩株状小岩体が認められる程度である。斑状岩類は一般に岩株・岩脈・岩床などの小岩体をなしてまばらに分布しているが、ブロックの中央部には斑状岩類の比較的集中した買入が認められる。ただし、ブロック中央部にはこれを被覆する第四紀砂礫層がかなり広く発達しており、その具体的な分布状態は詳かでない。塩基性深成岩および斑状岩はいずれも、中生層の主構造方向に平行な NNW-SSE の方向性をもって買入している。ブロック中央部から西部にかけて露出する珪岩には水酸化鉄を伴う著しい破砕化がしばしば認められる。破砕化された珪岩についての調査は十分ではないが、恐らく NNW-SSE 方向にのびるかなり大きな破砕帯が形成されているものと思われる。

以上に述べた Huaccollo ブロックの地質および地質構造の基本的特徴は Quechua 欽化帯のそれに極めてよく似ている。さらに、本ブロックの西部において検出された IP 異常は、

後述の如く、Quechua で認められている IP 異常に連続することが予想される。したがって Huaccollo ブロックには、地質環境からみて、Quechua に類似した欽化帯の存在が期待される。

Orocohuayco ブロックでは、斑岩・閃緑岩などの塩基性深成岩がブロック中央部に広く進入しており、東部および西部には Ferobamba 石灰岩が主に分布している。本ブロックには Hualhuani 層や Murco 層は殆んど認められないが、ブロック中央部の塩基性深成岩中にルーフペンダントまたはゼノリスと思われる珪岩の小露頭が数箇所存在することから、本ブロックにおける中生層も大局的には Huaccollo ブロックに類似した背斜構造をなしていたものと推測される。斑状岩類は塩基性深成岩岩体の東側境界部付近に最も集中して貫入するほか、東部石灰岩中にも斑状岩の貫入が比較的多く認められる。塩基性深成岩体の東側境界部に沿う斑状岩貫入区域は第2年次調査で発見された「Orocohuayco 欽化帯」に相当する。Orocohuayco 欽化帯における斑状岩は第2年次調査では巾200m～800m、延長2.5km以上の単一岩株ないし大岩脈をなすものと推定されたが、今回の調査によって、小岩株群の集合体よりなることが判明した。また、岩株群の東側に近接する石灰岩中には、岩株より派生した岩床状岩枝が貫入していることも明らかになった。斑状岩類の貫入方向は一般にNNW-SSE方向を示すが、ときにこれとほぼ直交したENE-WSWの貫入方向も見られる。

Orocohuayco 欽化帯の地質構成は、上述の如く、塩基性深成岩、石灰岩、および両岩の境界部付近に貫入した斑岩類よりなっており、Tintaya 欽化帯のそれにはほぼ一致している。したがって、Orocohuayco 欽化帯における欽化作用としては、斑岩銅型欽化作用のみではなく、Tintaya 欽床で優勢に認められるスカルン型銅欽化作用も重要であると考えられる。事実、構造試錐DDH-3孔で捕捉されたかなり優勢なスカルン銅型欽化作用は、石灰岩中に岩床状をなして貫入した斑岩によりもたらされたものと解され、Tintaya 東欽体と同様な地質条件において生じた欽化作用として注目される。

2-2 岩石記載

2-2-1 中生層

本地域の中生層は、Hualhuani 層、Murco 層および Ferrobamba 層よりなる。

Hualhuani 層は、Yura 層群の最上位層で、その時代は一般に下部白亜紀とみなされている。本層は本地域における最古の岩石で、主に地域北部、Huaccollo ブロックの中央部一帯に露出する。本層は頁岩薄層を挟む塊状珪岩よりなる。珪岩は層理に乏しい堅硬・緻密な岩質を有し、一般に白色ないし淡褐色を呈する。鏡下では、本岩は主に1mm前後のやや角ばった石英粒とこれをうめる微細な石英結晶よりなり、微量の長石および微鉄欽粒を伴っている。本地域の珪岩は多少とも変形作用の影響を受けている模様であり、鏡下で見られる石英粒は一般に波動消光を示し、かつしばしば引き伸ばされた形を呈する。また、本岩には一般

に割れ目が多く、とくに Huaccollo ブロックの中央部から東部にかけての珪岩はしばしば著しく破砕されている。破砕化珪岩の分布は詳しく調査されていないが、恐らく数100mの巾を有し、NNW-SSE 方向に伸長するものと思われる。

頁岩は一般に濃灰色ないし黒色を呈し、一部に石灰質のものがある。本地域の頁岩はしばしば熱変成作用をうけて、粘板岩ないし低度のホルンフェルスに変わっている。Huaccollo ブロック北部の測線 B'-18 付近では、頁岩が石英、絹雲母、緑泥石および赤鉄鉱よりなる赤褐色の千枚岩質岩に変成している。本岩は絹雲母と石英に富むため、現地の人達により陶器の原料として使われている。ホルンフェルスの多くは平行に配列する細粒の黒雲母を豊富に含み、またしばしば柘榴石を伴う。

Murco 層は Hualhuani 層を整合的に覆い、Ferrobamba 層により恐らく不整合に覆われている。本層は主に Huaccollo ブロックの東部、西部および南部に、Huaccollo 珪岩をとりまいて露出する。本層は頁岩と砂岩の互層よりなる。頁岩の方が砂岩よりも卓越している。頁岩は一般に濃灰色ないし緑灰色の砂質頁岩よりなるが、一部に石灰質頁岩も存在する。砂岩は灰色から赤褐色の色を呈する中粒ないし細粒砂岩で、下位のもの是一般に珪質であるが、上位のものはアルコース質になっている。アルコース質砂岩は主に石英、斜長石およびパーサイト質正長石のやや角ばった鉱物粒よりなっている。頁岩や砂岩は一般に低度の熱変成作用をうけているようで、次生細粒黒雲母が普遍的に認められる。これらの黒雲母は、しばしば平行配列を示す。

Ferrobamba 層は主として塊状・緻密な石灰岩よりなり、調査地域の東部および西部に分布する。石灰岩は、一般に灰色、暗灰色を示す細粒晶質石灰岩よりなるが、進入岩との接触部付近では黄白色ないし灰白色の粗粒晶質岩になっている。本岩にはしばしばチャートや頁岩質の小塊状凝結物が含まれ、またまれに淡灰色砂質石灰岩や黒色石灰質頁岩の薄層が挟在する。なお、本岩中のチャート質凝結物について弗酸法によるエッチング試験を試みた結果、放散虫の存在が明らかになったが、発見された放散虫は著しく変形しており、同定することが出来なかった。

2-2-2 塩基性深成岩類

本岩は既述のように Orocchuayco ブロックの大半を占めるほか、Huaccollo ブロックの西側縁辺部にいくつかの小岩株として露出している。これらの貫入方向はいずれも、中生層の主構造方向に平行な NNW-SSE 方向を示す。

本岩は組成的に斑禿岩、閃緑岩、および石英閃緑岩まで変化する複合岩であるが、最も卓越した岩種は角閃石斑禿岩である。

斑禿岩は主に中粒・半自形等粒状の斜長石（青灰長石ないし亜灰長石）と普通角閃石よりなるが、普通角閃石結晶中には輝石・橄欖石・カミングトン閃石などの細粒・他形結晶がポイテキリティックに含まれている。輝石は殆んど単斜輝石よりなるが、稀に斜方輝石も伴われる。

また、構造試錐 DDII-5 の 84.5m および 98.5m で採取した試料は独立した自形の斜方輝石を含む。構造試錐 DDII-3 孔の 175.0m より採取した試料の有色鉱物は橄欖石と単斜輝石を主としている。これまでに実施した斑岩質岩の化学分析結果を Table 1-1 に示す。

閃緑岩および石英閃緑岩も、斑岩と同様に、一般に中粒・半自形等粒状組織を有し、かつ主に斜長石と普通角閃石よりなる。しかし、これらは橄欖石を含まず、また輝石に極めて乏しい。一方、これらはしばしば少量の黒雲母や微量のカリ長石を随伴し、石英閃緑岩には少量の石英が含まれる。

本地域の塩基性深成岩類は多少とも熱水変質作用を蒙っている。とくに Corocohuayco 鉄化帯の斑岩貫入部付近の斑岩質岩はしばしば顕著な交代変質作用をうけて、柎榴石・陽起石・緑簾石などのスカルン鉱物が生成している。また、これに先行して一種の熱変成作用が生じており、微細な淡褐色黒雲母が淡緑ないし無色の角閃石やカミングトン閃石と共に初生の褐色普通角閃石や輝石を交代している。黒雲母は通常微細結晶の集合体として産する。黒雲母濃集部には多くの磁鉄鉱が生成しているが、硫化物はこの黒雲母化作用より後の交代変質作用に伴っている。したがって、この黒雲母化作用はいわゆる斑岩銅鉄床におけるものとは区別して扱ふべきものであろう。

2-2-3 斑状貫入岩類

(i) 岩質

後期侵入の斑状岩類は、今回の野外調査において、主に斑状組織の発達程度・有色鉱物の量比などから4岩相に区分され、便宜上次の岩石名が与えられた。

- 花崗閃緑岩：有色鉱物（黒雲母・普通角閃石）をかなり多く含み、長石斑晶による弱い斑状組織を呈するが、石基は粗粒で、深成岩相に近いもの。
- 花崗閃緑斑岩：有色鉱物（黒雲母・普通角閃石）をかなり多く含み、かつ顕著な斑状組織を呈するもの。
- 石英モンゾニ斑岩：有色鉱物（黒雲母 ≫ 普通角閃石）に比較的乏しく、極めて長石斑晶に富み、かつ顕著な斑状組織を示すもの。
- 花崗斑岩：有色鉱物（黒雲母 ≫ 普通角閃石）にかなり乏しく、長石斑晶のほか少量の自形石英斑晶を特徴的に伴い、顕著な斑状組織をもつもの。

鏡下の観察では、花崗閃緑岩は主に斜長石（しばしば中性長石の核をもった灰青長石）、カリ長石（一般にパーサイト質正長石）、石英、緑色普通角閃石および褐色黒雲母よりなり、柎榴石・燐灰石・磁鉄鉱などを随伴する。斜長石は通常の長さ2~3mm、ときに6mmに達する半自形短柱状結晶をなし、大きさ1mm以下の他形カリ長石や石英によりうめられている。

花崗閃緑斑岩は、一般に、長さ2~3mmの半自形短柱状斜長石（しばしば中性長石の核をもった灰青長石）、大きさ1mmまでの緑色普通角閃石および褐色黒雲母の斑晶と、石英およびアルカリ長石を主とする細粒・完晶質石基よりなる。ときに微量のカリ長石（曹長石の細かな

Table 1-1 Chemical Analysis of Gabbro from the Surveyed Area and the Peryphery

Sample No. Rock Name Locality	* 455 Gabbro 1 km South of the Area	36 Metagabbro D-2 in the Area	135 Metagabbro O'-12 in the Area
SiO ₂	46.76	47.93	46.18
TiO ₂	1.18	1.05	1.34
Al ₂ O ₃	19.56	20.85	20.42
Fe ₂ O ₃	5.18	3.92	5.26
FeO	6.73	5.27	5.50
MnO	0.16	0.12	0.17
MgO	5.47	4.35	5.15
CaO	10.42	11.15	11.27
Na ₂ O	2.20	3.09	2.21
K ₂ O	0.53	0.32	0.61
P ₂ O ₅	0.22	0.16	0.10
H ₂ O(+)	1.28	1.28	1.41
H ₂ O(-)	0.19	0.24	0.45
Total	99.88	99.73	100.07
Q	1.08		0.30
C			
or	3.34	1.67	3.34
ab	18.34	26.20	18.86
an	41.98	41.98	43.92
lc	64.74		
ne			
Sal. total	64.74	69.85	66.12
ac	3.25	5.22	4.64
wo	13.70	9.10	12.90
en	6.34	4.06	3.67
fs		1.27	
fo		0.61	
fa		5.80	7.66
mt	7.42		
hm			
il	2.28	1.98	2.58
ap	0.67	0.34	0.34
ti			
Fem. total	33.66	28.38	31.79

* This Sample No. is of the Second-Phase Survey.

葉片を伴うパーサイト質正長石)や石英の斑晶も認められる。楣石、磷灰石および微鉄鈉がほとんど常に随伴する。

石英モンゾニ斑岩は、主として、長さ2~5mmの半自形短柱状斜長石(一般に中性長石の核をもった灰青長石)、大きさ2~5mmの他形ないし半自形カリ長石(常にパーサイト質正長石)および大きさ2mmまでの少量の褐色黒雲母の斑晶と、石英およびアルカリ長石を主とする細粒・完晶質石基よりなる。石基鉱物の粒度は0.1mm以下である。普通角閃石は少量産するが、普通ではない。まれに融蝕された石英斑晶が存在する。カリ長石斑晶は一般に斜長石斑晶よりも少量であるが、二・三の薄片では、カリ長石斑晶の方がより多く認められた。普遍的な随伴鉱物は楣石、磷灰石および微鉄鈉である。

花崗斑岩は第2年次調査において「石英モンゾニ斑岩」と命名された如く、上述の石英モンゾニ斑岩とよく似ているが、自形の石英斑晶を特徴的に伴う。石英斑晶は、しばしば径5mmから1cmに達する。なお、本岩はOrocohuaycoブロックで「柱化された」石英モンゾニ斑岩を買っている。

これらの斑状岩類は、以上に述べたように、若干の岩質的差異はあるが、構成鉱物の組合せは同じであり、また、アルカリ長石に富み、比較的石英に乏しいという「石英モンゾニ岩的な」特徴を共通して示している。この特徴はTintaya・Quechua・Atarayaなどの鈉化作用に関与した斑状岩類にも同様に認められる。各鈉化帯から採取した斑状岩類の化学分析結果およびそれより計算されたノルム鉱物組成をTable I-2に示す。なお、これらの試料についてK-Ar法による年代測定をおこなった結果、後で詳しく述べるように斑状岩類の買入もしくはそれに関連した変質作用の時代はいずれも古第三紀であることが判明した。

このように、本地域および近隣の鈉化帯に買入した斑状岩類は同マグマ源のものであるとみなされるが、また、多少の岩質や岩相の差異がそれらの間に認められることも事実である。これらの差異は恐らくマグマの固結条件のわずかな違いや買入時期の多少のずれによるマグマの分化段階の差異によって生じたものと思われる。本調査では、斑状岩類のこのような買入条件の差異と銅鈉化作用との関係を検討するために、前述のような細かい岩石区分を試みた。ただし、各岩石名は岩相の差異を強調して表現した野外名であって、厳密な岩石学的基準に基づくものではない。

(2) 分布

斑状買入岩類は明らかに銅鈉化作用と密接な関係があり、優勢な銅鈉化示徴は本岩中あるいはその周辺部に限られている。

本地域では、斑状岩類は小岩株・岩脈・岩床などの小岩体をなし買入する。本岩の分布は一般にまばらであるが、Orocohuaycoブロックの中央部から東部にかけてとHuaccolloブロックの中央部付近では、本岩が比較的集中して分布する。

Orocohuaycoブロック中央部は第2年次調査における「Orocohuayco鈉化帯」

Table 1-2 Chemical Analysis of Porphyries

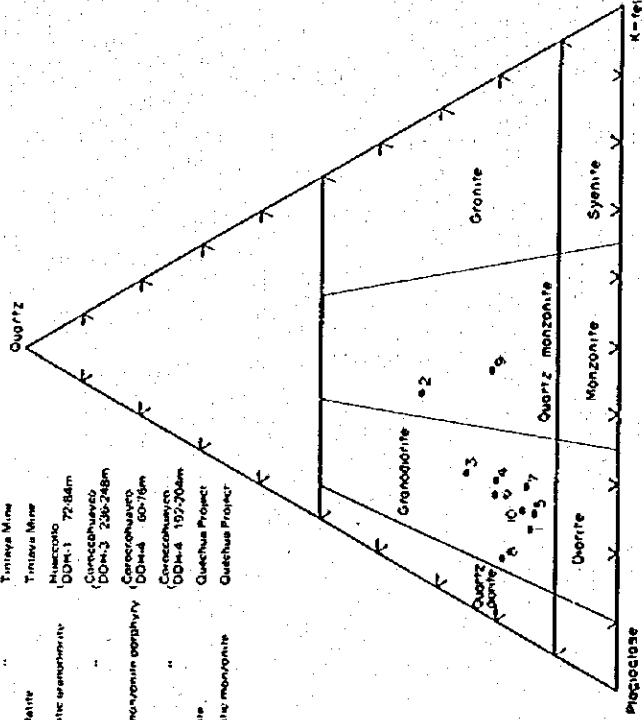
Sample No.	241	242	243	244	238	239	215	240	* 453-(6)	* 453-(7)
Rock Name Locality	Quartz monzo- nite porphyry Ataraya Mine	Quartz monzo- nite porphyry Tintaya Mine	Quartz monzo- nite porphyry Tintaya Mine	Altered latite Tintaya Mine	Porphyritic granodiorite DDH-1 72m 84m	Porphyritic granodiorite DDH-3 236m 248m	Quartz monzo- nite porphyry DDH-4 60m 76m	Quartz monzo- nite porphyry DDH-4 192m 204m	Monzonite Quechua	Porphyritic monzonite Quechua
SiO ₂	63.45	70.89	66.82	61.50	65.33	66.25	64.32	65.42	62.23	65.12
TiO ₂	0.31	0.21	0.22	0.35	0.26	0.24	0.23	0.22	0.56	0.17
Al ₂ O ₃	16.76	15.16	17.86	18.51	17.05	15.65	17.24	17.35	17.72	18.16
Fe ₂ O ₃	2.66	0.94	1.73	2.28	1.87	1.94	1.36	1.35	0.98	0.43
FeO	1.41	0.69	0.31	0.66	1.36	1.31	1.27	1.27	0.85	0.77
MnO	0.06	0.05	0.04	0.08	0.05	0.04	0.04	0.04	0.08	0.04
MgO	2.24	0.77	0.29	1.22	0.78	0.58	0.61	0.55	0.49	0.36
CaO	4.34	1.72	1.83	3.01	3.04	2.90	3.56	2.49	2.71	2.56
Na ₂ O	4.83	3.39	4.97	4.41	5.98	5.26	5.04	6.25	2.94	5.82
K ₂ O	2.74	4.19	2.94	2.90	2.88	2.82	3.35	1.51	5.38	2.83
P ₂ O ₅	0.04	0.08	0.05	0.24	0.05	0.15	0.12	0.14	3.79	2.16
H ₂ O(+)	0.55	0.93	1.33	3.45	0.94	2.02	2.44	2.52	1.74	1.03
H ₂ O(-)	0.30	0.62	1.26	1.17	0.25	0.41	0.47	0.49	0.13	0.22
Total	99.69	99.64	99.65	99.78	99.84	99.57	100.05	99.60	99.60	99.67
MgO	19.9	8.5	3.4	13.3	7.1	5.8	5.9	5.7	4.7	3.5
FeO	12.6	7.6	3.6	7.2	12.4	13.1	12.4	13.3	16.4	11.4
(Na · K) ₂ O	67.5	83.9	93.0	79.5	80.5	81.1	81.7	81.0	78.9	85.1
Q	13.68	30.30	22.86	17.16	12.66	18.54	14.10	17.04	18.66	14.58
C		2.14	3.47	3.22				1.22	2.55	1.43
or	16.12	25.02	17.24	17.24	17.24	16.68	20.02	8.90	31.69	16.68
ab	40.87	28.82	41.92	37.20	50.30	44.54	42.44	52.92	24.63	49.27
an	15.85	7.78	8.34	13.34	11.12	10.56	14.46	11.40	12.51	11.12
lc										
ne										
Sal. total	(86.52)	(94.06)	(93.83)	(88.16)	(91.32)	(90.32)	(91.02)	(91.48)	(90.04)	(93.08)
ac										
wo	2.09				1.28	1.28	1.04			
en	5.60	1.90	0.70	3.10	2.00	1.50	1.50	1.40	1.20	0.90
fs		0.26			0.66	0.40	0.92	1.06		0.92
fo										
fa										
mt	3.94	1.39	0.46	1.39	2.78	2.78	2.09	1.86	1.32	0.70
hm			1.44	1.12						
il	0.61	0.46	0.46	0.61	0.46	0.46	0.46	0.46	1.06	0.30
ap	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.67
ti										
Fem. total	(12.58)	(4.35)	(3.40)	(6.56)	(7.52)	(6.76)	(6.35)	(5.12)	(3.92)	(3.49)
Or	21.1	40.6	25.5	25.4	21.9	23.2	26.0	12.2	46.0	21.6
Ab	56.1	46.8	62.1	54.9	63.9	62.1	55.2	72.3	35.8	63.9
An	21.8	12.6	12.4	19.7	14.2	14.7	18.8	15.5	18.2	14.5

* See the Second-Phase's Report

Chemical Analysis of Intrusive Rocks

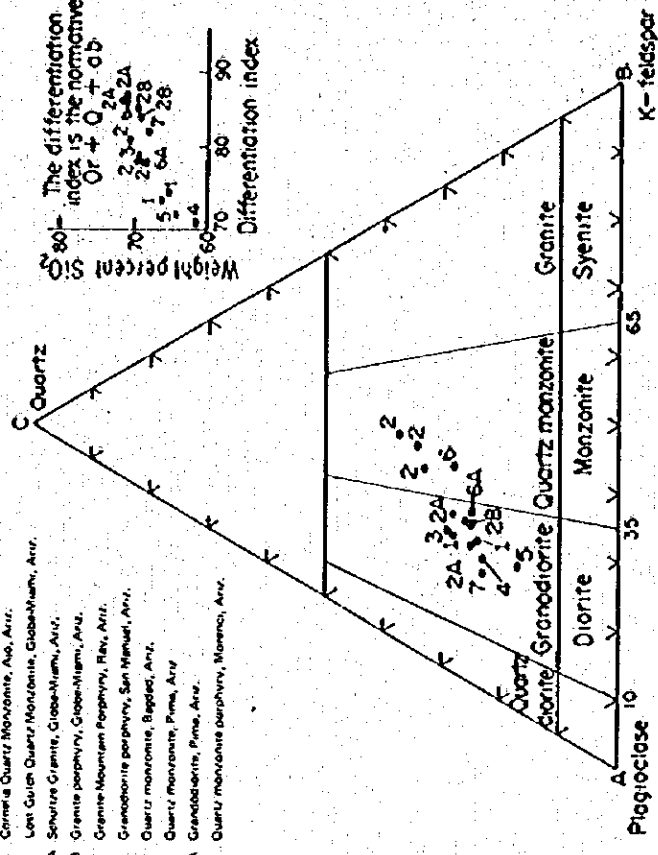
No. Rock Name Locality	Metagabbro D - 2	Metagabbro O' - 12	Quartz monzo- nite porphyry Ataraya Mine	Quartz monzo- nite porphyry Tintaya Mine	Quartz monzo- nite porphyry Tintaya Mine	Altered latite Tintaya Mine	Porphyritic granodiorite DDH-1 72m 84m	Porphyritic granodiorite DDH-3 236m 248m	Quartz monzo- nite porphyry DDH-4 60m 76m	Quartz monzo- nite porphyry DDH-4 192m 204m
SiO ₂	47.93	46.18	63.45	70.89	66.82	61.50	65.33	66.25	64.32	65.42
TiO ₂	1.05	1.34	0.31	0.21	0.22	0.35	0.26	0.24	0.23	0.22
Al ₂ O ₃	20.85	20.42	16.76	15.16	17.86	18.51	17.05	15.65	17.24	17.35
Fe ₂ O ₃	3.92	5.26	2.66	0.94	1.73	2.28	1.87	1.94	1.36	1.35
FeO	5.27	5.50	1.41	0.69	0.31	0.66	1.36	1.31	1.27	1.27
MnO	0.12	0.17	0.06	0.05	0.04	0.08	0.05	0.04	0.04	0.04
MgO	4.35	5.15	2.24	0.77	0.29	1.22	0.78	0.58	0.61	0.55
CaO	11.15	11.27	4.34	1.72	1.83	3.01	3.04	2.90	3.56	2.49
Na ₂ O	3.09	2.21	4.83	3.39	4.97	4.41	5.98	5.26	5.04	6.25
K ₂ O	0.32	0.61	2.74	4.19	2.94	2.90	2.88	2.82	3.35	1.51
P ₂ O ₅	0.16	0.10	0.04	0.08	0.05	0.24	0.05	0.15	0.12	0.14
H ₂ O(+)	1.28	1.41	0.55	0.93	1.33	3.45	0.94	2.02	2.44	2.52
H ₂ O(-)	0.24	0.45	0.30	0.62	1.26	1.17	0.25	0.41	0.47	0.49
Total	99.73	100.07	99.69	99.64	99.65	99.78	99.84	99.57	100.05	99.60
MgO										
FeO										
(Na · K) ₂ O										
Q		0.30	13.68	30.30	22.86	17.16	12.66	18.54	14.10	17.04
C				2.14	3.47	3.22				1.22
or	1.67	3.34	16.12	25.02	17.24	17.24	17.24	16.68	20.02	8.90
ab	26.20	18.86	40.87	28.82	41.92	37.20	50.30	44.54	42.44	52.92
an	41.98	43.92	15.85	7.78	8.34	13.34	11.12	10.56	14.46	11.40
lc										
ne										
Sal. total										
ac										
wo	5.22	4.64	2.09				1.28	1.28	1.04	
en	9.10	12.90	5.60	1.90	0.70	3.10	2.00	1.50	1.50	1.40
fs	4.06	3.67		0.26			0.66	0.40	0.92	1.06
fo	1.27									
fa	0.61									
mt	5.80	7.66	3.94	1.39	0.46	1.39	2.78	2.78	2.09	1.86
hm					1.44	1.12				
il	1.98	2.58	0.61	0.46	0.46	0.61	0.46	0.46	0.46	0.46
ap	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
ti										
Fem. total										
Or										
Ab										
An										

1. Quartz monzonite porphyry, Ataraya Mine
2. " " " " " " " "
3. " " " " " " " "
4. Altered latite
5. " " " " " " " "
6. " " " " " " " "
7. Quartz monzonite porphyry
8. " " " " " " " "
9. Monzonite
10. Porphyritic monzonite



A
Plots of the quartz-K-feldspar-plagioclase triangular diagram of the norms of porphyries from the Yauri area

1. Cerro de Quartz Monzonite, Ato, Ariz.
2. Lost Gulch Quartz Monzonite, Globe/Miami, Ariz.
- 2A. Schultz Granite, Globe/Miami, Ariz.
- 2B. Granite porphyry, Globe/Miami, Ariz.
3. Granite Monzonite Porphyry, Rex, Ariz.
4. Granddiorite porphyry, San Manuel, Ariz.
5. Quartz monzonite, Bagdad, Ariz.
6. Quartz monzonite, Pima, Ariz.
- 6A. Granddiorite, Pima, Ariz.
7. Quartz monzonite porphyry, Morenci, Ariz.



The differentiation index is the normative $Or + Q + Ob$

B
Plots of the quartz-K-feldspar-plagioclase triangular diagram of the norms of unaltered porphyries from Arizona porphyry copper deposits. Classification from Bateman (6).

Fig. 3. Normative composition of Porphyries

に相当する。ここでは、石英モンゾニ斑岩を主とする斑状岩類が塩基性深成岩岩体の東側縁辺に沿って貫入し、NNW-SSEに伸長する約500m×2.5kmの斑岩密集帯を形成している。斑岩類は第2年次調査において報告したような単一の大岩体ではなく、岩脈や岩床などの岩枝を随伴する多くの岩株状小岩体の集合よりなることが判明した。岩床は主に岩株群東側の石灰岩をその層理に比較的調和した形で貫く。斑状岩類の大半は石英モンゾニ斑岩よりなるが、斑状花崗閃緑岩、花崗閃緑斑岩および花崗斑岩も存在する。花崗斑岩は石英モンゾニ斑岩が珪化作用を受けた後に貫入したものである。他の3岩種は互に漸移する模様で、それらの貫入時期の違いを示す明らかな証拠は認められなかった。斑状岩のほとんどはNNW-SSEのはっきりした方向性をもって貫入しているが、一部にこれとはほぼ直交したENE-WSWの貫入方向を示すものもある。また最も若い花崗斑岩は他の斑状岩の一般的貫入方向にやや斜交したNW-SE方向を示す。

Orocochuayco ブロックの東側境界部近くの石灰岩中には、斑状岩類が小岩株あるいは岩床状をなして、かなり頻繁に貫入している。これらの貫入方向は一般にはNNW-SSE方向であるが、局部的には石灰岩の構造により規制されている。この、斑状岩類は互に漸移する斑状花崗閃緑岩、花崗閃緑斑岩および石英モンゾニ斑岩よりなる。これらのうち、とくに卓越して存在する岩相はないが、花崗閃緑岩質相の方が石英モンゾニ斑岩質相よりも若干多いようである。斑状岩およびこれに貫かれた石灰岩の変質の程度は一般に微弱であるが、測線Qの東端部では含銅スカルン帯が変質石英モンゾニ斑岩の周辺に形成されている。

上述の両斑岩帯の中間部における斑状岩類の分布状態は、第四紀砂礫層が地表を広く覆うため、明らかにすることができなかつた。しかし、Orocochuayco 欽化帯のすぐ東側で実施した試錐D D H-3孔で、斑岩岩株より派生した岩床が石灰岩にかなり優勢なスカルン型銅欽化作用をもたらしていることが発見された。これはTintaya 欽床、とくにその東部欽体に似た地質環境が潜在する可能性を示唆する。この区域における斑状岩の分布・形態を究明する必要がある。

Huaccollo ブロックの中央部では、斑状岩類は主としてその南北两部分に露出する。

北部分における斑状岩類の露出はHuaccollo 沢の沢底に沿ってみられるもので、第2年次調査における「Huaccollo 欽化帯」に相当する。斑状岩類は沢の北側で珪岩ペンダント、また南側では第四紀砂礫層によってそれぞれ被覆されている。斑状岩類には斑状花崗閃緑岩、花崗閃緑斑岩および石英モンゾニ斑岩の3種が認められるが、最も卓越するのは斑状花崗閃緑岩である。斑状岩類には、第2年次調査で報告したように、黄銅欽を随伴する黄鉄欽の網状脈や欽染がみられる。また、珪岩も斑状岩との境界部付近で同様な欽化作用を受けている。

Huaccollo ブロック中央部の南部分では、測点G-20付近を中心として斑状岩の小岩株群がMurco 頁岩・砂岩層およびFerrobamba 石灰岩を貫く。岩株群は互いに漸移する斑状花崗閃緑岩、花崗閃緑斑岩および石英モンゾニ斑岩よりなり、いずれもNNW-SSEの

はっきりした方向性をもって貫入している。ここでは、局部的に銅鉄化作用を作りかなり大きなスカン化帯が形成されている。

Huaccollo ブロック中央部の中央部分は第四紀の砂礫層により広く被覆されており、斑状岩類の分布は判然としない。しかし、これは中生層の背斜構造の軸部に相当するところであり、地質構造的に少なくとも斑状岩貫入の場として好適な条件を備えているものと考えられる。事実、Huaccollo 川に露出する斑状岩が南に少なくとも100m以上延長していることが試錐DDH-1孔によって確かめられている。また、測点E-19付近には石英モンゾニ斑岩の小インリアーが露出している。南部分の斑状岩小岩脈群の北方約400mで実施した試錐DDH-2孔では石英モンゾニ斑岩の小岩脈が数枚捕捉されたのみであるが、それらの岩脈はいずれも銅鉄化作用を伴っている。いずれにしても、本部分の地質情報は大巾に不足しており、その解明が望まれる。

2-2-4 火山岩類

調査地域の南西隅に、塩基性深成岩を被覆して、暗灰色安山岩質ないし玄武岩質溶岩と白色流紋岩質凝灰岩が分布する。これらは斑状岩の貫入に伴う変質作用や鉄化作用を受けておらず、鉄化作用後の噴出岩とみなされる。

橄欖石玄武岩の小岩脈が数箇所認められた。試錐DDH-2孔では、本岩は鉄化した石英モンゾニ斑岩を切っており、明らかに鉄化作用後のものである。

2-2-5 第四紀層

Huaccolloブロック中央部から東部にかけて、氷河堆積物と推定される砂礫層が広く分布する。砂礫層の厚さは試錐DDH-1およびDDH-2孔の結果より40m程度と推定される。

Coroccohuayco ブロック東部にも砂礫層が発達する。これはその下位に成層した白色凝灰岩や砂岩を挟在しており、少なくとも一部はYauri湖成層の可能性がある。本層の厚さは不詳であるが、古期岩類の侵蝕地形に規制されてかなり複雑に変化する模様である。

Coroccohuayco 沢、Huaccollo 沢およびその支流に沿って沖積層が分布する。とくにCoroccohuayco 沢の下流には黒色の腐蝕土に富んだパンパがかなり広く拡がっており、好適な牧草地を形成している。

2-3 侵入岩類の時代

Yauri および Vellile 図幅にみられる侵入岩類は、第2年次調査で報告したように、いずれもFerrobamba 石灰岩以後のものであり、それらの侵入時期は白亜紀末ないし第三紀初めと推定されていた。しかし、第2年次調査で実施したK-Ar法による年代測定では、侵入活動はジュラ紀末に始まり、第三期初期まで断続的におこなわれたことが示唆された。そこで、本調査ではこの問題を検討するため、侵入岩類のK-Ar年代測定を東北大学に依頼し

て実施した。これまでの測定結果は Table 1-3 に示す。

代表的な前期侵入深成岩である Tintaya 岩体より採取された斑状岩試料からは、第2年次調査における年代測定で 144×10^6 年(ジュラ紀末)の K-Ar 年代を得た。また、Velille パソリスより採取した石英閃緑岩試料では 105×10^6 年(下部白亜紀末)の年代が測定された。

一方、これらの侵入岩はいずれも Ferrobamba 石灰岩を貫いており、それらの地質時代は明らかに Ferrobamba 石灰岩より新しい。Ferrobamba 石灰岩は、これまでに確認された化石から判断すると、上部ジュラ紀 ~ 中部白亜紀間のいずれかの時代に堆積したものと考えられるが、はっきりした時代はまだ明らかにされていない。しかし、本石灰岩と層序的に対比される Arequipa 地域の Arcurquina 石灰岩は一般に中部白亜紀のオーブ階(Albian Stage)とみなされており、これに基づけば、侵入岩の時代は少なくともオーブ階以後でなければならない。

本調査において上記2試料の K-Ar 年代を再測定した結果、第2年次調査と同じ測定年代が示された。しかし、今回の調査地域より採取した斑状岩質岩試料は、後期斑状岩類の侵入活動に伴う熱水変質作用のために、斑状岩類とはほぼ同様な K-Ar 年代を示した。

K-Ar 年代再測定結果は前期侵入活動がジュラ紀末より始まったことを強く示唆するが、侵入岩類の年代を決定するには、Ferrobamba 石灰岩の時代を明確にする必要がある。したがって、この問題はまだ解明されていない。

後期侵入の斑状岩類は、一般に熱水変質作用の影響をうけており、多くの試料の K-Ar 年代は、岩石の固結時代というよりは、むしろ熱水変質期の時代を示しているように思われる。斑状岩試料は、Ataraya 鉱山より採取した石英モンソニ斑岩を除いて、始新世($58 \pm 4 \sim 37 \pm 2 \times 10^6$ 年)から漸新世($37 \pm 2 \sim 25 \pm 2 \times 10^6$ 年)の K-Ar 年代を示した。これらの年代は、第2年次調査で測定した Tacaza 火山岩類の K-Ar 年代とほぼ一致している。Tacaza 火山岩類は、第2年次調査で報告したように、かなりアルカリに富み(Peacock による Alkali-lime 指数 51, 8)、また微弱ではあるが鉱化作用を作っている。これらのことは、後期斑状岩類が Tacaza 火山岩類とマグマ的関連をもつことを示唆するものとして興味深い。Ataraya 鉱山より採取した石英モンソニ斑岩は 73×10^6 年(白亜紀末)の年代を示した。この試料の変質の程度は極めて微弱であり、その K-Ar 年代は岩石自体の固結年代を与えているものと考えられる。この年代は Pichigua 侵入岩の K-Ar 年代($86 \sim 74 \times 10^6$ 年)にかなり近い。Pichigua 侵入岩は、第2年次調査報告書で述べたように、前期侵入活動の末期に侵入したものであり、閃緑岩ないし花崗閃緑岩質のパソリス状岩体をなすが、浅部貫入を示す斑状組織が顕著であり、また黄鉄鉱の鉱染帯や電気石化、珪化などの変質作用を作っている。また、化学組成においても、本岩は他の前期侵入岩体に比較してアルカリ成分(とくにカリウム)に富んでおり(Table 1-4)

Table I-3 K-Ar Age Determination for Intrusive Rocks in the Yauri Area

(A) Result in the Second-Phase Survey

Location	Rock Name	Analytical Mineral	Age x 10 ⁶ Y.	Feature of Sample
1 km south of Coroccohuayco	Gabbro	Hornblende	144	Fresh
5 km south of Velille	Quartz Diorite	Biotite + Hornblende	105	"
Puente Santo Domingo, Pichigua	Granodiorite	"	86	"
3.5 km west of Pichigua	Diorite	Biotite	74	"
Quechua	Porphyritic Quartz Monzonite	Whole Rock	57	With weak hydrothermal alteration
Quechua	Monzonite Porphyry	"	37	With strong hydrothermal alteration and weak mineralization

(B) Result in the Present Survey

Location	Rock Name	Analytical Mineral	Age x 10 ⁶	Remarks
Coroccohuayco D-2	Metagabbro	Hornblende	53	With weak hydrothermal alteration and mineralization of sulphides
Coroccohuayco O'-12	Metagabbro	Hornblende	30	With marked hydrothermal alteration and weak mineralization of sulphides
Ataraya Mine	Quartz Monzonite Porphyry	Hornblende-Biotite	73	Almost fresh except for very weak Chloritization of mafic silicates
Tintaya Mine	Quartz Monzonite Porphyry	Biotite	40	Sampled near the contact with skarn; fairly altered hydrothermally
Tintaya Mine	Quartz Monzonite Porphyry	Biotite	39	Highly weathered and distinctly altered hydrothermally
Tintaya Mine	Altered Latite	Whole Rock	38	With completely altered mafic silicates
Huaccollo DDH-1 72m - 84m	Porphyritic Granodiorite	Biotite	26	With distinct hydrothermal alteration and mineralization of sulphides
Coroccohuayco DDH-3 236m - 248m	Porphyritic Granodiorite	Biotite	43	With commonly chloritized biotite and disseminated pyrite
Coroccohuayco DDH-4 60m - 76m	Quartz Monzonite Porphyry	Biotite	39	With weakly chloritized biotite and abundant chalcopyrite and bornite
Coroccohuayco DDH-4 192m - 204m	Quartz Monzonite Porphyry	Biotite	44	With weakly chloritized biotite and fairly abundant pyrite

⁴⁰Ar^R radiogenic argon 40. $\lambda_1 = 0.584 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$, $\lambda_2 = 4.72 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$

後期斑状岩との類似関係が示唆される。

このように、Yauri 地域の火成活動は、深成活動から火山活動へと次第に移行する一連のものと考えられ、マグマの進化と貫入の物理化学的条件に応じて、変化に富んだ岩種や岩質が形成されたものと推測される。

Table 1-4 Silica, Lime and Alkali Contents in the Main Earlier Intrusives, Yauri Area

Intrusive Body	Rock Name	SiO ₂ %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Sample No.
Tintaya	Gabbro	46.76	10.42	2.20	0.53	No. 455 in 2nd-phase survey
	Meta-gabbro	47.93	11.15	3.09	0.32	No. 36' in this survey
	Meta-gabbro	46.18	11.27	2.21	0.61	No. 135 in this survey
Velille	Quartz diorite	59.48	7.48	3.99	1.31	No. 19 in 2nd-phase survey
	Quartz diorite	58.46	5.95	3.32	1.73	No. 9 in 2nd-phase survey
	Grano-diorite	56.59	7.05	4.78	0.45	No. 4 in 2nd-phase survey
Pichigua	Grano-diorite	59.87	5.74	3.64	2.26	No. 376 in 2nd-phase survey
	Diorite porphyrite	52.89	5.90	3.85	2.10	No. 354 in 2nd-phase survey
	Diorite	52.11	7.69	3.23	2.75	No. 349 in 2nd-phase survey

第3章 地質構造

3-1 広域構造

調査地域が存在する Tintaya 地区は、[※] Yauri 盆地の南西縁辺部に、湖成層中のインリプーとして露出する中生層-進入岩区域である。Yauri 盆地は、第2年次調査で報告したように、西アンデス山地と Laramani 山塊との間に形成された地溝であり、その東側は NNW-SSE 方向大断層で区切られる。盆地の西側境界には、明瞭な断層は露出していないが、湖成層の分布および地形が NW-SE と NE-SW の両方向性により強く規制されており、盆地の西側もまた断層で境いされていると推測される。

Tintaya 地区は、NWないし NNW 方向に流下する Salado 川と Oampia 川とに挟まれて、かなり大きな丘陵を形成している。第2年次の重力探査により、地区の東側を区切る Salado 川沿いに断層があり、かつ断層の東側が落ち込んでいることが推定されている。

Tintaya 地区は Yauri 盆地の縁辺部に形成された小さな断層山塊かも知れない。

Tintaya 地区の中生層は NNW-SSE ないし NW-SE 方向を軸とする緩やかな小褶曲を繰り返し、全体として複合背斜構造を形成している。背斜構造の頂部は Tintaya から Quechua にかけてと、Huaccollo から Ooroccohuayco にかけて形成されている。

前期進入岩は、中生層のルーフベンダントがかなり大きく残っているが、巾約 10 km、延長 20 km 以上の規模を有し、中生層の主構造軸に平行な NNW-SSE のはっきりした方向性をもって進入している。

中生層および深成岩は NNW-SSE 方向とこれにはほぼ直交する断層により切られる。断層の動きはよく解明されていないが、垂直運動を主体とするものゝようであり、NNW 系断層では恐らくその西側が落ち込み、また NE ないし NNW 系断層では北側が落ちていると推定される。

Quechua 鉍化帯では、NNW 系の破碎帯が Hual huani 珪岩中に発達する。同様な破碎帯の存在が Huaccollo 区域にも推定される。

斑状岩類は上述の諸構造、とくに NNW 系の構造に規制されて貫入している。第2年次調査では斑状岩の貫入が集中する Ooroccohuayco - Huaccollo 線、Quechua - Tintaya 線、および Ataraya 線の3構造線が推定された。斑状岩類はこれらの NNW 系構造線に沿って、主に小岩株や岩脈状をなして貫入するが、中生層中ではしばしばその層理に規制されて岩床状を呈する。また、NE ないし ENE 系の構造も斑状岩の貫入を局部的に規制し

※ Tintaya 地区は、第2年次調査により Yauri 区域における最も重要な鉍鉍化帯として指摘された地区で、Tintaya, Ataraya, Quechua などの既知鉍床を含む。

っており、Tintaya では NE 系の断層近くにこれと平行な岩脈が岩株より派生する。このような岩脈は Ooroccohuayco にも認められる。

3-2 調査地域の地質構造

調査地域の基本的地質構造は、当然のことながら前節で述べた Tintaya 地区のそれに一致しており、NNW-SSE の方向性をもつ主構造要素とこれにほぼ直交した方向性を示す副次構造要素との組合せよりなる。

NNW 系の方向性は長期にわたって構造を支配しており、中生層の褶曲、侵入岩類の伸長性や配列、鈦石-石英脈群を含む裂隙や破砕帯などのほとんどがこの方向性を示す。

ENE 系の構造は地域中央部を横断する断層によって代表される。既述の如く、断層北側の Huaccollo ブロックでは主に中生層が露出するのに対し、南側 Ooroccohuayco ブロックでは深成岩の露出が広く拡がっている。恐らく Huaccollo ブロックが落ち込んだものと思われる。断層の南側、約 1 km の所には、この断層にほぼ平行な貫入方向を示す斑状岩の小岩脈がある。また、裂隙や石英脈も局部的にこの方向性を示すことがある。したがって、ENE 系の断層や断裂運動もまた、副次的とはいえ、斑状岩の貫入や鈦化作用を導く構造的要因となったに違いない。

3-2-1 中生層の褶曲構造

Huaccollo ブロックの中生層は、NNW-SSE 方向の軸をもつ 3 個の小背斜が合わさった巾広い複合背斜構造を形成している。これらの小背斜の軸は、南部では北落しのプランジを示しており、全体として、局部的に小さな盛り上り構造 (swell-structure) が形成されている。このような盛り上り構造は必ずしも火成岩の貫入によって形成されたものとは限らないが、少なくとも火成岩の貫入に好適な場をなしていると考えられる。

3-2-2 侵入岩の形態および配列

Ooroccohuayco ブロックでは、前期深成岩は中生層の背斜軸部が推定されるブロック中央部を中心に NNW-SSE の方向性をもって広く露出する。Huaccollo ブロックでは、深成岩の露出は少なく、ブロックの東側縁辺部に沿って数体の小岩株が NNW-SSE 方向に配列するのみである。Huaccollo ブロックにも Ooroccohuayco ブロック同様の大きな深成岩体の潜在が予想されるが、その深度は、断層の落差が明らかでないので、詳かでない。

後期斑状岩類は、Ooroccohuayco と Huaccollo 両鈦化示徴区域を結ぶ地域中央帯と、地域の東側境界に沿って集中的に貫入している。斑状岩類は一般に小岩体群として産し、深成岩中に貫入したものは小岩株ないし岩脈状をなすが、中生層に貫入したものは、中生層の構造に規制されて、しばしば岩床状を呈する。斑状岩類の一般的な貫入方向は、それらの全般的配列方向と同様に、NNW-SSE を示すが、これにほぼ直交した ENE-WSW の方向性

も局部的にみられる。斑状岩類は、上述の貫入型式から、主として NNW-SS E 方向の構造的弱帯に沿って貫入し、一部は副次的な ENE-WSW 系断裂に沿って派生したものと考えられる。

3-2-3 断裂および破碎化作用

構造運動は斑状岩類の貫入後も引続きおこなわれたようで、カタクラステック組織を示す斑状岩類がしばしば認められる。また、Corocohuayco および Huaccollo 欽化示徴区域の斑状岩類には石英細脈群がしばしば発達する。石英細脈には走向 NNW-SS E・傾斜 $60^{\circ} \sim 80^{\circ} E$ と、走向 ENE-WSW・傾斜 $60^{\circ} \sim 80^{\circ} N$ の2系統の方向性を示すものが多く、とくに前者が卓越する。後述するように、斑状岩中の欽化作用は主に石英細脈群に伴っており、石英細脈群の発達型式が欽床の局在性を規制するものとみなされる。

Huaccollo ブロックの珪岩には裂罅や節理がかなり発達しており、とくにブロック中央部から西部にかけては、NNW-SS E 方向に伸長する破碎帯が形成されていることが予想される。破碎帯の生成機構は解明されていないが、Quechua では破碎帯が斑状岩類の貫入活動に伴って生じたものと推定されている。もしこの破碎帯が Quechua のそれと同様な機構で生成したものであれば、欽化作用の局在性に重要な意義をもつことになる。

第 4 章 応 用 地 質

4-1 鈳化作用

4-1-1 鈳化作用の一般的性質

本地域の銅鈳化作用およびこれに関連した変質作用は、第2年次調査で報告したように、いずれも後期斑状岩類の貫入活動に伴ってもたらされている。

しかし、鈳化作用の型式は、第2年次調査で推定されたような「典型的」斑岩銅型鈳化作用ではなく、斑岩銅型とスカルン銅型鈳化作用の複合型とみなされる。

鈳化型式の差異は、主に母岩の化学的性質に起因する。斑岩銅型の鈳化作用は、斑状岩類中および珪岩・砂岩・砂質頁岩などの非石灰質堆積岩中にみられる。一方、スカルン型鈳化作用は、主として石灰岩や石灰質頁岩中に生ずる。また、カルシウムに富む斑岩質岩も、スカルン鈳物を伴う交代型の変質作用や鈳化作用をうけている。

鈳化作用は、斑状岩の断裂化作用 (Shattering) と密接に関連するようであり、顕著な鈳化示徴のほとんどが多少とも断裂化された斑岩中ないしその周辺に生じている。断裂化をうけた斑状岩類の多くは、第2年次調査で発見された Corocohuayco・Huacollo 両鈳化示徴を結ぶ調査地域中央帯に集中する。斑状岩中の断裂帯は一般に NNW-SSE の方向性を示すが、局部的にはこれとはほぼ直交するものも認められる。

鈳化作用は、基本的に、上述のような岩質的・構造的両要素によって規制されている。とくに斑岩銅型鈳化作用では、鈳石は主として割れ目中に産し、割れ目の発達が鈳化作用の極めて重要な規制要因になっている。

初生硫化鈳物は、主に黄鉄鈳と黄銅鈳であり、少量の輝水鉛鈳が随伴する。稀に閃亜鉛鈳、方鉛鈳、四面銅鈳が存在する。鈳石試料の分析結果によれば、微量の金および銀が含まれる。Corocohuayco 鈳化帯では、斑銅鈳が重要な銅鈳物になっているが、そのほとんどは二次生成であると考えられる。他の二次銅鈳物としては、輝銅鈳、銅藍、赤銅鈳、自然銅、孔雀石、珪孔雀石、藍銅鈳などが地表近くに産する。これらの二次銅鈳物は一般にその場 (in situ) で生成されたものと思われる。磁鉄鈳や鏡鉄鈳質赤鉄鈳がかなり普遍的に存在し、本地域の鈳化作用を特徴づけている。

4-1-2 主な鈳化示徴 (PL, I-1, 2, 3 および 4 参照)

(i) Corocohuayco ブロックの示徴

本地域内で最も顕著な鈳化・変質作用は、ブロック中央部の Corocohuayco 鈳化帯においてみられる。本鈳化帯には、既述の如く、石英モンソニ斑岩を主とする斑状岩が、小岩株や岩脈状をなして斑状岩中に多数貫入し、また、東側に近接する石灰岩中には、岩床状岩枝が岩株より派生している (PL, I-1 および I-2 参照)。これらの斑状岩中およびその周辺に

は、PL, I-3で示される如く顕著な変質作用が認められ、また、地化学探査においても、400～800m×2.6kmの範囲に多数の銅異常が検出された(PL, I-4参照)。

本帯における優勢な銅鉱化作用は、主に斑状岩中の石英細脈群と石灰岩を交代したスカルンに伴われる。試錐DDH-4孔で捕捉された鉱化作用(コア長で78m間、0.84%Cu, 0.065%Mo)は、斑状岩中の石英細脈帯の1つに関連したものである。また、試錐DDH-3孔では、石灰岩のスカルン化作用に伴うかなり優勢な銅鉱化作用(コア長24.6m間で1.53%Cu, 弱鉱化部も含めれば84m間で0.70%Cu)が捕捉された(PL, I-2参照)。これらの鉱化作用の銅鉱物は主に黄銅鉱と斑銅鉱よりなる。

石英細脈は一般に走向NNW-SSE・傾斜60°～80°Eと走向ENE-WSW・傾斜60°～80°Nの2系統の方向性を示し、とくに前者の系統のものが卓越している。これらの石英細脈は、斑状岩全般に発達しているわけではなく、多くの場合NNW-SSE方向にのびる巾50～200mの帯状形態をとって分布する。また、これらは岩株群を隔てる斑状岩質岩中では急激に劣化する傾向があり、このため、石英細脈帯の分布は一般にまとまりに乏しいパターンを示す。しかし、試錐DDH-4孔のすぐ南に存在する岩株では、NNW系とENE系の石英細脈群の交錯により、ほぼ300m×500mの石英網状帯が形成されている。(PL, I-3参照)。

石灰岩交代型の鉱化作用を捕捉した試錐DDH-3孔は、斑状岩の岩株群と東部石灰岩区域との境界部に位置する。この鉱化作用は、成因的に、斑状岩岩株の1つから石灰岩中に派生した岩床状岩枝によってもたらされたものと解される(PL, I-2参照)。この境界部一帯は、PL, I-1でみられるように第四紀砂礫層で広く覆われているが、DDH-3孔の結果より推測すると、Tintaya東鉱体に似た鉱化作用の場が形成されている可能性がある。

斑状岩周辺の斑状岩質岩には陽起石・石榴石・緑帘石などを伴う交代変質作用とこれに関連した銅鉱化作用が認められる。この鉱化作用は、試錐DDH-5およびDDH-6孔の結果を見る限りでは、それほど広く拡がってはおらず、またかなりばらけているように思われる(PL, I-2参照)。しかし、局部的には、例えば測点N'-22付近にみられるように、かなり優勢な銅鉱化作用がこの変質作用に伴って生じている(PL, I-5, Sketch-3参照)。

Corocochuaycoブロックにおける他の鉱化示徴としては、東銅境界部の測点J-37付近よりNE方向に調査地域外にのびる地化学探査の銅異常が注目される(PL, I-4参照)。この異常は、地表における含銅スカルン帯に対比されるもので、それ自体にはそれほど大きな探鉱価値はないかも知れないが、銅鉱化作用が調査地域を超えて東方に拡がっていることを示唆するものとして、重要な意義をもつ。

4-1-2 Huaccollo ブロックの示徴

Huaccolloブロックの基本的な地質環境は、第2章で述べたように、Quechua 鉱化帯のそれによく似ている。しかし、最も好適な鉱化作用の場が予想されるブロック中央部は、ほ

とんど第四紀層で覆われており、この区域の地質や欽化作用についての具体的情報が大半に不足している(PL, I-1 参照)。

地表でみられる比較的顕著な変質および欽化作用は、第四紀層で被覆されたブロック中央部を取り巻くように分布する(PL, I-3 参照)。

第四紀層区域の北側境界部を流れる Huaccollo 川には、第2年次調査で発見された「Huaccollo 欽化帯」がある。ここでは、既報の如く、沢沿いに露出する斑状岩中に黄銅欽を随伴する黄鉄欽の細脈や欽染がかなり普遍的にみられ、優勢な銅欽化帯の潜在が期待されていた。しかし、本調査で露頭を再調査し、また露頭の南方約100mの地点で試錐DDH-1孔を掘さくした結果、ここでの欽化作用が黄鉄欽-鏡鉄欽-緑泥石脈で特徴づけられる一方、銅欽化作用に関連ある珪化作用(主に石英細脈)は概して弱くかつかなり局部的であることが判明した。欽化作用や変質作用のこのような特徴は、この部分が銅欽化帯の外縁部に当たっていることを強く示唆している。なお、裂罅や細脈群は一般にNNW-SSEのはっきりした方向性を示す。

第四紀層の西側には、著しく破碎されかつ水酸鉄の薄膜でうめられた珪岩がかなりみられる。これと欽化作用の関係は明らかではないが、Quechua では珪岩中の破碎帯と銅欽化作用との間に密接な関係のあることが明らかにされている。したがって、破碎化珪岩の分布および成因の究明が必要である。測点D'-8付近に露出する斑状花崗閃緑岩中には、巾100m前後の規模をもってENE-WSW方向にのびる石英細脈帯が存在する。この石英細脈帯の延長と前述の「Huaccollo 欽化帯」に認められる細脈群の延長との交会部は、有望な欽化作用の場として注目される。第四紀層の南側では、斑状岩類の小岩株群が石灰岩や頁岩・砂岩の互層を貫き、これらの堆積岩にかなり広汎なスカルン化作用をもたらしている。スカルン化帯中には、局部的に著しい銅欽化作用が認められ、また、地化学探査では約200m×1kmの銅異常が検出された(PL, I-4参照)。スカルン化帯の北方約200mで実施した試錐DDH-2孔では、斑状岩の細い岩脈を捕捉したのみであるが、岩脈およびその貫入部付近の堆積岩中には顕著な銅欽化作用が認められた(PL, I-2参照)。この欽化作用は、珪化や粘土化作用に伴う斑岩銅型のものであり、第四紀層の下部に斑岩銅型欽化帯の潜在を示唆するものとして注目される。

4-1-3 欽石欽物

主要初生硫化欽物は、黄鉄欽、黄銅欽および輝水鉛欽である。これらは主に細脈および欽染として産する。斑銅欽の一部も初生であるかも知れない。

最も豊富な硫化物は黄鉄欽であり、6本実施した試錐のすべてに、黄鉄欽が普遍的に認められた。地表における本欽の分布は、酸化・溶脱作用の影響により、極めて不明瞭になっている。

しかし、Coroccohuayco 欽化帯の粘土化石英モンソニ斑岩中に、局部的ではあるが黄鉄欽の顕著な欽染や裂罅充填がみられ、また、Huaccollo川に沿って露出する変質斑状岩中に

も、既述の如く、黄鉄鉱の細脈帯が知られている。微量の黄鉄鉱は恐らく調査地域のほぼ全域にわたって生じているものと思われる(Pl. 1-3参照)。

最も重要な銅鉱物は黄銅鉱であるが、Orocohuayco 鉱化帯では、黄銅鉱に共生してかなり多くの二次斑銅鉱が産する。斑状岩中の銅硫化鉱物は、主として石英細脈中およびその周辺に産し、典型的な鉱染は少ない。共生する鉱石鉱物は主に黄鉄鉱、輝水鉛鉱、磁鉄鉱および鏡鉄鉱である。磁鉄鉱の大部分は鉱染として産し、銅鉱との直接的共生は稀である。磁鉄鉱は主として銅鉱化作用以前に生成したと考えられる。鏡鉄鉱と黄銅鉱との共生は、試錐DDH-1孔で認められた。Huacolloブロックで確認された銅鉱化示徴では、一般に黄鉄鉱が黄銅鉱より卓越する。しかし、Orocohuayco ブロックの試錐DDH-4孔で捕捉された銅鉱化部では、銅鉱物の方が黄鉄鉱よりかなり多くなっている。珪岩・砂岩・頁岩などにおいても、黄銅鉱は、鉱染より割れ目充填や細脈として産する方が多い。スカルン化石灰岩および斑岩質岩では、銅鉱物は鉱染や鉱条として産したり、石英-方解石脈中に伴われる。共存鉱石鉱物としては、黄鉄鉱や磁鉄鉱があるが、磁鉄鉱は恐らく銅鉱化作用以前の産物である。

輝水鉛鉱はほとんど常に銅硫化物と共生して産するが、一般に極めてまばらである。しかし、既述の如く、試錐DDH-4孔で捕捉された銅鉱化部は輝水鉛鉱を比較的多く伴っており、そのモリブデンの分析品位はコア-長78m間で0.065% Moであった。

稀に方鉛鉱および閃亜鉛鉱が、スカルン化石灰岩や斑岩質岩中に黄銅鉱・黄鉄鉱などと共生して産する。また、黄銅鉱中に包有される微量の四面銅鉱が試錐DDH-6孔・深度74.8mよりの変質斑岩試料で認められた。

試錐DDH-3およびDDH-4孔の鉱化部のコア-30試料について金、銀および砒素の含有量を分析した。その結果はTable 1-5のようであり、痕跡の金および微量の銀が含まれ、また砒素の含有量は開発上無視されることが示唆された。

本地域における鉱石鉱物の二次変質作用は比較的顕著であるが、現在までの調査で知る限りでは溶脱帯はそれほど発達していない。酸化作用の影響は、試錐DDH-1およびDDH-2孔により、氷河堆積物と考えられる厚さ約40mの砂礫層の下でも明らかに認められた。酸化現象は、少なくとも現在の地水面よりかなり深くまで拡がっており、恐らく砂礫層堆積以前にも顕著な酸化作用がおこなわれたものと思われる。

二次銅鉱物としては、斑銅鉱、輝銅鉱、銅藍、赤銅鉱、自然銅、孔雀石、珪孔雀石、藍銅鉱などが知られている。これらのうち斑銅鉱は、Orocohuayco 鉱化帯において、黄銅鉱と共に最も重要な銅鉱物になっている。

Orocohuayco 鉱化帯における斑銅鉱は、当初、初生のものではないかと推測されていた。事実、稀に黄銅鉱と斑銅鉱との間に難溶関係を示すような組織もみられる。しかし、次のような証拠は、斑銅鉱(少なくともその大部分)が二次生成であることを強く示唆している。

1) 黄銅鉱を明らかに交代する斑銅鉱がしばしば認められること。

Table 1-5 Assay Result for Au, Ag and As on the Mineralized Core-Samples from DDH-3 and DDH-4

Hole No.	Sample No.	Au	Ag	As	Remarks		
					Total Cu	Mo	Host rock
		ppm	ppm	ppm	%	%	
DDH-3	3038	tr	4	6	2.72	tr	Skarnized limestone
	3040	tr	3	2	0.84	-	
	3042	tr	4	3	0.90	0.001	
	3044	tr	8	6	1.23	0.001	
	3046	tr	4	5	0.48	0.001	
	3048	tr	3	5	0.44	0.002	
DDH-4	4002	tr	6	1	0.92	0.014	Quartz monzonite porphyry
	4004	tr	2	tr	0.48	0.010	
	4006	tr	2	tr	0.32	0.002	
	4008	tr	2	tr	0.29	0.004	
	4010	tr	4	tr	0.66	0.004	
	4011	tr	3	tr	0.61	0.080	
	4012	tr	6	2	1.06	0.025	
	4014	0.2	15	1	3.62	0.600	
	4015	2.0	28	2	5.91	1.56	
	4016	tr	5	tr	0.98	0.043	
	4018	tr	1	tr	0.42	0.005	
	4020	tr	tr	tr	0.48	0.004	
	4022	tr	1	tr	0.32	0.044	
	4024	tr	tr	1	0.18	0.008	
	4026	tr	2	1	0.48	0.004	
	4028	tr	3	2	1.82	0.262	
	4030	tr	9	2	1.83	0.032	
	4032	tr	4	1	1.32	0.011	
	4034	tr	5	1	1.27	0.025	
	4036	tr	2	1	0.48	0.002	
4038	tr	tr	1	0.30	0.005		
4040	tr	tr	2	0.42	0.003		

- 2) 微量かつ局部的ではあるが、黄銅鉱・斑銅鉱を交代する輝銅鉱や銅藍が存在すること。
- 3) 一般的傾向として、黄銅鉱は斑銅鉱に、また斑銅鉱は輝銅鉱や銅藍により交代されており、銅鉱物間に段階的な硫黄分の減少（酸化作用）が認められること。
- 4) 共存する磁鉄鉱も著しく赤鉄鉱により交代されており、酸化作用が顕著であったことを示唆すること。

Orocochoyaco 酸化帯における二次変質作用の深度は、まだ詳かではない。しかし、試錐DDH-6孔では、その孔底である地表下250.3mにおいて、斑銅鉱および輝銅鉱の存在が確かめられており、二次変質作用の影響はかなり深くまで達していると思われる。

地表近くには、褐鉄鉱、赤鉄鉱およびジャロサイト（jarosite）などを含む酸化帯があり、主として孔雀石、珪孔雀石、藍銅鉱のような銅酸化物が産する。酸化帯の深さは Table I-6 に示すようにかなり変化に富む。酸化帯の下部には、局部的に少量の自然銅や赤銅鉱がみられる。銅の溶脱化作用は、確かにあるけれど、それほど著しくはないようであり、酸化銅鉱に混じてしばしば銅硫化鉄が存在する。その理由の1つとして、母岩中にしばしば含まれる方解石の存在が考えられる。方解石は、後述するように、石灰質堆積岩だけでなく、炭酸塩化作用によってほとんどの母岩に含まれており、これが溶解された銅の大半な移動を妨げたのではなからうか。

Table I-6 Thickness of Oxidized Zone shown by the Lower Limit of "Clear Limonitization" in the Drill Holes

Block	Hole No.	Depth from the Surface	Thickness of Oxidized Zone
Huaccollo	DDH-1	38.5m - 55.5m	17.0m*
	DDH-2	41.5m - 62.8m	21.3m*
Coroccohuayco	DDH-3	0m - 62.7m	62.7m
	DDH-4	0m - 6.0m(-)	6.0m(-)
	DDH-5	0m - 22.2m	22.2m
	DDH-6	0m - 33.2m	33.2m

* Thickness without the glacial sediments

4-2 変質作用 (PL, 1-1 および 1-3 参照)

4-2-1 変質作用の特徴

本地域の侵入岩類および中生層は多少とも変質作用をうけている。変質作用の型式は、既述の如く多分に母岩の化学的性質に影響され、斑岩銅型熱水変質作用とスカルン型交代変質作用との複合型よりなる。

斑岩銅型変質作用は主に斑状岩類や非石灰質堆積岩類にみられる。主要変質作用としては珪化・粘土化・セリサイト化作用などが認められるが、これらは炭酸塩化作用を伴っており、いわゆる典型的な斑岩銅鉱床のそれとは若干性格を異にする。

石灰岩や石灰質頁岩は、斑状岩類との接触部において、しばしばスカルン化し、また斑粉岩もスカルン鉱物を伴う交代変質作用をうけている。

緑泥石化および緑簾石化作用は、極めて広範囲に認められ、斑粉岩質岩、頁岩、アルゴース質砂岩の大半がこの変質作用をうけている。

なお、斑状岩は、第2章で述べたように、これらの変質作用に先立って周辺の堆積岩や斑粉岩質岩に熱変成作用を与えており、斑粉岩質岩、頁岩、砂岩などには、しばしば多量の黒雲母が生じている。

4-2-2 各変質作用の記載

(1) 珪化作用

本地域の珪化作用は、主に斑状岩中の石英細脈群として認められ、いわゆる「塊状」珪化岩はみられない。

1) Coroccohuayco ブロックの珪化帯

本地域における最もまとまった珪化帯は、4-1節で略述した如く、Coroccohuayco 鉱化帯の石英モンゾニ斑岩株群中にみられる。

ここでは、試錐DDII-4孔のすぐ南にある岩株が、測点N'-20付近を中心として300m×500m前後の石英細脈帯を形成している。本帯における石英細脈群の一般的方向性は走向NNW-SSE・傾斜60°-80°Eと走向ENE-WSW・傾斜60°-80°Nでありとくに前者が卓越している。石英細脈は一般に1mmから1cmの巾をもち、5cm以下から30cm程度の間隔で生じている。地表では、鉱化作用そのものはほとんど認められないが、硫化物を交代した鉄水酸化物の小斑点が主に石英細脈に沿って普遍的にみられる。鉄水酸化物は鈍黄から薄い黒色を呈しており、主に褐鉄鉱とジャロサイトとの混合物であると思われる。珪化帯の縁辺には、銅酸化物の弱い浸染がしばしば認められる。なお、珪化石英モンゾニ斑岩を貫いて、「珪化されていない」花崗斑岩の小岩脈が2・3存在する。花崗斑岩は微量の黄銅鉱、黄鉄鉱を伴っており、珪化作用に引続いて買入したものと考えられる。

石英細脈群による珪化帯は、上記珪化斑岩の北側に分布する石英モンゾニ斑岩中にも存在する。試錐DDII-4孔により捕獲された鉱化作用は、既述の如く、これらの珪化帯の1つ

に關係したものである。ここでの珪化帯はNNW-SSEの明瞭な方向性をもつ巾50mから200mの細い「帯」として粘土化斑岩中に胚胎する。珪化帯は一般走向NNW-SSE・傾斜 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ Eを示す多数の平行石英細脈よりなるもので、石英細脈は一般に数mmから1cm前後の巾で、数cmから20cm前後の間隔をもって生じているが、稀に巾5cm以上の石英脈も存在する。試錐DDH-4孔付近を除いて、これらの珪化帯の露頭には銅鉱物はほとんど認められないが、前述の珪化帯と同様な「交代」鉄水酸化物(“relief” iron hydrates)が存在する。試錐DDH-4孔付近の珪化帯には、Pl. I-5のSketch-1で示されるように、主として銅酸化鉄による顕著な鉄化作用が認められ、小さな凹坑がある。なお、石英細脈群は斑岩中ではよく発達するが、斑岩中では急激に劣化しており、このため珪化帯の分布は、少なくとも地表で見える限り、かなりまとまりに欠けたものになっている。鏡下の観察によると、石英細脈群中にはしばしば炭酸塩が共生している。例えば試錐DDH-4孔にみられる銅-石英細脈の多くは少量の方解石を伴っており、斑岩自体にも方解石が絹雲母、粘土鉱物、および緑泥石と共にかなり普遍的に生じている。

2) Huaccollo ブロックの珪化帯

地表で見られる本ブロックの珪化作用は一般に局部的かつ弱い、次の2箇所では比較的顕著である。

- (a) Huaccollo 川に沿う斑状岩中、とくに測点C-17点付近にみられるNNW系石英細脈群。
- (b) 測点D'-8付近の斑状花崗閃緑岩中に存在するENE系石英細脈群。

Huaccollo 川に沿う斑状岩露頭では、一般に緑泥石化と弱い粘土化作用が卓越し、とくに黄鉄鉱-鏡鉄鉱-緑泥石細脈が発達している。しかし、少量の黄鉄鉱-石英細脈は普遍的にみられ、とくに測点C-17点付近には石英細脈群が集中している。石英細脈は少量の緑泥石、方解石および鏡鉄鉱を随伴することが多い。緑泥石細脈には方解石が比較的多く含まれる。試錐DDH-1孔のコア鑑定結果によると、緑泥石細脈には石英細脈を切るものと、それによって切られるものがある。黄銅鉱は一般に石英細脈とそれ以前の緑泥石細脈に随伴するように見える。斑状岩中に鉄染する硫化物には、緑泥石化有色鉱物を交代するものが多い。緑泥石細脈に沿って、母岩の斜長石の色がしばしば紅色に変色しているが、斜長石のカリ長石化は全くみられない。長石は一般に方解石、絹雲母および粘土鉱物などにより部分的に交代されている。黒雲母および普通角閃石はしばしば緑泥石や方解石に変質している。ときに二次黒雲母が在来有色鉱物を交代して生じているが、不安定であり、しばしば緑泥石化をうけている。ここでの変質作用は、以上に述べた如く、プロピライト化作用の性格を多分に有するが、珪化・粘土化・絹雲母化作用などの変質作用も局部的にはかなり著しい。本露頭部は、斑岩銅型変質作用におけるプロピライト化帯と粘土化帯との漸移帯に相当するものと推測される。

測点 D' - 8 付近には、斑状花崗閃緑岩中に形成された ENE 系の断裂帯をうめて、巾約 100 m の石英細脈帯が形成されている。石英細脈のほとんどは数 mm から 1 cm の巾をもち、一般に 2 ~ 3 cm の極めて密な間隔で平行に配列している。石英脈は純白に近く、また硫化物が存在していることを示唆する「交代褐鉄鉱」に乏しい。したがって、この部分そのものに優勢な鉄化作用を期待することは困難である。しかしながら、本帯と前述の Huaccollo 川にみられる NNW 系細脈帯との交会部は、鉄化作用の好適な場をなしている可能性が大きい。

4-2-2 粘土化および絹雲母化作用

斑状岩類は一般に多少とも粘土化および絹雲母化作用を受けている。また、試錐 DDH-2 孔では堆積岩にもこれらの変質作用が認められる。しかしながら、これらの変質作用は多くの場合軽微であり、これらを肉眼で明らかに認めうる部分は前期珪化帯周辺には限られる。

Corocohuayco 鉄化帯における粘土化斑岩では、長石は、一般に部分的にはあるが粘土鉱物・絹雲母および方解石により交代されている。粘土鉱物としては、カオリナイト、ハロサイトおよびモンモリロナイトが存在する。有色鉄物は主として緑泥石化を受けているが、局部的には緑礫石によっても交代されている。また、黒雲母はときおり方解石とリュウコキシソ (Leucoxene) の集合に変っている。方解石や緑礫石などの共生は、この粘土化作用が標準的な斑岩銅型鉄化作用における「粘土化帯」のものとは若干異なり、プロピライト的な変質と重複するものであることを示唆する。地表部における粘土化斑岩中には、しばしば緑色銅鉄の微弱な浸染や暗褐色から赤褐色の褐鉄鉱ボックスワークが存在し、また局部的には黄鉄鉱の鉄染や細脈もみられる。しかしながら、試錐 DDH-4 孔は、粘土化斑岩中の硫化物含有量が珪化斑岩中のそれに比較して少なく、かつ銅硫化物よりも黄鉄鉱の量がかなり多いことを示している。なお、粘土化斑岩では、硫化物は主に鉄染として産する。

試錐 DDH-2 孔で認められた鉄化斑岩では、石英細脈による弱い珪化作用も認められるが、長石の絹雲母-粘土変質作用や有色鉄物の緑泥石化作用がより顕著である。ときに、普通角閃石を交代する微量の細粒黒雲母が認められる。微量の緑礫石は存在するが、炭酸塩は認められない。この変質作用は斑岩銅型変質作用における「標準的」粘土化帯のそれに近いものと考えられる。鉄石鉱物は主に黄鉄鉱と黄銅鉱よりなり、石英脈や細かな割れ目の中に産するほか、鉄染するものもかなり多い。斑岩周辺の頁岩や砂岩は、既述の如く、方向性をもつ二次黒雲母、少量の榍石、陽起石、緑礫石などを含むホルンフェルスに変化し、さらにその後の変質作用により、黒雲母は緑泥石化を受けている。また、長石粒は絹雲母および粘土により部分的に交代されている。珪岩の変質作用は一見弱いようであるが、試錐 DDH-2 孔の深度 50.5 m より採取した試料では、少量含まれる長石粒が完全に白雲母の集合に変っており、また極めて微量ではあるが電氣石の産出が認められた。

4-2-3 スカルン化作用

スカルン化作用あるいは接触交代作用は、斑状岩類のみならず前期進入の斑岩質岩に関連しても生じている。しかし、斑岩質岩による接触交代作用は主として少量の石英を伴う磁鉄鉱よりなるもので、銅鉱化作用を伴っていない。一方、斑状岩による接触交代作用は、柎榴石・陽起石・透輝石・緑簾石などのようなスカルン鉱物を普遍的に生じ、また磁鉄鉱だけでなく銅や鉄の硫化物を多少とも伴っている。

Orocohuayco 銅化帯では、既述の如く、斑岩岩株群と東部石灰岩との境界付近に顕著な銅鉱化作用を伴うスカルン化作用のあることが試錐 DDH-3 孔により明らかにされた。石灰岩は、全般的ではないが、柎榴石、陽起石、透輝石、緑簾石などのスカルン鉱物により交代されている。スカルン鉱物としては柎榴石が最も豊富であり、陽起石・緑簾石、透輝石などは主に石灰岩中に挟在する頁岩質薄層に産する。柎榴石は著しく破砕され方解石や石英などで充められており、また陽起石や透輝石は部分的に緑泥石化している。これらはスカルン化作用後に熱水変質作用があったことを示す。磁鉄鉱はスカルン化作用に伴って生成したと推定されるが、硫化物は明らかに石英や方解石と共生し、またスカルン鉱物や磁鉄鉱をしばしば交代しており、後期熱水変質作用によってもたらされたことを示している。

Orocohuayco 銅化帯では、斑岩質岩も、斑岩の貫入部近くで、スカルン鉱物を伴う交代変質作用を受けている。

スカルン鉱物は主に陽起石と緑簾石よりなり、柎榴石を随伴する。

「スカルン化」斑岩[※]は地表だけでなく、DDH-3、DDH-5 および DDH-6 孔などの試錐コアにもしばしば認められるが、一般に不規則な「脈状」ないし細い帯状を呈し、まとまっていない。斑岩中における交代作用は恐らく割れ目周辺のみが生じたものと推定される。銅鉱化作用はこのような「脈状スカルン」中ないしその周辺にほぼ限られるが、銅鉱そのものは交代作用後の方解石-石英-緑泥石変質作用に伴って生じている。なお、無銅化方解石脈やゼオライト脈が銅石を伴う石英-方解石脈を切る。これらは熱水変質作用の末期に生じたものと推測される。

Huacollo プロックでは、既述の如く、測点 G-20 点付近にかなり大きなスカルン化帯が形成されている。石灰岩を交代したスカルンは、主に磁鉄鉱と柎榴石よりなり、局部的に緑色銅鉱を伴う。頁岩および砂岩は柎榴石、陽起石、緑簾石などをかなり普遍的に含み、強くスカルン化された石灰質頁岩の薄層中には顕著な銅鉱化作用がみられる。銅鉱物は緑色銅を主とするが、局部的に黄銅鉱や二次銅硫化物も存在する。

4-2-4 緑泥石-緑簾石変質作用(プロピライト化作用)

この変質作用は一般に微弱ではあるが極めて広範囲に認められる。Orocohuayco

※ 本報告書では、陽起石、柎榴石などのスカルン鉱物の生成で特徴づけられる交代変質作用は、母岩の岩種に関係なく、すべて「スカルン化作用」とみなした。

ブロックでは、斑岩質岩の大半が多少ともこの変質作用を蒙っており、Huaccollo
ブロックでも斑岩・砂岩・頁岩などのかなり多くにこの変質作用が認められる。変質鉱物の
標準的な組合せは緑泥石-緑簾石-方解石よりなっていると推定される。

本変質作用に伴って、わずかながら硫化物(主に黄鉄鉱、より少量の黄銅鉱および稀に磁鉄
鉄鉱)が認められるが、優勢な鉱化示徴は全くみられない。本変質帯は典型的な斑岩銅鉱床の
最も外帯を通常構成する「プロピライト化帯」に相当するものと考えられる。

4-3 地化学探査結果 (PL, 1-4 参照)

地下学探査の結果は PL, 1-4 に示される。

試料は、100m×200m のグリッドで、地表下20cm から70cm より採取された土壌であ
り、総数1,681 個である。試料の約4分の3は中生層や侵入岩の原地風化土壌B層より採取さ
れたが、残りの4分の1は第四紀砂礫層および沢沿いの沖積土よりのものである。既述の如く、
第四紀砂礫層は厚さ約40m に達している。沖積土の厚さも数mはある。これらの被覆岩は PL
1-1 に示される如く銅化帯周辺に多く発達しており、地化学異常の完全な検出を妨げている。

指示元素は第2年次調査同様に Cu および Mo とし、分析も Maria Lau (ペルーの地
下学分析技師) に依頼した。Maria Lau の分析方法は、第2年次調査で報告されたの
と全く同様で、Cu に対しては 2,2' バイキノリン法また Mo についてはチオン酸法によ
っておこなわれた。各段階の分析値を示す代表的な試料について日本鉱業株式会社中央研究所に依
頼してチェック分析をおこなった結果、Maria Lau の Mo 分析値がほぼ一致したので
Cu による地化学異常の検出をおこなった。

銅の分析値は Fig. 4 のような頻度分布を示し、その平均値(\bar{x}) は Cu 104 ppm, また
標準偏差(σ)は Cu 259 ppm であった。異常のしきい値を決める方法はいろいろあるが、こ
こではしきい値を次のようにとった。

弱異常のしきい値： $\bar{x} + \sigma \doteq 360 \text{ ppm Cu}$

強異常のしきい値： $\bar{x} + 2\sigma \doteq 660 \text{ ppm Cu}$

Cu 360 ppm 以上の試料は全試料の 5% 弱であり、また Cu 660 ppm 以上の含有量を示
すものは全体の約 2% となっている。

最も顕著な銅異常は Coroccohuayco 銅化帯にみられる。ここでは、銅の強異常が、ややま
とまりに欠けてはいるけれど、測線 W' から測線 P までの NNW-SSW 方向 2.6 km, 巾 400
から 800 m の範囲に多数認められた。銅異常のばらつきの原因の1つとして、異常帯中央を流れる
Coroccohuayco 川に沿って分布する厚さ数mの黒色沖積土が挙げられる。

Coroccohuayco ブロックの東側境界部には、測点 J-37 付近より調査地域外にのびる銅
異常がある。この異常は、地表にみられる含銅スカム帯に対比されるものであるが、銅鉱化作
用が調査地域東方へ拡がっている可能性を示唆するものとして重要な意義がある。

Huaccollo ブロックでは、測点Q-20 付近に発達するスカルン化変質帯に、NE-SW方向約1 Km・巾約200mの顕著な銅異常が認められた。

Huaccollo ブロック中央部および Orocobuayco ブロックの東部には、第四紀砂礫層がとくに広く分布しており、銅異常は当然のことながら検出されなかった。そこで、指示元素としてHgが有効であるか否かを検討するため、銅含有量や源の異なった土壌試料60個についてHgの分析を試みた。その結果は、Table I-7aに示されるように、試料中のHg含有量が必ずしも高くないことなどを明らかにした。

なお、試錐コア-23 試料について、発光分光法による定性分析を試みた。その結果はTable I-7bのようであるが、元素により検出限界が著しく異っており、表中に示される強度は当然のことながら各元素における相対的な量を大まかに示すに留まる。微量元素のうち、よく検出される元素としてはGa, V, Co, Sr, PbおよびAgがある。Niも比較的よく認められるが、DDH-4孔よりの酸化斑岩試料では全く検出されていない。ときどき検出される元素としては、Sn, Cr, B および Znがある。とくにBはDDH-3孔よりの酸化スカルンにのみ検出され、興味深い。また、斑岩銅鉱床では、NiおよびCoが普遍的に認められるにも拘らず、Crは全く検出されていない。斑岩銅鉱床、とくに南米のものは、しばしば硼素鉱物である電気石を作っているが、本地域には電気石がほとんど認められず、本分析でもBは稀にしか検出されていない。これは本地域の酸化作用を特徴づけるものとして注目される。

Fig. 4 Histogram and Frequency Curve of Cu Content in the Soil Samples

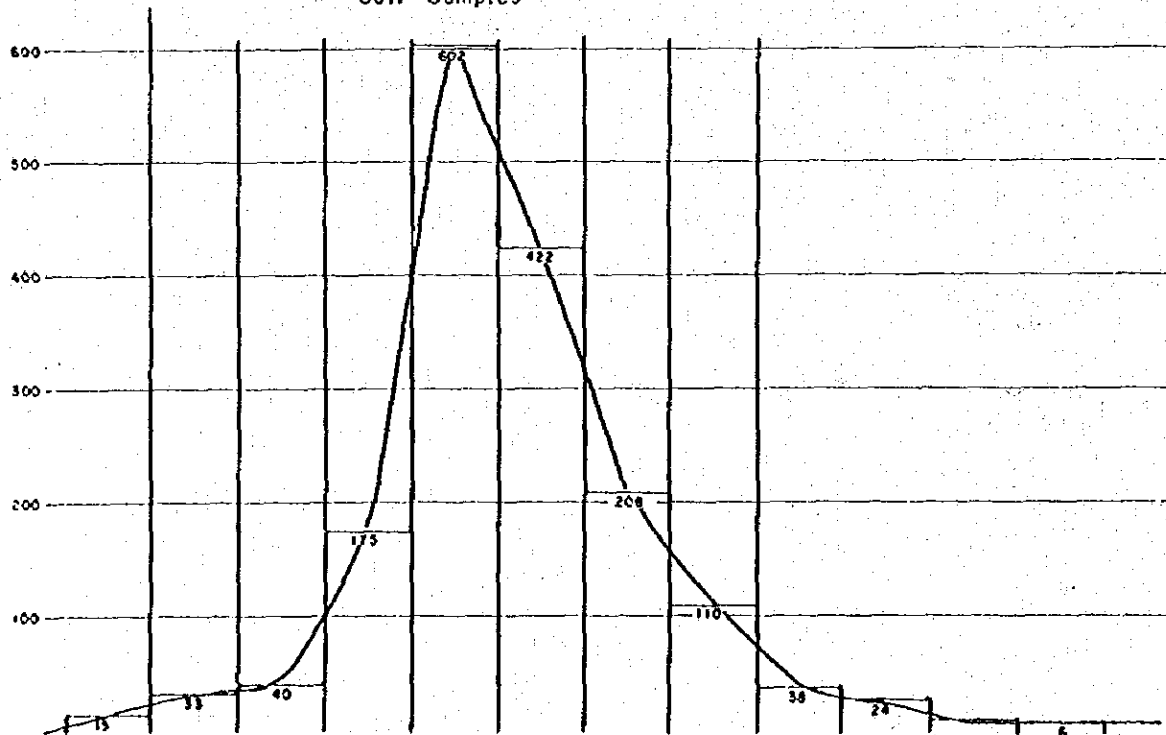


Table I-7a Qualitative Spectrum Analysis of Drill Cores

Sample	Locality	Si	Sn	Ti	V	Al	Ga	Fe	Mn	Ni	Co	Cr	Mg	Ca	Sr	Na	K	B	Ag	Pb	Zn	Cu	Mo
Porphyritic granodiorite	DDH-1 44.0m-46.0m	5	0	3	3	5	3	5	2	1	2	0	5	3	3	5	3	0	2	3	0	4	0
"	DDH-1 57.0m-58.0m	5	2	3	1	4	3	5	0	0	2	0	3	3	0	5	1	0	2	3	0	5	3
"	DDH-1 64.0m-65.0m	5	2	3	2	4	3	5	2	0	3	0	3	3	0	5	3	0	2	3	0	5	0
Quartz monzonite porphyry	DDH-2 57.7m-59.7m	5	0	3	2	5	5	5	1	1	2	0	3	4	3	5	3	0	1	1	0	5	3
Shale	DDH-2 62.8m-64.8m	5	0	5	2	4	3	5	2	3	3	3	3	4	1	5	3	0	2	1	2	5	3
Quartz monzonite porphyry	DDH-2 106.3m-108.3m	5	2	3	1	4	3	5	2	1	0	0	3	3	1	5	1	0	2	3	0	5	2
"	DDH-2 108.3m-110.0m	5	0	3	1	4	3	5	2	1	2	0	3	3	1	5	2	0	2	2	0	5	3
"	DDH-2 135.0m-139.0m	5	0	3	1	4	3	5	2	2	3	1	3	3	3	5	3	0	2	2	0	5	3
Stann	DDH-3 84.0m-86.0m	5	0	3	0	4	3	5	3	2	3	1	5	5	3	5	3	1	3	0	0	5	0
"	DDH-3 119.4m-122.0m	5	2	3	1	3	3	5	3	2	3	0	3	5	0	5	1	1	3	2	0	5	2
"	DDH-3 130.0m-132.0m	5	1	3	1	4	3	5	3	0	2	0	3	5	3	5	3	1	2	1	0	5	1
"	DDH-3 136.0m-138.0m	5	1	3	1	4	3	5	3	0	3	0	4	5	3	5	3	0	3	1	0	5	1
Quartz monzonite porphyry	DDH-4 14.0m-16.0m	5	0	3	2	5	3	5	2	0	1	0	3	5	3	5	3	0	0	0	0	4	3
"	DDH-4 26.0m-28.0m	5	0	3	3	5	3	5	2	0	0	0	2	5	3	5	3	0	1	0	0	3	3
"	DDH-4 33.0m-34.0m	5	0	3	2	3	3	5	2	0	1	1	2	2	0	5	2	0	3	2	0	5	5
"	DDH-4 68.0m-70.0m	5	0	3	1	5	3	5	2	0	1	1	3	5	3	5	5	0	2	2	0	5	3
Gabbroic rock	DDH-5 12.4m-14.7m	5	0	3	3	5	3	5	3	1	3	0	3	5	3	5	3	0	1	2	0	5	3
"	DDH-5 14.7m-15.1m	5	0	4	3	5	2	5	3	2	3	0	5	5	3	5	2	0	3	3	2	5	4
"	DDH-5 43.0m-45.0m	5	0	4	3	5	3	5	3	2	3	0	5	5	3	5	3	0	2	1	0	5	4
"	DDH-5 124.0m-126.0m	5	0	3	3	4	3	5	2	2	3	0	3	3	1	5	3	0	2	0	0	5	3
"	DDH-5 164.0m-166.0m	5	0	3	3	4	3	5	3	2	3	0	3	5	3	5	3	0	2	0	0	5	3
"	DDH-6 50.0m-52.0m	5	0	3	3	4	3	5	3	2	3	0	3	4	3	5	4	0	2	0	0	5	0
"	DDH-6 78.0m-80.0m	5	0	3	3	5	3	5	2	2	3	0	5	4	3	5	4	0	2	1	0	5	3

Intensity of the Spectral Lines

0: not detected, 1: very weak, 2: weak, 3: moderate, 4: strong, 5: very strong.

Table I-7b Hg Contents in Geochemical Soil Samples

Sample No.	Hg ppb	Cu ppm	Sample No.	Hg ppb	Cu ppm	Sample No.	Hg ppb	Cu ppm	Sample No.	Hg ppb	Cu ppm
B-18	30	20	G-21	40	1200	K-15	30	350	N-15	30	150
-21	42	20	-24	53	280	-18	30	500	-18	57	60
-24	47	30	H-15	30	15	-21	30	350	-21	30	190
-27	35	200	-18*	30	30	-24	55	400	-24	43	420
C-18*	47	80	-21*	30	90	-27*	30	60	-27	32	180
-21*	45	120	I-15	30	75	L-15	45	5	Q-15	48	60
-24*	45	90	-18	30	60	-18	30	150	-18	35	1650
-27*	43	30	-21*	30	60	-21	32	200	-21	30	300
E-21*	37	30	-24	40	1200	-24*	30	50	-24	30	250
-24*	33	40	-27*	30	100	-27*	30	75	-27	30	50
F-18*	32	45	J-15	37	50	M-15	30	170	P-15	30	20
-21*	32	60	-18	30	500	-18	30	350	-18	30	150
-24*	40	180	-21	40	300	-21	30	3950	-21	30	30
G-15	100	1900	-24	30	600	-24	30	75	-24	30	100
-18*	45	150	-27	30	800	-27*	30	70	-27	30	N

* Soil sample derived from the Quaternary sediments

第5章 試錐地質

5-1 試錐位置の選定

6孔・総延長1,503.6mの構造試錐が、地下の地質および欽化作用に関する基礎資料を得る目的で、調査地域の中央帯に、ほぼ500mから2kmの間隔をおいて実施された。各孔の位置および目的は次のようである（Table I-1参照）。

試錐孔	位 置	目 的
DDH-1	Huaccollo ブロック測点C'-18付近。 Huaccollo 川に沿う「欽化」斑状 岩露頭の南方約100m。 I P探査のA異常帯中。 第四紀層被覆区域。	潜頭斑状岩の確認とこれに伴う欽化お よび変質作用の性格の把握。
DDH-2	Huaccollo ブロック測点D-20付近。 I P探査のB異常帯中。 顕著な地化探銅異常を伴うスカルン帯 の北方約200m。 第四紀層被覆区域。	第四紀層下の変質および欽化作用の把握。 とくにF E弱異常と硫化物の欽化作用 との関係についての検討。
DDH-3	Corocohuayco 欽化帯東側縁辺部の 測点K-26 付近。 第四紀層被覆区域。	斑状岩岩株群と東部石灰岩との境界帯 における地質構造および欽化作用の概 要把握。
DDH-4	Corocohuayco 欽化帯中の測点M- 21 付近。 I P探査のC異常帯中。 顕著な銅欽化示徴を伴う石英モンゾニ 斑岩岩株中。	石英モンゾニ斑岩中の欽化作用の性格、 とくに変質作用との関係についての検 討。
DDH-5	Corocohuayco 欽化帯中の測点M- 17 付近。 I P探査のC異常帯中。 斑状岩石株群西側の地化探高異常を示 す斑岩質岩中。	斑状岩岩株群周辺の斑岩質岩中にお ける欽化作用およびそれに関連した変 質作用の特徴の把握。
DDH-6	Corocohuayco 欽化帯中の測点O'- 20 付近。 I P探査のC異常帯中。 斑状岩石株群南側の地化探高異常を 示す斑岩質岩中。	同 上

5-2 試 錐 結 果

各試錐孔の地質、変質作用および鉄化作用は、柱状図 (Pl. I-7, Sect 1~6) に記載したように、互にかなり異っている。しかし、黄鉄鉄化作用はどの試錐孔にも普遍的に認められ、また、銅鉄化作用も、概して局部的かつ微弱であるとはいえ、すべての試錐孔で捕捉されている。これは、本地域にかなり大きな鉄化帯が形成されていることを示唆するものである。各試錐孔で捕捉された主な銅鉄化作用および第四紀層を除く岩石中の平均硫黄含有量は Table I-8 のようである。

DDH-1孔は Huaccollo 川に露出する斑状岩の南方約 100 m の地点で実施され、厚さ約 40 m の第四紀層の下に斑状岩が連続していることを明らかにした。斑状岩には急傾斜の裂隙をうめる含黄鉄鉄細脈がよく発達している。これらの多くは黄鉄鉄-鏡鉄鉄-緑泥石細脈よりなるが、黄鉄鉄-石英細脈や黄鉄鉄-鏡鉄鉄-石英-緑泥石細脈などもかなり普遍的に存在する。含石英細脈には、一般に微量ではあるが、黄銅鉄がしばしば随伴する。この鉄化作用および変質作用は、第4章で述べたように、斑岩銅型鉄化帯外縁のものともみなされる。しかし、含黄鉄鉄細脈群の著しい発達は、優勢な鉄化帯の潜在を示唆するものとして注目される。

DDH-2孔は Huaccollo ブロック中央帯の南部に露出するスカルン化帯の北方約 200 m の地点で実施された。本孔と DDH-1孔との間隔は約 1 km で、両孔間の地表は第四紀層で被覆されている。本孔では、厚さ約 40 m の第四紀層の下に、頁岩・砂岩・珪岩などよりなる中生層とこれを買く石英モンゾニ斑岩および玄武岩質岩の細い岩脈が捕捉された。中生層の上部 (試錐深度 200 m まで) は主に頁岩と砂岩の互層 (Murco 層)、また下部は頁岩の薄層を挟む珪岩 (Hualhuani 層) よりなる。石英モンゾニ斑岩は巾数 10 cm から 10 m までの細い岩脈としてまばらに貫入している。玄武岩質岩は斑岩および砂岩を切る。斑岩は一般に石英-粘土-絹雲母-緑泥石の組合せよりなる変質作用をうけている。堆積岩にも同様な変質作用が認められるが、頁岩や砂岩はこの熱水変質作用に先立って熱変成作用をうけ、しばしばホルンフェルスに変わっている。斑岩および周辺の堆積岩中には、かなり顕著な銅鉄化作用がしばしば認められる。鉄石鉄物は主に黄鉄鉄と黄銅鉄よりなり、少量の輝水鉛鉄を随伴する。これらは石英細脈や細かな割れ目をうめるほか、鉄染としてもかなり普遍的に産する。この斑岩は、分布こそまばらであるが、かなり顕著な銅鉄化作用を伴っており、興味深い。

DDH-3孔から DDH-6孔までの4本は Coroccohuayco 鉄化帯で実施された。

DDH-3孔は斑岩岩株群と東部石灰岩との境界部で実施され、既述の如く有望なスカルン型銅鉄化作用を捕捉した。本孔で認められた岩石は、試錐深度 58.0 m まで斑岩質岩、58.0 m から 80.7 m までは斑状岩、80.7 m から 184.2 m までは主として石灰岩、184.2 m から孔底までは主に斑状岩よりなっている。斑状岩と石灰岩との境界は石灰岩の層理とはほぼ同程度の緩傾斜を示し、斑状岩が岩床状形態で貫入したことを示唆している。石灰岩およびこれに貫入した斑岩質岩の細い岩脈はしばしばスカルン化作用をうけており、石灰岩起源のスカルンには一般に顕

Table I-8 Main Copper Mineralizations and Average Sulphur Content in Each Drill Core

Hole No.	Length drilled m.	Depth of ore intersection m.	Length of ore intersection m.	Total Cu %	Soluble Cu %	Mo %	S %	Host rock
DDH-1	250.4	56.0-58.0	2.0	1.21	0.45	0.003		grd.
		63.0-65.0	2.0	1.97	0.16	tr.		"
		(44.0-65.0)	(21.0)	(0.51)	(0.22)	(0.002)		"
DDH-2	250.5	38.5-250.4	211.9	0.09			0.91	
		57.7-80.0	22.3	0.67	0.16	0.005		mz, ss, sb
		106.3-110.0	3.7	0.77		0.003		mz
		135.0-139.0	4.0	0.50		0.038		mz
DDH-3	250.2	182.0-190.0	8.0	0.49		0.011		sb, ss
		41.5-250.5	209.0	0.198			1.05	
		80.0-98.0	18.0	0.77	0.16	0.001		sk (ls, grd)
DDH-4	250.3	119.4-144.0	24.6	1.53		0.001		sk (ls)
		(80.0-164.0)	(84.0)	(0.70)		(0.001)		sk (ls, grd, g)
		0.0-250.2	250.2	0.273			0.66	
DDH-5	251.1	6.0-84.0	78.0	0.84	0.05	0.065		mz
		6.0-250.3	244.3	0.356			0.53	
DDH-6	251.1	7.5-31.0	23.5	0.55	0.24	0.008		g
		118.0-126.0	8.0	0.72		0.008		"
		160.0-176.0	16.0	0.55		0.015		"
DDH-6	251.1	7.5-251.1	243.6	0.226			0.89	
		74.0-84.0	10.0	0.87	0.09	0.003		g
DDH-6	251.1	0.0-251.1	251.1	0.143			1.56	

grd; porphyritic granodiorite, mz; quartz monzonite porphyry, ss; sandstone,
sb; shale, ls; limestone, sk; skarn, g; gabbroic rock.

著な銅鉍化作用が認められる。斑岩岩株群と東部石灰岩との境界部には、スカルン型銅鉍化帯が発達している可能性がある。

DDH-4孔は、斑岩岩株中の鉍化作用の性格を解明するために、地表で最も顕著な銅示徴が認められた岩株に対して実施された。その結果、石英細脈群に伴う優勢な銅鉍化作用が捕捉された。しかし、粘土化帯中の銅鉍化作用は極めて微弱であった。したがって、銅鉍化帯は石英細脈帯中に賦存するものと解される。斑岩区域に対する今後の探鉍は石英細脈帯の発展性と細脈帯中に賦存するものと解される。斑岩区域に対する今後の探鉍は石英細脈帯の発展性と細脈帯中の銅鉍化作用の状況を解明することに主力を注ぐべきであろう。

DDH-5孔およびDDH-6孔は斑岩岩株群周辺の斑礫岩質岩中における銅鉍化作用の特徴を把握する目的で実施された。斑礫岩質岩は交代変質と熱水変質とが複合した変質作用を受けている。交代変質作用は陽起石、緑簾石、柘榴石などのスカルン鉱物によって特徴づけられる。本変質作用はしばしば認められるが、一般にそれほど強くはなく、多くの場合裂隙沿いに巾数mmから数cmの細い「脈状スカルン」を形成している。熱水変質作用は主に炭酸化および緑泥石化作用よりなるが、珪化、粘土化、絹雲母化なども認められる。また、少量のゼオライト、蛇紋石および滑石も生じている。珪化作用は一般に微弱かつ局部的であり、主に石英細脈や石英-方解石細脈として生ずる。また、スカルンやその周辺には、ときに弱い交代性珪化作用がみられることもある。珪化作用は、DDH-6孔よりもDDH-5孔においてより頻繁に認められる。DDH-5孔の地表近くでは、斑岩の細岩脈が斑礫岩を貫き、岩脈近くの斑礫岩に局部的ではあるがかなり強い珪化作用を与えている。地表にみられる斑岩質岩起源のスカルンも、この斑岩岩脈の貫入によって生じたものかも知れない。銅鉍化作用はスカルンおよびその周辺において比較的顕著に認められるが、スカルンを切る鉄脈がしばしば存在するので、スカルン化作用そのものと銅鉍化作用との間には直接的な関係はないように思われる。しかし、スカルンは岩質的に未変質岩よりもはるかに反応性があり（reactive）、好適な受け入れ岩として鉍化作用を規制している。主要硫化鉍物は黄鉄鉍、黄銅鉍および斑銅鉍である。これらは鉄脈や含石英細脈中の鉍粒として産するほか、スカルン中では一般に鉍染状をなして胚胎する。

DDH 1

Depth m	Rock	Assay of Cu			Average grade			
		0.20.5	1.0	1.5%	Dep	T-Cu	Mo	S
					m	%	%	%
38.5					44.0			0.27
50					50.0	0.47	0.001	0.50
					56.0			
					58.0	1.21	0.003	2.82
					63.0			
					65.0	1.97		
100								0.75
103.4								
105.0								
110.0								0.78
119.2								
132.8								1.06
141.3								
150								0.36
158.4								
169.3								0.61
200								0.72
250.4								
END								

DDH 2

Depth m	Rock	Assay of Cu			Average grade			
		0.20.5	1.0	1.5%	Dep	T-Cu	Mo	S
					m	%	%	%
22.0								
41.8								0.33
50								
57.6					57.7			
62.8					66.4	1.10		0.72
						0.67	0.005	
					76.0			0.76
					80.0	1.08		1.45
100								0.72
103.4								
105.0					106.3			1.60
110.0					110.0	0.77	0.003	1.14
119.2								0.50
132.8								1.27
141.3					135.0			1.91
150					139.0	0.50	0.038	1.39
158.4								0.35
169.3								1.63
200								0.41
					182.0			1.60
					190.0	0.46	0.011	1.49
200								0.54
								1.86
								0.25
								2.36
								0.60
250.5								
END								

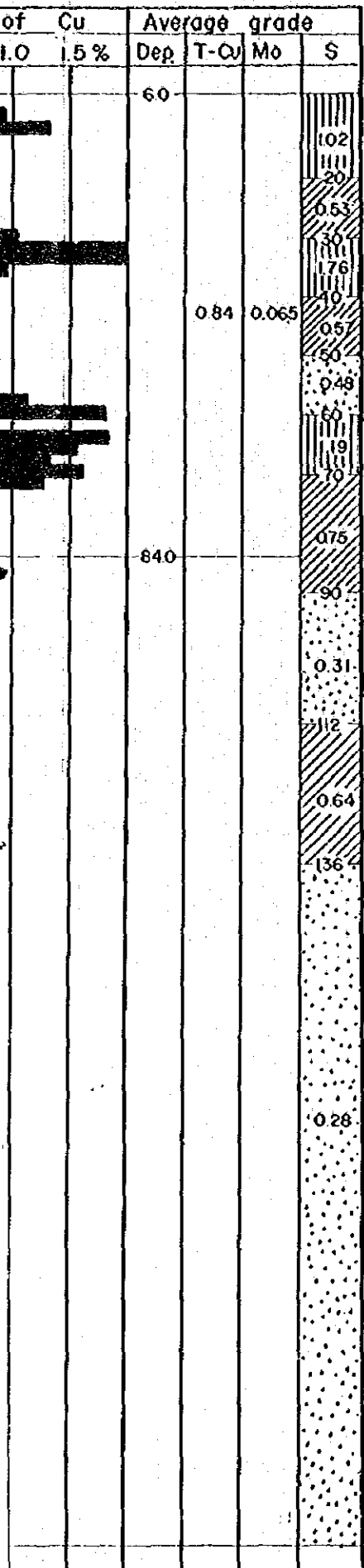
DDH 3

Depth m	Rock	Assay of Cu				Average grade			
		0.20.5	1.0	1.5%	Dep	T-Cu	Mo	S	
					m	%	%	%	
50								0.49	
58.0								0.50	
								0.20	
								0.35	
80.7								0.72	
								0.77	
								0.001	
100								0.78	
113.9									
119.2								1.41	
134.4								1.63	
150								0.41	
								1.60	
								0.54	
184.4								1.86	
200								0.25	
212.2								2.36	
250.2								0.60	
END									

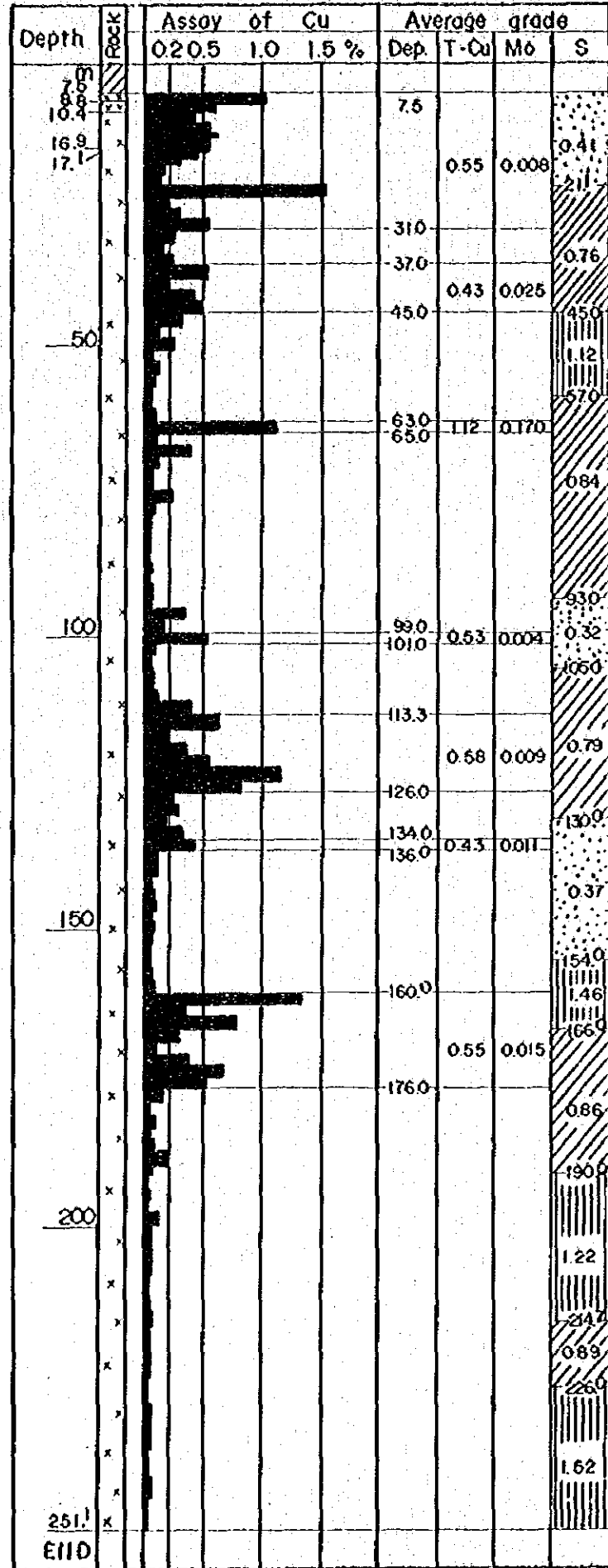
DDH 4

Depth m	Rock	Assay of Cu			Average grade		
		0.20.5	1.0	1.5%	Dep	T-Cu	Mo
					m	%	%
6.0					6.0		
50							0.84
							0.065
84.0							
100							
150							
200							
250.3							
END							

DDH 4



DDH 5



DDH 6

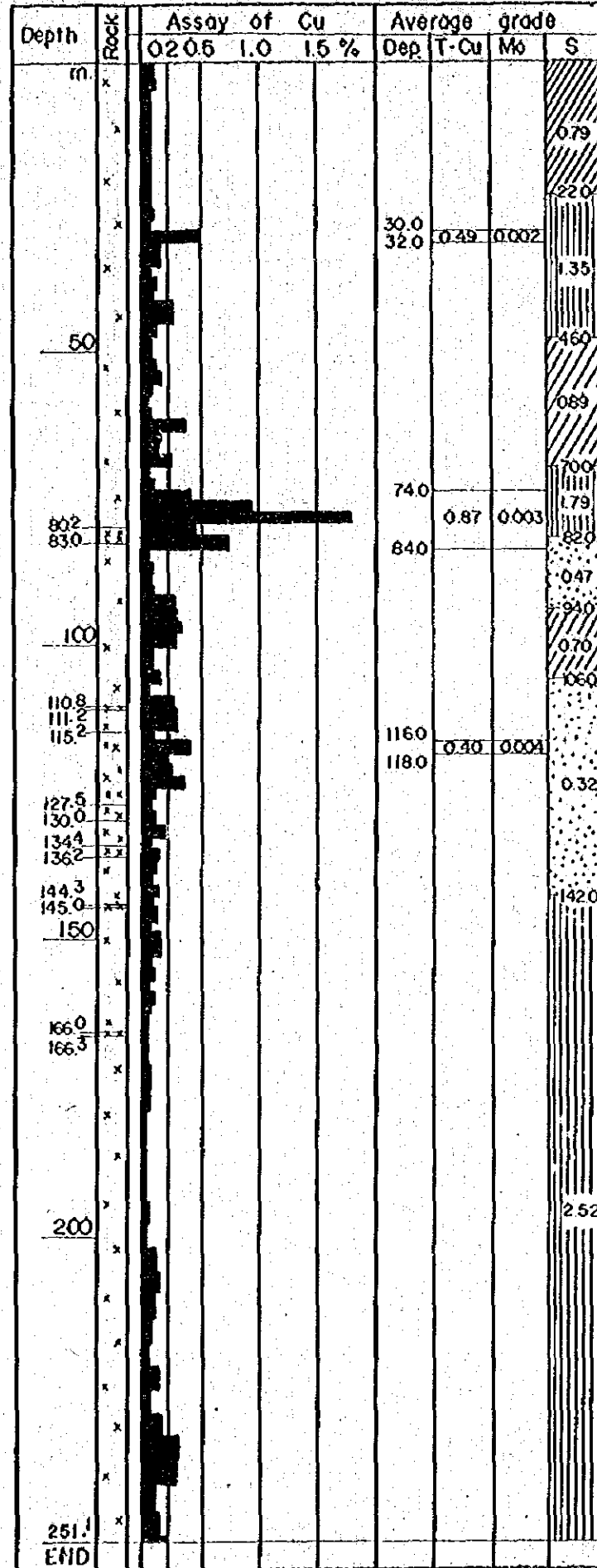


Fig.5 Copper Grade of each Drill Hole

LEGEND

- le le le Granite porphyry
- le le le Quartz monzonite porphyry
- le le le Granodiorite
- x x x Gabbero - Diorite - Quartz diorite
- " " " Skarn
- Copper showing
- v v v Andesite - Basalt
- ~ ~ ~ Rhyolite tuff
- ||||| Limestone
- ||||| Shale - sandstone
- ||||| Quartzite

References

- Bellido, B. B. Others (1972)
Aspectos Generales de la Metalogenia del Peru
Servicio de Geologia y Minería, Peru
- Gitetti, B. J. & Day, H. W. (1968)
Potassium-Argon Ages of Igneous Intrusive Rocks in Peru
Nature Vol. 220 November 9
- Hollister V. F. (1973)
Regional Characteristics of Porphyry Copper Deposits of South America
Mining Engineering, August
- James, A. H. (1971)
Hypothetical Diagrams of Several Porphyry Copper Deposits
Economic Geology vol. 66
- Metallic Minerals Exploration Agency of Japan (1972)
Report on Geotectonic Survey of the Southern Peru (In Japanese)
- Overseas Technical Cooperation Agency Metallic Minerals Exploration Agency
Coverment of Japan (1972, 1973)
Report on Geological Survey of the Yauri Area, Southern Peru
Vol. 1 ~ 5
- Terrones, A. J. (1958)
Structure Control of Contact Metasomatic Deposits in the Peruvian
Cordillera
Mining Engineering, March
- Tifley & Hicks (1966)
Geology of the Porphyry Copper Deposits Southwestern North America
The University of Arizona Press

各 論

第II部 物理探査

第 II 部 物理探査 (I.P.法)

第 1 章 概 説	II - 6
1-1 目 的	II - 6
1-2 作業概要	II - 6
第 2 章 探査の方法	II - 7
2-1 IPの原理	II - 7
2-2 測定諸元	II - 9
2-3 測定装置	II - 10
2-4 測定方式	II - 11
2-5 In-situ 測定およびサンプル室内測定	II - 12
2-6 異った測定器による測定結果の統一について	II - 12
2-7 測定の精度	II - 15
2-8 測 量	II - 17
第 3 章 調査結果の解析	II - 18
3-1 解析方法	II - 18
3-2 全般的な考察	II - 20
1) ARについて	II - 20
2) FEKについて	II - 20
3) MFについて	II - 21
4) 岩石の室内測定について	II - 22
4) - 1 測定装置	II - 22
4) - 2 室内測定の結果	II - 23
4) - 3 岩石測定結果の総合考察	II - 25
3-3 各測線について	II - 27
3-4 IP異常帯の区分について	II - 46
第 4 章 ま と め	II - 47

List of Tables

Table 2-1	IP Values on In-Situ & Laboratory Measurement	II - 13
Table 2-2	Comparison between the Frequency Effects in Percentage, FB and FBY	II - 14
Table 2-3	Comparison between Resistivity Values in Ohm-m, Measured and Calculated	II - 16
Table 2-4	Flow Chart of IP Survey	II - 19
Table 2-5	Laboratory Measurement In-Situ Measurement and Chemical Assay of Samples	II - 24
Table 2-6	Assay & Sulphide Contents Estimated of D. D. H.	II - 26
Table 2-7	Characteristics of the IP Anomalies	II - 46
Table 2-8	Findings of Survey	II - 47

List of Figures

Fig. 2-1	Location Map of the IP Area Surveyed	II - 5
Fig. 2-2	Background or Normal Effect	II - 7
Fig. 2-3	Overtoltage Effect	II - 8
Fig. 2-4	Comparison between the Non-Adjusted and Adjusted Results of FB	II - 15
Fig. 2-5	Sketch of Apparatus	II - 22
Fig. 2-6	Comparison between Field and Simulation of Line - F	II - 30
Fig. 2-7	- ditto - Line - K	II - 34
Fig. 2-8	- ditto - Line - K'	II - 35
Fig. 2-9	- ditto - Line - L	II - 37
Fig. 2-10	- ditto - Line - L'	II - 38
Fig. 2-11	- ditto - Line - M	II - 40
Fig. 2-12	- ditto - Line - N	II - 42
Fig. 2-13	- ditto - Line - O	II - 43
Fig. 2-14	- ditto - Line - O'	II - 44

List of Plates

PL. II-1-1	Profiles of the Area (F.B, AR)	1/20,000
PL. II-1-2	"	1/20,000
PL. II-2-1	Southern profiles of the Area	1/20,000
PL. II-2-2	"	1/20,000
PL. II-3	Assay Map of D. D. H.	
PL. II-3-1	Simulated Model of IP Anomaly on line C & C near D. D. H. - No. 1	1/10,000
PL. II-3-2	" K, K' & L near D. D. H. - No. 3	1/10,000
PL. II-3-3	" L & M near D. D. H. - No. 4 & No. 5	1/10,000
PL. II-3-4	" O & O' near D. D. H. - No. 6	1/10,000
PL. II-4-1	Plan of A. R. 3,900m Level	1/10,000
PL. II-4-2	" 3,800m "	1/10,000
PL. II-4-3	" 3,700m "	1/10,000
PL. II-4-4	Plan of F. B. 3,900m "	1/10,000
PL. II-4-5	" 3,800m "	1/10,000
PL. II-4-6	" 3,700m "	1/10,000
PL. II-4-7	Plan of M. F. 3,900m "	1/10,000
PL. II-4-8	" 3,800m "	1/10,000
PL. II-4-9	" 3,700m "	1/10,000
PL. II-5-1	General Map of IP Area	1/10,000
PL. II-6-1	Profile on Line A	1/5,000
PL. II-6-2	" B	1/5,000
PL. II-6-3	" C	1/5,000
PL. II-6-4	" C'	1/5,000
PL. II-6-5	" D	1/5,000
PL. II-6-6	" D'	1/5,000
PL. II-6-7	" E	1/5,000
PL. II-6-8	" F	1/5,000
PL. II-6-9	" G	1/5,000
PL. II-6-10	" H	1/5,000
PL. II-6-11	" I	1/5,000
PL. II-6-12	" I'	1/5,000
PL. II-6-13	" J	1/5,000

PL. II-6-14	Profile on Line	J'	1/5,000
PL. II-6-15	"	K	1/5,000
PL. II-6-16	"	K'	1/5,000
PL. II-6-17	"	L	1/5,000
PL. II-6-18	"	L'	1/5,000
PL. II-6-19	"	M	1/5,000
PL. II-6-20	"	M'	1/5,000
PL. II-6-21	"	N	1/5,000
PL. II-6-22	"	N'	1/5,000
PL. II-6-23	"	O	1/5,000
PL. II-6-24	"	O'	1/5,000
PL. II-6-25	"	P	1/5,000
PL. II-6-26	"	Q	1/5,000
PL. II-7-1	Profile on Line	C	1/5,000
PL. II-7-2	"	C'	1/5,000
PL. II-7-3	"	D	1/5,000
PL. II-7-4	"	D'	1/5,000
PL. II-7-5	"	E'	1/5,000
PL. II-7-6	"	J	1/5,000
PL. II-7-7	"	J'	1/5,000
PL. II-7-8	"	K	1/5,000
PL. II-7-9	"	K'	1/5,000
PL. II-7-10	"	L	1/5,000
PL. II-7-11	"	L'	1/5,000
PL. II-7-12	"	M	1/5,000
PL. II-7-13	"	M'	1/5,000
PL. II-7-14	"	N	1/5,000
PL. II-7-15	"	N'	1/5,000
PL. II-7-16	"	O	1/5,000
PL. II-7-17	"	O'	1/5,000

第 1 章 総 説

1-1 目 的

1971年、1972年の2年間にわたる調査(150,000Km²の調査地域)のうちで最も有望な鉱徴が見出された Coróccoahuayco および Huaccollo 両地域は面積約 32 Km²である。この地域は主として中生層とこれを買く侵入岩類よりなり、これらを新期の火山岩類、氷河堆積物・沖積層などが覆うが、区域中央部を NEE-SWW 方向に横断する断層を境にして、北部は中生層が卓越し、南部は塩基性深成岩が広く分布している。

第三年次の本年度はこの区域に対し、地下深部における地質構造、および鉱化作用の状況を把握することを目的として物理探査(IP法)が実施された。

1-2 作 業 概 要

Platè II-5-1に示す位置に測線 26 本、測線長計 86 km を設定し、測定は周波数法による強制分極法(IP法)を実施した。電極配置は Dipole-Dipole 法を用い、測定点深度は地表下 500m 迄とし、周波数効果、見掛比抵抗を測定した。

2 章 探査の方法

2-1 IP の原理

Induced Polarization method (IP 法, 以下 IP 法と云う) は Overvoltage (過電圧) と云う電気化学現象, すなわちイオン伝導体と電子伝導体との界面を横切って電流を流したときに界面に電荷の2重層が形成されることを原理として, それを検出することに基礎を置いている。

実際にこの方法を実施するためには, 2種類の調査方式 (Time Domain 方式および Frequency Domain 方式) が採用されている。

すべての天然の金属光沢をもつ硫化物, 一部の酸化物, および黒鉛 (Graphite) は, 十分な量があれば, 鉄物粒子の分布密度が少く, 且つ粒子が互に不連続であっても, 顕著な IP 応答を示すのである。

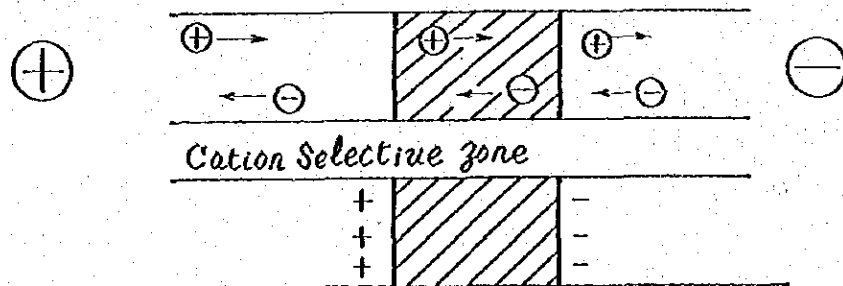
IP 法は今日利用できる物理探鉄法のうちでは, ポーフイリーカッパー鉄床のような鉄染鉄床や堆積性銅鉄床, および炭酸塩岩石中の鉛亜鉛鉄床の直接検出に適用できる最適の方法である。

IP 法で測定する電気化学的現象は次の2つである。

a) Background または Normal Effect (Fig 2-2)

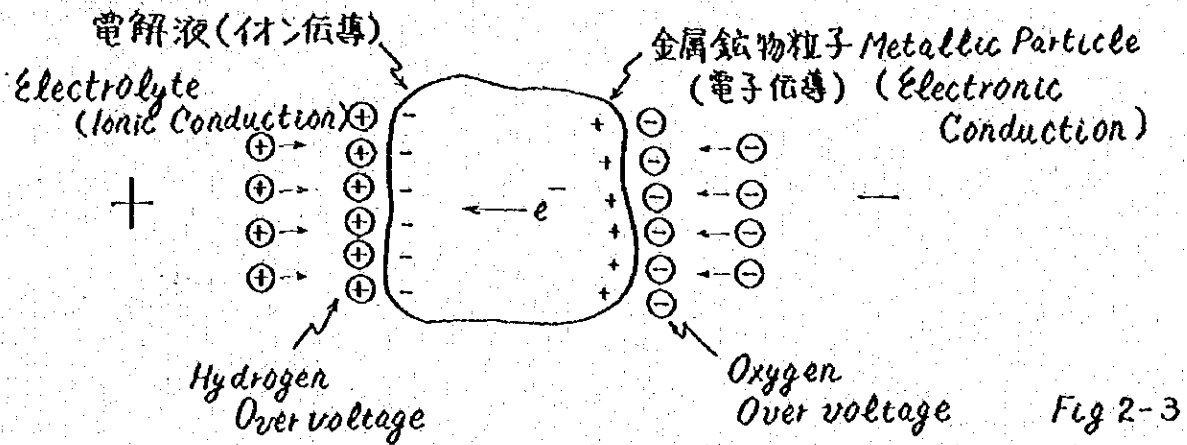
Concentration Gradients due to Ion sorting

○膜電位 (毛管中)



通常の岩石が通電によって電気化学的変化 (膜電位, 拡散電位, 流動電位等の原因) を起す現象のことで, これはイオンの移動が原因であると言われている。

b) Overvoltage Effect (Fig 2-3)



通電により硫化物や金属導体の表面に電気二重層を生じ、電流を切ると通電方向と逆方向に放電する。この現象はイオン伝導と電子伝導の組合せによって生ずる。この現象を起すものは、自然界では電子伝導性を持つ鉱物であって、IP法による探査対象になる。

硫化鉱物としては、Pyrite, Pyrrholite, Marcasite, Galena, Chalcopyrite, Molybdenite, Pentlandite, Cobaltite, Argentite, Chalcocite, 等酸化鉱物として、Magnetite, Pyrolusite, Cassiterite 等、その他として Arsenide, Native Copper, Graphite, Olay Minerals 等がある。ただし Sphalerite は比抵抗が高く IP 効果を発生しない。Graphite, Olay mineral 等は硫化鉱物の IP 探査においては、これらより生ずる IP 現象が結果解析の妨害となる場合が多い。

2-2 測定諸元

1 測線長

a) 電極間隔 200m…… 86.0Km

b) " 100m…… 34.0Km

(電極間隔 200m の測線に重複)

2 測線内訳

a) 電極間隔 200m の場合

測線名	測線延長	測定点数	測線間隔	備考
LINE A	4.0 Km	66		
" B	"	"	400	
" O	"	"	"	
" O'	2.0	26	200	
" D	4.0	66	"	
" D'	2.0	26	"	
" E	4.0	66	"	
" F	"	"	400	
" G	"	"	"	
" H	"	"	"	
" I	"	"	"	
" I'	2.0	26	200	
" J	4.0	66	"	
" J'	2.0	26	"	
" K	4.0	66	"	
" K'	2.0	26	"	
" L	4.0	66	"	
" L'	2.0	26	"	
" M	4.0	66	"	
" M'	2.0	26	"	
" N	4.0	66	"	
" N'	2.0	26	"	
" O	4.0	66	"	
" O'	2.0	26	"	
" P	4.0	66	"	
" Q	4.0	66	400	
計 26本	86.0Km	1,356点		

b) 電極間隔100m の場合

測線名	測線延長	測定点数	測線間隔	備考
LINE I	2.0 Km	66 点		電極間隔 200m の測線に重複
" J	"	66	200 m	
" J'	"	51	"	
" K	"	54	"	
" K'	"	51	"	
" L	"	45	"	
" L'	"	66	"	
" M	"	51	"	
" M'	"	63	"	
" N	"	51	"	
" N'	"	61	"	
" O	"	51	"	
" O'	"	66	"	
" O	"	66		
" O'	"	66	200 m	
" D	"	66	"	
" D'	"	62	"	
計 17 本	34.0Km	1,007 点		

3. In-situ 測定 41 ケ所
4. サンプル室内測定 28 個
5. 調査期間 現地作業 1973-10-10 ~ 1973-12-21
解析作業 1973-12-22 ~ 1974-8-1
6. 調査員 9名 (うち Countepart 2名)
7. 使用機器 IP 測定器 2 式

2-3 測定装置

今回の調査で使用した測定装置とその主な仕様は次の通りである。

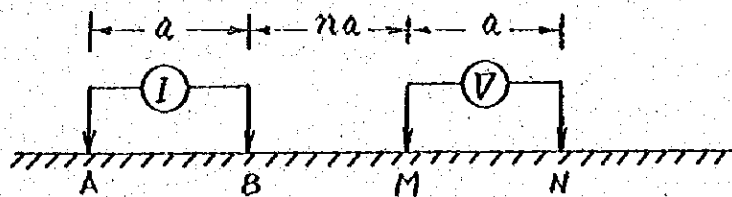
送信器 McPhar 社製 Model 2004
重量 約 20Kg
最大入力 2.5Kw
出力電圧 0 ~ 850v

	出力電流	0 - 5 A
	送信周波数	10 ^{Hz} , 5 ^{Hz} , 2.5 ^{Hz} , 1.0 ^{Hz} , 0.3 ^{Hz} , 0.1 ^{Hz} , D.O.
受信器	McPhar 社製	Model 29D
	重量	約 10Kg
	入力インピーダンス	1.9 M Ω
	感度	フルスケール 500 μ v
	受信周波数	5 ^{Hz} , 2.5 ^{Hz} , 1.0 ^{Hz} , 0.3 ^{Hz} , 0.1 ^{Hz} D.O.
エンジン発電機	J. L. O. 製	
	重量	約 34Kg
	最大出力	2.5Kw
	出力電圧	125v, 400Hz
送信器	千葉電子研究所製	Model CH507 - A, B.
	重量	約 25Kg
	出力電圧	20 V ~ 800 V
	出力電流	0 ~ 3A
	送信周波数	3 ^{Hz} , 0.3 ^{Hz} , 1 ^{Hz} , 0.1 ^{Hz} , D.O
受信器	横浜電子研究所製	Model YN - 504
	重量	7.5Kg
	感度	フルスケール 300 μ V
	受信周波数	0.1 ^{Hz} , 0.3 ^{Hz} , 1.0 ^{Hz} , 3.0 ^{Hz} , D.C
	入力インピーダンス	10 M Ω
発電機	マツカラー社製	Model 440
	重量	36 Kg
	定格	120V, 400 ^{Hz} , 2Kw

2-4 測定方式

調査現場では現在 Frequency Domain (周波数法) と Time Domain (過渡現象法) の2種の測定法が用いられているが、今回は Frequency Domain Method (周波数法) を使用した。

これは Wait の方法とも云われ、2種の周波数で比抵抗を測定し、それを比較することによって IP 現象の大きさを求めるもので、Time Domain (過渡現象法) と全く同じ現象を利用するが測定技術上は著しい相違がある。電流によって硫化鉄物等は充放電をするが、その大きさは周波数の関数になる。なお、電流の形は矩形波が使われている。今回の調査での電極配置法は Dipole - Dipole 法を使用した。



すなわち上図の如くAB, MN, 両電極間隔 $a = 200\text{m} \sim 100\text{m}$ とし, BM間を $200\text{m}, 400\text{m}, 600\text{m}, 800\text{m}$ あるいは $100\text{m}, 200\text{m}, 300\text{m}, 400\text{m}$ と変化させ, 最大深度 500m , あるいは 250m までの情報をとった。すなわち, 電極間隔 200m によって大きな構造をとらえ, 100m の電極間隔の測定によって 200m の電極間隔の測定を確かめる一方, より小さな構造をとらえるようにした。配線は電線間の Coupling, 並びに leak 電位による測定誤差を出来るだけ少なくする為, 電位電線と電流電線が交叉, または近接することがないようにし, 電線の絶縁抵抗は最高に保った。また, この地域は樹木がなく乾燥している土地が大部分であったので, 特に大電流を流せるように接地抵抗を低くするため, $1\text{m} \times 1\text{m}$ の大きさの穴を新鮮な岩石が露出するまで掘り (時によっては 2ケ), なおそれでも接地抵抗が高い場合はベントナイト等を投入して電流の確保につとめた。

2-5 In-situ 測定及びサンプル室内測定

この地区の代表的な岩石について, 5m から 20m までの短い電位電極間隔で In-situ 測定 (現場測定) を行い一方, 同じく代表的な岩石について試料を採取し, 約 $2\text{cm} \times 4\text{cm} \times 5\text{cm}$ の直方体に整形の上, 比抵抗および周波数効果の室内測定を実施し, 調査地区地下の物性についての情報を得るようにつとめ, 解析に役立たせた。

Table 2-1 はこれをまとめたものである。

2-6 異った測定器による測定結果の統一について

今回の電気探査では 2 種類の異った測定器を併用した為, 同地域の測定結果を統一する必要性が生じ, 直接現場において LINE-K 上の同一地点を利用して, 測定器の相違を比較検討し補正曲線を作成した。使用した測定器のひとつは McPhar 製 (Canada) Model 29D 型で, 測定器の指示値 Y-FE (%) は次の関係式から導かれている。

$$Y-FE(\%) = \frac{\rho(0.3\text{Hz}) - \rho(2.5\text{Hz})}{\rho(2.5\text{Hz})} \times 100$$

他方の測定器は横浜電子製 (Geoscience 型) で, 指示値 X-FE (%) は次の関係式から導かれている。

Table 2 - 1 I.P. VALUES ON IN-SITU & LABORATORY MEASUREMENT

FE = $\frac{f_{0.5} - f_{3.5}}{f_{2.5}}$

Location Name of Sample	In-situ Measurement										Laboratory Measurement																	
	Apparent Resistivity $\rho_{25Hz} (\Omega \cdot m)$										Apparent Resistivity $\rho_{2.5Hz} (\Omega \cdot m)$																	
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
37 30 40 44 Pampas Sediments																												
13 14 15 17 18 19 16 20 Lime stone																												
25 34 36 Shale																												
46 29 20 Quartzite																												
31 32 33 Magnetite SLAG																												
21 22 23 24 Monzonite																												
45 11 12 13 67 69 90 Diorite																												

FE = $\frac{f_{0.5} - f_{3.5}}{f_{2.5}}$

Location Name of Sample	Laboratory Measurement										Laboratory Measurement																	
	Apparent Resistivity $\rho_{2.5Hz} (\Omega \cdot m)$										Apparent Resistivity $\rho_{2.5Hz} (\Omega \cdot m)$																	
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
12 13 14 15 16 17 18 19 Lime stone																												
48 29 Quartzite																												
31 32 Magnetite SLAG																												
21 22 23 24 25 26 27 Monzonite																												
1 2 3 4 6 6 7 8 Diorite																												

$$X - FE(\%) = \frac{\rho(0.3\text{Hz}) - \rho(3.0\text{Hz})}{\rho(3.0\text{Hz})} \times 100$$

以上2つの関係式からわかるように、Y-FEとX-FEとの差は周波数法の基本である使用周波数が異なることによって生じるものであり、その他若干測定器自体の機構の相違（フィルタ特性、増巾器の特性、入力信号の積分時間など）が重複される。

以下LINE-Kによる比較測定結果をTable 2-2に示す。

但し、X-FEは0.3Hz、3Hzの組合せで得られたFE値、Y-FEは0.3Hz、2.5Hzの組合せで得られたFE値である。

Table 2-2 Comparison between two measurements.

A - B	M - N	N	X - FE (%)	Y - FE (%)	Difference of FE
4 - 6	0 - 2	1	1.7	1.2	0.5
6 - 8	"	2	1.6	1.1	0.5
8 - 10	"	3	2.5	1.9	0.6
10 - 12	"	4	2.7	1.7	1.0
6 - 8	2 - 4	1	2.5	1.9	0.6
8 - 10	"	2	-	2.1	-
10 - 12	"	3	3.4	2.0	1.4
12 - 14	"	4	3.7	3.4	0.3
8 - 10	4 - 6	1	1.6	1.1	0.5
10 - 12	"	2	2.2	1.3	0.9
12 - 14	"	3	2.5	1.2	1.3
10 - 12	6 - 8	1	1.5	1.2	0.3
12 - 14	"	2	2.3	1.4	0.9
12 - 14	8 - 10	1	2.4	1.7	0.7

注； X-FE, 0.3 Hz - 3 FE の組合せで得られた FE 値

Y-FE, 0.3 Hz - 2.5 Hz の組合せで得られた FE 値

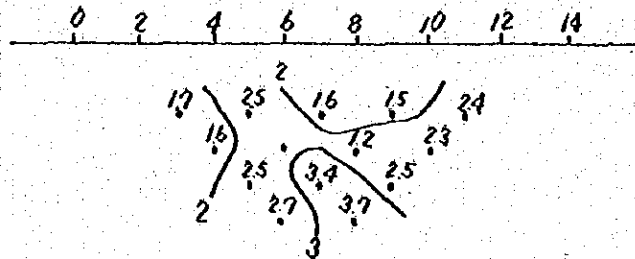
これらの測定結果によると、FE 値に現れた差の大小関係は、実測値の誤差範囲内として扱われる値といえる。

両者間における測定値の関係には、X-FE が大きくなれば Y-FE も大きくなる傾向を示し両者に明瞭な正相関が認められた。この事実から今回使用した器種の相違による差違を最小自乗法により検討したところ、相関係数(r)は0.67となり、この値が相関係数0.5以上であることより相関関係の成立がみとめられ、X-FEとY-FEの関係は次式の通りとなる。Y-FE = 0.79889 * (X-FE) - 0.25739

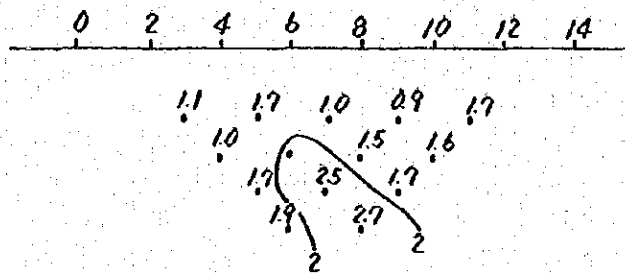
以上のことから2つの異った測定器によって生じた差異を上式を用いて補正し結果を統一した。
 Fig 2-4はLINE-K上での実測結果と補正結果をFE断面図に表し対比したものである。以下周
 波数 AO_2 (3.0HZ) はすべて AO_2 (2.5HZ) とみなす。

FIG 2-4

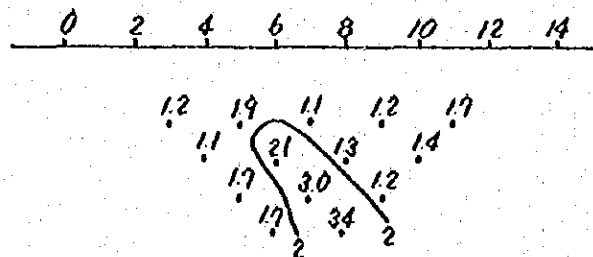
FE (3HZ - 0.3HZ)



FE Corrected



FE (2.5HZ - 0.3HZ)

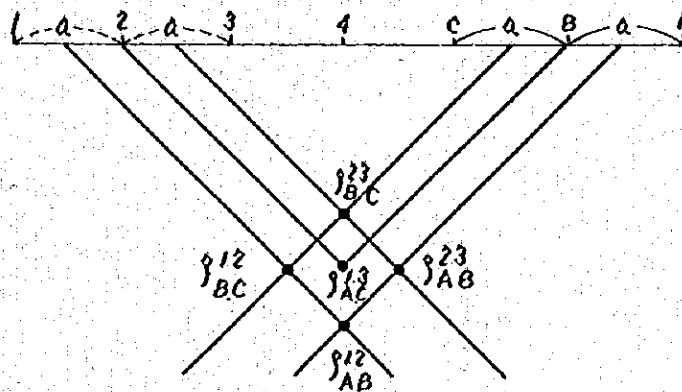


2-7 測定の精度

本調査において通常電極間隔は200mで行ったが、顕著なFE異常を検出したX測線については、電極間隔を100mに短縮して測定を行い解析の一助とした。これらの結果を利用して実測値

の精度を検討した。

すなわち、Dipole-Dipole電極配置の電位合成により比抵抗合成を次式により求め、これによる計算結果をTable 2-3に示した。



比抵抗合成式

$$\rho_{A,C}^{1,3} = \frac{1}{2} \rho_{B,C}^{2,3} + \frac{1}{5} (\rho_{B,C}^{1,2} + \rho_{A,B}^{2,3}) + \frac{1}{10} \rho_{A,B}^{1,2}$$

Table 2-3 Comparison between values, measured and Calculated

Value, Measured $\rho_{A,C}^{1,3}$	Calculated	Difference	Value Measured $\rho_{A,C}^{1,3}$	Calculated	Difference
125	125.1	0.1	160	123.9	-36.1
38	37.6	-0.4	95	101.2	6.2
71	67.8	-3.2	61	59.6	-1.4
119	119.8	0.8	66	68.3	2.3
274	262.3	-11.7	92	87	-5.0
87	87.4	0.4	70	68.9	-1.1
90	90.4	0.4	72	79.2	7.2
77	77.3	0.3	54	55.9	1.9
72	60.2	-11.8	70	70.7	0.7
69	67.8	-1.2			

以上の結果は電極間隔 200m の比抵抗値と電極間隔 100m における比抵抗値の間には約 3% の差異しかないことを示している。

この理論式は地下媒質が均一であることを仮定しているので、約 3% の差異は地下媒質が不均

一であることに起因するものが大部分と考えられ、測定の精度の良さが証拠立てられるといえる。

2-8 測 量

本 IP 調査域の測線測量は LINE-J' 上の測点 26 を標高 4,000m と仮定し (1973 年の地質調査班の地形図より読み取り)、コンクリートブロックにて基点を設け、この基点を中心にして 157° および 337° 方向に幹線を設定し (往復測量により誤差修正)、幹線上に測線間隔 200 m にて 67° 及び 247° の方向に測線を 26 本設定し、各測線長をそれぞれ 4 Km および 2 Km とした。(PI, II-5-1 参照)

第 III 章 調査結果の解析

3-1 解析方法

地表面 Dipole - Dipole 電極配置における IP 結果の解析は、主に三井金属エンジニアリング株式会社所有の標準曲線および地質調査結果、試錐結果との対比により地下構造を推定し、さらに試錐岩芯、その分析結果、地表岩石の室内比抵抗、FE 測定結果および In-situ による比抵抗、FE 測定結果を参考にした。

本調査の解析手順は次に示すとおりである。

今回、実施した IP 法は周波数法によるもので測定結果から見掛比抵抗 AR (Apparent Resistivity), 周波数効果 FE (Frequency Effect), および金属伝導係数 MF (Metal Conduction Factor) を算出し、それぞれ断面図に表示した。(PL, II - 6 - 1 ~ PL, II - 7 - 17 参照) 以下周波数効果を FE, 見掛比抵抗を AR, 金属伝導係数を MF とよぶ。

PL, II - 5 - 1 ~ II - 5 - 9 は AR, FE, MF, の分布を平面表示した図で PL, II - 1 - 2, II - 1 - 3, は AR, FE の分布を連続的に表現したパネルダイヤグラムである。

ここで AR は周波数 2.5Hz の見掛比抵抗値であり、FE は 2.5Hz - 0.3 Hz の周波数変化によって生じる媒質の比抵抗変化を IP 効果とし 2 ~ 6 で説明したように百分率で表わす。MF は $FE/AR \times 10^3$ から求められる。

これらの数値のうちで地下媒質の分極率を意味する FE が IP 法の特徴であり、また FE は本質的に地形の影響を受けないところも利点である。

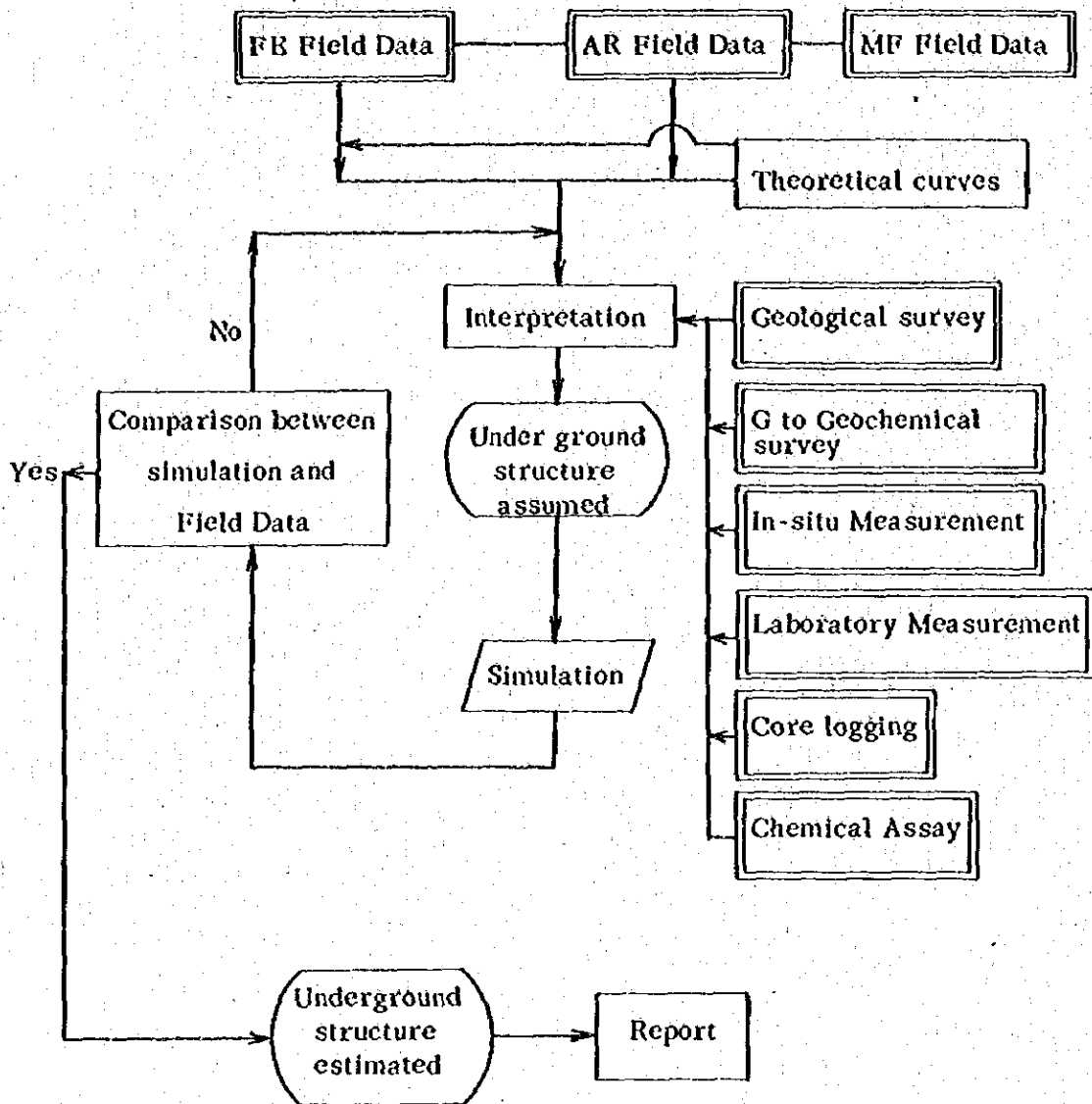
これに対し AR は本来地下媒質の比抵抗の反映ではあるが、地形の影響を考慮しなければならない欠点がある。

すなわち見掛比抵抗値は真の値よりも地形の凸部、ないし急峻部の真下で高く地形の凹部で低くなる。


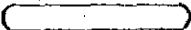
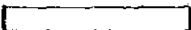
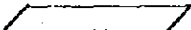
従って測定結果の解析にあたっては、このことに留意しなければならない。今回の測定結果で地形の影響がつよいと考えられるところ等では、三井金属エンジニアリング株式会社所有の標準曲線等を参考にして比抵抗を解析した。

また、MF 値は地下に電気伝導性鉱物がある所は、FE が高く AR が低く現われるので、これらを重畳して表わそうとするものである。従って一般に、地形が平坦で地下媒質が比抵抗的に均質である場合、異常帯の判定に有効である。測定状態は各測線とも良好で、信頼度の高いデータを得ることが出来た。これはこの地域がノイズが少ないこと、接地条件を周到な準備によりよくしたことによると考えられる。以下調査域全体について AR, FE, MF による結果を考察し、そのあと各測線についての解釈をのべる。

Table 2-4 Flow Chart of IP Survey



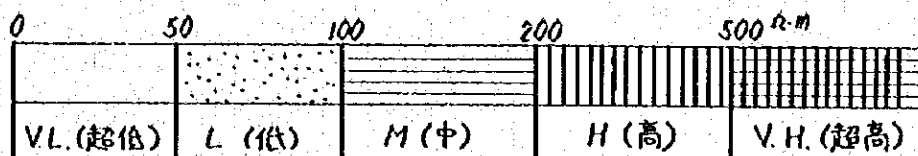
Inde

-  Measurement
-  Estimation
-  Analysis, mapping, interpretation
-  Calculation

3-2 一般的な考察

1) AR について

この地域の見掛比抵抗値は $20 \sim 3000 \Omega m$ の範囲である。比抵抗分布を解析するに当り、まず測定された見掛比抵抗値の範囲を超高、高、中、低、超低の5段階に区分し添付図にも下図の表示に従って示した。



なお、岩石個々の比抵抗の測定は短電極間隔による In-situ 現場測定 41 点テストピースによる室内サンプル測定 28 個について行った。これらの結果は Table 2-1 および Table 2-5 に示した。

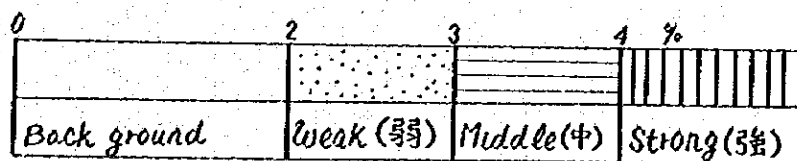
比抵抗分布を平面表示したものを PL, II-4-1 ~ PL, II-4-3 に示した。この図で超低比抵抗分布 (V.L.) および低比抵抗分布 (L) は殆んど地表における沖積層地帯に一致する。

顕著な超高比抵抗分布 (V.H.) は LINE-D および LINE-E の東端付近、LINE-A および LINE-B の中央部付近に認められたが、LINE-D、および LINE-E の超高比抵抗は測線の東端付近に露出している珪化の強い石灰岩、また LINE-A および LINE-B のものは含水の少ない珪岩と地形の影響が重畳したことによるものと思われる。

2) FE について

この地域の FE 値は $+0.5\% \sim +5.0\%$ の範囲にある。

FE 分布を解析するに当り、まず測定された FE 値の範囲を Back ground (バックグラウンド), Weak (弱), Middle (中), Strong (強) の4段階に区分し、添付図にも下図の表示に従って示した。



なお、岩石個々の FE 値の測定は短電極間隔による In-situ 現場測定 41 点、テストピースによる室内サンプル測定 28 個について行った。それらの結果は Table 2-1 および Table 2-5 に示した。調査結果を総括的にみると、当調査地域において FE 異常は巨視的に見て三つの纏った異常帯に分けられる。これらの異常帯を A 異常帯、B 異常帯、O 異常帯と呼ぶことにする。

A 異常帯は LINE-A ~ LINE-I の西側で捕捉されたものである。この異常帯の範囲は

最大幅1.5Km に達し、その分布は調査域内ではほぼN-S方向に広く分布し、異常源の形は、大部分が柱状と推定される。

またこの異常帯がさらに調査地域の北側へN-S方向で伸長することは、異常の分布とその異常値から想像される。なお、LINE-A~LINE-Fではこの異常帯の西限および中心を捕えており、異常源も比較的浅部に賦存しているものが多いと推測される。一方、LINE-O~LINE-Iでは、異常帯の西限が調査地域外にあるため、異常帯の中心は把握されておらず、この異常は南南東の方向に延びているものと考えられる。

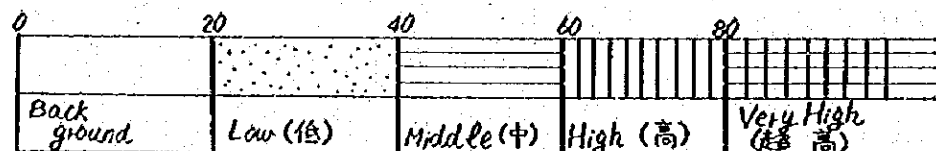
B異常帯はLINE-E~LINE-Oの測点16から26にかけて捕捉された異常帯である。A異常帯と比較するとFE値は低くB異常帯の北側はA異常帯と連続するものと思われる。なおこの異常帯は深部に賦存しているため異常源の形は不明である。

O異常帯は調査地域の南部でLINE-J'~LINE-Pの中央部付近に認められた異常である。この異常帯は南北に約2.5Km、東西に多少歪みはあるが平均500mの範囲を示しておりよくまとまった異常帯である。この異常帯に賦存するFE異常源はその頭部の深度が測線によって異なり、また異常源の形も柱状あるいは板状が推定されるFE分布、および値を示し、複雑な地質構造を想定させる。なおこの異常帯は地質調査地化学探査の示微帯とも一致しており、三つのFE異常帯の中で、地表における所見では最も高く評価出来るものとする。

その他の地域はLINE-Jの東端測点36付近に1点2%程度のFE値が捕捉されたのみでFE値が殆んど2%以下で、顕著なFE異常は認められなかった。

3) MFについて

解析するに当りMF値を下图に示すようにバックグラウンド、Low(低)、Middle(中)、High(高)、Very High(超高)の5段階に区分し、添付図にも下图の表示に従って示した。



調査結果を総括的にみると、MF分布は前述したFEの3つの異常帯分布とほぼ対応している。すなわち、FEのA,B,O異常に対応するMF20以上の範囲が巨視的にみて異常である。しかしFE値が少なくとも3%以上の値を示していないところに現われているMF異常(例えばLINE-J'~O'の測点25以東のMF異常)は、その地帯に超低比抵抗あるいは低比抵抗が分布しているために計算上出ているだけで、これらの異常は擬似異常と考えるべきである。この考え方によればLINE-O、測点13付近~17付近LINE-J'測点17付近~21付近、LINE-K測点17付近~22付近、LINE-L'測点19付近~21付近LINE-M測点16付近~18付近LINE-N測点16付近~20付近、LINE-O'測点16付近~

22 付近の各部分が FE 値 3% 以上, MF 値 40 以上の異常としてあげられる。

4) 岩石の室内測定について

調査地域の岩石の物理的特性を知ることは、物理探査の結果解析にとって極めて重要である。今回の IP 調査においても、岩石の IP 特性を把握するため、現場における In-situ 測定の外に調査地域の代表的な岩石試料を採取して、これらの試料について室内測定を行った。試料はなるべく多数について測定し、統計処理をすることが望ましいが、一般には代表的な岩石試料を測定して調査域の物性を推定する場合が多い。こうした室内測定による数値は測定条件、特に試料の環境すなわち岩石が自然に賦存している状態とは異なるため現場の測定値とは直接対比することは出来ないが、相対的な値としては十分参考となる資料である。

Table 2-5 は岩石試料の測定結果で、こゝでは IP 調査に直接関係のある AR と FE を測定した。

4) - 1 測定装置

岩石の室内測定で重要なことは、試料を自然の状態に出来るだけ近づけて測定すること、および測定値の再現性を確保することである。室内測定にあたってはこれ等の点を考慮して製作された「IP 特性測定装置」Fig 2-5 を使用して行った。装置の概要を以下にのべる。

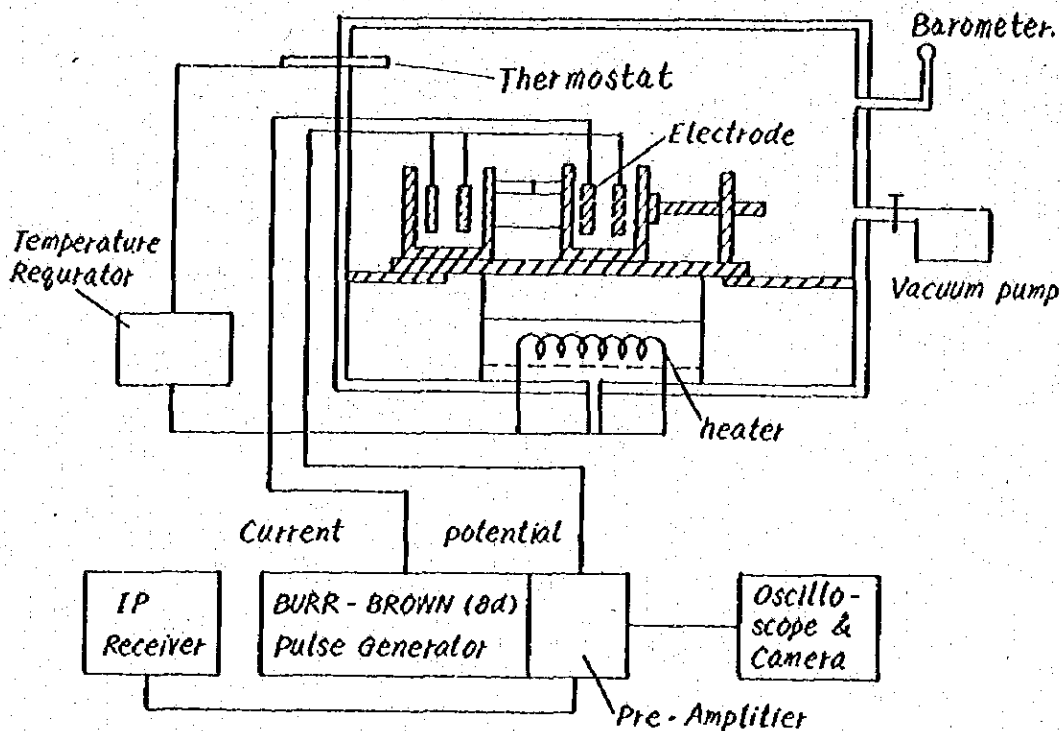


Fig 2-5 Sketch of Apparatus

Thermostat :

- 鉄製 (内径 30cm × 50cm × 30cm)
- 内部減圧のための真空ポンプ付
- サンプルホルダーは試料の大きさに対応出来る
- 試料の電解液接触部: 直径 3cm, 2.5cm の 2 種
- 電流電極 Ag 棒
- 電位電極 AgCl 棒 (非分極性電極)

Pulse - Generator :

- Burr Brown 社製 Model 801
- IP 法の過渡現象法, 周波数法の両法に通用可。
- 出力は 4 つのレンジから成り各々の負荷抵抗は
 - 1 ~ 11 μ A レンジ 1 μ A で 0 ~ 10.5 M Ω
 - 10 ~ 110 μ A * 10 μ A で 0 ~ 10.5 M Ω
 - 0.1 ~ 1.1 mA * 0.1 mA で 0 ~ 10.5 K Ω
 - 1 ~ 11 mA * 1 mA で 0 ~ 10.5 K Ω

Receiver :

- 現場測定受信器と同じ。

4) - 2 室内測定の結果

調査地域の代表的な岩石 28 個について室内測定を行った。測定結果は Table 2 - 5 で示しており, この試料の中から岩種別に抽出して含銅量, および硫黄含有量について化学分析を実施した。(Table 2 - 5 参照)

こゝに Table 2 - 5 について検討してみると, 試料番号 26, 27 の硫化鉄を染したモンズナイト質岩と試料番号 31, 32 のマグネタイトスカルンが非常に高い FE 値 (室内測定値) を示している。

染したモンズナイト質岩が室内測定において 8 ~ 10 % の FE 値を示したのは明らかに硫化鉄物の影響によるものと思われる。

閃緑岩と硫化鉄物を含まないモンズナイト質岩の FE 値を比較してみると, 前者の 8 個平均 FE 値 4.2 % に対し後者の 7 個平均 FE 値は 2.4 % と低く出しており, 室内測定からみれば閃緑岩の方がモンズナイト質岩よりも FE が高いことがうかがわれる。

AR については珪岩, 石灰岩, 閃緑岩, モンズナイト質岩の順に比抵抗値が低くなっているが, はっきりした区別はつげない。

試料番号 14 と 15 の石灰岩は同一測線上でしかも採取個所は 100m 位しか離れていないのに比抵抗値は前者が 780 Ω m 後者が 4,810 Ω m と大差があり, これらの試料採取場所付近で行った In-situ の測定値は 250 Ω m と 270 Ω m で殆んど同じであった。このことは採取

Table 2-5 Laboratory Measurement, In-situ measurement and Chemical Assay of Samples

			Laboratory		Chemical assay		In-situ	
			AR ($\Omega \cdot m$)	FE (%)	T-Cu (%)	S(%)	AR ($\Omega \cdot m$)	FE (%)
1	LINE I-4	Disritec Rock	2,350	4.0			103	0.8
2	" J-20	"	2,540	3.9			82	0.4
3	" L-8	"	1,930	5.0	0.009	< 0.01	128	0.7
4	" M-8	"	1,449	3.2			224	0.6
5	" M-13	"	3,360	4.2			130	1.2
6	" N-10	"	3,230	5.4	0.011	< 0.01	101	1.1
7	" P-12	"	3,510	4.7			136	0.7
8	" Q-14	"	1,790	3.3			110	0.5
9	" O-14	"		(@ 4.2%)			32	0.7
10	" P-10	"					144	0.8
11	" P-14	"					127	1.0
12	LINE B-31	Limestone	32,950	0.7			444	0.3
13	" D-30	"	46,650	0.8			1,510	0.7
14	" G-17	"	780	2.6			250	1.6
15	" G-18	"	4,810	0.1			270	1.1
16	" J-7	"	4,660	3.0	0.003	< 0.01	185	1.4
17	" K-6	"	36,360	0.3	0.002	< 0.01	194	1.3
18	" O-28	"	3,320	1.0			104	1.1
19	" C-4	"	1,590	1.0			131	1.0
20	" A-34	"					483	0.9
21	LINE G-16	Monzonitic Rock	2,690	2.3			85	1.2
22	" M-20	"	691	3.4	0.028	< 0.01	50	1.2
23	" O-18	"	788	2.2			133	1.5
24	" O-20	"	652	3.5	0.006	< 0.01	138	1.3
25	" Q-18	"	747	2.2			73	1.5
26	LINE A	" (py imp)	1,550	9.5	0.090	2.50		
27	C-18	" (py imp)	3,110	8.2	0.530	1.42		
				(@ 2.4%)				
28	LINE B-17	Quartzite	6,350	0.6			3,450	1.5
29	" C-12	"	6,230	1.0	0.003	< 0.01	7,500	1.8
30	" C-16	"					103	1.5
31	LINE G-21	Magnetite skarn	1,140	17.0	0.11	0.17	41	1.6
32	" G-22	"	1,980	12.0	0.029	< 0.01	75	1.6
33	" J-36	"					73	1.7
34	LINE C-7	Shale	230	2.3			200	1.1
35	" C-6	"					60	1.2
36	" G-8	"					46	1.2
37	LINE J-24	Pampa					13	0.6
38	" J-26	"					16	0.6
39	" C-23	"					28	0.8
40	" C-17	"					31	0.7
41	" J-29	"					14	0.7
42	" Q-12	"					6	0.5
43	" I-20	"					40	0.9

した試料の局部的な変質による結果と考えられ、IPデータの解釈に当っては両者はほぼ同一の比抵抗値をもっているものとして取扱いべきであろう。また試料番号16と17において両者間の採取距離が400m位しか離れていないのに、前者が4,660 Ω -m、後者が36,360 Ω -mと約10倍の差があった。しかしIn-situの測定値は185 Ω -mと194 Ω -mで同じであり、これについて前述同様両者はほぼ同一の比抵抗値をもっているものとして扱うべきであろう。

しかし試料番号の12と13の石灰岩については、あとで述べるIn-situ測定との関連より推察して、高い比抵抗値を示すものと考えられる。

4)-3 岩石測定結果の総合考察

前述した如く硫化鉄物で染染されたモンズナイト質岩の室内測定FE値が8~10%と高いのは硫化鉄物によることを明瞭に示唆しており、分析結果の硫黄含有量も1.42%~2.50%と高いことでも裏付けられる。

一方、同資料を採取した付近の地表IPの測定によるFE値は2~3%の弱異常値であったことから、実際の地表IP測定FE値が室内測定FE値の $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ 以下の値で測定されることが予想される。そこで硫化鉄物を含まないモンズナイト質岩(資料番号22, 24)の場合をみると、室内測定値3.4~3.5%に対し地上IP測定FEは1.5%前後とバックグラウンド程度の値を示している。またIn-situでのFE値も1~2%弱であり、分析結果による硫黄品位も少なかった。これ等の事実より考えられることは、この地区でのモンズナイト質岩のFE異常と云えるのは、室内測定で少なくとも6%以上のFE値がなければならぬ。

また閃緑岩については、室内測定でのFE値はモンズナイト質岩よりも高い値を示したのに反し地表IPのFE値は1~1.5%とバックグラウンドを示し、モンズナイト質岩の地表IPのFE値と大差がなく、硫黄品位も低い結果が出ている。しかしIn-situのFE値についてはややモンズナイト質岩が高い傾向を示している。

LINE-Mの測点17付近にあるDDH-5の岩芯はすべて閃緑岩であり、地上IPのFE値も3%以上を示し中異常帯の中に位置している。しかしこのDDH-5より400m~500m離れた個所で測定した閃緑岩(資料番号20)のIn-situのFE値は、前述の如く低いものであった。試錐岩芯は資料が小さいため、室内測定が出来なかったので、閃緑岩に関しては試料の室内測定値とIn-situ値の関連は明らかにすることは出来なかった。

試錐DDH-5については、全岩芯の平均硫黄含有量が0.89%を示し、DDH-5の硫化鉄物量の平均がDDH-3, DDH-4よりも多いことが原因でFE異常が現れたものと考察される。(Table 2-6参照)一方、マグネタイトスカルンについては室内測定FE値が12~17%と高いのに対し、地表IPのFE値は2~2.5%と弱異常値を示している。すなわち地表IPでは資料の室内測定FE値の $\frac{1}{6}$ ~ $\frac{1}{7}$ 以下弱と低い値、すなわちこの地域のバックグ

ラウンドと考えている数値を示している。このことは In-situ の場合は周辺の岩石の影響をうけるのに反し、ピースサンプルでは純粋にマグネタイトズカルンの特性を示している結果と思われる。ARについては北部に(LINE-DおよびLINE-B)露出する石灰岩の In-situ のARが450 Ω -m、および1500 Ω -mの値で同じ石灰岩のARと比較すると高い比抵抗値を示しており、室内測定の結果とよく対応している。また珪岩も同地域は局部的に高く出ており、室内測定の結果ともよく対応している。しかし全域を通じて室内測定、および In-situ の結果より調査域中の岩種を比抵抗値により、明瞭に区別するのは困難である。

3-3 各測線について

○ LINE A PL, II-6-1

この測線の比抵抗は中比抵抗、高比抵抗が卓越している。

測線中央部の測点20付近を中心として「ハの字」に超高比抵抗分布が認められた。これは地形が凸部になっているため、地形の影響と含水量の少ない珪岩の影響が重畳されて現れてきたものと思われる。

また測点20付近深部に低比抵抗帯が分布しているが、これは地表直下に高い比抵抗媒質がある時の特有の型が現れたものであるか、あるいは地下に中比抵抗～低比抵抗帯が賦存していることに起因しているものであるか、又は両者が相俟ってこのような結果が得られた等の3種類の原因が考えられる。

FEは測点8付近～18付近の間で測点14付近を中心に顕著な「ハの字」型異常が認められた。この異常はLINE-B～Iの西側に認められた異常と連続すると考えられるもので、さらにこの異常が北側に伸長することは確実と思われる。

MFは20以上の値が3点だけしか得られず、明瞭な示徴は認められなかった。この理由は当測線の地下媒質比抵抗が全般に高かったことによるものであろう。

○ LINE B PL, II-6-2

比抵抗分布は前記LINE-Aとほぼ類似の分布値を示す。

この測線もLINE-Aと同じような地形のため、測点20付近の地形凸部を中心に「ハの字」型に超高比抵抗帯が分布している。また、超高比抵抗帯に挟まれて低比抵抗分布があるのも、LINE-Aの分布と類似の形である。

測点32付近以東には低比抵抗帯が分布するが、これは測点32付近以東が沖積層に覆われていることに因るものであろう。

FE異常は測点10付近～22付近の間で、測点16付近を中心にはば「ハの字」型に分布する異常が得られた。この異常の強異常等値線は頭部が閉じていないので、異常源はLINE-Aよりも浅部(地表下200m以浅)に賦存することが推定される。なおLINE-Aと同様に測点22

付近以東にはFE異常が全然認められなかった。このことは、少なくとも地表下500m以浅には大きな強い異常源は存在しないことを意味する。

MF異常はFE異常の分布が3つに分割された形をとっているが、これは地形の影響による比抵抗値に左右されるものであって、本来は一つにまとまる姿態を示すものとする。

○LINE C (PL II-6-3, PL II-7-1)

比抵抗は沖積層(測点10以西, 測点26以東), および湿地帯(測点16付近)で凹形の低比抵抗分布が明瞭に現われている。その他の部分は中比抵抗, 高比抵抗を示す。測点18付近以東での高比抵抗はモデル計算より推察すれば, 地下に200m以上の煤質の賦存を示唆しているが, 岩質の推定は難しい。なお測点26付近以東の低比抵抗分布は地表下浅部にまでしかおよんでおらず, これは低比抵抗に対応する沖積層が深くないものと予想される。

FEは測点8付近~20付近の間で異常が認められた。異常の中心は測点14付近である。モデル計算より推察すると, 測点14付近の地下に柱状の強異常源と測点6付近下部に強異常源が推定される。この測線では測点10付近~20付近にかけて, 地表においても酸化が確認されており, モデル計算の弱異常帯ともよく対応し異常源が地表下100m以浅に賦存し, 深部に連続することが予想される。またこの測線では測点10~30で電極間隔100mの測定を行ったが, その結果からも強FE異常が地表下100m以浅に認められる。

MFは測点14付近~16付近の下でまとまった高異常が認められた。これはFEの高異常値と低比抵抗値とが良く対応しているもので, 調査地域のMF異常の中でも顕著なものである。

○LINE O' (PL II-6-4, PL II-7-2)

比抵抗は低比抵抗, 中比抵抗が水平に分布している。これはこの測線の地表が全部沖積層に覆われているために, 浅部に低比抵抗値が分布するものであろう。

FEは測点18付近で異常の東側限界を捕えているが, 西側への拡がりには明らかでなく, 更に異常は西側に伸長すると思われる。なお, 電極間隔100mにて測定した結果からでは, 比較的浅部に賦存すると思われた強異常源が, 電極間隔200mの測定では深部に賦存するFE分布を示す。これらのことから, LINE-BおよびOの異常源がこの測線では深部に移行していることが推定される。

○LINE D (PL II-6-5, PL II-7-3)

比抵抗分布は測点30付近を中心に高比抵抗, 超高比抵抗帯が「ハの字」型に分布し, Dipole-Dipoleの電極特性を非常に明瞭に示している好例である。この形態は「ハの字」型の中心浅部に非常に高い比抵抗がある時に現れてくるものである。一方地表地質調査の結果から, 測点30付近以東は地表において珪化の強い石灰岩が露出しており, この石灰岩はIn-situ測定や室内測定においても非常に高い比抵抗値を示している。(Table II-1 およびII-5)従って, この石灰岩が前述の比抵抗分布を形成したものであろう。また測点10付近~30付近の浅部に凹形の低比抵抗分布があり, 電極間隔100mによる測定においても, 低比抵抗分布が認められ, 両

者共地表における沖積層の範囲とよく対応している。その他は殆んど中比抵抗値を示す。

FEは前述したLINE-A~OのFE異常の分布と比較すると、地表下200mにおける異常の範囲が狭くなって、東側異常の傾斜が緩くなっている。このことは電極間隔100mの測定でも推察されるように、この測線より北方の測線で賦存していたFE異常源が深部に移行して、かつ広く発達しているものと推測される。

MF分布はFE異常源が2つ存在するような形態を示している。FE異常分布からは異常源は1つのものと思われるが、MF分布は異常源が2つ存在することを示しており、この測線より南方の測線で捕捉されたFE分布は異常源が2つあることを示しているので、このMF示唆は興味深い結果である。

○ LINE-D' (PL. II-6-6, PL. II-7-4)

この測線の比抵抗は低比抵抗、中比抵抗を示しており特徴ある姿態は認められなかった。

FEは深部で弱異常値のみ測定された。この異常源の全貌を明らかにするためには、さらに測線を西側に延長する必要がある。しかし隣接のLINE-D、およびLINE-Eの異常分布とはほぼ同じ形になることが預推される。

MFの低異常がFEの弱異常分布とよく対応している。

○ LINE-E (PL. II-6-7)

比抵抗は測点30付近以東が高比抵抗、超高比抵抗を示しており、これは地表に露出している珪化の強い石灰岩が相当発達しているものと予想される。また測点14付近以西は珪岩、閃緑岩に対比されると思われる高比抵抗が分布している。この高比抵抗帯に挟まれて中比抵抗が測点6付近の下部に分布しているが、これは多分地表に露出している頁岩の影響であろう。

FEは前述したLINE-A~Dの異常分布とは若干異っている。LINE-A~Dの異常帯は一応1つにまとまっているがこの測線のFE異常のパターンは異常源が少なくとも2つ賦存することを示している。

西側は測点6付近(地表下100m以浅)を頂部として、東に傾いた強異常源が考えられる。東側の異常は西側の異常と比べると弱FE異常源によるものと思われるが、FEの分布より深部で異常源が発展する姿態を示すものとする。LINE-Dについては、FE分布からは異常源は1つと考えられたが、MF分布からは異常源が2つと見られることより、LINE-D~LINE-Eの中間付近からFE異常源が2つに分れているのではないかと予想される。

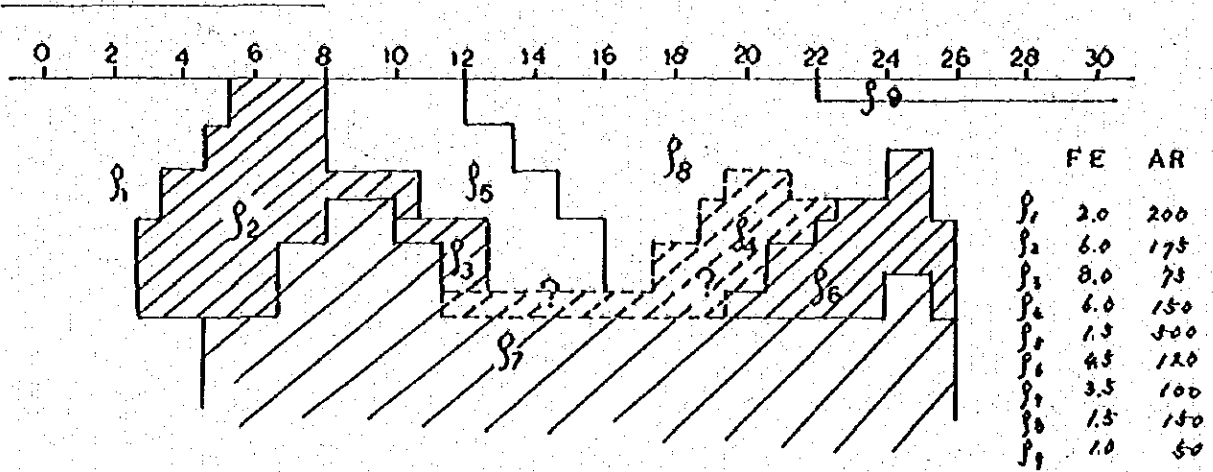
MFからは測点6付近の浅部と測点20付近の深部の異常はFE異常分布から推定される異常源の位置とはほぼ一致し、異常源が2つに分れていることを示している。

○ LINE-F (PL. II-6-8)

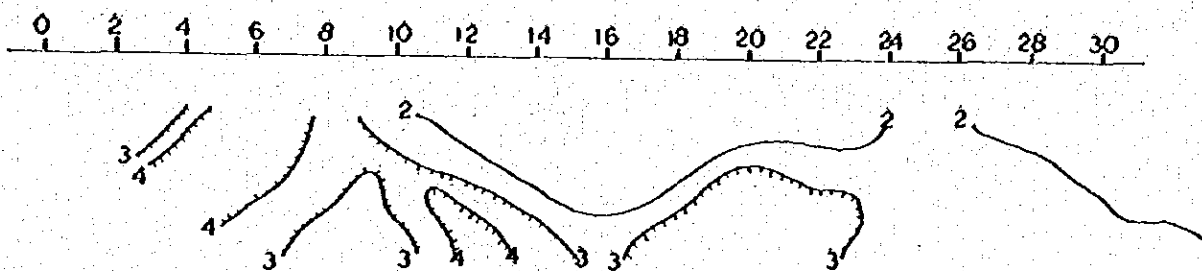
この測線の比抵抗は高比抵抗が地表地質に関連して非常に興味ある分布を示している。測点6付近~14付近の間で明瞭な「ハの字」型の高比抵抗分布が認められるが、これはこの付近の地形が凸になっていることと、含水の少ない珪岩が反映して現れてきたものであろう。

LINE - F (a=200m)

Simulation Model



Field Data



Results of Simulation

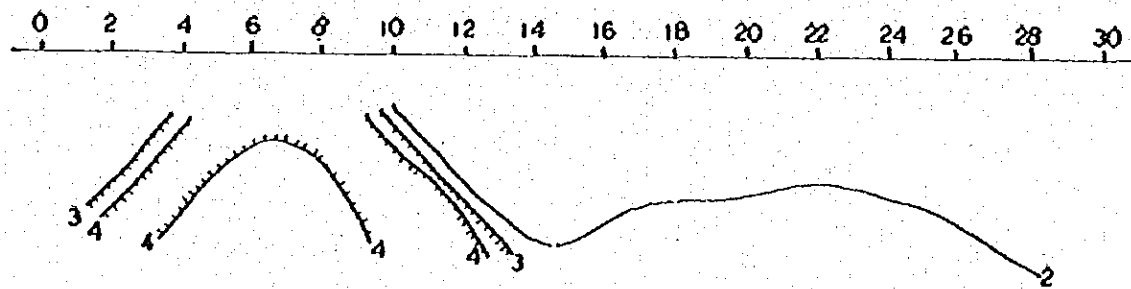


Fig. 2-6

この高比抵抗分布に挟まれて凸形をなし、中比抵抗が分布するが、これはLINE-Aおよび、LINE-B測点20付近の示徴と同じように、中比抵抗岩体の賦存が考えられる。また測点30付近以東で、LINE-D~Eで捕捉された超高比抵抗分布が、この測線には認められなかった。これはこの測線においては珪化した石灰岩が余り深部に発達していないものと考えられる。

FE分布はLINE-Eとほぼ同形の分布が認められた。従ってこの測線の異常源も少なくとも2つ以上賦存することが予想される。西側の異常源は比抵抗分布と合わせて考察すると、測点10付近の深部に中比抵抗の盛り上がりがあるが、Fig 2-6に示すモデル計算による知見より異常源はこの盛り上りに沿って西側に傾斜した形で賦存しているものと推察される。東側の異常源はLINE-Eと同じくFE値の強度は西側の異常に比べて若干弱い、深部に広く発達する分布を示す。

MFはFE値の中異常とよく対応して低異常の分布が認められた。

○ LINE-G (PL. II - 6 - 9)

この測線の比抵抗はLINE-Fの比抵抗分布とほぼ一致している。このことはLINE-F~LINE-Gにかけての地下構造が類似のものであることを示唆するものである。

FEについても、LINE-Fの異常とほぼ同形のパターンを示している。従ってFE異常源も、LINE-Fにおいて捕捉されたFE異常源と連続しているものと推定される。しかしこの測線では、測線の西端においても異常値が収束していないことから、この異常がさらに西側に発展することが考えられる。

MFはFEの西側強異常と東側中異常とによく対応している。

○ LINE-H (PL. II - 6 - 10)

この測線の比抵抗は殆んど200Ω-m以下の中比抵抗~超低比抵抗を示す。測点18付近以東にわたって深部に達するまで超低比抵抗あるいは低比抵抗を示す。このことは測点18以東が沖積層地帯であることに起因するものと思われる。

FE異常はLINE-E~LINE-Gに連続して認められた東側の異常がこの測線ではほぼ消滅した。従ってLINE-E~LINE-Gに連続して認められた東側の異常は、LINE-GとLINE-Hの間で途切れると考えられる。また西側の異常はFE分布が不完全であるが、この異常の中心が測点4付近以西にあることは前記各測線のFE分布からも予想できる。またLINE-A~LINE-Gでは高FE値が測定されてきたが、この測線では弱~中のFE値のみであった。これらの事実よりこの測線をさらに西側へ延長すれば、おそらく高FE値を捕捉できるであろう。

MFは低異常の小規模のものが3ヶ所にみとめられた。しかし、測点34付近下部の異常は、この付近が低比抵抗のために現れている擬似異常と考えられる。

○ LINE-I (PL. II - 6 - 11)

この測線の比抵抗はLINE-Hと同様殆んど中比抵抗以下を示し、また地表の沖積層(測点18付近以東)に対応する地下の比抵抗の分布もほぼLINE-Hと同じであった。

FEは測点12付近以西の深部で弱異常が認められただけである。LINE-HのFE分布につ

いての考察を述べたと同様の理由から、この異常は更に西側へ強度を増し乍ら発展することが考えられる。従ってこの弱異常分布だけから、この測線の異常源の位置を判断することは困難である。

この測線ではLINE-Aから続いて来た西側の異常源の影響を捕えているだけにすぎず、異常源がこの測線から調査域外の西側へ逸脱することが推定される。

○ LINE-I' (PL. II - 6 - 12, PL. II - 7 - 5)

この測線ではAR, FE, MFとも顕著な異常は認められなかった。測線中央部(測点16付近~24付近)の深部にFEの弱異常が認められたが、この異常はあとに述べるLINE-J'およびLINE-Kから南部に連続する異常源の影響と考えられる。

○ LINE-J (PL. II - 6 - 13, PL. II - 7 - 6)

この測線の比抵抗は殆んど低比抵抗、および中比抵抗を示す。このことは、この測線の地下は比較的低い比抵抗を持つ岩石で構成されていることが推定される。

FEについては、この測線から南側は今まで述べた異常源とは別の異常源ブロックによるものと考えた。その理由は前述LINE-E~LINE-Iの西側異常は西端においても収束しないのに対し、この測線から南側の測線では西側で収束する異なった型を示し、かつ異常源の形も柱状、板状と多彩なものと推定されるからである。測点22付近以西の深部で弱異常が認められる。一方、電極間隔100mの測定においても測点18~20間の下部に弱異常が認められるが、おそらく異常源はこの測線の南側に賦存するものであって、その影響が現れてきたものと推定される。なお、測線東端でF値2%台の弱異常が1点認められたが、これはこの付近の地表に露出するマグネタイトスカルンの影響であろう。

MFも測線東端で弱異常が認められた。

○ LINE-J' (PL. II - 6 - 14, PL. II - 7 - 7)

この測線の比抵抗は殆んど低比抵抗、中比抵抗を示す。測点20付近直下にある低比抵抗帯はLINE-Kにも連続しており、LINE-Jより連なる一連の凸形の低比抵抗帯は地下深所に存在する中比抵抗、あるいは低比抵抗帯に起因することが考えられ、地表に現われている岩質に対比されるものより考えて、モンソナイト質岩と推定される。

FE分布は測点21付近を中心には「ハの字」型を示し、よくまとまっており電極間隔100mの測定でも測点22付近下部に弱異常値の分布が認められる。この種のFE分布は、地下約250m~300mを頭とした板状のFE異常源の賦存を示すものと推定される。測点28付近にあるマグネタイトスカルンは、この付近のIP測定ではFE異常値が捕捉されなかった。このことはLINE-Gのマグネタイトスカルン付近におけるIn-situ測定によっても1.5%のFE値しか得られなかったこと、および地質調査の結果から地表にその型態のみが残る規模の小さなものであることが推定されるので、このマグネタイトスカルンはFE異常値を発生しがたいものと思われる。

MF異常は測点 20 付近を中心によくまとまっている。またこの異常は低比抵抗分布と弱、中 FE 分布によく一致している。MF の値が下部に行くに従い高くなっていることは、この測線下の異常源が深所に賦存していることを示しているものであろう。

○ LINE-K (PL. II-6-15, PL. II-7-8)

この測線の比抵抗は超低比抵抗、低比抵抗、中比抵抗で占められ、この超低比抵抗は沖積層に對比されるものと考えられる。測点 20 付近直下の低比抵抗は、LINE-J' より速なるものであり、前述通りモンズナイト質岩と推定される。測点 24 付近から測点 29 付近直下にある低比抵抗も DDH-4 の柱状図より考えると、モンズナイト質岩に對比されるものと考えられる。測点 4 付近下に認められる高比抵抗に対応する位置に石灰岩が地表に露出しているが、比抵抗分布、および地表地質から考察すれば、石灰岩は厚いものでなく、むしろこの高比抵抗は下部にある閃緑岩に對比されるものと考えられる。

FE異常は測点 21 付近を中心にして緩かな「ハの字」型の弱 FE 値が分布し、その中に中 FE 値および高 FE 値が捕捉された。この種の FE 分布は Fig 2-7 に示すモデル計算より、測点 22 付近地表下約 200m 位に頭を持つ柱状の異常源の賦存を示すものと予想される。測点 26 付近にある DDH-3 は大部分がモンズナイト質岩であって、-80m より -98m まで 18m 間の Total - Cu 0.77%, -119.4m より -144m までの 24.6m 間は Total - Cu 1.53% の品位を持つスカルン帯である。しかしこのスカルン帯による FE 異常は、電極間隔を 100m にせばめても現われなかった。この原因として考えられるものは、

- 1) このスカルン中の硫化鉄物は酸化が顕著であることから変質をうけない下部の硫化帯に比べて通電し難く、分極現象がおこりにくかったものと考えられる。
 - 2) 他試錐孔の硫化鉄物量平均と比較して、最も硫化鉄物量がすくない。(PL. II-3-2 参照)
 - 3) 室内測定において鉄染したモンズナイト質岩と鉄染のないモンズナイト質岩の間に FE 値の差があり、この差が地表 IP の FE 値でも現われて、DDH-3 のスカルンの周辺のモンズナイト質岩は鉄染が少ないのではないかと想像される。
 - 4) LINE-G に露出しているマグネタイトスカルン上で電極間隔および位置をかえて In-situ 測定を行ったが FE 値が低く、このスカルン自体も FE 異常を発生し難いものと思われる。
- 等が挙げられる。

MF 異常は測点 20 付近下で低および中 MF 値が認められ、この付近に異常源が賦存していることが推定される。

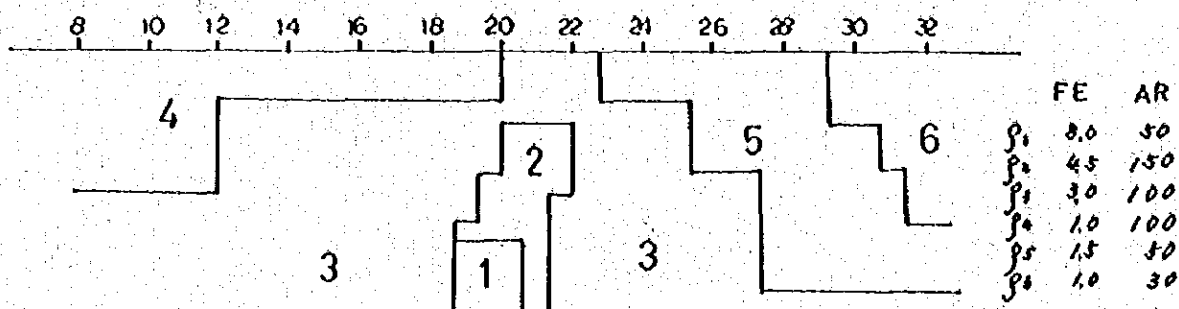
測点 24 付近以東の MF 異常は低比抵抗による擬似異常と考えられる。

○ LINE-K'

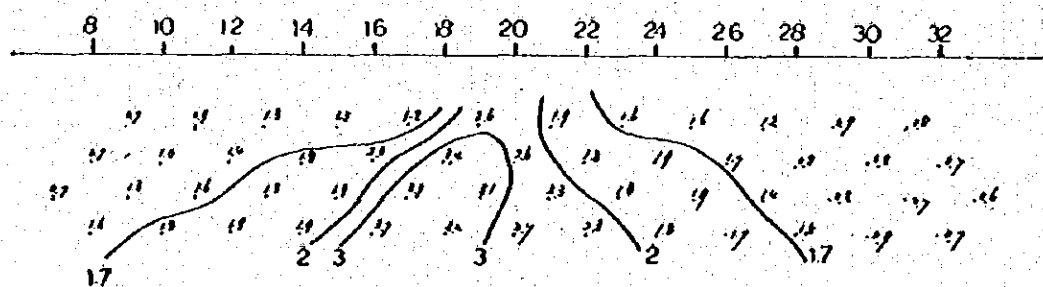
この測線の比抵抗は低比抵抗、中比抵抗を示す。電極間隔 100m の測定においても認められるごとく、測点 20 付近以東の低比抵抗帯は地下に 100m 位の媒質の存在を示しており、これ

LINE-K (a=200M)

Simulation Model



Results of Simulation



Field Data

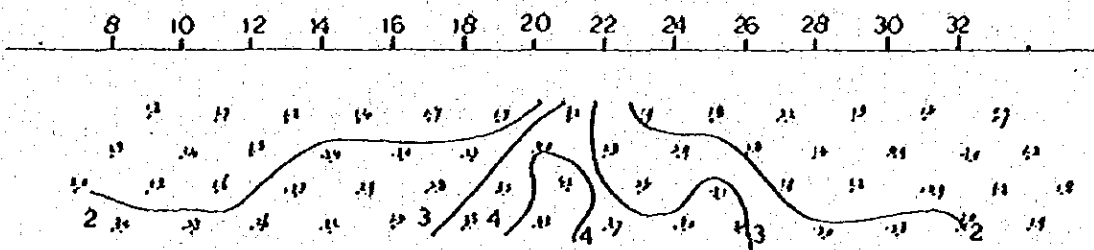
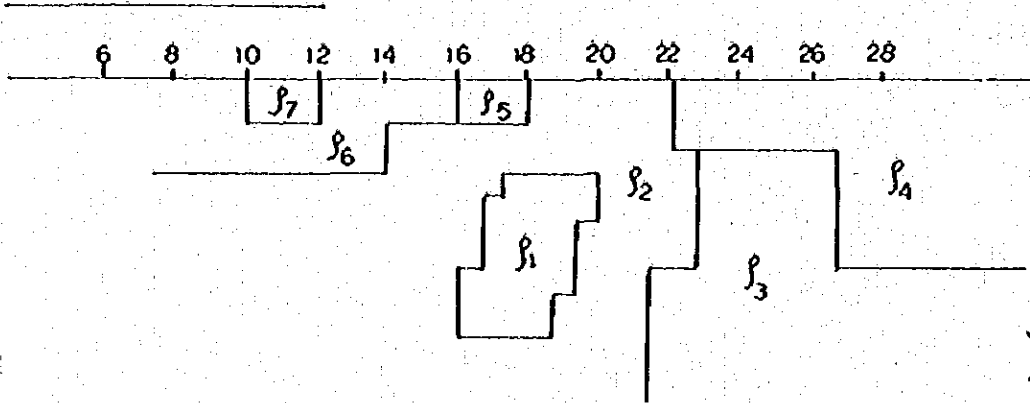


FIG 2-7

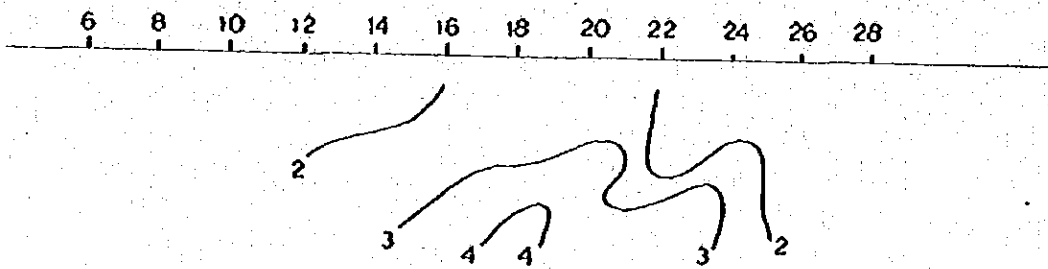
LINE K' (a=200M)

Simulation Model



	FE	AR
β_1	7.0	100
β_2	3.5	100
β_3	3.5	70
β_4	1.5	70
β_5	1.0	70
β_6	1.0	100
β_7	1.0	250

Field Data



Results of Simulation

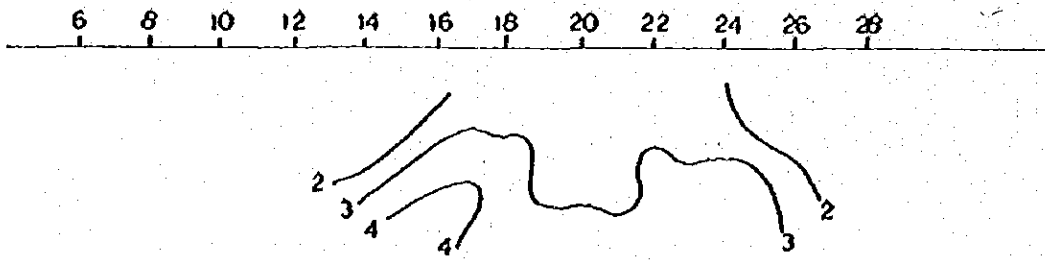


Fig. 2-8

は地表地質より推定してモンソナイト質岩に対比されるものと思われる。測点 12 付近下に高比抵抗が認められ、これは LINE-K に現われた示徴より類推し、閃緑岩に対比するものと推定される。

FE 異常は測点 20 付近を中心にしてやや西落しの「ハの字」型を示しよくまとまっている。弱 FE の下部に中および高 FE が認められ、異常源が更に深部に発展することを示している。この実測値よりシミュレーションを行ったモデル計算図を Fig 2-8 に示す。測点 23 付近にあるマグネタイトスカムは低 FE 値として現われている。

MF 異常は全般に低 MF 値ではあるがよくまとまっている。しかし分布は測線西側に分布する高比抵抗帯のために、FE 異常とやゝずれて東よりに MF 異常が出ている。

○ LINE-L

この測線の比抵抗は超低比抵抗 ~ 低比抵抗 ~ 中比抵抗 ~ 高比抵抗を示す。測点 5 付近下の低比抵抗帯および測点 24 付近下の低比抵抗帯は共に「ハの字」型を示し、地表地質調査結果よりみて、モンソナイト質岩に対比されると推定される。測点 6 付近より測点 18 付近にみとめられる中、高比抵抗帯は LINE-K より連なっており、地表地質調査結果より閃緑岩に対比されるものと推定される。測点 26 以東の超低比抵抗帯は沖積層に対比されると考えられる。

FE 異常は測点 20 付近を中心にして「ハの字」型を示しよくまとまっている。弱 FE 値の頭は $n=1$ (地表下 200m) で閉じゆるやかな分布を示し、その下部に中、強 FE 値が認められる。この FE 分布からモデル計算 (Fig 2-9) を行った結果、地表直下 100m 強の FE 不毛帯の賦存が考えられる。LINE-L で捕捉された異常源は隣接の LINE-K', LINE-L' の FE 分布から推定される異常と比べると不連続的に変化しており、地質構造に変化があることが推測される。

MF の異常は FE 異常によく対応して広範囲に弱異常値として現われている。測線の両端すなわち測点 10 以西、および測点 28 以東の MF 値は低比抵抗による擬似異常と考えられる。

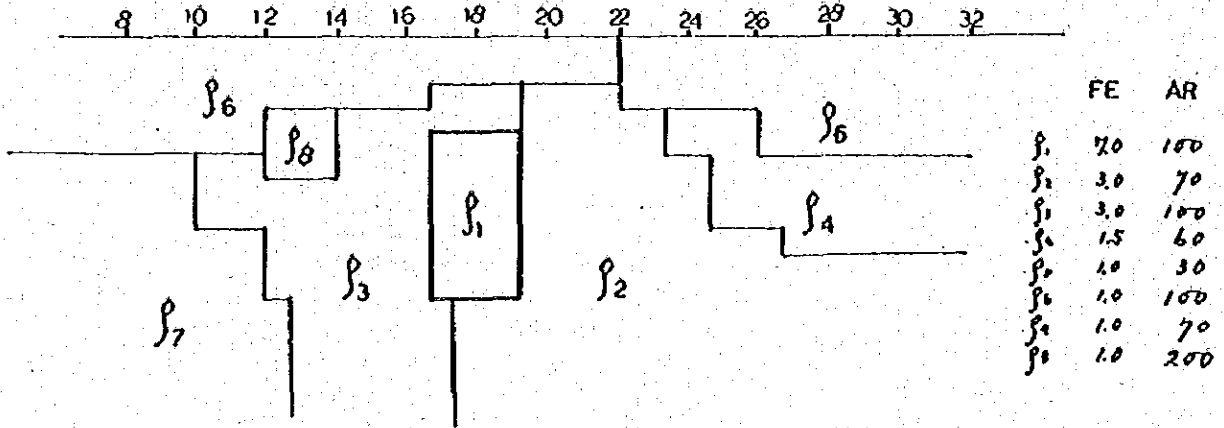
○ LINE-L'

この測線の比抵抗はほとんど低比抵抗、中比抵抗を示し、測点 20 以東にある低比抵抗帯は地下は 100m 位の礫質の存在を示している。地質調査よりこの低比抵抗はモンソナイト質岩に対比されると推定される。電極間隔 100m の測定に於て、測点 12 付近下に認められる高比抵抗は LINE-L より連なると予想されるが、電極間隔 200m では認められない。従ってこの高比抵抗体は地表近く小規模のものと予想される。なお、この付近に分布する中比抵抗は、LINE-L より連なると考えられ、地表地質調査結果よりみて閃緑岩に対比されるものと思われる。

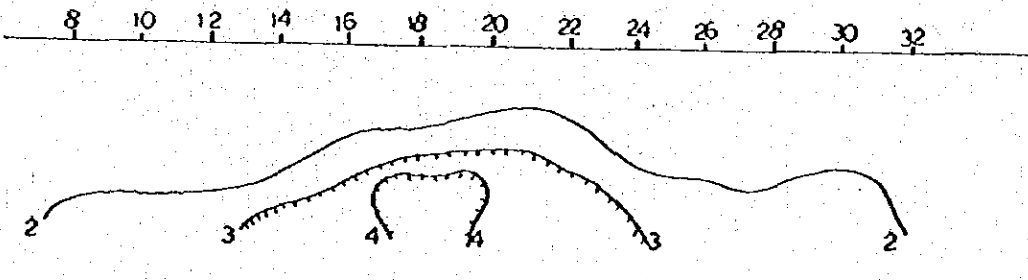
FE 値の異常は、測点 18 付近を中心にして「ハの字」型を示しよくまとまっており、その分布の形は弱異常値に上下を挟まれて、中異常値が捕捉されている。Fig 2-10 に示すモデル計算より得られた知見によれば、地表下 200m 付近を頭とした水平板状の異常源の賦存を示している。標準曲線およびモデル計算より得られた知見では、LINE-J' から LINE-I、までの地下に賦存する FE 異常源は柱状の範囲に属するが、この測線では板状の異常源が考えられる。

LINE-L ($\alpha=200m$)

Simulation Model



Field Data



Results of Simulation

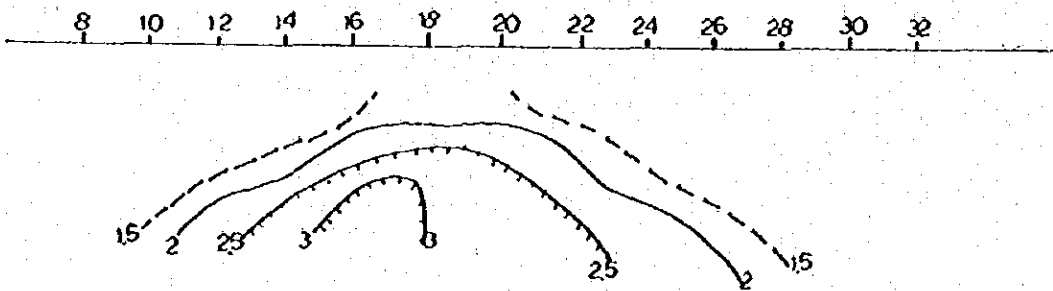
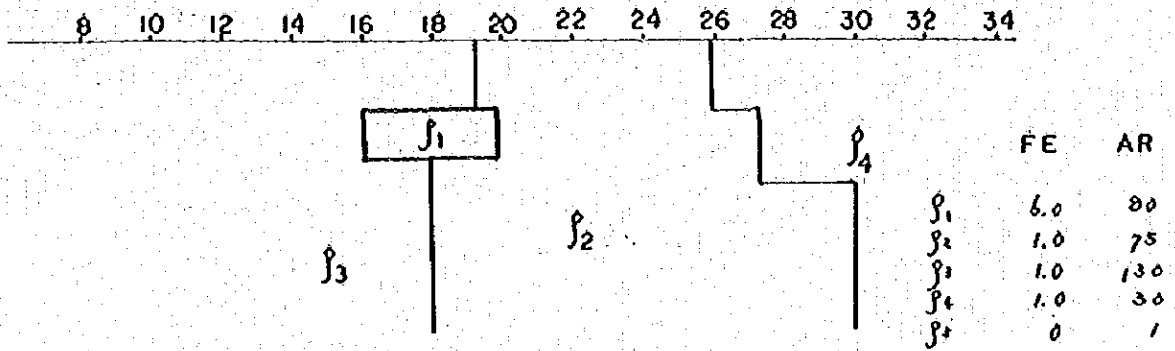


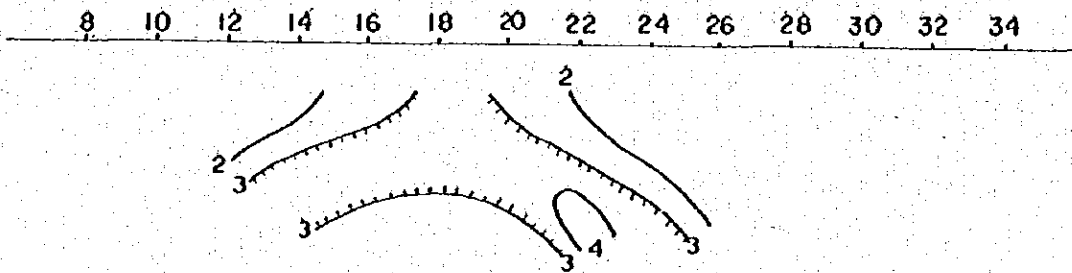
FIG. 2-9

LINE - L' (d=200M)

Simulation Model



Results of Simulation



Field Data

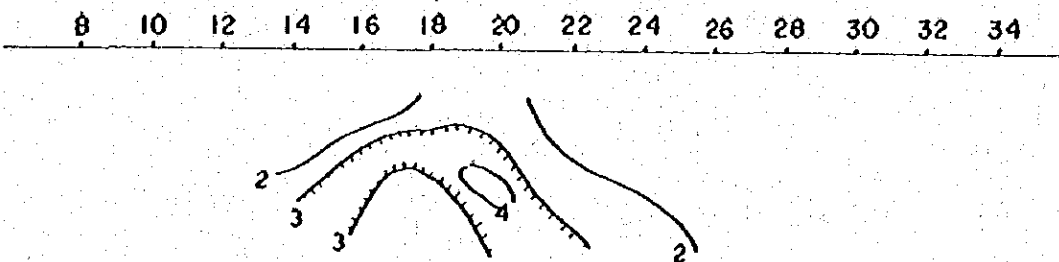


Fig 2-10

MF異常は測点 20 付近を中心として低MFを示し「ハの字」型でまとめ、FE異常ともよく対応している。

○LINE M

この測線の比抵抗は超低比抵抗、低比抵抗、中比抵抗、高比抵抗を示し、特に測点 15 ~ 16 付近を境にしてそれより以東は低比抵抗帯、またそれより以西は中、高比抵抗帯に二分されていることが特長である。このことは測点 15 ~ 16 付近を境にして東側に 100Ω-m 内外の比抵抗値をもつ媒質の存在、西側にそれより高い比抵抗値をもつ媒質の存在が予想される。測点 21 付近に位置する DDH-4 は低比抵抗帯にあり、全岩芯共モンズナイト質岩であった。

またLINE-MとLINE-M'の中間(測点 17 付近)に位置しているDDH-5は全岩芯が閃緑岩であり、低比抵抗帯に位置している。一般的に閃緑岩は中比抵抗~高比抵抗を示すと考えられるが、DDH-5付近には小川が存在しているので地表付近の帯水層が測定値に影響を与えたものであろう。測点 10 付近以西にある高比抵抗帯は大きな凸形を示しLINE-Lより速なっているものであり、LINE-L'同様閃緑岩に対比されるものと推定される。

FE異常は測点 18 付近を中心として「ハの字」型を示しており、この結果を参考にモデル計算を行うとFig 2-11に示すように地表浅いところに頭を持つ、傾斜した柱状(約60°西)の強異常のモデル構造が得られた。測点 21 付近にあるDDH-4は岩芯分析結果は地表下6m~84mの78mの間Total-Ou 0.84% S 0.88%の平均品位を持ったモンズナイト質岩でFig 2-11に示すモデル計算結果からも弱異常帯内に位置している。この現象はDDH-4の硫化物量が少なく、かつTotal-Ou品位0.84%を示したモンズナイト質岩の分析品位より計算した(PL, II-3-3)黄銅鉄量対黄鉄鉄量の比率が1:1以下と黄鉄鉄量が少ないこと、および測点 20 付近で行なったモンズナイト質岩のIn-situ FE測定値が1.2%と低いこと等からFE値の低い被覆の影響が現れたものと考えられる。なお、200mの電極間隔の測定で得られた測定データより推定したモデルでは、DDH-4はFE値3%の範囲に入って居りこの推論を裏付けている。

MF異常は測点 17 付近を中心に「ハの字」型を示し、中異常値はモデルより推定されている強FE異常源と反対の方向に認められているが、これは比抵抗値の変化の影響をうけているので、FE強異常源の傾斜は西側へ向っていると考える。なお測点 24 付近以東のMF異常は、低比抵抗による擬似異常と考えられる。

○LINE-M'

この測線の比抵抗は低比抵抗帯が中央部を占め、測線両端に中比抵抗が分布している。この測線の中央部、すなわち測点 14 付近~測点 24 付近にかけて超低比抵抗、低比抵抗が分布し、これは100Ω-m以下の比抵抗値をもつ媒質の存在を示唆しており、地質調査およびLINE-Mより関連して、この100Ω-m以下の比抵抗値を持つ地下媒質はモンズナイト質岩に対比されるものと推定される。

FE異常は、FE値3%以上の異常が西側の測線末端で認められる「ハの字」型に発展する可

LINE-M (a=200 m)

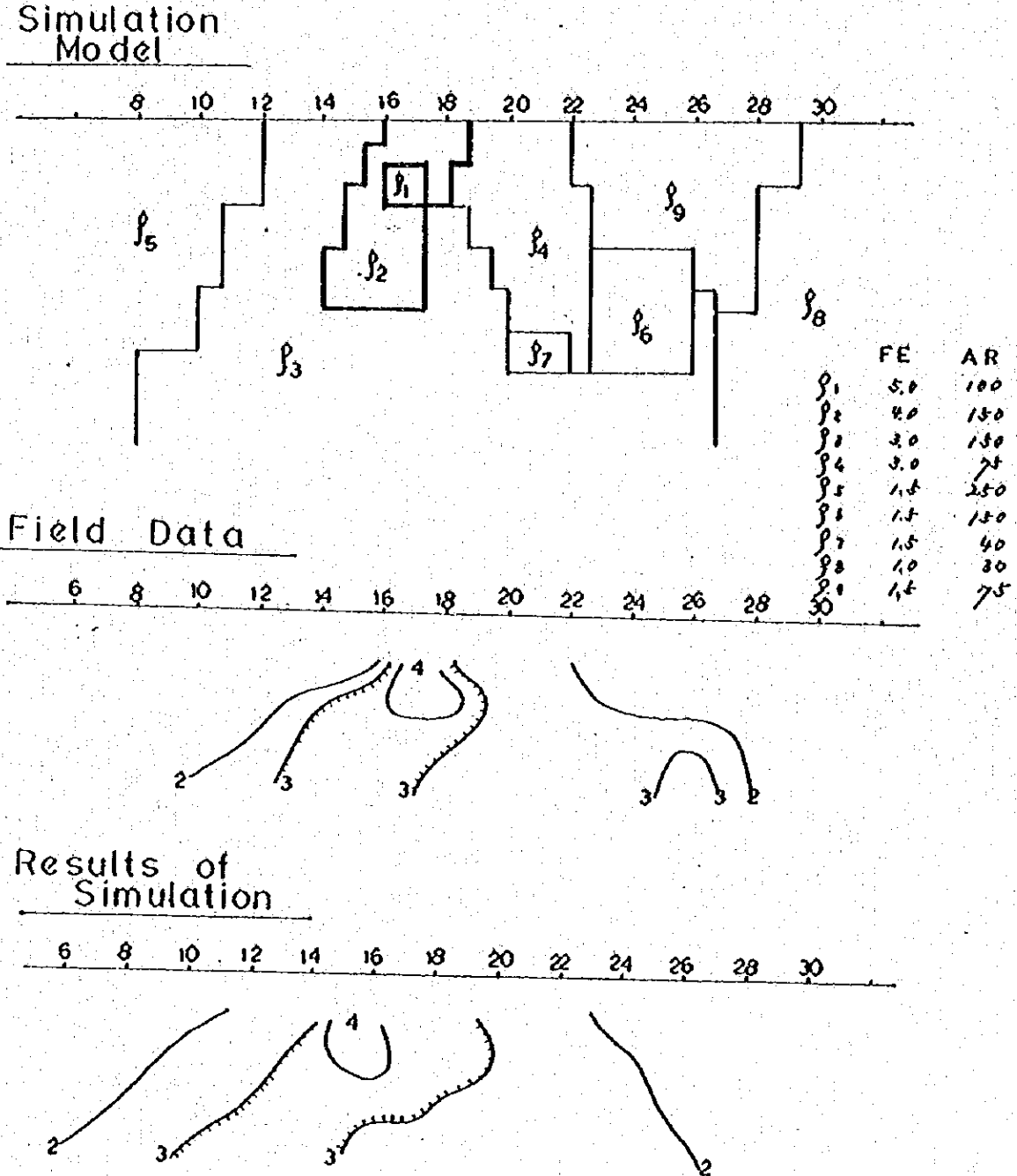


Fig. 2-11

能性を示しているが、その全貌を把握するに至っていない。しかしこの測線のFE値は2%から3%の間で強度は弱まっているが、LINE-Mからの連続が考えられる。

MF異常は測点18付近に高異常が認められるが、これは局部的な低比抵抗分布によって算出されたものであり、FE異常との関連は強くない。

○ LINE-N

この測線の比抵抗は低比抵抗帯と中比抵抗帯を示し、測点14付近より測点22付近迄の低比抵抗帯および測点26付近以東の低比抵抗帯はモンソナイト質岩に対比されるものと推定される。測点14付近以西の中比抵抗～高比抵抗帯はLINE-M'より速なるものであり、地表地質調査結果より閃緑岩に対比されるものと推定される。

FE異常は測点20付近を中心に中異常を芯にして低異常で、はさむように「ハの字」型分布をしている。またこの分布はLINE-I'のFE分布に類似している。従ってこのFE分布はFig 2-12に示す2次元構造の断面解析の代表例でも見られる如く、水平板状の異常源が賦存しているものと思われる。LINE-M'のFE異常源の形は柱状か板状が明らかでないが、LINE-Nでは板状のFE異常源が考えられ、LINE-M～LINE-M'付近の地下構造と異った地下構造が考えられる。

MF異常は測点18付近を中心に「ハの字」構造を示し、FE異常とよく対応しまとまっている。測点30付近地下のMF異常は低比抵抗による擬似異常と考えられる。

○ LINE-N'

この測線の比抵抗は低比抵抗、中比抵抗を示している。

測点18付近～20付近下に認められる低比抵抗は、地質調査よりLINE-Nより続いているモンソナイト質岩に対比されると推定される。

FE異常は測点20付近を中心として「ハの字」型を示しており、この分布より地表下200m位に頭を持つ板状異常源の賦存が推定される。

MF異常は測点19付近を中心に低異常分布で「ハの字」型を示しまとまっており、よくFE異常に対応しているが、その異常はLINE-Nにくらべてやや小さく弱いものと予想される。

○ LINE-O

この測線の比抵抗は低比抵抗、中比抵抗、高比抵抗を示す。測点18付近および測点28付近以東に低比抵抗帯が見られる。これらは地質調査よりみて測点18付近、および測点25～30付近に点在してみられるモンソナイト質岩に対比されるものと推定される。測点26付近の高比抵抗帯は標準曲線および地表地質調査結果より、閃緑岩が西に傾斜していることを示唆するのではないかと推測される。

FE異常は測点20付近を中心に低異常値から「ハの字」型を示しまとまっている。Fig 2-13に示すモデル計算より推定した構造によれば、地表下200m位に頭を持つ水平板状の異常源が考えられる。

LINE-N (σ=200m)

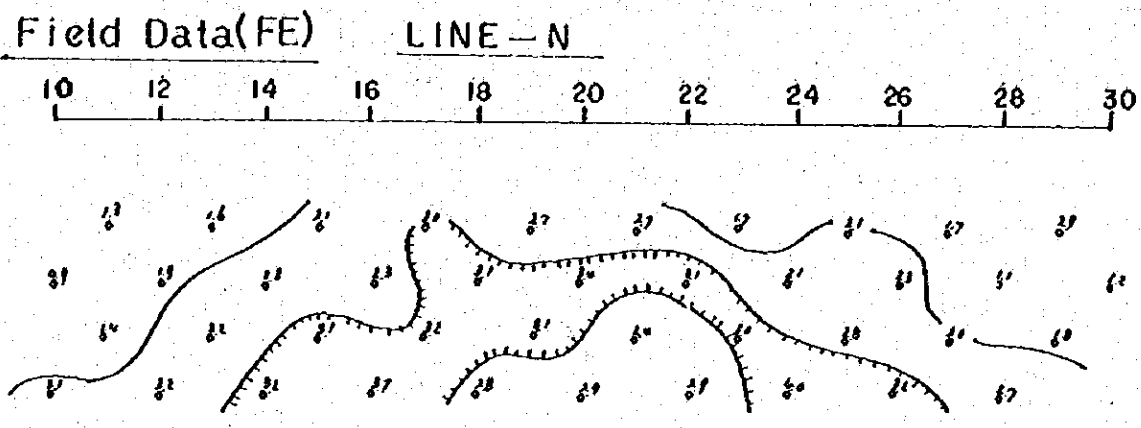
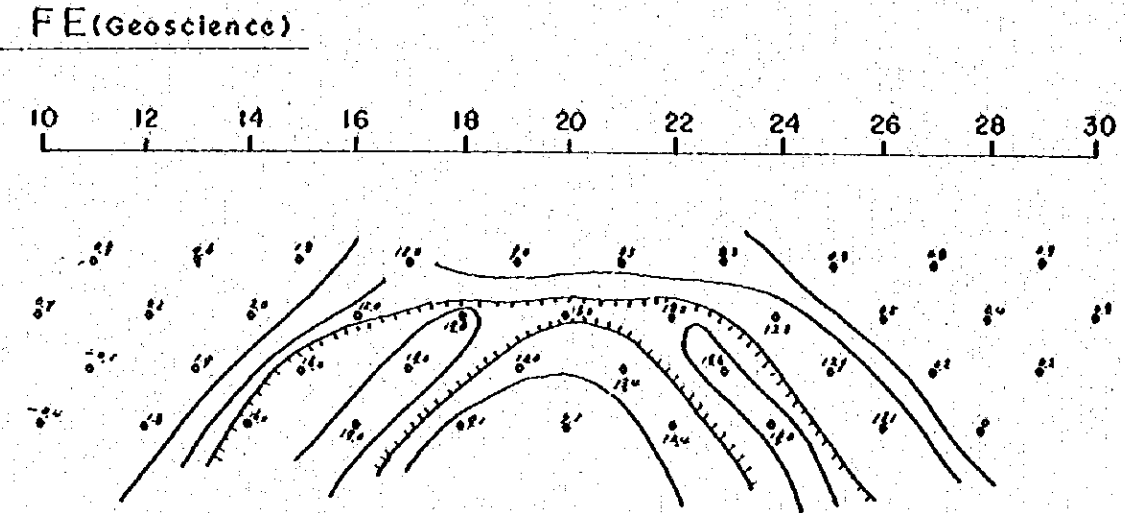
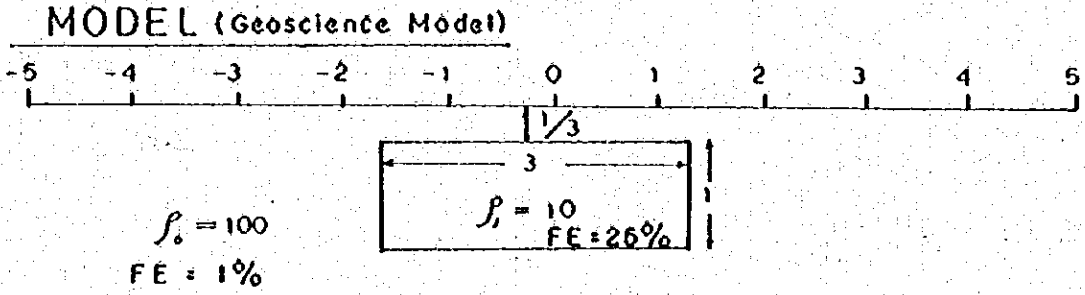
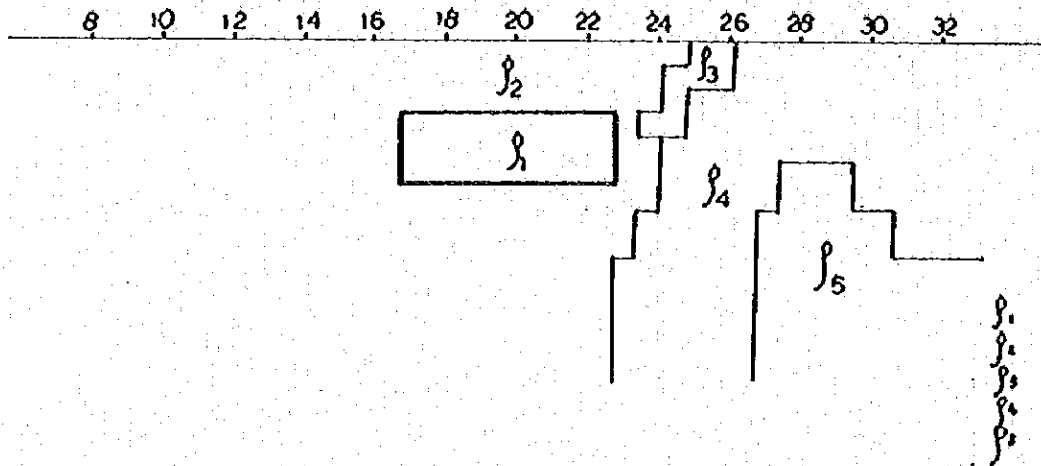


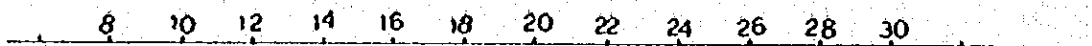
Fig 2-12

LINE-0 (a=200m)

Simulation Model



Field Data



Results of Simulation



Fig. 2-13

LINE - 0' (a = 200m)

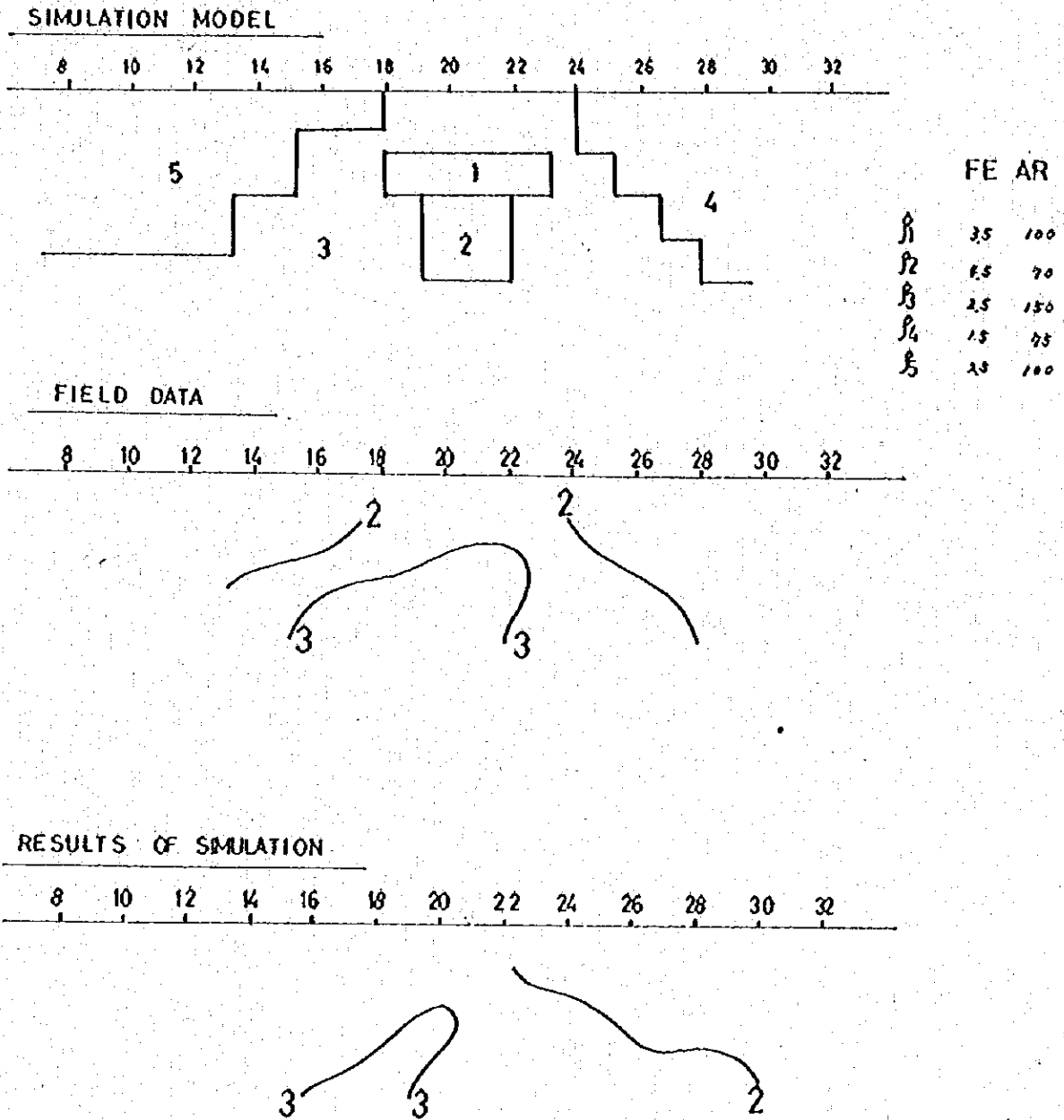


FIG 2-14

MF異常は測点 20 付近下に弱異常帯がまとまっていて、LINE-N'に類似し、この測線付近は異常が弱いことを示唆している。測点 26 付近以東のMF異常は低比抵抗値による擬似異常と考える。

○ LINE-O'

この測線の比抵抗は大部分中比抵抗で占められ、測線東端に低比抵抗が現われている。モデル計算より推定された構造は測点 25 付近を境にして、東側に低比抵抗、西側に中比抵抗が賦存している。低比抵抗は地質調査よりみて、モンズナイト質岩に対比されるものと考えられる。

FE分布は測点 20 付近を中心にしてよくまとまっており、Fig 2-14 に示すモデル計算より推定される構造は測点 20 付近の地表下 250m 付近に強 FE 異常源があり、その周囲をより弱い FE 異常源がとりまいており、型は柱状を示している。DDH-6 は測点 20 付近にあり、分析結果 (PI, II-3-4 参照) よりこの DDH-6 全体の平均硫化物量が 3.04 % と他の試錐孔と比べて高く、これが FE 異常の原因と推定される。LINE-N', LINE-O では板状の FE 異常源が推定されたが LINE-O' では柱状の FE 異常が推定されるので、LINE-N', LINE-O 付近の地下構造と異なった地下構造が考えられる。

MF異常は測点 20 付近を中心によくまとまっており、FE異常とはよく対応して分布し、幾分 LINE-O より強い MF 異常を示唆している。

○ LINE-P

この測線の比抵抗は低比抵抗と中比抵抗で、大部分が占められている。測点 22 以東に分布する低比抵抗帯はモンズナイト質岩に対比される。

測点 20 付近以西に分布する中比抵抗は、地表地質調査結果よりみて閃緑岩に対比されると考える。

FE異常は測点 20 付近を中心にして西側に傾斜の緩い「ハの字」型を示している。この分布から異常源は傾斜した柱状のモデルが想定されるが傾斜の方向は明らかでない。

MF異常は測点 18 付近にて、やや小さくまとまりをみせてはいるものの、異常値そのものは弱くなっている。

測点 24 以東の MF 値は低比抵抗による擬似異常と考える。

○ LINE-Q

この測線の比抵抗値は低比抵抗、中比抵抗、高比抵抗を示し低比抵抗はモンズナイト質岩に対比されると考える。測点 20 付近以西の中比抵抗、高比抵抗は LINE-P と同様閃緑岩に対比されるものと考えられる。

FE異常は測点 18 付近下部に低異常が分布していて異常源は深部に移行していることを示唆している。

MF異常は FE 異常同様小さくまとまりをみせているが、異常値も弱く北方より連続して捕捉されてきた異常帯は、この測線近近で収束するものと思われる。

3-4 IP異常帯の区分について

3-2, 3-3の結果から各IP異常帯について要約すると次の様になる。

Table 2-7

異常帯	FE値および異常源の形状	AR分布	異常深度	化探示徴	分布の規模
A異常帯	5%未満 ほとんど柱状	低比抵抗帯～超 高比抵抗帯複 雑な分布	地表下 浅部から 深部へ	一部一致	LINE A～Iにわたって 連続し最大巾1.5Kmを 有し北方および南南西方面に 連続する可能性がある。
B異常帯	4%未満 形状不明	中比抵抗帯単純 な分布	地表下深部の 300m以下	ほぼ一致	小規模で水平方向への発展性 はみとめられない。
O異常帯	5%未満 柱状、板状 と変化する	超低比抵抗帯 ～高比抵抗帯 単純な分布	地表化浅部 から深部へ	ほぼ一致	LINE-J'～Pの中央部 にみとめられ異常帯の範囲は 南北に約2.5Km東西に約 500mである。特徴は異常 源の形状深度が変化しており 複雑な構造を示している ことである。

以上の如く、A異常帯、B異常帯、およびO異常帯のFE値はほぼ類似しているが、これに対し比抵抗の分布、および推定された異常源の形状がそれぞれ異っている。

こうした事実は各々独立した異常帯を示唆するもので、それぞれ異った地質的背景を予想させるものである。

これはPL. II-5-1の地表地質調査結果から知られるように、A異常帯付近は火成岩および堆積岩が発達しているのに対し、O異常帯付近は主として火成岩の発達がみとめられ、こうした地質的構造の相違に起因するものであろう。

第 4 章 ま と め

本調査地域は電氣的ノイズが少なく、電極接地条件も良好で電流も多く流すことが出来たので、測定は全般的に安定しており信頼度の高い結果が得られた。

調査の結果得られたF.B異常を表にとりまとめて示す。

Table 2 - 8 調査結果一覧表

異常帯	測線	測 点	推定 頭 部 深 度	異常の程度	異常源形状, 推定
A	A	測点 8 付近～測点 18 付近	C測線では地表に露出。 他の測線では落頭で地 表直下から 300 m 以内。	強異常	形状
	B	10 / ～ / 22 /		柱状	
	C	8 / ～ / 20 /		不明	
	C'	18 / 以西		不明	
	D			不明	
	D'	14 / ～測点 22 付近		弱異常	不明
	E	4 / ～ / 10 /		強異常	柱状
	F	10 / 以西		不明	
	G			不明	
B	E	測点 16 付近～測点 24 付近	地表直下から 300 m 以 内。 異常の強い部分は 300 m 前後と推定される。	弱異常	不明
	F	18 / ～ / 28 /		不明	
	G	18 / ～ / 28 /		なし	
	H				
C	J'	測点 18 付近～測点 22 付近	地表直下から 300 m 以 内。	強異常	不明
	K	20 / ～ / 22 /		柱状	
	K'	16 / ～ / 22 /		不明	
	L	12 / ～ / 28 /		不明	
	L'	16 / ～ / 22 /		板状	
	M	16 / ～ / 22 /		柱状	
	M'	14 / ～ / 22 /		弱異常	不明(柱状?)
	N	16 / ～ / 26 /		中異常	板状
	N'	18 / ～ / 22 /		不明	
	O	18 / ～ / 24 /		弱異常	不明
	O'	16 / ～ / 24 /		強異常	柱状
P	16 / ～ / 24 /	中異常	不明		

これらのF E異常は何に起因しているかは、情報試錐が不十分である現在明らかではないが、

1. 地質調査結果よりC異常帯には硫化鉄物を比較的多く含んだモンズナイト質岩が観察されており、C異常帯の範囲もこのモンズナイト質岩の分布とほぼ一致する。また地化探異常もC異常帯の範囲とほぼ一致している。

2. A、B異常帯は地質調査結果明らかにされた脊斜軸の軸部にほぼ沿っており、この軸部付近の地下にモンズナイト質岩のような貫入岩体の存在の可能性が推定されること。

より、現時点ではF E異常はモンズナイト質岩に関連あるものと想像される。

今回のI P法により明らかになった事実および推定される事項は次のとおりである。

1) 1971年度、1972年度の空中調査、地質調査、重力探査より明らかにされたYanri地域を支配する主要な構造はNNW-SS Eの方向である。今回のI P法においては、A異常帯は調査範囲内ではほぼN-S方向、B異常帯はほぼNNW-SS E方向、C異常帯はほぼNNW-SS E方向へ配列していることが認められており、異常帯の分布はこの地域を支配する主要な構造に規制されているものと推定される。

2) この地域以外でも屢々観察される現象であるが、現在まで行われた6本の情報試錐より得た知見では、銅の含有量の多い所はF E異常の強い所に必ずしも一致していない。事実LINE-M測点21付近のDDH-4は地表下数米から約100mに至るまでのモンズナイト質岩に平均約0.8%程度の銅鉄化がありながら、F E弱異常帯に位置している。

またLINE-K測点26付近のDDH-3では80mから180mまで平均約0.6%程度の銅鉄化を伴ったスカム帯を捕捉したがF E異常の範囲外に位置している。しかし、F E異常値が強い所で行われたDDH-2、DDH-6では硫黄分を分析した結果他の試錐孔よりは計算上硫化鉄物の含有量が比較的多いことが認められる。

従って、この地域でのF E異常は硫化鉄物に起因しているものであらうと思われる。

3) A異常帯はLINE-AからLINE-Iまでのほぼ中央部から西側にかけて捕捉された異常帯で調査域内ではほぼN-S方向に分布し、その最大巾は1.5kmにおよび、この異常帯はさらに北方向および南東方向に伸展するものと推測される。この異常帯に属する異常源の形状は柱状のものと想定されるものがほとんどであり、異常帯の分布も地質調査から明らかにされた脊斜構造の軸部に沿っている。このような脊斜構造の軸部には地質的にみてモンズナイト質岩のような貫入岩体が進入していることも考えられる。従って異常源は貫入岩体およびそれにより周辺におよぼした変質が捕捉された可能性がある。

4) B異常帯はLINE-EからLINE-Gのほぼ中央部附近に捕捉された異常で、異常源の強い部分が、深部にあると思われる異常値の分布を示しているので、この調査域の探査深度では異常源の形状は明らかでない。

この異常もA異常帯と同じく脊斜構造の軸部に沿って分布しているのでA異常帯と類似の異常源によるものと思われる。

5) C異常帯は調査地域南部の LINE-J から LINE-P の中央部付近に捕捉された異常帯でその規模は巾約500 m, 延長約2.5 kmにおよんでいる。

C異常帯の異常源は形状・深度が比較的变化に富んでいることがA, B異常帯と異なる特徴であり, C異常帯の地下構造がA, B異常帯に比較すると複雑であることが推定される。

C異常帯は地質調査より明らかにされた比較的に鉄化変質の強いモンズナイト質岩が周辺にほぼ一致していることから, この異常はモンズナイト質岩およびモンズナイト質岩が周辺およびしたと思われる変質を示すものであろう。また地化探異常もC異常帯によく対応していることから, 銅鉄化を探索する観点からすればC異常帯が一番高く評価されるべきであろう。但し, 情報試錐より得られた知見ではFE異常の強さと銅鉄化の程度が必ずしも正相関を示していない事実およびC異常帯の地下構造が変化に富んでいる可能性のあることを十分に考慮しなければならない。

6) 前記A, B, C異常帯以外ではLINE-Jの東端測点38付近にスカム帯に対比されると思われる弱FE値が捕捉されたのみで他の場所では異常が捕捉されていない事実より, この調査域内では, A, B, C異常帯およびその周辺とLINE-J測点28付近に今後探索の目を向けて行くべきであろう。

第Ⅲ部 試 錐

第Ⅲ部 試 錐

第1章 試錐の概要	Ⅲ - 3
第2章 試錐工法および使用機械	Ⅲ - 5
第3章 試錐作業	Ⅲ - 10
3-1 設営作業	Ⅲ - 10
3-2 移設作業	Ⅲ - 10
3-3 撤収作業	Ⅲ - 10
3-4 コアリングの状況と泥水管理	Ⅲ - 10
3-5 掘進状況	Ⅲ - 13

List of Tables

Table 3-1	Drilling Equipment and Consumed Materials		
	A. Model "TBS-5"	III - 6	
	B. Supplies and Drill Parts Consumed	III - 8	
Table 3-2	Moving Operations	III - 11	
Table 3-3	Summary Record of Drilling Results (DDH-1)	III - 16	
Table 3-4	- ditto - (DDH-2)	III - 17	
Table 3-5	- ditto - (DDH-3)	III - 18	
Table 3-6	- ditto - (DDH-4)	III - 19	
Table 3-7	- ditto - (DDH-5)	III - 20	
Table 3-8	- ditto - (DDH-6)	III - 21	
Table 3-9	Generalized Results of Diamond Core Drilling	III - 22	
Table 3-10	(1) Data of Drilling Works (DDH-1)	III - 23	
Table 3-10	(2) - ditto - (DDH-2)	III - 24	
Table 3-10	(3) - ditto - (DDH-3)	III - 25	
Table 3-10	(4) - ditto - (DDH-4)	III - 26	
Table 3-10	(5) - ditto - (DDH-5)	III - 27	
Table 3-10	(6) - ditto - (DDH-6)	III - 28	

Appendices (Drilling)

PL. III-1	Location Map of Drill-Hole of the Coroccohuayco-Huaccollo Area	
Annex 1	Specifications Diamond Bits and Reaming Shells	A - 99
Annex 2	Table Showing Drilling Progress (DDH-1)	A - 101
Annex 3	- ditto - (DDH-2)	A - 102
Annex 4	- ditto - (DDH-3)	A - 103
Annex 5	- ditto - (DDH-4)	A - 104
Annex 6	- ditto - (DDH-5)	A - 105
Annex 7	- ditto - (DDH-6)	A - 106

第1章 試 錐 の 概 要

この試錐は、地質および鉱床の概要を把握することを目的として、1973年10月19日から作業を開始し、1973年12月11日に全工事を終了した。この期間中に実施した試錐は、DDH-1孔からDDH-6孔に至る6本で、掘進総延長1,503.6mである。

作業は、日本人技術員6名と、管理者1名を基幹要員とし、現地の協力を得て地元の Yauri 地方から共同作業者を雇入れて、6クルー（1クルーの構成人員4名）編成とし、3交替作業を実施した。

この工事に使用した試錐機（TBS-5型）2台および付帯ポンプ、ロッド、掘削用具等は日本から輸出して現地に持込み、ワイヤーライン工法を採用してコア採取率の向上と工程上昇につとめた。

Yauri 地域は、Andes 山中に在る海拔約4,000mの高地にあり、本工事期間中は、朝晩の気温差のはげしい冬季間に向い、作業用水の凍結の懸念も多く、かつ雨季をひかえていたため、一時的に集中豪雨に見舞われ、トラック輸送困難に陥ったこともあった。

しかし、本工事は日本から派遣した技術員と、現地人の協力によって苛酷な自然条件を克服し、概ね予定どおりの工期で目的の工事を終了した。

作業の内容については、次章から逐次報告するが、試錐の成果は次のとおりである。

Drill hole No	October		November		December	
	10	20	10	20	10	20
DDH - 1		250.4 m				
DDH - 2				250.5 m		
DDH - 3		250.2 m				
DDH - 4				251.1 m		
DDH - 5				251.1 m		4th
DDH - 6						11th

なお、各試錐孔の掘進順序は次のとおりである。

1 号 機 DDH-1, DDH-2, DDH-6

2 号 機 DDH-3, DDH-4, DDH-5

この工事は、前述のとおり延日数 53 日間で終了し、1日平均1台当り掘進長は約 14.2 m であった。

また、コア採取率 6 孔平均約 100 パーセントに達し、極めて好成績を収めることができた。

全工事期間を通じて労働災害もなく、作業上の大きなトラブルも発生しなかったことは、工期の短縮に寄与した。

第2章 試錐工法および使用機械

試錐対象の岩石類は、塩基性深成岩類、斑状貫入岩類、石灰石、珪岩および頁岩などが主体であって、一部に破砕帯、変質帯の出現も予測されたため、ベントナイトを基剤とする泥水工法、NQ、BQワイヤーライン方式ならびにNX、BXケーシング工法により目的の達成につとめた。

表土の厚さは、DDH-1、DDH-2孔において約40 mにも達したが、南部の各孔は約7 m程度であった。

このため、口切りには101 mmφメタルビット(HX)を使用し、岩盤に達着すればNQダイヤモンドビットに切換えてワイヤーライン方式を適用するプログラムをたて、NX、BXケーシングパイプを挿入して孔壁の安定をはかり掘進能率向上につとめた。

各孔とも、最終孔径はBQ(60 mmφ)で仕上げたが、コア採取率は、表土部分を除いてほとんど100パーセントに達し極めて好成績を収めた。

この工事に使用した試錐機類の型式、仕様は次表のとおりである。

Table 3-1 DRILLING EQUIPMENT AND CONSUMED MATERIALS

A. MODEL "TBS-5"

MODEL AND NAME		SPECIFICATIONS									
DRILLING MACHINE											
MODEL, TBS-5 (TONE BORING CO.)	2 SETS	CAPACITY	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="890 448 1070 488">ROD SIZE</th> <th data-bbox="1070 448 1329 488">DEPTH (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="890 488 1070 519">A; AW</td> <td data-bbox="1070 488 1329 519">300</td> </tr> <tr> <td data-bbox="890 519 1070 551">B; BW</td> <td data-bbox="1070 519 1329 551">250</td> </tr> <tr> <td data-bbox="890 551 1070 582">N; NW</td> <td data-bbox="1070 551 1329 582">200</td> </tr> </tbody> </table>	ROD SIZE	DEPTH (m)	A; AW	300	B; BW	250	N; NW	200
ROD SIZE	DEPTH (m)										
A; AW	300										
B; BW	250										
N; NW	200										
		<p>OVERALL NET MEASUREMENT; $H \times L \times W = 1,295 \text{ m/m} \times 1,630 \text{ M/M} \times 9.75 \text{ m/m}$</p> <p>WEIGHT: LESS POWER UNIT 700 KG</p> <p>INNER DIA. OF SPINDLE; 80 m/m</p> <p>SPINDLE STROKE; 500 m/m</p> <p>HOIST; PLANETARY GEAR, BAND BRAKE, ROPE SPEED, B SERIES, 12, 24, 40, 58 (m/m)</p> <p>MAX. HOISTING CAPACITY 1,500 kg</p> <p>OIL PUMP; TYPE, VARIABLE VOLUME VANE, CAPACITY, 1,800 r/m 0 ~ 26 l/min WORKING PRESSURE, 10 ~ 30 kg/cm². MAX WORKING PRESSURE, 35 kg/cm²:</p> <p>POWER UNIT; DIESEL ENGINE, (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) MODEL, KE-31 HORSE POWER, 2,000 r/m 30.5 P.S. MAX TORQUE, kgm/rpm 11/2, 200 ~ 2,400</p> <p>BORE AND STROKE 79.4 m/m 111.1 m/m</p>									
DRILLING PUMP MODEL; 535-RQ (NIPPON LONG YEAR)	2 SETS	<p>OVERALL NET MEASUREMENT; $H \times L \times W = 900 \text{ M/M} \times 2,000 \text{ m/m} \times 1,000 \text{ m/m}$</p> <p>WEIGHT; LESS POWER UNIT 330 kg</p>									

A. (continued)

MODEL AND NAME		SPECIFICATIONS																
<p>MUD MIXER MODEL MCB-100A (TONE BORING CO.)</p>	<p>2 SETS</p>	<p>CYLINDER BORE AND STROKE; 70 m/m × 70 m/m</p> <p>DISPLACEMENT; 18 l/min ~ 140 l/min</p> <p>POWER UNIT; DIESEL ENGINE (YANMER DIESEL CO.) MODEL F-7Y</p> <p>RELATED POWER; 2,000 r/m 7 ps</p> <p>TANK CAPACITY; 125 l</p> <p>EFFECTIVE CAPACITY; 100 l</p> <p>PROPELLER REVOLUTION; 800 ~ 1,000 r/m</p> <p>WEIGHT; LES POWER UNIT 110 kg</p> <p>POWER UNIT; DIESEL ENGINE (YANMER DIESEL CO.) MODEL F-4Y</p> <p>RELATED POWER; 2,000 r/m 4 ps</p>																
<p>DERRICK</p>	<p>2 SETS</p>	<p>PIPE DERRICK; HEIGHT, 8.5 m</p> <p>MAX LOAD CAPACITY; 3 t</p>																
<p>GENERATOR MODEL NT-65K (YANMER DIESEL CO.)</p>	<p>1 SET</p>	<p>CAPACITY; 1 kva</p> <p>VOLTAGE; 100 v</p> <p>ELECTRIC CURRENT; 10 a</p>																
<p>DRILLING TOOLS</p>		<p>DRILL ROD</p> <table data-bbox="957 1534 1276 1624"> <tr> <td>NQ-3m</td> <td>60 pcs</td> </tr> <tr> <td>BQ-3m</td> <td>120 pcs</td> </tr> </table> <p>CASING PIPE</p> <table data-bbox="957 1657 1276 1881"> <tr> <td>NX-3m</td> <td>20 pcs</td> </tr> <tr> <td>" 1.5m</td> <td>10 "</td> </tr> <tr> <td>" 0.5m</td> <td>10 "</td> </tr> <tr> <td>BX-3m</td> <td>60 "</td> </tr> <tr> <td>" 1.5m</td> <td>10 "</td> </tr> <tr> <td>" 0.5m</td> <td>10 "</td> </tr> </table>	NQ-3m	60 pcs	BQ-3m	120 pcs	NX-3m	20 pcs	" 1.5m	10 "	" 0.5m	10 "	BX-3m	60 "	" 1.5m	10 "	" 0.5m	10 "
NQ-3m	60 pcs																	
BQ-3m	120 pcs																	
NX-3m	20 pcs																	
" 1.5m	10 "																	
" 0.5m	10 "																	
BX-3m	60 "																	
" 1.5m	10 "																	
" 0.5m	10 "																	
<p>WIRE LINE HOIST</p>		<p>ATTACHED TO BORING MACHINE</p>																

B. SUPPLIES AND DRILL PARTS CONSUMED

DESCRIPTION	SPECIFICATIONS	UNITS	QUANTITY						TOTAL
			DDH-1	DDH-2	DDH-3	DDH-4	DDH-5	DDH-6	
LIGHT OIL		ℓ	1,600	2,590	1,520	2,000	1,370	1,530	10,610
MOBIL OIL	ENGINE	ℓ	45	46	77	74	51	45	338
MISSION OIL	GEAR	ℓ	21	27	40	10	15	7	120
TURBINE OIL	OIL PRESSURE	ℓ	25	10	30	10	20	15	110
SPINDLE OIL		ℓ	3	5	5	4	5	3	25
GREASE		kg	19	25	10	15	17	20	106
BENTONITE	25kg/Pack	pack	64	105	96	81	55	104	505
CARBOXY METHYL CELLULOSE		kg	16	30	8	5	10	14	83
METAL CROWN	10m/m	pc	2	3	2	2	1	2	12
SINGLE CORE TUBE	99m/m x 0.5m	set	1		1				2
DOUBLE CORE TUBE	NQ-WL	set	2	1	2	1		1	7
CORE TUBE HEAD	NQ-WL	pc	2	1	2	1	1	1	8
CORE TUBE HEAD	BQ-WL	pc	2	2	2	1	1	1	9
CASING METAL SHOE	NX	pc	1	1	1	1	1	1	6
CASING METAL SHOE	BX	pc	1	1	1	1	1	1	6
DIAMOND BIT	NQ	pc	3	1	2	3	3	5	17
DIAMOND BIT	BQ	pc	5	20	2	4	4	2	38
DIAMOND REAMER	NQ	ps	1	1	1	1	1	2	7
DIAMOND REAMER	BQ	ps	1	2	2	1	2	1	8
CEMENTE	50kg/pack	pack	3	3	2	2	2	3	15
RAG		kg	14	15	15	15	25	25	109
CORE BOX	NX	pc	9	7	23	16	22	34	111
CORE BOX	BX	pc	28	27	23	31	23	15	147
BOARD	3m/m	m ²	4		4				8
SQUARE TIMBER		m ³	4		4				8
WIRE	# 10	kg	13	12	15	10	20		70
NAIL		kg	3	3	4	4	10		24
WIRE ROPE	12m/m x 20m	pc	1		1				2
WIRE ROPE	5m/m x 300m	pc	1		1				2

Table 3-1-B. (continued)

DESCRIPTION	SPECIFICATION	UNITS	QUANTITY						TOTAL
			DDH-1	DDH-2	DDH-3	DDH-4	DDH-5	DDH-6	
MANILA ROPE	15m/m x 30m	pc	1		1				2
PIPE WRENCH	900m/m	pc	2		2				4
PIPE WRENCH	600m/m	pc	2		2				4
PIPE WRENCH	450m/m	pc	2		2				4
CORE HAMMER DRIVER		pc	3	4	3	3	3	3	19
BALL BEARING		pc	2	1	1	1	2	3	10
HEAD SHEAVE		pc					1	1	2
CORE LIFTER		pc	4	4	4	4	4	4	24
CORE LIFTER CASE		pc	2	2	3	3	2	2	14
INNER TUBE		pc	2	2	2	2	2	2	12
OUTER TUBE		pc	2		2		1	1	6
V-PACKING		pc	12		12		12	12	48
PISTON ROD		pc		2		2			4
PISTON RUBBER		pc	4	4	4	4			16
VALVE SHEET		pc		8		8			16
CHUK PICE		pc			6			6	12
SUCTION HOSE	50m/m x 3m	pc	1		1			2	4
V-BELT	KE-31 Engines	pc		1		1			2
OIL ELEMENT	"	pc	1	1	1	1	1	1	6
ELEMENT FUEL	"	pc	1	1	1	1	1	1	6
NEEDLE VALVE	F4Y Engine	set	1		1		1	1	4
INTAKE & EXH. VALVE	"	set		1		1			2
SUB & EXH. VALVE	"	set		1		1			2
DELIVERY VALVE	"	set	1	1	1	1			4
NEEDLE VALVE	NT-65K Engine	set	1	1	1	1			4
INTAKE & EXH. VALVE	"	set					1	1	2
SUB & EXH. VALVE	"	set	1		1				2
DELIVERY VALVE	"	set		1		1			2
PRESSURE GAUGE	80kg/cm ²	pc		1			1		2
SPEED METER		pc		1			1		2

第3章 試 錐 作 業

3-1 設 営 作 業

日本から派遣した技術員(6名)は、管理者の指揮引率のもとに、10月19日現地 Yauri で関係官庁へ挨拶したあと、シープで現場踏査を行ない、作業員の雇入れ、機材運搬準備、宿舍設営段取り等を開始した。

作業予定地一帯は、海拔約4,000mの高原とはいえ、比較的地形が平坦であったため、予じめ試錐計画地点をむすんでブルドーザーにより運搬道路を造作した。これらの道路延長は、約14Kmに達した。

このため、試錐機材は、4トトラックで夫々の試錐予定地点まで直送することが出来て、孔間移動の時間がきわめて短縮された。

宿舍は、先発の調査員が建設居住していたキャンプ3棟を利用した。

試錐用水は、Pampa を流れる小川および湿地を堀り下げて取水設備を造り、自然勾配の利用と揚水ポンプによって2'φ×1,600m、1'φ×800mのパイプで配管して使用した。

3-2 移 設 作 業

孔間移設作業には小型トラックを利用したが、事前に建設したブルドーザー道路のため、試錐機の孔間移設は約1日で終った。

なお、試錐機が小型軽量であったことも移設作業の迅速化に役立った。各孔間の移設状態は次表のとおりである。

3-3 撤 収 作 業

'TBS-5' 試錐機2台で、10月20日同時に設営開始した。

1号機は、DDH-1~DDH-2~DDH-6の3孔延752mを掘進して12月11日工事終了した。

2号機は、DDH-3~DDH-4~DDH-5の3孔延751.6mを掘進して12月4日に終了した。

このため、2号機は12月6日ケーシングパイプの抜管、試錐機、櫛、送配水パイプを解体し、1号機は5日おくれで12月11日解体撤収作業を終り、リマ倉庫にトラックで輸送し格納した。

3-4 コアーリングの状況と泥水管理

DDH-1およびDDH-2の2孔において厚い表土層を確認した。各孔別の表土の厚さは次

Table 3-2 MOVING OPERATIONS

ITEM	DRILL HOLE NO.	DDH-1		DDH-2		DDH-3		DDH-4		DDH-5		DDH-6		TOTAL
		DAY	MAN DAY	DAY	MAN DAY	DAY	MAN DAY	DAY	MAN DAY	DAY	MAN DAY	DAY	MAN DAY	
MOVING OPERATION	IN	20TH OCT. 1973	8TH NOV. 1973	20TH OCT. 1973	7TH NOV. 1973	23RD NOV. 1973	29TH NOV. 1973	29TH NOV. 1973						
	OUT	22ND OCT. 1973	8TH NOV. 1973	21ST OCT. 1973	7TH NOV. 1973	23RD NOV. 1973	29TH NOV. 1973	29TH NOV. 1973						
PREPARATIONS		6TH NOV. 1973	27TH NOV. 1973	5TH NOV. 1973	21ST NOV. 1973	3RD DEC. 1973	10TH DEC. 1973	10TH DEC. 1973						
		7TH NOV. 1973	28TH NOV. 1973	6TH NOV. 1973	22ND NOV. 1973	4TH DEC. 1973	11TH DEC. 1973	11TH DEC. 1973						
		DAY	MAN DAY	DAY	MAN DAY	DAY	MAN DAY	DAY	MAN DAY	DAY	MAN DAY	DAY	MAN DAY	
HAULAGE		0.5	7	0.5	5							0.5	6.5	2
INSTALLATION		1.5	17	1.5	24			0.5	6	0.5	10.5	0.5	8	5
TOTAL		2.0	24	2	29			0.5	6	0.5	10.5	1	14.5	7
WATER PIPE		0.5	10	2	18			1.5	12	3	30	1	10	9
ACCESS ROAD		8	85	2	20			5	60	6	60	7	108	38
TOTAL		8.5	95	4	38			6.5	72	9	90	8	118	47
REMOVAL		1.5	16.5	1.5	24			1.5	20	1.5	19.5	1.5	17.5	9
		1.5	16.5	1.5	24			1.5	20	1.5	19.5	1.5	17.5	9
PIPE REMOVAL		0.5	10	0.5	4			0.5	6	0.5	5	1	12	4
HAULAGE				1	12			0.5	12	0.5	16	0.5	18	2.5
ROAD REINSTATEMENT		0.5	5	1	10			2	20	2	14	4	56	12.5
TOTAL		1	15	3	26			3	38	3	35	5.5	86	23.2
GRAND TOTAL		13	150.5	10	117			11.5	136	14	155	16	236	81
														939.5

のとおりで、北部が厚く、南部は薄くなった。

DDH-1 : 43.4 m DDH-2 : 41.5 m

DDH-3 : 3.0 m DDH-4 : 6.0 m

DDH-5 : 7.5 m DDH-6 : 6.8 m

以上の表土層を経て夫々着岩したあとは、閃緑岩質岩、モンゾニ質岩等の比較的均質な岩石がつゞいたため、概ね計画どおりの穿孔が可能となった。

まず、口切りは101mmφ(HX)でスタートし、泥水を使用しながら出来るだけ深くまで穿孔し、その後NXケーシングパイプを挿入し、NQワイヤーラインで穿孔してからBXケーシングにおとして作業を続けた。

BXケーシングパイプの挿入深度は、DDH-1孔およびDDH-2孔は70~80mにとどまったが、これらは鋭意泥水工法を活用した結果であり、一応ベントナイト利用の成果と考えたい。

コアリングは、適正なワイヤーライン方式の導入によってほぼ100パーセントに近い採取率を確保した。表土を除くコア採取率の各孔別実績は次のとおりである。

DDH-1 : 100 % DDH-2 : 100 %

DDH-3 : 100 % DDH-4 : 100 %

DDH-5 : 99.9 % DDH-6 : 100 %

採取したコアは、プラスチック製のコア箱に収納した。コア箱数は次のとおり、NQ 111個、BQ 147個、計 258 個であった。

泥水は、ベントナイトを基剤とし、カルボキシ・メチルセルローズ(CMC)を添加剤として泥水を調整し、利根ボーリング社製「MCE-100A」泥水ミキサーを用いて凍結を防止しながら適正濃度と粘性の確保につとめた。

各孔別の調泥剤消費量は次のとおりである。

DDH-1 : ベントナイト 1,600 kg, CMC : 16 kg

DDH-2 : ベントナイト 2,625 kg, CMC : 30 kg

DDH-3 : ベントナイト 2,400 kg, CMC : 8 kg

DDH-4 : ベントナイト 2,025 kg, CMC : 5 kg

DDH-5 : ベントナイト 1,375 kg, CMC : 10 kg

DDH-6 : ベントナイト 2,600 kg, CMC : 14 kg

合計 ベントナイト 12,625 kg

8.4 kg/m

CMC 83 kg

0.055 kg/m

掘進成績は、別表(3-8)のとおりで、1方当り最底5.83m、最高10.69m、平均7.63mであった。

3-5 掘進状況

各孔別の掘進の状況は次のとおりである。

3-5-1 DDH-1孔

掘進長 250.4m コア採取率 100%

開始日 10月20日 終了日 11月6日

1973年10月20日試錐機据付け、8.5mのパイプ檣を組立て。10月21日配水管1^φ×200mを布設して孔口のセメント工事を終り、10月22日掘進開始した。

表土の厚さは約10m程度と予想して101mmメタルビットで口切り、スタートしたところ、砂礫まじりの表土堆積層は意外に深く、孔口から43.4mでようやく着岩した。その後128mからモンゾニ岩質岩になり、195m付近で少量の湧水があったが、とくに異常を起すこともなくBQワイヤーラインビットで掘進しつゞけ、11月6日250.4mで終了した。この間孔底までモンゾニ岩質岩が連続した。

まず第1孔目でもあり、表土が厚いことから慎重な段取りでスタートし、ケーシングパイプで孔壁を保護しながら、泥水工法によりNQ、BQワイヤーライン方式によったところ、表土の厚さ43mであったが、実際に挿入したケーシングパイプは、NX:4.5m、BX:78mであり、ベントナイトを基剤とした泥水工法は一応成功した。

採取したコアは、NQ9箱、BQ28箱となった。

3-5-2 DDH-2孔

掘進長 250.5m コア採取率 100%

開始日 11月8日 終了日 11月27日

2^φ揚水管400mを布設して、3m×4m×1mの用水タンクに貯水する準備をしたが、取水点の水量が不足気味であった。

11月9日から掘進開始し、101mm~NQワイヤーライン方式で穿孔したが、DDH-1孔と同様に表土が厚く覆っており、41.5mでようやく着岩して閃緑岩質岩を捕えた。

63m付近から頁岩になり、99mで珪岩が現われたが、111mから再び頁岩となって、131mでモンゾニ岩、140m付近から硬い岩脈、164mでまたも頁岩の出現をみた。このあと192mから孔底まで珪岩で終了した。

ケーシングパイプは、NX:22.5m、BX:70mにとどまった。

採取したコアは、NQ7箱、BQ27箱となった。

3-5-3 DDH-3孔

掘進長 250.2 m コア採取率 100%

開始日 10月22日 終了日 11月5日

101mmビットでスタートしたところ、ここでは表土は極めてうすく、僅か3mで閃緑岩に着岩した。その後79.7mから厚さ約2mのスカムとなったが、やがて閃緑岩類、頁岩の薄層と変わり、94m付近で石灰岩が現われた。

このため、異常湧水または逸水等の異常の発生を懸念し、直ちにBXケーシングパイプを挿入して事故防止につとめた。

岩質は、119m付近から石灰岩がスカム化しており、約66mの厚さを確認したが、185.3m以下孔底までモンゾニ岩質岩類の連続に終わった。

ケーシングパイプ挿入深度は、NX:6.1m, BX:107mですんだ。

採取したコアは、NQ 23箱, BQ 23箱となった。

3-5-4 DDH-4孔

掘進長 250.3 m コア採取率 100%

開始日 11月7日 終了日 11月21日

機械据付けのとき、試錐ポンプのエンジン故障を発見したため、直ちにヤンマーディーゼル、'F-7Y'と取りかえた。

表土は僅かに6mで終り、以下孔底まで全長岩質の大きな変化もなく石英モンゾニ斑岩が連続した。

108m付近で、一時孔壁の崩壊現象が現われたが、泥水の粘度調整により特段の事故につながることなく順調に掘進した。

以上の4孔の掘進実績によって、ケーシング挿入の時点もほぼ安定して系統的な工法が確立できた。

また、ベントナイトとCMCの配合添加比についても夫々の実績が現われ、気温の変化と用水温度に留意すれば大事故を発生する危険も防止できることが明らかとなった。

ケーシングパイプの挿入深さは、NX:10.5m, BX:79mで、採取したコアはNQ 16箱, BQ 31箱となった。

3-5-5 DDH-5孔

掘進長 251 m コア採取率 99.9%

開始日 11月23日 終了日 12月6日

この孔も表土は浅く、孔口から8mで着岩して以下孔底まで全長にわたりあまり変質のない閃緑岩質岩類が連続した。

掘進方法は、これまでの4孔の実績をもとに、概ね定形的なケーシング挿入、泥水工法を採

用し、NXケーシングは孔口から9m、BXケーシングパイプは105m挿入した。

ビットは、口切りに101mmメタルビット、次いでNQワイヤーライン、BQワイヤーラインで穿孔した。

また、作業に習熟してきたこと、および岩質が比較的安定していたことが原因して、掘進工程はこれまでの最高値を示し、1方当り10mの好記録を残した。

採取したコアは、NQ 22箱、BQ 23箱であった。

なお、11月下旬から雨模様の日が多くなり、11月29日には集中豪雨のため運搬道路が傷んで資材搬入が阻害された。

3-5-6 DDH-6孔

掘進長 251.1m コア採取率 100%

開始日 11月29日 終了日 12月10日

地表から6.8mで着岩し、DDH-4孔およびDDH-5孔と同様に孔底まで全長閃緑岩類が連続した。

掘進は、前述の5孔と同じ方式で、口切り101mmメタルビットのあと、NQ~BQワイヤーラインで穿孔して順調に進捗した。

ケーシングは、NX 6.5m、BX 163m挿入した。

コアは、NQ 34箱、BQ 15箱となった。

以上6孔のコアは、NQ 111箱、BQ 147箱となり、夫々入念にコア鑑定ののち分析資料を採取したあと所定の倉庫に格納した。

なお、各孔で消費したセメントは、何れも孔口の固定用に2~3袋(100~150kg)使ったのみで、試錐孔の事故対策用には全く使用しなかった。

以上の試錐実績については、夫々3-2、3-3、3-4、3-5、3-6および3-7表に各孔の掘進総括表を、また3-8表には掘進成績表を示した。

SUMMARY RECORD OF DRILLING RESULTS

Table 3-3 DDH-1

DRILLING PERIODS	PERIODS			NUMBER OF DAYS	ACTUAL WORKING DAYS	DAY OFF	TOTAL NUMBER OF WORKERS			
	PREPARATION	20 TH OCT. 1973 - 22 ND OCT. 1973		2.5	2.5		34			
	DRILLING	22 ND OCT. 1973 - 6 TH NOV. 1973		15.0	12.0	3	179			
	REMOVING	6 TH NOV. 1973 - 7 TH NOV. 1973		1.5	1.5		16.5			
TOTAL	20TH OCT. 1973 - 7TH NOV. 1973			19.0	16.0	3	229.5			
DRILLING LENGTH	PLANNED LENGTH	250.00 ^m			CORE RECOVERY FOR EACH 100M SECTION					
	INCREASE OR DECREASE IN LENGTH	0.40 ^m	CORE LENGTH	207.00 ^m	DEPTH OF HOLE	SECTION	TO-TAL	DEPTH OF HOLE	SECTION	TO-TAL.
	LENGTH DRILLED	250.40 ^m	CORE RECOVERY	100% (83)	0 - 100 ^m	59%	59%			
WORKING TIME	DRILLING	120°50'	50.8%	45.3%	100 - 200 ^m	100%	78%			
	HOISTING & LOWERING, ROD	16°15'	6.8%	6.1%	200 - 250.40	100%	83%			
	HOISTING & LOWERING I. T.	38°15'	16.1%	14.3%		%	%			
	MISCELLANEOUS	28°00'	11.8%	10.5%	EFFICIENCY OF DRILLING					
	REPAIRING	1°20'	0.6%	0.5%	250.40m/WORK PERIOD		13.2 ^m /DAY			
	OTHERS	33°00'	13.9%	12.3%	250.40m/WORKING DAYS		15.7 ^m /DAY			
	TOTAL	237°40'	100%	%	250.40m/DRILLING PERIOD		16.7m/DAY			
CASING PIPE INSERTED	RE-MOVING	PREPARATION	19°50'	7.5%	250.40m/ ^{NET} DRILLING DAYS		20.9m/DAY			
		MOVING	10°00'	3.5%						
	G. TOTAL	29°50'	100%	TOTAL WORKERS/250.40		0.92 SHIFT				
	PIPE SIZE & METERAGE	INSERTED LENGTH / DRILLING LENGTH (%)	RECOVERY CASING PIPE	TOTAL DRILLING WORKERS/250.40		0.71 SHIFT				
	NX 4.50	1.8%	100%							
	%	%	HOISTING & LOWERING 10 TIMES		HOISTING & LOWERING 152 TIMES					
BX 78.00	31.2%	100%	REMARKS							

SUMMARY RECORD OF DRILLING RESULTS

Table 3-4 DDH-2

DRILLING PERIODS	PERIODS				NUMBER OF DAYS	ACTUAL WORKING DAYS	DAY OFF	TOTAL NUMBER OF WORKERS				
	PREPARATION	8 TH NOV. 1973 - 8 TH NOV. 1973							1.0	1.0		12.5
	DRILLING	9 TH NOV. 1973 - 27 TH NOV. 1973							18.5	15.5	3.0	187.0
	REMOVING	27 TH NOV. 1973 - 28 TH NOV. 1973							1.5	1.5		14.5
TOTAL	8 TH NOV. 1973 - 28 TH NOV. 1973			21.0	18.0	3.0	219.0					
DRILLING LENGTH	PLANNED LENGTH	250.00 ^m			CORE RECOVERY FOR EACH 100M SECTION							
	INCREASE OR DECREASE IN LENGTH	0.50 ^m	CORE LENGTH	209.00 ^m	DEPTH OF HOLE	SECTION	TOTAL	DEPTH OF HOLE	SECTION	TOTAL		
	LENGTH DRILLED	250.50 ^m	CORE RECOVERY	100% (83.4)	0 - 100 ^m	59.3%	59.3%					
WORKING TIME	DRILLING	158° 10'	43.8%	41.7%	100 - 200 ^m	100%	79.5%					
	HOISTING & LOWERING ROD	57° 30'	15.9%	15.2%	200 - 250.50 ^m	100%	83.4%					
	HOISTING & LOWERING I.T.	61° 40'	17.1%	16.3%		%	%					
	MISCELLANEOUS	35° 30'	9.8%	9.4%	EFFICIENCY OF DRILLING							
	REPAIRING	3° 10'	0.9%	0.8%	250.50m/WORK PERIOD		11.9m/DAY					
	OTHERS	45° 00'	12.5%	11.9%	250.50m/WORKING DAYS		13.9m/DAY					
	TOTAL	361° 00'	100%	%	250.50m/DRILLING PERIOD		13.5m/DAY					
CASING PIPE INSERTED	REMOVING	PREPARATION	7° 00'	1.8%	250.50m/NET DRILLING DAYS		16.2m/DAY					
		MOVING	11° 00'	2.9%								
	G. TOTAL	379.00°		100%	TOTAL WORKERS/250.50		0.87 SHIFT					
	PIPE SIZE & METERAGE	INSERTED LENGTH DRILLING LENGTH %	RECOVERY CASINO PIPE	TOTAL DRILLING WORKERS/250.50		0.75 SHIFT						
NX 22.50 ^m	9.8%	100%										
	%	%	HOISTING & 30 LOWERING TIMES		HOISTING & 264 LOWERING I.T. TIMES							
BX 70.00 ^m	27.9%	100%	REMARKS									

SUMMARY RECORD OF DRILLING RESULTS

Table 3-5 DDH-3

DRILLING PERIODS	PERIODS			NUMBER OF DAYS	ACTUAL WORKING DAYS	PAY OFF	TOTAL NUMBER OF WORKERS			
	PREPARATION	20 TH OCT. 1973 - 21 ST OCT. 1973			2	2		29		
	DRILLING	22 ND OCT. 1973 - 5 TH NOV. 1973			14.5	11.5	3	140		
	REMOVING	5 TH NOV. 1973 - 6 TH NOV. 1973			1.5	1.5		24		
TOTAL	20TH OCT. 1973 - 6TH NOV. 1973			18	15	3	193			
DRILLING LENGTH	PLANNED LENGTH	250.00 ^m		CORE RECOVERY FOR EACH 100M SECTION						
	INCREASE OR DECREASE IN LENGTH	0.20 ^m	CORE LENGTH	247.20 ^m	DEPTH OF HOLE	SECTION	TOTAL	DEPTH OF HOLE	SECTION	TOTAL
	LENGTH DRILLED	250.20 ^m	CORE RECOVERY	100% (98.8)	0 - 100 ^m	97%	97%			
WORKING TIME	DRILLING	94*40'	43.4%	39.0%	100 - 200 ^m	100%	98%			
	HOISTING & LOWERING, ROD	10*20'	4.8%	4.3%	200 - 250.20 ^m	100%	98.8%			
	HOISTING & LOWERING, I. T.	49*20'	22.6%	20.3%		%	%			
	MISCELLANEOUS	28*20'	13.0%	11.7%	EFFICIENCY OF DRILLING					
	REPAIRING	5*30'	2.5%	2.3%	250.20m/WORK PERIOD		13.9m/DAY			
	OTHERS	29*50'	13.7%	12.3%	250.20m/WORKING DAYS		16.7m/DAY			
	TOTAL	218*00'	100%	%	250.20m/DRILLING PERIOD		17.3m/DAY			
	REMOVING	PREPARATION	14*00'		5.8%	250.20m/NET DRILLING DAYS		21.8m/DAY		
	MOVING	10*30'		4.3%						
	G. TOTAL	24*30'		100%	TOTAL WORKERS/250.20		0.77 SHIFT			
CASING PIPE INSERTED	PIPE SIZE & METERAGE		INSERTED LENGTH DRILLING LENGTH %	RECOVERY CASING PIPE	TOTAL DRILLING WORKERS/250.20		0.56 SHIFT			
	NX 6.10 ^m		2.4%	100%						
			%	%	HOISTING & LOWERING 9 TIMES		HOISTING & LOWERING I. T. 187 TIMES			
	BX 107.00 ^m		42.8%	100%	REMARKS					

SUMMARY RECORD OF DRILLING RESULTS

Table 3-6 DDH-4

DRILLING PERIODS	PERIODS			NUMBER OF DAYS	ACTUAL WORKING DAYS	PAY OFF	TOTAL NUMBER OF WORKERS				
	PREPARATION	7 TH NOV. 1973 - 7 TH NOV. 1973						0.5	0.5		6.0
	DRILLING	7 TH NOV. 1973 - 21 ST NOV. 1973						14.0	12.0	2.0	141.0
	REMOVING	21 ST NOV. 1973 - 22 ND NOV. 1973						1.5	1.5		20.0
TOTAL	7TH NOV. 1973 - 22ND NOV. 1973		16.0	14.0	2.0	167.0					
DRILLING LENGTH	PLANNED LENGTH	250.00 ^m		CORE RECOVERY FOR EACH 100M SECTION							
	INCREASE OR DECREASE IN LENGTH	0.30 ^m	CORE LENGTH	244.30 ^m	DEPTH OF HOLE	SECTION	TO-TAL	DEPTH OF HOLE	SECTION	TO-TAL	
	LENGTH DRILLED	250.30 ^m	CORE RECOVERY	100% (97)	0 - 100 ^m	95%	95%				
WORKING TIME	DRILLING	106°40'	41.3%	39.2%	100 - 200 ^m	100%	96%				
	HOISTING & LOWERING, ROD	22°40'	8.8%	8.3%	200 - 250.30 ^m	100%	97%				
	HOISTING & LOWERING, I. T.	59°30'	23.0%	21.9%		%	%				
	MISCELLANEOUS	30°40'	11.9%	11.3%	EFFICIENCY OF DRILLING						
	REPAIRING	4°50'	1.9%	1.8%	250.30m/WORK PERIOD		15.6m/DAY				
	OTHERS	34°00'	13.1%	12.5%	250.30m/WORKING DAYS		17.9m/DAY				
	TOTAL	258°20'	100%	%	250.30m/DRILLING PERIOD		17.9m/DAY				
	REMOVING	8°40'		3.2%	250.30m/NET DRILLING DAYS		20.9m/DAY				
CASING PIPE INSERTED	G. TOTAL	272°00'		100%	TOTAL WORKERS/250.30m		0.67 SHIFT				
	PIPE SIZE & METERAGE	INSERTED LENGTH DRILLING %	RECOVERY CASING PIPE	TOTAL DRILLING WORKERS/250.30m		0.56 SHIFT					
	NX 10.50m	4.2 %	100%								
				HOISTING & 14 LOWERING TIMES		HOISTING & 199 LOWERING I.T. TIMES					
	BX 79.00m	31.6%	100%	REMARKS							

SUMMARY RECORD OF DRILLING RESULTS

Table 3-7 DDH-5

DRILLING PERIODS	PERIODS			NUMBER OF DAYS	ACTUAL WORKING DAYS	PAY OFF	TOTAL NUMBER OF WORKERS				
	PREPARATION	23 RD NOV. 1973 - 23 RD NOV. 1973			0.5	0.5		10.5			
	DRILLING	23 RD NOV. 1973 - 3 RD DEC. 1973			10.0	9.0	1.0	104.5			
	REMOVING	3 RD DEC. 1973 - 4 TH DEC. 1973			1.5	1.5		19.5			
	TOTAL	23RD NOV. 1973 - 4TH DEC. 1973			12.0	11.0	1.0	134.5			
DRILLING LENGTH	PLANNED LENGTH	250.00 ^m			CORE RECOVERY FOR EACH 100M SECTION						
	INCREASE OR DECREASE IN LENGTH	1.10 ^m	CORE LENGTH	243.10 ^m	DEPTH OF HOLE	SECTION	TOTAL	DEPTH OF HOLE	SECTION	TOTAL	
	LENGTH DRILLED	251.10 ^m	CORE RECOVERY	99.9% (97)	0 - 100 ^m	92%	92%				
WORKING TIME	DRILLING	87°10'	49.7%	45.9%	100 - 200 ^m	100%	96%				
	HOISTING & LOWERING, ROD	7°50'	4.6%	4.1%	200 - 251.10 ^m	100%	97%				
	HOISTING & LOWERING, I.T.	39°10'	22.4%	20.6%		%	%				
	MISCELLANEOUS	26°10'	15.0%	13.8%	EFFICIENCY OF DRILLING						
	REPAIRING	7°10'	4.1%	3.8%	251.10m/WORK PERIOD			20.9m/DAY			
	OTHERS	7°30'	4.2%	3.9%	251.10m/WORKING DAYS			22.8m/DAY			
	TOTAL	175°00'	100%	%	251.10m/DRILLING PERIOD			25.1m/DAY			
	REMOVING	PREPARATION	5°00'		2.6%	251.10m/NET DRILLING DAYS			27.9m/DAY		
		MOVING	10°00'		5.3%						
	O. TOTAL	190°00'			100%	TOTAL WORKERS/251.10m			0.54 SHIFT		
CASING PIPE INSERTED	PIPE SIZE & METERAGE	INSERTED LENGTH DRILLING LENGTH	RECOVERY CASING PIPE	TOTAL DRILLING WORKERS/251.10m			0.42 SHIFT				
	NX 9.00m	3.6%	100%								
		%	%	HOISTING & LOWERING TIMES			7 HOISTING & LOWERING I.T. TIMES				
	BX 105.00m	43.8%	100%	REMARKS							

SUMMARY RECORD OF DRILLING RESULTS

Table 3-8 DDH-6

DRILLING PERIODS	PERIODS			NUMBER OF DAYS	ACTUAL WORKING DAYS	PAY OFF	TOTAL NUMBER OF WORKERS			
	PREPARATION	29 TH NOV. 1973 - 29 TH NOV. 1973		1	1		14.5			
	DRILLING	30 TH NOV. 1973 - 10 TH DEC. 1973		10.5	8.5	2	107.5			
	REMOVING	10 TH DEC. 1973 - 11 ST DEC. 1973		1.5	1.5		17.5			
TOTAL	29TH NOV. 1973 - 11ST DEC. 1973		13	11	2	139.5				
DRILLING LENGTH	PLANNED LENGTH	250.00 ^m			CORE RECOVERY FOR EACH 100M SECTION					
	INCREASE OR DECREASE IN LENGTH	1.10 ^m	CORE LENGTH	251.10 ^m	DEPTH OF HOLE	SECTION	TOTAL	DEPTH OF HOLE	SECTION	TOTAL
	LENGTH DRILLED	251.10 ^m	CORE RECOVERY	100%	0 - 100 ^m	100%	100%			
WORKING TIME	DRILLING	96*20'	47.6%	44.5%	100 - 200 ^m	100%	100%			
	HOISTING & LOWERING, ROD	9*30'	4.7%	4.4%	200 - 251.10 ^m	100%	100%			
	HOISTING & LOWERING, I. T.	40*40'	20.1%	18.7%		%	%			
	MISCELLANEOUS	28*50'	14.3%	13.5%	EFFICIENCY OF DRILLING					
	REPAIRING		%	%	251.10m/WORK PERIOD		19.32m/DAY			
	OTHERS	27*00'	13.3%	12.7%	251.10m/WORKING DAYS		22.82m/DAY			
	TOTAL	202*20'	100%	%	251.10m/DRILLING PERIOD		23.91m/DAY			
	RE-MOVING	PREPARATION	7*00'		3.2%	251.10m/NET DRILLING DAYS		29.54m/DAY		
	MOVING	6*40'		3.0%						
	G. TOTAL	216*00'		100%	TOTAL WORKERS/251.10 ^m		0.56 SHIFT			
CASING PIPE INSERTED	PIPE SIZE & METERAGE	INSERTED LENGTH DRILLING % LENGTH		RECOVERY CASING PIPE	TOTAL DRILLING WORKERS/251.10 ^m		0.43 SHIFT			
	NX 6.50 ^m	2.6%		100%						
		%		%	HOISTING & 11 LOWERING TIMES		HOISTING & 189 LOWERING I.T. TIMES			
	BX 163.00 ^m	64.9%		100%	REMARKS					

GENERALIZED RESULTS OF DIAMOND CORE DRILLING

Table 3-9

DRILL HOLE NO.	TYPE OF MACHINE	DRILLING PERIOD	DRILLED LENGTH	CORE		NUMBER OF DRILLING SHIFT			DRILLING SPEED	
				LENGTH	RE-COVERY	DRIL-LING	CASING, ETC.	TOTAL	* m/SHIFT	** m/SHIFT
			m	m	%	SHIFT	SHIFT	SHIFT		
D.D.H-1	TBS-5	COM. OCT. 20, 1973 FIN. NOV. 7, 1973	250.40	(soil=43.40) 207.00	100 (83)	28	5	33	7.59	8.94
D.D.H-2	TBS-5	COM. NOV. 8, 1973 FIN. NOV. 28, 1973	250.50	(soil=41.50) 209.00	100 (83.4)	43	4	47	5.33	5.84
D.D.H-3	TBS-5	COM. OCT. 20, 1973 FIN. NOV. 6, 1973	250.20	(soil=3.00) 247.20	100 (98.8)	25	5	30	8.34	10.01
D.D.H-4	TBS-5	COM. NOV. 7, 1973 FIN. NOV. 22, 1973	250.30	(soil=6.00) 244.30	100 (97)	30.5	3.5	34	7.36	8.21
D.D.H-5	TBS-5	COM. NOV. 23, 1973 FIN. DEC. 4, 1973	251.10	(soil=7.50) 243.10	99.9 (97)	23	3	26	9.66	10.92
D.D.H-6	TBS-5	COM. NOV. 29, 1973 FIN. DEC. 11, 1973	251.10	(soil=6.80) 251.10	100 (100)	23.5	3.5	27	9.30	10.69
TOTAL	6 HOLE	COM. OCT. 20, 1973 FIN. DEC. 11, 1973	1,503.60	1,401.70	100	173	24	197	8.69	7.63

NOTES:

COM : Commenced

FIN : Finished

* Drilled length per one shift covering total works conducted.

** Drilled length per one shift covering net drilling operations.

DATA OF DRILLING WORKS

Table 3-10 (1), D.D.H. -1

WORKING TIME & EFFICIENCY	DRILLING		HOISTING & LOWERING ROD		HOISTING & LOWERING I. TUBE		MISCELLANEOUS		REPAIRING		OTHERS		TOTAL		WORKERS		CALCULATION PERIOD
	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	TOTAL NUMBER OF WORKERS	WORKERS/M	
0 - 50	25:30'	0:29'	3:50'	0:04'	1:10'	0:01'	5:10'	0:06'	1:00'	0:01'	8:00'	0:09'	44:40'	0:50'	50	0.94	0 - 53.40
50 - 100	28:00'	0:32'	3:35'	0:04'	7:05'	0:08'	10:10'	0:12'	20'	0:00'4"	7:00'	0:08'	56:10'	1:03'	51.5	0.99	53.40 - 106.6
100 - 150	25:50'	0:31'	1:30'	0:02'	9:10'	0:11'	3:30'	0:04'			6:00'	0:07'	46:00'	0:55'	28.5	0.57	106.60 - 156.50
150 - 200	20:50'	0:29'	3:50'	0:05'	9:10'	0:13'	3:00'	0:04'			6:00'	0:08'	42:50'	0:59'	22.5	0.52	156.50 - 200.00
200 - 250	20:40'	0:25'	3:30'	0:04'	11:40'	0:14'	6:10'	0:07'			5:00'	0:06'	47:00'	0:56'	30.5	0.61	200.00 - 250.4
TOTAL	120:50'	0:29'	16:15'	0:04'	38:15'	0:09'	28:00'	0:07'	1:20'	0:00'3"	32:00'	0:08'	236:40'	0:57'	183	0.73	
	51.0		7.0		16.0		12.0		0.5		13.5		100%				

DATA OF DRILLING WORKS

Table 3-10 (2), D.D.H. -2

WORKING TIME & EFFICIENCY DEP. TH OF SECTION	DRILLING		HOISTING & LOWERING ROD		HOISTING & LOWERING L. TUBE		MISCELLANEOUS		REPAIRING		OTHERS		TOTAL		WORKERS		CALCULATION PERIOD
	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	TOTAL NUMBER OF WORKERS	WORKERS/M			
0 - 50	9*50	0*12	2*10	0*03	3*50	0*05	3*10	0*04	2*00	0*03	4*00	0*05	25*00	0*31	14.5	0.30	0 - 48.50
50 - 100	33*45	0*38	5*50	0*07	10*45	0*12	5*30	0*06			8*00	0*09	63*50	1*20	33.5	0.63	48.50 - 101.0
100 - 150	36*35	0*41	6*40	0*07	13*15	0*15	6*40	0*07			9*10	0*10	72*20	1*34	36.5	0.68	101.90 - 156.0
150 - 200	35*10	0*46	24*00	0*31	15*30	0*20	9*50	0*13	30	0*00*6"	10*50	0*14	95*50	2*07	50.5	1.09	156.00 - 202.2
200 - 250	42*50	0*53	16*10	0*20	18*20	0*23	6*00	0*08	40	0*00*8"	12*00	0*15	96*00	1*59	50.0	1.04	202.20 - 250.5
TOTAL	158*10	0*38	54*50	0*13	61*40	0*15	31*10	0*08	3*10	0*00*8"	44*00	0*11	353*00	1*25	185	0.38	
	44.7		15.4		17.5		9.0		1.0		12.4		100%				

DATA OF DRILLING WORKS

Table 3-10 (3). D.D.H. - 3

WORKING TIME & EFFIC- IENCY	DRILLING		HOISTING & LOWERING ROD		HOISTING & LOWERING I. TUBE		MISCELLA- NEOUS		REPAIRING		OTHERS		TOTAL		WORKERS		CALCULA- TION PERIOD
	WOR- KING TIME	TIME/M KING TIME	WOR- KING TIME	TIME/M KING TIME	WOR- KING TIME	TIME/M KING TIME	WOR- KING TIME	TIME/M KING TIME	WOR- KING TIME	TIME/M KING TIME	WOR- KING TIME	TIME/M KING TIME	TOTAL NUMB- ER OF WORK- ERS	WORK- ERS/M			
															0 - 50	50 - 100	
0 - 50	15:50	0:21	1:00	0:01	5:00	0:07	3:40	0:05	1:30	0:02	6:00	0:08	33:00	0:44	32	0.71	0 - 45.20
50 - 100	22:30	0:22	30	0:00:5	7:00	0:07	5:00	0:05	5:00	0:05	40:00	0:39	30.5	0.49	45.20 - 107.00		
100 - 150	15:20	0:19	3:50	0:05	8:30	0:11	7:30	0:09	4:50	0:06	40:00	0:50	22.5	0.47	107.00 - 154.7		
150 - 200	17:50	0:26	2:00	0:03	14:40	0:21	3:30	0:05	4:00	0:06	6:00	0:09	48:00	1:09	25	0.60	154.70 - 196.3
200 - 250	23:10	0:26			14:10	0:16	4:40	0:05	6:00	0:07	48:00	0:53	30	0.56	196.30 - 250.2		
TOTAL	94:40	0:23	7:20	0:02	49:20	0:12	24:20	0:06	5:30	0:01	27:50	0:07	209:00	0:50	140	0.56	
	45.0		3.4		24.0		12.0		2.5		13.1		100%				

DATA OF DRILLING WORKS

Table 3-10 (4) D.D.H. -4

WORKING TIME & EFFICIENCY	DRILLING		HOISTING & LOWERING ROD		HOISTING & LOWERING I. TUBE		MISCELLANEOUS		REPAIRING		OTHERS		TOTAL		WORKERS		CALCULATION PERIOD
	WORKING TIME/M	WORKING TIME	WORKING TIME/M	WORKING TIME	WORKING TIME/M	WORKING TIME	WORKING TIME/M	WORKING TIME	WORKING TIME/M	WORKING TIME	WORKING TIME/M	WORKING TIME	WORKING TIME/M	WORKING TIME	TOTAL NUMBER OR WORKERS	WORKERS/M	
0 - 50	21'10"	0'25"	3'00"	0'04"	11'00"	0'13"	7'10"	0'08"	1'40"	0'02"	7'00"	0'08"	51'100"	1'00"	31.5	0.62	0 - 51.10
50 - 100	23'20"	0'29"	3'40"	0'05"	10'50"	0'14"	8'00"	0'10"	3'10"	0'04"	7'00"	0'09"	56'00"	1'17"	30.5	0.64	51.10 - 98.90
100 - 150	22'10"	0'23"	1'10"	0'01"	14'50"	0'15"	3'50"	0'04"			6'00"	0'06"	48'00"	0'49"	25	0.43	98.90 - 157.2
150 - 200	18'50"	0'25"	8'10"	0'10"	10'00"	0'13"	5'00"	0'07"			6'00"	0'08"	48'00"	1'04"	25	0.54	157.20 - 203.3
200 - 250	21'10"	0'27"	6'40"	0'09"	12'50"	0'16"	6'40"	0'09"			7'00"	0'09"	54'20"	1'16"	33.5	0.71	203.30 - 250.3
TOTAL	106'40"	0'26"	22'40"	0'05"	59'30"	0'14"	30'40"	0'07"	4'50"	0'01"	33'00"	0'08"	257'20"	1'03"	151.50	0'61"	
	42.0		9.0		23.0		12.0		0.2		13.0		100%				

DATA OF DRILLING WORKS

Table 3-10 (5) D.D.H. - 5

WORKING TIME & EFFICIENCY	DRILLING		HOISTING & LOWERING ROD		HOISTING & LOWERING I. TUBE		MISCELLANEOUS		REPAIRING		OTHERS		TOTAL		WORKERS		CALCULATION PERIOD
	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	WORKING TIME	TIME/M	TOTAL NUMBER OF WORKERS	WORKERS/M	
0 - 50	20*10'	0*23'	2*10'	0*03'	7*30'	0*09'	7*10'	0*08'			6*00'	0*07'	43*00'	0*49'	26.0	0.49	0 - 52.90
50 - 100	17*00'	0*21'			6*00'	0*07'	5*00'	0*06'			4*00'	0*05'	32*00'	0*38'	17.5	0.34	52.90 - 103.90
100 - 150	16*50'	0*20'	3*00'	0*04'	8*40'	0*10'	6*30'	0*08'			5*00'	0*06'	40*00'	0*48'	19.0	0.38	103.90 - 153.90
150 - 200	15*10'	0*18'	1*20'	0*02'	9*20'	0*11'	2*10'	0*03'			4*00'	0*05'	32*00'	0*37'	17.0	0.33	153.90 - 205.40
200 - 250	18*00'	0*24'	1*20'	0*02'	7*40'	0*10'	5*20'	0*07'	7*10'	0*09'	6*00'	0*08'	45*30'	1*00'	29.0	0.64	205.40 - 251.20
TOTAL	87*10'	0*21'	7*50'	0*02'	39*10'	0*09'	26*10'	0*06'	7*10'	0*02'	25*00'	0*06'	192*30'	0*46'	108.5	0.43	
	45.0		4.0		20.0		14.0		4.0		13.0		100%				

DATA OF DRILLING WORKS

Table 3-10 (6) D.D.H. -6

WORKING TIME & EFFIC. INDEX	DRILLING		HOISTING & LOWERING ROD		HOISTING & LOWERING I. TUBE		MISCELLANEOUS		REPAIRING		OTHERS		TOTAL		WORKERS	CALCULATION PERIOD	
	WORKING TIME	TIME/M. WORKING	WORKING TIME	TIME/M. WORKING	WORKING TIME	TIME/M. WORKING	WORKING TIME	TIME/M. WORKING	WORKING TIME	TIME/M. WORKING	WORKING TIME	TIME/M. WORKING	WORKING TIME	TIME/M. WORKING			TOTAL NUMBER OR WORKERS
0 - 50	17*10'	0*21'	1*10'	0*02'	5*30'	0*07'	4*10'	0*05'	5*00'	0*06'	5*00'	0*06'	33*00'	0*41'	19.0	0.39	0 - 48.30
50 - 100	20*30'	0*23'	2*20'	0*03'	8*00'	0*09'	4*10'	0*05'	5*00'	0*06'	5*00'	0*06'	40*00'	0*44'	21.0	0.38	48.30 - 103.00
100 - 150	21*45'	0*25'	1*30'	0*02'	12*25'	0*14'	6*20'	0*07'	6*00'	0*07'	6*00'	0*07'	48*00'	0*56'	29.0	0.56	103.00 - 154.90
150 - 200	20*45'	0*25'	3*00'	0*04'	9*35'	0*12'	8*40'	0*11'	6*00'	0*06'	6*00'	0*06'	48*00'	0*58'	21.0	0.43	154.90 - 204.20
200 - 250	16*10'	0*21'	1*30'	0*02'	5*10'	0*07'	5*10'	0*07'	4*00'	0*05'	4*00'	0*05'	32*00'	0*41'	22.0	0.47	204.20 - 251.10
TOTAL	96*21'	0*23'	9*30'	0*02'	40*40'	0*10'	28*30'	0*07'	26*00'	0*06'	26*00'	0*06'	201*00'	0*48'	112.0	0.47	
	48.0		5.0		20.0		14.0		13.0				100%				

APPENDICES
(GEOLOGICAL DATA)

Table 1-9 List of Rock Samples

Sample No.	Location	Rock name	Thin section	Polished section	Chemical analysis		X-ray analysis	Dating	Fossil	Pollen	Remarks
					Rock	Ore					
1	Z-11	Meta diorite	○								
2	Y-9	Gabbroic diorite									
3	Y-13	Gabbroic diorite									
4	X-18	Limonite ore									
5	X-21N ₁	Quartzite									
6	X-23N ₁	Quartzite									
7	X-28(1)	Sandstone									
8	X-28(2)	Sandstone									
9	X-28(3)	Quartz monzonite porphyry	○								
10	X-28(4)	Sandstone									
11	X-28(5)	Sandstone									
12	X-30(1)	Quartz monzonite porphyry									
13	W-10	Gabbroic diorite									
14	W-13	Quartz monzonite porphyry									
15	W-36(1)	Quartz monzonite porphyry									
16	B-7-(1)	Porphyritic granodiorite									
17	B-21N ₁	Quartz monzonite porphyry									
18	A-1	Gabbro									
19	A-13	Quartz monzonite porphyry									
20	A-27	Shale									
21	B-10R	Granodioritic porphyry									
22	B-19R	Shale	○								
23	B-26R	Quartzite									

Sample No.	Location	Rock name	Thin section	Polished section		Chemical Analysis		X-ray analysis	Dating	Fossil	Pollen	Remarks
				section	Rock	Ore	Rock					
24	B-27R	Porphyritic granodiorite										
25	B-30R	Quartz monzonite porphyry										
26	B-1R	Gabbro - Diorite										
27	B-18	Diorite porphyry	○									
28	C-2	Gabbroic diorite										
29	C-17M	Monzonite porphyry	○			○						
30	C-20R	Granodiorite					○					
31	C-20(2)	Gossan										
32	C-21	Quartz monzonite porphyry										
33	C-26	Porphyritic granodiorite										
34	C-2	Gabbro										
35	D-5	Shale										
36	D-2	Meta gabbro	○				○		○			
37	D-3	Porphyritic granodiorite										
38	D'-8M	Skarn										
39	D-8	Porphyritic granodiorite										
40	E-19	Quartz monzonite porphyry	○									
41	E-27	Quartz monzonite porphyry										
42	E-35	Quartz monzonite porphyry										
43	E-28M	Skarn										
44	E-282M	Metallic mineral										
45	E-34	Limestone										
46	F-4	Quartzite										
47	F-7	Shale										

Sample No.	Location	Rock name	Thin section	Polished section	Chemical analysis		X-ray analysis	Dating	Fossil	Pollen	Remarks
					Rock	Ore					
48	F'-16	Porphyritic granodiorite									
49	F'-20	Monzonite porphyry									
50	F'-23M	Skarn	○								
51	F'-31	Porphyritic granodiorite	○								
52	F'-29	Skarn magnetite ore									
53	F'-34	Monzonite porphyry									
54	F'-34(2)	Monzonite porphyry									
55	F'-37	Granodiorite		○							
56	G-3M	Skarn									
57	G-M	Quartz monzonite porphyry									
58	G'-4	Monzonite porphyry									
59	G'-11	Sandstone (hornfels)									
60	G-15	Limestone									
61	G-152M	Magnetite with copper									
62	G-20	Granodioritic porphyry									
63	G-18M	Limonite									
64	G'-18M	Iron oxide		○							
65	G'-192M	Sandstone - Shale									
66	G-21R	Magnetite skarn	○								
67	G-213M	Monzonite porphyry									
68	G-21M	Copper									
69	G-34M	Skarn									
70	F'-34	Porphyritic granodiorite									
71	G'-34	Granodioritic porphyry									

Sample No.	Location	Rock name	Thin section	Polished section	Chemical analysis	X-ray analysis	Dating	Fossil	Pollen	Remarks
72	H-14	Porphyritic granodiorite								
73	G'-21	Monzonite porphyry								
74	C'-21M	Magnetite skarn		○						
75	G'-23	Porphyritic granodiorite								
76	G'-25	Limestone								
77	H-17	Monzonite porphyry								
78	H'-0	Gabbro								
79	I-6	Shale								
80	I-4	Gabbro								
81	I-62R	Porphyritic Granodiorite								
82	I-10	Shale								
83	I-11	Sandstone								
84	I-14M	Skarn								
85	I-14	Limestone with limonite								
86	I'-16	Monzonite porphyry								
87	I'-24	Skarn	○	○						
88	I'-40M	Skarn								
89	I'-402M	Iron ore		○						
90	I'-41	Granodioritic porphyry								
91	I'-41N	Skarn with magnetite								
92	I'-14	Micro gabbro	○							
93	I'-25M	Magnetite skarn		○						
94	J-11N1	Diorite								
95	J-14S2	Skarn								

Sample No.	Location	Rock name	Thin section	Polished section	Chemical analysis		X-ray analysis	Dating	Fossil	Pollen	Remarks
					Rock	Ore					
96	J-18S1	Quartz monzonite									
97	J-20S1	Porphyritic diorite									
98	J-22S1	Monzonite									
99	J-10S1	Sandstone									
100	J'-14S1	Quartz monzonite porphyry	○								
101	J'-16S1	Diorite									
102	K-14N2	Andesite									
103	K-19S1	Quartz monzonite porphyry	○	○							
104	K-19S2	Hornblende gabbro	○								
105	K-23N1	Skarn									
106	K-23N2	Monzonite									
107	K'-16N1	Quartz monzonite porphyry									
108	K'-21S1	Quartz monzonite porphyry									
109	L-8N1	Diorite									
110	L-14S1	Diorite	○								
111	L-15S1	Porphyritic granodiorite									
112	L-17S1	Diorite									
113	L'-13S1	Gabbro - Diorite									
114	L'-18S1	Skarn									
115	M-15S1	Quartzite									
116	M'-2N1	Olivine Basalt	○								
117	M'-15N1	Diorite	○								
118	M'-15S2	Diorite	○								
119	M'-18S1	Copper									

Sample No.	Location	Rock name	Thin section	Polished section	Chemical analysis		X-ray analysis	Dating	Fossil	Pollen	Remarks
					Rock	Ore					
120	N-13N1	Gabbroic diorite									
121	N-18S1	Gabbroic rock									
122	N-19N1	Quartz monzonite porphyry	○								
123	N-20N1	Meta gabbro	○								
124	N-24S1	Diorite									
125	N-35S1	Quartz monzonite porphyry									
126	N-35N1	Quartz monzonite porphyry	○								
127	N'-21N1	Monzonite									
128	N'-22S1	Magnetite skarn		○							
129	N'-22	Skarn									
130	N'-39S1	Quartz monzonite porphyry									
131	O'-18S1	Gabbroic diorite									
132	O'-19N	Meta gabbro	○								
133	O-26N1	Porphyritic granodiorite									
134	O-28N1	Limestone									
135	O'-12	Meta-gabbro	○					○			
136	O'-17N1	Diorite									
137	O'-19	Copper									
138	O'-20S1	Gabbro - Diorite									
139	O'-22S1	Chalcopyrite									
140	O'-23-2	Porphyritic granodiorite									
141	O'-24-1	Porphyritic granodiorite									
142	O'-26S1	Diorite									
143	O'-26S2	Limestone									

Sample No.	Location	Rock name	Thin section	Polished section	Chemical analysis		X-ray analysis	Dating	Fossil	Pollen	Remarks
					Rock	Ore					
144	O'-26S2	Diorite									
145	P-0N1	Gabbro - Diorite									
146	P-9N1	Gabbroic diorite									
147	P-10N1	Diorite									
148	P-10N2	Diorite									
149	P-18N1	Diorite									
150	P-21S2	Limonite									
151	P-21S1	Limonite									
152	P-24N1	Magnetite									
153	P-26N1	Gabbro - Diorite									
154	P-27N1	Limestone									
155	P-30N1	Monzonite									
156	P-34N1	Monzonite									
157	P-29N1	Quartz monzonite porphyry	○								
158	P-28S1	Magnetite									
159	P-321N	Diorite									
160	Q-12S1	Gabbroic diorite									
161	Q-15S11	Skarn									
162	Q-14S1	Diorite									
163	Q-19S2	Gabbro	○								
164	Q-19S1	Gabbroic diorite									
165	Q-23N3	Gabbro	○								
166	Q-23N1	Meta gabbro	○								
167	Q-23N2	Quartz monzonite porphyry									

Sample No.	Location	Rock name	Thin section	Polished section	Chemical analysis		X-ray analysis	Dating	Fossil	Pollen	Remarks
					Rock	Ore					
168	Q-24S1	Diorite									
169	Q-25S1	Quartz diorite	○								
170	Q-27S2	Limestone									
171	Q-29-2	Monzonite									
172	Q-31-1	Gabbroic diorite									
173	Q-31S2	Gabbroic diorite									
174	Q'-3-1	Gabbroic diorite									
175	Q-11S1	Gabbroic diorite									
176	Q'-23-1	Monzonite									
177	Q'-39	Quartz monzonite porphyry									
178	Q'-6-1	Monzonite									
179	Q'-6-2	Monzonite									
180	Q'-19-S	Gabbro - Diorite									
181	Q'-20S	Gabbroic diorite									
182	R-23N2	Monzonite									
183	R-24N1	Monzonite									
184	Q'-25-1	Diorite									
185	R-7S1	Monzonite									
186	R-19S1	Diorite									
187	R-24N2	Diorite									
188	R-23N1	Diorite									
189	R-29	Gabbro - diorite									
190	R'-0-1	Rhyolite									
191	R'-1-1	Porphyritic andesite									

Sample No.	Location	Rock name	Thin section	Polished section	Chemical analysis		X-ray analysis	Dating	Fossil	Pollen	Remarks
					Rock	Ore					
192	R'-13-1	Diorite									
193	R'-25	Diorite									
194	R'-31	Diorite									
195	R'-35	Monzonite									
196	S-0	Andesite									
197	S-11	Diorite									
198	S-19	Gabbro - Diorite									
199	S-22	Diorite - Gabbro									
200	S-23	Diorite - Gabbro									
201	Trench	Copper sulphide ore		○							
202	Trench	"		○							
241	Ataraya mine	Quartz monzonite porphyry	○					○			
242	Tintaya mine	Quartz monzonite porphyry	○					○			
243	"	"	○					○			
244	"	Altered latite	○					○			
76'	C'-26R	Quartz monzonite porphyry	○								

DDII-1

Sample No.	Location	Thin section	Polished section	Chemical analysis	X ray analysis	Dating	Remarks
	Depth (m)			Rock			
301	60.5		○				
302	63.6		○				
303	64.3	○	○				Porphyritic granodiorite
304	68	○	○				Molybden bearing granodiorite
305	72.8	○		72.0	75.55	72.0	Porphyritic granodiorite
306	75.55					○	
307	82.4	○		84.0		84.0	
308	95.5	○					Porphyritic granodiorite
309	141.7	○	○				Cataclastic granodiorite
310	147.8	○					Porphyritic granodiorite
311	231.3	○	○				Cataclastic granodiorite

DDH-2

Sample No.	Location	Thin section	Polished section	Chemical analysis	X ray analysis	Dating	Remarks
	Depth (m)			Rock			
312	50.5	○					Quartzite
313	60.5	○	○		60○		Copper bearing monzonite porphyry
314	74.0	○	○				Copper bearing hornfels of slate
315	93.6	○					Hornfels of sandstone
316	117.5	○	○				Molybden & copper bearing monzonite porphyry
317	152.0	○					Old line Basalt
318	158.9	○	○				Copper bearing hornfels of sandstone
319	172.6	○	○				Copper bearing granodiorite

DDH-3

Sample No.	Location	Thin section	Polished section	Chemical analysis Rock	X ray analysis	Dating	Remarks
	Depth (m)						
320	41.1	○	○				Magnetite bearing gabbro
321	50	○					Quartz diorite
322	87.7	○					Lead Copper bearing Limestone Copper bearing skarn
323	91.8	○	○				
325	96.1		○				
326	105.0	○					Limestone Copper bearing marble
327	107.7		○				
328	120				○		
329	129.0	○					Skarn
330	136.7	○	○				Copper bearing skarn
331	159.0	○					Skarn
332	164.3	○					Hornfels of calcareous sandstone
333	171.3	○					Aplite
334	175.0	○					Gabbro
335	200	○					Granodiorite
336	211.0	○					Diorite
337	224.8	○					Granodiorite
338	242.4	○		236		236	Porphyritic granodiorite
339	250.0	○		248		248	Granodiorite

DDH-4

Sample No.	Location (Depth (m))	Thin section	Polished section	Chemical analysis Rock	X ray analysis	Dating	Remarks
340					10 ○		Quartz monzonite porphyry
341 342	18.5 20.0	○	○				
343					40 ○		
344 345	49.9	○			53.2 ○		Quartz monzonite porphyry
346 347 348	61.5 64.8 70	○ ○ ○	○ ○	64 74		64 74	Quartz monzonite porphyry
350	90	○					Quartz monzonite porphyry
351	131.2	○					Quartz monzonite porphyry
352	142.3	○					
353	166.3	○	○				Quartz monzonite porphyry
354	177.3	○	○				Copper bearing quartz monzonite porphyry
355	183.6	○					
356				192	140 ○	192	Quartz monzonite porphyry
357	202	○		204		204	
358 359	220.0 221.1	○ ○	○				Copper bearing quartz monzonite porphyry
360	239.6	○					Quartz monzonite porphyry

DDII-5

Sample No.	Location	Thin section	Polished section	Chemical analysis	X ray analysis	Dating	Remarks
	Depth (m)			Rock			
361					45.60		
362	67.3	○	○				Meta gabbro
363	84.5	○	○				Gabbro
364	98.5	○	○		98.50		Gabbro
365	122.7	○	○				Diorite
366	132.0	○	○				Altered diorite
367 368	172.0	○	○		178.80		Copper bearing gabbro
369	188.9	○	○				Altered gabbro
370	210.0	○					Olivine Basalt
371	240.0	○					Altered diorite
372	250.0	○					Diorite

DDH-6

Sample No.	Location	Thin section	Polished section	Chemical analysis Rock	X ray analysis	Dating	Remarks
	Depth (m)						
373	31.0	○	○				Copper bearing hornblende gabbro
374	74.8	○	○				Calcite vein
375	80.5	○	○		800		Altered diorite
376	93.3	○	○				Copper bearing hornblende gabbro
377	97.0	○	○				
378	113.7	○○	○				Hornblende gabbro
379	114.4	○○	○				
380	116.0	○○	○				Gabbro
381	117.0	○○	○				Altered diorite
382	128.0	○					Gabbro
383	135.6	○					
384	166.1	○					Gabbro
385	234.0	○	○				Gabbro
386	237.3	○					
387					240		Diorite
388	250.3	○	○				Hornblende gabbro

Table I-10 Microscopic Observations

Sample No.	Location	Rock name	Microscopic observations	Remarks
1	Z-11	Meta-diorite	Subhedral and highly sericitized plagioclase and brownish green hornblende with a distinct poikilitic texture are the main constituents. Colourless to pale greenish hornblende with fibrous shape develops along the mantle of brownish hornblende. Hydrothermal minerals are chlorite after mafics, epidote mainly replacing plagioclase and rarely as veinlets, and ore (only magnetite).	
9	X-28R3	Quartz monzonite porphyry	The rock shows porphyritic texture. Phenocrysts of plagioclase, potassic feldspar, biotite and quartz are in the very fine grained groundmass rich in alkali feldspars. Plagioclase has subhedral shape with a grain size of the order of 2 mm. It sometimes shows Carlsbad twinning and is highly saussuritized and carbonitized with slight sericitization. Biotite is almost completely chloritized. As a phenocryst, also occurs quartz with a spherical shape. Chlorite aggregates replace biotite and carbonates are scattered in the groundmass. As a accessory mineral, apatite, sphene and ore (magnetite only) are observed.	
22	B'-18R	Phyllitic slate	The rock is characterized by the microcrenulation and platy cleavage. Main constituents are quartz, sericite, chlorite and hematite. The rock must be affected by the weak metamorphism.	
27	E-18R	Diorite porphyry	Phenocrysts of plagioclase (subhedral, up to 2 mm, always andesine with a acidic mantle), hornblende (subhedral, up to 1 mm, with greenish tint) and sometimes of quartz are scattered in fine-grained groundmass of alkali-feldspar. Feldspar is weakly argillized. Minor accessories are apatite, sphene and ore (magnetite only, fairly rich) to which must be added epidote with normal shape. The rock is weakly altered except for epidotization.	
29	C-17M	Quartz monzonite porphyry	Abundant phenocrysts of plagioclase (euhedral, up to 3 mm, twinned after albite and Carlsbad law) are filled by fine-grained perthitic orthoclase and quartz. Aggregates of fine-grained chlorite may be after biotite. Feldspars are weakly argillized and slightly sericitized. It contains small amounts of sphene, apatite and ore minerals.	

Sample No.	Location	Rock name	Microscopic observations	Remarks
30	C-20R	Quartz monzonite porphyry	The rock has phenocrysts of plagioclase (subhedral, up to 3mm, generally oligoclase sometimes zoned) and potassic feldspar, and brownish biotite (subhedral, up to 1 mm) in a fine-grained equigranular quartz-feldspathic groundmass. Argillization and sericitization of feldspar are weak but universal, and alteration of plagioclase is much intensity than that of potassic feldspar. Biotite has been altered to chlorite from its margin or along the cleavage. The associated minerals are sphene, apatite and later quartz. Pyrite-magnetite dissemination are observed.	
36	D-2	Metagabbro	The rock is medium-grained hypidiomorphic granular in texture, and composed mainly of plagioclase (subhedral, up to 4 mm, twinned after albite, Carlsbad and pericline laws, usually zoned) and hornblende (subhedral prismatic to granular, up to 3 mm, with a pleochroism of X pale brownish yellow, Y brownish yellow and Z brown) with small amounts of cummingtonite, clinopyroxene, apatite, sphene and opaque minerals. Larger crystals of hornblende are commonly poikilitic, enclosing clinopyroxene, plagioclase and opaque minerals. Some hornblendes are partly replaced by small crystals of deep greenish blue-colored hornblende. Cummingtonite occurs commonly as fine-grained aggregates in the core of hornblende. Clinopyroxene is always embraced by hornblende. Small amounts of epidote, chlorite and sericite occur as alteration products.	
40	E-19	Quartz monzonite porphyry	Phenocrysts of plagioclase, potassic feldspar, hornblende and biotite with accessory sphene (fairly rich), apatite and ore, are enclosed in a very fine grained groundmass of alkali feldspars and little quartz. Plagioclase is subhedral, up to 3 mm, sodic andesine, slightly argillized and rarely sericitized. Potassic feldspar is subhedral up to 2 mm, always perthitic orthoclase and in a veinlets. Biotite is chloritized.	
50	F-23M	Skarn	The rock is mainly composed of epidote (= zoisite), actinolite, calcite with handsome grains of sphene. Actinolite is highly chloritized. Accessories are a little garnet and hematite-limonite. Calcite veinlets are present.	

Sample No.	Location	Rock name	Microscopic observations	Remarks
51	F-31R	Quartz monzonite porphyry	Phenocrysts of plagioclase, hornblende, potassic feldspar and biotite are on a fine-grained groundmass being rich in alkali feldspar. Plagioclase is zoned, weakly argillized and twinned after albite, Carlsbad and periclinal law. Biotite is partly chloritized, epidote replacing plagioclase and mafics can be observed and weak epidote-chlorite is present.	
66	G-21R	Quartz monzonite porphyry	Phenocrysts of plagioclase, potassic feldspar and biotite are in the fine-grained holocrystalline groundmass of alkali feldspar and quartz (Phenocrysts of plagioclase > K-feldspar > biotite). Aggregates of biotite and chloritized biotite may be the pseudomorph after essential biotite. Twisted plagioclase and quartz showing wavy extinction may reflect the effect of deformation. Quartz is fragmentally recrystallized (or secondary?). Hematite-sericite concentration can be locally observed.	
76	G-26R	Quartz monzonite porphyry	Phenocrysts of plagioclase (subhedral, up to 2 mm, zoned, generally oligoclase) and phenocrysts of colorless and columnar amphibole (subhedral, up to 2 mm, pale greenish in tinge) are scattered in a very fine-grained groundmass of potassic feldspar or alkali-feldspar and quartz. Accessory minerals are a little biotite, sericite, epidote, quartz and opaque minerals. Aggregates and veinlets of epidote-quartz are present, and opaque minerals are hematite and limonite.	
87	I'-24R	Skarn	It is mainly composed of fibrous actinolite, zoned garnet, fine-grained quartz, chlorite, carbonates and ore minerals. Quartz occurs commonly in the form of fine aggregates filling fractures and cavities. Ore minerals are mostly hydrates of iron and copper by the strong supergene alteration.	
92	I'-14R	Microgabbro	The texture is holocrystalline and fine-grained. Idiomorphic hornblende with brownish tint, which sometimes has a core of clinopyroxene, is widely developed. Plagioclase is also idiomorphic with fine-grained shape and may have a composition of Ab30 An70.	

Sample No.	Location	Rock name	Microscopic observations	Remarks
100	J'-14S1	Quartz monzonite porphyry	Phenocrysts of plagioclase (subbedral, up to 4 mm, zoned, with ranging composition from Ab50 An50 in the core to Ab70 An30 in the mantle) and hornblende (subbedral, up to 1 mm, with a pleochroism of X = yellowish green, Y = brownish green, Z = grass green, slightly chloritized) are common in a fine textured crystalline groundmass of alkali feldspars and quartz. Feldspars are weakly argillized but rarely sericitized. Porphyritic quartz with corroded structure is also found, but not so frequent. Biotite also occur in a second stage in place of parts of the hornblende. Common accessories are apatite, sphene (slightly leucoxenized) and ore magnetite only).	Minor amounts of biotite aggregates and cummingtonite are also present. A little sericite-epidote can be seen along fine fracture. Ore (magnetite only) is fairly abundant. The rock is slightly by altered.
103	K-19S1	Quartz monzonite porphyry	Phenocrysts of zoned plagioclase, potassic feldspar, hornblende and biotite occur in a very fine-grained groundmass rich in alkali feldspar. Plagioclase is zoned, weakly sericitized and twisted with a subbedral shape. Greenish hornblende and brownish biotite with twisted habit may be essential. Secondary biotite is common, but not so abundant as fine aggregates. As an accessory minerals, present are sphene, apatite and ore, and recrystallized quartz (or secondary?) can be seen. Chlorite is formed along the cleavage of biotite. This rock is weakly chloritized.	
104	K-19S2	Hornblende gabbro	The texture is holocrystalline, equigranular with medium-grained crystals. Main constituents are plagioclase (subbedral, up to 2 mm, calcic labradorite), handsome crystals of brownish hornblende with poikilitic texture, which are partly altered to cummingtonite and brownish biotite. Hornblende sometimes have a core of clinopyroxene. Sometimes thin veinlets of potassic feldspar can be observed. Accessories are a little sericite, clay and ore (magnetite only). The alteration of this rock is very weak.	

Sample No.	Loca ion	Rock name	Microscopic observation	Remarks
110	L-14SI	Diorite	The rock shows equigranular, holocrystalline and medium-grained texture. Main constituents are plagioclase (subhedral, up to 2 mm., zoned with a ranging composition from basic bytownite to labradorite), potassic feldspar (perthitic orthoclase) and hornblende (sometimes with clinopyroxene core with a pleochroism of X = pale greenish brown, Y = brownish green, Z = brownish green). Fine grained biotite occurs in the part of basic core of plagioclase, which had been saussuritized, may be the product by the thermal alteration. A little chlorite-epidote-sericite are secondary stage products.	
116	M'-2N1	Olivine basalt	In a holocrystalline groundmass of lath-shaped plagioclase and granules of augite with a glassy base, present are phenocrysts of olivine (partly altered to iddingsite), augite (sometimes with ophitic texture) and plagioclase.	
118	M'-15S2	Diorite	The rock, showing fine-textured, and equigranular, is mainly composed of such minerals as follows: plagioclase (subhedral, sometimes porphyritic, up to 1 mm), clinopyroxene with a distinct cleavage, and a little cummingtonite-biotite replacing clinopyroxene. Accessories are sphene and ore. A little epidote (zoisite) and sericite are secondary products after plagioclase. The alteration of this rock is very weak.	
122	N19-n1	Quartz monzonite porphyry	The rock shows porphyritic texture, composed of phenocryst of plagioclase (subhedral, up to 3 mm, zoned with a core of Ab80 An20 having albitic mantle). Potassic feldspar (subhedral, up to 2 mm, almost perthitic with very fine lamellae of albite), columnar hornblende (subhedral, with a pleochroism of X = greenish brown, Y = brownish green, Z = greenish) and brownish biotite scattered in a fine-grained holocrystalline groundmass of quartz and feldspar. As accessories, there occur sphene, apatite, a few hornblende and ore (magnetite). Quartz vein has cut across the rock.	

Sample No.	Location	Rock name	Microscopic observation	Remarks
123	N-20M	Meta-gabbro	The rock shows a hypidiomorphic granular texture, and consists mainly of plagioclase (subhedral, bytownite to labradorite, zoned), hornblende (subhedral, commonly enclosing plagioclase crystals poikilitically, with a pleochroism of pale yellow to brownish green) and clinopyroxene (subhedral, up to 1 mm). Abundant aggregates of fine-grained biotite replace hornblende and clinopyroxene, suggesting that it has been suffered from some thermal effect. A little cummingtonite also replaces hornblende. Plagioclase is weakly argillized and sericitized.	
126	N35-N1	Quartz monzonite porphyry	The rock is slightly cataclastic, but no disturbance of texture, and rich in hematite-limonite (granular, after sulphides?). Constituent minerals are phenocrysts of plagioclase (fairly argillized, a little sericitized), later quartz mainly associated with iron oxides, a little completely chloritized biotite and a little sericite. Groundmass is very fine-grained and composed of alkali-feldspar fairly argillized.	
128	N'-22SI	Skarn	It is mainly composed of diopside, actinolite and magnetite, and contains a small amount of garnet. Actinolite is possibly formed later than diopside. Fine-grained biotite is later than actinolite formation and commonly associated with magnetite and a little quartz. Sericite and clay minerals are fairly commonly produced. It is distinctly weathered and thin veinlets of carbonates fill the fractures.	
129	N'-22	Skarn	The rock is mainly composed of diopside and actinolite (diopside, actinolite), and actinolite is later than diopside. The original rock is may be calcic in composition. Accessory minerals are garnet, sericite, clay, green biotite, ore and quartz. Magnetite-green copper - iron oxide - calcite is latest stage minerals.	
132	0'-19N	Meta-gabbro	The essential minerals are plagioclase, hornblende and clinopyroxene. Plagioclase (subhedral, up to 2 mm, zoned twinned after Carlsbad and albite law, bytownite core with more acid mantle, rare sericitization of plagioclase), and hornblende (subhedral up to 3 mm, with a pleochroism of X = yellowish green, Y = brownish green, Z = brownish green, sometimes with poikilitic texture) are common. Clinopyroxene occur	

Sample No.	Location	Rock name	Microscopic observation	Remarks
135	O-12	Meta-gabbro	<p>It is medium-grained hypidiomorphic in texture, and composed mainly of plagioclase (subhedral, up to 3 mm, with polysynthetic twinning, distinctly zoned), hornblende (subhedral granular to prismatic, up to 2 mm, with a pleochroism of X pale yellow, Y pale yellowish brown and Z yellowish brown), clinopyroxene and orthopyroxene with very small amounts of cummingtonite and olivine. Hornblende is frequently replaced by green hornblende marginally and/or spottedly. Clinopyroxene, orthopyroxene, cummingtonite and olivine are always enclosed by hornblende. A little biotite occurs as fine-grained and ill-formed flakes. Opaque minerals, apatite and sphene are also present as accessory minerals. Clinzoisite-epidote, chlorite, sericite and carbonates are alteration products. Plagioclase is commonly sericitized and sometimes is altered to clinzoisite-epidote.</p>	<p>in the core part of hornblende. Secondary cummingtonite in place of hornblende is present. Accessory minerals are a little sericite, biotite and ore (magnetite only). Biotite is also formed, perhaps resulting from the replacement of original hornblende.</p>
157	P-29N	Quartz monzonite porphyry	<p>The texture is porphyritic. Phenocrysts are plagioclase, orthoclase, biotite and quartz, enclosed in the fine-grained holocrystalline groundmass of alkali-feldspar. Most abundant are plagioclase with a composition of Ab70 An30. Secondary minerals are calcite, sericite, and chlorite (Calcite > sericite > chlorite). Ore is magnetite only and very poor in amount.</p>	
163	Q-19	Gabbro	<p>The rock is mainly composed of clinopyroxene and plagioclase with accessory minerals of a little sericite, muscovite, chlorite and ore (magnetite only). Cataclastic vein develops. The texture is hypidiomorphic.</p>	
165	Q-23N3	Gabbro	<p>The rock shows medium-grained and hypidiomorphic granular texture. The mineral association is plagioclase (subhedral, up to 4 mm, zoned), clinopyroxene (subhedral, up to 0.5 mm) and hornblende (subhedral,</p>	

Sample No.	Location	Rock name	Microscopic observation	Remarks
166	Q-23	Meta-gabbro	<p>up to 3 mm, sometimes showing poikilitic texture, with a pleochroism of X = yellowish, Y = brownish green, Z = brownish green, occasionally surrounding the core of clinopyroxene). Porphyritic crystals of plagioclase and hornblende sometimes occur. Cummingtonite is also present as a secondary altered products replacing brownish hornblende. Accessory minerals are sphene and ore. Enclaves rich in clinopyroxene are observed.</p> <p>The rock shows a medium-grained and hypidiomorphic granular texture, and consists mainly of plagioclase (subhedral, up to 4 mm, zoned from bytownite to labradorite), hornblende (subhedral, up to 3 mm, with a pleochroism of pale yellow to brownish green) and clinopyroxene (subhedral, up to 0.5 mm, frequently enclosed by hornblende poikilitically). A little cummingtonite replacing hornblende is present. Accessory minerals are sphene and ore minerals. Ore is mostly magnetite, but fairly abundant sulphides occur in small enclaves rich in clinopyroxene.</p>	
169	Q-2551	Quartz diorite	<p>The texture is equigranular and medium-grained. The main constituent minerals are plagioclase (subhedral, up to 3 mm) and greenish hornblende (partly altered to calcite and epidote) with small amounts of fine grained quartz. Hystorogene minerals are a little sericite, muscovite and chlorite.</p>	
241	Ataraya Mine	Quartz monzonite porphyry	<p>Phenocrysts of plagioclase (euhedral to subhedral, up to 3 mm, showing polysynthetic twinning and strong zoning) and hornblende (euhedral to subhedral, up to 1 mm, with a pleochroism of X = yellow, Y = yellowish green and Z = green) are in a very fine-grained and holocrystalline groundmass of plagioclase, hornblende, potash feldspar, quartz, biotite, opaque minerals, silica minerals and very little glass. Microphenocrysts of opaque minerals are present. Brown biotite and quartz also are rarely found as microphenocrysts. Mafic minerals are weakly chloritized.</p>	