

## 第5章 物理探査

### 5-1 岩石及び鉱石の物性

#### 5-1-1 測定方法

物理探査方法検討のため、露頭及び坑内から採取した岩石及び鉱石試料について物性測定を行った。試料は、測定面間隔約6cmの直方体に整形した。送信電流10 $\mu$ Aとして3Hz及び0.3Hzの2周波数での電位差測定を行い、見かけ比抵抗値を算出した。なお、電流電極及び電位電極は白金線（直径0.4mm）を用いた。分極率（PFE）は次式で算出した。

$$PFE = \frac{\rho_{0.3} - \rho_3}{\rho_3} \times 100 \text{ (\%)}$$

ここで、 $\rho_{0.3}$ は0.3Hzでの見かけ比抵抗値、 $\rho_3$ は3Hzでの見かけ比抵抗値である。

#### 5-1-2 測定結果

地層別・岩相別の比抵抗値及び分極率を図II-5-1に示す。また、岩石、鉱石試料における分極率と見掛比抵抗の関係を図II-5-2に示す。

##### 1. 見掛比抵抗

比抵抗値は、128~13,216 $\Omega \cdot m$ と変化に富むが、粘板岩で最も低く、ついでアルコース~礫岩、苦鉄質岩（粗粒玄武岩類、角閃岩、玄武岩）、珪岩、石英脈、砂岩、花崗岩、片麻岩、苦灰岩の順に大きくなる傾向にある。

鉱石の主要胚胎層準であるデウエラス層群のアルコースの見掛比抵抗は、硫化物による鉱化作用を受けた試料で3,000~7,000 $\Omega \cdot m$ と高く、そうでない試料で500~7,000 $\Omega \cdot m$ と変化に富み、鉱化状況は比抵抗に明瞭な影響を与えていない。一方硫化物による鉱化作用では、500~1,000 $\Omega \cdot m$ とやや低い傾向を示す。

硫化物による鉱化を受けている粗粒玄武岩、角閃石岩などでは、比抵抗は700~6,000 $\Omega \cdot m$ と変化に富む。

##### 2. 分極率

分極率は、硫化物による鉱化を受けたアルコースでは銅品位に応じて5~18%の高分極率を示す。しかし、酸化物を伴う鉱化を受けたアルコースでは1%以下の分極率しか示さない。

鉱化を受けた粗粒玄武岩、角閃石岩なども、硫化物の品位に応じて4~10%の高分極率を示す。

その他の岩石で高分極率を示すのは石墨質の粘板岩で、約10%と高い値を示す。

その他の岩石は1~3%の低分極率を示す。

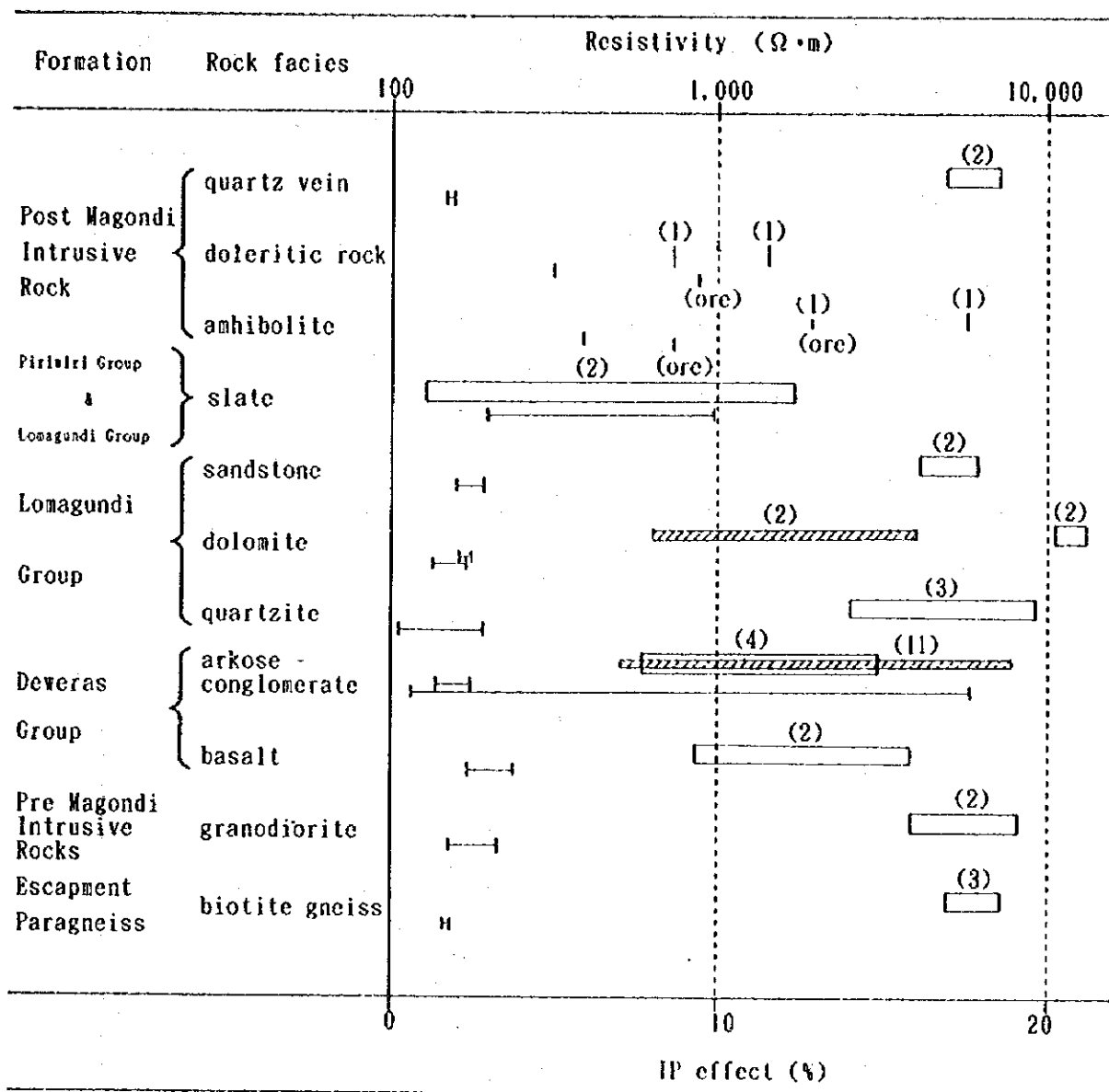
##### 3. スペクトルIP

測定試料のうち代表的なものについてSIPの測定を行い、鉱石と岩石におけるスペクトル特性について検討を行った。概要は以下のとおりである。

硫化物鉱石では位相差が大きく、また周波数によらず一定である。

酸化物鉱石では位相差が小さく、また周波数によらず一定である。

ドレライトや鉱化をほとんど伴わないアルコースでは、位相差が低周波側で小さく、高周波数側



( ) number of measured samples

□ resistivity

▨ resistivity of ores

┌─┐ IP effect

圖II-5-1 地層別、岩相別比抵抗値及び分極率

で2~3倍大きくなる。

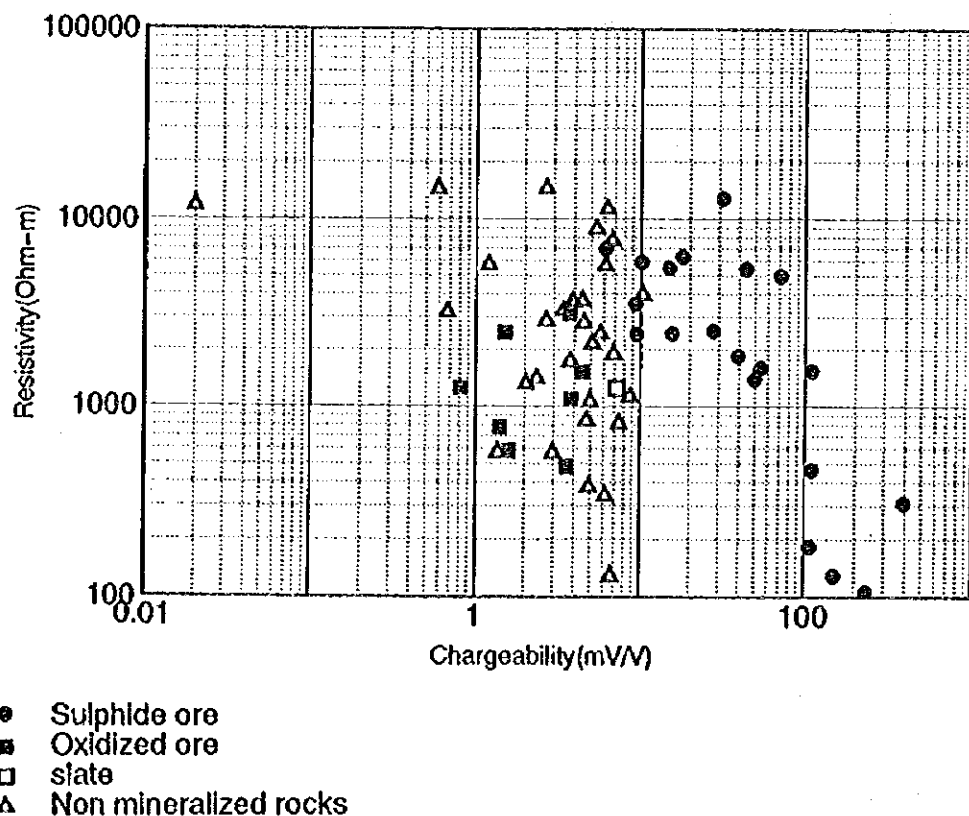
マグニチュードについては、高周波数側で増加もしくは減少傾向が認められるもの、及び一定値を示すものがあるが、鉱化との関連においては明瞭な差異が認められない。

以上の結果をまとめると、当地域で今後物理探査法を適用する場合、以下の点が重要である。

- 1) 本調査地域における鉱床の主要胚胎層準であるデウエラス層準のアルコースは、硫化物の鉱化作用の程度により高分極率を示す。
- 2) 比抵抗値は変化に富むが、硫化物の鉱化作用が比抵抗変化に影響を与えている可能性は小さい。
- 3) 鉱化を伴う粗粒玄武岩及び角閃岩も鉱化作用の程度によって高分極率を示す。
- 4) 石墨質の粘板岩は約10%の高分極率を示すが、今回の主要鉱床胚胎層準であるデウエラス層準中にはその分布が認められていないため、IP調査の防害要因とは成り得ない。
- 5) スペクトルIPの特性では、鉱石と岩石で位相差の挙動に差異が認められる。

### 5-1-3 評価

以上の測定結果から本地区の物理探査法として分極率の差異を用いた方法 (IP法) が有効であると判断された。



図II-5-2 岩石、鉱石試料のIPと見掛け比抵抗

## 5-2 IP調査

### 5-2-1 調査内容

電気探査は地化学異常帯に測線を設定した概査IP調査と、概査測線上のIP異常帯に平行あるいは測線延長等、新たな測線を設定した準精査IP調査を行った。

方法及び調査内容は表II-5-1のとおりである。

表II-5-1 物理探査調査方法及び内容

	概 査	準 精 査
方 法	強制分極法 (IP法)	強制分極法 (IP法)
測定方式	ワイルド・ミン法	ワイルド・ミン法
電極配置	ワイルド・ル・ワイルド・ル配置	ワイルド・ル・ワイルド・ル配置
電極間隔	a=200m	a=200m, a=100m
電極隔離係数	n=1~4	n=1~4
測線数	21測線	12測線
延測線長	51.0km	23.2km
物性測定 (室内試験)	分極率及び比抵抗測定	60個

### 5-2-2 測定方法

#### 1. 測線設定, 測量

測線の設定は地化探調査結果のCu異常帯位置(GPS測位)を地形図にプロットし、地形図上の道路の交点, 川, 高圧線など測量の原点に相当と見られる位置を基点とし測線を展開した。測線方向は地質状況を考慮し, 走向にほぼ直行するよう設定した。測量にはポケットコンパス及びエスロンテープを使用した。

測線位置図を図II-5-3に示す。

#### 2. 測定

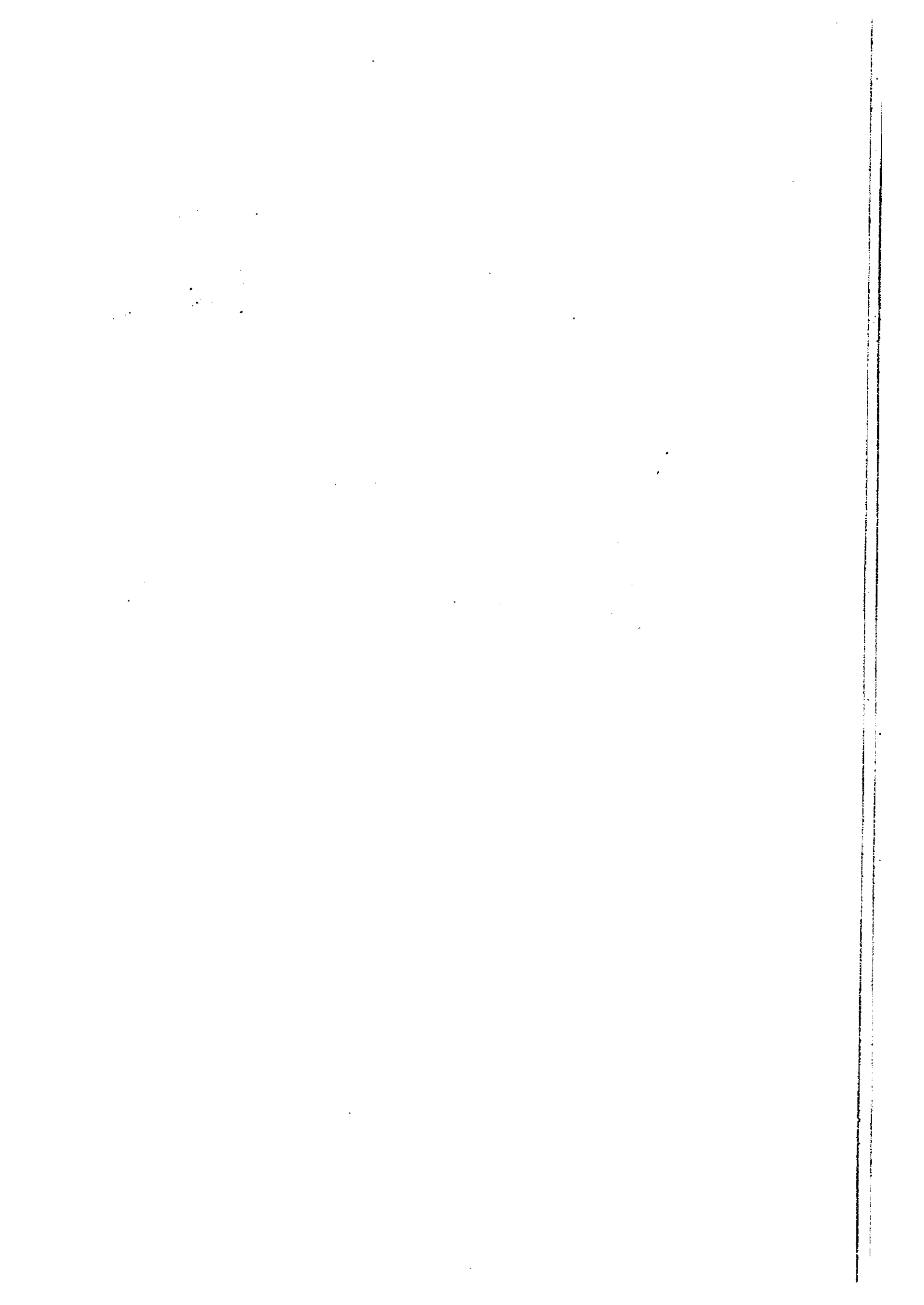
今回の調査では, 測定概念図 (図II-5-4), 計測方法概念図 (図II-5-5) 及びサンプリングタイム一覧表 (表II-5-2) に示すように電流切断後の時間 $t$ (4msec~14msec)における $V_s$ を測定した。

0

0

0





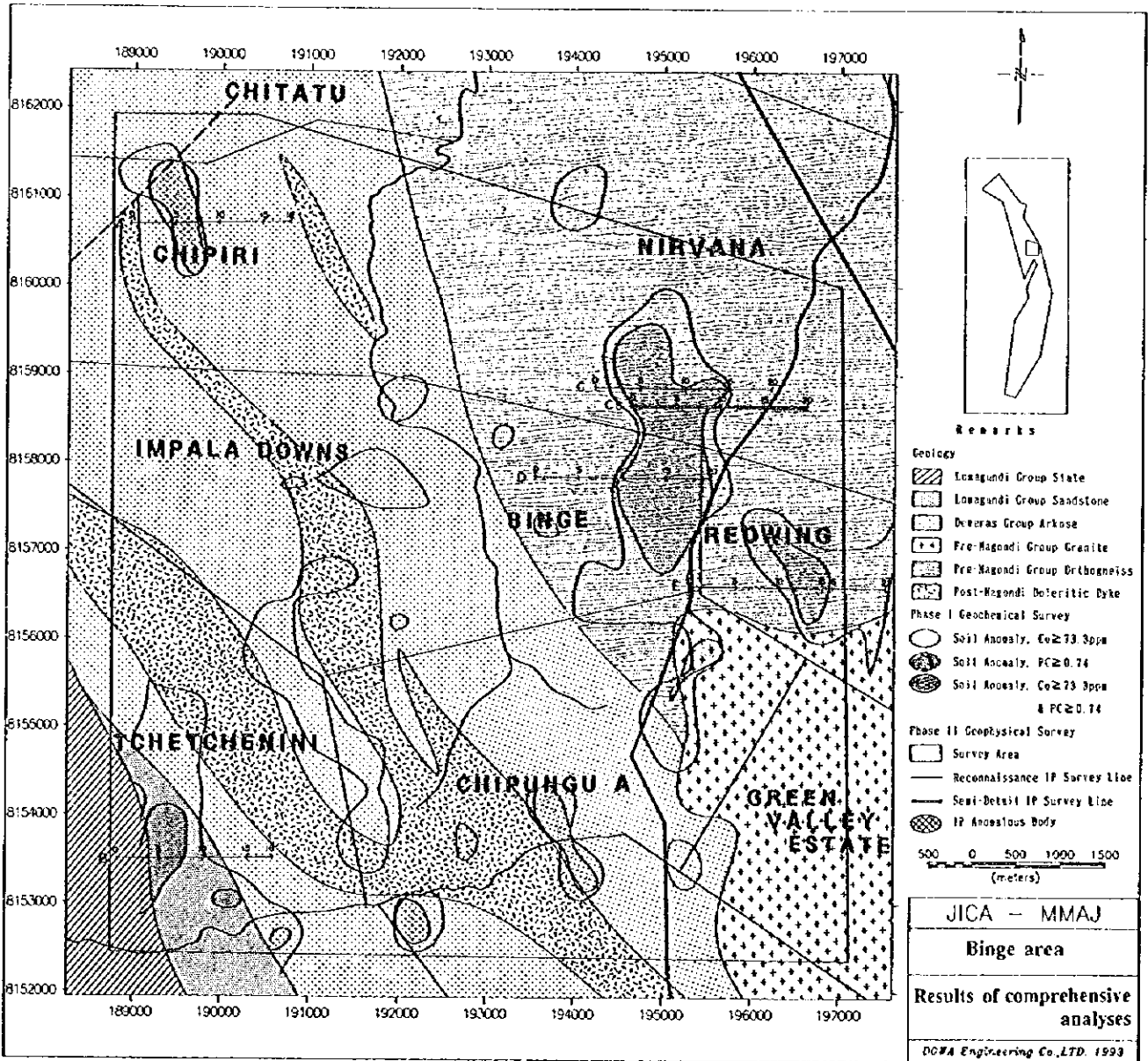


図 II - 5 - 3 物理探査測線位置図



0

0

0

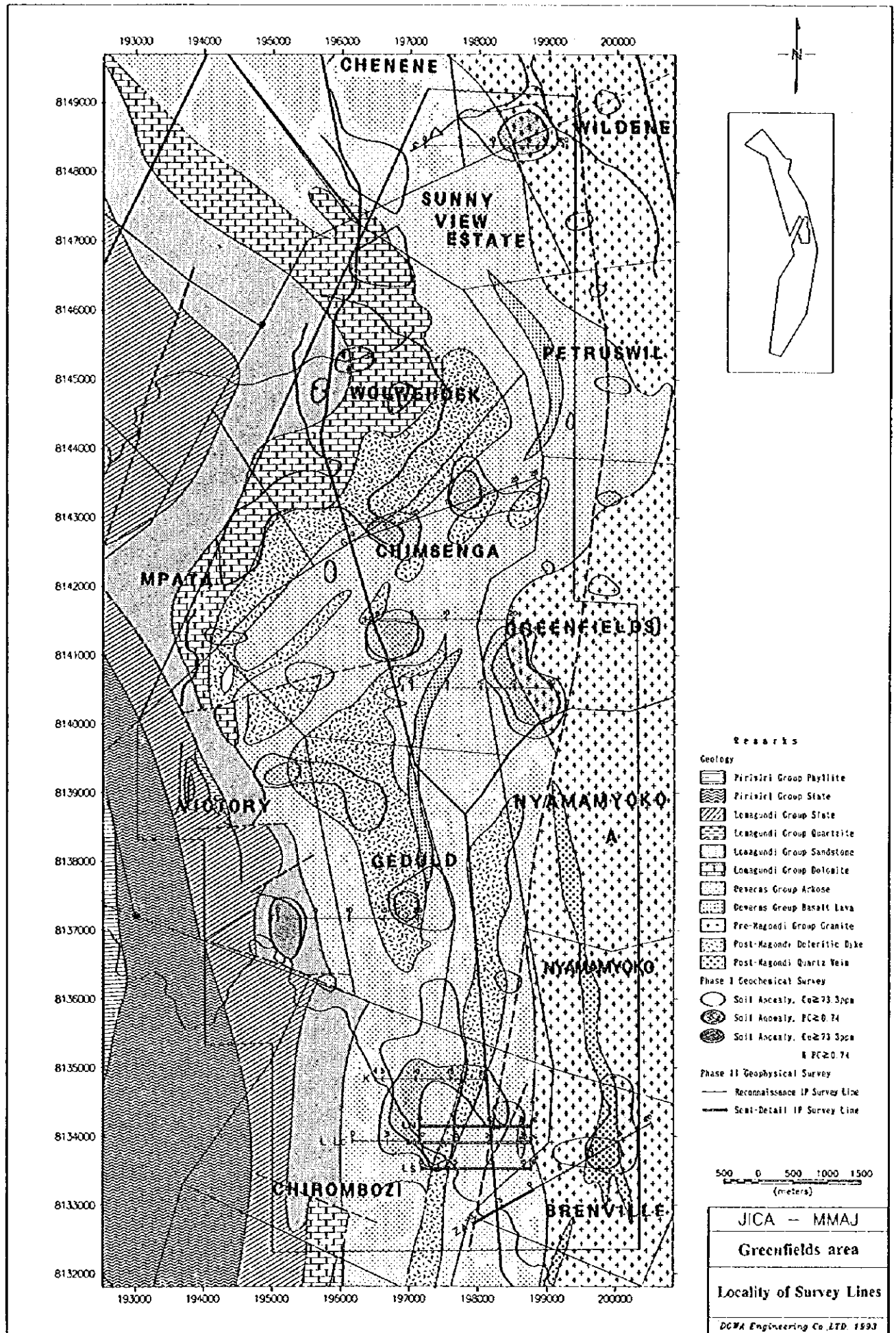
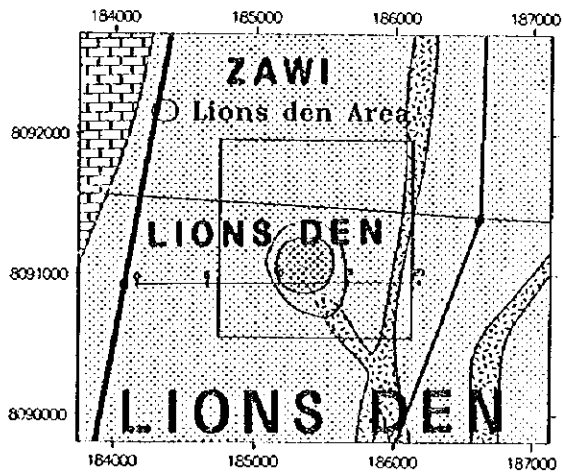
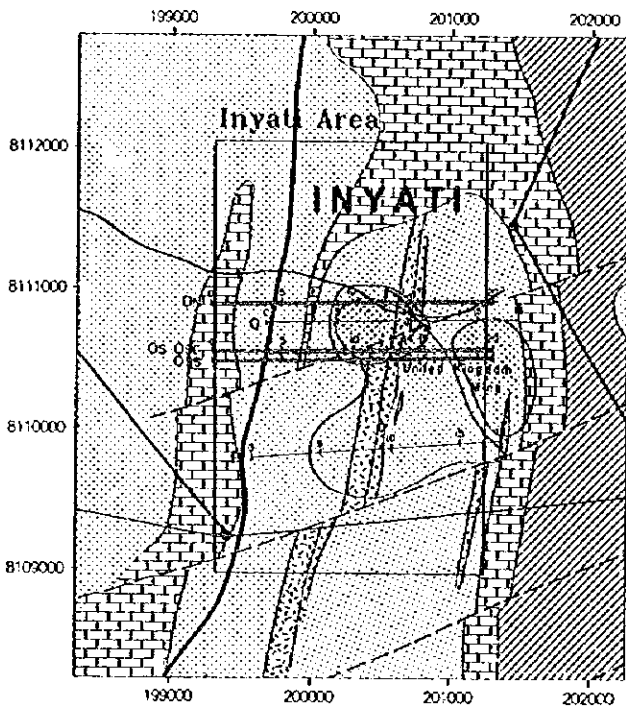
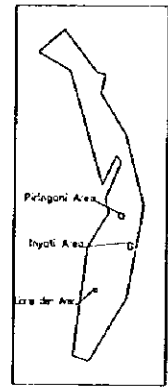
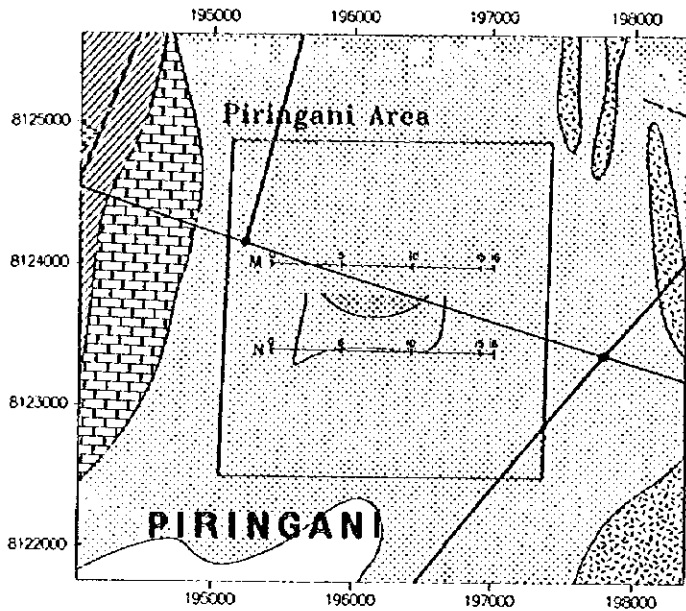


图 II - 5 - 3 物理探查测线位置图

( )

( )

( )



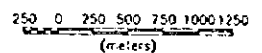
**Remarks**

**Geology**

- Loasungdi Group Slate
  - Loasungdi Group Sandstone
  - Loasungdi Group Dolomite
  - Deveras Group Arkose
  - Post-Magondi Doleritic Dyke
  - Post-Magondi Quartz Vein
- Phase I Geochemical Survey**
- Soil Anomaly, Cu ≥ 78.3ppm
  - Soil Anomaly, PC ≥ 0.74
  - Soil Anomaly, Co ≥ 78.3ppm & PC ≥ 0.74

**Phase II Geophysical Survey**

- Reconnaissance IP Survey Line
- Semi-Detail IP Survey Line



JICA - MMAJ
Piringani, Inyati, Lions den area
Locality of Survey Lines
DONA Engineering Co., LTD. 1993

図II-5-3 物理探査測線位置図

0

0

0

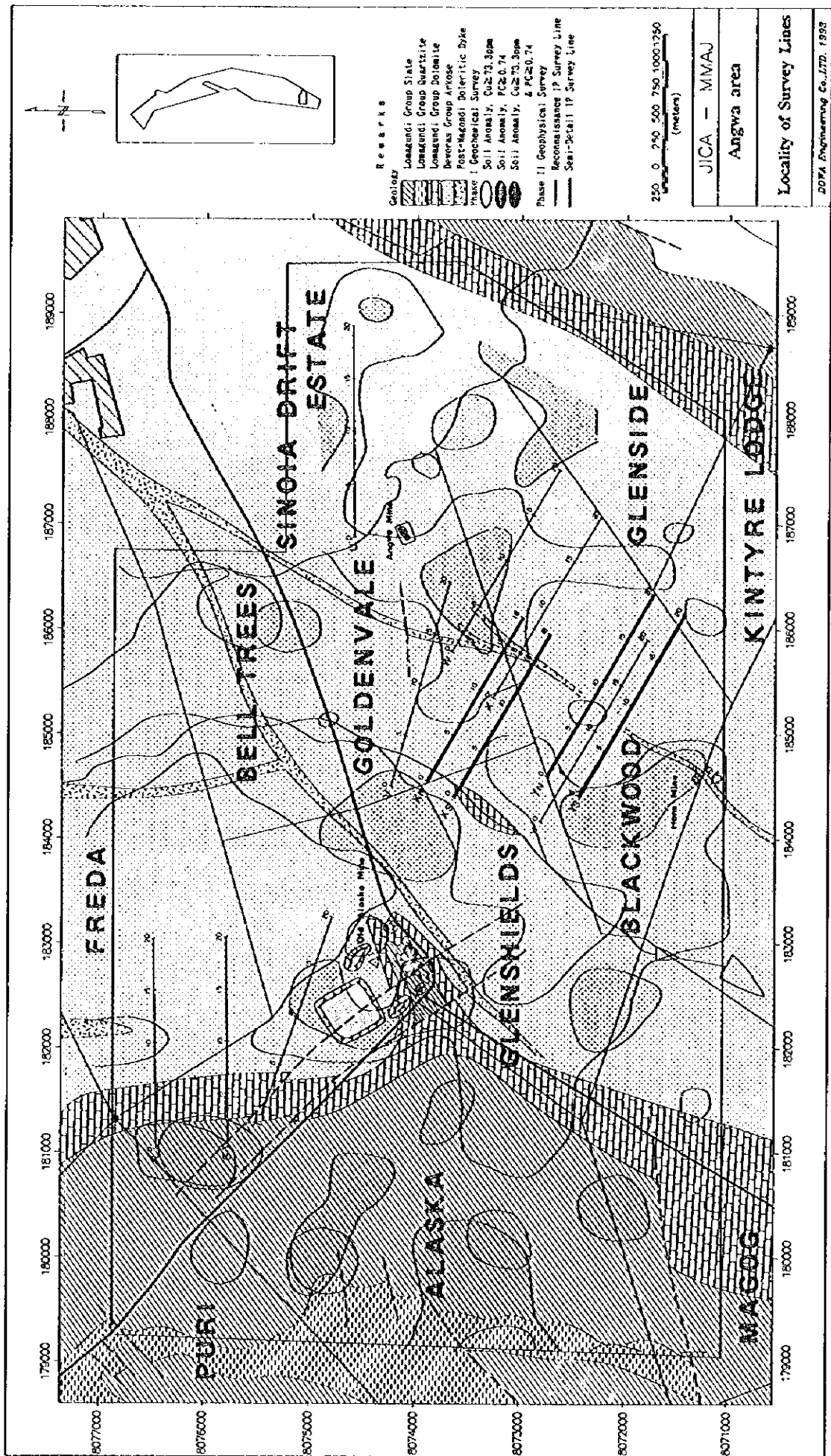
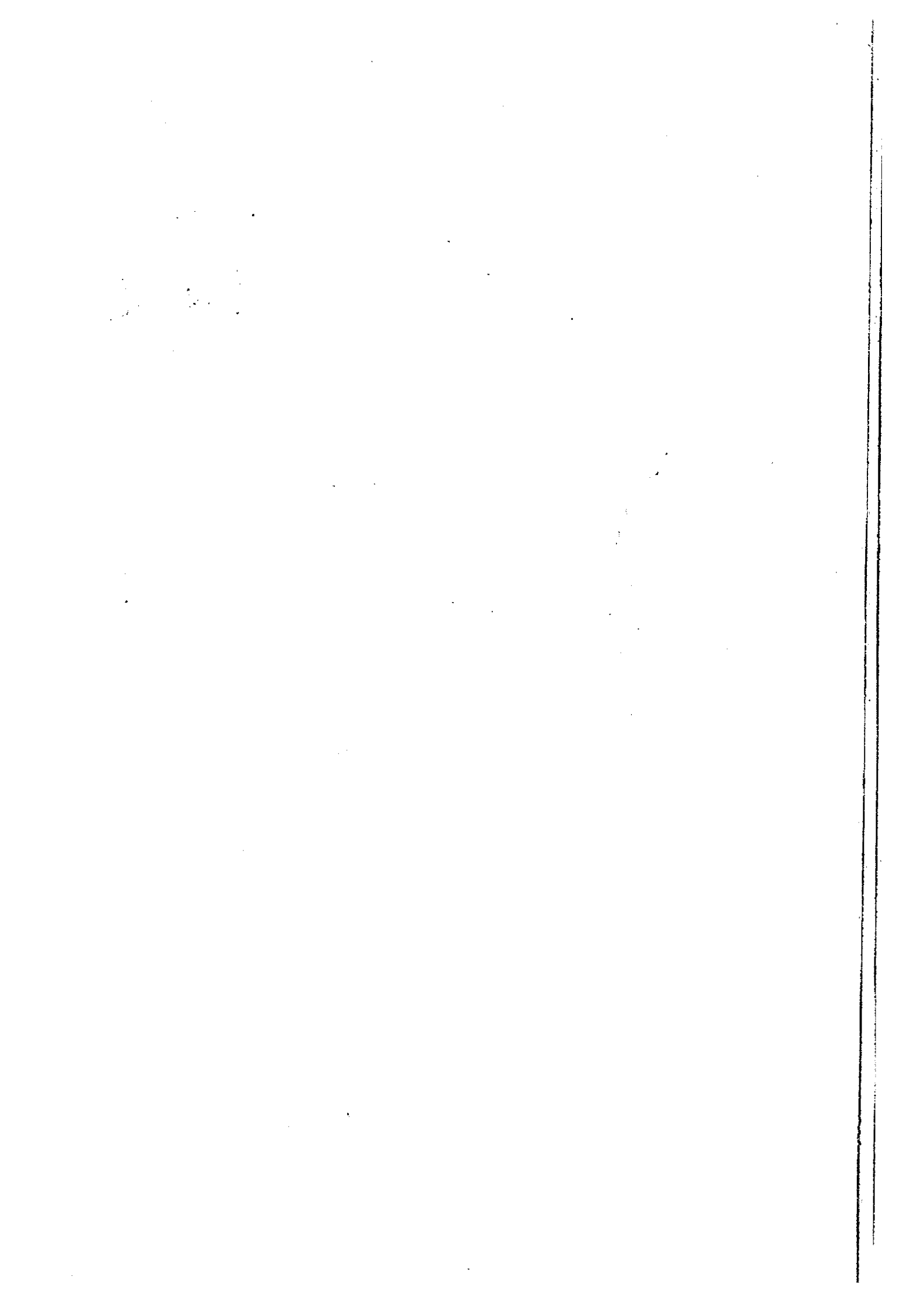


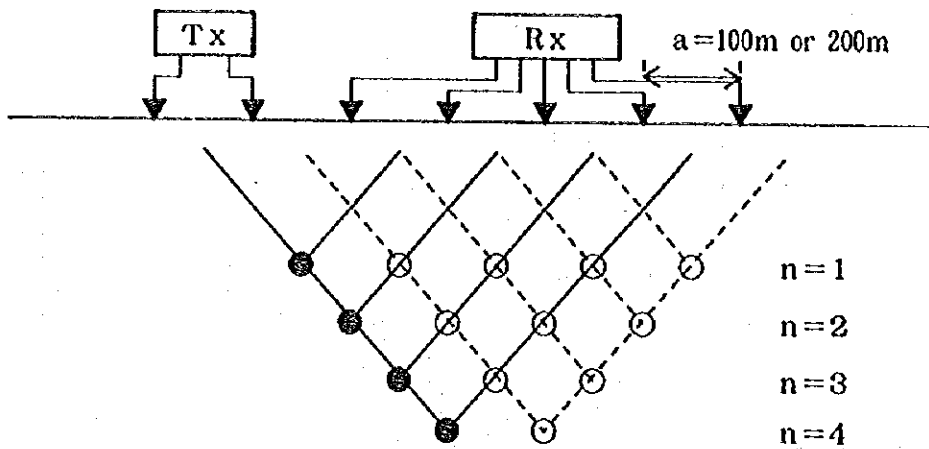
图 II - 5 - 3 物理探查测线位置图



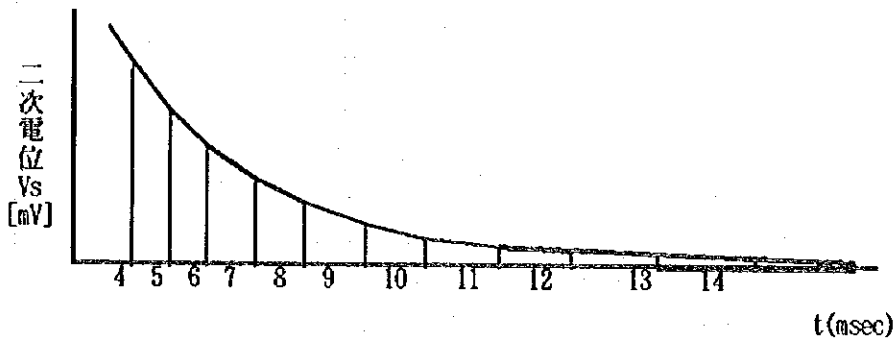








図II-5-4 測定概念図



図II-5-5 計測方法概念図

表II-5-2 サンプルングタイム一覧表

Slice #	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Width(msec)	20	40	40	80	80	140	140	230	230	360	360
Mid-Point(")	60	90	130	190	270	380	520	705	935	1230	1590

### 3. 岩石物性測定

岩石の電気的特性の基礎データを収集する目的で、地表の代表的な岩石及び鉱石 60 個について IP 測定をおこなった。

試料は4面整形後、1日水道水に浸してからタイム・ドメイン法でIPと比抵抗の測定を行った。なお、本測定には野外調査に用いた受信機を使用した。

#### 5-2-3 解析方法

##### 疑似断面のシミュレーション解析

今回の解析は2次元問題として取扱い、体積の代わりに十分な広さの断面積（水平10km×垂直3km）を採用した。

比抵抗及びIP疑似断面のシミュレーション解析にはCoggon(1971)及びRijo(1977)の2.5次元有限要素法プログラムを用いて、対話形式でモデルの入力、修正をモデル疑似断面に近似するまで数十回繰り返した。

### 5-3 調査結果

#### 5-3-1 概査

概査の結果から各測線の比抵抗, IP分布の特徴をまとめ表II-5-3に示す。

表II-5-3 概査結果一覧表

測線名	比抵抗( $\Omega \cdot m$ )	IP値(mV/V)	IP分布の特徴
A	500~5,000	1.8~6.1	全体に低IP
B	64~1,400	1.8~9.6	No.2~10 明瞭なIP異常
C	319~3,024	2.4~8.2	No.2,14 明瞭なIP異常
D	119~2,860	4.7~8.8	全体に不明瞭
E	130~3,135	1.0~5.0	全体に低IP
F	422~3,105	0.2~5.8	全体に不明瞭
G	196~1,055	2.1~6.6	全体に低IP
H	147~580	2.9~4.9	全体に低IP
I	342~4,182	3.3~7.7	No.2浅部IP異常
J	240~825	3.6~5.6	全体に低IP
K	175~1,054	2.6~5.3	全体に低IP
L	198~1,051	2.2~10.6	No.14~20 高IP異常の一部を捕捉
Za	394~4,615	2.3~9.0	No.0~4 高IP異常の一部を捕捉
M	92~724	4.4~5.9	No.6 弱い「ハの字型」IP異常
N	140~573	3.5~5.9	No.10~12 弱いIP異常
O	169~1,433	0.8~7.8	No.0~12 明瞭な「ハの字型」IP異常
P	149~2,367	2.3~5.2	全体に低IP
Q	132~769	2.6~6.6	No.4~14 弱い「ハの字型」IP異常
R	172~1,236	3.1~5.8	No.6 深部に弱いIP異常
S	142~4,780	3.8~6.7	No.6 深部弱いIP異常
T	230~753	2.8~4.2	全体に低IP
U	217~1,499	2.3~5.5	全体に低IP
V	413~2,684	2.4~6.0	全体に不明瞭
W	145~1,519	2.7~6.3	No.4,12 弱いIP異常
X	221~1,600	3.0~8.8	No.0~6 IP異常の一部を捕捉?
Y	374~2,270	3.0~9.6	No.12~16 明瞭なIP異常

#### 5-3-2 準精査

##### 1. 準精査の見掛け比抵抗及びIP断面図

概査で得られたIP異常帯または、IP異常の一部を捕捉していると推定されるC, L, O, X, Y, Zaの各測線について図II-5-3に示すように準精査測線を設定した。尚、浅部IP異常については電極間隔を100mとしIP異常源の把握に努めた。

ピンジ 地区

## C, Cs測線

Cs測線はC測線の南方150mに設定した。

各測線とも低比抵抗・低IPもしくは高比抵抗・高IP分布の傾向を示し、同様なIPパターンを示す。

Cs測線の東側のIP異常パターンは弱い。

## グリーンフィールズ 地区

### Ln, Lc, L, Ls測線

L測線は600m東側に延長した。L測線の北方200mにLn測線、南方400mにLs測線を設定した。Lc測線はL測線上で電極間隔は100mである。

L測線の延長と電極間隔100mの測定により、東側のIP異常の分布形態が明らかになった。電極間隔100mと200mの同深度のIP異常パターンは電極間隔100mがより複雑なIP分布を示し、異常体に対する感度が明瞭である。No. 12~22では浅部から深部にかけて複雑なIP異常を示している。

Ln断面ではNo. 7~10で僅かなIP異常(6.8mV)が認められる。

Ls断面ではNo. 8~12の表層付近に僅かなIP異常(5.2mV)が認められるが、Ln測線より不明瞭である。

### Za測線

この測線は西側に1km延長した。

西側で高IP異常帯が広く分布し、IP異常パターンは明瞭な「ハの字」型を示す。

No. 0付近を中心としたIP異常はアルコースに対応し、No. 4の東側は基盤の花崗岩の分布域である。

## イニャチ 地区

### On, O, Osc, Os, Oss測線

Osc測線はOs測線上に電極間隔100mで設定した。

O測線の北側400mにOn測線、南側200mにOs測線、南側250mにOss測線を設定した。

On断面はO断面と同様な異常パターンが認められるが、さらに弱いIP異常パターンを示す。

Os及びOsc断面は明瞭な浅部IP異常パターンとして示されている。電極間隔a=100mのOsc測線の設定により浅部IP異常分布が明瞭になった。No. 8~9の地表付近のIP異常パターンが明瞭である。

Os及びOss断面では同じく明瞭なIP異常分布を示す。南側のOss断面ではIP異常が弱くなることを示唆している。

## アングワ地区

### Xn, X, Xs測線

X測線の北方150mにXn測線を、南方150mにXs測線を設定した。

各断面とも高比抵抗・高IP分布の傾向を示す。

Xn及びX断面では測線西端部にIP異常パターンを示している。Xs断面ではほぼ測線中央部にIP異常パターンを示している。

各測線ともIP異常はアルコース域に認められる。

### Yn, Y, Ys測線

Y測線の北方150mにYn測線を、南方150mにYs測線を設定した。

各断面とも高比抵抗・高IP分布の傾向を示す。

Y測線のNo. 10~14に明瞭な深部IP異常を検出した。

Y測線よりYs測線が明瞭なIP異常を示す。  
各測線ともIP異常はアルコース域に認められる。

準精査の結果からIP分布の特徴をまとめ表II-5-4に示す。

表II-5-4 準精査結果一覧表

測線名	IP分布の特徴
C Cs	・Cs測線No.8深部IP異常パターンは東側で劣性となる。
Ln Lc L Ls	・L(Lc)測線のNo.16~19で明瞭な「ハの字」型IPパターンを示す。 ・各測線のIP異常は、ほぼ南北方向の連続性を示唆する。 ・L(Lc)測線の南北では異常は弱い。
Za	・No.0を中心とした大規模「ハの字」型IPパターンを示す。
On O Osc Os Oss	・Os測線のNo.9で明瞭な「ハの字」型IPパターンを示す。 ・IP異常はOs測線で最大となり、Oss測線で僅かに弱くなる。 ・O, On測線では僅かなIP異常を示す。 ・全体に南北方向の一連の異常分布を示す。
Xn X XS	・全体に南北方向の一連の弱い異常分布を示す。
Yn Y Ys	・深部で明瞭な異常を示す。 ・深部IP異常は南側ほど明瞭で、浅くなる傾向を示す。

### 5-3-3 解析

本調査で顕著なIP異常パターンを示したのは、ピンジ地区(B, C, Cs測線)、グリーンフィーリス地区(L, Za測線)、イニャチ地区(O, Os, Oss測線)及びアングワ地区(Y, Ys測線)である。また、アングワ地区のXn, X, XS測線では比較的明瞭なIP異常帯を把握した。

高IP異常帯は低比抵抗及び高比抵抗分布の2つの特徴を示した。このうち、B, O, L測線が高IP・低比抵抗分布を示し、C, Za, Y測線が高IP・高比抵抗分布を示した。

一方、物性試験では、硫化物による鉱化を受けた試料は分極率が約10mV/V以上を示し、岩石との差は明瞭である。また、鉱化状況が良好な程、低比抵抗・高分極率の傾向を示し、100mV/Vの高分極率でも1,000Ω・m以上の高比抵抗を示すことから、鉱化帯と低~高比抵抗・高分極率の関連性は十分考えられる。

以上の測定結果に基づき、B, C, L, ZA, OS, Y測線についてシミュレーション解析を行った。

B測線；表層部は低比抵抗体(25~300Ω・m)が、下層部は高比抵抗体(3,000Ω・m)の2層の比抵抗構造が想定された。また、一見浅部及び深部にIP異常体の存在が想定されるIP異常パターンであるが、西端に分布する石炭質粘板岩とNo.8~10の砂岩(低IP)を反映した異常パターンと考えられる。

C測線：比抵抗体が上層部から130～180, 750, 及び4,000Ω・mの3層比抵抗構造が想定される。深部IP異常帯パターンは深部に広く分布し、やや高い分極率を示す高比抵抗体(20mV/V, 4,000Ω・m)による反映と推定される。

L (Lc) 測線；IP異常は小規模な異常体(70mV/V)の反映と考えられる。IP異常パターン及び解析結果から小規模鉱化体が考えられる。

Ln測線は、Lcとほぼ同様なIP異常を示し、IP異常帯の連続性を示唆すものの、IP値は低い。IP異常体はL測線の南北側ほど劣性になると推定される。

Za測線；IP異常は深度約200mに平板状の高IP異常体(300mV/V)として想定された。地質、IP異常パターン及び解析異常値から鉱化体が期待される有望箇所である。

Os測線；比較的規模の小さいIP異常体として解析された。IP異常源としては地質、IP異常パターン及び異常値(150mV/V)から、鉱化体が考えられるが、深部への発達は考えられない。また、異常体の規模はOs測線で最大であるが、南北方向で劣性になると推定される。

Ys測線；深度約200m以深に西傾斜の平板状の高IP異常体が想定された。深部高IP異常帯は鉱化帯の反映と考えられ、有望箇所の1つである。

シミュレーション結果を図II-5-6に示し、物理探査結果総括表を次に示す。

表II-5-5 物理探査結果総括表

測線名	比抵抗構造	比抵抗(Ω・m)	IP(mV/V)	IP異常体	深度(m)	地質状況
B	2層	上層 25～300 下層 3,000	2.5～10 4.5	-	-	粘板岩, 砂岩 アルコース
C	3層	上層 150～180 中間層 750 下層 4,000	1～7 4～8 12～20	-	-	片麻岩類
L	東高西低	西側 85～450 東側 3,000	1～10 2.8	70mV/V (小規模急傾斜平板状)	浅部～50	アルコース 花崗岩境界付近
Za	中央低	中央 200～500 両側 3,000	0.5～4.5 4.5	300mV/V (水平平板状)	200～350	アルコース 花崗岩境界付近
O	2層	上層 80～500 下層 4,000	1～2 3	150mV/V (小規模急傾斜平板状)	浅部～150	石英脈
Ys	3層	上層 150～300 中間層 750 下層 2,500	3～9 1～8 2～6	200mV/V (急傾斜平板状)	250～深部	アルコース

調査結果から本地区の鉱化作用に基づくIP異常源は約50mV/V以上数100mV/Vの分極率を持つものと推定される。一方高IP測定値を得ても50mV/V未満の異常源しか想定されず、IP異常パターン(ハの字パターン)を示さない場合は地質の影響が強く、鉱化作用に基づかない場合が認められる。

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes the need for transparency and accountability in financial reporting.

2. The second part of the document outlines the various methods and techniques used to collect and analyze data. It includes a detailed description of the experimental procedures and the statistical tools employed to interpret the results.

3. The third part of the document presents the findings of the study. It includes a series of tables and graphs that illustrate the trends and patterns observed in the data.

4. The fourth part of the document discusses the implications of the findings and their potential applications. It highlights the significance of the results and offers suggestions for further research in this area.

5. The fifth part of the document provides a summary of the key points and conclusions. It reiterates the main findings and emphasizes the overall contribution of the study to the field.

6. The sixth part of the document includes a list of references and a bibliography. It provides a comprehensive overview of the sources used in the research and acknowledges the contributions of other scholars in the field.

7. The seventh part of the document contains a list of appendices. These appendices provide additional information and data that support the main findings of the study.

8. The eighth part of the document includes a list of figures and tables. These visual aids help to present the data in a clear and concise manner, making it easier to understand the results.

9. The ninth part of the document contains a list of footnotes. These footnotes provide additional details and clarifications regarding the research methodology and findings.

10. The tenth part of the document includes a list of acknowledgments. It expresses gratitude to the individuals and organizations that provided support and assistance throughout the research process.

11. The eleventh part of the document contains a list of abbreviations. These abbreviations are used throughout the document to simplify complex terms and concepts.

12. The twelfth part of the document includes a list of symbols. These symbols are used to represent mathematical and scientific concepts and are defined in this section.

13. The thirteenth part of the document contains a list of definitions. These definitions provide clear and precise meanings for the key terms and concepts used in the study.

14. The fourteenth part of the document includes a list of references. These references are cited throughout the document to support the research and provide a basis for further study.

15. The fifteenth part of the document contains a list of footnotes. These footnotes provide additional information and clarifications regarding the research methodology and findings.

16. The sixteenth part of the document includes a list of acknowledgments. It expresses gratitude to the individuals and organizations that provided support and assistance throughout the research process.

17. The seventeenth part of the document contains a list of abbreviations. These abbreviations are used throughout the document to simplify complex terms and concepts.

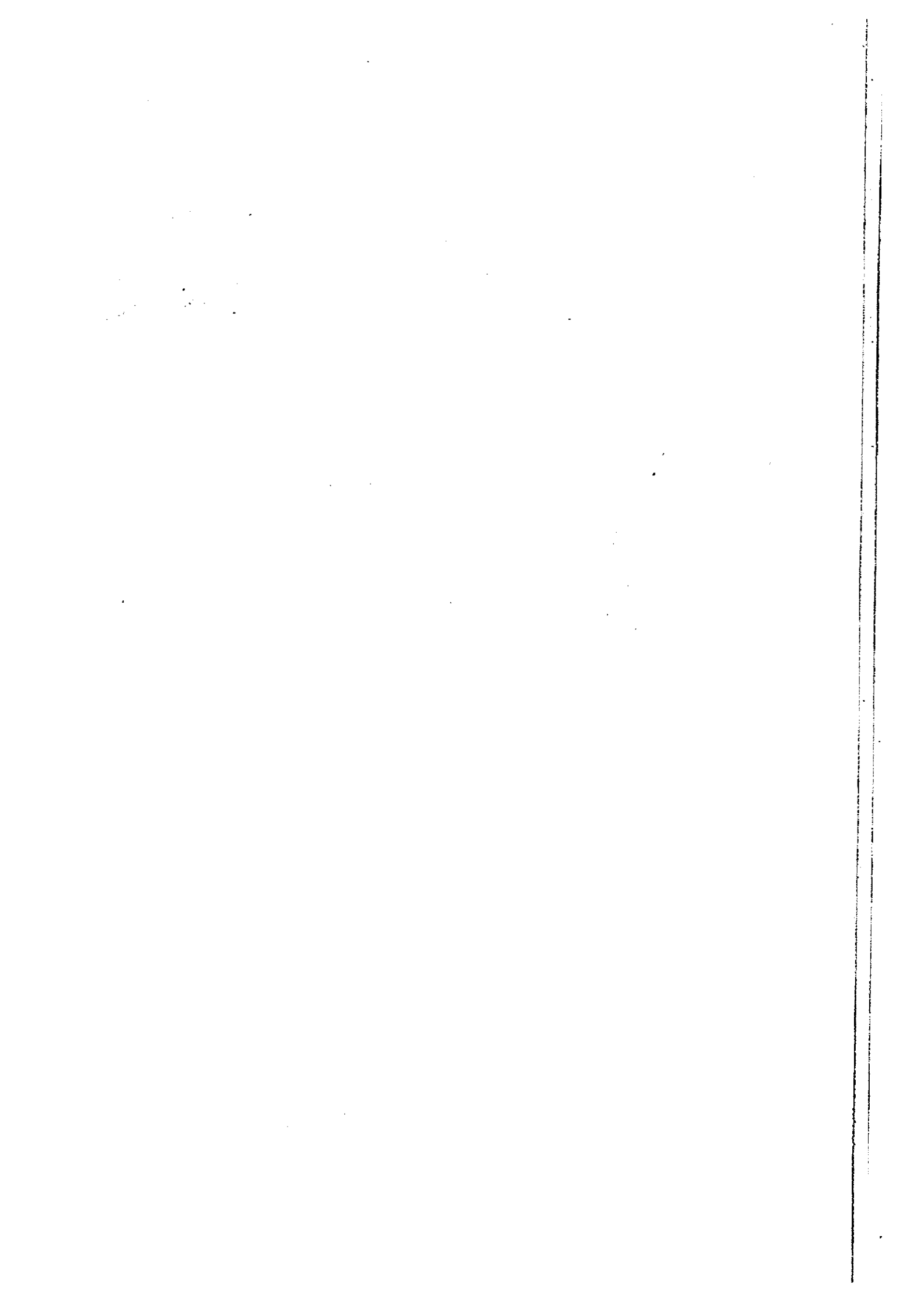
18. The eighteenth part of the document includes a list of symbols. These symbols are used to represent mathematical and scientific concepts and are defined in this section.

19. The nineteenth part of the document contains a list of definitions. These definitions provide clear and precise meanings for the key terms and concepts used in the study.

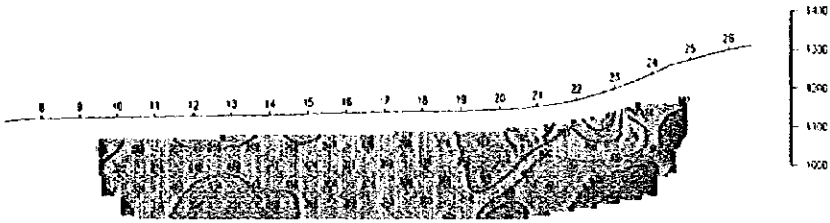
20. The twentieth part of the document includes a list of references. These references are cited throughout the document to support the research and provide a basis for further study.



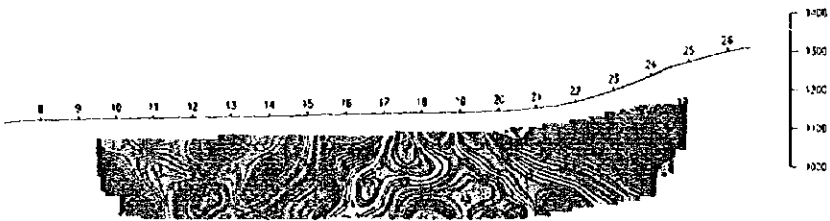




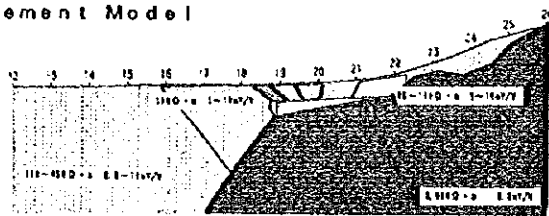
Apparent Resistivity (Observed)



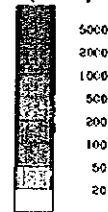
Chargeability (Observed)



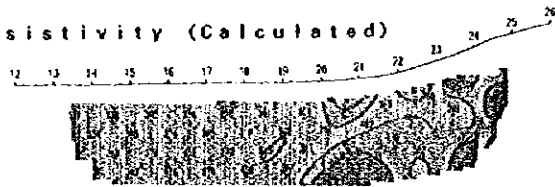
Boundary-element Model



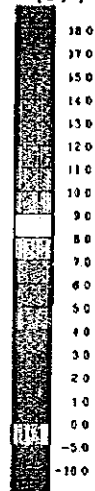
Apparent Resistivity (Ohm-m)



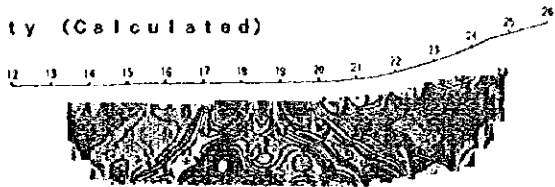
Apparent Resistivity (Calculated)



Chargeability (msec [mV/V])



Chargeability (Calculated)



100 0 100 200 300 400 500  
(meters)

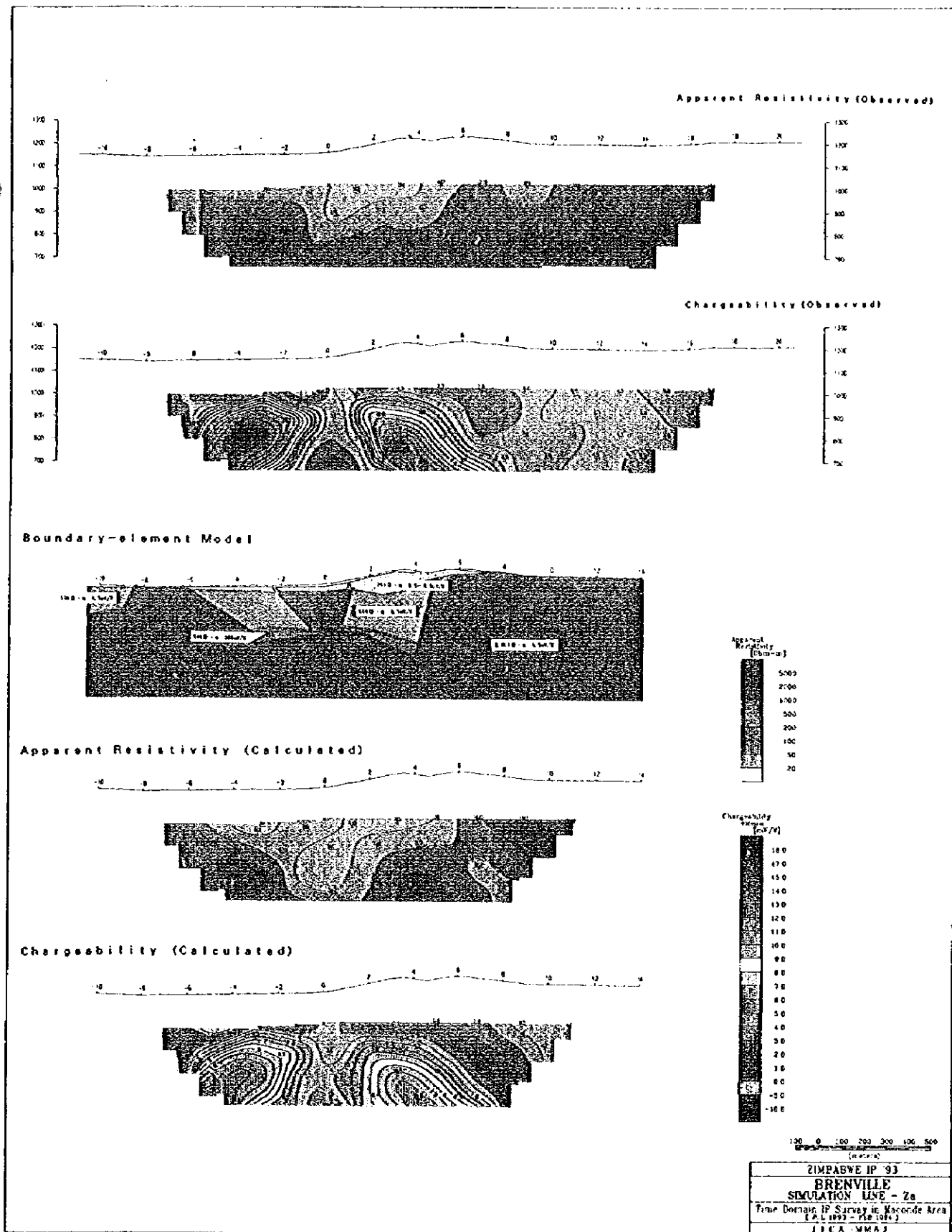
ZIMBABWE IP '93  
CHIROMBOZI  
SIMULATION LINE - Lc  
Time Domain IP Survey in Mzonde Area  
(JUL 1993 - FEB 1994)  
JICA-NMAJ

図II-5-6 物理探査シミュレーション結果図

( )

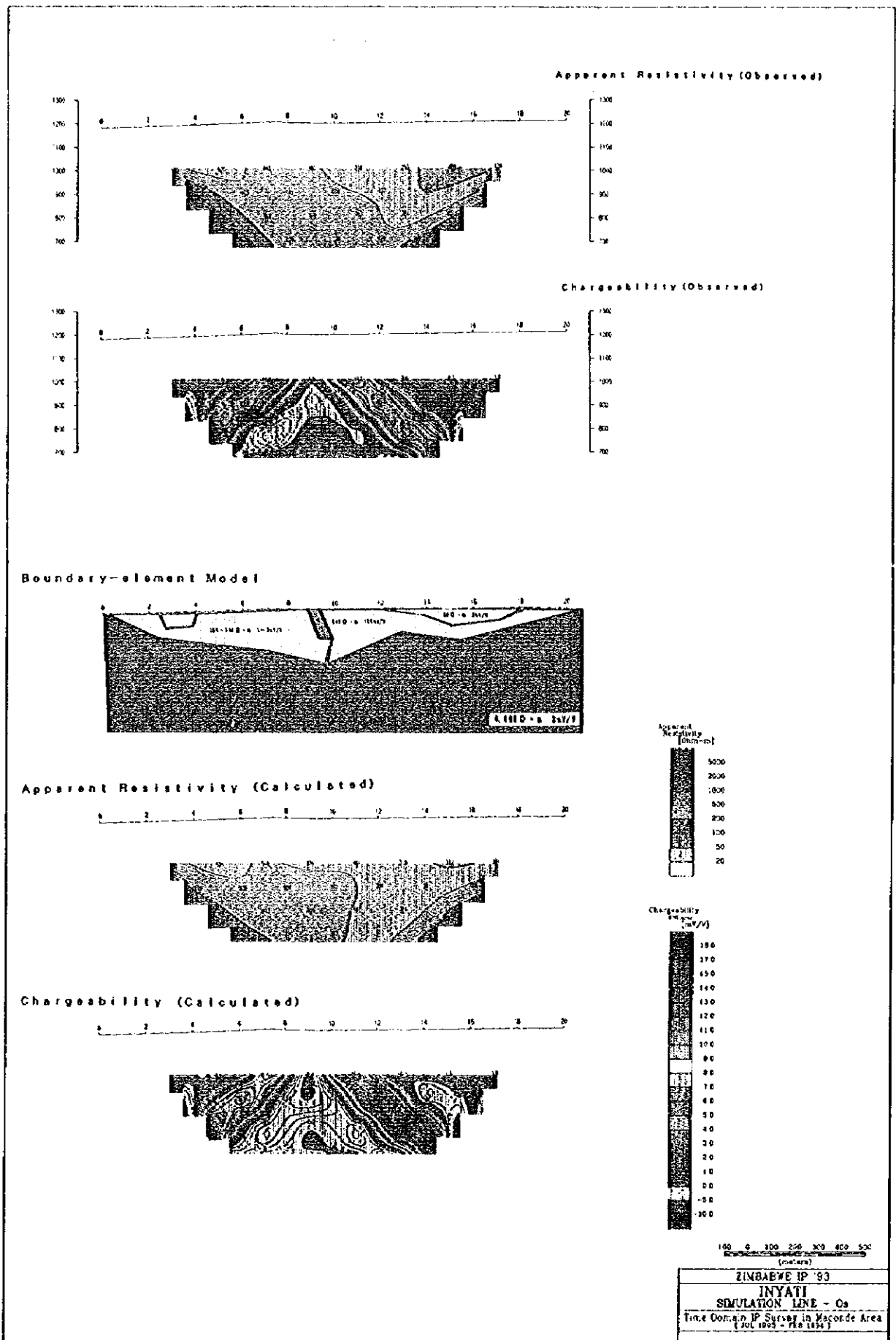
( )

( )



図II-5-6 物理探査シミュレーション結果図



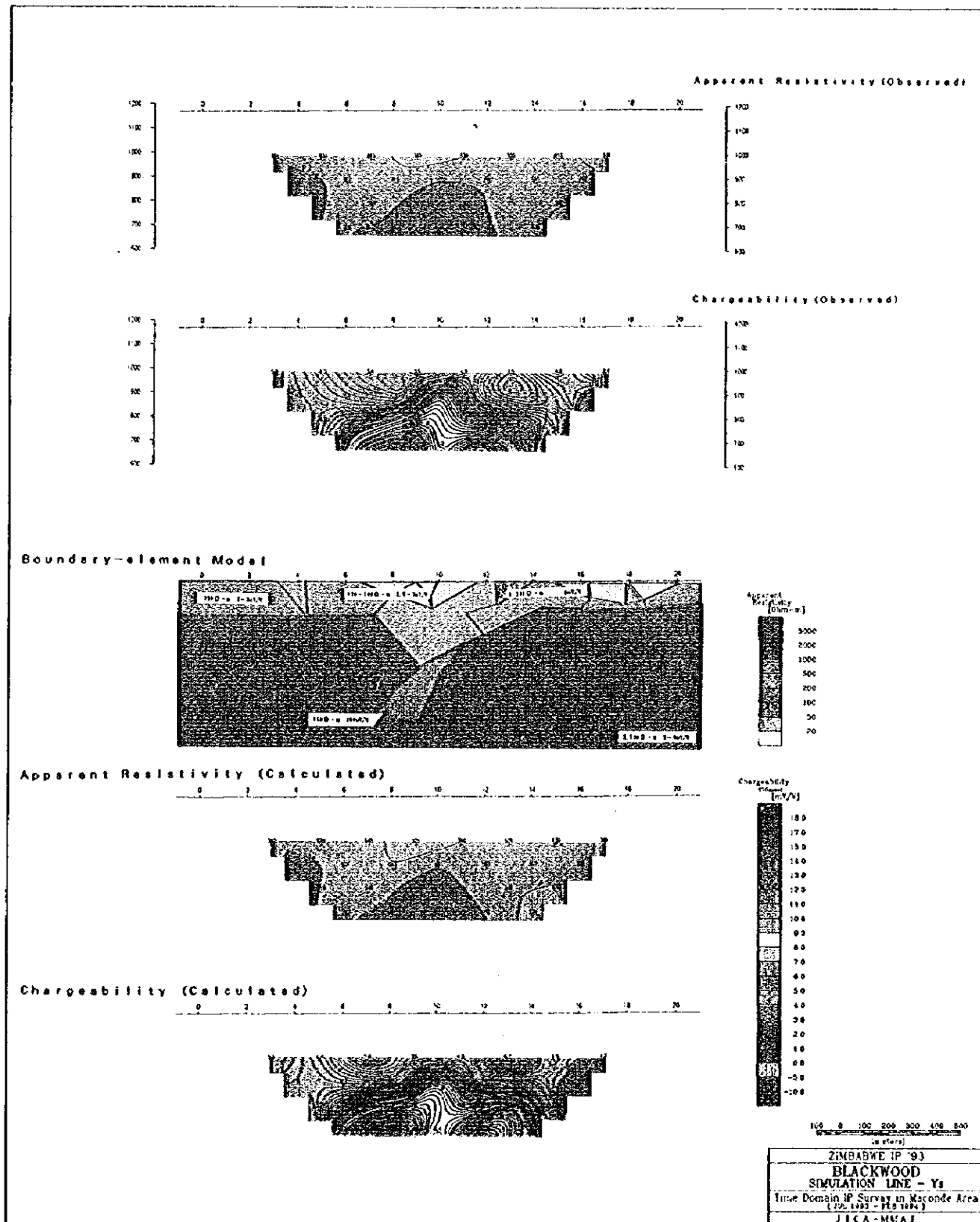


図II-5-6 物理探査シミュレーション結果図

0

0

0



図II-5-6 物理探査シミュレーション結果図

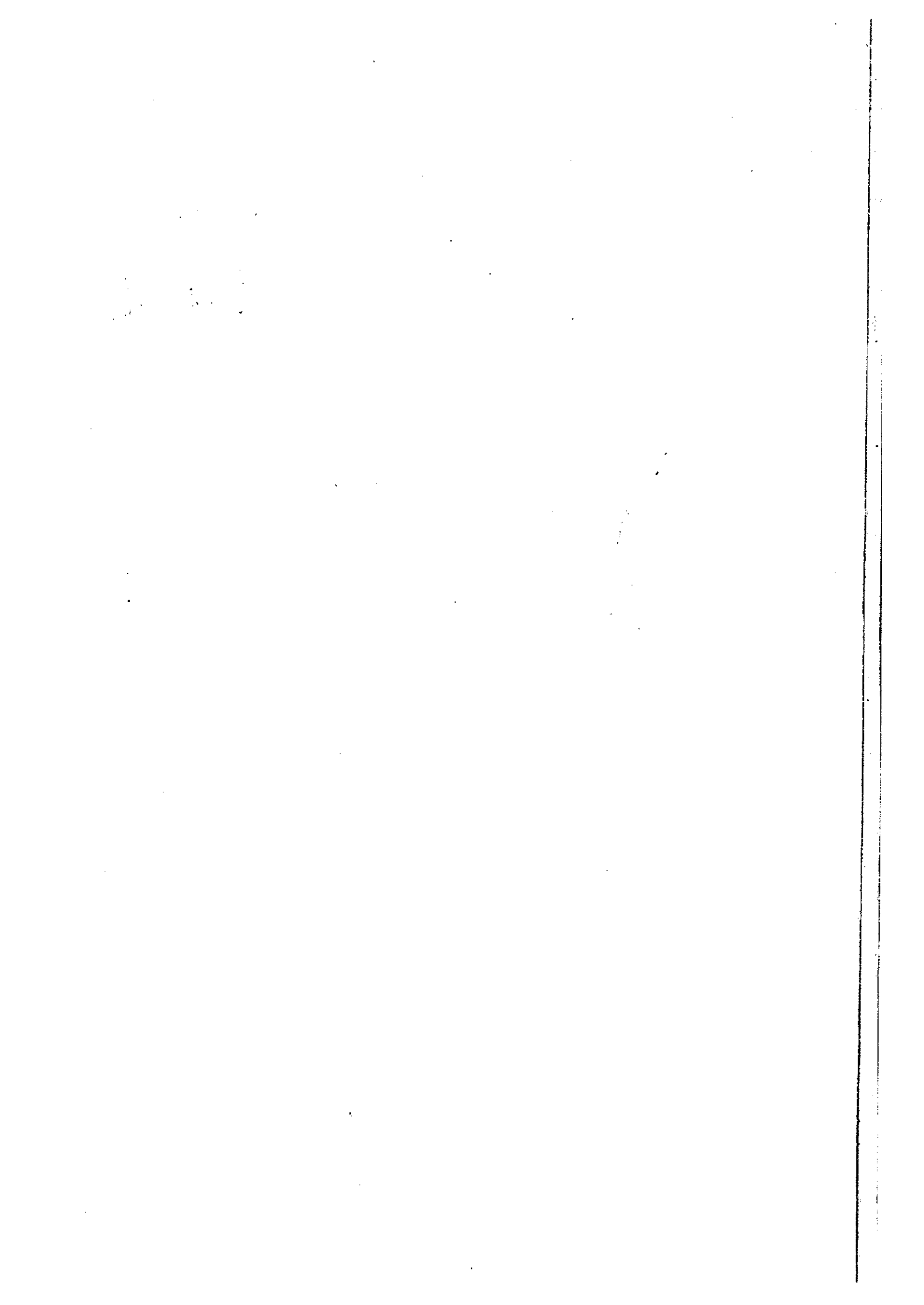


①

②

③





## 第6章 ボーリング調査

### 6-1 調査目的及び概要

本調査は、第1～2年次調査結果に基づき、地化学探査異常地において得られた物理探査IP異常源が銅鉱化作用に基づくものであることを確認し、併せてその鉱化状況を明らかにすることを目的として実施した。

この目的のため、試錐基地をマンガラ鉱山北方約2 kmのチロンボツィ農場地区(MJZM-1)、同じく北東約2 kmのブレンビル農場地区(MJZM-2, 3, 4)、マンガラ鉱山南方約2.0 kmのイニャチ農場地区(MJZM-5)、及びオールドアラスカ鉱山南東約4 kmのブラックウッド農場地区(MJZM-6, 7, 8, 9, 10)に設置した。ボーリング位置を図II-6-1に示す。

### 6-2 調査結果

#### 6-2-1 地質・鉱化

ボーリング地質断面図を図II-6-2～図II-6-6に示す。

各孔の地質概要は次のとおりである。

#### 1. グリーンフィールズ地区

##### (1) MJZM-1 (202.60m)

- ・0～15.20 m 風化帯であり、赤色～白色土壌、白雲母変岩、アルコースなどの礫から構成される。
- ・15.20～202.63m 孔底までアルコースが卓越する。この間浅部では30.5～44.0m, 51.4～61.0m, 65.3～79.8mに細粒玄武岩質凝灰岩を伴う。深部には156.8～164.5m, 170.7～174.0m, 187.3～191.5mに苦灰岩～苦灰質砂岩を伴う。細粒玄武岩質凝灰岩部及びその周辺では強い褶曲、変成を受け、白雲母変岩となっている。地層傾斜は全体的に急傾斜(50°～70°)を示す。

岩石薄片の顕微鏡観察結果は以下のとおりである。

- ・55m では原岩は細粒玄武岩質凝灰岩であるが、鏡下では方解石-白雲母-石英変岩であり、多量の方解石、白雲母、石英の他少量の斜長石、不透明鉱物及び微量の電気石を伴う。
- ・100m では原岩は級化構造を伴うアルコースの最上部細粒部であるが変成を受け方解石-白雲母-石英準変岩となっている。本岩は多量の白雲母、石英の他中量の斜長石、方解石、少量のカリ長石、不透明鉱物及び微量の磷灰石、ジルコンを伴う。
- ・118m では級化構造を伴うアルコースの最下部粗粒部で雲母質アルコースである。本岩は多量の白雲母、石英、斜長石の他中量のカリ長石、方解石、少量の不透明鉱物(黄鉄鉱?)及び微量の磷灰石、ジルコンを伴う。

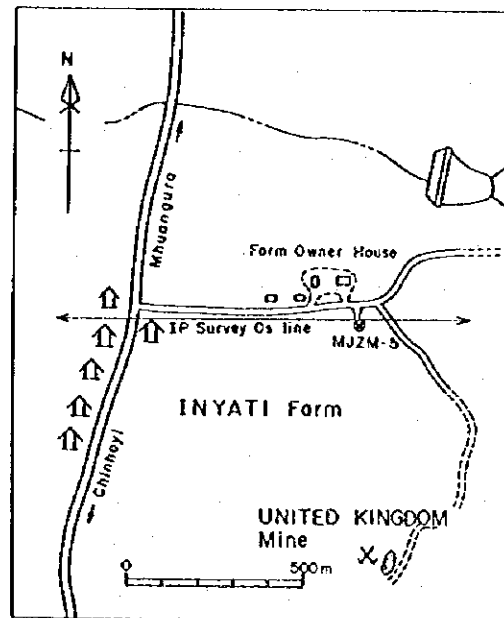
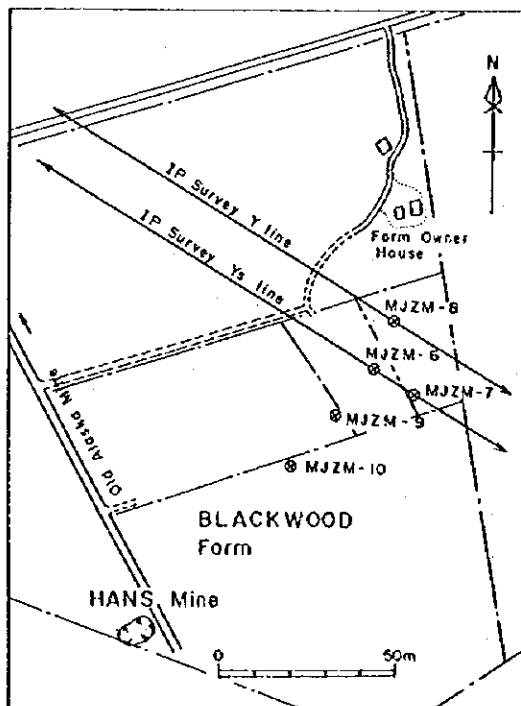
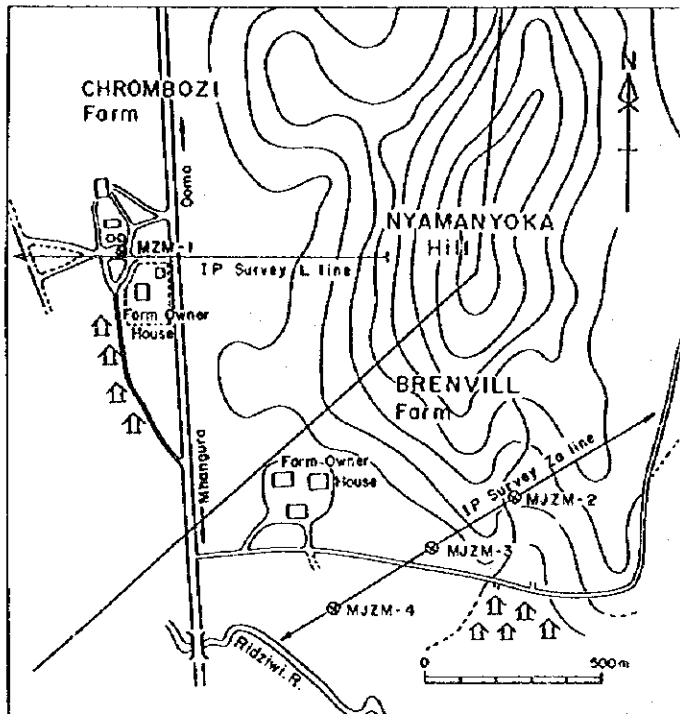
鉱化は44.0～64.0m, 196.8～199.8mのアルコース中に弱い磁鉄鉱が認められる。

鉱石研磨片の顕微鏡観察結果は以下のとおりである。

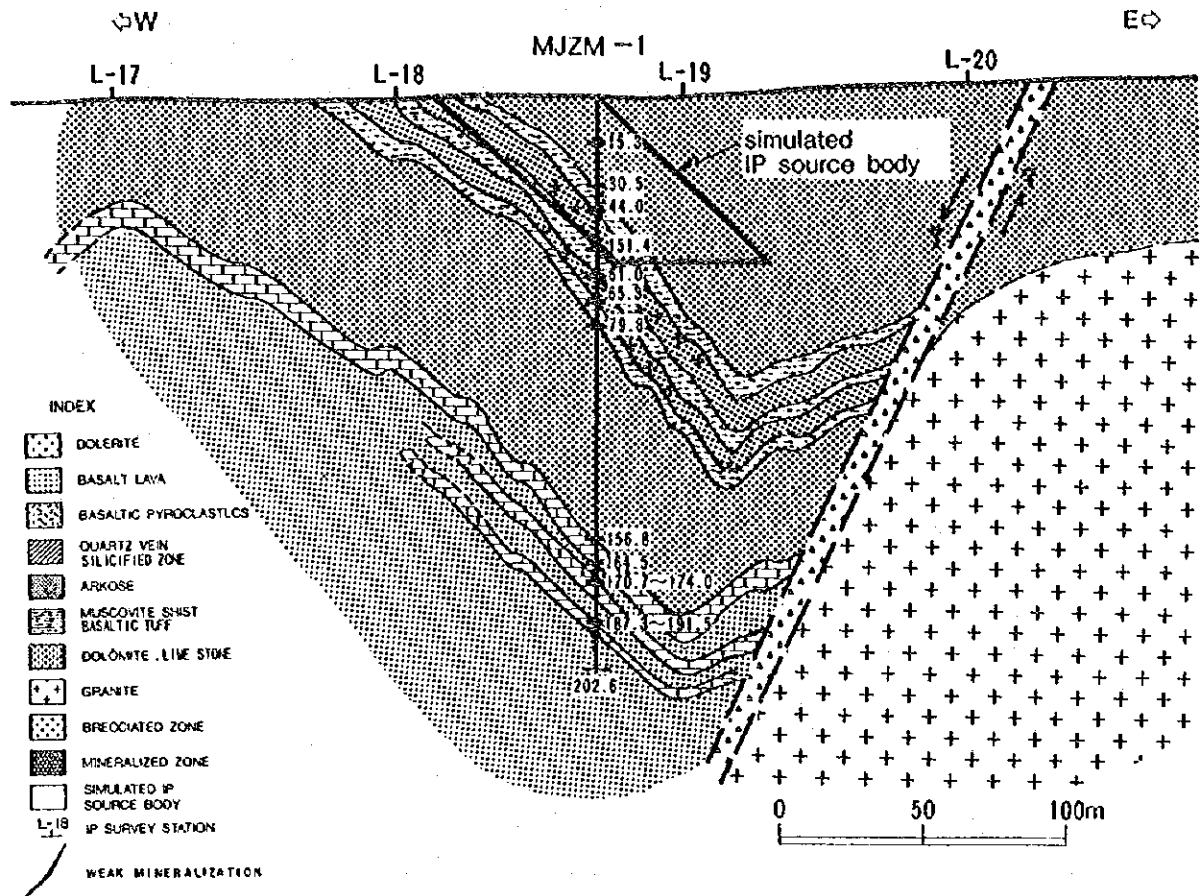
- ・44.30m, 64.46m, 198.70m ではいずれも少量の自形あるいは不規則外形磁鉄鉱及びその風化変質物である磁赤鉄鉱、赤鉄鉱、その他微量の柱状黄鉄鉱、外形不定の閃亜鉛鉱がみられる。

鉱石の分析結果は以下のとおりである。

金は検出限界値(0.01ppm)付近又は未満である。銀はいずれも1ppm未満である。銅は全て10ppm未満、ニッケルは最大120ppm、コバルトは最大17ppm、鉄は1～3%で鉱石要件を満たさない。白金は1試料(49m～50m)で1221ppbを示し特筆される。



図II-6-1 ボーリング位置図



図II-6-2 ボーリング地質断面図 (MJZM-1)

(2) MJZM-2 (400.60m)

本孔は孔底まで花崗岩が連続する。この間74.87m~77.80mに石英脈, 112.77m~113.77m, 252.40m~254.30m, 255.60m~257.77m, 268.61m~306.00m, 350.10m~352.40mに粗粒玄武岩質岩脈が分布する。また、特徴的に160~342mでは強い破碎帯であり、特に240~333m間には強い珪化(縞状石英脈~網状脈)を伴う。

珪化~破碎帯中には多量の赤鉄鉱, 緑泥石及び少量~微量の黄鉄鉱を伴う鉱化が認められる。

210.10mの鉱石研磨片は縞状石英脈であり、顕微鏡観察結果では赤鉄鉱化を伴う中量の自形磁鉄鉱, 少量の柱状赤鉄鉱及び微量の自形黄鉄鉱が認められる。

鉱石の分析結果は以下のとおりである。

金は最大0.12ppmである。銀は珪化帯でやや高い傾向を示すがいずれも1ppm未満である。銅は最大55ppm, ニッケルは最大89ppm, ヲガ林は最大15ppm, 鉄は0.6~8.73%, 白金は最大878ppbで鉱石要件を満たさないが珪化帯~石英脈でやや品位が比較的高い傾向がある。

(3) MJZM-3 (400.60m)

0m~6.00mまで赤色土壌である。6.00m~孔底までは花崗岩が連続する。この間72.30m, 132.55m, 1

33.80m~138.60m, 178.48m, 187.50m, 198.09m, 211.90m, 214.10m, 336.70m~338.00m, 387.00m~394.00m等の各所に石英脈~石英細脈帯, 及び22.28m~22.58m, 27.00m~42.90m, 82.84m~91.30m, 251.70m~252.10m, 287.90m~291.55m, 342.90m~351.10m, 374.30m~383.00mには粗粒玄武岩質岩脈が認められる。破碎帯は49.00m~82.84mにやや顕著である他岩脈付近に弱い破碎帯がみられる。

鉱化は岩脈中及び境界部に微量黄鉄鉱が認められる他は顕著なものはなく, また, 破碎帯においても微弱な石英-緑泥石脈を認めるのみである。

#### (4) MJZM-4 (301.70m)

本孔も孔底までは花崗岩が連続する。この間1.78m~3.39m, 116.30m(W=30cm)に石英脈が認められる他, 27.20m~47.75m, 86.10m~89.00m, 103.30m~154.30m, 192.10m~209.60m, 293.40m~296.70m, 299.700m~孔底には粗粒玄武岩質小岩脈帯が認められる。破碎帯はほとんど見られず, 79.88m~115.00mにかけて微弱な石英-緑泥石脈を認めるのみである。

鉱化は岩脈中及び境界部に微量の黄鉄鉱が認められるのみである。

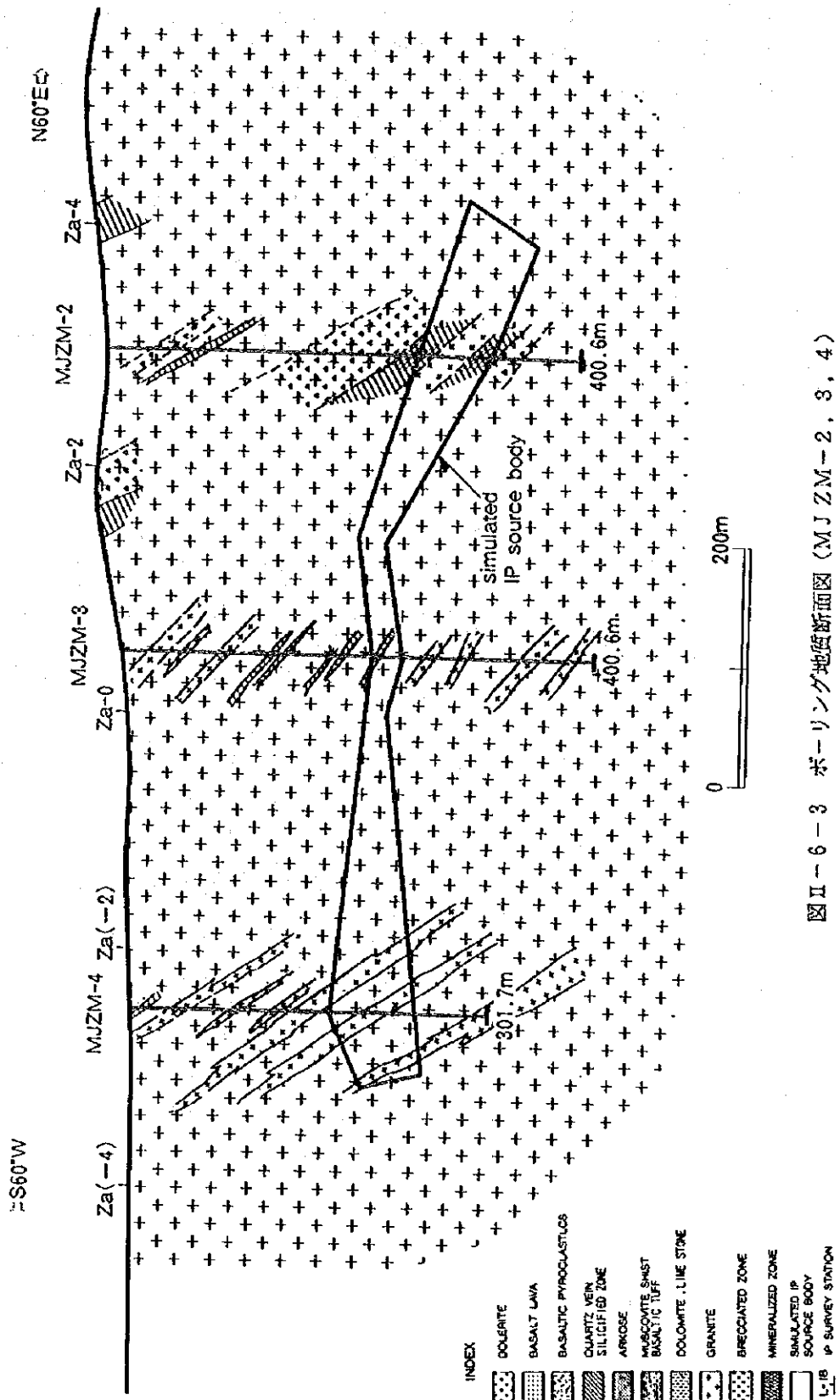
## 2. イニャチ地区

### (1) MJZM-5 (200.00m)

- ・0m~7.55m は風化帯であり, 赤褐色土壌に珪岩~苦灰岩~石灰岩, 岩片が混在する。
- ・7.55m~17.95m では石灰岩であり, 白色~乳白色で緻密堅硬無層理の岩石である。
- ・17.95m~25.00mでは玄武岩質凝灰岩~白雲母片岩であり, 緑色を呈する。本岩は強い変成及び褶曲作用を受け, 微褶曲構造を伴う他石英脈(分結脈?)を多く伴う。
- ・25.00m~43.12mでは粗粒玄武岩貫入岩であり, 暗緑色を呈し, 塊状緻密堅硬である。本岩には部分的に石英, 方解石, 磁鉄鉱, 赤鉄鉱等の細脈を伴う。
- ・43.12m~48.40mでは緑色を呈する玄武岩質凝灰岩~白雲母片岩である。
- ・48.40m~88.30mでは暗緑色, 緻密堅硬な粗粒玄武岩貫入岩であり, 石英, 方解石, 磁鉄鉱, 電気石等の脈を伴う。また, 一部には方解石, 緑泥石に充填された杏仁状部もみられる。
- ・88.30m~90.70mでは玄武岩質凝灰岩~白雲母片岩であり, 緑色を呈する。本岩は微褶曲構造を伴う他, 特徴的に葉理に沿って石英脈及び黄鉄鉱, 黄銅鉱脈を多く伴う。
- ・90.70m~94.50m礫岩であり, 花崗岩, アルコース, 泥岩, 粗粒玄武岩など雑多な亜円礫を伴う。
- ・94.50m~孔底まではアルコースが分布する。この間95.60m~99.50m, 128.53m, 166.20m, 188.50m, 196.00m~197.20mでは石英脈を伴う他, 赤鉄鉱に富む赤色部分, 緑泥石に富む緑色部分, 及び級化構造を示す部分等種々の岩相を呈する。

岩石薄片の顕微鏡観察結果は以下のとおりである。

- ・15m では石灰岩であり, 鏡下では多量の方解石, 少量の石英からなる。方解石は一般に細粒糖状であるが一部大型方解石からなる部分もある。
- ・19.50mでは方解石, 緑泥石である。方解石, 緑泥石は粗粒でパッチ状に存在する。緑泥石は中~少量の石英, 微量の斜長石と共に石基部の主要構成鉱物である。この他小~微量の電気石, 絹雲母, 不透明鉱物を伴う。
- ・30m, 40m, 50m, 70mは変質粗粒玄武岩である。これらはオフィチック組織を示し, 多量の斜長石を伴う他, 多量の透角閃石, 中量のスフェーンを含む場合があり, また, 変質を受け緑泥石, 緑廉石, 方解石, 石英を生じている。



図II-6-3 ボーリング地質断面図 (MJZM-2, 3, 4)



・45mでは方解石、石英、斜長石、緑泥石準片岩であり、多量の斜長石、葉片状緑泥石、中量の石英、細脈状方解石、鉄鉱物、及び少量の透角閃石、緑帘石、スフェーンを伴う。

・90mでは石英、方解石、緑泥石片岩である。これには多量の石英、葉片状緑泥石、細脈状方解石の他、少量の斜長石、葉片状絹雲母、及び黄銅鉱、黄鉄鉱を伴う。

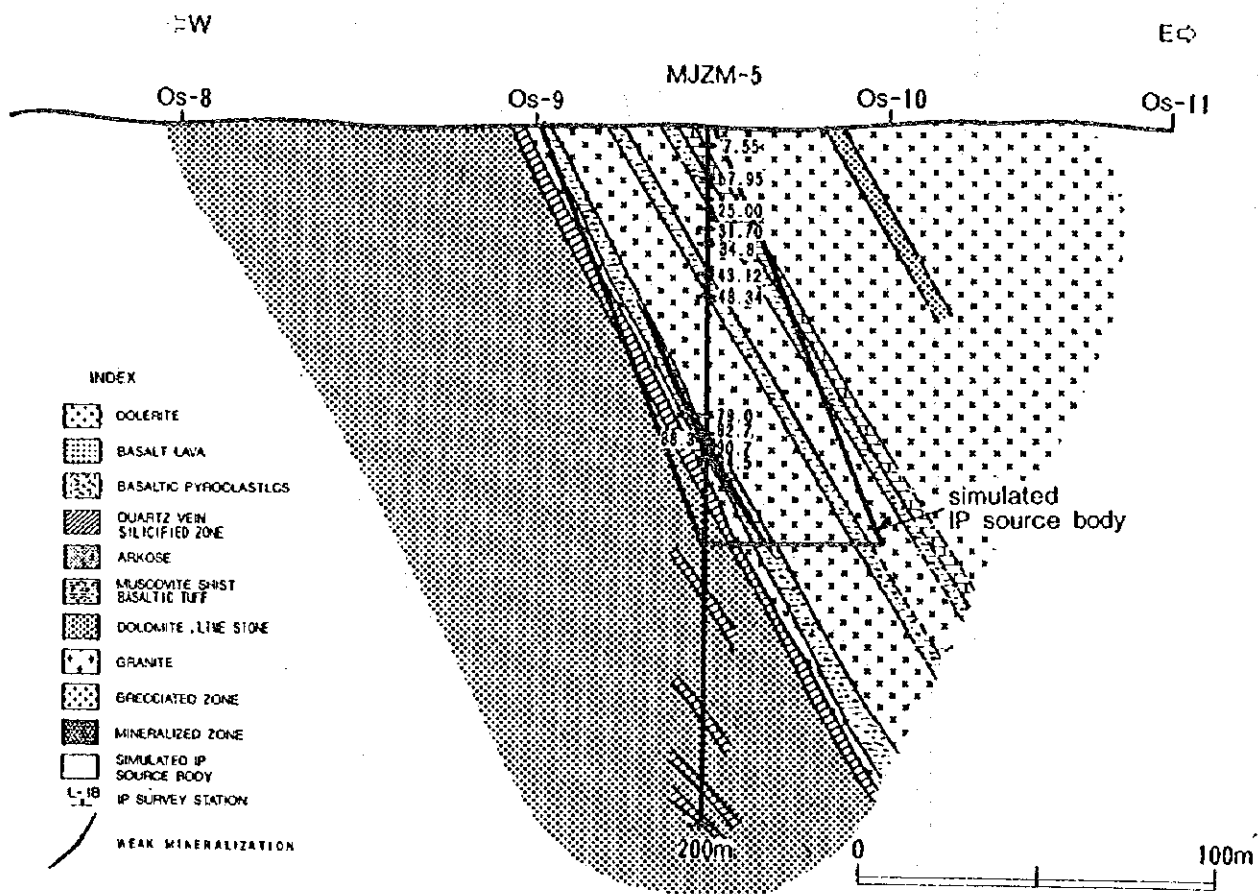
鉱石研磨片の顕微鏡観察結果は以下のとおりである。

・89.30mでは方解石、石英を伴う脈石中に少量の外形不定の黄銅鉱、微量の閃亜鉛鉱、及び極微量の斑銅鉱が認められる。

・54.95mは粗粒玄武岩中の脈であり、主として磁鉄鉱より構成される。

鉱石の分析結果は以下のとおりである。

本孔は肉眼的にも観察できる鉱化帯で、銀は最大4.7ppm、銅は最大4490ppm(0.45%)が認められる。その他の元素については特筆すべき品位は示さない。



図II-6-4 ボーリング地質断面図 (MJZM-5)

### 3. アングワ地区

#### (1) MJZM-6 (600.00m)

・0m~7.15mは風化帯の褐色土壌であり、粗粒玄武岩岩片を多く伴う。

7.15m~493.00mは粗粒玄武岩貫入岩である。この間48.00m~78.08m, 83.89m~88.18m, 143.00m~154.60m, 365.50m~461.70mには玄武岩質火砕岩を挟み、また、120.70m付近には溶岩状部分も認められ、本岩は繰り返しの貫入活動を伴うシート状貫入岩と判断される。

・493.00m~513.10mは中粒のアルコースであり、赤鉄鉱を伴う淡赤色を示し、緑泥石のスポットを伴う。

・513.10m~529.50mは玄武岩質細粒緑色凝灰岩であり、一部に淡赤色の砂質部分を伴う。

・529.50m~540.53mは淡赤色アルコース及び玄武岩質細粒緑色凝灰岩互層帯である。

・540.53m~578.30mは本孔浅部のものと同質の粗粒玄武岩貫入岩である。

・578.30m~588.00mは玄武岩質細粒緑色凝灰岩であり、淡緑色~濃緑色を示し、一部に淡赤色の赤鉄鉱部分を伴う。

・588.00m~孔底までは中粒~細粒のアルコースであり、一部に細粒緑色凝灰岩を伴う他、明瞭な斜交層理を示す。

鉱化はアルコース中の上部に赤鉄鉱、磁鉄鉱が認められるが、顕著な銅鉱化は捕捉できなかった。

鉱石の分析結果は以下のとおりである。

金は検出限界値付近または未満である。銀はいずれも1ppm未満である。銅は最大81ppm、ニッケルは最大141ppm、コバルトは最大42ppm、鉄は約1~9%、白金は最大530ppbで鉱石要件を満たさない。また、銅、コバルト、鉄、白金の品位については母岩による差異がみられる。

## (2) MJZM-7 (600.00m)

・0m~122.35mは玄武岩溶岩である。この間自破砕状構造、石英、方解石で充填された杏仁状組織、及び石英小脈に伴う白色化、黄鉄鉱鉱染帯が認められる。

・122.35m~265.74mは玄武岩質火砕岩が連続する。本岩は緑色~暗緑色の基質部に大小各種の亜円礫状本質礫を大量に伴い、稀には異質礫として少量の花崗岩、アルコース、泥質岩礫を含んでいる。また、一部には細粒凝灰岩を伴っており、繰り返しの火山活動により形成されたものと思われる。

・265.74m以降孔底までは一部に玄武岩質凝灰岩(370.00m~413.80m)を伴いながらアルコースが連続する。アルコースの上層部(266~320m)では多数の石英、黄鉄鉱、黄銅鉱脈を伴い、一部には黄鉄鉱の巨晶( $\phi=5\text{cm}$ )を伴う他、脈周辺に白色化及び黄鉄鉱、黄銅鉱の鉱染状鉱化を及ぼしている。アルコースの下層部では410m~480mにかけて繰り返し級化構造がみられる他、480m~497mにかけて明瞭な斜交層理が認められる。497m以降も不明瞭ながら級化構造及び斜交層理が各所にみられる。なお、アルコースの下層部では微細な石英脈はみられるものの顕著な鉱化は見られない。

岩石薄片の顕微鏡観察結果は以下のとおりである。

・40m, 65mは変質玄武岩である。中量の斜長石、黒雲母を伴い塊状組織を呈する。また変質を受け多量の緑泥石、中量の方解石、及び少量の緑簾石、石英、自形黄鉄鉱を生成している。

・150m, 160mは玄武岩質火砕岩である。石基部には多量の方解石の他、中量~少量の石英、斜長石、カリ長石、柱状黒雲母、針状白雲母、葉片状緑泥石、微量の燐灰石、不透明鉱物を伴う。

・245m, 275m, 300m, 375m, 390m, 410m, 440m, 450mはいずれもアルコースであり、場所により色調、粒径等諸岩相を呈するが大局的には多量の石英、多量~中量の斜長石、方解石、中量~少量のカリ長石、白雲母、緑泥石、及び場所によっては微量の黒雲母、電気石、スフェーン、燐灰石、ジルコンを伴う。

鉱石研磨片の顕微鏡観察結果は以下のとおりである。

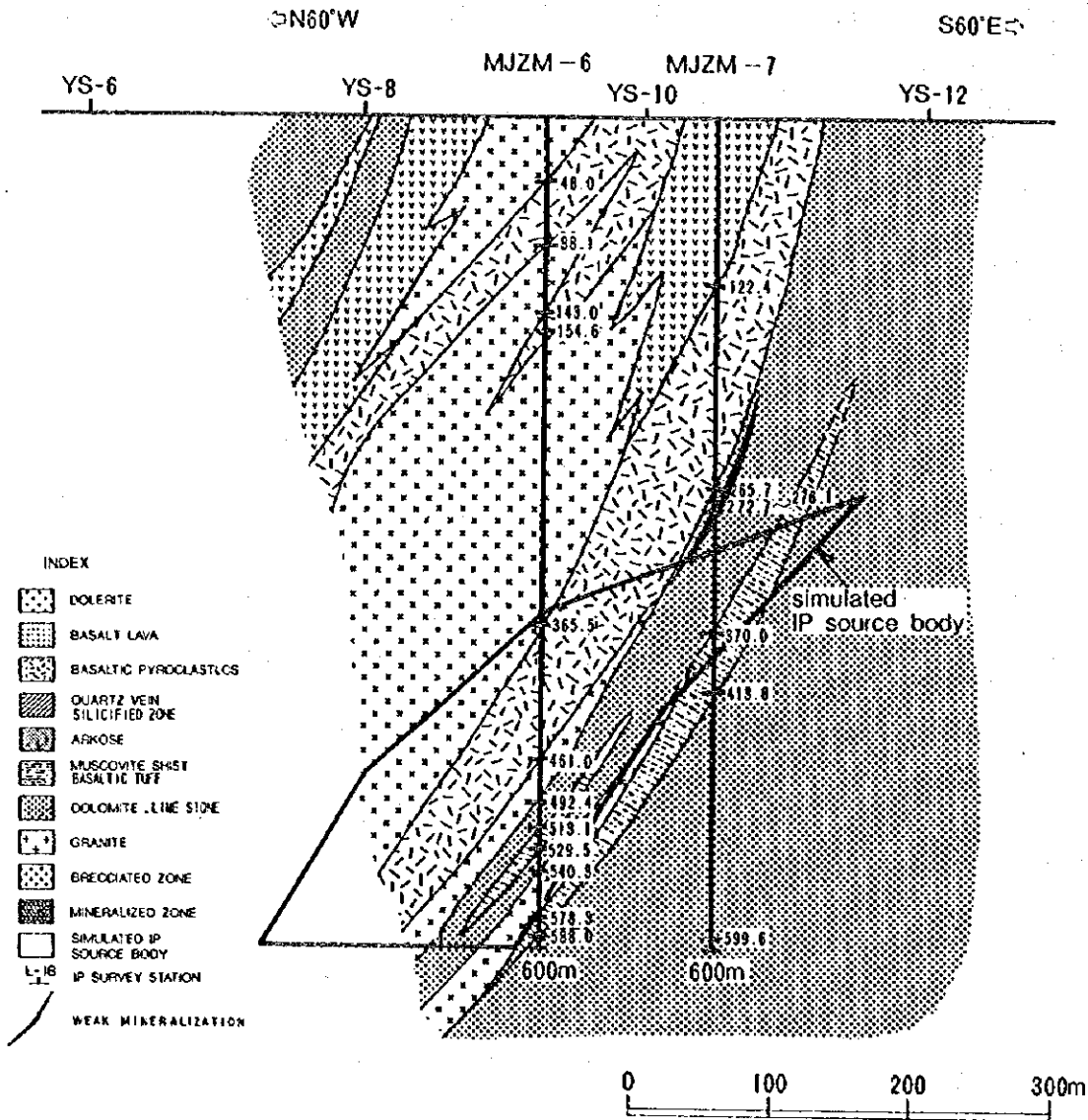
・48.50mは玄武岩溶岩中の鉱化である。ここでは少量の自形～不規則外形の黄鉄鉱、微量の外形不定微粒の閃亜鉛鉱が認められる。

・272.9mはアルコース中の石英細脈に伴う鉱化である。ここでは多量の石英、少量の方解石、珪酸塩鉱物に伴って中量の外形不定の黄銅鉱、及びその変質物である斑銅鉱、輝銅鉱、少量の自形黄鉄鉱、外形不定の閃亜鉛鉱、その他中量の磁赤鉄鉱が認められる。

・285.9m, 301.0m, 314.1mは同様にアルコース中の石英細脈に伴う鉱化である。ここでは少量の自形～不規則外形の黄鉄鉱、微量の外形不定微粒の閃亜鉛鉱が認められる。

鉱石の分析結果は以下のとおりである。

金は検出限界値付近または未検である。銀は最大1.2ppmである。銅は玄武岩質火砕岩直下のアルコース中に高含有量(366ppm & 117ppm)がみられる。この層準は既知鉱床(Hans Mine)の層準に対応し、鉱化帯の末端～延長部を暗示するものと思われる。白金は最大942ppbを示すが全体的には低い。その他の元素は特筆すべき品位を持たない。



図II-6-5 ボーリング地質断面図 (MJZM-6, 7)

### (3) MJZM-8 (500.00m)

- ・0~159.00mまでは玄武岩質火砕岩である。この間緑色~暗緑色の基質部に大量の本質礫を伴い、深部なるほど礫の量、径ともに増加する。
- ・159.00m~364.00mはアルコースである。上層部ではカリ長石、赤鉄鉱に富み、淡赤色を呈し、比較的均質である。下層部は緑泥石を伴い淡赤色部、緑色部が不規則交互に出現する他、230m~305mでは繰り返し級化構造、305m~350mでは明瞭な斜交層理が認められる。
- ・364.00m~413.70mは再度玄武岩質火砕岩が出現する。この間暗緑色~オリーブ緑色を呈し、一部に変質に伴う緑糜石を生成する。
- ・413.70m~孔底は粗粒玄武岩貫入岩である。この間一部に赤鉄鉱、緑糜石小脈を伴う他、境界部に微量の黄鉄鉱染染を伴う。

鉱化はアルコース上層部に赤鉄鉱、磁鉄鉱、極微量の黄鉄鉱が認められる他は顕著な銅鉱化は見られない。

本孔の分析結果は特筆すべき品位を持たない。

### (4) MJZM-9 (452.00m)

- ・0m~15.00mは風化帯であり、黄褐色土壌に玄武岩、緑色凝灰岩、珪岩礫を伴う。
- ・15.00m~62.00mは玄武岩溶岩である。この間オリーブ緑色~暗緑色を示し塊状で一部に方解石に満たされた杏仁状組織を伴う他、方解石小脈を多く伴う。
- ・62.00m~404.70mは玄武岩質火砕岩が卓越する。
- ・404.70m以降はアルコースである。本岩は淡赤色~淡緑色を示し細粒部中粒部が交互に出現する縞状構造を伴う。孔底付近には微褶曲構造、斜交層理も部分的に観察される。

鉱化は413~423m付近に磁鉄鉱、磁硫鉄鉱が認められるのみで銅鉱化は認められない。

本孔の分析結果は特筆すべき品位を持たない。

### (5) MJZM-10 (400.00m)

#### MJZM-10号(400m)

- ・0m~19.30mは風化帯の赤褐色~淡緑色の土壌に玄武岩礫を伴う。
- ・19.30m~132.30mは玄武岩溶岩である。緑色~暗緑色を示し、杏仁状組織を伴う他、典型的な自破砕構造を示す。
- ・132.30m~181.50mは玄武岩質火砕岩がである。
- ・181.50m以降孔底まではアルコースが連続する。上層部は細粒均質であり、淡赤色部分、紫色部分、緑泥石~緑糜石を伴う緑色部分が交互に出現する。289.00m~333.50m、及び375.30m以降では明瞭な繰り返し級化構造を示し、333.50m~375.30mでは斜交層理を示す。

鉱化はアルコース中の201.73~207.73m、215~226m、255~267mに磁鉄鉱、磁硫鉄鉱、赤鉄鉱、及び微弱な斑銅鉱が認められる。銅鉱化の程度は微弱と思われる。

鉱石の分析結果は以下のとおりである。

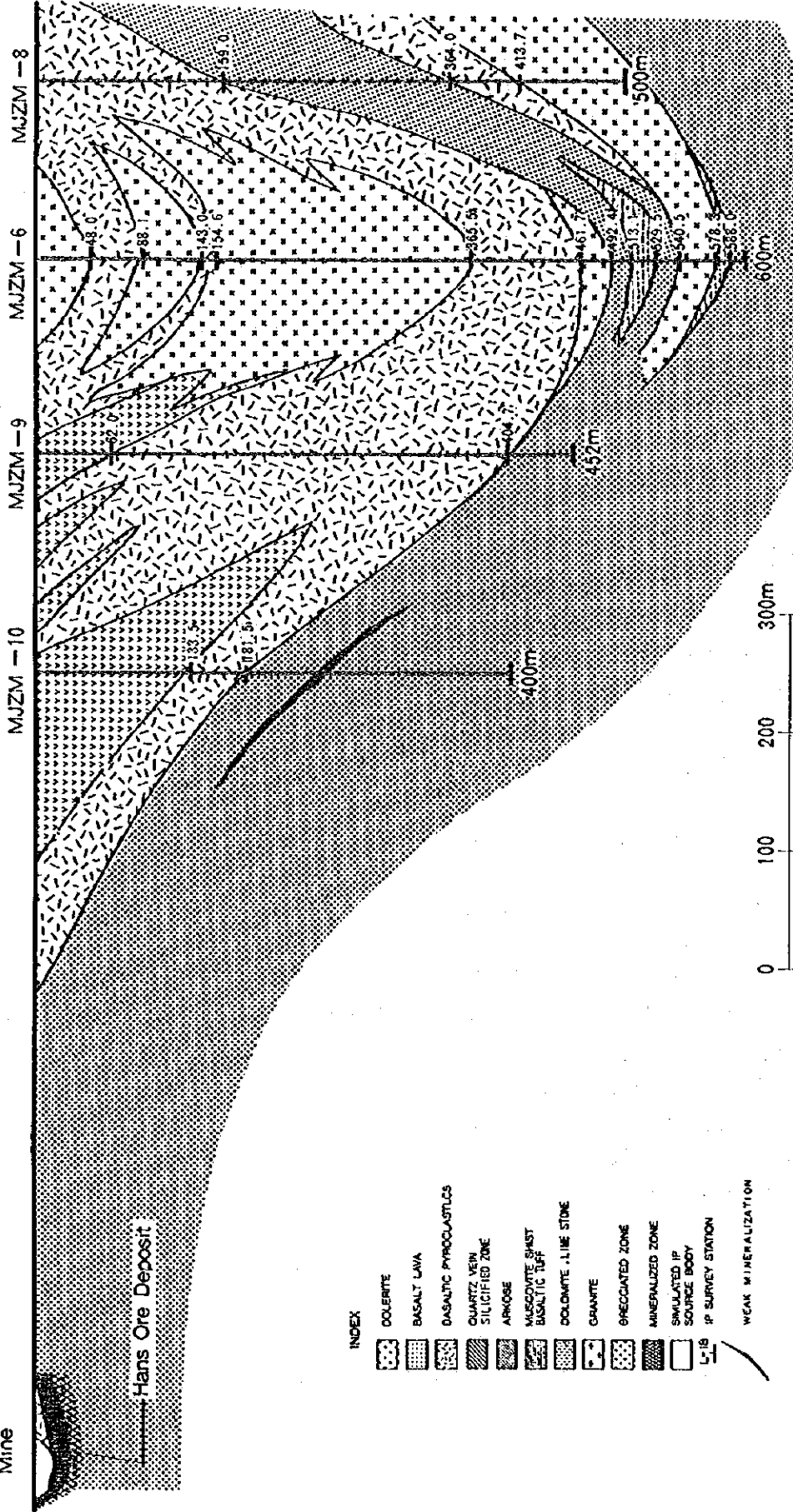
銀は204.73m~206.23mで最大5.13ppmである。銅はほぼ同じ層準(201.73m~209.23m)でアルコース中に高含有量(最大1867ppm)がみられる。この層準も既知鉱床(Hans Mine)の層準に対応し、鉱化帯の末端~延長部を暗示するものと思われる。その他の元素は特筆すべき品位を持たない。

Q S38°W

N38°E

Hans Mine

Hans Ore Deposit



図II-6-6 ボーリング地質断面図 (MJZM-6, 8, 9, 10)

### 6-3 考察

岩石及び鉱石の化学分析ダイアグラムを図II-6-7～図II-1-14に示す。

MJ ZM-1号はチロンボジ農場においてマンガラ鉱山北方の鉱化帯追跡及びL測線のIP異常体に対して試錐を実施した。

鉱化は44.0～64.0mのアルコース中に少量の磁鉄鉱及びその風化変質物である磁赤鉄鉱、赤鉄鉱の他微量の黄鉄鉱、閃亜鉛鉱がみられるが鉱石の分析結果は鉱石要件を満たさない。

MJ ZM-2, 3, 4号はブレンビル農場においてマンガラ鉱山北方の鉱化帯追跡及びZ a測線のIP異常体に対して試錐を実施した。

MJ ZM-2号は特徴的に160～342mでは強い破碎帯であり、特に240～333m間には強い珪化（縞状石英脈～網状脈）が認められる。この珪化～破碎帯中には多量の赤鉄鉱、緑泥石及び少量～微量の黄鉄鉱を伴う鉱化が認められる。縞状石英脈は顕微鏡観察結果では赤鉄鉱化を伴う中量の磁鉄鉱、少量の赤鉄鉱及び微量の黄鉄鉱が認められる。鉱石及び岩石の分析結果は何れの元素も鉱石要件を満たさないが粗粒玄武岩質岩脈及びその境界部にやや強い鉱化を伴うのみである。

MJ ZM-3号, MJ ZM-4号は粗粒玄武岩質岩脈及び境界部に微量黄鉄鉱が認められるのみである。

MJ ZM-5号はイニャチ農場においてユナイテッドキングダム鉱山北方の鉱化帯追跡及びOs測線のIP異常体に対して試錐を実施した。

鉱化は石英、方解石、緑泥石片岩中の方解石、石英脈中に伴われる黄銅鉱、閃亜鉛鉱、及び斑銅鉱鉱化帯で、分析結果では銀は最大4.7ppm、銅は最大0.45%が認められる。

MJ ZM-6, 7, 8, 9, 10号はブラックウッド農場においてハンス鉱山北東の鉱化帯追跡及びY s測線のIP異常体に対して試錐を実施した。

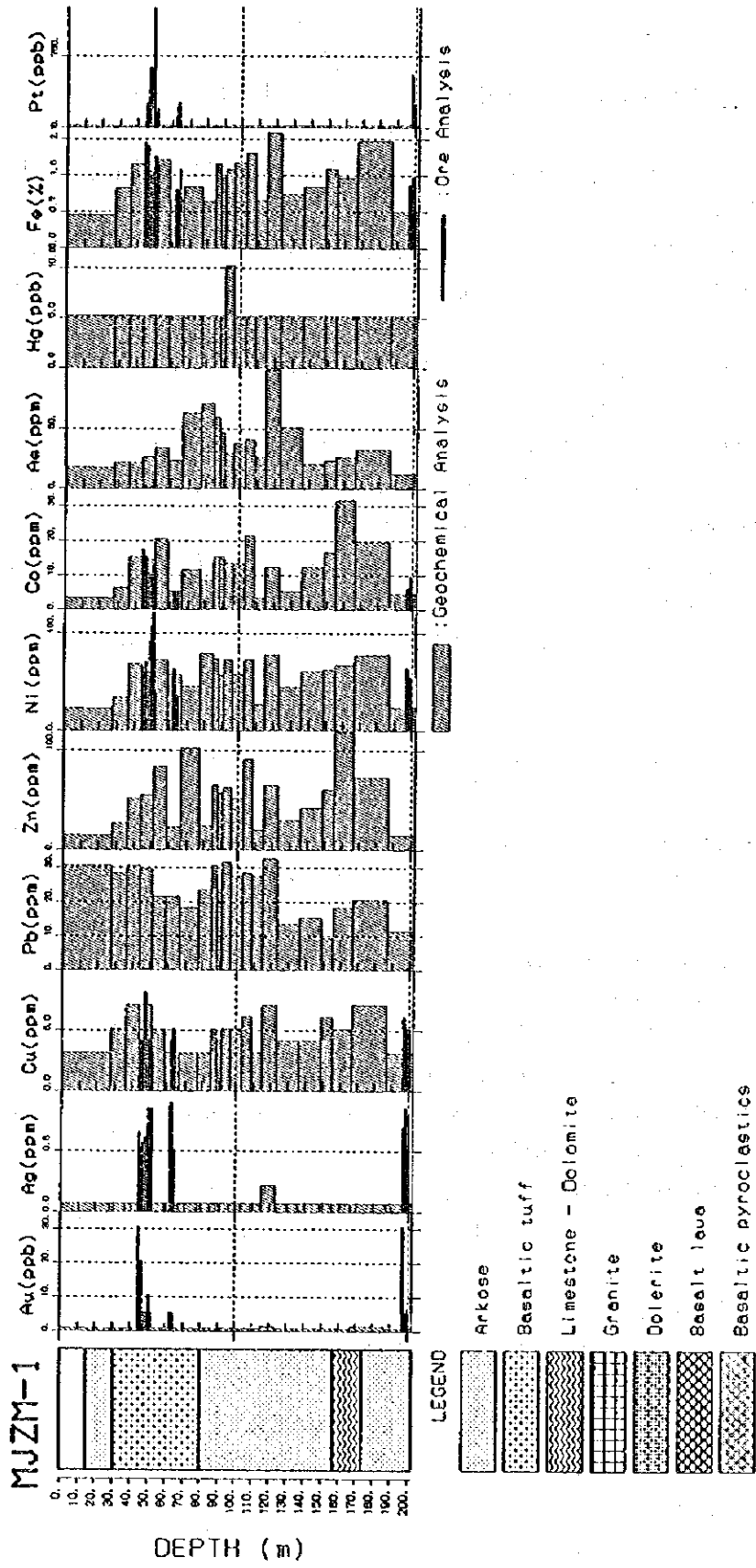
MJ ZM-7号の鉱化はアルコース中の石英細脈に伴う鉱化である。ここでは多量の石英、少量の方解石、珪酸塩鉱物に伴って、黄銅鉱とその二次鉱物である斑銅鉱、輝銅鉱、及び黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、その他磁赤鉄鉱が認められる。分析結果では玄武岩質火砕岩直下のアルコース中に銅366ppm～117ppmがみられるが採掘可能品位には遠く及ばない。

MJ ZM-10号の鉱化はアルコース中の201.73～207.73m, 215～226m, 255～267mに磁鉄鉱、磁硫鉄鉱、赤鉄鉱、及び微弱な斑銅鉱が認められ、分析結果では銀は最大5.13ppm、銅は銀とはほぼ同じ層準で最大1867ppmである。これらの層準は既知鉱床(Hans Mine)の層準に対応し、鉱化帯の延長部～末端部を暗示するものと思われる。

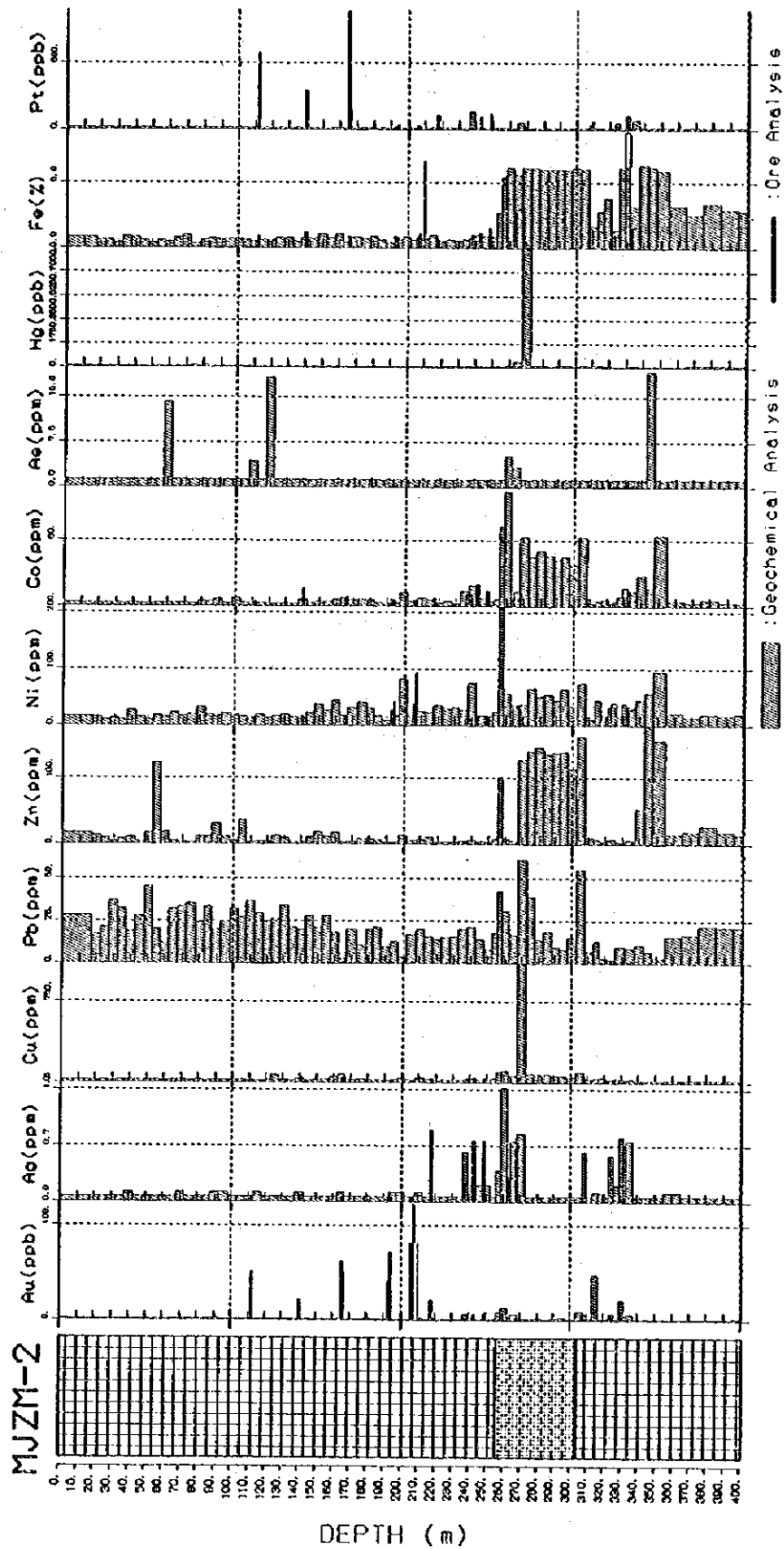
MJ ZM-6, 8, 9号では特筆すべき鉱化及び品位を持たない。

現在アラスカ鉱山、マンガラ鉱山の出鉱品位は0.6～0.8%Cuであり、0.5～1.5%Cu程度の鉱石を採掘しているものと思われる。一方今後の新規開発を考えた場合、当初出鉱品位は2%Cu前後が必要と思われる。この見地に立てば、着鉱品位は1～3%Cu位が必要と推察する。

今回調査の結果では、微弱な鉱化は認められ、部分的には0.5%Cu前後の銅品位は得られると思われるが、開発可能な銅品位の鉱石は期待困難と考える。

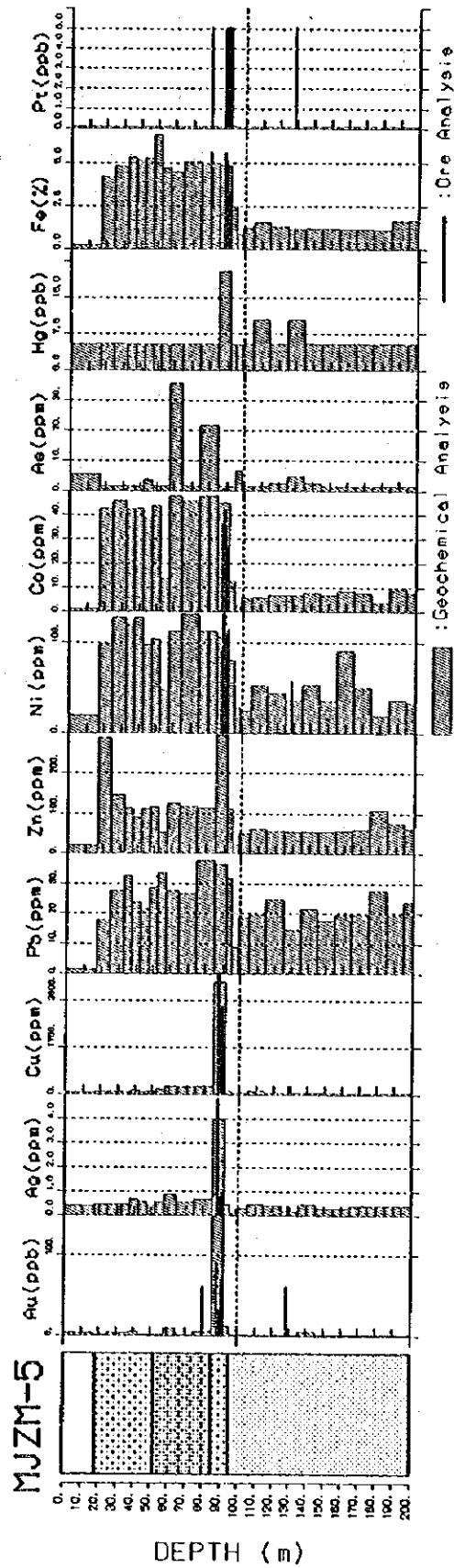


図II-6-7 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム (MJZM-1)

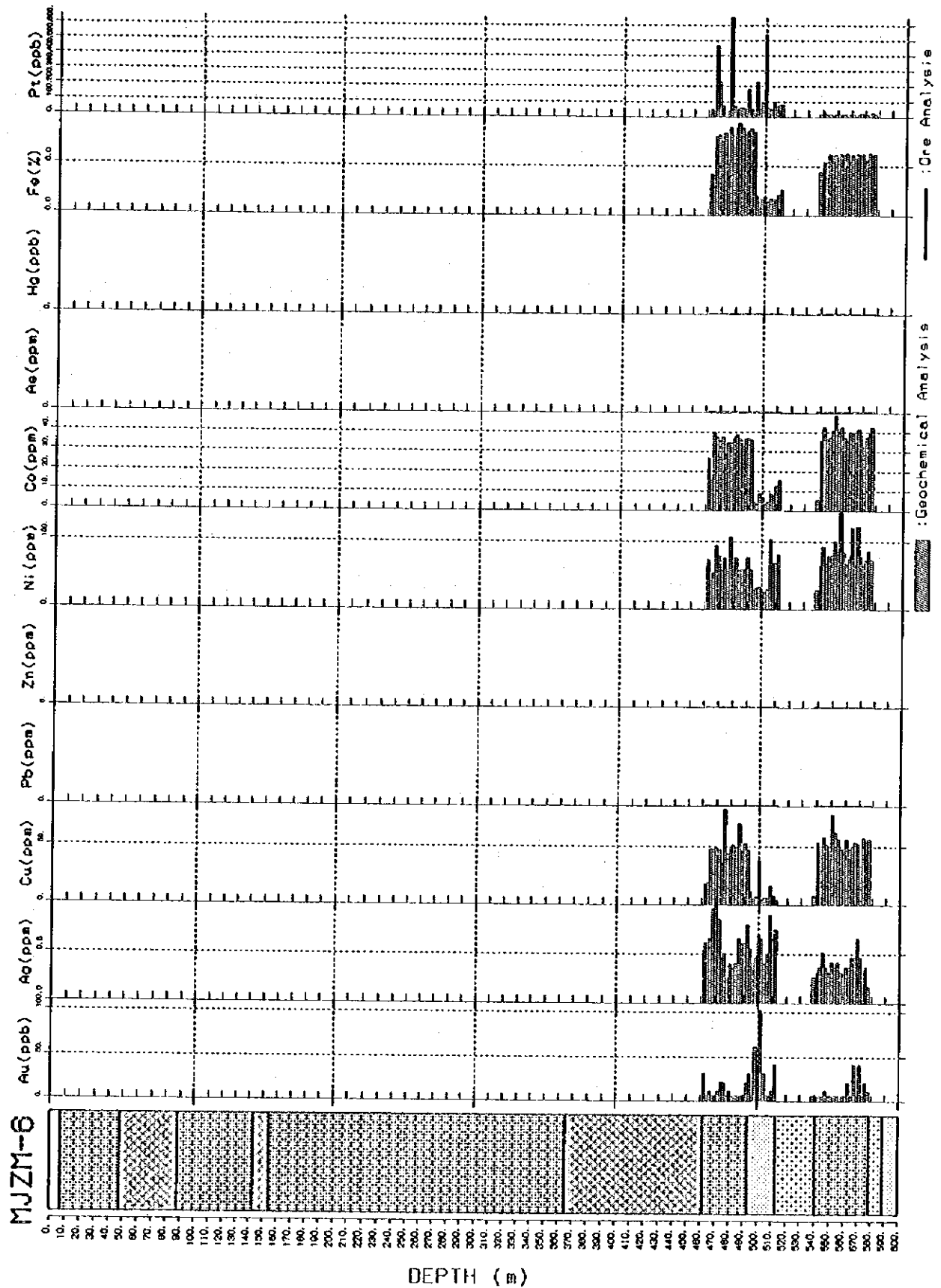


図II-6-8 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム (MJZM-2)

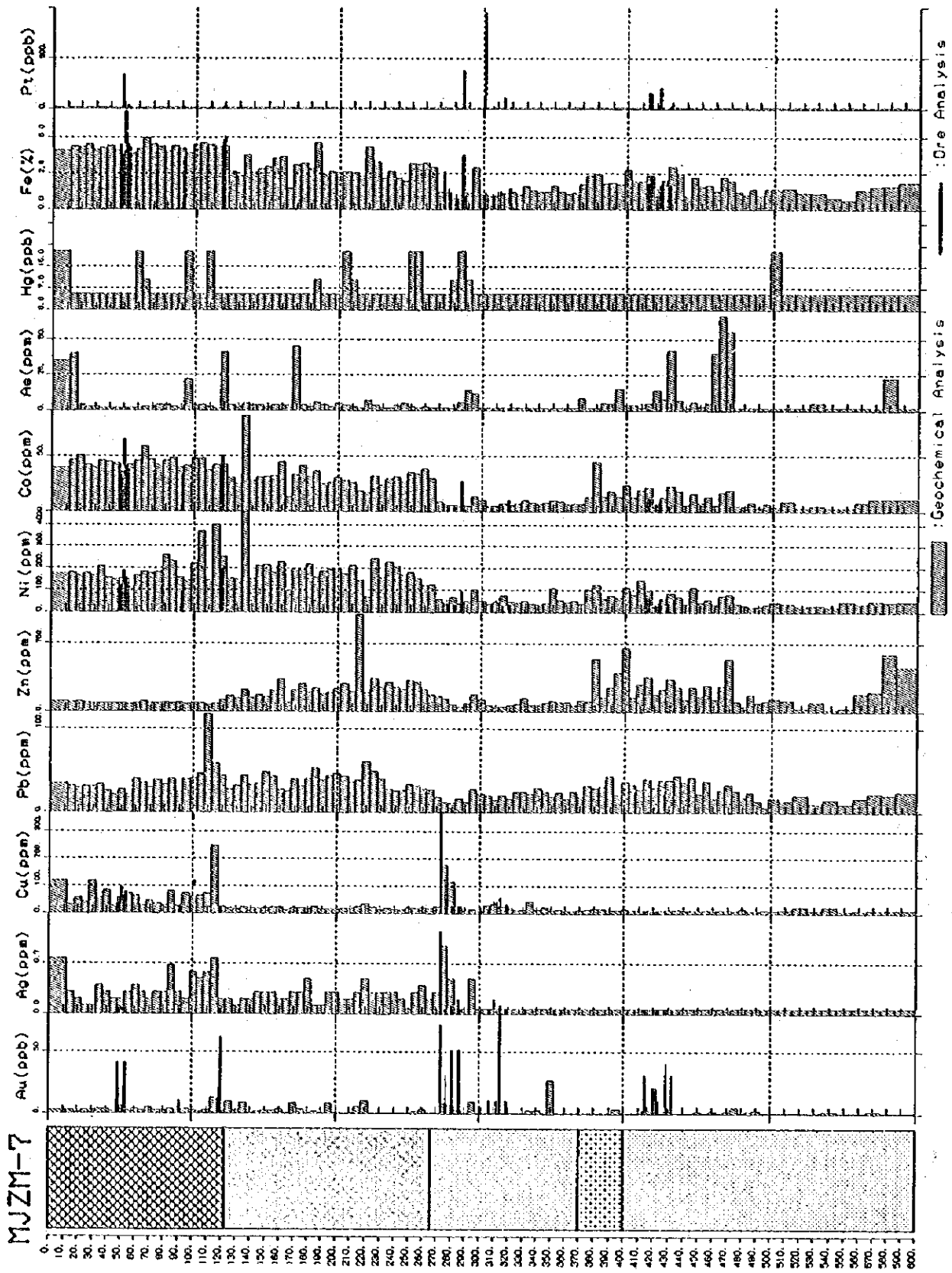




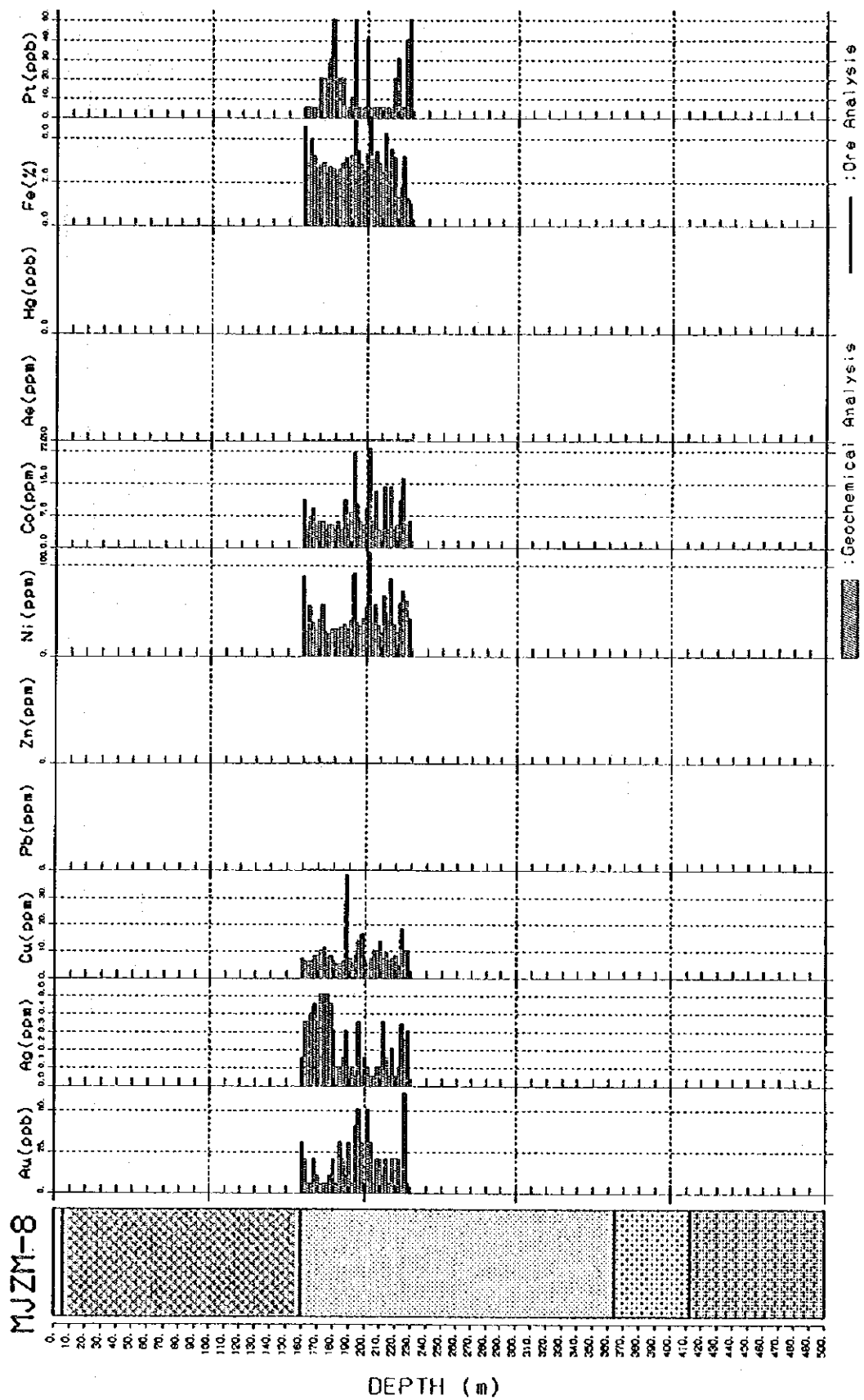
図II-6-9 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム (MJZM-5)



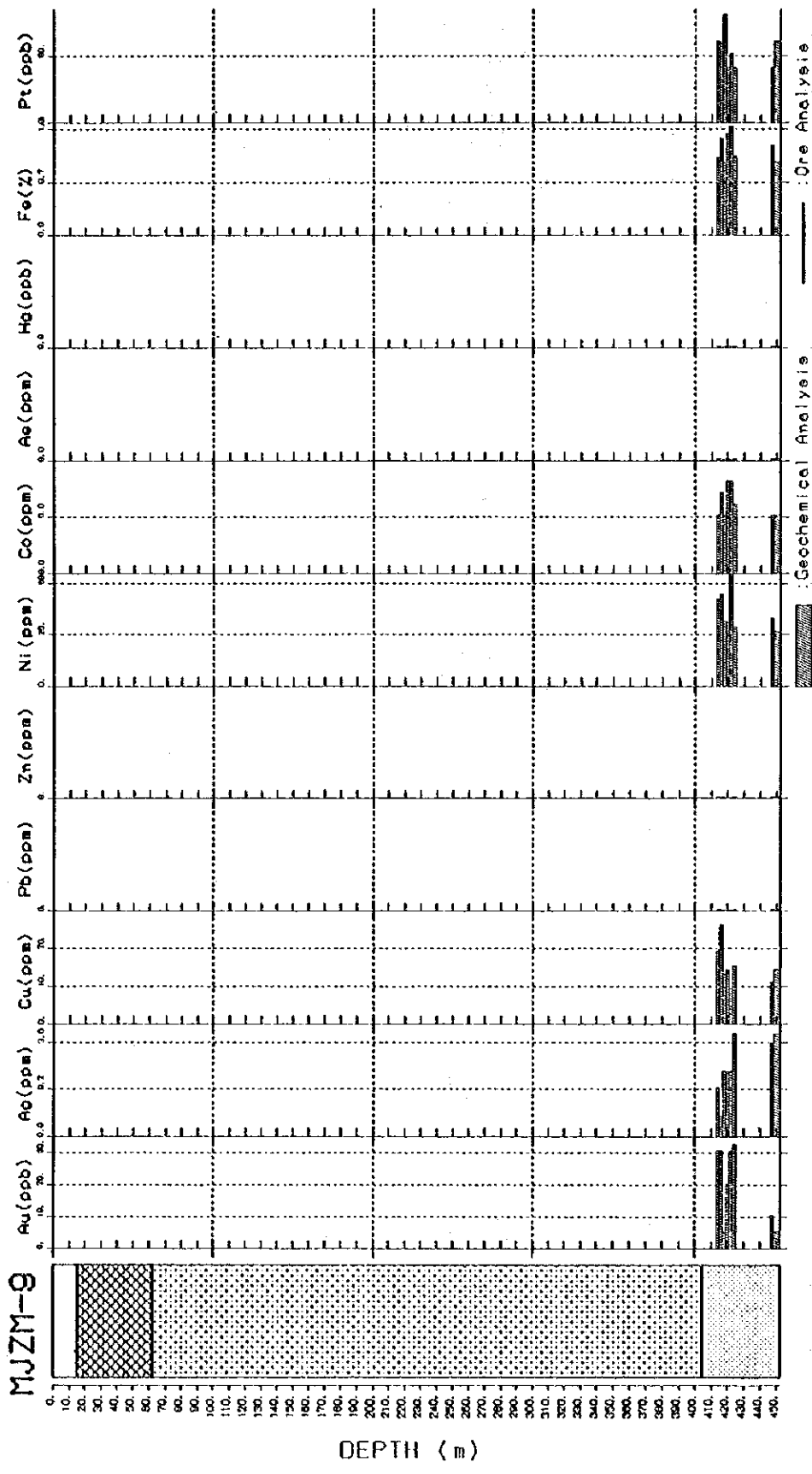
図II-6-10 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム (MJZM-6)



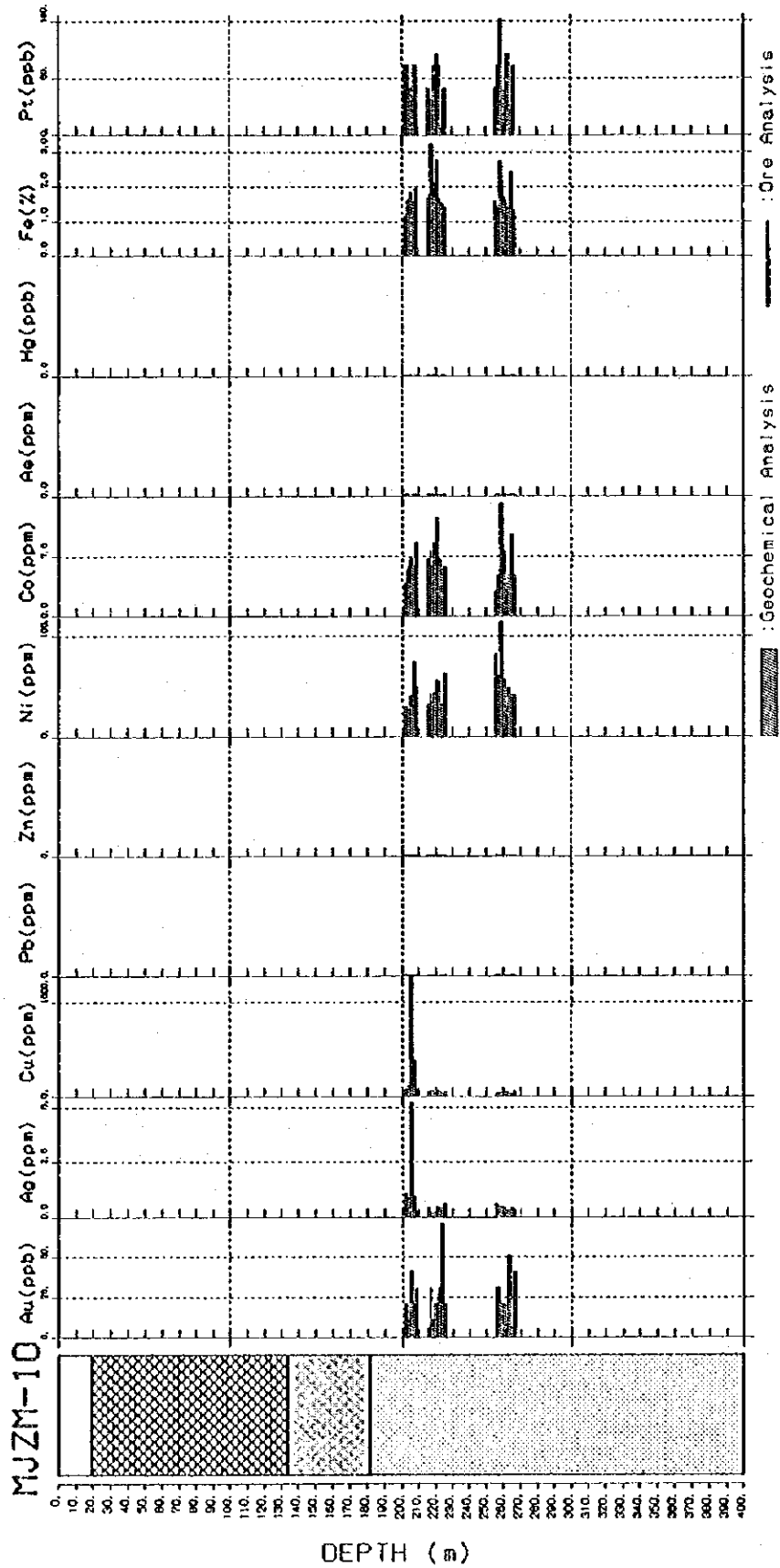
図II-6-11 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム (MJZM-7)



図II-6-12 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム (MJZM-8)



図II-6-13 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム (MJZM-9)



図II-6-14 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム (MJZM-10)

## 第7章 総合検討

### 7-1. 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制

調査地域内の主要鉱床はデウェラス層群中のアルコース中に胚胎する層準規制型鉱染状銅鉱床である。

鉱床生成は、母岩の堆積環境及び地質構造に大きく規制されていたと考えられている (Simpson, 1990)。既存鉱床・鉱徴地の調査結果から鉱床生成の場は、北部マンガラ鉱山地区では南北方向のデウェラス層群最下部と基盤岩類の境界部付近が重要であると考えられている。南部アラスカ地区ではNE-SW方向の背斜構造が重要であると考えられている。

### 7-2. 地化学異常と鉱化作用との関係

第1年次、第2年次調査の結果、新鉱床賦存の可能性の高い地区は、

- 1) デウェラス層群アルコースの分布域
- 2) Cu 単成分の高濃度帯
- 3) Cu, Pb, Zn, Fe, Co, Ni の6成分を用いた主成分分析の第4主成分が高得点となる場所を満たす地区と判明した。

この条件により抽出された地区は、既知鉱化帯、及び鉱化帯の地質構造と調和的な関係を有する。

### 7-3. 物理探査結果と鉱化作用との関係

第1年次調査室内試験結果から本地区の鉱化作用の内、酸化鉱帯では高IP異常を示さず、硫化鉱帯で高IP異常を示すことが判明した。このことから本地区では比較的地下深部を対象としたIP法物理探査が有効であることが示唆された。

第2年次調査結果から本地区の鉱化作用に基づくIP異常源は約50mv/v以上数100mv/vの分極率を持つものと推定された。これは第1年次試料試験結果のCu品位とIPの関係とも符号する。一方高IP測定値を得てもシミュレーション解析により50mv/v未満の異常源しか想定されず、IP異常パターン(ハの字パターン)を示さない場合は地質の影響が強く、鉱化作用に基づかない場合が認められた。

### 7-4. ボーリング調査結果と鉱化作用、土地化学異常及び物理探査結果との関係

第1年次調査から既存データ解析、地質調査、既知鉱徴地調査、土地化学探査、IP法物理探査、各種室内試験及びシミュレーション解析の段階を経て限定した探査候補地に対してボーリング調査を実施した結果、以下の成果を得た。

MJZM-5号では母岩の葉理に整合的な、主として黄鉄鉱、黄銅鉱で構成される細脈状～鉱染状を呈する硫化物の鉱化帯が捕捉できた。

MJZM-7号及びMJZM-10号では微弱ながら黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱、黄鉄鉱及び閃亜鉛鉱の鉱染帯を把握した。

これらの鉱化帯は既知鉱床(ユナイテッドキングダム鉱山、ハンス鉱山)と同一層準にあり、また、類似の鉱物組成を示し、既知鉱床の延長上の鉱化帯を捕捉したものである。一方、これらの鉱化帯の分析結果では特に期待された銀、銅についても最大銀4.7g/t、銅0.45%の品位しか得ることができず、当地域での経済的採算品位を確保することはできなかった。

今回捕捉された鉱化帯と第1年次調査において捕捉されている地表における銅地化学異常帯はよ

い対応を示す場合と、やや離れて位置する場合がみられる。

物理探査IP異常体との関連については、コア試験の結果粗粒玄武岩及び玄武岩質火砕岩の中には弱い鉱化を受けたアルコースや花崗岩と同程度のIP効果を示すことが判明し、当地域でのIP探査では、30mV/v程度の弱く明瞭なIPパターンを示す異常帯が抽出されても粗粒玄武岩及び玄武岩質火砕岩の影響を考慮しなければならない。



(1)

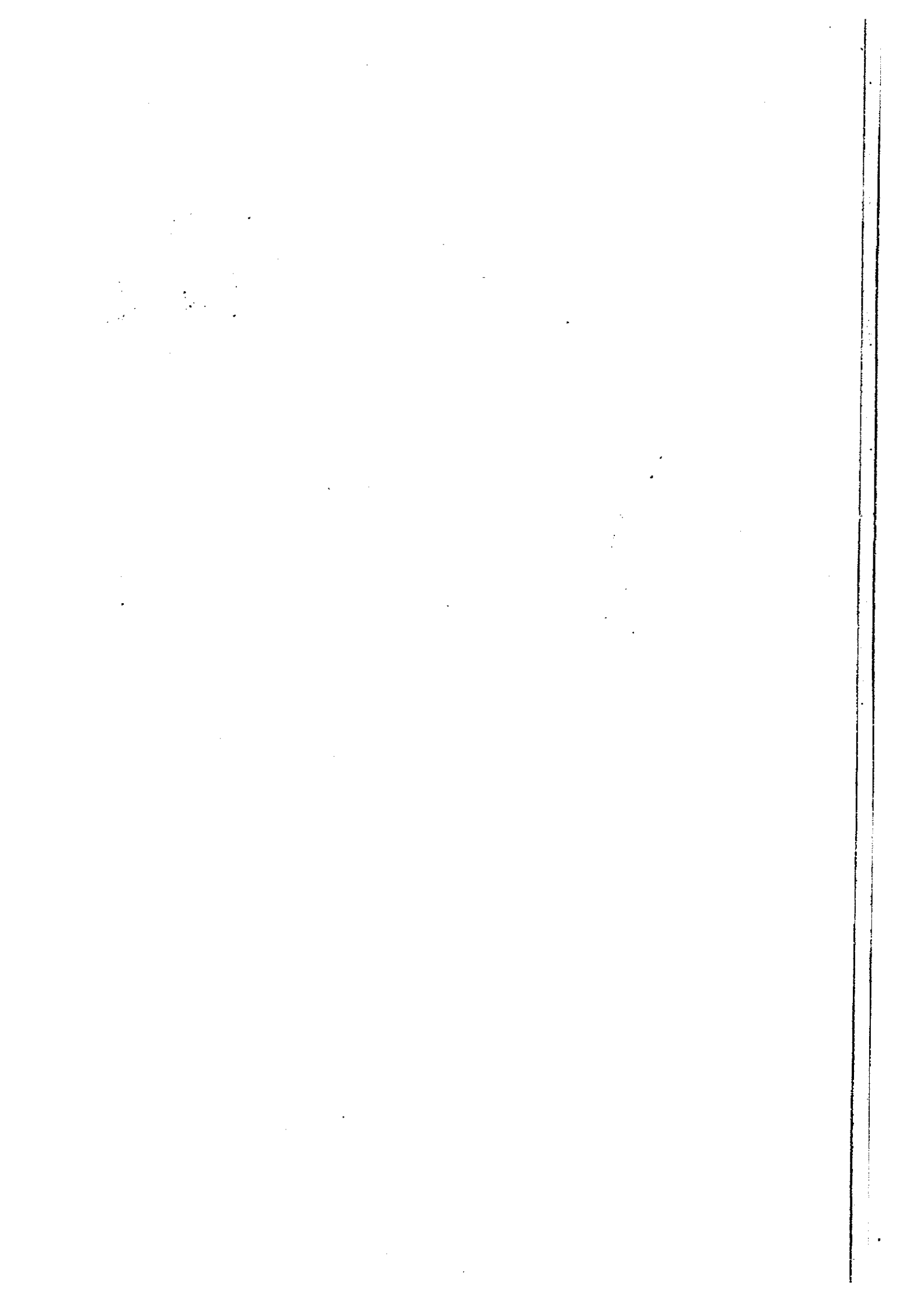
(2)

(3)





### 第III部 結論及び提言



## 第III部 結論及び提言

### 第1章 結論

本調査では既存データ解析、地質概査、GPSを用いた土地化学探査、既存地化学探査データ解析、物理探査（IP法）及びボーリング調査を実施した。

第3年次までのマコンデ地域に対する調査結果を総合的に検討した結果、次のように結論し得る。

①既存データ解析の結果、本調査地域に関する資料の多くはE. P. Oによる鉱床調査プロジェクトの報告書であり、この他、地質図幅、大学関係論文及びZMDC関係探査資料がある。本地域はマングラ北部からアラスカ南部にかけて堆積岩中の銅鉱床を対象に主として地化学探査による調査が活発に行われていた。

②地質概査及び鉱微地調査の結果、本地域に分布する主要な鉱床はデヴェラス層群のアルコース中に胚胎する層準規制型鉱染状銅硫化物鉱床であり、現在稼行中あるいは過去稼行した大規模鉱床は何れもこの種の鉱床である。

③土壤による地化学探査では銅単元素の高濃度帯を抽出するとともに、塩基性岩類の影響を排除するためには銅、鉛、亜鉛、鉄、コバルト、ニッケルの5元素の分析結果を用いた主成分分析の内、第4主成分が有効であると判明した。これらの検討により8地区の土地化学探査銅異常地を抽出した。

④一方、地質概査及び鉱微地調査により得られた試料については岩石及び鉱石の物性試験を行い、本地域の鉱床に対しては物理探査（IP法）が有効であると考えられた。土地化学探査で得られた異常地にIP概査を行い、捕捉されたIP異常に対しては測線を追加してIP準精査を実施した。この結果、チロンボジ、ブレンビル、イニャチ及びブラックウッドの4箇所に有望なIP異常体の存在が把握された。

⑤これらのIP異常体が鉱床の存在によるものであることを確認するため最終年度の調査では10孔（3,057.50m）のボーリング調査を実施した。

これらのボーリング調査の結果、MJZM-5号では母岩の葉理に整合的な主として黄鉄鉱、黄銅鉱で構成される細脈状～鉱染状を呈する硫化物の鉱化帯が捕捉できた。また、MJZM-7号及びMJZM-10号では微弱ながら黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱及び黄鉄鉱、閃亜鉛鉱の鉱染帯を把握した。

これらの鉱化帯は既知鉱床（ユナイテッドキングダム鉱山、ハンス鉱山）と同一層準にあり、また、類似の鉱物組成を示し、既知鉱床の延長上の鉱化帯を捕捉したものである。

一方、これらの鉱化帯の分析結果では特に期待された銀、銅についても最大銀4.7g/t、銅0.45%の品位しか得ることができず、当地域での開発を期待し得る鉱床を捕捉することはできなかった。

以上を総合的に検討した結果、今回調査の結果では、微弱な鉱化は認められ、部分的には0.5%Cu前後の銅品位は得られると思われるが、開発可能な銅品位の鉱床は期待困難と考える。

## 第2章 将来への提言

第3年次の調査結果とその検討により得られた結論に基づき、下記のことを将来への提言とした  
い。

1. 本年次調査で捕捉された鉱化帯の分析結果からは経済的に採掘対象となる鉱化帯の捕捉には至  
らなかったが、地表ではほとんど露頭の見られない広大な地域においても硫化鉱物の鉱化帯を捕捉  
できたことは今後の鉱床探査に有効な手法を示唆するものとして評価される。

即ち、調査団の採用した手法として

①第1年次：衛星画像解析，既存データ解析，地質概査，GPSを用いた土壌地化学探査概査

②第2年次：既存地化学探査データ解析，物理探査（IP法）

③第3年次：ボーリング調査

の段階的調査法はジンバブエの様な広大な地形を対象とした調査法として有効である。今後同様の  
地域を対象に鉱床探査を行う場合、本地域で用いた調査手法を採用することを提言する。

2. 物理探査（IP法）の実施に当たっては、事前に十分な岩石及び鉱石試料の収集と物性測定を行  
い、鉱石によるIP異常とIP効果を示す岩石によるIP異常を区別できるようにする必要がある。

## Reference

- Bartholomew, D. S. (1990): Base Metal and Industrial Mineral Deposits of Zimbabwe. Mineral Resources Series No. 22., Zimbabwe Geological Survey, Harare.
- Chenjerai, K. G. (1988): A preliminary report on the geology north of Chenenga. Ann. Zim. Geol. Surv. XIII, p. 1-6.
- Cooper, M. R. (1978): The sedimentary environment of the Deweras Group in Rhodesia. Nature, 272, p. 810-812.
- Fey, P. and Broderick, T. J. (1990): Explanation of the geological map of the Country East of Makuti, Hurungwe district. Zimbabwe Geol. Survey Short Rep., No. 47, 84pp.
- Hahn, L. and L. Steiner (1990): Geology and mineral prospecting in the Makonde and Guruve districts, Zimbabwe. Unpub. rep. of BGR Hannover, 213pp.
- Jacobsen, J. B. E. (1962): The Geology of the Lomagundi District. BSc. Honours Project, Univ. Zimbabwe.
- Kirkpatrick, I. M. (1976): The geology of the country around Tengwe, Lomagundi district. Rhodesia Geological Survey Bull., No. 75, 176pp.
- Leyshon, P. R. and Tennick, F. P. (1988): The Proterozoic Magondi Mobile Belt in Zimbabwe - a review. S. Afr. J. Geol., Vol. 91, p114-131.
- Maiden, K. J., A. H. Innes, M. J. King, S. Master and I. Pertitt (1984): Regional controls on the localisation of stratbound copper deposits: proterozoic examples from southern Africa and south Australia. Precambrian Res. 25, 99-118.
- Master, S. (1989): Sedimentology and copper mineralization of metamorphosed early proterozoic playa complex: Norah formation of Deweras group, Zimbabwe. 28th IGC (in Washington D. C. USA) Abstracts, vol 2, p. 384.
- Master, S. (1991): Stratigraphy, tectonic setting, and mineralization of the early proterozoic Magondi supergroup, Zimbabwe: a review. in Precambrian Sedimentary Basins of Southern Africa (compiled by P. G. Eriksson). TERRA Nova vol. 3, p. 21.
- Munchenje, J. (1987): The Geology of the East Plate orrebody below 3 level and its relation to the mineralisation (Mhangura Copper Mine). BSc. Honours Project, Univ. Zimbabwe.
- Mundondo, S. (1987): The Geology of an area around Muchi River, Magondi Mobile Belt. BSc. Honours Project, Univ. Zimbabwe.
- Simpson, H. (1988): Evaluation of economic potential of Shamrocke mine area. Unpub. Geological Exploration Report of ZMDC, 10pp.
- Simpson, H. (1990): Report on work done and recommended in the area from north of Mhangura to south of Alaka. Unpub. Rep. of ZMDC, 43pp.



- Shoko, D. S. M. (1985): The Geology of an area north of Chinhoyi. BSc. Honours Project, Univ. Zimbabwe.
- Stagman, J. G. (1958): Report on the geology of the Shamrock claims. Unpub. Zim. geol. Surv. Technical files.
- Stagman, J. G. (1959): The geology of the country around Mangula Mine, Lomagundi and Urungwe District. S. Rhod. geol. Surv. Bull., No. 46.
- Stagman, J. G. (1961): The geology of the country around Sinoia and Blanket, Lomagundi district. S. Rhod. geol. Surv. Bull., No. 49, 107pp.
- Stowe, C. W. (1978): Structure of the Lomagundi Group in the Sinoia area, Rhodesia. Spec. Publ. geol. Soc. S. Afr., 4, p. 449-459.
- Stagman, J. G. (1978): An outline of the geology of Rhodesia. Rhodesia Geological Survey Bull., No. 80, 126pp.
- Tennick, E. P. and Phaup, A. E. (1976): The geology of the country around Magondi, Lomagundi, Hartly and Gotooma districts. Rhodesia Geological Survey Bull., No. 65, 314pp.
- Thole, R. H. (1974): The geology of, and controls to the distribution of copper at the Shamrock Mine, near Karoi, Rhodesia. Unpublished D.Phil. thesis, Univ. Rhod., 376pp.
- Thole, R. H. (1976): The geology of the Shamrock Mine, Rhodesia - a stratiform copper deposit. Econ. Geol., Vol. 71, p. 202-228.
- Thole, R. H. and B. N. Robinson (1976): Isotopic evidence on the origin of the Shamrock Mine, Rhodesia. Mineral. Deposita, Vol. 11, p. 298-310.
- Treloar, P. J. (1968): The geological evolution of the Magondi mobile Belt, Zimbabwe. Precambrian Res., Vol. 38, p. 55-73.
- Tsomondo, J. C. (1980): On some aspects of the geology and geochemistry of copper and silver mineralisation in Mangula and Norah Mines-Zimbabwe. B. Sc. (Special Honours) thesis (unpubl.), Univ. Zimbabwe, 56pp.
- Vinyu, M. L. (1985): The Geology of an area north of Chinhoyi. BSc. Honours Project, Univ. Zimbabwe.
- Wiles, J. W. (1961): The geology of the Miami Mica fields. Southern Rhodesia Geol. Survey Bull., No. 51, 235pp.
- Japan International Cooperation Agency, Metal Mining Agency of Japan. (1993) : Report on the Mineral Exploration in the Makonde Area, The republic of Zimbabwe. (Phase I)
- Japan International Cooperation Agency, Metal Mining Agency of Japan. (1994) : Report on the Mineral Exploration in the Makonde Area, The republic of Zimbabwe. (Phase II)



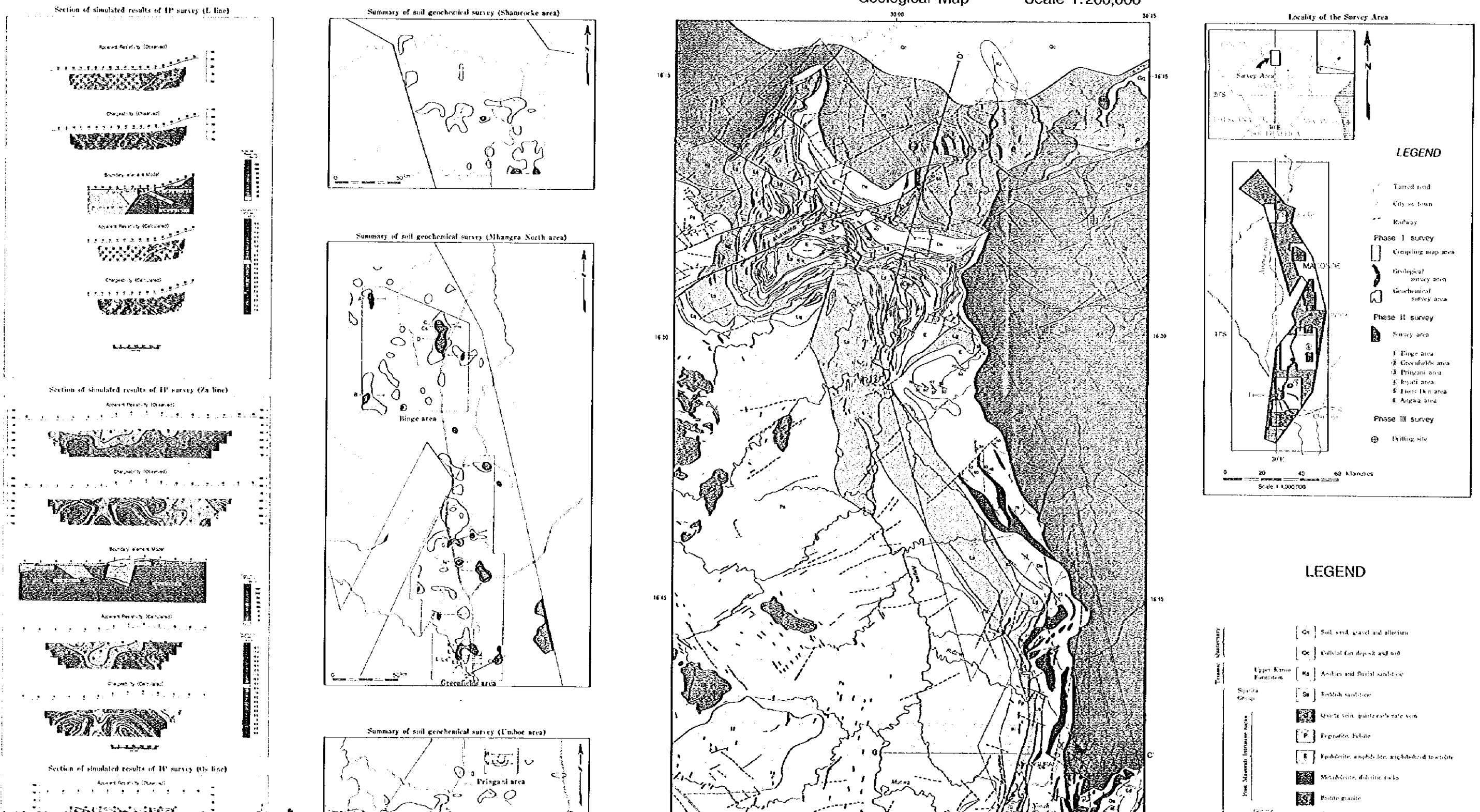
# GEOLOGY AND ORE DEPOSITS OF THE MAKONDE AREA. REPUBLIC OF ZIMBABWE

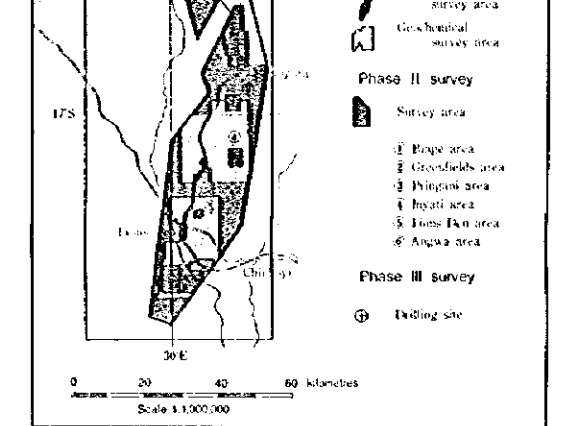
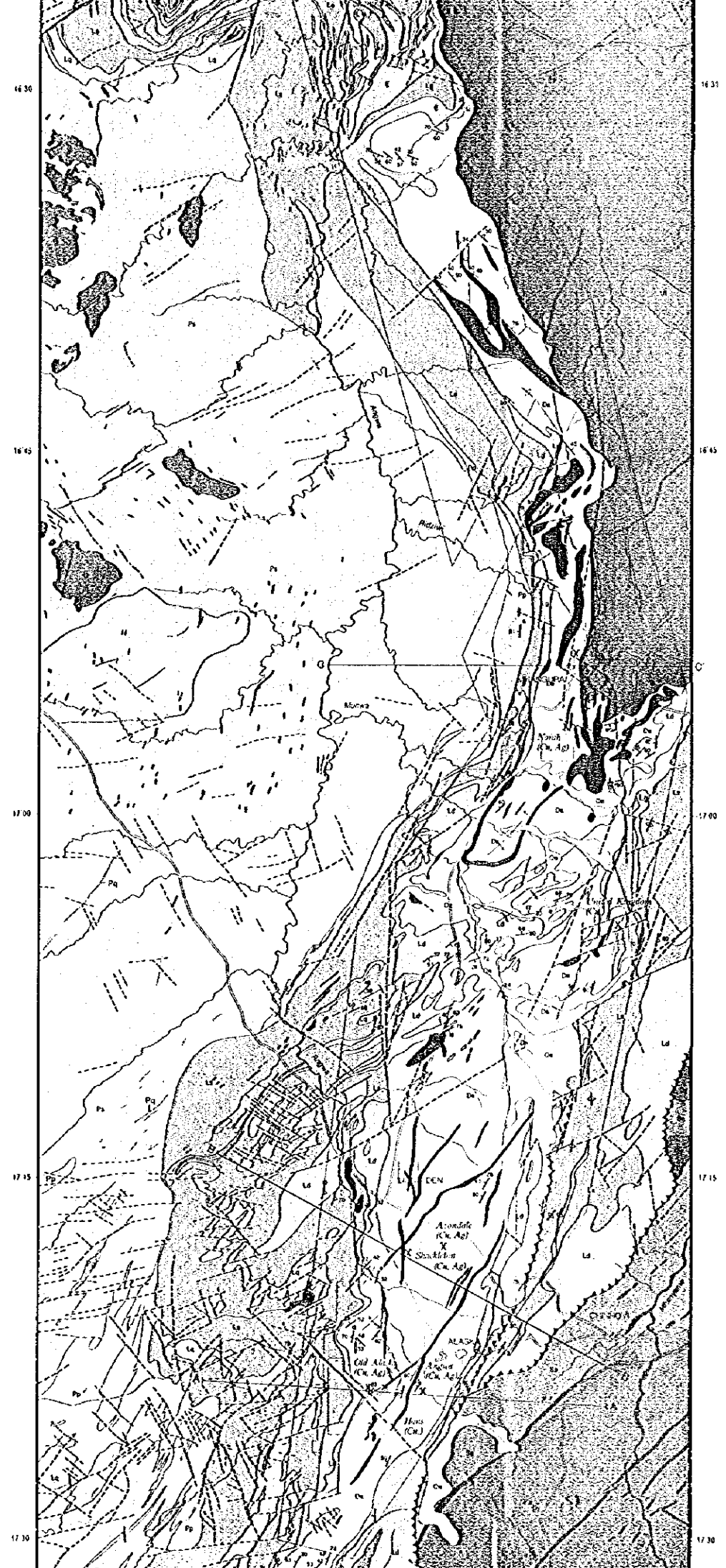
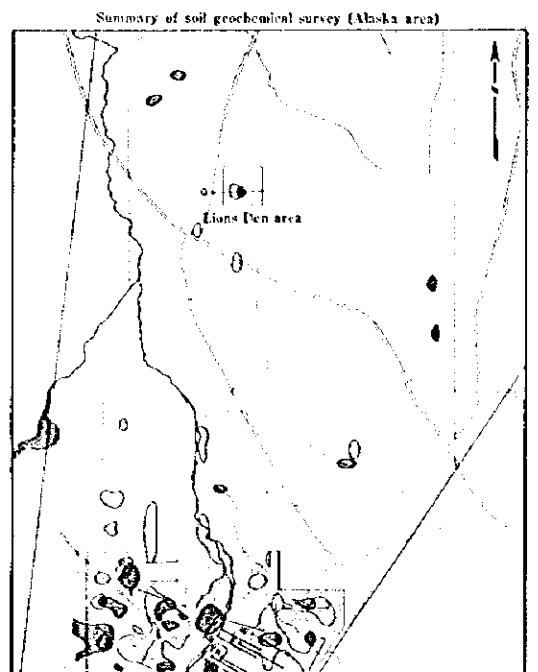
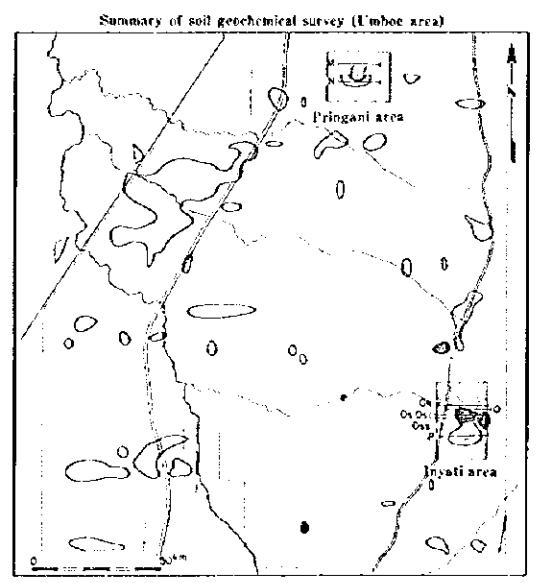
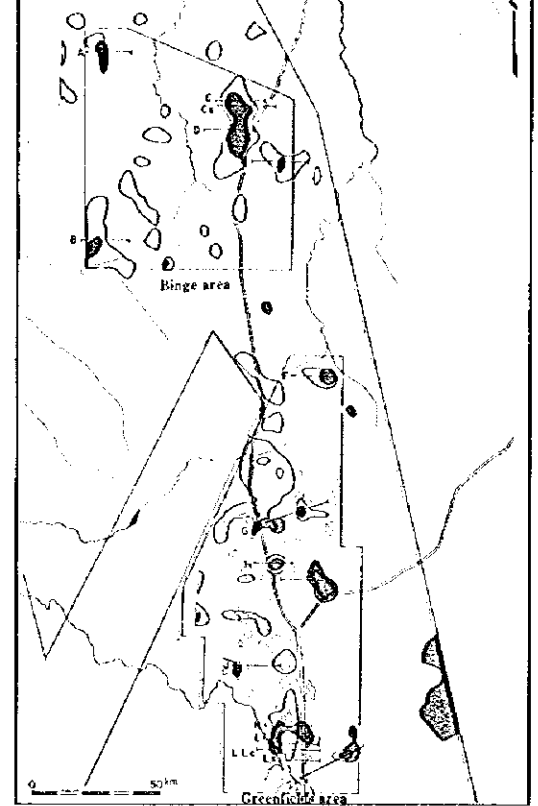
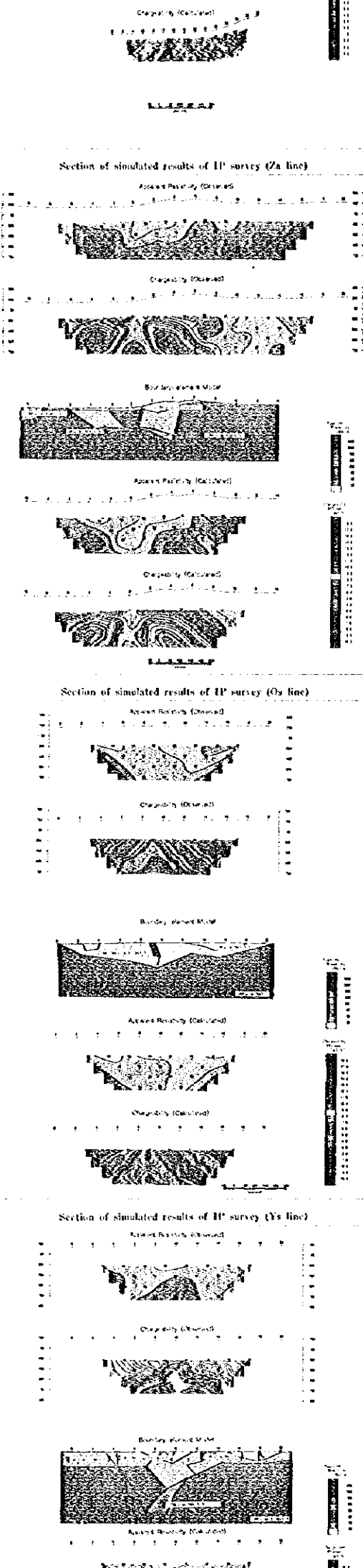
THE COOPERATIVE MINERAL EXPLORATION BY JICA/MMAJ-GSD, 1992-1994

REPORT ON THE MINERAL EXPLORATION  
IN THE MAKONDE AREA  
REPUBLIC OF ZIMBABWE

PREPARED BY JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)  
AND METAL MINING AGENCY OF JAPAN (MMAJ) IN COOPERATION  
WITH GEOLOGICAL SURVEY DEPARTMENT (GSD) OF MINISTRY OF MINES,  
REPUBLIC OF ZIMBABWE. FEBRUARY, 1995

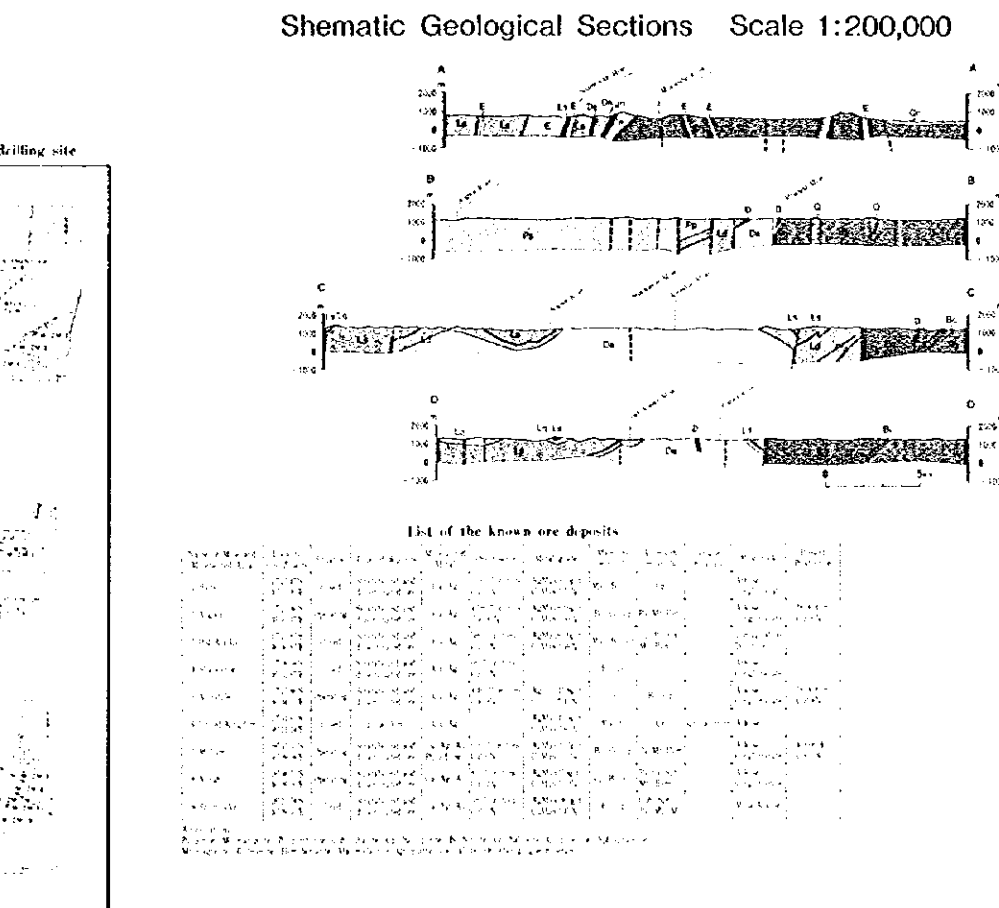
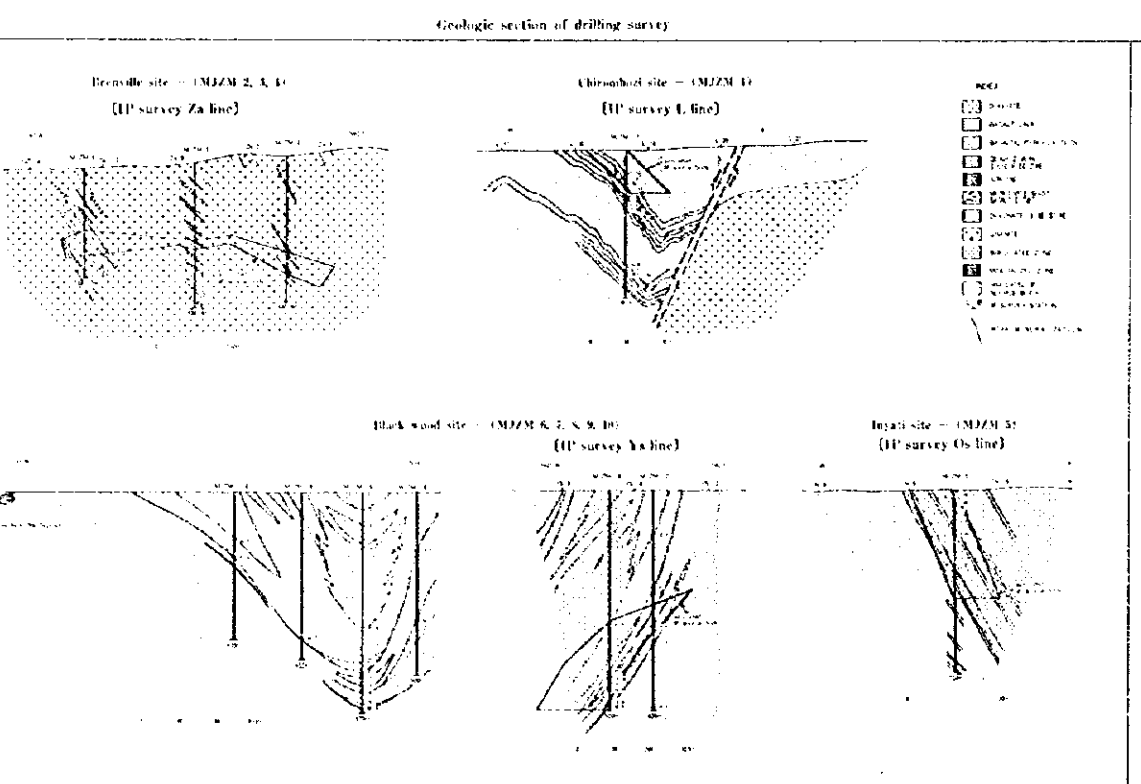
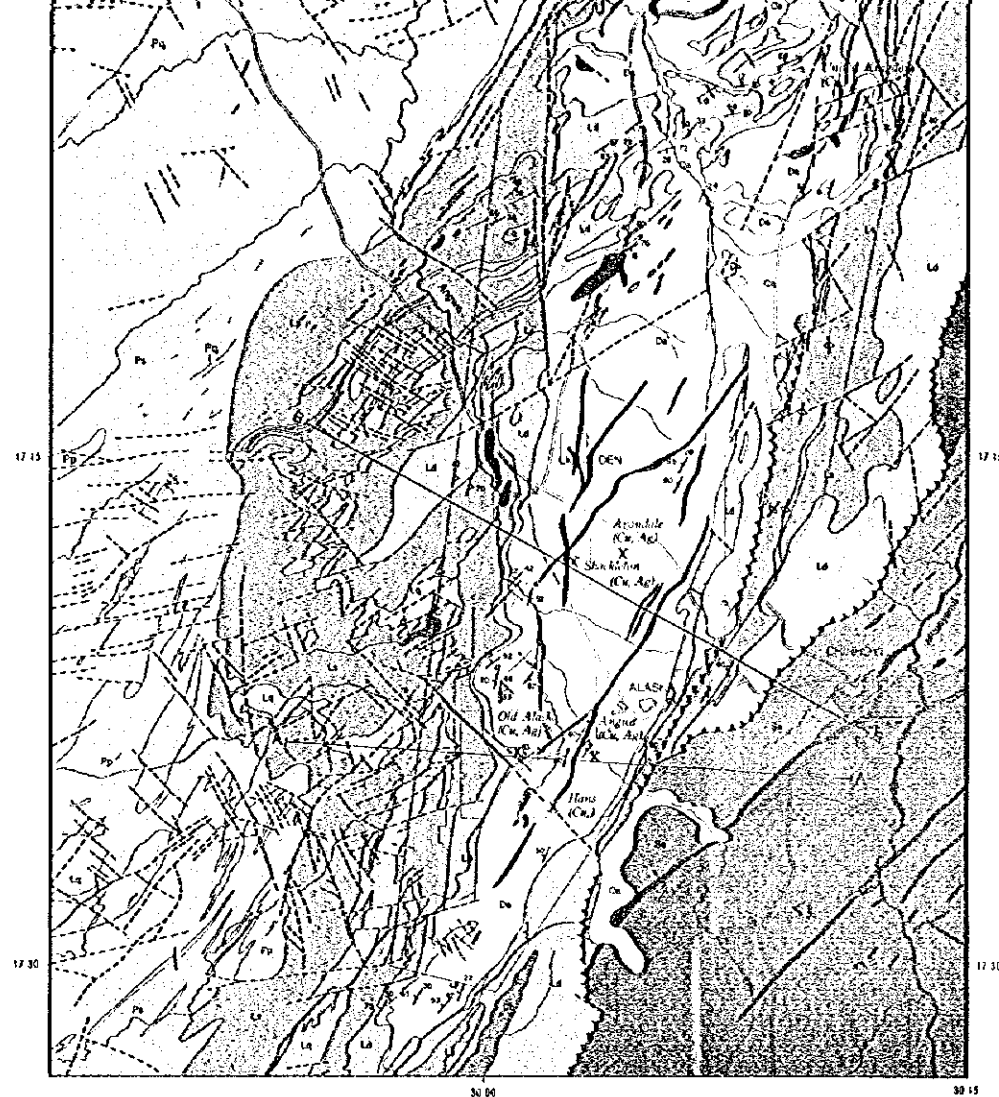
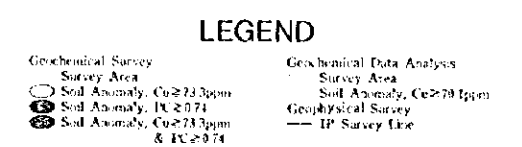
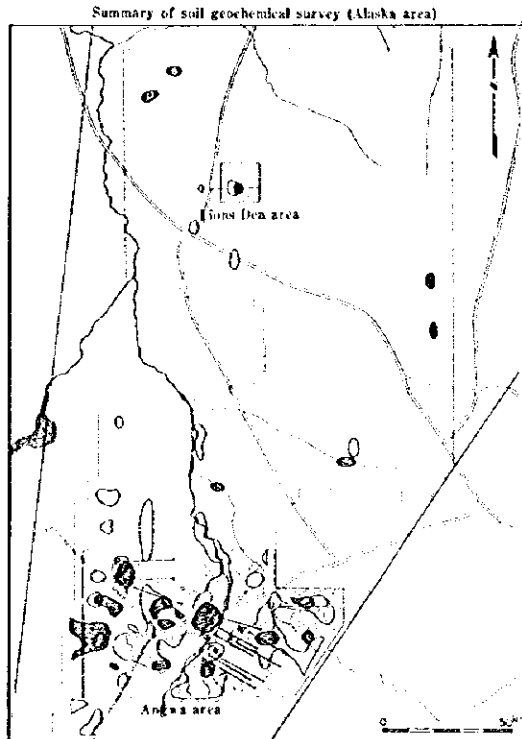
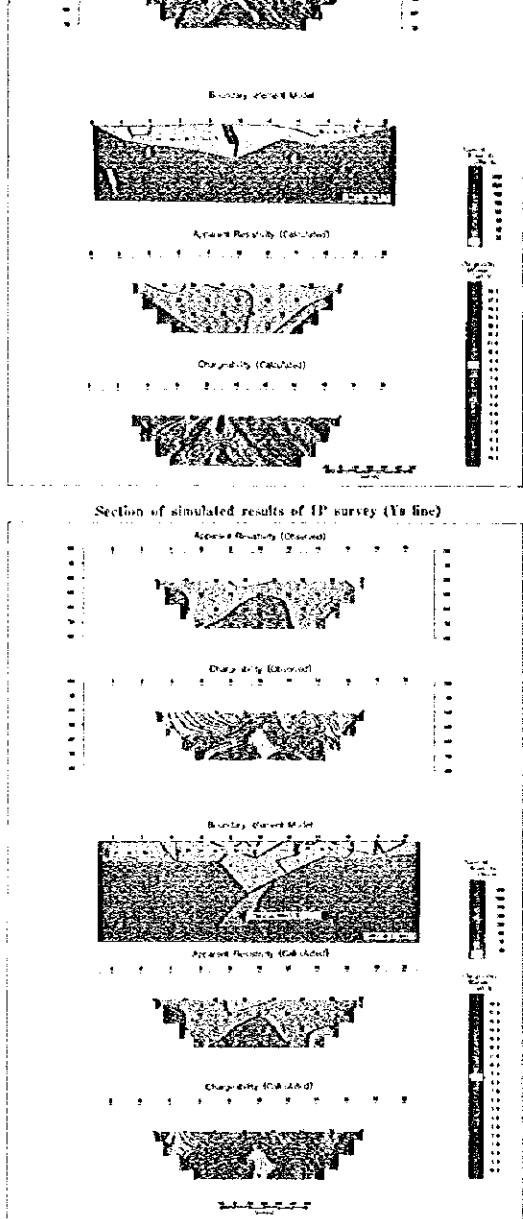
Geological Map Scale 1:200,000





### LEGEND

Geological survey area	Soil, sand, gravel and alluvium
Geochemical survey area	Colluvial fan deposit and soil
Phase II survey	Upper Karoo Formation
Survey area	Asiatic and Burial sandstone
Boape area	Reddish sandstone
Greenfields area	Quartz vein, quartz carbonate vein
Pringani area	Figurate, feldite
Inyati area	Epidiorite, amphibolite, amphibolized trachyte
Lions Den area	Metadiorite, dioritic rocks
Angwa area	Basaltic granite
Bedding site	Muscovite quartzite, feldspathic quartzite, biotite schist, amphibole schist
	Quartzite interbedded with greywacke
	Grit
	Quartzite, feldspathic quartzite, chert, feldite
	Graphitic slate, pyritiferous slate, argillite, greywacke
	Siliceous slate, argillite, phyllite, graphitic slate, quartzite, gneiss
	Quartzite, feldspathic quartzite
	Mountain sandstone, gneiss
	Amphibole quartzite, biotite bearing quartzite, chert, calc-silicate rock
	Arkose, argillite, arkose-pelitic conglomerate
	Massive and amygdaloidal basalt
	Porphyritic granite, even-grained granite
	Metagabbro
	Meta-siltstone, rock with sericite or talc
	Metamorphosed arkose, greywacke, conglomerates, siliceous sediment
	Epidiorite, yellow limestone, metabasaltic gneiss
	Bedded limestone
	Basaltic porphyry
	Basaltic porphyry, biotite hornblende porphyry, hornblende porphyry
	Orthoquartzite
	Anticline with direction of plunge
	Syncline with direction of plunge
	Fault and fracture
	Thrust fault
	Geological survey area
	Geochemical survey area
	Detail survey area
	Mine, operating
	Mine, closed
	Strike and dip of bedding
	Strike and dip of foliation or cleavage



SUMMARY OF PERIOD AND MEMBERS OF INVESTIGATION IN EACH PHASE

Phase	Phase I	Phase II	Phase III
Date	1992.6.16~1993.1.25	1993.7.1~1994.2.15	1994.7.14~1995.2.20
Planning and Negotiation	Ministry of Foreign Affairs Mr. Jiro KOMYU Ministry of International Trade and Industry Mr. Shinji IREDA Japan International Cooperation Agency Mr. Hiroshi SATO Metal Mining Agency of Japan Mr. Satoshi OKUMURA Mr. Takahisa KISHIMOTO Mr. Susumu MASELLA Mr. Baruhisa HIRAZUMI	Metal Mining Agency of Japan Mr. Baruhisa HIRAZUMI	Japan International Cooperation Agency Mr. Ko-ichi TATEHARA Metal Mining Agency of Japan Mr. Baruhisa HIRAZUMI Mr. Yoichi ONIZUMI
Geological Survey	Department of Zimbabw Dr. Jefe Lister DRESEN Mr. Surrender Muzvinya Sydara NCHRE	Geological Survey Department of Zimbabwe Mr. Surrender Muzvinya Sydara NCHRE Mr. Edward Birrell M.F.A.S.A. Mr. Jai-sun HIRAWAKI	Geological Survey Department of Zimbabwe Mr. Surrender Muzvinya Sydara NCHRE
Field Survey	D&E Engineering Co., Ltd. Mr. Yoshiki NISHITANI Mr. Shuya YAMASAKI Mr. Masato SUGA Mr. Shirohiko ITOH Mr. Hirohide KUNNO	D&E Engineering Co., Ltd. Mr. Yoshiki NISHITANI Mr. Hirohide KUNNO Mr. Hiroshi JINQI Mr. Hirohide KUNNO Mr. Kazuo TSUBOI Mr. Tatsuki NISHI	D&E Engineering Co., Ltd. Mr. Yoshiki NISHITANI Mr. Kazuo TSUBOI Mr. Tatsuki NISHI
Geological Survey	Department of Zimbabwe Mr. Edward Birrell M.F.A.S.A.	Geological Survey Department of Zimbabwe Mr. Edward Birrell M.F.A.S.A. Mr. Jai-sun HIRAWAKI Mr. Chisasa HIRAIWA Mr. Jun-ichi HIRAIWA	Geological Survey Department of Zimbabwe Mr. Edward Birrell M.F.A.S.A.

JICA