

(1) B測線 (図Ⅱ-2-17(1))

2層の比抵抗構造に解析された。表層部は $300\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗層、下層は $3,000\Omega\cdot\text{m}$ の高比抵抗層である。

No. 8深部IP異常パターンは、No. 0~2のIP体(10mV/V)とNo. 8~10に低IP体を想定することによりほぼ適合した。

No. 0~10はロマガンディ層群の石墨質粘板岩及び砂岩に対比される。

(2) C測線 (図Ⅱ-2-17(2))

3層の比抵抗構造に解析された。表層部は $180\Omega\cdot\text{m}$ 以下と $750\Omega\cdot\text{m}$ 、下層は $4,000\Omega\cdot\text{m}$ である。

No. 12~14深部のIP異常パターンは、表層部に低IP体、下層に 20mV/V を設定することによりほぼ適合した。

地質は先マゴンディ片麻岩類の分布域である。

(3) L測線 (図Ⅱ-2-17(3))

比抵抗構造は、表層部とNo. 19付近より西側で深部まで $500\Omega\cdot\text{m}$ 以下、No. 19付近より東側深部で $3,000\Omega\cdot\text{m}$ の構造が想定された。

No. 18~19のIP異常パターンは、表層付近に 70mV/V の小規模異常体と、その周辺に僅かに高い分極体の想定によりほぼ適合した。

(4) Za測線 (図Ⅱ-2-17(4))

比抵抗構造は、IP異常部周辺で $200\sim 500\Omega\cdot\text{m}$ 、他は $3,000\Omega\cdot\text{m}$ と想定された。

IP異常パターンは、深度約 200m に平板状の異常体(300mV/V)を想定することによりほぼ適合した。

異常体の規模は比較的大きく、異常源として顕著なものである。

地質は東側で基盤の花崗岩、西側ではアルコースに対比される。

IP異常はアルコースと花崗岩の境界付近に対応する。

(5) Os測線 (図Ⅱ-2-17(5))

比抵抗構造は、No. 14~18の低比抵抗層を含む表層が $500\Omega\cdot\text{m}$ 、下層が $4,000\Omega\cdot\text{m}$ の2層構造に想定された。

IP異常パターンは、No. 8~10に 150mV/V の急傾斜を示す異常体の想定によりほぼ適合した。

地質はデウェラス層群のアルコース、粗粒玄武岩質岩脈及び石英方解石脈が分布する。IP異常体付近の地表には小規模の石英脈が認められる。

(6) Ys測線 (図Ⅱ-2-17(6))

複雑な比抵抗及び分極率構造でほぼ適合した。基本的には比抵抗が $130\sim 280\Omega\cdot\text{m}$ 、 $750\Omega\cdot\text{m}$ 及び $2,500\Omega\cdot\text{m}$ の3層構造を示す。

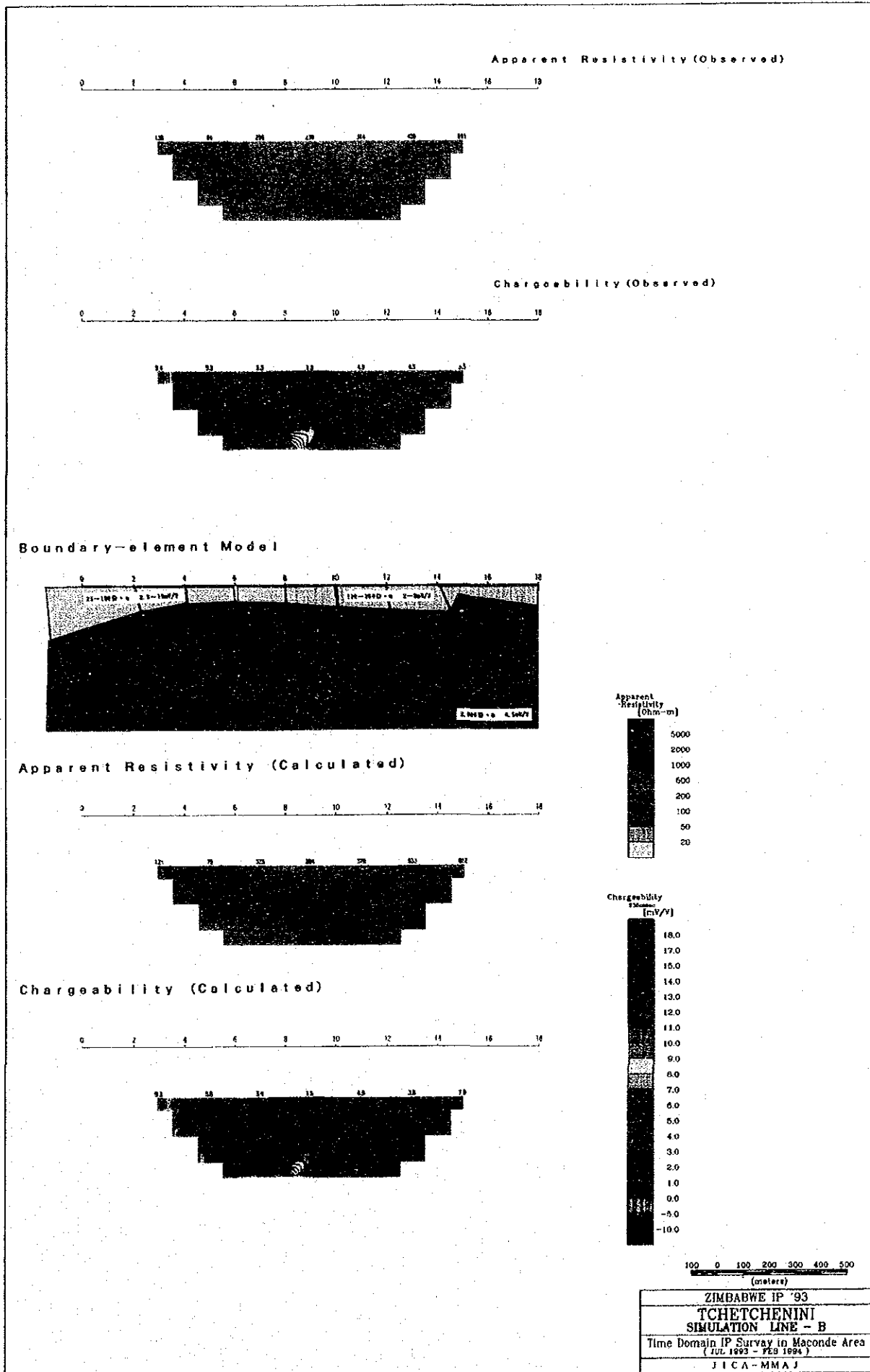
IP異常体は、深度 200m 以深で急傾斜、平板状の顕著な異常源が想定された。

2-3 考察

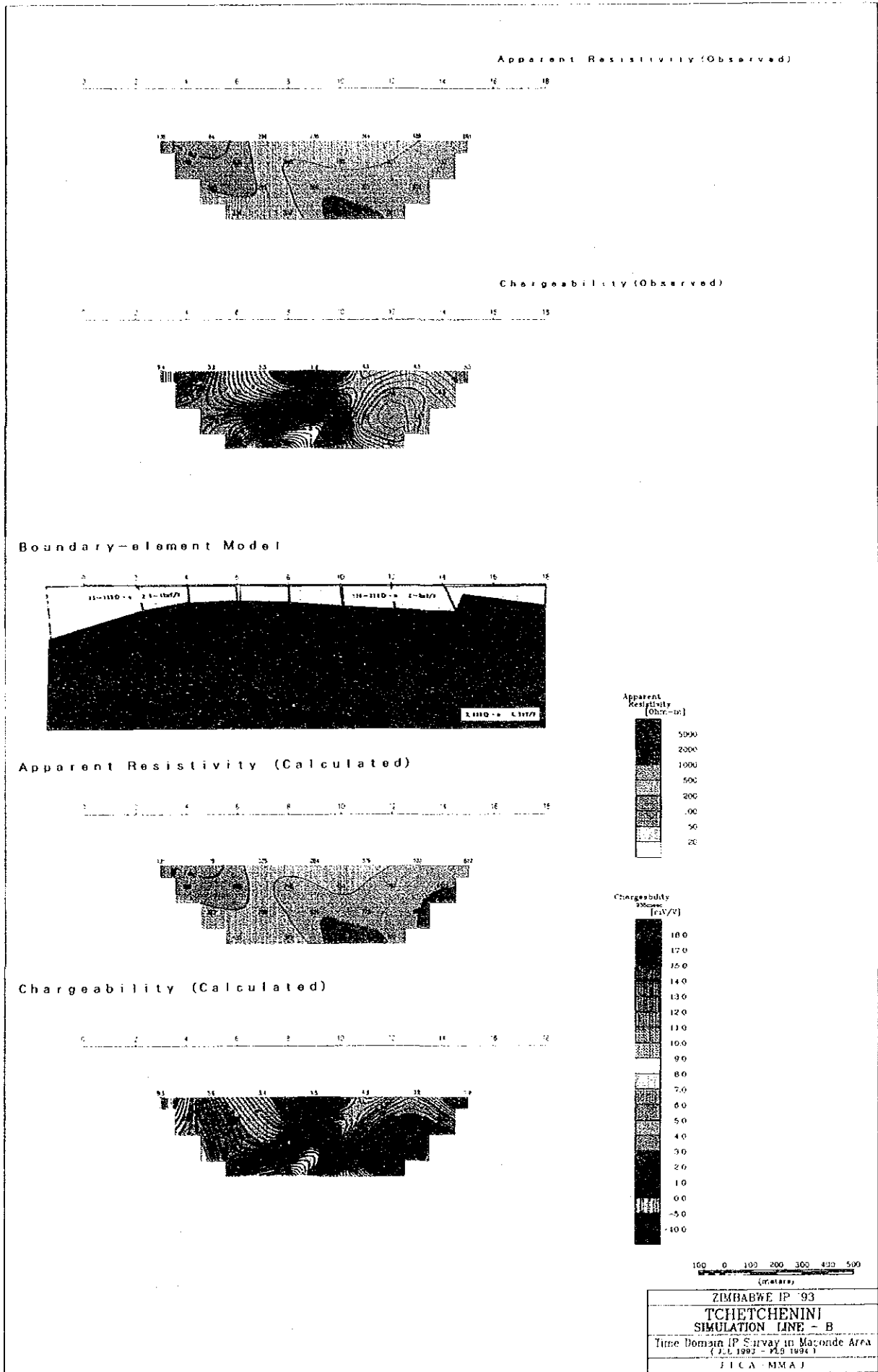
概査調査結果のIP異常帯またはIP異常の一部を捕捉していると推定された測線に対し、新たに隣接した測線の設定、もしくは延長により明瞭なIP異常帯を把握する事が出来た。

本調査で顕著なIP異常パターンを示したのは、ビンジ地区 (B, C, Cs測線)、グリーンフィーズ地区 (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。

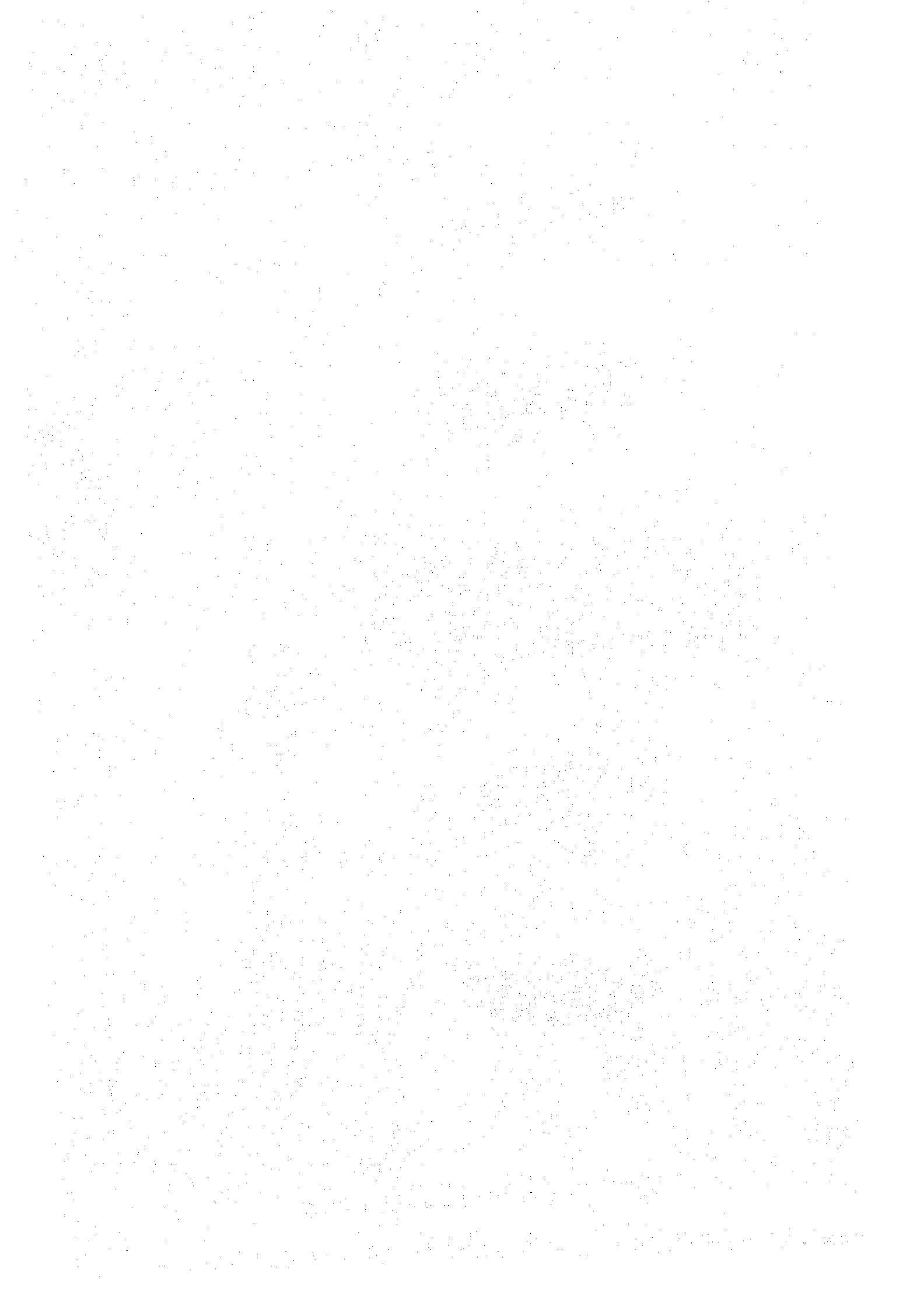
高IP異常帯は低比抵抗及び高比抵抗分布の2つの特徴を示した。このうち、B, O, L測線が高

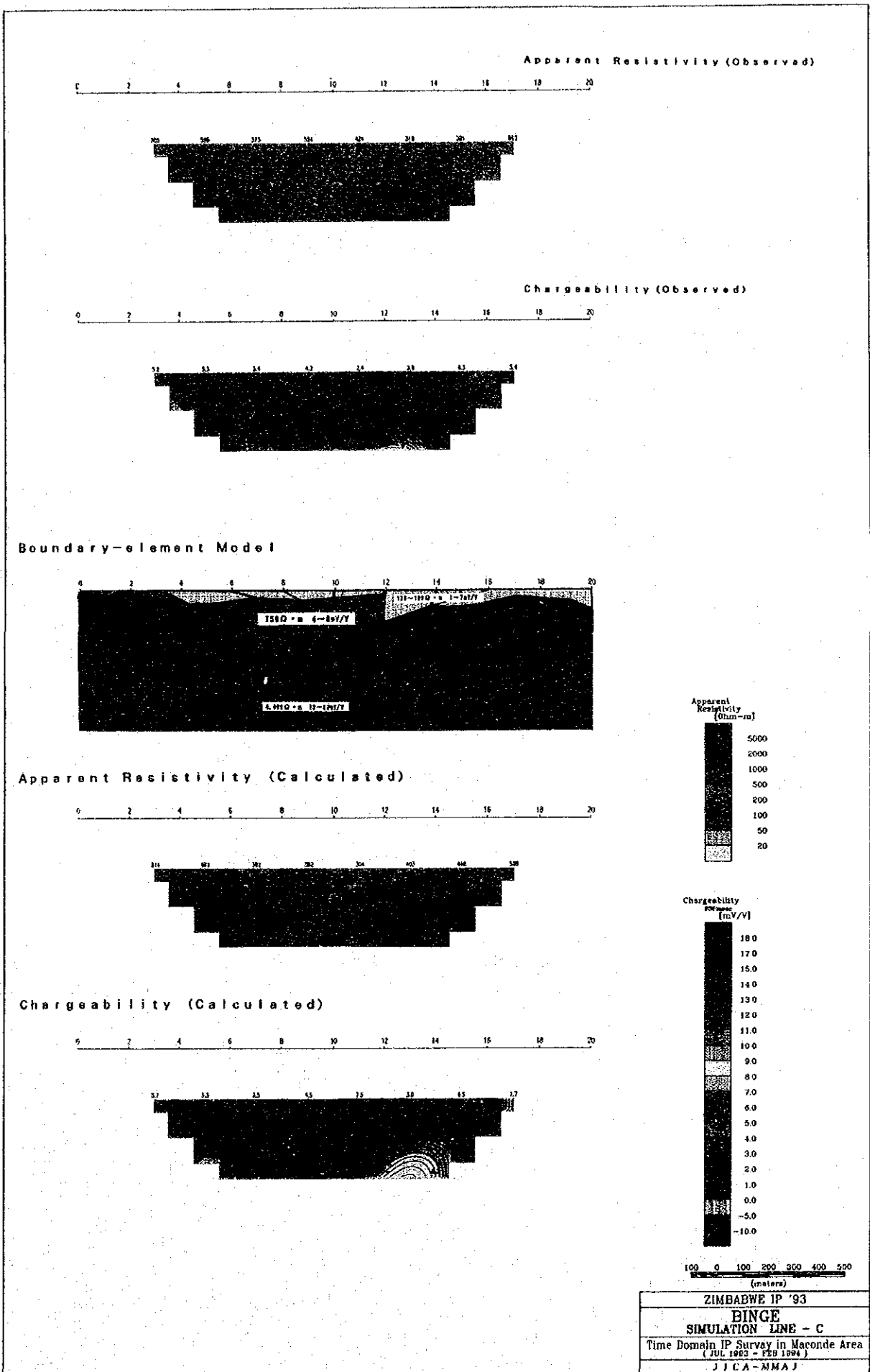


図II-2-17 2次元シミュレーション解析図 (B 測線)

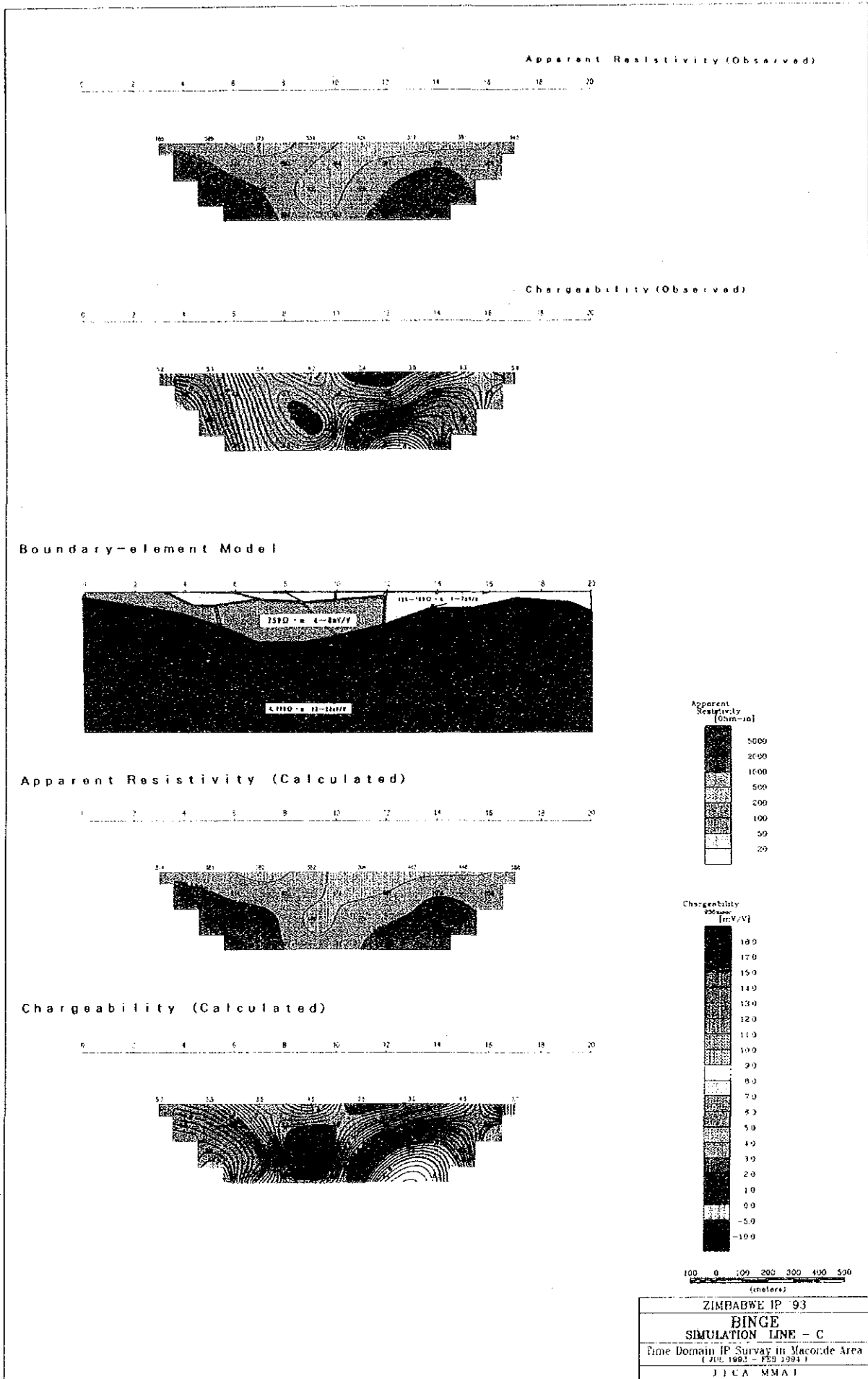


図II-2-17 2次元シミュレーション解析図 (B 測線)

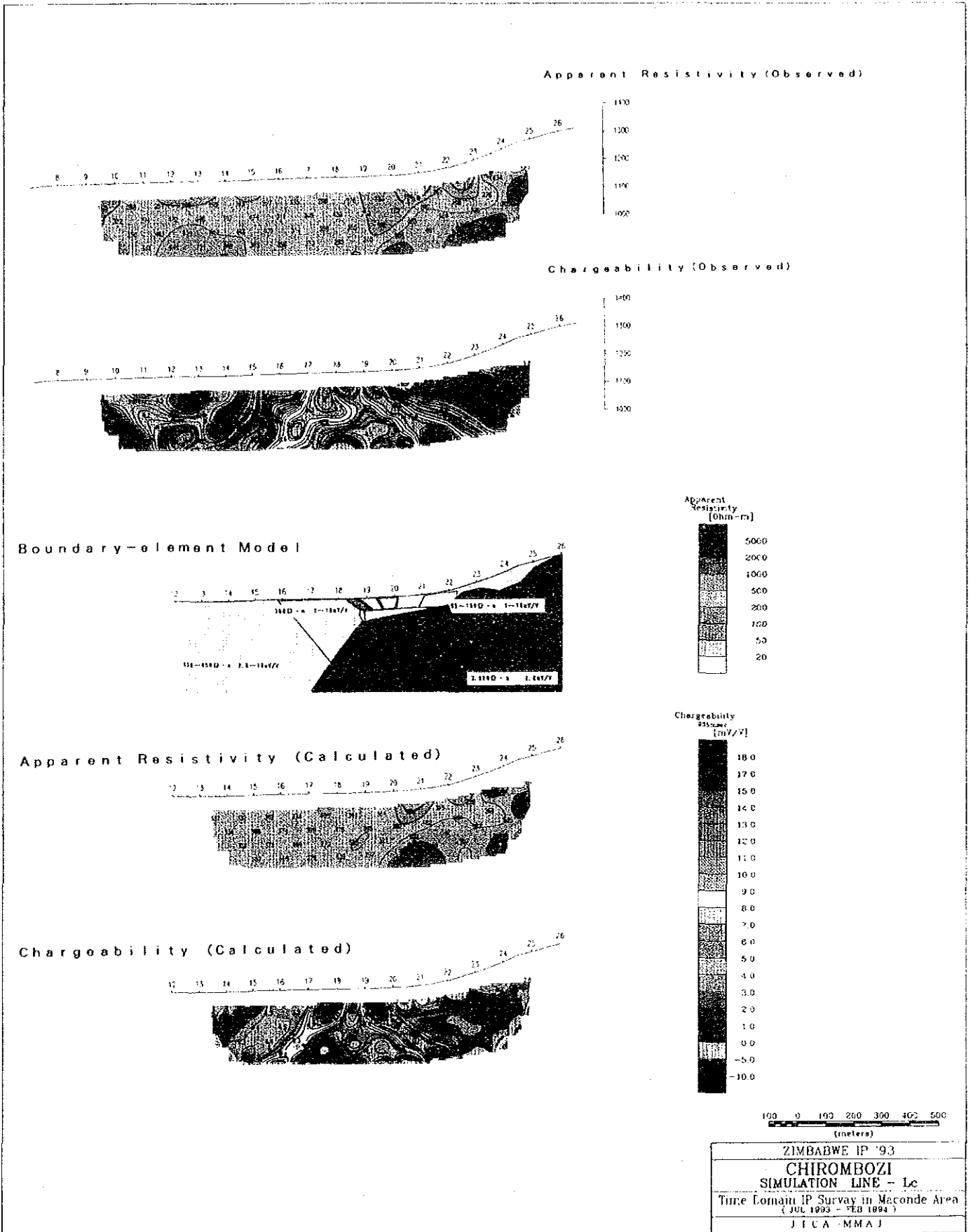




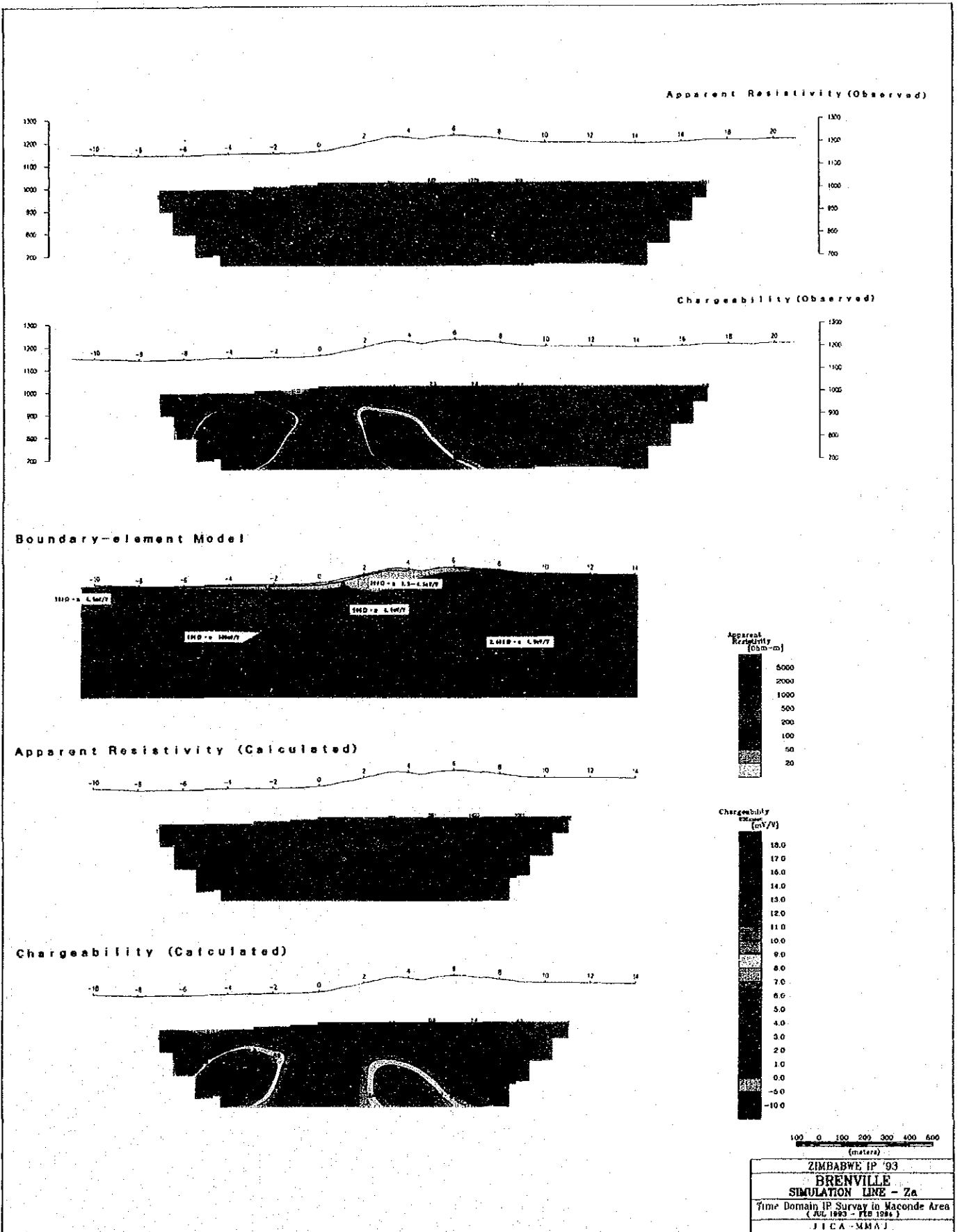
図II-2-17 2次元シミュレーション解析図 (C 測線)



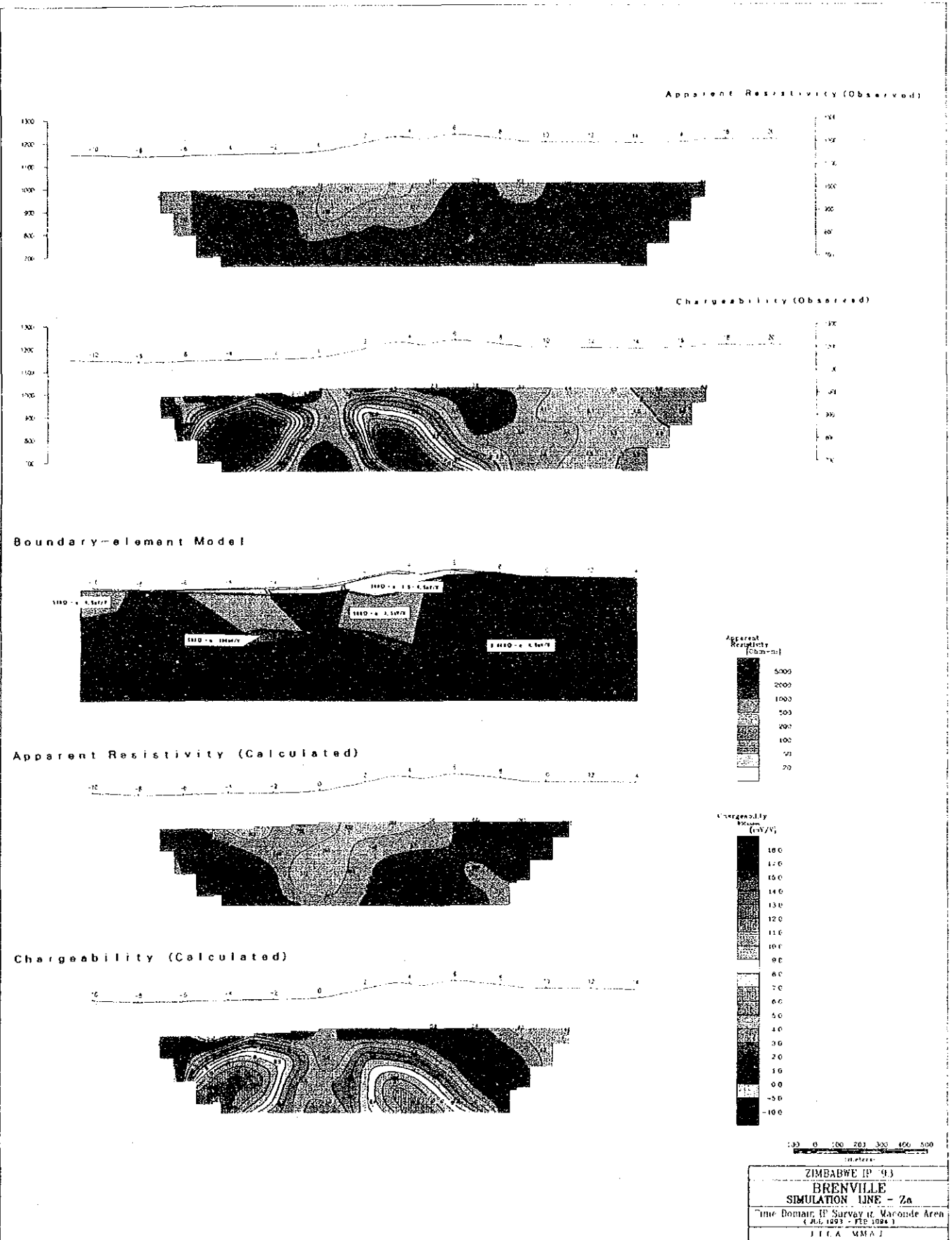
図II-2-17 2次元シミュレーション解析図 (C 測線)



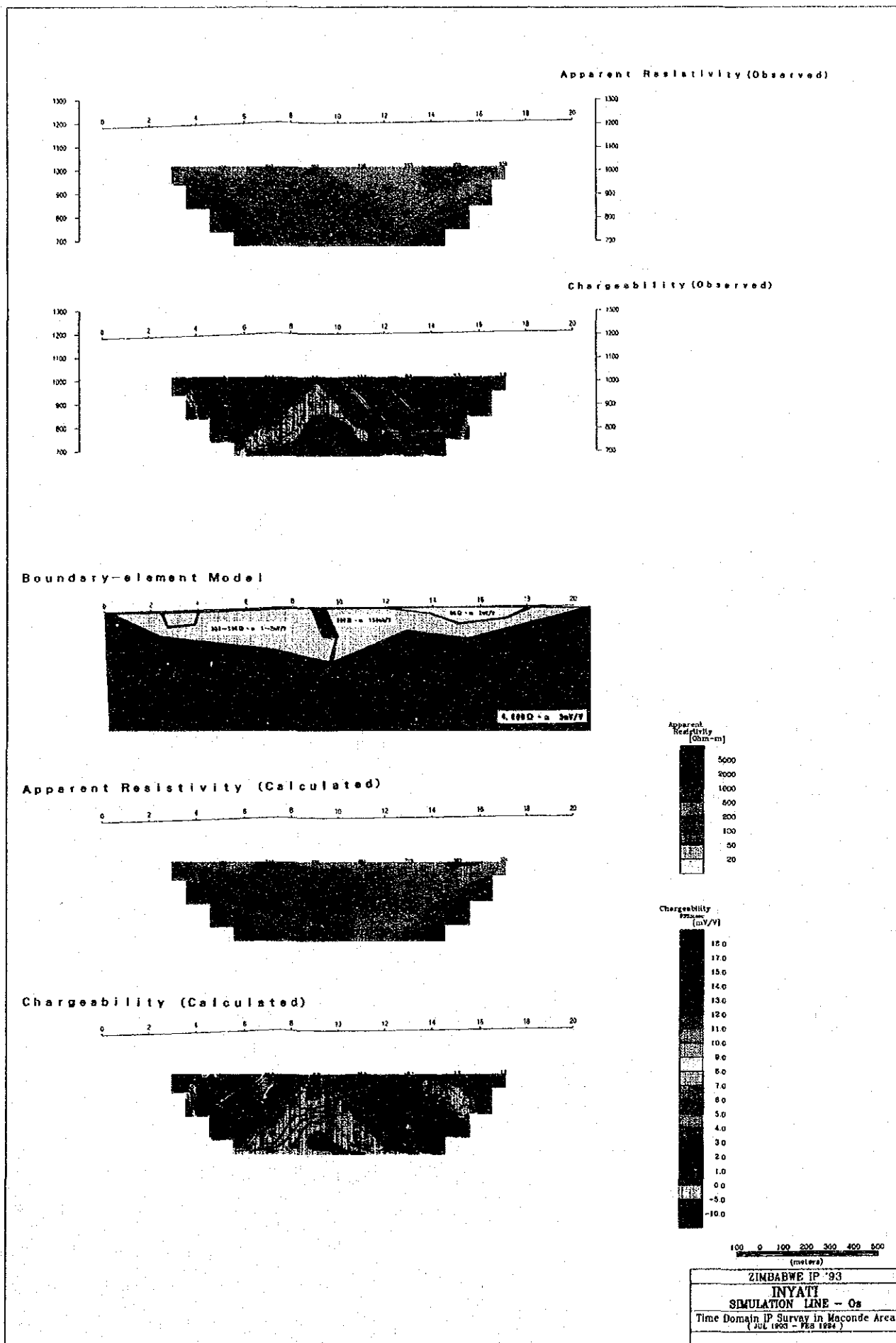
図II-2-17 2次元シミュレーション解析図 (L 測線)



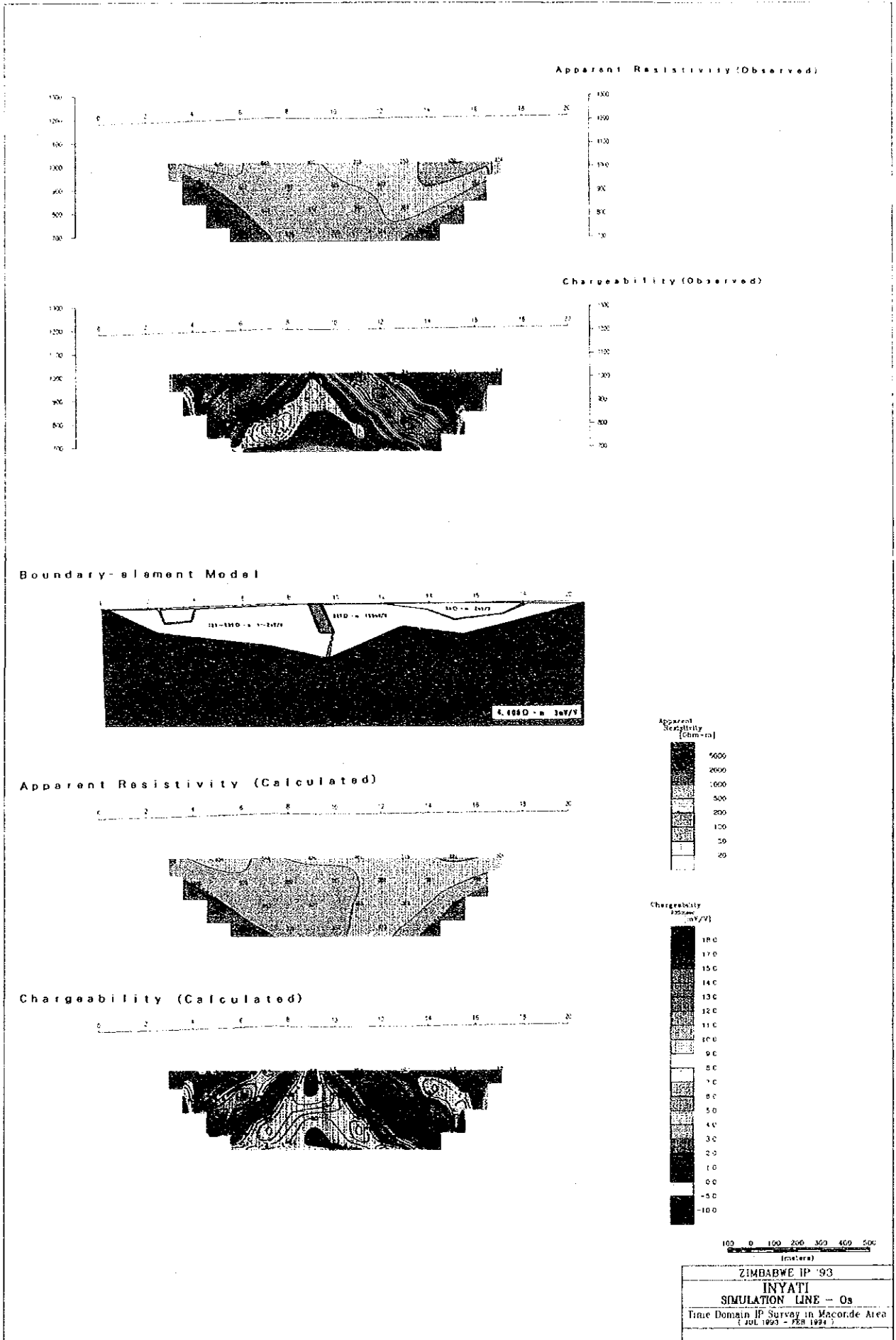
図II-2-17 2次元シミュレーション解析図 (Za 測線)



図II-2-17 2次元シミュレーション解析図 (Za 測線)



図II-2-17 2次元シミュレーション解析図 (Os 測線)



図II-2-17 2次元シミュレーション解析図 (Os 測線)

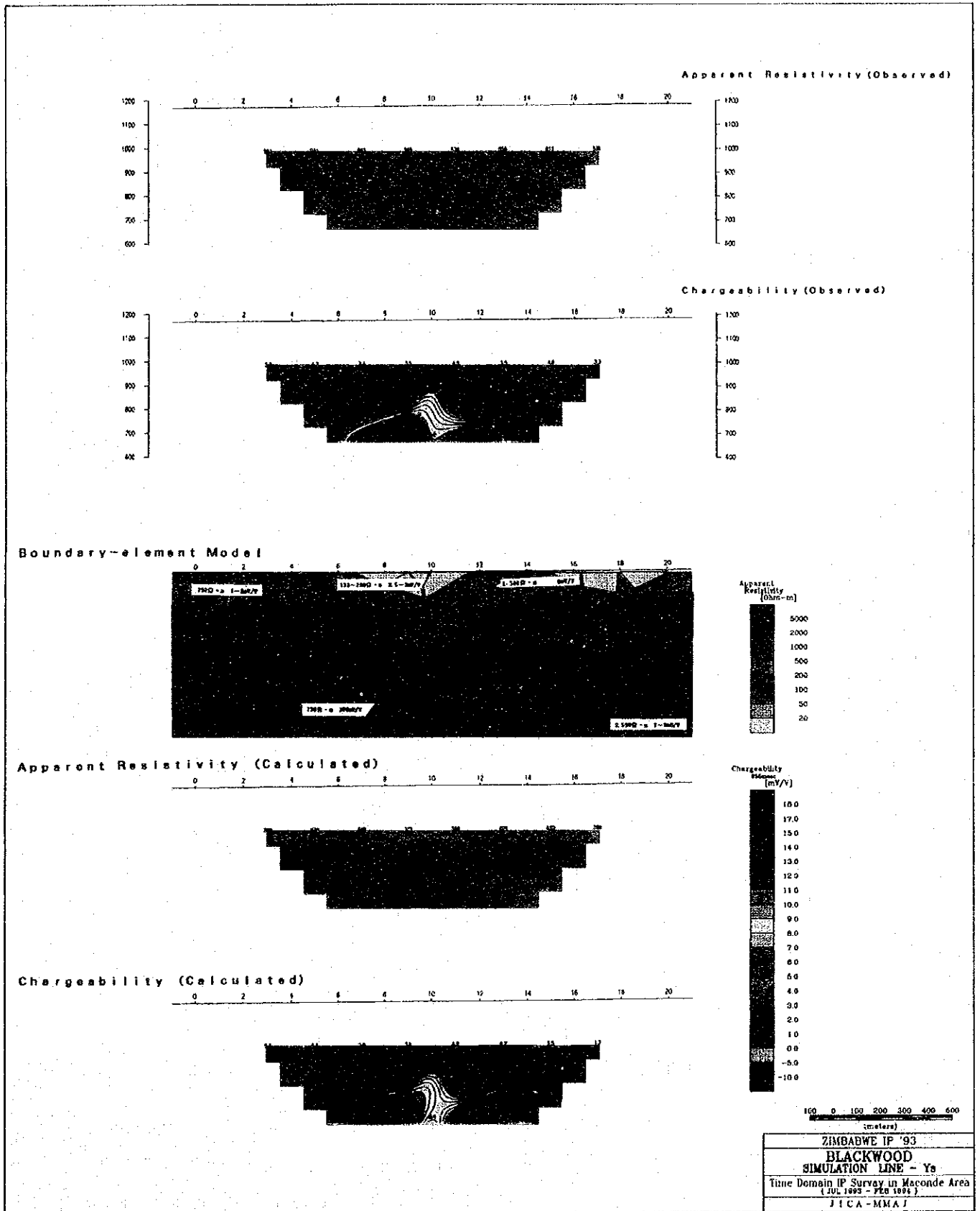
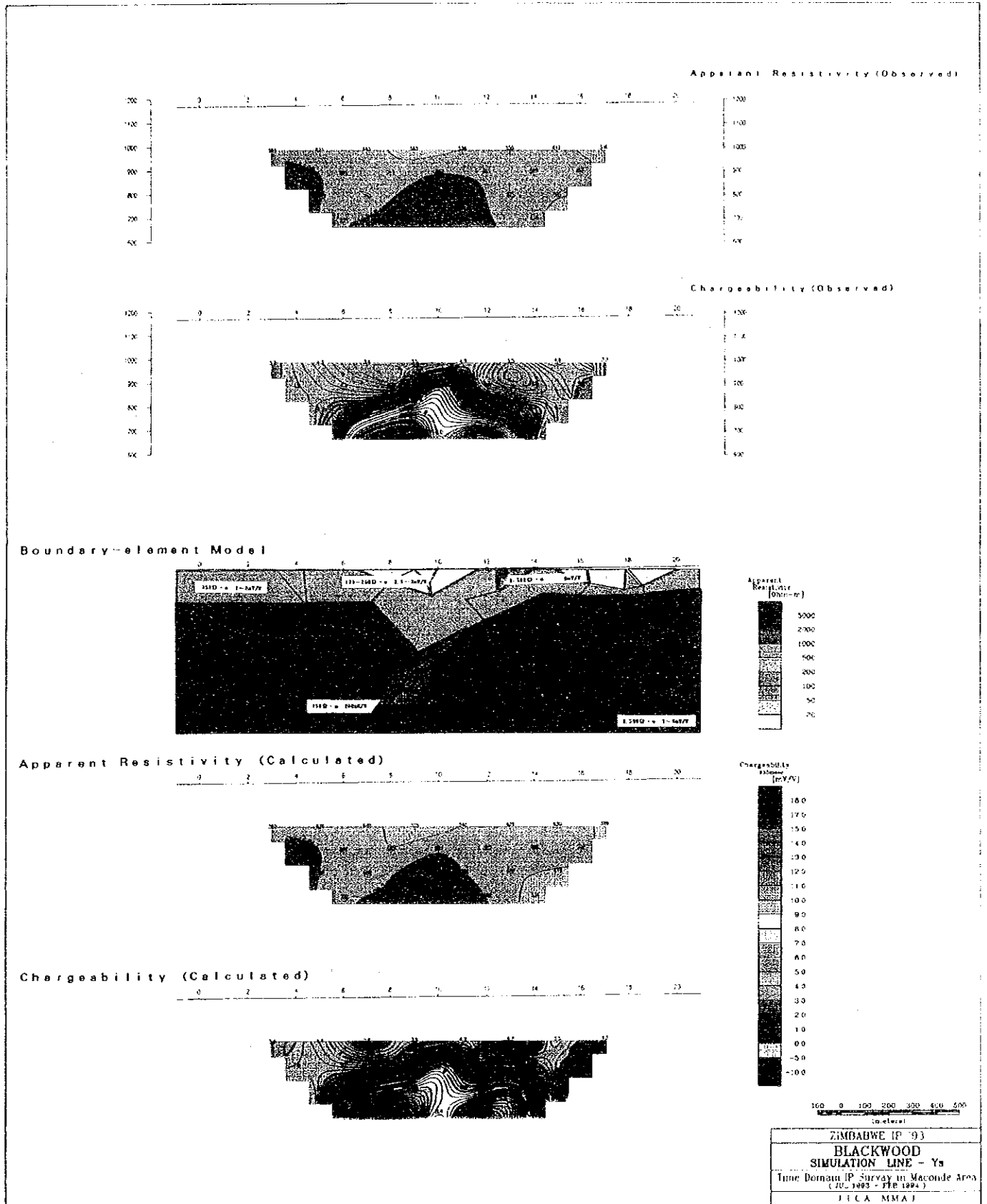


図 II-2-17 2次元シミュレーション解析図 (Ys 測線)



図II-2-17 2次元シミュレーション解析図 (Ys 測線)

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。

岩石で大きな比抵抗変化が認められるのは、固結状況、微細な割れ目等の影響である。

また、通電方向の違いにより比抵抗及び分極率が大きく変化する試料もあり、シミュレーション結果に影響を与えている可能性がある。

B測線のNo. 0～10のIP異常帯は、西側から粘板岩、砂岩及びアルコースの境界部に推定され、地質的に鉱化帯の反映も考えられたが、西端に分布する粘板岩のIP効果の影響を明かにするためシミュレーションをおこなった。シミュレーション結果では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異常帯の存在が想定されるIP異常パターンであるが、西端に分布する石墨質粘板岩と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測線のIP異常は先マゴンデ片麻岩類域の異常で、処女地での鉱化帯が期待された為、Cs測線の設定により東側へのIP異常の発達を追跡したが、不明瞭な異常分布にとどまった。

シミュレーション結果では、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) 測線のNo. 12～19の浅部及び深部IP異常帯のうち、No. 18～19の浅部異常が明瞭なパターンである。シミュレーション結果では、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帯が考えられる。

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るものの、IP値は低い。IP異常帯はL測線の南北側ほど劣性になると推定される。

Za測線のNo. 0付近を中心とした大規模なIP異常が認めらる。

地質はアルコース分布域で、No. 4東側は基盤の花崗岩が分布する。

IP異常帯は本地域最大のマンガラ鉱山(稼行中、南方約1km)の北部延長にあたる。

シミュレーション結果では、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帯が期待される有望箇所である。

On, O, Os, Ossの各測線とも、地質と対応した南北方向のIP異常が認めらる。IP異常帯Oss測線の南方500mのユナイテッドキングダム鉱床(休山中)と類似の鉱化作用によると考えられる。

シミュレーション結果では、比較的規模の小さいIP異常帯として解析された。

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、鉱化帯が考えられるが、深部への発達は考えられない。また、異常帯の規模はO s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。

X測線では、西端でIP異常の一部を捕捉したと考えられたため、新たにXn及びXsを設定したが、各測線とも浅部小規模異常体だけを反映する弱いIP異常パターンを示した。弱いIP異常は北東系の連続性を示唆し、地質の走向及び貫入岩のトレンドと一致する。弱いIP異常から鉱化帯の反映も考えられるが、規模は小さいと推定される。

Y, Ysの各測線とも明瞭な高IP異常を示し、南部ほどIP異常帯が浅くなる傾向を示している。各測線のIP異常は、アルコース域にほぼ北東方向の貫入を示す粗粒玄武岩付近に認められる。このIP異常帯とハンス鉱床（南方約1,000m）の方向性は一致し、地質状況は同じである。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では、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。

岩石及び鉱石試料の物性測定結果は本調査地域の岩石及び鉱石が電気的異方性を持つ場合があることを示している。調査地における測定結果はこれら電気的異方性の影響を受けていると推定される。また、L及びLc 測線の測定結果が示すように、電極間隔が長いほど測定感度は平滑化により低下する。従って、L, Za, O, Os, Oss, Y及びYs測線で検出されたIP異常帯に鉱化帯の存在が期待されるが、シミュレーション解析による異常体の判定には注意が必要である。

シミュレーション結果の異常体位置を物理探査解析結果総括図として図II-2-18に示す。

その他D, I, Q, R, S測線等では弱いIP異常を示しているが、高IP異常帯の一部を捕捉している可能性もある。また、今回は表層部地化学的Cu異常帯を対象に調査を行ったが、地質状況によっては深部鉱化体の徴候が地表に現れない場合も考えられるため、さらにIP法調査により異常体が捕捉される可能性がある。

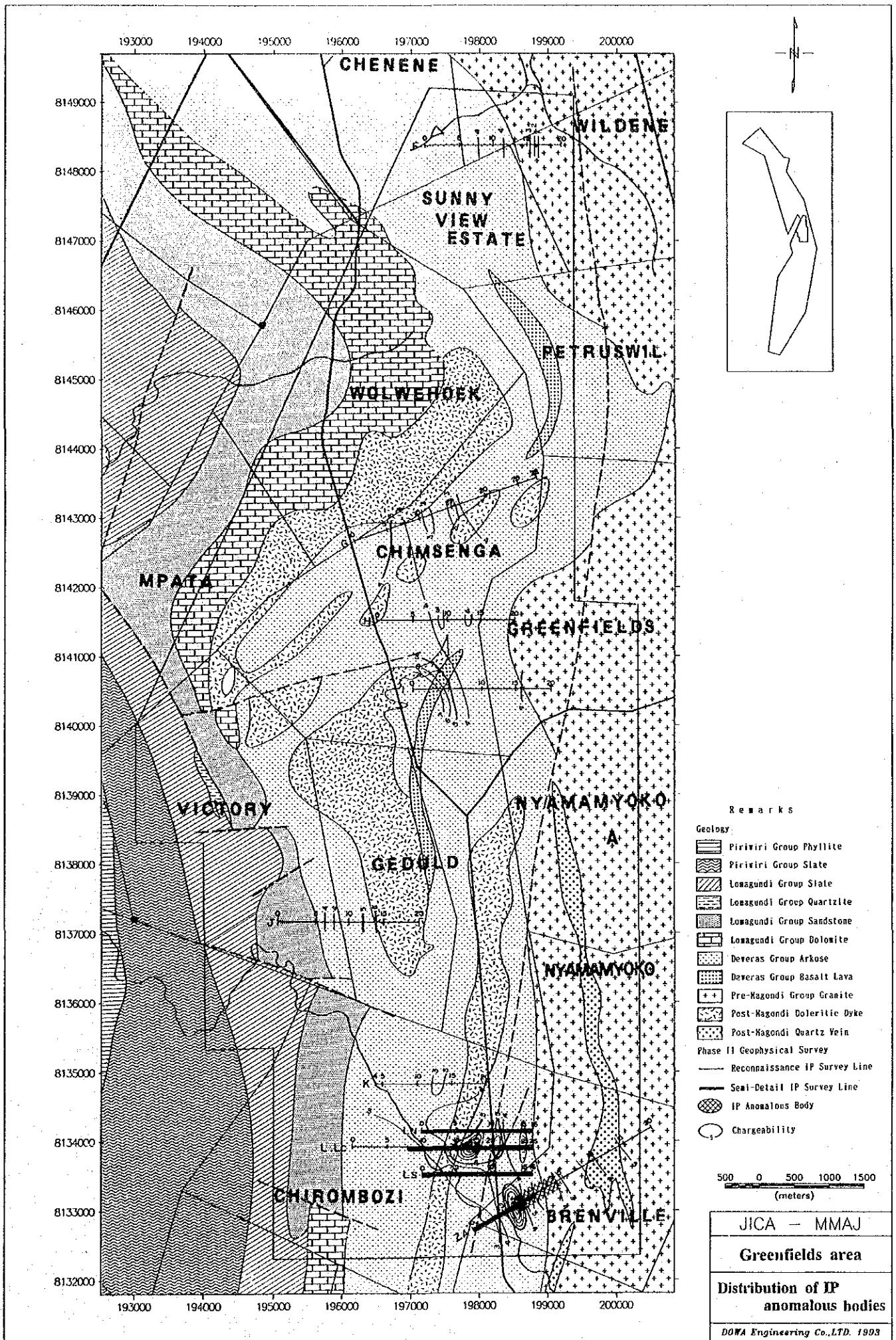
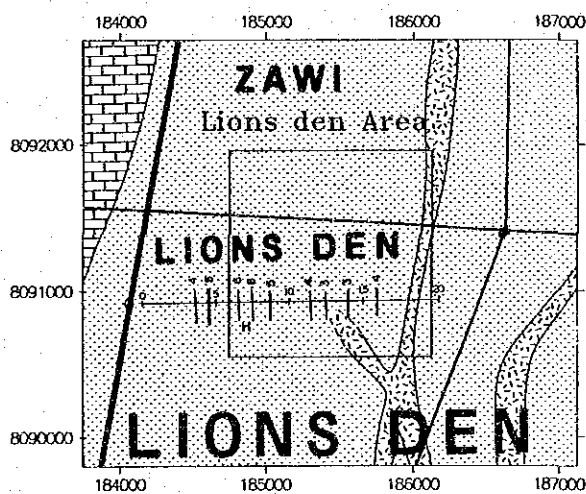
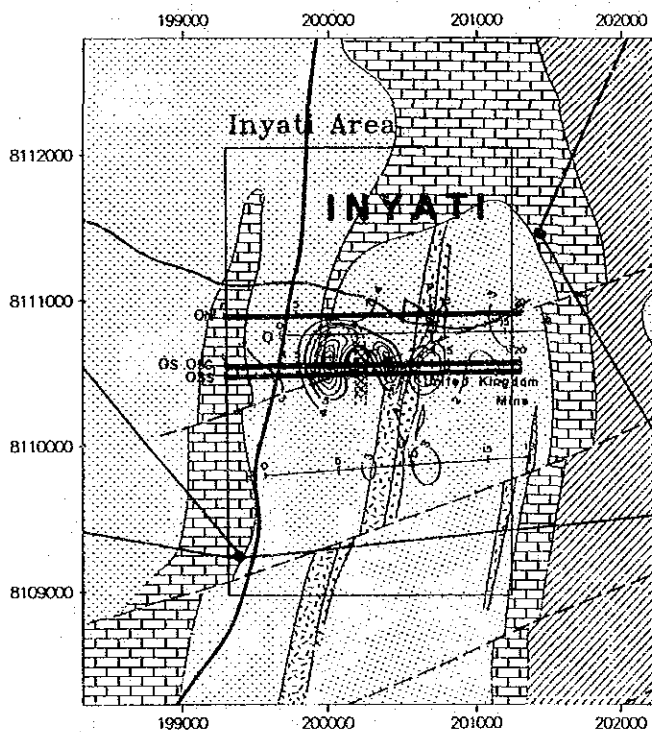
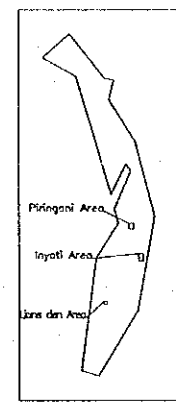
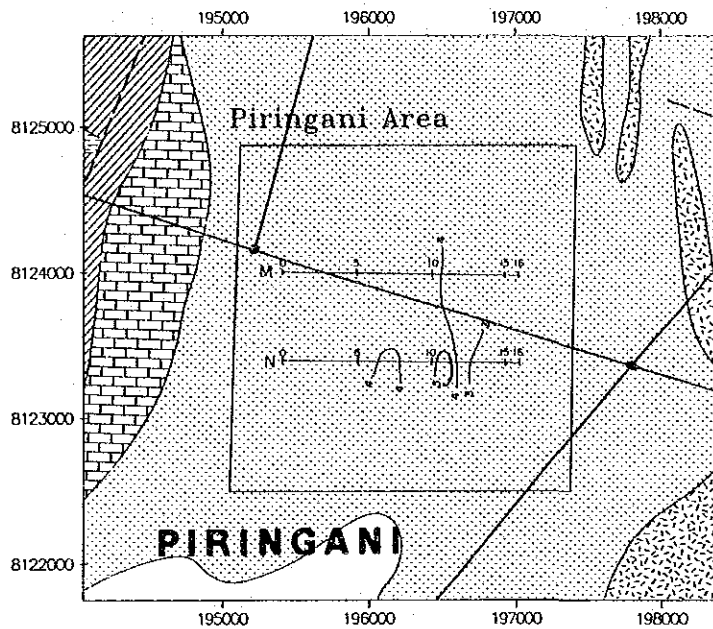
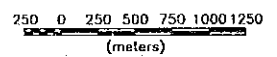


図 II - 2 - 18 物理探査解析結果総括図 (Greenfields 地区)



- Remarks
- Geology
- Lowagundi Group Slate
 - Lowagundi Group Sandstone
 - Lowagundi Group Dolomite
 - Deveras Group Arkose
 - Post-Magondi Doleritic Dyke
 - Post-Magondi Quartz Vein
- Phase II Geophysical Survey
- Reconnaissance IP Survey Line
 - Semi-Detail IP Survey Line
 - IP Anomalous Body
 - Chargeability



JICA - MMAJ
 Pringani, Inyati,
 Lions den area
 Distribution of IP
 anomalous bodies
 DOWA Engineering Co., LTD. 1993

図II-2-18 物理探査解析結果総括図 (Piringani, Inyati, Lions den 地区)

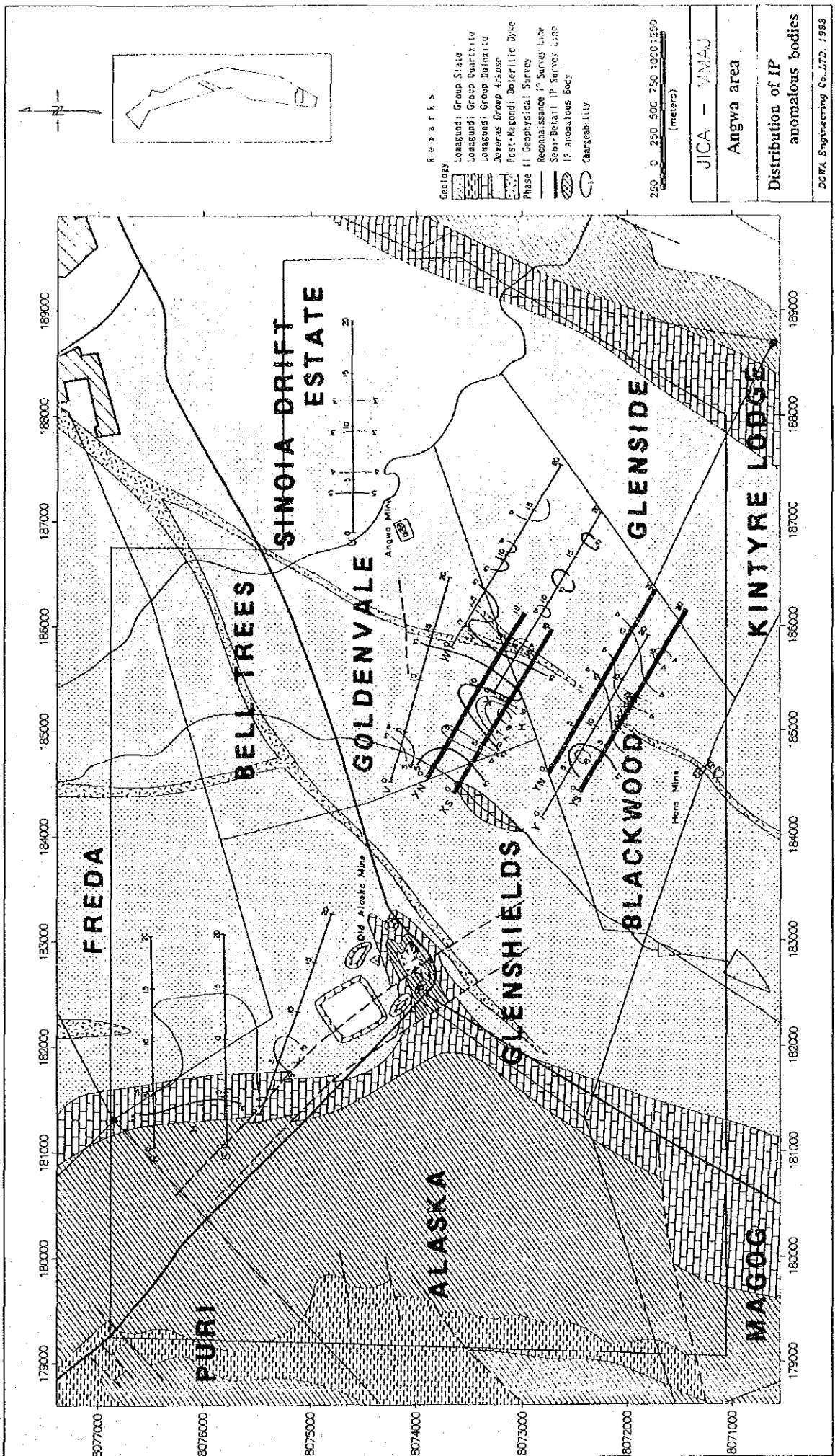


图 11-2-18 物理探査解析結果總括圖 (Angwa 地区)

第3章 調査結果の総合検討

3-1. 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制

調査地域内には、ハンス、アングワ、シャックルトン、アヴォンデール、ノーラ及びマンガラ（ミリアム）の各鉱床がある。これらの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基盤岩類と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。

3-2. 地化学異常と鉱化作用との関係

今年次既存データ解析結果、及び昨年次地化学探査結果を検討した結果、新鉱床賦存の可能性の高い地区として次の地区を抽出した。

1. グリーンフィールズ地区

- 1) チムセンガ農場北～中部
- 2) グリーンフィールズ農場西部
- 3) チロンボゾィ農場東部

2. ピリンガニ地区

3. イニャチ地区

4. アングワ地区

- 1) オールドアラスカ鉱山周辺の広い高濃度帯
- 2) アラスカ製錬所～シノイアドゥリフトエステイツ農場の高濃度帯
- 3) アングワ鉱山～ハンス鉱山の高濃度帯

この他、昨年次調査結果から今後の検討課題として次の地区を取り上げた。

1. グリーンフィールズ地区北部及び西部（ワイルデン農場、ブレンビル農場）,

2. ピンジ地区（チピリ農場、チェチェニニ農場、ピンジ農場、レドウィング農場）

これらの候補地は何れも本地域の Cu-Au-Ag 鉱化作用による異常帯の次の条件、即ち、

- 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

を満たす他、鉱化帯、及び鉱化帯の地質構造と調和的な関係を持ち、今後重要な地区である。

3-3. 物理探査結果と鉱化作用との関係

物理探査結果総括表を次に示す。

表 II - 3 - 1 物理探査結果総括表

測線名	比抵抗構造	比抵抗($\Omega \cdot m$)	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 I P 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。これは昨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。

3-4. 期待鉱床賦存のポテンシャル

総合解析結果図を図II-3-1に示す。

土壌地化学探査によるCu異常帯、及び物理探査IP異常帯を総合的に検討した結果、次の地区が有望と判断された。

1. グリーンフィールズ地区

- 1) チロンボツィ農場東部
- 2) ブレンビル農場

2. イニャチ地区

3. アングワ地区

1) アングワ鉱山~ハンス鉱山の高濃度帯

チロンボツィ農場東部~ブレンビル農場はデウェラス層群の最下位、基盤岩類との境界部付近に位置し、マンガラ鉱山と同様の地質構造的条件下にある。本地区はマンガラ鉱山~ノーラ鉱山に連続する一連の鉱化帯の範囲にあると判断される。

イニャチ地区は石英方解石脈と密接に関係しており、ユナイテッドキングダム鉱山と類似の鉱化作用によると思われる。物理探査結果では南部延長が期待される。

アングワ鉱山~ハンス鉱山帯は本来一連の鉱化帯と判断される。本地区のCu地化学異常、及びIP異常はこの連続する鉱化帯を反映したものであろう。

以上のことから、抽出されたこれら地区においては新鉱床の賦存の可能性が高いと判断する。

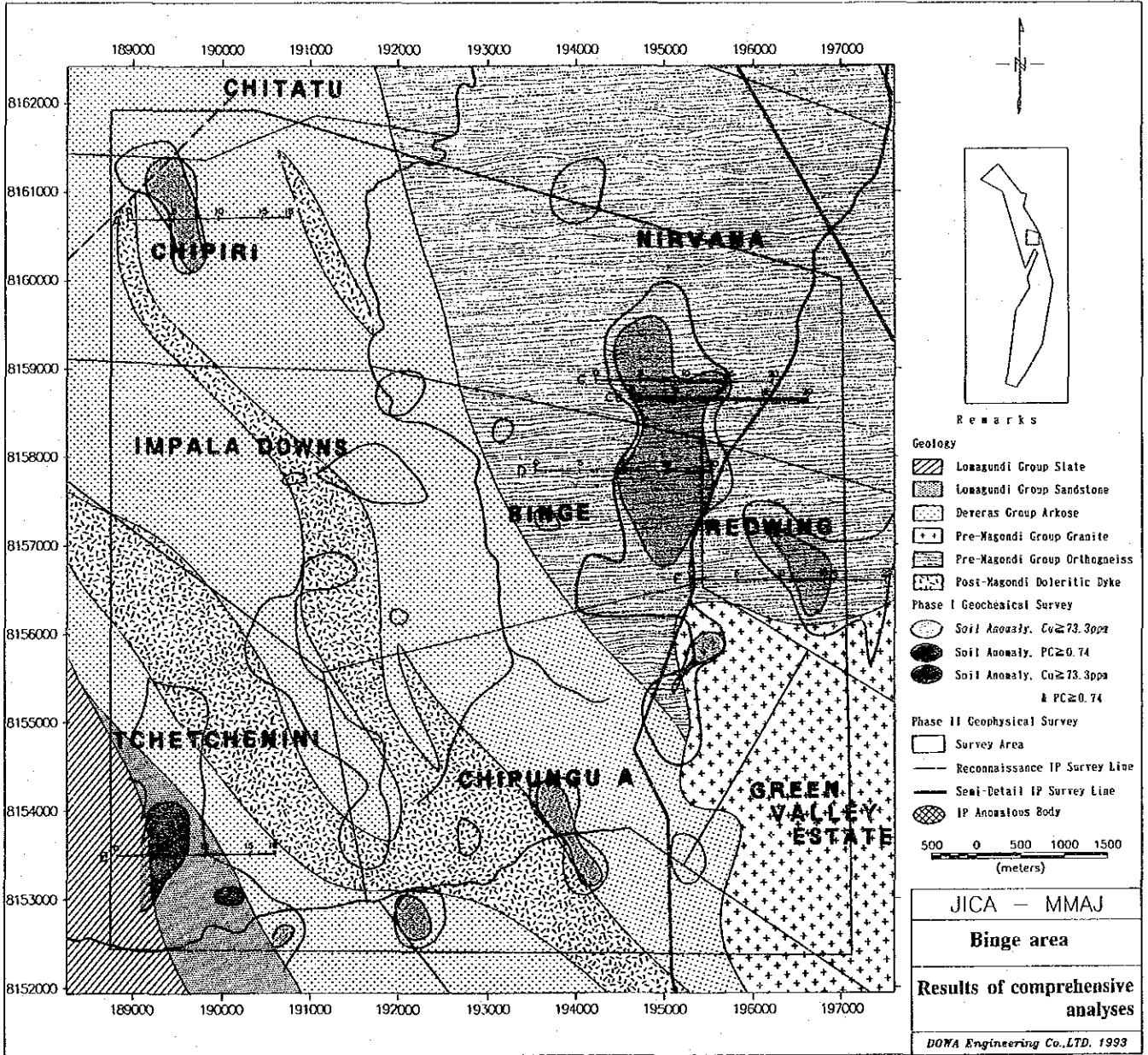


図 II - 3 - 1 総合解析結果図 (Binge 地区)

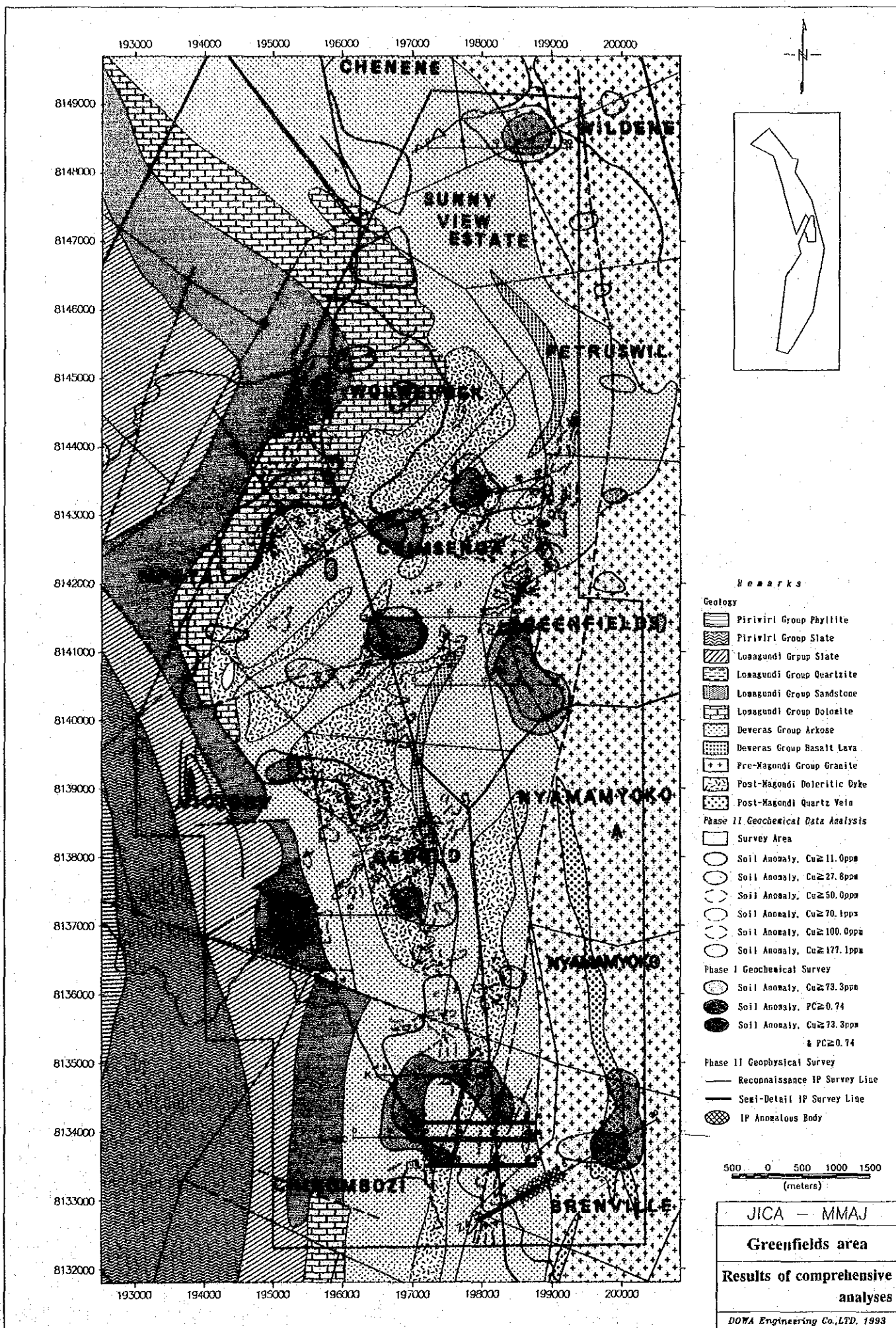


図 II - 3 - 1 総合解析結果図 (Greenfields 地区)

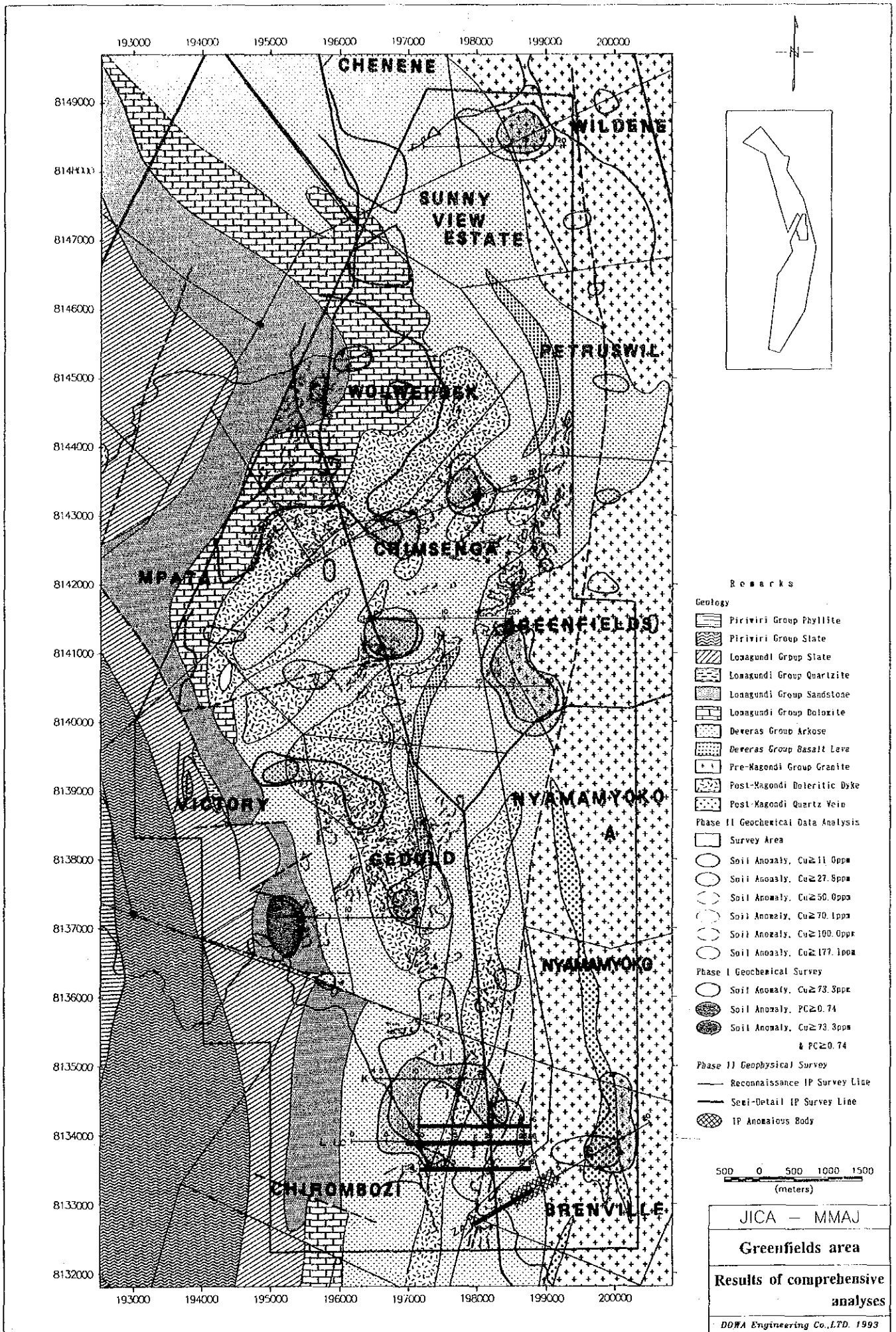
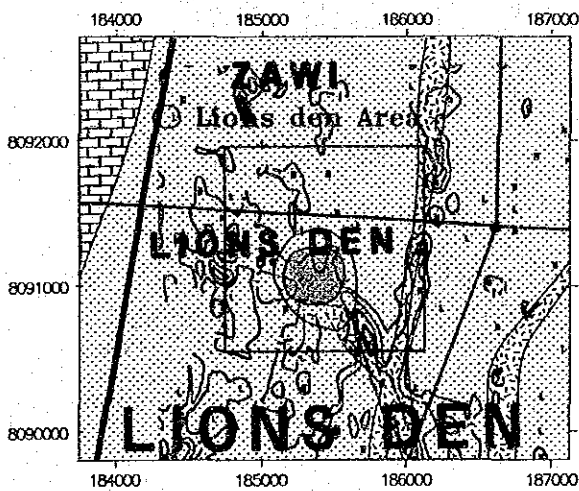
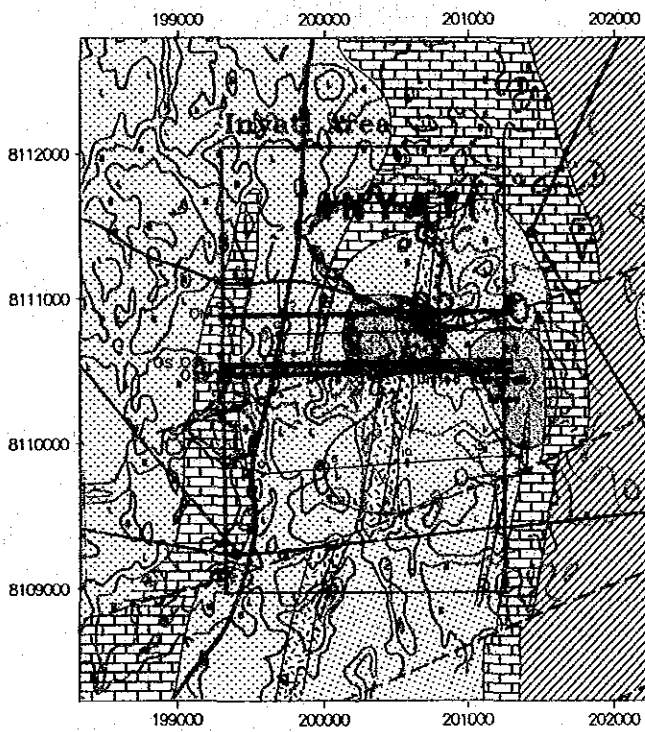
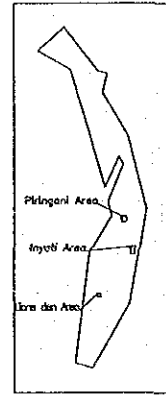
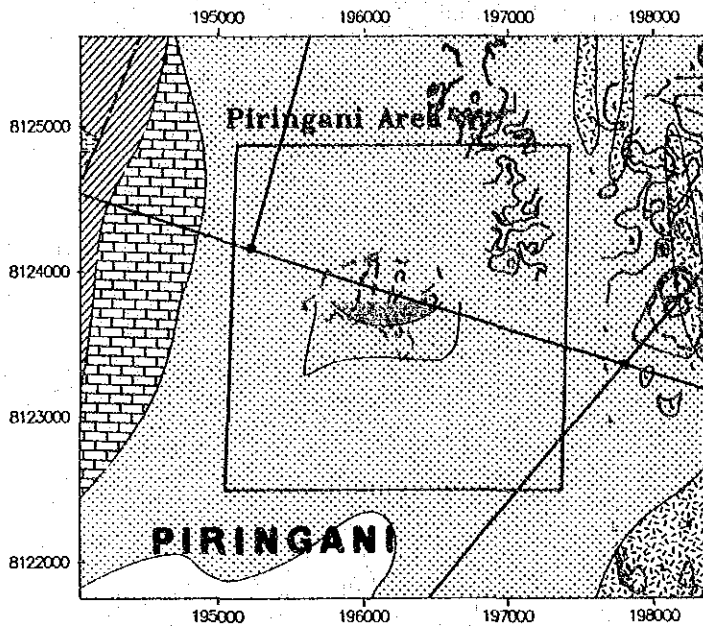


図 II - 3 - 1 総合解析結果図 (Greenfields 地区)

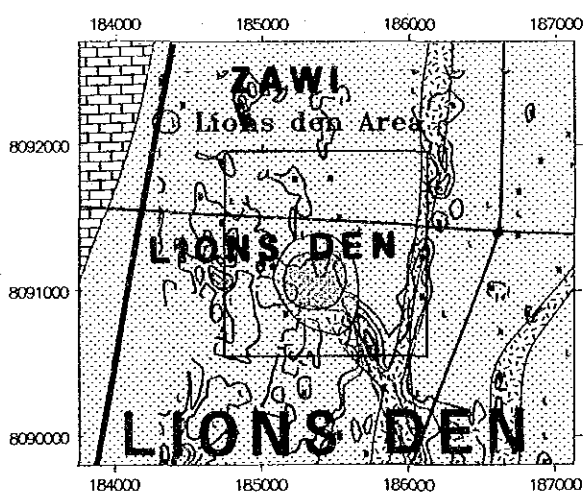
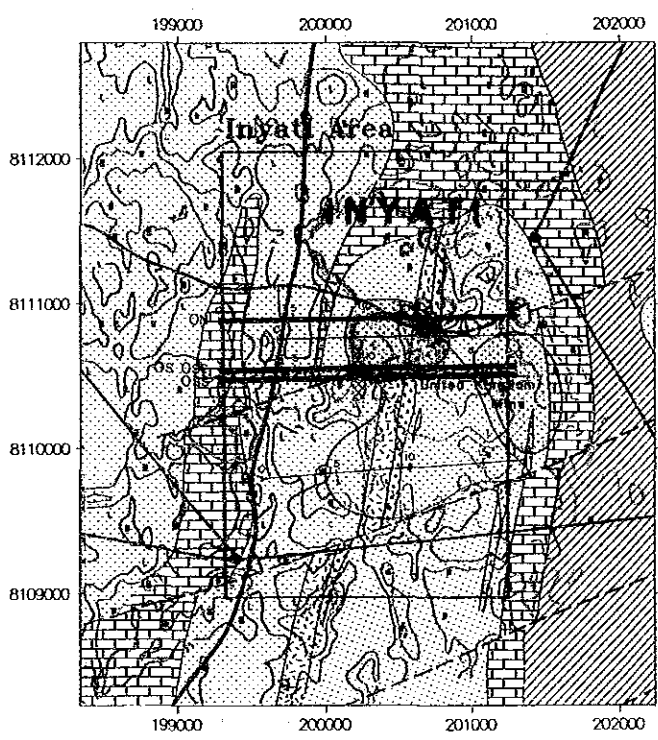
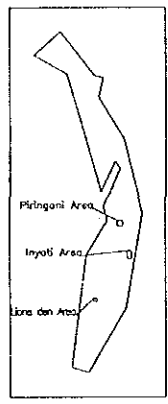
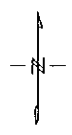
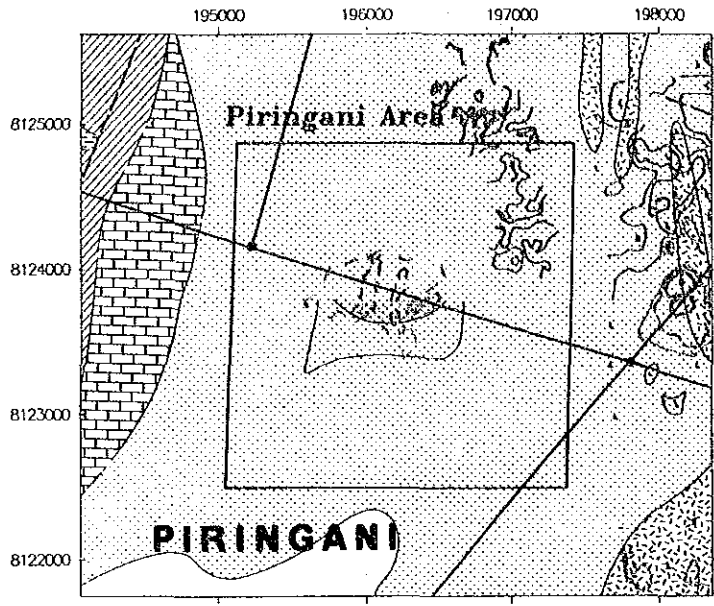


- Remarks
- Geology
- Lonagundi Group Slate
 - Lonagundi Group Sandstone
 - Lonagundi Group Dolomite
 - Deveras Group Arkose
 - Post-Magondi Doleritic Dyke
 - Post-Magondi Quartz Vein
- Phase II Geochemical Data Analysis
- Survey Area
 - Soil Anomaly, Cu \geq 11.0ppm
 - Soil Anomaly, Cu \geq 27.8ppm
 - Soil Anomaly, Cu \geq 50.0ppm
 - Soil Anomaly, Cu \geq 70.1ppm
 - Soil Anomaly, Cu \geq 100.0ppm
 - Soil Anomaly, Cu \geq 177.1ppm
- Phase I Geochemical Survey
- Soil Anomaly, Cu \geq 73.3ppm
 - Soil Anomaly, PC \geq 0.74
 - Soil Anomaly, Cu \geq 73.3ppm & PC \geq 0.74
- Phase II Geophysical Survey
- Reconnaissance IP Survey Line
 - Semi-Detail IP Survey Line
 - IP Anomalous Body

250 0 250 500 750 1000 1250
(meters)

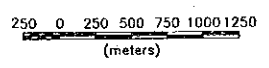
JICA - MMAJ
Piringani, Inyati, Lions den area
Results of comprehensive analyses
DOWA Engineering Co., LTD. 1993

図 II - 3 - 1 総合解析結果図 (Piringani, Inyati, Lions den 地区)



Remarks

- Geology**
- Loagundi Group Slate
 - Loagundi Group Sandstone
 - Loagundi Group Dolomite
 - Deveras Group Arkose
 - Post-Magondi Doleritic Dyke
 - Post-Magondi Quartz Vein
- Phase II Geochemical Data Analysis**
- Survey Area
 - Soil Anomaly, Cu \geq 11.0ppm
 - Soil Anomaly, Cu \geq 27.8ppm
 - Soil Anomaly, Cu \geq 50.0ppm
 - Soil Anomaly, Cu \geq 70.1ppm
 - Soil Anomaly, Cu \geq 100.0ppm
 - Soil Anomaly, Cu \geq 177.1ppm
- Phase II Geochemical Survey**
- Soil Anomaly, Cu \geq 73.3ppm
 - Soil Anomaly, PC \geq 0.74
 - Soil Anomaly, Cu \geq 73.3ppm & PC \geq 0.74
- Phase II Geophysical Survey**
- Reconnaissance IP Survey Line
 - Semi-Detail IP Survey Line
 - IP Anomalous Body



JICA - MMAJ
Pringani, Inyati, Lions den area
Results of comprehensive analyses
DONA Engineering Co., LTD. 1993

図II-3-1 総合解析結果図 (Piringani, Inyati, Lions den 地区)

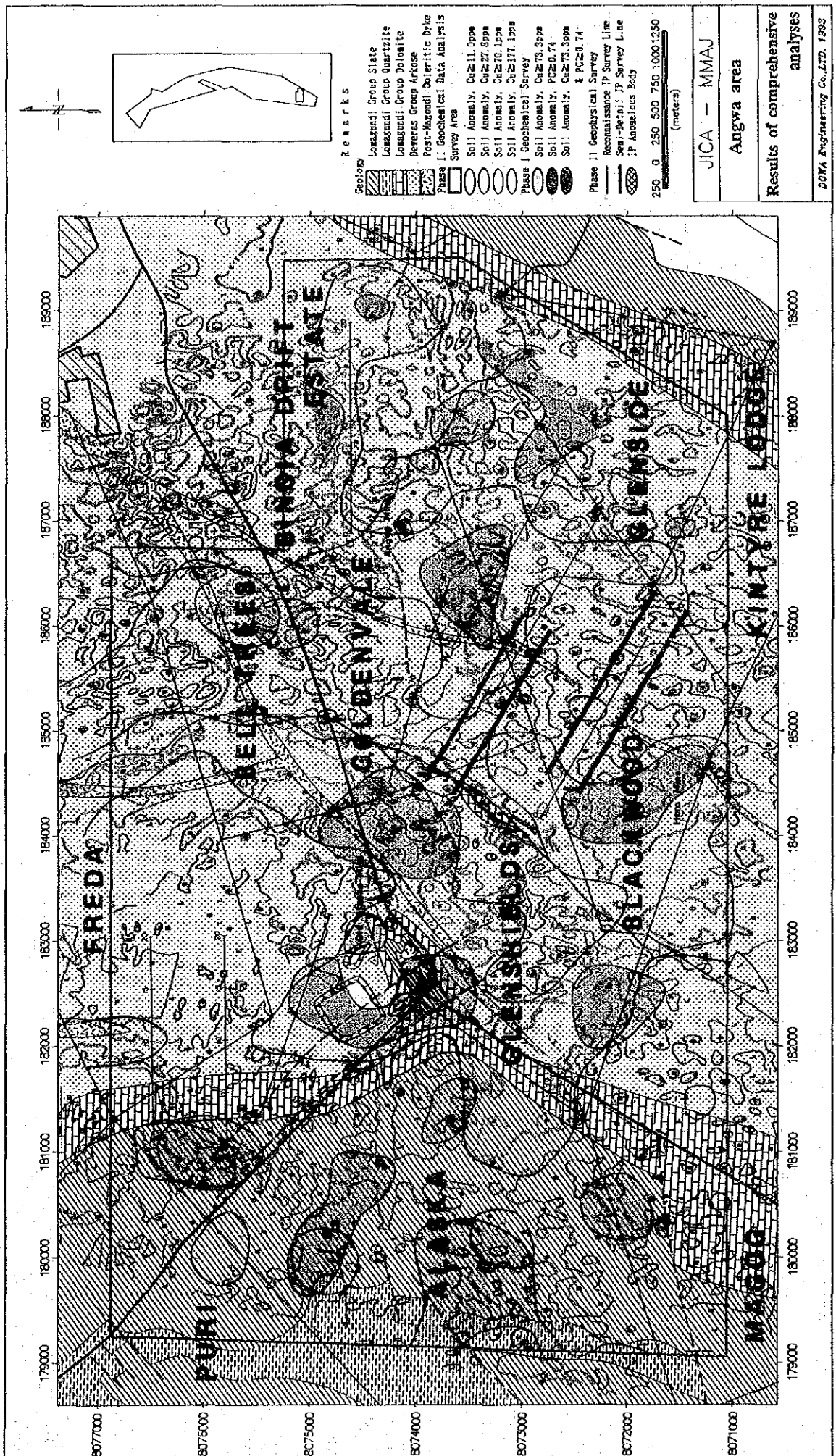
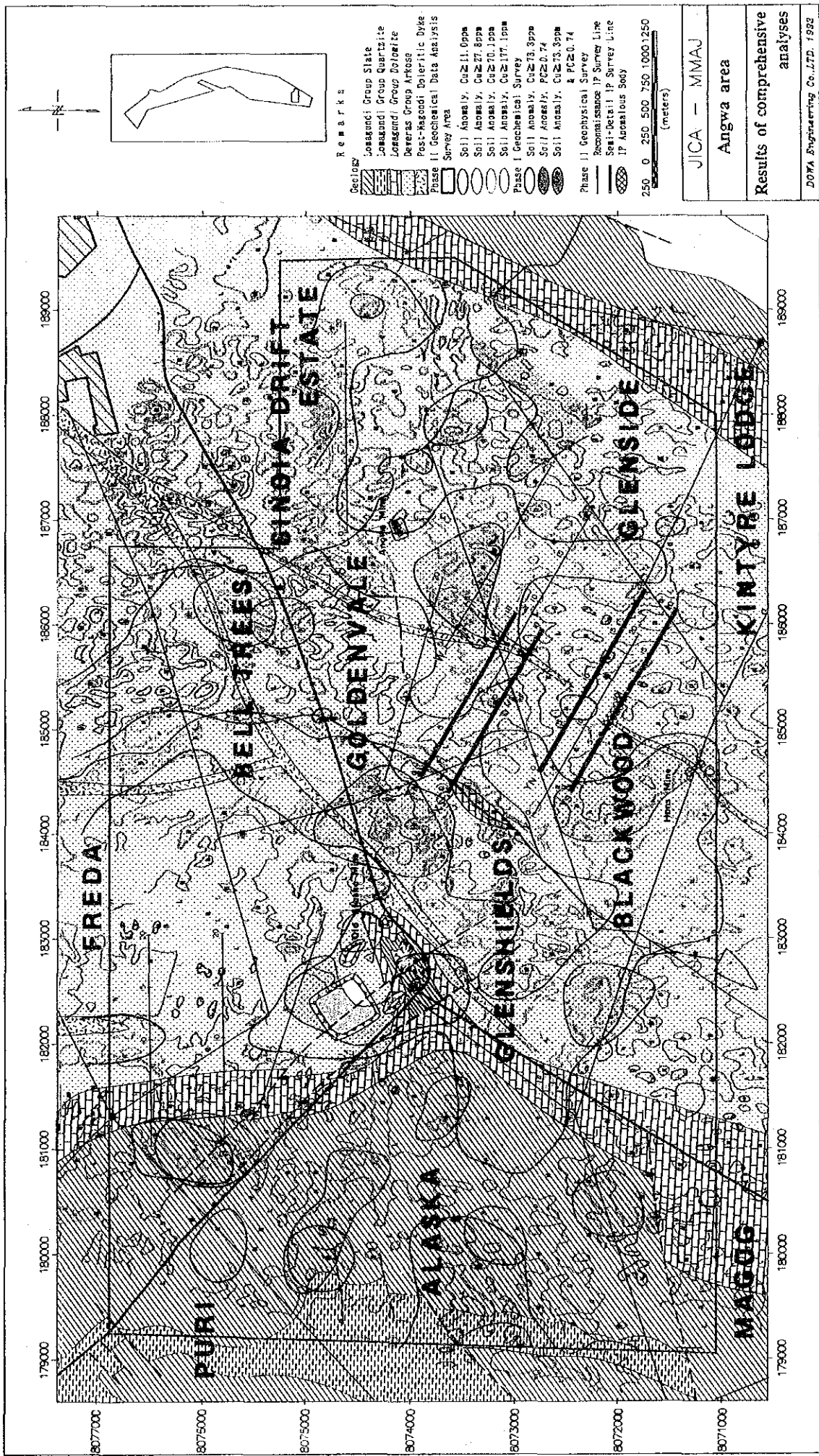


图 II - 3 - 1 総合解析結果図 (Angwa 地区)



图二-3-1 総合解析結果図 (Angwa 地区)

第Ⅲ部 結論及び提言

第III部 結論及び提言

第1章 結論

本年次調査として既存データ解析（5地区，110km²），IP法物理探査（6地区，74.2 line km）を実施した。

1-1 既存データ解析

既存データ解析対象地区は昨年次調査結果に基づく5地区，総面積110km²である。

解析に供した資料はGSD，ZMDCに集積されている土壌地化学探査分析資料，及び解析資料である。対象分析試料総数は33,681試料である。

地化学探査分析値，座標値はコンピューターに入力し，単一変量解析を行った。

解析結果，及び昨年次地化学探査結果を併せて検討し，次の有望探査候補地を抽出した。

1. ピンジ地区

- 1) チェチェニニ農場
- 2) ピンジ農場
- 3) レドウィング農場

2. グリーンフィールズ地区

- 1) ワイルデン農場
- 2) チムセンガ農場北～中部
- 3) グリーンフィールズ農場西部
- 4) チロンボヅィ農場東部
- 5) プレンビル農場

3. ピリンガニ地区

4. イニャチ地区

5. アングワ地区

- 1) オールドアラスカ鉱山周辺の広い高濃度帯
- 2) アラスカ製錬所～シノイアドゥリフトエステイツ農場の高濃度帯
- 3) アングワ鉱山～ハンス鉱山の高濃度帯

1-2 物理探査

電気探査は地化学探査異常帯に測線を設定した概査IP調査を実施した。概要は次のとおりである。

- | | |
|--------|-----------------|
| 方 法 | : 強制分極法 (IP法) |
| 測定方式 | : タイム・ドメイン法 |
| 電極配置 | : ダイポール・ダイポール配置 |
| 電極間隔 | : a=200m |
| 電極隔離係数 | : n=1~4 |
| 測線数 | : 21測線 |
| 延測線長 | : 51.0km |

概査により異常帯を捕捉した測線については，概査測線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。準精査量は次のとおりである。

電極間隔 : a=200m, a=100m
測線数 : 12測線
延測線長 : 23.2km

概査, 準精査測定結果, 及び物性測定(室内試験)結果に基づき疑似断面シミュレーション解析を行った結果次の地区が有望と判断された。

1. グリーンフィールズ地区
 - 1) チロンボヰ農場東部
 - 2) ブレンビル農場
2. イニャチ地区
3. アングワ地区
 - 1) アングワ鉱山～ハンス鉱山の高濃度帯

1-3. 次期探鉱候補地

既存データ解析結果, 物理探査結果を総合的に検討した結果, 次期有望探鉱候補地として物理探査測線上の次の地点を選定する。

1. チロンボヰ (L Line No. 18~19 Station)
2. ブレンビル A (Za Line No. -3 Station)
3. ブレンビル B (Za Line No. 2 Station)
4. イニャチ (Os Line No. 9~Oss Line No. 9)
5. ブラックウッド A (Ys Line No. 9 Station)
6. ブラックウッド B (Y Line No. 13~14 Station)

第2章 第3年次調査への提言

第1年次及び第2年次の調査結果により, 地化学異常域において有望な6箇所のIP異常体の存在が把握された。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のボーリング調査の実施が必要と判断される。この目的のために最低限必要と考えられるボーリング調査量及び優先順位は以下のとおりである。

優先順位: 1) ブラックウッドA 600m, 2) ブラックウッドB 500m,
3) ブレンビル A 300m, 4) ブレンビル B 400m,
5) イニャチ 200m, 6) チロンボヰ 200m,

なお, 上記ボーリング調査により有望な鉱床が捕捉された場合には, 鉱量及び品位を把握するための精密ボーリング調査が必要である。

参考文献

Reference

- Coggon, J. H. (1971): Electromagnetic and Electrical Modeling by the Finite Element Method. Geophysics, Vol. 36, No. 1, 115-132.
- 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)
- Lepeliter, C. (1969): A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation.
- 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.
- Rijo, Luiz. (1977): Modeling of Electric and Electromagnetic Data. PhD. Thesis, University of Utah.
- Simpson, H. (1990): Report on work done and recommended in the area from north of Mhangura to south of Alaska. Unpub. Rep. of ZMDC, 43pp.

