

3-1-4 鋳床・鋳微地

鋳微地分布図を Fig. II-3-2 に示す。

(1) ドンノイ鋳微地

本地区の中央部には鉛・重晶石の鋳微地として知られていたドンノイ鋳微地が位置する。これは縞状石灰岩中に胚胎する網脈状ないし鋳染状の方鉛鋳—黄鉄鋳—重晶石—石英からなる鋳化帯で、小さな丘の頂部に 20×10 m の範囲に露出する。鋳化範囲は露頭状況が悪く不明確であるが、この露頭を中心とした南北にやや伸びた地域、東西 100 m 南北 200m に同質の転石が散在する。

この鋳微地分布域内の2カ所 (Test Pit No. 1 及び No.2) でピット調査を実施した。これらのテストピットは岩盤までは到達できなかったが、No.1 ピットからは方鉛鋳・重晶石以外に塊状の黄鉄鋳や磁鉄鋳の礫が見いだされた他、母岩と思われる石灰質珪酸塩鋳物に富んだ岩石が多量に見られる。また、No.2 ピットでは大量の石英脈の巨礫が得られたほか、下部では C 層と判断される黄鉄鋳の鋳染や褐鉄の網状脈の発達した風化した珪化泥質砂岩を含む土壤に達し、硫化物の多い礫部の分析では Cu 970ppm, Ag 32.4g/t が得られた。

いずれのテストピットから採取した土壤試料からも非常に高濃度の亜鉛(>300 ppm)・鉛(>3000 ppm)・銅(>900 ppm)が検出されている。

この鋳微地は、東西・南北これら2断層の交点近くの石灰岩層側にあり、この地域の鋳化作用が構造と岩相の両方に強く支配されていることを伺わせる。この鋳微地の中心部において試錐 MJTM-5 孔を実施した。

地区の東部に分布するカンブリア系砂岩は、熱変成を受け部分的には石灰珪酸塩鋳物を生じているほか、この分布域南東部にある崖では石英脈や珪化した箇所も観察される。また、物理探査 Y 測線の測点 400 付近では磁鉄鋳が多量に鋳染した箇所が認められた。

(2) ゴッサン帯

地域南部には東西50m、南北25mにわたって、径 20cm～6mのゴッサンの転石が多数分布する。ここで採取した岩石試料(DN-G1～DN-G5)では Cu 600～800 ppm が得られた。Zn, Pb 濃度には顕著な異常は認められない。

地区北東部のカルスト状凹地とカンブリア系の形成する丘状地形との境界部には、径 40～60cm のゴッサンの転石が多数分布する。この分析結果では、Cu210ppm, Pb5,700ppm, Zn2,350ppm が得られた。これらの転石は、後述する地区北部の東西方向の地化学異常域に一致して分布している。

3-2 地化学探査

3-2-1 調査方法

ドンノイ地区での試料採取は、第1年次には物理探査の測線を利用して25m間隔で採取したほか、地区の中心部では異常値の広がり詳細に把握するため物理探査の測線の中間でも採取した。物理探査測線のない箇所では、既存の道路や踏み跡道を利用してできるだけ全域をカバーできるように採取点を配点した。第2年次には第1年次の地化学探査結果で、Zn, Pb等の地化学異常域が地区外に連続することが確認され、この異常域の広がりを限定できるように第1年次の外側に地化学探査エリアを設定し、同条件で試料採取を行った。

さらにドンノイ地区南部の尾根上に今年度発見されたゴッサン帯において関連する鋳化作用を検出するた

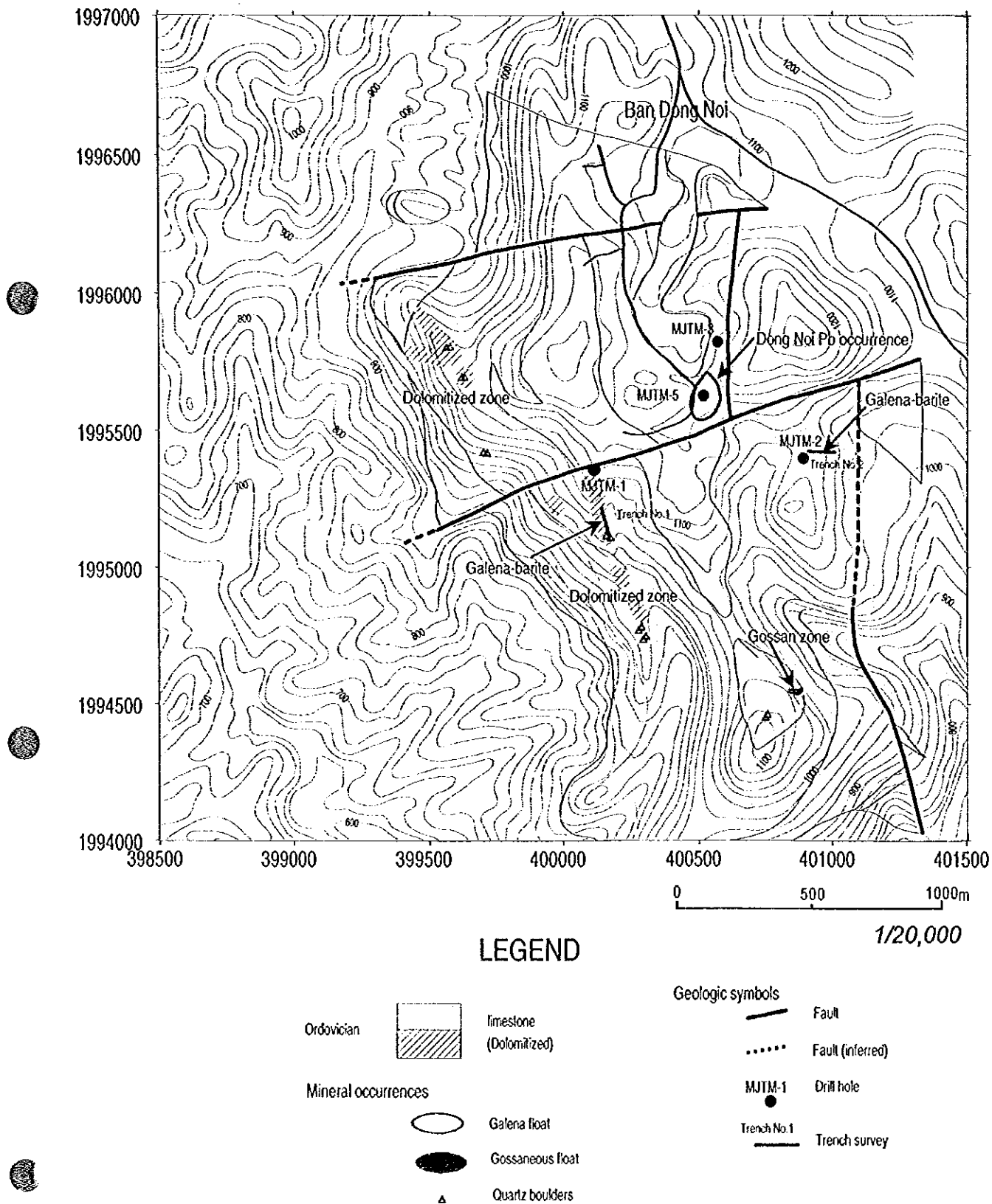


Fig.II-3-2 Mineral occurrences of the Dong Noi area

め、ゴッサン帯及びその周辺地域をカバーするように F~J の測線を設定して地化学探査を実施した。ドンノイ地区の北側約 1km に分布する方鉛鉱-石英脈とドンノイ地区との鉱化状況の関連性を明らかにするため、上記鉱徴地上とドンノイ地区地区との中間に東西 1km の測線を配置し、25m 間隔で計 82 個の土壤試料を採取した。

ドンノイ地区での試料個数は、2 年間で 1,254 個である。

3-2-2 地化学異常値の分布

異常値分布から見ると、本地区での指示元素の挙動は大きく2つに区分できる。すなわち Cu に関連するもの(Cu, Sb, Fe, Ag, Ba)と Zn に関連するもの(Zn, Cd)であり、これらの異常値分布はお互いに重複しない。

両者ともに伴われるのが Pb グループ(Pb, As, Mn)であり、双方の異常域に重複した箇所に異常域が認められる。主成分分析から指示元素は2つのグループに要約されるが、実際の異常値の分布を検討すると主成分分析での第1主成分(Z01)を説明する元素はさらに2つに分けられることになる。

(1) Zn グループ[Zn 及び Cd]

Zn の異常値は、地区西部の石灰岩西列とドンルアン山南側の石灰岩地域 MJTM-1 孔周辺に集中する。石灰岩西列の異常域は強くドロマイト化が観察される地域に一致しており、Zn 鉱化作用がドロマイト化に密接に関わっていることが推定される。Cd の異常値分布は Zn の分布に極めて似通っている。

(2) Cu グループ[Cu 及び As, Ag, Ba, Fe, Sb]

Cu の高異常値が最も集中する地域はドンノイ鉱徴地周辺で NNW-SSE 方向に伸びた楕円状の異常域を形成する。閉じた異常域であり、地域南部や西部には延長しない。変砂岩分布域では弱い異常値が集中するが、これは変砂岩の高い Cu バックグラウンドを反映したものであると思われる。

Ag, Ba の異常値分布はドンノイ鉱徴地以北では Cu の異常値分布とほとんど一致する。Cu の異常値がドンノイ鉱徴地付近に限定されるのは異なり、ドンノイ鉱徴地から 300 m 程度 SSE 方向に異常値が連続する。

As 及び Sb はドンノイ鉱徴地のほか、ドンノイ鉱徴地の西側を通る南北断層沿いに高濃度試料が認められる。

(3) 中間的なグループ[Pb 及び Mn]

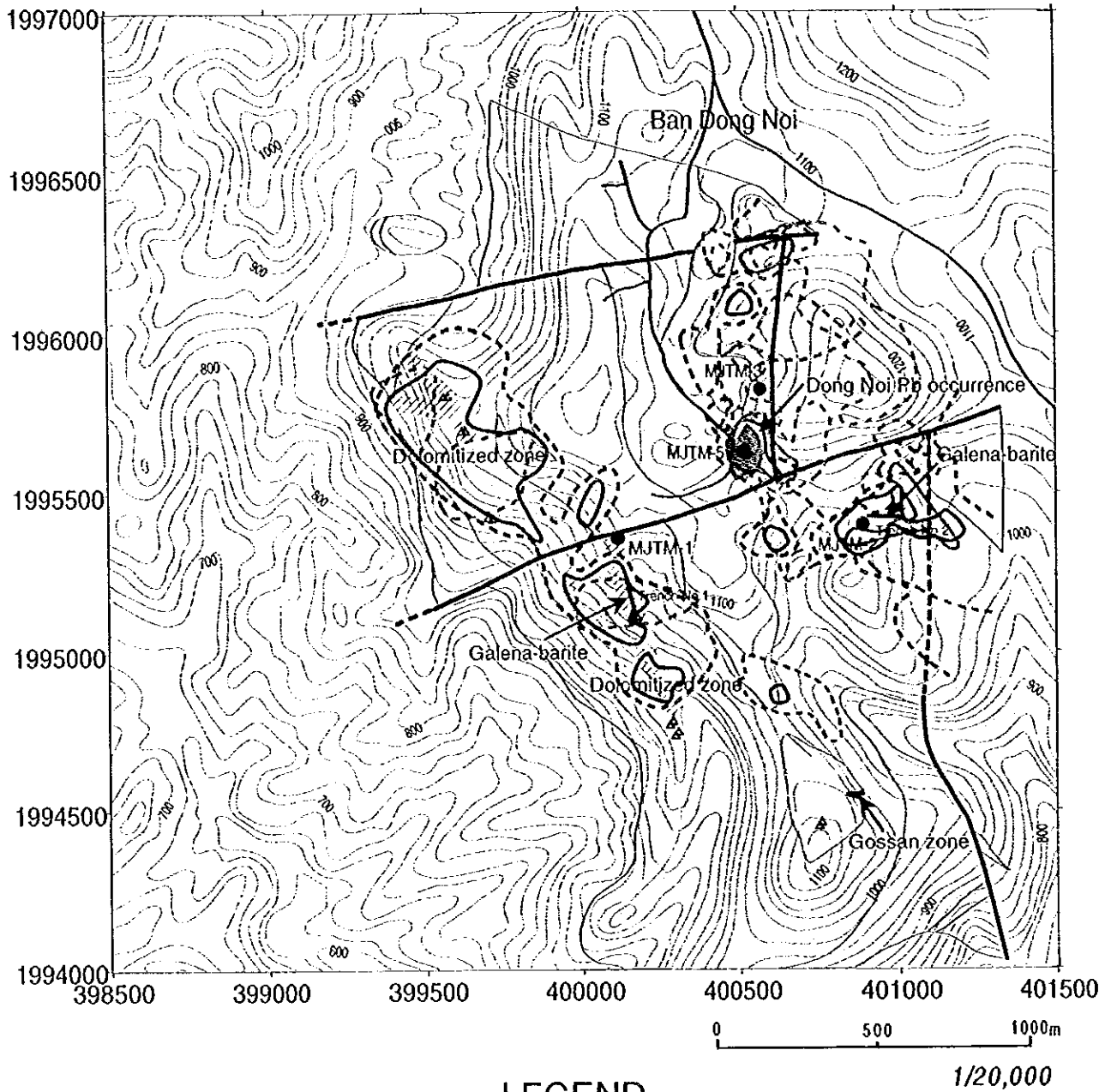
Pb の異常値のうち、最も高異常値が集中する地域はドンノイ鉱徴地周辺で地区中央部を南北に貫く断層に伴われるように見える。その他 Pb の異常値は Zn 同様に、石灰岩西列とドンルアン山南側の MJTM-2 孔周辺に認められる。

Mn の異常値は、ほぼ Pb の分布と一致する。

南部のゴッサン帯では、ほとんどの指示元素において顕著な地化学異常は検出されなかった。しかしながら、Cu 濃度は周辺地域が低い(40~70 ppm)のに比べ、ゴッサン帯で特徴的に 100ppm を超える試料が多い。Au についてはドンノイ地域全体で一般に 5 ppb 未満であるのに比べ、ゴッサン帯では 30~40 ppb が得られている。すなわち、ゴッサン帯を形成した鉱化作用は検出された異常は弱いものの、ドンノイ地区では特異的な Cu-Au に関連した鉱化作用であると考えられる。

3-2-3 ドンノイ地区土壤地化学異常域検出図

異常値分布図から各元素グループを代表する Zn, Pb, Cu について地化学異常域を抽出し、Fig. II-3-4



LEGEND
















Ordovician		limestone (Dolomitized)	Geologic symbols		Fault	Anomaly zone		Zn >727ppm
Mineral occurrences		Galena float		Fault (inferred)		Zn >1,199ppm		Pb >623ppm
		Gossan zone		MJTM-1 Drill hole		Pb >3,053ppm		Cu >209ppm
		Quartz boulders		Trench No.1 Trench survey		Cu >586ppm		

Fig.II-3-3 Geochemical interpretation map of the Dong Noi Area

にまとめた。

Zn の異常域はほぼ炭酸塩岩分布域中にのみに限定され、西側地域では明らかにドロマイト化を被った岩相の分布域に重複する。

Pb の中程度の異常域は Zn の異常域にも Cu の異常域にも重複するが、特にドンノイ鉱徴地周辺で Cu と Pb の高異常域が重複する。

3-3 鉱徴状況調査

3-3-1 調査方法

ドンノイ地区北西部の高地化学異常域において鉱体賦存の可能性を探るために、露頭における石灰石の岩相状況と鉱化状況を確認することを目的として地質調査と同時に、土地化学異常域における岩石連続サンプリングを行った。

第2年次の地化学異常値分布域に計 1.64km の測線を設け、測線近辺の露頭を観察するとともに測線に沿って連続サンプリングを行った。硫化物などを伴う石英脈などに付いては別に採取した (Fig. II-3-4)。

岩石試料の総数は 61 試料である。

3-3-2 調査結果

1. 地質状況・鉱化状況

ドンノイ地区北西部は、塊状ないし泥質分を挟在した薄互層状の縞状石灰岩が分布する。石灰岩の一般的構造は、北北東-南南西走向で 10~20° の南東傾斜を示しているが、大きな露頭では層間内での細かいアコーデオン褶曲が認められる。断層などによる破砕帯は認められない。南北系の垂直方向の開口節理系が発達することが顕著である。

調査区域南部の急崖部は、比較的層状構造の明瞭な石灰岩により構成される。南北系の石英細脈の発達が良く、石灰岩自体も珪化作用を受けている。また、部分的には石灰岩の層序構造に沿って置換した水平に近い石英脈(幅 0.3~3.0m)も認められる。この層理を交代した石英脈の近傍では石灰岩はドロマイト化している。石英脈は、不毛なものがほとんどであるが、試料 D20-55 付近の層状に置換した石英脈では脈中心部のドルーズ部分に第2年次調査のトレンチ No.1 や MJTM-1 孔で確認された茶色を呈する炭酸塩鉱物脈を伴う。地形的にこの下位にあたる試料 D20-58 付近では幅 7m の茶色炭酸塩鉱物脈が鉛直方向に発達し、その脈際にヘマタイトフィルムを伴う石英脈が観察された (D20-61:w=15cm)。同区域北東部の標高 1,100m 付近ではほぼ水平方向にドロマイト化帯が発達するが顕著な鉱徴は認められない。

区域北西部の尾根部には、ドロマイト化の顕著な石灰岩が分布している。この区域では尾根筋でドロマイト質石灰岩の層間を交代した含方鉛鉱-閃亜鉛鉱石英脈が 2 箇所確認された。いずれも脈幅 40cm と 80cm で小規模であり、脈中には珪化した石灰岩や方鉛鉱、茶色炭酸塩鉱物の角礫化した細礫が観察される。前述したように石灰岩は、層間内で著しいアコーデオン褶曲を繰り返しており、それに伴って層間を交代して形成された石英脈は連続性に乏しい。尾根の西側斜面では、ドロマイト質石灰岩中の垂直方向に発達した節理系を充填して尾根部で観察される珪化角礫、茶色炭酸塩鉱物角礫を含んだ石英脈が各所に観察される。また、茶色炭酸塩鉱物脈も散在する。これらの脈は幅 20~30cm 程度で周囲に小規模な珪化帯を伴う。しかし、連続性は乏しく 10m 前後で消滅するものが多い。

この調査区域内では、多くの石英脈が認められ、一部では方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱などは観察されるが、その他の硫化鉱物が極めて少ないことが特徴である。また、カルク珪酸塩鉱物の存在も確認されてい

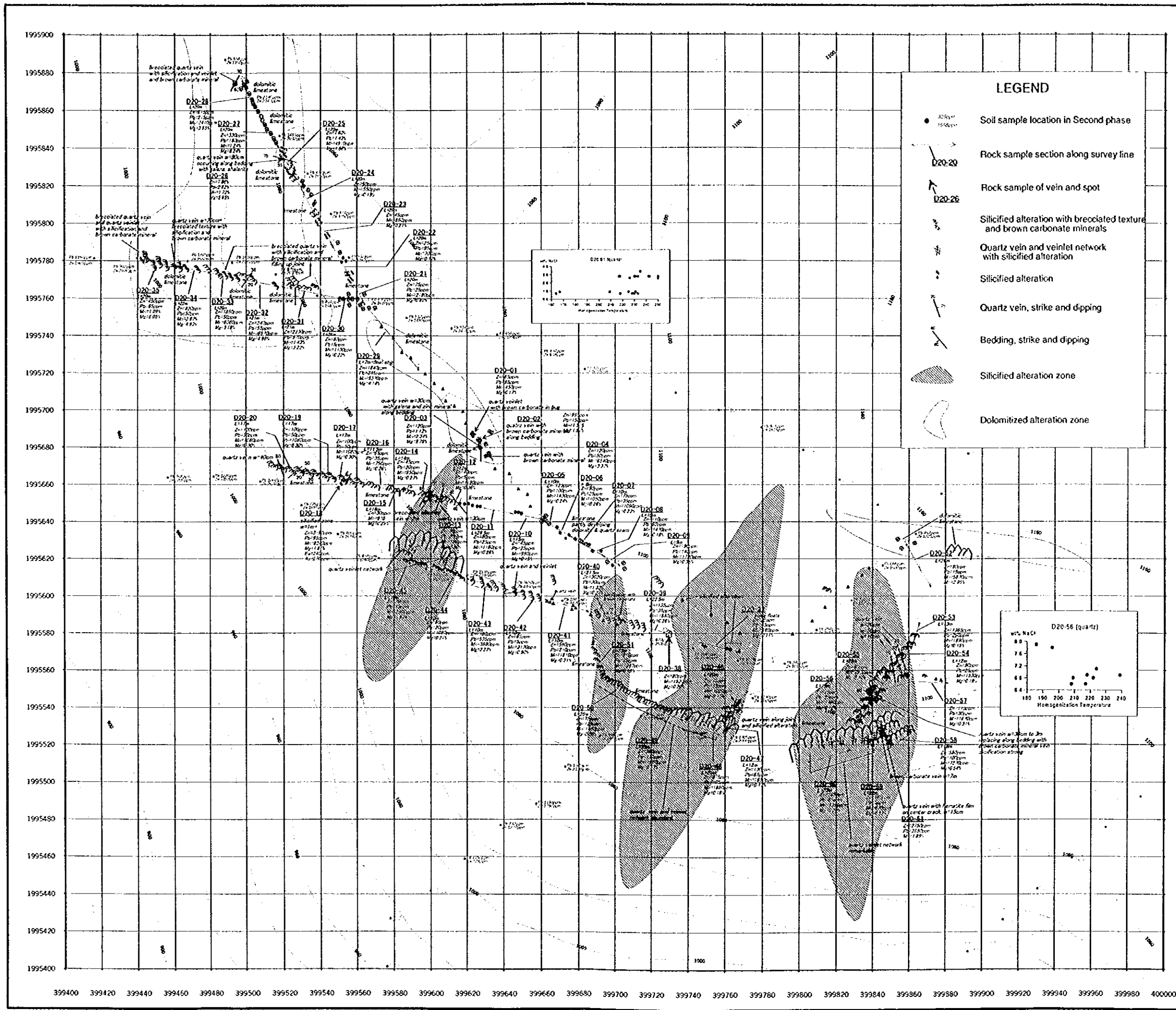


Fig.II-3-4 Result of mineral occurrence survey at northwest part of the Dong Noi area

ない。

2. 化学分析結果

測線沿いに分布する露頭から、20～25mを1単位としてその測線周辺を代表するようにチップサンプリングを行った。一試料は、ほぼ2kg前後となるように努めた。また、石英脈については別のサンプルとし、脈幅いっぱいを一試料として採取した。

調査区域南部の珪化帯卓越地区では、測線試料はZn、Pbともに大きな値を示すものは少なく、2試料(D20-40,53)を除けば、Zn=35～590ppm、Pb=5～535ppmの範囲にある。Mnも概して低く、2,000ppm以下の試料が多い。茶色炭酸塩鉱物脈の発達認められる区間の試料(D20-40,D20-53)では、Mn=7,270ppm、1.32%と高くマンガン含有量が高く、亜鉛含有量も580ppm、3,020ppmと高い値を示す。石英脈の発達する区間では、マンガン含有量が全体に高い値を示している。

この珪化卓越地区で採取した石英脈試料の分析結果は、D20-18でZn=3,180ppm:Pb=95ppm、D20-61でZn=2,750ppm:Pb=2,680ppmと高く、第2年次に採取した土壌試料の分析値とほぼ同等の濃度となっている。一方、この区域では、石灰岩のドロマイト化度を示すMg量は0.3%以下のものが多く、ドロマイト化は軽微である。

調査区域北西部尾根部では、ドロマイト化の弱い部分(Mg \leq 1.0%)では、亜鉛・鉛含有量とも数10ppm台と低く、逆にドロマイト化の強い部分ではZn=330ppm～1.6%:Pb=50～970ppmと亜鉛に富んでいる。前述のようにこの尾根部においては、石灰岩の層理を交代して形成された方鉛鉱、閃亜鉛鉱を含んだ石英脈が確認されている。これらの石英脈の分析値は、D20-2(幅30cm):Zn=995ppm、Pb=150ppm、D20-3(30cm):Zn=120ppm、Pb=1.12%、D20-4(細脈):Zn=120ppm、Pb=50ppm、D20-26(80cm):Zn=7.86%、Pb=2.82%である。いずれの試料もマンガン、マグネシウム含有量が高く、各々6,540ppm～1.72%、1.81%～9.78%を示す。また、D20-26を含む区間試料(D20-25)は、区間長20mにおいてZn=1.60%、Pb=1.43%が得られたが、露頭ではどのような鉱物が形成されているかは確認されていない。

3-3-3 考察

当該のドンノイ地区北西部は、ドンノイ地区中央部～南部にかけての地域と同様に石灰岩の分布域に伴って、鉛、亜鉛、マンガン及びカドミウムの地化学異常が認められ、鉛で500～3,600ppm、亜鉛で500～3,400ppmの異常値が広い範囲に広がっている。これと同等の地化学異常が、昨年度実施したトレンチNo.1及びMJTM-1孔周辺においても把握されているが、トレンチ調査、ボーリング調査の結果からは鉱化部は見出されなかった。

一方、今回採取した岩石試料では、北西端のドロマイト化の強い部分での区間試料および石英脈などで亜鉛・鉛含有量は数1,000ppmを越す高異常値が得られたが、大部分は200ppm以下であった。露頭観察結果によれば、茶色炭酸塩鉱物脈、網状の石英脈、石英細脈及び珪化角礫細礫を伴う石英脈は、垂直方向の石灰岩中の裂隙や節理系に沿って鉱液が上昇し、その後層間方向の節理ないし部分的に特定層準(岩相)沿いに交代して広がった結果形成されたものと想定される。また、野外の観察結果から、石英脈と茶色炭酸塩鉱物脈の発達の良い珪化帯は、ドロマイト化帯の下部に発達し、その上部に広範囲でドロマイト化帯を形成する。ドロマイト化帯では母岩中でも亜鉛・鉛濃度が増加すると共に、方鉛鉱、閃亜鉛鉱を含む石英脈がアコーディオン構造を示す層間褶曲したドロマイトの特定層準を置換して形成されたものと見られる。このような関係はトレンチNo.1での観察と一致する。これらの区間岩石試料の多くでは、高い地化

学異常を示すような試料が少ないものと思慮される。

流体包有物の均質化温度・塩濃度測定結果では、下部珪化帯からの試料と上部のドロマイトの層間を交代した石英脈の均質化温度にはあまり大きな差異は認められないが、塩濃度に大きな差が認められた。均質化温度は、前者が 180～240℃、後者が 160～250℃である。また、塩濃度は NaCl 換算で前者は 6.5～8.0wt%の高い値を示すのに対して、後者は 1.0wt%前後と 3wt%前後の低い値となっている。

土壌試料における広範で強い地化学異常は、岩石試料の分析結果からだけでは説明し難い。しかしながら、石灰石中の節理裂隙系の沿って広範に形成された石英脈やドロマイト化帯に含まれていた鉛、亜鉛成分が風化の過程で同様に含有されていたマンガンが酸化物に改変される中でマンガン酸化物に吸着され地表部に残留した可能性はあるものとする。

今回精査した北西尾根部では、ある程度の鉛・亜鉛鉱体の賦存可能性を有するものと思われるが、賦存位置に関してはより詳細な地質構造調査が必要である。

3-4 物理探査

3-4-1 調査位置および調査量

ドンノイ地区における鉱化帯および鉱化作用に関連する変質帯の比抵抗構造および IP 異常域の解明を行うことを目的とし、第1年次に7測線、第2年次に1測線の TDIP 法調査を実施した。調査量を Table II-3-1 に示す。

Table II-3-1 Survey amounts of IP survey in Dong Noi Area

Phase	Length	Number of lines	Number of points
First Phase(1997)	8.0km	1.0km × 5 lines	222
		1.5km × 2 lines	
Second Phase(1998)	1.0km	1.0km × 1 lines	26
Total	9.0km	7 lines	248

3-4-2 調査方法

1. 測定方法

電極配置は、ダイポール・ダイポール配置とし、電位電極間隔は 100m、電極隔離係数は $N=1\sim 4$ とした。IP法の測定は時間領域で行い、原則として 1/8Hz の休止波形を流し、電流切断後の減衰電圧を測定した。

2. 解析方法

(1)地形補正

見掛比抵抗を算出する時は、電極を無限平面上に配置したものとして電極配置係数を仮定している。しかし、大地が電氣的に均質であっても算出された見掛比抵抗は、地形起伏による影響を受けている。IP法のダイポール・ダイポール型電極配置では、谷地形の場所では見掛比抵抗が小さく、尾根地形では高く検出される。

一方、充電率は電流切断後の電位の過渡現象から算出されるので、地形起伏の影響をほとんど受けない。

IP 調査を実施したドンノイ地区、メーカナイ地区及び I-4 地区は、地形の起伏が顕著であるため、全測定結果に対して、2次元有限要素法を用いて地形補正係数を求め、見掛比抵抗値を補正し、断面図および平面図を作成した。

(2) 2次元モデル解析

本調査では全測線について2次元有限要素法によるシミュレーション解析を行った。計算には、有限要素法によるモデル計算(Forward Modeling)と非線型最小二乗法による自動解析法を組み合わせた2次元インバージョン解析法(Sasaki, 1988)を使用した。

2次元モデル解析では、最初の基本モデルとして全ブロックに同一比抵抗を与え、このモデルに対する見掛比抵抗と充電率の理論値を算出する。次に、この理論値と測定値の残差が小さくなるように、最小二乗近似法による自動反復解析でモデルを修正し、修正モデルに対する応答を算出する。そして、この作業を繰り返し、理論値を測定値に近似させて最適地下構造を推定する。

本調査では、基本的に隣り合った測点の中間に比抵抗ブロック境界を設け、更に各測点下のブロックを深度方向に浅部では薄く、深部では厚くなるように分割した四辺形ブロックを作成した。そして、これを地表の地形に合わせて変形させ、水平方向には地形と平行になる比抵抗ブロックを作成し、解析に用いた。なお、一部の測線においては、理論値と測定値の差が大きく収束が悪いため、測線両端部にブロックを増やして計算を行い、解析精度の向上に努めた。

3-4-3 解析結果

測線位置を Fig.II-3-5 に示す。

TDIP の測定結果と2次元解析結果を Fig.II-3-6, II-3-7 に示す。

本地区の見掛比抵抗は $67\Omega\cdot m \sim 1608\Omega\cdot m$ の範囲で分布し、充電率は最大 $28mV\cdot sec/V$ を示す。

Fig.II-2-33 にIP法測定の結果より $200\Omega\cdot m$ 以下の見掛比抵抗を示す部分と、 $20mV\cdot sec/V$ 以上の高い充電率を示す部分を抽出した。また、地質図より断層・鉱微地を抜き出し併せて示した。

測線Cの測点 500 には鉱微地が位置する。この地点の見掛比抵抗は $100\Omega\cdot m$ 前後で、充電率は $18mV\cdot sec/V$ とやや高め値を示す。また、この周辺で採取された岩石サンプル(方鉛鉱を含む)でも、 $18mV\cdot sec/V$ の充電率を示しているサンプルが見られる。地質調査結果によると、この鉱微地周辺には方鉛鉱の分布が見られ、その南側にはほぼ測線Dに沿って東西系の、東側には南北系の断層が走っている。

$200\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗は、地区の南北端、東端部及び上記の鉱微地周辺(地区中央部)に分布している。高充電率を示す部分は南北系の断層沿いに見られ、地区中央部の低見掛比抵抗分布に接するように分布している。このように、測線Cの測点 500 に位置する鉱微地周辺は、地下構造の不連続部に当たり、物理探査結果による異常が多く観測されている。

Fig.II-3-9には、 $N=1$ の充電率平面図より $15mV\cdot sec/V$ のコンターを抜き出し点線で表示しているが、これを見ると本地区では北北西-南南東の充電率の分布傾向があるのが判る。この方向性は地化学探査結果にも共通のものであり、本地区の地下構造に関連した傾向だと考えられる。

次に2次元解析結果と断層の関連について検討する。

測線X-Yでは、測点 600-700 の下方で高比抵抗の連続性が途切れているが、この位置は東西系の断層

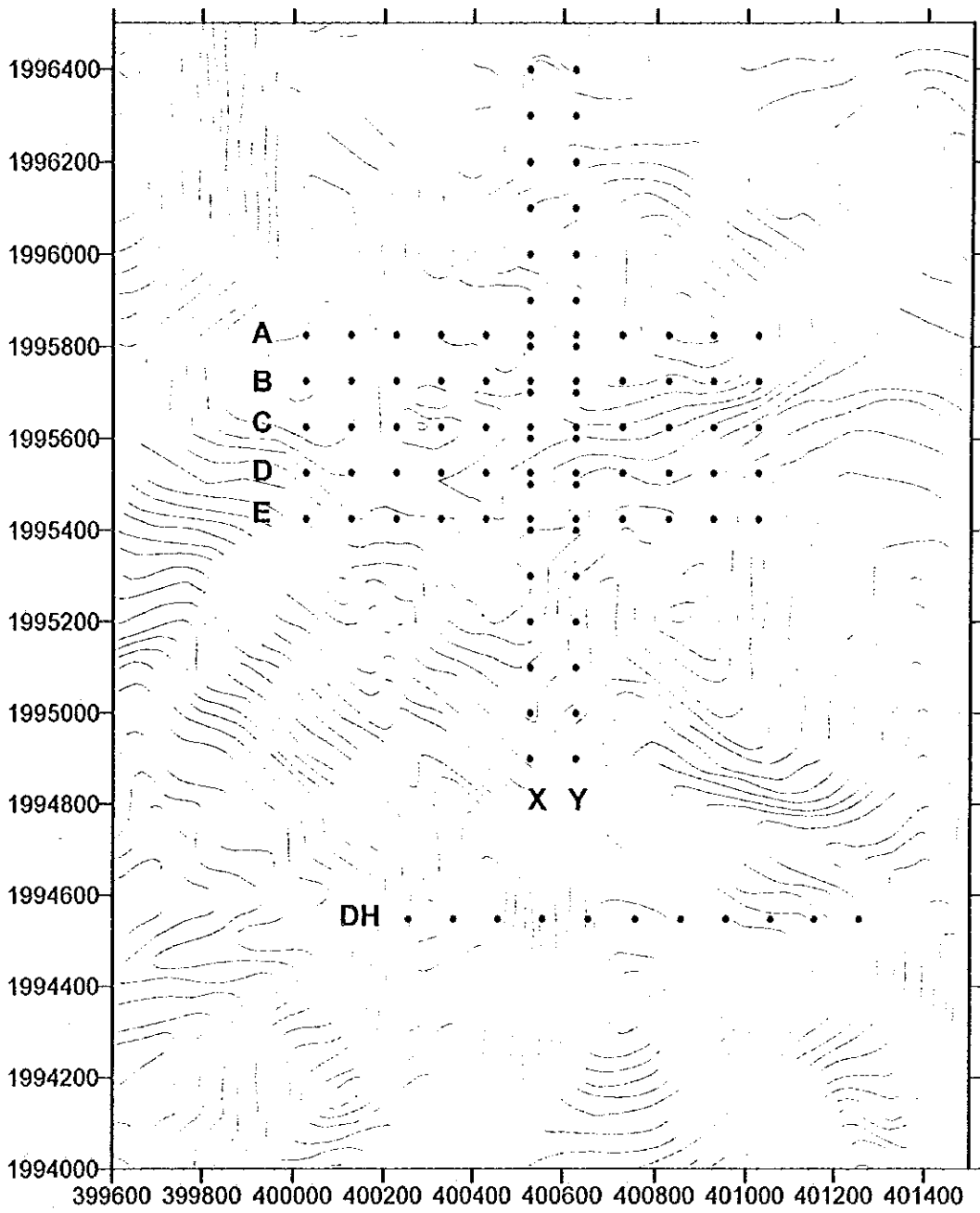


Fig.II-3-5 Location of survey line in the Dong Noi area

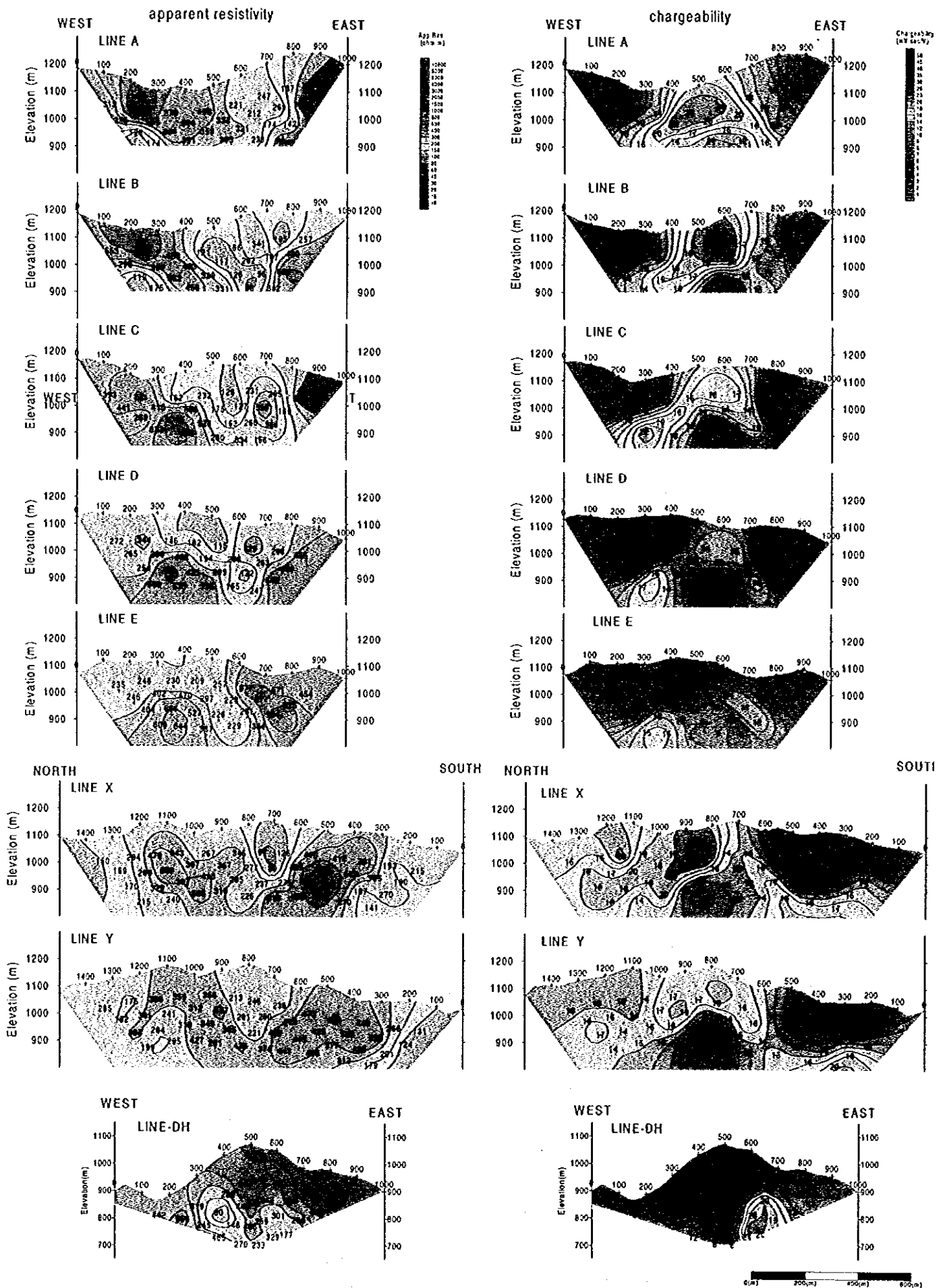


Fig. II-3-6 Pseudosection of apparent resistivity and chargeability of the Dong Noi area

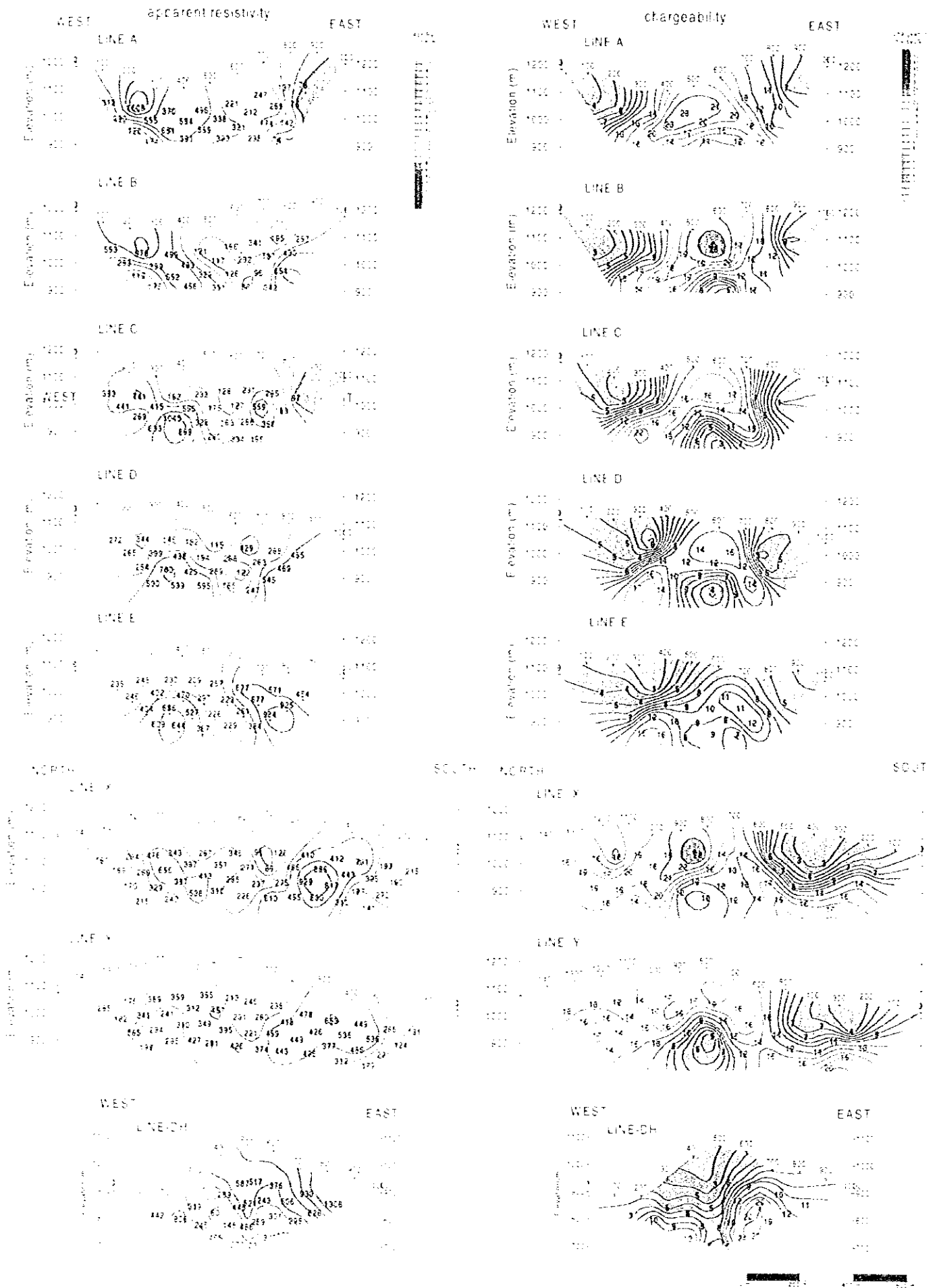


Fig. II-3-6 Pseudosection of apparent resistivity and chargeability of the Dong Noi area

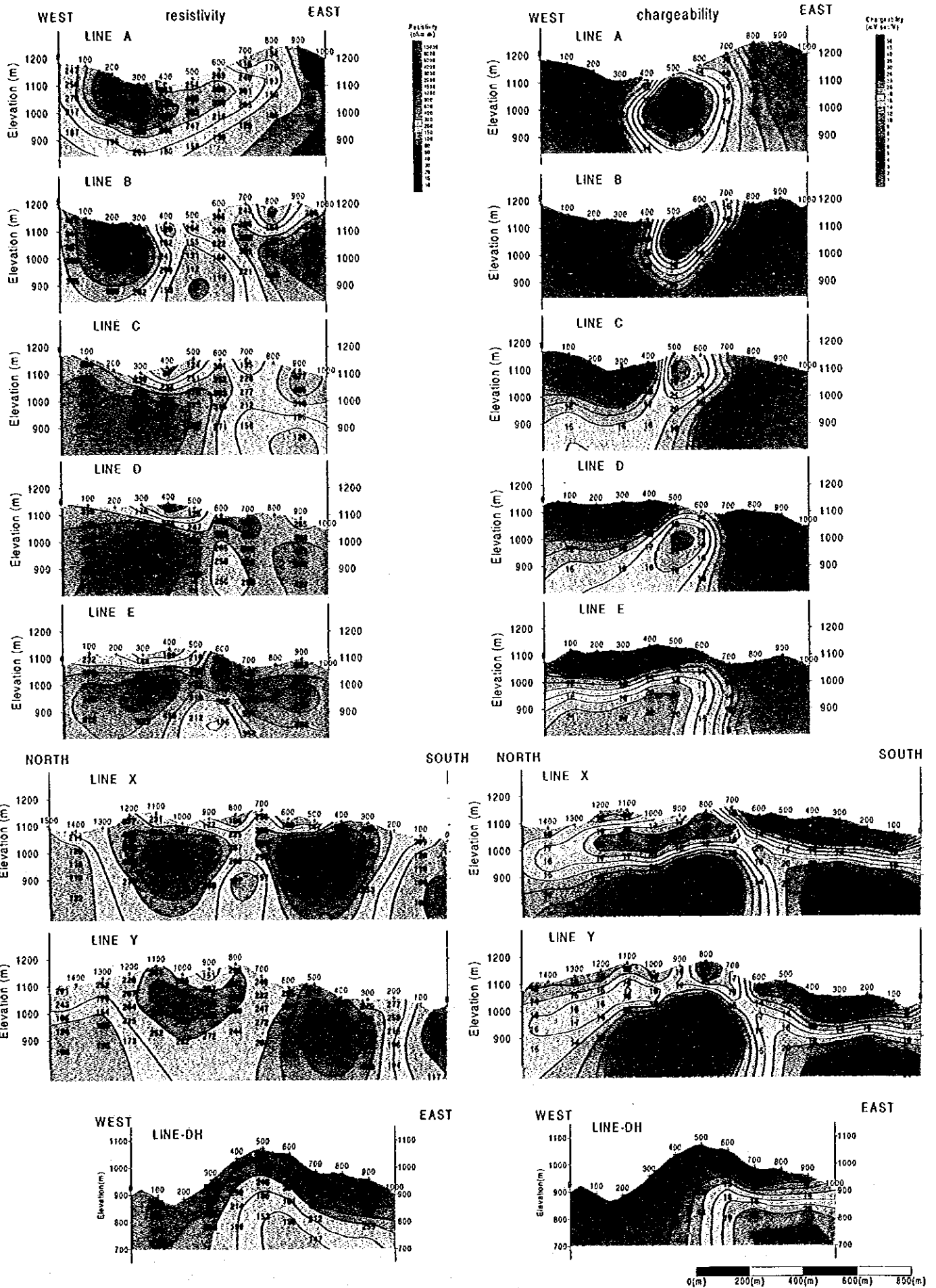


Fig. II-3-7 Results of model simulation of the Dong Noi area

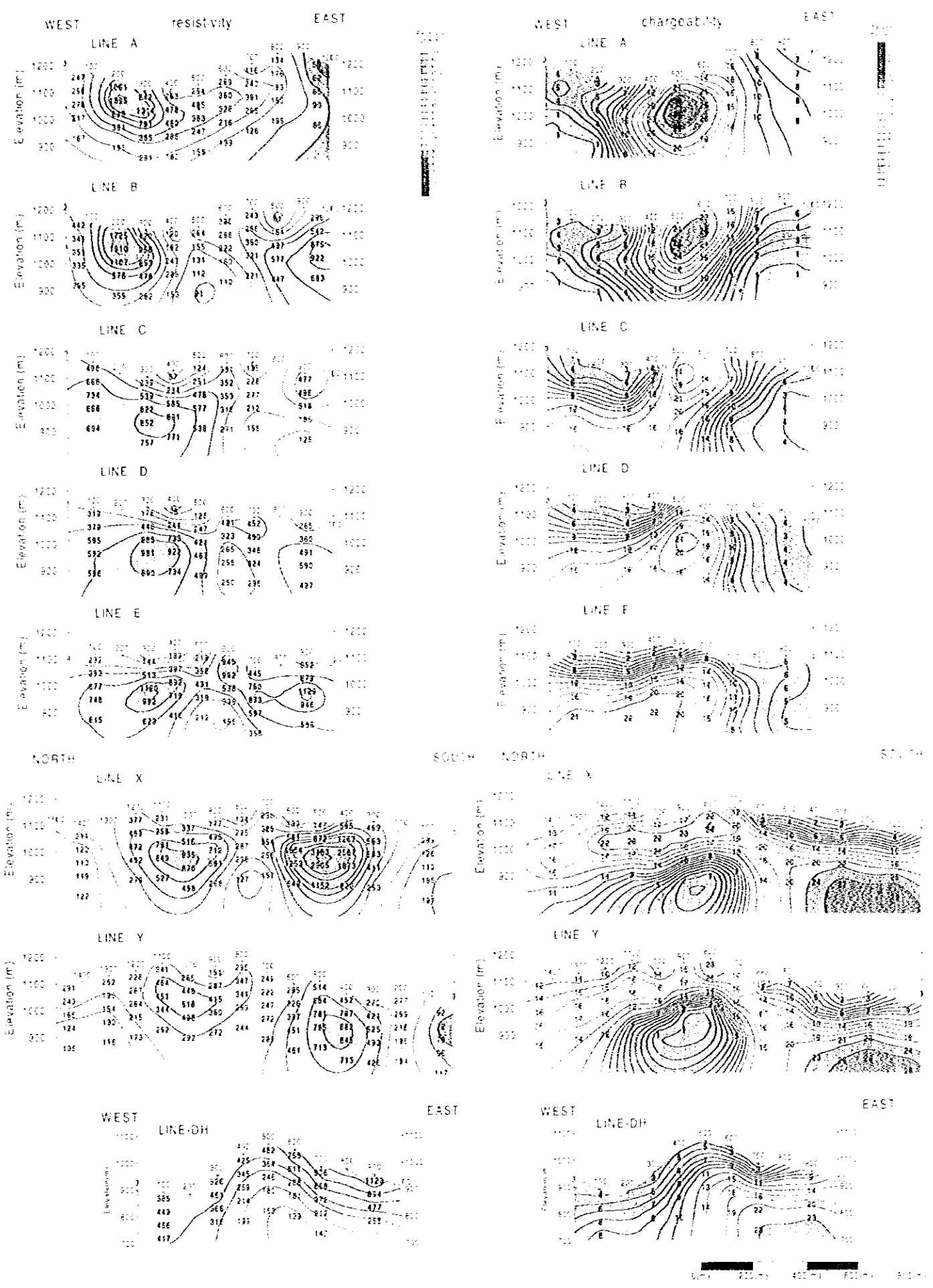


Fig. II-3-7 Results of model simulation of the Dong Noi area

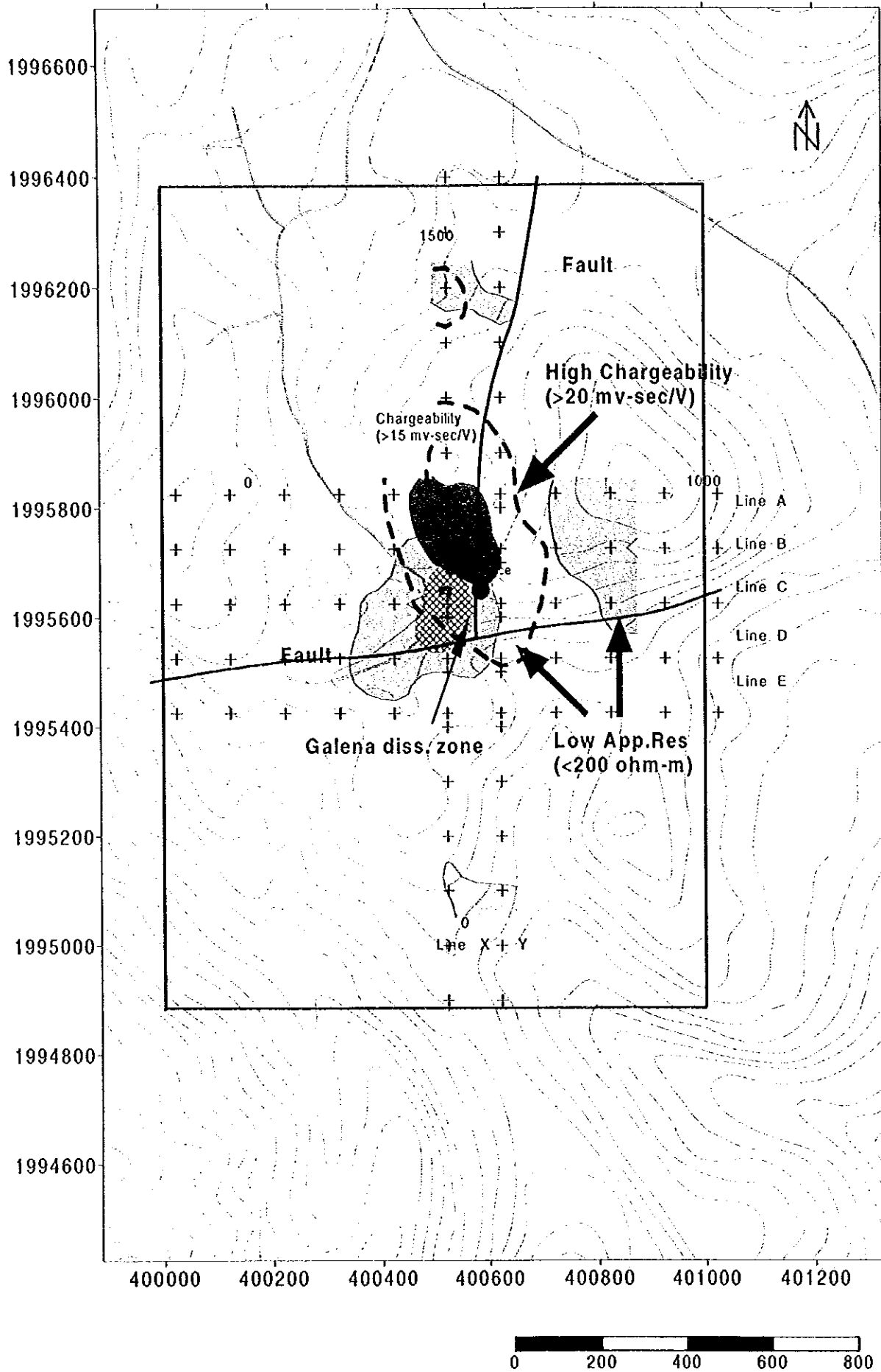


Fig.II-3-8 Integrated plan map of the Dong Noi area

1996600



1996400

1996200

1996000

1995800

1995600

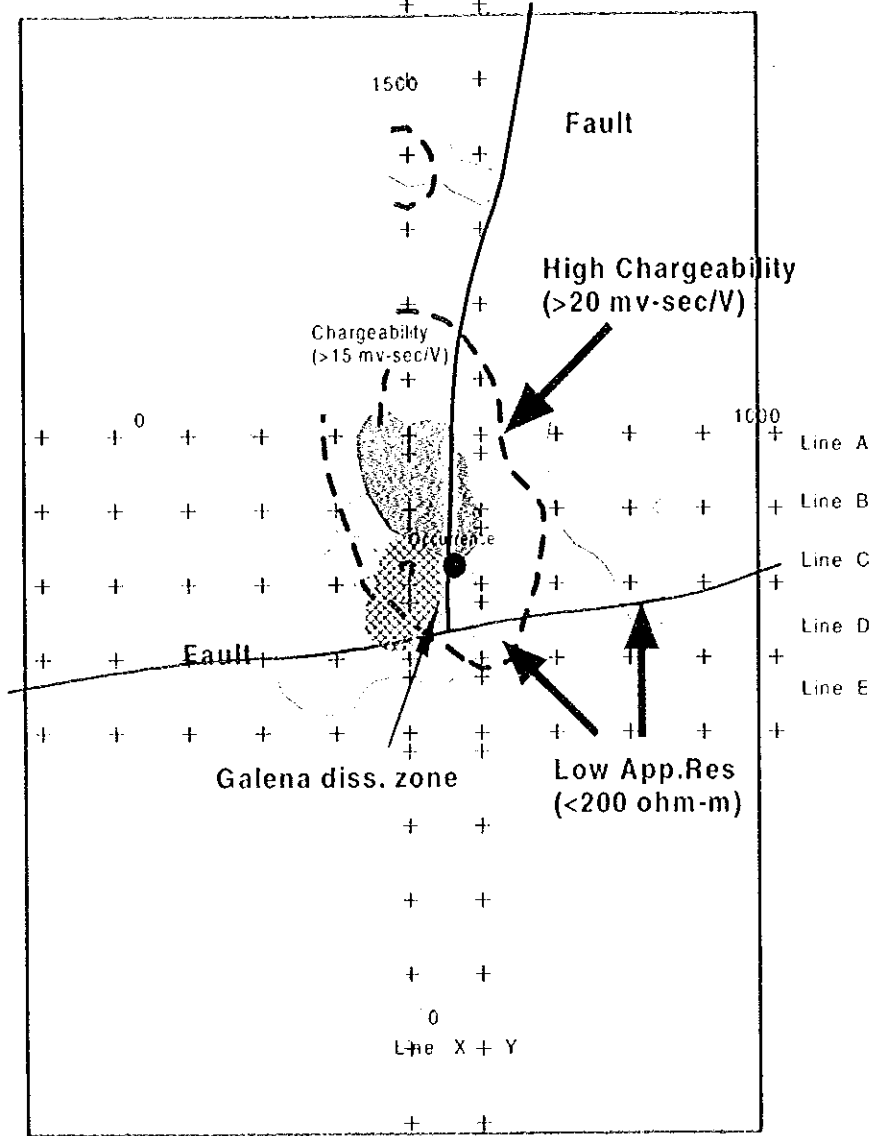
1995400

1995200

1995000

1994800

1994600



400000 400200 400400 400600 400800 401000 401200

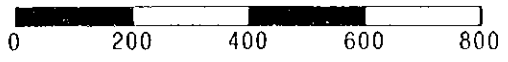


Fig.II-3-8 Integrated plan map of the Dong Noi area

と測線X・Yが交差する場所であり、この測線X・Yで見られる不連続部はこの断層を示していると考えられる。また、測点 700 以北の充電率を見ると、 $20 \text{ mV}\cdot\text{sec/V}$ 前後の充電率が分布しているが、これは南北系断層沿いに鉱化帯が分布しているためではないかと推察される。また、測点 600 中深部から測線南部の深部に向かって $20 \text{ mV}\cdot\text{sec/V}$ 前後の充電率の分布が見られるが、測線端部に位置しており詳細は不明である。

測線B・Cの2次元解析結果を見ると、測点 500あるいは600を境に比抵抗の傾向がやや異なるが、これは南北系の断層に対応した変化だと考えられる。特に測線Bでは断層と交差する測点 500~600 下方に $200 \Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗が広く分布している。なお、測線D・Eは南北系の断層と交差していないため、測点 600 付近の浅部では比抵抗の不連続は観測されない。

以上の結果より、Dong Noi 地区内の物理探査結果による異常域としては、鉱徴地周辺にあたる測線B~測線Dの測点 500~600 周辺に広がる地区が抽出される。中でも測線Bは擬似断面及び2次元解析結果のどちらの結果でも低比抵抗の分布域が大きく、興味深い。

また、測線X・Yの南部も高めの充電率が分布しており注目されるが、やや深部に異常が見られるため、その分布状況を把握するのは困難である。

地区南部のゴッサン帯周辺の見掛比抵抗は $80 \Omega\cdot\text{m}\sim 1308 \Omega\cdot\text{m}$ の範囲で分布し、充電率は最大 $24 \text{ mV}\cdot\text{sec/V}$ を示す。

2次元解析の結果では、比抵抗は浅部高比抵抗、深部低比抵抗を示す。地質的には石灰岩と砂岩(測点 400~600, 測点 700~800)が分布しているが、地表付近では、あまり比抵抗の差は見られない。深部では低比抵抗の中心が測点 600 の標高 750m 付近に見られる。

充電率は地表付近で低い値を示すが、東側の深部ほど高い値を示す。 $20 \text{ mV}\cdot\text{sec/V}$ 以上を示す箇所が測点 700 の深部から測点 1000 の深部に見られる。測定値では測点 400 の浅部が低い値を示し、測点 600 の深部で高い値を示す。この結果、2次元解析では東側の深部が高充電率を示す結果となった。ただし、この箇所は測線の端で、測定データのないところにあたり、外挿により高めの充電率が計算された可能性がある。

Fig. II-3-9 に2次元解析結果より $150 \Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗を示す部分と、 $20 \text{ mV}\cdot\text{sec/V}$ 以上の高充電率を示す部分を抽出した。低比抵抗で高充電率を示した箇所が測点 600~700 の標高 750m 付近に見られる。しかし異常箇所が深部のみに限られるため、有望箇所として特定する難しいと思われる。地表鉱徴としては測点 600 近傍にゴッサンの漂石が見られ、岩石サンプルは $27 \text{ mV}\cdot\text{sec/V}$ の高い値を示した。しかし、IP法調査の測定値および2次元解析結果では地表付近では特に異常値は見られない。この原因としては、ゴッサン自体が存在すればIP異常として捉えられると思われるが、漂石では量的に少ないため異常として現れないと考えられる。

3-5 トレンチ調査

昨年度の土壌地化学探査で数 1,000ppm 以上の濃度が集中して検出された区域において、水平延長 100m, 2本のトレンチ調査を行った。地形の急峻なトレンチ No.1は手堀で、比較的なだらかなトレンチ No.2はバックホーで荒掘したのち手作業でクリーニングを行った。

3-5-1 トレンチ No.1

トレンチ No.1 にはドロマイト化が著しい炭酸塩岩と風化頁岩が分布する。トレンチの中央部から方鉛鉱-重晶石脈の発達する径 50cm の巨礫が見いだされた。露頭においては方鉛鉱の鉱染が観察されたが、閃亜

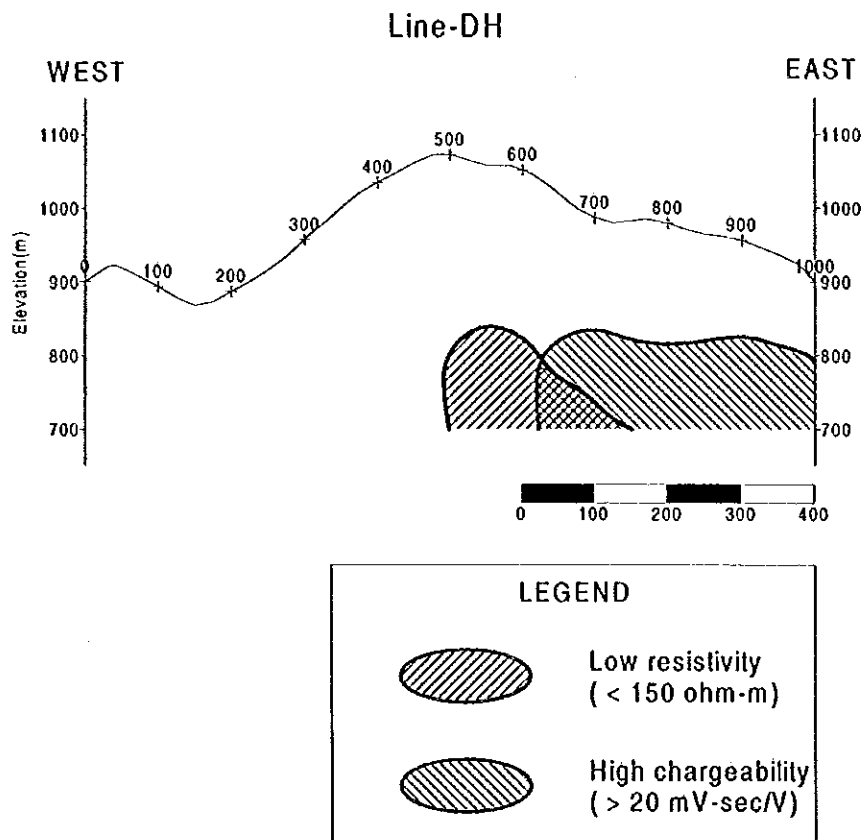


Fig.II-3-9 Integrated cross section on Line DH of the Dong Noi area

鉛鉱は見いだされなかった。方鉛鉱は風化に非常に強く良く残留するが、閃亜鉛鉱は分解してしまったもの、あるいは少量微粒の鉱染状で不可視であるものと思われる。

この地域のドロマイトは暗褐色の炭酸塩鉱物脈に交代または脈状の貫入を受けていることが多く観察される。この暗褐色炭酸塩鉱物は、鏡下においてドロマイトが極めて多量の鉄やマンガンの酸化2次鉱物によって汚染されたものと判明した。

この区域の土壤試料でZnが総じて1,000 ppmを超えていたのに比べて、岩石中のZn濃度はかなり低い結果となった。Znは最大1,800 ppmで多くは100~500 ppmと比較的低い濃度であった。またPbは2試料で2,860及び4,180 ppmが得られたほかは濃度が低い。Mnはすべて1,000 ppmを超え、最大値は最大検出値の1%を超えた。

Pbの濃度にばらつきがあるのは方鉛鉱-重晶石細脈の発達が一様でないことによる。このトレンチ調査で有望な鉱化作用が見いだされなかったことから、この区域の土壤で検出されたZnの地化学異常域は塊状鉱体を反映したものではなく、閃亜鉛鉱を含んだ細脈あるいは鉱染帯が広く低濃度で形成されたことを反映している可能性が高い。

3-5-2 トレンチ No.2

トレンチ No.2はドンノイ地域南東部の土壤中のZnが1,000 ppmを超える区域で実施した。この区域では、ボーリング調査(MJTM-2孔)を同時に実施している。トレンチ No.2にはやや再結晶した泥質石灰岩と千枚岩状緑色頁岩が分布する。泥質石灰岩は極めて大量の泥質ラミナを含み、緑色頁岩部に向かうにつれ泥質部の量が増加するため、石灰岩と頁岩の境界は不明瞭となっている。このトレンチの中央部から方鉛鉱-重晶石脈の発達する径60cm程度の巨礫が見いだされた。

この地域の土壤試料でZnが総じて1,000 ppmを超えていたのに比べて、岩石中のZn濃度はかなり低く、2試料で1,000 ppmを超えたのみであった。またPbは1試料で2,300 ppmが得られたが、その他の試料では比較的濃度が低い。

この結果、土壤で検出されたZnの地化学異常域は直接に塊状鉱体を反映したものではないこと、さらに2次性の鉱床は賦存しないことが明らかになった。本地域の亜鉛の鉱化作用は、MJTM-2孔で確認されたようにドロマイト中に発達する網状の角礫化、片状化組織の基質に鉱染した閃亜鉛鉱や微粒不可視の閃亜鉛鉱鉱染に由来すると考えられ、これらが風化して土壤中に濃集した可能性が高いと思われる。

3-6 ボーリング調査

3-6-1 ボーリング工事の概要

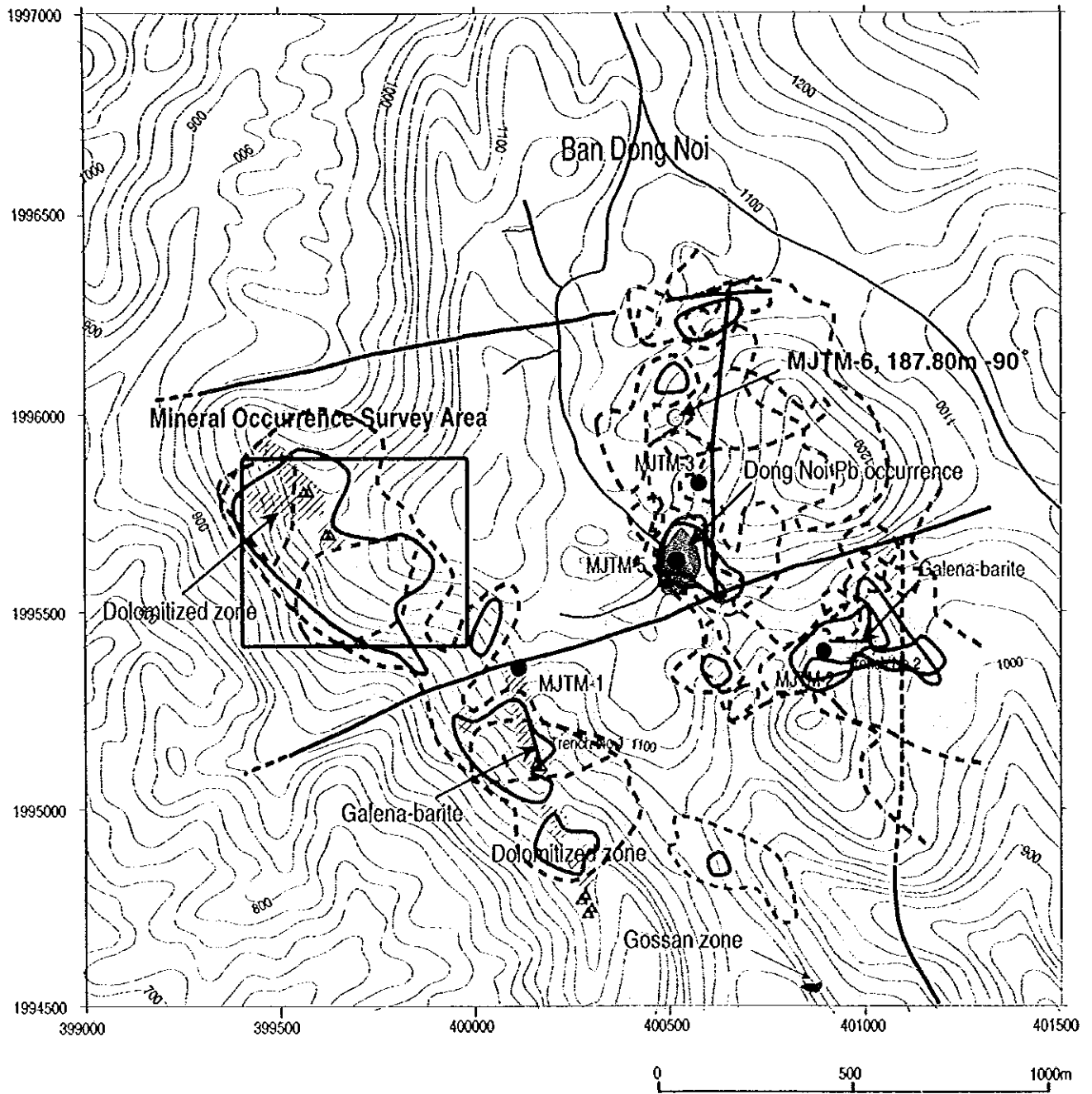
1. 工事概要

ボーリング位置は、Fig. II-3-10に示す。

第1年次調査でオルドビス紀炭酸塩岩分布域においてZn, Pb, Cdの地化学異常域と地区中央部に南北に連続する地化学異常、IP異常域が確認され、炭酸塩岩を母岩とする鉛-亜鉛鉱床の賦存が期待された。第2年次は、地下深部の地質状況と鉱化状況を解明することを目的として、4孔で掘進長各々100~345m、総掘進長は840.00mが実施された。

第2年次の作業は、当初試錐機2台を搬入したが、2孔掘削後ボーリング用水の不足のため1台を撤収し、残り2孔については1台で掘削した。

第3年次は、第2年次の調査結果から有望地区として抽出されたメーカナイ地区及びドンノイ地区の銅・鉛



LEGEND

- Geology -

- | | | |
|------------|--|-------------------------|
| Ordovician | | limestone (Dolomitized) |
| | | Fault |
| | | Fault (inferred) |

- Mineral occurrences -

- | | |
|--|-----------------|
| | Galena float |
| | Gossan zone |
| | Quartz boulders |

- | | | |
|-------------|--|-------------------------|
| Trench No.1 | | Trench survey(Phase II) |
|-------------|--|-------------------------|

- | | | |
|--------|--|------------------------|
| MJTM-1 | | Drill holes (Phase II) |
| | | Drill hole (Phase III) |

- Anomaly zone -

- | | |
|--|----------------------------|
| | Zn anomaly (727-1199ppm) |
| | Zn anomaly (1199-7501ppm) |
| | Cu anomaly (74-208ppm) |
| | Cu anomaly (208-1926ppm) |
| | Pb anomaly (623-3053ppm) |
| | Pb anomaly (3053-43510ppm) |

Fig.II-3-10 Location of drill holes in the Dong Noi area

鉱徴を把握した IP、地化学異常域の余地において詳細な地質状況の把握、鉱徴の確認、鉱床賦存状況の把握等を目的として実施された。この北方延長上の地下深部の地質状況と鉱化状況を解明することを目的とした 1 本が計画された。掘進長は、187.50m である。

作業は、1 方あたり機長 1 名、作業員 3~4 名の編成で、搬入組立、解体移設などを除いて原則として 3 交代制 24 時間作業を行った。

2. ボーリング工法および使用機械

工法は、ワイヤーライン工法を採用した。使用口径は、PQ、HQ、NQ の 3 種類で、NQ を最終口径とした掘削計画を立てたが、実際には岩質や岩石の状態に応じて使い分けた。

孔壁保護のためにケーシングパイプを挿入するとともに、孔内状況の悪い部分ではセメンティングを行い、孔壁保護、逸水防止に努めた。

試錐機は、Drillcorp South East Asia 社製の無限軌道マウント型 MPR-3、オーストラリア Vilkens Keo 社製 VK-600 と Longyear 社製 LY-38 を使用した。

3-6-2 考察

MJTM-1 孔は、ドンノイ地区南西部の石灰岩の分布と重なる亜鉛、カドミウムの地化学異常域下部の鉱徴を把握するために実施された(Fig. II-3-11)。MJTM-1 孔は、最上部に泥岩砂岩互層が分布し、それ以深はドロマイトが主体である。地質調査では MJTM-1 孔の西側の標高 900m 付近まで花崗岩が分布することが確認され、MJTM-1 孔下部ではスカルン化帯が出現するものと予想されたが、熱変成作用を受けた証拠は、深度 227~238m に分布する泥質ホルンフェルスのみであった。MJTM-1 孔の 60~100m 付近で観察されたドロマイトを切る暗茶色の炭酸塩鉱物脈は、トレンチ No.1 でも観察され、切れ切れになった石英脈を伴うことから地化学異常をもたらした鉱化溶液からもたらされたものと推定された。しかしながら、鉱石分析の結果では、Zn 420ppm を示す試料もあるが、地化学異常値の数 1,000ppm にははるかに及ばない。X 線回折試験や検鏡結果から、この炭酸塩鉱物はゲーサイトや酸化マンガンの微粒結晶を含む方解石であり、期待していた亜鉛を含む炭酸塩鉱物ではなかった。ボーリング孔中の石英脈やトレンチ調査で採取された茶色方解石脈に伴われる石英脈の流体包有物試験では、両者とも 150~250℃の中~低温で極めて塩濃度の低い鉱液から形成されたもので、石灰岩を交代して形成されるような層状鉱床をもたらすと考えられる鉱液とは大きく異なっている。

MJTM-2 孔は、ドンノイ地区南東部に広がる亜鉛、カドミウムの地化学異常帯下部の鉱化作用の捕捉と地質構造の解明を目的として計画された(Fig. II-3-12)。同孔の上部は泥岩やチャートを頻繁に挟み、それ自体も泥質分に富む不純なドロマイトから構成される。このドロマイト中にはしばしば急立した角礫化組織や片状剪断組織が認められ、この基質部を充填するように硫酸鉄鉱、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱の鉱染がみとめられる。周辺の泥質部には黒雲母の形成が認められる。この部分の 1~3m の鉱石分析では、Ag 1.2~11.6g/t、Pb 22~1,280ppm、Zn 42~4,500ppm の高い値が得られた。地表の地化学異常値はこれらの網状脈鉱化帯の分布域を表しているものと想定される。しかしながら鉱化部の量比は極めて少ない。MJTM-2 鉱の 120m 以深は、磁鉄鉱スカルンやざくろ石を伴う磁鉄鉱スカルンで構成される。スカルン部でもしばしば初源的な堆積構造が観察され、砂岩などの挟みも認められる。また、各所に珪化帯も存在する。しかしながら、スカルン化帯での分析結果に高い値は見られない。MJTM-2 孔深部の石英脈の流体包有物

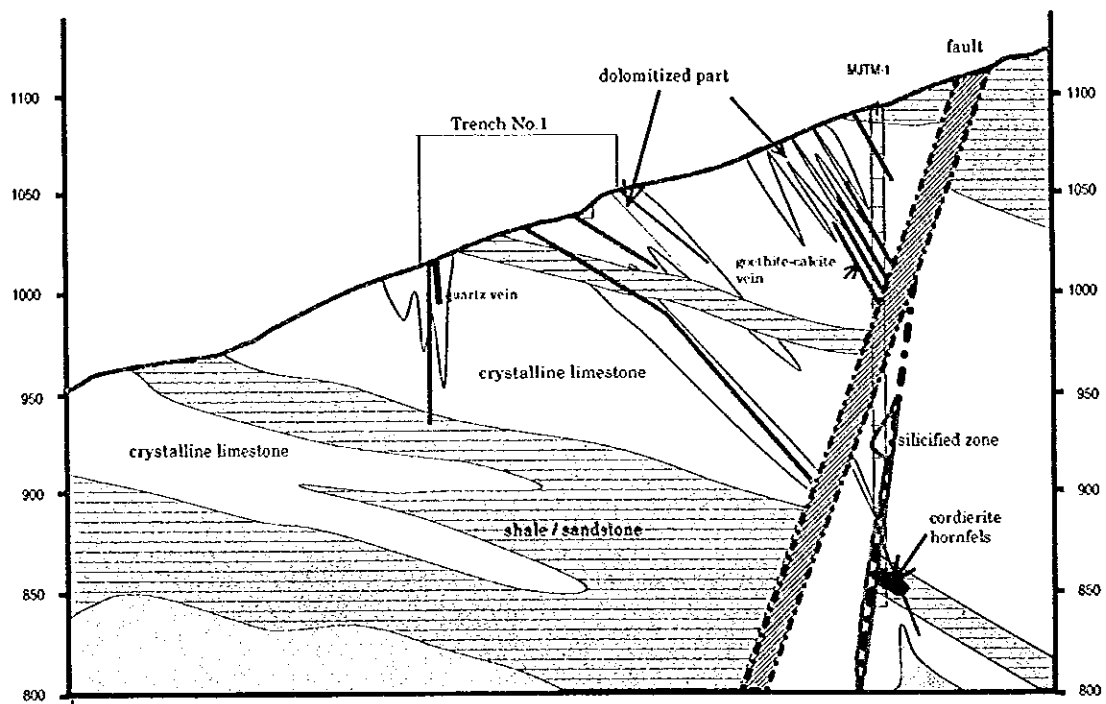


Fig. II-3-11 Interpretation profile around MJTM-1 and Trench No. 1 in the Dong Noi area

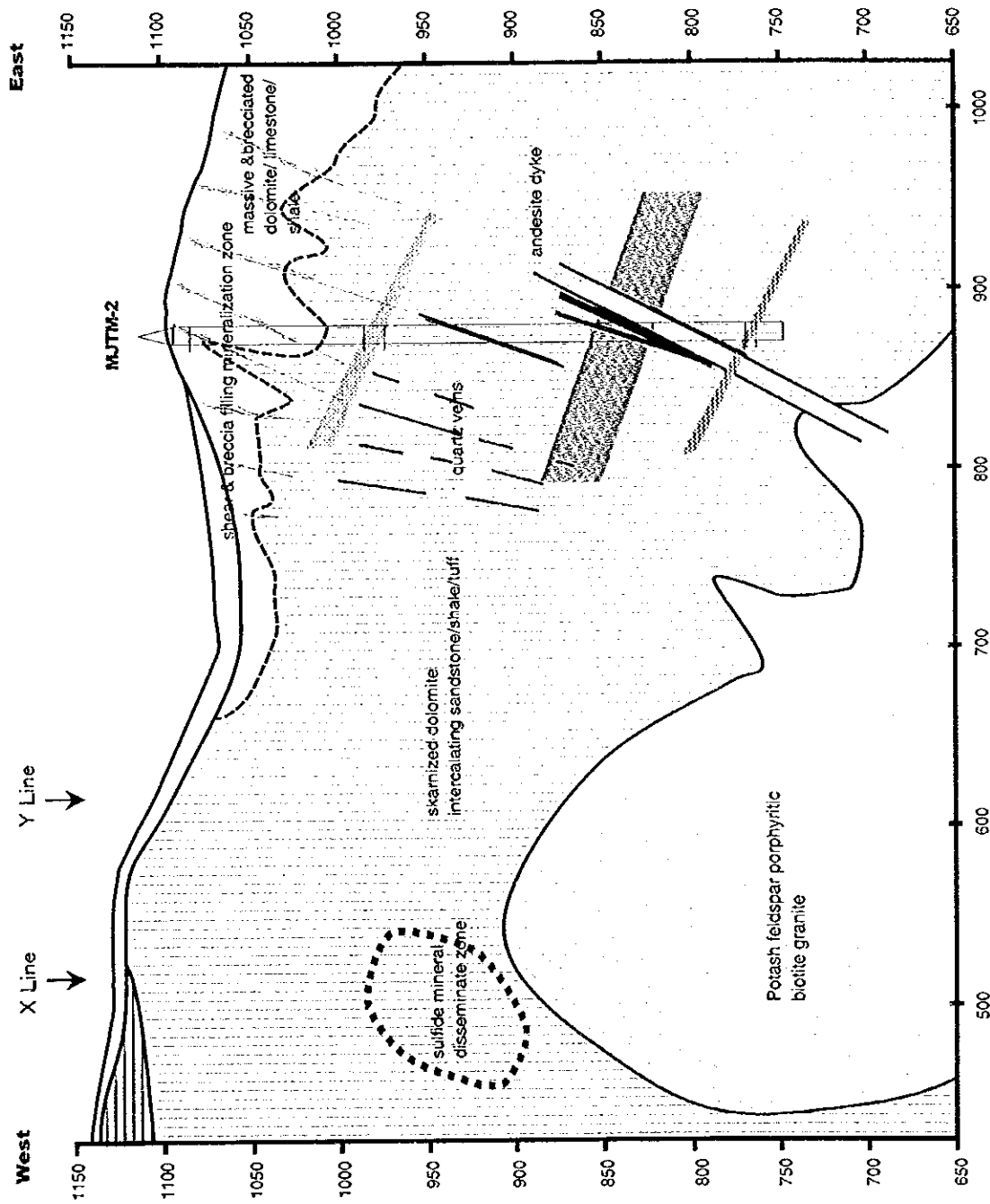


Fig. II-3-12 Interpretation profile around MJTM-2 in the Dong Noi area

試験では、生成温度は 230℃前後であり、1～3%と 7～10%の塩濃度を示すことが判明し、塩濃度の高い鉱液の存在を示している。

MJTM-3 孔は、鉛及び銅の地化学異常域の下部で IP 高異常域の鉱化状況を確認するために計画された(Fig. II-3-13)。MJTM-3 孔は 49.30m まではドロマイトと砂岩、凝灰岩などの互層で一部はスカルン化やホルンフェルス化が認められる。しかしながら、鉱石鉱物は認められない。49.30m 以深は、磁鉄鉱スカルンと珪化した緑色スカルンからなり、122.70m において花崗岩の貫入を受けている。上部では銅、鉛・亜鉛とも高い値を示さないが、IP 高異常域と重複するスカルン帯では 1～2m 区間で Cu 551～5,320ppm、30cm 区間では最高 Cu 1.64%が得られている。

MJTM-5 孔は、ドンノイ地区中央に分布する鉛鉱微露頭の下部の鉱微賦存状況を確認するために計画された(Fig. II-3-13)。露頭の鉛鉱石は、ボーリング座整備のため整地の結果、ボーリング孔中では 30cm しか分布せず見掛けの層厚は 1.5m 前後であった。この下部に厚さ 3.5m の現在は粘土化した風化岩があり方鉛鉱の鉱染した緑色スカルンの礫を含む。この礫の分析結果は、Ag 224g/t、Cu 2,660ppm、Pb 24.9%を示した。合計厚さ 7m 程の不毛珪化岩と風化岩を挟んでドロマイトと磁鉄鉱スカルンの互層へと移化する。ドロマイトは極めて不純で泥岩やチャートなどの挟みが多く、泥質部を磁鉄鉱が交代している。磁鉄鉱スカルン中にも所々未変質のドロマイトが残存して、スカルン自体も極めて石灰質である。これらのことから、MJTM-5 孔の磁鉄鉱の産状は、泥岩およびドロマイト中の泥質部を交代して形成されたことを示している。最上部のドロマイト部分には傾斜 70～80℃の急立した剪断組織が発達し、剪断面に沿って多量の黄鉄鉱、方鉛鉱、黄銅鉱が認められる。剪断組織は、上部から下部に弱まる傾向にあり、それに伴って鉱石鉱物の量も減少する。最も剪断作用の強い上部 6m 間では Ag 19.8～46.4g/t、Cu 2480ppm～1.30%、Pb 874～4,440ppm、Zn 560、958ppm の分析値が得られた。銀、鉛、亜鉛は下部に向かって急減し、スカルン帯では極めて低濃度となるが、Cu は下部まで 250～750ppm と比較的高い傾向にある。MJTM-5 孔最下部の硫化鉱物鉱染部で Ag 2.2g/t、Cu 1,685ppm の高い濃度となり、下部に銅の鉱化が連続する可能性を示唆する。

ボーリング調査の結果から、ドンノイ地区の西側と東側では地下深部の地質状況が異なることが判明した。花崗岩分布域に近い西側では、スカルン化やホルンフェルス化の程度が弱く、鉱化作用も弱い。これに対して中央から東側では地表部を除いて深部までスカルンが発達し、大量の磁鉄鉱が形成されている。スカルン帯の中でも IP 異常に対応する部分は、黄銅鉱の賦存域と一致していて、0.1～1. n%の銅品位を示す。

スカルン化帯から上昇したと推定される高塩濃度で中～高温の鉱化溶液が上部のドロマイト層中で角礫化や剪断組織を形成して、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱の鉱化を形成したことが MJTM-2、MJTM-5 孔の上部で確認された。この MJTM-2 孔周辺の鉱化帯は網状に発達しているが、量的に全体に占める割合は極めて少量である。石灰岩中に高塩濃度鉱液をトラップするような孔隙率の高い部分や交代されやすい部分があれば大きな鉱体を形成している可能性が推定されるが、現在のところ確認にいたっていない。

MJTM-5 孔の鉛鉱化帯は、地表から 20m 付近まで連続していて、品位は Ag 19.8～224g/t、Cu 30ppm～1.30%、Pb 874ppm～24.9%、Zn 242～3,000ppm を示す。片状ドロマイト部に伴う鉱化部分は 70～80°の傾斜を持って胚胎していることから、鉱化溶液の上昇域はボーリング孔の直下ではないものと判断される。

MJTM-6 孔は、第 1 年次に把握された IP 異常域と銅・鉛・亜鉛の地化学異常域で掘削された MJTM-3、MJTM-5 孔の結果を基に、同異常域の特に銅・鉛の鉱化状況を把握するために計画された(Fig. II-3-

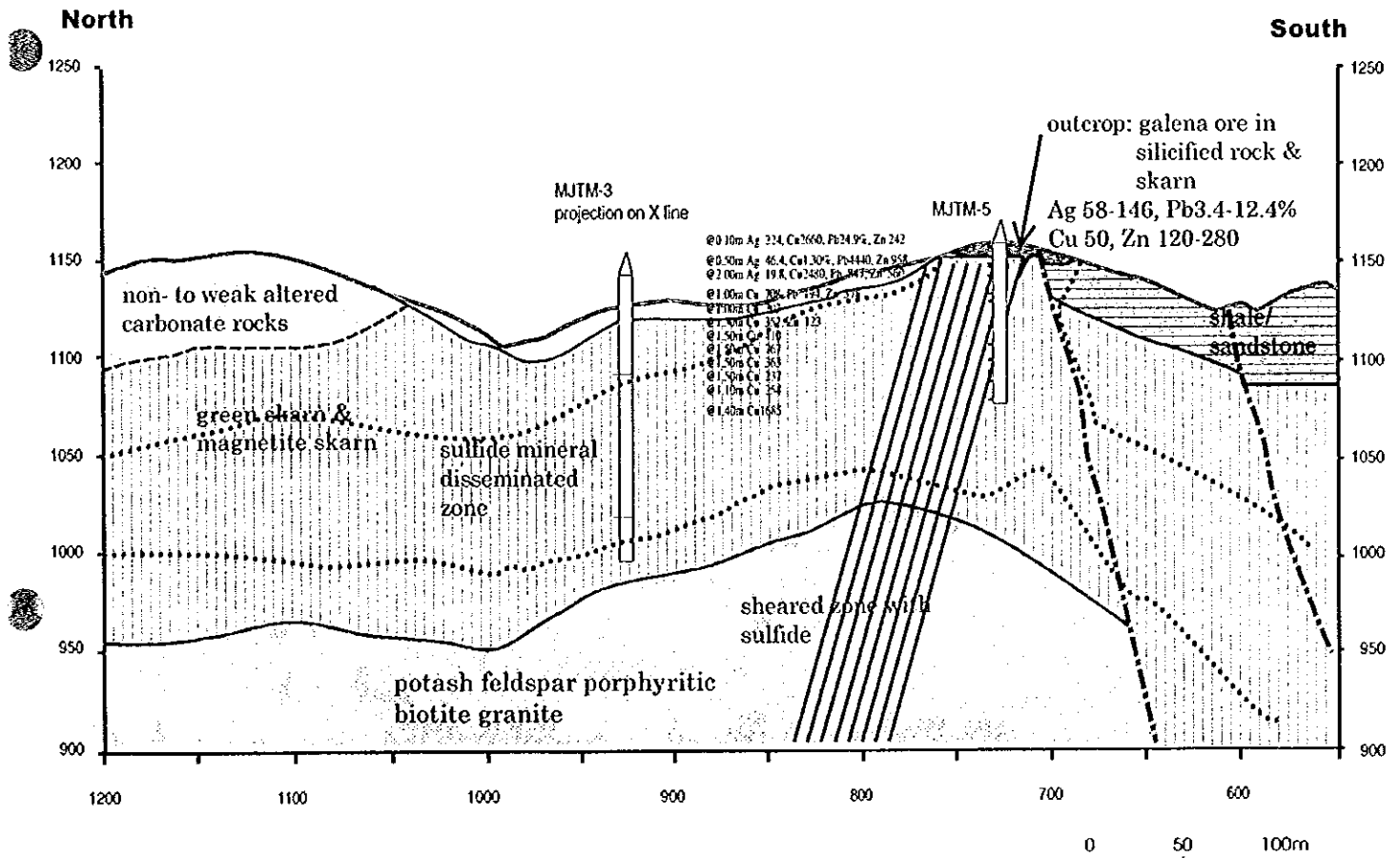
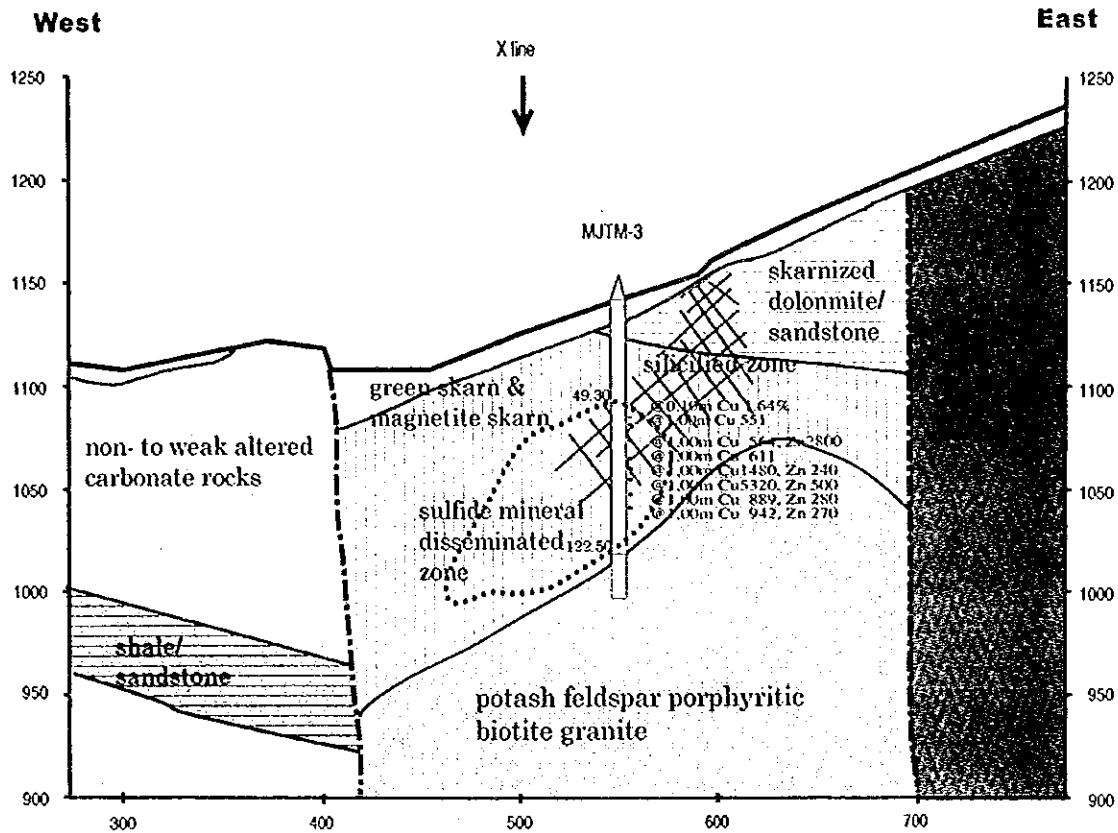


Fig. II-3-13 Interpretation profile between MJTM-3 and MJTM-5 in the Dong Noi area

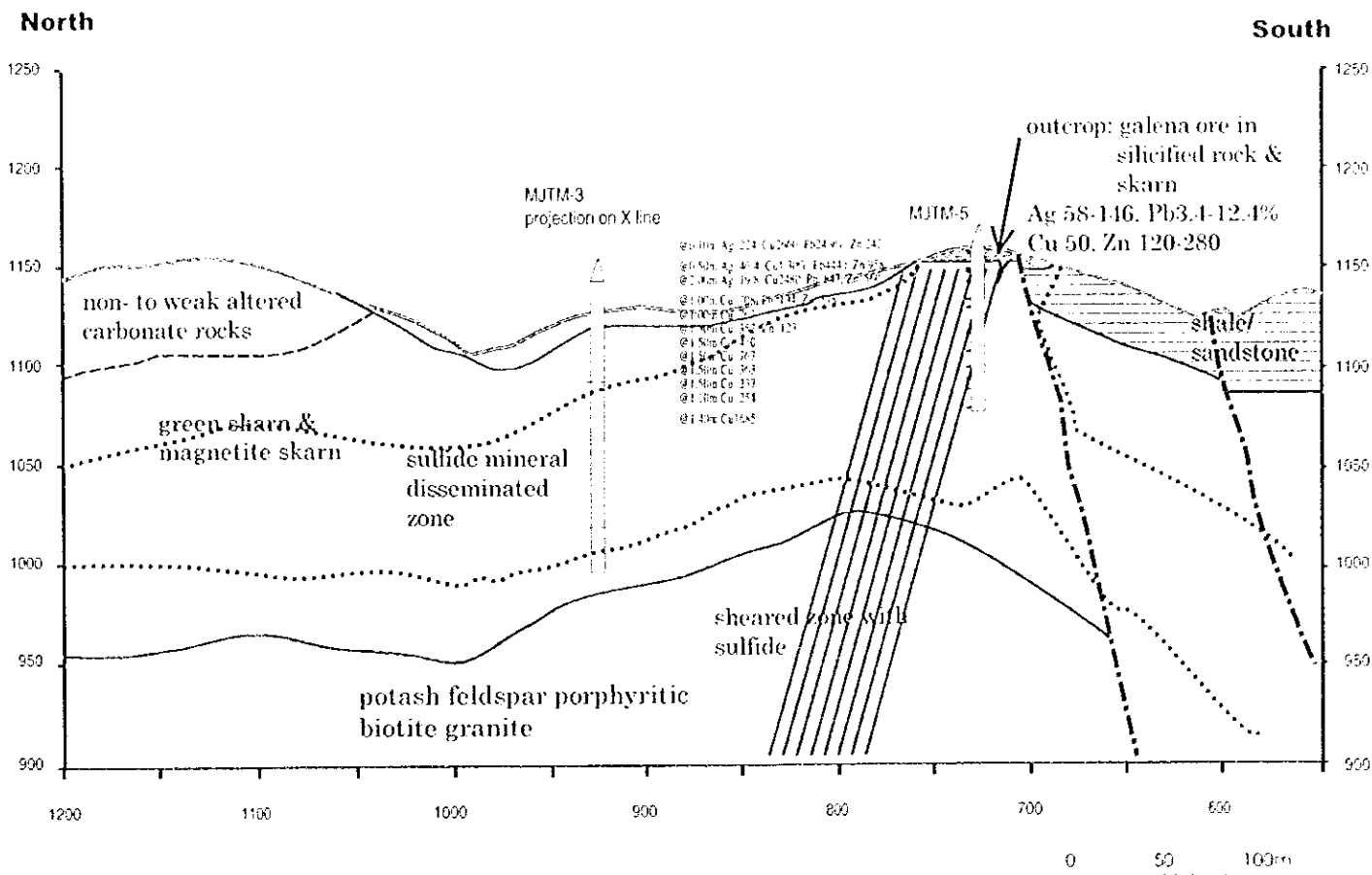
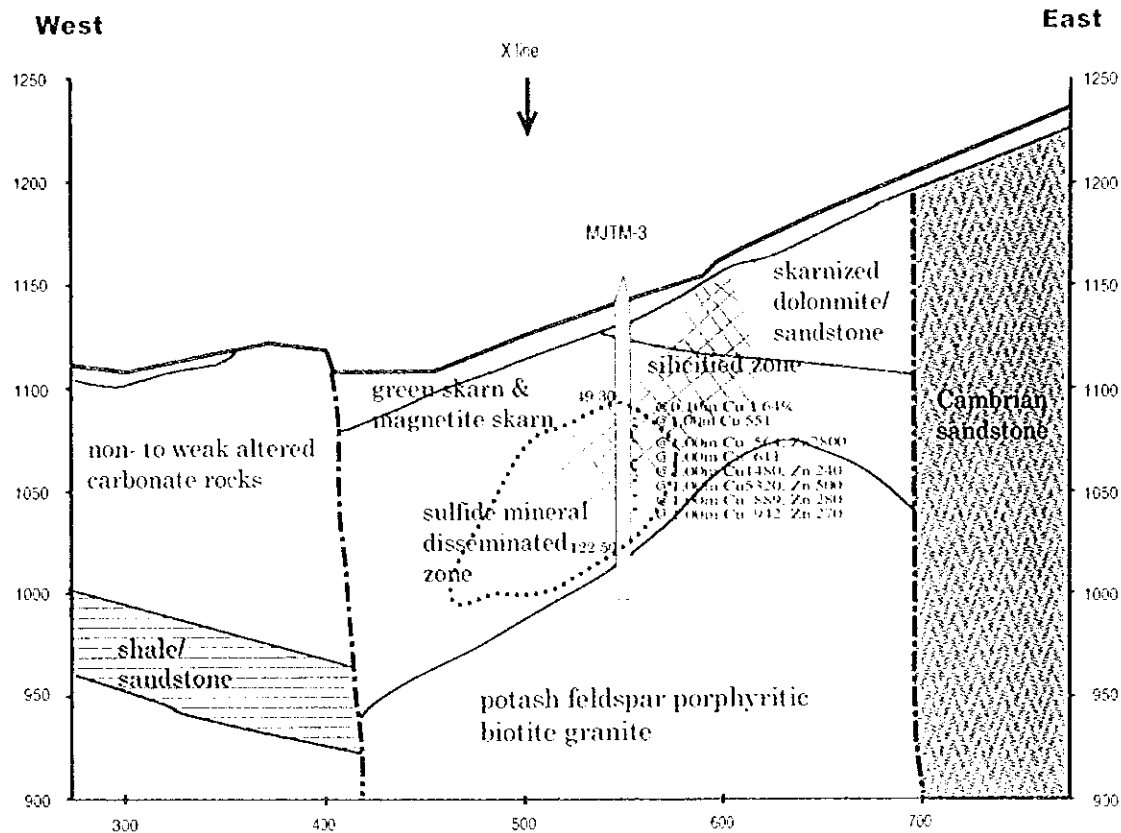


Fig. II-3-13 Interpretation profile between MJTM-3 and MJTM-5 in the Dong Noi area

West

East

(EL. m)

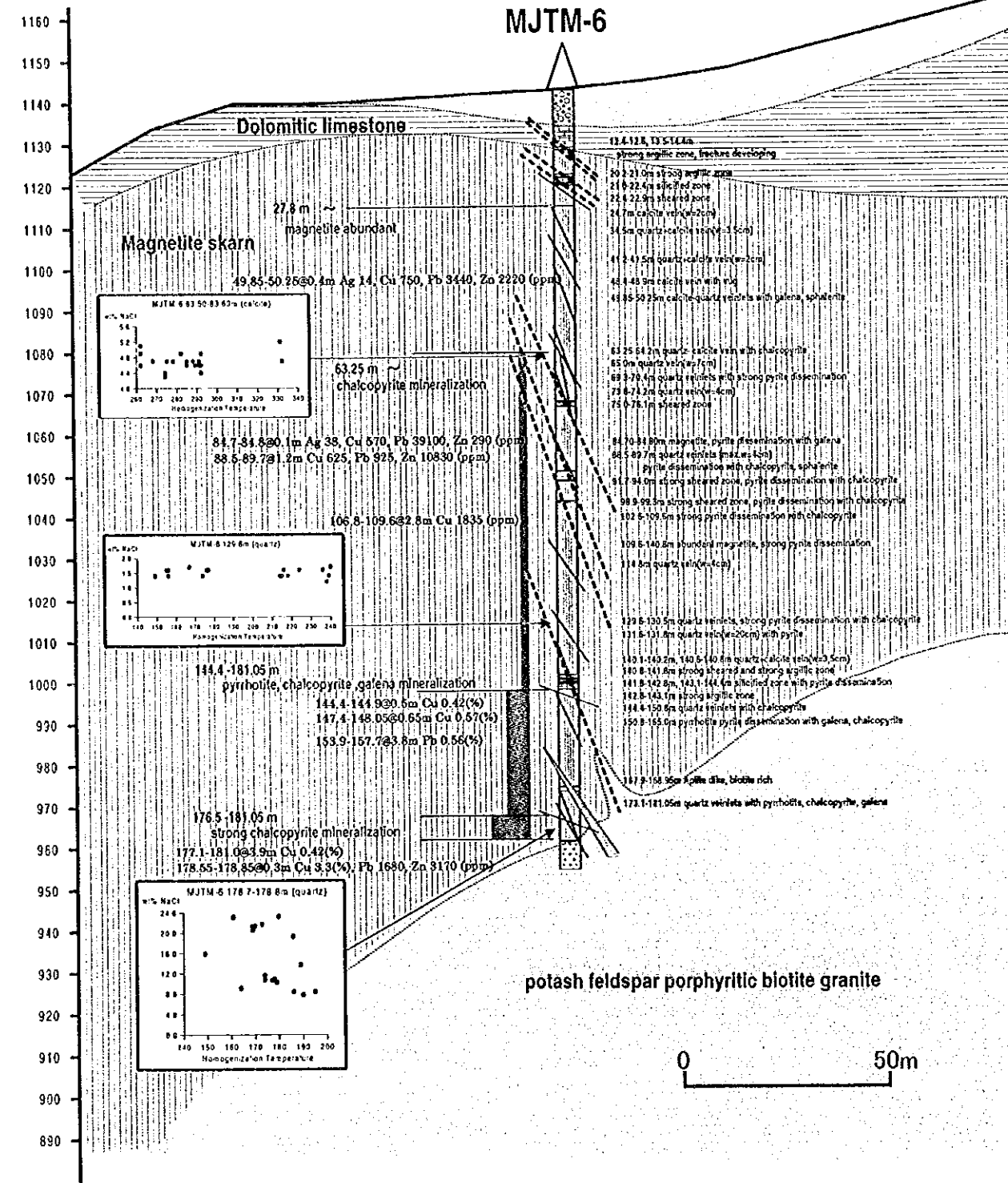


Fig. II-3-14 Geologic profile of MJTM-6

14)。

MJTM-6 孔は、MJTM-3 孔と同様に地表下に非鉄化の一部粘土化変質を受けたドロマイト質石灰岩が分布し、その下位の 14.60m 以深に磁鉄鉱スカルン及び緑色スカルンが分布する。MJTM-3 孔で確認されたカリ長石斑状黒雲母花崗岩を深度 181.05m で確認した。

同孔の鉄化状況は、上部から次のようにまとめられる。深度 50m 付近で石英-方解石脈に伴われる弱い方鉛鉱・閃亜鉛鉱の鉄化が、64m 付近では石英脈に伴って黄銅鉄の鉄化が認められる。85m, 89~101m では各々方鉛鉱と黄銅鉄・閃亜鉛鉱の鉄染状鉄化があり、前者で Pb=3.9%, 後方で Zn=1.1% であった。深度 100m 付近からは黄鉄鉄の鉄染部が多くなり、それに伴って黄銅鉄が散点する。140m 以深では、黄鉄鉄とともに磁硫鉄鉄が増加し、黄銅鉄・方鉛鉱も増加する。176m から孔底の 181m までが最も黄銅鉄の鉄化が強くなっている。この区間での平均銅品位は、Cu=0.42% である。銅の鉄化作用は花崗岩との接触部に向かって強くなる傾向を示し、スカルンの形成と同時に生成した可能性を示す。しかしながら、銅鉄化作用の最も強い 178.8m の石英中の流体包有物均質化温度は 150~200°C と低く接触時に形成されたものとは考えにくい。一方で、この塩濃度は 8~24wt% と極めて高く、花崗岩マグマの残液から直接もたらされた可能性を示す。

MJTM-6 孔で黄銅鉄の出現する 64m 付近は、IP 探査で把握された異常域 (16mV-sec/V 以上) の上限深度とほぼ一致している。黄鉄鉄鉄染を含めて全体的に鉄徴が強くなる 140m 以深は 20mV-sec/V 以上の IP 異常域に一致する。MJTM-3, MJTM-5 孔を含めた南北断面を Fig. II-3-15 に示す。第2年次の調査結果からも推定されたように、この IP 異常域は銅鉄化作用の及んでいる範囲を示しているものと考えられる。MJTM-5 孔は、掘削深度 100m までで花崗岩に岩着していないが、20mV-sec/V 以上に対応する孔底付近では 1.4m 区間で Cu=1, 600ppm 以上と銅品位が高くなる傾向を示し、花崗岩に向かって品位が増す可能性を示す。スカルン中の銅鉄化作用は散点的に分布することが多いことから、富鉄部の位置を特定することは難しいが、この IP 異常域の中に富鉄部の賦存可能性はあるものと考えられる。

ただし、現在までに確認された最高品位は 30cm 間で Cu=3.3%, これを含む 5m 区間でも Cu=0.42% に過ぎず、現在の段階では稼行対象にはいたっていない。

3-7 総合考察

ドンノイ地区の地質は、カンブリア珪質砂岩とオールドビス系の泥岩・砂岩と炭酸塩岩およびこれらに貫入した三疊系花崗岩より構成され、第2年次調査で指摘されたように地区のほぼ中央を境として東西で大きく異なっている。すなわち、東側では浅所に花崗岩のストックが貫入しており、この影響で炭酸塩岩の大部分は磁鉄鉄スカルン、角閃石スカルンに交替されているのに対し、西側ではドロマイト化や熱水活動でもたらされた石英-方解石脈や方解石脈が多数発達するもののスカルン化は認められない。

地化学探査の結果では、東西の両側で鉛・亜鉛・マンガン・カドミウムの地化学異常が広く分布している。東側の地化学高異常域は、MJTM-2 孔とトレンチ No. 2 によってスカルン化帯上部に網状に発達して纏まらない角礫化を作った小断裂に沿って亜鉛・鉛の鉄化作用が形成されたことによるものと結論された。

一方、西側の異常域については MJTM-1 孔及びトレンチ No. 1 においてドロマイト中に方鉛鉄のわずかな鉄染が認められた程度で、異常域をもたらした原因は不明瞭であった。今年度実施した北西部地化学異常域での鉄徴状況調査では、石灰岩層中の節理や断裂または層理に沿って鉄液が上昇し、比較的下位で

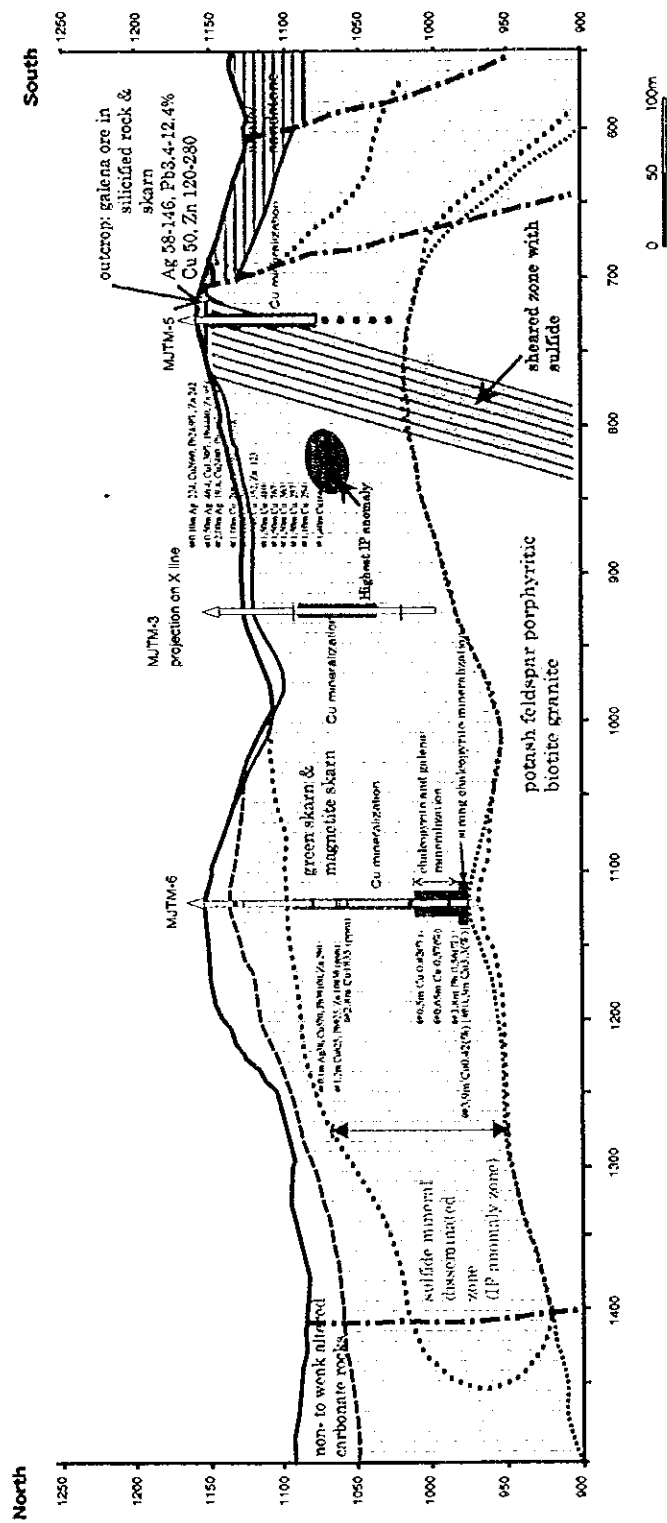


Fig.II-3-15 Geologic profile along IP anomaly zone at the center of the Dong Noi area

は石英脈と珪化帯を形成していることが明かとなった。これらの石英脈は、数 1,000ppm 程度の亜鉛含有量を示すが、周囲の石灰岩にはドロマイト化や亜鉛・鉛の高異常値は認められない。しかし、酸化鉄やマンガンを多量に含む茶色方解石脈を伴っている場合には区間試料の亜鉛含有量が増加する。

この珪化帯の上方では、石灰岩に広い範囲でドロマイト化帯が形成され、母岩自体も $Zn=330ppm \sim 1.6\%:Pb=50 \sim 970ppm$ の鉍化作用を受けている。このドロマイト化帯の発達する部分では、珪化小角礫を含む石英脈や珪化帯が節理沿いに分布し、さらにある特定層理を交代して方鉛鉍-閃亜鉛鉍石英脈が認められる。これらの石英脈のうち、最も品位に高い石英脈試料は、80cm 幅で $Zn=7.86\%$ 、 $Pb=2.82\%$ で、その周囲の 20m 区間でも $Zn=1.60\%$ 、 $Pb=1.43\%$ の高い値を示す。

この鉍化帯の特徴として、脈以外には硫化鉍物がほとんど認められない。

流体包有物試験からみた鉍化状況の特徴は、均質化温度は珪化帯部分とドロマイト化帯でほとんど変わらず $140 \sim 250^{\circ}C$ を示すが、塩濃度は前者で $6 \sim 8\%$ 、後者で $1 \sim 3\%$ を示している。このことは、亜鉛・鉛の鉍化作用と塩濃度の低下が何らかの関係を示していることを窺わせる。

地化学探査結果で得られた広範囲の鉛・亜鉛の高異常値に対して、露頭での岩石試料は下部の珪化帯ではかなりの低品位、ドロマイト化帯では地化学異常値よりやや低い品位を示す。しかしながら、石英脈や珪化岩試料では、土壌地化学異常値と同程度またはそれ以上の値を示すことがわかった。高濃度の石英脈や珪化帯およびドロマイト化帯の高濃度部の全体に占める分量は少なく、これだけですべての地化学異常の広がりや強度を説明することは難しい。今回の観察結果などから、石灰石中の節理裂隙系の沿って広範に形成された石英脈やドロマイト化帯に含まれていた鉛、亜鉛成分が風化の過程で同様に含有されていたマンガンが酸化物に改変される中でマンガン酸化物に吸着され地表部に残留した可能性が高いものと考えられる。

このドンノイ地区北西部では、実際閃亜鉛鉍と方鉛鉍を含んだ石英脈が抽出されたことから、鉛・亜鉛鉍体が賦損する可能性はドンノイ地区で最も高いと判断される。一方、石英脈の形成機構は、開口節理やある特定層準の層理沿いを交代するものであることから、賦存位置の推定には岩相や地質構造のより詳細な解明が必要である。

ドンノイ地区の中央部に分布する IP 高異常域は、スカルンに重複した銅・鉛鉍化帯である可能性がより鮮明となった。MJTM-6 孔では銅の鉍化作用は深度 60m 付近に始まり、散点的に下方に連続し、花崗岩との接触部で最も強くなっている。下方に強くなっていることからスカルンの形成時期と密接に関連しているように考えられるが、流体包有物の検討からは均質化温度は $149 \sim 195^{\circ}C$ とスカルンの形成温度よりはきわめて低い。一方、塩濃度は $7.8 \sim 23\%$ と極めて高く、花崗岩の最終残液から由来した可能性を示している。MJTM-5 孔における銅・鉛の鉍化状況からは、スカルンを切って発達する剪断に沿って鉍化が認められることからスカルンの鉍化時期よりは遅れた鉍化作用によるものと判断される。

MJTM-6 孔で黄銅鉍の出現する 64m 付近は、IP 探査で把握された異常域 ($16mV \cdot sec/V$ 以上) の上限深度とほぼ一致している。黄鉄鉍鉍染を含めて全体的に鉍徴が強くなる 140m 以深は $20mV \cdot sec/V$ 以上の IP 異常域に一致する。この IP 異常域は銅鉍化作用の及んでいる範囲を示しているものと考えられる。MJTM-5 孔は、掘削深度 100m までで花崗岩に岩着していないが、 $20mV \cdot sec/V$ 以上に対応する孔底付近では 1.4m 区間で $Cu=1,600ppm$ 以上と銅品位が高くなる傾向を示し、花崗岩に向かって品位が増す可能性を示す。スカルン中の銅鉍化作用は散点的に分布することが多いことから、富鉍部の位置を特定することは難しいが、この IP 異常域の中に富鉍部の賦存可能性はあるものと考えられる。

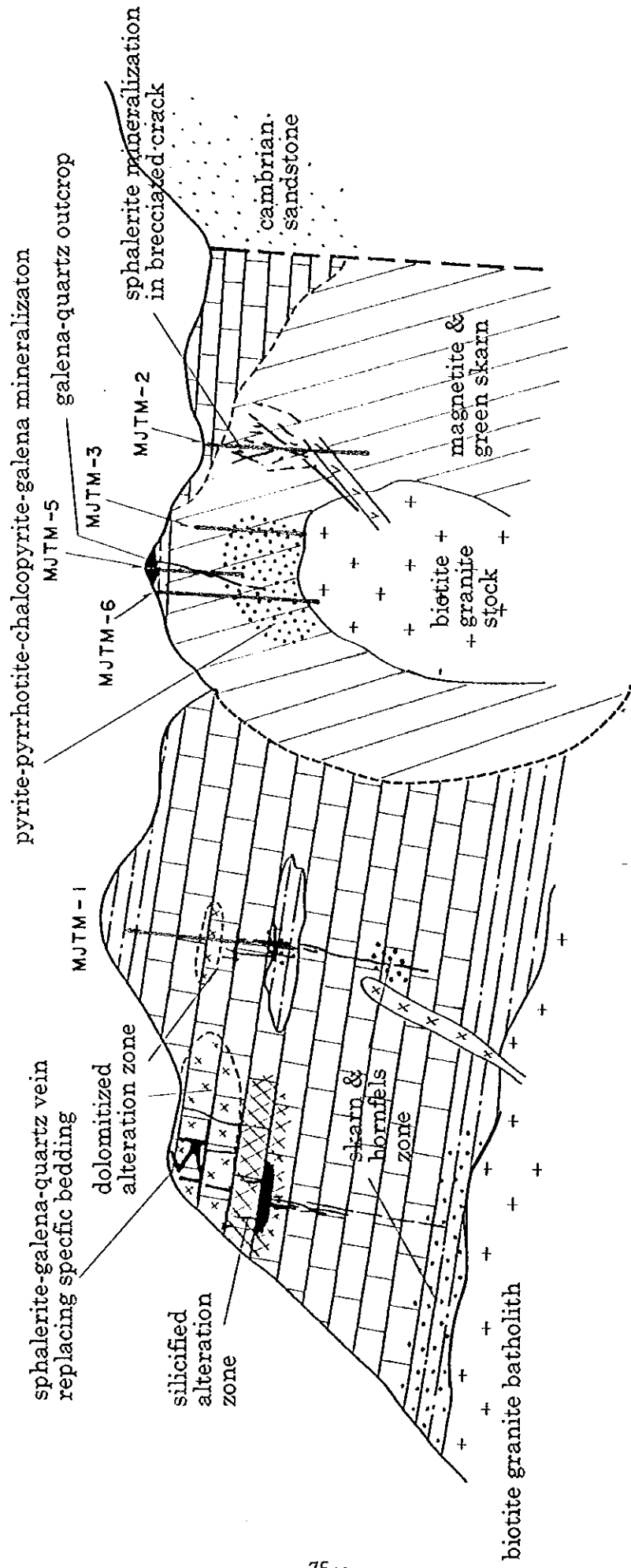


Fig. II -3-16 Schematic mineralization model in the Dong Noi area

銅の鉱化状況は、MJTM-3, MJTM-5, MJTM-6 孔の 3 孔においては、現在のところ稼行対象になりうる品位・鉱量は得られていない。しかしながら、スカルン中の銅品位は偏在性が大きいことから、この IP 異常域 (16mV・sec/V 以上) を示す区域にはまだ探鉱余地は残されている。

3 年間にわたるドンノイ地区調査から得られたデータを総合して、ドンノイ地区での鉱化モデルを作成した (Fig. II-3-16)。ドンノイ地区の東半部では、オールドビス系石灰岩に貫入したストック状花崗岩体によりスカルン帯が広範囲に形成された。この後花崗岩の最終残液に深く関係した鉱化溶液の上昇に伴って、花崗岩ストック頂部では南北に伸張した黄鉄鉱-磁硫鉄鉱を主体とする管状形の鉱化帯が形成され、同時に銅・鉛を沈殿した。この鉱液の一部は、剪断沿いに上昇し一部の銅・鉛を沈殿するとともに、スカルンと泥岩の境界部で方鉛鉱主体の鉱体を形成した。ストックから離れた場所では、網状に発達した細かい亀裂に沿って鉱液が移動し、一部で閃亜鉛鉱を亀裂沿いに沈殿したが、スカルンに塊状緻密で、多孔質部分が少ないことから大きな鉱体を形成するにいたらなかった。一方、西半部ではバソリス上部に広範囲なスカルン帯の形成は無く、直接接する泥岩・砂岩のホルンフェルス化と石灰岩下部にわずかなスカルン化が認められる。ここでも低～中温で塩濃度の高い鉱液が石灰岩の節理や割れ目を通じて上昇し、あるレベルにおいて珪化帯を形成し、その上位で石灰岩を広範囲にドロマイト化するとともに鉛・亜鉛を鉱染した。このドロマイト化帯の中で特定の単層を交代して、閃亜鉛鉱-方鉛鉱石英脈を形成している。

第4章 メーカナイ地区

4-1 地質

4-1-1 地質概説

メーカナイ地区には古生層が広く分布する。地域西側は、三畳紀の貫入とされる花崗岩類が分布する。

堆積岩類は主としてオールドビス紀の頁岩類と石灰岩類からなる。オールドビス堆積岩類の北側と南側には東西系の断層で区切られて、シルル紀-デボン紀の砂岩が分布する。

オールドビス紀堆積岩類は地表では頁岩及び砂岩が卓越する。しかしながら、メーカナイ地区のオールドビス堆積岩の分布中心部には石灰岩地域に特徴的な盆状地形があり、露頭や転石で確認できないものの下部に石灰岩が広く分布するものと思われる。この盆状地形は南北に伸びた形状をしており、南北系の断層に沿った剪断帯によって石灰岩層が溶解したために形成されたものであろう。

本地区には、主要な鉱化帯としてオールドビス紀堆積岩中に認められるゴッサン帯がある。ゴッサン帯の規模は直径数 100m で、各所に認められる。

地質図及び断面図を Fig. II-4-1 に示す。

4-1-2 地質各説

(1) 堆積岩類

1. オールドビス紀堆積岩類

オールドビス紀堆積岩類は上部下部2層の石灰岩層とその間に挟み込まれた頁岩・砂岩層からなる。

石灰岩層は一般に泥質の薄層～シュリーレンを大量に含んだ不純石灰岩である。地区西部と南部の上部石灰岩層ではドロマイト化が顕著に認められ、この地域では石灰岩も結晶質である。これは不純石灰岩を不規則に交代した塊状白色のドロマイトであり、希に方鉛鉱を含むことがある。地区北西部の花崗岩に近い下部石灰岩は広く石灰珪質岩化を被って、角閃石・普通輝石・ざくろ石が生じており、しばしば磁鉄鉱の鉱染や方鉛鉱の鉱染を伴う。

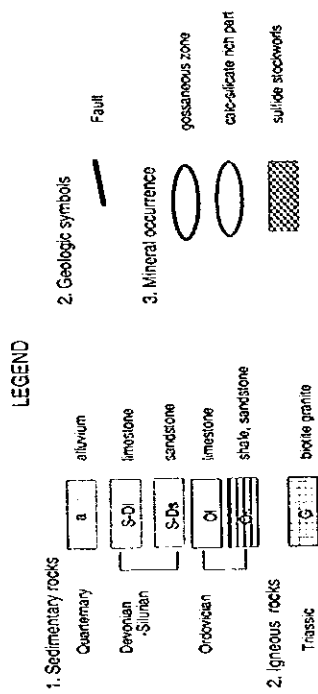
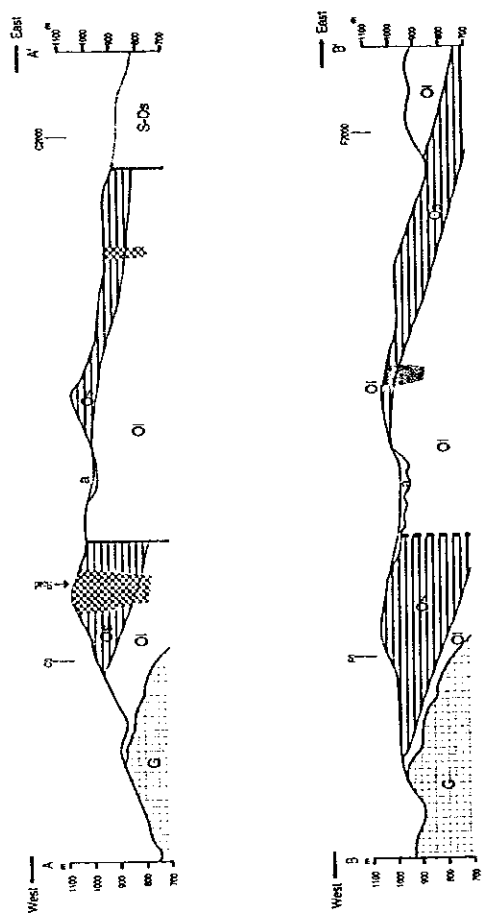
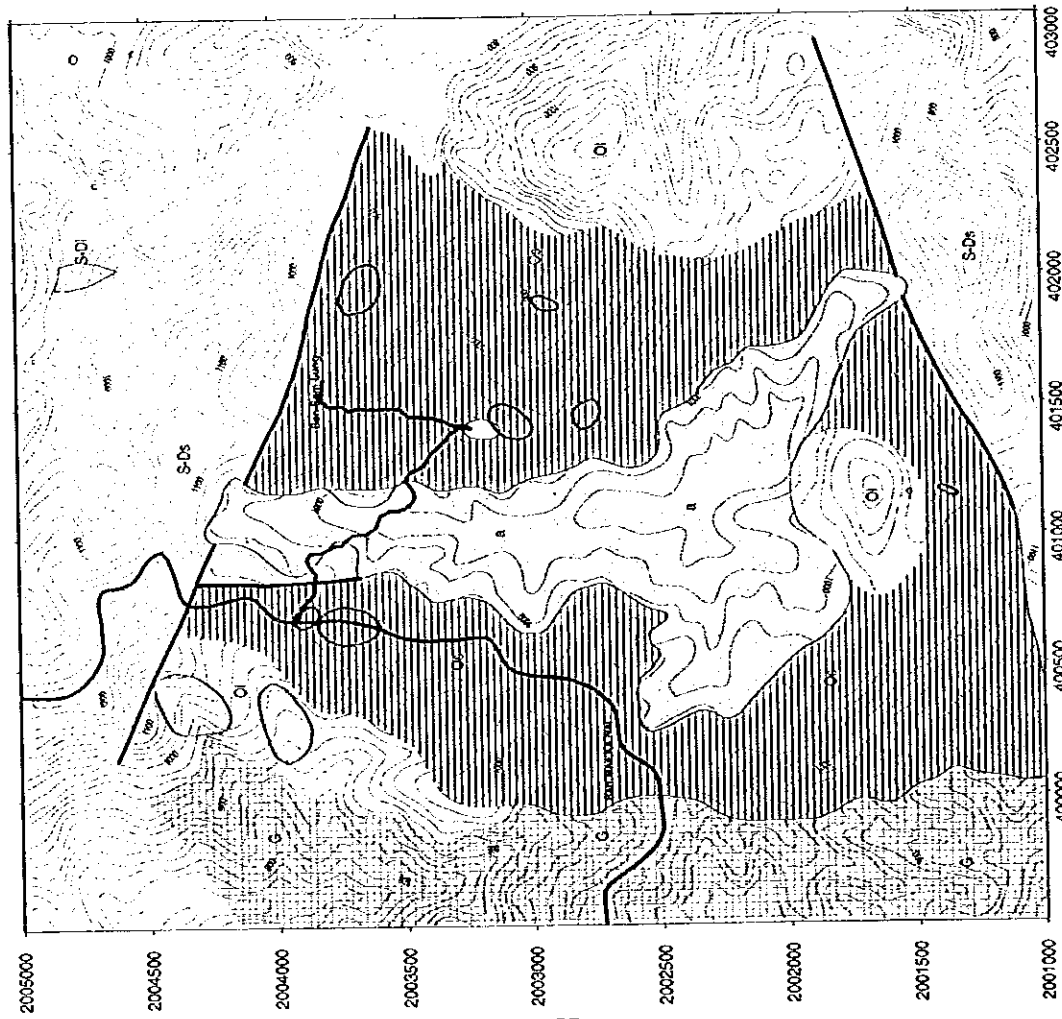


Fig. II-4-1 Geologic map and profile of the Mae Kanai area

頁岩砂岩層は盆状地形周辺部に広く分布する。東部のサムラン村(Ban Sam Lung)周辺で千枚岩状の黒色頁岩が卓越するが、西側のメーカナイ村(Ban Mae Ka Nai)周辺ではホルンフェルス化を被った灰色～白色の砂岩が卓越する。砂岩頁岩層分布域には各所にゴッサン帯が見られ、その周辺で砂岩及び頁岩は著しい白色化及び珪化を被っている。珪化部は一般に角礫化を伴い、基質を鉄とマンガンの二次鉱物が充填する。

2. シルルーデボン紀堆積岩類

シルルーデボン紀堆積岩類紀はオルドビス堆積岩類とは断層に画されて北側と南側に分布する。主として珪質な砂岩からなり、小規模な石灰岩レンズを含む。本層の下部にあたるメーホ川(Huai Mae Ho)の川岸では黒色頁岩が卓越する。

(2) 貫入岩類

カリ長石の巨品を特徴的に含んだ黒雲母花崗岩を主体としたバソリスが地区西部に分布する。岩相はほぼ一様であるが、上記の堆積岩類との境界付近では本花崗岩岩体の細粒相と思われるアプライト質の細粒花崗岩が見られる。

4-1-3 地質構造

地域の北部と南部に東西系断層がある。これらの断層は、オルドビス紀堆積岩類と他の堆積岩類を画するものである。

後述の物理探査結果によれば、オルドビス堆積岩類分布域中央に位置する南北に伸長した盆地状地形に一致した南北系断層が数本存在すると推定されるが、地表踏査では未固結堆積物に覆われており詳細は不明である。

オルドビス紀堆積岩類の構造は石灰岩層と頁岩砂岩層の分布から判断すると、全体として緩い東傾斜と推定される。

4-1-4 鉱床・鉱徴地

鉱徴地位置図を Fig. II-4-2 に示す。

1. ゴッサン帯

オルドビス紀頁岩砂岩層中の7カ所以上で直径数百m規模のゴッサン帯が見られる。いずれも、塊状針鉄鉱・赤鉄鉱の巨礫と垂露頭が大量に見られる。これらの岩石は、顕微鏡観察・X線回折試験ともに鉄の二次鉱物以外の鉱物はほとんど検出されない。これらの塊状ゴッサン周辺部では砂岩泥岩が珪化角礫化し、その基質を針鉄鉱・赤鉄鉱が充填した岩石が多く認められる。

地域東部のサムラン村に分布するものは、沢中に塊状針鉄鉱・赤鉄鉱からなる幅7m、高さ7mの滝が見られる。この露頭でチャンネルサンプルした試料の化学分析ではZn 0.7～0.8%が得られた。同じゴッサン帯のサムラン村近くの赤鉄鉱針鉄鉱巨塊において幅5mでのチャンネルサンプルの分析ではZn 1.54%が得られた。

サムラン村ゴッサンの南1.5kmに位置するゴッサンはZn 0.3%を含む。

その他、最南部のゴッサン帯で採取した試料ではX線分析によりウッドラフアイト(Woodruffite) $(\text{Zn,Mn})_2\text{Mn}^{4+}_5\text{O}_{12}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ が検出されており、本地域のゴッサンに含まれるZnの一部はMnの二次鉱物に含まれることが判明した。

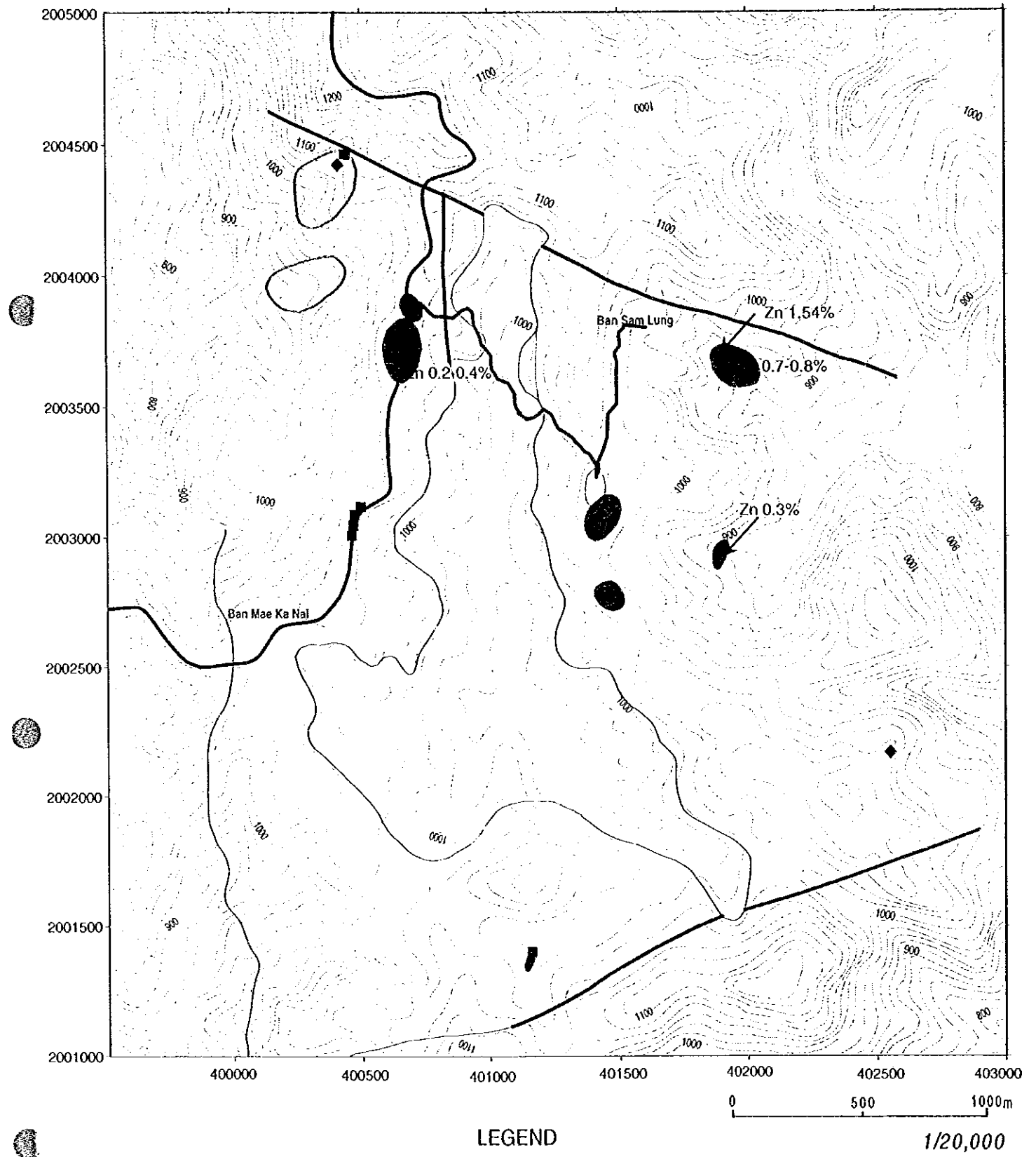


Fig. II-4-2 Mineral occurrences of the Mae Kanai Area

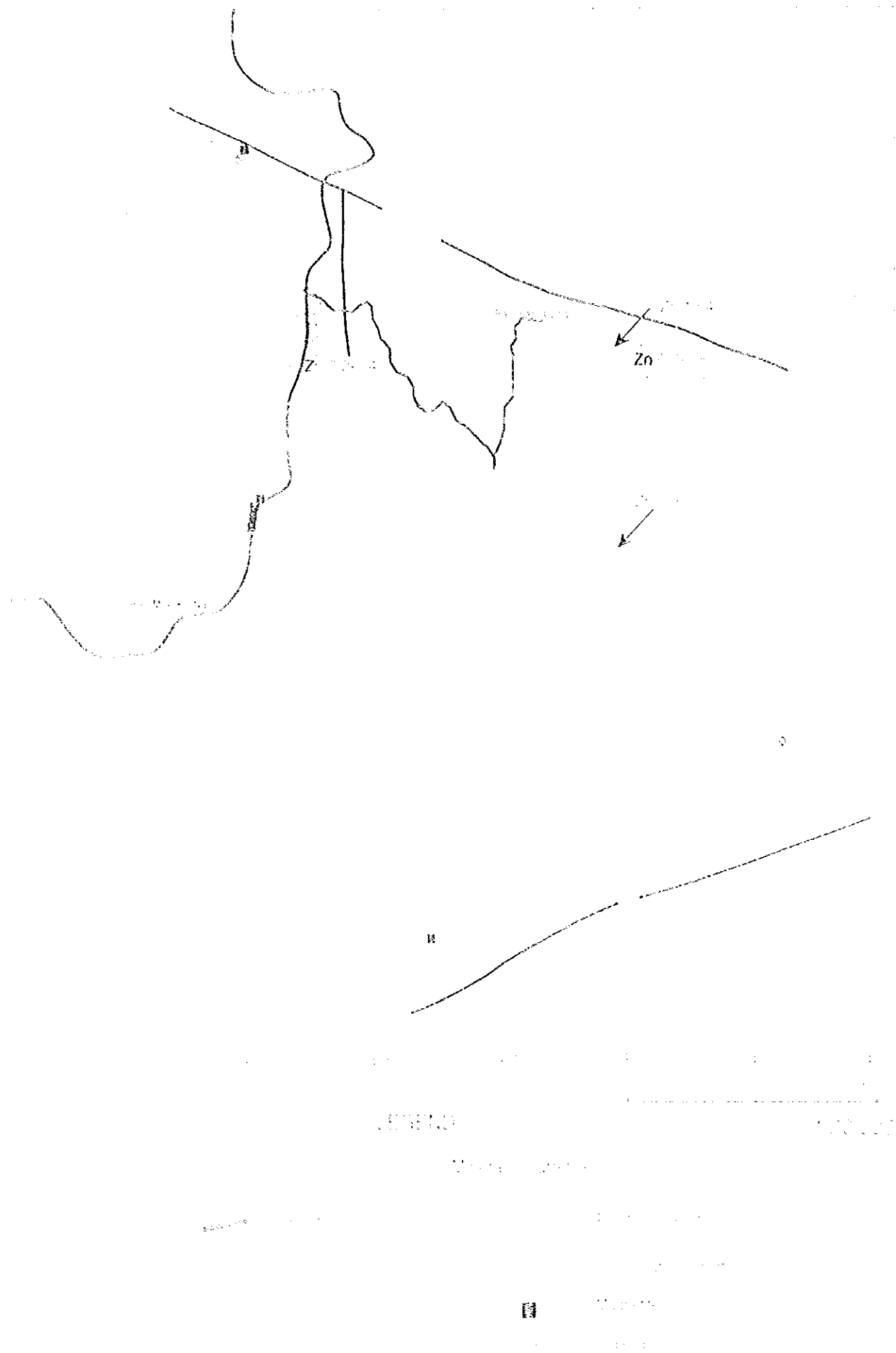


Fig. II-1-2: Mineral occurrences of the Mae Kama Area

2. 磁鉄鉱—石英脈

Ban Mae Ka Nai 村近くの道路上には、磁鉄鉱—石英脈礫が南北方向に長さ200 mにわたって散乱している。この脈は、磁鉄鉱と鉄酸化物以外の鉱石鉱物を含まない。

3. その他

希にドロマイトに微量の方鉛鉱の鉱染が認められる。

また地区北西部の花崗岩に近い下部石灰岩に見られる石灰珪質岩は、しばしば磁鉄鉱、方鉛鉱の鉱染を伴う。

4-2 地化学探査

4-2-1 土地化学探査

1. 試料採取

物探測線沿いに50mおきに土壤試料採取を行った。物探測線間隔は200mおよび250mである。さらに地表で珪化角礫岩やゴッサン帯が集中する箇所では採取密度を50×50mに設定した。

相関行列を使って主成分分析を行った。その結果、Ag-As-As-Cu-Fe-(Hg)-Mn-Pb-Sb-Zn 及び Ba-Cd-Mg 間に相関性が認められる。すなわち、指示元素の挙動はほとんど第1主成分で要約される結果となった。

2. 地化学異常値の分布

Znの異常値は主として物理探査C測線からF測線の中央部にほぼNNW-SSE方向に並んで分布する。この異常値のまとまりは3つに区分でき、C測線が道路と交わる周辺、D測線がBan Sam Lungに向かう道路と交わった付近、及びF測線の中央部に中心をもつ。

Pbの異常値はD測線からG測線の中央部を幅100~250mでほぼNNW-SSE方向に連続する。D測線以北に異常域が連続しないことを除いてZnの異常値分布と似通っている。

Cuの異常値はPbの異常値分布と同じくC測線からG測線の中央部をほぼNNW-SSE方向に連続する。その他、北東部の砂岩地域で全般に高い濃度を示しており、これは岩相を反映したものと考えられる。

Mgの異常値はHgと同じくC測線とD測線の中央部に見られる。石灰岩地区も一般に高い濃度を示し、これは岩相を反映したものと考えられる。

4-2-2 MMI法地化学探査

本地区は露頭が少なく、未固結堆積物に広く覆われていること、地質構造が緩傾斜で層状鉱床が胚胎していても鉱体が地表線と交わらない可能性が高いことが予想され、通常の土地化学探査では鉱化帯全てを検出できない可能性があった。このため、通常の土地化学探査に併せて、深部の鉱化作用を検出できるとされるMMI法地化学探査を実施した。指示元素は、予想鉱種を考慮してZn,Pb,Cu,Cdの4元素とした。

1. 試料採取

MMI法での試料採取にあたっては、土壤層準はあまり問題ではなく、土壤試料採取深度が一定であることが重要とされる。このため、土壤層準に関係なく深度5~10cmの土壤試料をプラスチック製のスコップとプラスチック製の篩にて採取した。採取した試料は現場でプラスチック袋に入れ、そのまま分析所に送付した。

2. データ処理

MMI 法は土壤粒子にゆるく付着した金属イオンの部分溶出法であることから、分析絶対値ではなく、母集団の background 値との相対的な違いが重要とされる。そのため、Response Ratio という単位で検討を行った。これは、母集団中で4分の1数より低い分析値の平均値を後背値として、データの標準化を行うことである。この方法に従い、Response Ratio を算出した。

3. 濃度分布図の作成

MMI 法で得られたデータはコントラストが大きいので、一般には後背値の2倍の値までは後背値に含め、後背値の2～5倍までは低濃度データであり、これ以上の値を持つものが異常値とされる。このことから、それぞれの試料を response ratio (RR) 2, 5, 10の値で区分けした。本報告書では RR>5 を異常値として扱い、RR>10 を高異常値と扱う。

Zn の MMI 異常値は B 測線から G 測線の中央部を NNW-SSE 方向に連続するものと、サムラン村付近に集中するものがある。前者は、ほぼ土壤地化探結果の範囲と一致する。ただし、MMI の高異常値はこの異常域の北半分にあたる B 測線～D 測線間に集中している。後者のサムラン村付近での異常値の集中は、土壤地化学探査ではほとんど検出されていない。

Pb の MMI 異常値は地域中央部の C 測線～F 測線に NNEW-SSE 方向に連続する地域と、F 測線～J 測線間の陥没地形内に広く分布する。前者はほぼ土壤地化探結果と一致する。後者は土壤地化探では検出されていない。サムラン村周辺でも異常値が小規模に分布する。

Cu の MMI 異常値は D 測線～F 測線間の地域中央部とサムラン村付近に集まっている。

Cd の MMI 異常値は、Zn の MMI 異常値の分布とおおむね一致し、B 測線から G 測線の中央部を NNW-SSE 方向に連続するものと、サムラン村付近に集中するものがある。

4-2-3 メーカー地区土壤地化学異常域検出図

異常値分布図から Zn, Pb, Cu について土壤地化学探査, MMI 法地化学探査ともに地化学異常域を抽出し、Fig. II-4-3 に要約した。

Zn の土壤地化学異常域と MMI 地化学異常域が重複するのは、

- a) 測線C測点 200～400 を中心とする道路沿いのゴッサン帯
- b) 測線B測点 500～700 周辺から測線D測点 700～900 周辺にかけての区域
- c) 測線F測点 1,000～1,200 を中心としたゴッサン帯周辺
- d) サムラン村南東の測線C, Dにまたがるゴッサン帯周辺
- e) 測線H測点 800～900 付近

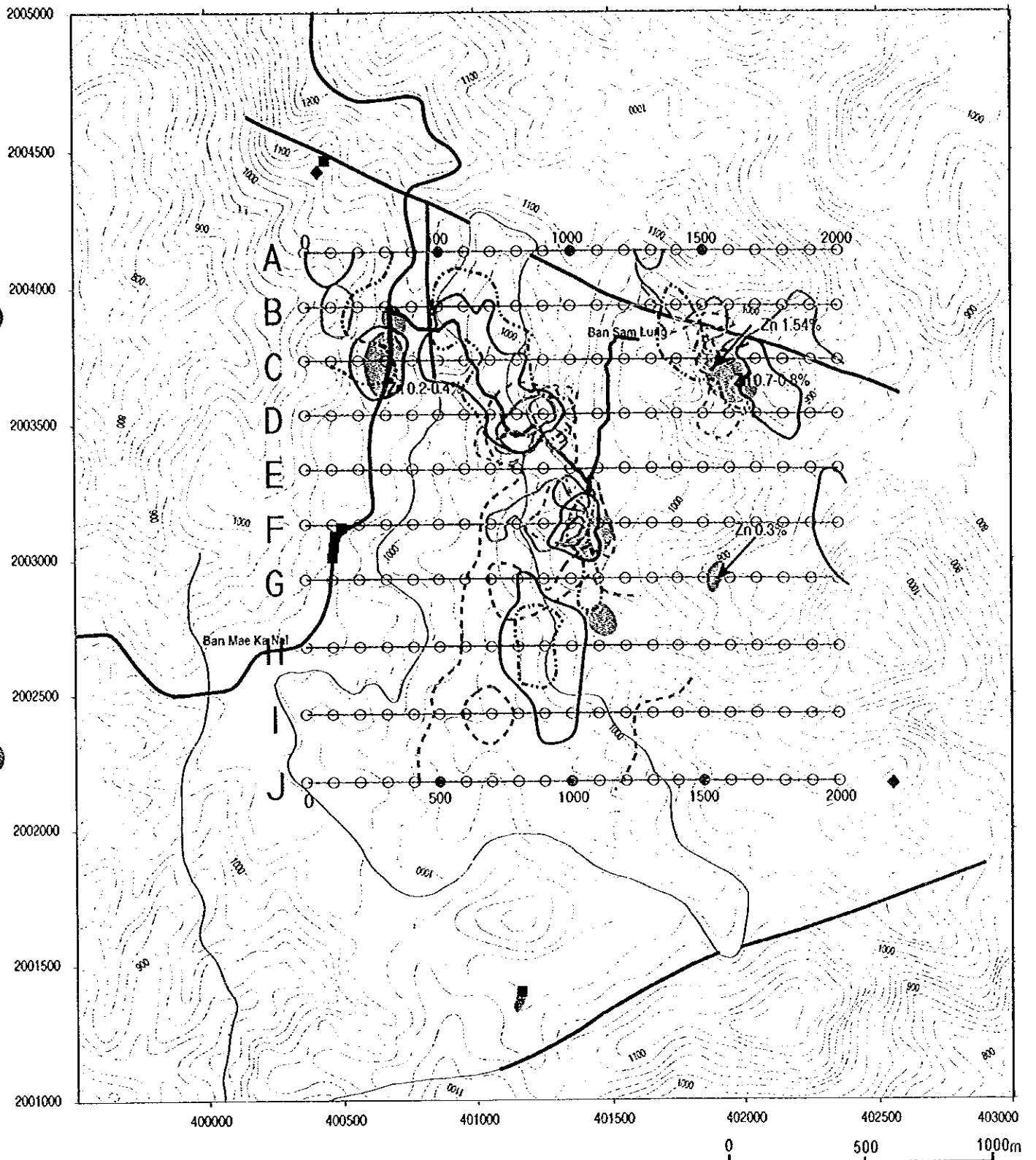
に限定される。

Pb の土壤地化学異常域と MMI 地化学異常域が重複するのは、

- a) 測線D測点 800～900 付近
- b) 測線F測点 1,000 付近から側線Eにかけての2箇所である。

Cu の土壤地化学異常域と MMI 地化学異常域が重複するのは、

- a) 測線D測点 900 付近
- b) 測線F測点 800～1,000 付近から側線Eにかけて区域



LEGEND

- | | | | | |
|------------|-----------|----------------------------|---|---|
| Ordovician | limestone | Mineral occurrences | Anomaly of the soil geochemistry | Anomaly of the MMI method (Response Ratio > 10) |
| | Fault | gossaneous zone | Zn >227ppm | Zn |
| | | Magnetite | Pb >663ppm | Pb |
| | | Galena | Cu >186ppm | Cu |

1/20,000

Fig. II-4-3 Geochemical interpretation map of the Mae Kanai Area

の2箇所である。

土壌地化学探査とMMI法地化学探査の双方の結果から導かれる有望地域は、

- 1) 測線 F 測点 1,000 付近のゴッサン帯から測線 E にかけての区域
- 2) 測線 D 側線 800~900 付近

の 2 点に絞られる。

さらに、ゴッサン帯との関連を考慮すると、サムラン村南東のゴッサン帯はそれ自体高い亜鉛含有量を示し、両地化学探査の異常値は重複しないが、MMI 法の異常値はこのゴッサン帯を取り巻くように分布して鉍微賦存の可能性を示している。また、これらの異常値はこの北側の断層に平行な伸びを示している、断層規制型の鉍化帯である可能性を示唆する。

また、測線 A、B、C の起点側はゴッサン帯が賦存すること、亜鉛の地化学異常のみであるが断層と調和してその異常値が広がっていることから、断層に規制された鉍化帯の賦存が期待される。

4-3 物理探査

4-3-1 調査位置及び調査量

本地区では E-W 方向に 2.0km 長の測線を 10 本、合計で 20.0km の測線を設定した。

Table II-4-1 Survey amounts of IP survey in MaeKanai Area

Phase	Length	Number of lines	Number of points
Second Phase(1998)	20.0km	2.0×10	222

4-3-2 解析結果

TDIP の測定結果と 2 次元解析結果を Fig. II-4-4, II-4-5 に示す。

本地区の見掛比抵抗は $35 \Omega \cdot m \sim 5486 \Omega \cdot m$ の範囲で分布し、充電率は最大 $53 mV \cdot sec/V$ の高い値を示す。見掛比抵抗は測線 A から測線 C にかかる箇所と、測線 D から測線 J にかかる箇所異なる分布を示している。測線 D から測線 J にかけては似たような分布を示しており、南北方向に方向性が見られる。測点 600 を中心として南北方向に比較的低い見掛比抵抗が広く分布しており、この分布域は沖積層の分布域とほぼ一致している。この沖積層の両側の砂岩分布域では比較的高い値を示している。測線 A から測線 C にかけては低見掛比抵抗域が広く分布している。充電率は測線 B の測点 500 を中心に高充電率域が広く分布している。また測線 E の東端でも比較的高い値を示している。

Fig. II-5-6 に IP 法測定の結果より $150 \Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗を示す部分と、 $15 mV \cdot sec/V$ 以上の高充電率を示す部分を抽出した。また、地質図より断層・鉍微地を抜き出し併せて示した。

低見掛比抵抗域は調査地域北部の測線 A および測線 B に広く分布する。この低見掛比抵抗域は測線 B の測点 1000 から測線 C の測点 1600 付近まで、断層に沿うように伸びており、測線 C の測点 1600 近傍ではゴッサンの鉍微地が存在する。また測線 A の測点 500 から測線 C の測点 500 にかかる南北方向の断層も低見掛比抵抗を示している。測線 F の測点 500 から測点 600 にかかる低見掛比抵抗は沖積層の分布域にあたり、鉍化帯とは無関係と思われる。

高充電率を示す地域は大きく 2 箇所に見られる。1 箇所は測線 B および測線 C の測点 300 付近に位置する

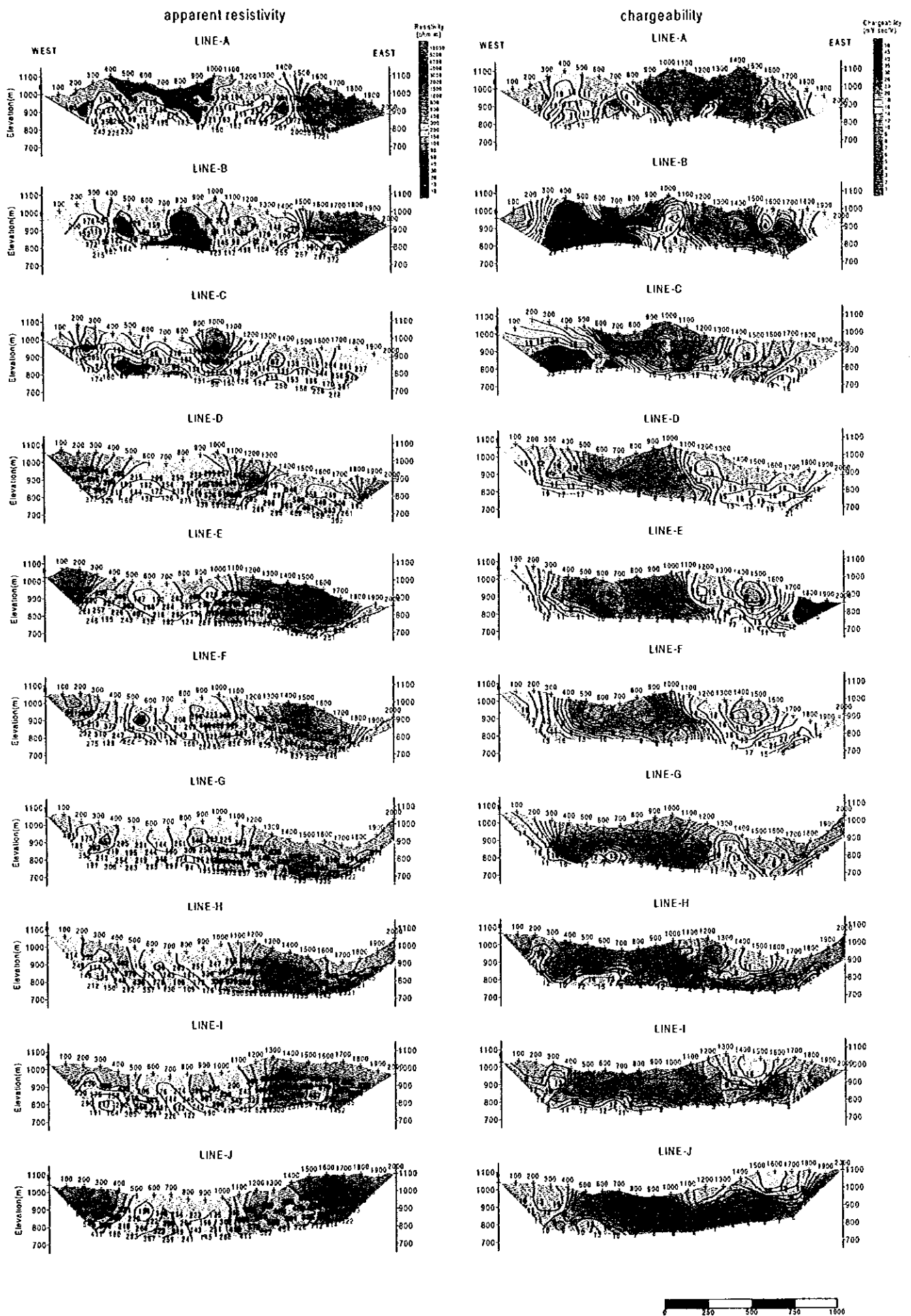


Fig.II-4-4 Pseudosection of apparent resistivity and chargeability of the Mae Kanai area

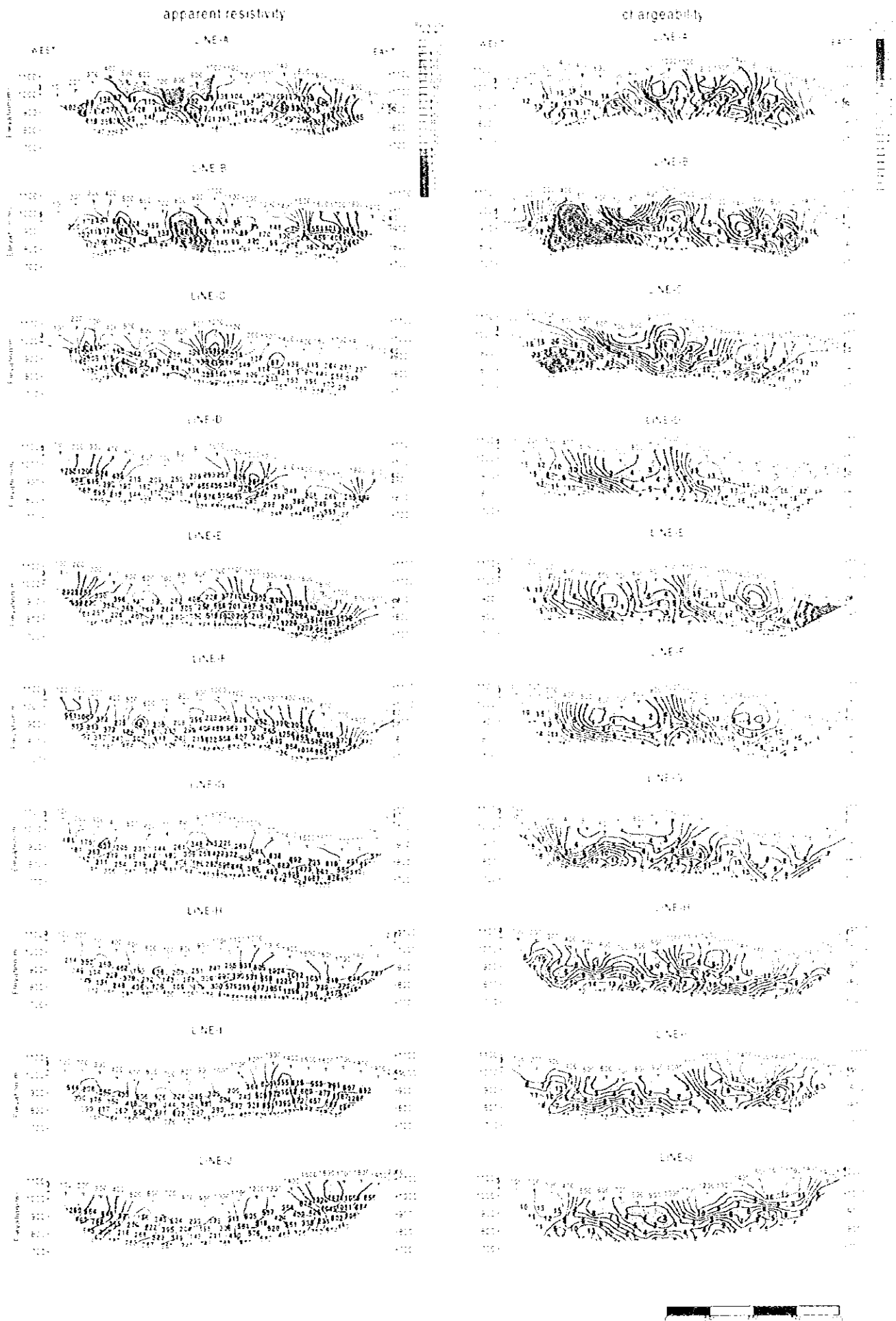
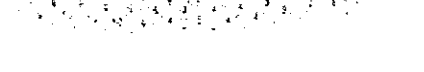
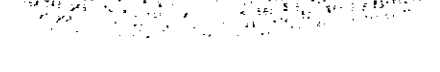
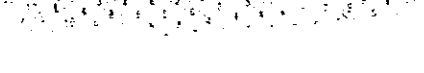
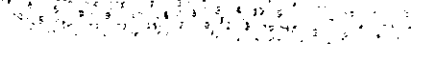
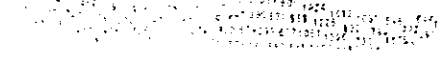
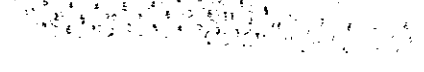
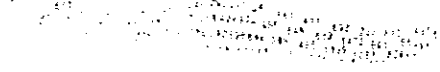
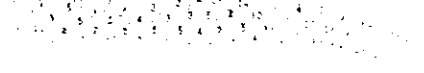
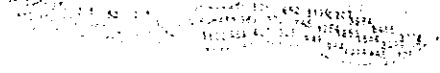
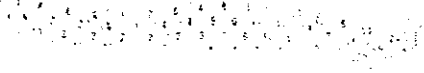
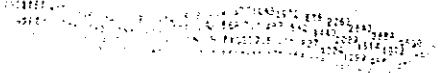
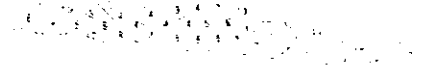
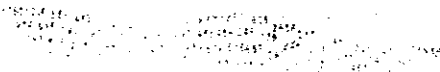
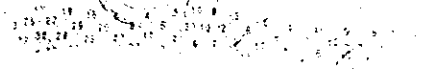
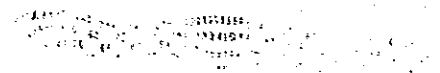
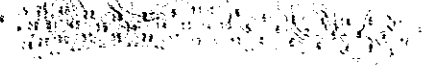
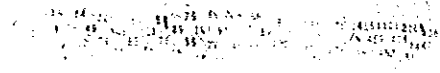
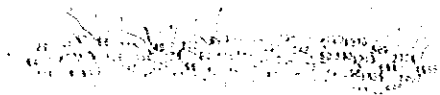


Fig.II-4-4 Pseudosection of apparent resistivity and chargeability of the Mae Kanai area



Scale bars for resistivity and chargeability.

Fig II-4-1 Pseudosection of apparent resistivity and chargeability of the Mao-Kama area

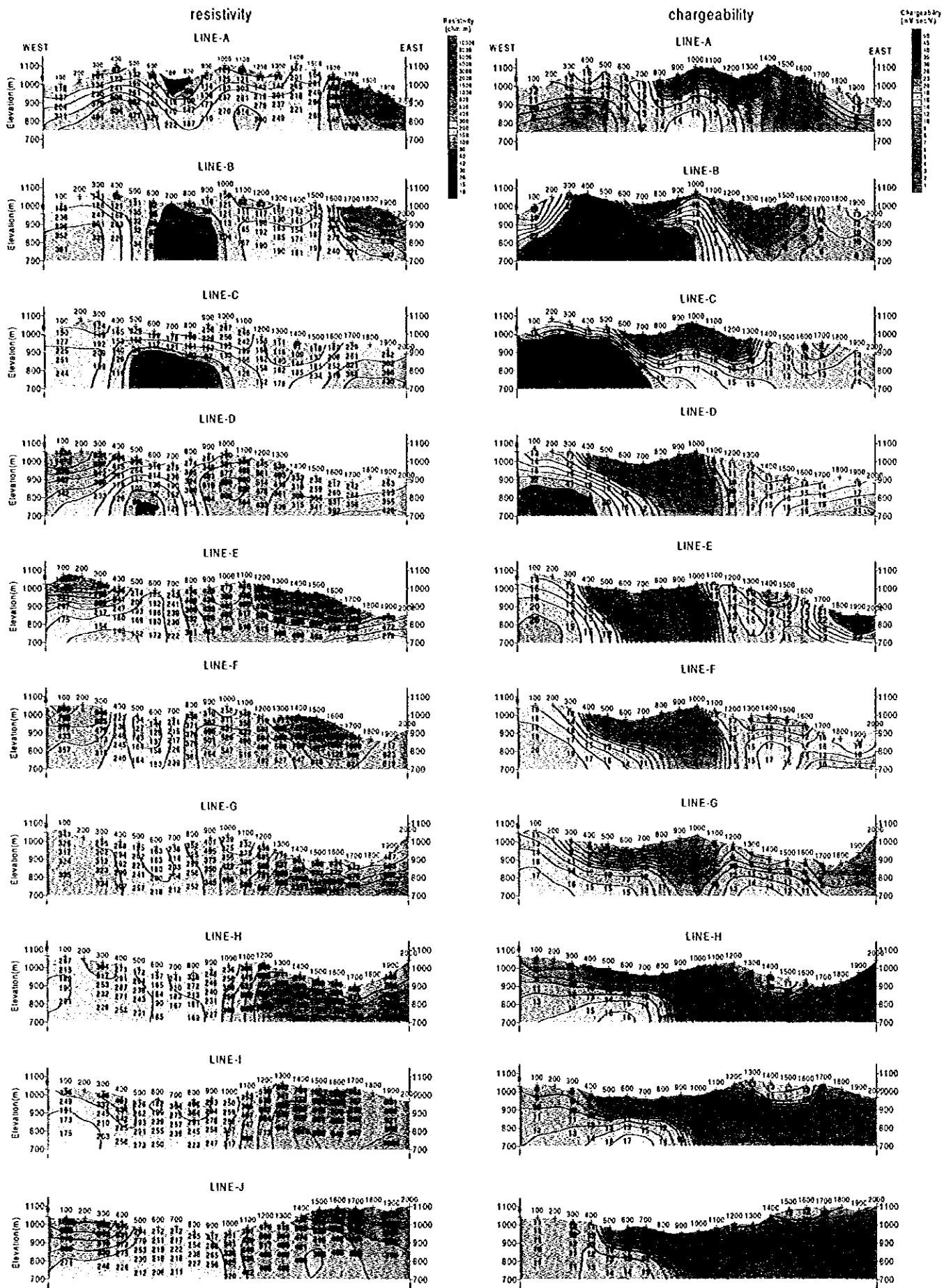


Fig.II-4-5 Results of model simulation of the Mae Kanai area

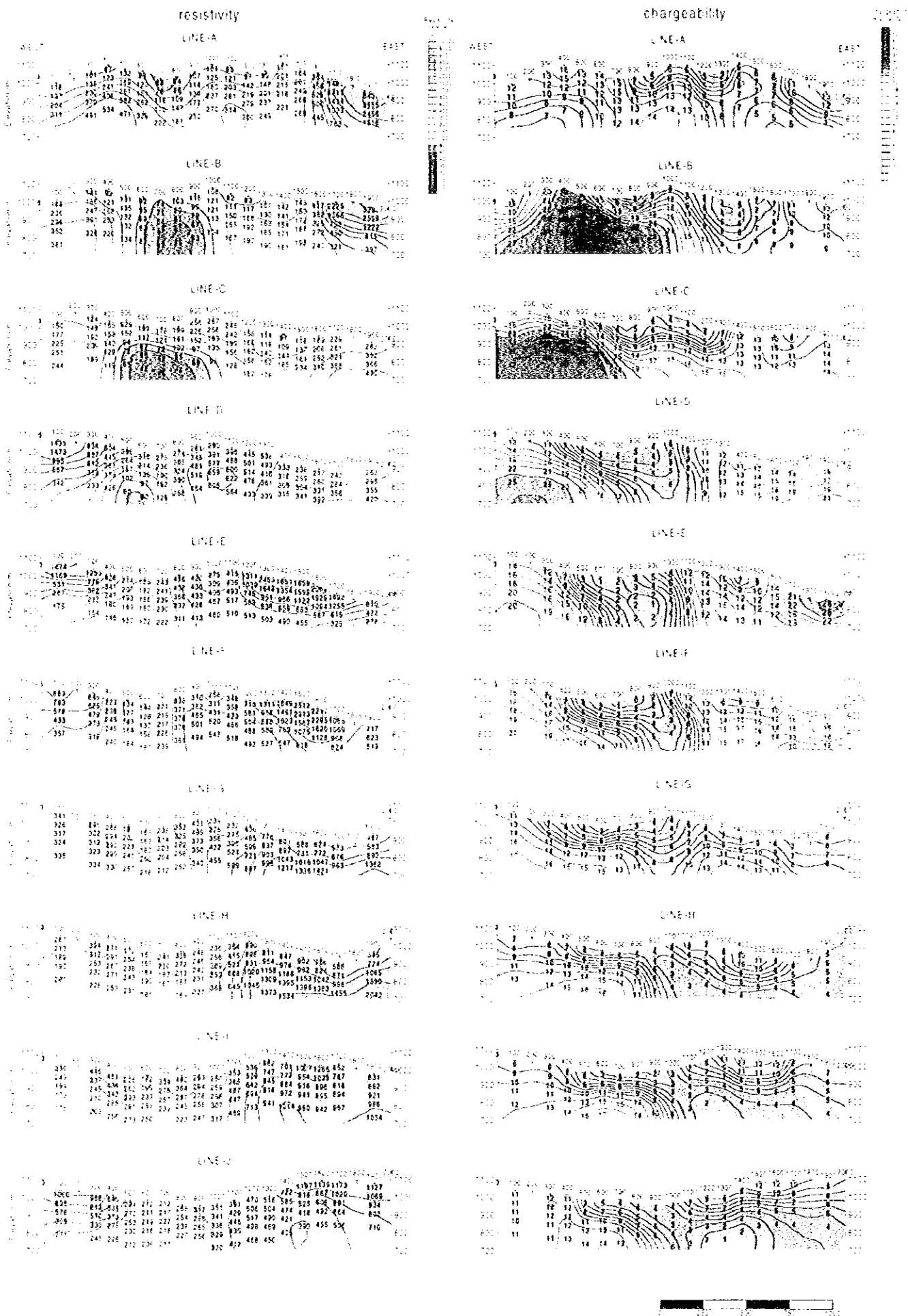
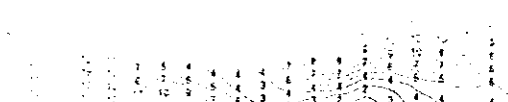
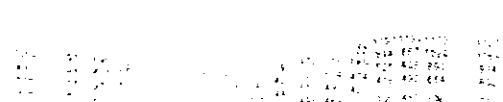
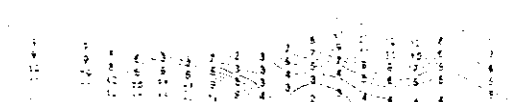
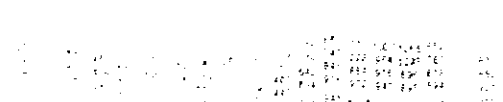
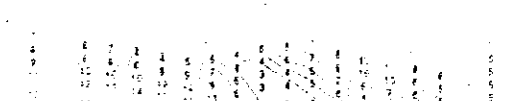
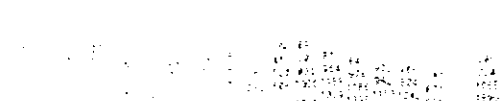
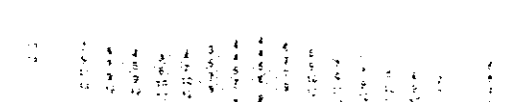
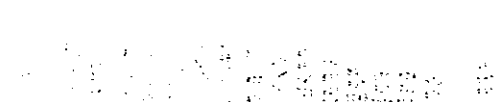
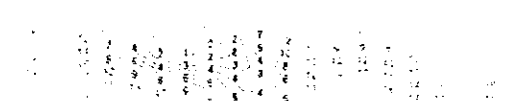
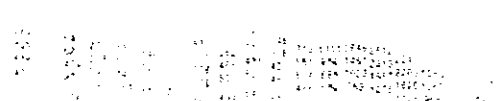
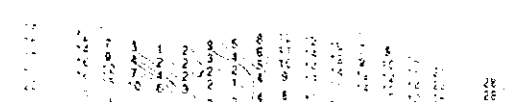
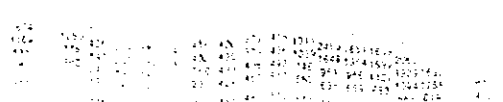
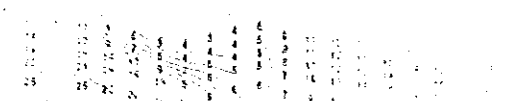
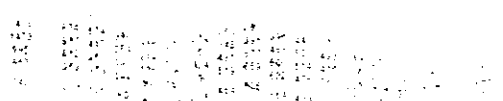
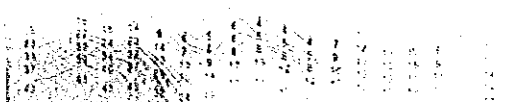
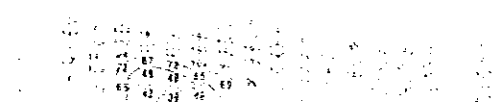
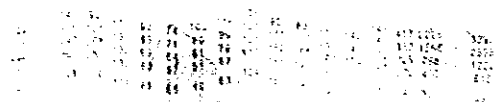
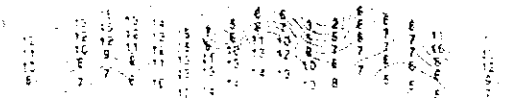
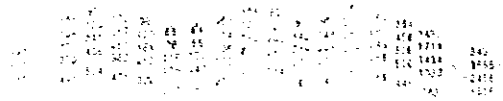
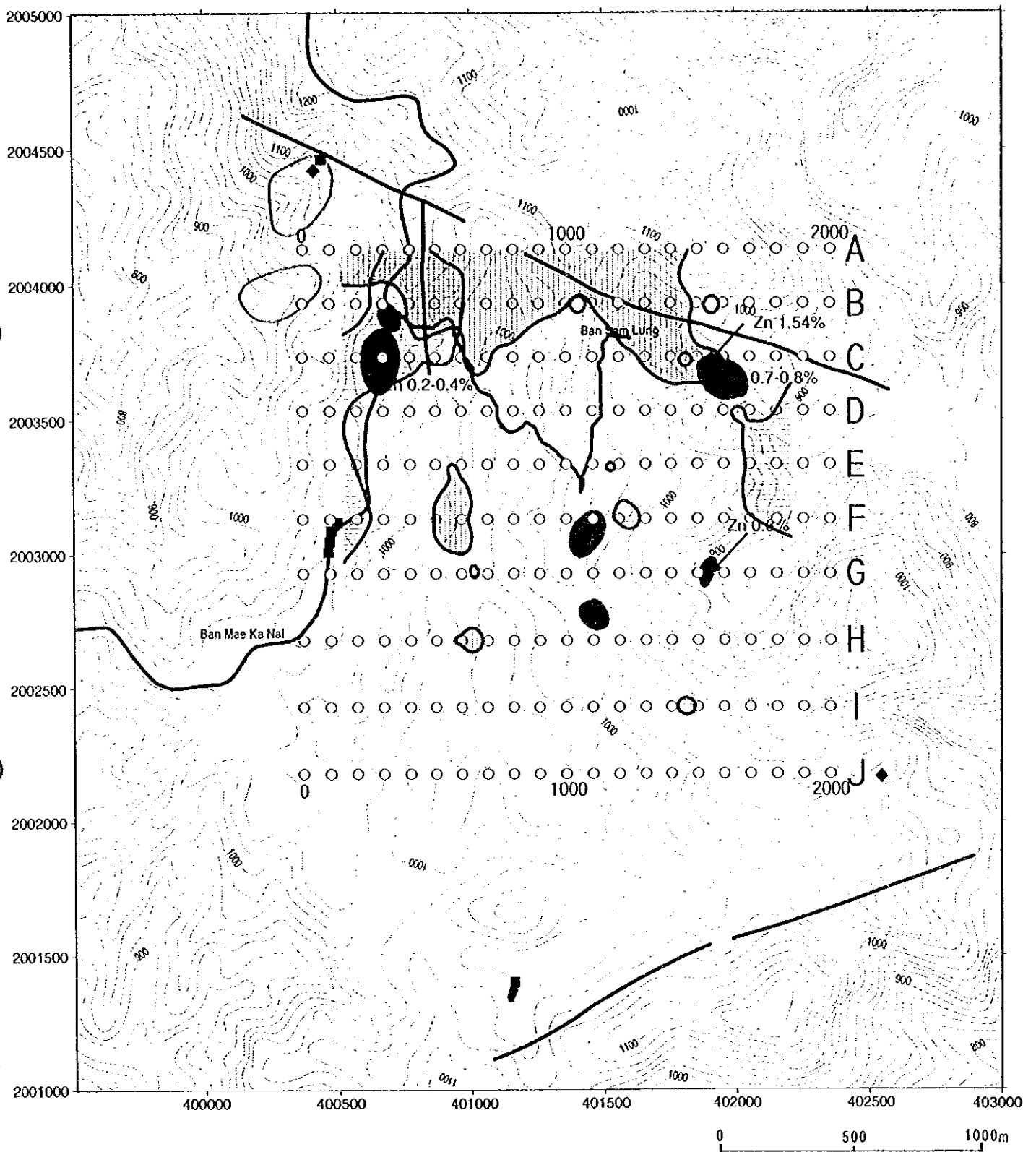


Fig.II-4-5 Results of model simulation of the Mac Kanai area



RESULTS RESULTS

Fig II-15 Results of model simulation of the Mae Kanar area



LEGEND

1/20,000

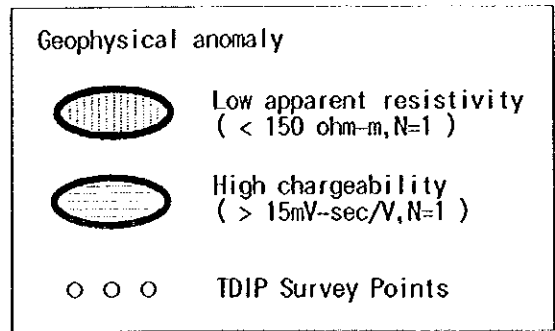
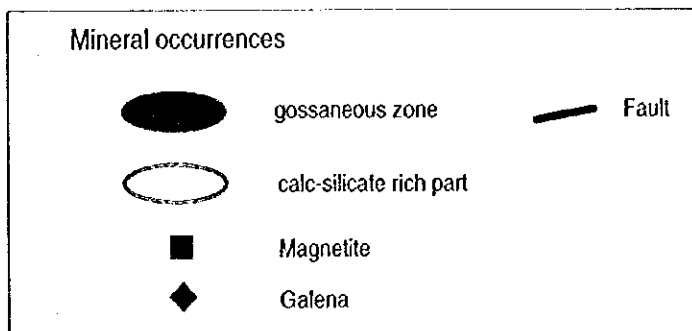
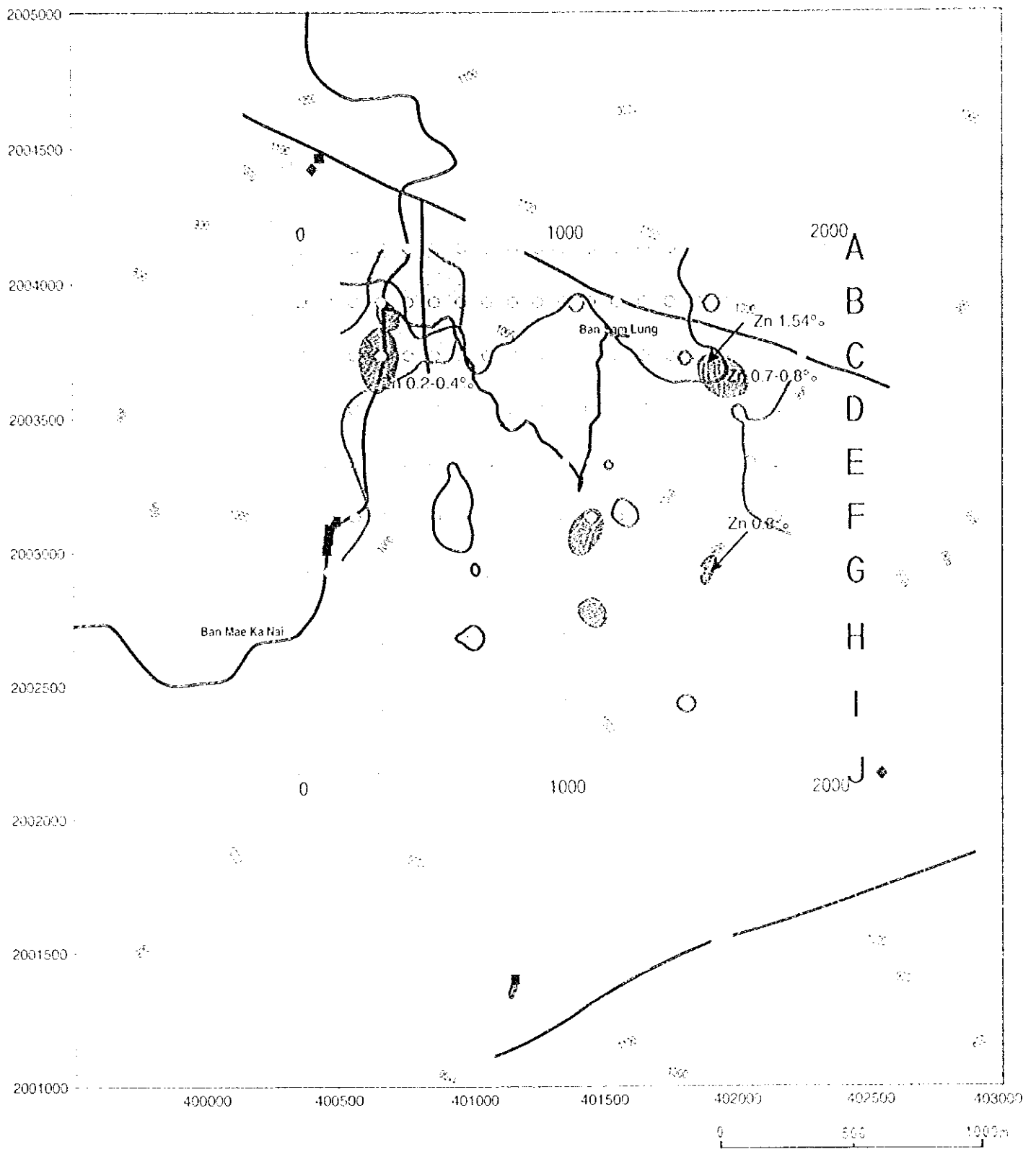

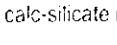




Fig. II-4-6 Integrated plan map of the Mae Kanai Area



LEGEND

Mineral occurrences

-  gossaneous zone
-  calc-silicate rich part
-  Magnetite
-  Galena

Geophysical anomaly

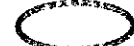
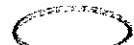

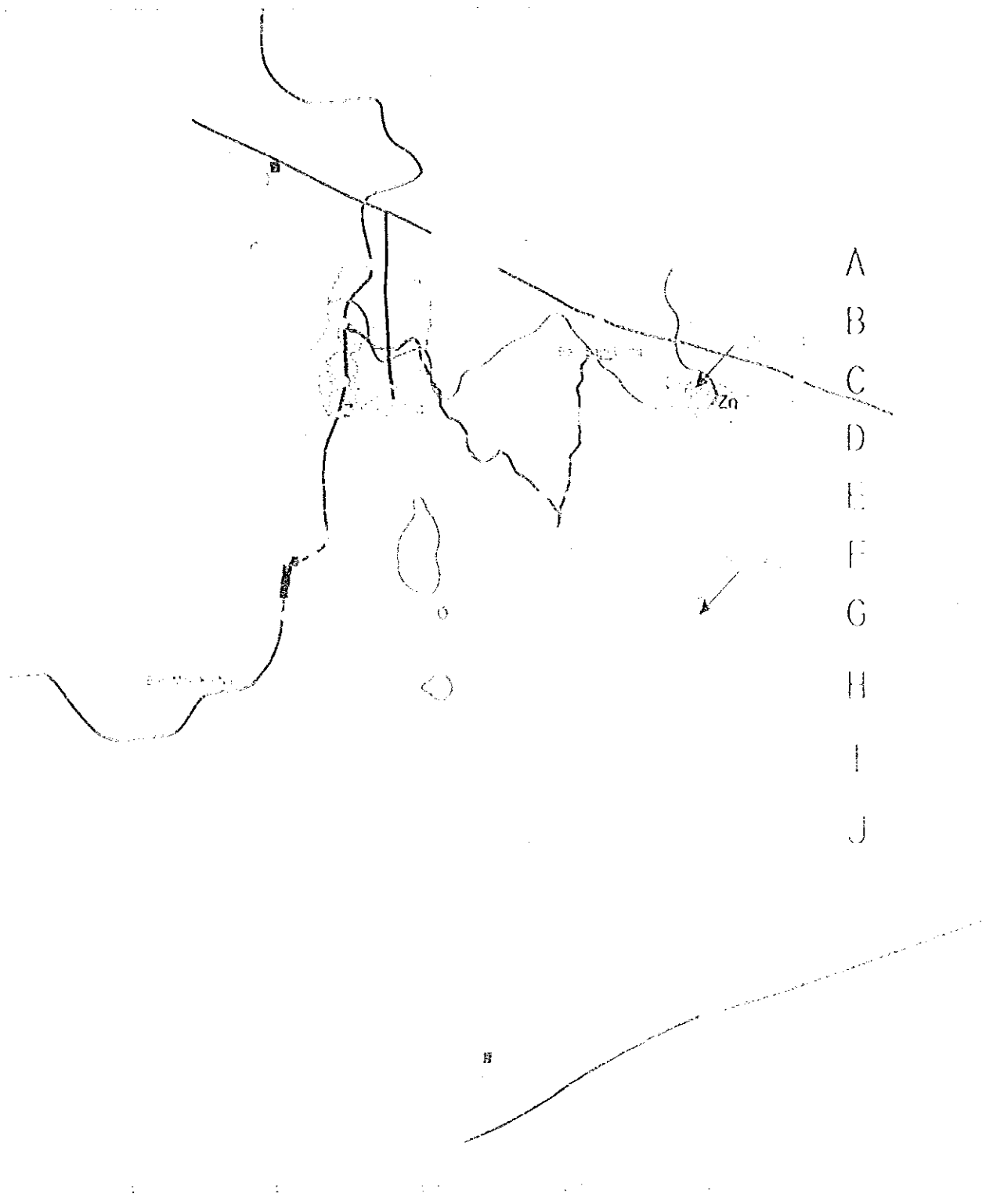

-  Low apparent resistivity (< 150 ohm-m, N=1)
-  High chargeability (> 15mV-sec/V, N=1)
-  TDIP Survey Points

Fig. II-4-6 Integrated plan map of the Mae Kanai Area



LEGEND

Map Symbols

-  Dashed line
-  Stippled area
-  Hatched area
-  Circle

Map Symbols





-  Dashed line
-  Stippled area
-  Hatched area
-  Circle

Fig. II-4-6 Integrated plan map of the Mae Kanae Area