

中華人民共和國 騰冲梁河地域  
資源開發協力基礎調査報告書

第 2 年 次

平成 10 年 3 月

JICA LIBRARY



J 1143790 [2]

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

資源調査

JR

98-066



中華人民共和國 騰冲梁河地域  
資源開發協力基礎調査報告書

第 2 年 次

平成 10 年 3 月

国 際 協 力 事 業 団  
金 属 鉱 業 事 業 団



## は し が き

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に応え、同国雲南省に位置する騰冲梁河地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、物理探査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査は、平成8年度を第1年次とする第2年次に当たり、金属鉱業事業団は7名の調査団を編成して平成9年10月8日から平成10年3月5日まで現地に派遣した。

現地調査は、中華人民共和国政府機関、地質鉱産部の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいた中華人民共和国政府機関、ならびに外務省、通商産業省、在中華人民共和国日本国大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

平成10年3月

国際協力事業団

総 裁 藤 田 公 郎

金属鉱業事業団

理事長 松 山 博 昭



1143790 [2]

## 要 約

本報告書は中華人民共和国陝西冲梁河地域における資源開発協力基礎調査(資源開発調査)の第2年次の調査結果をまとめたものである。

現地調査は平成9年10月8日から平成10年3月5日の期間に、中華人民共和国地質鉱産部の協力のもとに、国際協力事業団及び金属鉱業事業団が派遣した調査団によって実施された。

第2年次の調査として、地質調査、物理探査(IP法)及びボーリング調査が実施された。地質調査は無極寺地区(面積12km<sup>2</sup>)及び大洋塘地区(面積4km<sup>2</sup>)を対象とし、物理探査は無極寺地区から選出された8km<sup>2</sup>を対象として行われた。ボーリング調査は中国側の既存資料に基づいて抽出された無極寺地区及び大洋塘地区において実施され、計5孔、総延長1,099mのボーリングが行われた。

これらの調査の結果、無極寺地区及び大洋塘地区において、要探鉱地域が新たに抽出された。

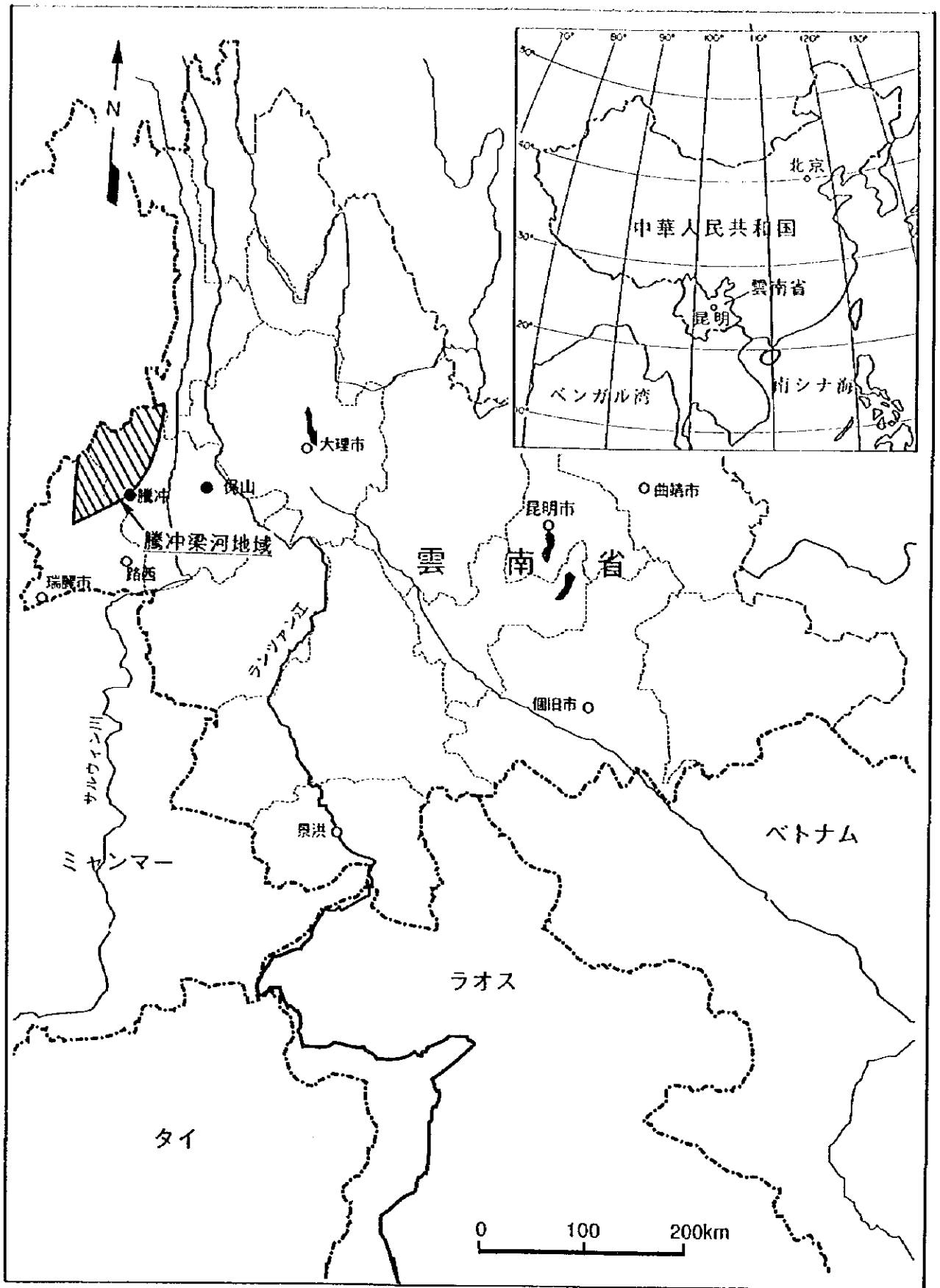
無極寺地区の鉱床は炭酸塩岩類が交代されて形成されたスカルン鉱床で、地質構造に強く規制されている。本地区の地質は堆積岩類及び貫入岩類からなり、堆積岩類は粘板岩、石灰岩、苦灰岩などからなり、貫入岩類は角閃石石英モンソ閃緑岩、黒雲母アダメロ岩、石英斑岩及び花崗斑岩からなる。本地区は構造的及び岩質的な差異により、北部岩体、中部岩体及び南部岩体の3つのブロックに分けられ、北に向かって削剥が進んでいる。削剥が進んでいない南部岩体は主として炭酸塩岩類及び石英斑岩からなり、北西-南東方向の軸をもつ褶曲構造を形成している。本岩体西部には背斜構造がみられ、この背斜構造の東翼部沿いに石英斑岩が岩株状に貫入し、炭酸塩岩類との接触部にスカルン鉱床を生成している。この背斜構造の西翼部沿いにも、石英斑岩が貫入し、スカルン鉱床を生成しているものと推定される。一方、物理探査結果によれば、鉱化を反映すると示唆される高充電率異常が南部岩体中央部及び南部岩体西部に分布している。南部岩体中央部の高充電率異常は背斜構造東翼部の鉱化関連石英斑岩貫入ゾーンと極めて良く一致する。また、南部岩体西部の高充電率異常は背斜構造西翼部に相当し、鉱化関連石英斑岩の貫入を暗示し、潜頭性のスカルン鉱床の賦存が期待される。本地区で実施したボーリング調査によって捕捉された鉛・亜鉛鉱化帯が高充電率異常の分布域と一致することからも、抽出された地域はポテンシャルが高いものと判断される。

大洋塘地区の鉱床は炭酸塩岩類が交代されて形成されたスカルン鉱床である。本地区の地質は炭酸塩岩類及び貫入岩類からなり、炭酸塩岩類は石灰岩及び苦灰岩からなり、貫入岩類はカリ長石花崗岩からなる。本地区に分布する鉱床は構成鉱物及び母岩の差異から、北部鉱床及び南部鉱床に分けられる。北部鉱床は石灰岩を母岩とし、花崗岩から石灰岩の方向に、変質花崗岩(エンドスカルン)→透輝石(柘榴石)スカルン→柘榴石スカルン→含珪灰石結晶質石灰岩の分帯が認められる。銅鉱化作用は透輝石(柘榴石)スカルン帯に認められるが、本鉱床北部では柘榴石スカルン帯が厚く分布し、地表では透輝石(柘榴石)スカルン帯の分布が認められない。いくつかの鉱床において、スカルンの各分帯がその厚み方向だけでなく、その傾斜方向にも認められていることから、傾斜方向に銅鉱化作用を伴う透輝石スカルン帯の存在が予想される。一方、南部鉱床は苦灰岩を母岩とし、花崗岩から苦灰岩の方向に、花崗岩→透輝石スカルン→透輝石-苦土橄欖石スカルン→結晶質苦灰岩の分帯が認められる。硫化鉱物は透輝石-苦土橄欖石スカルン帯中に濃集し銅鉱体を形成している。本鉱床の一部に対して、ボーリング調査を行ったが、鉱体規模が小さかったため着鉱にはいたらなかった。

以上の調査結果から、第3年次調査として、無極寺地区及び大洋塘地区において、新たに抽出された要探鉱地域に対して、ボーリング調査の実施を提案する。無極寺地区では、潜頭性の新鉱床の発見を、大洋塘地区では地下深部での銅鉱化作用を伴う透輝石スカルン帯の確認をそれぞれ目的とする。







騰冲梁河地域位置図



# 目 次

はしがき	
要 約	
騰冲梁河地域位置図	
目 次	
図表一覧	

## 第Ⅰ部 総 論

第1章 序 論	1
1.1 調査の経緯及び目的	1
1.2 第1年次調査の結論と提言	1
1.2.1 第1年次調査の結論	1
1.2.2 第1年次調査の提言	2
1.3 本年度調査の概要	2
1.3.1 調査地区	2
1.3.2 調査内容	3
1.4 調査団の編成	4
1.5 調査期間	4
第2章 調査地区の地理	5
2.1 位置及び交通	5
2.2 地形及び水系	5
2.3 気 候	5
第3章 騰冲梁河北東部地区の一般地質	7
3.1 地 質	7
3.2 鉱 床	11

## 第Ⅱ部 各 論

第1章 無極寺地区	13
1.1 地質調査	13

1.1.1	調査方法	13
1.1.2	地質概要	13
1.1.3	地質構造	21
1.1.4	鉍化作用	22
1.2	物理探査	28
1.2.1	調査方法	28
1.2.2	I P法探査結果	34
1.2.3	室内試験結果	163
1.3	ボーリング調査	165
1.3.1	調査概要	165
1.3.2	調査結果	167
第2章	大洋塘地区	173
2.1	地質調査	173
2.1.1	調査方法	173
2.1.2	地質概要	173
2.1.3	地質構造	177
2.1.4	鉍化作用	177
2.2	ボーリング調査	184
2.2.1	調査概要	184
2.2.2	調査結果	187
第3章	調査結果の総合検討	
3.1	無極寺地区	191
3.2	大洋塘地区	196
第Ⅲ部 結 論		
第1章	結 論	199
第2章	第3年次調査への提言	203
文 献		205

## 図 表 一 覧

- 図1 調査地域位置図
- 図2 騰冲梁河北東部地区地質図
- 図3 無極寺地区地質模式層序図
- 図4 地質平面図（無極寺地区）
- 図5 地質断面図（無極寺地区）
- 図6 無極寺地区鉍化帯位置図
- 図7 春花洞鉍化帯スケッチ
- 図8 測線位置図
- 図9 I P法の電極配置と見掛比抵抗の表示方法
- 図10 I P法の減衰曲線
- 図11 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(A測線)
- 図12 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(B測線)
- 図13 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(C測線)
- 図14 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(D測線)
- 図15 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(E測線)
- 図16 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(Q測線)
- 図17 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(F測線)
- 図18 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(G測線)
- 図19 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(H測線)
- 図20 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(I測線)
- 図21 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(J測線)
- 図22 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(K測線)
- 図23 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(L測線)
- 図24 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(M測線)
- 図25 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(N測線)
- 図26 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(O測線)
- 図27 見掛比抵抗及び充電率擬似断面(P測線)
- 図28 見掛比抵抗擬似断面パネルダイアグラム(1/2)
- 図29 見掛比抵抗擬似断面パネルダイアグラム(2/2)
- 図30 充電率擬似断面パネルダイアグラム(1/2)
- 図31 充電率擬似断面パネルダイアグラム(2/2)

- 図32 見掛比抵抗平面図(n=1)
- 図33 見掛比抵抗平面図(n=3)
- 図34 見掛比抵抗平面図(n=5)
- 図35 充電率平面図(n=1)
- 図36 充電率平面図(n=3)
- 図37 充電率平面図(n=5)
- 図38 見掛比抵抗平面図パネルダイアグラム
- 図39 充電率平面図パネルダイアグラム
- 図40 解析比抵抗及び解析充電率断面(A測線)
- 図41 解析比抵抗及び解析充電率断面(B測線)
- 図42 解析比抵抗及び解析充電率断面(C測線)
- 図43 解析比抵抗及び解析充電率断面(D測線)
- 図44 解析比抵抗及び解析充電率断面(E測線)
- 図45 解析比抵抗及び解析充電率断面(Q測線)
- 図46 解析比抵抗及び解析充電率断面(F測線)
- 図47 解析比抵抗及び解析充電率断面(G測線)
- 図48 解析比抵抗及び解析充電率断面(H測線)
- 図49 解析比抵抗及び解析充電率断面(I測線)
- 図50 解析比抵抗及び解析充電率断面(J測線)
- 図51 解析比抵抗及び解析充電率断面(K測線)
- 図52 解析比抵抗及び解析充電率断面(L測線)
- 図53 解析比抵抗及び解析充電率断面(M測線)
- 図54 解析比抵抗及び解析充電率断面(N測線)
- 図55 解析比抵抗及び解析充電率断面(O測線)
- 図56 解析比抵抗及び解析充電率断面(P測線)
- 図57 解析比抵抗断面図パネルダイアグラム(1/2)
- 図58 解析比抵抗断面図パネルダイアグラム(2/2)
- 図59 解析充電率断面図パネルダイアグラム(1/2)
- 図60 解析充電率断面図パネルダイアグラム(2/2)
- 図61 解析比抵抗平面図 深度12.5m
- 図62 解析比抵抗平面図 深度62.5m
- 図63 解析比抵抗平面図 深度125.0m
- 図64 解析充電率平面図 深度12.5m
- 図65 解析充電率平面図 深度62.5m

- 図66 解析充電率平面図 深度125.0m
- 図67 解析比抵抗平面図パネルダイアグラム
- 図68 解析充電率平面図パネルダイアグラム
- 図69 ボーリング位置図（無極寺地区）
- 図70 ボーリング地質断面図（MJTL-1号孔）
- 図71 ボーリング地質断面図（MJTL-2号孔）
- 図72 ボーリング地質断面図（MJTL-3号孔）
- 図73 大洋塘地区地質模式層序図
- 図74 地質図及び地質断面図（大洋塘地区）
- 図75 大洋塘地区鉍体区分図
- 図76 第2鉍体坑道(PD1)スケッチ
- 図77 ボーリング位置図（大洋塘地区）
- 図78 ボーリング地質断面図（MJTL-4号孔）
- 図79 ボーリング地質断面図（MJTL-5号孔）
- 図80 総合解析図（無極寺地区）
- 図81 無極寺地区鉍化モデル
- 図82 無極寺地区要探鉍地区

- 表1 調査内容及び調査量
- 表2 室内試験分析項目及び数量
- 表3 無極寺地区・大洋塘地区の気象データ
- 表4 無極寺地区棋盤石鉍化帯分析結果
- 表5 無極寺地区春花洞鉍化帯分析結果
- 表6 無極寺地区老厂坪子鉍化帯分析結果
- 表7 無極寺地区老厂坪子南方鉍化帯分析結果
- 表8 無極寺地区老厂坪子南西方鉍化帯分析結果
- 表9 I P法調査量一覧表
- 表10 使用機器一覧
- 表11 充電率及び比抵抗値の最小・最大・平均値
- 表12 充電率及び比抵抗測定結果一覧表
- 表13 掘進実績表（無極寺地区）
- 表14 工程表（無極寺地区）
- 表15 ダイヤモンドビット等使用状況表（無極寺地区）

- 表16 大洋塘地区第2 鈹体分析結果  
表17 大洋塘地区第3 鈹体分析結果  
表18 大洋塘地区第4 鈹体分析結果  
表19 大洋塘地区第5 鈹体分析結果  
表20 掘進実績表（大洋塘地区）  
表21 工程表（大洋塘地区）  
表22 ダイヤモンドビット等使用状況表（大洋塘地区）  
表23 大洋塘地区鈹体一覧表  
表24 大洋塘鈹床における鈹体別構成鈹物一覧表  
表25 大洋塘鈹床の鈹床タイプ別代表鈹体一覧表

- 付図1 ボーリング柱状図（MJTL-1）  
付図2 ボーリング柱状図（MJTL-2）  
付図3 ボーリング柱状図（MJTL-3）  
付図4 ボーリング柱状図（MJTL-4）  
付図5 ボーリング柱状図（MJTL-5）

- 付表1 化学分析結果一覧表（地質調査）  
付表2 化学分析結果一覧表（ボーリング調査）  
付表3 検鏡結果一覧表（地質調査・岩石薄片）  
付表4 検鏡結果一覧表（地質調査・鈹石研磨片）  
付表5 検鏡結果一覧表（ボーリング調査・岩石薄片）  
付表6 検鏡結果一覧表（ボーリング調査・鈹石研磨片）  
付表7 掘進実績表  
付表8 工程表  
付表9 使用機器、消耗品及び数量  
付表10 ダイヤモンドビット等使用状況表

- 別添図 1-1 地質平面図（無極寺地区・北部）  
別添図 1-2 地質平面図（無極寺地区・中部）  
別添図 1-3 地質平面図（無極寺地区・南部）  
別添図 2-1 地質断面図 A-A', B-B', C-C', D-D'（無極寺地区）  
別添図 2-2 地質断面図 E-E'（無極寺地区）



- 別添図 3 地質平面図（大洋塘地区）
- 別添図 4 地質断面図（大洋塘地区）
- 別添図 5 鈦微地位置図（無極寺地区）
- 別添図 6 鈦微地位置図（大洋塘地区）
- 別添図 7 試料採取位置図（無極寺地区）
- 別添図 8 試料採取位置図（大洋塘地区）



# 第1部 総論

## 第1章 序論

### 1.1 調査の経緯及び目的

日本国政府は中華人民共和国政府の要請に応じて、騰冲梁河地域の資源開発協力基礎調査を実施することとし、1997年1月15日に本調査の実施に関する実施細則(S/W)を中華人民共和国政府と交換した。この実施細則についての中華人民共和国政府の回答に基づき、日本側国際協力事業団及び金属鋳業事業団と中国側地質鋳産部は、調査の実施細目を定めこれに調印した。

本調査は調印された実施細則と実施細目に基づき、資源開発協力基礎調査騰冲梁河地域の第2年次として実施されたものである。

本調査は騰冲梁河地域において、地質及び鋳床の賦存状況を解明すること及び相手国機関に対し技術移転を図ることを目的とする。

### 1.2 第1年次調査の結論と提言

#### 1.2.1 第1年次調査の結論

第1年次調査の結果から得られた結論は以下のようにまとめられる。

(1) 非鉄金属鋳床賦存有望地区として、中国側が提示した大洋塘地区、無極寺地区及び小龍河地区では、銅、鉛、亜鉛、錫、金、銀、蒼鉛、カドミウムなどの鋳化作用が確認されている。これらの中でも経済的に重要であり、今後更に探鋳を行う必要があるのは、スカルンに伴う銅・鉛・亜鉛鋳化作用及びグライゼンに伴う錫鋳化作用である。

(2) スカルン型銅・鉛・亜鉛鋳化作用は、無極寺地区及び大洋塘地区に認められ、これらの地区には12の有望な鋳床・鋳徴地が存在する。これらの鋳床・鋳徴地のうち、騰冲県によって現在開発中のもの及び騰冲県が開発権を所有するものを除外し、鋳床の規模、品位などから推定して、今後の調査の対象とすべき鋳床は無極寺地区の老厂坪子鋳床及び大洋塘地区の大洋塘鋳床である。

(3) グライゼン型錫鋳化作用は小龍河地区で確認されており、本地区には11の有望な鋳床・鋳徴地が存在する。小龍河地区には第四地質大隊及び騰冲県によって操業中の鋳山が多数あり、有望な鋳床・鋳徴地がこれらの鋳山の周辺に位置することから、本地区における鋳床・鋳徴地についての探鋳は、操業中の鋳山による自主探鋳・開発に委ねることが最善の方法と思われ、今後の調査の対象から除外する。

以上のことから、無極寺地区の老厂坪子鋳床及び大洋塘地区の大洋塘鋳床が、今後更に調査を実施すべき地区として注目される。

## 1.2.2 第1年次調査の提言

第1年次調査の結論から、第2年次調査の対象として選出された無極寺地区の老厂坪子鉄床及び大洋塘地区の大洋塘鉄床に対して、以下のことが提言された。

(1) 老厂坪子鉄床は第四地質大隊によって実施された地質・地化学探査、トレンチ調査、ピット調査などの組織的探査によって発見された鉄床で、現在は第四地質大隊によって地表露頭の採掘が行われている。本鉄床に対しては、既知鉄床内外の探査漏れの発見と同時に新規鉄床の発見を目的とし、各種調査を行う必要がある。また、既知鉄床の下部を対象に物理探査などの更に進んだ調査を実施し、地下深部の鉄化帯の広がりを確認することが必要であろう。

(2) 大洋塘鉄床は数箇所のトレンチ調査及び短尺の坑道探査によって、地表のゴッサンが確認されている。本鉄床に対しては、地表で確認された鉄化に対して、その下部の鉄況を調べる目的で、ボーリング調査を行う必要がある。また、トレンチ調査を含む地質精査を行い、鉄床の連続性を確認することが必要であろう。

## 1.3 本年度調査の概要

### 1.3.1 調査地区

本調査地区は無極寺地区(調査面積12km<sup>2</sup>)及び大洋塘地区(調査面積4 km<sup>2</sup>)の2地区からなり、雲南省の最西部、省都昆明の西方に位置する(図1)。

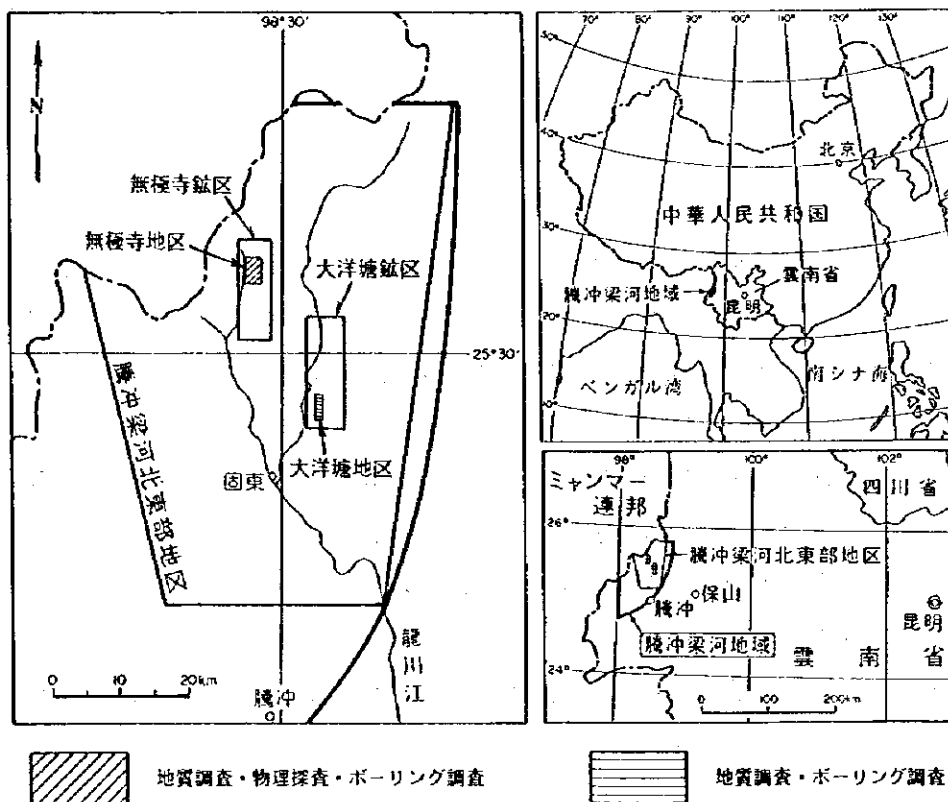


図1 調査地域位置図

### 1.3.2 調査内容

本年度調査は地質調査、物理探査及びボーリング調査からなる。調査内容、調査量などを表1に、室内試験分析項目及び数量を表2に示す。

表1 調査内容及び調査量

調査内容	調査数量等				
	地質調査	精査	調査面積	無極寺地区	12 km <sup>2</sup>
大洋塘地区				4 km <sup>2</sup>	
踏査距離		無極寺地区	50 km		
		大洋塘地区	20 km		
地形図作成 (縮尺1/2000)	無極寺地区		12 km <sup>2</sup>		
	大洋塘地区		4 km <sup>2</sup>		
物理探査 (IP法)	対象地区		無極寺地区		
	測線数		17測線		
	測線延長		26.5km		
	電極間隔		50m		
	電極間隔係数		n = 1 ~ 5		
	測点数		2,310点		
ボーリング調査	孔番号	掘進方向 (真北)	傾斜	掘進長	調査地区
	MJTL-1	55°	75°	180m	無極寺地区
	MJTL-2	55°	85°	250m	無極寺地区
	MJTL-3	55°	85°	300m	無極寺地区
	小計(3孔)			730m	
	MJTL-4	280°	80°	230m	大洋塘地区
	MJTL-5	260°	85°	139m	大洋塘地区
	小計(2孔)			369m	
	合計(5孔)			1,099m	
	資材搬入路補修工事			1,085m	

表2 室内試験分析項目及び数量

調査内容	分析項目及び成分	数量(件)
地質調査	鉍石分析(5成分: Au, Ag, Cu, Pb, Zn)	20
	鉍石研磨片	10
	岩石薄片	10
	物性測定(分極率・比抵抗)	20
ボーリング調査	鉍石分析(5成分: Au, Ag, Cu, Pb, Zn)	80
	鉍石研磨片	20
	岩石薄片	20
	物性測定(分極率・比抵抗)	10

#### 1.4 調査団の編成

現地調査に参加した調査員は次のとおりである。

##### (1) 日本側

武山 真	団長・総括	(住鉱コンサルタント株式会社)
小川 孝雄	物 探	( " )
菊池 晃	物 探	( " )
勝田 充	物 探	( " )
中村 正信	地 質	( " )
小畑 英樹	地 質	( " )
成田 勝榮	ボーリング	( " )

##### (2) 中国側

李晓明	(中国地質鉱産部雲南省地質鉱産勘査開発局)
朱 諍	( " )
李文生	(中国地質鉱産部雲南省地質鉱産庁)
呉 軍	(中国地質鉱産部雲南省地質鉱産勘査開発局第四地質大隊)
楊永義	( " )
石能学	( " )
張自軍	( " )
監督人	( " )
黄韵座	(中国地質鉱産部雲南省八〇二地質工程勘査施工公司)
陶世介	( " )
塘 乃	( " )
李継三	( " )

#### 1.5 調査期間

各現地調査及び報告書作成の作業期間は以下のとおりである。

地質調査	平成9年10月8日～平成9年11月20日
物理探査	平成9年10月8日～平成10年1月10日
ボーリング調査	平成9年10月8日～平成10年3月5日
報告書作成	平成9年11月21日～平成10年3月20日

## 第2章 調査地区の地理

### 2.1 位置及び交通

本調査地区は中国雲南省の最西部、省都昆明の西方に位置する。行政的には騰冲県に属している。

本調査地区へは、昆明から西へ向かう幹線道路が通じているが、第四地質大隊の本部がある保山までは空路(約350km)で35分、保山から本調査地区への拠点となる騰冲までが陸路(約200km)で4時間半で達する。騰冲から無極寺地区へは陸路(約74km)で2時間、大洋塘地区へは陸路(約65km)で1時間半で達する。

### 2.2 地形及び水系

雲南省は中国南西部に位置し、チベット高原から続く高い山々が連なる内陸省である。地勢区分は山地84%、高原10%、山間盆地及び河谷平野6%で、大部分が山地及び高原で占められ、北西部及び西部が山岳地帯、南東部が高原地帯となっている。これらの山地の間をぬって、四つの国際河川を含む六つの大河川(怒江、瀾滄江、金沙江、独龍江、元江、南盤江)が省内を流れている。

本調査地区を含む騰冲梁河地域は怒江の西方に位置し、標高2,000~3,000mの起伏の多い山岳地帯を形成し、山容急峻な壮年期の地形を呈する。主要な河川は龍川江及び大盈江である。これらの河川はミャンマーとの国境に源を發し、地質構造の規制を受けながら、北から南に流れ、本地域の南端付近で、南西方向へと流路を変える。これらの河川に沿っては低地が発達する。

### 2.3 気 候

雲南省の気候は熱帯雨林気候で、雨期と乾期の二つに分けられる。雨期は5月から10月頃までの期間で、この期間は熱帯モンスーンの影響を受け、湿度が高く、降雨量が多く、年間降雨量の約85%がこの期間に集中する。乾期は11月頃から4月までの期間で4月までは涼しい。年間を通じて温暖であるが、北西及び東北の山岳地域は比較的寒冷である。

本調査地区における気象データを表3に示す。

表3 無極寺地区・大洋塘地区の気象データ

	年平均気温(°C)	最高気温(°C)	最低気温(°C)	年平均降雨量(mm)
無極寺地区	13.8	27.6	-5.0	1,590~2,110
大洋塘地区	17.0	33.0	-5.0	2,110

(第四地質大隊資料より)





### 第3章 騰冲梁河北東部地区の一般地質

#### 3.1 地 質

騰冲梁河北東部地区の地質は震旦紀の変成岩類、石炭系～三疊系、新第三紀の堆積岩類や火山岩類及び主に燕山期(ジュラ紀～白亜紀、一部古第三紀を含む)の貫入岩類を基盤とし、これらを第四紀の未固結堆積物及び火山岩類が覆うものである。震旦系は主に片岩、片麻岩などの変成岩類からなる。石炭系は主に石英砂岩、粘板岩などからなる。二疊系及び三疊系は石灰岩や苦灰岩などの炭酸塩岩類からなり、スカルン鉄床の母岩となっている。新第三系は砂岩・泥岩互層、安山岩質火山岩類などからなり、一部には玄武岩類も分布している。第四系は主に湖沼堆積物からなる更新統又は更新世～完新世の火山岩類及び沖積層からなる(図2)。

貫入岩類は二疊紀～三疊紀の花崗岩質岩類、ジュラ紀後期～白亜紀前期の東河花崗岩系、白亜紀後期の古永花崗岩系及び古第三紀の板柳江花崗岩系の4つに区分され、本地区全体に広く分布する。このうちジュラ紀後期以降の3つの花崗岩系は、ほぼ南北方向に帯状に配列し、大局的に東から西に若くなる傾向にある。本地区における鉄化作用は、これらの花崗岩質岩類と密接な関係にあり、東河花崗岩系と二疊紀～三疊紀の炭酸塩岩類との接触部にスカルン鉄床が、古永花崗岩系中にグライゼン型錫鉄床が胚胎している。また、二疊紀～三疊紀の花崗岩質岩類中の石英脈の一部には含金石英脈が知られている。

震旦系は石炭系～三疊系の堆積岩類とは断層で接している。石炭系と下部二疊系は一部を除いてほぼ整合関係にあり、下部二疊系と三疊系は不整合関係にある。

本地区には、比較的連続性の良い大きな断層としては、古永断層、棋盤石-騰冲断層及び大盈江断層が知られている。また、花崗岩質岩類や堆積岩類は南北方向に帯状に配列しており、堆積岩類中に発達する褶曲構造もほぼ南北及び北北東-南南西の褶曲軸を持つ。

大盈江断層は広域的には盈江から騰冲及び固東をとおり龍川江沿いにさらに北方まで連続する断層で、断層沿いに多くの第四紀火山及び温泉が分布している。本断層に沿った地域は開折が著しい。本断層は騰冲梁河北東部地区では北北東方向に延びているが、傾斜やズレのセンスは不明である。本断層東側では震旦系の地層が広い分布を示すことから、相対的には本断層東側の地域が上昇していると考えられる。

古永断層及び棋盤石-騰冲断層は北北西-南南東方向に走る断層で、いずれも逆断層と考えられている。このうち古永断層は騰冲付近から洋楊河に沿って北北西方向に延びている。また、棋盤石-騰冲断層は固東から西沙河に沿って北北西方向に延び、銅厂山付近からはほぼ北方に延びている。本地区に認められる比較的短い断層はほとんどが北東の走向を持ち、古永断層と騰冲断層とほぼ約60°の角度で斜交している。

石炭系～三疊系に発達する褶曲構造には、北北東-南南西方向の褶曲軸と北北西-南南東方向の







图 2 腾冲梁河北东部地区地质图



褶曲軸をもつものがある。騰冲断層の西側地域では、北北東-南南西方向の褶曲軸をもつものが、東側地域では、北北西-南南東方向の褶曲軸をもつものが発達している。これらの褶曲の翼部又は軸部付近には、花崗岩質岩類が貫入している場合が多く、本地区の鋳床と密接な関係をもつ。

### 3.2 鋳 床

騰冲梁河北東部地区には、多くのスカルン型銅鉛亜鉛鋳床、グライゼン型錫鋳床及び鋳微地が知られている。これらの鋳床・鋳微地の多くは、一部を除いて、棋盤石-騰冲断層西側の白亜紀後期の古永花崗岩系が分布する地域、棋盤石-騰冲断層沿いの地域及び棋盤石-騰冲断層と大盈江断層に挟まれた地域に遍在している。このほかに、本地区で経済的に注目される鋳床として、接触変成作用により炭酸塩岩中に発達した珪灰石の鋳床がある。

本地区のグライゼン型錫鋳床・鋳微地の多くは、小龍河地区の棋盤石-騰冲断層西側の大松坡付近に集中している。この中でも大松坡鋳山は雲南省地質鋳産局第四地質大隊が経営する錫鋳山のひとつで、白亜紀後期古永花崗岩系に属する花崗岩質岩類を母岩とする脈状のグライゼン型錫鋳床である。また、大松坡鋳山周辺には分水嶺、小龍河、火燒林などの錫鋳床が分布する。

本地区のスカルン型鋳床は二疊紀～三疊紀の炭酸塩岩類と白亜紀前期東河花崗岩系に属する花崗岩質岩類の接触部や断層沿いに発達している。本地区で知られているスカルン鋳床・鋳微地には、無極寺地区の棋盤石-騰冲断層沿いに分布する棋盤石、老厂坪子、無極寺、銅厂山など、大洋塘地区の紅岩大坡、大碛厂、紅溝岩、大洋塘などがある。これらのうち、無極寺地区の老厂坪子鋳床は二疊紀炭酸塩岩類中に発達するスカルン型銅鉛亜鉛鋳床で第四地質大隊により探鋳活動が継続中である。また、銅厂山鋳床は騰冲県が経営する銅鉛亜鉛鋳床で、二疊系と花崗岩質岩類の接触部に鋳床が胚胎している。大洋塘地区の紅岩大坡は石炭系～二疊系中に発達するスカルン型銅鋳床で、騰冲県が経営している。また、大洋塘鋳床は三疊系炭酸塩岩類と白亜紀前期花崗岩質岩類との接触部に胚胎するスカルン型銅鋳床で、現在、第四地質大隊により探鋳が継続中である。



## 第II部 各 論

### 第1章 無極寺地区

#### 1.1 地質調査

##### 1.1.1 調査方法

地質調査は日本側技術者1名、中国側技術者1名からなる調査班を3班編成し、無極寺地区における地質及び地質構造と鉱化作用の関係を把握することを目的として行われた。踏査に当たっては、既存資料を十分検討して踏査ルートを設定し、特に重要な露頭は縮尺100～200分の1のスケッチ及びカラー写真撮影を行った。調査中は必要に応じて室内試験用の試料の採取も行った。

##### 1.1.2 地質概要

本地区の地質は上部石炭系～下部二畳系の堆積岩類及び燕山期の貫入岩類を基盤とし、これらを覆う第四紀の未固結堆積物から構成される。上部石炭系は主に粘板岩、ホルンフェルスなどからなる。下部二畳系は石灰岩、苦灰岩などの炭酸塩岩類からなり、スカルン鉱床の母岩となっている。第四系は主に沖積層からなる。

貫入岩類は演難花崗岩類、棋盤石花崗岩類及び銅厂山花崗岩類が分布する。これらの貫入岩類と下部二畳系の炭酸塩岩類との接触部にスカルン鉱床が生成している。

本地区の地質を総括して図3に、地質平面図を図4に、地質断面図を図5に示す。

年代 (Ma)	時代	造山期	地層名	岩 相	火 成 活 動	鉱 化 作 用
2	第四紀		固東街層	シルト、砂礫、粘土		
65	第三紀	燕山期				
136	白堊紀					
195	ジュラ紀					
225	三畳紀	印支期				
280	二畳紀	海西期	大銅厂層	上部層 結晶質石灰岩、苦灰質石灰岩 苦灰岩 砂岩・泥岩・酸性凝灰岩薄層 下部層 生物碎屑石灰岩、 炭質石灰岩、泥質石灰岩	銅厂山花崗岩類 石英斑岩、花崗斑岩 棋盤石花崗岩類 角閃石石英モンゾ閃緑岩 演難花崗岩類 黒雲母アダメロ岩	Pb・Zn・Cuスカルン
			空樹河層	上部層 炭質粘板岩、石灰岩 粘板岩、ホルンフェルス		
	石炭紀	期				

図3 無極寺地区地質模式層序図









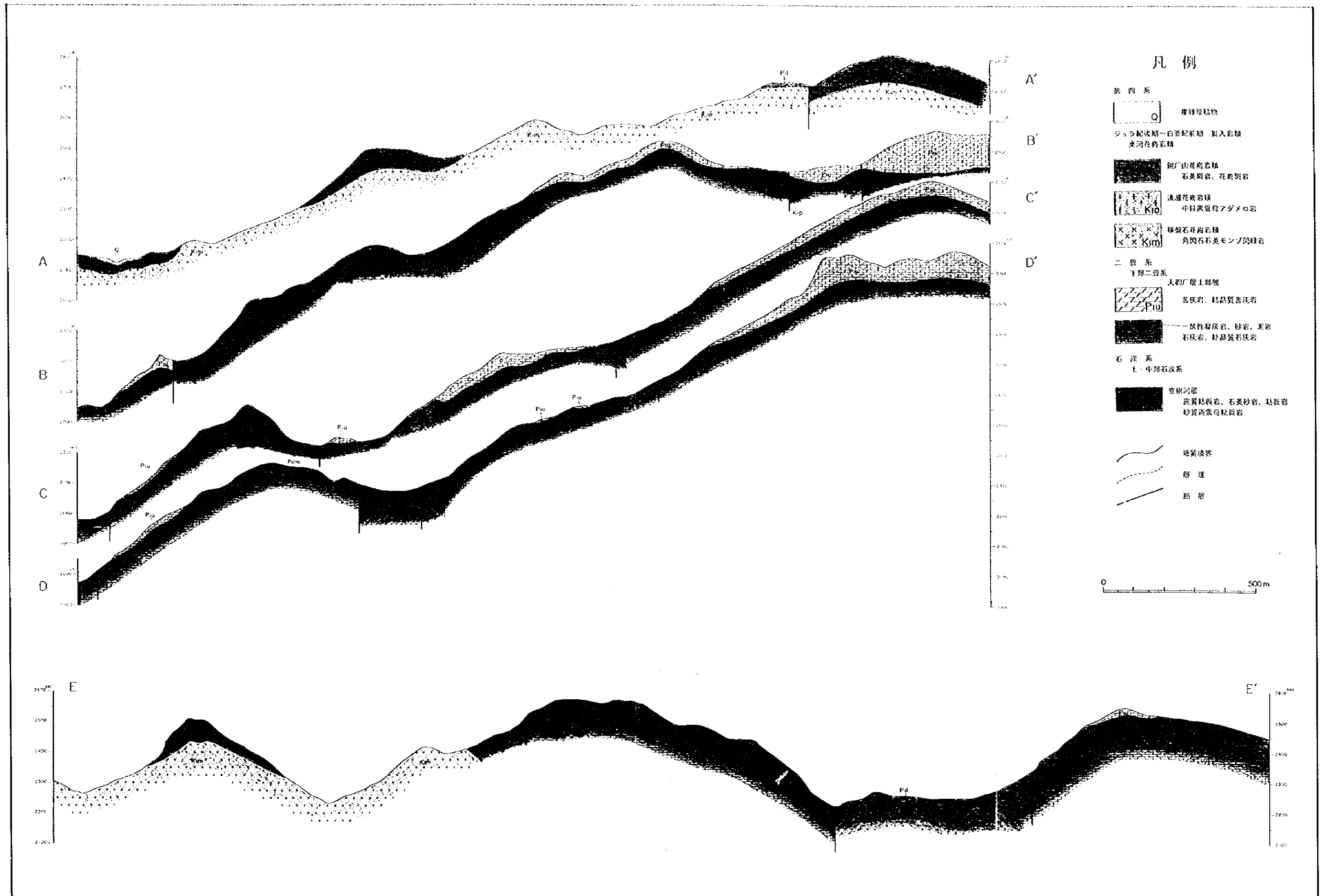


図5 地質断面図 (無極寺地区)  
 -17-18-



## (1) 上部石炭系空樹河層

上部石炭系として空樹河層上部層が本地区南東部に僅かに分布する。主に粘板岩、ホルンフェルスなどからなり、二疊系との境界付近では石灰岩レンズが挟在される。本層からは*Quasifusulina* sp., *Polypora* cf. *Porosa*, *Fenestella* sp. などの紡錘虫化石の産出が報告されている。

粘板岩は暗灰色～暗青灰色を呈し、塊状かつ堅固で、ほとんど変質作用を受けていない。ホルンフェルスは暗灰色～暗青灰色～黒色を呈し、塊状で非常に堅固であり、局所的に方解石細脈を伴う。

## (2) 下部二疊系大洞厂層

下部二疊系として、大洞厂層が本地区全体にわたって広く分布する。大洞厂層は上部層及び下部層に分けられる。

### (a) 大洞厂層下部層

大洞厂層下部層は主として層状生物碎屑石灰岩からなり、本地区北部、南東部及び南西部に小規模に分布し、時に苦灰質になる。

層状生物碎屑石灰岩は淡灰色～灰色を呈し、全体的に塊状で、一部で弱い層理が観察される。方解石の粒度は細～中粒で、細粒の黄鉄鉱が散点状に少～中量晶出しており、弱～中程度の粘土化変質を受けている。鏡下では、化石として、海百合、腕足類などがみられ、顆粒状方解石(径0.2mm程度)が優勢に分布している。その組織及び産状から、方解石が再結晶作用を受けている。そのほか、粒状石英、微晶方解石、緑泥石などが少量みられ、再結晶化方解石の粒間を充填している。

苦灰質石灰岩は淡灰色～灰色を呈し、全体的に塊状であるが、一部で層理が顕著に発達するところもある。再結晶したレンズ状白色方解石(長径2cm×短径1mm)が少～中量挟在されている。また、一部地域では、砂質岩源のホルンフェルスの転石が確認されている。これは塊状で堅固であり、弱程度の粘土化変質を受け、細粒の黄鉄鉱が散点状に少量鉍染している。鏡下では、ほとんど方解石からなり、石英、緑泥石などが方解石粒間に少量みられる。

### (b) 大洞厂層上部層

大洞厂層上部層は本地区に広く分布し、苦灰岩、石灰岩及びそれらの組合せの互層からなる。いずれも再結晶しており、塊状と層状に区別される。

層状石灰岩は暗灰色～灰色を呈し、結晶質で層理が優勢に発達する。層理面に沿って方解石細脈が形成されているのが顕著である。層理面は走向N50°E・傾斜70°NWを示す。鏡下では、ほとんど方解石からなり、その粒度の違いにより層状組織を呈している。すなわち、細粒層では、径0.01～0.02mm程度の方解石が幅1mm程度の層を形成し、中粒層では径0.05～0.4mm程度、幅0.8～2.0mm、粗粒層では径0.8mm程度、幅0.5mm程度である。そのほか、緑泥石、炭質物などがみられ、弱い熱変質を受けている。

塊状石灰岩は主要構成鉱物として、方解石、菱苦土石、白雲母、緑泥石などがみられる。方解

石は粒状～不規則状で、径0.04～2.5mm程度、平均径1.0mm程度である。白雲母は様々な産状を持ち、針状で径0.2mm程度である。方解石に包含されたり、方解石粒間を充填したり、定方向配列を示したりする。

苦灰岩は淡赤色～淡橙色～淡黄色～淡灰白色を呈し、全体的に塊状であるが、一部で糖状～砂状を伴う。また、割れ目が多く発達するもの及び風化作用を受け多孔質なものも観察される。鏡下では、ほとんど苦灰石及び方解石からなり、蛇紋石細脈(幅1mm程度)を伴う。

### (3) 第四系

第四系として、岡東街層が本地区の北西部に分布する。主に完新世の現河床堆積物、段丘堆積物、崖錐堆積物などからなり、シルト、砂礫、粘土、粘土混り砂礫などが分布する。

### (4) 貫入岩類

本地区には、燕山期の貫入岩類として、滇難花崗岩類、棋盤石花崗岩類、銅厂山花崗岩類が分布する。本地区の鉍化作用はこれらの貫入岩類と密接な関係があり、貫入岩類と下部二疊系の炭酸塩岩類との接触部にスカルン鉍床が形成している。

#### (a) 滇難花崗岩類

滇難花崗岩類は黒雲母アダメロ岩からなり、本地区北東部の老山頂北東方において、岩株状に分布する。淡灰白色～淡桃灰色を呈し、中粒・等粒状組織を示し、中～弱程度の粘土化変質作用を被っている。弱～中程度に漂白作用を受け、一部で著しく風化作用を受け真砂土化している。黒雲母(径1～2mm程度)が特徴的であり、カリ長石及び角閃石(径2～4mm程度)が多量に晶出している。鏡下では、主要構成鉍物として、斜長石、カリ長石、角閃石、石英及び黒雲母がみられ、少量の磷灰石・ジルコン・スフェーンが含まれる。緑簾石化作用、緑泥石化作用及びカオリナイト化作用を受け、変質鉍物として、緑簾石、緑泥石及び絹雲母がみられる。

#### (b) 棋盤石花崗岩類

棋盤石花崗岩類は角閃石石英モンゾ閃緑岩からなり、本地区北部に岩株状に貫入しており、その中央部で大銅厂層の炭酸塩岩類をルーフペンダントとして残している。本岩は本地区南部に広く分布する大銅厂層の炭酸塩岩類との接触部及びルーフペンダント状炭酸塩岩類との接触部でスカルン鉍床を形成している。

本岩は灰色～淡灰色～淡桃灰色を呈し、全体的に中～強程度に風化作用を受け、弱～強程度の粘土化変質を受けているところもある。一部で漂白作用もみられ、角閃石の斑晶が特徴的である。変質作用は極めて局所的であり、近辺には真砂土が分布することがある。鏡下では、主要構成鉍物として、斜長石、石英、角閃石、カリ長石及び黒雲母がみられ、磷灰石、ジルコン、スフェーン、磁鉄鉍などを少量含む。変質鉍物として、緑簾石、緑泥石、絹雲母、カオリナイトなどがみられ、斜長石はカオリナイト化、絹雲母化及び緑簾石化を、角閃石は緑泥石化及び緑簾石化を、黒雲母は緑泥石化を、カリ長石はカオリナイト化を受けている。中粒半自形等粒状組織を示し、斑晶は径1～3mm程度である。

### (c) 銅山花崗岩類

銅山花崗岩類は石英斑岩及び花崗斑岩からなり、本地区南部に広く分布する大銅山層中に、岩株状貫入岩として点在する。個々の貫入岩体は長径120m程度、短径50~75m程度で、比較的小規模である。

石英斑岩は灰白色~淡クリーム灰色~淡緑色を呈し、斑状組織を示す。一部で局部的に風化作用及び粘土化変質作用を中~強程度に受けている。鏡下では、斑晶として、径0.5~4mm程度の長石及び石英がみられ、基質は細粒(径0.04mm以下)の長石・石英・角閃石及び少量の磷灰石・スフェーンなどからなる。基質は部分的に変質作用を強く受け、二次的変質鉱物として、曹長石、石英、白雲母、緑泥石、酸化鉄鉱物などが粒状~鱗片状変晶(径0.2mm程度)を形成している。鉄鉱物として、黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、方鉛鉱などを伴う。

花崗斑岩は淡緑灰色~淡青灰色~クリーム白色を呈し、斑状組織を示す。特に、斜長石の斑晶は径2~8mm程度(平均4mm程度)で特徴的である。全体的に中~強程度の粘土化変質作用を受け、一部で強く風化作用を受けている。中~多量の褐鉄鉱及び少量の黄鉄鉱・硫砒鉄鉱が散点状に分布する。鏡下では、斑晶として、径0.2~4mm程度の斜長石、角閃石及び石英がみられ、基質として、微晶~細粒状(径1mm以下)の板状~柱状斜長石、石英、粒状角閃石及び少量の黄鉄鉱・磁鉄鉱・緑泥石・ジルコン・スフェーンが含まれる。斜長石はカオリナイト化を、角閃石は弱程度の緑泥石化を受けており、酸化鉄鉱物が晶出している。

### 1.1.3 地質構造

無極寺地区は構造的及び岩質的な差異により、北部岩体、中央岩体及び南部岩体の3つのブロックに分けられる。各ブロックを構成する堆積岩類は褶曲・断層運動を受け、花崗岩類の貫入を伴う大きな構造運動を被っている(図87参照)。

北部岩体は本地区北部に分布するもので、主として角閃石石英モンゾ閃緑岩からなり、構造的には基盤の盛り上がりを示し、その中央部で石灰岩をルーフペンダントとして残している。

中央岩体は石灰岩、苦灰岩などの炭酸塩岩類からなり、北北西-南南東方向の軸をもつ褶曲構造、ドーム構造及び北東-南西方向の断層の発達で特徴づけられる。これらの構造に沿って、幾つかの石英斑岩の岩株が露出している。

南部岩体は石灰岩、苦灰岩などからなり、北西-南東方向の軸をもつ褶曲構造、東北東-南西南方向の断層の発達で特徴づけられる。董保山を北西-南東方向に走る背斜は本岩体の中でも第1級の構造要素で、波長も様々な背斜と向斜によって構成される複背斜状を示し、全体として、その褶曲軸が北西にブランチする。これらの構造沿いに石英斑岩や花崗斑岩の貫入がある。



#### 1.1.4 鈹化作用

本年度調査の結果、本地区内で4つの鈹化帯が確認された(図6)。

本地区の鈹化作用は燕山期貫入岩類と密接な関係があり、貫入岩類と下部二疊系の炭酸塩岩類との接触部にスカルン鈹床が発達している。また、空樹河層上部層と大羽層との境界部でも一部でスカルンが形成されている可能性がある。

##### (1) 棋盤石鈹化帯

本地区北部の対門山西方に棋盤石鈹体の賦存が推定される。ここでは、大羽層の炭酸塩岩類に対して、角閃石石英モンソ閃緑岩が岩株状に貫入しており、ホスト岩体であった炭酸塩岩類がルーフペンダントとして、貫入岩体の上に取り残されている。ここでは主に2つのルーフペンダントが分布しており、この炭酸塩岩類の規模は長径1.0~0.6km程度、短径0.5~0.1km程度である。炭酸塩岩類と角閃石石英モンソ閃緑岩との接触部の一部では、スカルンが形成されており、レンズ状~層状に断続的に膨縮を伴いながら賦存するものと推定される。スカルン帯の一部では既に探鈹坑道が掘削されており、炭酸塩岩類の分布する北側斜面上では8つの坑口を、南側斜面上では2つの坑口を確認することができる。

一方、棋盤石集落東方に分布する小規模な炭酸塩岩体では2つの坑口を確認できる。坑口周辺には坑内から出鈹されたと思われる鈹石、ズリ石などがみられる。北側斜面坑口付近にある鈹石スカルンの転石では、主な鈹石鈹物は閃亜鉛鈹で、黄銅鈹及び方鉛鈹と共生し、少量の黄鉄鈹・銅藍を随伴する。脈石鈹物は石英に富み、単斜輝石、緑泥石及び緑簾石からなる。旧坑付近にある鈹石の転石では、孔雀石、藍銅鈹、方鉛鈹などの鈹石鈹物が確認される。周辺の地表露頭ではスカルン帯は確認されなかった。

本鈹体の鈹況について、参考として、坑口付近で採取した鈹石転石の分析結果を表4に示す。

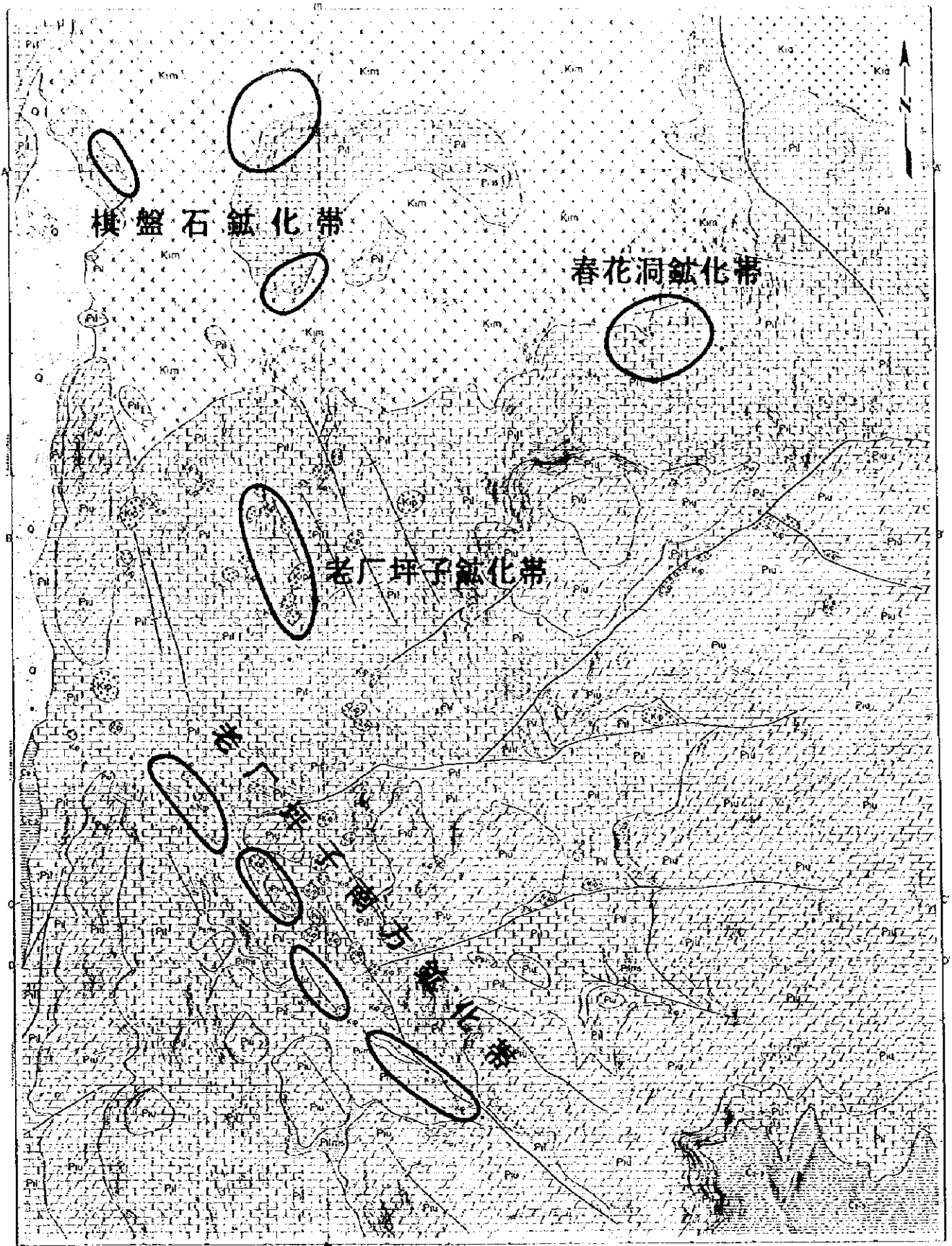
表4 無極寺地区棋盤石鈹化帯分析結果

試料番号	岩石名	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
97103103	鈹石スカルン	0.03	191.0	0.088	3.87	12.47

##### (2) 春花洞鈹化帯

春花洞北部において、スカルン帯の露頭を新たに2箇所確認することができた。

スカルン帯は角閃石石英モンソ閃緑岩と結晶質石灰岩との間にみられ、強く風化・変質作用を受け、土壌化し、層状に分布する。スカルンは灰白色ゾーンと赤褐色ゾーンが互層をなしており、灰白色ゾーンには微粒黄鉄鈹が含まれ、赤褐色ゾーンは褐鉄鈹を伴う茶褐色土壌からなる。内部にはカオリナイト帯が薄く挟在する(図7)。スカルンは走向N60°W・傾斜30°SWを示し、その産状から、少なくとも走向延長500m程度、幅4m程度のスカルン帯が角閃石石英モンソ閃緑岩と結晶質石灰岩との間に賦存していると推定される。さらに、スカルン露頭の周辺には、鈹石スカルンの転石がみられ、鈹石鈹物として、黄銅鈹、黄鉄鈹、硫砒鉄鈹、閃亜鉛鈹及び方鉛鈹



凡例

- |  |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
| <p>第四系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> 第四系</li> <li> シュウ乾層一色礫層 黄土層 黄土花崗岩類</li> <li> 第五系</li> <li> 第五系</li> <li> 第五系</li> </ul> | <p>二叠系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> 二叠系</li> <li> 二叠系</li> <li> 二叠系</li> </ul> | <p>三叠系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> 三叠系</li> <li> 三叠系</li> </ul> | <p>第四系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> 第四系</li> <li> 第四系</li> <li> 第四系</li> <li> 第四系</li> <li> 第四系</li> </ul> | <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> 鉱化帯</li> <li> フォーム線</li> <li> 断層</li> <li> フォーム線</li> <li> フォーム線</li> <li> フォーム線</li> </ul> |
|--|---|---|---|---|

図6 無極寺地区鉱化帯位置図

が観察される。

スカルン帯の母岩である結晶質石灰岩は帯桃色を呈し、方解石をはじめ、少量の菱苦土石・白雲母・緑泥石・酸化鉄鉱物からなる。方解石の粒度は2.5~0.04mm程度(平均1.0mm程度)である。

角閃石石英モソ閃緑岩は斜長石、カリ長石、石英、角閃石、少量の磁鉄鉱・ジルコンなどからなり、鉱物粒度は平均2.0mm程度である。斜長石は弱いカオリナイト化作用を、角閃石は弱い緑泥石化作用を被っている。

分析結果によると、このスカルン帯(試料番号971031-1~971031-3)の地表露頭の鉱況は、採取幅4.10mで、平均Ag品位1.60g/t、平均Cu品位0.042%、平均Pb品位0.04%、平均Zn品位0.06%及び平均Au品位は検出限界以下(0.005g/t以下)であった。

本スカルン帯から採取された試料の分析結果を表5に示す。

表5 無極寺地区春花洞鉱化帯分析結果

試料番号	岩石名	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
971031-1	スカルン酸化鉱	<0.005	1.5	0.079	0.03	0.02
971031-2	スカルン酸化鉱	<0.005	2.7	0.026	0.04	0.11
971031-3	スカルン酸化鉱	<0.005	0.9	0.016	0.04	0.06
971031-4	石英モソ閃緑岩	<0.010	0.9	0.015	0.02	0.08
971031-5	鉱石スカルン	0.035	3.6	0.506	0.01	0.04
971031-9	鉱石スカルン	<0.005	11.4	0.342	0.08	28.85

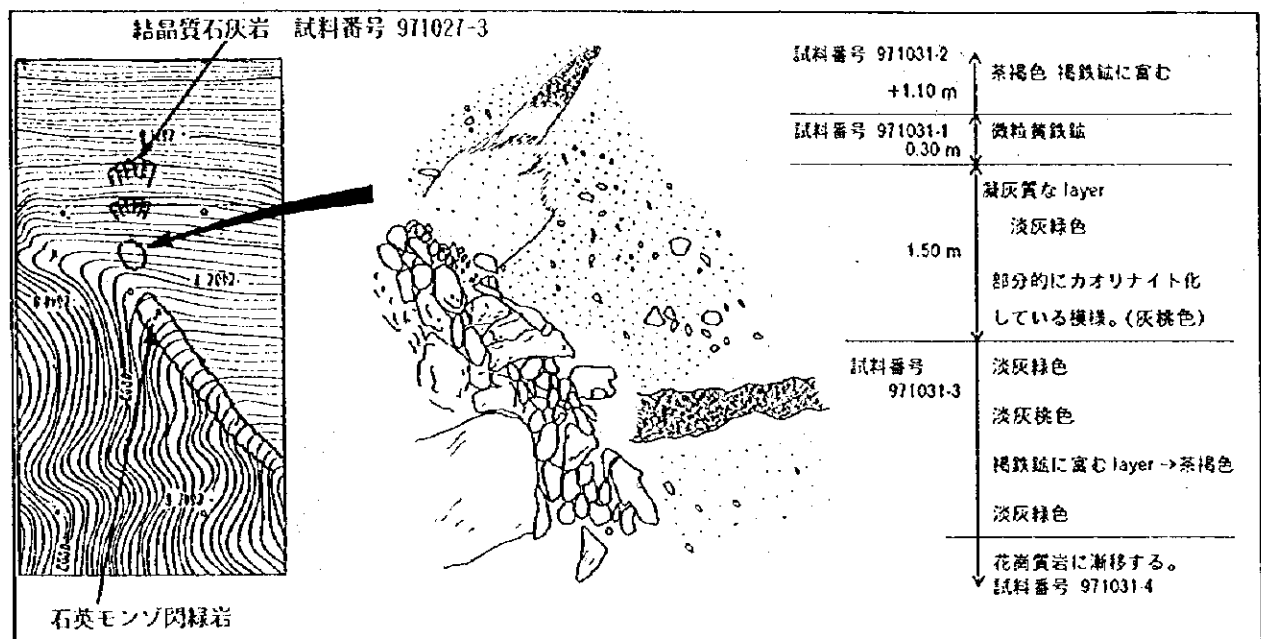


図7 春花洞鉱化帯スケッチ

### (3) 老厂坪子鉍化帯

老厂坪子周辺及び老厂坪子南方では、大碕厂層の炭酸塩岩類中に銅厂山花崗岩類の石英斑岩が貫入し、両者の境界の一部で、スカルンが発達している。老厂坪子周辺には、小規模のタヌキ掘り坑道及びトレンチ跡が10箇所程度残っている。

老厂坪子周辺では、鉍石スカルンはほとんどが坑口周辺に転石として分布し、一部で小規模の露頭が確認された。鉍石スカルンは帯黄橙色～帯黄褐色～暗灰色～暗褐色を呈し、砂質～粘土質で、強く酸化作用を受け、鉍物が溶脱され多孔質となり、一部で土壌化している。変質が著しいため鉍石鉍物の鑑定が難しいが、白鉛鉍、異極鉍及び方鉛鉍がみられる。脈石スカルンは淡緑色～クリーム白色を呈し、塊状で、方解石を主とし、緑泥石、モンモリロナイト、カオリナイトなどがみられ、散点状に少～中量の褐鉄鉍が分布する。全体的に中～強程度の風化変質作用を受けている。

老厂坪子南方では、結晶質石灰岩と石英斑岩との接触部で、茶色微粒柘榴石スカルン帯、淡黄緑色微粒柘榴石スカルン帯及び方鉛鉍-磁鉄鉍スカルン帯が幅10cm程度の累帯構造を示しているのが観察された。鉍石スカルンでは、鉍石鉍物として、方鉛鉍及び磁鉄鉍がみられ、鏡下では、脈石鉍物として、ゾイサイト、方解石、透輝石及び灰ばん柘榴石がみられた。

結晶質石灰岩は淡緑色～帯青緑色～乳白色～白色を呈し塊状である。方解石は径1～5mm程度(平均2mm程度)である。スカルン帯の規模はスカルンの露頭がほとんど確認できないため不明である。石英斑岩は淡緑灰色～淡灰白色～淡クリーム白色を呈し、中～強程度に漂白作用を受け、強く粘土化作用を受けている。斑状組織を残しており、主に石英、斜長石などが観察される。

老厂坪子周辺及び老厂坪子南方の鉍況について、参考として、老厂坪子周辺でみられる坑口付近にある鉍石転石(試料番号97110108)及び老厂坪子南方の転石(試料番号971017-6, 971020-9)による分析結果を表6に示す。特に、老厂坪子周辺の試料でAg, Pb, Znが高いことは特筆すべきことである。

表6 無極寺地区老厂坪子鉍化帯分析結果

試料番号	岩石名	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
97110108	スカルン酸化鉍	<0.005	240	0.166	4.89	12.28
971020-9	鉍石スカルン	<0.005	>350	0.661	34.04	9.90
971017-6	鉍石スカルン	<0.005	2.7	0.186	0.05	0.04

### (4) 老厂坪子南方鉍化帯

本地区の南西部では、大碕厂層の炭酸塩岩類中に銅厂山花崗岩類が貫入し、両者の境界に沿う一部の地点で、スカルンが発達している。銅厂山花崗岩類は北西-南東方向の軸をもち、董保山を走る背斜の東翼部に岩枝として貫入している。スカルン帯に対しては、探鉍坑道及び数10箇所のトレンチが掘削されており、盛んに探鉍が行われている。

探鉍坑道PD13は、第四地質大隊により、S20°E方向に約110m程度掘削された水平坑道で、厚

さ2 m程度のスカルン帯に着鉱して、約120トンの出鉱されたという記録が残っている。坑口周辺には坑内から出鉱されたと思われる転石が多く散在し、鉱石スカルン、脈石スカルン及び結晶質石灰岩が観察される。

鉱石スカルンには、孔雀石-藍銅鉱に富む鉱石スカルン、方鉛鉱-閃亜鉛鉱-菱亜鉛鉱に富む鉱石スカルン、黄鉄鉱-白鉄鉱に富む鉱石スカルン、孔雀石-藍銅鉱に富み少～中量の方鉛鉱・菱亜鉛鉱・白鉄鉱を伴う鉱石スカルンの4つのタイプがみられる。ここでは、孔雀石-藍銅鉱に富む鉱石スカルンが最も多く観察された。このタイプの分析結果(試料番号97102903)を表7に示す。脈石スカルンは暗青灰色～暗灰色を呈し、塊状である。鏡下では、主に灰ばん柘榴石(径1.5～0.05mm程度、平均径0.8mm程度)がみられ、少～中量の白雲母・緑泥石・粘土鉱物などを伴う。結晶質石灰岩は白色を呈し、酸化鉄鉱物をスポット状～細脈状に少量伴う。

老厂坪子山と董保山との間にある北西-南東方向に延びる大規模な沢の西側斜面には、探鉱坑道PD004・PD006・PD009などの第四地質大隊による探鉱坑道が多く分布している。これらは本鉱化帯に対して行われた探鉱坑道である。PD004から約100m程度南方に離れた付近では、第四地質大隊により掘削中の探鉱坑道がある。現在、約40m程度掘削されているが、鉱体にはまだ着鉱していない。坑内引立て面では、淡緑色～淡灰白色を呈し、塊状な緑泥石スカルンが観察された。鏡下では、曹長石、方解石及びゾイサイトがみられる。坑口付近の地表露頭には白色粗粒の結晶質石灰岩が露出している。付近の沢底には、緑泥石スカルン及び結晶質石灰岩のほかに、鉱石スカルン及び花崗斑岩の転石が点在する。鉱石スカルンは酸化鉱に変質しており、褐色～淡黄褐色を呈し、空隙を多く伴い、褐鉄鉱及び粘土を多く含んでおり、崩れやすい。ほとんど一次的に生成した鉱石鉱物が何か鑑定できない程である。参考として、これらのスカルン酸化鉱(試料番号97102002・97102005)の分析結果を表7に示す。

花崗斑岩は帯青灰色を呈し、斑状組織が顕著である。中～弱程度の緑泥石化作用及びカオリナイト化作用がみられる。

さらに董保山寄りの沢の西側斜面では、第四地質大隊によるトレンチ調査の跡が残っている。全長11.3m、幅1.0m、深さ1.0m程度のトレンチが掘られている。トレンチ内では、西側から順に結晶質石灰岩、スカルン、花崗斑岩及び結晶質石灰岩が帯状に観察される。結晶質石灰岩は淡灰色～暗灰色～淡灰色半透明を呈し、塊状で、中程度の結晶質をなす。スカルンは幅0.4m程度に帯状に発達している。ほとんどが酸化鉱に変質しており、チョコレート色～暗褐色を呈し、岩石チップ及び粘土から構成され、ガサガサに崩れやすくなっている。トレンチ付近でみられるスカルンの転石を観察すると、柘榴石スカルンが確認された。これは主に灰ばん柘榴石からなり、緑泥石、方解石などを伴う。鏡下では、灰ばん柘榴石は中～強程度の緑泥石化作用を受けている。トレンチ内で測定されたスカルン帯は走向N60°W・傾斜83°NEを示す。花崗斑岩はトレンチ内では、見かけ上帯状に、幅6.2m程度の規模で貫入しており、淡緑灰色～クリーム白色～淡青灰色を呈し、全体的に強～中程度に粘土化変質作用を受けている。スカルンとの境界から0.7

～1.0m程度は破碎状態が激しく、粘土化作用も強く受けている。黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、褐鉄鉱などが少量鉱染しているのが認められる。

スカルン帯の産状を規制する銅厂山花崗岩類が小規模ながらも、北西-南東方向に配列しているため、スカルン帯の産状もまた北西-南東方向に漸続的に形成されている。ただし、分析結果から判断して、Cu・Pb・Zn・Ag鉱化作用はスカルン帯内で極めて局所的に限られているものと推定される。

本鉱体から採取された試料の分析結果を表7に示す。

表7 無極寺地区老厂坪子南方鉱化帯分析結果

試料番号	岩石名	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
97102903	鉄石スカルン(PD13)	<0.005	39.3	31.82	3.10	1.28
97102002	スカルン酸化鉄	<0.005	6.0	0.069	1.39	0.12
97102005	スカルン酸化鉄	<0.005	0.9	0.008	0.03	0.03
97110302	スカルン酸化鉄	<0.005	1.5	0.022	0.03	0.04
97110303	花崗斑岩	<0.005	0.3	0.026	0.02	0.06

#### (5) 老厂坪子南西方鉱化帯

中国側資料によると、本地区南西端部の董保山北西斜面に、鉄体の賦存が推定されているが、本年度調査では、鉄化帯を確認することはできなかった。

地質調査の結果によれば、空樹河層上部層の泥質岩とその上位にある大樹厂層の炭酸塩岩類とが整合関係にあり、ほぼ南北方向の境界線を介して分布している。泥質岩は暗灰色を呈し、塊状かつ堅固である。方解石細脈及び褐鉄鉱が少～中量鉱染することもあり、弱～中程度のホルンフェルス化作用を受けることもある。炭酸塩岩類として、主に苦灰質石灰岩と結晶質石灰岩が観察される。苦灰質石灰岩は暗灰色～淡灰色～帯青暗灰色を呈し、塊状であり、方解石細脈及び褐鉄鉱を伴うことが多い。結晶質石灰岩は主に粗粒～中粒方解石からなり、破碎されているものもみられ、隙間を褐鉄鉱などで充填されていることがある。

これらの特徴から、泥質岩及び炭酸塩岩類が熱の影響を受けていることを考えざるを得ない。すなわち、この地区の泥質岩及び炭酸塩岩類の両者に熱の影響を与えることができるような位置に、銅厂山花崗岩類が貫入し、熱の影響を及ぼしていると推定される。また、この南西端部は董保山を走る背斜の西翼としての構造的位置を占めており、同背斜の東翼部沿いに銅厂山花崗岩類が貫入していることを考慮すると、この西翼部沿いにも銅厂山花崗岩類が貫入しているものと考えられる。さらに、泥質岩と貫入岩との接触部及び炭酸塩岩類と貫入岩との接触部において、スカルンが形成されている可能性は高い。

中国側が推定する鉄体の北方延長部には旧坑が残っている。坑道の規模は天盤高1.7m、坑道幅0.8m、掘進長25m程度で、1996年1月から3月まで民間人によって出鉄されたという記録が第四地質大隊に残っている。坑口周辺には坑内から出鉄されたと思われる鉄石が点在している。

ここでは鉱物組合せの違いによって、主に3種類の鉱石スカルンが確認された。孔雀石に富み菱亜鉛鉱-閃亜鉛鉱-黄鉄鉱-黄銅鉱-磁鉄鉱-赤鉄鉱を中～少量付随するスカルン、孔雀石-菱亜鉛鉱スカルン及び酸化鉱スカルンである。孔雀石は粒状(径1～2mm程度)～パッチ状であり、ここでは最も優勢な鉱石鉱物である。酸化鉱スカルンの主な鉱石鉱物は異極鉱で、少量の白鉛鉱・褐鉄鉱を伴う。脈石鉱物は石英、白雲母、柘榴石、方解石、モンモリロナイトなどである。

本鉱体から採取された試料の分析結果を表8に示す。

表8 無極寺地区老厂坪子南西方鉱化帯分析結果

試料番号	岩石名	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
97102901	鉱石スカルン	<0.005	5.7	0.621	0.02	15.31

## (6) その他の鉱徴

羊圈山の南方の沢において、炭酸塩岩類に石英斑岩が貫入しており、その接触部において、スカルン帯が形成されている。旧坑も確認されており、坑内からの試料と思われる転石の中に、柘榴石-輝石スカルンが確認された。これは主に粗粒柘榴石(粒度10mm程度)、輝石(粒度0.05mm程度)からなり、少量の石英・黄鉄鉱・褐鉄鉱などを伴う。

## 1.2 物理探査

### 1.2.1 調査方法

本調査の一環として、無極寺地区で物理探査(IP法)を実施した。物理探査を行った無極寺地区にはスカルン型の鉛・亜鉛鉱床が知られており、これらには黄鉄鉱などの硫化鉱物が多く含まれる。物理探査は黄鉄鉱をはじめとする硫化鉱物による分極現象を捉えることにより、鉱床の分布・形状を把握することを目的として行われた。

金属鉱物を含む岩石に直流電流を流すと、鉱物の表面と周辺の間隙水の間には分極現象のために電位差が生じる。電流を切断すると分極電位は時間とともに減少し、その大きさ、時定数は鉱物量及び鉱物種によって異なる。この現象を利用して、比抵抗だけでなく電気化学的情報から鉱徴域を抽出する手法がIP法であり、探査対象物と周辺構造との比抵抗差がない場合にも有効な手法である。IP法には周波数領域測定と時間領域測定があるが、本調査では、時間領域測定を実施した。

分極現象と同時に測定される比抵抗データは、岩種をマッピングしたり断層や破碎帯のような地質構造を抽出するのに有用である。スカルン型の鉱床探査では鉱化に関連する花崗岩質岩類の分布状況や、鉱化に伴う変質帯を抽出することが期待できる。

(1) 測線設定

図8に測線位置図を示す。測線・測定点の設定には光波トランシットを用い、中国側が設定した既存の座標系を基準として用いた。現地調査開始後、当初の測線計画位置の西端に鈹体が賦存することが予想されたため、2,000m×10測線のうち、東側約500mを減らした分を西側に延長し、測線を補間して間隔を狭くした。さらに、調査範囲北方の鈹体を捕捉するために追加した測線と合わせて17測線として調査を実施した。測線毎の測定調査量を表9に示す。

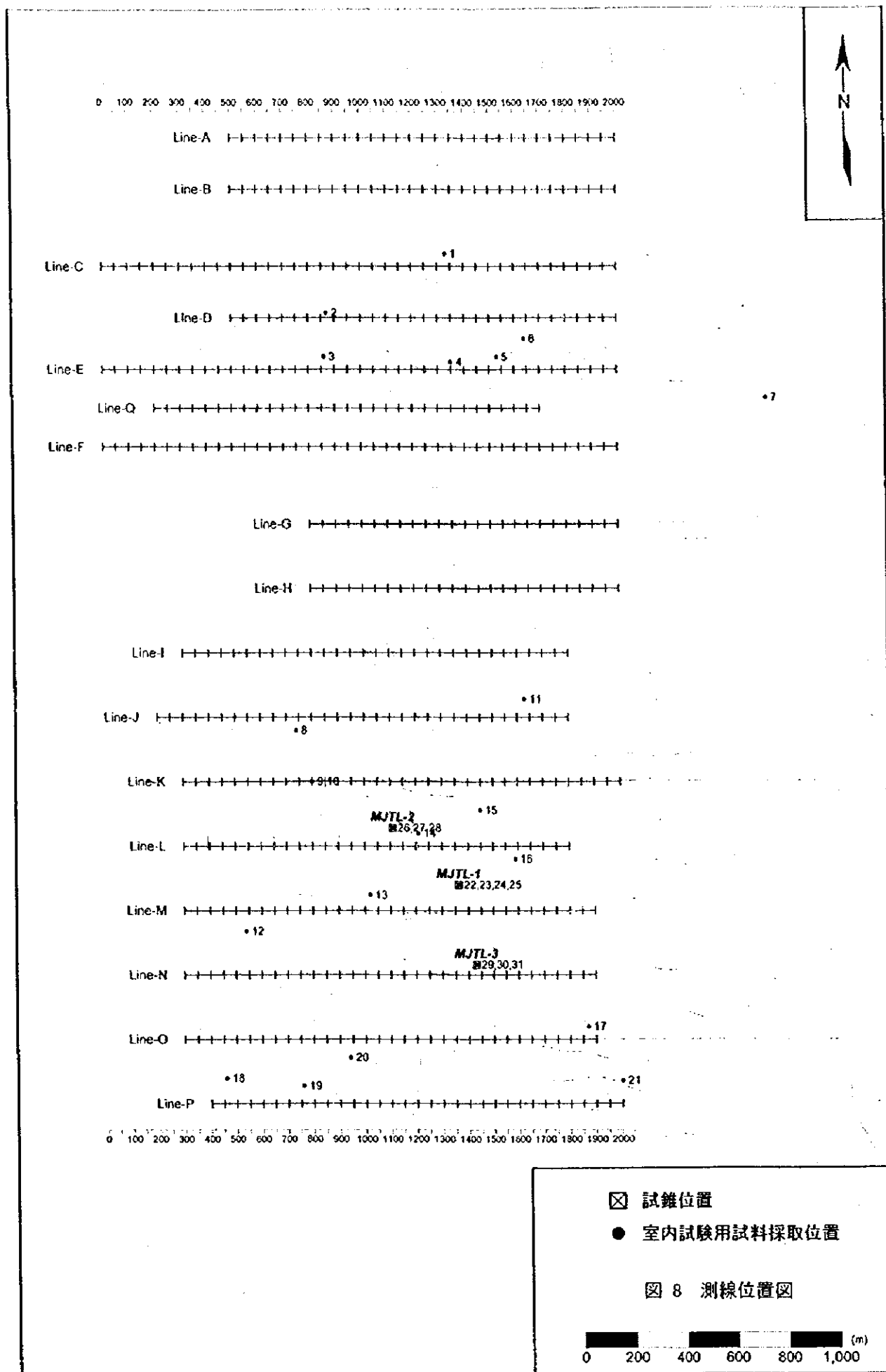
表9 IP法調査量一覧表

測線	南→北位置	西端	東端	測線長	電極数	測定数
A	0	500	2,000	1,500	31	130
B	-200	500	2,000	1,500	31	130
C	-500	0	2,000	2,000	41	180
D	-700	500	2,000	1,500	31	130
E	-900	0	2,000	2,000	41	180
Q	-1,050	200	1,700	1,500	31	130
F	-1,200	0	2,000	2,000	41	180
G	-1,500	800	2,000	1,200	25	100
H	-1,750	800	2,000	1,200	25	100
I	-2,000	300	1,800	1,500	31	130
J	-2,250	200	1,800	1,600	33	140
K	-2,500	300	2,000	1,700	35	150
L	-2,750	300	1,800	1,500	31	130
M	-3,000	300	1,900	1,600	33	140
N	-3,250	300	1,900	1,600	33	140
O	-3,500	300	1,900	1,600	33	140
P	-3,750	400	2,000	1,600	33	140
計				27,100	559	2,370

(2) 測定方法

IP/比抵抗測定は時間領域のダイポール・ダイポール配置(図9)で行った。送信電流には通電時間、休止時間それぞれ2秒で正負を繰り返す周期8秒の交替直流を用いた。ダイポール・ダイポール配置では、電位電極のダイポール長と電流電極のダイポール長は等しく(=a)、両者の間隔はダイポール長の整数倍(=n×a)とする。電極隔離係数(n)が大きいほど探査深度は深くなるが、信号が減衰するため、取り得る距離は制限される。また、電極間隔(a)が小さくなれば空間分解能は増すが、電極間の電位差が小さくなり、S/Nが悪くなるため、探査対象物に応じて電極間隔と最大電極隔離係数を決定する必要がある。本調査ではa=50m、n=1~5として測定を行った。本調査では、電流切断後690~1,050msec間の2次電位の平均値を1次電位(Vp)で規格化したものをmV/Vの単位で表し充電率(chargeability)とした。2秒周期の受信波形を10周期以上スタッキングすることにより、データの品質を保った。





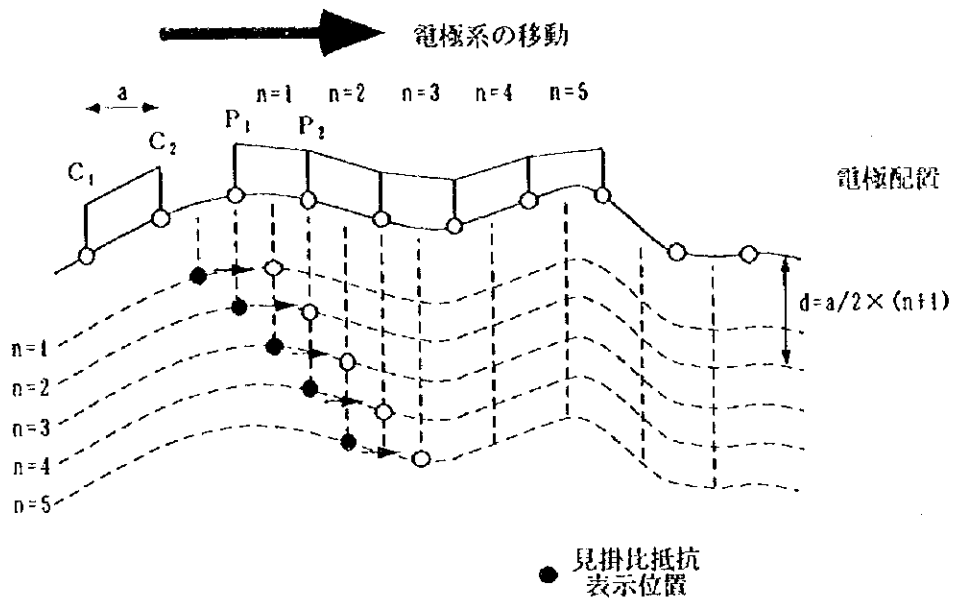


図9 IP法の電極配置と見掛比抵抗の表示方法

(3) 測定機器

IP受信器にはSciintrex社製IPR-12時間領域用IP受信器を使用した。本機は電流切断後の2次電位を14の時間巾(ウィンドウ)に分割して、減衰曲線(図10)を測定する。また、一定の収束条件が満たされるまで、スタッキングを自動的に繰り返す。観測データは内部メモリーに貯えられ、測定終了後にパーソナルコンピュータに転送する。

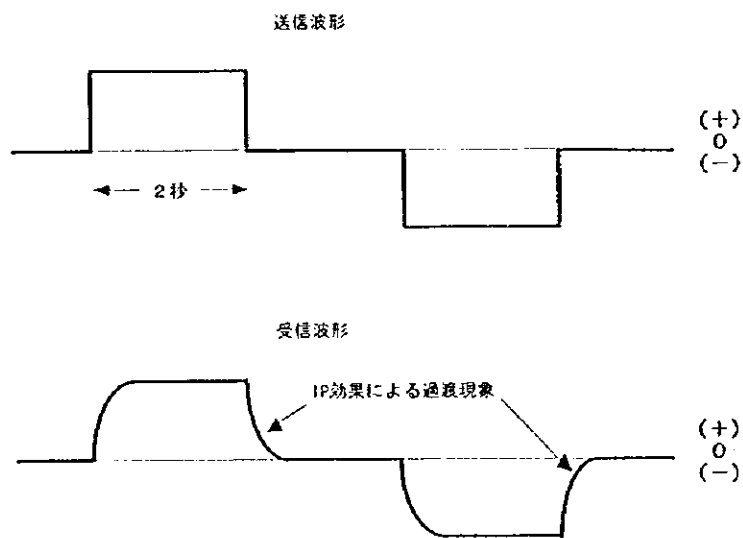


図10 IP法の減衰曲線

IP送信機にはPhoenix社製多目的送信機IPT-3を使用した。本機は直流～16kHzの矩形波を送信することができる。本調査では通電、休止各2秒の交替直流(周期8秒)を用いた。出力電流はアイソレーションアンプを通し、デジタルマルチメーターで正確に監視した。

表10に使用機器一覧を示す。

表10 使用機器一覧

項目	名称	製作	型式	仕様
受信器	時間領域 IP受信器	Scintrex (Canada)	IPR-12	入力チャンネル数：8 入力インピーダンス：16MΩ 入力範囲：50μV～14V 精度：1次電位 10μV, 1% コモン・モード・リジェクション：100dB以上 フィルタ：RF, アンチ・エイリアス, ローパス
送信機	電気探査 送信機	Phoenix (Canada)	IPT-3	最大出力：3kw 出力電圧：200～800V 出力電流：20mA～10A 周波数範囲：直流～16kHz

#### (4) 室内試験方法

IP法調査と並行して、代表的な岩石・鉱石のサンプルを計31個採取し、比抵抗及び充電率の室内測定を行った。各試料はボーリング孔のコア試料を除き、50mm×50mm×50mmの直方体に整形し、48時間以上浸水させた後、現地調査と同様に電流切断後、690～1,050msec間の充電率をIPR-12を用いて測定した。図11に試料採取位置を示した。

#### (5) データ処理・解析方法

##### (a) 見掛け比抵抗・充電率擬似断面図及び平面図

IPR-12の内部メモリーに記録された測定データは、毎日の測定終了後にパソコンへ転送し、重複データや不良データを除いて編集した後、図化システムにより処理した。

ダイポール・ダイポール電極配置による見掛け比抵抗は次式によって算出される。

$$\rho_a = n(n+1)(n+2)a\pi \frac{V}{I}$$

ここで、

$\rho_a$  : 見掛け比抵抗 ( $\Omega \cdot m$ )

$n$  : 電極隔離係数 (正整数)

$a$  : 電極間隔 (m)

$V$  :  $P_1 - P_2$ 間の電位差 (mV)

$I$  : 送信電流 (mA)

である。

見掛比抵抗は地下が一様で均質であると仮定して、観測値から計算される比抵抗値であり、何らかの点の真の比抵抗を示すものではない。電極系周辺の平均的な比抵抗値を示す値である。この値を電極系の中心である  $a/2 \times (n+1)$  の深度に表示して擬似断面図を作成する。位置関係は相対的なものであることから、真の比抵抗断面と区別し擬似断面と呼ばれる。

また、見掛充電率は

$$m(t_2 - t_1) = \frac{1}{t_2 - t_1} \frac{1}{V_p} \int_{t_1}^{t_2} V_s dt$$

ただし、

$m(t_2 - t_1)$  :  $t_2 \sim t_1$  間の見掛充電率 (mV/V)

$t_1, t_2$  : 電流切断後の時間 (msec)

$V_p$  : 電流通電時の 1 次電位 (V)

$V_s$  : 電流休止時の 2 次電位 (mV)

より求められる。

この値は見掛比抵抗と同様になんらかの点の真の充電率を示すものではなく、厳密に言えば“見掛充電率”と呼ぶべきものである。しかし、“見掛充電率”という呼び方は一般的ではないため、本報告書では、観測値を“充電率”、2次元解析によって、得られる真の充電率を“解析充電率”と呼んで区別する。

充電率も見掛比抵抗と同様に、現地測定によって得られた観測値を所定の位置に表示し、擬似断面を作成した。ある電極隔離係数での見掛比抵抗・充電率の分布を平面図化し、各表示点深度の見掛比抵抗平面図・充電率平面図を作成した。見掛比抵抗・充電率の分布は真の比抵抗・充電率の分布とは異なるが、これらの断面図・平面図を用いて定性的な解釈を行うことができる。

#### (b) 2次元解析

地下の比抵抗及び充電率のモデルを得るために、各測線について有限要素法を用いた2次元逆解析を行い、比抵抗分布、充電率分布の定量解析を行った。この逆解析は2.5次元有限要素法と非線形最小二乗法の組合せによるもので、測線下を多数の矩形ブロックに分割し、各ブロックの比抵抗と充電率を反復修正することにより、観測値とモデルによる計算値の残差の自乗和が最小となる最適モデルを求める。収束因子は見掛比抵抗と充電率の測定値である。

解析結果は断面図及び平面図の両方で示した。解析断面図は各測線について作成し、解析平面図は中心深度12.5m・62.5m・125.0mのブロックの解析比抵抗・解析充電率の値を測線上にプロットしコンター表示した。断面図と平面図を合わせることで、比抵抗及び充電率の分布を3次元的に捉えることができる。

## 1.2.2 IP法探査結果

### (1) 見掛比抵抗及び充電率擬似断面

図11～27に各測線の見掛比抵抗及び充電率擬似断面を示す。また、図28・29に見掛比抵抗擬似断面パネルダイアグラムを、図30・31に充電率擬似断面パネルダイアグラムを示す。断面図及びパネルダイアグラムでは、西を左に、東を右に表示してある。全ての図において、暖色系は低比抵抗又は高充電率を、寒色系は高比抵抗又は低充電率を示す。

【A測線】見掛比抵抗は78～3,123 $\Omega\cdot m$ の値を示す。測点900～1,550間では、深度 $n=3$ までは、ほぼ300 $\Omega\cdot m$ 以内の比較的低い値を示すが、深部に向かって高見掛比抵抗を示す。測点700付近は400 $\Omega\cdot m$ 以下で、周辺と比較して低い値がほぼ垂直方向に続く。測点1,650以東では、400 $\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗を示す。

充電率は1.8～10.5mV/Vの値を示し、西端の1点を除いては、5.8mV/V以下の比較的低い値である(図11)。

【B測線】見掛比抵抗は91～3,362 $\Omega\cdot m$ の値を示す。測点1,250～1,650間の浅部では、100～300 $\Omega\cdot m$ と比較的低い見掛比抵抗を示すが、深部に向かって値が高くなる傾向が認められる。測点1,150～1,250付近では、逆に深部に向かって見掛比抵抗が低くなる。一方、測点650付近では、東に傾斜する形で700 $\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗帯が認められ、東方の測点1,700～1,850でも、西へ傾斜する700 $\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗帯が認められる。

見掛充電率は2.1～6.8mV/Vの低い値が全域に広がっている(図12)。

【C測線】見掛比抵抗は105～16,696 $\Omega\cdot m$ の値を示す。測点100～650の浅部には、比較的高い見掛比抵抗が分布し、深部には300 $\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布する。測点750～1,200の浅部には、200 $\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布し、深部に向かい多少高くなる傾向が見られる。測点1,300より東では、測点1,650付近を除いて1,000 $\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が分布し、特に、尾根部に相当する測点1,450～1,550付近では10,000 $\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗値が観測された。

充電率は1.5～12.4mV/Vの値を示す。測点100の西部及び測点400～550の浅部で9mV/V以上の値が見られるが、深度を増すにつれ見掛充電率は急激に低くなっている。測点600より東部では、充電率6mV/V以下の低い値が分布している(図13)。

【D測線】見掛比抵抗は71～3,745 $\Omega\cdot m$ の値を示す。測点500～950間では、200 $\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が深部まで分布し、測点1,050～1,300及び測点1,550～1,750では、浅部で見掛比抵抗が低く、深くなるにつれ高見掛比抵抗になる。尾根部を含む測点1,350～1,450では、ほぼ垂直に1,000 $\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が分布する。測点1,800以東でも500 $\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が見られる。

充電率は0.6～7.5mV/Vの値を示す。測点600の西部と測点1,600～1,700の浅部で、周辺より僅かに高い見掛充電率5mV/V以上の値が認められる(図14)。

【E測線】見掛比抵抗は77~1,750 $\Omega \cdot m$ の値を示す。測点1,150以西には300 $\Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布するが、測点350~650の浅部では、500 $\Omega \cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が分布する。測点1,250~1,400では、深部に広がる方向で高見掛比抵抗が分布する。また、測点1,700以東でも500 $\Omega \cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が分布する。

充電率は0.3~10.4mV/Vの値を示す。大部分は1~3mV/Vである。測点400~550の浅部で充電率8~10mV/Vと、やや高い値を示し、深くなるにつれ値が小さくなる(図15)。

【Q測線】見掛比抵抗は76~2,070 $\Omega \cdot m$ の値を示す。測点800より西では、測点450~600付近浅部の高見掛比抵抗を除き、200 $\Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が見られる。測点900より東では、全体に500 $\Omega \cdot m$ 以上の高見掛比抵抗を示すが測点1,400~1,450では、300 $\Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が「ハの字形」に分布している。

充電率は0.8~11mV/Vの値を示す。測点400~550の浅部では、8mV/V以上の値を示すが深部に向かい見掛充電率は低くなる。これ以外では、3mV/V以下の低い見掛充電率を示す(図16)。

【F測線】見掛比抵抗は60~4,500 $\Omega \cdot m$ の値を示す。測点850では、300 $\Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が西に、高見掛比抵抗が東に分布する。高見掛比抵抗帯でも、測点900~1,200は深部から地表に向かい見掛比抵抗が低下する傾向が見られる。また、測点1,600~1,750では、一部見掛比抵抗が低くなっている。測点1,450~1,550の尾根部では、1,000 $\Omega \cdot m$ 以上の高見掛比抵抗を示す。

充電率は0.4~10.2mV/Vの値を示す。測点150~200の浅部及び測点400~550の深部で周囲と比べて高い見掛充電率が見られる。そのほかは4mV/V以下と低い(図17)。

【G測線】見掛比抵抗は140~14,200 $\Omega \cdot m$ の値を示す。測点950~1,000では、300 $\Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布し、この東には高見掛比抵抗が分布する。高見掛比抵抗帯の中でも測点1,250と測点1,450付近では浅部に向かい見掛比抵抗が低くなる。測点1,650~1,700付近では、反対に深部に向かい見掛比抵抗が低くなる。

充電率は0.3~6.8mV/Vの値を示す。測点1,550付近に周辺に比べ僅かに高い見掛充電率が認められる(図18)。

【H測線】見掛比抵抗は98~3,900 $\Omega \cdot m$ の値を示す。測点1,050より東では、浅部で800~2,400 $\Omega \cdot m$ の高見掛比抵抗が分布し、深部に向かい急激に値が低下する傾向(300 $\Omega \cdot m$ )が見られる。このような傾向は測点1,350~1,400でも見られ、見掛比抵抗値は3,900~160 $\Omega \cdot m$ である。測点1,100~1,200では300 $\Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が西方に傾斜して分布する。測点1,700付近では周囲と比べ値の低い500 $\Omega \cdot m$ 以下の見掛比抵抗が「ハの字形」に傾斜して分布する。

充電率は0.1~5.7mV/Vの値を示し、全体的に値が低い。測点1,600付近及び測点1,750付近を頂点として、周囲と比較して高い値が「ハの字形」に分布している(図19)。

【I測線】見掛比抵抗は49~4,000 $\Omega \cdot m$ の値を示す。測点750より西では、300 $\Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布する。このうち、測点500~650では、下方に向かってさらに低くなり100 $\Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布する。測点1,250~1,300では300 $\Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が西方へ傾斜

する形で分布する。測点1,550より東では、浅部に低見掛比抵抗( $200\Omega\cdot m$ 以下)が見られ、深部に向かって見掛比抵抗が増加する傾向を示す。測点850~1,150及び測点1,350~1,450では、 $700\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が分布する。

充電率は $0.0\sim 30mV/V$ の値を示す。測点550を頂点とし $10mV/V$ 以上の高見掛充電率が三角形に分布し、そのうち東側は特に高い $20mV/V$ 以上の値を示す。測点1,450より東では、周囲より僅かに高い3以上の値が分布している。大部分は3以下の低い値である(図20)。

【J測線】見掛比抵抗は $22\sim 4,000\Omega\cdot m$ の値を示す。測点750より西では $300\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布しており、さらに低い $100\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が測点500を頂点として「ハの字形」に分布している。特に低い $50\Omega\cdot m$ 以下の値が東側に見られる。測点1,100付近には $300\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布している。測点1,500より東では $300\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布し、特に測点1,700付近では $100\Omega\cdot m$ 以下の値を示し、さらに東方へ連続する傾向を示す。測点900~1,000では $1,000\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が分布し、深部では見掛比抵抗がやや低下する傾向が見られる。測点1,150~1,400では $800\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が分布する。

充電率は $0.0\sim 45.2mV/V$ の値を示す。 $10mV/V$ 以上の高充電率は測点500を頂点とした明瞭な「ハの字形」を示している。そのほかは、 $3mV/V$ 以下の低見掛充電率を示す(図21)。

【K測線】見掛比抵抗は $28\sim 3,300\Omega\cdot m$ の値を示す。測点600付近では、低見掛比抵抗が「ハの字形」に分布し、東側が $50\Omega\cdot m$ 以下、西側が $200\Omega\cdot m$ 以下の見掛比抵抗である。測点700~900では、 $300\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が逆三角形の形状で分布する。測点1,000~1,100では、浅部で $400\Omega\cdot m$ 前後の値を示し、深部に向かって見掛比抵抗が低下する( $130\Omega\cdot m$ )傾向が見られる。測点1250~1,350では、 $300\Omega\cdot m$ の低見掛比抵抗が分布している。測点1,600~1,700の浅部には、 $800\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が分布し、深部で見掛比抵抗が低下する( $200\Omega\cdot m$ )。

充電率は $0.1mV/V$ から $41.4mV/V$ の値を示す。測点550~750で $10mV/V$ 以上の値が「ハの字形」に分布している。特に測点600から東側に $30mV/V$ 以上の高充電率が分布する。測点1,300~1400付近では深部に周辺と比べて高い $7mV/V$ 以上の値が分布する。測点1,900では $10mV/V$ 以上の値が東方へ連続する傾向を示す(図22)。

【L測線】見掛比抵抗は $53\sim 4,100\Omega\cdot m$ の値を示す。測点750の西では、 $300\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布し、測点650~700付近の深部はさらに低見掛比抵抗で $100\Omega\cdot m$ 以下である。測点1,300~1,400では、 $300\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が逆三角形に分布し、深部で見掛比抵抗が増す傾向にある。測点1650付近では $300\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗が西に傾斜し、東方に連続する傾向を示す。測点800~1,250では、 $600\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗の分布が見られる。

充電率は $0.1\sim 31.8mV/V$ の値を示す。測点450~850付近が $10mV/V$ の高充電率で、深部に向かって東西に広がる形状である。測点950~1,200では、深部に充電率が高くなる( $10mV/V$ 以上)傾向が見られる。測点1,450~1,600では、深部で $7mV/V$ 以上の値が見られる(図23)。

【M測線】見掛比抵抗は39~8,300 $\Omega\cdot m$ の値を示す。測点450~650では、300 $\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布し、測点550~600では、100 $\Omega\cdot m$ 以下のより低い値が見られる。測点800~850では、深部で比抵抗が低下する傾向が見られる。測点1,450~1,600では、300 $\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布し、深部で東方へ広がる。測点800~1,300では、1,000 $\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が分布し、特に、測点950~1,200の尾根部では、2,000 $\Omega\cdot m$ 以上を示す。

充電率は0.4~38.3mV/Vの値を示す。測点500~700では、10mV/V以上の高い値が深部に向かって東西に広がる形状で分布し、測点400~1,050まで広がる。深部で充電率が増す傾向がある。測線東部では、10mV/V以上の高い値が測点1,550~1,600を頂点とする三角形に分布し、中心部では、20mV/V以上の値を示す(図24)。

【N測線】見掛比抵抗は43~4,600 $\Omega\cdot m$ の値を示す。測点650以西には300 $\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布し、測点550~600付近で、特に低い100 $\Omega\cdot m$ の値が見られる。測点700~1,000には、400~200 $\Omega\cdot m$ の比較的低い値が分布しているが、測点800~850の浅部には、1,000 $\Omega\cdot m$ を超える高見掛比抵抗が見られる。測点1,500以東では、400 $\Omega\cdot m$ 以下の相対的低見掛比抵抗と500 $\Omega\cdot m$ 以上の相対的高見掛比抵抗が西傾斜で交互に分布する。測点1,100~1,450では、800 $\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗の分布が見られる。

充電率は0.1~34.9mV/Vの値を示す。測点950以西では、浅部で10mV/V以上、深部で20mV/V以上の高見掛充電率が見られ、測点950付近で34mV/Vを超える。測点1,700の深部では、10mV/V以上の値が下方に連続するように分布する(図25)。

【O測線】見掛比抵抗は28~5,700 $\Omega\cdot m$ の値を示す。測線500の西に300 $\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布し、中心は測点400~450付近にある。測点600~800での300 $\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗は深部で値が増す傾向にある。測点850~950では、東傾斜で300 $\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布する。測点1,200~1,250では、周辺と比較して低い400~300 $\Omega\cdot m$ の値が西傾斜で分布する。測点1,000~1,150では600 $\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が分布し、測点1,350以東には、1,000 $\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が分布する。

充電率は0.2~67mV/Vの値を示す。測点400~450に中心を持つ10mV/V以上の高見掛充電率部は深部では測点700付近まで分布する。中心部の値は60mV/Vを超える。測点750の10mV/V以上の値は東に傾斜する(図26)。

【P測線】見掛比抵抗は79~25,800 $\Omega\cdot m$ の値を示す。測点800以西では、300 $\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が分布し、測点700~800では、地表付近に600 $\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が見られる。測点1,450~1,500では、400~300 $\Omega\cdot m$ の比較的低い見掛比抵抗が分布し、深部で値が高くなる。測点900以東では一部を除き1,000 $\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗が分布し、測点1,650以東での比抵抗値は5,000 $\Omega\cdot m$ を超え、東端では10,000 $\Omega\cdot m$ を超える。

充電率は0.1~64.7mV/Vの値を示す。測点600以西に見られる10mV/V以上の高充電率は、深部では東方へ測点850付近まで連続する(図27)。



【見掛比抵抗擬似断面パネルダイアグラム】 B測線からF測線にかけては、全体的に西部で見掛比抵抗が低く、東部で高い傾向を示す。G測線及びH測線は測線長の関係で西部の低見掛比抵抗帯に相当する位置は存在しないが、東部の見掛比抵抗分布がF測線その他に類似していることから、西部への延長上に、低見掛比抵抗帯が分布し、北部の測線と同様の見掛比抵抗分布をしているものと考えられる。

各測線の測点500前後に分布する $300\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗は、北部のC測線から南部のP測線まで南北に連続し、Q測線から南では $100\Omega\cdot m$ 以下の極めて低い見掛比抵抗値がみられる。C測線～E測線の測点770から、測点1,150にかけて低見掛比抵抗が分布している。I測線の測点1,500以東の低見掛比抵抗はJ測線に連続している。M測線の測点1,550付近に中心を持つ低見掛比抵抗は前後の測線に連続している(図28・29)。

【充電率擬似断面パネルダイアグラム】 I測線～P測線の測点500付近に連続する高充電率部は、K測線から南では東方にまで広がる様相を示す。M測線の測点1,600付近に中心を持つ高充電率部は、北はK測線、南はN測線までの深部に連続する。

上記の強い高充電率部とは別に、北部のC測線からF測線にかけての測点500付近に、 $10mV/V$ 以下ではあるが周囲より高い充電率が連続して現れている(図30・31)。

## (2) 見掛比抵抗及び充電率平面図

$n=1$ ,  $n=3$ ,  $n=5$ の各深度における見掛比抵抗及び充電率の値を平面分布図として、図32～37に示す。また、パネルダイアグラムとしたものを図38・39に示す。

### (a) 見掛比抵抗

【見掛比抵抗平面図( $n=1$ )】 見掛比抵抗は $28\sim 22,500\Omega\cdot m$ の値を示す。本調査地区西部に $300\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗帯が南北に分布し、特に、I測線から南では $100\Omega\cdot m$ より低い値が見られる。北部のA測線～F測線では、中央部にも低見掛比抵抗が分布し、C測線の測点1,500を中心としD測線に延びる高見掛比抵抗はこの低見掛比抵抗にとり囲まれるように分布している。全体に中央部から東部は高見掛比抵抗が分布しており、低見掛比抵抗はこの中に島のように点在している。その中でも比較的広い面積を占めるものは、J測線の測点1,700付近に中心を持つもの及びM測線の測点1,600付近を中心とするものである(図32)。

【見掛比抵抗平面図( $n=3$ )】 見掛比抵抗は $32\sim 23,600\Omega\cdot m$ の値を示す。本調査地区西部の南北に伸びる低見掛比抵抗帯の分布状況は $n=1$ のものと同様であるが、I測線からK測線にかけての中心部の $100\Omega\cdot m$ より低い比抵抗値を示す範囲は $n=1$ のものよりも広がっている。北部の中央部に分布する低見掛比抵抗はC測線～E測線に小さく分布し、地表近くの影響を反映していると推定される。J測線の測点1,700付近及びM測線の測点1,600付近を中心とする低見掛比抵抗は、連続した1つの低見掛比抵抗帯を形成するよう見える(図33)。

【見掛比抵抗平面図( $n=5$ )】 見掛比抵抗は $28\sim 10,100\Omega\cdot m$ の値を示す。本調査地区西部に南北に伸びる低見掛比抵抗帯が見られ、 $n=1$ 及び $n=3$ と分布状況が同じである。浅部から深部へ連続

していると言える。調査地域東部の、J測線の測点1,700付近及びM測線の測点1,600付近を中心とする低見掛比抵抗は、南北に伸びる1つの低見掛比抵抗帯となっている。L測線の測点950付近から南東方向に $1,000\Omega\cdot m$ 以上の顕著な高見掛比抵抗帯が連続して分布する(図34)。

#### (b) 充電率

【充電率平面図( $n=1$ )】充電率は $0.0\sim 67.2mV/V$ の値を示す。本調査地区北部のA測線～Q測線の測点500付近は周辺よりやや充電率が高い( $12mV/V$ 以下)部分が南北に連続する。I測線以南では、各測線とも測点500付近を中心に $10mV/V$ 以上の高充電率帯が南北に分布する。この高充電率帯はK測線～N測線では $100\sim 200m$ 程度東方にずれ、 $100\sim 150m$ の間隔で2系列並行して分布する。O測線及びP測線では $30mV/V$ を超える高充電率が現れている。これらの高充電率以外に、周辺と比べて明らかに高いと言えるものは、K測線の東端、M測線の測点1,600付近及びN測線の測点950付近である(図35)。

【充電率平面図( $n=3$ )】充電率は $0.1\sim 59.8mV/V$ の値を示す。本調査地区北部、A測線～F測線の測点500付近の $n=1$ で認められた高充電率は、 $n=3$ では $8mV/V$ 程度であり、周辺とのコントラストは極めて弱くなっている。I測線以南の $n=1$ で認められた南北方向に伸びる高充電率帯はさらに高い値で分布する。K測線～N測線間の東方へずれた2本の高充電率帯は、測点650～測点700付近を中心として、値も $20mV/V$ 以上と高くなっている。M測線の測点1,600に中心を持つ高充電率部は北はK測線から、南はN測線までNNW-SSE方向に伸びる。N測線の測点950付近の高充電率部は値が高く、N-S方向に伸びる(図36)。

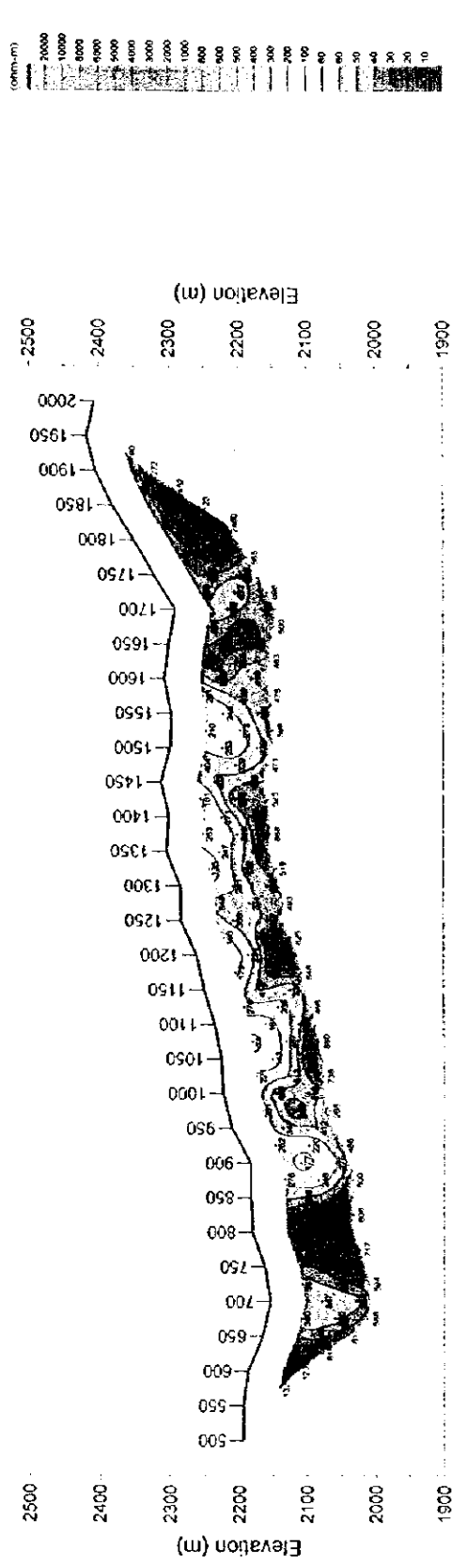
【充電率平面図( $n=5$ )】充電率は $0.1\sim 55.8mV/V$ の値を示す。北半部西側の南北方向の高充電率部は東西に広がっている。南半部西部の高充電率部はI測線からP測線まで南北方向に伸びる一本の高充電率帯として現れている。M測線には、測点1,500と測点1,700の2点に中心を持つ高充電率部が概ねNNW-SSE方向に分布する。N測線の測点1,000付近の高見掛充電率はL測線まで連続し、L測線上では、測点1,200付近にも小さい高充電率が分布する(図37)。

#### (c) 平面図パネルダイアグラム

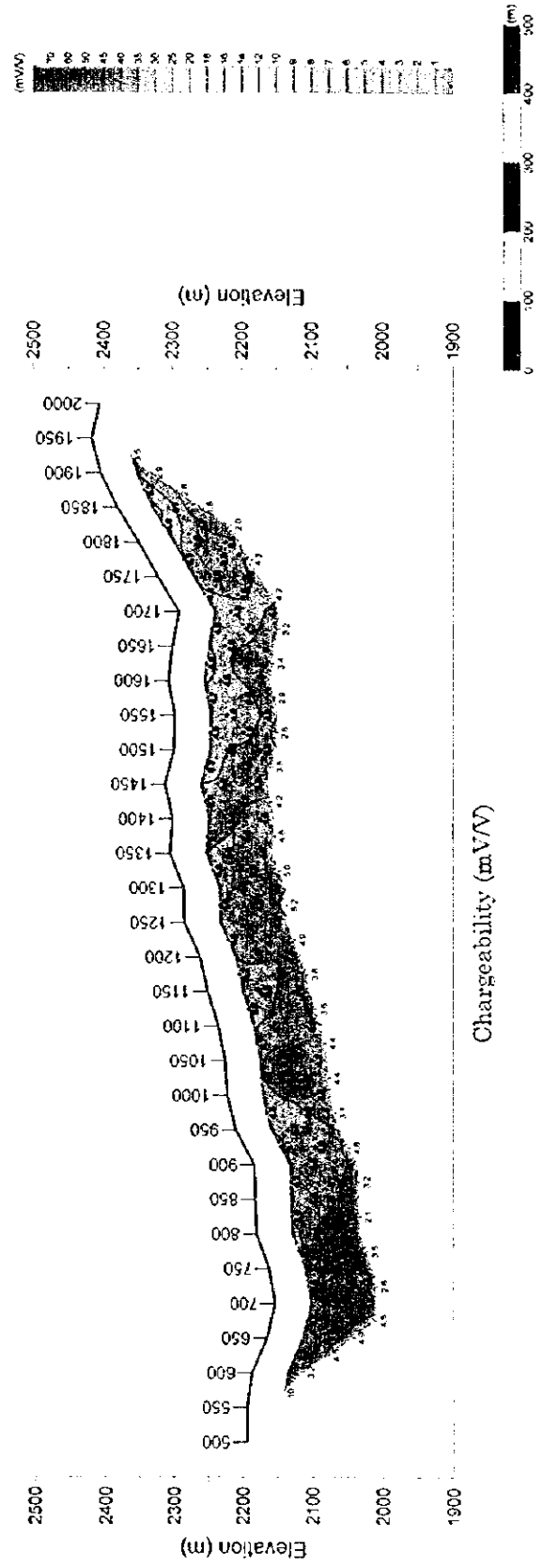
【見掛比抵抗平面図】本調査地区西部で南北に連続して分布する低見掛比抵抗帯は、J測線以北では、測点500付近である中心がK測線以南では $100m$ ほど東に移動し、深度を増すにしたがって周辺とのコントラストが顕著になる。北半部中央部の低見掛比抵抗は深部では分布範囲が狭く、 $n=5$ では消滅する。I測線～N測線までの東部に分布する2箇所の低見掛比抵抗部は深部では1つとなる(図38)。

【充電率平面図】本調査地区西部のI測線以南に分布する高充電率帯は、 $n=1$ ではK測線～O測線で2本に見えるが深部では1本となり、分布範囲も東に広がり、中心部の充電率値も高くなる。M測線の測点1,500以東の高充電率は、深度を増すにしたがって分布範囲が広がる(図39)。





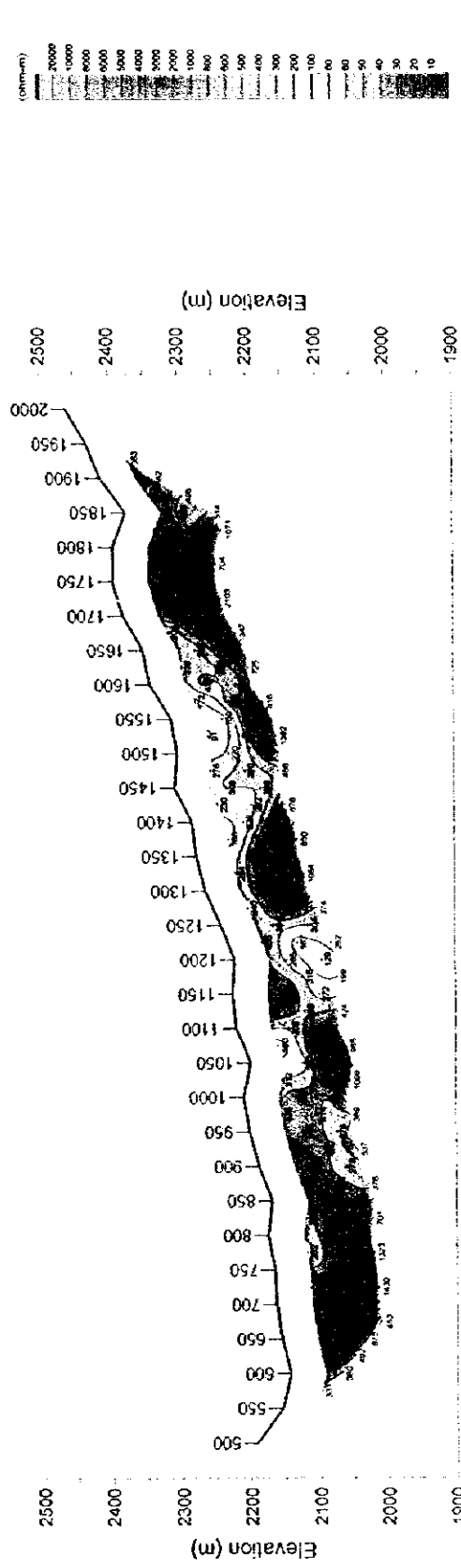
Apparent Resistivity (ohm-m)



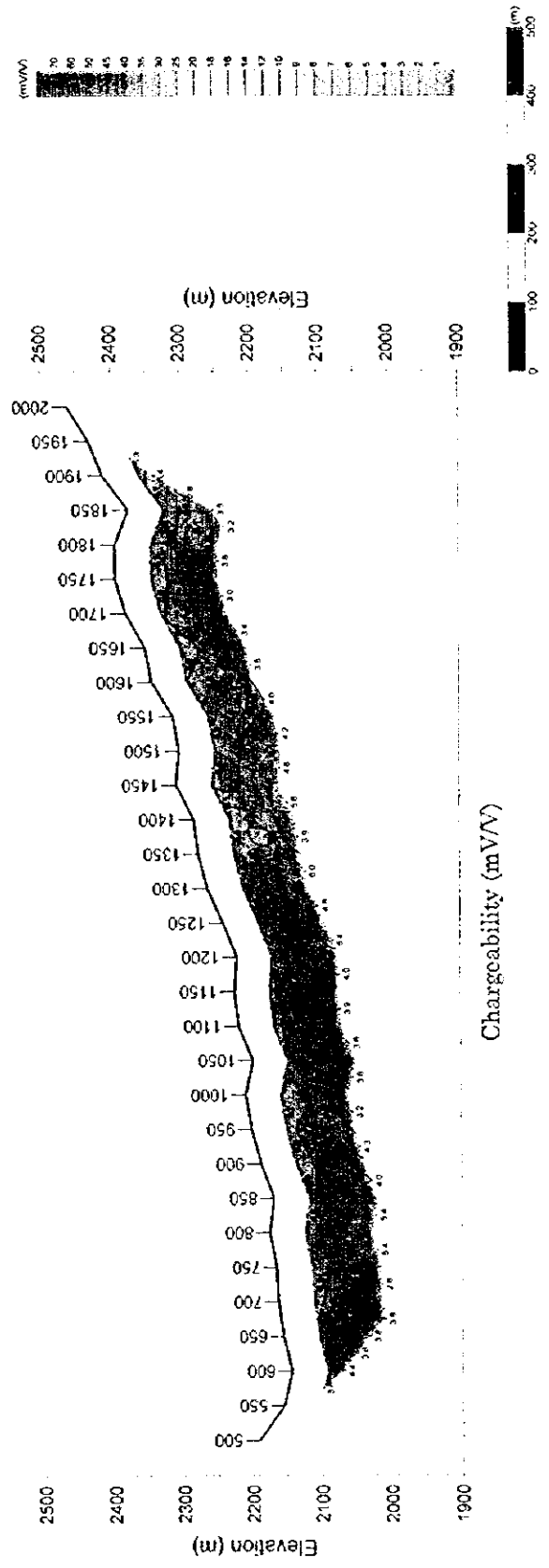
Chargeability (mV/V)

図 11 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (A 測線)





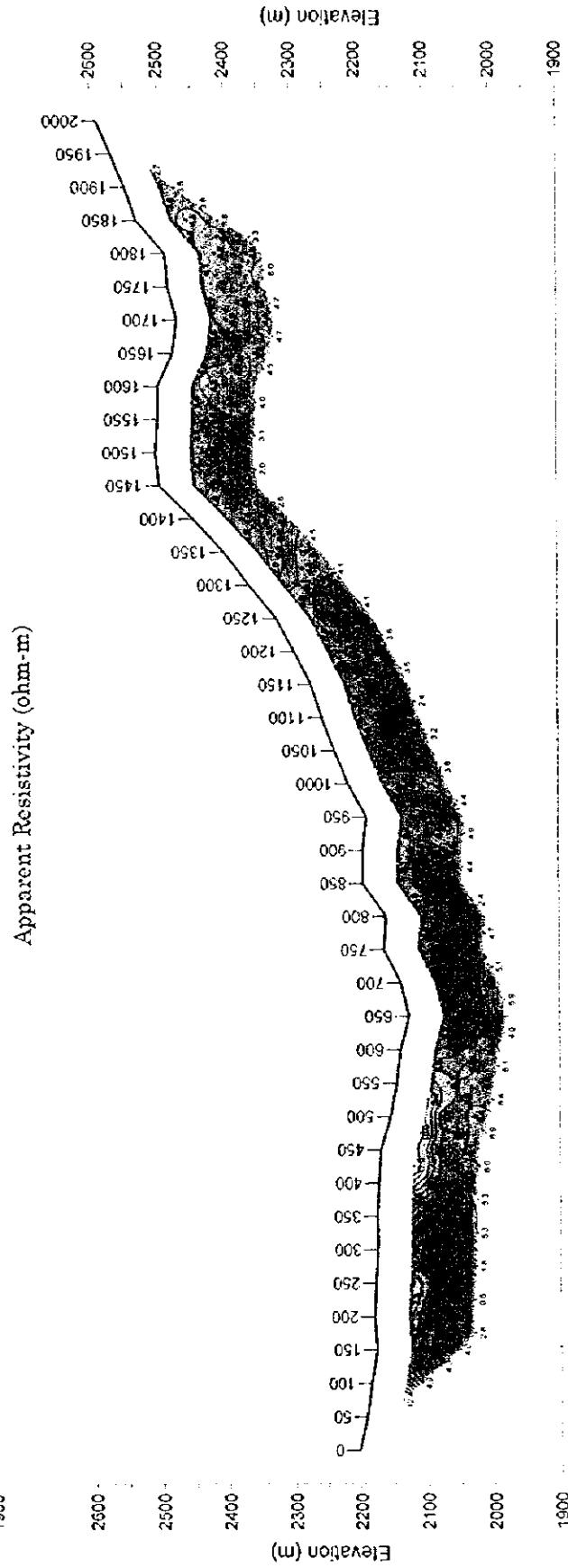
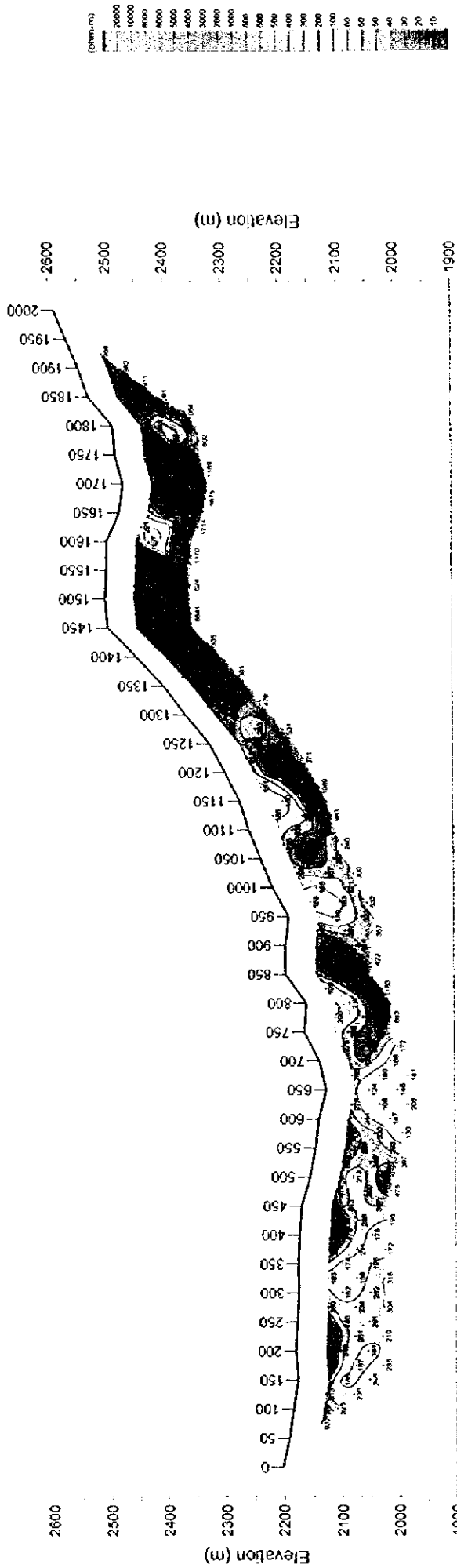
Apparent Resistivity (ohm-m)



Chargeability (mV/V)

図 12 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (B 測線)





見掛比抵抗および充電率擬似断面 (C 測線)

図 13 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (C 測線)





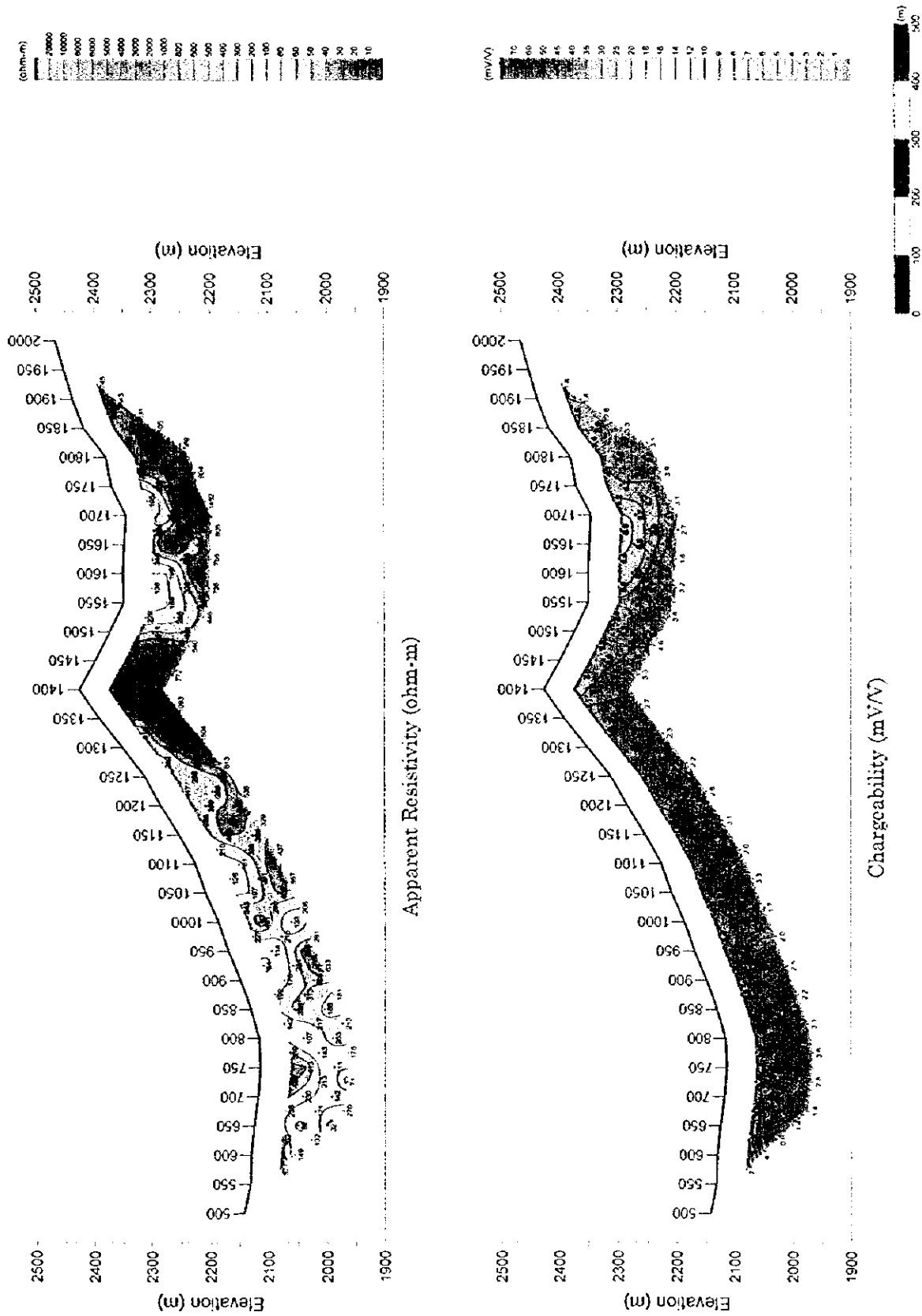
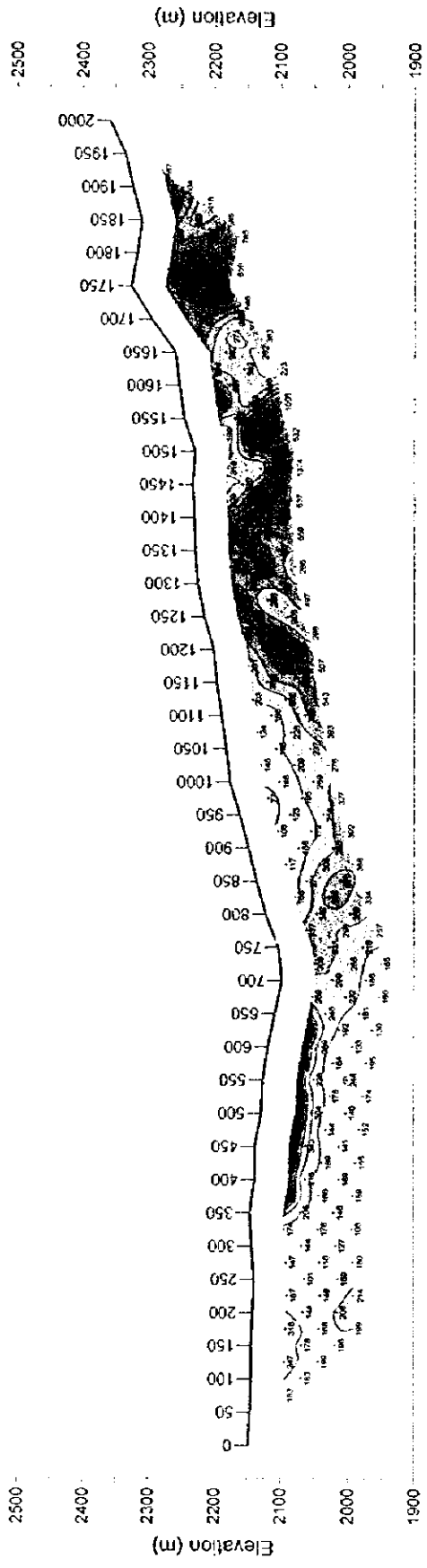
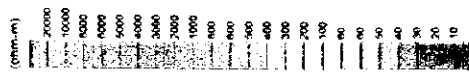
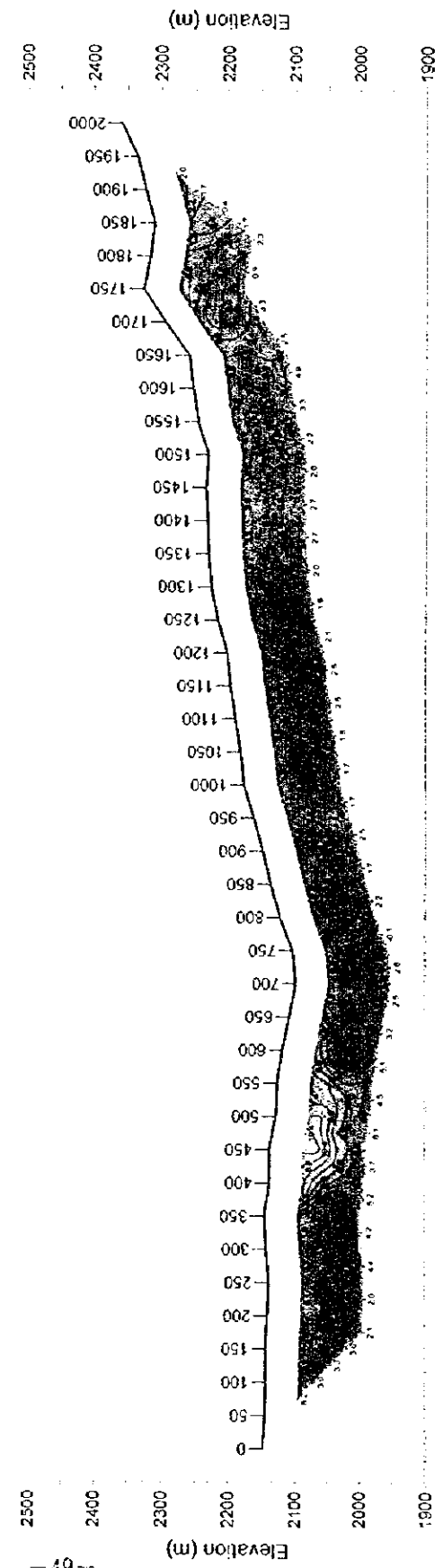
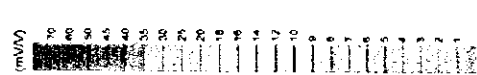


図 14 見掛け抵抗および充電率擬似断面 (D 測線)





Apparent Resistivity (ohm-m)

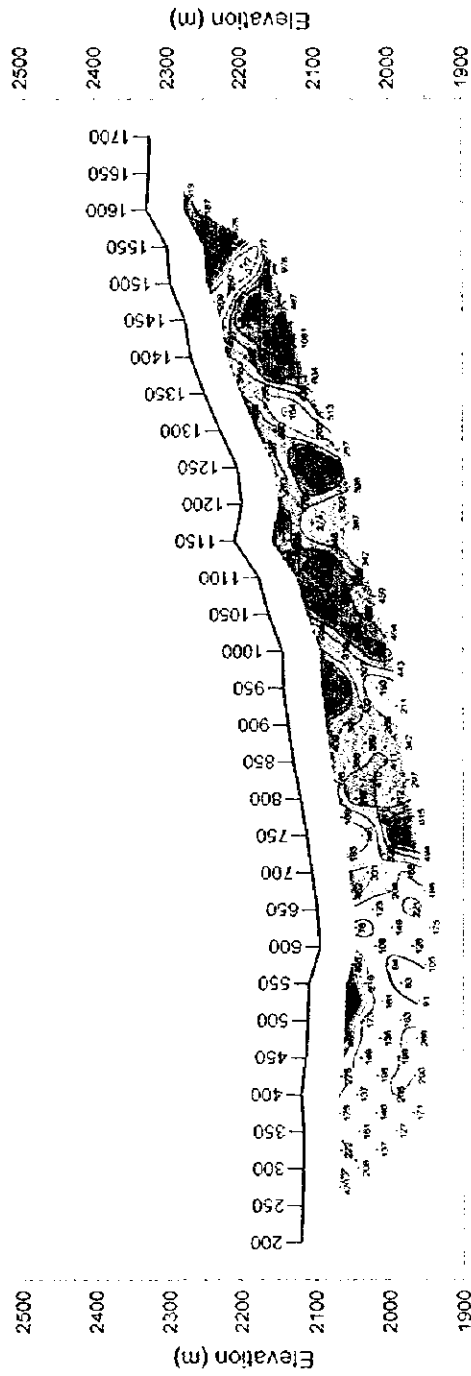
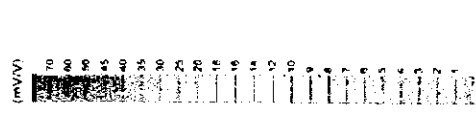
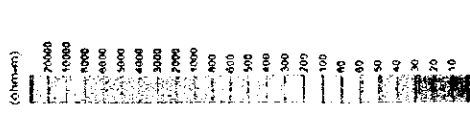


Chargeability (mV/V)

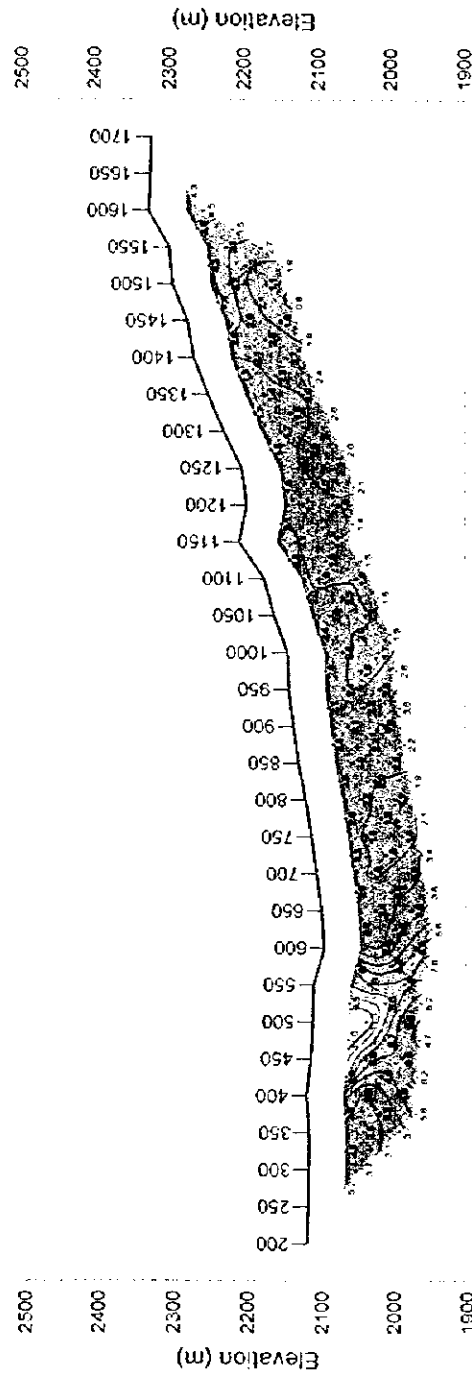


図15 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (E 測線)





Apparent Resistivity (ohm-m)

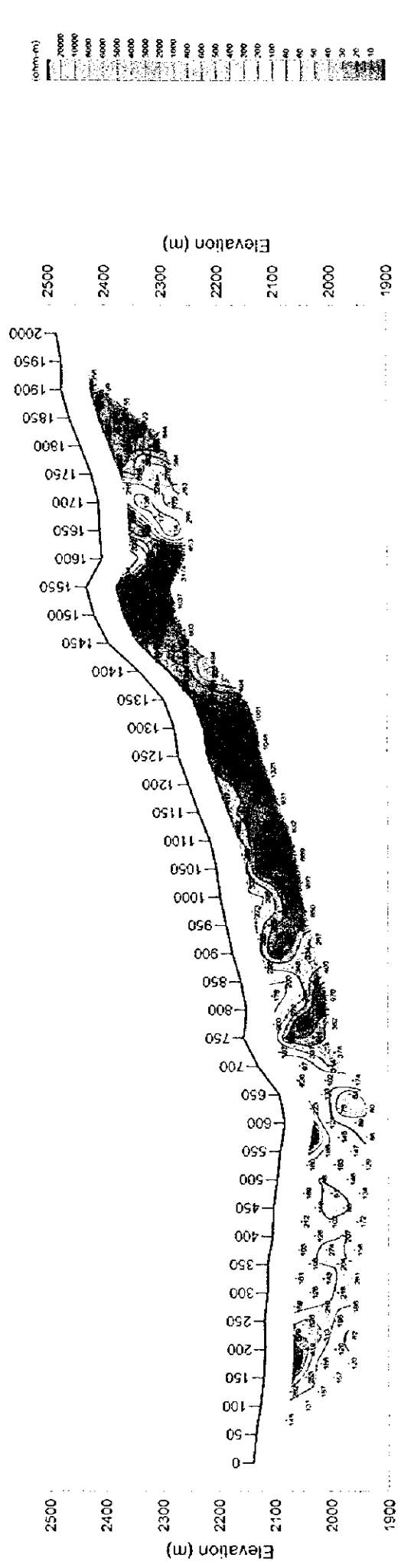


Chargeability (mV/V)

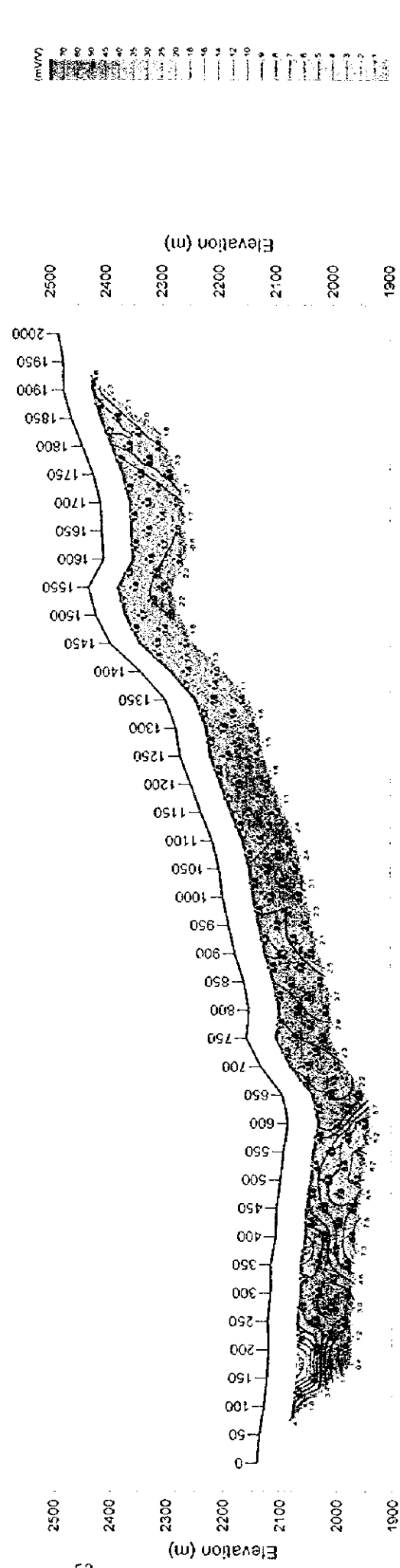


図 16 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (0 測線)





Apparent Resistivity (ohm-m)

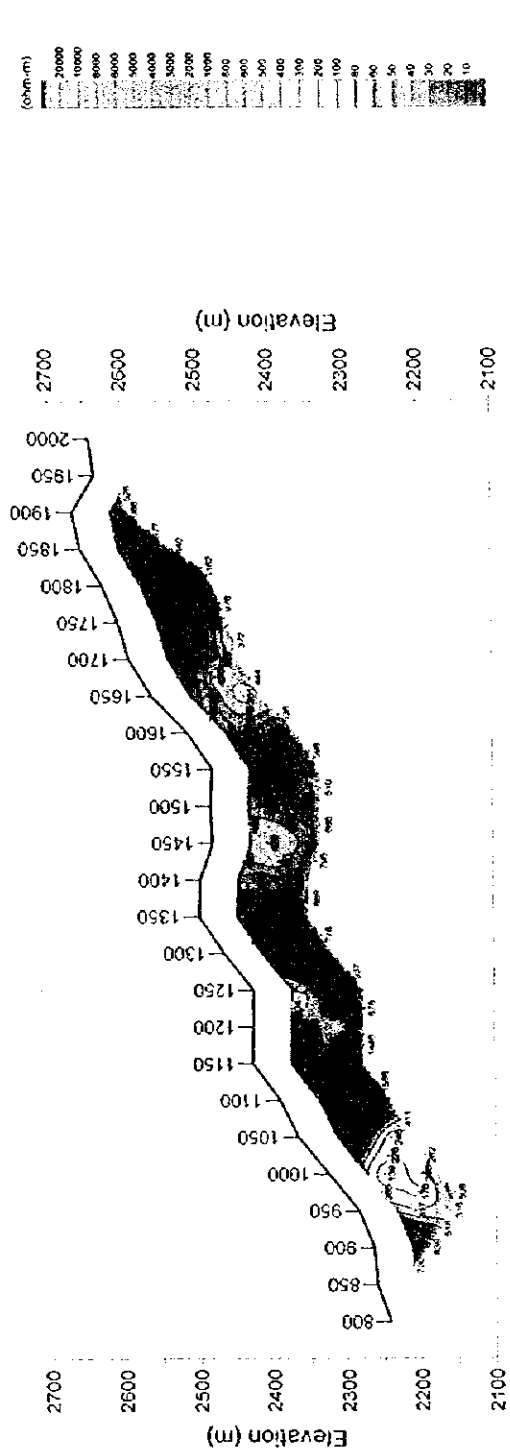


Chargeability (mV/V)

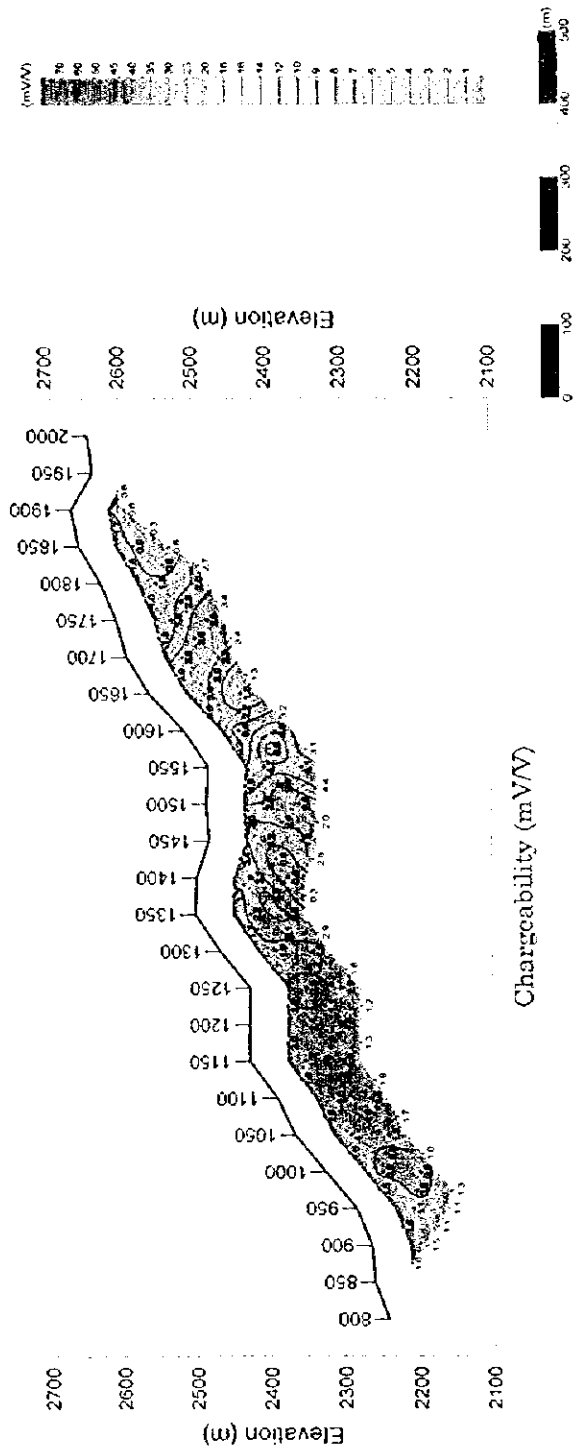
図 17 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (F 測線)







Apparent Resistivity (ohm-m)



Chargeability (mV/V)

図 18 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (G 測線)



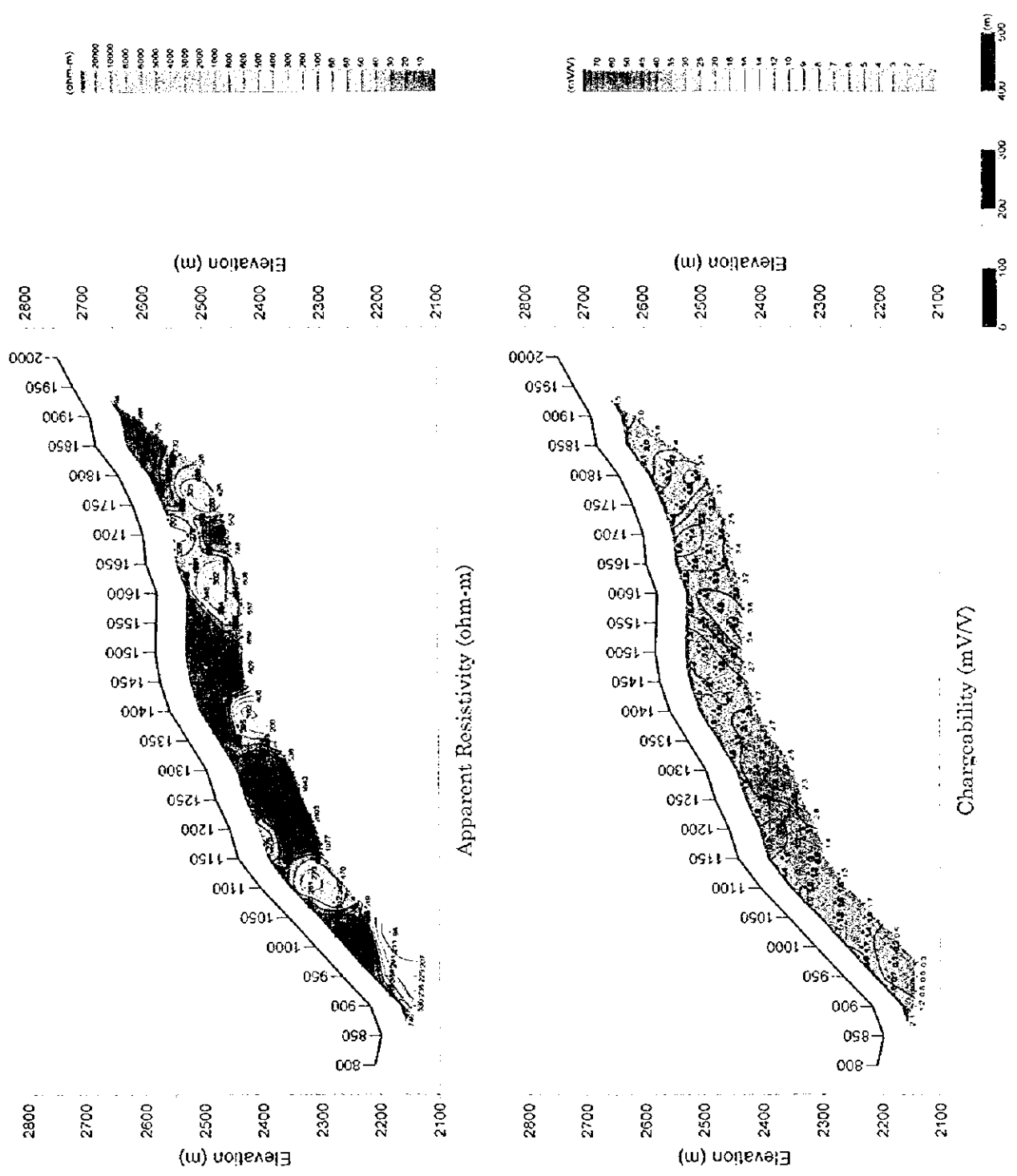
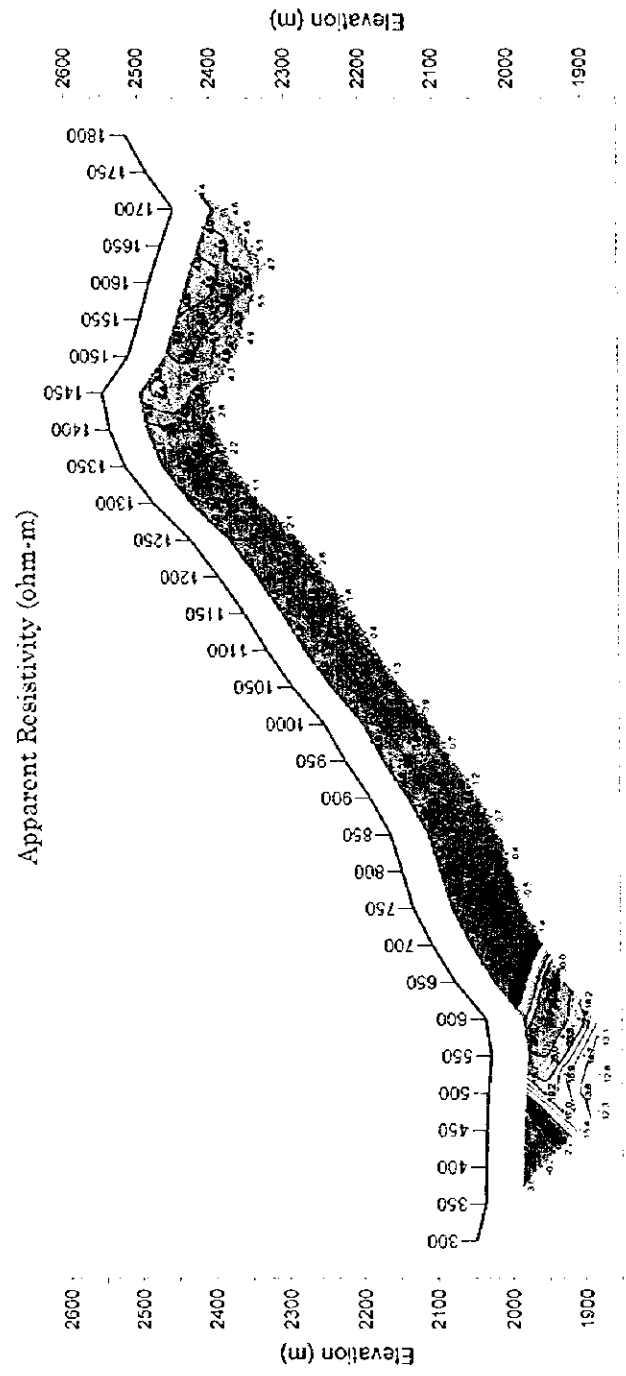
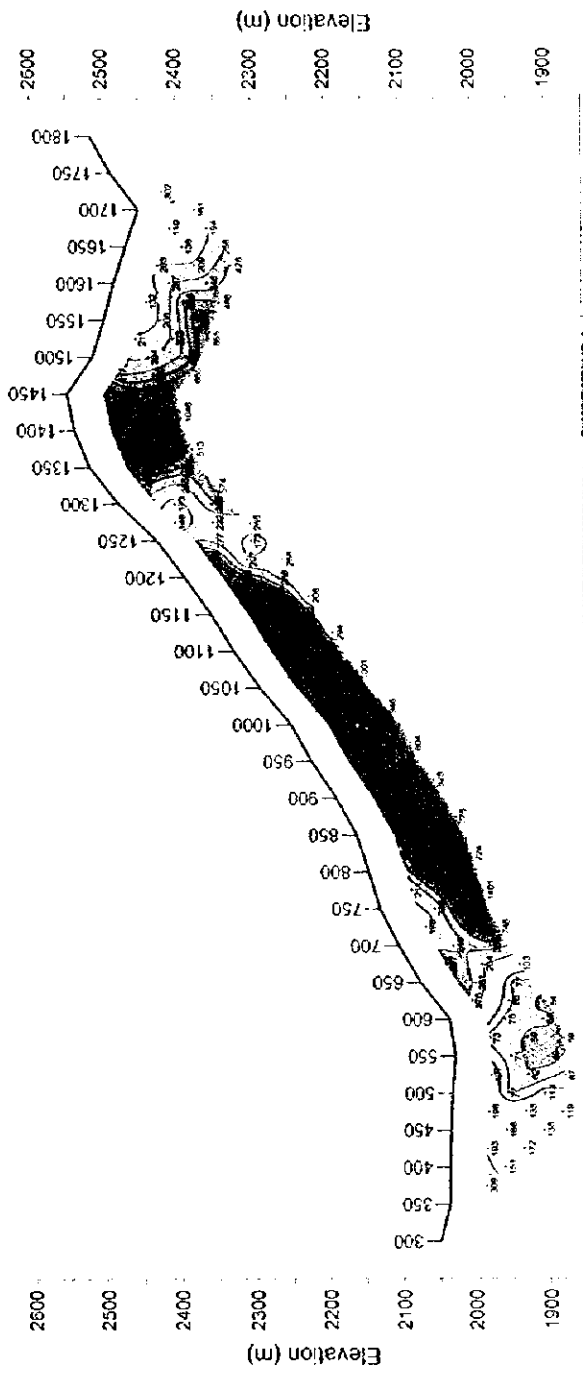


図 19 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (H 測線)





Chargeability (mV/V)

図 20 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (1 測線)



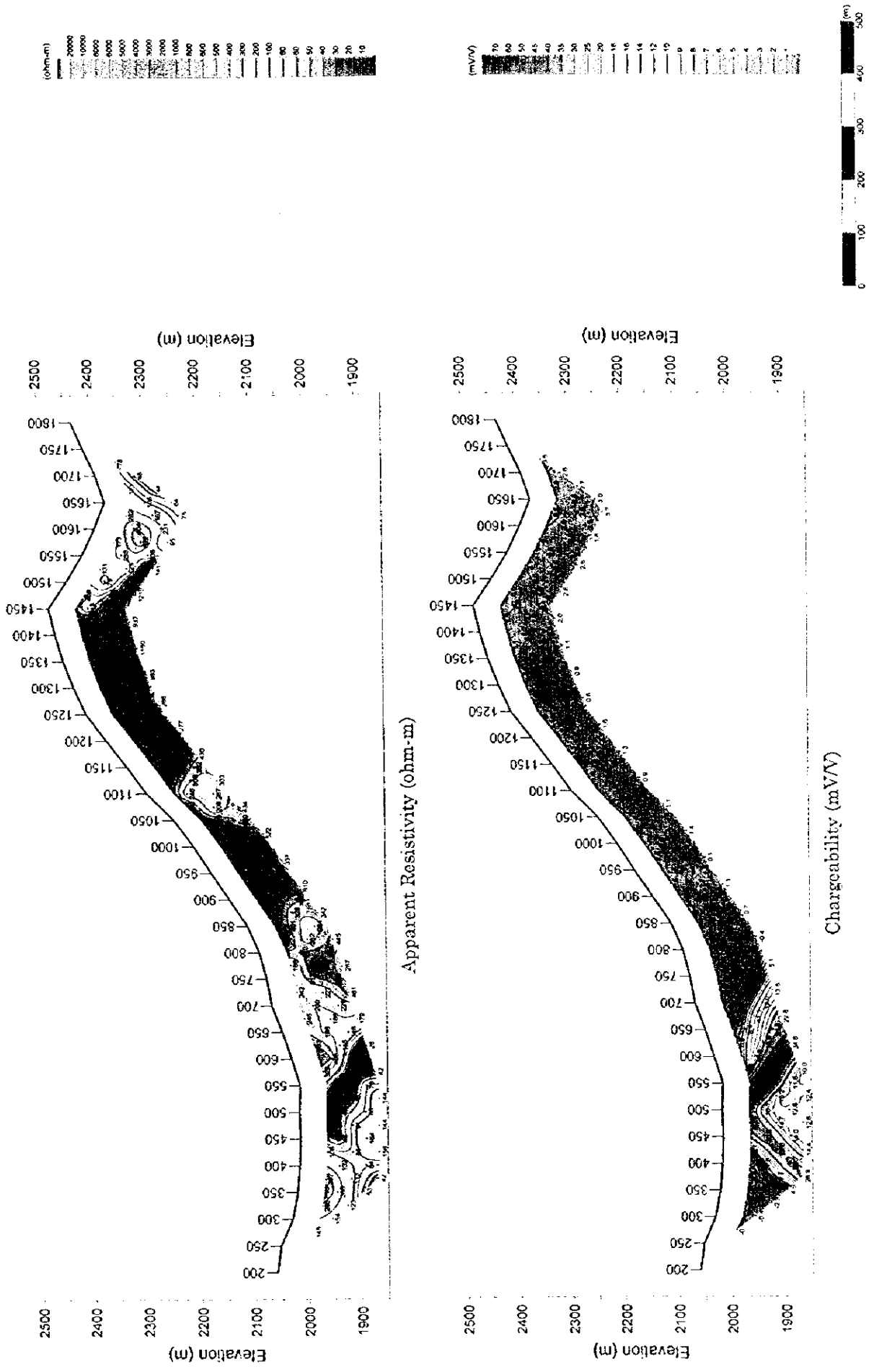


図 21 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (J 測線)





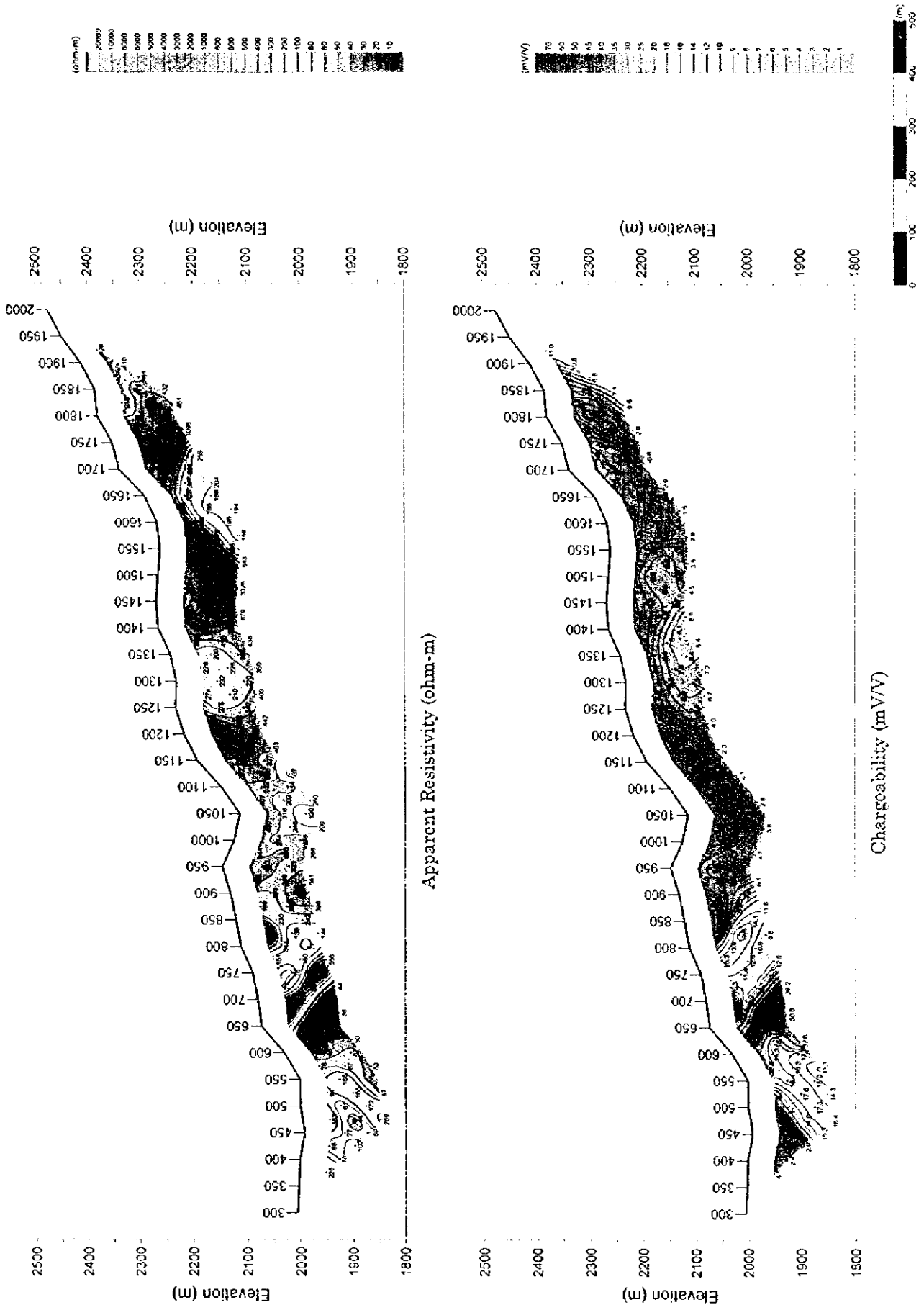


図 22 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (K 測線)



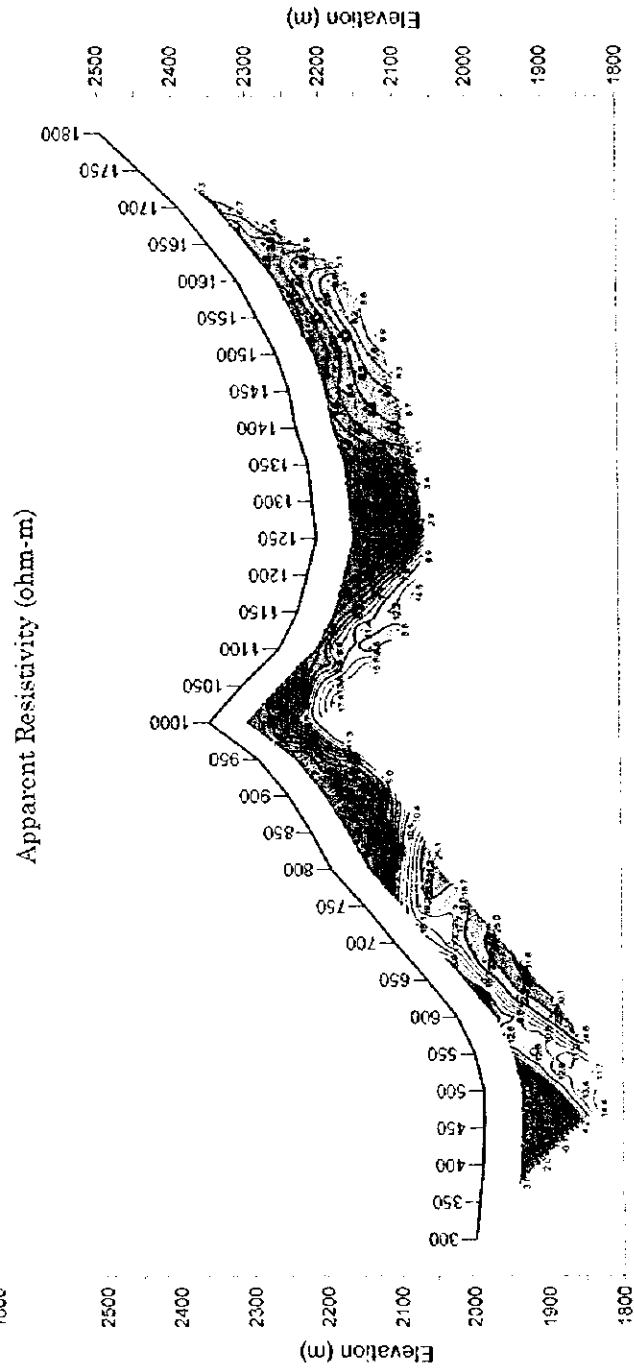
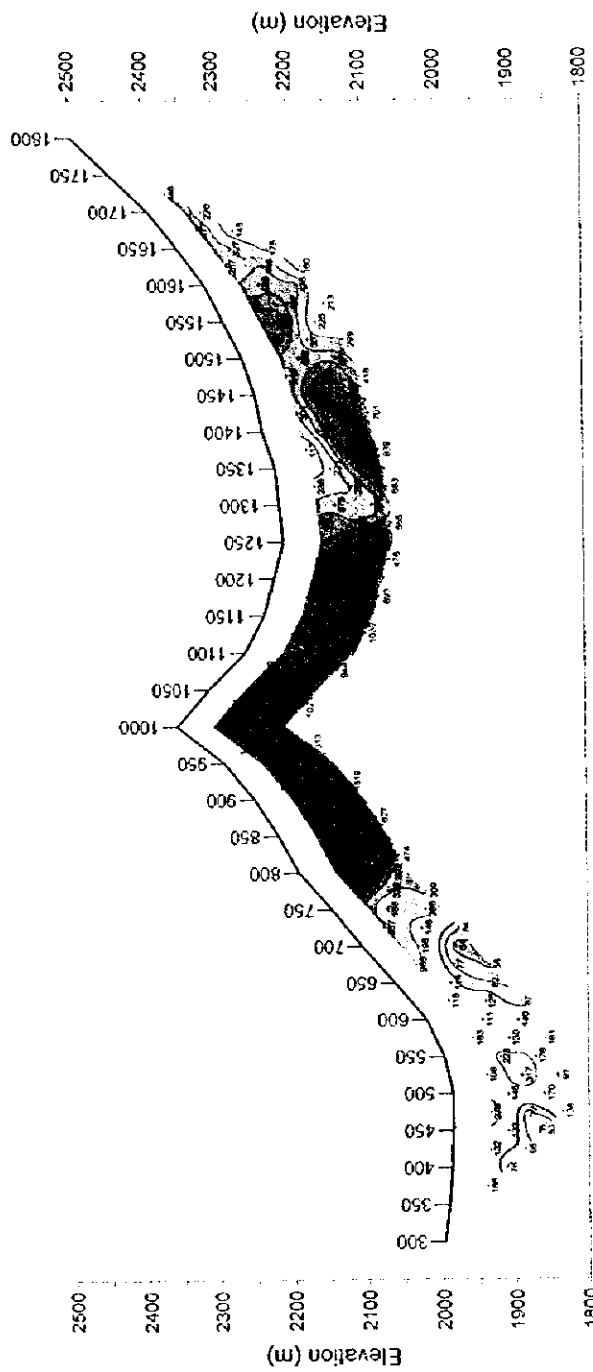


Figure 23: Comparison of resistivity and chargeability profiles along a simulated cross-section (L-profile).

図 23 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (L 測線)



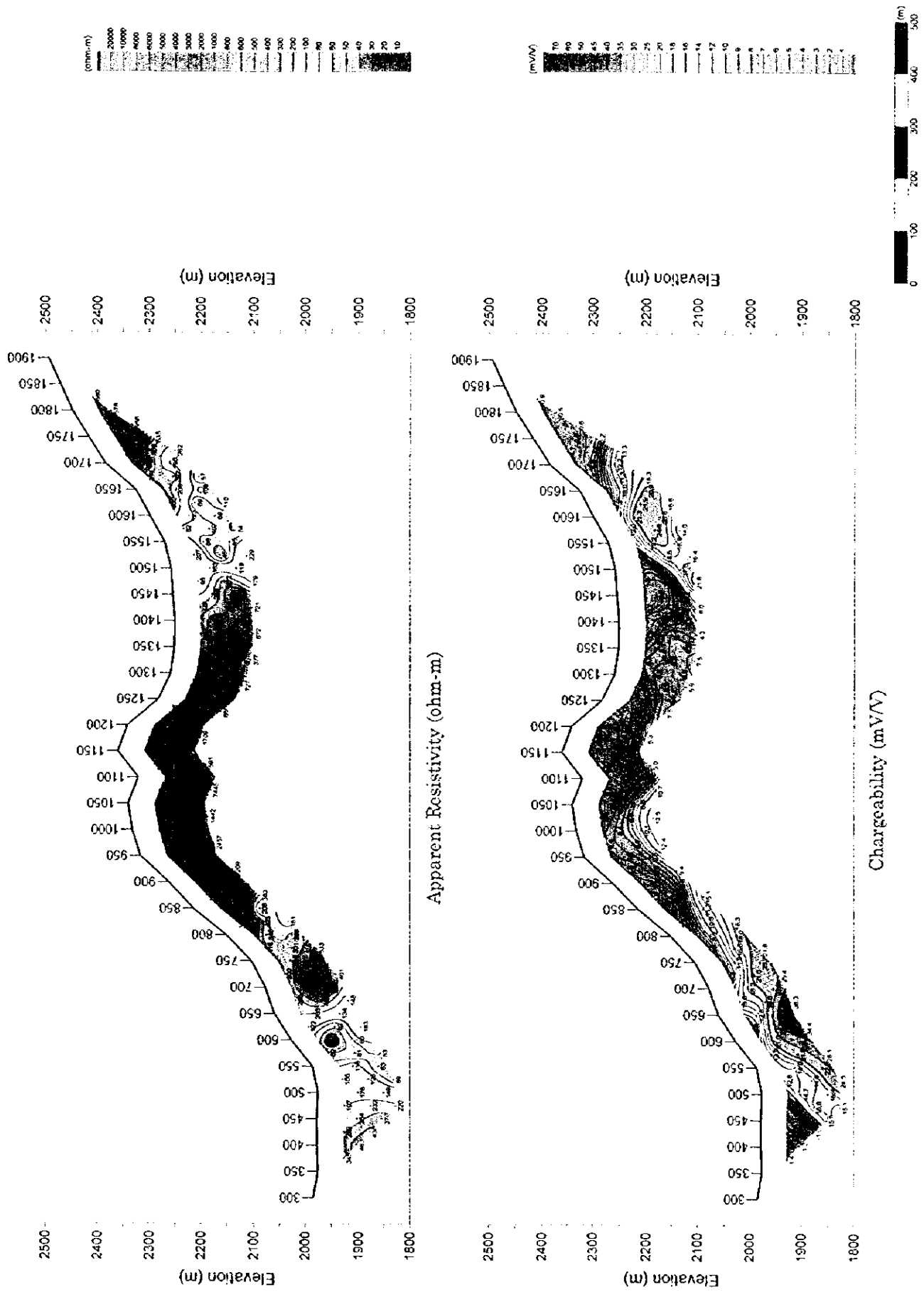


図 24 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (N 測線)



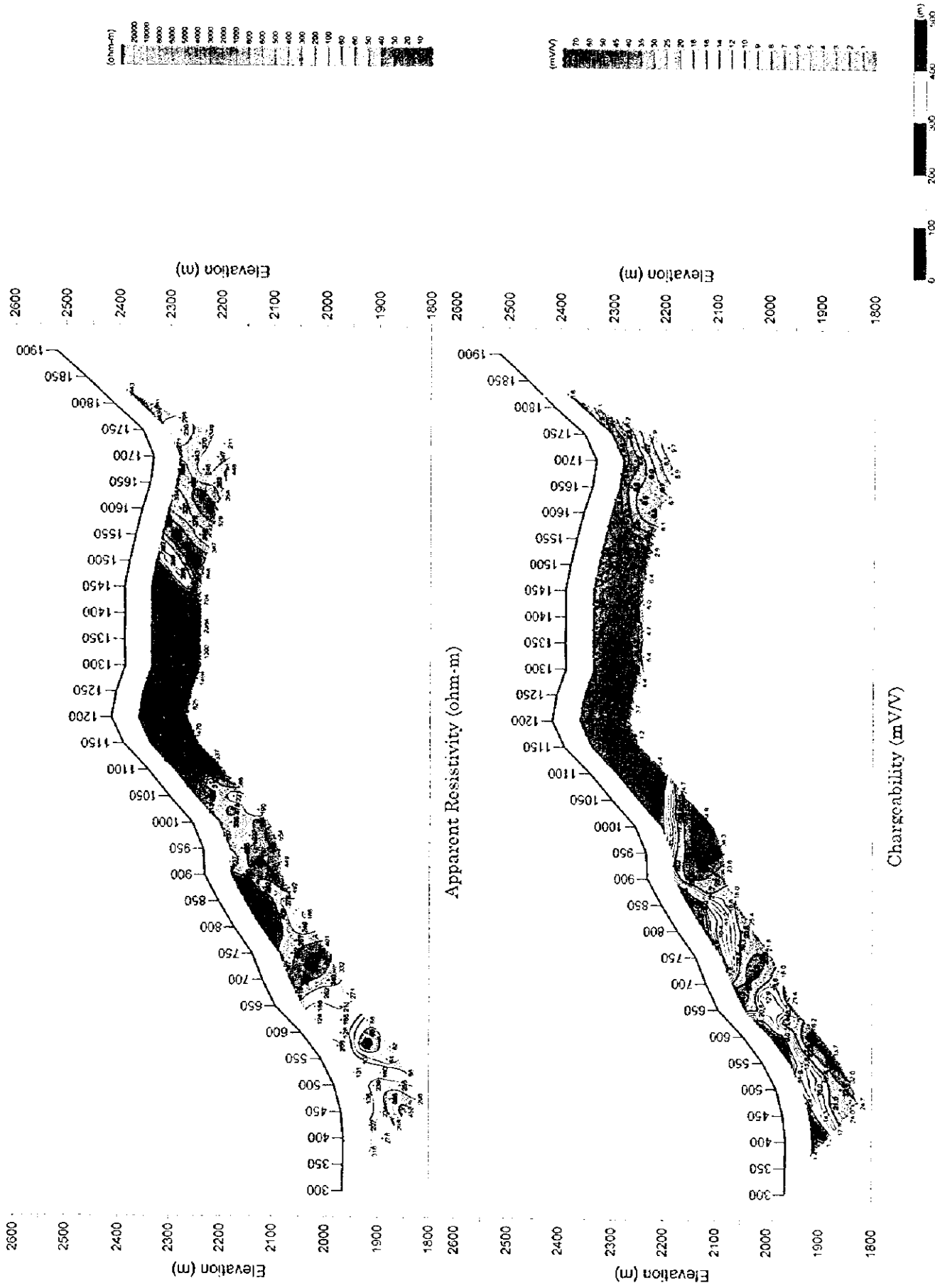


図 25 見掛比抵抗および充電率擬似断面 (N 測線)



