

JNC TJ7420 98-002

地質構造（リニアメント）調査における電気探査

（核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター）

（契約業務報告書）

1998年11月

地質計測株式会社

本資料の全部又は一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31

核燃料サイクル開発機構

東濃地科学センター

研究調整グループ

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Coordination Group

Tono Geoscience Center

Japan Nuclear Cycle Development Institute

959-31, Jorinji, izumi-machi, Toki-shi, Gifu-ken 509-5102,

Japan

JNC TJ7420 98-002

地質構造（リニアメント）調査における電気探査

（核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター）

（契約業務報告書）

1998年11月

地質計測株式会社

地質構造（リニアメント）調査における電気探査

蒲田文雄[※] 船越千等[※]

要 旨

航空写真で判読されているリニアメントと水理地質構造との関係を把握し、その後実施される試錐調査の資料を得るため、高密度比抵抗電気探査（2極法）を実施した。

調査結果によると、比抵抗分布は水平構造が卓越するような傾向がみられ、概略的には、地表浅部の高比抵抗の領域、中深部の低比抵抗の領域及び深部の高比抵抗の領域の3つの領域に分けられ、それぞれ砂礫（土岐砂礫層）、風化花崗岩及び比較的風化の影響の少ない花崗岩に相当するものと推定される。

リニアメントと明らかに関連するような、垂直方向の卓越した比抵抗分布は認め難いが、測線距離250m付近の深部において、周辺と比較してやや比抵抗の低い領域が認められる。仮に、リニアメントの形成要因となるような破砕部を伴う断層が存在するとするならば、測線距離250m付近深部の低比抵抗の領域が、亀裂の多い部分に相当する可能性が大きい。亀裂の多い部分がどのような範囲に分布するか推定し、リニアメントと関連付けて図示した。

断層が存在し、深部の低比抵抗の領域が亀裂の多い部分に相当するという解釈が正しいなら、亀裂中には多量の地下水が裂け水として賦存しているものと予想される。

本報告書は、地質計測株式会社が、核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務成果に関するものである。

契約番号：10C0960

機構担当部課室：東濃地科学センター地層科学研究グループ 石橋利久

※ 地質計測株式会社業務部

Electrical Investigation for Geological Structure(lineament)

Humio Kabata, Chihiro Hunakoshi

ABSTRACT

High density electrical investigation (double probe method) was operated for the purpose to understand the relation between hydro-geological structure and lineaments which were grasped by aero-photo graphic analysis, and to obtain information for drilling which will be operated after the electrical investigation.

By the results of the investigation, resistivity structure could have a distinguished horizontal tendency.

Roughly speaking, the structure can be classified three zones as follows:

- (1) High resistive zone in the near subsurface.
- (2) Low resistive zone in the middle subsurface.
- (3) High resistive zone in the deep subsurface.

They could correspond with gravel(TOKI gravel formation), weathering granite and comparative less weathering granite respectively.

It is difficult to recognize vertical trend with lineaments from the resistivity distribution.

However a somewhat lower resistive zone than surroundings can be in the deep part of about 250m of investigation line.

If a fault which accompany fractures related to lineaments exists, in the low resistive zone in deep of about 250m of investigation line, it is expected that much subsurface water exist as fissure water in the fracture zone.

Work performed by CHISHITU KEISOKU Co., LTD. under contract with
Japan Nuclear Cycle Development Institute
JNC Liaison:Tono Geoscience Center, Geoscience Research Execution Group
CHISHITU KEISOKU CO., LTD.

目 次

1.	はじめに	1
2.	調査概要	2
2.1	調査件名	2
2.2	調査目的	2
2.3	調査年月日	2
2.4	調査場所	2
2.5	調査方法	2
2.6	調査数量	2
2.7	主要使用機器	2
3.	地形・地質概要	6
3.1	地形	8
3.2	地質	8
4.	調査方法	9
4.1	高密度比抵抗電気探査の概念	9
4.2	測定方法	10
4.2.1	測定原理	10
4.2.2	測定法	11
4.3	測定結果の処理及び解析方法	12
4.4	比抵抗分布の解釈方法	15
5.	調査結果	16
6.	考察	21
6.1	比抵抗値と地質・岩質との関係	21
6.1.1	比抵抗検層結果と地質との関係	21
6.1.2	露頭の比抵抗測定	23
6.2	比抵抗分布の解釈	24
6.2.1	地表浅部に分布する高比抵抗の領域	24
6.2.2	中深部に分布する低比抵抗の領域	24
6.2.3	深部に分布する高比抵抗の領域	25
6.2.4	リニアメントと比抵抗分布	25
6.2.5	水理地質	26
7.	今後の調査	28
8.	おわりに	31
9.	参考文献	32
10.	付録	33

図 表 目 次

図 2 - 1	調査位置図	3
図 2 - 2	測線配置図	5
図 3 - 1	岐阜県東濃地方の瀬戸層群地質図	8
図 4 - 1	2極法の電極配置	10
図 4 - 2	高密度比抵抗電気探査測定模式図	11
図 4 - 3	データ処理の流れ図	14
図 5 - 1	比抵抗階級分布断面図(見掛比抵抗値)	17
図 5 - 2	比抵抗断面図(2次元逆解析処理)	19
図 6 - 1	比抵抗階級区分に対する地質区分の分布率	22
図 10 - 1	比抵抗曲線の読み取り位置及び地質区分図	36
表 2 - 1	調査数量	7
表 2 - 2	主要使用機器	7
表 6 - 1	現場比抵抗測定結果表	23

1. はじめに

核燃料サイクル開発機構東濃地科学センターのご依頼により、平成10年10月12日から同年11月13日の1ヶ月間、岐阜県可児郡御嵩町美佐野において、航空写真で判読されているリニアメントと水理地質構造との関係を把握し、その後実施される試錐調査の資料を得るために、高密度比抵抗電気探査（2極法）を実施した。

調査結果は、本文中に詳述するとおりであるが、概略的には、リニアメントと関連が明らかに予想されるような垂直構造の卓越した比抵抗分布は認め難く、水平構造の卓越した比抵抗分布を示しているが、見掛比抵抗を示す比抵抗階級分布断面図によれば、測線距離250m付近深部に周辺と較べてやや比抵抗の低い領域が認められる。リニアメントを形成するような破碎部を伴う断層が存在しているならば、測線距離250m付近の深部に分布するやや比抵抗の低い領域が断層に伴う亀裂の多い部分に相当する可能性が大きい。断層が存在し、深部の低い比抵抗の領域が亀裂の多い部分に相当するという解釈が正しいなら、亀裂中には多量の地下水が裂ケ水として賦存しているものと予想される。

調査地周辺には、表層の水理構造の把握を目的とした試錐調査がなされており、比抵抗の解釈に当たっては、これらの試錐孔の資料を参考とした。今後の調査ボーリングによって比抵抗分布の解釈が妥当であるか検証することが望まれる。

2. 調査概要

- 2.1 調査件名 地質構造（リニアメント）調査における電気探査
- 2.2 調査目的 地質構造（リニアメント）調査の目的は航空写真等で判読されているリニアメントと水理地質構造との関係を把握することである。本件では、電気探査を実施して地下の比抵抗分布を求め、その後に実施される試錐調査での試錐孔の位置や掘削仕様（掘削深度、傾斜等）を決定するための資料を得ることを目的とする。
- 2.3 調査年月日 平成10年10月12日から平成10年11月11日の31日間
測定作業：平成10年10月17日～10月19日
- 2.4 調査場所 岐阜県可児郡御嵩町美佐野
レイクグリーンゴルフ場敷地内
図2-1の調査位置図及び
図2-2の測線配置図に示す。
- 2.5 調査方法 高密度比抵抗電気探査 2極法
- 2.6 調査数量 測線数1、測線長750m、測点間隔5m
(詳細は、表2-1に示す。)
- 2.7 主要使用機器 表2-2に示す。



豊田 至なごや 至豊田
瀬戸

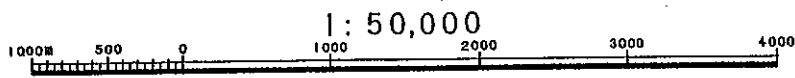


図 2 - 1 調査位置図

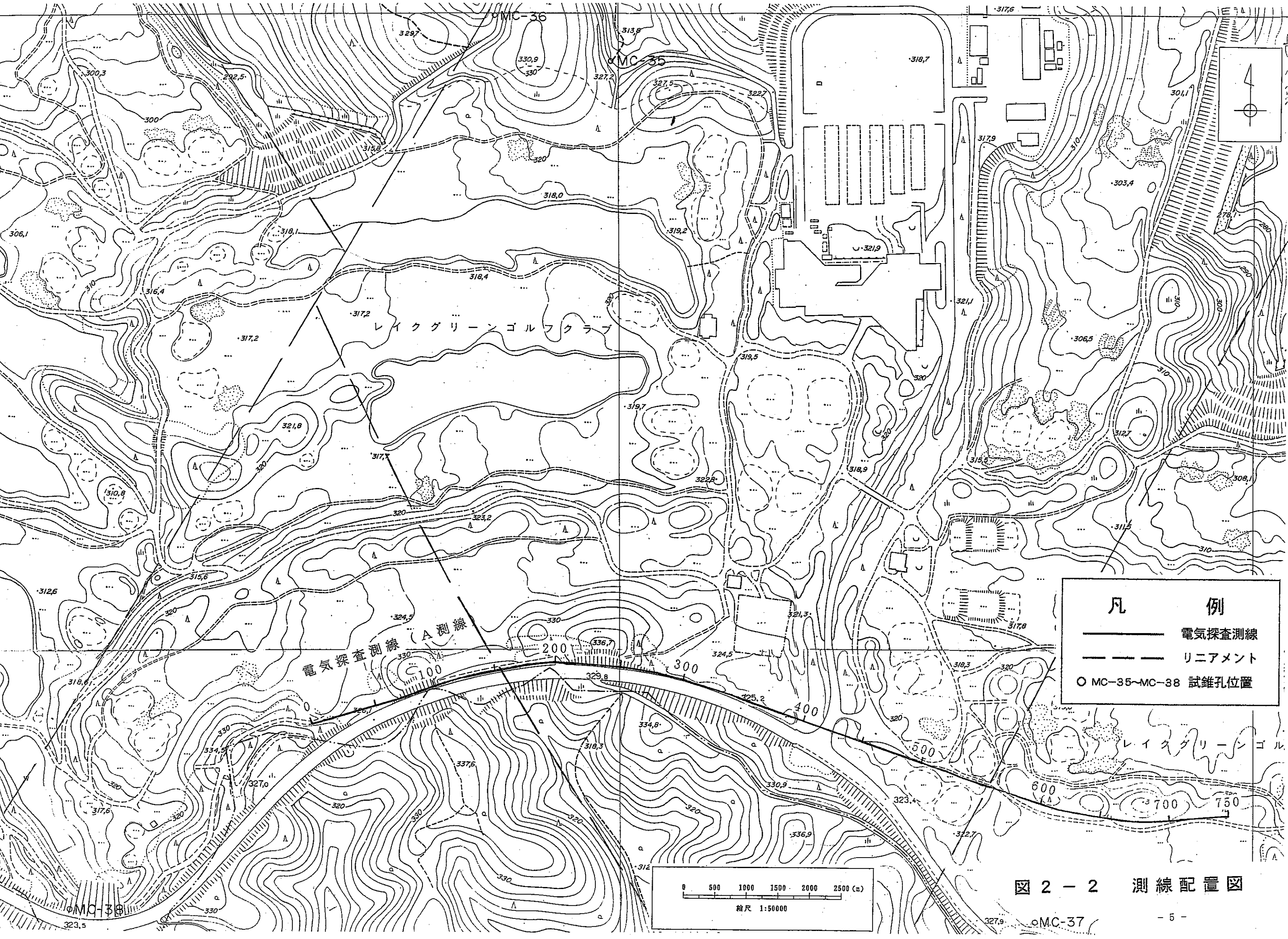


表 2-1 調査数量

測線名	測線長 (m)	測点間隔 (m)	探査深度 (m)	使用データ数
A	750	5	200	3105

表 2-2 主要使用機器

機器名	仕様、性能等	製作所名	数量
大地比抵抗器 GER-011	デジタル印字式 出力電圧 : Max 500V 感度 : 1mV, 0.1mA	地質計測(株)	1台
制御計算機	PC-9821Nx 32bit CPU UNIT	NEC	1台
電極スキャナー HES-120	制御電極数 : 最大 119	地質計測(株)	1台
無誘導ケーブル	成分数 : 101 電極間隔 : 5m用	地質計測(株)	1式
電極棒	ステンレス製 φ9mm × 400mm	地質計測(株)	101本
その他	発電器、AC-DCコン バーター、ハンマー他	—————	1式

3. 地形・地質概要

3.1 地形

調査地は、名古屋鉄道・広見線・御嵩駅より南東6km、あるいは、JR中央線土岐市駅の北方4kmに位置し、調査地周辺は、標高350m程度のなだらかな丘陵地が広がる。

3.2 地質

調査地周辺は、中・古生界、花崗岩、新生代新第三紀中新統の瑞浪層群を基盤として、新生代新第三紀鮮新世の瀬戸層群に属する土岐砂礫層が分布する。土岐砂礫層の岩種は、円礫～亜円礫の濃飛流紋岩、花崗岩、チャートを主体とする。

図3-1に岐阜県東濃地域の地質図を示す。

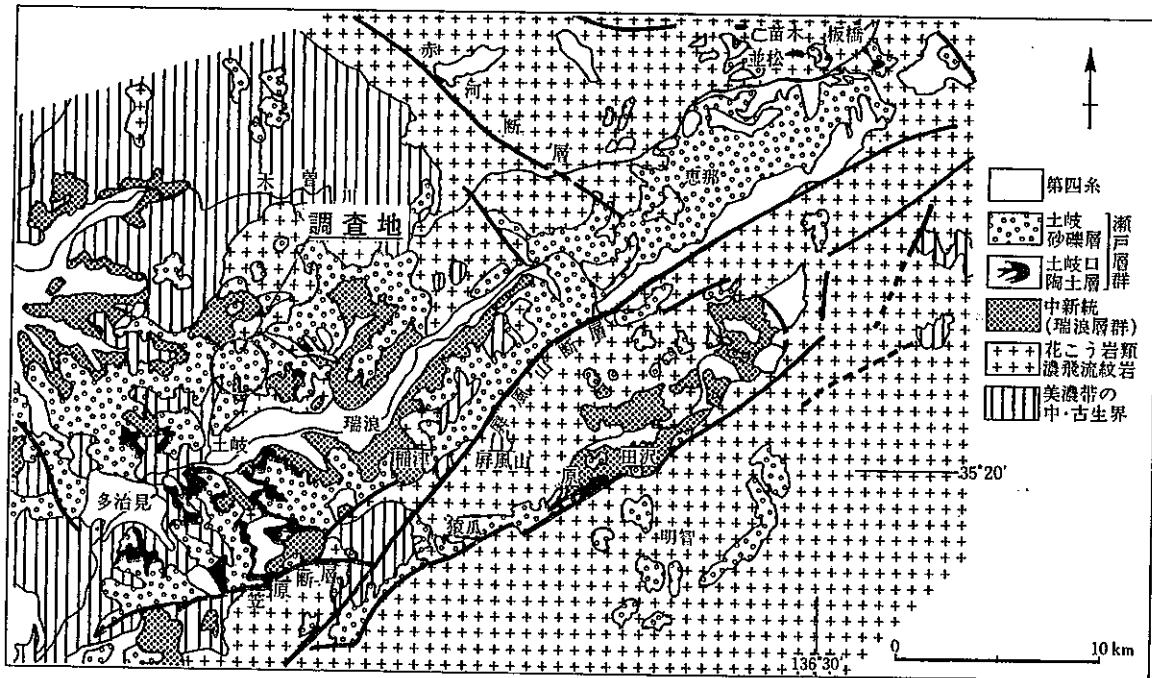


図3-1 岐阜県東濃地方の瀬戸層群地質図

(中山・陶土団研グループ)

日本の地質5 中部地方Ⅱより

4. 調査方法

4.1 高密度比抵抗電気探査の概念

一般に、電気探査は、半無限水平多層構造で、比抵抗層が均質であると仮定した理論曲線（標準曲線、補助曲線）を用いて、測定データと理論曲線との対応を取る解析方法が多く用いられている。しかし、一般には、理論曲線の成立条件が満足され難いので、標準曲線を用いた場合、解析不能となることも多く、経験法とか直視法と称する理論的裏付けが困難な方法を併用している。

高密度比抵抗電気探査は、大地が上記の理想的な状態で構成されていないことを前提とし、多量のデータを統計的に処理し、必要に応じて強調等の数値処理や2次元逆解析を行い、その結果を経験法によって解釈している。地下の性状を解釈するには、比抵抗値そのものより、定性的にどの区域の比抵抗値が高いかあるいは低いかの方が重要になる。

4.2 測定方法

測定は、2極法により実施する。

4.2.1 測定原理

2極法は、図4-1に示すように、電流電極C、C ∞ 間に電流Iを流し、P、P ∞ 間の電圧差Vを測定すれば、半無限媒質の電位理論により、その比抵抗値 ρ は、

$$\rho = 2\pi a \frac{V}{I} \quad [\Omega \cdot \text{m}]$$

で表される。一般には、地下の比抵抗値は均質でないので、上式で求められた比抵抗値は「真の比抵抗値」 ρ に対して、「見掛比抵抗値」 ρ_a と呼ばれ、同様に上式を用いて、

$$\rho_a = 2\pi a \frac{V}{I} \quad [\Omega \cdot \text{m}]$$

で算出されている。

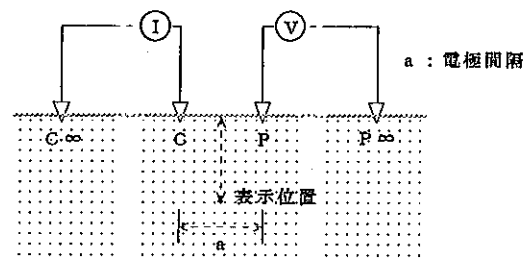


図4-1 2極法電極配置

4.2.2 測定法

図4-2に示すように、あらかじめ定められた測点間隔（水平距離）ごとに打設した電極棒は、無誘導ケーブルを用いて、電極切換器（2極法の場合は電極スキャナー）と接続する。大地比抵抗器または電極スキャナーは、パソコンと接続する。

測定は、パソコンを起動し、測定法、電極間隔、測線長、探査深度等の測定条件を入力し、所定のプログラムに従って実施する。また、パソコンに取り込んだデータから見掛比抵抗値を算出し、ディスプレイ上に見掛比抵抗分布断面図として5段階に色別表示する。ディスプレイ上でデータをチェックし、不良データは必要に応じ再測する。

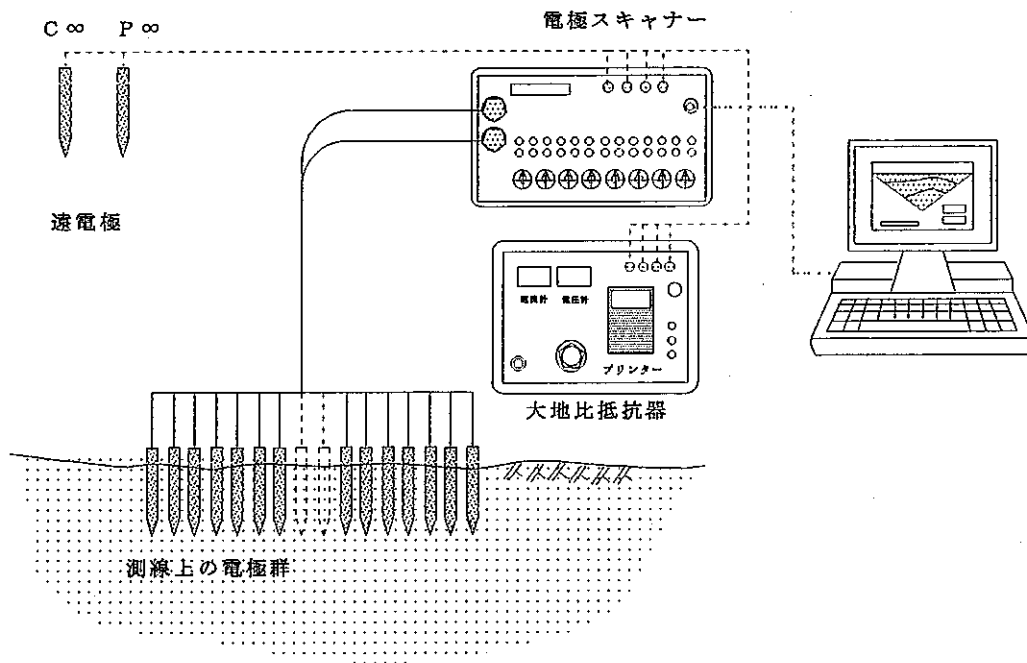


図4-2 高密度比抵抗電気探査測定模式図

4.3 測定結果の処理及び解析方法

測定結果の処理の方法は、探査目的や処理内容に応じて異なるが、基本的な事項は次のとおりである。

- ① 見掛比抵抗値を計算する。
- ② 2次元の地形補正処理を行い、地形による影響を取り除く。
- ③ 移動平均により局所的なノイズを除去する。
- ④ 測定データが2極法の場合は、必要に応じウエナー法やエルトラン法のデータに変換する。
- ⑤ 必要に応じ、平滑化処理、強調処理等の数値処理または、2次元インバージョン解析を実施する。
- ⑥ 処理結果等は、5段階あるいは多段階に階級区分し、プリンターあるいはプロッターで作図する。

5段階の階級区分の設定は、一般には、各測線で得られた全データの見掛比抵抗値あるいは処理結果の平均値を m_a 、標準偏差を σ_a とすると、各分割値 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 を、

$$D_1 = m_a - \sigma_a$$

$$D_2 = m_a - 1/3 \cdot \sigma_a$$

$$D_3 = m_a + 1/3 \cdot \sigma_a$$

$$D_4 = m_a + \sigma_a$$

で表し、各々の見掛比抵抗値を以下のように5段階に区分している。

D_1 以下 ----- 1階級（赤色で表示）

$D_1 \sim D_2$ ----- 2階級（橙色で表示）

$D_2 \sim D_3$ ----- 3階級（緑色で表示）

$D_3 \sim D_4$ ----- 4階級（青色で表示）

D_4 以上 ----- 5階級（紫色で表示）

また、2次元逆解析のような多段階の階級区分は、通常、等比的に区分している。

本調査では数値処理として、比抵抗2次元逆解析を実施した。比抵抗2次元逆解析は、断面と直交する方向の地形断面及び比抵抗分布は一様であると仮定し、測定値を満足するような比抵抗分布を逆解析する方法である。解析手順は、まず、初期比抵抗分布を与え、有限要素法により、電位の計算を実施する。次に電位の計算結果と測定値との差が小さくなるように、比抵抗分

布を非線形最小自乗法で修正する。順次、このような電位の計算と比抵抗分布の修正を繰り返し、計算結果と測定値との差が一定以下になれば計算を終了させる。

測定から断面図作成までの流れを、図4-3の流れ図に示す。

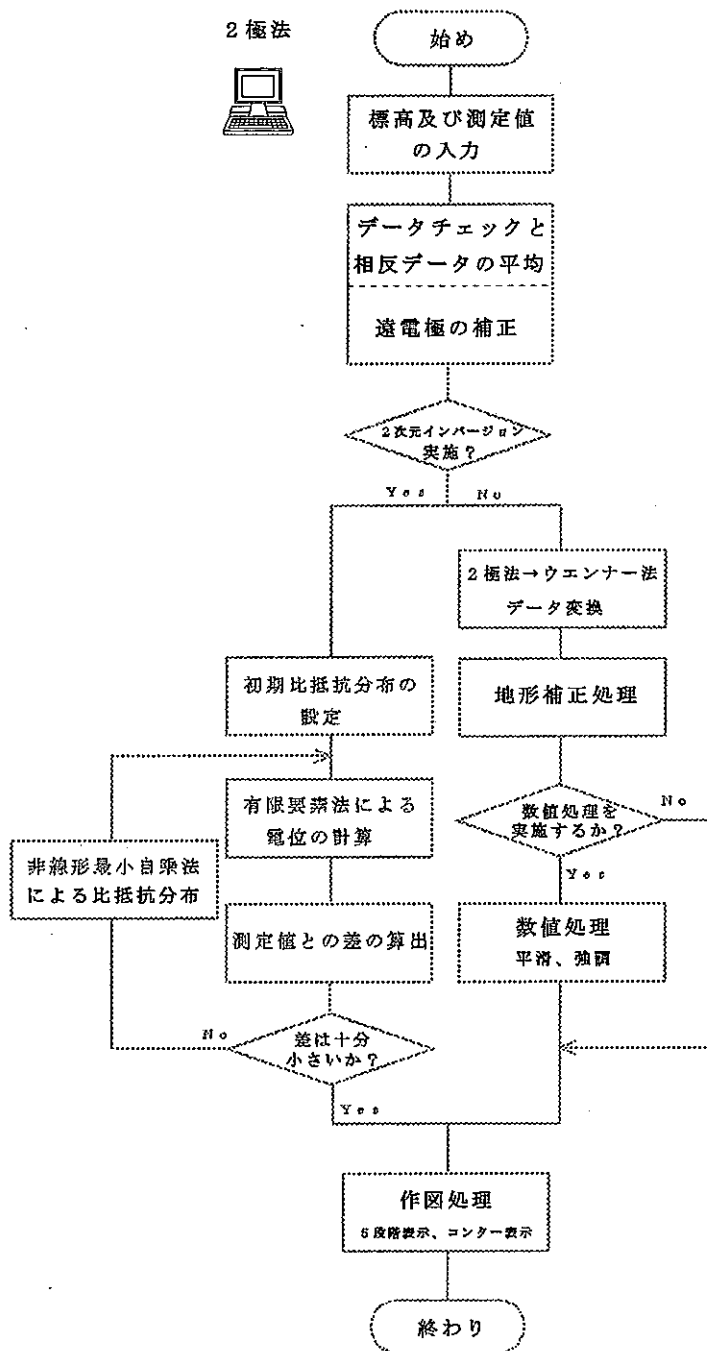


図 4 - 3 データ処理の流れ図

4.4 比抵抗分布の解釈方法

地山や岩石の比抵抗値は、地質、風化変質、含水状態によって大きく異なる。地質・岩質等により、大地の比抵抗値が高いか低いかの一般的傾向を列挙すると次のようになる。

- 沖積層や洪積層の砂礫～粘土の場合、粘土に較べて砂礫の比抵抗値が高く、一般に粗粒堆積物ほど比抵抗値が高い。
- 表土など特に地表浅部は、空隙率が大きく、一般に、比抵抗値が高くなる。
- 花崗岩のような粗粒鉱物より成る岩の比抵抗値が高いのに対して、泥質起源である泥岩や粘板岩等の比抵抗値は小さい。
- 同一地質であれば、新鮮岩に較べて、風化変質岩は比抵抗値が小さい。
- 地山の含水状態によっても比抵抗値は異なる。地下水の比抵抗値によっても異なるが、一般には、含水が大きいほど比抵抗値は低くなる傾向を示す。
- 断層や破碎部あるいは変質部は、岩石の細粒化や粘土化とともに含水が大きくなることが多いので、これらの領域の比抵抗値は、周辺と較べて比抵抗値が低下しているのが一般的である。

比抵抗分布は、以上のとおり、地質・岩質、その他すべてを含んだ大地の電気的な特徴をトータル的に反映していると考えられ、比抵抗分布から一義的に岩質や地下水の状態だけを選択的に推定することはできない。そのため、地質踏査結果やボーリング調査結果を参考にし、比抵抗分布と地質・岩質等の一般的な傾向や地形状況等を念頭におきながら比抵抗分布を解釈することになる。既にボーリング調査等が実施され、地質・岩質的あるいは地下水の状態等の情報が得られているか否かによって解釈の程度は異なることになる。

5. 調査結果

5.1 調査結果

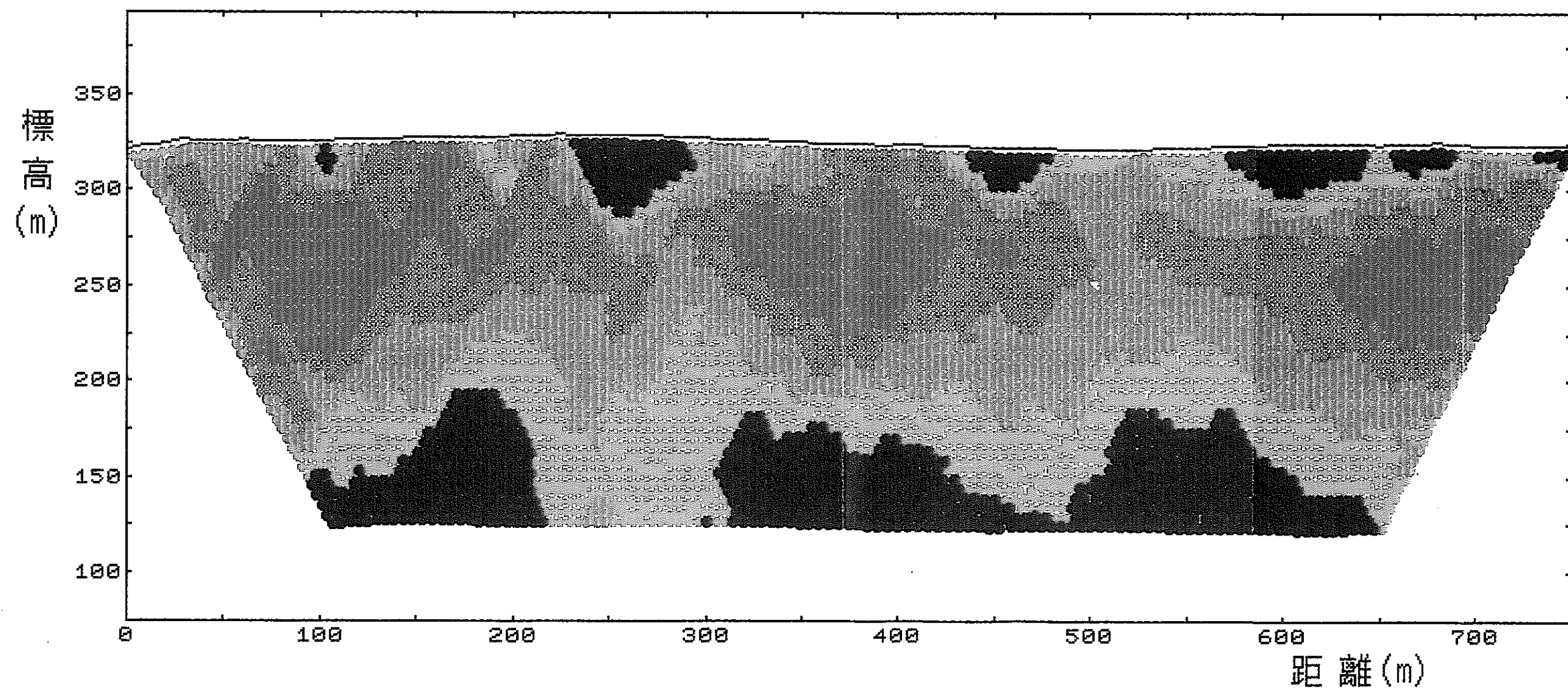
図 2 - 2 の測線配置図に示す測線位置において、高密度比抵抗電気探査を実施した。探査結果を図 5 - 1 の比抵抗階級分布断面図（見掛比抵抗値）と図 5 - 2 の比抵抗断面図（2次元逆解析処理）にそれぞれ縮尺1/2500で示した。

なお、両図面の処理内容は次の①及び②のとおりである。

- ① 図 5 - 1 比抵抗階級分布断面図：2次元地形補正処理、移動平均処理。
- ② 図 5 - 2 比抵抗断面図：2次元逆解析処理で地形補正含む。

なお、両図の比抵抗分布の解釈結果は、地質構造解釈図として、図 5 - 1 の比抵抗階級分布断面図に上載添付した。

考察の項では、図 5 - 1 の比抵抗階級分布断面図及び図 5 - 2 の比抵抗断面図を用い、比抵抗分布について検討・解釈した。

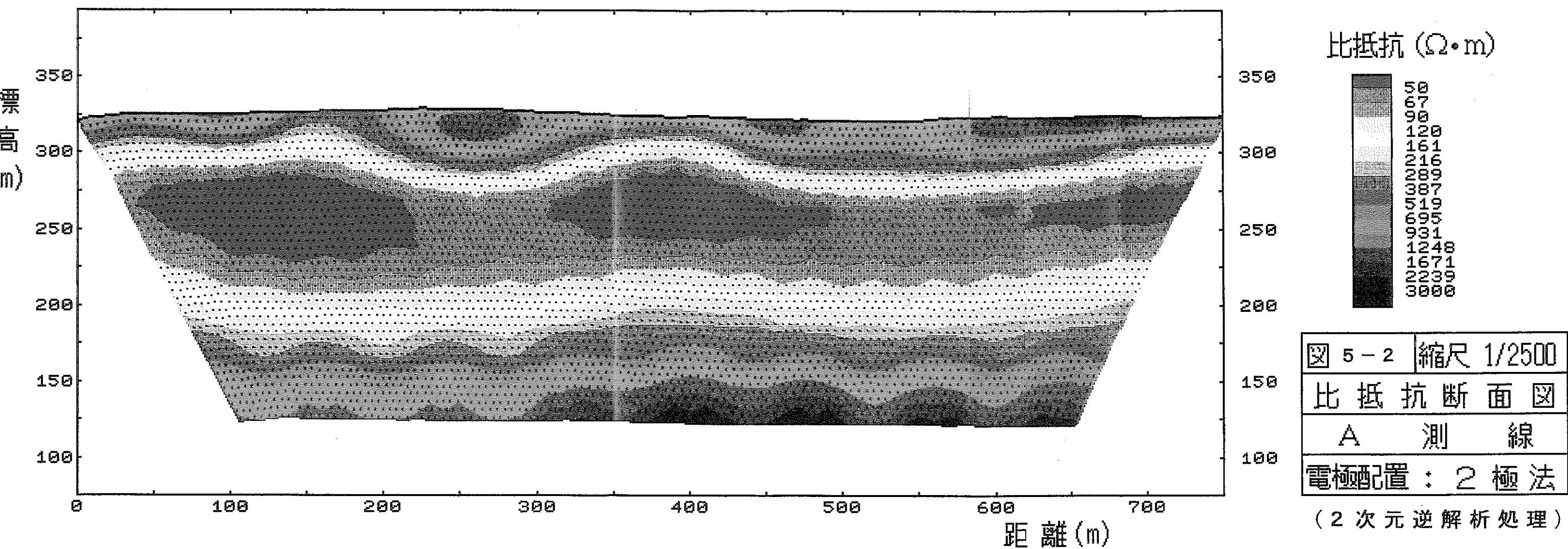


凡例
單位 (Ω·m)

- 61 ~ 269
- 269 ~ 392
- 392 ~ 572
- 572 ~ 835
- 835 ~ 1432

圖 5-1	縮尺 1/2500
比抵抗階級分布断面圖	
A 測 線	
電極配置：2 極法	

(見掛比抵抗値)



地質構造解釈断面図

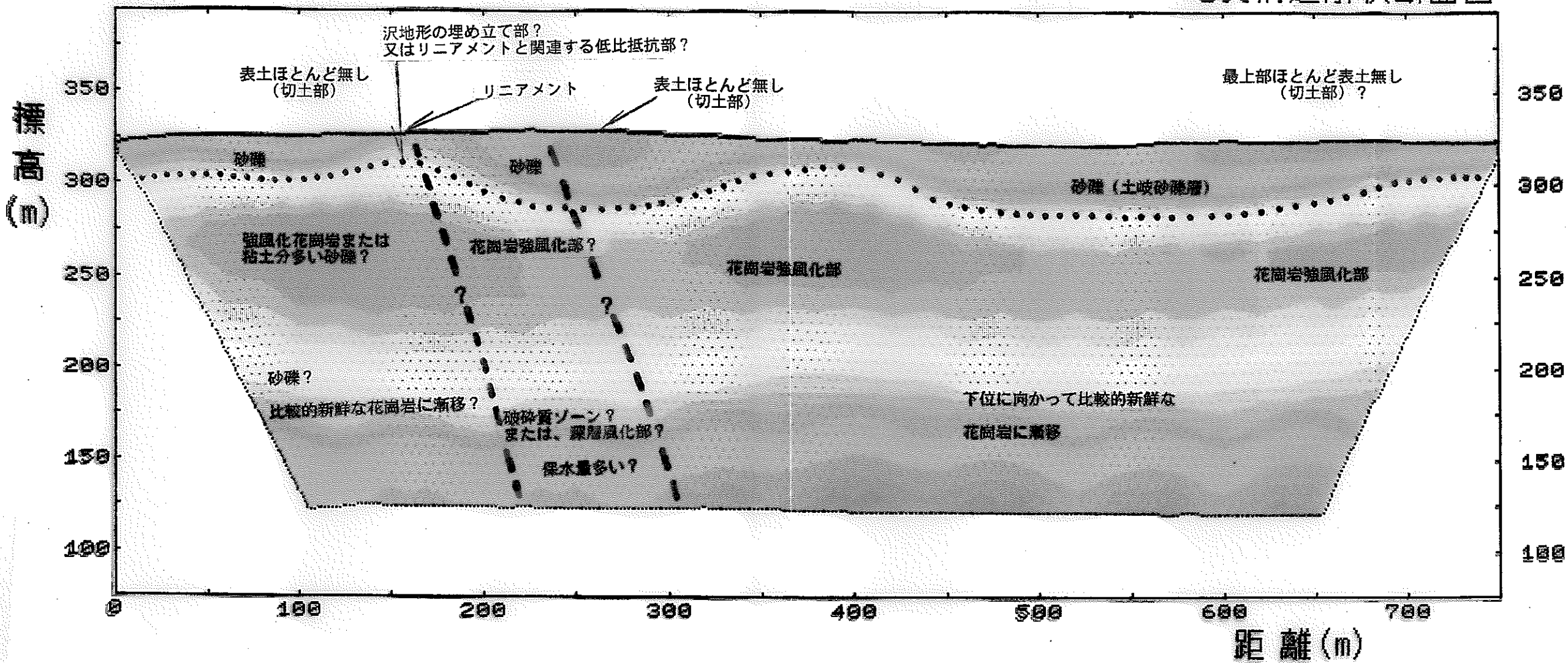


図 5-2 縮尺 1/2500
比抵抗断面図
A 測線
電極配置: 2極法
(2次元逆解析処理)

6. 考察

6.1 比抵抗値と地質・岩質との関係

既往資料等から比抵抗値と地質・岩質の関連を検討する。検討結果は、後の項で、比抵抗分布の解釈基準として用いるものとする。

6.1.1 比抵抗検層結果と地質との関係

測線周辺では、4孔の試錐孔が掘削されており、おのおの電気検層が実施されている。これらの試錐孔は、ノンコアで掘削されているので、地質性状等の情報は、コアを採取した場合に較べて少ないが、砂礫や花崗岩等の大きな地質区分及び風化または未風化の区分は可能である。

データとして使用する試錐孔は、

MC-35号孔 掘削深度 50.8m

MC-36号孔 掘削深度 50.6m

MC-37号孔 掘削深度 50.6m

MC-38号孔 掘削深度 50.6m

の4孔であり、いずれの孔もゴルフ場敷地内（図1-2の測線配置図参照）に位置する。

図6-1の比抵抗階級区分に対する地質区分の分布率は、電気検層結果を1m間隔ごとに読み取り、比抵抗階級区分ごとにどの地質区分に属するかの頻度を求め、頻度を%で表示したものである。（読みとり位置は、図10-1参照。）

ただし、同図の比抵抗階級区分は、～500未満、500～1000未満、1000～2000未満、2000～3000未満、3000以上（単位： $\Omega \cdot m$ ）の5階級に区分し、地質区分は、砂礫、中・古生層、風化花崗岩、花崗岩の4種に区分している。

なお、中・古生層が分布するMC-35号孔において、ホルンヘルス化した砂岩と記載されている高比抵抗部は、局所的な接触変成作用に関連すると考えられるのでデータからは除外している。

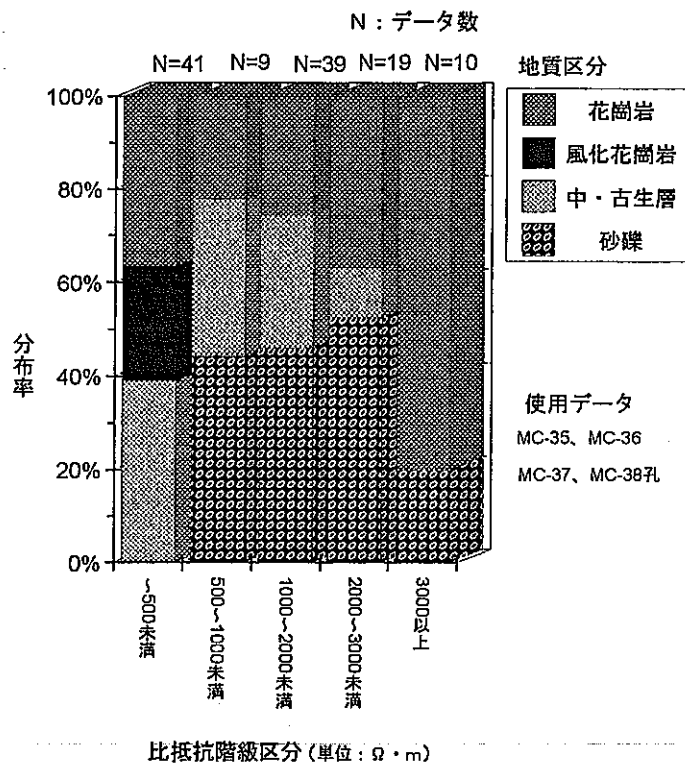


図 6 - 1 比抵抗階級区分に対する地質区分の分布率

図 6 - 1 の比抵抗階級区分に対する地質区分の分布率より、地質・岩質が示す比抵抗分布傾向を列挙すると次のようになる。

- ① 風化花崗岩の比抵抗値は低い。
- ② 花崗岩の比抵抗値は、低い～高いまで広範囲に亘る。
- ③ 中・古生層の比抵抗値は、概して低い。
- ④ 砂礫の比抵抗値は、概して高い。
- ⑤ 高比抵抗の場合、花崗岩の分布率が大きくなる。

6.1.2 露頭の比抵抗測定

国道21号の美濃焼卸センター交差点を約1km北進し、左側の脇道を約100m進むと、マサ土よりなる切土斜面が進行方向左側に存在し、切土斜面が終了した地点の道路脇に強風化花崗岩の露頭がある。切土斜面末端部のマサ土及び道路脇強風化花崗岩を対象として、2箇所では比抵抗の測定を行った。マサ土を対象とした測定は、掘削鉄棒を用い人力で可能な深度まで削孔し、2極法で行った。電極間隔10cmに対して探査深度50cmである。一方、強風化岩を対象とした測定は、岩表面に間隔5cmの電極ピンを打ち込みウェンナー法で行った。比抵抗測定結果を表5-1に示す。

表6-1 現場比抵抗測定結果表

測点番号	測定対象	比抵抗値 ($\Omega \cdot m$)	備 考
1	マサ土	530	2極法、造成斜面末端部、表面は、剥落土砂。カット面は風化土砂状。(写真12参照)
2	風化花崗岩	4200	ウェンナー法、道路脇、比較的乾燥しており、ハンマーの軽い打撃で表面が剥離する。(写真13, 14参照)

表6-1の現場比抵抗測定結果表によれば、マサ土の比抵抗値が、風化花崗岩の比抵抗値の約1/8である。

一般に、露頭等は空気と接しているため、比抵抗値と関連する環境（表面の性状、含水状況、空隙の多少等）は測定箇所によって大きく変化する可能性がある。露頭等の測定は2箇所では実施していないので岩質・性状と比抵抗値の関連を詳細に言及するまでには至らないが、少なくとも同一地質でも風化によって比抵抗値が低下すると言う一般的常識とは一致する。

6.2 比抵抗分布の解釈

図5-1の比抵抗階級分布断面図(見掛比抵抗値)と図5-2の比抵抗断面図(2次元逆解析処理)の両図を概観すれば、垂直構造に乏しく水平構造の卓越したような傾向の分布状況を示しており、地表浅部には高比抵抗の領域が分布し、下位に向かって低比抵抗の領域を経た後、高比抵抗の領域に漸移するパターンを示している。

以下、前項の比抵抗値と地質・岩質の関係の検討を基とし、比抵抗分布を解釈する。なお、全体的な比抵抗分布は、水平構造が卓越しているので、断面全体を地表浅部に分布する高比抵抗の領域、中深部に分布する低比抵抗の領域及び深部に分布する高比抵抗の領域の3領域に分けて検討するものとする。

6.2.1 地表浅部に分布する高比抵抗の領域

測線距離90m付近及び220~270m付近は、道路カット法尻付近に相当し、砂礫が分布するが、図5-1の比抵抗階級分布図によると見掛比抵抗値で1000Ω・m程度、図5-2の比抵抗断面図によると1000~1500Ω・m程度であり、比較的高い比抵抗値を示している。図5-1の比抵抗階級区分に対する地質区分の分布率においても砂礫の比抵抗値は概して高いことから、地表浅部の高比抵抗の領域は、砂礫(新生代新第三紀鮮新世の土岐砂礫層)に相当すると解釈できる。

6.2.2 中深部に分布する低比抵抗の領域

比抵抗の低い地質区分としては、まず、花崗岩(特に風化花崗岩)と古生層が対象として挙げられるが、前項の検討結果では、明快な決め手とはならない。測線距離610m付近の約100m南側で試錐孔(MC-37号孔)の掘削が実施されており、上位より砂礫及び花崗岩が分布し、両者の地質境界深度は21mである。このような地質分布を考慮すると低比抵抗の領域の大部分は花崗岩に相当すると考えるのが自然であろう。花崗岩であるとするならば、比抵抗値が低いことから判断すると、風化変質しており、比較的粘土分が多いと解釈される。

低比抵抗の領域は、測線全体に亘って帯状に分布しており、風化花崗岩が連続的に分布すると考えられるが、断層が伏在するならば、断層を境に地質

が異なる可能性もあるので、他の解釈を導入する必要もある。断層等についての検討は後の項で言及することとする。

6.2.3 深部に分布する高比抵抗の領域

比抵抗の高い地質区分としては、砂礫と花崗岩が挙げられる。中深部に分布する低比抵抗の領域を風化花崗岩と解釈するならば、深部に分布する高比抵抗領域は、風化の影響の少ない花崗岩と解釈される。

6.2.4 リニアメントと比抵抗分布

リニアメントは地表部の線構造であり、必ずしも地質構造等と関連するとは限らないが、岩質の違い、地質境界、背斜・向斜軸、断層等の地質構造が地表の地形に反映され、リニアメントとなることがある。調査地付近では、航空写真判読によるリニアメントが認められているが、リニアメントと比抵抗分布との間に関連があるかどうか検討する。

測線設定範囲には、地表部に、新生代第三紀鮮新世の土岐砂礫層が分布している。土岐砂礫層が岩質の異なる層で構成されていたり、地層境界が存在する等の可能性は少ないので、航空写真で判読されているリニアメントが地質構造と関連すると仮定するならば、第三紀鮮新統の土岐砂礫層を切る断層が伏在している可能性が大きくなる。断層や破碎部は、岩石の細粒化や粘土化とともに含水が大きくなることが多いので、これらの領域の比抵抗値は、周辺と比較して比抵抗値が低下しているのが一般的である。本調査においても、同様な解釈を前提としている。

測線距離150m付近では、北西－南東方向のリニアメントが認められており、測線距離150m付近から南東側に向かう方向では、道路を横断した地点から、直線状に延びる沢地形が発達している。測線距離150m付近の地表浅部は、比抵抗値が小さく、周辺と異なった比抵抗分布を示している。リニアメントの位置と一致することから、リニアメントと関連する可能性もあるが、単に旧沢部を低比抵抗の土砂で埋め立てた、埋め立て部に相当する可能性もあり、比抵抗分布だけでは判断し難い。

図5-1及び図5-2の比抵抗分布によれば、前述したとおり、水平構造が卓越した比抵抗分布を示しており、地表浅部に分布する高比抵抗の領域、中深部に分布する低比抵抗の領域及び深部に分布する高比抵抗の領域の3領域に分け、それぞれ上位より、概略的には砂礫、風化花崗岩及び風化の影響

の少ない花崗岩に相当するであろうと解釈している。このうち、浅部～中深部にかけて分布すると推定される砂礫と風化花崗岩は、仮にリニアメントと関連するような破碎部を伴う断層が伏在していたとしても、電気探査で明瞭に検出できるほど比抵抗の変化は大きくない可能性がある。砂礫と風化花崗岩が、比抵抗変化を受けにくい理由を地質性状から推定すると、下記に示すように考えることができる。

砂礫：礫自体は硬質であるのに対し、基質は粘土分が比較的多量に含まれるような地質性状を示しており、断層に伴う応力を受けても、基質部が破碎あるいは変形することにより、礫自体は破碎されにくいと考えられる。基質部の比抵抗値は本来低いと予想されるので、基質部の比抵抗値が更に低くなったとしても、砂礫全体としての比抵抗の変化は大きくない可能性がある。

風化花崗岩：風化によって亀裂が発達しているなら、既に比抵抗値は低下していると考えられる。高比抵抗部の比抵抗値の低下と較べ、低比抵抗部の比抵抗値の低下は相対的に小さいと考えられることから、比抵抗値に及ぼす断層の影響は小さいと考えられる。

一方、深部に分布する風化の影響が少ない花崗岩中に、破碎質部を伴う断層が存在するならば、断層周辺は比抵抗が低下していることが期待される。

図5-2の比抵抗断面図(2次元逆解析)によれば、水平構造が卓越した比抵抗分布を示し、断層の影響と推定されるような比抵抗分布は認めがたい。仮に、断層の影響による若干の比抵抗値の低下がデータ中に存在していても、水平構造の比抵抗分布が顕著なため、解析が追従しない可能性は充分考えられる。

一方、図5-1の比抵抗階級分布断面図(見掛比抵抗値)の深部の比抵抗分布を概観すると、測線距離250m付近では周辺に較べて比抵抗値が低下していることが読みとれる。断層あるいは断層に付随する亀裂部、または深層風化部が存在するとすれば、測線距離250m付近深部の低比抵抗ゾーンが断層等に相当する可能性が最も大きい。この低比抵抗のゾーンを、図5-1に上載添付した地質構造解釈図に示すように、地表まで延長するならば、低比抵抗ゾーンの起点側端は1つのリニアメントの位置と一致する。

中深部に分布する低比抵抗の領域を強風化花崗岩と解釈しているが、断層が伏在するとするならば、断層を境にして、地質が異なることも考えられ、断層を境にした測線起点側は砂礫層が厚く分布している可能性もある。

なお、測線距離550m付近のリニアメントと比抵抗分布との関連は、認め難い。

6.2.5 水理地質

本調査において参考資料としている4孔の試錐孔(最大掘削深度:50.6m)において、土岐砂礫層だけの区間及び土岐砂礫層と基盤にまたがる区間を試験対象として、揚水試験と水位回復試験が実施されている。試験結果によると、透水係数はいずれの試錐孔も $10^{-5} \sim 10^{-6}$ オーダーであり、難透水性を示している。

砂礫層は、基質部に粘土が多いと考えられること、また、風化花崗岩が分布すると推定される領域の比抵抗値はかなり小さいことを考慮すると、花崗岩風化部は、物理的風化である亀裂と比べ、粘土化等の化学的風化が優勢であると考えられることから、砂礫層や花崗岩風化部は、地下水が利用可能なほど透水性が大きくないものと推定される。

上記のように、砂礫層や風化花崗岩中の地下水は有望でない可能性が大きく、地下水の開発は、深部に分布する花崗岩の亀裂の多いゾーンを対象とする必要がある。断層と関連するような亀裂の多いゾーンが存在するとするならば、前項で検討したように、測線距離250m付近深部の低比抵抗のゾーンが亀裂の多いゾーンに相当する可能性が大きい。

7. 今後の調査

本調査により、図5-1の地質構造解釈断面図に示すように、リニアメントと関係する可能性のある比抵抗分布が得られたので、比抵抗分布の解釈結果が妥当なものであるか検証し、リニアメントと水理地質構造との関連を検討するためには、調査ボーリングを実施するとともに、掘削孔を利用した電気検層や透水試験が必要である。また、リニアメントと比抵抗分布との関係を広範囲に把握するためには、リニアメントの伸張方向と比抵抗分布の連続性を検討することが必要になり、本調査の測線と平行するような方向の測線を設けて高密度比抵抗電気探査を実施することが望まれる。

上記の調査のうち、工費の関係や経済的効果を勘案すれば、断層が伏在している可能性のあるゾーンの地質性状を確認するために、調査ボーリングの実施が優先される。調査地の花崗岩は、比較的深部まで風化していることが予想されるので、風化の影響の少ない深部まで掘削し、深部の地質性状を確認することが望ましく、掘削深度は、100m程度以上（垂直方向）となる。

図7-1の調査計画図に、調査ボーリングの位置等を示す。

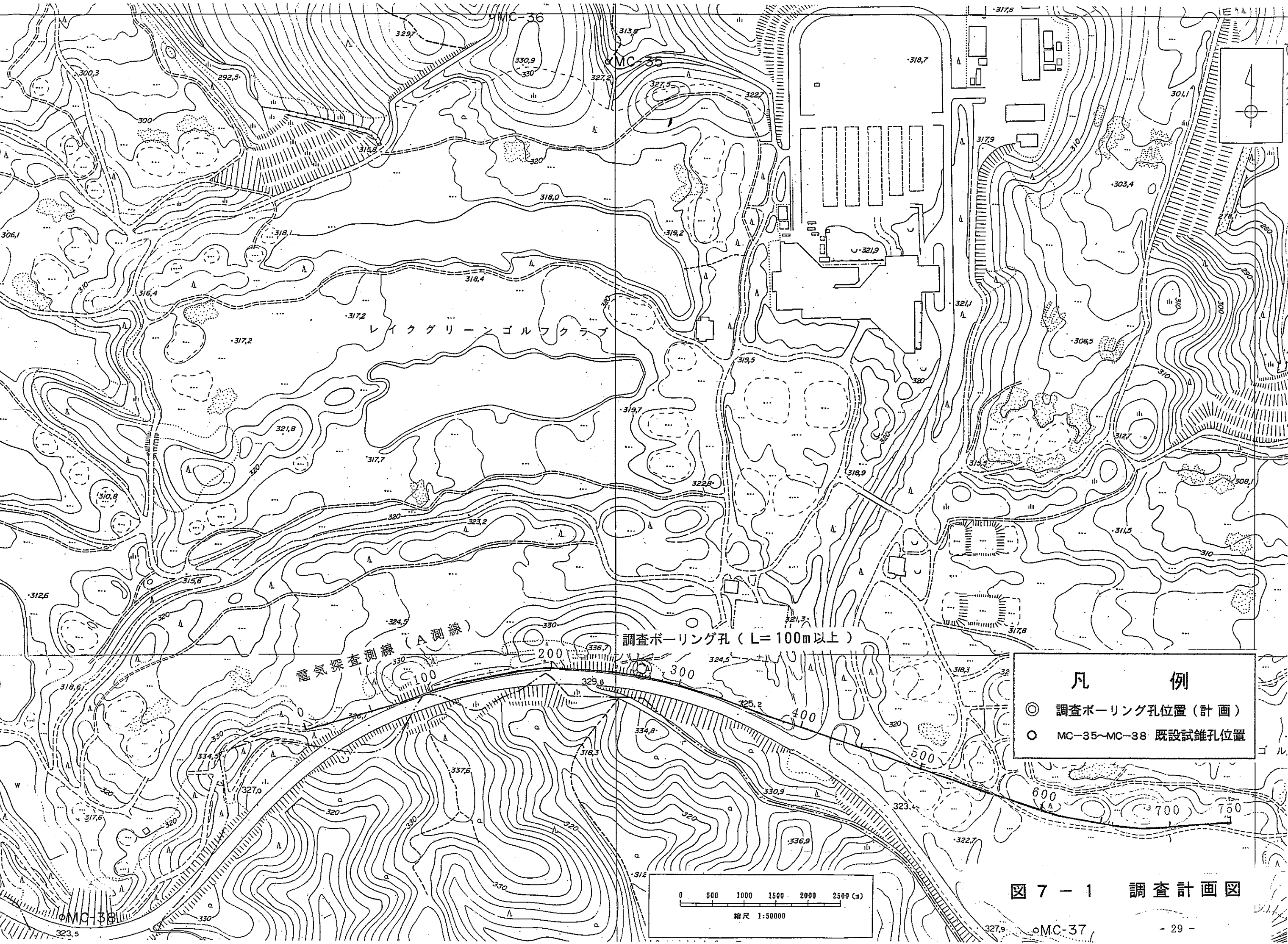


図 7 - 1 調査計画図

8. おわりに

比抵抗分布とその解釈について、まとめて記す。

① 比抵抗分布は、水平構造が顕著であり、概略的には、地表浅部の高比抵抗の領域、中深部の低比抵抗の領域及び深部の高比抵抗の領域の3つの領域に分けられる。

【①の解釈】

3つの領域は、それぞれ砂礫（土岐砂礫層）、風化花崗岩及び比較的風化の影響の少ない花崗岩に相当するものと推定される。低比抵抗の領域が風化花崗岩であるなら、比較的粘土分が多く、透水性は小さいと推定される。

② リニアメントと明らかに関連するような、垂直構造が顕著な比抵抗分布は認め難いが、比抵抗階級分布断面図（図5-1：見掛比抵抗値）によれば、深部に周辺と比較してやや比抵抗の低い領域が測線距離250m付近に認められる。

【②の解釈】

三紀層の砂礫層を切るような断層が存在していたとしても、浅部から中深部にかけて分布すると解釈している砂礫や風化花崗岩の場合、亀裂によって必ずしも比抵抗値が検出可能なほど低下するとは限らず、断層を反映するような明瞭な比抵抗分布が得られなかったものと思われる。一方、比較的新鮮な花崗岩が分布するような深部では、断層が破碎部を伴うなら、断層周辺部では比抵抗値が低下していることが期待される。

深部に分布するやや比抵抗が低い領域としては、図5-1の比抵抗階級分布断面図（図5-1：見掛比抵抗値）によれば、測線距離250m付近が挙げられる。この領域が破碎部を伴う断層に相当するなら、破碎部を伴う断層の地表部への延長方向は、リニアメントとの関連から推定して、測線起点側へ傾くような方向である可能性が大きい。

亀裂部を伴う断層が存在するなら、深部においては、地下水が裂ケ水として亀裂中に賦存しているものと予想される。

9. 参考文献

日本の地質「中部地方Ⅱ」編集委員会編：日本の地質 5 中部地方Ⅱ、共立出版(株)、1988

Takashi ASANO:A Simple Method of the Topographic Effect on Apparent Resistivity
物理探鉱、vol. 34, NO. 2, pp31~31(1981)

清野武：電気探鉱学、北斗プリント社、1955

10. 付録

① 図 10-1 比抵抗曲線の読み取り位置及び地質区分図

② 写真-1～写真14

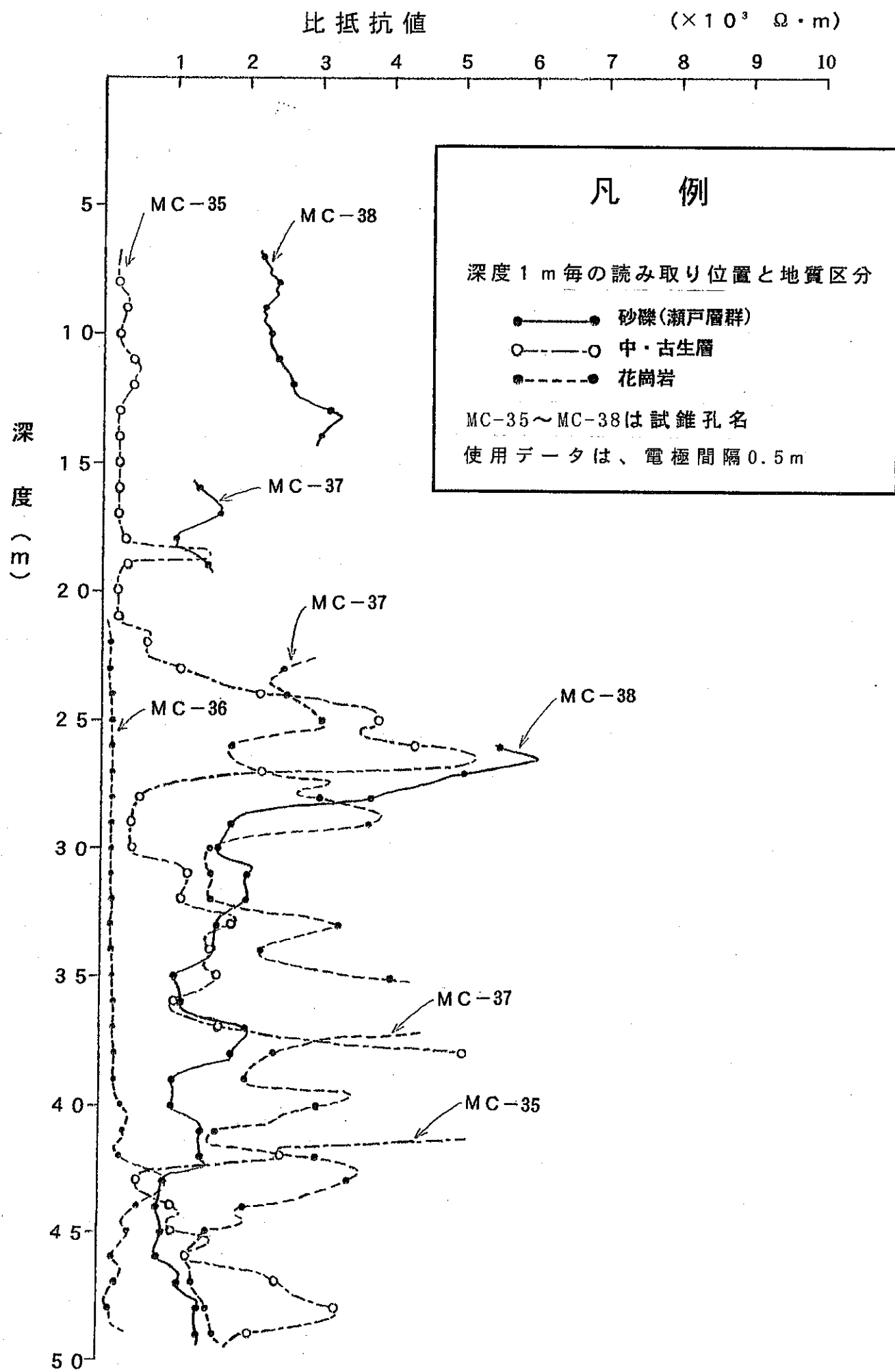


図10-1 比抵抗曲線の読み取り位置及び地質区分図

「図6-1 比抵抗階級区分に対する地質区分の分布率」の作図参照データ



写真一 高密度比抵抗電気探査測定装置一式



写真二 測定状況



写真-3 電極の打設状況



写真-4 ケーブルの展開状況



写真-5 電極とケーブルの接続状況



写真-6 測線距離40m付近より終点側を望む
測線位置は、写真左奥(起点側)から、道路沿い(終点側)となる



写真-7 測線距離250m付近より終点側を望む
測線位置は道路沿い



写真－8 測線距離240m付近より起点側を望む
測線位置は道路沿い



写真－9 測線距離460m付近より終点側を望む
測線位置は写真中央で、ケーブルの展開位置と同じ



写真-10 測線距離230m付近の切土法面（土岐砂礫層）
測線位置は法尻



写真-11 同上
親指大から拳大程度の亜円～円礫が多い

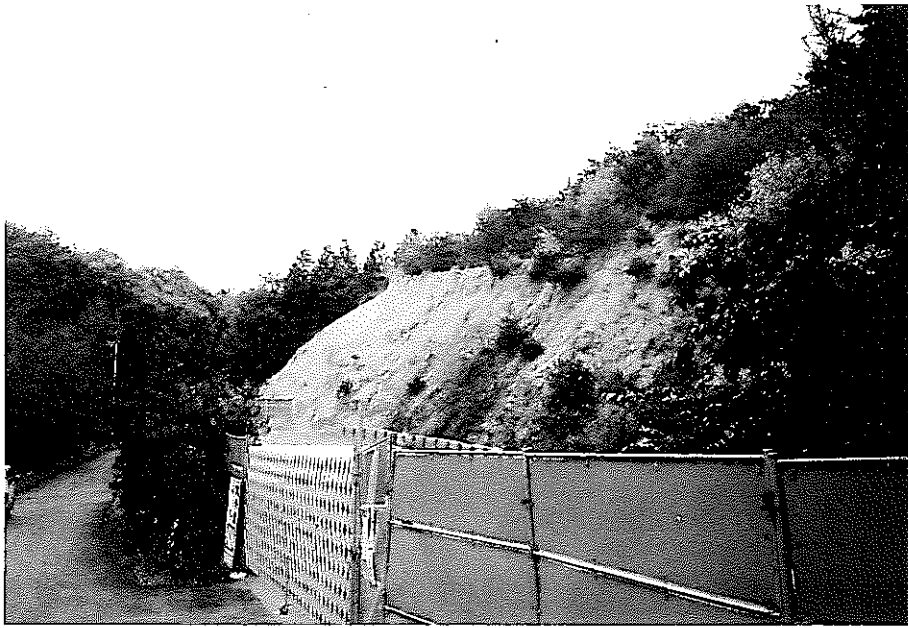


写真-12 測線中央から北東約1.7kmの切土斜面(比抵抗測定箇所は、写真前方囲い外：測点番号1)
斜面全体がマサ土化した花崗岩



写真-13 写真-12の手前5m、道路脇の強風化花崗岩の露頭



写真-14 同上(比抵抗測定箇所：測点番号2)
写真中央白色部は「たばこ」で、ハンマーの軽い打撃で表面が剥落する