

# 人工電位法による伊豆大島火山 の電気抵抗繰り返し測定

東京大学地震研究所 行武 毅<sup>1)</sup>, 吉野 登志男, 歌田 久司  
笹井 洋一, 下村 高史, 小山 茂

Earth Resistivity Measurements on Izu-Oshima Volcano by a Direct  
Current Method

Takesi YUKUTAKE<sup>1)</sup>, Toshio YOSHINO, Hisashi UTADA, Yoichi SASAI  
Takafumi SIMOMURA and Shigeru KOYAMA

Earthquake Research Institute, University of Tokyo

## 1. はじめに

岩石の電気抵抗は温度や含水量に強く支配され、火山内部の温度分布や熱水分布を調べる上でも電気抵抗測定は有用な方法である。これまで、伊豆大島火山においては、人工的に制御された電流を地中に流して電気抵抗を求める人工電位法や、自然現象を利用する電磁誘導法などを用いて、火山の電気抵抗構造が調べられてきた。<sup>1)~6)</sup> 火山活動の推移に伴って、地下の電気抵抗の時間的変化も予想され、その検出を目的として、三原山火口を通る測線で人工電位法による電気抵抗の繰り返し測定を1975年以降行ってきた。1986年11月の噴火に関連して著しい電気抵抗の変化を検出した。<sup>7)</sup> また、1976年以降は三原山火口測線と共にカルデラ底及び1986年の噴火割れ目C火口列を挟む測線の繰り返し測定も行ってきた。これらの測線についても1986年の噴火を挟んで、噴火前後で顕著な電気抵抗の変化を検出した。ここでは後者について報告する。

## 2. 測定位置および測定年

測定位置を第1図に示す。CFはカルデラ底での測線で最長電流電極間隔は1.4kmである。噴火前の1976年、噴火後の87年、88年、89年、91年に測定を行っている。FOHは温泉ホテルからカルデラ東縁沿に南下し、白石山と二子山の間中点に至る測線で、最長電流電極間隔は4kmである。この測線については噴火前の1982年に測定を行った。RNDは1986年の噴火割れ目C火口列を挟む測線で、最長電流電極間隔は1.4kmである。測定は1979年、87年、88年、89年に行っている。

---

1) 現在九州大学理学部

Now at Faculty of Science, Kyusyu University

### 3. 測定方法

測定概念図を第2図に示す。電流電極A, B間に電流を流し、その電流によるM, N間の電位差を測定して地下の比抵抗を求める。電極配列は Schlumberger法で行った。Schlumberger法の見かけ比抵抗は次式によって計算される。

$$\rho_a = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(AB)^2 - (MN)^2}{MN} \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

ここに、I はA, B間に流す電流値

$\Delta V$ はM, N間の電位差値

である。

電流電極A, Bと電位電極M, Nの間隔は中心点Oに対して対称的關係を保ちながら順次拡大していく。A, Bの間隔は $AB/2$ が対数方眼紙上でほぼ等間隔になるように選ぶ。 $AB/2$ の最短は3mからはじまって、最長はCF, RND測線の場合は700m, FOHの場合は2,000mまで行った。電流電極は打ち込み式ステンレス棒で直径10mm, 長さ80cmのものを使用した。

MNの間隔については中心部における電場を一樣にするために $AB/MN \geq 5$ の条件が必要で、この測定では $AB/MN \geq 10$ で行うことが多かった。電位電極は非分極の銅硫酸銅電極を使用した。発電機(GENERATOR)はホンダのE2000(100V, 50HZ, 2KVA)を、送信器(TRANSMITTER)は主として横浜電子製のLF-82(800Vmax, 2Amax)を使用した。この送信器は発電機から受けた100 Volt, 50 HZの交番電力を、最大800 Volt, 2 Ampereで周期10秒の交代直流に変換し、電極を通して地中に電流を送る。電流値は0.1~1.5 Ampereの範囲であった。記録計は東亜電波製のEPR-200Aを使用した。

### 4. 測定結果

CF測線についての測定結果をまとめて示したのが第3図(a)~(e)である。電流値、電位差値および電極間距離から見かけ比抵抗値を算出し、この見かけ比抵抗値を縦軸に、電流電極間隔の1/2即ち $AB/2$ を横軸にとって結果を示した。水平成層構造を仮定して、得られた見かけ比抵抗値にもっともよく適合するよう求めたモデルが、深さを横軸にとって図の中にあわせて示してある。FOH測線については第4図に示した。この場合は4層モデルが得られた見かけ比抵抗値にもっともよく適合した。CF測線およびFOH測線の各測定時の比抵抗構造モデルを年代順に柱状図の形で示したのが第5図である。

まず噴火前の1976年のCF測線、1982年のFOH測線についてみる。CFでは地表からの深さ0~70mは10~20k $\Omega$ -m, 70mから海水面に近い深さ580mまでは2k $\Omega$ -m, それ以深は抵抗が低くなる。FOHでは0~5mは7.6k $\Omega$ -m, 5~45mは12k $\Omega$ -m, 45mから海水面に近い深さ490mまでは1.8k $\Omega$ -mの比抵抗である。それ以深は抵抗はきわめて

低くなる。CFの70~580mが $2\text{ k}\Omega\text{-m}$ 、FOHの45~490mが $1.8\text{ k}\Omega\text{-m}$ とほぼ同じ深さ、厚さで同程度の比抵抗値を示している。CFの580m、FOHの490m以深の低比抵抗はおそらく海水の浸透によるものと推定される。噴火後の1987~91年のCF測線についてみると表層は数mから10m程までの比抵抗は $2.5\sim 6\text{ k}\Omega\text{-m}$ で、2層目は $10\text{ k}\Omega\text{-m}$ 前後の値である。3層目の約100m以深は $0.2\text{ k}\Omega\text{-m}$ の値である。この層は噴火前のほぼ同じ深さの比抵抗値が約 $2\text{ k}\Omega\text{-m}$ であるから、噴火の前後で比抵抗値が $2\text{ k}\Omega\text{-m}$ から $0.2\text{ k}\Omega\text{-m}$ と一桁低くなったことを示している。

1986年の噴火割れ目C火口列を挟むRND測線についての測定結果をまとめて示したのが第6図(a)~(d)である。RND測線の各測定時の比抵抗構造モデルを年代順に柱状図の形で示したのが第7図である。噴火前の1979年の値は地表から10mまでは $0.5\text{ k}\Omega\text{-m}$ 、10~40mまでは $5\text{ k}\Omega\text{-m}$ 、それ以深は $1.4\text{ k}\Omega\text{-m}$ である。噴火4ヶ月後の1987年の値は1979年とほぼ同じ値を示した。噴火1年4ヶ月後の1988年は180m以深が $0.3\text{ k}\Omega\text{-m}$ と1979年1987年に比べ低い値になった。地表から約180m以下の層が1979年~87年が $1.3\sim 1.4\text{ k}\Omega\text{-m}$ に対して、88年~89年は $0.3\text{ k}\Omega\text{-m}$ と低くなった。

## 5. まとめ

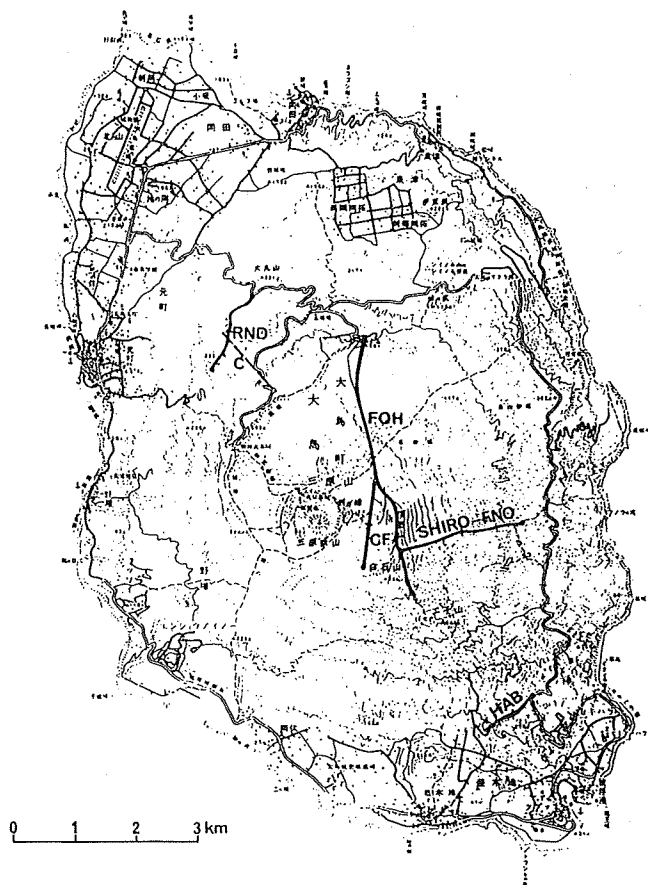
伊豆大島火山で電気抵抗の時間的変化の検出を目的として、人工電位法による電気抵抗の繰り返し測定を行ってきた。その結果1986年11月の噴火を挟んで、カルデラ底では地表から約100m以深の層が1976年、1982年が約 $2\text{ k}\Omega\text{-m}$ に対して、噴火後の87年~91年は $0.2\text{ k}\Omega\text{-m}$ と一桁値が低くなった。表層約100mは高比抵抗の溶岩質の層で、その下に多孔質の岩体が広がっているのではないかと考えられるが、噴火前には比較的乾燥していた岩体が、噴火後かなり水を含むようになったと推測される。大島の自然電位の測定<sup>9)</sup>によると、カルデラのCF測線付近は自然電位の正異常部になっている。石戸他<sup>9)</sup>は正異常部は熱水上昇部に多いとしている。もしこのような熱水がカルデラ域の地下を満たしたのであれば、もちろん観測された抵抗変化を説明できるが、カルデラ域の広範囲を満たすような熱水活動を考えるのは、熱水の量からして無理なように思われる。石戸<sup>10)</sup>も熱水循環は600mの深さまでで、それより浅い部分は蒸気およびガスの上昇が起こっているのではないかと、考えている。おそらく噴火活動の活発化により多量の蒸気や火山ガスが山体の多孔質部分に浸透して冷やされ、液化して多孔質岩体の表面を薄膜状に覆うなどして電気抵抗を低下させたのではないかと推測される。

C火口列を挟む測線では、地表から約200m以深の層が1979年~87年が $1.3\sim 1.4\text{ k}\Omega\text{-m}$ に対して、88年~89年は $0.3\text{ k}\Omega\text{-m}$ と低くなっている。これに関連するものとして伊豆大島の北西部のC火口列の延長上にある小清水揚水井での水温の変化があげられる。ここでは水温および化学成分の観測<sup>8)</sup>が行われている。これによると1986年11月の噴火時は水温が約 $19^\circ\text{C}$ であったものが約6ヶ月後から上昇し始め、90年7月には $66.1^\circ\text{C}$ に上昇した。C火口列を挟むRND測線では噴火の4ヶ月後までの抵抗値は、噴火以前とほとんど同じで、1年4ヶ月後に値が変化している。これについては水温上昇と共通の原因を想定することができる。例えば高温の地下水が伏流水となってカルデラ内部からC火口列付近を通り小清水に達して

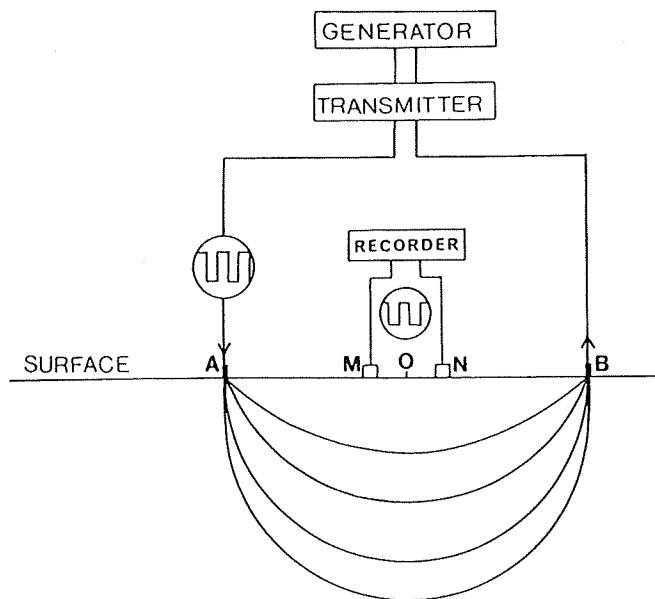
いる可能性も考えられる。91年 1月の水温は  $65.1^{\circ}\text{C}$ で、なお高い温度を維持しており、依然としてこの状態が続いていると推定される。

#### 参 考 文 献

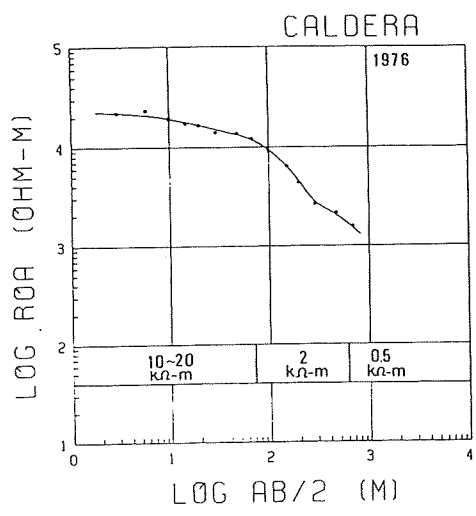
- 1) 小野吉彦・陶山淳治・高木慎一郎, 伊豆大島における直流法による電気探査について、地調月報、第12巻、第11号、1-18、1961.
- 2) 行武毅・吉野登志男・歌田久司・下村高史・木本栄次, 伊豆大島三原山およびカルデラ底での電気抵抗測定、地磁気観測所技術報告、第17巻、217-223、1977.
- 3) 行武毅・吉野登志男・歌田久司・下村高史・坂下至功・中川一郎・田中良和・徳本哲男, 伊豆大島火山三原山およびカルデラ壁周辺での電気抵抗測定、伊豆大島集中総合観測報告、63-76、1985.
- 4) 小川康雄・高倉伸一・内田利弘・当舍利行・中塚正・曾屋龍典・中井順二・大熊茂雄・二宮芳雄・森尻理恵, 伊豆大島火山の広帯域アレイMT測定、Conductivity Anomaly研究会論文集、143-149、1990.
- 5) Ogawa, Y and S. Takakura, CSAMT Measurements across the 1986 C Craters of Izu-Oshima Island, Japan J. Geomag. Geoelectr., vol. 42, 211-224, 1990.
- 6) Utada H. and T. Shimomura, Resistivity Structure of Izu-Oshima Volcano Revealed by the ELF-VLF Magnetotelluric Method, J. Geomag. Geoelectr., vol. 42, 169-194 1990.
- 7) Yukutake, T., T. Yoshino, H. Utada, H. Watanabe, Y. Hamano and T. Shimomura, Changes in the Electrical Resistivity of the Central Cone, Mihara-yama, of Oshima Volcano Observed by a Direct Current Method, J. Geomag. Geoelectr., vol. 42, 151-168, 1990.
- 8) 地質調査所, 伊豆大島小清水揚水井周辺部での水温、化学成分の観測、火山噴火予知連絡会会報、第49号、29-30、1991.
- 9) 石戸経士・菊池恒夫・高倉伸一・小川康雄・曾屋龍典, 伊豆大島の自然電位分布、火山学会講演予稿集、24、1991.
- 10) 石戸経士, 自然電位から推定される火山地域の地下流体流動、Conductivity Anomaly研究会論文集、86-93、1991.



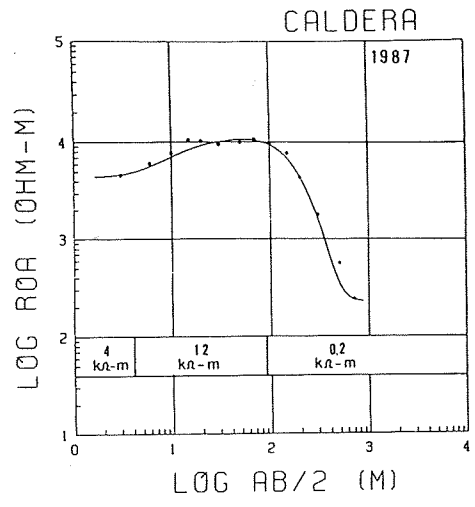
第 1 図  
垂直探査の測定位置



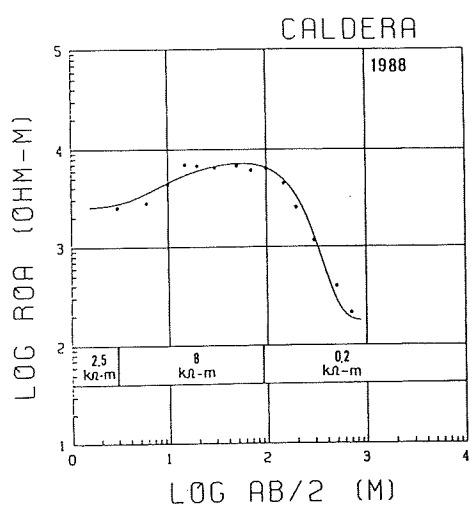
第 2 図  
測定のご概念図



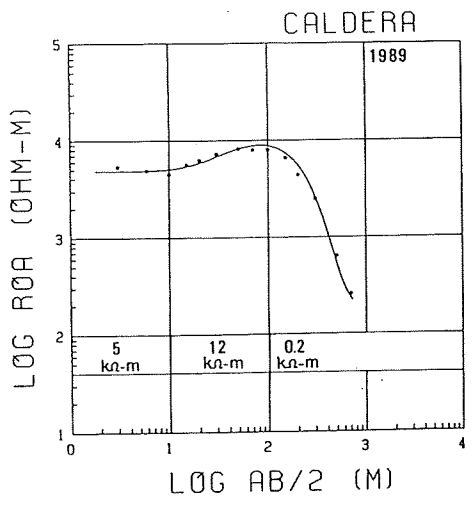
(a)



(b)

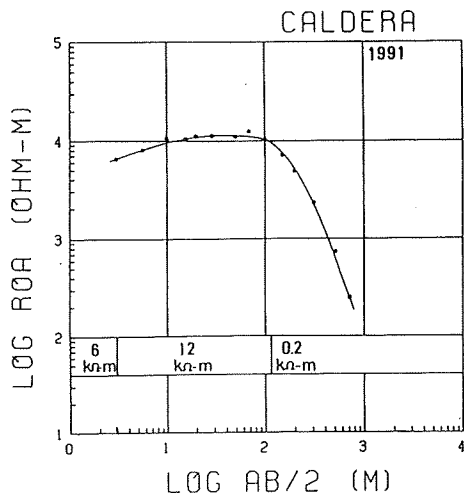


(c)



(d)

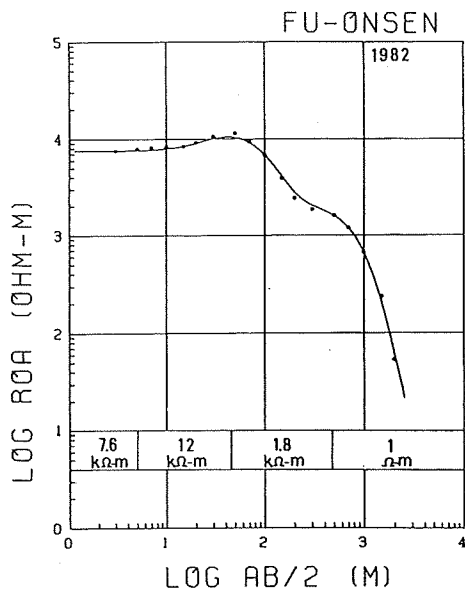
第 3 图



(e)

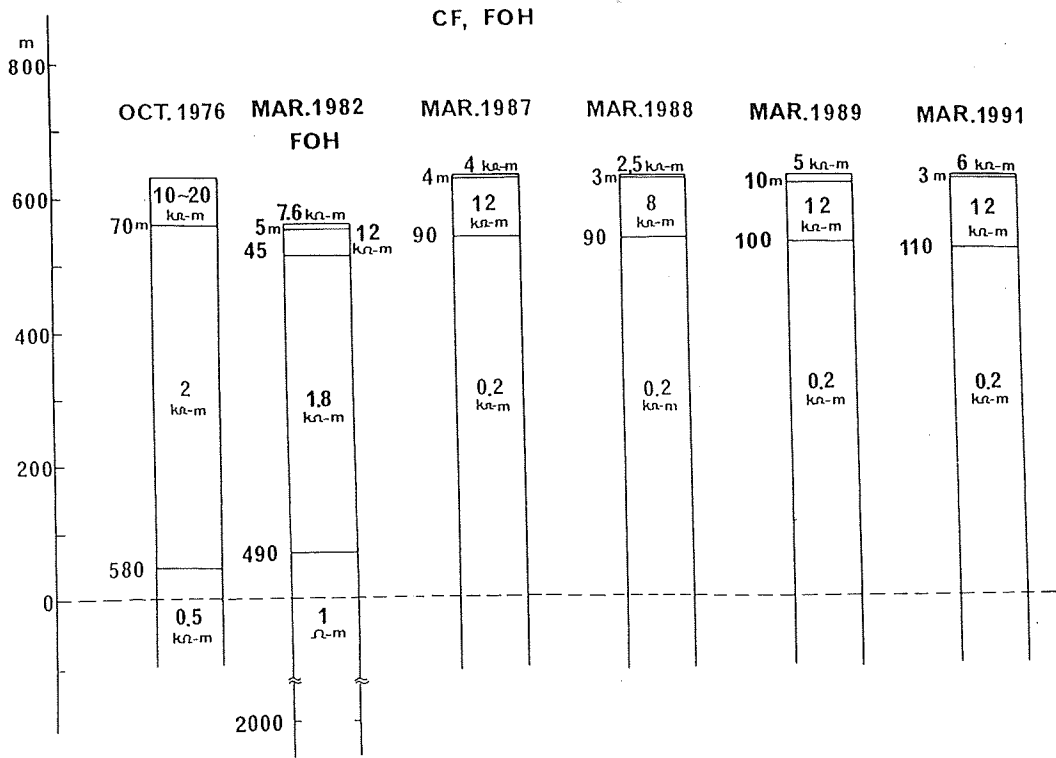
第3図

見かけ比抵抗曲線と比抵抗構造モデル  
 黒丸は測定により得られた見かけ  
 比抵抗値。曲線は図中に示した最適  
 モデルによって計算したもの。縦軸  
 は比抵抗値 (LOG  $\Omega - m$ )，横軸は  
 電流電極間隔 (LOG  $AB/2$ )

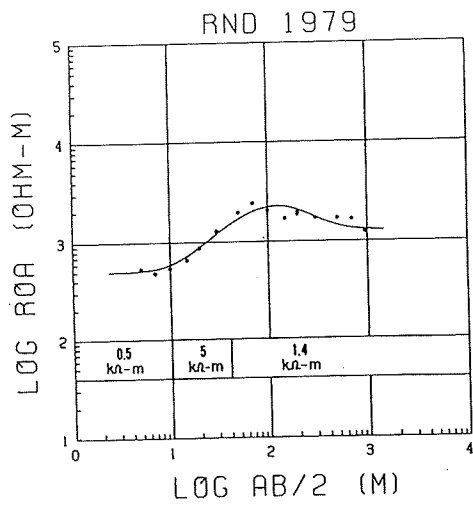


第4図

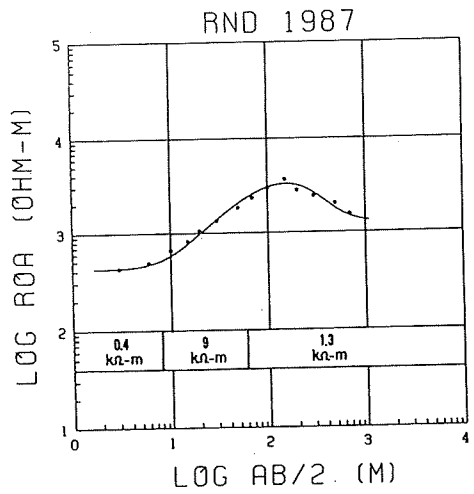
見かけ比抵抗曲線と比抵抗構造モデル  
 説明は第3図と同じ



第5図 CF, FOH測線の各測定時の比抵抗構造モデル



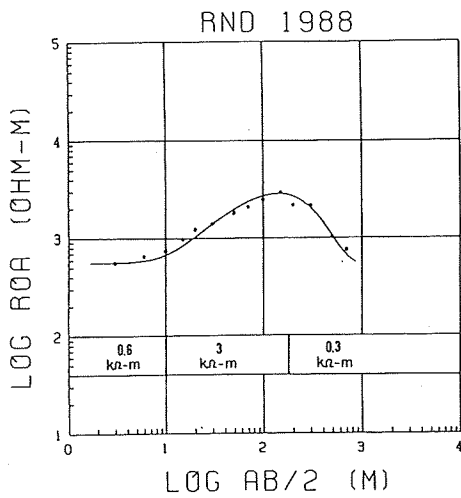
(a)



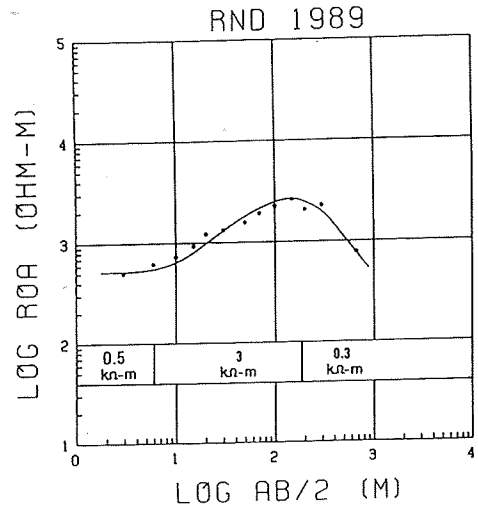
(b)

第6図



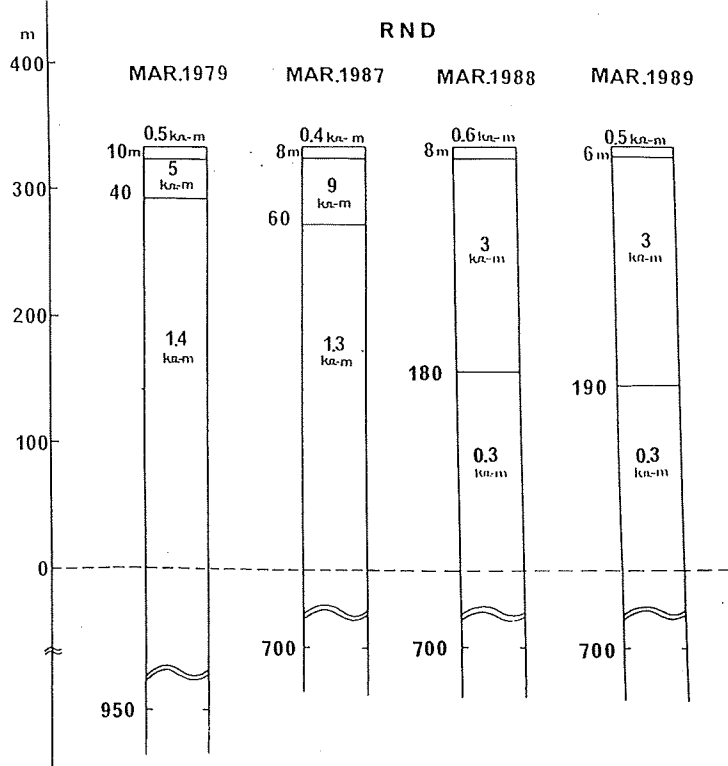


(c)



(d)

第6図 見かけ比抵抗曲線と比抵抗構造モデル  
説明は第3図と同じ



第7図 RND測線の各測定時の比抵抗構造モデル