

# 伊豆大島三原山およびカルデラ底での 電気抵抗測定

東京大学地震研究所 行 武 毅 吉 野 登志男  
歌 田 久 司 下 村 高 史  
大 本 栄 次

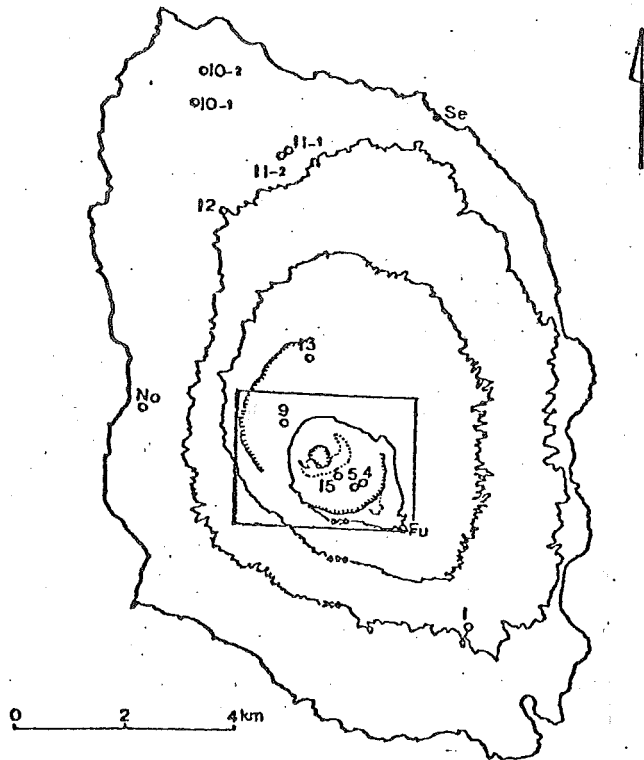
## 1. ま え が き

電気探査的手法による地中電気抵抗測定は地下水資源調査や地熱調査に広く活用されている。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。また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る。三原山周辺の電氣的構造の解明と、電気抵抗時間変化の検出を目的として、電気抵抗測定を行ってきたが、1976年10月大島火山カルデラ底と三原山火口床とで Schlumberger 法による測定を実施した。また火口を挟む測線についても繰り返し測定をおこなった。

## 2. 従 来 の 経 過

0.1 Hz の交代直流を大地に流し、その電流により電位差を測定して比抵抗を求めた。電極配置としては、Schlumberger 配置と Bipole-dipole 配置とを併用した。測定を実施した範囲は第1図に枠で囲んだ。その拡大図が第2図である。図中、黒丸は電流電極の位置を示し、白丸は電位電極の配置を表わす。

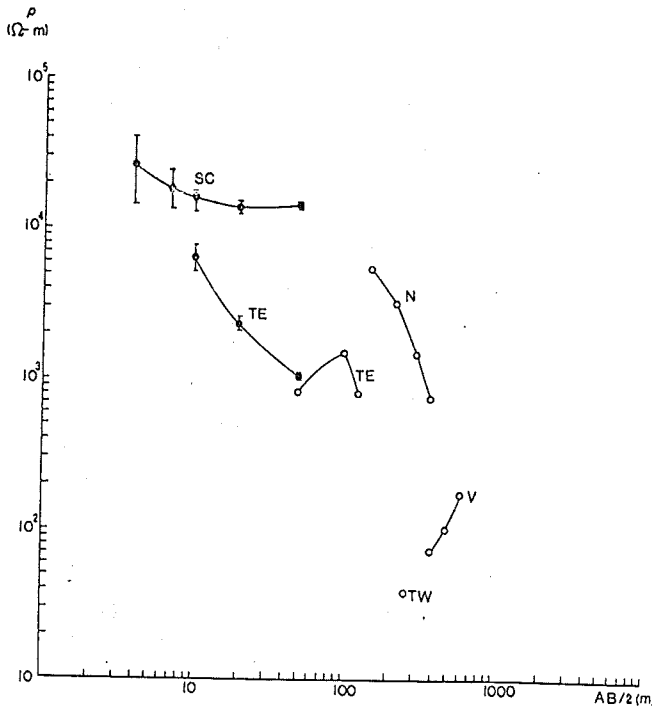
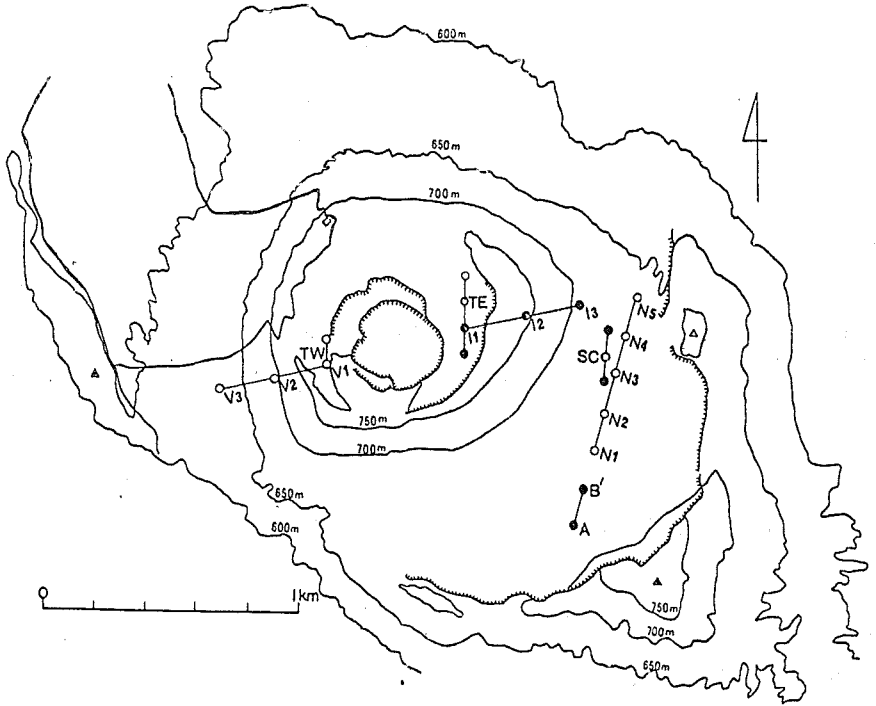
カルデラ底では、すでに2回にわたって、断片的にはあるが、Schlumberger



第1図 電気抵抗測定地域

法による垂直探査と dipole 法による測定を実施している。SC点で Schlumberger 法をおこなういっぽう、AB' に電流電極を固定し、N1~N5の間に電位電極を移動して dipole 法を実施している。この結果は見かけ比抵抗  $\rho$  を縦軸に、電極間隔を横軸にとって第3図に示した。

第2図 三原山周辺電極配置、黒丸、電流電極、白丸、電位電極。



第3図

見かけ比抵抗と電極間隔。

SC黒丸、カルデラ底での Schlumberger 法測定結果。

N白丸、カルデラ底 dipole 測定結果。

TE黒丸、火口床での Schlumberger 法結果。

TE白丸、火口床での axial dipole 法結果。

TW白丸、火口床での equatorial dipole 法結果。

V白丸、火口測線 dipole 法結果。

SCで表示した黒丸が、Schlumberger法の結果であり、白丸のNがdipole法の結果である。地表付近では比抵抗が $10\text{ k}\Omega\text{m}$ 以上あり、 $100\text{ m}$ 以深で比抵抗が急激に減少しているのがわかる。しかし浅い部分と深い部分との間に測定のないギャップがあること、また浅い部分では、Schlumberger法、深い部分ではdipole法という違った測定法によっていることのため、前回までに得られた結果のみから、地表から深い部分までの見かけ比抵抗 $\rho$ の連続的プロファイルを描くには無理があった。今回はこのギャップを埋めるために、Schlumberger法のみを用いSCを中心として電流電極間隔(AB)を $700\text{ m}$ まで拡大した。

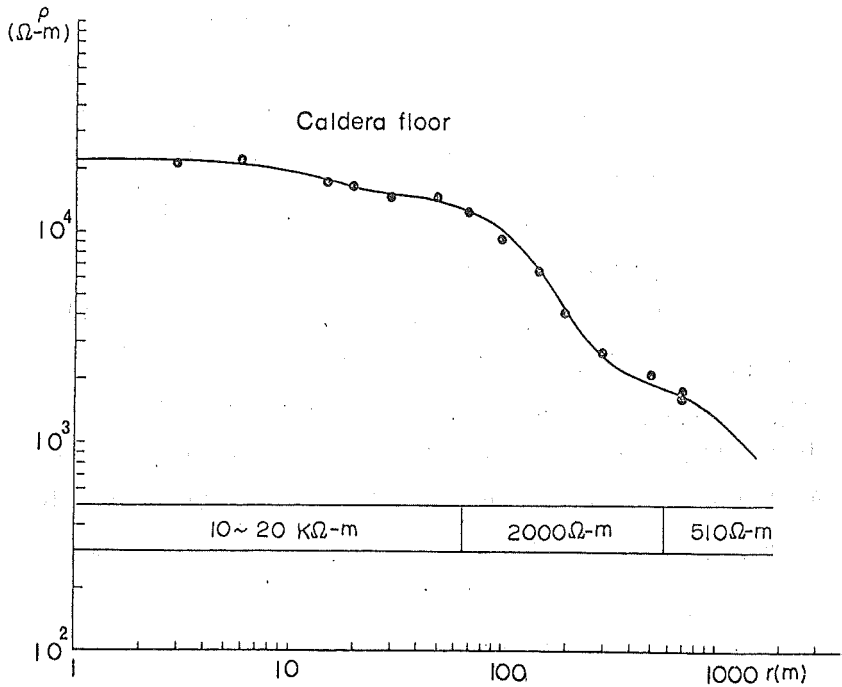
三原山内輪山内側のテラス上でも前回Schlumberger法とdipole法の併用による電気抵抗測定を行なった。第2図のTEが測定を行った場所である。結果は第3図にTEとして示してある。黒丸がSchlumberger法、白丸がdipole法による結果である。カルデラ底に比較すると比抵抗が小さいのが明瞭である。dipole法の結果では、電極間隔 $100\text{ m}$ 附近に見かけ比抵抗の極大がみられるが、これは深さ $100\text{ m}$ 附近に比抵抗の大きな層があるのか、あるいは水平方向の電気抵抗分布が不均質なためdipole法による測定の際たまたま電位電極の周辺の比抵抗が大きかったのかは、前回までの測定では判断できない。この点を明確にするのも今回の測定目的のひとつであった。

火口を挟む測定は既に2回繰り返している。 $I_1 - I_2$ で電流を流して $V_1 - V_2$ で電位差を測定する。 $I_2 - I_3$ の電流電極に対して、 $V_2 - V_3$ の電位電極、 $I_1 - I_3$ に対して $V_1 - V_3$ の組み合わせで、測定の度に前回と全く同一箇所に電極を設置して実験を行ってきた。この電極配置に対して見かけ比抵抗を示したのが第3図のVである。電極間隔が増大するとともに、見かけ比抵抗が増加している。恐らく火口が現在中空状態にあり、抵抗が著しく大きいことの影響であると推測される。

### 3. カルデラ底での測定

第2図SCを中心として、南北方向に電流電極を $700\text{ m}$ ( $=AB/2$ )まで拡げて、Schlumberger法による垂直探査を実施した。得られた見かけ比抵抗は第4図に示すようになる。表面近くは $20\text{ k}\Omega\text{-m}$ の高抵抗であり、深さ $70\text{ m}$ 位で急激に抵抗値が減少する。

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3層モデルが、深さを横軸にとって図の下の方に示してある。地表より $70\text{ m}$ まで $10\sim 20\text{ k}\Omega\text{-m}$ の抵抗の高い層があり、その下 $600\text{ m}$ まで $2\text{ k}\Omega\text{-m}$ の層となる。それより深い部分では、抵抗はさらに小さくなる傾向がみられ、恐らく $500\text{ }\Omega\text{-m}$ 程度と推測される。

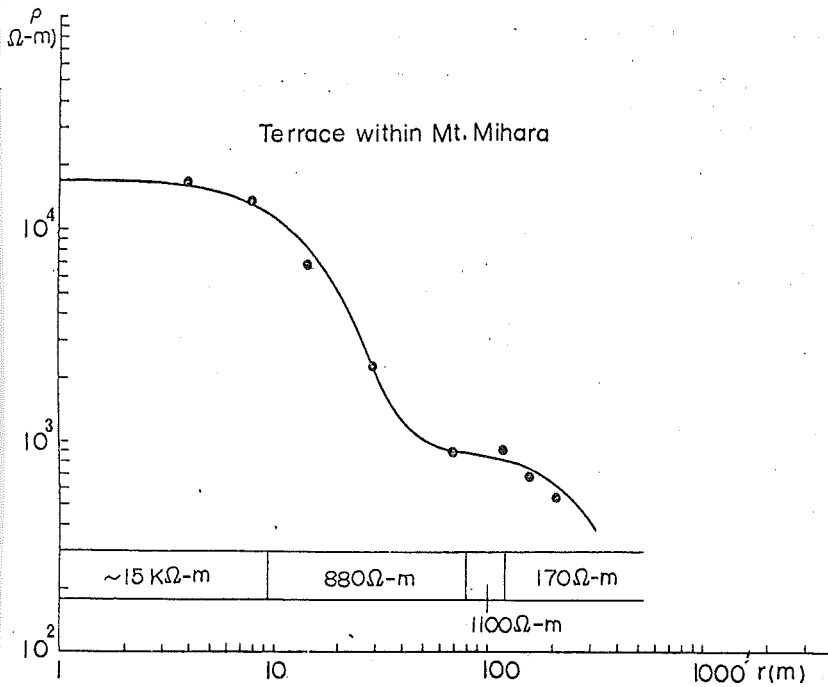


第4図. カルデラ底 Schlumberger 法による見かけ比抵抗

全般的傾向は、前回までに得られた Schlumberger 法と dipole 法との組合せの結果と大変よく一致している。違っているのは 300m 以深で今回の方が大きな抵抗値が得られたという点である。これは今後検討を要する問題である。

#### 4. 火口床での測定

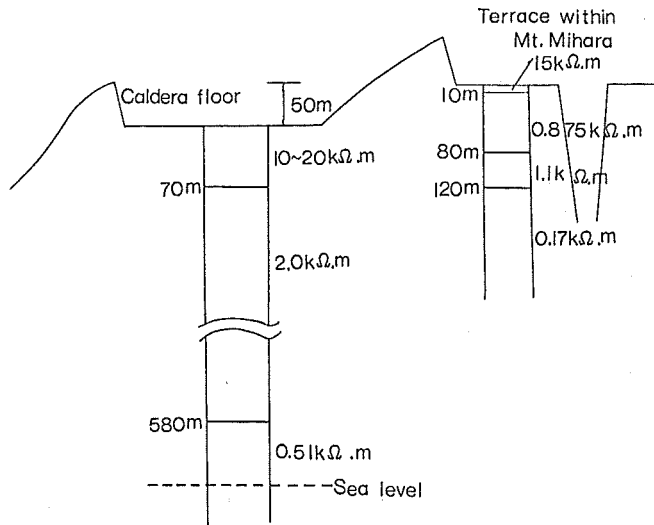
第2図のTEで Schlumberger 法を適用した。電位電極の中心と電流電極との間隔 ( $r = AB/2$ ) を地形による制約もあり 200m まで伸ばした。得られた見かけ比抵抗を第5図に示す。表層の比抵抗は 15 kΩ-m とカルデラ底とほぼ同様であるが、10m 位から急激に減少する。注目すべきは前回の dipole 法の測定で得られた  $r = 100m$  附近の見かけ比抵抗の極大が今日の Schlumberger 法でも得られたことである。4層モデルで、測定によく適合するものを求めると第5図下部のようになる。深さ 100m の附近に 11 kΩ-m の高比抵抗層の存在が目立つ。120m 以深では抵抗値はきわめて小さくなっている。



第5図 火口床での Schlumberger 法による見かけ比抵抗

5. カルデラ底および火口床での電気抵抗垂直分布

カルデラ底および三原山火口床での Schlumberger 法より得られた結果を模式的に図示したのが第6図である。表層が  $10 \sim 20 \text{ k}\Omega\text{m}$  と高い抵抗を示すのは、いずれも同様であるがカルデラ底では高抵抗層は  $70 \text{ m}$  の厚さがあるのに対し、火口床ではわずか  $10 \text{ m}$  の厚さしかない。火口床はスコリア、カルデラ底の表面は、風蝕を受けた砂で覆われている。



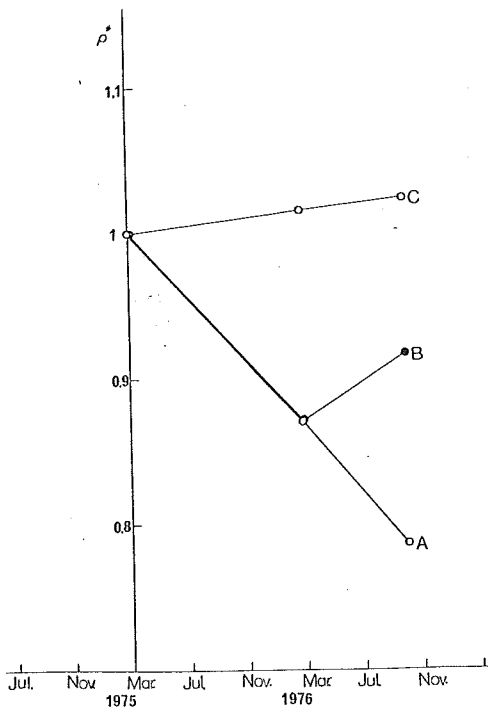
第6図 カルデラ底および火口床での電気抵抗鉛直分布

第2層は表層に比べて1桁以上抵抗が小さいが、カルデラ底では  $2 \text{ k}\Omega\text{m}$  に対し、火口床では  $0.88 \text{ k}\Omega\text{m}$  と半分以下になっている。火口床の方が比抵抗が小さくなっているのは明瞭である。含水量の違いが、両者間の比抵抗差の第一の要因であろうが、火口床ではさらに温度が高いという要素が加わって比抵抗を下げる作用をしていると推測される。

火口床の深さ  $100 \text{ m}$  附近に  $11 \text{ k}\Omega\text{m}$  の高抵抗層が存在するが、何がこのような高抵抗層を生ずるかについては、現在まで結論が得られていない。水は高温で気相に転換すると、電気抵抗が不連続的に大きくなるのが、実験的に知られている。この高抵抗層では、岩石を満たしている水溶液が高温下で水蒸気となっているため抵抗が大きいのだという見方もあり得る。一方では、この深さのところに *driplett* が厚く重なって溶結し、含水率が小さくなっているためだと考えることもできよう。今後解明されるべき課題である。

## 6. 火口周辺の電気抵抗時間変化

火口を通る測線上の電流電極  $I_1 \sim I_3$  および電位電極  $V_1 \sim V_3$  については、同一場所で測定を繰り返し、見かけ比抵抗の時間変化を調べている。今回ですでに3回の測定を実施したのでその結果を第7図に示す。



第7図 火口測線による見かけ比抵抗の時間変化。

1975年3月の測定値に基準化されている。

Aは電流電極 ( $I_1, I_2$ ), 電位電極 ( $V_1, V_2$ ) の組み合わせによる測定結果。

Bは ( $I_1, I_3$ ) - ( $V_1, V_3$ ) による結果。

Cは ( $I_2, I_3$ ) - ( $V_2, V_3$ ) による結果。

図中Aは電流電極 ( $I_1, I_2$ ), 電位電極 ( $V_1, V_2$ ) の組み合わせの測定より得られたもので、もっとも表層近くの比抵抗変化を反映していると考えられる。これに対してCは ( $I_2, I_3$ ), ( $V_2, V_3$ ) の組み合わせによる測定で、火口部分のもっとも深いところの比抵抗変化を反映している。Bは ( $I_1, I_3$ ), ( $V_1, V_3$ ) の組み合わせによる測定結果である。

このような時間変化の検出にあたっては、測定精度の吟味が必要である。大地に流す電流の測定は、第2回目までは大地に直列にホーロー抵抗を入れ、その両端の電圧を記録計で測定した。ホーロー抵抗の精度は5~10%である。第3回目はホーロー抵抗の代りに精度1%以下のマンガニン線抵抗を使用した。と同時に精度0.5% (フルスケール) の直流電流計を使用し、精度の向上を計った。

一方電位差測定の精度は記録の読み取り精度、電極間の接地抵抗により決まり第2回目までは5%、第3回目は2%程度である。したがって測定の総合精度は第2回目までは10%、第3回目は2%程度になると考えられるので、これまでの観測で10%以上の変化があれば有意な変化とみて差し支えない。

第7図は1975年3月の測定値を基準としてその後の変化を示してある。もっとも深い部分の比抵抗変化を反映するとみられるCでは、僅かではあるが、時間と共に直線的に比抵抗が増加している。しかし変化量は、1.5年間で約2%であるから、測定誤差を考慮すると、この間ほとんど変化していないとみるべきであろう。これに対して、表層の電気抵抗を表わすとみられるAでは1.5年間にほぼ直線的に21%減少している。これは測定誤差をはるかに越える有意な変化である。

岩石は一般に高温になると抵抗が減少する。第7図Aの結果は、一見表面近くで温度上昇があったことを示唆するようにもみえる。しかし第3図Vにあるように、火口測線については、火口が中空であるための影響で、表層程比抵抗が小さく、深い所程比抵抗が大きくなるような見かけ比抵抗分布を示している。第7図はこの傾向が強まったことを意味している。すなわち火山活動が低下して、マグマが火孔の中を降下し、火口の中空部分が拡大したとすれば説明できるような変化である。1975~76年の期間は、火山活動が著しく静穏であったことを思うと、この解釈は妥当であるように考えられる。