

# 箱根火山性地すべり地帯(大涌谷) の物理探査法による研究

柴藤喜平・室住正義・小林 創  
地質調査所物理探査部探査課

**Adaptability of Geophysical Exploration Methods for  
the Study of Landslides in Volcanic Altered Areas**  
By Kihei Shibato, Masayoshi Murozumi and Hazime Kobayashi  
*Geological Survey of Japan, Tokyo*

## Abstract

The adaptability of geophysical exploration methods for the study of landslides in volcanic altered areas is examined at Owakudani, Hakone, during 1964-1965.

Methods used are those of resistivity, spontaneous polarization, radioactive and magnetic exploration. Results of the resistivity method are most useful to detect the altered zones, though some questions remain to be solved.

Spontaneous polarization method is indirectly useful for surveying the areas of pyritization in the altered zone. Radioactive method is useful for surveying the weathering of rocks in areas of surface mud removed. Magnetic method is useful for the research of altered zones near the land surface.

In conclusions, if we apply these various geophysical survey methods to the study of landslides in volcanic altered area, the results seem to become important data to recognize landslide zones.

## 1. 緒 言

本研究は火山性地すべり地帯における物性をもとにした岩体の構造・分布を明らかにすることを目的としたもので、本物理探査法による現地研究は1964年10月～11月と1965年11月との2回にわたって行なった。

研究の方法は、火山地帯の硬度的地下構造を表現するに最も適切と考えられる比抵抗法を主とし、あわせて土壤岩石中の諸成分の分布に関係をもつことの多い自然電位法を用いた。また、岩石の諸変質による磁性の変化を研究するために広範囲にわたって磁気測定を行なった。その他火山性噴気ガスによる岩石放射能強度の変動、断層裂か等の存在の探知に役に立つことの多い放射能探査を行なった。

## 2. 物探測線の設定と地形、地質について

箱根全般にわたる地形地質等の説明については、他の

担当者の報告書があるので略すこととし、ここでは特に物理探査法による研究フィールドの位置とその内部の研究測線の設置、ならびに地形、地質の物理探査の面からみた概説だけについてのべる。

本研究フィールドは大涌谷噴気地帯の一部から駒ヶ岳登山道路を含めて、図-1のように、東西210m、南北300mにわたるほぼ長方形の区域で、西側より測線『イ、ロ、ハ、ニ、ヘ、ト、チ』を30m間隔に設置し、各測線は北測より『0, 1, 2, ……29, 30』と10m間隔に測点を設けた。

地形は、各測線のNo. 15～No. 25間にみられる土壤崩壊線から南側ではごく普通にみられる10度～20度の傾斜面をなし、山林となっているが、土壤崩壊線から北側は、変質崩壊はなはだしく、ほとんど樹木もなく、10度～30度の傾斜をもつ南高北低の斜面で、そのなかに数個

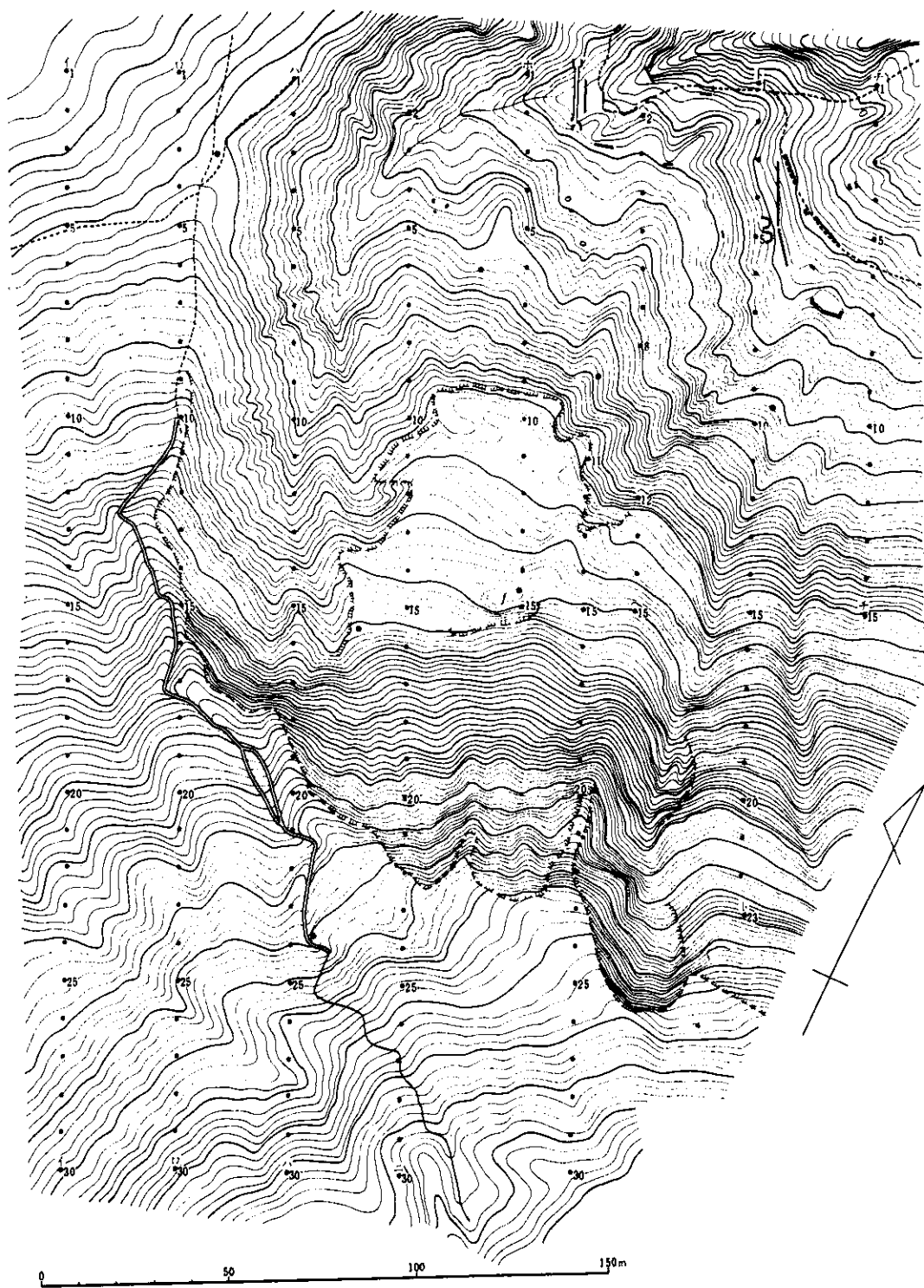


図-1 大涌谷地区地形ならびに物理探査測線図

の沢と変質崩壊による部分的な地形の凹凸が不規則にあってきわめて複雑な地形を呈している。

地質は変質による各種の色をした土壤・粘土・岩石等が分布し、複雑錯綜している。また至るところに天然の硫黄ガス（ $100^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ ）が噴出し、噴気口には硫黄の結晶がみられる。

物理探査の測線設置範囲内の地質は割合厚い両輝石安山岩と2層のうすい凝灰角礫岩の互層よりなる地帯で、変質については凝灰角礫岩の方がはなはだしく、両輝石安山岩の方はその裂かにそって変質をうけている程度である。この両岩帯の詳しい分布ならびに変質については、藤井らの報告を参照されたい。

### 3. 比抵抗法による研究

各種成分の高温ガスまたはその硫酸水等によって変質をうけた岩石は、著しい粘土化作用をうけてきわめてやわらかい状態にあるので、その電気的な性質は著しく低比抵抗であると推定され、しかも岩石の硬軟の度合と比抵抗とは、かなりの関係があると考えられる。したがってこの比抵抗分布を研究することは岩石硬度を表現する物性構造にきわめて近いものと判断される。

以上の理由によりフィールドに設けた各測線に沿っ

て、比抵抗法による水平探査2極法（電極間隔(a) 10m, 20m, 40m)を3種類実施した。

### 測定結果

これらの測定結果は各々図-2, 3, 4に示す通りで、 $a=10\text{m}$ の結果は(図-2参照)「ホー-15」～「ホー-19」ならびに「ト-11」～「チ-13」付近に200～400 $\Omega\text{m}$ 程度の高比抵抗部が生じており、しかもこれらは連続している。一方、50 $\Omega\text{m}$ 以下の低比抵抗部は、フィールドの北部から西部～南部にかけて、前述の高比抵抗部をとりまいて現われており、特に10 $\Omega\text{m}$ 以下のごく低い比抵抗部はフィールドの北西部一体に広く分布している。 $a=20\text{m}$ の結果(図-3参照)は100 $\Omega\text{m}\sim 400\Omega\text{m}$ 程度の高比抵抗部が「ホー-19」を中心とする区域だけに縮少して現われ、低比抵抗部は20 $\Omega\text{m}$ 以下が丁度 $a=10\text{m}$ の場合の100 $\Omega\text{m}$ 以下の範囲に相当している。5 $\Omega\text{m}$ 以下は $a=10\text{m}$ の場合の5 $\Omega\text{m}$ の場合とほぼ同じ範囲に相当していて、同じような分布を示しながら全体的に低くなっていく傾向を示している。 $a=40\text{m}$ の結果(図-4参照)は高比抵抗部がますます東部に後退し、わずかに「ホー-19」付近に80～100 $\Omega\text{m}$ 程度の高比抵抗部が残るだけとなる。低比抵抗部は $a=10\text{m}$ ,  $a=20\text{m}$ の場合と全体的にほぼ同様

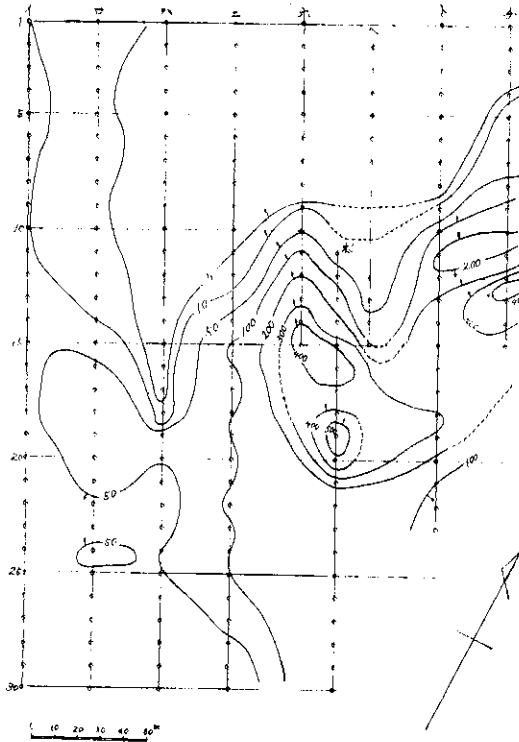


図-2  $a=10\text{m}$ 比抵抗分布図

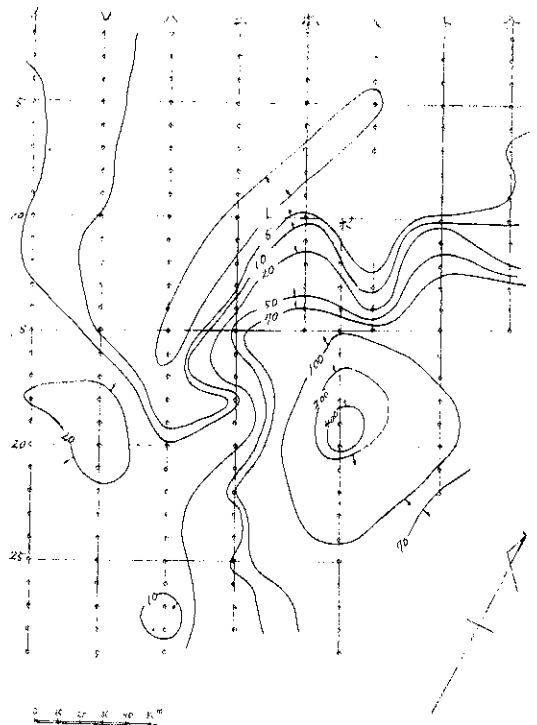


図-3  $a=20\text{m}$ 比抵抗分布図

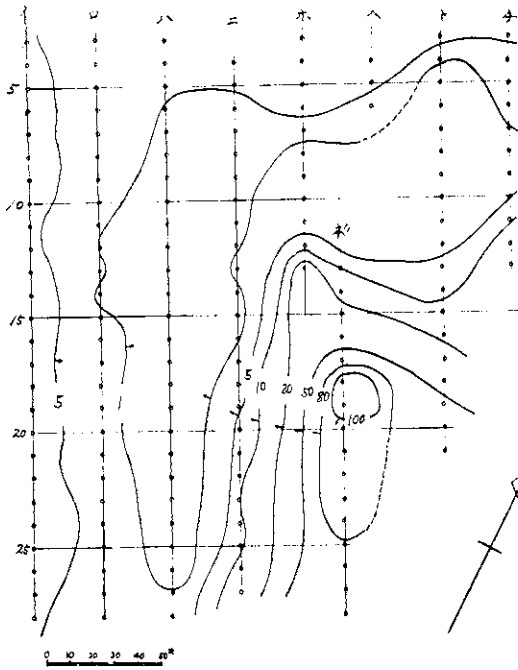


図-4 a=40m比抵抗分布図

な分布を示しながらますます低くなっていき、ほとんど  $5\Omega\text{m}$  以下の低比抵抗帯が大部分を占めるようになる。特にハ一線の全線に沿って  $1\Omega\text{m}$  以下の極めて低い比抵抗帯が拡がることは留意すべき点と考える。

以上の3種類の測定結果をわかりよく表現するために、図-5, 6に立体的に現わした。

図-5は、ハ一線とホ一線に沿っての南北方向の断面で、各比抵抗の電極間隔別測定値をそのまま電極間隔(m)を深度として地形断面図に書きこんで、等比抵抗部を結んだものである。同様に図-6はNo. 5線, No. 12

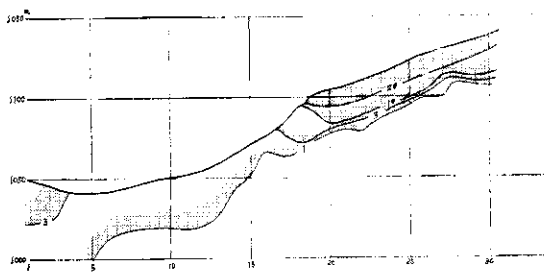


図-5.1 ハ一線 比抵抗深度別測定値等値断面図

\* 図-5, 6の断面図の、各深さでの値は、その各深度での比抵抗値を表現するものでなく地表からその深度までの比抵抗の平均値である。

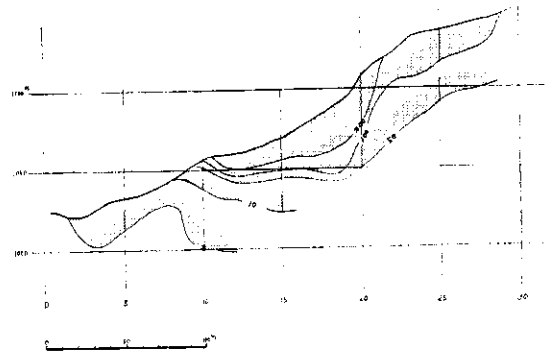


図-5.2 ホ一線 比抵抗深度別測定値等値断面図

線, No. 19線, No. 25線に沿っての東西方向の断面図である。

図-5ハ一線断面図の特に顕著な傾向は、No. 3~No. 17の崩壊地においては、明確に  $3\Omega\text{m}$  以下の低比抵抗部を示しており No. 18~No. 30の山林地帯でも浅部は別として深部(a=40mの結果)では、ほとんど  $1\Omega\text{m}$  以下に低下している\*。すなわち「ハ一線」では深部は、ほとんどNo. 3~No. 28間は著しい低比抵抗を示しているということである。

図-5ハ一線では、No. 1~No. 10の傾向は  $10\text{m}\Omega$  以下の極めて低い比抵抗を示すが、No. 10~No. 30にかけては、 $50\Omega\text{m}$ 以上の割合高い比抵抗を示し、特にNo. 10~No. 22は、 $200\sim600\Omega\text{m}$ 程度の高比抵抗を示している。しかし全般的に言えることは、いづれも深くなるにしたがい低くなるということである。

図-6のNo. 5線の断面図は、全体的に著しい低比抵抗地帯で、深くなるに従ってますます低くなる傾向がある。特にハ一線、ニ一線付近では地表までその低比抵抗帯が上昇してきていることがわかる。

No. 12線の断面図はハ一線を中心として低比抵抗地帯が地表までのびてきており、高比抵抗帯は、ハ一線の付近およびチ一線付近の地表にうすくのびているように現われている。

No. 19線の断面図は、ハ一線の著しい低比抵抗地帯が地表まで現われず潜頭状態になっておりホ一線付近を中心とした高比抵抗地帯が他に比べて広くかつ深く分布している。

No. 25線の断面図はホ一線付近が割合高い比抵抗となっており低比抵抗帯はハ一線の深部にだけ存在して

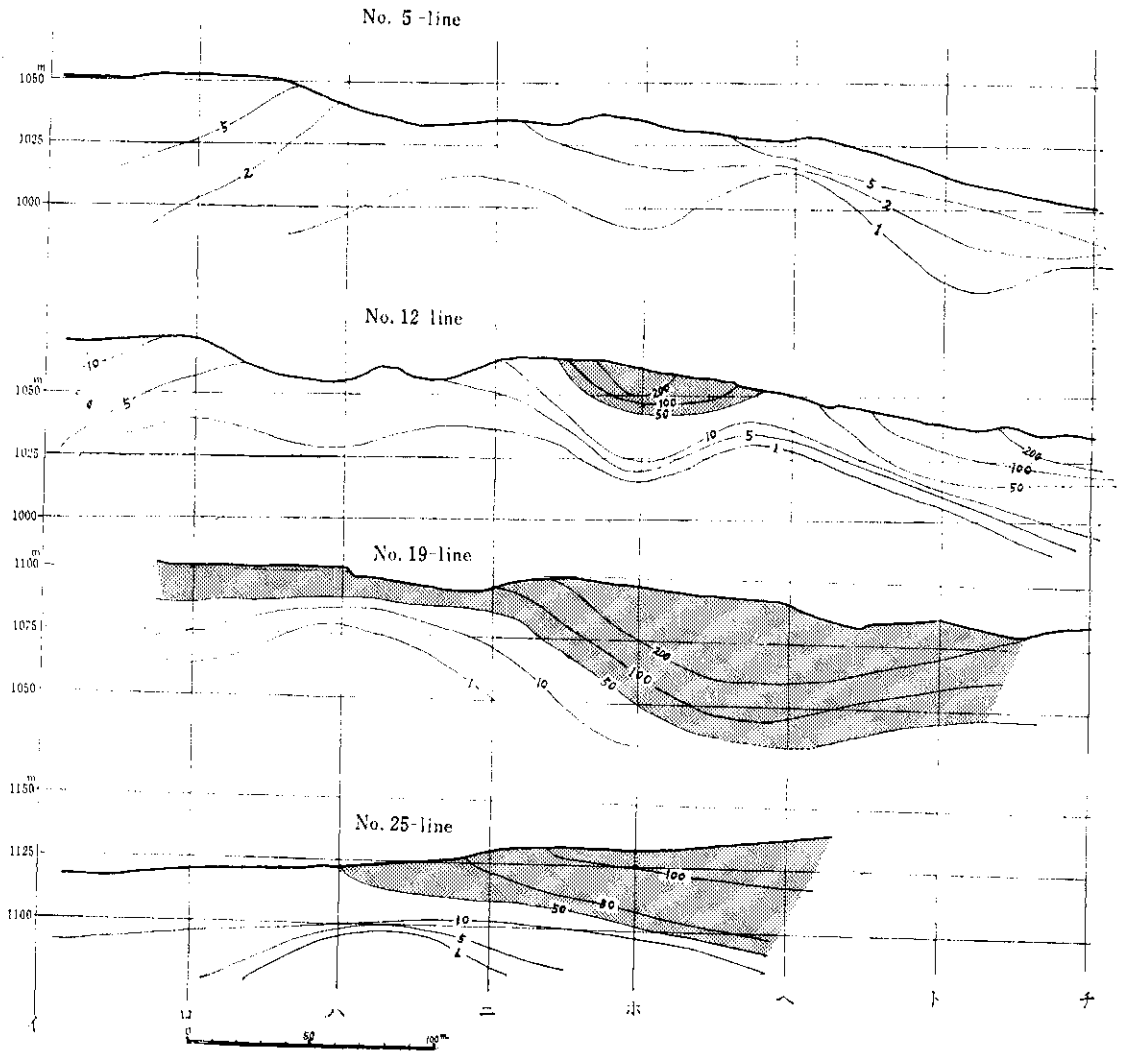


図-6 比抵抗深度別測定値等値断面図

いる。

最後に垂直方向の変化をこまかに知るために「ホー-25」を中心として垂直法（Wenner法）により  $a=60\text{m}$  までの測定を行なった。この測定結果は図-7のようで、これを標準曲線により解析すると地表1m付近は  $400\Omega\text{m}$  の高比抵抗を示すが2m付近より40m付近まで  $160\sim 180\Omega\text{m}$  程度となり40m近くできわめて低い抵抗にうつりかわることがわかる。

#### 測定結果の考察

比抵抗法での種々の測定結果を総合して考えると、測定の結果から、深度の決定は明確にはできないが\*、大体においてきわめて低い比抵抗層が全体をしめており（特にハ一線を中心とする区域はきわめて低比抵抗である）、その上部に「ホー-12」〜「ホー-19」にかけて比較的高い抵抗をもつ物質ののっている有様を示している。

この低比抵抗層はもちろん種々の変質のためにやわら

\* きわめて抵抗の低い層が地表面に広くかつ不規則に分布している大涌谷のような場合には、電流が地表付近で密になり地下深部まで入りにくい場所が不規則に存在することになるので、測定結果から深度がわかりにくい場合が多くなる。

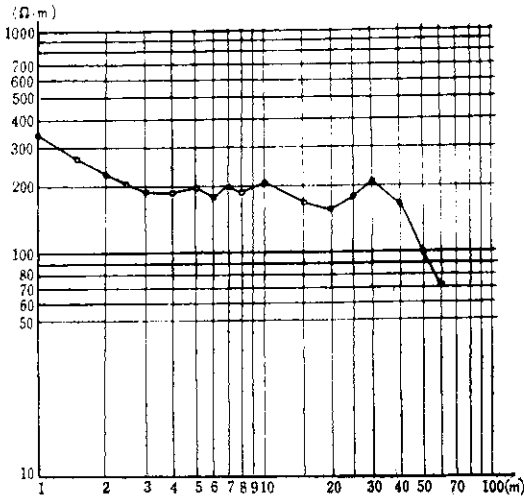


図-7 ホー25点における  $\rho$ - $a$  曲線

かくなった地帯を示し、高比抵抗地帯は、比較的新鮮な安山岩の地帯を示していると考えてさしつかえないが、この地帯は、非常に硬軟の岩石がこまかく入りみだれて分布しているので、各測点での値は個々の極小地点の岩石の抵抗を示すものではなく、その付近一帯の平均的な値を示しているものであることは当然である。

今回の比抵抗法の研究は火山性地すべり地帯での研究の最初のケースなので深度の点において、解析上の疑問点を残した。したがってこの点については今後研究の余地があるものと考えられる。

#### 4. 自然電位法による研究

##### 測定結果

測定結果は図-8 のようで著しい異常は認められないが、「ホー17」付近を中心とし「チー13」にかけて  $-20\text{ mV} \sim -40\text{ mV}$  程度の弱い負異常地帯が広がっている。正異常としては「ハー26」～「ホー27」, 「ロー6」付近および「へー6」～「トー6」にかけて、おのおのいずれも  $40\text{ mV} \sim 50\text{ mV}$  程度のものが認められる。

##### 測定結果の考察

自然電位の測定結果を考察するに負異常地帯は  $a=10\text{ m}$  の比抵抗法の測定結果で高比抵抗を示した区域と大体一致する。

したがって自然電位と高比抵抗地帯との間に何等か関係があるように推察される。しかし高比抵抗の岩体として考えられるものは、安山岩地帯の変質崩壊をまぬがれたところであるので、割合変質の弱い安山岩地帯ということになるが、これには負電位異常を発生する原因は考

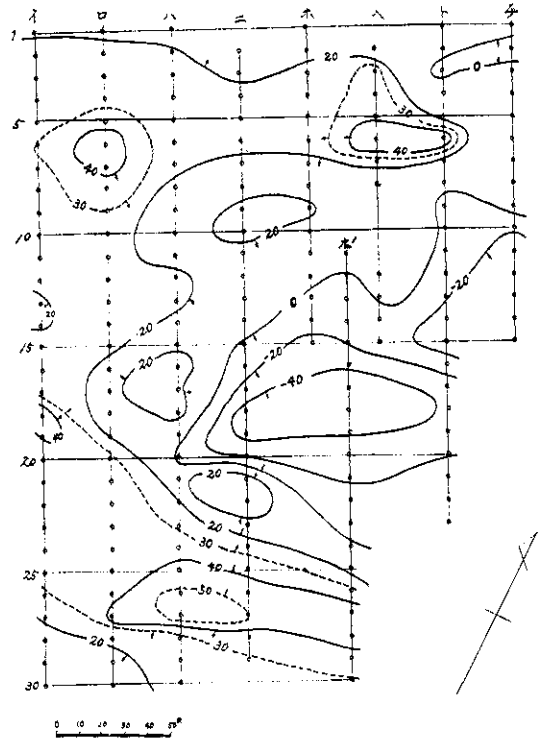


図-8 自然電位分布図

えられない。一般に負電位異常の原因になると考えられているのは硫化鉱物の分布である。現地には、鉱化作用のため至るところに硫化鉱物が見うけられるが、この硫化鉱物の分布状況と負電位異常地帯とは必ずしも関係があるとはいえないような状態にある。

したがって硫化鉱物の分布とも一応無関係のように考えられるが、従来文献等によると、硫化鉱物による負電位異常は粘土化をうけた地帯には現われないという傾向があることが明らかであるので、この考えを適用するところの場合も、粘土化をうけなかった地帯（高比抵抗地帯）にのみ、負電位異常が現われたものではないかと考えられる。

つぎに正異常地帯であるが、これも文献等から土壤の相違にもとづくものと考えられているので、土壤のいかなる相違が電位に関係をもつかは今後の研究を持つより仕方がない。

#### 5. 放射能探査法による研究

##### 測定結果

「イー線」を除いたすべての測線において地表の  $\gamma$ -線測定を行なった。（ただし各測線とも未崩壊地帯に入ったら3～5点で測定を中止した。）

箱根火山性地すべり地帯（大涌谷）の物理探査法による研究——柴藤・室住・小林

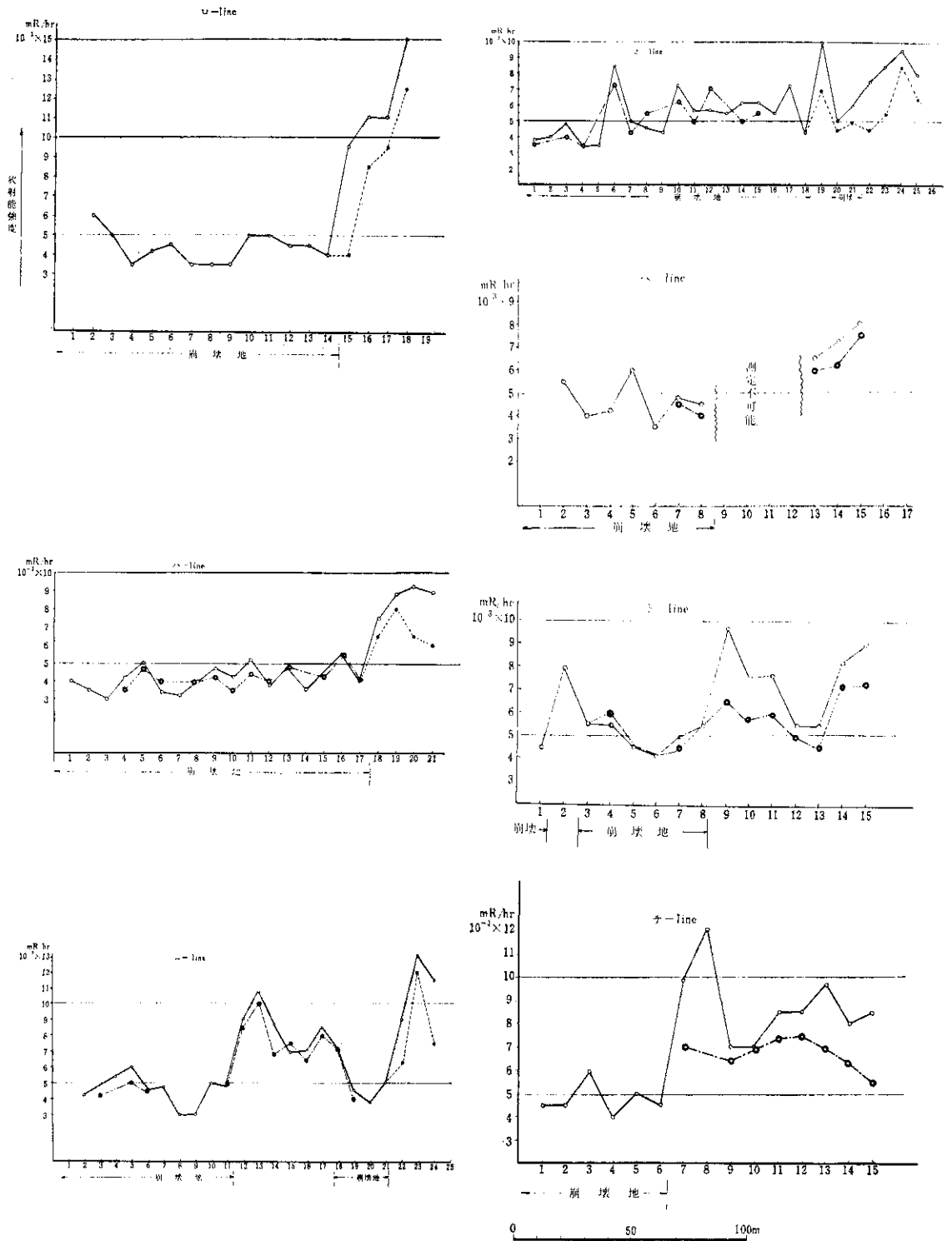


図-9 放射能探査測定結果

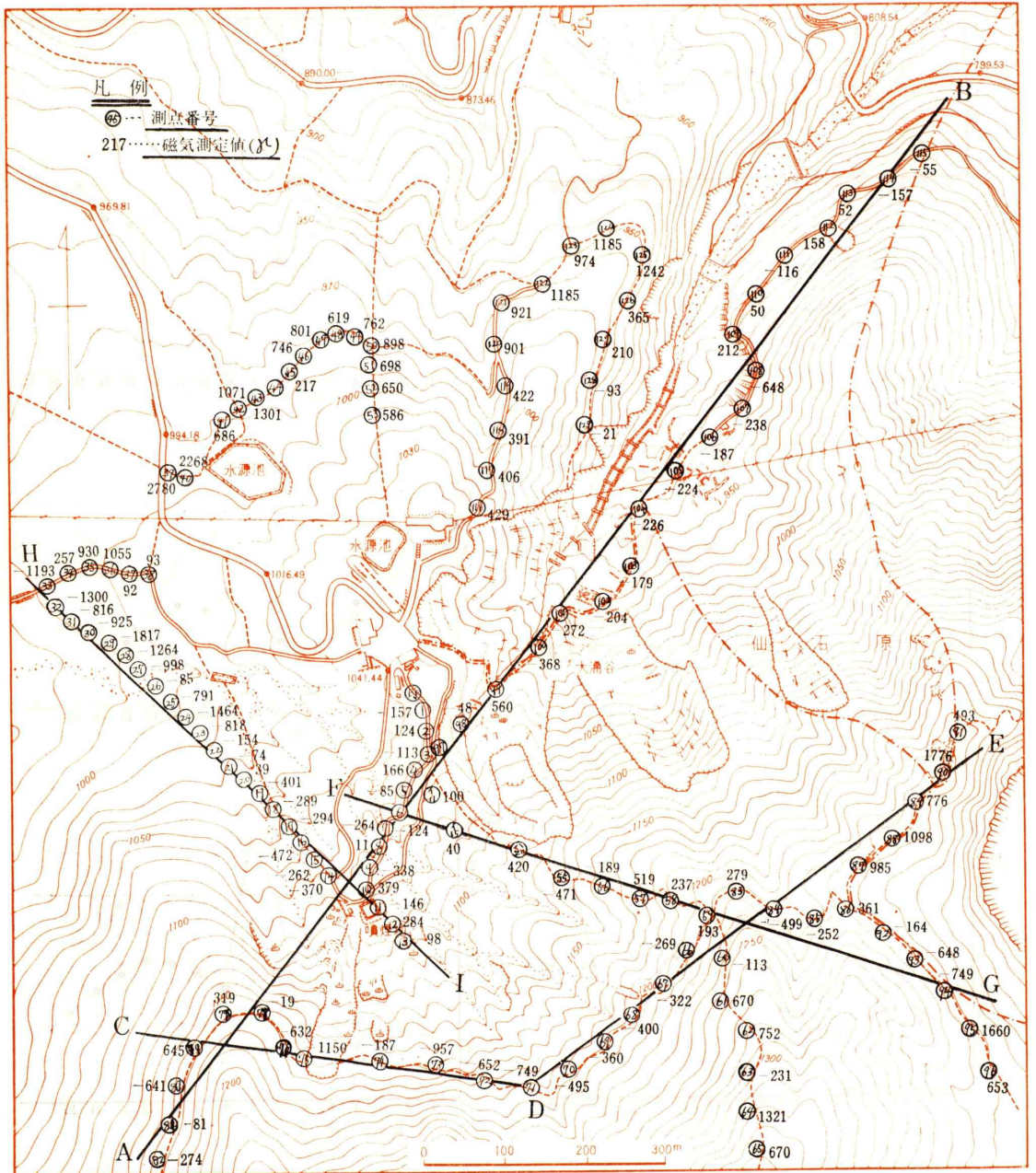


図一9はその結果である。測定はすべて各点において  
 ㊦測定器を表土砂につけた場合、㊧その付近の岩塊につ  
 けた場合、㊨腐食土がある場合その表土を約10cm 程掘  
 下げて測定した場合、の3種類について行なった。

その結果、「ロー線」のNo. 15~No. 18は未崩壊黒色

腐食土であるが、No. 1~No. 14の崩壊地帯に比べると  
 γ線強度に著しい相違を示すことが図より明らかであ  
 る。

「ハ一線」も同じく No. 19~No. 21は未崩壊黒色腐食  
 土地帯となるがやはり、No. 18~No. 19を境として、明



図一10 磁気探査結果



りように $\gamma$ -線強度が強くなっている。

「ニ一線」も変質崩壊をうけて白色～灰白色を呈する粘土地帯と No. 12～No. 17 の間のかたい高比抵抗を示す安山岩地帯ならびに No. 22 以降の未崩壊黒色腐食土地帯との間には明瞭な $\gamma$ -線強度の差がある。

「ホ一線」も No. 22 付近より未崩壊黒色腐食土地帯に入るがじよじよに $\gamma$ -線強度が強くなっている。

「ヘ一線」、「ト一線」、「チ一線」はいづれも図のように同じ傾向であることがわかるので、ここでは、説明は略す。

また、ロ、ハ、ニ、ホ、の各測線の測定結果から未崩壊黒色腐食土地帯では、地表ほど $\gamma$ -線強度が強く地表から 10cm 下になると、いづれも $\gamma$ -線強度が下がっていることがわかる。

またへ、ト、チ、の各測線の測定結果から、崩壊地帯においては表土と石とはさほど $\gamma$ -線強度に差違はないが、未崩壊地帯では岩石よりも、表土の方が $\gamma$ -線強度が強いことがわかる。

また、種々の色をした土壌の $\gamma$ -線強度を比較すると平均して黒土が一番強いようである。

#### 放射能探査結果に対する考察

以上のように放射能探査の結果、「ニ一13」付近のかたい安山岩地帯においては、 $\gamma$ -線強度が強く変質崩壊地帯は弱い点から考えて、変質崩壊地帯は岩石中の放射能鉱物が流されたものと考えるのが妥当のようである。

また、未崩壊黒色腐食土において、特に地表において、放射能強度が強いのは、従来の文献や経験等から考えて黒土が放射能雨を吸着しているためではないかと考えられる。

また、崩壊地帯において表土と石とがあまり放射能強度が変わらないのはともに崩壊によって放射能鉱物が流されたものと考えられる。

### 6. 磁気探査による研究

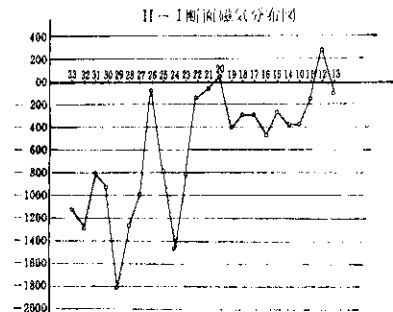
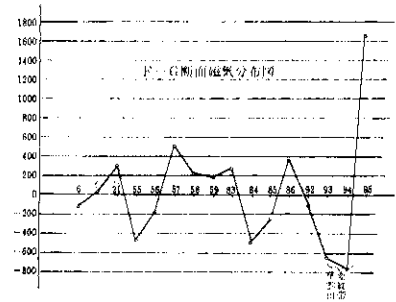
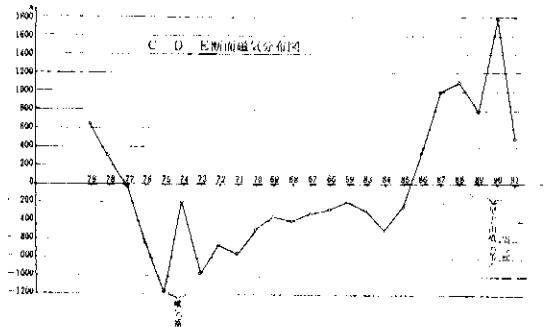
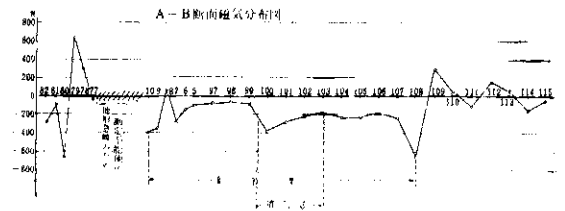
#### 測定結果

磁気探査は、1964年度、他の方法と同様に「イ、ロ、ハ、ニ、……」等の測線にそって測定を行ったが、変質帯のなかだけでの測定にとどまり、火山地帯における岩盤の変質による磁気変動の大勢をおさえることができなかった。したがって 1965 年度は大涌谷全体の主要道路（除自動車道路）について測定間隔 30m～60m で磁気測定を行った（使用機械：Schmidt 型 Magnetometer）。

その結果図—10のような結果を得た。この結果をわかりやすくするために図—11にその断面図を示した。

#### (A-B断面)

これは冠岳の下の噴煙地から大涌谷の大噴煙地を通



図—11 磁気探査結果断面図

て、下湯方向に向かう延長約1,620mの測線である。

この結果は図のようで、噴気などによる主要変質帯は大体において300 $\gamma$ 以内の磁気変動にとどまり大きな変動はなくほぼなだらかな断面を示す。変質が少ないと考えられている No. 78, 79, 80, の地帯は非常にげい磁気変動を示すことがわかる。

#### (C-D-E断面)

これは冠岳の中腹から駒ヶ岳の中腹をぬって早雲山崩壊地に向かう延長約1,380mの測線である。この測定結果では No. 72~No. 85 付近は、-400 $\gamma$ 内外の大体になだらかな断面を示すが No. 73~No. 79 ならび No. 86~No. 91 の間には変動が非常にげい地帯である。特に No. 74~No. 75 のせまい間は噴気帯になっており No. 73~No. 75 は噴気帯の両側に相当してこの付近は変動がげい。

#### (F-G断面)

これは富士見茶屋と冠岳下の噴煙地との中間点より早雲山崩壊地へ向かう延長約900mの測線である。

この測定結果は割合小さい変動があつて傾向がはっきりしないが早雲山崩壊地付近の No. 93~No. 96 は著しい変化を示している。

#### (H-I断面)

これは冠岳下の噴煙地より台ヶ岳の方へ向かう延長約700mの測線である。

この結果は噴煙地付近である No. 10~13~22 付近は-400 $\gamma$ 前後のなだらかな断面を示すが、それをはなれた No. 23~No. 33 の間は著しい変化を示している。

#### 測定結果の考察

以上の各断面の結果を考察することによって共通的に言えることは、火山性噴気による強度の変質地帯における磁気変動は $\pm 300\gamma$ 以内のわずかなものにとどまるが、変質があまり行なわれていない地帯においては著しい磁性的変化がある。特にC-D-E断面のNo. 74~No. 75とNo. 86~No. 91ならびにE-G断面のNo. 94~No. 95のように噴気等のため変質をうけた地帯のごく周辺においては大きな変動を示すことがわかる。また、H-I断面のNo. 24~No. 33にかけては、割合変質の少ない転石がきわめて多いので、これによる磁気変動ではないかと考えられる。

#### 7. まとめ

火山性地すべり地帯において今回初めて各種の物理探査法を用いて地下の岩体構造の分布ならびに物性的変化について研究したが次のような結果が明らかになった。

(1) 比抵抗法を用いて行なった岩体構造の分布は、硫

酸水等による変質をうけて粘土化した地帯はきわめて著しい低比抵抗を示し変質の弱い安山岩帯は高比抵抗帯として現われる。したがって地下の強度の変質地帯の追跡は割合容易に実施できると考えられる。

ただ問題はその深度の点において、従来からの考え方では、解釈にかなりの誤差が入るようである。

(2) 自然電位法を用いて行なった研究では、この地帯の硫化鉱化作用が影響して自然電位異常-40~-50mVを示すが粘土化作用においては、その異常が現われず変質の弱い岩体の上のみ現われる。これはこの方法が、このような場合変質の割合を調査するのに役に立つことをものがたっている。

また、変質土壌の性質によっては、+40~+50mVの異常が現われる。この土壌の性質については今後の研究問題である。

(3) 放射能探査法を用いて行なった研究では、一般に変質崩壊した地帯は著しく低い $\gamma$ 線強度になるが、変質の弱い安山岩ではまだそれより強い $\gamma$ 線強度をもっているため今後この方法も変質の調査には役に立つものと考ええる。ただ崩壊しない黒色腐食土の地帯では一般に微量の放射能を含んだ雨を吸収したための影響と考えられる放射能強度を示すので、この方法は表土をかぶった地帯では防災調査の目的には役に立たないものと考えられる。

(4) 磁気探査法による研究の結果では、一般に強変質地帯においては $\pm 300\gamma$ 程度の割合変動の少ない磁性を示し、変質がごく弱いか全く変質をうけない地帯では割合、磁気変動が大きい。特に変質崩壊地帯のごく近い周辺においては著しい変動がある。

このような理由で、磁気探査法も適用をうまくすれば変質地帯の調査には役に立つものと考えられる。

以上のべたように、種々の物理探査法を火山性地すべり地帯の探査に適用すれば、地表からみただけでは判別困難なファクターについて、種々のデータが得られるので、防災の観点からその地区の総合判断をする場合に重要な資料となるものと考えられる。

#### 参考文献

- 柴藤喜平 (1952): 山形県の西吾妻鉱山における電気探鉱調査結果について。地質調査所月報, Vol. 3, No. 7.  
柴藤喜平 (1953): 福島県沼尻硫黄鉱山の電気探鉱調査報告。地質調査所月報, Vol. 4, No. 4.  
柴藤喜平 (1954): 岩手県松尾、八幡平の硫黄鉱床地帯の電気探鉱調査報告。地質調査所月報, Vol. 5, No. 1.  
柴藤喜平 (1953): 自然電位の発生機構。物理探鉱, Vol. 6, No. 3.