

火山性地すべりの発生機構および
予知に関する研究 (第1報)

**Study on the Mechanism and Foreknowledge of
Landslides in Volcanic Altered Areas (Report I)**

Abstract

At half past ten on the morning of the 26th July 1953, a great landslide with its outflow quantity of 700,000m³ occurred on Mt. Sounzan, Hakone, Kanagawa Pref., and caused a loss of ten lives. This landslide occurred in a zone of altered clay, which is developed in a region of volcanic fumarole and hot spring. Japan has about 90 places where such landslides are liable to occur. However, as the mechanism of occurrence of such landslides is almost unknown, so for the time being we have no means and plans good enough to protect human lives against such disasters. The aim of the present study is to know the occurrence mechanism of this kind of landslide and the possibility of foreseeing its occurrence. As a model area for this study, the area including Sounzan and Owakudani in the region of Hakone Volcano, about 80 km distant from Tokyo to the west, was selected, because there is seen one of the most typical examples of such landslide.

The area Sounzan-Owakudani is located on a mountainside of Kamiyama, one of the central volcanic cones of Hakone Volcano, and consists of an alternation of strata that are mainly of two-pyroxene andesite, its tuff breccia, and its agglomerate. In this area the subterranean heat is high, and at some spots it is more than 100°C even at depths of less than 40 m from the earth's surface, and on the ground, jet of volcanic gas and gush of hot spring water are still now remarkable. In a region surrounding such areas of fumarole and hot spring the above-mentioned rocks are subjected to alteration which covers a vast range, and there are formed conspicuous zones of altered rocks. At the uppermost part of a zone of altered rock, close to the earth's surface, there lies a thick zone of clay about 10—20m thick, under which there is a zone of altered andesite in chief, and this zone sometimes contains two or three zones of clay which are 1—2 m in thickness.

In the case of landslide now in question, clay of the above-mentioned thick clay zone is considered to have flowed out in large quantities, and therefore the fluctuations of the earth's surface are, for the clay zone of the investigated area, continuously measured with extensometers and tiltmeters. Though little fluctuation has been observed up to now, and no accumulation of strain is seen. The level of underground water is low, the pore water pressure and the fumarole gas pressure are also low, and so the neutral stress at the observation spots is considered to be small. From these results of observation, it is known that the observed spots in this altered zone are unexpectedly stable in regard to landslide.

These observations are still now being made. Regarding the mineral composition, origin, physical property, distribution and underground structure of the clay zone, and regarding the nature of water there, study is pushed on at present, and it is intended to report on the results in detail as soon as they are arranged in the near future.

第1章 ま え が き

Introduction

わが国は地震国であると同時に火山国でもある。地震による被害のすさまじさは身をもって体験している。地震の被害は山にも平地にも農村にも都市にもおよぶもので誰にでも知られている。これに対して火山の被害は爆発による被害が山の周辺に止まり、せいぜい降灰の影響が遠くへ伝わるぐらいであり、一般の国民に知られていない。火山帯における温泉は風光の美しさと共に楽しいものとして一般の目に映りやすい。しかし、このたび総合研究として取りあげた火山性地すべりなる現象はまさに火山国の宿命であり、温泉地の楽しさと裏腹に避けられない災厄ということができよう。

火山性地すべりとは、噴気、温泉により硬い岩石がいつの間にか粘土化され、すべり易い状況におこまれた山腹の地層が地震動や豪雨、その他の誘因によって突如として大崩壊をおこす現象である。

昔から正確な記録は少ないにしても、火山性地すべりは全国各所でおこり、付近の住民には無気味な恐怖をもって迎えられている。しかし、火山性地すべりの解明は他の種類の地すべりに比べて研究がおくれている現状にある。

これは現象が地表面だけではなく、地殻の一部におよぶ複雑なものであること、地質学、地震学、土質工学、地球物理学、地球化学および気象学など多くの専門分野にわたる協力研究が必要とされることなどによるものであると思われる。われわれはこのような見地から火山性地すべりの解明を総合研究としてとりあげた。モデル地

域として箱根火山の大涌谷、早雲山を選定したのは、過去に典型的な火山性地すべりが発生していること、すべりのスケールの大きさ、被害のひどさと地域の重要性に着目したからである。この地区の大涌谷は、箱根国立公園の中にあり、標高950mより1,200mにおよぶ急斜面で古くから噴気のはげしさで有名なところである。記録は確かでないが徳川中期以後より崩壊が続き明治43年・昭和10年・昭和23年・昭和25年と次々に地すべりがおこって荒廃している。とくに明治43年の地すべりは、多量の崩土を流出し早川を埋めさらに下流の部落をなぎ倒したといわれる。また早雲山は昭和28年に大崩壊をともなった地すべりを起こし、崩土は溪流を変形させ、下の強羅温泉街はもう少しで全滅に類するところであった。

この地域の防災工事は神奈川県土木部においてすでに十数年前より堰堤・流路工・階段工などが実施され、そのほか地質、温泉、ガス、群発地震、地表移動などに関する調査研究が行なわれている。今回、国立防災科学技術センター・土木研究所・地質調査所その他各専門分野の研究者の協力によって、昭和38年12月より3か年計画で箱根火山性地すべりの発生機構および予知の研究が踏み出されたことは、この問題の徹底的究明のため誠にこぼしい。

研究の前途は多難であるが、その予想される学術的価値は高いものであり、またその対策におよぼす有効性も期待されるものであり、かつ広くわが国の火山性地すべり防災上の貢献は大なるものであると思う。

第2章 火山性地すべりについて

On Landslides in Volcanic Altered Areas

日本列島は巨視的には環太平洋火山帯に属しているため多くの火山を有する。これらの火山は千島火山帯、那須火山帯、鳥海火山帯、富士火山帯、乗鞍火山帯、大山火山帯および霧島火山帯の七つの火山帯の上に分布している。これらの火山帯は第三紀以降に活動し、多くは安

山岩質であって、活動中の火山はもちろん、噴気活動の行なわれていない火山にあっても、噴気ガス・温泉水の噴出が続き、その作用による岩石の変質が行なわれている。わが国の火山は、ほとんどの場合これらの現象がみられるので、火山性地すべり発生の原因とみなされる温

泉変質による粘土を、何らかの形で有していると考えられる。

我国には第1図に示すように多数の火山性地すべりがあるが、近年、新潟の焼山、北アの焼岳、北海道の十勝岳、三宅島などわが国における火山の活動が続発しているため、これに関連して火山性地すべりの発生の危険性が憂慮されている。これは火山性地すべりの引き起こす災害の激甚さから、地域住民に恐怖感を与えつつあり、世論の注視を集めることとなっている。

火山性地すべりは、第三系の分布地帯にみられる、いわゆる第三紀地すべり、あるいは西南日本外帯にみられる破碎帯地すべりなどとは相異し、温泉変質に伴う大規模な粘土帯の存在、複雑な地すべり面の存在、また温泉変質による岩盤の物理学的性質の場所による特異性、それにもとづく複雑な運動機構が注目される。しかしながら、火山性地すべりに対する調査、研究は非常に遅れており、対策工事に対する指針、災害予知の方法がほとんど得られない現状である。このような理由によって、火山性地すべりの発生機構を科学的に解明する必要性が起り、その方法として新たな諸角度から総合的に研究をおし進めていくことが必要である。

2.1 箱根地区の意義と調査・観測の範囲

ところで箱根山は富士火山帯に属し、早雲山・大涌谷には著しい噴気・温泉の噴出をみ、広範囲な厚い変質粘土帯が地表付近に存在し、前記のごとく典型的な地すべりを数回起こしている。昭和34年に箱根火山を震央とする局地的群発地震が頻発したが、かつて昭和28年7月の早雲山地すべりの約半年前にあたる昭和27年11月頃に今回類似の群発地震が発生している例がある。両者の間に大きな相関があるとすれば、今回の群発地震に関連して、地すべり発生の危険性も予想される。早雲山、大涌谷下流には強羅・上湯・下湯の温泉街、さらに下流は人口密度が高い流域をもつ早川に流入している。そのため、いったん大崩壊が発生すると、大きな災害が起こる可能性がある。以上のような観点から火山性地すべりの研究実験地として、第2図に示す箱根大涌谷、早雲山を含む10km²の地域を選んだ。

この地域は火山体を構成する岩石の噴気・温泉の変質作用による粘土化が広範囲に行なわれ、地すべりを発生しやすい母体を形成するという特殊な地質特性、あるいは素因をもっている。したがって、このような素因、地質特性の解明には層序、岩石、地質構造の解析に加えて、粘土、変質作用、噴気・温泉の解析、さらに火山の熱源

の問題などの解析にまで発展せざるをえない。一方、運動機構に関しては第三紀地すべりで、顕著な誘因とみなされている降雨、融雪に伴う地下水位、間隙水圧の影響のほかに、噴気ガス圧、地温などが火山性地すべりの場合には影響をもってくると考えられる。これらの各要因に関する基本的観測を行なって、信頼度の高いデータが積み上げられることが、早急に必要である。

箱根火山性地すべりに関するこれらの研究は、総合研究として国立防災科学技術センターの計画にもとづいて、主として地すべりの誘因に対しては建設省土木研究所、主として素因に対しては通産省地質調査所が担当して、昭和38年度から40年度までに3か年継続として行なわれることになった。誘因である地質特性の調査として地質調査、水理水質調査、噴気ガス調査、試錐などを行ない、地すべり性崩壊を引き起こす変質帯の分布、岩石の変質度、崩土層の堆積状況などを把握し、運動特性解明のために地すべり面測定管を設置して地表地下の移動量の観測、地下水の変質体におよぼす影響の測定、温泉余土の物理化学試験、地すべり面測定の物理探査を行なって物理化学的特性を把握する。なお、潜在性地すべり地帯に設置した自記傾斜計による地盤の傾斜変動過程から地すべり予知方法について研究を行なう。

2.2 総合研究の概要

この研究は火山性地すべりを対象とした立地条件の悪い至難な研究であり、実施に際しては研究の障害も懸念されたが、研究者各位の努力により、一応の成果を得ることができた。しかし研究、実験の過程にあって、昭和38年度成果としてとりまとめることができなかったものが多い。

研究は研究実施工程計画に従い、11月初旬よりそれぞれ現地調査に着手する予定であったが、諸般の都合により12月より実施の運びとなり、次の諸調査・観測を行なうことができた。

- (1) 伸縮計・傾斜計による地すべり地表面の移動量の観測
- (2) 弾性波・電気探査・自然放射能を用いた地すべり移動層の構造探査
- (3) 火山性地すべりの地温変化の把握
- (4) 回転傾斜計によるすべり面の調査
- (5) 地下水の分布・水質の調査
- (6) 土質の物理試験・力学試験
- (7) 地すべり地形の特性調査
- (8) 空中写真(赤外線写真, カラー写真)の撮影と地

質・地形の判読

(9) 地質調査および変質帯の調査

(10) 火山作用による噴気ガスの特性および粘土の調査

地下水位、地下移動量の観測の基礎となるボーリングについては、ボーリング位置の決定に時間の経過をみたこと、急激な寒波に見舞われ地盤の凍結、積雪による機械の移動が不可能となったことによって一時中止した。以後3月中旬まで作業が行なわれた。このためボーリング孔を利用する観測は昭和39年度の成果を待つことにした。

本年度の研究は、研究期間が厳寒期の悪条件下に置かれたため、標高1,100m前後の峻阻な立地条件と共に、零下8°Cの寒気あるいは例年にないいちじるしい積雪に足場を脅かされるなど大きな困難を伴った。このため十分な調査、満足すべき成果を期待することはできなかったが、地すべり地域の地表、地下の運動現象の観測、地すべり現象の地質・地形の特性、これを支配する自然環境要素の把握などについてかなりの成果が得られた。

また、既存の空中写真、地形図、砂防工事報告、県の地すべり対策によるガス抜きボーリング、温泉供給K.K.

で実施したボーリングなどの資料によって噴気・水理の状況、変質帯の状態・変遷などを検討することができ、研究資料の一步進めた解析を行なうことができた。なお、昭和39年度の継続研究について、次のべるように、研究実施上に多くの指針を得ることができた。

(1) 研究実験地について

伸縮計・地盤傾斜計・特殊測量による移動現象把握に関連する観測試験をもっとも適当な地帯で集中して行なう。これと共に、物理探査、地球化学探査、粘土の研究なども集中的に行なうことが発生機構の解明に効果的である。

(2) 試錐について

地すべりの立体構造を把握するため崩壊のおそれがある大きな斜面上で有効に実施する。

(3) 観測器の強風・凍上・腐食対策について

強風による接続電線切断のための観測障害、伸縮計インバー線の横振れによる異状観測、凍上現象による地盤傾斜計の観測の乱れ、噴気ガスによる予想以上の計器の腐食など、観測上の隘路の改善。

第3章 箱根大涌谷付近の地質について

On Geology in and around Owakudani in the Region of Hakone Volcano

3.1 変質帯の概況

大涌谷は地すべりあるいは岩礫の崩落による荒廃地として発達した所である。過去に何回となく大きな崩壊性地すべりをおこし、現在でもいつ発生するかわからないような危険な状態におかれている地区である。

3.1.1 面積

大涌谷変質帯のうちで、地表地質踏査と空中写真の解析によって認められた強度の変質地域の面積は約38haである。弱い変質部を加えると52ha以上に達している。その範囲は第3図に示したごとくである。

3.1.2 地形

大涌谷変質帯に源を発する沢は急短河川である。変質帯内で沢の両側および谷頭は急な崖となっているが、このような特異地形は、噴気変質崩壊浸食の過程で徐々に発展して現在に至ったものである。断面地形は第4図に示したごとく急激なものである。とくに崩壊性地すべりをおこしている右岸の平均傾斜は21°~25°である。右

岸の山頂近くには半月状に過去の崩壊性地すべり頭部が発達している。沢の左岸地帯は変質した凝灰角礫岩からなり、右岸よりさらにいちじるしい急崖の状態を呈している。この部分では主として岩礫の崩落現象をおこしている。

3.1.3 地質構造

大涌谷地域は箱根火山の中央火口丘の一つである神山火山の噴出物からなる地域であり、両輝石安山岩の溶岩と同質の凝灰角礫岩からなっている。部分的に富士火山のロームと細粒質のスコリヤに覆われている。溶岩は不規則な網状節理などの割れ目に富んでいる。凝灰角礫岩は一般にこぶし大~人頭大の角礫を多量に含んでいる。所によって薄い溶岩質の部分ないし集塊岩質の部分が挟まれている。

大涌谷変質帯の溶岩と凝灰角礫岩との分布区分は大局的には第2図に示したごとくである。変質帯のC-D線に相当する地質断面は第5図のごとくである。右岸地

帯の溶岩は25°前後の傾きをもって北西に落ち、左岸の凝灰角礫岩の下部に食い込んでいる。谷頭地帯では溶岩は北に向かって傾いている。地質構造と噴気変質状況の特徴を反映して、右岸の崩壊性地すべり地帯、左岸の崩落地帯および谷頭の変質粘土浸食地帯に大別することができる。

3.1.4 噴気の状態

噴気孔の分布は第6図に示したごとくである。多数の強弱さまざまな噴気露頭が散在する。噴気地点は約140地点が確認された。噴気している高温帯は第3図に区分したA、B、C地区とG地区に2大別される。

A地区は現在のところでは最も地すべりのおそれが大いと思われる地帯である。脚部に噴気孔が散在するのみならず、頭部でも噴気孔の存在がみられる。また、斜面の崩積土の部分に試掘したA-1号孔地点では、深度2~3mでは全く異状地温が認められなかったが、深度10m付近から目立って上昇し、深度26mで地温118°Cに達し、試錐完了4日後には噴気井に変わった。B地区の脚部にはもっとも多くの噴気孔が散在する。もっとも大きな崩壊性地すべりを行なった跡であるが、この頭部に現在6個の噴気孔の散在しているのが確認された。C地区では脚部にかなり噴気孔が散在するが、頭部では噴気孔の存在が認められない。E、F地区には噴気孔が存在しない。G地区には多数の噴気孔が散在する。G地区の頭部は大きな安山岩礫の転落地帯であるが、全体としていちじるしい地すべりをおこすような状態に発達していない。H地区は強い変質を受けた地帯であるが現在では全く噴気孔が存在しない。噴気孔の散在している状態は、深度1mの地温分布では確認しがたい深度数10mの地温の状態を推定する基準となっている。また噴気孔の分布状態は変質帯の性質、変質の進行状態あるいは火山性地すべり発生の危険などを考慮する指針となっている。

3.2 試錐調査結果

3.2.1 試錐の目的

地すべり地帯の地質調査、とくに地すべりあるいは崩壊と関連した変質の状態、水理の状況、地温変化などを調査するため、完成した試錐孔について地すべり運動に関する歪の測定などを主な目的とした。試錐岩芯は変質の研究資料とし、また水位変動などの観測井として利用する。昭和38年度は4本のボーリングを実施した。地すべりをおこすおそれのある斜面上にA、B、Cの3測線を設定し、A線上ではA-1号孔およびA-2号孔、

BおよびC線上では頭部のB-1号孔およびC-1号孔である。

神奈川県で地すべり対策として実施したガス抜き試錐および温泉供給で、温泉造成のため実施した試錐が多数にあるが、これらの試錐はいずれも下部であるため、下部の状態についてはこれらの資料を利用させていただくことにし、地すべり研究の試錐としては斜面上を選定して実施した。

3.2.2 使用機械

試錐機はTAS-2型（能力100~200m、原動機ヤンマー5IP）とサンダー型（能力50m、原動機5IP）の2台を使用し、そのほか三連プランジヤポンプ5IP1台、揚水ディーゼルポンプ4IP3台などを使用した。A-1、2号孔はサンダー型、B-1およびC-1号孔はTAS-2型を使用した。

3.2.3 試錐の状況

試錐の位置は第3図に示し、試錐柱状図は第8図および第10図に示したごとくである。なお試錐付近の地形見取図は測量によって第7、9図に示した。A-1号孔は深度28.6m、A-2号孔は28.0m、B-1号孔は36.1m、C-1号孔は22.5mで総合計114.2mを掘さくした。

A-1号孔（深度28.6m）

地表から深度5.8mまでは安山岩礫を多量に含んだ褐色の表土層である。これは昭和25年の崩壊性地すべりによる崩積土の残存と考えられるものである。この下に変質した軟岩と幅50~15cm程度のほとんど粘土化された層を所々に挟む変質帯が深度27.5mまで続いている。これは溶岩の変質したもので、このような多量の粘土質と軟岩質からなっている部分を強変質安山岩帯とした。深度27.5mでかなり硬質の安山岩に達し、1m余り掘進して中止した。深度3m付近から全漏水を始め、以下逸水掘りて掘進した。掘さく工程では全く孔内水位がみられずほとんどから井戸であったことが注目される。送水量16l/minで、透水性100%、このためスライムがみられず、また岩心採取に困難した。シンウォールサンプラー、打込みによるスピリットサンプラーなど使用しがたかった。シングルコアチューブで掘進したが、強変質安山岩帯で軟かい岩塊と付着した粘土は少量ながら採取することができた。孔内温度は毎朝着手前に留点温度計で測定するようにした。浅い部分ではほとんど異状地温がなく、深度8mで30°C、13.5mで45°C、15mで85°C、27mで118°Cを検出した。掘さく後に耐熱性のエバーライトパイプ（内径47%、外径60%、ソケット

外径81%, 1本の長さ3.6m)をケーシングとしてそう入した。25~27m間をストレーナーとした。ケーシングをそう入した時に、6m付近まで水位の上昇がみられた。しばらくして水位は低下し、その後孔底で地獄性の沸騰音が聞こえ、なお4日を経過した5日目の朝にはかなりの蒸気を噴出するに至った。孔口では温度96°Cの湿潤蒸気で、青黒い泥土質の水滴をまきちらし、噴気は継続中である。

A-1号孔（深度27m）

A-1号孔の下方直距約65m, 比高差約14mの地点である。A-1号孔と同じように漏水がはげしく、はじめから全逸水で掘り上げた。ほとんどから井戸の状態である。深度26mで95°Cを検出した。耐熱性のエバーライトパイプをケーシングとしてA-1号孔と同じように孔底までそう入した。24~26mの間をストレーナーとした。

深度3.6mまでは多量の安山岩礫を含んだ褐色の表土層でA-1号と同じように崩積土と考えられるものである。この下部は、A-1号と同じようにほとんど27m付近まで強変質安山岩帯である。ただ、深度8.1mから13.7m付近までは軟岩礫が少なくほとんど粘土からなるような状態であった。この孔井は噴気しない。

B-1号孔（深度36.1m）

地表から深度2mまでは黄褐色を呈する粘土帯、14mまでは青黒色を呈するいわゆる青黒粘土である。黄褐色の粘土帯は青黒粘土帯の酸化帯に相当する。これらの粘土は所々でシンウォールサンプラーで試料を採取した。

この粘土帯は、2m付近では埋木が存在し、所々で砂質の部分と粘土質の部分が互層し、とくに5.5m付近では富士火山噴出物のスコリヤと思われる。玄武岩質の黒砂を多量に含有する部分が見られることから、この部分の粘土は、安山岩質の基岩から直接変質し、粘土化したものではなく、噴気孔を伴った湯沼の堆積物と考えられる。深度14mから20m付近までは、軟岩と粘土からなる強変質安山岩帯である。掘さくの硬さは比較的軟かくて岩心としてよく採取されたが、亀裂にそって粘土化している部分は採取しがたかった。深度20mからは、かなり硬質な変質安山岩帯に入り、深度36.1mまでほぼ同様であった。この部分の岩心の採取率はほぼ100%である。この変質安山岩帯は多量の硫化鉄を含んでおり目立った黒色を呈している。なお硫化鉄とともに少量の方解石（塩酸で発泡溶解する）を含んでいた。掘さく中の漏

水がはげしく、スライムを上昇しない全逸水の状態で掘進したが、水位は常に2~3.5mを維持していた。黄褐色の粘土帯と青黒粘土帯の境付近に著しく漏水する部分が存在した。電気検層の結果は第11図のごとくである。掘進中の孔内温度はほとんど20°C前後であったが、深度33m付近で43°Cを検出した。

変質帯として特に目立った温度異状は認められなかった。ポリナイトパイプをケーシングとしてそう入した。深度7~9m, 17~19m, 32~34mの3か所をストレーナーとした。

C-1号孔（深度22.5m）

B-1号孔の北東直距約80m, 比高差で約9m高い地点である。B-1号孔とC-1号孔のはぼ中間に地表で区分される溶岩分布地区と凝灰角礫岩分布地区との境界が存在する。地表から深度17.6mまでは多少変質した凝灰角礫岩である。こぶし大から人頭大まで、さまざまな安山岩礫が含まれる。礫は比較的新鮮であるが、凝灰質の部分はかなり粘土化している。また、深度4.5mまでは黄褐色であり、それ以下は灰色であるが、深度12m付近に黄褐色に酸化されている部分がみられた。深度17.6mから20.2mまで、厚さ2.6mの薄い溶岩と思われるものが存在した。これは肉眼的には全く変質が認められないものであった。初めは基盤の溶岩ではないかと思われたが、これを掘り抜いて再び上部と同じようなものに当たった。基盤に達しなかったが、ここで掘さくを中止し、ポリナイトパイプをケーシングとして深度18mまでそう入した。孔内温度は10~13°Cに過ぎなかった。

以上の4本の井戸は、今後いろいろの測定に用いる観測井あるいは基準点とするため、ケーシングの地上露出部分を保護する鉄パイプを若干うめ込んで保護管とした。

3.3 変質・噴気などの状況

大涌谷地すべり防止地区では、神奈川県によって、昭和29年以来67本のボーリングによるガス抜き工法が地すべり対策工事として実施されている。また、温泉供給K.K.によって、温泉造成のため約20本のボーリングが実施されている。ボーリングの状況は第1, 2, 3表のとおりである。これらの代表的な試錐柱状図およびその位置は第13, 14, 15, 16, 17図に示したごとくである。これらは噴気を目的としたボーリングであり、地温の高い地帯で集中的に実施されているが、試錐資料は変質の特徴、噴気する状況、水理の状態などを示し、また考察する大きな助けとなっている。便宜上、第2図に示したご

箱根大涌谷付近の地質について

とく、大涌谷変質帯を A から H までの 8 地区に区分した。

3.3.1 C地区の特徴

過去に大きな地すべりをおこした地区で、山頂近くには半月形の滑落崖を残存し、滑落斜面の上部には表面が黄褐～赤褐に焼けた変質岩を露出する。下部は粘土質からなる噴気変質帯である。温泉の造成に利用されている地区である。おもな特徴をのべると次のようである。

(1) 試錐深度 30～100m で強力な蒸気を噴出する。第

13図、第14図における No. 6, 7, 8, 9, 11, 15 などのボーリングでは孔口温度 111～128°C のかわいた蒸気を噴出する。地下水を呼び込んだものでは 93～98°C の湿潤蒸気を噴出する。

(2) ボーリングの過程でたびたび温泉を湧出していることがある。これは地下水の加熱されたもので、圧力水頭をもった宙水が存在することによるものであろう。

(3) ボーリングの過程で漏水現象がいろいろしい。時に大量の漏水がみられる。噴気する地点でも漏水をおこ

第1表 大涌谷地区の砂防試錐(要旨)
Summarized results of borings for sabo works in Owakudani.

工事 年度	箇所数 本	掘進方法		掘進の長さ m			総延長 m	孔口 温度 °C	傾斜掘	備 考
		垂直掘 本	傾斜掘 本	平均 深度	最長	最短				
29	13	1	12	約80	90	45	1,038	52～97		崩壊およびパイプ腐食
30	13	1	12	約72	90	48	936	65～97	下向 5～20°	" "
31	0	—	—	—	—	—	0	—		
32	0	—	—	—	—	—	0	—		
33	7	1	6	約64	70	40	448	94～96	下向45～50°	フジパイプ使用、崩壊(赤褐色の上部粘土層は10m前後、その下部粘土層は青黒色で粘着力が強い、噴気状況はほぼ等しく、各孔とも少量の熱泉を伴う。)
34	11	0	11	約75	105	54	817	87～119	下向45～55°	" " 深度4mから10mまで温泉全土
35	11	11	0	約60	—	—	580	—		" "
36	4	4	0	約96	106	80	382	95～97		エア-コンプレッサーによる噴気促進作業で噴気する。
37	4	4	0	約96	132	75	385	—		内3本は噴気せず
38	4	4	0	—	—	—	—	—		工事中
計	67									

第2表 試錐状況(A・B地区)(第16図参照)
Results of borings in sections A and B.

No. (付図)	砂防試錐 年度 No.	深 度 m		ケーシングそう入深度 m					
				5 in	4 in	3 in	3 in フジパイプ	2 in フジパイプ	
1	36年度 B4	90.5	垂直掘	15	25	—	90 (9)	—	噴気す 97°C
2	" B3	105.5	"	14	24	—	105 (9)	—	" 96°C
3	" B2	105.7	"	18	27	—	105 (9)	—	" 95°C
4	" B1	80.5	"	15	25	—	80 (9)	—	" 95°C
5	37年度 B2	80	"	12	22	32	—	—	噴気せず
6	" B1	98	"	12	22	32	—	99 (10)	噴気す
7	35年度 C1	50	"	15	23	33	—	50 (6)	
8	34年度	94.3	"	—	6	—	45	—	
9	38年度	—	"						工事中

() 内はストレーナの長さ

第3表 温泉造成試錐(C地区) (第14図参照)
Results of borings for hot-spring development in section C.

No. (付図)	掘さく 深度m	掘進方向	ケーシングそう入深度m F=フジパイプ					孔 口 温 度 °C	完成 年月	掘進 日数	温泉供給 K.K. 記号	現況 昭39.3
			5 in	4 in	3 1/2 in	3 in	2 in					
1	78.4	垂直掘	—	—	—	22.0	—	—	—	28	1号孔(指 第95号)	
2	91.3	"	—	—	—	F51.0	—	—	—	31	2" (指 第97号)	休止
3	51.5	"	—	—	—	16.5	—	—	—	35	3" (指 第98号)	"
4	28.4	"	—	5.5	—	5.5	—	98	—	—	8" (指 第1970号)	"
5	35.9	"	—	—	—	20.8	—	93	—	13	9" (指 第1971号)	"
6	68.2	斜掘 SE 40°	—	10.4	—	27.5	F60.0	122	38.2	35	14"	
7	63.5	" SSE40°	—	6.0	21.5	—	—	123	38.4	30	15" (指 第611号)	
8	44.0	垂直掘	—	14.0	—	—	43.5	128	38.6	14	16" (指 第1287号)	
9	104.1	"	—	—	—	24.6	—	111	—	38	5"	
10	56.0	"	12.6	—	—	12.6	—	(噴気時98)	32.9	—	7" (指 第1969号)	
11	76.0	斜掘 SSE	—	6.0	18.0	—	76.0	112	38	42	17"	
12	64.5	" ESE	—	6.0	12.0	—	64.0	98	38.12	31	18" (指 第2070号)	
13	106.7	垂直掘	—	6.0	—	—	6.0	—	37.12	40	13"	休止
14	94.0	斜掘	—	—	25.5	—	F27.0	—	—	45	10" (指 第1972号)	
15	65.1	垂直掘	3.0	—	—	F33.0	—	113	—	—	4" (指 第95号)	
16	35.0	"	—	21.7	—	F14.0	—	—	—	—	6" (指 第101号)	

指=神奈川県指令

している。

(4) 湧水および漏水の現象が多く、これらは不規則におこっている。このことは変質帯内の水理状態がかなり複雑であることを示している。

(5) 一般に多少の転礫を混じているが、いちじるしく粘土化した表層の厚さは数m~20m前後である。いわゆる温泉余土と呼ばれる粘土である。この下部に、厚さ10~20mのかなり粘土化している強度の変質安山岩が存在する。これは、割れ目にそっていちじるしく粘土化され、その心に相当する部分が軟かい変質岩塊として存在するような性質のものである。さらにこの下部には、部分的に軟質ないしやや軟質のものが挟まれているが、一般にかなり硬質の安山岩が存在する。この硬質安山岩は、わずかに変質されている程度であり、時には未変質の状態にある。また、多量の硫化鉄が鉱染されて黒色硬質安山岩となっていることがある。

(6) No. 15~16 のボーリングでは、深度 25~65 m で、硬質安山岩中に黒色硫黄層が2~3層認められている。安山岩中の亀裂に沈殿したものであろう。一般に遊離硫黄は地表面近くで析出するが、このような深度に存在することは現在の噴気ではめずらしいものである。

(7) No. 15 のボーリングでは、深度65mで強烈な蒸気が噴出した。試錐記録によると、ロッド65m分23本が圧力のため心上部に10m余り押し上げられて全部切断す

る。次いでコアチューブを取り外すと大音響を発生して強烈な噴気となる。孔口温度113°C、亜硫酸ガスによる刺激臭が強い。24時間経過するに、遊離硫黄のために孔路がつまって圧力がいちじるしく低下する。3日後に、ロッド3m×2本に10mmのワイヤーを装備して孔路掃除を実施し、33mでは再度強圧噴気となる。しかし、ワイヤーは腐食切断され、ロッドは引揚げ不能となるが、噴気は依然として強烈である。さらに24時間経過すると、硫黄のため孔路がつまり、再度ロッド2本をつるして清掃するもワイヤーは1時間で腐食切断されて清掃は不能となる。圧力は弱くなるも噴気は継続する。以上のような状況は、この地区における天然蒸気の温度、強さ、ガスの性質、腐食性などを示すものである。

(8) No. 2 のボーリングでは、深度15m付近ではなはだしき湧水をみた。32m付近に目立った漏水あり、深度91mで蒸気を噴出し相当の湯量(泉温85°C)を同時に噴出し、噴気の圧力は弱い。No. 3 のボーリングでは、深度50mで噴気あり、ロッド引揚げ時に40m付近で孔路崩壊し、チューブロッド9.2mを残して切断した。孔路がつまり1か月間で活動を中止した。再度これを掘進するに硫黄の噴出がはげしい。ロッド引揚げ時より20l/minの湧水を伴った蒸気が噴出し、湧泉の温度は98°Cで噴気の温度と等しい。2週間放置したが変化なく、これを温泉造成に利用した。

No. 5 のボーリングでは、湧泉がはなはだしく、圧力大なるも比較的溫度上昇せず 93°C である。

No. 6 のボーリングでは、ロッド引揚げの際に深度 70 m 付近より強烈な蒸気が噴出した。

No. 13 のボーリングでは、深度 33 m 付近の漏水止めが困難であった。粘土水を注入するも排水の上昇なく、深度 104 m 付近で崩壊し、ロッド 30 本を残し、強烈な蒸気を噴出した。

No. 14 のボーリングでは、湧水多く温度は 97°C であった。

No. 16 のボーリングでは、湧泉および蒸気噴出のため 33.5 m で掘きくを中止する。以上は温泉造成のため試掘した記録の要点をあげたものである。

(9) 一般に、岩層が軟弱な所からの噴気はそれほど強圧でなく、硬い岩質のクラックからの噴気でなければ良好なものが得がたい。

3.3.2 AおよびB地区の特徴

過去に何回も大きな地すべりをおこした地区で A および B 地区の頭部には半月形の滑落崖を残存している。とくに A 地区では、一度に落ち切ることができなかった崩積土をかなり大きく斜面に止めている。また、A, B 両地区の間には、まだすべり落ちていない植生地帯がかなり不安定な状態で残存する。この下部ではかなり変質が進行しているようであり、最近では樹木の立枯れが目立っている。A, B 両地区の滑落斜面ではかなり上部の所まで噴気露頭が散在し、かつ、これに付随する白色・青黒色の粘土が目立って分布する。斜面の下部地帯では約 67 本のガス抜きボーリングが地すべり防止のために実施されている。その大部分はパイプの腐食・孔路の閉そく、地すべりなどによって噴気がとまっている。噴気地帯で集中的に掘られたもので多数の試錐資料があるが、この内で第 16 図に示した実線にそう鉛直ボーリングの代表的なもの 8 本の地質柱状図は第 15 図のごとくである。

(1) 変質の概要は C 地区の (5) に述べたものとはほぼ同様である。いちじるしく粘土化した上層部は、その厚さ 6~22 m 前後である。その下部の強度変質安山岩帯は 5~20 m の厚さで存在する。その下部は亀裂は多いが一般に比較的硬い弱変質安山岩帯である。

(2) 一般に 95~97°C の熱湯をともなった蒸気を噴出し、またエアコンプレッサーで噴気促進作業を行なったものが多い。試錐にみられる噴気現象は C 地区より弱い傾向が認められる。37 年度の調査報告によると、噴気しないボーリング井でもその地温は、第 17 図に示したご

とくでありきわめて高いようである。

(3) A—B 地区下部横断面の変質状態は第 18 図に示したごとくである。

(4) ボーリングの過程にみられる湧水あるいは漏水などの現象がいちじるしい。

3.3.3 D地区の特徴

崩積土が比較的厚くかぶっている。

3.3.4 EおよびF地区の特徴

A, B, C, D 地区は沢をもって境とされる左岸地帯である。おもに変質した凝灰角礫岩からなる地帯で、急な崖を形成し、漸次くずれ落ちている。地すべりというよりは変質岩礫の崩落地帯である。沢すじ以外には目立った異状地温は存在しない。すなわち、変質は過去の変質の残りであって現在はほとんど進行していない。E 地区の下部には多少変質した溶岩を露出している。また、E 地区の南西部に相当する谷頭付近に変質した粘土・砂質粘土・黒砂などの細かな層理を呈している。堆積物があって、この付近に沼の存在したことを示している。B—1 号試錐地点では、深度 14.0 m までこの湖成層と思われるものが存在した。主に青黒色の粘土からなるが、部分的に砂を含んでいることがあり、とくに深度 5.5 m 付近ではスコリヤからなる細粒黒色の砂層が存在していた。このおそらく湖成層と考えられる地層は大涌谷が現在のような峡谷となる前に生じたもので、その位置、大きさ、深さなどから注目されるものである。C—1 号試錐地点は凝灰角礫岩からなっている。

この地点で凝灰質の部分は多少粘土化しているが、角礫質のものは目立って変質していない。全体として弱い変質を受けているにすぎない。なお、深度 17.6 m から 20.2 m の所に存在した溶岩の薄層は、全く未変質の安山岩であったことが注目される。C—1 号の上方にはケーブルカーの大涌谷駅が建設されている。

3.3.5 G地区の特徴

多数の噴気露頭を散在する。試錐は行なわれていない。下部は比較的緩斜面であるが、上部はいちじるしい急斜面をなし、大きな転石が多数に散在している。五右衛門地獄などがある。上方の噴気孔は比較的新しく生じたものでないかと思われ、下部から上部へ漸移して行く傾向が認められる。下方の噴気露頭は弱く、近くにいかないと噴気孔の存在がわからないようなものであり、H 地区の噴気孔の存在しない変質帯に続いている。この地区は、まだ目立った地すべりをおこした様相がみられない。

3.3.6 H地区の特徴

強度に変質した粘土帯を分布する。浸食された沢状の所では青黒粘土の露出がみられる。青黒粘土には原岩の斑状構造をとどめているものがみられる。また青黒粘土の脱硫化による白色粘土あるいは、鉄が酸化された黄褐粘土なども存在する。過去にはかなり強い噴気現象が行なわれたものと思われるが、現在では噴気露頭は存在しない。地区とは漸移関係にある。この地区で試錐を行なったことがないので内部の変質あるいは地温の存在状態など確認されていない。地形は比較的平坦である。

3.4 噴気ガスの性質

炭酸ガス、硫化水素ガスを含む天然蒸気であるが、この地区の蒸気には亜硫酸ガスを含むものがあるようである。A-1号孔の噴気についてガス検知管で定性した結果では亜硫酸およびアンモニアの存在が検知された。

ボーリングによる噴気は深さの割には強烈であり、そのガスは他の一般の変質帯に比較していちじるしく刺激性である。噴気の腐食性は強い。昭和39年度に噴気の強弱別にガス分析を実施し、大涌谷のガスの性状を明らかにする考えである。

第4表 噴気ガス分析表 (早雲山地区) (Vol. %)
Analysis of fumarole gas. (Sounzan)

No.	噴気孔 温度 °C	H ₂ S	CO ₂	O ₂	SO ₂	Na その他	total H ₂ S/CO ₂	
1	97	46.16	47.24	0.0	0.0	6.60	100	0.975
2	97	46.59	46.99	0.0	0.0	6.42	100	0.972
3	99	41.25	51.19	0.0	0.0	7.56	100	0.808

昭和34. 3. 19., 分析者: 前田憲二郎・川野昌樹

昭和34年度に早雲山地区の熱湯をとまなう蒸気についてガス分析を行なった例は第4表のごとくである。これによると H₂S/CO₂ 比は、0.8~0.97 であり、雲仙、霧島、別府などの噴気に比較して硫化水素の含有比率はいちじるしく高い。

3.5 変質環境における諸現象

火山地帯にみられる変質帯の生成が、直接あるいは間接に噴気、温泉現象によると考えられている。変質環境におけるいろいろな現象をできるだけ明らかにすることは変質帯を知るに役立つのみならず、火山性地すべりの発生機構を解明する基礎となるものである。したがって昭和39年度はボーリングによって得られた岩心の変質帯、二次鉱物の試験、X線分析による粘度の判定、ガスおよび水質分析など、いろいろな分析・試験を行なって

この問題を明らかにしたい。

まず変質帯を鉛直的にみると、上部から粘度帯、強変質安山岩帯、変質安山岩帯に大別することができる。

粘土帯 大涌谷では、噴気地帯の表層部とくに浸食されて変質岩を露出した部分を除いて、一般的に数mないし20m前後の厚さをもって分布する。混入した転礫以外はほとんど完全に粘土質に分解されている。

強変質安山岩帯 割れ目にそっていちじるしく粘土化され、その心に相当する部分が軟質の変質岩塊として存在するものである。試錐の記録によって、多量の粘土質と変質岩塊からなるような部分を取りあえず変質安山岩帯と呼んだ。上部の粘土帯と下部の変質安山岩帯との間に挟まれて存在する。

大涌谷のA, B, C地区では5~20mの厚さをもって存在する。変質帯の斜面に強変質安山岩帯が存在することは火山性地すべりの発生に対して一つの危険性を示すと考えられる。上部の粘土帯は完全に粘土化されると共にかなりよくしまっている。

変質安山岩帯 大涌谷のA, B, C地区の噴気変質帯では、試錐記録によると、深度20~50mで強変質安山岩帯から変質安山岩帯に移り変わっている。この変質安山岩帯は多少軟岩化された部分を伴っているが、一般にかなり硬質の部分からなる。時にほとんど未変質の岩心がみられる。また、蒸気あるいは熱湯の通路となったと思われるようなクラックがわずかに粘土化している程度のものである。特徴としては、方解石および硫化鉄の存在が目立っている。

(1) 炭酸塩

変質安山岩帯では方解石の晶出が見られる。試錐の岩心ではクラックにCaCO₃が晶出し、多量の方解石が網状に存在することがある。また、弱変質岩塊を濃塩酸中に投入すると発泡することが多い。

(2) 硫化鉄

変質安山岩帯では目立った量の黄色の硫化鉄が分結されていることがある。強変質安山岩帯および粘土帯では黒色のコロイド状の硫化鉄であり黄色の硫化鉄は認められない。

(3) 遊離硫黄

噴気露頭では硫黄を晶出している。変質帯の内部にはほとんど遊離硫黄は存在しないが、試錐No. 15(第12図参照)の例では深度60m付近で3層の厚さ1~2mの硫黄層が検出されているのが注目される。100°C以上のかわいた蒸気を噴出するボーリング孔は遊離硫黄で孔

路がつまりやすい。

(4) 石膏の晶出

大涌谷の変質帯では石膏を晶出する。とくにA地区で多くみられ、青黒粘土の表面に長さ1~3cmの雪花石膏が多量に散在している。また変質露頭で亀裂にそって脈状に石膏を晶出しているのがみられる。

(5) 硫酸塩の析出

地温の高い地帯あるいは乾燥期には粘土の表面に白色の硫酸塩を析出する。一面に白い花が咲いたようになることがある。この硫酸塩はおもに硫酸第一鉄と硫酸ばん土からなる。

3.6 水理・水質の特徴

火山性地すべり特に大きな崩壊性のものが、豪雨あるいは長雨によっておこりやすいことは浸透した地下水が直接的な誘因の一つとして大きな役割をなしている。しかし、変質帯における地下水のあり方、水の動きはもっとも難解な問題の一つである。大涌谷は比較的湧水量が多いといわれており、確かに地形的な集水域からみた湧水量は目立って多い。古くから湧水、湧泉は噴気造成によって温泉として利用され、強羅地区に広く送湯されている。昭和36、37年度の送湯量と湧水利用の関係は温泉

供給 K.K. の資料によると第19、20図に示したごとくである。湧水は冷水水からはほぼ90°Cの温度の高い湧水までさまざまである。とくに、温度の高い湧水(温泉として利用)は沢の下からかなり大量に湧出している。これらの水質は常温でpH(水素イオン濃度)2.1~4.0の硫酸酸性であり、Eh(酸化還元電位)は140~760mVの変化が大きい状態にある。なお水質の特徴は水質分析を行ってから検討する。

すでに試錐の資料について述べたように、その過程における漏水現象はいちじるしく、完全漏水の状態にあることが多い。その反対に孔口で湧泉する例もみられている。この湧泉は粘土帯~粘土の多い強変質安山岩帯内でおこり、水頭をもった局所的な宙水の存在によるものではないかと思われる。大涌谷では大局的にみて、地質、地形の特徴に支配されて、A-B地区に対して、山地で浸透した地下水がもっとも集中されやすい状態にあるものと解される。昭和36年度にA地区の下部で県が実施した深度100m前後の試錐孔は、その下部の地温がいちじるしく高いにもかかわらず噴気がたい。このことは比較的地下水に押えられているためであり、この地区に地下水が集まりやすいためと解される。

第4章 箱根地区の火山性地すべりの運動機構について

On the Movement Mechanism of Landslides in Volcanic Altered Areas in the Region of Hakone Volcano

4.1 地表変動の測定方法

地すべりの発生機構を明らかにするためには、まず素因および誘因となるべき因子を把握することが必要である。本研究では主として誘因の究明を主としている。ここで一般の地すべりにおいて考えられて来た地下水による間隙水圧の影響は当然取り上げなければならないが、そのほかにこの種の地すべりでは温泉ガスの静圧および動圧、また蒸気噴出、地震等が考えられる。

この研究においてはまずこれらの諸因子と現実の地すべり活動および地すべりの前駆現象とがどのような、相関関係にあるかどうかを解明することである。

地すべり活動を調べるには、地すべりの形態によって

その運動および前駆現象も当然異なっておるので、その地すべりの形態に適応した計器による測定が必要である。本調査においては活発な地すべり運動について普通傾斜計および伸縮計を、潜在性の不活発な動きについては自記式傾斜計を用いて測定した。

地下水の調査は、まず水質分析によって地下水の分布および供給源を概査し、薬剤による追跡試験によってそれを確認する方法を用いた。また地下水の圧力は、試錐孔の水位を測定することによって間隙水圧に置き換え、その変化を観測し、これと降雨の関係を見いだすことにした。

火山作用に関しては、地温および噴気圧の変化等が火

山作用の程度を知る一つの因子であることに着眼した。地温についてはその水平分布、鉛直分布を調査し、弾性波地下探査、自然放射能探査等の概査によって得られた地下構造との関係を見いだすと共に活動地帯の土質の変遷を調べる。また噴気圧の絶対値を測定すると共に変化量と地盤変動との相関関係の有無について調査する。

斜面内部の変化は、試錐孔を利用し回転傾斜計によって測定し、また、すべり面（歪の蓄積点）の土質をサンプリングすることによって、その物性を明らかにする。

これらによって火山性地すべりの発生機構を解析するための必要な因子を把握するものである。

4.2 大涌谷および早雲山地域における過去の地すべりの特徴からみた原因の考察

前述のように大涌谷および早雲山地域には過去幾たびかの地すべり性の崩壊による大災害がもたらされておるが、その中で比較的資料の豊富なものとして、昭和28年7月26日早雲山に発生した地すべり性の崩壊がある。発生当時の概要は梅雨期が終わって数日後の8月24、25日ごろから小規模な地すべりが頻発していた模様で、下流の強羅付近においても雷鳴のごときひびきが時々聞かれていたが、26日午前10時20分ごろ突然大音響とともに早雲渓谷（須之沢）上流から大量の湿潤粘土および岩石塊よりなる山津波が起こった。この土石流は総延長約2 km、流出岩石粘土流の容量は70万 m^3 と推定された。

この地すべりの素因としては温泉変質による多量の粘土の存在であり、誘因としては異常に長い期間にわたる豪雨による中立応力の発生、および粘土の物性の変化、蒸気噴出等が考えられる。また地すべり運動の形態として初期に頻発したといわれる小規模な地すべりによって代表すべきものか、あるいは土石流となって流下したものをそれとするか、今後この研究の対象として一つの問題点ともなりうる。

4.3 地盤変動の特性

4.3.1 傾斜計による解析

地すべり運動の有無、その活動性、さらに潜在性地すべりの有無を調べる手段の一つとして近年傾斜計が盛んに用いられるようになって来た。地すべり地の地盤は必ず傾斜変動をとまなうことがこれまでの観測資料によって実証されてきたので、この地盤の傾斜量を測定することによって、本地域における地すべりの活動性の有無、さらに地すべり発生の可能性の有無を検討しようとするものである。

一般に地盤の傾斜変動は地すべり運動の影響によるも

の以外に、気温変化、降雨、潮せき、地盤沈降および隆起等によっても発生しうるものである。これらの諸因子のうち、気温、降雨、潮せき等はすべての地域において常に地盤に影響を与えており、これら地すべり活動以外の因子によってひきおこされる地盤変動量を「基底変動量」といい、測定された地盤変動よりこれを除去することによって真の地すべりによる地盤変動量を把握しうる。基底変動量は一般に地域によって、また地点によって異なり、これを各地点ごとに推定することは非常に困難であるが、現在までの観測資料によれば、基底変動に属する傾斜歪は1日～数日をもってその大部分が回帰消滅し、その歪残量は日平均1秒未満である。また、その傾斜変動は最大 7.0 ± 1.0 秒（ただし30日以上の日平均）となっている。この結果日平均変動量が8秒以上ならば、地すべりによるものと判定してさしつかえないものと考えられる。地すべりによる地盤変動のほかの一つの特徴として挙げられることは、その傾斜歪の集積性で、基底変動によるものが回帰性を有しているのに反し、地すべりによる歪は翌日に残存する。歪がある値に達すると地すべり活動が活発になる傾向があり、歪の集積方向と地すべりの運動方向は密接な関係がある。

地すべり活動地帯では、この歪残留方向がほぼ地すべり運動の主方向を示し、日平均変動量は7秒を越している。一方現在活発な動きを示していない地帯（日平均変動量が7秒より小さい地帯）でも歪残留方向が地すべりを起こしうる方向と一致し、しかも日平均歪残留量が1秒を越える場合には、地すべり発生の可能性が考えられ、潜在性が考えられ、潜在性地すべり地と判定しうる。傾斜計設置については、第21図の調査平面図に示すごとくである。

本調査区域の火山活動による硫黄ガスの影響が強いのでこの腐食を防ぐためビニール被膜を施した水管式傾斜計を、大涌谷および早雲山で、現在火山活動の最も顕著な所の地表変動を解析するため9か所設置した。また、早雲山・大涌谷周辺地について地すべり発生の可能性について検討すべく早雲山滑落崖頭部2か所および大涌谷中腹部2か所計4か所に自記式傾斜計を設置した。

観測は昭和38年10月下旬から開始し、現在継続中である。まず各傾斜計で測定された傾斜量（秒）を縦軸に観測日を横軸にとり累積量を記入し、また、日平均変動量および累積方向を求めた。これによって第22図に示すごとく傾斜累積変動量曲線を得た。No.1は貯水池の横で地すべりに関係のない不動地として設置し、No.2

はロープウェーのステーション下の滑落崖上部, No. 3, No. 4は噴気のいちじるしい大涌谷中部に, No. 5, No. 6は過去の地すべりの残土と思われる地点に, No. 7は大涌谷の最頭部に, No. 9, No. 10は早雲山の地すべりに設置した。この中で No. 5 は日平均変動量が20秒/日で活発な動きを示している以外は, 1/10秒の単位の変動量で非常に安定している。また, 自記式傾斜計による測定結果も同様日平均変動量は非常に小さく, また, 累積傾向も小さい。観測期間が短く, 冬期という限られた条件のもとに得られた資料であって一般的なことはないが, 現在までの地表変動量は非常に小さく, 一般的な地すべり地における現象と異なったものも予測される。

4.3.2 伸縮計による解析

伸縮計による観測結果から一般的にいえることは, 2点間に圧縮力が作用するか, あるいは張力が作用するかによって, その設置場所が地すべり土塊のいかなる場所に位置するかを判定すると同時に, その日平均変動量の大小によって地すべり活動の有無を解析しようとするものである。

伸縮量測定の原理は地表に固定された杭と計器の間をスーパーインバー線で結び, その間の動きをプーリの回転に変え, この量を撓動抵抗の変化として電気的に測定する。測定精度は1mmであり, 2点間の距離を10mとすれば歪量は 10^{-4} で表わされる。計器は普通傾斜計とほぼ同一地点で, No. 1~No. 7までは大涌谷側に No. 8を早雲山滑落崖上部に設置した。観測結果は第23図に示すごとくである。これによれば, 引張り, 圧縮のどちらの側にもはっきりした傾向を示さず日平均変動量も 10^{-3} のオーダーで現在のところ地すべり活動の存在を示さないのは傾斜計の測定結果と一致している。

以上一般的な地すべり地における地表変動量を基準として, 本調査地域の動きを検討した結果, 本地域の動きは非常に小さい。しかし従来われわれが取り扱ってきた地すべりは, 通常の動きそのものによって被害をこうむるものであり, 動きも慢性的, クリープ的なものが多い。しかるに火山性地すべりの場合突発的に発生する場合が多く, 地すべりの運動機構そのものが全く異なった形をとる場合が考えられる。このため昭和39年度は同一斜面に傾斜計を連続的に配置し, また, 精度1/100mmの伸縮計の設置等により, 現在よりもさらに微小な地表変動を把握するよう計画している。

4.4 誘因となる諸因子の測定

4.4.1 地下水による中立応力の影響

一般的な地すべりと同様地下水による影響も当然あると思われるので, 今年度実施のボーリング孔を利用して地下水位を測定する予定であったが, 実施が当初計画より遅れたため, とりあえず既設のボーリング孔の水位変化を記録し, これによって本地域の地下水位の変動を把握しようとするものである。

水位計の構造は地下水位によるフロートの上下をプーリの回転に変えこれに接続した撓動抵抗の変化を自記記録するもので, 測定精度は5cm, 測定範囲は5mである。

観測結果は第24図に示すごとくである。しかし測定期間が冬期のみで, 全般的な変動については今後の測定結果を待たなければならない。設置当初の地下水位は地表から No. 1が11.37m, No. 2が18.40m, No. 3が17.32mでこの期間はほとんど変化は認められない。

昭和39年度は水位計を増設するとともに, 既設および今後施工されるボーリング孔を利用してトレーサの追跡を行なうことによって地下水の分布および流通状況をつかみ, 水位計による水位変動の意義を究明すべく計画している。

4.4.2 噴気圧の測定

大涌谷の中央部, 早雲山地すべり地内には盛んな噴気が各所に見られ, また, 神奈川県によって施工された排気ボーリング孔からは相当大きな圧力の蒸気の噴出が見られる。これが土粒子間に中立応力として作用すれば見逃すことのできない重要な誘因となる。この研究では圧力の日変化, 年変化と地温, 降雨との関連性および地表変動にどのような影響を与えるかを調査する。

調査箇所は理想的には各計器と併置することが望ましいが, 今回は既設の深度60mのボーリング孔から噴出する蒸気圧の測定を行なうことにした。

測定計器の構造はブルドンゲージを用いボーリング孔を閉そくすることによって行ない, 他の計器と同様に6時間ごとに自記記録させた。

測定結果については現在 2.4 kg/cm^2 程度の圧力が記録され, あまり大きな変化はない。また, 現在行なっているボーリング孔を閉そくする方法は長期にわたって完全にこれを保つことが非常に困難である。すなわち, 閉そくによって内部ボーリング孔壁に硫黄が結晶し圧力の伝達を妨げる。また, ケーシングパイプの破損箇所から土中内に圧力が散逸するおそれがある。したがって, 他の方法を考慮している。

4.4.3 地温調査

本調査地域の火山活動の消長を知る一つの目安として、あるいは地下水位の変動、噴気圧分布の変化と地温との関連性は大きいと考えられるので、地温分布を一定期間ごとに測定し、比較検討することにした。

調査は気象条件にあまり大きく作用されない深度として地表より1mの地点の地温測定を2か月に1回の間隔で行なう予定である。測定器はサーミスタータイプSPD-10（宝工業製）を用いドリルによってあけられた深さ1mの孔の中にピックアップをそう入し、約15分間放置後に測定する。

測定結果は第25図に示すごとくである。これによって高温地帯の一応の分布が把握され、その移動も見られ、今後の長期にわたる測定資料の充実が待たれる。

4.4.4 降 雨

一般の地すべりの大部分は降雨の後に発生している。これは地下水位の上昇をもたらすと同時に、地すべりに存在する土の物性変化を起こすことが考えられる。本地域にはモンモリロナイト等膨潤性に富む粘土鉱物の存在が多量に確認されており、降雨が地表変動に及ぼす影響は見逃すことはできない。

箱根大涌谷および早雲山では、微気象学的な要素を考慮する必要があるので、降雨の観測にあたっては大涌谷内部および頭部、早雲山の滑落崖上部に各1台の自記雨量計を設置し、記録は大涌谷頭部にある観測室で遠隔記録している。

観測値によれば、冬期にもかかわらず多量の雨量が記録されたが、今年度は異常寒波によりそのほとんどが雪であったため地下水位等には直接影響を与えていない。

4.5 地下構造調査

大涌谷および早雲山地域の地下構造を把握するため各種の地下探査法を用いた。今年は大涌谷地域を主体として弾性波探査1km、電気地下探査1km、自然放射能探査1,440mを行ない、現在解析中である。この結果から大涌谷地域の崩壊土層、強変質土層～新鮮な基岩に至る分布およびクラックまたは破碎帯、あるいは帯水層の分布等が確認される。これらの成果にもとづいたより適切な地表変動の観測を昭和39年度は計画している。土質試験についても各種探査の成果にもとづいてその調査地点を決定することが好ましい。今年度は大涌谷上部の斜面2か所で強変質土層の縦断的分布およびそれらの土質試験を行なった。

4.5.1 土質試験

温泉変質の程度と土の土質力学的な特性を相関的に把握することによって火山性地すべり発生の素因となる温泉変質にもとづく物性の相異を明らかにしようとするものである。

今回は現地における代表的な二つの変質帯を選び、この斜面を構成している変質土の特性を各種の土質試験によって明らかにしようとするものである。まずA斜面の縦断方向の連続的な強度変化を把握するため、スウェーデン式サウンディングによる原位置試験を行なった。調査結果は第26図に示すごとくである。これによれば、地表30cmまでは $q_u=0.1\text{ kg/cm}$ (q_u : 圧縮強度)程度で非常に軟弱で一般的に深度が増すにつれて圧縮強度も増加し、10m前後で未変質の岩層等にあたり圧縮強度は飛躍的に増加する。

B斜面は崩壊土が所によっておおっている程度で、転石の混入があり調査不能の点が多かったが、内部構造はA斜面とほぼ同様のものと判定された。

表土の土質試験結果の代表的なものは第5表に示すごとくである。これによれば、 $\phi=3^\circ$, $C=0.2\text{ kg/cm}^2$ (ϕ : 内部摩擦角, C : 粘着力)程度の非常に軟弱なものである。また一軸圧縮試験結果によれば、鋭敏比も非常に大きく5を示すものがあり、今後この種の土から成っている斜面に加わる外力を解析するとともに、粘土鉱物との関連性を見いだそうとするものである。今後ボーリング試験による深部の変質層の把握およびその土質力学的解析が計画されなければならない。

4.5.2 回転傾斜計によるすべり面測定

斜面内部のすべり面となりうる層は各種の調査によって推定されるが、厳密に内部歪がどの部分に集積されているかを知ることは、他の手段によることは非常に困難であるが、また、地すべりの解析を行なう上に欠かすことはできない。一般的な地すべり地では塩化ビニール管にペーパーストレンゲージを貼付け 10^{-6} 単位の歪量を測定することによって成功しているが本地域は地下の温度が 100°C を越す高温に加うるに、硫化ガスによる導線の腐食がいちじるしく、到底使用に耐えない状況である。このため幾分精度的には劣るが回転傾斜計を使用することになった。

回転傾斜計の構造はロッドの先端部のピックアップ部分の内部にそう入された振子が、ガイドパイプの傾斜に従って振れ、この振れをストレングージによって電気抵抗に置き換え測定するもので、熱および硫化ガスの影響は測定時のみで、ボーリング孔にそう入するため比較的

安全であると考えた。

測定については当初の予定よりボーリングが遅れたため、この完成を待って行なう計画である。

なお、本調査地域は硫化ガスによる金属部分の腐食がいちじるしいため、また、測定値の合理的な記録を得るために、ピックアップ部分のみを各測点に配置し、リード線によって集め、内部を気密に保たれた観測室で遠隔記録を行なっている。

現在水位計、雨量計、伸縮計、噴気圧測定器、地温測定器の測定値を自記記録している。

4.6 観測結果より推測される地すべりの運動機構について

地すべりの運動については、今回の観測の結果の範囲では、明りよな運動の徴候は見出されていない。伸縮計では、若干の地表の伸縮運動は見られるが、その伸縮が一方へ累積してゆく傾向は見られず、そのほとんどが原点付近に回帰し、明らかな伸び、または縮みの傾向を示していない点、注目に値する。

地表面伸縮の変動量は、一般の地すべり地のものにくらべて、決して小さな方ではなく、したがって現在までの測定範囲では、大規模なしかも緩慢な移動土塊上の伸縮を測定したものか、あるいは、後火山作用に伴った地盤変動（小規模の多発される浅層地震等）によって生じたものかの区別が明らかでない。また、前述のごとく、当地域は強風地帯であるので、そのための誤差があらわれる可能性もあり、施設の改良が計画されている。地盤の傾斜変動についても現在までのところでは、その傾向さえも把握することが困難である。いずれにしても、当初予期した程の大きな運動は見られていないことは明らかで、現在休眠状態にある崩壊性の地すべり運動をする可能性が大きい。地下の地質構造については、地質調査の結果にも明らかなとおり、基岩である安山岩は、弾性波探査の結果によると、一般の安山岩よりその伝搬速度が小さく、したがってある程度の変質を受けていることが推定される。この安山岩の上には約 20 m 程度の強変質帯が分布し、その上部に厚さ 5～20 m の粘土帯およ

び崖錐性堆積物が分布している。弾性波探査の結果によるとと基岩の中には、数本の低速層（破碎帯？）が見られるが、これは断層等の地質的構造上の弱線であるか、あるいは、地すべり運動の結果生じたクラックか、または後火山作用による強変質帯かは明らかでないが、その点は、今後の試錐調査によって明らかなになるであろう。自然放射能調査については、上部の滑落崖と中段の堆積土塊一帯に高放射能帯が検出されているが、弾性波物理探査の結果とは、必ずしも一致していない。

滑落斜面上の堆積土砂の土質については、土質調査が未だ十分行なわれていないため、確定的なことはいえないが、土は予想外に緊密で、転石を混え、単位体積重量は大体 1.5～1.7 kg/cm³ で、不覚乱状態の一軸圧縮強度 (q_u) は 0.2～0.4 kg/cm²、したがって粒度が細かいという点を考えると、粘着力が 1～2 t/m² ではないかと推定される。鋭敏比は 2.5～5 という大きな値を示すものがあり、滑落の活動が開始されると、その速度が急激に増大して崩壊性の地すべりに発展するおそれは十分考えられる。

地下水に関しては、試錐孔の水位測定の結果、地下水の水位は、一般の地すべり地に比較して異常に低く、したがって地すべり土塊に中立圧が働く可能性は比較的少ない。

降雨と地すべりの関連があるとすれば、土中の含水比の増加による強度の低下か、または水蒸気を主成分とするこの地域の温泉ガスの圧力が、水蒸気量の増加によって上昇したかいずれかが、地すべり発生の誘因となりうる可能性は充分考えられる。

後火山作用の活発さを測る尺度として、大涌谷地域内の地温の分布を昭和38年12月と昭和39年1月に測定したが、その結果を対照比較すると、地温の高温帯には若干の移動が見られる程度で、極端な変化は見られないが、経年変化を見ると、高温帯は常に移動を続けているといわれている。その移動の原因等については、現在不明である。

第5章 あとがき

Conclusions

この研究は昭和38年度から始められ現在継続中であるので、多くの問題は現在解析中である。しかし現在までに明らかになったことを略記して、問題点を考察することにしよう。

- 1) モデル地域である早雲山、大涌谷付近は箱根火山中央火口丘の一つである神山の中腹部にあたり、主として複輝石安山岩、同質凝灰角礫岩、集塊岩で構成されている。
早雲山、大涌谷上流の川床付近から地表下100 mまでは複輝石安山岩、その上部は同安山岩と、凝灰角礫岩、集塊岩などの互層となっている。
- 2) これらの岩石はいちじるしい変質作用をうけており、地表付近5～20mの厚さにわたって粘土帯化している。この下部は変質安山岩、ほとんど非変質の安山岩があるが、これらの中には1～2mの厚さの粘土帯がある。
- 3) この粘土帯の土には厚さ1～3mの崩土帯がのっている所がある。これはしばしば粘土化している。表土は1m前後できわめて薄い。
- 4) 粘土帯の粘土は不攪乱状態では一軸圧縮強度2～20 kg/cm²であるが、攪乱状態では0.1～0.5 kg/cm²であって、非常に鋭敏であるといえる。
- 5) 地表面の運動状態を把握するために精度1 mm、および1/100 mmの2種類の伸縮計を設置して観測した。現在までに観測した範囲では伸縮変化は小さく、歪が累積せずに還元性を示している。
- 6) 地すべりの微小な前駆現象をとらえるために、精度1秒の地盤傾斜計が設置観測されているが、地表面の傾斜変動量が第三紀地すべり地帯における傾斜変動量にくらべて非常に小さく、歪の累積傾向が認められなかった。
- 7) 地下水位は非常に低く地表下8～15 mである。したがって、土塊におよぼす間隙水圧の作用も小さいと推定される。また地下水位の変化は±1 mといちじるしく小さく、しかも降雨量との関連や、水位の年周期（季節変化）も認められない。
- 8) 地表下1 m付近の観測では地温の高温帯は常に移

動し、それが噴気量とも関連があるようである。噴気の温度は比較的低温で50～60°C、その圧力も0.20～0.25 kg/cm²と小さく、また約1か月間の観測結果からでは大きな圧力変化は見られない。

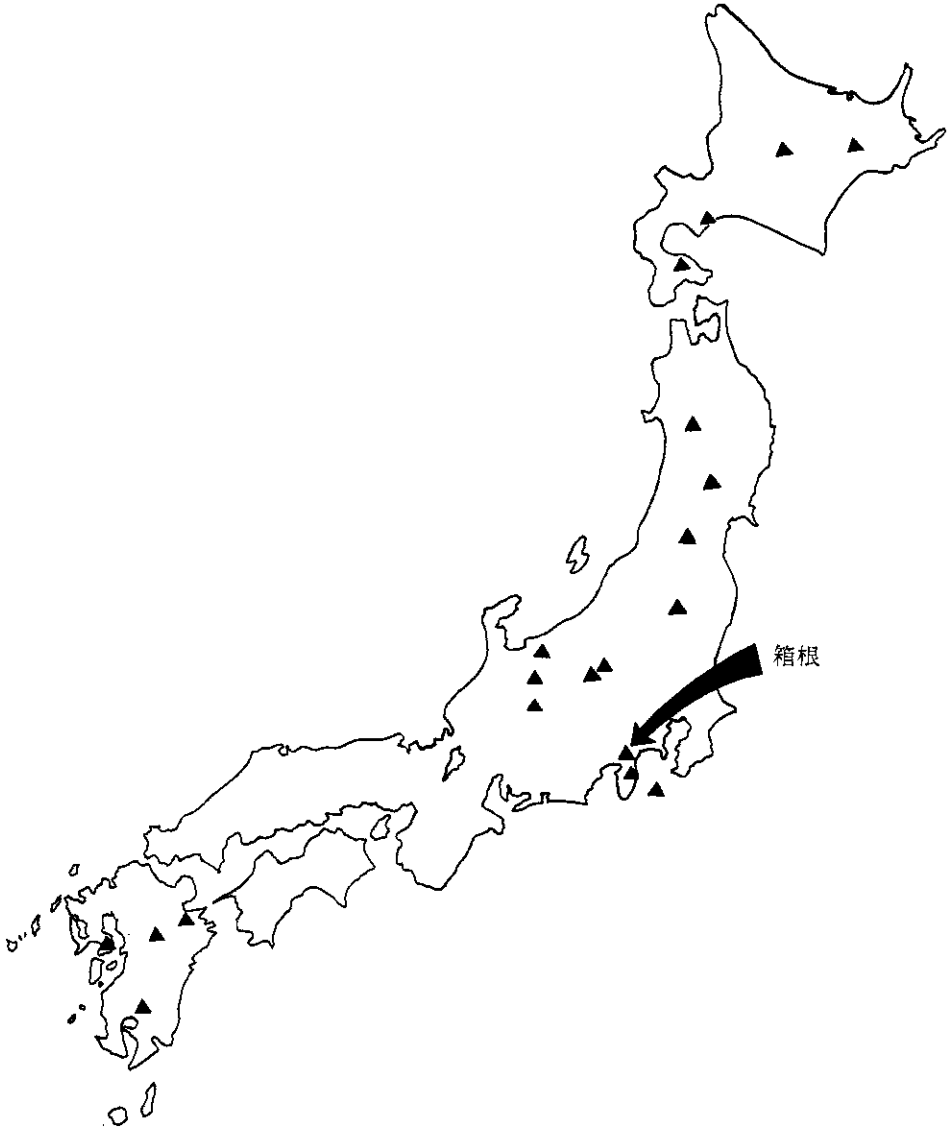
上述の地表面変動は大涌谷のA地区（第3図参照）、および早雲山の崩落崖の頂部で観測されたものであるが、いずれも地表面においてはわずかの歪が発生しても還元歪が累積されていない。このことは、観測した地域の岩石、粘土帯が現在のところ変形について、平衡状態にあると考えられる。地下水位が低く安定していること、および噴気圧が小さいことは、この地域の地帯には大きな中立圧が作用していないことを示していると考えられる。

さききのべたように、この地帯の粘土は非常に鋭敏であるので、現在ほとんど安定な状態にあっても、大きな外力（荷重）によって一たん崩壊をおこすと粘土は攪乱し、強度はいちじるしく減少して、いちじるしく運動しやすくなると考えられる。早雲山における昭和28年7月の地すべりは、このことを暗示しているとおもわれる。また早雲山地すべり災害の発生直後、流動した粘土はほとんどモンモリロナイトからなっていることが報告されている（小坂、1953）。現在の研究地域でどのような鉱物組成の粘土が、どのような状態で存在しているか、それらはどのような物性をもっているかはこの火山性地すべりの問題をとく一つの鍵となるであろう。現在この方面の研究も進行中であり、おって詳細な報告がなされる予定である。

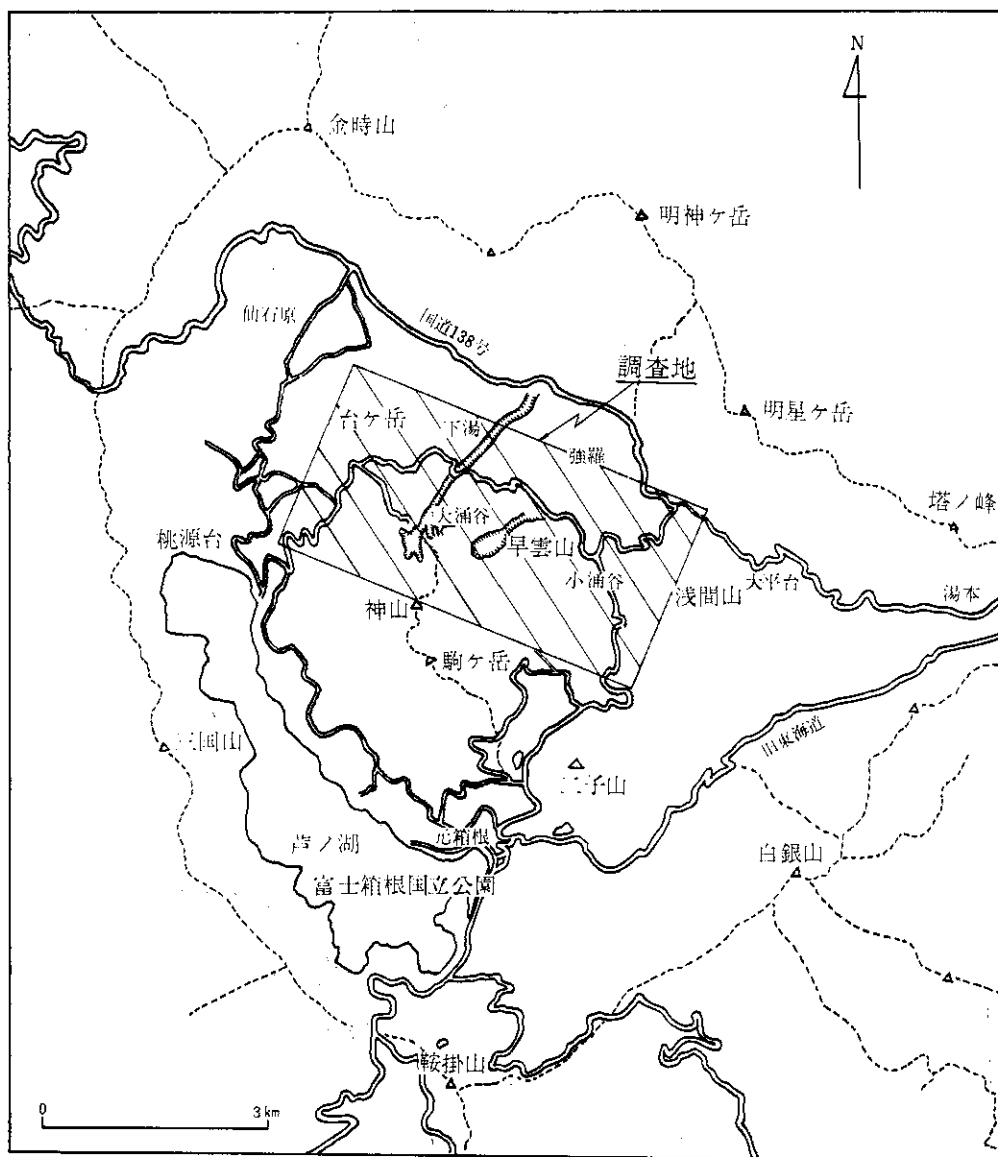
この地帯は冬期の凍上がいちじるしく、地表面の土砂礫、岩石は冬期の気温の日変化にともなってたえず下方へ小規模な崩壊をつづけ、あるいは他の原因による小崩壊などによって、崖錐性堆積物が厚く形成しているところがある。そのような箇所での地表面の移動はまだ観測されていないが、この地域は地表の杭の状態からみると不安定であるので、地すべり運動に対して、何らかの役割をもっていることが考えられる。したがって、このような地点での運動量の観測も新たに進めようと考えている。

付図・付表

Figures and Tables.

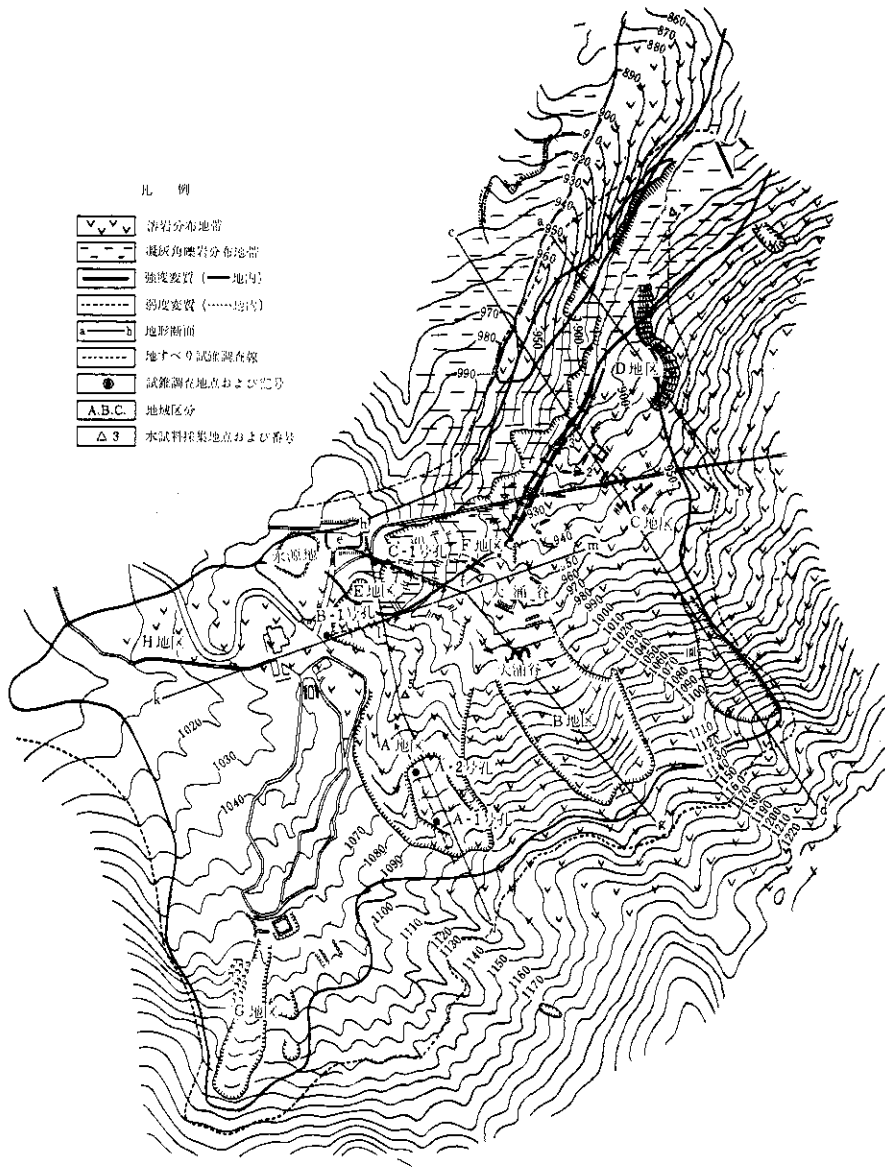


第1図 主要火山性地すべり分布図
Distribution of main landslides in volcanic altered areas.



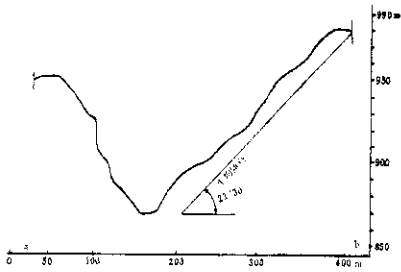
第2図 調査地域

Investigated area.

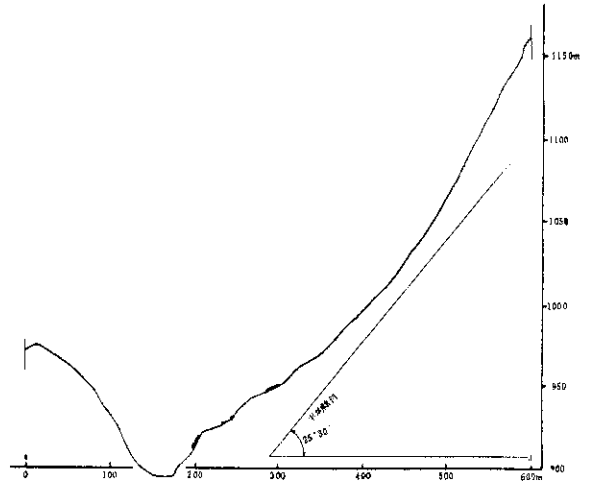


第3図 大涌谷の変質帯分布および地質区分

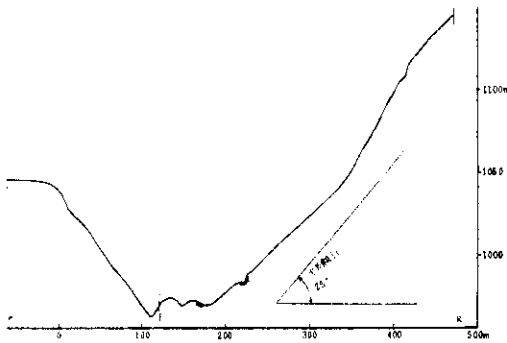
Distribution of zones of altered rocks and the geological divisions at Owakudani.



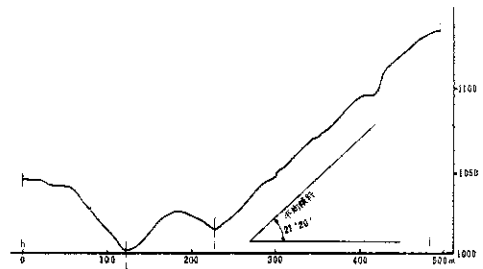
第4・1図



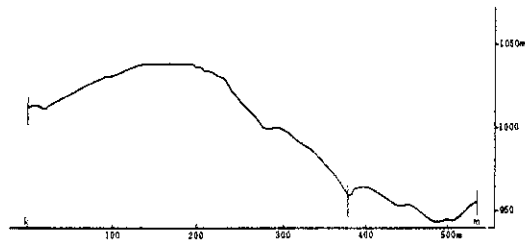
第4・2図



第4・3図



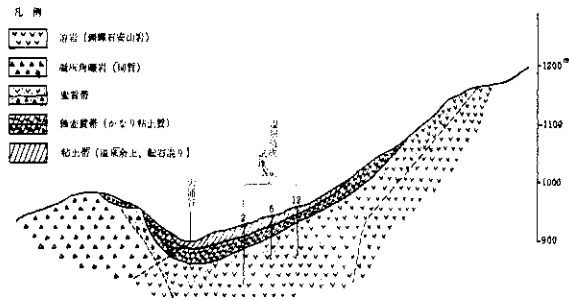
第4・4図



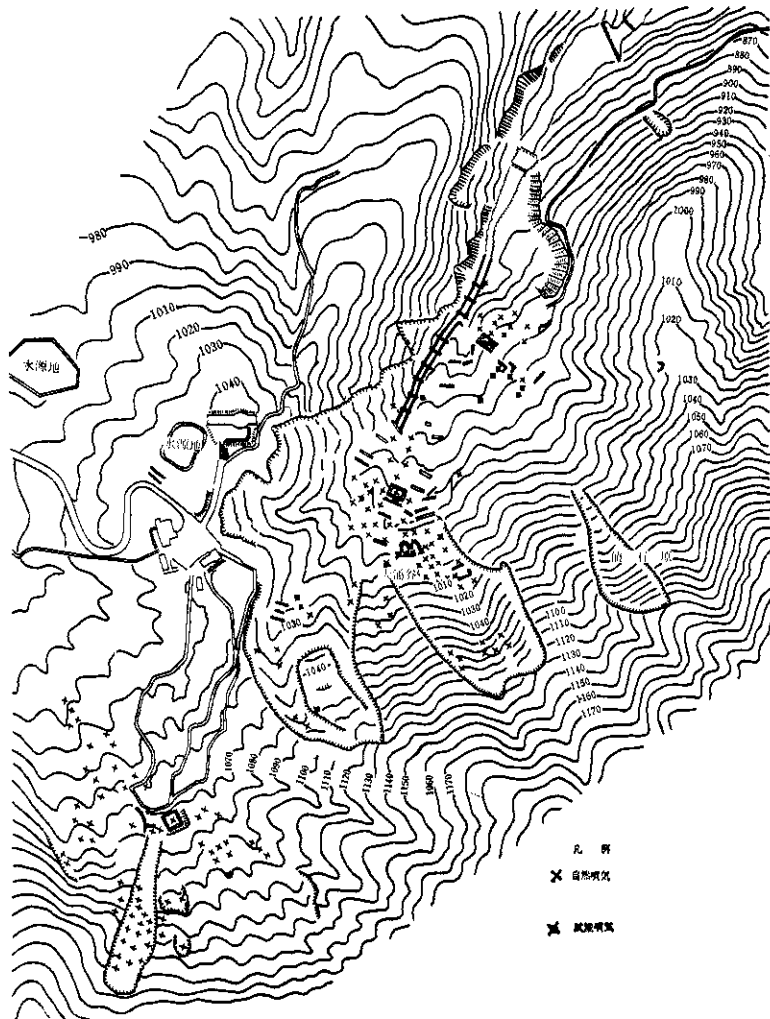
第4・5図

第4図 大涌谷地形断面図（横：縦 = 1 : 2）

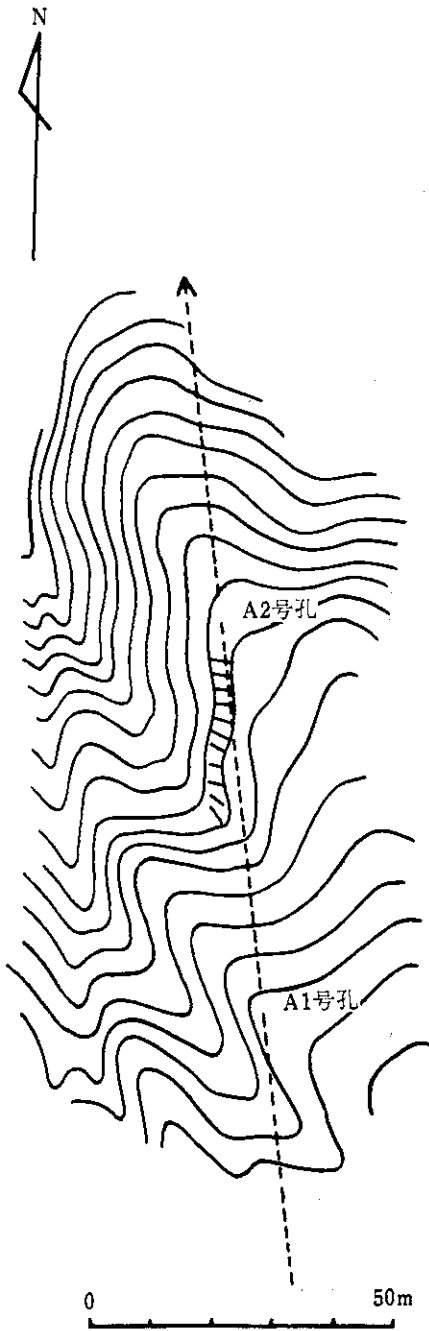
Topographical profiles of Owakudani.



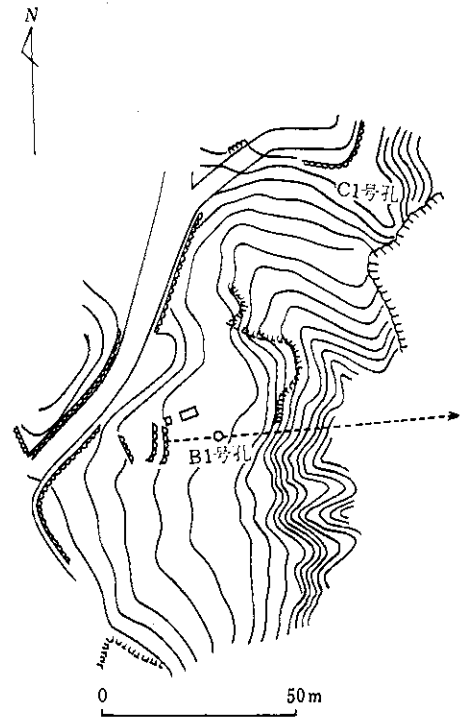
第5図 大涌谷地質断面図 (c-d 断面)
Geological profile of Owakudani in the section of c-d.



第6図 噴気分布図
Distribution of fumaroles.

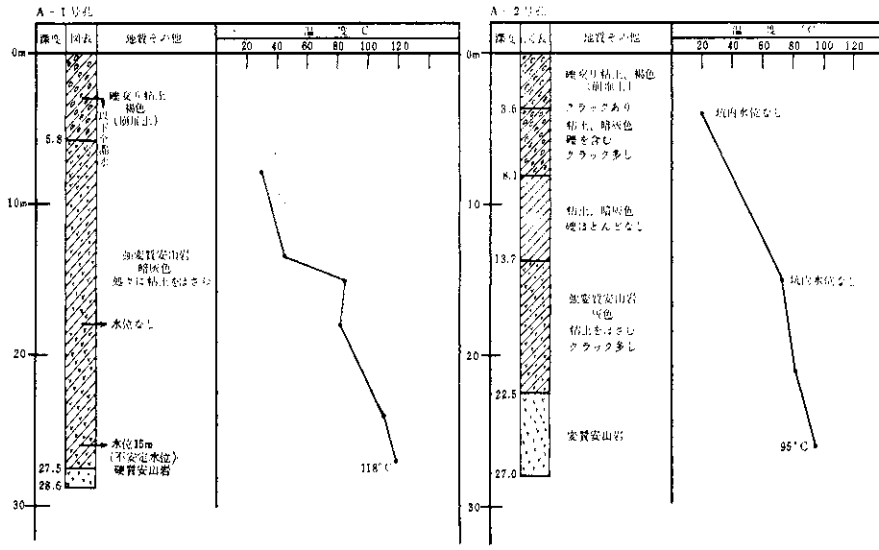


第7図 A-1,2号孔ボーリング調査地点の見取図
Position of boring holes A-1 and A-2 for investigation.

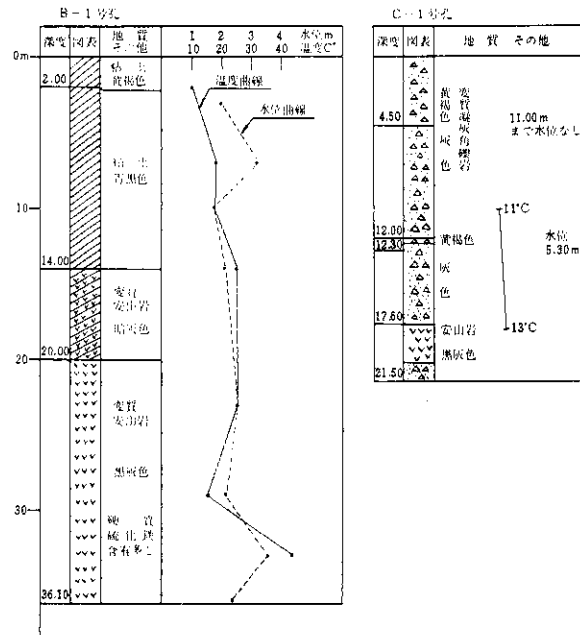


第9図 B-1号, C-1号孔ボーリング調査地点の見取図
Position of boring holes B-1 and C-1 for investigation.

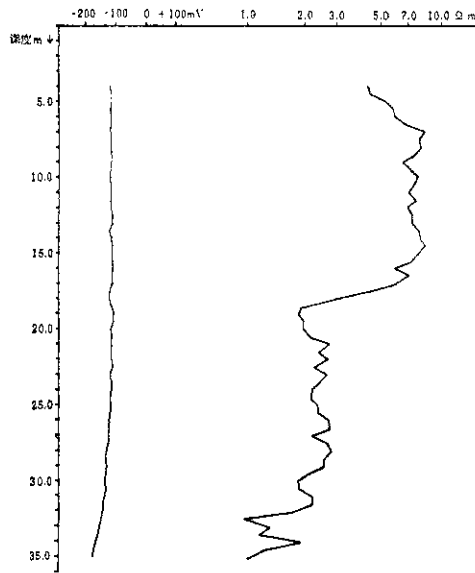
火山性地すべりの発生機構および予知に関する研究（第1報）



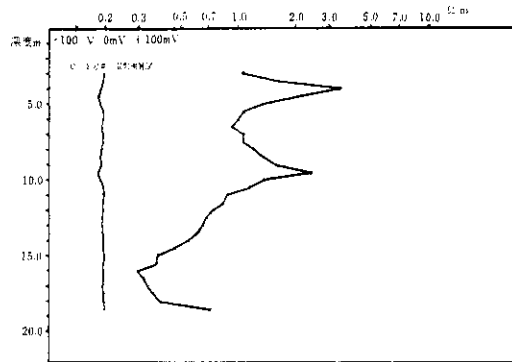
第8図 試錐柱状図 I
Diagram of boring results I



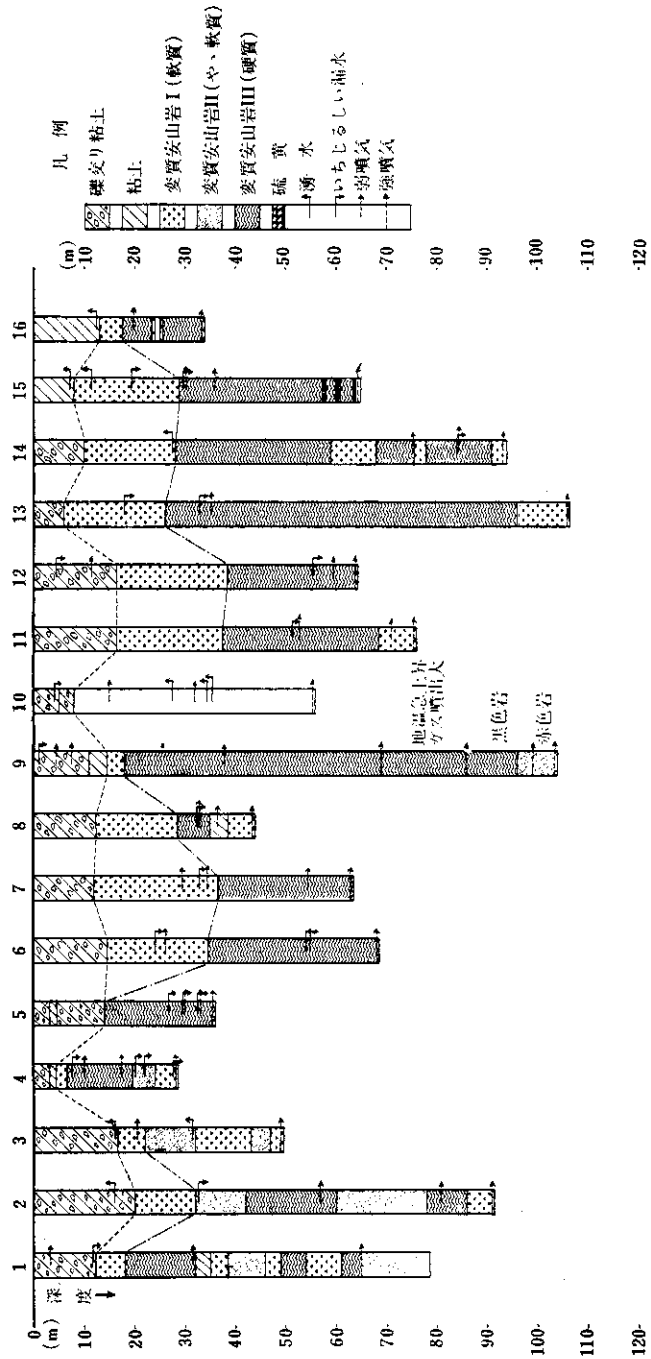
第10図 試錐柱状図 II
Diagram of boring results, II.



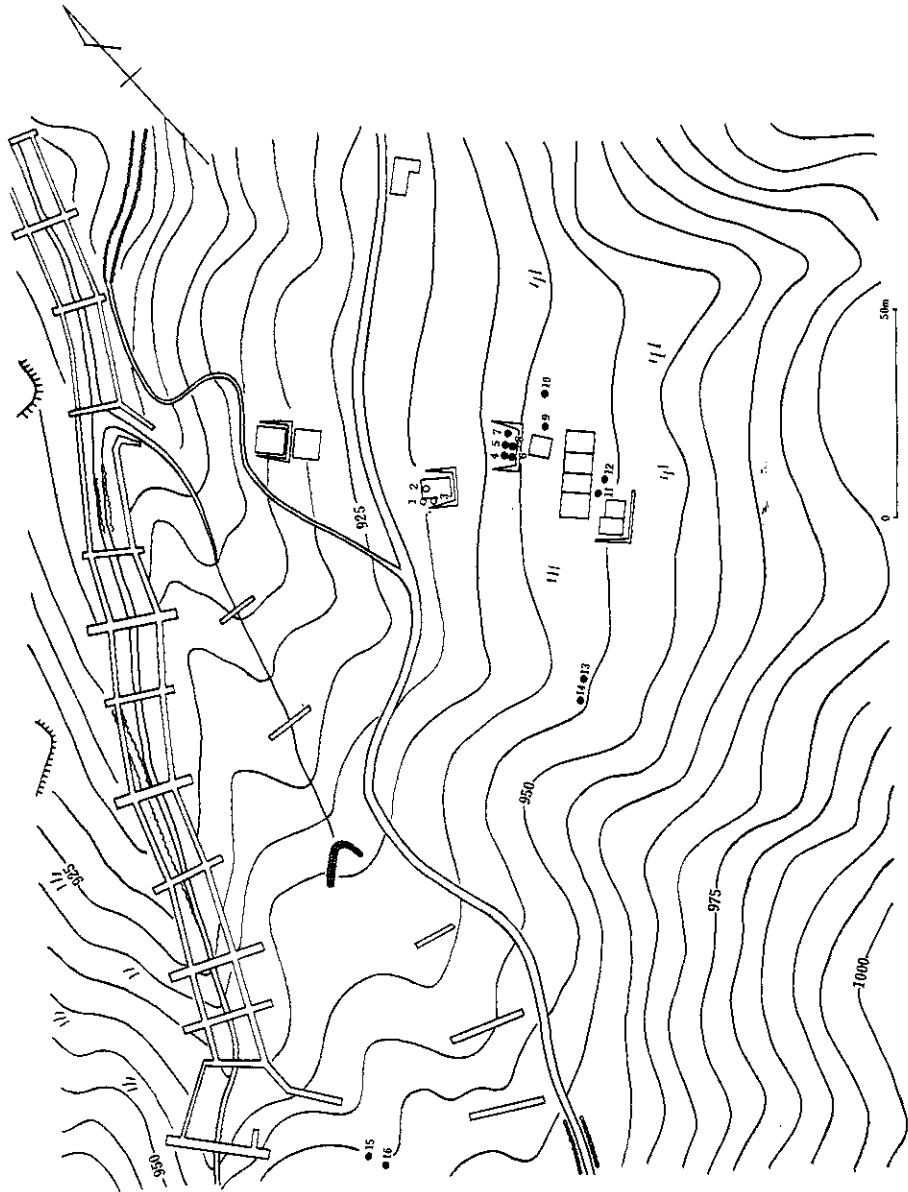
第11図 B-1号井電気検層図
Electricity in the hole B-1.



第12図 C-1号井電気検層図
Electricity in the hole C-1.

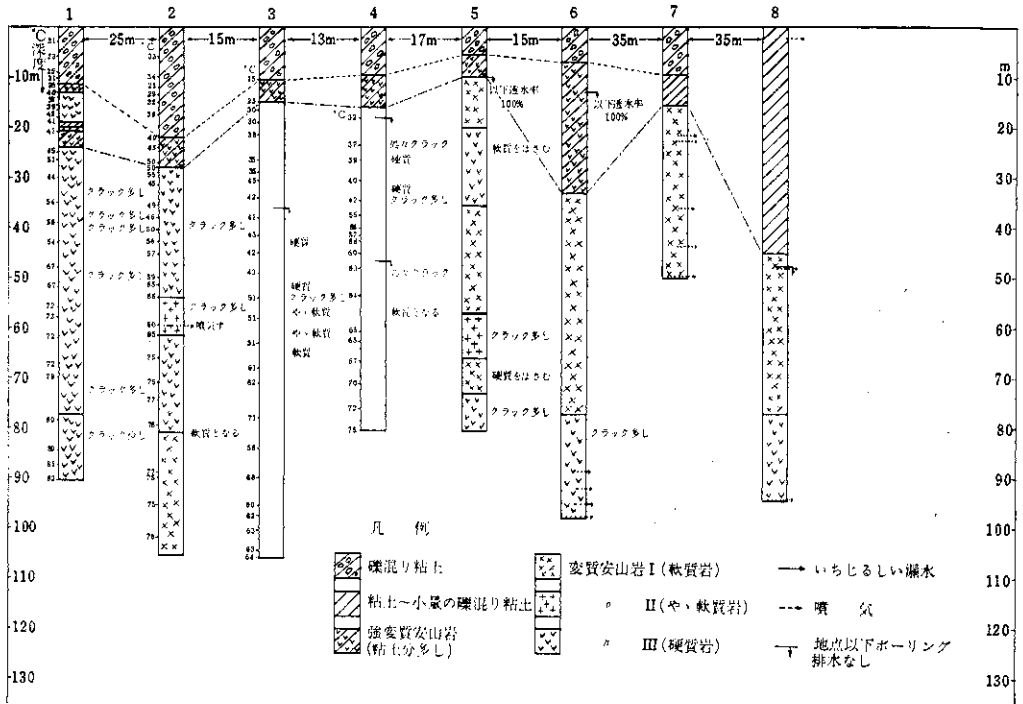


第13図 C 地区温泉造成試験柱状図 (温泉供給 K.K. による)
Results of borings for hot-spring development in section C. (By courtesy of the Hot-spring Supply Company)

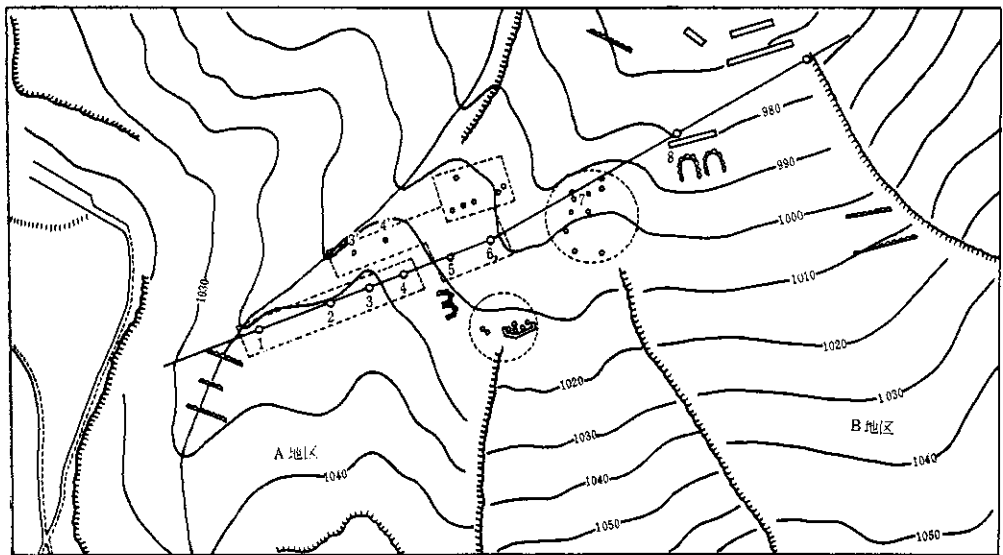


第14図 温泉造成地区平面図（試維地点番号は第13図と同じ）
Ground plan of the section of hot-spring development.

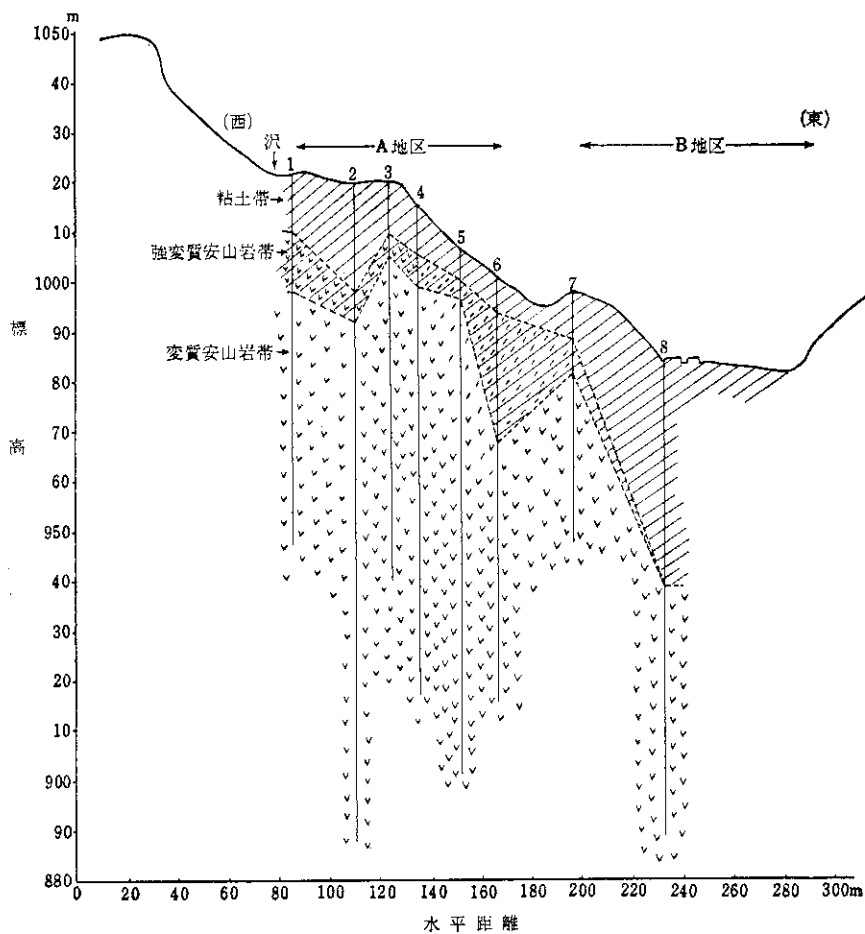
火山性地すべりの発生機構および予知に関する研究 (第1報)



第15図 A, B 地区砂防試錐柱状図 (神奈川県試錐資料による) (位置は第16図に示す。)
Results of boring for sand control in sections A and B.



第16図 大涌谷 A, B 地区平面図
Ground plan of sections A and B of Owakudani.

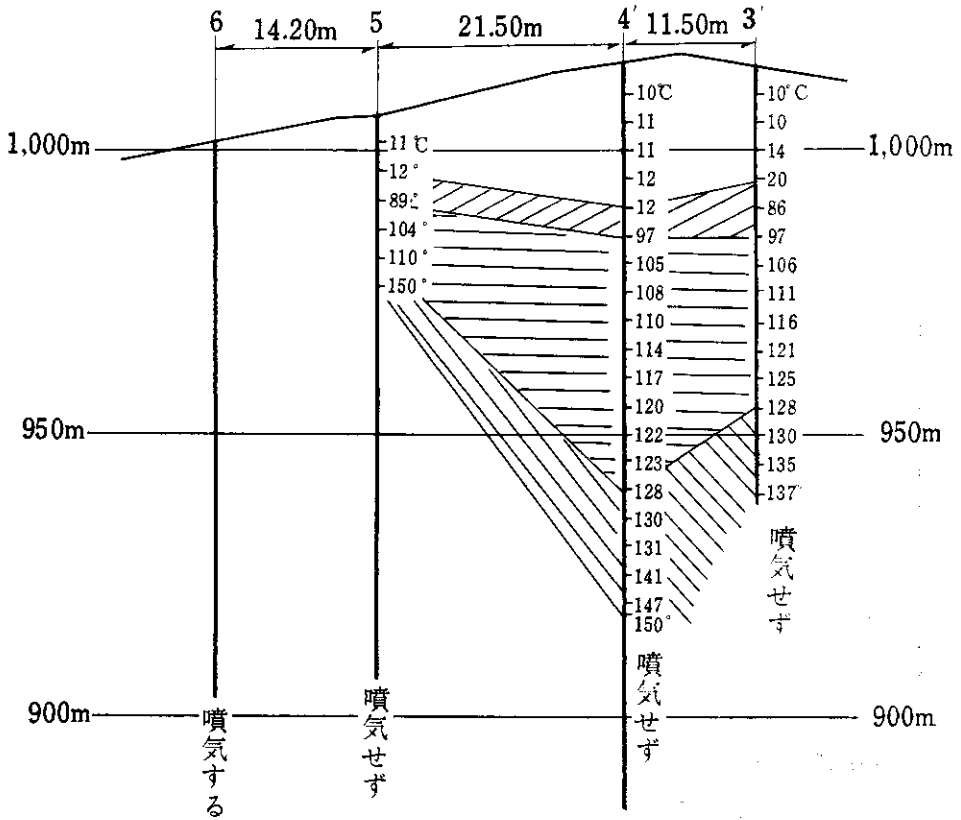


第18図 大涌谷 A,B 地区断面図番号は第16図参照
Profile for Sections A and B of Owakudani.

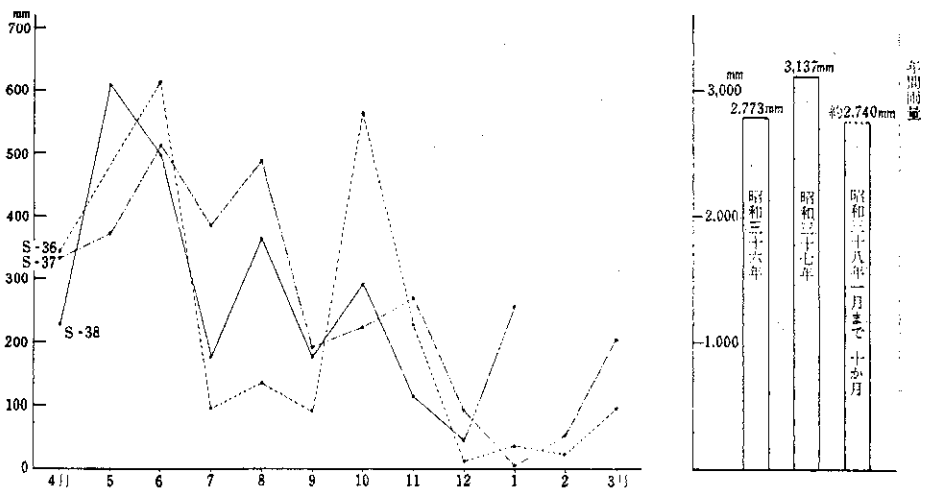
	全量 1,337,277m ³	
昭和36年	湧出量 959,560m ³ (71.8%)	補給量 377,717m ³ (28.2%)
	全量 1,435,948m ³	
昭和37年	湧出量 984,727m ³ (68.6%)	補給量 451,221m ³ (31.4%)

湧出量=大涌谷変質帯の湧泉および湧水の噴気造成した量
補給量=貯水池（大部分仙石原からポンプアップしたもの）から温泉造成のための補給した水量

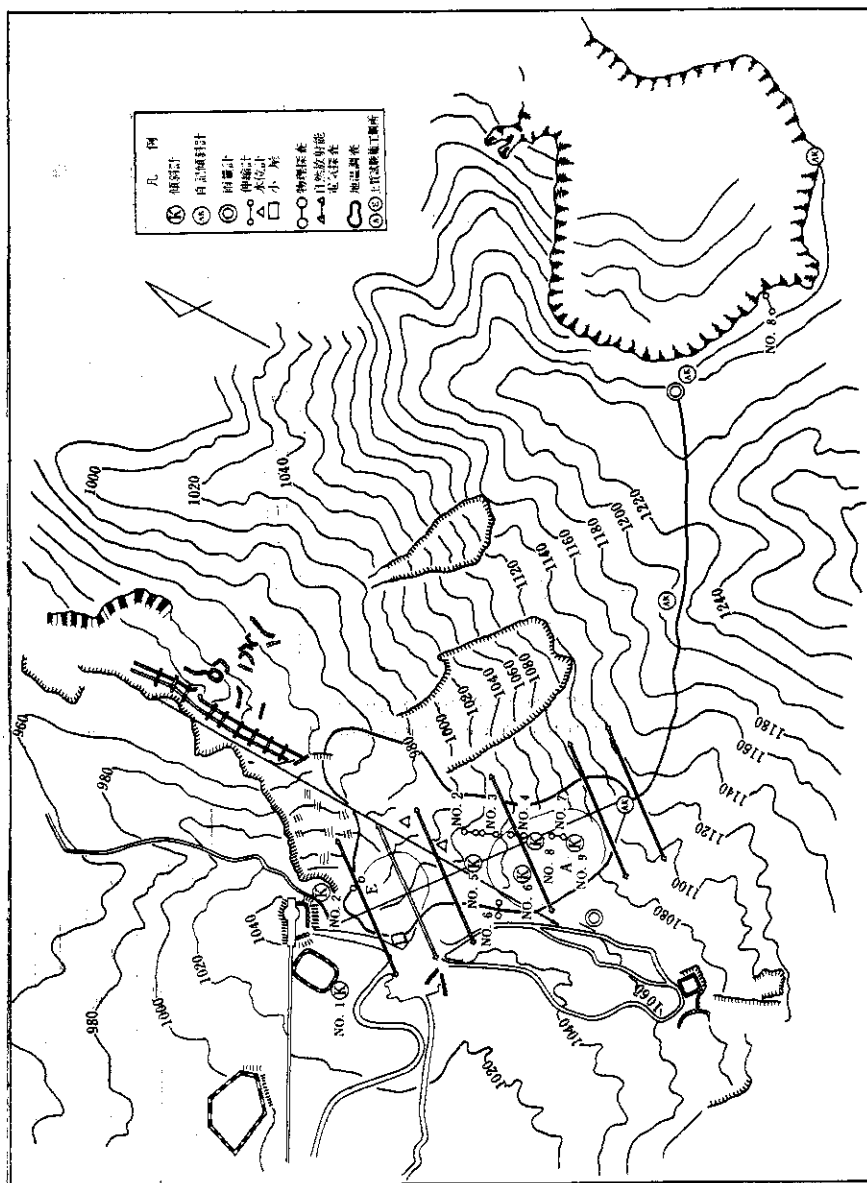
第19図 大涌谷（温泉供給 K.K.）の送湯量
Quantity of hot-spring water from Owakudani.
(Hot-spring Supply Company)



第17図 深度と孔内温度との関係 (A地区) (位置は第16図参照)
Relation between the depth and the temperature in the hole (section A).

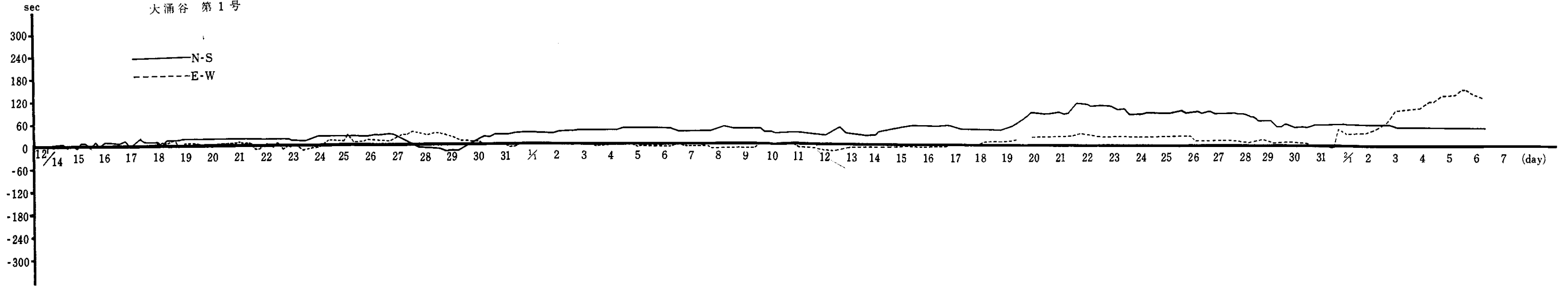


第20図 箱根大涌谷の降水量 (温泉供給 K.K.) 昭和36年1月から昭和38年1月まで
Precipitation at Owakudani, Jan. 1961—Jan. 1963. (Hot-spring Supply Company)



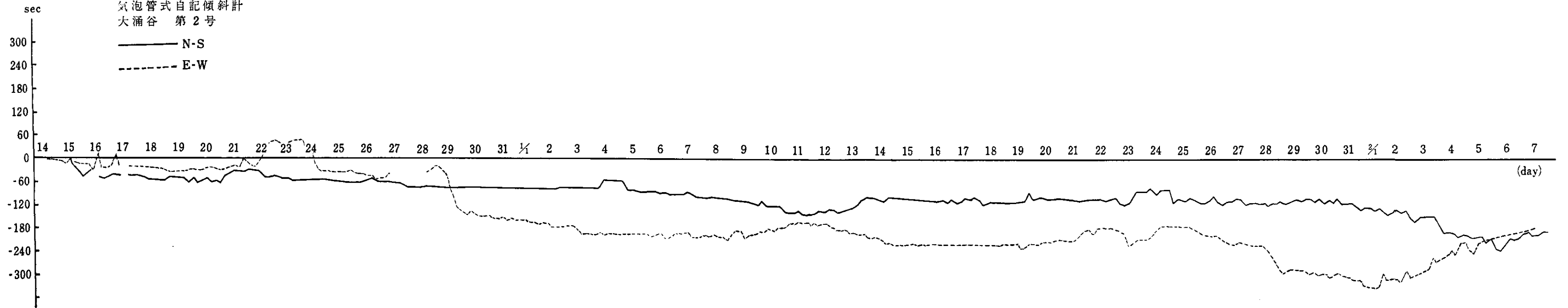
第21図 箱根大涌谷調査計器設置箇所平面図
Positions of the instruments for investigation at Owakudani.

気泡管式自記傾斜計
大涌谷 第1号



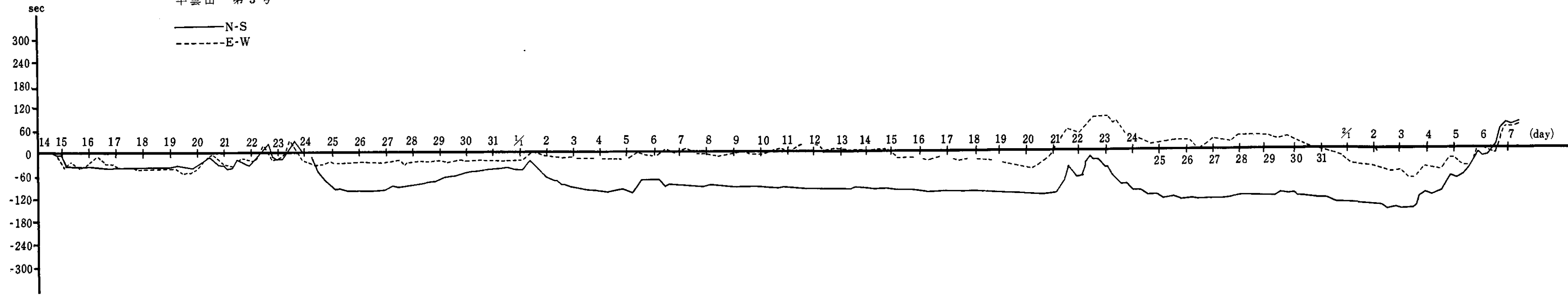
第22・1図 気泡管式自記傾斜計による記録 大涌谷 第1号
Recording by self-registering tiltometer of air-bubble tube type, Owakudani No. 1.

気泡管式自記傾斜計
大涌谷 第2号



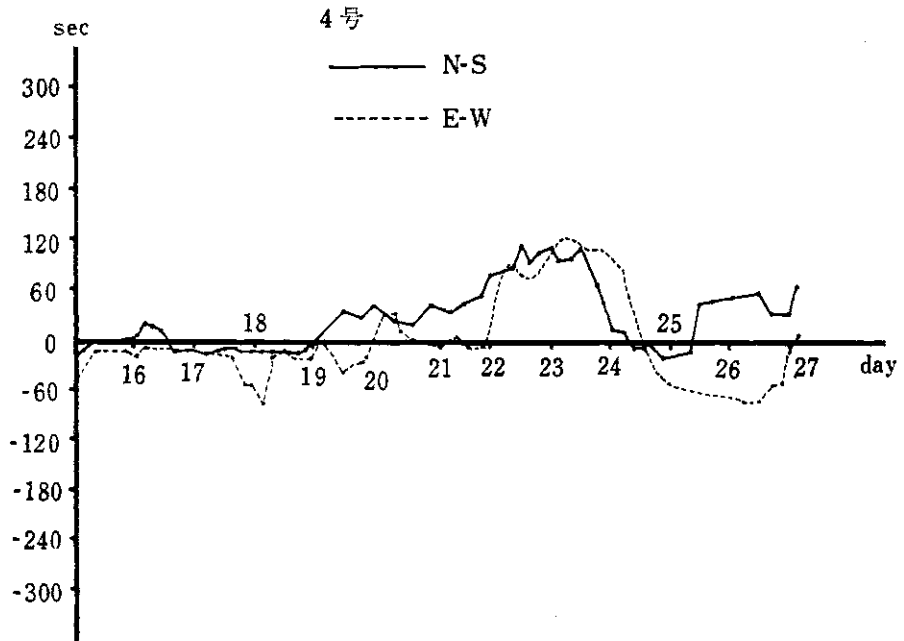
第22・2図 気泡管式自記傾斜計による記録 大涌谷 第2号
Recording by self-registering tiltometer of air-bubble tube type, Owakudani No. 2

気泡管式自記傾斜計
早雲山 第3号

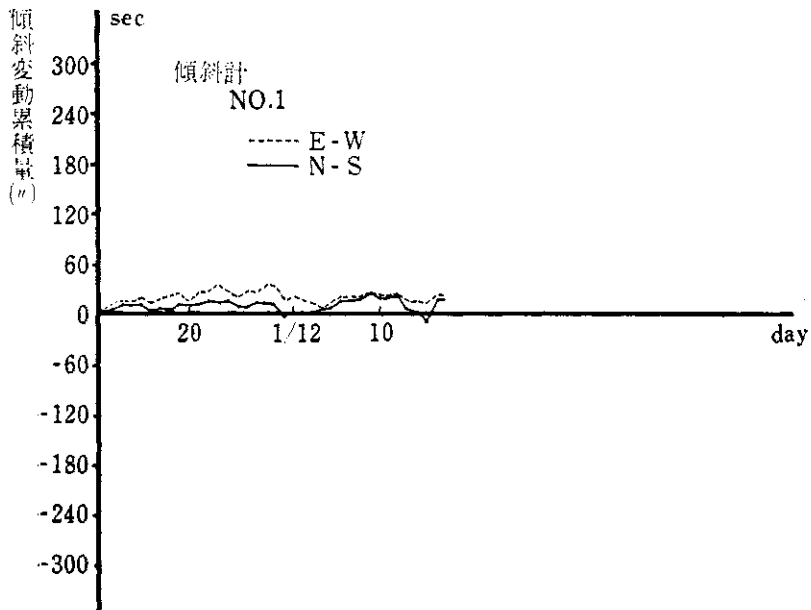


第22・3図 気泡管式自記傾斜計による記録
Recording by self-registering tiltmeter of air-bubble tube type, Sounzan No 3

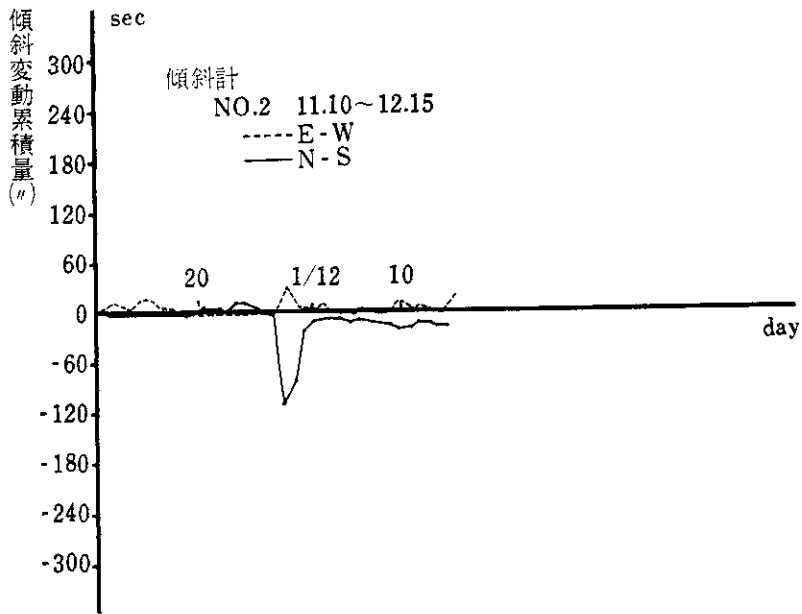
早雲山



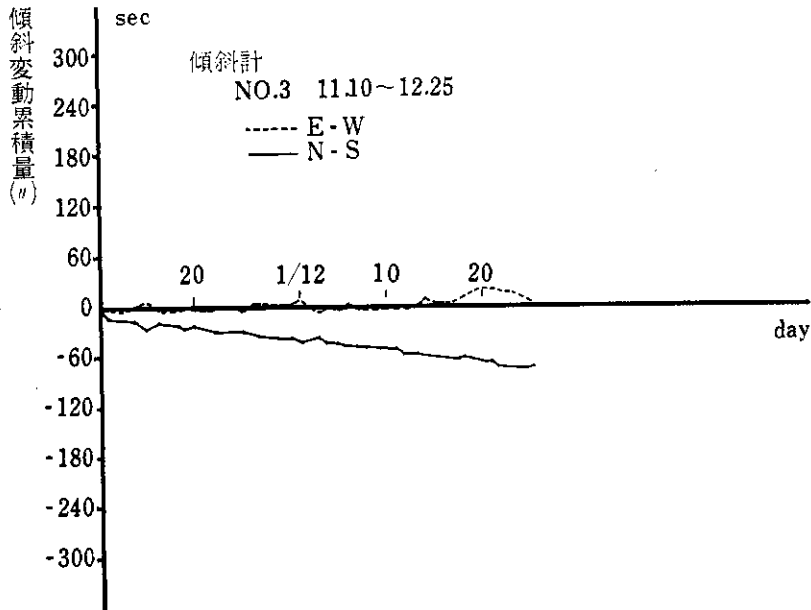
第22・4図 気泡管式自記傾斜計による記録
Recording by self-registering tiltometer of air-bubble tube type, Sounzan No. 4.



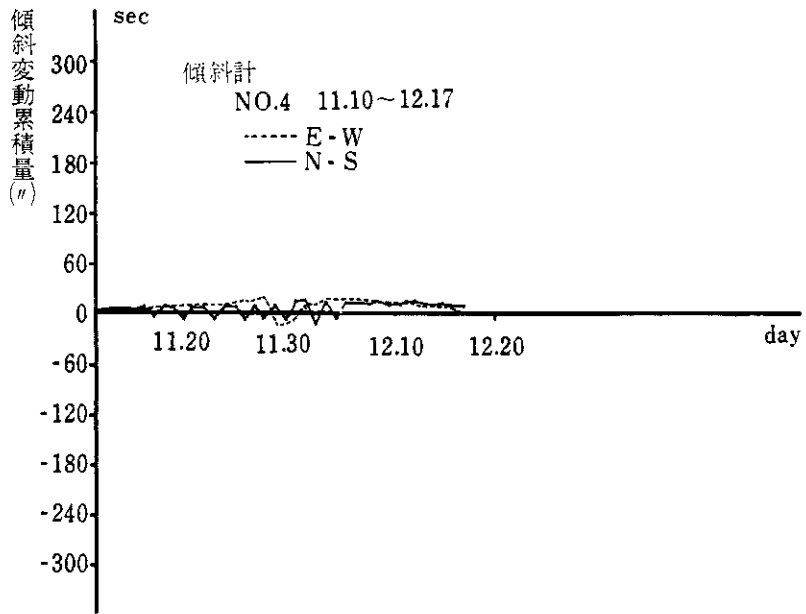
第22・5図 傾斜変動累積量 傾斜計 No. 1
Accumulated amount of tilt variation, tiltometer No. 1.



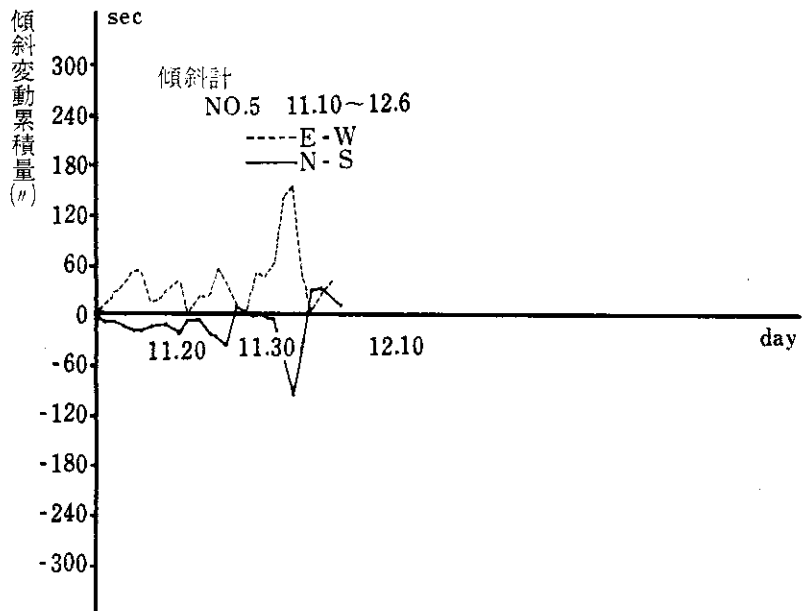
第22・6図 傾斜変動累積量 傾斜計 No. 2
Accumulated amount of tilt variation, tiltmeter No. 2.



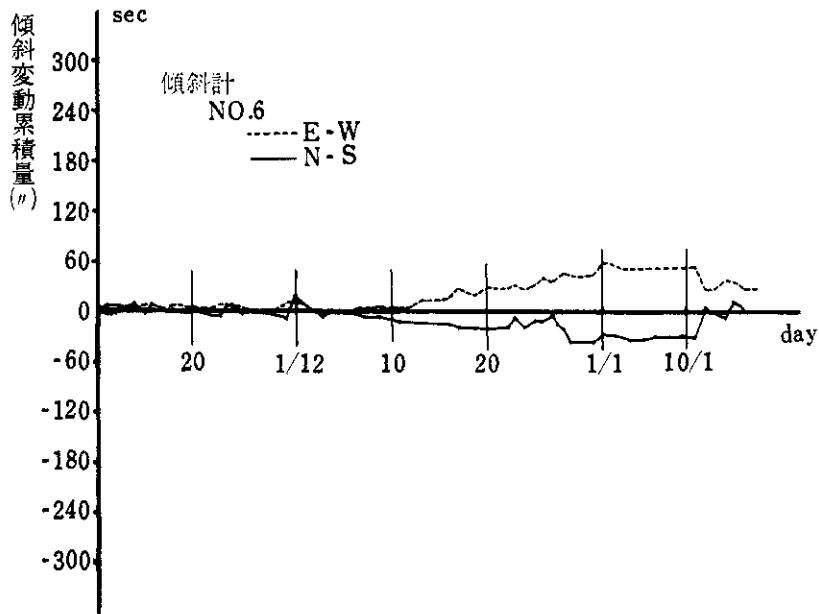
第22・7図 傾斜変動累積量 傾斜計 No. 3
Accumulated amount of tilt variation, tiltmeter No. 3.



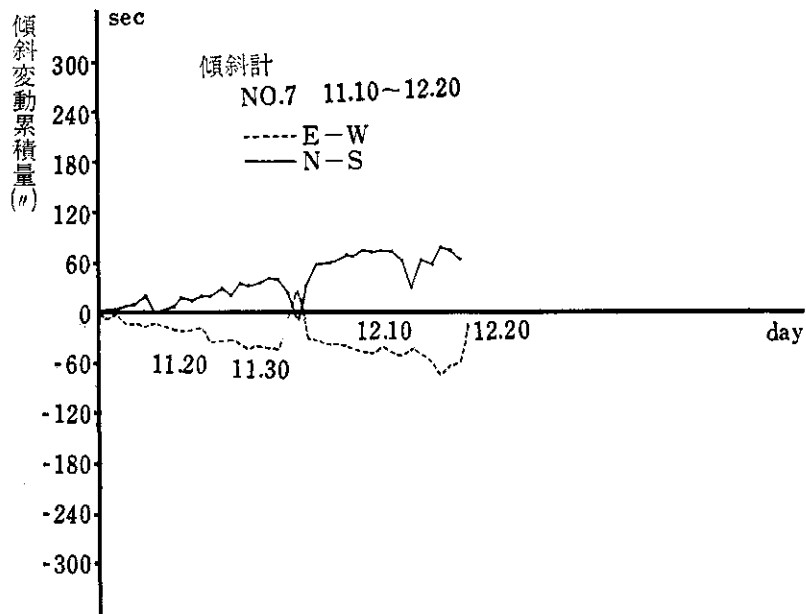
第22・8図 傾斜変動累積量 傾斜計 No. 4
Accumulated amount of tilt variation, tiltmeter No. 4.



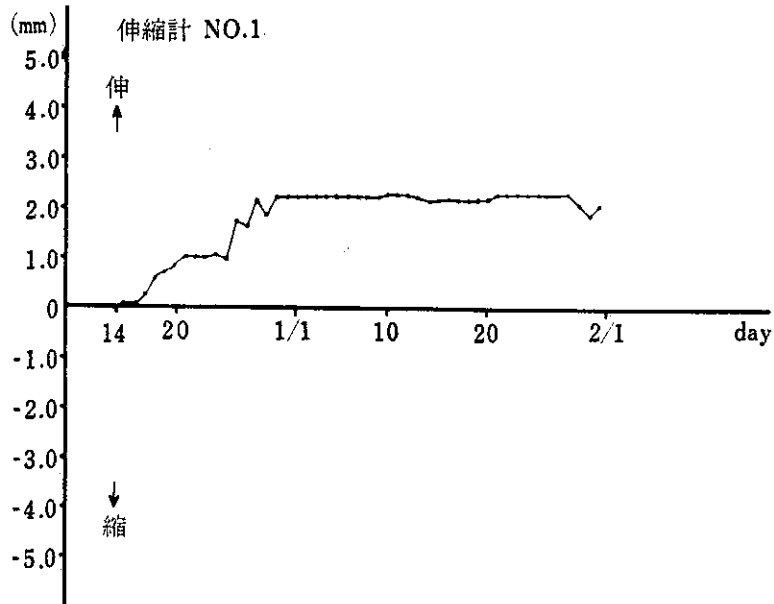
第22・9図 傾斜変動累積量 傾斜計 No. 5
Accumulated amount of tilt variation, tiltmeter No. 5.



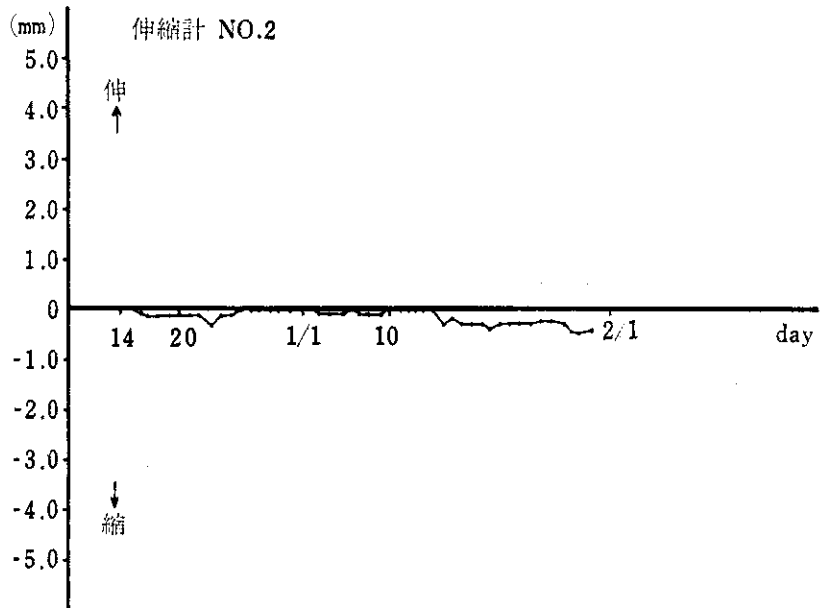
第22・10図 傾斜変動累積量 傾斜計 No. 6
 Accumulated amount of tilt variation, tiltmeter No. 6.



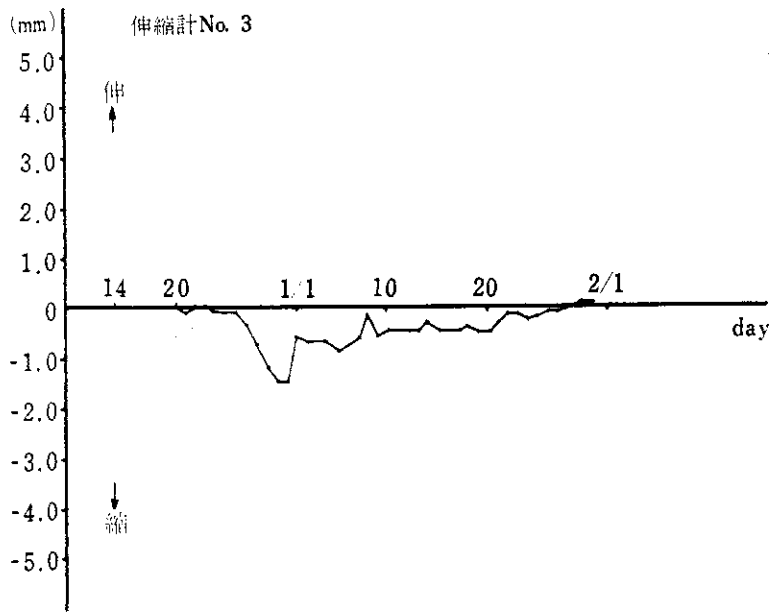
第22・11図 傾斜変動累積量 傾斜計 No. 7
 Accumulated amount of tilt variation, tiltmeter No. 7.



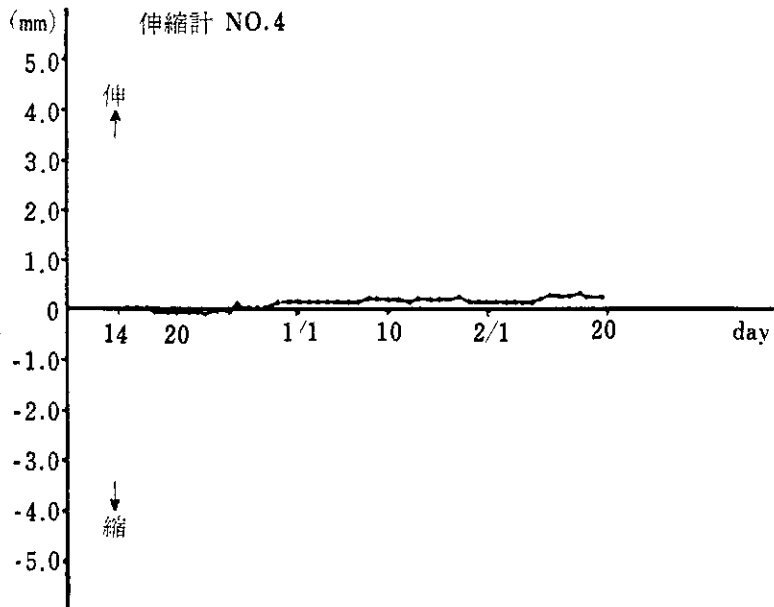
第23・1図 伸縮計による記録 No. 1
Record by extensometer No. 1.



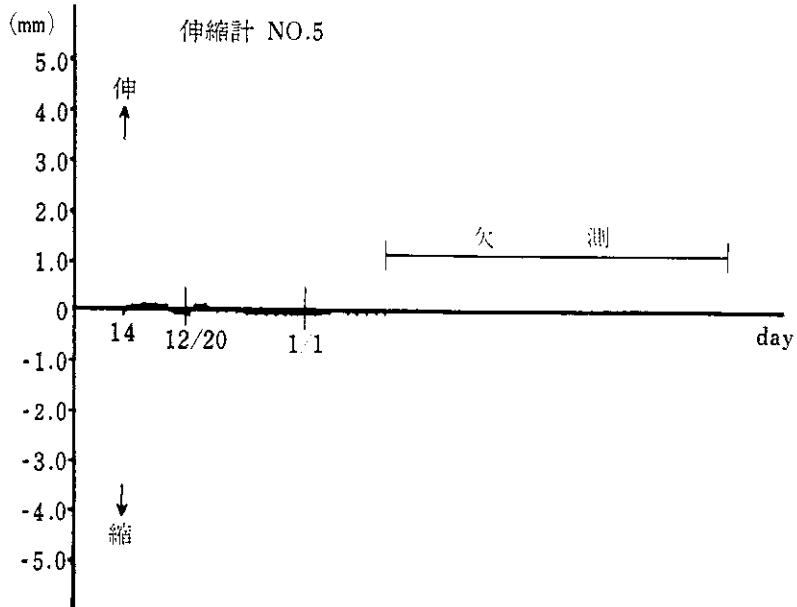
第23・2図 伸縮計による記録 No. 2
Record by extensometer No. 2.



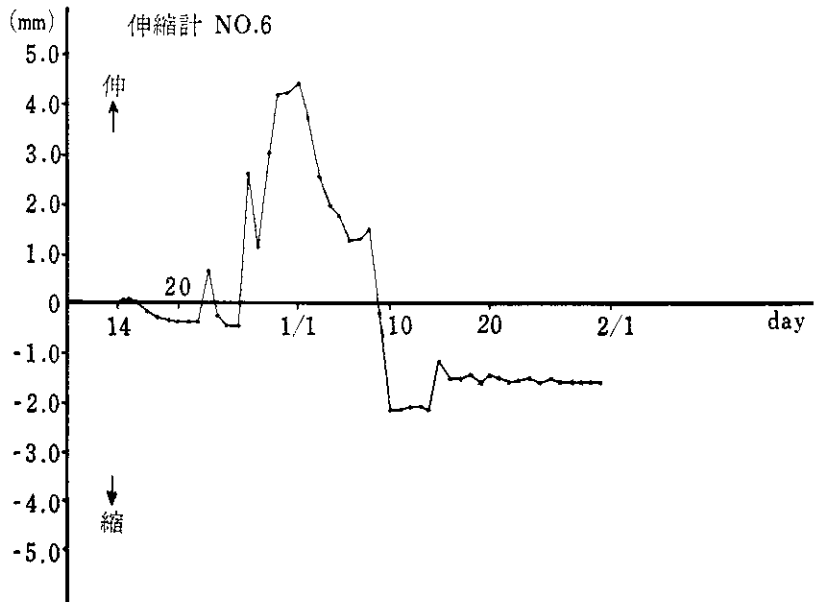
第23・3図 伸縮計による記録 No. 3
Record by extensometer No. 3.



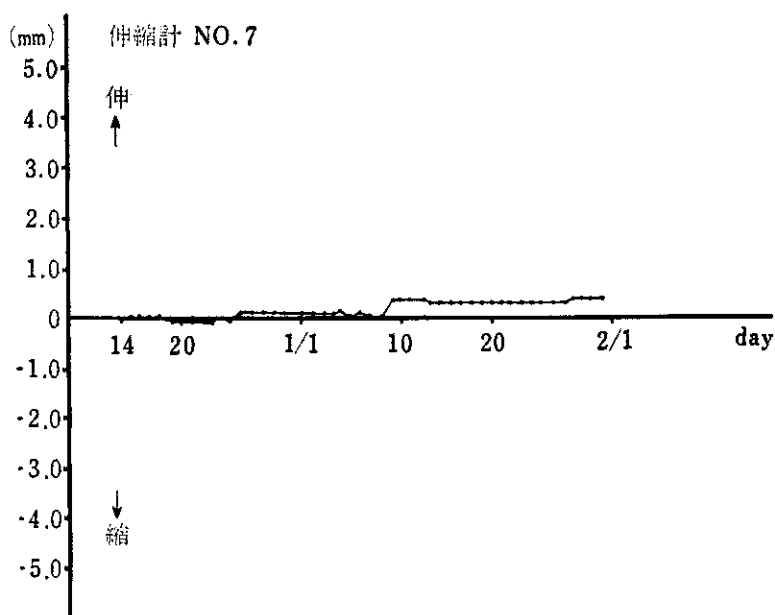
第23・4図 伸縮計による記録 No. 4
Record by extensometer No. 4.



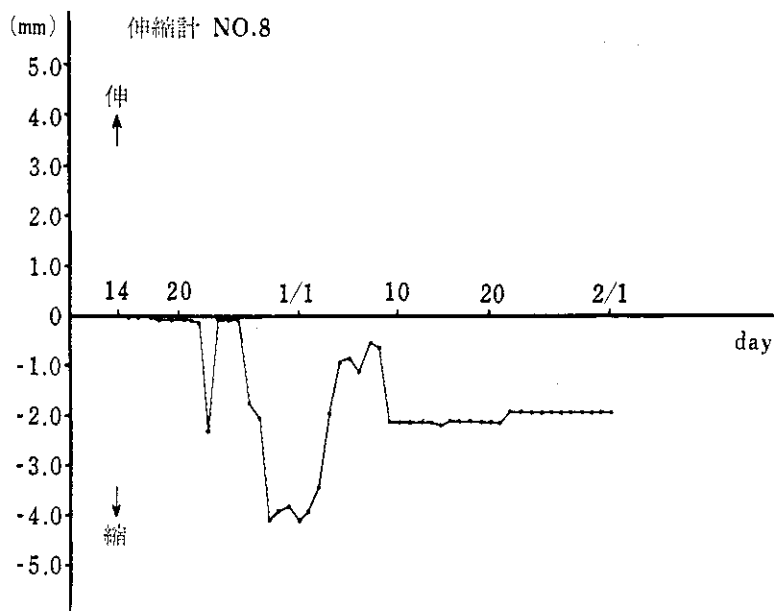
第23・5図 伸縮計による記録 No. 5
Record by extensometer No. 5.



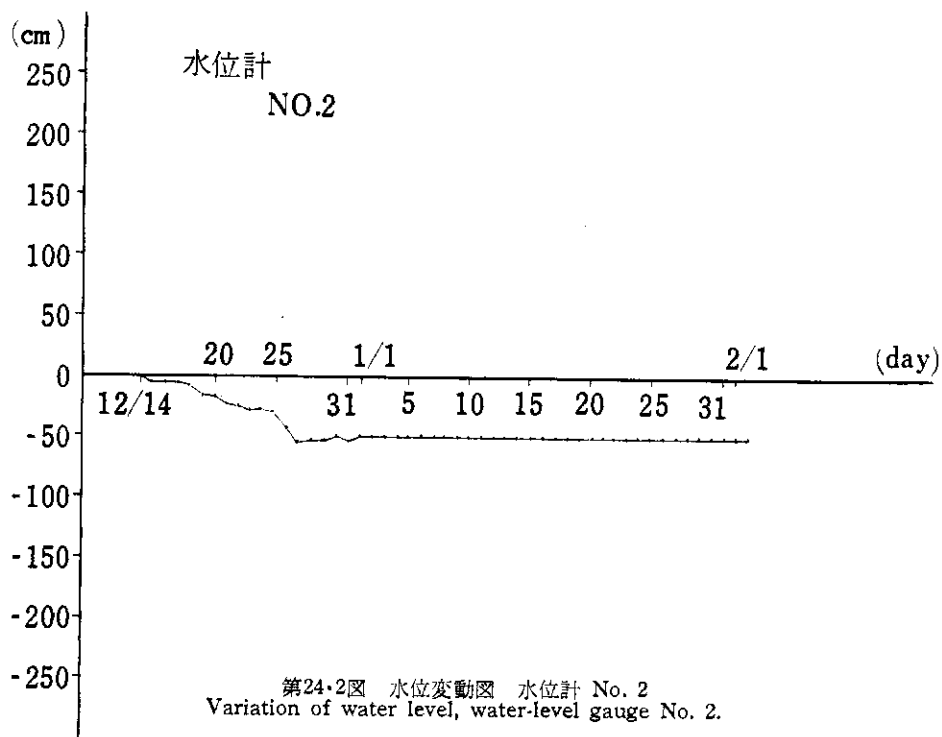
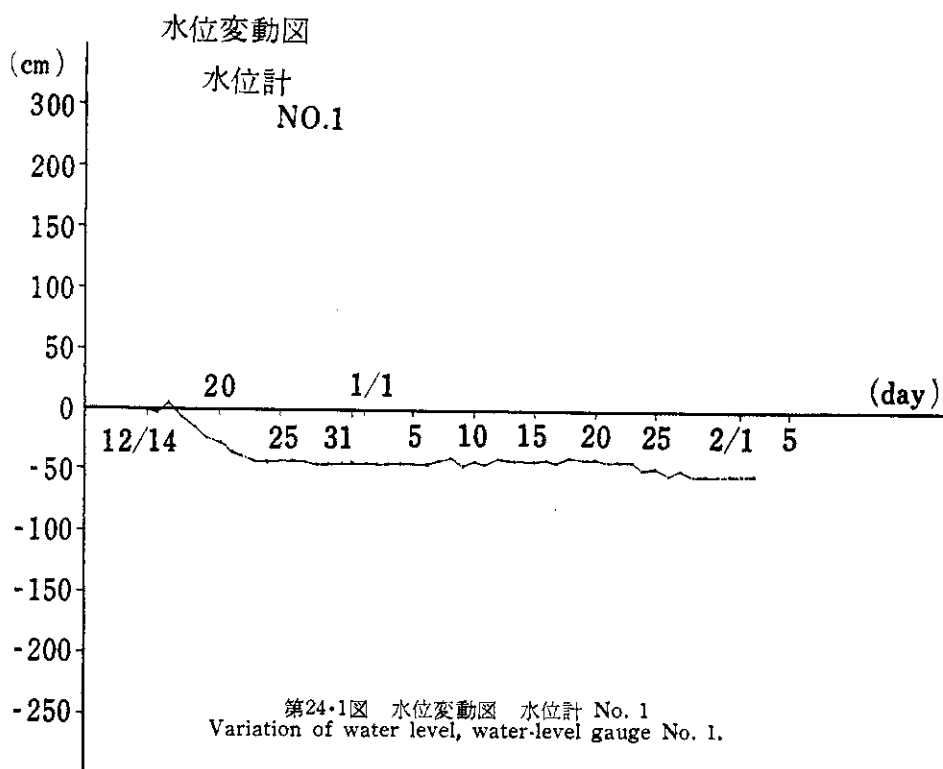
第23・6図 伸縮計による記録 No. 6
Record by extensometer No. 6.



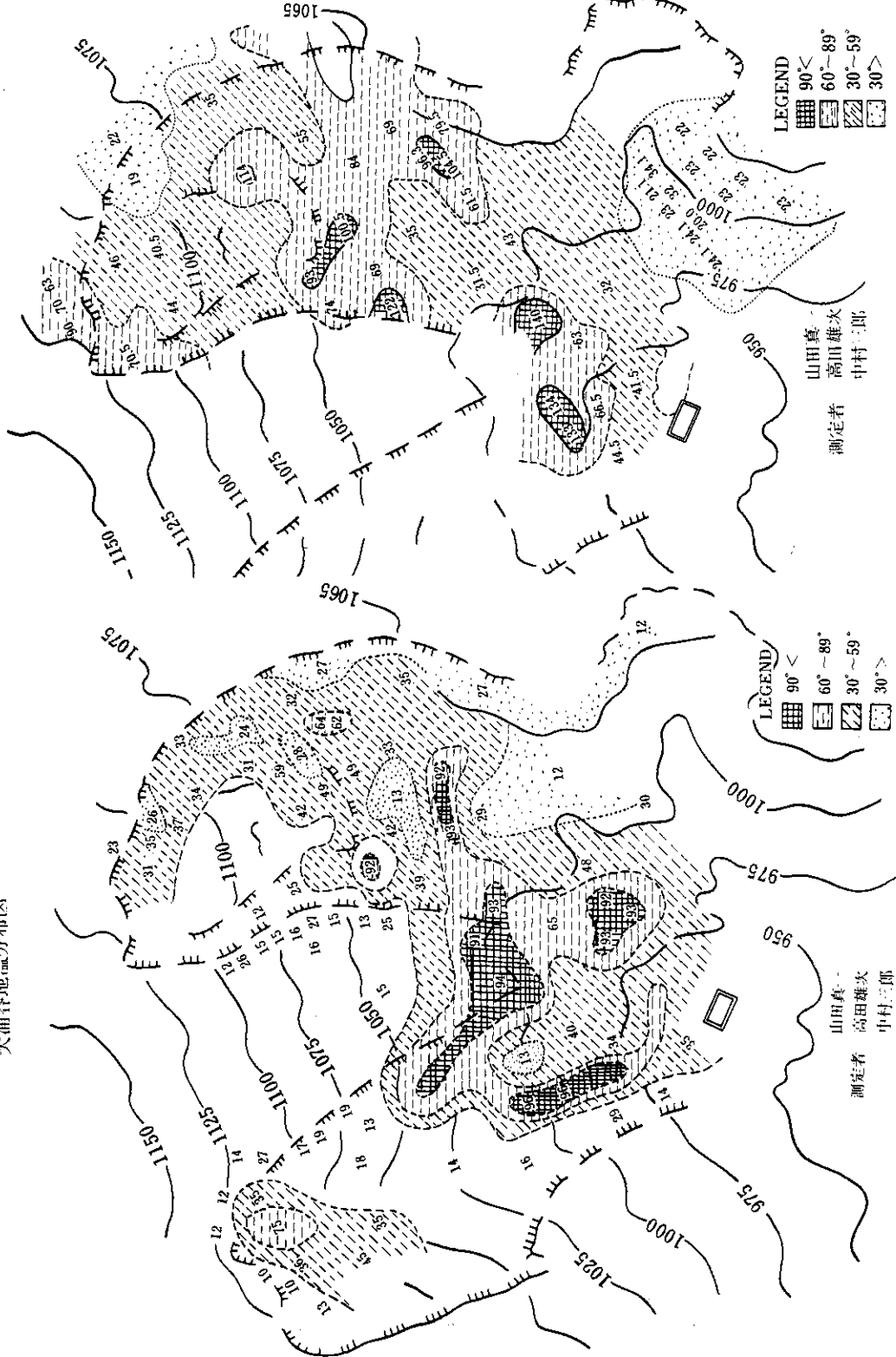
第23・7図 伸縮計による記録 No. 7
Record by extensometer No. 7.



第23・8図 伸縮計による記録 No. 8
Record by extensometer No. 8.

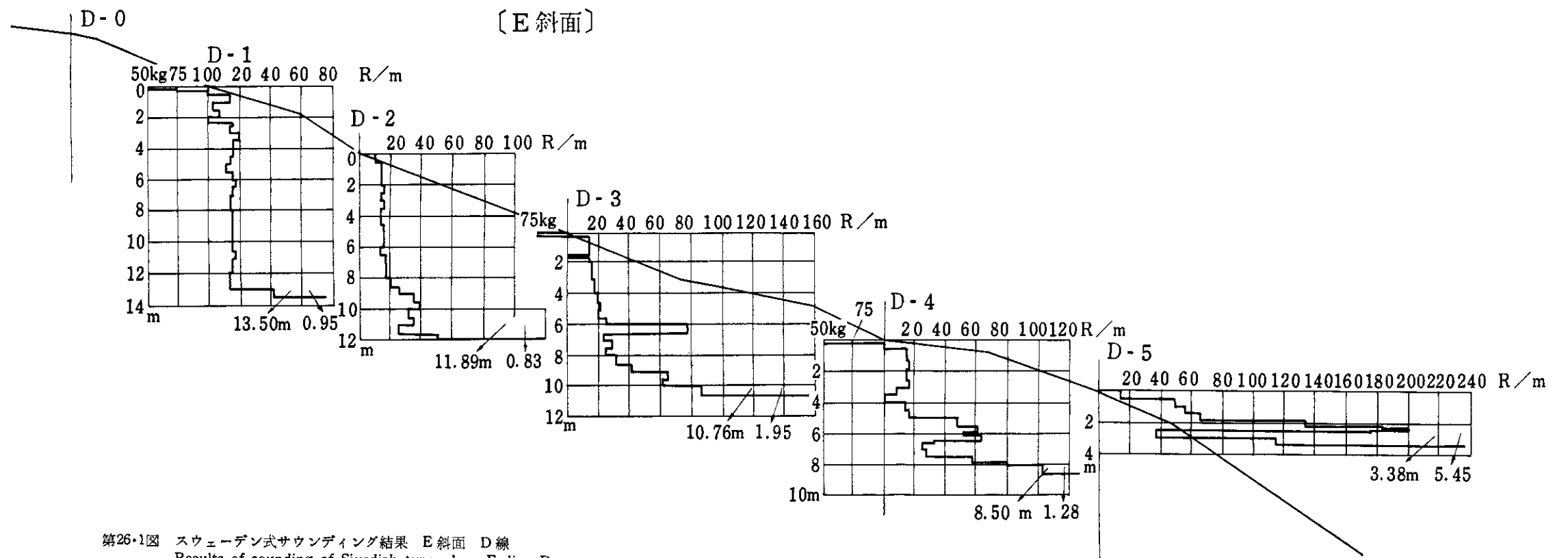


大涌谷地温分布図

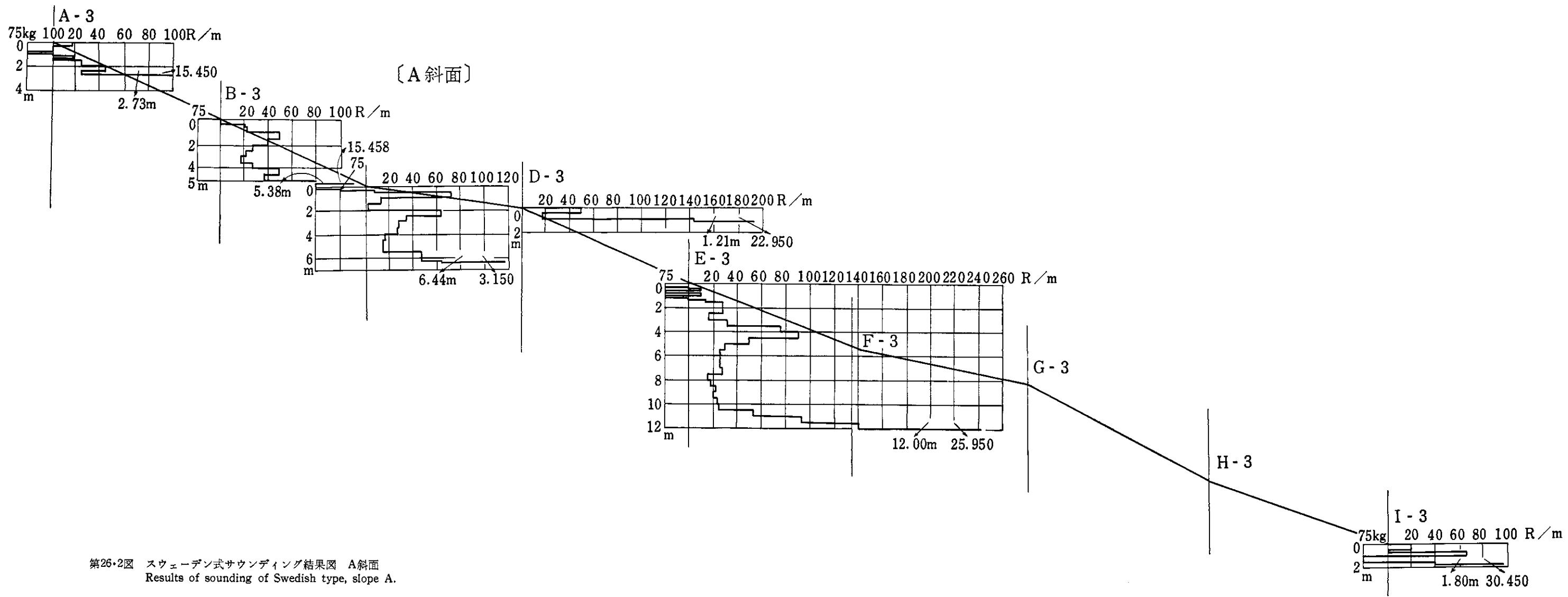


第25-2図 大涌谷地温分布図 1964年1月
Distribution of earth temperatures at Owakudani,
January 1964.

第25-1図 大涌谷地温分布図 1963年12月
Distribution of earth temperatures at Owakudani, December 1963.



第26・1図 スウェーデン式サウンディング結果 E 斜面 D 線
Results of sounding of Sivedish type, slope E, line D.



第26・2図 スウェーデン式サウンディング結果図 A斜面
Results of sounding of Swedish type, slope A.

火山性地すべりの発生機構および予知に関する研究（第1報）

第 5.1 表 土質試験結果 物理試験

Results of tests of the nature of soil, physical test.

試験室作業記録（比重試験）		
フラスコ使用		
場 所 神奈川県箱根大涌谷地すべり	目 的	試験室 A 斜面 試験番号
位 置	材 料	現 場 サウンディング A 線 試験番号 No. 3
計 画	分類名称	試験日付 S. 38.11.
<p>計算様式</p> $\text{比重 } G = \frac{W_s}{W_s + W_{bw} - W_{bws}}$ $G_{15^\circ\text{C}} = G \frac{15^\circ\text{Cの水の密度}}{T^\circ\text{Cの水の密度}}$ <p>W_{bws} : 温度 $T^\circ\text{C}$ におけるフラスコ+水+試料の重量 W_{bw} : 温度 $T^\circ\text{C}$ におけるフラスコ+水の重量（補正曲線より）</p> $\frac{T^\circ\text{Cの水の密度}}{15^\circ\text{Cの水の密度}} = \frac{0.999129}{0.998435} = 1.0007$		
試験番号		
フラスコ番号	27	30
容器番号		
フラスコ+水の重量測定時温度 (°C)	19	19
乾試料+容器 (g)	161.1	185.5
容 器 (g)	97.8	122.4
乾 試 料 W_s (g)	63.3	63.1
W_{bw} (g)	559.0	577.5
$W_s + W_{bw}$ (g)	622.3	640.6
W_{bws} (g)	599.7	618.4
$W_s + W_{bw} - W_{bws}$ (g)	22.6	22.2
比 重 G (g/cm ³)	2.80	2.84
平 均 G (g/cm ³)		2.82
比 重 $G_{15^\circ\text{C}}$ (g/cm ³)		2.82
備 考		
試 験 者		

第 5.2 表 土質試験結果 物理試験
Results of tests of the nature of soil, physical test.

試験室作業記録 (比重試験)			
フラスコ使用			
場 所	神奈川県箱根大涌谷地すべり	目 的	試験室号 B 斜面 (表面土) 試験番号
位 置		材 料	現 場 試験番号 A No. 3
計 画		分類名称	試験日付 S. 39.2.
計算様式	$\text{比重 } G = \frac{W_s}{W_s + W_{bw} - W_{bws}}$ $G_{15^\circ\text{C}} = G \frac{15^\circ\text{Cの水の密度}}{T^\circ\text{Cの水の密度}}$ <p> W_{bws} : 温度 $T^\circ\text{C}$ におけるフラスコ+水+試料の重量 W_{bw} : 温度 $T^\circ\text{C}$ におけるフラスコ+水の重量 (補正曲線より) </p> $\frac{T^\circ\text{Cの水の密度}}{15^\circ\text{Cの水の密度}} = \frac{0.999129}{0.998435} = 1.0007$		
試験番号			
フラスコ番号	10	12	13
容器番号			
フラスコ+水の重量測定時温度 (°C)	19	19	19
乾試料+容器 (g)	159.2	154.4	146.4
容 器 (g)	113.2	108.3	100.0
乾 試 料 W_s (g)	46.0	46.1	46.4
W_{bw} (g)	570.0	566.2	562.0
$W_s + W_{bw}$ (g)	616.0	612.3	608.4
W_{bws} (g)	599.5	594.8	591.0
$W_s + W_{bw} - W_{bws}$ (g)	16.5	17.5	17.4
比 重 G (g/cm ³)	2.788	2.634	2.667
平 均 G (g/cm ³)			2.65
比 重 $G_{15^\circ\text{C}}$ (g/cm ³)			2.65
備 考			
試 験 者			

火山性地すべりの発生機構および予知に関する研究 (第1報)

第 5.3 表 土質試験結果 物理試験

Results of tests of the nature of soil, physical test.

JIS A 1205 1206		土の液性限界, 塑性限界試験				報告用紙	
調査名・目的		神奈川県箱根大涌谷地すべり		試験期日		38年 11月 4日	
試料番号		サウンディングA線 No. 3		試験者		伊藤, 見沢	
液性限界試験							
1		2		3			
落下回数 34		落下回数 24		落下回数 12			
No. 176		No. 176		No. 104			
WW 41.47 DW 36.16		WW 41.47 DW 35.90		WW 40.02 DW 34.35			
DW 31.16 WT 30.08		DW 35.90 WT 25.68		DW 34.35 TW 28.52			
W _w 5.31 W _s 6.08		W _w 5.57 W _s 6.22		W _w 5.67 W _s 5.83			
w = 97.94 %		w = 89.55 %		w = 97.26 %			
4		5		6			
落下回数 9		落下回数		落下回数			
No. 105		No.		No.			
WW 40.62 DW 34.85		WW		WW			
DW 34.85 TW 29.14		DW		DW			
W _w 5.77 W _s 5.71		W _w		W _w			
w = 101.05 %		w =		w =			
塑性限界試験							
1		2		3			
No. 191		No. 124		No.			
WW 30.34 DW 29.98		WW 30.85 DW 30.48		WW			
DW 29.98 TW 28.92		DW 30.48 TW 29.38		DW			
W _w 0.39 W _s 1.36		W _w 0.37 W _s 1.10		W _w			
w = 33.96 %		w = 33.64 %		w =			

落下回数

液性限界 $LL = 89.90\%$

塑性限界 $PL = 33.80\%$

塑性指数 $PI = 56.10\%$

流動指数 $I_f = \quad\quad\quad\%$

備考:

試料は標準網フルイ420 μ を通過したもの

第 5.4 表 土質試験結果 物理試験
Results of tests of the nature of soil, physical test.

JIS A 1205 A 1206		土の液性限界, 塑性限界試験		報告用紙	
調査名・目的 神奈川県箱根大涌谷地すべり		試験期日 39年 2月 18日			
試料番号 B斜面(表面土) A No. 3		試験者 伊藤			
液性限界試験					
1		2		3	
落下回数		落下回数		落下回数	
No. 150		No. 131		No. 104	
WW 38.19	DW 34.60	WW 37.00	DW 33.52	WW 37.55	DW 33.75
DW 34.60	TW 29.52	DW 33.52	TW 28.64	DW 33.75	TW 29.52
W _w 3.59	W _s 5.08	W _w 3.48	W _s 4.88	W _w 3.80	W _s 5.23
w = 70.68 %		w = 71.31 %		w = 72.66 %	
4		5		6	
落下回数 28		落下回数 19		落下回数 8	
No. 148		No. 133		No. 119	
WW 39.16	DW 34.88	WW 38.95	DW 34.55	WW 39.82	DW 34.53
DW 34.88	TW 29.02	DW 34.55	TW 28.62	DW 34.53	TW 29.16
W _w 4.28	W _s 5.86	W _w 4.40	W _s 5.93	W _w 4.29	W _s 5.37
w = 73.04 %		w = 74.20 %		w = 79.89 %	
塑性限界試験					
1		2		3	
No. 124		No. 166		No. _____	
WW 30.96	DW 30.51	WW 30.25	DW 29.82	WW _____	DW _____
DW 30.51	TW 29.38	DW 29.82	TW 28.74	DW _____	TW _____
W _w 0.45	W _s 1.13	W _w 0.43	W _s 1.08	W _w _____	W _s _____
w = 39.82 %		w = 39.81 %		w = _____ %	
液性限界 $LL = 74.0 \%$ 塑性限界 $PL = 39.32 \%$ 塑性指数 $PI = 34.18$ 流動指数 $I_f =$ _____ 備考:					
試料は標準網フルイ420 μ を通過したもの					

火山性地すべりの発生機構および予知に関する研究 (第1報)

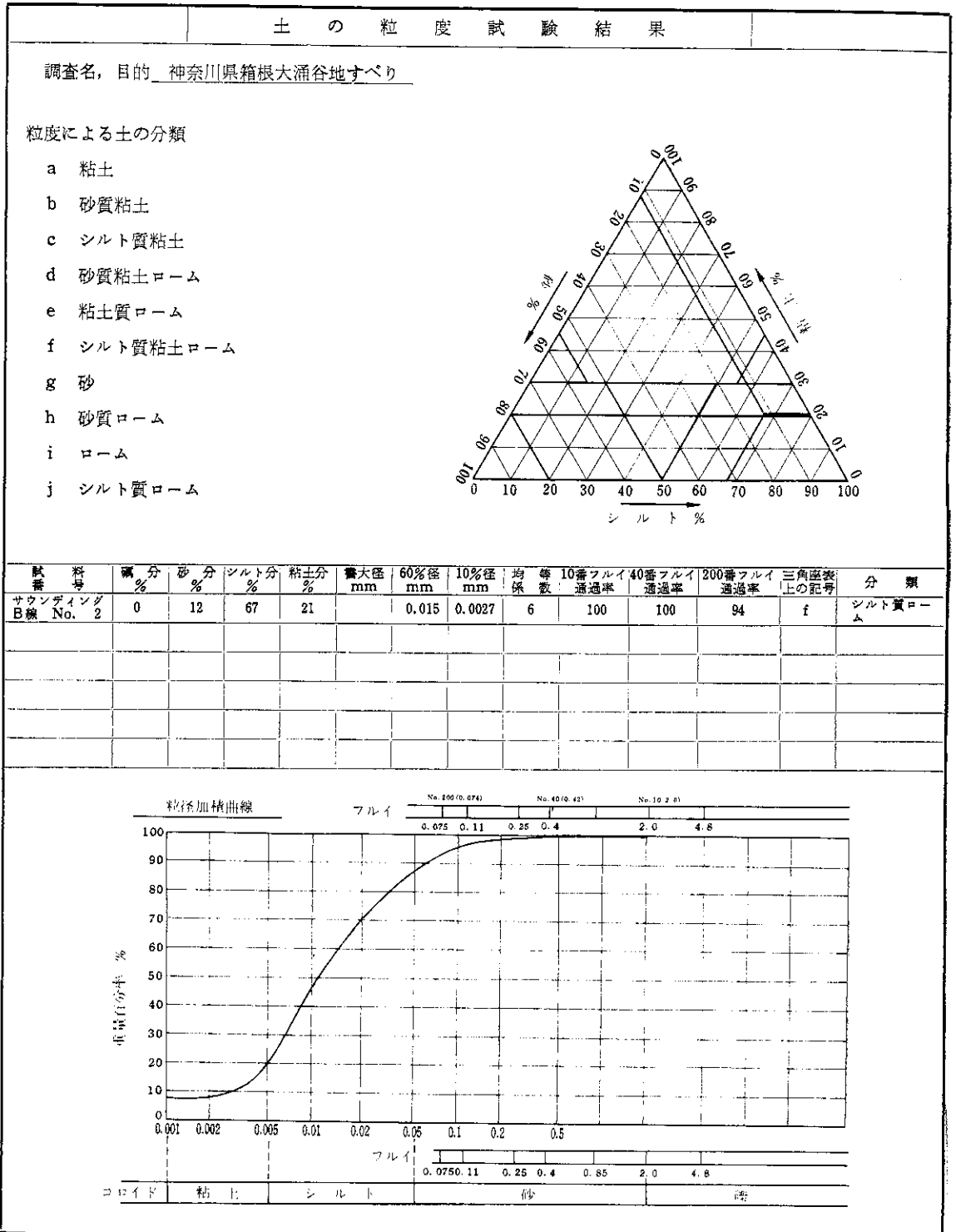
第 5.5 表 土質試験結果 物理試験
Results of tests of the nature of soil, physical test.

JIS A 1204		土の粒度試験 (細粒部分)											
調査名, 目的		神奈川県箱根大涌谷地すべり						試験期日				39年 2月 21日	
試料番号		B斜面(表面土) A No.9						試験者				伊藤	
※		(気乾試料+容器)重量 = _____ g				土粒子の比重				G = 2.65			
容器 (No. _____)		重量 = _____ g				塑性指数				P.I = 34.18			
気乾試料重量 W_s		= 50 g				分散剤				過酸化水素			
※ フルイ 2.0 を通過したもの。砂質土で約 115 g シルト質土または粘土質土で約 65 g						$P_{20} = 100 \%$				(P ₂₀ は粒径 2.0mm における加積過通率)			
I. 気乾試料の含水比測定													
No. _____		No. _____		No. _____		平均含水比							
WW _____	DW _____	WW _____	DW _____	WW _____	DW _____	= _____ %							
DW _____	TW _____	DW _____	TW _____	DW _____	TW _____								
W _w _____	W _s _____	W _w _____	W _s _____	W _w _____	W _s _____								
w = _____ %		w = _____ %		w = _____ %									
試料炉乾燥重量 $W = \frac{100W}{100+w} = 50 \text{ g}$													
II. 比重計法による細粒土分析 (メスシリンダ No. 123 比重計 No. F-7)													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	31	
測 時 t 分	比重計よみ		測定時 水 温 °C	粒 径 d mm					F	r+F	P (a)×M	加積過通率 P×P ₂₀	
	小数部分 の分み	r ②+C _m		L	L/t	√L/t	$\left(\frac{30\pi}{980(G-G_1)}\right)^{1/2}$	$\frac{d}{\text{①} \times \text{③}}$					
1	0.0140	0.0150	19	13.39	13.39	3.661	0.01386	0.0507	0.0006	0.0156	50.11	50.11	
2	0.0120	0.0130	"	13.78	6.89	2.625	"	0.0364	"	0.0136	43.68	43.68	
5	0.0100	0.0110	"	14.17	2.534	1.591	"	0.0221	"	0.0116	37.26	37.26	
15	0.0080	0.0090	"	14.57	0.971	0.985	"	0.0137	"	0.0096	30.84	30.84	
30	0.0065	0.0075	"	14.85	0.495	0.704	"	0.0098	"	0.0081	26.02	26.02	
60	0.0030	0.0040	"	15.53	0.259	0.509	"	0.0071	"	0.0046	14.78	14.78	
240	0.0005	0.0015	"	16.02	0.067	0.259	"	0.0036	"	0.0021	6.75	6.75	
1440	"	"	"	"	0.0111	0.105	"	0.0015	"	"	"	"	
$\frac{100}{W_s/V} = 2000$ $\frac{G}{G-G_1} = 1.606$ $M = \frac{100}{W/V} \cdot \frac{G}{G-G_1} = 3212$ ×メスカス補正 C _m = 0.0010 (記号は JIS A1204 参照)													
III. フィル分け													
フルイ	(残留土+容器)重量 g	容器番号	容器重量 g	残留土重量 g	残留率 %	加積残留率 %	加積過通率 P %	補正加積過通率 P×P ₂₀					
0.85				2.01	4.02	4.05	95.98	95.98					
0.40				2.85	5.70	9.72	90.28	90.28					
0.25				2.40	4.80	14.52	85.48	85.48					
0.11				4.29	8.58	23.10	76.90	76.90					
0.075				1.09	2.18	25.28	74.72	74.72					
・ W に対する重量百分率であらわす													
備 考:													

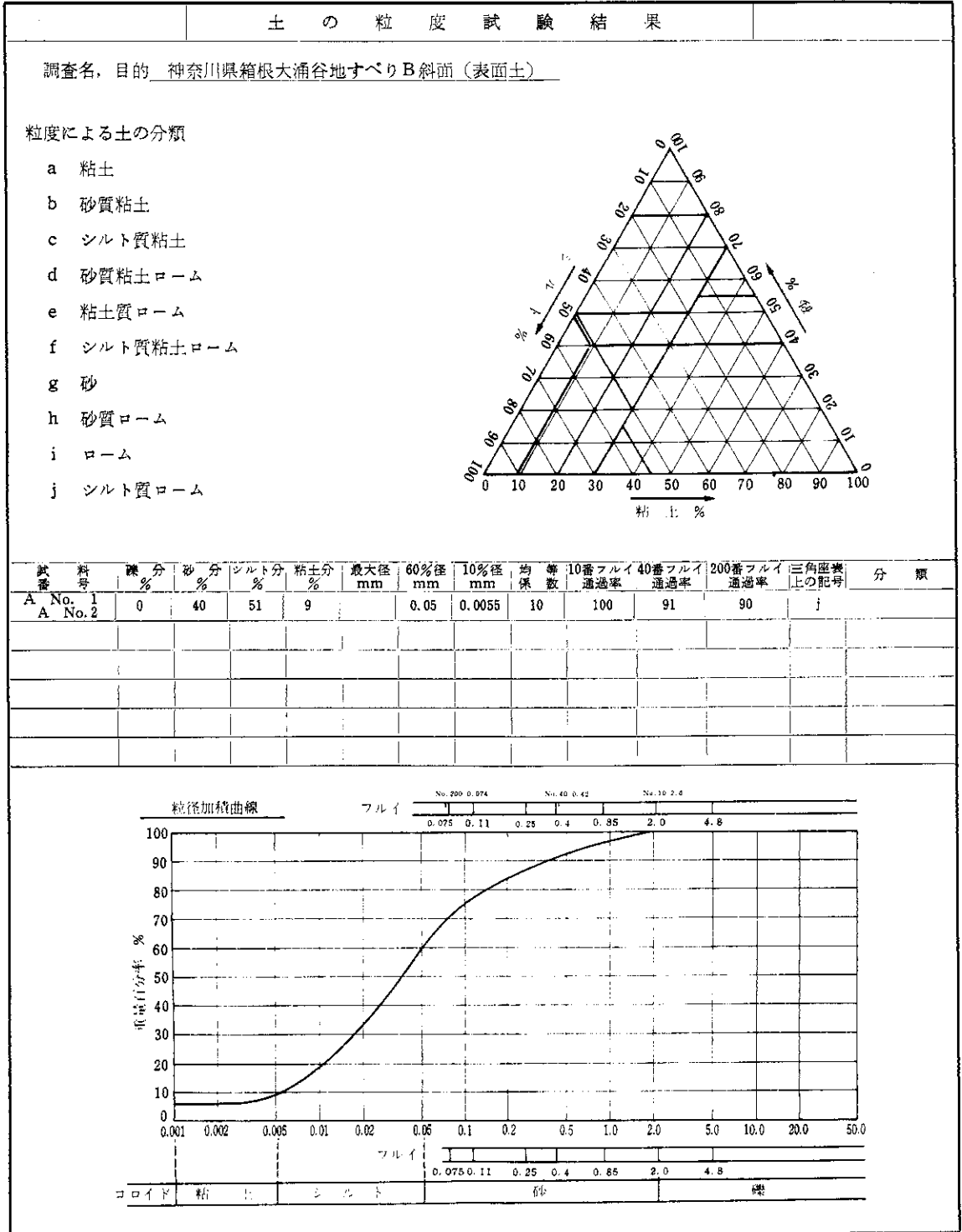
第 5.6 表 土質試験結果 物理試験
Results of tests of the nature of soil, physical test.

JIS A 1204	土 の 粒 土 試 験 (細粒部分)											
調査名, 目的 神奈川県箱根大涌谷地すべり				試験 期 日 38 年 11 月 1 日								
試料 番号 サウンディングA線 No. 3				試 験 者 伊藤, 見沢								
※ (気乾試料=容器) 重量 = _____ g				土粒子の比重 $G = 2.82$								
容 器 (No. _____) 重量 = _____ g				塑 性 指 数 $P.I. = 56.10$								
気 乾 試 料 重 量 $W_s = 50$ g				分 散 剤 過酸化水素								
※ フィル 2.0 を通過したもの, 砂質土で約 115 g シルト質土または粘土で約 65 g				$P_{20} = 100\%$ (P_{20} は粒径 2.0mmにおける加積通過率)								
I. 気 乾 試 料 の 含 水 比 測 定												
No. _____ WW _____ DW _____ DW _____ TW _____ W_w _____ W_s _____ $w =$ _____ %		No. _____ WW _____ DW _____ DW _____ TW _____ W_w _____ W_s _____ $w =$ _____ %		No. _____ WW _____ DW _____ DW _____ TW _____ W_w _____ W_s _____ $w =$ _____ %		平均含水比 = _____ %						
試料炉乾燥重量 $W = \frac{100W}{100+w} = 50$ g												
II. 比重計法による細粒土分析 (メスシリンダ No. 104 比重計 No. F-7)												
測 時 t 分	比 重 計 よ み		測 定 時 水 温 °C	粒 径 d mm					F	$r+F$	$\frac{P}{(1) \times M}$	加積通過率 $P \times P_{20}$
	小 数 部 分 の 分 み	r ②+ C_m		L	L/t	$\sqrt{L/t}$	$\left(\frac{30n}{980(G-G_1)}\right)^{1/2}$	d ⑦×⑧				
1	0.0255	0.0260	19	11.27	11.270	3.357	0.01327	0.0445	0.0006	0.0266	82.5	82.5
2	0.0240	0.0245	"	11.56	5.780	2.404	"	0.0319	"	0.0251	77.8	77.8
5	0.0205	0.0210	"	12.24	2.448	1.565	"	0.0208	"	0.0216	67.0	67.0
15	0.0165	0.0170	"	13.00	0.887	0.931	"	0.0124	"	0.0176	54.6	54.6
30	0.0130	0.0135	"	13.69	0.456	0.675	"	0.0090	"	0.0141	43.7	43.7
60	0.0025	0.0030	"	15.74	0.262	0.512	"	0.0068	"	0.0036	11.2	11.2
240	0.0015	0.0020	"	15.93	0.066	0.257	"	0.0034	"	0.0026	8.1	8.1
1440	0.0015	0.0020	"	15.93	0.0111	0.105	"	0.0014	"	0.0026	8.1	8.1
$\frac{100}{W_s/V} = 2000$ $\frac{G}{G-G_1} = 1.55$ $M = \frac{100}{W/V} \cdot \frac{G}{G-G_1} = 3100$ メニスカス補正 $C_m = 0.0005$ (記号は JIS A 1204 参照)												
III. フ ル イ 分 ケ												
フルイ	(残留土+容器) 重 量 g	容 器 番 号	容 器 重 量 g	残 留 土 重 量 g	残 留 率 %	加積残留率 %	加積通過率 P %	補正加積通過率 $P \times P_{22}$				
0.85				0.06	0.12	0.12	99.88	99.88				
0.40				0.11	0.22	0.34	99.66	99.66				
0.25				0.20	0.40	0.74	99.26	99.26				
0.11				1.04	2.08	2.82	97.18	97.18				
0.075				0.36	0.72	3.54	96.46	96.46				
・ W に対する重量百分率であらわす												
備 考 :												

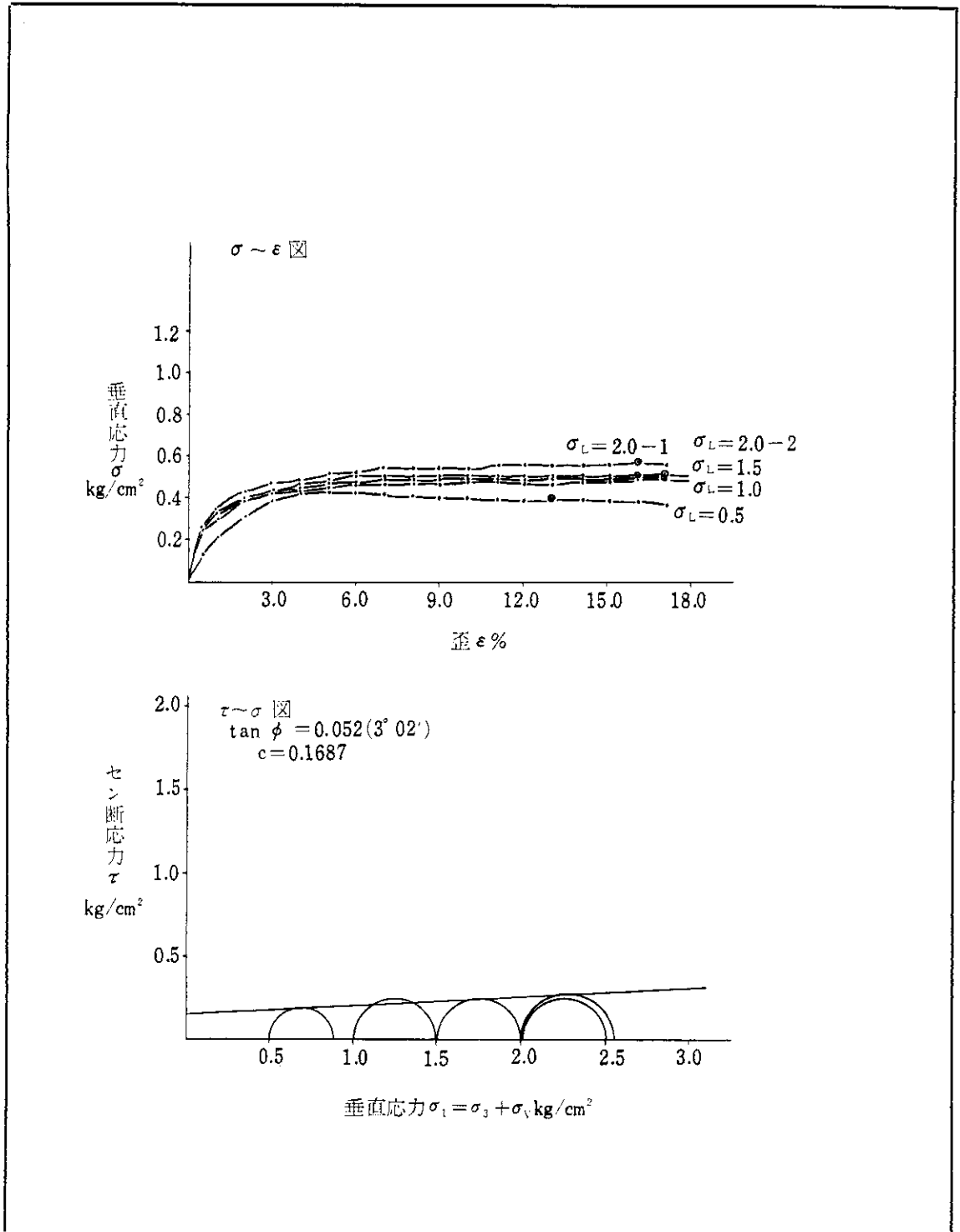
第 5.7 表 土質試験結果 物理試験
Results of tests of the nature of soil, physical test.



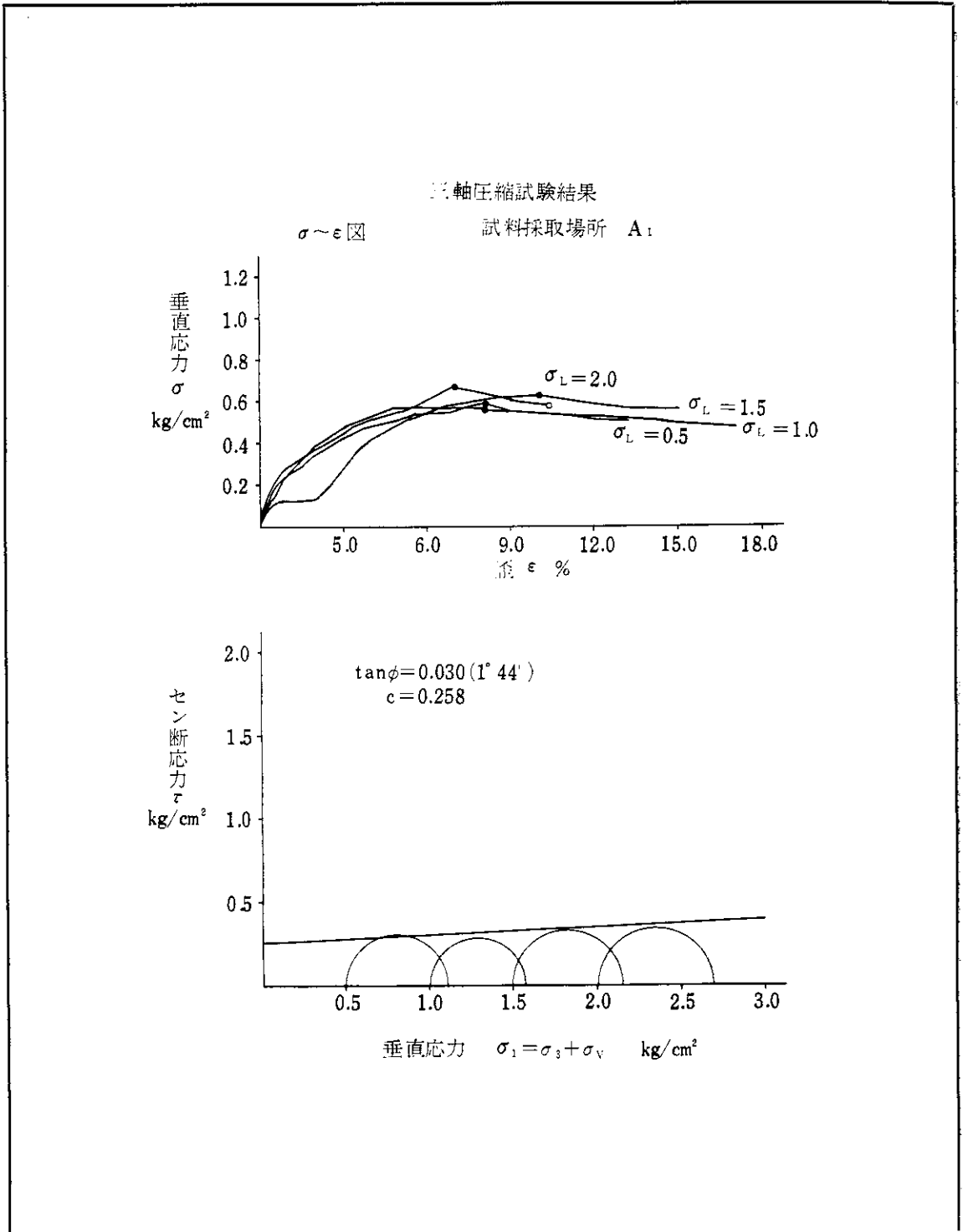
第 5.8 表 土質試験結果 物理試験
Result of tests of the nature of soil, physical test.



第 5.9 表 土質試験結果 三軸圧縮試験 試料採取場所 B₁
 Results of tests of the nature of soil, 3-axes compression test, B₁.



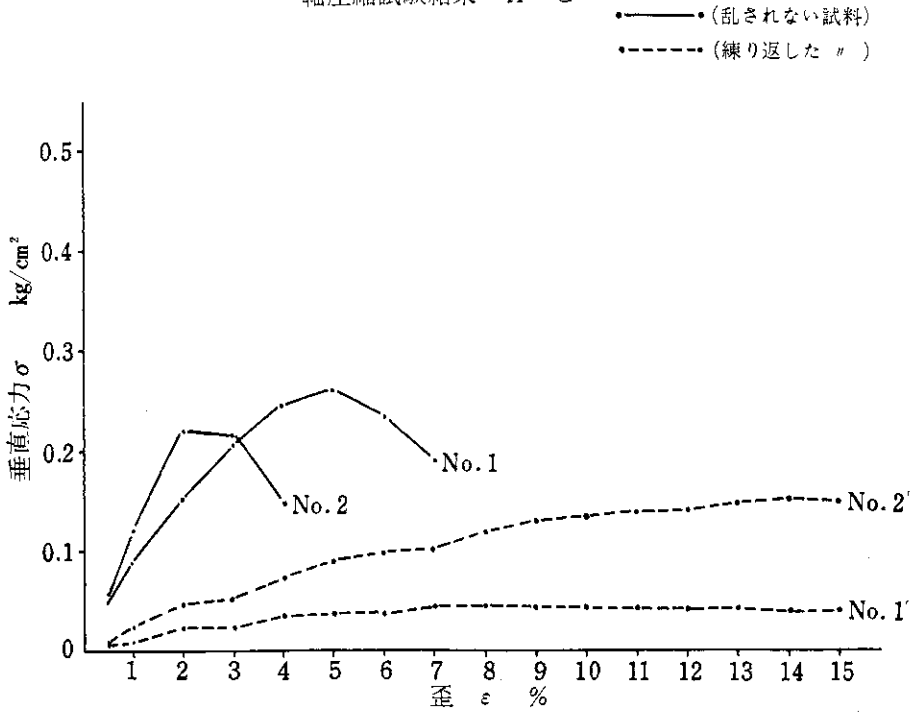
第 5.10 表 土質試験結果 三軸圧縮試験 試料採取場所 A₁
 Results of tests of the nature of soil, 3-axes compression test, A₁.



第 5.11 表 土質試験結果 一軸圧縮試験

Results of tests of the nature of soil, 1-axis compression test.

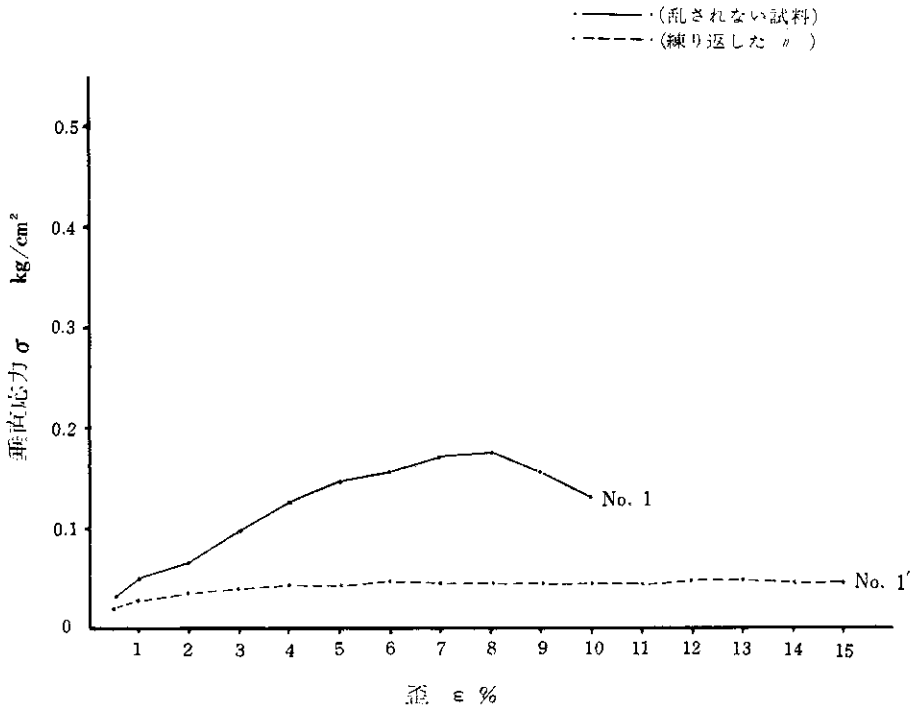
一軸圧縮試験結果 H~G



第 5.12 表 土質試験結果 一軸圧縮試験結果




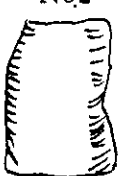
Results of tests of the nature of soil, 1-axis compression test.

一軸圧縮試験結果 さく NO. 1











第 5.13 表 土質試験結果 一軸圧縮試験

Results of tests of the nature of soil, 1-axes compression test.





土の一軸圧縮試験							
調査名, 目的		箱根大涌谷火山性地すべり調査					
採取場所		B斜面		採取深さ 0.3~0.5m			
試験期日		38年12月5日		試験者, 東海材, 館野			
供試体寸法		高さ 11.5m		直径 4.8cm		断面積 18.09cm ² 体積 208.00cm ³	
供試体 No.	供試体重量 wg	平均含水比 %	単位体積重量 g/cm ³	一軸圧縮強さ kg/cm ²	試料の状態	鋭敏比	備考
E No. 2 下 No. 1	380.9		1.831	0.194	乱さない	1.54	
No. 1'	362.0	50.52	1.740	0.126	繰り返した	〃	
E No. 2 下 No. 2	375.8		1.807	0.186	乱さない	1.56	
No. 2'	360.0	49.69	1.731	0.119	繰り返した	〃	
試料の観察（地質, 土質, 有機物, 貝がらなどの有無）							
ENo2下 No1		ENo2下 No2					
							
No1'		No2					
							

火山性地すべりの発生機構および予知に関する研究 (第1報)

第 5.14 表 土質試験結果 一軸圧縮試験
Results of tests of the nature of soil, 1-axis compression test.

土の一軸圧縮試験							
調査名, 目的		箱根大涌谷山性地すべり調査					
採取場所		B斜面		採取深さ 0.3~0.5m			
試験期日		38年12月5日		試験者, 東海林, 館野			
供試体寸法		高さ 11.5cm		直径 4.8cm		断面積 10.09cm ² 体積 208.00cm ³	
供試体 No.	供試体重量 wg	平均含水比 %	単位体積重量 kg/cm ²	一軸圧縮強さ kg/cm ²	試料の状態	鋭敏比	備考
B1 No. 1	308.5		1.483	0.211	乱さない	1.59	
No. 1'	299.5	97.04	1.440	0.133	練り返した	"	
B1 No. 2	322.5		1.550	0.252	乱さない	2.32	
No. 2'	311.0	94.38	1.495	0.102	練り返した	"	
H~G No. 1	336.8		1.619	0.260	乱さない	5.78	
No. 1'	310.0	81.82	1.490	0.045	練り返した	"	
H~G No. 2	336.5		1.618	0.219	乱さない	1.46	
No. 2'	339.5	62.97	1.632	0.150	練り返した	"	
試料の観察 (色, 臭気, 鉱物, 組成有機物, 貝がらの有無, 地質, 土質)							
B ₁ No.1		B ₁ No.2		H~G No.1		H~G No.2	
	灰色				灰色		
							

第 5.15 表 土質試験結果 一軸圧縮試験
Results of tests of the nature of soil, 1-axis compression test.

土の一軸圧縮試験							
調査名, 目的		箱根大涌谷火山性地すべり調査					
採取場所		A斜面		採取深さ 0.3~0.5m			
試験期日		38年12月5日		試験者, 東海林, 館野			
供試体寸法		高さ 11.5m		直径 4.8cm		断面積 18.09cm ² 体積 208.00cm ³	
供試体 No.	供試体重量 wg	平均含水比 %	単位体積重量 g/cm ³	一軸圧縮強さ kg/cm ²	試料の状態	鋭敏比	備考
さく No. 1	347.5		1.670	0.147	乱さない	3.63	
No. 1'	339.0	65.37	1.630	0.148	練り返した	"	
さく No. 2	343.5		1.651	0.201	乱さない	4.57	
No. 2'	330.0	65.00	1.587	0.044	練り返した	"	
A ₁ No. 1	319.0		1.534	0.389	乱さない	3.19	
No. 1'	309.0	84.48	1.486	0.122	練り返した	"	
A ₁ No. 2	318.0		1.529	0.368	乱さない	2.54	
No. 2'	310.0	82.89	2.490	0.145	練り返した	"	
							一般土の鋭敏比
試料の観察（良, 臭気, 鉱物, 組成有機物, 貝がらの有無, 地質, 土質）							
サク道 No.1		サク道 No.2		A ¹ No.1		A ¹ No.2	
	灰色		灰色		白黄色		白黄色
No.1'		No.2'		No.1'		No.1'	

火山性地すべりの発生機構および予知に関する研究（第1報）

付 表

研究の内容および実施担当者（昭和38年度）

研究機関	調査研究の内容	実施担当者(所属)
国立防災科学技術センター	総合研究の推進および全般の取りまとめ	有賀 世治（第1研究部長） 藤堂 定（地表変動防災研究室長）
地 質 調 査 所	(1) 全般的な調査・資料収集および取りまとめ	安藤 武（地質部，防災地質グループ長） 黒田 和男（地質部）
	(2) 地質調査および噴気の状況・変質などに関する調査	安藤 武 黒田 和男 岡 重文（技術部）
	(3) 試錐調査	河内 英幸（技術部） 小林 竹雄（"） 大久保太治（"） 中川 忠夫（"）
	(4) 空中写真の判読に関する研究	黒田 和男 岡 重文
	(5) 地形研究および測量調査	岡 重文 小野寺公児（技術部）
	(6) 変質帯および粘土の調査研究	安藤 武
	(7) 試錐岩芯および水理・水質などに関する調査研究	安藤 武 黒田 和男 大久保太治
	以上のほか、物理探査，噴気ガスの調査研究，地球化学調査，地形変動量調査などを実施する予定および準備	
土 木 研 究 所	(1) 運動機構の研究に関する総括	渡 正亮（地すべり研究室長）
	(2) 地表面運動量，地下水位観測資料の整理，解析	酒井 淳行（地すべり研究室）
	(3) 土質調査および試験	東海林 衛（地すべり研究室） 館野 耕二（"） 伊藤 和行（"）
	(4) 自然放射能調査	中島 彬（"）
	(5) 地温，電気，物理探査の測定	因幡 章雄（"）

Contents of the Study and Researchers
(Fiscal year 1963)

Organs in charge	Contents	Researcher (his service post)
National Research Center for Disaster Prevention	Promotion and general arrangement of studies	Seiji Ariga (chief of Research Division I) Sadamu Todo (head of Landslide Section)
	(1) Surveys in general, data collection and arrangement	Takeshi Ando (head of Disaster Prevention Group, Geological Div.) Kazuo Kuroda (Geological Div.)
Geological Survey of Japan	(2) Geological survey, and research on status and alteration of fumarole gas	T. Ando K. Kuroda Shigebumi Oka (Technical Div.) Hideyuki Kawachi (Technical Div.) Takeo Kobayashi (do.) Taiji Okubo (do.) Tadao Nakagawa (do.)
	(3) Boring test	
	(4) Study on interpretation of aerial photography	K. Kuroda S. Oka
	(5) Topographical study and surveying	S. Oka Koji Onodera (Technical Div.)
	(6) Alteration zone and clay zone	T. Ando
	(7) Rock core of boring, hydrological research, study of the nature of water	T. Ando K. Kuroda T. Okubo
	In addition to the above, prearrangement and preparation for operations of physical prospecting, fumarole gas survey, geochemical investigation, and study on fluctuation amount of the earth's configuration	
Public Works Research Institute	(1) Summary of studies concerning the earth's movement mechanism	Masasuke Watari (head of Landslide Section)
	(2) Arrangement and analysis of the observational data of ground surface motion and underground water level	Atsuyuki Sakai (Landslide Section)
	(3) Study and test of the nature of the soil	Mamoru Shoji (Landslide Section) Koji Tateno (do.) Kazuyuki Ito (do.)
	(4) Natural radioactivity	Akira Nakajima (Landslide Section)
	(5) Measurement of earth temperature, and electrical and physical prospecting	Akio Inaba (do.)