

地すべり地の地下水について

山口真一・高田雄次・小西利史

ON THE UNDERGROUND WATER IN LANDSLIDE AREA

By Shinichi YAMAGUCHI, Yuji TAKADA and Toshifumi KONISHI

Synopsis

The low apparent resistivity values according to the distribution map in landslide areas detected by the horizontal exploration using the resistivity method were considered to be a locality containing underground water in the tertiary type landslide areas. The low apparent resistivity values were measured to be under $30\ \Omega\text{-m}$ according to be data which the writers got by resistivity method.

This locality containing underground water in landslide area will contribute to the precious underground water surveys, what we call tracer method; underground water logging, when we obtain the information of the underground water in landslide areas.

1. はじめに

地すべり移動と地下水は密接な関係があり、地下水の合理的な調査法を見出すことは重要なことである。

現在地すべり地の地下水を調査する方法は、薬品を用いた地下水追跡法であるが、既設ボーリングや湧水点間の流通を確認して地下水経路を推定するのが最も一般的に用いられているようである。この方法によれば地すべり地内のボーリング孔・湧水点の数によって調査地域が限定され、地すべり全域にわたる地下水の情報を得るのは困難である。地すべり全域にわたる地下水の情報をうる手段があれば、さらに精査する場合や排水工事を行う場合の有力な指針になるであろう。

地すべり全域にわたる地下水の情報を得る手段は現在開発されつつあるが¹⁾、筆者等はこの方法とは別に、電気探査法を利用して、地すべり地の地下水について情報がえられるかどうか検討した結果、ある程度ことが解ったので報告する。

2. 測定について

電気比抵抗法では、垂直探査法を行って地下構造の推定をしているため、地すべり地で筆者らが行った測定も地下構造が解析できるように、電極間隔が1 mから測定できる電極間隔まで推定しようとする測定深度を充分解析できる電極間隔とした。第三紀層型地すべりでは、 $a=60\text{ m}$ まで行ったが、その ρ_a 値の中で、 $a=2, 5, 10, 20, 30\text{ m}$ の ρ_a 値について分布図を描く方法を取った。電極間隔の取り方はこの他にもあろうが、複雑さをさけること、 ρ_a 値は深いところが低いか高いかのおおよその判定ができるとして、調査した地すべり地については上記の5つの電極間隔で分布図を作った。

第三紀層型地すべりを対象とした理由は、地すべりはかんまんな動きであり、すべり面も長期にわたる降雨時と、融雪のときによって深さが異なっていることが特徴づけられている。この意味で基岩より上層部の土塊は攪乱を受けたためにはほぼ均一化した電気的性質を帯びていると考えられ、若し低見掛比抵抗値帯が若し地域的に分布すれば、その分布地域が地下水と関連が深いという観点から検討した。

3. 結果について

新潟県東頸城郡松代町田の倉地すべり地で1960年に電気探査法を用いた地下構造解析を行い²⁾, 同時に地すべり全域について電極間隔が, 2, 5, 10, 20, 30 m についての見掛け比抵抗値分布図を作った。(Fig. 1, 2, 3) 当時地すべり移動速度は地表面で 1 cm~5 cm 位で, 各電極間隔がさらに 20 Ω -m 以下の値を示す範囲を1つの図にまとめ (Fig. 4) て, 低見掛け比抵抗帯の様子を調べた。目立った動きはあらわれていなかった。この低見掛け比抵抗帯の地域が地すべり活動とどんな関係があるか予測できなかった。当地すべり地は第三紀型の典型的な地すべり地で, 融雪時には地中では目立った動きがある地域のために³⁾, 基岩より上部は攪乱を受けて土塊の性質も一樣になっている可能性が強いことが暗示された。したがって基岩上部の土塊が均質なものと考えれば, 見掛け比抵抗値の低い地域は地下水(含水比)が高い場所であろうと思われた。したがって, 低見掛け比抵抗値帯がすべりと何らかの形で関係していると推定したものの, 当時この低比抵抗地域のもつ意味について検証することは不可能であった。1962年に本地すべり地のうち, ごく限定された地区に地すべり移動が生じた。この地すべり移動範囲は Fig. 3 の斜線で示されているように, 電極間隔が

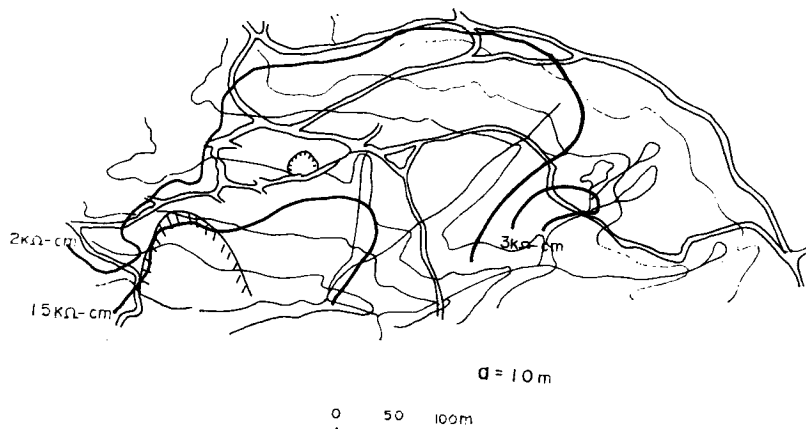


Fig. 1 The distribution map of an apparent resistivity value at $a=10$ m, Tanokura landslide area

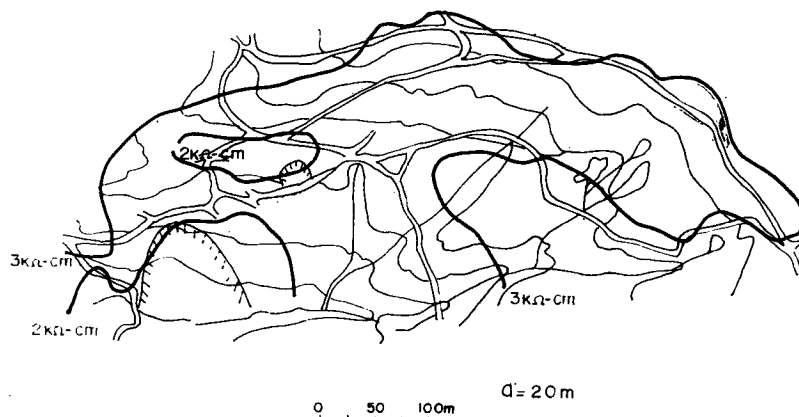


Fig. 2 The distribution map of an apparent resistivity value at $a=20$ m, Tanokura landslide area

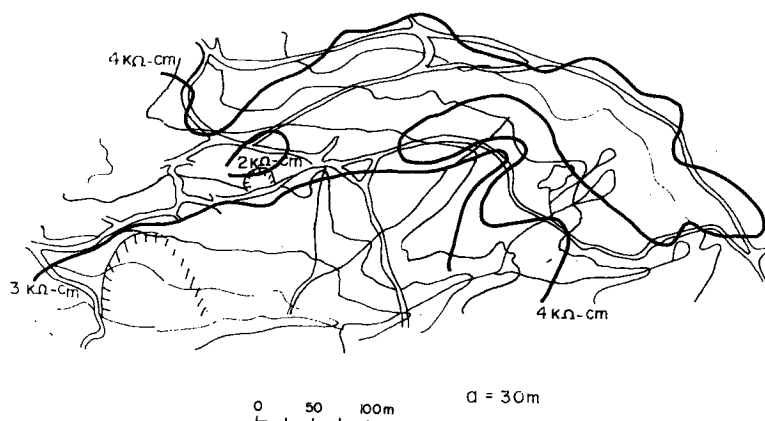


Fig. 3 The distribution map of an apparent resistivity value at $a=30\text{m}$, Tanokura landslide area

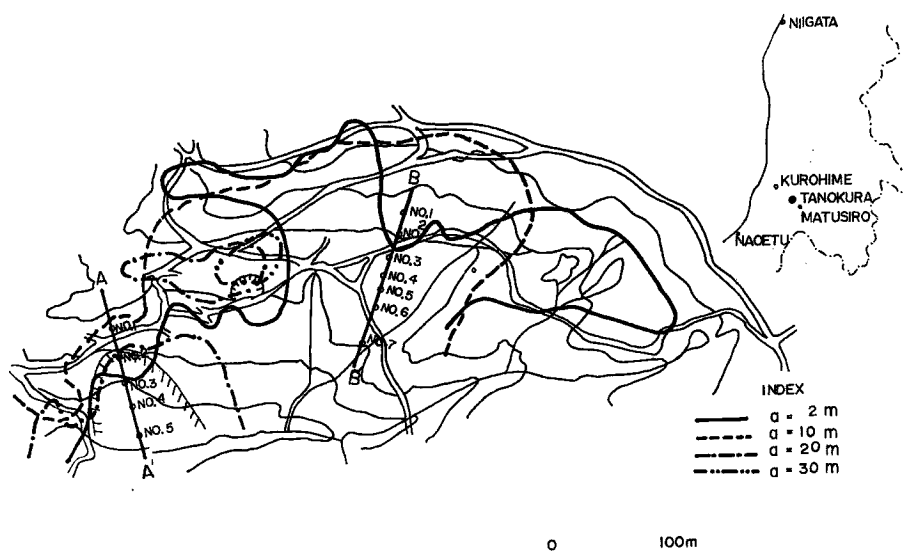


Fig. 4 The distribution map of the lowest apparent resistivity value region at each electrode span, Tanokura landslide area

10 m の測定によってえられた $15 \Omega\text{-m}$ の低見掛比抵抗帯の中に発生している事実が注目された。即ち低見掛比抵抗帯が、地すべり異動（地下水）と関係があることがほぼ明らかにされた。

筆者等は、その後、各地すべり地において、電探によってえられた見掛比抵抗分布図から田之倉地すべり地の実例を得るため、低見掛比抵抗帯の地域と地すべり移動又は地下水の関係を検討して来た。主な地すべり地での調査結果をのべてみる。

各地すべり地での結果、新潟県松之山地すべりは、その規模が 800 ha に及ぶ日本最大の地すべり地であり、調査結果地すべり機構についてはすでに報告⁴⁾されている。昭和38年10月に亀裂が発見され、次第に移動量も増加していったが39年4月に大きな移動を生じた。当地すべり地では移動の兆候が現われた昭和39年より現在まですでに約 200 カ所に及ぶボーリング調査が（地すべり発生とともに）行われており、その結果

によれば、地すべり上部と兎口温泉下部に地下水が豊富であることが認められた。電探は垂直探査法による地下構造解析も行なったが $a=2, 5, 10, 20, 30$ m について見掛け比抵抗値分布図を書いてみると、Fig. 5, 6 にその1部を示したような図が得られ、低比抵抗値帯を明確にするために、 $20 \Omega\text{-cm}$ 以下の低比抵抗値を示した部分について、各電極間隔を1つの図で表わすと Fig. 7 で明らかなように地すべり上部と、兎口温泉東の地域から松之山町中心街に至る地域の2カ所に低比抵抗帯が認められる。

Fig. 8 は石川県輪島市惣領地すべり地での電気探査の結果得られた資料に基づいて電極間隔が $5, 10, 20, 30$ m における見掛け比抵抗値が $20 \Omega\text{-m}$ 以下の範囲を示す見掛け比抵抗分布図で3つの見掛け低比抵抗値帯が明らかに存在する。本調査は昭和40年に行なわれたが、42年7月まで得られた地すべりの亀裂の発生と、家屋の被害状況は Fig. 8 に示すとおりで低見掛け比抵抗値帯Bに集中していることがうかがえる。もっともA, C両地域は民家が少ないので発見がもくれているとも考えられるが筆者等の知る限りでは、B地域に集中している。低見掛け比抵抗帯は移動(地下水)に関係していることが認められた。

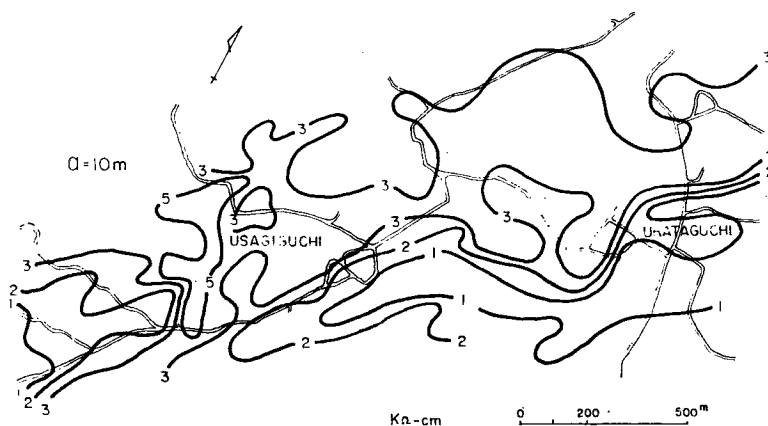


Fig. 5 The distribution map of an apparent resistivity value at $a=10$ m, Matsunoyama landslide area

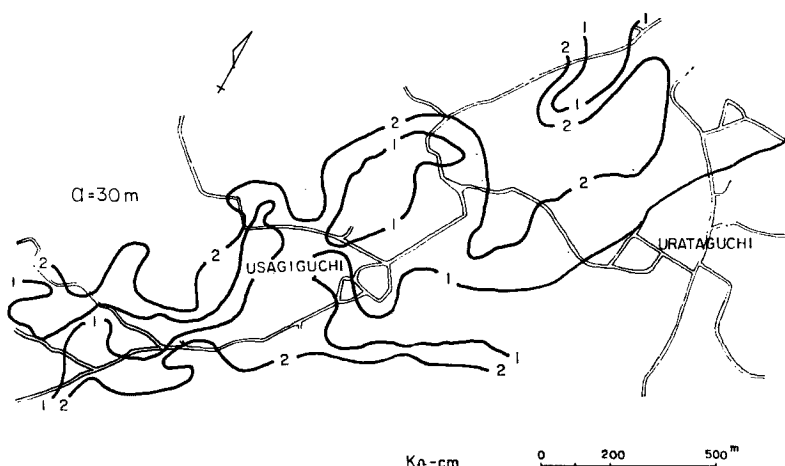


Fig. 6 The distribution map of an apparent resistivity value at $a=30$ m, Matsunoyama landslide area

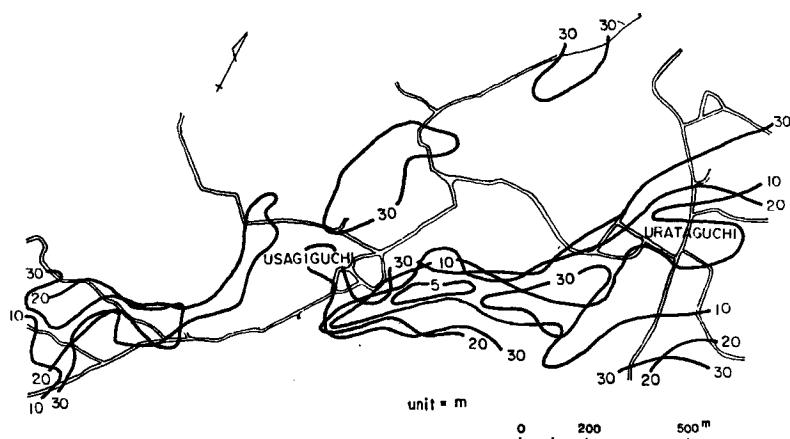


Fig. 7 The distribution map of the lowest apparent resistivity value regions at each electrode span, Matsunoyama landslide area

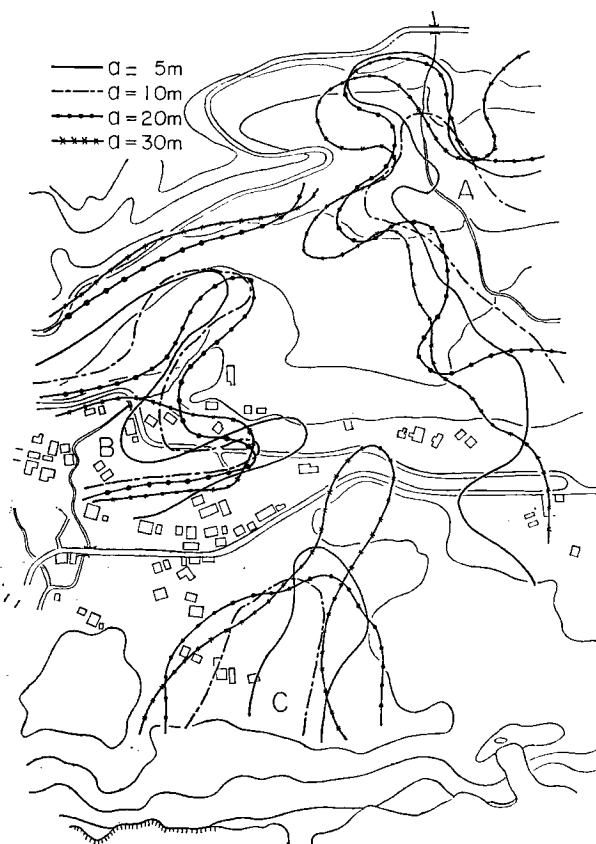


Fig. 8 The location map of cracks and the distribution map of the lowest apparent resistivity value regions at each electrode span, Soryo landslide area

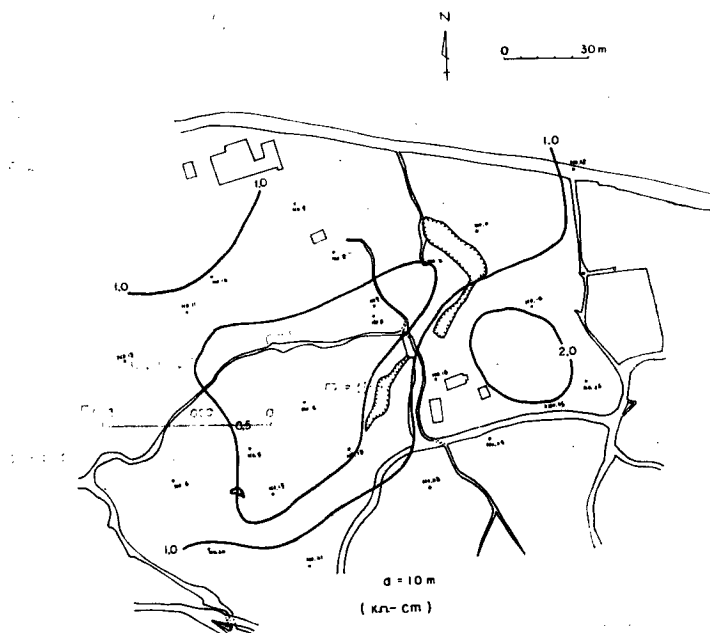


Fig. 9 The distribution map of an apparent resistivity value at $a=10\text{m}$, Mikage landslide area

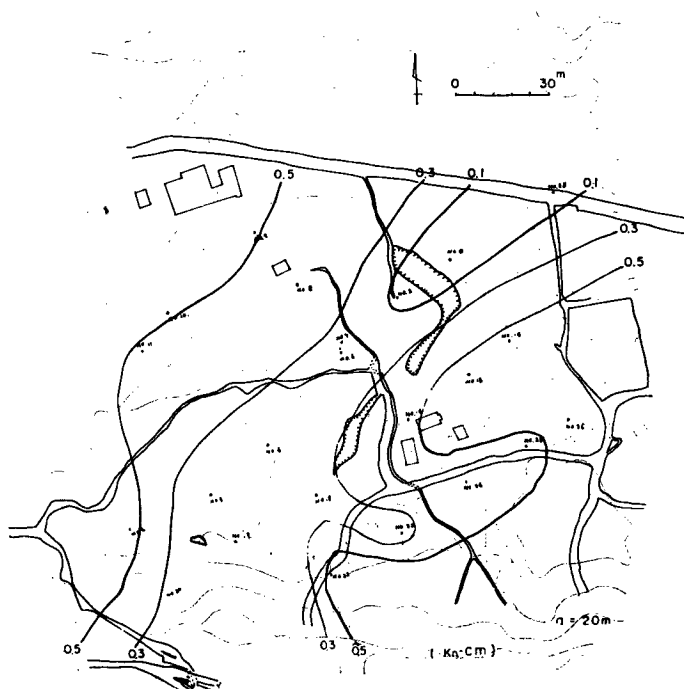


Fig. 10 The distribution map of an apparent resistivity value at $a=20\text{m}$, Mikage landslide area

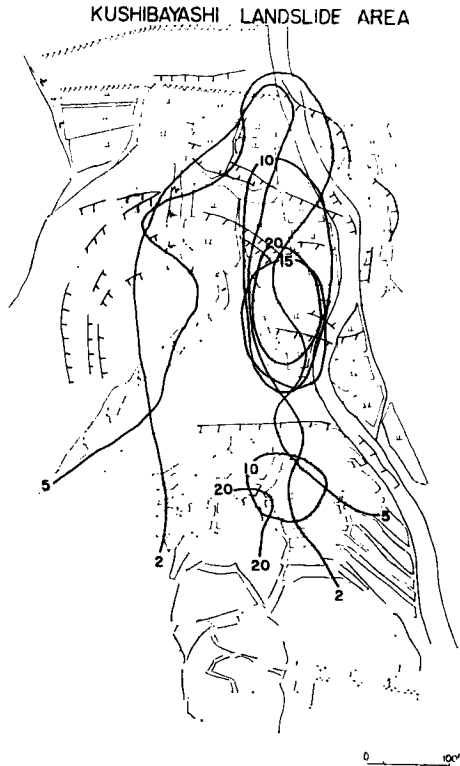


Fig. 11 The distribution map of the lowest apparent resistivity value regions at each electrode span, Kushibayashi landslide area

Fig. 9, 10 は兵庫県神影の地すべり地で測定した電探の解析結果の見掛け比抵抗値の分布図で電極間隔が 10, 20 m について示した。地すべり上部と土塊の移動方向に向って左側面に陥没帯があり、電極間隔が 10 m における見掛け比抵抗値の低い $5\ \Omega\text{-m}$ の範囲は地すべり移動域とほぼ一致している。 $a=20\text{ m}$ になると、低見掛け比抵抗値は更に低下して $1\ \Omega\text{-m}$ を示しその範囲は地すべり上端部より更に上部に拡がっている⁹⁾。関係当局によって、亀裂上部に施行した集水井には地下水が 120 l/min 排水され、その移動は生じていない。

筆者等は更に昭和42年6月に発生した串林地すべり⁶⁾においても電気探査を行なったが、2, 5, 10, 20 m の電極間隔における見掛け比抵抗分布のうちで、 $30\ \Omega\text{-m}$ 以下の値を示す地域を1つの図にまとめたものを Fig. 11 に示す。地すべり地の上部と下部に大きく2つの低見掛け比抵抗値があることが認められる。特に上部のそれは各電極間隔すべてにおいて $30\ \Omega\text{-m}$ の値を示している地域である。この低い見掛け比抵抗値を示す地域に集水井を県当局が施工したところ、直径 3 m、深さ 15 m のライナープレートの集水井に地下水があふれ、地下水の豊富であることが明示された。昭和42年7月、同43年5月、同43年10月の3回に涉ってほぼ同一測点において実施した電気探査によってえられた見掛け比抵抗値の分布図を各電極間隔ごとに作ったのが Fig. 12~14 である。この3回の時期はそれぞれ地すべり発生3週間後、集水井完成の約2ヵ月後、集水井にあふれた地下水を排除するための横穴ボーリングが完成した約1ヵ月後にあたっている。この3回に渉る測定の結果から、第1回目の測定で示された $30\ \Omega\text{-m}$ 以下の低見掛け比抵抗帯が、集水井が施工され、地下水があふれる程集水井にたまった後は低見掛け比抵抗値は $20\ \Omega\text{-m}$ 以下に低下し、そのすべての電極間隔について分布範囲が集水井を中心に拡がっている。浅い地下水も深い地下水も一様に地す

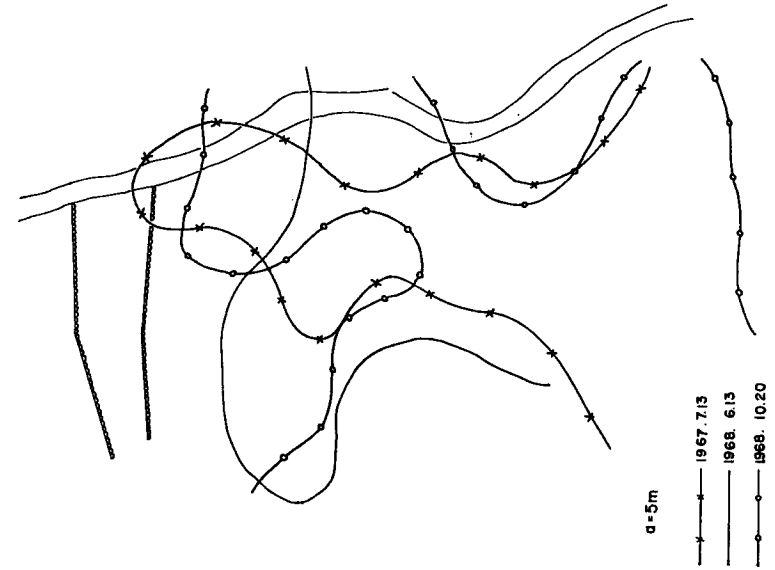


Fig. 12 The variation of the lowest apparent resistivity value during about 15 months at $a=2m$, Kushibayashi landslide area

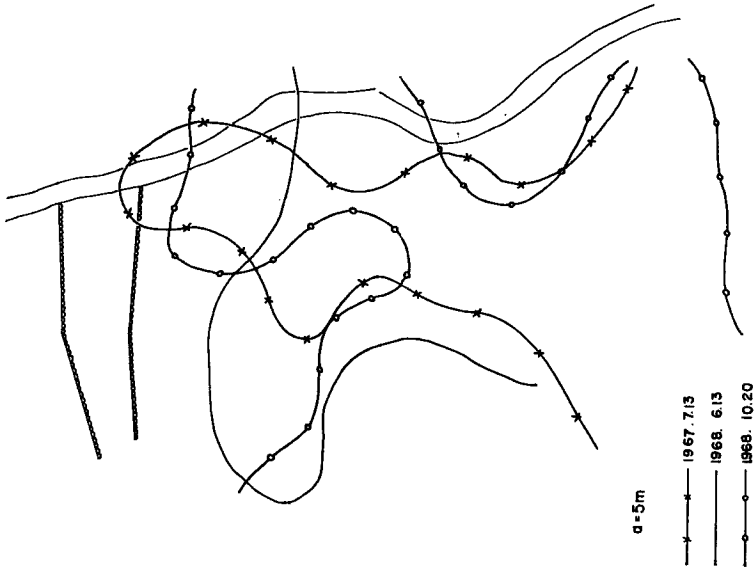


Fig. 13 The variation of the location of the lowest apparent resistivity value during about 15 months at $a=5m$, Kushibayashi landslide area

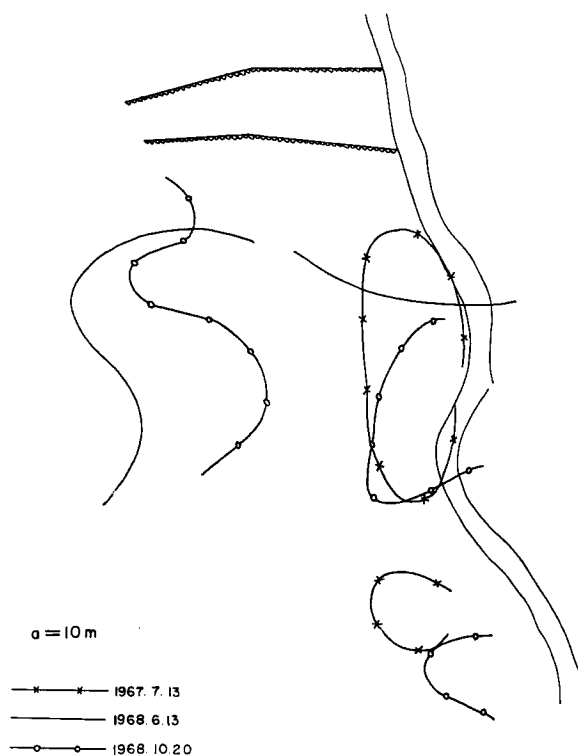


Fig. 14 The variation of the location of the lowest apparent resistivity value during about 15 months at a 10m, Kushibayashi landslide area

べり土塊の含水比を高めていることが予想された。第3回目は集水井の地下水を定常的に排除できるようにしたあとで測定したものであって電極間隔が 10 m より大きい範囲では $30 \Omega\text{-m}$ の見掛け比抵抗値を示す範囲はなくなっているが、25 m の電極間隔においてはいぜんとして広い範囲に $20 \Omega\text{-m}$ の見掛け比抵抗値が存在している。第2回目の測定と第3回目の測定の期間において地すべりの移動は極めて少いこと⁶⁾から土塊の性質があまり変化は生じていないと考えてよいならば、低見掛け比抵抗値の分布が地下水の多少によって左右されていると推論される。

4. 結 論

地すべり地における電気探査は、もっぱら地下構造の推定に用いられていたが、見掛け比抵抗分布を作ることによって、地すべり地全域にわたる移動又は地下水の状況を把握することが可能であることがわかった。

ここで取上げた地すべり地は、第三紀層型地すべりと称しているもので、第三紀の頁岩・凝灰岩・泥岩と、それらが生成された粘土からなりたっている。さらに、過去にすべりの記録があったり、又地すべり地において見掛け比抵抗値の分布図を作ってみると、低比抵抗帯を示す地域が地すべり移動と関係のある地下水の豊富な地域と、ほぼ一致していることが認められた。低見掛け比抵抗値帯と地下水の豊富な地域とほぼ一致したのは、松之山・神影・串林地すべりであり、地下水よりむしろ、移動と低見掛け比抵抗値帯と結びついたのが、田之倉・惣領である。前者は、測定以前に大きな移動が生じた地すべり地であって、後者は、測定以前には目立った動きが認められていない地すべり地であることから、移動が生じた後の地すべり地においては、測定された低見掛け比抵抗値帯の地域は、地下水の豊富な地域を示していることが認められる。

地すべり地の地下水探査を、電気探査法で解決することは、もとより不可能なことである。しかし、地下

水の集りやすい場所の平面的分布を予め知ることができるので、地下水検層・トレーサー法によって更に詳しい調査を実施する場合の、適切な指針を与えうるものと考えられる。今回取上げた地すべり地は、小出の分類に従えば第三紀層型の地すべりで、その他の地すべり型については今後の課題であり、見掛比抵抗値と地下構造や地層係数との関係について、究明していくつもりである。

本文を書くに当り、新潟県・石川県・兵庫県砂防課および滋賀県耕地課の関係各位に大変御世話になったことを記して感謝の意を表わします。本研究の一部は文部省科学研究費によって行なわれたものであることを附記する。

参 考 文 献

- 1) 山口真一・他：御殿山地すべりの移動機構 京大防災研究所年報，第9号，昭41.3，pp.339—358
- 2) Yuji TAKADA,; ON THE ELECTRICAL SURVEY AT TANOKURA LAND—SLIDE REGION, Geophysical Papers Dedicated TO PROF. KENZOSASSA, 1963, pp. 539—547
- 3) 新潟県：地すべり調査報告書（田之倉地すべり地）昭和36年
- 4) 新潟県：地すべり調査報告書（松之山地すべり）昭和39年3月
- 5) 山口真一・他：御影地すべりの特性 京大防災研究所年報，第9号，昭41.3，pp.359—374
- 6) 滋賀県：雄琴地区地すべり調査報告書，昭43.3.