

# 新潟県栗沢地すべり地調査報告

佐々恭二・武居有恒・谷口義信

Report of Investigation into Kurisawa Landslide in Niigata Prefecture

Kyoji SASSA, Aritsune TAKEI, Yoshinobu TANIGUCHI

## 目次

要 旨	124	4. 調査方法及び解析方法	127
1. ま え が き	124	5. 解析結果	128
2. 昭和47, 48年度栗沢地すべり地調査 の目的	125	6. 解析結果の応用及び今後の調査計画	130
3. 栗沢地すべり地の概略及び調査地域	125	引用文献	132
		Résumé	132

## 要 旨

新潟県の協力により、三紀層地すべりの発生、移動機構、防止工法の研究及びそれらの研究に必要な調査方法の改良、開発を新潟県新井市の近くの栗沢地すべり地を試験地として選び長期的に行うことになり、昭和47, 48年度はすべての調査の基礎となる概査を行うと共に、三紀層地すべりに適した概査の方法を考えることにした。昭和47年度には地すべり縦断、横断方向測線に対する浅層の弾性波探査を小地域に対して行い、また同時に大型動的コーン貫入試験、移動抗の設置等を行った。その結果を参考に昭和48年度に地すべりの横断方向に三測線 1.2km の浅層弾性波探査を行い、その結果を地形図に地質図的に表示した。ここでは栗沢地すべりの概略と昭和48年度に行った概査の結果を述べ、ついで、その結果の地すべり防止工事、地すべり精査への利用法、及び今後の調査計画について述べる。

## 1. ま え が き

筆者等は昭和41年より6年間、斜面安定の問題を室内実験を中心に研究して来た。そして砂質斜面における斜面崩壊機構について新たな崩壊機構を提案するに至った。<sup>1)~6)</sup><sub>3,5)</sub>

その結果に基づいて昭和47年より、その斜面崩壊機構の現地への応用・実証と室内実験が困難であった粘土質斜面の地すべりの現地での研究を目的として、現地調査を中心に研究を進めることにした。そして前者の目的を満す一つの対象として、建設省及び徳島県の協力を得て破碎帯地すべりの一典型である善徳地すべり地の調査を行って来た。<sup>7)~11)</sup> 後者の目的を満すものとして、新潟県の協力を得て三紀層地すべりの一典型である栗沢地すべり地の調査を行って来た。<sup>12,13)</sup>

これまで地すべり研究は、ほとんどが三紀層地すべりについて行われて来ており、それだけに

短期的な調査、研究によって得られるものは、ほぼ出つくしていると言える。したがって筆者らは長期的な研究によって、三紀層地すべりの発生・発達・停止のメカニズムの解明や有効な地すべり調査法、防止工法の開発に取り組み、地すべり研究の新たな進展を期したいと考えている。今回発表するのはこれらすべての研究の基礎となる地すべり概査に関する研究結果である。

## 2. 昭和47, 48年度栗沢地すべり調査の目的

地すべり調査は大きく分けて地質・土質・水質・地下構造など地すべり地の現状把握を目的とするものと、地すべり移動量、水位変化、降雨量などの経時変化を観測するものに分けられる。そして前者はさらに地すべり地全体を調査対象とし、地すべりの地下構造、地下水脈、問題地点の大体の把握を目的とする概査と、地すべり地の中の数ポイントに対して精密な調査を行うボーリング、原位置セン断試験、貫入試験他の精査に分けらる。すべての調査に先立って行うのが概査であり、この結果に基づいて精査を行う地点や地すべり移動量の測線の位置の選定、そしてまた地すべり防止工事の中で重要な役割を果たしている排水ボーリング、集水井の位置の選定も行われる。したがってこの概査の良否が地すべり調査全体の精度を左右すると言える。昭47, 48年度の調査においては、概査が全ての調査に先立つものであることとその重要性にかんがみ、有効な概査の方法または仕方を考えることを目的として地すべり地概査を中心に一部貫入試験や地すべり移動量測定のための移動抗の設置を行った。

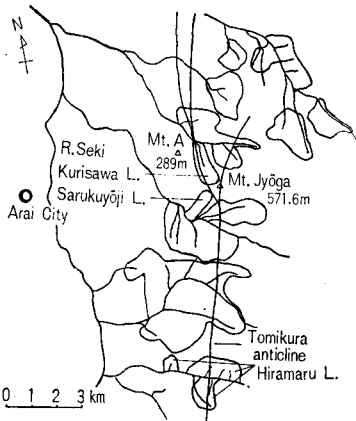
概査の方法としては、地形・地物・表層地質などの現状を調査し、地すべり運動の概況を把握するための踏査と、地下構造を調査する弾性波探査、電気探査、自然放射能探査等がある。地下構造を調査するこれらの方法にはそれぞれ長所短所があるが、弾性波探査は労力はかかるが、その信頼性も最っとも高く、また多くの情報を得られるものとされている。そして善徳地すべり地調査において、これを用い、また解析方法、整理方法に若干の工夫をすることにより、かなりの好結果を得ることができた。<sup>7,13)</sup>しかし弾性波探査は明確な地層の境界面や岩盤などが存在する時には威力を発揮するが、三紀層地すべり地帯のようにほぼ同質の土層が厚く存在している地域では好結果が得にくいと考えられる。

今回の調査の目的の一つは、弾性波探査の三紀層地すべり調査に適した使用法を考ることであり、一つにはその調査により、今後の精査の方針を立てることであり、そして今一つは弾性波探査の結果にしたがって、地下水流の位置を推定し、その場所に集水井、排水ボーリングを行い、地すべり防止に役立ると共に、弾性波探査の調査結果の是非の判定を行うことである。

## 3. 栗沢地すべり地の概略及び調査地域

我々が調査を行っている栗沢地すべり地は新潟県新井市より東へ7kmほど行った所にあり、山の裏側には建設省土木研究所が試験地を設けて調査を行っている猿供養寺地すべり地がある。また昭49年4月6日～11日までの間に6ヶ所の地すべりが発生し、58戸246名が避難した新井市大字平丸地区は、この8km南に位置している。この地域はほぼ南北に魚沼層群、西山層、寺泊層と呼ばれる第三紀の堆積層が存在し、前述の猿供養寺、平丸、及び栗沢は寺泊層に位置している。又長野県より伸びて来ている富倉背斜軸 (Fig. 1に書き込んだもの) がこれら地すべり地帯を縦貫している。

栗沢地すべり地は丈ヶ山に発する三つの地すべり、筒方、猿供養寺、栗沢の中の一つである。これら三地すべり地には各々数本の地すべりの流れがあり、それらが互に分流したり、合流した



◁ : Designated landslide area  
 Fig. 1 Location of kurisawa landslide

りしている。その長さは長いもので約 2km, 短いもので約 1km, 幅は数十m~数百m である。ある地すべりの流れ (Fig. 2 の No. 1) はその上部では川のような形状をしており, 幅は狭く動きは大きい。そして平坦部にでると幅がずっと広くなり境界が分りにくくなり, その下方の急斜面へ来ると再び幅が狭くなって, 一つは筒方地すべりへ, 一つは栗沢地すべりへ流れている。この地すべりの流れは, 栗沢地すべりの中でもっとも発達した流動性の高い地すべりであるが, 他の流れはこれほど流動的ではなく, その流れの位置や上端の位置は不明確である。

栗沢地すべり地の調査及び防止工事は, 先述の筒方, 栗沢へ分流している地すべりの流れは農地部が行っており, 他の部分は砂防課が行っている。砂防課は昭和30年以來合計 1億5000 万円をかけて集水井, 排水ボーリング, 表面排水路, 暗キョ排水路及びクイ打工等の防止工事と調査ボーリングを行ってきたが, これら大地すべり地の他の例と同じく, 地すべりの動きを止めるにはいたっていない。

Fig. 2 は栗沢地すべり地の地形図である。踏査の結果より, No. 1~No. 5 の5つの地すべりの流れに分けられるが, すべて図の中央付近で向きを変えて右から左へ流れる大きな地すべりの流れになっているようである。このように地すべりの方向が北々西から北北東へ変っている原因は, 丈ヶ山から下ってきた地すべりが Fig. 1 の山 A の山体 (Fig. 2 の Hakusan shrine (Ono) はその一部) にぶつかって, 山 A 沿いに別所川へ流下しているか, またはこの辺りに通

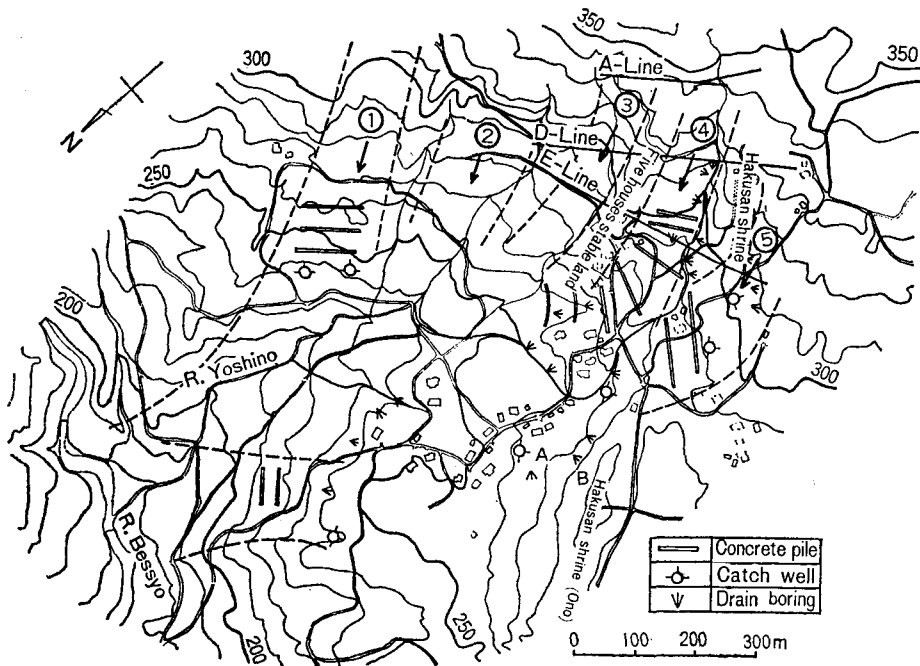


Fig. 2 Kurisawa landslide

っていると思われる富倉背斜 (Fig 1) にぶつかって、背斜軸沿いに流下したためではないかと考えている。

今回調査地域として選んだのは No. 4 を中心に No. 3~No. 5 の地すべりの流れであり、この中に A, B, C, D, E の 5 測線 (B, C 測線は A 測線の上方の地形図外の場所に設置した) を設けた。この位置に測線を設けた理由は、①弾性波探査を行うのに人家の多い所は、雑振動が大きく適していないこと。②人家のある平坦部では地すべりの位置がわかりにくくなっており、調査法を考えるには不適當であること。これに対し No. 4 の地すべりは白山神社と五軒の不動地と呼ばれる明確な不動地にはさまれており、調査法を考えるのに適していると考えたこと。③これまでの防止工事は比較的人家に近い所で行われてきたが、防止工事の効果の上でも地すべりの構造を考える上でも地すべりのより上部の方が適していると考えられること。の三点による。

昭和47年度の調査地域は A 測線上方の地形図外の部分及び A 測線の右半分とその右方延長であるが、地形図がなくて説明が困難なことから、昭和48年度調査の為の予備調査であったことから、4 節以下では主として昭和48年度の調査結果について述べる。

#### 4. 調査方法及び解析方法

調査方法は 6 点式の弾性波測定器 2 台を用い、一点重複させて 11 点を一展開として行った。受振器の設置は、波の減衰と波形のくずれを少なくするために、水田などには約 1m の木グイを畑には約 30cm の木グイを打ち込み、その根元に固定した。起振は発破によらず、動的コーン貫入試験機を用い、直径の大きいハンマリングヘッドを地表へつけ、30kg の重錘を約 1.5m の高さから落下させて行った。この場合ショットマークは 30kg の重錘とハンマリングヘッドが接触した時に電流が流れるようにして記録した。善徳地すべり地ではダイナマイトを起振に用いたのに対し、栗沢において重錘を起振に用いた理由は、①三紀層地すべり地では、ほぼ同質の土層が厚く堆積してダイナマイトを用いても基岩が求まることは少ないと考えられ、また表層探査を主体にするならば、安全性を考慮して、ダイナマイトの使用を避けた方がよい。事実善徳地すべり地ではダイナマイトを使用し起振点から 50~100m 離れると三層目の基岩の影響が走時曲線に現れたが、栗沢では出ていない。そして表層の風化層の深度を求めるだけなら重錘で十分であること。②三紀層地すべりのすべり面の深さは、破碎帯地すべりに比して浅く 10m 前後が多いが、その付近の地層の強度、断層の有無は、重錘を用いた浅層の弾性波探査によって知ることができること。の 2 点による。

解析は萩原の方法及びその応用によって行った。筆者が実際に用いた計算式は次の 4 式である。

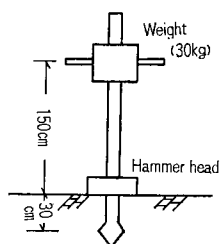


Fig. 3 Shot machine

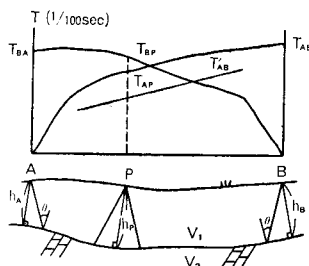


Fig. 4 Hagiwara's method



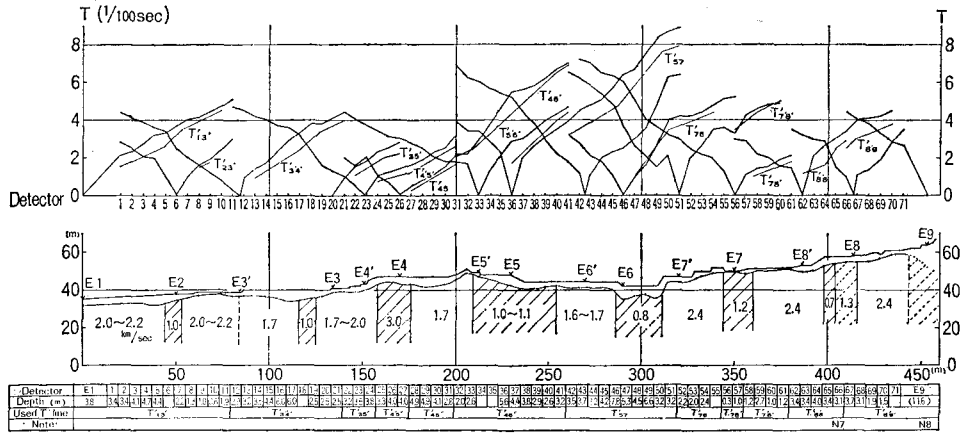


Fig. 6 E-line travel-time Curve and estimated geological section

である。

第二層目の深度の算定にあたっては、二層目の表面形状を求めることに重点を置き、 $T'$  曲線のつなぎ目で深度が異なる場合には深度が連続するように、そのいずれか、または両方を補正した。また二つ以上異なる  $T'$  曲線がある場合には左右と連続するものを取った。このことは逆に地層深度を軽視することになるが、境界面が明確でない場合は本来どこから第二層か決定できないわけなので第二層の表面形状を重視する方が有意義であると考えた。このことから Fig. 5, 6 の下の表には受振点 No と計算深度の他に計算に使用した  $T'$  曲線を表示した。また表の下の NOTE の N1~8 の所について次に補足的説明を行う。

N1, N5, N7 は左側に明確な断層を持ち、その右側に少し速い速度層 (1.2~1.3km / sec) がある。この 1.2~1.3km / sec の所は断層の一部のようにも、異なるようにも見えるが、他の測線に現れた当該断層の幅及び地形より N5, N7 は断層である可能性が強いとして斜目破線を入れ、N1 は可能性が少いとして境界線のみを破線にした。

N1 の所では受振点19—20間をつないで 1.2km / sec の速度を出しているが  $V_2=2.4$ km / sec の部分と断層との折点は受振点19—20の間にあることも、受振点18—19の間にあることも考えられ、前者では 1.2km / sec より少く、後者では大きくなる。しかし起振点  $D_1, D_2, D_4$  よりのびる走時曲線の形は低速度の断層の形をしているので、この部分の速度は 1.2km / sec より小さいものと思われる。

N3 の所で広い範囲にわたって 1.2km / sec の比較的遅い速度層があるが、これは断層にしては若干速度が速いことと、恐らくガケの下なので堆積層が厚いためではないかと考えて断層にはしなかった。しかし N3, N4 の部分を通り、白山神社の下方を通る Fig. 7 において左上—右下の方向の断層線も考えられないこともない。筆者は地すべりに対して重要な意味を持つのは地すべりの移動方向に対し平行な構造線であると考えて地すべり横断方向に測線を設置しているので、横断方向の構造線の推定に対しては不完全さを免れない。

N4 の所は走時曲線が書けなかったので断層があるとは断定できないが、D8 の所で起振した波がこのあたりで激しく減すいして記録が読めなかったこと、(一般に断層では波の減すいが激しい。)及び A, E 測線の解析結果と地形より Fig. 7 のごとくこの部分を断層が通っているものと判断した。

N6 の所は  $T'$  曲線が求まらなかったので一応左右の速度値の間であるとして (1.2~1.5) と

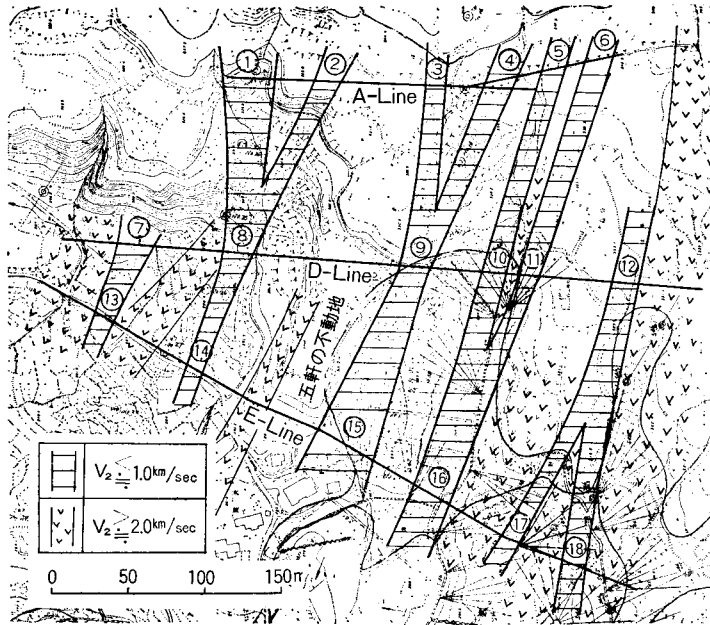


Fig. 7 Result of seismic exploration

表示した。また境界の位置も不明なので破線で示した。

N8の所は起振点 E8~E9 の間で  $V_2$  速度が不変として E9 の深度を用いて計算すると 11.6m とかなり大きくなる。しかし受振点 71~E9 間に断層があり、そこで  $V_2$  速度が小さくなるとすると、E9 の深度は浅くなり、通常値になる。したがって N8 には両方の可能性を点線で示した。

A 測線についても同様な解析を行い、これら地質推定断面図から断層 (1.0km/sec 前後かそれ以下) と不動の基岩と考えられる硬い層 (2.0km/sec 前後かそれ以上) を地形図にプロットし、地形踏査に基づく推定よりこれらを結んで表示したものが Fig. 7 である。

Fig. 7 の A 測線上に記した 5, 6 の断層の所は、断層 5, 6 間のデータが悪かった (通常同一展開、同一起振のデータを三回取っているが、この付近は地層のかく乱が大きい為か七回のデータすべてが良くなかった。) ために断層 5, 6 が一続きの断層か、二つの断層か断定できなかったが、D 測線の断層 10, 11 の間には明確に 2.0km/sec の硬い層がわり込んで断層を二分していること、及び新潟地震の際に断層 5, 6—10, 11—16 線に沿ってクラックが入ったとのことであり、断層 5, 6 は断層 10, 11 の延長であると考えられること、の二点の理由から一応断層 5, 6 を二つに分けた。

断層 12 は地下深くもぐったのか、消滅したのか A 測線及び昭和 47 年に行った A 測線右方延長上にも出なかったが、D, E 測線の右端の硬い層は昭和 47 年のデータとつながった。

## 6. 解析結果の応用及び今後の調査計画

通常の弾性波探査は安定解析に用いる地すべり縦断形を求めるために、地すべり縦断方向の測線を設置し、横断方向測線は設置しても、本数は少なく縦測線のチェックにだけ用いられている。筆者は 1) 地すべり方向の構造線こそ、地すべりの発生、移動機構にとって重要であり、地す

べり方向の構造線の位置は横断方向測線によってしか把握できないこと。2) 地すべりの位置の把握はもとより、その幅の把握も地すべり側面が地すべりの発生に重要な意味を持っていることから、ぜひ必要であり、地すべりの位置、幅（地下構造から見た移動可能な部分）の把握にはやはり横断測線が適している。3) 一般に横断測線は縦断測線に比して調査が容易であり、解析もきれいに出る場合が多い。の三点より横断方向測線を用いた。

Fig. 7 は地すべり横断測線を用い、起振に重りを用いた浅層弾性波探査の結果を地質図的に整理したものである。

この結果をみるともっとも動きの激しい No. 4 (Fig. 2) の地すべりはその両側に幅の広い断層を持ち、この断層が地すべりの動きにきわめて大きな役割を果していると思われる。これまでこの地すべりに対しては昭和39年～42年にかけて E 測線の上に二列、下に三列（一列は 70～100m で 2～3m 毎に直径 30cm、長さ 20m のコンクリート杭が打ち込まれている。）のクイ打ちが行われて来たが、このような断層の所ではクイ打ちは効果的でないものと思われる。したがって昭和49年度に予定されていた二列のクイ打ち工を変更して D、E 測線上の断層部分に集水井を設けて排水ボーリングをすることになった。一口に断層といっても水のないガラガラのものもあり、また水はあっても粘土の多い断層では粘土の透水性が低いため、効果的な排水はできない。このためあらかじめ調査ボーリングを行い、その断層の性質を調べる必要があるだろう。

一方 No. 5 (Fig. 2) の地すべりに対しては排水ボーリングが数多くなされて来たが、明確な基岩が地下数 m の所に存在すると思われるので、クイ打工法が効果的だろうと考えられる。

弾性波探査の概査に基づいてボーリング、集水井、クイ打ち等の防止工事を行うことは概査の結果のチェックになり、概査の方法あるいは解析方法の改良に役立つが、逆に防止工事ことに排水ボーリング等で効果のあった所を調べるのも調査法の研究にとって有効である。昭和48年度に行った Fig. 2 A の集水井は他に例がないほど水が出て、集水井の排水能力をこえて、上部より水があふれでている。この水は地すべり No. 4 の左端を通る断層 9—15 (Fig. 7) の方向と、新潟地震の際に入ったクラックが地すべり No. 4 の右端を通る断層 10—16—Fig. 2 の B のガけの線に入ったことから、ほぼ断層 9—15 を流れる水ではないかと思われるが、断層 14 あるいはいくつかの断層が合流していることも考えられる。したがって昭和49年度の調査としては人家が多く、若干調査は困難と思われるが、昭和48年度に求めた構造線の延長を求めて A の集水井との関連を調べ、かつ水の多い断層の弾性波的特質を調べたい。

筆者は地すべり、斜面崩壊における側面のせん断抵抗力（従来ほぼ完全に無視されて来た）がかなり大きく、場合によっては地すべり、崩壊の発生に決定的に重要な働きをするだろうことに気づき、防止工法においても側面のせん断抵抗力を増加させるような工法を考えている。すなわち湊元らの行った締めつけ工法を斜面に対し垂直方向に行って土層の垂直応力を増加させこの締めつけグイを地すべり中央部に縦断方向に並べて、地すべり中央に安定な壁を形成し、側面抵抗を倍加させると共に地すべりの幅を半減させ地すべりの動きを防止するという工法を考えている。その為の基礎資料として側面のせん断抵抗力を原位置せん断試験によって測定したいと考えている。しかし現在ある原位置ベーン試験機は比較的浅い部分の軟質土しか試験できないという欠点を持っており、また原位置ジャッキ試験はトンネルを掘ることを必要とし、土を人工的にカットし、人工的に載荷すると言うサンプル試験と同じ欠点、すなわち自然斜面内における応力・変形・間げき水に関する境界条件が十分わかっていないにもかかわらず、人為的にこれら諸条件を与えたとする欠点を持ち込んでいる。

筆者はボーリング穴を用いて鉛直方向のどの深さにおいても、どんな土質でも自然状態に近い条件でせん断試験を行う方法を考えており、昭和49年度に松ノ山地すべり地において予備試験を



行い、好結果が得られれば、本格的な新しい原位置セン断試験機を製作する予定である。そしてこれを用いて今回の概査によって断層、硬い層、中間的な層と地域分けをした栗沢地すべり地の各地域より適当な場所を選んで原位置セン断試験を行い、側面のセン断抵抗力を実測したいと考えている。

最後に調査に協力していただいた湊元氏はじめ新潟県砂防課の皆様及び新井砂防工事事務所の皆様に感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 佐々恭二：地すべりの実験的研究，京大農学部卒業論文，(1967年)
- 2) 佐々恭二：斜面安定のレオロジー的解析，京大。農学部修士論文，(1969年)
- 3) 佐々恭二：斜面安定解析—主として標準砂使用室内実験に基づいて—，京大。農学部博士論文，(1972年)
- 4) 佐々恭二：斜面安定解析—I—主として標準砂使用室内実験に基づいて—，新砂防，85，
- 5) 佐々恭二：斜面安定解析—II—主として標準砂使用室内実験に基づいて—，新砂防，90，8—19
- 6) 佐々恭二：斜面崩壊のすべり面の位置について，日林講，84，375—377 (1973年)
- 7) 武居有恒，佐々恭二，日浦啓全：善徳地すべり地における弾性波探査の調査報告，徳島県，(1973年)
- 8) 武居有恒，佐々恭二，田淵 博：善徳地すべり地におけるセン断変位計調査の報告，徳島県，(1973年)
- 9) 武居有恒，佐々恭二，佐藤伸治：善徳地すべり地における土質試験の試験報告，徳島県，(1973年)
- 10) 武居有恒，寺島治男，新村義昭：善徳地すべり調査報告(粘土鉱物分析)，徳島県，(1973年)
- 11) 武居有恒，佐々恭二，谷口義信：善徳地すべり調査報告—II—，徳島県，(1974)
- 12) 武居有恒，佐々恭二：新潟県栗沢地すべり地調査報告，新潟県，(1973年)
- 13) 武居有恒，佐々恭二，谷口義信：新潟県栗沢地すべり地調査報告—II—，新潟県，(1974年)
- 14) 井上宇胤：地震探鉱法，65—67，(1949)
- 15) 物理探鉱技術協会：物理探鉱，11，4，19—20，(1958)
- 16) 西田彰一，湊元光春：新潟県における第三紀層地すべりの特徴と対策，土と基礎，21，7，5—11，(1973)

## Résumé

The authors started a long-rangs plan with the object of research into the mechanism of tertiary landslides, its prevention and methods of investigation, in cooperation with Niigata Prefecture. Kurisawa landslide, located near Arai city in Niigata Prefecture, was selected as the experimental one. Rsesarch of the first two years (1972—1973) of the plan aimed at a general investigation, forming the foundation of every investigation, its effective method for tertiary landslides.

Shallow seismic exploration on a parallel line and two perpendicular lines to the sliding direction of landslide were performed together with a big dynamic corn penetrating test and setting up stakes to show the movement of landslide in 1972. After considering the results of the investigation of 1972, shallow seismic exploration of 1.2km on three lines perpendicular to the sliding direction was done, and the result was depicted like a geological map.

The authors show the outline of the Kurisawa landslide and the results of the general investigation of 1973, next mention how to use it for preventive works and precise investigation, and future plans for research.