

<2005年度法政大学地理学会学術大会・記念講演>地震によって起きる土砂災害の特徴

井口, 隆 / INOKUCHI, Takashi

(出版者 / Publisher)

法政大学地理学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

JOURNAL of THE GEOGRAPHICAL SOCIETY OF HOSEI UNIVERSITY / 法政地理

(巻 / Volume)

38

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

12

(発行年 / Year)

2006-03-22

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00025928>

地震によって起きる土砂災害の特徴

井口 隆

キーワード：地震、土砂災害、発生予測、地すべり地形分布図

Key words : earthquake, landslide disaster, site prediction, landslide map

I はじめに

2004年10月23日に新潟県の中越地方を襲ったM7.2の地震によって旧山古志村(現長岡市古志)から小千谷市、川口町、旧栃尾市など魚沼丘陵・東山丘陵などにおいて多数の斜面変動が生じた。それらの斜面変動によって、住宅地盤の変動、河川の堰き止め、道路・電気・電話などライフラインの寸断、田畑や養鯉池の破損など各種の甚大な被害をもたらした。そのため旧山古志村では全村が長期間にわたり避難生活を余儀なくされた。また川口町小高地区など集団移転を決断した集落も多数生まれた。このように山間地における深刻な災害をもたらしたのは主として数千ヶ所にもおよぶ斜面変動であった。中越地震では斜面変動が多数発生したことに加え、深いすべり面をもった変動量の大きな地すべりが多数発生したことが災害復旧を困難にした。

地震国である我国では中越地震以前にも繰り返して地震災害を受けてきた。地震災害は起きる場所の自然条件や社会条件に応じて被害の様相を異にするが、山地が占める面積の多い我国では土砂災害を伴う地震がしばしば発生し多大の被害をもたらしてきた。本稿ではこれまで我国で起きてきた地震による土砂災害の発生状況について述べるとともに、中越地震による土砂災害の状況について述べ、さらに今後留意すべき斜面変動のタイプや発生場所の予測につながる変動事例を検証し、地震による土砂災害の軽減のためにはどうすればいいのかということについて考えて見たい。

II 地震による土砂災害について

1. 土砂災害の種類と要因

土砂災害は山や丘陵など傾斜地にある地盤が何らかの要因によって不安定化し重力によって斜面下方に変動することによって生じる災害である。土砂災害は台風や梅雨前線など豪雨によって起きる事例が多く、そのため一般的には「風水害」の一部に含めて論じられたり扱われたりすることが多い。しかし現実には豪雨以外にも地震をはじめ火山噴火や融雪、人為的改変など種々の要因によって発生している。発生誘因が多岐にわたることもあって土砂災害の発生予測は難しく、実用的なハザードマップの作成はあまり進んでいない。土砂災害を引き起こす誘因の中でも予知予測が困難な地震に起因して起きるタイプの土砂災害は予兆なしに突然発生することから前もって避難することが難しく、危険度の高い斜面を予測する手法の開発が求められている。

日本では土砂災害は大きく「地すべり」、「斜面崩壊」(崖崩れなど)、「土石流」の3つに分けて論じられ、それぞれに対策が講じられることが多い。最近ではそれに「岩盤崩落」が加えられる場合もある。これまで地震によって生じる斜面変動としては「斜面崩壊」が多く発生し、それが土石流化することによる災害も生じてきたが、「地すべり」はあまり発生しないとされてきた。

2. 地震による土砂災害の種類と特徴

防災科学技術研究所に入所以来、私自身はこれまでに地震による災害調査を6回行ってきた。そのほとんどが土砂災害を伴うもので、特に1984



写真1 1984年の長野県西部地震による御嶽山の大規模斜面崩壊

年の長野県西部地震では第四紀の成層火山の直下で発生した地震によって生じた大規模な斜面崩壊と岩屑なだれの調査を行なった。また1993年の釧路沖地震や1994年の北海道東方沖地震では段丘を刻む谷筋を埋めて造成した宅地地盤が崩れる災害などを検証してきた。しかし、地震災害は稀にしか起きないので必ずしもその全体像を見ていないという感を抱いていた。自然災害発生のタイムスパンと比べると人間ライフサイクルは桁違いに短い。災害の実態の1側面しか見ているにすぎない。地震に起因する土砂災害については少なくとも数100年単位で見ないとその実像はよく分からないと思われる。そこで、歴史記録がある程度残されている1500年代後半以降約400年間に生じた地震による土砂災害の記録を調べてみた。そして土砂災害を伴う地震の一覧表を作成し(第1表)、どういった地域にどのような土砂災害が生じてきたのか概観してみた。表に示したように最近400年間に顕著な土砂災害を伴う地震は30回以上発生している。その中には安政東海地震、関東地震、十勝沖地震などプレート境界型地震による土砂災害も数多く見受けられる。しかし被害程度

などから見ると、4万ヶ所以上で斜面変動があったとされる善光寺地震や天正飛騨地震による土砂災害など内陸地震に土砂災害の方が発生数も多く、それぞれの地震においても甚大な被害を生じている。これは内陸地震では直下に震源があるため強い地震動が加わったと考えられることや、内陸地震は発生間隔が開いて起きることから長い年月の間に物理的・化学的風化による斜面の不安定化がかなり進むために多数の斜面に変動が生じやすくなるなどによると考えられる。こういった土砂災害による大きな被害を伴う内陸地震にはほかにも、1611年の会津地震、1914年の秋田仙北地震、1984年の長野県西部地震や2004年の中越地震など数多くあげられる。

地震による斜面変動は豪雨に起因するもの比べると大規模な変動がしばしば起きるという特徴が見られる。1984年の長野県西部地震では御嶽山において3,250万 m^3 の崩壊が起きている(写真1)。歴史地震においても天正飛騨地震による帰雲山の崩壊、別府湾地震による水口山の岩屑なだれ、さらに飛越地震による立山鳶崩れなど大規模な斜面崩壊が発生している。大規模な変動が起き得るの

第1表 土砂災害を伴った主な地震(1586年以降)

地震名	発生年月日	M	斜面変動の特徴・代表的土砂災害および死者数
天正飛騨地震	1586.1.18	7.9	帰雲山岩なだれ→城下埋没。その他山崩れ多発
別府湾地震	1596.5.8	7.0	水口山北斜面崩壊→津江岩屑なだれ、1村埋没
会津地震	1611.9.27	6.9	山崩れ・地すべり多数発生。会津川下流4万石崩れ
近江地震	1662.6.16	7.6	山崩れ多発。朽木谷の崩壊2村 260人を埋める
日光北部地震	1683.10.20	6.8	五十里村山崩れで三依川に堰止め湖、40年後に決壊・氾濫
羽後北部地震	1704.5.27	6.9	山崩れ多発、死者58名。津軽十二湖地すべり発生
宝永地震	1707.10.28	8.4	安倍川上流で大谷崩れが起きる約1億2千万m ³
越後高田地震	1751.5.21	6.6	名立崩れ(死者428名)ほか海岸沿いに崩壊多数
善光寺地震	1847.5.8	7.4	地すべり・崩れ4万ヶ所以上。犀川を堰止め、決壊・氾濫
安政東海地震	1854.12.23	8.4	山崩れ多数、七面山崩れ発生
安政飛越地震	1858.6.9	6.9	立山麓崩れ→決壊。その他山崩れ多数
浜田地震	1872.3.14	7.1	山崩れ6567ヶ所。中場の斜面に亀裂
濃尾地震	1891.10.28	8.4	山崩れ1万ヶ所以上
秋田仙北地震	1914.3.15	7.1	仙北郡の第三紀層山地に山崩れ多発。層すべり型
関東地震	1923.9.1	7.9	根府川山津波。丹沢～箱根の山地崩壊多発。震生湖
北伊豆地震	1930.11.26	7.3	伊豆・相模で山崩れ多数。孫助山山津波で立木移動
福井地震	1948.6.28	7.1	砂丘崩壊(死者17名)
今市地震	1949.12.26	6.4	テフラ層をすべり面とする地すべり多発
新潟地震	1964.6.16	7.5	山・崖崩れ多発。砂丘すべり
えびの地震	1968.2.21	6.1	シラス地帯の山崩れ
十勝沖地震	1968.5.16	7.9	八戸で大雨後の火山灰層の流動的な地すべり。盛土すべり多発
伊豆半島沖地震	1974.5.9	6.9	火山岩の急斜面の崩壊。テフラ層の長距離流下
大分県中部地震	1975.4.21	6.4	道路盛土すべり。落石多発
伊豆大島近海地震	1978.1.14	7.0	火山岩の急斜面の落石・崩壊、テフラ層のすべり
宮城県沖地震	1978.6.12	7.4	丘陵地に造成した盛土地盤の地すべり変動
日本海中部地震	1983.5.26	7.7	砂丘地すべり。盛土のすべり。溜池→土石流
長野県西部地震	1984.9.14	6.8	御嶽火山の軽石層を滑り面とする大規模すべり
千葉県東方沖地震	1987.12.17	6.7	海成段丘崖の崩落、前倒れ。長南中学の盛土すべり
釧路沖地震	1993.1.15	7.8	釧路周辺の丘陵地の盛土地盤の地すべり・崩壊
北海道南西沖地震	1993.7.12	7.8	奥尻島で大規模地すべり・崩壊。奥尻港洋々荘(死者29名)
北海道東方沖地震	1994.10.4	8.1	中標津町の住宅盛土地すべり
兵庫県南部地震	1995.1.17	7.2	仁川住宅裏の盛土斜面のすべり(死者34名)。六甲山地の表層崩壊
新潟県中越地震	2004.10.23	7.2	東山・魚沼丘陵を中心に地すべり・斜面崩壊3千個所以上発生



写真2 東海地震で崩壊したと伝えられる安倍川上流の大谷崩れ全景

は地震動は山全体を揺らすために大きな斜面であつてもその全体に対して同じような力や変形が加えられるためと推察される。これに対して豪雨による斜面変動は地下水を集めやすい場所から順次不安定化が進行するために狭い範囲で起きはじめる場合が多くなる。

また、地震で生じる土砂災害は大量の土砂が一気に高速ですべり落ちることが多いために河谷を堰き止めて天然ダムを形成する事例が多く見られる。中越地震で生じた地すべりダムは排水ポンプの設置など緊急対策で2次災害は避けられたが、大量の堆積土砂を短期間で除去することが難しい時代においてはダム湖の水位上昇や豪雨などによって堰き止め箇所が決壊して下流に大規模な氾濫災害を引き起こした例はかなり多い。著名なものでは善光寺地震によって犀川を堰き止め20日後に決壊した岩倉山の崩れ、安政の飛越地震によって立山の鳶山が崩れて湯川を堰き止めその後の大雨で決壊し、常願寺川下流の富山平野に大きな被害を出した例などがある。

各地震によって起きてきた斜面変動を概観して見るといくつかのタイプに分けることができた。

以下そのうちの代表例を紹介してみたい。1)ほとんどの地震に伴って生じているのが急斜面に生じる表層～浅層崩壊である。歴史地震での記録はないが、最近の地震ではほとんどの場合生じている。崩壊深は数10cmから2～3mほどと浅いものが大部分で、面積のわりには土量はそれほど大きくない。地震動による表土のはがれ落ちや、表層近くにある基岩の節理や割目に沿って崩落したりするために起きる。中越地震においても最も多く発生している。2)深さが数m以上で規模の大きな深層の斜面崩壊も各所で起きている。例えば過去の東海地震で次第に拡大したと言われている大谷崩れのように赤石山脈(南アルプス)など起伏量の大きな堆積岩山地にあるクリープ性の斜面に生じるのもその1例である(写真2)。このタイプの崩壊も一般的には急勾配の斜面に発生する例が多い。3)大規模崩壊は火山地域にも多数生じているが、火山地域で起きたものは岩屑なだれなど高速長距離流下現象に転化する例が多い。前述の長野県西部地震による御嶽山の崩壊や関東地震による白糸川の山津波などが典型例である。火山地域の発生例の中には緩斜面上に発生するもの



写真3 中越地震で滑った流れ盤地すべりのすべり面(○印は人)

も確認されている。4)第三紀層など比較的若い堆積岩地域では層すべりタイプの地すべりの変動や過去の地すべり移動体の再滑動などが起きている。層すべりは火山灰のように地震動で剪断を受けやすい層や粗粒で容易に液状化する挟在層をすべり面にして生じるもので、中越地震や秋田仙北地震など第三紀層地域で発生した事例が見られる(写真3)。5)以上に加えて最近問題になっているのは人工的な地形改変によって新たに生じるようになった土砂災害である。これは宅地造成などで切り盛りされた人工地盤に生じる斜面変動で、特に盛土地盤に多く発生する。中でも谷を埋めた盛土地盤では地下水が集中しやすい条件を持つため、崩壊や変状を引き起こしやすく、条件によっては流動的な変動を起こすこともある(写真4)。人工改変地における変動は1968年の十勝沖地震以降都市域の周辺部で目立つようになった。人工的に作られた地盤は自然斜面と違って過去に大きな地震の洗礼を受けていないために起きる可能性を持つ斜面は多いと思われる。

土砂災害は斜面変動のタイプによって被害の様

相はかなり異なる。地震による斜面変動は発生場所の地形・地質条件に応じて発生のメカニズムが異なる上、地震動の強さだけでなくその周期や継続時間なども大きく左右する。また台風による豪雨の直後に起きた中越地震で大きな被害が出たように、地震時の斜面の水文条件なども発生状況を大きく規定している。次に新潟県中越地震を取り上げて被害の概要について述べてみたい。

Ⅲ 中越地震による土砂災害

1. 発生した土砂災害の種類と被害

中越地震においても様々なタイプの斜面変動が生じているが、Ⅱの2で述べたタイプの中では1)、4)、5)の3種類の変動が多く発生している。1)の表層崩壊は丘陵全体で広く起きており、発生数も最も多い。いずれも急斜面で発生しているが、中でもこの地域に発達するケスタ地形の急斜面側や地すべり地形の滑落崖などに多く生じている。東山丘陵では褶曲した地層の翼部にあたる単斜構造の地域ではケスタ地形を呈しており、写真5に



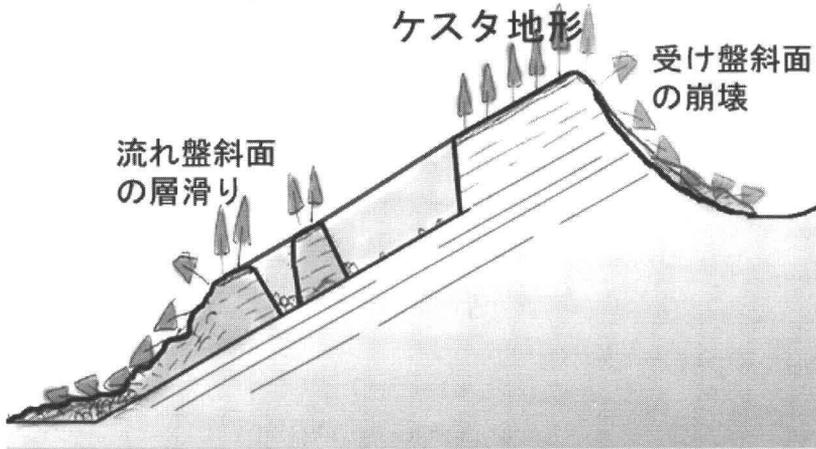
写真4 宮城県北部地震で流動性地すべりを起こした谷埋め盛土斜面



写真5 東山丘陵の表層崩壊発生状況、東向き斜面上に表層崩壊が多発している

示すように急斜面側に表層崩壊が多発している。一方、ケスタ地形の緩斜部では写真3に示したような層すべりを起こしたケースも見られる。この発生場所と地形の関係を第1図に示した。表層崩壊は変動量に比して広い範囲が裸地化するため一見すると大きな災害に見える。しかし土量は比較

的少量のため直撃を避けられれば土砂の除去など復旧に関してはさほど困難ではない。しかし次に述べる4)のタイプの地すべり変動は変動量が大きいため川を堰き止めたり道路ごと斜面下方にすべり落ちたりしたために個々の地すべりの被害が大きい。層すべりを主体とした地すべり変動は旧山



第1図 中越地震の斜面変動と模式図

古志村を中心に芋川沿いに多く発生している。地すべり変動後の災害復旧は道路の付け替えなど困難を要するため長期間に障害を及ぼした。集団移転を決意した集落の多くは地すべり変動の影響もあって復旧・再建が困難だと判断されたようである。このタイプの地すべり変動は最近の地震ではほとんど起きてこなかったことから対策はあまり考えられてこなかった。中越地震では集落の孤立化など深刻な被害を生じたことから今後は道路のルートなどあらかじめ不安定な斜面を避けるなどの対策が必要である。

5)の人工的に造成された地盤における変動も多く発生している。丘陵内部においては棚田や養鯉池など盛土部分の多くが崩落したり亀裂が入ったりして耕作不能となった被害が多く見られる。こういった個所のほとんどは古い地すべり地形の移動体であり、地すべり崩積土を段状に整形した個所である。一方、長岡市の高町団地など宅地造成された盛土地盤を中心に住宅地の変動が生じたことも深刻な被害をもたらした。たとえ耐震性の高い住宅を建ててもその基礎となる地盤が変動してしまえばどうしようもない。このような人工地盤の被災例が続いてきたことから、国土交通省において宅地造成の規制に関する法律を改正する動

きも出てきている。

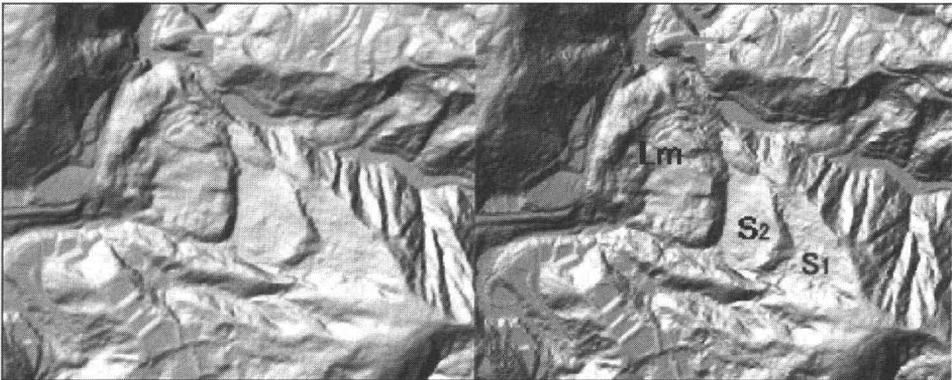
2. 中越地震の土砂災害と地すべり地形

中越地震で起きた地すべり変動の中には過去に地すべり変動を起こしていた斜面が再滑動を起こした事例がかなり多く発生した。こういった再滑動型の地すべりの典型例は旧山古志村東竹沢の芋川左岸、旧東竹沢小学校の対岸の斜面で生じた幅300m、全長400mの地すべりである(写真6)。東竹沢地すべりの移動体は芋川を完全に堰き止め、一部が対岸まで乗り上げている。この堰き止めにより上流側に堰き止めダムが形成され上流の集落が水没する被害を生じた。

東竹沢地すべりが起きた斜面の変動状況を第2図の実体視陰影図を用いて解説すると、中越地震の変動によるすべり面(S2)と同様の形態のものが斜面上位にあること(S1)が読み取れる。形状からみると2段階のすべりが生じたように見える。地震前にはS1のすべり面によって滑落した地すべり移動体が存在していたが、中越地震によってその移動体の大部分がS2をすべり面として再滑動を起こしたことが判明した。東竹沢地すべりの地形判読結果を第3図に示した。東竹沢の地すべり移動体が中越地震によって再滑動したのは、過



写真6 中越地震による東竹沢地すべり



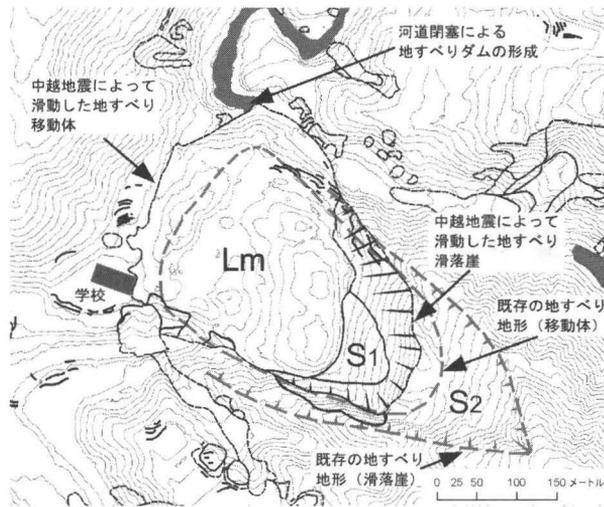
第2図 東竹沢地すべりの実体視陰影図(数値標高データ：中日本航空)

去のすべりの際には地すべり移動体は川の対岸の斜面にぶつかったために完全にすべりきっていなかったことと、その後の芋川の侵食によって移動体の下部が侵食されたことが要因になったと考えられる。

再滑動地すべりは東竹沢以外にも同じく芋川を堰き止めた寺野の地すべりや中越地震による最大の変動であった大日山の北で生じた地すべりなど数多く確認されている(井口, 2005)。その多くが

東竹沢と似たような地形状況にあった。

このように過去に地すべり変動を起こした斜面は変動の痕跡が地形上に残されることから空中写真による地形判読によって抽出が可能である。防災科学技術研究所では過去の地すべりの変動履歴を明らかにするために地すべり地形分布図の作成を進めてきたが、中越地域に関しては地震の約半年前の3月に図を刊行していた(清水ほか, 2004)。中越地震の際に再滑動を起こした地すべ



第3図 東竹沢地すべりの変動状況判読図

り変動の場所のほとんどが地すべり地形分布図で図示されていた。

3. 中越地震による斜面変動の特徴

以上述べてきた点も含め中越地震によって生じた斜面災害の特徴を簡単にまとめると、以下の通りである。

- 1) 地震では起きにくいと言われていた「再滑動型」の地すべりが数多く発生し、大きな被害を生じた。
- 2) 地すべり移動体が川を堰き止めてダム湖を形成し水没被害を出す地すべりが多く発生した。
- 3) 凝灰層など特定の地層がすべり面となって変動を生じる「層滑り」が数多く発生した。
- 4) 地すべり地形内に多くの変動が生じたり、砂岩層・砂泥互層の地域での地すべり変動が目立つなど、斜面変動の発生場所に関しては、地形・地質への依存性が大きい。
- 5) 地震の直前に通過した台風による豪雨が斜面変動の規模や数を大きくした可能性がある。

IV 今後留意すべき地震による土砂災害

これまで述べてきた点と重複する部分もある

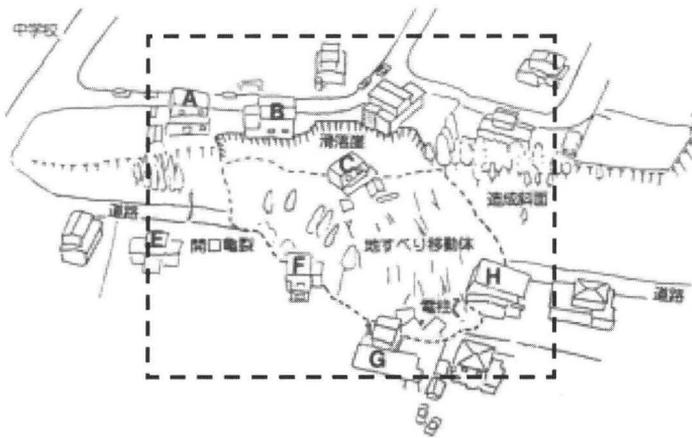
が、今後我国で発生が危惧される東海地震や首都圏直下地震などが発生した場合に留意が必要と思われる土砂災害についてまとめてみたい。

1. 谷埋め盛土など人工斜面で生じる斜面変動

1993年に起きた釧路沖地震では住宅一戸が丸ごと斜面下に落ち込んだ被害写真が新聞紙面をかざったが(写真7, 第4図)、これは段丘上を刻む谷を埋めて造成された宅地の端に建てられていた住宅の地盤が地すべりを起こしたものである(井口, 1999)。釧路沖地震を機会に過去の事例を調べて見た結果、1968年の十勝沖地震以降に盛土地盤などで地盤の変状による被害を生じてきたことが明らかとなった(井口, 1995)。1978年の宮城県沖地震では緑ヶ丘や寿団地などの造成地における被害例も生じている。釧路沖地震以降も1994年の北海道東方沖地震では中標津町を中心に盛土地盤の変動が起き、1995年の兵庫県南部地震で生じた西宮市仁川の地すべり(死者34名)は浄水場の造成の際に盛った斜面が滑ったものである。さらに2003年5月に起きた宮城県北部地震では旧築館町では斜面勾配が10度程度の緩斜面で極めて流動性の高い地すべりが起きている(写真4)。この事例では谷埋め盛土地盤の内部でかなり地下水位が高



写真7 1993年の釧路沖地震ですべり落ちた谷埋め盛土地盤



第4図 釧路沖地震による盛土すべりの発生状況図

い状態にあったことが流動性の高い崩壊を生じた要因と考えられる。中越地震においても、長岡市の高町団地など各所で盛土によって造成された住宅地に被害が出ている。首都圏から東海地域にかけては高度経済成長期以降に大きな地震を受けていない。そのため洗礼を受けていない盛土斜面が

かなりあると推定されるが、どこに盛土地盤が分布しておりどの程度の震度で変動が起きるのかといった検討は十分にされておらず、ようやく一部の地域で始まったばかりである。

これまでの災害事例から見て、谷埋め盛土における大半の変動は地盤に亀裂が入るか、数m程度

のすべりにとどまるようである。その場合、人的被害はほとんど起きないが、被災した住宅に住み続けることは困難で、個々人にとっての被害は深刻である。1994年に起きた北海道東方沖地震の時は住宅の本体にはクラックひとつ入っていないにもかかわらず盛土地盤の上に建てられていた住宅が数度傾いたために居住できなくなった。さらに地下水位が高いなどの条件をもつ斜面では液状化などによってより深刻な変動につながる可能性もあるので水抜きなど早期の対策が必要である。

2. 火山岩地域で生じる長距離土砂流動

1984年9月に御嶽山の直下で発生した長野県西部地震(M6.8)によって御嶽山8合目付近の尾根が大規模に崩壊し、大量の土砂が谷沿いに12kmを高速で流下し15名の不明者を出した。また関東地震においても白糸川上流の火山岩の斜面で起きた崩壊で生じた土砂が山津波として流下し、根府川集落に大きな被害を生じた。伊豆半島沖の地震によっても規模は小さいが、流動性の高い斜面変動が多数生じている。火山堆積物の中には軽石や火山灰など強度が弱く、しかも空隙が多くて水を含みやすい層が挟まれることがあるため火山地域で生じる今後も地震に際しても同様の斜面変動が起きる可能性は大きい。このタイプの変動に関しては発生場所の予測だけでなくその到達範囲についての予測も不可欠である。

V 地震による土砂災害の発生場所の予測

気象予報による豪雨の予測と違い「地震予知」は未だ実用段階に遠いため、事前に避難することは難しく、土砂災害が起きれば不意に襲われるため大きな被害を出す。1993年に起きた北海道南西沖地震では奥尻港に面した高さ100mの山が崩れて直下にあったホテル洋々荘が土砂の下敷きとなり宿泊客を中心に29名の死者を出した。また兵庫県南部地震では仁川で住宅地の上にあった浄水場の斜面が崩れ、34名の死者を出した。これらは地震発生とほとんど同時に斜面の変動が起き逃げ暇もなく土砂に襲われたと推定されている。地震に

よって生じる土砂災害の発生予測は土砂災害の研究の中では最も重要性の高い研究課題であり、豪雨に起因する土砂災害とは異なった対応が必要である。

地震によって変動する危険性を持つ斜面の抽出はかなり難しい。変動の有無を左右するのは地下の地質構造とその構成物の強度などであるが、地中内部の状態を広域にわたって的確に把握する安価な手法がないことが最大のネックである。しかしこれまで述べてきたように一部の変動タイプについてはある程度絞り込むための手がかりは得られている。再滑動型の地すべりは地形判読によって抽出できるためその次の段階の絞り込みが必要である。今後被災箇所が増加すると思われる谷埋め盛土斜面などに関しては、古い地形図や過去の空中写真と比較することによって改変された地盤の範囲やその概略の形状を把握することができる。今後はどのような対策が有効かも含めた検討が必要である。

東海地震などで発生が危ぶまれる大谷崩れなど岩盤クリープ斜面の崩壊場所なども地形判読によって抽出可能である。防災科学技術研究所の地すべり地形分布図ではこういった斜面の変状についても判読している。急斜面で多数生じる小規模崩壊については個別に場所を特定することは難しいが、斜面勾配と地質構成から危険度の高い範囲を絞り込める可能性がある。その規模などが的確に推定できれば急傾斜対策などで対応していく必要がある。

地すべり地形判読や過去の地形状況などを手がかりにある程度の場所の予測の可能性はある。また、しかし大規模な崩壊については解析事例が少ないこともあって、クリープ変形を起こしていることが明瞭な斜面以外で発生場所を予測する手法は確立されていない。

VI おわりに

1995年に起きた兵庫県南部地震の反省にたつて地震防災は予知のみに頼りすぎるのではなく、地震が起きてもその被害をできるだけ小さくするよ

うに耐震性の向上をはかるなどの方策が強調されるようになってきた。土砂災害の対策に関しても同様のことが求められている。特に盛土など人工改変された住宅等の地盤に対しては場所の特定も可能であり、地下水の排除などによって地震による斜面変動を少なくできる可能性がある。また今後はそういった危険な斜面上には住宅を建てないようにするなど災害に強い住み方もひとつの方策である。自然斜面に対しても地すべり地形分布図などを参考に過去の地すべり地をできるだけ避けた道路のルート選定などを行っておけば地震以外の誘因に対してもリスクをより低くできると考えられる。

ハザードマップの作成など今後の予測に関しては定量的な評価も必要とされるが、これまで述べてきたような地形地質的な比較検討や地すべり地形の判読など、定性的な研究分野においてもやる

べき仕事はまだいろいろと残っていると思う。微力ながら今後も地震による土砂災害の軽減に向けて取り組んでいきたい。

参考文献

- 井口 隆 (1995) : 谷埋め盛土地盤における地震時地すべりの事例と若干の考察. 兵庫県南部地震等に伴う地すべり・斜面崩壊研究報告書, 日本地すべり学会, 101-117.
- 井口 隆 (1999) : 1993年1月の釧路沖地震によって生じた地盤災害とその特徴. 防災科学技術研究所研究報告, No.59, 31-56.
- 清水文健・大八木規夫・宮城豊彦・井口 隆 (2004) : 地すべり地形分布図 (第17集) 「長岡・高田」. 防災科学技術研究所研究資料, 5万分の1ないし2万5千分の1図葉30面.
- 井口 隆 (2005) : 地震による土砂災害の実態と防災対策. 地震ジャーナル, No.39, 37-46.