

中越地震による斜面災害の地質・地形的特徴

Geological and geomorphological characteristics of landslides generated by the
Chuetsu Earthquake

千木良雅弘（京都大学）

Masahiro CHIGIRA (Kyoto Univ.)

キーワード：中越地震，地すべり，崩壊

Keywords: Chuetsu Earthquake, Landslide, Slope failure

要旨：2004 年 10 月 23 日の中越地震によって東山丘陵に数多くの地すべり・崩壊が発生し，山古志村，小千谷市，川口町，広神村に多大の被害を及ぼした。ここは，第三紀から第四紀の堆積岩分布地で，わが国有数の地すべり地帯である。地すべりでは，泥岩上の砂岩のすべり，砂岩泥岩互層の地すべり，および風化泥岩の地すべりが多く発生した。これらの多くは，既存の地すべりの再活動で，また，前二者の多くは層理面に沿うすべりであった。比較的深層におよぶ崩壊には，シルト岩に挟まれる凝灰岩層にすべり面を持つ崩壊，泥岩の不連続面に沿うすべり，泥岩の座屈による崩壊などが認められた。また，緩傾斜の谷を埋積した土砂の流動化も数多く発生した。芋川沿いで発生した大規模な地すべりは，いずれも古い地すべりの再活動であり，過去にも川を塞ぎ止めていた時期があり，その後の侵食によって不安定になっていたものである。風化泥岩の地すべりでは，すべり面は酸化フロント近傍に生じたようであり，平面的ではなく湾曲していた。

緩傾斜の谷沿いの土石の流動化が多く認められ，これらは谷に豊富な地下水が存在したことが原因となっていると考えられる。また，その方向に南西方向が卓越することから，地震動の方向と関係していると考えられる。

急斜面の表層崩壊が数多く発生した。これらは，地震動によって表層が剥離したものである。さらに，これらのほかに尾根の頂部で表層部が尾根の

両側にすべり落ちるように移動した箇所や，田や池の縁の凸部に亀裂が生じた箇所，道路の盛り土がすべったり沈下した箇所も多数認められた。

1. はじめに

2004 年 10 月 23 日に発生した中越地震によって，長岡市，山古志村，小千谷市，川口町，広神村一体の東山丘陵に数多くの斜面崩壊，地すべりが発生した。筆者は，その後，約 2 週間の現地調査と 1 万分の 1 空中写真判読を行った。ここでは，それらのタイプと，特に大規模な地すべり，急激な移動を伴った地すべり・崩壊，そして谷埋堆積物の流動に関して，特徴，地質構造，地形，地震前の地質・地形的特徴についてとりまとめる。

調査にあたって，以下の方に共同調査，案内，情報提供をしていただいた。ここにお礼申し上げる。

新潟大学：山岸宏光，渡辺直喜

京都大学防災研究所：佐々恭二，釜井俊孝，Roy Sidle，土志田正二

山形大学：八木浩司

（独）森林総合研究所：落合博貴氏，岡田康彦

日本応用地質学会：中筋章人，大岡和哉（国際航業株式会社）

国土地理院：関口辰夫，佐藤浩

日本地すべり学会：山崎孝成氏（国土防災株式会社）

以下の記述の中の走向傾斜は磁北を基準にしている（偏角：西偏 7° 30 分）

2. 地質・地形概要

東山丘陵は、北西に流下する魚野川が南西から北東に流下する信濃川に合流し、さらに北西から北方に流下する河川の北東側にある。河川の標高は約 50m から 80m で、丘陵上部は標高 400m から 700m である。丘陵の中心部を芋川が北から南に流れている(図 1)。

東山丘陵には、新第三紀中新世から第四紀更新世にわたる地層が分布している。地層は、大局的には北北東 - 南南西に配列し、いくつかの背斜と向斜をなしている。褶曲軸が局部的にブランチしているために、地層が東西方向の走向を有する部分もある。褶曲軸には名称が付されており、川口町市街地を通る東山背斜から東に向けて金毘羅向斜、峠背斜、梶金向斜、松倉背斜が概ね 1km 間隔で順次配置している(小林巖ほか、1990、地質調査所 5 万分の 1「長岡」図幅；柳沢幸夫他、1984、地

質調査所 5 万分の 1「小千谷」図幅)。分布する地層は、主に泥岩、泥岩 - 砂岩互層、砂岩からなり、北部に細長くデイサイトと安山岩が分布している。泥岩の主要なものはシルト岩であるが、粘土岩に近いものもある。

3. 地すべりと崩壊のタイプ

地すべり・崩壊は、東山丘陵の広い範囲に発生したが、特に芋川流域、梶金向斜の両翼に数多く発生した。その詳細な分布は、国土地理院(2004)と八木他(2004)がとりまとめている。発生した地すべり・崩壊には、次のようにいくつかのタイプが認められた。

- 地すべり
- 崩壊
- 谷埋め堆積物の流動
- 表層崩壊

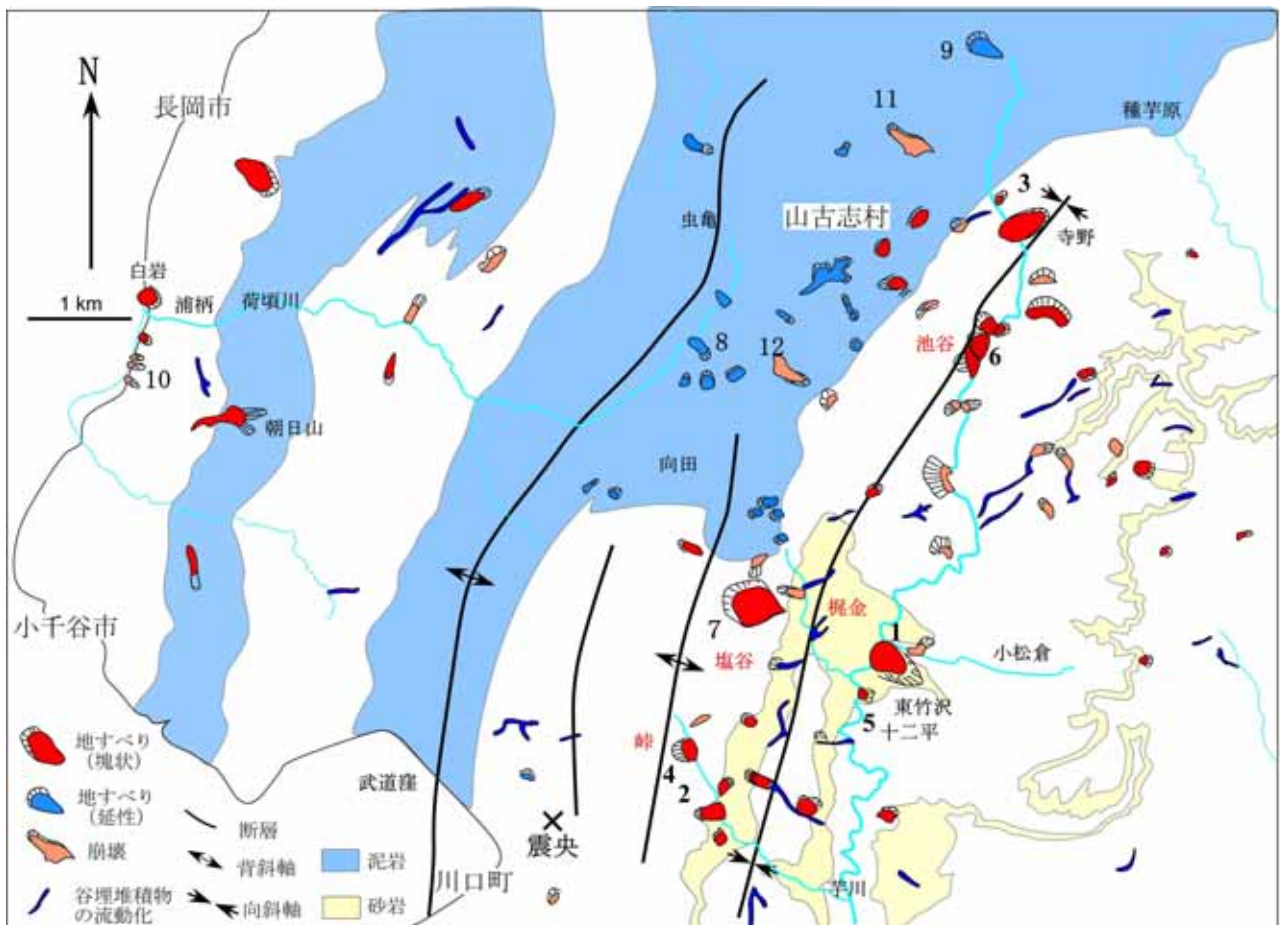


図 1 東山丘陵の斜面移動現象の分布

- 一部には、池の水の流入，あるいは池に水を供給する水の谷への流入が原因で土砂が流動化したと考えられるものもあった。

1 万分の 1 空中写真判読と現地地質調査によって、幅 20m 以上で深さ 5m 以上程度の主要な地すべり、崩壊、谷埋め堆積物の流動の分布（表層崩壊を除く）を図 1 に示す。また、それらの模式的構造図を図 2 に示す。

4. 地すべり

地すべりには、地質構造に注目すると、図 2 に示すようにいくつかのタイプが認められた。以下は、図 2 の番号に対応している。1) 泥岩の上に載る砂岩の再活動すべり、2) 泥岩砂岩互層の再活動地すべり（両岩石が混合した崩積土のすべり）、3) 砂岩泥岩互層に発生した地すべりで、規模の大きな滑落崖を持つもの、4) 砂岩泥岩互層に発生した地すべりで、地すべり移動体の後方が後方回転しているもの、5) 風化泥岩のすべり

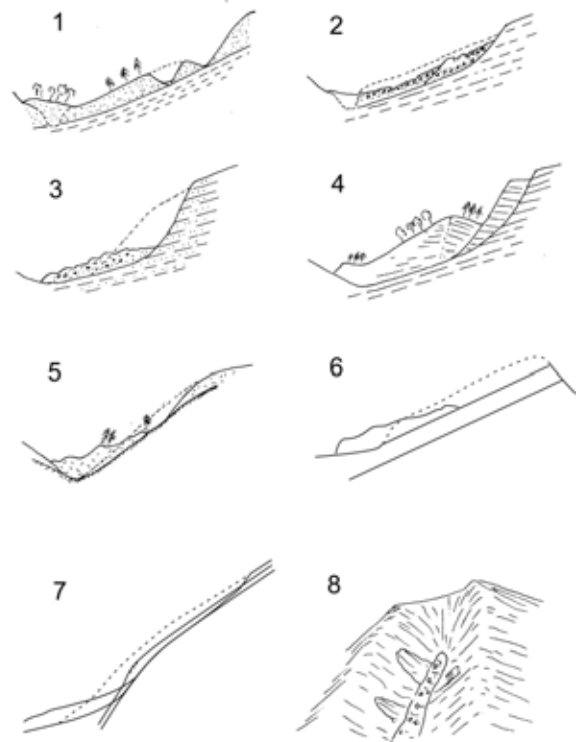


図 2 発生した斜面移動現象の内部構造図

1) 泥岩(シルト岩)の上に載る砂岩の再活動すべり 東竹沢地すべり (図 1 の No.1, 図 2 の 1)

地形と地すべり：

この地すべりは、地震以前の空中写真に明瞭な地すべり地形として認められる(図 3)。地震前の地すべり地形は、北西に向いた斜面にあり、尖った馬蹄形状の滑落崖の下に斜面上方に凸を向けた溝を介して、長さ 350m、最大幅幅 300m の移動体があった。移動体の脚部は芋川の対岸まで及んでいたことが、対岸にある高まりによって示され、この脚部が芋川に開析されて両岸の急斜面をなしていた。さらに、地震以前に、移動体の中央下部が馬蹄形状に窪み、さらに南部(斜面下方に向かって左側方)は滑落崖にまで至る小沢の開析を受けていた。この馬蹄形状部分は古い地すべりの滑落崖であり、その移動体は芋川に侵食されたと推定される。

地震によって上部の溝とその直近の移動体最上部は移動しなかったが、移動体の最上部直下に新たな陥没帯ができ、その下方の地層がすべった(図

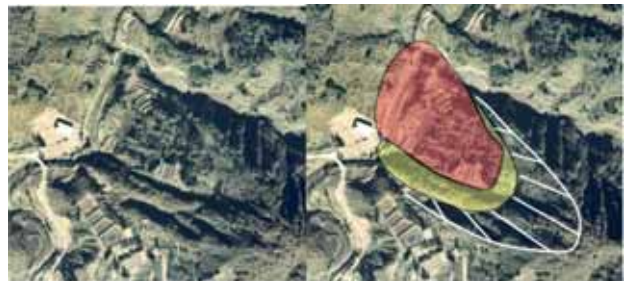


図 3 東竹沢地滑りの古い地すべりと今回の地すべり（赤，移動体の主要部）

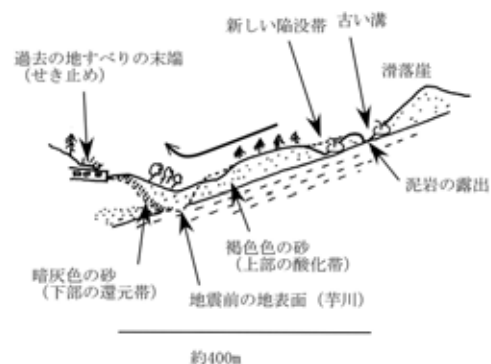


図 4 東竹沢地すべりの模式図

4) . 陥没帯の斜面上方には平滑なすべり面となったシルト岩が露出した(図 5) . この新たな陥没帯には地震後水がたまって池ができた . また、古い滑落崖直下の溝でも同様に地下水の湧出が見られた . 地震前の空中写真と地震後の空中写真とを比較すると、地すべりの移動体は上部と中部では回転することなく並進移動しており、下部は芋川の対岸に乗り上げて地表が逆方向に傾斜するように回転したことがわかる . 移動体上方の古い溝の底部と新しい陥没帯にはシルト岩が露出し、その間には砂が露出していた . さらに、新たな地すべりの北側には移動帯の直下にシルト岩が露出していた . これらのことと、地すべり周辺の地層の走向傾斜から、この地すべりのすべり面はシルト岩と砂岩との境界に沿っていることが明確である .

地質 :

下位にシルト岩があり、その上に細粒砂岩が載っている . ここは北北東 - 南南西方向の向斜軸の東翼にあたる . 層理面の走向傾斜はすべり面では $N28^{\circ} E/20^{\circ} W$, その北東および南西では、地層の走向傾斜は、それぞれ $N22^{\circ} E/22^{\circ} NW$, $N40^{\circ} E/14^{\circ} NW$ であった . すべり面に露出したシルト岩表面には明瞭な条線が刻まれていた . また、シルト岩自体は還元色である暗緑灰色をしていたが、そのすべり面上に褐鉄鉱がフィルム上に付着している箇所が多く見られ、それが角礫状に分解して、さらにそれに条線が付着しているところが認められた . このすべり面の構造は、過去に地すべり活動があったこと、また、それは今回のすべり面と同じところを使っていたこと、を示している .

まとめ :

- この地すべりは古い地すべりの再活動地すべりである .
- かつてすべった地すべりは、芋川を閉塞して地すべりダムを形成していたが、その後侵食によって開削されていた . そのため、一旦安定化していた地すべり移動体も不安定な状

況になっていた .

- 地すべりのすべり面は、シルト岩と細粒砂岩との境界付近にあり、上位の砂岩がすべった . 層理面は流れ盤をなし、その傾斜は $15 \sim 20^{\circ}$ である . おそらく過去の地すべりによって砂岩はルーズになり、さらに、地震前の降雨(見附では 10 月 20 - 21 に 96mm) のために砂岩層下部には地下水が滞留していたと推定される . 液状化の可能性が考えられる .
- 古い地すべりの最上部と小沢の南側(左側方崖近傍)の細長い尾根が今回動かなかった理由は、おそらくこれらの箇所では沢や溝からの排水のために地下水位が低かったためと考えられる .



図 5 シルト岩上面のすべり面とその上の砂岩 . 左下はすべり面に付着した褐鉄鉱フィルムの角礫

木沢東方(図 1 の No.2) :

ここでもシルト岩の上に載る砂岩がすべった . 地層の傾斜は 42° と急であった . 地震前の空中写真では、わずかに、眉形の小滑落崖が認められるところであったが、その滑落崖が成長し、それよりも下方の地層がすべり落ちた . 最上部の滑落崖には泥岩主体の泥岩砂岩互層が露出し、その上に泥岩ブロックを含むルーズな砂が載っていた . これは、古い地すべりによって砂の中に泥岩がブロックとして取り込まれたものと解される . 地すべりの移動体の基部には水の浸出が認められ、おそら

平成 16 年新潟県中越地震災害被害調査報告会講演集（主催：日本地すべり学会・日本応用地質学会、平成 17 年 2 月 5 日、機会振興会館、pp12-21）

く砂中の水が泥岩砂岩互層との境界付近から湧出しているものと考えられる。

以上のことから、この地すべりでは、東竹沢の地すべりと同様に、古い地すべりによってルーズになっていた砂が飽和していたと推定されるが、地層の傾斜が 40 度以上と急であったため、砂の液状化は発生しなくても地震力によるせん断破壊ですべりが発生したことを説明できると考える。

その他

図 1 に示されるように、東竹沢とこの木沢東方の地すべりですべった砂岩は同じ層準のものであり、これら以外にも同じ砂岩が 10 箇所以上ですべている。この砂岩事体の性質、あるいは砂岩とその下のシルト岩との組み合わせの構造が地すべりや崩壊の素因となっている可能性がある。

2) 泥岩砂岩互層の再活動地すべり（両岩石が混合した崩積土のすべり，図 2 の No.2）

寺野地すべり(図 1 の No.3)

地形:

寺野地すべりは、地形的に見て、古い地すべり地に発生したものである。地震発生前の地形は、南西に緩傾斜する斜面があり、その下部に馬蹄形で比高は 7m 程度と低いものの明瞭な滑落崖と比較的平滑な地表面をもつ移動体があった。この移動体は下部で芋川に開析されて急崖をなしていたが、この部分の芋川の幅が周囲に比べて著しく狭いことから、開析前にはこの地すべりが芋川を閉塞していたと推定される。

地質:

当地すべりは、向斜構造の軸部にある（図 1）。分布する地層は主に砂岩主体の砂岩泥岩互層であり、一部に数 m 以上と厚い泥岩がはさまれる。地層の走向傾斜は、新しい地すべりの左側方崖と地すべり北側の北向き斜面で測定することができ、それぞれ、 $N84^{\circ}W/14^{\circ}SW$ ， $N70^{\circ}W/12^{\circ}SE$

であった。すなわち、地層の層理面は全体の斜面とやや斜交し、ある層準は地すべりの北西部よりも南東部で深く位置することになる。地すべりの側方崖は右側方崖（北西部）に比べて左側方崖（南東部）の方が高く、このことと地層の姿勢とを合わせ考えると、この地すべりは層理面に平行なすべり面を持つ流れ盤の地すべりである。

地すべり:

新たな地すべりの輪郭は、滑落崖が上方にわずかに拡大したが、過去の地すべりの輪郭とほぼ同じであった（図 6）。新たな地すべりの結果、滑落崖は比高を増し、移動体上部には移動方向に大略直交する開口亀裂が形成され、中部には副滑落崖が形成されていた。その下方には小規模な陥没帯、さらに対岸に衝突して河道を閉塞した部分があった。

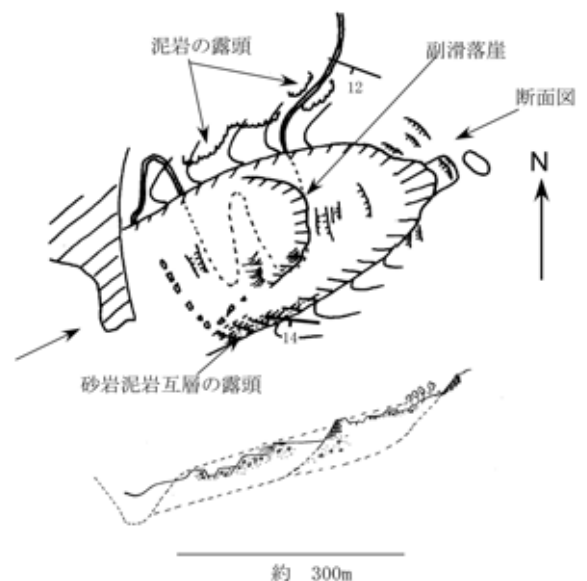


図 6 寺野地すべりの模式平面図と断面図

地すべり地内部に露出し、地震時に新たな攪乱を受けていない地質体の多くはルーズな砂に泥岩が浮かんだ構造をもっており、これは砂岩優勢の砂岩泥岩互層が過去の地すべりによって乱されていたものである。一部に泥岩の角礫密集部があり、これは厚い泥岩層が破壊されたものである。河道閉塞部の掘削によって現れた地すべりの最下部付

平成 16 年新潟県中越地震災害被害調査報告会講演集（主催：日本地すべり学会・日本応用地質学会、平成 17 年 2 月 5 日、機会振興会館、pp12-21）

近からは湧水が認められた。ルーズで水に飽和した砂が地震動を受け、液状化した可能性が考えられる。

3) 砂岩泥岩互層に発生した地すべりで、相対的に規模の大きな滑落崖を持つもの(図 2 の 3)

峠東方(図 1 の No.4)

ここも古い地すべりの再活動であるが、地すべりのサイズに比べて非常に大きな滑落崖が形成されている。高さ 50m 程度の滑落崖があり、その下の移動体の基部には水溜りができていたことから、滑落崖直下付近から湧水があり、その湧水が地すべりの発生に関与したと考えられる。滑落崖下部には泥岩砂岩互層がわずかに露出し、斜面下方に 10° 程度と緩く傾斜していた。想定される断面図は、図の通りであり、形態的に見て最下部の地層に液状化あるいはすべり面液状化が発生して上位の地層が横にすべり、斜面上部の地層は滑落崖にそってすべり落ちたように考えられる。

その他

上記と類似した地すべりは、他にもいくつか認められた。たとえば、図 1 の No.5 (十二平) や No. 6 (池谷) である。これらの地層の傾斜は 10° からほとんど水平であった。

4) 砂岩泥岩互層に発生した地すべりで、地すべり地塊の後方が後方回転しているもの

塩谷北方(図 1 の No.7)

これは今回の地震で発生した地すべりの中では最大のものである。これは、もともと地すべり地であり、その再活動である。その模式的断面図は図 2 の 5 に示したものである。

地形：当地すべりは、大日山北方の標高 400m の山頂（大日北山と仮称）の南東側斜面で発生し、この斜面は山頂から東方および南方に伸びる尾根に挟まれた斜面である。また、この斜面の南側は大日山から東方に伸びる尾根の北斜面と接してい



図 7 池谷の地すべり。写真中央右の右に傾いた杉の載る地盤から左端の傾いた杉の載る地盤までが左に側方移動している。右に高い滑落崖がある。中央と左側には圧縮による皺が形成されている。

る。この斜面は、地震前から地すべり地形を呈しており、南東に開いた滑落崖が大日北山から東と南とに伸びる尾根に沿って存在し、脚部は大日山から東に伸びる尾根の北斜面下の沢である。この地すべりの形態は、地すべりがこの尾根にぶつかってとまっているようなものであった。

地質：

当該斜面には泥岩主体の泥岩砂岩互層が分布しており、既存の地質図によればここは地層の走向が大きく湾曲する位置にあっている。この周辺は峠背斜の軸部から東翼に位置し、背斜軸が南にプランジしているため、地層は東西走向で南に約 10° 傾斜している。ただし、この地すべりのさらに西側で地層が北北西走向で東に 14° 傾斜する部分が確認されたので、おそらく地層の走向はこの地すべりの滑落崖と平行するように湾曲しているものと考えられる。

地すべり：

空中写真によれば、過去の地すべりの西方上部は動かず、東西方向では中部まで、南北方向では最上部の滑落崖までがすべった。北側の滑落崖は観察していないが、西側の滑落崖は、比高 30m 程度あり、その下の移動体上部は斜面後方に約 30°

平成 16 年新潟県中越地震災害被害調査報告会講演集（主催：日本地すべり学会・日本応用地質学会、平成 17 年 2 月 5 日、機会振興会館、pp12-21）

回転し、中央部の樹木は正立していることから回転しておらず、脚部の右側方は沢の対岸に乗り上げて逆方向に 25° 回転していた。以上の表面形態から、すべり面は、斜面上部では湾曲して滑落崖に連続しているものの、中部と下部では平面的であることが推定される。また、この地すべりは、末端が拘束されているために少ない移動量にとどまったものと考えられる。この地すべりの末端の谷幅は狭くなっているために、今後も大量の土砂が短時間に下流に移動することはないと考えられるが、継続的に土砂の流出は続くと考えられる。



図 8 風化泥岩のすべり(竹沢, 図 1 の 8)

5) 風化泥岩のすべり

これは層理面に沿うすべりではなく、酸化して褐色になった泥岩がすべったもので、すべり面には黒色の泥岩が露出しており、酸化フロント近傍にすべり面が形成されたことがわかる(図 8)。酸化帯の泥岩は軟質で、移動体表面は延性の変形をしている。典型的なものは図 1 の No. 8 で認められ、No. 9 でも酸化フロント近傍にすべり面が形成されている。

5. 崩壊

1) 凝灰岩にすべり面が形成されたもの

これは、東山丘陵の西端で(信濃川近くで白岩の南)複数発生した(図 1 の 10, 図 2 の 6)。図 9 にこの周辺 3 箇所の崩壊の平面図と断面図を示す。ここでは、シルト岩に厚さ 5cm 程度の薄い凝灰岩が挟まれており、そこにすべり面が形成され、厚さ 5m 程度のシルト岩がすべった。凝灰岩は主に中粒 - 粗粒砂サイズの霰様火山灰からなり、透水性が高く軟質であった。この凝灰岩層は 22° 傾斜し、斜面の傾斜方向断面では、斜面下方で道路の切り取り斜面に露出していた。また、地層の走向は斜面の走向と約 7 度斜交していたために、図 9 に示すように、等高線方向の断面では、崩壊地の北東縁で地表に露出していた。さらに、これら 3 つの崩壊共に南西側を北西 - 南東方向の節理に境されていた。すなわち、これらの崩壊は層理面と節理の不連続面に沿うすべりで、しかも、斜面下方を支えられていない構造

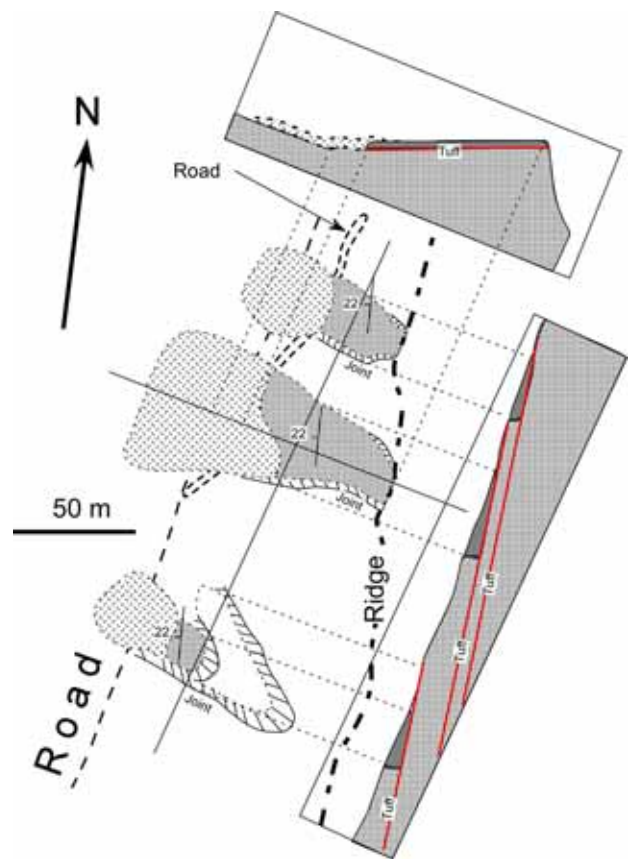


図 9 白岩南方の崩壊。平面図と断面図。等高線方向の断面は、深さを強調してある。

のところでも発生したものである。最南部のものは、古い地すべりの再崩壊であるが、同様の構造を持っている。

この北方の白岩もこれらと同様に凝灰岩層でシルト岩がすべった可能性がある。



図 10 白岩南方の崩壊．北東を望む．左：図 9 の北側 2 つの崩壊が見える．右：すべり面の形成された凝灰岩．水が浸出している．

2) 座屈から発生した崩壊(図 2 の 7)

風口峠の南方(図 1 の 11)

地形:

この崩壊は、北北東 - 南南西に伸びる尾根の南端付近の南東側斜面で発生した．これは遷緩線をまたがって発生した．隣接斜面の傾斜は上部で 45°，下部で 25°であった．この遷緩線は尾根に沿って長く続くものである．

地震前の空中写真によれば、ここは、すでに崩壊跡になっており、崩壊地内部が再びすべったことがわかる．

地質:

当地に分布する地質は、シルト岩で、一部凝灰質である．また、地すべり地内にはシルト岩の岩片に混じって火山礫凝灰岩も認められたことから、この岩石も移動体に含まれていることがわかる．

地層は上部の急斜面に大略平行であるが、走向が N50°E と斜面の走向よりも約 15°東に偏っている．地層は上に凸に湾曲、すなわち上部で 30°と緩く下部で 42°と急になっている(図 5)．

地層には層理面と同走向で北西に急傾斜する(N70°E/70°W) 節理が 5~30cm 間隔で発達している．この節理にはフィルム状白色脈が充

填されているところもあった．

地層が層理面と上述の節理に囲まれて板状に割れ、斜面上方の板が下方の板に対して 3cm 上のように乗っている箇所が左測方崖に認められた(図 5)．この板の下には植物根が侵入していた．これらのことは、地層が地震前にすでにクリープしていたことを示す．

崩壊の北東側斜面下部には、層理面に平行な断層が認められ、これは地すべりによって形成された非造構性の断層である可能性がある．この断層

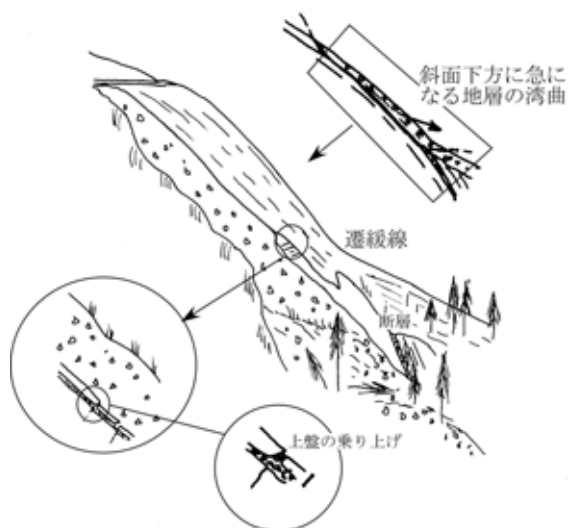


図 11 風口峠北方の流動性崩壊の崩壊源(北

のトレースは、地形的にみた遷緩線にほぼ一致していた。

崩壊：

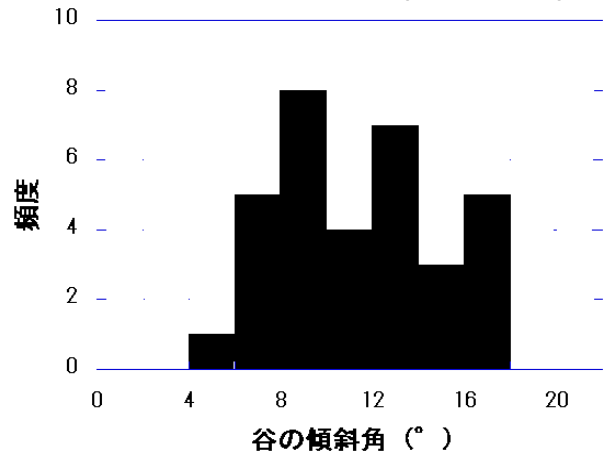
この崩壊地の削剥域に残る土砂は比較的少い。特に北東側ではすべった層の厚さは 1.5m で底に泥岩が露出していた。南西側には高さ約 4m の側方崖が露出していた。すべった物質は泥岩、凝灰質泥岩、火山礫凝灰岩、および岩屑である。



原因：

地層が斜面に大略平行で、かつ、斜面下方に向けて急傾斜となるように湾曲していたこと。さらに、地震前から地層がクリープして、斜面下方にせり出していたこと。このように、地震前から地層の変形が起こっており、さらに、地層が容易に座屈するような形態に湾曲していたことが、崩壊発生の原因である。これは、1999 年台湾集集地震の時の九分二山の地すべりの場合に似ている(Wang et al., 2003)。この場合、斜面が急傾斜であり、表層物質の透水性も高いと想定できることから、地すべりの発生には地下水は大きく作用していなかったように思える。

図 12 谷埋め堆積物の流動化（十二平西方）



羽黒山トンネル入り口の崩壊(図 1 の 12)

遠望したところでは楔形に不連続面が認められ、これらがすべり面となって、上位の風化岩石がすべり落ちたものと考えられる。

6．谷埋めの土砂の流動化（図 2 の 8）

空中写真観察や現地調査では、緩傾斜の谷沿いに細長い土砂の流動化がかなりの数認められた(図 12,13)。これは、谷に豊富な地下水が存在し、それを含んだ土砂が流動化したものと考えられる。このような地すべりが、谷を横断する道路を破壊した箇所がかなり認められた。土砂の流動化の認められた谷の傾斜と流動化範囲を図 13, 14 に示す。傾斜が 15° 以下の緩い谷でも多く発生し、また、流動化した範囲が 100m から 700m に及ぶものも多

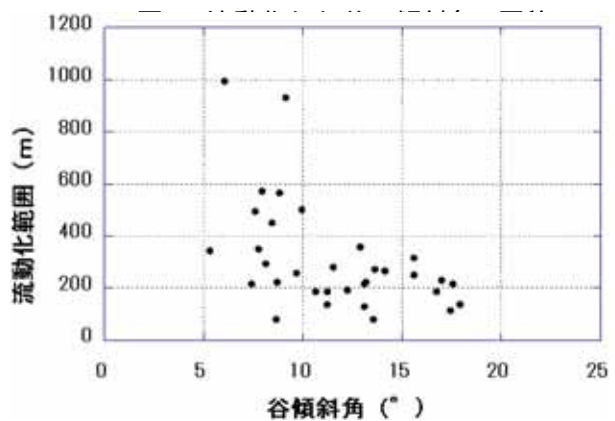


図 - 14 流動化した谷の傾斜角と流動化範囲（原稿に誤りがあったので、講演にて修正）

かった。これらの数値データは、八木他(2004)の地形図を使用して取得したものである。流動化した谷

平成 16 年新潟県中越地震災害被害調査報告会講演集（主催：日本地すべり学会・日本応用地質学会、平成 17 年 2 月 5 日、機会振興会館、pp12-21）

の堆積物の幅は 10 から 30m のものが多かったので、その深さは 3 - 5m 程度はあるものと考えられる。さらに、図 1 を見てわかることであるが、流動化した谷の方向には偏りがある。これをヒストグラムに示したのが図 15 である。明らかに 210° から 240°、すなわち南西方向を向く谷に流動化が多く発生したことがわかる。これは、地震動の方向と関係している可能性がある。

7. 表層崩壊

1m 前後にも満たないような表層崩壊が急斜面で数多く発生した（図 16）。そのため、山地のいたるところに傷ができた。これらは非常に目立つものであるが、崩壊地内部では不安定な土塊は概ね落ちており、その下に堆積している。

8. おわりに

中越地震で東山丘陵に発生した地すべり・崩壊について、それらの特徴、地質と地形特性、そしてメカニズムについて述べた。被災地は現在雪の中である。積雪中には大きな変動はないと考えられるが、まだ不安定な土塊も残っており、融雪期にこれらが活動することが懸念される。また、規模は大きくはないものの、田や池の縁に亀裂が生じている箇所が多くあり、融雪時期にこれらがさらに拡大することが懸念される。ただし、最も数多く発生し、また、目立つものは表層崩壊であり、これらの崩壊地内部では不安定な土塊は落ちていることから、崩壊地内部がさらに大きく崩れる可能性は低く、むしろ、その縁の部分の拡大に留意することが必要である。

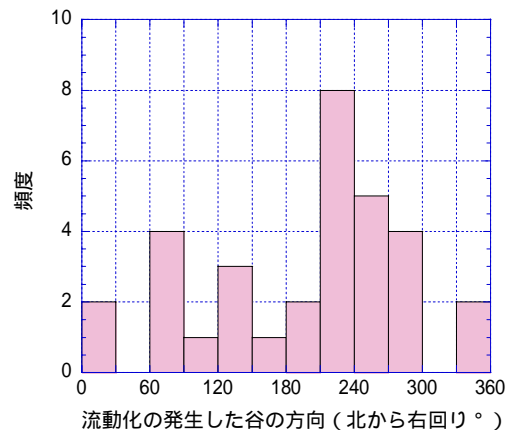


図 15 流動化の発生した谷の方向別頻度



図 16 多数発生した表層崩壊。そのために送電鉄塔が被害を受けた箇所もある。

引用文献

- 国土地理院（2004 年 10 月 29 日）：新潟県中越地震災害状況図
- 小林巖・立石雅昭・吉岡敏和・島津光夫（1990）：地質調査所 5 万分の 1「長岡」図幅。
- 八木浩司，朝日航洋株式会社，国土防災技術株式会社(2004)：新潟県中越地震により発生した地滑り・崩壊の詳細判読図。
- 柳沢幸夫・小林巖雄・竹内圭史・立石雅昭・茅原一也（1984）：地質調査所 5 万分の 1「小千谷」図幅
- Wang Wen-Neng, Furuya T., and Chigira, M. (2003): Geological and Geomorphological Precursors of the Chiu-fen-erh-shan Landslide Triggered by the Chi-chi Earthquake in Central Taiwan. Engineering Geology, 69, 1-13.

平成 16 年新潟県中越地震災害被害調査報告会講演集（主催：日本地すべり学会・日本応用
地質学会、平成 17 年 2 月 5 日、機会振興会館、pp12-21）