

# 新潟県中越地震とその後の積雪期を経た斜面崩壊の特徴

独立行政法人土木研究所 土砂管理研究グループ  
 火山・土石流チーム ○秋山一弥・栗原淳一  
 北陸地方整備局湯沢砂防事務所 山口真司  
 アジア航測株式会社 小川紀一郎・小西啓一・吉野弘祐

## 1. はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震では、信濃川水系魚野川支川の芋川流域を中心に多数の地すべりや斜面崩壊が発生した。中越地域は豪雪地帯であり、地震直後に積雪期を迎えたため、融雪期には融雪水に起因する土砂災害の発生が懸念された。一般的に地震が発生した場合、山地では山体にゆるみが生じて、地震後は降雨による二次災害の危険度が增大するといわれている。しかし、地震後の降雨や融雪などによる影響の定量的な検討については未だ少なく、その長期的な推移についても不明点が多い。

このため、本調査は新潟県中越地震における斜面崩壊（地すべりや表層剥離程度の小規模なものを除いた形態）を対象として、地震後の降雨や融雪などに起因する斜面崩壊の状況と推移の実態について定量的な把握を目的としている。本稿では、地震時と2004～2005年冬期を経た崩壊状況の特徴について報告するものである。

## 2. 調査内容

調査範囲は中越地震で多数の斜面崩壊が発生した芋川流域（約38 km<sup>2</sup>）を対象とし、22個の小流域（単元流域）に区分した（図1）。崩壊状況は表1に示す空中写真、レーザープロファイラ（以下LPと略記）データを用いて検討を行った。崩壊地は、地震前後の状況として地震発生前の①と、発生直後の②の空中写真、積雪期間を経て融雪後までの状況は、②と④の空中写真を用いて判読を行った。

融雪後までに新たに発生していた崩壊（以降融雪後の崩壊と表記）は、地震による崩壊（以降地震時の崩壊と表記）との関係から以下の区分で抽出を行った。

- 1) 新規崩壊：期間中に新たに発生したもの
- 2) 拡大崩壊：地震時の崩壊の頭部や側面が崩壊して拡大したもの
- 3) 再崩壊：地震時の崩壊の内部（崩壊面）が崩壊したもの

数値的な解析は、地震の前後では既存の格子間隔（10m）の数値地理情報（DEM）<sup>1)</sup>と③のLPデータを、融雪期前後は③と⑤のLPデータからそれぞれ1mのDEMを作成して用いた。

面積は空中写真とLPデータを合成したデジタルオルソより投影面積として算出を行い、地質データは中越魚沼地域の5万分の1数値地質図（Ver1）<sup>2)</sup>を用いた。

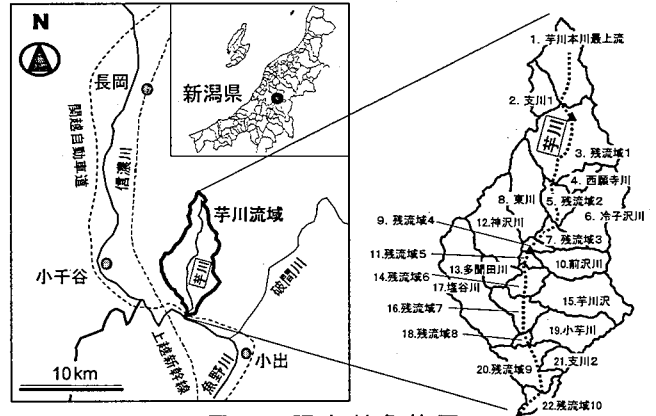


図1 調査対象範囲

表1 検討に用いた空中写真等

	時期	資料	内容	備考
①	1998年	地震前	1/20000	地震前の崩壊地分布の把握
	2004年10月23日	地震発生日		
②	2004年10月24日	空中写真	1/10000密着	地震による崩壊地の判読
③	2004年11月26日	LP計測	1500m	地震後の地表数値データ
④	2005年5月11、17日	空中写真	1/10000、1/5000密着	融雪後の崩壊地判読
⑤	2005年5月11日	LP計測	1500m	融雪後の地表数値データ

表2 芋川流域の崩壊数・崩壊面積

	地震で発生した崩壊 (a)	融雪後までに新たに発生した崩壊			計 (b+c+d)	地震で発生した崩壊との比率 (%)	
		新規崩壊 (b)	拡大崩壊 (c)	再崩壊 (d)		(c+d)/a	(b+c+d)/a
崩壊数	1,419	822	435	191	1,448	44.1	102
崩壊面積 (m <sup>2</sup> )	1,477,818	194,892	186,995	62,360	444,247	16.9	30.1
崩壊地1箇所あたりの平均面積 (m <sup>2</sup> )	1,041	237	430	326	307	72.6	29.5

## 3. 調査結果

### 3.1 芋川流域の崩壊数、崩壊面積

芋川流域で判読を行った結果を表2に示す。地震時の崩壊箇所の約44%で融雪後の拡大または再崩壊が発生しており、崩壊数は地震時、融雪後ともほぼ同数であった。崩壊面積は融雪後が地震時の約30%で、融雪後の新規崩壊、拡大崩壊はほぼ同じ面積であるが、再崩壊の面積はこれらの約1/3である。また、崩壊地1箇所あたりの平均面積は融雪後は地震時の約30%で、融雪後の崩壊は形態別で拡大崩壊が最も面積が大きい。以上から、融雪後の崩壊の発生数は地震時とほぼ同数であるものの、面積が小さく地震時の崩壊よりも小規模であることがわかる。

芋川流域において、単位斜面の最上部（もしくは遷急線）と河床（遷緩線）の比高を起伏量とすると、その頻度は約9割が100m以下であり、20～60mがおよそ6割を占める。このような斜面で発生した崩壊の最上端の位置を起伏量との相対高さで算出した結果を図2に示す。地震時の崩壊は多くが斜面の上部から発生しており、発生した斜面の形態をみると尾根型、平行型斜面が主である。これに対して、融雪後の各区分の崩壊も同様に斜面上部からの発生が多いが、発生した斜面の形態をみると、新規崩壊は尾根型、平行型斜面のほかにも谷状地形な

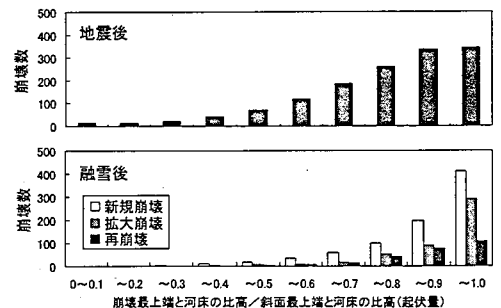


図2 地震後、融雪後の崩壊位置の頻度

ど地震時に崩壊していない斜面で発生している。また、拡大崩壊は地震時の崩壊の頭部に多いが側部にも存在し、再崩壊は地震時の崩壊の上～中部に多く発生している。

### 3.2 地震時・融雪後の崩壊面積率と地質

芋川流域全体では地震時の崩壊面積率は3.9%、融雪後までの新たな崩壊の面積率は1.2%で、融雪後の崩壊面積率は地震時の約1/3であった。地震時と融雪後の崩壊を合わせた合計崩壊面積率は、融雪後の再崩壊は面積が拡大していないことから約4.9%となった。地震時、融雪後における単元流域別の崩壊面積率分布について図3に示す。地震時、融雪後いずれも相対的な傾向はほぼ同様で、地震時に崩壊面積率が大きい単元流域では融雪後も大きく、芋川流域の中流部に隣接して位置している。

次に流域内に分布する地質と崩壊の関係について、各地質区分の流域に占める面積の割合と、各地質区分の崩壊面積から崩壊面積率の算出を行った結果を図4に示す。地震時、融雪後の崩壊面積率はいずれも砂岩、砂岩泥岩互層、砂質シルト岩及び砂岩シルト岩細互層など、砂岩・泥岩質の地質で高く、特に⑧の砂岩優勢砂岩泥岩互層では占有面積は小さいものの地震後、融雪後いずれも崩壊面積率が最も大きくなっており、崩壊が発生しやすい傾向にある。なお、これらの地質の分布が少ない単元流域では、崩壊面積率は小さい傾向になっている。

### 3.3 地震加速度と崩壊面積率

地震時の崩壊について、上下方向成分の加速度分布図<sup>3)</sup>と芋川流域における崩壊地分布との比較を図5に示す。芋川流域は大部分が700gal以上を示しており、加速度が大きいほど崩壊数が多い傾向がみられる。地震加速度と崩壊面積率との関係について図6に示す。900gal付近を境界に崩壊面積率がそれ以下の3倍以上を示し、崩壊の素因として地震動の影響が大きいことを示している。

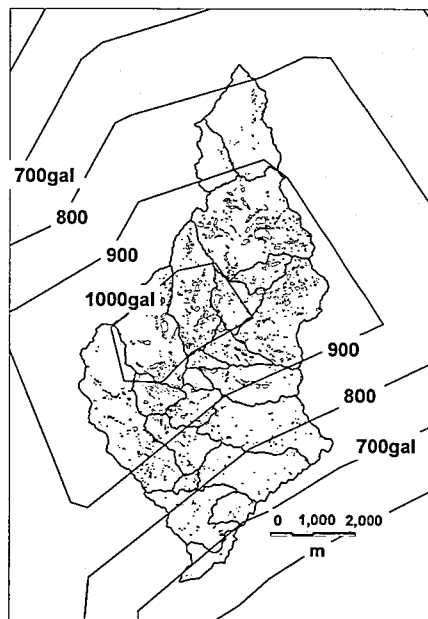


図5 加速度と崩壊の分布

### 3.4 地質構造と地震時・融雪後の崩壊

芋川流域での特徴的な地質構造である流れ盤や受け盤等の分布状況と崩壊の関係について比較を行った。地質構造は判読した各崩壊箇所における地層面と地形面の傾斜・方位から、地形の最大傾斜方向( $\theta$ )と地層面の見かけの傾斜( $\gamma$ )を求め、 $0^\circ < \gamma < \theta$ 、 $\theta < \gamma < 90^\circ$ 、 $90^\circ < \gamma < 180^\circ$ の場合をそれぞれ流れ盤、高角型、受け盤と区分した。なお、層をなさない地質区分は除外した。結果を図7に示す。

地震時、融雪後の崩壊いずれも傾向はほぼ同じで、受け盤、流れ盤いずれも崩壊数はほぼ同等が多いが、高角型は少なくなっている。これを平均面積で比較すると、融雪後の崩壊は前述のとおり地震時より面積は小さく、地震時では流れ盤、高角型で発生した方が若干面積が大きいが、融雪後はどの区分でもほとんど変わらない。地震時の崩壊面積が10000m<sup>2</sup>を越える崩壊地は16箇所あるが、流れ盤、受け盤のいずれも発生しており、崩壊面積率の大きい3～8、10、12の単元流域にあって加速度は900gal以上の範囲内で発生している。

## 4. おわりに

山地での地震に対する影響を評価するには、地震発生後の崩壊地の推移などの土砂動態を長期間追跡する必要があるが、中越地域では2004～05年の冬期は19年ぶりの豪雪であったため、土砂生産に及ぼす影響は通常より大きかったと想定される。今後も継続して調査・解析を進めていく予定である。

### 参考文献等

- 1) 北海道地図株式会社：GISMAP Terrain
- 2) 地質調査総合センター研究資料集，no. 412、産業技術総合研究所地質調査総合センター、2004
- 3) 地震に起因する土砂災害対策の現状と課題、土木技術資料、VOL. 47、NO. 12、p. 27、2004

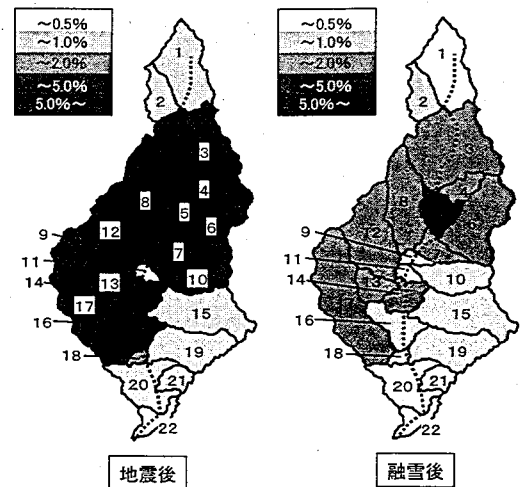


図3 単元流域別の崩壊面積率

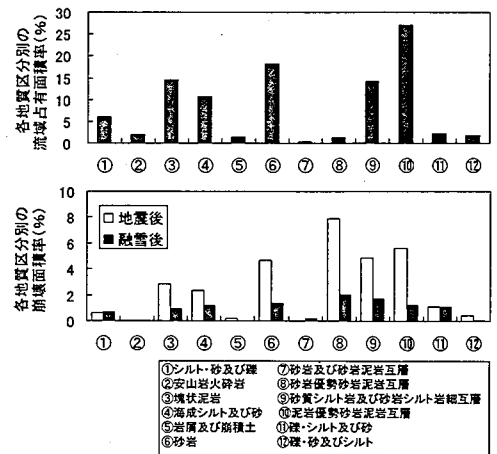


図4 地質別の占有面積率と崩壊面積率

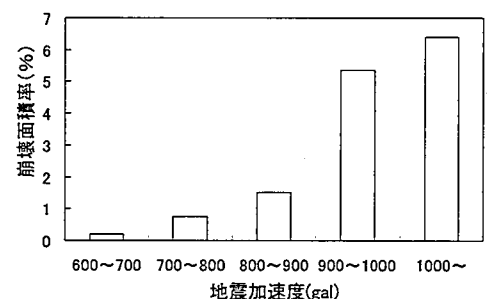


図6 加速度と崩壊面積率

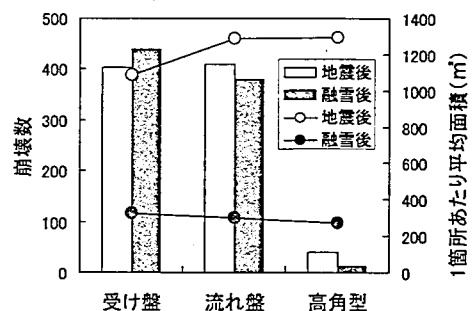


図7 地質構造と崩壊数・平均面積