

表1 近年の大規模地震地すべり事例

	平成16年新潟県 中越地震 ⁴⁾	平成19年能登 半島地震 ⁵⁾	平成19年新潟県 中越沖地震 ⁶⁾	平成20年岩手・宮城内陸地 震 ⁷⁾	平成23年東北 地方太平洋沖地 震 ⁹⁾	平成28年熊本 地震 ^{10,11)}	平成30年北海 道胆振東部地震 ¹³⁾
被災地	新潟県	石川県	新潟県	宮城県, 岩手県	宮城県, 福島 県, 岩手県	熊本県, 大分県	北海道
発生年	2004.10.23	2007.3.25	2007.7.16	2008.6.14	2011.3.11	2016.4.16	2018.9.6
マグニチュード	M6.8	M6.9	M6.8	M7.2	M9.0	M7.3	M6.7
土砂量	537 万 m ³ 以上	—	—	7000 万 m ³ (荒砥沢地すべり)	—	—	3000 万 m ³
崩壊形態 (主な崩壊深さ)	深層崩壊 (350m)	表層崩壊 岩盤崩壊 (1~5m)	—	深層崩壊 (300~450m)	表層崩壊 (3~9m)	大規模表層崩壊 (1~3m)	大規模表層崩壊 (数 m)
地質・土質	堆積岩類	堆積岩類	堆積岩類	堆積岩類	降下火砕物	降下火砕物	降下火砕物
地震前降雨 ³⁾ (2週間累積雨量)	173 mm (栃尾)	37 mm (門前)	66 mm (柏崎)	86 mm (駒之湯)	12.5 mm (白河)	137 mm (南阿蘇)	53.5 mm (厚真)

崩壊や地すべりが多数発生し、発生箇所も約 1,000 箇所と非常に多かった。規模としては寺野と東竹沢の地すべりが最も大きいクラスに入り、東竹沢の地すべりは、斜面長が約 350m、崩壊土塊量が約 130 万 m³ と推定されている。中越地震に起因した地すべりの特徴は、流れ盤構造の砂質泥岩互層である。さらに、本震の 3 日前に日雨量 100mm を超える降雨があったことも特筆される。

2.2 平成19年能登半島地震⁵⁾

2007 年 3 月 25 日で、石川県能登半島沖を震源とする M6.9 の地震が発生、最大震度 6 強を輪島市と七尾市で観測した。海岸沿いの岩盤崩壊、落石が多く、崩壊が土石流化したケースがみられた。また、切土のり面の表層崩壊や高盛土の崩壊が目立ち、特に震源に近い国道 249 号輪島市門前町深谷地区では大規模な盛土の崩壊が発生した。斜面崩壊は主に輪島市を中心に発生しているが、平成 16 年新潟県中越地震と比べて、崩壊箇所は少なく散在していた。

2.3 平成19年新潟県中越沖地震⁶⁾

能登半島地震から 4 ヶ月足らずの 2007 年 7 月 16 日、新潟県上中越沖の深さ約 10km で M6.8 の地震が発生し、最大震度 6 強が観測された、この地震により柏崎市街地を中心に家屋が多数全壊するなど、大きな被害が発生した。その特徴としては、地震の規模と地質的条件が平成 16 年新潟県中越地震と比較的近いにもかかわらず、中越地震とは異なり、斜面崩壊、地すべりの発生が比較的少なかったことである。また、砂丘の縁辺部、旧河道、自然堤防など特定の地形条件をもつ地域に被害が集中したことがあげられる。

2.4 平成20年岩手・宮城内陸地震⁷⁾

2007 年 7 月 16 日、岩手県内陸南部を震源とする M7.2 の地震が発生し、3,500 箇所にも及ぶ斜面崩壊、地すべりが発生し、そのうち 10 箇所以上の大規模地すべりと急傾斜地の表層崩壊、落石などが発生したことが報告されている。この地震では古いカルデラ内に堆積した湖成層がすべり面となって地すべりが発生したことから、地すべりが地震発生時にある特定の地層をすべり面として再活動したことが確認された。また、崩壊発生前の降雨状況は気象庁のデータによると、発生前 30 日間で 200mm を超える降雨⁸⁾ が記録されていた。地盤強度が低下した状態で、大規模な地震動を受けて崩壊につながったと考える研究者もいる。

2.5 平成23年東北地方太平洋沖地震⁹⁾

東北地方太平洋沖地震は、2011 年 3 月 11 日に発生したわが国の観測史上最大の M9.0 の地震である。この地震では、津波による被害が甚大かつ広範囲であった。それと比較して、地すべりや斜面崩壊による被害は限定的で、福島県白河市および栃木県那珂川町において緩斜面が崩壊し、崩土が流れ広がる崩壊性地すべりの発生が確認された。また、福島県内陸南部から栃木県では、本震の震度が 6 強と大きく、丘陵斜面や段丘斜崖斜面において火山性堆積物からなる斜面の流動性地すべりが多く確認された。

2.6 平成28年熊本地震^{10, 11)}

2016年4月14日と4月16日、熊本県熊本地方を震源とするM6.5とM7.3の地震が相次いで発生し、多数の斜面災害が発生した。特に2回目の地震(M7.3)では強震域が拡大したため、阿蘇郡南阿蘇村においては、多数の建物が倒壊するとともに、多数の斜面崩壊が確認された。南阿蘇村は阿蘇カルデラ西部地域に位置し、この地域一帯には溶岩および火砕岩と阿蘇火砕流堆積物が分布しており、強い揺れに起因して100箇所以上で斜面崩壊が発生した。また、阿蘇カルデラ内の中央火口丘群斜面で起こった崩壊は傾斜10°程度の緩斜面で地すべりが発生した。さらに、本震後の6月19日～29日の降雨によって土石流が発生し、被害が再び発生した。このように、地震後の降雨によって二次土砂移動現象が発生したことが特筆される¹²⁾。

2.7 平成30年北海道胆振東部地震¹³⁾

2018年9月6日、北海道胆振東部地震は北海道胆振地方中東部を震源とするM6.7の直下型地震が発生し、北海道の観測史上初となる最大震度7が観測された。本地震による地盤被害の特徴は厚真町を中心とした広範囲にわたる大規模斜面崩壊と札幌市の液状化である。特に斜面崩壊箇所は震央を中心として南北に分布し、斜面崩壊面積は13.4km²、土量は3,000万m³と明治以降の主要な地震災害の中で最も大きいことが報告されている。斜面崩壊が多発した原因として、樽前火山から噴出し、地盤を厚く覆っていた固結度の低いテラフ層が地震動によって崩壊したためと考えられている。

以上より、各地震に共通してみられる地すべりと斜面崩壊の発生因子として火山灰や軽石などの降下火砕物と地震前の降雨があげられる。

3. 地震地すべりにおける危険因子の検討

表2に地すべりと斜面崩壊の素因と誘因が地震時の斜面へ及ぼす影響をまとめた。

表2 素因と誘因が地震時の斜面へ及ぼす影響

素因・誘因	素因：降下火砕物	誘因：地震前の降雨
斜面	地震動に対して脆弱	地盤強度の低下

3.1 降下火砕物

日本列島には火山灰や軽石などの未固結の降下火砕物が広く分布しており、熊本地震¹⁰⁾や北海道胆振東部地震¹³⁾では、これらが堆積している傾斜地で、多数の斜面崩壊が発生した。降下火砕物は上空から降下し堆積するため、斜面に平行な層(流れ盤)構造を形成している。また、軽石などは高含水比状態であり、攪乱を受けると軟質化しやすい。そのため、これらに起因する地すべりの特徴¹⁴⁾として、崩壊層厚は数メートルと比較的薄いものの、その移動速度は大きく、流動性が高く斜面下方まで移動・広い堆積域を形成することがある。

3.2 地震前降雨

平成16年新潟県中越地震⁴⁾では、多数の地すべり・斜面崩壊が発生したのに対して、同様の地質・地形的背景を持つ堆積岩分布域で、同程度の震度をもたらした平成19年能登半島地震⁵⁾と平成19年新潟県中越沖地震⁶⁾で発生した地すべり・崩壊は少なかった。これは新潟県中越地震が、地震発生前の3日間で100mmを超える降雨を経験していたのに対して、他の2つの地震前降雨が少なかったことも一因と考えられている。また、岩手・宮城内陸地震⁸⁾においては、先行降雨によって地盤が脆弱となり大規模崩壊が発生したとされる。このように、地震前の積算雨量が多い場合、雨水が地中深くまで浸透し、強度低下を引き起こすことで、地震による大規模崩壊が発生する危険性が増すと考えられる。一方、地震前降雨がなくても、降下火砕物などは長期にわたって風化により劣化し、地震による表層崩壊が発生するとされる。このように、地すべりの発生形態は地震前の降雨の有無やその量によって異なり降雨状況によって大きく異なることが知られており、これは、

地下水位および土の含水状態が地盤の強度や動的挙動に強く影響するためであると考えられる。

4. まとめ

近年発生した地震時の地すべりと斜面崩壊の事例に対して文献調査を行うことで、発生因子である降下火砕物と地震前降雨が地震時の地すべり・斜面崩壊に影響を及ぼしていることが分かった。したがって、地震時の地すべり・斜面崩壊は降下火砕物の分布状況や降雨状況を把握することで、危険斜面を抽出可能である。今後は、降下火砕物の動的強度特性を把握し、危険斜面の崩壊規模の予測につなげていくことが必要である。

参考文献

- 1) 阿部真郎, 林一成: 近年の大規模地震に伴う地震地すべりの運動形態と地形・地質的発生の場, 日本地すべり学会誌, Vol.48, No.1(199), pp.52-61, 2011.
- 2) 上鶴瀬一真, 鈴木素之: 近年の地震で発生した地すべり斜面崩壊の危険因子に関する考察, 自然災害研究協議会中国地区部会 研究論文集, 第7号, pp.39-42, 2021.
- 3) 気象庁: “日降水量”, アメダス (AMeDAS), <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 4) 飛田哲男, 井合進, 汪明武, 仲山賢司: 平成16年(2004年)新潟県中越地震被害調査速報, 自然災害科学, 第23号, pp.595-602, 2005.
- 5) 飛田哲男, 後藤浩之, 豊岡亮洋, 高橋良和, 姜基天, 井合進: 平成19年(2007年), 能登半島地震被害調査速報, 自然災害科学, 第26号, pp.215-223, 2007.
- 6) 飛田哲男, Mohammad Reza Ghayamghamian, 井合進, 姜基天: 平成19年(2007年)新潟県中越沖地震被害調査速報, 自然災害科学, 第26号, pp.215-223, 2007.
- 7) 井口隆, 大八木規夫, 内山庄一郎, 清水文健: 2008年岩手・宮城内陸地震で起きた地すべり災害の地形地質的背景, 防災科学技術研究所主要災害調査, 第43号, pp.1-10, 2010.
- 8) 安田幸生, 野口正二, 三森利昭: 岩手・宮城内陸地震災害地における2008年の気象と山地積雪水量分布の特徴, 森林総合研究所研究報告, 11巻, 3号, pp.135-150, 2012.
- 9) 千木良雅弘, 中筋章人, 藤原伸也, 阪上雅之: 2011年東北地方太平洋沖地震による降下火砕物の崩壊性地すべり, 応用地質, 第52巻, 第6号, pp.222-230, 2012.
- 10) 北園芳人, 鳥井真之: 平成28年熊本地震被害調査報告書, 土木学会西部支部, 熊本地震調査報告書, 第10報, pp.27-47, 2019.
- 11) 宮縁育夫: 平成28年(2016年)熊本地震によって南阿蘇村周辺域で発生した斜面災害, 地学雑誌 Journal of Geography (Chigaku Zasshi), 125巻, 3号, pp.421-429, 2016.
- 12) 石川芳治, 他22名: 平成28年熊本地震後の降雨による二次土砂移動と二次土砂災害, 砂防学会誌, Vol.69, No.4, pp.25-36, 2016.
- 13) 木幡行宏: 平成30年北海道胆振東部地震による地盤被害の要因に関する調査, 室工大紀要, 第69号, pp.3-8, 2020.
- 14) 梅田浩司, 千代谷佳織, 柴正敏, 近藤美左紀: 平成30年北海道胆振東部地震に伴う斜面崩壊, 応用地質, 第60巻, 第4号, pp.172-179, 2019.