

# 大規模地震後の降雨により発生した土砂災害 に関する文献調査

後根裕樹<sup>1)</sup> 鈴木素之<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 山口大学大学院 創成科学研究科

## 1. はじめに

大規模地震後には地盤が不安定化し、地震前よりも降雨による土砂移動が発生しやすくなることが指摘されている。例えば、2016年の熊本地震では、地震後の梅雨期の大雨により、阿蘇地域を中心に多数の土砂移動が発生し、二次被害を及ぼしたことが報告されている<sup>1)</sup>。

このような大規模地震後の降雨による土砂災害から被害を軽減するため、地震後の降雨により発生した土砂移動の特徴を把握することが重要と考えられる。そこで本稿では、近年の大規模地震後の降雨により発生した土砂移動に関する論文や報文などの文献資料を収集し、その発生エリアや発生時期、発生時の降雨量に関する特徴等について整理した結果を報告する。

## 2. 調査結果

### 2.1 地震後の降雨による土砂移動の事例

文献資料の収集は、国内における歴史地震、および1995年以降に国内外で発生した大規模地震(M6.4以上)を対象に行った。その結果、表-1に示される大規模地震について、その後の降雨により発生した土砂移動について報告・研究された資料文献が確認された。

これらの資料文献によると、地震後の降雨で発生した土砂移動は、主に地震が発生した周辺域において地震後数日～数か月以内に発生したとされ、その土砂移動形態は、地震時の崩壊の拡大や、新規崩壊、土石流等であったことが報告されている。また、土砂移動が発生したエリアは、地質的には主に花崗岩、新第三紀堆積岩類、第四紀火山堆積物に区分される。

### 2.2 地震後の降雨による土砂移動が多発したエリアの特徴

地震後の降雨により土砂移動が多発したエリアの特徴を明らかにするため、表-1のうち、1995年以降の地震後の土砂移動エリアを対象として、それぞれ地震時の震央から距離や地震動(最大加速度・震度)との位置関係を整理した(図-1)。この図によると、地震後の降雨で土砂移動が発生したエリアは、多くが加速度400gal以上、震度6弱以上を記録したエリアにあり、地震時の揺れが比較的大きかったところに相当するとみられる。また、震央からの距離をみると、内陸(直下型)地震の事例では、震央から概ね40km以内に位置する。

表-1 大規模地震後の降雨による主な土砂移動

地震名		発生場所・地質	降雨時の土砂移動形態 (主な発生時期)
歴史地震	宝永4年(1707年) 宝永地震	高知県東洋町	深層崩壊 <sup>2)</sup> (地震から約半年後)
	大正12年(1923年) 関東地震	神奈川県伊勢原市 小田原市 など	土石流 <sup>3)</sup> (地震から約2週間後)
1995年以降	平成7年(1995年) 兵庫県南部地震	神戸市灘区・花崗岩	地震時の崩壊拡大、新たな崩壊 <sup>4)</sup> (地震から約4~6か月)
	1999年集集地震	台湾・溪頭地区	新たな崩壊 <sup>5)</sup> (地震から約5か月後)
	平成20年(2008年) 岩手・宮城内陸地震	岩手県一関市・第四紀火山堆積物	地震時の崩壊拡大、新たな崩壊 <sup>6)</sup> (地震から約3か月以内)
		宮城県栗原市・新第三紀堆積岩	
平成23年(2011年) 東北地方太平洋沖地震	茨城県北部・花崗岩	降雨と余震による新たな崩壊 <sup>7)</sup> (地震から約9か月以内)	
平成28年(2016年) 熊本地震	熊本県阿蘇地域周辺・第四紀火山堆積物	地震時の崩壊拡大、新たな崩壊、土石流の再発 <sup>1)</sup> (地震後5日後～地震から約2か月後)	

このような特徴から、地震後の降雨により発生する土砂移動も、地震時に発生する土砂災害と同様、地震動により地盤の影響が大きかったエリアで多く発生する可能性が考えられる。

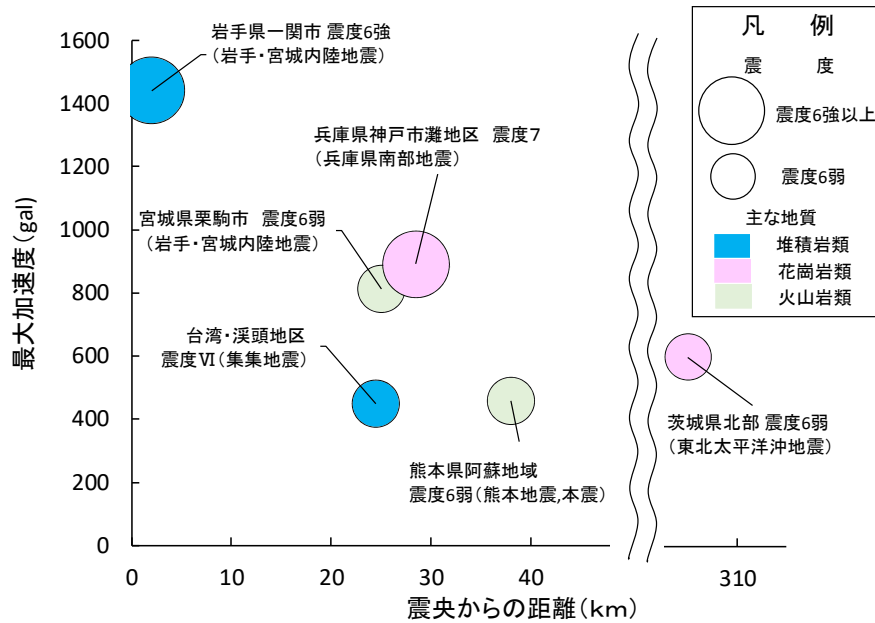


図-1 地震後の降雨で発生した土砂移動エリアの特徴  
(兵庫県南部地震の最大加速度・震度は気象庁<sup>8)</sup>、集集地震に関する地震データは岩楯・吉嶺<sup>9)</sup>、それ以外の地震の震央位置は気象庁<sup>10)</sup>、推計震度・最大加速度については QuiQuake<sup>11)</sup>に基づく)

### 2.3 地震前後の土砂移動発生時の降雨の比較

既往の研究によると、大規模地震後の降雨により発生する土砂移動は、地震前よりも少ない降雨量で発生する傾向にあるとされる。

例えば、富田ら<sup>4)</sup>の事例では、平成7年兵庫県南部地震から約4~6か月後に認められた崩壊の拡大について、地震前の崩壊発生時の降雨指標と比較・分析し、その結果、地震前の3~5割程度少ない値であったと報告されている。また渡邊ら<sup>12)</sup>は、阿蘇外輪における平成28年熊本地震前後の土砂移動時の降雨量について、複数の降雨指標を基に比較・分析し、地震直後(2016年4月)は地震前の1~3割程度であり、約2か月後(2016年6月)は地震前の3~8割程度であると報告した。

堀田ら<sup>5)</sup>は、台湾大学溪頭実験林内において、1999年集集地震の前後で発生した崩壊を対象として、発生時の連続雨量や発生件数などを比較した結果、地震後から約5か月後に発生した崩壊(2000年2月)は地震の影響を受けていたのに対して、地震から2年以上経過し発生した崩壊(2002年5月)には地震の影響が顕著ではなかったと考察した。堀田ら<sup>5)</sup>では、地震前後の降雨指標の割合は具体的に算出していないが、参考までに論文中の崩壊発生時の連続雨量の一覧表をもとに、地震1か月前(1999年8月)と地震後に発生した崩壊の連続雨量から割合を求めると、地震影響があったとされる2000年2月の崩壊は地震前の4~6割程度、地震の影響がなかったとされる2002年5月の崩壊は地震前の10割以上とそれぞれ見積もられる。

図-2に上述の各事例にて報告される地震前と比較した発生時の降雨指標の割合をそれぞれの地震発生から土砂移動発生までの経過日数をもとに整理した。各事例は、それぞれ分析手法や地震規模、土砂移動の特徴等が異なるため直接的に比較することができないが、いずれのケースにおいても、地震発生から半年以内の直近に発生した土砂移動において、発生時の降雨指標が地震

前に比べて小さい特徴にある。また、発生時の降雨指標の割合の推移をみると、地震の影響は地震直後が特に大きく、その後は時間の経過に伴って影響が不明瞭となり、小さくなる傾向が示唆される。

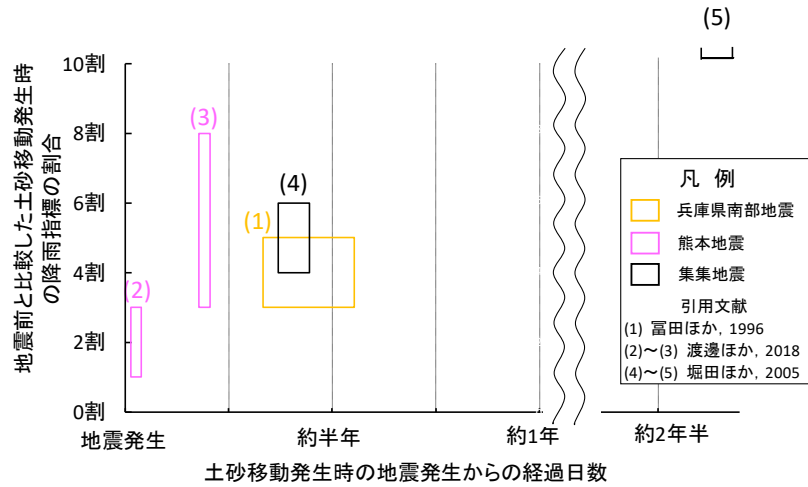


図-2 地震発生から土砂移動発生までの経過日数と地震前の土砂移動発生時の降雨指標との割合 4), 5), 12)をもとに作成

### 2.4 地震がその後の降雨により発生した土砂移動に及ぼした影響

地震後の降雨により土砂移動が発生する要因として地震動により地盤強度の低下が引き起こされる可能性が検討されている<sup>13), 14)</sup>。鳥居ら<sup>13)</sup>は、平成7年兵庫県南部地震後の降雨により多発した斜面崩壊に地震動が与えた影響を検討するため、崩壊地で採取したまき土の不攪乱試料に対する一面せん断試験とそれを模した石こう混じりまき土に対する繰返し三軸試験を実施した。実験では、繰返し載荷過程を地震動の影響、水浸過程を降雨の影響と見立て、それぞれの過程を経た供試体に対する圧密排水 (CD) 試験から得られるピーク強度を比較している。その結果、繰返し載荷を行った試料の強度は、繰返し載荷・水浸過程のない試料よりも18%低下し、さらに繰返し載荷後に浸水過程を行った試料の強度は44%低下したことを報告した。この事例から、地震時に土砂移動に至らなくても、地震動やその後の降雨の影響によって地盤強度が著しく低下し、土砂移動が発生する可能性が考えられる。

また、平成28年熊本地震では、地震後に阿蘇外輪を中心としたエリアに多数の亀裂が発生されたことが報告され (写真-1)、このうち大規模な崩壊が多発した立野地区では、崩壊の背後の尾



写真-1 熊本地震時に発生した亀裂

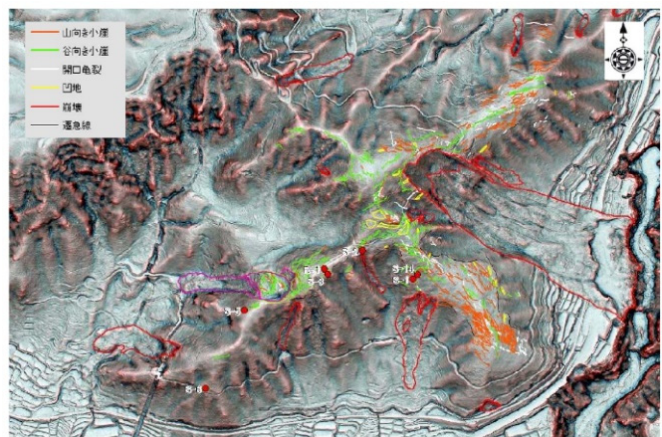


図-3 立野地区における亀裂判読結果<sup>16)</sup>より引用

根部や山頂緩部に生じた亀裂判読結果が報告されている<sup>15)・16)</sup>(図-3)。この図では、地震時に発生した亀裂は形態によって4区分され、このうち遷急線より下方の谷向き崖では、地震後の降雨時に崩壊に至ったことが報告されている<sup>16)</sup>。この事例から、地震時に発生した亀裂がその後の降雨によって発生した土砂移動に影響を及ぼした可能性も考えられる。

### 3. まとめ

本稿では、地震後の降雨により発生した土砂移動について、既存の文献調査から得られた情報をもとに、その特徴を整理した。その結果、地震後の降雨により発生した土砂移動の多くは、地震後から数か月以内の降雨により発生した事例がほとんどであり、おおよそ震央から40km以内、最大震度6弱以上、最大加速度400gal以上と、地震動により地盤の影響が大きかったエリアで多く発生する可能性が考えられた。また、地震後の土砂移動発生時の降雨量は地震前の1~8割程度少なく、その影響は時間の経過とともに小さくなることが示唆された。さらに、その要因として、地震動による地盤強度の低下や地震時に発生した亀裂が影響を及ぼしている可能性が考えられた。

今後はこれらの情報を踏まえつつ、大規模地震後の降雨により発生する土砂移動について、より詳細な特徴を把握するための研究を進めていきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 石川芳治ほか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.
- 2) 井上公夫：宝永地震と半年後の激甚災害：高知県東洋町名留川の大規模崩壊地を歩く，地理，Vol.60，No.10，pp.66-73.
- 3) 井上公夫・笠原亮一：関東地震（1923）時の震災地応急測図原因と土砂災害，歴史地震，Vol.24，pp.53-64.
- 4) 富田陽子・桜井亘・中庸充：六甲山系における地震後の降雨による崩壊地の拡大について，新砂防，Vol.48，No.6，pp.15-21，1996.
- 5) 堀田紀文・康恰慧・執印康裕・魏聰輝・張振生・陳信雄・鈴木雅一：集集地震後の降雨で発生した崩壊に対する地震の影響について—台湾大学溪頭実験林における長期林道補修記録を用いた検討—，砂防学会誌，Vol.58，No.1，pp.3-13，2005.
- 6) 村上亘・大丸裕武・江坂文寿：2008年岩手・宮城内陸地震により発生した2次的な斜面崩壊の地形・地質の特徴，森林総合研究所研究報告，Vol.12，No.1，pp.23-40，2013.
- 7) 木下祐介・八反地剛・八木勇治・江崎隼輝・奥村大輔：東北地方太平洋沖地震とそれ以降の雨による斜面崩壊：茨城県北部の花崗岩山地における事例，地形，第35巻，第1号，pp.25-39，2014.
- 8) 気象庁，入手先<[https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/1995\\_01\\_17\\_hyogonambu/index](https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/1995_01_17_hyogonambu/index)>（参照日2021.10.30）.
- 9) 岩楯徹広・吉嶺充俊：台湾集集地震土木構造物の被害と特徴，都市総合研究，No.72，pp.77-115，2000.
- 10) 気象庁，入手先<<http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>>（参照日2021.10.30）.
- 11) QuiQuake—地震動マップ即時推定システム—，入手先<<https://gbank.gsj.jp/QuiQuake/>>（参照日2021.10.15）.
- 12) 渡邊輝嗣・桂真也・林真一郎・梅谷涼太・齋藤はるか・野呂智之・村田郁央：平成28年熊本地震前後の阿蘇地域における土砂移動現象発生時の各種降雨指標値の比較，土木学会西部支部，第9回土砂災害に関するシンポジウム論文集，pp.151-156，2018.
- 13) 鳥居宣之・沖村孝・加藤正司：地震後の降雨による斜面崩壊発生機構に関する実験的検討，土木学会論文集C，Vol.63，No.1，pp.140-149，2007.
- 14) 中澤博志・石澤友浩・檀上徹・尾上修浩：降雨と地震の作用を受ける斜面の安定性評価に関する基礎的実験，土木学会論文集，土木学会論文集A1，Vol.77，No.4，pp.I\_243-I\_255，2021.
- 15) 林野庁，熊本地震に係る「森林域における航空レーザ計測業務」の成果一覧，崩壊箇所等位置図(図郭4)，入手先<<https://www.rinya.maff.go.jp/form/pdf/zukaku4.pdf>>（参照2022.1.3）.
- 16) 熊本県，立野地区亀裂対策検討委員会報告書について，入手先<<https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/93/1875.html>>（参照2021.11.15）.