

深層崩壊を引き起こした降雨の特徴

内田太郎* 岡本 敦**

1. はじめに

深層崩壊は、崩壊土砂量も大きく、被害の程度も大きい。そこで、これまでも実態調査など深層崩壊発生メカニズムに関する研究が進められ、発生場所を予測する手法が提案されてきた^{1), 2)}。それらの成果を踏まえて、平成22年8月に全国の深層崩壊の発生頻度を推定し、4段階に分類した「深層崩壊推定頻度マップ」を国土交通省と土木研究所において、公表した。また、国土交通省と土木研究所は、平成24年9月には、より詳細に深層崩壊の跡地の分布状況を空中写真判読により調査した結果を公表した。さらに、全国の直轄砂防事務所において、深層崩壊のおそれのある溪流の抽出が進められている。しかし、今後、警戒避難体制を強化するためには、深層崩壊の発生場所のみならず、深層崩壊を引き起こす降雨条件の把握が重要となる。また、深層崩壊に関するハード対策を進めるにあたって、深層崩壊の発生確率を定量化することは重要であり、雨量と深層崩壊の関係は、発生確率を定量化する上で、有用な情報となり得る。しかし、これまで、八反地³⁾、内田ら⁴⁾などいくつかの例外をのぞき、豪雨による深層崩壊を対象に、深層崩壊と降雨規模の関係を整理した研究は少ない。

そこで、本研究では、深層崩壊の発生・非発生と関連性の高い雨量指標について、近年の深層崩壊を事例に検討することを目的とした。

2. 調査方法

2.1 対象とした深層崩壊

本研究では、土木研究所 火山・土石流チームがまとめた「過去の深層崩壊事例について」における深層崩壊事例を対象とした。「過去の深層崩壊事例について」(http://www.pwri.go.jp/team/volcano/deep_seated_landslides/deep_seated_landslides.htm)は、発生日が概ね特定でき、崩壊土砂量が概ね10万m³以上のもので、豪雨・融雪による深層崩壊

を対象としている。本研究では、このうち、アメダスが整備された1976年以降の深層崩壊を対象とした。

その上で、「過去の深層崩壊事例について」は2010年までを対象としているので、2011年の分については、7月の台風6号による高知県東部の災害と9月の台風12号による紀伊半島での災害を対象とした。台風6号による深層崩壊については、笹原ら⁵⁾を参考とし、台風12号に関しては国土技術政策総合研究所で実施した判読結果⁶⁾を基に、崩壊土砂量が概ね10万m³以上と考えられる崩壊を対象とした。

2.2 深層崩壊発生時の降雨量の整理

降雨量については、各深層崩壊の発生日およびその前3日間の計4日間を解析の対象とした。その上で、対象期間中、連続1時間、3、6、12、24、48、72時間（以下では、「雨量算出時間」と呼ぶ）の最大雨量について算出した。これまで、土砂災害の発生と関連性の高い雨量指標として、実効雨量や土壌雨量指数が提案されてきているが、ここでは研究の第一段階として単純に積算雨量を用いた。

降雨量の算出には、各深層崩壊にもっとも近いアメダスの観測所における観測データを用いた（図-1a）。なお、1つの降雨で同時に複数の深層崩壊が発生している場合は、できるだけ多くの深層崩壊が概ね20kmの半径の内側に入るアメダス観測点を選

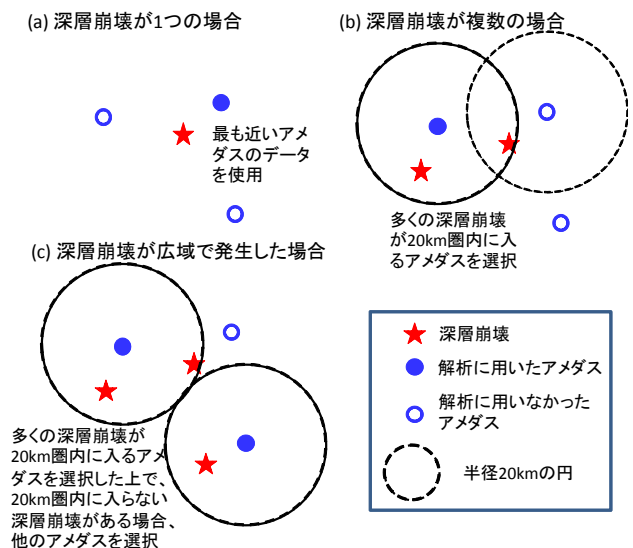


図-1 アメダス観測箇所の選択方法のイメージ

Characteristics of rainfall induced deep catastrophic landslides in Japan.

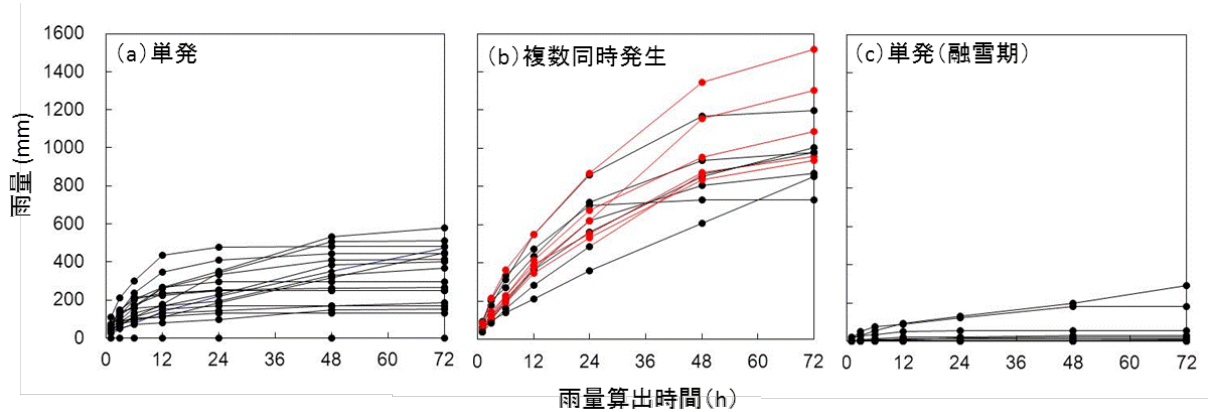


図-2 深層崩壊を引き起こした降雨の雨量算出時間と最大雨量の関係：(a)単発イベント（非融雪期）、(b)複数イベント（赤のプロットは2011年台風12号データ）、(c)単発イベント（融雪期）

び、分析を行った（図-1b）。その上で、2011年台風12号のように、広域に深層崩壊を発生させた降雨の場合、複数のアメダス観測所のデータを用いることとした（図-1c）。ただし、1つの深層崩壊が複数のアメダスデータで分析されることはないよう、複数のアメダス観測点から20km以内にある場合は、最近傍の観測点1つのデータのみを用いた。ここでは、2011年台風12号のように複数の観測所のデータを用いた場合は観測所ごとに別の降雨として解析した。その結果、深層崩壊を引き起こした降雨のデータ数は43であった。43降雨データのうち13降雨データでは複数の深層崩壊が発生しており、うち6降雨データが2011年の台風12号によるものである。また、43降雨データのうち、11降雨データは、融雪期にあたり、融雪の影響を受けていたと考えられる。

3. 結果

図-2に示したように、1つのみの深層崩壊が発生した降雨データ（以下、「単発イベント」と呼ぶ）と複数の深層崩壊が発生した降雨データ（以下、「複数イベント」と呼ぶ）では、雨量算出時間が短時間（12時間以下）の場合、明瞭な差が見られなかった。さらに、単発イベントの中には、全ての雨量算出時間で最大雨量がほぼ0mmのイベントもあった。特に、融雪の影響を受けていると考えられるイベントではその傾向が強かった。また、単発イベントの多くで、雨量算出時間が24時間以上長くなっても、雨量算出時間が24時間の時の最大雨量と差が小さかった。このことは、単発イベントの降雨の継続時間が概ね1日程度であったことを示している。

一方、複数イベントでは、単発イベントで見られたような、雨量算出時間によらず、最大雨量が0に近いイベントはなかった。さらに、72時間まで雨量算出時間が長くなればなるほど、降雨量が増大するイベントが多かった。このことは、複数の深層崩壊を引き起こすイベントの多くが2日以上降雨が継続していたと考えられる。

図-3には、深層崩壊を引き起こした降雨について、雨量算出時間ごとに最大雨量の頻度分布を示した。この図からも、雨量算出時間が12時間以内の場合、融雪の影響がないと考えられる単発イベントと複数イベントの最大雨量は必ずしも明瞭に分離できない。しかし、雨量算出時間を48時間以上にした場合、1つの複数イベントを除き、12の複数イベントの最大雨量は、単発イベントの最大雨量の最大値より大きく、極めて明瞭に分離でき、複数イベントの大半は48時間雨量で600mmを越えていた。なお、48時間雨量で600mmを越えていない1つの複数イベントは、1995年7月に黒部川流域における2つの深層崩壊を対象に「白馬」のアメダスデータを用いたものである。

4. 深層崩壊を引き起こす降雨の特徴

これまで、土砂災害の予測には、短時間雨量と長時間雨量の双方が影響を及ぼすため、両者を組み合わせた2軸で評価することが有効とされてきた⁹⁾。そこで、ここでも最大1時間雨量と48時間雨量の関係をプロットした（図-4）。しかし、この図から、単発イベントと複数イベントは、ほぼ48時間最大雨量のみで分離可能であり、1時間最大雨量の影響は小さいように見える。

前節で見たように、深層崩壊は非常に小さい降

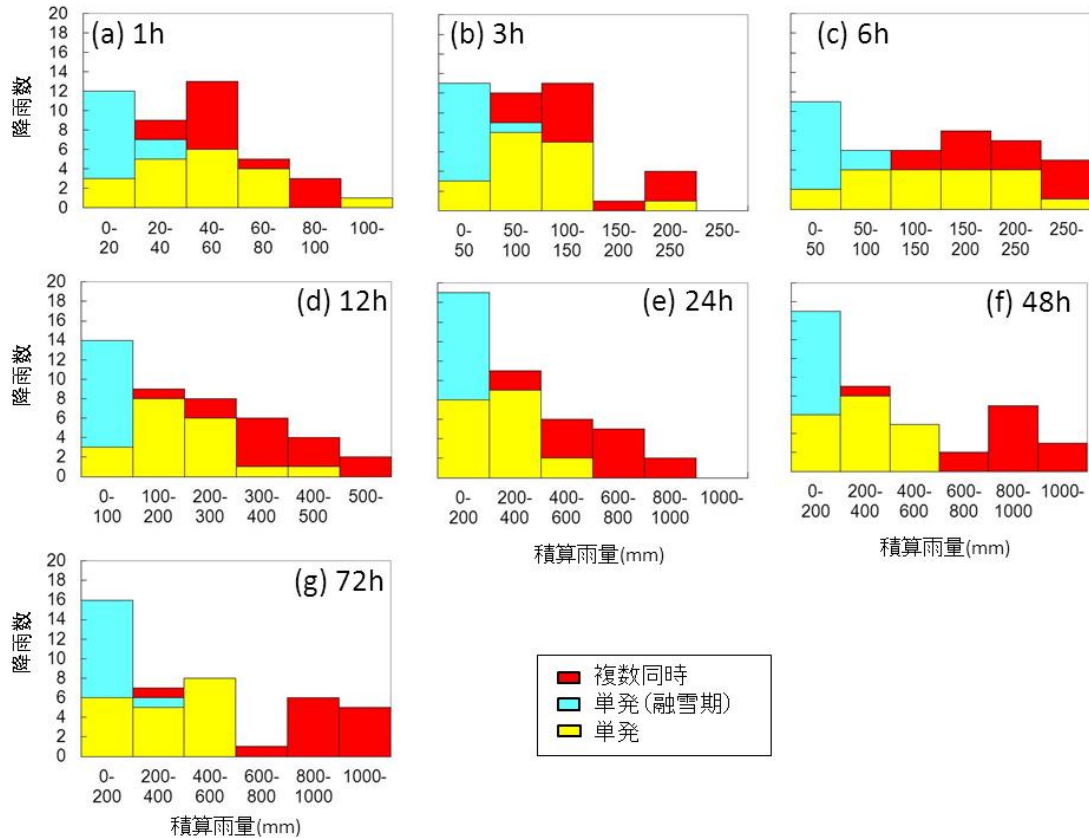


図-3 深層崩壊を引き起こした降雨の雨量算出時間ごとの頻度分布

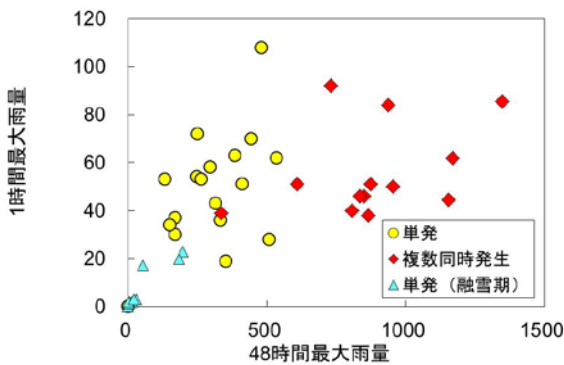


図-4 深層崩壊を引き起こした降雨の1時間最大雨量と48時間最大雨量の関係

雨でも生じることがある。さらに、融雪期には、小さい降雨で深層崩壊がしばしば生じる。このことは、深層崩壊の一部は崩壊発生前3日間という比較的短期間の降雨のみならず、より長期間の降雨や地下水流動や長期的な重力性の変形を誘因として生じることに関与していると考えられる。これらのことから、融雪による影響はある程度評価できる可能性があるものの、全ての深層崩壊を降雨量を基準に発生を予測することは困難であると考えられる。

一方で、前節の結果から、複数イベントは、降雨量によって、表現できる可能性が考えられる。このことは言い換えれば、融雪、地下水流動、長期的

な重力による変形などは、個別箇所における深層崩壊発生の主たる誘因とはなるものの、同時に複数の深層崩壊を引き起こすような深層崩壊の発生時期に重大な影響を及ぼすことはまれであることを示唆している。

5. 深層崩壊が複数発生した地域

これまで、土砂災害を引き起こす雨量は、地域によって異なると考えられてきた。そこで、ここでは、1945年以降に1つの降雨または地震で複数の深層崩壊が発生した地域を図-4に示した。ここでは、豪雨による深層崩壊は「過去の深層崩壊事例について」より抽出した、また、地震によるものは、「過去の深層崩壊事例について」は含まれていないので、代表的なものを示した。

図から、複数イベントは九州南部から紀伊半島までの西南日本を集中している。これらの地域では、いずれの場合も48時間で600mm以上の降雨がもたらされていた。一方、中部地方以東では、戦後、3回の降雨に起因する複数イベントが生じている。これらのイベントのうち、揖斐川流域の事例を除く2事例では48時間雨量が600mmに達していない。ただし、黒部川の事例では、北アルプスの後立山連峰

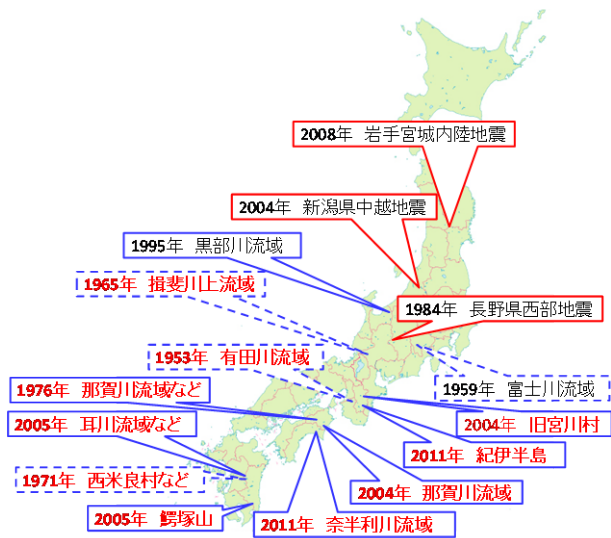


図-5 深層崩壊が複数同時発生した場所 青枠は豪雨によるものの、赤枠は地震によるもので、破線は図-1～3の解析対象外。赤字は48時間雨量が600mm以上の事例。

を越えた流域外のアメダス白馬（最近傍のアメダス観測点）では48時間最大雨量は300mm程度であったが、流域内の雨量計では48時間で500mmを超える観測結果も報告されている。また、1959年の富士川流域の災害でも、台風による総雨量は500mmを超えていたと報告されており、48時間最大雨量が600mmに達しない複数イベントであっても、48時間最大雨量が600mmに近くまで達していた可能性があったことがうかがえる。

また、関東甲信越以北の東北日本では、戦後、豪雨による複数イベントは富士川の事例を除き生じていない。一方で、地震による複数イベントは生じており、歴史的な大規模崩壊は西日本では豪雨によるものが多く、東北日本では、地震によるものが多いとした今村ら⁷⁾の結果と矛盾しない。すなわち、東北日本では、素因としての深層崩壊のポテンシャルはあるものの、規模の大きい豪雨が発生しないため、豪雨による複数イベントが生じていない可能性が考えられる。実際、アメダスの整備後、東北日本では、48時間最大雨量で600mm以上の降雨は観測されたアメダスの観測所はない。

以上、さらなる検討は必要ではあるが、複数の深層崩壊を引き起こす雨量は、地域によって異なる可能性はあるものの、ある程度の規模（本研究の結果に従えば、48時間600mm）以上の降雨があった場合に限られる可能性が考えられる。

6. おわりに

本報告では、過去の深層崩壊を引き起こした降雨の特徴について調査した。その結果、複数の深層崩壊を引き起こす降雨は、短時間の降雨強度では特徴づけることは難しく、48時間最大雨量によって、明瞭に特徴付けられた。深層崩壊は場の条件の影響を強く受けると考えられ（内田ら、2012など）、降雨条件のみでは、深層崩壊の発生は十分に表現仕切れない可能性は高いものの、長時間の積算雨量が深層崩壊の発生に影響している可能性が示唆された。本報告では単純に積算雨量を用いたが、今後、実効雨量など、他の指標を用いた検討も進めたい。

参考文献

- 1) 内田太郎、鈴木隆司、田村圭司：地質及び隆起量に基づく深層崩壊発生危険地域の抽出、土木技術資料、第49巻、第9号、pp.32～37、2007.
- 2) Uchida, T., Yokoyama, O., Suzuki, R., Tamura, K. and Ishizuka, T., A new method for assessing deep catastrophic landslide susceptibility, Int. J. Erosion Cont. Eng., 4, pp. 32-42, 2011.
- 3) 八反地 剛：降雨を起因とする深層崩壊の特徴—崩壊土量と遅れ時間の関係—、砂防学会誌、55(6)、pp.74～77、2003.
- 4) 内田太郎、佐藤匠、水野正樹、林真一郎、岡本敦：2011年台風12号における降雨量と斜面崩壊特性、土木技術資料、第54巻、第10号、pp.10～13、2012.
- 5) 笹原克夫、加藤仁志、桜井亘、石塚忠範、梶 昭仁：平成23年台風6号により高知県東部で発生した深層崩壊、砂防学会誌、64(4)、pp.39～45、2011.
- 6) 野呂智之、倉本和正、小山内信智：土砂災害発生危険基準線に対する客観的な設定手法の有効性、土木技術資料、第47巻、第4号、pp.26～31、2005.
- 7) 今村隆正、高野繁昭、角谷ひとみ：歴史的な大規模崩壊とその災害状況、平成21年度砂防学会研究発表会概要集、2009.

内田太郎*



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室主任研究官
Taro UCHIDA

岡本 敦**



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室長
Atsushi OKAMOTO