

## 解析雨量に基づく 48・72 時間雨量確率年と深層崩壊発生の関係

株式会社エイト日本技術開発

○郷司航平・海原荘一

国土交通省中部地方整備局

大西竜太・上田竹寛・上野諒平

## 1. はじめに

日本における土砂災害の主なソフト対策の 1 つである土砂災害警戒情報<sup>1)</sup>は、土石流と時空間的に集中して発生する土砂災害を対象としていることから、深層崩壊などの大規模な土砂災害は非対象となるが、表層崩壊よりも深層崩壊の発生降雨の指標値は大きい<sup>2)</sup>ため、基本的には深層崩壊をカバー可能と考えられる。しかし、深層崩壊は大規模な河道閉塞等を伴うことが多く、その決壊は表層崩壊による土砂災害よりも広範囲かつ甚大な被害となる可能性がある。現行の土砂災害警戒情報とは別に、深層崩壊に対する警戒避難基準雨量を設定することで高度化を図ることができるが、そのためには、発生降雨条件を検討する必要がある。

深層崩壊の発生降雨条件に関する研究事例として、木下ら(2013)<sup>2)</sup>は気象庁の解析雨量による 48 時間雨量確率年と深層崩壊の発生数および発生率、崩壊規模との間には相関関係があることを示した。また、坂井ら(2011)<sup>3)</sup>はアメダスデータに基づいて 72 時間降雨確率年が 20 年を超える降雨では、土砂災害に深層崩壊が含まれる可能性が非常に高いことを明らかにした。竹本ら(2022)<sup>4)</sup>は深層崩壊の崩壊規模は 48 時間雨量超過確率が 1/40 年を基準として増加する傾向を示すと結論づけている。八反地(2003)<sup>5)</sup>は地上雨量観測局の雨量データを用いて、1 時間雨量の降雨ピーク時刻に対する深層崩壊の発生時刻の遅れ時間は崩壊規模と相関があることを明らかにしている。しかし、前述の研究事例において深層崩壊に対する雨量確率年の閾値は崩壊規模に関する分類が概略的であり、また、長期雨量指標の雨量確率年が最大値となる時刻から災害発生時刻までの時間差と崩壊規模の関係は十分に検討されていない。

そこで本検討では、過去に深層崩壊が発生した地点の解析雨量を対象として「災害直前の一連降雨における 48 時間または 72 時間雨量の最大雨量確率年」と「最大雨量確率年となる時刻から災害発生時刻までの時間差」を整理した。既往研究<sup>2)~5)</sup>に倣い、雨量値ではなく雨量確率年を指標に選定したのは、日本は南北に長く地域によって気候特性が大きく異なるが、確率年を指標値とすることで、一律の閾値を設定可能と考えられるためである。また、降雨データは主に解析雨量を用いているが、地上雨量計と異なり空間解像度が高いことや欠測が少ない点、予測雨量の導入可能性といったシステム化した場合の運用上の利点を有するためである。なお、深層崩壊の発生に対する閾値は災害件数に基づいて整理した捕捉率と崩壊土砂量の関係から検討した。

## 2. 検討対象災害および使用した雨量データ

## 2.1. 検討対象災害の選定

検討対象とした災害イベントの抽出は、まず、深層崩壊の災害諸元の情報が含まれる既往論文<sup>例えば4)</sup>や国土交通省の有する災害データの中から、崩壊土砂量が 10 万 m<sup>3</sup> 以上かつアメダスデータの存在期間以降(1976 年)に発生した降雨による深層崩壊を抽出し、発生時刻と崩壊土砂量が特定されているものを選定した。なお、論文等から抽出した深層崩壊数は 128 イベント、最終的に選定した深層崩壊の数は 49 イベントであった。

## 2.2 使用した雨量データ

雨量データは気象庁の解析雨量を用いている。その雨量データは 1988/4/1 から存在し、当初は 5km 格子であったが 2006 年からは 1km 格子となった。解析雨量の存在期間以前の発生箇所の雨量データは、アメダスの地上雨量観測局をティーン分割により割り当て、その観測局のデータを対象とした。

## 3. 雨量確率年に基づく閾値の検討方法

## 3.1 雨量データの整理方法

雨量データは気象庁の解析雨量に基づき 48 時間と 72 時間雨量を整理した。一連降雨は 48 時間または 72 時間雨量が 0mm となると降雨イベントを区切った。

## 3.2 雨量確率年の整理方法

雨量確率年の算定は外れ値の影響を受けにくい L 積率法<sup>6)</sup>を採用した。48 時間および 72 時間雨量確率年は国総研資料第 1222 号<sup>7)</sup>に倣い、日本全国の 1km メッシュを対象に 2006/1/1~2024/12/31 の雨量の年最大値から計算したパラメータを基に算定した。

## 3.3 深層崩壊に対する降雨指標の閾値検討方法

本検討で用いる閾値の条件は各深層崩壊における「災害発生直前の一連降雨における最大 48 時間または 72 時間雨量確率年」と「その時刻から災害発生時刻までの時間差」とし、その 2 つで設定することとした。

雨量確率年は各深層崩壊の発生場所におけるメッシュ(1km 格子)の雨量から算出し、その閾値は災害件数を基に整理した捕捉率と崩壊土砂量の関係から検討した。なお、深層崩壊の発生時刻は 1 時間毎に丸めた値とした。

## 4. 深層崩壊に対する降雨指標の閾値検討結果

## 4.1 48・72 時間雨量の確率年と捕捉率の関係

「災害発生直前の一連降雨における 48 時間および 72 時間雨量の最大雨量確率年」の閾値とその捕捉率の関係を図-1 に示す。

一連降雨の最大雨量確率年に基づく深層崩壊の捕捉率は、崩壊土砂量が大きいほど高く、100 万 m<sup>3</sup> および 300 万 m<sup>3</sup> 以上の捕捉率と雨量確率年による閾値の関係は概ね同じ傾向を示している。一連降雨の最大 72 時間雨量確率年は 20 年以上の場合、48 時間雨量のそれに比べて捕捉率が高く、深層崩壊に対する警戒避難基準雨量に用いる降雨指標として有利である。

崩壊土砂量 100 万 m<sup>3</sup> 以上の深層崩壊は一連降雨の最大 72 時間雨量確率年の閾値を 20 年以上とすることで概ね捕捉可能であるが、その捕捉率は 100% となっていない(87.5%)。これは、富士川水系早川八潮崩れ(2020/7/8)の最大雨量確率年が同規模の深層崩壊に比べて小さいためである。この深層崩壊は長雨によるものであったが、断続的な降雨イベントで日単位の無降雨期間を挟んでいたため、最大雨量確率年としては大きな値とならなかったことが原因となっている。

前述の閾値条件の場合、崩壊土砂量が 100 万 m<sup>3</sup> 未満の深層崩壊は、100 万 m<sup>3</sup> 以上の深層崩壊に比べて捕捉率は低いが、大規模な河道閉塞の方が決壊による影響範囲も広く、被害も顕著となると考えられる。

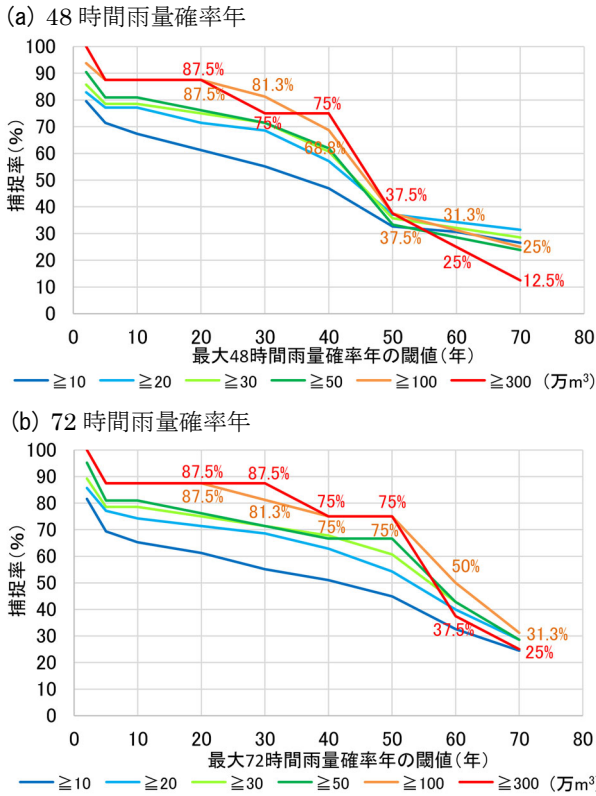


図-1 災害発生前の一連降雨における最大雨量確率年の閾値と捕捉率の関係

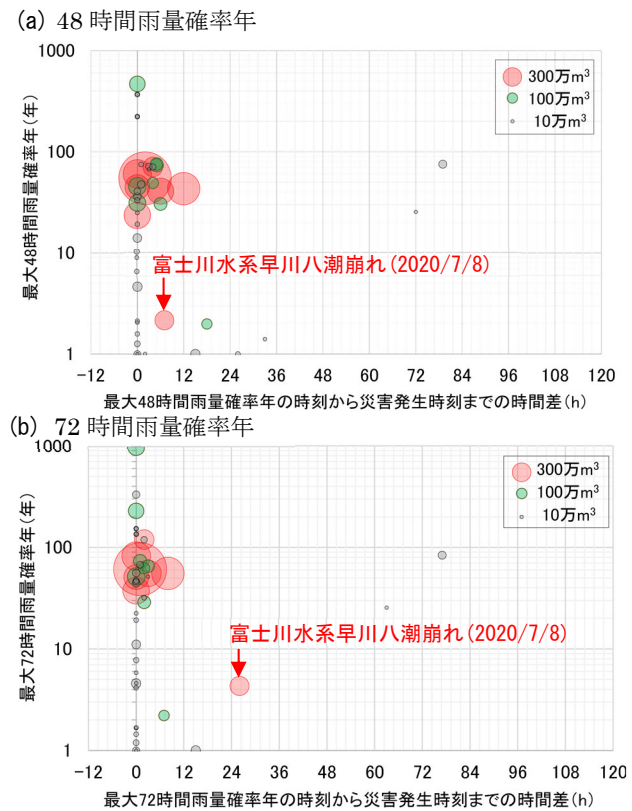


図-2 災害発生前の一連降雨における最大雨量確率年とその時刻から災害発生時刻までの時間差の関係

#### 4.2 48・72時間雨量の確率年とその時刻から災害発生時刻までの時間差、崩壊規模の関係

「災害発生前の一連降雨における48時間および72時間雨量の最大雨量確率年」と「その時刻から災害発生時刻までの時間差」、「深層崩壊の崩壊規模」の関係を図-2に示す。なお、本検討における災害発生時刻との時間差は災害発生前の最大雨量確率年を基準としており、閾値に基づく超過時刻を基準としたものではない。

検討対象の深層崩壊は、一連降雨の雨量確率年が最大値となる時刻の直後に発生する傾向がある。崩壊土砂量100万 $\text{m}^3$ 以上の深層崩壊は48時間雨量確率年が最大となる時刻から24時間以内、72時間雨量確率年の場合は最大年数となる時刻から36時間以内に発生している。また、崩壊土砂量100万 $\text{m}^3$ 未満の深層崩壊における時間差も、100万 $\text{m}^3$ 以上のそれと概ね似た傾向であるが、時間差が48時間以上となる事例が存在する。

#### 5. おわりに

本検討では深層崩壊の発生を検知することを目的に、解析雨量に基づき、崩壊土砂量の規模も踏まえ、深層崩壊が発生する雨量確率年による閾値を検討した。深層崩壊に対する発生降雨の条件としては、一連降雨の最大72時間雨量確率年を20年以上と設定することで、崩壊土砂量100万 $\text{m}^3$ 以上の深層崩壊を概ね捕捉可能という結果となった。また、一連降雨の最大72時間雨量確率年となる時刻から36時間以内に深層崩壊が発生しており、それを目安に警戒の解除基準も設定可能と考えられる。

今後は実運用を念頭に置いて、深層崩壊推定頻度マップ<sup>8)</sup>等を用いた対象メッシュの絞り込み等により、雨量確率年の超過頻度を低下させるといった検討を行う必要がある。加えて、本検討で対象とした深層崩壊事例は地域的偏りもあることから、ここで定めた雨量確率

年に基づく閾値は、深層崩壊事例の少ない地域に適用可能かを確認していくことが必要である。

謝辞：本検討にあたり、気象庁から解析雨量データ（実績値）を使用させていただいた。また、国土交通省国土技術政策総合研究所の瀧口茂隆室長には本稿執筆に際し貴重なご助言をいただいた。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部, 気象庁 大気海洋部(2021): 都道府県と気象庁が共同して土砂災害警戒情報を作成・発表するための手引き, 13p.
- 2) 木下ら(2013): 深層崩壊が集中的に発生する降雨条件—平成23年台風12号の降雨分析—, 砂防学会誌, Vol.66, No.3, pp.24-31.
- 3) 坂井ら(2011): 崩壊規模と降雨条件の関係分析による深層崩壊発生要因の考察, 第68回砂防学会研究発表会概要集, p.219.
- 4) 竹本ら(2022): 深層崩壊を対象とした降雨の超過確率年による発生限界雨量基準, 第11回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp.239-244.
- 5) 八反地(2003): 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, Vol.55, No.6, pp.74-77.
- 6) J.R.M.Hosking(1990): L-moments: Analysis and Estimation of Distributions using Linear combinations of Other Statistics, Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological), Vol.52, Issue 1, pp.105-124.
- 7) 中谷ら(2022): 土砂災害分野におけるL積率法を用いた解析雨量プロダクトの確率化手法, 国総研資料, 第1222号, 35p.
- 8) 国土交通省(2010): 深層崩壊推定頻度マップ, <https://www.mlit.go.jp/common/000121614.pdf>