

降雨ピークから遅れて発生する土砂災害に関する基礎的検討

国土技術政策総合研究所   ○鈴木 大和、野呂 智之、神山 嬢子  
アジア航測株式会社       吉野 弘祐

1 はじめに

発生頻度は低いが、降雨の停止後や小康状態の時に土砂災害が発生する場合がある。このような時間帯は、住民が避難所から戻ったり、消防・警察、国土交通省等が災害発生直後に現場活動する時間帯と重なる恐れがある。そのため、降雨ピークを過ぎた後においても、適時適切な警戒避難対応を行う必要がある。

降雨ピークから遅れて発生する土砂災害については、深層崩壊に関する研究<sup>1)</sup> などがあり、遅れが生じるメカニズムの解明やその危険度評価に関する議論を続けていくことが重要である。一方で、これと並行し、防災対応に迫られる現場において簡便に警戒避難の判断が可能な指標を立てる必要がある。

そこで、本検討では降雨ピークから遅れて発生した土砂災害事例を分析し、どのような場所でどのような時に警戒が必要となるかについて基礎的な検討を行った。

2 検討対象

過去 20 年間（1997 年～2016 年）に降雨ピーク（一連降雨の時間雨量の最大時）から 3 時間以上遅れて発生した土砂災害事例のうち、文献調査等により発生場所、発生時間帯がある程度確からしい 25 事例を検討対象とした（表 1）。なお、融雪を誘因とするものや崩壊前から変動が確認された事例については、対象外とした。

表 1 検討対象事例

No	発生日	発生場所
1	1997/07/14	熊本県坂本村油谷川左岸
2	1997/07/10	鹿児島県出水市境町針原川
3	1998/08/27	福島県西郷村太陽の国
4	1998/08/31	神奈川県相模湖町
5	1999/06/29	徳島県西祖谷山村祖谷川右小支川A支溪（とびのす谷）
6	2003/07/01	大分県日田市三和
7	2004/08/10	奈良県大塔村宇井
8	2005/09/06	鹿児島県垂水市新御堂
9	2005/09/06	宮崎県美郷町(旧西郷村)野々尾地区(耳川)
10	2006/07/22	鹿児島県菱刈町下手仲間
11	2006/07/19	長野県辰野町小横川地区
12	2006/07/19	長野県辰野町小野中村地区
13	2009/07/21	山口県防府市剣川
14	2010/07/04	鹿児島県南大隅町船石川
15	2011/09/04	三重県大台町岩井持山谷川
16	2011/09/04	奈良県野迫川村北股・岩谷
17	2011/09/04	奈良県川上村迫・西谷川
18	2011/09/05	奈良県黒滝村赤滝・柏原谷川
19	2011/09/04	奈良県天川村坪内・冷水
20	2011/09/04	奈良県御杖村畑井谷川
21	2013/07/28	島根県津和野町木尾谷地区
22	2014/08/24	北海道礼文町船泊村高山地区
23	2014/08/20	広島県安佐南区長束西4丁目
24	2015/06/24	鹿児島県垂水市牛根地区深港川
25	2016/08/24	北海道羅臼町海岸町

3 検討内容

3.1 「遅れ崩壊」の定義

土砂災害発生の危険度を測る指標として、大雨警報や土砂災害警戒情報に用いられている土壌雨量指数（以下、「SWI」という。）を基本に検討を進めた。SWI の開発にあたり行われた精度検証<sup>2)</sup> によると、第 2 タンクがピークを過ぎると土砂災害発生が激減するという結果がある。また、土砂災害警戒情報を解除する時期として、SWI の第 2 タンク貯留高の降下状況を判断指標とすることが示されている<sup>3)</sup>。したがって、現在の土砂災害の発生予測技術の課題であり警戒避難の判断が難しいと言える、SWI の第 2 タンクの貯留高が下降した後に発生する土砂災害を「遅れ崩壊」と定義した。なお、本検討においては降下状況の判断に 3 時間を要すると想定して検討を行った。その結果、遅れ崩壊に 12 事例が該当した（表 2）。

3.2 「遅れ崩壊」が発生する場所の傾向

表 2 に示すとおり、遅れ崩壊のほとんどは固結堆積岩や火山性地質で発生しているが、崩壊規模については大小様々であった。深層崩壊のようなすべり面の深い崩壊では、遅れ時間が大きくなるほど崩壊規模も大きくなる傾向があるとされている<sup>5)</sup>。そこで、崩壊土量と降雨ピークからの遅れ時間の関係<sup>5)</sup>に、表-1 のうち崩壊土量が分かった事例を追加した（図 1）。その結果、固結堆積岩の崩壊土量が大きい深層崩壊等は同様の傾向が確認できた。しかし、遅れ時間の大きさに対して崩壊土量が少ない事例は、深層崩壊のような深い崩壊ほど明瞭な傾向がみられなかった。深層崩壊の発生しやすい場所の抽出方法<sup>6)</sup>に関する提案はなされているため、ここでは遅れ崩壊事例の中で崩壊規模が小さかった事例および火山性地質地域で断続的に拡大崩壊した事例である 5 事例について発生場所の特徴を整理した（表 3）。これらの事例はいずれも緩斜面や台地状の平坦な地形の直下の急斜面で発生している。しかしながら、崩壊現象は図 2 に示すとおり、他の急傾斜地の崩壊事例と比較すると到達距離が長く流動化している傾向が見られた。これらに共通する斜面上部の地形的特徴や湧水が

示す地下の集水構造の影響により、地下水位の高まりにタイムラグが生じた結果、遅れ崩壊が発生した可能性が推察されるが、詳細な分析やこのような傾向にある場所を特定する方法については今後の課題としたい。

表 2 遅れ崩壊事例の地質と崩壊土量

No	発生日	発生場所	地質	崩壊土量 (m <sup>3</sup> )
4	1998/08/31	神奈川県相模湖町	固結堆積岩	3,500
9	2005/09/06	宮崎県美郷町(旧西郷村)野々尾地区(耳川)	固結堆積岩	10,000,000
11	2006/07/19	長野県辰野町小横川地区	固結堆積岩	10,000
14	2010/07/04	鹿児島県南大隅町船石川	火山性	104,000
15	2011/09/04	三重県大台町岩井持山谷川	固結堆積岩	-
16	2011/09/04	奈良県野迫川村北股・岩谷	固結堆積岩	1,029,475
17	2011/09/04	奈良県上村迫・西谷川	固結堆積岩	821,649
18	2011/09/05	奈良県黒滝村赤滝・柏原谷川	固結堆積岩	-
19	2011/09/04	奈良県天川村坪内・冷水	固結堆積岩	1,702,776
20	2011/09/04	奈良県御杖村畑井谷川	変成岩	-
24	2015/06/24	鹿児島県垂水市牛根地区深港川	火山性	100,000
25	2016/08/24	北海道羅臼町海岸町	火山性および固結堆積岩	5,000

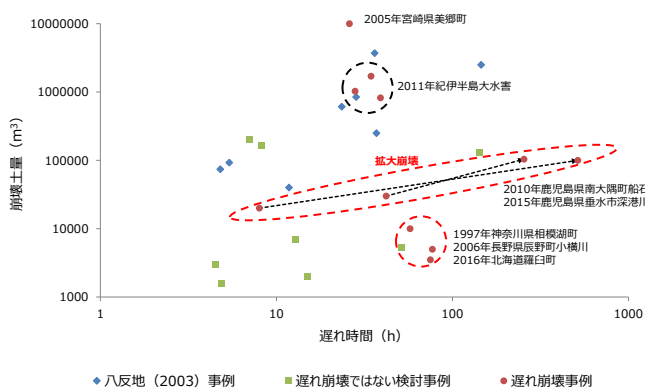


図 1 崩壊土量と遅れ時間の関係(八反地 2003 をもとに作成)

表 3 対象 5 事例の発生斜面の特徴

No	事例	崩壊斜面の地形	斜面の傾斜度 (°)	斜面の高さ (m)	湧水の有無
4	神奈川県相模湖町	台地の縁部の急斜面	44	30	不明
11	長野県辰野町小横川	還急線上部に小さな緩傾斜がある急斜面	45	70	○
14	鹿児島県南大隅町船石川	台地の縁部の急斜面	40	100	○
24	鹿児島県垂水市深港川	台地の縁部の急斜面	68	120	○
25	北海道羅臼町	還急線上部に緩斜面がある急斜面	35	80	○

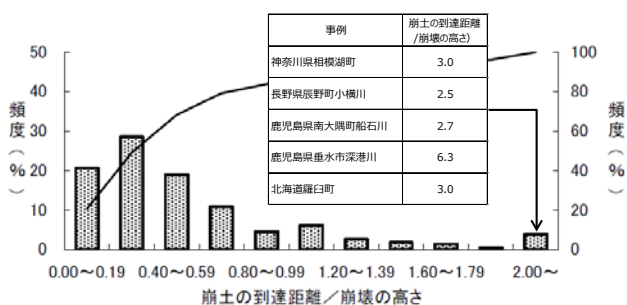


図 2 降雨による崩土の到達距離/崩壊の高さの頻度分布

(がけ崩れ災害の実態<sup>7)</sup> に加筆作成)

### 3.3 「遅れ崩壊」が発生しやすい雨の降り方

遅れ崩壊事例について、どのような雨の降り方である場合に警戒が必要となるのかを検討した。SWI が上昇しピークを迎えた時間帯の各タンクの貯留高について注目すると、

12 事例中 11 事例では他のタンクの貯留高と比較して第 3 タンクの貯留高が既に高い状態を継続していた(図 3)。したがって、降雨により SWI が高まっているときに、既に基岩の状態を表現する第 3 タンクの貯留高が高まっている降雨に対しては、長期的な警戒が必要となる可能性が示唆される。ただし、警戒が必要な期間については、SWI のみで詳細に危険度を測ることに限界があるため、現在研究されている他の指標<sup>4)</sup>などの適用が求められると考える。

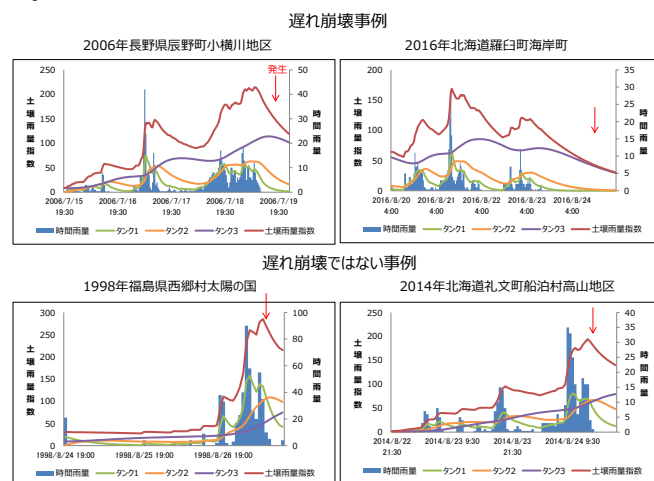


図 3 土壌雨量指数の各タンク貯留高の推移

## 4 おわりに

遅れ崩壊に対し適切な警戒避難体制を構築するためには、斜面ごとに土質の状態や湧水の流出特性等を詳細に調査した上で、遅れ崩壊に対する危険度を説明することが理想であるが、まずは現場担当者が簡単に把握できる視点で、地中内部で複雑な水の流れがあるような場所かどうか、深層地下水が高まる可能性がある降雨状況であるかを判断できる指標について、今後も検討を進めて参りたい。

### 【参考文献】

- 例えば、小杉ら：関数モデルを用いた深層崩壊の要因となる基岩地下水位変動の解析、砂防学会誌、vol. 66、No. 6、p. 3-14、2014
- 岡田ら：土壌雨量指数、天気、48.5、p. 59-66、2001
- 国土交通省砂防部：土砂災害警戒避難ガイドライン、2007 年 4 月
- 例えば、地頭蘭ら：深層崩壊警戒対応の湧水センサーの開発、砂防学会誌、vol. 66、No. 5、p. 49-52、2013
- 八反地ら：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、p. 74-77、2003
- 例えば、土木研究所：深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル(案)、2008 年 11 月
- 国土技術政策総合研究所：がけ崩れ災害の実態、2009 年 3 月