

阿蘇カルデラ壁で発生した山腹崩壊に伴う土砂と流木の到達範囲と それに基づく危険区域設定の提案

宮崎大学農学部 ○清水 収 児玉 龍朋

1. はじめに

平成24年7月九州北部豪雨では、熊本県阿蘇地域において多数の崩壊が発生し、激甚な土砂災害となった。崩壊は阿蘇カルデラ壁に多く分布する長大斜面や0次谷において多数発生した。崩壊発生地点は斜面上方の傾斜30度以上の部分であったが、その下方には傾斜30度未満の斜面が長く続き、さらに下方に居住区域が立地する傾斜10度程度の緩傾斜地が分布する地形を成していた。このような斜面は急傾斜地の下端から下方の50m以内に人家等が現れないため、土砂災害警戒区域指定のための調査対象となりにくい。こうしたことから、阿蘇カルデラ壁に見られるような地形を成す地域においては、土砂の長距離到達を考慮して被害想定範囲を設定する必要がある、そのためには斜面の形状と崩壊発生部位、並びに土砂と流木の到達範囲に関する知見が求められる。

本研究では、平成24年7月九州北部豪雨の際に阿蘇カルデラ壁で発生した山腹崩壊を対象に、斜面の形状や崩壊の発生位置及び深さなどの崩壊の実態、流出した土砂と流木の氾濫範囲及びその内部における土砂の堆積厚と分布する流木の長さや向きなど、土砂と流木の氾濫実態を明らかにした。そして、これらの結果を踏まえ、長大斜面での崩壊による被害想定範囲の設定とその内部の危険度評価について提案した。

2. 調査概要

阿蘇カルデラ北東部の阿蘇市手野から中坂梨にかけて発生した崩壊のうち、比較的規模が大きく、家屋被害（一部では死者も伴う）が発生した5カ所の崩壊地を選び、北から順に調査地1～5と命名した。

調査に用いた資料は、災害前（2009年）と災害6ヶ月後（2013年1月）に計測された航空レーザ計測データ（以下、LPデータ）、災害直後（2012年7月）に撮影された斜め空中写真、そしてLP計測とは別に災害6ヶ月後（2013年1月）に撮影された垂直空中写真のオルソ画像である。これらを用いて、崩壊の長さや幅、深さなどの崩壊状況、土砂到達距離、氾濫域における土砂の堆積厚、流木の分布と長さ等の氾濫実態を調査した。

3. 調査結果

崩壊は、直線斜面および浅い凹型斜面の中腹から上部、ならびに0次谷の上部から発生していた。崩壊の上端は傾斜30度以上の部分に位置していたが、削剥は下方にも長く続き、傾斜30度未満の部分にも連続していた。崩壊の規模は、削剥長さ110～190m、幅20～50m、深さ1～8m程度であった。土砂は遷緩点付近あるいはその少し下方から氾濫と堆積を始めており、遷緩点から氾濫末端までの土砂到達距離は180～225mであった。

土砂堆積厚について、氾濫域の広い範囲に厚さ0.5m以上の堆積が分布していた。最大堆積厚は、局所的にわずかに認められた約2mを除けば、いずれの調査地でも概ね1.5m程度であった。

流木について、災害前の林縁から氾濫域先端までを調査範囲とし、空中写真画像を用いて流木の長さ分布、氾濫域を斜面側から上方・中間・下方に分けた場合の区間ごとの本数密度、区間ごとの長さ分布を調査した。流木の長さ分布は、長い流木の多かった調査地1、2や短い流木の多かった調査地4、5のように調査地によって異なっていた。区間ごとの本数密度は、上方に多く下方に少ない傾向が認められた。区間ごとの流木の長さ分布は、いずれの調査地でも長い流木は上方および中間区間に多く、下方区間には長い流木が少なかった。

また、流木が単木で家屋に衝突した際の衝撃力に関する検討を行い、本調査地の条件では長さ16m以上の流木が衝突によって家屋を損壊させるおそれがあることが分かった。

4. 考察

調査結果より、氾濫・堆積の開始した位置は遷緩点あるいはその少し下方であった。また、人家や農地等の保全対象も遷緩点から下方に立地している。したがって、土砂災害ソフト対策としての危険区域（被害が想定される範囲）は、遷緩点を基準点として、そこから下方に設けられるべきである。なお、土砂災害防止法における急傾斜地崩壊の土砂災害警戒区域指定の際に基準点となる急傾斜地下端は、本研究のいずれの調査地においても、遷緩点より上方の削剥が盛んに発生した範囲の中にあつた。このため、本研究が対象としたような斜面縦断形状を持つ地域においては、急傾斜地下端は警戒区域を設定する際の基準点として適切でない。

そこで、本調査結果に基づき被害が想定される危険区域の設定について検討する。遷緩点から氾濫域先端までの土砂到達距離は180～225mであり、このように土砂が遠方まで届いたのは長大斜面や0次谷の高い位置で崩壊が発生したため、土砂が大きな運動エネルギーを得たことによると考えられる。この場合、遷緩点を基準点として、崩壊上端までの比高と土砂到達距離（水平距離）との間には比例関係があると考えられるため、各調査地でその比を求めた（図-1）。調査地2で3.7倍と最も比

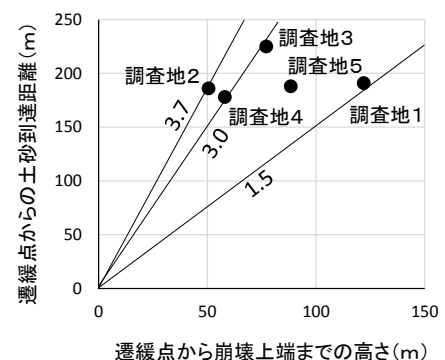


図-1 崩壊上端までの高さ（m）と土砂到達距離との関係

が大きくなったが、その理由として削剥から堆積に転じる地点が遷緩点の60m下方であったため、その距離に見合う分だけ氾濫域先端も遠方に延びた可能性が考えられる。そこで調査地2を例外とすると、崩壊上端までの高さ土砂到達距離との比は1.5～3倍となった。崩壊は遷緩点から最も高い位置で発生する場合として、急傾斜地（傾斜30度以上）の上端から発生する可能性もある。そのため、設定すべき危険区域としては遷緩点から急傾斜地上端までの高さを基にし、これに前述の比を適用して急傾斜地上端までの高さの1.5～3倍の距離までの範囲にすべきと考える。

次に、この考え方で危険区域を設定する場合、遷緩点から急傾斜地上端までの高さが調査地によって110m～180mであったため、危険区域は遷緩点から最大で540mという非常に広大なものとなる。この場合、危険区域の内部における相対的な危険度の違いを把握できれば、警戒避難や土地利用に対してより実効的な対策が取れる可能性がある。そこで、危険区域内部における相対的な危険度を本調査で得られた土砂と流木の分布から考察した。

まず土砂については、家屋損壊場所周辺の土砂堆積厚に注目する。家屋損壊が生じた場所の周辺には、ほぼ全てに厚さ0.5m以上の土砂堆積が認められた。このことから、厚さ0.5m以上の土砂堆積が生ずる場所では家屋の損壊がほぼ確実に発生すると考えられる。さらに、家屋全壊に注目すると、全壊の場所の全てが堆積厚1.0m以上の直ぐ近くか、または堆積厚1.0m以上の地点よりも上流側（遷緩点側）に位置していた。この範囲（堆積厚1.0m以上を有する最も下流の地点より上流側）では10戸中7戸が全壊である。遷緩点から堆積厚1.0mの最下流地点までの区間においては、土砂移動の最中、移動している土砂の高さ（移動層の厚さ）が地面から1.0m以上あったと想像され、そうした区間では家屋が全壊する可能性が高い（例えば上述の70%）と判断される。以上の結果をまとめて、表-1に示す土砂による3段階の危険度ランクを提案する。表の右端には危険区域内における各ランクの空間的広がりに関して、本調査結果を記載した。

次に流木については、移動している流木が家屋に衝突し、その際の衝撃力によって家屋が損壊する危険度を評価対象とする。結果で述べたように、長さ16m以上の流木は単木での衝突によっても木造の壁を損壊させるおそれがあることから、長さ16m以上の流木の到達本数率によって、危険区域内における相対的な危険度を表わすことにした。長さ16m以上の流木は調査地1, 2, 3, 5でそれぞれ16本, 15本, 21本, 12本であったが、これらが遷緩点から下方へ向かうに従って徐々に堆積していき、到達本数率が低下していく状況を図-2に示した。流木による危険度の区分にあたって、到達本数率50%と10%を境にして3つのランクに分けることにした。なお、到達本数率10%とは、その地点を通過してさらに下方へ届く流木はごく少数であるという意味を意図している。表-2に示すように、長さ16m以上の流木のうち、50%以上が到達する範囲を危険度ランク3、それ以降で10%以上が到達する範囲を危険度ランク2、それ以降の範囲を危険度ランク1と提案する。なお、図-2において到達本数率50%と10%に該当する遷緩点からの距離を読み取り、それらが各調査地の土砂到達距離の何パーセントであるかを求め、これに基づき表-2の右端に各ランクの範囲の下端の位置を記載した。

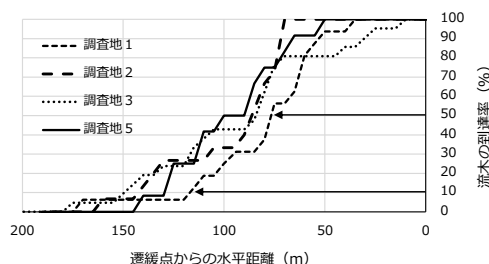


図-2 長さ16m以上の流木の到達本数率

謝辞

本研究は、国土交通省河川砂防技術研究開発公募の平成26～28年度採択テーマ「火山地域における樹木を伴う山腹崩壊の発生と流動」（代表者 丸谷知己北海道大学教授）による研究の成果の一部であり、LPデータは国土交通省九州地方整備局より、空中写真は熊本県阿蘇地域振興局より提供をいただいた。また、砂防フロンティア整備推進機構の援助もいただいた。ここに記して、関係各位に深く感謝申し上げます。

表-1 土砂による家屋被害の危険度ランク

	危険性の内容	堆積結果による範囲の判別	現象の予測による範囲の設定	各範囲下端の位置 (本調査の結果)
土砂による 危険度ランク3	家屋が全壊する 可能性が高い	遷緩点から堆積厚1.0mの 最下流地点まで	移動している土砂の高さが1.0m 以上と予測される範囲	遷緩点から土砂到達距離の約70%の位置
土砂による 危険度ランク2	家屋の損壊が確 実に発生する	ランク3の下端から堆積厚 0.5mの最下流地点まで	移動している土砂の高さが0.5m 以上1.0m未満と予測される範囲	遷緩点から土砂到達距離の約85%の位置
土砂による 危険度ランク1	ランク2よりも 危険性小	ランク2の下端から氾濫域 の先端まで	移動している土砂の高さが0.5m 未満と予測される範囲	土砂到達距離と同じ距離の位置

表-2 大型の流木による家屋被害の危険度ランク

	危険性の内容	範囲の設定	各範囲下端の位置（本調査の結果）
流木による 危険度ランク3	単木での衝突によって家屋を損壊 させる流木が多く到達する	遷緩点から到達本数率50%の地 点まで	遷緩点から土砂到達距離の約50% の位置
流木による 危険度ランク2	単木での衝突によって家屋を損壊 させる流木が到達する	ランク3の下端から到達本数率 10%の地点まで	遷緩点から土砂到達距離の約75% の位置
流木による 危険度ランク1	ランク2よりも危険性小	ランク2の下端から氾濫域の先端 まで	土砂到達距離と同じ距離の位置