

1. はじめに

平成 24 年 7 月九州北部豪雨により、阿蘇カルデラ壁において多数の崩壊が発生し、激甚な土砂災害となった。崩壊は長大斜面で発生し、流動した土砂が遠方まで到達したことが大きな特徴であった。その中には、土砂到達距離が急傾斜地下端から 50m をはるかに超えるなど、土砂災害警戒区域の指定基準を上回る事例が多数あったことから、長大斜面や 0 次谷における被害想定範囲を適切に設定するための知見が求められている（国土交通省砂防部、2014）。そこで本研究は、阿蘇カルデラ壁で発生した 5 つの山腹崩壊を対象に、土砂の氾濫範囲と堆積厚分布、土砂と共に流出した流木の分布と長さを調査した。

2. 調査方法

調査地とした 5 ヶ所の崩壊は、いずれも土砂氾濫範囲が広く家屋被害が発生しており、そのうち 3 ヶ所では人的被害も発生した。

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 LP データ、災害直後（2012 年 7 月）に撮影された斜め空中写真、及び LP 計測と別に災害 6 ヶ月後（2013 年 1 月）に撮影されたオルソ写真である。なお、災害 6 ヶ月後の時点では一部の調査地で土砂と流木の一部分が撤去されていた。

土砂氾濫範囲は災害直後の斜め空中写真から判読した。土砂堆積厚の分布は、災害前と災害後の LP 計測による 1m 格子 DEM の差分計算によって把握した。流木は災害直後の斜め空中写真の拡大画像において、流木個々が識別でき、かつ長さ全体が見えるもの全てを調査の対象とした。そして、災害 6 ヶ月後のオルソ写真にも残っていた流木はオルソ写真上で長さを計測した。一方、災害直後の斜め写真にのみ写っていた流木の長さは、オルソ写真上で実物長さを知らずのことで家屋や流木の長さを指標として、斜め写真上で計測された流木の長さを実物長さに換算することによって求めた。なお、結果を見ると長さ 2m 未満の流木が含まれなかったことから、調査対象となったのは全て長さ 2m 以上の流木であった。

流木はその供給源からどの位の距離まで移動したかを調べる観点から、災害前の林縁から氾濫域先端までを調査範囲とし、その範囲を上方、中間、下方の 3 区間に分けた場合の流木結果の集計も行った。

3. 調査地の地形概要と崩壊の状況

いずれの調査地も、長大なカルデラ壁斜面の中腹以上が傾斜 30° 以上の急傾斜地で、その下には傾斜 20~25° の斜面が長さ 40~100m 続き、次いで明瞭な遷緩点を介して脚部に傾斜 10~15° の緩斜面が分布する。この緩斜面に住宅地や農地が分布し、遷緩点より上の斜面域はスギ人工林となっている。なお、災害発生前に調査地 2、4、5 では遷緩点より下方 35~50m まで斜面からのスギ林が続いていたが、調査地 1、3 では遷緩点の直ぐ下から農地・住宅地となっていた。

崩壊は斜面中腹の傾斜 30° 以上の部分で発生し、主たる崩壊部に続いて斜面削剝が遷緩点付近まで続き、遷緩点を過ぎた緩斜面において氾濫と堆積が起きていた。

4. 調査結果

4. 1 土砂の到達距離と堆積厚

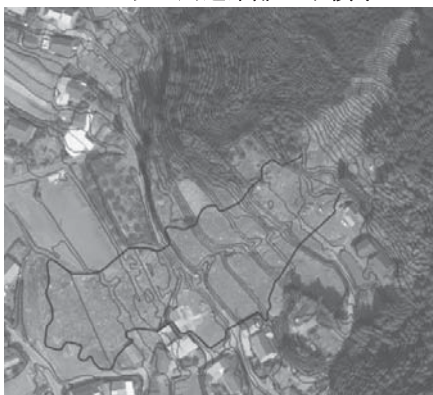


図-2 調査地 1 のオルソ写真

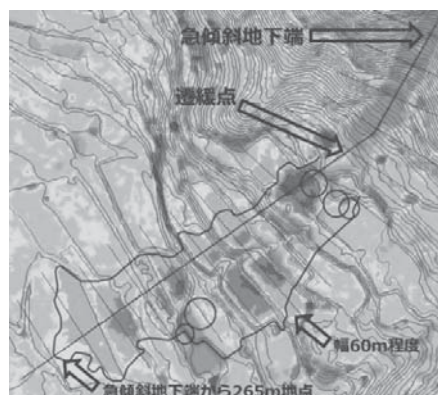


図-3 調査地 1 の地盤高変化図

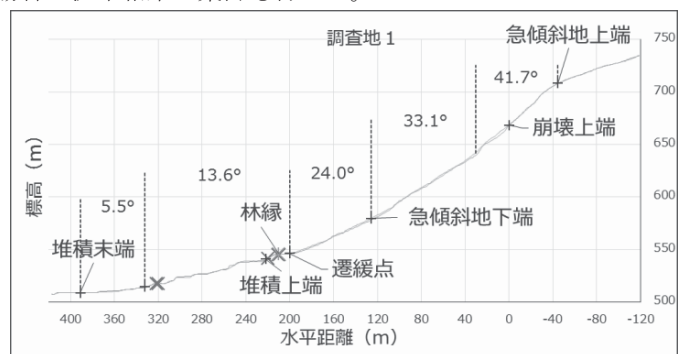


図-1 調査地 1 の縦断面図と各地点位置

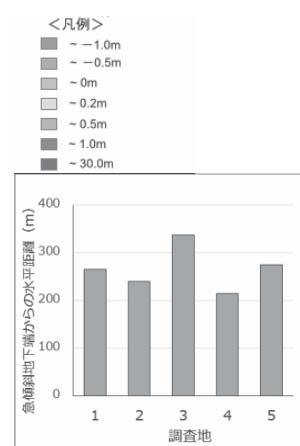


図-4 5調査地の土砂到達距離

（調査地 1）急傾斜地下端からの土砂の到達距離は 265m であり、横方向へは最大で 60m 程の広がりであった。

堆積は遷緩点以降の緩斜面に分布しており、遷緩点直下には 1m 程度の厚い堆積が見られた。流れの中心には 0.5~1.0m 程度の堆積が見られ、その周りには 0.2~0.5m の堆積が広範囲に広がっていた。

家屋の損壊が発生した地点を図-3 に黒丸で示すと、遷緩点直下とそれより約 100m 下方の地点である。どちらの地点においても周辺には 0.5m 以上の堆積があった。

(調査地2) 土砂の到達距離は240mであり、最大幅は110mと広い。氾濫域には0.5m以上の堆積が広範囲に見られた。家屋損壊地点周辺にも1m以上の堆積が分布していた。

(調査地3) 土砂の到達距離は337mであり、最大幅は150m程と非常に大きく広がっている。堆積厚は0.5m以上の範囲が非常に広く、1m以上の堆積も広範囲に見られる。

(調査地4) 土砂の到達距離は214mであり、氾濫域での最大幅は50m程である。堆積厚についてはLP取得時には土砂が撤去されていたため不明である。

(調査地5) 土砂の到達距離は274m、最大幅は50m程である。堆積は離れた2か所に見られ、いずれの地点も1m以上の厚い堆積であった。

(5調査地の整理) 急傾斜地下端からの到達距離は200~350m程度(図-4)であり、イエローゾーンの指定基準である急傾斜地下端から50mを大きく上回っていた。横方向への広がり調査地1、4、5では50~60m程であり、調査地2、3はそれぞれ110m、150mと非常に大きく広がった。

調査地5を除く3地点では0.5m以上の堆積が広範囲に分布しており、1m以上の厚い堆積もみられた。1m以上の堆積は調査地3で特に広範囲に分布していた。また、家屋の損壊のあった周辺の堆積厚は0.5m以上であり、1m以上の堆積厚も見られた。調査地5は離れた2箇所に1m以上の堆積が分布していた。

4.2 流木の分布と長さ

(調査地1) 計測した流木は52本であった。流木長さは7m未満の短い流木はほとんどなく、長い流木の割合が多い。特に10~14m程度が多い。

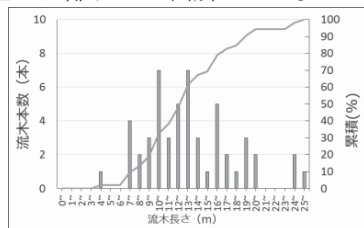


図-5 調査地1の長さ分布と累加曲線

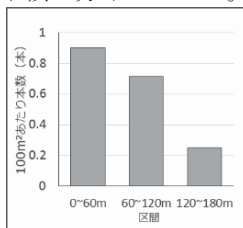


図-6 調査地1の区間ごとの本数分布

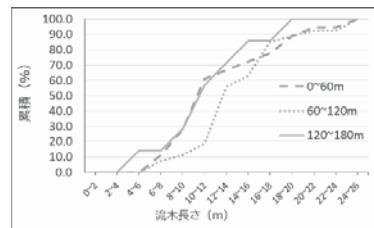


図-7 調査地1の区間ごとの長さ分布

流木の分布は上方の区間ほど多く、下方区間まで届いた流木は少なかった。また、区間ごとの流木の長さ分布は上方・中間区間では長い流木の割合が大きく、下方区間に短い流木が多かった。

表-1 流木の調査結果の整理

全体	調査地1	調査地2	調査地3	調査地4	調査地5	
	流木本数(本)	52	84	133	119	130
	100m²あたり本数(本)	0.6	0.7	0.6	1.9	1.8
長さ分布	長い流木(10m以上)が多い	5-19mが多い	5-13mが多い	短い流木(5m未満)が多い	短い流木(7m未満)が多い	
区間ごと	流木分布	上方に多く、下方に少ない	中間に多く、上方と下方に少ない	上方が多く、下方に少ない	上方と中間に多い	上方が多い、中間と下方は同程度
	長さ分布	中間に長い流木が多い	中間に長い流木が多く、下方に短い流木が多い	差がほとんどない	長い流木は上方にあり、中間以降は短い流木がほとんど	中間に長い流木が多い。下方に短い流木が多い

5. 考察

土砂の到達距離は急傾斜地下端からだど200~350m、遷緩点からだど180~220mであった。このように土砂が遠方まで届いたのは、長大斜面中腹の高い位置で崩壊が発生し、大きな運動エネルギーを得て土砂が流動したためだと考えられる。こうした長大斜面においては、土砂災害警戒区域の設定の際に50mの上限を設けるのは適切でないと判断される。

一方、斜面高さ土砂到達距離との比を求めると、崩壊・削剥域と氾濫域との境界となっている遷緩点を基準点にした場合、1.0~1.7倍であった(図-8)。長大斜面においては斜面の規模が反映される設定基準を重視すべきだと考えられ、その際の目安として遷緩点を基点とした前述の比が参考になると思われる。

なお、阿蘇カルデラ壁のように、傾斜30°以上の急傾斜地の下方に傾斜30°未満のやや緩い斜面が長く続き、さらに下方に続く傾斜10°前後の緩斜面に農地や住宅地が広がるような地形状況を有する場合、傾斜30°の境界である急傾斜地下端は、氾濫開始を考える基準点として適切でないと考えられる。

次に、氾濫範囲内での土砂と流木による危険度の大小について考える。

土砂の堆積厚は流れの中心及び上方向厚く、側方及び末端にかけて薄くなっていった。また、比較的厚いと考えられる0.5m以上の範囲は、調査地1、2において氾濫範囲の中心側に広がっており、氾濫範囲全体の40~50%を占めていた。このことより、氾濫範囲の上方及び流れの中心周辺は危険度がより大きいと考えられる。

流木は上方・中間区間に多く分布しており、長さも長いものが多かった。また、側方にも多くの流木が運ばれていた。このことから、氾濫範囲内の上方から中間区間にかけての広範囲に流木による被害が発生する可能性があると考えられる。なお、下方区間では届いた流木は少なく、長さも短いものが多かったが、少数ながら家屋を破壊し得る長い流木も届いていたケースが認められ、このことにも留意すべきである。

なお、本研究は国土交通省河川砂防技術研究開発制度による検討成果の一部である。

引用文献 国土交通省砂防部(2014):土砂災害対策の強化に向けた検討会,ハード対策分科会(第1回),討議資料

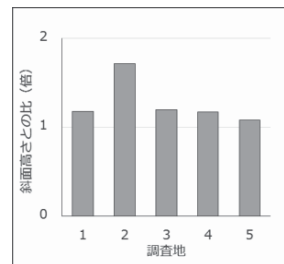


図-8 遷緩点からの土砂到達距離