

土石流に対する垂直避難行動の実態と垂直避難有効区域

三重大学生物資源学部 ○鈴木優貴・岡本あゆみ・山田孝

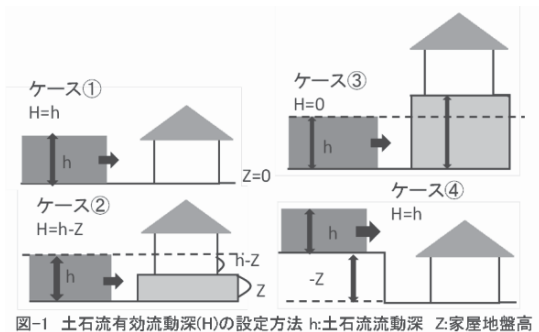
1. 研究目的

前報¹⁾では、2014年8月20日に発生した広島市安佐南区での土石流災害を事例に、垂直避難の実態と問題点について報告した。本研究は、その継続として、住民の警戒避難実態(体験談集の解析、町内会でのアンケート調査など)から垂直避難に係る警戒避難行動の実態に関する情報を整理し、垂直避難行動の有効性について検討を加えた。さらに、近年の土砂災害事例を対象として、家屋の被災度と地盤高を考慮した土石流流体力との関係について検討し、木造家屋2階への垂直避難の効果期待できる区域を調べた。

2. 研究方法

(公社)砂防学会 2014年8月広島大規模土砂災害緊急調査団ならびに広島市防災士ネットワークによって発行された「平成26年8月20日広島豪雨災害体験談集²⁾」(以下、体験談集)から、住民の避難場所、避難したきっかけ、避難した時間、土石流に対する警戒の有無について記載箇所を抽出した。そして、昨年度に収集した情報(防災直後から約3週間分の各社新聞記事やテレビニュース、報道写真集、ゼンリン住宅地図等)から、全死亡者の住宅の位置、垂直避難した住民とその概要)に加えて、警戒避難実態として整理した。さらに、山手川下流の八木四丁目八木ヶ丘自治会の区域を事例として、住民の警戒避難実態についてのアンケート調査を2015年9月に実施した。調査項目は、避難場所、避難したきっかけ、避難した時間、土石流に対する警戒の有無と理由などである。アンケート配布戸数は80世帯であり、そのうち51%の41世帯、89人から回答を頂けた。これらの結果から、山手川の土石流氾濫・堆積区域における家屋の被害度と人的被害、垂直避難の有無について整理し、その有効性について考察した。ここで、家屋の被災度の区分は、「流失」、「水平移動」、「全壊」、「半壊」、「損壊」、「軽微な土砂堆積」とした。「流失」は、家屋の基礎しか残っていない状態、「水平移動」は、柱や壁の損傷は少ないが、家屋が基礎から離れて移動した状態、「全壊」は、家屋の柱の一部が破壊され、壁も破壊されている状態、「半壊」は、家屋の壁の一部が破壊されている状態、「損壊」は、家屋の開口部(窓やドア)の一部が破壊されている状態、「軽微な土砂堆積」は、家屋の内部への土砂流入はみられないが、家屋周辺に土砂が堆積している状態を示す。土石流の後続流の範囲には、耐力壁が破壊されるなどの被害はない(開口部の破壊はある)と判断し、本研究では、前述の全ての被災形態が認められた土石流本体部の範囲のみを対象とした。

次いで、三重大学森林環境砂防学研究室によって調査された近年の土砂災害地での81軒の家屋被災度データ(2011年：三重県南牟婁郡紀宝町高岡地区「蛇崩川」、浅里和田地区「大和田川」木造家屋7軒、2012年：熊本県阿蘇市一の宮町手野地区東手野、三野地区塩井、坂梨地区福岡、熊本県阿蘇郡南阿蘇村立野地区新所 木造家屋32軒、2014年：広島県広島市安佐南区八木3,4丁目、緑井8丁目、木造家屋41軒、鉄筋コンクリート1軒)をもとに、土石流流体力と木造家屋被災度との関係を考察した。その結果から、垂直避難の効果期待できる区域とできない区域の領域を調べた。土石流流体力の算出に必要な土石流流動深は、家屋の壁面や塀等での流下痕跡を計測した値を基本とし、家屋の地盤高を考慮した「土石流有効流動深」を適用した(図-1)。土石流の平均流速は、 Manning抵抗則を準用できると仮定して、 Manning式で求めた。 Manningの粗度係数は、発災前の土地被覆状態や既往研究などを参考にして、0.03とした。ただし、映像資料等の解析に基づく実際の土石流の流速データは得られていないため、流速の計算値の妥当性は議論できない。土石流の流体力(kN/m)は、高橋の平衡土砂濃度式から土砂濃度を求めて土石流の流れの密度を計算し、平均流速の二乗値を掛け合わせて算出した。



3. 結果と考察

体験談集の解析から以下のことが明らかにされた。避難場所については、母集団47人に対し、自宅2階以上に避難した人が、30%、自宅以外の2階以上に避難した人が9%であった。避難したきっかけは、母集団46人に対し、「家に水や土砂が流入してきた」「外が危険だと思った」といった目に見える状況変化に対して警戒し、避難した人が合わせて57%と多く、土砂災害を警戒した人は2%と非常に少なかった。避難した時間は、母集団36人に対し、「20日午前3時台」の土石流発生の前後に避難した人が56%と多い。土石流の警戒の有無については、母集団16人に対し、土石流を警戒しなかった人が94%とほぼ全員に近い。この結果は、テレビ・新聞等のマスメディア情報を整理した前報の結果と整合している(体験談集の投稿者の一部とマスメディア出演者は同一者である)。

アンケートの結果から、以下のことが明らかにされた。土石流警戒の有無については、母集団89人に対し、土石流を警戒した人が31%、土石流を警戒しなかった人が69%であり、過半数を超える人が土石流を警戒していなかった。

避難場所については、母集団 90 人に対し、自宅 2 階が 51%と、ほぼ半数が自宅 2 階に避難した(土石流氾濫・堆積区域においても、自宅 2 階に避難している世帯が多い)。土石流を警戒した理由については、母集団 25 人に対し、経験したことがない豪雨と雷だったからという人が 28%であった。土石流を警戒しなかった理由は、母集団 54 人に対し、「まさか土石流が起こると思っていなかった」、「危険だと思っていなかった」という、土石流のことは頭になかった人が 50%と半数を占めた。また、「この辺りは安全と聞いていた」など、はじめから安心して住んでいたと考えられる人もいた。避難時の自宅周辺の状況については、母集団 81 人に対し、「道路に濁流が流れており徒歩では逃げられない」という人が 52%で半数以上を占めた。この結果から、当時、屋外への避難が困難であったことが伺える。また、道路に水はあまり流れておらず、徒歩で避難可能という人も 20%おり、場所によって被災状況が大きく異なっていたと考えられる。避難した理由について、垂直避難した人のみを対象とすると、母集団 44 人に対し、2 階にいて 2 階に留まった人が 50%、1 階から 2 階に避難した人が 9%、2 階に留まったのか、1 階から 2 階に避難したのか不明な人が 41%であった(図-2)。2 階に留まった人 50%の中で、自ら意識して垂直避難したと考えられる人は、「外が危険だった」の 4.5%、「常に 2 階の方が安全だと思っていた」の 4.5%、計 9%と考えられる。1 階から 2 階に避難した人 9%の中で、自ら意識して垂直避難したと考えられる人は、「自宅に危険が迫った」の 25%、「外が危険だった」の 25%、計 50%と考えられる。これらから、全体のうち、意識して垂直避難した人は、最大でも 9%と非常に少ないことが考えられた。避難した時間については、母集団 31 人に対し、午前 2 時台に避難した人が 6.5%と、確実に土石流発生前に避難した人は非常に少ない。なお、午前 3 時台に避難した人の中には、土石流発生直前に避難した人も含まれている可能性があるが、それらの人を特定できない為、土石流発生後の避難とみなした。

山手川の土石流本体部の氾濫・堆積区域における家屋被災度別の死亡者の割合を図-3 に示す。半壊家屋では死者はおらず、流失家屋と全壊家屋に死者がでたこと、特に流失家屋に多くの死者が出たことがわかった。半壊家屋は全員が 2 階に避難し、全員助かっていること、全壊家屋では、2 階にいた人が助かり、1 階にいた人が死亡した。流失家屋 24%のうち、死亡者が出た家屋は 44%であり、残りは死亡者が家屋内のどこにいたかは不明である。全壊家屋 47%のうち、死亡者がでた家屋は、17%であった。死亡者が出た全壊家屋の内、1 階にいた人が亡くなり、2 階にいた人が助かった家屋が 33%、死亡者の居場所が不明な家屋は 67%であった。以上のことから、流失家屋以外であれば、垂直避難は非常に有効であると考えられる。

図-4 に、家屋被災度別の土石流流体力の分布を示す。約 500(kN/m)未満では、木造家屋の流失は認められない。全壊家屋での土石流流体力の値のばらつきは大きい、全体的に被災度が低くなるにしたがって、土石流流体力の値は小さくなる。今後もこのようなデータを収集し、土石流有効流動深を精度良く求めることができれば、流失の起こり得る家屋の区域を予測でき、その結果、例えば、垂直避難が有効な区域の抽出が可能になると期待される。

4. 結論

- ①土石流に対する警戒をほとんどの人がしていない。また、土石流発生前に避難していた人はわずか 6.5%であった。
- ②全体的には 2 階に垂直避難した人は多いが、土石流を意識して垂直避難をした人は、最大でも 9%だと考えられる。
- ③木造家屋が流失しなかった区域では、2 階に避難した人は助かっている。
- ④本研究で用いたデータのみから判断すると、木造家屋 2 階への垂直避難が有効な区域は、家屋の流失が生じない土石流流体力約 500(kN/m)未満の区域であると考えられる。

参考文献

- 1) 大山久美・山田孝・菊幸幸加(2015)：土石流に対する垂直避難行動の実態と課題、平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集、B-404～405
- 2) 海堀正博・柳迫長三(2015)：平成 26 年 8 月 20 日広島豪雨災害体験談集(公社)砂防学会 2014 年 8 月広島大規模土砂災害緊急調査団 広島市防災士ネットワーク

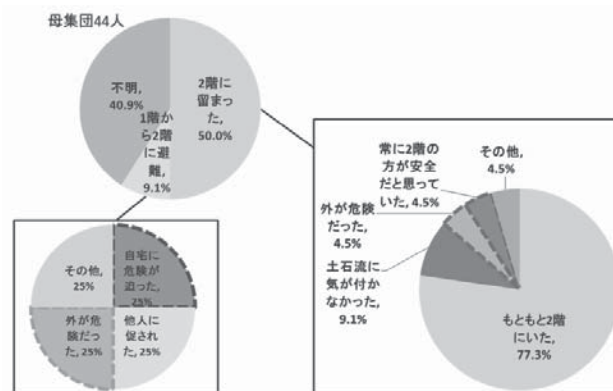


図-2 垂直避難した理由(点線で囲った部分は意識して垂直避難をしたと考えられる人)(広島市安佐南区山手川流域)

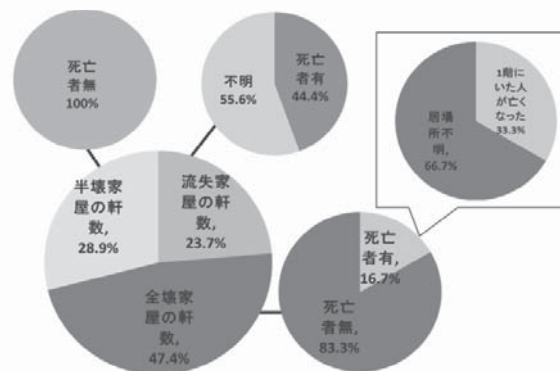


図-3 家屋被災度別の死亡者の割合(広島市安佐南区山手川流域)

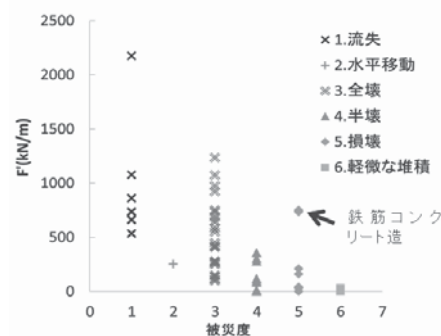


図-4 家屋被災度ごとの土石流流体力の分布