

# 2021年7月熱海市土砂災害にともなう人的被害の特徴と過去の災害事例との比較

牛山素行<sup>1</sup>

## Characteristics of Victims Caused by Sediment Disaster in Atami City on July 2021 and Comparison With Past Disasters

Motoyuki USHIYAMA<sup>1</sup>

### Abstract

On July 3, 2021, a debris flow caused a total of 27 deaths and missing persons in the Aizome River in Atami City, Shizuoka Prefecture. This damage was the largest number of victims from a sediment disaster in one location since 1982. When compared to five sediment disasters that caused similar levels of victims, the slope gradient of the Aizome River was similar to the other cases. The amount of sediment spilled was also not particularly large compared to other cases. The Aizome River has a longer steep channel section than other cases, and houses were densely built along it. This feature may have been a contributing factor to the large number of victims. On the other hand, the number of victims relative to the number of lost or collapsed houses in the Aizome River was low. This could be due to the following reasons: 1) calls for evacuation had already begun, 2) it was daytime and people were more likely to act, 3) some people were out, and 4) some houses were uninhabited.

キーワード：逢初川，土砂災害，犠牲者，流失倒壊家屋

Key words: Aizome river, sediment disaster, victim, lost or collapsed houses

### 1. はじめに

2021年7月3日，静岡県熱海市伊豆山の逢初川（あいぞめがわ）流域で土石流が発生し溪流沿いの多くの家屋を倒壊・流失させ，死者・行方不明者27人の人的被害を生じた。以下では本災害を「2021年熱海」と略記する。本災害については，

逢初川上流部に存在した人工的な盛土が崩壊したことが被害を大きくした要因として社会的に注目され，静岡県は「逢初川土石流の発生原因調査検証委員会」を設置し，2022年3月29日に中間報告書（静岡県，2022）を公表している。また，本災害をもたらした土石流のメカニズムについては，

<sup>1</sup> 静岡大学防災総合センター  
Center for Integrated Research and Education of Natural  
Hazards, Shizuoka University

本稿に対する討議は2024年11月末日まで受け付ける。

この報告書を始めとし、北村・池田(2021)、今泉ら(2022)などの報告が既にある。

一方、本災害の人的被害に目を向けると、近年における大雨に伴い1箇所ですでに生じた土砂災害としては、かなりまとまった規模の死者・行方不明者(以下では「犠牲者」と略す場合がある)が生じたことが特徴として挙げられるが、こうした観点からの検討は十分なされていない。そこで本報告では、筆者がこれまでに実施してきた最近約20年間の日本の風水害にともなう死者・行方不明者についての調査結果(牛山, 2021など)などをもとに、最近数十年間に発生した類似の土砂災害事例と比較する観点から、本災害の人的被害と発生場所の地形や集落の形態などの特徴について論ずることを目的とする。

## 2. 調査手法

本報告で用いる基礎資料は、筆者が整理している日本の風水害による犠牲者のデータである。報道記事、報道映像、各種文献、公的機関の文書、空中写真、住宅地図などの検索を中心に、主な事例では現地踏査も実施してとりまとめている。分類方法や収録情報などについては牛山・横幕(2015)などで記述しており、ここでは省略する。本災害発生時点では、1999～2020年の風水害88事例の犠牲者1,465人について整理されている。

本事例についても、これまでの風水害事例と同様な手法で情報収集、調査に当たった。ただし本災害発生後の2021年7月は、新型コロナウイルス感染症流行のいわゆる第5波が始まりつつあった時期であり、現地調査については7月6日に現地の一部を踏査して以降は自粛し、同年12月21日に補足的な現地調査を実施するにとどまった。比較対照した過去の災害事例のうち、1999年以降については筆者自身によるこれまでの調査結果を主に利用し、それ以前の事例については文献を元に検討した。

## 3. 調査結果

### 3.1 調査対象事例の抽出

2021年熱海の犠牲者の発生場所は、後述するよ

うに逢初川に沿って長さ数百mの範囲に分布していた。したがって、全く同一の「地点」ではないが、同一の小渓流内で被害が発生した形態である。これは土砂災害、特に土石流による災害としてはごく一般的な形態であり、土砂災害警戒区域(土石流)でも一般的に「1箇所」として扱われる範囲での被害とも言える。本報告では、大雨に直接起因し、単一の溪流で発生した土石流または単一の地点で発生した崖崩れにより、犠牲者が生じた災害を、「1箇所ですでに生じた土砂災害」と定義する。このような災害事例のうち、2021年熱海のようなまとまった犠牲者を生じた事例を、調査対象事例として抽出することとした。

まず、筆者自身が詳しく調査している1999年以降の人的被害を伴う風水害で、「1箇所ですでに生じた土砂災害」で犠牲者数が比較的多かった事例(ここでは便宜的に1箇所あたり犠牲者15人以上を目安)を探索したところ、平成26(2014)年8月豪雨災害時の広島市安佐北区八木3丁目32番地付近での死者23人(以下では「2014年広島」と)、2003年7月20日の梅雨前線豪雨災害時の熊本県水俣市宝河内集での死者15人(以下「2003年水俣」)が抽出された。いずれも、災害事例全体の犠牲者数をもっと多いが、「1箇所ですでに生じた土砂災害」の犠牲者としてはこの数になる。

抽出された2事例がいずれも2021年熱海よりは犠牲者数が少なかったこともあり、更に遡及的に探索した。まず、災害事例全体の犠牲者数が多い事例について1998年から遡及的に文献を参照し、各事例の中で「1箇所ですでに生じた土砂災害」による犠牲者が少なくとも15人以上と見られる箇所を探索した。この結果、1997年7月9日の梅雨前線豪雨災害時(森脇ら, 1998)の鹿児島県出水市針原での死者21人(以下「1997年出水」と)、昭和57(1982)年7月豪雨災害時(大八木ら, 1984)の長崎市川平町での死者34人(以下「1982年長崎川平」)が抽出された。ここまでの探索で、1982年長崎川平が2021年熱海より明らかに犠牲者数が多いと確認されたことと、更に過去に遡っても十分な情報が得られない可能性が考えられたことから、本報告では以上の5事例を調査対象事例と

した。いずれも被害をもたらした土砂移動現象は土石流であり、崖崩れによる事例は確認されなかった。

なお、網羅的な調査を行っている訳ではないのであくまでも一例ではあるが、1982年より前の「1箇所が生じた土砂災害」で犠牲者が多かった事例としては、1976年台風17号災害時の香川県池田町（現・小豆島町）谷尻での犠牲者24人（谷，1977）、昭和47（1972）年7月豪雨時の高知県土佐山田町（現・香美市）繁藤での犠牲者60人（高知県，2022）、1966年台風24・26号による山梨県足和田村根場での犠牲者63人（山梨県，1994）などが挙げられる。2021年熱海の「1箇所が生じた土砂災害」による犠牲者27人は決して少ない数ではないが、現代の日本の土砂災害史上で飛び抜けて大規模な人的被害というわけではない。

### 3.2 2021年熱海

2021年6月30日から7月4日にかけて、本州付近に停滞した梅雨前線の活動により静岡県付近では断続的に大雨となり、7月3日10時30分頃に熱海市伊豆山地区で土石流が発生した（静岡地方気象台，2021）。被災箇所付近の略図を図1に示す。被災箇所の南約7.7 kmのAMeDAS網代では、7月1日頃から断続的にやや強い雨となっていた



図1 2021年熱海の被災箇所周辺略図。地理院地図に加筆、以下同じ

（図2上）。ほとんどは1時間降水量20 mm未満で、土石流発生時刻に近い3日10時が最も強く降っているが、27 mm程度である。同地点の1976~2022年の観測記録と比べると（図2下）、7月1~4日の最大72時間降水量は、1976年以降の最大値となっているが、他の降水継続時間では格別記録的な値とはなっていない。なお、過去の統計値が得られないが、被災箇所に近い熱海市役所付近にある静岡県の雨量計では、最大24時間260 mm（網代183 mm）、同48時間降水量408 mm（同321 mm）、同72時間491 mm（同412 mm）と、全般に網代よりはやや多くなっている。

総務省消防庁の2022年3月25日発表の資料（総務省消防庁，2022）では、2021年7月1日~10日頃にかけての大雨による全国の被害として、死者27人、行方不明者2人、住家の全壊59棟、半壊119棟、床上浸水499棟などが挙げられている。このうち熱海市での被害が死者27人、行方不明者1

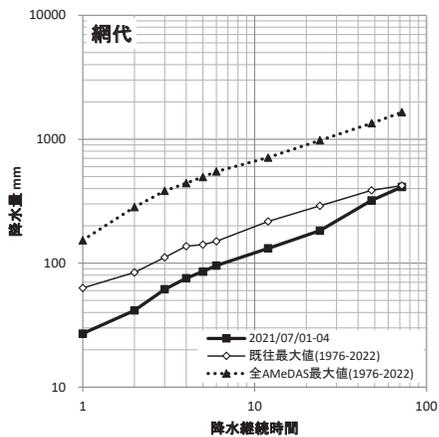
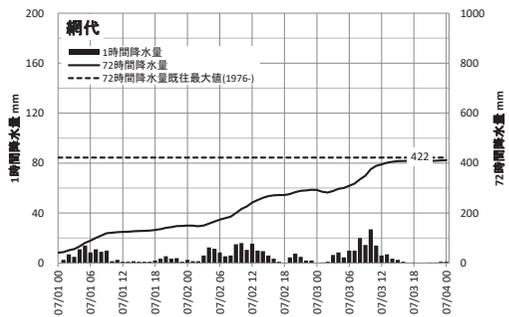


図2 AMeDAS 網代の降水量

人、全壊53棟、半壊11棟、床上浸水0棟と全国の被害の多くを占めている。本報告では熱海市の人的被害のうち、後日認定された関連死者1人を除く死者26人、行方不明者1人を対象とする。静岡県(2022)によれば、崩壊源頭部での崩落土砂量は約55,500 m<sup>3</sup>で、途中の砂防堰堤で捕捉された土砂が7,500 m<sup>3</sup>、下流域に流下した土砂が48,000 m<sup>3</sup>と推定されている。

筆者のこれまでの風水害人的被害調査と同様に報道記事や映像、地理情報、現地調査から犠牲者発生位置を推定した。犠牲者27人のうち、24人については発生位置を概ね推定でき、うち23人は自宅または仕事先の屋内で、1人は自宅敷地付近での遭難と推定された。残り3人のうち1人は被災位置は不詳だが自宅屋内で遭難した可能性が高い。また、2人については被災位置や被災状況について推定できる情報が得られなかった。すなわち、犠牲者のほとんどは自宅等の屋内で遭難しており、屋外で移動・行動中に遭難したことが確実視される犠牲者はみられなかった。これまでの筆者の調査から、土砂災害犠牲者はその8割が自宅等の屋内で遭難しており、2021年熱海の犠牲者発生場所の傾向は、これまでの土砂災害犠牲者の傾向とおおむね整合的であると言ってよい。

次に、国土地理院による空中写真、住宅地図、報道映像、現地調査などから流失倒壊家屋の位置を読み取った。なお本報告で言う流失倒壊家屋とは、現地調査や現地の映像から外観上明らかに流失・倒壊したことが確認できる、または空中写真で判読可能な程度に大きく変形した建物を指し、災害統計で言う「全壊」とは異なる。また、住宅地図から住家または人が日常的に所在していると見られる事業所等の家屋を対象としており、車庫などの非住家は含まない。同一世帯の敷地内にある母屋と納屋・車庫などが複数流失・倒壊している場合や、集合住宅の場合もそれぞれ1箇所と読み取っている。人的被害が生じる危険性が高い家屋被害の規模を、世帯・事業所程度の単位で読むためにこのような定義としているものである。したがって、単位は「棟」ではなく「箇所」としている。こうして読み取った流失倒壊家屋は47箇所

だった。

犠牲者発生推定位置および流失倒壊家屋位置を図3に示す。図中のH1は犠牲者発生推定位置の標高最高地点(写真1)、H2は同最低地点(写真2)である。なお前述のように、2021年熱海の犠牲者の多くは自宅等の屋内で遭難しており、他の犠牲者も流失倒壊家屋が発生した範囲から大きく離れた場所で遭難したケースは確認されていない。

崩壊源頭部から土砂堆積域末端までの土石流が流下した溪流谷底付近の地形断面と、犠牲者発生推定位置の最高地点H1から最低地点H2の範囲を図4に示す。図4の地形は本稿執筆時点の地理院地図の等高線から谷地形を判読し、谷低部の比高10mごとの等高線間の水平距離を計測し、地形断面図を作成したものである。犠牲者の発生場所は必ずしも谷底ではないので、犠牲者発生場所の標高に近い谷底の地点を示している。谷出口の集落最上流部から下流にかけての広い範囲で犠牲者が生じ、最高地点H1と最低地点H2の水平距離は約810m、比高は130mだった。比高と水平距離から単純に求めた勾配は約9度である。なお、最高地点H1より上流側には流失・倒壊した建物が1箇所確認できるが現地踏査や過去のストリートビューの映像からは被災時の実態としては非住家であった可能性が高いように思われた。また、それより上流側には家屋自体が存在しない。最低地点H2より下流側も溪流の勾配は概ね同程度だが、溪流沿いで土砂が直撃する範囲内には住家はみられなかった。H2の北東側には国道135号沿いに土砂が流出したが、溪流沿いよりは緩勾配であり、流失倒壊家屋の発生には至らなかった。

国土地理院の地理院地図上の地形分類図で見ると犠牲者の発生範囲付近は山麓堆積地形で、過去に土石流等による土砂流出が繰り返して形成された箇所である。また、流失倒壊家屋の発生箇所はすべて土砂災害警戒区域(土石流)の範囲内だった。地形的に見て土石流など起こり得ない場所とは言えない。

伊豆山地区には平安時代以前から続く伊豆山神社などがあり、集落自体はかなり古くから存在していたようである。明治29(1896)年修正の5万

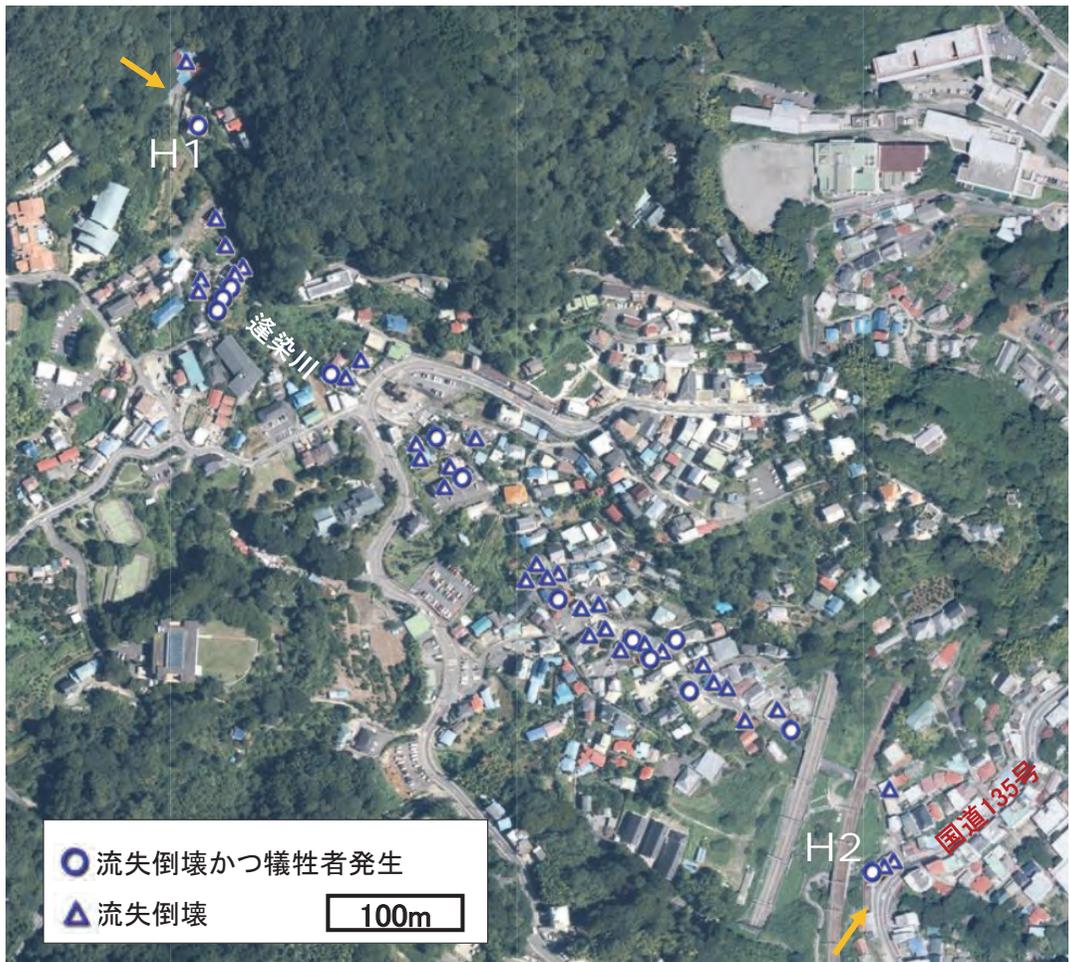


図3 2021年熱海の犠牲者推定発生位置と流失倒壊家屋位置。背景図は地理院地図の空中写真(2017年)、矢印は写真撮影位置と方向



写真1 熱海市伊豆山の被害状況，H1地点付近。2021年7月6日牛山撮影。



写真2 熱海市伊豆山の被害状況，H2地点付近。2021年7月6日牛山撮影。

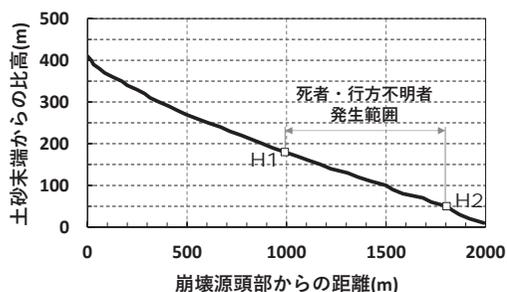


図4 2021年熱海の溪流沿いの地形断面図と犠牲者の発生範囲

分の1地形図「熱海」を見ると、伊豆山神社南東側斜面には家屋の記号が点在し、神社南側には集落らしきものも読み取れる。しかし、今回の土石流が流下した溪流谷底付近に家屋が存在したかについては明確に読み取れない。そこで流失倒壊家屋が建築された時期を見るために、過去の空中写真を判読した。利用した空中写真の撮影時期は、

1947年10月2日、1962年11月13日、1983年11月8日の3時期である。空中写真を立体視し、それぞれの時期において、2021年熱海の流失倒壊家屋の位置に建物と思われるものが存在しているかを読み取った。したがって、2021年時点に存在していた建物自体が存在していたとは限らず、別の建物が存在していた可能性もある。判読結果を図5に示す。1947年頃以前からある建物は4箇所、昭和初期までは今回土石流が流下した谷底の溪流沿いに家屋はほとんど立地していなかった。1947～1962年頃に建築されたと見られる家屋が15箇所、1962～1983年頃が16箇所、1983年頃以降が12箇所と、次第に溪流谷底付近に家屋が増えていった。また時代が下がるに従って上流側に建物が増えていったことも読み取れる。近年急速に開発が進んだ地域というわけではないが、土木技術が発達する以前の古い時期から集落が存在していた場所とは言えない。

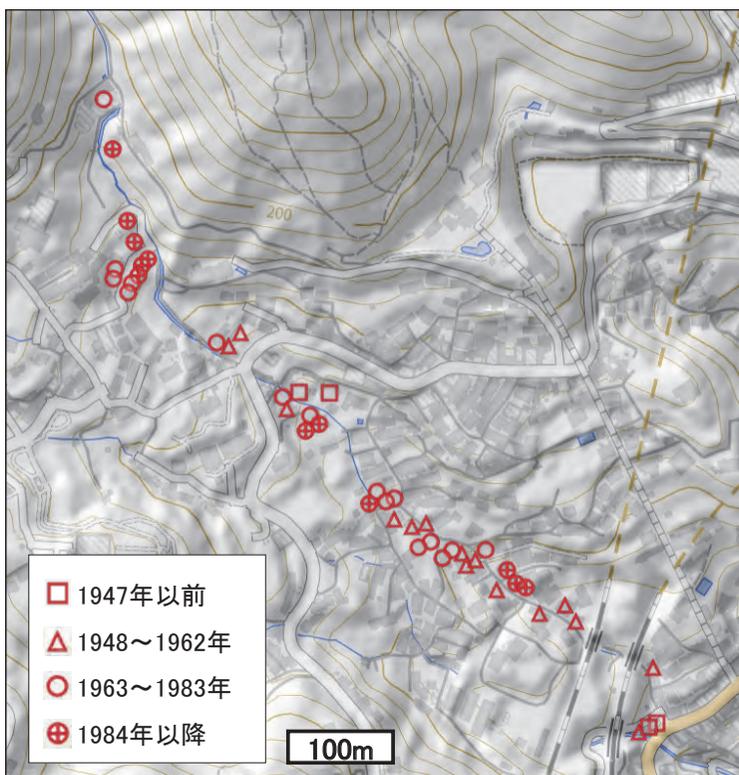


図5 2021年熱海の流失倒壊家屋の建築時期

### 3.3 2014年広島

2014年8月19日、活発化した前線により広島市付近が局地的な大雨(平成26年8月豪雨)に見舞われた。被災箇所周辺の略図を図6に示す。被災箇所の北東約8kmのAMeDAS三入(図7)では8月19日19時頃から雨が降り始め、20日2時前後から4時過ぎにかけて猛烈な雨となり、最大1時間降水量101mm、同3時間209mm、24時間257mmなどが記録された。同地点の2001~2022年の観測記録と比べると(図7下)この事例時の記録は1~24時間のいずれも統計期間中の最大値となった。なお、過去の統計値が得られないが、被災箇所に近い高瀬(国交省)では最大1時間降水量87mm、同3時間187mm、同24時間248mmで、三入と概ね同程度である。

この大雨により死者74人(直接死のみ)の人的被害が生じた。犠牲者は広島市安佐北区を中心に各所で発生し、総数としては2021年熱海よりかなり多いが、「1箇所が生じた土石災害」での犠牲者数が最大となったのは、同区八木3丁目32番地付近(写真3)で発生した土石流によるもので、死者23人だった。土田ら(2016)によれば、この溪流からの流出土砂量は約33,000m<sup>3</sup>と推定されている。なお土石災害時の土砂量については様々な言葉が用いられるが、以下ではそれぞれの引用

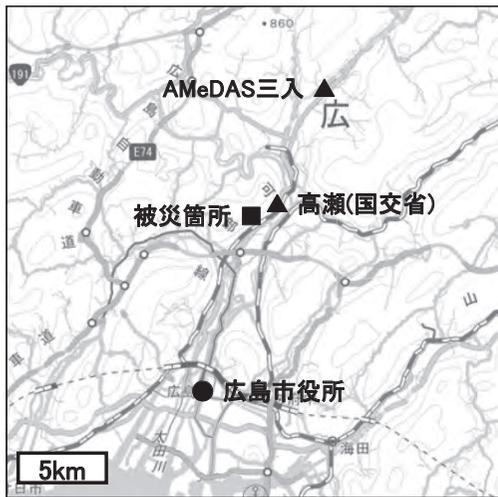


図6 2014年広島の被災箇所周辺略図

文献中で用いられている語(本事例については「流出土砂量」)を用いる。2014年広島の犠牲者数、土砂量はともに2021年熱海よりやや規模が小さい。

図3と同様に読み取った犠牲者発生推定位置、流失倒壊家屋位置、犠牲者発生推定位置の標高最高地点H1(写真4)、最低地点H2(写真3)を図8に示す。ただし本事例以降では、等高線の読取りは災害発生前の2万5千分の1地形図で行っている。地理院地図上の地形分類図で見ると、犠牲者発生範囲付近は山麓堆積地形または扇状地であり、過去に繰り返し土石流が発生し形成された地形と思われる。

本事例では流失倒壊家屋は15箇所だった。2014年広島の犠牲者は、全員がこれら流失倒壊家屋の屋内で遭難した可能性が高いと推定される。図9は図4と同様に地形断面と犠牲者の推定発生範囲を示したもので、最高地点H1と最低地点H2の水平距離は約50m、勾配は約11度だった。また、

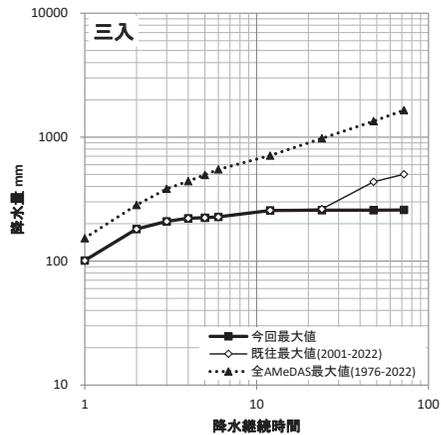
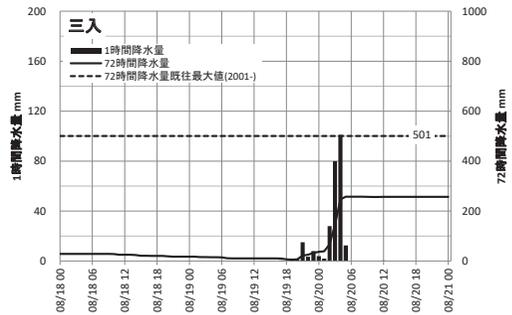


図7 AMeDAS 三入の降水量



写真3 八木3丁目32番地付近の被害状況，H2地点の約50m下流側付近。2014年8月21日牛山撮影。



写真4 八木3丁目32番地付近の被害状況，写真右端がH1地点付近。2014年9月23日牛山撮影。

最高地点 H1 より上流側には家屋自体が存在しなかった。

2014年広島市の犠牲者発生範囲は谷出口の集落最上流部付近に密集しており，2021年熱海とはやや傾向が異なっている。図9に見るように，2014年広島市の溪流は，犠牲者発生範囲の勾配は2021年熱海よりやや急だが，下流側では次第に勾配が緩くなり，家屋の存在する範囲の勾配は約6度となっている。一般的に土石流は勾配10度以上で流下，10度以下で堆積・停止，2～3度以下では土石流の形態では到達せず洪水が土砂を運び堆積することが知られており（防災科学技術研究所自然災害情報室，2010など），2021年熱海の溪流は最下流

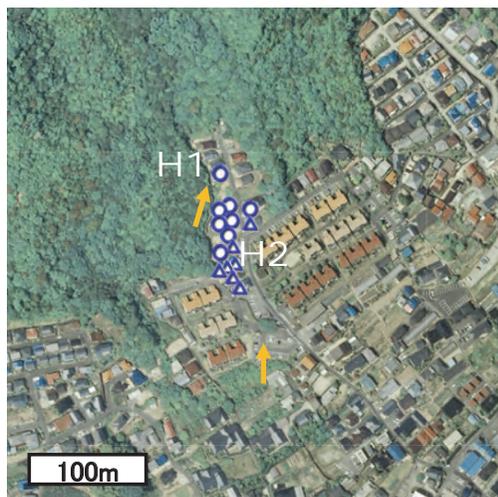


図8 2014年広島市の犠牲者推定発生位置と流失倒壊家屋位置。背景図は地理院地図の空中写真（2008年撮影），矢印は写真撮影位置と方向



図9 2014年広島市の溪流沿いの地形断面図と犠牲者の発生範囲

部までが地形的には土石流の流下域に近い状況だったとも考えられる。今泉ら（2022）も，この急勾配により土石流段波の一部が停止せず市街地まで到達したと指摘している。2014年広島市の流失倒壊家屋発生範囲より下流側も勾配としては土石流が流下しうる範囲ではあるが，現に流失倒壊家屋が生じていないことから，土石流の破壊力は減衰していたことが考えられる。こうした地形の違いが，2014年広島市と2021年熱海の犠牲者発生範囲の違いにつながった可能性がある。

なお，地理院地図で被災箇所の過去の空中写真を参照すると，流失倒壊家屋のほとんどは1961～1969年撮影の写真では存在していないが，1974～

1978年撮影の写真では半数弱の家屋が、1987～1990年撮影の写真ではほとんどの家屋が確認できる。2021年熱海の流失倒壊家屋よりも更に新しい時代に形成された集落のようである。

### 3.4 2003年水俣

2003年7月20日、梅雨前線の活動により九州地方で大雨となった。被災箇所周辺の略図を図10に示す。被災箇所の北西約6.5 kmのAMeDAS水俣では(図11)、7月20日1時頃から6時頃にかけて断続的に激しい雨となり、最大1時間降水量72 mm、同3時間142 mm、24時間250 mmなどが記録された。同地点の1976～2022年の観測記録と比べると(図11下)、この事例時の記録はいずれも統計期間中の最大値を下回ってはいるが、3時間降水量は最大値に近い。なお、長期の統計値が得られないが、被災箇所に近い深川(熊本県)では、最大1時間降水量91 mm、同3時間226 mm、同24時間397 mmなどで、水俣の観測値を大きく上回っている。

この大雨に伴い、特に熊本県水俣市では土砂災害により19人の死者が生じた。人的被害が集中したのは、水俣市宝河内集(みなまたしほうがわちあつまり)地区で、20日明け方頃に発生した単一溪流での大規模な土石流により、15人が死亡した



図10 2003年水俣の被災箇所周辺略図

(写真5)。谷口(2006)によれば、流出土砂量は約89,600 m<sup>3</sup>と推定されている。2021年熱海より流出土砂量はかなり多いが、犠牲者数は相対的に少ない。

2003年水俣の被害発生状況については筆者自身

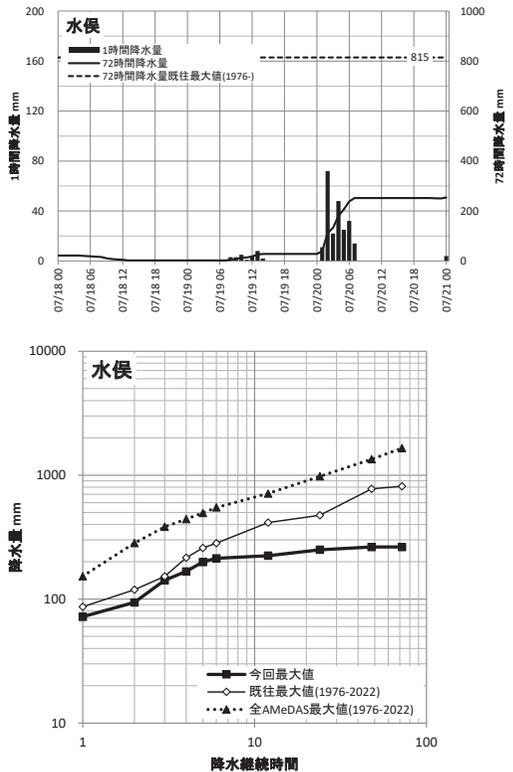


図11 AMeDAS水俣の降水量



写真5 水俣市宝河内集地区の被害状況、H2地点付近。2003年7月22日牛山撮影。



図12 2003年水俣の犠牲者推定発生位置と流失倒壊家屋位置。背景図は地理院地図の空中写真（1974～1978年撮影），矢印は写真撮影位置と方向

の調査結果と、熊本県水俣市（2008）を参考にした。これまでの事例と同様に犠牲者発生推定位置、流失倒壊家屋位置を図12に、地形断面と犠牲者の推定発生範囲を図13に示す。地理院地図の地形分類図（土地分類基本調査）では犠牲者発生範囲付近は「地形混在」となっている。筆者自身の地形図をもとにした読取りでは、山麓堆積地形に該当する可能性が高く、過去に土石流が繰り返し発生してきた場所のように思われる。

この被災箇所における流失倒壊家屋は11箇所だった。2003年水俣の犠牲者は、自宅の屋内で遭難した可能性があるケースと、自宅から屋外に出て避難途中だったと見られるケースがあり、厳密な遭難位置はわからないが、土石流が到達し激しい破壊が生じたのはおおむね図12の流失倒壊家屋発生位置の範囲内であり、この付近で遭難した可能性が極めて高いと推定される。

犠牲者発生最高地点 H1 と最低地点 H2 の水平距離は約180 m で、2021年熱海より短く、2014年広島よりやや広い範囲で生じている。最高地点 H1 より上流側に流失倒壊家屋 2 箇所が確認できるが、水俣市（2008）によれば住民はいずれも避難して難を逃れたようである。これら 2 箇所では

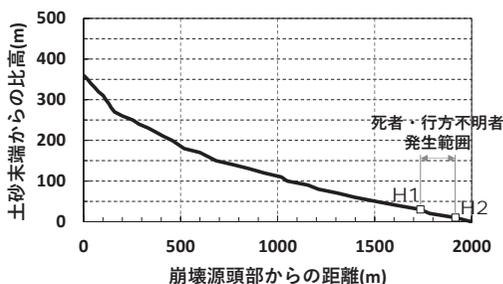


図13 2003年水俣の溪流沿いの地形断面図と犠牲者の発生範囲

結果的に人的被害には至っていないが、谷出口最上流部の家屋が激しく被災したという点は、2021年熱海、2014年広島と同様である。H1 と H2 の間の勾配は約 6 度で2021年熱海や2014年広島よりやや緩いが、土石流が流下しうる勾配である。H2 より下流側に家屋は存在せず、H2 から100 m ほど下流の宝河内川合流部付近が土石流の到達下流部となっている。

国土地理院の空中写真を参照すると、流失倒壊家屋のほとんどは1948年撮影の写真でも確認できる。比較的古くから形成されている集落のようである。

### 3.5 1997年出水

1997年7月9日～10日にかけて梅雨前線の活動により九州地方で大雨となり、10日午前0時44分頃に鹿児島県出水市針原地区で大規模な土石流が発生し、21人が死亡した（写真6、写真7）。被災箇所周辺の略図を図14に示す。被災箇所の南約4.7 km の AMeDAS 出水では（図15）、7月7日頃から断続的に雨が続き9日の日中には一時1時間50 mm 以上の非常に激しい雨となったが、同日21時頃には雨はいったん上がり、その後この土石流が発生している。7月8日から11日にかけての最大1時間降水量は62 mm、24時間351 mm、48時間544 mm、72時間584 mm などが記録されたが、1～24時間降水量はいずれも同地点の1976～2022年の最大値を下回っている（図15下）。48時間、72時間は本事例の記録が統計期間中の最大値だが、これらはいずれも土石流発生後の時間帯に記録さ



写真6 出水市針原地区の被害状況，H1地点付近。1997年8月18日牛山撮影。



写真7 出水市針原地区の被害状況，写真左端がH2地点付近。1997年8月18日牛山撮影。

れたものである。なお、長期の統計値が得られないが、被災箇所に近い出水浄化センターでは、最大1時間降水量64 mm，同24時間407 mm，同48時間544 mm，同72時間623.5 mmで，出水の観測値をやや上回っている。森脇ら（1998）によれば，崩壊土砂量165,500 m<sup>3</sup>と推定されている。崩壊土砂量は2021年熱海の3倍程度だが，犠牲者は相対的に少ない。

1997年出水については，発生当時筆者自身も現地踏査しているが，被害発生状況についての詳しい調査は行っていない。そこで，犠牲者発生推定位置は森脇ら（1998）を参考にした。なお森脇ら（1998）には明確な形では書かれていないが，記述内容からは犠牲者はいずれも自宅屋内で被災した可能性が高いように読み取れる。

流失倒壊家屋については，森脇ら（1998）に示されている被災状況図中の「全壊家屋」と空中写

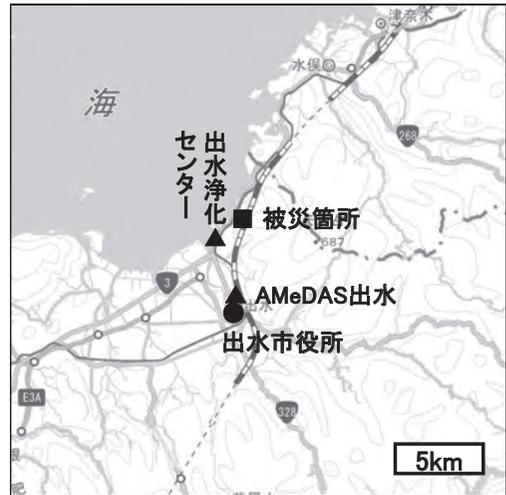


図14 1997年出水の被災箇所周辺略図

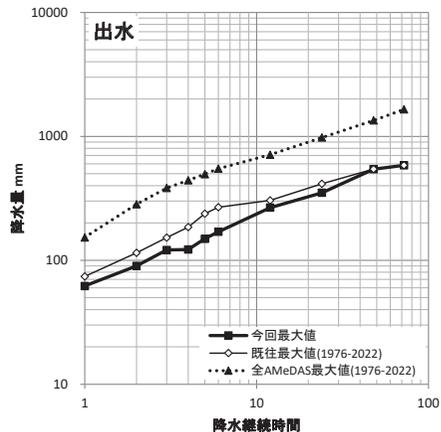
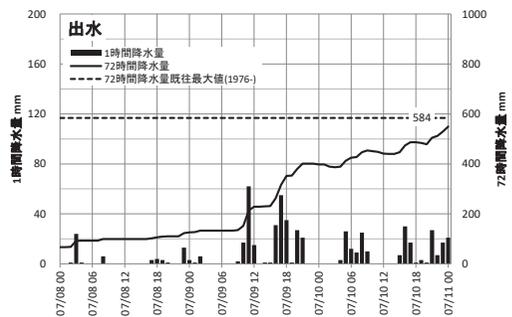


図15 AMeDAS 出水の降水量

真，被災当時の住宅地図を元に判読し，11箇所と読み取れた。なお，近年の風水害では流失・倒壊に至らない家屋も「全壊」と判定されることも多

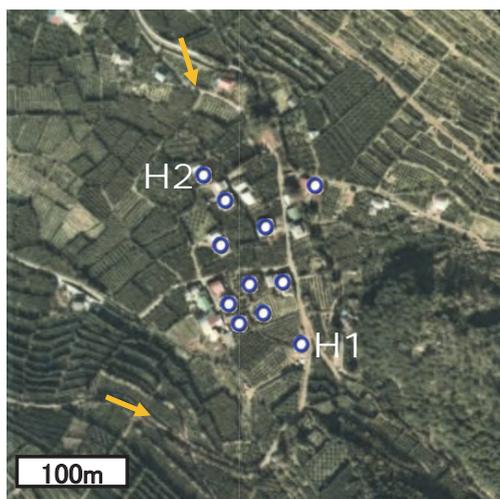


図16 1997年出水の犠牲者推定発生位置と流失倒壊家屋位置。背景図は地理院地図の空中写真(1974~1978年撮影), 矢印は写真撮影位置と方向

くなっているが、森脇ら(1998)に示されている空中写真や筆者自身が当時現地で撮影した写真と見比べると、森脇らが示している「全壊家屋」は、本報告でいうところの流失倒壊家屋に当たると見てよさそうである。

読み取った1997年出水の犠牲者発生推定位置、流失倒壊家屋位置を図16に、地形断面と犠牲者の推定発生範囲を図17に示す。地理院地図の地形分類図(土地分類基本調査)では犠牲者発生範囲付近は「谷底平野・氾濫平野」となっている。犠牲者発生範囲のすぐ上流側は「火山斜面」となっており、山地直近の谷底平野であることから、過去に土石流などの土砂移動現象が繰り返されて形成された地形である可能性が高いと思われる。

本事例については、流失倒壊家屋で犠牲者が発生しなかった箇所は存在しなかった。また、流失倒壊に至らなかったが犠牲者が生じた家屋が1箇所存在する。犠牲者発生最高地点H1と最低地点H2の水平距離は約140m、勾配は約4度だった。犠牲者発生範囲は2014年広島よりは広いが、2021年熱海と比べると半分以下である。また勾配はこれら3事例より緩いが、土石流が到達しう程度とは言える。1997年出水の場合も犠牲者発生範囲



図17 1997年出水の溪流沿いの地形断面図と犠牲者の発生範囲

より上流側に家屋は存在せず、既に述べた3事例と同様に、谷出口最上流部の家屋が被災したという形態である。この事例では犠牲者発生範囲より下流側にも家屋が存在したが、勾配は更に緩くなっており、土石流としては到達せず、家屋の倒壊・流失といった被害はもたらさなかったものと思われる。

国土地理院の空中写真を参照すると、流失倒壊家屋のほとんどは1948年撮影の写真でも確認できる。比較的古くから形成されている集落のようである。

### 3.6 1982年長崎川平

1982年7月23日から24日にかけて、活発化した梅雨前線により長崎県内を中心として記録的な大雨が生じた。気象庁による名称は「昭和57年7月豪雨」であり、一般には「長崎豪雨」「長崎大水害」などとも呼ばれている。特に、同日20時に長与町役場で記録された1時間降水量187mmは日本の観測史上で最大の1時間降水量としてよく知られている。被災箇所周辺の略図を図18に示す。被災箇所の南西約7.4kmのAMeDAS長崎では(図19)、7月23日18時頃からやや強い雨となり、19時頃から22時頃にかけては1時間100mm前後の猛烈な雨となった。最大1時間降水量は111.5mm、同3時間313mm、24時間552.5mmなどが記録され、1~72時間降水量のすべてが、本事例の記録が1976~2022年の最大値である(図19下)。また、前述の長与町役場では最大1時間降水量187mm、同3時間330mm、同24時間532mmなどだった

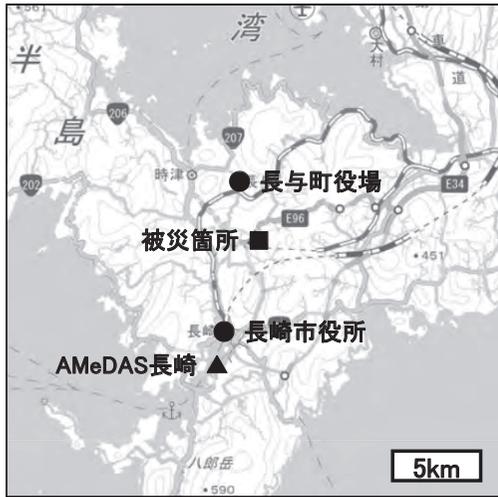


図18 1982年長崎川平の被災箇所周辺略図

(大八木ら, 1984)。

この大雨に伴う被害規模は資料によって若干値が異なるが、大八木ら(1984)では全国の死者・行方不明者345人、うち長崎県内だけで299人、うち262人が土砂災害によるものとされており、長崎市を中心に多数の土砂災害が生じた。これ以後2022年12月までの間に、1回の風水害でこれを上回る人的被害が生じた事例は生じていない。

大八木ら(1984)から読み取ったところでは、本事例で「1箇所が生じた土砂災害」として最多の犠牲者が生じたのは、長崎市川平で発生した土石流によるもので、死者34人とみられる。発災は23日22時頃とのことである。これは明らかに2021年熱海の犠牲者数を上回る規模と言える。なお、この時長崎市内では、同市鳴滝で24人、同市奥山で23人、同市芒塚で17人など、他にもまとまった規模の犠牲者が生じた箇所がある。以下では、川平での被害を1982年長崎川平と略記する。なお、この溪流のみでの流出土砂量については情報が得られなかった。

本事例については、発生当時筆者自身による現地調査は行っていない。また、大八木ら(1984)には犠牲者発生位置についての記述が見られない。そこで本事例については、大八木ら(1984)が示した災害状況図中の凡例で「押し出し・土石流等に

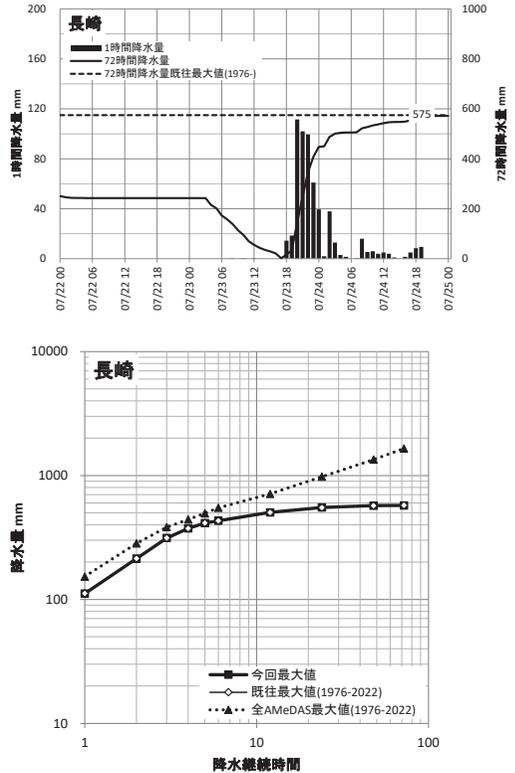


図19 AMeDAS 長崎の降水量

より破壊・埋没流出し、災害後の空中写真には写っていない家屋」とされた家屋について、当時の住宅地図と空中写真から判読し、人が居住していた母屋と思われる家屋の位置を流失倒壊家屋と推定し(13箇所、図20に示した)。また本事例については流失倒壊家屋の発生範囲を犠牲者の推定発生範囲とみなし、図21に示した。地理院地図の地形分類図(土地分類基本調査)では犠牲者発生範囲付近は「谷底平野・氾濫平野」で、すぐ上流側が「火山斜面」となっている。土地分類基本調査の地形分類図は縮尺5万分の1地形図をもとに作成されているため、細かな地形は読み取られていない可能性も高い。筆者自身の地形図からの読取りでは、犠牲者発生範囲付近は斜面の勾配などから山麓堆積地形と見た方がよいように思われる。過去に土石流が繰り返し発生して形成された地形と考えられる。

1982年長崎川平の犠牲者発生推定位置(流失倒

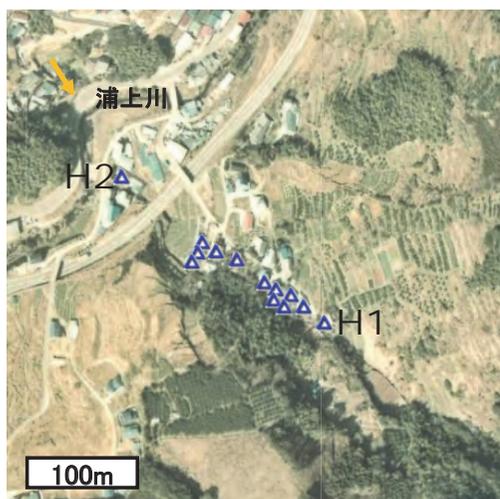


図20 1982年長崎川平の流失倒壊家屋位置。背景図は地理院地図の空中写真(1974~1978年撮影)、矢印は写真撮影位置と方向

壊家屋) 最高地点 H1 (写真 8) と最低地点 H2 (写真 9) の水平距離は約 200 m, 勾配は約 9 度だった。H2 地点のすぐ下流側で谷底の浦上川に達した箇所が土石流の末端部である。H2 の流失倒壊家屋型の流失倒壊家屋から飛び離れているようにも見えるが, 上流側の流失倒壊家屋と H2 の家屋の間の溪流沿いは田畑や道路のみであり, 特異な状況とは言えない。犠牲者の推定発生範囲は1997年出水や2003年水俣と同程度, 勾配は2021年熱海や2014年広島と同程度で, 土石流として流下し得る勾配と言える。1982年長崎川平の場合も最高地



写真 8 長崎市川平町の最近の様子, H1 地点付近。2022年1月8日牛山撮影。

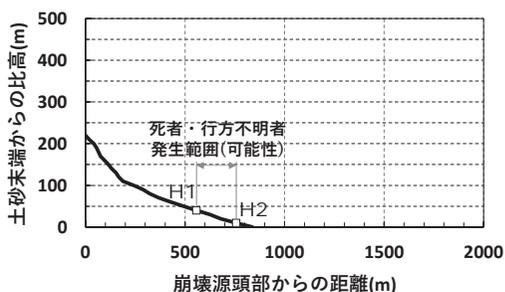


図21 1982長崎の溪流沿いの地形断面図と犠牲者の発生範囲

点 H1 より上流側に家屋が存在せず, 谷出口最上流部の家屋が被災したという形態は本報で挙げた 5 事例すべてに共通している。下流側にある道路は国道34号線長崎バイパスで現在は被災当時より 5 倍近く道路敷地幅が広がっているが, 被災当時からこの付近の溪流沿いには住家等が少なく, H2 地点付近に 2, 3 箇所があるのみだった。

国土地理院の空中写真を参照すると, 1948年撮影の写真で確認できるのは 2 箇所のみで, 1961~1969年の写真でも 4 箇所程度だった。比較的新しい時代に形成された集落のようである。

被災箇所付近の最近の様子を写真 9 に示す。当時家屋流失が見られたのは写真中央部の谷底付近だが, 現在では建物が建ち並んでいる(写真 8)。ただし, 現地での観察や住宅地図から判断したところ, いずれも会社事務所, 倉庫, 作業場などであり, 住家ではないようである。



写真 9 長崎市川平町の最近の様子, H2 地点の対岸側から。2022年1月8日牛山撮影。

### 3.7 5 事例の比較

これまでに挙げた5事例の主な特徴を表1に整理した。5事例の犠牲者発生範囲の勾配はいずれも土石流が流下しうる程度のもので、2021年熱海の勾配は2014年広島、1982年長崎川平と同程度で特に急勾配だった訳ではない。地形的には5事例とも山麓堆積地形など、過去に土石流などの土砂移動現象が繰り返し生じ、形成されてきた地形であると思われる。5事例とも流失倒壊家屋より上流側に住家はないか、あった場合でも家屋が流失倒壊した時点で人は不在だった。また、土石流が流下した範囲にある家屋で犠牲者が発生したという形態も共通している。集落の形成時期は5事例中3事例は高度経済成長期頃以降と見られたが、2事例はそれ以前からある集落で、必ずしも比較的新しい集落だけが被災しているわけではない。流出土砂量で見ると、2021年熱海は決して小規模ではないが、5事例中でも特に大規模というわけではない。流出・崩壊土砂量の多さだけで言えば、近年の事例でもたとえば2011年台風12号による紀伊半島での災害では、奈良県十津川村栗平で23,850,000 m<sup>3</sup>をはじめ、数百万 m<sup>3</sup>クラスの崩壊が多数発生した例(国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所, 2021)もあり、特に記録的な規模だったわけではない。

2021年熱海は犠牲者が発生した溪流沿いの範囲(水平距離)が5事例中ではずば抜けて広く、広範囲に激しい被害が及んだ点は特徴的だが、前述

のように特に急勾配な場所だったわけではない。急勾配が続く溪流という地形的な条件下にある場所に、最近数十年程度の比較的近い時代に集落が形成され、そこを土石流が襲ったことが多くの人的被害につながった可能性がある。

一方、2021年熱海は犠牲者数自体は多いが、流失倒壊家屋数あたりの犠牲者数は0.57(人/箇所)で、5事例中では際立って少ない事も特徴的である。この背景については明確にはわからないが、ひとつには避難行動が比較的行いやすい条件下であった可能性が考えられる。たとえば、土石流が集落到達する2時間以上前に大量の泥水が道路を流下するといった前兆現象が見られ、20分以上前には家屋が流されたとの消防通報があったことが報告されている(山本ら, 2022)。また、他の4事例はいずれも夜遅くから明け方にかけての発生だったが、2021年熱海はほとんどの人が起きて行動していたと考えられる昼前だった。各種の報道を元に筆者が検討したところでは、流失倒壊家屋47箇所中、少なくとも10箇所では何らかの避難行動が行われていた可能性が認められた。

また、流失倒壊家屋内に相対的に人が少なかった可能性も考えられる。発生時間帯は昼前で、仕事や用事で外出していた者が少なくなかった可能性がある。各種の報道を元に筆者が検討したところでは、流失倒壊家屋中少なくとも5箇所では、発災当時に外出者があった可能性が認められた。また、犠牲者のうち2人は被災範囲外から範囲内

表1 検討した5事例の比較

	2021年熱海	2014年広島	2003年水俣	1997年出水	1982年長崎川平
発生した時間帯	昼前	未明	明け方	夜遅く	夜遅く
犠牲者数(人)	27	23	15	21	34
H1-H2 水平距離(m)	810	50	180	140	200
H1-H2 比高(m)	130	10	20	10	30
H1-H2 間の勾配(度)	9	11	6	4	9
H1-H2 付近の地形	山麓堆積地形	山麓堆積地形, 扇状地	山麓堆積地形	谷底平野・氾濫平野	山麓堆積地形
H1 上流側の住家	あり (非住家の可能性)	なし	あり (避難し犠牲者無)	なし	なし
集落の形成年代	1940年代後半より後	1970年代以降	1940年代後半以前	1940年代後半以前	1940年代後半より後
流出土砂量(m <sup>3</sup> )	55,500	33,000	89,600	165,500	不詳
流失倒壊家屋数(箇所)	47	15	11	11	13
犠牲者数/流失倒壊家屋数	0.57	1.53	1.36	1.91	2.62

にあった店舗に通勤していたと見られるが、他には多くの人が被災範囲外から通勤していた可能性が高い。流失倒壊家屋は確認できなかった。

常住者のいない家屋が一定程度存在していた可能性もある。7月5日付静岡新聞は、被災した地区には別荘利用者が多いなど居住実態が把握しにくく、発災直後に安否確認に時間を要したことを報じている。また、被災前の複数の撮影時期のグーグルストリートビューを見比べると、流失倒壊家屋のなかには、被災時点で居住している可能性が低いと見られる家屋も複数存在した。なお、2021年熱海以外の4事例では、いずれも本報告で読み取った流失倒壊家屋の中に、空き家や別荘など実際には常住者がいなかったと見られる家屋が存在した可能性は低い。

#### 4. おわりに

2021年熱海は死者・行方不明者27人という、「1箇所ですでに生じた土砂災害」による犠牲者数としては昭和57(1982)年7月豪雨以降で最大の被害を生じ、人工的な盛土の崩壊という背景もあり、大変衝撃的な風水害事例であった。一方、流失倒壊家屋数に対する犠牲者数は他の事例に比べ明らかに少なかった。ただしこれは、致命的な被害をもたらした土砂流出より少し早い段階で前兆現象とも言える現象があり避難の呼びかけが始まっていたこと、人々が行動しやすかつ被災範囲に所在した人が相対的に少ない日中の時間帯だったことなど、偶然的な組み合わせの結果だった可能性がある。仮に、夜間の発生であれば、犠牲者の規模が更に大きくなった可能性は否定できない。

犠牲者を生じた範囲の地形的な特徴や流出土砂量などは、これまで発生した同規模の犠牲者を生じた土砂災害事例と比べ特異な点は見られなかった。土砂災害警戒区域の範囲内でもあり、地形的にも土石流が繰り返し発生し形成された場所である。人工的な盛土が存在したことが、「今回の雨」で土石流が発生したことの要因となった可能性は大いに考えられるが、この盛土がなければこの地区は将来にわたって土石流など起こり得ない安全な場所であったとは考えられない。しかしながら、

災害直後には複数の住民による「(伊豆山は)地盤が固く災害に遭わない」(2021年7月6日ニッポン放送)、「伊豆山地区は地盤が固い」(7月6日朝日新聞)、「伊豆山は頑丈な山」(7月3日朝日新聞)といった声も報じられている。70年ほど前に今回と同様な場所で小さな土石流があったが、そのことが継承されてこなかったとの報道(2022年2月23日静岡新聞)もある。土砂災害警戒区域、ハザードマップ等の形で公開されている地域の危険性に関する情報に対する理解を更に進めていくことの重要性が、改めて示唆されたのではなかろうか。

本報告では、土砂災害時の流失倒壊家屋数に対する犠牲者数という視点から複数災害事例の特徴を比較検討することを試み、空中写真と住宅地図を用いることで、かなり以前の災害事例についても流失倒壊家屋数という客観的な指標を得られることが確認された。流失倒壊家屋数は、風水害時に当該地域に作用した外力の規模を表す指標の1つとも考えられる。また、詳細な現地調査や資料収集を行わなくても、空中写真や報道映像等から比較的容易に把握が可能な指標でもある。こうした指標を用いることにより個々の風水害事例について、外力規模に対する人的被害規模の多寡を災害発生直後などにも比較的迅速に評価することが期待できる。こうした情報は、人的被害が特に多かった、あるいは少なかった事例において、外力以外の要因の存在を推測する手がかりとなる可能性もある。今後、他の事例も含めた同様な検討も試みたい。

#### 注

本稿は、日本災害情報学会での口頭発表、著者のブログなどで公表した内容を大幅に加筆修正したものである。

#### 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金の研究助成によるものである。

#### 引用文献

防災科学技術研究所自然災害情報室：防災基礎講座

- 災害の危険性をどう評価するか, [https://dil.bosai.go.jp/workshop/03kouza\\_yosoku/07dosexiryu\\_fig07\\_01.html](https://dil.bosai.go.jp/workshop/03kouza_yosoku/07dosexiryu_fig07_01.html), 2010 (2022年4月8日参照)
- 今泉文寿・小山西信智・加藤真雄・小池優・小杉賢一朗・坂井佑介・坂口宏・里深好文・高山翔揮・田中隆文・西陽太郎: 令和3年7月静岡県熱海市で発生した土石流災害, 砂防学会誌, Vol.74, No.5, pp.34-42, 2022
- 北村晃寿・池田昌之: 2021年7月3日に静岡県熱海市伊豆山地区で発生した土石流の速報, 静岡大学地球科学研究報告, Vol.48, pp.63-71, 2021
- 国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所: 紀伊山系直轄砂防事業, <https://www.kkr.mlit.go.jp/kiisankei/map/8.html> (2021年9月12日参照)
- 高知県: 1972年7月繁藤土砂災害の概要, [https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/171501/files/2022061500143/file\\_2022616416813\\_1.pdf](https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/171501/files/2022061500143/file_2022616416813_1.pdf), 2022 (2022年12月17日参照)
- 熊本県水俣市: 平成15年水俣土石流災害記録誌, 2008
- 宮村忠: 山地災害 (I) - 昭和47年事例調査 -, 水利科学, Vol.17, No.6, pp.100-128, 1974
- 森脇寛・佐藤照子・千葉長: 1997年7月鹿児島県出水市針原川土石流災害調査報告, 防災科学技術研究所 主要災害調査, No.35, 1998
- 大八木規夫・中根和郎・福岡輝旗: 1982年7月豪雨 (57.7豪雨) による長崎地区災害調査報告, 国立防災科学技術センター 主要災害調査, No.21, 1984
- 静岡地方気象台: 令和3年6月30日~7月4日の大雨に関する静岡県気象速報, [https://www.data.jma.go.jp/obd/bsdb/data/files/sg\\_history/22000/2021/22000\\_2021\\_1\\_8\\_1.pdf](https://www.data.jma.go.jp/obd/bsdb/data/files/sg_history/22000/2021/22000_2021_1_8_1.pdf), 2021 (2022年4月1日参照)
- 静岡県: 逢初川土石流の発生原因調査 中間報告書, [http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/r3hasseigenninnicyousakennsyouiinnkai\\_3.html](http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/r3hasseigenninnicyousakennsyouiinnkai_3.html), 2022 (2022年4月1日参照)
- 総務省消防庁: 令和3年7月1日からの大雨による被害及び消防機関等の対応状況 (第36報), <https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/210701baiuzennsenn36.pdf>, 2022 (2022年4月1日参照)
- 谷勲: 昭和49年7月および51年9月の小豆島連続災害について, 砂防学会誌, Vol.29, No.4, pp.29-38, 1977
- 谷口義信: 水俣市宝川内土石流の水利科学的考察, 水利科学, Vol.49, No.6, pp.39-58, 2006
- 土田孝・森脇武夫・熊本直樹・一井康二・加納誠二・中井真司: 2014年広島豪雨災害において土石流が発生した溪流の状況と被害に関する調査, 地盤工学ジャーナル, 11, 1, pp.33-52, 2016
- 牛山素行: 2019年台風19号による人的被害の特徴, 自然災害科学, Vol.40, No.1, pp.81-102, 2021
- 牛山素行・横幕早季: 2014年8月広島豪雨による犠牲者の特徴, 自然災害科学, Vol.34, 特別号, pp.47-59, 2015
- 山本晴彦・兼光直樹・古場杏奈・辻本ひかり・編居和哉・坂本京子・岩谷潔: 2021年7月の梅雨前線豪雨により静岡県熱海市で発生した土石流災害の被害調査, 自然災害科学, Vol.41, No.2, pp.121-144, 2022
- 山梨県砂防課: 足和田災害その後, 砂防学会誌, Vol.46, No.6, pp.40-45, 1994
- (投稿受理: 2023年1月4日  
訂正稿受理: 2023年8月31日)

## 要 旨

2021年7月3日に静岡県熱海市の逢初川で土石流が発生し, 死者・行方不明者27人の人的被害が生じた。この被害は, 1箇所が発生した土砂災害による犠牲者数としては1982年以降で最大となった。同程度の犠牲者が生じた5つの土砂災害事例と比較したところ, 逢初川の斜面勾配は他の事例と同程度で, 流出土砂量も他の事例に比べ特に多くはなかった。逢初川では, 他の事例に比べ急勾配が長く続いているところに家屋が密集していた。これが多くの人的被害を発生させた要因として考えられる。一方逢初川では, 倒壊した家屋数に対する犠牲者数は少なかった。この背景としては次のようなことが考えられる。1) 避難の呼びかけが始まっていたこと, 2) 昼間だったので人々が行動しやすかったこと, 3) 昼間だったので外出していた人もいたこと, 4) 人が住んでいない家屋が一定数あったこと。