

水工学シリーズ 22-A-8

洪水・土砂災害による人的被害と避難

静岡大学 教授

牛山 素行

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2022年9月

洪水・土砂災害による人的被害と避難

Human Damages and Evacuation due to Flood and Sediment Disasters

牛山素行

Motoyuki USHIYAMA

1. はじめに

本稿では、近年の日本における大雨に伴って生じる洪水・土砂災害による人的被害の特徴と、人的被害軽減策の1つである避難や、ハザードマップの意義と利用上の注意事項などについて、筆者の調査研究結果や、国のガイドラインなどを踏まえて論じたい。なお本稿の一部は筆者の既発表論文のデータや文章を利用している。該当箇所は都度注記する。

2. 用語の整理

まず本稿で用いる主な用語を簡単に整理しておきたい。

●Hazard, 外力, 災害

地震、津波、大雨といった激しい自然現象はそれ自体が災害ではなく、英語ではHazardと呼ばれる。Hazardに対応する一般的な日本語が定まっていないが、たとえば外力、現象、加害力などといった言葉が用いられている。本稿では主に「外力」の語を用いることとする。Hazardが人間の社会に作用して被害が生じると災害となる。たとえば災害対策基本法第二条では、「災害」とは「暴風、竜巻、豪雨、豪雪、洪水、崖崩れ、土石流、高潮、地震、津波、噴火、地滑りその他の異常な自然現象又は大規模な火事若しくは爆発その他その及ぼす被害の程度においてこれらに類する政令で定める原因により生ずる被害をいう」とされている。「暴風～異常な自然現象」が自然現象としてのHazardであり、後半の人的な要因と合わせて、これらの「原因により生ずる被害」が災害であることが明記されている。

●大雨, 洪水災害, 土砂災害, 風水害

「大雨」は日常的にも用いられる言葉だが、気象庁では「災害が発生するおそれのある雨」と定義している(気象庁, 2021)。大雨によっていわば二次的に生じる自然現象が洪水や土砂移動現象(崖崩れ・地すべり・土石流)であり、これらによって被害が生じると洪水災害、土砂災害となる。洪水災害、土砂災害などを総称する言葉として「風水害」という言葉も用いられる。気象庁の定義によれば「強風と大雨および高潮、波浪により起こる災害の総称」である(気象庁, 2021)。このような総称があることが示唆しているように、強風と大雨、そして海岸付近であれば高潮や波浪による災害というのは、それぞれ規模の大小はあるとしても、基本的には同時並行的に発生しうるものである。大雨による洪水災害や土砂災害についても同様で、洪水しか起こらない、土砂移動現象しか起こらないといったことはまず考えられない。これらの災害が同時に起こっても「複合災害」とは言えない。これらの現象は同時に発生するものと捉え、目配りをするのが重要だろう。

●死者・行方不明者, 直接死・関連死

本稿での「人的被害」とは、死者および行方不明者を指すものとする。以下では、死者・行方不明者を合わせて「犠牲者」と記述する場合がある。なお、本稿における筆者自身の集計における死者は基本的に直接死を対象としている。近年の自然災害では死者数に関連死(災害関連死者)が含まれることが多い。災害関連死者とは「災害による負傷の悪化、避難生活等における身体的負担による疾病による死者」とされている(復興

庁, 2012). 関連死を軽視しているのではなく, 一般的に関連死はHazardとの直接的な関連性が低いと考えられ, 対策のあり方も大きく異なることから, ここでは対象外としているものである. なお関連死という概念は1995年の阪神・淡路大震災以降に新たに生じたものである. それ以前の災害においても現代で言う災害関連死者は存在していたと考えられるが, 統計値としての死者数には含まれ得ないのであり, 現代の災害における死者数と単純に比較することには(現代の方が死者数が多くなりやすい可能性がある)注意が必要である.

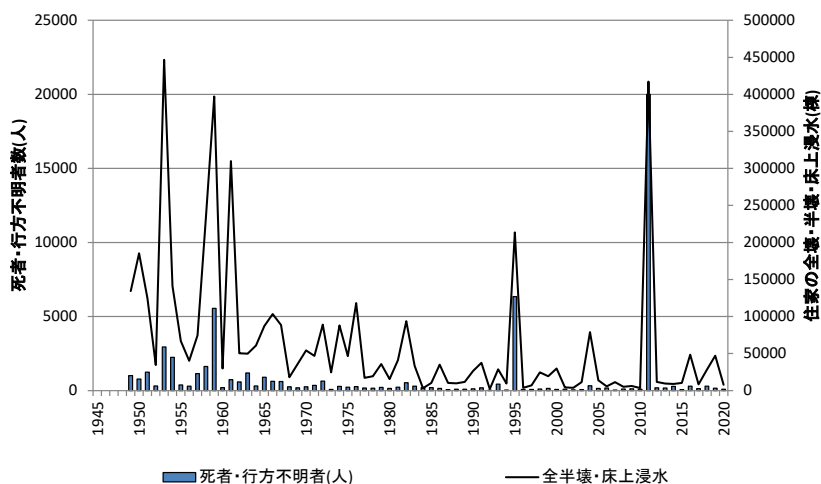


図-1 戦後の日本の自然災害による人的被害・家屋被害の経年変化. 総務省統計局「日本の長期統計系列」と総務省消防庁「消防白書」を元に筆者作図.

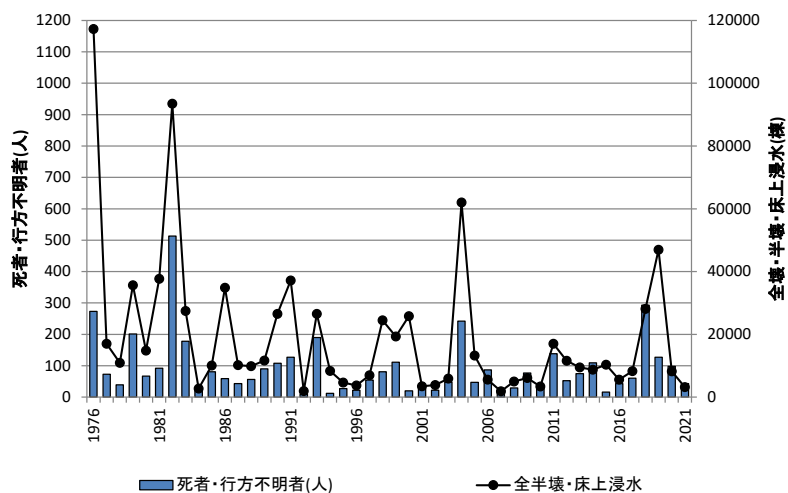


図-2 1970年代後半以降の日本の風水害による人的被害・家屋被害の経年変化. 総務省消防庁「地方防災行政の現況」「消防白書」を元に筆者作図.

3. 近年の日本における風水害による人的被害の概要

3.1 経年的な傾向

日本の自然災害による被害は, 1950年代頃には1年間に犠牲者が1000人以上, 住家の全壊・半壊・床上浸水家屋数(以下では「主な家屋被害」と略す)が10万棟を超えることも珍しくなかった(図-2). この頃には目立った地震災害が生じていないので, これら被害のほとんどは風水害によるものと考えてよい. 近年, 特に短時間に激しく降る雨の頻度が増加していることはよく指摘されている(気象庁, 2022). すなわち, 大雨によ

る災害に関わる外力は、特にその頻度において経年的に激しさを増している可能性がある。一方、風水害に伴う犠牲者数や主な家屋被害は、最近四十数年程度で見ても目立って増加しているわけではなく(図-2)、犠牲者数は近年では概ね100人前後、主な家屋被害は1万棟前後の年も多く、1950年代頃と比べれば桁違いに少ないように思われる。無論、今後更に気候が変化した場合のことはなんとも言えない。また、国土交通省の「水害統計」を見ると、浸水面積は経年的に大きく減少しているが、水害密度(宅地等の水害区域面積に対する一般資産被害額の比)には明瞭な増加傾向が見られる(図-3)。風水害に伴う量的な被害自体は単純に激増しているとは言えず、現代日本に暮らす我々は、1950年代頃の日本で暮らしていた人々に比べると、個人の実経験として人的被害や家屋被害を伴うような風水害は、むしろ身近なものでなくなっている可能性もある。その結果として、かつては持たれていた風水害に対する経験知のようなものが失われていることも考えられる。また水害密度に見るように、量的な被害が軽減されても、結果的に社会が受ける影響が軽減されているとは言いがたいという面もありそうである。当然、今後気候が大きく変動していくとすればその影響も軽視することはできない。気候変動→被害激増、のようにあまり単純化して捉えず、多角的な視点から考えていくことも重要ではなかろうか。

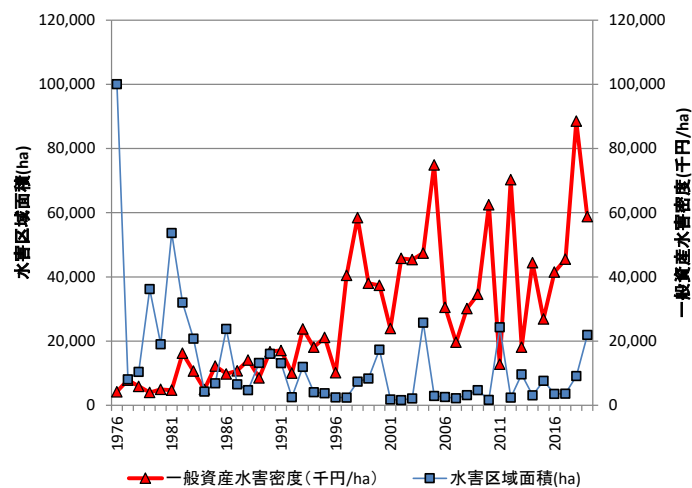


図-3 1970年代後半以降の日本の水害面積と水害密度の経年変化。国土交通省「水害統計」を元に筆者作図。被害額は2011年時点の価格に換算したもの。

3. 2 1999年以降の風水害犠牲者を対象とした調査

風水害犠牲者の人数などの基本的な情報は、総務省消防庁や各都道府県などにより逐次公表されている(必ずしも利用が容易な形態とはいえない面はあるが)。しかし、犠牲者の遭難状況や遭難場所などについては公的・系統的に整備・公表された情報が存在しない。そこで筆者は1999年以降の日本の風水害を対象とし、犠牲者の発生状況を継続的に調査してきた。対象とした風水害事例は、総務省消防庁ホームページ内の「災害情報」のページに示された事例のうち、筆者が風水害に該当すると判断した事例である。情報源としては新聞報道、テレビ等の映像、行政資料、空中写真、地理情報、ネット上に発信された情報などの公開情報を基本とし、主な災害事例については現地調査も重ねてきた。現地調査においては筆者や同行者による観察・計測や、公的機関や図書館等での資料収集を基本的な調査手法としている。以下で挙げる遭難状況は、あくまでもこれら様々な情報を元に総合的に推定した結果である。最近の公表文献としては、牛山(2020)、牛山ら(2021)、牛山(2022)などがある。以下では主に1999～2020年の22年間に生じた死者・行方不明者1465人を対象とした集計結果を示す。

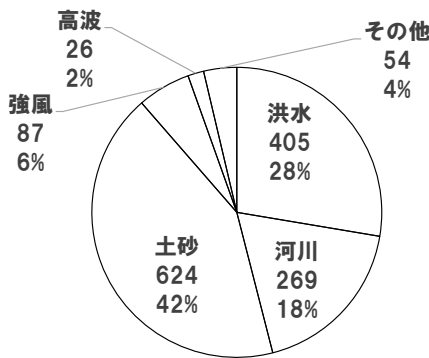
3. 3 原因外力別の傾向

まず、犠牲者の発生をもたらした原因外力別の集計結果を図-4に示す。また、筆者の調査における原因外力の定義を表-1に示す。特に「洪水」「河川」が筆者独自の概念であり、要約すると「洪水」は河川からの溢水などで流されたと見られるケース、「河川」は明確に溢水はしていないとみられる河川に何らかの理由で接近して転落するなどしたケースである。なお「その他」に関連死を挙げているが、これは直接死と関連死の判別が難しいケースなどが含まれるためである。

集計結果は期間によっても変動するが、図-4にみるようにおおむね「土砂」が4割強、「洪水」と「河川」という、言い換えると「水関連犠牲者」が4割強で、これらの合計でほぼ全体の9割を占め、他の原因外力が1割の構成比となっている。特に「河川」が少なくないことが注目される。水関連の遭難形態としては「洪水で流される」といった形が連想されやすいかもしれないが、そうしたケース（「洪水」）は図-4の集計期間では水関連犠牲者の6割程度にとどまり、大多数を占めるわけではないのである。集計期間によって「洪水」の比率は更に低い場合もある。なお「川に近づいて転落」と聞くと、「田んぼの様子を見に行き水路に転落した高齢者」といった遭難形態が連想されやすいかもしれない。確かにそうしたケースも見られるが「河川」の更に一部であり、全犠牲者の数%程度である。「河川」の多くは日常的な外出などで河川近くを通行中に遭難したものである。

表-1 原因外力の定義

分類名	定義
高波	沿岸部での犠牲者全般。高潮による浸水に伴うものは含まない。
強風	風による犠牲者全般。竜巻等も含む。
洪水	在宅中、又は移動や避難の目的で行動中に、河道外で、浸水、洪水流に巻き込まれ死亡した者。高潮による浸水も含む。
土砂	在宅中、又は移動や避難の目的で行動中に、土石流・崖崩れなど、あるいはそれらに破壊された構造物によって生き埋めとなり死亡した者。洪水との判別が困難な場合、被災場所付近の勾配3度以上の場合を土砂、3度未満の場合を洪水とする。
河川	在宅中、又は移動や避難の目的で行動中に、溢水していない河川や水路の河道内に転落して死亡した者。
その他	他の分類に含むことが困難な犠牲者。外力に起因しない犠牲者(いわゆる関連死)。



1999-2020(N=1465)

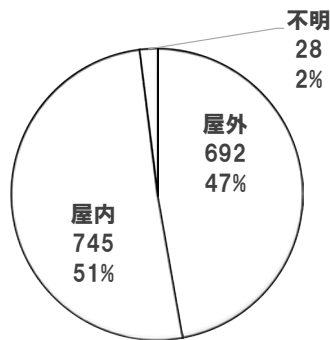
図-4 原因外力別犠牲者数

3. 4 犠牲者の遭難場所

犠牲者が遭難したと推定される地点を「屋内」「屋外」に大別すると図-5となり、「屋内」「屋外」の構成比はほぼ半々である。風水害犠牲者は「避難せず自宅にとどまり遭難した」というイメージが持たれやすいかもしれない。図-5からそうしたケースが5割程度と受け止めてしまうかもしれないが、5. 5で述べるように実際には「屋内」の遭難形態は様々であり、「避難せず自宅にとどまり遭難した」というケースは「屋内」の更に一部とみるべきである。「屋内」「屋外」の構成比は原因外力により大きく異なっている(図-4)。

「土砂」では屋内遭難者が8割に上るが、「洪水」「河川」では屋外遭難者が7割弱となる。ここで「その他」は「高波」「強風」「その他」の合計だが、これらについても屋外遭難者が8割と多数を占める。

風水害犠牲者の軽減策として「避難」、特に指定された避難場所への立退き避難がよく連想されるかもしれない。しかしこの結果からは、「土砂」犠牲者については自宅からの立退き避難が犠牲者軽減に有効かもしれないが、だからといって不用意に屋外で行動すると、水、風、波などの外力によって遭難する可能性が懸念される。例えば避難の目的だとしても、風雨が激しくなった状況下においては、屋外での行動は極力控え、移動する場合もその距離を最小限とするといったことに注意する必要があるのではなかろうか。



1999-2020(N=1465)

図-5 遭難場所別犠牲者数

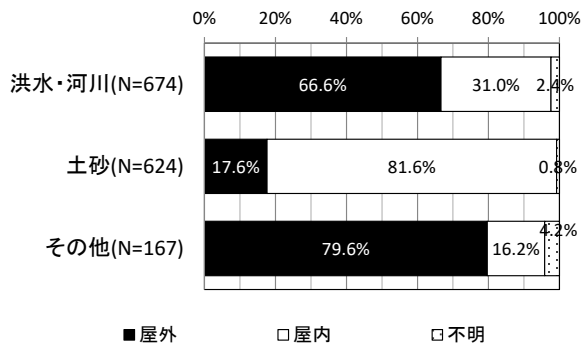


図-6 原因外力・遭難場所別犠牲者数

4. 風水害による人的被害の発生場所とハザードマップ情報

4. 1 誘因と素因

自然災害の構造についての説明として、主に日本の自然災害科学分野で伝統的に用いられてきた考え方に、「自然災害は、誘因が素因に作用することによって生ずる」(水谷, 2002)というものがある。誘因とは自然災害を引き起こす引き金となる自然の力のことであり、2. で述べたHazard・外力と同様な意味と考えられる。風水害についていえば、大雨、暴風などがまず挙げられる。素因としては、地形、地質など地表面の性質に関わる自然の素因と、人口や構造物など、人間社会に関わる社会的な素因が挙げられる。誘因はそれ自体が災害を引き起こすものもあれば、素因あるいは他の誘因との相互作用により新たな誘因を誘発する場合もある(今本, 2001)。大雨による災害は、誘因が新たな誘因を誘発して災害につながる典型的な形態といていい。大雨はそれ自体が直接何かを破壊するわけではない。大雨といういわば一次的な誘因が、地形などの素因に作用して洪水や土砂移動現象といういわば二次的な誘因を引き起こし、それらが建物や人に作用して災害(被害)が生じる。誘因となる現象が激しいだけでは災害にはならない。誘因が、素因の存在する場所に作用することで、災害が生じるといいだろう。

風水害を初めとする自然災害による被害軽減を考える上で、この「誘因と素因」という概念を理解しておくことは大変重要だと筆者は考えている。風水害による人的被害を確実に軽減するためには、被害をもたらす洪水や土砂移動現象が「いつ、どこで、どの程度の規模で発生するか」を事前に予告することが必要だろう。このなかで、「いつ」に関わる情報、すなわち洪水や土砂移動現象をもたらす程度の大雨という誘因が「いつ」生じるかを、個々の現場において現実的な対応行動がとれる程度の時間的余裕を持って早期・的確に予測することはかなり難しいと言わざるを得ないだろう。一方「いつ」を除いた情報、すなわち洪水や土砂移動現象が「どこで、どの程度の規模で発生する可能性があるか」、言い換えると「洪水や土砂移動現象といった誘因が作用することで災害が生じる危険性のある素因が存在する場所はどこか」という情報については、誘因それ自体の予測に比べればそれなりの精度で提示可能になっていると言えるのではなかろうか。そうした素因のある場所についての情報が示された情報源がハザードマップであろう。

4. 2 洪水・土砂災害ハザードマップの有効性についての議論

[※本節は牛山(2021)の一部を修正したものである]

洪水・土砂災害に関わるハザードマップの効果に関しては、1990年代末の片田敏孝らによる一連の研究がよく知られている。たとえばハザードマップを参照していた住民の方が、豪雨時の避難行動が積極的であったこと(片田研究室, 1999)、過去の水害経験は新たな水害時の行動を抑制する可能性があるがハザードマップの公表がこれを改善する可能性があること(及川・片田, 1999)、ハザードマップ配布の前後で住民の水害に対す

る考え方の変化は明瞭でなかったこと(片田ら, 1999)などが指摘されている。

また、ハザードマップが実際の災害を的確に予測したかという観点では、特に洪水の浸水範囲について、古くは1956年に作成されていた水害地形分類図が予測した洪水状況が、1959年の伊勢湾台風時に見られたことがよく知られている(大屋ら, 1998)。また直近では、平成30(2018)年7月豪雨時の岡山県倉敷市真備地区における大規模浸水の範囲が、浸水想定区域図と整合的であったことが注目された(内閣府, 2018)。

一方で、自然災害における最も深刻な被害ともいえる死者や行方不明者の発生位置と、ハザードマップが示す情報の関係については十分な知見が蓄積されているとは言えない。個々の事例についての断片的な知見としては、たとえば2011年台風12号や平成30年7月豪雨時の土砂災害犠牲者の多くが土砂災害危険箇所等で生じたこと(国土交通省, 2012; 内閣府, 2018)などが挙げられているが、洪水、土砂災害全般について長期的、広域的観点からの検討はなされていない。

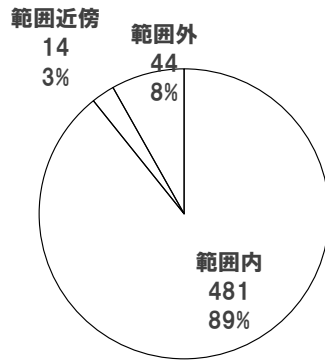
4. 3 洪水・土砂災害犠牲者発生位置とハザードマップ情報

筆者は一連の風水害犠牲者に関する調査研究の中で、洪水・土砂災害犠牲者の発生位置と土砂災害危険箇所・浸水想定区域等の関係について継続的に検討してきた。以下ではそのあらましを述べる。なお、集計期間が1999～2018年となるが、詳しい検討結果については牛山(2021)を参照いただきたい。

本節での集計対象は前節までと同様の1999～2020年までの風水害犠牲者のうち、原因外力が「土砂」「洪水」「河川」で、発生位置が概ね推定できた者である。人数については個々の図に示す。ハザードマップ情報としては国土交通省「重ねるハザードマップ」を参照した。「重ねるハザードマップ」は逐次更新されている。ここで用いた集計結果は、2018年以前の犠牲者については2019年3～4月にかけて「重ねるハザードマップ」を参照した結果に基づくものであり、2019年以降の犠牲者については、各災害発生から数ヶ月後の時点での参照結果による。「重ねるハザードマップ」に収録の浸水想定区域等は最新のものではないこともしばしばある。したがって、各犠牲者が発生した時点での浸水想定区域等ではないケースも少なくないことは留意いただきたい。

まず土砂災害について検討する。参照した情報は、土砂災害危険箇所(急傾斜地崩壊危険箇所、土石流危険渓流、地すべり危険箇所)と、土砂災害警戒区域(特別警戒区域を含む)である。推定された「土砂」犠牲者の発生位置の緯度経度情報を「重ねるハザードマップ」上に読み込み、土砂災害警戒区域等の情報との位置関係を目視で判読した。発生位置が土砂災害危険箇所または土砂災害警戒区域のいずれかの範囲に含まれる場合を「範囲内」、含まれない場合を「範囲外」、範囲から約30m以内だった場合を「範囲近傍」とした。「範囲近傍」という分類を設けたのは、発生位置が点の情報であるため、例えば家屋の一部が土砂災害警戒区域等となっているが、点の位置がたまたまそこからわずかにずれた位置にプロットされていたような場合に、現実の現象としては「範囲内」で遭難した可能性も低くないにもかかわらず「範囲外」と判定してしまうようなケースを防ぐためである。また、土砂災害警戒区域の地理情報としての空間的な誤差の範囲を考慮しているという意味もある。

集計結果が図-7である。「範囲内」と「範囲近傍」を合わせると9割以上を占め、「土砂」犠牲者の大多数は土砂災害警戒区域等の範囲内かそのすぐそばで遭難していることがわかる。若干の例外は生じるとはいえ、現在整備されている土砂災害ハザードマップの情報は、土砂災害により人的被害が生じるような場所をかなりの確に警告していると言ってよいのではなかろうか。少なくとも、「土砂災害の犠牲者は想定外の場所で多発している」ような状況とは思えない。まずは、既存の土砂災害ハザードマップの情報を更に活用していくことが重要ではなかろうか。

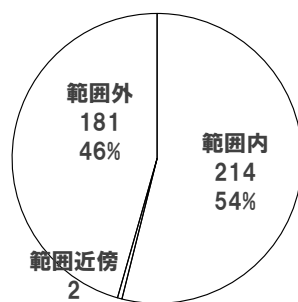


1999-2020(N=539)

図-7 「土砂」犠牲者発生位置と土砂災害警戒区域等

次に水関連犠牲者(「洪水」および「河川」)の発生位置について検討する。参照した情報は、洪水浸水想定区域(想定最大規模)と、洪水浸水想定区域(計画規模)である。判読方法は「土砂」犠牲者と同様で、発生位置が洪水浸水想定区域(想定最大規模)または洪水浸水想定区域(計画規模)のいずれかの範囲に含まれる場合を「範囲内」、含まれない場合を「範囲外」、範囲から約30m以内を「範囲近傍」とした。

集計結果を図-8に示す。こちらは「土砂」犠牲者とは異なり、「範囲内」及び「範囲近傍」を合わせても5割強にとどまる。もっとも、この背景は容易に推測できる。土砂災害警戒区域等は住家がある場所であれば地形的に土砂災害の可能性のある場所が概ね網羅的に指定されるのに対し、洪水浸水想定区域は主要な河川を対象として氾濫計算を行い区域指定をする作業が先行しており、中小河川についてはまだその作業が及んでいないことが考えられるからである。あくまでも一例だが、2016年台風10号により20人以上が死亡した岩手県岩泉町の小本川流域では、災害当時に洪水浸水想定区域は一切存在せず、「重ねるハザードマップ」にも表示は見られなかった。こうした背景から、水関連犠牲者における「範囲外」は、「洪水など起こるはずもない場所で発生した犠牲者」ではない可能性が考えられる。



1999-2020(N=397)

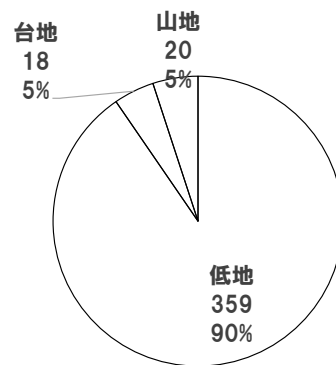
図-8 「洪水」「河川」犠牲者発生位置と洪水浸水想定区域

そこで視点を変え、水関連犠牲者と地形との関係を検討する。地形は大きく分類すると、山地、台地、低地の3種類に分類できる。このうち低地が基本的には洪水の影響を受けうる地形である。簡単な解説が国土地理院(2022)に示されているほか、水谷(2002)の中にも言及がある。個々の場所がどのような地形であるかを示した資料が地形分類図で、地理院地図や「重ねるハザードマップ」で参照でき、これらの凡例などにも地形と災害の関係についての簡単な説明がある。地理院地図等の地形分類図の分類の中では、扇状地、自然堤防、砂州・砂丘、氾濫平野、後背低地・湿地、旧河道などが低地に当たる。

ここでは、「重ねるハザードマップ」から参照できる「地形分類(自然地形)」と水関連犠牲者の発生位置を重ね合わせ、浸水想定区域等と同様に判読した。なお、「地形分類(自然地形)」の情報が整備されている地域は限定されており、未整備地域については「土地分類基本調査」という情報を参照した。こちらも「重ねるハザードマップ」から参照できる。「土地分類基本調査」も、北海道の多くの地域や本州山岳部の一部などでは未整備地域がある。こうした場所については、地理院地図をもとにして筆者自身の地理学的な知識に基づいて判読した。「地形分類(自然地形)」に示されている地形の種類を表-2に示すように山地、台地、低地の3種類の大分類に整理し、発生位置の地形を読み取った。「土地分類基本調査」の分類はこれとやや異なるが、大分類の定義については省略する(牛山, 2021には示してある)。なおここでは「範囲近傍」という概念は用いず、個々の発生位置についてもっとも適切と考えられる地形を判読した。集計結果を図-9に示す。低地で発生した犠牲者が9割となっており、水関連犠牲者についてもそのほとんどは地形的に洪水の可能性のある場所で発生していると言ってよさそうである。

表-2 地形の大分類の定義

地形分類(自然地形)の凡例	大分類
山地	山地
崖・段丘崖	
地すべり	
台地・段丘	台地
山麓堆積地形	低地
扇状地	
自然堤防	
天井川	
砂州・砂丘	
凹地・浅い谷	
氾濫平野	
後背低地・湿地	
旧河道	
落堀	
河川敷・浜	
水部	
旧水部	



1999-2020(N=397)

図-9 「洪水」「河川」犠牲者発生位置と地形

4. 4 地形分類図の重要性

本節で見たように、洪水・土砂災害犠牲者の発生位置は、そのほとんどが地形的に洪水・土砂災害の危険性がある場所であり、その意味でハザードマップ的な情報は、人的被害が生じるような危険性のある場所を把握する上で極めて有効性が高いと言ってよいだろう。洪水浸水想定区域については未整備の地域もあるという課題はある。ただし中小河川についても洪水浸水想定区域の指定作業はここ数年急速に進んでいる。たとえば先に挙げた岩手県岩泉町の小本川周辺も、2022年6月時点で「重ねるハザードマップ」を見ると、浸水想定区域が表示されている。

水関連犠牲者の発生位置と関連の深い地形分類の情報は、洪水浸水想定区域のように個々の河川について想定外力を決めて氾濫計算をするといった作業を経る必要が無く、対象地域について面的に洪水の可能性についての情報を示すものであり、大変有益な情報と言える。日本の低地は基本的に完新世以降に形成されたものであり、地形的な低地は、言うなれば最近数千年間のいずれかの時点で河川などが洪水を引き起こした場所であると言っても過言ではない。今後中小河川の浸水想定区域の指定作業が進むとしても、県管理にもならないような小さな河川までは浸水想定区域が示されない可能性もある。また、想定外力の設定次第で浸水の範囲が変わってしまうという課題もある。こうした洪水浸水想定区域の情報を補う情報として、地形分類の情報は今後も極めて重要なものだと筆者は考えている。

ただし、地形分類図はいくつかの作成方針があることや、人が判読するため判読者や判読時期によっても結果が異なることがあり、同じ場所や近接する場所でも、判読結果が異なるようなケースも少なくない。ま

た特に「土地分類基本調査」については縮尺5万分の1地形図を用いていることなどから空間的な精度が低いという課題もある。適切に読み取るためには一定の地理学的な知識が必要と思われ、活用していくためには様々な工夫が必要ではあろう。

5. 風水害における避難の難しさ

[※本章は牛山(2022)の一部を用い、加筆修正したものである]

5. 1 風水害時の避難

2021年5月に改定された内閣府「避難情報に関するガイドライン」(内閣府, 2021)では避難行動の目的として、「『避難行動』は、数分から数時間後に起こるかもしれない自然災害から『生命又は身体を保護するための行動』である」と定義している。同ガイドラインでは避難行動の具体的な形態について、災害リスクのある区域等を離れ安全な場所に移動することを「立退き避難」と定義し、これが避難行動の基本であるとしている。ただしこれに加え、上階への移動や高層階にとどまることで計画的に安全を確保することを「屋内安全確保」、立退き避難を安全にできない状況に至った場合に相対的に安全である場所へ直ちに移動等することを「緊急安全確保」と定義し、これらも重要な避難行動であることが明記されている。すなわち、よくイメージされる「避難所へ行く」は避難行動の手段の1つにすぎず、様々な手段で避難行動を行うことの重要性が示されている。

こうした多様な避難行動のあり方が強調されるようになった契機の一つは、2009年8月9日に兵庫県佐用町で発生した豪雨による災害と言ってよい(牛山, 2020)。同町で死者・行方不明者20人が生じ、特に幕山地区では徒歩で避難中の11人が洪水に流され9人が死亡し、他にも避難中の遭難例が見受けられた(牛山・片田, 2010)。

風水害時、特に浸水域を徒歩で移動することの危険性については古くから実験的な研究があった(須賀ら, 1994など)。また、京都大学防災研究所が浸水域における人や車の移動の危険性についていくつかの実験的な研究を行っている。それらをふまえた石垣・戸田(2012)の報告では、流れのある浸水域で安全な歩行が困難になる限界は、水深と流速の組み合わせにより変わり、年齢や性別によっても大きく異なることが示されている。たとえば、多くの人が安全に避難できる限界水深は流速1m/sでも0.3m程度、流速3m/sならば0.1m以下である。また、自動車(セダン型)の場合は車内への浸水状況にもよるが、流速1m/sでも水深0.5m程度で漂流し始めるといった結果が示されている(戸田ら, 2012)。すなわち、風水害時にごく一般的に生じうる程度の水位・流速条件下で、人や車は容易に流されてしまうことが示されている。

前述の佐用町幕山地区でも、人的被害が生じた地点では、遭難時刻前後に人が流されうる洪水流が生じていた可能性があったとの計算結果(戸田ら, 2016)が報告されている。また、3. 4で示したように風水害犠牲者の約半数は屋外で遭難している。例え目的が「避難」であっても、風水害時の屋外行動には高い危険性が伴っている。

5. 2 風水害時の避難に伴う犠牲者

筆者の一連の風水害犠牲者発生状況についての調査研究では、犠牲者の避難行動についても調査・集計している。筆者の調査で取り扱う「避難」は、内閣府ガイドラインで言うところの「立退き避難」のみを対象としている。これは、「立退き避難」以外の「屋内安全確保」や「緊急安全確保」といった行動は主に家庭内などで完結していると考えられ、報道などから客観的な情報を得ることがほとんど期待できないためである。筆者の調査では、次のいずれかの行動形態があったと推定される犠牲者を「避難行動あり」と分類している。

- ①避難中：避難の目的で移動中に土石流・洪水などに見舞われた。
- ②避難先被災：避難先へ移動したが、避難先が土石流・洪水などに見舞われた。
- ③避難後移動：避難先へ移動したが、その後避難先を離れて遭難した。

1999～2020年の風水害犠牲者中で、「避難行動あり」と分類されたのは全犠牲者の9%(132人)だった。「避難行動あり」犠牲者の、上記3種の行動形態について集計すると図-10となる。「避難中」が7割近くを占め、「避難後移動」のうち10人も屋外移動中で、やはり風雨が激しい中での移動の危険性が示唆される。「避難先被災」は、全員が各自で判断した避難先(知人宅や非住家など)での遭難であり、行政機関が指定した指定緊急避難場所等での犠牲者は存在しない。唯一これに近いケースとしては、平成26(2014)年8月豪雨時の広島市安佐北区での1人が挙げられる。自宅近くの集会所に避難し、その外階段付近にいたところ、土石流に巻き込まれたものである。この集会所は当時広島市により「避難場所候補施設」とされていたが、洪水時には利用できるが、土砂災害時には利用できない場所とされていた。

「避難先被災」犠牲者はすべて「土砂」によるもので、うち遭難場所を推定できたのは20人だった。これらの場所について4.3と同様な方法で判読したところ、土砂災害警戒区域または土砂災害危険箇所の範囲内または範囲近傍が18人、範囲外が2人だった。すなわち「避難先被災」犠牲者のほとんどは、土砂災害の危険性がある場所を避難先として判断していたことになる。避難先を各自で選定すること自体は適切な対応だが、その場所の災害危険性を理解しておくことも重要と言えよう。

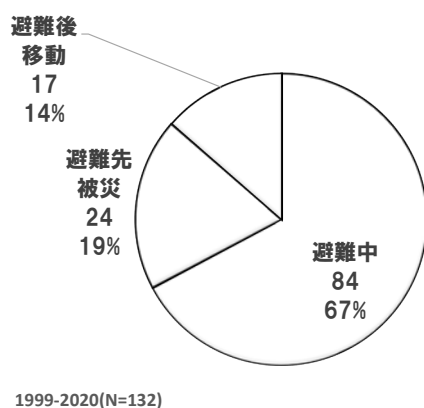


図-10 「避難行動あり」犠牲者の行動形態

5.3 「避難行動あり」犠牲者の避難元被害状況

さらに、「避難行動あり」犠牲者が立退き避難した際の避難元(出発地点)となった自宅等の位置を推定し、被害状況を現地調査や空中写真によって確認した。また、それぞれの避難元の災害危険性を4.3と同様な方法で検討した(図-11)。「避難行動あり」犠牲者132人のうち、避難元となった自宅等が流失・倒壊していたのは30人だった。なおここで流失・倒壊とは、建物が原形をとどめず流失または外観上明らかに変形・倒壊している被害状況を指し、災害の統計値としての「全壊」ではない。このうち12人は自宅を出た直後の被災であり、他もほとんどが自宅近くでの被災だった。

避難元が流失・倒壊していなかったケースは69人だった。なお避難元の位置は推定が困難なケースもよくあり、大まかな地区を推定し、その地区内に流失・倒壊の被害が認められなければ「被害無し」と分類している。33人は避難元の位置や被害状況がまったく推定できなかったケースである。あくまでも結果論ではあるが、「避難行動あり」犠牲者のうち避難元「被害無し」の69人(52%)は、避難元から立退き避難していなければ、遭難には至らなかった可能性があるとも言えそうである。自宅の被害状況が推定できなかった33人の中にも「被害無し」の犠牲者が存在する可能性が高く、こうした犠牲者は更に多かったと考えられる。

なお、図-11に示したように、「被害無し」の避難元の災害危険性をみると、土砂災害警戒区域や浸水想定区域の範囲内または範囲近傍が多く、これらの区域に指定されていなかった場所もすべて地形的には洪水の

可能性がある「低地」だった。犠牲者が発生した際の災害事例では「被害無し」だったが、いずれも洪水又は土砂災害の可能性がある場所に立地していたことになる。したがって、これらの犠牲者も「立退き避難せず自宅にとどまることが確実に安全な判断であった」とまでは言えない。

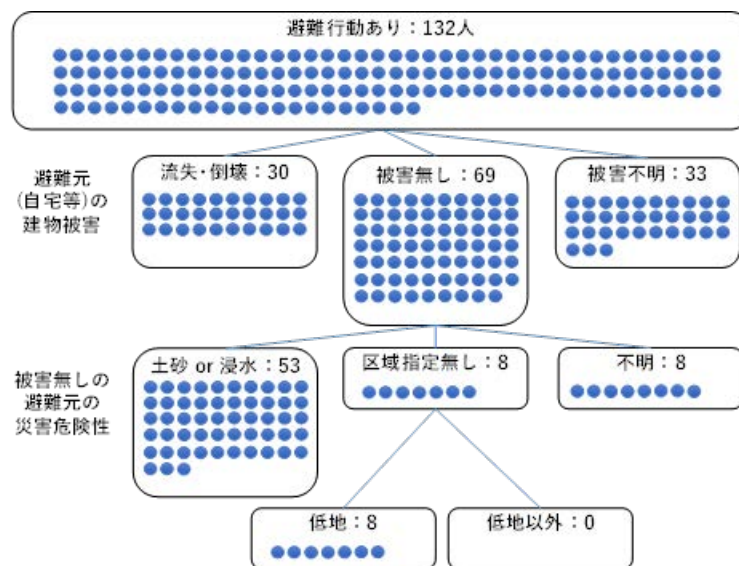


図-11 「避難行動あり」犠牲者の避難元被害状況

5. 4 「避難行動を行っていたとは推定できない犠牲者」の分類

「避難行動あり」と分類されなかった犠牲者の遭難状況は様々であり、あくまでも「避難行動を行っていたとは推定できない犠牲者」にすぎない。「避難行動あり」犠牲者が約1割であることから、「犠牲者の9割は避難しようとしていなかった」のように読み取るのは不適切である。この結果から明確に読み取れることは「避難行動をとったにもかかわらず死亡・行方不明となったケースが少なくとも全体の1割程度存在する」ということのみである。

「避難」に関連して、「多くの人が自宅から避難しようとしていなかったので、危機意識を高めて自宅から避難させる」といった対策が考えられるかもしれない。しかし話はそう単純なものではないと筆者は考えている。

「避難行動を行っていたとは推定できない犠牲者」を更に分類すると、まず「能動的犠牲者」が挙げられる。これは筆者独自の概念で(牛山・高柳, 2010), 移動や避難の目的ではなく、自らの意志で危険な場所に接近したことにより遭難した犠牲者を指す。より具体的には下記のような行動が該当する。

- ①防災行動：業務又は個人的に何らかの防災対応行動を取っていた。
- ②様子を見に：川の様子を見に、裏の崖を見になど、防災行動ではないが様子を見に行った。
- ③水田・水路見回り：水田、畑、用水路の見回り、水路付近のゴミの除去作業をしていた。
- ④その他の能動的犠牲者：屋外レジャー、業務での建設作業中の遭難など。

筆者が能動的犠牲者という概念を構築したのは、調査を進める中で「避難行動を行っていたとは推定できない犠牲者」であっても、単純に「危機意識が低く自宅にとどまった」といった状況ではないと思われるケースが少なからず存在すると感じたためである。たとえば上記の①, ②, ③は、むしろ身の回りで風水害が起こるかもしれないという危機意識があったからこそ何らかの行動をとっているわけである。こうした犠牲者を「危機意識を高めて自宅から避難させる」ことで軽減することは期待できないと思われる。むしろこれまでたびたび述べたように、風雨が激しい中での屋外行動を避けることを呼びかけることの方が効果的で

はなかるうか。

「避難行動を行っていたとは推定できない犠牲者」としては「屋外遭難」という形態も分類できる。避難行動をとっていたとは推定されないが、避難の目的ではなく、屋外で行動(車等での移動や屋外での作業など)していた犠牲者である。この形態の犠牲者は、既に自宅からは離れており「自宅から避難しようとしていなかった」訳ではないので、「危機意識を高めて」は有効かもしれないが、「自宅から避難させる」という手法では軽減できないだろう。ここでも風雨が激しい中での屋外行動の抑制が有効のように思われる。

避難行動をとっていたとは推定できず、何らかの形で屋内で遭難したと推定される犠牲者は、「屋内遭難」と分類できる。これまでの調査事例からは、この形態の犠牲者としてはさらに次のような小分類が考えられる。

- ①実際には何らかの避難行動はとっていた。
 - ・「垂直避難」「屋内安全確保」に該当する行動はとっていたが、外力が更に激しかった。
 - ・避難の意思はありその準備をするなど、避難しようとしていたが、事態の進展が早かった。
- ②避難行動をとる意思はあった。
 - ・避難の意思はあったが、自身や家族の健康状態など何らかの阻害要因があった。
 - ・避難の意思はあったが、突発的・急激に発生した事象で対応が不可能だった。
- ③避難行動をとる必要性を認識していなかった。
 - ・その場所が危険な場所だと知らなかった。
- ④避難行動をとる意思がなかった。
 - ・避難を呼びかけられたが断った。
 - ・自分は大丈夫だろうと思っていた。

報道などから伺える断片的なエピソードとしては上記のような小分類を例示することはできるが、多くの場合は事実関係の客観的情報を得ることが困難である。このためこれらの形態については一括して「屋内遭難」と見なさざるを得ない。これらのうち「危機意識を高めて自宅から避難させる」が軽減策として有効なのは④に限定されるのではなからうか。①や②の軽減には防災気象情報の精度向上などが、③の軽減にはハザードマップ的な情報の普及などがまずは考えられる。また、いずれの場合においても堤防等のハード整備や、危険箇所からの居住地の移動などは効果的だろう。

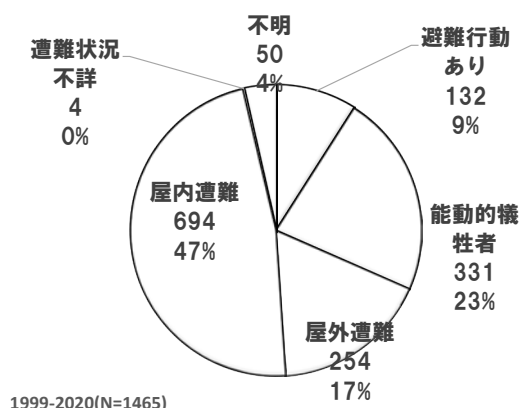


図-12 犠牲者の遭難形態

以上のように定義した避難行動に関連する犠牲者の遭難形態を集計すると図-12となる。「避難行動あり」「能動的犠牲者」「屋外遭難」を合わせると約5割、「屋内遭難」も約5割である。すなわち「避難行動を行っていたとは推定できない犠牲者」としてみれば9割近いものの、「危機意識を高めて自宅から避難させる」

ことで軽減が期待できる犠牲者は最大でも5割程度で、「屋内遭難」にも様々なタイプがある事を考えると、実際には更に限定的だと推定される。「危機意識を高めて自宅から避難させる」という対策が無意味だとは思わないが、それによって大多数の犠牲者を軽減できることは期待できないのではなかろうか。

6. 洪水・土砂災害ハザードマップを読む上での注意点

これまでに述べたように、洪水・土砂災害犠牲者はその多くがいわゆる「ハザードマップで色が塗られている場所」で発生している事が明らかとなっている。また、自発的な判断で避難した先が土砂災害警戒区域等であり、そこで遭難したケースが存在することも確認された。こうしたことから、洪水・土砂災害ハザードマップという情報は極めて有効な情報であり、その周知・活用を図っていくことが大変重要であると言ってよいだろう。

一方、当然のことだがハザードマップは完璧に危険を予告するものではない。既に述べたように、洪水・土砂災害犠牲者で、土砂災害警戒区域や洪水浸水想定区域等の「範囲外」で遭難したケースも、限定的とは言え存在している。ただしこれは、「どこでなにが起こるか分からない」といった話ではない。「範囲外」となりやすい場所、いわば注意すべきポイントはいくつか挙げることができると思われる。以下ではそうしたポイントについて触れてみたい。

6. 1 洪水災害の場合

洪水災害のハザードマップでもっとも注意すべきポイントとしては、4. 3で述べたように、中小河川などにおいて、地形的に洪水の可能性があっても洪水浸水想定区域に指定されない場合があるということだろう。この課題への対応策としては、4. 3でも述べたように地形分類図の活用がまず考えられる。

本稿でこれまでに示した集計期間と若干異なるが、本節では牛山(2020)における1999～2018年の風水害犠牲者についての検討結果の一部を挙げる。この間の「洪水」「河川」犠牲者(水関連犠牲者)で発生位置がおおむね推定できた270人のなかでは、洪水浸水想定区域の「範囲外」で、かつ「低地」ではない場所で遭難したと推定されるケースは15人(6%)だった。それぞれの場所の特性を分類すると下記のようになった。

- ①台地と低地の境界部付近(3人)
- ②道に沿った側溝や用水路に転落(4人)
- ③地下室(1人)
- ④山間部の河川近くの道路(3人)
- ⑤ごく狭い谷底付近の家屋(2人)
- ⑥人工的に構築された河道内の家屋(1人)
- ⑦冠水した道路(1人)

①のような被害の軽減には、ハザードマップでも同様だが「色が塗られているところ」をあまり厳格に捉えてはならない、という、地理的な情報を見る際の一般的な注意事項の周知が重要だろう。②、③、④、⑤、⑥、⑦のような被害の軽減には、大雨の際に河川や低い土地、浸水した場所などには近づかない、という水害に対する一般的な注意事項の周知が重要と思われる。このように考えると、これらのいずれもが、被災に至った要因として、なんらかの自然・社会条件を挙げる事が可能なケースと考えられ、地形的にも社会的な面から見ても、全く予想もつかないような場所で遭難しているケースは確認できないことも注目される。水関連犠牲者の発生場所に関しては「どこでなにが起こるか分からない」といった状況は、ほぼみられないと言ってよいのではなかろうか。ハザードマップと地形分類図を組み合わせ、水害に対する危険性がある場所についての理解を進めることの重要性が改めて示唆される。

しかし、4. 4で述べたように、地形分類図は必ずしも広く利用を勧められる情報とは言えない面がある。防災上の最低限の知識として、地形分類図を用いずに「低地」という概念を簡単に説明する際、筆者は図-13

のような資料を用い「川と同じくらいの高さの場所は洪水の可能性はある」と述べている。「川と同じくらいの高さ」という言葉に対しては、平水時の水面の高さを連想されることをよく経験するので、「普段の水面」のことではなく、「川の両側で川がくぼみはじめる箇所、川のふち、と同じくらいの高さ」などという言葉も用いている。図中に堤防を描くことで更に誤解を招いた経験もあり、堤防はあえて描かず、橋を記入し「このような橋の道路面の高さ」といった説明をする場合もある。筆者は拙い説明しかできないので、このあたりはそれぞれで工夫されるのがよいのではなかろうか。

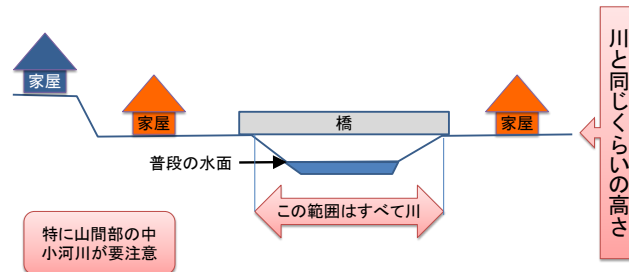


図-13 洪水の可能性のある「低地」を説明する図

6. 2 土砂災害の場合

土砂災害の場合は、一般的なハザードマップにも示されている土砂災害警戒区域及び土砂災害危険箇所の情報だけでも、人的被害が生じる可能性がある場所を広くカバーできると言ってよい。ただし、土砂災害についても若干の注意すべきポイントがある。6. 1と同様に牛山(2020)での検討結果を挙げるが、1999～2018年の「土砂」犠牲者で発生位置が概ね推定できた497人のなかでは、土砂災害警戒区域又は土砂災害危険箇所のいずれについても「範囲外」の場所で遭難したと推定されるケースは32人(6%)だった。比率としては、水関連犠牲者と同程度が既存のハザードマップの範囲外で発生したことになる。それぞれの場所の特性を分類すると下記のようになった。

- ①緩斜面・低い斜面(16人)
- ②高速道路の法面(7人)
- ③人家のない道路付近(6人)
- ④分類困難(3人)

約半数が①だが、こうした場所の危険性を認識することはなかなか難しいかもしれない。ただし①の中には、急傾斜地についての土砂災害警戒区域等の基本的な基準である、傾斜30度以上で高さ5m以上という規模に近いと思われる、いわばボーダーライン的な箇所も散見される。斜面近くの家屋では、土砂災害警戒区域等になっていなかったとしても大雨の際には注意をする、といった呼びかけも重要かもしれない。

②や③は、制度的に土砂災害警戒区域等に指定されない場所である。こうした場所については、たとえば広島県(2015)をみると「高速道路の法面等の公共施設でその管理者が明らかに管理しているような斜面」や「人家等が全くない山岳地帯や無人島など人家の立地する可能性がない区域」などが挙げられている。これは砂防行政に関わる人にとっては常識的な知識と思われるが、社会に広く周知されているようには思えない。③のような場所は山間部の道路沿いには無数に存在していると言ってよい。「この道は山道だがハザードマップで色が塗られていないから安全が保証された道だ。ここを避難路として使おう」などといった極めて危険な誤解を誘発することも懸念される。③の犠牲者はこれまでの実例としては必ずしも多いわけではないが、今後、積極的な避難行動が行われるようになるなどした場合、避難したが故にこうした場所で犠牲となるようなケースを増やすことにもつながりかねない。まずはこうした場所があることをもっと周知することが重要だろう。

もっとも、仮に人家の有無にかかわらず土砂災害の危険性がある場所はすべて土砂災害警戒区域にする、

といった施策をとった場合、対象箇所数はおそらく現在の指定箇所とは桁違いに多くの場所になると予想される。膨大な作業が必要となると思われるが、そのためのコストが、効果に見合うものになるのか、なんとも言えないのではなからうか。また、山間部ではほぼ全域が警戒区域となることも予想され、住家付近など重点的に注意を向けるべき場所がぼやけてしまうことも懸念される。基本に立ち返り、風雨が激しい際には屋外での行動をなるべく控えることを徹底することが、実効性のある対策となるのではなからうか。

7. おわりに

これまでの筆者自身の調査結果や、様々な災害事例に関する情報から、洪水・土砂災害は、基本的には「起こりうるものが、起こりうる場所で」発生していると言ってよいと筆者は考えている。自然、社会、それぞれの要因の組み合わせから例外的なことは当然起こりうるが、その規模は限定的と言ってもよいのではなからうか。洪水・土砂災害が「いつ」起こるかの予測は難しいが、「どこで起こりうるか」について、ハザードマップに代表される情報源が充実してきているのは、現代の優位な点だろう。様々な災害情報は、整備しただけで機能を発揮するものではなく、我々人間が活用することで効果につながる。その意味では、我々にはまだできることが多くあるだろうと筆者は考えている。

引用文献

- 気象庁：気象庁が天気予報等で用いる予報用語(2021年6月現在), https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/mokuji.html, 2021
- 復興庁：東日本大震災における震災関連死に関する報告, http://www.reconstruction.go.jp/topics/post_13.html, 2012
- 気象庁：大雨や猛暑日など（極端現象）のこれまでの変化, https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html, (2022年6月29日参照)
- 牛山素行：豪雨による人的被害発生場所と災害リスク情報の関係について, 自然災害科学, Vol.38, No.4, p.p.487-502, 2020
- 牛山素行・本間基寛・横幕早季・杉村晃一：2019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：風水害時の避難に伴う犠牲者について, 自然災害科学, Vol.41, No.3, (印刷中), 2022
- 水谷武司：自然災害と防災の科学, 東京大学出版会, 2002
- 今本博健：災害と防災(防災学ハンドブック・京都大学防災研究所編), 朝倉書店, 2001
- 片田研究室：平成10年8月末集中豪雨災害における郡山市民の対応行動に関する調査報告書, <http://dsel.ce.gu-nma-u.ac.jp/modules/newdb1/detail.php?id=1>, 1999
- 及川康・片田敏孝：河川洪水時の避難行動における洪水経験の影響構造に関する研究, 自然災害科学, Vol.18, No.1, pp.103-116, 1999
- 片田敏孝・及川康・杉山宗意：パネル調査による洪水ハザードマップの公表効果の計測, 河川技術論文集, No.5, pp.225-230, 1999
- 大屋雅彦・丸山裕一・梅津正倫・春山成子・熊木洋太・長澤良太・杉浦正美・久保純子・岩橋純子：地形分類図の読み方・作り方, 古今書院, 1998
- 国土交通省：土砂災害防止法に基づく施策の主な取り組み状況, 土砂災害防止法に関する政策レビュー委員会 第3回 資料1, http://www.mlit.go.jp/river/sabo/dosyahou_review/03/120130_shiry01.pdf, 2012
- 内閣府：平成30年7月豪雨における課題・実態, 平成30年7月豪雨による水害・土砂災害からの避難に関するワーキンググループ 第2回 参考資料3, http://www.bousai.go.jp/fusuigai/suigai_dosyaworking/pdf/dai2kai/sankosiry03.pdf, 2018

- 国土地理院：ベクトルタイル「地形分類」 ―身の回りの土地の成り立ちと自然災害リスクがワンクリックで分かります―, https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/lfc_index.html, 2022(2022年3月28日最終更新, 2022年6月29日参照)
- 内閣府：避難情報に関するガイドライン, http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinanjouhou/r3_hinanjouhou_guideline/pdf/hinan_guideline.pdf, 2021
- 牛山素行：特集 災害時の「避難」を考える ―プロローグ 避難勧告等ガイドラインの変遷―, 災害情報, No.18, pp.115-130, 2020
- 牛山素行・片田敏孝：2009年8月佐用豪雨災害の教訓と課題, 自然災害科学, Vol.29, No.2, pp.205-218, 2010
- 須賀暁三・上阪恒雄・白井勝二・高木茂知・浜口憲一郎・陣志軒：避難時の水中歩行に関する実験, 水工学論文集, 38, pp.829-832, 1994
- 戸田圭一・石垣泰輔・尾崎平・高垣裕彦・西田知洋：氾濫時の車の漂流に関する模型実験, 京都大学防災研究所年報, 55, B, pp.493-499, 2012
- 戸田淳治・田中賢治・浜口俊雄・田中茂信：佐用川流域で発生した洪水災害及び土砂災害の検証と避難意思決定支援の在り方, 水文・水資源学会誌, 29, 6, pp.345-361, 2016
- 牛山素行・高柳夕芳：2004～2009年の豪雨災害による死者・行方不明者の特徴, 自然災害科学, Vol.29, No.3, pp.355-364, 2010
- 広島県：広島県 基礎調査マニュアル（案）（急傾斜地編・システム利用）, https://chotatsu.pref.hiroshima.lg.jp/standard/file/sd_kisotyousa_k-s.pdf, 2015