

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

牛山 素行¹

Relationship between hazard risk information and location of victim caused by heavy rainfall disaster.

Motoyuki USHIYAMA¹

Abstract

The purpose of this study is to analyze the relationship between hazard risk information and location of victim caused by heavy rainfall disaster in Japan. I have constructed database of victims (1259 persons) by heavy rainfall disaster from 1999 to 2018. In this study, 767 victims of flood and sediment disaster recorded in the database were analyzed. Eighty-seven percent of the victims of sediment disaster have died near the sediment disaster dangerous sites. On the other hand, 42% of flood disaster victims died near the inundation hazardous areas. As a result of analyzing the relationship between the flood disaster victims and the topography, 85% of the victims died in lowlands where there is a possibility of flooding. Most of the victims of flood disaster and sediment disaster occur geographically where disasters can occur. However, the current hazard map alone is not enough to understand the risk of flood disaster in the residence. It is important to construct easy-to-understand landform classification map information.

キーワード：土砂災害，洪水災害，犠牲者，ハザードマップ，地形分類図

Key words: sediment disaster, flood disaster, victim, hazard map, landform classification map

1. はじめに

土砂災害に関するハザードマップは2001年の土砂災害防止法で，洪水災害に関するハザードマップは2005年の水防法改正によりそれぞれ作成が実質的に義務づけられたと言ってよい。いずれのハ

ザードマップも整備が進み，2017年3月現在で，作成対象市町村数に対するハザードマップの公表率は，洪水ハザードマップが98%，土砂災害ハザードマップが83%となっている（内閣府，2018a）。ハザードマップは，その整備を進める段階から，

¹ 静岡大学防災総合センター
Center for Integrated Research and Education of Natural hazards, Shizuoka University

本報告に対する討議は2020年8月末日まで受け付ける。

より有効な活用を図る段階に達していると言ってよい。

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、2018b）。

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（以下では基本的に「犠牲者」と略記する）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、2018b）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。

そもそも、自然災害による犠牲者に関しては、警察・消防機関により調査、集計がなされる交通事故や火災などと異なり、公的機関による系統的な資料が存在しない。水害による物的、経済的被害に関しては国土交通省による水害統計が詳しいが、同資料においては犠牲者の記述が十分でないという課題が指摘されている（梶原、2017）。こうした背景から、筆者は近年の風水害による犠牲

者について「高精度位置情報付き風水害人的被害データベース」を構築・解析しつつある（牛山、2015など）。

本研究では、このデータベースを用い、洪水・土砂災害による犠牲者が発生した位置と、①一般的によく利用されている洪水・土砂災害に関するハザードマップ、②やや専門的な情報である地形分類図で示されたハザードに関する情報（以下では①と②の総称として「災害リスク情報」と略記する）との関係について検討する。この検討を通じ、洪水・土砂災害に関する災害リスク情報が、犠牲者の発生する危険性がある場所を予測する資料として有効であることを、具体的に示すことを目的とする。

筆者は既に類似の観点から予察的な検討を行っており（牛山、2016）、土砂災害犠牲者は約9割が土砂災害危険箇所付近で生じているが、洪水災害については浸水想定区域付近での犠牲者が5割以下であることなどを指摘している。本研究ではこの既報で不十分だった点の改善を中心に、以下の観点から検討する。

- ①既報の調査対象期間2004～2014年の11年間を、1999～2018年の20年間に拡大する。
- ②既報では災害リスク情報としては土砂災害危険箇所と浸水想定区域のみだったが、土砂災害警戒区域と地形分類図の情報を追加する。
- ③既報の調査対象期間中の犠牲者についても、さらに情報収集を進め調査対象者数を増加させる（303人→349人）。

なお本稿の一部は、牛山（2018）において口頭発表した結果を抜本的に再集計したものである。

2. 調査手法

2.1 犠牲者の情報

犠牲者に関する基礎資料としては、筆者が構築している「高精度位置情報付き風水害人的被害データベース」を用いた。このデータベースは、消防庁が主要災害発生の都度公表している「災害情報」で計上された死者および行方不明者を対象とし、行政資料、報道記事、筆者による現地調査、各種地理情報等を元に、犠牲者の発生日時、位置、

原因外力、遭難状況などをとりまとめたものである。消防庁資料の収録情報は年代により粗密があるが、おおむね犠牲者の発生日、発生市町村名、年代、性別程度であり、筆者が構築しているデータベースの内容のほとんどは、筆者が各種資料と現地調査等を元に独自に構築したものである。本研究の解析では、2019年5月時点でのデータベースを利用した。収録されているのは、1999～2018年の1259人であり、ここから次のように、集計対象者を抽出した。

本データベースにおいて、犠牲者発生の原因外力は「高波」、「強風」、「洪水」、「土砂」、「河川」、「その他」の6種に分類してある。なお、「洪水」は河道外に溢れた水に起因する犠牲者で、「河川」は河道内の水に起因する犠牲者である。本研究ではこのうち、「洪水」、「河川」、「土砂」の犠牲者を対象とした。

犠牲者の位置情報は報道等から得られた住所情報、住宅地図、現地踏査などをもとに緯度経度を付与している。位置情報の精度については、①世帯単位程度まで特定、②丁目名を特定、③市町村名のみ特定、の3ランクに分類してある。災害リスク情報と犠牲者発生位置の関係を検討するためには「世帯単位」の精度であることが望ましい。

原因外力が「洪水」、「河川」、「土砂」のいずれかで、位置情報精度が「世帯単位」の犠牲者は、「洪水」199人、「河川」71人、「土砂」497人の計767人となり、これらを本研究の集計対象とした。

2.2 災害リスク情報

災害リスク情報としては、国土交通省が整備している「重ねるハザードマップ」に収録されている、次の情報を用いた。

- ①土砂災害危険箇所
- ②土砂災害警戒区域等
- ③洪水浸水想定区域（想定最大規模）
- ④洪水浸水想定区域（計画規模）
- ⑤地形分類（自然地形）
- ⑥土地分類基本調査（地形分類図）

重ねるハザードマップの参照は、2019年3～4月にかけて実施した。収録されている情報の整備

時期は情報、地域によっても異なる（国土交通省、2019）。①の出典はほとんどが国土数値情報（青森県、広島県は都道府県データも含まれる）によるもので、整備時期は2010年度である。なお、①～④の整備地域はいずれも全国だが、公表されているすべての情報が国土数値情報にも収録されているとは限らず、市町村が発行しているハザードマップとは異なる内容となっている場合もありうる。②の出典もほとんどが国土数値情報（埼玉県は都道府県データのみ）によるもので、整備時期は2017年度（都道府県データの整備時期は不明）である。③の出典は「各地方整備局等データ」「都道府県データ」とあり、整備時期は「重ねるハザードマップ」の凡例からは不明である。④はほとんどが国土数値情報（北上川水系・夏川、同・猿ヶ石川、同・早瀬川、天白川水系・扇川、宮川水系・宮川、千代川水系・大路川、太田川水系・太田川、阿武川水系・生雲川については都道府県データ）によるもので、整備時期は2012年度（都道府県データの整備時期は不明）である。⑤は国土地理院などが整備した数値地図25000（土地条件）、治水地形分類図（更新版）、脆弱地形調査、沿岸海域土地条件図を合成したもので、整備時期は図の種類や地域によって異なり、数値地図25000（土地条件）は1963～2013年のいずれか、治水地形分類図（更新版）は2007～2018年のいずれか、脆弱地形調査は2004年以降のいずれか、沿岸海域土地条件図は1973～1997年のいずれかである。⑥は国土庁、国土交通省によって行われてきた国土調査の成果のうち、5万分の1都道府県土地分類基本調査によるものである。整備時期は地域によって大きく異なり、1950年代以降のいずれかであり、基本的に一度整備されたら更新されることはない。

なお、「重ねるハザードマップ」で表示される情報は随時追加、修正が行われているようであり、本研究での参照期間中あるいはその後にも表示内容が変化している可能性がある。すなわち、これらの災害リスク情報は、それぞれの犠牲者が発生した時点で整備、公表されていたものとは限らず、これらの資料整備後に情報が拡充、改定されている場合もありうる。また、地形分類について

は、最新の知見を踏まえると整備資料とは異なる分類になる可能性もある。

こうした課題はあるが、本研究では、全国の犠牲者について、一様な資料、一様な手法でマクロに検討する観点から、参照時点の「重ねるハザードマップ」をもとに検討を進めることとした。なお、それぞれの災害リスク情報の具体的な判読方法については、次章の各節で述べる。

3. 調査結果

3.1 土砂災害リスク情報と犠牲者発生位置

(1) 判読方法

本節では原因外力「土砂」の犠牲者発生位置と土砂災害に関わる災害リスク情報の関係について検討する。災害リスク情報として用いるのは前述のように「重ねるハザードマップ」収録の、①土砂災害危険箇所、②土砂災害警戒区域等である。それぞれ複数の情報が含まれており、本研究では下記の情報を検討対象とした。

①土砂災害危険箇所

- 土石流危険渓流
- 急傾斜地崩壊危険箇所
- 地すべり危険箇所

②土砂災害警戒区域等

- 急傾斜地の崩壊（警戒区域、特別警戒区域）
- 土石流（警戒区域、特別警戒区域）
- 地すべり（警戒区域、特別警戒区域）

犠牲者発生位置の緯度経度情報を KML ファイル化して「重ねるハザードマップ」に読み込み、上記①、②に含まれる情報を表示させ、それぞれ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」として、目視で判読することとした。

判読例を図1に示す。この例の場合、表示情報を厳格に読み取ると、犠牲者Aのみが土砂災害危険箇所（急傾斜地崩壊危険箇所）の「範囲内」で、他の犠牲者は「範囲外」と判読しうる。しかし、犠牲者発生位置は住家や施設ごとの代表点の点データとして付与してあるので、面として見た場

合の建物が対象の災害リスク情報の範囲内にあっても、代表点が外れていれば「範囲内」と判定されないことになる。

また、国土数値情報の土砂災害危険箇所については、「本データは1/25000程度の精度のものであり誤差を含んでいます」と説明されている。土砂災害警戒区域についても「本データは縮尺1/25,000程度の精度のものであり、誤差を含んでいます」とある。浸水想定区域については「位置正確度/絶対正確度：実寸25 m」とある。2万5千分の1地形図程度の精度とは、水平方向の距離の精度が25 m程度という意味である。したがって、点と面のデータを単純に重ね合わせただけでは、実際の地形に基づく危険性を十分反映できないことが考えられる。

図1の地区の場合、単純に読めばD, E, Fが「範囲外」となるが、表記されている河川の位置や等高線の形状からは、図上で土石流危険渓流と表示されている場所とD, E, Fの位置の間に、地形的にそれほど明瞭な土石流の危険性の相違が見られるとは言えず、むしろ十分危険性があるようにも読み取れる。この場所は実際に土砂災害に見舞われているが、筆者が災害発生直後に現地踏査した際にも、同様な印象を持った。

そこで、ここで用いた災害リスク情報の空間的な精度を考慮し、「範囲内」と判定されなかった犠牲者については、いずれかの災害リスク情報の範囲内から約30 m以内にあった場合は「範囲近傍」、



図1 犠牲者発生位置の判読例（実例を元に一部改変）

その他の場合を「範囲外」と判定した。図1の例では、Aが「範囲内」、B～Fが「範囲近傍」、Gが「範囲外」となる。

(2) 判読結果

集計対象は、位置精度が「世帯単位」かつ原因外力「土砂」の497人である。まず、土砂災害危険箇所との関係を図2に示す。図中の数値は人数、%は構成比である。「範囲内」が379人、「範囲近傍」が53人で、これらを合算すると全体の87%が土砂災害危険箇所内またはその近傍で生じていると読み取れる。

土砂災害警戒区域との関係を見ると、図3となる。「範囲内」が396人、「範囲近傍」が5人で、合算すると全体の81%が土砂災害警戒区域内またはその近傍で生じている。土砂災害警戒区域の方が、土砂災害危険箇所より「範囲内」と「範囲近傍」を

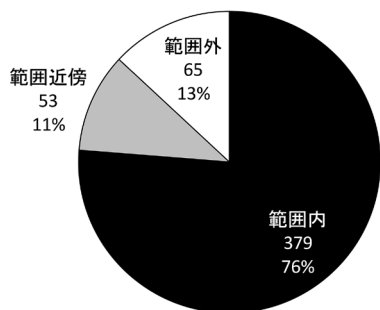


図2 土砂災害危険箇所と犠牲者発生位置

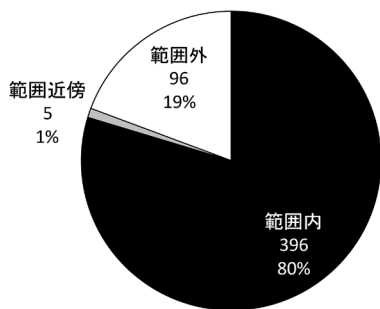


図3 土砂災害警戒区域と犠牲者発生位置

合算した率が下がっているのは、土砂災害警戒区域の指定率が2017年度末時点の全国の合計で71% (国土交通省, 2018) など、指定作業がまだ途上であることによる可能性が高い。すなわち、地形的には土砂災害の危険性があり得る場所でも、土砂災害警戒区域に指定されていない地域があり、こうした場所で発生した犠牲者が「範囲外」と判読されているケースもかなりあると考えられる。

土砂災害警戒区域については「範囲近傍」の率が低いことも注目される。これは、土砂災害危険箇所と比べ誤差が少なくなっている可能性が示唆される。土砂災害警戒区域の指定作業は近年行われたものなので、利用している地形情報が以前より高分解能となっていることなどが影響しているのかもしれない。

土砂災害特別警戒区域との関係を見ると、図4となる。これについては、「範囲内」と「範囲近傍」を合算すると233人、47%となった。土砂災害特別警戒区域は、土砂災害警戒区域の中でも建物等に著しい被害をもたらしうる箇所を指定するもので警戒区域より面積的には小さく、また、住家が立地しにくい急傾斜の箇所が指定となりやすいので、範囲内となる住家も警戒区域に比べてかなり少なくなる可能性がある。また、あまり積極的に指定が行われていない地域も見られ、施設整備後には解除(土砂災害警戒区域に変更)することも可能であることから、指定地域は限定的とも言える。土砂災害警戒区域、特別警戒区域の面積に関する集計値が公表されていないので具体的なこと

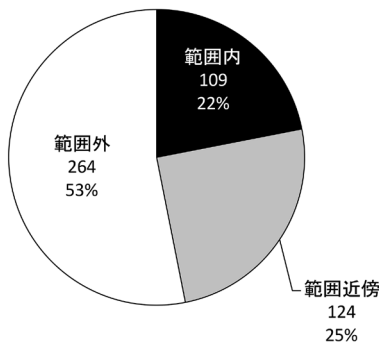


図4 土砂災害特別警戒区域と犠牲者発生位置

は言えないが、全国の土砂災害警戒区域の指定箇所数は2019年2月末現在で556,607箇所、うち特別警戒区域が406,393箇所となっており(国土交通省, 2019)、特別警戒区域を含まない土砂災害警戒区域も3割弱ほど存在する。また、たとえば高知県では、警戒区域13,085箇所のうち特別警戒区域は111箇所しかないなど、地域によって指定状況にも大きな違いが見られる。それにもかかわらず、特別警戒区域とその近傍での犠牲者が「土砂」犠牲者の半数近くを占めていることは注目される。人的被害の発生しやすさという観点からは、土砂災害特別警戒区域は、警戒区域よりさらに危険性が高いことを示唆している可能性がある。

(3) 「範囲外」の犠牲者について

土砂災害犠牲者については、その多くが土砂災害危険箇所等の「範囲内」もしくは「範囲近傍」で、いわば「想定内」の場所で発生していると言ってもよいが、少数ながら「範囲外」も存在し、この背景については検討しておく必要がある。

土砂災害危険箇所および土砂災害警戒区域の「範囲外」に着目してクロス集計すると表1となる。土砂災害警戒区域が「範囲外」で土砂災害危険箇所が「範囲内」または「範囲近傍」のケース(64人)は、土砂災害警戒区域の指定作業が未了の可能性があり、今後は「範囲内」と判読されるかもしれない。土砂災害危険箇所が「範囲外」で土砂災害警戒区域が「範囲内」または「範囲近傍」のケース(33人)は、近年の地形データ等を用いたことで「範囲内」と判読されるようになった可能性が

表1 土砂災害危険箇所・土砂災害警戒区域の「範囲外」犠牲者

		土砂災害危険箇所		
		範囲外	範囲内 or 範囲近傍	計
土砂災害警戒区域	範囲外	32	64	96
	範囲内 or 範囲近傍	33	368	401
	計	65	432	497

ある。

問題は、土砂災害警戒区域・土砂災害危険箇所ともに「範囲外」となっているケース(32人)である。これらは、現在の土砂災害に関わる災害リスク情報で危険性を警告できていない箇所が発生したという意味で、「想定外」の場所での犠牲者の可能性がある。これら32人の発生場所を地形図上で判読したところ、以下のような形態に分類できた。なおこれは、あくまでも筆者が地形図から判読・推定したものであり(現地踏査はうち11人分)、個々の場所について所管の行政機関が実際にこのような判断をするかは分からない。

- 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)

土砂災害警戒区域等に指定される急傾斜地は、傾斜30度以上で高さ5mが対象になる。①の犠牲者発生場所は、地形図上で簡易計測したところこの条件に当てはまらない可能性があると考えられたケースである。図5はこのケースの例である。犠牲者発生家屋の山側は勾配9度程度でいわゆる急傾斜地ではなく、現在の地形図では近くに水路が見えるが地形的には明瞭な谷でもなく、土石流危険溪流等とも読み取りにくい箇所である。こうしたケースをハザードマップ等で示すことは、現状ではかなり難しいものと考えられる。

土砂災害警戒区域等の指定対象箇所にはいくつか例外が設けられることがあり、「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(たとえば広島県, 2015)。②と③は、これらに該当する可能性が考えられるケースである。

②のケースは管理者による適正な管理が求められるところだが、③のケースの対策は困難が予想される。③に分類されたケースは、いずれも全くの無人地帯というわけではないが、集落からは離

れた場所で道路だけがあり，そこを車や徒歩で通行中という状況だった。

図6は③の一例である。このケースでは，降雨終了から約6時間後に川の様子を見に行った親子が，車での通行ができなくなったため道路を歩いて上流側に向かっていったところ，対岸の斜面が崩壊してその崩壊に巻き込まれて川に流され，13歳の女性が死亡したものである。現場周囲に家屋はなく，土砂災害警戒区域等にはならないと考えられるが，崩壊した斜面のみで見れば，土砂災害警戒区域等に指定されうる急傾斜地とみなせる。したがって，技術的には危険性を示すことも不可能ではないが，こうした場所は全国無数に存在し，それらすべてを調査，指定することは現実的には

かなり困難と思われる。ただし，家屋があれば地形的には土砂災害警戒区域等に指定されうる場所が多数ある，という一般的な知識を周知することで，注意喚起はできる可能性もある。

まとめると，②の犠牲者は道路等の管理による被害軽減が，③の犠牲者は土砂災害に関する一般的な知識の周知による被害軽減が期待できるが，①の犠牲者(16人，「土砂」犠牲者の3%)は，現在の知見や技術では軽減がかなり困難と言えようである。

3.2 洪水浸水想定区域と犠牲者発生位置

(1) 判読方法

次に，原因外力「洪水」および「河川」の犠牲者



図5 緩傾斜地での人的被害発生例(2012年7月12日発生，熊本県阿蘇市一の宮町，地図は地理院地図で上が北，写真は筆者撮影，以下同じ)

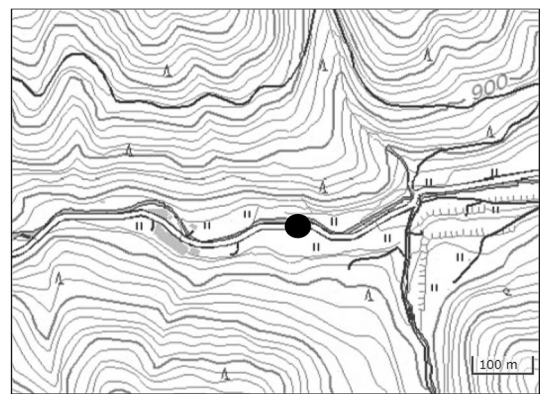


図6 人家のない道路付近での人的被害発生例(2006年7月19日発生，長野県辰野町小横川)

発生位置と災害リスク情報の関係について検討する。洪水災害に関わる災害リスク情報として、全国規模で概ね系統的に整備された情報は、洪水ハザードマップで一般的に用いられている浸水想定区域に関する情報と、防災情報としてはあまり一般化していないが、古くから地理学分野などで有効性が指摘されている地形分類に関する情報の二つに大別される。本節ではまず前者の情報として、「重ねるハザードマップ」収録の、③洪水浸水想定区域（想定最大規模）、④洪水浸水想定区域（計画規模）を用いて検討する。

「重ねるハザードマップ」上での判読方法は、土砂災害犠牲者についてと同様に、③と④それぞれの範囲に含まれる場合を「範囲内」、範囲から約30 m以内にあった場合を「範囲近傍」、含まれない場合を「範囲外」として判読した。なお、河川周辺が浸水想定区域として指定されていても河道内は浸水想定区域として指定されていないことが多いが、洪水の影響を間違いなく受ける範囲と考えられるので、このような場合は「範囲内」と判読した。

(2) 判読結果

集計対象は、位置精度が「世帯単位」かつ原因外力が「洪水」の199人および「河川」の71人を合算した270人である。河川付近および河川から離れた場所の浸水など、外水、内水を問わず広い意味での水（ただし海岸付近をのぞく）に関連する犠牲者が対象である。

まず、洪水浸水想定区域（想定最大規模）との関係を図7に示す。「範囲内」が71人、「範囲近傍」は0人で、洪水浸水想定区域（想定最大規模）内またはその近傍で生じた犠牲者は、「洪水」および「河川」犠牲者の26%にとどまっている。

洪水浸水想定区域（計画規模）との関係は図8となる。「範囲内」107人、「範囲近傍」5人で、洪水浸水想定区域（計画規模）内またはその近傍で生じた犠牲者の比率は洪水浸水想定区域（想定最大規模）に比べれば高くはなったが、それでも42%であり、「土砂」犠牲者とは傾向が異なる。「範囲近傍」が「土砂」犠牲者と比べて少ないが、こ

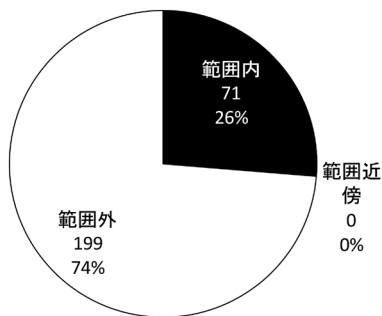


図7 浸水想定区域（想定最大規模）と犠牲者発生位置

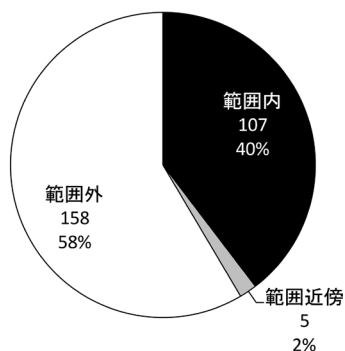


図8 浸水想定区域（計画規模）と犠牲者発生位置

の背景は明確には分からない。ひとつの可能性としては、3.1 (2) でも述べたように、特に土砂災害危険箇所についてはその位置の空間的精度がやや低いものに対して、洪水浸水想定区域は比較的高精度の地形情報（ここでは地形分類情報ではなく標高情報の意味）を用いた計算がなされていることが考えられる。

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）の各範囲内犠牲者の比率の違いは、二つの区域の指定率の違いで主に説明できそうである。たとえば近年の資料として2017年3月末時点では（国土交通省，2017）、洪水浸水想定区域を指定すべき洪水予報河川および水位周知河川が、国、都道府県管理合わせて2018河川あるのに対して、洪水浸水想定区域（計画規模）指定済みは1968河川（指定率98%）、洪水浸水想定

区域(想定最大規模)指定済みは413河川(指定率20%)となっている。洪水浸水想定区域(想定最大規模)については、「範囲外」と判読されても、指定作業がまだ進んでいない、いわば「未指定」地域で被災しているケースが少なくないと考えられる。

洪水浸水想定区域(計画規模)については、利用した資料の整備年に近い2013年3月末時点では(国土交通省, 2013), 洪水予報河川および水位周知河川の計1969河川に対して, 洪水浸水想定区域(計画規模)指定済みは1937河川で, 指定率は98%となっている。したがって, 「範囲外」犠牲者が「未指定」地域で多く被災しているという推定はしにくい。

ただし, 河川には洪水予報河川, 水位周知河川に含まれない, いわゆる「その他河川」(内閣府, 2019a)が多数存在する。こうした河川については洪水浸水想定区域の指定作業が行われないことも少なくない。「その他河川」の多くは小さな河川ではあるが, その付近では地形的に洪水が起こり得ないわけではない。内閣府の避難勧告等に関するガイドラインでも, 「その他河川」の付近については「河川特性等を考慮し, 管理者や気象台からの助言も踏まえ避難勧告等の発令を判断する」とされており, 洪水等による被害が起こりうる箇所として認識されている。

「その他河川」付近での被災例として, 図9に, 平成29(2017)年7月九州北部豪雨時の福岡県朝倉市付近における「洪水」犠牲者の発生位置を挙げる。●が発生位置で, ほぼ同一箇所では複数の犠牲者が発生した箇所があり, 図の範囲内では17人が死亡している。図の南側を東→西方向に一級河川筑後川が流れており, この周辺では洪水浸水想定区域(計画規模)が指定されているが, 犠牲者はいずれもその範囲外で発生した。筑後川支流の「その他河川」の氾濫で被害が生じたためと考えられる。

「洪水」および「河川」犠牲者の発生位置が洪水浸水想定区域の「範囲外」と判読されるケースが, 「土砂」犠牲者と土砂災害危険箇所等との関係と比べかなり多いのは, こうした「その他河川」付

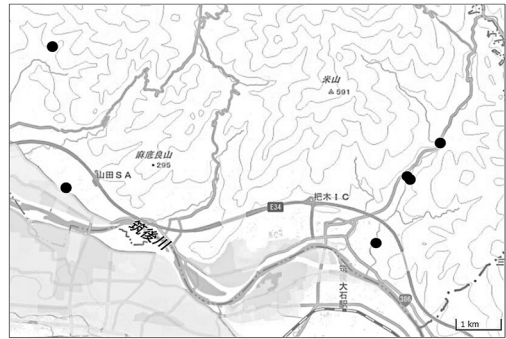


図9 平成29年7月九州北部豪雨時の福岡県朝倉市付近での「洪水」犠牲者発生位置

近で発生する犠牲者が少なくない事を示唆しているのではなかろうか。ただし, 個々の犠牲者の発生をもたらした「水」が, 洪水予報河川に起因するものか, その他河川に起因するものかを判別することは困難な場合が多く, 朝倉市の例のように定性的な例示は不可能ではないが, 定量的な提示は本報告では行えない。

3.3 地形分類と犠牲者発生位置

(1) 判読方法

前節で示したように, 「洪水」および「河川」犠牲者が発生する可能性がある箇所を示すためには, 洪水浸水想定区域のみを表記する洪水ハザードマップでは限界があることが示唆される。

洪水浸水想定区域に指定されにくい, 「その他河川」付近の洪水危険性がある範囲を示しうる情報としては, 地形分類に関する情報が考えられる。地形と災害発生の間には密接な関係があることが地理学分野ではよく指摘されており, 地形の種類と起こりうる災害の関係についての定性的な整理も示されている(たとえば水谷, 1987)。地形の種類を地図上に表記したものが地形分類図であり, 1959年伊勢湾台風時の高潮浸水範囲を示していたことがよく知られている(大屋ら, 1998)。ただし, 犠牲者発生箇所と地形の関係についての定量的な検討はこれまでに見当たらない。

地形分類図はいくつかの機関, 方法により, 数十年間にわたり整備が続いており, 国土全体はまだ網羅されていない。また, 以前は複数の種類の

地形分類図と一般的な地形図や各種地理情報をオーバーレイして参照することが容易ではなかった。しかし、2018年12月から、縮尺5万分の1で本州以南をほぼ網羅している土地分類基本調査の地形分類図が、「重ねるハザードマップ」上で表示できるようになり、既に整備されている各種の地形分類図がほぼすべて、同一画面上で容易に参照可能となった。

そこで本研究では「重ねるハザードマップ」収録の「地形分類（自然地形）」および「土地分類基本調査（地形分類図）」と、「洪水」および「河川」犠牲者の発生位置について検討する。なお「地形分類（自然地形）」とは、土地条件図や治水地形分類図など、縮尺1:25000程度のいくつかの種類の地形分類図を一つのレイヤーにとりまとめた図である。

地形分類（自然地形）と土地分類基本調査（地形分類図）は整備範囲が異なり、地形分類（自然地形）が主な平野部を中心に整備されているのに対し、土地分類基本調査（地形分類図）は北海道以外のほぼ全国を網羅している。ただし、空間的な精度は地形分類（自然地形）が縮尺1:25000程度、土地分類基本調査（地形分類図）が縮尺1:50000程度で、前者の方が高精度である。そこで本研究では、以下の手順で犠牲者発生位置における地形分類を判読することとした。

- ①「洪水」および「河川」犠牲者の発生位置をKML化し、「重ねるハザードマップ」に表示させる。
- ②「重ねるハザードマップ」上に地形分類（自然地形）を表示し、犠牲者発生位置の地形を目視で判読する。
- ③地形分類（自然地形）が未整備の場合は、土地分類基本調査（地形分類図）を表示し、地形を判読する。
- ④地形分類（自然地形）および土地分類基本調査（地形分類図）のいずれもが未整備の地域や、犠牲者発生位置が地形分類区分の境界部付近に位置した場合は、国土地理院の陰影起伏図や空中写真、場所によっては筆者による現地調査時

の写真等も併用し、筆者自身で地形分類を行う。

地形分類の凡例は資料によって大きく異なるが、ここでは地形分類（自然地形）の凡例を基本として判読し、さらに表2のような大分類に整理した。なお、土地分類基本調査は地域によって凡例がかなり異なっており、今回判読した範囲に出現した凡例については、表3のような大分類に整理した。一般的（水谷，1987）には、低地は洪水による被害を受けうる地形であり、山地では土砂災害の可能性がある。台地では洪水、土砂災害ともに影響を受けにくい。

(2) 判読結果

集計対象は、浸水想定区域の場合と同様に、位置精度が「世帯単位」かつ原因外力が「洪水」および「河川」の270人である。判読した情報源別では、地形分類（自然地形）による判読が122人、土地分類基本調査（地形分類図）による判読が127人、独自判読が21人だった。

地形の大分類と「洪水」および「河川」犠牲者発生位置の関係を図10に示す。「低地」が251人で、全体の93%を占める。洪水浸水想定区域とは傾向

表2 地形分類（自然地形）の凡例と地形の大分類

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	

が異なり、圧倒的多数の犠牲者が、地形的に洪水の起こりうる場所で被災していることが分かる。もう少し細かな地形分類別の犠牲者数を見ると表4となる。最も多いのは氾濫平野の170人(全犠牲者の63%)だが、低地の中では相対的に洪水の危険性が低いとされる自然堤防でも19人が死亡している事は注意が必要である。表4では地形分類別犠牲者数の、浸水想定区域(計画規模)との関係も示している。自然堤防での犠牲者は全員が浸水想定区域(計画規模)の「範囲内」または「範囲近傍」となっている。一般的に自然堤防が明瞭に確認できるのは比較的大きな河川の中下流部であり、こうした箇所は浸水想定区域の指定が行われやすく、危険性を示すことができていると考えられる。一方、氾濫平野では犠牲者の55%に当たる93人が浸水想定区域(計画規模)の「範囲外」、水部や河川敷・浜では犠牲者の多くが「範囲外」となっている。地形的には洪水の危険性があるが浸水想定区域(計画規模)で危険性を十分示せていない中小河川や山間部の河川付近で、少なからぬ犠牲者が生じている可能性が伺える。

(3) 山地、台地での犠牲者

数としては少数だが、洪水の影響を受けにくいと考えられる山地や台地でも犠牲者が生じており、この背景についても検討した。これら19人の犠牲者の発生の形態を整理すると、以下のように分類できた。

- ①台地と低地の境界部付近(4人)、うち1人は浸水想定区域内
- ②道に沿った側溝や用水路に転落(4人)

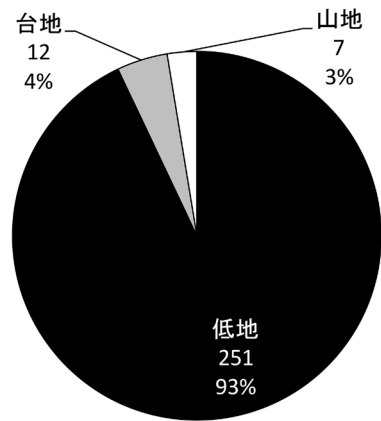


図10 地形の大分類と「洪水」「河川」犠牲者の犠牲者発生位置

表3 土地分類基本調査の凡例と地形の大分類

土地分類基本調査の凡例	地形分類(自然地形)の凡例	大分類
小起伏山地	山地	山地
中起伏山地		
急斜面		
砂礫台地	台地・段丘	台地
砂礫段丘		
山麓緩斜面	山麓堆積地形	低地
山麓地		
河原	河川敷・浜	
河川	水部	
扇状地・自然堤防及び砂礫堆	扇状地	
三角州	氾濫平野	
三角州及び海岸平野		
谷底平野		
谷底平野・最下位段丘		
谷底平野・氾濫平野		
谷底平野および氾濫原		
谷底平野及び河岸平野		
谷底平野及び氾濫平野		

表4 地形分類別「洪水」「河川」犠牲者数

大分類	地形分類	犠牲者数	犠牲者数の内訳	
			浸水想定区域(計画規模)	
			範囲内・範囲近傍	範囲外
山地	山地	6	0	6
	崖・段丘崖	1	0	1
台地	台地・段丘	12	4	8
低地	氾濫平野	170	77	93
	自然堤防	19	19	0
	水部	16	2	14
	河川敷・浜	15	1	14
	扇状地	10	2	8
	盛土地・埋立地	9	0	9
	旧水部	4	2	2
	山麓堆積地形	4	1	3
	旧河道	2	2	0
	後背低地・湿地	2	2	0

- ③アンダーパス（3人）や地下室（1人）。うち3人は浸水想定区域内
- 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のケースは、どのような災害リスク情報を利用して生じる、やや難しい場面だろう。図11は①の例である。地形図からも、また現地を見ても、段丘崖のような明瞭な台地と低地の境界が判読できない。写真は図中●付近で西から東方向を撮影している。ここでは、写真右手の住宅にいた86歳の女性が、避難しようと屋外に出たところ洪

水流に流されたとみられている。住宅自体は損壊していない。こうしたケースは大いにあり得るので、ハザードマップ等を読み取る際に、危険箇所として示されている部分（あるいは地形分類）をあまり厳格に読み取らないよう留意することの重要性が示唆される。

図12は②のケースの例である。地形的には山地に分類され、急斜面沿いの道路脇にある幅30 cmほどの側溝に9歳の男子小学生が近づき、流されたものである。写真は災害から約1年後に撮影したもので側溝には蓋がされているが、発生当時には蓋はなかったようである。ハザードマップで洪水の危険性が示されるような場所ではないが、要注意な場所ではある。



図11 台地と低地の境界部での人的被害発生例（2006年7月22日発生、鹿児島県伊佐市大口堂崎）



図12 道に沿った側溝に転落した被害発生例（2011年9月20日発生、岐阜県多治見市松坂町）

③のアンダーパスや地下室は、一般論として洪水時の危険性が強く喚起されているところであり、危険性の予見が困難な場所とは言えないだろう。

図13は④のケースの例である。地形的には山地だが、ダム湖沿いの斜面に構築された道路の路肩が崩壊し、通行中の車が転落し、30歳の男性が死亡したものである。図中の写真は災害発生から7ヶ月後に撮影したもので、路肩の崩壊は既に復旧されている。谷底平野の河川沿いではよく見られる被害形態だが、道路と河川の位置関係次第では、山地でも生じることがあるという事例だろう。なお、④に分類された他の2人は同一箇所、山間部の道路に道路脇の小溪流から水が流れ込み、

これに巻き込まれたものである。

図14は⑤の例である。写真の家屋内に洪水流が流れ込み、当時所在していた住民3人のうち、89歳女性が死亡したものである。家屋は損壊している部分があるが、流失には至っていない。写真左手の樹木の下が河川であり、明瞭な谷底平野は読み取りにくい。解釈の仕方次第では、家屋の建っている面が谷底平野と考えられなくもない。こうした狭い谷では、高精度の地形分類が行われれば低地が判読される可能性もあるが、平野部も含めた一般論として、河川に近接する場所は洪水の可能性はあることは注意喚起可能で、危険性の予見が困難な場所とは言えないだろう。

⑥はかなり特殊なケースで詳述は避けるが、そ



図13 山間部の河川近くの道路での人的被害発生例 (2012年7月14日発生、大分県日田市夜明)

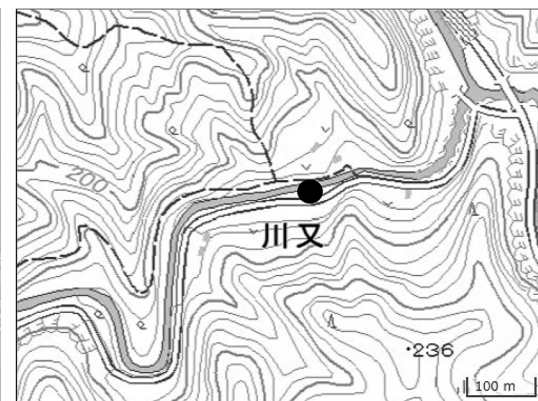


図14 ごく狭い谷底付近での人的被害発生例 (2016年8月30日発生、岩手県久慈市山根町)

の場所の洪水に対する危険性は当然予見できる場所とは言えよう。

このように、①～⑥のいずれについても、洪水ハザードマップ、地形分類図といった災害リスク情報のみではその場所の危険性を判読しにくい。風水害の一般的な特性を考えれば、その場所で洪水（あるいは土砂災害も含め）などに見舞われることが全く予想もつかない場所であったとまでは言えない状況である。ハザードマップで危険性が明示されていない場所であっても、風水害時の基本的な留意事項を周知していくことで、こうした被害は軽減することが期待できる。

4. おわりに

調査対象期間中の「土砂」犠牲者497人の87%が土砂災害危険箇所、81%が土砂災害警戒区域の範囲内またはその近傍で発生した。「土砂」犠牲者は、そのほとんどが一般的なハザードマップで土砂災害発生危険性が示された箇所付近で生じていると言ってよい。土砂災害警戒区域はまだ全国の指定が完了しておらず、現時点では、この情報のみで土砂災害の危険性がある場所を考える事は適切とは言えない。ただし、土砂災害警戒区域付近での犠牲者数と、土砂災害危険箇所付近での犠牲者数の違いは比較的小さく、近い将来には、土砂災害警戒区域の情報のみでの検討も可能になると思われる。

土砂災害特別警戒区域付近で発生した犠牲者は、「土砂」犠牲者の47%だった。特別警戒区域は、警戒区域に比べ限定的な箇所が指定されていることを考えると、特別警戒区域付近で比較的多くの犠牲者が生じている可能性が示唆される。このことは、特別警戒区域は、警戒区域と比べてもさらに危険性が高いことを周知する重要性を示す情報となるのではなかろうか。

「土砂」犠牲者中32人（6%）は、土砂災害危険箇所、土砂災害警戒区域のいずれについても範囲外で発生したと判読されたが、現在の技術ではその場所の危険性を把握することが困難と思われるケースは16人（3%）だった。土砂災害ハザードマップの情報は完全なものではないが、事前に予

見困難な場所で犠牲者が生じることは限定的と言ってよいのではなかろうか。

「洪水」および「河川」犠牲者270人のうち、浸水想定区域（想定最大規模）付近での犠牲者は全犠牲者の26%、浸水想定区域（計画規模）付近でも42%にとどまった。「洪水」および「河川」犠牲者は、一般的なハザードマップで示される浸水想定区域以外の場所でも比較的多く発生していると言ってよい。

一方、地形分類図の情報を利用すると、「洪水」および「河川」犠牲者の93%が、地形的に洪水等の被害が生じうる「低地」で発生していると判読された。地形分類図の情報を用いても、19人（7%）の犠牲者は、洪水等の被害が生じにくい「山地」または「台地」で発生したものと判読された。ただし、これらの多くは、風水害に関する一般的な留意事項から危険性を説明可能な箇所であり、危険性の予見が困難な箇所はほとんど確認できないと言ってよさそうである。地形分類図の情報を併用することで、一般的な洪水ハザードマップでは危険性を示しにくい中小河川（その他河川）付近でも、洪水等による犠牲者が生じうる範囲を把握できる可能性がある。

ただし、地形分類に関する情報は、広く一般的に利用することが容易な状況になっているとは言えない。地形分類図は標高情報などから機械的・自動的に作成できるものではないため、作成者や作成年代が異なると、同一箇所でもかなり違った表記となることも珍しくない。地形分類図の種類や作成時期、作成地域によって凡例も大きく異なっている。本研究では複数の地形分類情報をもとに、洪水による危険性がある「低地」を判読しているが、表2、表3のような整理集約作業を行うためには、地理学、地形学に関する基本的な知識、技能が必要になり、誰でも判読可能とはいいがたい。また、面積的に多くを占める、土地分類基本調査のみの整備地域では、情報の空間精度が縮尺1:50000程度とやや粗いことも課題である。地形分類図には様々な課題があり、適切に利用することが、難しい情報と言える。

洪水、土砂災害による犠牲者の多くは、「想定外」

の場所で発生しているのではなく、地形的に起こりうる場所で発生していると言ってもよさそうである。したがって、本研究で定義した「災害リスク情報」の活用により、人的被害が生じるような危険箇所を十分予測しようと考えられる。ただし、浸水想定区域や土砂災害警戒区域を元にした、現在一般的に利用が容易ないいわゆるハザードマップのみでは、その危険性を広く一般に周知するための情報としてまだ不十分な点があることは、十分注意しなければならない。「災害リスク情報」のうち、特に地形分類に関する情報については、情報として適切に利用するための専門的知識をどのように普及していくかが、今後の大きな課題となろう。

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。

参考文献

- 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 (2019年7月9日参照).
- 梶原健嗣：『水害統計』と人的被害把握の欠落, 水資源・環境研究, Vol.30, No.2, pp.42-45, 2017.
- 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://dsei.ce.gunma-u.ac.jp/modules/newdb1/detail.php?id=1>, 1999 (2010年1月8日参照).
- 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.
- 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, 2018 (2019年7月10日参照).
- 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_shiryoy1.pdf, 2012 (2019年5月28日参照).
- 国土交通省：浸水想定区域と洪水ハザードマップの作成・公表状況, http://www.mlit.go.jp/river/bousai/main/saigai/tisiki/syozaitei/pdf/shinsui-hm_graph.pdf, 2013 (2019年7月9日参照).
- 国土交通省：洪水浸水想定区域と洪水ハザードマップの指定・公表状況 (H29.3末時点), http://www.zensuikan.jp/041guideline/02_01deta_03hm_kouhyou_01zenkoku1703.pdf, 2017 (2019年7月9日参照).
- 国土交通省：全国の土砂災害警戒区域等の指定状況推移 (H30.3.31時点), <http://www.mlit.go.jp/river/sabo/sinpoupdf/shiteisuii.pdf>, 2018 (2019年7月9日参照).
- 国土交通省：全国における土砂災害警戒区域等の指定状況 (H31.2.28時点), <http://www.mlit.go.jp/river/sabo/sinpoupdf/jyoukyou-190228.pdf>, 2019 (2019年10月4日参照).
- 国土交通省：ハザードマップポータルサイト「重ねるハザードマップ」のデータに関する利用規約, <https://disaportal.gsi.go.jp/hazardmap/copyright/copyright.html> (2019年7月9日参照).
- 水谷武司：防災地形 第二版, 古今書院, 1987.
- 内閣府：平成30年版防災白書, http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h30/honbun/3b_6s_48_00.html, 2018a (2019年5月28日参照).
- 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/sankosiryoy3.pdf, 2018b (2019年5月28日参照).
- 内閣府：避難勧告等に関するガイドライン①(避難行動・情報伝達編)(平成31年3月), http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/pdf/hinan_guideline_01.pdf, 2019a (2019年4月17日参照).
- 内閣府：避難勧告等に関するガイドライン②(発令基準・防災体制編)(平成31年3月), http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/pdf/hinan_guideline_02.pdf, 2019b (2019年4月17日参照).
- 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.
- 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.
- 牛山素行：2004年台風23号による人的被害の特徴, 自然災害科学, Vol.24, No.3, pp.257-265, 2005.

- 牛山素行：2004～2014年の豪雨災害による人的被害の原因分析，東北地域災害科学研究，No.51，pp.1-6，2015.
- 牛山素行：発生場所から見た平成27年9月関東・東北豪雨災害による犠牲者の特徴，河川技術論文集，Vol.22，pp.309-314，2016.
- 牛山素行・本間基寛・横幕早季・杉村晃一：平成29年7月九州北部豪雨による人的被害の特徴（序報），日本災害情報学会第19回研究発表大会予稿集，pp.190-191，2017.
- 牛山素行・関谷直也：2016年台風10号災害による人的被害の特徴，自然災害科学，Vol.36，No.4，pp.429-446，2018.
- 牛山素行：豪雨災害による人的被害と地形の関係について，日本地理学会発表要旨集，No.93，p.76，2018.
- （投稿受理：令和元年7月25日
訂正稿受理：令和元年11月6日）

要 旨

本研究の目的は，日本の豪雨災害による犠牲者の発生位置と，災害リスク情報（ハザードマップや地形分類図等）の関係について解析することである。筆者は，1999～2018年の豪雨災害犠牲者1259人分についてのデータベースを構築している。本研究ではこのうち，洪水や河川に接近などの水関係犠牲者と，土砂災害による犠牲者767人を解析対象とした。土砂災害犠牲者の87%は，土砂災害危険箇所の付近で発生していた。一方，洪水等の水関係犠牲者で，浸水想定区域付近で発生した者は42%だった。水関係犠牲者について地形分類図による情報との関係を検討すると，犠牲者の85%は地形的の洪水の可能性のある低地で発生していた。洪水などの水関係犠牲者や，土砂災害犠牲者のほとんどは，地形的に災害が起こりうる場所で発生していると言っている。ただし，ことに居住地付近の洪水の危険性を理解するためには，現在のハザードマップだけでは不十分である。地形分類図に関する分かりやすい情報の整備が重要である。