

2015 年度（第 51 回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 15-A-2

豪雨災害による人的被害

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

2015 年 8 月

豪雨災害による人的被害

Victims caused by heavy rainfall disaster.

牛 山 素 行
Motoyuki USHIYAMA

1. はじめに

自然災害による犠牲者の軽減には、基礎調査として、犠牲者の発生状況についての客観的な分析が欠かせない。地震災害による人的被害に関しては、その発生状況、発生場所、個人属性などについての基礎調査(宮野ら, 1996 ; 村上ら, 2001), 外力規模と被害の関係など(呂・宮野, 1993 ; 宮野・呂, 1995), 様々な角度から分析がなされている。これに対して、豪雨災害の犠牲者に関しては必ずしも十分な検討がなされていない。この結果、豪雨災害による人的被害の発生に関して、ともすれば定性的な解釈や、特定で限定的なエピソードにもとづく問題提起や検討がなされることがある。たとえば、「自然災害の犠牲者は高齢者に集中しているので、災害時要援護者の支援が重要だ」といった指摘をしばしば聞くが、この指摘の根拠は、主に年齢別の犠牲者数の集計値のみにもとづくもので(たとえば国土交通省・気象庁, 2012), 災害時要援護者がどのように、どの程度遭難しているのかといった具体的な検証が十分行われているわけではない。あるいは、「市街中心部の洪水に気を取られていたことにより、周辺部での土砂災害で多くの犠牲が出た」(水俣市, 2008)といった、豪雨災害犠牲者の発生場所などの特性に関わる話が、個別の事例の「教訓」として語られることがしばしば見られるが、豪雨災害犠牲者全体の傾向として定量的に検証されたケースは見受けられない。また、豪雨災害による被害は、あらゆる場所で一様に生じているわけではなく、災害発生の危険性(災害の素因)のある場所で発生する傾向があることが、特に地形学の専門家などによって強調されている(たとえば水谷, 2002 など)。したがって、豪雨時の避難勧告等、人的被害軽減のための対応に際しては、雨量・水位等の実況・予測情報だけでなく、ハザードマップ等の素因に関わる情報を加味した判断が有効と思われるが、このことが行政機関の防災実務者等の常識的な認識となっているとは言い難い。現実には、災害時の教訓を元にした検討の場においてすら、ピンポイントの実況・予測情報の精度向上に対する過度な期待ばかりが語られることがあり、これに対して、素因に関わる情報にも目を向けるべきだとの指摘が行われることがある(国土交通省・気象庁, 2013)。素因に関わる情報の重要性を、災害情報の利用者に理解してもらうためには、豪雨災害による被害(犠牲者)が、具体的にどのような場所で生じているのかを、定量的に示すことも必要であろう。

筆者らはこれらの問題意識にもとづき、ここ数年にわたり、検討事例を増やしつつ、豪雨災害による人的被害(以下では特に死者・行方不明者を犠牲者という)の発生状況、属性等に関する定量的・実証的な解析を進めている(牛山, 2005 ; 牛山・國分, 2007 ; 牛山, 2007 ; 牛山・高柳, 2010 ; 牛山ら, 2011 ; 牛山・横幕, 2013 ; 牛山, 2015)。これら一連の研究の目的は、豪雨災害の犠牲者の傾向について、個別的・定性的に語られていることを、系統的・定量的に検証することにより、豪雨災害による犠牲者を軽減する上で特に注意を向けるべき人的属性、場所、時間などを明確にすることにある。

2. 調査手法

利用資料は、これまでの筆者らの研究で用いている 2004 年以降の豪雨災害による犠牲者のデータベースである。この資料は、新聞記事、各種文献、インターネット上の公的機関の文書などの検索を中心に、主要

事例については現地調査結果を加味して筆者が構築しているものである。データベース収録対象の犠牲者は、総務省消防庁がホームページ上で「災害情報」として公表している災害事例別の被害状況に収録された事例のうち、台風、大雨に関係する事例による犠牲者である。なお、犠牲者の発生形態が大きく異なることから、航行または停泊中の船舶沈没に伴う犠牲者については除外している。本報で集計対象としたのは、2004～2014年の42事例、712人である(表1)。

犠牲者発生場所の人口については、2005年国勢調査の結果を利用した。また、地形情報については、国土数値情報の土地分類メッシュを利用した。

表1 調査対象事例

事例名(消防庁資料名)	死者・行方不明者		
2004年		2009年	
平成16年7月新潟・福島豪雨	16	平成21年7月中国・九州北部豪雨	34
平成16年7月福井豪雨	5	平成21年台風第9号	27
平成16年台風第10号、台風第11号	3	2010年	
平成16年台風15号と前線に伴う大雨	10	平成22年梅雨期(6月11日以降)における大雨	21
平成16年台風16号	13	2011年	
平成16年台風18号	19	平成23年台風第6号	3
台風第21号と秋雨前線に伴う大雨	26	平成23年7月新潟・福島豪雨	6
平成16年台風第22号	9	平成23年台風第12号	97
平成16年台風第23号	98	平成23年台風第15号	19
平成16年11月11日～12日にかけての大雨	1	2012年	
2005年		平成24年台風第4号	1
北陸地方等の大雨	1	7月11日からの梅雨前線による大雨	32
平成17年7月1日からの梅雨前線による大雨	5	2013年	
平成17年7月8日からの梅雨前線による大雨	6	島根県及び山口県の大雨	4
平成17年台風第14号と豪雨	29	8月9日からの東北地方を中心とする大雨	8
2006年		8月23日から28日までの大雨等	2
平成18年の梅雨前線による大雨	32	台風第18号	7
平成18年台風第13号と豪雨	9	台風第26号	43
2007年		2014年	
平成19年7月5日からの梅雨前線及び台風	5	台風第8号及び梅雨前線の大雨等	3
台風第9号による大雨・暴風	3	台風第12号及び台風第11号	6
東北地方の大雨	4	8月15日からの大雨等	8
2008年		8月19日からの大雨等	74
平成20年7月28日からの大雨等	6	台風第18号等	7
平成20年8月5日の大雨	5	台風第19号等	3
平成20年8月末豪雨	2	合計	712

3. 結果

3.1. 原因外力による犠牲者分類

まず基礎的検討として、外力別の犠牲者数を示す。豪雨災害による死者・行方不明者の発生原因の分類法は確立されていない。筆者らは、特に豪雨に関する災害情報と人的被害の関係を検討する観点から、これまで何回か検討を経て、原因外力については表2のように定義してきた。なお、「洪水」と「河川」の違いを要約すると、「洪水」が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。この定義に従い、得られた情報を元に筆者自身が判定している。分類定義はなるべく明快にしてはいるが、当然分類者の主観が入る場合もある。

原因外力別犠牲者数を図1に示す。最も多いのは「土砂」で348人(48.9%)を占める。以下「洪水」(18.4%)、「河川」(19.1%)と続き、これらで全体の8割以上に達する。「洪水」と「河川」は言い方を変えると溺死者である。溺死は浸水によって生じているイメージが持たれるが、実際にはそのような遭難形態は「洪水」のみであり、溺死者の半数程度である。なお、沿岸近くでの外力ではあるが、高潮による犠牲者は「洪水」に含んでいる。これは、河川起因の洪水と高潮起因の浸水を厳密に切り分けることが難しいためである。ちなみに、今回の期間中では高潮起因の可能性が高い犠牲者は4人であった。

表 2 犠牲者をもたらした外力の定義

分類名	定義	例
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。	高波による家屋損壊による死亡。 沿岸で作業中・見物中に波にさらわれた。
強風	風による犠牲者全般。竜巻等も含む。	屋根などで作業中風にあおられて転落。 飛来物に当たった。 強風による倒木等に当たった。
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。	屋内浸水で溺死。 歩行中、自動車運転中に流された。
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。	土砂によって倒壊した家屋の下敷きになった。 土石流・がけ崩れによって堆積した土砂に巻き込まれた。 土石流等の流れに巻き込まれた。
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用水路の河道内に転落して死亡した者。	田や用水路の見回りに行き水路に転落。 水路の障害物を除去しようとして転落。 河道沿いの道を歩行、または走行中に水路に転落。
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)。	情報が極めて乏しい犠牲者。 河川敷生活者の死亡。 避難中や復旧作業中に心筋梗塞。

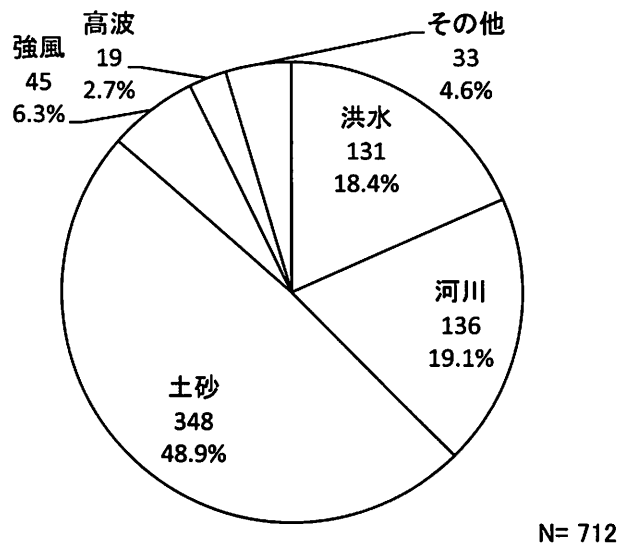


図 1 原因外力別犠牲者

3.2. 年代別の傾向

65 歳以上を高齢者と見なして分類すると、65 歳以上の犠牲者は 385 人(全犠牲者の 54.1%), 65 歳未満 324 人(同 45.5%)だった(図 2)。2005 年国勢調査では、65 歳以上の人口は全人口の 20.1%, 2010 年国勢調査でも 23.0%であり、犠牲者中の高齢者率は人口構成比に比べ極めて高い。原因外力別に見ると、高齢者率は「その他」(強風・高波・その他の合計)でやや高く、「洪水」や「河川」でやや低い傾向がある。ただし、「洪水」や「河川」の場合も人口構成比と比べれば明らかに高齢者の比率が高い。犠牲者の占める高齢者の比率は高

いものの、歩行困難だったなど、明らかに「災害時要援護者」と見なすことができる犠牲者は30人(全犠牲者の4.2%)にとどまっている。また、65歳以上で同居者がおらず屋内で遭難した犠牲者は44人(全犠牲者の6.2%)が確認されるのみであり、「一人暮らしの高齢者に被害が集中している」といった傾向は認められない。すなわち、避難行動要支援者対策が重要であることは言うまでもないが、高齢者への犠牲者偏在を改善するためには、一般的に避難行動要支援者とみなされにくい、日常生活を営む上では特に大きな支障のない高齢者に注意を向けることが、より効果的と思われる。

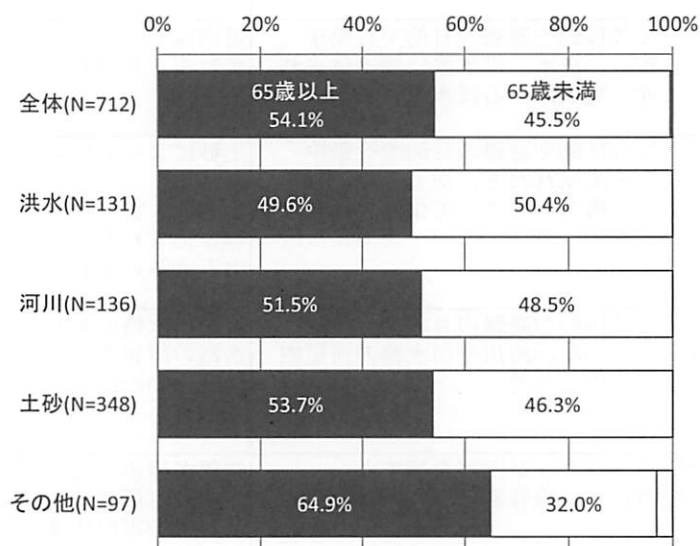


図 2 原因外力と年代構成

3.3. 性別の傾向

性別に分類すると、男性423人(59.4%)、女性286人(40.2%)だった(図3)。2010年国勢調査では全国の男性人口の全人口に対する比率は49%であり、これと比べると犠牲者中の男性の比率は高い。原因外力別に見ると、「土砂」では男女比はほぼ半々だが、「洪水」では男性の比率がやや高く、「河川」と「その他」では男性の比率が明瞭に高くなる。グラフは示さないが、年代別に見ると、65歳以上では男性が53.5%、65歳未満では66.4%となり、非高齢者において男性の比率が高くなる傾向が見られる。

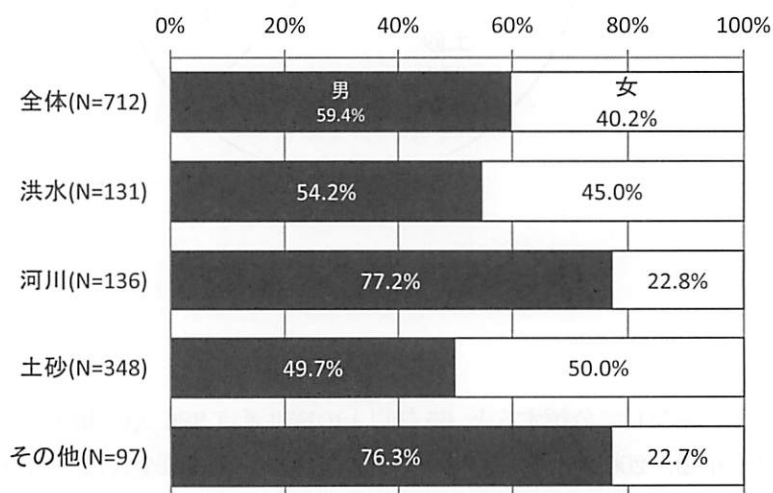


図 3 原因外力と性別構成

3.4. 遭難時間帯との関係

犠牲者が遭難した時刻を夜間(18:00～05:59)、昼間(06:00～17:59)に大別し、原因別に集計した結果が図 4 である。夜間が 356 人(50.0%)、昼間が 316 人(44.4%)、不明が 40 人(5.6%)で、昼夜間で大きな違いは見られない。「洪水」、「土砂」では夜間の犠牲者が多く、「河川」「その他」では昼間の犠牲者が多い。「夜間であったので大きな被害になった」のか、「大きな外力が加わった時間帯がたまたま夜間だった」のかについてはさらに検討が必要だが、少なくとも実数で見ると「犠牲者の発生は夜間に集中している」ことはない。夜には夜、昼には昼の、異なった危険性が存在するのではなかろうか。

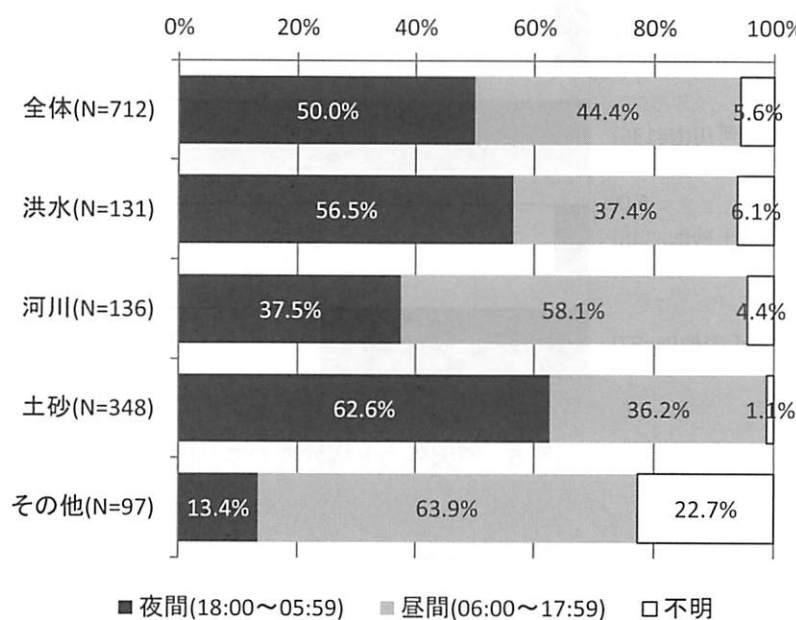


図 4 原因外力と時間帯

3.5. 犠牲者の能動性

犠牲者の行動として、以下の行動のうちいずれかが該当したケースを、「能動的に危険に接近した」(能動的犠牲者)と定義し、集計した。

- 防災行動： 何らかの防災対応行動を取っていた。行政職員、消防団員、警官、記者等の殉職。自宅付近の土嚢積み、雨戸など点検、屋根修理、船の固定、他人の救助、倒木片付けなど。
- 様子を見に： 川の様子を見に、裏の崖を見に、など、防災行動が必要ないのに様子を見に行った。
- 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。
- 屋外レジャー： 屋外で遊んでいた、レジャー中だった。散歩をしていた。
- 建設作業： 防災目的以外の建設作業など、居住地等より危険性の高い箇所で作業をしていた。

集計結果を図 5 に示す。全体では 174 名(24.4%)が能動的犠牲者と分類された。原因外力別では明瞭に差があり、「河川」は「河川」は 7 割以上、「その他」は半数が能動的犠牲者だが、「洪水」と「土砂」では 1 割以下である。

能動的犠牲者の内訳を見ると図 6 のようになる。「防災行動」が 68 人(38.9%)を占めているが、行政職員、消防団員の職務中、あるいは遭難者の救助中といった、緊急性が明瞭な状況下での犠牲者は 15 名ほどで、多くは強風の際に屋根の修理をしていた、海岸で船の係留をしていたなど、どちらかと言えば緊急性の低い「防災行動」中に遭難している。

能動的犠牲者は、災害に対して何らかの対応をとっていたところ遭難したものであり、その行動が何らかの危険を伴うことは認識していたと考えられる。したがって、このタイプの犠牲者に関しては、単なる災害

情報の伝達による被害軽減を期待することは困難と考えられる。屋外行動中の犠牲者が少なくないことから、風雨の激しいときの無理な行動を抑制することが重要であることがわかる。

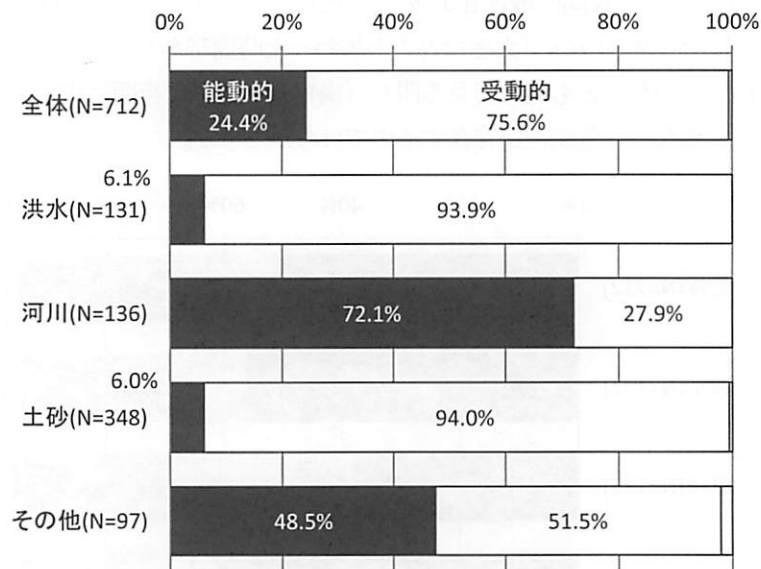


図 5 原因外力と犠牲者の能動性

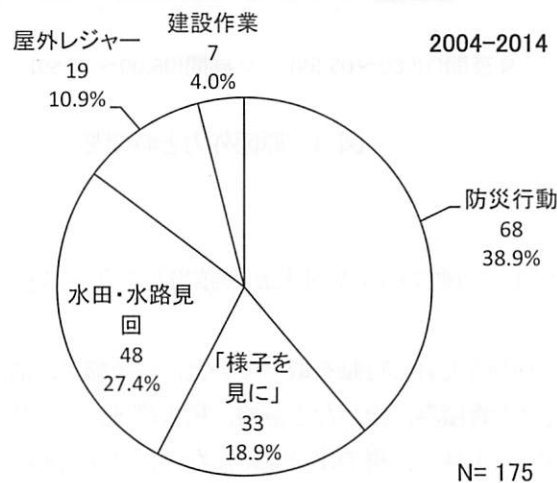


図 6 能動的犠牲者の分類

3.6. 避難行動の有無

(1)傾向

犠牲者による避難行動の有無について集計した結果が図 7 である。避難行動を取ったにもかかわらず遭難した形態としては、以下が挙げられる。

- (a)避難の目的で移動中に土石流、洪水などに見舞われた。
- (b)避難先が土石流、洪水などに見舞われた。
- (c)いったん避難場所へ移動したが、そこを離れて遭難した。

以下では、(a)を「避難中」、(b)、(c)を「行動有」と表記する。全体では 63 名(8.8%)が何らかの避難行動を行っていた。(a)や(b)は、積極的な避難行動をとったにもかかわらず遭難したケースであり、豪雨災害におい

ては避難が最善の行動とは限らないことが示唆されている。(c)は、一度は避難場所に到着したにもかかわらず犠牲となったケースで、避難場所への避難完了が災害時の対応行動における「ゴール」ではないことを認識しなければならない。

原因外力別に見ると、「避難中」、「行動有」が見られるのはほぼ「洪水」と「土砂」に限定され、ことに「洪水」で「避難中」が目立つ。洪水流の中で避難行動をとることに危険が伴っていることが示唆されている。

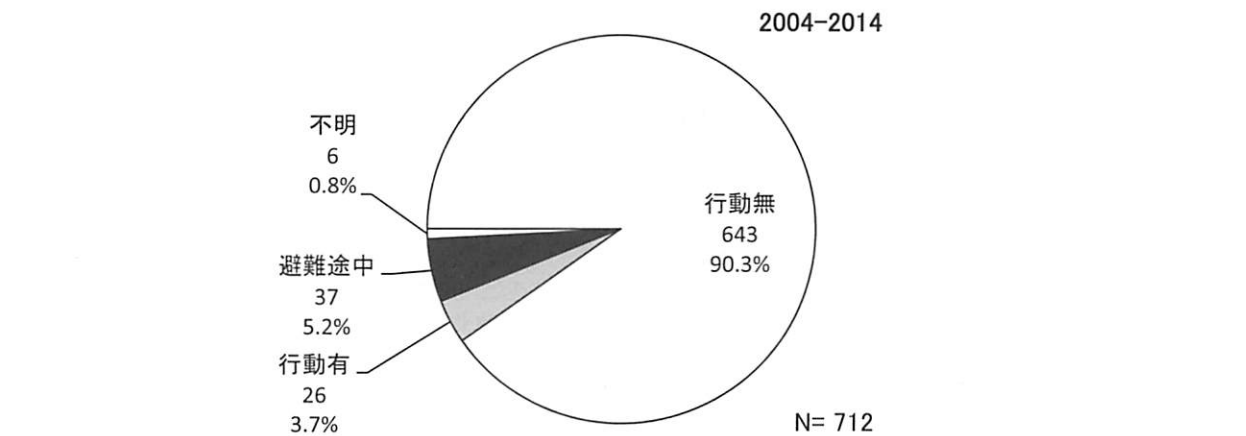


図 7 避難行動の有無

表 3 本郷地区遭難者

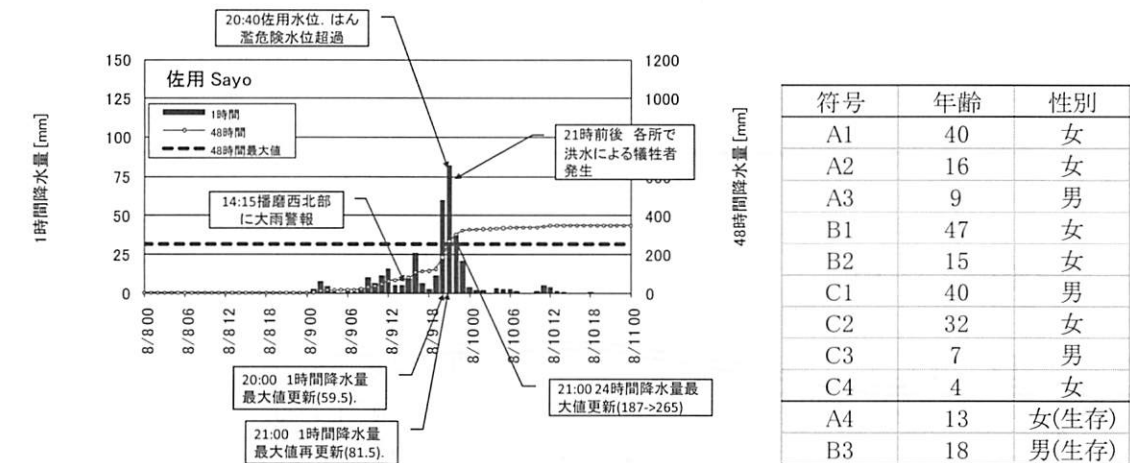


図 8 AMeDAS 佐用の降水量

(2) 2009年兵庫県佐用町における遭難例

避難行動を取ったにもかかわらず遭難してしまった典型例としては、2009年の兵庫県佐用町での事例が挙げられる。2009年8月9日夜、兵庫県佐用町を中心として発生した豪雨災害では、死者、行方不明者26名を生じたが、このうち13名が避難中の遭難者であった。

本災害の豪雨は、台風2009年9号の北側に発達した停滞前線の活動によってもたらされた。2009年9月18日現在の佐用町資料によると、この豪雨による町内の被害は、死者18名、行方不明者2名、全壊140棟、大規模半壊246棟、半壊534棟、床上浸水155棟、床下浸水742棟などとなっている。ただし、全壊などは、当初床上浸水などと判定されていたものも多く、外観上明らかに損壊した家屋はごくわずかである。

死者および行方不明者(以下では「犠牲者」)について、消防庁資料、新聞報道、現地聞き取り調査などを

佐用町の犠牲者 20 名のうち 9 名が遭難したのが、同町本郷地区である。これらの犠牲者は、時間的には若干前後するが、全員がほぼ同一の場所で遭難したとみられている。犠牲者及びその関係者の一覧を表 3 に示す。このうち、A1～A3, B1～B2, C1～C4 はそれぞれ同一家族であり、いずれも本郷地区内にある町営幕山住宅の住民だった。新聞報道、現地聞き取り調査などをもとに、これら犠牲者が遭難した前後の状況を整理する(表 4)。

時刻	状況
19 時頃	D さん公民館へ。役員を電話で呼ぶ。[D さん証言]
1945	佐用町役場、全世帯に避難準備情報。[佐用町資料]
2010	佐用町、宍粟市に土砂災害警戒情報発表
2020 頃	A1 さんが友人からの電話に「小学校に逃げる」と答えた。[8/15 神戸新聞]
2030 頃	B3 さん証言。「近所から避難の知らせが来たのは午後 8 時半頃。腰まであったという濁流の中、同じ住宅の住民と一緒に橋を渡っていたとき、目の前で二人がバランスを崩して濁流に飲まれた」。[8/14 神戸新聞]
2110	佐用町役場、佐用地区 20 世帯に避難勧告。[佐用町資料]
2112	B2 さん、ブログに書き込み。「何か道が川なっとる。怖い泣きそう。幕小（避難先の幕山小学校）避難する。嫌やめっちゃ怖い」。[8/15 共同]
2120 頃	幕山住宅住民(32)。防災無線で避難勧告を聞いて初めて増水を知った。外に出ようとしたがすでに道路は 20cm ほど冠水。その頃、懐中電灯を持ちながら橋を渡る人を目撃した。[8/11 読売]
2120	佐用町役場、全世帯 7221 世帯に避難勧告。[佐用町資料]
2129	佐用消防本部に、本郷地区から住宅前で 5 名が流された旨の 119 番通報有り。[佐用消防本部]
2142	自衛隊派遣要請。[佐用町資料]
22 時過頃	E さん一家、自宅から保育所に避難。自宅前の水は引き、橋を渡れた。[E さん証言]
2230 頃	公民館から約 4km 下流で A4 さん救助。[8/12 朝日]

□は住家、①～④は写真-1～写真-4の撮影位置、矢印は撮影方向、点線が河川、二重線が道路。

遭難した A 一家、B 一家、C 一家は、それぞれ家族単位で幕山住宅を離れ、住宅前の車道を北上し、幕山小学校・保育所方面に向かおうとしていたらしい。生存者である A4 さん、B3 さんの証言に関する報道から、それぞれの家族が同一行動をとっていたことは確実である。A 一家と B 一家が遭難した瞬間は、曖昧ではあるが現場を見たり、悲鳴を聞いたりした人がいた模様であり、ほぼ同時に、同一箇所で流されたらしい。C 一家は一家全滅で詳細がわからないが、家族で行動していた可能性が高い。

これら 3 家族の遭難時刻は正確にはわからない。災害直後の報道では、20 時 20 分～30 分くらいとしている記事がほとんどである。この時刻は、主に自治会長 D さんの証言がもとになっていると思われ、筆者も 8 月 14 日に D さんから同様な証言を得ている。しかし、9 月 15 日にあらためて D さんにお話を伺ったところ、当初の証言は思い違いで、A さんらが遭難した時刻はもっと遅く、避難勧告(21 時 20 分)が出たより後だったとのことである。D さんの証言は大きく変化しているが、いずれにせよ A さんらの遭難時刻が 20 時 20 分～30 分では少し早すぎることは確かだと思われる。まず、A 一家と行動をとともにしていたと見られる B2 さんは 21 時 12 分にブログへの書き込みを行っている。この時刻が正しいとすると、B 一家が遭難現場を通過するのは早くても 21 時 20 分頃だろう。また、A1 さんが 20 時 20 分頃に知人と電話をしていたとの報道がある。D さんによると、A1 さんらは、同じ町営住宅内にいる高齢者を援護し、別の住民男性がこの高齢者を背負い、一緒に避難していたらしい。A1 さんが、知人との電話の直後に行動を開始したとしても、家を出る準備や、この高齢者の援護に要する手間などを考えると、20 時半頃に遭難してしまうのは少し早すぎると思われる。また、B3 さんが B 宅に「近所から避難の知らせが来た」のが 20 時半頃と証言しているとの報道もある。これが正しいとすれば、実際に行動開始する手間を考えると、やはり 20 時半頃に遭難してしまうのは少し早すぎる。

佐用町消防本部での聞き取りによると、幕山地区から「公民館付近で 5 名ほどが流された」旨の 119 番通報があったのは、21 時 29 分とのことである。遭難時刻が 20 時半頃だとすれば、通報までに時間がかかりすぎている。また、避難勧告後の避難開始だったとすると、前述の高齢者の援護の時間や家を出る準備の時間を考慮すると、避難行動開始→遭難→通報までの時間が 9 分では短すぎる。

以上の状況を総合すると、A、B、C 一家の遭難時刻を正確に推定することは難しいが、当初報道された 20 時 20 分～30 分頃というのは早すぎると思われる。しかし、20 時台に避難に向けた様々な行動を始めていることがうかがえることから、少なくとも 21 時 20 分の避難勧告をきっかけとして避難行動を開始したわけではないと推定することが妥当だろう(図 10)。

遭難時刻に関する推定から、避難勧告が遭難者らの避難開始のきっかけとなった可能性は低くなった。当時、遭難者を含む幕山住宅の住民に、具体的にどのような情報が提供されていたか、また避難の働きかけの有無については、関係者の証言が錯綜しており正確なことはわからない。一部報道では、上流のため池の決壊を心配して避難したとも伝えられている。しかし、D さんによると、上流の皆田地区からため池が危険だとの連絡を受けたのは避難勧告より後の時間だった模様である。また、E さんのご主人は 19 時台から公民館に詰めており、E さんと連絡も取っていたが、特にため池に注意するようにという話は聞いていないとのことだった。これらのことから、少なくとも 20 時台には、ため池決壊が本郷地区で強く懸念されていた可能性は低そうである。

結局、詳細は不明だが、遭難者らは、避難勧告などの集落外からの警告的な情報に促されたのではなく、何らかの形で独自に避難を判断するに至ったものと思われる。

遭難者らが、洪水流を横断して、幕山小学校を目指した理由は正確にはわからない。幕山小学校は、本郷地区の指定避難場所として、各種ハザードマップにも掲載されていた。また、本郷地区では、地区内をさらに小さな地区に分け、それぞれについて避難場所を決め、「本郷防災組織図」(図 11)として明示していた。このなかで、幕山住宅地区の避難場所は、「①住宅広場、②小学校運動場」とされていた。D さんによれば、この場所の選定は、地区内で自主的に決めたとのことである。犠牲者らの避難行動は、決められた場所(自分

たちで決めた場所へ、決められた行動規範に従って行われたものである可能性が高いように思われる。

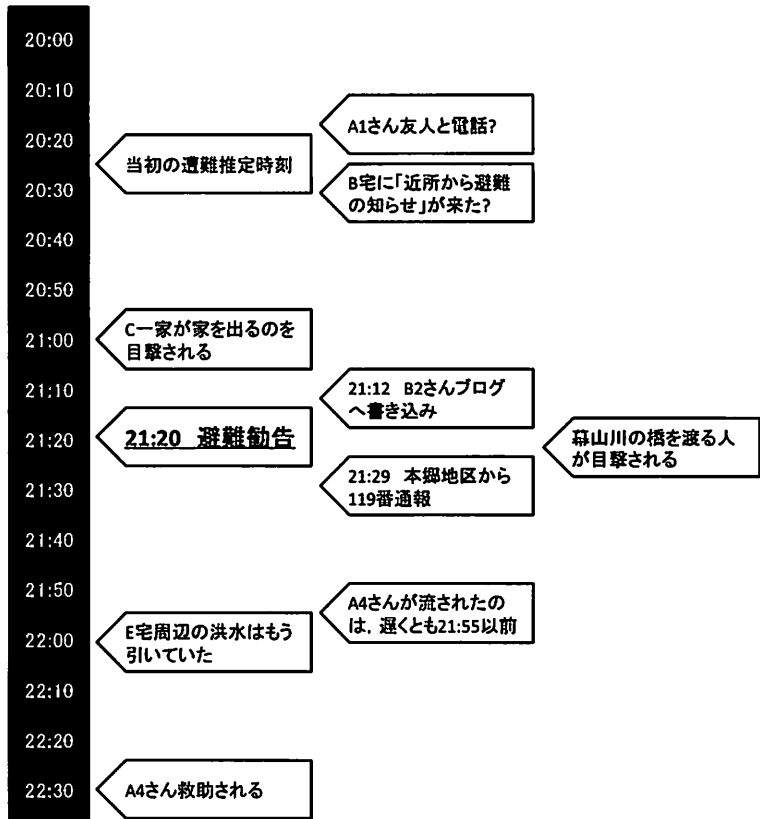


図 10 避難時刻に関する情報の整理

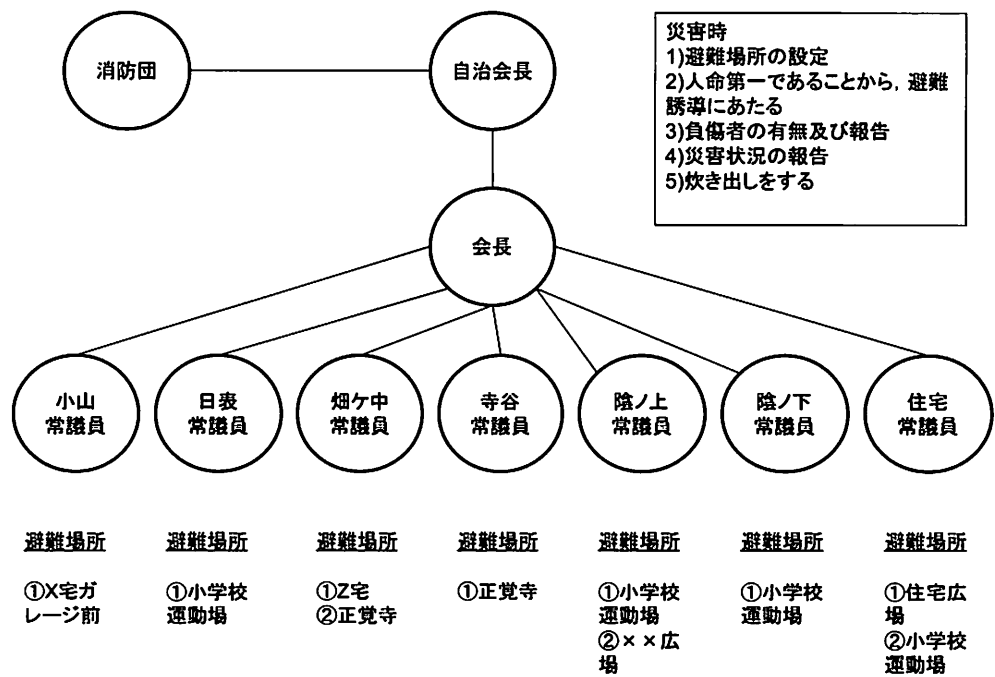


図 11 本郷防災組織図の一部抜粋

2009年8月14日現在で本郷公民館内に掲示されていたものをもとに、個人名などを省略した抜粋図。「小山」などは地区名で、「住宅」が町営葛山住宅。

犠牲者の行動判断には不明な点も多いが、ここで整理した状況証拠的情報をもとに判断すると、少なくとも

も以下の点は確かかと思われる。

- ・犠牲者らは家族を単位として行動していた。
- ・犠牲者らは、避難勧告などの警告的情報に従ったのではなく、自らの判断で避難行動を起こした。
- ・避難場所は、あらかじめ住民自らが詳細に決めていたものに従った。

佐用町付近が、降水量記録、119 番通報などの面から見て非日常的な状況になったのは、8 月 9 日 20 時頃と言っている。大雨警報は 14 時 15 分に発表されており、20 時には AMeDAS 佐用で 1 時間降水量の 1979 年以降最大値が更新され、20 時 10 分には土砂災害警戒情報が出された。20 時 10 分には 24 時間降水量、48 時間降水量が 1979 年以降最大値を更新している。本郷地区での遭難時刻は 21 時過ぎ頃と思われる。従って、降水量関係の情報が、佐用町付近での豪雨災害発生危険性を強く示唆し始めた時刻から遭難時刻までの間には数十分程度のリードタイムがあったと考えられる。しかし、情報の伝達、受信、理解、行動準備などの所要時間を考えると、これらの情報をもとにして住民が早期の避難行動を行えた可能性はかなり低いものと思われる。このような状況下で、幕山住宅の住民がとれたベストな対応行動が何であったかは、極めて難しい。幕山住宅そのものは床下浸水で、結果的には住宅にとどまって難を逃れた住民が多い。しかしこれも、幕山住宅付近が、土砂災害警戒区域内であったことを考慮すると、ベストな選択とまでは言えない。

地区内を細かく分けて避難場所を定めた「防災組織図」の存在や、防災訓練の状況などから、本郷地区を含む幕山地区は、地域での防災活動がかなり積極的な地区であったことが示唆される。しかし、同地区で想定していた「災害」は、地震災害、あるいは地震に伴う火災が中心だったように思われる。地震を想定した防災に関する熱心な取り組みが、今回の豪雨災害の被害軽減には直接効果をもたらさず、場合によっては、自分たちで決めた避難先へ積極的に向かったことにより、被害が拡大してしまった可能性もある。自治会長や、町役場での聞き取りに基づけば、これらの取り組みには、特に自然災害に関する専門的知見を持った人材が関与していたわけではなく、住民のみによる活動だったとのことである。同地区は、地形的に見ても明らかに豪雨災害の危険性のある地区であり、少しでも自然科学的知見を持つ人材が関与していれば、地震(あるいは火災)だけでなく、豪雨災害の危険性も指摘していた可能性はある。住民主体のいわゆる「自助、共助」が重要であること自体は確かだが、そのような取り組みは住民「だけ」で行うべきものではなく、様々な分野の専門家が参画することによって、より視野の広い成果が得られることが期待される。

3.7. 遭難場所の概要

犠牲者の遭難場所を「屋内」(なんらかの建物の中)と、「屋外」(建物の外に滞在、歩行中、車等で移動中)に大別すると、「屋内」365 人(51.3%)、「屋外」343 人(48.2%)とほぼ同程度である(図 12)。原因外力別で見ると、「土砂」のみは「屋内」が多い(86.5%)が、他の外力では「屋外」が多数派を構成しており、外力別に明瞭な相違がある。

遭難場所を、自宅や勤務先の敷地内(自宅・勤務先付近)と、それ以外(その他)に分けて集計した結果が図 13 である。「屋内」、「屋外」の集計結果とよく似た傾向を示しており、「土砂」では「自宅・勤務先付近」が多く、「洪水」や「河川」では、「その他」が多くなっている。すなわち、「土砂」犠牲者の多くは、避難行動をとらず自宅内または自宅敷地内にいたところを土砂災害に襲われたということになる。「土砂」の犠牲者軽減のためには、一般的によくイメージされるような「自宅からの早期避難」という対応が有効であることが示唆される。

一方、「洪水」、「河川」「その他」の犠牲者は、主に「屋外」で遭難しており、また自宅や勤務先の敷地から離れた場所で遭難している。すなわち、豪雨災害による犠牲者の軽減のためには、単純に、自宅にいる人の早期避難の促進のみでは大幅な犠牲者軽減は期待できず、車や徒歩で外出中の人への対策も重要である。また、避難行動を取りながら遭難した例もあることを考え合わせると、豪雨災害においては「避難場所に避難することが必ずしも最善ではない」ことも十分認識する必要がある。

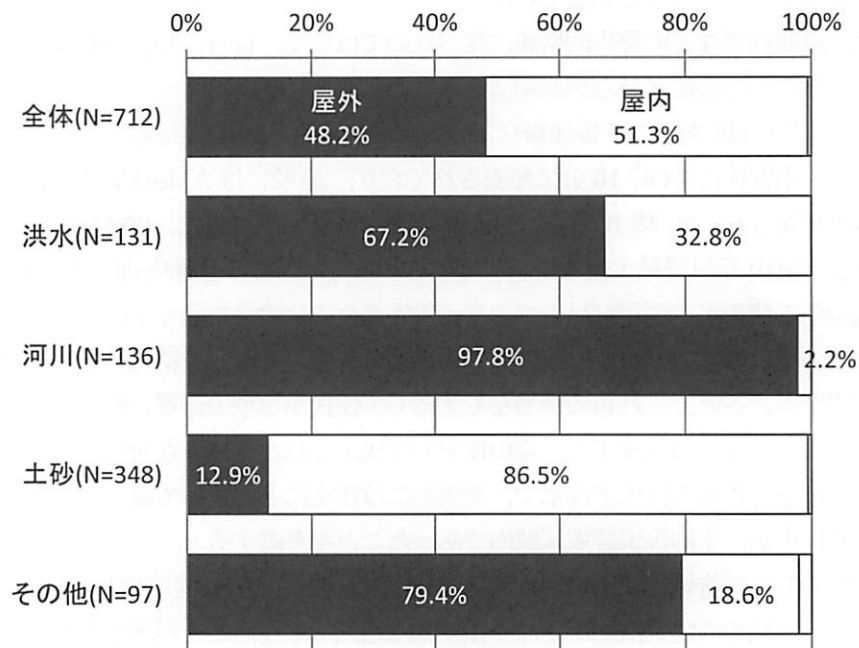


図 12 原因外力と遭難場所(屋内外)

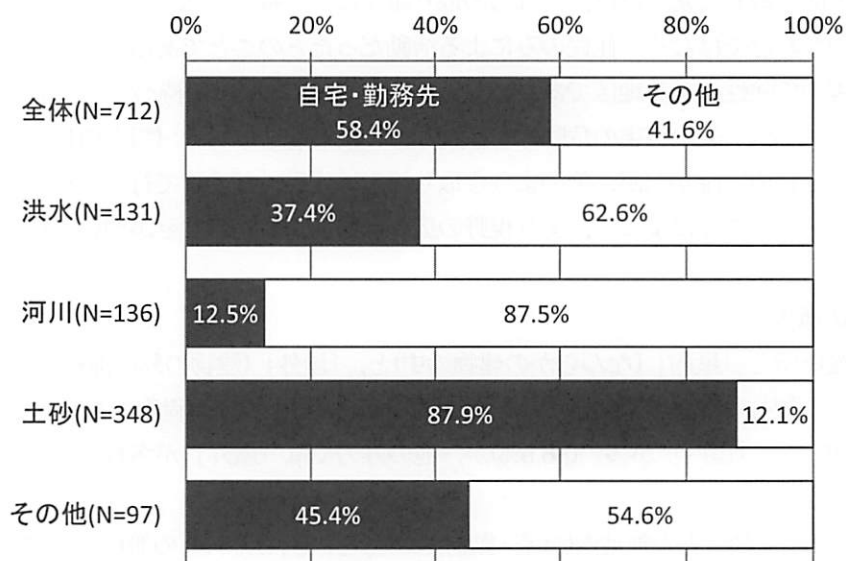


図 13 原因外力と遭難場所(自宅・勤務先付近か否か)

3.8. 犠牲者遭難位置の検討

前節の検討よりもう少し詳しく遭難場所の特徴を検討するため、犠牲者が遭難した場所の住所を、なるべく詳細に特定した。なお、以下の節で用いている犠牲者の情報は、2004～2011 年までの犠牲者 512 人についての集計結果である。情報源や手法は以下の通りである。

- ・ 新聞記事や行政資料に記載された犠牲者の住所、または遭難場所の住所。これらは多くの場合市町村名または町丁目までの精度にとどまる。
- ・ 現地や市町村役場での聞き取り調査結果。これらの情報では、番地まで特定できる場合が多い。

- ・ 自宅や建物付近での遭難の場合、犠牲者等の氏名や施設名を元に空中写真や住宅地図で位置を特定。この場合は番地まで特定できる。

これらの検討の結果、遭難位置を番地まで特定できた犠牲者が 155 人(30.2%)、町丁目までの特定が 331 人(64.4%)、市町村までしか特定できなかったのが 28 人(5.4%)となった(図 14)。遭難位置の精度は外力によりやや違いがあり、「土砂」では半数(51.3%)の犠牲者が番地まで特定できたが、「河川」と「その他」では 1 割以下にとどまっている。ただし、「洪水」、「河川」、「土砂」については 9 割以上の犠牲者が、少なくとも町丁目までは位置特定できている。

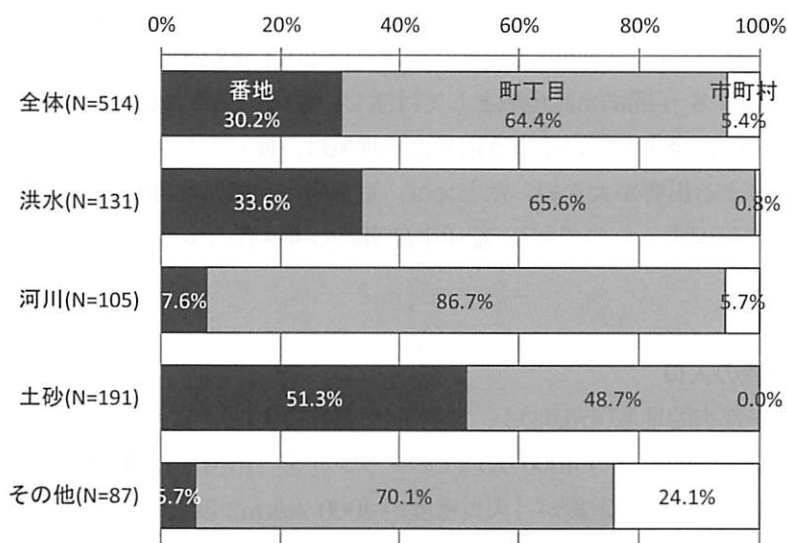


図 14 原因外力と遭難位置の精度

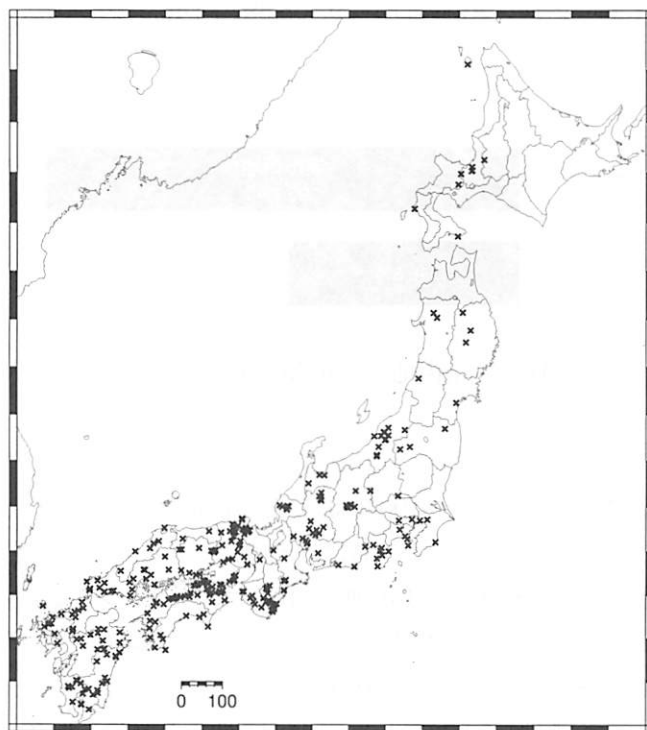


図 15 犠牲者遭難位置の分布

現時点での集計では、犠牲者遭難位置を番地まで特定できたケースは限定的かつ特定の原因外力(「土砂」で多く「河川」が少ない)に偏在しており、犠牲者遭難位置の自然、社会属性を検討するには、ピンポイントでの細かな議論を行うことは困難である。また、そもそも犠牲者遭難場所の自然、社会条件を検討するには、遭難場所の「点」ではなく、何らかの広がりを持った遭難場所周辺の「面」を対象とする必要がある。そこでここでは、犠牲者遭難位置が含まれる3次メッシュ(約1km四方)を最小空間分解能として検討を行うこととした。まず、各犠牲者遭難場所の住所をGoogle Maps APIを利用したジオコーディングツール(谷, 2012)に通して緯度経度を付与し、この緯度経度を元に3次メッシュコードを計算した。

付与された緯度経度を元に作成した犠牲者遭難位置が図15である。中部以西に多く、関東、東北、北海道で少なくなっている。大局的には、豪雨災害による犠牲者は、暖候季降水量の多い西日本で主に発生していると読み取れる。ただし、この図はあくまでも2004～2011年の8年間の集計値であり、犠牲者が少ない地域は、たまたまこの8年間に当該地域としては激しい豪雨に見舞われていない地域である可能性が高い。また、犠牲者が集中的に発生しているように見える地域は、繰り返し災害が発生しているのではなく、特定の大規模災害事例による影響が大きい。たとえば、京都府・兵庫県北部や香川県周辺の犠牲者のほとんどは2004年台風23号に起因するものであり、紀伊半島南部の犠牲者の多くは2011年台風12号による犠牲者である。

3.9. 犠牲者遭難位置の人口

犠牲者遭難位置が都市的地域(市街地)か、農村的地域(非市街地)かについて検討した。ここで「市街地」としては、3次メッシュ内の人口が4000人以上のメッシュを「市街地」、4000人未満を「非市街地」と定義した。これは、人口集中地区の定義が「人口密度が4000人/km²以上の基本単位区が隣接して人口5000人以上」であることを参考にしたものである。人口資料としては2005年国勢調査を用いた。有効なデータ(図16)を含むメッシュ数は全国で181,620メッシュ、うち人口4000人以上が8511メッシュ(4.7%)、4000人未満が173,109メッシュ(95.3%)だった。また、人口4000人以上メッシュ内の人口合計は68,409,597人(全人口の53.5%)、4000人未満のメッシュ内人口が59,358,397人(同46.5%)だった。

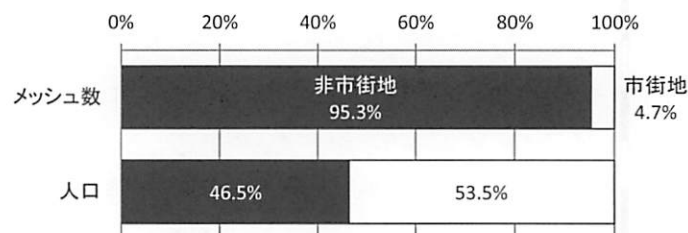


図16 「市街地」・「非市街地」のメッシュ数と人口

犠牲者遭難位置の3次メッシュ内人口を「市街地」、「非市街地」に分類し、原因外力別に示したのが図17である。犠牲者遭難位置は全体では464人(90.3%)が「非市街地」(人口4000人未満)のメッシュ内に位置し、50人(9.7%)が「市街地」メッシュ内だった。特に「土砂」で「非市街地」内の比率が高く、「河川」ではやや低い。犠牲者遭難位置の「非市街地」:「市街地」の比率は、全メッシュ数における「非市街地」:「市街地」の比率に近いが、人口における比率と比較すると「非市街地」に偏在している。1メッシュ当たりの犠牲者数は「非市街地」で0.00268人、「市街地」で0.00588人と大差がないが、人口10万人あたりの犠牲者数は「非市街地」0.7817人、「市街地」0.0731人と、「非市街地」の方が1桁多くなっている。豪雨災害による犠牲者は、「非市街地」に偏在して発生していると読み取れる。

すなわち、「はじめに」で例として挙げた、「市街中心部の洪水に気を取られていたところ、周辺部での土

砂災害で多くの犠牲が出た」(水俣市, 2008)といったイメージは, 豪雨災害犠牲者の全般的な傾向としても, 大きく誤ってはいないことが示された. 災害時において, 市街地(市町村役場)から離れた場所の状況把握, 対応策が重要であることが, 定量的にも確認できた. 一方, 「非市街地」は, 一般的にはいわゆる「地域のつながり」が強く, 自助・共助の取り組みが行いやすい場所であるとも考えられる. しかし, 現実にはそういった「非市街地」に犠牲者が集中しており, 豪雨災害においては, いわゆる自助・共助の取り組みが, 犠牲者の軽減に直結しにくい可能性も示唆される.

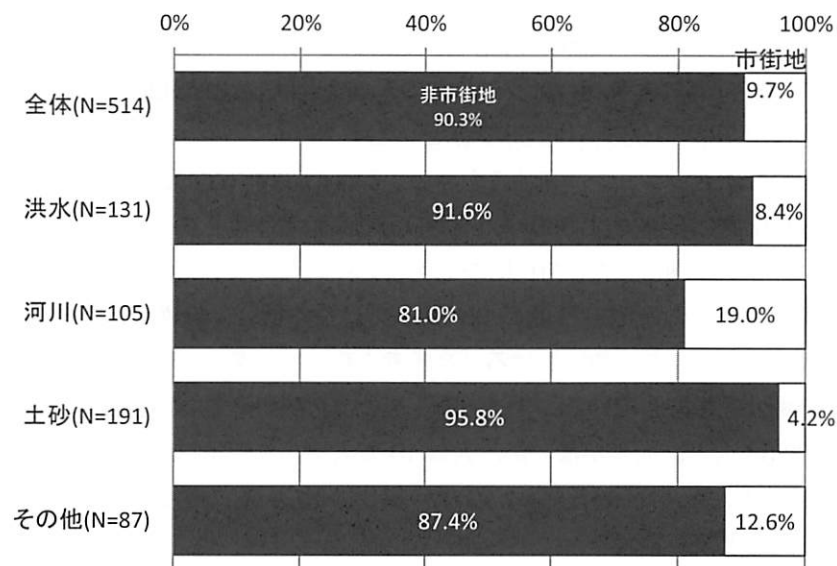


図 17 原因外力と犠牲者位置の3次メッシュ人口

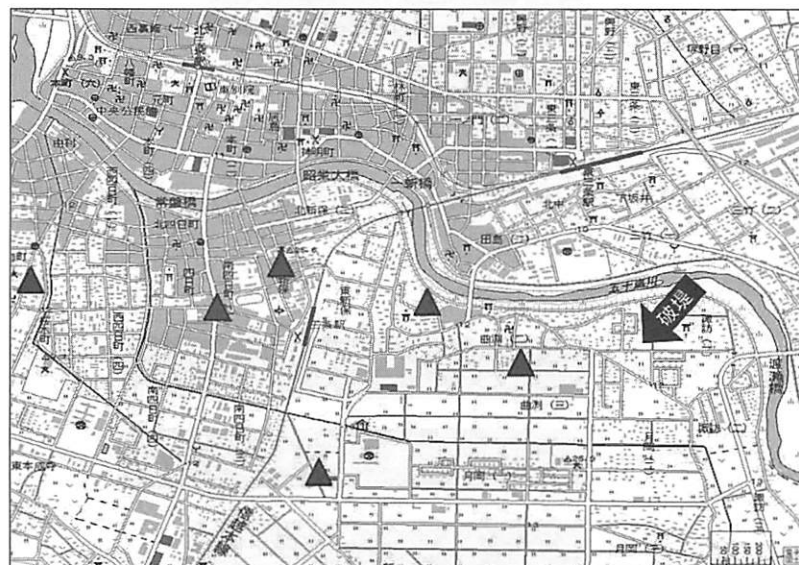


図 18 2004 年 7 月の三条市内の犠牲者遭難位置(図中▲)

比較的少ない「市街地」での遭難事例に着目してみると, 「洪水」で「市街地」は 11 人だが, うち 5 人が平成 16 年新潟・福島豪雨時に, 新潟県三条市内で発生している(図 18). この事例では, 三条市街地付近で五十嵐川が破堤して洪水をもたらしている. 都市部で主要河川が破堤するタイプの洪水は, 近年は発生事例が少ないが, 発生した場合には, まとまった規模の人的被害につながる可能性が示唆される. 「河川」で「市

街地」は20人だが、このうち10人は、2008年7月28日の神戸市都賀川での親水公園での急な出水に伴う犠牲者(5人)と、同年8月5日の東京都豊島区雑司が谷の地下マンホール内工事中の作業員が急な出水で流された事例(5人)である。

3.10. 犠牲者遭難位置の高齢者率

同じ人口データを用いて、犠牲者遭難位置の高齢者率を集計した。ここでは、65歳以上の人口構成比が20%以上のメッシュを「高齢者率高」、20%未満を「高齢者率低」とした。20%をしきい値としたのは、2005年国勢調査の全人口における65歳以上の比率が20.1%だったことを参考にした。有効データメッシュ数は全国で142,018メッシュ、うち「高齢者率高」が112,890メッシュ(79.5%)、「高齢者率低」29,128メッシュ(20.5%)だった(図19)。「高齢者率高」メッシュ内の人口合計は53,393,926人(全人口の41.9%)、「高齢者率低」メッシュ内人口が73,980,935人(同58.1%)だった。

犠牲者遭難位置の3次メッシュを「高齢者率高」、「高齢者率低」に分類し、原因外力別に示したのが図20である。犠牲者遭難位置は全体では369人(83.1%)が「高齢者率高」のメッシュ内に位置し、75人(16.9%)が「高齢者率低」メッシュ内だった。70人についてはメッシュ内の高齢者率が不明で、集計対象外とした。

「洪水」で「高齢者率高」内の比率が高く、「河川」ではやや低い。犠牲者遭難位置の「高齢者率高」：「高齢者率低」の比率は、全メッシュ数における「高齢者率高」：「高齢者率低」の比率に近く、これは「非市街地」：「市街地」の場合と類似している。1メッシュ当たりの犠牲者数は「高齢者率高」で0.00327人、「高齢者率低」で0.00258人と、大差がないが、人口10万人あたりの犠牲者数は「高齢者率高」で0.6910人、「高齢者率低」0.1014人と、「高齢者率高」の方が多くなっている。犠牲者は、「高齢者率高」のメッシュに偏在して発生していると読み取れる。

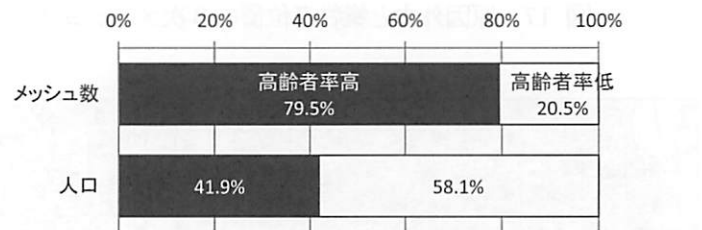


図 19 「高齢者率高」・「高齢者率低」のメッシュ数と人口

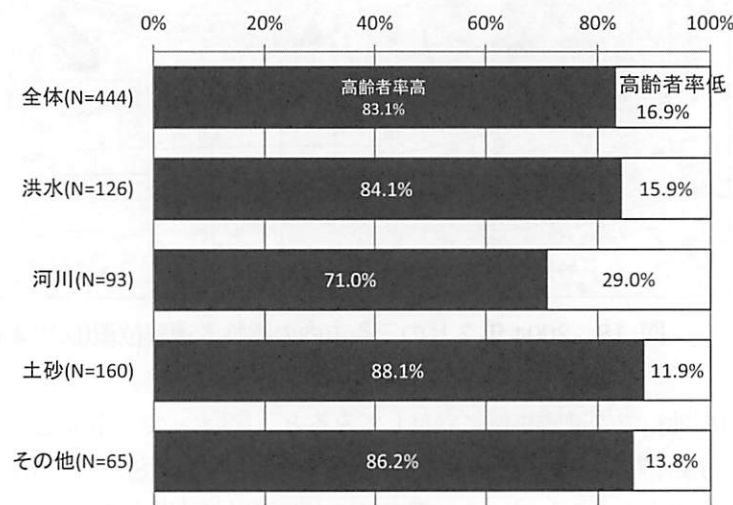


図 20 原因外力と犠牲者位置の3次メッシュ高齢者率

比較的事例の少ない「高齢者率低」メッシュ内の犠牲者に着目してみると、まず「洪水」で「高齢者率低」は 20 人で、このうち 7 人が 2004 年台風 23 号災害時の犠牲者だが、特定の場所で遭難したものではない。他の犠牲者も同一地点で 3 人以上の犠牲者は生じておらず、特段の傾向は見いだせない。「河川」で「高齢者率低」は 23 人で、うち 5 人が 2008 年 8 月 5 日の東京都豊島区雑司が谷の地下マンホール内工事中の作業員である。他の犠牲者については特筆される傾向は見られない。「土砂」で「高齢者率低」は 19 人だが、内 8 人が 2011 年台風 12 号災害時の奈良県十津川村野尻の村営住宅での犠牲者である。現場は深い山間部だが、比較的新しい村営住宅の所在するメッシュで高齢者の比率が低くなっており、そこでたまたま大規模な土砂災害による集中的な被害が生じたものである。「高齢者率低」メッシュ内の犠牲者は、例外的な状況下での遭難例が目立ち、基本的には「豪雨災害の犠牲者は主に高齢者率の高い地域で生じている」という傾向があると言っている。

すなわち、豪雨災害の犠牲者を軽減するために特に注意を向けるべき地域は、「高齢者の人数が多い地域」というよりは、「高齢者の比率が高い地域」であることが示唆される。

3.11. 犠牲者遭難位置の地形分類

国土数値情報の土地分類メッシュを利用して、犠牲者遭難位置の含まれる 3 次メッシュに地形分類情報を付加した。付加された地形分類を「山地・丘陵地」(コード 01~11)、「台地」(コード 12~18)、「低地」(コード 19~26)の 3 種類に集約した。原因外力別に示したのが図 21 である。犠牲者遭難位置は全体では 280 人(58.5%)が「山地」メッシュ内、32 人(6.7%)が「台地」メッシュ内、167 人(34.9%)が「低地」メッシュ内に位置していた。35 人については当該メッシュの地形分類が不明で、集計対象外とした。

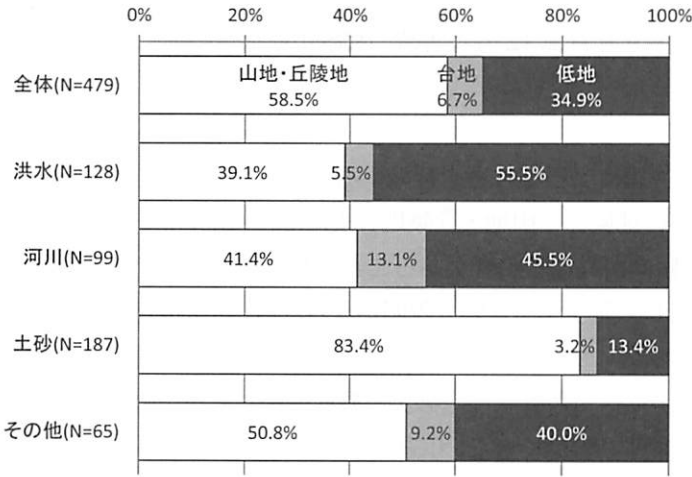


図 21 原因外力と犠牲者位置の 3 次メッシュ地形分類

山地・丘陵地では斜面崩壊、地すべり、土石流などの土砂災害が、低地では河川洪水、内水はん濫などが起こりやすく、台地は災害の危険が比較的小さいことが、地形学の専門家らによって指摘されているが(水谷, 2002), 具体的な被害の量と地形の関係は定量的には示されていない。今回の集計によると、犠牲者遭難位置の地形分類は、「山地・丘陵地」、「低地」がほとんどで、「台地」はごくわずかであった。また、「洪水」、「河川」の犠牲者遭難位置は「低地」が 5 割前後で、「土砂」では「山地・丘陵地」が 8 割超を占めた。すなわち、豪雨災害の犠牲者は、地形的に洪水、土砂災害が生じやすいと定性的に言われている場所で多く生じていることが確認された。

「台地」の犠牲者遭難位置の多くは、山地・丘陵地や低地との境界部付近であり、厳密には台地上で遭難したのではない可能性が高い。「河川」では「台地」の比率がやや目立つ(13人、13.1%)が、このうち8人は2008年7月28日の神戸市都賀川親水公園での犠牲者と、同年8月5日の東京都豊島区雑司が谷の地下マンホール内工事中の作業員犠牲者である。

「洪水」、「河川」では「山地・丘陵地」での犠牲者が4割前後となっている。これらの多くは、山地河川沿いの谷低平野での遭難者である。特に、2012年9月4日の台風12号災害時の和歌山県那智勝浦町井関地区(図22)では、13人が「山地・丘陵地」で、「洪水」により犠牲になっている。このうち10人が「自宅付近」の「屋内」で遭難しており、山地河川洪水タイプの災害が起こりうる場所では、土砂災害と同様に自宅からの早期避難が重要となりそうである。

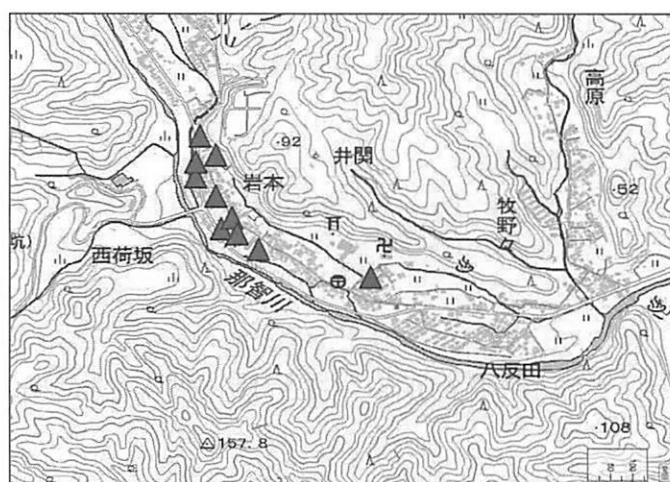


図 22 2011 年 9 月台風 12 号災害時の和歌山県那智勝浦町井関の犠牲者遭難位置(図中▲)

4. おわりに

本研究からは、豪雨災害による犠牲者を軽減する上で特に注意を向けるべき場所としては、「屋外」、「非市街地」、「高齢者率の高い地域」、「山地・丘陵地」または「低地」が挙げられることが定量的に確認された。ただし、外力によって傾向が異なる場合があることにも注意が必要である。災害は、素因のある場所に誘因(豪雨等の hazard)が作用して発生するという説明がなされることがあるが、ここで挙げた場所は「豪雨災害による人的被害に関わる素因のある場所」と理解される。このような場所を、具体的な根拠にもとづいて抽出できたことは意義が大きい。気象警報や土砂災害警戒情報などが市町村単位で発表されることから、「範囲が広すぎる。市内全域に避難勧告はできない」といった反応がよく聞かれる。しかし、豪雨災害による被害は、あらゆる場所で一様に生じているのではなく、発生しやすい場所(素因のある場所)で集中的に発生していることが、今回の検討で定量的に明らかとなった。特に、地形と人的被害の間に明瞭な関係が見られることは注目される。地形分類図は、すでに5万分の1の精度でほぼ全国的に整備されており、地形分類に関する情報はハザードマップの作成をするまでもなく、全国的に容易に把握することが可能になっている。このような情報を、災害時の避難勧告等の判断や、平時の防災計画に活用していくことが期待される。

なお、今回の集計はあくまでも最近11年間(一部の解析は8年間分)に発生した豪雨災害事例のみを対象としたものであり、この間に発生していない形態の災害が存在する可能性がある。今後、さらにデータの蓄積を進めていきたいと考えている。

注

本稿は、牛山・高柳(2010)、牛山・片田(2010)、牛山・横幕(2013)を再構成・加筆し、図表を最新のデータに差し替えたものである。

謝辞

本稿の一部は、環境省環境研究総合推進費(S-8)、科学研究費補助金「客観的根拠に基づく津波防災情報及び豪雨防災情報のあり方に関する研究」(研究代表者・牛山素行)、「接続可能な地域防災教育システムの構築に関する理論的検証と実践的レシピの提案」(研究代表者 矢守克也)、科学技術戦略推進費地域再生人材創出拠点形成事業「災害科学的基礎を持った防災実務者の養成」の研究助成によるものである。

参考文献

- 宮野道雄・村上ひとみ・西村明儒・村上雅英：1995 年兵庫県南部地震による人的被害:その 2 神戸市東灘区における聞き取り調査, 日本建築学会近畿支部研究報告集 計画系, 36, pp.325-328, 1996.
- 村上ひとみ・縄田光雄・瀧本浩一：2000 年鳥取県西部地震の人的被害に関する調査, 日本建築学会中国支部研究報告集, 24, pp.301-304, 2001.
- 呂恒俟・宮野道雄：地震時の人的被害内訳に関するやや詳細な検討, 大阪市立大学生生活科学部紀要, 41, pp.67-80, 1993.
- 宮野道雄・呂恒俟：地震による人的被害と家屋被害の関係に対する震源距離の影響, 自然災害科学, 13, 3, pp.287-296, 1995.
- 国土交通省・気象庁：土砂災害への警戒の呼びかけに関する検討会 第1回(2012年7月25日) 資料2, <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/dosya/24part1/24-1-shiryo2.pdf>, 2013年2月10日参照, 2012.
- 水俣市：平成15年水俣土石流災害記録誌, 熊本県水俣市, 130p, 2008.
- 国土交通省・気象庁：土砂災害への警戒の呼びかけに関する検討会 第3回(2013年1月16日) 議事概要, <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/dosya/24part3/24-3-gijigaiyou.pdf>, 2013年2月10日参照, 2013.
- 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・國分和香那：平成18年7月豪雨による人的被害の分類, 水工学論文集, No.51, pp.565-570, 2007.
- 牛山素行：2006年10月6日から9日に北日本で発生した豪雨災害時に見られた行方不明者覚知の遅れ, 自然災害科学, Vol.26, No.3, pp.279-289, 2007.
- 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.
- 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.
- 牛山素行・高柳夕芳・横幕早季：年齢別にみた近年の豪雨災害による犠牲者の特徴, 自然災害科学, Vol.30, No.3, pp.349-357, 2011.
- 牛山素行・横幕早季：発生場所別に見た近年の豪雨災害による犠牲者の特徴, 災害情報, No.11, pp.81-89, 2013.
- 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.
- 谷謙二：Google Maps APIを使ったジオコーディングと地図化, <http://sv53.wadax.ne.jp/~ktgis-net/gcode/index.php>, 2012年9月25日参照.
- 水谷武司：自然災害と防災の科学, 東京大学出版会, 2002.