

様々な降雨特性による崩壊発生と避難

Mountain Slope Failures Appeared during Various Kinds of Rainfall Pattern and Evacuation in order to Save Life

沖 村 孝

Takashi Okimura

1. はじめに

2020 年の「国土交通白書」¹⁾は、気象庁が 2017 年 3 月に公表した「地球環境化予測情報第 9 巻」の予測情報を示した。それによると将来 (2076 年～2095 年) の平均気温は、20 世紀末 (1980 年～1999 年) と比べて全国平均で 4.5℃上昇すると予測していることを紹介した。地域別では南の「沖縄・奄美」3.3℃に比して、北の「北日本日本海側」が 4.8℃上昇し、北ほど温暖化の影響が大きくなる。この温暖化による降雨量の変化についても、全国平均で 32.8 mm 増加するが、ほとんどの地域で「将来変化量」が、現在の気候の年々変動の幅より大きくなり、現在ではほとんど観測されないような年最大降水量が例年のように出現する可能性がある結果を示している。これにより、日降水量 200 mm 以上の年間日数や、1 時間降水量 50 mm 以上の年間出現回数についても、全国平均で 2 倍以上となるなど、大雨や短時間強雨が全国的に増加することも示した。

筆者はかつて近年の降雨形態が、30～50 年前に比して変化しているのではないかとのもとに、六甲山系における 1938 年や 1967 年豪雨災害時の降雨形態と近年、特に 2010 年以降で土砂災害を発生させた降雨形態の比較を試みた^{2),3)}ので、その結果を紹介するとともに、時間雨量 70 mm 以上の強雨や、それ以下の降雨が長時間降雨が継続することにより発生する土砂災害の特徴に関して考察を行ったので、その結果について報告する。

2. 2010 年～2017 年までの降雨の特徴^{2),3)}

2. 1 70 mm/h 以上の強雨による災害事例

(1) 2010 年奄美大島豪雨

2010 年 10 月 18 日から 21 日にかけての豪雨であったが、そのほとんどは 20 日の 11 時から 16 時ころに集中していた。10 月の名瀬市の月降水量の平年値は 238.7 mm であったが、19 日から 20 日の 2 日間で平年値の 3.2 倍に相当する約 760 mm を観測した。この豪雨により、土石流 20 か所、地すべり 4 か所、がけ崩れが 32 か所発生した⁴⁾。名瀬から南西へ約 10 km 離れた「住用村観測所」(鹿児島県雨量計)での観測値と「名瀬」観測所の降水記録を図-1、図-2 に示す。住用地区では、20 日の 12 時に 130 mm、13 時に 131 mm という大きな時間降水量を観測したが、これらは時間的に集中して出現し、70 mm/時以上からもう一度 70 mm/時が現れるまでは 5 時間の継続時間であったが、その前後は少ない降水量であった。この降水の特徴は、①70 mm 以上という大きな降雨強度が、②5 時間の継続時間という短時間に出現したこと、さらに図-2 は月用地区から約 10 km 離れた「名瀬」での観測結果であるが、大きな降雨強度では出現しておらず、住用での降雨の特徴は③局所的であったということが出来る。これらの特徴は、強度的にも、継続時間的にも、さらには空間的分布から見ても、従来はあまり観測されず、「非常に激しい雨」以上の降雨強度であり、近年の温暖化に由来する特徴であったといえる。

(2) 2012 年の九州北部豪雨

奄美大島で得られた特徴は、熊本県阿蘇地方の外輪山を襲った 2012 年九州北部豪雨にも表れていた。この豪雨の 7 月 12 日早朝の「乙姫」での降雨記録は、図-3 に示すように①70 mm 以上の強雨が、②4 時間という短時間に集中していることが分かる。この

豪雨により、阿蘇山外輪山の北～東側の急斜面に土石流が出現し、火山の降下堆積物を広範囲に流下・浸食した⁵⁾。

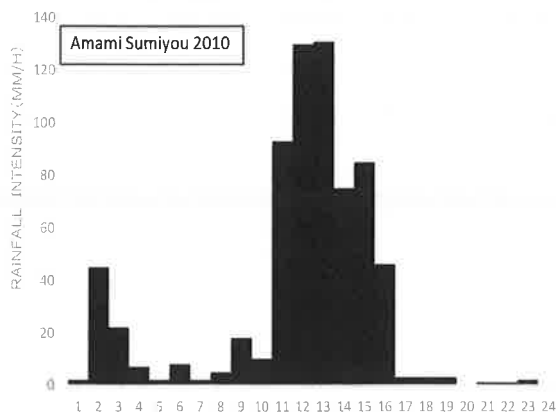


図-1 2010年10月20日奄美大島住用の降雨記録

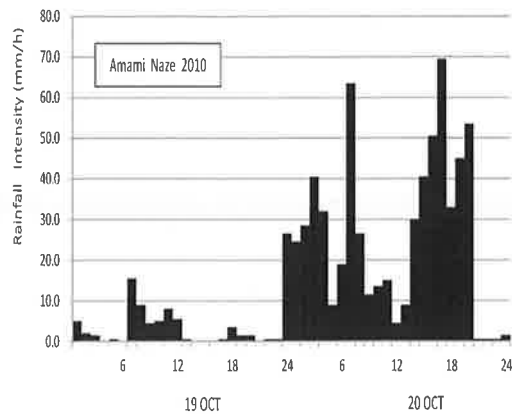


図-2 2010年奄美大島「名瀬」の降雨記録

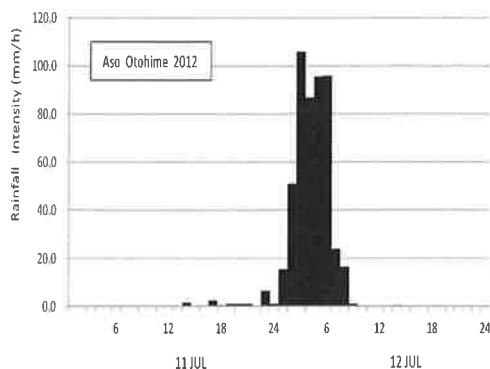


図-3 2012年北九州豪雨の阿蘇「乙姫」降雨記録

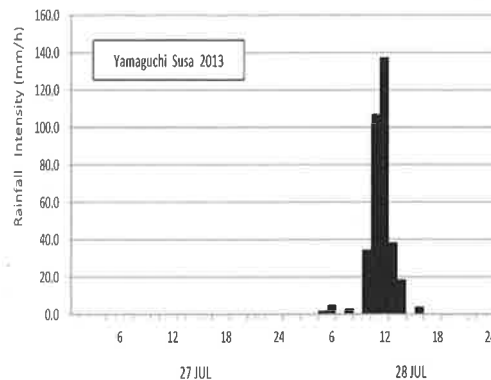


図-4 2013年山口・島根豪雨の「須佐」の降雨記録

(3) 2013年山口・島根豪雨

2013年は、7月に山口・島根豪雨があり、山口県では100 mm/時以上の降水、島根県等の県境では300 mm/日以上の降水があり、記録的大雨に関する警戒情報が発令された。この降雨により JR 西日本では山陰本線や山口線で土石流による大きな被害が発生した⁶⁾。図-4は「須佐」における観測結果であるが、①70 mm以上の強雨が、②時間という短時間に集中していることが分かる。

この年は、8月にも秋田・岩手豪雨が発生し、鹿角では総降水量400 mm以上、最大時間雨量108.5 mmを記録し、仙北市では土石流が発生し6名の死亡が報告されている⁷⁾。なお、この年の8月30日には、特別警報の運用が開始され、9月16日には台風18号による大雨特別警報が京都府、滋賀県、福井県に初めて発令されるなど、大雨に対する関心が高まっていた。同年10月には台風23号により伊豆大島で122.5 mm/h、335 mm/3hrs、824 mm/24hrs といういずれも観測史上最大値を記録した。しかし、伊豆大島では観測所数が少なく、特別警報の発令基準を満たさなかったため、特別警報の発令は見送られた。2020年はこのしくみが改訂され狭い地域でも特別警報が発令されるようになり、2020年10月の台風10号で初めて三宅島や八丈島に警報が発令された。図-5は「大島」で観測された降雨記録である。70 mm/時が5時間継続したため、各所で土石流が発生し、土石流による流木が下流の橋梁で閉塞したため、掘り込み型水路で水位が上昇し、越流による災害も一部で発生した。

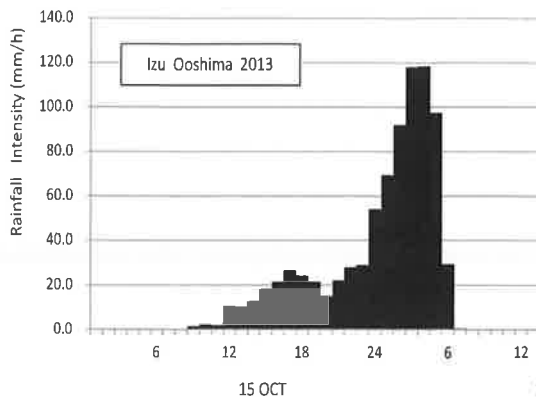


図-5 2014年伊豆大島豪雨「大島」の降雨記録

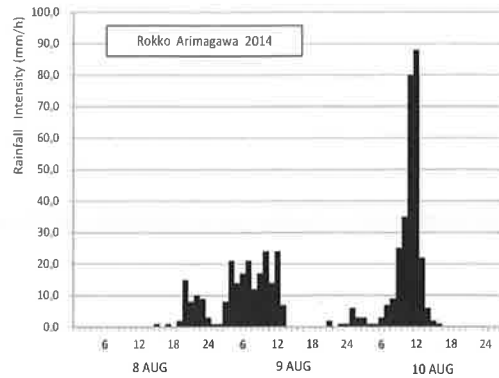


図-6 2014年8月豪雨北六甲の降雨記録

(4) 2014年の豪雨による土砂災害

2014年も日本各地で土石流による災害が発生した。7月9日には長野県南木曾での土石流災害が発生、同日、山形、福島、新潟でも台風が梅雨前線を刺激して各地で日降水量や時間降水量の最大値を更新した。時間雨量は50mmを超えるものであったが、普段から降雨の少ない地域のため、各地で斜面崩壊や土石流による災害に加えて、山形県南陽市では洪水も発生した⁸⁾。

この降雨から約1ヶ月後、8月10日北六甲を襲った台風11号による豪雨、8月17日丹波豪雨、8月20日広島豪雨による災害が連続して発生し、これらの豪雨は総称して「平成26年8月豪雨」を名付けられた。

最初の台風11号による災害は、北六甲を中心に山腹崩壊や土石流が約270か所⁹⁾発生した。うち1,000m²以上の崩壊面積を有する崩壊は42か所に達した。芦有道路では頂部斜面より発生した土石流が道路本体を破壊し、さらに下流側に流下したが、下流側であらかじめ建設されていた砂防ダムにより土砂の流下が抑止され、大きな災害を未然に防ぐことができた。この時、近傍で観測されていた降雨記録(国土交通省所管)を図-6に示す。最大時間雨量は88mm、70mm/時以上の強雨は2時間連続し、強雨の特徴の①と②が確認できる。近傍での観測記録としては、神戸空港の記録があったが、ここで観測された降雨強度は70ミリ以下で、かつ継続時間も短く、特徴の③に関しては、北六甲に集中した局所的な降雨であったことが推測される。

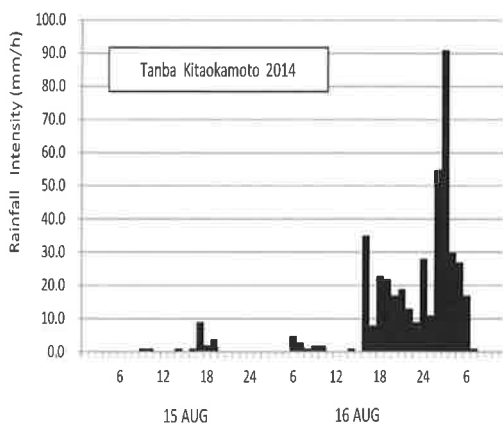


図-7 2014年月豪雨丹波市北岡本地区

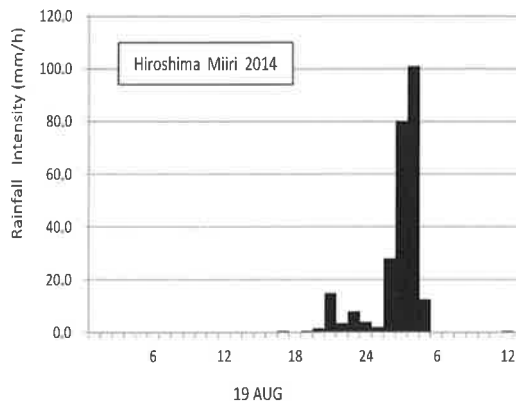


図-8 30148月豪雨広島県「三入」の観測記録

この降雨から1週間後の8月16日から17日の早朝にかけて丹波市市島町前山地区に豪雨があり、土石流型の崩壊が多発した。崩壊地近傍の北岡本(国土交通省所管)での観測記録⁹⁾を図-7に示す。最大時間雨量は91mmであったが、ピークでは70mm/時以上はこの1時間のみであった。このため、強雨の特徴である70mm/時が②の数時間継続するという特徴は満たさなかったが、①の特徴は満たしていた。当該地区の北側には「福知山」の観測所があったが、そこでは最大降雨強度は62mmであり、強雨の条件では

なく、前山地区は③の特徴である空間的に限られた場所での強雨であった。この前山地区では背山で発生した土石流により 18 棟の家屋の全壊に見舞われた¹⁰⁾。

この災害から 3 日後、広島市阿佐南区に、線状降水帯と呼ばれる豪雨が降り、同地区背山の複数の溪流で土石流が発生し、一つの行政都市では最大の被災者と言われた 74 人（現在では 77¹¹⁾ 人と言われている）の死者が発生した。この時の「三入」で観測された降雨記録を図-8 に示す。降雨強度 70 mm 以上が 2 時間継続、最大降雨強度は 101 mm であり、強雨の①、②の条件を満足している。降雨が上述したように線状降水帯を形成していたことから、局所的であったことが推察される。土石流が堆積した場所は、沖積錐と呼ばれる地形で、過去の崩壊土砂が堆積し、コーン状となった場所であった。ここでは大規模な宅地造成は行われず、地形に沿った「山なり造成」と呼ばれる宅地が造成された。標高が高いため眺望が良いため次々に宅地造成され、結果的には公共施設である道路や河川の計画が遅れ、河川や道路は、幅が狭く、急な勾配となったため、土石流が宅地を襲ったものと思われる。防災・減災に配慮した河川・道路計画の事前の立案が望まれる。

(5) 2015 年から 2016 年の土砂災害発生状況

2015 年は、9 月に東北地方に豪雨があったが 70 ミリ/時を超える強雨は 2 か所のみであり、全体的に総降雨量が多く、茨城、栃木、宮城県で河川の氾濫災害が多発したが、顕著な土砂災害がなかった。2016 年は気象庁が 1951 年に統計を開始して初めて東北地方の太平洋側に台風が上陸したが、降雨強度は北海道胆振地方の 70 mm が最大¹²⁾ であり、大きな土砂災害はなかった。

(6) 2017 年 7 月九州北部豪雨

翌 2017 年は、「平成 29 年 7 月九州北部豪雨」や 1991 年以降、初めての超大型台風 21 号が静岡に上陸するなどの災害があり、土砂災害は九州北部豪雨関連で 307 件、台風 21 号関連で 694 件発生するなど、合計で 1,514 件も発生し、過去 10 年間で最も多くの土砂災害が発生した年となった¹³⁾。「平成 29 年 7 月九州北部豪雨」により、流木の流下による、堆積で大きな被害を出した、福岡県「朝倉」における観測結果を図-9 に示す。降雨強度 70 mm 以上は 2 回出現しており継続時間は 4 時間であった。最大降雨強度は 106 mm であった。隣接する大分県「日田」の観測記録と比較すると、「日田」では 3~4 時間遅れてピークが出現し、最大降雨強度も 74.5 mm と小さく、空間的にも朝倉と日田周辺の限られた場所での降雨があったと推察される。土砂災害としては、土石流は少なく、崩壊した土砂が立木を倒壊させ、流木が生じることによって、広域にわたる氾濫災害になったことが特徴と思われる。

この 2017 年の以降は強雨の出現は本年（2020 年）まで少なくなり、2018 年から現在（2020 年）まで強雨はなく、弱雨の長雨による洪水・氾濫災害や台風による被害が顕著になってきたように思われる。

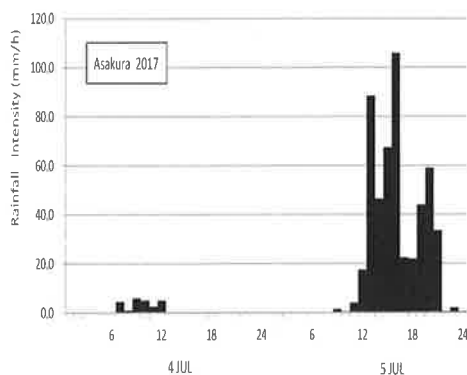


図-9 2017 年九州北部豪雨「朝倉」の観測記録

このような降雨強度が 70 mm/時以上と大きい場合の土砂災害の発生・形態の特徴は以下ようになる。

1) 避難のための余裕時間が短くなる。

過去の豪雨では、最大降雨強度出現後 2~3 時間で崩壊が頻発していたが、強雨の場合は大きな降雨強度が出現中、もしくは直後に崩壊し、土石流化することが多いため、避難の余裕時間が短くなる。

2) 危険度判定では従来の経験値が使えなくなることが多い。

このため国道における総降雨量による規制や砂防分野で使われている C L の再検討が今後必要になる。

- 3) 谷型地形以外の直線型斜面でも崩壊が多発することが多くなる。

従来は谷型地形に崩壊が多発していたが、直線型（平面）斜面にも崩壊が発生している。この場合の崩壊源は、地形断断面の遷急点の近くで発生していることが多い。このため、崩土が多量の降雨により急斜面を流下するため、土石流になりやすい。

- 4) 強雨による流量の増大のため小渓流の不安定土砂が洗掘され、土石流となる。

上述した現象位以外にも、小渓流に間伐材や倒木が放置されている場合には、これにより小渓流がせき止められ、これが一気に流下することにより、河床の土砂も洗掘され土石流となりやすい。

2. 2 70 mm/h以下の弱雨による災害事例

(1) 神戸の六甲山では、1938年と1967年の豪雨により、数多くの表層崩壊が発生した。神戸海洋気象台で観測されたこれらの豪雨記録を図-10、図-11に示す。最大降雨強度は、1938年では47.6 mm/時、1967年では69.4 mm/時であり、本稿で設定した強雨基準の70 mm/時以下であった。1938年の豪雨では、表層崩壊が多発し、崩壊した土砂が渓流を流下し、市街地に流出した。これにより、市街地は多くの土砂に埋められた。当時は、植生が貧弱であったこと、砂防ダムが本格的に建設されていなかったこと、市街地を流下する河川の暗渠化が進行したことが被災を大きくした。1967年の豪雨時には、1938年災害を教訓として植林が進められたこと、直轄による砂防ダムが建設されていたこと、暗渠の河川は開渠化が進められえいたこともあり、市街地への土砂流出は減少した。この時の豪雨は、深夜で稲妻が練り響き、大粒の雨滴で降雨があったことが印象的であった。翌日には、六甲山腹は爪で引っ掻いたような崩壊跡が多数あった。土石流的な痕跡は、ゴルフ場から崩壊した市が原の崩壊が印象的に残っているに過ぎず、ほとんど表層崩壊であった。

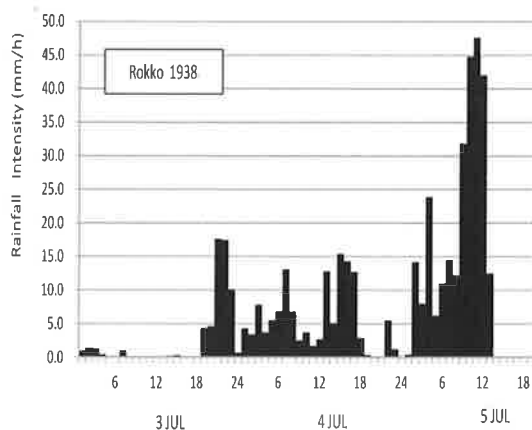


図-10 1938年昭和13年豪雨 神戸「神戸気象台」

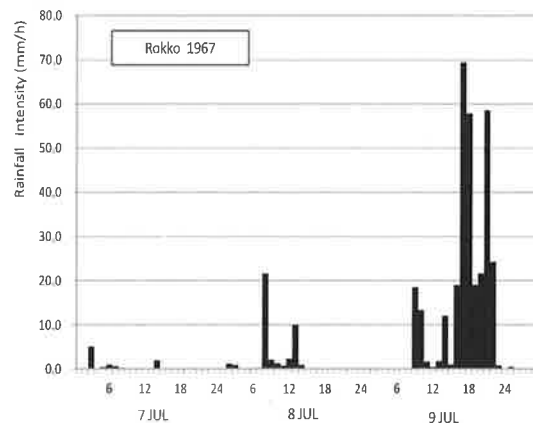


図-11 1967年昭和42年豪雨 神戸「海洋気象台」

(2) 2018年は7月5日から8日まで降り続き、広島、愛媛、岡山県で大きな災害を引き起こした「平成30年7月豪雨」が出現した。この豪雨による被害は、死者254名、行方不明10名、家屋の全壊14,050棟、浸水34,200棟¹⁰⁾にも達した。この豪雨により発生した土砂災害件数は、前年を大きく上回り3,459件にも達した¹⁵⁾。この豪雨による被災形態は、上述してきた強雨による土砂崩壊による被災形態に加えて、長雨が各地で継続したため、表層崩壊や洪水氾濫など、今までとは大きく異なるものとなった。

この豪雨は、7月5日頃、北日本に停滞していた梅雨前線が、西日本まで南下し停滞した。一方、6月29日に発生した台風7号が東シナ海を北上したが、7月4日には、対馬海峡付近で温帯性低気圧に変わった。この停滞前線と温帯性低気圧により、湿った空気が南から供給され続けたため、西日本を中心に広い範囲で記録的な大雨となった¹⁶⁾。この結果、6月28日から7月8日までの総降雨量は、四国地方で1,800 mm、東海地方で1,200 mmを超えた。さらに、九州、四国、中国、近畿、東海、北海道地方の多くの観測地点で、24、48、72時間降水量の値が史上1位となる記録的な豪雨となった¹⁶⁾。

わが国では、地上の降雨観測地点としてアメダス観測地点が約1,300地点以上あるが、この豪雨では観測地点の約10%を超える139地点で、72時間降水量の記録を更新する広域の長雨で、前節までに述べた強雨とは全く異なる降雨形態であった。この時の降

雨記録として、図-12に「神戸」、図-13に「広島」、図-14に「呉」の結果を示す。いずれも時間雨量70mmを超える記録はなく、降雨継続時間が長いことが特徴的である。しかし、顕著な災害のあった「広島」「呉」では総降雨量は450mm程度であり、これに対して顕著な災害がなかった「神戸」とは大差がないことがわかる。あえて違いがあるとすれば「神戸」が最大時間雨量は25.0mm程度であったのに対して、「広島」では44.0mm、「呉」では51.5mmで、土砂災害があった広島や呉は大きかったことがわかる。これらの地域の土砂災害の現地踏査の結果については、前号で報告済¹⁷⁾であるためここでは省略する。しかし、長雨であったため洪水災害も発生し、倉敷では多くの床上、床下浸水に見舞われる災害が発生している。

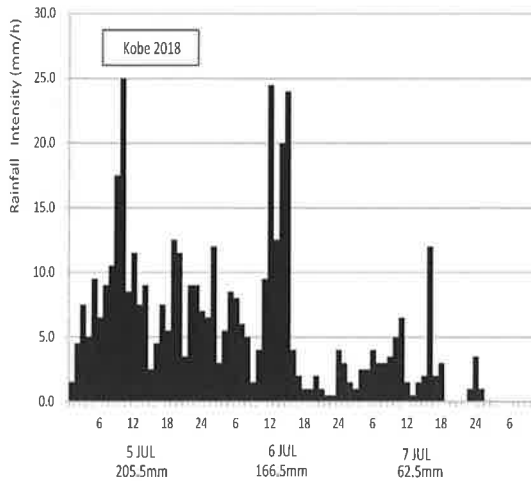


図-12 平成30年7月豪雨時の「神戸」の観測記録

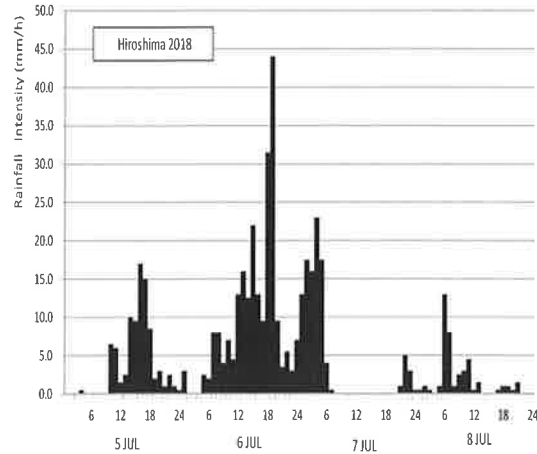


図-13 平成30年7月豪雨時の「広島」の観測記録

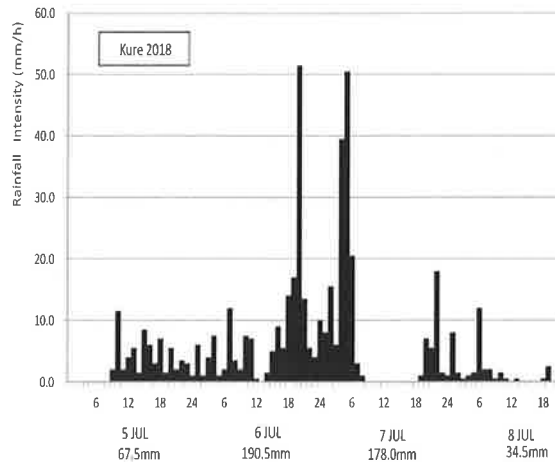


図-14 平成30年7月豪雨時の「呉」の観測記録

(3) 2019年の大きな土砂災害は、10月12日「令和元年台風19号」が信越・東北地方を襲ったことである。千曲川や阿武隈川での堤防決壊による洪水により、死者99名、行方不明3名、建物の全壊3,280棟、半壊29,638棟¹⁸⁾であったが、顕著な崩壊による土砂災害は、筆者は現状では知らない。

(4) 今年、2020年は様々な気象異常の年として記録に残る年となった。一つ目の異常気象は梅雨明けが7月31日までずれ込んだことあり、その間、毎日、降雨を観測した気象観測所が全国で10地点もあった。一方、各地で大雨があり、上旬には10の県で、大雨特別警報が発令された。一方、台風の発生はゼロであった。二つ目の異常気象は、梅雨が明けた8月は連日、35℃が続く酷暑が月末まで続いたこと、三つめの異常気象は、9月に入るや否や台風9号と10号が連続して日本を襲い、気象庁から災害防止のために事前に特別警報が発令される(制度ができて2例目)など緊急した事態が続いたが、大きな災害とならずに済んだことが印象

的であった。

最も遅い梅雨明けを記録した7月は月初めから梅雨の豪雨が続いた。「7月1日から10日までの総降水量が過去38年間で最多となる208,308mmとなり、50mm/時の出現回数は82回となり、過去最多を記録した。この原因は、インド洋付近の海面水温の上昇があり、そこで発生した上昇気流により、対流活動が強くなった。この上昇気流は、フィリピン近海で降下したが、この近海では通常では太平洋高気圧の上昇気流が活発化する地域であったため、両者が打ち消しあって対流活動が弱まった。このため、太平洋高気圧は南西側に張り出して、北上せず梅雨前線が西日本の南岸に停滞することになり、インド洋からの大量の水蒸気が梅雨前線に沿って、2018年の西日本豪雨の3倍以上も流れ込んだ。また強風により積乱雲が次々に発生し、線状降水帯を形成し、7月3日から4日にかけての24時間降水量は400mm以上となる大量の降雨となった」といわれている¹⁹⁾。

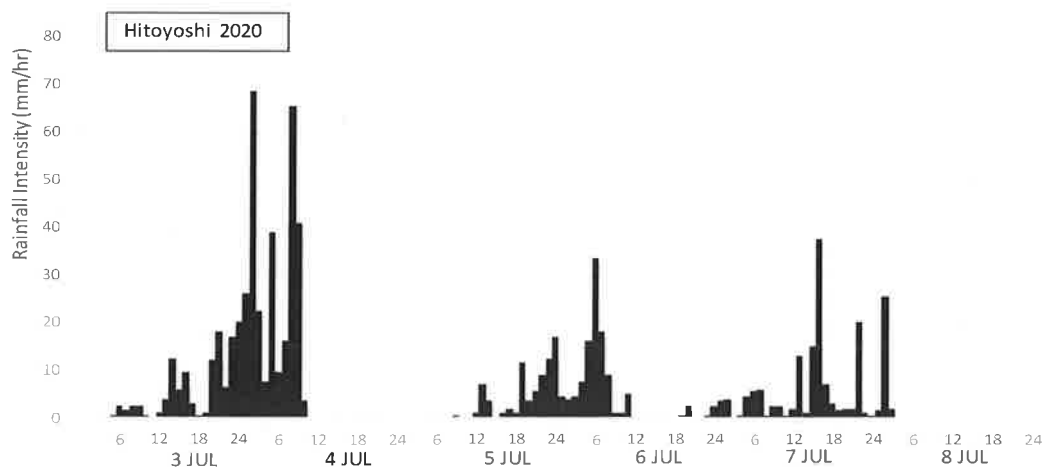


図-15 令和2年7月豪雨「人吉」での観測記録

図-15は熊本県「人吉」における観測記録である。7月3日6:00から7月8日3:00までの総降雨量は755.9mmとなった。この量は、人吉における年間平均降水量の31.6%に相当した。図-15より明らかなように、この豪雨は三波にわたって降っており、第1波で420mm、第2波で185mm、第3波では149mmであり、全体としては前方集中型であった。この間の最大降雨強度は68.6mmであった。このため後述する本稿の定義によれば、今回の降雨は「長雨」に分類される。これらの影響のため大きな土砂災害の発生は免れたが、球磨川流域では洪水災害が発生した。人吉市に隣接する球磨村では球磨川と支流の小川の合流点に建設された特別養護老人ホームでは球磨川からのバックウオーターの影響もあってか、7月4日の0:00で水位3.16m、3:00で8.33m、7:00には12.55mと急激な水位上昇に見舞われ²⁰⁾、14人が死亡する災害が発生した。上流の人吉市でも20人の死亡が確認されている。筑後川でも大牟田市などで内水氾濫水被害が発生し、2人の死亡が発生した。令和2年7月豪雨による被害は、1か月後では、死者82人、行方不明4人、住宅の全半壊851棟にも達する大きな被害となった²⁰⁾。この豪雨による影響も含めて、7月の日照時間は戦後最短となる異常気象であった。

3. 本格的降雨の定義と土砂災害形態の違い

3.1 「強雨」と「長雨」：降雨型の違い

前節までは降雨形態の特徴として、降雨強度に着目し、特に70mm/時以上を「強雨」、それ以下で、かつ30mm/時以上の降雨を「長雨」（本来は強雨に対しては、弱雨の名称となるが、30mm/時以上で、70mm/時未満の降雨強度には、強雨に準じる50mm/時の降雨も含まれるため、ここでは強雨の一つの特徴である短時間継続に対する意味から、ここでは「長雨」と称することにした）に二分した²¹⁾、²²⁾。

前節で紹介した結果より、70mm/時以上の「強雨」は2010年から2017年までの近年に頻繁に出現していることが明らかになっ

た。これに対して、神戸での六甲山系の昭和13年災害と昭和42年災害、および初めて経験する深層崩壊が発生した2011年の紀伊半島豪雨では70mm/時を超える記録がないため、これらは長雨に分類した。2011年の深層崩壊が発生した紀伊半島豪雨を特殊事例として除外すると、長雨型は今から30年～50年間に出現した事例と、2018年以降の降雨も70mm/時以下の降雨であったため、これらも「長雨型」に区分した。「強雨型」の降雨の出現は、従来ではあまり報告されてこなかったが、近年、「強雨」が頻発するのは「1. はじめに」で述べたように、地球温暖化に由来して、海面から蒸発した水分が、熱帯地方のようにスコール型で降ってきたことが推定された。

3. 2 「本格的降雨」の提案

以上は、降雨を降雨強度により強雨と長雨に分けて、その出現傾向を概観したものであるが、地上では、これらの降雨型によって発生する土砂災害形態も異なってくる。特に、次節以降で論じる「緊急時の避難」は、土石流型と表層崩壊型によって、避難行動は大きく異なってくるのが考えられる。このため強雨と長雨を土砂災害形態の視点から再整理した。降雨の形態には、強弱とそれぞれの継続時間によって、様々なハイトグラフとなり、それによって降り始めの前期に降雨が集中する型や、逆に終わりのころに降雨が集中する型や、中休みがある型など様々な降り方がある。土砂災害の場合は、降雨強度の大きさと継続時間が大きな役割を果たす。このため、本報では「本格的降雨」を新たに定義した。本格的降雨の定義として、70mm/時もしくは30mm/時が最初に出現した時刻から、最後に出現した時刻までに着目し、この間に降った降雨を、図-16に示すように、「本格的降雨」と呼ぶことにした。この間の継続時間を「本格的降雨の継続時間（以降、継続時間と称する）」、その間の累加降雨量を「本格的降雨の総降水量（以降、総降水量と称する）」、その間の最も大きな時間雨量（強度）を「本格的降雨の最大時間雨量（以降、最大時間雨量と称する）」、その間の平均降雨強度を「本格的降雨の平均時間雨量（以降、平均時間雨量と称する）」と定義し、それぞれの値を求めた。この結果を表-1に示す。さらに、この表にはこれらの降雨により出現した土砂災害形態の列をも追加した。この考え方は、参考文献21)で提案した。

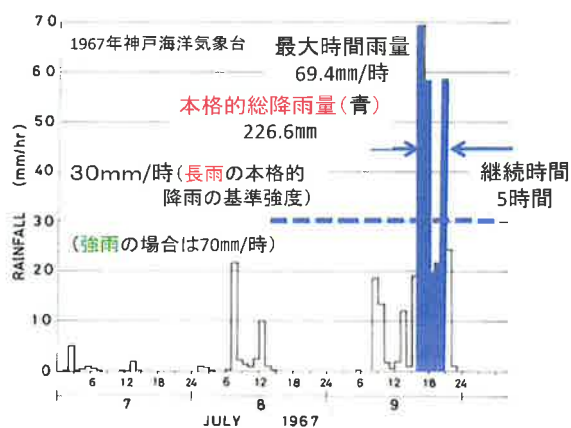


図-16 本格的降雨の定義²¹⁾

この表-1には、2013年の山口（須佐）のデータは、鉄道雨量記録から気象台「須佐」の記録へ変更した。また、「丹波（北岡本）」を削除した。この事例は継続時間が1時間であり、複数の境界値で定できなかったためである。また表-1には新たに2020年のデータを追加した。

表-1では、新たに降雨タイプとして、長雨型を二つに分けて短時間長雨（本格的降雨の継続時間が5時間未満の短時間型）と、長時間長雨型（本格的降雨の継続時間が5時間以上の長時間型）に分類した。また、前報²⁰⁾と同様に、50年以上前と近年の豪雨の平均値を求め、近年の強雨型の平均と直近3年間の長時間長雨型との比較の資料（カッコ内）とした。直近3年は現在も進行中であるため、平均の扱いはせず、それぞれの年で比較し、カッコで示した。

表-1より強雨型の土砂災害形態は土石流型が多くなっていることがわかる。一方、直近3年の「長時間長雨型」では、強雨型とは異なり、継続時間と総降水量が大きくなっている。50年前の短時間長雨型とも異なり、氾濫や土砂流出による災害形態が頻発し広域災害が顕著になっている背景も明らかになった。このように、降雨形態からあらかじめ発生するであろう土砂災害形態を予

測することは、各降雨型に特有のリスクが事前に認知でき、次段階でとるべき避難行動をより効果的に行うことができるものと思われる。

表-1 50年以上前及び近年の土砂災害を発生させた本格的豪雨

	降雨タイプ	発生年	観測場所	継続時間 (時間)	総降雨量 (ミリ)	最大時間雨量 (ミリ/時)	平均時間雨量 (ミリ/時)	土砂災害形態
50年 以上前	短時間長雨 (30ミリ/時以上)	1938	神戸(海洋気象台)	4	166.2	47.6	41.6	表土層崩壊
		1967	神戸(海洋気象台)	5	226.6	69.4	45.3	表土層崩壊
			平均	4.5 (1.0)	196.4 (1.0)	58.5 (1.0)	43.4 (1.0)	
近年	強雨 (70ミリ/時以上)	2010	奄美大島(住用*)	5	514	131	102.8	表層崩壊・土砂流出
		2012	阿蘇(乙姫)	4	384.5	106	96.1	土石流
		2013	山口(須佐)	2	244.5	137.5	122.3	土石流
		2013	伊豆大島(大島)	4	426	118.5	106.5	土石流
		2014	神戸(有馬川*)	2	168	88	84	土石流
		2014	広島(三入)	2	181	101	90.5	土石流
		2017	福岡(朝倉)	4	308.5	106	77.1	表土層崩壊・土砂流出
		平均	3.3 (0.7)	318.1 (1.6)	112.6 (1.9)	97.0 (2.2)		
	長時間長雨 (30ミリ/時以上)	2018	広島(呉)	10 (2.2)	204.0 (1.0)	51.5 (0.9)	20.4 (0.5)	表土層崩壊
		2019	宮城(筆甫)	8 (1.8)	431.0 (2.2)	74.5 (1.3)	53.9 (1.0)	表土層崩壊・氾濫・ 土砂流出
2020		熊本(人吉)	8 (1.8)	269.5 (1.3)	68.5 (1.2)	33.7 (0.8)	氾濫・土砂流出 表土層崩壊	

注) ()は50年前の事例を1.0とした場合の比率で1.0以上は増大している。 *は現地近傍での観測雨量

3. 3 本格的降雨型と土砂災害形態の違い

地球温暖化の影響を受けて、近年は、上述したように雨の降り方が一様ではなく、「強雨」の場合や「長雨」の場合がある。特に強雨の場合は、上述したように土石流現象が発生しやすいため、降雨中の避難は困難で、早めの避難が必要になる。しかし、避難が遅れた場合には、土石流の流路となる小溪流や溪流から離れた場所に避難すること、溪流が湾曲していたり、橋梁が建設されている場所は水位が高くなりやすいので、できる限り高い場所を自分たちの一時的な避難場所としてきめておくことが考えられる。土石流ではなく短時間型長雨で発生するがけ崩れ(表層崩壊)の場合は、崩壊土砂が直下で堆積することが多いため、30度以上の急崖からとにかく離れることが大切である。もし避難が遅れた場合は、家の二階のがけとは反対側の部屋に避難することも一案であろう。これは表層崩壊の規模が小さい場合には有効であるが、土量が多くなると避難する崖からの距離を長くとも必要で、自分が住んでいる地域の状況を把握しておく必要がある。一方、長時間型長雨の場合は洪水氾濫や土砂流出災害となりやすい。河川の場合は各河川に量水標が設置されており、危険度のひっ迫状況は住民でも判断でき、避難の準備や避難行動に要する時間は、地下水位が見えない土砂災害の場合に比して余裕があると思われるが、河川が合流している場合には、合流点で流量が急増したり、大きな河川の水が小さな河川へ逆流(バックウォーター)するため、2020年の人吉市における老人ホームの災害事例のように氾濫後の水位が急増して避難が遅れる場合もあることに留意しておく必要がある。河川の湾曲に由来する地形では、攻撃斜面では水位が急増するため、その対策が取られていることが多いが、その対岸側では流速は小さくなるため細粒物質が堆積する。この堆積域が本来は氾濫域であるにもかかわらず、平坦面が大きいいためこの土地利用として要援護者施設が建築される場合も多いことに注意を払う必要がある。

4. 緊急時の避難：リスクの認知と避難行動

4. 1 リスク認知の必要性

近年、住民が早めの避難行動に移行するため、様々な危険情報が国や地方自治体から発信されているにもかかわらず、避難する住民が少ないことが、問題となっている。例えば、2018年7月西日本豪雨の場合、避難勧告の対象となった人は約860万人と言われているが、実際に避難所に避難した人は約4万人、率にして0.5%であったことが新聞で報じられた²⁹⁾。

住民がリスクを認知する場合には、行政から発信される「避難準備情報」（警戒レベル3）、「避難勧告」や「避難指示（緊急）」（警戒レベル4）があるが、これは令和元年に改正されたものであり、従来の避難勧告と避難指示が一つにまとめられた。このため、住民の間ではまだなじみが薄いように思われるが、勧告と指示を一つにまとめることによって、より早い避難へのリスク認知の向上を期待したものと考えられる。

行政からの危険情報を受領してリスクを認知するのではなく、住民が自主的に危険な場所や危険な情報を判断することも大切である。危険な場所に関しては、○日常時に住民が住んでいる場所の土砂災害警戒区域や特別警戒区域を把握しておくこと、○危険個所の普段からのパトロールを実施すること、○指定避難所のみならず住民が近くの場所で災害に襲われない安全空間を把握し、そこへの順路を把握しておくこと、○これらの成果を私たちが創る安全マップとしてまとめること、○このマップをもとに、避難訓練や情報伝達訓練を行うこと、等が考えられる。住民はこれらの活動を通して近所の絆を構築することなどを日常時に行っていくことが大切になる。この際、近所の援護を必要とする養護施設が等あれば、日常時に、訓練を通して積極的に交流活動を行うことが緊急時の避難行動を円滑に行うためには大切になると思われる。住民はこれらの日常時の活動を通して身の回りのリスクを認知することがまず大切になると思われる。

これらの活動があれば緊急時には直ちに避難行動にこうできるはずであるが、現実には、なかなか住民は避難行動には移行しない。住民がなかなか避難への行動に移行しない理由としては、・避難への危険情報があまり信用されていないこと、・過去の経験から脅威がまだ感じられていないこと、・予想される被害規模が過小評価されていること、・避難が実効的と考えられていないこと、・避難の実行に障害があること、・避難に要する労力が大きいことなどが考えられている。しかし、これらは言い訳であり、リスク認知が直ちに避難行動に結び付くような仕組みや訓練が必要である。

4. 2 避難訓練の必要性

自然災害に対する対応を考えるとき、「災害文化」という用語がよく使われる。1988年発行の「自然災害科学事典」によれば、「自然災害への対応は、住民の個人的意識で説明するよりも、その地域が持つ一種の「文化」としてみるべきだ」という理由により災害文化という用語が発達してきたと解釈している。ここでいう「文化」とは定着化した思考様式、行動様式を意味しており、「災害文化」とはその地域の自然災害への対応でみられる思考様式、行動様式を言う²³⁾としている。

一方、2002年の「防災事典」によれば、災害文化とは「災害常襲地のコミュニティに見いだされる文化的な防災策と定義され、災害の抑止や前兆現象の発見、災害発生後の対応において人々がとるべき対応を指示する²⁴⁾」。

一方、筆者が若いころに雑誌で読んだ論文では、災害文化はアメリカで提案された概念で、災害文化とは、英文で“disaster sub-culture”と呼ばれ、この概念は“expressive disaster sub-culture”と“instrumental disaster sub-culture”より成り立っていると理解していた。これらの解釈を含めて上述した定義と共通する概念は、自然災害を未然に防止したり、災害を少なくする考え方には思考的な手法と行動的な手法の二つが必要であると考えられるということであろう。災害とは全く分野が異なる「心理学」においても、意思決定には「二重過程理論」と呼ばれる理論が提案されているようで、意思決定をするための二重とは経験的システムと、分析的システムが必要であると講演で聞いたことがあるが、まさに災害時における防災や減災のための避難行動に移行するための手法と一致しているといえよう。

この考えからすると、上述してきたリスク認知は、思考様式から得られる知識であり、防災や減災を達成するためには、もうひとつの行動様式と呼ばれる経験が必要となる。これがまさに、避難訓練から得られる防災、減災の体験が、避難行動には必要になることを意味している。ということは、我々はリスク認知の知識のみでは避難行動に移行することができないということになり、必ず避難訓練という行動様式の取得が避難行動には必要不可欠であることを知る必要がある。

4. 3 避難訓練を通して得られること

近年の避難行動は、避難所に行く行動であるとの誤解があるようで、危険が迫るなかでも、とにかく避難所までたどり着くという行動の途中に、不幸にも命を失いことがないようにする必要がある。ということは、避難行動に移行できても、そのような行動を防ぐかについての学習もまた必要になる。このためにも避難訓練は命を守るためにはぜひ必要であることを再認識する必要がある。我々は、上述したように多くのリスク情報から避難が必要となったことは認識できても、どこを通過して、何を持って避難するかについての知識は、あまり誰も教えてくれず、訓練を通してしか得られない。避難訓練は、日常時で行われるので、避難路に危険性が潜んでいることも、訓練中に確認することが必要である。津波の場合は、「津波でんでんこ」といわれるように、まずは個人

が自分の命を守ることに専念する必要があると思われるが、豪雨の場合は雨の降り方を我々は時々刻々知ることができるので早めの避難ができること、個人の避難とともに近所で助け合って避難すると、多人数の多くの目線から危険な場所を避けることができる。兵庫県では避難行動に関する検討会がもたれ、そこからは1) 一人ひとりが逃げるタイミング(避難スイッチ)を地域とともに考えよう、2) 自分に適した逃げる場所を地域とともに考えよう、3) 実効性のある避難行動要支援者(高齢者や障害者など)対策の取り組みを進めよう、4) 個人・地域・行政が連携した取り組みを進めよう、5) 行政は住民や地域の主体的な取り組みを支援し、適時適切に情報を提供しようという提言を发出了²⁵⁾。緊急時の避難行動は、訓練していても緊急時にはなかなかできないことが多い。普段、訓練していなければ、何もできないことを頭に入れて、普段の備えや訓練を行う必要がある。

4. 4 早めの避難で減災を：防災訓練の必要性

地震と違って降雨は予報が発表されている。この予報には、現在様々な予報が発表されており、土砂災害に関しては、降雨に関する注意報や警報、特別警報に加えて、土砂災害警戒情報などがある。これは危険な時に関する情報であるが、危険な場所に関する情報としては、土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域がハザードマップに記載され、さらに降雨の状況に応じてこれら警戒区域を対象とした土砂災害警戒情報も発表されつつある(兵庫県では地域別土砂災害危険情報や、箇所別は災害危険情報)が、これらの降雨前や降雨中に発表されている。これらの防災気象情報を受けて、市町村では避難のための警戒レベル情報を発信している。これらは行政レベルからの情報提供であり、住民はこれらの様々な情報からリスク逼迫認知を行う必要がある。さらに住民はリスクの認知後、近所と一緒に直ちに避難行動に移行する。しかし、地域の古老からは、過去の個人的な体験から避難行動に躊躇する意見も出てくる(正常化の偏見)。しかし、本報告の前半で述べたように、過去の経験とは全く異なる降雨が降っていることを、改めて地域で共有し、認識する必要があることを再認識し、直ちに避難行動に移行することが必要である。早い避難行動への移行は、自分たちのみならず、援助を必要とする人たちへの支援にもなる。この早目の、素早い避難行動は、日ごろの防災訓練から得られることを知っておく必要がある。この訓練で地域の防災文化が実り、向上することを忘れてはならない。

5. おわりに

本稿では、現在降っている雨により、どのような土砂災害形態が出現するのかを、住民が知ることで、住民自身が早期の避難行動に移行できることを期待して、降雨特性と関連する土砂災害形態の関連を求め、予想される土砂災害形態に対して早期の避難行動ができることを期待した。避難行動そのものに関する考察までには至っていないが、避難行動に移行できる契機までを期待した。降雨特性を知る必要がことを本稿のテーマとしたため、早めの準備等の行動にまでは至っていない。今後の課題としたい。

参 考 文 献

- 1) 国土交通省：令和2年版国土交通白書、122～127、2020。
- 2) 沖村孝：近年の降雨特性による土砂災害と「良質な緑」の関係、神戸市都市問題研究所発行「都市政策」、162号、14～31、2016。
- 3) 沖村孝：六甲山の災害履歴とこれからの安心・安全に向けて、建設工学研究所論文報告集、60、1～17、2018。
- 4) 福岡管区気象台：平成22年10月18日から21日にかけての奄美大島の大雨、災害気象速報、15p。2010年12月20日
- 5) WWW.cag.forum/2012/after
- 6) JR日本西提供
- 7) 呉修一ほか：2013年8月秋田・岩手豪雨災害の特徴、東北地域災害科学研究、50、81～86、2014。
- 8) 呉修一・森口周二：平成26年7月山形豪雨・土砂災害緊急調査報告書、東北大学災害科学国際研究所緊急調査団、23p。2014年8月15日
- 9) 六甲砂防事務所：斜面の崩壊が訳270カ所で発生～台風11号通過後の航空写真による判読状況、2014年9月10日
- 10) 兵庫県丹波市：平成26年8月丹波市豪雨災害 復興記録誌、丹波市、152、2020。
- 11) 日本防災士機構：防災士教本、52～564、2020。
- 12) 札幌管区気象台：平成28年台風10号に関する気象速報、2016年9月5日
- 13) 砂防・地すべり技術センター：平成29年土砂災害の実態、65、2018。

- 14) 日本経済新聞、2018年8月7日
- 15) 砂防・地すべり技術センター：平成30年土砂災害の実態、77、2019.
- 16) 気象庁：平成30年7月豪雨（前線及び台風7号による大雨等）、災害をもたらした気象事例、2018年7月13日
- 17) 沖村孝：西日本7月豪雨による広島での災害現地踏査報告、建設工学研究所論文報告集、61、67-83、2019.
- 18) 消防庁災害対策本部：令和元年台風19号及び前線による大雨による被害及び消防機関等の対応状況（第65報）、2020年2月12日
- 19) 日本経済新聞：2020年7月21日
- 20) 日本経済新聞：2020年8月4日
- 21) 沖村孝：近年の豪雨パターンと土砂災害、基礎工、48（6）、001～002、2020.
- 22) 日本経済新聞：2020年7月7日
- 23) 松澤勲監修：自然災害科学事典、築地書館、199～200、1988.
- 24) 日本自然災害学会：防災事典、築地書館、p.132、2002.
- 25) 兵庫県災害時における住民避難行動に関する検討会：神戸新聞 2020年3月14日

著者

沖村 孝 所員、理学博士、地盤工学