

福知山・綾部地域の近年の土砂災害の特徴と 災害対応のありかた

Sediment Disaster Trends and Response Strategies in the Fukuchiyama-Ayabe Region

小滝篤夫・畑中英樹・大門大朗・仁張衛
朝倉聡・児玉裕美・足立泰樹・高橋和利

Atsuo Kotaki, Hideki Hatanaka, Hiroaki Daimon, Mamoru Ninbari,
Satoshi Asakura, Hiromi Kodama, Taiki Adachi, Kazutoshi Takahashi

要旨

本研究では、近年の福知山市の土砂災害の特徴を分析し、令和 5 年台風 7 号による災害の特徴、および避難行動の実態を明らかにした。近年、福知山市では集中豪雨による短時間での土砂災害が増加しており、令和 5 年台風 7 号では、先行降雨が少ない中で発生した突発的な豪雨による被害が特徴である。被災地の 6 つの地形・地質の特徴に加えて、森林の防災機能の低下の実態とともに、管理が行き届かない人工林や放置竹林も崩壊の一因であることが指摘された。また、避難行動の調査では、多くの住民が避難所に向かう時間がなく、自宅や近隣家屋に留まったことが明らかとなった。今後求められる土砂災害の地形・地質条件把握の必要性、森林管理の適正化の方策および「急襲型豪雨」への避難対策のあり方を提起した。

キーワード: 令和 5 年台風 7 号、土砂災害、避難行動

Keywords: Typhoon No.7, 2023, Sediment Disaster, Evacuation Behavior

1. はじめに

2023 年 8 月の台風 7 号に影響された豪雨によって、福知山市や綾部市の北部地域は甚大な被害を受けた。狭い範囲に短時間で降った雨が土砂災害と土砂の堆積を招き、これによって生じた浸水被害は顕著であった。長期間雨のない日が続いていた中、突然降り出した豪雨はまさに青天の霹靂であったであろう。当該地域の住民は避難する時間もないまま、迫ってくる水や土砂に対応しなくてはならなかった。このような突然襲ってくる豪雨は、2024 年 9 月の能登半島の豪雨をはじめ、近年全国各地で頻発するようになっている。地球温暖化の影響が顕著になるにつれて、激しい気象現象が頻発す

るようになり、自然災害への対応も変容を迫られてきている。

そこで本稿では、2014 年、2018 年の 2 度にわたって発生した福知山・綾部地域の土砂災害を紹介し、それと比較しながら 2023 年 8 月、同地域で起こった台風 7 号に影響された豪雨による土砂災害と避難行動を振り返る。そのうえで、今後の土砂災害への対応の在り方を考えていきたい。

2. 2014 年と 2018 年の土砂災害時の降雨

2.1 2014 年 8 月豪雨災害

8 月 16 日の午後から降り始めた雨は雷を伴って翌 17 日まで降り続き、福知山アメダスの時間雨量は最大で 50mm（8 月 17 日午前 4 時）、16、17 日の総雨量は 333.5mm に達した。この時は当時の用語で「バックビルディング現象」、今でいう線状降水帯が発生し、福知山から兵庫県の市島、柏原までの狭い範囲に一晩降り続いた。

線状降水帯の影響を受けた福知山市街地周辺から兵庫県丹波市北部にかけては各地で浸水被害と共に土砂災害が発生し、丹波市市島町では土砂災害で 2 名が犠牲になった。現地で山地崩壊を確認した箇所を地図上にプロットすると、図 1 のようになり、1 時間雨量が 50mm 以上、総雨量が 300mm

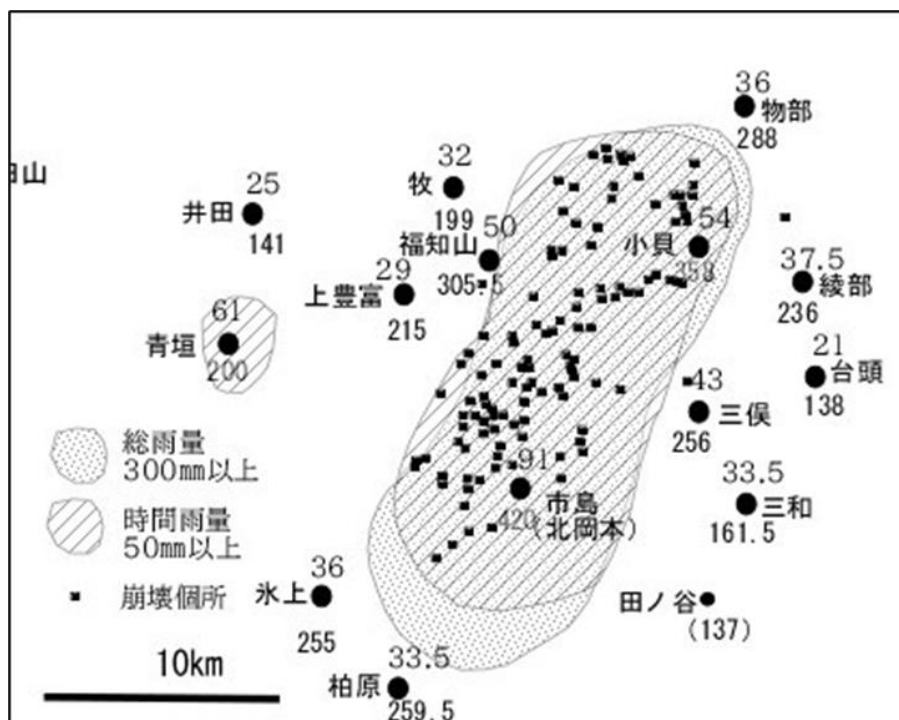


図 1 2014 年 8 月 16 日～17 日の最大時間雨量、総雨量と主な山地崩壊箇所
（雨量データは、気象庁 <https://www.data.jma.go.jp/>、国交省水文学データベース <http://www1.river.go.jp/>、京都府河川防災情報 <https://chisuibousai.pref.kyoto.jp/>による）

以上の範囲とよく一致した。崩壊箇所の地質は、未固結の河岸段丘層から、中生代、古生代の火成岩、堆積岩など多岐にわたり、特定の地質に崩壊が集中する傾向はみられなかった。

2.2 2018 年 7 月豪雨災害

7 月 5 日から降り始めた雨は、福知山では午後から激しくなり翌 6 日にかけて夜中には一時小康状態を保ちながらも、休みなく降り続け、7 日に入るところから特に激しくなった。福知山では 7 日午前 1 時に時間雨量 59.5mm、雲原地区の坂浦では 39.5mm を記録した。福知山市私市では、深夜の大雨に不安を感じて戸外にいた住民が、自治会長の勧めで避難所に移った 30 分程のちの 7 日午前 1～2 時頃に、背後の山から流れてきた土石流によって自宅が全壊した。綾部市上杉町では、7 日午前 4 時半頃、背後の山が崩れ、押しつぶされた家屋の住民 3 人が亡くなった。これらの災害は、付近の雨量計のデータが、時間雨量で 50mm を越え、総雨量が 300mm を越えた直後に発生している（図 2 参照）。

このような雨量と土災害発生の関連は、他地域でも指摘されている。例えば、花こう岩が広く分布し、風化でマサ土化した山が多い広島県は土砂災害が発生しやすい地質の地域だが、10 分間雨量が 20mm に接近し、総雨量が 200mm を越えた時点で土砂災害が発生し、また、長野県南部の南木曾町を含む花こう岩地帯では、最大時間雨量 50mm、総雨量 200mm を越えた条件下で災害が発生してい

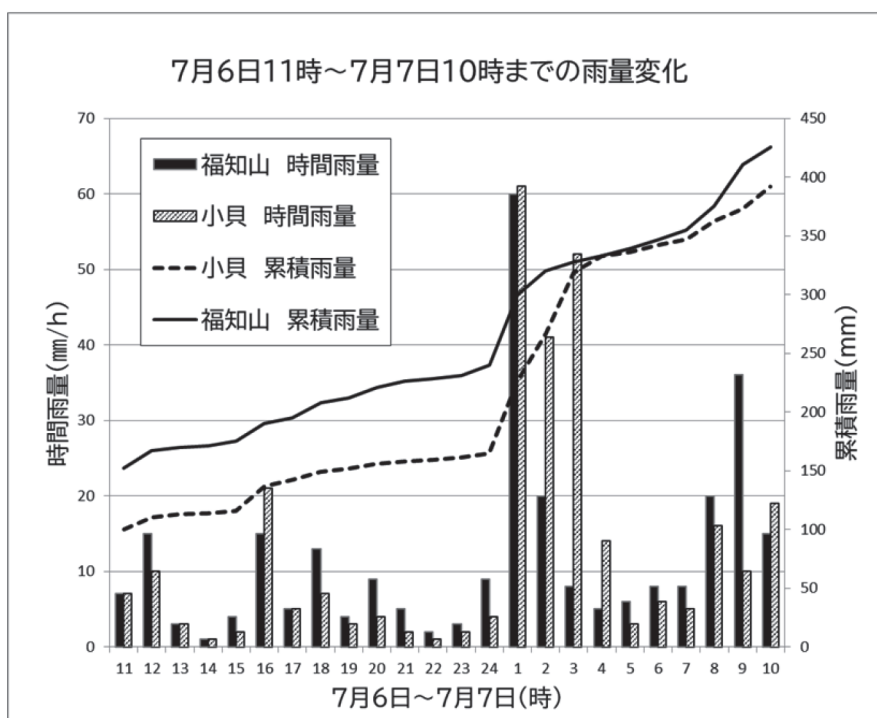


図 2 2018 年 7 月 6 日～7 日の時間雨量と累積雨量の時間経過
(雨量データは気象庁、京都府河川防災情報による)

る⁽¹⁾。南木曾町では、「50mm を越える雨（「白い雨」）が降ると土石流が襲ってくる」という趣旨の文を刻んだ石碑（「蛇抜けの碑」）が建てられて、災害の記憶を後世に伝えようとしている。

なお、地質と崩壊の因果関係は、当地においては、この年も認められなかった。

3. 2023 年 8 月の土砂災害

3.1 降雨の特徴

2023 年 8 月の豪雨による災害は、今までと様相が異なった。大雨になった 8 月 14 日夜までは、7 月 21 日以降、3 週間以上も福知山・綾部一円ではアメダスの降水記録がなかった（唯一の例外として雲原地区の坂浦で 8 月 11 日 18 時に 4.5mm/h の降雨があった）。カラカラの状態の所へ突然の豪雨が襲ったわけである。グラフ（図 3）に見られるように、突然に時間雨量 50mm を越える雨が降り、降り始めから数時間以内に土砂災害が発生したのが今回の大きな特徴であった。

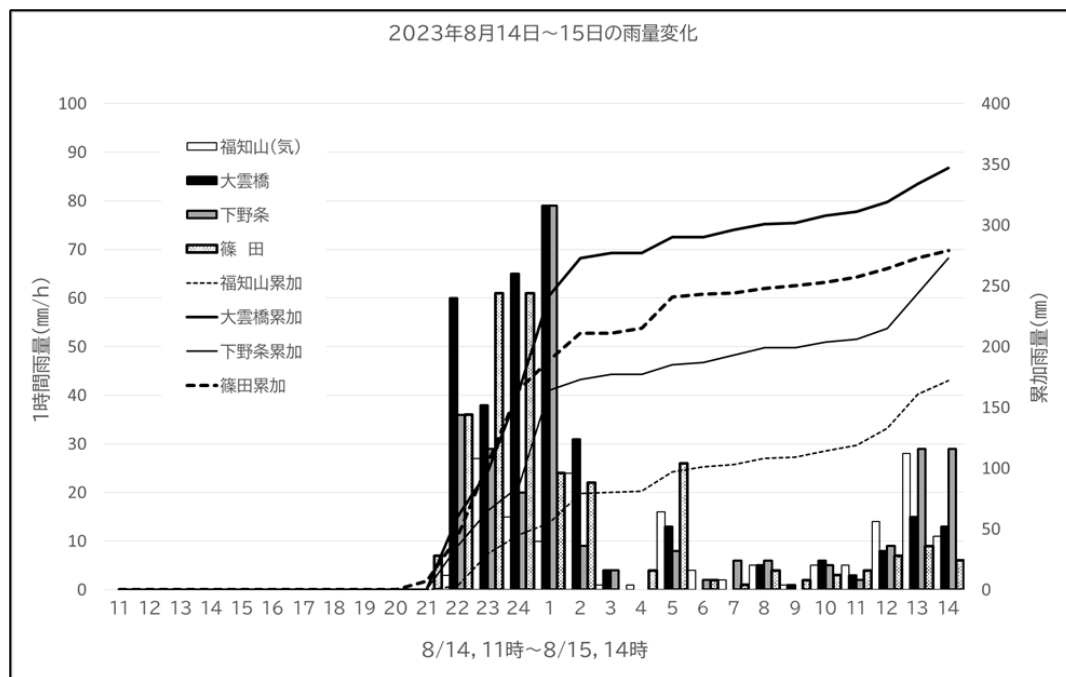


図 3 2023 年 8 月 14 日～15 日の時間雨量と累加雨量の時間経過

（雨量データは福知山市危機管理室が入手した気象庁、京都府河川防災情報のデータによる）

膨大な雨量による土砂災害であったことは、被災地の堆積物から推定される。綾部市^{にしかた}西方町の集落最北部小字奥山では、東方の谷から大量の土砂が流出し、無住であった民家に流入した。堆積物表面には流木は少なく、一面が砂礫で覆いつくされた状況であった。土砂に埋まった立木の表面は地表から 50cm の高さまでは水で洗われた痕跡があるが、土石流現場で見られるような、砂礫によって上流

側の樹皮がはがされた跡はない。これは土砂を供給した流れが上層は水、下層は砂礫が流れる「土砂流」の状態であったと考えられる。また、この堆積物の断面が現れた露頭では、下位の礫径 3～10cm 程度の粗い礫層（層厚 30cm 以上）と上位の礫径 1～2cm の礫層（層厚 25cm）の 2 層が観察できるが、両層とも成層していて、碎屑支持、比較的淘汰が良い、などの特徴も「土石流」の堆積物ではないことを示している。さらに流木がほとんどない、巨礫が少ないことなどから、溪流の堆積物が豪雨による多量の流水で流されてきたものと考えられる。

ただし、山地崩壊がなかったわけではなく、各地でその跡を見ることができる。大江町市原の最奥部にある砂防ダム上流の谷では谷頭から崩れる大規模な崩壊が起こったが、土砂は砂防ダムで止まり、下流には流れなかった。綾部市篠田町深山の山中では大規模な山地崩壊があった。福知山市行積^{いづもり}では急斜面の崩壊で民家に被害が出た。

また、土砂の流送距離が長いことは今回の特徴の一つであろう。大江町市原では、田中川河岸の水田を流れた土砂は市原集落北端から 1km 下流まで流れている。そして、水田中に土砂を堆積し、水田耕作の放棄を余儀なくされる事態を生じた。綾部市西方町矢保根^{やぼね}でも 1km 近く流れた土砂が水田を埋めた。

3.2 被災地の地形・地質の特徴

2023 年 8 月に大規模な土砂災害があった地域の地質は、古生代ペルム紀の頁岩・砂岩（綾部市篠田町、西方町、大江町市原、南有路）や、同じ地質年代のはんれい岩類（大江町蓼原^{たでわら}、河守^{こうもり}、市原、綾部市西方町）である⁽²⁾。しかし、岩石の種類とは関係なく、下記のような地形・地質上の特徴を持つ場所で崩壊が発生している。

① 水みちの形成＝パイピング

2023 年の調査で、綾部市西方町の矢保根池南方の東向き斜面の大規模崩壊源頭部や、大江町市原の民家裏のがけ崩れの源頭部などで、崩れた崖の地表面直下に「穴」が見られる。地表から土中に浸透した水が細かい泥を流して空洞をつくり、そこがパイプ状になって水が流れ、水みちが形成される。これをパイピングといい、土中の水圧が上がって斜面から水が噴き出すと斜面の崩壊が始まる、とされている⁽³⁾。このようにして水が噴き出した跡が前記の「穴」である。

② 流れ盤

斜面の傾斜方向と地層の傾斜方向が同じ場合、表土は重力で下方にすべり落ちやすくなる。これを流れ盤と呼ぶ。綾部市西方町の民家裏で起こったがけ崩れは、比高 6m 程度、傾斜 50 度程度の急崖が崩れたが、頁岩の層理面が斜面の傾斜と同方向の「流れ盤」の状態であった。ここは「土砂災害特別警戒区域」に指定されていて、かつて小規模な崩壊が起こった跡も確認できる所であった。

③ 急傾斜地

崩壊現場の地形の傾斜を国土地理院の地形図上で計測すると、斜度は 30 度から場所によっては 50

度を超えている。綾部市篠田町深山集落を襲った土石流の源頭部にあたる山地崩壊箇所は 40 度と急峻である。大江町南四自治会（矢津）では多くの山地崩壊があったが、傾斜は大きい所で 50 度、48 度など急傾斜である。さらにそれらの箇所は、上記の西方町の例と同様に以前に崩壊した同じ所が崩壊した例が多かった⁽⁴⁾。

④ 過去の崩壊歴がある場所

上記の西方町、大江町南四の例でも述べたが、過去に崩壊があった場所が再び崩壊した例もよく見られる。もともと崩壊しやすい条件（傾斜、地層の向き、土中への水の浸透のしやすさなど）を持った箇所なので、崩壊の後も安定しない場合に再度崩壊が起こる。過去に土砂災害があった箇所は、福知山市独自の「マイマップ」に記載されていることもあるので、確認しておくことが重要になる。

⑤ 扇状地

大江町河守地区は土砂災害と水害に襲われた。由良川の水害を避けて、標高がより高い山裾に立地する同地区の地形は、「扇状地」に区分される⁽⁵⁾。扇状地は土石流の堆積によって形成された地形である。河守の扇状地は、大谷川をはじめ山地から流れ出る谷から土石流が流れてつくられたものである。何十年か何百年かに一度発生するような土石流が流れて生じたのが今回の災害である。土石流が水路を埋めたために水があふれて家屋が浸水した。「前（由良川）からの水でなく後（山）からの水による水害」になった。

河守ほどではない小規模な扇状地は、谷の出口の至る所にある。例えば、大江町南三地区の由良川から約 600m の所では、西の谷から流れてきた土石流で平地よりやや高い位置（扇状地）にある民家が被害を受けた。綾部市西方町で被災した宝満寺も背後の 4 つの谷から流れ出る土砂で形成された扇状地上にある。谷の出口に形成される大小の扇状地は警戒を要する地形である。

⑥ 人工改変地

河守地区で大きな被害を受けた一つに浄仙寺墓地がある。墓地奥の谷から流れ出た土石流が、墓地付近で暗渠になった水路からあふれ出して、墓地に流入し、墓石等が流失した。この谷の上流をさかのぼると、中世山城の「河守城」の遺跡になる。人工的に削られた平坦面や盛土が存在する。この城跡の斜面に当たる谷の最奥部が崩れ、倒木が多く見られた。500 年以上前に改変を受けた所であるが、斜面等が安定せず崩壊に至ったと考えられる。

同じ中世山城跡に「蓼原城」がある。蓼原地区の公民館の裏山の平坦面上にあり、その尾根を切って 2 条の空堀跡が明瞭に残っている。第四著者の仁張は、明治 40 年の由良川水害の時の大雨で大規模な土石流が発生し住家が壊れる被害があり、その源頭部がこの空堀である、という地元のにこる伝承を確認した。また、2023 年 8 月 26 日の調査でも、その空堀がある谷の方から流れてきた土砂が確認できた。2018 年 7 月豪雨の時、東広島市では 51 件の山城のうち 24 件で空堀跡から崩壊があったことが報告されている⁽⁶⁾。一般に空堀跡は集水しやすい窪地であることが理由であろう。

大江町蓼原地区の小谷集落の奥の山林で大規模な崩壊があったことが、年が明けてから判明した。2024 年 2 月に調査した時にミツマタが多く見られ、この近辺で製紙原料として栽培されていたかも

しれない、と考えていた。その後、仁張は、明治初期の「京都府下丹後国加佐郡第壹組蓼原村全図」という文書を発見した。それによると、この崩壊があった場所には、斜面一帯に畑がつくられていた。急斜面なので階段状に整地して、切土と盛り土の箇所ができて不安定な斜面になっていたであろう。以上に述べた蓼原地区の2例も、人工改変地が崩壊を起こしやすいことを示している。

3.3 被災地の山林の特徴

3.3.1 森林の防災機能

森林とその減災機能に関して、一般に下記の①～④が指摘されている。

① 山崩れ防止機能

山崩れは、植生の根系分布範囲か、それよりやや深い程度の斜面表層土がその下に存在する難透水層（基岩や基盤となる下層土）との境界をすべり面として崩れる表層型山崩れと、基岩が変質・風化作用を受けて強度が低下した層を境として崩壊する深層型山崩れとに区分できる。表層型山崩れは、深層型山崩れに比べて発生頻度は高いが小規模で崩土の流下速度が早い。一般的には降雨を誘引として発生し、地震や融雪によっても起こる。⁽⁷⁾⁽⁸⁾

森林の山崩れ防止機能は、山地斜面の表層土中に発達する林木の根系が表層土を斜面上に安定させる作用によって発揮されるもので、根系の分布範囲がそれよりやや深い程度の表層土が崩れる表層型山崩れに対しては有効である⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

② 樹木根の崩壊抑制の働き

山地斜面で崩壊現象が発生する際にすべり面に到達している樹木の直根は、引き抜き抵抗を発揮する⁽⁹⁾。また、崩壊すべり面が根系範囲（一般に1～1.5m）より深い場合には、崩壊地の側面に位置する樹木の水平根が引き抜き抵抗を発揮して、崩壊を抑制する⁽¹⁰⁾。

③ 森林の発達と斜面崩壊の関係

山地斜面に広がる森林は、その樹木根を発達させることで表層土崩壊を抑制する方向に働くが、森林の存在がかえって崩壊を助長させる場合もある。森林斜面では一般に雨水がすべて地中流となる。それは森林が長期にわたって成長していく過程において、スポンジに例えられる保水力の高い森林土壌を形成し、また土壌動物の活動や枯れ根の腐朽によってできた地中パイプを大小さまざまな径の水路（水みち）へと前述（3.2の①）のごとく形成・発達させていくところによる。この水みちは森林土壌をさらに深く厚く育み、山麓に湧水を生むとともに斜面安定の有効な排水システムである。ところが、豪雨時に雨水がこの水みちに過度に集中することは山地崩壊の起因となる。また、樹木の重量は土壌層を下方に移動させる方向に働く荷重となり、その樹高は樹木を含む土壌層の重心を高め、共に森林の発達によって土壌層の斜面安定にはマイナスに働く。⁽¹¹⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾

④ 森林土壌中の雨水の浸透と森林の保水力

森林に降り注ぐ雨がその場の地表面から地中へと浸み込む現象の良否を浸透能といい、「単位時間当たりに浸み込む雨水の量」で表される。つまり浸透能は降水量で表せばよく、単位は降雨強度と同

じ mm/h となる。⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾

実際に現地で浸透能を求める方法には、森林の地表に一定の枠を設けて人工降雨を散布し、枠内から地表流出する量を散布量から差し引いて単位時間あたりの浸透量を求めるものがある。この方法で求められた浸透能は、森林土壌が雨水を吸収しうる最大降雨強度とみることができる。この計測結果として、平均値で林地が 258mm/h、林地の最大がブナ林で 400mm/h との報告がある⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾。一般に林地ではこの降水量に達するまでは地表流が現れない^(注 1)と考えられ、その数値は森林の保水力^(注 2)と捉えることができる。この森林の保水力は、「緑のダム」^(注 3)と呼ばれる森林が持つ水源かん養機能や洪水流量調節機能を理解するための重要なキーワードの一つである。

3.3.2 2023 年山地崩壊地の森林

以上の記述を踏まえて、綾部市西方町矢坊根池池南方で見られた崩壊を例にして、2023 年 8 月の山地崩壊地の森林土壌中の雨水の動きを考えてみる。

管理放棄され下層植生が衰退したヒノキ林土壌は、地表面が著しく難透水性となり乾燥時にはその土壌は撥水性さえ示すことが知られている⁽¹⁸⁾。

この例として、綾部市西片町矢坊根池池南方の場合のように、崩壊地周囲の森林は間伐が行き届かず込み入ったヒノキ林であった。前述のように 3 週間降水がなく乾ききったこの森林土壌に急に降り注いだ豪雨は、下層植生の植被率が小さいヒノキ林（管理放棄された未間伐林）で計測された浸透能（最大 45mm/h）⁽¹⁹⁾と同程度かそれ以上の稀にみる強度であった。この豪雨の降り注いだそのヒノキ林では、著しく難透水性となっていた地表面と撥水性さえ示す土壌に多くの雨水がはじかれた。その結果、はじかれた雨水はまたたく間に強い地表流となって山地斜面の凹型地形（0 次谷と呼ばれる谷頭上部）に集中した。そして水圧を増して一瞬にして土壌中を飽和状態とした。その時、枯れた樹木の株は、その垂直根の跡が縦パイプ（土壌層中の鉛直方向の水みち）となっていたことから、すべり面（土壌層と基岩層との境界）へ水の到達を早めていた。そして、飽和状態となった土壌はそれ自体が脆く、浸み込んだ降水の量だけ重みとなって斜面はすべりやすくなる。その場に生長した樹木とその枝葉に着く雨滴の重みはさらに斜面をすべりやすく働く。樹木根系のネットワークによる土壌層全体の剪断抵抗ももはや限界となって立木もろとも凹型地形の斜面土壌層は崩れ落ちた。⁽²⁰⁾⁽²¹⁾

また、一方では、凹型地形に集中した降水はその場の土壌を飽和させた後、地中流（斜面に平行な地中パイプの流れ）となって斜面下部に勢いよく流れていく。地中パイプの中の猛烈な流れはこの地中パイプ周囲の土壌を浸食し、浸食された土砂がその先でパイプを詰めてしまうと、あるいは斜面勾配の緩くなった溪床堆積層に到達するとそこで湧出して地表流となった。この大量の地表流は、立木もろともその場の土壌を流出した。続いて、流出した溪床堆積層が山脚となって支えられていた山腹斜面も足場を失ってずり落ちる。水分環境に恵まれたその場で優れた生長を見せていたスギの大木は、倒木となって崩土とともに勢いよく流れ下る。⁽²⁰⁾⁽²¹⁾綾部市篠田町深山の土砂災害で見られたように、これらの倒流木が下流被害を拡大させたところもあった。他方、綾部市西方町の宝満寺裏で見られたように、倒流木のうち広葉樹の大木では、多岐に細かく分れた枝幹によって、流れの途中で流出土砂

を捕捉するように絡み止めるものもあった。この場合、針葉樹の倒流木と比較し減災効果が高いと言えるかもしれない。

3.3.3 山地斜面に侵入した竹林で起こっていること

竹林（マダケ、モウソウチク）ではその地下茎は一般に、地表 1m 以内に分布し、特に 20cm から 30cm までは全体の 90%以上が集中して、斜面平行方向に広がりをもって分布している。間引き等の管理がされず本数密度が高くなった放置竹林では、地表 50cm より深くに広がる地下茎はほぼ皆無となる。⁽²²⁾⁽²³⁾⁽²⁴⁾

タケの地下茎は、地中深くには伸長せず、着生した細根を伴って地表面近くに斜面平行方向に強固なネットワークを形成する。土壌の最上層部に張り巡らされたこのネットワークにある程度の斜面安定効果を期待できるが、樹木根系のネットワークが地中深くに発達した森林ほどには斜面の安定化は期待できない。また、放置竹林となり古竹や枯れ竹が目に見えて増えてくると地下部ではタケ株や地下茎の更新が衰え、腐った株元や地下茎の部分が地中の水みちをつくり、浸食が進むと数本のタケ株がまとまった状態で土壌の陥没が起こり出す。なお、竹林の地下茎は斜面勾配が急になるにつれて地表面付近に集中する傾向にある。⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾

竹林土壌の特徴として、全般に最表層のリター（落葉落枝）が特に乾燥していて強い撥水性を示す。しかし、そのすぐ下では、浅い範囲に細根が高密度に群生しマット状になった層（バイオマット）が顕著で、ある程度まとまった降雨では、強い透水性を示す。また、腐った根、活性根、地下茎に沿っての雨水の流れが起きることも特徴的である。⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾

大江町南二地区の土石流現場では、裏山の竹林（モウソウチク）が源頭部になっていた。8月15日深夜に土石流で流されたタケが割れる音がよく聞こえたという。この竹林の立地は谷沿いの山腹斜面に築かれた段々畑が耕作放棄された跡に侵入・拡大したものであった。竹林も管理されておらず高密度で多くの枯れ竹が目につく放置状態のものである。崩壊面に近づいてみると崩壊周縁部に地下茎ネットワークの浮き上がり（その下の土壌層の浸食）が見受けられた。取り残された周辺の竹林地表には枯れ竹の株部分が腐朽してできた縦パイプが随所に存在していた。

段々畑に広がった放置竹林では一般に、その法面にバイオマットの断面や地中パイプの断面を見ることができる。また、各段の平面上は撥水性の高いリターが厚く堆積している。豪雨時には地表流やバイオマットの断面、地中パイプの断面からの流れ込みによって雨水が段の平面に集中した時、リターにはじかれ下の段にすみやかに流れが捌けていけば問題は生じない。しかし、お皿のように雨水を受け止めた段の、その地表面に口を開いた縦パイプがあれば、そこに多くの雨水が一気に流れ込み竹林土壌の崩壊のリスクを高める。

なお、竹林化していても段々畑は、前述の「人工改変地」(3.2の⑥)であることも忘れてはならない。

4. 2023 年の被災地の避難行動の特徴

この土砂災害では、人的被害は出なかったものの、福知山市のみならず舞鶴市・綾部市にも大きな被害をもたらした。特に今回の災害では、事前の降雨がほとんどない中で、突然に大雨が降り、数時間以内に土砂災害が発生していた。被災した住民への聞き取りの中では、がけ崩れや土石流がいつ襲ったか、その発生時刻について「崩れる音が聞こえなかった」という発言が多くてはっきりしなかった。篠田町住民から聞いた「0 時過ぎ」、蓼原での 0:30 頃（自治会長の目撃情報）、市原住民から聞いた「夜中過ぎ」、行積の 15 日 1 時頃（住民の証言、危機管理室情報）が比較的正確な時刻である。雨量グラフで示されるように 15 日 0 時前後からの猛烈な降雨が引き金になったことはいえるだろう。このような中で、2023 年 8 の土砂災害に際して住宅から避難所へと避難行動を取った住民には会えなかった。西方町や河守では「音が聞こえなかったので、朝まで気が付かなかった」という例もあり、激しい雨音でかき消されたと思われる。大江町南二自治会では、離れを直撃した土石流の一部が母屋に流れ込んだが、奇跡的に命が助かった事例もあった。

本章では、このような断片的な住民の声を踏まえて、その際にどのような避難行動が取られたかについて、大江町内の被災自治会へのアンケート調査をもとに全体像を提示する。さらに、避難行動の特徴について、第三著者による現地住民への聞き取り調査を含む大江町周辺でのフィールド調査、2024 年 9 月 1 日に実施された大江町内の被災自治会が集まった振り返り会議の記録をもとに記述する。

4.1 台風第 7 号大江自治会避難アンケートの結果

この災害において被害のあった大江町内の自治会 20 名に対して、アンケート調査を実施した（表 1）。この調査では、台風最接近に先行する降雨での土砂災害に対する意識、自治会での避難情報共有方法、避難住民の状況、今後の避難についての 4 点を主な調査項目とした。

表 1 アンケートの概要

調査時期	発災後から 2024 年 8 月末
調査主体	大江町自治会
協力	福知山市
対象	大江町内の被災自治会 20 名（蓼原（2 名）、下町、小原田、新町、公庄、関、尾藤口（2 名）、清水、千原、東部、南一、南二、南三、南四、南四小区、北二、北三、北四）
調査項目	先行降雨帯での土砂災害に対する意識、自治会での避難情報共有方法、避難住民の状況、今後の避難について

調査では、台風最接近前日の土砂災害について、「意識はあった」「ある程度あった」と回答した割合は合計 20%で、8 割の自治会長は「全くなかった」と回答したことが明らかになった。また、避難の際の自治会内での情報共有では、各戸訪問や電話連絡、有線放送が用いられたが、有線放送が故障していた地域もあった。また、スマートフォンの LINE グループ（オープンチャット等）が有効活用

されたという指摘もある一方で、それらを使用できない高齢者等への普及には課題が残っているというコメントもあった。避難住民について自治会長では 37 名が避難したことを把握していたが、指定避難所・地区公会堂への避難（19 名、51%）が主流であった。また、一部の住民は近隣家屋（7 名、19%）や車中での避難（2 名、5%）を選択した。垂直避難を行った例は確認されていないものの、自治会長の回答からは「把握できていない」「自宅待機だと思う」との回答も散見された。また今後の避難を考えるうえでは、「今までは由良川の水位ばかりを気にしていた」、「集中豪雨で災害のパターンが変化している」といった自由記述のように、これまでとは異なり、突然大雨が降るような災害に戸惑う声が聞かれた。

4.2 避難行動の特徴

地域での聞き取りなどを踏まえて、この災害での避難行動の特徴をこれまでの災害と比較してまとめると、3 つの変容—避難行動、意識、避難困難要因—があったことがわかる。

第一に、避難行動の変容を考えるうえでは、情報取得方法の変化と避難場所が限定的になったことを考慮する必要がある。情報取得においては、各戸訪問や電話連絡、有線放送が主に使用されていたものの、有線放送が故障していた事例や、すでに戸別訪問が困難な地域もあった。また、高齢者への伝達には課題が残るとしながらも、LINE グループなど新たなツールを用いた情報伝達手段が有効活用されているケースが見られた。突然の豪雨によって、避難所へ避難した住民もいた一方で、多くの住民は、夜間移動が危険であったことから自宅にとどまった住民が多いことが推察された。この災害では、通常の災害とは違い、指定避難所へ行くというよりも、住宅にとどまらざるをえない状況が生じていた。言い換えれば、この災害では、新たな情報機器・ツールでの情報伝達ツールの活用は進んだものの、指定避難所へ行くことが危険な中で避難を求められるという変化があった。

第二に、「前ばかり見とったんです」という住民の声に象徴されるように、由良川本川やその支流の水位が上昇するより先に土砂災害が発生しうるものだという意識変容が起こったことである。少なくない住民が、由良川の水位（住家の「前側」）には注意していた一方で、土砂災害が先に起こること（住家の「後ろ側」）へは、全く意識がなかったという回答が多く見られた。住民の中には、水害常襲地である大江町でも初めて被災したという河守地域の住民からの声や、蓼原地区でも「みんなが被災者になるのに今回は山側だけ」といった声が聞かれた。さらに、蓼原地区で土砂が道路を塞ぎ小谷集落などで孤立状態が生じた事例もあり、直後の避難に加えて数日間の在宅避難など山地災害への備えも必要であることが住民に共有された。このことは、複数の浸水被害を経験している大江町であっても、通常とは異なる形で災害が起こるかもしれないという新たな認識・意識が住民内で共有されることになった。

第三に、新たな避難困難の要因として、通常の避難情報の発出段階ではもはや避難ができなかったことが挙げられる。事実、京都地方気象台においても予測ができないと報告されたように、現実の大雨は、最接近前日から当日未明に発生した。福知山市も翌朝 7 時に避難所が開設されるという情報を

出していた中で、急遽、その前日に避難指示を発令した。だが、その時には、大雨によって道路は冠水し、土砂災害が発生しつつあるなど、すでに道路は通行困難・寸断され、歩行すら危険であった。

「避難所へ行けなかった」「翌日には避難させるつもりだった」と語る住民もいるように、今回の災害のポイントは、避難に備えていなかったわけではなく、翌日の避難に備えていたために、かえって避難困難が発生していた点である。これは、数日前から予測して行動するという姿勢では、避難が困難である場合があるという認識を住民間に生じさせたと考えられる。

4.3 緊急避難後の状況

緊急的な避難の後に発生した課題についても住民からは指摘されている。上記の避難行動の特徴は、豪雨によって被害が出始めた直後を主な対象として議論してきたものである。だが、避難には様々な形態（垂直避難、車中避難、広域避難等）があり、避難所での生活や被災後の避難生活（在宅避難等）も広義には含まれている。実際に今回の災害では、被害が大きくなかった地域でも、途中の道路が土砂災害によって寸断され、数日間孤立状態となり、在宅での避難を余儀なくされた事例が見られた。特に蓼原地区の小谷、小原田集落では数日間の孤立が生じたが、高齢者が多く、医療・介護などの避難生活への支援も必要であった。

また、南有路地区では、一部家屋が完全に流失する被害があり、住宅に住み続けられず、避難の長期化を余儀なくされるケースも見られた。多数の住民は大きな被害がなかった一方で、特定の住民に困難が降りかかる場合にどのような避難の課題（例：重機が必要な量の土砂撤去、仮設住宅を建設する規模ではない場合の避難生活へのケア）があるかを整理することも今後必要である。

4.4 住民からの声

住民からの声を整理すると大きく分けて3つの指摘があった。

第一に、避難方法・避難所、避難の早期化を再検討してほしいというものである。アンケートからは、「自治会防災マップの作成」や「避難所の早期開設」を求める意見が多く寄せられた。その一方で、避難所となる公会堂が浸水してしまった事例もあり、避難所の適正配置も課題として浮上した。

第二に、被災後の支援・災害ボランティア活動の充実に関するものである。災害ボランティアによる泥の撤去作業が行われた一方で、特定の地域にボランティアが集中していたり、田畑や側溝の清掃ニーズが災害ボランティアの支援対象から外れていたりする現状が指摘された。加えて、重機でなければ撤去できない多量の土砂を、数十万程度の自治会への支援金だけで実施するのは困難であり、適切な支援制度を行政に求める声もあった。避難生活を早期に終了させるうえでの支援制度についても議論される必要がある。

第三に、災害の変化や避難行動の変容が住民にもたらした心理的な影響の指摘である。特に、地域が被災した経験のある高齢者を中心に「いつもと違う災害形態に戸惑った」という声が多く、地域全体で新しい災害リスクに対応するための取り組みの必要性が語られていた。土壌雨量指数を避難基準

とする先進的な取り組みを行っている福知山市内の荒木地区の住民からも、大江町での土壌雨量指数の変化のようにこれだけ急激に変化した場合は対応が難しいという声も聞かれた。自然現象として急な降雨というだけでなく住民の意識としても不意打ちであった、いわば「急襲型豪雨」による土砂災害という新たな災害への関心・不安が地域内で生まれていることが推察される。

5. 提言

以上述べてきたように、2023 年 8 月の土砂災害によって被災した箇所の地形・地質は従来から、リスクを持った土地であると指摘できる所であったが、降雨の状況が、今まで経験したことがないのであった。温暖化に伴って気象現象の激しさが増し、森林の防災効果が年とともに失われていく今日、身を守るために、砂防ダム・治山ダムなどのハード対策とともに、ソフトの防災対策である避難行動をより一層考え直さなくてはならなくなっている。この章では、的確な避難と減災に結び付く策を地形・地質、森林、避難行動の視点から提言をしたい。

5.1 土砂災害が起こりやすい土地の特徴を事前に把握して備えること

土砂災害が起こりやすい地形・地質条件はある程度把握できる。災害時の的確な避難行動に結びつくように、事前に下記のような事項をチェックして備えておくことが重要と考える。

① ハザードマップに記載はないか

ハザードマップで「土砂災害（特別）警戒区域」に指定されている所は、地形上あるいは過去の災害歴から見て土砂災害リスクが大きい。しかし、指定されていない所で災害が起こったことも事実である。住民自らが以下に列挙する土地の特徴を把握しておくことが重要である。

② 急傾斜地ではないか

急傾斜地はがけ崩れ等が起きやすい。斜度が一般的な安息角の 30 度を超えていないかどうかが目安になる。現地で目視して、あるいは等高線のある地図上で、等高線の高度差とその水平距離を測ると斜度を出すことができる。地層の傾斜が「流れ盤」(3.2 の②) でないかも注意が必要なポイントである。

③ 扇状地ではないか

谷の出口は扇状地になっていることが多く、扇状地は土石流によってつくられた地形なので、土石流災害やそれに伴う浸水のリスクがある。谷は、現地や地図で見ると、山から水が流れて来る所になる。等高線が描かれた地図なら、谷は等高線が山頂側に凹んでいる箇所である。

④ 崩壊の跡や記録はないか

崩壊は過去あった所の周辺では再び起こりやすい。記憶だけでなく、地元の言い伝えや、行政によって立てられた「土石流危険渓流」などの看板にも注意しておく必要がある。

⑤ 人工改変地ではないか

盛土は崩壊しやすい。全域はカバーされていないが、国土地理院の「治水地形分類図」では、「盛

土」「切土」が地図上に色分けされているので、把握できる。また、山上の中世山城跡も水が集まる空堀やしまりが悪い盛り土があるので、把握しておきたい。京都府教育委員会の「京都府中世城館跡調査報告書」が参考になる。

以上のような条件の所で、時間雨量 50mm 以上（感覚的には「白い雨」、雨雲レーダーでは赤で示される）の時、あるいは、「気象庁キキクル（危険度分布）」や「京都府土砂災害警戒情報」等のウェブサイト、当該地域のメッシュの色やスネーク曲線によって警戒、避難を促される状況を把握した時には、迅速な行動が求められる。

5.2 減災機能を考慮した森林施業と植生管理への提言

樹木根の引き抜き抵抗は、斜面崩壊の防止機能を発揮する。しかし、林木の伐根の引き抜き抵抗力は、伐採後急速に低下し 20 年から 40 年でゼロとなる。伐採直後に新植した場合、植栽木は生長とともに引き抜き抵抗力を高めていくが、10 年生前後となる時期に土壌の緊縛力はもっとも小さくなる。このことから造林地では新植から 10 年を過ぎたころが崩壊発生の割合は高くなる。⁽²⁹⁾

間伐により樹木根（特に水平根）の生長が促進され、引き抜き試験において抵抗力を増加させることが確かめられている。さらに、間伐によって低木種を育成することで、高木種の根系による引き抜き抵抗力の補強を図ることができる。⁽³⁰⁾

減災機能を高め維持していくために林業上とるべき施業は、次のことが考えられる。まずは、人工林においては適切な間伐の実施が重要となる。つぎに、斜面凹型地形とその直下や溪床堆積層上部の山腹急斜面では、皆伐施業を避けるか、伐根からの萌芽更新が期待できる広葉樹施業とし、樹木根の引き抜き抵抗を維持する施業とすることである。さらに、長伐期施業^(註 4)は、大きく生長した樹木の重み（林木の蓄積増加）が斜面をすべりやすくする方向に働き、いったん倒流木となった場合には下流被害を拡大させる危険が高くなる。したがって、斜面凹型地形とその直下や溪床堆積層上部の山腹急斜面は、長伐期施業の対象地から除外しなければならない。このことは、薪炭林を主とした過去の里山の立地や利用状況が減災につながっていたのではないかと顧みる価値、ないしは必要性を示唆しているであろう。

山地斜面に拡大する竹林では、崩壊周縁部で地下茎のネットワークが破断抵抗を示すなど斜面安定に一定の効果が期待できる。さらに、竹林は他の樹木からなる森林に比べ崩壊の頻度は低いとの意見もある。他方、竹林の地下茎は比較的浅い層にネットワークが形成されることから、森林の根系ネットワークに比べ斜面安定効果は低く表層崩壊を起こしやすいとの意見がある。⁽³¹⁾⁽³²⁾いずれにしても、放置竹林は立竹が高密度となって枯れ竹や枯れタケノコが増え、枯れた地下茎も増え、その腐朽が進んで地下茎ネットワークの発達と拡大で地中の空隙を増加させる。このことから日常的な降雨によってさえも縦横の水みちにより竹林土壌の浸食が目に見えない地中において少なからず進行し、陥没など斜面崩壊のリスクが徐々に高められているものとみることができる。まして、豪雨時には表層土壌

とその下のすべり面への極端な雨水の集中を招くことから斜面崩壊のリスクが一層高まる。よって、放置竹林対策は間伐対策とともに山地防災上の重要課題の一つと考えられる。

30 年近く前のことになるが、綾部市内の某地区で、人家裏の竹林から降雨の度に水が吹き出して人家に流れ込む被害があった。この竹林を調査すると、山裾から下に広がる緩傾斜地で青竹よりも枯れ竹の本数が上回る一面の放置竹林であった。その地表面には、あちらこちらに直径 1~2m の陥没ができていた。その穴底に立つと膝上から腰辺りまでの深さがあった。地下茎ネットワークの下層の土壌が深く浸食を受け、枯れ竹株とその周囲の腐朽した地下茎とバイオマット層がまとまって陥没してできたものと推察された。一般に緩傾斜地は急傾斜地よりも土壌が深く形成される。土壌深が深い分、水みちが土を流すことで浸食が進んでできる空隙もその分深くなる。この水みちが侵食した土壌はその先の水みちに詰まり、一部の水みちに地中水の流れが集中し、竹林末端部で吹き出した。その捌け口の流出先で人家被害となっていたのであった。立地が緩傾斜地であっても竹林の管理放棄は防災上油断できない。この竹林は調査の後、保安林に指定され、人家裏には治山工事によって土留工が設置されている。

なお、竹林にはケヤキやエノキなどの高木の混生を見ることが多い。竹林では、その根茎による土壌の捕捉は比較的浅い層に限定されるが、そこに高木が混生することで、それらの根の広がりにより深くの層の土壌を捕捉していると考えられる。緩傾斜地においては竹林にケヤキやエノキなどの高木を混生状態に育成することは、防災上のメリットがあると思われる。

5.3 避難行動について

京都新聞（2023 年 3 月 6 日付）によると、2018 年 7 月豪雨の時、綾部市旭町では独居の母親を娘が迎えに行き避難させた。過去にも土砂災害があった所なので、大雨のたびに避難させ、今まで 20 回以上の「空振り」があったが、今度は命拾いをした。一方同じ豪雨の時、3 人が亡くなった綾部市上杉町では、1 階で亡くなった息子の父親が「2 階で寝るように言ってやれば……」と悔やむ言葉を述べていた。被災現場で見ると、この家の 2 階は無傷で、2 階にいれば命が助かった可能性はあるように見えた。この例の 2 カ所ともにハザードマップでは土砂災害（特別）警戒区域に指定されていて、過去にもがけ崩れがあった所である。このような土砂災害リスクのある場所に住んでいる場合は早めの避難、という原則通りの行動が求められる。

上記を踏まえて、今後の避難行動に際して、4 つの提言を行っておきたい。

第一に、複数の避難先の確保である。今回のように避難情報の発令時にすでに、遠方の指定避難所などへの避難が困難な場合に、一時的に安全を確保する避難先（セカンドベスト）を地域で決めておく必要がある。例えば、家屋内での垂直避難以外にも、近くの安全な住家やコンクリート製のビルを緊急的な退避場所に指定することが挙げられる。現在、福知山市でもハザードマップ中に明記されている例もあるが、完全に安全とは言えないまでも、現在の場所に留まるよりも「まし」な逃げ先を確保しておくことが望まれる。

第二に、地域住民から行政への情報発信も求められる。通常は、災害情報は、気象台や基礎自治体などの行政から地域住民へ情報発信される。その一方で、今回の突発的な災害では、行政サイドが持っている情報が、現場の住民の状況をリアルタイムで反映できていなかった。例えば、第四著者は、すでに蓼原地域で浸水が始まっていることを踏まえて、避難指示ではなく、屋内の安全確保を優先するよう福知山市に連絡を取っている。鳥の目で降雨の情報を把握するような行政サイドの視点と、虫の目で目の前の状況を伝える住民サイドの視点のコンビネーションも重要である。そして、災害情報の内容にばかり目を向けるのではなく、伝達が行われる際の住民と行政の信頼関係も醸成しておく必要がある。

第三に、住民が取りうる選択があるということも周知していく必要がある。土砂災害へ警戒するために、福知山市の荒木自治会では、土壌雨量指数を基準として避難を開始する目安としている。この自治会では台風7号では被害はなかったが、第三著者は災害後聞き取りを行った。その際に、大江での土壌雨量指数の上昇を提示したところ、あまりに急激な上昇のため「これでは避難は無理だ」という住民から声が挙がった。今回の災害を教訓にして危険を周知していくことも重要であるが、避難の諦めにつながらないように地域でできる対策も周知していく必要がある。例えば、2024年には第一著者が在住する観音寺地区で、垂直避難訓練が実施された。通常、避難訓練といえば、指定避難所や地域の一時避難所までのものが行われる。その一方で、遠方とは行かないまでも道路の浸水が始まっていることを想定した場合の訓練も有効な対策となりうる。複数の避難先を想定したような避難訓練についても、住民が取りうる選択として周知しながら、新たな対策を地域で実施していくことが大切である。

6. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 24K00327 の助成を受けたものです。

《著者の貢献・プロフィール》

小滝篤夫 全体調整，地質地形分野の原稿執筆，現地調査（京都府立大非常勤講師・共同研究員）

畑中英樹 森林分野の原稿執筆，現地調査（前 京都府緑化センター主任研究員）

大門大朗 災害対応分野の原稿執筆，アンケート分析，現地調査（福知山公立大学地域経営学部・准教授）

仁張衛 歴史文書の調査，大江町内の現地調査，アンケートの実施（大江町蓼原自治会長，福知山自主防災ネットワーク会長）

朝倉聡 綾部市内の現地調査（あやべ市民新聞社）

児玉裕美 綾部市内の現地調査（綾部市文化財保護審議会委員）

足立泰樹 大江町内の現地調査（福知山市自然科学協力員）

高橋和利 大江町内の現地調査（福知山市地域包括ケア推進課災害時ケアプラン推進係長）

≪引用文献≫

- (1) 佐藤文晴 2015 年『命を守るための土砂災害読本』吉備人出版, 126p.
- (2) 産業技術総合研究所「地質図 Navi」<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>, 最終閲覧 2024 年 11 月 26 日
- (3) 千木良正弘 2018 年『災害地質学ノート』近未来社, 246p.
- (4) 福知山市第 3 回避難のあり方シンポジウム南四自治会発表資料. 2024 年
- (5) 国土地理院「治水地形分類図」<https://maps.gsi.go.jp/>, 最終閲覧 2024 年 11 月 14 日
- (6) 猪股雅美 2024 年「東広島市中世山城跡の空堀遺構と土砂移動」地質と文化, 6, 19-28.
- (7) 全国林業改良普及協会編 1998 年『林業技術ハンドブック』全国林業改良普及協会, 1,969p.
- (8) 信州大学農学部森林科学研究会編 2011 年『森林サイエンス 2』川辺書林, 325p.
- (9) (7)と同じ
- (10) 平野泰弘・野口享太郎・大橋瑞江編 2020 年『森の根の生態学』共立出版, 352p.
- (11) 全国林業改良普及協会編 1967 年(1990 年改訂)『林業技術ハンドブック』全国林業改良普及協会, 1,022p.
- (12) 塚本良則 1998 年『森林・水・土の保全 湿潤変動帯の水文地形学』朝倉書店, 138p.
- (13) (8)と同じ
- (14) 中野秀章・有光一登・森川靖 1989 年『森と水のサイエンス』日本森林技術協会, 176p.
- (15) (8)と同じ
- (16) 宮田秀介・小杉賢一朗・五味高志 2009 年「ヒノキ林小流域の水文過程における土壌撥水性の役割」土壌の物理性, 111 号, 9-16.
- (17) 沼田真編 1999 年『生態学辞典 増補改訂版』築地書館, 519p.
- (18) (16)と同じ
- (19) 平岡真合乃・恩田裕一・加藤弘亮・水垣滋・五味高志・南光一樹 2010 年「ヒノキ人工林における浸透能に対する下層植生の影響」日本林学会誌, 92, 145-150.
- (20) (14)と同じ
- (21) (12)と同じ
- (22) 林野庁「竹の利活用推進に向けて 平成 30 年 10 月」<https://rinya.maff.go.jp>, 最終閲覧 2024 年 12 月 16 日
- (23) 京都市洛西竹林公園「竹博士の研究室」<https://chikurin-park.com>, 最終閲覧 2024 年 12 月 16 日
- (24) 張福平・魏永フン※・秋山侃・西條好迪・河合洋人 2005 年「デジタル写真画像を利用した竹林地下部現存量の推定」システム農学.21, 65-74. (※「フン」は「林」と「分」を上下に重ねた字)
- (25) 高口拓也・佐藤研一・藤川拓朗・古賀千佳嗣 2016 年「豪雨による竹林斜面の崩壊と根茎網の影響」第 8 回土砂災害シンポジウム論文集, 151-156.
- (26) 日浦啓全・有川崇・ドウラドゥルガ バハドゥール 2004 年「都市周辺山麓部の放置竹林の拡大にともなう土砂災害危険性」地すべり学会誌, 41, 323-334.
- (27) 宮城昭博・三好岩生 2017 年「斜面安定に対する竹林地下部の力学効果」砂防学会誌, 70, 3-9.
- (28) 藤原洋一・両角圭祐・高瀬恵次・百瀬年彦・長野峻介・一恩英二 2016 年「竹林拡大が土壌物理性および積

雪・融雪に及ぼす影響」農業農村工学会論文集，84，Ⅱ87-Ⅱ94.

(29) (7)と同じ

(30) (10)と同じ

(31) (26)と同じ

(32) (25)と同じ

(33) 社団法人日本林業技術協会編 2001 年『森林・林業百科事典』丸善株式会社，1,236p.

《注》

(注 1) ヒノキ林の土壌では撥水性が強く、土壌中の水分が飽和に達する前に地表流が現れることが報告されている。⁽¹³⁾

(注 2) ここで言う保水力は流域の保水力（広義の保水力）で、土壌の保水力（狭義の保水力）は土壌粒子の小間隙に保持できる毛管水の容量（ほ場含水量）で表す。⁽¹⁴⁾

(注 3) 「緑のダム」について詳しく知るための一般向け図書に、例えば次のようなものがある。蔵治光一郎・保屋野初子編 2014 年『緑のダムの科学 減災・森林・水循環』築地書館

(注 4) 針葉樹人工林などで、柱材用の一般丸太を生産目標として 40 年から 50 年生で皆伐する短伐期施業に対して、大径の丸太を生産目標として、一般丸太の生産伐期の 2 倍程度またはそれ以上で皆伐する林業。⁽³³⁾