

## 豪雨時における住民の早期避難行動促進のための土砂災害に関わる防災情報の伝達方法に関する検討 —京都府船井郡京丹波町での取り組み

小山倫史<sup>1</sup>・〇近藤誠司<sup>1</sup>・原澤恒<sup>2</sup>・西村公貴<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 関西大学社会安全学部・<sup>2</sup> 京丹波町総務課危機管理室・<sup>3</sup> 京丹波町企画財政課情報推進室

### 1. はじめに

平成30年7月豪雨（西日本豪雨災害）において、中国・四国地方の中山間地を中心に大きな被害が出たが、集落全体に急傾斜地や土石流の危険箇所が多数存在する京都府船井郡京丹波町上乙見地区においても、地区にアクセスする道路は崩壊した土砂によっていたるところで寸断された。また、土石流や住宅裏山の崩壊により土砂がなだれ込み、家屋や田畑に大きな被害が発生したが人命にかかわる被害は出なかった（写真-1）。これは、大雨の特別警報の発令や町役場からの避難指示の発出前に、地区内に入った地元消防団員が集落の全住民に避難を呼びかけたことにより住民の早期避難が実現したためであることが報告されている<sup>1)</sup>。

豪雨時の土砂災害に関わる防災情報である「土砂災害ハザードマップ」および「土砂災害警戒情報」（それぞれ「どこ」および「いつ」に関わる防災情報）は、豪雨時に土砂災害発生危険度が非常に高まったとき、住民の早期警戒・避難の判断の参考となる重要な情報である。しかし、行政がこれらの情報を出しても、必ずしも住民の早期避難行動に結びついていないのが現状である。そこで、本報では、京都府船井郡京丹波町において、土砂災害に対する住民の防災意識および地域防災力の向上を目的として2019年6月より実施しているさまざまな取り組みを紹介する。具体的には、住民と共同で作成するハザードマップ、町内に独自に設置した雨量計による局所的な雨量観測、土砂災害に関わる住民向け動画コンテンツの作成・配信などである。これらの取り組みを通して、住民が土砂災害に関する知識を習得し、防災情報を正しく理解するとともに、身近に発生する様々な危険事象と気象データを関連付けることで、住民自らがそれぞれの「避難スイッチ」（住民が自ら避難を開始する基準）を設定し、早期避難に繋げることができると考えられる。

### 2. 住民と共同で作成するハザードマップ

牛山は、1999～2018年に発生した土砂災害について、土砂災害による犠牲者が発生した位置と土砂災害危険箇所の関係を調べ、土砂災害犠牲者のほとんど（87%）はハザードマップなどで示された危険箇所付近で発生していることを示した<sup>2)</sup>。また、国土交通省によれば、平成30年7月豪雨においても、土砂災害による犠牲者のうち約90%は土砂災害警戒区域内等で被災している<sup>3)</sup>。このことは、ハザードマップにおいて想定されていることがほぼ想定通りに発生していることを意味しており、日常から、居住地周りの土砂災害危険箇所についてハザードマップを通して認知し、豪雨時に「いつ」「どのような」行動をとるべきかを考えておくことが重要であることを示している。一方、河川の氾濫による洪水・浸水などによる犠牲者と浸水想定区域についての関係も同様に調査されており、浸水想定区域土砂災害と異なり浸水想定区域付近での犠牲者は41%程度にとどまっている。これは、浸水想定区域の指定作業が大河川を中心に行われており、中小河川では整備が十分に行われていないためであるとしている<sup>2)</sup>。

平成30年版防災白書によれば、ハザードマップの整備状況として、「洪水ハザードマップ」および「土砂災害ハザードマップ」を公表している市町村はそれぞれ全市町村の98%、83%である<sup>3)</sup>。京丹波町においても、住民に対して「京丹波町・防災ハザードマップ」<sup>4)</sup>が配布されており、①大雨時の情報（大雨・洪水に関する注意報・警報、河川の水位情報）、②大雨時の避難（避難の心得、水平・垂直避難）、③大雨について（内水・外水氾濫、雨の強さ・降り方と災害の危険性）、④土砂災害（土砂災害の種類と前兆現象、土砂災害警戒情報）、⑤日常の備え（風水害への備え、自助・共助・公助）、⑥避難所の種類と役割などの基本情報とともに、各地区における土砂災害警戒・特別警戒区域の範囲や浸水想定に基づいた浸水深の分布、避難所などの施設の位置情報などが地図上に示されており、避難情報の種類（避難準備・高齢者等避難開始、避難勧告、避難指示）と取るべき行動もあわせて明記されている（図-1参照）。

しかし、ハザードマップの認知度は必ずしも高いといえず、住民の早期避難などに十分に活用されているとはいえないのが現状であり、ハザードマップの住民認知・住民理解に関して依然として多くの課題があることが指摘されている<sup>5)</sup>。ハザードマップの住民認知に関する課題は、「マップを知らない」、「見たことがない」といった「周知」に関するものと「マップの存在は知っているが持っていない」、「配布されたがどこにあるかわからない」といった「保有」の課題に

A study on transmission method of disaster prevention information related to sediment-related disasters to promote early evacuation behavior of residents during heavy rain – A case study in Kyotamba Town, Kyoto, Japan

Tomofumi Koyama<sup>1</sup>, Seiji Kondo<sup>1</sup>, Hisashi Harasawa<sup>2</sup>, Kimitaka Nishimura<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Kansai University, <sup>2</sup>Crisis Management Office, Kyotamba Town, <sup>3</sup>Information Promotion Office, Kyotamba Town)

**KEY WORDS:** Sediment-related disaster, Early evacuation, Disaster prevention information, Local meteorological observation

分類できる。一方、ハザードマップの住民理解に関する課題として、「マップに記載されている情報が多すぎる」、「記載内容が専門的すぎる」といった「内容のわかりやすさ、見やすさ」に関するものと「避難所が遠すぎる」、「避難所が被災する可能性がある」、「避難経路に多くの危険がある」といった「記載内容と実態の整合性」に関するものがある<sup>5)</sup>。こういった課題を解決するためには、住民にハザードマップの作成の意図をわかりやすく伝えるための工夫やの配布・周知方法の工夫が必要である。一方で、住民の意見をハザードマップに反映させるということも重要である。

そこで、2019年7月15日に、京丹波町質美地区の住民を対象として、住民と地区のハザードマップを共同で作成し、住民一人ひとりが知っている情報を出し合い、地区内の危険箇所・避難経路などを含めた地域の実状を再確認した（写真-2a, b 参照）。その結果、町より配布されたハザードマップ（図-1c 参照）には記載のない地区内の危険箇所や避難経路に関わる数々の情報が出された。以下にその代表的なものを示す。①大雨の際、側溝の水が溢れ、道路が冠水することがあり、避難をするには危険である、②大雨の際、斜面对策工の一部の排水パイプから常に雨水が流出している、③大雨の際、家の前の河川の水位が上昇して危険を感じることもある、④避難する際、川を横断せねばならず、大雨で増水していると危険である、⑤近所のため池があり、決壊しないか心配である、などである。また、多くの住民が危険であると指摘する住宅裏の急傾斜の崖の存在（当該箇所は「土砂災害警戒区域」としてハザードマップにすでに描かれている）も確認できた（写真-2c）。現在、洪水のハザードマップにおいては、大河川のみ洪水時の浸水想定がなされており、中小河川については、浸水想定を検討がなされていないケースが多い。しかし、昨今の大雨による洪水被害を鑑みれば、早急に中小河川についても浸水想定を検討および浸水想定区域図の明示が必要になってくると思われる。このよ



写真-1 平成 30 年 7 月豪雨における京都府船井郡京丹波町上乙見地区における土石流・がけ崩れによる被害

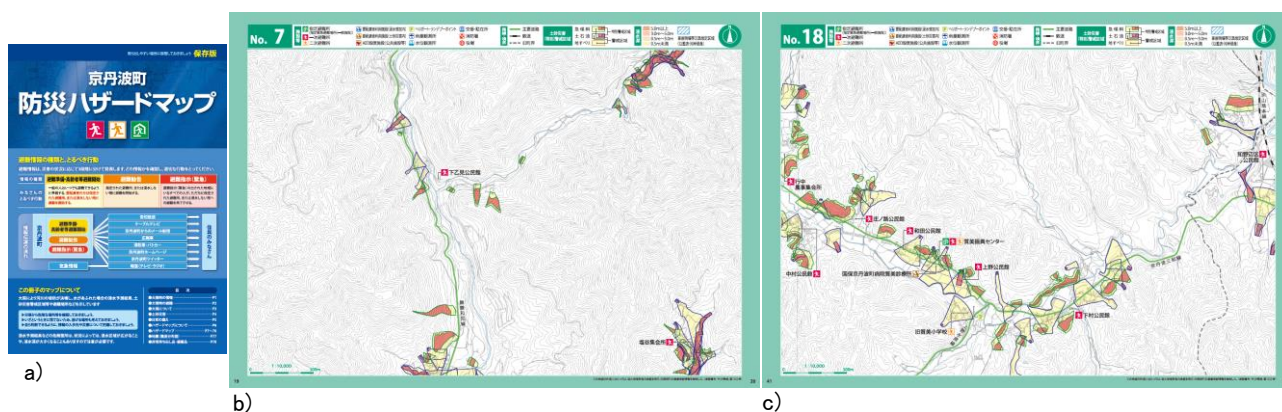


図-1 京丹波・防災ハザードマップ, a) 表紙, b) 上乙見地区, c) 質美地区



写真-2 a) ハザードマップ作成のための議論・情報共有の様子, b) 住民と共同で作成したハザードマップ, c) 多くの住民が指摘した地区内の危険箇所(住宅裏の崖)

うに、住民が主体的にハザードマップの作成に関わり、住民の意見を反映したオリジナルのハザードマップを作成することで、自分たちのまちの再発見・防災に関する地域の課題の発見につながるとともに、地域コミュニティの活性化、災害に強い地域防災力が生まれていくと考えられる。

### 3. 局所気象観測および防災気象情報の共有

京丹波町内には、気象庁が設置したアメダスの雨量計が2箇所（須知、本庄）、京都府が設置した雨量計が5箇所（井脇、高屋川橋、和知川橋、細谷、畑川ダム）存在し、雨量を実測している。また、国道・府道沿いには異常気象時通行規制区間が存在し、テレメータシステムによる雨量観測が行われている。一方、土砂災害警戒情報は、レーダーによる解析雨量（雨量の予測値）を用いて土壌雨量指数を算出し、縦軸に60分間積算雨量、横軸に土壌雨量指数をプロットすることでスネーク曲線を描き、土砂災害発生基準線（CL：Critical Line）との関係から土砂災害の発生危険度を判定している。しかし、解析雨量と実測雨量は必ずしも一致せず、特に降雨強度の大きな場合に解析雨量は実測雨量との誤差が大きくなることが指摘されている<sup>6)</sup>。また、雨量の実測は空間的に限られた場所でしか行われておらず、局所的大雨（ゲリラ豪雨）のように狭い範囲（数km<sup>2</sup>）で発生する降雨を捉えることは難しいと考えられ、ある地点の雨量をその最寄りの雨量計で実測したもので代表させることには限界がある。したがって、降雨の現況を正確にかつリアルタイムに把握するためには、空間的に高密度に雨量計を配置し雨量を実測することが望ましい。

そこで、2019年6月下旬より、京丹波町内の2つの地区（質美・上乙見地区）に気象観測装置を設置し、局所雨量観測を開始した。なお、気象観測においては、明星電気（株）が提供する「超高密度気象観測・情報提供サービス」であるPOTEKA<sup>7)</sup>を利用した。

#### 3.1 局所雨量観測の結果およびその分析

京丹波町内の2つの地区（質美・上乙見地区）で新たに取得した雨量データをもとに、土壌雨量指数を算出し、縦軸に60分間積算雨量、横軸に土壌雨量指数をプロットすることでスネーク曲線を描いた。また、京都府から提供された京丹波町内の3次地域区画（1km×1km、3次メッシュ）ごとに定義された土砂災害発生基準線（CL：Critical Line）を用いて土砂災害発生危険度の評価を行った。図-2に上乙見・質美地区で実測した雨量データを用いて描いたスネーク曲線と気象庁および京都府が設置したそれぞれの地区に最寄りの雨量計による実測雨量をそれぞれ用いて描いたスネーク曲線を比較したものを示す。ただし、比較した雨量計測期間は、それぞれ2019年6月27日～2020年4月30日（気象庁のアメダスによる実測雨量との比較）、2019年6月27日～2019年10月31日（京都府が設置した最寄りの雨量計による実測雨量との比較）とした。本図より、上記期間において、土砂災害発生危険度を著しく高めるような降雨はいずれの

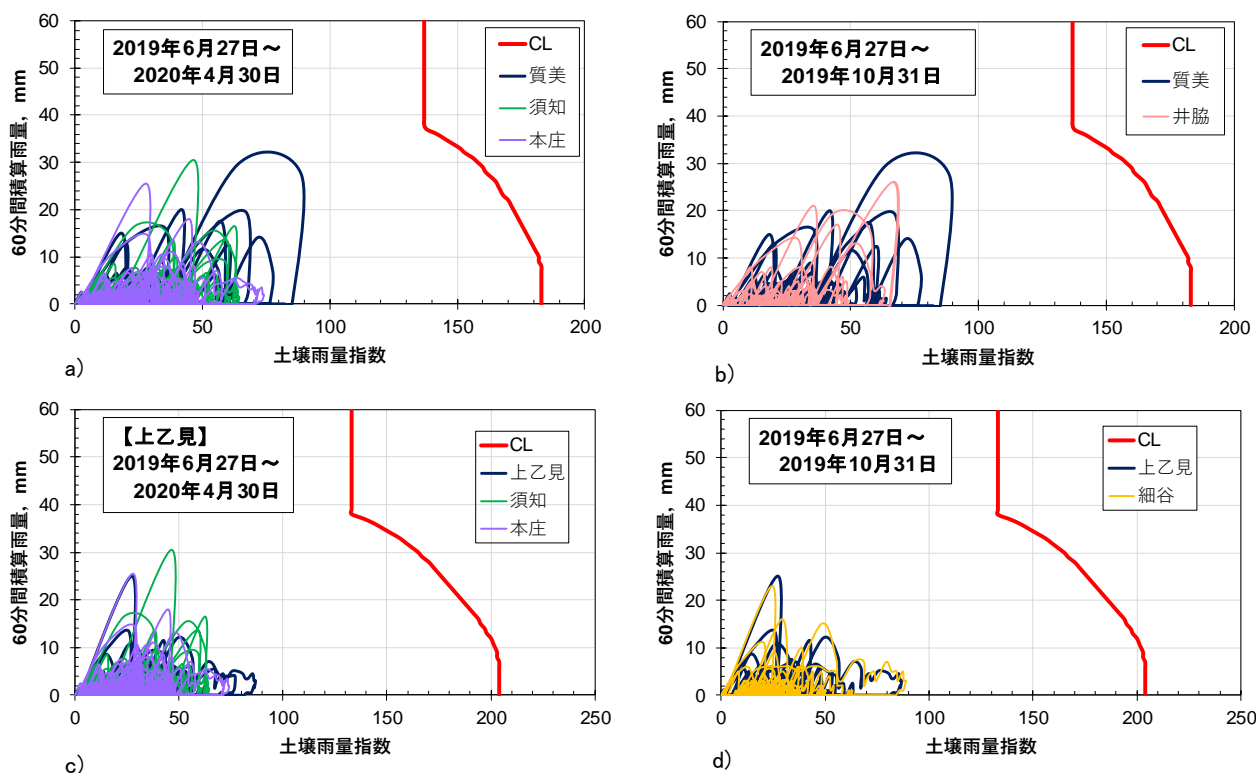


図-2 異なる雨量データを使用して評価したスネーク曲線の比較、a) 質美とアメダス（本庄・須知）、b) 質美と京都府（井脇）、c) 上乙見とアメダス（本庄、須知）、d) 上乙見と京都府（細谷）

雨量計測地点においても観測されていないことが分かる（実際、上記期間内に土砂災害警戒情報の発表はなかった）。また、質美地区で実測した雨量は、気象庁および京都府が設置した雨量計で観測されたものと傾向が異なる、すなわち、気象庁、京都府の実測雨量よりも大きな値をとることが分かる（図-2a, b 参照）。一方、上乙見地区で実測した雨量は、気象庁および京都府がそれぞれ本庄、細谷に設置した雨量計で観測されたものと同様の傾向を有することが分かる（図-2a, b 参照）。このことは、上乙見地区の実測雨量は、気象庁および京都府が設置した最寄りの雨量計で代表させることができるが、質美地区においては、これらで代表させることは難しく、局所的に雨量計測することの重要性が示された。

### 3.2 住民への防災気象情報の提供および「避難スイッチ」としての活用方法

大雨により土砂災害の発生危険度が高まった場合、気象庁・都道府県から土砂災害警戒情報が発表される。近年、災害の発生危険度は「警戒レベル」という形で5段階の数値で表現されるようになり、この「警戒レベル」に応じて住民がとるべき行動が明示されている<sup>8),9)</sup>。例えば、土砂災害警戒情報は「警戒レベル4」と位置づけられ、地元の自治体が避難勧告・指示を発令する目安となる情報であり、住民には速やかな避難が求められるレベルであるとされている。一般的に、土砂災害警戒情報が発表されれば、自治体は避難勧告・指示の発令を検討し、住民に周知することとなる。しかし、防災気象情報を受け取る側である住民は、気象庁・都道府県からの土砂災害警戒情報の発表や自治体からの避難勧告・指示といった最終判断の結果のみを報道や各機関のホームページなどから受け取るようになっており、これらの判断に至った経緯・プロセスや科学的根拠が必ずしも住民に明示されることはない。近年、報道において「土砂災害の発生危険度」や「斜面の中の水分の状態」を表す地図と称して「土砂災害警戒判定メッシュ情報」を提示するケースが増えてきているが、土砂災害の危険度評価の方法（具体的には、土壌雨量指数と60分間積算雨量を用いたスネーク曲線や土砂災害発生基準線の設定など）については、必ずしもわかりやすい形で住民に提示できていない。逆に、土砂災害の発生危険度をその評価・判断方法も含めてわかりやすい形で住民に明示することができれば、住民はそれらを早期避難の判断の基準である「避難スイッチ」として利用することができると考える。

以下では、住民の早期避難のための判断基準である「避難スイッチ」をPOTEKAによる現地雨量観測結果を活用して設定する方法について検討した。図-3に京丹波町質美・上乙見地区において実測した雨量を用いて算出した累加雨量（あるいは連続雨量）および土壌雨量指数の推移を示す（ただし、本図では期間を2020年6月1日～30日とした）。まず、「避難スイッチ」の設定方法として、累加雨量（あるいは連続雨量）を用いる方法が考えられる。すなわち、累加雨量（あるいは連続雨量）のある値（閾値）に到達すれば避難を開始することを決めておくという方法である。この場合、過去の被災事例や身の周りで発生した危険事象がどのくらいの累加雨量（あるいは連続雨量）で発生したのかを記録し、データとして蓄積しておかなければならない。実際、上乙見地区において、家の前の川の水位がある高さまに到達すれば避難を開始するという独自のルールを設定しておられる住民がおられた。この場合、累加雨量（あるいは連続雨量）と河川水位の関係が分かれば、雨量計測結果のみで、早期避難の判断を行うことができることになる。

次に、土壌雨量指数に閾値を設け、「避難スイッチ」として設定する方法について述べる。先述の累加雨量（あるいは連続雨量）は、降雨が終了すれば、頭打ちとなり、ある一定時間経過の後リセットされることから、先行降雨の影響や降雨終了後の斜面内の雨水浸透状況を表現せず、降雨時の斜面の危険度を的確に表現することができない。一方、土壌雨量指数は、降った雨が土壌中に水分量としてどれだけ溜まっているかを、直列3段タンクモデルを用いて数値化したものであり、降雨が終了しても、斜面から排出される水についても評価ができることから、降雨終了後の斜面内の雨水浸透状況をより的確に表現することができる（降雨が終了すると、斜面内から排水され土壌雨量指数は低下していく）（図-3 参照）。したがって、土壌雨量指数そのものは相対的な土砂災害危険度を示した指標であるが、土壌雨量指数を大雨警報等の判断基準と比較することで土砂災害発生の危険度（重大な土砂災害が発生するおそれがあるかどうかなど）

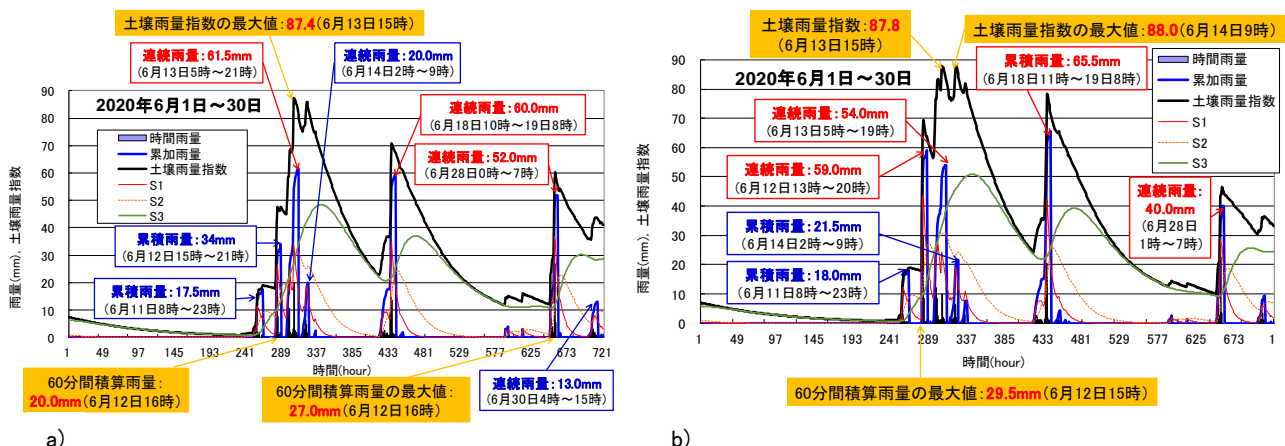


図-3 2020年6月1日～30日の累加雨量および土壌雨量指数の推移, a) 質美地区, b) 上乙見地区

を判断することができる。また、これらの判断基準は過去の土砂災害発生時の土壌雨量指数を調査した上で設定しており、地盤の崩れやすさの違いなども判断基準には一定程度反映させることができる。ただし、斜面内への雨水浸透メカニズムやタンクモデルに関する基礎知識に関する住民の理解が必要不可欠であり、理解促進に向けたわかりやすい説明が求められる。

最後に、土砂災害警戒情報が発表される仕組みと同様の方法で、現地での実測雨量を用いて土砂災害発生危険度を評価する方法を示す（ここで、土砂災害警戒情報はレーダーによる解析雨量を用いていることに留意する）。図-4に京丹波町内の2つの地区（質美・上乙見地区）における、2020年6月1日～30日のスネーク曲線を示す。本図より、当該期間において土砂災害発生危険度を著しく上昇させる降雨は観測できなかったことが分かる。また、本図に示すようにスネーク曲線と土砂災害発生基準線（CL）の位置関係から、現状の土砂災害発生危険度が明示的に示されることになり、この情報を住民に時々刻々提供することで、住民が現状の土砂災害発生危険度を把握し、早期避難行動に結びつけることができる。図中の緑、黄、赤の領域はそれぞれ「これまで土砂災害が発生したことのない領域（今後も土砂災害が発生する確率が低い領域）」、「これまで土砂災害が発生したことはないが、短時間に強い雨が来るといつ土砂災害が発生してもおかしくない領域」、「これまでに土砂災害が発生したことがある領域」と表現することができ、現在どの領域にいるかを確認するとともに、1時間後、2時間後に黄色や赤の領域に達するか否かを判断できれば、「避難スイッチ」を設定することができる。なお、質美・上乙見地区では、緑と黄色の領域の境界は土壌雨量指数の値がそれぞれ137、133であり、これらの値も早期避難のための判断の目安となる。ただし、実測雨量を用いてスネーク曲線を描く限り、1時間後、2時間後の予測はできないため、予測にはレーダーによる解析雨量を用いざるを得ない。解析雨量の値を事前に取得することは、住民にとっては極めて困難である。一方、POTEAKでは、地区内の登録メンバーに対しては、降雨発生状況に関する情報（降雨強度、時間雨量、連続雨量など）をメール配信しており、6時間先までの雨雲の様子や降雨予測結果を閲覧することができる（図-5参照）。したがって、1時間後、2時間後に高降雨強度の雨雲が接近してくるのかどうかを確認することになる。

#### 4. 土砂災害に対する早期避難促進のための動画コンテンツ作成・配信およびその他の普及活動

現地で雨量を実測することの意義および実測した雨量をもとに「避難スイッチ」を設定する方法を住民にどのようにわかりやすく伝えるかについては依然として重要な課題である。以下には、これまで著者らが取り組んできたさまざまな普及活動について紹介する。

まず、2019年8月19～20日に、質美地区の小学生を対象とした交流イベントを開催し、雨量計の仕組みや雨量計測

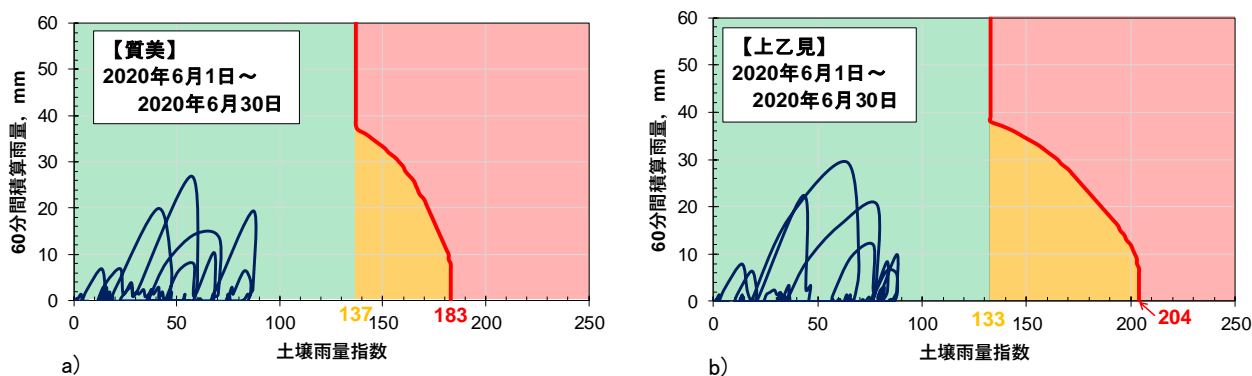


図-4 2020年6月1日～30日におけるスネーク曲線、a) 質美地区、b) 上乙見地区

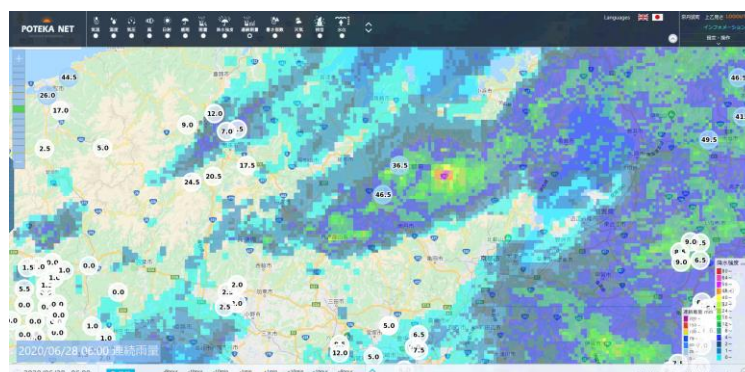


図-5 POTEAK の画面



図-6 さまざまな普及活動， a)小学生との交流イベント， b) 広報誌「安心ほっと便り」， c) Zoomによる動画配信

と計測した雨量の活用方法について解説をした。数名の小学生は夏休みの課題として取り上げられるとともに、交流イベントや雨量計の解説の様子は京丹波町のケーブルテレビ制作の「京丹波ウィークリー」で取り上げられた（8月24日放送）（図-6a 参照）。また、広報誌「安心ほっと便り」においても交流イベントの様子や雨量観測プロジェクトについて取り上げ、広く情報の共有・周知を図っている（図-6b 参照）。また、「土砂災害危険度の判定と早期警戒・避難基準の設定（初級・中級・上級編）」と題して3.2節で述べた内容について、住民向けの番組を京丹波町ケーブルテレビと共同で制作していく予定である。2020年4月以降、新型コロナウイルス（COVID-19）の感染拡大のため、府県間の移動の制限などにより現場での調査・研究活動が十分に行えない状況にあるが、その間、オンライン授業などで利用されているZoomなどを用いた動画コンテンツの作成も開始した（図-6c 参照）。ここでは、「土砂災害に関する理解を深めるための簡単な実験動画」と題してすでに6回のシリーズ（①斜面を構成する土ってなんだ？②土の強さって何？－摩擦力，③土の強さって何？－粘着力，④雨が降ると斜面はなぜ壊れる？⑤斜面が崩れるのを防ぐには？－斜面補強対策，⑥斜面を測るって何？－計測・モニタリング方法）を企画している。

## 5. おわりに

本報では、京都府船井郡京丹波町において、土砂災害に対する住民の防災意識および地域防災力の向上を目的として2019年6月より実施しているさまざまな取り組みを紹介した。今後も、これらを通して、引き続き自治体・住民との連携を深め、住民への情報の周知と共有を図るとともに、豪雨時における住民の早期避難行動促進のための土砂災害に関わる防災情報の伝達方法について検討していく予定である。

## 参考文献

- 1) 矢守克也：空振り・FACPモデル・避難スイッチー豪雨災害の避難について再考するー，消防防災の科学，No. 134，pp. 7-11，2018
- 2) 牛山素行：洪水・土砂災害ハザードマップの意義と注意点，国民生活，No. 94，pp. 11-15，2020
- 3) 内閣府 HP：ハザードマップの整備状況，平成30年度防災白書（[http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h30/honbun/3b\\_6s\\_48\\_00.html](http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h30/honbun/3b_6s_48_00.html)，2020年7月31日確認）
- 4) 京丹波町 HP：防災ハザードマップ（<https://www.town.kyotamba.kyoto.jp/0000000272.html>，2020年7月31日確認）
- 5) 榎村康史：洪水ハザードマップの住民認知・理解向上に向けた改善に関する研究，土木学会論文集 D3，Vol. 68，No. 5（土木計画学研究・論文集第29巻），I\_103-I\_110，2012
- 6) 櫻谷慶治，窪田上太郎，小泉圭吾，小田和広：レーダー・アメダス解析雨量の高速道路防災への適用性について，Kansai Geo-Symposium 2016，地盤工学会
- 7) 明星電気（株）HP：超高密度気象観測・情報提供サービス（POTEKA）（<https://www.nankai-densetsu.co.jp/poteka/>，2020年7月31日確認）
- 8) 気象庁 HP：防災気象情報と警戒レベルとの対応について（<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/alertlevel.html>，2020年7月31日確認）
- 9) 内閣府 HP：避難勧告等に関するガイドラン ①（避難行動・情報伝達編）（[http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/pdf/hinan\\_guideline\\_01.pdf](http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/pdf/hinan_guideline_01.pdf)，2020年7月31日確認）