

## 平成 30 年 7 月豪雨時の土砂災害に対する住民の早期警戒・避難行動に関する考察 —京丹波町上乙見地区の事例—

○小山倫史<sup>1</sup>・近藤誠司<sup>1</sup>・西村公貴<sup>2</sup>

<sup>1</sup>関西大学社会安全学部・<sup>2</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）においては、西日本を中心に広い範囲で記録的な大雨となり、平成 25 年 8 月の特別警報運用開始以来最大となる 1 府 10 県に特別警報が発表された。岡山・広島・愛媛県などで河川の氾濫や土砂災害が相次ぎ、237 名の死者、8 名の行方不明、さらに、2 万戸を超える家屋損壊、3 万戸を超える浸水被害など甚大な被害が広範囲で発生した<sup>1)</sup>。この豪雨により、京都府においても死者 5 名、重傷者 1 名、軽傷者 6 名、住家の全壊 18 棟、半壊 50 棟、一部損壊 83 棟、床上浸水 544 棟、床下浸水 1,760 棟など大規模な被害が発生した<sup>2)</sup>。特に、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は、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（なお、京丹波町における被害状況は、半壊 1 棟、一部損壊 1 棟、床上浸水 5 棟、床下浸水 13 棟であった<sup>2)</sup>）（写真-1 参照）。これは、大雨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>3)</sup>。しかし、一部の住民は避難のタイミングを逸し、崩壊土砂に道を阻まれ、集落外の避難所へ避難できずに孤立し、最悪の時間を集落内の「お堂」と呼ばれている場所（写真-1d 参照）でやり過ごしたという事実もあわせて報告<sup>3)</sup>されており、消防団員の英断により、災害が発生する前に避難が実現したとはいえ、避難時には集落内がいたるところですでに危険な状態になっており、住民がとった避難行動は間一髪・ギリギリのタイミングであったといえ、本事例を早期避難の成功例として手放しに賞賛できるものではないと考えられる。

豪雨時の土砂災害に関わる防災情報である「土砂災害警戒情報」は、豪雨時に土砂災害発生の危険度が非常に高まったとき、自治体が避難勧告・指示を発出する目安となる情報であるとともに住民の早期警戒・避難の判断の参考となる重要な情報である（なお、2021 年 5 月 20 日より、「避難勧告」が廃止され「避難指示」に一本化された）。しかし、土砂災害警戒情報を発表したとしても、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。実際、平成 30 年 7 月豪雨においては、7 月 8 日 15 時時点で、全国約 600 万人に避難勧告等避難を促す情報が出されたが、避難者は約 3 万人（約 0.5%）にとどまっていたという報告もある<sup>2)</sup>。

本論文では、京丹波町上乙見地区において、平成 30 年 7 月豪雨時に実測された雨量データをもとにスネーク曲線を描き、土砂災害の発生危険度の経時変化について分析を行い、行政から発表・発出された防災気象情報および避難勧告・指示の発表状況と実際の消防団の動きや住民の避難行動を照査することで、住民に対する災害・避難情報の発表のタイミングについて考察を行い、住民の早期警戒・避難行動を促すための情報伝達の方法について検討した。



a)

b)

c)

d)

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、a) 沢の濁流が路面へ越水した集落内の道路、b) 土石流が押し寄せた家屋・田畑、c) 土砂流出により寸断された道路沿いの斜面、d) 避難のタイミング逸した住民らが身を寄せていたとされる「お堂」と呼ばれる建物。

Consideration on Early Warning and Evacuation Behavior of Residents against Sediment-related Disasters during Heavy Rains in July 2018 - A case study in Kamiotomi district, Kyotamba Town, Kyoto, Japan

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

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

**KEY WORDS:** Heavy rains in July 2018, Sediment-related disaster, Early evacuation, Disaster prevention information

## 2. 実測の降雨データを用いた土砂災害発生危険度の評価

### 2.1 降雨データ

著者らは、京丹波町上乙見地区において、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(POTEKA)」<sup>4)</sup>を導入し、2019年6月27日より局所気象観測を行っている。しかし、本稿で対象とする平成30年7月豪雨(2018年7月5~7日)については、実測の雨量データは存在しないため、京都府が京丹波町内に設置している5か所の雨量計のうち、上乙見地区に最も近い位置にある「細谷」(上乙見地区に設置した雨量計から直線距離で約1.6km)で観測された雨量を用いて分析を行った。なお、2019年6月27日~2019年10月31日に上乙見地区で実測した雨量をもとに描いたスネーク曲線は、京都府が細谷に設置した雨量計で観測されたものを用いて描いたものとほぼ一致することから、上乙見地区の降雨は細谷のものと同様の傾向を有することが確認できる(図-1)<sup>5)</sup>。図-2に2018年6月28日~7月8日に実測した雨量を用いて算出した累加連続雨量(あるいは累加雨量)および土壌雨量指数の推移を示す。なお、土壌雨量指数は、先行降雨の影響が十分小さいと考えられる2018年6月1日0時を起点(すなわち、土壌雨量指数の値がゼロ)として算出した。土壌雨量指数の算出には、通常、図-3に示すような直列3段タンクモデル<sup>6)</sup>が用いられるが、各タンクに設定されるパラメータである流出孔の高さ、流出係数、浸透係数は全国一律の値が用いられており、土壌雨量指数は各タンクの貯留高の合計値として定義される。すなわち、図-2に中のS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub>は、図-3における1、2、3段目のタンクの貯留高をそれぞれ表しており、これらの合計値が土壌雨量指数である。図-2より、表層に近い1段目のタンクの貯留高の変動は降雨に対して鋭敏に反応し、2段目、3段目のタンクの貯留高は、時間遅れを伴って上昇・下降していることがわかる。特に、3段目のタンクの反応は緩慢であり、無降雨が継続してもゼロになることはない。

図-2より、7月5日3時~7月6日20時および7月7日0時~7日11時に179mmおよび153mmの連続雨量(これらを合わせると7月5日3時~7日11時に観測した累加雨量は332mmとなる)をそれぞれ観測し、土壌雨量指数は7月5日3時~7月6日20時に観測した降雨で31.0から123.2(7月6日18時)まで上昇し、さらに7月7日0時~7日11時に観測した降雨で111.6から193.6(7月7日7時)まで急激に上昇していることがわかる。一方、7月5日21時~7月6日7時には、降雨は継続しているものの小康状態となったため、土壌雨量指数は減少している。また、7月6日21時~7日0時には降雨は観測されなかったことから、連続雨量はゼロリセットされることになるが、土壌雨量指数は無降雨であっても継続的に算出され、その値は単調に減少している。これら土壌雨量指数の減少は、タンクからの流出量が雨水浸透によるタンク内の貯留量を上回るために生じるものである。さらに、7月5日以前(直近の1週間以内)においても、6月28日2時~10時、6月29日11時~30日3時および7月4日5時~10時に連続雨量19mm、累加雨量66mm、累加雨量17mmの降雨をそれぞれ観測しており、これらが先行降雨の影響として残存していたため、7月5日3時に降雨を観測した時点において土壌雨量指数は31.0であった。

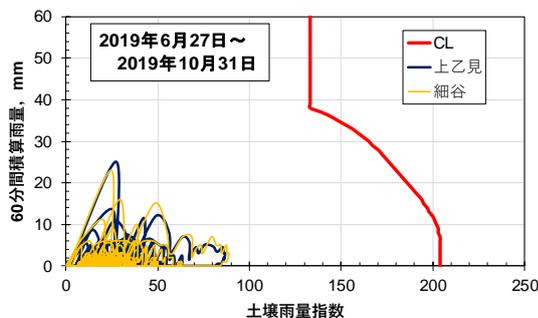


図-1 異なる実測雨量データを用いて評価したスネーク曲線の比較(2019年6月27日~10月31日)<sup>5)</sup>

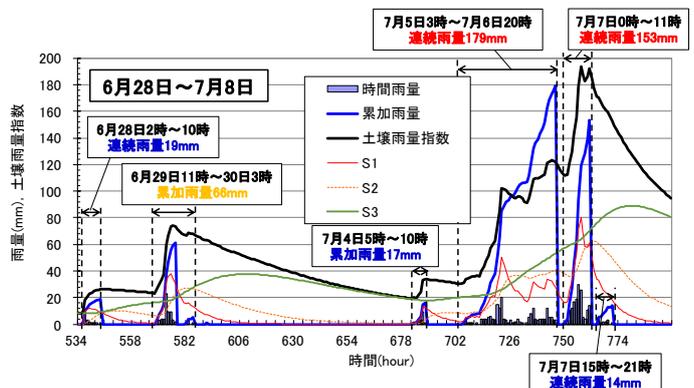


図-2 時間雨量、累加雨量および土壌雨量指数の経時変化(2018年6月28日~7月8日)

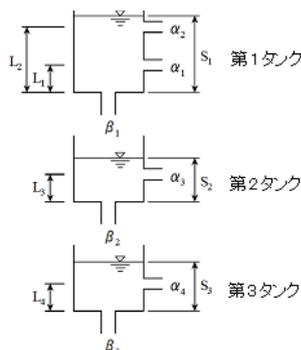


図-3 土壌雨量指数算出のための直列3段タンクモデル<sup>6)</sup>および各タンクにおけるパラメータの値

	一段目	二段目	三段目
流出孔の高さ (mm)	$L_1=15$	$L_3=15$	$L_4=15$
	$L_2=60$		
流出係数 (1/hr)	$\alpha_1=0.1$	$\alpha_3=0.05$	$\alpha_4=0.01$
	$\alpha_2=0.15$		
浸透係数 (1/hr)	$\beta_1=0.12$	$\beta_2=0.05$	$\beta_3=0.01$

## 2.2 スネーク曲線を用いた土砂災害発生危険度の経時変化

土砂災害警戒情報の発令に際しては、レーダーによる解析雨量およびそ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、3次地域区画(1km×1km, 3次メッシュ)ごとに定義される土砂災害発生基準線(CL: Critical Line, 以後CLと記述する)との関係から土砂災害の発生危険度を判定している(図-4参照)<sup>7)</sup>。すなわち、雨量データを用いた土壌雨量指数の算出方法は全国一律であるが、土砂災害発生基準線が3次地域区画ごとに定義されているため、土砂災害警戒情報の発令のタイミングは地域ごとに異なってくる。本稿では、京都府が細谷に設置した雨量計で観測した雨量データ(正時の時間雨量)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、京都府より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)のうち上乙見地区を含むメッシュにおけるものを用いて土砂災害発生危険度の評価を行った。図-5a, bに6月28日0時から7月5日2時および7月5日3時から7月10日0時におけるスネーク曲線をそれぞれ示す。また、図-5cに7月7日0時以降、153mmの連続雨量を記録する降雨により、スネーク曲線がCLに接近し、超えていく様子を拡大したもの示す。図-5aより、6月28日0時から7月5日2時に観測した降雨では、6月29日15時に60分間積算雨量の最大値である23mmを記録し、土壌雨量指数は6月29日18時に73.9と最大値を示したものの、6月30日10時から7月4日4時まで降雨は観測されず、土壌雨量指数は19.2まで低下していた。その後、7月4日5時から同日10時に累加雨量17mmの降雨を観測し、7月5日2時における土壌雨量指数は30.3であった。これら一連の降雨は、7月5日3時以降の降雨の先行降雨として位置づけられるが、スネーク曲線はCLから離れたところを推移していることから土砂災害の発生危険度を著しく高めるものではなかったといえる。しかし、図-5bに示す通り、7月5日3時~7月6日20時に観測した降雨により、土壌雨量指数は31.0から123.2(7月6日18時)まで上昇し、その間、7月5日20時には60分間積算雨量が20mmを記録している。さらに7月7日0時~7日11時に観測した降雨により、土壌雨量指数は111.6(7月7日0時)から最大193.6(7月7日7時)まで急激に上昇し、土砂災害の発生危険度が著しく高まるとともに、最終的には、7月7日5時と6時の間でCLを超えることとなった。7月7日2時から同日7時にかけて60分間積算雨量が10mmを超える降雨が連続して観測されたことが、急激に土壌雨量指数を上昇させるとともに、CLに急速に接近して超えるに至ったものと考えられる。特に、7月7日5時、6時および7時に、それぞれ19mm、30mm、26mmの60分間積算雨量を連続して記録しており、土砂災害の発生危険度を一気に高める結果となったと考えられる。その後、降雨は7月7日8時に

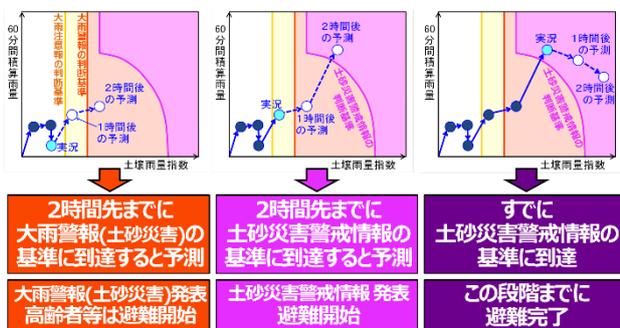


図-4 土砂災害発生基準線とスネーク曲線の関係による土砂災害発生危険度の評価(土砂災害警戒情報発表の仕組み)<sup>7)</sup>。

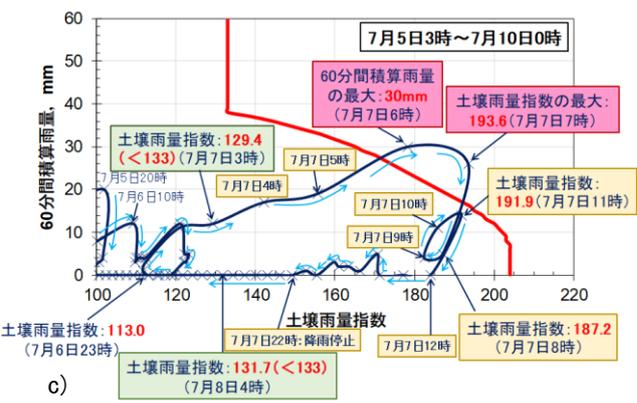
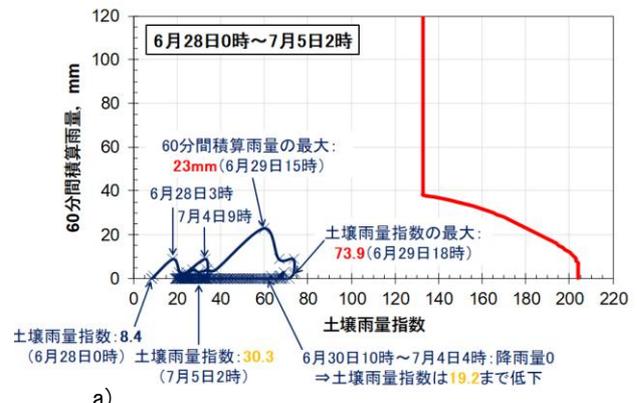


図-5 平成30年7月豪雨時のスネーク曲線と土砂災害発生基準線の関係、a) 6月28日0時~7月5日2時、b) 7月5日3時~7月10日0時、c) 7月5日3時~7月10日0時(土砂災害発生基準線付近を拡大したもの)。

一旦、小康状態となり、CLの内側に戻り、7月7日10時および11時に、それぞれ11mm、14mmの60分間積算雨量を観測し、スネーク曲線がCLに最接近することとなったが、再びCLを超えることはなかった。したがって、7月7日5時と6時の間にCLを超えてから、同日7時と8時の間にCLの内側に回復するまでのおよそ2時間はCLの外側、すなわち土砂災害が発生してもおかしくない極めて危険な状態にあったといえる。その後、7月7日12時に降雨が停止し、同日15時から21時にかけて14mmの連続雨量を観測するが、無降雨の状態が継続し、土壌雨量指数は単調に減少し、7月8日4時には131.7となり133を下回った（後述するが、7月8日3時40分に土砂災害警戒情報が解除されており、このタイミングとほぼ一致している）。

### 3. 防災気象情報および土砂災害警戒情報の発表状況

京都府が一般に公開している「京都府土砂災害警戒情報」のサイト<sup>8)</sup>より、平成30年7月豪雨時（2018年7月5日～8日）において発表された防災気象情報、土砂災害危険度情報の発表状況および住民の避難行動について時系列で整理し、表-1にまとめた（ただし、表中の■は防災気象情報を、◆は土砂災害危険度情報を表す）。なお、京丹波町は2005年10月11日に船井郡丹波町、瑞穂町、和知町が合併して発足した町であるが、防災気象情報および土砂災害危険度情報は合併前の町単位で現在も発表されている。そこで、本稿では、上乙見地区（および細谷地区）を含む旧和知町を対象に発表されたものを抽出した。また、図-5cに示したスネーク曲線と防災気象情報、土砂災害危険度情報の発表状況および住民の避難行動を合わせて記したものを図-6に示す。これらの図表より、土砂災害危険度情報における「極めて危険、警戒レベル4」および土砂災害警戒情報（警戒レベル4）は7月7日1時32分および7月7日2時5分にそれぞれ発表されており、スネーク曲線がCLを超える7月7日5～6時の3～4.5時間前にそれぞれ発表されていたことになる。ただし、図-4に示した通り、これらの情報は、いずれも、レーダーによる解析雨量の予測値をもとに算出したスネーク曲線が2時間後にCLに到達あるいは超えると判断される場合に発表されるものであることから、解析雨量の予測値と実測の雨量にずれが生じたことから、実際よりも早いタイミングで情報が発表されたものと考えられる（実測雨量でCLを超える2時間前は、7月7日3時から4時の間である）。また、大雨特別警戒が発表された時刻は、7月7日6時45分であり、町役場からの避難指示は7月7日7時00分に発出されているが、この段階では、すでにスネーク曲線はCLの外側にあり、土砂災害がすでに発生していてもおかしくない極めて危険な状態にあったといえる。

一方、実際の住民の避難行動に着目すると、7月6日から警戒態勢に入っていた地元消防団員9名が、上乙見地区に入り、一軒一軒の玄関をたたき「すぐに逃げてください」と呼び掛けて住民を避難させたのが5時30分ごろであった<sup>3)</sup>。「逃げろ！」という呼びかけに全ての住民が即応し、8割以上の住民が集落内および集落外への出口付近で斜面の崩落が発生する前の6時30分過ぎには、集落外に位置する避難所への避難を完了したが、このタイミングで避難できなかった9名の住民は、斜面崩落と沢の濁流の路面への越水により集落外への避難が阻まれ、集落内に消防団員とともに取り残され、一時孤立した（6時30分過ぎのこととされている）<sup>3)</sup>。取り残された18人は道路面から高く、集落両側の斜面からも遠い位置にある住民が「お堂」と呼ぶ建物（写真-1d参照）で最悪の時間をやり過ごしたとされ、その後、濁流が小康状態になるのを待って、崩落個所をはしごなどで乗り越えて、他の住民が待つ避難所に避難したとされている<sup>3)</sup>。地元消防団員が集落に入り、避難を呼びかけたとされる時刻（5時30分ごろ）は、スネーク曲線がCLを超えるタイミングとほぼ一致している。また、斜面崩落が発生したとされる時刻（6時30分ごろ）は、大きな60分間積算雨量を継続的に記録している時間帯であり、6時には60分間積算雨量が最大値である30mmを観測しており、そのような状況下で住民が避難

表-1 平成30年7月豪雨時の防災気象情報（■）および土砂災害危険度情報（◆）の発表状況

- 7月5日1時11分：大雨注意報 発表（警戒レベル2, 京丹波町）
- 7月5日4時35分：大雨警戒 発表（警戒レベル3, 京丹波町）
  - ◆ 7月5日9時47分：土砂災害危険度情報（旧和知町：注意, 警戒レベル2）
  - ◆ 7月5日19時00分：土砂災害危険度情報（旧和知町：警戒, 警戒レベル3）
  - ◆ 7月7日1時32分：土砂災害危険度情報（旧和知町：極めて危険, 警戒レベル4）
- 7月7日2時5分：土砂災害警戒情報 発表（警戒レベル4, 旧和知町）
  - 7月7日5時30分頃：消防団員による住民への避難呼びかけ
  - 7月7日6時30分頃：崖崩れ, 土石流の発生
- 7月7日6時45分：大雨特別警戒 発表（警戒レベル5, 京丹波町）
  - 7月7日7時00分：町役場より避難指示の発令
- 7月7日18時30分：大雨特別警戒 大雨警戒への切替（警戒レベル4, 京丹波町）
  - ◆ 7月7日21時20分：土砂災害危険度情報（旧和知町：警戒, 警戒レベル3）
- 7月8日3時40分：土砂災害警戒情報 解除（旧和知町）
- 7月8日10時17分：大雨注意報（警戒解除）（警戒レベル2, 京丹波町）
- 7月8日20時21分：大雨注意報 解除
  - ◆ 7月8日20時21分：土砂災害危険度情報（旧和知町：注意, 警戒レベル2）
- 7月9日13時55分：大雨注意報 発表（警戒レベル2, 京丹波町）
- 7月9日21時25分：大雨注意報 解除（京丹波町）
  - ◆ 7月10日4時14分：土砂災害危険度情報 解除

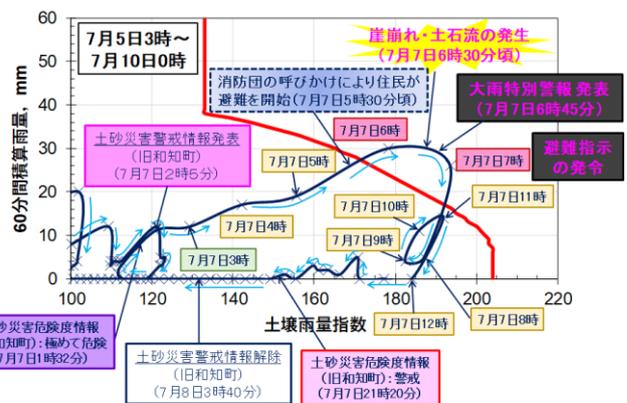


図-6 平成30年7月豪雨時のスネーク曲線と土砂災害発生基準線の関係および防災気象情報、土砂災害危険度情報の発表状況

行動をとることには多くの危険が伴うため、決して容易なものではなかったと考えられる（図-6 参照）。深夜から明け方にかけて急速に雨脚が強まったこと、土砂降りかつ周辺が暗い中を多くの高齢者が避難することの危険性などを考慮せねばならなかったことが、町役場が避難指示をタイムリーに発出できなかった（避難指示の発出が遅れた）要因の一つであると考えられる。一方、土砂災害危険度情報において、7日1時32分に土砂災害判定メッシュが「極めて危険」を示し、土砂災害警戒情報が7日2時5分に発表されていたことから、これら発表の時点で、解析雨量の予測値を用いてスネーク曲線を描くと、2時間後にスネーク曲線がCLを超えるということが予測されていたことになる。よって、土砂災害警戒情報の発表をもって避難指示を発出するというのであれば、今回のケースでは、結果的に雨脚が急速に強まる前に余裕を持って避難することができたと考えられる。しかし、短時間高降雨強度の降雨に対しては、解析雨量の予測値の精度の問題が指摘されており、解析雨量の予測値は30分ごとに更新されているものの2時間後にCLを超えるということを確認することは難しい（実際、今回のケースでは、土砂災害警戒情報を発表してからCLを超えたのは3～4.5時間後であった）。また、降雨が小康状態あるいは完全に止んだときに、どのタイミングで土砂災害警戒情報を解除するのか、また、避難所に避難してきた住民をどのタイミングで帰宅させるのかという問題に対しては、降雨後の土壌雨量指数の減少の程度も含めてスネーク曲線との土砂災害発生基準線との関係から土砂災害発生危険度を的確に評価することが必要かつ重要である。今回の上乙見地区のケースにおいては、179 mmの連続雨量を観測した降雨の後、次の153 mmの連続雨量を観測する雨が降り始めるまでの間に降雨が観測されていない時間帯が約4時間程度あり、その間に避難所に避難していた住民が再び自宅に戻っていたというケースが報告されている。また、CLの内側にスネーク曲線が戻ってきた後に、再度、雨脚が強まり、スネーク曲線がCLに接近し超えていくことも想定しておく必要があり、解析雨量の予測値を活用しながら、十分時間が経過した後も再びスネーク曲線がCLを超えることはないということを確認する必要があり、その確証が得られないと解除に踏み切ることができないと考えられる。

#### 4. 住民の「避難スイッチ」としての防災気象情報の提供のあり方の検討

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>9),10)</sup>。2021年5月20日に避難情報に関するガイドラインが更新され、警戒レベル4において「避難勧告」は「避難指示」に一本化され、警戒レベル3の「避難準備・高齢者等避難開始」は「高齢者等避難」に、警戒レベル5の「災害発生情報」は「緊急安全確保」とそれぞれ名称が変更された。土砂災害警戒情報は「警戒レベル4」と位置づけられ、地域の自治体が避難指示を発令する目安となる情報であり、危険な場所から速やかに全員避難することが求められるレベルであるとされている。なお、一般的に、都道府県と気象庁により土砂災害警戒情報が発表されれば、市長村などの各自治体は避難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、自治体が「土砂災害警戒判定メッシュ情報」をホームページ上で公開するケース<sup>8)</sup>や気象庁も大雨による災害発生の危険度を地図上で確認できる「キキクル（危険度分布）」（土砂災害の危険度分布は「土砂キキクル」）<sup>11)</sup>にて「土砂災害警戒判定メッシュ情報」公開している。また、テレビ報道においても「土砂災害の発生危険度」や「斜面の中の水分の状態」を表す地図として「土砂災害警戒判定メッシュ情報」を示すケースが増えてきている。しかし、土砂災害の危険度評価の方法（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されていないのが現状である。逆に、時々刻々変化する土砂災害の発生危険度をその評価・判断方法とあわせ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「避難スイッチ（早期避難の判断の基準）」として活用することができると考える。以下に、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。

京丹波町上乙見地区における、局地雨量計測を開始した2018年6月27日から現在（2021年6月15日時点）に至るまでのスネーク曲線を図-7aに示す。また、計測期間内で60分間積算雨量および土壌雨量指数が最大となった期間のスネーク曲線を、図-7bおよび図-7cにそれぞれ示す。これらの図より、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さ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と考える。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がない領域（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と考える。なお、

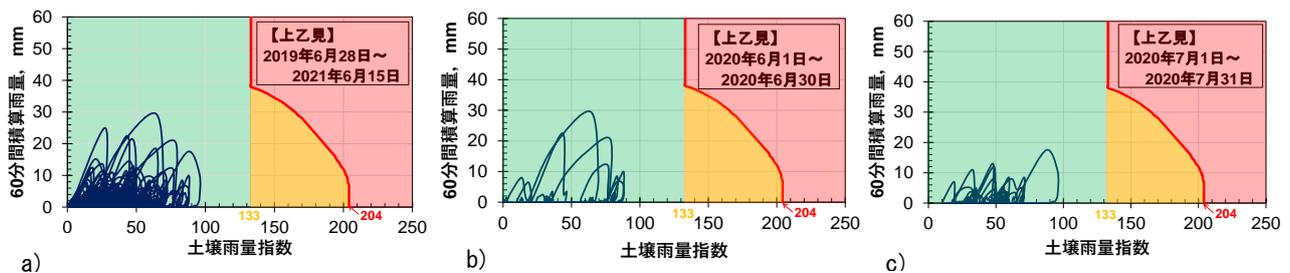


図-7 上乙見地区にて現地計測雨量をもとに描いたスネーク曲線と土砂災害発生基準線の関係, a) 2019年6月28日～2021年6月15日, b) 2020年6月1日～30日, c) 2020年7月1日～31日

上乙見地区では、緑と黄色の領域の境界は土壤雨量指数の値がそれぞれ 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と考えられる。ただし、現地の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。しかし、解析雨量の予測値を事前に取得することは、現状、住民のみならず市町村においても極めて難しい状況である。一方、POTEKA 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、最長 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。したがって、局地雨量観測の結果および雨量から算出される土壤雨量指数を用いて、現況の土砂災害の発生危険度を把握し、1 時間後、2 時間後に高降雨強度の雨雲が接近してくるか否かを確認することで、土砂災害発生の危険度が高まるか否かを判断することとなる。

## 5. おわりに

本論文では、平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨災害）時の京都府船井郡京丹波町上乙見地区における住民の避難行動の状況と防災気象情報、土砂災害危険度情報および自治体からの避難情報の発表状況について照査した。その結果、大雨の特別警報や自治体からの避難指示が出される前に、消防団員の呼びかけによりほとんどの住民が避難を開始し、一部取り残された住民がいたものの人的被害を出さなかったことは称賛できるが、本論文で分析した通り、避難時には集落内がいたるところですでに危険な状態になりつつあり、住民の避難のタイミングはギリギリであった。町役場からの避難指示は、結果として土砂災害発生後に発令されたことになるが、今後、よりタイムリーに避難情報を発表するためには、土砂災害発生危険度の的確な把握とより精度の高い降雨予測が必要不可欠である。また、住民が土砂災害について理解を深め自らが「避難スイッチ」を設定し、早期避難行動をとれるような取り組みや、住民への防災気象情報や避難情報の伝達方法についてのさらなる検討が必要である。

## 参考文献

- 1) 国土交通省 HP：平成 30 年 7 月豪雨における被害等の概要 ([https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouuinkai/daikibokouikigouu/1/pdf/daikibokouikigouu\\_01\\_s2.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouuinkai/daikibokouikigouu/1/pdf/daikibokouikigouu_01_s2.pdf))
  - 2) 京都府 HP：平成 30 年度災害対応の総合的な検証－最終報告書 (<http://www.pref.kyoto.jp/kikikanri/30kennsyokaigi.html>)
  - 3) 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
  - 4) 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/>)
  - 5) 小山倫史・近藤誠司・西村公貴・原澤恒：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ー京都府船井郡京丹波町での取り組み. Kansai Geo-Symposium 2020 ー地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウムー論文集, pp. 251-256, 2020
  - 6) Ishihara Y. and Kobatake S.: Runoff Model for Flood Forecasting, Bull. D. P. R. I., Kyoto Univ., 29, 27-43, 1979
  - 7) 気象庁 HP：土砂キキクル（大雨警報（土砂災害）の危険度分布）の判定の仕組み (<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownbosai/doshakeikai.html#b>)
  - 8) 京都府 HP：土砂災害警戒情報 (<https://d-keikai.pref.kyoto.jp/Top.aspx>)
  - 9) 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/knownbosai/alertlevel.html>)
  - 10) 内閣府 HP：避難情報に関するガイドラン, 令和 3 年 5 月 ([www.bousai.go.jp/oukyu/hinanjouhou/r3\\_hinanjouhou\\_guideline/pdf/hinan\\_guideline.pdf](http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinanjouhou/r3_hinanjouhou_guideline/pdf/hinan_guideline.pdf))
  - 11) 気象庁 HP：キキクル（危険度情報） (<https://www.jma.go.jp/bosai/risk/#zoom:4/34.5/137/colordepth:normal/elements:land>)
- ※HP についてはすべて 2021 年 6 月 30 日時点で確認している。