

集中豪雨対策としての施設点検及び状況判断に着目した避難施設評価手法の開発

三宅 英知¹・林 春男²・鈴木 進吾²・西野 隆博³

Development of Science-based Standard Operation Procedure for Evaluating the Appropriateness of Evacuation Facility for Torrential Rain

Hidetomo MIYAKE¹, Haruo HAYASHI²,
Shingo SUZUKI² and Takahiro NISHINO³

Abstract

A torrential rain is increasing recently. There are cases that residents were caught up on their way to evacuation shelters. To check hazards of disaster and adequacy of evacuation facilities, and to acquire threshold of water and weather advisory are important. Taking appropriate action in torrential rain, it is necessary to assess weather and water information based on the preliminary survey of evacuation. To improve the quality of decision-making, we should utilize science-based procedure using by public agencies for judgment the situation. We propose a procedure manual and web system for evaluating safe evacuation facilities to take appropriate action in disaster response.

キーワード：避難施設，集中豪雨，科学的判断手順，手順書，ウェブシステム

Key words: evacuation facilities, torrential rain, science-based operation procedure, procedure manual, web system

1. はじめに

近年、1時間あたり50 mm 及び80 mm 以上の降水量が観測される回数は増加しており¹⁾、集中豪雨は増加傾向にある。集中豪雨による被害は毎

年のように発生しているが、比較的狭い範囲で発生し、短時間で事態が推移することから、速やかに状況を判断し、意思決定を行うことが必要である。被害の発生が想定される際には、行政から住

¹ 京都府
Kyoto Prefecture Office

² 国立研究開発法人防災科学技術研究所
National Research Institute for Earth Science and Disaster
Prevention

³ 有限会社アールツー・メディアソリューション
R² media solution Inc.

本論文に対する討論は平成 29 年 2 月末日まで受け付ける。

民に対して避難勧告等が発令されるが、平成21年台風第9号、平成16年新潟豪雨の際には、激しい降雨にもかかわらず徒歩で避難して被災した事例が報告されている^{2,3)}。また、平成23年台風第12号による被害では、避難先となる施設が被害にあった例が報告され⁴⁾、適切な避難が課題となっている。これらについて、中央防災会議に「災害時の避難に関する専門調査会」が設置され、平成22～24年に調査が行われた。その報告書では、避難所へ移動することが避難と考えられていたことが指摘され、避難先について緊急な避難のための場所か、仮の生活を行う場所かで整理すべきとしている²⁾。この報告等を受け、平成25年に災害対策基本法が改正され、状況に応じた屋内での待避等の避難行動が示され⁵⁾、避難場所（災害対策基本法の文言では指定緊急避難場所）と避難所（同、指定避難所）について定義がなされた⁶⁾。しかし、これまでに指定されている避難所は、多くの場合、仮の生活を行うことが想定されているもので、緊急な避難のための避難場所としての適性の有無について点検を行うことが課題である。避難施設（当論文において、避難場所及び避難所とする）の安全性評価は課題であるものの、実態把握や評価方法に関する研究は余り行われていないのが現状である。

避難施設の点検に加えて、降雨時に信頼性の高い災害関連情報を入手し、科学的な知見や手順により判断を行うことで、行政は適切な対応を選択し、住民は適切な避難行動を自己決定することが重要である。行政における災害関連情報の活用に関して、牛山ら⁷⁾や、太田・牛山⁸⁾により、継続的な研究がなされている例がある。その中で、現在、災害関連情報を一般の人が得る、あるいは市町村の防災担当者が情報を整備する段階から、それらの情報の利活用を目指す段階にきていることが言及されている⁸⁾。

雨量や水位といった災害関連情報は、行政による避難勧告等の発令の判断に活用されている。また、リスクコミュニケーションを進める上で活用を図っている研究の例もある。例えば竹之内⁹⁾らにより、住民が気象情報を用いて災害リスクに対

する認識を高め、気象情報の作成者との共同意識を構築する研究が行われている。

集中豪雨時には時間的な余裕が十分にないことが想定され、最小限の情報を元的に確かな判断を下すため、情報を迅速に参照できる省力的で標準的な手順の活用が有効であると考えられるが、そのような手順のモデルを示す研究は十分に行われていない。

行政においては、前線や台風への対応の判断が毎年行われ、科学的な知見の活用が進められていることから、行政における避難施設の安全性の点検や状況判断の手順を活用して判断手順のモデルを作成することが有効と考えられる。

住民による適切な避難の実現のためには、避難の考え方の整理を行い、行政による避難施設の安全性の点検が必要となる。更に、雨量等の情報を活用して状況を判断する手順の整備を行い、避難勧告等の発出を始めとした行政の対応及び住民による適切な避難行動の選択を可能とすることが必要である。以上のことから当研究では、行政が、水害時の一時的な避難場所として避難施設の適性を点検する手順をまとめ、標準的な手順として策定する。更に、この手順とリアルタイムの観測情報を利用して、実際の豪雨時に、行政による避難に係る情報の発令の判断を支援し、住民の状況判断・対応行動の支援をも可能なツールを開発することを目的とする。なお、この研究は、京都府における集中豪雨対策の取り組みを通じて検討を行ったものである。

2. 避難の考え方と科学的な知見に基づく避難施設の点検の必要性

2.1 避難の考え方の定義

平成21年台風第9号、平成16年新潟豪雨の際には避難所に避難しようとして被災した事例が報告されている^{2,3)}。災害時の避難に関する専門調査会の報告では、避難とは、小中学校の体育館等の公的施設への移動が前提として捉えられている場合が多いと報告され²⁾、適切な避難行動の選択のために、避難の考え方を定義することが必要と考えられた。これらのことから、平成25年6月に災

害対策基本法の改正が行われ、①指定避難場所への移動、②安全な場所への移動、③近隣の高い建物等への移動、④建物内の安全な場所での待避が避難行動であると定義された⁷⁾。災害の危険性が高い場合には、状況に応じて、これらの中から適切に行動を選択することが必要であることから、避難の定義について今後更に周知していくことが必要である。

2.2 避難施設に対する緊急的な避難先としての点検の必要性

平成25年6月の災害対策基本法の改正により、避難先となる避難施設は、切迫した状況における緊急的な避難先である避難場所と、一定期間生活することを目的とした仮の生活をおくるための避難所の2つに整理された⁶⁾。避難場所は、ハザードに対して安全な場所や構造であることが要件とされ、避難所は、避難者の滞在や物資輸送に適していること等が求められている¹⁰⁾。平成23年9月の台風12号による豪雨の際には、和歌山県では50カ所の避難所が水没・半壊などの被害を受けている⁴⁾。牛山・國分¹¹⁾によると、平成18年7月豪雨の際には、長野県岡谷市にて避難所に指定された小学校に土砂や流木が流入したとの報告がある。これらは、避難先とされていた施設が避難場所としては適切でなかった例である。

従来は、避難所と避難場所の区別がなされていなかったことから緊急的な避難先である避難施設についても避難所とされていた場合が多い。そのため、避難所として指定されてきた施設について避難場所として活用するには、ハザードマップ・土砂災害危険区域の指定等の科学的な知見を活用してハザードに対して安全な場所であることの確認が必要である。

3. 避難所の評価のための点検手順書の要件

避難施設に着目し一体的に評価を行う標準的な手順は、実用性の面から、災害対応業務マニュアルの一種である手順書の形で作成することが望ましい。また、集中豪雨のように、特に対応時間が

制限される対応活動においては、素早く省力的に活用できる必要があることから、手順書の形で整理することが効果的と考えられる。この検討においては、業務として恒常的に災害時の状況判断を行っている行政に蓄積されている経験を活用することが有用と考えられる。行政の対応経験から得られた、活用すべき知見については、避難勧告等の判断に関するガイドライン等に記載されている。それらを活用し、住民や行政が手順に沿って検討し判断を行うことが可能な、避難所点検手順書の作成の検討を行う。

マニュアルに不備が発生する原因として、山田ら¹²⁾は、①マニュアルの記述方法がその時の担当者のやり方に委ねられていることが多く、責任担当者や必要な情報に「ぬけ・もれ・おち」が存在するとし、マニュアルの作成手法が統一されず、記述方法が担当者によって異なることで、マニュアルに必要な情報が網羅されないことを指摘している。また、②災害はまれにしか起きないため、マニュアル作成者の多くは被災経験がなく、経験に基づいて作成することが出来ない。その結果、先進地域の事例をもとに作成するため、その地域の組織構造や風土に適応したマニュアルが作成できないこと、③災害は地域性や個性によって、その発生状況や被害状況が大きく異なり、高い不確定性を有しているため、明確な規定を設けて詳細なマニュアルを記述することは困難であることについて指摘している。

また、林・田村⁹⁾は、平成16年7月に発生した新潟水害での人的被害の原因を究明する中で、風水害における情報伝達及び災害時要援護者の避難支援に関して検討すべきポイントとして、[1]避難の一つの方式として屋内退避を位置づける、[2]要介護者の避難を支える介助者を防災に位置づける、[3]適切な避難行動を自己決定できることを防災の目標に位置づける、[4]避難勧告・指示の発令に自治体職員でも判断に迷わない数値基準を設定する、[5]中小河川における水位観測と流域毎の雨量観測態勢を整備する、について示している。

これらの指摘から、判断手順としての検討であ

ることを踏まえ、手順書に必要な要件として、上記①及び[4]から、a) 専門的な知識がなくとも、一定の判断が行える標準的なものであること、が必要と考えられる。また、ガイドライン等や上記②の指摘を踏まえ、b) 検討すべき内容や参照する情報について記載され、過去の経験が生かされているものであること、が必要と考えられる。また、[3]から、c) 住民が避難判断の手順を学ぶなど、異なる主体が活用することの出来るものであること、が必要と考えられる。そして迅速に参照する情報を把握する手順としての活用を想定することから、d) 論理的かつ視覚的にわかりやすいデザインとなっていること、を満たす必要がある。これらの内容について、以下に示す。

a) 専門的な知識がなくとも、一定の判断が行える標準的なものであること

東田ら¹³⁾によると、避難勧告を発令するかどうかは、そのときの状況やそれまでの経験を元にして、市町村の現場の担当者による判断に任せられてきたとの指摘があり、東海豪雨(2000年9月)の際に市町村によって避難勧告発令の時間がまちまちであり、発令を行わなかった市町もあったことについて言及している。担当者の経験に基づく判断は、地域性を踏まえた有効な内容も多いと考えられるが、必ずしもそのような経験や知識が豊富な職員ばかりではない。また、災害発生時に、自治体の首長や主要な職員が庁舎に不在である場合も考えられる。更に、気象庁をはじめとした防災関係機関から提供される関連情報の有効活用のためには、災害情報リテラシーについても求められる。これらのことから、決められた手順に沿って、情報を収集し、その結果から状況を判断して避難勧告等を発出する判断の仕組みが有効である。状況判断を行う上での、雨量や水位の目安が数値で示されていることから、基準値と観測値を比較して判断することが重要となる。

b) 検討すべき内容や参照する情報について記載され、過去の経験が生かされているものであること

検討すべき内容としては、主に先述のガイドライン等に記載のある、信頼性が高く活用すべき内

容から、標準的な手順としての視点を踏まえて記載することが必要であり、注意報・警報の発表や、雨量や水位といった観測値と基準値を比較して判断することが重要と考えられる。災害対応は、その地域の特性を踏まえることが必要となるため、過去の対応・被災経験を活用することが重要であり、地域で過去に被った被害やその時の状況について把握しておき、状況判断に活用することは重要である。

c) 住民が避難判断の手順を学ぶなど、異なる主体が活用することの出来るものであること

モデルとなる避難判断の手順を学ぶことによって、行政の担当職員が速やかに状況判断を行ったリ、スキルアップをはかることが可能であるが、判断の手順は住民等においても同様であると考えられるため、例えば、住民が避難判断の考え方を学ぶことで、必ずしも行政による避難勧告等の発令を待たない、速やかな避難行動を図れることが想定される。特に、集中豪雨のような、数時間の間で、状況が変わる激しい降雨に対しては、行政による避難勧告等の発令後に行動していたのでは、適切な安全確保行動が実施できないことも想定される。そのため林・田村³⁾が指摘するように、住民自身が適切な避難行動を自己決定できることが重要であり、行政以外も活用できることが望ましい。

d) 論理的かつ視覚的にわかりやすいデザインであること

いくつもの情報を参照し、複数の判断を組み合わせる場合、マニュアルや手順書に示される手順は視覚的に簡易なものでなければ運用が適切に出来ない可能性が高く、情報デザインの観点も含めて検討する必要がある。木村¹⁴⁾によると、インフォグラフィックスの5つの要素として、①見る人の目と心を惹きつける「Attractive」、②目の流れに沿う「Flow」、③伝えたい情報を明確にする「Clear」、④必要な情報だけに簡略化する「Simple」、⑤文字がなくとも理解させる「Wordless」、が考慮すべき重要なポイントとしてあげられている。これらについては、手順書での検討の各段階における構成要素とその配置、関係

性について適用することで効果的なものとなる。

また、Donald A. Norman¹⁵⁾によると、難しい作業を簡単なものにするためのデザインの原則とは、①外界にある知識と頭の中にある知識の両者を利用する、②作業の構造を単純化する。③対象を見えるようにして、実行のへだたりと評価のへだたりに橋をかける、④対応付けを正しくする、⑤自然の制約や人工的な制約などの制約の力を活用する、⑥エラーに備えたデザインにする、⑦以上のことがすべてうまくいかないときには標準化する、こととされ、これらについて考慮する。特に当研究の手順書においては、検討のフローを単純化すること、関係性を示しわかりやすく示すことが重要と考えられる。

4. 避難所点検手順書における点検項目とフロー

4.1 避難判断に関するガイドライン等における参考となる情報

平成17年3月に公表された「避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン」¹⁶⁾に、市町村が行う避難判断に係るマニュアルを作成する際の検討手順が示されている。このガイドラインでは、自治体が適切な避難判断及び伝達を行うために、①対象とする災害及び警戒すべき区域・箇所、②避難すべき区域、③避難勧告等の発令の判断基準・考え方、④避難勧告等の伝達方法について、マニュアルを作成しておく必要があるとされている。しかし、避難を検討する際に活用すべきフロー等の例示はなされてはいない等の課題が残されていた。これらの点については、内閣府に設置された「大雨災害における避難のあり方等検討会」で検討され、平成22年3月に報告がなされている。この報告の中では、標準的な業務手順の作成について、避難勧告等の発令に係るチェックリストやフローチャート例について示されている¹⁷⁾。このチェックリストでは、①避難勧告等を判断するための要素の整理、②避難勧告等の発令の判断基準の整理、等について点検するためのリストとなっている。フローチャートは、①災害発生の可能性を確認、②避難の必要性判断のための情報を収集、

③避難準備情報発表の必要性を判断、④避難準備情報発表を準備、⑤避難勧告等の発表実施、のように判断を行っていくフローが示されている。また、避難判断に係るマニュアル策定の際に、検討・参考とすべき情報について、表1のとおり示されている^{16,17)}。

このガイドラインについては、法改正や制度の変更、東日本大震災等の災害の教訓を踏まえ、平成26年4月に改正され、同年9月に「避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン」¹⁸⁾として公表されている。この改正では、市町村が避難を判断する材料となる防災気象情報を具体的に示すことが改正の柱の一つとされ、対応体制の判断、避難勧告等の判断に活用出来る主な情報として表2の情報が記載されている。

ガイドライン等に掲載されているフローチャートは概略的なものであるため、活用する情報を具体的に検討し、手順を作成することが必要となる。この際、避難所の点検は事前に行うことを考慮し、事前もしくは降雨中に参照する内容に分けて手順の中で用いることが効果的であると考えられる。

4.2 避難施設の点検内容

ガイドライン等を参考にして、以下の項目について、事前に点検を行うことで、避難施設の評価を行う。特に避難所とされてきた施設についても、避難場所として点検を行う必要があることから、避難所の点検に主眼を置く。この際、判断に迷わないよう、出来るだけ数値の比較とする等、分かりやすい点検内容とする。

a) 避難所の基本となる情報

避難所の名称や所在地、構造、避難の対象となる世帯数、要配慮者数といった情報について把握する。避難所の開設方法や、周辺環境等の危険性等も重要な観点ではあるが、施設としての適正を検討するため、基本となる情報について検討する。手順を活用する主体によって、「避難所」を「住家」等に読み替えることで、行政の他にも自主防災組織や住民等の異なる主体が検討を行うことも可能である。

表1 参考とすべき情報（集中豪雨時等における情報伝達及び高齢者等の避難支援に関する検討会、避難勧告等の判断手順・伝達マニュアル作成ガイドライン（平成17年3月）及び内閣府、大雨災害における避難のあり方等検討会報告書～「いのちを守る」ための避難に向けて～より）

検討内容	風水害	土砂災害
避難勧告等を判断するための要素の整理	<ul style="list-style-type: none"> 過去の浸水実績に係る情報等 浸水実績図、水害時の写真、過去の洪水時の水位・気象の状況、水文資料等 浸水想定に係る情報等 浸水想定区域図、治水地形分類図、外水はん濫・内水浸水シミュレーション結果 河川管理施設の整備状況に係る情報等 流下能力図、重要水防個所、堤防整備状況、排水機場・水門の状況等 人的被害の危険性に関する情報 氾濫流の到達時間・流速、避難が困難になる水深、家屋が損壊する恐れのある区域等 	<ul style="list-style-type: none"> 過去の土砂災害記録に係る情報等 土砂災害の被災範囲や被害状況、気象の状況等の記録 土砂災害の想定に係る情報等 土砂災害警戒区域等図、土砂災害危険区域（箇所）図、保全対象資料 砂防施設の整備状況等に係る情報等 砂防堰堤、急傾斜地崩壊防止施設、地滑り防止施設などの整備状況を示した地図
避難勧告等の発令の判断基準の整理	<ul style="list-style-type: none"> 気象警報、注意報、気象情報、台風情報 アメダス、降水短時間予想、降水ナウキャスト、指定河川等の水位状況、指定河川洪水予報 河川施設の整備状況 浸水実績図、浸水想定図、ハザードマップ 河川の水位状況や水位予測に係る情報 降雨状況や降雨予測に関する情報 中小河川や内水等の状況、浸水状況に関する情報等 ポンプの稼働状況、堤防の変状、浸水情報、水防団からの情報、上流自治体の被害状況 	<ul style="list-style-type: none"> 気象警報、注意報、気象情報、台風情報 アメダス、降水短時間予想、降水ナウキャスト 土砂災害警戒情報（土砂災害警戒判定メッシュ情報） 降雨状況や降雨予測に係る情報 近隣での様々な前兆現象情報 砂防施設の整備状況 土砂災害の記録、土砂災害想定、ハザードマップ 巡視員や住民等からの情報、土砂災害発生監視装置等

表2 防災体制の設置判断、避難勧告等の判断に活用出来る主な情報（内閣府（防災担当）、避難勧告等の判断手順・伝達マニュアル作成ガイドライン（平成26年9月））

気象情報、気象注意報・警報・特別警報	
気象情報	台風情報 府県気象情報 記録的短時間大雨情報
気象注意報・警報・特別警報	注意報（大雨、洪水、強風、波浪、高潮） 気象警報（大雨、洪水、暴風、波浪、高潮） 特別警報（大雨、暴風、波浪、高潮）
雨量に関する情報	
地点雨量の把握	アメダス テレメータ雨量 リアルタイム雨量
流域雨量	流域平均雨量
面的な雨量の把握	レーダー・降水ナウキャスト
	レーダ雨量
	XRAIN 雨量情報
	リアルタイムレーダー
	解析雨量
	降水短時間予報予報
水位に関する情報	
	テレメータ水位 水位予測
水害に関する情報	
	指定河川洪水予報 水位到達情報 流域雨量指数 規格化版流域雨量指数
土砂災害に関する情報	
	土砂災害警戒判定メッシュ情報 都道府県が提供する土砂災害危険度をより詳しく示した情報 土砂災害警戒情報

b) 過去最大の観測値(極値)

降雨時に、過去最大の観測値(極値)を越す雨量等が観測された場合、それまでにない被害が発生する可能性があり、極値と観測値との比較は判断の参考となる。例えば、東海豪雨(2000年9月)の際、複数の観測点において、日降水量は過去の記録の中で最も大きな値を記録し、1時間降水量は過去の最大値と同程度の降水量が観測された¹⁹⁾。2004年の台風23号水害の際には、1時間雨量1箇所、24時間雨量30カ所で最大値を更新していることが報告されている²⁰⁾。観測値の整理等が十分に行われておらず、極値が不明である場合は、地域の多くの人の記憶に残っているような、その地域での過去最大の災害時の観測値が参考となると考えられる。ただし、いずれの場合も、観測値が極値等に至らなくとも危険な場合があることの注意が必要である。

c) 雨量・水位・土壌雨量指数による基準

雨量・水位・土壌雨量指数について、規定されている気象警報等の基準値を把握し、どの程度の観測値の場合に、注意や警戒が必要となるかを知ること、その地域の脆弱性を知ることが出来る。この値には、科学的な知見が活用されていることから、科学的根拠に基づく判断につながると考えられる。この中で、土壌雨量指数は、通常、実況値は未公表だが、基準値は設定されていることから記入することとしている。この他に、河川によっては指定河川洪水予報が発表されるが、全国的に汎用性のある手順書とするため、手順書の点検内容から外してある。また、洪水の警戒基準において、警戒のために設定された水位へ達した際に検討する内容については、詳細は市町村の地域防災計画等に規定されており確認する必要がある。

d) 被害の想定と被害を受ける可能性のある設備

その地域において注意すべき災害を知るために、土砂災害警戒区域等への該当の有無、浸水ハザードマップによる浸水被害の想定と被害を受ける可能性のある設備について調査し、地域の脆弱性や避難所が被災する危険性について検討する。浸水が想定される場合、浸水深により、床下浸水となるのか、上階への避難が可能であるか等を検

討する。また、避難所の設備について調査し、浸水で被害を受ける可能性について検討する。活用する主体によって、「避難所」を「住家」等を読み替えることで、行政の他にも自主防災組織や住民等の異なる主体が検討を進めることも可能である。

4.3 降雨時に確認すべき内容

降雨時には、観測された雨量や水位等に応じて危険性を判断して対応を行うこととなる。気象状況や水位等の状況は時々刻々と変化するため、降雨時には、警報・注意報・土砂災害警戒情報の発表状況や、雨量・水位といった動的な情報を監視し、状況を判断して、適切な行動に繋げる必要がある。

確認する情報としている3時間雨量は、注意報・警報等の発表基準として設定されている場合があるため確認を行う。この際、公表される時間雨量を積算する必要がある。累加雨量については、降雨の規模を考える際に用いられることから検討するが、一般的な定義が定められていないことから、情報入手元として記載している京都府ホームページ(京都府河川防災情報)²¹⁾に記載されている値を用いる。ここでは、雨量が観測されない時間が4時間未満である場合に、観測値を積算して累加雨量とされている。この他に、京都府においては、土砂災害警戒レベル(レベル1~3)の発表が行われている。内水氾濫の基準については、下水道等の能力が、概ね時間雨量50mmを想定して整備されてきた²²⁾こと、時間雨量が50mmを超えると多くの災害が発生する²³⁾とされていることから、時間雨量50mmを警戒値とすることが妥当である。

災害の危険度(切迫度)の判断としては、水位・雨量等で設定された基準において、より危険度が高いものを活用することとしている。土砂災害に関しては、土砂災害警戒情報の発表の有無と、土砂災害危険度レベルの発表の両方を用いる(各レベルでの対応の目安を示すために、1~3を記載している)。浸水被害の切迫性については、大河川の場合は大規模な洪水による被害が大きいこと

から、氾濫危険水位を活用している。中小河川・水路等については、洪水に比べて発生頻度が高いと考えられる内水氾濫による被害に着目し、注意報や警報の基準ではないが、目安とされている時間雨量50 mmを用いる。

この手順は、事前に確認しておく基準値と、降雨時に確認する観測値を比較して、客観的な評価を行うことを意図している。予測情報については、発表される内容が必ずしも予測値ではないことから、基準値や観測値と比較する情報としていないが、発表内容に応じて活用することが効果的と考えられる。

雨量・水位の観測値を活用する上で、雨量計・水位計の設置数が限られていることが課題であり（例えば、平成27年10月20日現在で京都府における設置箇所：雨量計146地点、水位計136地点²¹⁾）、観測地点が近くにない場合がある。雨量計・水位計の設置数を増やし、きめ細やかな観測を行うことが望まれるが、早急に実現されるとは考えにくい。観測地点が近くにない場合は、地形等から参照することが適当な観測地点を選定し、過去の災害時等の雨量・水位観測値を検証し活用することが重要と考えられるが、当研究ではこの選定方法について検討を行っていない。また、過去の災害時等の雨量・水位観測値を検証し、警戒活動に活用する観測値を設定する方法についても検討を行っていない。そのため、適当な観測施設が存在しない場合、当研究で提案する手順書は利用できず、今後の検討課題である。

4.4 対応基準

速やかな対応のためには、施設の状況や雨量等の基準・事前に検討しておく内容を踏まえ、降雨時における対応行動とその基準となる観測値等を策定しておくことが必要である。降雨時には、観測された雨量や水位等に応じて、危険性を判断して対応を行うこととなる。対応基準の設定には、過去の対応・避難事例や、避難等の行動の実施に要する時間を勘案して検討することが重要である。この際、過去の災害時における雨量・水位観測値を検証し、判断材料となる雨量・水位の観

測地点と、避難が必要となる地域との距離や地形等の関係にも注意することが必要である。

行政における対応としては、例えば避難所の開設及び避難勧告等の発令が考えられる。対応基準は、避難所への避難行動と対応活動の実効性を踏まえ、避難所ごとの避難エリアで検討することが適当である。住民における対応は、例えば避難行動が考えられ、住家や避難施設の状況に合わせて、定義された4種類の避難行動の中から行動を検討しておくことが必要である。避難場所としての事前確認、降雨時における確認、対応基準と照らした行動判断によって、適切な避難を実施することが可能となる。

4.5 手順書の検討フローについて

a) 検討の進め方

各検討項目は関係性に基づき矢印で結合され、上から下へと矢印に従い、検討項目の空欄を埋めチェックボックスにチェックを入れていくことで、状況を把握し検討を進める。矢印に従い、関係性に基づいて系統だった検討を進めることを意図している。順番に検討を進め、手順を学ぶために、項目を埋めていく仕様としている。なお、手順書は、A3サイズ of 用紙を縦に用いる。

b) 要素の表題・枠の色、配置

集中豪雨による災害は土砂災害と浸水害が想定され、各項目の関連性によって、各要素の表題の色（土砂災害：オレンジ、浸水害：水色）や、枠の色（事前確認箇所：緑、降雨時確認箇所：黄色）を変え、各確認内容の性質を容易に認識出来る仕様とする。また、概観した際に、検討過程について容易に把握できるよう各要素を配置する。

c) 情報の確認先

自治体の防災担当者に限らず多様な主体が活用することを想定し、情報を入手するホームページのアドレスについて記載する。なお、複数のホームページから入手できる情報については、京都府のアドレスを記載する（ハザードマップについては、市町村のホームページで公開されているため、そのアドレスを記入する）。これらの情報については、行政職員・一般市民とも入手できる情報と

しているが、特に施設に関する情報や極値については、施設管理者や市町村に問い合わせを行う必要がある場合も考えられる。

以上の検討により、作成された避難所点検手順書について図1に示す。

5. 手順書の評価

この手順書については、平成25年9月11日に京都市内で開催された平成25年台風第18号のふりかえりワークショップ（以下、WS）の際に評価を実施した。なお、このWSは、京都府防災講演会の一環として開催され、同日午前豪雨に関する講演会（講演標題「近年の豪雨の特徴とその対策」）が行われている。このWSでは、京都府内市町村の防災担当課において、市町村防災担当者及び自主防災組織メンバーから参加者を募り、6市町村において災害対応に従事する市町村職員6名及び自主防災組織の主要メンバー29名、合計35名の参加があった。参加した市町村防災担当職員は、経験年数が2年以上あり、平成25年台風第18号の対応経験や災害対応に関する知識がある職員である。自主防災組織のメンバーは、幹事や会長といった主要メンバーであり、災害対応の経験年数は概ね5年以上あり、殆どの参加者が平成25年台風第18号での対応を経験している。しかし、土砂災害・洪水等の警戒基準への理解については、十分ではないメンバーもいた。

WSでは、手順書のフローに沿い、PCを用いてインターネットから情報収集を行い検討を実施する研修を行った。この作業の後に、手順書に対する評価（良かった点、改善すべき点について記述する）を参加者が行った。また、事後のアンケートにおいても同様に評価を実施し、合わせて72個の意見を得ることが出来た。得られた意見については、KJ法を用いて、構造化を行った。KJ法とは、川喜田二郎が考案した、集められた情報を組み立て構造を明らかにする手法であり、定性的な情報をボトムアップで処理することが可能な手法である²⁴⁾。具体的な作業の流れとしては、1) 意見として出された全てのカードを並べ内容を確認する、2) 記載内容が近いカードをグループ化し

てタイトルを付け、次により大きなグループへとグループ化を繰り返す、3) グループの空間配置を検討して、関係性を検討する、4) 検討した関係性を元に図解化する、というものである²⁵⁾。この手法を用いることで、定性的な情報をボトムアップで構造化することが出来るため、手順書の評価について、意見を収集して分析していく上では、有効な方法であると考えられる。

KJ法により、得られた意見の構造化を行った結果、得られた避難所点検手順書の評価の構造化について、図2に示す。評価としては、下記のa)～f)が示された。

a) 地域特性を踏まえた対応経験について：雨量・水位等の過去の観測値について調べておくことで、降雨時に比較できるため有用であると考えられる。また、地域特性を踏まえた過去の対応経験等を、極値や判断のポイントとして数値化し手順書に取り入れることが必要である。

b) 科学的知見の活用・検討項目の関係性について：基準値・観測値を用いて客観的に判断する手続きは理解出来るものであり、手順書により検討の全体像を把握できる。しかし、項目が多く記入枠も小さいこと等により扱いづらく、検討手順の省力化を図るべきで、運用に際しては、Webシステムとすることが望ましい。

c) 対応基準・行動計画について：対応組織において対応基準を整備しておくことで、行政からの情報を待つことなく、主体的に対応できると考えられる。対応基準については、降雨時には行政や地域住民と協議して策定することが重要である。対応基準は、出来るだけ簡単な検討で済むものとするのが望ましい。

d) ハザード情報（雨量・水位等）について：ハザード情報がインターネットで提供されており、リアルタイムで入手できることは有用で、降雨時にも活用することが効果的である。しかし、自主防災組織等の地域で災害対応活動を実施する組織のメンバーは年配の方も多く、PCを操作して様々なWebサイトから情報を入手することは難しい。そのため、Webシステムにより省力的に情報の入手や把握を可能とすることが望まれる。

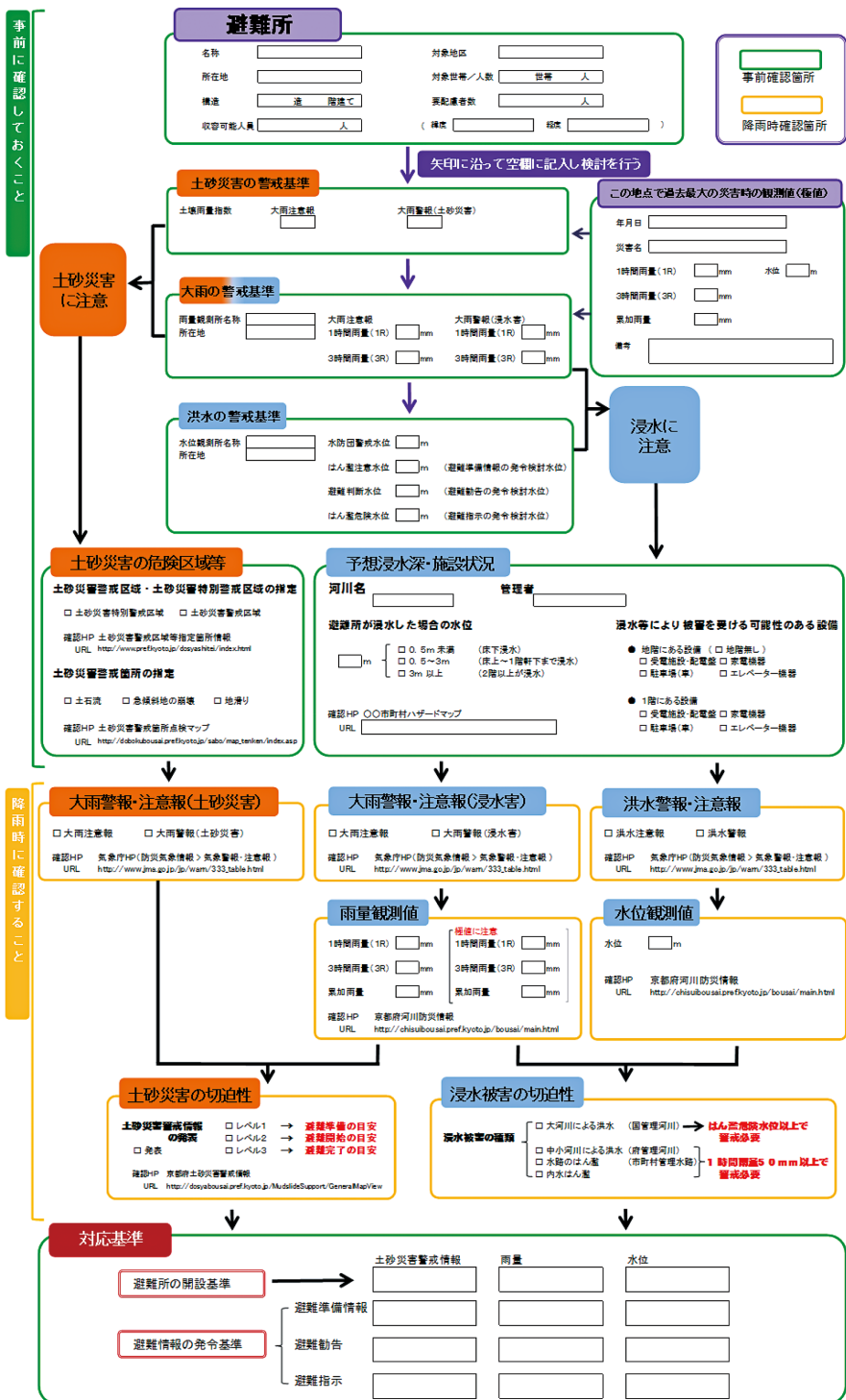


図1 避難所点検手順書

e) 対応組織（自主防災組織等）について：組織的に体制が不十分であり、手順書を活用して実際に判断できるかという課題があるため、組織力を向上させ、訓練や研修を実施することが重要である。

f) 手順書の活用について：手順書を活用することで、避難所や地域の実情や課題を把握することが出来、事前の対策や災害時における判断に有用であると考えられることから活用していきたい。

評価の構造からは、上記の a) と c) については点検手順に含まれ、a) ~ d) については Web システムでの運用に意見が集約される。以上のことから、手順書については、Web システムでの運用の検討が望まれ、自主防災組織等の訓練や研修を踏まえて、避難行動等に係る判断・対応へ繋がっていくことが評価意見から導かれた。得られた評価によると、判断の手順については、ほぼ理解が得られたが、項目が多いこと等により活用の際には手間がかかるため、より省略化された手順が望ましいと指摘されている。また、判断を行った上で対応へ結びつけるためには、手順書だけでなく対応組織としての取り組みが必要であることについても言及があったため、今後の検討課題とした。ワークショップの参加者は、災害時の活動経験があり災害対応における中心的な役割を果たしていることから、この参加者により評価を行うことは適当だと考えられる。しかし、災害に関する知識の有無や情報入手手段の有無や活用に個人差があり、それらについても検討課題である。な

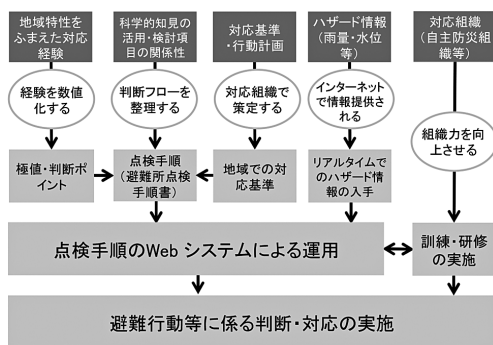


図2 避難所点検手順書に係る評価

お、避難所手順書の作成及びワークショップについては、平成26年に実施された「避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン」⁴⁾の見直し前に行っており、この見直しにより、警戒水位と避難勧告等の発令の検討との関係は変更されている。

6. 施設（避難所）点検手順書システムの開発

6.1 点検手順に係る Web システムでの運用

手順書の評価を実施した際に、ハザード情報をリアルタイムで入手可能な機能を持つ、Web システムでの運用について導かれたことから、手順書の内容を Web で運用するための“施設（避難所）点検手順書システム”（以下、システム）の作成を検討した。このシステムは、事前に避難所等の施設ごとに雨量や水位などの警戒基準を入力しておく、降雨時には降雨や水位などの状況を確認するシステムである。Web システムとすることによって、雨量等の観測値を関連する Web サイトから引用し表示することが出来、確認作業の手間が省けるようになった。また、ハザードマップ等の関連する情報を、リンクさせた Web サイトから閲覧することが可能である。登録した施設情報・基準値等については、緊急時等に必要に応じて確認することが出来る。また、基準値と観測値は、一体的に表示して確認することが可能となった。

6.2 システム構成とシステムの利用フロー

システムの構成について、図3に示す。利用者

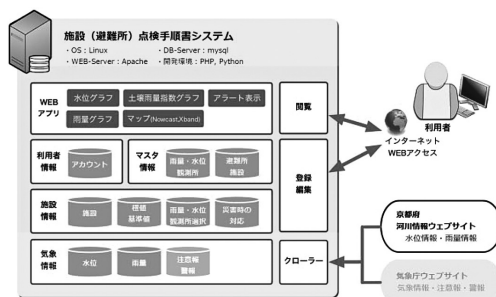


図3 システム構成

の情報入力により、利用者情報、施設情報（施設、極値・基準値、雨量・水位観測所選択、災害時の対応）に関するデータベースが作成される。また、マスタ情報として雨量・水位観測所及び避難所施設についてデータベース化されている。水位・雨量情報は、京都府河川情報ウェブサイトから取得して Web アプリにて処理し、水位・雨量・土壌雨量指数グラフの表示、設定登録した行動基準によるアラート表示を行う。また、XバンドMPレーダ雨量情報・降水ナウキャスト・土砂災害警戒情報判定メッシュ情報について、国土交通省・気象庁ウェブサイトから情報を取得し Web アプリにて処理し表示する。

ユーザーによるシステム利用の概要について、図4に示す。事前にユーザーは、施設情報、ハザードマップ等により想定される危険性、極値、警戒基準、対応活動及びその設定値についてシステムに登録する。システムは、ユーザーが入力した情報を保存しておくと共に、観測データの収集・保存を行う。降雨時には、システムにより、観測データが表示されることに加えて、システムに登録されている警戒基準や対応行動の設定値と比較して、観測値の超過等の情報が表示される。ユーザーは、観測値の変化、基準値の超過等の表示、対応行動に係る設定値の超過等についてシステムから情報を得て、行動を判断する。

検討作業の流れについて、図5に示す。運用について、紙ベースの手順書から Web システムとし、検討項目欄の大きさや配置等について自由度が高まったことから、検討の順序等を整理し直し

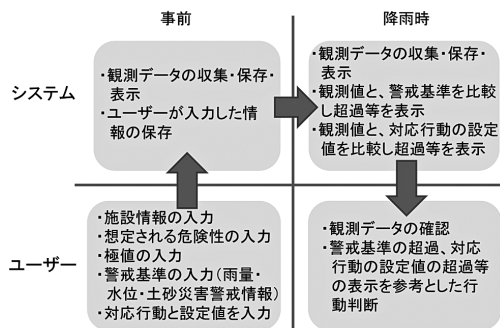


図4 システム利用の概要

ている。また、情報の参照が容易になったことで、モニタリングにおいて、レーダー等の地図をベースとした情報の項目を追加している。避難所情報の登録から検討を開始し、河川（図5の検討フローでは川）、雨量（同、雨）、土砂災害（同、土）の種類ごとに検討を進める。検討は、地形・地質、過去の最悪災害の際の観測値、警戒基準、対応基準の順に入力を進め、降雨時には、関連する Web サイトの情報を活用してモニタリングを行う。システムはインターネットエクスプローラ等の Web ブラウザを用いて利用する。

システムの主要なページは、施設（避難所等）に係る新規登録ページ（図6）と降雨等の状況を確認するトップページ（図11）である。最初にログイン画面があり、ログインによって、登録した施設等の情報を確認できる。システムの操作については、検討フローを取り入れた、施設情報の登

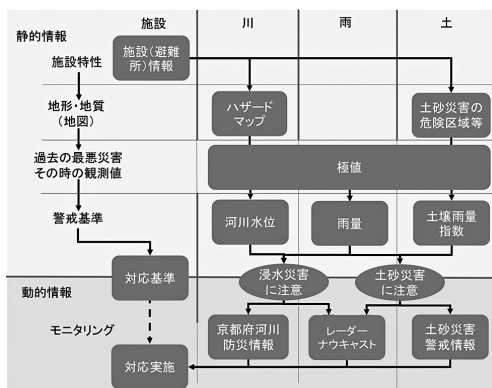


図5 システムの検討フロー

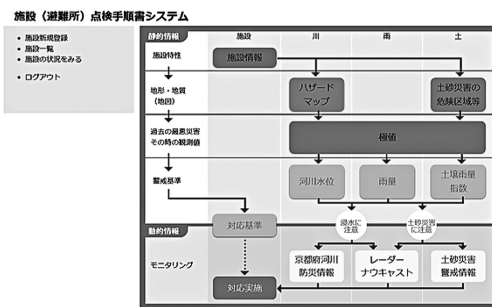


図6 施設情報の登録画面

録画面(図6)の指示に沿って、順番に検討を進めることになる。各項目の入力を行うために、各項目のボタン(“施設情報”等)を選択して入力画面を開き情報を登録する。ボタンは、入力の進展に従って上から順番に色が変わり、色が付いた項目について、操作可能となる(図6は極値の関連情報を入力する段階の画面)ため、登録作業の進捗状況を把握しながら、入力を進めることが出来る。各項目での入力内容は、下記のとおりである。

6.3 事前の入力

a) 施設特性について[施設情報]:施設(避難所等)の新規登録ページでは、事前に検討対象となる避難所情報について登録を行う。京都府内の避難所については、システムに登録されており、地図画面及び市町村ごとの避難所リストから選択して登録する。登録内容は、名称・所在地・構造・収容可能人数・対象地区対象世帯/人数、要配慮者数・緯度/経度となっている。なお、事前の入力を行う画面においては、画面の右側に、入力の進め方に関する説明及び関連リンクについて記載しており、入力作業を円滑に進められるように意図している。施設情報の登録画面を図7、地図上での避難所の選択画面を図8に示す。

b) 地形・地質(地図)について[ハザードマップ・土砂災害の危険区域等]:河川名・河川管理者・浸水深、被害を受ける可能性のある設備について入力する。ハザードマップや土砂災害の危険区域等を確認するため、入力の進め方の説明部分に、掲載されている自治体ホームページへのリンク機

能を有している。登録画面について図9に示す。

c) 過去の最悪災害・その時の観測値について[極値]:災害の発生日・災害名・観測された雨量や水位等について入力する。京都府ホームページ(災害の記録を掲載しているページ)、市町村の地域防災計画、気象庁アメダスの観測値検索ページ等を掲載しており、それらを参考とする。

d) 警戒基準について[河川水位・雨量・土壌雨量指数]:水位計・雨量計を登録し、警戒基準について入力する。京都府内の雨量計・水位計をシステムに登録しており、地図画面で選択する。水位計を選択すると、警戒基準が自動的に反映される。雨量・土砂災害の警戒基準については、気象庁ホームページで公開されており、確認のためのリンク機能を付与している。雨量計・水位計を登録することで、トップページに観測値が表示される。

e) 対応基準について[対応基準]:上記d)の作業で登録された基準値を参考にし、対応内容とそ



図8 避難所選択画面(地図)

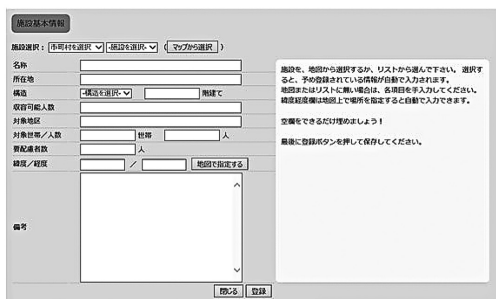


図7 施設基本情報登録画面

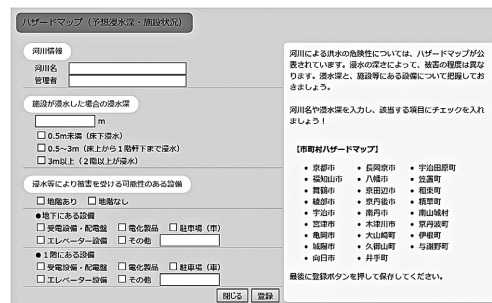


図9 ハザードマップ関連の登録画面

の基準とする雨量等の値を登録する。避難所の開設・避難勧告等の発令の他に、任意の対応を登録できる。登録画面を図10に示す。

6.4 緊急時のモニタリング

降雨時等には、トップ画面(図11)において、避難所ごとの状況を確認し、対応判断のために活用する。最上部には、水位の状況、降雨のレーダー情報、土砂災害警戒メッシュ情報を地図情報として提示し、リアルタイムの状況を確認することが出来る。それ以下の部分については、登録した避

難所ごとの情報が、左から水位・雨量・土壌雨量指数の順に表示される。このうち、最上段には、注意報等の警戒基準値や、登録しておいた対応基準の設定値からの超過・下落についてテキスト文で示される。中段には、水位・雨量・土壌雨量指数の変化がグラフとして示される。雨量グラフについては、時間・3時間・累加雨量が示される。また、各グラフにおいては、注意報等の、警戒のための値についても示される。最下段には、水位観測値、雨量観測値、土壌雨量指数の値を示している。水位については基準水位の値、雨量については極値についても示し、比較可能となっている。土壌雨量指数については、京都府ホームページ(河川防災情報)にて公表されている、府内の雨量観測所における10分間降水量から、気象庁ホームページで公開されている計算式²⁶⁾を用いて算出する。なお、土壌雨量指数のグラフにおいて土砂災害警戒情報の発表基準線は模式的に表示している。



図10 対応基準の登録画面

6.5 システムの評価の実施

このシステムについて、平成26年11月15日に市町村の防災担当職員及び自主防災組織の構成メンバーを対象として、システムの表示や操作方法の検証と、雨量情報等の提示方法に係る検証ワークショップを行った。京都府内の5市町村から、市町村の防災担当職員5名及び自主防災組織の主要メンバー12名が参加した。参加した市町村防災担当職員は、経験年数が2年以上あり、平成25年台風第18号の対応経験や災害対応に関する知識がある職員である。自主防災組織のメンバーは、幹事や会長といった主要メンバーであり、災害対応の経験年数は概ね5年以上あり、殆どの参加者が平成25年台風第18号での対応を経験している。しかし、土砂災害・洪水等の警戒基準への理解については、十分ではない参加者もいた。

検証の作業としては、各自が災害時に避難する見込みのある避難所についてシステムの点検に従って検討を進め、事前に登録する内容の入力が終了した後に、実際に観測された降雨データを用いてデモンストレーションを行った。降雨データは、

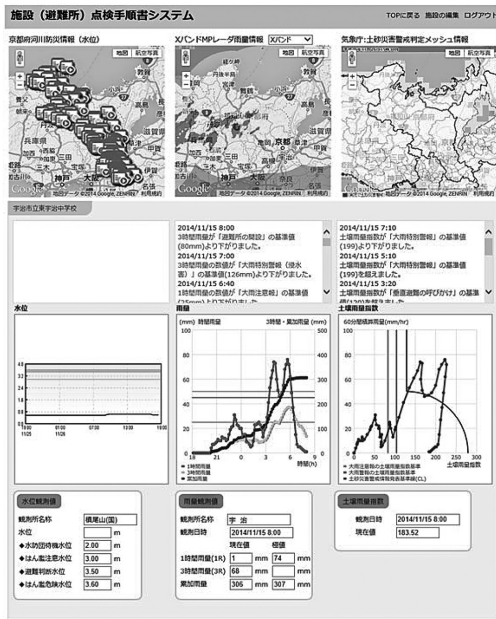


図11 システムのトップページ(デモ画面)

京都府南部豪雨における平成24年8月14日18時から15日8時の間の、宇治観測所(宇治市宇治若森)における雨量観測値を使用した。その結果、システムに対して表3に示す意見が得られた。

システムに対しては、実際の災害対応時に活用できそうであるとの意見が多かったものの、極値等のデータ整備や、地域における対応基準の策定等の必要性について意見があり、今後の課題である。また、自主防災組織の役員は高齢者が多いため、活用は難しいであろうとの指摘があった。降雨時の状況確認では、新たな情報登録は必要なく操作は少ないが、施設情報の登録における一連の作業においては、考慮する必要がある。評価実験については、実際の豪雨時における活用ではなく、デモンストレーションによる意見に基づき評価を行っていることを始めとして検証の余地があることから、今後システムの改善と共に検証を進めていきたい。ワークショップの参加者は、災害時の活動経験があり災害対応における中心的な役割を果たしていることから、この参加者により評価を行うことは適当だと考えられる。しかし、災害に関する知識の有無、情報入手手段の有無や活用に個人差があり、それらについても検討課題である。

表3 システムに対する参加者からの意見

<ul style="list-style-type: none"> ・システムを良く理解できたら、地域の状況判断に役立つ。 ・使いやすいシステムである。後はハード・ソフトの環境整備が必要である。 ・触った感じの印象は良好である。諸条件等の入力をしつかりと行えば、頼れる存在になると思う。 ・システムそのものは良いと考える。地域の対応基準を含めて、もう少し市町村レベルでのデータの整備を進めないと活用しにくいと思う。府のレベルと市町村のレベルでは、守備範囲の広さが違うが同一レベルでのデータが要る。 ・十分に活用できることを確認できた。 ・良いシステムだと思う。早く実用をして欲しい。 ・今後活用できそうである。 ・避難所が浸水する場所にある場合は有効と思われる。 ・シミュレーションを見て使いやすいと思った。状況の変化がグラフや文字となるので分かりやすいと感じた。よく見かける雨量グラフより分かりやすい。 ・民間では活用しにくいのではないか。 ・高齢者が多い、自主防災組織の役員向けのシステムではない。中学校等の防災教育に活用してはどうか。
--

7. まとめと今後の展望

当研究では、近年増加しつつある集中豪雨を対象として、行政が活用している判断手順を元に、科学的な知見や、得ることの出来る情報の関係性を活用して、対応行動の意思決定を行うための避難所点検手順書を策定した。この手順書について、京都府内の市町村の防災担当職員及び自主防災組織のメンバー35名による評価ワークショップを実施したところ、手順書としての検討フローや項目については理解が得られたが、作業が複雑であることから、Webシステムとして手順書の運用を行うことが望ましいとの結果であった。加えて、対応組織の組織力を向上させ訓練や研修を行うことで、対応の判断や実施へ繋がることが示された。この評価を受けて、避難所点検手順書を、Webシステムとして運用する、“施設(避難所)点検手順書システム”の開発を行った。このシステムについて、京都府内の市町村防災担当職員及び自主防災組織のメンバー17名により検証を実施し、評価を得た。今後、この結果を活用し、参照できるハザード情報を増やす等、効果的な意思決定の支援ツールとして改良していく予定である。また、京都府内においてモデル地域を選定し、自主防災組織や消防団等の災害対応組織による合意を元とした、地域における対応基準の策定を検討することを予定している。それらの検討結果を活用して、科学的根拠に基づく、効果的な意思決定の普及を検討していくこととしている。

引用文献

- 1) 気象庁：気候変動監視レポート2013, p32, <http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/>, 2015年6月20日確認
- 2) 中央防災会議「災害時の避難に関する専門調査会」：災害時の避難に関する専門調査会報告～誰もが自ら適切に避難するために～, p.9, 11, 2012
- 3) 林 春男・田村圭子：2004年7月13日新潟水害における人的被害の発生原因の究明, 地域安全学会論文集, No.6, pp.197-206, 2005
- 4) 産経新聞：和歌山県避難所格付け, 産経新聞 2012年2月6日

- 5) 災害対策基本法第六十条(昭和三十六年十一月十五日法律第二百二十三号)、最終改正：平成二六年六月一三日法律第六七号
- 6) 災害対策基本法第四十九条の四及び七(昭和三十六年十一月十五日法律第二百二十三号)、最終改正：平成二六年六月一三日法律第六七号
- 7) 牛山素行・新村光男・召田幸大・山口兼由：市町村による豪雨防災情報活用の実態分析，河川技術論文集，第12巻，pp.163-168，2006
- 8) 太田好乃・牛山素行：2008年の調査にもとづく市町村における豪雨防災情報活用の課題，自然災害科学，30-1，pp.81-91，2011
- 9) 竹之内健介・河田慈人・中西千尋・矢守克也：気象情報の共同構築～災害リスクに対する共同意識の醸成の視点から～，災害情報，No.12 2014，pp.100-112，2014
- 10) 災害対策基本法施行令第二十条の三及び六(昭和三十七年七月九日政令第二百八十八号)、最終改正：平成二六年一月二日政令第三六六号
- 11) 牛山素行・國分和香那：平成18年7月豪雨による災害の特徴，自然災害科学，25-3，pp.393-402，2006
- 12) 山田雄太・林 春男・浦川 豪・竹内一浩：平常業務を元にした災害対応業務マニュアルの作成手法の確立に向けて－奈良県橿原市を対象とした適用可能性の検証－，地域安全学会論文集，No.10，pp.67-76，2008
- 13) 東田光裕・林 春男・斉藤俊一・北野鉄人：水害を対象とした災害対応シミュレータ(プロタイプ)の開発，地域安全学会論文集，No.6，pp.51-58，2004
- 14) 木村博之：インフォグラフィクス，誠文堂新光社，pp.15-16，2012
- 15) Donald A.Norman: The design of everyday things, Basic Book, pp.188-189, 2002
- 16) 集中豪雨時等における情報伝達及び高齢者等の避難支援に関する検討会：避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン，p.3,5,17,20, 2005
- 17) 内閣府：大雨災害における避難のあり方等検討会報告書～「いのちを守る」ための避難に向けて～，p.43-46，2010
- 18) 内閣府(防災担当)：避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン，p.5，2014
- 19) 牛山素行・石垣泰輔・戸田圭一・千木良雅弘：2000年9月11～12日に東海地方で発生した豪雨災害の特徴，自然災害科学，19-3，pp.369-373，2000
- 20) 牛山素行：2004年10月20～21日の台風23号による豪雨災害の特徴，自然災害科学，23-4，pp.583-593，2005
- 21) 京都府：京都府河川防災情報，<http://chisuibousai.pref.kyoto.jp/>，2015年10月20日確認
- 22) 国土交通省都市・地域整備局下水道部：下水道総合浸水対策計画策定マニュアル(案)，p1-3，2006.3
- 23) 気象庁：雨の強さと降り方，http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/amehyo.html，2015年6月20日確認
- 24) 川喜田二郎：KJ法と未来学，中央公論社，pp.10-14，1996
- 25) 川喜田二郎：発想法－創造性開発のために，中央公論新社，pp.66-94，1967
- 26) 気象庁：土壌雨量指数「土壌雨量指数の計算式」，<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/dojoshisu.html>，2015年6月25日確認

(投稿受理：平成27年7月15日)

訂正稿受理：平成28年3月29日)

要 旨

近年，集中豪雨は増加傾向にあり，住民が避難所へ避難する途中における被災例が見受けられるが，災害の危険性や避難施設を点検し，河川水位や気象に関する警戒基準を学んでおくことが重要である。集中豪雨時における適切な対応のためには，事前に避難について調査を行った上で，気象や水位に関する情報を評価することが必要であり，意志決定の質を向上させるために，行政機関が利用している科学的な根拠に基づく判断手順を活用すべきである。この論文では，災害時における適切な対応のために，避難施設の評価を行う手順書及びウェブシステムを提案する。