

2015年9月関東・東北豪雨災害時における 避難情報及び浸水状況が住民の 避難行動へ及ぼす影響の地域特性に関する分析

ANALYSIS OF REGIONAL CHARACTERISTICS OF INFLUENCE OF
EVACUATION INFORMATION & INUNDATION SITUATION ON EVACUATION
BEHAVIOR AT THE KANTO-TOHOKU HEAVY RAINFALL IN SEP. 2015

諸岡良優¹・郷津勝之¹・寺井しおり²・布村明彦³・山田正⁴
Yoshimasa MOROOKA, Katsuyuki GOZU, Shiori TERAJ,
Akihiko NUNOMURA and Tadashi YAMADA

¹学生会員 修（工）中央大学大学院理工学研究科（〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27）

²正会員 修（工）中央大学研究開発機構専任研究員（同上）

³正会員 工修 中央大学研究開発機構教授（同上）

⁴フェロー会員 工博 中央大学教授 理工学部都市環境学科（同上）

This study evaluated the relationship between residents' evacuation behavior and a variety of information such as the river related information about river water level and the inundation or the evacuation related information and its regional characteristics. In order to discuss the methods to use river related risk information for appropriate evacuation, following contents are conducted. 1) Analysis of hearing survey to residents, 2) Analysis of regional characteristics that the trigger of making decision to evacuation, 3) Discuss the influence of the disaster information and the inundation situation on residents' evacuation behavior and its regional characteristics.

Key Words : flood disaster, hearing survey, Bayesian inference, evacuation behavior

1. はじめに

2016年8月台風10号等により北海道及び岩手県で発生した水害、更には2017年7月九州北部豪雨による土砂災害のように、近年、日本では毎年のように豪雨による甚大な被害が発生しており、多くの人命が失われている。突発的に発生する地震や津波と異なり、河川洪水は、降雨、河川への流出・流下、氾濫という順を追って被害が発生する進行性の災害と言える。つまり、降雨量や河川水位のような事前にある程度予測できる情報が複数あり、降雨から災害発生までのリードタイムに適確な行動をとることができれば、被害を軽減することは可能であり、最低限人命を守ることができるはずである。しかし、片田¹⁾は気象情報や河川情報が詳細かつ迅速にテレビやインターネットを通じて提供されても、住民の多くは避難勧告が発令されるまで何の対応もしていなかったことを住民へのヒアリング調査により明らかにしている。ま

た、2016年8月台風10号によって発生した岩手県岩泉町での水害では、高齢者施設において避難準備情報（現：避難準備・高齢者等避難開始）の意味が伝わっておらず、適切な避難行動がとられなかったことにより9名の人命が犠牲になった²⁾。これは、避難に関する情報が発令されても、その内容を理解していない人が多く、結果として適切な避難行動へ結びつかなかったという例である。さらに、2009年8月台風9号によって発生した兵庫県佐用町での水害では、避難所への移動中に用水路等に流された9名（うち子供が5名）が亡くなるという悲劇が発生した²⁾。これは、これらの住民が日没後に避難したことで用水路に流された事例であり、2013年に災害対策基本法における「屋内避難（垂直避難含む）」が位置付けられたきっかけとなった事故である。このように避難行動をとってもそれが適切な行動でない場合には、かえって身を危険にさらしてしまうということもある。

以上のように、避難行動には多くの課題があるが、適切なタイミングで適切な場所へ避難すれば人的な被害は

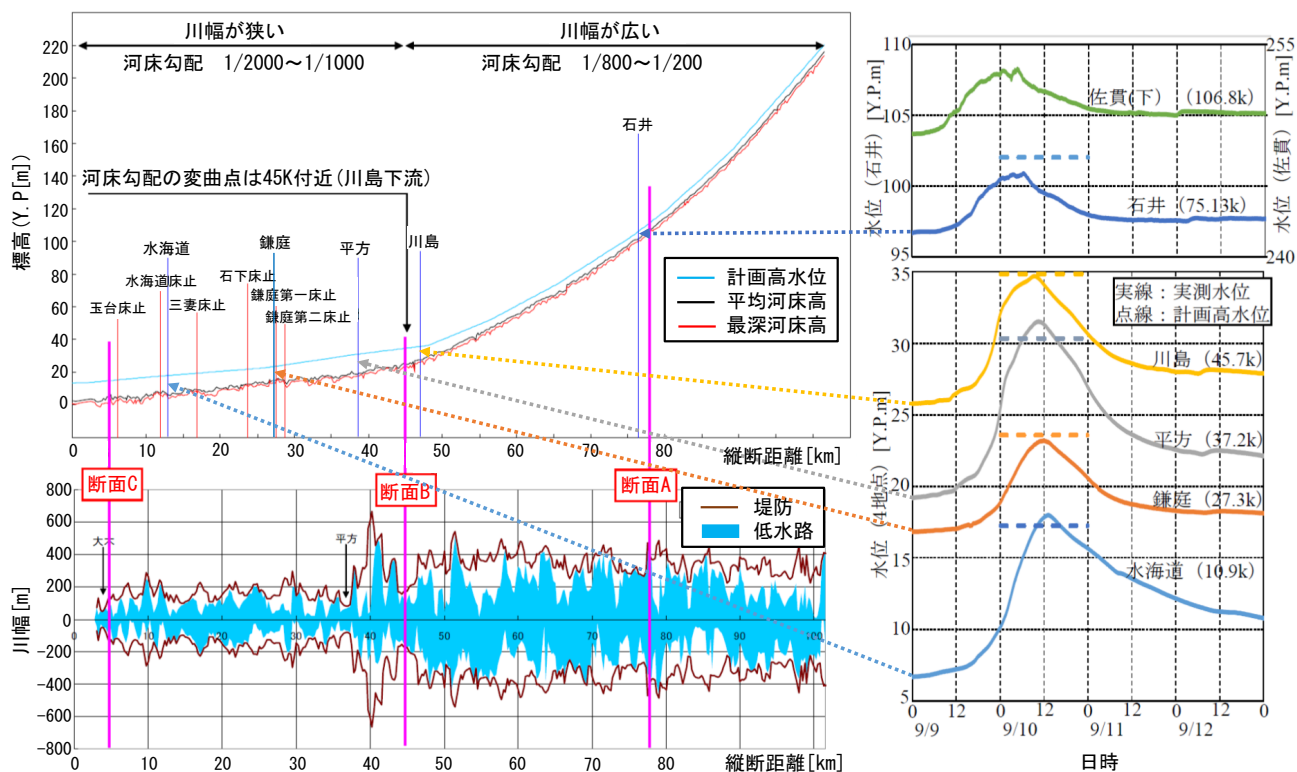


図-1 鬼怒川の河道縦断形及び川幅の縦断変化 (左) と本洪水時の水位ハイドログラフ (右) ※文献^{5),6)}を加筆・修正

最小限に抑えられると考えられる。しかし、河川の特長や降雨の状況及び災害の発生時間等の様々な要因によって避難行動をとるべき適切なタイミングや避難すべき場所は異なってくる。そこで、レーダ雨量や河川水位等の誰でも容易に取得できる多種多様な情報を有効活用し、避難行動をとるべき適切なタイミングを見出すことを目的として、本研究では、2015年9月関東・東北豪雨災害を対象に避難情報や浸水状況が住民の避難行動へ及ぼした影響を被災地の地域特性に応じた分析を行った。

2. 対象洪水と対象流域の概要

(1) 2015年9月関東・東北豪雨

2015年9月9日から10日にかけて、台風第17号と台風第18号から変わった低気圧により南から湿った空気が流れ込み、関東から東北地方の広範囲において大雨がもたらされた。特に、鬼怒川流域では線状降水帯が長時間に亘り形成・停滞し、流域平均3日雨量が501mm（年超過確率約1/110）を記録するなど、各観測所で観測史上最多雨量を記録した³⁾。その結果、鬼怒川本川では7箇所で溢水し、茨城県常総市（2015年10月1日現在の人口64,854人、23,170世帯⁴⁾）で堤防が約200m決壊し、市内の約1/3の面積を占める約40km²が浸水した³⁾。この洪水による鬼怒川の溢水及び堤防決壊は日中の出来事であったにも関わらず、市内では多くの住民が逃げ遅れて孤立した約

4,300人³⁾（内ヘリコプター：約1,300人、地上部隊：約3,000人）が救助されるなど避難の遅れが問題となった。

(2) 鬼怒川流域

鬼怒川は、栃木県日光市鬼怒沼を水源として、栃木県と茨城県を流れ、利根川に合流する一級河川（幹川流路延長177km、流域面積1,760km²）である。河道縦断形及び川幅の縦断変化を図-1(左)に示す。これより、河床勾配は45Kより上流側では1/800～1/200となっている一方で、下流側では1/2000～1/1000となっており、45K付近が河床勾配の変化点となっていることが分かる。Yatsu⁷⁾は45Kで河床粒径が不連続になっていることを明らかにし、鬼怒川は河床縦断形が2本の指数曲線になっている世界的に類をみない平衡河川であると指摘している。

川幅については、45K付近より上流側では700m前後であるが、45K付近で300m程度に狭くなり、40Kまで再び700m程度に広がるが、40Kより下流側では300m程度となる。つまり、45K付近を境に、その下流側では川幅が半分程度に狭くなっていることが分かる。

次に、本洪水時の各観測所における水位ハイドログラフ及び各地点の天端高と計画高水位を図-1(右)に示す。ピーク水位と計画高水位を比較すると、中流域の石井地点でのピーク水位は計画高水位よりも1m以上低かったが、下流域では2地点（川島、鎌庭）で計画高水位と同程度で、他の2地点（平方、水海道）で計画高水位を上回った。つまり、下流域で水位が高くなっていたことが分かる。また、水位の上昇量も下流域で大きいことが分

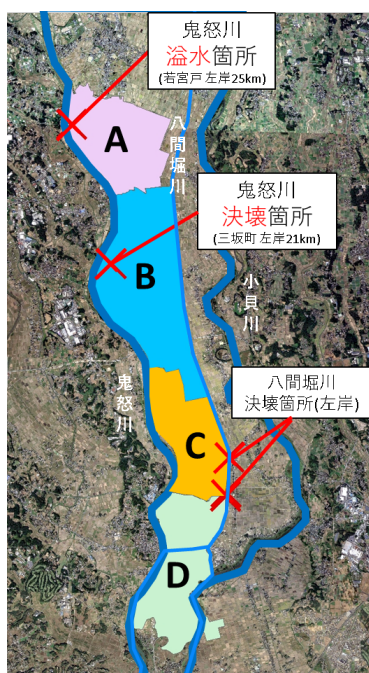


図-2 調査実施地域の分類図（ヒアリング調査実施範囲をA:洪水箇所周辺、B:鬼怒川堤防決壊箇所周辺、C:鬼怒川堤防決壊箇所と水海道市街地の間、D:水海道市街地に分類した）

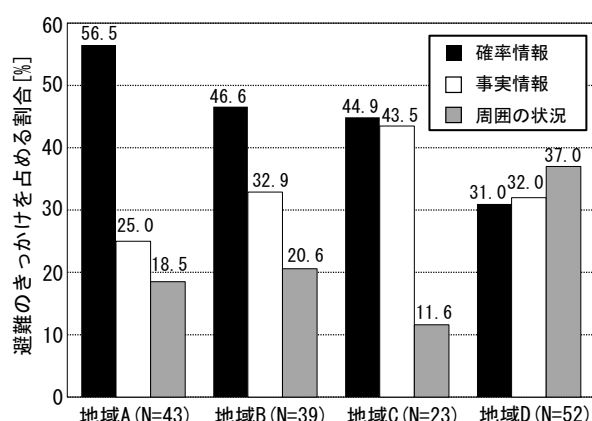


図-3 地域毎の避難のきっかけ

かった。

3. 住民の避難行動に関するヒアリング調査

まず、本論文では避難所等の自宅以外の安全な場所へ移動することを「避難行動」と定義する。つまり、自宅の2階を避難場所とする垂直避難は避難行動へ含めず、水平避難のみを避難行動とした。

(1) 調査方法

本調査⁸⁾は2015年9月関東・東北豪雨災害時に鬼怒川の堤防決壊及び洪水により広範囲で浸水被害の発生した茨城県常総市内の浸水区域の住民と避難勧告・指示が発令

された区域の住民を対象として、発災から約2ヶ月後の2015年11月21~23日に実施した。対象区域において空間的な人口分布がほぼ均等となるように調査世帯を選定し、対面形式で聞き取りを行った。主な調査項目は、①災害時の浸水状況及び避難状況の実態について、②災害時の災害情報及び避難情報の取得状況の実態について、③日頃の防災意識についての3項目約30問で、516件の回答を得た。

(2) 調査結果の概要

回答者の約60%が避難所等の安全な場所へ避難し、約40%が避難せずに自宅にいたことが明らかとなった。避難所等の安全な場所へ避難した理由については、自発的に避難した人よりも他者からの勧めや誘導によって避難した人の方が多くことが分かった。一方、避難せずに自宅にいた回答者の約半数が、自宅が浸水する心配はないと判断して避難しなかったことが分かった。また、回答者の約61%が洪水ハザードマップを知らない、もしくは見たことがないと回答している。そして、洪水ハザードマップを日頃から見ていると回答した住民は、知らない・見たことがないと回答した住民よりも早いタイミングで避難したことが分かった。

そして、鬼怒川の破堤地点から約10km下流に位置する水海道市街地の住民は、くるぶし程度であった八間堀川の氾濫で油断していたところに、鬼怒川本川の氾濫流が到達し、逃げ遅れた可能性がある。つまり八間堀川の氾濫が水海道市街地の住民の避難タイミングに影響を及ぼした可能性があると考えられる。

4. 避難のきっかけと避難誘導に繋がった情報

(1) 分析方法

住民の避難行動に対する地域特性と情報の効果について分析を行うため、ヒアリング調査実施範囲を、地域A:洪水箇所周辺、地域B:鬼怒川堤防決壊箇所周辺、地域C:鬼怒川堤防決壊箇所と水海道市街地の間、地域D:水海道市街地の4つの地域に分類した（図-2）。ここで分類した4つの地域には以下の特徴がある。地域Aは、自然堤防が掘削されソーラーパネルが設置されており住民が周辺地域の浸水リスクを容易に想像できるが、地域B及び地域Cは堤防から越水が始まっても堤防決壊はどこで発生するか不確定であるために浸水区域を予想しづらい。そして地域Dは鬼怒川の決壊地点から距離が遠いことに加えて八間堀川の内水氾濫が住民の避難行動へ影響を及ぼした可能性がある。

以上の地域特性を踏まえて、避難のきっかけに関する設問の回答を、①「避難勧告・指示を見聞きしたから」・「大雨特別警報を見聞きしたから」のように、そ

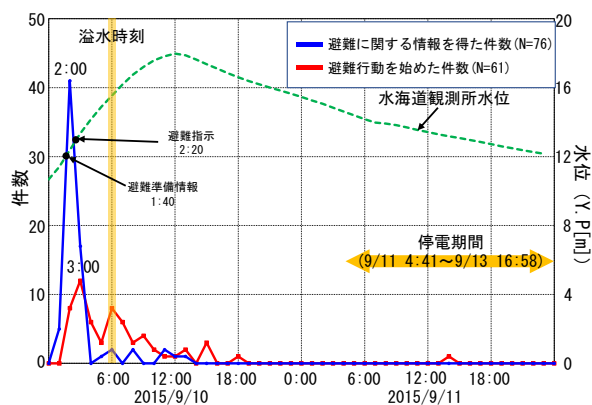


図-4 地域Aにおける避難状況と情報取得状況の時系列

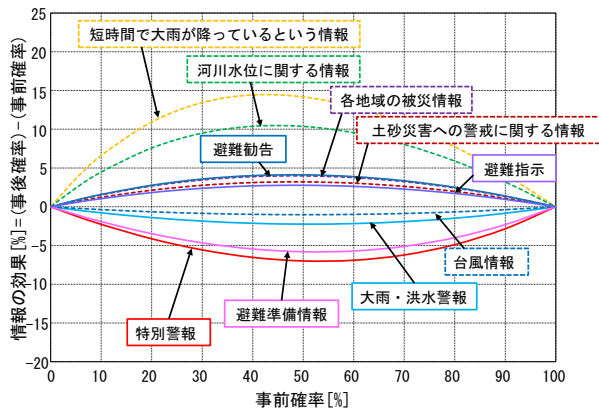


図-8 地域Aにおける情報の効果

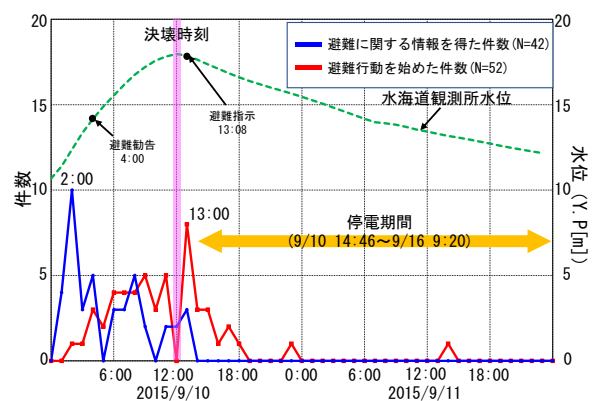


図-5 地域Bにおける避難状況と情報取得状況の時系列

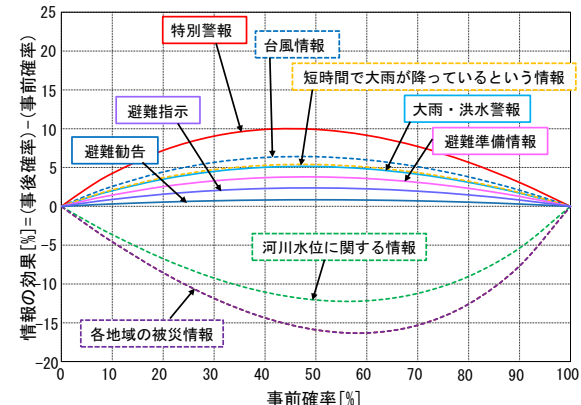


図-9 地域Bにおける情報の効果

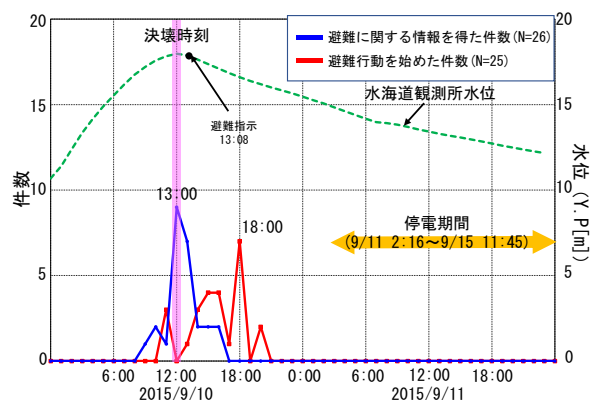


図-6 地域Cにおける避難状況と情報取得状況の時系列

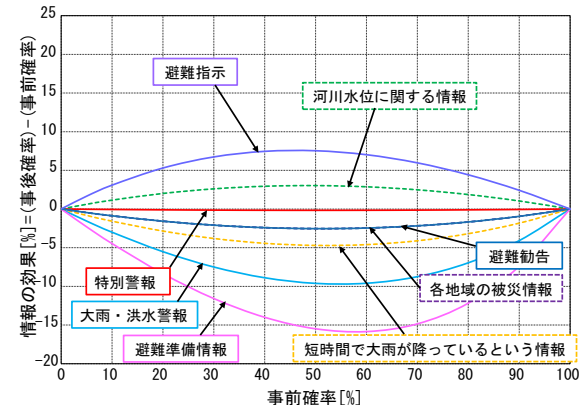


図-10 地域Cにおける情報の効果

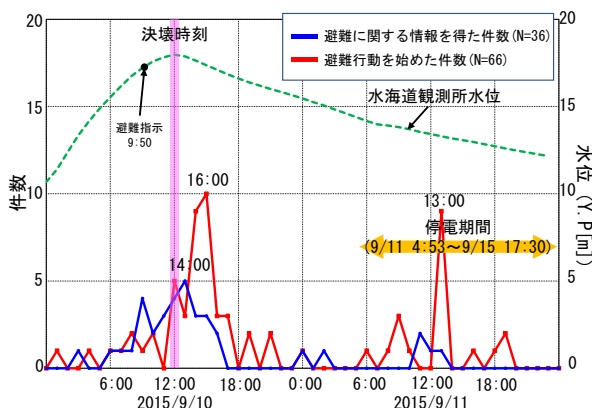


図-7 地域Dにおける避難状況と情報取得状況の時系列

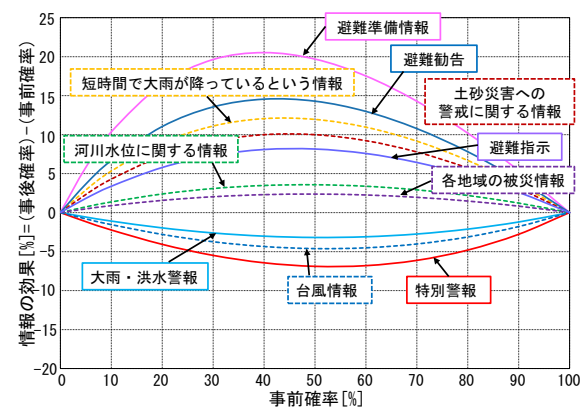


図-11 地域Dにおける情報の効果

の時点以降の何らかの事象の発生確率が高いことを伝える情報である「確率情報」と、②「河川水位情報を見聞きしたから」・「堤防が決壊したことを見聞きしたから」のように、その時点までに発生・観測された事実を伝える情報である「事実情報」、さらに③「自宅周辺が浸水する危険を感じたから」・「自宅周辺が浸水したから」のような「周囲の状況」の3つに分類して分析した。地域毎の避難のきっかけを図-3に示す。

(2) 避難のきっかけの地域特性

a) 地域A

地域Aにおける避難のきっかけは「確率情報」が最も多い。また、避難開始状況と情報取得状況の時系列（図-4）より、情報を取得した直後に避難した住民が多いことが分かる。前述のように、地域Aでは自然堤防が掘削され¹⁾ており鬼怒川の水位上昇時には住民が周辺地域の浸水リスクを容易に想像できることから、確率情報で避難した住民が多いと考えられる。

b) 地域B

地域Bにおける避難のきっかけは「確率情報」が最も多いが地域Aよりも「事実情報」の割合が大きい。また、避難開始状況と情報取得状況の時系列（図-5）より、地域Bでは堤防の決壊直後に避難した住民が多いことが分かる。前述のように、決壊箇所周辺では堤防決壊箇所及び浸水区域を予想しにくいとため、決壊直後に発令された避難指示（確率情報）と決壊したという事実情報で避難した住民が多いと考えられる。

c) 地域C

地域Cにおける避難のきっかけは「確率情報」と「事実情報」が同割合である。また、避難開始状況と情報取得状況の時系列（図-6）より、地域Cでは堤防決壊から5時間後に避難した住民が多いことが分かる。情報を得てから避難するまでの時間が長いことと、確率情報と事実情報が避難のきっかけで多いことから、複数の情報を総合的に判断して避難した住民が多いと考えられる。

d) 地域D

地域Dにおける避難のきっかけは情報でなく「周囲の状況」であることが分かる。地域Dでは避難した住民が少なく、避難開始状況と情報取得状況の時系列（図-7）より、決壊して2時間後とその翌日に避難した住民がいることが分かる。前述のように、地域Dは堤防決壊箇所から離れていることや八間堀川の氾濫といった周囲の状況の変化から、身の危険を感じたことで避難した住民が多いと考えられる。

(3) 避難行動に効果のあった情報

次に、結果から原因を推定するベイズ推定により「住民が災害時に聞いていた情報」から「避難に効果のあった情報」を算出した。具体的には、事象 x を「避難した」、事象 y を「〇〇情報を見聞きした」とすると、条

件付確率 $p(y|x)$ は「避難した人が見聞きした情報の割合（確率）」であり、本調査により各情報についてその値が分かっている。ここで、式(1)に示すベイズの定理により求まる事後確率である「〇〇情報を聞いて避難した人の割合（確率）」： $p(x|y)$ から、事前確率である「避難した人の割合（確率）」： $p(x)$ を引いた値を本研究では「避難行動へ及ぼした情報の効果」と定義し、各地域における情報の効果を分析した。

$$p(x|y) = \frac{p(y|x)p(x)}{\sum_x p(y|x)p(x)} \quad (1)$$

以降、本調査結果を他の水害被災地域で用いることを想定して、「その地域で避難する人の割合」である事前確率： $p(x)$ を0～100%とした結果を図-8～11に示す。また、下に凸の曲線を描いている情報は、「その情報を聞いて避難しなかった人」を表しており、避難にマイナスに作用した情報である。

a) 地域A

地域Aにおける避難行動へ効果のあった情報（図-8）は、避難のきっかけで多かった「避難勧告・指示」といった確率情報だけではなく、「雨量」や「河川水位」といった事実情報も避難に効果があったことが分かる。

b) 地域B

地域Bにおける避難行動へ効果のあった情報（図-9）は、避難のきっかけで多かった確率情報である。また、「各地域の被災情報」と「河川水位」が地域Bでマイナスの効果があった情報であるが、堤防決壊箇所が予想しづらいことや、鬼怒川の上流では水位が高くなっていないことなどがその理由であると考えられる。

c) 地域C

地域Cにおける避難行動へ効果のあった情報（図-10）は少なく「避難指示」と「河川水位」であった。避難のきっかけは事実情報と確率情報が同程度で多かったことから、複数の情報を総合的に判断して避難した住民が多いため、効果のあった情報が少ないと考えられる。

d) 地域D

地域Dにおける避難行動へ効果のあった情報（図-11）は、確率情報と事実情報のどちらも多いことが分かる。避難のきっかけは周囲の状況の変化が最も多かったが、確率情報や事実情報も避難に効果があったことが分かる。

5. 住民の防災意識の経年変化

次に、防災意識の経年変化の調査を目的として、発災から約2年後の2017年11月23日～25日に前調査と同一世帯を対象としたヒアリング調査を実施し、前調査で回答を得た516件中357件の回答を得た。

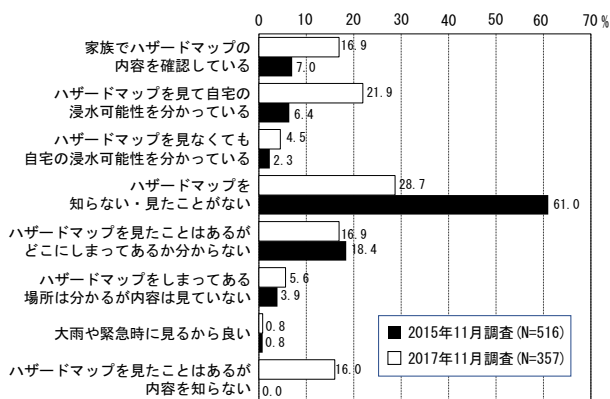


図-12 日頃のハザードマップ確認状況の経年変化

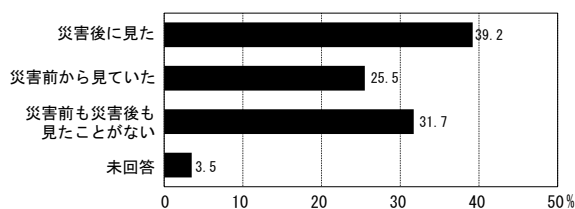


図-13 ハザードマップを見た時期

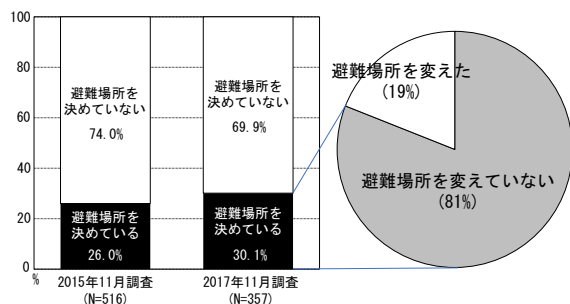


図-14 日頃の家族の避難場所決定状況

(1) ハザードマップの確認状況

図-12に日頃のハザードマップ確認状況の経年変化を示す。発災から2ヶ月後の調査では、洪水ハザードマップについて、「ハザードマップを知らない・見たことがない」と回答した住民が約61%と最も多かったが、発災から2年後の調査では、その割合が約29%に小さくなっていることが明らかになった。また、「ハザードマップの内容を確認している」住民が約13%から約39%に増加した一方で、「ハザードマップを見たことがあるが、内容を知らない」と回答した住民が0%から約16%に増加した。ハザードマップを災害後に見るようになった住民は約39%であり（図-13）、その理由は「災害を経験したから」が最も多かった。以上より、ハザードマップを見たことのある住民は増えたが、内容まで見ていない人が多くいることが明らかになった。ハザードマップの内容まで広く普及することが今後の課題であると言える。

(2) 避難場所の決定状況

本洪水時には避難者がいるにも関わらず浸水した避難所があった。本洪水で浸水した地域は鬼怒川と小貝川に囲まれており、安全な避難場所を検討する必要がある。

そのための基礎調査として、洪水を経験した住民の避難場所決定状況について調査を行った。図-14に日頃の家族の避難場所決定状況を示す。発災から2ヶ月後の調査では、「日頃から家族の避難場所を決めている」と回答した住民が約26%であったが、発災から2年後の調査ではその割合が約30%であり、ほとんど変化がないことが明らかになった。また、「日頃から家族の避難場所を決めている」と回答した約30%の住民のうち、約19%が「災害を経験して、前の避難場所が危険だと感じたから」・「災害時に避難が困難だったから」という理由で2年前から避難場所を変えていることが分かった。しかし、全体としての割合は小さいことから、本洪水を踏まえて安全な避難所を家族で決めるようになった住民は少ないことが分かった。

6. まとめ

本研究では、2015年9月関東・東北豪雨災害における茨城県常総市の住民を対象に実施したヒアリング調査結果から、水害時の避難行動の地域特性について分析を行った。その結果、同一の洪水災害でも、日頃から浸水リスクを容易に認識できる地域や決壊箇所から遠く離れた地域のように、地域特性が異なると避難に効果のある情報が異なることが分かった。つまり、川の特徴や雨の降り方及び居住地周辺の地域特性に応じた適切な情報提供が重要であることが分かった。

参考文献

- 1) 片田敏孝, 児玉真, 浅田純作: 東海豪雨災害における住民の情報取得と避難行動に関する研究, 河川技術論文集, Vol.7, pp.155-160, 2001.
- 2) 命を守る水害読本編集委員会: 命を守る水害読本, 毎日新聞出版, 2017.
- 3) 国土交通省関東地方整備局: 『平成27年9月関東・東北豪雨』に係る洪水被害及び復旧状況について(平成28年1月29日版), 2016.
- 4) 茨城県常総市: 常総市平成27年度地区別世帯数・人口集計表(平成27年10月1日現在), 2015.
- 5) 国土交通省関東地方整備局: 第二回鬼怒川・小貝川有識者会議資料, 2006.
- 6) 二瓶泰雄, 大槻順朗: 平成27年9月関東・東北豪雨による関東地方災害調査報告書 4.3節 決壊・溢水状況, p.86, 2016.
- 7) Eiju Yatsu: *Rock Control in Geomorphology*, SOZOSHA, 1966.
- 8) 諸岡良優, 郷津勝之, 寺井しおり, 布村明彦, 山田正: 平成27年9月関東・東北豪雨災害時における住民の情報取得状況及び避難行動の実態調査, 河川技術論文集, Vol.22, pp.345-350, 2016.

(2018. 4. 3受付)