

# 水防活動実態の把握及び避難誘導に着目した 水防活動支援技術の提案

PROPOSAL OF ASSISTING TECHNOLOGY FOCUSING ON PROMOTION OF  
EVACUATION BASED ON THE ACTUAL SITUATIONS OF FLOOD DAMAGE  
REDUCTION ACTIVITIES IN COMMUNITIES

武内慶了<sup>1</sup>・小林正和<sup>2</sup>・板垣修<sup>1</sup>

Yoshinori TAKEUCHI, Masakazu KOBAYASHI and Osamu ITAGAKI

<sup>1</sup>正会員 工修 国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室（〒305-0804 つくば市旭1番地）

<sup>2</sup>非会員 工修 国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室（研究当時）（同上）

Through an interview survey, we grasped actual situations and processes of flood damage reduction activities by Flood Fighting Teams (Fire Brigades) in communities. As a result, the necessity of assisting technology for "promoting evacuation by call at every door" became clear. Therefore, considering the challenges for evacuation, we proposed a risk map which indicates the fatality prone areas. The risk map made it possible to prioritize the high risk areas during the evacuation promotion activities. We applied the risk map to a trial promotion districts and estimated the time of "evacuation promotion activities". The time for "evacuation promotion activities" can be shorten more than 30 minutes by use of the risk map.

**Key Words :** *Flood damage reduction activities, assisting technology, evacuation promotion activities, risk map*

## 1. はじめに

平成28年台風第10号等により北海道及び岩手県で発生した水害, 平成29年7月九州北部豪雨や平成30年7月西日本豪雨による水害等, 近年, 河川の治水施設能力を上回る規模の洪水が各地で発生し, 地域社会に, 人的被害を伴う甚大な被害をもたらしている. 今後も, 気候変動の影響等により, 施設能力を上回る洪水の発生頻度の高まりが予想される. このため, 被害低減のための技術を開発し, 社会に根付かせていくことが必要である.

近年, 防災のみならず, 地域の減災に着目した研究・取組が精力的に行われ始めている. これらは, 主に避難に着目したいわゆるソフト対策<sup>1)</sup>と, 施設設計により氾濫流のボリュームや流況を制御し, 地域被害の低減効果を高めようとするハード対策<sup>2), 3)</sup>に大別される. これ以外にも, 我が国では古くからその重要性が認識され, 地域自衛のための組織的活動である水防活動が挙げられる. 水防活動は, 主に当該地域に住む住民により構成される水防団により行われ, 例えば洪水水中に堤防上に土のうを積み, 地域の被害を低減させる等の活動は, その様態から準ハード・準ソフト対策と理解されよう. 本研究

では, 水防活動を「豪雨に伴い河川からの氾濫危険度が高まっていく過程で生じる, 地域の被害防止・軽減のための活動全般」と定義し, 水防団を主体とする水防活動に着目する. 全国的に見れば, 今日における我が国の水防団数のうち, 98%以上が消防団であり, 兼任水防団として活動している. また, 昭和35年に比べ, 団員数がほぼ半減するとともに, サラリーマン団員の増加等により, 実際の水防活動時に必要な団員数が確保し難い状況にあることが指摘されている<sup>4)</sup>. この状況を踏まえると, 水防活動を効果的に行い, 地域の被害低減効果を向上させること(生産性向上)が強く望まれる. そこで本研究は, 活動実態を踏まえた, 地域の効果的な水防活動実現のための, 河川管理者からの支援技術の提案を目的とし, 1) 近年, 水防活動実績のある5市町の水防団から, 実際の水防活動実施過程を詳細にヒアリングし, 2) 人的被害防止・低減効果が高い一方で, 必要時間が長く他の活動に影響を及ぼし得る「戸別訪問による避難誘導」への支援技術の必要性が高い実態を把握した. その上で, 3) 本川水位に基づく避難情報発令に先んじて生じる支川氾濫や内水浸水による移動の困難さ及び, 本川氾濫時の最大浸水深に基づく人的被害の相対的な起こり

表-1 ヒアリング対象とした水防団と近年の活動実績  
 (主に、活動実績の多かった中流域の平野部を受持ち範囲とする水防分団からヒアリングを行った。)

市町村 (都道府県)	組織形態 (母体組織)	活動州域 (水系)	近年の水防活動実績
由利本荘市 (秋田県)	兼任水防団 (消防団)	子吉川 (子吉川)	H23.6出水 H29.7出水
大崎市 (宮城県)	兼任水防団 (消防団)	多田川 (鳴瀬川)	H27.9出水
涌谷町 (宮城県)	兼任水防団 (消防団)	江合川 (北上川)	H27.9出水
福知山市 (京都府)	兼任水防団 (消防団)	由良川 (由良川)	H25.9出水, H26.8出水, H29.10出水
阿南市 (徳島県)	兼任水防団 (消防団)	那賀川 (那賀川)	H26.8出水 H27.7出水

やすさを示すリスク情報図を作成し、この図の活用による、相対的に高リスクとなる地区の避難誘導所要時間の短縮効果を調べた。水防活動に着目した調査・研究は主に、水防活動の組織・体制とその変化に係る問題<sup>5), 6)</sup>や、地域の営み様式の変化が地域防災力に及ぼす影響<sup>7)</sup>、住民の水防意識の高さや自助・共助としての行動の積極性と、平常時のコミュニティ活動の活発度や浸水被害を受ける頻度との関係<sup>8), 9)</sup>に関するものが多い。技術面を含め実効的な水防活動を活性化できるような研究については、末次<sup>10)</sup>によりその必要性が指摘された後、安田ら<sup>11)</sup>により、精緻かつ即時的な浸水予測計算モデルを搭載し、主に土のう積み等による浸水被害低減効果をリアルタイムで検討可能な水防活動支援システムが提案された。以上のように、効果的な水防活動を支援する技術に関する調査・研究はそもそも少なく、さらには、本研究で着目する避難誘導の支援技術に関する研究は見当たらない。

## 2. 水防活動実施過程の詳細ヒアリング

### (1) 対象とした水防団及び地域の特徴、ヒアリング方法

表-1に示すように近年、洪水に対する水防活動実績のある5市町村の水防団に対し、実際の水防活動実施過程の詳細についてヒアリングを行った。対象水防団は全て消防団であり、兼任水防団として活動している。具体的には、表-1に示す出水時に実際に活動した水防分団の団員から、各出水時において待機或いは出動の要請があったから、一連の水防活動を終え解除となるまでの活動内容の詳細を、時系列的に聞き取りした。なお、表-1に示すうち、活動流域に示す河川の下流部を含む市町もあるが、多くの水防活動を行ったのは、活動流域に示す河川の中流域の平野部を受持ち範囲とする水防分団であった。そのため、主に中流域の水防分団から聞き取りを行った。

ヒアリングにあたっては、当該出水時の活動状況を俯瞰するとともに、実際の移動経路や活動時の周辺状況の具体的な想起及び共有を促進する必要があると考えられた。そのため、図-1のように大判の平面図に当該出水の

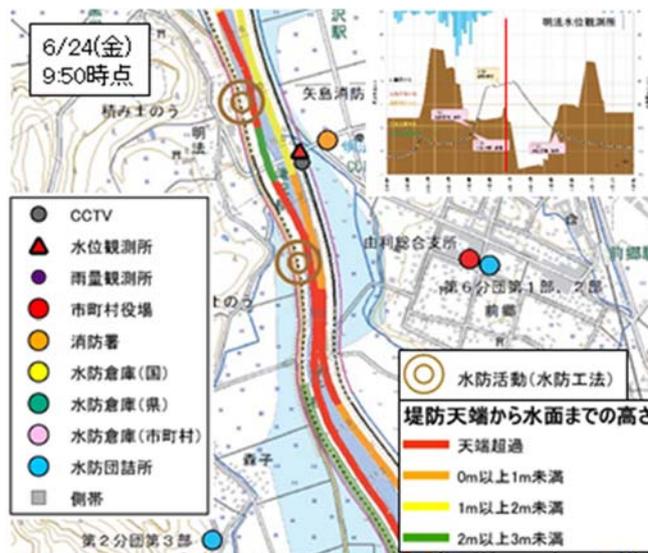


図-1 ヒアリングに用いた平面図の拡大表示例

(活動時出水の浸水状況、水防活動箇所・内容、経過時間毎の河道水位分布、防災関連施設等の情報を重ね合わせた大判平面図を作成した。)



写真-1 水防団員からのヒアリングの様子

(大判平面図を用いてヒアリングを行い、当時の状況の想起・共有を促進するよう工夫した。)

水位ハイドログラフ、浸水実績、経過時間ごとに本川水位と堤防高との関係を記した分布図、水防活動箇所・内容、水防団詰所や防災関連施設等を重ね合わせた図を作成し、共有しながらヒアリングを進めた(写真-1)。

### (2) ヒアリングで得られた共通の事項

ヒアリングによって、以下に示す共通的な水防活動実態があることがわかった。1) 主なヒアリング対象とした中流域の水防分団の受持ち範囲である地域では、表-1に示す出水以前も含め、相対的に高い頻度で浸水被害を経験している。2) そのため、浸水・氾濫が生じやすい箇所が経験的に把握されており、これらの箇所を重点的に巡視し、状況変化に迅速に対応する。巡視は、本川水位に応じて設定された水防団待機水位に達する前から開始される場合が多い。3) 巡視する箇所には、本川のみならず、支川からの氾濫や内水浸水が起こりやすい箇所も多く含まれる。4) 本川堤防への対処に先んじて生じる、支川氾濫・内水浸水等への対応が要請される。5) 前述4)の対応は、土のうの作製・運搬・支川や家屋付近での土のう積

み、戸別訪問による住民の避難誘導、住民による家財保全活動支援、浸水道路での注意喚起、ボート活用等による救助活動等、多岐に渡り、活動量が非常に多い。6)また、浸水被害と同時的に発生し得る、山地部における土砂災害への対応も要請されることがあり、必ずしも浸水への対応に専念できない場合がある。7)以上のことから、ひとたび生じれば地域に甚大な被害を及ぼす、本川からの氾濫危険性への対応が困難な場合も生じる。

### (3) 実態を踏まえた支援技術に関する考察

上記の共通的な水防活動実態を踏まえ、効果的な水防活動実現のために必要となる支援技術について考察する。まず、上記1), 2)から、ヒアリング対象とした水防分団が受け持つ地域は、三阪・小池<sup>9)</sup>が指摘するように、被災回数が多いほど水防に対する意識が高く、行動が積極的な地域に位置づけられると考えられる。しかし、高い防災力を有する地域であっても、7)のようにひとたび生じれば地域に甚大な被害を及ぼす本川からの氾濫への対応が、困難となる場合が生じ得る実態を改善することは、非常に重要な課題と言える。一方、地域住民との距離が非常に近い水防団にとって、豪雨の進展に伴い地域の状況が変化していくことへの対応をせず、本川堤防への対応にのみ備えておくことは、實際上困難と考えられる。ならば、4)及び5)に示した支川氾濫・内水浸水等への対応を効果的・効率的に行うことができれば、この後に要請されるであろう本川堤防への対応の時間が確保され、もって地域の被害低減に大きく寄与する可能性がある。

前節5)で示した対応のうち、戸別訪問による避難誘導に要する時間が、他の活動に比べ長いことがヒアリングで窺い知れた。戸別訪問せず、広報車や防災無線等により避難を呼び掛ければ、これに要する時間は格段に短くなる。しかし、2006年の鹿児島県垂水市上市木地区<sup>12)</sup>や平成30年7月豪雨の西予市野村町地区<sup>13)</sup>での事例からわかるように、戸別訪問による避難誘導が、避難率向上に与える効果が非常に大きい。著者らもヒアリングを通じて同様のことを水防団員から直接聞き取った。このことを踏まえれば、これまで行ってきた情報伝達手段を変更するのは、人的被害低減の観点から合理的とは言えない。以上より、人的被害の観点からより高リスクとなる世帯に対し、戸別訪問による避難誘導を優先的に実施することができれば、致命的な人的被害の回避に要する避難誘導時間が縮小される上、本川堤防への対応を可能とする時間確保が期待される。従って、戸別訪問による避難誘導の効果的な実施を支援する技術の必要性が高いと考えられる。

### 3. 人的被害に着目したリスク情報図の提案

前章の考察を踏まえ、本章では、戸別訪問による避難誘導に活用され、その効果的な実施を支援する技術として、人的被害の相対的起りやすさに着目したリスク情

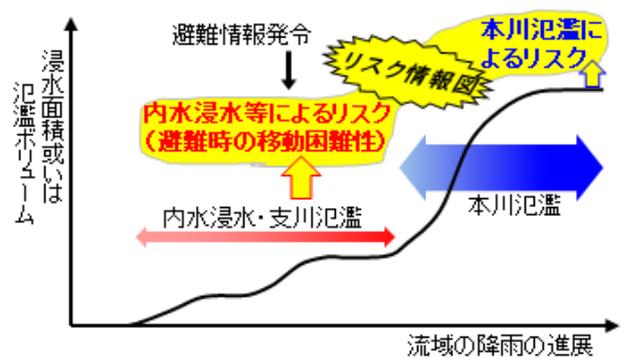


図-2 洪水進展に伴う地域状況変化と、人的被害の相対的な起りやすさに着目したリスク情報図の概念図

報図（以下、リスク情報図）を提案する。

#### (1) 避難時の移動困難性を考慮したリスク情報図

人的被害の相対的起りやすさを判読する有力な情報の1つに洪水浸水想定区域図<sup>14)</sup>がある。この図は、洪水予報河川等の相対的に規模の大きな河川（以下、本川）からの氾濫により、想定される浸水深分布等を示したものである。一方、流域の降雨の進展に伴い、堤内地で生じる浸水状況が変化していく。例えば図-2に示すように、本川からの氾濫危険度が高まるとともに、内水浸水或いは支川からの氾濫が、本川からの氾濫に先じて生じる場合がある。この内水浸水・支川氾濫は、その発生順序から見て、本川水位に基づく避難情報発令時には既に生じている可能性がある。これは、避難する住民にとっては移動困難性として現れ、本川氾濫による浸水深等も大きくなるエリアであれば、人的被害の相対的起りやすさがより高まることを意味する。以上のことから、本川氾濫に基づくリスク情報に、本川氾濫に先じて生じる内水浸水・支川氾濫による避難時の移動困難性を考慮したリスク情報図を作成することで、地域に立脚し実態に即した、より高リスクとなる地区の認識共有及び効果的な避難誘導実現の支援情報となることが期待される。

#### (2) リスク情報図の作成方法及び実流域への試験適用

本研究ではまず、人的被害の起りやすさを浸水深に代表させ、リスク情報図の作成を試みた。図-2に示すように、降雨の進展に伴い、堤内地の浸水状況は時間的に連続性をもって変化していく。またこの過程は、内水浸水・支川氾濫と、本川氾濫による2つの浸水進行フェーズに分けられる。次に、リスク情報図の作成方法を示す。避難時の移動困難性を表す情報として、避難情報発令時に生じていると考えられる内水浸水等による浸水深分布を、また、本川氾濫によるリスク情報として、本川氾濫による浸水深分布を得る。歩行等による移動困難性や住家に留まることによる人的被害発生の可能性を考慮し、得られた浸水深を複数段階に区分する。2つの時間断面での浸水深分布から得た区分を重ね合せ、リスク情報図を作成する。本川氾濫による浸水深が大きい区分で、かつ、内水浸水等による浸水深も大きい区分ほど、物理的に避難が難しく、本川氾濫による人的被害が起りやす

くなるため、より高リスクであると設定する。

図-3に示すモデル地域を対象に、リスク情報図を作成した。内水浸水等による浸水深分布として、内水浸水と支川からの氾濫が生じた実績出水の再現計算結果から得た最大浸水深分布を設定した。本川氾濫による浸水深分布として、計画高水流量ハイドログラフ及び降雨量を与え、本川の1地点からの破堤氾濫も起こる条件での計算結果から得た最大浸水深分布を設定した。なお、本川からの破堤氾濫は、公表されている洪水浸水想定区域図（計画規模）に示された浸水範囲・浸水深分布と計算結果との整合性が高く、かつ、本川水位上昇期に、相対的に早くHWLを超える地点で生じるものとした。次に計算方法の概略を示す。LPデータから、道路盛土等微地形を考慮した直交5mメッシュの地形モデルを作成し、氾濫流を平面二次元不定流の基本式により計算した。本川、支川、水路内の流れを一次元不定流の基本式により計算し、河道・水路と堤内地との流量交換を、計算時間間隔ごとに行うモデルとした。また、河道と水路の接続部にある排水樋管等も考慮し、両者の水位関係に基づく流量交換も可能とした。降雨は直接メッシュに与えるとともに、水路及び支川の上流端境界条件として、流出計算から得た背後山地部からの降雨流出ハイドログラフを与えた。

作成したリスク情報図を図-3に示す。本川氾濫による浸水深を5段階に区分し、青色の濃淡で表示した。そのうち、浸水深が2.0m以上の場合に人的被害が相対的に起こりやすくなると考えた。本川氾濫による浸水深が2.0m以上、かつ、内水氾濫・支川氾濫による浸水深が0.3m以上の場合、赤色の濃淡で表示した。内水浸水・支川氾濫時に、0.3m以上の浸水深となる道路を表示した。

#### (2) リスク情報図により新たに提供される情報

本川氾濫による最大浸水深区分図のみを示した図-4との比較により、リスク情報図（図-3）からi)～iv)を新たに読み取ることができる。i)対象流域では、本川氾濫による浸水深が2.0m以上の範囲と、先んじて生じる内水浸水・支川氾濫により事前の避難移動が困難となる範囲がほぼ一致していた。ii)赤色で表示された範囲はまず、そこに留まった状態で本川からの氾濫が生じた場合の浸水深が2.0m以上となることから、人的被害が相対的に起こりやすい。このことに加え、本川氾濫に先んじて内水や支川氾濫による浸水深が0.3mとなっており、本川氾濫前の避難移動が困難になる可能性が高い。このため、人的被害の観点から、赤色範囲はより高リスクであることがわかる（以下、赤色範囲を高リスク地区という）。iii)人的被害に着目したリスク低減の観点から、水防団は担当地域内で優先して戸別訪問すべき世帯の共有が可能となる。iv)内水浸水・支川氾濫時に、車両通行が困難となる道路が表示されたことにより、水防団が戸別訪問する際のアクセスルートを検討しやすくなる。

#### 4. リスク情報図活用が避難誘導に与える効果

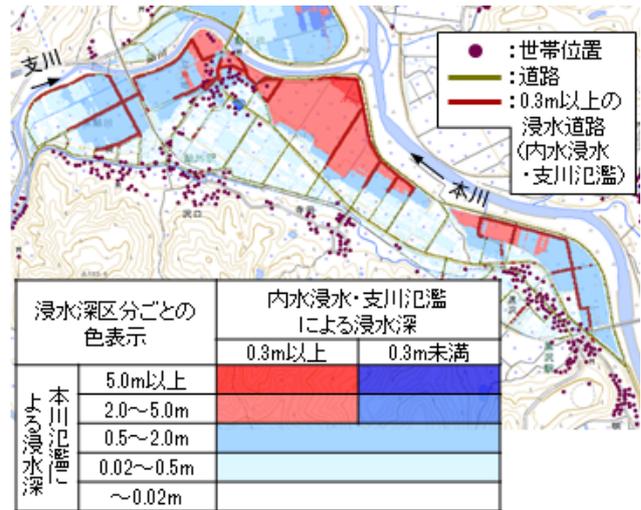


図-3 人的被害の相対的な起こりやすさに着目したリスク情報図（モデル地域への適用例）

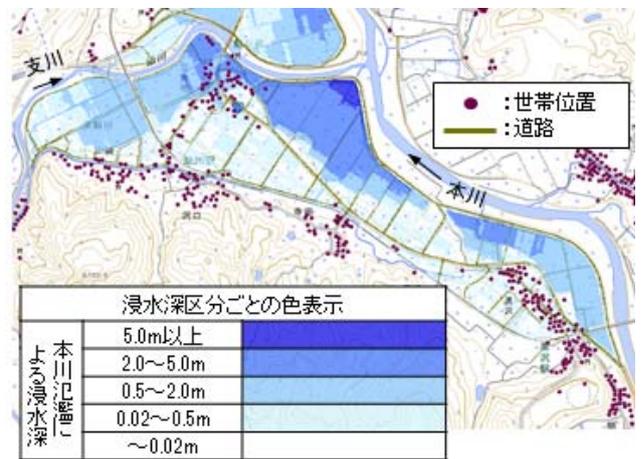


図-4 本川から氾濫する場合の最大浸水深区分図

リスク情報図により、住民の避難時の移動困難性を考慮した高リスク地区が把握できるようになった。本章では、水防団が行う戸別訪問による避難誘導の所要時間に着目し、リスク情報図活用が避難誘導に与える効果を調べる。図-3に示す本川左岸、支川右岸、背後地を山地に囲まれたモデル地域を対象とした。

#### (1) 戸別訪問による避難誘導時間の算出方法

表-1に示すヒアリングと別に実施した、モデル地域が位置する市の水防団に対し、避難誘導時の活動方法等に関するアンケート結果（以下、アンケート結果）も用い、戸別訪問による避難誘導時間を以下のように算定した。

避難誘導経路と移動手段を次のように設定した。複数の水防団員から成るパーティごとに、起点・終点を水防団の詰所とし、一筆書きで移動経路を設定した。移動経路及び移動方法を図-5に示す。パーティは四方を道路に囲まれた集落（以下、街区）ごとに避難誘導し、1つの街区での避難誘導を終えた後に次の街区へ移動するものとした。各世帯から近接道路までの垂線を引き、道路上

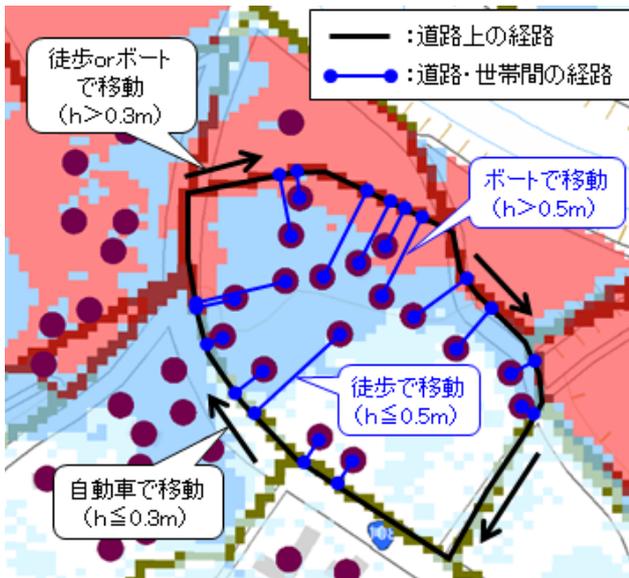


図-5 1街区内の避難誘導経路と移動手段の設定  
(hは避難誘導時の浸水深。背景図の凡例は図-3参照)

の移動中に垂線との交点に達した場合に垂線上を移動し、戸別訪問を終えた後、垂線上を折り返し、道路との交点に戻る経路とした。避難誘導時には、図-3に示す内水浸水・支川氾濫が生じているものとし、経路上の浸水状況に応じて移動手段を変化させた。道路上は車両移動を基本とし、経路上の浸水深に応じて歩行、ボート利用に切替えた。道路と世帯を結ぶ垂線上は徒歩での移動を基本とし、経路上の浸水深に応じてボート利用に切替えた。

経路上の移動速度所要時間を表-2の通り設定した。道路・世帯間の徒歩移動については、浸水深に応じて線形に移動速度が減少するようにした。戸別訪問時の対話時間については、実績に基づくアンケート結果から得られた平均値として11分/世帯を採用した。

避難誘導のパーティ数及び配置方法を示す。1パーティ当たりの人数はアンケート結果から得られた平均値である3人/パーティと設定した。対象地域を受持ち範囲とする水防団分団のうち、指揮を執る分団長、副分団長以外の全員が避難誘導を行うものと仮定し、計8パーティと設定した。これは、当該水防分団で同時に活動できる避難誘導パーティ数の最大値と理解してよく、実際は他の活動等により少なくなる可能性がある。

各パーティの活動範囲分担を2つの方法により設定した。1つは1パーティ当たりの避難誘導対象世帯数が概ね等しくなるよう、地域内を分割して配置した(以下、均等配置)。均等配置はリスク情報図を活用せず、各分割地域での避難誘導所要時間を概ね等しくするような考え方である。もう1つは、リスク情報図から得られた高リスク地区に、同時に全パーティを優先配置し、高リスク地区での避難誘導が終わり次第、非高リスク地区への避難誘導に移行する方法とした(以下、重点配置)。

## (2) リスク情報図活用による避難誘導時間短縮効果

対象地区内には総数で68世帯、そのうち、高リスク地

表-2 1街区内の避難誘導経路と移動手段の設定

手段・行動	浸水深	速度・時間
道路上の移動:		
自動車移動	0.0~0.3m	20 (km/h)
自動車乗降	—	乗降各10 (s)
徒歩移動	0.3~0.5m	2 (km/h)
ボート移動	0.5m~	2 (km/h)
道路・世帯間の移動:		
徒歩移動	0.0~0.3m	4~2 (km/h) $v = 4 - 6.67h$
	0.3~0.5m	2 (km/h)
ボート移動	0.5m~	2 (km/h)
戸別訪問:		
対話時間	—	11 (min)

区に位置するのは28世帯であった。上記(1)の方法により、対象地区で試算した避難誘導終了世帯数の時間変化を図-6に示す。全世帯への避難誘導が終了するまでの時間は、均等配置が約117分だったのに対し、重点配置ケースでは135分に増加した。これは主に移動経路長が増加したためである。しかし、その内数として計算される高リスク地区世帯への避難誘導が終了するまでの時間は、均等配置ケースで約117分であったが、重点配置ケースでは約85分となり、30分以上も短縮した。流域の降雨の進展に伴い本川からの氾濫危険性が高まっていく状況下で行う、高リスク地区世帯への避難誘導の所要時間が短縮されることは、2つの利点があると考えられる。1つは高リスク地区に位置する世帯住民の避難開始が早まることで、数時間スケールの将来で起こり得る本川氾濫による人的被害の低減効果が強く期待される。2つ目は高リスク地区世帯への避難誘導が早期に終了することで、土のう積み等、本川堤防への対処に充てる時間が確保され、もって地域の直接的な浸水被害が低減される可能性がある。

次に、重点配置ケースにおいて、避難誘導時に既に浸水が生じている場合(以下、既浸水)と非浸水の場合の試算結果を図-7に示す。高リスク地区世帯への避難誘導終了時間は、非浸水の場合は約73分となり、既浸水の場合からさらに約12分短縮された。このことから、非浸水状況で高リスク地区の世帯へ避難誘導を行うことができれば、住民がより安全な状況下での避難移動を可能とし、また、避難誘導開始タイミングが早まることも相俟って、土のう積み等、本川堤防への対処時間をより長く確保できることが期待される。

## (3) リスク情報図の更なる活用方法に関する考察

上記(2)の他、以下に示すように、リスク情報図の更なる効果が期待される。a)土のう積み等、本川堤防への対処を行うタイミングにおいて、既に内水等による浸水が生じており、短い距離で本川堤防にたどり着くのが難しい場合も想定される。平常時から、より確実性の高い

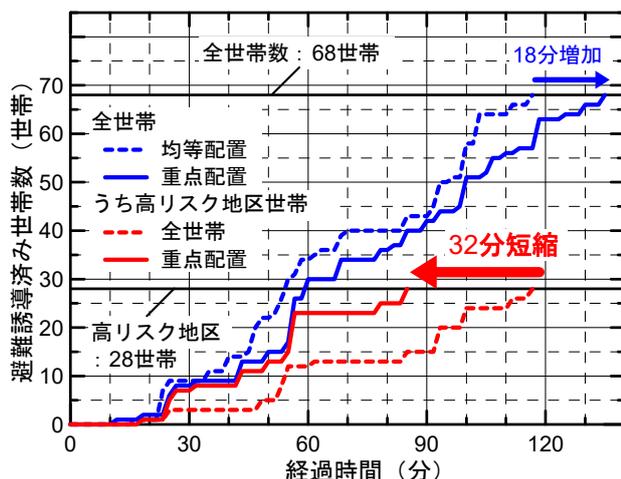


図-6 リスク情報図活用による避難誘導時間短縮効果の試算結果（重点配置：高リスク地区を優先）

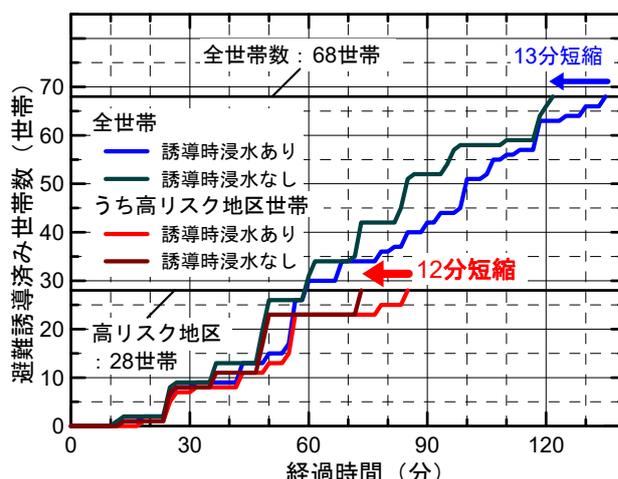


図-7 避難誘導時の浸水の有無による避難誘導時間の違いの試算例（避難誘導時浸水ありは図-6の重点配置ケース）

アクセサートの検討が可能となり、実際の水防活動の効率性向上が期待される。b) 水防団詰所や防災ステーションといった防災施設の周辺道路が、先んじて生じる浸水によって通行不能となり、施設利用が困難とならないよう、各種防災施設の配置検討にも活用される。c) 避難すべき住民の年齢等、避難移動時の制約となり得る属性情報をリスク情報図に重ね合わせることで、避難支援が必要となる住民に対する、より安全な状況下での個別避難支援策の検討が期待される。

## 5. まとめ

本研究で得られた知見を示す。1) 近年水防活動実績がある地方部5市町の水防団のうち、主に中流域の水防分団から、実際の水防活動実施過程を詳細にヒアリングした。2) 人的被害防止・低減効果が高い一方で、必要時間が長く他の活動に影響を及ぼし得る「戸別訪問による避難誘導」への支援技術の必要性が高い。3) 本川水位に基づく避難情報発令時に、先んじて生じる浸水による避難困難性を考慮したリスク情報図を提案した。4) リスク情報図活用により、高リスク地区世帯を優先することにより、これら世帯への避難誘導を30分以上早く完了する試算結果が得られた。5) この短縮により、避難誘導と同時期に要請され得る本川堤防への対処可能時間が長くなり、もって地域の被害低減に寄与することが考察された。

今後の課題を示す。相対的に水防活動頻度が少ないと考えられる下流の市街部や、大都市圏低平地の水防活動実態を把握し、実状に見合う支援技術を検討していく。

謝辞：由利本荘市、大崎市、涌谷町、福知山市、阿南市の水防団の方々から、水防活動実態をご教示頂いた。東北・近畿・四国地方整備局からヒアリング時に用いた各種データを提供頂いた。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 例えば、鬼怒川・小貝川減災対策協議会：マイ・タイムラインとは…、関東地方整備局HP, 2016.
- 2) 服部敦・森啓年・笹岡信吾：越水による決壊までの時間を少しでも引き延ばす河川堤防天端・のり尻の構造上の工夫に関する検討、国土技術政策総合研究所資料、第911号, 2016.
- 3) 例えば、武内慶了・福島雅紀・諏訪義雄・天野邦彦：中山間地域谷底平野における避難時間確保を目指す減災システムに関する考察、土木学会論文集B1(水工学), Vol.74, No.4, pp. I\_1303-I\_1308, 2018.
- 4) 国土交通省：水防団、水防活動とは、[http://www.mlit.go.jp/river/bousai/main/saigai/kisotishiki/suibou\\_mondai.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/bousai/main/saigai/kisotishiki/suibou_mondai.pdf)
- 5) 山本晃一・末次忠司・桐生祝男：水防体制の現状と問題点(1)―水防体制の強化に向けて―、土木研究所資料、第2059号, 1984.
- 6) 末次忠司・館健一郎・武富一秀：近年における水防体制の変化、自然災害科学, Vol.19, No.3, pp.339-350, 2000.
- 7) 春山成子・水野智：2004年福井水害にみる災害特性と地域防災力に関する考察、自然災害科学, Vol.26, No.3, pp.307-322, 2007.
- 8) 山田忠・柄谷友香・松本康夫：コミュニティ活動が水害対応や対策への役割分担に与える影響に関する研究、土木学会論文集B1(水工学), Vol.67, No.4, pp. I\_661-I\_666, 2011.
- 9) 三阪和弘・小池俊雄：水害対策行動と環境行動に至る心理プロセスと地域差の要因、土木学会論文集B, Vol.62, No.1, pp.16-26, 2006.
- 10) 末次忠司：水防災のための危機回避方策～防災・情報・危機管理セッション～、河川技術に関する論文集、第6巻, pp.19-24, 2000.
- 11) 安田浩保・白土正美・後藤智明・山田正：水防活動の支援を目的とした高速演算が可能な浸水域予測モデルの開発、土木学会論文集, No.740/II-64, pp.1-17, 2003.
- 12) 日本災害情報学会：ひとはなぜ逃げないのか？逃げられないのか？、日本災害情報学会減災シンポジウム抄録, 2007.
- 13) 毎日新聞：濁流迫る直前…消防団が活躍 愛媛・西予、毎日新聞デジタル, 2018.7.18.
- 14) 国土交通省：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）、2015.

(2019.4.2受付)