

水害時の適切な避難形態に応じた河川情報提供

大谷 周* 白井正孝** 小林 肇*** 榎村康史****

1. はじめに

近年は、気候変動等の影響により、集中豪雨等の増加による水害が頻発しており、平成20年も7月末の石川県金沢市や8月末の愛知県岡崎市を中心とした集中豪雨による河川の氾濫被害が記憶に新しいところである。近年の水害では、避難勧告の発令等の遅れや、発令されても避難しない住民が多数に上る等の事例が見られ、よりの確に自治体が防災活動を行い、住民が円滑に避難できるための情報提供のあり方が課題の一つとなっている。

河川管理者である国や都道府県は、河川の水位情報・洪水予報・浸水想定区域等の河川情報を市町村長や住民へ周知し、市町村長は気象予測等を含めた総合的な判断のうえ避難勧告等を発令する。この時、氾濫特性や浸水状況等により、避難所へ必ず事前避難しなければならないケースや、無理に屋外に出ない方が安全なケースなど、住民にとって適切な避難形態が異なることが想定される。

したがって、市町村長が適切なタイミングで適切な地域に避難勧告等を発令し、住民の円滑な避難を確保するためには、従来からの情報提供に加え、適切な避難形態に応じたきめの細かい河川情報の提供、例えば、洪水予測情報や河川水位情報のより適切なタイミングでの提供や、想定される氾濫流速や氾濫水到達時間の事前提供が必要である。

本報文は、適切な避難行動を支援する効果的な河川情報提供について平成18～19年度に検討を行った研究成果を報告するものであり、想定される人的被害の被災シナリオ（被害像）を回避するために氾濫特性等から浸水想定区域をゾーニングし、そのゾーン毎の避難勧告発令のタイミングと、避難形態パターンを示したものである。

2. 人的被害の被災シナリオによるゾーニングと適切な避難形態

2.1 近年の水害における人的被害の被災シナリオ分析

平成11～18年に人的被害が発生した13の水害について文献調査を行い、人的被害の被災シナリオ（被害像）を特徴づけた外力・地形条件・氾濫特性等の諸条件を整理した。その結果、13水害の死者数の合計は369名であり、水害時の人的被害の被災シナリオは、ハザードの厳しさ（家屋が流出するような激しい流れ、家屋が水没するような深い浸水深等）、氾濫の場の状況（沿川・非沿川、地下空間内外等）、人的属性（健常者、災害時要援護者）によって様々であるが、大きく分類すると以下ようになった。

【屋内で被災し死亡】

①家屋倒壊流出（4水害）：刈谷田川（長岡市旧中之島町、倒壊した屋内で死亡、健常者）など

②家屋浸水（3水害）：五十嵐川（三条市、浸水した自室で死亡、災害時要援護者）など

③地下空間水没（1水害）：御笠川（福岡市、ビル地下空間で死亡、健常者）

【屋外で被災し死亡】

④屋外移動中（13水害）：五十嵐川（三条市、避難所への移動中に死亡、健常者）、庄内川（名古屋市、下校中に水路に転落し死亡、健常者）、御笠川（福岡市、冠水箇所に車ごと進入し死亡、健常者）など

このように、避難所への移動等、屋外移動中の被災が多数見られることから、常に避難所へ避難することが必ずしも最善ではなく、想定される人的被害の被災シナリオに応じて適切な避難形態は異なることがわかった。

2.2 人的被害の被災シナリオによるゾーニングと適切な避難形態

地形状況や氾濫特性等の浸水想定区域の諸条件と人的被害の被災シナリオ、及び適切な避難形態との関係を明らかにするため、氾濫特性の5要素

表-1 人的被害の被災シナリオによるゾーニングと避難形態パターン

| ゾーン | はん濫特性 | | | | 河川の場合 | | | はん濫の場合 | | | | 被災シナリオ/被害像 | | | | 避難形態パターン | | 事例 | | | |
|----------------|------------------------|-------------|---------------|----------|-----------------------------------|---------------------|--------------|--------|--------|--------|-----------------|-------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|--|--|--|--|
| | 浸水深 | はん濫流速 | 流体力(流速×水深) | はん濫水到達時間 | 浸水継続時間 | 中下流 | 洪水到達時間(流域面積) | 有堤無堤 | はん濫原の幅 | 非沿川・沿川 | はん濫形態(流下・貯留・拡散) | 地下空間の存在 | 内水区域の存在 | 家屋の状況 | 屋内での住民の状況(取残された場合) | 屋外での住民の状況(無理に戸外に出た場合) | パターン | | 避難勧告発令のタイミング | 設定理由 | |
| 浸水想定区域 | A 家屋倒壊流出ゾーン | 深(例:3m以上) | 速(例:1.5m/s以上) | 大 | 短(例:1時間未満) | 上流 | 短(小) | 無堤 | 狭 | 沿川 | 流下 | - | - | 流出(全半壊) | 死傷(リスク大) | 死傷(リスク大) | 【パターン1】 避難所へ必ず事前に避難する | 雨量が基準値に達した時 | 逃げ遅れると家屋流出による死傷リスク大・降雨からはん濫水到達までの時間が短い | 出石川上流(豊岡市) 平成16年台風23号 阿仁川(北秋田市) 平成19年台風9号 | |
| | | | | | | 中下流 | 長(大) | 有堤 | 広 | 沿川 | 拡散 | - | - | - | - | - | | 死傷(リスク大) | 死傷(リスク大) | 河川水位が基準値に達した時 | 逃げ遅れると家屋流出による死傷リスク大・降雨から破堤まで時間があるが、破堤後のはん濫水到達時間は長い |
| | B 家屋完全水没ゾーン | 深(例:3m以上) | 遅 | 小 | 長 | - | 中下流 | 長(大) | 有堤 | 広 | 貯留 | - | 浸水深を増加 | 水没 | 死傷(リスク大) | 死傷(リスク大) | 【パターン1】 避難所へ必ず事前に避難する | 破堤が確実な時(浸水常襲区域は内水発生前) | 逃げ遅れると家屋水没による死傷リスク大・降雨からはん濫水到達までの時間がある・内水により避難路が浸水する区域は内水発生前に避難が必要 | 信濃川(長岡市) 内山川(豊岡市) 平成16年台風23号 | |
| | C 沿川地下空間水没ゾーン | - | - | - | 短(例:1時間未満) 長(自然排水不可)(例:24時間以上) | 下流 | 長(大) | 有堤 | - | 沿川 | - | <地下空間> 沿川(例:はん濫水到達時間1時間未満) | - | 地下空間水没 | 死傷(リスク大) | 死傷(リスク大) | | 雨量が基準値に達した時 | 逃げ遅れると地下空間水没により死傷リスク大・降雨から破堤まで時間があるが、破堤後のはん濫水到達時間は短い・不特定多数者の避難に時間を要するため早めのタイミングが必要 | 御笠川(福岡市) 平成11年、15年豪雨 信濃川(長岡市) | |
| | D 非沿川地下空間水没ゾーン | - | - | - | 長(自然排水不可)(例:24時間以上) | - | 下流 | 長(大) | 有堤 | - | 非沿川 | - | <地下空間> 非沿川 | - | 地下空間水没 | 死傷(リスク大) | 死傷(リスク大) | 河川水位が基準値に達した時 | 逃げ遅れると地下空間水没により死傷リスク大・降雨からはん濫水到達までの時間がある・不特定多数者の避難に時間を要するため早めのタイミングが必要 | 庄内川(名古屋市) 平成12年東海豪雨 | |
| | E 屋内孤立・屋外人的被害ゾーン | 中(例:0.5~3m) | 速(例:1.5m/s以上) | 小 | 長 | 短 | 上流 | 短(小) | 無堤 | 狭 | 非沿川 | 流下 | - | - | 非水没 | 孤立 | 死傷(リスク大) | 【パターン2】 すでに浸水が始まっている場合などには避難所へ無理に避難しない | 雨量が基準値に達した時 | 屋外の方がリスクが高い逃げ遅れた場合は屋内にとどまった方が安全・降雨からはん濫水到達までの時間が短い | 御笠川(福岡市) 平成15年豪雨 |
| | | | | | | | 中下流 | 長(大) | 有堤 | 広 | 非沿川 | 拡散 | - | - | - | - | - | | 死傷(リスク大) | 破堤が確実な時 | 屋外の方がリスクが高い逃げ遅れた場合は屋内にとどまった方が安全・降雨からはん濫水到達までの時間がある |
| | F 屋内孤立長期化・屋外人的被害ゾーン | 中(例:0.5~3m) | 遅 | 小 | 長 | 長(自然排水不可)(例:24時間以上) | 中下流 | 長(大) | 有堤 | 広 | 非沿川 | (自然貯留排水不可) | - | 浸水深を増加・浸水期間を長期化 | 非水没 | 孤立(長期) | 死傷(リスク中) | 【パターン2】 すでに浸水が始まっている場合などには避難所へ無理に避難しない | 破堤が確実な時(浸水常襲区域は内水発生前) | 屋外の方がリスクが高い逃げ遅れた場合は屋内にとどまった方が安全・降雨からはん濫水到達までの時間がある・内水により避難路が浸水する区域は内水発生前に避難が必要 | 刈谷田川(旧中之島町) 平成16年新潟福島豪雨 |
| G 屋外人的被害ゾーン | 中(例:0.5~3m) | 遅 | 小 | 長 | 短 | 上流 | 短(小) | 無堤 | 狭 | 非沿川 | 流下 | - | - | 非水没 | - | 死傷(リスク中) | 越水が確実な時 | | 屋外の方がリスクが高い逃げ遅れた場合は屋内にとどまった方が安全・降雨からはん濫水到達までの時間がある | 五十嵐川(三条市) 平成16年新潟豪雨 | |
| H 屋外人的被害ゾーン | 浅(例:0.5m以下) | 遅 | 小 | 長 | 短 | 中下流 | 長(大) | 有堤 | 広 | 非沿川 | 拡散 | - | - | 非水没 | - | 死傷(リスク小) ※水路や深みにまるとリスク | 破堤が確実な時 | 屋外の方がリスクが高い逃げ遅れた場合は屋内にとどまった方が安全・降雨からはん濫水到達までの時間がある | - | | |

浸水想定区域を被災シナリオの違いにより8つのゾーンに区分

ゾーンに区分するための項目(表内の橙色のハッチングは支配的な項目)

各ゾーンで想定される被災シナリオ

各ゾーンの被災シナリオに応じた避難パターン(案)

(浸水深の大小、氾濫流速の大小、流体力の大小、氾濫水到達時間の長短、浸水継続時間の長短)と地形要素をもとに浸水想定区域をA~Hの8つのゾーンに分類した(表-1)。各ゾーンの詳細とその適切な避難形態について以下に述べる。

ゾーンAは「家屋倒壊流出」ゾーンである。浸水深が深く氾濫流速が速く(流体力(大)=浸水深さ(大)×氾濫流速(速))氾濫水到達時間が短い氾濫特性を持ち、河川の場合としては上流の無堤区間、中下流の有堤区間の沿川部を想定した(氾濫形態は流下型・拡散型の2つの型を想定)。

このゾーンでの被害像は、氾濫が始まった場合は家屋が流出してしまう可能性が高く、屋内に残された場合と無理に戸外に出た場合は、共に死傷リスクが極めて高いため、適切な避難形態としては事前に避難することが必須である。また、避難勧告発令のタイミングとしては、逃げ遅れると家屋流出による死傷リスクが大きいこと、降雨から氾濫水到達までの時間が短いことから、河川水位もしくは雨量が基準値に達したときに発令を行うことが望ましいと考えられる。

ゾーンBは「家屋完全水没」ゾーンである。浸水深が大きく氾濫流速が遅く（流体力（小）＝浸水深さ（大）×氾濫流速（遅））氾濫水到達時間が長い氾濫特性を持ち、河川の場合としては中下流部の有堤区間で氾濫原の幅が広い非沿川部を想定した（氾濫形態は貯留型を想定）。このゾーンでの被害像は、氾濫が始まった場合は家屋が水没してしまう可能性が高く、屋内に取り残された場合と無理に戸外に出た場合は、共に死傷リスクが極めて高いため、適切な避難形態としては事前に避難することが必須である。また、避難勧告発令のタイミングとしては、内水により避難経路が浸水する区域は内水発生前に発令することが必要であるが、内水発生区域でない箇所については、氾濫水到達までに時間があるため、破堤が確実となったときに発令を行うことが望ましいと考えられる。

ゾーンCは「沿川地下空間水没」ゾーンである。氾濫水到達時間が短く、自然排水が不可能であるため、浸水継続時間が極めて長い。河川の場合としては有堤の下流部を想定した。地下空間水没による死傷リスクが高いため、事前に避難することが必須である。避難勧告の発令タイミングとしては、逃げ遅れると地下空間水没による死傷リスクが大きいこと、降雨から破堤までの時間はあるが、破堤後の氾濫水到達時間が短いこと、不特定多数者の避難に時間を要するため、早めのタイミングが必要であることから、雨量が基準値に達したときに発令を行うことが望ましいと考えられる。

ゾーンDは「非沿川地下空間水没」ゾーンである。ゾーンCと同様に地下空間水没による死傷リスクが高いため、事前に避難することが必須であるが、Cと比べ氾濫水到達まで時間があることから、河川水位が基準値に達したときに発令を行うことが望ましいと考えられる。

ゾーンE、F、G、Hは全て「非沿川・非水没」ゾーンである。それぞれ、氾濫特性等により細分化している。流出や水没の危険性は少なく、A～Dと比較すると死傷するリスクは低いが、すでに浸水が始まっている場合は、屋外に出ることで、水路や深みにはまるリスクがあるため、無理に避難所へ避難しないことが必要となる場合があると考えられる。

3. ヒアリング調査とケーススタディによる検証

3.1 自治体ヒアリング調査

近年大きな水害を被った自治体の防災担当者に対し、避難勧告発令等に関する課題、住民の避難形態の実態、河川情報提供のタイミングについて、ヒアリング調査を実施した。その結果の総括は、以下の3点である。

- ①人的被害の被災シナリオの想定が重要である
地域特性・河川特性の違いや降雨状況・発災時間などによって、被災実態とその対応が異なるため、特性に応じた人的被害の被災シナリオを想定し、シナリオに則った防災・減災対策を実施する必要がある。
- ②氾濫特性によるゾーンの分類は有効である
同一河川であっても地域ごとの氾濫特性や都市構造により、被災形態及び取るべき避難方策が異なるため、氾濫特性によるゾーニングに応じた河川情報提供が必要かつ有効である
- ③人的被害の被災シナリオを考慮した避難勧告と河川情報提供が重要である
自治体からの勧告等の発令や住民の自主避難のための判断材料として、気象情報・河川情報が必要とされており、氾濫特性等によるゾーニングに応じた情報内容と、自治体の防災力・防災意識にあった河川情報提供が求められている。

3.2 DIG方式ケーススタディ

氾濫特性等によるゾーニングについて有用性を確認するため、浸水想定区域図にゾーニングで得られた情報を付加した氾濫リスクマップ（図-1）を作成し、地方自治体職員、河川管理者を交えたDIG方式（Disaster Imagination Gameの略で簡易型の災害図上訓練の一種。ある場面を想定して、参加者が発生する被害や取るべき対応をイメージし、それらを地図上で共有し議論するもの）のケーススタディを行った。



写真-1.2 DIG方式によるケーススタディの様子

3.3 検証結果

ケーススタディを踏まえ、氾濫特性等によるゾーニングを基に作成した氾濫リスクマップの効果、新たな河川情報提供の効果などについて、まとめたところ、以下のとおりであった。

- ・氾濫水の到達が早いエリアを選定し、早めに避難勧告を発令するかを検討するためにリスクマップは有効である。
- ・事前避難が必要な地域を絞り、広報車を回すルートや各戸訪問先の選定に活用することで情報を確実に伝達できる。
- ・2階にいたほうが安全な地域を分けることができれば、避難させないことも考えることができる。

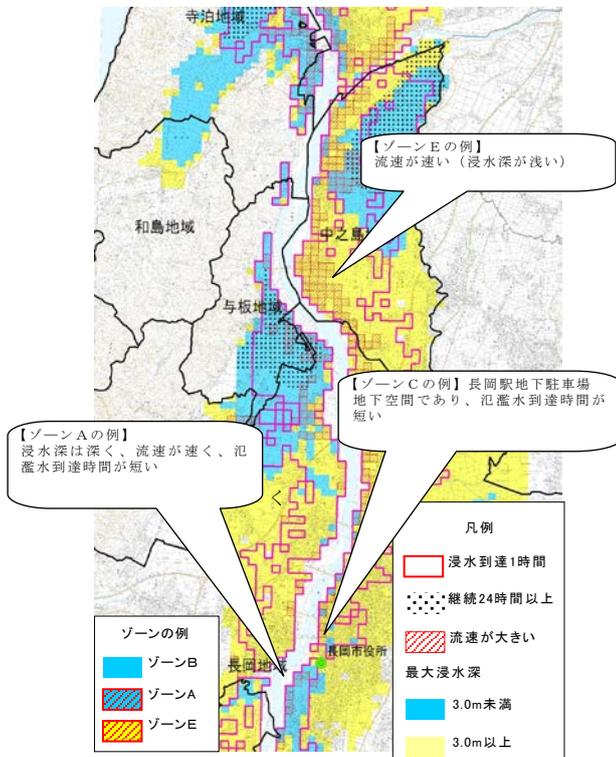


図-1 氾濫リスクマップの例
(検討用に作成したものであり、実際の状況とは異なる)

- ・リスクマップは、平時においても、破堤氾濫による人的被害の被災シナリオの啓発に有効であり、リスクの臨場感も伝わるので、避難率の向上も期待できる。

4. おわりに

本研究の結果、地形状況や氾濫特性等による人的被害の被災シナリオのゾーニングと適切な避難形態の分類、及びそれに基づき作成する氾濫リスクマップが、住民の適切な避難に資する情報として有効であることがわかった。

今後は、ゾーニングにおける浸水深・氾濫流速・氾濫水到達時間等の閾値の考え方等について、検討を深めるとともに、地方自治体における河川情報を有効に活用した避難計画の策定に役立ち、住民の円滑かつ迅速な避難行動に結びつくよう、本研究の成果を活用したいと考えている。

謝 辞

本研究の基礎資料である、洪水予報と水防警報の発令実態に関する資料、避難判断水位等の到達実態、避難勧告発令と避難実態に関する資料等は、本省河川局防災課から入手した。

ゾーニングの必要性と課題についてのヒアリング調査には、新潟県三条市、新潟県長岡市旧中之島町、兵庫県豊岡市、福岡県福岡市、愛知県名古屋市に御協力をいただいた。

DIG方式ケーススタディについては、国土交通省北陸地方整備局（本局、信濃川河川事務所）、新潟県（河川管理課、長岡地域振興局）、長岡市（本庁、中之島・越路・三島・山古志・小国・和島・寺泊・栃尾・与板各支所）に御協力をいただいた。

以上、ここに記して謝意を表します。

大谷 周*



国土交通省国土技術政策
総合研究所危機管理技術
研究センター水害研究室
研究員
Amane OOTANI

白井正孝**



朝日航洋株式会社（前
国土交通省国土技術政
策総合研究所危機管理
技術研究センター水害
研究室 交流研究員）
Masataka SHIRAI

小林 肇***



国土交通省国土技術政策
総合研究所危機管理技術
研究センター水害研究室
主任研究員
Hajime KOBAYASHI

榎村康史****



熊本大学大学院 教授
（前国土交通省国土技
術政策総合研究所危機
管理技術研究センター
水害研究室長）
Yasufumi ENOMURA