

特集：気候変動適応研究本部における5年間の取組み

# 大規模氾濫時における近隣の中高層建物への避難による人的被害低減対策の有効性

板垣 修・加藤拓磨・服部 敦

表-1 人的被害試算に係る用語の定義

## 1. はじめに

気候変動の影響による氾濫被害の増大が懸念されている。「犠牲者ゼロ」に向けた施策の重要な構成要素である「避難」については、避難に至る心理面、避難場所の配置・収容力・避難シミュレーション、高齢者等災害時要援護者等についてこれまでも多くの研究が行われてきている。

今後とも避難等による被害低減対策の研究・推進が重要であることは言うまでもないが、実際の洪水時の避難率はせいぜい40%程度である<sup>1)</sup>こと、氾濫直前や自宅浸水等の危険な状況が発生しなければ避難を決意しない人が少なくないこと<sup>2)</sup>を踏まえると、浸水が生じつつある切迫した状況下においても人的被害を極力低減する方策の検討が重要であると考えられる。

そこで、大規模洪水を想定した氾濫シミュレーション結果に基づき最大浸水深が5m程度となる恐れがある地区を対象として、自宅周辺の浸水が始まるなど切迫した状況における救命対策の推進に資する技術的検討を行うこととした。

本報文では、近隣の中高層建物への避難による人的被害低減の有効性について、実在の建物分布に基づいて設定した、モデル地区を対象として評価した結果について述べる。

なお、詳細については参考文献<sup>3)</sup>を参照されたい。

## 2. 近隣の中高層建物への避難による人的被害低減の考え方

大規模氾濫時の人的被害低減対策としては、氾濫発生前に安全な場所へ避難（事前避難）するほか、浸水深に応じ自宅建物の非浸水階へ避難（垂直避難）することが考えられる（表-1）。しかし洪水規模・地形特性等により最大浸水深がおおむね5m以上になる場合には1、2階建て建物の居住

用語	定義
集計単位内人口	集計単位内居住者数
事前避難者	浸水開始以前に集計単位外へ安全に避難する者
在宅者	3階以上の居住者のうち事前避難せず自宅にとどまった者
垂直避難者	3階建以上の建物の2階以下居住者のうち事前避難せず同一建物内の3階以上へ避難する者
切迫避難者	自宅周辺の浸水が始まってから避難しはじめ、近隣の中高層建物等に逃げこめた者。切迫避難で逃げこむ高所(切迫避難先)の分類は下記のとおり。 ①公的避難場所 ②デパート等商業施設・鉄道駅 ③民間ビル(マンション、オフィスビル) ④堤防(階段・スロープ(以下「堤防入口」)が設置されているものに限る)
要緊急救助者	2階建以下の建物の居住者で事前避難しなかった者のうち切迫避難先へ逃げこめなかった者
切迫避難必要者	切迫避難者+要緊急救助者
※集計単位内人口=事前避難者数+在宅者数+垂直避難者数+切迫避難者数+要緊急救助者数	

者にとって垂直避難による安全確保は困難であり、事前避難を行わなかった場合には、近隣の高所に緊急的に逃げこまなくてはならない。なお、その後浸水が長期間継続した場合には孤立することが考えられ、事前避難が重要であることは言うまでもない。

本研究では、何らかの理由により事前避難できずに自宅にとどまっている者が自宅周辺の浸水開始等の切迫した状況下で近隣の中高層建物等に避難することを「切迫避難」と定義し、実際の市街地の建物の分布に基づき人的被害低減対策の効果について検討した。本検討では、市販データ等を活用し実際の建物の位置・階数・面積を詳細にGIS上に整理し、居住者の分布・属性（年齢階層等）、切迫避難者の移動速度、切迫避難先の収容可能人数等については簡略化した設定を行っている。これは、実際の代表的な街並み、建物分布における「切迫避難」による人的被害低減の有効性を概略評価することを主目的としたためである。

Evaluation of Human Damage Reduction by Evacuating to Mid-to-High-Rise Buildings in Neighborhood in case of Catastrophic Flooding.

### 3. 人的被害の試算手順

#### 3.1 集計単位の設定

氾濫シミュレーション結果に基づき、大規模氾濫時に最大浸水深が5m以上になる恐れがある範囲を抽出し、当該範囲を包含するように広幅員幹線道路等により囲まれる領域（以下「集計単位」）に分割した（図-1）。本分割は計算・分析の効率化を図るとともに以下の考えに基づいて行った。すなわち、都市部では一般に幹線道路沿いに中高層建物が集中しているとともに広幅員幹線道路等を横断しての切迫避難は相対的に少ないと想定されるので、集計単位内で切迫避難はおおむね完結すると仮定し、集計単位ごとに被害低減対策の検討を行うこととした。



図-1 集計単位設定例

#### 3.2 建物・居住者データのGIS上での整理

集計単位ごとにゼンリン社の建物ポイントデータ2012に基づき各建物の位置・階数・面積をGIS上に整理した。各建物の居住者数（年齢階層別）の設定に当たっては2010年国勢調査結果（町丁・字等別集計値）を活用した。さらに65歳以上の居住者の戸建て住宅居住割合が高いこと、並びに災害時要援護者の比率を関連する統計値に基づき設定し、建物ごとの属性別居住数を設定した。なお、本研究における居住者設定は通勤・通学等を考慮しない夜間の設定に相当する。

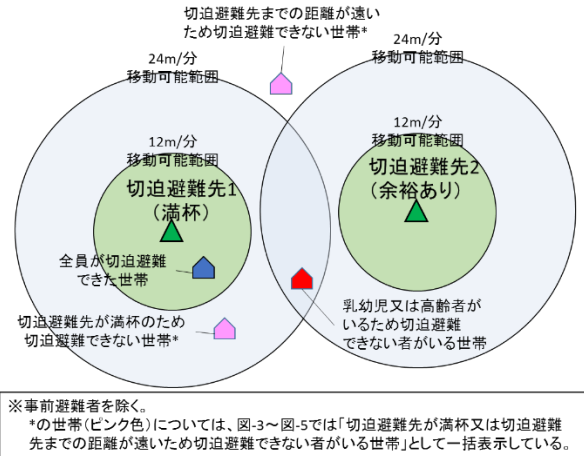


図-2 切迫避難可否の判定概念図

#### 3.3 試算条件

切迫避難は徒歩により行われるものと仮定し、移動速度は須賀<sup>4)</sup>の水中歩行に関する実験結果を参考に5～64歳の健常者で24m/分、65歳以上の高齢者及び乳幼児（およびその付き添い者）で12m/分とした。市区町村指定の避難場所（公的避難場所）、デパート等の商業施設・鉄道駅、河川堤防、民間ビル（マンション・オフィスビル）を切迫避難先として抽出した。これらのうち民間ビルを除く場合をケース1、民間ビルを含む場合をケース2とした。

切迫避難先ごとの切迫避難者収容能力は避難者1人当たりの必要面積を1m<sup>2</sup>として設定した。民間ビルでは廊下等共用スペースの面積比率を推定し、この比率を非浸水階（3階以上）の延べ床面積に乗じることで収容能力を設定した。面積比率は、オフィスビルで15%、マンションで10%と設定した。公的避難場所及びデパート等商業施設

については非浸水階の全延べ床面積に基づき収容能力を設定した。駅及び河川堤防の収容可能人数については路線や天端道路に沿ってさらに避難できるため、上限を設けなかった。

#### 3.4 計算手順

まず、事前避難率に応じて氾濫発生時点の居住者数を一律低減した。次に、3階建以上の建物の1・2階居住者は同建物の3階以上へ垂直避難した。最後に、垂直避難できなかった者及び2階建以下の建物居住者が近隣の中高層建物等へ切迫避難するものとした。

図-2に切迫避難可否判定の概念図を示す。切迫避難しようとする者は街路等を見捨て居住建物から切迫避難先まで直線移動すると仮定した。切迫避難先を中心として「避難可能時間」×「歩行速度」として求めた距離（以下「移動可能距離」）

を半径とした円を描き、同円内に居住建物がなければ、同建物居住者は切迫避難できないものとした。同円内に居住していても切迫避難先1のように既に避難者で満杯である場合、まだ空きのある切迫避難先2へ避難する。なお、切迫避難しようとする世帯にとって切迫避難先の選択肢が複数ある場合には、公的避難場所、商業施設、堤防、民間ビルの順に選定するものとした。最終的にどの切迫避難先へも避難できない者は切迫避難できないものとした。これら切迫避難できなかった者を要緊急救助者とした。

事前避難率0、20、40%、避難可能時間5分、10分、15分、避難先の設定ケース1、2を組合せた18の試算条件で各人的被害を試算した。なお避難可能時間は、氾濫シミュレーションで集計単位の代表地点における浸水深が10cm（自宅周辺の浸水開始を認識する水深）から60cm（水中歩行の限界水深）まで上昇するのに要する時間を参考に設定した。

#### 4. 人的被害試算結果と被害低減対策の検討

試算例を図-3～5に示す（図中の表示・色分けは図-2と同じ）。いずれも、事前避難率0%、避難可能時間5分の本試算上最悪の想定である。

図-3は大都市密集市街地における試算例であるが、ケース1に比べケース2では要緊急救助者が大幅に（79%）減少している。これは、集計単位内に3階建て以上の民間ビルが多数分布しているため、これらを切迫避難先に追加することにより切迫避難可能な人数が大幅に増えるためである。

図-4は田園地帯における試算例であるが、ケース1とケース2の違いはほとんど認められない（要緊急救助者は1%のみ減少）。これは、3階建て以上の建物が少ないため、民間ビルを避難先として追加しても切迫避難可能な人数はほとんど増えないためである。

図-5は大都市郊外の2階建て以下の住宅が広がる住宅街での試算例であるが、3階建て以上の建物が相対的に少ないとともに分布が偏っているため、避難先として民間ビルを追加しても切迫避難可能な人数の増加は限定的であり、要緊急救助者数は20%減少するのみである。

また、何らかの手段により浸水深の上昇速度を小さくすることができれば、避難可能時間が長く

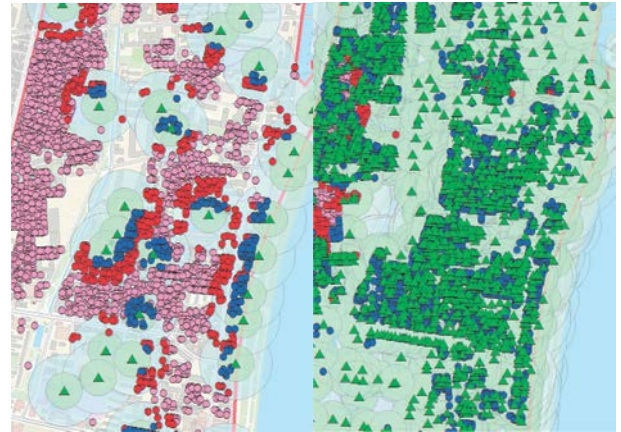


図-3 大都市密集市街地における試算例  
(左：ケース1, 右：ケース2)



図-4 田園地帯における試算例  
(左：ケース1, 右：ケース2)

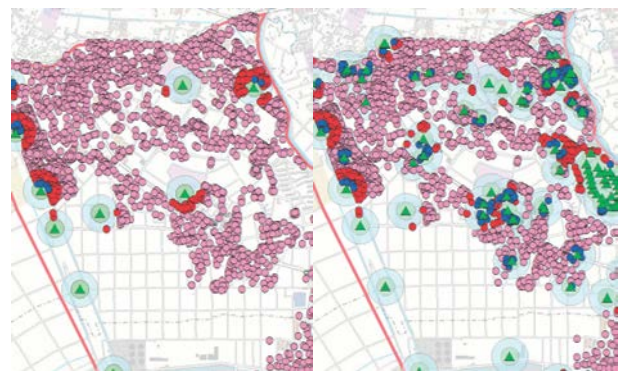


図-5 郊外戸建て住宅街の試算例  
(左：ケース1, 右：ケース2)

なり、切迫避難できる人数が増えることが考えられる。ケース1、2の避難可能時間を15分と長くした場合の試算結果を5分の場合の結果とともに表-2に示す。本試算例では、避難可能時間を増加させる施策により大都市密集市街地においては民間ビルを避難先に加えるのと同等の被害低減効果となった。また、田園地帯及び郊外戸建て住宅街

表-2 切迫避難先の拡大による要緊救助者数の低減

	避難可能時間	避難先設定ケース	要緊救助者数	要緊救助者数の減少率
大都市密集市街地	5分間	1	14700	-
		2	3130	79%
	15分間	1	4115	72%
		2	1799	88%
田園地帯	5分間	1	6107	-
		2	6026	1%
	15分間	1	5314	13%
		2	5239	14%
郊外戸建て住宅街	5分間	1	11789	-
		2	9382	20%
	15分間	1	7266	38%
		2	3375	71%

においては民間ビルを切迫避難先に加えることによる効果を上回る結果となった。さらに民間ビルの切迫避難先への追加と浸水深上昇速度低減策を合せて実施することにより、大都市密集市街地で約9割、郊外戸建て住宅街で約7割、田園地帯で約1割の要緊救助者数が減じる結果となった。

## 5. おわりに

最大浸水深が5mに達するような大規模氾濫時における人的被害低減対策の検討に資するため、自宅周辺の浸水等を契機に避難しはじめる「切迫避難」について、人的被害低減対策の有効性について試算を行った。試算に当たっては、大都市の密集市街地、田園地帯、郊外戸建て住宅街を対象として、市販データ及び国勢調査結果に基づき中高層建物等の分布を与えるなど極力実態を反映した。

切迫避難先として公的避難場所、デパート等の商業施設・鉄道駅、河川堤防を想定した場合と、さらに民間ビルを加えた場合、並びに浸水の上昇速度を低減する（自宅周辺が浸水しはじめてから避難困難な水深に達するまでの時間を延長する）

施策による被害低減効果を各試算したところ、地区特性によるが、民間ビルを切迫避難先として追加する施策並びに浸水上昇速度を低減する施策による大きな被害低減効果が算定された。また、中高層建物等の分布特性の違いにより被害低減効果に違いがあることが示された。

以上、大規模氾濫時の人的被害低減対策の検討には、地域の中高層建物等の分布特性を踏まえることが重要であることが示された。

なお、本研究は、避難先としての民間建物の活用に関する施策検討の前段としての技術的検討を行ったものである。

## 参考文献

- 1) 池内幸司、越智繁雄、安田吾郎、岡村次郎、青野正志：大規模水害時の氾濫形態の分析と死者数の想定、土木学会論文集 B1（水工学）、Vol.67、No.3、pp.133～144、2011
- 2) 桑沢敬行、片田敏孝：大都市大規模水害を対象とした避難対策に関するシミュレーション分析、日本災害情報学会第13回研究発表大会予稿集、pp.37～42、2011
- 3) 加藤拓磨、板垣修、服部敦、深見和彦、鳥居謙一、藤田光一：近隣の中高層建物の分布を考慮した大規模氾濫時の人的被害マクロ試算手法の開発、河川技術論文集、第20巻、pp.403～408、2014
- 4) 須賀堯三、上阪恒雄、吉田高樹、浜口憲一郎、陳志軒：水害時の安全避難行動（水中歩行）に関する検討、水工学論文集、第39巻、pp.879～882、1995

板垣 修



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室主任研究官  
Osamu ITAGAKI

加藤拓磨



(一財)国土技術研究センター河川政策グループ研究員、博士（工学）（前 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室研究官）  
Dr. Takuma KATO

服部 敦



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室長、博士（工学）  
Dr. Atsushi HATTORI