

既成市街地における建築物の床高上げによる 水害リスク低減効果の検討 ー東京近郊の柳瀬川流域を事例としてー

加藤 紘規^{1*}・小久保 翼²・中村 仁³・松下 潤⁴・宮本 善和⁵・安田 浩保⁶・
佐山 敬洋⁷

^{1,2}芝浦工業大学 大学院理工学研究科 (〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作307)

³芝浦工業大学 システム理工学部 環境システム学科 (〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作307)

⁴中央大学 研究開発機構 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

⁵中央開発株式会社 北日本事業部 (〒984-0037 宮城県仙台市若林区蒲町字東50-2)

⁶新潟大学 災害・復興科学研究所 (〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐二の町8050)

⁷京都大学 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

* E-mail: me15031@shibaura-it.ac.jp

本研究の目的は、東京近郊の柳瀬川流域を対象として、既成市街地における建築物の床高上げによる水害リスクの低減効果を検討することである。研究対象として新河岸川と柳瀬川の合流地点付近を選定し、降雨流出氾濫(RRI)モデルによるシミュレーションを行い、「治水経済調査マニュアル(案)」を用いて被害額の推定を行った。分析の結果、再現期間100年降雨においては、通常よりも0.5m床高を上げるだけで被害額の大幅な低減が期待できるが、再現期間1000年降雨では、通常よりも1.0m以上床高を上げないと被害額の低減が十分に期待できないことがわかった。また、工事費用に対する被害低減額を考慮した場合、最適な床高上げの水準が再現期間に応じて異なる場合と異なる場合があることがわかった。

Key Words : flood damage, floor elevation, build-up area, suburb, river basin

1. はじめに

(1) 研究背景と目的

近年日本では、気候変動の影響により、集中豪雨の発生頻度と強度が増加している。特に大都市近郊の河川流域では、急激な市街化により保水・遊水機能が低下して水害リスクが高まっている地域が広範囲に存在している。気候変動に適応した大都市近郊の水害リスクの低減を図るためには、従来の総合治水対策のみでは不十分であり、河川管理と都市計画が連携して、水害リスク低減のための土地利用規制や建築規制について実効性のある具体方策を検討し、実施する必要がある。

既往研究をみると、寺本ら¹⁾は、土地利用規制を実施した場合の費用便益評価を行い、寝屋川流域(大阪地域)では、弱い降雨によって床下浸水する領域の土地利用を

規制するのが効果的であると考えられ、神田川流域(東京地域)では、一定の基準の降雨による床上浸水被害を防ぐような土地利用規制を実施するのが適していることを指摘している。また、市川ら²⁾は、寺本ら¹⁾と同じ対象地域で同じ評価手法を用いて、建築規制の費用便益評価を行っている。ここで想定している建築規制は、床上浸水による被害が予想される地域において、家屋一階部分の床面をピロティ建築のような形態で上げることである。分析の結果、大阪地域、東京地域のいずれにおいても総便益が正となり、建築規制は一定程度の適用性を有していると指摘している。また、建築規制と上述の土地利用規制を比較したところ、建築規制のほうが土地利用規制より総便益が若干大きいと同程度となることを指摘している。

以上の既往研究の成果から、一般的に、規制市街地に

において土地利用を規制・誘導して水害リスクを低減する方策として、対策にかかる費用と被害額低減の観点からは、水害被害が想定されるエリアの建築物を対象に床高を一定程度上げる対策が効果的であると想定される。

本研究の目的は、東京近郊の柳瀬川流域を対象として、気候変動適応策のひとつとして、既成市街地における建築物の床高上げによる水害リスク低減効果を検討することである。

本研究の特徴は、大都市近郊の特定の地域を対象に、土地利用や建物の現況を詳細に調査し、気候変動の影響として再現確率 1/100 と 1/1000 の降雨強度を考慮したうえで、都市的土地利用と水害リスクの関係、とくに建物被害がもたらす水害被害額を建物 1 棟ごとに算出して、建築物の床高上げによる水害被害低減効果を検討することである。

(2) 研究方法

本研究では、荒川水系の新河岸川の支川の柳瀬川流域を対象として実施する。具体的な研究の方法は以下の流れで行う。①柳瀬川流域を対象として、流域の土地利用や浸水危険性などを調査し、都市化の進行が大きいエリア、ハザードマップで浸水深が高いエリアを調査対象地区として選定する。②選定した対象地区について、現地調査および地図データによる調査から土地利用の変化、建物階数の現況を把握する。③降雨流出氾濫(RRI)モデル³⁾を用いた氾濫シミュレーションを実施するため、気候変動を考慮した入力降雨、浸透、計画流量などの条件設定を行う。④対象地区における都市計画と連携した水害リスク低減策として、建築物の床高上げ対策を想定する。⑤再現期間100年と1000年の降雨をもとにRRIモデルで氾濫シミュレーションを行い、その結果をもとに国土交通省が公表している「治水経済調査マニュアル(案)」(2005年)⁴⁾を用いて、被害低減額を推計する。⑥以上をふまえて、建築物の床高上げによる水害リスク低減効果を考察し、今後の検討課題を明確にする。

2. 柳瀬川流域の概要^{5),6)}

(1) 流域特性

柳瀬川は、荒川水系に属している一級河川で、山口貯水池(狭山湖)のすぐ下から流れが始まり、所沢市、東村山市、清瀬市、新座市、志木市を流れて新河岸川に合流し、全長は19.6km、流域面積は95.45km²となっている。柳瀬川流域は市街化が進行しているところが多く、現在は流域の55%程度が市街地として開発されている。また、柳瀬川流域の人口は、1965年あたりから人口が爆発的に

増加し、1975年までの10年間の人口は約23万人となり、2006年時点で約64万人となっている。

(2) 調査対象地区選定

柳瀬川流域の中でも加藤ら⁷⁾によって最も被害が大きいと指摘された富士見市M地区を含む、新河岸川・柳瀬川の合流地点周辺地区(以下A地区)を選定し、詳細に調査することとする。

3. 調査対象地区

(1) 地区概要

A地区の対象範囲は志木市、新座市、富士見市、三芳町の4市町のうち、洪水ハザードマップ(再現期間100年に相当)で浸水域にある町丁目(計39町丁目)である。地区内には国道や東武東上線が通っており、その鉄道駅がある。近年の急速な人口増加に伴い低地での宅地化が進行している。2015年1月の埼玉県町(丁)字別人口調査⁸⁾によると、A地区の人口は66,663人、世帯数は約28,500世帯、面積は786.0ha、人口密度は77.9人/ha、老年人口比率は26.0%である。

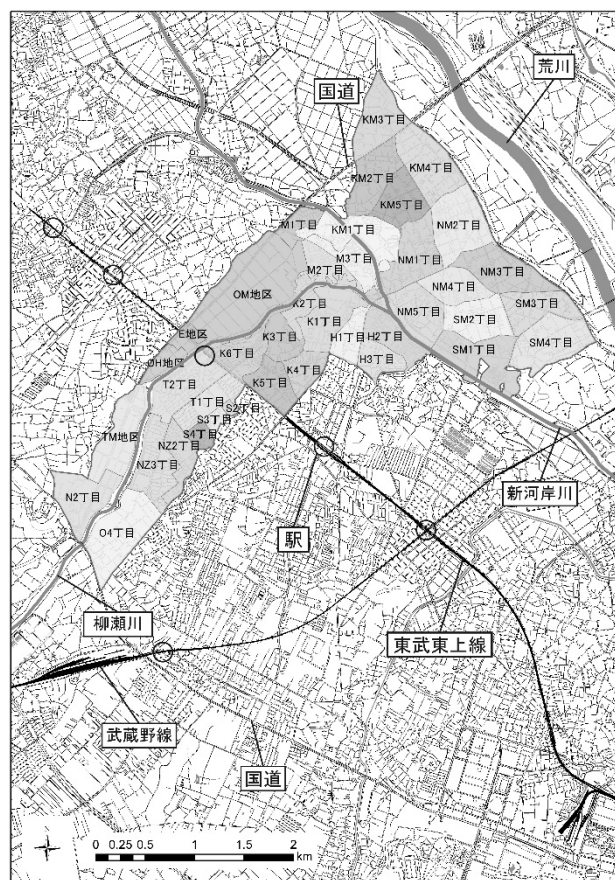


図-1 A地区の地図

3. 被害額推定方法

日本においては、「治水経済調査マニュアル(案)」(2005年)が標準的な方法として水害被害額の算定に適用されており、本研究においてもこのマニュアル(案)を用いて被害額の推定を行う。本研究では、家屋、事業所償却・在庫資産、農作物の項目を対象とし、家庭用品の項目は対象から省いた。農作物は、面積が40ha以上の田を対象にしている。詳細な被害額推定方法は、加藤ら⁷⁾の研究で用いられていた方法を用いた。(1)~(4)式の被害率は、項目毎に浸水深や傾斜によって値が指定されている。

4. 氾濫シミュレーションの方法

(1) 降雨流出氾濫(RRI)モデル

本研究の氾濫シミュレーションは、土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター(ICHARM)で開発された降雨流出氾濫(RRI)モデルを用いる。RRIモデルは、2次元モデルでシミュレーションを行い、降雨流出と洪水氾濫を同時に行うことが可能である。また、河川流域スケールで土地や川、それらの相互作用の流れをシミュレートすることも可能である。このモデルは、一辺50mのグリッドセルで構成されており、地盤高や堤防高、河道幅を変更し、その場合の降雨流出や洪水浸水をシミュレーションすることが可能な2次元モデルである。

(2) 設定条件

a) 入力降雨

入力降雨は再現期間100年に相当する降雨(以下 $W=1/100$)と再現期間1000年に相当する降雨(以下 $W=1/1000$)の外力を用いる。 $W=1/100$ の場合の雨量は、「浸水想定基礎調査業務委託報告書(新河岸川・柳瀬川)」⁹⁾に記載されているものを使用する。1982年9月の降雨のなかで、降雨ピークを含む6時間降雨に着目し、6時間雨量を146.5mmに引き伸ばしている。2日雨量も $1/100$ に相当に引き伸ばし、総雨量を332.7mmに調整したデータを用いる。 $W=1/1000$ の場合の雨量は、国土交通省が公表している「浸水想定(洪水,内水)の作成等のための想定最大外力の設定手法」(2015年)¹⁰⁾に基づき、柳瀬川流域モデルへの想定外力を検討し、6時間最大降雨を401.3mmと推定し、これを $1/100$ 計画降雨をベースに引き伸ばし、総雨量を587.5mmとする。なお、本流の新河岸川の流量は計画流量である $240(m^3/s)$ を設定する。

b) 浸透

RRIモデルでは、浸透を考慮することが可能であり、土地利用の状況から浸透を考慮する。市街地は浸透能が

6mm/hになるように浸透能を設定する。報告書⁹⁾より、下水のあるなしは、損失雨量には影響しないとする。水田は初期損失(50mm)のみを考慮しているの、土壌の深さを0.1mに設定し、最大でも0.0471m(50mm相当)を最大の損失量とする。土地利用としては、田が当てはまる。畑等の浸透能は14mm/hであり、それに一致するように浸透能を定める。

5. 建物被害についての分析

(1) 現状の建物被害

a) 再現期間100年に相当する降雨の場合

A地区全体の建物総数は17,039棟である。再現期間100年に相当する降雨においては、A地区全体で0.2m以上0.5m未満浸水する建物が3,206棟(19%)、0.5m以上1.0m未満浸水する建物が1,132棟(7%)となる。とくに、M3丁目では0.5m以上1.0m未満浸水する建物が70%となる。再現期間100年に相当する降雨A地区全体の被害推定額は11,812(百万)円(約118億)である。家屋被害に注目した場合では、K6丁目が11億円と最も被害が大きい。町丁目別の被害が最も大きいM3丁目は、家屋被害は7.45億円である。事業所被害に注目した場合では、M3丁目の被害額が25億円であり、A地区全体の事業所被害

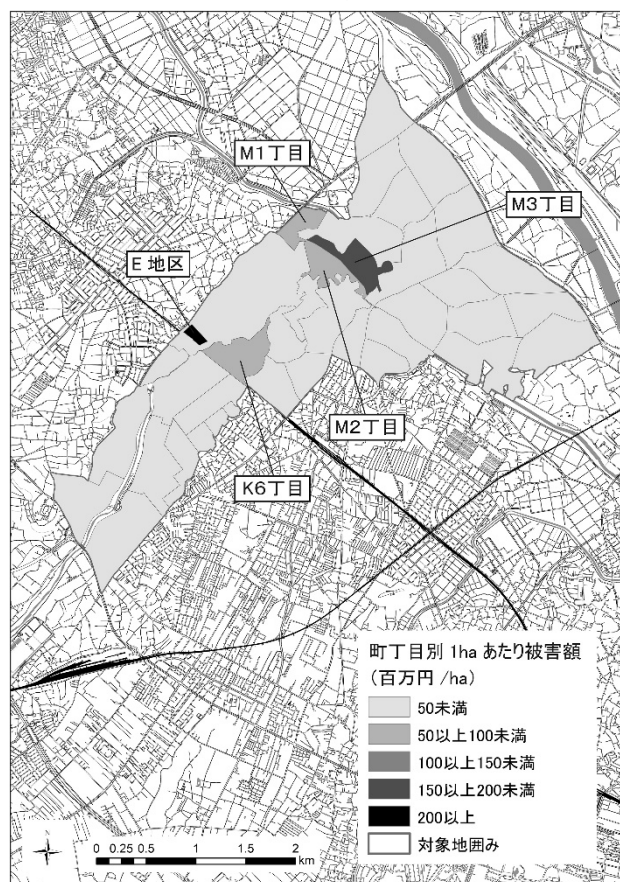


図-2 W=1/100における町丁目別1haあたり被害額

額の3割を超えている。各町丁目の1haあたりの被害額は、E地区の283.7(百万円/ha)が最も高く、次いでM3丁目の199.5(百万円/ha)、M2丁目の76.7(百万円/ha)、M1丁目の59.6(百万円/ha)、K6丁目の58.0(百万円/ha)の順に高くなっている。E地区は、地区内に存在する事業所の被害が大きくなっており、1haあたりの被害額が大きくなっている。

b) 再現期間1000年に相当する降雨における建物被害

再現期間1000年に相当する降雨でのシミュレーションを行った結果は、図-3のとおりである。再現期間1000年に相当する降雨において、A地区全体で1.0m以上2.0m未満浸水する建物が6,507棟(38%)、2.0m以上浸水する建物が1,527棟(9%)となり、1m以上の浸水はKM地区、NM地区、T地区、M地区の全ての町丁目で発生する。とくに、M地区では1m以上浸水する建物がM1丁目で94%、M2丁目で100%、M3丁目で93%となる。再現期間1000年に相当する降雨のA地区全体の被害推定額は1,036億円である。家屋被害はK6丁目の被害が84.97億円と最も大きく、事業所被害はM3丁目が76.74億円と最も大きい。KM地区、NM地区などの全体の被害が大きい地区では、事業所被害のほうが家屋被害より大きくなっている地区のほうが多い。各町丁目の1haあたりの被害額は、E地区の981.6(百万円/ha)が最も高く、次いでM3丁目の755.4(百万円/ha)、K6丁目の488.2(百

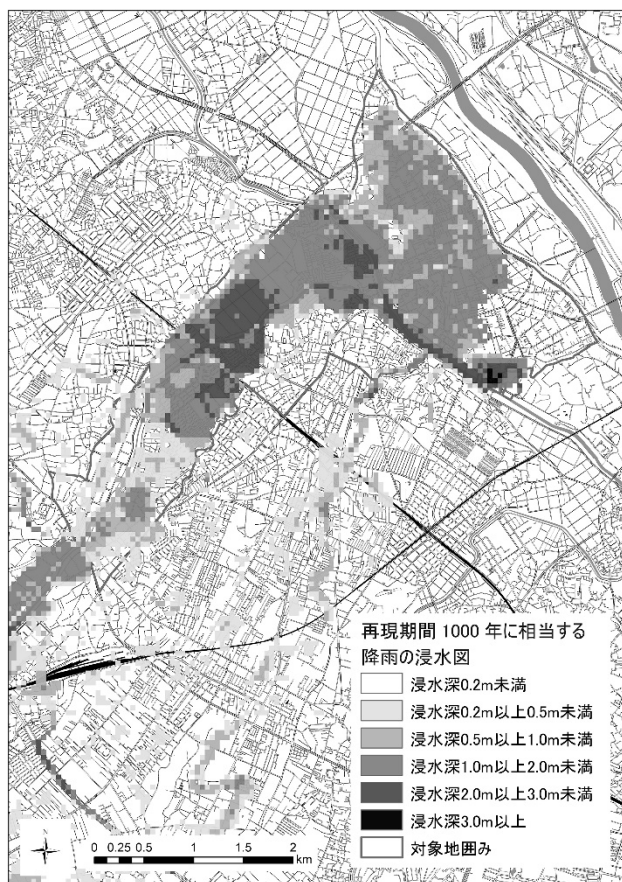


図-3 W=1/1000における降雨の浸水図

万円/ha)、S3丁目の295.6(百万円/ha)の順に高くなっている。

c) 再現期間100年に相当する降雨と再現期間1000年に相当する降雨の被害額の比較

入力降雨再現期間100年に相当する降雨、再現期間1000年に相当する降雨の場合の対象地区内の町丁目別被害額は図-5のようになった。再現期間100年に相当する降雨のときに被害額が大きいM3丁目(33億円)、K6丁目(12億円)は、再現期間1000年に相当する降雨のときにはさらに被害が大きくなり、M3丁目では124億円、K6丁目では99億円である。再現期間100年に相当する降雨のときに被害が少なかったKM地区、NM地区は、再現期間1000年に相当する降雨のときにKM地区では約15倍、NM地区では約45倍に被害額が増加する。

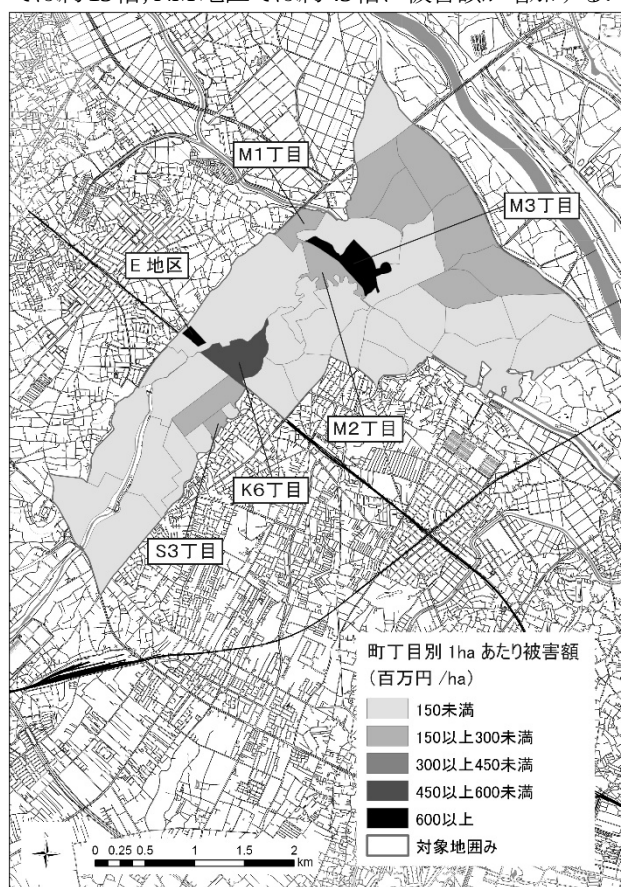


図-4 W=1/1000における町丁目別1haあたり被害額

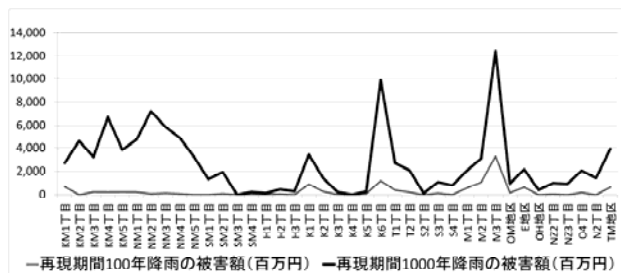


図-5 W=1/100 と W=1/1000 の被害額の比較 (単位:百万円)

(2) 建築物の床高上げの設定

本研究における建物の床高上げは、既存建物の基礎部分を通常より高くして、1階の床部分を上げることを想定している。また、基礎を上げた部分に関しては、階として使用しないこととし、ベタ基礎を想定している。建物の床高上げについては、A地区の中で浸水深が高く、町丁目別1haあたり建築物の被害が大きいと推定されるM3丁目およびK6丁目を対象地区として、地区内の家屋・事業所の床高を、通常の0.5mよりもさらに0.5m、1m、1.5mの3段階で上げた場合を想定する。

(3) シミュレーションのパターン

本研究で行ったシミュレーションのパターンは、表-1のとおりである。①M3丁目の床高を0.5m、1m、1.5m上げた場合、②K6丁目の床高を0.5m、1m、1.5m上げた場合の以上6パターンに、再現期間100年に相当する降雨と再現期間1000年に相当する降雨のパターンの合計12パターンを行った。

(4) 床高上げによる被害軽減効果

a) 再現期間100年に相当する降雨で床高上げを行った場合の被害額

再現期間100年に相当する降雨の場合において、建物の床高上げをしない（床高を0.5mのままとする）場合では、M3丁目の被害額は32.8億円になり、K6丁目の被害額は11.7億円になる。建物の床高を通常よりも0.5m上げた場合では、M3丁目の被害額が4.65億円（86%減少）、K6丁目の被害額が0.4億円（97%減少）となり、ともに大幅な減少となることがわかる。建物の床高を1m上げた場合では、M3丁目、K6丁目ともに被害額が0になる。建物の床高を1.5m上げた場合では、浸水深が最大でも1.0m程度であることから、1.0m床高上げた場合と同様に被害額が0になる。

b) 再現期間1000年に相当する降雨で床高上げを行った場合の被害額

再現期間1000年に相当する降雨の場合において、建物の床高上げをしない場合では、M3丁目の被害額は124.1億円になり、K6丁目の被害額は98.6億円になる。建物の床高を通常よりも0.5m上げた場合では、M3丁目では

表-1 パターンの表

パターン\降雨		W=100	W=1000
床高上げ 0.5m	M3丁目	M3-0.5m-H	M3-0.5m-T
	K6丁目	K6-0.5m-H	K6-0.5m-T
床高上げ 1.0m	M3丁目	M3-1.0m-H	M3-1.0m-T
	K6丁目	K6-1.0m-H	K6-1.0m-T
床高上げ 1.5m	M3丁目	M3-1.5m-H	M3-1.5m-T
	K6丁目	K6-1.5m-H	K6-1.5m-T

被害額が72.6億円（42%減少）となり、K6丁目では被害額が70.8億円（28%減少）となる。建物の床高を通常よりも0.5m上げたくらいでは、被害額の大幅な減少は見込めないことがわかる。建物の床高を通常よりも1m上げた場合では、M3丁目では被害額が47.9億円（61%減少）となり、K6丁目では被害額が33.7億円（66%減少）となる。建物の床高を通常よりも1.5m上げた場合では、M3丁目では被害額が30.2億円（76%減少）となり、K6丁目では被害額が24.7億円（75%減少）となる。

(5) 工事費用と被害低減額の関係

床高上げを行うことで、水害被害を低減する一定の効果がみられたが、床高上げにかかる工事費用と比較して、床高上げを行うことが水害被害低減策として、妥当な手法かどうかを検討したい。床高上げ費用の算出方法は、東京都中野区が実施していた高床式工事助成事業¹⁾の揚家の費用を参考として、揚家工事によって0.5m床高上げする場合に78,000円/m²と設定した。また、1m床高上げする場合は10,000円/m²を加算し、1.5m床高上げする場合は15,000円/m²を加算して、費用を仮定している。

a) W=1/100における工事費用と被害低減額の関係

W=1/100における対策の工事費用と被害低減額の関係を表-2にまとめる。比（被害低減額/工事費用）の値をみると、比の値が最も大きかったのが、パターンM3-1.0m-1の0.85であった。次いでパターンM3-0.5m-1の0.82であった。一方で、比の値が最も小さかったのが、パターンK6-1.5m-1の0.25であった。これらのことから、再現期間100年に相当する降雨においては、工事費用のほうが被害低減額よりも大きくなることわかる。

b) W=1/1000における工事費用と被害低減額の関係

W=1/1000における対策の工事費用と被害低減額の関係を表-3にまとめる。比（被害低減額/工事費用）の値をみると、比の値が最も大きかったのが、パターンM3-1.5m-2の2.30である。次いで、パターンM3-1.0m-2

表-2 W=1/100における対策の工事費用と被害低減額の関係

パターン	被害額 (百万円)(a)	低減額 (百万円)(b)	低減率(%)	費用 (百万円)(c)	比(b/c)
M3-0.5m-H	465	2,813	85.8%	3,422	0.82
M3-1.0m-H	0	3,278	100.0%	3,860	0.85
M3-1.5m-H	0	3,278	100.0%	4,080	0.80
K6-0.5m-H	40	1,132	96.6%	4,006	0.28
K6-1.0m-H	0	1,173	100.0%	4,519	0.26
K6-1.5m-H	0	1,173	100.0%	4,776	0.25

表-3 W=1/1000における対策の工事費用と被害軽減額の関係

パターン	被害額 (百万円)(a)	低減額 (百万円)(b)	低減率(%)	費用 (百万円)(c)	比(b/c)
M3-0.5m-T	7,260	5,151	41.5%	3,422	1.51
M3-1.0m-T	4,792	7,619	61.4%	3,860	1.97
M3-1.5m-T	3,024	9,388	75.6%	4,080	2.30
K6-0.5m-T	7,077	2,787	28.3%	4,006	0.70
K6-1.0m-T	3,369	6,496	65.9%	4,519	1.44
K6-1.5m-T	2,472	7,392	74.9%	4,776	1.55

の1.97, パターン K6-1.5m-2 の1.55 順に大きくなる。一方で、比の値が最も小さかったのは、パターン K6-1.5m-2 の1.23 である。これらのことから、再現期間 100 年に相当する降雨においては、床高を 1m 以上上げた場合は、工事費用のほうが被害低減額よりも小さくなり、効果的な対策であることが示唆される。ただし、費用対効果の検討では、対策にかかる時間価値や洪水の発生確率も考慮する必要がある。

6. おわりに

(1) 結論

分析の結果、再現期間 100 年に相当する降雨において、通常よりも 0.5m 床高を上げるだけで、M3 丁目で 86%、K6 丁目で 97%も被害が低減される結果となった。このことから、通常より 0.5m 床高上げをする、つまり、地盤面からの床高を 1.0m にすることで、被害額の大幅な低減が期待できることがわかった。ただし、再現期間 1000 年に相当する降雨においては、通常より 0.5m 床高を上げて被害の大幅な減少を期待できないことがわかった。ただし、再現期間 1000 年に相当する降雨においては、M3 丁目、K6 丁目ともに、通常よりも 1.0m 床高を上げることで、60%以上の被害低減効果が期待できることがわかった。

工事費用に対する被害低減額をみた場合、M3 丁目においては、再現期間 100 年に相当する降雨、再現期間 1000 年に相当する降雨ともに 1.0m 床高上げを行った場合が最も効果が高い結果となった。K6 丁目においては、0.5m 床高上げを行った場合、再現期間 100 年に相当する降雨では効果が高く、再現期間 1000 年に相当する降雨では効果が低い結果となった。一方、1.5m 床高上げを行った場合は、再現期間 100 年に相当する降雨では効果が低いが、再現期間 1000 年に相当する降雨では効果が高い結果となった。

M3 丁目のような被害状況になる地域では、再現期間 100 年に相当する降雨への対策と再現期間 1000 年に相当する降雨の対策で最適な床高上げの水準がともに 1.0m (地盤面から 1.5m) となった。一方で、K6 丁目のような被害状況になる地域では、再現期間 100 年に相当する降雨への対策と再現期間 1000 年に相当する降雨の対策で、最適な床高上げの水準が異なる結果となった。

(2) 今後の課題

今後の課題として、床高上げの対象範囲の拡大や床高上げの高さ検証など、さらなる被害低減策の検討を行っ

ていく必要がある。対策の実効性を検証する上では、さまざまな再現期間の降雨において被害額を推定する必要がある。また、建物の床高上げの技術やコストに関する詳細な検討も必要である。対策にかかる期間（時間コスト）を考慮した分析も必要である。

床高上げを促進する施策の検討では、床高上げが適する地区とそれ以外の手法が適する地区の判断を定める基準の検討が必要である。また、床高上げを促進するための法制度の整備、合意形成を進める仕組みの検討が必要である。

謝辞：本研究を実施するにあたり、資料提供の対応をしていただいた荒川下流河川事務所調査課、埼玉県河川砂防課、埼玉県都市計画課、埼玉県総合治水事務所の皆様にお礼を申し上げます。なお、本研究は、一般財団法人 河川情報センターの研究助成の成果の一部をまとめたものです。ここに関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 寺本雅子, 市川温, 立川康人, 椎葉充晴: 水災害危険度に基づく土地利用規制の適用性に関する分析, 土木学会論文集 B Vol.66 No.2, pp.130-144, 2010
- 2) 市川温, 寺本雅子, 沼間雄介, 西澤諒亮, 立川康人, 椎葉充晴: 水災害危険度に基づく建築規制の費用便益評価と土地利用規制との比較, 土木学会論文集 B Vol.66, No.2, pp.145-156, 2010
- 3) 佐山敬洋, 建部祐哉, 藤岡奨, 牛山朋来, 萬矢敦啓, 田中茂信: 2011 年タイ洪水を対象にした緊急対応の降雨流出氾濫予測, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.69, No.1, pp.14-29, 2013
- 4) 国土交通省河川局: 治水経済調査マニュアル (案), 2005
- 5) 財団法人 リバーフロント整備センター: 身近なかわについて考えよう. 柳瀬川流域編, 1998
- 6) 埼玉県: 荒川水系新河岸川ブロック河川整備計画 (県管理区間), 2006
- 7) 加藤紘規, 中村仁, 松下潤, 宮本善和, 安田浩保, 佐山敬洋: 大都市近郊の河川流域における都市的土地利用と水害被害額の関係 - 新河岸川流域を事例として -, 第 23 回地球環境シンポジウム公演集, pp.233-238, 2015
- 8) 埼玉県公式 HP 埼玉県町 (丁) 字別人口調査, 2015
- 9) 浸水想定基礎調査業務委託報告書 (新河岸川・柳瀬川) 平成 17 年 11 月
- 10) 国土交通省: 浸水想定(洪水, 内水)の作成等のための想定最大外力の設定手法, 2015
- 11) 東京都中野区: 資料 2 住宅施策の現状, 2008
http://www.city.tokyo-nakano.lg.jp/dept/502000/d004379_d/fil/d13200008_4.pdf