

## I. 研究の背景、目的と方法



## 1. 研究の背景と位置づけ

### 1.1 「流域治水」と建築物<sup>1)</sup>の水害<sup>2)</sup>対策への要請

近年のわが国では台風や集中豪雨などにより、都市部においてもかつてない大きな洪水被害が、数多く発生しているように言われている<sup>3)</sup>。

近年の都市部が浸水した主な水害を表 I-1 に示した。2015 年の「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨」では、茨城県常総市の中心市街地を含む広範囲が数日間にわたって水に浸かり、2018 年の「平成 30 年 7 月豪雨」では西日本の各地で浸水被害が発生し、岡山県倉敷市真備地区でも数日間にわたって浸水が継続した。2019 年の

「令和元年東日本台風（第 19 号）」では首都圏を含む東日本の各地で一級河川が氾濫し、記録的な被害をもたらした。2020 年の「令和 2 年 7 月豪雨」では、熊本県人吉市、福岡県大牟田市・久留米市など九州地方を中心に大被害が発生し、浸水した介護老健施設で犠牲者の発生や、地盤や床を嵩上げする等の対策済みの住宅の浸水被害などが注目された。

表 I-1 近年の都市部を含む主な洪水被害

水害	時期	住家被害	内全半壊	主な被災地
平成 26 年 8 月豪雨	2014.8	8,721 棟	164 棟	福知山市
平成 27 年 9 月関東・東北豪雨	2015.9	19,723 棟	7,102 棟	常総市
平成 30 年 7 月豪雨	2018.7	50,470 棟	18,010 棟	倉敷市、西予市等
令和元年東日本台風	2019.10	101,673 棟	33,332 棟	長野市、郡山市、川崎市等
令和 2 年 7 月豪雨	2020.7	16,599 棟	6,125 棟	人吉市、大牟田市等

内閣府防災情報のページ（HP）の「災害状況一覧」より作成

頻発化・激甚化する洪水被害の背景には、地球規模での気候変動の影響があるとされている。ここ当分は人間活動による大気中の温室効果ガスの割合の増加は避けられず、2015 年の国連気候変動枠組み条約第 21 回締約国会議（COP21）で採択された「パリ協定」の目標も、産業革命前と比べて世界の平均気温を 1.5 度の上昇に抑えることにとどまる。したがって、社会が降水量の増大を含む気候変動に「適応」して備えることも大事と考えられる。

2011 年の東日本大震災における津波被害を受けた地域での取り組みでは、防潮堤等の海岸保全施設の設計外力を超えた巨大津波（レベル 2 津波）に対して、浸水を前提とした「多重防御」の都市づくりを行っている。河川氾濫に関しても 2015 年の水防法改正により、浸水想定区域図をそれまでの河川整備の前提となる計画規模の降雨から、想定し得る最大規模の降雨（1000 年に 1 回程度）に基づいて作成すると変更し、併せて洪水時に家屋倒壊等のおそれのある区域（図 I-1）や浸水継続時間を表示することとし、また、2016 年より大規模水害に備えた各主体のタイムライン（時系列の行動計画）を策定して対応を図ることとする等、従来からの氾濫を防ぐ対策に加えて、氾濫を前提として被害を減らす施策への取り組みが進められている。

また、社会資本整備審議会河川分科会の



図 I-1 家屋倒壊危険区域 (国土交通省資料より<sup>4)</sup>)

気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会では、2020年に答申「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について～あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な『流域治水』への転換～」をまとめた<sup>(1)</sup>。河川区域内に加え、集水域や氾濫域を含む流域全体で「①氾濫をできるだけ防ぐ・減らす対策、②被害対象を減少させる対策、③被害の軽減、早期復旧・復興のための対策、までを多層的に」進め、降雨量の増加等に対処することが盛り込まれ（図I-2）、2021



図I-2 流域治水の概念図(国土交通省資料<sup>(2)</sup>より)

年成立の「流域治水関連法」にもこの考え方が反映された。近年氾濫した大規模河川において、氾濫後に展開される緊急治水対策プロジェクトでは、『まちづくり』や住まい方の誘導による水害に強い地域づくり」が「減災に向けた更なる取組の推進」の事項としてあげられている<sup>(3)</sup>。

一方、建築行政においては水害対策への取り組みは遅れている状況であったが、前述の令和元年東日本台風による高層マンション等の浸水被害による機能停止を受けて、国土交通省（住宅局）及び経済産業省（産業保安グループ）により「建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン」が2020年6月にまとめられた<sup>(3)</sup>。さらに、国土交通省の治水・防災部局とまちづくり部局が連携して水災害対策とまちづくりの連携のあり方を検討し、「水災害リスクを踏まえた防災まちづくりのガイドライン」<sup>(4)</sup>が2021年5月にまとめられた。同月に成立した前述の流域治水関連法では、氾濫による被害対象の減少や被害の軽減のための対策の一環として、特定都市河川流域において都道府県知事が「浸水被害防止区域」を指定して浸水リスクの高い区域内の一定の開発・建築行為を許可制とする仕組みや、建築物の敷地の地盤面及び居室の床面の高さの最低限度を規制する地区計画などの、土地利用・建築規制も制度化された。

浸水想定区域内における不動産取引に関しては、2020年7月に宅地建物取引業法施行規則が改正（施行）され、水防法に基づく水害ハザードマップが重要事項説明の対象に加わった。また損害保険業界においては、ここ数年の記録的な洪水被害により保険金の支払い額が大幅に増えており、建物所在地の水災リスクを保険料率に反映した住宅向け火災保険商品が同年4月にわが国で初めて発売された。こうした動きを受けて金融庁は、「火災保険水災料率に関する有識者懇談会」を設けて水災に対する保険料率のリスクに応じた細分化等のあり方を議論し、2022年3月に報告書<sup>(5)</sup>をまとめた。

このように、水害の頻発化・激甚化を受けて建築及びその周辺分野においても、水害リスクが高いとされる区域内における住宅等の建築物の規制や誘導のあり方が議論されている。

## 1.2 建築物の被害の実績とリスクについて

住宅が洪水に遭遇するとその程度により、住民の生命の危険のおそれや、建物・家財の被害が生じ、また電気・水道・下水道などのライフラインの停止により避難生活を余儀なくされる場合もあり、住まいや家具等の清掃、片付けや復旧などに取り組む住民には大きな負担がかかる。国土交通省（水管理・国土保全局）では、戸建て住宅の場合とマンションの場合において、洪水時



図 I-3 浸水による生活への影響例（戸建て住宅／マンション）（国土交通省資料より<sup>6)</sup>）

に予想される生活への影響例を浸水深別に整理して示している（図 I-3）<sup>6)</sup>。これによれば戸建て住宅では、特に地盤面から 50cm 程度以上の浸水で、床・壁の断熱材の吸水による取り替えや、たたみ・じゅうたん・フローリングなどの張り替えなど、建物の被害が多く発生する。マンションでは、地盤面から 50cm 程度未満の浸水でも、エレベーターや地下駐車場、電気設備、給水ポンプなど設備の被害が発生することが特徴的である。非住宅の場合は、建物の被害のほかに、什器備品や商品等の損害、それに営業停止期間中の損失なども生じる。

以下では、建物被害に着目した上で過去の浸水被害の実績と浸水リスクの実態について、「水害統計調査」及び「浸水想定区域図」から概要を把握することとする。

水害統計調査は、「洪水、内水、高潮、津波、土石流等の水害により、個人・法人が所有する各

種資産、河川・道路等の公共土木施設及び運輸・通信等の公益事業等施設等に発生した被害実態を把握し、治水に係る各種行政施策の実施に必要な基礎資料を得ることを目的<sup>(7)</sup>とした政府の一般統計であり、1993年以降の調査結果が総務省統計局よりホームページ等で公表されている。調査では、河川（河川法上の河川に含まれない普通河川や排水路、用水路等も含む）および海岸、砂防指定地や地すべり防止区域、急傾斜地崩落危険箇所等で生じた上記水害を、規模の大小を問わず網羅的に対象としている。集計結果の内の、「一般資産等水害統計基本表」において、市区町村および河川・海岸等別に民家や事業所等の被害状況が浸水区分別等の別に整理されている。

水害統計調査には、破堤や溢水等の外水被害、内水被害の他、土石流や高潮等の13種類の水害原因に基づく被害が記載されている。ここでは、これらを表I-2に基づき「河川水害」と「河川以外での水害」、「外水被害」と「内水被害」に分類し、以下では「河川水害」のみを集計した。なお、ここでの「内水」の定義は、

表I-2 水害原因に基づく分類

種類	分類	水害統計調査における水害原因
河川水害	外水被害	破堤、有堤部溢水、無堤部溢水
	内水被害	内水
	その他	洗掘・流出、土石流、高潮、津波、その他
河川以外での水害	(対象外)	地すべり、急傾斜地崩壊、波浪、窪地内水

「雨水を河川の本川・支川等に排水できないことに起因して堤内地に雨水が停滞する現象」であり、河川の増水がその直接的または間接的な原因になるものに限られている。

表I-3では、現時点で情報が得られる1993年から2020年までの間の被災家屋棟数を、被害区分別に集計し、今世紀分については10年間単位での集計結果も左列に加えた。過去28年間の河川水害による被災家屋棟数の累計は110万棟余りとなり、年間平均で4万棟弱（39,602棟/年）となるが、その多くは水害原因によらず床下浸水である。床下浸水の被災棟数は726,145棟（被災家屋棟数の65.5%）、床上50cm未満の相対的に軽微な床上浸水被害を加えると937,450棟（同84.5%）となる。外水被害ではこの割合が比較的lowく、床下浸水では219,652棟（外水による被災家屋棟数の49.9%）、床上50cm未満の浸水被害までを含めると306,587棟（同69.6%）となり、逆に半壊及び全壊・流失は71,434棟（16.2%）とその割合が高く、1/6程度の被災家屋で継続使用の困難が想定される被害を受けている。一方、内水被害では、床下浸水では478,627棟（内水による被災家屋棟数の76.7%）、床上50cm未満の浸水被害までを含めると592,744棟（同95.0%）となり、半壊及び全壊・流失は14,312棟（2.3%）とわずかである。今世紀に入ってから10年間とその後の最近10年間の数値を比較すると、被災家屋棟数が全体として15%ほど増

表I-3 河川水害による被災家屋棟数の推移

(水害統計調査より集計)

	2001-2010年				2011-2020年				1993-2020年計			
	外水	内水	その他	計	外水	内水	その他	計	外水	内水	その他	総計
床下	79,285 52.6%	103,417 76.1%	8,996 65.1%	191,698 63.8%	69,154 42.0%	112,498 66.5%	7,874 65.7%	189,526 54.8%	219,652 49.9%	478,627 76.7%	27,866 63.3%	726,145 65.5%
床上1-49cm	29,011 19.2%	25,695 18.9%	3,411 24.7%	58,117 19.3%	28,294 17.2%	38,302 22.6%	2,800 23.4%	69,396 20.1%	86,935 19.7%	114,117 18.3%	10,253 23.3%	211,305 19.1%
床上50-99cm	16,146 10.7%	2,487 1.8%	591 4.3%	19,224 6.4%	10,717 6.5%	5,731 3.4%	512 4.3%	16,960 4.9%	37,978 8.6%	13,003 2.1%	2,099 4.8%	53,080 4.8%
床上100cm以上	6,966 4.6%	1,335 1.0%	156 1.1%	8,457 2.8%	5,622 3.4%	1,598 0.9%	138 1.2%	7,358 2.1%	24,571 5.6%	4,188 0.7%	821 1.9%	29,580 2.7%
半壊被災	16,290 10.8%	2,522 1.9%	299 2.2%	19,111 6.4%	37,945 23.0%	10,099 6.0%	294 2.5%	48,338 14.0%	54,926 12.5%	12,787 2.0%	1,096 2.5%	68,809 6.2%
全壊・流失	3,112 2.1%	423 0.3%	372 2.7%	3,907 1.3%	12,987 7.9%	1,001 0.6%	358 3.0%	14,346 4.1%	16,508 3.7%	1,525 0.2%	1,910 4.3%	19,943 1.8%
計	150,810 100.0%	135,879 100.0%	13,825 100.0%	300,514 100.0%	164,719 100.0%	169,229 100.0%	11,976 100.0%	345,924 100.0%	440,570 100.0%	624,247 100.0%	44,045 100.0%	1,108,862 100.0%

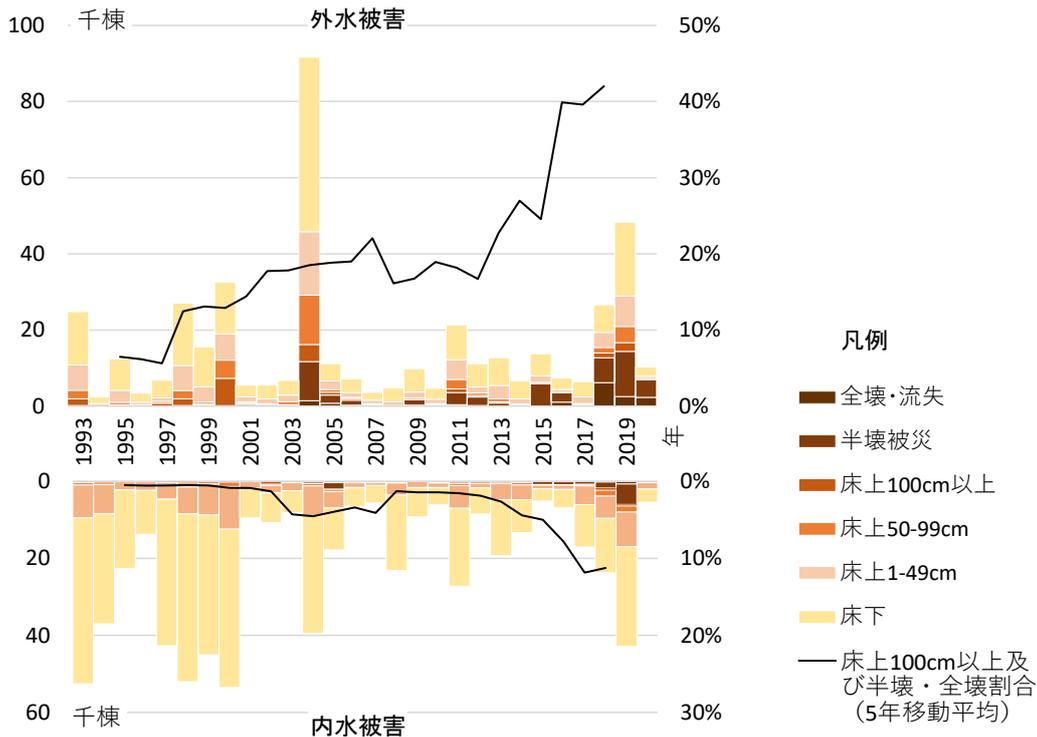


図 I-4 内外水別被災家屋棟数の推移(水害統計調査より)

えるとともに、床上 50cm 未満の浸水被害の割合が減り、半壊及び全壊・流失の被害割合が大きく増えている。なお、その他の河川水害が占める割合は、全体の 4.0%と少ない。

次に、河川水害の大部分を占める内水・外水被害のみに集計を限定し、経時的な推移をみる。図 I-4 に被災家屋棟数の年次別推移を、上側に外水被害、下側に内水被害に区分して示した。被災家屋棟数についてみると、内水氾濫による被害は下水管などの整備の進展などもあって減少傾向にあり、1990 年代には 4 万棟/年を超える被害を生じた年が多くあったが、2005 年以降は 2 万棟/年以下の年が大半を占めるまでに減少している。外水被害については、観測史上最多の台風が上陸した 2004 年の被災家屋棟数が突出しているが、それ以降は 2018 年まで概ね 1~3 万棟/年の被害に止まっている。2018 年の平成 30 年 7 月豪雨(西日本豪雨)など及び 2019 年の令和元年東日本台風などによる被災家屋棟数の増加は、外水被害・内水被害ともみられるが、この期間全体を通してみると極端なものとは映らない。ただ、全壊・流失または半壊といった大きな家屋被害が、この両年で増えていることがわかる。内閣府による水害に係る住家の被害認定における、全壊・流失や半壊の判定方法区分の変更が影響を与えている可能性も考慮して、床上 100cm 以上の被害も加えて推移をみると、内水被害・外水被害に占めるその割合が、2010 年代の特に後半にかけて急激に増えていることがわかる。

次に、浸水リスクが見込まれる地域における住宅数について、「浸水想定区域図」より把握する。国土交通省住宅局では、平成 27 年国勢調査の小地域データを用いて、計画規模降雨に基づいた浸水想定区域(L1)内に居住する建て方別の世帯数及び割合を推計した結果を公表している(表 I-4)⑧)ので、この推計結果を用いる。これによれば、「浸水想定地域」(浸水想定区域と同義)に居住する世帯数は合計 9,916 千世帯となり、総世帯数のうちの 19.1%を占める。また、一戸建て住宅に住む世帯の場合は 7,253 千世帯(25.3%)となる。浸水深別に見ると、1階の床下(床面

表 I-4 浸水想定地域に居住する世帯の状況(全国における推計)

出典：国土交通省資料<sup>(8)</sup>

住宅の被害想定(河川浸水想定における浸水深区分に基づく)	建て方別世帯数及び割合 (単位:世帯)							
	合計	一戸建て	長屋建て	共同住宅(1・2階建て)	共同住宅(3~5階建て)	共同住宅(6~10階建て)	共同住宅(11階建て以上)	その他
総世帯数(主世帯数の合計)	51,984,188 (100%)	28,654,769 (100%)	1,005,005 (100%)	6,154,012 (100%)	8,283,148 (100%)	4,570,411 (100%)	3,237,750 (100%)	79,093 (100%)
浸水想定地域に居住している世帯の合計※	9,915,511 (19.1%)	7,253,012 (25.3%)	303,249 (30.2%)	1,095,614 (17.8%)	821,538 (9.9%)	287,887 (6.3%)	128,081 (4.0%)	26,130 (33.0%)
- 2階の軒下より上部が浸水する地域に居住している世帯数(共同住宅の場合、3階以上に居住する世帯数を除く)(浸水深:5.0m以上~)	209,993 (0.4%)	154,719 (0.5%)	4,632 (0.5%)	24,174 (0.4%)	18,287 (0.2%)	5,435 (0.1%)	2,404 (0.1%)	342 (0.4%)
- 2階の軒下までが浸水する地域に居住している世帯数(共同住宅の場合、3階以上に居住する世帯数を除く)(浸水深:2.0m以上~5.0m未満)	2,687,275 (5.2%)	1,709,334 (6.0%)	73,254 (7.3%)	381,546 (6.2%)	328,919 (4.0%)	124,437 (2.7%)	63,969 (2.0%)	5,816 (7.4%)
- 1階の軒下までが浸水する地域に居住している世帯数(共同住宅の場合、2階以上に居住する世帯数を除く)(浸水深:1.0m以上~2.0m未満)	2,603,814 (5.0%)	1,995,977 (7.0%)	90,400 (9.0%)	249,940 (4.1%)	176,244 (2.1%)	59,704 (1.3%)	24,207 (0.7%)	7,342 (9.3%)
- 1階の床上までが浸水する地域に居住している世帯数(浸水深:0.5m以上~1.0m未満)	1,790,932 (3.4%)	1,378,418 (4.8%)	55,248 (5.5%)	180,392 (2.9%)	117,177 (1.4%)	39,318 (0.9%)	15,387 (0.5%)	4,992 (6.3%)
- 1階の床下までが浸水する地域に居住している世帯数(浸水深:0.0m~0.5m未満)	2,623,497 (5.0%)	2,014,564 (7.0%)	79,715 (7.9%)	259,562 (4.2%)	180,911 (2.2%)	58,993 (1.3%)	22,114 (0.7%)	7,638 (9.7%)

※割合は四捨五入の関係で、各構成要素の割合を足しあげたものと一致しない場合がある。  
出典：国勢調査及び国土数値情報より国土交通省作成

高さを50cmと想定。以下、同様)までが浸水する地域に居住している世帯数が総世帯数の5.0%、一戸建て住宅居住世帯の7.0%で、これを超えて1階の床上程度までが浸水する地域が、総世帯数の3.4%、一戸建て住宅居住世帯の4.8%、さらに1階の軒下までが浸水する地域が、総世帯数の5.0%、一戸建て住宅居住世帯の7.0%、それ以上に浸水する地域が、総世帯数の5.6%、一戸建て住宅居住世帯の6.5%となっている。全体に、一戸建て住宅での浸水想定区域内居住割合は、長屋建て居住世帯より少なく、共同住宅居住世帯よりも多くなっている。

表 I-4 に示した L1 浸水想定区域内の住宅居住世帯数を、想定浸水深区分別のグラフで図 I-5 の左側に示し、また、表 I-3 に示した 2001~2020 年の水害による被災家屋棟数を被災区分別に同図の右側に示し、それぞれ対応すると思われる浸水深によりリスクと被害を比較できるようにした。図から、実際の被害のほとんどは、L1 浸水想定区域の想定浸水深よりも浅い浸水深で発生していることがわかる。また、水害統計調査では床下・床上の被害区分のみではあるが、被害世帯数の集計もなされている。これによれば、浸水想定区域に居住する 9,915,511 世帯(国土交通省住宅局推計)に対して、2001 年から 2020 年の 20 年間に実際に浸水被害(河川水害)に遭遇したのは 598,103 世帯(水害統計調査。約 1/17)で、荒々の計算で言えば、浸水想定区域内に居住する世帯の年平均で約 340 分の 1 が浸水被害を受けていることとなる。また 1階の床上より上部が浸水する地域に居住する世帯数 7,292,014 世帯に対して、同じ 20 年間に実際に床上以上の浸水被害(河川水害)に遭遇したのは 218,863 世帯(約 1/33)で、同じく荒々の計算で、想定浸水深 0.5m 以上の浸水想定区域内に居住する世帯の年平均で約 660 分の 1(最近 10 年間に限れば

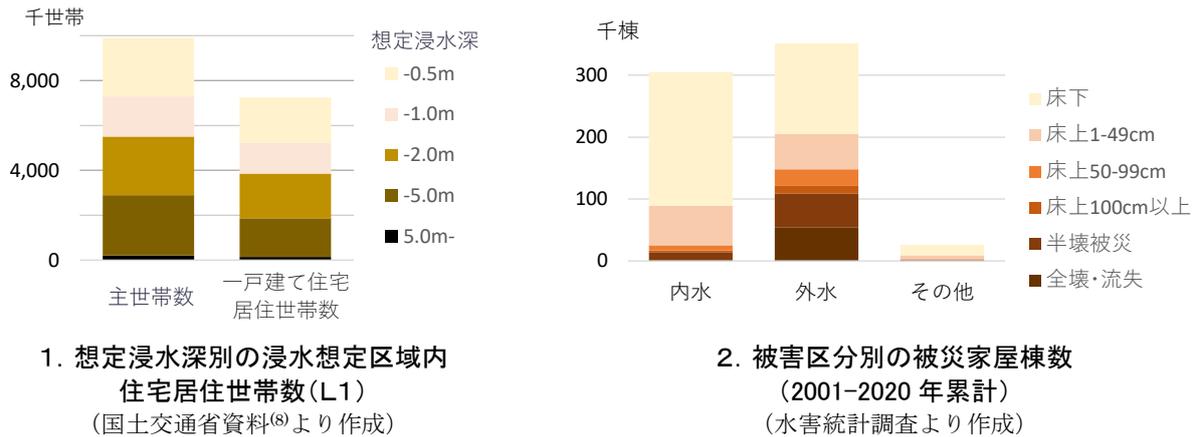


図 I-5 浸水被害に関するリスクと実績

約 560 分の 1) が床上以上の浸水被害を受けていることなる。

### 1.3 建築物の水害対策に係わる調査・研究等の状況

洪水被害を減らすためのこれまでの取り組みは、ダム・遊水池・堤防・放水路といった河川施設の整備、または雨水管・ポンプ場といった下水道施設の整備など、どちらかと言えば土木分野での課題あるいは、水害常襲地域における伝統的な輪中集落や水防建築など、限定的な地域における歴史的課題だと捉えられてきており、都市計画分野や建築分野における現代的な研究課題としてあまり取り込まれてこなかった状況がある。1980年代に土木工学の河川分野で「建築物の耐水化」として検討された<sup>9)</sup>ほか、農村部を中心とした水害への防備を備えた伝統的建築・集落の研究<sup>10)</sup>などが行われている。

2001年には、水防法改正による洪水浸水想定区域の指定を受けて、家屋の浸水対策に関する基本的考え方・手法を示したマニュアル等<sup>11)</sup>が、国土交通省の河川局(当時)と住宅局の関与により発刊されている。ここでは、床上浸水を未然に防ぐ(嵩上げ・高床・囲む・建物防水:図 I-6)や、床上浸水に備える(人命・生活・家財・設備機器を守る)、材料や構法などを工夫する(耐水性のある材料・構法、取り替えやすい材料・構法、乾燥しやすい材料・構法)、排水や残留物の除去に備える(床下の排水のための工夫)、等の方法が解説されているが、各論にとどまり具体的な計画案の提示には至っていない。

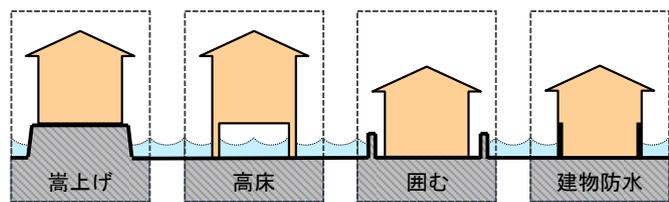


図 I-6 床上浸水を未然に防ぐ方法 (文献<sup>11)</sup>をリライト)

これに対して、欧米では水害による被災建築物の割合が比較的高いことから、住宅等の敷地・建築レベルでの水害対策手法について、政府機関・研究所等により多くの検討とガイドブック等の発刊がなされている<sup>6)</sup>。浸水被害に遭った建築物の修復方法、浸水に強い建材、浸水防止に資する部材に加え、減災のための設計等の工夫と建築物の水害対策の手法が解説されている。建築物及びコミュニティレベルでの水害対策を扱った書籍も英国王立建築家協会から出版されている<sup>18)</sup>。浸水対策の手法は概ね、建物内部への浸水を許容しつつ被害を減らす“Wet Floodproofing”と、浸水を防止する“Dry Floodproofing”に分かれるが、耐震対策が不要かつ組積造の住宅が多いこれらの国々の建物と、木造住宅が多いわが国とでは建物の嵩上げの容易性など、対策の前提

が若干、異なる。

日本の建築分野における水害対策への取り組みについては、概ね以上のような状況であったが、2018年の平成30年7月豪雨（西日本豪雨）、2019年の令和元年東日本台風（第19号）などを受けて状況は大きく変わりつつある。

一つは被災と復旧を踏まえた冊子やガイドブックの発刊で、被災地で活動したNPOや建築士・事務所などの取り組みにより、被災者向けの応急措置から生活再建、住まいの復旧までを扱っている<sup>(19)(20)</sup>。実際の改修事例の建築計画の内容を、工事費を含めて紹介している冊子<sup>(21)</sup>も作成されている。また既述であるが、高層マンションの被災を踏まえた「建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン」も国による作成であるが、この範疇に含まれよう。

建築物の対策に関わる技術開発については、2020年7月に、日本学術会議及び日本建築学会が水害対策に関わる提言を公表している。前者は「未着手に近い重要検討課題」として「耐水性建築技術の確立」をあげて研究を急ぐべきであるとし<sup>(22)</sup>、後者では戸建て住宅を中心に、設計手法・対策技術、建築構造技術、復旧性能等の観点からそのあり方を整理している<sup>(23)</sup>。

前後して、民間ハウスメーカー（(株)一条工務店）は、わが国で事実上初めて水害対策性能を備えた戸建て住宅商品を開発し、(国研)防災科学技術研究所と協力して2度にわたる性能実証のための公開実大実験を2019年<sup>(24)</sup>と2020年<sup>(25)</sup>に実施し（図I-7）、既に市場に提供している。特に2度目の公開実験は、3m以上の水位に対して建物を浮上させるという斬新な手法を見せるものであった。その後、その他のハウスメーカーや工務店等による浸水対策の取り組みも行われている<sup>7)</sup>。また、住宅生産関連の団体により構成される（一社）住宅生産団体連合会は、新築戸建て住宅を主な対象に、浸水想定区域等で住宅設計を行う際に考慮すべき情報や、設計フロー、浸水対策方法を設計例とともに示した、「住宅における浸水対策の設計の手引き」<sup>(26)</sup>を作成し、2021年7月に公開している。

さらに、研究論文なども多く見られるようになっている。ここ数年の建築学会の査読付き論文をみると、水害による被災家屋の状況の数値解析<sup>(28)</sup>や、浸水した住宅の復旧に関する調査<sup>(29)</sup>、上述の実大実験内容等に関する技術報告<sup>(30)(32)(31)</sup>、浸水した戸建て住宅の被害と補修方法<sup>(33)</sup>、等の研究成果が公表されている（筆者によるものを除く）。また、水理学及び耐水構造設計の観点から建築物の水害対策を扱った書籍<sup>(34)</sup>も発刊された。



1. 無浸水仕様(2020.10.2)



2. 浮上仕様(2021.10.13)

図I-7 一条工務店「耐水害住宅」公開実験  
(於防災科学技術研究所・木内撮影)

## 補注

- 1) 本研究においては、用語「建築物」と「建物」について建築基準法等の定義とは別に、原則として次のように用いることとする。ただし、法律・資料・統計書等に言及している場合は、そこで用いられる語を使うことを基本とする。
  - ・ 建築物：他の構造物等との比較において対象を明確化するために、概念的・総称的に論じる際に用いる（建築物の被害、建築物の設計、建築物の対策、等）。
  - ・ 建物：より具体的・個別的に、その内外や、箇所・部材、被害額等について論じる際に用いる（建物内への浸水、建物1階、建物被害と什器被害、建物が立地する、等）。
- 2) 本研究においては、「水害（水災害）」、「洪水」、「氾濫」、「浸水」等の用語について、原則として次のように用いることとする。ただし、法律・資料・統計書等に言及している場合は、そこで用いられる語を使うことを基本とする。
  - ・ 水害：洪水・氾濫等による被害のこと。土砂災害を含むことの多い「水災害」と区別する。
  - ・ 洪水：陸地に水が溢れている状態を指す。河川分野においては、河川敷の外側に水が溢れている状態（外水氾濫）を指すことが多い（「洪水浸水想定区域図」等）が、本研究においては、外水氾濫（河川からの氾濫）と内水氾濫（河川外での排水困難による氾濫）を区別する必要がほとんどないため、基本的には特に区別しないで用いる。
  - ・ 氾濫：水が陸地に溢れることで、「洪水」とほぼ同義で用いるが、その原因に着目する場合は、「内水氾濫」と「外水氾濫」を区別して用いる。
  - ・ 浸水：通常は水に浸からないところが浸かること。原則として建物内への浸水を指し、それ以外は「敷地の浸水」などと区別して記載する。
- 3) 例えば、文献(22)、(23)、(27)。
- 4) 現在は、「家屋倒壊等氾濫想定区域」と名称変更されている。
- 5) 信濃川水系（千曲川）緊急治水対策プロジェクト、那珂川緊急治水対策プロジェクト等
- 6) 英<sup>(12)</sup>、米<sup>(13)</sup>、仏<sup>(14)</sup>、独<sup>(15)(16)</sup>等（文献(16)は文献(15)の最新改訂版）。EUでは、建築空間における浸水防止技術の標準化を検討する共同研究プロジェクト“SMARTeST”が2010年1月～2013年6月に実施され<sup>(17)</sup>、関係国の取り組みに影響を与えている。
- 7) 文献(27)の5章に詳しい。

参考文献・資料（本研究報告のURLは全て2023年1月11日に最終閲覧した。以降同様。）

- (1) 社会資本整備審議会河川分科会気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会（2020）「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について ～あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な『流域治水』への転換～」2020.7  
[https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/kikouhendou\\_suigai/pdf/03\\_honbun.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/kikouhendou_suigai/pdf/03_honbun.pdf)
- (2) 国土交通省水管理・国土保全局（作成年不明）「『流域治水』の基本的な考え方」：「『流域治水』の施策について」（8p）  
[https://www.mlit.go.jp/river/kasen/suisin/pdf/01\\_kangaekata.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/kasen/suisin/pdf/01_kangaekata.pdf)
- (3) 国土交通省住宅局建築指導課・経済産業省産業保安グループ電力安全課（2020）「建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン」2020.6  
<https://www.meti.go.jp/press/2020/06/20200619003/20200619003-1.pdf>
- (4) 国土交通省（2021）「水災害リスクを踏まえた 防災まちづくりのガイドライン」2021.6、国土交通省都市局、水管理・国土保全局、住宅局

- <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001406357.pdf>
- (5) 金融庁 (2022) 「火災保険水災料率に関する有識者懇談会報告書」 2022.3  
<https://www.fsa.go.jp/singi/suisai/houkokusyo.pdf>
  - (6) 国土交通省 (出版年不明) 「家庭での被災想定 浸水したときに、家の中ではどんな事が起こるだろう？」  
[https://www.mlit.go.jp/river/bousai/library/pdf/hisai\\_extract.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/bousai/library/pdf/hisai_extract.pdf)
  - (7) 国土交通省 HP 「水害統計調査 調査の概要」  
[https://www.mlit.go.jp/toukeijouhou/chojou/gaiyo\\_b5t1.html](https://www.mlit.go.jp/toukeijouhou/chojou/gaiyo_b5t1.html)
  - (8) 国土交通省 (2020) 「社会資本整備審議会住宅宅地分科会勉強会」: 「第3回 資料6 まちづくりを巡る状況について」 (16p)  
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001346530.pdf>
  - (9) 吉野文雄ほか (1981) 「総合治水対策としての建築物の耐水化の技術的検討」 土木技術資料 23(7)、pp.343-348、1981.7
  - (10) 横田憲寛ほか (2016) 「水害常襲地域における建築的減災対策に見る地域特性に関する研究: 利根川・荒川・大井川及び信濃川・揖斐川・淀川を対象として」 日本建築学会計画系論文集 81 (727)、pp.1929-1937、2016.9  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/aija/81/727/81\\_1929/\\_pdf/char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/aija/81/727/81_1929/_pdf/char/ja)
  - (11) (財) 日本建築防災協会 (2001) 「家屋の浸水対策マニュアル; わが家の大雨対策 安心な暮らしのために」 「家屋の浸水対策ガイドブック; 安心な暮らしのために」 2001.7
  - (12) Ministry of Housing, Communities & Local Government (2007) “Improving the Flood Performance of New Buildings; Flood Resilient Construction” 2007.6  
<https://www.gov.uk/government/publications/flood-resilient-construction-of-new-buildings>
  - (13) Federal Emergency Management Agency (2008) “Protecting Your Home And Property From Flood Damage; Mitigation Ideas For Reducing Flood Loss” 2008.8  
[https://www2.illinois.gov/dnr/WaterResources/Documents/Protecting\\_Home\\_Book\\_09-08\\_yellow\\_book\\_950314331.pdf](https://www2.illinois.gov/dnr/WaterResources/Documents/Protecting_Home_Book_09-08_yellow_book_950314331.pdf)
  - (14) Ministère de l'égalité des Territoires et du Logement et al. (2012) “Référentiel de travaux de prévention du risque d'inondation dans l'habitat existant” 2012.6  
<https://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/08/referentielInondation.pdf>
  - (15) Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2010) “Hochwasserschutzfibel Objektschutz und bauliche Vorsorge” 2010.12、英訳有
  - (16) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorischerheit (2022) “Hochwasserschutzfibel; Objektschutz und bauliche Vorsorge” 2022.2、英訳有  
[https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmwsb/verschiedene-themen/2022/hochwasserschutzfibel-auflage-9-dl.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmwsb/verschiedene-themen/2022/hochwasserschutzfibel-auflage-9-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=6)
  - (17) Stephen Garvin et al. (2007) “SMARTeST; Flood Resilience Technologies”, 2013  
<https://www.floodguidance.co.uk/smartest-project/>
  - (18) Edward Barsley (2020) “Retrofitting for Flood Resilience: A Guide to Building & Community Design” RIBA Publishing, 2020.2
  - (19) 震災がつなぐ全国ネットワーク (2017) 「水害にあったときに ～浸水被害からの生活再建の手引き～」 2017.3、(リンクは 2021 改訂版)  
[https://blog.canpan.info/shintsuna/img/E6B0B4E5AEB3E381ABE38182E381A3E3819FE381A8E3818DE381AB\\_E5868AE5AD90E789882021.7.pdf](https://blog.canpan.info/shintsuna/img/E6B0B4E5AEB3E381ABE38182E381A3E3819FE381A8E3818DE381AB_E5868AE5AD90E789882021.7.pdf)

- (20) 岡山県土木部都市局建築指導課・(一社)岡山県建築士事務所協会 (2020)「平成30年7月豪雨における被災住宅の復旧方法」2020.3  
<https://www.pref.okayama.jp/uploaded/attachment/268351.pdf>
- (21) (一社)岡山県建築士会倉敷支部・倉敷市 (2020)「水害に備えて 水害前から水害後の応急処置・復旧まで 第3版」2020.3  
<https://www.pref.okayama.jp/uploaded/attachment/298530.pdf>
- (22) 日本学術会議土木工学・建築学委員会 (2020)「提言 低平地等の水災害激甚化に対応した適応策推進上の重要課題」2020.6  
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-24-t290-1-abstract.html>
- (23) 日本建築学会 (2020)「提言 激甚化する水害への建築分野の取組むべき課題 ～戸建て住宅を中心として～」2020.6  
<https://www.aij.or.jp/jpn/databox/2020/20200629.pdf>
- (24) (国研)防災科学技術研究所・(株)一条工務店 (2019)「世界最大級の大型降雨実験施設によるゲリラ豪雨・洪水対策の『耐水害住宅』公開実験について」2019.9  
<https://www.bosai.go.jp/info/press/2019/20190913.html>
- (25) (国研)防災科学技術研究所・(株)一条工務店 (2020)「ゲリラ豪雨・洪水対策「耐水害住宅」の実物大建物浸水実験(水位3m)の実施」2020.9  
<https://www.bosai.go.jp/info/press/2020/20200925.html>
- (26) (一社)住宅生産団体連合会 (2021)「住宅における浸水対策の設計の手引き」2021.7  
[https://www.judanren.or.jp/activity/committee/pdf/seino\\_shinsui\\_210726.pdf](https://www.judanren.or.jp/activity/committee/pdf/seino_shinsui_210726.pdf)
- (27) 木村駿・真鍋政彦・荒川尚美 (2021)「私たちはいつまで危険な場所に住み続けるのか 自然災害が突き付けるニッポンの超難問」2021.10、日経BP
- (28) 後藤浩 (2019)「平成27年9月関東・東北豪雨による浸水家屋の被災に関する数値解析的検討」日本建築学会技術報告集 25(59)、pp.521-525、2019.2  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/25/59/25\\_521/\\_pdf/char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/25/59/25_521/_pdf/char/ja)
- (29) 鈴木麻純・松元良枝・木村悟隆・長谷川兼一・中谷岳史 (2022)「令和2年7月豪雨により浸水した住宅の復旧作業に関する調査報告」日本建築学会技術報告集 28(69)、pp.1066-1071、2022.6  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/28/69/28\\_1066/\\_pdf/char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/28/69/28_1066/_pdf/char/ja)
- (30) 和木洋・高橋武宏ほか (2022)「大型水槽を用いた実大戸建住宅の浸水試験システムの提案」日本建築学会技術報告集 28(68)、pp.221-226、2022.2  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/28/68/28\\_221/\\_pdf/char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/28/68/28_221/_pdf/char/ja)
- (31) 和木洋・高橋武宏ほか (2022)「浸水深1m対策を施した耐水害住宅の実装に向けた実大浸水検証試験」日本建築学会技術報告集 28(69)、pp.697-702、2022.6  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/28/69/28\\_697/\\_pdf/char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/28/69/28_697/_pdf/char/ja)
- (32) 和木洋・高橋武宏ほか (2022)「浸水深5m対策を施した浮上式耐水害住宅の実装に向けた実大浸水検証試験」日本建築学会技術報告集 28(69)、pp.703-708、2022.6  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/28/69/28\\_703/\\_pdf/char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/28/69/28_703/_pdf/char/ja)
- (33) 渡邊史郎・今井信博・井上拓哉 (2021)「戸建住宅の浸水被害と補修方法の関係についての考察」日本建築学会計画系論文集 86(788)、pp.2431-2440、2021.10  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/aija/86/788/86\\_2431/\\_pdf/char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/aija/86/788/86_2431/_pdf/char/ja)
- (34) 桑村仁 (2017)「建築水理学 水害対策の知識」2017.7、技報堂出版

## 2. 研究の目的と方法

### 2.1 研究の目的と必要性

本研究では、頻発・激甚化しつつあるわが国の水災害の状況を踏まえて、浸水リスクを踏まえた都市部における建築物や土地の利用のあり方について示唆を得るため、建築物の浸水を中心とする水害対策について費用対効果を中心に検討することを目的とする。

前節(1.3)に述べたように、建築物の水害対策については、さまざまな取り組みが始まっている。しかしながら、こうした取り組みについて各場所において何を目標にどのレベルの対策を行うべきかについては、ハザードマップや浸水想定区域図を所与の条件とする以外の方法は明らかではない。水防法に基づく洪水浸水想定区域図等においては、極端な数値が都市部の広い範囲で示される場合もあり、前提として現実に用いるには難がある。前節(1.2)でみたように、想定浸水深0.5m以上の浸水想定区域内(L1)に居住している世帯に対して、実際に今世紀に入ってから床上以上の浸水被害に遭った割合を荒々で計算すると、今世紀に入ってから年平均で約660分の1(2011~2020年の平均で約558分の1)となり、居住者の事前の水平避難により生命の安全が確保される限り、該当の住宅の全てに浸水対策をすべきとまでは言えないと考える。より面積の広い浸水想定区域(L2)を対象とすればなおさらである。そこで、浸水リスクのある地域での都市の土地利用とその誘導策のあり方を探るには、建築・敷地レベルでの水害対策について、立地場所のより具体的な浸水リスクの態様を踏まえて費用対効果を追究することが必要と考えた。

一方で、建築物や建築行為にはさまざまなタイプと場面があり、それぞれにおいて浸水対策を行う上でのハード及びソフト上の課題も異なることが想定される。そこで本研究では、建築物としては戸建て住宅、集合住宅、事業所を対象とした。戸建て住宅に関しては、浸水被害の割合の多い農村部や中小都市及び大都市郊外部での支配的な居住形態である。木造の家屋が多いことと、改修により浸水対策を講じるのは技術・費用の両面で極めて困難と考えられることから、木造の戸建て住宅を新築する場合を想定して、対策を検討した。大都市の市街地における居住形態として大きな割合を占める集合住宅に関しては、区分所有者における合意形成の問題が想定される既存分譲マンションの改修を対象とし、浸水対策を講じる場合を想定した。区分所有者から構成される管理組合での検討において、費用対効果の視点は、合意形成を得る上での最重要の視点であると考えられる。事業所については、水害被災地の復旧・復興の観点からは、住まいや生活を守るだけでなく、地域の経済や賑わいを支える事業所の対策も重要と考えた。RC造建物の1階に事業所が入居する場合の内装等(インフィル)工事時に、浸水対策を講じる場合を想定した。

上記の全ての場合について、立地場所の浸水リスクを踏まえた浸水対策の費用対効果の検討等を行った。

### 2.2 研究の方法

浸水対策の費用対効果の検討は、該当の建築物の設計の経験が豊富な建築設計事務所の協力を得た上で、モデルプランに基づく机上での検討(モデルスタディ)に基づいた。費用対効果の「費用」については、浸水対策そのものに必要な建築等のコストまたは浸水対策に伴う建築等のコストの増分とし、「効果」については、浸水対策を実施したことによる建物及び動産の被害の低減額とした。共通して以下の手順により行った(図I-8)。

<b>費用</b>		
浸水対策に関わる 追加的支出費用	=	対策実施時の 工事等費用 - 対策未実施時 の工事等費用
<b>効果</b>		
水害時の現状復旧 費用の低減見込み額	=	$\sum_{\text{浸水レベル}} (\text{浸水対策未実施時の現状復旧費用} - \text{浸水対策実施時の現状復旧費用}) \times \text{発生確率}$
<b>費用対効果 (B/C) : 追加的費用支出の回収見込み年数</b>		
浸水対策の期待 回収見込み年数	=	$\frac{\text{浸水対策に関わる追加的支出費用}}{\text{浸水時の現状復旧費用の低減見込み額}}$

図 I-8 浸水対策の費用対効果の算定の考え方

- ① 該当の建築物の浸水被害の実態や浸水対策についてヒアリングや現地調査等を行い、モデルプラン作成の方向性や浸水対策の概略など、検討の前提条件等を整理した。
- ② 浸水対策を講じていない標準的なモデルプランないし、既存建築として典型的なプラン（改修の場合）を検討し、試設計を実施。これを「基準案」とした。
- ③ 代替案としての浸水対策案ないし、浸水対策改修案を複数検討し、試設計を実施。これを「浸水対策案」とした。現状で現実的かつ一般的に適用可能と思われる浸水対策を対象とした。
- ④ 基準案と浸水対策案について、試設計をもとに、工務店への見積もり依頼や類似事例からの推計などによりその建築等のコストを求め、基準案と浸水対策案とのコストの差分（浸水対策に関わる追加的支出費用）を浸水対策に必要な「費用」とした。
- ⑤ 基準案と浸水対策案について、当該建物が氾濫に見舞われた際に必要となる建物の修復費用（建物被害額）及び家具・什器・商品等の動産に生じる被害額（原状復旧費用）を浸水深別に推計し、基準案と浸水対策案との差分を浸水対策に伴う「効果」とした。
- ⑥ 氾濫発生（最大浸水深別）の頻度を考慮するため、「治水経済調査マニュアル（案）」<sup>(1)</sup>の算定方法<sup>(2)</sup>により、生起確率に基づく年平均被害軽減期待額の算定を行った。
- ⑦ 浸水対策に必要な費用を年平均被害軽減期待額で除することで、浸水対策に必要なコストの平均回収年数を求め、この数値を指標として費用対効果を比較することとした。

ここで被害額の推計（⑤）においては、その上下において被害額や浸水対策の効果が変化する浸水深に着目して、これを境目とする数段階の浸水レベル・対策ランクを設定した上で、それぞれのレベル・ランクについて浸水時の想定被害額と対策費用を求め、これを 10cm 単位で敷衍することで、確率的な評価に結びつける（⑥）流れとなる。なお、破堤地点付近や流下型の氾濫形態等において生じる大流速による、建物等に甚大な破壊が発生する場合は考慮しない（表 I-3 の 2001～2020 年で 10.6%を占める、「全壊・流失」及び「半壊被災」に含まれると考えられる<sup>(2)</sup>）。

また、浸水深別の氾濫の発生頻度（生起確率）については、滋賀県「地先の安全度マップ」（図 I-9）で公開されている、異なる降雨確率に基づく内外水氾濫の想定浸水深（50m メッシュ）に相当するデータ<sup>(3)</sup>を用いた。データは、「無破堤」「越水破堤」「HWL（計画高水位）破堤」の 3 シナリオ毎に生起確率別の浸水深等が算出されており、「地先の安全度マップ」では各メッシュについて生起頻度別に最大となるシナリオの浸水深等の値を採用している。本検討では地点毎の最大浸水深の生起確率に近づけるため、一般に 7 割を占めると言われる「越水破堤」のシナリオの

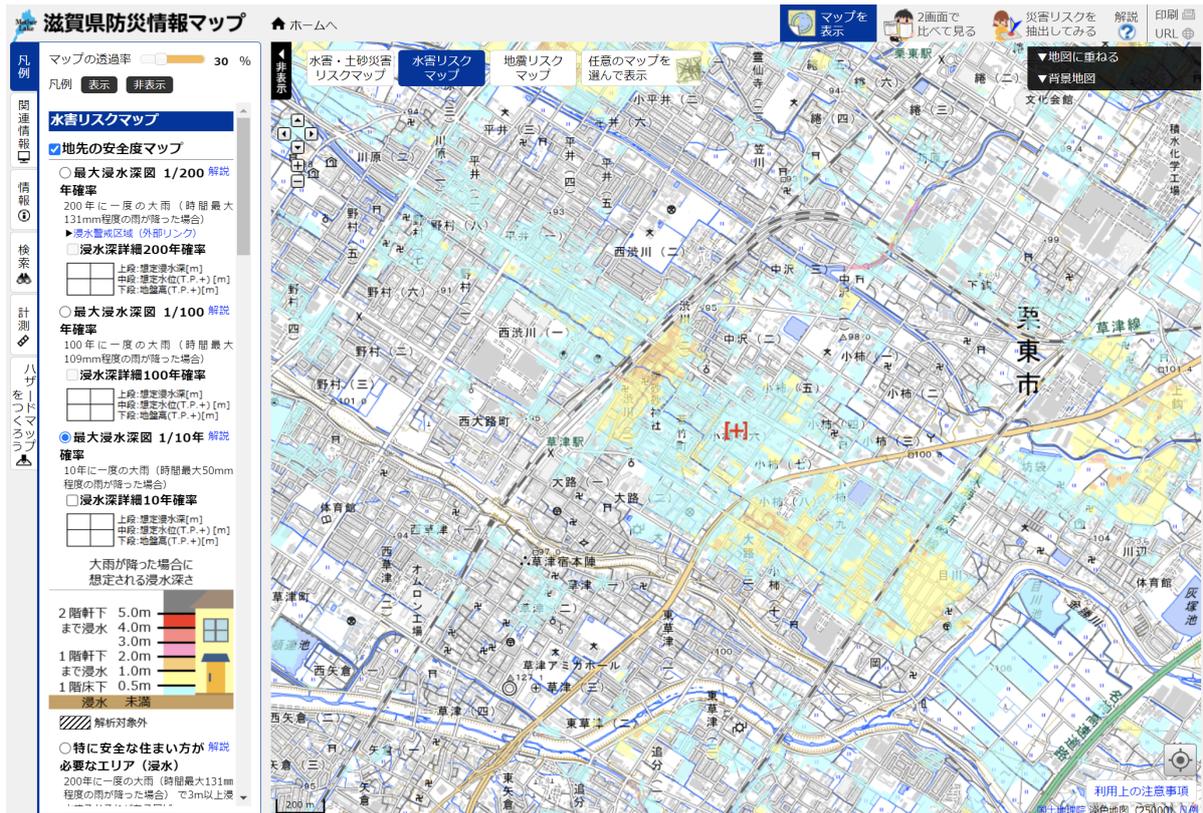


図 I-9 滋賀県「地先の安全度マップ」

データのみを使用した。一定の浸水リスクがあるメッシュを、2年確率で最大浸水深が50cm未満、200年確率で50cm以上、の条件で抽出した上で、浸水対策を検討する対象に応じて一定の世帯密度未満のメッシュを除外して対象とした。検討時点において、都道府県といった広い範囲を対象に氾濫による地点毎の発生頻度別の最大浸水深を、内外水を統合して推計した公式のデータは、「地先の安全度マップ」以外にわが国に存在しない。今後、本検討と同様の試算が全国レベルで展開できる可能性もあり、これについては第V章(3.2)で述べる。各対策案の効果があるメッシュタイプの浸水特性を求めることで、滋賀県以外への適用についても示唆を得る形とした。

なお「平均回収年数」は、浸水対策の相対的な必要性を把握するための目安として用いることが目的であることから、全て概算により行い、厳密な計算結果を求めるものではない。また、住民や事業者等が浸水時の被害として受けとめるものには、住民の被災時の仮住まい等の確保・移転に伴うものと精神的苦痛等や、事業所における情報損失や営業損失等があり、いずれも重要ではあるが個別性が強いことから、被害額の計算に含めていない。災害ゴミの処理等の社会的費用も考慮していない。原状復旧費用の算定における減価償却の影響も、被災時期等を特定して設定することが困難なため、内閣府の被害算定と同様、考慮していない。これらの点については算定結果を用いる際に考慮して、利用目的に応じて勘案すべきと考える。

## 2.3 研究の構成

第I章(本章)では、研究の背景を整理し、研究の目的と方法等について述べた。

第II章では、浸水に対して脆弱で被害実績が多い、低層戸建て住宅の新築を対象とする。都市部に立地する木造2階の戸建て住宅を想定し、①その浸水対策を講じた建築計画案の検討と、②

浸水対策に要する追加的建築コストの試算、③浸水対策に伴う水害時の資産被害の軽減額の試算、④多様な浸水リスクの条件下での費用対効果等の分析、等を行う。さらに検討を踏まえて、戸建て住宅の浸水対策の適用性を考察する。

第Ⅲ章では、既存分譲マンションの浸水対策改修を対象とする。令和元年東日本台風に伴い分譲マンションにおいても浸水による設備等を中心とした被害が多発して関心が高まったが、改修を実施するには管理組合を構成する区分所有者の合意形成が必要である。その際に重要となる費用対効果の視点での検討とする。都心及び駅周辺立地型と郊外住宅地立地型の2タイプを想定し、典型的と思われるマンションモデル及び前提とするハザードを設定した上で、水害時の浸水経路・被害範囲と修復費用・浸水対策箇所・浸水対策費用を検討し、対策の適用性を考察する。

第Ⅳ章では、都市部のRC造建物1階に入居する小規模な事業所を対象とし、その入居時の内装工事時における浸水対策を想定する。水害被災地の復旧・復興の観点からは、住まいや生活を守るだけでなく、地域の経済や賑わいを支える事業所の対策も重要と考え、事務所及び小売店、飲食店、小規模診療所の、4つの業種・モデルを想定する。検討は、①浸水被害と対策状況の情報収集、②検討の前提条件となる諸条件と対策の考え方等の設定、③基準案及びこれをベースにした浸水対策案の検討と試設計、④浸水対策の追加的費用及び浸水時の原状復旧費用等を推計、⑤期待値に基づいた対策の費用対効果の試算と適用性の考察、の手順で行い、適用性の高い業種の考え方等を検討する。

第Ⅴ章では、各章での検討結果と得られた知見を概括し、その活用可能性を考察した上で、建築タイプに応じた浸水対策の考え方をまとめ、浸水対策案の試設計及び費用対効果の分析にかかわる留意点と課題について、建築物の浸水対策の今後の展開を展望しつつ整理する。

## 2.4 既往の論文等との関係

本研究報告では、既に学会において公表あるいは公表予定の以下の論文・技術報告・梗概の内容に対して、紙数の制約等から盛り込むことができなかつた追加の情報や考察等を補足した。さらに、それらに共通する建築物の水害対策をめぐる社会的背景の解説を加え（第Ⅰ章）、また一体の研究としてまとめることで得られる、知見や考察を加えた（第Ⅴ章）。

- ・第Ⅱ章については、日本建築学会技術報告<sup>(3)</sup>（元となる大会発表梗概を含む。以下同様）として2021年2月に公表（査読付）。また、大会発表梗概<sup>(4)(5)</sup>として同年9月に公表の成果を含む。
- ・第Ⅲ章については、日本建築学会技術報告<sup>(6)</sup>として2022年2月に公表。
- ・第Ⅳ章については、日本建築学会技術報告<sup>(7)</sup>として2023年2月に公表予定。

また、費用対効果の試算の前提となる、資産の鉛直分布及び浸水確率を踏まえた家屋・事業所の資産被害評価の考え方は、河川技術論文<sup>(8)</sup>として2017年6月に公表されている。

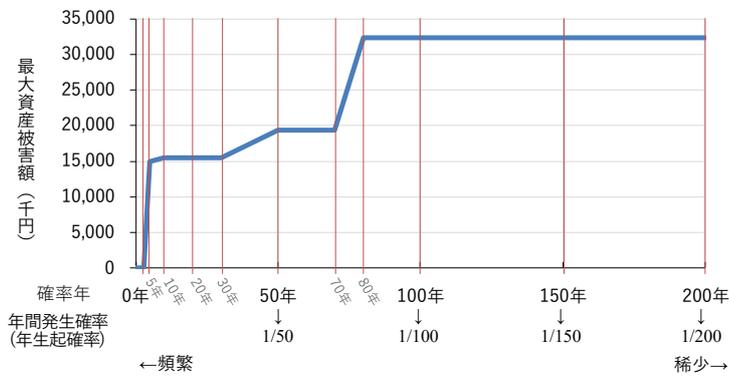
### 補注

- 1) 文献(1)の次表（表 4.13）による。年平均超過確率毎の被害軽減額を求めた上で、確率区間毎の年平均期待被害軽減額を推計し、全確率区間を（実務的には年平均期待被害軽減額が無視できるほど小さい確率区間となるまで）合計する方法となる。上記文献では、治水事業による整備効果の評価に用いる。また、文献(9)の次図（図 4.1.5 の一部）では、生起頻度別の資産被害額から、確率年区間別の生起確率×被害額を求めて足し合わせる過程を示している。

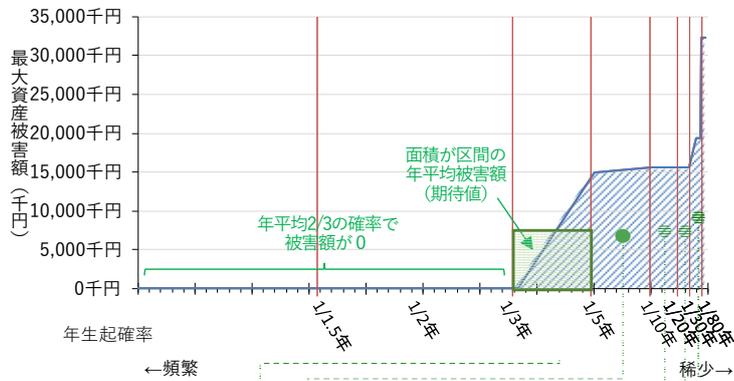
表 年平均被害軽減期待額算出表<sup>(1)</sup>

流量規模	年平均超過率	被害額			区間平均被害軽減額	区間確率	年平均被害軽減額	年平均被害軽減額の累計=年平均被害軽減期待額
		① 事業を実施しない場合	② 事業を実施した場合	③ 被害軽減額 (①-②)				
$Q_0$	$N_0$			$D_0 (=0)$	$\frac{D_0 + D_1}{2}$	$N_0 - N_1$	$d_1 = (N_0 - N_1) \times \frac{D_0 + D_1}{2}$	$d_1$
$Q_1$	$N_1$			$D_1$	$\frac{D_1 + D_2}{2}$	$N_1 - N_2$	$d_2 = (N_1 - N_2) \times \frac{D_1 + D_2}{2}$	$d_1 + d_2$
$Q_2$	$N_2$			$D_2$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$				$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$Q_m$	$N_m$			$D_m$	$\frac{D_{m-1} + D_m}{2}$	$N_m - N_{m+1}$	$d_m = (N_{m-1} - N_m) \times \frac{D_{m-1} + D_m}{2}$	$d_1 + d_2 + \dots + d_m$

a. 生起頻度別の資産被害額



b. 年生起確率別の資産被害額



c. 確率年区間別の生起確率×被害額

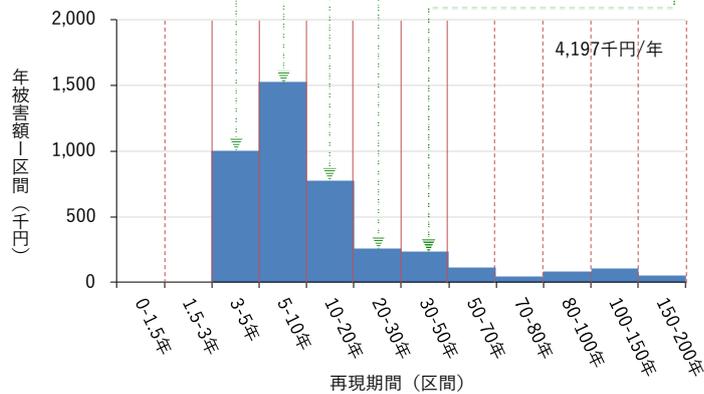


図 生起確率別の資産被害額から確率年区間別の被害額への変換<sup>(9)</sup>

これによれば、以下の通りとなる。

「ある事象（降水量、浸水深、浸水被害など）の確率年の逆数をとることにより、当該事象以上が生起する年あたり確率である年超過確率に換算できる。従って、『確率年の資産被害額（図の a）』は、『年生起確率別の資産被害額（図の b）』に変換できる。さらに、年生起確率別の資産被害額に年生起確率を乗じて積分することにより年当たりの期待資産被害額（以下、『年被害額』）を求められる。すなわち図に併記した式により『生起確率×被害額（図の c）』の総和として年被害額が求められる。」（下線部は文脈に合うように修正）

- 2) 水害統計調査における、全壊・流失や半壊被災等の被害区分については、データを作成する市町村が、原則として罹災証明などを参考に判断することとされており、内閣府の「災害に係る住家の被害認定基準」に準拠している。水害については外観や浸水深等を参考に、損害割合に基づいた判断となっており、大きな浸水深をもたらした洪水においては、建物の構造躯体に大きな流速等による甚大な破壊が生じていなくても、全壊とされる場合が多い点に留意が必要である。
- 3) 論文(2)で用いられたデータを、滋賀県立大学准教授の瀧健太郎氏より提供を受けて使用した。「地先の安全度マップ」で公開されている 1/200 年、1/100 年、1/10 年確率以外に、利用したデータには、1/1000 年、1/500 年、1/200 年、1/50 年、1/30 年、1/2 年確率でのデータも含まれている。対象としたメッシュの世帯密度等の詳細は、各章の該当箇所に記載した。

#### 参考文献・資料

- (1) 国土交通省水管理・国土保全局（2020）「治水経済調査マニュアル（案）」2020.4（「表-4.13 年平均被害軽減期待額算出表」60p）  
[https://www.mlit.go.jp/river/basic\\_info/seisaku\\_hyouka/gaiyou/hyouka/r204/chisui.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/seisaku_hyouka/gaiyou/hyouka/r204/chisui.pdf)
- (2) 瀧健太郎ほか（2019）「中小河川群の氾濫水理解析に基づく地域防災力向上戦略の検討」河川技術論文集（25）、pp.79-84、2019.6  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/river/25/0/25\\_79/\\_pdf/char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/river/25/0/25_79/_pdf/char/ja)
- (3) 木内望・槌本敬大・中野卓・今井信博・石山瑤子・井上拓哉・米野史健・渡邊史郎（2021）「木造戸建て住宅の耐水化建築計画案の検討及びその費用対効果からみた評価」日本建築学会技術報告集 27（65）、pp.499-504、2021.2  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/27/65/27\\_499/\\_pdf/char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/27/65/27_499/_pdf/char/ja)
- (4) 井上拓哉・石山瑤子・今井信博・木内望（2021）「木造戸建て住宅の耐水建築化及び費用対効果に関する研究 その4：屋根上避難計画案の試作成と追加的建築コストの算定」日本建築学会大会学術講演梗概集（建築社会システム）、pp.299-300、2021.9
- (5) 今井信博・井上拓哉・石山瑤子・木内望（2021）「木造戸建て住宅の耐水建築化及び費用対効果に関する研究 その5：生活回復機能追加案の試作成と追加的建築コストの算定」日本建築学会大会学術講演梗概集（建築社会システム）、pp.300-301、2021.9
- (6) 木内望・中野卓・藤木亮介・山木慎介「既存分譲マンションの浸水対策改修とその費用対効果に関するモデル的検討」日本建築学会技術報告集 28（68）、pp.442-447、2022.2  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/28/68/28\\_442/\\_pdf/char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/28/68/28_442/_pdf/char/ja)
- (7) 木内望・今井信博・山崎雄二郎・岡本祐紀・井上拓哉・中村凌（2023）「RC造建物1階に入居する事業所の浸水対策とその費用対効果のモデルスタディ」日本建築学会技術報告集、29（71）、pp.453-458、2023.2 掲載予定

- (8) 山本陽子・柳川一博・深見和彦・木内望ほか（2017）「建物用途別の資産鉛直分布及び浸水確率を踏まえた都市における家屋・事業所の資産被害評価の検討と試行」河川技術論文集(23)、pp.91-96、2017.6  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/river/23/0/23\\_91/\\_pdf/char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/river/23/0/23_91/_pdf/char/ja)
- (9) 気候変動適応研究本部（2019）「気候変動下の都市における戦略的水害リスク低減手法の開発」国土技術政策総合研究所資料 No.1080, 2019.7（「図 4.1.5 生起確率別の資産被害額から確率年区間別の被害額への変換」 107p）  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1080.htm>