

# 都市における建築物の水害対策とその誘導方策

住宅・都市研究グループ 主席研究監 木内 望

## 目 次

- I はじめに：建築・都市の水害対策をめぐる最近の状況
  - II 水害リスクと洪水被害にみる建築物の水害対策の必要性と可能性
    - 1) ハザードマップにみる水害リスク
    - 2) 水害統計調査にみる被災家屋数
  - III 木造戸建て住宅の耐水化案の試設計による水害対策の適用性と課題の検討
    - 1) 木造戸建て住宅の耐水化案の試設計
    - 2) 木造戸建て住宅の耐水化の適用性と課題
  - IV まとめ：水害リスクを踏まえた都市における建築・土地利用誘導に向けて
- 補注・参考文献

## I はじめに：建築・都市の水害対策をめぐる最近の状況

平成30年度弊所講演会において、建築・都市を対象とした水害対策をテーマに講演を行った<sup>(1)</sup>。その後のさまざまな状況の変化について、まずは振り返ることとした。

### ① 大規模水害の発生

令和元年東日本台風及び令和2年7月豪雨により、各地で河川氾濫や崖崩れが発生した。前者は、住家の全半壊等4,008棟・住家浸水70,341棟など、首都圏を含む広範囲に記録的な被害をもたらした。川崎市のタワーマンションの地下電気設備の浸水など、大都市における被害が注目された。後者では、住家の全半壊等4,558棟・住家浸水13,934棟など、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、老健施設での死者発生や、嵩上げ等の対策済みの住宅の浸水などが注目された。

### ② 国における幅広い水害対策の検討

近年の大規模水害の頻発を受けて、氾濫を前提とした水害対策のあり方について、様々な検討が行われている。社会資本整備審議会では、将来の気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について、氾濫をできるだけ防ぐ対策に加え、被害対象の減少や、被害の軽減・早期復旧・復興のための対策に総合的に取り組むなどの流域治水の推進を提言した<sup>(2)</sup>。また、上述の東日本台風被害を受けて、国土交通省住宅局等により電気設備の浸水対策に関するガイドラインがまとめられた<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、水災害対策とまちづくりの連携のあり方についての検討を行っており<sup>(4)</sup>、提言が发出されるなどしている。

### ③ 建築物の水害対策に関わる提言・技術開発など

令和2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<sup>(5)(6)</sup>。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、研究を急ぐべきであるとし、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。一方で、民間ハウスメーカーの(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の開発を開始し、(国研)防災科学技術研究所と協力した2度にわたる実大実験によって、その性能を実証している<sup>(7)(8)</sup>。

### ④ 水害リスクを踏まえた制度・仕組み

宅地建物取引業法施行規則の改正(令和2年8月施行)が行われ、水防法にもとづく水害ハザードマップを重要事項説明<sup>(9)</sup>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令和2年4月にわが国で初めて発売され<sup>(10)</sup>、損害保険大手各社が企業向け商品において同様の仕組みの導入に踏み切っている。筆者は、水害リスクを踏まえた建築・土地利用マネジメントに関わる制度・仕組みを「土地利用・建築規制」・「計画誘導」・「市場誘導」の3つに

分類し、各々の実例や課題を体系的に整理（表1）する中で、『市場誘導』に関しては、実効的な取り組みがほとんどみられない」と指摘した<sup>(11)</sup>が、まさにこの部分で大きな転換点が訪れており、住宅性能表示制度にもこの動きが及ぶのが注目される。

この他、住宅や要配慮者施設等の浸水被害に対する安全性を事前確認する制度の創設を含む特定都市河川法の改正案が、令和3年度通常国会での審議に向けて閣議決定されている<sup>(12)</sup>。

## II 水害リスクと洪水被害にみる建築物の水害対策の必要性と可能性

建築物と水害に関わる情報としては、その敷地のリスクにかかわるものとして水防法に基づく「浸水想定区域図」があり、実際の被害にかかわるものとして「水害統計」が政府指定統計として整備されている。各々の分析結果の詳細はパネル発表を参照いただくこととして、概要のみを紹介する。

### 1) ハザードマップにみる水害リスク

L1（計画規模）の洪水浸水想定区域図については、国土交通省国土政策局により国土数値のGIS情報が提供されており、これにより浸水リスクのある地域に含まれる人口・面積の割合の分析などが可能になっている。

国土審議会では、日本の国土面積に占める洪水浸水想定区域の割合は5.3%、総人口の28.6%が居住する（2010年国勢調査）、などのデータ<sup>(13)</sup>が、社会資本整備審議会住宅地分科会では、居住世帯の19.1%、一戸建て居住世帯の25.3%が洪水浸水想定区域に居住する（2015年国勢調査）、などのデータ<sup>(14)</sup>が、それぞれ他の災害リスクとの比較により示されている。

また、筆者らは都市計画や市街地（2015年人口集中地区：DID）との関係を分析し、用途地域に占める浸水想定区域の面積割合は30.3%（線引き都市計画区域で31.5%、非線引き都市計画区域で26.2%）に上ること、集約型都市構造の実現の観点から都市機能や居住機能を誘導すべき地域と考えられる旧市街地（用途地域内で継続的に維持されている1960年DID）では、線引き都市計画区域で39.9%、非線引き都市計画区域で31.6%であること、などを明らかにしている<sup>(15)</sup>。

表 1.1 水害リスク等にかかわる規制・誘導の仕組み

分類	考え方	仕組み	水害リスクを考慮した規制・誘導の考え方
土地利用・建築規制	法律に基づき、水害リスクの高い区域における土地利用や開発、建築行為等を制限	災害危険区域	リスクのある区域での建築行為を禁止・制限
		区域区分	リスクのある地域における市街化と開発行為を制限
		地区計画	リスク対策を含めた地区単位のまちづくりルールに基づいて土地利用や建築行為の内容を制限
計画誘導	法定の計画制度や、条例・任意の取決め等により、開発や建築行為等を抑制・誘導、水害リスク対策費用の補助	立地適正化計画	都市における人口減少・高齢化等を背景に、居住を誘導する区域を設定するにあたりリスクを考慮
		条例	地方自治体が議決するルールにより公共と民間が取り組むべき対策の内容を規定
		要綱・助成	地方自治体が住民・事業者等の任意の協力に基づき、リスク情報の提供や助言・指導、対策費用補助等実施
		規制緩和	建築規制の緩和によるインセンティブ（誘因）により防災施設の整備等を誘導
市場誘導	不動産・金融市場における水害リスクの適切な明示・評価を通じて間接的に対策を促す制度・仕組み	災害保険	水害時の財産被害補償の掛け金（保険料）の料率を、リスクの程度に応じて差異化して立地抑制・対策誘導
		重要事項説明	不動産取引時に当該物件におけるリスクの内容を重要な説明事項とすることでの立地抑制・対策誘導
		住宅性能表示	住宅・宅地の災害時の安全性について共通の評価規準と表示方法を定めて市場取引の参考とする仕組み（水害は対象外）

このように、わが国の国土面積に占める浸水リスクエリアの割合そのものは決して大きくないものの、都市・市街地の多くは、地理的制約及び水田耕作の歴史的経緯等から、氾濫原とほぼ重なる沖積平野に形成されている。今後の浸水リスクエリアへの新しい市街地の形成は慎重に判断すべきではあるが、既存の市街地においては水害リスクと共存するまちづくりのあり方を追求することが道理にかなっていると考える。

### 2) 水害統計調査にみる被災家屋数

洪水浸水想定区域図の示す情報は、想定した降雨条件（L1：計



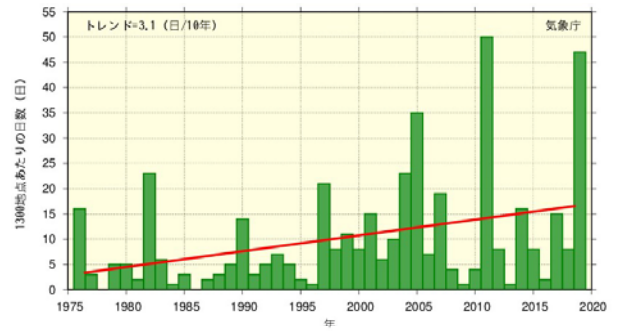
図 2.1 都市計画・市街化と浸水想定区域の重なり(国土数値情報による)

画規模、L2：想定最大規模)の下で最大限想定される複数の浸水範囲を包絡した区域であり、いわば「潜在的」な脅威を示したものである。これに対して、実際の過去の浸水被害から「顕在化した」脅威を確認しておくことも重要である。わが国では、「水害統計調査」の「一般資産等水害統計基本票」が民家や事業所等の各年別の被害状況を集計している。別途、気象庁より水害をもたらす豪雨の発生状況の推移が示されている(図2.2)ので、これと対応させながら見ていくこととしたい。

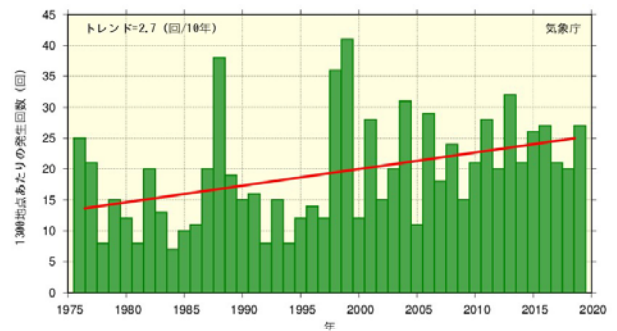
データが得られた1993~2019年の水害区域面積の推移(図2.3)及び、被災家屋棟数の推移(図2.4)を集計して示した<sup>(7)</sup>。いずれの図も、外水氾濫・内水氾濫により区分しており、その他の原因による水害は除いてある。以下が読み取れる。

- ①ここ約半世紀の傾向をみれば、水害を発生させるような極端な豪雨事象の頻度は、一貫して増大している。
- ②これに対して、外水氾濫による水害区域面積及び被災家屋棟数の増大は見られず、内水氾濫についてはむしろ減少傾向にある。
- ③被害の内容をみると、水害区域面積については、内水氾濫における宅地その他の割合が増大する傾向がみられる。外水氾濫についてはあまり明確ではない。被災家屋の内訳については、外水氾濫・内水氾濫とも床上100cm以上浸水などの、相対的に大きな浸水被害を生じた家屋の割合が増えている。

地球規模での気候変動の結果として極端な豪雨事象は増大傾向に



1. 日降水量400mm以上の年間日数



2. 1時間降水量80mm以上の年間発生回数

図2.2 全国【アメダス】による豪雨の発生状況  
(気象庁「気候変動監視レポート」<sup>(16)</sup>)

あるが、今のところ全体としては長期的な治水整備の効果が上回っている。ただし、洪水防御施設が耐えきれない場合の氾濫被害は甚大とならざるを得ない、というところであろうか。今後が不透明

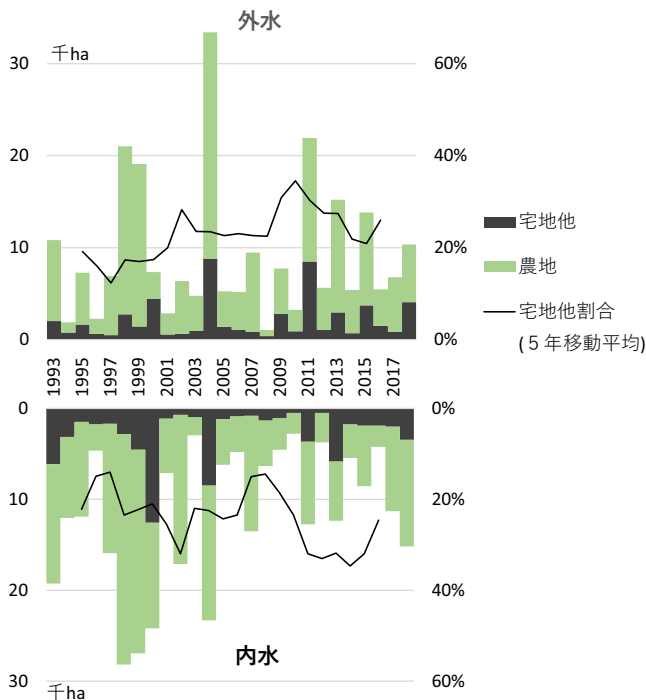


図2.3 土地利用別の水害区域面積の推移  
(水害統計調査)

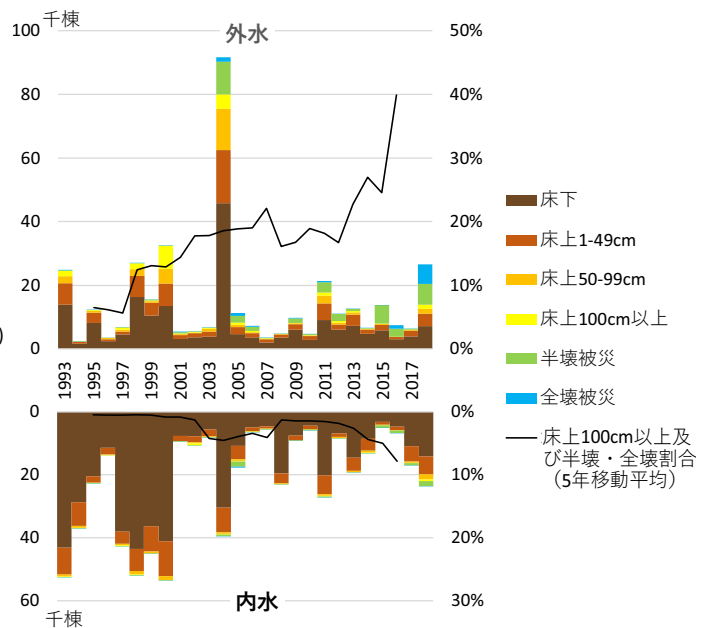


図2.4 被災区分別の被災家屋棟数の推移  
(水害統計調査)



なところはあがるが、2000年以降の被災家屋棟数の8割が、床上浸水99cm以下にとどまっております。全体的な状況をみれば、建築物において水害対策を検討することは必要であり、かつ可能性も高いと言えます。

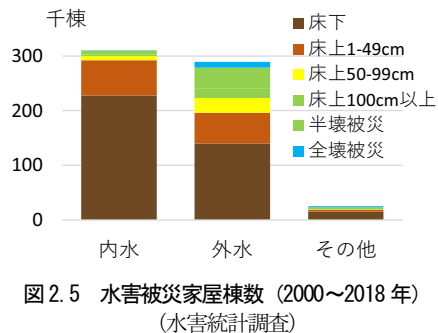


図 2.5 水害被災家屋棟数 (2000～2018年) (水害統計調査)

### Ⅲ 木造戸建て住宅の耐水化案の試設計による水害対策の適用性と課題の検討

#### 1) 木造戸建て住宅の耐水化案の試設計

##### ① 耐水化案の検討の概要

建築物における水害対策の実施については、洪水による被害実績が多く、脆弱な木造戸建て住宅での実施が肝要であることは、日本建築学会の提言を待つまでもない。

欧米では洪水による建物被害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の発刊がなされている。耐水化の手法は概ね、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、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は対策の考え方が若干、異なる。わが国でも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おり<sup>(18)</sup>、計画・設計の考え方や方法が解説されているが、各論にとどまり具体的な計画・設計案の提示、まではなされていない。

そこで、木造戸建て住宅の浸水対策について、3つの「耐水化案」の試設計を行い、実現に要する追加的費用と浸水時の資産被害の軽減額の試算、浸水対策の費用対効果の分析などから、各案の適用性及び、技術開発上の課題、社会への普及上の課題等について検討したので、その概要を紹介する<sup>(19)</sup>。

##### ② 基準となる非耐水化案 (a.案) の試設計

基準となる非耐水化案を設定した上で、耐水化の一般的な考え方に従い、①修復容易化、②建物防水化、③高床化、の3つの耐水化案を、対策の費用対効果を比較できるよう、原則同じ平面計画・性能で検討した。その上で、耐水化に要する追加的建築コストと耐水化に伴う水害時の資産被害の軽減額の試算等を行った。基準となる非耐水化案 (a.案) は、近年、都市部の市街地に新築される木造戸建て住宅 (在来軸組構法) として、一般性の高い計画案とした。

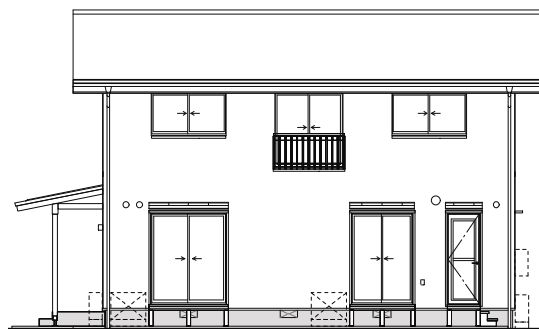


図 3.1 非耐水化案 (a.案) 立面図 (南側)

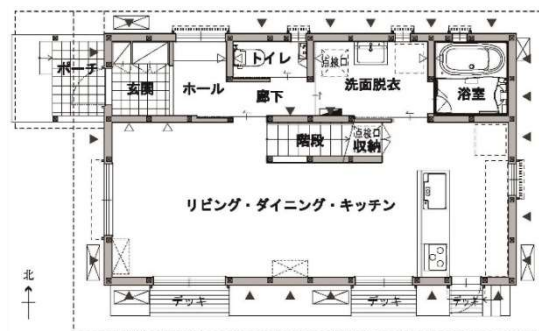


図 3.2 非耐水化案 (a.案) 平面図 (1階)

延床面積は99.38㎡で、1階に居間・食堂・台所等の公室及び、洗面脱衣室・浴室 (ユニットバス)・便所等の水回り諸室を、2階に私室を配置した (図3.1、図3.2)。仕上げと仕様は、一般性のあるものとした。長期優良住宅 (新築) 認定基準レベルの性能を有する計画とし、耐震等級は住宅性能表示制度の3レベル、断熱等性能等級は4レベル (現行省エネ基準の「5地域」を想定)、屋根及び外壁は建築基準法22条区域を想定した構造としている。

この非耐水化案をベースに、a.浸水の防止、b.復旧の円滑化、c.耐水性の向上、の3つの観点から耐水化の具体的方針を検討した。

##### ③ 修復容易化案 (b1.案) の試設計

修復容易化案 (b1.案) は、建物内部への浸水を許容した上でその後の修復の円滑・低廉化に重点を置く、“Wet Floodproofing”の概念に基づく案である。計画に当たり、浸水防止性の改善及び、床下作業性の向上、部材構成等における復旧範囲の限定 (道連れ工事の減) 等を考慮した (図3.3、図3.4)。

まず、1階床高 (1FL) を非耐水化案より 200mm 引上げ (GL+800mm)、床下有効高さを 600mm 以上確保した (ネコ土台)。これにより、基礎上端部までの洪水に対して床下への止水が図られるとともに、浸水後の復旧の円滑化の観点からも、床下の点検・排水・洗浄・消毒・乾燥等の作業性の向上が図られる。

また、初期排水・洗浄に資するため、水中ポンプを置いて排水するための釜場を床下点検口の下に設け、基礎に水抜きスリーブを

設置した。耐水性を向上するため床断熱材を繊維系から発泡ボード系に変更し、浸水後に取り外し洗浄・再使用可能とした。

さらに、復旧時の修復範囲を限定できるように、壁部材(断熱・下地・仕上)の見切り分割を行い、電気設備(コンセント・空調

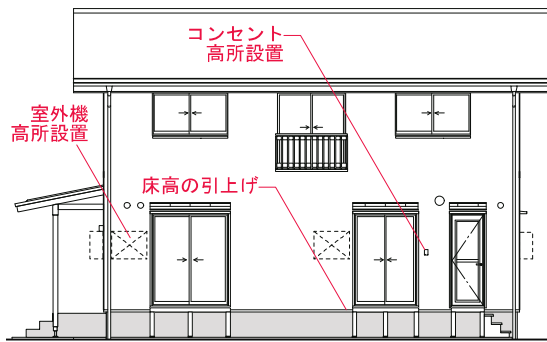


図 3.3 修復容易化案 (b1. 案) の立面図 (南側)

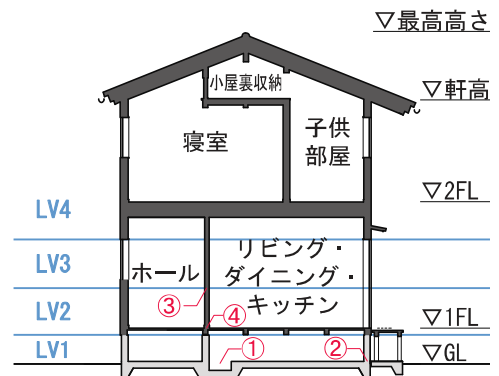


図 3.4 修復容易化案 (b1. 案) の断面図 (南北方向)

室外機等)を見切り高さ(1FL+900mm)以上での設置とし、床板・壁板等の納まりを壁勝ちとした。

#### ④ 建物防水化案 (b2.案) の試設計

建物防水化案 (b2.案) は、建物内部への水の浸入を防ぐ“Dry Floodproofing”の概念を、建物外周部での止水により実現する耐水化案であり、これにより洪水時の建物・家財の被害軽減を図る(図 3.5、図 3.6)。開口部への対策箇所数を減らして、浮力を増やさないう、腰窓下高さまでを止水範囲として浸水を防ぐため腰壁と腰壁開口部の止水性を高め、排水管の逆流防止等を計画した。

まず、1階外周の腰壁(基礎から1FL+900mmまで)を、防水性を有するRC造とした。水圧及び浮力(最大GL+1,500mmに達する浸水深を想定)に対抗するため、腰壁及び底盤の厚さは150mmから200mmに増やす措置が必要となった。

玄関扉及び掃出窓2ヶ所に脱着式止水板(6段式、最大10kg/枚程度)、勝手口に鋼製止水ドア及び断熱内窓を設置し、止水板や止水ドアからの漏水(1時間当たり合計80ℓ程度)は床ガラリーを介して床下に排水する設えとした。これらに対応するため、RC腰壁部は外貼り基礎断熱とし、防蟻剤処理断熱材を採用した。

#### ⑤ 高床化案 (b3.案) の試設計

高床化案 (b3.案) は、“Dry Floodproofing”の概念を高床により実現する耐水化案である。

非耐水化案の腰壁高さに1階の床高を持ち上げことで、洪水時の建物・家財の浸水被害を軽減する(図 3.7、図 3.8)。

具体的には、高基礎とすることで1階床高(1FL)を非耐水化案に対して900mmほど持ち上げ(GL

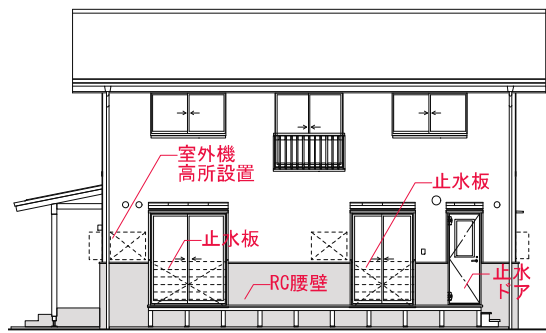


図 3.5 建物防水化 (b2. 案) 案の立面図 (南側)

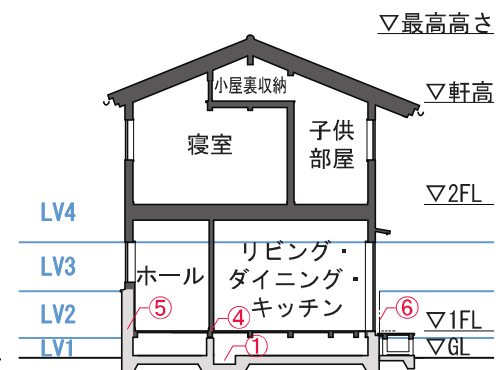


図 3.6 建物防水化案 (b2. 案) の断面図 (南北方向)

+1,500mm)た。その際、配筋を考慮して立上りと底盤の厚さは200mmとした。外階段が6段となり、日常時の生活利便に著しい影響を生じる点に留意を要する。

## 2) 木造戸建て住宅の耐水化の適用性と課題

### ① 追加的建築コストと修復費用の算定

実際に広島市近郊で地域工務店が建設した、同等仕様の木造戸建て住宅の内訳をベースに、同工務店の協力を得て各案についての建築費用及び浸水深レベル別の修復費用を算出した(表 3.1)。

基準案 (a.案) については、直接工事費が19,739千円、諸経費・税込みの建築コストが26,055千円となった(土地取得、設計監理、各種申請、外構工事等の費用を含まず)。また同様に、土石流なし、水位上昇は緩やか、強い水流なし、24時間の浸水継続時間、等の条件で修復費用を浸水深レベル別に算定したところ、Lv.1(床下)で495千円(諸経費・税込み。直接工事費375千円)、Lv.2(床下～腰窓下端)で6,119千円(同4,636千円)、Lv.3(腰窓下端～上端)で6,806千円(同5,157千円)であった。

修復容易化案 (b1.案) については、非耐水化案と比べて直接工事費が373千円増、諸経費・税込みの建築コストが493千円増(+1.9%)となる。これに対して修復費用は、Lv.1で253千円減(諸

経費・税込み。以下同様)、Lv.2で897千円減、Lv.3で118千円減である。

建物防水化案 (b2.案) については、非耐水化案と比べて直接工事費が4,624千円、諸経費・税込みの建築コストが6,104千円増 (+23.4%) となる。修

復費用は、Lv.1で469千円減)、Lv.2で5,664千円減、Lv.3で193千円減である。

高床案 (b3.案) の費用は、非耐水化案と比べて直接工事費が1,753千円増、諸経費・税込みの建築コストが2,314千円増 (+8.9%) となる。修復費用は、Lv.1で469千円減、Lv.2で5,895千円減、Lv.3で842千円減である。

② 発生頻度を考慮した費用対効果の試算

ここまでの試算は、耐水化に伴う追加的建築費用と、浸水深レベル別の浸水1回当りの修復費用低減額であり、費用対効果をより正確に算定する

には、発生頻度別の最大浸水の最大浸水深の予測値を用いる必要がある。このため、滋賀県「地先の安全度マップ」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) に相当するデータを用いた<sup>(20)</sup>。

木造2階の戸建て住宅の耐水化案を3案検討し、実現に要する追加的費用と、耐水化の効果としての浸水時の修復費用

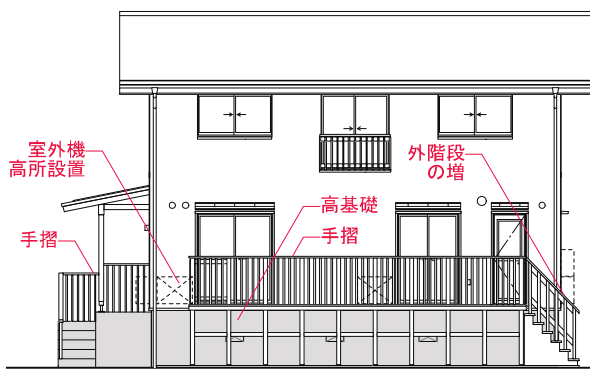


図 3.7 高床化案の立面図 (南側)

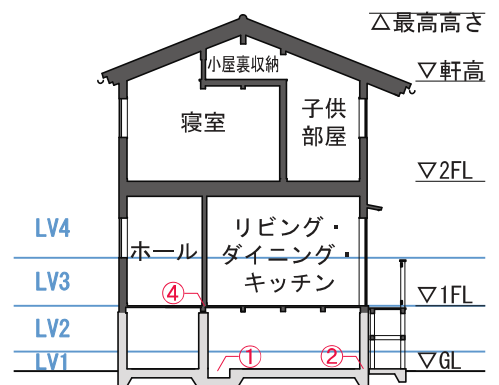


図 3.8 高床化案の断面図 (南北方向)

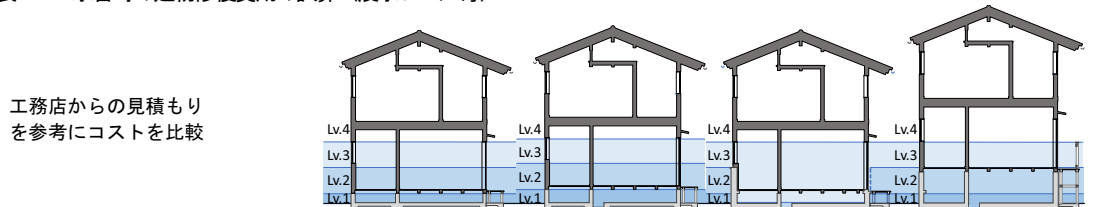
表 3.1 耐水化に要する追加的建築コストの試算

(単位：千円。耐水化案の金額は非耐水化案との差分。)

内訳	非耐水化 (a案)	修復容易化 (b1.案)	建物防水化 (b2.案)	高床化 (b3.案)	備考
構造	4,127	+23	+1,069	+1,329	基礎・RC腰壁等
断熱	315	+18	+226		±0外貼り基礎断熱等
外部仕上げ	2,889	±0	+578		+280サイディング・デッキ等
開口部	694	±0	+1,884		±0止水板・止水扉等
内部仕上げ	3,348	+95	+235		±63見切縁・点検口等
設備等	5,351	+57	+92		+57空調室外機壁掛け等
その他	3,015	+180	+540		+24仮設・大工手間等
直接工事費	19,739	+373	+4,624	+1,753	
建築コスト (経費・税込)	26,055	+493 (26,548)	+6,104 (32,159)	+2,314 (28,369)	経費率20% 消費税率10%
コスト比	100%	101.9%	123.4%	108.9%	

\*長期優良優良住宅仕様に基づく地元材を用いた住宅の、コスト減のための工夫前の費用

表 3.2 水害時の建物修復費用の試算 (浸水レベル毎)



基準案・耐水化案	a.基準案			b1.修復容易化案			b2.建物防水化案			b3.高床化案		
	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.1	Lv.2	Lv.3
浸水レベル	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.1	Lv.2	Lv.3
GL高さ (mm)	0~450	450~1500	1500~2600	0~650	650~1700	1700~2800	0~450	450~1500	1500~2600	0~450	450~1500	1500~2600
共通① 初期排水	200	200	200	-75	-75	-75	-200	±0	±0	-200	-125	-125
基礎・床 基礎土間、立上り、床断熱、土台、床下地、仕上等	50	838	838	-12	-69	-69	-50	-813	-172	-50	-763	+50
共通② 消毒、乾燥	0	138	150	±0	-28	±0	±0	-63	±0	±0	-138	-40
内外壁 外壁仕上げ、内壁仕上・下地、壁断熱、柱・壁合板	20	665	690	±0	-315	+20	±0	-645	-9	±0	-645	-74
建具・家具等 扉・サッシ、内部建具・造作家具・階段	-	939	964	-	±0	±0	-	-914	±0	-	-939	-25
電気設備 足元照明、コンセント、スイッチ等、分電盤	-	87	399	-	-87	±0	-	-87	±0	-	-87	-312
衛生設備 キッチン、洗面化粧台、ユニットバス、トイレ	-	1,664	1,811	-	±0	±0	-	-1,664	±0	-	-1,664	-147
空調設備 室外機	105	105	105	-105	-105	+34	-105	-105	+34	-105	-105	+34
修復工事直接工事費計	375	4,636	5,157	-192	-679	-90	-355	-4,291	-147	-355	-4,466	-639
修復費用計 (経費・税込)	495	6,119	6,806	-253	-897	-118	-469	-5,664	-193	-469	-5,895	-842

(単位：千円：b案はa案との差分)



の軽減額等を試算した。

各案の浸水時の修復費用を建物被害額とし、建物内外の動産も考慮した、浸水深別に想定される資産被害額をまとめる(表3.3)。動産については、所有や鉛直方向の分布等の状況を仮定するため、ここでは既存研究<sup>(21)</sup>の資産の鉛直分布モデルの値(延床面積比で低減)を用いた。例えば(GL+)130cmの浸水深においては、a案13,141千円の被害額に対し、b1案:896千円、b2案:8,349千円、b3案:8,580千円の軽減が認められる。

滋賀県「地先の安全度マップ」

相当にデータより一定の浸水リスクがあるメッシュを、2年確率の最大浸水深が50cm未満、200年確率で50cm以上、世帯数1以上、の条件で抽出し対象とする。100年確率で、最大浸水深50~150cmのメッシュが約6割となる(図3.9)。文献<sup>(21)</sup>に示された方法により、当該メッシュの生起確率別の最大浸水深に対応する被害額を元に、確率年区間毎の期待被害額を算定して合計することで、各案の建物を建てたときの年平均の被害額(期待値)が推算できる。非耐水化案(a案)と耐水化案(b1.~b3案)の平均被害額の差額が、年間当りの耐水化による被害軽減額(期待値)であり、耐水化に伴う追加的費用をこれで除することで、耐水化費用の平均回収年数が計算できる。対象メッシュの内、修復容易化案(b1.案)は約2/3で平均10年以内、建物防水化案(b2.案)は約1/4で平均20年以内、高床化案(b3.案)は約1/2で平均20年以内、それぞれ耐水化に伴う追加的費用の回収が期待できる計算となる(図3.10)。いずれの案でも、浸水深50~100cm程度の浸水事象に対して大きな効果を有することがわかった。

### ③ 耐水化案の適用性と普及にあたっての課題

検討を踏まえて、3つの耐水化案の可能性と課題を考察する。

**修復容易化案:**発生頻度の高い、浅い浸水被害に対する費用対効果が最も優れる対策案であり、多少の浸水リスクのある地域で最低限講じるべき手法と推奨される。修復工事期間中に2階等で生活継続ができれば、より効果的な計画案となる。

**建物防水化案:**腰窓以下の床上浸水に対して、一定の費用対効果が見込まれる。高床化案と共通するが、浸水に伴う家財の損害、生

表3.3 水害時の建物修復費用の試算(浸水レベル毎)

(単位:千円。耐水化案の金額は非耐水化案との差分。)

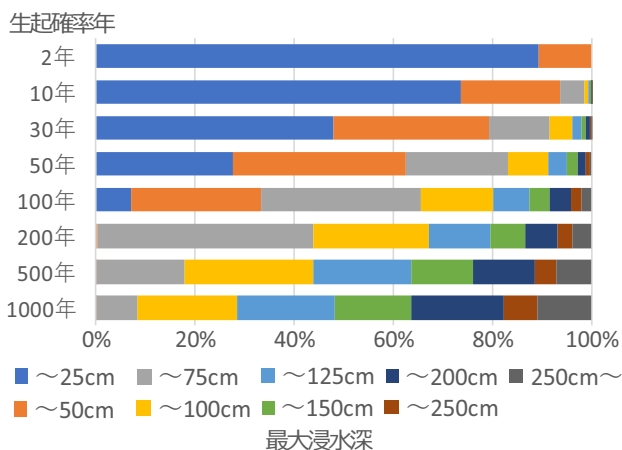
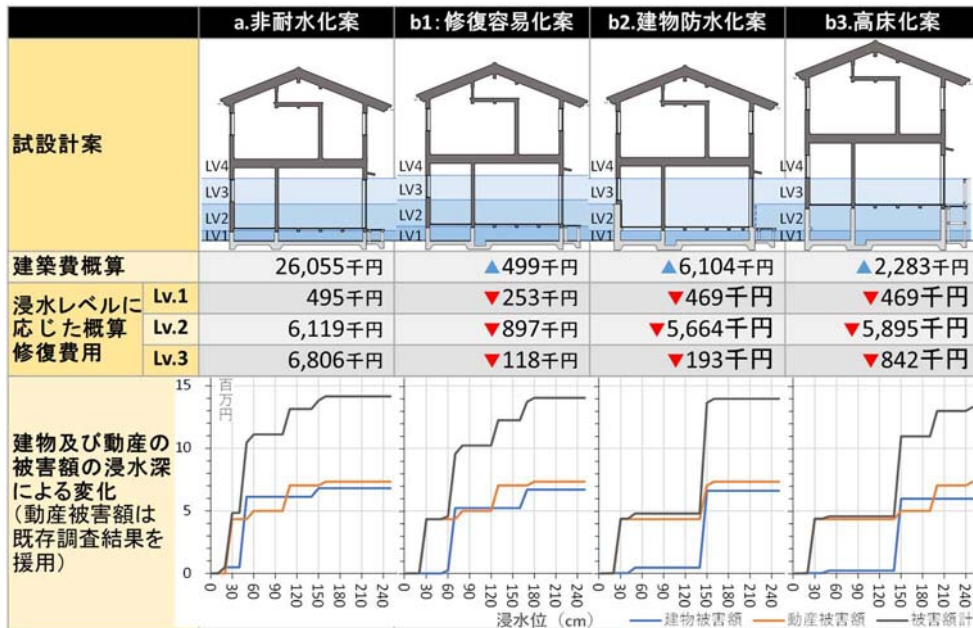


図3.9 対象メッシュの生起確率年別最大浸水深の割合

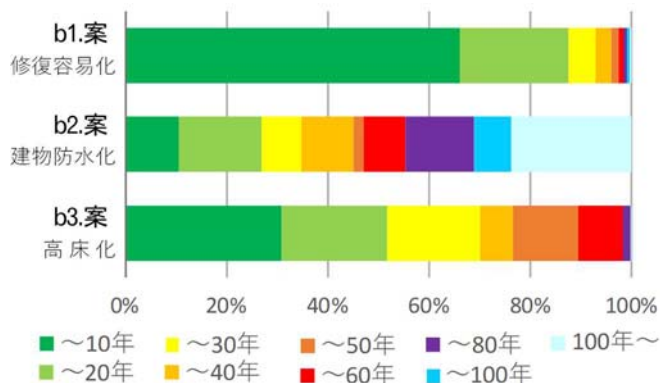


図3.10 耐水化に係る追加的建築コストの改修年別メッシュ割合

活上の制約、精神・肉体的被害の軽減が図られ、災害ゴミの処理に伴う社会的負担も減らせる。今回の検討案は高床化案に対して費

用対効果は劣るが、日常の出入りや周辺環境影響の制約等から、市街地での適用性が高いと考えられる。低廉で信頼性の高い壁面・開口部の止水方法が開発されれば、普及の可能性が高いと考える。建物内への浸水防止に関して浮力が作用することと、開口部の数を考慮すると、腰窓下が対策高さの一つの目安になる。

**高床化案：**1階レベルの洪水への費用対効果が最も高い計画案で、洪水発生に伴う被害を大きく軽減できる。より高い浸水にも、2階避難で生命が安全となる。狭小敷地への対応と、日常の上り下りや、周辺環境影響等の考慮も必要であり、非都市部での適用性が高いと考えられる。

今回、検討を行った耐水化案は、浸水対策の費用対効果と適用性等を検討するためのプロトタイプであり、検討した計画案に対して、敷地の嵩上げや、屋根上への避難などを組み合わせた案や、1階の浸水後に2階部分で生活を回復に居住しながら修復工事が進められる案などについても検討している。本検討などを元に計画・部材設備・生産システムにわたる技術開発の進展を期待したい。

また、既存分譲マンションの設備等を中心とした、耐水化改修の計画案の費用対効果についても検討を進めており、成果がまとまり次第、紹介する機会を得たい。

#### IV まとめ：水害リスクを踏まえた都市における建築・土地利用誘導に向けて

最後に、都市における建築物の水害対策の考え方と役割について水害の規模と頻度を踏まえて整理することとしたい。

水害には、浸水深に代表される外力が小さなものと大きなものがある。建物への浸水を防ぐためには、極端に小さな浸水深の水害に対しては通常の建物の床高で充分だが、もう少し大きくなると床を高くする必要が生じ、さらに大きくなると通常の1階部分に部屋は設けずピロティ形式の建物などにしなければならない。極端に大きな浸水深に対しては、もはや建物を建てるのをあきらめるか、守るべき人命・財産・機能を上部に配置し守らなくても良いものを下部に配置することが良い場合も出てくる。このように、ハザードの規模に応じてどのような対象に対してどこまで対策をして守るかを考える必要が出てくる。

一方、頻度についてみると、数年に1回見舞われるような頻度の高い水害とごくまれにしか訪れない頻度の低い水害とがある。一般に頻度の高い水害に対しては遭遇確率も高くなり、有効な対策を講じない場合の損害が大きく、逆に言うと発生しうる損害に対して講じる対策の費用が少なく、対策効果が高くなる場合が多くなる。これに対して、頻度が低いまれにしか遭わない水害に対し

ては、対策を講じてもその有効期間中に遭遇することなく結果的に対策費用が無駄になってしまう場合も多いと考えられる。

規模と頻度を組み合わせ考えると、発生頻度が高く規模の小さな水害に対して講じる対策は比較的簡便かつ効率的であるのに対して、発生頻度がまれで規模が極端に大きな水害への対策は効率が悪く難しいという傾向がある。一般に前者については個人や事業所レベルでの対策が、後者については避難対策やBCP・LCPなどの機能維持の対策が想定される。このほかに発生頻度が高く規模が大きな水害に対しては、そうしたリスクのある土地の利用をあきらめて規制したり、河川空間として利用したりすることが想定される。発生頻度がまれで規模が小さな水害に対しては、保険などによって経済的にリスクヘッジを図ることが合理的だと判断される場合が多い。これらを整理すると図4.1のようになる。グラフの左下方向から右上方向が、日常的災害から巨大災害に至る災害の性格を区分することとなり、左上方向から右下方向が、その土地の利用を禁じたり利用する際に対策を義務づけたり推奨したりする、あるべき規制・誘導の強度の区分と関係する。



図 4.1 水害の規模と頻度に応じた対策の考え方

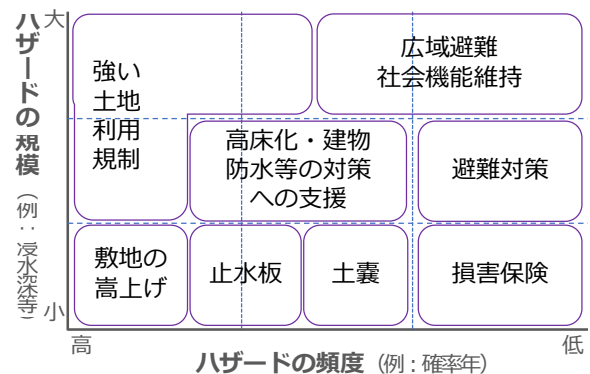


図 4.2 水害の規模と頻度に応じて推奨される対策の区分の例



また、それぞれの領域に対策を位置づけていくと、真ん中の中間的な領域に対策の隙間があり、まさにこの領域で建物レベルでの浸水対策と地区レベルでの避難・機能維持、土地利用の規制誘導と市場を通じたインセンティブの連携が求められると言える。

生起頻度別の外力（浸水深等）を地区ごと想定することが可能になり、3. で行ったような対策の費用対効果が明らかになれば、図4.2に例を示すような地区ごとの水害リスクを踏まえて推奨すべき対策区分を導出することが可能となろう。今後、こうした仮説の下で研究を進めていくことを考えている。

### 参考文献

- (1) 木内望 (2019) 「水害リスクを踏まえた建築・敷地レベルの対策の評価」平成30年度建築研究所講演会（資料集・スライド）  
[https://www.kenken.go.jp/japanese/research/lecture/h30/pdf/T03\\_Kiuchi.pdf](https://www.kenken.go.jp/japanese/research/lecture/h30/pdf/T03_Kiuchi.pdf)  
[https://www.kenken.go.jp/japanese/research/lecture/h30/pdf/S03\\_Kiuchi.pdf](https://www.kenken.go.jp/japanese/research/lecture/h30/pdf/S03_Kiuchi.pdf)
- (2) 社会資本整備審議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～」  
[https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/shaseishin/kasenbunkakai/houinkai/kikouhendou\\_suigai/index.html](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/houinkai/kikouhendou_suigai/index.html)
- (3) 国土交通省・経済産業省 (2020) 「建築物における電気設備の浸水対策のあり方に関する検討会」  
[https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku\\_house\\_tk\\_000132.html](https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_tk_000132.html)
- (4) 国土交通省「『水災害対策とまちづくりの連携のあり方』検討会」  
[https://www.mlit.go.jp/toshi/city\\_plan/toshi\\_city\\_plan\\_tk\\_000059.html](https://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/toshi_city_plan_tk_000059.html)
- (5) 日本学術会議気候変動と国土分科会 (2020) 「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」  
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t290-1.pdf>
- (6) 日本建築学会 (2020) 「提言 激甚化する水害への建築分野の取り組むべき課題 ～戸建て住宅を中心として～」  
<https://www.ajj.or.jp/jpn/checkbox/2020/20200629.pdf>
- (7) (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」  
<https://www.bosai.go.jp/info/press/2019/20190913.html>
- (8) (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」  
<https://www.bosai.go.jp/info/press/2020/20200925.html>
- (9) 国土交通省 (2020) 「不動産取引時において、水害ハザードマップにおける対象物件の所在地の説明を義務化～宅地建物取引業法施行規則の一部を改正する命令の公布等について～」  
[https://www.mlit.go.jp/report/press/totikensangyo16\\_hh\\_000205.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/totikensangyo16_hh_000205.html)
- (10) 楽天損保 (株) (2020) 「ハザードマップに基づいて保険料が変わる火災保険を発売 -『(新)ホームアシスト』では、建物の所在地の水災リスクに応じた保険料が設定されます-」  
<https://www.rakuten-sonpo.co.jp/news/tabid/85/Default.aspx?itemid=423&dispmid=753>
- (11) 木内望 (2019) 「水害リスクを踏まえた建築・土地利用マネジメントに関する考察 -土地利用・建築規制、計画誘導、市場誘導に関わる制度の実態と課題-」都市計画論文集54(3), pp.923-930  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalcpj/54/3/54\\_923/pdf-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalcpj/54/3/54_923/pdf-char/ja)
- (12) 国土交通省 (2021) 「『特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律案』(流域治水関連法案)を閣議決定～流域全体を俯瞰し、あらゆる関係者が協働する『流域治水』を実現します！～」  
[https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo02\\_hh\\_000027.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo02_hh_000027.html)
- (13) 国土審議会第4回計画部会配布資料 (2014) 「安心・安全で持続可能な国土の形成について (参考資料)」  
<https://www.mlit.go.jp/common/001061194.pdf>
- (14) 社会資本整備審議会住宅地分科会第3回勉強会配布資料 (2020) 「資料6 まちづくりを巡る状況について」  
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001346530.pdf>
- (15) 中野卓・木内望 (2020) 「水害リスクを踏まえた都市づくりにおける洪水浸水想定区域の活用可能性と課題」都市計画 Vol.55 No.3, pp.888-895  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalcpj/55/3/55\\_888/pdf-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalcpj/55/3/55_888/pdf-char/ja)
- (16) 気象庁 (2020) 「気候変動監視レポート2019」  
[https://www.data.jma.go.jp/cpd/info/monitor/2019/pdf/ccmr2019\\_all.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpd/info/monitor/2019/pdf/ccmr2019_all.pdf)
- (17) 中野卓・木内望 (2020) 「水害統計調査基本表に基づく河川水害による建物・市街地被害の傾向」都市計画報告 No.19, pp.324-329  
[https://www.cpii.or.jp/com/ac/reports/19\\_324.pdf](https://www.cpii.or.jp/com/ac/reports/19_324.pdf)
- (18) (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」
- (19) 木内望・榎本敬大・中野卓ほか (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 Vol.27 No.65, pp.499-504 (2月掲載予定)  
<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/aiji-char/ja>
- (20) 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 No.25, pp.79-84
- (21) 国土交通省国土技術政策総合研究所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 (『3.1 建物の浸水被害及び対策効果の評価手法の開発』 pp. 51-86)  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/bnn/bnn1080.htm>
- (22) 木内望 (2020) 「水害に強い住宅づくりへの取り組みを開始しました～『浸水を防ぐ』『早期・安価に復旧』『耐水性の向上』の3つの観点からの耐水化案の検討などについて～」建築研究所第18回専門紙記者懇談会紹介資料  
<http://www.kenken.go.jp/japanese/information/information/press/2020/7.pdf>