

V.まとめと考察

1. 各章での検討内容と結果のまとめ

前章まで（第Ⅰ章～第Ⅳ章）で、研究の背景と目的等を整理した上で、建築物の浸水対策案の試設計について、①木造戸建て住宅を新築する場合、②既存の分譲マンションを改修する場合、③RC造建物の1階に事業所が入居する場合の内装等工事の、3つの建築タイプ・場面を想定してモデル的な検討を行い、浸水対策の費用対効果等を検討した。本節では、前章までの検討内容と結果を整理し、得られた知見の概略をまとめる。

1.1 各章での検討内容と結果のまとめ

第Ⅰ章では、研究の背景と目的及び方法について述べた。研究の背景としては、日本の建築分野での水害対策にかかわる取り組みが欧米と比較して遅れている状況にあり、近年の水害対策が、河川区域外をも施策対象とした「流域治水」に転換が図られるのと併行して、官学民により色々な検討が始まってきたことを整理した。その上で、浸水リスクの把握に一般に用いられる「洪水浸水想定区域」における想定浸水深や区域内の住宅数等と比べて、実際の被災家屋数は少なく、被害程度も小さいことなどを示して、立地場所の具体的な浸水リスクの態様を踏まえて対策の費用対効果を追求することが必要であることを述べた。さらに、費用対効果の推計手順を示した上で、滋賀県の「地先の安全度マップ」相当データを利用すること等を述べた。

第Ⅱ章では、浸水被害のボリューム・ゾーンである、木造戸建て住宅を対象とした検討を行った。修復容易化案、建物防水案、高床化案、屋根上避難計画案、生活回復機能追加案、の5つの浸水対策案について、ヒアリング等をもとに考え方を整理して試設計を行い、計画案の実現に必要な建築コストを算定した。その上で、資産被害の低減を目的とした前3案について、浸水時の修復費用等の算定も行い、費用対効果を推計した。後2案については、対策の効果が発揮できると思われる場面・地点等の割合を求めた。その結果、各浸水対策案について、敷地の浸水特性に応じて一定の適用性が認められることが明らかとなった。また、費用対効果の観点からは浸水深50～100cm、確率年2～30年程度の浸水事象の影響が大きく、これによる被害の低減が肝要となること、などの知見を整理した。

第Ⅲ章では、令和元年東日本台風（第19号）による被害（地下階電気室の浸水による機能停止）などから関心が高まった、既存分譲マンションの浸水対策改修を対象として検討を行った。この建築タイプでの対策の検討と実施には、管理組合内での区分所有者間の合意形成が必要であり、その際に費用対効果の検証は主要な関心事項になると予想されること、浸水時の機能維持に際して共用設備等の対策が肝要となることから、こうした視点に基づいた検討とした。都心及び駅周辺立地型と郊外住宅地立地型の2タイプを対象として、典型的と思われるマンションモデルを設定し、洪水時の浸水経路・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、費用対効果等の観点から対策の適用性を検証する手順を示した。検討の結果、浸水時に多額の修復費用を要する区画やそこに至る浸水経路への対策や、ピット式駐車場などの脆弱な設備への対策に優先的に取り組む必要性が高いこと、確率年10～30年程度の浸水事象への対策の費用対効果が高いこと、などが明らかとなった。

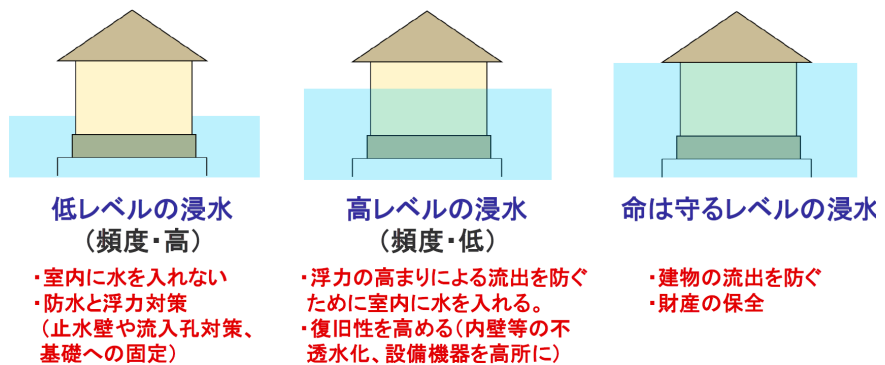
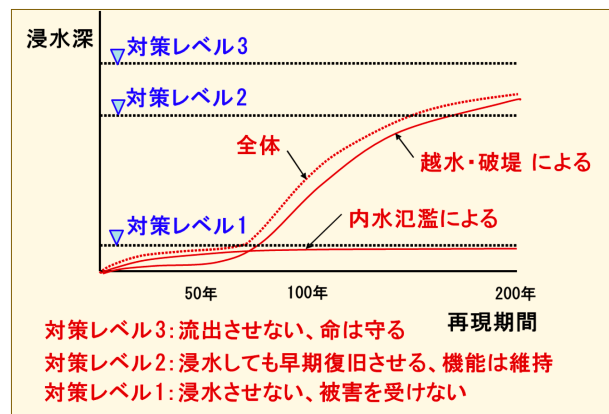
第Ⅳ章では、地域の経済や賑わいを支える事業所を対象とし、都市部のRC造建物1階に小規模な事業所が入居する場合の、内装工事時における浸水対策を検討した。業種による室・設備の

構成や備品等の多様性を考慮し、事務所及び、小売店、飲食店、小規模診療所、の4つの業種・モデルを想定して、一次止水区画が機能しない場合に備えて、室内に二次止水区画を設ける場合も含めた浸水対策案についても対象とした。他の建築タイプと同様の手順で検討を行い、適用性の高い業種の考え方等を示した。その結果、浸水対策の適用性は事業所の立地場所の浸水リスクの態様の他、①浅い浸水レベルで被害を生じる高価な什器・設備の存在量、②それらが二次止水区画を形成できるエリアにまとまっているか、③従業員等が止水板を設置する上での障害が少ないか、④費用回収を長期のスパンで考えられるか、などにより影響されることや、検討した4業種の内では、この4条件を満たす小規模診療所で、二次止水区画を設けるなどの高いレベルの浸水対策についても適用性が広く認められること、他の業種においても、浸水対策の適用性が認められる立地条件が一定程度、存在すること、などが明らかとなった。

1.2 各章の検討を通じて全体として得られた知見とその活用可能性

以上の結果、検討した3つの建築タイプ・場面において、一定の適用性のある浸水対策が実現可能であることを、主要な試設計図面の提示等を通じて示すことができた。それらの浸水対策案の費用対効果が見込まれる地点の浸水特性についても、具体例を示すことができた。また、記載した分析手法と手順により、頻度別の最大浸水深情報等を利用することで、浸水対策の費用対効果の検討が可能であることを実証した。

これらにより、2020年7月の日本建築学会による建築物の提言において示された建築物の waters 対策に関する考え方(図V-1)の一部(特にレベル1とレベル2)について、より具体的かつ定量的な検討ができたと考える。



図V-1 建築学会の提言に示された水害対策の考え方(解説スライド⁽¹⁾より)

さらに、ハザードマップの示す想定最大規模降雨や計画規模降雨に基づく浸水想定が大きな場合であっても、より頻度の高い浸水に備えた対策を行うことで、年期待被害額を効果的に減少させることが可能であることもわかった。この点について説明すると、例えば第III章で検討した既存分譲マンションの「軽度浸水対策」は、GL+30cm 程度までの氾濫に対する簡易な備えでしかないが、本検討で利用した地域のデータで確認する限り、都心及び駅周辺立地型マンションタイプにおいて85%、郊外住宅地立地型タイプで60%以上の地点で、対策費用を10年以内に回収することが期待できる結果となっている。同じ地点での生起確率500年以上に対応する浸水深に対

して、「軽度浸水対策」は効果がないにもかかわらず、より頻度の高い水害事象に対する効果が上回るからである。

どの程度の頻度・浸水深の水害に備えるのが最も効果的となるかは、各章において示したように、対象敷地の浸水リスクの態様や、建物の状況に応じて必要となる対策の形態と必要となる費用、建物内外の設備や動産の鉛直分布、等の状況により異なる。ただ、浸水リスクが認められる比較的多くの場合で、まずは土嚢（水嚢）や簡易な止水板で対策可能な床上 30cm から 50cm 程度の浸水に備えることを最低限として、浸水リスクの態様に応じて、より大きな浸水深に対して段階的に対策を検討していくことが妥当であることがわかった。

例えば、第IV章で検討した事業所の4タイプの内の3タイプ（物販店モデルを除く）では、止水板の設置等を事前に行えるという前提に立てば、簡易な浸水対策であるB案の浸水対策について「効果がある」（一定期間内に対策費用の回収が期待できる）としたメッシュ（地点）が、より高いレベルの浸水対策を講じたC案の場合よりも多い。C案で効果が期待できるメッシュは、B案で効果が期待できるメッシュの一部である。事務所モデルで 1,388 メッシュ/2,430 メッシュ（C案/B案。以下、同じ）、飲食店モデルで 835 メッシュ/1,744 メッシュ、小規模診療所モデルで 2,142 メッシュ/3,775 メッシュとなる。なお物販店モデルでは、C案の効果が期待できるメッシュの方が多い（2,411 メッシュ/2,134 メッシュ）が、これは二次止水区画の形成を平面計画の観点から断念した浸水対策となるためであり、B案との差は 277 メッシュである。

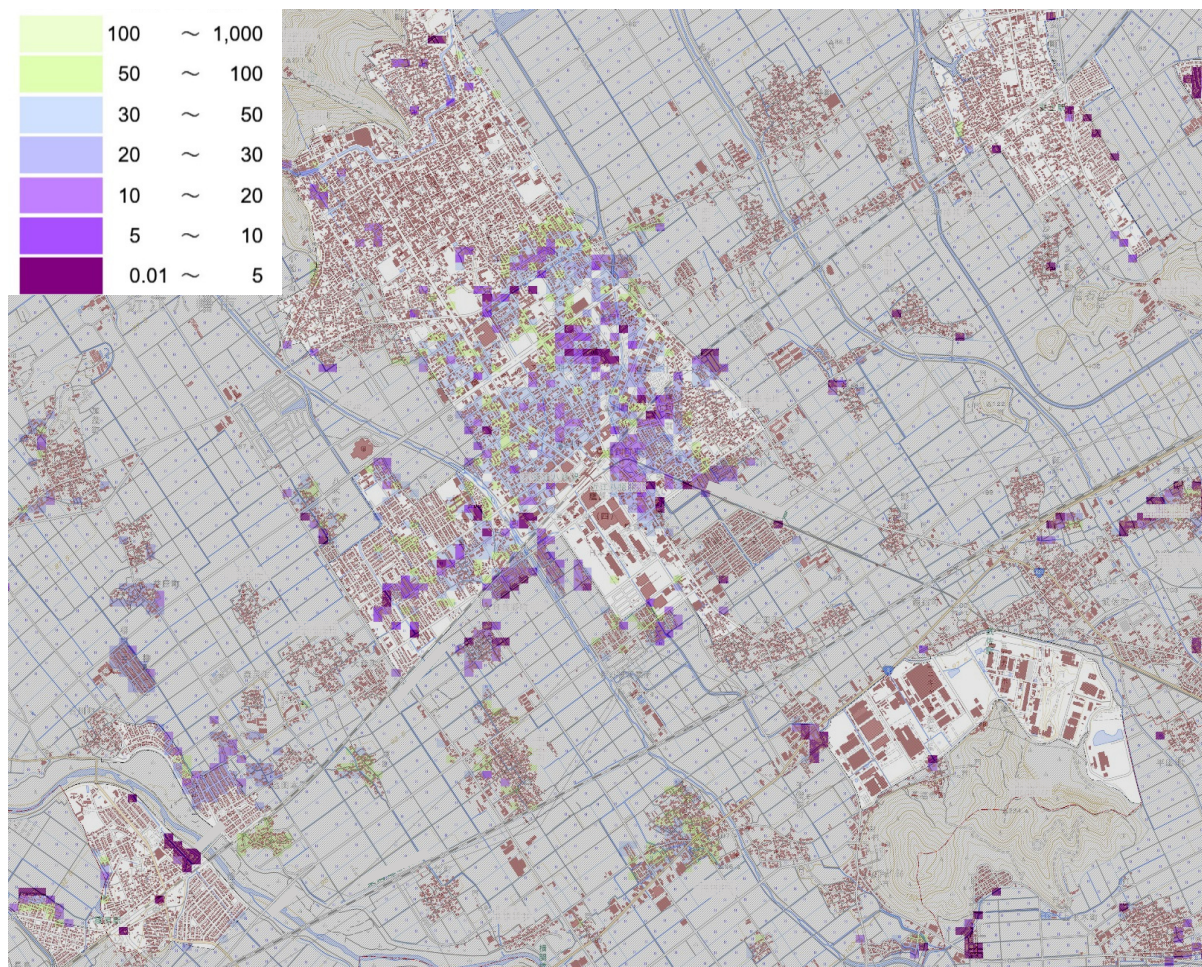
今後こうした知見を活用することで、本検討で対象とした以外の様々な建築タイプ・場面において、建物レベルでの浸水対策の検討と実践が進むことが期待される。

さらに、水害に強いまちづくりに際しての建築・土地利用の誘導への反映も考えられる。例えば、図V・2は、第II章で検討した高床化案の追加的建築コスト（対策費用）の平均回収年数について、メッシュにより色分けし分布を示したものの例となる。濃い色のメッシュほど資産被害の観点からみて氾濫によるリスクが高く、浸水対策の効果も高い地点とみなすことができる。水害対策を考慮したまちづくりを検討する際に、こうした地点の多い区域を建築・土地利用の規制や誘導策により浸水対策を進める対象の候補地とすることや、費用と効果の差額を住民等が対策を行う場合の助成額の参考とするなどの活用策が考えられる。

各方面において、こうした検討が進展することを期待したい。

参考文献・資料

- (1) 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～（解説スライド）」2020.6、18-19p
<https://www.aij.or.jp/jpn/databox/2021/210106slide.pdf>



図V-2 木造戸建て住宅の高床化による浸水対策の対策費用の平均回収年数
(灰色は、市街化調整区域)

2. 建築タイプに応じた浸水対策の試設計に関する比較考察

前章まで（第1章～第4章）の検討内容を踏まえ、いま一度、浸水対策に係る項目毎にポイントを整理する。「木造戸建住宅」の新築、「既存分譲マンション」の改修、RC造建物1階への「事業所」の入居、の3つの建築タイプ・場面では、第1にハザードの条件設定や浸水時における被害の生じ方、第2に止水対策の方策やその方針、第3に浸水被害時の修復・復旧の優先順位と考え方、第4に被害・対策に要する費用の推算と費用対効果の評価観点、以上の点において明確な差が見られた。

以下では、この4点から浸水対策の試設計の内容を比較考察し、ポイント毎に整理する。

2.1 ハザードの設定と浸水被害の生じ方

木造戸建て住宅

近年の大規模水害事例の視察結果を踏まえて、レベル1～4の浸水深＋土砂流入＋浸水継続時間を想定した。戸建住宅に特筆すべき点は、木造であることを理由とした被害形態が見られることである。具体的にはカビの発生や繊維系断熱材の吸水等であり、また浸水深が深い場合には、浮力による構造等への被害も生じる可能性がある。土砂流入は他の建築タイプでも生じ得る被害であるが、床下に流れ込んだ土砂の除去作業が発生する点は他の検討対象と異なる。

既存分譲マンション

マンションが立地する市街地で近年発生した水害事例等を踏まえ、内水氾濫を主とする軽度浸水、湛水型の浸水被害を伴う中度浸水、河川からの溢水等による重度浸水の3つのハザードを想定した。各ハザードにより生じる共用部分への浸水被害を検討したところ、都心型マンションにおいては、浅い浸水深でも地下階（に配置した電気設備等）施設への浸水被害が大きくなる可能性が、郊外型マンションではピット式駐車場の被害額が特に大きくなる可能性が挙げられた。

事業所

住居系建築物と違って出店コストの費用回収想定期間が短く、大掛かりな浸水対策の導入は費用対効果から見て困難な場合が多い。したがって、本検討における対策の検討に当たっては、比較的被害頻度の高い浸水ハザードである内水氾濫や、浸水深1m程度までの外水氾濫を想定し、それ以上の浸水深をもたらす河川氾濫被害は検討対象に含めないこととした。被害の生じ方は事業所の業態によって異なるが、造作家具・木製建具や空調換気設備の被害額がいずれも大きく、特に什器等の動産が被害を受けることで修復費用が高額となる傾向にあった。

【ポイント】

- ・戸建住宅、マンション、事業所はそれぞれ立地条件が異なる。地形条件も異なるため、浸水被害の想定も各立地条件に応じて検討する必要がある。
- ・戸建住宅では、カビや断熱材の吸水、浮力による構造被害等、木造であることによって生じる浸水被害が想定される。（軽量鉄骨造戸建住宅等でも一部共通する）
- ・マンションでは、比較的浅い浸水深でも地下施設の浸水被害を生じる可能性がある。
- ・事業所では、費用対効果の観点から対策可能な浸水深に限界があるため、比較的高頻度な浸水事象を対象とすべき。発生する被害は、特に什器類の損害額が大きくなる。

2.2 止水対策の観点から

木造戸建て住宅

今回「修復容易化案」「建物防水化案」「高床化案」の3つを主に検討したが、このうち止水について検討したのは「建物防水化案」「高床化案」の2つである。前者は腰壁までRC造とする、開口部に止水板等を設置する等によって浸水経路を遮断するものであり、後者は基礎自体の高さを上げることで浸水を回避する方策である。前者の建物防水化案では、建物高さに影響が無く、日常の利便等に大きな影響を生じないので（止水板設置の手間を除けば）汎用性が高いが、後者の高床化案については1FLが高くなることでポーチの階段数が増える、建物高さが高くなり第1種低層住居専用地域のような絶対高さ規制がある地域では抵触のおそれがある等、バリアフリーの観点や敷地条件によっては必ずしも適用できない場合がある点に留意が必要である。

既存分譲マンション

都心型と郊外型では、水囊や止水板の設置、止水弁の設置等の基本的な対策は共通するが、防水区画の考え方において両者は大きく異なる。地下階のない郊外型では、平面的に設備室等が分離している為、個々の設備室等において止水対策の有無を検討することで防水区画を設定することが可能である。一方の都心型では、地下階に重要設備が多くあり、地下階の各室が換気口や管路で繋がっているほか、地上と地下部分が換気口やマンホール等で繋がっている為、特定の設備室（区画）の止水対策を行うのみでは防水区画を設定することができない。複雑かつ多岐に渡る浸水経路を特定し、全ての経路に止水対策を施す必要がある点で、既存の都心型マンションへの対策は難易度が高いと考えられる。

事業所

基本的には費用対効果の低い浸水対策を避けること、業態によっては従業員がアルバイト主体となる場合もあることから、比較的簡易に対応できる方策に絞る必要がある。床高50cm程度の浅い浸水想定に対しては、RC造の腰壁、出入口の止水板設置等の対策を施すことで止水する。しかし、事業所用途は交通量の多い道路に面することが多く、床高100cm程度の浸水時には漂流物の衝突で止水板が機能しなくなる可能性もある為、本検討においては、物販モデルを除き、高価な機材の集まる区画に第2の水防ラインを設ける二段構えの対策を講じることとした。

なお、直前に物品移動を行うことで動産の浸水を回避することについては、水位上昇速度の予測が現状難しく、場合によっては従業員の避難の遅れに繋がりがかねないことから、現実的には難しい点に留意が必要である（本研究では検討してない）。

【ポイント】

- ・木造戸建て住宅においては、建物防水化と高床化の2つの選択肢を挙げたが、敷地周辺や居住者の状況に応じて、止水対策の手法を決定する必要がある。
- ・特に都市型マンションにおいては地下の防水区画の設定が難しく、止水対策に当たっては、多岐に渡る浸水経路を特定して適切に浸水対策を施す必要がある。
- ・事業所の止水対策については、止水板が機能不全となる万が一の状況を想定して、二段階の防水区画を設定して対策することが望ましい。また、対策はアルバイト等の不慣れな者でも可能なものを事前準備することが重要である。

2.3 修復・復旧の考え方

木造戸建て住宅

3つの案のうち「修復容易化案」を中心に、浸水後の修復方法を検討した。基本的な方針は、交換の必要性があるものは最低限の範囲で済むようにすること、かつ清掃を容易にするため1階の床下空間を工夫することである。前者は、吸水した断熱材の交換等に当たって関係のない床板を剥がしたりしないよう壁勝ちにし、かつ腰窓下で見切り分割を行う等の対策を施す。後者の清掃容易化は、流入した土砂の掃除や排水のため、一定の床下空間と釜場を確保することで対応した。いずれも特別な設備や高額な追加費用を要する対策ではなく、設計上の工夫で実現できる。

既存分譲マンション

マンション浸水時に復旧を最も優先すべきは電気をはじめとする共用設備である。電気設備が浸水した場合、エレベーターの停止や給排水に影響が生じ、特に中上層階居住者の生活継続に大きな支障が出る為である。マンションは浅い浸水深でも電気設備等に被害を及ぼす懸念があるため、本検討では戸建住宅と異なり浸水を許容する案を採用せず、可能な限り未然に浸水を防ぐものとしている。仮に浸水した場合には機器交換が発生する為、円滑な復旧に備えて、交換部品を予め保管することも考えられる。

なお、電気設備が浸水するほどの大規模な水害の場合には、敷地周辺一帯も同様に被害を受けている状況が予想され、電気設備の復旧には相応の時間を要することも考慮すべきである。本検討（第Ⅲ章の補遺2）では給水設備と仮設電源車の配備を想定し、当座のライフラインが維持されることを想定した。

事業所

被災後の早期営業再開を可能とする復旧の円滑化を目的に、中度浸水対策として浸水を前提とした仕上げ材や家具の選定を行う。具体的には、洗浄可能なタイル床への張替えや間仕切り壁の耐水化等を行うと共に、壁面収納造作家具の上下分離を可能とし、浸水時の交換範囲を最低限に留めるようにした。その上で、浸水時の交換費用が嵩む什器類は二段目の防水区画の内側に設置し、設置場所による工事費の違いの少ないコンセントやスイッチ、設備機器類を、浸水位より上部に設置した。上方設置や水防ライン内の配置が難しいものについても、高さに応じた回路の分離を行い、浸水による被害の軽減と、復旧の早期化を図ることとした。

【ポイント】

- ・木造戸建て住宅においては、設計上の工夫により、浸水時に取り換える部材の範囲を限定することや、浸水後の土砂や水の排出を容易にすることが可能である。
- ・マンションにおいては、浅い浸水深でも電気設備の被害を生じる可能性がある為、浸水を許容する対策案は取り難い。また、浸水時に備えて交換部品の備蓄や仮設復旧も検討すべきである。
- ・事業所においては、被災後に早期の営業再開を行う為にも、浸水を前提とした仕上げ材や家具の選定を行うと良い。高価な什器・設備類は交換範囲を最小限にとどめるためにも、上下分離や回路の分離等を行うことが考えられる。

2.4 被害・対策に係る費用と効果

木造戸建て住宅

浸水時の被害は建具や水回りの衛生設備で金額が大きくなる他、断熱材の入れ替えによる床や壁の張替えも発生する。何も対策しない場合の修復費用は床上浸水以上になると大きく増嵩し、今回検討した基準案では600万円以上の高額な修復費用が発生すると推計された。

これに対して、3つの対策シナリオの費用は「修復容易化案」「高床化案」「建物防水化案」の順に高額となる。最も低額で済む修復容易化案では、浅い浸水深に対して高い費用対効果を発揮するものの、腰窓を超える深い浸水深に対しては殆ど費用軽減効果が見込まれない。高床化案は通常の腰窓下レベルの浸水深であれば、そもそも床上浸水を許すことが無い為、優れた被害軽減効果が見込まれる。ただし、既述の通り敷地周囲の条件等によって適用範囲が限られる為、立地を選ぶ対策手法である。建物防水化案はRC造の腰壁に要する費用が高額であり、浅い浸水深が想定されるエリアでは十分に費用回収が見込まれないが、高床化案と同じく比較的浸水深の深い地域での適用性が高いと推計された。

なお、今回は補足的検討として屋根上避難及び生活回復機能の追加案も検討した。特に後者は追加コストが高くかつ日常利便との見合いが必要であり、今後一層の検討や関連技術開発が求められるところである。

既存分譲マンション

被害時の修復に要する費用は、都心型・郊外型共に電気・設備関連で高額となる。特にエレベーターと機械式駐車場は都心型・郊外型共に修復費用の主要部分を占めている為、これらを対策することによる費用対効果も十分に高く見込まれる。都心型においては、地下に配置した電気室機器や給水タンク・ポンプ等の交換費用も高額となる。

こうした被害額想定に対して、マンションにおいては確率年の短い浅い浸水深による対策の費用対効果が特に高いと推計された。これは、①機械式駐車場の浸水対策による修復費用の低減、②都心型においては重要設備の設置された地下階への浸水の阻止による被害回避、③止水対策に要する費用が低く抑えられることの3点が要因であり、中度浸水・重度浸水への対策は相対的に費用対効果が低い結果となった。ただし、マンションの場合は電気設備浸水時の生活継続への影響や駐車場浸水時の個人所有車両への被害にも留意が必要な為、費用対効果に加えてそれらを考慮して対策の可否を検討すべきである。

なお、今回の検討において詳述していないが、マンションで対策を検討する際には、長期修繕計画との整合性や管理組合での事前合意形成、共用部分の保険加入等にも留意する必要がある。

事業所

浸水時の現状復旧費用については、不動産取引仲介業店舗・洋食レストランといった業態では造作家具類の多さから建物修復費用が、食品等小売店・歯科医院といった業態では高額な什器類や商品在庫の被害が中心となり、後者の業態で現状復旧費用が大きくなると推計された。

これに対して、対策による追加的コストの主たる部分は止水用のRC造腰壁と止水板が占める。対策を行わない場合（基準案）の工事費は不動産取引仲介業店舗、食品等小売店、洋食レストラン、歯科医院の順に高額になると想定され、対策の追加的コストの占める比率は、上記工事費に反比例する。その為、歯科医院のように小部屋や作り付け家具が多く工事費が高く、かつ高価な医療機器が集中する事業所では、一定の浸水が想定される場合に、追加的なコストの大きな対策

でも費用対効果が高く、比較的短期間で対策費用を回収することが可能と想定される。反対に、不動産仲介業店舗等の高価な機材がない業種では高度な浸水対策の費用対効果が低くなるため、追加的なコストの少ない軽度な対策が適していると考えられる。

なお、特に飲食店は出店コストの資金回収サイクルが短く想定される為、大きなイニシャルコストを投じた浸水対策が困難な場合もある。また、事業所内の店舗デザインによっては二次水防ラインを設定できない場合もあり得る為、対策自体の費用対効果に加えて、日常業務の運用性や出店等に要するコスト等を勘案して対策の検討を行う必要がある。

【ポイント】

- ・木造戸建て住宅においては、浅い浸水深に対しては修復容易化案が、大きな浸水深に対しては建物防水化案・高床化案が高い費用対効果を発揮する。
- ・マンションにおいては、浅い浸水深に対する対策の費用対効果が高く、イニシャルコストも低い為に広範に導入しやすい対策であると考えられる。ただし、今回の検討は共用部分の対策であり、個人所有車両等への被害についても対策検討時には留意する必要がある。
- ・事業所においては、特に高価な機材を有する区画の防水が費用対効果も高く重要である。対策検討の際は、出店コストの回収や客動線等の止水以外の面も踏まえる必要がある。

3. 浸水対策案の試設計及び費用対効果の分析に関わる留意点と課題

ここまでの検討は、一定の前提条件に立って浸水対策案の試設計とその費用対効果の分析を行っている。こうした前提条件を留意点として再確認した上で、関連する課題を整理する。

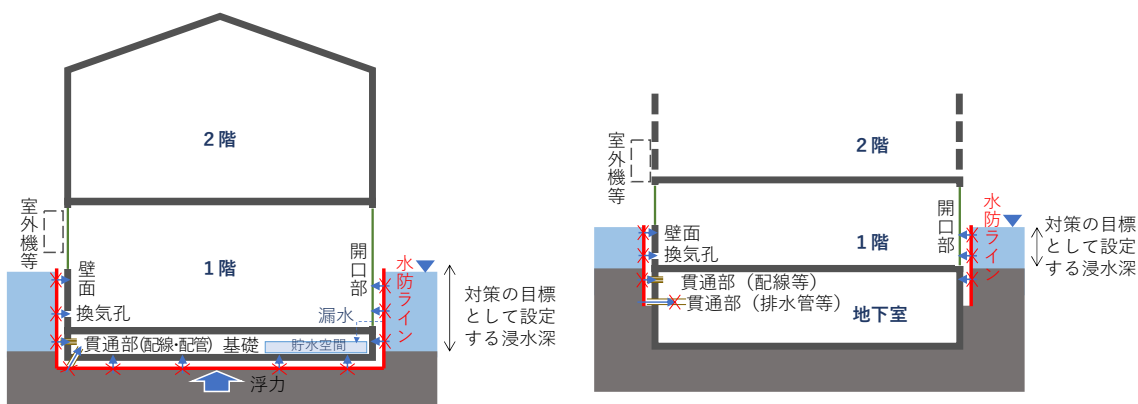
3.1 浸水対策手法について

浸水対策案の試設計においては、採用した対策手法については原則として対策の意図通りに機能することを前提として行い、費用対効果等を評価した。筆者らは、個々の浸水対策手法については専門ではないため、ここでは留意点と課題について整理して指摘しておきたい。

下記に関して今後、対応した（安価な）製品・商品の開発と、研究開発や基準類等の整備が進むことを期待したい。

1) 建物内への浸水を抑止する案（建物防水化案等）における留意点と課題

建物内への浸水を抑止する計画案（第Ⅱ章の建物防水化案、第Ⅲ章及び第Ⅳ章の各浸水対策案等）の共通点を整理すると、対策の対象となる浸水深よりも高い位置で建物を取り囲んだ「水防ライン」（実際は「面」だが図面上では「線」で表される）を設定した上で、その構成要素となる、壁面、開口部、貫通部及び、それらの間の接合部等について止水性を確保するとともに、その外側に配置される設備等について浸水深よりも高い位置に設ける、との考え方（図V-3）になる^①。比較的軽量の建物である戸建て住宅等の場合は、浮力の影響を受けないことの検証も必要である。



図V-3 水防ラインの設定による浸水抑止の考え方
(左:戸建て住宅、右:地下室を有するマンション等)

こうした「水防ラインの構成要素」の止水性能について、わが国では現時点で共通的に評価する基準がほとんどないのが実情である。例外的なものとして JISA4716（浸水防止用設備建具型構成部材）^②はあるが、本来はシャッター型及びドア型を対象としている。どのような洪水（浸水深・流速・継続時間等）に対して、どの程度の止水性能（面積・時間当たりの漏水量等）が確保され、その性能を担保するためにどのような維持管理（点検・交換等）が必要なのか、性能を確認する手法も含めて公開された情報が整備されておらず、今後の技術開発を待つ必要がある^③。以下では、主な構成要素毎にコメントする。

壁面（主に外壁）については、マンション等で用いられる RC 壁と、戸建て住宅等で用いられ

る木造・その他の壁により大きく異なる。前者の場合、基本的な止水・耐水性能は確保されているとみなしてよいと考えるが、コンクリートの打ち継ぎ部分や、テナント工事時等において後施工となる新設部分と既存躯体との接合面等の施工精度や、建物供用後のクラックの止水の維持管理等の影響を受ける。後者の場合、一般に止水性能の認められる壁部材は流通していない²⁾。

扉や窓等の開口部に関しては、浸水深 5m 以上においても止水可能な水密扉が発売されている以外には、止水性能のある商品は一般に流通していない。止水扉は、高性能のものは船舶等で用いられるのと同様の構造で、重厚かつ高価で、電気室等以外の平常時に頻繁に出入りする開口部への採用は現実的ではないと考えられる。窓サッシの水密性に関する JIS A 4706-2000 (サッシ) の規格は、「雨水浸入防止対策」に関するものであり、洪水による浸水は想定していない。このため、今回検討の試設計においては主に止水板を用いることとしており、規格に関しては、JIS A 4716-2019 (浸水防止用設備建具型構成部材) を準用した評価が行われていることが多い。ただし、比較的大きな流速・浸水深及び浮遊物の衝突等に対する安定性に関する評価は行われていない。また、洪水の発災前に人的介入による設置が必要であり、室内からの退出時に外側から設置を行うのが基本のため、避難などの判断のタイミングとの兼ね合いが難しく、不在時・休館時等の対応も課題となる。大きな浸水に耐えるものは重く、設置が容易ではないなど、确实・安価・手軽の3つの観点からさまざまな条件を勘案して優先度をつけて選択する必要がある。

貫通部に関しては、換気口、管路及び配線などが考えられる。床下換気口に関しては、止水板や止水シートなどの商品が市場に提供されているが、管見の限りでは床上に及ぶ大きな浸水を想定したものではない³⁾。特に、近年の戸建て住宅において主流となっている基礎パッキン (ネコ土台) 構法に対応した止水方法はみあたらない。排水管 (下水管) に関しては、逆流防止弁 (逆止弁) の採用が考えられるが、固形物の詰まりなどによる日常の支障や水害時の動作不良の懸念がある。确实性の観点からは、手動によるバルブ閉栓が考えられるが、事前閉鎖と避難とのタイミングの兼ね合いに関して止水板設置と同様の問題が想定される。配線等の貫通部に関しては管路口防水装置の採用が想定される。

また、上記の要素毎の止水性能の他に、例えば止水板の躯体取付け部等の接合部における性能の確保も重要である。施工の确实性が求められる他、地震動による建物の揺れや歪み、熱による膨張等をも想定することが重要と考えられる。さらには各要素からの多少の水漏れに対して、貯留空間の確保や、ポンプ等による排水を用意した計画とすることも必要と考えられる。

以上の他に、建物の利用や維持管理等のソフト面の課題がある。止水板に関しては、保管場所の確保や、确实な設置のためのタイミング等の手順の取り決めや事前訓練が重要であろう。その他には、平常時の使用に伴う摩耗や、老朽化、破損、故障及び、地震等による躯体の歪み等に対して、どのように維持管理・点検を行い、どのような状況に至った場合に修理交換とするのかを、事前に定めておくことが重要であると考えられる。

2) 浸水を前提とした対策における留意点と課題

第II章での復旧容易化案や第IV章での浸水対策案2においては、建物内への浸水を前提に、現状復旧に伴う費用や手間を削減する対策を検討した。第II章から第IV章において、浸水時の建物修復費用の検討と算定を行っている。これらの検討においては、一定の修復経験のある工務店からの見積もりを得るなど、可能な範囲で客観的な費用が算出できるよう、手順を踏んでいる。

しかしながら、洪水のタイプや、被災建物、被災後に置かれた環境条件（湿度や復旧への着手までの期間等）、修復に対する被災者の判断等は多様であり、また修復作業の担い手も、住民や、ボランティア、職人と多様である。日本全国のレベルでは頻発化する水害も、地域毎の単位で見れば発生頻度は必ずしも高くなく、工務店や建築士等の修復経験も一般に十分ではなく、修復の方法及び工程、費用について定式化されている訳ではない。建築士会や、専門ボランティア団体、関心のある研究者、ハウスメーカー等による取り組み（第I章1.3参照）が進展し、復旧が容易な建物のあり方に関する取り組みと、その客観的な評価基準の整備につながる事が期待される。

また住宅の浸水後の修復費用において、ユニットバスやシステムキッチン等の設備の修理・交換や、床システムの交換の費用が相当額を占めることから、これらについて全面撤去とせずに修復可能なシステムや工法を開発することが望まれる。

3.2 費用対効果の分析に関する留意点と課題

第II章から第IV章までの浸水対策の費用対効果の分析においては、浸水対策に関わる追加的費用及び、水害時の浸水深別の原状復旧費用の対策による低減額、その浸水深の洪水が生じる確率年、の3つの情報から、浸水対策費用の平均回収年数を求めることで、対策の費用対効果を評価した。この点に関して、3つの観点により留意点と課題と展望を述べる。

1) 数値化しにくい被害等の評価に関して

本検討の分析においては、数値化しにくい被害や個別性の高い被害については対象としていない。第I章(2.2)に述べたように、こうした被害には、被災者の精神的苦痛や、事業者の情報損失や営業損失、災害ゴミの処理等の社会的費用、原価償却の影響などがある。

こうした費用の内の何を含めて何を含めないかは、検討の目的に応じて勘案すべきであり、こうした費用を考慮して同様の計算を行う他に、こうした費用が計算の外に存在することを斟酌した上で、より大きめや小さめの数値で判断するなどの利用が可能ではないかと考える。

2) 期待値計算により評価することに関して

また本検討の分析においては、浸水対策費用の平均回収年数や年期待被害額などの、水害の発生確率を見込んだ「期待値」により評価を行っている。こうした手法は、比較的長期にわたる多地点での統計的優位性を説明するのに適しているが、個々の居住者にとっては、自敷地に居住している期間の水害の有無や浸水深等がもつばらの関心事となり、確率が高いところが浸水しない場合や、確率が低いところが浸水する場合は発生することは個々には避けられない。

そこで損害保険等の仕組みを用いて、敷地の浸水リスクと建築物の浸水対策の実施状況の両者を考慮した保険料率を適用することで、結果的に浸水リスクの低い場所への立地誘導と高い場所での対策の実施を誘導することが考えられる。損害保険会社が担うことが難しい、個々の住宅の浸水対策に関する評価は、地震保険などの場合と同じ様に住宅の性能評価制度等の仕組みを用いることが考えられる。

3) リスクの低い場所への移転と気候変動影響の考慮について

第II章5.2節（及びその補注4）で説明したように、一般に浸水被害が発生する氾濫の発生頻

度が高くなると平均被害額と被害軽減効果が大きくなり、本検討で用いた費用対効果の算定手法の下では対策の有効性が高まることとなる。しかしながら、相対的に浸水リスクの低い他の地区に移転することのメリットも大きくなることに、留意する必要がある（浅い浸水深の氾濫が発生する頻度が、深い浸水深の氾濫が発生する頻度と近似している場合を除く）。本検討では、建築物での対策を対象として費用対効果の検討を行ったが、状況によっては、建築物以外での対策についても考慮する必要がある。

気候変動影響による、いわゆる「水害の頻発化・激甚化」の影響についても同様である。一般に建築物に浸水対策を講じることの効果が高まると考えられるが、同時に浸水リスクの低い他の地区にその立地を変えることの有効性も高まると考えられる⁴⁾。

4) 確率年別最大浸水深に関するデータ整備と利用に関して

最後に、分析過程で用いる年期待被害額の算定には、地点毎の確率年毎の最大浸水深に関する情報が必要である。本検討においては、研究着手時点において全国で唯一公開されている、滋賀県の「地先の安全度マップ」相当のデータを用いた（第I章2.2参照）。浸水対策費用の平均回収年数別メッシュ割合に関する分析（図II-20、図III-19、図IV-55等）は、滋賀県に限った結果となるが、各浸水対策案の効果のあるメッシュの浸水特性や平均被害軽減額等の分析は、滋賀県に必ずしも限らない知見を導くものとなっている。

なお、現時点で「地先の安全度マップ」と同様の浸水リスク情報が全国的に整備されているわけではなく、建築物の浸水対策の効果が見込める地点がどのように広がっているかを確認することは難しい。一方、「地先の安全度マップ」が各地点における浸水確率を正確に示しているか、厳密な検証が行われている訳でもない⁵⁾。

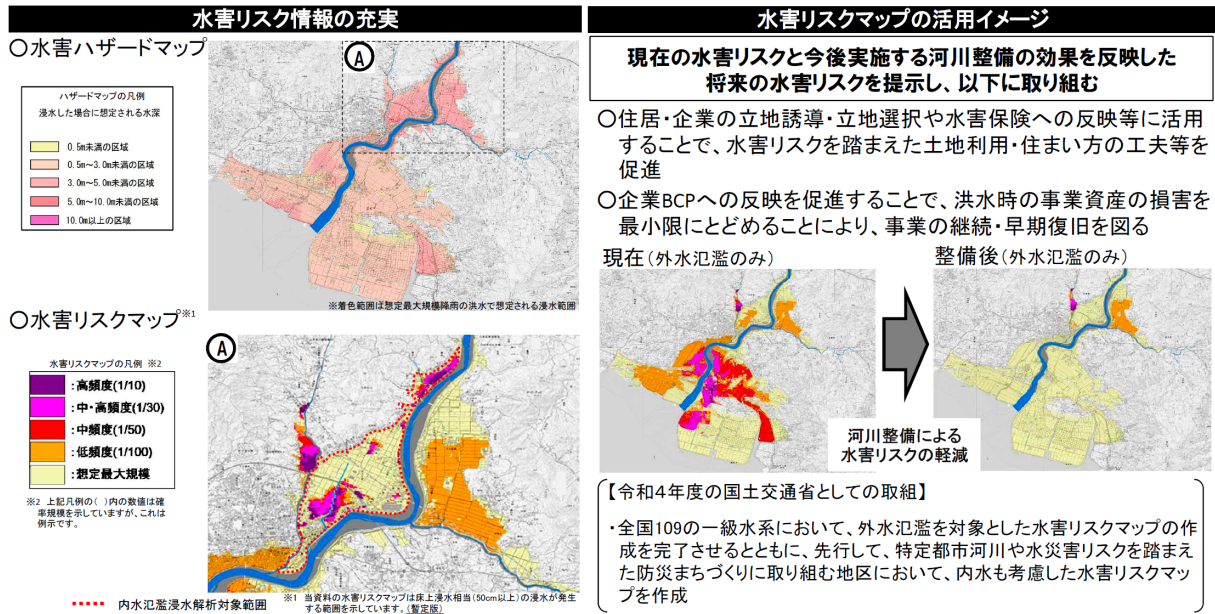
一般には、各地点における浸水リスクの程度を判断するのに、ハザードマップにおける浸水想定区域図が用いられるが、これをそのまま土地利用や建築の誘導に用いるのには限界がある⁶⁾。こうした限界は、浸水想定区域図が住民の避難情報としての活用を第一に想定して作成されており、①前提が想定最大や河川の整備計画の前提とする降雨規模に限られていることや、②河川や下水道等の管理主体別に異なった条件で作成され個別に提供されていること、③計算した水位で破堤しうる地点毎の氾濫シミュレーション結果の最大浸水深を包絡した図となっていること、④その他の設定においても安全寄りの想定が用いられていること、などから生じている。第I章(1.2)にみたように、浸水想定と被害実績とを比較すると大きなギャップがある。その他に、想定浸水深の区分（特に0.5m～3.0m）が建築物の計画・設計のスケールと合わない問題もある。

建築物における浸水対策による資産被害の軽減の観点からは、個々の建物が立地する地点毎の実勢に近い確率を用いることが重要となる。国土交通省（水管理・国土保全局）では現在、水害リスクマップ（浸水頻度図・多段階の浸水想定図）の作成を進めつつあり（図V-4）⁶⁾、これは上記の課題に応えたものであるといえる。実際には、上記の課題の内の、①及び②に関して解決を図ったもので、③に関しても、計算した水位での破堤しうる地点が減少することで、多少のギャップの解消が図られていると想定される。また、近い将来の治水整備の効果を反映した浸水想定も提供することにも取り組んでおり、これを建築対策の判断に利用することも考えられる。

なるべく実勢に近い地点毎の浸水の確率を反映したリスク情報の提供が進み、建築物の浸水対策などに利用されることが期待される。

水害リスク情報の充実(水害リスクマップ(浸水頻度図)の整備)

- 従来、想定最大規模降雨の洪水で想定される浸水深を表示した水害ハザードマップを提供し、洪水時の円滑かつ迅速な避難確保等を促進。
- 今後は、これに加えて、浸水範囲と浸水頻度の関係をわかりやすく図示した「水害リスクマップ(浸水頻度図)」を新たに整備し、水害リスク情報の充実を図り、防災・減災のための土地利用等を促進。



図V-4 水害リスクマップ (国土交通省資料より)

補注

- 1) 国土交通省住宅局は令和3年度(2021年度)からの3年間で、「住宅の計画・設計段階における耐浸水性能を評価する日本住宅性能表示基準及び評価方法基準の整備に資する技術的資料をとりまとめることを目的」として、「建築基準整備促進事業」により「住宅の洪水時の耐浸水性能に関する検討」を進めている⁽³⁾。
- 2) 本件に関しては、(株)一条工務店が実施した「耐水害住宅」の公開実大実験と商品開発について第I章(1.3)において言及したが、ここでその浸水防止対策の内容にも触れておく。当該住宅については、壁面は独自の透湿防水シート及び防水接着材等による止水がなされており、その他に、ベタ基礎における施工方法の配慮、床下換気口におけるフロート弁の採用、基礎貫通部における防水ソケットやシールパッキン、扉・窓における中空パッキンの採用、排水管の逆流防止弁、等の浸水対策が講じられている、とされる⁽⁴⁾。
- 3) 英国等では煉瓦造を前提にした、ゴムボールによる浮力を利用して洪水時に自動的に止水が行われる製品などが販売されている。
- 4) 気候変動に伴い将来予測される降雨量の増大によるリスクと対策効果の影響については、文献(7)において、内水及び外水氾濫のリスクのあるデルタ地域を事例にして、説明されている。次ページ図に示すように、同一の被害を生じる降雨(氾濫)事象について、その生起確率が増える(頻度が高まる)ことで、生起確率×被害額と期待被害額も増大する。同様にして、対策により被害軽減できる降雨(事象)についても、その生起確率が増えるため、期待被害軽減額が増大することとなる。

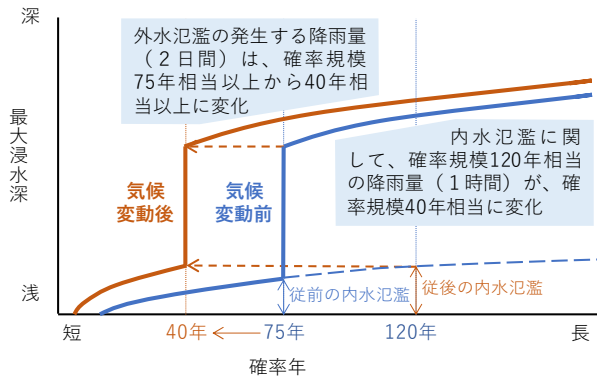


図 対象地域の気候変動に伴う浸水特性の変化⁽⁷⁾

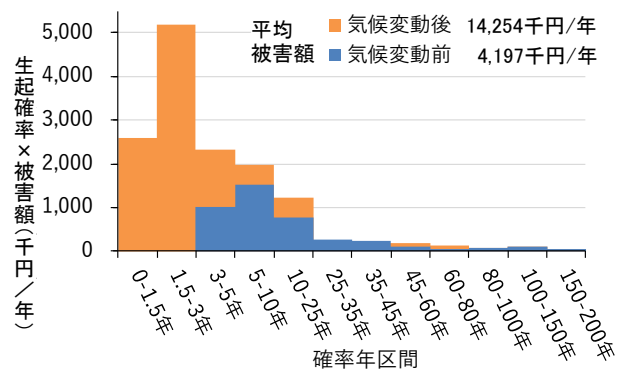


図 確率年区間別の生起確率×被害額の変化⁽⁷⁾

- 5) 一般に、低頻度事象に対する浸水想定は比較的単純な前提に基づいて計算することができるため、複雑で多様な前提を考慮する必要がある中頻度及び高頻度事象に対する浸水想定の方が、より計算が難しいと考えられる。

参考文献・資料

- (1) 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>
- (2) 経済産業省 (2019)「浸水防止用設備建具型構成部材に関する JIS 制定」2019.11
<https://www.meti.go.jp/press/2019/11/20191120001/20191120001-2.pdf>
- (3) 国土交通省住宅局 (2021)「建築基準整備促進事業について」
https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/jutakukentiku_house_fr_000016.html
- (4) 和木洋・高橋武宏ほか (2022)「浸水深 1 m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
- (5) 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」都市計画論文集 55 (3)、pp.888-895、2020.10
https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalcpj/55/3/55_888/_pdf
- (6) 嶋田剛士 (2022)「水害ハザードマップと水害リスクマップ ～水害リスク情報の充実に向けて～」月刊建設 66、pp.19-21、2022.6
https://www.zenken.com/kikkansi/vol_66/06/zk_vol66_06_19_21.pdf
- (7) 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 4.1.35 調査対象地域の気候変動による浸水特性の変化」及び「図 4.1.36 確率年区間別の生起確率×被害額の変化」149p)
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn1080.htm>

