

水害リスクを踏まえた建築・敷地レベルの対策の評価

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
- II 統合的浸水ハザードと浸水リスク評価
 - 1) 洪水ハザードマップの課題と「統合的浸水情報」の考え方
 - 2) 統合的浸水ハザードとリスクの算定
- III 住宅・事業所の浸水被害リスクと対策の費用対効果の試算
 - 1) 実際の住宅・事業所を対象とした試算の実施
 - 2) 試算方法
 - 3) 試算結果
- IV 統合的浸水リスク情報に関する意識調査
 - 1) 概要
 - 2) 情報提示手法に対する意識調査結果
 - 3) 対策行動に対する意識調査結果
- V まとめ及び考察
 - 1) まとめ
 - 2) 浸水リスクを踏まえた都市のあり方について

補注・参考文献

I はじめに

近年、「福知山水害（平成26年）」、「常総水害（平成27年）」、「西日本豪雨（平成30年）」など、各地で都市部においても集中豪雨と浸水被害の発生が相次いでおり、地球規模での気候変動の影響ともいわれている（図1）。平成23年の東日本大震災後の取り組みでは、防潮堤等の海岸防護施設の設計外力を超えた巨大津波害に対して、浸水を前提とした「多重防御」の都市づくりを行うこととなったこともあり、洪水に対しても氾濫を前提とした都市づくりや建築における対応を求める声も大きい。

筆者は昨年度まで、国土交通省国土技術政策総合研究所（国総研）において、事項立て課題「気候変動化の都市における戦略的災害リスク低減手法の開発（研究期間：平成27～29年度）」（以下、「国総研研究」と略記）に参画していた。この研究は、国総研所長を本部長として、河川研究部、下水道研究部、都市研究部等より構成される部門横断組織である気候変動研究本部により実施されており、気候変動により今後見込まれる水害リスクの上昇等に対して、ま

ちづくり等と連携した対策のあり方に関して分担して研究した。国総研研究の枠組みを次ページの図（図2）に示す。

ここでは、国総研研究で筆者が主に分担した内容を中心に、内水や中小河川の氾濫により生じる浸水における身近な資産被害に着

近年の都市大水害

ここ数年、都市部における水害が相次いでおり、将来の気候変動影響への危惧が高まっている。

気象庁「気候変動監視レポート2017」

- × 1時間降水量50mm以上及び80mm以上の短時間強雨の年間発生回数はともに増加
- × 日降水量400mm以上の大雨の年間日数は増加

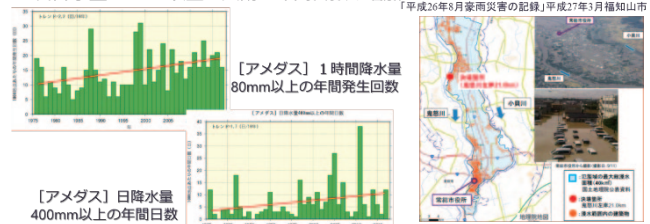


図1 近年の都市部における大水害と気候変動の影響



図2 国総研研究における研究の枠組み

目して実施した、敷地・建物レベルでの水害対策の効果と課題、対策の前提となる浸水ハザードとリスク情報のとらえ方、対策効果の評価手法、浸水対策を促すリスク情報の提示手法等についての研究成果を中心に紹介する。その上で、水害リスクを踏まえた都市のあり方に関して論じることとする。

II 統合的浸水ハザードと浸水リスク評価

1) 洪水ハザードマップの課題と「統合的浸水情報」の考え方

国総研研究において前提とした、「統合的浸水情報」に関する考え方を、下図(図3)に示す。

現在、水防法等の規定に基づいて、さまざまな洪水ハザードマップの作成と避難等における活用が進んでいる。しかしながら、現行のハザードマップによる浸水想定を、建築・敷地レベルや地区・都市レベルでの取り組みの前提として用いる上で、いくつかの課題がある。一つは現行の浸水想定が、原則として河川(外水¹⁾)の場合)や下水道(内水¹⁾)の場合)等の施設管理者の立場から、別個に提供されていることで、しかも、それぞれの前提とする降雨事象の頻度(平均して何年に一度発生するか)等の条件が異なるものが採用されていることである。このため、ある地点における洪水時の想

定浸水深の情報を得るには、これら複数のハザードマップを全て収集することが必要となる。また全て収集したとしても、浸水想定的前提が異なるため比較が難しく、概して大河川の氾濫が、頻度は低いが、一旦あふれると浸水の範囲が広大で深さも大きくなるため、このハザードマップのみに着目することになる。

また、実際の浸水想定の実施においては、想定する降雨規模について時空間分布を仮定し、ダムや水門等の河川施設や、排水ポンプ等の操作・運転状況、河口における潮位や破堤地点等についての様々な条件を設定した上で、氾濫シミュレーションが実施されている。そしてハザードマップにおいて「想定外」の被害が発生することのないように、多くの場合でこうした条件設定について、被害が最大となる「安全側」の条件を採用した複数のシミュレーションを行い、各地点における最大の浸水深をハザードマップにおける浸水深として採用しているのである。

こうした浸水想定は、避難等の「命を守る」行動の参考としては適切であるかもしれない。しかしながら、「財産を守る」ための住民・事業所の対策行動の前提としては、多くの場合で、特に建築・敷地レベルでの対応能力を超えた想定結果を示しているため、「お手上げ」「思考停止状態」となってしまうのである。

これに対して、別個に提供される浸水想定情報を統合した上で、異なる発生頻度毎の想定浸水深や、異なる想定浸水深毎の発生頻度情報を地図情報等として、安全側にも危険側にもなるべく偏らない数値に基づいて提供すれば、住民や事業者も、各々が想定される被害の実態等を踏まえて対策を検討することが可能になり、ひいては、多くの都市で策定検討中または策定検討済みの都市再生特別措置法に基づく「立地適正化計画」における居住誘導区域の設定をはじめとする、地区・都市レベルでの対策検討の際の参考ともなり得るのでは、と考えられる。また、こうしたハザード情報に基づいて、個々の住宅や事業所等において想定される被害の可能性と対策による効果についても、わかりやすく示すことによって、建築・敷地レベルでの対策の取り組みが進展するのではないかと考えられる。

そこで実際に、特定の対象地域を設定して、「統合的浸水情報」として、「統合的浸水ハザード」と「統合的浸水リスク」の算定・提示を行い、その効果について検証した。

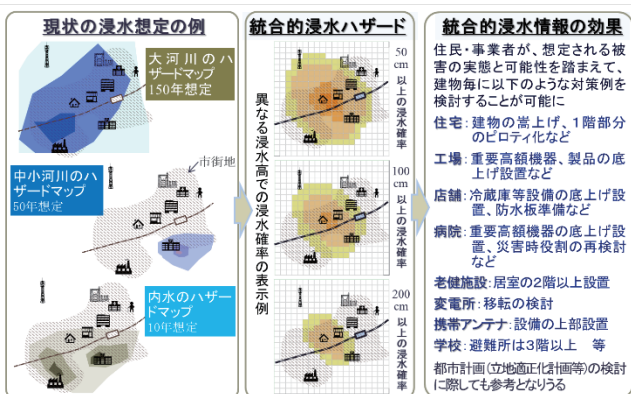


図3 前提とする「統合的浸水情報」の考え方

特定（想定最大）のシナリオだけでなく、起こりうる浸水シナリオをできるだけ幅広く考慮した上で、試算した浸水深の中央値を再起年数に対する浸水深として採用

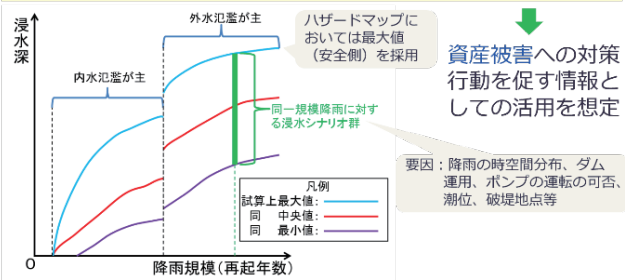


図4 「統合的浸水ハザード」の算定にあたっての考え方

2) 統合的浸水ハザードとリスクの算定

統合的浸水ハザードの算定は、河川研究部が担当し、資産被害への活用を前提に次の手法で行った（図4）。

前述のように、再起年数・頻度の異なる降雨規模に対して、降雨の時空間分布や、ダム の運用、排水ポンプ運転の可否、河口の潮位や破堤地点などの要因を考慮して行っている多くの浸水シミュレーション結果について、原則、地点ごとに最大浸水深となるものを採用して示しているのが、現行の洪水ハザードマップの作成手法となる。これに対してここでは、起こりうる浸水シナリオをできるだけ幅広く考慮した上で、各浸水深を試算した結果の中央値を、再起年数に対する浸水深とした。ただし、今回の検討に際しては、外水氾濫の算定が間に合わず、頻度の高い、内水氾濫のみを簡略的に算定したものを利用した。

次に、ハザードから資産被害のリスクへの換算を、建物内外の資産の鉛直分布等の把握に基づき、以下の手法で実施した。

各建物の部材・設備や什器などの各資産が浸水被害に遭うGL面からの高さ（通常はその下端）を調査し、その評価額を下から積み上げることで、浸水深に応じた資産被害額の算定が可能となる（図5）。その地点の浸水ハザードの特性、つまり、浸水深ごとの頻度（再起年数）と掛け合わせることで、年平均の浸水被害額など

モデル建物のパターン（用途）毎に資産の鉛直分布を設定
 ▶ 正確には、浸水時に被害が生じる建物（部材・設備）及び資産と評価額を、被害が生じる高さ毎にリストアップ
 ▶ 建物事例の実態調査と、統計・販売価格等で根拠づけ

浸水深に応じた予想被害額として整理（面積当たり）

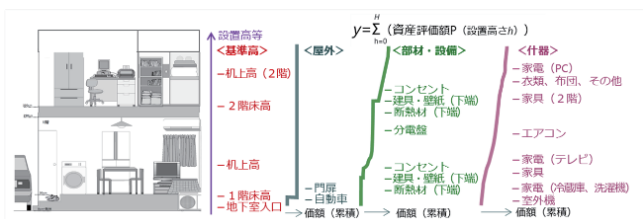


図5 戸建て住宅における資産の鉛直分布のイメージ

が算定され、止水板の設置や土地のかさ上げといった対策を行ったときの、被害の軽減効果も年平均などのかたちで算出でき、対策費用との比較も可能となるのである（図6）。

以上の手法により、対象都市・地域を大河川河口部の本流（放水路）と派川に挟まれた大都市のデルタ地帯で、河川及び海岸の堤防で囲われた地域に設定し、統合的浸水ハザードと統合的浸水リスクの試算定を実施した。

なお、ここでは省略するが、国総研究においては、様々な建物用途毎の典型的な資産鉛直分布を調査し、建物用途に関するGISデータを活用することで、地区レベルでの、想定される複数の浸水想定に対応した想定被害額や、資産被害額の期待値の試算定なども行い、その活用可能性を検討している。

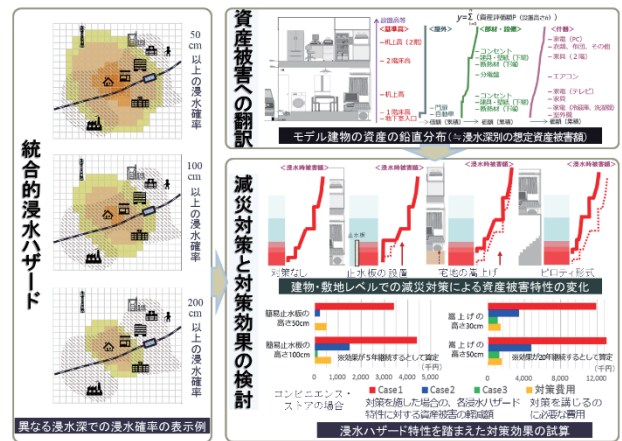


図6 統合的浸水ハザードに基づくリスク及び対策効果の算定

Ⅲ 住宅・事業所の浸水被害リスクと対策の費用対効果の試算

1) 実際の住宅・事業所を対象とした試算の実施

次に、「統合的浸水ハザード評価手法」（確率付き浸水深情報）及び、「統合的浸水リスク評価手法」（確率的浸水被害額情報）に基づいて、実際の住宅や事業所において浸水被害リスクを算定し、敷地・建物レベルでの浸水対策による対策効果の算定と併せて、住民・事業者の自助対策につながるそれらの活用方法を検討した。

対象とする住宅・事業所は、統合的浸水ハザードに関する試算結果を用いるため、同じデルタ地帯の地域から、自治体・業界団体等の紹介を得て選定した。結果、次ページ（表1）に概要を示す住宅4箇所、事業所9箇所の計13箇所となった。内2箇所は同一建物内にある。住宅は全て戸建てで古い。調査対象となる住宅や事業所の住民・事業者によって、建物の周囲および建物内（主に浸水によって被害を受ける可能性が高い1階部分）の設備、財産物等の配置状況についての調査に協力いただき、算定につなげている。

表1 調査の対象とした住宅・事業所の概要

No.	属性	属性/類別	業種・業態
①	住 宅	住宅1	—
②		住宅2	—
③		住宅3	—
④		住宅4	—
⑤	事 業 所	店舗1	文具店
⑥		店舗2	コンビニエンスストア (店舗)
⑦		事務所1	賃貸ビル (不動産会社)
⑧		事務所2	住商併用ビル事務所 (設計事務所)
⑨		診療所1	開業医1
⑩		診療所2	開業医2
⑪		工場1	高圧ガス設備製造工場
⑫		工場2	鉄鋼製品製造工場
⑬		福祉施設	特別養護老人ホーム

対象とした住宅・事業所には、各2回の訪問調査を実施した。第1回訪問調査では、360°カメラ等により物品の設置高（道路からの高さとする）を調査し、後に物品の標準的な（仮に）価格から、資産の鉛直分布を設定した。これにより、速やかな現地調査の実施と、現地における計測漏れの防止を図った。第2回調査では、試算した統合的浸水リスクや対策効果の結果等に基づいて、IV. で述べるヒアリング調査を実施した。

2) 試算方法

ここでは「⑥店舗2」をとりあげて、生起頻度別の最大浸水深として与えられる立地場所のハザード情報と資産の鉛直分布として把握された脆弱性情報から、住宅・事業所の浸水による資産被害リスクを確認した上で、建築・敷地レベルでの対策について対策効果を評価した上で検討した手順の例を示す。一連の流れを、次ページの図（図7）に示す。

①ハザード情報

前述した方法で算定した統合的浸水ハザードの結果である「生起頻度別の最大浸水深（図7のa.）」の情報を用いる。今回の結果では、内水氾濫による浸水深は0～50cm程度に収まっているが、外水氾濫による浸水深は殆どの事例で2～4mに及んでおり、その境界は、現状において再現期間75年となっている。

②脆弱性情報

訪問調査によって確認した、各住宅・事業所における浸水によって損失が生じる主要な資産についての「資産の鉛直分布（図7のb.）」及び、これを鉛直方向に積み上げて作成した「浸水深別の想定資産被害額（図7のc.）」の情報を用いる。

本来は資産被害として、動産が不動産に係わらず、全ての資産に係わる損失を、算定の対象とすべきであるが、調査対象者にかかる時間的及び精神的負担との関係や、事業所においては自己所有建

物ではない場合が多いことなどから、不動産に係わる損失は計上していない。また、フランチャイズの事業所において、本部から提供されている備品については、オーナー負担とならないため、計上していない。その上で、建物内外の高額と思われる什器・備品・商品（動産）等の被害を対象とした。経年に伴う減価償却を考慮することもできるが、今回は考慮していない。

これらの資産について、インターネット等の価格情報より大まかな市場価格（再調達価格）を調査し、水没した際に損失が生じる10cm単位の高さにおいて、推定評価額の合計を記載したものが「資産の鉛直分布（図7のb.）」となる。この評価額を、鉛直方向と逆に下から積み上げたものが「浸水深別の想定資産被害額（図7のc.）」となり、各浸水深の洪水が生じた際に当該住宅・事業所において生じる財産の被害額となる。

③リスク情報

上記のハザード情報と脆弱性情報から、リスク情報としての「生起頻度別の最大資産被害額（図7のd.）」及び「平均期待資産被害額（図7のe.）」を作成した。

「生起頻度（再現期間）別の最大浸水深（図7のa.）」の各浸水深について、「浸水深別の想定資産被害額（図7のc.）」から被害額を対応させることで、「生起頻度別の最大資産被害額直分布（図7のd.）」が求められる。これは、再現期間（生起頻度）毎に平均して生じる最大資産被害額を示したものとなる。これを、「治水経済調査マニュアル（案）」（国土交通省河川局、平成17年4月）の次の考え方に沿って、再現期間（区間）毎の年平均被害額に換算するが、この過程を次ページの図（図8）に示した。

1年間にある事象が発生する確率である年生起確率は、当該事象の再現期間または確率年を分母とし、1を分子とする分数によって示される。これにより、「生起頻度別の最大資産被害額（図7のd.及び図8のa.）」は、「年生起確率別の最大資産被害額（図8のb.）」に変換できる。一方、年生起確率のある区間に対応する年平均期待資産被害額は、その区間の幅（確率）及び対応する資産被害額の積であり、後者を区間における最大と最小の資産被害額の平均値で近似できることから、「治水経済調査マニュアル（案）」に示された式（図8の左上）に従って「生起頻度（区間）別の年平均期待資産被害額（図8のc.及び図7のe.）」が求まる。

④対策の設定

検討する対策については、住民・事業者が自助対策として実施可能性があるものとして、止水板（壁）の設置及び、建物又は敷地の嵩上げ、並びに一部資産の高所移設をとりあげ、対象とする住宅・事業所の個別の状況に対応して、具体的内容を検討・設定した。

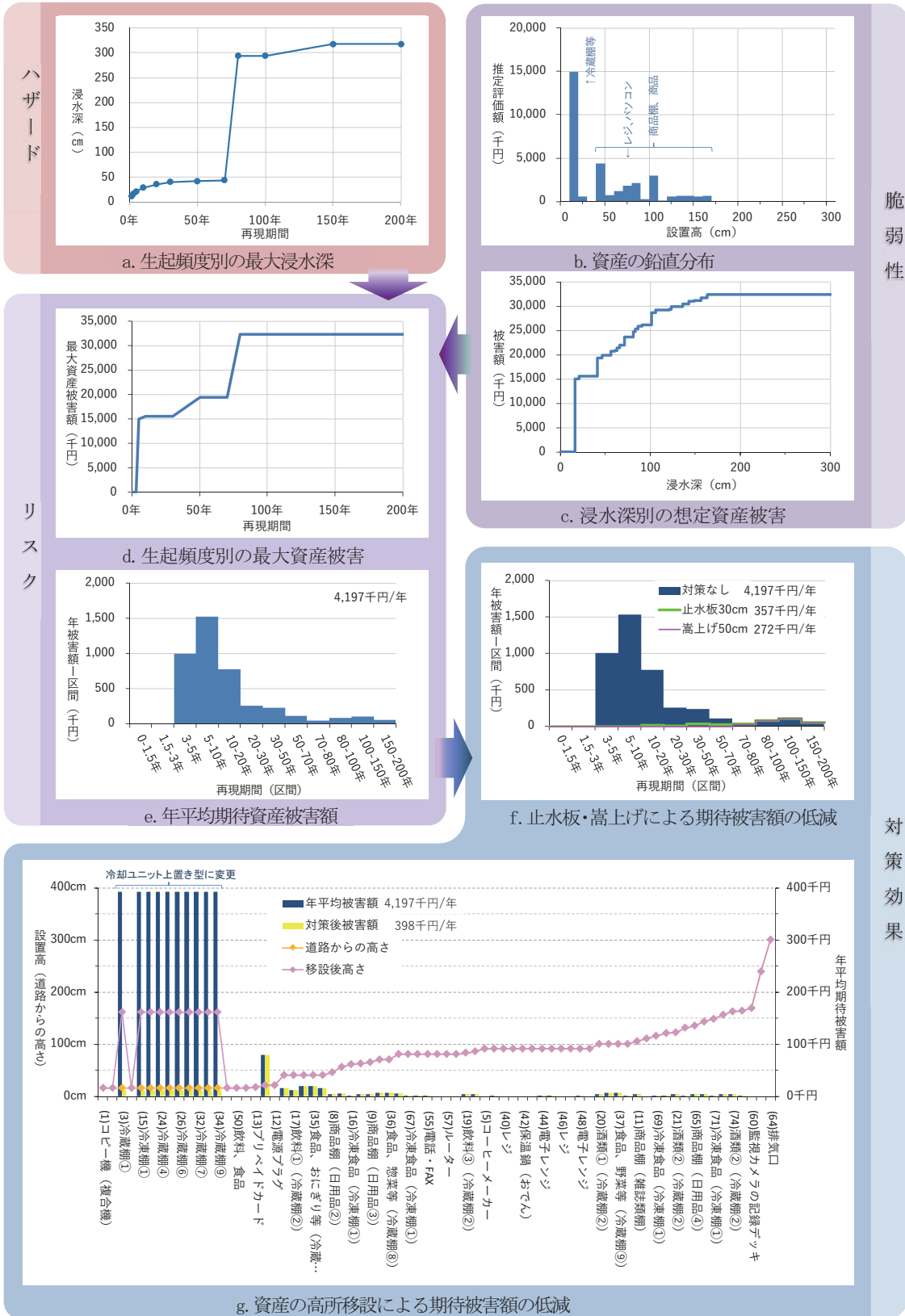


図7 リスク評価、対策の検討と対策効果の評価の流れ（「⑥店舗2」）

※i番目の確率年を n_i 、被害額を d_i としたとき、 n_{i+1} 年～ n_i 年の区間における年平均被害期待額 e_{i+1} は以下の数式により算定。

$$\text{年平均被害額}_{i+1} = \left(\frac{1}{n_i} - \frac{1}{n_{i+1}} \right) * \frac{d_i + d_{i+1}}{2}$$

国土交通省河川局「治水経済調査マニュアル（案）」平成17年4月

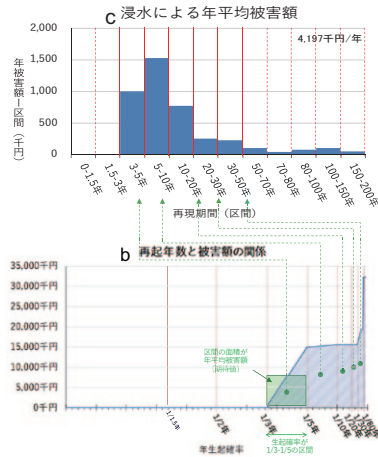
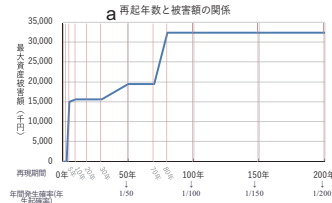


図8 年平均期待被害額への変換

止水板（壁）の設置は、被害が生じる資産が置かれている建物や敷地への浸水を防ぐために、洪水の進入口となる低い位置の開口部等を防水板によって塞いだり（止水板、建物・敷地の周囲に塀（止水壁）を構築し、併せて（人及び車の）出入り口を洪水の際に止水板で閉じられるようにしたりすることである。止水板は、設置箇所及び周辺の工事で既存の建物に追加的に設置できる反面、出入り口と床の高さの関係及び、壁の透水性の程度によって、効果が限られる場合も多い。また、出入り口の数が大きさによって、工事費用が大きく影響を受ける（木造戸建て住宅で効果が期待できない場合が多い）。また、屋外の資産に対しては別の対策が必要となる場合が多い。なお、小さな浸水深に対しては、さらに簡便に土のうや水のうを設置することにより、止水板と同様の効果を発揮できる場合もある。止水壁の構築は、既存の塀を活用できる場合を除いては、塀の構築に大規模な工事が必要となり、また止水壁内に溜まった雨水等の排出方法の検討も要する。一方で、止水壁内にあれば、駐車場の自動車等の屋外の資産も守ることができる。止水板の設計高さを超える洪水には、効果をほとんど発揮しない。

敷地又は建物の嵩上げは、盛り土等によって敷地の高さを嵩上げたり、建物の基礎を通常より高くしたりすることにより浸水被害を防ぐ方法である。基本的に既存建物の建て替えを前提とした対策であることから、適用場面が限られることが多い。敷地全体の嵩上げであれば、駐車場の自動車等の屋外の資産も守ることができる。また、資産全体の道路等からの鉛直方向の位置が上がることにより、嵩上げ高さを超える洪水に対しても、多少の資産被害低減効果が期待できる。

なお、敷地等の嵩上げやその周囲への止水壁の設置については、洪水時に周囲の敷地等への浸水被害を増大させる可能性があることに留意する必要がある。

一部資産の高所移設については、（浅い）浸水により被害を受ける可能性のある高額あるいは重要な資産を選択的に、より高い位

置に移設して、被害可能性を低くすることである。工事を伴わない場合も多いことから、最も簡便な対策と言えるが、対象資産（建物を含む）以外に対する被害軽減効果は見込めない。

⑤対策による被害軽減効果

ハザードAとハザードBのいずれかについて、「止水板・嵩上げによる期待被害額の低減（図7のf.）」、「資産の高所移設による期待被害額の低減（図7のg.）」を作成した。

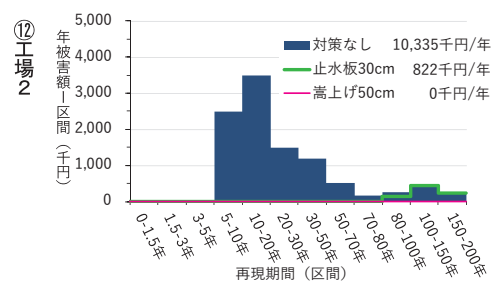
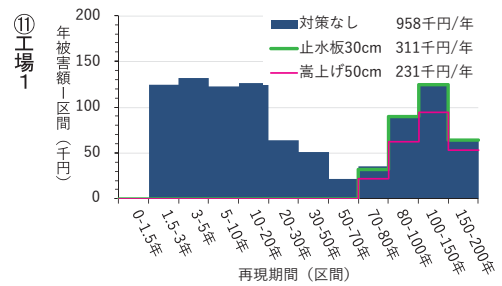
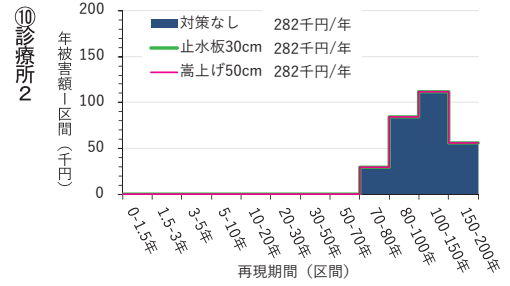
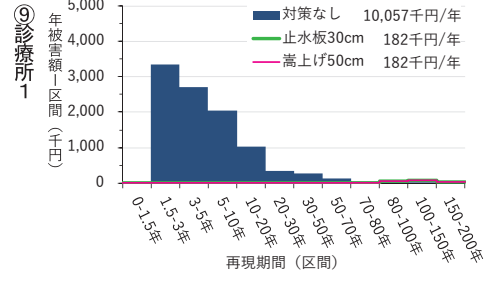
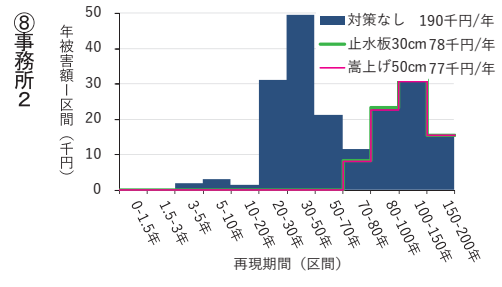
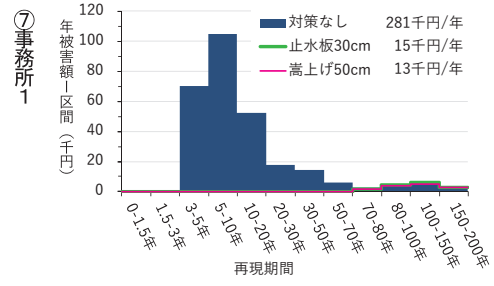
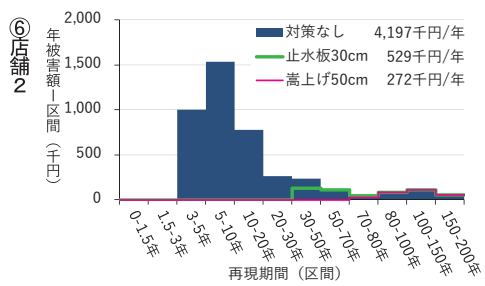
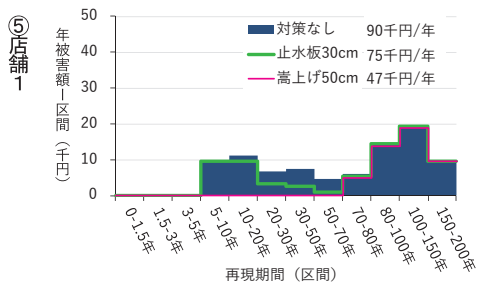
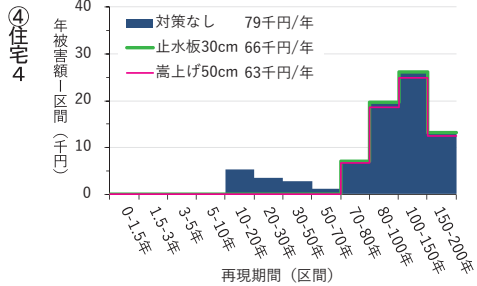
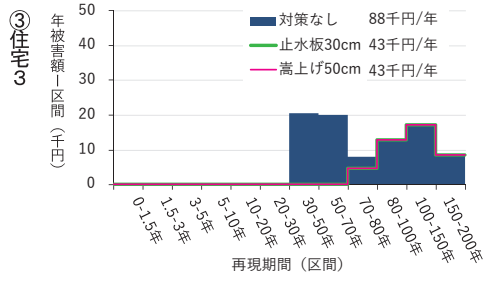
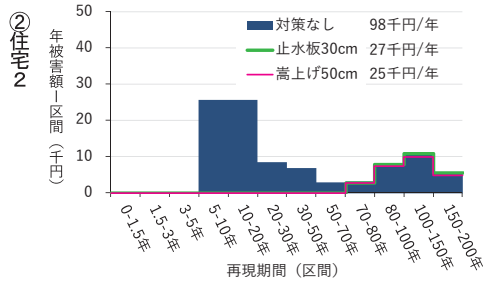
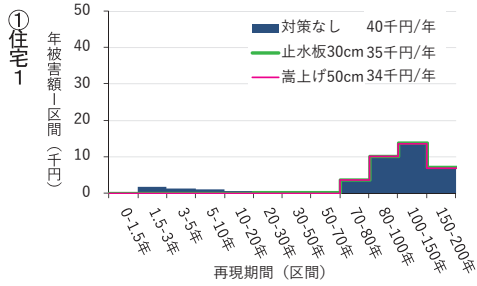
前者においては、30 cmの止水板を設置した場合と、50 cmの嵩上げを（同様の建物・資産鉛直分布で）実施した場合の年平均被害額を、現状の場合と比較できるかたちで、生起頻度（再現期間）の区間別及び合計額として示した。後者においては、対象資産等の高所移設の内容を示した上で、高所移設を実施した場合の年平均被害額の資産別の変化を、現状の場合と比較できるかたちで示した。

3) 試算結果

次ページの図（図9）に、対象とした13箇所の住宅・事業所における年均期待被害額と対策効果の算定結果をグラフで示した。これらより、以下のことが指摘できる。

① 建物用途別の比較

浸水被害リスクが高い事例が存在したのは、店舗、診療所、工場及び福祉施設であり、その理由は、敷地及び建物の床が道路からあまり嵩上げされていない上に、浅い浸水で損害を被る可能性が高い比較的高額な資産（冷却ユニットが下部にある冷蔵棚、各種医療機器、製作機械、業務車両、等）が低い位置に置かれていることによる。反面、今回の調査対象とした戸建て住宅は、一般的に床が基礎より数cm程度嵩上げされている上に、過去の浸水を受けて敷地が嵩上げされており、リスクが低かった。但し、こうしたリスクは建築計画の内容（例えば地下室の設置等）により変化しうる点については、留意する必要がある。



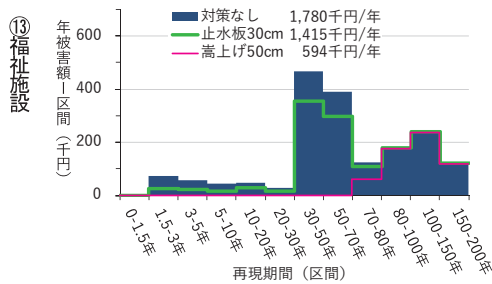


図9 対象住宅・事業所における年均期待被害額と対策効果

② 内水氾濫と外水氾濫による浸水被害リスクの比較

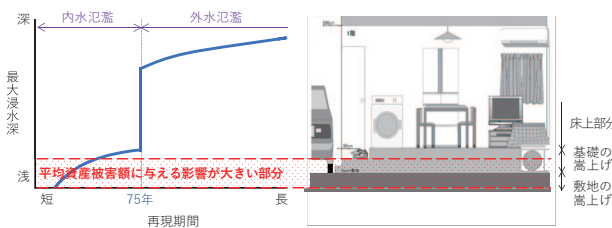
ほぼ半数の事例で、内水によるリスクが外水によるものを上回る結果となったが、内水被害リスクの割合が高い事例において浸水被害リスクが高いと言える。これは、内水氾濫(数十cmレベル)による発生1回当たりの潜在的な被害額は、外水氾濫(2m超レベル)による潜在的な被害額と比べて少ないが、発生頻度が高いので、期待値がより大きくなることによる。

③ 建物・試算配置と浸水特性からみた傾向

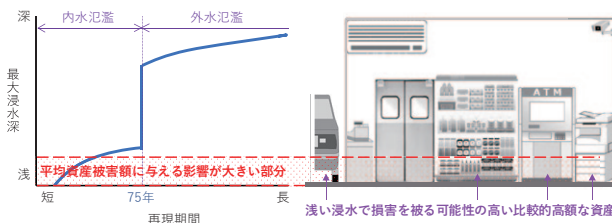
以上に述べた、建物・資産配置及び浸水特性と浸水被害リスク被害との関係から、浸水リスクの低いパターンと高いパターンをモデル的に示すと、下図(図10)のようになる。

④ 建築・敷地レベルでの対策効果

対象地域においては止水板や土地・建物の嵩上げといった対策は、基本的に内水氾濫に対して効果を有することから、内水氾濫による浸水被害リスクが高い事例に対して高い効果を示す。これは図10の模式図において、平均資産被害額に与える影響の大きい部分の領域で浸水を防ぐことができるからである。ただし、建物の壁



1. 資産被害リスクが低い(年平均期待資産被害額の少ない)パターン例



2. 浸水資産被害リスクが高い(年平均期待資産被害額の多い)パターン例

図10 建物・資産配置及び浸水特性と、浸水被害

を通した浸水可能性(壁の透水性や換気口の存在等が影響)や建物出入口等の形状(幅や設置できる高さ)、建物外敷地における高額資産(車両や冷暖房の室外機等)の配置状況によって、どのように対策を講じれば効果が高いかが異なり、従って費用と効果は個別性が強い面がある。また、浸水に対して脆弱で比較的高額な資産の数が限られている場合には、それらの資産に対してその利用性を損なわずに数十cmレベルで高所移設をすることが可能であれば、より手軽に大きな対策効果をもたらせる場合も多い。

⑤ 浸水被害リスクの気候変動による影響

検討過程は省略するが、気候変動による影響についても別途検討した。対象地域における浸水特性の変化は、現状と同規模の内水氾濫及び外水氾濫の想定される頻度が高くなる(特に内水氾濫)ことから、資産被害額の期待値は殆どの場合で、内水氾濫・外水氾濫によるものの両者とも増大する(1~6倍程度)ことが予想される。これにより、建物・敷地レベルでの対策の費用対効果は高まると想定される。内水氾濫の頻度が高まるが、氾濫した場合の浸水深の変化は相対的に少ないため、内水氾濫に対する現状での対策が無効になることはほとんどないと思われる。ただし、対策効果がほとんどみられない外水氾濫の頻度も高まることには留意が必要である。21世紀末において想定される影響なので、その時点における建物・資産の形態も現在から変化している可能性も高い。

なお、以上の結果は、「大河川下流部の河川構造物がかなり整備されたデルタ地帯に立地する大都市の市街地」という立地特性が影響している。上流部(谷地形を含む)や中小河川沿い等の浸水特性の異なる立地特性に対しては、異なる結果が得られる可能性が高く、別途の検討を要するものと考えられる。また、建物被害額を算定に含めなかった点についても、留意が必要である。

IV 統合的浸水リスク情報に関する意識調査

1) 概要

以上の手順で算定された統合的浸水リスク情報について、住民・事業者に対する第2回調査において提示し、その結果に対する感想や、提示結果を受けて対策行動をとろうと考えるかをヒアリングした。その際に提示した資料の概要を右図(図11)に示す。説明とヒアリングは、以下の手順で行った。

① 基礎的事項や前提条件について

ハザード・リスクに関する基礎事項として、公表されている内・外水のハザードマップと、対象住宅・事業所におけるその情報について説明した後に、今回の研究で提示するハザードとリスクの性格について解説した。

② 浸水による資産被害の試算結果について

第1回調査結果から得られた、対象建物における資産鉛直分布と、浸水深と被害資産及び被害額との関係を説明した。

③ 浸水対策案と対策効果について

上記のリスクに対して、建物・敷地レベルで講じる対策の内容について、別資料も用意して説明。対策については、a. 土のう・水のうの設置、b. 止水板を設置、の2つの場合について、その概要と対策高さ、長・短所、対策費用と年平均被害軽減額(期待値)などを提示・説明。さらに、いくつかの住宅・事業所については、機械等の高価な資産を高所移設した場合の効果と費用を提示した。

④ 意識調査

以上の説明のわかりやすさと、提示した情報に対する信頼感、提示した対策の実施意欲とその理由、等について質問・ヒアリングを実施した。

全体に手間のかかる調査であったため、対象数が13件と限られており、統計的な処理は必ずしも意味をもたないが、主なヒアリング結果について、以下で説明する。

2) 情報提示手法に対する意識調査結果

調査対象者は、自治体などから紹介された、比較的、災害への意識が高い層に当たると思われるが、2つのハザードマップの存在と違いを十分に認識していた者は皆無だった。

また、提示情報の分かりやすさについては、「浸水深の発生確率の情報」、「浸水による被害・被害額」、「対策による被害軽減効果」ともに、全体として4割程度が「分かりやすい」「どちらかと言えば分かりやすい」との回答で、住宅より事業者の割合が若干高かった。理由としては、図表を併用して示したことや、各建物等の状況に対応していることが挙げられた。

提示情報の信頼性については、浸水深の発生確率の情報については約4割にとどまり、信頼性が低いとする理由については、過去の経験や実感と合っていないことが挙げられた。一方で、浸水被害・被害額や被害軽減効果の情報については、「信頼できる」「どちらかと言えば信頼できる」が6~7割の回答を得た。

3) 対策行動に対する意識調査結果

これに対して、対策の必要性に対する意識は、住民と事業者で結果がはっきりと分かれた(図12)。

住民については、対策の必要性を感じた対象者は現れなかった。これは、対象が戸建て居住の高齢者で、①放水路の完成前の浸水状

①【浸水ハザード・浸水リスク】
 ● 市公表のハザードマップ【外水】(平成28年4月1日発表) 概ね200年に1回を超える大雨(●)川流域において2日間の総雨量が996mmの場合に、●が浸水した場合を想定

②【浸水による資産被害】
 ● 資産(動産)の鉛直分布 360°カメラ等により物品の設置高(床高)を調査し、物品の標準的な(仮に)価格から、資産の鉛直分布を設定しました。

③【対策効果】
 ● 浸水ハザードに対して、対策を実施することによる、●建物特性に応じた被害の軽減効果を選択
 対策①: 土のうの設置 対策②: 止水板の設置 対策③: 一部資産の高所設置 対策④: 何もしない

第1回調査を踏まえて、以下を説明
 ◆ 試算鉛直分布調査結果
 ◆ 浸水深と被害資産・被害額の関係
 その上で、建物・敷地単位で、講じる対策内容について説明

図11 住民・事業者への意識調査において提示した資料の概要

況に対応して、敷地を嵩上げていた建物が多かったことと、さらに住宅は基礎の上に1階床が載る構造となっており、これらから提示した数値上も年平均浸水被害額がわずかにとどまったこと、②放水路の完成以降、浸水被害に遭遇しておらず、浸水に対する危機意識を感じていないこと、が理由として考えられる。

住宅①: ここは予測とは全く別問題。テナントは、局地的に前面道路からの浸水が頻発しており、止水板を設置したいが、住宅部分は2階なので、対策不要。

住宅②: 嵩上げ済みで浸水・洪水もなく、対策したくない。高齢なので、先の話ならなおさら。

住宅③: 現実ここで浸水・水害はなく、理論と実際は違うのではないかと。将来の話は不明。

住宅④: この場所の浸水はなかったし、景観の問題もあるので対策はしない（家族に異論）。

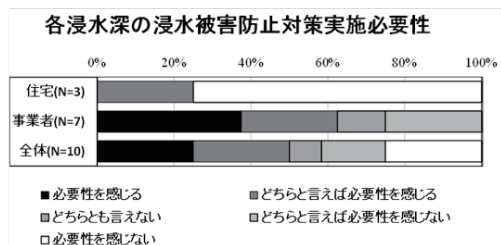


図 12 浸水被害防止対策の必要性に対する回答

一方、事業者については、何らかの事前浸水被害防止対策の実施について約9割が「必要性を感じる」「どちらかと言えば必要性を感じる」と回答した。歩道・車道から1階部分までの段差がほとんどない建物に入る事業所が多く、対策の情報提示により、頻度の高い内水氾濫に対する意識を呼び起こした結果ではないかと考えられる（豪雨時に前面道路が溢れた経験の事業者も数箇所あり）。理由としては、「対策が思ったより手軽に実施できるため」が多く挙げられ、対策別に見ると、土のう（水のう）については事業者の約8割、止水板については事業者の6割弱であった。高所移設については、約9割が実施意向を示した。

全体として大雑把にまとめると、①対象住宅・事業所のそれぞれの状況に応じた説明でわかりやすかった、②簡単な効果がある対策が可能なら取り組みたい、③平均被害額や再起年別の浸水深の考え方は必ずしもよくわからない、と言った結果となった。これらより、浸水被害・被害額の情報や、対策による被害軽減効果の情報が有効であったことが伺えた。また、対策実施の決め手と思った理由として、「対策の実施に係る費用や具体的なものがわかったため」が最も多く具体的な対策方法と被害軽減効果を合わせて提示することの有効性が伺えた。

V まとめと考察

1) まとめ

建物の内外における資産鉛直分布を調査した上で、その地点を対象に算定・設定した統合的浸水ハザード情報（確率付き浸水深情報）を活用し、個々の浸水被害リスクを年平均期待資産被害額等の数値により確認し、併せて建築・敷地レベルでの浸水対策の費用対効果等を事前に検証する手順を提示した。

東日本大震災の津波被害・原子力発電所災害の以降、防災分野では「想定しうる最大規模」の災害を想定するようになってきている。「命

を守る」ためには理解できるものの、希な事象に過剰に光を当てることになってしまうと、「お手上げ」や「思考停止」の状況をもたらすことによって、一般的な対策の進展にブレーキをかける側面がある点も見逃すことができないと思われる。

その点で、これにより、今回の調査対象地域のような浸水特性を有する地域に限られてはいるが、土地毎の統合的浸水リスク情報を算定することで、より身近な被害の対策に向けて住民・事業者等が行動できる可能性を示すことができたと考えている。

2) 浸水リスクを踏まえた都市のあり方について

さて。冒頭で述べたように、近年、都市部が被災する水害が多発している。気候変動の懸念もあり、国（国交省土地・水資源局）はこれまでの堤防整備による洪水防御に加えて、氾濫を前提とした対策に積極的に踏み出している（タイムラインに基づいた行動計画の策定による対応、ハザードマップへの洪水時家屋倒壊危険ゾーンの表示等：図13）。また、東日本大震災などを受けて、水害分野でも想定最大のハザードを前提とした被災想定と、対策検討への取り組みが始まっている。

このような流れの中で、建築・都市分野における水害対策についても、建築・土地利用規制を中心に様々な議論が活発化してきている。地方自治体により先進的な取り組みも行われるとともに、欧米での都市計画・土地利用規制も紹介されている。人口の減少・超高齢化を受けたコンパクトな都市づくり（集約構造都市化）への都市政策の動きの中で、浸水リスク対策の機運も生じている（図14）。

我が国での水害をはじめとする災害リスクのある地域での建築・土地利用規制については、建築基準法39条により災害危険区域を自治体が条例により適用できる制度があるが、事例は既に被害にあった地域が中心であり多くない。土砂災害と津波災害に対しては、土砂災害防止特別措置法に基づく土砂災害警戒区域及び、津波防災地域づくり法に基づく津波防災警戒区域等の制度があり、被災のおそれのある地域の調査と区域指定について都道府県知事に責任と権限を持たせる形で指定区域数を増やしている。

一方、水害リスクを踏まえた建築計画レベルで対策に対する国の取り組みとしては、平成13年の「家屋の浸水対策ガイドブック」（財）日本建築防災協会）の策定があるが、土地の嵩上げや止水壁の設置、防水板や土嚢による防御などの対策の例示にとどまり、どこでどのレベルの対策を講じれば良いかの提示には至っていない。

近年の取り組みの例

水害対応の政策において、これまでのハード整備を中心とした取り組みから、氾濫を前提とした被害の最小化への取り組みを強める傾向がみられる。

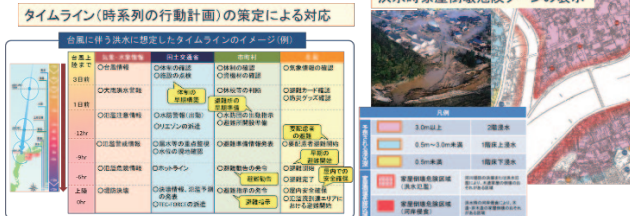
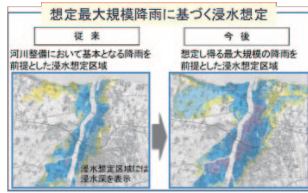


図 13 治水政策における近年の取り組みの例

用等のマネジメント手法には、その実効性をどのように確保するかといった考え方に着目すると、大きく、①規制誘導、②計画誘導、③市場誘導といった取り組みがあり(表 2)、筆者としては、今後も、国・自治体等の各レベルにおいて想定する災害リスクの頻度と規模等を踏まえて対策が進められていくものと考えている。

この点で、研究の前提となった「総合的浸水ハザード」に基づく浸水想定の方の普及については、筆者としても大いに期待しているところである。

研究にあたって調査にご協力いただいた匿名の住民・事業者等の関係各位、及び筆者の前任地での研究内容を紹介することをご快諾いただいた国総研の関係者に感謝申し上げる。なお、本文中に示された研究者個人としての見解については、筆者個人に属するものであり、建築研究所及び国総研を代表するものではない。

補注

- 1) 河川に流れる水のことを「外水」、河川の水位が上昇して溢れる氾濫を「外水氾濫」と言い、河川管理の対象となる。これに対して、陸地に降った水が河川に流れ込むまでの水を「内水」、これを側溝や下水道等で排水できずに溜まって溢れる氾濫を「内水氾濫」と言い、一般的には下水道管理の対象である。

参考文献

- (1) 国土交通省国土技術政策研究所：国総研研究資料「気候変動下の都市における戦略的災害リスク低減手法の開発」、平成 31 年 発刊予定
- (2) (財)日本建築防災協会：家屋の浸水対策ガイドブック、平成 13 年

表 2 水害リスクに対応した建築・土地利用のマネジメント手法の例

分類	国内外の既存事例における考え方の例
規制誘導	水害リスクのある区域での建築行為を禁止または制限
	水害リスクのある地域における市街化と開発行為を制限
計画誘導	水害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
	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当たり水害リスクを考慮
	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水害対策の内容を規定
市場誘導	地方自治体が住民・事業者等の任意の協力に基づき水害リスクに関する情報提供や助言・指導、対策費用の補助を実施
	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
	水害時の財産被害補償の掛け金(保険料)の料率を水害リスクの程度に応じて差異化することでの立地抑制・対策誘導
市場誘導	不動産取引時に当該物件における水害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・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

図 14 コンパクトな都市づくりにおける浸水対策の考え方

水防法の規定に基づいて多くの河川において、洪水時の浸水想定区域と想定浸水深を示したハザードマップが作成・公表されている。しかしながら、これを建築・土地利用の誘導に用いようとした場合に、本文中で指摘したことも含めて、次の課題が指摘できる。①大河川(国が管理する一級河川がほとんど)と比べて中小河川(都道府県が管理する二級河川など)と内水のハザードマップの作成が遅れている。②ハザードマップは基本的には、洪水時に住民の生命を守るための避難行動やその支援に用いられることを目的として作成されているため、氾濫条件の設定に当たって安全寄りの想定が用いられている。また、河川等の施設管理者により施設毎に作成されているため、異なる想定の下で作成されたものが同一地域に複数存在し得る。③我が国の 3 大都市をはじめとする大都市の市街地の大部分が大河川下流部のデルタ地帯に展開しており、地域により人口集中地区の 1/4 以上がハザードマップの浸水想定地域に含まれることから、全域を対象とした施策には限界がある。

これまで国内外でとられてきている都市における建築・土地利