

## 第1章 研究の枠組み

### 1. 1 背景と目的

#### 1. 1. 1 本研究の背景

本研究の背景には、将来の都市における災害リスクの上昇に対する懸念がある。政府における動きを見ると、国土強靱化基本法（2013）や国土交通省水災害に関する防災・減災対策本部防災行動計画ワーキンググループ中間とりまとめ（2016）等で、自然災害への対応力強化の重要性が強調された他、社会資本整備審議会河川分科会「気候変動に適応した治水対策検討小委員会」（2015）は、比較的発生頻度の高い外力に対しては施設による防災、施設的能力を上回る外力には施策を総動員して、できる限り被害を軽減、施設的能力を大幅に上回る外力にはソフト対策を重点に命を守り、壊滅的被害を回避するという基本的な考え方を示した。また、施設的能力を上回る外力に対する減災対策として、施設の運用、構造、整備手順の工夫、まちづくり・地域づくりとの連携、避難、応急活動、事業継続等のための備えを挙げている。

上記の動きにも見られるように、気候変動に伴う豪雨・洪水の頻度や規模の増大、人口減少・高齢化に伴う災害に対する社会の脆弱化、さらに巨大災害の切迫が想定される中、都市における自然災害への対応力を強化し、社会全体で災害に備えることをさらに推進していくために必要な施策を評価し、戦略的に防災・減災を進めるための研究が必要である。

本研究は、このような背景のもと、災害のうち特に水害に焦点を合わせて、始まったものである。以下に都市における水害リスク上昇に関わる事項の現状について述べる。

#### （1）気候変動影響

気候変動により短時間豪雨や台風などによる大雨の強度が増すと推定されている。推定される影響の程度は将来の温度上昇幅（温暖化シナリオ）によって異なる。各一級水系の計画降雨継続時間内の総雨量増加倍率（=将来/現在。以下「豪雨量変化倍率」）の算定結果を表 1.1.1 に示す（国土交通省、2018a）。約 4℃ 上昇となるシナリオにおける将来（2100 年頃）の豪雨量は、全国平均で現在の 3 割増となる結果が得られている。

将来において予測される豪雨量増加が及ぼす国管理一級河川の治水への影響に関する試算結果を表 1.1.1 に併せて示したが、それら影響は看過できるものではない。まず、現状の流下能力維持のままでは、当然であるが洪水発生確率が大きく増大する。重要なのはこの影響を吸収する方策として「計画高水流量の増加改定」を採った場合、改定に伴う河道整備労力の追加分（流量増による水位上昇分に相当する河道掘削量として試算）は案外大きいことである（気候変動適応研究本部、2017a）。全国平均的には、現計画高水流量での河道整備完遂のために必要な労力（計画高水位を超過する水深に相当する河道掘削量として試算）と比較すると、追加分はそれと同程度以上となる（豪雨量変化倍率 1.3 倍に対して整備労力倍率は約 2.8 倍）。

一方、国土交通省治水事業予算（国土交通省、2017）は、図 1.1.1 に示すように 2000 年頃を境に減少し始め、近年はやや増加に転じているが、ピーク時の半分程度となっている。このような状況で、豪雨量の 1～3 割増に対応するのは決して容易ではないことを示唆している。

表 1.1.1 気候変動による将来の豪雨量、流量、洪水発生確率の変化倍率（国土交通省（2018a）より引用）

前提となる気候シナリオ	豪雨量変化倍率 (全国一級水系の平均値)	流量変化倍率 (全国一級水系の平均値)	洪水発生確率の変化倍率 (全国一級水系の平均値)
RCP8.5(4°C上昇に相当)	約1.3倍	約1.4倍	約4倍
RCP2.6(2°C上昇に相当)	約1.1倍	約1.2倍	約2倍

※降雨量変化倍率は、20世紀末(1951年-2011年)と比較した21世紀末(2090年)時点における一級水系の治水計画の目標とする規模の降雨量変化倍率の平均値  
 ※降雨量変化倍率のRCP8.5シナリオ(4°C上昇に相当)は、産業革命以前に比べて全球平均温度が4°C上昇した世界をシミュレーションしたd4PDFデータを活用して試算  
 ※降雨量変化倍率のRCP2.6シナリオ(2°C上昇に相当)は、表中のRCP8.5シナリオ(4°C上昇に相当)の結果を、日本国内における気候変動予測の不確実性を考慮した結果について(お知らせ)「環境省、気象庁」から得られるRCP8.5、RCP2.6の関係性より換算  
 ※流量変化倍率は、降雨量変化倍率を乗じた降雨より算出した一級水系の治水計画の目標とする規模の流量変化倍率の平均値  
 ※洪水発生確率の変化倍率は、一級水系の現在の計画規模の洪水の、現在と将来の発生確率の変化倍率の平均値  
 (例えば、洪水発生確率が1/100から1/50に変化する場合は、洪水発生確率の変化倍率は2倍となる)  
 ※降雨量変化倍率は国土技術政策総合研究所による試算値。流量変化倍率と洪水発生確率の変化倍率は、各地方整備局による試算値。

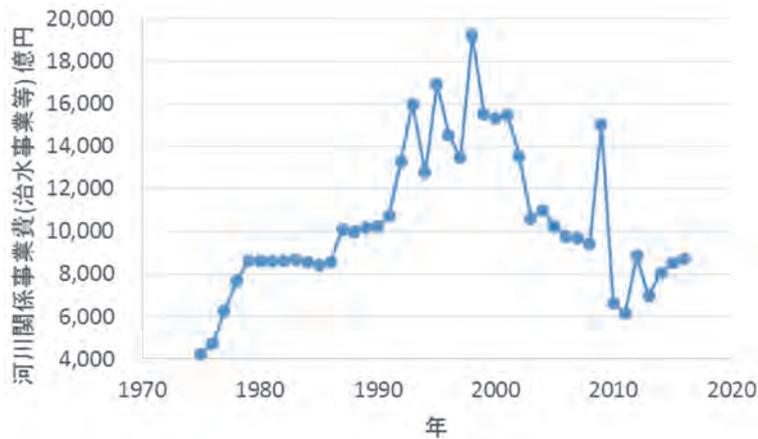


図 1.1.1 国土交通省河川関係事業費（治水事業費等）の推移（国土交通省(2017) のデータを図化）

## (2) 人口減少・高齢化

人口減少・高齢化による、災害に対する社会の脆弱化が懸念されている。

2011年の東日本大震災における岩手・宮城・福島の3県で収容された死者(2018年2月28日まで)15,825人のうち、検視等を終えて年齢の判明している15,763人において60歳以上の人は10,416人と66.1%を占めている(内閣府、2018a)。ここで、2010年10月1日時点の推計人口(総務省統計局、2012)に基づく60歳以上人口割合は30.7%であることから、高齢者の死亡率が若い世代よりも高いことがわかる。

高齢化の推移と将来推計(内閣府、2018b)を図1.1.2に示すが、高齢化率(65歳以上人口割合)は今後とも上昇することが予測されている。また、同図下方に65歳以上人口を15~64歳人口で支える割合が示されているが、同割合は経年的に低下しており、今後とも低下が予測されている。

このような高齢化率の上昇と65歳以上人口を15~64歳人口で支える割合の低下は、洪水氾濫等発生時の迅速な避難、救援等をより困難にすると懸念され、これまでの経験に基づく、過去の施策の延長線上の防災・減災対策の再検討が必要であることを示していると考えられる。

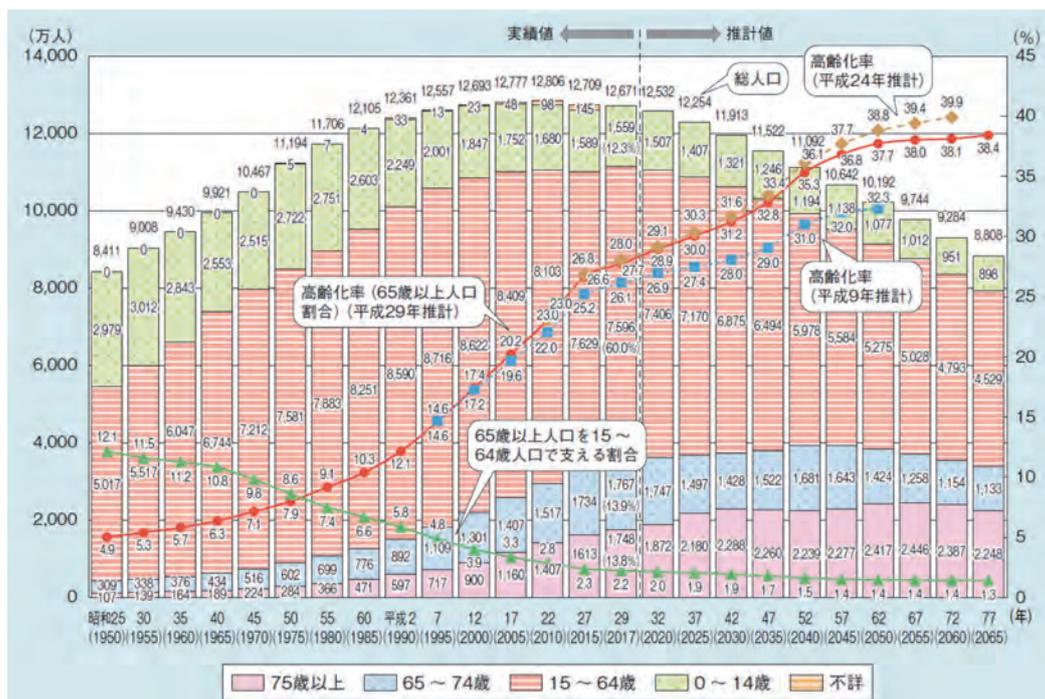


図 1.1.2 高齢化の推移と将来推計（内閣府(2018b)より引用）

### (3) 巨大災害の切迫

近年、関東・東北豪雨（2015年）、北海道・東北豪雨（2016年）、九州北部豪雨（2017年）、平成30年7月豪雨（2018年）と激甚な洪水被害が頻発している（表 1.1.2）。

特に平成30年7月豪雨では、西日本の広域に前線性の豪雨が発生し、岡山県の高梁川水系小田川での堤防決壊に伴う氾濫、愛媛県の肱川における氾濫、広島県における土砂災害などにより、死者数3桁におよぶ大規模災害となった。

表 1.1.2 我が国の近年の水害

		2015年台風第18号*1	2016年台風第10号*2	2017年梅雨前線・台風第3号*3	2018年7月豪雨・台風第12号*4
死者	人	20	26	42	237
行方不明者	人		3	2	8
重症者	人	11	5	14	126
軽症者	人	71	9	25	339
住家棟	全壊	81	518	338	6,767
	半壊	7,090	2,281	1,101	11,248
	一部損壊	384	1,174	89	4,199
	床上浸水	2,523	279	223	7,173
	床下浸水	13,259	1,752	2,113	21,337
非住家被害棟	公共建物	37	17	9	159
	その他	1,685	2,500	1,407	2,423

\*1 消防庁 2017年 10月 18日時点 \*2 消防庁 2017年 11月 8日時点 \*3 消防庁 2018年 10月 31日時点 \*4 消防庁 2019年 1月 9日時点（上記のほか程度不明負傷者1名）

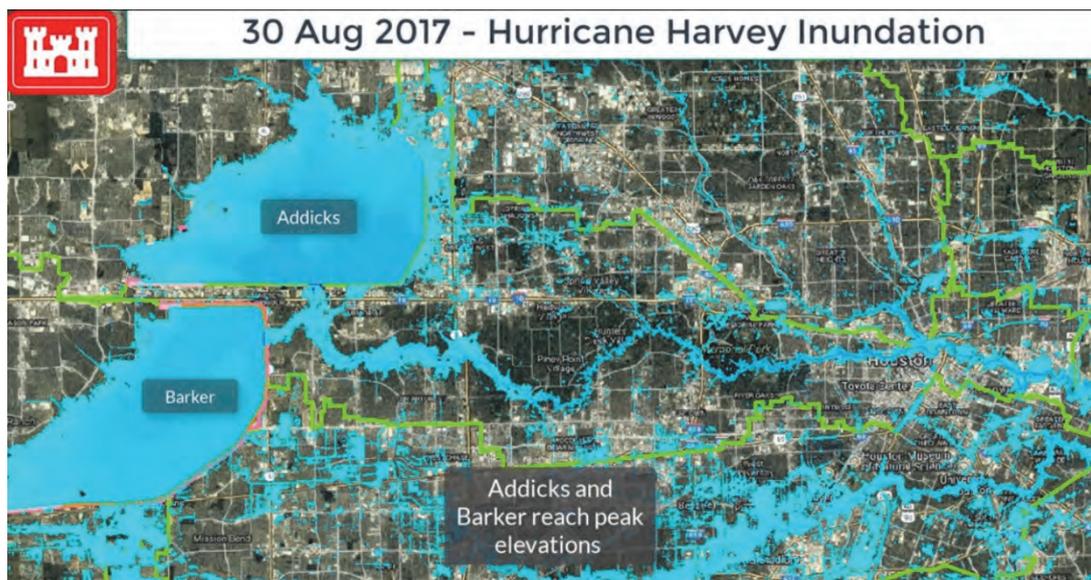
一方、世界に目を向けると、2012年に米国の大都市ニューヨークを襲ったハリケーン・サンディによる高潮災害（写真 1.1.1）、2013年にフィリピン・レイテ島等を襲った台風ハイヤン（ヨランダ）による高潮災害（写真 1.1.2）、2017年に全米第4位のヒューストン市を襲ったハリケーン・ハービーによる豪雨災害（図 1.1.3）など、激甚な水害が頻発している。



写真 1.1.1 ハリケーン・サンディによる被害  
（国土交通省・防災関連学会合同調査（2013）より引用）

写真 1.1.2 台風ハイヤン（ヨランダ）による被害  
（福濱ら（2013）より引用）

用）



©USACE

図 1.1.3 米国ハリケーン・ハービーによる豪雨時の浸水範囲（USACE（2018）より引用）

このような大規模水害の頻発は、気候変動に伴う大雨・豪雨増加の予測と相まって、首都圏大規模水害など巨大災害の現実味を高めている。

例えば、荒川・江戸川など大河川に囲まれる海抜ゼロメートル地帯に位置する江東5区を対象とした被害想定によると、既往最大災害であるカスリーン台風（1947年）に相当する洪水により、人口255万人のうち、全居室が水没する居住者数は81万人、氾濫流により家屋流失のおそれがある居住者数は16万人、浸水継続時間3日以上となる居住者数は159万人となり、三者の重複を除くと城内避難を見込む居住者等は178万人と推算されている（中央防災会議、2018）。

#### (4) 治水施策の動向

治水施策については、関東・東北豪雨災害等において、逃げ遅れなどの課題が顕わになり、防災（公助）との両輪で避難等の地域での対策（自助・共助）に取り組む必要性が再認識され、社会資本整備審議会により「大規模氾濫に対する減災のための治水対策のあり方について～社会意識の変革による「水防災意識社会」の再構築に向けて～」(2015) が示された。これを受けて、国土交通省水管理・国土保全局は、水防災意識社会再構築ビジョン（2015）を策定し、地域住民や自治体との協働による防災・減災の推進に取り組んでいるところである。

さらに最近の動向として、気候変動を踏まえた治水計画の前提となる外力の設定手法、気候変動を踏まえた治水計画に見直す手法等について検討を行う「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」が2018年4月に国土交通省水管理・国土保全局に設置され、議論が進められている。

これらに共通する重要事項として、現場での試行・実践をこれまで以上に進めることを強く求めていることが挙げられる。

#### (5) 宅地等の浸水面積の減少と被害額の増大

治水対策の効果は、例えば氾濫被害の大きさ(既往著名洪水に対する被害推算値や年あたり期待値など)を尺度として、その低減の度合いから評価できよう。図 1.1.4 に水害被害額等(国土交通省、2018)の経年変化を示す。

高度経済成長期(1960年代を中心とする)には、流域の急速な開発に治水整備がキャッチアップできず、両者の水準に差が生じた。この差を埋めるべく、いわゆる河川整備を進捗させることに加え、例えば都市化の著しい地域では降雨流出を低減するなどの対策を含めた総合治水、また、家屋などが密集していない地域では輪中堤などにより家屋を防御する水防災対策特定河川事業などを導入するなど工夫が重ねられてきた。

こうした事業の積み重ねにより、図 1.1.4 に示すように浸水面積は低減されてきた。一方、浸水域の単位面積あたり資産額が高まってきたため、浸水被害(一般資産被害額)では低減傾向が見られず、近年ではむしろ増加している。このような傾向は、治水施設整備による洪水氾濫防止(浸水面積の低減)を推進するとともに、洪水氾濫時の堤内地の被害軽減対策(例えば氾濫・浸水が発生しても資産被害等ができるだけ小さくなるような対策)を推進していくことの重要性を示唆していると考えられる。

#### (6) 都市部における内水氾濫被害の大きさ

水害統計(国土交通省、2018c)によると、2005～2016年の12年間の総被害額に占める内水氾濫による被害額の割合は、図 1.1.5 に示すように全国では40%であり、東京ではそれを上回る68%に達している。大都市を抱える愛知、大阪、福岡も全国を上回る割合となった。東京都では、昭和57年～平成23年の水害記録に基づくと、1時間雨量の最大値が50mmを超える降雨を受けると浸水棟数が2,000を超える顕著に多い事例が見られること、それら降雨の大部分が雷雨性豪雨<sup>注)</sup>によることが報告されている(東京都、2016)。内水被害は、大規模な外水氾濫に比べれば、個々の浸水被害は大きくないが頻度が高いため、累積した被害額が決して少なくないこと、それは特に都市部において顕著であると考えられる。

全国の1時間雨量50ミリを超える降雨の発生回数(アメダス1,000地点あたり)は、1976～2017年にかけて増加傾向にあること(気象庁、2018)も踏まえると、今後も内水対策をさらに推進する必要性が高いと考えられる。

注) 主に雷雲によって生じる降雨で、24時間雨量に比べ相対的に1時間雨量が大きい傾向がある。

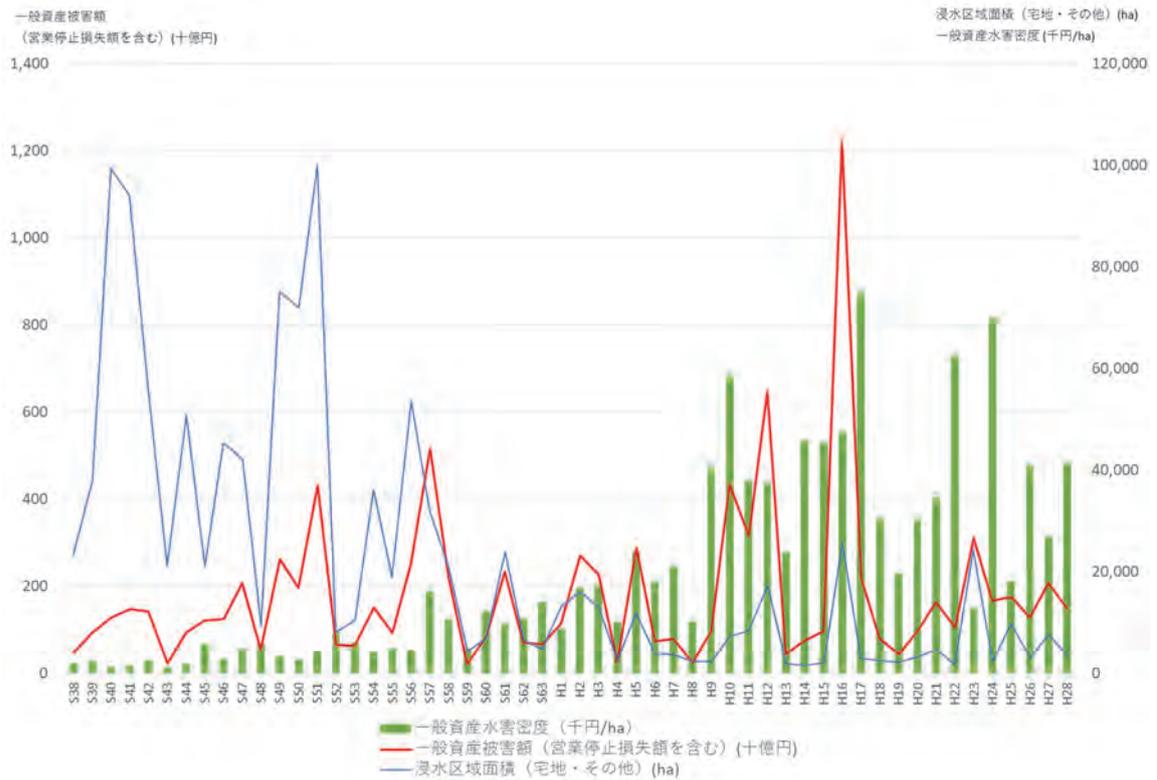


図 1.1.4 水害被害額・浸水面積などの推移 (国土交通省、2018c)

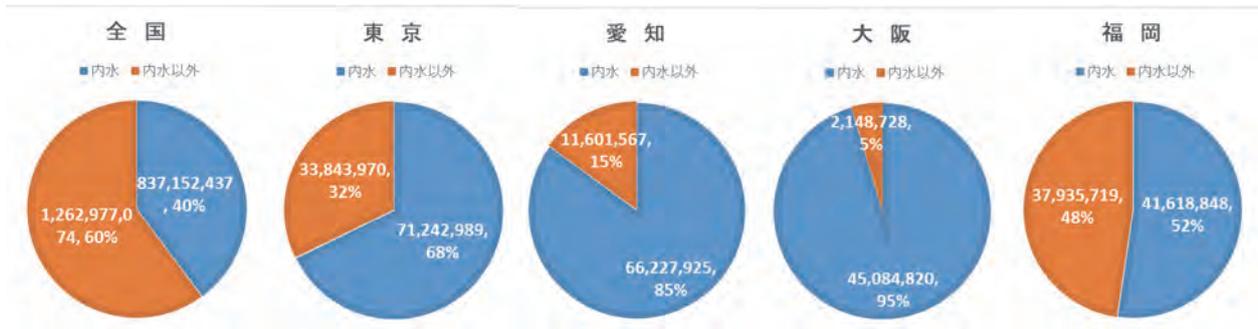


図 1.1.5 都市別内水氾濫による被害の割合 (国土交通省 (2018c) のデータを用いて作成)

### (7) 水害対策の歴史的経緯

水害と人々との関係の歴史\*を踏まえると、多くの場合、建物の水害対策は個々の建物における対策から始まったと考えられる。その後の河川整備の進捗により、洪水氾濫の頻度は減少した。このような経緯が、個々の建物の水害対策の重要性に関する意識の希薄化を招いた部分もあると考えられる。

したがって、治水施設整備にのみ依存せず、総合的な水害対策について、社会での取り組みを支援する施策が求められていると考えられる。

\*) 建設省土木研究所河川部総合治水研究室 (1983) より以下に引用。

「古来、大河川沿いの地域に住む人々は、度重なる洪水から生命、資産を守るため、更には土地の生産力を高めるために、種々の対策を講じてきた。例えば史実に残る仁徳天皇 11 年 (323 年) の茨田堤をはじめとして、木曾三川の輪中堤、徳川初期の利根川の東遷、あるいは宝暦の木曾三川治水工事等々枚挙に暇がない。又、人々は住居を少しでも高い所、例えば自然堤防の上などに構え、“水出づる時に登りて居る糧として、家の天井を強く造りて板敷の様に固めて置き、・・・”と今昔物語にもあるように、天井を頑丈にし、洪水に対処できるものとした。進んで、避

難場所としての機能を持たせた 2 階建て家屋が造られるようになり、水流への抵抗を小さくするために、土壁を少なくして障子を多くした建築物へと形が変わってきた。江戸時代後半になると、はっきりと洪水に対処する事を目的とした水塚あるいは水屋、水倉と呼ばれる耐水性の建築物が造られるようになった。」(第 1 頁)

「明治 29 年、旧河川法制定とともに国が高水工事をするようになって (中略) 戦後、度重なる水害と食糧増産のために、大河川に対する飛躍的な治水投資が行われ (昭和 25~40)、大河川の堤防が整備されるに従って、従来の洪水防御施設であった水塚等が顧みられなくなって行ったのも時代の流れなのであろう」(第 3 頁)

### 1. 1. 2 本研究の目的

上述の事項の状況に対処するには、河川・下水道等防災施設の整備に加え、施設整備規模を超える豪雨・洪水発生時の水害防止・軽減対策を利害関係者が連携して推進していく必要があると考えられる。これは、従来の治水施設の整備規模 (機能) に基づく施策体系に加え、地域の水害リスク低減を新たな基軸とする施策体系の導入に必要な評価手法等の開発を必要とするものである。

本研究は下記 3 つの政策転換による「地域の水害リスクを主軸に据えて防災減災施策を考える」政策体系を具体化するために、都市における水害を具体例として「統合的水害リスク評価手法」及び「対策の具体的展開手順」を提示することを目的とする。

- 政策転換 1: 個別の防災施設の観点から「地域のリスク低減」の観点への転換
- 政策転換 2: 施設設計規模を超えるハザードに対応した「地域の防災・減災力」の総動員
- 政策転換 3: 明日から 100 年先までの時間軸上のシームレスな防災減災対策の推進

上記目的を踏まえ、本研究では都市における水害を対象として選定した。そして、「『河川・下水道整備』による防災、『避難』による人命保護、さらに『施設整備規模を超える豪雨・洪水による資産被害の防止・軽減対策』」(図 1.1.6) と政策を具体的に進展させるために必要な工学的裏付けづくりの第 1 歩を進めることとした。

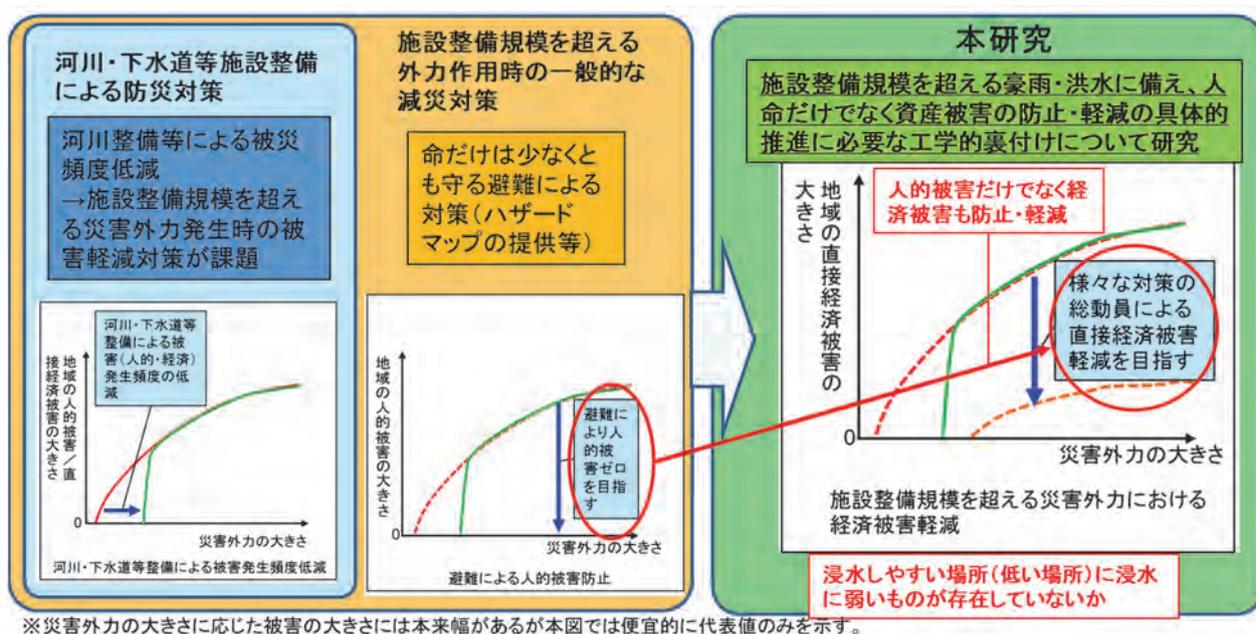


図 1.1.6 防災施設整備、避難、防災施設整備規模超過洪水時経済被害軽減対策の関係

### 1. 1. 3 本研究の枠組み

#### (1) 本研究が立脚する水害リスク低減施策の枠組み

上述の施策の推進に必要な研究開発は、下記既往研究成果を活用して実施した。

本研究の開始前に終了した「気候変動下での大規模水災害に対する施策群の設定・選択を支援する基盤技術の開発」(気候変動適応研究本部、2017a)では、気候変動適応に向けたハード・ソフトを適切に組み合わせた防災・減災の枠組みの必要性を踏まえ、リスク評価を基盤とした新たな治水フレームが提案され、施策メニューの類型化等が試みられた(図1.1.7)。

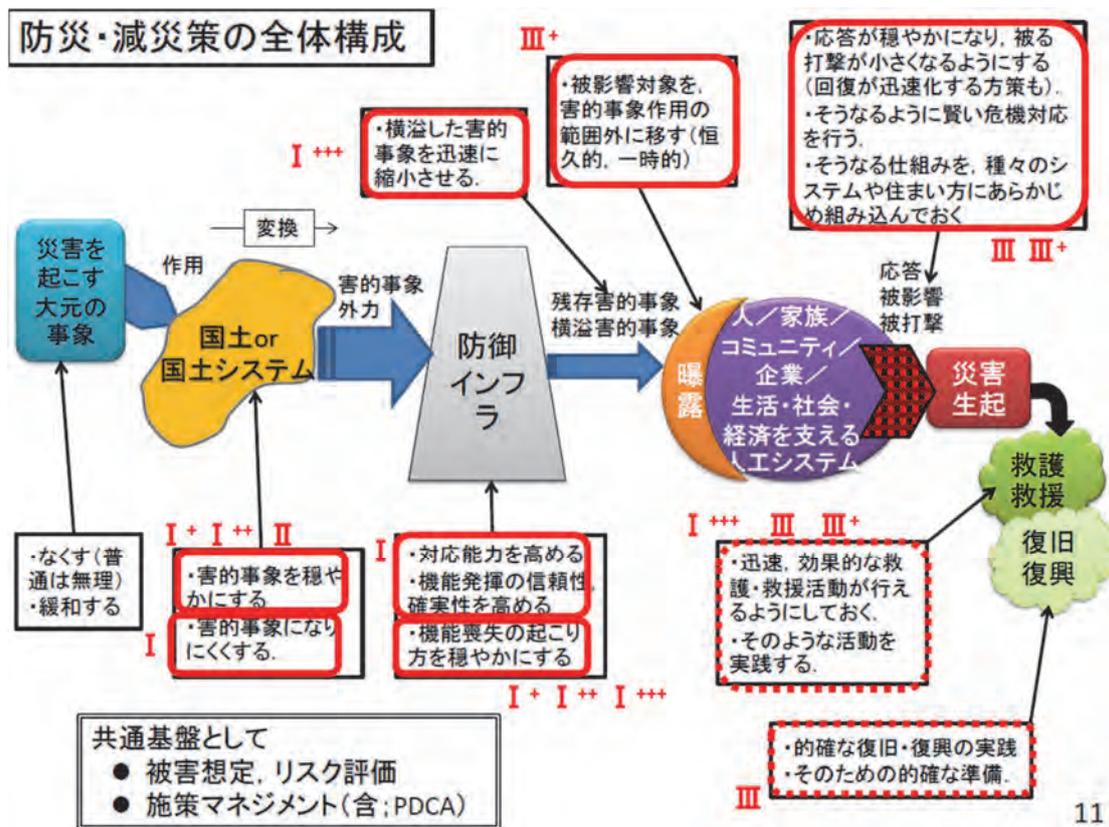


図1.1.7 リスク評価を基軸とした治水フレームによる施策メニューの類型化

以下に、新たな治水フレームにおける施策メニューの類型について説明する。

#### 【I】河川での施策

無被害で済む可能性の拡大を図るための、既存の手段から構成される河川整備。すなわち河道改修、放水路、洪水調節施設(ダム、遊水池、正式な防災調節地)など。ただし、必要に応じ減災マネジメントの観点を取り込む。

#### 【I+】河川での施策

メニューは上記【I】と同じであるが、【無被害で済む可能性】の確保を適切に図りつつ、超過外力作用時を主対象に措置を施し、超過外力作用時に減災マネジメントにとって逆目に出ないようにする、あるいは減災マネジメントに資する機能を積極的に発揮させることが、この類型に当たる。

#### 【I++】河川での施策

上記【I+】において、ベストエフォート的手法の適用まで対象を広げたもの。ここで、「ベストエフ

「オート的」とは、【無被害で済む可能性の拡大】を確実に図る類型【I】と性格を異にし、かける労力に対して高い効果発揮を期待できるが、場合によっては効果発揮が一定程度減るなど、状況によって成果が変わってくるという特徴を持ち、それを理解した上で講ずることを指す。こうした方策を適用することの可否や位置づけについての議論・検討を必要に応じて行うことになる。特に、事前想定と実際の効果との間に大きなマイナスのずれが生じたときの対応法やそのための制度設計、それに対する合意形成などが、ベストエフォートの手法を扱うこと特有の課題となり得る。施設への粘り強さの付与、リアルタイム水文・水理情報による、さらには気象予測の積極活用によってダム操作を高度化し、その洪水調節能力を増強することなどがその例として上げられる。

【I<sup>+++</sup>】河川での施策

危機管理措置。たとえば、各種水防、破堤箇所の緊急締め切りや破堤口拡大の緊急抑制工の適用、氾濫水排除のためのポンプ稼働、氾濫流緊急制御工法の適用などがその例として上げられる。

【II】流域（降雨から洪水への流出エリア）での施策

流域での施策で、洪水流出の低減につながるもの（ベストエフォートの側面を持つものを含む）。

【III】氾濫エリアでの施策（施設や土地条件の整備や状態制御が主）

たとえば、二線堤による氾濫制御、深刻な氾濫が生じる場所の土地利用を被害が大きくなりづらい、あるいは被害から回復しやすいものに制御する方策、氾濫時にそこに居ても深刻な被害を受けないような建築構造・諸元にする方策、氾濫時に近場に緊急避難ができる地物を配置する方策、ライフラインや重要な公共サービスに支障が出ない、あるいは復旧しやすいようにする方策など。いずれも、氾濫エリアの物理的、施設の、施設管理面での条件を整えることに属するもの。

【III<sup>+</sup>】氾濫エリアでの施策（主に人間の行動が対象）

たとえば、情報の提供を受け適切な避難を行うなど、人的被害の回避や軽減につながる人間の行動が生じるようにする方策。

※都市雨水排水対策は、講じられる場所は氾濫エリアであるが、内水氾濫を防ぐための施設整備であるので、上記の類型においては、IIIというよりもIに属すると整理した方がわかりやすい。なお、雨水浸透を取り込む場合はIIが加わる。さらに、所定の雨水に対する排水処理にとどまらず、内水氾濫の起こり方の制御という側面も入る場合はI<sup>+</sup>やI<sup>++</sup>、IIIの性格が加わることになる。

図 1.1.7 は、災害発生に関わる一連の事象を俯瞰して示し（左から右への矢印でつながれた流れ）、その上に防災・減災の諸方策を重ね（黒四角枠）、さらにその上に今説明した各類型の施策を載せたもの（赤太枠）である。なお点線の赤枠は、直接ではないが、その方策の実施に当該類型が関係することを示す。この図から、治水施策の根幹を成してきた河川整備（類型I）の位置づけ、その着実な進展を前提に、そこから拡充されて行く諸方策（類型I<sup>+</sup>、I<sup>++</sup>、I<sup>+++</sup>）や河川以外での施策が系統立って加わることで、防災・減災施策群が全般にわたって幅広く展開されていく様子がイメージできる。

新たな治水フレームと、同フレームを実河川に適用するための具体的手法は、河川整備代替案ごとのリスク低減効果の点検等に既に活用されているところである（国土交通省、2018b）が、新たな治水フレームの社会実装に向けて、次の課題が指摘されている（国総研気候変動適応研究本部 2017b）。

- ① 気候変動影響評価にはいまだ大きな不確実性が残る
  - ア) 最新の科学的知見による継続的な Update
  - イ) 気候予測技術者とのコミュニケーションを通じたシーズとニーズの合致
  - ウ) 不確実性の存在を前提とした施策のあり方の検討
- ② 新治水フレームの河川・流域管理の現場への実装を支える技術・ノウハウの Brush up・蓄積
  - ア) 施策メニューごとの洪水規模別被害リスク抑制効果（特性曲線）を定量化する技術の確立
  - イ) 個々の施策メニューの拡充および技術の Brush up

ウ) 施策メニューの選定・実装の経験を蓄積することによる、現場で顕在化する課題への理解と、その実効性・実現性に関する現実的な議論の喚起

- ③ 流域におけるソフト施策メニューについてはいまだ貧弱。特にまちづくりとの連携方策の追及は、社整審答申にも強調されており、大きな課題

## (2) 研究内容

本研究では、上述の先駆的かつ広範な研究開発を限られた期間（3年間）に実施するため、(1)で述べた課題のうち特に③に対応すべく、気候変動下の都市における水害リスク情報を基軸とした戦略的水害リスク低減手法の研究開発を行うこととした。また、下記の方針に基づき研究内容の優先順位付けを行った。

- ① 戦略的水害リスク低減対策については、水害が発生するたびに応急的に対処するのではなく、リスク情報に基づき前もって計画的に（数十年単位で）リスク低減を図っていくことを重視
- ② 都市における水害リスク低減対策については、対策の直接的な実施者だけでなく、水害リスク情報の作成・提供者、住民、事業者、気候変動研究者等が連携し、社会の水害リスクを継続的に低減していく体制・手法の確立を重視
- ③ 地域の様々な主体（住民・事業者等）によるリスク低減対策の促進を図るには、所有又は賃借等している住居・事務所・工場等の建物及び建物内の資産の水害リスクを評価する必要があると考えられ、それには次の3つの評価が必要となることから、これらの評価手法の開発を優先。
  - ・ 浸水の状況と生起確率（Hazard、浸水ハザード）
  - ・ 浸水ハザードを受けた際の被害の大きさ（Vulnerability、バルナラビリティ、脆弱性、建物内の高さ別資産分布）
  - ・ 被害の状況と生起確率（Risk、水害リスク：本研究ではハザードと脆弱性を組み合わせて評価）

上記を踏まえ、具体的研究内容として図 1.1.8 に示す項目を選定し、都市における水害を具体例として、内水と外水の区別をすること無く、地域の浸水ハザードを評価する「内水・外水による統合的浸水ハザード評価手法の開発」、建物の浸水被害をモデル化し脆弱性を評価した上で、浸水ハザード情報と掛け合わせることで、地域の水害リスクを評価する「統合的水害リスク評価手法の開発」を行った。さらに、これら手法をモデル地区に適用することにより「対策の具体的展開手順」を提示した。

また、開発した手法により算定された、都市における水害リスク情報を、水害リスク低減対策に活用するために、住民、事業者や自治体への調査を実施した。

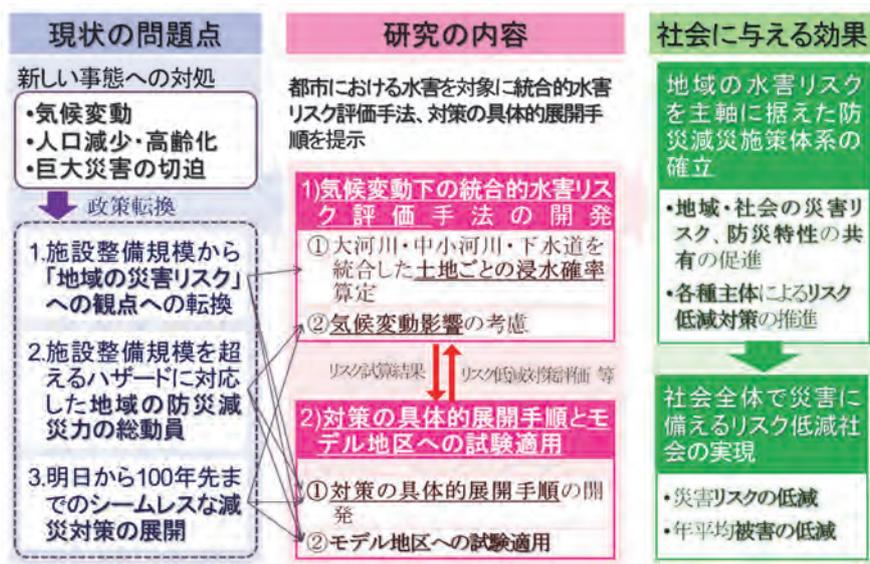


図 1.1.8 研究内容

## 1. 2 水害リスク低減施策の実践のための手法・手順とそれを支える技術

### 1. 2. 1 戦略的水害リスク低減手法が満たすべき要件

気候変動下の都市における戦略的水害リスク低減手法開発に当たっては次の要件を考慮した。

- ① 河川・下水道施設等の公的機関が整備・管理している既存施設では被害を防ぎ切れない規模の豪雨による水害被害を低減する対策を具体的に含むこと。なお、これらの対策には低減効果発現が必ずしも確実でないものを含むこと。
- ② 河川・下水道事業等を実施する公的機関以外の主体（住民、企業等）やまちづくりや建築に関わる主体（都市計画部局、地方自治体、企業等）による水害被害防止・低減対策の促進につながる。これは、河川・下水道事業といった特定の事業分野内のみでなく、分野横断的に使いうる水害リスク評価手法の開発が必要であることを意味している。
- ③ 将来の気候変動・人口変化について必要に応じて考慮できること。気候変動については、現在の科学技術では避けることのできない不確実性をなお含む。このため、複数シナリオを用いるなど、ハザード設定においても不確実性を有することを前提とすること。
- ④ 施設整備規模を超える災害外力が作用した場合の被害防止・低減対策の検討において重要と考えられるハザード情報（洪水浸水想定区域図等）の社会での活用が十分とは言い難い実態を踏まえ、できるだけ
  - ア) 実感しやすい（使いやすい）リスク・ハザード情報であること
  - イ) 検証可能な（信頼感が高い）リスク・ハザード情報であること

### 1. 2. 2 具体的な手法開発における留意事項

気候変動下の都市における戦略的水害リスク低減手法開発を具体的に進めるにあたり考慮すべき事項として、気候変動適応研究本部での議論等を通じて以下を抽出した。

- ① 河川、下水道施設等の防災施設の着実な整備による水害被害防止・低減が重要だが、全ての規模の豪雨・洪水外力に対して被害をゼロにする防災施設整備は非現実的である。

- ② 施設整備規模を超える豪雨・洪水時の被害防止・低減には、河川・下水道管理者等以外を含む様々な主体（都市計画部局、住民、企業等）による被害防止・低減対策を総動員した水害被害防止・低減施策の推進が必要である。
- ③ 地域ごとの様々な水害リスク低減対策を統合的・効果的に推進していくには、地域の水害リスク低減量を指標とした各種対策の検討・調整体制を確立するとともに、対策による水害リスク低減効果について継続的にモニタリングしていくことが重要と考えられる。さらに、被災後の迅速な復旧に資する「レジリエンス強化」施策についても併せて検討・推進する必要がある。
- ④ 上述の地域ごとの統合的な対策の検討等において有効と考えられる手法の1つが地域ごとの水害リスク特性図の導入である（図1.2.1）。同図は、河川・下水道施設整備等の対策による水害リスク低減効果（同図の関係曲線を左から右へと変化させる効果）と、氾濫時の被害低減対策による効果（減災対策。同関係曲線を上から下へ変化させる効果）を統合的に評価し、各種対策の組み合わせによるリスク低減施策の計画・推進について地域ごとに具体的な検討を行うための手法の1つである。
- ⑤ 地域の様々な主体による被害防止・低減対策を推進していくには、従来の「河川整備の規模」等だけでなく、各主体によるリスク低減対策実施の必要性・妥当性について理解・検討するのに有効なハザード情報が提供される必要があると考えられる。例えば、対策の主体が個々の住民・企業等であれば「(家屋等の) 場所ごとの浸水深・頻度」等の浸水ハザード情報が必要と考えられる。
- ⑥ 「場所ごとの浸水深・頻度」等のハザード情報の作成・提供に当たっては、使用目的により種々の浸水ハザード情報が必要となることを踏まえることが有効と考えられる（図1.2.2）。例えば、避難場所等の検討においては、最悪シナリオによる浸水深の平面分布等の浸水ハザード情報が最も重要と考えられるが、建物浸水被害に対する個別事業者等による被害防止・低減対策（例 止水板の設置、建物のかさ上げ）の検討においては、当該建物の位置における浸水深の生起超過確率等の浸水ハザード情報が必要と考えられる。
- ⑦ 場所ごとの浸水ハザード情報の作成に当たっては、当該地点を浸水させる氾濫水が河川（外水）由来のものである（場所により大河川及び大河川に流入する支川である中小河川からの氾濫による浸水影響について適宜考慮する必要がある）場合だけでなく、下水管からあふれた場合（内水）、海から（高潮、津波）である場合も含めて統合的に示すことが、使いやすい浸水ハザード情報とするうえで重要と考えられる。（従来の浸水ハザード情報は一般に氾濫水の由来ごとに別々のハザードマップ等として提供されている。）
- ⑧ 場所ごとに外水・内水・高潮等を統合した浸水ハザード情報を作成するには、内外水等の同時生起確率の評価等が必要である。本研究プロジェクトでは内外水の同時生起確率評価手法について研究している（2.1参照）。
- ⑨ 内外水等の同時生起確率の評価は、特に利用可能データが限られる場合などにおいては、比較的大きな不確実性が避けられないものと考えられる。また、限られた年数の実測降雨データ等に基づく確率規模別浸水深等の浸水ハザード情報は、元来ある程度の不確実性は避けられないものと考えられる。
- ⑩ 本研究における浸水ハザード情報作成・提供手法開発において地域の様々な主体による対策実施判断を支援することを優先し、また、開発される手法は、全国の都市における適用を念頭に置いているものであることを踏まえ、厳密な内外水同時生起確率の議論に入り込まずに、発生を合理的に想定しうる降雨等シナリオに基づく浸水深・頻度の評価結果を活用した必要最小限の精度を有する浸水ハザード情報の作成・提供手法についても研究・開発することとした（2.2参照）。

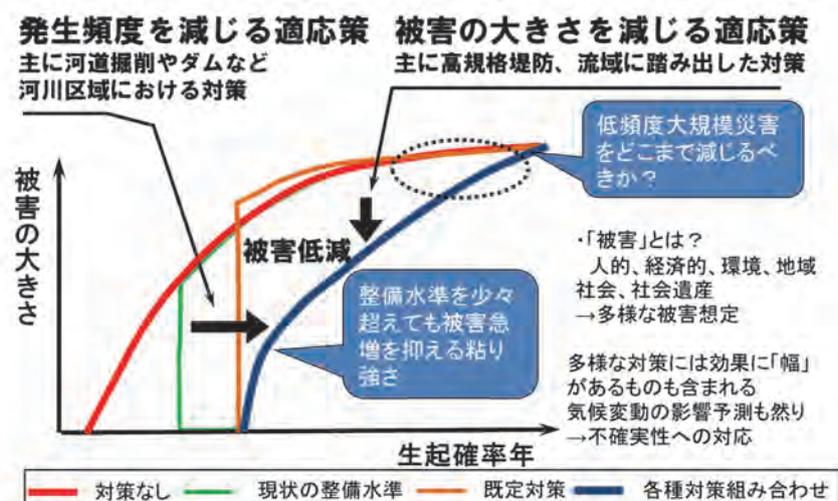


図 1.2.1 地域ごとの水害リスク低減方策統合の枠組み

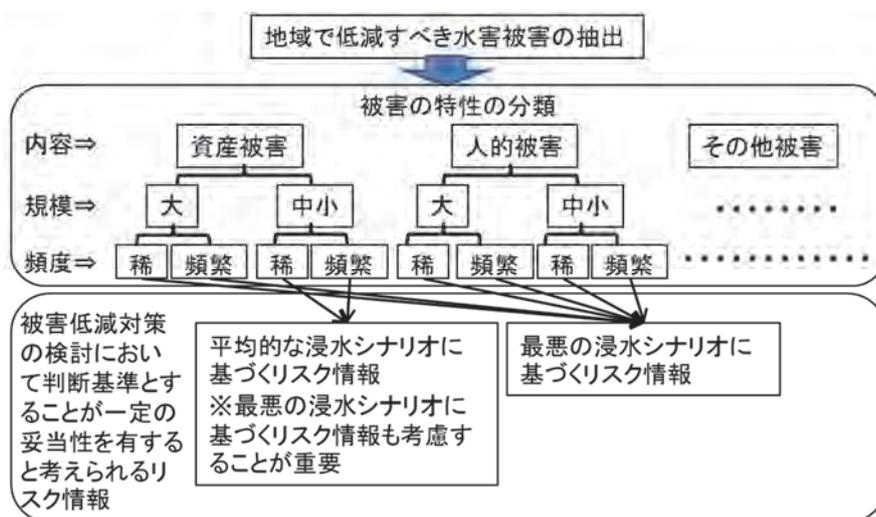


図 1.2.2 水害被害低減対策の目的に応じて必要と考えられる水害リスク情報概念図

### 1. 2. 3 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提案

後述する統合的浸水ハザード評価手法の研究開発、モデル地区への試験適用を通じて明らかとなった、人々による水害リスク低減行動を促すのに有効と考えられる水害リスク情報及び同情報作成に必要なデータ等を踏まえ、図 1.2.3 に示す様に気候変動下の都市における戦略的水害リスク低減手法をとりまとめ、提案した。

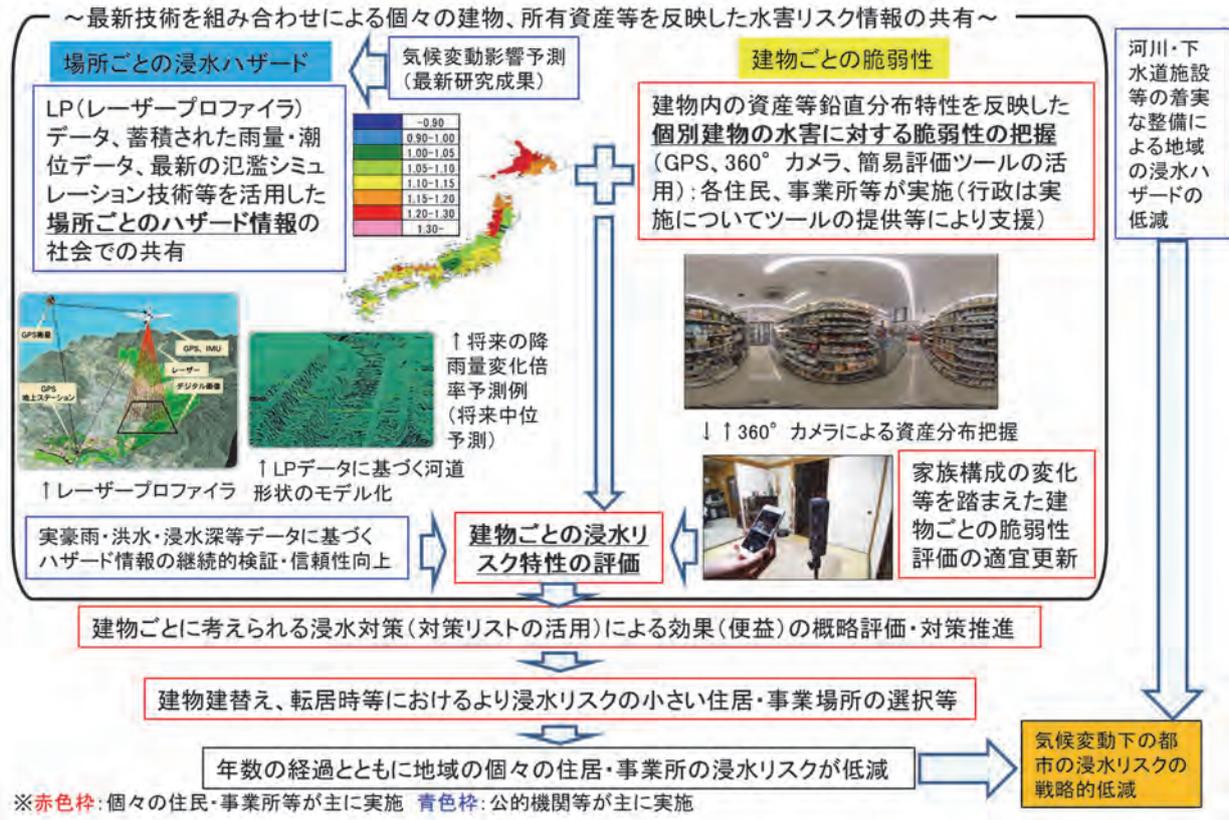


図 1.2.3 気候変動下の都市における戦略的水害リスク低減手法

なお、同手法における基本的な考え方は次のとおりである。

- ① 河川・下水道施設等の着実な整備を推進することによりリスク低減を図ることを基本とする。
- ② 河川・下水道施設等の整備規模を超える豪雨等発生時 (整備途上における現況整備水準を超える規模の豪雨等発生時を含む) には、地域の各主体による水害被害防止・低減対策を総動員することにより地域の水害被害を防止・低減する。
- ③ 地域の各主体 (河川・下水道部局、都市計画部局、住民、企業等) による水害被害防止・低減対策の計画・推進においては、水害リスクを指標として、各種対策による水害リスク低減効果を一体的に表示・共有する (図 1.2.1) ことにより、地域の効果的な水害リスク低減の促進を図る。
- ④ 上述の水害リスク低減対策の推進に加え、被災後の迅速な復旧・復興を実現するための「地域のレジリエンス強化対策」についても併せて検討・推進する。
- ⑤ 地域の各主体 (個々の住民、企業等を含む) による水害被害低減対策を促進するためには、従来の河川・下水道の施設整備規模 (降雨量など外力の年超過確率) といった情報のみならず、各主体が個別建物等の水害被害防止・低減対策の検討を行う際に必要となる浸水ハザード情報を作成・提供することが重要であると考えられることから、リスク情報活用の目的、リスク情報に求められる精度、リスク情報作成に利用可能なデータ等を踏まえ、必要な浸水ハザード情報を作成・共有する。中でも、個々の住民・企業等が水害被害防止・低減対策の必要性・妥当性について具体的に判断・納得するには、家屋立地場所等ごとの浸水深・年超過確率情報の作成・共有を進めるべきである。
- ⑥ 場所ごとの浸水深・年超過確率情報の作成・社会での共有に当たっては、浸水深・年超過確率の評価に当たり設定する氾濫シナリオにより浸水深・年超過確率が変化しうることを踏まえ、水害被害防止・低減対策の目的に応じた (図 1.2.2 参照) 氾濫シナリオの設定・浸水ハザードの分析等を水害リスク情報に求められる精度に応じて行う。当該場所ごとの情報は、個別建物における被害防止

対策（止水板等）の導入等の検討に利用されることを想定するものである。

- ⑦ 地域の洪水・浸水事象の継続的なモニタリングを行い、浸水ハザード情報の検証を通じたリスク情報の信頼性の向上を図る。
- ⑧ 気候変動による将来の豪雨・洪水の外力変化予測に基づく浸水ハザード情報の提供については、将来予測において現在の科学技術では避けることのできない不確実性が存在することを踏まえ、参考情報として提供するものとする。この場合、水害被害防止・低減対策の種類により、効果発現年数が異なることを踏まえ、対策の種類に応じた気候変動影響に関する情報を提供するものとする。
- ⑨ 個別建物の水害被害防止・低減対策の検討に必要なリスク情報の作成においては、一般に将来の資産・人口変化シナリオについて考慮・提示する必要性は高くはないと考えられるが、自治体等がリスク低減施策の検討を行う際などには、将来の人口変化予測（例 国立社会保障・人口問題研究所による）に基づき参考情報として提示する。この場合、将来人口・世帯予測ツール V2（H27 国調対応版）（国総研、2019）が参考となる。

同手法に基づく水害リスク低減推進の概念図を図 1.2.4 に示す。

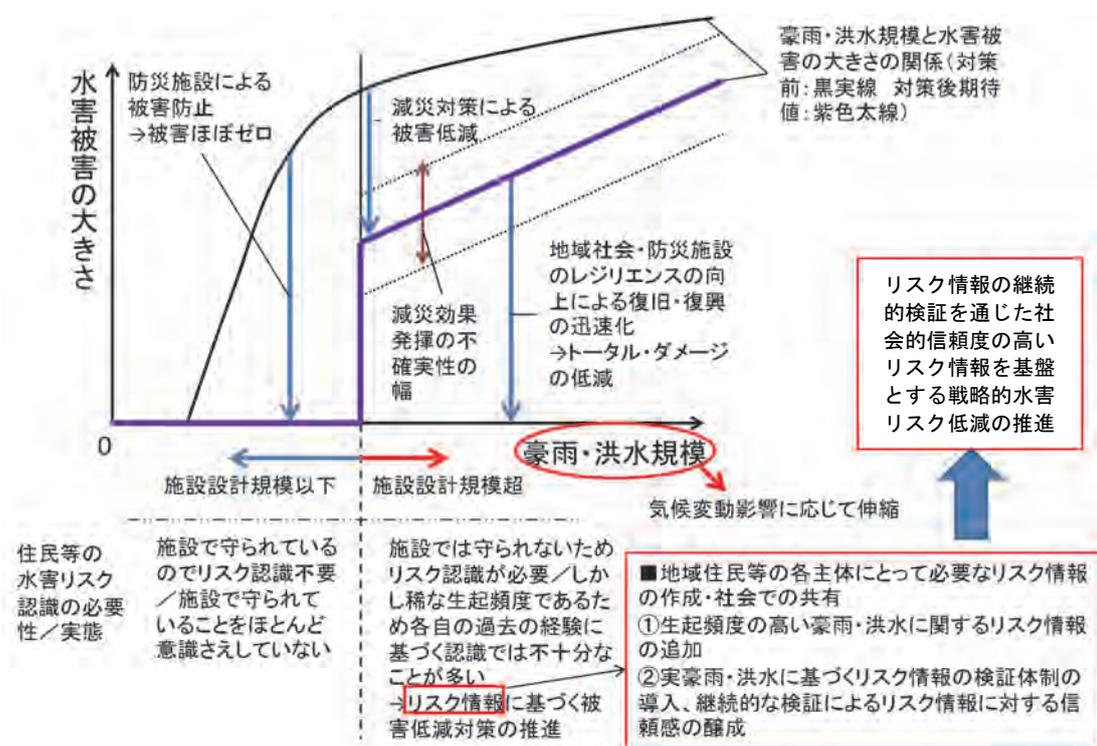


図 1.2.4 気候変動下の都市における戦略的水害リスク低減手法に基づく水害リスク低減推進概念図

### 1. 2. 4 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社会実装に必要な研究開発の実施

図 1.2.3 に示された気候変動下の都市における戦略的水害リスク低減手法を具体化するために必要な次の研究開発を行った。（詳細は次節以降参照）

- ① 水害リスク評価における不確実性の幅の概略評価・情報提供に必要である、場所ごとの浸水深の幅を含む浸水ハザード評価手法の開発
- ② 短期的な対策の 1 つである個別家屋における水害被害防止・軽減対策の検討に必要と考えられる、個別家屋の鉛直方向資産分布を踏まえた水害リスク評価手法の開発

- ③ 将来の気候変動影響による降雨強度の増大の可能性を考慮した浸水ハザード評価手法の開発
- ④ モデル地区における上記手法の試験適用を通じた社会実験（水害リスク評価結果の適用性、分かりやすさの検証）

本研究では住民・事業者等による水害被害防止・低減対策の促進方策を研究開発の中心に据えたため、地区全体としての将来の人口変化、高齢化率等に関する研究開発は個々の住民・事業者等による対策実施判断に直接影響しないと考えられたことから、研究開発の優先順位を下げた。

なお、自治体等がリスク低減施策の検討を行う際に将来の人口変化を考慮したい場合には、例えば国立社会保障・人口問題研究所による将来人口予測値等に基づき評価することを想定している。そのような手法として、例えば将来人口・世帯予測ツール V2 (H27 国調対応版) (国総研、2019) が参考となる。

自然災害外力の将来変化については、「気候変動下での大規模水災害に対する施策群の設定・選択を支援する基盤技術の開発」の成果（気候変動適応研究本部、2016）を活用し、後述 3. 3 に示すとおり考慮手法を提案した。

### 1. 3 本報告書の構成と主たる成果概要

1. 2において提示した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実践手順は、**図 1. 3. 1** に示すフロー図として整理できる。検討段階は、調査・計画・対策推進に区分した。また、各段階での検討内容はフロー図右の枠囲みに整理して示した。「⇒」を付した記載は、各作業での主たるアウトプットである。本報告書はフロー図の検討段階と**表 1. 3. 1** に示す対応関係となるように章節の構成がなされている。同表には、各節の成果概要を併記している。

本研究では、モデル地域を選定して、**図 1. 3. 1** に示す手順に概ね沿っての試行的な検討を行っている。以下に成果のポイントについてまとめて示す。

**第 2 章**では、ハザード算定として浸水深の超過確率分布の評価および内水・外水の統合的確率評価に関して検討している。

本川の洪水（外水氾濫）に関わる降雨（雨域・継続時間）は、その一支川の洪水（内水氾濫）に関わるものより大きなスケールであり、そのため一支川の降雨をその一部として内包する、との降雨現象の捉え方から、本支川の洪水に関わる降雨現象を同時生起として取り扱う考え方を定義し、それに基づき降雨量のデータ抽出・確率評価の手法を考案した。その際、本支川の降雨は独立事象とは考えず、相関を考慮した確率評価を行っている。また別途、浸水モデルに系統的に変化させた本支川降雨を与えて浸水深を算定し、浸水深と本支川降雨の関係を導く。これらの結果から、ある浸水深以上となる本支川降雨の組み合わせを逆算し、その組み合わせの生起確率（浸水深の超過確率）を求めた。その試算結果から、浸水深の超過確率分布を、相関に関する確率評価の手続きを省略し、より簡便に算定できる条件とその手法について考察を加えた（**2. 1** 参照）。

また、本支川の降雨の組み合わせのほかに河口水位などを確率変数として加えて、浸水深の超過確率分布を算定する手法について検討した。河口水位などを系統的に変化させたケースごとに、浸水深の超過確率分布を**2. 1**の簡便化の考え方に準じて算定した。各ケースで異なる分布曲線となるが、全ケースの中央値と最大値に着目し、戸別対策の検討に適した使い分けについて検討している（**2. 2** 参照）。

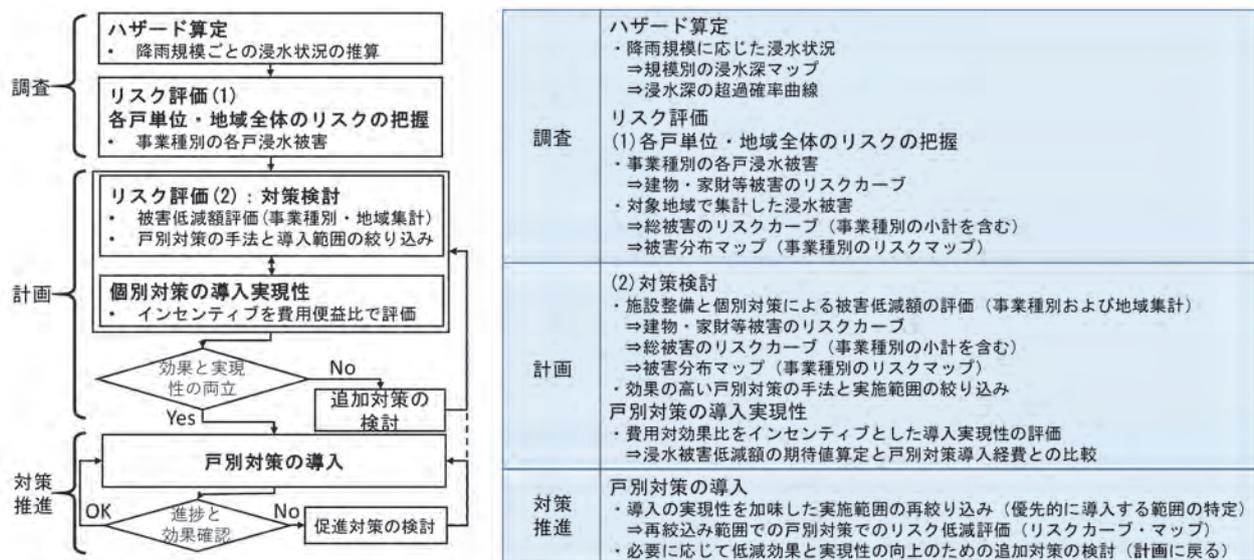


図 1.3.1 本研究成果を活用した検討手順と各検討でのアウトプット

表 1.3.1 本報告書の構成と成果概要 (検討段階との各章の対応)

段階	項目	章	各節の成果概要
調査	ハザード算定	2章	内外水の統合的な浸水発生確率・浸水深の評価 2.1 一雨期間内で内水・外水氾濫が共に生起する相関性を考慮した評価 (集中豪雨と広域大雨の同時生起確率評価) 2.2 戸別対策の検討に適した浸水深の超過確率分布の取り扱い ⇒ 降雨量に加え、河口水位など他の条件も確率事象として評価した浸水深の超過確率評価 (同一確率規模で生じうる浸水深に幅を持たせた評価) 2.3 気候変動による将来降雨増を反映した浸水深の超過確率分布の試算
	リスク評価 (1) 各戸単位・地域全体のリスクの把握 (2) 対策検討	3章	建物単位での水害リスク評価と戸別対策の効果検討 3.1 事業種別モデル建物を用いた浸水被害推算手法 ⇒ 戸別対策による被害低減の推算手法を含む 3.2 地域での事業種別建物配置を考慮した総被害の試算 各建物の位置に同一事業種のモデル建物を配置する仮想の地域を対象として (戸別対策の実施前後で) 3.3 気候変動による影響を反映した被害試算
計画	戸別対策の導入実現性	4章	費用対効果の戸別対策導入インセンティブへの応用性 4.1 戸別対策の直接被害軽減期待額 (効果) の試算 4.2 地区・用途別の被害特性・低減効果の試算 4.3 効果の高い個別対策の手法と実施範囲の絞り込みの事例検討
対策推進	戸別対策の導入	5章	戸別対策の導入促進に関する検討 5.1 導入インセンティブに関する住民・事業者へのヒアリング 対策推進に関する自治体防災担当者へのヒアリング 5.2 国内外の個別対策、連携対策の推進施策の事例調査 ⇒ 応用性の高い考え方・方策の整理

別途報告されている現在気候に対する将来気候の雨量変化倍率 (国総研気候変動適応研究本部 2017b) を用いて、2.2 で用いた降水量の確率評価結果を将来気候下のものに変換し、その降雨条件下で浸水深の超過確率分布を求め、将来はより高頻度に大きな浸水深となる評価結果を得た (2.3 参照)。

**第3章**では、リスク評価として住宅・事業種別の建物浸水被害推計手法について検討している。

家屋・事業形態別に各戸の浸水被害と浸水深の関係を推算できる建物モデルを作成し、各戸別にきめ細かに被害推算する手法を提案した。併せて、それを活用した戸別対策を導入した建物の被害推算の手法も提示した。これら2手法による被害額の差から被害低減額が得られる。これら被害を浸水深の超過確率分布と組み合わせることによる各戸別水害リスク評価手法を提案している（**3. 1**参照）。

検討対象地域内に位置する全建物に対して事業形態を区分し、それに該当する建物モデルを当てはめることで、事業種による被害額の差異を考慮できるリスク評価を試みた。これにより、単に総被害の大きさだけでなく、どの区域に位置するどの事業形態の建物が全被害額に占める割合が大きいのか、といったさらに一歩踏み込んだ分析を行なっている（**3. 2**参照）。

最後に、気候変動による降雨増を考慮して**3. 1**に示した各戸のリスク評価を行い、将来のリスク増の大きさの概略把握を行った（**3. 3**参照）。

**第4章**では、各建物の被害低減額期待値と戸別対策の導入費用の比較に基づいた導入実現性の評価、実現性を確保しつつ高い効果が得られる地区・建物用途の絞り込みの手法について検討している。

**3. 1**で算定したリスクカーブから被害低減の期待値（効果）を算定し、これと戸別対策の導入費用とを比較する費用対効果比を試算した。防水板設置、宅地嵩上げについて試算し、低減効果は事業形態やそれが位置する地点での浸水深の超過確率分布によって大きな差異があること、そのため浸水の発生頻度が低く、被害額が低めの事業形態では導入経費を上回る便益とならない場合があることを示した。

（**4. 1**参照）

また、**3. 3**および**4. 1**の成果を活用し、地区・用途別等に水害リスク評価を実施することで、対策効果が高い地区・建物用途を絞り込みが行えることを示した。（**4. 2**参照）

以上の成果を活用してモデル地域において絞り込みを試行し、対策導入費用より被害低減額（効果）が上回る建物用途についてのみ戸別対策を行う条件で、地区全体としての総被害低減の試算を行った。試算結果から、浸水ハザード等が異なる地区における総被害低減効果の差異を把握できることを示し、自治体による戸別対策導入に向けた啓発・助成などの働きかけを優先的に行う地区などの選択への、本章の成果活用イメージを示した。（**4. 3**参照）

**第5章**では、対策推進に関する以下の2項目の調査結果を示す。

**4. 1**に示した費用対効果比の試算を現在の住居・事業所を対象に実施し、その結果を持ち主、防災担当者に提示する調査を行い、戸別対策の導入インセンティブが向上するかなど意識の変化などについてヒアリング調査を行った。また、自治体防災担当者に**第3章**、**第4章**の成果を提示し、実務への応用に関してヒアリング調査を行った（**5. 1**参照）。

また、本研究と関連の深い国内外の個別対策の実施事例について文献・ヒアリング・現地調査などを行い、個別対策を推進するにあたっての制度面からの考え方・方策として参考となる事項などを抽出・整理した（**5. 2**参照）。

本研究では、戸別対策のさらなる導入促進という課題に焦点をあて、その実践手順（**図 1.3.1**）を提供することに注力した。今後、対策導入が促進されるに伴って、地域のまちづくりとの連携の対象・局面をより幅広にし、かつ深化させていくことが大事である。そのような課題の一例としては、嵩上げや止水壁の設置が進むとその総敷地面積が大きくなって氾濫水を貯留する空間を減らすため、浸水深が高まり未対策の建物・敷地等への浸水被害を増大させるといった利害調整に関わる懸念が挙げられる。また、今回は建物の直接被害を主に取り扱ったが、事業所の用途（例えば大工場、総合病院など）では、当該地域さらに広域までその機能低下・停止の影響が及ぶことが考えられる。

土地利用・建築規制、計画誘導、市場誘導といった切り口からまちづくりにおいて水害リスクを考慮する試みについて検討が進められている（**5. 2. 2**参照）。こうしたまちづくりという大枠のなかで、

利害調整や広域への影響についてさらに検討することが肝要であろう。第2～4章の成果は、戸別対策に加えて、上記の切り口からのまちづくり推進による地域の水害リスク低減効果を把握することにも、本研究の成果が活用できることを示している。大枠の中での成果の活用とさらなる技術的課題を意識し、引き続き検討を進めて参りたい。なお、個別具体的技術的課題については各章節を参照されたい。

#### 1. 4 研究実施体制

本研究は、1. 2で述べたように河川・下水道・都市計画の分野を跨ぐ課題に取り組むため、それぞれを専門とする研究室の共同研究として実施した（図1.4.1：橙色囲み参照）。気候変動適応研究本部の活動のひとつとして位置づけ、進捗状況について報告するとともに研究の方向性などについて討議し、アドバイスを得た。上記に関わったメンバーと担当については、「目次」の前頁に掲載した一覧表を参照されたい。

本研究では、その成果の多くが戸別対策の担い手となる住民・事業者および担い手と密な関係を持つ地方自治体に活用してもらうこととなることから、その最終成果を待たず中間成果の段階で対象建物・地域など現地に適用して成果活用イメージをとりまとめ、住民等から意見を聴取し、それを参考に改善を加えていくという進め方をとった。その実施にあたって、住民・事業者の皆様には、現地調査や意見聴取にご協力いただいた。また、地方自治体および地方整備局には、意見聴取などに関わる諸調整や活用イメージ作成のために必要なデータ提供などについてご助力・ご協力いただいた。

建物浸水対策や都市計画との連携による流域対策などに関する先進的な取り組み（制度・事例）については、その担当部局の協力を得て国内外を問わずヒアリング・現地視察など調査を実施した。

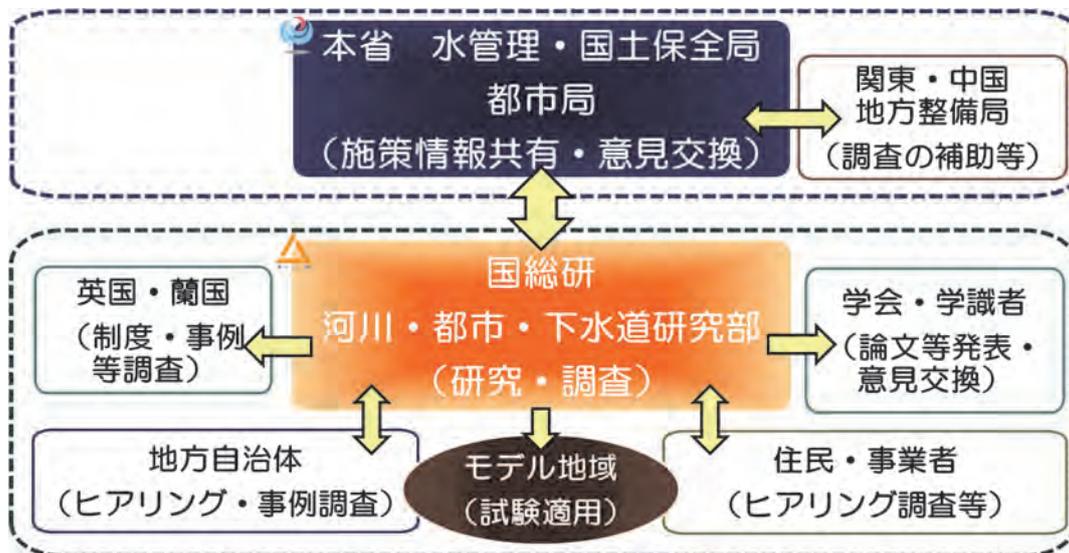


図 1.4.1 研究実施体制

#### 参考文献

- 気象庁（2018）大雨や猛暑日など（極端現象）のこれまでの変化、  
[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme\\_p.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html).  
 建設省土木研究所河川部総合治水研究室（1983）建築物の耐水化に関する研究，土研資料第1916号。  
 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（2016）気候変動下での大規模水災害に対する施策群の設定・選択を支援する基盤技術の開発、  
<http://www.nilim.go.jp/lab/kikou>

site/10study.html.

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 (2017a) 河川・海岸分野の気候変動適応策に関する研究―「気候変動下での大規模水災害に対する施策群の設定・選択を支援する基盤技術の開発」の成果をコアとして―, 国総研プロジェクト研究報告, 第56号, pp37-48,

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoku/prn0056.htm>.

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 (2017b) 既存のハード対策を拡充しつつ、流域でのソフト対策も含めてシームレス、かつ、適切に組み合わせることにより総合的に防災・減災を図る治水の枠組みに関する提案, p.6, [hywr.kuciv.kyoto-u.ac.jp/renkei/activities/20171207/](http://hywr.kuciv.kyoto-u.ac.jp/renkei/activities/20171207/).

国土交通省 国土技術政策総合研究所 (2019) 将来人口・世帯予測ツール V2 (H27 国調対応版), G空間情報センター, <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/cohort-v2>.

国土交通省・防災関連学会合同調査団 (2013) 米国ハリケーン・サンディに関する現地調査報告書 (第二版), [http://www.mlit.go.jp/river/kokusai/main/america/america\\_hurricane\\_201307.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/kokusai/main/america/america_hurricane_201307.pdf).

国土交通省 水管理・国土保全局 (2015) 水防災意識社会再構築ビジョン, <http://www.mlit.go.jp/river/mizubousaivision/>.

国土交通省 水管理・国土保全局 (2017) 河川データブック 2017, pp185-188, [http://www.mlit.go.jp/river/toukei\\_chousa/kasen\\_DB\\_2017.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen_DB_2017.pdf).

国土交通省 水管理・国土保全局 (2018a) 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会、第2回資料3-1, [http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/chisui\\_kentoukai/dai02kai/dai02kai\\_siryoku3-1.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chisui_kentoukai/dai02kai/dai02kai_siryoku3-1.pdf).

国土交通省 水管理・国土保全局 (2018b) 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会、第2回資料4-2, [http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/chisui\\_kentoukai/dai02kai/dai02kai\\_siryoku4-2.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chisui_kentoukai/dai02kai/dai02kai_siryoku4-2.pdf).

国土交通省 水管理・国土保全局 (2018c) 水害統計調査, [http://www.mlit.go.jp/river/toukei\\_chousa/kasen/suigaitoukei/index.html](http://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/suigaitoukei/index.html).

社会資本整備審議会 河川分科会 気候変動に適応した治水対策検討小委員会 (2015) 水災害分野における気候変動適応策のあり方について～災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会へ～中間とりまとめ, [http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/kikouhendou/interim/index.html](http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/kikouhendou/interim/index.html).

社会資本整備審議会 河川分科会 気候変動に適応した治水対策検討小委員会 (2015) 「水災害分野における気候変動適応策のあり方について～災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会へ～」 [http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/kikouhendou/index.html](http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/kikouhendou/index.html).

社会資本整備審議会 河川分科会 大規模氾濫に対する減災のための治水対策検討小委員会 (2015) 大規模氾濫に対する減災のため治水対策あり方について ～社会意識の変革による「水防災 意識社会」の再構築に向けて～ 答申, <http://www.mlit.go.jp/common/001113051.pdf>.

総務省統計局 (2012) 人口推計の概要, 推計結果等、人口推計 各年 10月1日現在人口, [https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200524&bunya\\_l=02&tstat=000000090001&cycle=7&year=20100&tclass1=000001011679&second2=1](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200524&bunya_l=02&tstat=000000090001&cycle=7&year=20100&tclass1=000001011679&second2=1).

中央防災会議防災対策実行会議洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難検討ワーキンググループ (2018) 洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難に関する基本的な考え方 (報告) 参考資料 (洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難に関する定量的な算出方法と江東5区における具体的な検討) <http://www.bousai.go.jp/fusuigai/kozuiworking/index.html>.

東京都 (2016) 東京都豪雨対策基本方針 (改定), 第1章降雨状況や浸水被害状況などの変化,

[http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/topics/h26/pdf/topi014/01\\_henka.pdf](http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/topics/h26/pdf/topi014/01_henka.pdf).

内閣府（2018a）平成30年版高齢社会白書（概要版）（PDF版），pp.46,

[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/gaiyou/30pdf\\_indexg.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/gaiyou/30pdf_indexg.html).

内閣府（2018b）平成30年版高齢社会白書（概要版）（PDF版），pp.3,

[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/gaiyou/30pdf\\_indexg.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/gaiyou/30pdf_indexg.html).

福濱方哉ら（2013）フィリピン国台風30号災害復興に対する技術支援、海外出張調書、国土技術政策総合研究所.

USACE(2018)USACE Harvey Timeline, <https://www.dvidshub.net/video/548079/usace-harvey-timeline>.