

気候変動適応研究本部における 水害リスク研究に通底する考え方とその実践

服部 敦

1. はじめに

気候変動適応研究本部（以下「本部」という。）のこれまで10年の研究活動は、大きく前後半に分けると全体像を掴みやすいように思われる。前半は、水関連各分野で影響評価や対策検討と並行して、それらを束ねる超過洪水対策や気候変動適応策のあり方について種々の議論がなされ、一定の方向性が示された時期であった。本部でも同様な取り組みを行っていた中、影響評価や対策検討と対応策のあり方を橋渡しして、適応策を実践に移すことが重要かつ喫緊の課題と認識し、「新しい治水フレーム」を提案した。後半では、堤防決壊や土砂洪水氾濫等を伴う甚大な水害が毎年続けて発生する状況のなか、治水フレームの実践に繋がる技術・施策の検討を急ピッチで進め、実用に供した。

本報文では、上記のように概括される前後半での研究の要点を、関連する報告書等から引用・整理し、概説するものである。

2. 新しい治水フレームの考え方¹⁾

2.1 治水フレームの狙い・意図

治水フレームは、「被害の起こり方のコントロール」に改めて力を入れていくことを提起し、その実行のため、実務での技術的・政策検討に用いることを想定した被害の起こり方の把握の仕方である「外力に応じた被害想定評価」と被害の起こり方のコントロールのための「施策群の立案」で構成されている。

以下では、治水フレームの考え方の要点、「外力に応じた被害想定評価」の気候変動適応策検討における有用性、および「施策群の立案」に関する研究開発の道筋について説明する。

なお治水フレームは、気候変動適応策の技術政策的議論を進めるための“作業仮説”であり、この内容をそのまま実際の政策に反映させることを意図し

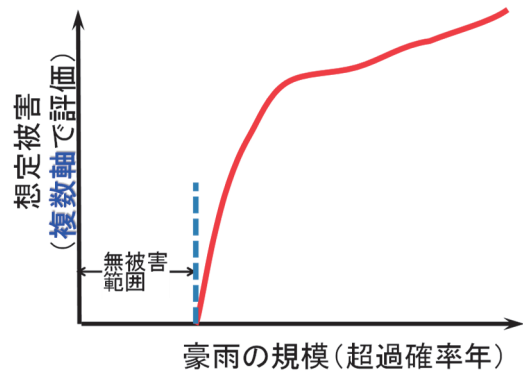


図-1 被害－豪雨規模関係と無被害で済む範囲¹⁾

たものではない旨が記載されている。

その上で、技術政策についての議論を進めて、実際の政策として展開、実践していくためには、概念や方向性の議論にとどまらず、「このような施策の枠組みを形成すると、どのようなことになるか？」を検討するというアプローチが肝要であると指摘し、その検討においては技術施策の「具体的内容」について積極的に吟味していくことが有用かつ不可欠との考え方が示されている。

以上から治水フレームは、上記検討における「施策の枠組み」として活用することで、概念や方向性に加えて、「具体的内容」を持った技術政策形成への道筋をつける役割を担うことを強く意図していると解される。

2.2 被害－豪雨規模関係図

治水フレームの基軸とする「外力に応じた被害想定評価」は、図-1に示すように被害（想定）と豪雨規模（超過確率年）との関係を示すものである。図中の「無被害範囲」は、現況において水害防止の達成レベル（氾濫の年非生起確率。以下、無被害で済む可能性と呼ぶ）にあたり、そして被害のコントロールは、図中の関係曲線を右下方に抑制するように、適切に施策を実施すること（減災マネジメント）にあたる。

治水フレームにおける水害リスク低減の考え方

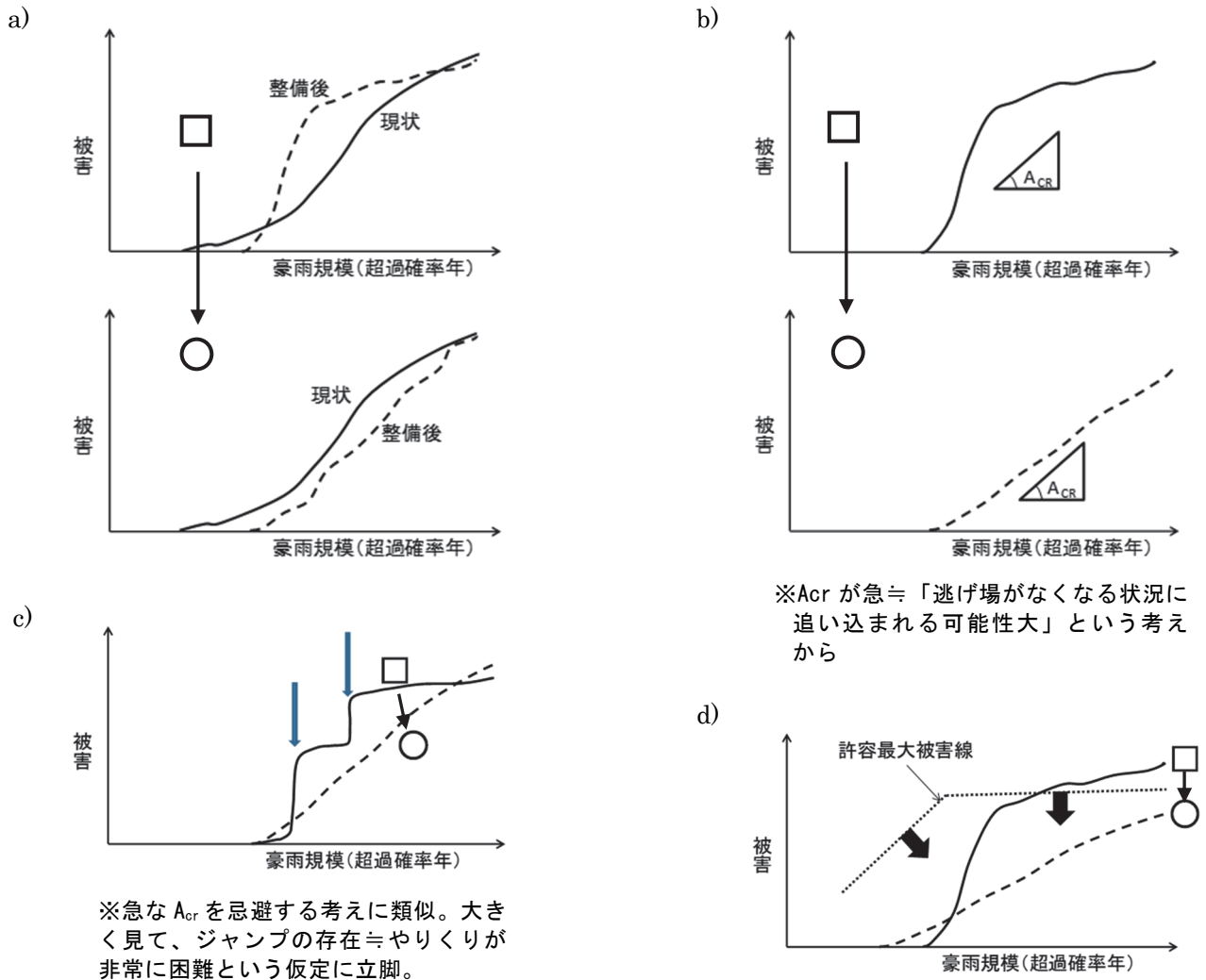


図-2 被害～豪雨規模関係の制御における評価の考え方の例¹⁾

の要点は下記のとおりである。

【無被害で済む可能性の拡大】は、現行と同様に、河川整備により計画的に着実に実施していく。

【被害～豪雨規模関係の制御】は、不確実性（気候変動影響、流域諸状況の将来変化、施策の効果発揮という複数の面にわたる）も織り込み、減災マネジメントとして積極的に実施して行く。

図-1の関係曲線を施策整備後について推算し、現状と比較することで、防災・減災マネジメントの推進に治水フレームを役立てることができる。たとえば下記a)～d)いずれか、あるいは組み合わせにより、図-2に示すように曲線形状の変化から被害の起こり方のコントロール状況を評価する。いずれも□から○に変化させることを目指す。

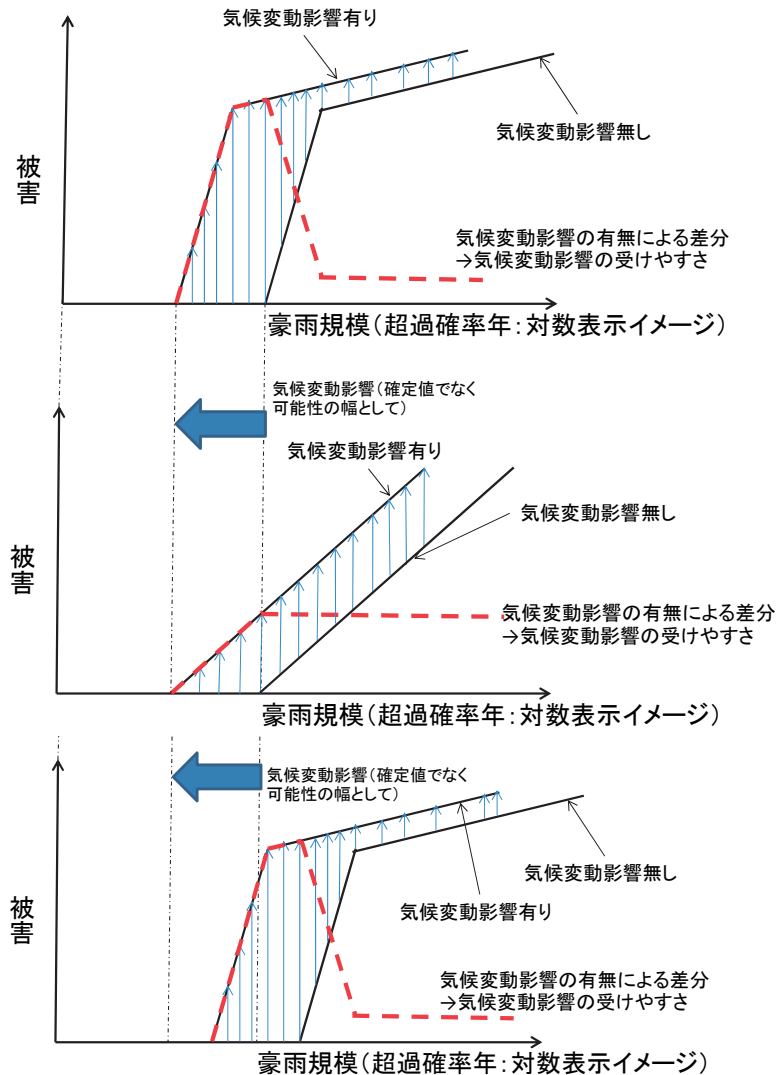
- a) 整備段階を上げる際、被害～豪雨規模関係において、整備後の被害が整備前を上回らない。
- b) 被害～豪雨規模関係の傾き A が A_{CR} 以下。

- c) 関係曲線が階段状を呈する被害急増が無い。

- d) 豪雨規模毎に定められた許容最大被害値を上回らない。

なお、図-2で扱うのは、計画に基づく着実な実施を通じた【無被害で済む可能性の拡大】ではなく、減災マネジメントを通じた【被害～豪雨規模関係の制御】のパートであるので、関係制御について定量的な目標設定を統一的・画一的な方法で行うのではなく、この関係をどのような方向に持って行くべきかについて、いくつかの視点から評価できるようにすることにねらいがあることが述べられている。

そのうえで、 A_{CR} 、許容最大被害値や階段状を呈する被害急増は、規準としての意味を持ちうるが、これらの値を一律に定め、それを満たすことを減災マネジメントの要件にすることについては、引き続き多くの議論や検討が必要であることを指摘している。また、重要なことは認識すべき脆弱性を確実に

図-3 被害－豪雨規模関係図を用いた気候変動への適応度の検討¹⁾

把握することに各手法を役立てていくことであって、b)とc)は当該流域の弱点あるいは脆弱性の把握とその解消にかかわる評価軸と表現することもできることが例示されている。

2.3 気候変動適応策への治水フレームの適用

気候変動による豪雨増の影響は、被害～豪雨規模関係図において図-3に示すように関係曲線（黒実線）を左方に概ね一定距離移動させるかたちで表現される。気候変動による被害の変化は、降雨増の影響の有無に対応する2曲線の差分（図-3の青矢印）として評価される。この差分と豪雨規模との関係（赤破線）は、気候変動に伴う被害増分を豪雨規模毎に示すものであり、気候変動がもたらす被害増の感度、ひいては施策による被害低減効果を吟味できると期待される。

例えば、図-3のケースa)では、無被害で済む限界を超える外力が生じると急激に被害が増える特性を

持つ場合を取り上げている。その次のケースb)では、無被害で済む限界は同じであるが、その後の被害の増え方が緩慢な場合を示している。

両ケースの赤破線すなわち気候変動に伴う被害増分量は、ケースb)において全体として緩和されていることがわかり、これは関係曲線を右下方に抑制すると影響が出にくいことに対応する。

ケースc)においては、無被害で済む限界を高め、より大きな外力まで無被害が持続するようにしている。この場合の被害の差分と豪雨規模との関係（赤破線）は、ケースa)と形は同じであるが、右方にずれているので、生起確率が減少するという点でケースa)に比較して気候変動影響が小さくなっている。

無被害で済む可能性の一層の拡大とともに、関係曲線を右下方に抑制することの重要性を示したものである。

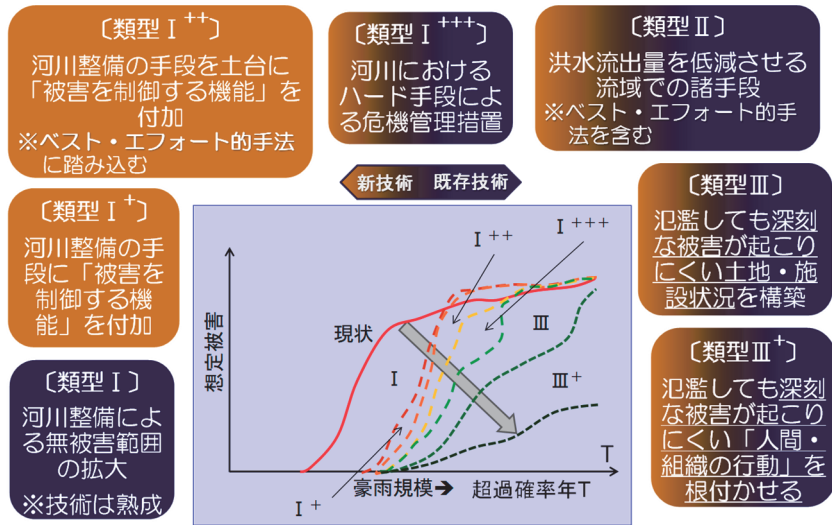


図-4 様々な類型の施策を総動員した「無被害で済む範囲拡大」と「被害－豪雨規模関係制御」の全体像¹⁾

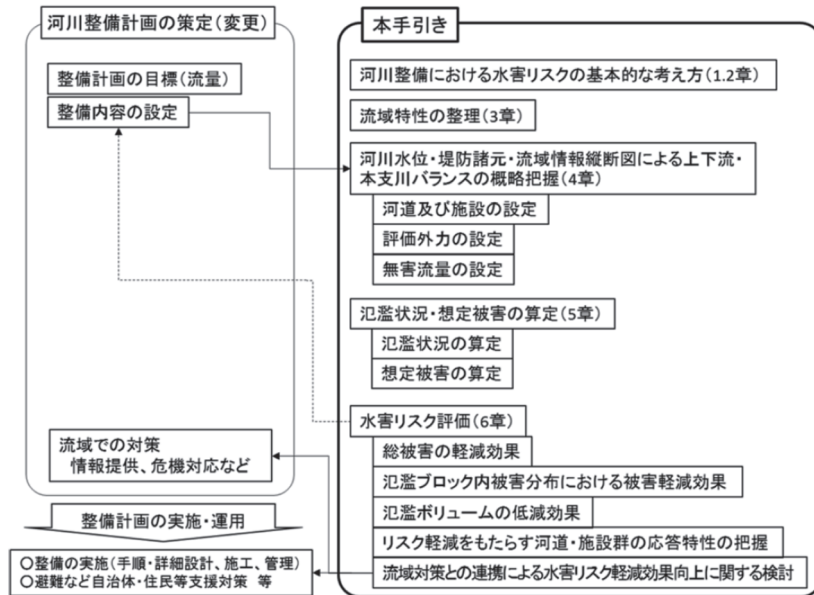


図-5 水害リスク評価の検討手順³⁾

2.4 施策検討の道筋

図-1の関係曲線を用いた治水フレームは、図-2に例示した様々な曲線形状の変化と、それをもたらす施策検討とが結びつけられて初めて意味を持つ。すなわち、現状について関係曲線の傾きや階段状の被害急増などが生じる要因の分析や、それに対してどこにどのような施策を展開すると□から○で示した曲線に変わるかの応答関係を具体的に検討する。そしてこの内容を、各地域の具体施策の実践である減災マネジメントに反映していくとする考え方を示している。

上記の検討を円滑にするため、施策群の類型化を図-4に示すように行っている。この類型化は、この治水フレームの下で新たに必要となる技術および

技術政策手段の展開を誘導する役割も合わせて担うことが述べられている。例として、各類型の施策には、既存の熟成された技術で実行可能なものもあれば、新しい技術開発や技術政策の展開を必要とするものもあることが示されている。

後者が「施策」をブラッシュアップする対象として特に大事であり、研究開発へと展開されると考えられる。

また、被害－豪雨規模関係がどのように改善されるかを、種々の施策を組み合わせた複数の適応策案について試算し、比較することになる。この検討を行う際の基本的な作業場として、図-4の中央に示されている図の活用が提起されている。

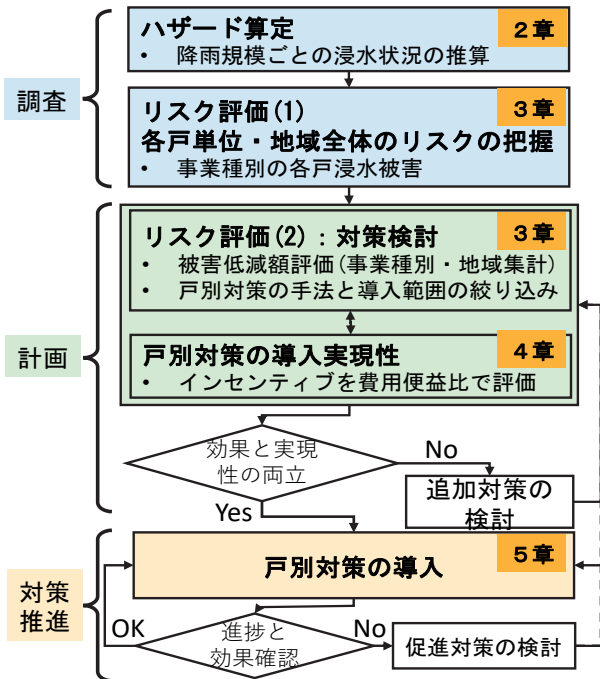


図-6 リスク評価に基づく戸別対策の導入・推進手法

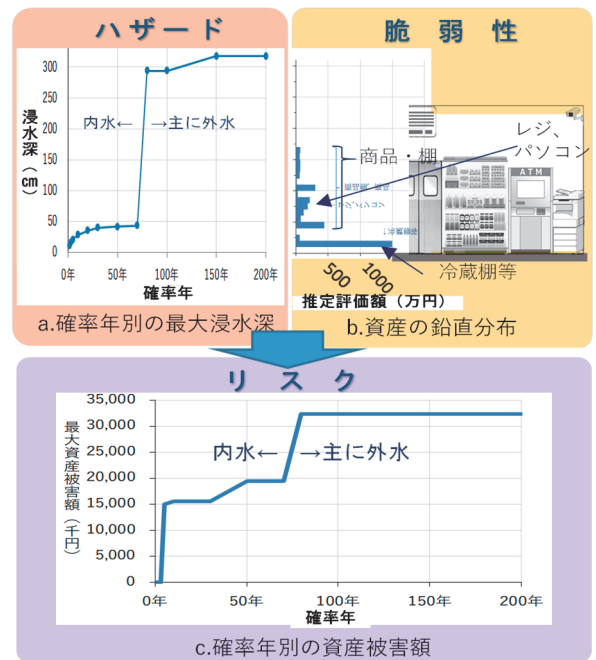


図-7 建物種別の水害リスク評価(コンビニの一例)

同図は適応策案を構成する各類型の施策別に被害をどの程度低減させる効果を表したものである。図中の□から○へ関係曲線を改善する適応策案において、様々な類型の施策群が総動員されることで、無被害範囲の拡大を含む被害制御がどのように進捗するかを総合的に吟味するのに役立つことが述べられている。

3. 治水フレーム実践に繋がる技術・施策検討

3.1 被害－豪雨規模関係を算出する技術

治水フレームの基軸となる被害と豪雨規模の関係図の算定手法については、本部設置の当初から検討を進めてきてところであり、2章で述べた治水フレームの提示と併せてその成果を報告している²⁾。その後、幾つかの河川整備計画策定のための検討に応用し、その成果を「水害リスク評価の手引き（試行版）」³⁾としてとりまとめている。本手引きは、想定最大外力を含め、氾濫が発生した場合においても被害をできる限り軽減することを目標として、河川整備状況および計画について点検するための、水害リスクの基本的考え方、検討手順および評価方法を示している（図-5参照）。

3.2 情報提供による被害低減施策

ここでは、主に類型Ⅲ+に分類される情報提供に関する事例を紹介する。水災害の危険性が高まる状況下において人・組織の行動を促す情報としては、

その対象者が属する地域スケールの全般的な情報に加え、自身により身近な特定の場所の情報が重要であることが指摘されている。そうした情報の要件として、場所的・時間的にきめ細かに提供できることが挙げられる。それに対応する施策として、XRAIN（XバンドMPレーダとCバンドMPレーダを活用した豪雨観測技術）について検討を行っており、全国に情報提供が行われるに至っている。

近年では、観測した豪雨・水位等から河川に沿って切れ目なく水位を計算することにより、どの箇所が越水の危険性が高いかを示す水害リスクラインについて研究を行っており（水循環研究室⁴⁾、情報配信されている⁵⁾（国直轄区間：試験配信中の水系を含む）。

また、豪雨による都市部の内水氾濫を主対象として、豪雨などの予測・観測データを取込み、10分間隔で浸水予測情報を配信する「リアルタイム浸水予測システム」を開発する研究を行っており（水害研究室⁶⁾、東京都内神田川流域で試験運用し、地域住民参加の社会実験を行っている。

3.3 家屋・家財の水害リスクの評価と低減施策⁷⁾

3.3.1 導入推進のための手法開発

家屋・家財の水害リスクの評価と低減施策に関する研究は、類型Ⅲの施策に対応するものであり、氾濫が生じたとしても、被害を低減させるために地域で取りうる施策（群）を取り上げ、これらを合理的

に進めるための手法の開発を目的としたものである。特に都市における水害を対象として、家屋・家財の浸水対策をさらに加速させることを目標として戸別対策導入を推し進め、それにより地域の総被害を低減させるアプローチによる水害リスク低減手法について検討している。

3.3.2 対策の導入実現性と被害低減効果の両立

戸別対策として家財の高所移設、防水板(壁)および宅地嵩上げを主対象とした。一般に水害リスクが高い、すなわち家屋・家財が高額かつ浸水の発生確率・水深が大きいほど費用に見合った便益が見込め、対策の導入実現性が高くなるであろう。また地域の観点からは、水害リスクが大きく、高い導入実現性を有する建物が多くを占め、かつそれらの総被害低減額(総便益)が大きな地域において優先的に対策を進めるのが効果的と考えられる。

提案した手法は、導入実現性を費用便益比で評価し、上記の条件に合致する地域と建物(住居・事業種別)および戸別対策の種類を選定するものである(図-6参照)。本手法は、図-7に結果の一例を示す建物種別の水害リスク評価に基づいている。各建物の資産(脆弱性)と立地(ハザード)を反映して水害リスク(確率年と被害額の関係)である図-7cが推算される。この関係図は図-1に相当し、便益は施策導入による被害低減額(図-4では□と○の曲線の縦軸方向の差分)から算定される。以上の試みは、関係曲線を対策導入のインセンティブを高める情報に変換するという意味において、治水フレームのブラッシュアップと位置づけられよう。

3.3.3 戸別対策の導入・推進

家屋・家財の水害リスクの評価と低減施策に関する研究の報告書⁷⁾は、実務適用の利便性を考慮し、調査・計画・対策推進の段階に対応した章立てとしている(図-6参照)。河川氾濫、内水氾濫といった異なる氾濫要因を統合した浸水深-豪雨規模関係の算定手法(2章)および地域の社会特性を加味した被害-豪雨規模関係の評価手法(3章)・導入実現性(4章)・国内先進事例と都市計画・建築・住宅等の制度(5章)については、本特集で別途報文が掲載されているので併せて参照されたい。

4. まとめ

気候変動適応研究本部では、治水フレームに気候変動適応策を融合させるという考え方を基本に、上記したように技術・施策研究を進めてきたところである。今後も研究を継続し、治水フレームと施策を発展・充実させていくとともに、適宜実践に供することとしたい。

なお、本報文では、それぞれ参考文献に記載された内容を、著者の判断で要点を絞って説明を簡素にしている。さらに詳細にかつ全容を理解するためには、該当の文献を参照されたい。

参考文献

- 1) 藤田光一：気候変動影響・超過洪水生起を踏まえた新しい治水フレームの考え方、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報告、第56号、第Ⅲ部、Ⅲ-2、2章、pp.182～213、2017
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoku/kpr/prn0056.htm>
- 2) 河川研究室：超過洪水時の治水システム挙動を考慮した被害生起シナリオと施策効果の分析手法、国総研プロジェクト報告、第56号、第Ⅲ部、Ⅲ-2、3章、pp.214～221、2017
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局、国土技術政策総合研究所：水害リスク評価の手引き(試行版)、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、2018
http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chisui_kentoukai/dai02kai/dai02kai_siryoku4-2.pdf
- 4) 土屋修一、川崎将生：データ同化技術を導入した実用的な河川水位予測手法の開発、土木技術資料、第60巻、第9号、pp.8～11、2019
- 5) 水害リスクライン、2020.：<https://frrl.river.go.jp/>
- 6) リアルタイム浸水予測システム、2020
<http://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhp/seika.files/shinsuiyosoku/index.html>
- 7) 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：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、国総研資料、第1080号、2019
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoku/tnn/tnn1080.htm>

服部 敦



国土交通省国土技術政策総合研究所
河川研究部水防災システム研究官、
博士(工学)
Dr. HATTORI Atsushi