

第 I 部

研究の概要

1. 研究の背景・目的

1. 1 本研究の着手に至る背景

国連の気候変動に関する政府間パネル（IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change）が第4次報告書を発行したのは平成19年（2007年）のことであった。その第1作業部会（WG1: 自然科学的根拠）報告書において、「気候システムの温暖化には疑う余地がない」ことが明記され、「過去50年の温暖化のほとんどは、人類起源の温室効果ガス濃度の上昇によるものと、強く考えられる（very likely）」と結論された。それを踏まえ、温室効果ガス排出の抑制に基づく一層の緩和努力が必要となるが、仮に2100年までに温室効果ガス濃度を一定に保つことができたとしても、気温の上昇は止まらず、海面上昇（海水の熱膨張）などの温暖化の影響はその後数世紀にわたり継続するとの見通しが示された。これは、すでに現れている気候変動の影響に加え、国際的な合意の下に緩和策を講じても、我が国において様々な気候変動の影響が今後も生じる恐れがあることを意味する。このため、今後中長期的に避けることのできない気候変動による様々な分野への影響に対処することを目標にして、影響の評価及び影響への適応策を計画的に進めることが必要との認識が世界的に共有されることとなった。

地球温暖化は、気温上昇や海面上昇のみならず、降水量の変化、とりわけ、局地的豪雨の頻度増加、融雪流出量の減少といった変化を通じて、当時、わが国の治水・利水・水環境にも大きな影響を与えると懸念されつつあった。このため国土交通省は、社会資本整備審議会（以下、社整審）に気候変動に適応する治水施策のあり方について諮問し、同河川分科会に気候変動に適応した治水対策検討小委員会が設置された（平成19年8月）。そして平成20年6月に「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について」答申がまとめられた。そこでは、治水・利水・環境保全を進めていく上で鍵となる様々な外力（降水量、洪水流量、土石流、高潮、濁水等）が増大し、わが国の国土・社会に大きな影響を与え得ることを確認するとともに、それらによる水災害を完全に防ぎきれないとしても、「犠牲者ゼロ」を目指して、様々な適応策を順応的に推進していくべきことが提言された。また、平成20年（2008年）は、神戸市都賀川で7月に発生した水難事故をはじめとしたいわゆる「ゲリラ豪雨」による水害・水難事故が多発した年であり、同小委員会に「中小河川における局地的豪雨対策WG」と「中小河川における水難事故防止策検討WG」が設置されて、それぞれ提言を行っている。さらに、日本学術会議地球惑星科学委員会・土木工学・建築学委員会合同国土・社会と自然災害分科会が、平成20年6月に提言「地球環境の変化に伴う水災害への適応」を取りまとめた。これらの諸提言によって、当時既に一部起こりつつある新しいタイプの災害が今後激化することが想定される中で、従来の河川整備のように「氾濫の発生頻度を小さくする」という河川・水系内での取り組みを中心とした枠組みにとらわれず、「氾濫による被害を最小限に留める」という新たな枠組みも視野に入れることや、それを実現させるための様々な施策オプションを列記したメニュー（例えば、堤防・ダム等既存施設の補強／有効利用、雨水流出抑制施設、新型気象レーダによる豪雨監視等）も検討していくべきことが示されたのである。

しかしながら、当時の段階では、影響評価、適応策検討の両面において、多くの課題があった。影響評価に関しては、例えば、河川流域スケールでの河川計画規模の降水量変化予測評価に耐える高空間分解能の気候予測シミュレーションデータがほとんど無く、気象庁気象研究所が、文部科学省「人・自然・地球共生プロジェクト：RR2002（平成14～18年度）」により開発したGCM20およびRCM20と呼ばれる当時世界最高レベルの20kmの高空間分解能データが、当時唯一利用可能なデータであった。このため、当時は世界の多様なGCMデータやアンサンブルデータを用いることによる予測のバイアスや不

確実性の定量的な評価を行うことは困難であった。また、個別の河川流域毎（例えば、全国一級水系の109水系全て）での影響評価は行われておらず、代表河川での試算に止まっていた。治水分野においてこのような状況であり、利水や環境等の分野では、総合的な検討はほとんどなされていなかった。また、適応策検討に間しては、一般論・全体論の提示から踏み出して、流域ごとの実態や過去の施策の積み重ねを十分踏まえ、かつ、メニューの羅列にとどまらない系統立った個別施策オプションの組み合わせとして適応策を提示するための考え方（フレーム）については、十分な検討が行われていなかった。また、その考え方を提示するためには、技術的観点からは、1)整備目標を超過する洪水も対象に加えて各種水災害リスクを総合的に評価すること、2)タイプの異なる流域ごとに各種の施策オプションが効果を発揮する具体条件を整理することが求められることになる。1)については、治水面で言えば、洪水が設計外力（計画高水位など）を超えるとき防災施設の機能の発揮や喪失シナリオを検討することが必須となる。これらの課題は、前出の社整審の平成20年の答申が平成25年度を目処として取り組むべき課題として挙げた「災害リスクの評価法」、「流域などでの安全確保の考え方と進め方」に対応するものである。

1. 2 研究の目的

上記の各種提言と、国土の高度な利用に比して水災害に対する防災インフラ整備水準が未だ低いという日本の特徴を踏まえると、気候変動に対する適応策には、被害発生頻度の低減に加え、各種水災害リスクの低減を合理的に図っていくことと、これらの効果発揮の時間的展開についても明確な方策を持つことが求められる。

そのため、気候変動予測に関する最新の知見を活用し、洪水等の水災害をもたらす外力の発生頻度や規模への気候変動影響を評価するとともに、従来の河川整備だけにとどまらず新たな施策も視野に入れる一方、流域ごとの実態や過去の施策の積み重ねを踏まえて実現性の高い施策を選択していく必要がある。

これらを踏まえ、本研究は、気候変動影響の下で水災害を引き起こす外力の算定手法やリスク評価手法を開発するとともに、流域毎の実態や実現可能性を踏まえつつ、それらを総合化して防災・減災マネジメントを進めるための考え方を提示することを目的とする。その成果により、気候変動への適応策の実現を技術政策面で強く支えることを目指す。

なお、気候変動適応研究は、上記のように、インフラ整備水準を超えることで水災害を引き起こす、いわゆる超過外力の発生も想定に入れた上で、水災害リスクの低減を図る方策を探ることを目的としている。すなわち、気候変動への適応研究は、21世紀末といったはるか将来における気候変動後の世界のためだけの研究課題では決して無く、災害が激甚化しつつあると言われる現在において既に我々が直面している超過外力の頻発化に対する適応研究でもあり、極めて今日的な研究課題でもあると言わなければならない。

本研究は、国土技術政策総合研究所（以下、国総研）におけるプロジェクト研究*「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」として、平成22年度から25年度まで実施した。

*) 国総研プロジェクト研究：

研究所として重点的に推進する研究をプロジェクト研究に指定し、プロジェクト・リーダーのもとに、目標達成に必要なとされる分野の研究者が結集・連携して効果的に研究を進める。プロジェクト研究の課題設定にあたっては、研究対象の周辺状況を十分に見通し、場合によっては目標を共有する研究を統合すること等により、多面的・多角的な側面から包括的な問題解決を目指す。

1. 3 研究期間前後の主な動き

本プロジェクト研究と相前後して、国内外において多くの重要な施策・研究等の動きがあり、それらは、本研究の企画立案・実施・成果とりまとめ・成果の社会への還元の各段階において大きな影響を与えているので、ここにまとめて列記しておく。

- H19.3 : 文部科学省新世紀重点研究創生プラン(RR2002)「人・自然・地球共生プロジェクト (共生プロ)」研究終了 (H14.4～)
- H19.4 : 文部科学省 21 世紀気候変動予測革新プログラム (革新プロ)「超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究 (H19～23 年)」研究開始
- H19.8 : 社会資本整備審議会 (社整審) 河川分科会に「気候変動に適応した治水対策検討小委員会」を設置
- H19.11 : IPCC 第 4 次評価報告書統合報告書の公表
- H20.6 : 社整審小委員会答申「水関連災害分野における地球温暖化に伴う気候変動への適応策のあり方について」の公表
- H20.6 : 日本学術会議地球惑星科学委員会・土木工学・建築学委員会合同国土・社会と自然災害分科会提言「地球環境の変化に伴う水災害への適応」の公表
- H21.4 : 国総研において、気候変動適応研究本部を設置。河川研究部、環境研究部 (当時)、下水道研究部、危機管理技術研究センター (当時) の関係 7 研究室、1 研究チームにより構成。
- H22.4 : 本プロジェクト研究「気候変動下での大規模水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」(H22～25 年) を開始
- H23.3 : 東北地方太平洋沖地震(M9.0)による東日本大震災の発生
- H23.11 : IPCC「気候変動への適応推進に向けた極端現象及び災害のリスク管理に関する特別報告書 (SREX)」の公表
- H24.3 : 文部科学省 21 世紀気候変動予測革新プログラム (革新プロ)「超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究 (H19～23 年)」研究終了
- H24.4 : 文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム (創生プロ、H24～28 予定) 研究開始
- H25.3 : 本プロジェクト研究の一環としての中間報告ワークショップ「気候変動に適応する治水方策に関するワークショップ」(TKP 東京駅八重洲カンファレンスセンター ホール 5B) を開催 (3 月 12 日)。
- H25.8 : 国総研資料第 749 号「気候変動適応策に関する研究 (中間報告)」を本プロジェクト研究の中間成果報告として公表
- H25.9 : IPCC 第 5 次評価報告書 第 1 作業部会(WG1)報告書の公表 (以下、H26.3 に WG2、H26.4 に WG3 の各報告書、ならびに、H26.11 に統合報告書が、順次公表される。)
- H26.1 : 社整審「気候変動に適応した治水対策検討小委員会」が再開される。
- H26.3 : 本プロジェクト研究「気候変動下での大規模水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」[H22～25 年] の研究期間が終了。但し、上記の IPCC 第 5 次報告書や下記の環境省地域気候変動予測データの公表等の動きを受けて、一部内容についてフォローアップ研究を継続実施。
- H26.6 : 環境省 全球気候変動予測データおよび地域気候変動予測データ (協力：気象庁) を公表
- H27.1 : 国土交通省「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」を公表
- H27.2 : 社整審「気候変動に適応した治水対策検討小委員会」中間とりまとめを公表

- H27.3：中央環境審議会「日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題について（意見具申）」を公表
- H27.4：気候変動適応研究本部を改組（本部＋幹事会）。都市研究部、防災・メンテナンス基盤研究センター、沿岸海洋・防災研究部が加わる。
新規プロジェクト研究「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」（H27～29年予定）を開始
- H27.7：「浸水想定（洪水、内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法」の公表
- H27.7：気候変動適応研究本部において、水技術政策に関する海外最新情報発信を開始
- H27.8：社整審 最終答申「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～」を公表
- H27.10：平成 27 年 9 月関東・東北豪雨の大規模氾濫災害を受けて、社整審「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」が設置される。
- H27.11：国土交通省気候変動適応計画の公表
- H27.11：閣議決定「気候変動の影響への適応計画」
- H27.12：社整審 答申「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～」を公表
- H27.12：文科省・気候変動リスク情報創生プログラムおよび海洋研究開発機構・地球シミュレータ
特別推進課題による「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF)」
の公表
- H29.4：国総研プロジェクト研究報告第 56 号「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―」を、本プロジェクト研究の最終成果を包含するものとして公表

2. 研究の全体構成

本プロジェクト研究は、気候変動適応研究本部（河川研究部、下水道研究部、旧環境研究部、旧危機管理技術研究センターの関係研究室から構成される横断的な研究グループ： 3. 研究の体制を参照）において実施した。当研究本部では、本プロジェクト研究に関係の深い河川・海岸分野の気候変動適応策に関する検討を合わせて進めている。そこで本報告では、プロジェクト研究「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」の成果をコアとしつつ、それを包含して、現時点までに得られた河川・海岸分野の気候変動適応策に関する研究成果を総体として提示することとした。本研究報告書の標題には、このとりまとめ方針が反映されている。

なお、本報告書に先立ち、平成 25 年 8 月に上記プロジェクト研究の中間成果としての報告書を既に公表している。中間報告書の目次構成は図-I.2.1 の通りである。

<p>第 I 部 報告書の概要</p> <p>第 II 部 気候変動適応策に関する研究（中間報告）</p> <p>第 1 章 個別の研究成果</p> <p>1.1 気候変動に適応する治水方策に関する研究</p> <p>1.1.1 流域一体となった浸水被害軽減方策に関する研究</p> <p>1.1.2 沿岸環境の変化現況と気候変動に向けた外力設定</p> <p>1.1.3 XバンドMPレーダによる豪雨監視の強化について</p> <p>1.1.4 豪雨の増加が都市雨水対策に与える影響評価</p> <p>1.1.5 降雨予測技術を活用したダム洪水調節操作の高度化</p> <p>1.2 水利用への影響と適応に関する研究</p> <p>1.2.1 気候変動に対応した漏水リスク増加に対応した下水処理水の活用方策に関する研究</p> <p>1.3 河川環境への影響に関する研究</p> <p>第 2 章 治水への影響と適応に関する研究</p> <p>2.1 気候変動予測の進展とそれを踏まえた検討</p> <p>2.1.1 気候変動予測の概要</p> <p>2.1.2 気候変動予測結果の翻訳</p> <p>2.1.3 翻訳結果に基づく流域特性の類型化と特徴</p> <p>2.1.4 高潮外力に対する気候変動の影響についての検討</p> <p>2.2 諸外国の適応策の分析</p>	<p>2.3 日本における気候変動適応策検討のポイント</p> <p>2.3.1 概観</p> <p>2.3.1.1 我が国の治水に関わる基本的状況</p> <p>2.3.1.2 被害の起こり方のコントロールについての議論</p> <p>2.3.1.3 論点の整理</p> <p>2.3.2 河川整備手段の拡充の展望</p> <p>2.3.2.1 河道設計・管理からのアプローチ</p> <p>2.3.2.2 予測雨量を活用したダムによる洪水調節操作手法の高度化</p> <p>2.3.2.3 既設ダムの再編や再開発の効果</p> <p>2.3.3 設計以上の外力を受けた治水施設（群）の機能発揮・喪失に関する検討</p> <p>2.3.3.1 有堤河川の氾濫事象に着目した検討</p> <p>2.3.3.2 氾濫リスクの試算手法</p> <p>2.3.3.3 被害状況の試算結果</p> <p>2.3.3.4 洪水流・堤防システムの挙動および被害状況</p> <p>2.3.3.5 5つの着眼点を応用した検討事例</p> <p>2.3.3.6 ダムの洪水調節</p> <p>2.3.4 災害の起こり方のコントロールというアプローチの強化—氾濫を考慮した治水施策について</p> <p>2.3.5 超過洪水を伴う氾濫を取り込んだ包括策を具体化するための道筋と課題</p> <p>2.3.6 不確実性への対応</p> <p>第 III 部 気候変動に適応する治水方策に関するワークショップ開催報告</p>
---	---

図-I.2.1 国土技術政策総合研究所資料第 749 号「気候変動適応策に関する研究（中間報告）」（平成 25 年 8 月）の主要目次構成

ここで、本（最終）報告書と中間報告書との関係は以下の通りとしている。

- 1) 本プロジェクト研究の最終成果の全体について、中間報告書を参照しなくても把握・理解できることを最優先とする。このため、中間報告書との記述内容の重複を許容しつつ、本プロジェクト研究の最終成果について網羅的な執筆・とりまとめを本報告書において行っている。
- 2) 本報告書における、本プロジェクト研究の最終成果の全体の理解・把握性に影響を与えない範囲で、研究成果の全ての図表等の掲載が煩雑で長大となりすぎる場合等については、中間報告書（もしくは他の研究報告書）を参照することで代える。

このことから、本報告書を参照することで、中間報告書を参照することなしに本プロジェクト研究の全体を一通り把握・理解できることは担保している。しかしながら、一部の研究内容については、その成果等の詳細部分について、中間報告書（もしくは他の研究報告書）を参照することで、その全貌・詳細の網羅的な確認につながる場合がある。このため、その点の付記を含めて、以下で行う本報告書の全体構成の説明では、この中間報告書との関係についても言及する。

本研究（本報告書の目次）の全体構成の骨格は以下の通りである。

まず、**第 II 部「河川・海岸の整備と管理に関わる気候変動影響の評価」**では、以下のように河川（治水・利水・環境）や海岸の幅広い分野における気候変動の影響評価の研究を行った成果をとりまとめている。

第Ⅱ部：河川・海岸の整備と管理に関わる気候変動影響の評価

1. 国内外における気候変動予測の現状
2. 豪雨によりもたらされる河川流域での水害に与える影響
 - －気候変動予測結果の翻訳と人口の長期的変化の考慮
3. 都市雨水排水対策の視点から見た気候変動影響
4. 沿岸に作用する外力に見込まれる気候変動影響
5. 水資源計画・管理の視点から見た気候変動影響
6. 河川環境の視点から見た気候変動影響

1. では、河川・海岸における計画や管理への影響を引き起こす直接の原因となる気温や降水量、台風等の気象擾乱の将来予測データを提供する気候学分野における数値気象予測モデルの現状について、簡潔なレビューを行った。中間報告書第Ⅱ部 2.1.1 の内容を基盤としつつも、本プロジェクト研究終了後の平成 25 年 9 月に公表された IPCC 第 5 次報告書（第 1 作業部会報告書）における新しいシナリオ設定や、それに基づく環境省、気象庁による日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動アンサンブル予測計算データ（平成 26 年 6 月）による検討成果も新たに加えて報告している。

2. では、まず治水分野における気候変動影響の評価について論じている。気候変動による河川計画が対象とする治水目標規模の降水量の変化に着目し、もし従来の河川計画対応のみで気候変動に対する追加的な適応策を実施しなかった場合にどの程度洪水氾濫被害リスクが将来的に増大する可能性があるのか、そのリスク増大を防ぐためには、どの程度追加的な河川整備労力をかける必要が生じるのか、それらから気候変動が治水施策に与える影響をどう捉えるかについて、全国 109 の一級水系について検討を行っている。前半は、被害推定に直結する人口・資産分布の将来変化を考慮せず、現在の状況を基盤として検討を行っており、中間報告書第Ⅱ部 2.1.2 および 2.1.3 の膨大な解析データの整理・分析内容を簡潔にまとめ直したものである。したがって、検討条件や検討結果の詳細については、中間報告書を参照頂きたい。一方、後半では、人口・資産分布の将来変化を考慮した場合の被害変化の算定を新たに試みた事例をまとめた。

3. では、下水道計画・整備に関連する都市雨水排水対策への気候変動影響について論じている。中間報告書第Ⅱ部 1.1.4 の内容を基盤としている。

4. では、海岸整備等の海岸分野への影響を規定する外力条件として、沿岸での海面水位や高潮偏差・波高（波浪）に対する気候変動の影響について、分析を行った成果をまとめている。中間報告書第Ⅱ部 1.1.2 および 2.1.4 の内容を再構成したものである。

5. では、気候変動が水資源に与える影響について評価を試みた。水資源は、本来、需要と供給のバランスにより評価する必要があるが、供給量については気候変動による変化を想定した流出計算によって与える一方、需要量については現在と同様と考え、複数のダム貯水池における利水計算による貯水位変動特性を現在気候と将来気候で比較することで、気候変動の渇水への影響分析を行っている。中間報告書公表以後の新たな成果である。

6. では、気候変動が河川環境に与える影響について論じている。河川環境は、「河川の自然環境」と「河川と人との関わりにおける生活環境」に分けて捉えられるが、本研究では、平常時の河川の自然環境、特に水量や水質といった河川の水環境に大きく依拠する魚類を中心とした水生生物に焦点を当てて、評価を試みた。そこでは、気候変動により平常時の河川の水環境が変化した場合に受けるであろう水生生物への影響に関する予備的知見を得ることを目的として、過去から現在までの河川における水環境の時間的・空間的变化と水生生物の生息状況との関係を分析している。本内容は、中間報告書第Ⅱ部 1.3 の内容を再構成したものである。

第Ⅲ部「気候変動影響に対する適応策に関する研究」では、これらの気候変動影響を想定した場合の適応策のあり方や具体的なメニュー・手法について研究を行った成果をまとめる。すなわち、海外事例のレビューに関するⅢ-1、治水分野の適応策に関するⅢ-2、海岸分野の適応策に関するⅢ-3、水資源・水物質循環分野の適応策に関するⅢ-4の4つのサブパートに分けて執筆した。

Ⅲ-1では、海外における気候変動適応策事例のレビューを行った成果を報告する。中間報告書段階では、いわゆる Stern Review(2006)や IPCC 第4次報告書(2007)といった世界的な影響評価研究レビュー成果を踏まえつつ、英蘭独仏米伊白典中韓印尼比の各国における気候変動影響評価および適応策研究の当時の時点での概況を幅広くレビューを行うとともに、特に洪水防御施設の機能発揮の確率評価手法に焦点をあてて米英蘭における実践事例についても調査を行った成果を報告した。本報告書では、特に米英蘭3カ国におけるその後の新しい動きについて、具体的な個別の適応策メニュー事例にも焦点を当てつつ深く掘り下げて調査した成果を新たに報告する。また、そのような最新の海外における適応策を中心とした水技術政策について、国総研においてホームページを通じた情報発信を始めていることを紹介する。

Ⅲ-2「**豪雨による水害への対応**」は、治水分野における気候変動適応策のあり方、すなわち、豪雨により引き起こされる水害の激甚化にどのように対応すべきかについて、研究を行った成果をまとめて報告する。その主要な骨格・構成は以下のようになっている。

Ⅲ-2部：豪雨による水害への対応

1. 全体構成の説明
2. 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
3. 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
4. 河川および流域に関する様々な適応策メニューの拡充と適用条件の明確化
 - 4.1 戦略的な河道設計・管理
 - 4.2 ダム洪水調節操作手法の高度化
 - 4.3 既設ダムの再編・再開発
 - 4.4 遊水機能の維持・活用
 - 4.5 XRAINによる時空間高分解能での迅速な豪雨観測・予測技術と利活用
 - 4.6 都市雨水排水における効果的な浸水対策
 - 4.7 切迫避難の局面での人的被害低減対策

2. では、気候変動影響下での超過洪水生起の頻度が増す恐れが高まる中での新しい治水検討フレームの提案を行う。計画レベルや現状の整備レベルを超える規模の超過洪水が生起した場合、河川流域で被害が生じることは避けられないが、従来は、そのような超過洪水被害の減災対策を総合的に検討する枠組みは必ずしも明確ではなかった。平成23年3月の東日本大震災を受け津波防災の分野では、防災施設では防ぎきれない外力の生起も考慮して、様々なハード・ソフト対策の総動員により防災・減災を図っていく施策の遂行が求められるようになった。ここでは、治水整備レベルと流域の現状を踏まえた被害～豪雨関係（以下、氾濫被害特性曲線と呼ぶ）の把握と制御を基盤として、新しい治水フレーム（河川整備と減災マネジメントを、それぞれの特徴・役割を踏まえつつ進めることを基本に、両者の連携を川上から織り込んで行く）の考え方の提案を行うものである。また、そのフレームの下で様々な施策メニューの組み合わせを比較検討する上で前提となる、施策メニュー群の類型化手法や、それらの組み合わせ方を整理するに当たって念頭におくべき視点について議論を行う。本内容の中間的な検討成果については、中間報告書第Ⅱ部2.3.1において既に紹介しているが、本報告書の内容は、それを更に拡充・

発展させたものである。

この「新しい治水フレーム」は、豪雨による水害への対応に資する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すぐに実際の政策に反映させることを意図したのではない。その上で、必要な技術政策の展開を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から、施策形成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考えられる。こうした考えのもとで、施策群のフレームを案として先に提示し、その下で必要になっていく技術展開を検討するというスタイルをここでは採っている。

3. では、2. で提案した新しい治水フレームを実際に河川の現場で検討するために必要となる、当該河川流域での氾濫被害特性曲線を把握するための手法を開発するとともに、その手法を国内代表 20 河川へ試験適用した成果に基づく知見について報告する。前者においては、氾濫被害特性曲線を把握するために必要となる、超過洪水を受けたときの堤防の応答を含めた氾濫リスク（人的被害・経済被害）の評価手法について議論を行っている。後者においては、氾濫被害特性の現れ方について、3～4 程度の特徴的なパターンに分類できることを論じる。本内容は、中間報告書第Ⅱ部 2.3.3 において既に詳しく紹介した内容であるが、それを基盤として一部修正しつつ簡潔に再構成したものである。

これらの 2. および 3. における研究成果により、具体の河川流域において、ハード・ソフトの様々な施策メニューを組み合わせる様々な超過洪水規模にも対応した減災マネジメント手法を検討するフレームの試案を準備したことになる。4. では、そのフレームによる施策メニューの取捨選択・組み合わせ検討の対象となる、個々のハード・ソフト施策メニューの方法論を確立するための研究を行った成果について報告する。

4.1 では、河道設計・管理の基本である洪水流下能力の確保・向上について、環境機能の向上・河道維持管理負担の軽減という他目的施策との整合を図りながら、順応的かつ効率的・効果的に進めていくための新たな考え方とその実施可能性について論じる。中間報告書第Ⅱ部 2.3.2.1 において提示した論点を再構成したものである。

4.2 では、施設の運用の工夫により減災を図る施策の一例として、既設ダムの機能を最大限活用する運用手法としてのダム洪水調節手法の高度化方策について検討を行った成果を報告する。そこでは、近年の数値気象予報技術の進歩により利用可能となってきたアンサンブル降雨予測データにより得られる降雨予測の幅に関する情報を活用した新たなダム放流量決定手法を提案し、その利用可能性と現状での限界について論じる。中間報告書第Ⅱ部 2.3.2.2 の成果を基盤としている。

4.3 では、既存施設の機能向上による適応策の一例として、既設ダムの再編・再開発による適応策の実装事例について整理を行う。中間報告書第Ⅱ部 2.3.2.3 の再掲である。

4.4 では、河川流域における遊水機能を維持・活用することによるまちづくり・地域づくりとも一体となった氾濫被害軽減対策について、数少ないながらも国内に複数存在する成功事例について分析し、当該施策実施・推進を図るための要件について、論点整理を行っている。中間報告書第Ⅱ部 1.1.1 および 2.3.4 の成果を再構成しつつ、新たな考察を加えている。

4.5 では、洪水（外水・内水）氾濫を引き起こす原因となる豪雨を確実に把握するための観測の充実に図る手段の一つとして、X バンドマルチパラメータ(MP)レーダ (MP レーダ) 技術の降雨観測への導入を図った事例と、それを活用して河川・下水道管理者のみならず各種マスメディア・インターネット・携帯電話（スマートフォン）等を通じた国民・事業者への豪雨情報の活用事例について紹介する。中間報告書第Ⅱ部 1.1.3 の成果を基盤としつつ、最近の活用事例も加えて再構成している。

4.6 では、本報告書第Ⅱ部 3.（中間報告書第Ⅱ部 1.1.4）で想定された気候変動影響を踏まえ、将来的な降雨強度増加時に対応できる下水道を含む効果的な都市浸水対策施設整備の考え方について、排水

区の特性に応じた流出シミュレーション結果に基づく考察を実施した新たな成果について報告する。

4.7 では、超過洪水発生時に人的被害を最小化する「犠牲者ゼロ」に向けたソフト施策として、最後の砦となる切迫避難時の人的被害低減対策について検討した事例を報告する。すなわち、最大浸水深が 5m 以上になることにより通常の 1~2 階建ての家屋における垂直避難が有効でない地域を対象として、事前避難できずに自宅に止まっている住民が自宅周辺の浸水開始等の切迫した状況下で近隣の中高層建物等に避難する「切迫避難」を行った場合に、どの程度の人的被害が生じ得るのか、街区スケールでの建物分布等の条件に基づく避難シミュレーションにより想定するとともに、それでも人的被害を最小化するためにどのような対策が効果的かについて検討を行った新たな成果をまとめている。

これらの研究成果を縦覧することにより、2. で議論する様々な適応策の類型に対応した施策メニュー群の個々の手法の技術的到達度や適用実績事例もしくは実施可能性、ならびに、今後の課題について理解を深めることができる。

次に、Ⅲ-3「海岸分野における気候変動への対応」では、海岸分野における国内における気候変動適応の施策立案や研究の動向についてレビューを行っている。Ⅲ-3 の構成は以下の通りである。なお、いずれも、中間報告書では扱っていない内容である。

Ⅲ-3 部：海岸分野における気候変動への対応

1. 閣議決定「気候変動の影響への適応計画」までの海岸分野における検討の変遷
2. 国土交通省における気候変動適応策
3. 海岸分野における気候変動適応策に向けた研究の動向

最後に、Ⅲ-4「水資源分野における気候変動への対応」では、水資源計画・管理分野における気候変動適応に関連した研究成果の紹介や施策動向のレビューを行っている。Ⅲ-4 の構成は以下の通りである。なお、1. と 2. は中間報告書では扱っていない内容であり、3. についても中間報告書執筆以降の新しい検討内容について報告する内容である。

Ⅲ-4 部：水資源分野における気候変動への対応

1. 水資源計画・管理における施策動向
2. 気候変動によるダム貯水池の水質への影響と適応策の検討
3. 都市域における水資源確保代替案としての再生水利用の検討

1. では、気候変動影響により今後発生が懸念される大規模渇水に備えるため、水源が枯渇し国民生活や社会経済活動に深刻かつ重大な支障が生じる渇水を「ゼロ水」と位置づけ、それが発生した場合の対応について事前に準備すべき「ゼロ水タイムライン」についての検討状況を紹介する。

2. では、気候変動によるダム貯水池の水質への影響について、4 つのダム貯水池を対象としてシミュレーションにより検討した事例研究の成果を論じるとともに、それに基づき様々な水質改善対策の効果の試算を行い、改善したい項目に応じた適応策の選択肢を提示する。なお、本研究は、プロジェクト研究「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（平成 22~25 年度）」とは元来は独立して平成 26 年度に実施した研究成果であるが、本報告書の目的・内容に深い関連を有することから、ここにその概要を紹介するものである。本内容の詳細は、国総研資料第 865 号「気候変動によるダム貯水池の水質への影響に関する研究」を参照いただきたい。

3. では、都市域における水資源確保代替案として、再生水の利用の可能性を水量や膜処理技術の開発動向から論じるとともに、再生水の水質・安全面や環境負荷の軽減効果について評価を行った成果を紹

介する。

これらは、水資源計画・管理分野における気候変動影響評価や適応策検討の先駆的な試みと位置づけられる。これらの検討成果が、同分野における影響評価や、それに基づく適応策の実施への更なる推進に資することを期待するものである。

3. 研究の体制

本研究は、「気候変動適応研究本部」を主体として実施し、関連研究部の研究資源を本研究目的に合わせて統合的に投入する体制をとった。また、降雨量や気温など気候変動の最新の将来予測については、別途文部科学省による共同研究「21世紀気候変動予測革新プログラム（革新プロ：H19～23）」等から提供を受けるなど、各外部研究機関との連携を活かした体制をとった（図-I.3.1）。

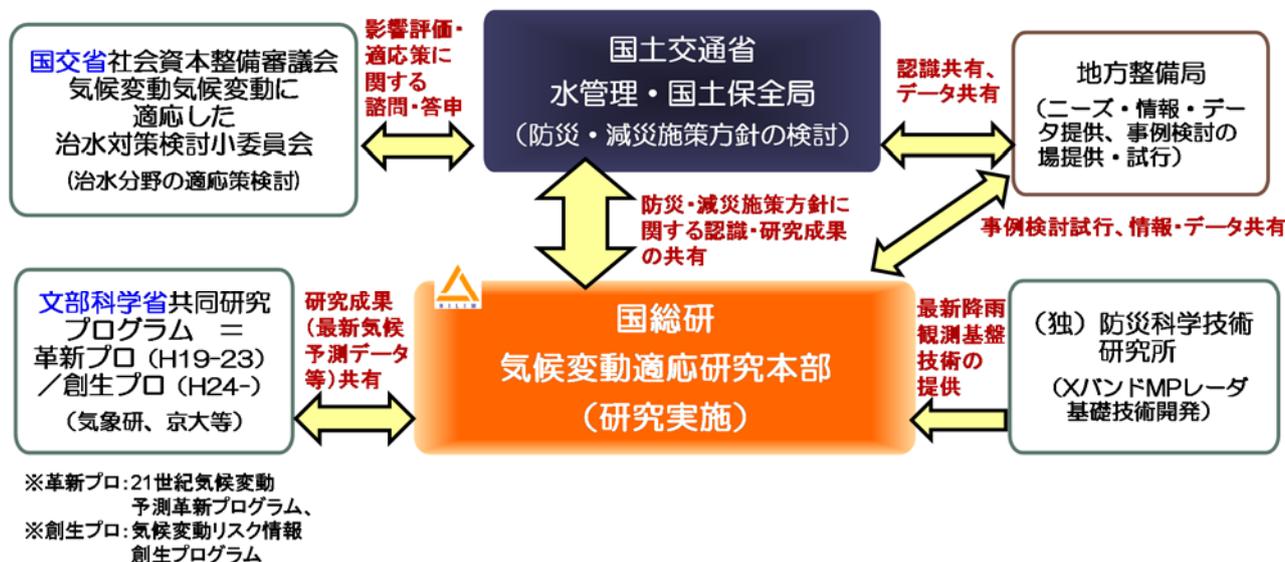


図-I.3.1 研究の実施体制

なお、気候変動適応研究本部を構成する研究部・研究室については、平成22年の研究開始から3年を経た平成25年4月において、国総研内の研究組織の改編（環境研究部、河川環境研究室の廃止）が実施されたことから、その前後で以下のように変更されている。

平成22年4月～同25年3月：

- 河川研究部：河川研究室、海岸研究室、水資源研究室、気候変動研究チーム
- 下水道研究部：下水道研究室、下水処理研究室
- 危機管理技術研究センター：水害研究室
- 環境研究部：河川環境研究室

平成25年4月～同26年3月：

- 河川研究部：河川研究室、海岸研究室、水循環研究室
- 下水道研究部：下水道研究室、下水処理研究室
- 危機管理技術研究センター：水害研究室

さらに、本プロジェクト研究終了後、IPCC 最新の第 5 次報告書公表等を受けたフォローアップ追加検討を行った平成 26 年度における気候変動適応研究本部の体制は以下の通りである。

平成 26 年 4 月～同 27 年 3 月

河川研究部：河川研究室、海岸研究室、水循環研究室、水害研究室

下水道研究部：下水道研究室、下水処理研究室

4. 研究の主要な成果（概要）

ここでは、本研究の中心的課題となっている治水分野の気候変動影響評価・適応策の検討に焦点を当ててあらかじめ簡潔に成果の要点を紹介しておくことにより、多岐にわたる研究成果の総合的理解の一助とする。

○気候変動予測結果を治水に関わる実務における技術検討に役立つよう翻訳する方法を示した。

気象研究所の 4 種の気候予測モデルによる降水量予測データを用いて、洪水流量や氾濫生起確率（治水基準点における計画規模相当流量を超える流量の生起確率で表現）、及び、気候変動影響を吸収するために必要となる追加的河川整備労力をマクロに表す指標に対し、気候変動による豪雨量の増加がどのように影響するかを全国の一級水系（109 水系）について算出した。これにより、気候変動影響が治水施策に与える影響度合いを個々の水系で具体的、体系的に調べることが可能になった。加えて、気候変動による豪雨量増加度合いとこれらの指標との関係性、すなわち、豪雨量の変化が治水施策に関わる指標に伝播していく特性が定量的に明らかとなった。これにより、気候予測モデルの改良に伴う豪雨量予測値の更新を考慮しつつも、その都度それに反応するというスタンスにとどまらず、この予測値に幅が残ることを前提にして、気候変動という大きな趨勢の中でどのような治水システムを構築すべきかという検討スタンスに移行するための準備が整った。上記の伝播特性は、全体としてみると、豪雨量の増加率が 1 割程度のオーダーであっても、治水施策に関わる指標には増幅して現れるというものであり、このことは、気候変動適応を織り込んで治水施策のより一層の向上を図ることがわが国にとって重要な課題であることを示すものである。詳細は、第 II 部 2.1 を参照のこと。

○河川整備を着実に進捗させることを基本にしつつ、治水施設の防御レベルを超える規模の洪水により起こる被害を低減させる施策群を技術的観点を中心に類型化し、当該流域・水系の状況に応じて防災・減災を図る施策選択・組み合わせを総合的に検討する技術的フレームを提案した。

生じうる被害と豪雨規模との関係図（氾濫被害特性曲線）を活用して、洪水氾濫防御から減災マネジメントに至る技術検討を行う枠組みを提案した。想定される最大クラスの外力も考慮しつつ、外力規模が施設の防御レベルを超過してから最大クラスまでの間、どのような被害が生じうるかを体系的に把握し、被害が生じるにしてもそれを最小化するよう「被害の起こり方をコントロール」するための施策を検討する方法が、より体系的な形で提示されている。また、ここでは、洪水氾濫の防御レベルを向上させることが一義的な目的である河川整備において、場合によっては被害最小化のための考慮が有用あるいは必要となる場合があることを明確にして、減災施策をソフト面での施策に限定せず、必要に応じてハード面での施策も取り込んで行っていくフレームとしている。概念レベルの検討に終わらせず具体的な検討につながるよう、このフレームの下で類型化された施策案の例示リスト（検討・議論のためのた

たき台という性格を持つもの)を提示し、各施策案の特徴や実践に向けての課題を共通の軸で整理した。詳細は、Ⅲ-2 2.を参照のこと。

○設計で対象としている以上の外力(超過洪水)を受けたときの治水施設の機能発揮・喪失シナリオと、それに対応して生じる氾濫被害パターンを網羅的に抽出する実用的手法を、堤防による氾濫防御システムの特徴を簡潔に反映させる工夫を行うことにより提示した。

堤防の設計洪水水位に相当する水位に達したときに破堤が起こるという氾濫生起の想定が基本となる一方、それだけで氾濫生起パターンの全てを捕捉できるとは限らない。たとえば、上流区間でより高い水位まで破堤しない状況にたまたまなったときには、下流区間に作用する洪水外力がより厳しくなる。開発した手法は、このようなパターンを含む、氾濫生起の可能性を系統立って網羅的に捕捉することを可能にする。この手法を用いることで、上記の「生じる被害と豪雨規模との関係(氾濫被害特性曲線)」について、起こる可能を全て網羅した図化を行うことができ、検討の基本となる氾濫被害想定だけでなく、可能性はそれより小さいかもしれないが、さらに大きな被害をもたらさうる氾濫生起パターンの把握を機械的にできるようになる。詳細は、Ⅲ-2 3.を参照のこと。

以上の基盤的成果を前提に、洪水被害の軽減に資する様々な施策メニューの拡充につながる以下のような手法を提示した。

○気象予測情報を活用して既設ダムの洪水調節能力を増強する技術と、その実用化のために克服すべき課題を示した。

降雨予測を取り込むことで、通常操作規則によるよりもさらに大きな洪水調節効果を発揮させることは原理的に可能であるが、予測が実降雨とずれたときに、調節効果がかえって減じ、また利水容量分を事前放流する場合には利水機能を一部毀損するリスクが生じる。そこで、降雨予測においてアンサンブル予測を導入し、予測値が持ちうる幅を最初から明確な根拠に基づき考慮して、効果の最大化やリスクの最小化をはかる技術を開発した。降雨予測の精度が高い気象パターンの場合、この手法により相当の信頼度で洪水調節機能を増強できることが示された。ただし、アンサンブル予測群全体が実際とずれるような豪雨事象においては、この手法の有効性が薄れることも明らかとなり、降雨予測の精度向上とは別に、降雨予測情報の活用がもたらさうる副作用への対応法を制度面も含め検討する必要があることが示された。詳細は、Ⅲ-2 4.2を参照のこと。

○遊水機能を維持・活用した治水の実践例を分析し、堤内地の一部での氾濫を織り込んだ治水施策実施の可能性を高める共通的条件を整理した。

既存の遊水機能を有する区域を維持し、治水に有効に活用している施策事例を俯瞰し、施策を可能とした地域条件の類似点の分析や、今後の施策推進のための論点整理を行った。また、様々なレベルの洪水規模に対する遊水機能の維持・活用の効果を連続堤方式と比較し、氾濫被害特性曲線の違いとして表現することで、氾濫生起確率の抑制をやや緩める一方、氾濫被害の起こり方を穏やかにできる実例を示した。詳細は、Ⅲ-2 4.4を参照のこと。

○XバンドMPレーダによる豪雨観測技術を実用化し、現場実装を可能にした。

(独)防災科学技術研究所等において開発が進められていたXバンドMPレーダ技術のすぐれた特長を実務において生かし、現場実装を図るために、高精度観測とグランドクラッタ混入のレードオフを考慮した観測仰角の設定、rawデータ段階におけるデータ品質確保、レーダ毎の雨滴定数の最適化、理論的な雨量算定アルゴリズムへの工学的補正係数の導入、雨量算定アルゴリズムの最適化・改良等の多岐にわたる技術事項を検討し、それらの成果を実用化技術として体系的に提示した。これらの技術検討は、

実際に得られた観測データやその課題に基づく検討結果が逐次実運用に反映されるという、運用を通じた改良・検証プロセスを経て、実用技術としてほぼ確立される段階に至った。この成果により、2015年7月現在、国土交通省は XRAIN と呼ばれる 39 基の X バンド MP レーダで構成されるレーダネットワークを構築し、地上雨量計を用いた補正を介さず地上雨量計と良く対応する雨量観測を実現し、1分更新、1～2分遅れのレーダ雨量情報の配信が実現した。民間での利活用も進められ、既に広く国民にも豪雨災害の防止・軽減に役立てられてきている。詳細は、Ⅲ-2 4.5 を参照のこと。

○短時間豪雨の将来の増加傾向を、既往降雨データの変化傾向分析に基づき推計し、この豪雨増加が都市雨水排水にもたらす影響を試算し、豪雨増加に対応する各種方策の特徴を整理した。

現在までに一般に入手可能な気候予測モデルデータでは、空間分解能の粗さから都市浸水対策に重要となる狭領域での短時間豪雨の変化予測を行うことはできない。そこで、過去 50 年間の観測データの分析を行い、10分・60分間の超過確率 1/5～1/10 降雨強度が将来 1.3～1.4 倍程度になるとの見通しを得た。そして、短時間豪雨変化の複数シナリオのもとに、雨水排水幹線・枝線各レベルにおいて、どのように雨水浸透・貯留・流下の各施設を整備強化するのが効果的かを示した。詳細は、Ⅲ-2 4.6 を参照のこと。

○都市域における大規模氾濫時の切迫避難の局面における人的被害低減対策として近隣の中高層ビルへの避難を取り上げ、その有効性を評価する手法を開発し、被害軽減効果を増大させるための要件を明らかにした。

通常の 1～2 階建ての住宅では垂直避難が困難な、浸水深が 5m を超えるような条件下での切迫避難を想定した場合、中高層ビルの多い大都市部では、切迫避難先として中高層ビルを加えたり、浸水位上昇速度を抑制する施策が有効である。開発した切迫避難の実効性を評価する手法は、人的被害軽減の最後のよりどころと言える切迫避難をせざるを得ない状況下において、通常の都市の住まい方や活動を前提に現実的な避難軽減方策を検討することに役立つ。詳細は、Ⅲ-2 4.7 を参照のこと。

以上の他、利水分野、環境分野における研究／レビュー成果も、第Ⅱ部、第Ⅲ部で説明されており、該当箇所を参照いただきたい。

なお、本報告書では、研究成果の全体を把握しやすくする観点から、各分野の影響評価研究成果をとりまとめた第Ⅱ部、および、各分野の適応策関連研究成果をとりまとめた第Ⅲ部（Ⅲ-2）について、それぞれ各分野の研究成果を横並びで縦断するまとめの章を別途設けている（第Ⅱ部 7.：第Ⅱ部のまとめと今後の課題、および、Ⅲ-2 部 5.：Ⅲ-2 のまとめと今後の課題）ので、そちらも併せて参照することで、本研究成果への理解の一助になれば幸いである。

5. 成果の活用

本研究の成果のうち、全国 109 一級水系の平均としての降雨量変化倍率および氾濫可能性（基本高水を超える洪水の発生頻度）変化倍率について、文部科学省・気象庁・環境省による気候変動の観測・予測および影響評価統合レポート「日本の気候変動とその影響（2012 年度版）」に引用された。また、本研究のほぼ全ての主要な研究成果が、環境省中央環境審議会における「日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題について（意見具申）」に引用され、わが国への水分野における影響評価の進展に大きく貢献した。一方、社会資本整備審議会河川分科会気候変動に適應した治水対策検討小委員会同小委員会においても、全国一級水系流域の降雨・洪水への影響評価や氾濫被害特性曲線を用いた氾濫被害の生起の仕方の制御の考え方も含めて、本研究の成果の一部が議論の対象となり、答申の最終とりまとめに向けてその方向性を形作る上で重要な役割を果たした。また、平成 27 年 11 月末にはその答申の成果も反映される形で国交省気候変動適應計画が策定され、さらに、その内容を包含する形で、国としての「気候変動の影響への適應計画」の閣議決定が行われた。個別の施策メニュー拡充の成果についても、例えば、XRAIN によるリアルタイム豪雨観測データが豪雨災害予測・警戒のみならず既に広く国民に活用されつつあり、それらの成果の活用は目に見える形になりつつある。このように、本研究の成果は、わが国の水災害分野における影響評価・適應策に係る施策立案に既に幅広く貢献してきていると考えられる。

本研究では、全体フレームを含む様々な施策群の吟味を行っているが、その主眼は、施策実践に向けて具体的な検討を行う基盤を、主として技術的観点から提示することにある。個々の施策の実施の可否判断や実施内容の具体化に向けては、本研究の成果を活用しつつ、さらに多くの観点からの検討を加え熟度を向上させる必要がある。たとえば、施策実施主体、施策実施に関わる権限と責任の範囲、意思決定の仕組み、社会における当該施策実施の合意形成に関わる制度的枠組みの整備などは、本研究の主対象にはなっていない。逆に言えば、一連の成果は、そのような検討を行う基盤を整えたものと位置づけられ、その点において活用に値する意義を持つと考えられる。

6. プロジェクト研究としての達成度評価

本プロジェクト研究を平成 22 年度に開始するに当たって設定した目標とそれに対する達成度については、以下のように自己評価を行い、国土技術政策総合研究所 研究評価委員会 分科会に提示し、研究評価を受けている（平成 26 年 12 月 17 日）。研究評価結果の詳細については、国総研資料第 850 号「国土技術政策総合研究所研究評価委員会平成 26 年度分科会報告書」（2015 年 6 月）を参照されたい。

表－I.5.1 国総研プロジェクト研究「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」成果目標と達成度（国総研、2015）

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法（施策への反映・効果等）	目標の達成度
水災害リスク評価手法および施策メニューの拡充・選択・組み合わせ手法といった基盤技術を核とし、新たな治水計画手法のたたき台を提示することで、気候変動への適応策の実現を強く推進する。	水災害リスクの評価手法に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動影響の計画規模豪雨や洪水・河川整備努力への伝播を不確実性を含めて定量的に算出する手法を開発した（全国109の一級水系に適用）。 気候変動影響による降雨量の増加やその不確実性が、治水施策に鋭敏に影響を与えることを明らかにした。このことは、気候予測の不確実性が適応策検討の重要な判断要素であり、気候予測における不確実性の低減が強く求められることを示す。 都市雨水排水対策向けのシナリオとして、現在の気候予測では将来予測ができない短時間豪雨の近年の増加傾向を分析し、50年後の短時間降雨強度の変化の見通しを得た。 年齢階層別人口変化率及び人口・資産の集積核を踏まえた人口・資産分布変化設定手法を開発した（20河川で試算）。 	整備局における適応策検討の前提・基礎とすべき水災害（種に外水氾濫災害）リスクの評価に活用 <ul style="list-style-type: none"> 地方整備局の代表河川において、気候変動適応策検討の予備段階としての氾濫災害リスクの評価検討が始まっており、本成果が既に活用されている。 平成26年1月に再開された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においても、超過洪水による氾濫被害発生を想定に入れたリスク評価の必要性が示されている。その方向で答申がまとまれば、全国主要河川において、本研究成果に基づくリスク評価・検討に活用される見込みである。 	◎
	様々な態様の被害を表現できる水災害リスク評価手法の開発	<ul style="list-style-type: none"> 設計以上の外力（超過洪水）を受けたときに洪水防御システムに見込まれる機能発揮と氾濫被害との関係を網羅的に把握し、流域スケールで想定し得る様々な氾濫被害リスクパターンを河川整備や流域の実態に即して評価する手法を開発し、20河川で試算を行った。 		◎
施策メニューの選択法と組み合わせ方（計画手法）に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> 施策メニューの選択・組み合わせ手法（適応策の計画手法）の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 超過洪水において被害の起こり方をコントロールする考え方を導入し、各種施策メニュー群を選択し組み合わせることによる治水計画と減災マネジメントの統合的な枠組み（7-14）を提示し、実流域での試算を行った。 各種施策メニューについて、既存の治水手段との違い、効果発現の場の違い等の観点から、大きく3種、細かくは7種に分類し、無被害拡大と被害の起こり方の制御のための組み合わせ法の視点を提示した。 	整備局における気候変動適応策および超過洪水対応策検討に活用 <ul style="list-style-type: none"> 気候変動適応策としてだけでなく、現時点の施設設計規模・整備水準を超える超過洪水による氾濫被害発生を想定に入れた減災対策が各地方整備局の河川において検討される見込みであり、本研究成果に基づく各種施策代替案の選択・組み合わせ手法や、被害低減効果の算定手法が、今後広く活用される予定。 	◎
	<ul style="list-style-type: none"> 施策メニューの拡充および適用条件の明確化 	<ul style="list-style-type: none"> 降雨予測の信頼性を考慮し適時適切なダム洪水調節操作を可能とする手法を開発し、適用条件を提示した。 XバンドMPLレーダにより詳細かつ迅速に豪雨を把握する技術を実用化し、既に主要都市域に39基が配備され、局地的・集中的な豪雨災害への備えに貢献した。 遊水機能を維持・活用している事例に見られる共通的な地域条件を抽出し、氾濫を考慮した治水施策推進の基礎となる社会条件を明示した。 		◎
既存施策メニューに加え拡充された各種代替案による被害低減効果の算定手法の開発	「統合」施策に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> 流域全スケールでの被害最小化の観点から各施策メニューによる流域の氾濫被害低減効果算定手法を開発し、実流域での事例検討を行い、被害低減効果を定量的に試算した。 街区スケールで様々な人的被害低減対策の効果を算定する手法を開発し、それぞれ実流域での事例検討を行い、被害低減効果を定量的に試算した。 豪雨増加と排水区特性の組み合わせによる各種シナリオに対して、都市浸水施策メニューの組み合わせ手法を提示した。 	<ul style="list-style-type: none"> XバンドMPLレーダによる降雨観測高度化技術は、すでにXrainとして実装され、ゲリラ豪雨等の局地的・集中的な豪雨に対する防災・減災対策の一つとして民間利用も含め既に有効に活用され始めている。 都市浸水対策メニューの組み合わせ手法については、「下水道施設計画・設計指針」の改定に活用される見込みである。 	○
		<ul style="list-style-type: none"> 他施策との親和性・背反性を判断するために必要となる氾濫災害に対する各種施策メニュー群の氾濫被害低減効果をわかりやすく提示する手法を開発した。 様々な施策メニューについて、1)被害生起の制御型、2)必要資源、3)効果発揮の確実性、4)他益性と合意形成の必要性、5)技術的成熟度、6)他施策との親和性、の観点から類型化することで、幅広い行政施策の統合化を図る手法を提案した。 		○
基盤技術化に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> 基盤技術の手引きとりまとめ 	<ul style="list-style-type: none"> XバンドMPLレーダに関する技術検討資料およびXバンドMPLレーダ運用マニュアルを作成した。 水災害リスク評価手引き（案）（施策メニュー検討の枠組み、及び被害低減効果算定手法を含む）を作成した。本省・地方整備局の意見も踏まえて修正予定。 	<ul style="list-style-type: none"> Xバンドマニュアルの内容は、既に全国のXRAINシステム構築に活用されている。 水災害リスク評価手引き（案）は、リスク評価および適応策効果算定に関する現時点で唯一の実務的なガイドラインとして、整備局において既に活用されつつある。 これらの成果は、河川砂防技術基準・計画編の改定に活用されることが見込まれる。 	◎

参考文献：

閣議決定（2015）気候変動の影響への適応計画.

環境省（2014）日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について（お知らせ）、報道発表資料（平成 26 年 6 月 6 日）.

国土交通省（2015）新たなステージに対応した防災・減災のあり方.

国土交通省（2015）国土交通省気候変動適応計画～気候変動がもたらす我が国の危機に総力で備える～

国土交通省国土技術政策総合研究所（2015）国土技術政策総合研究所研究評価委員会、平成 26 年度分科会報告書、国土技術政策総合研究所資料、第 850 号、pp.6-7、および、pp.120-124.

国土交通省水管理・国土保全局（2015）浸水想定（洪水、内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法.

社会資本整備審議会（2008）水関連災害分野における地球温暖化に伴う気候変動への適応策のあり方について（答申）

社会資本整備審議会（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～、答申.

社会資本整備審議会（2015）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～社会意識の变革による「水防災意識社会」の再構築～、答申.

中央環境審議会（2015）日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題について（意見具申）.

日本学術会議地球惑星科学委員会・土木工学・建築学委員会合同国土・社会と自然災害分科会（2008）提言「地球環境の変化に伴う水災害への適応」

文部科学省、気象庁気象研究所、東京大学大気海洋研究所、京都大学防災研究所、国立環境研究所、筑波大学、海洋研究開発機構（2015）地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF）、利用手引き（抜粋）、2015 年 12 月 21 日版.

IPCC（2007）IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4), Synthesis Report.

IPCC（2011）Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX).

気候変動適応研究本部（2013）気候変動適応策に関する研究（中間報告）、国総研資料第 749 号.

IPCC（2013）Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report (AR5).

IPCC（2014）Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report (AR5).

IPCC（2014）Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report (AR5).

IPCC（2014）Climate Change 2014: Synthesis Report of the IPCC Fifth Assessment Report (AR5).

<謝 辞>

外部機関と密接な連携が、本研究を効率的・効果的に実施する上で不可欠であった。気候変動外力の設定については、21世紀気候変動予測革新プログラム（革新プロ）¹⁾と気候変動リスク情報創生プログラム（創生プロ）²⁾の中で検討された気象予測データの提供を受け、最新の科学的なデータに基づいて様々な検討を行うことができた。また、気候変動による災害の激甚化に対応するXバンドMPレーダによる降雨観測技術の開発については、防災科学技術研究所等³⁾から技術的協力を受け、研究を実施した。一方で、XバンドMPレーダの実装に代表されるように、研究成果が河川・水防災の現場管理に的確にフィードバックできる工夫をおこなうために、国土交通省の地方整備局とも密に連携・協議を図った。国土交通省とは、水管理・国土保全局等を中心に、社会資本整備審議会等における議論に関わる情報・知見整理等において緊密な連携を図り、防災・減災施策に関わる方針について認識共有を図るよう努めてきた。さらに、平成25年3月に実施した中間成果報告ワークショップ⁴⁾のみならず、各施策オプション拡充テーマに個別に構築した委員会⁵⁾など、国総研ではカバーできない多分野の学識者より種々のアドバイスを得る機会を得た。これらに関与し5年以上の長きにわたりご指導・ご支援をいただいていた関係各位に、改めて感謝の意を表するものである。

以下、ご指導を頂いた主要な外部の学識者各位を列記する。

（敬称略、所属は当時。）

1) 文部科学省 21世紀気候変動予測革新プログラム（革新プロ、2007-2011）：

チーム3「超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究」

全体課題代表者：鬼頭昭雄（気象庁気象研究所 気候研究部長）

サブ課題実施責任者：尾瀬智明、栗原和夫、楠昌司、杉真人（気象研究所）、中北英一（京都大学）、竹内邦良（土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター）

2) 文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム（創生プロ、2012～）：

領域テーマC「気候変動リスク情報の基盤技術開発」

領域代表者：高薮出（気象庁気象研究所 環境・応用気象研究部長）

領域テーマD「課題対応型の精密な影響評価」

領域代表者：中北英一（京都大学防災研究所 教授）

サブ課題(i-b, i-c)代表：立川康人、森信人（京都大学）

3) 防災科学技術研究所

真木雅之（防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部長）

岩波 越（防災科学技術研究所 水・土砂防災研究副部長）

前坂 剛（防災科学技術研究所 研究員）

4) 気候変動に適応する治水方策に関するワークショップ（2013年3月12日）

福岡捷二（中央大学研究開発機構 教授）

中北英一（京都大学防災研究所 教授）

角 哲也（京都大学防災研究所 教授）

渡邊康玄（北見工業大学 教授）

二瓶泰雄（東京理科大学 教授）

5) 例えば、レーダ活用による河川情報高度化検討会 Xバンドレーダ分科会

山田 正 (中央大学 教授)

中北英一 (京都大学防災研究所 教授)

上田 博 (名古屋大学地球水循環研究センター 教授)

小池俊雄 (東京大学 教授)

坪木和久 (名古屋大学地球水循環研究センター 教授)

石原正仁 (気象庁気象研究所)

鈴木 修 (気象庁気象研究所)

山内 洋 (気象庁気象研究所)

真木雅之 (防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部長)

岩波 越 (防災科学技術研究所 水・土砂防災研究ユニット長)

岩見洋一 (土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター)