

気候変化に伴う 水害リスク評価と適応策に関する研究

STUDY ON ASSESSMENT OF FLOOD DAMAGE RISK AND ADAPTIVE MEASURES FOR CLIMATE CHANGE

河川政策グループ 主任研究員 菊田 勇平
首席研究員 湧川 勝己
首席研究員 岡安 徹也

地球温暖化に伴う気候変動による影響は、広範囲に及び、大雨の頻度増加、台風の強大化、海面水位の上昇等により、特に低平地では水害等が頻発・激甚化することが懸念されている。

日本では、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第4次評価報告書等を踏まえ、社会資本整備審議会により「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」¹⁾が2008年6月に答申されたところである。

本論文は、答申において提唱されている「犠牲者ゼロ」に向けた「施設による適応策」、「流域と一体となった適応策」、「危機管理対応を中心とした適応策」などの施策を治水計画に反映させるため、気候変化の影響による降水量の増加が社会や経済等に与える影響を水害リスクとして評価し、国土構造や社会システムの脆弱性を明らかにするとともに、この脆弱性を十分に理解した上で、適切に適応策を選定し、組み合わせるための手法及び適応策の効果的・効率的な実施手順に関する検討の現状と成果を報告するものである。

キーワード: 気候変化、地球温暖化、水害リスク、適応策

1. 気候変化による日本の治水への影響予測

(1) 降水量の増加

IPCC 第4次評価報告書では、気候変化を予測する際に、将来の社会経済活動の変化を考慮した複数の温暖化シナリオを用いている。この中で、予測結果が中庸であり、将来の社会経済状況を現実的に想定しているのが、A1Bシナリオ（高成長型社会で各エネルギー源のバランスを重視）であり、多くの温暖化影響予測や適応策の検討において用いられている。

①	北海道	1.24
②	東北	1.22
③	関東	1.11
④	北陸	1.14
⑤	中部	1.06
⑥	近畿	1.07
⑦	紀伊南部	1.13
⑧	山陰	1.11
⑨	瀬戸内	1.10
⑩	四国南部	1.11
⑪	九州	1.07

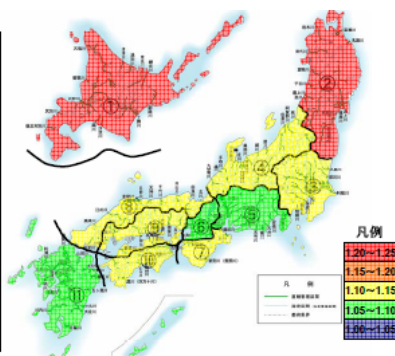


図-1 気候変化による降水量の変化率（地域別）¹⁾

このA1Bシナリオを用い、また気候変化モデルとして全球気候モデル（GCM20）を用いて、我が国における降水量の変化を予測した結果、年最大日降水量を現在と100年後とで比較した変化率は、図-1に示したとおり、地域にバラツキはあるものの、概ね1.1～1.3倍となる。

(2) 治水安全度の低下

前項において示した各地域における100年後の年最大日降水量の変化により、現計画の治水安全度がどの程度低下するか、全国82水系の一級河川において試算を行った結果が図-2である。治水安全度は年超過確率で示し、地域及び現計画の治水安全度別にとりまとめている。

その結果、現計画が目標としている治水安全度が、1/200程度の場合は、1/90～1/145程度、1/150程度の場合は、1/22～1/100程度、1/100程度の場合は、1/25～1/90程度となり、治水安全度の低下が懸念される。

このことから、将来の気候変化に伴う降水量の増加により、浸水・氾濫の危険性が増えることは明らかである。

これらを踏まえ、本研究では、気候変化への適応策を策定するに当たって、水害リスク評価を活用し、適切な適応策の組合せ、及び効果的・効率的な適応策の実施手順を策定するための考え方を提案するものである。

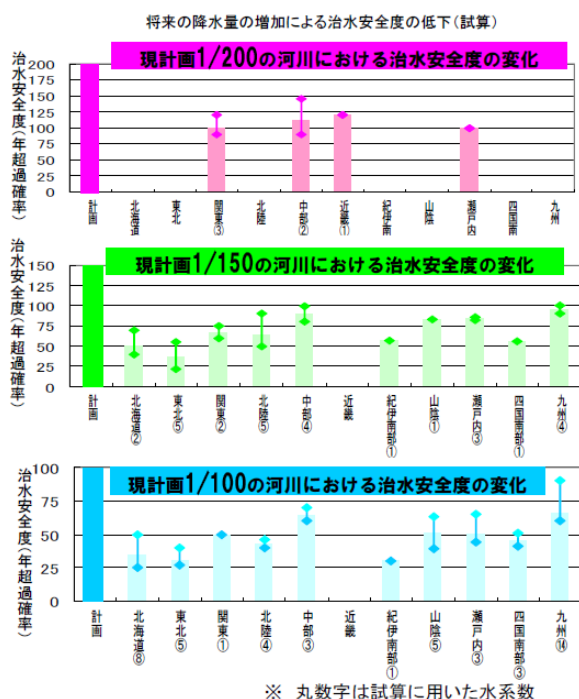


図-2 気候変化後の治水安全度の変化（計画規模別）¹⁾

2. 気候変化に対応するこれからの治水計画

(1) 流域一体となった治水計画

気候変化に伴い降水量が増加する中で、現在の治水安全度を将来的にも確保することとすると、治水計画の基本となる基本高水のピーク流量は大きく増加する。この増加するピーク流量を、河道改修や洪水調節施設の整備等のこれまでの治水施設計画で対処するには限界がある。

このため、治水施設で安全を確保することに加え、流域における施設整備やソフト対策などの対応を取り込んだ、流域全体を視野に入れた治水計画を策定することが必要となる。

(2) 気候変化へ順応する治水計画

現在、検討に使用可能な気候変化に伴う降雨の変化は、GCM20を用いた20km×20kmの日単位の降雨の総量についてのみであるが、IPCCの報告は世界規模の平均的な予測であるため、地域レベルでの予測結果には不確実性が大い。

これからの治水計画は、それまでに実施した対策の効果を把握し、図-3に示すように社会状況の変化や気候変化状況のモニタリング結果や予測精度の向上に応じて適応策の見直しを行うPDCAサイクルによって、気候変化に順応して展開していくことが必要である。

なお、計画を見直す際は、その時点における最新の気候変化に関する検討成果とともに、人口や土地利用の変

化などの社会状況、及び施設の整備水準等を十分に考慮し、現況及び気候変化後の氾濫域の安全度や治水対策の実施効果を把握し、適切な施設等の組み合わせについて検討を行われる必要があり、水害リスク評価を適切に用いて検討を行うことが必要である。

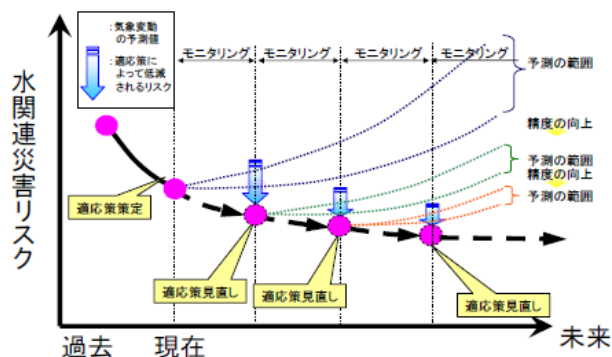


図-3 順応的なアプローチ¹⁾

3. 水害リスク評価について

(1) 水害リスク評価の目的

水害リスク評価は、洪水が引き起こす様々な被害事象を対象にリスクについて分析をすることにより、現況又は将来予測される気象状況下において各氾濫ブロックでどのリスクがどのように変化するかを把握し、適応策としてどのような施策を実施していくことが適当であるか、どのような手順で適応策を実施していくことが効果的・効率的であるかなどの検討に活用することを主な目的として実施するものである。

また、2.で述べたように気候変化のモニタリング結果等に応じて計画を見直す際に、水害リスク評価を用いる。さらに、適応策を策定するに当たり流域関係機関や住民に対して施設整備の効果を適切に伝え、リスクコミュニケーションを行うツールとして、水害リスク評価を用いて説明することが考えられる。

以下に、水害リスク評価の目的を整理する。

- ・現況等における氾濫原の脆弱性把握
- ・施設整備効果の把握
- ・適応策の組合せ
- ・適応策の実施手順

(2) 水害リスクの分析手法

水害リスク分析を行うためには、降雨から流出、氾濫に至るまでの過程をモデル化し、ある確率規模の降雨量に対する氾濫原内の浸水状況（浸水範囲、浸水深、浸水継続時間、浸水深の時間的変化等）を算出し、その結果を用いて、氾濫による一般資産被害、人的被害、重要施設被害等の算定を行い、その算定結果に外力の発生確率を組み合わせ水害リスクとして評価する。

図-4 に本研究における水害リスク分析のフローを示す。

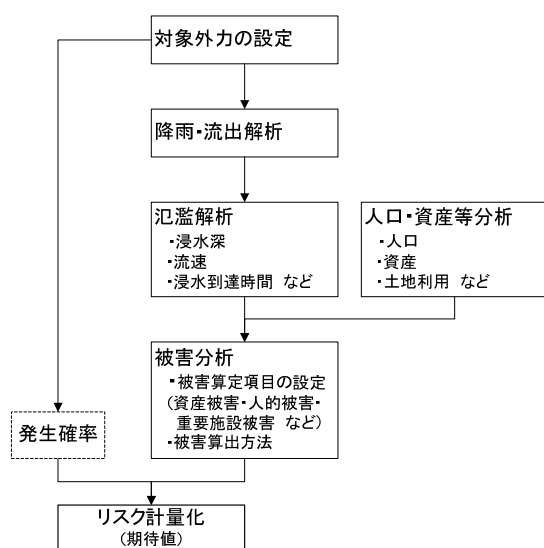


図-4 水害リスク分析のフロー

被害分析に当たっては、まず被害算定項目を設定する必要がある。治水経済調査マニュアル(案)²⁾において算出方法が示されている一般資産被害の項目とともに、死者数などの人的被害、鉄道等の駅やライフライン施設などの重要施設被害等、発生し得る様々な被害に着目する。また、流域及び氾濫ブロックそれぞれにおける降雨・流出特性や氾濫特性、及び社会特性を踏まえ、それぞれの被害を正確に捉え、適切に算定する必要がある。

4. 気候変化への適応策の検討

(1) 適応策メニューの概要

適応策の検討に当たっては、まず個別の適応策メニューの特徴、適用の範囲、限界等を十分把握しておく

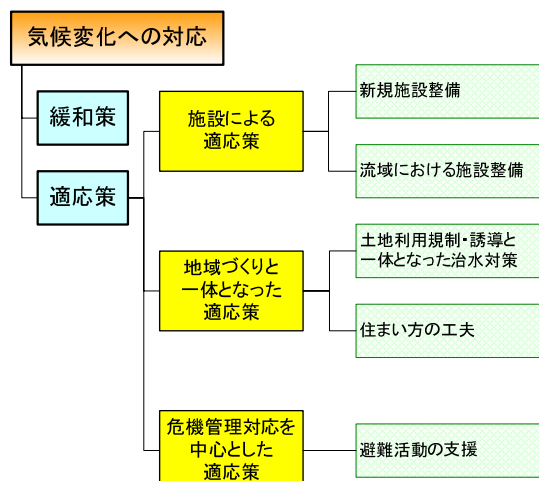


図-5 適応策メニューの体系

ことが重要である。

適応策の主なメニューの体系とその概要を図-5 に示す。

a) 施設による適応策

新規施設整備は、堤防整備や河床掘削、ダムや遊水地などの洪水調節施設を整備することにより、確実に氾濫原の治水安全度を向上させる。

流域における施設整備は、二線堤、輪中堤などにより氾濫しても被害を最小化するものと、調整池や雨水貯留施設により河川への流出量を抑制し流量のピークを低減するものがある。また、地域の土地利用を踏まえ、道路や鉄道等の盛土を活用するものがある。

b) 地域づくりと一体となった適応策

施設整備で気候変化に対応するには限界があるため、地域づくりと一体となって適応策を実施することは有効である。

土地利用規制・誘導は、浸水頻度や浸水のおそれが高い地域などにおいて、新たな住宅等が立地しないように一定の規制をかけ、水害リスクなどの情報を示し土地利用を誘導することにより、被害を軽減するものである。また、浸水に強い建築を推進し、住宅等の被害を軽減するものである。

c) 危機管理対応を中心とした適応策

避難活動を支援する施策は、洪水の発生する時期や規模について事前に予測し、また堤防決壊・氾濫した場合に被災状況を迅速に把握し、それらの情報を関係機関や住民に伝達することにより、避難活動・誘導の支援や救援活動に役立てるものである。

(2) 基本的な考え方

適応策の検討を行う上では、まず流域や氾濫ブロックにおいて、どのようなリスクが存在するか、問題点は何かなど、現状及び気候変化後のリスクの評価を適切に行う。その評価を踏まえ、目標とする年次に向けて、どのような考え方で治水対策を実施するのか、目標を明確化することが重要である。

目標は、リスクの把握を踏まえつつ、これまでに発生した災害の状況、流域の自然的、社会的な特性、その流域としての将来像を考慮して明確化し、「犠牲者ゼロ」、「都市の中枢機能の麻痺を回避する」など、住民にわかりやすい形で示す。

設定した目標を単一の施策で達成することは不可能であり、(1)に示した適応策メニューを、それぞれの特徴を踏まえつつ適切に組合せていくことが必要となる。

この場合、個々の流域に対して適切と考えられる適応策あるいはそれらの組合せは、降雨・流出特性や氾濫特性、及び人口・資産分布等の社会特性により左右される。

それら流域の特性を踏まえた上で、以下の順序で検討することを基本とする。

- ・河道改修や洪水調節施設などの治水施設整備によりどの程度対応することが可能であるのか
- ・雨水貯留施設など流域における施設整備によりどの程度流出抑制できるか、また、氾濫する場合、二線堤などの流域における施設整備によりどのように氾濫を制御できるか
- ・土地利用規制などの流域におけるソフト対策によりどのように対処できるか

図-6 に適応策検討の基本的な考え方を示す。

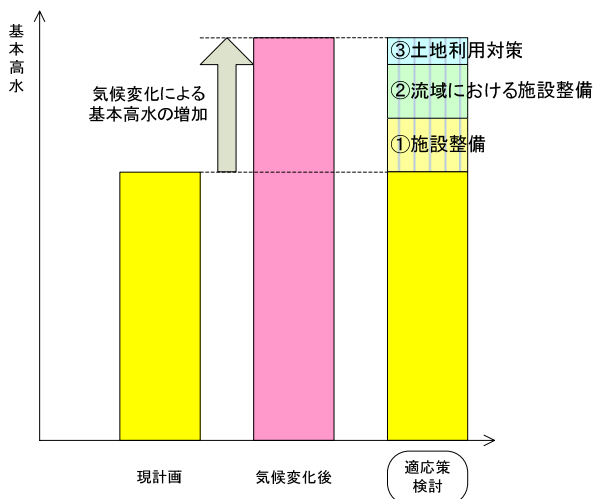


図-6 適応策検討の基本的な考え方

(3) 適応策組合せの検討

適応策検討に当たって、まず、現況及び気候変化後において水害リスク評価を行う。これにより、外力と浸水氾濫特性や被害への影響との関係を把握するとともに、流域全体の将来像を踏まえて、適応策展開の目標を設定する。

次に、その水害リスク評価の結果を用いて、適応策組合せの仮説を立てる。これは、治水計画の基本となる洪水波形である基本高水をそれぞれの適応策メニュー、ここでは施設整備を中心に配分するという観点で行う。

この仮説を踏まえ、水害リスク評価を用いて、(2)で述べた適応策検討の基本的な考え方にに基づき、以下について分析・評価を行う。

a) 施設等の効果を分析・評価

治水施設整備の効果を把握するために水害リスク評価を行う。その際、水害リスク評価の一つである費用対効果、つまり B/C を評価することを基本とする。

B/C は、これまでの治水施設計画において用いられてきており、起こり得る様々な被害等を貨幣価値化しその総和を期待値とした便益を算出し事業にかかる費用との割合を示すものであり、事業を評価する上で基本となるものである。

流域における施設整備についても同様に評価する。

これらの分析・評価の結果により、施設整備による適

応策を選定する。以下に選定の考え方を示す。

- ・治水施設整備を優先して実施していくこととし、不足分に対して必要な流域における対策を B/C の大きいものから適応策として選定
- ・治水施設整備と流域における施設整備を合わせて B/C の大きいものから適応策として選定

これらの考え方は、流域や氾濫ブロックにおける目標によって、つまり河川特性、降雨・流出特性、及び氾濫特性、また人口・資産等の社会状況によって異なると考えられる。

b) 土地等の潜在的な脆弱性の分析・評価

治水施設や流域における施設整備により対処できない氾濫がある場合に、土地利用方策などの適応策を選定する必要がある。その検討のため、浸水する区域における浸水深、浸水継続時間、流速などの土地の潜在的な脆弱性を分析・評価する。

a)、b)の分析・評価により選定された適応策の組合せについて、被害項目ごとに、どのリスクがどの程度低減されるか、そして目標を達成できるか、を確認する。必要に応じて適応策選定にフィードバックしながら、適切な組合せを確定する。

c) 危機管理対策の分析・評価

大規模降雨時における危機管理対策の検討を行うため、可能最大降雨を外力として設定し、被害状況を分析・評価する。

避難活動において、予警報の充実やリアルタイム情報の提供などの施策を実施したことで、事前避難率が何パーセントに上がる、避難開始時間が避難勧告から何時間早くなるなど、正確な実施効果を捉えることは困難である。よって、危機管理対策は他の適応策とは区分し、避難行動シナリオを複数設定し、人的被害の相対差を住民に示すことで防災意識の向上を図り実施効果を発現させるものとする。

以上により適応策の組合せを策定する。

(4) 適応策の実施手順（ロードマップ）の検討

次に適応策をどのような手順で実施するかを検討する。複数時点における適応策の実施効果を把握するために水害リスク評価を行う。

以下に実施手順の考え方を示す。

- ・B/C が大きいものから実施
 - ・下流部の施設整備から実施
 - ・段階目標に対して治水施設整備を優先して実施し、流域における施設整備を B/C の大きいものから実施
- これらも、適応策の組合せの考え方と同様に、流域によって考え方が異なると考えられる。

評価の際には、効果を早期に発現させるとともに、上下流や左右岸などの治水安全度のバランスをどのように段階的に向上させていくか等の観点を念頭に置くことが重要である。

以上により適応策の実施手順を決定し、ロードマップを策定する。

ロードマップには、実施する適応策の内容、場所、効果等の概要を記載とともに、適応策を実施する手順をわかりやすく示す。

図-7 に本研究における適応策検討における水害リスク評価を活用した適応策検討のフローを示す。

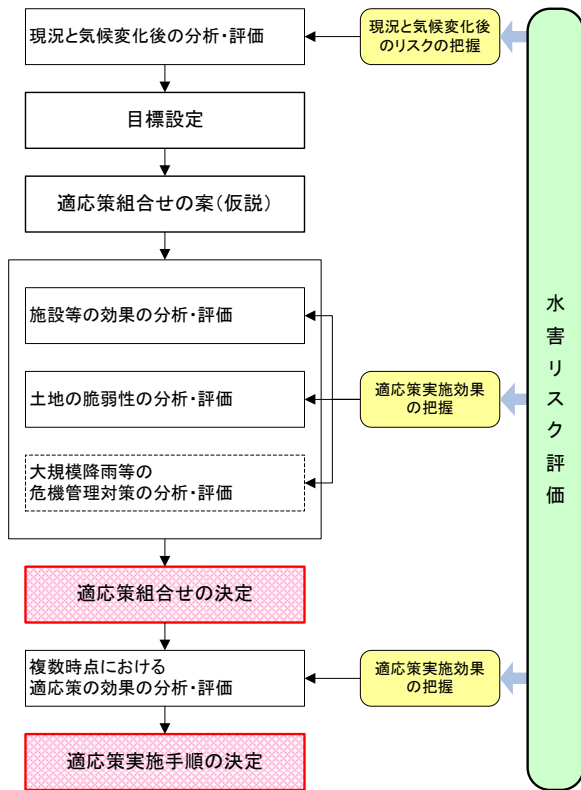


図-7 水害リスク評価を活用した適応策検討フロー

(2) 適応策の策定に向けての課題

適応策を総合的に行う流域においては、現在の法制度上では河川管理者だけでは実施出来ない適応策も数多くあるため、住民や地方公共団体等の協力を得ることや、連携しながら進めていくことが不可欠である。また、地域づくりと一体となった適応策を進めるに当たっては、都市計画や住宅及び農業関連部局等、危機管理対応を中心とした適応策では道路や下水道部局、消防・防災関連部局、警察、自衛隊等と、既往の法令や制度、計画との調整という点において、連携することが必要である。このため、水害リスクやロードマップを示し、利害関係者間の調整や適応策の総合的な取り組みについて話し合うことにより、関係する様々な部門の有機的な連携が行えるようにしていく必要がある。

さらに、外力の変化の予測については、予測値に大きな幅が存在するため、調査・観測によるモニタリングは重要であり、現在の調査・観測方法などを検証して、必要に応じて改善や新たな技術の導入を図る必要がある。また、気候変化に関するデータは、関係機関が互いに提供し、情報の共有化を図っていくことが重要である。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会「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）」参考資料 2008年6月
- 2) 国土交通省河川局「治水経済調査マニュアル（案）」2005年4月

5. 今後の課題

(1) 水害リスク評価における課題

一つは、水害リスクの表示についてである。氾濫ブロックにおけるある地点の水害リスクは、破堤点の位置により異なる。適応策策定に向け流域における関係機関や住民の方々へ“分かりやすく、実感するものとしてリスクを説明するためには、そのリスクをどのように表示するか”について検討する必要がある。ある1点を破堤させたときの値、複数点で破堤させたときの平均値あるいは最大値、などの表示が考えられる。

第二には、人的被害の評価についてである。死者数等の人的被害を算定する際、避難行動を想定する。そのシナリオのパラメータとして避難率を設定する必要があり、既往の調査研究を含めて実際の洪水氾濫の避難行動に関するデータを蓄積し、適切な設定ができるようにモデル化する必要がある。