

気候変化を踏まえた治水計画のあり方に関する研究

A STUDY ON THE FLOOD MANAGEMENT PLAN CONSIDERING CLIMATE CHANGE AND PROBABLE MAXIMUM FLOOD (PMF)

山田正¹・岡安徹也²・碓正敬³・内山雄介⁴・景山健彦⁵・藤原直樹⁶・松田浩一⁷・向井直樹⁸
Tadashi Yamada, Tetsuya Okayasu, Masataka Ikari, Yusuke Uchiyama, Takehiko Kageyama,
Naoki Fujiwara, Kouichi Matsuda Naoki Mukai

¹正会員 工博 中央大学理工学部土木工学科 教授 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

²正会員 (財) 国土技術研究センター 河川政策グループ 首席研究員 (〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-12-1)

³正会員 (株) 東京建設コンサルタント 環境防災部 主任技師 (〒170-0004 東京都豊島区北大塚1-15-6)

⁴正会員 日本工営 (株) 河川・水工部 課長 (〒102-0083 東京都千代田区麴町4-2)

⁵正会員 (株) ニュージェック 河川グループ チームマネージャー (〒531-0074 大阪府大阪市北区本庄東2-3-20)

⁶正会員 (株) 建設技術研究所 水システム部 部長 (〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1)

⁷正会員 パシフィックコンサルタンツ (株) 河川部 課長 (〒163-6018 東京都新宿区西新宿6-8-1)

⁸正会員 (株) ドーコン 河川部 次長 (〒004-8585 北海道札幌市厚別区厚別中央1条-5-4-1)

Future flood management plans need to take into account the premise that potential uncertainties such as hazards increased by climate change become apparent. For that purpose, the concept of flood management plans aiming at minimizing flood damages need to be organized, covering PMF.

This paper studies the new role, framework, and future technical issues of the flood management plan that takes into account climate change.

Key Words : *Flood Management Plan, Climate Change, Flood Damage,*

1. はじめに

気候変化はIPCCのレポートにおいても確実視されており、外力の増加に伴う治水施設の能力の相対的な低下が懸念されている。

また、生活様式・社会システムの高度化による洪水に対する脆弱性の助長、老年人口(65歳以上)の増加や経済成長の低下に伴う自然災害に対する耐性(経済の弾力性)の低下などを考慮すると、現状の整備レベルを超えて起こりえる洪水にも対応できるようにする必要がある。

今後の治水計画は、気候変化を一つの契機として捉え、これまでのナショナルミニマムとして設定した確率規模までの外力に対する治水施設整備の計画から、辻本¹⁾が述べるように、流域における浸水被害最小化を目的とし、土地利用規制や流域対策を計画の与件ではなく内数とするハード・ソフトが一体となったシームレスな治水対策の総合計画の考え方に変更していく必要がある。

さらに、計画立案においては、流域対策等を計画の内数とするため、河川管理者にとって対策実施が容易で機

能発現が確実な治水施設を優先した対策の組合せ設定の考え方から、減災効果と投資効率の評価によるハード・ソフトの組合せ設定の考え方に変更していくことが重要となる。

海外においても、1993年のミシシッピ川洪水や1993年、1995年のライン川洪水、2002年のエルベ川洪水を契機として、「洪水被害を防御する」という考え方から、洪水に関するリスク情報等を公開し、「洪水被害を管理する」との考え方への新たな治水計画のパラダイム・シフトが起きている。

上述したようなことから、本研究は気候変化を契機とし、起こりえるあらゆる規模の洪水を対象にしたリスク評価に基づき、被害の期待値が流域全体として最小となるような治水計画の枠組みと検討手法について整理を行うとともに、新たな治水計画を策定するために必要となる技術について検討を行い、今後の治水計画策定のための検討の方向性を示すことを目的に実施したものである。

本論文では、検討の第一段階として、ケーススタディー水系を対象に、新たな治水計画策定方法を試行し

た結果と今後の検討の方向性を報告するものである。

2. 現在の治水計画の問題点

現在の我が国の治水計画の考え方は、高度経済成長期の右肩上がりの経済を背景として、流域・氾濫原の全国的・相対的な重要度を勘案した治水安全度目標を設定し、その治水安全度目標を満足する堤防・ダム等の治水施設の計画を立案するというものである。従って、整備途上は別として、計画を超える洪水に対しては、氾濫原が重要な利根川・荒川をはじめとする一部の河川等を除いて十分に考慮されてこなかった。

一方、いずれの水系も目標整備水準に遠く及ばない整備途上であるとともに、近年の治水投資額の減少により、治水整備の進捗は鈍化し、目標達成までに要する時間の見通しが持ちづらい状況となっている。

加えて、気候変化による外力の増加も懸念されるため、洪水発生の可能性が増加していく状況にあり、社会資本整備審議会の答申²⁾においては、治水対策の重層化の方針のもと、治水施設対策に加え、地域・まちづくりと一体となった対策や危機管理対策との一体化が必要と提言されている。

このような状況下、上記の問題意識をさらに進める検討を実施している埼玉県や滋賀県では、下記の提言がとりまとめられている。

埼玉県の有識者会議の提言³⁾では、

- 現在の治水計画は、超過外力生起時には下流に極めて過度なリスクを転嫁する危険性を内在しており、下流に洪水を過度に集中させないよう、上流と下流及び内水と外水の安全度のバランスを十分に考慮した計画へと見直すべきである。

といった趣旨の治水哲学への転換と流域全体での取り組みの重要性を打ち出している。但し、小規模洪水に対しては貯留等により流域全体での対応も可能であるが、超過洪水時には全てを流域（治水施設）で対応することは困難であり、氾濫を許容する対策も必要と考える。

滋賀県の流域治水基本方針（案）^{4) 5)}では、

- 「川の中の対策（河道、堤防、ダム）」だけでは限界があることを明示した上で、「川の外の対策（流域貯留・減災対策・地域防災力向上等）」にも視点を向け、協働して様々な対策を講じていく必要がある。
- 個々の治水施設の安全度ではなく、流域内の各地点の安全度を評価し、氾濫のシナリオ分析により対策を立案する。

など、新たな治水計画の対策の方向性、評価手法について提案している。但し、氾濫のシナリオ分析は、上流からの拡散流下型の氾濫を想定しており、下流部での氾濫の場合は貯留型の氾濫によりリスクが増大するため、流域における対策も変更となるなどの課題がある。

上記の検討に共通する事項は、超過洪水時に何が起こ

るかを把握することを前提に、水系全域の地先の安全度を評価するリスク・オリエンティッドな計画（浸水リスク評価に基づく治水計画）への転換を目指していることである。

しかし、安全度の評価手法と評価結果の治水計画作成への反映手法については、技術検討・開発途上であり、確立されたものとはなっていない。これらの手法について、検討を進め、地先の安全度評価に基づき、降雨規模に応じた河道や流域での浸水対策や危機管理対策の組合せを治水計画とした計画の作成方法を開発・整理する必要がある。

3. 本稿における新たな治水計画の枠組み

(1) 本稿における新たな治水計画の枠組み

前章における現在の治水計画の問題点を踏まえ、「新たな治水計画」とは、「水系全域で、可能最大洪水までを考慮したあらゆる規模の洪水に対して、水害リスク評価に基づき、流域内の土地利用やまちのあり方を軸にして、被害最小となる経済的合理性を持った治水計画」と定義する。

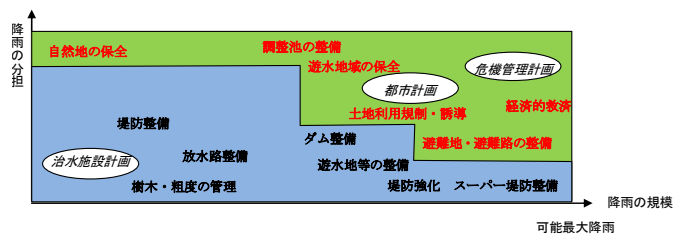


図-1 新たな治水計画の枠組みイメージ

新たな治水計画は、図-1に示したように「治水施設計画、浸水域における対策、土地利用計画、都市計画、危機管理対策を融合した計画」として考え、それぞれで適切な役割分担が図られることを目指すものとする。

この治水計画の作成にあたり、大きな課題となる事項は、図-1に示すような治水施設と流域における対策との分担であり、分担を定めるためのリスク評価の指標が重要となる。治水施設との分担の指標は、基本的に治水施設は税金で整備されるものであり、限られた投資額で効用の最大化を図る必要があると考えると、費用対効果の指標の一つである「純便益（B-C）」を用いて、経済的合理性を追求した分担方法について検討する必要性が高いと判断される。

なお、便益（B）は、浸水深等より評価可能との前提であるが、金銭価値化は可能であるが評価に賛否のある人命等については、本検討では被災の生値で評価することとし、社会資本整備審議会の答申²⁾も踏まえ、死者ゼロなどといった別途の目標を考える必要がある。

この治水計画を作成するためのリスク評価の対象とする空間スケールは、基本的には流域全体を対象とするが、治水施設の経済的合理性を追求するため、氾濫特性等を勘案して部分流域（氾濫ブロック）に分割し、「部分流

域（氾濫ブロック）における最適化」を模索し、それらの集合が「流域全体としても最適化」されるかをチェックすることを基本とする。

2つのリスク評価指標に基づく目標は、「B-C=Max 且つ 死者ゼロ」とする。

(2) 新たな治水計画の作成の手順

新たな治水計画作成のフロー図を図-2に示す。

検討は、起こりえるあらゆる洪水を対象に検討することから、気候変化等の外力の不確実性による被害を吸収することも考慮し、「被害が生じない程度の小規模なものから、当該流域における可能最大降雨量⁶⁾（PMP：Probable Maximum Precipitation）まで」を検討対象として、被害のステージ変化点等を見極めて治水計画へ反映することを基本とする。

可能最大降雨量とは、「一年のある特定の時期、ある流域で物理的に可能な理論的に最大化された降水量」のことで、流域平均最大雨量、流域面積及び継続時間の関係（DAD関係）を統計的に求める桑原式⁶⁾等がある。

水理解析は、浸水被害を評価するため、河道は一次元不定流、氾濫域は二次元不定流氾濫解析を実施した。理想としては、下水道網や農業用排水路等の排水施設的能力も考慮した外水・内水氾濫を同じフィールドで評価できる水理解析を実施することが望ましい。

純便益（B-C）最大となる治水施設の組合せは、まずは、上流の氾濫ブロックから順次、最大となる治水施設の組合せを確定し流域全体の施設の組合せの一次解を得ることとし、次に、流域全体としての純便益（B-C）最大の確認やPMP等においても現況の被害を上回らないこと（流域全体や上下流区間各々において）の確認を行う。

現況の被害を上回る場合には、施設の組合せを見直し、同様の検討を現況の被害を下まわるまで実施する。

このようにして治水施設が確定したら、外力の増加に

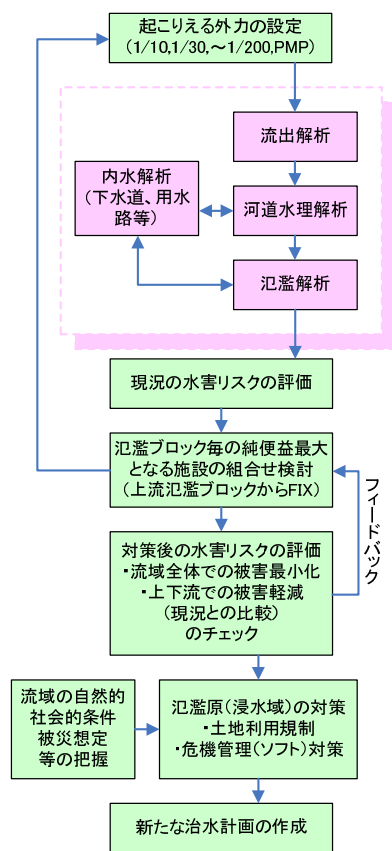


図-2 新たな治水計画作成のフロー

伴い各氾濫ブロックで生じる被害を最小化、死者数をゼロにするための土地利用規制や危機管理対策（ソフト対策）を、流域の自然的社会的条件、被災実態等を考慮して検討する。

なお、これらの対策の実施には、住民の理解と合意が必要となることから、ここまでの検討で得られたリスク評価結果や施設整備計画の経済的合理性資料に基づき浸水域での対策の必要性和内容の説明を行うことが必要となる。

上記のプロセスを経て、治水施設計画、浸水域における対策、土地利用計画、危機管理対策が融合した新たな治水計画としての成案が作成される。

4. 新たな治水計画に向けたケーススタディー

(1) ケーススタディーの実施目的

前章の新たな治水計画の作成手法を試行して、治水施設と流域における対策との分担案を作成し、実現に向けての課題と更なる検討の方向性を明確にするため、流域の諸条件を単純化したモデル河川においてケーススタディーを実施した。

(2) ケーススタディー対象河川の設定

モデル河川の選定にあたっては、基礎条件における課題や改善の方向性を導き出すことを主眼に、治水効果を把握するためには、施設規模だけでなく施設運用操作も考慮しなければならないダム等の貯留施設のない小規模流域を抽出することとした。

(3) ケーススタディー対象河川の概要

モデル河川としたS川は、流域面積349km²、流路延長64kmであり、水防災事業が実施されており、田畑に氾濫水を一次貯留させるための横堤や霞堤、住宅への浸水防止のための輪中堤が存在する。また、上流は無堤区間が残存し沿川に田畑（一部集落散在）が作られ、下流は有堤区間の市街地が広がっている流域である。

S川の現在の治水整備水準は1/10程度（水防災事業導入により田畑の浸水許容が前提）であり、基本方針施設完成後は1/30の安全度を目指している。

(4) ケーススタディーの実施

S川は、氾濫特性や土地利用の違いから、上中下流の3つの氾濫ブロックに分割することが可能であるで、まずは各氾濫ブロックにおいて純便益（B-C）が最大となる確率規模別の治水施設の組合せを検討することとした。3つの氾濫ブロックの流域特性は、表-1のとおりである。

検討対象とした外力の確率規模は、1/10、1/20、1/30、1/50、1/80、1/100、1/150、1/200、PMP（1/400以上）である。

河川整備基本方針における主な治水施設整備メニューは、全川において1/30の安全度を確保するための無堤区

間の築堤と河道掘削である。

表-1 氾濫ブロックの流域特性

	上流ブロック	中流ブロック	下流ブロック
対象区間	25.6~42.0k	10.0~25.6k	0.0~10.0k
破堤地点	右岸26.75k	右岸15.0k	左岸5.7k
堤防	無堤区間が残存	無堤区間が残存	有堤区間
土地利用	田畑 (一部集落散在)	田畑 (一部集落散在)	市街地
氾濫形態	沿川流下型	沿川流下型	拡散型
治水整備メニュー	築堤 河道掘削	築堤 河道掘削	築堤 河道掘削

本ケーススタディーにおける治水施設の整備メニューは、検討の第一段階として“無堤区間の築堤と河道掘削”とし、堤防高は、現計画を踏襲することとした。但し、目標とする安全度並びに河道掘削深は、上中下流の3区間毎に確率規模別に純便益最大となる河道掘削深の最適な組合せを検討することとした。なお、本検討は掘削河道の維持管理等については考慮していない。

具体的には、堤防の高上げ（計画堤防高未達の堤防が対象）に加え、確率規模別に無被害（計算水位がHWL以下）となる河道掘削に係る事業費の年費用をコストとして算定した。

便益については、上記の確率規模別の事業費に対応する年便益を求め、両者より確率規模別の純便益（B-C）を算定し、最大となる確率規模を求めた。なお、この時の破堤の設定は、氾濫ブロック内の被害（浸水深）が最大となる地点に設定した。

上流ブロックより順次、純便益（B-C）最大となる河道掘削深を求め、下流ブロックの検討においては、上流ブロックにて確定した掘削深を設定の上、同様の検討を行った。

(5) ケーススタディーの実施結果

上中下流の3区間の河道掘削規模の最適な組合せ結果は、上流ブロックでは1/20、中流ブロックでは1/30、下流ブロックでは1/150の外力規模で、各々が純便益最大となる河道掘削の施設規模の組合せとなった。

a) 確率規模別の河道と氾濫原（貯留分）の分担率

下流1.0km地点で見た時の確率規模別の河道と貯留分（上流分担、中流分担、下流分担）、保水分担を整理すると図-3、図-4になる。

現治水計画（図-3）では、1/30を超えると1/150まで下流区間を主として氾濫原で氾濫を分担することになる。1/200を超えると上中下流の3区間で氾濫を分担することになるが、氾濫の分担率は、新たな治水計画と比較して1割ほど多い。

新たな治水計画（図-4）では、確率規模1/20までは河道が分担し無被害である。

1/20を超えると上流区間の氾濫原で氾濫を分担することになる。また、1/50を超えると中流区間でも氾濫を分担することになる。さらに、1/150を超えると下流区間でも氾濫を分担することになる。

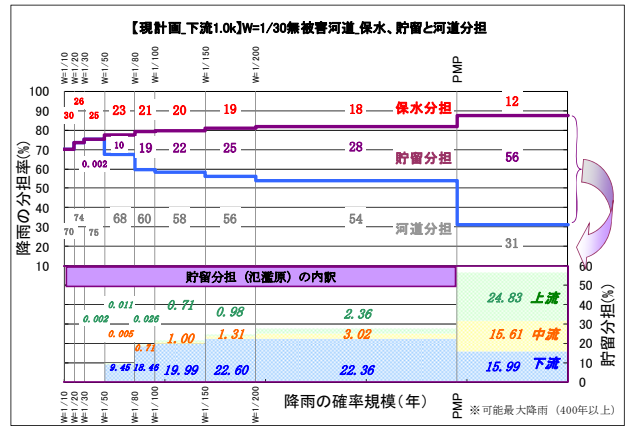


図-3 現治水計画における降雨の分担率

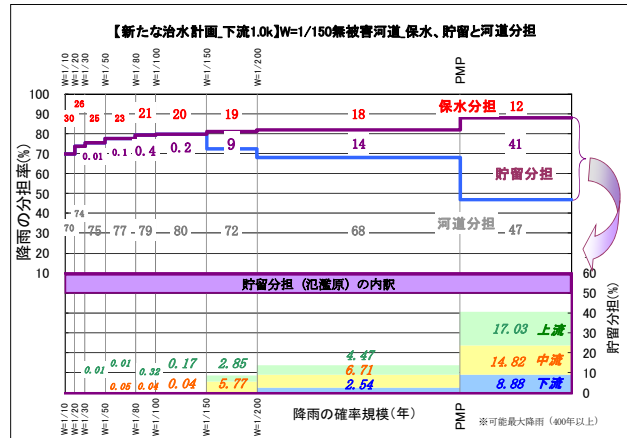


図-4 新たな治水計画における降雨の分担率

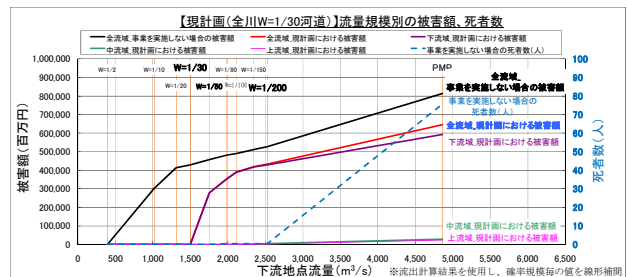


図-5 現計画の流量規模別の被害額・死者数(流域全体・内訳)

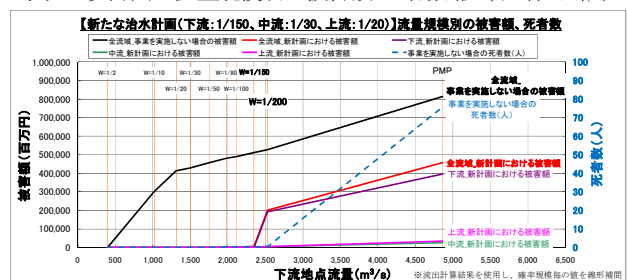


図-6 新計画の流量規模別の被害額・死者数(流域全体・内訳)

両計画を比較すると、S河川の場合、超過洪水時には新たな計画の方が、現計画より、氾濫原での氾濫の分担率が小さくなり、特に資産・人口の集積する下流区間での分担率は小さくなり、現況より氾濫原への負担が少ない計画となっている。

b) 流量規模別の被害額、死者数（流域全体・内訳）

新たな治水計画並びに現治水計画の河道掘削の施設規模に対して、確率規模別の流域全体・上中下流区間別の

被害額、死者数の算定結果を図-5、図-6に示す。両計画とも被害は下流区間を主として発生しているが、被害の発生する確率規模や被害総額は大きく異なる。

現計画（図-5）では1/30を超えるると被害が発生しているのに対して、新たな治水計画では、下流区間は1/150まで無被害となっている。

被害総額も、現計画が約2,777億円（1/50）～約4,320億円（1/200）（下流区間だけで約4,280億円（1/200））に対して、新たな治水計画（図-6）では、約2,200万円（1/30）～約51億円（1/150）、約2,000億円（1/200）の被害（下流部のみで約1,920億円）が発生する結果となった。

また、死者数は、現況でPMPの時に約75人発生しているが（主に下流部）、現計画ではPMPの時に下流区間のみで約0.28人発生しているのに対して、新たな治水計画では死者数はゼロとなった。

なお、死者数の算定は、土地の潜在的なリスクを評価することから、避難率0%、家屋倒壊なしとして浸水データを用いて米軍陸軍工兵隊のLIFEsimモデルの死者数算定モジュール⁷⁾により算定した結果である。

以上より、両計画を比較すると、S河川の場合、両計画とも現況より被害軽減が図られるとともに、新たな治水計画により現計画より被害の軽減を図ることができる。

c) 治水施設の投資効率

新たな治水計画の工事費（年費用）は約10.5億円、現治水計画の工事費（年費用）は約10.2億円となり、約3%の差であり、概算工事費での検討であることを考慮すれば工事費（年費用）はほぼ同等と考えられる。

新たな治水計画と現治水計画の工事費（年費用）と確率規模別の被害額を比較する。工事費（年費用）は両計画ともほぼ同等であるのに対して、全川1/30の確率規模で施設整備が計画されている現計画では1/30を超える（超過外力に対して）と下流区間を中心に被害が発生しやすく、被害額も数約2,777～4,320億円となってしまうが、新たな治水計画では、1/150までは下流区間では無被害、上中流区間で数十億円の被害であり、且つ1/200でも流域全体で約2,000億円の被害となっている。

以上より、S河川の場合、資産・人口の集積する下流区間の治水に対する安全確保と投資効率を考えれば、新たな治水計画では、下流区間では1/150規模までの治水施設整備が可能であるとともに、上中流区間は計画規模に対して現治水計画とほぼ同等の安全度を確保することが可能であることを示している。

(6) 新たな治水計画における対策の方向性について

費用対効果の指標の一つである「純便益（B-C）」を用いて、投資効率（純便益最大）より治水施設と流域における対策の分担を求めた結果、氾濫原における分担量は図-3と図-4の比較で示したとおり、新たな治水計画は、現治水計画より分担量を軽減することができるもの

の、治水施設対応の不足分に対しては、氾濫原での氾濫を許容し、被害の最小化を図る対策の実施が求められる。

これまでの氾濫原での対策は、危機管理対策としての位置付けであったが、新たな治水計画では、あらゆる規模の洪水に対する経済的合理性の観点から治水施設の規模を設定した結果、計画論として位置づけるべきものになる。そのためにも、治水施設整備の経済的合理性のみならず、残存する氾濫原の水害リスクに関するわかりやすい丁寧な説明が必要不可欠となる。

氾濫原での被害最小化を図るための対策メニューは、図-1や図-7に示すように、都市計画等における建築規制（耐水化）や土地利用規制（資産の集積抑止）、避難地や避難路整備等の危機管理対策、輪中堤や二線堤による氾濫流制御方策、保険等による経済的救済策などが考えられる。

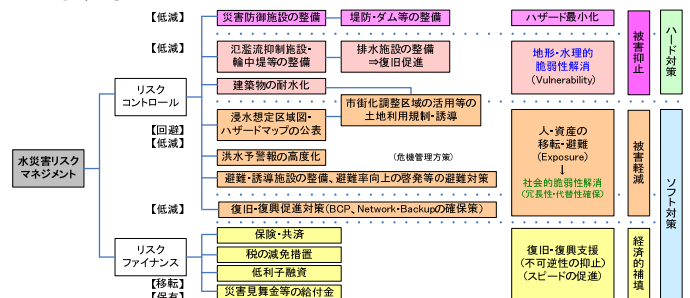


図-7 水災害リスクマネジメントと各種対策の関係

これらの対策の選択・組合せを検討するにあたっては、氾濫域の土地利用や資産・人口の集積密度・空間分布を与条件に、氾濫水の到達時間や浸水深、流速・流向などの氾濫状況を踏まえ、守るべき資産対象や避難猶予時間などを考慮して定めることになる。

S河川の場合、土地利用や資産・人口の集積分布が上中流区間と下流区間で異なることから、氾濫原での対策メニューの組合せも異なることとなる。

例えば、上中流区間では、資産被害の拡大を抑止するため、超過洪水時の被災を想定した土地利用規制等の導入が有効と考える。

また、上流区間では氾濫に対する避難猶予時間が短いことや急激な水位上昇も想定されることから、避難所への避難は困難であり、2階以上の家屋への垂直避難や輪中堤による避難先の確保方策が重要となる。

下流区間は、資産・人口が集積していることから、土地利用規制の導入は困難であり、建物の耐水化等の建築規制や避難対策等のソフト対策の導入により被害の最小化を図ることが有効と考える。

なお、治水施設対策には、堤防の嵩上げも考えられるが、あらゆる規模の洪水に対応できる堤防を築堤することは不経済であり、今回の検討手法を用いて、経済的合理性による堤防の必要高も含めて検討することが考えられる。さらには、破堤氾濫を極力抑止するための下流部の堤防強化を実施することも有効と考える。

5. まとめと今後の検討課題

本ケーススタディーの結果、下記の結論を得ることができた。

- ① リスク評価により、純便益 (B-C) 最大となる治水施設規模の組合せ (投資効率を考慮した治水施設整備案) を設定することができた。
- ② 設定した純便益 (B-C) 最大となる治水施設規模の組合せは、治水施設整備の投資効率、並びに超過洪水に対する水系全体での被害最小化と上下流の被害バランス、の確保を図ることが、モデル河川では可能であることを確認できた。
- ③ 上中流部に農地の広がる小河川であるモデル河川では、新たな治水計画は、現治水計画より被害の最小化を図ることができるとともに、投資効率も高いことが確認できた。

上記のとおり、単純条件の水系へ適用した結果、新たな治水計画の考え方を具体化させる手法の可能性を見出すことができた。

但し、実河川への適用に際しては、下記の事項について、実現に向けて検討が必要と考える。

(1) 複数の治水施設における適用可能性

貯留施設や最適な堤防高の設定等、複数の治水施設を対象とした場合の純便益最大となる複数の治水施設の組合せの効率的な検討方法の構築と今回の考え方の適用可能性の検証を検討していく必要がある。

また、治水施設 (河道、堤防、ダム、貯留施設) に加え、下水道施設や浸水域における施設対策 (二線堤、輪中堤) も対象とした組合せによる施設整備費用 (コスト) と負の効用も評価することが理想である。しかし、組合せは多数あり、最適化をどのように効率的に評価するかが課題となる。

(2) 波及被害の評価方法

今回の検討では、便益として、土地利用状況を考慮して一般資産被害と農地・農業用施設被害のみを評価したが、都市部の河川では、ライフラインや交通機関の途絶による波及被害や地下施設の被害、復旧遅延被害等の間接被害も考慮すると、純便益最大となる治水施設の組合せも変わってくると想定される。波及被害等の評価方法の構築も必要である。

(3) 人的被害の評価方法

洪水により人的被害が生ずる過程には、浸水深だけではなく、避難過程や家屋の倒壊等の事象が関係する。このため、どのような仮定をおいて算出するか、また人的被害数に対し、家屋移転等の流域対策の枠組みの中で、どのように評価するかを検討していく必要がある。

(4) 中小河川等のモデル化

評価対象とする河川以外に、無数の流入支川が実在す

る。現実的な地先の安全度を評価するには、中小河川等を包括的に取り扱う必要があり、支川での氾濫状況なども適切にモデル化しておくことが望ましい。今後、中小河川等の河道断面データの取得方法も含めて検討していく必要がある。

(5) 流域対策の実現に向けた政策実施体制・法制度整備

氾濫原での流域対策の実施に向けては、行為の根拠となる新たな法制度や実施・支援する組織の構築や既存組織との連携が必要となる。

都道府県では、改正地方自治法に基づき、条例により必要な制度の構築が可能となることも考えられるが、直轄河川を管理する国としても氾濫原管理に向けた河川管理者との役割分担が可能な組織・法令整備等が必要と考える。

(6) 建築規制・耐水化対策導入に対する課題

建築規制や耐水化対策の導入には、①私権の制限、②個人負担増等の課題がある。

この解決を図るためには、新たな法制度の構築とともに、地先毎と流域全体のリスクの現況と対策の経済的合理性、対策によるリスクの低減について、わかりやすく説明するための工夫も重要である。

(7) その他の技術的課題

その他の技術的課題には、気候変化による降雨の変化に伴う洪水流量の検討において、降雨の時空間分布の現況からの変化予測、降雨強度の増加による流出率の変化や可能最大降雨の算定手法の精度向上等の課題がある。

これらの課題については、引き続き検討を進め、報告をしたいと考えている。

参考文献

- 1) 辻本哲郎, 気候・社会条件変化への対応を含む流域総合目標の達成に向けた河川整備手法について, 河川技術論文集, 第16巻, pp11-16, 2010年6月
- 2) 「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)」 pp29, 社会資本整備審議会, 平成20年6月
- 3) 「埼玉県における今後の治水対策のあり方について」提言, 埼玉県の河川整備に関する有識者会議, 平成20年11月26日
- 4) 「滋賀県流域治水基本方針 (案)」, 滋賀県流域治水政策室, 平成23年3月3日
- 5) 瀧健太郎 他, 中小河川群の氾濫域における減災型治水システムの設計, 河川技術論文集, 第16巻, pp407-412, 2010年6月
- 6) 桑原英夫, 日本における最大級豪雨の時空間的集中特性に関する実証的研究, 1988年2月
- 7) Maged Aboelata & David S. Bowles, LIFESim: A Tool for Estimating and Reducing Life-Loss Resulting from Dam and Levee Failures

(2011.5.19受付)