

中小河川群の氾濫域における超過洪水を考慮した 減災対策の評価方法に関する研究

STUDY OF THE EVALUATION METHOD FOR FLOOD DISASTER-REDUCTION MEASURES
CONSIDERING EXCESSIVE FLOODS IN A FLOODPLAIN OF SMALL-MEDIUM SIZED RIVERS

瀧健太郎¹・松田哲裕²・鵜飼絵美³・藤井悟²・景山健彦²・江頭進治⁴

Kentaro TAKI, Tetsuhiro MATSUDA, Emi UKAI, Satoshi FUJII, Takehiko KAGEYAMA, Shinji EGASHIRA

¹正会員 博(工) 滋賀県土木交通部河港課 (〒520-8577 滋賀県大津市京町4-1-1)

²正会員 株式会社ニュージェック (〒531-0074 大阪府大阪市北区本庄東2-3-20)

³正会員 工修 株式会社ニュージェック (〒531-0074 大阪府大阪市北区本庄東2-3-20)

⁴フェロー会員 工博 株式会社ニュージェック (〒531-0074 大阪府大阪市北区本庄東2-3-20)

Present paper proposes a method to evaluate the effectiveness of several integrated countermeasures against flood hazards with special attention focused on lives of inhabitants in an urbanized area formed in an alluvial flood plain. Each integrated countermeasure is constituted by combining some of a single measure such as a flood control dam, strengthening embankment performances, flood plain regulation works, warning and evacuation system etc. Supposing that floods of various sizes with 10- to 200-year return periods take place, each of the integrated measures is applied to a target area of Shiga Prefecture to investigate its effectiveness from a view point of human loss as well as of houses' damages, using the followings: potential human loss curves, evacuation rating curves and simulated rainfall runoffs, river flows and flood flows due to bank breaches. These analyses provide a year-by-year change of the human loss risk corresponding to each integrated countermeasure and useful information for choosing a best measure.

Key Words : *small-medium sized rivers, flood-reduction measures, excessive floods, evaluation method, horizontal two-dimensional unsteady flow analysis, expected value of damage*

1. 研究の背景

現在、都道府県が管理する中小河川(一級河川(指定区間), 二級河川)においても、河川整備計画の策定が進められている。種々の社会的条件の中で整備計画が策定され、具体的に実施される場合にも次のような課題が残る。①整備計画の対象とならない範囲が存在すること、②整備計画に位置付けられた事業にも相当の期間(20~30年)を要すること、③整備計画完了後においても(長期目標である)河川整備基本方針レベルの安全水準に到達するにはさらに時間を要すること、及び、④そもそも基本方針レベルの治水目標も確率洪水で定められており、目標を超える洪水の発生も否定できないことなどである。

このような中、近年、河川事業への投資余力の減少や気候変動に起因する治水安全度の低下などが指摘されており、河川改修や洪水調節施設の整備により段階的に安

全水準を向上させる過渡的状況にあつて、整備水準を超える洪水の発生頻度が増加し、人命を奪うような壊滅的な被害が発生する危険性も高まっていると予見される。

これまで河川整備は着実に推進されてきたが、一方でそれらの効果が及ばず壊滅的な被害が生じることも想定される。そのため、水害防備林、霞堤・二線堤・輪中堤などの氾濫流制御施設の整備・保全、土地利用・建築の規制・誘導、水防活動や避難行動の支援など整備水準を超える外力を想定した減災対策を含む総合的な治水の必要性は、既往研究でも多く指摘されている¹⁾。最近でも、減災を意識した治水システムの性能評価や計画論の研究²⁾がなされているが、実務への適用には至っていない。

そこで本研究では、河川計画の実務で適用されている一般的な事業評価手法³⁾を拡張し、計画洪水だけではなく超過洪水をも外力に加え、減災対策の効果を統合的に評価する手法を検討し、その適用性について考察した。

2. 超過洪水を考慮した減災対策の評価方法

(1) 評価指標

河川整備や堤防強化など河道での対策に加え、先にも列挙したような、水害防備林、霞堤・二線堤・輪中堤などの氾濫流制御施設の整備・保全、土地利用や建築の規制・誘導、水防活動や避難行動の支援などの減災対策は、超過洪水時にも効果を発揮するため、一定規模以下の外力に対する効果だけではなく、超過外力に対する効果もあわせて評価する必要があると考えられる。

そこで今回の試算では、超過洪水をも対象外力に加え、さらに生命・身体の活動の自由を守る立場から対策の効果を概観するため、毎年平均的に(統計的な期待値として)想定される人命被害者数(年平均想定被害者数)、及び、床上浸水世帯数(年平均想定床上浸水世帯数)といった2つの被害量の増減を評価指標として扱うこととした。

(2) 水理モデル

評価指標となる被害量の増減を算定するためには、外力や施設整備状況に応じた氾濫原の水理諸量(浸水深等)の時空間分布を得ておく必要がある。本研究では、山地部から河川への流出及び河道の洪水流、内水氾濫を含めた氾濫流を統合的に解析できる数値計算モデル(図-1)を適用し、氾濫原の水理諸量を算定することとした。

a) 山地部(流出域)における流れの解析

各河川上流部の流出域ごとに合成合理式による集中型流出解析モデルを適用し、流出量のハイドログラフを求め、時間遅れを考慮して河道域モデル(次節b))の上流端に与えた。流出係数については滋賀県設計便覧(案)河川編⁴⁾を参照し、土地利用に応じて与えた。

b) 河道域(河川)の流れの解析

氾濫原を流下する河川のうち、現況河道の縦横断面データが存在する区間の水理諸量の算定には、次の一次元非定常流の基礎式を適用した⁵⁾。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \quad (1)$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{g} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 u |u|}{R^{4/3}} = 0 \quad (2)$$

ここに、 q : 単位長さあたりの横流入量(負: 流出)であって、氾濫原と河道との間の水量交換が越流公式³⁾を用いて評価されている。他は慣用記号である。河川・水路の粗度係数については、計画値が設定されている河川以外は、滋賀県設計便覧(案)河川編⁴⁾を参照し、河道形態(護岸・三面張等)に応じた値を与えた。

出発水位としては、県下河川の高水計画時に用いられる値である、B.S.L.(Biwako Surface Level)+0.4mを一律に与えた。B.S.L.=T.P.+84.371mである。河道形状については、県が保有する河川測量データに加え、平成18年度に近畿地方整備局により実施された航空レーザー測量(以下、LP)の成果、及び、現地調査(簡易測量)の結果を用

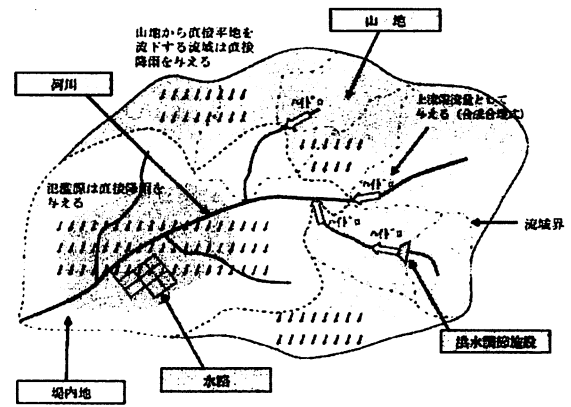


図-1 統合型水理モデルの構成

いて設定した。落差工や狭窄部等の支配断面が発生するような個所については、空中写真及び河川縦断面図から抽出した。また、断面のデータがない河道・水路については、後述(2) d節)の方法により氾濫流の中に組み込んだ。

c) 氾濫域(堤内地)における流れの解析

氾濫流については、次の連続式及び運動量保存則によって評価する⁶⁾。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{\Delta x} M \left| x_i \right|_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{\Delta y} M \left| y_j \right|_{y_j}^{y_{j+1}} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{1}{\Delta x} uM \left| x_i \right|_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{\Delta y} vM \left| y_j \right|_{y_j}^{y_{j+1}} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{xb}}{\rho} \quad (4)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{\Delta x} uN \left| x_i \right|_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{\Delta y} vN \left| y_j \right|_{y_j}^{y_{j+1}} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{yb}}{\rho} \quad (5)$$

ここに、 τ_{xb} 及び τ_{yb} は底面において作用するせん断力の x 及び y 方向の成分である。これらは、せん断力をManning公式によって求め、流速ベクトルの向きに一致するように定められる。他は慣用記号である。

計算の差分長は $\Delta x \cong \Delta y \cong 50m$ である。各メッシュの粗度係数には、氾濫シミュレーション・マニュアル(末次ら⁶⁾、以下、氾濫解析マニュアル)で推奨される値を用いた。氾濫原の地盤高については、LPデータを5mメッシュでグラウンドデータ化(樹木・地物等を除去)し、計算用の50mメッシュに換算することにより与えた。

d) 氾濫流に対する盛土や水路等の影響の解析

LPデータから周辺地盤高との比高差が1m以上の帯状盛土を抽出した。開口部(例えば、BOXカルバート等)については、1/2500の地形図から読み取り、メッシュ間の線上に与え、治水経済調査マニュアル³⁾で推奨される越流公式及びオリフィス流の基礎式を適用した。

また、(前述の)河道断面を取得できない区間や比較的大きい幹線水路については、1/2500地形図および現地調査から水路諸元を定め、平川ら⁷⁾の手法を用いて等流水路として扱った。ここでは、メッシュに水路断面を与え、水量が水路満杯以下のとき、氾濫水は水路内に取り込まれて流れることとなる。なお、細かい水路が網目状に分布するような、下水道(雨水)整備・ほ場整備が実施済みの区域については、その事業計画に相当する流量を氾濫

流の連続式においてシンク(消滅項)として扱い、当該区域の下流端(河道・水路の接合部)で加算した。

(3) 評価対象外力の設定

評価対象外力として、10年、50年、100年、200年を再現期間とする4降雨波形を流域全体に一様に与えた。10年確率は小河川(下水道(雨水)や農業用排水路も含む)の整備目標である。また、50年確率は中規模河川(流域面積50km²以上の河川)で当面の整備目標とする戦後最大実績洪水を概ね包括する。100年確率は中規模以上の河川において、将来的に(河川整備基本方針レベルで)目標とする治水安全度であり、200年確率は超過洪水を意図している。なお、降雨波形については、滋賀県降雨強度式⁴⁾を用いて継続時間を24時間とした中央集中型を採用した。滋賀県降雨強度式の適用範囲(降雨継続時間6時間以内)を超える降雨強度は、彦根地方気象台の降雨データを用いて補完した⁸⁾。200年確率の降雨波形については、100年確率の波形を便宜的に1.2倍したものをを用いた。

(4) 計算条件(破堤条件)

今回の試算では、河道内の計算水位が堤防天端高を超えた時点で破堤が始まるものとした。治水経済調査を行う場合には、堤防天端から余裕高を差し引いた高さ(H.W.L.)に計算水位が達した時点で破堤を開始させることが一般的であるが、ここでは整備水準を超えた場合の最悪の状況を想定するため、破堤氾濫時に大きい流体力が発生する条件として、越水をトリガーに破堤が開始すると仮定した。堤幅、越流量・破堤流量、破堤開始から終局状態までの時間等は氾濫解析マニュアル⁹⁾に準じた。

(5) 評価指標の算定方法

氾濫時に避難行動が取られない場合、(平屋の)軒下までの浸水や家屋流失により人命被害の恐れが生じると考えられる。そこで本研究では既往研究を参考に、軒下浸水の閾値を浸水深 $h=3.0$ (m)⁹⁾、家屋流失の閾値を流体力 $u^2h=2.5$ (m³/s²)⁹⁾とし、一般家屋が分布する地点の計算値がこの閾値を超える場合に人命被害が生じると仮定した。

まず、代替案ごとに外力別に氾濫計算を実施し、それぞれの被害者数を計上した。具体的には、1/2500の地形図から一般家屋の床面積を抽出し、当該地区の人口分布(平成17年度国勢調査)を面積按分することにより、被害者数を計上した。次に、外力ごとの想定被害者数と区間発生確率との積を総和し、年平均想定被害者数とした。

床上浸水世帯数については、最大浸水深が0.45m³⁾を超えるエリア内にある一般家屋世帯数を計上した。ここでも同様に、外力ごとの想定床上浸水世帯数と区間発生確率との積を総和し、年平均想定床上浸水世帯数とした。

(6) 対策別の評価方法

a) 河川改修・洪水調節施設

表-1 透過係数 K の算定に用いた樹木諸元(中密度の孟宗竹)¹²⁾

樹林間隔(m)	樹高(m)	樹冠幅(m)	幹直径(m)	枝直径(m)	枝本数(本/m)
0.53	6.3	0.75	0.036	0.005	8

河川整備計画への記載に向け検討中の計画河道、洪水調節施設を河道モデルに反映した。洪水調節施設については、操作規則に基づく洪水調節を行うものとし、治水容量(ネット容量)を超えた時点から流入量と流出量を同量として計算した。

b) 堤防強化

破堤開始水位(堤防天端)に到達しても直ちに破堤せず、3.0時間後に破堤が開始すると仮定し、被害量を算定した。ただし、越水に効果のある堤防強化については、大河川の長大堤防への適用に関して技術が十分に確立されていないと一般に指摘されており¹⁰⁾、現地での適用については今後の十分な研究が必要である。

c) 氾濫流制御施設(二線堤・輪中堤、水害防備林)

二線堤・輪中堤は、一定の高さを持つ帯状の盛土として、メッシュ間の線上に与えることとした。また、水害防備林の減勢効果を表現するため、末次ら¹¹⁾の手法を用いて、氾濫域の二次元非定常流モデルに透過係数 K を与えた。この透過係数 K は以下のように定式化される。

$$K = \frac{1}{\sqrt{na \cdot C_D / 2g}} \quad (7)$$

$$na = \frac{Dh_1 + dl n_{branch}}{L^2 h} \quad (8)$$

ここに、 C_D : 抗力係数(=1.2)、 D : 幹直径(m)、 d : 枝直径(m)、 l : 枝長さ(m)、 n_{branch} : 枝数(本)、 L : 樹木間隔(m)、 h : 浸水深(m)で、 $h_1 = \text{Min}(h_j, h)$ 、 $n_{branch} = (h - h_v) \cdot n_{br}$ 、ただし $n_{branch} \geq 0$ である。 h_j : 樹高(m)、 n_{br} : 枝数(本/m)、 h_v : 枝下長さ(m)である。なお、水害防備林の透過係数 K の算定に用いる諸元には、既往調査結果¹²⁾を引用し、表-1に示す中密度の孟宗竹林の値を採用した。

d) 土地利用規制・建築誘導

市街化した場合のリスク変化を評価するため、河川整備後に市街化が想定されるメッシュに、周辺DID地区の平均的な人口密度(6,000人/ha)を与えた。また、昭和45年(1970年)の河川局・都市局長通達¹³⁾により、時間雨量50mm対応の河川整備がなされていない氾濫区域の市街化区域への編入が原則禁止されていることを考慮し、10年確率(時間雨量50mm対応)以上の規模での河川改修後に周辺の市街化が進むものと仮定した。

e) 避難行動の支援(洪水ハザードマップ・訓練)

洪水ハザードマップ(以下、洪水HM)の配布や避難訓練等のソフト対策の効果を評価するため、住民の避難行動をモデル化した。

通常、避難勧告は、水防法に基づき指定される水位周知河川の水位が避難判断水位に到達した場合に、河川管理者からの通報を受け、市町村長の判断により発令される。モデル上では、2007年度に滋賀県で実施された洪水

対応演習(洪水時の情報伝達に関する訓練)の実測時間を参考に、解析範囲の水位周知河川の水位が避難判断水位に達した60分後に避難勧告が発令される設定とした。

避難勧告発令後の避難率の変化は、図-2に示す5段階の避難率曲線に従うものとした。これは、住民が避難勧告を取得してから避難開始までの時間が平均1.0時間(標準偏差=30分)との既往調査結果(桑沢ら¹⁴⁾)に適合するように作成したものである。また、メッシュごとに適用する避難率曲線については、2007年12月に滋賀県で実施した自治会長アンケート調査(回答数2,484自治会、回答率77%)を参考に選択した。ここでは、「自治会・自主防災組織または消防団や水防団が、自主的に洪水による浸水の危険がある地区の人に避難を呼びかけた場合、どのくらいの人が避難に応じてくれると思うか」との質問への回答が得られており、表-2に示すように、これらの回答を5段階の避難率曲線に対応させた。

避難の可否については、当該メッシュにおける流速・水深と成人の平均身長に対する歩行困難度曲線(図-3、須賀ら¹⁵⁾)とを比較して判断した。各メッシュでの流速・水深の計算値が、図-3に示される基準値を超えた時刻から避難が不可能になると想定し、当該時刻(避難勧告発令からの時間)に対応する避難率曲線上の値を当該メッシュでの避難率とした。避難行動による被害軽減量については、避難行動を考慮しない場合の想定被害者数に、メッシュごとに得られる避難率を乗じ算定した。

洪水HMによる啓発や避難訓練等の効果については、適用する避難率曲線をより避難率の高い曲線に置き換えることで表現することとした。具体的には、洪水HMの配布により避難率に約10%の差が現れるとの片田らの調査報告¹⁶⁾を参考に、洪水HMの配布により、避難勧告1.0時間後の避難率が10%上位の避難率曲線を各メッシュに与え、洪水HM配布後の被害量(想定被害者数)を得た。

3. 適用と考察

(1) 実況監視域への適用

a) 氾濫域の概要

滋賀県北部の姉川・高時川、田川氾濫域に上記手法を適用し、図-4に示す範囲で、治水対策別の被害量を計上し比較した。当該氾濫域では、天井川である姉川・高時川と掘込河川である田川が、姉川・高時川の合流部付近で立体交差しており、田園の中に集落が点在している。

b) 施設整備(ハード対策)の効果検証

比較検証した対策とその組み合わせを表-3及び図-4に示す。結果の表示例を図-5及び図-6に示す。図-5はCase.1、図-6はCase.6で10年確率及び200年確率のモデル降雨を外力とした場合の最大浸水深を示している。ここから、無対策(Case.1)と比較して、各施設整備が実施された場合(Case.6)には、浸水が解消されることはないものの、各外力に対して浸水深が軽減されることが分かる。

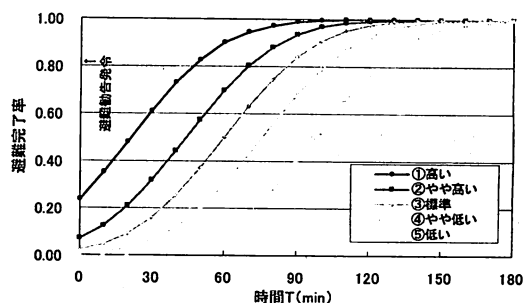


図-2 避難率の経時変化

表-2 アンケート回答に対応する避難率(1時間後)と避難率曲線

アンケート回答 (問42)	避難率 (1時間後)	避難率曲線
①ほとんど全員が避難する	0.9	①高い
②かなりの人が避難する	0.7	②やや高い
③半分くらい避難する	0.5	③標準
④避難する人はすくない	0.3	④やや低い
⑤ほとんどの人が避難しない	0.1	⑤低い

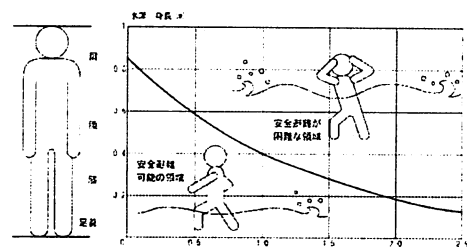


図-3 洪水避難時に水中歩行できる領域(須賀ら¹⁵⁾)

表-3 各対策(施設整備)の概要

Case.1	現況(無対策)
Case.2	河川改修(河川整備計画河道)+下水道(雨水)整備
Case.3	丹生ダム整備
Case.4	氾濫流制御施設(水害防備林・二線堤・輪中堤など)整備
Case.5	堤防強化(越水後3.0時間で破堤開始)
Case.6	Case.1~5の全対策の組み合わせ



図-4 検討対象とする各対策の実施箇所

次に、各対策別の想定被害者数を表-4、想定床上浸水世帯数を表-5に示す。無対策(Case.1)の場合と比較することにより、各対策の減災効果が定量的に表現できることが確認された。河川改修+下水道(雨水)整備(Case.2)や氾濫流制御施設整備(Case.4)、堤防強化(Case.5)を実施した場合、外力によっては被害が増加する傾向もみられる。これは、対策実施後に破堤箇所や湛水域の分布が変わることが要因と考えられ、河川改修や堤防強化、氾濫流制御施設整備の結果によっては、リスクが転嫁され

る可能性が示唆された。また、単独の施策では丹生ダムの整備(Case.3)の減災効果が卓越することが確認された。

c) 土地利用規制・建築規制の効果検証

図-7は、人命被害が生じる閾値である水深3m、及び流体力 $2.5\text{m}^3/\text{s}^2$ を超過する年平均確率の分布を示しており、避難行動が取られない場合の居住者の人命被害リスクに相当する。図-7の比較により、当該地域においては、各種対策によりリスクが緩和される箇所もあるが、対策後にもリスクは残ることが示唆される。ここで仮に、浸水深3m以上となる人命被害リスクの生じる箇所でも市街化が進んだ場合を想定し、年平均想定被害者数を算定すると、無対策の状態(Case.1)では61.9人/年、河川改修・下水道(雨水)整備・丹生ダム整備がなされた場合(Case.2+Case.3)でも42.0人/年となり、将来にも相当量のリスクが残ることが確認される。これにより、特に人命被害リスクの高い箇所については、生命・身体の活動の自由を守る立場から、各対策によるリスク緩和の見通しを適切に考慮しつつ、社会的に許容される様態で土地利用・建築の規制・誘導による対応の有効性が示唆される。

d) 避難行動の支援の効果検証

避難行動を考慮した場合、及び洪水HMの配布後の想定被害者数を算定した。Case.1では、避難行動を考慮すると被害者数は6.18人から5.60人に減少し、更に洪水HMの配布により4.66人となった。Case.6では、避難行動を考慮すると0.25人から0.22人に、洪水HMの配布で0.20人と減少し、洪水HMによる避難誘発効果が評価された。

(2) 時間軸を考慮した減災効果の比較

河川整備計画の策定段階においては、過渡的な安全性の中で、財政状況や土地利用などの社会経済、あるいは自然環境等の諸条件を考慮しながら、その時々の実施可能で効果的な施策の選択が望まれる。特に、河川管理者の財政基盤が弱く整備水準の低い中小河川では、気候変動による治水安全度の低下や土地利用の高度化による被害ポテンシャルの増大を前に、被害量を最小化するためにより柔軟に施策を展開することが喫緊の課題と言える。

ところで、過渡的な整備段階における河川管理の義務的責任範囲は、大東水害訴訟の最高裁判決(昭和59年1月26日判決・民集38巻2号53頁)が主要判例となり明確化された。このことが、投資余力の減少と相まって図らずも足枷となり、義務的責任範囲外の「一般的な整備水準を超える洪水や超過洪水に対する減災対策」を河川管理者が柔軟に選択し難い傾向を助長していると推察される。

ここで、年間投資額を一定値として、河川改修・下水道(雨水)整備、及び、丹生ダムの整備が実施された場合(Case.2+Case.3)と、河川管理の(狭義の)義務的責任範囲外と考えられる氾濫流制御施設の整備を加えた場合(Case.2+Case.3+Case.4)の年平均被害軽減量(累計値)の時間的変化を比較した(図-8)。なお、年平均被害軽減量(累計値)は社会的割引率を0.4として現在価値化している。各

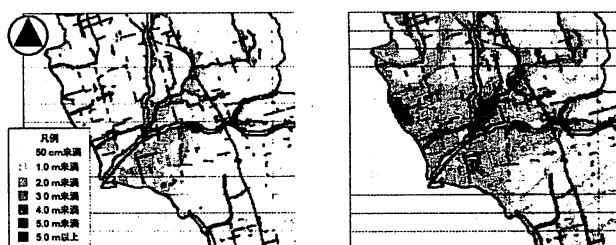


図-5 最大浸水深(Case.1), 左は10年確率, 右は200年確率



図-6 最大浸水深(Case.6), 左: 10年確率, 右: 200年確率

表-4 外力別及び年平均想定被害者数(人), 避難行動非考慮

	発生確率(年超過確率)				年平均値
	1/10	1/50	1/100	1/200	
Case.1	13.2	72.7	219.3	294.5	6.18
Case.2	0.0	65.4	71.7	431.1	4.56
Case.3	13.2	16.1	76.2	230.8	2.40
Case.4	13.2	62.5	185.6	253.0	5.37
Case.5	13.2	15.0	22.1	282.4	2.07
Case.6	0.0	0.5	4.6	40.2	0.25

表-5 外力別及び年平均想定床上浸水世帯数(世帯)

	発生確率(年超過確率)				年平均値
	1/10	1/50	1/100	1/200	
Case.1	1,042	3,100	4,581	6,041	230.7
Case.2	162	1,844	2,779	4,410	121.3
Case.3	569	3,048	4,249	5,582	205.7
Case.4	1,033	3,001	4,321	6,123	224.1
Case.5	1,042	3,214	4,623	5,881	235.7
Case.6	149	1,344	2,359	4,166	94.5



図-7 リスク分布(3m, $2.5\text{m}^3/\text{s}^2$ 以上), 左: Case.1, 右: Case.6

施策は同時に実施するものとし、事業費と年あたりの投資額により完成期間を設定した。各事業費は河川管理者の公開資料から引用し、年あたりの投資額は便宜的にダム事業に10億円/年その他の対策に5億円/年を与えた。河川改修+下水道(雨水)整備(Case.2)、及び、氾濫流制御施設整備(Case.4)については着工から完成までの時間経過に比例して効果が増すと仮定し、丹生ダムの整備(Case.3)については完成直後より効果を発揮させた。

図-8に示される結果から、避難を考慮すると(避難者数分の)被害量が差し引かれるため減災効果も減少するが、河川改修・下水道(雨水)整備・丹生ダムの整備にあ

わせて、氾濫流制御施設の整備を同時に実施することで、人命被害がかなり効率的に軽減されることが示唆される。

ところで、本手法を用いれば、ハード対策・ソフト対策、川の中の対策・川の外での対策の区別なく、年あたり投資量や実施時期・期間を変えた場合の年平均被害軽減量の応答を把握できるため、効率的・効果的な施策の実施順・予算配分の判断材料となることが期待される。

近年の行政訴訟の判例を俯瞰すると、過渡的段階であっても、著しい危険性が予見され回避可能性がある中で、少なくとも効果のある対策(例えば、河川整備基本方針で想定されない氾濫流制御施設の整備や土地利用規制などのソフト対策)が講じられない場合、(河川管理に限定されない)広義の行政責任が問われる可能性もある。このような中にあるのは、河川整備基本方針レベルの最終的な目標の整備水準に到達するまでの過程に対し、より自由度を与えることも必要な段階であると考えられる。河川整備基本方針で想定していない対策を暫定的に講じることも一つの解と言える。今後は、水害防備林・二線堤・輪中堤などの氾濫流制御施設、あるいは、河川整備の時間的推移による水害リスクの変化を踏まえた暫定的な土地利用規制をも考慮し、過渡的安全性をデザインする手法を確立し、あわせて、法制度の整備や、被害軽減量に比例した財政配分の仕組みなどの実現も望まれる。

ところで、洪水調節施設は超過洪水時にはかえって危険性を高めるといった議論もしばしば見受けられる。そのような議論に対して、施設計画に用いる想定外力だけではなく超過洪水を考慮し減災効果により事業を評価することは、対策の有効性を新たな視点から定量化することになり、社会的な納得を得る有効な手段のひとつになると期待される。すなわち、今回の試算結果は、施設計画に用いる外力(群)と(統計的な期待値としての)事業評価に用いる外力(群)とを区別として効果を示すことの有効性が示唆された例と言えよう。

4. 結語

以上のように、内水氾濫を考慮した氾濫解析を活用し、超過洪水を対象外力に加え被害量を算出することにより、河道改修、堤防強化、氾濫流制御施設(道路嵩上げ)等の様々な外力に対する減災効果が比較・検証された。

一方、計算条件(破堤条件や想定外力群の与え方)は結果に大きく影響することも明白である。また、今回の検討では、床下浸水や農地浸水の被害量が考慮されていない。総合的な被害量を把握するためには、議論はあるものの人命被害量も含め各被害量をコスト換算などし、指標を統一することも検討されるべきと考える。このように、防災計画論上の妥当性も含め、さらに慎重な議論が必要であるが、今後はこれらの課題解決を図るとともに、今回の試算結果を参考に、実現可能性も踏まえた最適な施策の組み合わせを研究し、実務への適用を目指したい。

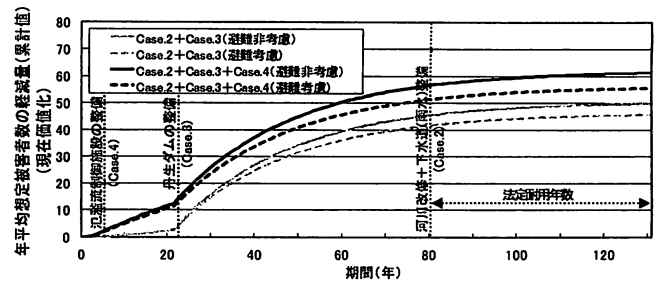


図-8 現在価値化した年平均想定被害者数の軽減量(累計値)

謝辞：京都大学防災研究所寶馨教授、中川一教授、多々納裕一教授、堀智晴教授には、検討の過程で折に触れ貴重なご助言を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 例えば、木村俊晃：狩野川洪水の検討－異常洪水に如何に対処するか、土木研究所報告、第106号、pp.63-85、1961。
- 2) 例えば、堀智晴、古川整治、藤田暁、稲津謙治、池淵周一：氾濫原における安全度評価と減災対策を組み込んだ総合的治水対策システムの最適設計－基礎概念と方法論－、土木学会論文集B、Vol.64 No.1、pp.1-12、2008。
- 3) 国土交通省河川局：治水経済調査マニュアル、2005。
- 4) 滋賀県：設計便覧(案)河川編、2001。
- 5) 岩佐義朗、井上和也、水鳥雅文：氾濫水の水利の数値解析法：京都大学防災研究所年報、第23号、B-2、pp.305-317、1980。
- 6) 栗城稔、末次忠司、海野仁、田中義人、小林裕明：氾濫シミュレーション・マニュアル(案)、土木研究所資料、第3400号、1996。
- 7) 平川了治、館健一郎、武富一秀、安田浩保、金木誠、飯田進史、五十嵐孝浩、谷岡康：リアルタイム氾濫解析システムの構築とその活用の方角性について、河川技術論文集、第9巻、2003.6
- 8) 滋賀県：平成17年度第507-4号平田川単独河川改良設計業務委託報告書、(株)ニュージェック、pp.5-25、2007。
- 9) 佐藤智、今村文彦、首藤伸夫：洪水氾濫の数値計算および家屋被害について-8610号台風による吉田川の場合-、第33回水理講演会論文集、pp.331-336、1989。
- 10) 社団法人土木学会：耐越水堤防の技術的な実現性の見解について、耐越水堤防整備の技術的な実現可能性検討委員会報告書、2008。
- 11) 末次忠司、館健一郎、小林裕明：防災樹林帯の氾濫流制御効果、土木研究所資料、第3538号、1998。
- 12) 国土交通省近畿地方整備局福知山河川国道事務所：平成13年度由良川治水計画推進方策検討業務報告書、株式会社ニュージェック、2002。
- 13) 建設省都市局長・河川局長通達：都市計画法による市街化区域および市街化調整区域の区域区分と治水事業との調整措置等に関する方針について、建設省都計発第1号・建設省河都発第1号、1970。
- 14) 桑沢敏行、本間基寛、片田敏孝：大規模河川を対象とした洪水避難対策の総合シミュレーション分析、土木計画学研究講演論文集、Vol.37、CD-ROM(272)、2008。
- 15) 須賀堯三監修、利根川研究会編：利根川の洪水、山海堂、pp.112-117、1995。
- 16) 群馬大学工学部建設工学科都市工学講座片田研究室：平成10年8月末集中豪雨災害における郡山市民の対応行動に関する調査報告書、pp.113-114、1999。

(2009.4.9 受付)