

治水整備による水害リスクカーブの変遷に関する研究*

Time Series Variation of Flood Exposure Induced by Flood Prevention Projects*

藤見俊夫**・柿本竜治***・山田文彦***・廣瀬健康****

By Toshio FUJIMI**・Ryuji KAKIMOTO***・Humihiko YAMADA***・Takeyasu HIROSE****

1. はじめに

治水整備の進展により水害被害は確実に減少している。しかし一方で、水害頻度の減少は従来水害に対して脆弱な土地であった氾濫原での開発を誘発しており、かえって被害の対象となる資産・人口は蓄積されていることが指摘されている。そのような状況でカストロフな災害が生じた場合、被害の規模はかえって大きくなる可能性もある。このような高頻度小・中被害の水害リスクから低頻度大被害の水害リスクへの変化については、定性的な議論しかされないことが多い。

ハード的対策が水害リスクを増大させる可能性を検討した先行研究としては以下のようなものがある。吉田・高木¹⁾は、流出抑制施設整備、土地利用規制、洪水保険の3種類の施策を同時に評価できるモデルを構築し、3種の施策のうち流出抑制施設整備についてはかえって被害ポテンシャルを大きくするという結果を導き出している。市川ら²⁾は、土地利用規制政策とハード的対策のどちらが費用対便益において優れているかを検証し、どちらかが一方的に有利というわけではないことを明らかにした。しかし、これらの研究はモデルによって予測された結果に基づいている。実際の土地利用形態や建物分布のデータを長期にわたって調査し、そのデータに基づいて水害リスク構造の変化を検討した実証研究は見当たらない。

本研究では、熊本市坪井川氾濫原を対象とし、1970年から2005年まで約5年刻みで調査した土地利用形態や建物分布のデータから各年の水害リスクカーブを作成する。その時系列で作成したリスクカーブの遷移を観察

することで、水害リスク構造の変化を定量的に明らかにする。

2. 調査対象地区の概要

本研究の対象地域は熊本市坪井川遊水地周辺である(図-1)。熊本市中心部には坪井川(流域面積:141.7km², 流路延長:23.5km, 2級河川)が流れており、これまで何度も水害に見舞われてきた。特に、昭和28年6月26日の「6・26大水害」は熊本市に甚大な被害をもたらしており、各地で堤防が決壊、市街地は大量の泥土で覆われた。市街部で川幅を拓げることは不可能であったので、市街部上流の坪井町から清水町にまたがる水田地域が注目された。この地帯は従来から遊水地帯であったため、1974年の坪井川治水緑地事業では洪水時に洪水の一部を計画的に遊水させる坪井川遊水地が建設されることになった。しかし、同時に遊水地周辺での開発も進んだため、建設中の1980年には遊水地周辺で浸水被害が生じている。現在の坪井川は50年確率での堤防等の整備が完了しているため、1980年以降は大規模な破堤、越水等の水害被害は生じていない。1997年に遊水地の運用が開始されている。

調査対象の範囲は、図-1の太枠で囲まれた南北2,300m、東西1,170mの区画である。対象地区内の人口は現在約3万である。その中で、細線で分けられた15の区画は、国土地理院の定める第4次地域区画(500mメッシュ)に一致している。

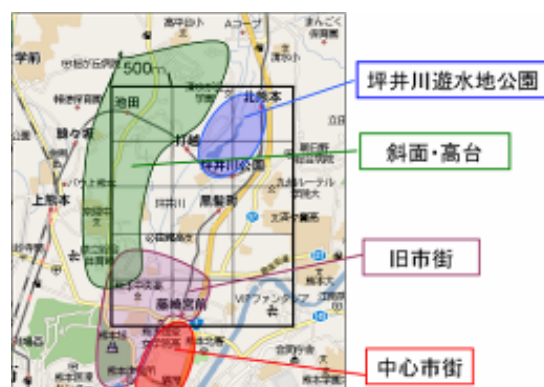


図-1 調査対象地域

*キーワード: 洪水リスク, 土地利用, リスクカーブ

**正員, 農博, 熊本大学大学院自然科学研究科
(熊本県熊本市黒髪2-39-1,
TEL096-342-3693, FAX096-342-3507)

***正員, 工博, 熊本大学大学院自然科学研究科
(熊本県熊本市黒髪2-39-1,
TEL096-342-2040, FAX096-342-3507)

****学生会員, 熊本大学大学院自然科学研究科
(熊本県熊本市黒髪2-39-1,
TEL096-342-3693, FAX096-342-3507)

3. 水害リスクカーブの作成

(1) リスクカーブ

リスクカーブは超過確率曲線とも呼ばれ、縦軸に年超過確率、横軸に被害額を置いたグラフである。図-2にその例を示す。図中の破線は小・中規模被害の生起確率は大きいものの、甚大な被害が出る確率はなくなるような水害リスクを表している。これは、水害危険地域に農地や空き地しかないような状況での水害リスクに相当する。一方で太線は、小・中規模の被害の生起確率は小さいものの、甚大な被害を出す確率が僅かであるが存在している水害リスクを表している。これは治水整備が進んで、水害危険地域に住宅やビルが建設されている状況での水害リスクに相当する。治水整備に伴い、対象地区のリスクカーブが高頻度小・中規模水害を表す破線から、低頻度大規模水害を表す太線へと推移していれば、水害リスクの構造が変化したと判断できる。

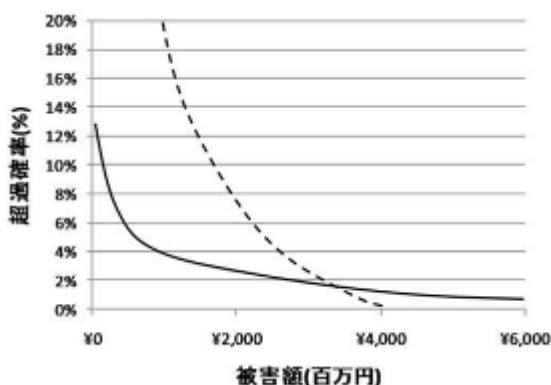


図-2 リスクカーブの例

本研究では、再現期間5年、7年、10年、20年、50年、100年、150年、200年、500年の降雨規模による水害で生ずる被害額を算出し、それらをプロットすることで水害リスクカーブを作成する。1970年から2005年までのリスクカーブを約5年刻みで作成することにより、対象地域の水害リスク構造の変遷を明らかにする。以下では、その作成手順を、①対象地区のメッシュデータの作成、②再現期間別の氾濫解析、③再現期間別の被害額の算定、④リスクカーブの作成の4項目に分けて説明する。

(2) 対象地区のメッシュデータの作成

対象地区内の土地利用と建物を調査するために、ゼンリンの住宅地図を用いた。対象地区を家屋一軒が判別できる5m×5m、160,080メッシュに分割し、5mメッシュ内の建物の被膜状況から建物の有無を判別した。また、土地利用形態も5mメッシュで判別した。土地利用の区分は、道路、水域、住宅用途、空き地、公共用途、

商業用途、工業用途、緑地、遊水地、田、畑の11種類とした。地盤高については、正確なデータは2005年のLPデータしか存在しない。そのため、それ以外の各年においては、原則2005年の地盤高データを用いている。ただし、坪井川遊水地の建設以前である1970年から1995年の遊水地建設場所の地盤高は、2005年のデータを用いることができない。そのため、1977年の国土地理院の地形図(1/25000)から等高線を読み取って地盤高データ作成した。これらの地盤高データを基に、それぞれの地盤勾配のデータを作成する。勾配は100mメッシュ内にある20×20の5mメッシュ間の最大値と最小値の比高差によって算出し、それらを1/1000未満、1/1000~1/500未満、1/500以上の3段階に設定する。

(3) 再現期間別の氾濫解析

本研究では、内水被害のみに焦点を当てる。なぜなら、外水被害は破堤の場所や時期の仮定に大きく左右されるため、結果が恣意的になる恐れがあるためである。内水被害のみを考慮することで、低頻度大被害リスクは実際より小さくなり、より控えめな立場での結論が得られる。

内水氾濫解析にはレベル湛水法を用いる。ここでは、内水氾濫の水位で一定とし、解析領域の低地部に溜った水量と領域内に降った降雨の総雨量が釣り合うように浸水深が決定される。降雨の継続時間は6時間とした。なぜなら、大規模な集中豪雨の降雨時間が約6時間であることが多いためである。実際、1976年から2005年まで期間で、熊本市の年最大降雨量(1時間最大降雨量)を記録した降雨について降雨継続時間の平均を算出したところ、それは6.3時間であった。

再現期間5年、7年、10年、20年、50年、100年、150年、200年、500年に相当する6時間確率降雨量は以下の手順で求めた。まず、各再現期間の6時間降雨量が極値I型分布に従うと仮定した。つぎに、1976年から2005年までの熊本市アメダスの年最大6時間降雨量データを用いて、最小二乗法により極値I型分布関数のパラメータを推定した。この推定結果に基づき、各再現期間の6時間降雨量を算出した。

上記の氾濫解析結果に基づいた各再現期間別の浸水深の空間分布を、遊水地建設以前の1970年と建設後の2005年に分けて図-3に示す。濃い青色ほど浸水が深いことを意味しており、赤点は浸水した建物を表している。また、結果の妥当性については、現地での聞き取り調査により、問題がないことを確認している。

(4) 再現期間別の被害額算定

氾濫解析で得られた浸水深と各種メッシュデータ(土地利用データ、建物データおよび勾配データ)を用いて再現期間別に被害額を算定する。被害額の算定は、国土

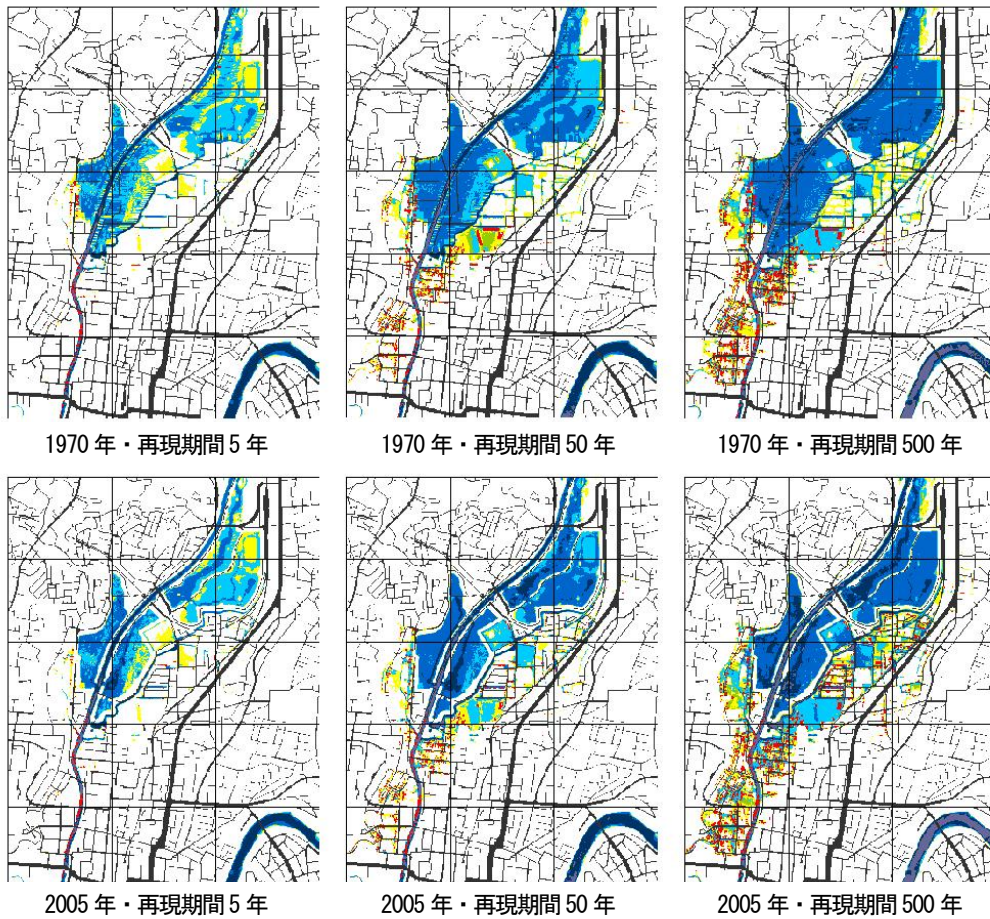


図-3 1970年と2050年の再現期間別の浸水域

交通省の治水経済調査マニュアル（案）に基づいて行う。本研究では、資産の移動に伴う被害の変化を考慮するため、人身被害を除いた直接被害のみを対象とする。また、各年の物価変動の影響を除外するため、全対象年度の各種資産評価単価は平成17年のもので統一する。被害額の算定には、床面積、世帯数、事業所の従業者数、水田・畑の面積の計4種の基礎数量データが必要となるが、5mメッシュのデータは存在しない。そのため、国勢調査、事業所・企業統計調査に関する地域メッシュ統計の4次メッシュ（500mメッシュ）データを、そこに含まれる5mメッシュのうち当該するメッシュに按分することで、5mメッシュ当たりの数量に換算した。

表-1に土地利用形態ごとの被害対象資産（算定対象資産）の内訳を、表-2にそれら資産被害額の算定式を示す。

(5) 水害リスクカーブの作成

再現期間別の内水被害額が算出されれば、それらをプロットすることでリスクカーブが描ける。再現期間5年は超過確率20%、7年は14.3%、10年は10%、20年は5%、50年は2%、100年は1%、150年0.7%、200年は0.5%、500年は0.2%にそれぞれ対応する。作成した水害リスクカーブを図-4に示す。

表-1 土地利用形態別の算定対象資産

土地利用形態の分類	算定対象資産
道路、水域、空き地、緑地、遊水地	0（考慮しない）
住宅地	建物被害額＋家庭用品被害額
公共、商業、工業用途	建物被害額＋事業所償却被害額＋事業所在庫被害額
畑、田	農作物被害額

表-2 土地利用形態別の算定対象資産

資産被害額の種類	算定式
建物被害額	1メッシュ当たり床面積 ×建物1m ² 当たり評価額×被害率
家庭用品被害額	1メッシュ当たり世帯数 ×1世帯当たり家庭用品評価額×被害率
事業所償却資産被害額	1メッシュ当たり従業者数 ×従業者1人当たり償却資産評価額×被害率
事業所在庫資産被害額	1メッシュ当たり従業者数 ×従業者1人当たり在庫資産評価額×被害率
農作物	1メッシュ当たり水田・畑面積 ×年平均収量×農作物価格×被害率

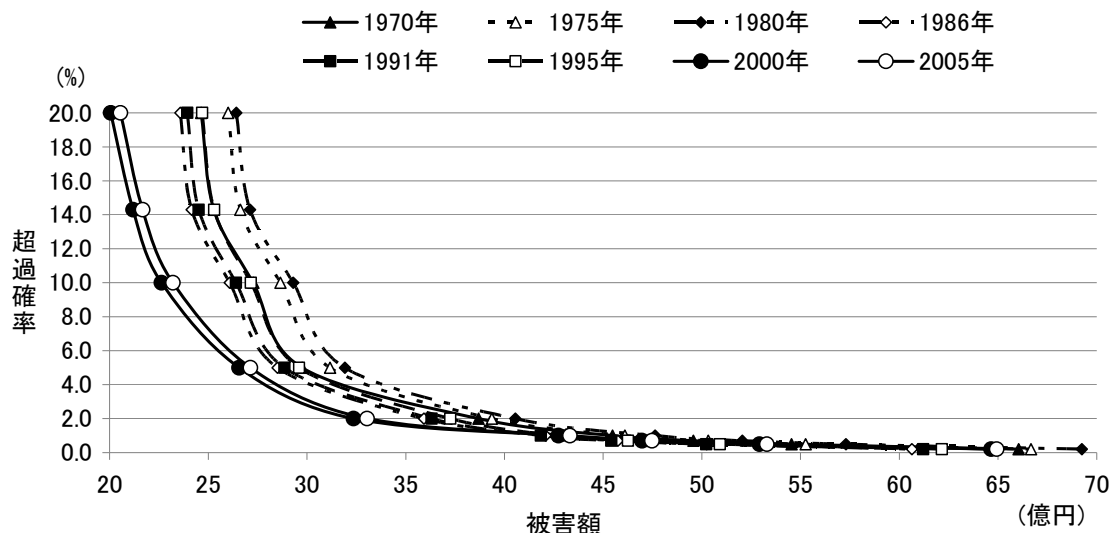


図-4 水害リスクカーブ

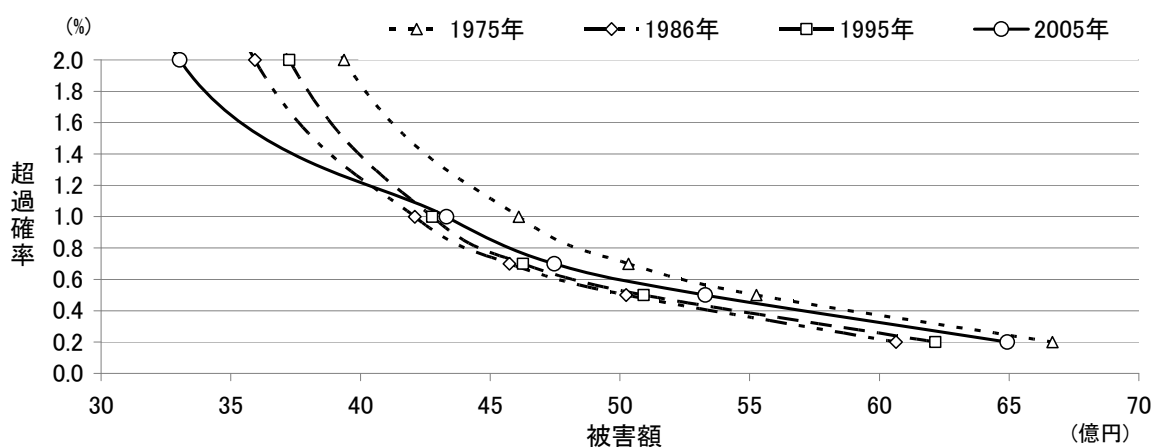


図-5 低頻度大被害部分を拡大した水害リスクカーブ

4. 考察とまとめ

図-4から、超過確率が2%以上の範囲では水害リスクカーブは左にシフトしつつある傾向がわかる。これは、再現期間50年規模より少ない降雨では、内水被害が着実に減少していることを示している。特に、遊水地運用が開始された1997年を境に、被害額は大きく減少している。こうした傾向は、内水害の頻発地域である壺川旧市街(図-3の左下縦2区画)が衰退して世帯数が減少したことが大きな要因である。図-3の赤点は浸水した建物を表しているが、壺川旧市街においてそれらが減少していることがわかる。

つぎに、低頻度大被害リスクの時系列変化を検討するために、超過確率が2%~0.2%となる範囲に焦点を当てたものを図-5に示す。グラフを見やすくするために、1975年から2005年まで約10年間隔でリスクカーブを描いた。この図から、遊水地運用後2005年のリスクカーブの傾きが緩くなっていることがわかる。超過確率1%未満(再現期間100年以上)の降雨に対して、

2005年の被害額は1995年や1986年を上回っている。これは、遊水地周辺の土地に住宅が立地したためだと考えられる。図-3から500年規模降雨で遊水地周辺(真中1区画)の赤点が急増している一方で、5年規模降雨では両方で赤点はほとんど存在しないことがわかる。以上のことから、高頻度小・中被害の水害リスクが低下したことから、浸水危険地域に住宅の立地が進み、低頻度大被害の水害リスクへの変化したことが推察される。

参考文献

- 1) 吉田正卓・高木朗義：災害リスクマネジメントに基づいた総合治水対策の評価モデルの構築，土木計画学研究・論文集，Vol.20，No.2，pp.313-322，2003.9.
- 2) 市川温・松下将士・堀智晴・椎葉充晴：水害危険度に基づく土地利用規制政策の費用便益評価に関する研究，土木学会論文集，Vol.13，No.1，pp.1-15，2007.