

北海道大学大学院環境科学研究科 正員 加賀屋誠一
 北海道大学大学院環境科学研究科 正員 山村 悦夫
 北海道庁 正員 樺沢 孝

1 はじめに

近年の洪水氾濫による被害の地域特性を考えると、一般資産被害では都市部、公共土木被害では郡部の比率が増加していることがわかる。これは、都市機能の集積や、治水事業の進捗度などの要因によるものと考えられるが、一方水害を構成する原因にも地域による差が現われている。つまり都市部では、都市が主に大河川の中流より下流に位置されること、築堤など河川整備が比較的進んでいることなどにより、外水氾濫よりも降水の基水、本流の出水などによる支流の溢水の原因とする内水氾濫を生じる場合が多い。例えば建設省編水害統計によると昭和37年から昭和48年の間で外水氾濫による被害額構成率は、69%から55%に減少しているのに対し、内水氾濫の場合は、逆に31%から45%と増加している。本研究では、このような都市における内水氾濫の発生構造を把握し、内水型治水投資の効果およびその地域的適正配分方法を考えるための内水氾濫被害事前評価モデルを作成し、以下の点について検討を行なった。

- (1) 土地利用の高度化、都市への人口、資本集中が水害に与える影響の把握
- (2) 土地利用規制の効果と、治水事業の中間的対策への位置づけ
- (3) 適切な投資額と効果の算定、さらに地域的格差からみた配分方法の考え

2. 内水氾濫被害事前評価モデルの概要

(1) 手法

本研究では、システムダイナミクス手法によるモデル化と行ないシミュレーション分析を行なった。またモデル構成にあたっては、水害の構造についての概念を検討し、その基本的概念に基づき構成要素を選定した。水害構造の概念としては、気象、地象などの自然環境要因、および産業、生活などの社会環境要因、さらに2要因を結合させる土地利用を自然、社会環境接合要因として検討した。さらにシステムの構成要素を3要因に基づき設定し、洪水被害システム、治水投資システム、生活、産業システムの3サブシステムにまとめ互いに連関するシステムモデルとした。

(2) 期待被害額の考え方

期待被害額は、下記の条件を用いて算出することとする。

- a) 内水氾濫基水流量の算出方法は、確率流量 R_0 が対象地域に発生するものとして、土地利用状況を考慮した流出係数 f_i を用い、(1)式を導入する。

$$Q_{ps} (\text{m}^3/\text{sec}) = 1/3.6 \cdot \sum_i f_i \cdot R_0 (\text{mm/hr}) \cdot A_i (\text{km}^2) \cdot t \quad \text{-----} (1)$$

Q_{ps} : ピーク時基水流量, R_0 : 確率雨量強度, t : 継続時間, f_i : 土地利用 i の流出係数, A_i : 土地利用 i の面積

- b) 退水流量によって分水界で囲まれる地域の低地部から退水現象を起こすものとする。一才内水氾濫を軽減するためには、ポンプ施設など機械排水設備の充実が必要となる。退水流量と基水面積の関係を図-1に示す。今、基水流量 Q_t が排水可能になったとすると、期待退水面積 A_R は、(2)式で示される。

$$A_R (\text{m}^2) = \int_0^{\infty} A_S (Q - Q_t) P_r (Q) dQ \quad \text{-----} (2)$$

これに対して、被害を免れた面積、期待軽減退水面積 A_R は、(3)式によって示される。

$$\begin{aligned} A_R (\text{m}^2) &= \int_0^{\infty} A_S (Q) P_r (Q) dQ - \int_0^{\infty} A_S (Q - Q_t) P_r (Q) dQ \\ &= \int_0^{\infty} \{ A_S (Q) - A_S (Q - Q_t) \} P_r (Q) dQ \quad \text{-----} (3) \end{aligned}$$

$A(Q)$; 流量 Q での湛水面積, $P_r(Q)$; 流量 Q の生起確率, Q_t ; 排除可能流量

c) 湛水面積が想定されると, この地域の資産額 P_d および湛水日数などによって決定される被害率 R_{0j} を用いて期待被害額 P_E , および期待被害軽減被害額は, (4)式で示すようになる。

$$\left\{ \begin{matrix} P_{Ej} \\ P_{Rj} \end{matrix} \right\} (\text{万円}) = \left\{ \begin{matrix} A_E \\ A_R \end{matrix} \right\} (\text{m}^2) \cdot P_d (\text{万円/m}^2) \cdot R_{0j}, \quad \left\{ \begin{matrix} P_E \\ P_R \end{matrix} \right\} = \sum_j \left\{ \begin{matrix} P_{Ej} \\ P_{Rj} \end{matrix} \right\} \quad \text{----- (4)}$$

j: 種類の資産

(3) モデルのフレームワーク

モデルのシステムフローの概要を図-2に示す。内水型治水投資は、機械排水設備の能力を強化し内水排除量を増加させる。強制排除量の増加によって期待湛水面積が軽減され氾濫による被害額を減少させる。土地利用および地域の生活、産業の変化は、湛水面積や資産額に変化を与え、期待被害額に対しての影響へと波及する。投資額は、期待被害額あるいは期待軽減被害額に基づいて決定されるフィードバックループを考えたが、その他にも次に示す投資のシナリオを導入し考察を加える。

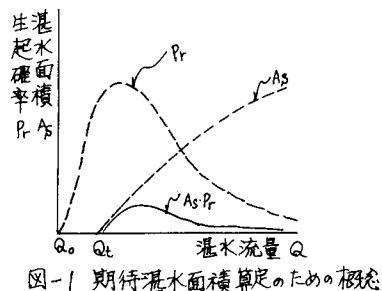


図-1 期待湛水面積算定のための概念

(4) シナリオ分析の導入

a) 土地利用セクターのシナリオ

土地利用の変化が被害額に与える影響、また市街化規制などの効果を算定し、将来の土地利用のあり方を考えるため、宅地需要の無制限許可め、現状維持の間でいくつかのシナリオによる分析を行なった。

b) 投資セクターのシナリオ

投資によってもたらされる効果算定や配分方法などの考察を行なうため表-1に示すシナリオを考え分析を行なった。投資の方法としては、システムの外側の外生的投資と、上記に示す内生的投資を考えた。また複数地域の配分方法として、累積被害額を最小にした場合、累積投資額を最小にした場合、1人当り累積被害額を均衡させた場合、さらに投資完了時点を均衡させた場合などをシナリオとした。

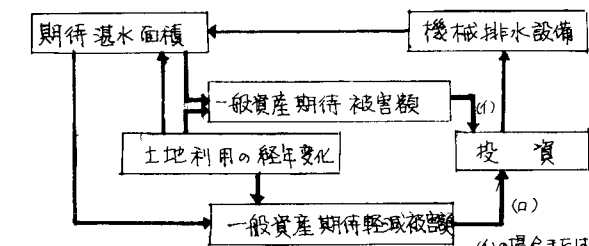


図-2 モデルのシステムフロー概要

投資方法	配分方法
投資なし	
外生的投資	初期投資のみ
	年10%増加
	一人当り被害額比
	被害額比
	配分パラメーター
	年20%増加
内生的投資	一人当り被害額比
	被害額比
	配分パラメーター
	独立
	一人当り被害額比
	被害額比
軽減被害額に基く投資	配分パラメーター

表-1 投資のシナリオ

3. モデルの適用と結果

分析評価の例として都市の相異なる支川分水界範囲の2地域を設定しシミュレーションを行なった。両地域は隣接した面積約30km²である。その結果をまとめると以下になる。

(1) 2地域を地域Ⅰ、地域Ⅱとすると、昭和50年を基準年とした20年間の想定被害額は、投資なしの場合、各々約41億円、約99億円であり、差が大きい。

(2) 土地利用規制効果も考えた場合、規制なしの場合と現状維持の場合では、地域Ⅰでは、約20%、地域Ⅱでは、約30%の軽減が期待された。

(3) 累積期待被害額、累積投資額、完成年度の3基準を照合して判断すると、被害額比による配分方法が最も満足水準を考えるとできる。また1人当り累積期待被害額を均衡かつ最小という配分方法では、他の条件は満足できず、かなり厳しい条件設定といえる。その他の結果については、発表時に報告したい。