

北海道大学大学院環境計画学研究科 正員 加賀屋誠一
北海道大学大学院環境計画学研究科 正員 山村 悦夫
北海道庁 正員 増田 若泰

1. はじめに

水害は地形要因・土地利用形態等と深く結びついて、生活及び産業等の日常活動に大きな影響を与えている。したがって、治水計画においては、これらの要因の動向を十分に把握して、その治水計画が人間社会にどの程度の影響を与えるかを事前に評価しなければならない。本研究では人間社会への影響と被害額の側面から捉えて、投資基準の変化に応じて外水洪水被害を事前に評価できるモデルを作成した。さらに、本モデルを具体的な地域に適用して、目標設定年次までの累積期待総費用が最小となるような、期待軽減被害額に対する築堤投資額の割合について考察を行なった。

2. モデルの概要

本モデルは図1に示されている要因から構成され、それ等の要因の変化に対応して累積期待総費用が算定できる。

(1) 期待被害額

期待被害額とは一年間に被害が生ずると期待される評価額という。

$M_f(n)$: n 年次の期待被害額

$A_f(n; j)$: n 年次の対象物の期待被害面積
(図2の斜線部分)

$M(n; j)$: n 年次の単位面積当り対象物の期待被害額

$R(j)$: 対象物の被害率

とすると、期待被害額は(1)式で示される。

$$M_f(n) = \sum_{j=1}^J A_f(n; j) \cdot M(n; j) \cdot R(j) \quad \dots (1)$$

ただし、被害対象物は家屋、農作物、家庭用品、製造業、卸小売業、軌道及び道路とする。

(2) 築堤高

築堤は治水投資額に基づき、投資額に見合う盛土を毎年施工することとする。

$H(n)$: n 年次の築堤高 $\Delta H(n)$: n 年次の築堤増分高 $S(n)$: n 年次の築堤沈下量
とすると、築堤高は(2)式で示される。

$$H(n) = H(n-1) + \{ \Delta H(n) - S(n) \} \quad \dots (2)$$

ただし、 $\Delta H(n)$ は n 年次の築堤投資額と n 年次の土工単価から算定される。また、 $S(n)$ は(3)式によって与えられる。

$$S(n) = \frac{\{ e(n-1) - e(n) \} \cdot H_0}{\{ 1 + e(n-1) \}} \quad \dots (3)$$

ここに、 $e(n)$ は n 年次の軟弱地盤の間隙比、 H_0 は軟弱地盤の層厚とする。

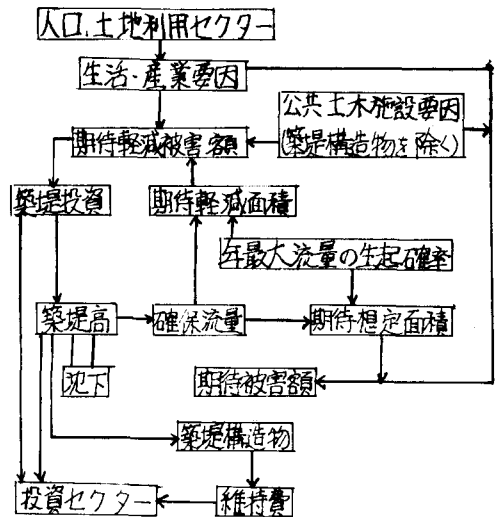


図1 外水洪水被害事前評価モデルの概略図

3) 投資額

投資セクターは築堤投資・護岸投資・張芝費用・芝刈り費用及び強度低減のための補正に要する費用で構成されている。

$I(n)$: n 年次の築堤投資額

r : 築堤投資・期待軽減被害額比 ($n > k$ のとき $r = 0$, $n \leq k$ のとき $r \neq 0$, k は築堤の目標達成年次とする。)

$M_m(n)$: n 年次の期待軽減被害額

とすると、築堤投資額は(4)式で示される。

$$I(n) = M_m(n-1) \cdot r \dots \dots (4)$$

$G_a(n)$: n 年次の芝刈り面積

C_a : 単位築堤高当りの芝刈り費用

$M_g(n)$: n 年次の芝刈り費用

$L_g(n)$: n 年次の単位芝刈り面積当りの芝刈り費用

とすると、芝刈り費用は(5)式で示される。

$$M_g(n) = \{G_a(n-1) + C_a \cdot \Delta H(n)\} \cdot L_g(n) \dots \dots (5)$$

$1/m$ を構造物の強度低減による耐用年数, $f(t)$ を構造物の寿命確率密度関数とすると、構造物の寿命確率密度関数は(6)式で示される。

$$f(t) = m \cdot \exp(-mt) \dots \dots (6)$$

$B(n)$ を n 年次の補正土工量, $V(n)$ を n 年次の盛土工量, $M_b(n)$ を n 年次の補正土工費用, $L_b(n)$ を n 年次の単位数量当りの補正費用とすると、構造物の補正に要する費用は(7)式で示される。

$$M_b(n) = B(n) \cdot L_b(n) \dots \dots (7)$$

ここに, $B(n) = \sum_{i=1}^n F(i) \cdot \{V(n-i) + B(n-i)\}$, $B(0) = 0$, $F(t) = \int_0^t f(t) dt$ とする。

C_c を単位天端高当りの護岸数量, $L_c(n)$ を n 年次の単位数量当りの護岸単価, $I_c(n)$ を n 年次の護岸投資額とすると、護岸投資額は(8)式で示される。

$$I_c(n) = \Delta H \cdot C_c \cdot L_c(n) \dots \dots (8)$$

C_e を単位天端高当りの張芝面積, $L_e(n)$ を n 年次の単位面積当りの張芝単価, $I_e(n)$ を n 年次の張芝費用とすると、張芝費用は(9)式で示される。

$$I_e(n) = \Delta H \cdot C_e \cdot L_e(n) \dots \dots (9)$$

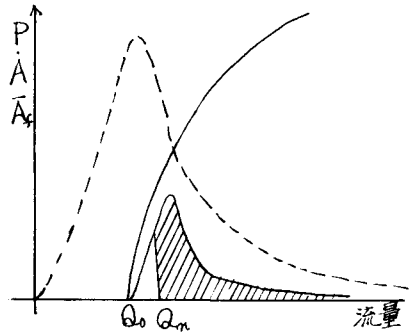
3. 解析方法

本モデルはフィードバックループを持つモデルであること、及び本モデルの諸要因が動的に変化するので動的な分析が必要である。そこで、本モデルの解析にあたってはシステム・ダイナミクス手法を用いた。本モデルの対象地域としては、過去にしばしば洪水氾濫が生じている農業地域を設定した。

4. まとめ

本モデルの分析によって、次のようなことがまとめられる。

- 1) 単年度投資額の変化による期待軽減被害額及び期待被害額を把握できた。
- 2) 単年度投資額の変化による築堤の目標達成年次を把握することになった。
- 3) 目標設定年次までの累積期待被害費用が最小となる期待軽減被害額に対する築堤投資額の割合を把握することができた。



P : 流量 Q に対応する生起確率
 A : 流量 Q に対応する氾濫面積
 A_e : 流量 Q に対応する想定氾濫面積
 Q_0 : 無害流量
 Q_m : 確保流量

図2 想定氾濫面積