

II-179 多目的ファジィ線形計画法による広域下水道計画モデル

東京都立大学 工学部 正員 小泉 明
 東京都立大学 工学部 正員 稲貝 とよの
 東京都立大学 工学部 学生員 ○足立 晃一

1. はじめに

下水道計画を策定する際にまず必要となることは、計画目標年度の発生活污水量を推定することであるが、従来の下水道計画においては、将来の汚水量を確定的に取り扱っていることが多く見受けられる。将来の汚水量は各地域における自然・社会・経済的要因等の影響を受けるため不確実なものと考えられる。また、広域下水道計画はその性質上、様々な特性を持つ地域を含むため、各地域の発生活污水量の不確実性を考慮した上で計画目標値を定める必要があると思われる。一方、下水道整備には多大な費用がかかるため、経済的な側面を十分考慮した計画を立案することが望まれるが、公共の施設である性質上、それ以外にも水洗化普及人口の増大や環境に対するインパクトの減少など様々な目的も考慮する必要がある¹⁾。

そこで、本研究においては、各地域の発生活污水量の不確実性を前提とした場合の広域下水道計画に対して、多目的ファジィ線形計画法を適用し²⁾、種々の目的を考慮できるモデルを提案することとする。

2. モデルの定式化

本研究においては、各地域の発生活污水量・総費用・環境へのインパクト・住民の満足度のあいまいさを考慮した多目的ファジィモデルを提案する。まず、各地域の発生活污水量については『推定量 q_i は、最小限 b_i 、最大限 a_i であるが t_i 付近で決定したい』という内容で推定を行うこととし、これをファジィ理論のメンバーシップ関数で表せば図1のようになる。次に、総費用・環境へのインパクトの要求についても同様に、『総費用(環境へのインパクト)は、だいたい $C_L(E_L)$ 以下にしたい』とし、許容範囲を $(C_U - C_L)$ あるいは $(E_U - E_L)$ と設定し図2のメンバーシップ関数で表す。また、住民の満足度についても、『満足度は、だいたい U_U 以上にしたい』という内容とし、許容範囲を $(U_U - U_L)$ と設定して、図3のメンバーシップ関数で表す。以上の設定のもとで、多目的ファジィ線形計画モデルを定式化すると、(1)式の目的関数を(2)～(10)式の制約条件を満たす中で最大化することとなる。

$$\begin{aligned} & \text{Maximize} \quad \lambda \dots\dots\dots (1) \\ & \text{Subject to} \end{aligned}$$

$$\left(-\sum_{j=1}^{I_1} X_j + \sum_{j=1}^{Q_1} X_j\right) - (t_i - b_i) \alpha \lambda \geq b_i \alpha, \dots\dots\dots (2) \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$\left(-\sum_{j=1}^{I_1} X_j + \sum_{j=1}^{Q_1} X_j\right) + (a_i - t_i) \alpha \lambda \leq a_i \alpha \dots\dots\dots (3) \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$Q_L \leq \sum_{j=1}^{I_P} X_j \leq Q_U \dots\dots\dots (4)$$

$$C + (C_U - C_L) \lambda \leq C_U \dots\dots\dots (5)$$

$$C = \sum_{j=1}^m (C_{Cj} L_j + \delta_j C_{Pj} + \delta_j C_{Mj}) X_j \dots\dots\dots (6)$$

図1 発生活污水量のメンバーシップ関数

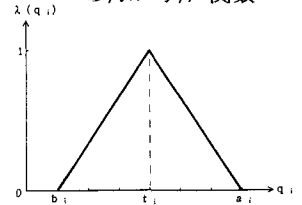


図2 総費用(環境へのインパクト)のメンバーシップ関数

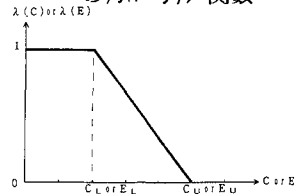
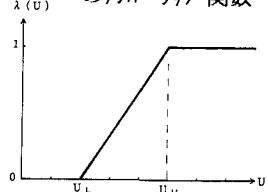


図3 住民の満足度のメンバーシップ関数

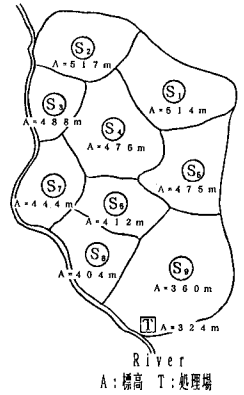


$$E + (E_v - E_L) \lambda \leq E_v \cdots \cdots (7), \quad E = \sum_{i=1}^n (B S_i (1 - \alpha) / \alpha + B T) (- \sum_{j=1}^I x_j + \sum_{j=1}^{Q_i} x_j) \cdots \cdots (8)$$

$$U - (U_v - U_L) \lambda \geq U_L \cdots \cdots (9), \quad U = \sum_{i=1}^n W_i (- \sum_{j=1}^I x_j + \sum_{j=1}^{Q_i} x_j) / G_i \cdots \cdots (10)$$

ここに、 x_j : 管路 j の流量、 I_i : 流入管数、 O_i : 流出管数、 Q_L : 処理場の下限値、 Q_v : 処理場の上限値、 L_j : 管きよの長さ、 I_p : 処理場への流入管数、 δ_j : ポンプの有無 (1,0)、 CC_j : 管きよの単位流量・長さあたりの建設費、 α : 普及率、 CP_j : ポンプの単位流量あたりの建設費、 n : 地域の数、 CM_j : ポンプの単位流量あたりの管理費、 m : 管きよの数、 BT : 処理場からの BOD 濃度、 BS_i : 汚水の BOD 濃度、 G_i : 1 人 1 日平均汚水量、 W_i : 住民の満足度のウェイト である。

図4 対象地域



3. ケーススタディ

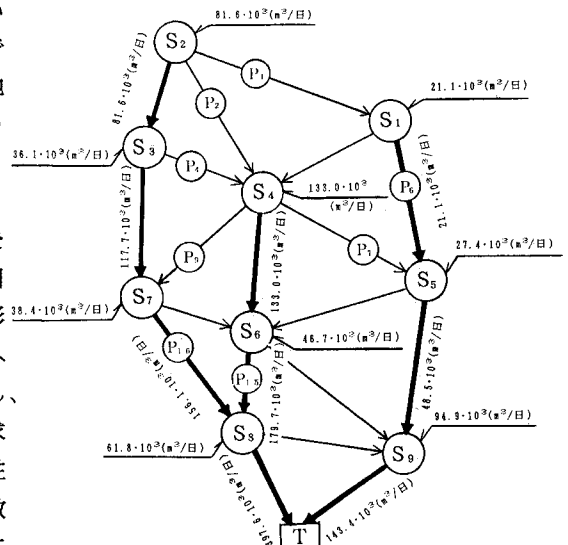
ケーススタディとして図4に示す9市町村（地区）を対象にモデルを適用する。計画時点において下水道は未整備であり、目標年度で50%の普及率を有するものとする。また、下水道幹線は隣接する地区間を結ぶこととし、流れの方向は地盤高で定め、管路の動水勾配が3%以上をとれない場合は、ポンプを設置することとする。処理場は河川に隣接した地盤高の最も低い地点に設置し、処理場からの平均汚濁負荷は 10mg/ℓ とする。表1に各地区の特性を示す。

表1 対象地域の特性(目標年度)

地区	人口 (P) 10 ³ 人	1人1日平均 汚水量(G) ℓ/人/日	発生汚水量 下限値(b) 10 ³ m ³ /日	発生汚水量 期待値(t) 10 ³ m ³ /日	発生汚水量 上限値(a) 10 ³ m ³ /日	BOD濃度 (BS) mg/ℓ
S1	1.60	3.00	3.60	4.80	6.00	2.10
S2	4.50	3.80	12.96	16.20	19.44	2.20
S3	3.20	2.50	6.40	8.00	9.60	1.90
S4	6.00	4.00	18.00	24.00	30.00	2.50
S5	2.00	2.50	4.00	5.00	6.00	2.00
S6	2.80	3.80	7.36	10.64	13.36	2.20
S7	2.60	2.50	5.30	6.90	8.50	2.00
S8	3.20	4.40	10.56	14.08	17.60	2.70
S9	4.80	3.60	13.82	17.28	20.74	2.30

モデルによる計算結果を図5に示す。これより、人口の多い（住民満足度のウェイトの高い）地区に着目すると、BOD濃度の高いS4や処理場に近いS9では、三角型メンバーシップ関数の右側で計画目標値となっている。一方、それ以外の地区の多くは、メンバーシップ関数の左側となり経済的な計画目標値となっている。

図5 各地区の計画汚水量と管路のルート



	目標値	下限	上限
満足度 (10 ⁴ 人)	102.2	78.2	125.0
総費用 (10 ⁶ 円)	37.2	28.7	46.0
インパクト (10 ³ kg/日)	129.9	100.0	161.0
処理量 (10 ³ m ³ /日)	54.1	50.0	60.0

4. おわりに

本研究においては、発生汚水量が不確実性を含む場合の広域下水道計画に関して、複数の目標を考慮することができる多目的ファジィ線形計画モデルを提示した。これは総費用・環境へのインパクト・住民の満足度の3目標を考慮し、各地区の計画汚水量と管路のルートを同時に求めることができるものである。なお、地域特性をさらに考慮する際には、メンバーシップ関数の形状を変化させることで対応できると考えている。

【参考文献】

- 1) Koizumi, A. & T. Inakazu: A Multipurpose Optimization Model for Area-wide Sewerage Systems, Environment and Planning A, Vol. 21, pp. 1015~1026, 1989.
- 2) 小泉・戸塚・稲貝・川口: 都市ゴミ収集輸送計画のためのファジィ線形計画モデル, 土木学会論文集, No. 443/II-18, pp. 101~107, 1992.