

II-128 下水道整備進捗と負荷削減シナリオ分析

広島県 正員 浅岡英二
 滋賀県琵琶湖研究所 正員 中村正久
 立命館大学理工学部 正員 山田 淳

1. 研究の背景と目的

わが国の下水道普及率は、40%強と欧米諸国と比較して著しく低く、日米構造協議においても公共投資の最優先課題として指摘されるに至っている。下水道整備の重点目標は大都市から地方の中小都市へ移り、広大な地域を整備対象とする場合もある。そのため、長期未整備地域や処理対象外区域における負荷削減対策と併せてその進捗を評価する必要がある。本研究は、こういった複合的な汚濁負荷削減計画の進捗を様々な側面から分析できるような対話型シナリオ分析システムの開発が目的である。ここでは与えられた投資制約条件下で、流域幹線整備の進捗、面整備の進捗、河川流出負荷削減の予測、といった一連の分析プロセスを通して、時間的、空間的に分布する負荷の削減代替シナリオを評価する方法について、その概要と応用事例を示す。

2. 分析手法

下水道整備全体の流れとして、まず、流域幹線下水道整備(線整備)の進捗シナリオを効率性、公平性の二指標を用いてパレート図上に表現し、それをもとに公共下水道整備(面整備)シナリオを表現する方法を採用する。その際、負荷が実際に下水道システムに取り込まれる順序として、①処理場の整備(投資主体:都道府県)、②流域幹線下水道の整備(都道府県)、③公共下水道の整備(各市町村)、④水洗化(整備域内住民)の4つの段階的プロセスを経ることに着目して分析を進める。

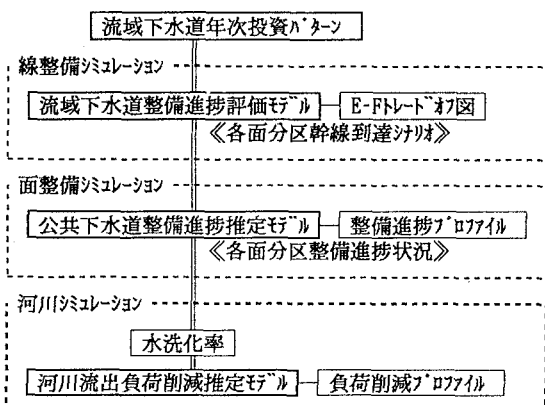


図-1 分析手法シナリオフロー

(1) 線整備シミュレーション

流域幹線下水道整備進捗モデルでは、無数に考えられる整備進捗パターンから以下の三つの指標を使ってパレート最適と思われる解(整備進捗プロファイル)を選ぶ。

①効率性: E (Efficiency) の評価

$$\diamond \text{発生負荷量: } T = \sum_{i=1}^n \{A(i) \cdot \int_{t=t^*(i)}^U d(i,t)dt\} \quad \diamond \text{取り込み負荷量: } Y = \sum_{i=1}^n \{A(i) \cdot \int_{t=1}^U d(i,t)dt\}$$

$$\blacklozenge E = Y/T$$

U: 計画整備期間(年) n: 処理区にある幹線分区の総数

A(i): i分区における処理対象面積 t*(i): 線整備が i分区に到達した年次
 d(i,t): t年次に i分区から発生する点源汚濁負荷密度

②時間的公平性: Ft (Fairness related Time) の評価

$$\diamond \text{平均遅刻年数: } H = \sum_{i=1}^n (j^*(i) - M(i)) / n \quad \blacklozenge Ft = - \left[\sum_{i=1}^n \{j^*(i) - M(i) - H\}^2 / n \right]^{1/2}$$

M(i): 第 i分区の理論最短完成年次 j*(i): 第 i分区の実際の完成年次

③金銭的公平性: Fc (Fairness related Cost) の評価

◇時間割引投資額： $I_d^*(i) = P(i) / (1 + \alpha_c)^{(t \cdot (i) - S)}$

◇平均過剰投資比率： $R = \sum_{i=1}^n (P(i) / I_d^*(i)) \times 100 / n$ ◆ $F_c = - [\sum_{i=1}^n \{r(i) - R\}^2 / n]^{1/2}$

S：流域幹線下水道計画着工年次 P(i)：i分区の実際投資額

α_c ：時間的割引率 r(i)：i分区の過剰投資比率

(2) 面整備シミュレーション

公共下水道計画における投資主体は市町村であり、その年次投資額は、整備対象人口と密接な関係をもつ。そこで、別の処理区内市町村から得られた実績データを基にし、人口と年次投資額の関係を得、任意の人口に対する投資額をある範囲（データレンジ）として定義することによって、整備進捗の範囲（プロファイルレンジ）が得られるように工夫した。

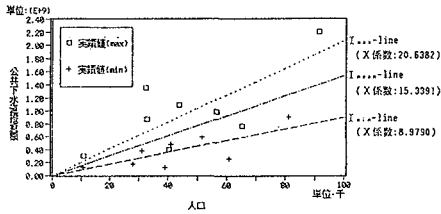


図-2 公共下水道 人口-年次投資額相関図

3. 事例分析

図-3は、流域幹線下水道整備進捗のパレート最適近似解を3軸グラフ上にプロットしたものである。一般に効率性指標と公平性指標は相反する（トレードオフ）関係にあることがわかる。また全計算値中で、最も効率性指標値の高い流域幹線進捗シナリオ（図-3中A点）を用いて、各面分区の整備進捗と、河川への流出負荷削減プロファイルを予測した。図-4～6はその代表例で、図-5は流域面積の小さい都市型河川の計算例であり、図-6は比較的広い流域をもつ河川の計算例である。

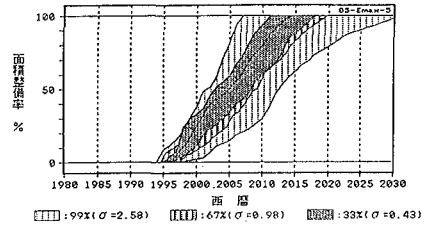


図-4 面分区整備進捗プロファイル

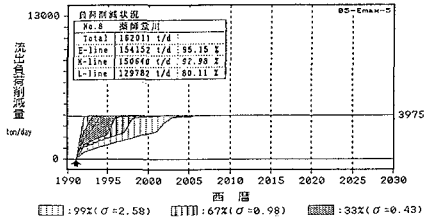


図-5 河川流出負荷削減プロファイル（都市型）

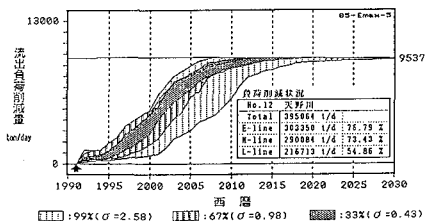


図-6 河川流出負荷削減プロファイル（広域型）

E-Ft-Fc 3軸トレードオフ図
(tC=2005年)

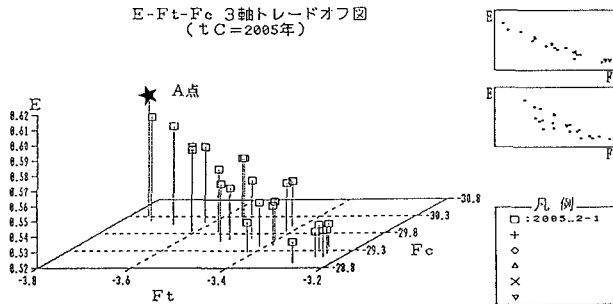


図-3 3軸トレードオフ図 (tC=2005年、1-1フラット投資)

4. 考察と今後の課題

整備対象地域が広大な下水道計画の場合、末端地域の整備・負荷削減タイミングは、国、県、市町村の財政状態や計画の進め方により、数年から十数年の幅の不確定性をもつことがある。そういった場合、合理的な代替的負荷削減方策や、暫定対策の導入を総合的に比較検討する計画シナリオ分析が不可欠となる。本研究はその手法開発の一例である。本手法には、次の様な改善課題が残されている。①複合的な負荷削減のための制度的問題点の反映、②入力データの詳細度と信頼性の関係の確認、③負荷削減代替システムを含めた分析、④シナリオの優劣を多面的に評価する指標の導入、⑤対象地域の画像データベースの活用

5. 参考文献

中村、佐野：効率性と公平性を指標とする下水道建設のシナリオ分析、環境システム研究、Vol.18、1990.8