

# 再利用及び段階的処理を考慮した下水処理施設の立地計画に関する研究

公共システム研究室 泉良太

## 1. はじめに

水資源の乏しい地域においてこれを安定的に確保する手段として下水の再利用が挙げられる。一般に下水処理施設は海や河川の近くに建設されるが、再利用を考慮する場合、費用面からそうした場所が必ずしも最適な立地とは限らない。本研究では、下水処理水の再利用を念頭におき、下水処理施設（二次処理、高度処理）の最適な立地を求めるための数理計画モデルを構築する。

## 2. 下水処理施設立地に係る数理計画モデル

図1に本問題の設定を示す。標高の異なる複数の地区（地区番号を下流側から1, 2, 3, ..., nとする）からなる仮想的な地域を考える。地区*i*では、住民の生活に伴い、 $v_i$ の下水が生活排水として発生し、また、 $d_i$ の再生水の需要があるものとする。下水は、二次処理、高度処理の過程を経て再生水として需要地へ届けられる。処理段階ごとの送水量をそれぞれ  $w, y, z$  で表し、その費用係数をそれぞれ  $\alpha, \beta, \gamma$  で表す。また、処理施設に係る費用係数を  $c_2, c_3$  とする。このとき、各処理施設の最適な建設地区および地区間の送水からなる費用を次のように表すことができる。

$$C = C_2 + C_3 \rightarrow \min \quad (1)$$

$$C_2 = \sum_{j=1}^n c_{2j} x_{2j} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{i,j} w_{i,j} \quad (2)$$

$$C_3 = \sum_{k=1}^n c_{3k} x_{3k} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=0}^n \beta_{j,k} y_{j,k} + \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \gamma_{k,l} z_{k,l} \quad (3)$$

ここに  $x_{2j}, x_{3k}$  はそれぞれ当該地区に施設が立地する場合に1、そうでない場合に0をとる。

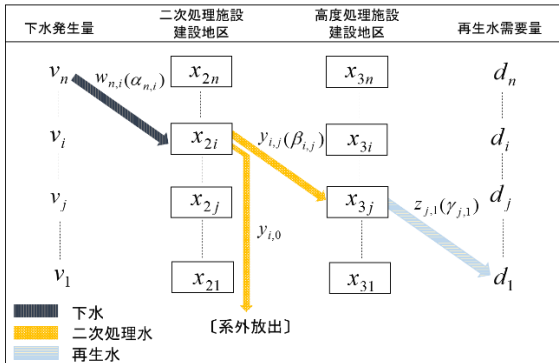


図1. 本研究で扱う水の流れと変数(係数)

本問題は総費用  $C$  を目的関数として、これを最小化するような処理施設の立地を明らかにする。この問題の制約条件は、

(i)各処理段階前後における水の物量保存式

$$\sum_{j=1}^n w_{i,j} = v_i, \quad \sum_{i=1}^n w_{i,j} = \sum_{k=0}^n y_{j,k}, \quad \sum_{j=1}^n y_{j,k} = \sum_{l=1}^n z_{k,l},$$

(ii)各処理施設の立地による水の流れの制約

$$0 \leq w_{i,j} \leq Mx_{2j}, \quad 0 \leq y_{j,k} \leq Mx_{3k}$$

( $M$ は十分大きな数),

(iii)再生水の需給充足条件

$$d_l \leq \sum_{k=1}^n z_{k,l}$$

の3種類であり、以上が本研究で構築する数理計画モデルの定式化である。

## 3. 数値計算事例

仮想的な数値設定の下で計算を行う。ここではまず、地区1~5でそれぞれ90, 120, 150, 90, 60の量の下水が発生し、地区1, 地区3に50の再生水需要があるとする。このとき、地区5の再生水需要を0から400まで変化させ、処理施設の最適な立地の推移をまとめたものが図2である。図中の実線(濃色)は二次処理施設の建設地区を、実線(薄色)は高度処理施設の建設地区を表す。

これより、地区5の再生水需要量が80以下のときには両施設とも一地区のみに建設されるが、80以上305以下では二次処理施設が複数建設され、再生水供給用(地区4 or 5)と系外放出用(地区1)に分けて処理することが最適となっていることが判る。

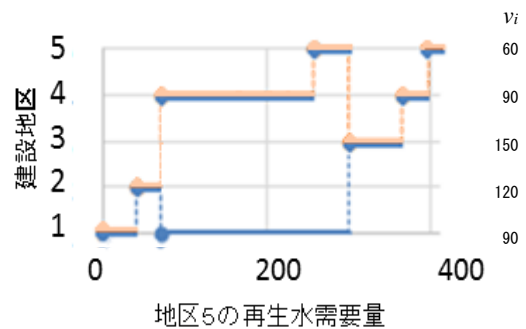


図2. 再生水需要量と処理施設の最適建設地区