

1 水系を対象とした都市レベル・地域レベルの水利用システムに関する
モデル分析 ——— 2階層モデルによるアプローチ ———

京都大学工学部 正 員 吉川和広

京都大学工学部 正 員 春名 攻

日 建 設 計 正 員 八木陽一

1. はじめに

従来の水供給の方式では、流域内に発生する水需要を極力充足させる方針がとられてきた。また、このような利水量の増加に伴って、都市から発生する下水水量も増加し、それに各都市における下水道施設整備の遅れという事態が加わり、河川水質の汚濁が深刻化してきている。このような状況に対して、流域内の利水問題、河川水質の保全・改善の問題を考える場合には、都市間の有機的連関関係を考慮しつつ、水系内各都市の利水施設・下水道施設の整備問題を同時に捉えて、広域的立場から見れば計画を作成していく必要があると考える。本研究では、現在の河川がひびくこのような問題を踏まえ、利水施設・下水道施設の広域的・総合的な整備問題を取り上げ、淀川水系を対象にモデル分析を行っていくものとする。なお、モデル化にあたっては、広域利水や三次処理のようは不確定な手段を考えず、より現実的な手段を対象としている。

2. モデルの内容

(1) 問題に関与する建設主体としては、水系全体を管轄する国レベルの行政体と、都市レベルの行政体を考える。

(2) 国レベルの行政体の意思決定問題としては、流域内の都市間の浄水施設整備水準の格差是正を図る中で、水需要の充足を図る目的を持つ。また河川水質の保全・改善の目的を達成するために、ダム開発規模を決定するとともに各都市の浄水施設・下水道施設の整備・建設のための補助金配分の額を決定する。

(3) 都市レベルの意思決定問題としては、国

から与えられた補助金と都市独自の財源(自己負担金)をもとに、都市の施設整備を目的とした浄水施設ならびに下水道施設の整備・建設を行う。

(4) 目的の達成にあたっては、広域的立場からあくまで国レベルの行政体を持つ目的が優先されるものとする。

3. モデルの定式化

(1) 都市レベルの意思決定問題

(i) 都市 i ($i=1, 2, \dots, N$) の目的設定

前にも述べたように、都市 i が持つ目的は、浄水施設・下水道施設の整備率の向上である。この2目的の間には互型効用関数を想定し、新たに評価関数を導入すると以下のように定式化される。

$$D_i^* + d_i - e_i = \bar{D}_i \quad (1) \quad D_i \geq D_i^* \quad (2)$$

$$W_i^* + d_i - e_i = \bar{W}_i \quad (3) \quad W_i \geq W_i^* \quad (4)$$

さらに、この d_i, d_i^* について

$$d_i / (\bar{D}_i - D_i^*) = d_i^* / (\bar{W}_i - W_i^*) \quad (5)$$

とする。以上のことで $d_i \rightarrow \min \quad (6)$

N : 都市の数。 D_i^* : 都市 i の浄水施設規模(変数)

W_i^* : 下水道施設規模(変数)。 d_i, d_i^*, e_i, e_i^* : 各目的と満足水準のカイ離を变換する変数。

$\bar{D}_i, \bar{W}_i$: D_i, W_i の満足水準。 D_i, W_i : 許容水準。

(2) 都市レベルの意思決定問題の制約条件

a. 財源に関する制約条件

$$C_D(D_i) \leq C_{D1} + \alpha_i \quad (7) \quad C_W(W_i) \leq C_{W2} + \beta_i \quad (8)$$

$C_D(D_i), C_W(W_i)$: 浄水施設、下水道施設の建設費用。 C_{D1}, C_{W2} : 浄水施設、下水道施設の建設に対する都市の自己負担金。 α_i, β_i : 国の補助金。

(7), (8) はそれぞれ、浄水施設、下水道施設の整備

費用が自己負担金と国からの補助金を合わせた都市財源以内に取りよめるための条件である。

b. 物理的制約条件

$$F_i D_i = W_i + \alpha_i \quad (9)$$

F_i : 下水流量率。 α_i : 下水取流量(変数)。

i は都市内の利水量, 下水量, 下水処理量(取流量)等の流量の連続式を示す。

[2] 国レベルの意思決定問題

(1) 国レベルの行政体の持つ目的の設定

国レベルの行政体は、都市間の浄水施設整備率の格差是正を図る中で流域内の水需要充足を図る目的と、河川水質の保全・改善を達成する目的を持つ。これらの目的に ω_1, ω_2 の重み付けを行って、一つの評価関数を設定する。これを定式化すると、

$$Z_1 \leq \frac{D_i - \bar{D}_i}{\bar{D}_i - \bar{D}_i} \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (10)$$

$$Z_2 \leq \frac{B_i - \bar{B}_i}{\bar{B}_i - \bar{B}_i} \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (11)$$

のもしで、 $\omega_1 Z_1 + \omega_2 Z_2 \rightarrow \max \quad (12)$

Z_1 : 流域内各都市の最低水需要供給率(変数)

Z_2 : 河川の水質改善度(変数)

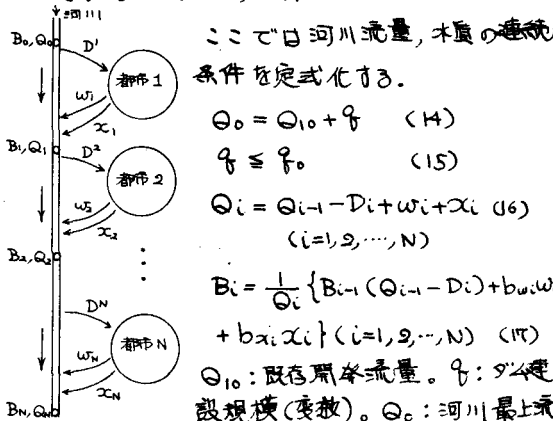
B_i : 都市下流域の水質(変数)。 $\bar{B}_i, \bar{B}_i$: B_i の目標水質, 許容水質(現状水質)。

(2) 国レベルの意思決定問題における制約条件

a. 水質条件

$$B_i \leq \bar{B}_i \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (13)$$

b. 物理的制約条件



地点の河川流量(変数)。 Q_i, B_i : 都市下流域の河川流量, 水質(変数)。 q_0 : ダム建設規模の上限。

c. 財源制約

$$\sum_{i=1}^N \alpha_i + \sum_{i=1}^N \beta_i + C_q(q) \leq M \quad (18)$$

$C_q(q)$: ダム建設費用関数。 M : 国が水系に投入する総財源。

(以上の定式化において、流量, 建設規模等の単位は $10^6 \text{ m}^3/\text{日}$ 、水質の単位は (BOD) ppm, 費用の単位は億円とする。)

4. 結果の考察

紙面の都合上、結果の主要部分のみを箇条書きにして示す。詳細内容については講演時に発表する。

(1) 国レベルの行政体が持つ水需要の充足, 河川水質の保全・改善の2目的の間に明確な競合関係が見い出せなかった。この理由としては、都市レベルの行政体が浄水施設・下水道施設の整備率を同時に高めようとするため、一方の整備率だけを高めるより補助金配分方式が好まれると考える。

(2) ダム建設に関しては、水需要充足より河川水質の保全・改善の面から建設規模の上限まで建設することが効果的である。

(3) 河川全体の水質保全・改善を達成させるためには、上流側に位置する都市(京都地区)の下水道整備を促進させることが効果的である。

[計算結果]

