

(株)日本水道コンサルタント 正員 堤 武

〃 〃 〃 秋原良巳
〃 〃 〃 後編 高橋邦夫

1. はじめに

本稿は、流域もしくは流域別統合という名称のもとで広域化が促進されている下水道整備計画のための基礎的情報を提供することを目的とし、とくに処理区変動、すなわち、処理区の分割統合と面的年次整備パターンに着目し、河川汚濁制御との関連で考察する。

2. 処理区変動モデルと基礎式

本稿では、図-a、図-bに示す単純なモデルを考える。そして、以下をそれぞれをモデル1・モデル2とよぶことにする。実際には、この両モデルのような直列・並列型の組合せが生じることを断っておく。われわれの主たる関心が処理区変動であるため、整備対象となる3地区の計画入力の差はないものとする。また、本稿でいう処理区変動とは、図-a・図-bのどこに、計いくつの処理プラントを計画するかというパターンのことで、統廃合ではない。したがって、われわれのモデルで実行可能と考えるパターンは、表-1に示す6通りである。

つぎに、モデルの定式化は参考文献1)2)で示してあるので、ここでは基礎となる状態方程式・制約条件・評価関数を示すにとどめる。ただし、状態方程式の①②はそれぞれ、処理放流水の自浄作用を無視する場合と考慮する場合に対応する。

(I) 状態方程式:

$$\text{モデル1} \quad ①) \quad dx(t)/dt = \sum_{i=1}^3 \{ (\delta_i(t) - \varepsilon_i(t) \cdot u_i(t)) \exp \sum_{m=1}^3 (-k_m \cdot t_m) \} + tr_1(t)$$

$$②) \quad dx(t)/dt = \sum_{i=1}^3 \{ (\delta_i(t) - \varepsilon_i(t) \cdot u_i(t)) + tr_i(t) \} \cdot \exp \sum_{m=1}^3 (-k_m \cdot t_m)$$

$$\text{モデル2} \quad ①) \quad dx_1(t)/dt = (\delta_1(t) - \varepsilon_1(t) \cdot u_1(t)) \exp(-k_1 \cdot t_1) + \sum_{i=1}^2 tr_i(t)$$

$$dx_2(t)/dt = \sum_{i=1}^3 \{ (\delta_i(t) - \varepsilon_i(t) \cdot u_i(t)) \exp \sum_{m=1}^3 (-k_m \cdot t_m) \} + tr_3(t)$$

$$②) \quad dx_1(t)/dt = (\delta_1(t) - \varepsilon_1(t) \cdot u_1(t) + \sum_{i=1}^2 tr_i(t)) \cdot \exp(-k_1 \cdot t_1)$$

$$dx_2(t)/dt = \sum_{i=1}^3 \{ (\delta_i(t) - \varepsilon_i(t) \cdot u_i(t)) \cdot \exp \sum_{m=1}^3 (-k_m \cdot t_m) \} + tr_2(t) \cdot \exp \sum_{m=1}^3 (-k_m \cdot t_m)$$

$$(II) \text{ 制約条件: } 0 \leq \int_0^T u_i(t) dt \leq A_i(T), \quad 0 \leq A_i(T) \int_0^T u_i(t) dt \leq A_i(T)$$

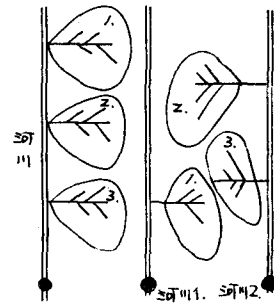
$$(III) \text{ 評価関数: (自然的カッタ負荷量) + (限界人畜的カッタ負荷量)} \rightarrow \max.$$

$$dJ(t)/dt = \sum_{i=1}^3 \{ \delta_i(t) \cdot \omega_i(t) \cdot (A_i(t) - A_i(T)) \int_0^T u_i(t) dt + (\omega_i(t) - e) A_i(t) \cdot u_i(t) \}, \quad J(T) \rightarrow \max.$$

ただし、評価関数は自然的カッタ負荷量を週々に評価しているが、これは本稿が下水道整備と河川汚濁との直接的対応しか考えていず、さらに自然的カッタ率が大きく汚濁源が小さい場合、処理プラントへの汚水の取入れが河川汚濁をより進行させることを暗示せんがためである。なお、当然のことながら、われわれのモデルは水質環境基準を目標年次Tに満たす必要があり、結局2点境界値問題となり、最大原理で解くことになる。

3. 演算結果とその考察

(i) モデル1; 図-1, 図-2にケース(1)の処理放流水の自浄作用を無視した場合と考慮した場合の整備レベルおよび水質基準点の状態トラジェクトリを示す。前者の場合、初期年次において整備が抑制される。これは、自



● 水質基準点
図-1 モデル1 図-2 モデル2

ケース 地区	モデル1				モデル2	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	○	○	↓	↓	○	○
2	○	↓	○	↓	○	↑
3	○	○	○	↓	○	○

表-1. 実行可能パターン
○; 処理プラントの存在を示す
↓; 処理区変動を示す

自然的カッタが人為的カッタより卓越していることを示している。4~7年次において、下流側より、すなわち、第3→第2→第1地区の順に整備が先行するのは、河川の自浄作用に起因し、水質基準点対しより近い地区ほど相対的処理効率が大なることを意味している。つぎに、処理放流水の自浄作用を考慮した場合、3地区の整備順位は変化しないが、全体として整備年次がはやまっている。つまり、処理放流水の自浄作用を考慮することは(初年度において)水質基準点に対する負荷の軽減を意味し、その結果、整備年次をよめ、しかも最終整備率も小さくなる。図-3、図-4はケース(2)、すなわち第2・第3地区が統合された処理区としたときの、しかも処理放流水の自浄作用を考慮したときの結果で、整備順位は第3→第1→第2地区となり、必ずしも下流側から整備を先行することにはならない。いま各地区に単位あたりの整備をしたとき、水質基準点に対する影響は、第1地区に対する単位整備率を Δu_1 ($\Delta u_1 = \Delta u_2, i=1,2,3$)とすると、それぞれ、

$$\{eA_1(t) - e_1(t)\}r_1, \{eA_2(t) - e_2(t)\}r_2, \{eA_3(t) - e_3(t)\}r_3$$

となる。ここでも3における上の値より第1→第2地区となることが明らかとなる。他のケースについては、整備は下流側より先行し、また放流水の自浄作用を無視するかぎり、処理区変動は何ら整備差に影響を与えない。

②モデル2；図-5、図-6はケース(5)について、整備レベル、状態トラジェクトリを描いたものである。処理放流水の自浄作用を無視・考慮した場合の相方について、第3地区の整備が先行する。これは、第3地区の整備が河川2にとってきわめて有効であること、さらに河川1に対し河川2への発生負荷量が2倍で、しかも補助変数が x_1 、 x_2 に対し、それぞれ 10^7 、 10^4 であることから解釈することができる。つまり補助変数は(発生負荷量の差による)ウェイト的機能を河川汚濁に対して有している。一方、第1・第2地区の整備順位は、処理放流水の自浄作用を無視する場合と考慮する場合では逆転しており、この理由はケース(2)と同じである。

4 おわりに

処理区変動による下水道整備順位は、当然のことながら処理効果の大なるところから先行し、モデル2のような競合河川においては、その差は明確に現れる。このようなことは、当然予想したことであるが、本稿のように計画入力の差として河川距離のみを考慮した場合でも、明らかな整備差が定量的に把握できた。まして、他の計画入力の差があれば、ますます大きな差を生じることが予想され、その定量的把握を可能にした。また、処理放流水の自浄作用の考慮いかんで、整備順位が逆転しうることと示したことは今後の計画の処理放流水のとりあつかいへの問題提起とした。最後に本研究は参考文献1)への京都大学工学部高松武一郎教授の討議論文に対する一つの回答であることを断るとともに同教授ならびに同衛生工学教室内藤正明助教授に謝意を表します。

参考文献

- 1) 堤・大門・中村：下水道整備計画のためのシステム論的研究Ⅰ，第9回衛生工学研究討論会，1973.1
- 2) 堤・長原・高橋：河川汚濁制御のための面的下水道整備計画に関する2.3の考察，本講演会で発表予定

