

京都大学工学部 正員 高松武一郎

“ “ 内藤 正明

“ “ 芝 定孝

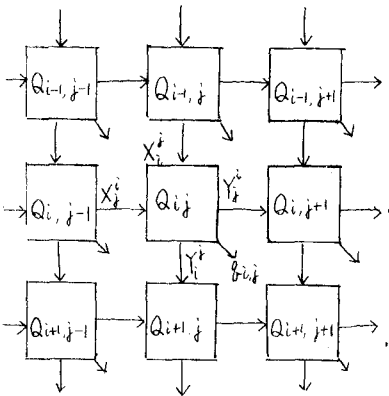
はじめに

「すべてのシステムはそのシステムが存在する目的に対して、常に時間的・空間的に最適であることが望ましい」という最適性の原則から、広域下水道システムの計画法をできるだけ一般的に確立することは、環境システムの計画、設計にとって極めて有意義なことと思われる。われわれは最初に広域下水道システムの時間的・空間的な最適性の存在とその解の数理的取り扱いについて述べ、つぎに具体的な広域下水道計画の数値計算の結果について報告する。

広域下水道システムの最適性の存在について

空間的最適性の存在

ある広域を指定した場合、下水処理場の計画として要求されることは、その地域で発生するすべての下水が処理できるということである。その場合、工学的な見地のみからすれば、広域全体のシステムに1個の処理場を建設し、全地域からその処理場に集水しても、あるいは広域をいくつかの地域（サブシステム）に区分して、サブシステムに1個ずつ処理場を建設しても、前記の要求は満たされる。一般にサブシステム (i, j) における下水量を Q_{ij} 、その地域での処理量を q_{ij} (i, j) に他の



地域から流入してくる下水量を X_{ij} 、 (i, j) から隣接の地域へ送られる下水量を Y_{ij} 、 (i, j) 域の地価を C_{ij} 、 l_{ij} を (i, j) から次の地域までの距離とすると、サブシステム (i, j) での評価関数は

$$U_{ij} = f_{ij}(q_{ij}, Y_{ij}, l_{ij}, C_{ij}) \quad (1)$$

で表現できるであろう。等号束縛条件としては、

$$X_{ij} + Q_{ij} = Y_{ij} + q_{ij} \quad (2)$$

$$\sum_{ij} Q_{ij} = \sum_{ij} q_{ij} \quad (3)$$

広域全体の評価関数は

$$\sum_{ij} U_{ij} \longrightarrow \text{Min} \quad (4)$$

で表わされ、処理場を建設する $\{q_{ij}\}$ の数を少なくすると、

1個あたり q_{ij} は大になり、[建設費] の $q_{ij}^{0.7}$ の関係から、処理量あたりの経費は低くなるが管渠費が Y_{ij} 、 l_{ij} の増大につれて大となるので最適な $\{q_{ij}\}$ の数、位置が存在する。

時間的最適性の存在

下水発生量はその地域の人口、産業の変動につれ、時間的に変化するものであり、 t_j 年における負荷予測を $g(t_j)$ 、 t_j 年での処理場建設による容量増加を q_j とすると、

$$\sum_{j=1}^n q_j \geq g(t_j) \quad (5)$$

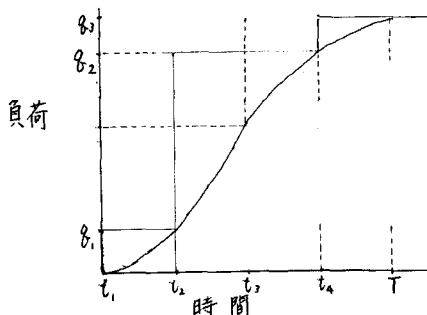


図2 負荷変数に対応した設備計画

であることが望ましい。

T年計画を考え、 Δt 年毎の建設を考えるものとする、建設のチャンスは

$$T/\Delta t = m \quad (6)$$

m回ある。

一般にも年後に用いられる費用Iの現在価値は

$$I e^{-\alpha t}$$

で表現でき、処理負荷量と費用との関係を簡単にあらわすと

$$I = I_0 (g/g_0)^M = K g^M \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^m I_j e^{-\alpha t_j} \rightarrow \text{Min} \quad (8)$$

となる I_j 、すなわち g_j の列を求めることが出来る。

広域下水道システムの最適化計算

図3に示すように、広域をサブシステムに分割した場合、一般に各地域によって負荷の時間変動のパターンが異なる。従って前節で述べた時間的、空間的最適性を合成して広域全体の最適計画がたてられねばならぬ。下水道施設は河川、湖沼の岸に沿って建設されることが多く、図1の2次元的なものを1次元的な配列に簡単化して論議することにする。各サブシステムnでのT年計画におけるm回のそれぞれの建設負荷の集積を g^n 、その地域での発生下水量を Q^n 、nからn+1へ送る下水量を Y^n 、n-1よりnへの流入量を X^n とすると、

$$\left. \begin{aligned} Q^n + X^n &= g^n + Y^n \\ Y^{n-1} &= X^n \\ \sum_n g^n &\geq \sum_n Q^n \end{aligned} \right\} (9)$$

より最適な g^n の列を求めればよい。これには、 X^n を仮定することより、サブシステムの最適な g^n を求めて、それが全体の最適性を満足しているかを検討するいわゆるマルチレベルテクニックのフィージブル法が使用できるであろう。

今後の最適計画と最適制御

上記の計画は 言のうちに処理排水水質はある一定の値をとるという仮定が入っている。しかし実際は河川、湖沼の水の環境がある値以下に維持されることが、環境計画の大きい一つの目標であることを考えると、放流水域の水質のダイナミクスを考えた計画がなされなければならない。また負荷の予測には相当程度の不確定さを含むものであるから、計画は毎年行なわれ、絶えずアダプティブに修正されねばならない。なお処理施設が建設された後は、環境が絶えず変動することを考えると、水域の水質モニタリング設備を設け、その状況が処理施設に伝達され、処理操作が希望の水質維持になるよう制御されることが望ましい。

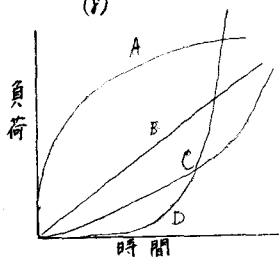


図3 地域による負荷予測の相異

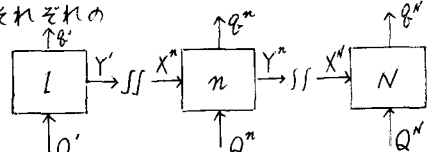


図4 直列下水処理施設

$$\left. \begin{aligned} \sum_{n=1}^N \left\{ \sum_{j=1}^m I_j^n e^{-\alpha t_j} \right\} &\rightarrow \text{Min} \\ I_j^n &= J^n (g_j^n - g_{j-1}^n) + K^n (Y_j^n) \end{aligned} \right\} (10)$$