

IV-15 線型計画による合理的な下水処理方式の選定

京都大学工学部 正員 エ博 末石 富太郎
学生員 ◦前田 亨

まえがき

下水処理技術の研究開発がさかんになり各地に終末処理場が建設されつつあるが、しかしわが国では昭和35年末の統計では下水道がまだ20%にも満たず、下水道、終末処理場事業を今後とも推進して行かねばならない。すべての終末処理場がさらに合理的に計画、運営されるために、与えられた下水水質と放流基準に對しいかなる処理法を選ぶかということが今日大きな問題である。そのため終末処理場の設計には、数ある下水処理法とよその組み合わせの中で最も合理的な処理方式を選択することである。この合理的な処理とは最小の費用で最良の処理水質を得ることである。殊に、下水道事業は現在の段階では、はなはだ収益性に乏しくしかも多額の投資を必要とする公共事業であり、経済性を考慮されるべきでありながら意外に無視されている。このため産業経営分野において取り入れられ各種の觀察や統計の分析のもとで行われている線型計画法を採用し応用を試みた。この方法は最近になって下水道分野にも導入されたものであるため、いまだ体系的な方針の確立はおろか解析に際しても問題点を明らかにされていないということもあるが、従来の経験に頼る計画を改めるための一つの見方である。

1 直列処理方式による計画

この方法は Lynn, Logan 及び Charnes の提唱したもので、変型輸送モデルを用いて全処理費を最小にするような処理系統を決定するものである。数学モデルは次のように表わされる。

処理場の流入点・放流点において

$$\left. \begin{aligned} \sum_j X_{ij} &= A \\ \sum_i X_{ie} &\leq B \end{aligned} \right\} \text{----- (1)}$$

選ばれたn個の単位処理におけるそれぞれの流入点・流出点では

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i \in I} X_{ij} - X_{jj'} &= 0 \\ \epsilon_{jj'} X_{jj'} - \sum_{k \in E} X_{jk} &= 0 \end{aligned} \right\} \text{----- (2)}$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad (i = j) \text{----- (3)}$$

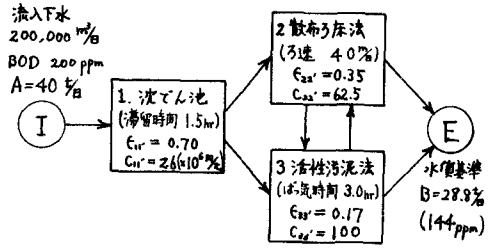
この制約条件のもとで処理費に関する目的関数

$$C = \sum_{ij} c_{ij} X_{ij} \text{----- (4)}$$

を最小にすることである。ただし、 i, j, k はともに、 $1, 2, \dots, n, E$ をとり、 I は流入点、 E は放流点を示し、 $\epsilon_{jj'}$ は残留率で除去率を $\alpha_{jj'}$ とすると $\epsilon_{jj'} = 1 - \alpha_{jj'}$ である。

また X_{ij} は第 i 番目の単位処理から第 j 番目の単位処理へ運ばれる水質指標 R とは SS (浮遊物質) あるいは BOD (生物化学的酸素要求量) の単位時間あたりの量である。

一例として右図のような一処理系統を考へそれを下表のごとく方形配列におきかえる。
処理が行われるのは左上から右下への対角線上のます目である。最適化の計算は、まず初めに適当な実行可能な処理系を選び、列評価値 R_i と行評価値 K_j と



$$\epsilon_{ij} R_i + K_j = -C_{ij} \text{ ----- (5)}$$

で順序計算する。このとき最初に $R_E = 0$ と仮定し他の評価値を計算する。 R_i, K_j が定まると他のます目の評価値 Z_{rs} は

$$Z_{rs} = \epsilon_{rs} R_r + K_s \text{ ----- (6)}$$

Z_{rs} が $-C_{rs}$ より大いときはそのます目が新たに系統に加わり基礎の処理計画が改良されたことを示している。すべての Z_{rs} が $Z_{rs} \leq -C_{rs}$ となったとき最適解が得られ下水処理系統が決定する。これでは原則的には並列処理に対しても適用できるものの、計算操作上結果的には直列処理になる欠点がある。他にも問題点がある。

$R_i \backslash K_j$	-26	-26	-62.5	-100	0
	I'	I'	2'	3'	E'
26 I	0	0 (0)			
	40	40			
		1.00			
0 1		26	0	0	0
		40 (-26)	0 (-62.5)	0 (-100)	26 (0)
			0.65		
0 2			62.5	0	0
			0 (-62.5)	0 (-100)	0 (0)
				0.35	
0 3				100	0
				0 (-62.5)	0 (-100)
					0.17
0 E					0 (0)
					26
					1.00

そこで並列処理に関しては 任意の処理単位後の合流率を種々に変えた状態について、個個に検討した。計算上非常に煩雑なため改良の余地がある。

2 最適下水処理計画について

この線型計画法の適用に際しては、放流水質基準として高級中級低級に分けそれぞれ 20, 60, 144 ppm (便宜上低級処理はこの数値を採用した) を考え流量 200,000 ㎥/日、平均 BOD 濃度 200 ppm の都市下水について最適解を求めた。線型計画法に供する基礎データとして沈でん処理法、散布ろ床法、活性汚泥法における BOD 負荷量と経費との関連性を見出し、また京都市の資料と基にして建設費の BOD 負荷当りの単価を分析し維持管理費についても動力費人件費より算出した。さらに除去率は下水水質として代表的な指標である BOD 除去率を採用した。その結果として、並列処理がかなり有効なものとして合流の妥当性が認められる。これによって雨天時の放流堰バイパスさらに処理場および処理量の分割に有用な示唆を与えることができた。その詳細については講演時に述べたい。