

総費用関係式 $C_0 = 15Q^{0.61} + 35Q^{0.61}\eta^{1.51} \dots\dots(7)$

建設費用関係式 $C_c = 14Q^{0.62} + 18Q^{0.62}\eta^{2.05} \dots\dots(8)$

■ 汚水処理場の各ユニット施設の費用関数

建設費用関係式 $C_c = 14Q + 18Q \eta \dots\dots(8)$

各ユニットの建設費については処理すべき汚水量あるいは汚泥量によって決まるので、以下の(9)式となる。

$C_c = \alpha Q^\beta \dots\dots(9)$

但し、 C_c : 建設費 (万円)、 Q : 汚水あるいは汚泥量 (m^3/h)、 α, β : 係数、各ユニット処理施設の系列設計のデータより、最少2乗法によって、線形回帰をとった結果、次の費用関係式を得ることができた。

- ・ 汚水ポンプステーション $C_c = 16.130Q^{0.2065} \dots\dots10$
- ・ 曝気沈砂池 $C_c = 0.016Q^{0.6640} \dots\dots11$
- ・ 一次沈澱池 $C_c = 0.030Q^{0.9704} \dots\dots12$
- ・ 散気式曝気池 $C_c = 0.019Q^{1.190} \dots\dots13$
- ・ 二次沈澱池 $C_c = 0.038Q^{0.7941} \dots\dots14$
- ・ 送風ステーション $C_c = 0.621Q^{0.6961} \dots\dots15$
- ・ 第1次濃縮槽 $C_c = 17.96 Q^{0.401} \dots\dots16$
- ・ 消化槽 $C_c = 4.68 Q^{1.15} \dots\dots17$
- ・ 第2次濃縮槽 $C_c = 8.05 Q^{1.94} \dots\dots18$
- ・ 集泥槽 $C_c = 1.59 Q^{0.90} \dots\dots19$
- ・ 汚泥予備加熱槽 $C_c = 11.62 Q^{0.92} \dots\dots20$
- ・ 汚泥脱水予備処理 $C_c = 0.38 Q^{0.43} \dots\dots21$
- ・ 汚泥脱水機ステーション $C_c = 0.59 Q^{0.66} \dots\dots22$

主なユニットの費用曲線は図-2, 3の通りである。

■ 結論

[1] 汚水処理場の費用関数については、単純な各ユニット処理施設の総和で表すことは出来ない。

[2] 汚水処理方式と処理プロセスなどによって、費用関係式の各係数に相当の差が生じてくる。また、汚泥消化や汚泥機械脱水方式などで処理すると、総費用が大きく影響されてくる。

表-2 費用マトリックス

費用マトリックス						
	Q1	Q2	.....	Qn-2	Qn-1	Qn
$\eta 1$	C11	C12	.....	C1,n-2	C1,n-1	C1,n
$\eta 2$	C21	C22	.....	C2,n-2	C2,n-1	C2,n
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$\eta n-1$	Cn-1,1	Cn-1,2	.....	Cn-1,n-2	Cn-1,n-1	Cn-1,n
ηn	Cn,1	Cn,2	.....	Cn,n-2	Cn,n-1	Cn,n

[3] 式(7)(8)を比較すると、 k_2 が0.52から0.61に増加し、 k_4 が1.025から1.51にまで増える。これは総費用の中で運転費の占める率の大きいことを示している。また、費用は冪級数の関係で増加する。 η の指数の増える幅が大きいので、除去率の増減によって運転費の占める率が左右される。費用関係式から費用が流量と除去率によって次の式を求めることができる。

$\partial C_0 / \partial Q = 9.15Q^{-0.39} + 21.35 Q^{-0.39} \cdot \eta^{1.51} \dots (23)$

$\partial C_c / \partial Q = 7.28Q^{-0.46} + 9.36 Q^{-0.46} \cdot \eta^{2.05} \dots (24)$

$\partial C_0 / \partial \eta = 52.85 Q^{0.61} \cdot \eta^{-0.51} \dots (25)$

$\partial C_c / \partial \eta = 21.69 Q^{0.62} \cdot \eta^{-0.205} \dots (26)$

[4] 曝気システムは建設費の30%程度を占める。消化槽は汚泥処理の40~50%程度を占める。また、汚水処理と汚泥処理の割り合いは処理方式で異なる。

[5] 費用式は処理流量と除去率のそれぞれの冪指数から成り立っている。また、各々の割り合いは除去率に関係しており、この2つの費用が等しい場合、

$K_1 K_2^2 = K_3 Q^{k_2} \eta^{k_4}$
 $\therefore \eta = (K_1 / K_3)^{1/k_4} \dots\dots(27)$

となり、除去率が(27)式と等しい場合、汚水場の費用は除去率に関係なく、処理流量だけに関係する。またこの場合、

$C = 2K_1 Q^{k_2} \dots\dots(28)$

となり、 $\eta > (K_1 / K_3)^{1/k_4}$ の場合には除去率が影響を与えるものと理解できる。

*1 吉林建築工程学院 助教授 工学修士

*2 早稲田大学理工学研究所特別研究員 工学博士

*3 同教授 工学博士

活性汚泥法処理場に関する基礎的研究

その1

[費用関数について]

費用換算 ユニット施設 費用関係式

*1) 正会員 尹 軍 *2) 正会員 高橋 信之 *3) 正会員 尾島 俊雄

■ はじめに

生活の西洋化、近代化に伴って、種々の汚水物質が急激に増加している。これらが結果的に水質汚染につながり、この科学的、経済的、合理的な制御は重要な課題となっている。特に、経済ベースで考えたとき、最少の費用で最大の環境利益を獲得することが基本となる。

本研究で扱う汚水処理場の費用関数は、現在中国で一般的に利用されている系列設計法によって、中国の活性汚泥処理場に対して各費用を求めて費用関係式を解析したものである。

■ 汚水処理場の系列設計

中国の汚水処理場の現況から、特別の場合のみ三次処理の例もあるが、ここでは一次処理及び二次処理に分けて考えるとBOD₅の除去率は連続変化量として扱え、30% から90% 程度までの範囲で適度に分布させることで変化量を考慮している。また、同じプロセスの中で、

- ① 無処理でポンプアップで直接放流
- ② 二次まで処理して放流

の双方について処理量を組み合わせ変化させることによって、BOD₅の総除去率を求めたものである。

■ 汚水処理場の費用換算

中国においては経験モデルの中から、同じ処理方法の汚水処理場の費用Cに関しては、汚水処理量QとBOD₅除去率ηの関数で表している。

即ち、 $C = f(Q \cdot \eta)$ (1)

この式から、Qを定数とすれば、 $C = f(\eta)$ になり、ηを定数とすれば、 $C = f(Q)$ となることから、以下

αとβをBOD₅の総除去率ηの関数と考えれば、

$C = \alpha Q^\beta$ (2)

となる。βはηの変化に比較して小さいため、αはβの関数として次の式で表すことができる。

$\alpha = k + \gamma \eta^m$ (3)

(3)式と(2)式を整理すると、
 $C = k_1 Q^{k_2} + k_3 Q^{k_2} \eta^{k_4}$ (4)

が得られる。但し、

C: 汚水処理費用 (万円)

Q: 汚水処理量 (m³/h)

η: 汚水処理量のBOD₅ 総除去率

k₁ ~ k₄: 係数

ここで、費用Cを総費用(イニシャルコスト+ランニングコスト)C₀とイニシャルコストのみのC_cに分けて考えると、各々が費用関係式となるので、これより汚水処理場の経済性を分析できる。この場合、

$C_0 = C_c + \text{返済期間} \times \text{年間運転費}$ (5)

となる。ここでは中国の現況から、返済期間を10年として、流量別、除去率別の諸費用を表-2にいれると、費用関係式を解析する基本データとなる。そこでk₁ ~ k₄の各係数に関して累計値を取り、実際の系列設計で得た費用と、モデルで得た費用との差の平方和を最少にする。つまり、(6)式で、Z→0の時k₁ ~ k₄の各値を求めることができる。

$Z = \sum_{i=1}^n [C_i - (k_1 Q_i^{k_2} + k_3 Q_i^{k_2} \eta_i^{k_4})]^2$... (6)

具体的にこれを解析すると、(7, 8)の両式が示す関係式が得られる。

図-1 処理フロー

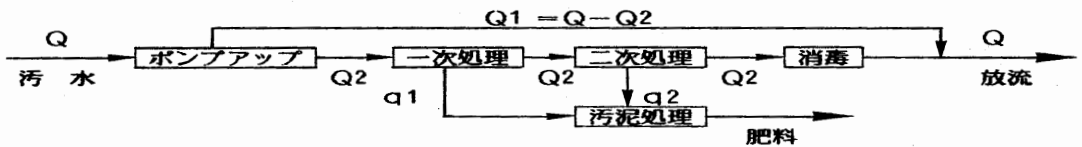


表-1 処理量と除去率の関係

Q2 / η	処理量と除去率の関係					
	1725	3450	6900	10350	13800	17250
17250	9.00	18.0	36.0	54.0	72.0	90.0
13800	11.25	22.5	45.0	67.5	90.0	
10350	15.00	30.0	60.0	90.0		
6900	22.50	45.0	90.0			

注) Q: 汚水処理総量 (m³/h) Q2: 2次処理汚水量 (m³/h)
η: BOD₅の除去率 (%)