

(株) 日本水道コンサルタント 正員 堤 武
 " " 萩原良巳
 " " 高橋邦夫

1. はじめに

本稿では、河川汚濁制御という立場から眺めた下水道面的整備計画に関する基礎的情報を得るため、下水道整備対象地区の種々の地域差と、年次の面整備についての関連を明らかにすることを目的とする。ゆえゆえはここで、整備対象地区の地域差を計画入力の差と認識することとし、そのうち特に、河川の水質基準点に対する距離の差を代表値とする地理的優位差、発生活水量の差を代表値とした人為的アクティビティの差、人口密度差による面的広がり差の3ケースに着目し、とらえがちな評価関数のもとで、対象地区の年次的面整備に対し、どのような影響を与えるかについて考察する。

2. モデルの定式化

ここでは、図-1に示すような2地区を下水道整備対象地区と限定した単純なモデルをゆえゆえの考察対象とする。(直列モデルの場合は、 $\alpha_2=0$ のようにすればよい)

さて、 t 年度- i 地区における自然的カット負荷量 $C_i^n(t)$ (K/g 日), 人為的カット負荷量 $C_i^a(t)$ (K/g 日)を下記のよう定義する。

$$C_i^n(t) = f_i(t)w_i(t)\{A_i(t) - A_i(T)\} \int_0^t u_i(\tau) d\tau, \quad C_i^a(t) = (w_i(t) - e)A_i(T) \int_0^t u_i(\tau) d\tau \quad (i=1, 2) \quad (1)$$

したがって、 t 年度- i 地区より河川に放流される負荷量は各々、

$$g_i(t) = (1 - f_i(t))w_i(t)\{A_i(t) - A_i(T)\} \int_0^t u_i(\tau) d\tau, \quad g_i^a(t) = eA_i(T) \int_0^t u_i(\tau) d\tau \quad (i=1, 2) \quad (2)$$

となり、便宜上、 i 地区の負荷量はある一定で放流されるものとすれば、 t 年度- i 地区より放流される負荷量 $g_i(t)$ は、(2)式の和となる。処理放流水の河川における自浄作用は無視することとし、水質基準点における t 年度の負荷量を $x(t)$ とすれば、 $x(t)$ と、 $g_i(t)$ の間には、つぎの関係が成立するものとする。すなわち、

$$x(t) = \sum_{i=1}^2 \{g_i(t) \exp(-k_i \cdot \tau_i) + g_i^a(t)\} \quad (3)$$

ここに、 k_i は i 河川の自浄係数を、 τ_i は、 i 点から水質基準点に至る流下時間である。つぎに、 $x(t)$ の年次変化は、(3)式をもて微分することにより

$$d x(t) / d t = \sum_{i=1}^2 \{ \{ \delta_i(t) - \varepsilon_i(t) u_i(t) \} \tau_i + \tau_{ri}(t) \} \quad (4)$$

を得る。

$$\delta_i(t) = \{ - (d f_i(t) / d t) w_i(t) + (1 - f_i(t)) d w_i(t) / d t \} \{ A_i(t) - A_i(T) \} \int_0^{t-1} u_i(\tau) d\tau + (1 - f_i(t)) w_i(t) d A_i(t) / d t$$

$$\varepsilon_i(t) = \{ - (d f_i(t) / d t) w_i(t) + (1 - f_i(t)) d w_i(t) / d t + (1 - f_i(t)) w_i(t) \} A_i(T)$$

$$\tau_i = \exp(-k_i \cdot \tau_i)$$

$$\tau_{ri}(t) = e \cdot u_i(t) A_i(T)$$

である。一方、操作変数 $u_i(t)$ には、つぎの制約が付くことになる。すなわち、

$$0 \leq \int_0^t u_i(\tau) d\tau \leq d_i(t), \quad A_i(t) \geq A_i(T) \int_0^t u_i(\tau) d\tau \geq 0 \quad (5)$$

である。つぎに評価関数として、 J_1 (自然的カット負荷量+限界人為的カット負荷量) $\rightarrow \max$, J_2 (人為的カット負荷量/面整備費用) $\rightarrow \max$ の2種を考えることにし、地理的優位差、人為的アクティビティの差の2ケースについては前者を、面的広がり差については後者を用いることにする。とらえを示せば

$$d J_1(t) / d t = \sum_{i=1}^2 \{ f_i(t) w_i(t) \{ A_i(t) - A_i(T) \} \int_0^t u_i(\tau) d\tau \} + (w_i(t) - e) A_i(T) u_i(t) \quad (6)$$

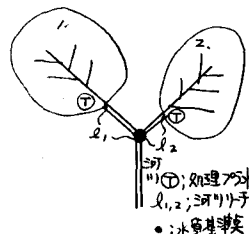


図-1. 基本モデル図

$f_i(t)$: t 年度- i 地区の自然的

$w_i(t)$: " " 負荷強度係

$A_i(t)$: " " 発生活水量

$u_i(t)$: " " 整備レベル

e : 処理水の水量 K/g 日

T : 計画目標年次

$$dJ_2(t)/dt = \sum_{i=1}^2 \{(\omega_i(t) - e) A_i(t) u_i(t) / C_i(t)\} \quad , C_i(t) = X_i u_i(t) A_i(t) / g_i(t) P_i(t) \quad (7)$$

ここに、 X_i は面整備単価(円/ha)、 $g_i(t)$ は t 年度- i 地区における発生活水量原単位(m^3 /人日)、 $P_i(t)$ は、人口密度である。なお、わいわいの問題は2変境界値問題と認識でき、最大原理で解いた結果をつぎに示す。

3. 算算結果ととの考察

ここでは、計画目標年次 T を20年とし、水質基準を10ppmとしたときの算算結果を示す。

3.1 地理的優位差と面整備について

図-2に整備推移を、図-3にどのときの状態のトラジェクトリを示す。 $t=1 \rightarrow 4$ 年目までは両地区の整備は最小単位におさえられる。これは自然的カット率が効いているためであり、整備は抑制されることになる。 $t=5 \rightarrow 14$ においては、第2地区の整備が第1地区のそれに対し優先している。すなわち、整備差は水質基準点に対する河川の自浄効果の差となっており、下流側に整備が先行する。この傾向は、地理的優位差を更につけたとき、いっそう顕著となる。

3.2 人口密度差と面整備について

整備推移、状態のトラジェクトリを図4、図5に示す。ここでは整備差の因子としては、人口密度 $P_i(t)$ によって定まる自然的カット率 $g_i(t)$ の差となる。すなわち、第2年目において人口密度の大きい第1地区に整備が先行するのは、自然的カットが期待し得ず、人為的カットが有効となるためである。また、 $t=10 \rightarrow 17$ で両地区の整備レベルが等しくなるのは、第2地区の発生負荷量が $f_i(t)$ の減少とともに増加し相対的に処理効果を上げるためである。一方、 $t=17$ 以降における整備推移の逆転は、 $df_2(t)/dt > df_1(t)/dt$ による。

なお、発生活水量の差による面整備差には、式(5)の制約のため、顕著な差は認め得なかったことをことわっておく。

4. おわりに

以上を総括すれば、地域差に依る面整備の差は、発生活水量の差よりはむしろ水質の差、すなわち絶対量の差として顕著に効いてくることがいえる。したがって、自然力(自然的カット率、河川自浄作用)および、汚濁負荷原単位のあつかいが、計画に、重要な位置を占めると同時に、これらの的確な把握が今後の重要課題である。

わいわいの行なった計画入力の差による影響は、定性的にのべることは出来ても、定量化していない。さらに、複雑な計画システムの下水道整備計画を行なう場合、本稿のような基礎的考察が重要であろう。

参考文献

- 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

入力データ-概要表	
地理的優位差と面整備 人口密度差と面整備	
$A_i(t) = 100,000 + 10,000t$	$e = 0.02$
$\omega_i(t) = 0.05 + 0.0025t$	$R_i = 0.3$
$\alpha_i(t) = 0.1t$	$X_i = 3005 \text{円/ha}$
$f_i(t) = 1 - (0.1P_i(t) - 0.5) / (0.82 + 0.0965P_i(t))$	
$P_1(t) = 5 + 2.25t$	$P_2(t) = 25 + 1.25t$
$Q_1 = 5,000$	$Q_2 = 2,000$
$R_2 = 2,000$	

