

(28) 下水道整備計画に関するシステム論的研究 VII

—とくに下水道整備率をパラメータとしたときの支流域水配分について—

㈩日本水道コンサルタント 萩 原 良 巳
中 川 芳 一
○辻 本 善 博

1. はじめに

公共用水域の水質保全を1つの目的とする下水道整備計画は、必然的に計画入力、すなわち水配分量などを操作変数とすることを要請する。従来の水配分は主として経済的評価が中心であった。もちろん経済的評価の重要性を否定するものではないが、もっと単純に美しく水を使用することのできる地域に、より豊富な水を配分するというような考え方を先行させることにより、配分された水資源を制約として地域活動の最適化をはかっていくということも考えられる。このような観点から本研究では、海域への汚濁インパクトを評価した水配分を下水道整備率をパラメータとして考察する。

以上のことから、2.では河川におけるBOD負荷量と流量を地域への水配分量や下水道整備レベルの関数として表わすとともに状態方程式を作成し、制約条件・評価関数を明らかにする。そしてわれわれの提示するモデルが制御プロセスになっていることを指摘する。ついで3.ではこのモデルを最大原理で解くことを前提として、この原理による解法について言及する。そして4.では具体的な流域を対象として、このモデルを適用し水資源配分を行なうことによりモデルの有効性を実証することとする。

2. 制御プロセスとしてのモデルの定式化¹⁾

(1)システム方程式：本川上の任意の地点 j において、流下する負荷量は、その地点より上流に存在する各地区の自然的流達負荷量と上流に存在する下水処理場より放流される負荷量の総和である。ここでは計画の安全側から河川の自浄作用は無視することとする。また、地点 j での流量は、その地点より上流に存在する地区の自然流出量および、その地区に対応する支川の固有流量と、処理場よりの放流量の総和として表わされる。ここで1つの地区 i に注目すると、この地区より流出する負荷量は、市街地からの自然流出負荷量と市街地外からの自然流出負荷量より成り、次式で表わされるものとする。

$$\mathcal{L}_i(t) = (1 - u_i^a(t)) w_i(t) A_i(t) (1 - u_i^q(t)) + g_i(t) \quad (1)$$

また、地区 i よりの流出流量は、その地区に対応する支川の固有流量を q_i^u として

$$q_i(t) = q_i^u + \lambda_i \{ (1 - u_i^q(t)) A_i(t) \} \quad (2)$$

である。ただし、 $\mathcal{L}_i(t)$ ：自然的流達負荷量、 $1 - u_i^a(t)$ ：流達率、 $A_i(t)$ ：水配分量、 $u_i^q(t)$ ：下水道整備レベル、 $g_i(t)$ ：市街地外からの自然的流達負荷量、 $q_i(t)$ ：流出流量、 λ_i ：流出率とする。

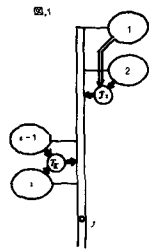
つぎに、処理場 k よりの放流負荷量 $\mathcal{L}_p^k(t)$ と放流水量 $q_p^k(t)$ は、 $e_k(t)$ を放流水質(ppm)として

$$\mathcal{L}_p^k(t) = e_k(t) \sum_{i \in F_k} A_i(t) u_i^q(t) \quad q_p^k(t) = \sum_{i \in F_k} A_i(t) u_i^q(t) \quad (3)$$

となる。なお F_k は処理場 k に取入れられる地区 i の集合とする。以上のことから j 点における負荷量、水量の式は、

$$x_j(t) = \sum_{i \in G_j} \mathcal{L}_i(t) + \sum_{k \in K_j} \mathcal{L}_p^k(t), \quad y_j(t) = \sum_{i \in G_j} q_i(t) + \sum_{k \in K_j} q_p^k(t) \quad (4)$$

となる。ただし、 G_j, K_j は j 点よりも上流に位置する地区 i 、処理場 k の集合を集わすものとする。なお、以下においては J は水質環境基準点の数で $j = 1, 2, \dots, J$ とする。本川上に J 個の基準点があるから、負荷



量、水量の年次変化を記述する $2J$ 個のシステム方程式を次式のように得る。すなわち、

$$\frac{dx_j(t)}{dt} = \sum_{i \in G_j} \left\{ d_i(t) \frac{dA_i(t)}{dt} + A_i(t) \frac{db_i(t)}{dt} + \frac{dg_i(t)}{dt} \right\} + \sum_{k \in K_j} e_k(t) \sum_{i \in F_k} \left\{ u_i^q(t) \frac{dA_i(t)}{dt} + A_i(t) \frac{du_i^q(t)}{dt} \right\} + \sum_{k \in K_j} \frac{de_k(t)}{dt} \sum_{i \in F_k} A_i(t) u_i^q(t) \quad (5)$$

$$\frac{dy_j(t)}{dt} = \sum_{i \in G_j} \left\{ c_i(t) \frac{dA_i(t)}{dt} + A_i(t) \frac{dc_i(t)}{dt} + \frac{dq_i^w(t)}{dt} \right\} + \sum_{k \in K_j} \sum_{i \in F_k} \left\{ u_i^q(t) \frac{dA_i(t)}{dt} + A_i(t) \frac{du_i^q(t)}{dt} \right\} \quad (6)$$

となる。ただし、 $b_i(t) = (1 - u_i^q(t)) w_i(t) (1 - u_i^q(t))$, $c_i(t) = \lambda_i (1 - u_i^q(t))$ とする。

(2) 操作変数、制約条件、評価関数：本研究における操作変数は各地区への水配分量 $A_i(t)$ の年次変化である。すなわち、 $\theta_i = dA_i(t)/dt$ ($i = 1, 2, \dots, N$) が操作変数である。ところで(5)(6)両式には操作変数の積分形式が入っているので、新たな状態変数 $v_i = A_i(t)$ を導入する。こうして、状態変数の初期値

$$x_j(0) = L_j(0), \quad y_j(0) = Q_j(0), \quad v_i(0) = A_i(0) \quad (i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, J) \quad (7)$$

は、河川の水質水量調査、水使用実態調査より求められる。

つぎに制約条件であるが、これは種々考えられる。しかし、ここでは解空間を広くとることとする。このため、つぎの2つの制約を考える。すなわち、各 t 年ごとに非負の $\theta_i(t)$ に対して

$$\sum_i \theta_i(t) \leq Q(t) - \sum_i A_i(t-1), \quad \theta_i(t) \leq (Q(t) - \sum_i A_i(t-1)) (\alpha_1 S_i / \sum_i S_i + (\alpha_2 P_i(t) / \sum_i P_i(t))) \quad (8)$$

とする。ただし、 Q は考えている流域での他水系からの取水可能量を示し、 S_i, P_i は第 i 地区の平地面積ならびに人口を示すものとする。したがって、(8)式の第1式は t 年度における流域全体の水配分量が他水系からの取水可能量から $(t-1)$ 年度の水配分量の実績値を差引いたものより小であることを示している。また第2式は α_1, α_2 を重みとして全流域における平地面積の割合が大きい地域ならびに現実に人口が増加すると想定されている地域に優先的に多くの水資源を分配しようとする意図している。

評価関数としては、河川の最下流の通過負荷量、つまり海域へ放出される負荷量を最小にするとともに各地区の水配分量の増加量を人口の増加で割った値の総和を最大にするようなものを考える。前者の評価は一般にうけ入れられやすい評価で問題はないが、後者の評価は、人口増が少ない地区に水を配分し、急激な人口増が見込まれている地域への水配分を抑制しようという立場をとっている。このように考えることは、人口が増加するから水が必要となり、水があるから人口が増加（ここでは、とくに社会増をさす）するという悪循環を避けるためである。こうして評価関数は

$$E = \int_0^T \left\{ \beta_1 \left(\frac{1}{x_j(t)} \right) + \beta_2 \left(\sum_{i=1}^N \frac{\theta_i(t)}{\Delta P_i(t)} \right) \right\} dt \rightarrow \max$$

となる。ただし、 $\Delta P_i(t)$ は人口増加量で与件、 β_1, β_2 はパラメータとする。いま $\beta_1 \gg \beta_2$ のとき、制約式と評価式より $\theta_i \rightarrow 0$ ($i = 1, 2, \dots, N$) となることが予想される。

3. 最大原理による解法⁴⁾

状態ベクトルを $x(t)$ 、操作ベクトルを $\theta(t)$ とすれば、

$$x(t) = (x_1 \dots x_J y_1 \dots y_N v_1 \dots v_N u_{N+1})^T = (x_1 \dots x_J x_{J+1} \dots x_{2J+1} \dots x_{2J+N} x_{2J+N+1})^T, \quad \theta = (\theta_1 \dots \theta_N)^T$$

となる。ただし ∇ は転置を示し u_{N+1} は(9)式の積分領域を $(0, t)$ としたものである。こうして、(5)(6)両式を状態変数と操作変数についてまとめ、さらに他の状態方程式をも記述すれば、つぎの微分方程式系をうる。

$$\frac{dx_j}{dt} = f_j(x(t), \theta(t)) = \sum_i a_{ji}^L(t) \cdot x_{2J+i}(t) + \sum_i b_{ji}^L(t) \theta_i(t) + \sum_i \frac{dg_i(t)}{G_j}, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (10)$$

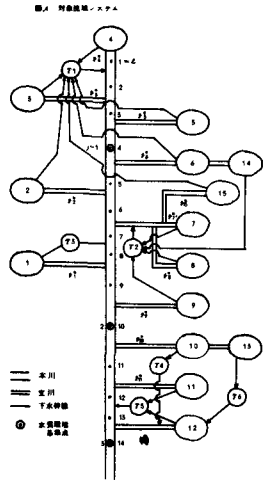
$$\frac{dx_{J+j}}{dt} = \frac{dy_j}{dt} = f_{J+j}(x(t), \theta(t)) = \sum_i a_{ji}^Q(t) x_{2J+i}(t) + \sum_i b_{ji}^Q(t) \theta_i(t) + \sum_i \frac{dq_i^w}{G_j}, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (11)$$

$$\frac{dx_{2J+i}}{dt} = \frac{dv_i}{dt} = f_{2J+i}(x(t), \theta(t)) = \theta_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (12)$$

x_i 以外の他の状態量を固定したとき、水質環境基準点での負荷量を1単位増加させるのに最低必要な年数である。同様にして他の成分も意味づけられる。そしてそれぞれの成分の $\partial c / \partial x_{2J+H+1}$ に対する比のベクトル、すなわち

$$\left(\frac{\partial c}{\partial x_1} / \frac{\partial c}{\partial x_{2J+H+1}}, \dots, \frac{\partial c}{\partial x_{J+1}} / \frac{\partial c}{\partial x_{2J+H+1}}, \dots, \frac{\partial c}{\partial x_{2J+1}} / \frac{\partial c}{\partial x_{2J+H+1}}, \dots, \frac{\partial c}{\partial x_{2J+N}} / \frac{\partial c}{\partial x_{2J+H+1}} \right)$$

が補助ベクトル $z(t)$ である。



4. 水資源配分モデルの河川流域への適用⁶⁾⁷⁾

ここでは図4に示したように流域が15の地区に分割され本川には13本の支流が流入し、1本の支川には、1ないし2地区が対応している。処理場は6ヶ所設置されている。さて、本流域の場合、図2の解法を用いることとすると、 $N=15$ であるから計16個の補助変数の初期値を仮定し、 $t=20$ でこのすべての補助変数が0となる必要がある。しかし、このような問題を厳密に解くことは殆んど不可能である。ところで、 $1 - u_i^n(t)$, $w_i(t)$, $v_i^q(t)$, $g_i(t)$, $q_i^w(t)$, $e_k(t)$ を定数もしくは区分的に連続な定数と仮定すれば、状態方程式は θ_i だけの関数となる。現実的に、これらの仮定は厳しいものではないから、これらが成立するものとすれば、解法は、1つの補助変数に対して $T=20$ 回の $L P$ 計算となる。なお、状態方程式は図4の $j = 1, 2, 3$ に対して作成され、本節における補助変数は1つ

$$z_j(t) = \int_0^t \frac{\beta_j}{x_j^2(t)} dt + z_j(0) \quad (20)$$

となり、 $z_j(t) \rightarrow 0$ となるように $z_j(0)$ を仮定する。
さて、演算のための入力データ⁹⁾を示すこととする。

1) 状態方程式に関するデータ

① $1 - u_i^n(t) = 0.8$, $\lambda_i = 0.504$, $e_k = 20$ or 5 ppm
(実測値と設計値) ② $w_i(t)$, $g_i(t)$ は 表.1 と 表.2 (推定値) ③ $q^w = (0.137 \ 0.135 \ 0.367 \ 0.295 \ 0.164 \ 0.122 \ 0.355 \ 0.083 \ 0.148 \ 0.577 \ 0.071 \ 0.080 \ 0.0 \ 0.0 \ 0.0)$ (実測値) ④ 状態変数の初期値
 $x(0) = (\underbrace{13.160 \ 296.41 \ 431.93}_{(g/\text{秒})} \ \underbrace{352 \ 7.70 \ 12.78}_{(m^3/\text{秒})})$

2) 制約条件に関するデータ

① 排水量 q_i^w / 日
② 負荷量 $w_i(t)$ / 日
③ 排水負荷係数 β_j ppm

表1 負荷係数 $w_i(t)$

地区	初期 4 年			中期 5 年			後期 5 年			初期 4 年			中期 5 年		
	排水量	負荷量	排水負荷係数	排水量	負荷量	排水負荷係数	排水量	負荷量	排水負荷係数	排水量	負荷量	排水負荷係数	排水量	負荷量	排水負荷係数
1	8.612	1.2421	1.408	1.6170	2.0000	1.221	32.744	4.9708	1.640	4.6446	4.8247	1.314	4.1558	8.0093	1.301
2	1.5389	1.9727	0.16	3.3322	1.9164	9.42	27.131	1.012	3.4477	5.7101	1.024	4.0372	4.6441	1.016	
3	0.8409	0.4143	1.074	9.3239	0.2002	1.245	1.2581	1.5581	1.231	1.9203	1.09367	1.244	1.6711	2.33502	1.258
4	1.4970	3.4441	21.54	2.2884	4.4383	19.53	3.0556	5.5349	1.845	4.1481	2.5103	1.724	4.0007	6.6256	17.60
5	1.4975	2.9878	1.924	2.6144	0.2992	1.240	3.5430	4.3458	1.224	4.5134	5.4234	1.202	3.9781	4.4390	11.93
6	1.2490	2.6144	1.382	2.5304	3.7135	14.56	3.2622	4.6112	1414	4.2349	5.9124	1402	5.0225	2.0783	1410
7	1.0323	1.1027	1.684	1.9414	3.9467	2.943	25.119	4.8629	19.37	4.0144	2.3362	1.627	5.5421	9.8915	17.85
8	1.9433	3.0478	1.551	2.2844	3.8003	14.42	2.0828	4.9767	1.651	3.2584	5.2443	1.528	4.4403	2.0933	1.587
9	1.2389	2.2321	1.261	2.3389	1.9346	1.981	4.0937	8.7539	1.404	4.5179	8.9219	1411	7.4778	1.6880	1418
10	3.6283	5.6381	1.911	7.3051	8.2415	11.28	9.1525	11.0984	1143	11.0980	14.2841	1181	13.8444	17.7023	1151
11	7.8244	9.5249	1.202	11.5744	13.5214	11.51	13.8407	14.6481	1180	13.72209	1.97383	1453	14.8549	21.2411	1232
12	8.3728	8.4859	1.048	9.3234	6.4380	1.512	11.0424	11.2552	1.017	13.8979	1.64408	9.43	17.1922	15.6719	9.00
13	4.512	1.0440	1.951	1.2787	1.6543	1.287	1.6745	3.3310	1.378	2.0784	2.9441	1412	2.4672	3.5550	15.23
14	1.716	21.25	1.786	1.544	3.078	19.11	2.385	4.468	1.015	3.793	5.787	1.812	3.731	6.754	1.805
15	2.6378	0.8312	1.448	3.2819	4.2019	1.103	4.6465	5.2433	1.794	6.8412	6.5482	17.53	8.6830	7.8810	12.87

表2 処理場出水負荷係数 β_j (10^{-4} g/l)																					
地区	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
1	0.001	0.004	1.0130	0.7923	0.9933	1.1721	1.1001	1.1084	1.1004	1.1094	1.1023	1.0368	0.8240	0.7011	0.6096	0.5752	0.5761	0.5804	0.5719	1.0077	1.0547
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	11.4483	19.9564	48.8985	48.8984	47.9998	42.1152	37.7914	44.8884	44.9444	41.1153	34.3442	27.4151	41.1153	34.3442	27.4151	41.1153	34.3442	27.4151	41.1153	34.3442	27.4151
4	1.2314	1.6370	1.7789	1.2807	1.2378	1.1424	1.0733	1.7852	4.3884	1.1968	1.1202	1.0791	0.2791	0.2791	0.2791	0.2791	0.2791	0.2791	0.2791	0.2791	
5	18.2844	38.094	61.3808	21.8262	52.2336	37.9744	34.7914	34.7914	34.7914	34.7914	34.7914	34.7914	34.7914	34.7914	34.7914	34.7914	34.7914	34.7914	34.7914	34.7914	
6	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	21.3448	
7	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	41.0918	
8	11.1121	17.0231	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	16.5049	
9	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	1.9164	
10	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	20.8113	
11	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	12.0292	
12	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	18.3402	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	70.52	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	80.71	
15	474.12	121.17	34.7614	14.1163	12.0277	12.0277	12.0277	12.0277	12.0277	12.0277	12.0277	12.0277	12.0277	12.0277	12.0277	12.0277	12.0277	12.0277	12.0277	12.0277	

地区	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
1	34.771	35.520	46.359	46.750	35.520	34.769	35.520	46.359	74.405	68.890	68.890	68.890	68.890	104.400	108.880	113.350	114.400	114.400	118.880	118.880	123.350
2	48.700	48.700	51.200	54.800	58.400	62.000	65.600	69.200	72.800	76.400	80.000	83.600	87.200	90.800	94.400	98.000	101.600	105.200	108.800	112.400	116.000
3	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560	58.560
4	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900	57.900
5	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800	38.800
6	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400	36.400
7	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000	44.000
8	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000
9	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200
10	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100	12.100
11	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000
12	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511	105.511
13	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900
14	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300
15	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700	36.700

① 流域全体への総供給量 Q (m³/秒)

t	0	5	10	15	20
Q	2.7	9.4	11.2	15.3	17.7

(注) 途中年次は線形近似とする。

② 各地区の平地面積 S_i (km²) と初期利水量 $A_i(0)$ (m³/秒)

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
S_i	4.4	6.6	68.3	44.4	24.6	18.3	11.6	9.2	24.0	19.6	15.5	30.9	22.8	13.6	25.0
$A_i(0)$	0.0719	0.1273	0.6114	0.0908	0.0920	0.1081	0.0476	0.1202	0.0735	0.2332	0.3668	0.6511	0.0441	0.0054	0.0944

③ 支流域別将来人口の推定は表3に示す。

つぎに下水道整備率を主成分分析(基準バリマックス法による軸の回転を含む)結果を用いて決定する。主成分分析の結果、支流域は都市活動を示すファクターによりはば3つのグループに分類でき、ここでは表4に示すような下水道整備レベルを想定する。

表4 地域分類をもとにした下水道整備パターン

パターンの種類	S46~50	S51~55	S56~60	S61~65	支流域番号
パターンⅠ	0.10	0.90	0.98	1.00	5, 8, 11, 12
パターンⅡ	0.10	0.75	0.90	1.00	2, 5, 6, 7, 9, 14, 15
パターンⅢ	0.10	0.40	0.70	1.00	1, 4, 10, 13

ただし、昭和45年にすでにいくらかの整備が行なわれている支流域2, 3, 15については表5のように修正した。これらの整備パターンを用いて、 $e_k=20\text{ppm}$, $\beta_1:\beta_2=1:1$ ならびに1:5の場合の計算結果を示したものが表6と表7である。

表5 修正した下水道整備パターン

支流域番号	S46~50	S51~55	S56~60	S61~65
2	0.83	0.92	0.96	1.00
5	0.63	0.81	0.91	1.00
15	0.65	0.82	0.91	1.00

表6 演算ケースⅠ) ($e_k=20\text{ppm}$, $\beta_1:\beta_2=1:1$)

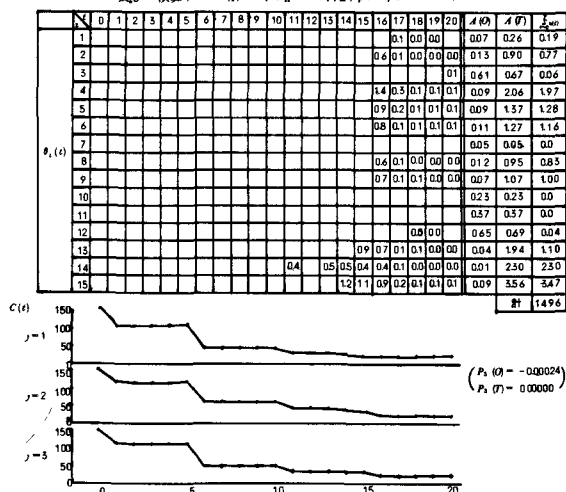


表7 演算ケースⅡ) ($e_k=20\text{ppm}$, $\beta_1:\beta_2=1:5$)

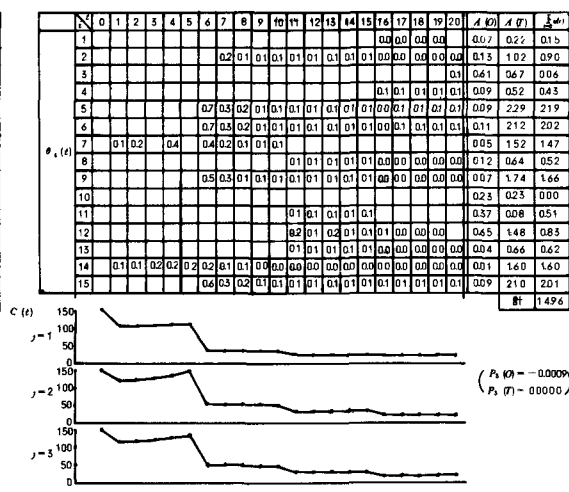


表6より明らかなように第3支流域や第10, 11支流域は急激な人口増が予想されているところであり、水資源の配分は殆んど行なわれていない。この3支流域の人口は流域人口の約40%を占め、高密度な都市活動が想定されている。したがって、このような地域では局所的下水処理水の再利用などの検討が必要となる。

また、表6と表7より明らかなように、海域への汚濁インパクトを最小にしたいという目的が強い。つまり β_1/β_2 が1より大きくなればなるほど、新規水資源の配分が遅れる傾向にある。これは下水道整備レベルのはじめの年度では低いから当然のことであろう。

なお、表中における C , L , Q の単位は、それぞれ ppm, g/秒, m³/秒である。

また、下水道整備パターンの変化が全流域一定とし、 β_1/β_2 の比率をパラメトリックに1以下から1に動かしたとき、水配分量が減少する地域と増加する地域が現われた。前者は、計画目標年度でも自然的流達負荷量が残存している地域で、後者は直接本川とは結びついていない支流域で $q_i^u=0$ となっている。このことから、自然的流達負荷量の大小が水配分に影響を与えるため、このメカニズム究明あるいは処理が重要であ

る。また固有流量の算定も慎重性を要する。

つぎに e_k を20から5と変更したとき、水配分の増加した地域は、水質環境基準点の直上流になっているグループで、2, 5, 9の地域である。

以上のことから、水資源配分問題を、従来のような地域経済活動計画の結果として行なうのではなく、水環境計画の一環として認識し、とくに、目的意識と下水道整備レベルをパラメータとして行ないうることを定量的かつダイナミックに示しうることを明らかにした。実際的な問題としては制約条件が他にもいくつか考えられるし、評価関数も種々考えられる⁸⁾。しかし、本研究では、あえて、これらを単純化し、従来の地域活動計画→水環境汚染防止計画の流れから地域活動計画⇄水環境汚染防止計画という相互の流れに変革する具体的なモデルを提案し、事例を提示した。

5. おわりに

本研究で提案したモデルを利用すれば、従来の経済的評価を中心とした水配分策定後の公共用水域に対するBOD負荷量に関する汚濁インパクトアセスメントを行なう必要がない。また、本モデルを用いた事例研究の結果、いつ、どの地域に、どれだけの水配分を行なえばよいかが明らかとなり、水環境からみた地域計画における水の適正配分量が把握できた。こうして、従来のような利水から水環境保全という計画の流れとは逆の水環境保全から利水へという計画の1つのアプローチを試みることができた。

最後に、本研究の遂行にあたり、京都大学工学部土木工学教室教授吉川和広先生の御指導をうけたことを断わるとともに、この種の研究の重要性を理解し、きびしく批判し、御指導を賜わった当社専務取締役 工博 海淵養之助先生に謝意を表します。

参考文献

- 1)堤武・大門良巳・中村正久：下水道整備計画に関するシステム論的研究Ⅰ，土木学会第9回衛生工学研究討論会，1973
- 2)萩原良巳・小泉明・中川芳一・高橋邦夫：下水道整備計画に関するシステム論的研究Ⅳ，土木学会第12回衛生工学研究討論会，1976
- 3)萩原良巳・中川芳一：地域における水環境計画のための流達負荷量の構造分析法に関する研究，土木学会第4回環境問題シンポジウム，1976
- 4)萩原良巳・中川芳一・辻本善博：海域への汚濁インパクトを評価した水資源の支流域配分計画に関する研究，NSC研究年報Vol. 4, No. 1, 日水C, 1976
- 5)萩原良巳・中川芳一・辻本善博：海域への汚濁インパクトを考慮した水資源支流域配分モデルに関する理論的考察，土木学会第31回年次学術講演会，第Ⅳ部，1976
- 6)萩原良巳・中川芳一・辻本善博：水質環境からみた水資源の支流域配分モデルについて，土木学会第30回年次学術講演会，1975
- 7)萩原良巳：地域における水環境計画に関するシステム論的研究，未発表
- 8)Hagihara, K. and Hagihara, Y. : *Water Resource Allocation Considering With The Impact On The Coastal Sea, Proc. 13th Conf. The Japan Section of the Regional Science Association*, 1976
- 9)建設省近畿地方建設局企画部：都市排水の質的制御システムに関する調査報告書，1975