

下水道整備計画に関するシステム論的研究 VI

—とくに水環境からみた支流域水配分について—

(株)日本水道コンサルタント
同 上

正員 萩原 良巳
正員 ○ 中川 芳一

1. はじめに

従来の水資源の地域配分は、産業などに代表される人間活動の（主として経済学的な意味での）最適化の結果にもとづいて行なわれてきたようである。しかし、水資源が使用されることにより汚水となり、処理技術100%の浄化が望めない以上、水環境の悪化は自明である。したがって、水環境保全という立場から地域を眺めれば、人間活動の最適化の結果としての水資源の地域配分を行なう以前に、少なくとも水環境の保全をはかるような水資源の地域配分を行ない、これを制約として地域の人間活動のレベルを決める方が妥当ではなからうと考へる。

そこで本稿では、下水道整備計画に関するシステム論的研究の一環として、河川の水質環境基準等を制約とし、水資源の地域配分の河川水質保全という意味での合目的最適化を行う。このような最適化の手法としては、線型計画法、変分法、最大原理¹⁾、動的計画法等が考えられるが、本稿では線型計画法による定式化を試み、下水道整備率の年次変化を地域特性との関連で決定されるパラメータとして扱って、具体的流域への適用を行ない、「いつ、どの地域に、どれくらい」の水資源の配分を行なうのが好ましいかを考察する。なお、本稿では水資源の配分量を操作変数とするのであるが、下水道整備率を操作変数とした場合はすでに解かれている。^{4),5),6)}

2. モデルの定式化

図1に示すような、本川に幾つかの支川が流入しており、1支川に1つ（又は2つ）のプロックが対応している流域を考察の対象とする。また流域内には何ヶ所か処理場が存在し、1処理場には1プロック以上の発生汚水が取り入れられており、さらに、各プロックは水使用形態により複数の地区にわけられるとする。（ここでは、住居地区（ $i=1$ ）、業務地区（ $i=2$ ）、工業地区（ $i=3$ ）にわけるとする）。このとき、各プロック各地区の発生汚水量は、その地区の水配分量に等しいものと考えれば、 i プロックが地区からの自然流出負荷量 $l_{ij}(t)$ 、流出流量 $g_{ij}(t)$ は、

$$l_{ij}(t) = (1 - u_{ij}^a(t)) \cdot \omega_{ij}(t) \cdot (1 - u_{ij}^b(t)) \cdot X_{ij}(t) \quad (1)$$

$$g_{ij}(t) = l_{ij}(t) \cdot (1 - u_{ij}^c(t)) \cdot X_{ij}(t) \quad (2)$$

と表わされ、 i プロックからの自然流出負荷量 $l_{Ni}(t)$ 、流出流量 $g_{Ni}(t)$ は、

$$l_{Ni}(t) = \sum_j l_{ij}(t) + g_i(t) \quad (3)$$

$$g_{Ni}(t) = \sum_j g_{ij}(t) + g_i(t) \quad (4)$$

と表わされる。なお、記号の説明は表1,2にまとめて示す。

つぎに、 k 処理場よりの放流負荷量 $l_{Pk}(t)$ 、放流流量 $g_{Pk}(t)$ は、それぞれ、

$$l_{Pk}(t) = e_{Pk}(t) \sum_i \left(\sum_j X_{ij}(t) \cdot u_{ij}^a(t) \right) \quad (5)$$

$$g_{Pk}(t) = \sum_i \left(\sum_j X_{ij}(t) \cdot u_{ij}^b(t) \right) \quad (6)$$

と表わされる。ここに $\sum_i$ は、 k 処理場に取り入れられるプロックに関する総和を表わす。

本川上の支川流入または処理場よりの放流直下流にポイント m をとると、 m 点を流下する負荷量 $L_m(t)$ 、流量 $Q_m(t)$ は、 m 点に最も近い上流部のポイント ($m-1$) を流下する負荷量、流量 $L_{m-1}(t)$ と m 点の面に流入する支川又は処理場の流出（放流）

図 1.

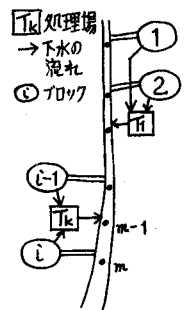


表 1. 記号の説明(1)

l_{Ni}	i よりの自然流出負荷量
g_{Ni}	" 流出流量
l_{ij}	(i,j) よりの自然流出負荷量
g_{ij}	" 流出流量
$1-u_{ij}^a$	(i,j) の処理率
ω_{ij}	" 負荷強度
u_{ij}^b	" 下水道整備率
u_{ij}^c	" 流出率
X_{ij}	(i,j) の水供給量
g_i	i の下水道整備率以外からの自然流出負荷量
g_{Ni}	i 支川の固有流量
l_{Pk}	k 処理場からの放流負荷量
g_{Pk}	" 放流流量
e_{Pk}	" の処理レベル
L_m	m 点の流下負荷量
Q_m	" 流量
K	自浄係数
$T_{m-1,m}$	$(m-1) \sim m$ 間の流下時間
$\Gamma_{m-1,m}$	" 流量調整係数

負荷量, 流量より, 自浄作用等を考慮して次式のように表わされる。

$$L_m(t) = \exp(-K \cdot \tau_{m-1,m}) \cdot L_{m-1}(t) + \sum_i \alpha_i^m \cdot l n_i(t) + \sum_k \beta_k^m \cdot l p_k(t) \quad (7)$$

$$Q_m(t) = \tau_{m-1,m} \cdot Q_{m-1}(t) + \sum_i \alpha_i^m \cdot \tau n_i(t) + \sum_k \beta_k^m \cdot \tau p_k(t) \quad (8)$$

ここに, α_i^m, β_k^m はポイント m がエグロツクに対応する支川の流入点, または処理場の放流点の直下流にあるかどうかを決める係数であり, 0 または 1 の値をとる。

本稿の目的は, 各地区への水資源配分の合目的最適化をはかることである。そこで, 各地区各エグロツクのあ
る年度における水配分量を, 前(計算)年度の水配分量とその間の増分とに分ける。即ち, 表2, 記号の説明(2)

$$X_{i,j}(t) = XIN_{i,j}(t) [\text{前計算年度の水配分量}] + x_{i,j}(t) [\text{水配分量の増分}] \quad (9)$$

とし, $x_{i,j}(t)$ を(決定)変数とする。

また, 制約条件としては, 以下の1)~5)が考えられよう。

$$1) \quad L_m(t)/Q_m(t) \leq DV_m(t) \quad (m=1, 2, \dots, M) \quad (10)$$

$$2) \quad \sum_i \sum_j (x_{i,j}(t) + XIN_{i,j}(t)) \leq SW(t) \quad (11)$$

$$3) \quad 0 \leq \sum_j x_{i,j}(t) \leq \mu_i(t) \quad (i=1, 2, \dots, I) \quad (12)$$

$$\mu_i(t) = (SW(t) - \sum_j XIN_{i,j}(t)) \cdot \theta_i(t) \quad (13)$$

$$\theta_i(t) = (S_i / \sum_i S_i + POP_i(t) / \sum_i POP_i(t)) \quad (14)$$

$$4) \quad x_{i,3}(t)/x_{i,1}(t) \geq \gamma_i(t) \quad (i=1, 2, \dots, I) \quad (15)$$

$$5) \quad \nu_i^{\min} \leq x_{i,2}(t)/x_{i,1}(t) \leq \nu_i^{\max} \quad (i=1, 2, \dots, I) \quad (16)$$

ここで, 1)は本川上の各ポイントの流下水質は河川の水質環境基準を満足しなくてはならないという制約であり, 2)は, 流域全体での水配分量の総和は流域への水資源の可能総供給量以下という制約であり, 3)は, エグロツクへの新規水配分量の上下限を決めるものであり, 上限は全流域での新規可能水資源量を平地面積および人口でもって各エグロツクへ割り分けた値とする。4), 5)は, 各エグロツク内において各地区への水配分量の比率に關する制約であり, 4)は住居地区と工業地区への水配分量の比の下限を, 5)は住居地区と業務地区への水配分量の比率の上下限を決定する。

つぎに評価式としては, 河川水質に与えるインパクトを最小にし, かつ, 流域全体での新規水配分量によって養える人口を最大にするという評価を考えれば次式のようになる。

$$J = \sum_i \sum_j \frac{1}{e_k(t)} \cdot \frac{1}{CON_i(t)} \cdot \frac{1}{w_{i,1}(t)} \cdot x_{i,j}(t) \rightarrow \max \quad (17)$$

すなわち, 新規水配分量ゼロ($x_{i,j}(t)=0$)という状態を考え, その状態で水質濃度の高い水を流出している支川に対応するエグロツク, および処理レベルの高い処理場に下水が流入しているエグロツクに新たに水配分量を増して, 水質濃度の高い水の本川への流入の増加が予想され河川水質上好ましくない。そこで, そのようなエグロツクへの水配分量の増分を少なくせよという評価を $1/e_k(t) \cdot CON_i(t)$ で表わし, $x_{i,j}(t)/w_{i,1}(t)$ で新規水配分量をそれによって養うことが可能な人口に換算し, それを最大にせよという評価を行なう。なお, 本稿では(17)式のような評価式を用いたが, 対象流域からの流出負荷量を最小にすることや, カット負荷量を最大にする¹⁾などの評価を考えることもできる。

以上で本モデルは, (1)~(8)式をシステム方程式とし, (10)~(16)式を制約式, (17)式を評価関数とするモデルとして定式化され, 制約式, 評価関数はすべて $x_{i,j}$ に關して線型となる。そこで, 本モデルは, 各年度毎に, 制約条件1)~5)のもとで, 評価関数(17)式を最大とするような水配分量の増分 $x_{i,j}(t)$ を求めるという線型計画法(L.P.)の繰り返しの問題となる。

3. 具体的流域への適用例

2. で述べた水環境を意図した水資源配分モデルの具体的流域への適用を行なう。

DV _m	m点の水質環境基準
SW	対象流域の水資源の総供給量
μ_i	iの水配分量の増分の上限
S_i	iの平地面積
POP _i	iの人口
γ_i	$\gamma=1.3$ 地区の水配分量の増分の比率の下限
$\nu_i^{\min}$	$\gamma=1.2$ 水配分量の比率の上下限
$w_{i,1}$	iの住居地区の原単位
CON _i	iの住居地区の水質(濃度)の基準

3-1. 流域システムおよび演算フロー

適用を行なった流域の模式図を図2に示す。図2に示したように、対象流域は15のブロックに分割され、本川には12本の支川が流入し、1本の支川には1ないし2のブロックが対応している。また、処理場は6ヶ所設置されており、各処理場には1以上のブロックからの廃水が流入している。支川の流入点および処理場からの放流点の直下流の本川上に1個のポイントを設定すると、図2に示すように14個のポイントが設定される。

なお、L.P計算を行う年度は5年毎とし、545年を $t=0$ として、550, 555, 560, 565年での水配分量を求める。しかし、ここでの演算対象流域では、固有流量が少なく、それに較べて自然流出負荷量が大きいので、下水道整備率が相当大きくなり、処理レベルが低くならない限り、制約1の水質環境基準は満足されず解空間がなくなってしまう。そこで、計算に当たって、 t 年度の水配分量の増分 $X_{ij}(t)$ を求めるL.P計算を行う前に、前計算年度の水配分量 $XIN_{ij}(t)$ により各ポイントの水質を算定し、それが水質環境基準をみたすならば制約1~5を用いたL.P計算を行い、もしみたさないならば、制約1をはずし制約2~5を用いたL.P計算を行うこととする。この計算のフローを図3に示す。

3-2. 演算ケースおよび入力データ

具体的流域への適用を行う時、その流域の性格特性を総合的に把握した上で適用を行なうことが重要と考えられる。そこで、図2の各支流流域を単位とした地域分析を主成分分析によって行なった。²⁾³⁾ その結果、人間活動の強さを示す主成分がオI主成分として抽出され、この主成分により支流流域は、人間活動の強いグループ、普通のグループ、弱いグループの3つのグループへの分類が可能となった。ここで、下水道整備率の年次的増加を示すパターンとして、表3に示す3つのパターンを考え、この3つのパターンを人間活動の強弱によって分類された3つのグループに対応づける。すなわち、3つのパターンとも550年の下水道整備率を10%とし、人間活動の強いグループでは、555年までの5年間で急激な整備を行なうパターンIをとり、人間活動が普通のグループでは、560年までの10年間で急激な整備を行なうパターンIIをとり、人間活動が弱いグループでは、線型的な整備率の伸びを示すパターンIIIをとる。各パターンに対応するブロック、各年度での下水道整備率を表3に示す。(なお、550年に0.1以上の $u_{2,j}$ を持つブロックはその分だけ表3の値にプラスする)

つぎに、処理レベルとして、20ppm, 10ppm, 5ppmの3通りの処理を考え、この3つの処理レベルの年次的変化の組合せとして15通りの組合せが考えられるが、ここでは、演算ケース1, 2として表4に示す2通りの組合せを考える。

つぎに、演算のための入力データとして、以上の政策パラメータとして与えられる下水道整備率 $u_{2,j}$ 、処理レベル e_k の他に、各演算年度毎に、流域全体への水資源の可能総供給量 SW 、生産率 $(1-u_{1,j})$ 、負荷強度 $u_{3,j}$ 、流出率 λ_{ij} 、下水道整備対象区域外からの自然流出負荷量 $g_{ij}(t)$ 、支川の固有流量 g_{ij} 、自浄係数 K 、流下距離 d_{ij} 、平均流速 v_{ij} 、流量到達係数 f_{ij} 、水質環境基準 DV_m 、 $t=0$ での水配分量 $X_{ij}(0)$ 、平地面積 S_{ij} 、住居地区、業務地区、工業地区への水配分量の比率を決める係数 α_{ij}^{max} , α_{ij}^{min} , α_{ij}^{ind} 、住居地区の原単位 $u_{2,j}$ の17種が必要である。本演算では、 $1-u_{1,j}(t)=0.4$ (住居地区), 0.6 (業務地区), 0.8 (工場地区), $\lambda_{ij}(t)=1.0$, $K=4.797 \times 10^{-6} (\text{sec}^{-1})$, $f_{ij}=1.0$, $DV_m=10 \text{ ppm}$ (550, 555), 5 ppm (560, 565) とし、他の入力データのうち主なものを表5~表9に示す。

図2. 流域システム図

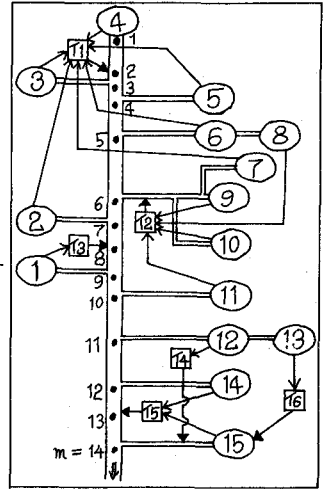


図3. 演算フロー

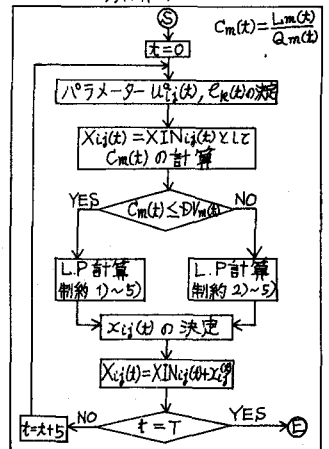


表3. 下水道整備率

パターン	ブロック	550	555	560	565
I	3, 10, 15	0.10	0.90	0.98	1.00
II	2, 8, 9	0.10	0.75	0.90	1.00
III	1, 4, 13	0.10	0.40	0.70	1.00

表4. 処理レベル (PRM)

	550	555	560	565
ケース1	20	10	5	5
ケース2	10	10	5	5

表5. 流域全体への総供給量 $\Sigma W(m^3/sec)$ 表6. 負荷強度 $\omega_{ij}(t)$ (ppm) 表7. 自然流出負荷量 $g_i(t)$ (g/sec) 表8. 固有流量 q_i 平地面積 S_i

$S50$	$S55$	$S60$	$S65$
9.4	11.2	15.3	17.7

i	$S50$	$S55$	$S60$	$S65$
1~15	250	250	250	250
1~15	150	150	150	150

i	$S50$	$S55$	$S60$	$S65$
1	0.0666	0.0667	0.0673	0.0679
2	0.1622	0.1639	0.1660	0.1682

i	$q_i(m^3/sec)$	$S_i(km^2)$
1	0.137	4.4
2	0.135	6.6

表9. 流下距離 d_m , 平均流速 v_m

m	$d_m(m)$	$v_m(m/sec)$	m	$d_m(m)$	$v_m(m/sec)$
1	252	0.45	8	342	0.45
2	0	0.45	9	377	0.45

i	$S50$	$S55$	$S60$	$S65$
1	79.86	23.91	21.62	21.42
2	39.25	38.00	36.12	35.15
3	42.45	44.51	38.64	43.16

i	$S50$	$S55$	$S60$	$S65$
3	0.2902	0.2986	0.4089	0.5166
4	1.0808	1.2505	1.3182	1.3866
5	0.1711	0.1739	0.1766	0.1803

i	$q_i(m^3/sec)$	$S_i(km^2)$
3	0.367	68.3
4	0.295	44.4
5	0.164	24.6

3-3. 演算結果とその考察

表3. K示した下水道整備率, 表4. の処理レベルをパラメーターとしたケース1, 2の演算結果について述べ、若干の考察を加える。ここでは図3. K示した演算フローに従って演算を行なったのであるが、 $S65$ 年 ($\omega_{ij}=1.0$, $C_k=5ppm$) 以外の計算年度では、3-1. K述べた理由により、 $X_{i,j}(t)=XIN_{i,j}(t)$ として算定したポイント m での水質 $C_m(t)$ は水質環境基準 $DM_m(t)$ を満足せず、 $S50$, $S55$, $S60$ 年の計算では、制約2)3)4)5)のもとでのLP計算を行なった。

その結果、各ブロック各地区への水配分量 $X_{i,j}(t)$ は、ケース1, 2とも同じ演算結果となった。これは、 $S50$ 年において処理レベルが $20ppm$, $10ppm$ と異なるだけであり、他の年次においては同じである。それゆえ、 $S50$ 年において、評価関数式(17)の ω_{ij} の係数で C_k がケース1, 2において 20 , 10 と異なるだけであり、他の項は変わらず、ケース1はケース2に較べて評価関数の ω_{ij} の係数が $1/2$ になるだけで、他の年次においては、それは同じになるため、ケース1, 2の $X_{i,j}(t)$ は同じとなる。

まず、各計算年次における各ブロックへの水配分量の増分(新規水配分量)を表10. K示し、最終年度である $S65$ 年 ($t=20$) の各ブロック各地区への水配分量を $S45$ 年 ($t=0$) のそれと比較して表11. K示す。

表10. K示した各年度における各ブロックへの新規水配分量 $\sum X_{i,j}(t)$ は、水配分量(新規)が存するブロックの大部分のブロックにおいて制約条件式(12)の上限 M_{ij} の値をとっており、各ブロック内での各地区への水配分量の増分の振り分けは、制約条件式(15), (16)によっている。また、各年度において、各ブロックへの水配分量の合計は、 ΣW の値と一致した。すなわち、流域全体への水資源の可能総供給量を全て各ブロックへ配分したことになる。ここで、 $S50 \sim S65$ 年の各年次において新規水配分を行うブロックは、ほぼ下水道整備率の高いブロックで

表10. 各ブロックへの新規水配分量 ($\sum X_{i,j}$) [m^3/sec]

i	$S50$	$S55$	$S60$	$S65$	計
1	0.3832	—	—	0.1877	0.5709
2	0.4535	0.1283	0.2940	0.1671	1.0428
3	0.5289	0.8099	1.8165	1.0414	4.1967

表11. $S65$ 年の水配分量 ($X_{i,j}$) [m^3/sec]

	$j=1$	$j=2$	$j=3$	計
i	S_{45}	S_{65}	S_{45}	S_{65}
1	0.0626	0.4632	0.0091	0.0555
2	0.0810	0.6647	0.0229	0.1550
3	0.3870	2.4885	0.1344	0.7758
4	0.0721	0.8309	0.0075	0.0706
5	0.0810	0.8173	0.0036	0.0317
6	0.0814	0.6204	0.0063	0.0409
7	0.0822	0.0822	0.0045	0.0045
8	0.0050	0.0050	0.0003	0.0003
9	0.0397	0.8137	0.0064	0.1061
10	0.1034	0.4894	0.0081	0.0318
11	0.0700	0.6811	0.0032	0.0278
12	0.1618	1.4025	0.0400	0.2852
13	0.0230	0.0230	0.0100	0.0100
14	0.2752	0.9546	0.0569	0.1694
15	0.4158	0.9993	0.2210	0.2556

あり、これは評価関数(17)式に、対応する支川よりの流入水質が高いブロックへの水配分量を増しても、増々汚い水を本川へ流出することが予想され、そのようなブロックへの水配分量を小さくするという評価を含めたことによる。すなわち、下水道整備を行えばそのブロックよりの汚水の流出が減少し、本川の水質に与えるインパクトが小さくなり、水配分量の増加が許されることによる。特に、下水道整備率の年次増加のパターン、および、制約3)より、人間活動が活発であり、人口、平地面積ともに大きいブロック3への水配分量の伸びが急激であり、 $i=12, 9, 4$ のブロックへの水配分量の伸びがそれについている。また、全計算年度において、 $i=7, 8, 13$ のブロックへの水配分量の増加はない。これは、これらのブロックは、それぞれ $i=6, 9, 12$ のブロックの支川の上流部に位置するため、表7に示すようにこれらのブロックに固有流量を与えなかった。そのため、評価関数(17)式の $i=7, 8, 13$ の $Con(i)$ が相対的に大きくなったためであり、これは、この演算の拘束点の1つとなる。

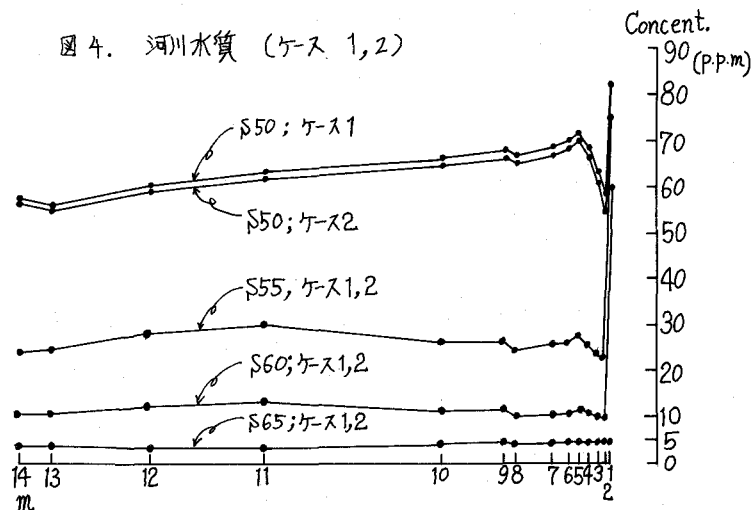
つぎに、以上で求めた各ブロック各地区への水配分を行なった場合の本川上の各ポイントの水質の経年変化を図4に示す。図4において、 $S55, S60, S65$ 年においては、ケース1,2とも処理レベルが同一であり、前記したように各ブロック各地区への水配分量も同一であるので、各ポイントの水質はケース1,2において同じとなる。図4に示す $S50 \sim S60$ 年の水質においては、高い水質を示すポイントは流入水質の高い支川の直下流のポイントであり、逆に低い水質を示すポイントは処理場よりの放流点の直下流のポイントである。また、 $S55$ 年、 $S60$ 年と年次がへるに従って、下水道整備率の伸びのため各支川よりの流入水の水質が低くなり、本川上の各ポイントの水質も経年的に低くなっている。ついで、 $S65$ 年の水質は、この年度においては下水道整備が100%であるため、支川よりの流入水質は下水処理場の放流水質(5ppm)よりも低くなり、下水処理場の放流点の直下流のポイントでやや高い水質を示しているが、全体として $S50 \sim S60$ 年の水質に較べてポイント間の水質の変動は小さく、全ポイントで水質環境基準を満足している。最後に、 $S50$ 年のケース1,2の河川水質の違いをみると、ケース2において処理レベルが10ppmとケース1の半分の値であるが、河川水質の差は小さい、これは $S50$ 年においては下水道整備率が0.1と小さいため、処理レベルの相違がそれほど河川水質に影響しないためである。

以上のことを要約して次の結論をうる。(1)~(8)式をシステム方程式とし、(10)~(16)式のような制約条件のもとで、(17)式で表わされる評価関数を最大とする水配分モデルを、表3,表4に示す下水道整備率、処理レベルの年次変化をパラメーターとして、図3に示す演算フローのもとで解いた場合、

- 1) $S65$ 年、すなわち下水道整備率が100%で、処理場よりの放流水質が5ppm以外の場合は、水質環境基準を満足しない。したがって、それ以前の年次の計算は制約条件1)をはずした計算を行なった。
- 2) $S50$ 年~ $S60$ 年の各年次において、水配分量の増えているブロックは、下水道整備率の高いブロックに対応している。

- 3) い、どのブロックに水を配分することが、(17)式の評価のもとで最適かが、定量的に把握でき、そのときの河川水質が視覚的に把握できる。
- 4) とくに、人間活動が活発であり、平地面積、人口ともに大きいブロック3への水配分量の増加が急激であり、 $i=12, 9, 4$ のブロックがそれに従っている。

図4. 河川水質 (ケース1,2)



4. おわりに

本稿は、ある1つの流域に注目し、この流域の河川の水環境を意識したときの支流域(ブロッグ)への水資源配分問題を考察した。まず、2.で、水資源配分問題の定式化を行ない、3.でそのモデルの具体的流域への適用を行なった。その結果3.で述べたり~4)の結論が得られ、問題点としては以下の1)~2)があげられる。

1)モデル構造の論理性——システム方程式、制約式、評価関数の妥当性。

2)モデルのパラメーターの数値の妥当性。

ここでは、水環境を保全するという立場より各ブロッグ各地区への水資源の合目的配分を行なったが、産業などに代表される人間活動の最適化の結果にもとづく各地区の水需要量との間にギャップが生じた場合、および、流域での水資源量を節約しようとする場合には、水使用形態の変更(改善)や、再利用によってある程度は対応できると考えられ、われわれは、再利用を付加した場合の地域内の水のフローシステムのシミュレーションの第1歩を踏み出し始めたところである⁷⁾。その結果、再利用率を住居地区0.096、業務地区0.291、工業地区0.372~0.442とした場合、ここの演算対象流域全体で約19%の水資源量が節約でき、再利用を行なう場合の建設費、必要エネルギー量、発生泥汚量には、スケールメリットが寄与するなどの結論が得られた。

また、本稿では水資源配分モデルの線型計画法による定式化を行なったが、本稿とはほぼ同様のシステム方程式のもとで、ポイントmを流下する負荷量、流量の年次変化に注目して、状態方程式的アプローチを行ない、最大原理の手法を用いて水資源配分問題を解くことも可能であり、われわれは、そのようなアプローチを試みている。地域(支流域)分割を大まかにして時間のダイナミックスに注目する場合は、最大原理の手法が有効であり、地区分割をきめ細かくする場合にも、本稿のようなL.P.の手法が有効であろう。そこで、水資源配分計画において、最大原理により時間のダイナミックスに注目して大まかな計算を行い、その結果をもとにして、L.P.を用いてきめ細かい計算を行うという二段構成をとることも考えられ、そのほうがより有効な情報が得られると考える。また、われわれは、本モデルの双対問題等についても考察中である。

いずれにしても、本稿は、従来の地域計画が主として交通、産業など水を軽視した要素を組合わせて作成されてきたことに対する1つの批判的立場より出発したものであり、今後の課題としては、水資源開発計画、上水道計画、下水道計画が従来個別的に行なわれてきたことに対して、総合的な水環境地域計画プロセスの一環としてこのような研究を洗練していくことが必要であると考ええる。

最後に、本研究は建設省近畿地方建設局の委託によって行なったものであることをことわるとともに、京都大学工学部土壌工学教室岩佐教授、吉川教授に御示唆をいただいたことをことわっておく。また、本研究の遂行にあたり御理解、御示唆をいただいた当社の海端事務所に感謝します。

〔参考文献〕

- 1)萩原、中川、辻本；水環境からみた水資源の支流域配分モデルについて、土木学会オ30回年講 (1975)
- 2)萩原、小泉、中川、高橋；下水道整備計画に関するシステム論的研究IV、本討論会投稿予定
- 3)萩原、中川；水環境からみた地域分析、土木学会オ30回年講 (1975)
- 4)堤、萩原、；下水道整備計画に関する方法論的研究、NSC研究年報 Vol.2 (1974)
- 5)堤、萩原、中村；下水道整備計画に関するシステム論的研究I、オ9回衛生工学研究討論会 (1973)
- 6)堤、萩原、高橋；河川汚濁制御のための下水道整備計画に関する事例研究、下水道協会誌 (1975)
- 7)萩原、中川；リサイクル流を考慮した水の流れについて、NSC研究年報 Vol.3 (1975) 他
- 8)萩原、萩原；下水道整備計画に関するシステム論的研究III、オ11回衛生工学研究討論会 (1975)