

1. はじめに

従来の地域・都市計画においては、環境汚染を外部化した経済面中心の評価によって計画のフレームが作成され、水質環境を考慮するのは、このフレームの結果公共水域に流出する負荷がその水域の水質環境基準を満足するかどうかの検討のみであった。そして水質環境を満足しない場合は下水道整備をはじめとする各種施策によって対応し、地域・都市計画フレームの根底的変更までフィードバックされることは少ないようである。

そこで、本稿では、公共水域の水質環境を計画の要素として取り扱い、公共水域の水質保全という観点から地域・都市計画のフレームを作成し、このフレーム内での経済活動の最適化を試みるというプロセスの1環として、水質環境を考慮した地域負荷配分について述べる。すなわち、計画対象地域の公共水域内の複数の水質環境基準点での基準等を制約として、地域活動の最大化をはかるには、計画対象地域へ許容発生負荷量をどのように配分するのが合目的かという地域負荷配分問題の線型計画法による定式化およびモデル流域での演算例を示す。

まず、2. で上述の地域負荷配分問題の定式化を行ない、その双対問題に対する若干の検討を試みる。ついで、3. で地域負荷配分の線型計画法によるモデル演算結果を示すが、このとき、制約式の変更・追加による結果の変化についても考察する。なお、本問題においては、沿岸の各負荷投入点(海域の)各基準点に与える影響を示す影響マトリックスを、海域の汚濁シミュレーションから若干の仮定(線型性の仮定)のもとで作成することにより汚濁シミュレーションの内部化を行なっている。

2. 地域負荷配分モデル²⁾³⁾

図.1に示すような、沿岸にいくつかの地区が存在しており、複数の地区より負荷を取り入れている河川が数本流入している海域および河川の上流域を考察の対象とする。なお、各地区の発生負荷量としては、家庭分($k=1$)、工場分($k=2$)の2種を考慮することとする。(通常、下水道計画においては、前記2者の他に家畜等の発生負荷量も考えるが、家畜等の発生負荷量は演算対象地域では前記2者に比べて小さいので、簡単化のため省略した。)

2-1. システム方程式

ここでは、図.1に示したような流域システムにおける負荷移動の定式化を行なう。なお、記号の説明は表.1にまとめて示す。

(I) 流達負荷量関係式：i河川j地区からの流達負荷量は、その地区の発生負荷量と流達率により次式で表わされるものとする。

$$y_{ijk} = \sum_k \alpha_{ijk} \cdot z_{ijk} \quad (1)$$

なお、ここで下水道整備による負荷の人為的カットを考えると、(1)式は、 β_{ijk} をi河川j地区k種の人為的カット率として、

$$y_{ijk} = \sum_k \alpha_{ijk} \cdot (1 - \beta_{ijk}) \cdot z_{ijk} \quad (1')$$

と修正される。

(II) 河川負荷移動式：i河川流域の各地区からの流達負荷量の河川での移動および海域への流出を表わすモデル式は、流出率でもって河川の自浄作用

表.1 記号の説明

z_{ijk}	i投入点(河川)j地区k種発生負荷量
y_{ijk}	i投入点(河川)j地区流達負荷量
u_{ijk}	i投入点(河川)j地区流出負荷量
α_{ijk}	i投入点(河川)j地区k種流達率
β_{ijk}	i投入点(河川)j地区k種から(i+1)地点への流出率
x_i	i投入点(河川)投入負荷量
τ	BOD-COD変換係数
ω	単位変換係数
C_{ijk}	海域のj環境基準点の水質
Q_{ijk}	i投入点のj環境基準点への影響係数
C_{ijk}^*	水質環境基準点の基準値
L_{ijk}^*	i河川j地点での許容流出負荷量
S_1, S_2	対象地域での家庭と工場の発生負荷量の比率の下限、上限
u_{ijk}	i投入点(河川)j地区k種の負荷原単位(単位水量当)
z_{ijk}	i投入点(河川)j地区k種の負荷原単位(単位土地当)
e_{ijk}	i投入点(河川)j地区k種の負荷原単位(単位エネルギー当)
SW^*	利用可能水資源量
ST^*	工場用地供給可能量
SE^*	エネルギー供給可能量
q_{ijk}	i投入点(河川)j地区k種の(移動量に対する)ウェイト

等を代表させることにより、次式となる。(ここでのモデルは、平均的モデルであるため河川での拡散等は考えない。)

$$L_{i,j} = y_{i,j}, \quad L_{i,j} = y_{i,j} + b_{i,j-1} \cdot L_{i,j-1} \quad (2)$$

(2)式で $j = J$ とすることにより、海域への流出負荷量は、

$$L_{i,J} = \sum_{j=1}^J \alpha_{i,j} \cdot y_{i,j}, \quad \alpha_{i,j} = \prod_{k=j}^J b_{i,k} \quad (b_{i,J} = 1.0) \quad (3)$$

と表わされる。

(iii) 流出負荷-投入負荷関係式 : 通常、河川、海域の汚濁指標として、それぞれ BOD 、 COD が用いられる。本稿でもそれぞれに従って、各地区の発生負荷量、流達負荷量および河川の流出負荷量は BOD で、海域への投入負荷量は COD とする。このため、河川の流出負荷量と海域への投入負荷量の間に次式で表わされる変換を考える。

$$x_i = \omega \cdot \sigma \cdot L_{i,J} \quad (4)$$

(iv) 投入負荷-水質関係式 : 海域へ投入された負荷は、移流伝播、拡散混合等により海域全体に広がっていく。この過程は拡散方程式でもって表現できるが⁴⁾、ここでは、各投入点からの投入負荷量と各水質環境基準点での水質との間に、次式のような線型の関係式を仮定する。

$$C_k = \sum_i \alpha_{ik} \cdot x_i \quad (5)$$

ここに、影響係数 α_{ik} は、流達、水深、拡散係数等の函数と考えられるが、その決定方法および(5)式の線型性の検証は、ご行なう。

2-2. 制約条件式・目的函数

(i) 制約条件式 : 本モデルの制約条件としては、種々の制約が考えられるが、ここでは以下のものを考える。

$$C_k \leq C_k^* \quad (6) \quad \sum_i \sum_j \sum_k z_{ijk} / u_{ijk} \leq SW^* \quad (9)$$

$$L_{i,j} \leq L_{i,j}^* \quad (7) \quad \sum_i \sum_j z_{ij2} / x_{ij2} \leq ST^* \quad (10)$$

$$\delta_1 \leq \frac{\sum_i \sum_j z_{ij1}}{\sum_i \sum_j z_{ij2}} \leq \delta_2 \quad (8) \quad \sum_i \sum_j z_{ij2} / e_{ij2} \leq SE^* \quad (11)$$

(6)、(7)式は、それぞれ海域、河川での(水質)環境基準を満足せねばならないという制約であり、(9)式は、対象地域での家庭($k=1$)と工場($k=2$)の発生負荷量の比率の上・下限を抑える制約であり、(9)、(10)、(11)式は、それぞれ水資源、土地、エネルギーからの制約である。なお、土地、エネルギーからの制約は、工場($k=2$)にのみ考えている。

(ii) 目的函数 : 目的函数としては、地域の活動量を最大にするという考えのもとで、各地区の発生負荷量のウエイト付総和を最大にするという次式を採用することとする。

$$J = \sum_i \sum_j \sum_k p_{ijk} \cdot z_{ijk} \quad (12)$$

なお、ウエイト p_{ijk} は、各地区の発生負荷量を人間の活動量、例えば、人口、工業出荷額等に変換する係数と考えることもできる。

2-3. 地域負荷配分問題の双対問題の考察

2-1、2-2 で、地域負荷配分モデルは、(1)~(5)式をシステム方程式とし、(6)~(11)式を制約式、(12)式を目的函数とするモデルとして定式化され、制約式、目的函数はすべて各地区各種の発生負荷量 z_{ijk} に関する線型となる。そこで、本モデルは、制約条件(6)~(11)式のもとで目的函数(12)式を最大とするような各地区各種の発生負荷量 $\hat{z}_{ijk}$ を求めるという線型計画法の問題となる。

ここで上記の地域負荷配分問題の双対問題の考察を行なうが、簡単化のため制約条件としては海域の水質環境

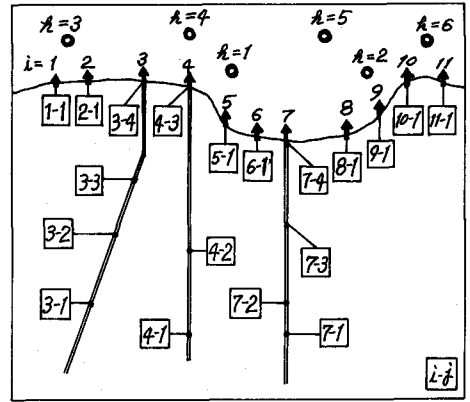


図.1 流域システム図

基準による制約(6)式のみを考えることとする。すると地域負荷配分問題は、(6)式に(1)~(5)式を代入し、

$A_{ijk} \cdot x_{ijk} = \text{coef} \cdot \text{def} \cdot \text{def} \cdot a_{ijk}$ とおくことにより、

$$\sum_i \sum_j \sum_k A_{ijk} \cdot x_{ijk} \leq C_k^* \quad (14) \quad , \quad x_{ijk} \geq 0 \quad (15)$$

のもとで目的函数(12)式($J = \sum_i \sum_j \sum_k g_{ijk} \cdot x_{ijk}$)を最大とする x_{ijk} を求める問題となる。この問題(主問題)に対する双対問題は、

$$\sum_k A_{ijk} \cdot u_k \geq g_{ijk} \quad (16) \quad , \quad u_k \geq 0 \quad (17)$$

のもとで目的函数 $J = \sum_k C_k^* \cdot u_k$ (18)

を最小とする u_k を求める問題となる。以下、この双対問題の解釈を試みる。

まず、 A_{ijk} は (i, j, k) 地区での単位負荷発生による k 基準点での水質上昇量を示し、 g_{ijk} は (i, j, k) 地区で単位負荷発生を許すことによって得られる活動量を示しており、これは活動量で評価した x_{ijk} の価値と考えることができる。ここで、ある地区で負荷発生を許すことによりある活動量を得ることができるが、同時に海域での水質上昇を来し、海域の水質も一種の資源であると考えることにより、その資源(水質資源)を使用するという図式を抽出することができる。すると、 g_{ijk} が活動量であることにより(16)式中の $A_{ijk} \cdot u_k$ も活動量を示すものでなければならず、 u_k は k 基準点での単位水質上昇(水質資源の使用)により得られる活動量を示すものであり、活動量で評価した k 基準点の水質(資源)の価値と考えることができる。

そうすると、(16)式の左辺は、(i, j, k) 地区で単位負荷発生を許すことに要する各基準点での水質(資源)を価値 u_k で評価したときの総活動量となり、制約式(16)式は、この総活動量が実際に (i, j, k) 地区での単位負荷発生により得られる活動量を下まわってはならないという条件を表わしている。一方、目的函数(18)式は、 u_k で評価したその地域が持っている水質(資源)により得られる総活動量を示している。

3. 地域負荷配分モデルの適用例

ここでは、2. で述べた負荷配分モデルの適用例について記す。モデルの適用は、対象地域として A 湾を選ぶが、まず、3-1. で(5)式の影響係数の決定および線型性の検証について述べ、ついで3-2. で演算ケースおよび入力データについて述べ、3-3. で演算結果を示し、その考察を行なう。なお、演算対象地域(A湾)は、図1にその流域システム図を示したように、11個の負荷投入点(うち3個は河川)、6個の海域の水質環境基準点、19個の地区より成り立っている。

3-1. 影響マトリックスの作成²⁾

まず、渦度、流れ速度、渦度式、連続式より海域の潮流計算を、拡散方程式により汚濁計算を行ない⁴⁾、その潮流、汚濁計算により(5)式の影響係数 a_{ijk} を決定した。すなわち、i 投入点より単位負荷量(1kg/sec)を投入したときの k 水質環境基準点での水質として a_{ijk} を決定した。ここで、影響係数 a_{ijk} を行列で表わしたものを影響マトリックスとよぶこととする。このようにして作成した影響マトリックスを表2に示す。影響マトリックスの列は、i 投入点が海域の各水質環境基準点に与えただけの影響を示しているかを示し、行は k 水質環境基準点への各投入点の影響の程度を示している。

また、(5)式の線型性の検証は、

- ① 1 投入点での単位負荷量の2倍量の投入
- ② 単位負荷量の2点投入

による汚濁シミュレーションにより行ない、その結果、線型性の成り立つことを確認した。なお、潮流計算、汚濁計算の基礎式、ブルゴリズム等については参考文献に詳しいのでここでは省略し、その結果の潮流図および11個の投入点よりそれぞれ単位負荷量(1kg/sec)を同時に投入した場合の汚濁分布図を図2、図3に示すこととする。

表2 影響マトリックス

0.1	4.0	1.1	2.0	0.3	0.3	0.3	1.5	0.3	0.2	0.8
0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	1.6	2.1	3.4	3.0	1.2
0.4	0.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2	0.4	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0
0.1	0.1	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	1.0	1.8	0.1

3-2. 演算ケースおよび入力データ

2-2. で制約条件式として(6)~(9)式を考えると述べたが、モデル演算にあたり、制約式の追加・変更により各地区各種の最適配分負荷量 Q_{ijk} がどのように変化するかを考察するため、以下に記すようなケースの演算を行なった。

まず、海域での水質環境基準による制約(6)式と対象地域での家庭($k=1$)と工場($k=2$)の発生負荷量の比率に対する制約(9)式のみを制約条件式としたケース(ケース1, 4, 7, 8)を考えた。ついで、これらの制約に河川での環境基準による制約(7)式を追加したケース(ケース5)を考え、さらに、水資源、土地、エネルギーからの制約(9), (10), (11)式を追加したケース(ケース3, 6)での演算を行なった。

また、海域の水質環境基準値 C_k^* ($k=1\sim6$)として、現行の基準値を用いた場合およびその半分の基準値を用いた場合を考えた。

用い環境基準を厳しくした場合の2通りと、また、対象地域での家庭と工場の発生負荷量の比率の上下限として、 $(\delta_1, \delta_2) = (0.05, 0.5), (0.1, 1.0)$ の2通りの場合を考えた。(現況の家庭と工場の発生負荷量の比率は約0.2である。)

一方、目的関数(12)式における各地区各種の発生負荷量にかかるウェイト g_{ijk} として、ここでは k のみの関数 g_k と考え、 $g_1: g_2 = 1:1$ とした。(このウェイトの比率を変化させた場合の検討は参考文献2)で行なっている。)

以上の演算ケースを表.3 に、演算に用いた他の入力データを表.4 にまとめて示す。

3-3. 演算結果とその考察

表.3に示す演算ケースのうち、ケース1, 2, 3の演算結果を表.5 に示す。表.5には、各地区各種への最適負荷配分量 Q_{ijk} (以下、許容発生負荷量とよぶ)、最適負荷配分の結果としての各投入点よりの海域への投入負荷量および海域の各基準点での水質等が示してある。

ケース1で負荷発生が許容される地区は $(i, j) = (3, 1), (4, 1), (7, 1)$ と河川の最上流の地区だけである。これは、制約として負荷発生が家庭($k=1$)と工場($k=2$)への配分比率に対する制約(9)式と海域での水質環境基準による制約(6)式のみを考え、河川での環境基準による制約(7)式を考

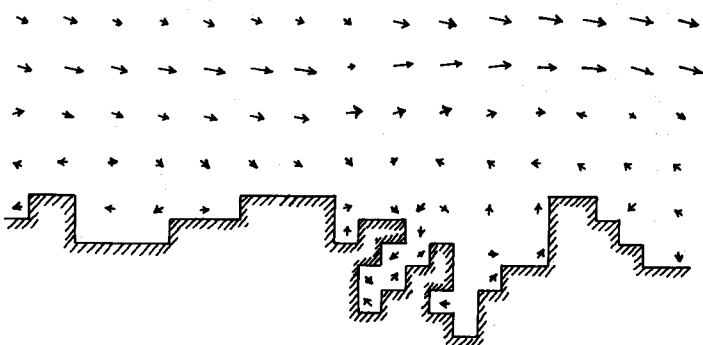


図.2 潮流図

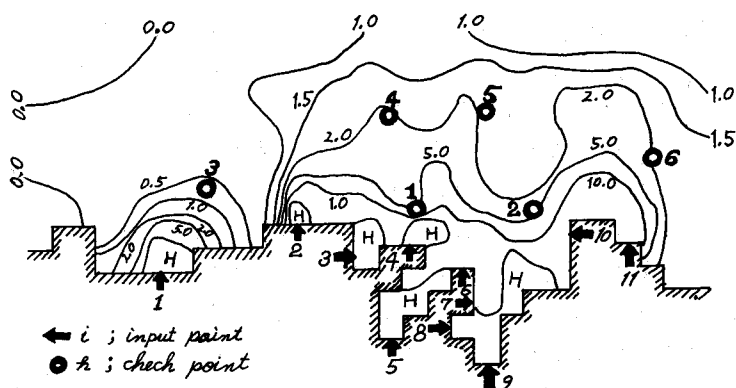


図.3 汚濁分布図

表.3 演算ケース

ケース	入	C_k^* (ppm)	L_{ij}	δ_1, δ_2		SW [*] (m ³ /日)	ST [*] (m ²)	SE [*] (kwh/日)	g_k	
				δ_1	δ_2				$k=1$	$k=2$
1	4	1	—	0.05	0.5	—	—	—	1	1
2	4	1	表	0.05	0.5	—	—	—	1	1
3	4	1	4	0.05	0.5	1×10^6	2.5×10^7	2×10^6	1	1
4	8	2	—	0.05	0.5	—	—	—	1	1
5	8	2	表	0.05	0.5	—	—	—	1	1
6	8	2	4	0.05	0.5	1×10^6	2.5×10^7	2×10^6	1	1
7	4	1	表	0.1	1.0	—	—	—	1	1
8	8	2	4	0.1	1.0	—	—	—	1	1

表.4 入力データ

u_{ijk}			表.4 λ 力 $\bar{\tau}$ - τ			
i	j	k	i	$i=3$	$i=4$	$i=7$
1	by	0.45	by	0.45	0.70	0.20
		0.65		0.40	0.75	
		0.40		—	0.85	
2	by	1.0	by	0.40	—	0.85
		0.4		1.0	1.0	
		0.4		1.0	1.0	
3	by	1.0	by	0.40	—	0.85
		0.4		1.0	1.0	
		0.4		1.0	1.0	
4	by	1.0	by	0.40	—	0.85
		0.4		1.0	1.0	
		0.4		1.0	1.0	
5	by	1.0	by	0.40	—	0.85
		0.4		1.0	1.0	
		0.4		1.0	1.0	
6	by	1.0	by	0.40	—	0.85
		0.4		1.0	1.0	
		0.4		1.0	1.0	
7	by	1.0	by	0.40	—	0.85
		0.4		1.0	1.0	
		0.4		1.0	1.0	
8	by	1.0	by	0.40	—	0.85
		0.4		1.0	1.0	
		0.4		1.0	1.0	
9	by	1.0	by	0.40	—	0.85
		0.4		1.0	1.0	
		0.4		1.0	1.0	
10	by	1.0	by	0.40	—	0.85
		0.4		1.0	1.0	
		0.4		1.0	1.0	
11	by	1.0	by	0.40	—	0.85
		0.4		1.0	1.0	
		0.4		1.0	1.0	

えなかつたためである。すなわち、河川での環境基準による制約がないため、河川流下過程で自浄作用等を代表している流出率 b_j による負荷の自然的カットが行なわれることにより、同量の負荷発生を許容しても、直接海域に負荷が投入される地区（ $i=1, 2, 5, 6, 8, 9, 10, 11$ の地区）に較べて海域の水質に与える影響が小さい上記の河川最上流の地区でのみ負荷発生が許容されるという結果となった。また、その許容量の上限は、海域での水質環境基準、特に、表2の影響マトリックスにおいて $i=3, 4, 7$ 投入点からの影響を強く受ける $n=1, 2, 3$ 基準点での基準値により決定されている。このことは、ケース1の海域の基準点での水質（表5参照）が、 $n=1, 2, 3$ では基準値ぎりぎりの値となっていることより推定される。

		ケース 1		ケース 2		ケース 3		
		k=1	k=2	k=1	k=2	k=1	k=2	
△Σ _{i,j,k} (K _g 目)	1	1	0	0	0	0	0	
	2	1	0	0	0	0	0	
	3	1	1490086	1196608	1000	0	1000	0
		2	0	0	742	0	0	0
		3	0	0	3038	0	3520	0
		4	0	0	0	0	0	0
	4	1	0	8942	393	0	0	0
		2	0	0	850	0	1125	0
		3	0	0	0	0	0	0
	5	1	0	0	0	430015	13740	
	6	1	0	0	0	54060	580880	
7	1	0	1694118	1375	0	0	0	
	2	0	0	158	0	0	0	
	3	0	0	293	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	0	
	8	1	0	0	0	0	0	
	9	1	0	0	0	0	0	
	10	1	0	0	0	22926	0	
11	1	0	0	0	0	0		
Σ _{ij} Σ _k		1490086	2980168	61909	1238165	19385	387682	
L _{ij} (K _g 目)	3	1	—	—	400*	400*	—	
	3	2	—	—	477*	180	—	
	3	3	—	—	1525*	1525*	—	
	4	1	—	—	157*	0	—	
	4	2	—	—	450*	450*	—	
	4	3	—	—	550*	0	—	
	7	2	—	—	173*	0	—	
Σ _i (K _g 目)	3	—	—	—	247*	0	—	
	i=1	—	0	204344	215345	—	—	
	2	—	0	0	0	—	—	
	3	—	209739	610	610	—	—	
	4	—	25044	180	180	—	—	
	5	—	0	430015	186087	—	—	
	6	—	0	634940	0	—	—	
	7	—	216000	210	0	—	—	
	8	—	0	0	0	—	—	
	9	—	0	0	0	—	—	
	10	—	0	22926	0	—	—	
11	—	0	0	0	—	—		
C _R (ppm)	k=1	—	4.0 *	—	4.0 *	—	0.91	
	2	—	4.0 *	—	4.0 *	—	0.43	
	3	—	1.0 *	—	0.95	—	1.0 *	
	4	—	0.82	—	1.0 *	—	0.72	
	5	—	0.79	—	1.0 *	—	0.25	
	6	—	0.75	—	0.48	—	0.0	
SW (m/s)		—	—	—	—	1.0 × 10 ⁶ *	—	
ST (m/s)		—	—	—	—	6.06 × 10 ⁶	—	
SE (km/s)		—	—	—	—	1.29 × 10 ⁶	—	
Σ _{ij} Σ _k Σ _{i,j,k}		—	0.5 *	—	0.05 *	—	0.05 *	
T = Σ _{ij} Σ _k Σ _{i,j,k}		4470249	13009067	407077	—	—	—	

(注) *印は制約限度一杯の値であることを示す。

つぎに、ケース2では、河川での環境基準による制約の式を追加したため、ケース1のように河川上流域での大きな負荷発生が許容されなくなり、負荷発生が許容される地区の分散が少くなっている。すなわち、表5の L_{ij} の値からわかるように、河川上流の地区(1, 3, 4, 7の地区)での発生負荷量は河川の環境基準により基準値ぎりぎりに対応する量までしか許容されず、ケース1に較べて小さな値となっている。そして、その結果海域の水質環境基準点 $n=1, 2, 3$ での水質に余裕が生じ、その余裕に対応する負荷発生が $n=1, 5, 6, 10$ の地区に許容されるという結果になっている。なお、ケース2において新たに負荷発生が許容される地区は、表2に示した影響マトリックスにおいて相対的に小さな値(影響係数)の並ぶ列に対応する投入点の地区といえる。また、海域の水質環境基準点での水質をみると、ケース1では $n=4, 5, 6$ にやや余裕があったのに対し、ケース2では $n=3$ にやや余裕があり、 $n=6$ に大きな余裕が生じている。

ケース3では、前述したようにケース2に水資源、土地、エネルギーによる制約(9),(10),(11)式を追加した。その結果、負荷発生を許容される地区はケース2に較べ大きく減少し、特に、 $i=6,7,10$ の地区での許容発生負荷量は0となっている。また、全流域での許容発生負荷量の総計も、家庭、工場ともケース2の約1/3となっている。このように負荷発生が許容される地区、許容発生負荷量ともケース2に較べ大きく減少した理由は、水資源による制約が主だったためである。(このことは、表.5のSWの欄で全地域での水資源使用量が限度一杯の値となっていることより推定される。) また、河川、海域の環境基準点では、河川の $(x_i) = (3,1)(3,3)(4,2)$ 、海域の $R=3$ を除き、流下負荷量、水質に余裕が生じている。

ケース1, 2, 3の全流域での許容発生負荷量の総計は、ケース1で約447万kg/日、ケース2で約130万kg/日、ケース3で約41万kg/日と制約条件が増すに従って小さくなっていく。一方、家庭($k=1$)と工場($k=2$)への許容発生負荷量の配分比率は、ケース1, 2, 3で、それぞれ0.5, 0.05, 0.05である。

以上、ケース1, 2, 3の演算結果の考察を行なってきたが、以下に他のケースの演算結果をケース1, 2, 3と比較して簡単にまとめる。

・ケース4：負荷発生が許容される地区はケース1と全く同じで、 $\sum_{ijk} x_{ijk}$, x_i , C_R , J とケース1の2倍の値となっている。これは、海域の水質環境基準点での基準値がケース1の2倍の値と仰るためである。

・ケース5: 負荷発生が許容される地区はケース2と全く同一である。各地区の許容発生負荷量についてみると、河川の環境基準による制約をうける地区はケース2と同一の値であり、それ以外の地区はケース2の2倍の値となっている。この理由はケース4と同様である。

・ケース6: 水資源による制約が強くなりすぎ、海域、河川の環境基準からの制約との整合性がとれず有意な結果がでなかった。

・ケース7, 8: それぞれケース2, 5に較べ、負荷発生が許容される地区および地域全体での許容発生負荷量の統計は同じであるが、工場($k=2$)の許容発生負荷量が約半分に減少し、その分家庭($k=1$)の許容発生負荷量が増加している。

4. おわりに

公共水域の水質環境を地域・都市計画の要素として取り扱い、計画対象地域の公共水域の容量を考慮した地域・都市計画作成プロセスの一環として、我々は、すでに河川の水質環境を考慮した地域(支流域)水配分問題を考察してきたが、本稿では、海域および河川の環境等を考慮した地域負荷配分モデルの提示を行ない、そのモデルの適用例を示した。この結果、公共水域の水質環境等からみた各地区各種の許容発生負荷量が導かれ、この許容発生負荷量を制約として地域の治水計画をはじめとする各種計画を策定するという、公共水域の環境を考慮した地域・都市計画の一方法を示しえたと考えらる。

しかし、本稿の問題点としては、システム方程式、制約式、目的関数の妥当性がまずあげられ、とくに、制約式に属するものとして以下の点があげられる。

i) 水資源、土地、エネルギーからの制約を対象地域全域で考えたが、とくに土地に関しては、各地区毎に考えるのが妥当であろう。

ii) 土地、エネルギーの制約を工場についてのみしか考えなかったが、これらの制約に属しても、居住可能面積等を用いることにより水資源と同様に家庭についても考える必要がある。

iii) 本稿では、工業業種を一業種(紙・パルプ)で代表させ工場($k=2$)の各種負荷原単位(u_{ij2} , e_{ij2} , c_{ij2})として表.4に示す値を用いたが、これらの原単位は業種毎に大きな差があり、対象地域によっては、工場($k=2$)を更に細かく分類し、業種毎に考える必要がある等。

本稿では、地域負荷配分モデルの提示に重点をおき、モデルの適用例では制約式の追加・変更により各地区各種の許容発生負荷量 x_{ij} がどのように変化するかを考察を中心としたため、これらの問題点を残してきたが、実際問題への適用にあたっては、これらの問題点についての考慮が必要であろう。

また、本稿で提示した地域負荷配分問題において、問題を海域の環境基準点の水質と海域への投入(流出)負荷量の関係、河川の環境基準または土地、水資源、エネルギーの供給可能量等の制約を含んだ海域への投入(流出)負荷量と発生負荷量との関係という2つのブロックに分け、分解原理を適用したほうが、海域の水質環境と沿岸部または河川流域部の活動との関係を考察する上で、その対応がより明確になると考えられる。

なお、本稿では、下水道の整備を考えなかったが、下水道整備計画のある場合には、システム方程式にその整備による負荷的人為的カットおよび処理場よりの放流負荷を(1')式または参考文献⑤に示したようなモデル式によって導入することにより、本稿のモデルおよび演算手法がそのまま適用可能であると考えらる。

【参考文献】

- 1) 堤武・萩原良巳; 下水道計画の策定過程とその周辺, 土木技術32巻5号, 1977
- 2) 萩原良巳・上田有世・中川芳一・止本善博・萩原清子; 下水道整備計画に關するシステム論的研究Ⅶーとくに水質環境を考慮した地域負荷配分についてー, 土木学会第13回衛生工学研究討論会講演論文集, 1977
- 3) 上田有世・萩原良巳・中川芳一・止本善博; 海域の水質保全のための沿岸地域負荷配分モデルに關する一考察, 土木学会第31回年次学術講演会, 1976
- 4) 萩原良巳・上田有世・中川芳一; 下水道整備計画に關するシステム論的研究Ⅷーとくに海に關してー, 土木学会第12回衛生工学研究討論会講演論文集, 1976
- 5) 萩原良巳・中川芳一; 下水道整備計画に關するシステム論的研究Ⅸーとくに水環境からみた支流域水配分についてー, 同上
- 6) 萩原良巳・中川芳一・止本善博; 下水道整備計画に關するシステム論的研究ー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ー, 土木学会第13回衛生工学研究討論会講演論文集, 1977