

総量規制負荷配分の合理化に関する研究

山口大学工学部 正 員 中面 弘
山口大学工学部 正 員 寺田 正夫
山口大学工学部 学生員 〇松本 毅

1. はじめに

水質の総量規制が具体化しつつある今日、その導入をめぐっての種々の問題点に対する論議がなされている。この問題点の中でも重要なものの一つとして、工場事業場への負荷配分があげられる。工場にとればこの負荷量にかかる処理コストの上昇が甚く経営面で影響してくるものと考えられる。我々は本質規制の合理化に関する研究の一環として、COD総量規制への負荷配分を主として処理コストの面から合理化を試み、

環境容量の設定そのものがまず検討の対象となるべきであるが、本稿ではさしづめある地域にCOD環境容量が設定されたとし、各工場への削減負荷の配分方法の検討を行なった。

2. COD除去費用曲線

負荷配分の合理化を処理コストから考えていく場合には、この処理コストの評価が基礎となる。一般に処理レベルが高くなれば、単位負荷量当りの除去費用も増加すると考えられる。すなわち放物線近似できるとして次の様にCOD除去費用曲線を表すものとする。

$$y = ax^b \quad - (1) \quad \text{ただし } x > 0, y > 0, a > 0, b > 1$$

ここで y は処理コスト(円/日)、 x は除去負荷量(kg/日)である。また a, b は工場ごとに定まる係数である。

3. 負荷配分方法

ここでは以下の4通りの配分を考え、処理コストの上でそれぞれを比較検討する。

i) コストミニマムによる配分

この考え方は設定された環境容量を達成するために必要な削減負荷総量にかかる処理コストを、地域に関してミニマムにするように工場へ負荷配分をするものである。定式化すれば、 n 個の工場が存在するとき、

$$\begin{aligned} \text{目的関数} \quad \text{Min} \sum_{i=1}^n (C_i^0 + C_i) \quad - (2) \quad & \text{Min} \sum_{i=1}^n C_i \quad - (2') \\ \text{Min} \sum_{i=1}^n C_i = \sum_{i=1}^n a_i x_i^{b_i} \quad - (3) \quad & m = \sum_{i=1}^n x_i / \Delta x \quad - (4) \end{aligned}$$

となる。ここで C_i^0 ：現在発生している処理コスト(円/日)、 C_i ：今後削減に要する処理コスト(円/日)、 m ：逐次削減回数、 $a_i x_i^{b_i}$ ： i 回目の削減を i 工場に課するときの処理コスト(円/日)、 Δx ：単位削減負荷量(kg/日)、 x_i ：各工場の削減負荷量(kg/日)

$$\text{制約条件} \quad DL = \sum_{i=1}^n (L_i - x_i) \quad - (5) \quad \therefore \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n L_i - DL \quad - (6)$$

$$0 \leq x_i \leq x_i^0 \quad - (7) \quad x_i^0 = PL_i \cdot R - x_i^* \quad - (8), \quad x_i^* = (DL / \sum_{i=1}^n Q_i) \cdot Q_i - x_i^0 \quad - (8')$$

ここで DL ：環境容量(kg/日)、 L_i ：排出負荷量(kg/日)、 x_i^0 ：削減負荷量 n 上限(kg/日)、 PL_i ：発生負荷量(kg/日)、 R ：除去率(1.0, 0.9, 0.8, 0.7)、 x_i^* ：現在除去負荷量(kg/日)、 Q_i ：排水量(m³/日)

各工場の現在の処理レベルを低下せまいものとするれば、 x_i は(7)式で与えられこれより目的関数(2)式は(2')式にのみかえ得る。また(2')式と併くにあたり C_i は x_i に一次線形でなく(3)式の様に考えるものとする。すなわち Δx を逐次配分するわけだが、 $a_i x_i^{b_i}$ は Δx の i 回目の配分操作の段階で最も経済的である工場における処理コストを示す。この配分を繰り返して(8)式を満足した時、総処理コストはミニマムとなる。

また制約条件(7)式において x_i は(8)式で除去率(100%~70%)の4通りに分ける負荷量、(8')式で環境容量濃度に分ける負荷量で与えた。

ii) 排出負荷あたりの処理努力均等化による配分

ここでは工場の処理の努力度 n ひとつとして、排出負荷量から原本負荷量を控除した正味の排出負荷量当りの

処理コストを考へ、負荷配分後においてこの努力度をできるだけ均等化させようとするものである。

$$\text{目的関数} \quad \text{Min} \sum_i (E_i - \frac{1}{n} \sum_i E_i)^2 \quad - (9) \quad \text{努力度} \quad E_i = C_i / (L_i - BL_i) \quad (\text{円/kg}) \quad - (10)$$

ここで BL_i : 原本負荷量(台)である。すなわち各工場の努力度の偏差の2乗の和を最小にしようと考え、 E_i の低い工場から ΔX を逐次配分する。今 i 工場へ ΔX を配分したときの努力度は次の様になる。

$$E_i = (C_i + \Delta C_i) / \{ (L_i - BL_i) - \Delta X \} \quad - (11)$$

また制約条件については先と同様に与える。配分後(9)式 = 0 とすれば努力度は全く同一化したこととなる。

iii) 発生負荷量に対する除去率均等化による配分

これは工場間の発生負荷量に対する除去率を等しくさせようとする配分方法で、ii)と同様な立場をとり除去率の偏差の2乗の和を最小にするものとするれば、

$$\text{目的関数} \quad \text{Min} \sum_i (R_i - \frac{1}{n} \sum_i R_i)^2 \quad - (12) \quad \text{除去率} \quad R_i = (Z_i^0 / PL_i) \times 100 \quad (\%) \quad - (13)$$

となる。ii)と同様に R_i の低い工場から ΔX を逐次配分する。制約条件についても同様である。配分後(12)式 = 0 とすれば同一除去率が達成されたこととなる。

iv) 山口県規制方式による配分

山口県では独自のCOD減量規制条例によって(14)式で工場のCOD許容排出負荷量を割り当てて。

$$Q_i = k \cdot f_i \cdot C_0 \cdot (Q_0 \times 10^3)^{0.75} \times 10^3 + S \cdot Q_0 \times 10^6 \quad (\text{kg/d}) \quad - (14) \quad \sum_i Q_i = DL, \quad f_i = 1.0, \quad S = 1 \text{ ppm} \quad - (15)$$

ここでは(15)式より k 値を逆算し、工場ごとの許容排出負荷量、削減負荷量を算出し、先の配分方法と処理コストの上で合理性を比較検討するにとどめる。

4. 結果と考察

工場数11、 X と除去率100%としたとき、環境容量10%のときの各工場の削減負荷量とそれにかかる処理コストを表-1に、また同じ条件で環境容量と総処理コストとの関係を図-1に示す。表-1で削減負荷量が0の工場は、コストミニマムケースではその工場において今後のCOD除去は非常に費用と要するものと言え、努力度均等化のケースでは正味排出負荷の割には現状で非常に高い処理努力をしていると言える。山口県の場合削減コストが負の値となる工場がある。その工場は許容排出負荷量以下量を排出しているわけ、その分はその工場の余裕とみさせる。この余裕を排出させないとすれば環境容量は達成できなくなる。この場合は図-1の破線でも示してある。図-1からわかるように一般に環境容量が小さくなれば、総処理コストは加算的に増加する傾向がみられる。

処理コストから各々の配分方法の合理性をみた場合、同一除去率では他の比にならないほど高いコストを要する。また山口県の場合基本的には上乘基準と排水量とへ補てきあり、これだけでは合理性はみられない。

努力度均等化の場合、現状のこの最も合理的かつ公平な配分と考えられるが、地域全体からみればやはりコストミニマムは実現性はともかくとしても、有効な手段として捨て難い。

現段階では水質を仮定したものにするため、今後の実際の水質について検討していく必要がある。

表-1

No.	現 状		コストミニマム		努力度均等化		同一除去率		山口県方式	
	削減量	処理コスト	E_i	削減量	処理コスト	E_i	削減量	処理コスト	削減量	処理コスト
1	75	514	0.36	0	0	270	5872	5.51	1083	37698
2	1085	212	0.35	611	124	550	112	5.32	220	44
3	2286	305	4.18	73	13	20	4	5.83	0	50
4	1081	1328	0.80	948	1851	1160	2622	5.25	1260	2878
5	190	78	0.12	155	19	150	19	7.32	80	10
6	921	1206	3.61	0	0	70	218	5.40	50	153
7	989	898	1.20	746	879	480	549	5.44	350	394
8	1482	577	0.42	1270	2092	980	1449	5.34	710	943
9	2395	2363	4.90	0	0	23	72	5.50	0	-98
10	177	629	5.61	0	0	0	0	5.61	50	53775
11	1109	288	1.59	100	195	100	195	6.00	0	118
合 計	11754	8568		3803	5173	3803	11112		3803	95975
標準偏差			1.96					0.56		

