

閉鎖性水域における環境負荷量配分計画に関するゲーミング分析

鳥取大学工学部 正員 岡田 憲夫
(株) 鴻池組 正員 錦織 敦
(株) 大豊建設〇 正員 高木 志郎

1. はじめに

現在閉鎖性水域を中心として、総量規制による環境制御方式の導入が計画されている。ところが、このような規制方式を導入するに当っては水域周辺の汚濁源に対して、いかに汚濁負荷量を割り振るべきかが問題となる。このような問題は、当事者間のコフリクト調整問題となるが、岡田・錦織は協力n人ゲーム理論によるモデル化の方法について研究している¹⁾。本研究は、基本的にはこの成果を踏まえるが、規範的なゲーム理論モデルでは取り扱えない、より特殊かつ実際の条件をも勘案した負荷量配分を検討する。具体的には、コンピュータ対話型方式によるゲーミング分析手法によるアプローチを提案する。

2. モデル化

① (図-1、表-1)に示すような湖沼に、三都市(A,B,C)が立地している。現在これらの都市からは、生活排水のみがこの湖沼に排出されているとする。都市Aの側には流入河川が、また都市Cの側には流出河川がある。河川からのCOD負荷量の流入はないものとする。また、都市Aは漁業・観光は行っていないものとする。

② 各都市の水質条件のちがいは、排水量より導かれる影響面積(図-1)の重なり具合により表される濃度差によって規定される。また、各都市の利用水域における水質濃度のちがいが漁業・観光業・水道事業に与える影響を以下に示す式により金額に換算して評価の指標とする。また、提示する情報(表-2)の形は、施設が造られる前の状態(湖の平均COD濃度1.7ppmで、そこに未処理の排水が濃度16ppmに希釈されて排出されているものとする)の漁業・観光業・水道事業の収益・処理費用と、施設建設後の状態(平均COD濃度は1.4ppmまで改善され、そこに処理排水が流入しているものとする)の収益・処理費用との差額を改善された額として表示する。これらの費用は年単位の値であるため、建設費用も一年当りの金額に直すと共に、それらを都市の人口で除した値も同時に計算し提示する。

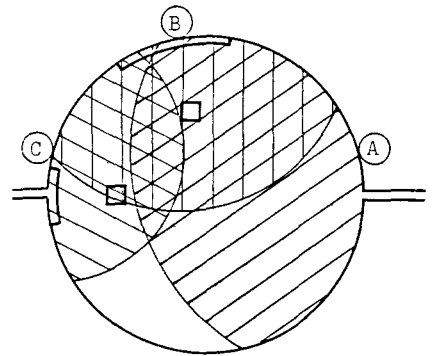


図-1 排水による汚濁状況

$$\begin{aligned} \log(SA) &= 1.2261 \times \log(Q) + 0.0855 \\ GT &= -4.96 \times 10^{-6} \times \log(COD) / \log(2) + 9.851 \\ GM &= 0.1055 \times GT \\ COD &= 36.1 \times TP + 1.93 \\ \log(TR) &= -0.776 \times \log(TP) - 0.982 \\ WP &= -0.035 - 0.009 \times TR \\ PO &= PO \times WP / 100 \\ CEM &= 1.844 \times COD \times 4.072 \end{aligned}$$

SA : 影響面積 TR : 透明度
Q : 排出水量 WP : 満足度
GT : 漁獲高 PO : 観光客数
GM : 漁業生産高 PO : 水質悪化以前の観光客数
COD : COD濃度 CEM : 水道用水処理薬品額
TP : 総リン量

表-1 場面の設定

都市	人口 (万人)	最低排水量 (100m ³ /日)	排水量 (100m ³ /日)	河川流入量 (t/日)	COD負荷量 (t/日)	総量規制 (t/日)
A	24	720	3900	750	6.24	11.2
B	20	600	3250	—	5.20	
C	18	540	2925	—	4.63	

③ 処理施設の建設費用は以下の式で表される。また、一年当りの金額に直すのに年率4.5%、計画年数20年として計算をおこなった。ここで、建設費用を低減さ

表-2 提示する情報

都 市	A	B	C
漁業の改善額 [億円]	—	0.006	0.002
観光業の改善額 [億円]	—	0.052	0.026
水道用水処理費用の改善額 [億円]	0.000	0.036	0.033
処理施設建設費用 [億円]	74.00	64.51	60.02
処理施設建設費用/年 [億円]	6.30	5.52	5.13
処理施設建設費用/(年・人) [円]	2625.65	2758.18	2849.80
改善額の合計 [億円]	0.000	0.0941	0.060
改善額の合計/人 [円]	0.00	46.98	33.22

せる手段として弱提携のみを考え、解を特定する配分概念としてはシャプレイ値のみを用いた。

$$X = V^{0.373} \times \text{EXP}\{1.5 \times (1 - L/L(0))\} - 1$$

$$M = 20.3 \times (9/1000) - 607/100$$

$$XT = \sum \{M/(1-i)^t\} - X$$

X : 施設建設費用 M : メンテナンス費用

V : 下水処理負荷量 XT : 建設費用の現在価値

L : 残存COD負荷量 i : 年間の利率

L(0) : 初期COD負荷量 T : 耐用年数

3. 結果と分析

本学工学部学生を被験者として、(図-2)に従う手順でゲーミングを7ケースおこなった。結果の一例を(表-3)に示す。以下に、被験者の明らかになった事を記す。

・7ケース中4ケースが都市Bの動きを中心として展開する。すなわち、都市Bは三都市の汚濁影響面積が重なる位置に存在するため、他都市のとり行動の影響に受動的に対応せざるを得ない。

・被験者は概ね一人当りの建設費用の多寡に主として注意が集中するが、改善額の推移はあまり重要視されない場合が多い。

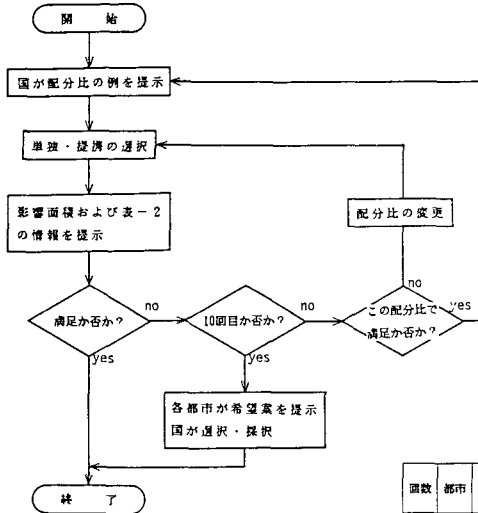


図-2 ゲーミングの手順

・ミクロに見ると、被験者の問題意識の程度によりゲームの進行過程にはかなりの差がでるが、結局は現状の排出量実績比率を基準とした配分比率に落ち着く傾向がある。

4. むすび

その他詳細については講演時に語る。

参考文献

1) 岡田憲夫、錦織敦：ゲーム理論を用いた環境負荷量配分モデルに関する研究、土木計画学研究発表会、1986、1

表-3 実験結果の一例

回数	都市	配分比	提携の組合せ	水産業改善額(億円)	観光業改善額(億円)	浄水費用低減額(億円)	処理施設建設費用(億円)	一年当りの施設の費用(億円)	年間の施設費用/人口(円)	改善額の合計(億円)	改善額の合計/人口(円)	満 or 不満足
1	A	0.387	A-B-C	—	—	0.000	74.00	6.30	2625.65	0.000	0.00	×
	B	0.323		0.006	0.052	0.036	64.51	5.52	2758.18	0.094	46.98	○
	C	0.290		0.002	0.026	0.033	60.02	5.13	2849.80	0.060	33.22	×
2	A	0.390	A-B-C	—	—	0.000	72.30	6.22	2590.13	0.000	0.00	○
	B	0.310		0.006	0.052	0.036	71.87	5.88	2942.18	0.094	0.060	×
	C	0.300		0.001	0.026	0.032	54.36	4.85	2692.72	0.060	33.09	○
3	A	0.390	A-B-C	—	—	0.000	72.31	6.22	2590.48	0.000	0.00	○
	B	0.310		0.006	0.052	0.036	71.88	5.89	2942.60	0.094	46.98	×
	C	0.300		0.002	0.026	0.033	54.33	4.85	2691.79	0.060	33.22	○
4	A	0.385	A-B-C	—	—	0.000	75.13	6.36	2649.20	0.000	0.000	○
	B	0.320		0.006	0.052	0.036	66.21	5.60	2800.86	0.094	46.98	×
	C	0.295		0.002	0.026	0.033	57.18	4.99	2770.98	0.060	33.22	○
5	A	0.385	A-B-C	—	—	0.000	75.17	6.36	2650.01	0.000	0.00	×
	B	0.320		0.006	0.052	0.036	66.19	5.60	2800.26	0.094	47.09	×
	C	0.295		0.001	0.025	0.032	57.22	4.99	2772.06	0.058	32.48	○
6	A	0.400	A-B-C	—	—	0.000	67.20	5.96	2483.99	0.000	0.00	×
	B	0.320		0.006	0.051	0.034	66.25	5.60	2801.81	0.091	45.53	×
	C	0.280		0.001	0.023	0.030	66.09	5.43	3018.55	0.054	30.23	○
7	A	0.385	A-B-C	—	—	0.000	75.23	6.36	2651.27	0.000	0.00	○
	B	0.320		0.006	0.051	0.035	66.25	5.60	2801.77	0.092	46.07	×
	C	0.295		0.001	0.025	0.036	57.22	4.99	2772.06	0.113	62.74	×
8	A	0.380	A-B-C	—	—	0.000	77.98	6.50	2708.57	0.000	0.00	○
	B	0.305		0.006	0.051	0.034	75.03	6.05	3022.56	0.090	45.10	×
	C	0.315		0.004	0.027	0.038	46.10	4.43	2463.27	0.119	66.36	×
9	A	0.385	A-B-C	—	—	0.000	75.17	6.36	2650.01	0.000	0.00	○
	B	0.320		0.006	0.052	0.036	66.19	5.60	2800.26	0.094	47.09	○
	C	0.295		0.001	0.025	0.032	57.22	4.99	2772.06	0.058	32.48	○
10	A											
	B											
	C											