

鳥取大学 大学院 学生員 ○錦織 敦
鳥取大学 工学部 正員 岡田憲夫

1. 研究の背景と目的—最近における我が国の公共用水域の特徴は、①工場排水、生活排水、および農業排水に対する水質規制の強化等によって、一般に河川等の水域の環境が改善されつつあること、また、②都市圏内の中小河川や、内海、内湾、湖沼等の閉鎖性水域では、有機物による汚濁の程度が依然として高く、富栄養化が進行していることである。こうした閉鎖性水域の富栄養化の進行に伴い、上水道への影響、赤潮による漁業被害とい、た種々の障害が生じたため政府は昭和54年から汚濁の著しい広域的な閉鎖性水域を対象に水質環境基準の達成を図るために水質総量規制を導入した。しかし、総量規制方式を国や県が導入するときは、汚濁源・排水源である各水利用主体た、どのような負担・配分させるかということが問題となる。例えば、一方の水利用主体の負担を軽減すればするほど残りの関連水利用主体の負担はその分だけ増大するので都市間でその負担方式の導入の仕方をめぐってコンフリクトが生じるであろう。従ってその導入を図る国や県としては、このコンフリクトをいかに調整するを考えなければ総量規制方式の導入自体が困難となる。

そこで本研究では水質総量規制が設定された閉鎖性水域を想定するとともに、その周辺都市に負荷量を配分するに伴って生じるコンフリクト問題を取り上げる。次いでそのコンフリクトを調整するための方法論を開発するとともにその多角的な運用を試みる。

2. 場面設定—図-1のような直径10kmの湖を共有する3都市A, B, Cを想定する。③A, B, C各都市の人口は現在それぞれ25万人, 40万人および50万人である。④A, B, Cの3都市は現在いずれも汚水を未処理のまま放流している。各都市から排水される汚濁負荷量はそれぞれ Q_A , Q_B , Q_C である。⑤図はこの湖を水質総量規制の指定水域とし、その規制値を Q_{ABC} と設定した。⑥図は、3都市が共同で広域下水道整備方式をとるような行政指導する。その際、風は各都市が規制値を満たせばこれを奨励する意味で、その貢献度に応じてその都市に補助金を与える一方、満たさなければ、場合によってはその制裁としてその都市の国庫補助金を減らすものとする。⑦各都市間のコンフリクトを調整する場として図-2のような2つのレベルを想定する。

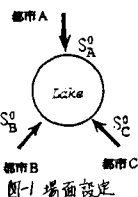


図-1 場面設定

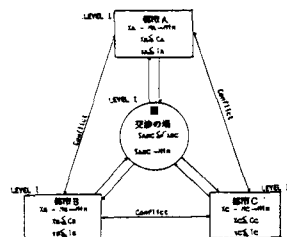


図-2 モデルの概念図

3. ゲームの手順— 図-3参照

(i) レベル1 (都市レベル) — 各参加者は、国が設定した規制値を基に投資額を決定し、施設のタイプ (タイプ1 = 20%の除去率をもつ下水処理施設, タイプ2 = 40%, タイプ3 = 60%, タイプ4 = 80%) を選択する。

(表-1 式(1), (2), (3)参照)

(ii) レベル2 (国レベル) — レベル2の問題は大別して(a)負荷量配分, (b)そこで得られた負荷量配分に基づいた補助金配分, ならびに(c)各都市の水質及び費用負担の達成度の評価・検討を求めるプロセスからなる。

(a) レベル1で決定した投資額の総額で共同処理場を建設した場合 (表-1 式(4), (5)参照), ①ゲームが1回目であれば参加者は負荷量の割り振り手法 (シャープレイ値, S-CRB法, 他,

表-1 モデルの定式化

$X_i \leq C_i$	...	(1)
$X_i \leq f_i$	...	(2)
$X_i - M_i \rightarrow \text{Min}$	...	(3)
$(X_i) \sum_{i=1}^n X_i \geq S_{ABC}$	...	(4)
$S_{ABC} \leq S_{ABC}$	...	(5)
$S_{ABC} \rightarrow \text{Min}$	...	(6)
$M_t = K + \alpha \left(\frac{S_{ABC}}{S_{ABC} - S_{ABC}} \right) \times 100$	...	(7)
$M_i = f(A_i)$	...	(8)
$\sum M_i = M_t$	...	(9)
$\sum (S_{ABC} \geq 0)$	...	(10)
$A_A + A_B \leq S_{AB}$	...	(11)
$A_B + A_C \leq S_{BC}$	...	(12)
$A_A + A_C \leq S_{AC}$	...	(12)
$f(A_i) = \frac{S_i - A_i}{S_{ABC} - S_{ABC}} M_t$	...	(13)

弱仁、比例仁)を選択する。②選択された手法を用いて各参加者に負荷量を割り振る。ここで用いる条件式(表-1 式(1),(2),(3))は、国が各参加都市の立場に立ってその提携(A,B,C)の三者の都市の3者任意の二者が提携することの可能性を考察し、全提携(A,B,C)の三者が共同で行うことに参加した場合で参加しない場合と比べて有利な状態(処理水質のレベルが高い)が達成できることを保証している。これと条件(2),(4)(表-1参照)を合わせるとコアの概念の定式化を得る。そこで負荷量の配分値 A_1, A_2, A_3 の決定に当たっては費用割り振りなどのゲーム論的手法が適用できることが分かる。

- (b)各参加者に割り振られた負荷量をもとに規範的公式(式-13))を用いて各参加者に補助金を配分する。
 (c)各参加者は割り振られた負荷量、補助金に満足するかどうかを検討し、満足する場合はゲームを終了し、満足しない場合はレベル1に戻り、再びゲームを行う。

なお、本ゲームにおいては各参加者に情報を提示する手段としてマイクログコンピュータを用いたカラーディスプレイ装置を使用した。(写真-1参照)

4. 実験結果と分析結果-i)実験は全部で10ヶ所行われた。そのうちの2ヶ所を表-3に示す。これらの結果を一見するとゲームがアレヤの恣意性によって多様展開するよう見えざるがよく分析するとゲーム組み込まれた規範的モデルの特性に規定される大きなことが分かった。ii)例えば表-4は3都市A,B,Cが処理場のタイプとしてそれぞれ1,1,2(パターン(1,1,2))を選択したときを基準として、他のパターンと比較し、実質の費用負担増分と負荷量増分を求めたものである。(注 円記号は減少を示す)ここで都市Aの結果を見てみる。都市AはB,Cに比して人口が少ないため排出負荷量も小さく、投資額が少ない。従って、Aに割り振るべき負荷量は手法の特徴上シャレイ値、SCRB法を用いる方が割り振るべき負荷量が少なく補助金が多い。(すなわちAが有利)ところが、(1,1,2)から(1,2,2)次いで(1,2,3)と移行するとAの実質の費用負担の減少分はシャレイ値、SCRB法よりも弱仁、比例仁の方が大きくなるという結果となった。このことから本ゲームのようた各参加者の行動がゲームの進行過程で変わるダイナミックな交渉ゲーム弱仁、比例仁等の手法を導入した場合、スタティックなゲームでは現われない特性が顕在化することが分かる。iii)この他、本研究で開発したディスプレイ装置はゲームの参加者に配分モデルの特性や、参加者自身の置かれた立場などを学習させるのに活用できることが確認された。

5. まとめ この他に本ゲーム分析のいくつかの改善を求めたが、詳細は講演時に譲る。

(参考文献)

1) H.P. Young, N. Okada & Hashimoto: Cost Allocation in Water Resources Development, (1982)

2) 中村洋二: 費用割り振りに関する基礎的研究, (1981)

3) '79 日本下水道、国土開発調査会, (1980)

表-3 実験結果

ゲーム	1	2	3	4	5	6
1	A	1	1	1	2	0
	B	1	1	2	2	0
	C	2	1	3	3	0
		17.78	15.58	12.84		
2	A	1	1	1	2	1
	B	1	2	1	0	2
	C	1	1	2	4	3
		24.65	24.68	22.91	16.81	22.23

注) ① 施設のタイプ ② 〇: 満足 ×: 不満足
 ③ 割り振られる負荷量 (1/ノ)
 ④ 国の規制値を満たさない

表-2 モデルの定式化に用いた記号

X_i	: 各都市の単独投資額
C_i	: 各都市の単独投資額の上乗せ
I_i	: 都市iに割り振られる負荷量
M_i	: 都市iに割り振られる補助金
S_{ABC}	: 3都市が共同処理したときの総負荷量
G_{ABC}	: 国の規制値
M_{ABC}	: 国が3都市全体に出す補助金
M_{ij}	: 都市iに配分される補助金
$f(x)$	: 補助金xの配分政策を表す関数
K	: 補助金の最低額
α	: 追加の補助金
S_{ij}	: 2都市が共同処理したときの総負荷量 (j=A,B, C, A,C)

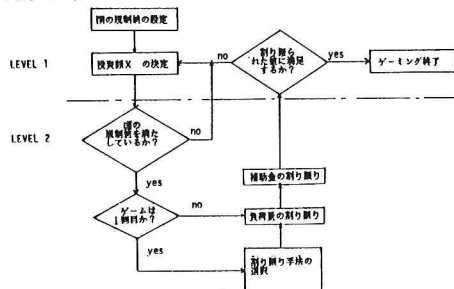


図-3 ゲームのプロチャート

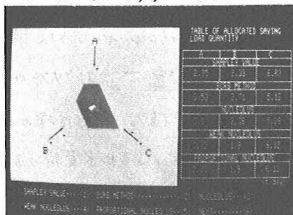


写真-1 カラーディスプレイ表示

表-4 パターン(1,1,2)を基準としたときの実質の費用負担・負荷量増分の増分

パターン	(1, 1, 2, 2)					(1, 2, 3)				
要素	組別	ΔX	ΔM_i	$\Delta X - \Delta M_i$	ΔS_i	ΔM_i	$\Delta X - \Delta M_i$	ΔS_i		
SCRB	A	0.00	0.22	-0.22	0.00	0.00	0.99	-0.90	-2.20	
	B	13.94	2.00	11.94	-7.22	13.94	2.54	11.40	-7.50	
	C	0.00	0.64	-0.64	-0.01	65.20	8.16	61.04	-22.00	
		0.00	0.22	-0.22	0.50	0.00	0.82	-0.92	-2.90	
弱仁	A	13.94	2.02	11.92	-7.28	13.94	2.51	11.43	-7.48	
	B	0.00	0.62	-0.62	0.00	68.20	8.17	61.03	-22.01	
	C	0.00	0.18	-0.18	-1.20	0.00	0.55	-0.85	-2.25	
		13.94	2.08	11.86	-7.70	13.94	2.48	11.46	-7.43	
比例	A	0.00	0.58	-0.58	0.00	65.20	8.27	60.93	-22.32	
	B	0.00	0.23	-0.23	-0.58	0.00	0.93	-0.89	-3.20	
	C	13.94	2.08	11.86	-7.67	13.94	2.31	11.63	-7.35	
		0.00	0.55	-0.55	0.00	65.20	8.30	60.90	-22.35	
$\Delta V (s)$										
AB		-8.00						-8.00		
BC		-0.00						-23.56		
AC		-7.92						-27.71		

パターン(1,1,2)を基準としたとき、

ΔX : 事業費の増分 (億円)
 ΔM_i : 補助金の増分 (億円)
 $\Delta X - \Delta M_i$: 実質の費用負担増分 (億円)
 ΔS_i : 負荷量配分の増分 (1/日)
 $\Delta V (s)$: 節約負荷量の増分 (2者提携) (1/日)