

環境負荷量配分問題に関するゲーミング分析

鳥取大学工学部 正 会員 岡田 憲夫
鳥取大学大学院 学生会員 錦織 敦

1. 研究の背景と目的 最近における我が国の公用水域の特徴は、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、内湾、内海、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、各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の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に当っては、汚濁源・排水源である各水利用主体などの負担・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り、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か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、その周辺都市の負荷量を配分するの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 ①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。

②A、B、C各都市の人口は現在それぞれ25万人、40万人および75万人である。③A、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。各都市から排出される汚濁負荷量はそれぞれ S_A^0 、 S_B^0 、 S_C^0 である。④国はこの湖を水質総量規制の指定水域とし、その規制値を M_t と設定した。⑤国は3都市が共同で広域下水道整備方式をとるよう行政指導する。その際、国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、満たさなかった場合に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。⑥各都市間のコンフリクトを調整する場として次の2つのレベルを想定する。

(図-2参照) (i)レベル1：各都市において水処理施設のタイプと規模ならびにそれに必要な予算額を計上する。(ii)レベル2：国を中心とする負荷量の割り振りおよび補助金の配分額をめぐる3都市間相互の交渉の場。

3. ゲームの手順 3人の参加者に湖の周辺都市A、B、C当局の役割りを割り付け、てもらう。本研究で開発したマイクロコンピュータを用いたカラーディスプレイ装置(写真-1参照)を使って情報提示を行ないゲーミングを行った。以下ゲームの手順について記述する(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、自都市が出している負荷量および予算をもとに投資額を決定し、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)、

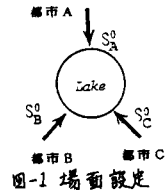


図-1 場面設定

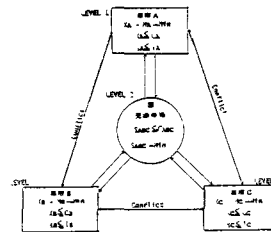


図-2 モデルの概念図

表-1 モデルの定式

$X_i \leq C_i$	...	(1)
$A_i - M_i \leq L_i$	...	(2)
$X_i - M_i \leq M_i$	...	(3)
$X_i - M_i \leq M_i$	...	(4)
$S_{A,B,C} \leq S_{A,B,C}$	...	(5)
$S_{A,B,C} \leq M_i$	...	(6)
$M_t = K + \alpha \left(\frac{S_{A,B,C} - S_{A,B,C}}{S_{A,B,C}} \right) \times 100$	...	(7)
$M_i = f(A_i)$	...	(8)
$\sum M_i \leq M_t$	...	(9)
$A_A + A_B \leq S_{AB}$	...	(10)
$A_B + A_C \leq S_{BC}$	...	(11)
$A_A + A_C \leq S_{AC}$	...	(12)
$f(A_i) = \frac{S_i - A_i}{S_{A,B,C} - S_{A,B,C}} M_t$	...	(13)

(2), (3)参照)

④レベル2(国レベル)ーレベル2の問題は大別して(a)負荷量配分と(b)その結果に基づいた補助金配分および(c)各自の水質及び費用負担の達成値の評価・検討を求めるプロセスがなる。

プロセス(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、国の規制値を満たしている場合(満たしていない場合はレベル1に戻る、表-1式(4),(5)参照)、①ゲームが1回目である場合は参加者は5つの負荷量の割り振り手法(シェア法, SCRB法, 1人弱法, 比例法)の中から1つを選択する。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(4),(11),(12))は国が参加都市の立場に立ってその提携(A,B,C)の三者の都市の任意の二者が提携することの可能性をも勘案し、全提携(A,B,C)の三者が共同で行なうことに参加した場合でも参加しない場合に比べて有利な状態(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。これを条件(2),(4)(表-1参照)を含めるとユアの概念の定式化を得る。そこで負荷量の配分値 M_A, M_B, M_C の決定に当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。

プロセス(b): 各参加者に割り振られた負荷量をもとに規範的公式(表-1式(13))を用いて各参加者に補助金を配分する。

プロセス(c): 各参加者は割り振られた負荷量、補助金および図-4のような評価指標(コンピュータディスプレイ表示した)を満足するかどうかを検討し、満足する場合ゲームを終了し、満足しない場合はレベル1に戻って再びゲームを行なう。

4. 実験結果ー①実験は全部で10ケース行なった。そのうちの2ケースを表-3に示す。

②表-4は10ケースの実験について、参加者が妥協したときの総負荷量と補助金総額を示している。これより本ゲームを行なうことによって、各参加者が国の規制値を(109.57%)を要した10~40%下回る負荷量を達成する方が、単独で規制値を充足するよりも合理的であることを学習・理解することが出来る。また図からみても規制値を下回る負荷量の全削減量を単独で処理しようとしても全補助金額内ではとうてい無理であるので、上のような補助金の使い方は十分に合理的であることが分かる。

5. おまけー この他、実験結果の分析をいくつか試みたが詳細は講演時に譲る。

表-2 モデルの定式に用いられた記号

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率
A_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}	: 都市 i が共同処理したときの総負荷量
θ_{ABC}	: 国の規制値
M_{ij}	: 国が j 都市全体に出す補助金
M_{ij}^*	: 都市 i に配分される補助金
$f(M)$	: 補助金 M 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 ($j=A, B, C, AC$)

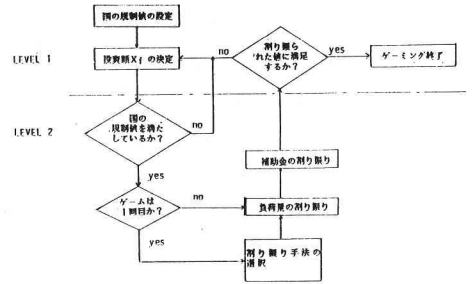


図-3 ゲームのフローチャート

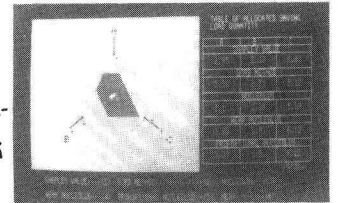


図-4 評価指標

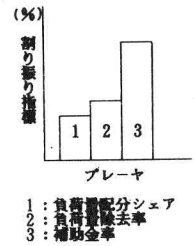


表-3 実験結果

ケース	1	2	3	4	5	6
1	A	1 ○ 1	1 ○ 2 ○			
	B	1 × 1	2 × 2 ○			
	C	2 × 1	3 × 3 ○			
		56.81	34.81	35.95		
2	A	1 1	1 × 2 × 2 × 1 ○			
	B	1 2	1 ○ 1 ○ 2 × 1 ○			
	C	1 1	2 × 4 × 1 ○ 3 ×			
		55.65	16.95	74.65	32.48	

注) ①施設の種類 ②○: 満足 ×: 不満足
③割り振られる負荷量 (t/日)
△: 国の規制値を満たさない

(参考文献) (1) H.P.Young, No 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年日本の下水道、国土開発調査会 (1980)

表-4 妥協したときの総負荷量と補助金

ケース	1	2	3	4	5
総負荷量	64.96	91.42	99.24	91.42	99.24
補助金	26.28	16.63	13.77	16.63	13.77
ケース	6	7	8	9	10
総負荷量	70.74	91.41	67.46	70.75	99.42
補助金	24.17	16.62	25.37	24.17	13.77

単位 総負荷量: t/日
補助金: 億円