

## 環境負荷量配分問題に関するゲーミング分析

岡田 憲夫\*・錦織 敦\*

\* 海洋土木工学科

(1984年8月2日受理)

### A Gaming Analysis of the Allocation of Environmental Loads

by

Norio OKADA\* and Atushi NISHIKORI\*

\* Department of Ocean Civil Engineering

(Received August 2, 1984)

The paper discusses a new type of conflict which arises from the newly established ambient regulation: the polluters meet the total loads of COD standards to be set up by the national government.

Assuming that three cities which currently discharge waste water into their nearby lake contemplate developing a joint sewage treatment facility rather than doing it independently.

The national government whose major concern is with how to best motivate those polluters to collaborate in levelling up the performance of COD treatment, joins in the game as an arbitrator which has a financial card. The players (cities) compete in gaming more allocation of the subsidy by the national government at lesser costs of project investment.

A man-machine interactive approach which makes full use of microcomputer devices is developed to aid the players in practicing the gaming. The paper ends with the assessment of the potential and applicability of the methodology developed.

1 はじめに

最近における我が国の公共水域の特徴は、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った種々の障害が生じたため、政府は昭和54年度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に当たっては、汚濁源・排水源である各水利用主体にどのように負担・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。具体的には関連諸都市が一体となって共同処理場を建設するに伴ってのそれに参入するための各都市の動機づけの条件ならびに、各都市間のコンフリクトの調整問題という視点からこの負荷量配分問題を取り上げる。つ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運用を通してその実用性を検討する。

2 場面設定

① Fig. 1のように直径10kmの湖を共有する3都市A, B, Cを想定する。

② A, 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。

③ A, 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、その総量規制値を $\sigma_{ABC}$ に設定した。

⑤ 国は3都市が共同で広域下水道整備方式をとるように行政指導する。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程度に応じて当該都市に負荷金(負の負荷金)を課するものとする。

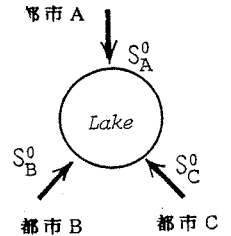


Fig.1 Establishment of situation.

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。(Fig. 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

毎回ゲーミングに当たっては3人の参加者に湖の周辺都市A, B, C当局の役割を受け持ってもらい、マイクロ

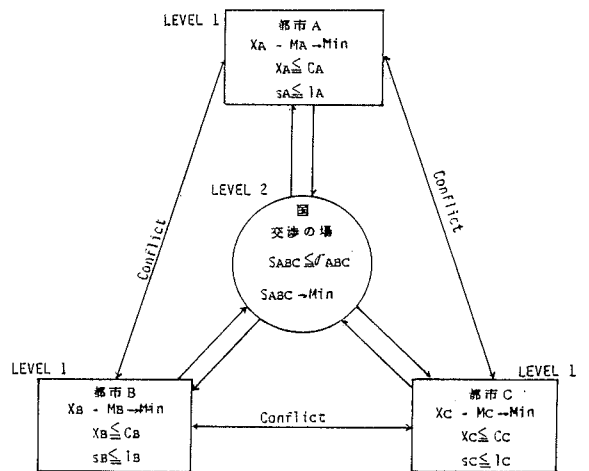


Fig.2 Concept of model.

コンピュータのカラーディスプレイ装置を用いて視覚化情報を提示しながら (Photo. 1, 2, 3 参照) 参加者に自身の行動を選択・決定してもらう方法をとった。以下ゲーミングの手順について説明する。(Fig. 3 参照)

(1) レベル1 (都市レベル)

各参加者は、国が当該都市に対して設定した将来 (計画対象年) の規制値  $l_i (i=A, B, C)$  が現在排出している負荷量および処理場建設に充てられる予算を勘案して投資額  $X_i (i=A, B, C)$  を決定するとともにそれによって可能な単独の下水処理施設のタイプ (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%) とそれによって達成可能な排出負荷量  $S_i (i=A, B, C)$  を選択する。なお各都市の最終的な関心事は共同建設事業に参加することにより多くの補助金  $M_i$  の配分を得るとともに、その貢献度 (後述のように関係してきます) に応じて国からできるだけ自身の投資額  $X_i$  は低く抑えることである。ただしこの二つの要求は相互に競合するので、つまるところ両者の差額としての純支出  $X_i - M_i$  を最小にすることが目標となる。このときレベル1の問題は都市  $i$  について次のように定式化される、

$$X_i \leq C_i \quad \dots \dots (1)$$

$$S_i \leq l_i \quad \dots \dots (2)$$

$$X_i - M_i \rightarrow \text{Min} \quad \dots \dots (3)$$

$$(X_i, S_i \geq 0; i = A, B, C)$$

(2) レベル2 (国レベル)

レベル2の問題は大別して負荷量配分とその結果に基づいた補助金配分ならびに各自の水質および費用負担の達成値の評価・検討を求めるプロセスからなる。

a) 負荷量配分プロセス

まずレベル1で決定した投資額  $\hat{X}_i (i=A, B, C)$  の総額  $\sum_{i=A, B, C} \hat{X}_i$  で共同処理場を建設し、共同処理をしたときの総負荷量  $S_{ABC}$  を求める。一般に規模の経済性からこの総排出量は各自が単独で行ったときの排出量の総和  $\sum_{i=A, B, C} S_i$  よりも小さい。このときまず  $S_{ABC}$  が国の規制値  $\sigma_{ABC}$  を充足する必要があるので次式が成立する。

$$S_{ABC} \leq \sigma_{ABC} \quad \dots \dots (4)$$

もしこの段階で計算された  $S_{ABC}$  が (4) 式を満たさなければレベル1に戻ってこの条件が充足されるまでこの手順を繰り返す。

(4) 式が充足されることが保証されたならば次にこの総負荷量  $S_{ABC}$  を各自に原因者負荷量  $A_i$  として形式的に配分することを考える。これは後述するように国の水質規制値  $\sigma_{ABC}$  の充足度への各自の寄与の程度を測る量として重要になる。この配分問題はつぎのように定式化される、

$$A_A \leq S_A, \quad A_B \leq S_B, \quad A_C \leq S_C$$

$$\dots \dots (5)$$

$$\left. \begin{aligned} A_A + A_B &\leq S_{AB} \\ A_B + A_C &\leq S_{BC} \\ A_A + A_C &\leq S_{AC} \end{aligned} \right\} \dots \dots (6)$$

$$A_A + A_B + A_C = S_{ABC} \quad \dots \dots (7)$$

ここに  $S_{AB}, S_{BC}, S_{AC}$  はそれぞれAとB, BとC, AとCが共同で単独事業費を合せた額で処理場を作ったと仮定したときの処理量 (排出量) を表す。各自の原因負荷量として配分される量  $A_i (i=A, B, C)$  は上記の条件を充足しなければ、この三者による共同事業に参加する動機づけができないことを定式化したものである。これは三

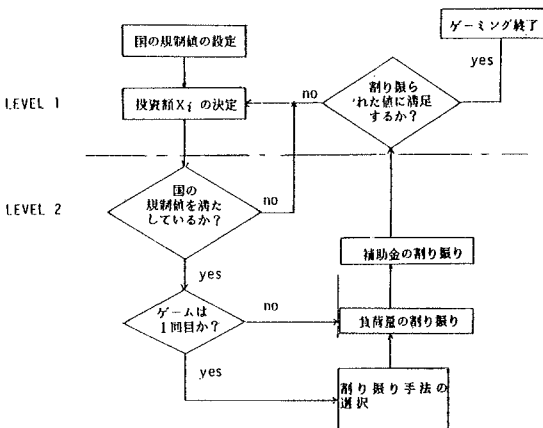


Fig.3 Flow chart of gaming method.

人のプレーヤが  $A_i$  ( $i=A, B, C$ ) の配分を得る上で成立すべき公正配分の必要条件でコアと呼ばれる。このコアを充足する唯一の解を定める方法としていくつかの手法が開発されている。たとえば Young et al (1982) は費用割り振り手法の観点からこの問題を研究し、シャプレイ値, SCRB法, 仁, 弱仁, 比例仁の各種手法の比較をしている。

そこで各参加者は、ゲームが1回目であれば5つの負荷量の割り振り手法(シャプレイ値, SCRB法, 仁, 弱仁, 比例仁)の中から1つを選択する。ついで国は、選択された手法を用いて各参加者に割り振るべき  $A_i$  を決定することになる。

b) 補助金配分プロセス

各参加者に割り振られた負荷量  $A_i$  ( $i=A, B, C$ ) をもとに各参加者に補助金を配分する。ゲーミングでは国はつぎの2つのタイプの配分公式のいずれかを用いた。いずれも基本的には総負荷量の国の規制値  $\sigma_{ABC}$  の充足度に対する寄与度に応じて補助金を配分する考え方をとっている。

タイプ I :

$$TM = k + \alpha \left( \frac{\sigma_{ABC} - S_{ABC}}{\sigma_{ABC}} \right) \times 100 \quad \dots \dots (8)$$

$$M_i = \frac{S_i - A_i}{S_{ABC} - S_{ABC}} \times TM \quad \dots \dots (9)$$

$(i = A, B, C)$

ここに、TM : 国が3都市全体に出す補助金

$M_i$  : 都市  $i$  に配分される補助金

$A_i$  : 処理前の各都市の負荷量

$(i = A, B, C)$

$S_{ABC}$  : 処理前の3都市の総負荷量 (未処理の排出量の総和 =  $\sum_{i=A, B, C} S_i$ )

k : 補助金の最低額 (10億円)

$\alpha$  : 追加の補助金係数

( $\alpha=0.4$ )

TABLE-3

CITY	CONSTRUCTIONAL COST FOR EACH FACILITY (17 yen)			
	1 (280)	2 (480)	3 (680)	4 (880)
A	7,1979	18,4963	42,6883	69,2113
B	9,5481	23,4833	54,3852	88,8625
C	21,4281	52,7264	121,93	197,724

PLEASE SELECT A FACILITY

A-? 1  
B-? 2  
C-? 3

Phot.1 Display system.

TABLE OF ALLOCATED SAVING LOAD QUANTITY			
	A	B	C
SHAPLEY VALUE			
	2.95	2.58	8.83
SCRB METHOD			
	3.53	2.71	5.18
NUCLEOLUS			
	3.4	2.38	5.39
WICKI NUCLEOLUS			
	3.33	1.5	6.42
PROPORTIONAL NUCLEOLUS			
	3.33	1.9	5.12

Phot.2 Continued.

PRESENT TOTAL LOAD QUANTITY (t/day)	136.53		
TREATED TOTAL LOAD QUANTITY (t/day)	67.46		
PRESENT LOAD QUANTITY FOR EACH CITY (t/day)	A	B	C
	23.53	33.18	59.42
ALLOCATED LOAD QUANTITY FOR EACH CITY (t/day)	A	B	C
	15.58	17.86	34.81
TOTAL SUBSIDY (17 yen)	38.59		
ALLOCATED SUBSIDY FOR EACH CITY (17 yen)	A	B	C
	1.21	3.23	26.12

PUSH ANY KEY

Phot.3 Continued.

タイプII:

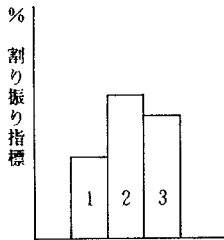
$$TM = 3.3 e^{0.025(S_{abc}^* - S_{abc})} \dots (10)$$

$$M_i = \frac{R_i}{\sum R_i} TM \dots (11)$$

$$R_i = \left( \frac{A_i^* - A_i}{S_{abc}^* - S_{abc}} \right)^{1.5} \dots (12)$$

C) 検討・評価プロセス

各参加者は割り振られた負荷量を、補助金および Fig. 4 のような評価指標 (コンピュータでディスプレイ表示した) に満足するかどうかを検討し、満足する場合はレベル1に戻って再びゲームを行なうことになる。



1: 負荷量配分シェア  
2: 除去率  
3: 補助金率

Fig.4 Index of evaluation

4 実験結果の分析および考察

実験は補助金配分公式タイプIについて10ケース、またタイプIIについて6ケースを行った。(Table. 1, 2, 3, 4 参照)

4-1 負荷量配分手法の基本的特性に関する分析

ここでは各プレーヤに割り振られる負荷量およびその結果に基づく補助金額が割り振り手法によってどのように異なっているかについて分析する。具体的にはプレーヤA, B, Cが処理場施設のタイプとして1, 1, 2 (以降パターン(1, 1, 2)と表記する)を選択したとき、パターン(1, 2, 2)およびパターン(1, 2, 3)のそれぞれの場合について割り振り負荷量と補助金の配分額を各手法別に比較した。その

結果Table. 5~7 (タイプI) およびTable. 8~10 (タイプII) を得た。また、パターン(1, 1, 2)を基準にしてパターン(1, 2, 2), パターン(1, 2, 3)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をTable. 11 (タイプI) と12 (タイプII) に示す。なお表中マイナス記号は減少を示す。

これよりつぎのようなことが言えよう。

(1) 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、従って必要な投資額も少ない。いずれのパターンについても都市Aに割り振られる負荷量が少なく、補助金の還元が多い(すなわちAに有利な)手法はシャプレイ値とSCR B法であることが分る。このことは例えばYoung et al (1982)が既に理論的に証明していることである。

(2) ところが、パターン(1, 1, 2)から(1, 2, 2)次いで(1, 2, 3)と移行すると(Table. 11, 12参照) Aは自助努力を全くしないにもかかわらずAの実質の費用負担の減少分は、(1)の場合にはAにとって有利な手法であったシャプレイ値とSCR B法がむしろAに有利ではなかった手法である弱仁や比例仁よりも小さい(すなわち不利になる)という逆転現象が認められる。

(3) 従って、本ゲームのように各参加者の行動がゲームの進行過程で変るダイナミックな交渉ゲームに弱仁、比例仁等の手法を導入する場合には、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る。

4-2 補助金配分政策関数とその効果

a) タイプI

(1) この配分方法は、(8), (9)式から明らかのようにつぎのような考え方に基づいている。すなわち補助金の総額は国の総負荷量の規制値をクリアした程度に応じて比例的に増減する。また各自への補助金は共同事業に参加した場合の自身の水質改善の相対的な貢献度に応じて比例配分される。

(2) このタイプの場合には、ゲームが2回以上繰り返されたのは10ケース中5ケースあり、そのうちの1ケースを除いて1回目のより2回目以降の方が水質が改善されるという結果が得られた。(Table. 1およびTable. 3参照) このように補助金をめぐってプレーヤ間の争いが行われることにより、水質が改善されるならば本タイプの方法による補助金の配分の効果はかな大きなものといえる。

(3) しかし、このタイプの場合には、プレーヤ3人が多数決によってゲーミングが終了したものの、そのうちプレーヤBまたはCのいずれかは、ほとんどの場合補助金が自身の貢献のわりには少なすぎるとクレームをつける結果となった点に注意する必要がある。

#### b) タイプII

(1) そこでこのタイプの補助金配分方法では、タイプIの場合に指摘されたプレーヤB、Cのクレームをある程度受け入れるためにつきのような改善を試みた。まず

(10) 式に示すように、国の補助金の総額を国の総負荷量規制値をクリアする程度ではなく、現在と比べて共同事業によりどの程度改善されたかという尺度に準拠するとともに、その程度に応じて指数的に増大する関数形を採用した。さらにこれを各都市に配分するに当っては、都市Bや特に都市Cに有利になるように補助金配分政策関数を式(12)、(13)のように設定した。すなわち都市BやCのクレームの根底には、彼等の現在の状態と比べての水質改善への貢献度  $(A_i^* - A) / (S_{ABC}^* - S_{ABC})$  が明示的な尺度として用いられていないこと、ならびにその程度が比例的にしか増減しないことへの不満があったものと解釈されるので、これを解決するために上述のような関数を設定したわけである。この場合さらに、3人のプレーヤが多数決で妥協しても、他のパターンを見ても3人全部が満足するまで行った。

(2) この結果、ほとんどのケースが1回か2回でプレーヤは妥協し、プレーヤCが不満足であるというケースは1ケースのみであった。(Table. 2および4参照)

(3) 3人のプレーヤがいずれも満足する場合は、パターン(1, 1, 2)と(1, 2, 3)の2つのうちのいずれかのパターンに限られることが明らかになった。ところが既述したようにタイプIの場合は、このどちらのパターンのときでもプレーヤBあるいはCのいずれかが不満足であった。このことから、ここで採用したタイプIIはタイプIよりもプレーヤのクレームを改善しえる方法となっていることが分る。

#### 4-3 国から見た補助金の効果

Table. 2および4より明らかなように本ゲーミングを行なうことによって、各参加者は国の規制値を(109.57 t/日)をさらに10~40%下まわる負荷量を達成している。いま仮にこの全削減量に相当する下水処理プラントを国が費やした全補助金額内で達成しようとしても不可能なことが計算上示される。従って、(1)、

(2) で述べたような形で全都市が排水量削減の形で貢献しようとするのを奨励する形で補助金を使うことは、十分に合理的であることが分る。

#### 4-4 人間・機械系対話型情報システムの有効性

本ゲーミングに参加した人々に対して聞き取りの調査をしたところ、マイクロコンピュータを用いた視覚化情報システムはその都度必要に応じてプレーヤ(人間)とコンピュータ(機械)が対話する形でゲーミングの参加者にそこに組み込まれた配分モデルの特性や、参加者自身の置かれた立場などを具体的に把握・学習する上で効果的であることが確認された。

## 5 む す び

本研究は、今後閉鎖性水域の水質を改善していく上で不可避と考えられるCODの総不可量規制問題を取り上げるとともに、その一環として生じてくる関連諸都市への負荷量配分問題に焦点を当てた。すなわち当該問題が都市間のコンフリクトの調整問題としてみなせることを指摘するとともに、特に関係諸都市が一体となって共同処理場を決定する場合の動機づけと利害調整という形からゲーミング分析を行った。さらにその一環として国が補助金配分という形でどのように関与するのが妥当かについても分析したが、その結果次のような知見が得られた。

(1) 汚濁負荷量配分問題は公正配分原理の選定問題とみなすことができる。従ってこの種の問題の典型として開発されている費用割り振り手法などが利用できる。

(2) ただし本ゲーミングのように各プレーヤの立場が変るダイナミックな交渉ゲームの場合には、スタティックなゲーム(従来のゲーム理論はほとんどこの範ちゅうに入る。)では現われない特性が顕在化するので適用に当ってはこの点に留意する必要がある。また今後この点についての理論的な確定が課題となろう。

(3) 本研究ではゲーミングを支援するシステムとしてマイクロコンピュータを利用した対話型情報システムを用いた。これより内部に組み込まれた配分モデルなどの特性や、自身の置かれた状況および他のプレーヤとの交渉可能性などその都度具体的に把握・学習する上できわめて有効的であることが実証的に確認された。

(4) 従って本研究で提示した方法論は今後、この種の配分問題を科学的に論じていく上で一つの有効なアプローチとなりうる。

今後は本ゲーミングで明らかになったいくつかの知見をさらに理論的に裏づけるための研究を実施していく所在である。

Table I Results of experiments.(Type I)

ケース	プレー回数	1	2	3	4	5	6
1	A	1 ○ 1   1 ○ 2 ○	17.78	△	15.58	12.04	
	B	1 × 1   2 × 2 ○	24.65	△	17.06	16.97	
	C	2 × 1   3 × ○	56.81	△	34.81	35.95	
2	A	1   1 ○	△ 17.78				
	B	1   1 ×	△ 24.65				
	C	1   2 ○	△ 56.81				
3	A	1   1 × 1 ○	△ 17.86	17.62			
	B	2   2 ○ 1 ○	△ 17.18	22.74			
	C	1   2 × 3 ×	△ 56.38	30.38			
4	A	1   1   1 △ 2 △ 2 △ 1 ○	△ △ 17.90	12.34	11.85	16.04	
	B	1   2   1 ○ 1 ○ 2 × 1 ○	△ △ 24.68	22.91	16.81	22.23	
	C	1   1   2 × 4 × 1 ○ 3 ×	△ △ 56.66	16.56	74.65	32.48	
5	A	1 ○	15.61				
	B	2 ○	17.20				
	C	3 ×	34.65				

注) 

1	2
3	

 1:施設のタイプ 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

Table II Continued.(Type II)

ケース	プレー回数	1	2	3	4	5	6
1	A	1 ○ 1 ○	14.24	15.58			
	B	3 × 2 ○	10.47	17.06			
	C	3 ○ 3 ○	36.33	34.81			
2	A	1   1 × 1 × 1 ○	△ 17.78	17.28	15.58		
	B	2   1 × 2 × 2 ○	△ 24.65	17.33	17.06		
	C	1   2 ○ 2 ○ 3 ○	△ 56.81	56.80	34.81		
3	A	1 ○ 1 ○	17.86	18.44			
	B	2 × 1 ○	17.18	24.88			
	C	2 ○ 2 ○	56.38	56.08			
4	A	1 ○ 1 ○	16.49	17.47			
	B	2 × 1 ○	17.72	22.94			
	C	4 ○ 4 ○	16.83	14.05			
5	A	1 × 1 ○	17.86	18.45			
	B	2 × 1 ○	17.18	24.80			
	C	2 ○ 2 ○	56.38	56.00			

注) 

1	2
3	

 1:施設のタイプ 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

鳥取大学工学部研究報告 第15巻

Table III Compromised values.(Type I)

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	91.42	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

Table IV Continued.(Type II)

ケース	1	2	3	4	5	6
総負荷量	64.45	67.45	99.24	54.46	99.24	67.45
補助金	30.59	30.59	13.82	42.32	13.82	30.59

単位 総負荷量：t/日  
補助金：億円

Table V Allocated load quantity and subsidy of each methods. (Type I) (Pattern(1,1,2))

手法	指標 フレネ	A	B	C	合計
シャブレイ	*	17.78	24.65	56.81	99.24
	**	1.48	2.05	10.24	13.77
	***	10.75	14.29	74.36	100
SCRB法	*	17.90	24.68	56.66	99.24
	**	1.45	2.04	10.28	13.77
	***	10.53	14.81	74.66	100
仁	*	18.89	24.96	56.20	99.24
	**	1.40	1.98	10.39	13.77
	***	10.17	14.38	75.45	100
弱仁	*	18.44	24.80	56.00	99.24
	**	1.32	2.01	10.44	13.77
	***	9.59	14.60	75.81	100
比例仁	*	18.44	24.80	56.00	99.24
	**	1.32	2.01	10.44	13.77
	***	9.59	14.60	75.81	100

\* : 割り振られる負荷量 (t/日)  
\*\* : 割り振られる補助金 (億円)  
\*\*\* : 比率 (%)

Table VI Continued.(Pattern(1,2,2))

手法	指標 フレネ	A	B	C	合計
シャブレイ	*	17.78	17.33	56.80	91.41
	**	1.70	4.05	10.88	16.63
	***	10.22	24.35	65.43	100
SCRB法	*	17.40	17.30	56.71	91.41
	**	1.67	4.06	10.90	16.63
	***	10.04	24.41	65.55	100
仁	*	17.69	17.26	56.46	91.41
	**	1.59	4.06	10.90	16.63
	***	9.56	24.41	66.03	100
弱仁	*	17.85	17.18	56.38	91.41
	**	1.55	4.09	10.99	16.63
	***	9.32	24.59	66.09	100
比例仁	*	17.86	17.18	56.39	91.41
	**	1.55	4.09	10.99	16.63
	***	9.32	24.59	66.09	100

\* : 割り振られる負荷量 (t/日)  
\*\* : 割り振られる補助金 (億円)  
\*\*\* : 比率 (%)



岡田憲夫・錦織 敦：環境負荷量配分問題に関するゲーミング分析

Table VII Continued.(Pattern(1,2,3))

手法	指標 アレキヤ	A	B	C	合計
シャブレイ	*	15.58	17.06	34.81	67.45
	**	2.38	4.59	18.40	25.37
	***	9.38	18.09	72.53	100
SCR B法	*	15.56	17.20	34.65	67.45
	**	2.37	4.55	18.45	25.37
	***	9.34	17.93	72.73	100
仁	*	16.04	17.54	33.87	67.45
	**	2.25	4.46	18.66	25.37
	***	8.87	17.58	73.55	100
弱仁	*	15.80	18.00	33.65	67.45
	**	2.31	4.32	18.74	25.37
	***	9.11	17.03	73.86	100
比例仁	*	15.80	18.00	33.65	67.45
	**	2.31	4.32	18.74	25.37
	***	9.11	17.03	73.86	100

\* : 割り振られる負荷量 (t/日)  
 \*\* : 割り振られる補助金 (億円)  
 \*\*\* : 比率 (%)

Table VIII Allocated load quantity and subsidy of each methods. (Type II) (Pattern(1,1,2))

手法	指標 アレキヤ	A	B	C	合計
シャブレイ	*	17.78	24.65	56.81	99.24
	**	0.66	1.08	12.08	13.82
	***	4.78	7.81	87.41	100
SCR B法	*	17.90	24.68	56.66	99.24
	**	0.64	1.07	12.11	13.82
	***	4.63	7.74	87.63	100
仁	*	18.09	24.96	56.20	99.24
	**	0.61	1.01	12.20	13.82
	***	4.41	7.31	88.28	100
弱仁	*	18.44	24.80	56.00	99.24
	**	0.55	1.04	12.23	13.82
	***	3.98	7.53	88.49	100
比例仁	*	18.44	24.80	56.00	99.24
	**	0.55	1.04	12.23	13.82
	***	3.98	7.53	88.49	100

\* : 割り振られる負荷量 (t/日)  
 \*\* : 割り振られる補助金 (億円)  
 \*\*\* : 比率 (%)

Table IX Continued.(Pattern(1,2,2))

手法	指標 アレキヤ	A	B	C	合計
シャブレイ	*	15.58	17.06	34.81	67.45
	**	1.21	3.25	26.12	30.58
	***	3.96	10.63	85.42	100
SCR B法	*	15.56	17.20	34.65	67.45
	**	1.20	3.21	26.18	30.58
	***	3.92	10.50	85.61	100
仁	*	16.04	17.54	33.87	67.45
	**	1.10	3.08	26.41	30.58
	***	3.60	10.07	86.36	100
弱仁	*	15.80	18.00	33.65	67.45
	**	1.15	2.94	26.50	30.58
	***	3.76	9.61	86.66	100
比例仁	*	15.80	18.00	33.65	67.45
	**	1.15	2.94	26.50	30.58
	***	3.76	9.61	86.66	100

\* : 割り振られる負荷量 (t/日)  
 \*\* : 割り振られる補助金 (億円)  
 \*\*\* : 比率 (%)

Table X Continued.(Pattern(1,2,3))

手法	指標 アレキヤ	A	B	C	合計
シャブレイ	*	17.28	17.33	56.80	91.41
	**	0.80	2.96	13.05	16.81
	***	4.76	17.61	77.63	100
SCR B法	*	17.40	17.30	56.71	91.41
	**	0.78	2.96	13.06	16.81
	***	4.64	17.61	77.69	100
仁	*	17.69	17.26	54.46	91.41
	**	0.73	2.96	13.12	16.81
	***	4.31	17.61	78.05	100
弱仁	*	17.86	17.18	56.38	91.41
	**	0.70	2.98	13.14	16.81
	***	4.16	17.73	78.17	100
比例仁	*	17.86	17.18	56.38	91.41
	**	0.70	2.98	13.14	16.81
	***	4.16	17.73	78.17	100

\* : 割り振られる負荷量 (t/日)  
 \*\* : 割り振られる補助金 (億円)  
 \*\*\* : 比率 (%)

Table XI Growth of substantial cost burden and allocated quantity. (Type I)

パターン	手法	(1. 2. 2)				(1. 2. 3)			
		都市	$\Delta X_i$ (億円)	$\Delta M_i$ (億円)	$\Delta X_i \Delta M_i$ (億円)	$\Delta S_i$ (L/日)	$\Delta X_i$ (億円)	$\Delta M_i$ (億円)	$\Delta X_i \Delta M_i$ (億円)
シャブレイ	A	0.00	0.22	-0.22	-0.50	0.00	0.90	-0.90	-2.20
	B	13.94	2.00	11.94	-7.32	13.94	2.54	11.40	-7.58
	C	0.00	0.64	-0.64	-0.01	69.20	8.16	61.04	-22.00
SCRB	A	0.00	0.22	-0.22	-0.50	0.00	0.92	-0.92	-2.29
	B	13.94	2.02	11.92	-7.38	13.94	2.51	11.43	-7.48
	C	0.00	0.63	-0.63	0.05	69.20	8.17	61.03	-22.01
仁	A	0.00	0.19	-0.19	-1.20	0.00	0.58	-0.85	-2.85
	B	13.94	2.08	11.86	-7.70	13.94	2.48	11.46	-7.42
	C	0.00	0.58	-0.58	0.26	69.20	8.27	60.93	-22.32
弱仁	A	0.00	0.23	-0.23	-0.58	0.00	0.99	-0.99	-3.26
	B	13.94	2.08	11.86	-7.62	13.94	2.31	11.63	-6.79
	C	0.00	0.55	-0.55	0.38	69.20	8.30	60.90	-22.35
比例仁	A	0.00	0.23	-0.23	-0.58	0.00	0.99	-0.99	-3.26
	B	13.94	2.08	11.86	-7.62	13.94	2.31	11.63	-6.79
	C	0.00	0.55	-0.55	0.38	69.20	8.30	60.90	-22.35
$\Delta V$ (S)					$\Delta V$ (S)				
AB					-8.00				
BC					-0.00				
AC					-7.03				
					-23.56				
					-27.71				

$\Delta X_i$  : 事業費の増分       $\Delta X_i \Delta M_i$  : 実質の費用負担増分       $\Delta V$  (S) : 節約負荷量の増分 (2者提携)  
 $\Delta M_i$  : 補助金の増分       $\Delta S_i$  : 負荷量配分の増分

Table XII Continued. (type II)

パターン	手法	(1. 2. 2)				(1. 2. 3)			
		都市	$\Delta X_i$ (億円)	$\Delta M_i$ (億円)	$\Delta X_i \Delta M_i$ (億円)	$\Delta S_i$ (L/日)	$\Delta X_i$ (億円)	$\Delta M_i$ (億円)	$\Delta X_i \Delta M_i$ (億円)
シャブレイ	A	0.00	0.14	-0.50	-0.50	0.00	0.55	-0.55	-2.20
	B	13.94	1.88	12.06	-7.32	13.94	2.17	11.77	-7.58
	C	0.00	0.97	-0.97	-0.01	69.20	14.04	55.16	-22.00
SCRB	A	0.00	0.14	-0.14	-0.50	0.00	0.56	-0.56	-2.29
	B	13.94	1.89	12.05	-7.38	13.94	2.14	11.80	-7.48
	C	0.00	0.95	-0.95	0.05	69.20	14.07	55.13	-22.01
仁	A	0.00	0.12	-0.12	-0.40	0.00	0.49	-0.49	-2.85
	B	13.94	1.95	11.99	-7.70	13.94	2.07	11.87	-7.42
	C	0.00	0.92	-0.92	0.26	69.20	14.21	54.99	-22.32
弱仁	A	0.00	0.15	-0.15	-0.58	0.00	0.60	-0.60	-3.26
	B	13.94	1.94	12.00	-7.62	13.94	1.90	12.04	-6.79
	C	0.00	0.91	-0.91	0.38	69.20	14.27	54.93	-22.35
比例仁	A	0.00	0.15	-0.15	-0.58	0.00	0.60	-0.60	-3.26
	B	13.94	1.94	12.00	-7.62	13.94	1.90	12.04	-6.79
	C	0.00	0.91	-0.91	0.38	69.20	14.27	54.93	-22.35
$\Delta V$ (S)					$\Delta V$ (S)				
AB					-8.00				
BC					-0.00				
AC					-7.03				
					-23.56				
					-27.71				

$\Delta X_i$  : 事業費の増分       $\Delta X_i \Delta M_i$  : 実質の費用負担増分       $\Delta V$  (S) : 節約負荷量の増分 (2者提携)  
 $\Delta M_i$  : 補助金の増分       $\Delta S_i$  : 負荷量配分の増分

## 参 考 文 献

- 1) H.P.Young, N.Okada, and T.Hashimoto; Cost Allocation in Water Resources Development-A case study of Sweden; Water Resources Research, Vol.18, No.3, June(1982)
- 2) 中村洋二：費用割り振りに関する基礎的研究；鳥取大学卒業論文，1981
- 3) 公共下水道統計（昭和44年度版）；社団法人 日本下水道協会，1970
- 4) '79 日本の下水道；国土開発調査会，1980
- 5) 鈴木光男・中村健二郎：社会システム ゲーム論的アプローチ，1976
- 6) 水経済年報 1981年版；財団法人 水利科学研究所，1981