

環境問題と合意形成

—ゲーム理論による接近の可能性について—

明石光一郎

1. はじめに
2. 環境問題と合意形成の可能性
 - (1) 環境問題における利害対立
 - (2) 合意の必要性和強制主体
 - (3) 環境問題における利害対立のタイプ
 - (4) 環境問題における合意形成の難易度
3. ゲーム理論の概念
 - (1) 定義と仮定
 - (2) 非協力ゲームの概念
 - (3) 協力ゲームの概念
4. 共有地の悲劇型環境破壊における合意形成のインセンティブ
5. 利害対立型環境破壊における合意形成の可能性
6. 環境問題における合意形成のメルクマール：仁の論理
 - (1) 水資源共同開発事業における仁による費用分担：研究例
 - (2) 環境問題への仁の適用の有効性
7. 合意形成がなされない場合のコンフリクト展開の予測：「コンフリクト解析法」による接近について
 - (1) 「コンフリクト解析法」の適用例
 - (2) 「コンフリクト解析法」の環境問題への適用の有効性
8. 利害対立型環境問題の解決について
9. まとめ

1. はじめに

環境問題が人々の関心を集めている。環境問題の解決がむつかしく遅々として進まない理由の1つとして、環境問題が当時者間の深刻な利害対立を含んでいることがある。しかし、環境問題を解決するためには、当時者間の利害を調整して何らかの共通の合意に到達しなければならない。

本稿では、環境問題における合意形成について、ゲーム理論によるアプローチを試みる。すなわち、問題意識はつぎの4点に集約される。

① 環境問題においてはいかなる場合に合意が成立するのか。

② 合意が成立した場合、そのメルクマールになるのは何か。すなわち、いかにしてサイドペイメント（補償等ともなう金銭の授受）が行なわれるのか。

③ 合意が成立しない場合、環境問題に伴うコンフリクトの行方はどうなるのか（コン

フリクトの行方を予測することによって、適切な対応策を立てることができる）。

④ 一般に合意が成立しないと考えられる環境問題においても、状況を変えることにより、合意成立を可能にすることはできないのか。できるとすればどうすればよいのか。

以上の問題について、ゲーム理論の主要な文献のレビューを踏まえながら、考察を試みる。

2. 環境問題と合意形成の可能性

(1) 環境問題における利害対立

環境問題には必ず利害対立が存在する。たとえば『環境白書』（昭和63年版）では環境問題としておおむね第1表の第1列のように分類しているが、その場合の加害者と被害者が第2列と第3列に示されている。

第1表によると、加害者と被害者が別の主体であるケースと、加害者も被害を受けるケースがある。しかしいずれにせよ、加害者は自己の環境破壊活動よりネットの便益を受け、

第1表 環境問題における利害の対立する主体

環境問題の分類		加 害 者	被 害 者
国内	公害 自然環境保全に関する問題	企業 開発推進派（企業、自治体など）	住民 開発反対派（住民など）一般国民
地球環境問題	二酸化炭素の温室効果	消費者、企業	不特定
	フロンガスによるオゾン層破壊	消費者、企業	不特定
	熱帯林破壊	途上国の農民	不特定
	酸性雨	企業 汚染国	住民 被害国
	公害輸出 地域海汚染	企業 企業	住民（被害国） 主として周辺の住民

被害者は損失を被る。

(2) 合意の必要性と強制主体

加害者（環境を破壊する主体）が自由に行動しているかぎり、環境問題は解決されない。そこで何らかの規制（およびそれに対する合意）が必要となる。

一般に、国内では規制を行なう権力機構が存在する。いかに企業が環境汚染を伴うような生産活動を続けたいというインセンティブを持っていても、行政により環境基準が決まっていたり、裁判によって汚染物排出を禁止されれば、それに従わざるを得ない。したがって、国内のように権力機構が存在する場合には、それが存在しない場合と比較して、環境問題の解決は容易であるといえよう。

他方、地球環境問題のように複数の国家間にまたがる環境問題では、強制力を持った権

力機構が存在しない。そのような場合には、当事者間の交渉によって共通の規制を作らなければならない。したがって、合意の成立が環境問題の解決にとって決定的に重要となる。

(3) 環境問題における利害対立のタイプ

環境問題における合意形成の難易度は、利害の対立状況によっても変わってくる。ここでは環境問題における利害対立のタイプを第2表に示す。

① 共有地の悲劇型

加害者も被害者となりうるケースである。温室効果、オゾン層破壊、枯渇性資源の乱獲などがある。

② 完全対立型

加害者と被害者の利害が完全に対立するタイプである（例えば、公害問題や新石垣島空港建設問題はこのタイプの環境問題である）。

第2表 環境問題における利害対立のタイプと強制主体の有無

利害対立のタイプ		強制主体の有無	
		有	無
共有地の悲劇型			温室効果 オゾン層破壊
利害対立型	有サイドベイメントの あることが多い	日本の公害問題	
	ないことが多い	発展途上国の公害問題	ヨーロッパの酸性雨 熱帯林破壊 公害輸出 その他の多国間にまたがる 公害

このタイプにはサイド・ペイメントがある場合とない場合があり、状況は若干異なる。

(4) 環境問題における合意形成の難易度

環境問題では、利害の対立する主体の間に共通の権力機構が存在する場合のほうが、合意形成は容易であるといえる。(ただし、これは有無をいわず強制力による合意となることが多い)。

共通の権力機構がない場合には、当事者間の交渉による自発的な合意が問題となる(本稿では主にそのような合意を考える)。その場合には、

① 交渉に伴う取り引き費用が小さいほど、合意形成は容易である。

② 共有地の悲劇型の環境問題のほうが、完全対立型の環境問題よりも合意形成は容易であると考えられる。

③ 完全対立型の環境問題でも、サイド・ペイメントのあるケースでは、それが無いケースよりも合意形成が容易であるといえる。

3. ゲーム理論の概念

(1) 定義と仮定

『OR 事典』によれば⁽¹⁾、「ゲーム理論は、利害関係の必ずしも一致しない状況における複数の意志決定主体の行動に関する数学理論で、主体間の対立や協力の可能性のもとでの合理的な行動、結果の安定性などについて明らかにしようとするものである」と定義することができる。

また、その発展過程についても、同書では、「この理論は、1944年、フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンによる共著『ゲーム理論と経済行動』の出版以来、広範な普及をみて統計学、経済学をはじめ、OR、行動科学、政治学などに影響を及ぼし、さらに最近では制御工学、都市工学、社会工学などの各種の工学の分野においても多大は興味と関心を引

き起こすにいたっている」と述べられている。

ゲーム理論では、利害を異にするさまざまな主体にかかわる問題、室内ゲームから政治、経済、軍事に至るまでの問題をゲームとして考察する⁽²⁾。ここでいうゲームとは、これらの問題を規定する1組のルールのことである。

ゲームに参加する当事者をプレイヤーとよぶ。各プレイヤーのとりうる行動を戦略とよぶ。さらに、プレイヤーが何らかの戦略をとることにより、ゲームが終了し、結果が生じる。この結果に対するプレイヤーの評価を実数で表わし、利得または効用とよぶ。各プレイヤーは各人の期待効用を最大にするように行動する(これを期待効用原理という)と仮定する⁽³⁾。

プレイヤー間に拘束的な合意が存在するゲームを協力ゲームといい、拘束的な合意が存在しないゲームを非協力ゲームという。

(2) 非協力ゲームの概念⁽⁴⁾

① ゼロ和2人ゲーム

ゼロ和2人ゲームとは、2人のプレイヤーの利得の和が常にゼロになるゲームであり、2人のプレイヤーの利害は完全に相対立する関係にある。

この状況では、各プレイヤーは自分のとりうるいくつかの戦略をとったときの最悪の状態を比較して、それを最善にする戦略をとると考えられる。これをミニ・マックス基準という。

② 非ゼロ和2人ゲーム

非協力非ゼロ和2人ゲームでは、1人のプレイヤーがミニマックス基準に従って行動したとき、もう1人のプレイヤーはミニマックス基準によらない行動をとった方が利得を大きくする可能性がある。したがってミニマックス原理は合理的な行動基準であるとはいえない。

ナッシュは、相手のとる戦略のもとで自己の利得を最大にする行動基準を考えた。これは最適反応原理とよばれている。

③ 非ゼロ和 n 人ゲーム

3人以上のプレイヤーから成る非協力ゲームにおいても、同様の原理があてはまる。

(3) 協力ゲームの概念

① 提携と特性関数

全プレイヤー $N = \{1, \dots, n\}$ のうち部分集合 S が提携として行動したとき、提携 S が最悪の場合でも得られる利得を $v(S)$ とする。 S を v へ対応させる関係を特性関数という。

② 優加法性

任意の2つの互いに交わりをもたない提携 R と S に対して、 $v(R) + v(S) \leq v(R \cup S)$ が成立するとき、ゲームは優加法的であるという。現実の状況から特性関数をつくると、ほとんどの場合優加法性を満たしている。

③ 配分

つぎの2つをみたます利得ベクトル $X = (x_1, \dots, x_n)$ を配分という。

ア) 全員提携が形成されたときに達成される利得は全員に分配される。すなわち、 $\sum_{i=1}^n x_i = v(N)$ 。これを全体合理性という。

イ) 各人が受けとる利得は、彼が単独で行動したときに得られると予想される値 $v(\{i\})$ 以上、すなわち、 $x_i \geq v(\{i\})$ である。これを個人合理性という。

④ 支配

ゲームの2つの配分 $x = (x_1, \dots, x_n)$ と $y = (y_1, \dots, y_n)$ において、ある提携 S について、

ア) S のメンバー全員に対して $x_i > y_i$ および、

$$イ) \sum_{i \in S} x_i \leq v(S)$$

が成立するとき、 X は提携 S を通して y を支配するという。

⑤ コア

いかなる提携によっても支配されない配分をコアという。

⑥ 仁

配分 x について、全員提携 N と空集合 ϕ を除く $2^n - 2$ 個の提携 S の不満の量 $e(S, x) = v(S) - \sum_{i \in S} x_i$ を大きなものから順に並べたベクトルを $\theta(x) = (\theta_1(x), \dots, \theta_{2^n-2}(x))$ (ただし、 $\theta_1(x) \geq \dots \geq \theta_{2^n-2}(x)$ である) とする。2つの配分 x, y について、 $\theta(x)$ と $\theta(y)$ の対応する成分を大きなものから順に比較して行って最初に異なる成分が $\theta_j(x)$, $\theta_j(y)$ であったとき、もし $\theta_j(x) < \theta_j(y)$ であれば、不満の量の小さい x の方が y よりも好ましいと考える。それよりも好ましい配分が存在しないような配分の集合を仁という。

注(1) OR 事典編集委員会〔3〕を参照。

(2) 以下の説明は主として鈴木〔6〕,〔8〕にもとづいている。

(3) 期待効用理論については、フォン・イマン、オスカール・モルゲンシュテルン〔14〕第1章3, 鈴木〔8〕, 249~256 ページを参照。

(4) 非協力ゲームの概念および協力ゲームの概念についての記述は主として鈴木〔8〕, 武藤〔15〕にもとづいている。

4. 共有地の悲劇型環境破壊における合意形成のインセンティブ

本稿の2において、共有地の悲劇型の環境破壊は合意形成が容易であることを述べた。その理由は、環境破壊を規制することによって、当事者全員がもとの状態より良くなることができるからである。

ここでは共有地の悲劇型の環境問題における合意形成のインセンティブについて、定式化を行ない、ゲーム理論のナッシュ均衡の概念を用いて考察する⁽¹⁾。それによって、共有地の悲劇型の環境破壊については、合意形成のインセンティブが存在し、それは環境を破壊する主体が多くなるほど大きくなることを

示す。

いま世界は同質な n 人の生産者からなっており、彼らはフロンガスを投入して工業製品を製造して生計を立てているとする。その投入と産出の技術的關係は生産関数 f で表わされる。

$$\sum_{i=1}^n x_i = X$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = Y$$

$$y_i = f(x_i) \quad f'(x_i) > 0, \quad f''(x_i) < 0, \quad \text{for } \forall_i$$

ただし x_i, y_i, X, Y はそれぞれ、 i のフロンガス投入量、 i の製品生産量、全員のフロンガス投入量、全員の製品生産量である。

生産物およびフロンガスの1単位当たり価格をそれぞれ $1, p$ とする。また、フロンガスを使用することによりオゾン層が破壊されるが、その被害を $G(X)$ とする。被害は全員に平等にふりかかるとすると、各人の被害は $\frac{1}{n} \cdot G(X)$ である。各生産者は自己の利得を最大にしようと行動するから、生産者 i のフロンガス使用量は、

$$\max f(x_i) - Px_i - \frac{1}{n} \cdot G(X)$$

をみたくように決定される。すなわち、

$$f'(x_i) - P - \frac{1}{n} \cdot G'(X) \cdot \frac{\partial X}{\partial x_i} = 0$$

である。生産者 i は i 以外の生産者のフロンガス使用量を $(\bar{x}_1^*, \bar{x}_2^*, \dots, \bar{x}_{i-1}^*, \bar{x}_{i+1}^*, \dots, \bar{x}_n^*)$ と固定した状態、すなわち与件として自己の最適投入を決定しようとするから、

$$f'(x_i^*) = P + \frac{1}{n} \cdot G'(X)$$

により均衡投入量は決定される。

他方、社会全体にとって効率的な配分は、

$$x_i = \frac{X}{n} \quad \text{for } \forall_i \text{ を利用すると、}$$

$$\max n\{f(x_i) - Px_i\} - G(X)$$

より

$$n \cdot f'(x_i) - nP - G'(X) \cdot \frac{\partial X}{\partial x_i}$$

$$= n \cdot f'(x_i) - nP - n \cdot G'(X)$$

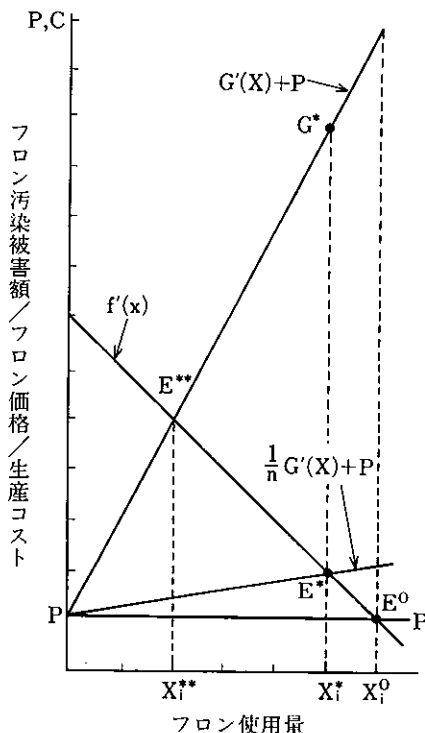
$$= 0$$

ゆえに

$$f'(x_i) = P + G'(X) \quad \text{for } \forall_i$$

第1図において、 $f'(x_i)$ と $G'(X) + P$ の交点 E^{**} より決まる x_i^{**} が社会的に最適なフロンガス投入量である。しかし各生産者は $f'(x_i)$ と $\frac{1}{n} \cdot G'(X) + P$ の交点で決まる x_i^* までフロンガスを使用するのである。とくに n の値が大きくなるにつれて x_i^* は x_i^0 に近づく。すなわち、フロンガスのオーバーユーズがはなはだしくなる。

それでは x_i^0 は何を意味するのか。 x_i^0 はフロンガスの限界生産力とその価格と一致する点で決まっている。したがって、 x_i^0 はフロンガスが環境を破壊するという情報が全くない状況での均衡使用量である。 $G'(X) + P$ はフロンガスの環境破壊を考慮した限界費用



第1図 共有地の悲劇：フロンガス汚染

曲線であり、これを知るためには物理学、化学、疫学、医学等の自然科学の蓄積が必要とされる。

しかし、かりに正しい限界費用曲線が知られたとしても、生産者の数が十分多い場合には、フロンガスの使用量は x_i^0 から減少しないことがわかる。それは各人が自己の利得を最大にするために自由に行動してよいという基準のためである。

E^* から E^{**} へ移行するためには、生産者間の合意が必要となる。そして、合意が形成されるインセンティブは十分存在する。

合意が成立して各生産者のフロンガス投入量が x_i^{**} の水準に規制されたならば、各生産者は「共有地の悲劇に伴う損失」(第1図において3角形 $G^* E^{**} E^*$ の面積で表わされる)、すなわち

$$\int_{x_i^{**}}^{x_i^*} \{G'(X) + P - f'(x_i)\} dx$$

$$\text{s.t. } G'(X) + P = f'(x_i^{**})$$

$$\frac{1}{n} G'(X) + P = f'(x_i^*)$$

を回復することができる。それを「共有地の悲劇による損失回復のための合意形成へのインセンティブ」とよぼう。このインセンティブは n が多くなるほど大きくなることはいうまでもない。

現実のフロンガス使用規制に関する国際間のとりきめは上述の方向への移行である。

注(1) 「共有地の悲劇が存在するとき合意形成のインセンティブが存在する」という事実については、Hardin (13)、鈴木 (9) を参照。また、数式展開の基本的なアイデアについては、奥野、鈴木 (2)、293~294 ページより得た。

5. 利害対立型環境破壊における合意形成の可能性

当事者の利害が完全に対立する環境問題に

おいて当事者全員の合意が成立する可能性を考えてみる。環境問題をゲームとしてみたとき、そのゲームにコアが存在すれば全員の合意は成立する可能性がある。しかし、容易にわかるように、サイトペイントのない環境問題ではコアは存在せず、全員の合意はありえない。

ここでは X 国の工業活動の結果 Y 国に酸性雨が降り、被害が深刻になっているケースを考えてみる。また、ここではすべての主体が自己の経済的便益の最大化を求めて行動し、他の要因は考慮しないと仮定する。

第2図において横軸は汚染物排出量 (SO_2 と NO_x) であり、縦軸は汚染物処理費用と損害金額である。

曲線 MB を X 国の企業の汚染物 1 単位当たりの限界便益、曲線 MC を Y 国の住民の汚染物 1 単位当たり限界被害とする。ここではそれらが金額 (ドル単位) で表わせるものと仮定してつぎのように定式化してみる。

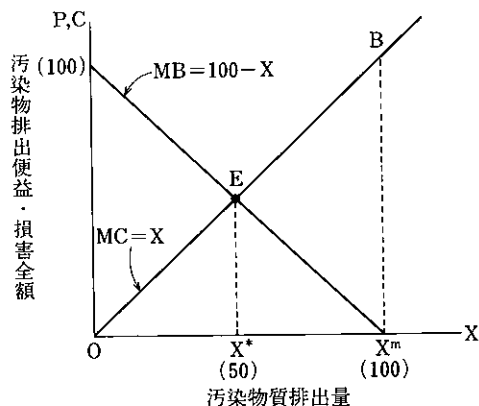
$$\text{限界便益: } MB = 100 - x$$

$$\text{総便益: } TB = 100x - \frac{1}{2}x^2$$

$$\text{限界費用: } MC = x$$

$$\text{総費用: } TC = \frac{1}{2}x^2$$

また、Y 国と X 国の利得を表わすベクトル



第2図 酸性雨による X 国と Y 国の利害対立

を $V = (V_Y, V_X) = (-TC, TB)$ と表わす。

x^m は X 国の利得を最大にする汚染量であって、そのとき両国の利得は $V^m = (-5000, 5000)$ である。 x^* は汚染の限界便益が限界費用と一致する汚染量であり $V^* = (-1250, 3750)$ である。汚染量がゼロのときには両国の利得は $V^0 = (0, 0)$ である。

両国が単独で行動した場合の獲得可能な利得は $v\{Y\} = -5000$, $v\{X\} = 5000$ である。

サイド・ペイメントがない場合には、X 国は汚染物質を x^m まで排出して自国の利益を最大にするであろう。X 国が汚染物質の排出量を x^* もしくは x^0 にするという協定に同意する可能性はないといえる（また、今後汚染物質排出量の増加が予想される新興工業国についても、そのような協定の締結には同意しないであろう）。したがって汚染問題を解決することは、この単純なモデルに関する限り、不可能ということになる。

サイドペイメントが可能な場合には、合意が成立して汚染量は x^* になるであろう。そのとき $V^* = (-5000 + \alpha, 5000 + \beta)$, $\alpha + \beta = 5000$ となる。すなわち、Y 国は X 国に対して金を払って汚染量を減らしてもらうことになる。

この場合、X 国はより汚染発生的な技術（例えば工場の煙突を高くする）ことにより自己の利得を高めるという選択を採る可能性もでてくる（限界費用曲線が上方にシフトするからである）。

しかし一般には、このようなサイドペイメントは可能ではなく、汚染は解消されないケースが多いといえる。

したがって、利害が完全に対立するタイプの環境問題については、経済的な側面のみを考慮するかぎり、解決は不可能ということになる。

6. 環境問題における合意形成のメルクマール：仁の論理

環境問題において合意が成立する場合に、その合意の内容はどのような基準で決定されるのであろうか。合意形成において、ひとつの公正な原理をみたと考えられているものに仁 (nucleous) の論理がある⁽¹⁾。

本稿ではまず仁を実際の水資源共同開発事業へ適用した研究例を紹介し、その適用の有効性について考察する。

(1) 水資源共同開発事業における仁による費用分担：研究例

水道事業者が農業水利団体と共同して水資源を開発することにより開発費用を節約することができるが、その場合の費用分担をいかに決定するかという問題が生じる。そのような場合に仁をひとつの公平な費用分担の基準として用いることができるといわれている。ここでは現実のデータへ仁を適用して仁とそれにもとづく費用分担を求めた鈴木、中村の研究を紹介する⁽²⁾。

プレイヤーの全体を $N = \{1, 2, \dots, n\}$ とする。このうち農業水利団体の全体を A, 都市水道事業者の全体を B とする。ただし、 $A \cup B = N$, $A \cap B = \phi$ とする。

このとき任意の提携 S を考え、提携 S の余剰をつぎのように定義する。

$S \cap B \neq \phi$ なる S に対しては

$$v(S) = \max \left[\sum_{j \in S \cap B} d_j^{(j)} \cdot \delta - \sum_{j \in S \cap B} d^S \cdot y_j - \sum_{j \in S \cap A} \sum_{i \in S \cap B} e_{ij}^S \cdot x_{ij} - \sum_{j \in S \cap A} \frac{f_j}{r} \left(\sum_{i \in S \cap B} x_{ij} - W_i \right) \right]$$

$$\text{S.t. } \sum_{j \in S \cap A} x_{ij} + y_i \geq \delta_j, \quad \forall i \in S \cap A, \\ \forall j \in S \cap B$$

$S \cap B = \phi$ なる S に対しては $v(S) = 0$

ただし

δ_j = 水道事業者 $j \in B$ の年間必要取水量

y_j = $j \in B$ のダムからの年間取水量

x_{ij} = $j \in B$ の農業水利団体 j からの年間
転用水量

$d^{(j)}$ = $j \in B$ の年間単位取水量当たりのダ
ム建設費用

d^S = 提携 S の年間単位取水量当たりの
ダム建設費用

e_{ij}^S = 提携 S において、プレイヤー $i \in S$
 $\cap A$ から、プレイヤー $j \in S \cap B$ へ
転用される年間単位水量当たりのダ
ム建設費用

W_i = 農業水利利用団体 $i \in A$ の農業用水
の年間余剰水量

f_i = $i \in A$ の余剰水量 W_i を超える年間
単位水量当たりの農産物純収益……

for $\sum_{j \in S \cap B} x_{ij} > W$

0……for $\sum_{j \in S \cap B} x_{ij} \leq W$

r_i = 利子率

式の [] 内の第1項は、水道事業者 $j \in B$ が単独でダム建設を行なったときの費用を提携 S について合計したものである。第2項と第3項は提携 S が共同してダムを建設するとともに転用工事を行なったときのダム建設費用と転用工事費用である。第4項は提携 S において、転用水量が農業用水の余剰量より多いときに農産物純収益が減少するが、その損害額である。

したがって提携 S の余剰とは、「 S のメンバーが単独で行動したときの総費用マイナス S が提携として行動したときの総費用」の最大値といえる。

$\delta_j, d^S, e_{ij}^S, f_i$, および r の値を現実のデータから算出することにより、任意の提携 S に対してその利得 $v(S)$ が決定し、水資源共同開発のゲーム (N, v) が定まる。

ここでは参加主体全員の共同開発事業を考えているから、全員で1つの提携を形成した

場合のゲームを考える。この提携のもとでの仁が $(x^* : N)$ と求められると、各プレイヤー i の費用分担額 q_i^* は、

$$q_i^* = C_i - x_i^* = \begin{cases} -x_i^* & \text{for } \forall x_i \in A \\ d^{(i)} \cdot \delta_i - x_i^* & \text{for } \forall i \in B \end{cases}$$

となる。ただし、 C_i はプレイヤーが単独で事業を行なう場合の費用である。ここで、農業水利団体 $i \in A$ に割り当てられる費用 $-x_i^*$ は、農業用水の転用に同意したという協力に対して分配される利得である。水道事業者については、共同事業に参加することにより、単独でダムを建設して取水するための費用 $d^{(i)} \cdot \delta_i$ から x_i^* だけ開発費用を減少させることができる。

ゲームの仁については、つぎの定理より求める⁽³⁾。

(定理) ゲーム (N, v) において (N は N 人ゲームを、 $v(x)$ は提携 X ($1 \leq X \leq N$) がそれ自身で獲得可能な利得を表わす)、

$$d_i = v(N) - v(N - \{i\}) \quad \text{for } \forall i \\ d(S) = \sum_{i \in S} d_i \quad \text{for } \forall S$$

とおくとき、条件

$$(i) \quad d_i + \frac{1}{n} (v(N) - v(N)) \geq 0 \\ \text{for } \forall i \in N$$

$$(ii) \quad v(S) - d(S) \leq \frac{|S|+1}{n} (v(N) \\ - d(N)) \quad \text{for } \forall S \subsetneq N \\ (\text{ここに } |S| \text{ は提携 } S \text{ の人数})$$

がみたされるならば、仁 $\mu(N) = (x_1, x_2, \dots, x_n : N)$ はつぎのように与えられる。

$$(iii) \quad x_i = d_i + \frac{1}{n} (v(N) - d(N)) \\ \text{for } \forall i \in A$$

つぎに、実際に行なわれた水資源共同開発のデータにもとづき、二つの河川の流域を代表する農業水利団体 1, 2 と、三つの都市水道事業者 3, 4, および 5 の 5 人ゲームについての仁を求める作業を説明する。

データは第3表と第4表である。途中の計算のプロセスは第5表と第6表に示されている。第6表において、第4列と第5列を比較することにより定理の条件(ii)が、第6列の要素がすべて非負であることより定理の条件(i)が満たされていることがわかる。したがって、このゲームの仁は定理の(iii)式で与えられることがわかる。求められた仁 x^* および費用分担 q^* は第7表に示されている。またこのゲームの仁はコアにも属しており、その意味からも q^* は安定的であるといえる⁽⁴⁾。

鈴木、中村は「その例からも、仁は十分にその参加者を納得させることのできる論理と

第3表 余剰水量 w_i と計画取水量 δ_j

	余剰水量 w_i [m ³ /year]	計画取水量 δ_j [m ³ /year]
プレイヤー1	1.67×10^8	0
プレイヤー2	1.28×10^8	0
プレイヤー3	0	1.48×10^8
プレイヤー4	0	2.28×10^8
プレイヤー5	0	1.94×10^8

出所：鈴木、中村〔7〕、85ページ。

第4表 単 位 費 用

$S \cap B$	ダム建設の単位費用	転用事業の単位費用		
	d^S [yen/m ³ /year]	e_j^S [yen/m ³ /year]		
{3}	330.9	$e_{13}^3 = 297.3$	$e_{23}^3 = 328.3$	
{4}	327.9	$e_{14}^4 = 299.7$	$e_{24}^4 = 170.6$	
{5}	386.5	$e_{15}^5 = 353.1$	$e_{25}^5 = 200.9$	
{3, 4}	294.3	$e_{13}^{34} = 225.7$	$e_{24}^{34} = 257.5$	
		$e_{23}^{34} = 328.3$	$e_{14}^{34} = 170.6$	
{3, 5}	324.1	$e_{13}^{35} = 227.4$	$e_{25}^{35} = 304.4$	
		$e_{23}^{35} = 328.3$	$e_{15}^{35} = 200.9$	
{4, 5}	286.5	$e_{14}^{45} = 202.8$	$e_{25}^{45} = 232.7$	
		$e_{24}^{45} = 170.6$	$e_{15}^{45} = 200.9$	
{3, 4, 5}	272.8	$e_{13}^{345} = 215.8$	$e_{24}^{345} = 194.8$	$e_{15}^{345} = 224.7$
		$e_{23}^{345} = 328.3$	$e_{14}^{345} = 170.6$	$e_{25}^{345} = 200.9$
農産物の単位純利益	$q_1 = q_2 = 15.0$ (yen/m ³ /year)			
利子率	$r = 0.06$			

出所：鈴木、中村〔7〕、86ページ。

して、多くの場合に適用することが可能であることを知ることができる」と述べ、仁が共同事業の費用分担の1つの基準となりうることを示している⁽⁵⁾。

(2) 環境問題への仁の適用の有効性

まず述べておくことは、配分において仁を採用するかどうかは、その社会の価値判断にかかわっているということである。したがって、公平や公正が尊重される社会集団においては、有効な概念であると考えられる。とくに村落共同体やECのように、共同体内の関係を良好に維持するために内部の不満を小さくすることが必要とされる社会では、十分に有効であろう。

ただし、仁の論理が受け入れられるためには、集団内部において、それが公平を表わす概念であることが認識される必要がある⁽⁶⁾。

また、より利己的な集団では仁の論理が受け入れられにくくなることもあると思われる。

注(1) 仁は Schmeidler〔12〕により提示された概念である。

それは、最大の不満を最小にしているという意味で最大不満の最小化といわれる。任意の提携構造の

第5表 特性関数 $v(S)$ と 開発水量

提携 S	$v(S)$ [$\times 10^8$ yen]	開発される水量 x_{ij}, y_j [$\times 10^8$ m ³ /year]								
		x_{13}	x_{23}	y_3	x_{14}	x_{24}	y_4	x_{15}	x_{25}	y_5
1	0									
2	0									
3	0			1.48						
4	0						2.28			
5	0									1.94
12	0									
13	49.7	1.48		0						
14	47.1				1.67		0.61			
15	55.8							1.67		0.27
23	3.3		1.28	0.20						
24	201.3					1.28	1.00			
25	237.6								1.28	0.66
34	130.8			1.48			2.28			
35	131.2			1.48						1.94
45	288.4						2.28			1.94
123	49.7	1.48	0	0						
124	229.5				1.67	0.61	0			
125	259.6							0.66	1.28	0
134	239.3	1.48		0	0.19		2.09			
135	278.0	1.48		0				0.19		1.75
145	428.2				1.67		0.61	0		1.94
234	289.1		0	1.48		1.28	1.00			
235	288.8		0	1.48					1.28	0.66
245	428.2					1.28	1.00		0	1.94
345	432.2			1.48			2.28			1.94
1234	371.9	0.67	0	0.81	1.00	1.28	0			
1235	435.7	1.48	0	0				0.19	1.28	0.47
1245	556.5				1.00	1.28	0	0.67	0	1.27
1345	562.5	0		1.48	1.67		0.61	0		1.94
2345	562.8	0	0	1.48		1.28	1.00		0	1.94
12345	679.2	0.67	0	0.81	1.00	1.28	0	0	0	1.94

出所：鈴木，中村〔7〕，87ページ。

もとで仁は存在し，かつ一意であること，さらに，コアが存在する場合には仁はコアに含まれることが証明されている（鈴木，中村〔7〕，76～79ページ）。

- (2) 鈴木，中村〔7〕，80～89ページ参照。
- (3) 定理の証明は鈴木，中村〔7〕，86～87ページを参照。
- (4) 優加法的ゲームのコアは，

$$C = \left\{ x \mid \sum_{i \in S} x_i \geq v(S) \right. \\ \left. \text{for } \forall S \subseteq N, S \neq \emptyset \right\} \dots (iv)$$

（ただし x は配分であるとする。）

と求められる。（鈴木，武藤〔10〕，23ページ）。この例におけるゲームが優加法的であることは第6表よりわかる。またこのゲームの仁 $x^* = (70.9, 71.2,$

$77.3, 198.0, 261.8)$ が (iv) 式を満たしていることは，第6表において，任意の提携に対して，第7列 \geq 第2列となることによりわかる。したがって，このゲームの仁はコアに属している。

- (5) 鈴木，中村〔7〕，88～89ページ参照。
- (6) OR サロン「ゲームの理論とOR」〔4〕において，ある出席者が，多目的ダムの開発における費用分担において，仁を使用すると現場の人たちにはなかなか理解してもらえず，カーネルの概念のほうが受け入れられやすいという主旨のことを述べている。

第6表 仁 の 算 出 過 程

提携 S	$v(S)$	$d_j, d(S)$	$v(S) - d(S)$	$\frac{ S +1}{n} \times$ $(v(N) - d(N))$	$d_i + \frac{1}{n} \times$ $(v(N) - d(N))$	$\sum_{j \in S} x_j^{*c)}$
1	0	116.4	-116.4	-91.0	70.9	70.9
2	0	116.7	-116.7	-91.0	71.2	71.2
3	0	122.7	-122.7	-91.0	77.3	77.3
4	0	243.5	-243.5	-91.0	198.0	198.0
5	0	307.3	-307.3	-91.0	261.8	261.8
12	0	233.1	-233.1	-136.5		142.1
13	49.7	239.1	-189.4	-136.5		148.2
14	47.1	359.9	-312.8	-136.5		268.9
15	55.8	423.7	-367.8	-135.5		332.7
23	3.3	239.4	-367.9	-136.5		148.5
24	201.3	360.2	-236.1	-136.5		269.2
25	237.6	424.0	-186.9	-136.5		333.0
34	130.8	366.2	-186.4	-136.5		275.3
35	131.2	430.0	-235.4	-136.5		339.1
45	288.4	550.8	-288.8	-136.5		459.8
123	49.7	355.8	-262.4	-136.5		219.4
124	229.5	466.6	-306.1	-182.0		340.1
125	259.6	540.4	-247.1	-182.0		403.9
134	239.3	482.6	-280.8	-182.0		346.2
235	278.0	546.4	-243.3	-182.0		410.0
145	428.2	667.2	-268.4	-182.0		530.7
234	289.1	482.9	-239.0	-182.0		346.5
235	288.8	546.7	-193.0	-182.0		410.3
245	428.2	667.5	-257.9	-182.0		531.0
345	432.2	673.5	-239.3	-182.0		537.1
1234	371.9	599.5	-241.3	-182.0		417.4
1235	435.7	663.1	-227.4	-227.4		481.2
1245	556.5	783.9	-227.4	-227.4		601.9
1345	562.5	789.9	-227.4	-227.4		608.0
2345	562.8	790.2	-227.4	-22.4		608.3
12345	679.2	906.6	-227.4 ^{a)}		^{b)}	679.2

注. a) この値が $v(N) - d(N)$ である.

b) 定理の条件 (ii) は $S \subseteq N$ なる任意の提携を考えているので、ここは空欄にした.

c) x_i^* はこのゲームの仁

$x^* = (x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*, x_5^*)$ の第 i 成分である.

出所: 第5表より筆者が計算.

第7表 仁 および 費用分担 [$\times 10^8$ yen]

	プレイヤー-1	プレイヤー-2	プレイヤー-3	プレイヤー-4	プレイヤー-5
単独開発費用 C_i	0	0	489.7	747.6	749.8
仁 $x^* = (x_1^*, \dots, x_n^*)$	70.9	71.2	77.3	198.0	261.8
費用分担 $q^* = (q_1^*, \dots, q_n^*)$	-70.9	-71.2	412.4	549.6	488.0

出所: 鈴木, 中村 (25), 88 ページ.

7. 合意形成がなされない場合のコンフリクト展開の予測：「コンフリクト解析法」による接近について

ここでは、環境問題において当事者間の合意が成立せず、環境問題が解決されないケースを考える。そのような場合には、当事者間のコンフリクトの状況を適確に把握し展開を予測することが重要となる。コンフリクトをゲームとして記述し予測する手法として、ゲーム理論の分野に「コンフリクト解析法」がある⁽¹⁾。

ここでは、まずコンフリクト解析法を現実の国際紛争の分析へ適用した研究を紹介する。つづいて、コンフリクト解析法を環境問題へ適用することの意義と有効性について考察する。

(1) 「コンフリクト解析法」の適用例⁽²⁾

大規模水資源開発事業はそれが広域にわたり影響も大きいことにより、しばしば国際間や地域間のコンフリクトを引き起こすことがある。ここではガリソン分水事業に伴いアメリカとカナダの間で生じているコンフリクトについての分析を紹介する。

① コンフリクトの概要

ガリソン分水事業はアメリカとカナダの国境付近を流れる河川から分水する多目的水資源開発事業であり、アメリカ政府土地改良局が事業主体である。事業の便益として灌漑面積の拡大や雇用の増加があり、便益はアメリカが受ける。他方、事業の被害はカナダ住民に発生すると考えられている。その理由は、分水事業の結果汚染された水がカナダへ流れ込み、大規模な汚染をひきおこす可能性があるからである。

カナダ政府はアメリカ政府に対して、ガリソン分水事業に対する懸念や延期を求める外交文書を提出し、コンフリクトが本格化した。

さらに、アメリカの環境保護団体も環境保護の観点より、事業に反対の立場をとるようになった。

② コンフリクトのモデル化

以上の経緯をもつコンフリクトをゲームとしてモデル化し、分析がなされる。分析対象時点としては1976年4月が選ばれている。

③ プレイヤー

4つのプレイヤーのグループに分けられる。

- i) アメリカ・ガリソン分水事業支持派
- ii) アメリカ・ガリソン分水事業反対派
- iii) カナダ・ガリソン分水事業反対派
- iv) 国際共同委員会 (IJC)

本事業の利害からは独立の国際機関であり、調停者の役割を果たす。本事業に対して勧告を出すことになる（分析対象時点では出されていない）。勧告は法的拘束力は持たないが、説得力はあると考えられている。

④ オプション

各プレイヤーの採りうるオプションは第8表に示されている。アメリカ支持派は3つのオプションをもち、いずれかを選択するものとする。アメリカ反対派とカナダ反対派のオプションはそれぞれ1つであるが、それを採るか採らないか2つの戦略をもつとする。IJCのオプションは4つであると予想され、いずれかをとるものとする。

⑤ 発生事象

実行可能な発生事象は $3 \times 2 \times 2 \times 4 = 48$ 個である。その48個の発生事象から、プレイヤーの選好上実行不可能と考えられる発生事象を除去して、23個の発生事象が残る（第9表参照）。ただし、この除去作業の仕方によっては分析を誤る可能性があり、細心の注意が必要となる。

⑥ 選好性

プレイヤーの選好性は第10表に示される。10進表現の発生事象は左端が最も選好性が高く、右端が低くなるように並べられている。なお、互いに等選好の発生事象には「—」が

第8表 ガリソン・コンフリクトのプレイヤーおよびオプション

プレイヤー	オ プ シ ョ ン
アメリカ支持派	1. 分水事業の全面的完成を進める 2. カナダ側への影響を減じるように手直しをして分水事業を進める 3. アメリカ側の環境保護主義者を鎮めるように手直しして分水事業を進める
アメリカ反対派	1. 環境保護関連法にもとづいて訴訟を起こす
カナダ反対派	1. 1909年の国境協定にもとづいて訴訟を起こす
国際共同委員会 (IJC)	1. 分水事業の全面的完成を支持する 2. カナダ側へ影響を減じるように手直した分水事業の完成を支持する 3. ロントリーダムを除く分水事業を差し止める 4. 分水事業を全面的に差し止める

出所：岡田，ハイブル，フレーザー，福島〔1〕，73ページ。

第9表 ガリソン・コンフリクトの実行可能な発生事象

アメリカ支持派	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
全面的	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
規模縮小	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
反対派を鎮める	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
アメリカ反対派	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
法的手段	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
カナダ反対派	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
国境条約を盾にする	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
国際共同委員会	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
全面的	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
規模縮小	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ロントリー湖のみ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
差し止め	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
十進表現	34	36	41	42	50	52	57	58	66	68	74	82	84	89	90	146	148	153	154	274	276	281	282

注. “1”はオプションが採用されることを，“0”はされないことを示す。

出所：岡田，ハイブル，フレーザー，福島〔1〕，82ページ。

ついている。

各種の発生事象についての当事者の選好性については、本事業の当事者個人に電話で照会して直接集めたものである。相対的な選好関係が未知の発生事象はとりあえず等選好となっている。IJCについては、IJCが公平さを保持しなければならないとみなされている点を考慮し、その勧告案はすべて等選好であるとしている。

⑦ 安定性分析

つぎの3種類のタイプの安定性の概念を使用している。

i) 合理的 (r) : プレイヤーがその発生事象から移れるある UI を持っていない場合

である。ここに UI は一方的改善 (unilateral improvement) のことであり、他のプレイヤーの戦略が変わらない場合に、当該プレイヤーにとって現在の発生事象より望ましく、かつ独立で移行することができる発生事象をいう⁽³⁾。この発生事象は安定である。

ii) 連続的制裁 (S) : プレイヤーがその発生事象から移れる UI を取ろうとしても、相手のプレイヤーが有効的行動を取って、当該プレイヤーがもとの発生事象から移ることのできるどの UI に対しても、結果的にかえって好ましくない事象になってしまう。この場合そのプレイヤーは結局もとの発生事象から移行するのを思いとどまざるを得なくなる。

第 10 表 ガリソン・コンフリクトの安定性分析表

アメリカ支持派																						
E	x	x	E*	x	x	x	x	x	x	E	x	x	x	x	E	x	E*	x	E	x	E*	x
r	r	r	r	u	r	r	u	r	r	r	r	u	u	u	r	u	r	u	r	u	r	u
41	57	34	36	42	50	52	58	66	82	74	90	68	84	89	148	146	153	154	276	274	281	282
				41			57						66	82	90		148	153		276		281
アメリカ反対派																						
r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	u	u	u	u	u	u
276	148	84	68	52	36	282	154	90	74	58	42	281	153	89	57	41	274	146	82	66	50	34
																	282	154	90	74	58	42
カナダ反対派																						
r	r	r	r	r	r	r	r	r	u	u	u	r	r	r	s	s	u	r	r	r	r	u
282	274	276	154	146	148	74	66	68	90	82	84	36	42	34	58	50	52	281	153	89	41	57
									74	66	68					42	34	36				41
国際共同委員会																						
r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r
34	36	41	42	50	52	57	58	66	68	74	82	84	89	90	146	148	153	154	274	276	281	282

注. * 発生事象 36, 153 および 281 はみせかけの均衡解である。
出所：岡田，ハイブル，フレーザー，福島（1），82 ページ。

この発生事象は安定である。

iii) 不安定 (u)：プレイヤーが UI を持っており，他のプレイヤーがそれに対する有効的な制裁を取ることができないとき，発生事象は不安定である。

安定性分析も第 10 表に示されている。各選好ベクトルの要素の真下には，その発生事象のもとでの UI が記されている。また，要素の真上には，その発生事象の性質が記されている。全体としての安定性は，アメリカ支持派の選好ベクトルの 2 行上に記されている。ある発生事象が全体として安定すなわち均衡解となるのは，全てのプレイヤーに対してそれが安定である場合にかぎられる。

ここでは 7 個の均衡解が得られているが，そのうちの 3 個はみせかけのものであり，真の均衡解は 41, 74, 148 ならびに 276 の 4 つである⁽⁴⁾。

⑧ コンフリクトの現実の経過

コンフリクトの経過はモデルの均衡解で適確に予測できると結論づけられている。

IJC はロントリー湖のみの建設を支持する勧告を出した。これを受けて，アメリカ支持派は規模を縮小した計画をうち出した。（これはアメリカ反対派に対しては宥和的であるが，カナダ反対派への考慮はあまり払われていない。）したがってアメリカ反対派は訴訟を起こしていないし，起こさないと考えられる。

以上は均衡解 148 の発生事象 (001, 0, 1, 0010) に相当する経過であるといえる。カナダ反対派はまだその戦略をうち出していないが，均衡解の内容からいって，訴訟を起こすことが予測される。

(2) 「コンフリクト解析法」の環境問題への適用の有効性

当時者間の利害が完全に対立するタイプの

環境問題においては、共通の合意は起こりにくいと考えられる。したがって「コンフリクト解析法」のような非協力ゲーム理論による接近が必要である。「コンフリクト解析法」は従来の非協力ゲーム理論よりも多くの均衡解を提示することができ、現実の多様な状況に対応できるといえよう。

「コンフリクト解析法」を現実の問題へ適用する場合、気をつけなければいけないのはプレイヤーの選好性の評価についてであろう。プレイヤーの選好性を知ることは容易ではないだろうし、分析者の恣意が入ることも考えられる。しかし、ゲームの均衡解はプレイヤーの選好順序に決定的に依存しているため、選好性順序の決定は正確かつ客観的でなければならない。選好性の予測の精度を上げることは、情報収集活動により可能であろう。

いずれにしろ、利害が決定的に対立する環境問題が多い現実を直視するならば、「コンフリクト解析法」に代表される方向への研究の発展はより必要となるとと思われる。

- 注1) 岡田, ハイプル, フレーザー, 福島〔1〕を参照。
 (2) 岡田, ハイプル, フレーザー, 福島〔1〕, 64~93 ページ参照。
 (3) 岡田, ハイプル, フレーザー, 福島〔1〕, 18 ページ。
 (4) みせかけの均衡解については岡田, ハイプル, フレーザー, 福島〔1〕, 91~92 ページを参照。

8. 利害対立型環境問題の解決について

本稿の5では、利害が完全に対立するタ

イプの環境問題は、経済的な面のみを考慮するかがり、解決が不可能であることを述べた。ここでは、そのような環境問題を解決するためには、いかなる条件を考慮し、いかなる状況を設定すればよいかを考察する。

再び Y 国と X 国の酸性雨によるコンフリクトを例としてとりあげ、メタゲーム理論による考察を行なう⁽¹⁾。

ここでは X 国の酸性雨に対して Y 国がなんらかの報復措置をとりうるケースを考える。Y 国のオプションを、A: とくに報復措置をとらない, B: 弱い経済制裁, C: 強力かつ全面的な制裁措置, とする。X 国のオプションを、D: 汚染物質排出量を大幅に削減する, E: 汚染物質排出量をある程度減少させる, F: 汚染物質排出量は減少させない, とする。

第 11 表は両国の選好順序を表わすマトリクスである。各マス目の左側は Y 国の、右側は X 国の選好を表わしている。また選好順序については、数の大きい順に選好されるものとする。

両国の選好順序について述べる。X 国は、汚染が多いほど望ましく、制裁を受けないほど望ましいという選好順序をもっているとする。Y 国は、まず汚染が少ないことが望ましく、かつ汚染の少ない段階では報復措置を採りたくないが、汚染がひどくなると報復措置を採ることが望ましいという選好順序をもっているとする。

第 11 表(1)は、Y 国と X 国の関係が緊密

第 11 表 酸性雨による X 国と Y 国の紛争のゲーム

(1) 有効な制裁のないケース

		X 国 (汚染国)		
		D	E	F
Y 国 (被害国)	A	9,3	4,6	1,9
	B	8,2	5,5	2,8
	C	7,1	6,4	3,7

(2) 有効な制裁のあるケース

		X 国 (汚染国)		
		D	E	F
Y 国 (被害国)	A	9,7	6,8	1,9
	B	8,4	5,5	2,6
	C	7,1	4,2	3,3

(3) 有効な制裁があり、日本が強い報復動機をもつケース

		X 国 (汚染国)		
		D	E	F
Y 国 (被害国)	A	9,7	4,8	1,9
	B	8,4	5,5	2,6
	C	7,1	6,2	3,3

でなく、Y国が効力のある制裁措置をとりえないケースを仮定している。このゲームの均衡解は(C, F)であり、X国は汚染量を全く減少させないことになる。

第11表(2)は、Y国とX国が経済面等において緊密な関係にあるため、Y国の報復措置はX国にかなりの影響を与えうるケースである。なお、X国がある程度汚染を減少させる場合には(オプションEに相当)、Y国は制裁措置をとることを好まないことが仮定されている。この場合の均衡解は(A, E)もしくは(C, F)となる。もしも両国でなんらかの交渉が行なわれるならば、(A, E)で合意が成立する可能性が強い。これは、X国はある程度汚染を減少し、Y国は報復措置をとらないことを示している。

第11表(3)はおおむね(2)と同じであるが、Y国がX国の汚染に対して報復措置を強く望む選好をもつケースである。

さらに、現実のゲームは(2)であるが、X国はY国の選好を誤って(3)であると認識して行動するケースを考える。ここでX国は、X国が汚染量をある程度削減するというオプションEに対して、Y国は報復措置をとることを選好する、と認識していることになる。

このようなゲームでは均衡解は(A, D)もしくは(C, F)となる。もしも両国でなんらかの交渉が行なわれ、かつX国が自身の誤謬に気づかなければ(A, D)で合意が成立する可能性が強い。(Y国の真の選好が第11表(3)で表わされる場合にも同じであることはいままでの間もない。)したがって、汚染は大幅に減少することになる。

以上、汚染に対して報復手段がある場合には汚染を減少させうることを示した。しかし、現実に有効なのは報復的措置だけとは限らないであろう。より協調的な手段で環境破壊を防止するのが望ましいことはいままでの間もない。

いずれにせよここでは簡単なモデルによっ

て、当事者の利害が完全に対立するタイプの環境問題でも、その主体について、経済的側面だけでなく、国際関係や外交をも含めたトータルな利害を把握しゲーム論的分析を行なえば、解決が可能になりうることを示した。環境問題に対するかかる方面からのゲーム論的アプローチは今後ますます重要になると思われる。

注(1) メタゲーム理論の概念については、岡田、ハイブル、フレーザー、福島〔1〕第1, 2, 6章を参照。

9. ま と め

環境問題は、①強制主体の有無、②共有地の悲劇型か完全な利害対立型か、によって4つのパターンに分類できる。

環境問題の解決(当事者間の合意形成)は、強制主体についてはそれが存在しないほうが、共有地の悲劇型よりも利害対立型のほうが、困難である。

とくに、強制主体が存在せず利害が完全に対立するタイプの環境問題においては、その問題の経済的側面のみを考慮するかがり、解決は不可能といえる。

しかしそのようなタイプの環境問題でも、当事者の利害関係およびおかれた状況をトータルに把握し(たとえば国際関係や外交なども考慮する)、ゲーム理論による分析を行なえば、いかなる条件のもとで解決が可能になるかを類推することができる。

環境問題の解決が可能であって合意が成立する場合に、その当事者の集団が集団としての関係を良好に保とうとするならば、ゲーム理論の仁の論理は有効な社会的基準となりうる。

(引用文献)

- 〔1〕 岡田憲夫, K.W. ハイブル, N.M. フレーザー, 福島雅夫『コンフリクトの数理 メタゲーム理論とその拡張』(現代数学社, 1988年)。

- [2] 奥野正寛, 鈴木興太郎『ミクロ経済学Ⅱ』(岩波書店, 1988年)。
- [3] OR 事典編集委員会「OR 事典」(日科技連, 1975年)。
- [4] OR サロン「ゲーム理論と OR」(『オペレーションズ・リサーチ』1979年10月)。
- [5] 環境庁『環境白書』(昭和63年版)。
- [6] 鈴木光男『ゲームの理論』(勁草書房, 1959年)。
- [7] 鈴木光男, 中村健二郎『社会システム』(共立出版, 1976年)。
- [8] 鈴木光男『ゲーム理論入門』(共立出版, 1981年)。
- [9] 鈴木光男「ゲーム理論への招待〔2〕共有地の悲劇」(『経済セミナー』, 1986年4月号)。
- [10] 鈴木光男「協力ゲームの理論」(東大出版会, 1985年)。
- [11] L.S. Shapley, M. Shubik "On the Core of an Economic System with Externalities" *American Economic Review*, vol. 59, 4, 1969, pp. 678-684
- [12] D. Schmeidler "The nucleous of a Characteristic Function Game" *SIAM. J. Appl. Math.* 17, 1969, pp. 1163-1170.
- [13] G.R. Hardin "The Tragedy of Commons" *Science*, 162, 1968.
- [14] フォン・ノイマン, オスカー・モルゲンシュテルン『ゲームの理論と経済行動』(銀林浩, 橋本和美, 宮本敏雄監訳, 東京図書, 1972年)。
- [15] 武藤滋夫「ゲーム理論」(『オペレーションズ・リサーチ』, 1987年6月)。