

水資源の開発と環境の社会的コンフリクトにおける 均衡状態到達プロセスに関する研究

坂本 麻衣子¹・萩原 良巳²

¹学生員 工修 京都大学大学院 工学研究科(〒611-0011 宇治市五ヶ庄)

²正会員 工博 京都大学教授 防災研究所(〒611-0011 宇治市五ヶ庄)

現在、我が国では、開発を行おうとする主体と環境保護を訴える主体の間で利害の衝突、すなわちコンフリクトの発生が頻繁に見受けられる。特に、開発の影響圏が一般に広範な水資源開発においてこの傾向は顕著である。無用なコンフリクトの激化や長期化を避けるためにも、今後開発計画に臨むにあたってコンフリクト・マネジメントが不可欠であるという認識を持つことが重要であるものと考えられる。本研究ではこのような認識のもと、コンフリクトが到達し得る均衡状態を分析するためのモデルを構築する。モデルはプレーヤーの戦略行使確率の時間変化を記述する数学モデルと、プレーヤーの特徴を規定することによって利得行列を簡略化し設定するプロセスモデルから構成される。さらに、ケース・スタディとして長良川河口堰問題にモデルを適用する。

Key Words : Conflict analysis, water resources development, evolutionary game theory

1. はじめに

世界規模での水資源不足が将来的に予想されており、この不足を補うために水資源の開発が急務であると考えられる。しかし、長良川河口堰問題、吉野川第十堰問題などに見られるように、一般に影響圏が広範で利害関係者が多く存在する水資源開発をめぐるコンフリクトが生じやすく、社会的なコンセンサスをもって開発に望むことは非常に困難であるといえる。本研究ではこのような水資源開発に伴って発生する社会的なコンフリクトに着目し、到達し得る均衡状態について分析を行う。

ただし、一概にコンフリクトと言っても争点は様々である。そこで、本研究では開発に伴うコンフリクトにおいて最も基本的な争点であると考えられる‘開発か環境か’という点に着目する。そして、関係者達が取り得る行動とその駆け引きの結果、到達し得る均衡状態を分析するためのモデルを構築する。この点において、本研究で対象とするコンフリクトは‘社会的’であり、建設物の設計や景観上の問題、あるいは水資源の配分量等を争点としたコンフリクトよりも開発計画において根源的な問題を取り扱うこととなる。

また、水資源開発に携わる関係者は集団として関与することが多いという認識の下、本研究では関係

者を集団として捉えモデル化する。そして、集団内における‘開発か環境か’という意見の分布とコンフリクトの到達し得る均衡状態との関連を分析する。さらに、ケース・スタディとして長良川河口堰問題を取り上げ、モデルを適用する。

2. モデル化

(1) モデル・コンセプト

モデル化にあたって重要なキーワードを整理する。

ある争点に対して意見や利害が対立する人、集団、組織をプレーヤーと呼び、プレーヤーは行動の選択肢であるオプションを有するものとする。プレーヤー各々が独自のオプションのすべてに関して実行するか実行しないかを選択した組合せを戦略と呼ぶ。本研究では特にオプションを実行する場合を1、実行しない場合を0で表し、これら0,1の数列を戦略として表記する。そして、すべてのプレーヤーの戦略の組合せを発生事象と呼ぶ。すべての発生事象に関してプレーヤーがそれぞれ好ましいと思う順に並べた順序列を選好ベクトルと呼ぶ。

以下で示すモデルでは、記号を用いてこれらのキーワードを表すものとする。オプションは $\Pi_{ik}^{(or)}$ と表す。これはプレーヤー*i*の*k*番目のオプションを表

し、右肩に付された数字は、0 はオプションを実行しないことを意味し、1 はオプションを実行することを意味する。戦略は z_{ij} と表す。これはオプションの組合せから生成されるプレーヤー i の j 番目の戦略を表すものである。また発生事象の選好関係を表すために記号 $\succ$ を用いる。 $a \succ b$ は事象 b よりも事象 a の方が好ましいことを意味する。

コンフリクト解析¹⁾は各プレーヤーの選好ベクトルからそれぞれが好ましいと思う状況と比較し、最終的に落ち着かざるを得ない発生事象を分析するための安定性分析の一手法である。ここで問題となるのは、プレーヤーの有するオプションが n 個あった場合、 2^n 通りの選好ベクトルが考えられるが、安定な均衡解と選好ベクトルの関係を分析しようとするとき、これらすべての選好ベクトルを考慮することはほとんど不可能であるという点である。

そこで、本研究ではプレーヤーの特徴を規定し、プレーヤーのキャラクターとして 6 種類に分類する。そして選好ベクトルをその特徴にもとづいて設定し、簡略化して考える。こうして、簡便でありながらも、プレーヤーの特徴にもとづいて選好ベクトルを規定することによって、本質を損なわない分析を行えるものであると考える。

次に、以上のコンセプトのもと設定された選好ベクトルとレプリケーター・ダイナミクス²⁾を用いて、プレーヤー同士が駆け引きの中で、自らが有する複数の戦略に対して割り当てる戦略行使確率の時間変化をモデル化する。

(2) プレーヤー・キャラクターの分類

プレーヤーのキャラクターを分類するにあたって、まず、プレーヤーが有するオプションに着目する。そして、1 人のプレーヤーが有する複数のあるいは単数のオプション間には階層性があると仮定する。すなわち、水資源開発計画における開発と環境の問題を考えた場合、「計画に同意する」というオプションがまず一番上位にあり、その下位に「補償を払う」や「譲歩する」等のオプションが位置づけられる構造になっていると仮定する。

次に、上位オプションによる戦略が計画推進を意味するものなのか、計画反対を意味するものなのかという戦略の性質を考え、前者を計画推進戦略、後者を計画反対戦略と呼ぶこととする。そして、すべてのプレーヤーの計画推進戦略のみから構成される発生事象を計画推進事象、計画反対戦略のみから構成される発生事象を計画反対事象、それ以外の発生事象を Moderate 事象と呼ぶこととする。こうして、上位オプションから生じ得る発生事象を 3 群のグル

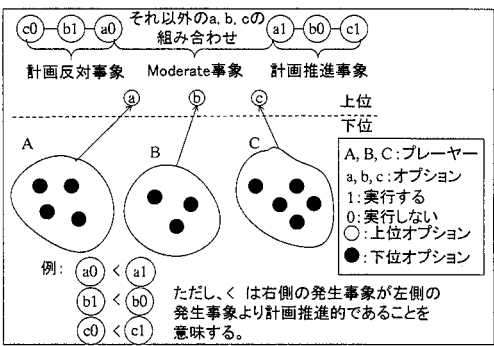


図-1 オプションの階層性

選好			分類
低	高	高	
計画推進事象	Moderate事象	計画反対事象	Strong Opposition Party (SOP)
計画反対事象	Moderate事象	計画推進事象	Strong Promotion Party (SPP)
計画推進事象	計画反対事象	Moderate事象	Vague Opposition Party (VOP)
計画反対事象	計画推進事象	Moderate事象	Vague Promotion Party (VPP)
Moderate事象	計画推進事象	計画反対事象	Bipolar Opposition Party (BOP)
Moderate事象	計画反対事象	計画推進事象	Bipolar Promotion Party (BPP)

図-2 プレーヤー・キャラクターの分類

ープに分類する。以上の手順を模式的に図-1 に示す。

図-1 は、3 人のプレーヤー A, B, C がそれぞれ a, b, c というオプションを有しており、a を実行する(a1)方が、a を実行しない(a0)よりも計画推進に対して有効な戦略であり、同様に(b1)よりも(b0)が、(c0)よりも(c1)が計画推進的である場合を示すものである。そして、計画推進的な戦略のみから生成される発生事象が計画推進事象であり、計画推進を留まらせる戦略のみから生成される発生事象が計画反対事象である。それ以外の戦略の組合せが Moderate 事象となる。

3 群に分類された発生事象の並べ方は 6 通り考えられる。そこで、この並べ方からプレーヤーのキャラクターを図-2 に示すように 6 種類に分類する。なお、以下では簡単のために()内に示すプレーヤー・キャラクターの簡略表記を用いることとする。

図-2 のプレーヤー・キャラクターと事象の順序の関連から、Strong Party は推進事象が反対事象の一方を最も強く好み他方を最も好まないような、推進が反対に関して強い意見を有するプレーヤーと定義する。Bipolar Party は推進事象が反対事象の一方を最も強く好み、他方をその次に好ましいと思うような、集団内で意見が 2 つに割れているプレーヤーと定義

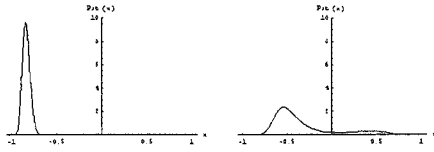


図-3 SOP の例

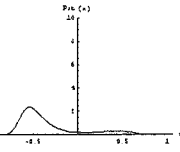


図-4 VOP の例

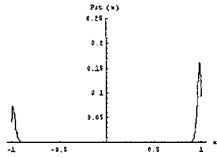


図-5 BPP の例

する。Vague Party は計画推進・反対に対して決定的ではない Moderate 事象を最も好むプレーヤーである。これは事象の現実的な内容によって、トレードオフに悩むプレーヤーであったり、計画推進と反対に関して決定的であることを好まないようなプレーヤーであったり、あるいは意見が統一的でなく分散していたりするプレーヤーとして考えられる。したがって、Vague Party は Strong Party と Bipolar Party の余事象である特徴を有するプレーヤーの包含として定義する。

以上では、計画推進事象、計画反対事象、Moderate 事象に関するプレーヤーの選好と、集団としてのプレーヤーの意見分布との間の関連を想定して定義づけを行っている。ここで、プレーヤー・キャラクターと意見分布の関連を、より具体的に説明する。

集団内の意見分布の形成に関して、シナジェティクスというシステムの協同現象をモデル化する確率微分方程式系を用いて、坂本・萩原は集団の特徴と意見分布型の関連についての研究^{3),4)}を行ってきた。ここでは、プレーヤー・キャラクターを具体的にイメージする助けとして意見分布型の例を示し、プレーヤー・キャラクターを分類する指針について説明する。

まず、集団が開発賛成派か、開発反対派かという視点から大きくプレーヤーを 2 つに分類する。これは、計画推進事象と計画反対事象のどちらがより選好が高いのかという点に着目した分類である。集団の平均意見は賛成派と反対派の人数の平均に着目して分類することができる。

Strong, Vague, Bipolar は集団の意見の強さや偏りに着目した分類であり、図-2 の選好順位によって決定する。意見分布の例を示せば図-3～図-5 のようになる。集団内の意見分布は賛成派と反対派の人数の分布に関する分散に着目して分類することができる。

下位のオプションについても同様のプロセスから、計画推進事象と計画反対事象と Moderate 事象に分類する。そしてすでに得られている上位オプションとプレーヤー・キャラクターを考慮して組合せ、選好ベクトルを得る。選好ベクトル設定に関しては、実際の事例ごとにプレーヤーの特徴を考慮して行うので、3. 長良川河口堰問題に対するモデルの適用でより詳細な手順を説明する。

このような意見分布によりプレーヤーのキャラクターを分類する意義は、プレーヤーを開発か環境か一枚岩の集団としてだけではなく、中間的な個人の存在を想定した集団として定義できる点にある。

(3) 戦略行使確率に関するモデル化⁵⁾

進化ゲームの理論に基づくレプリケーター・ダイナミクスを用いて、プレーヤーがお互いの駆け引きの中で、各自の有する戦略に対して割り当てる行使確率を変化させていく過程をモデル化する。前提となる主な仮定は以下の 2 つである。

- ① 戦略が何度もランダムに選択され、プレーヤーはお互いの選好ベクトルを学習する。
- ② 発生事象のうち平均よりも好ましい戦略は、その戦略に割り当てられる戦略行使確率が増加する。一方、平均より好ましくない戦略は、その戦略に割り当てられる戦略確率が減少する。

以上の仮定にもとづき定式化される標準 2 集団レプリケーター・ダイナミクスを式(1)(2)に示す²⁾。

$$\begin{aligned} \dot{z}_{1,h} &= [e^h \cdot A z_2 - z_1 \cdot A z_2] z_{1,h} \\ &= \left[\sum_{z_{2,k} \in Z_2} a_{hk} z_{2,k} - \sum_{z_{1,j} \in Z_1} \sum_{z_{2,k} \in Z_2} z_{1,j} a_{jk} z_{2,k} \right] z_{1,h} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \dot{z}_{2,k} &= [e^k \cdot B^T z_1 - z_2 \cdot B^T z_1] z_{2,k} \\ &= \left[\sum_{z_{1,h} \in Z_1} b_{hk} z_{1,h} - \sum_{z_{1,j} \in Z_1} \sum_{z_{2,k} \in Z_2} z_{2,j} b_{hj} z_{1,h} \right] z_{2,k} \end{aligned} \quad (2)$$

Z_1 : プレーヤー1 の戦略集合

Z_2 : プレーヤー2 の戦略集合

$z_{1,h}$: プレーヤー1 の戦略 h に割り当てられる確率

$z_{2,k}$: プレーヤー2 の戦略 k に割り当てられる確率

A : プレーヤー1 の利得行列

B : プレーヤー2 の利得行列

a_{hk} : プレーヤー1 の利得

b_{hk} : プレーヤー2 の利得

e^i : i -空間の単位ベクトル

式(1)(2)の第 1 項は相手のすべての戦略を考慮したときに自己の有するある 1 つの純粋戦略が得られる期待利得となる。第 2 項は相手のすべての戦略を考慮したときに自己の純粋戦略が得られる期待利得をすべての自己の戦略について考え、その平均をとつ

たものである。第1項と第2項の差分だけ当該戦略行使確率は増加または減少する。この点に仮定②が反映されている。また、平均利得を考える点に仮定①の学習過程が反映されている。

式(1)(2)における利得行列 A, B は選好ベクトルを行列表現したものである。すなわち、プレーヤー1を行プレーヤー、プレーヤー2を列プレーヤーとしたとき、行列の要素は各プレーヤーの戦略の組合せ、つまり発生事象を意味することとなる。そこで、選好ベクトルにおける好ましさの順位を対応する発生事象の要素に書き入れたものを利得行列として本研究では用いることとする。すなわち、順序数としての選好ベクトルの順位を基数として置き換え利得として用いる。これは発生事象の利得間の大小関係によって戦略の選択確率の変化が決定するという式(1)(2)の構造にもとづき提案する方法である。

利得とは本来、測定が困難なものであるが、このように選好ベクトルを用いることによって、発生事象に対する絶対的評価ではなく相対的評価に関する情報によって利得行列を設定することが可能となる。この方法はあるひとつの発生事象が他の発生事象に比べ非常に強く好まれているような状況における利得行列の設定には適していない。しかしながら、得られる情報が発生事象間の選好順位程度であるような定性的なコンフリクト分析に対しては有効な方法であると考えられる。

3. 長良川河口堰問題に対するモデルの適用

(1) プレーヤーとオプションの設定

1968年の計画立案から1996年の運用開始までの、およそ30年に及ぶ長良川河口堰問題を対象として、坂本・萩原は歴史分析^{6),7)}を行ってきた。ここでは特に河口堰建設が着工される1988年から運用が開始される1996年の間に発生した開発派と環境保護団体のコンフリクトにモデルを適用し、分析を行う。

分析を行うにあたってプレーヤーとオプションを設定する。プレーヤーは開発派と環境保護団体の2人である。当時の状況を踏まえ、各プレーヤーのオプションを表-1のように設定し、併せてオプションの実行有無の組合せから発生する事象を表-1に示す。

オプションを実行するか実行しないかを0,1の数値で表した場合、この数値を2進表記と捉えることができる。そこで、2進表記を10進表記に変換した数を発生事象に対する呼び名として用いることとする。例えば発生事象3は「開発派は計画を推進し、計画を見直す。環境保護団体は反対運動を起こさない」

表-1 プレーヤーとオプション

プレーヤー	オプション	発生事象									
開発派	計画を推進する	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	計画を見直す	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
環境保護団体	反対運動を起こす	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
10進表記		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表-2 プレーヤーの組合せ

開発派	環境保護団体	開発派	環境保護団体	開発派	環境保護団体
SPP	SOP	VPP	SOP	BPP	SOP
	VOP		VOP		VOP
	BOP		BOP		BOP

という発生事象を示す。

長良川の歴史を顧みれば、プレーヤーの特徴に関して明らかに次のことがいえる。つまり、開発派はPromotion Partyであり、環境保護団体はOpposition Partyである。したがって、プレーヤー・キャラクターの組合せは表-2に示す9通りが考えられる。

(2) 発生事象の分類と利得行列の設定

以上を前提とし、次にプレーヤーの利得行列を設定する。まず発生事象の分類にあたって、長良川河口堰問題の歴史を参照し、当時のプレーヤーの性質を踏まえて、プレーヤーのオプションに対し以下の仮定をおく。

「開発派の上位オプションは『計画を推進する』である。環境保護団体の上位オプションは『反対運動を起こす』である。そして、下位オプションから発生する事象に対して、開発派は『計画を見直さない』方を『計画を見直す』よりも好ましく思っており、環境保護団体は『計画を見直す』方を『計画を見直さない』よりも好ましく思っている。」

このとき、開発派の上位オプション『計画を推進する』については「実行する」が計画推進事象、「実行しない」が計画反対事象であり、環境保護団体の上位オプション『反対運動を起こす』については「実行する」が計画反対事象、「実行しない」が計画推進事象となる。

以上のオプションに関する仮定より、表-1に示す8つの発生事象を計画推進事象、計画反対事象、Moderate事象の3つのグループに分けることができる。この分類を次ページの表-3に示す。

表-3 発生事象の分類

プレーヤー	オプション	推進 事象	反対 事象	Moderate 事象				
開発派	計画を推進する	1	1	0	0	0	1	1
	計画を見直す	0	1	0	1	0	1	0
環境保護団体	反対運動を起こす	0	0	1	1	0	0	1
10進表記		1	3	4	6	0	2	5

このような分類によって、ゲームを簡略化して分析することができる。簡略化前は 8 個の発生事象より $8! = 40320$ 通りの選好ベクトルが考えられる。2 人ゲームを考えているので、プレーヤーそれぞれに 40320 通りの選好ベクトルが生じ得る。こうして $40320 \times 40320 = 1625702400$ 通りのゲームが生じ得ることとなる。一方、簡略化した場合の各プレーヤーの選好ベクトルは以下の説明より 6 通りとなる。

プレーヤーが計画推進派か反対派かを仮定することにより、1 人のプレーヤーに対しては Strong, Vague, Bipolar の 3 通りのプレーヤー・キャラクターを考えればよい。各プレーヤー・キャラクターにおける計画推進事象・計画反対事象・Moderate 事象の選好順序は図-2 に示すように定めた。このうち Moderate 事象に含まれる発生事象に対して、さらに何通りかの選好順序が考えられる。表-3 に示すように、上位オプションである『計画を推進する』と『反対運動を起こす』の実行有無の組合せは、Moderate 事象において (1, 1) と (0, 0) である。この組合せに対してプレーヤーの選好が明確でないとしても、下位オプション「計画を見直す」の実行有無から生じる 0, 2, 5, 7 の 4 つの発生事象を計画推進事象と計画反対事象に分類できるものと考えられる。すなわち、明らかに「計画を見直さない(0)」は計画推進事象であり、「計画を見直す(1)」は計画反対事象であるといえる。

このような考えのもと、Moderate 事象における上位オプションの実行有無の組合せ (1, 1) と (0, 0) のうち、(1, 1) から生じる発生事象 5, 7 を、5 が計画推進事象、7 が計画反対事象と分類することができる。

一方、(0, 0) から生じる発生事象 0, 2 を、0 が計画推進事象、2 が計画反対事象と分類することができる。(1, 1) と (0, 0) の組合せに対してプレーヤーの選好が明確でないとしているので、プレーヤーが Promotion Party であれば $0 > 2 > 5 > 7$ か $5 > 7 > 0 > 2$ という 2 通りの選好ベクトルが考え得る。

プレーヤーが Opposition Party であれば $2 > 0 > 7 > 5$ か $7 > 5 > 2 > 0$ という 2 通りの選好ベクトルが考え得る。こうして、3 通りのプレーヤー・キャラクターと 2 通りの Moderate 事象に関する選好

表-4 利得行列の設定

環境保護団体 開発派		環境保護団体		開発派の 戦略の意味
		$z_{2,1}$	$z_{2,2}$	
		$\Pi_{2,1}^0$	$\Pi_{2,1}^1$	
$z_{1,1}$	$\Pi_{1,1}^0, \Pi_{1,2}^0$	0	4	計画を推進せず、 計画を見直さない。
$z_{1,2}$	$\Pi_{1,1}^1, \Pi_{1,2}^0$	1	5	計画を推進し、 計画を見直さない。
$z_{1,3}$	$\Pi_{1,1}^0, \Pi_{1,2}^1$	2	6	計画を推進せず、 計画を見直す。
$z_{1,4}$	$\Pi_{1,1}^1, \Pi_{1,2}^1$	3	7	計画を推進し、 計画を見直す。
環境保護団体の 戦略の意味		↑	↑	反対運動を起こす。
		↑	↑	反対運動を起こさない。

を考えることによって、各プレーヤーの選好ベクトルは $2 \times 3 = 6$ 通りとなる。

次に、プレーヤーの戦略選択確率の時間変化を分析するために必要となる利得行列を設定する。開発派を行プレーヤー、環境保護団体を列プレーヤーとしたときの利得行列を表-4 に示す。

表-4 においては、各行と列が表す戦略の意味と、各行列の要素が表す発生事象の対応関係を二重囲みの部分に示してある。

(3) 分析結果とその考察

当時のプレーヤーの特徴を考慮して考え得るプレーヤー・キャラクターの組合せから表-4 に示す利得行列を設定し、これを用いて式(1)(2)からプレーヤーの戦略行使確率の時間変化を分析する。そして、得られた結果から、均衡解とプレーヤー・キャラクターの関係を考察する。

開発派が Promotion Party であり、環境保護団体は Opposition Party であるというプレーヤーとしての特徴を踏まえたプレーヤー・キャラクターの組合せを図-6 に示す。それぞれのプレーヤー・キャラクターの性格から設定された選好ベクトルをもとに戦略行使確率の時間変化の分析を行い、得られた均衡解とプレーヤー・キャラクターの関係を併せて図-6 に示してある。図-6 において、点線は振動する解を、実線は収束する解を表している。特に二重実線は、それが唯一の均衡解であることを意味する。

図-6 に示すように均衡解として得られる発生事象は 0, 1, 4, 5 のいずれかである。これら均衡解の意味を以下に説明する。

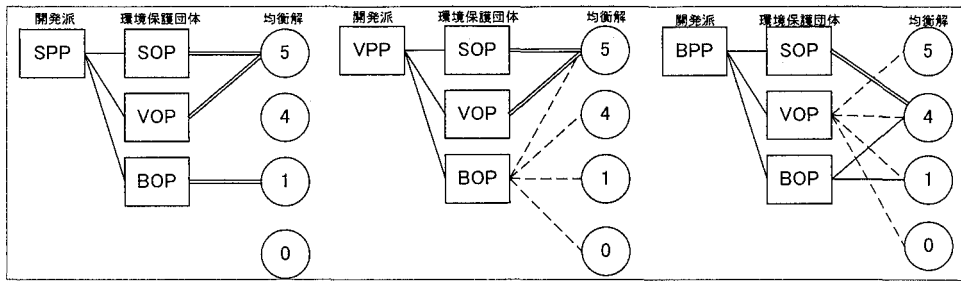


図-6 プレーヤー・キャラクターと均衡解の関連図

0: 開発派は計画を推進せず、計画を見直さず、環境保護団体は反対運動をおこなさない。

1: 開発派は計画を推進し、計画を見直さず、環境保護団体は反対運動をおこなさない。

4: 開発派は計画を推進せず、計画を見直さず、環境保護団体は反対運動を起こす。

5: 開発派は計画を推進し、計画を見直さず、環境保護団体は反対運動を起こす。

以下では、均衡解に着目して社会的安定状態を考察する。本研究では、数学的安定性と社会的安定性との考察⁸⁾を踏まえ、社会的安定状態を数学的安定状態から解釈する上で、特に漸近安定状態に着目することとする。すなわち、社会的安定状態を実現するための最も厳しい要求を満たす条件を分析する。

式(1)(2)に示すレプリケーター・ダイナミクスにおいて、このような漸近安定は一点集合となる²⁾。したがって、漸近安定解を考える際、図-6において二重実線で示される唯一の均衡解が得られるプレーヤー・キャラクターの組合せに注目する。

ここで、式(1)(2)を用いて得られたプレーヤーの戦略行使確率の時間変化についての漸近安定な均衡解とリャプノフ安定な均衡解の解軌道の例を示す。図のキャプションである $z_{i,j}$ はプレーヤー i の j 番目の戦略を表し、その意味は表-4に対応するものである。

漸近安定な均衡解として、SPP-BOPの組合せによる分析結果を図-7~図-12に示す。

$z_{1,j}$ が1に収束するものは、最終的に当該戦略が行使されることを意味し、0に収束するものは行使されないことを意味する。したがって、SPP-BOPの組合せの場合、戦略行使確率に関するモデルの分析結果より、開発派の戦略に関しては図-8に示される戦略 $z_{1,2}$ 「計画を推進し、計画を見直さない。」が行使され、環境保護団体の戦略に関しては図-11に示される戦略 $z_{2,1}$ 「反対運動を起こさない。」が行使されることが分かる。そして、それ以外の戦略は行使されないこととなる。このような発生事象は1であり、すなわち均衡解として発生事象1が得られる。

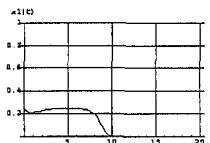


図-7 $z_{1,1}$

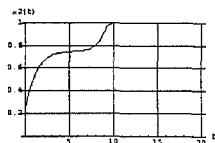


図-8 $z_{1,2}$

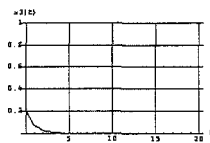


図-9 $z_{1,3}$

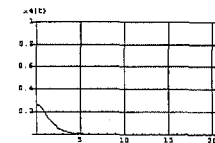


図-10 $z_{1,4}$

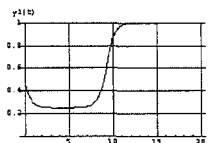


図-11 $z_{2,1}$

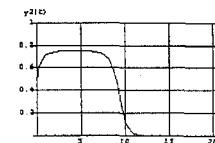


図-12 $z_{2,2}$

リャプノフ安定な均衡解として、VPP-BOPの組合せによる分析結果を次ページの図-13~図-18に示す。

この場合、解軌道は収束せず振動する。開発派の戦略に関しては図-13, 14に示される戦略 $z_{1,1}$ 「計画を推進せず、計画を見直さない。」と $z_{1,2}$ 「計画を推進し、計画を見直さない。」の間で解軌道が振動し、環境保護団体の戦略に関しては図-17, 18に示される戦略 $z_{2,1}$ 「反対運動を起こさない。」と戦略 $z_{2,2}$ 「反対運動を起こす。」の間で振動することが分かる。そして、これら戦略の組合せから生成される発生事象0, 1, 4, 5が均衡解として得られる。

開発派の均衡戦略 $z_{1,1}$ と $z_{1,2}$ を比較した場合、 $z_{1,2}$ が常に $z_{1,1}$ を上まっており、この点で戦略 $z_{1,1}$ よりも $z_{1,2}$ が行使される可能性が高いといえる。

一方、環境保護団体の均衡戦略 $z_{2,1}$ と戦略 $z_{2,2}$

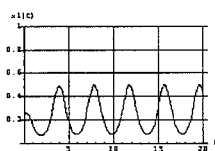


図-13 $z_{1,1}$

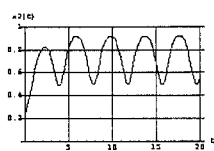


図-14 $z_{1,2}$

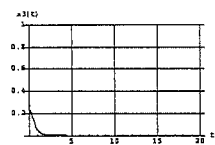


図-15 $z_{1,3}$

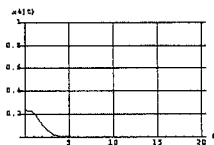


図-16 $z_{1,4}$

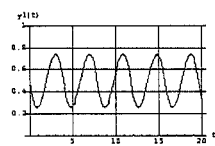


図-17 $z_{2,1}$

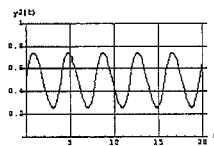


図-18 $z_{2,2}$

を比較した場合、両者の間で包含関係はほとんど見受けられないが、開発派の均衡戦略との時間軸についての関連で、生じやすい均衡戦略の組合せが存在することが分かる。つまり、 $z_{1,1}$ の確率が高いときには $z_{2,1}$ が、 $z_{1,2}$ の確率が高いときには $z_{2,2}$ が行使される可能性が高いことが分かる。均衡解としては、発生事象0,5が1,4よりも生じやすいといえる。

長良川河口堰問題の歴史において着目する1988～1996年のコンフリクトは均衡解4の状態に至った。すなわち、長良川河口堰は運用が延期された。そして、1996年になると開発派は運用開始に踏み切り、均衡解5が実際に起こった。そして、河口堰の運用が以後中断されることはなく、環境保護団体の運動も徐々に沈静化していった。現在この状態がしばらく続いている。こうして、本節で対象とした期間では、均衡解1の状態で安定している。つまり、開発派と環境保護団体のコンフリクトの均衡解が4→5→1へと推移した。

このような長良川河口堰問題の歴史を図-6の均衡解の実現パターンから分析する。発生事象4が均衡解となるプレーヤー・キャラクターの組合せはVPP-BOP、BPP-SOP、BPP-VOP、BPP-BOPのときである。現実には均衡解4→5と推移したことを考慮すれば、振動する解群の1つとして均衡解4が実現し、その後同一解群内の異なる均衡解5へ推移したことになる。したがって、コンフリクト発生当初の

開発派と環境保護団体のプレーヤー・キャラクターは、均衡解4,5が振動する解群に含まれるVPP-BOP、BPP-VOPであったと考えられる。

以上のような歴史的背景のもと、以下では「コンフリクト発生時の初期状態からプレーヤー・パターンがどのように変化すれば社会的安定状態が早期に実現するか」という視点から分析結果を考察する。

均衡解1,4,5はいずれも漸近安定な均衡解として実現し得る。そのためにプレーヤー・パターンは図-6よりSPP-SOP、SPP-VOP、SPP-BOP、VPP-SOP、VPP-VOP、BPP-SOPのいずれかであることが必要である。この点についてまとめると、

- ① プレーヤーのどちらかがStrong Partyであれば、いずれかの均衡解に到達できる。
- ② プレーヤーのどちらかがVague Partyであれば、他方がBipolar Partyでない限り、いずれかの均衡解に到達できる。
- ③ プレーヤーのどちらかがBipolar Partyであれば、他方がStrong Partyのときのみ、いずれかの均衡解に到達できる。

③よりいえることは、なるべくコンフリクト状態を激化させず、また長引かせないためには、プレーヤーにBipolar Partyが存在しないことが望ましい。言い換えれば、プレーヤーが集団であると考えた場合、その内部で意見が鋭く対立していることは速やかな安定状態の実現を考える上で決して望ましいことではない。

以上では、数学的安定状態としてコンフリクトの収束条件を考察した。次に数学的安定性に加え、各プレーヤーの立場から社会的安定性について考察する。

まず、開発派の立場に立った場合に最も望ましい均衡解1はSPP-BOPのときのみ社会的安定状態として実現する。言い換えれば「開発派は強く推進の姿勢を持ち続ける。環境保護団体のうちには推進賛成の意見が存在し、かつ集団内で意見が対立している。」という構図でなければ均衡解1は実現されない。つまり、開発派は環境保護団体を分裂させることによってのみ、自らが望ましいと思える安定状態を実現することが可能となる。

次に、環境保護団体の立場に立った場合、環境保護団体にとって最も望ましい社会的に安定な均衡解4はBPP-SOPのときのみ社会的安定状態として実現する。言い換えれば、環境保護団体は強く計画に反対する姿勢を取り続け、開発派の中で環境派の意見が存在し、かつ意見が対立していなければ均衡解4は実現しない。

したがって、環境保護団体はマスコミ・世論等の

外部の圧力を味方につけ、開発派の開発と環境に対する選好を BPP へと変化させることが、自らの望む均衡解へ到達するための一番の近道であるといえる。

4. まとめ

本研究では、集団間のコンフリクトの均衡解到達プロセスとプレイヤーの選好に関する特徴の関連を分析するために、レプリケーター・ダイナミクスを援用してモデルを構築した。プレイヤーの考え得るすべての選好を考慮して分析を行うことはほとんど不可能であり、本研究はプレイヤー・キャラクターとして選好を簡略化することにより、扱いやすく、かつ本質を損なわない分析を行えるモデルを構築できたものとする。

さらに、構築したモデルをケース・スタディとして長良川河口堰問題に適用し、当時の開発派と環境保護団体の対立の構図をモデルにより記述した。そして、各プレイヤーが望ましいと考える状態に到達するためのプレイヤーの対処について、分析結果からの考察を行った。

モデル適用における考察は、長良川河口堰問題の歴史を踏まえ、開発派と環境保護団体のコンフリクトという限定的なモデル上においてなされるものである。したがって、分析結果と考察は一般的なコンフリクトという現象に共通する普遍的な知見として示されるものではない。しかしながら、モデルはコンフリクトの根源的な要素に着目して構築され、この点で水資源開発計画に留まらないモデルの適用が可能であると考えられる。このようなモデルの特性を生かし、種々のコンフリクトへのモデル適用を通して、コンフリクトに関する普遍的な知見を得ることを今

後の研究上の目標として考えている。

また、モデル化に関しては、本研究において例として挙げるに留まった意見分布モデルとプレイヤー・キャラクターの分類について、より詳細な議論を行い、分類手順に関するプロセスモデルを構築することを課題として考えている。

参考文献

- 1) 岡田憲夫・キース, W. ハイブル・ニル, M. フレイザー・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.
- 2) J.W.ウェイブル・大和瀬達二監訳; 進化ゲームの理論, 文化書房博文社, 1998.
- 3) 坂本麻衣子・萩原良巳; 開発と環境のコンフリクトにおける合意形成に関する研究, 日本地域学会学術発表論文集, pp.441-448, 2001.
- 4) 坂本麻衣子・萩原良巳; 開発と環境のコンフリクトにおける集団の意見分布に関するモデル分析, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, IV-72-1-2, 2002.
- 5) 坂本麻衣子・萩原良巳; 大規模開発における合意形成プロセスに関する研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集, pp.256-257, 2001.
- 6) 坂本麻衣子・萩原良巳; 大規模開発におけるコンフリクトの展開過程の分析, 土木学会環境システム研究論文集, pp.177-182, 2000.
- 7) 坂本麻衣子・萩原良巳; 大規模開発におけるコンフリクトの展開過程の分析, 日本地域学会地域学研究, vol. 31, No.3, pp.177-190, 2000.
- 8) 坂本麻衣子・萩原良巳; 社会システムの安定に関する数学的安定性からの基礎的考察, 土木学会年次学術講演会, 2002. (投稿中)

A STUDY OF THE CONFLICT PROCESS TOWARD EQUILIBRIUM STATE ON A WATER RESOURCES DEVELOPMENT

Maiko SAKAMOTO, Yoshimi HAGIHARA

Social conflict between people insisting on environment and people insisting on development comes to be seen frequently. Especially, this tendency is conspicuous in the water resources development whose circle of influence is generally widespread. Management of such conflict between them must be considered on a future development project in order to avoid intensification and prolongation of useless conflict. In this paper, a mathematical model is built up to analyze such conflict and to see what kind of equilibrium states could occur. The model mainly consists of two parts. One is about changing process of strategy, which interest persons would choose. Another is the model about preference of interest persons, which is needed to set a pay-off matrix in the first part of the model. Furthermore, the model is applied to Nagara River Problem as a case study.