

複数事業への参加の可能性を考慮した水資源共同開発のための提携形成過程の分析

前田道路 正員 ○曾我 直生 山口大学工学部 正員 榊原 弘之
山口大学工学部 正員 古川 浩平 京都大学防災研究所 正員 岡田 憲夫

1. はじめに 水資源開発においては、事業者が複数の共同事業に同時に参加することがある。本研究ではゲーム理論に基づき、水資源開発共同事業(主として多目的ダム事業を想定)のための協力関係(提携)が形成される過程を、複数事業に参加する可能性を含めてモデル化する。その上で各事業者への利得の配分値を比較することで、社会的観点から見て最適な提携が形成されるか否かを分析する。

2. ケースの想定

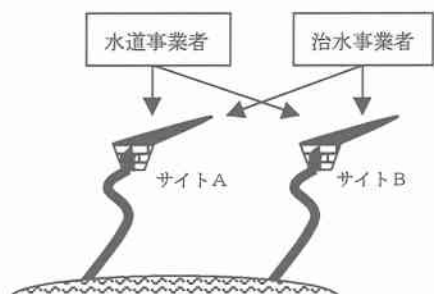


図-1 地理的条件

ゲーム理論により提携形成過程の分析を行う上で次のケースを想定する。2つの河川のある地域(図-1)において、水道・治水事業者が新規事業者としてダム建設を検討しているとする。

各事業者はサイトへの依存性によって次のような性格の違いが存在する。水道事業者はいずれの河川によっても水道用水を確保することができるため、事業便益のサイトへの依存性が存在しない。一方、治水事業者は当該河川のダムに洪水調節容量を確保しなければ効果がないため、事業便益がサイトに依存する。つまり、両方の河川にダムを建設しなければ、2つの流域の洪水に対する安全性を向上させることができない。

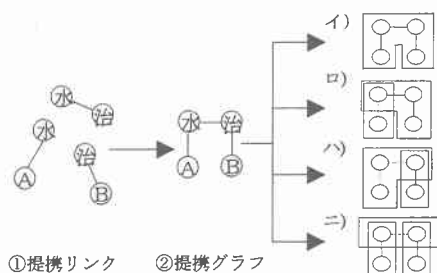
また各サイトの費用関数については、規模拡大につれて限界費用が逓減すると仮定する。更に複数の主体による提携が形成された際には、協力ゲームにおける解概念の1つであるシャプレイ値に基づく純便益の配分が実施されるとする。

3. 提携形成過程のモデル化 提携構造は、それぞれの主体が協力関係を結ぶか結ばないかを自発的に意思決定することにより決定される。そこで、全ての主体の行動計画により予測される提携構造の形成過程のモデルを構築する。まず以下の用語を定義する。

提携リンク：2主体間の1対1の協力関係

提携グラフ：提携リンクの集積として表されるグラフ

提携構造：すべての主体の提携への参加状況(提携リンクの結びつき)



③提携構造

図-2 提携形成モデルの一例

提携構造は以下の3段階を経て形成されるとする。

(図-2)

①提携リンクの生成 → ②提携グラフの形成
→ ③提携構造の形成

提携リンクを生成するためには通常、双方の主体の協力関係を結ぶという意味が必要である。本研究では、事業者間の提携リンクの成立には双方の意思決定が必要であるが、事業者と所有者間の提携リンクは事業者の意思決定のみで成立するとする。

図-2において、1つの提携グラフに関して4種類の提携構造が形成される可能性が存在する。例としてイ)、ロ)の提携構造における具体的な事業形態の違いを説明する。

イ) 全提携と呼ばれ、すべての主体が同じ提携に属している。全提携においては、外見上独立して

いる各河川のダムが実は1つの大規模な事業を構成しており、4主体間で純便益の配分が実施されている。

ロ) {水道, サイトA}及び{水道, 治水, サイトB}という2つの提携が存在し、各河川単位で別々の事業が行われる。このとき水道事業者は2つの事業に同時に参加している。

提携構造に関する従来の研究においては図-2②の提携グラフはイ)の提携構造のみを表すものとしていた。本研究では、イ)のように各主体が単一の事業のみに属しているような提携構造の他に、ロ)やハ)のように主体が複数事業に参加する可能性も考慮している。

4. 安定性の検討 本研究では提携構造の安定性は各事業者の戦略により定まる配分値の大小関係で決定される。まず主体の戦略を以下のように定義する。

T_i : 提携グラフにおいて主体 i が協力関係の意思表明している相手の集合。 $j \in T_i, i \in T_j$ のとき ij 間にリンクが生成される。

U_i : 提携構造において主体 i が結合している提携リンクペアの集合。主体 i が提携リンクを結合していれば、主体 i を介して間接的に連結されている主体同士が同一の共同事業に参加することが可能となる。

ここでは戦略を変更できるのは事業者のみとする。また U_i, U_j は T_i, T_j が決定されたもとで定義される。

ある T_i, T_j の下で安定となる U_i^*, U_j^* はナッシュ均衡の概念より次のように定義される。

主体 i に関し $F_i(T_i, T_j, U_i^*, U_j^*) > F_i(T_i, T_j, U_i, U_j^*)$ (1)

主体 j に関し $F_j(T_i, T_j, U_i^*, U_j^*) > F_j(T_i, T_j, U_i^*, U_j)$

式(1)に示す F_i, F_j は主体がある戦略を選択した場合の主体の利得(純便益の配分値)を表す。

U_i^*, U_j^* を $U_i^*(T_i, T_j), U_j^*(T_i, T_j)$ と表すとする。次に安定な戦略の組 T_i^*, T_j^* が満たされるべき条件は

$$\begin{aligned} F_i(T_i^*, T_j^*, U_i^*(T_i^*, T_j^*), U_j^*(T_i^*, T_j^*)) &> F_i(T_i^*, T_j^*, U_i^*(T_i^*, T_j^*), U_j^*(T_i, T_j^*)) \\ F_j(T_i^*, T_j^*, U_i^*(T_i^*, T_j^*), U_j^*(T_i^*, T_j^*)) &> F_j(T_i^*, T_j^*, U_i^*(T_i, T_j^*), U_j^*(T_i^*, T_j^*)) \end{aligned} \quad (2)$$

となる。(2)式の2つの条件が同時に満たされるようなとき $(T_i^*, T_j^*, U_i^*, U_j^*)$ により実現する提携構造は安定となる。

表-1 水道、治水の戦略と提携構造の対応

治水 水道	リンク結合	リンク分離
リンク結合	イ 	ハ 
リンク分離	ロ 	ニ 

5. 分析例 表-1 は図-2 の4つの提携構造を水道と治水の戦略の組み合わせによりマトリックスとして示したものである。この表において行方向の提携構造の変化は治水の戦略に依存し、列方向の提携構造の変化は水道の戦略に依存している。配分値を解析的に比較した結果、以下のことが明らかとなった。

- ・イ)とハ)：可能性のあるすべての事業の純便益が正である場合であってもイ)からハ)へ移行する可能性が存在する。
- ・イ)とロ)：ロ)において水道事業者がサイトAを選択する場合はイ)へ移行。サイトBを選択する場合、移行方向は不定。
- ・ハ)とニ)：常にハ)へ移行する。従って提携構造ニ)に均衡する可能性は存在しない。
- ・ロ)とニ)：ロ)において水道事業者がサイトAを選択する場合、移行方向は不定。サイトBを選択する場合はロ)へ移行する。

これらの結果から、全提携のほか(ロ)やハ)に均衡する可能性もあることが明らかとなった。またロ)とハ)に均衡するための条件式は異なる形式となった。これは2.で述べた各事業者の性格の違いによると考えられる。水道事業者がサイトAから治水事業者を排除する(ロ)の場合、サイトAにおける治水が不可能となる。その結果、イ)に比べ4主体全体の純便益の総和が減少してしまう可能性が高い。一方治水事業者がサイトBから水道事業者を排除(ハ))してもサイトAにおいて水道用水の確保は可能であり、全体の純便益への影響は小さい。この違いが各事業者の戦略の選択に影響を及ぼしている。

全提携による事業イ)は純便益の総和を必ず最大化する。他の提携構造に安定することがあるのは、純便益の配分法にもその要因があると考えられる。