

京都大学大学院 学生員 ○榊原 弘之

京都大学防災研究所 正員 岡田 憲夫

1.はじめに これまでの水資源計画においては、新規需要に対して新たなダムの建設により水資源を確保する手法が一般的であった。ダム開発の実行可能性は利用可能な地点（サイト）の確保に大きく依存しているが、近年特に流域に大都市が存在する水系では、開発の過程で後発のプロジェクトほど開発効率が低下し、費用が高騰する傾向にある。また、市民の間で大規模開発による環境への影響に対する懸念が高まっているため、新規のダム建設が困難となっている。そこでダム再開発事業の重要性が高まっている。ダム再開発は流域内での水資源の再配分を目的としているとも考えることができる。本研究ではダム再開発事業の費用・便益配分問題をゲーム理論を用いて分析・検討する。

2.モデルの設定と費用・便益配分 本論文では、既存ダムである発電用ダムの貯水容量の一部を環境容量へ転用する計画(Case1)、及び水道専用ダムの治水目的を含めた多目的ダムとして再整備する計画(Case2)を想定する。図1、図2はCase1、Case2を模式的に表したものである。どちらも、単一のダムを越えて流域全体に影響を及ぼすネットワーク型のプロジェクトであることがわかる。

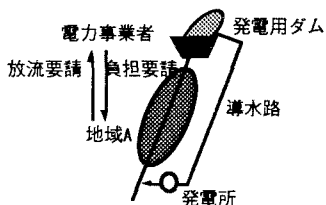


図1 Case1で想定する再開発

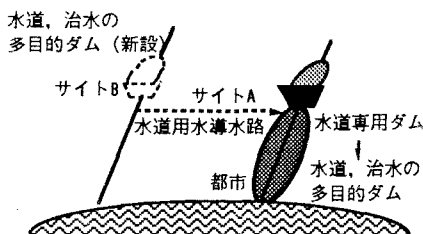


図2 Case2で想定する再開発

これらの事業における費用・便益配分問題をモデル化するにあたり、水資源開発に必要な空間（サイト）確保を、サイトを必要とする主体とサイトを所有する主体の間の提携形成として解釈し、モデル化する。そのために、事業者（事業を実際に行う）と、所有者（事業に必要なサイトを提供する）を別な主体とみなしたモデルを提案する。すなわち、サイトに関して、事業者は利用権を、所有者は所有権を有していると考える。

費用・便益配分問題に協力ゲーム理論を適用するとき、特性関数の設定が必要となる。特性関数は、提携が最低限得ることができる（と予想される）利得として定義される。この場合、各事業から得られる便益と費用の差（純便益）を特性関数の値とする。また、ダム再開発の特性を考慮し、次のような原則を設定する。

- a 事業者同士、所有者同士の提携は、正の利得を得られない。
 - b 階層構造において、ある利用者の下にある所有者と、他の利用者の提携も、正の利得を得ることができない。
- bは、Gilles *et al.*¹⁾ の"Permission Structure"を持つゲームにおける特性関数の設定法をもとにしている。

Case1における特性関数を、階層構造により再定義した場合の配分解を示す。階層構造を図3に示す。Case1において想定されている事業は、既存事業（現在の水力発電の継続）と、再開発事業（水力発電の規模を縮小し、河川の環境維持のための流量を増加させる）の二つである。これらの年純便益をそれぞれ B_e, B_r とする。

まず、各主体単独、及び事業者同士の提携{1,2}による事業は不可能なため、特性関数は0である。事業者と所有者による提携の中で、{1,3}は、既存事業を可能にする組み合わせであり、特性関数は既存事業の純便益 B_e である。一方主体2（周辺自治体）と3による提携{2,3}が成立したとすれば、地域はダムのない状態で、環境流量を完全な形で確保できることになる。しかし、実際には、再開発を検討している時点において発電用ダムは存在し、主体3は主体1（電力事業者）の下位にある。従って提携{2,3}が成立することは想定できない。このゲームにおけるシャプレイ値の配分解（各主体が

受け取る利得)は、

$$(Y_1, Y_2, Y_3) = \left(\frac{2B_r + B_e}{6}, \frac{2B_r - 2B_e}{6}, \frac{2B_r + B_e}{6} \right) \quad (1)$$

となる。

同様にCase2における階層構造を図4に示す。想定可能なのは、既存事業（水道用ダム）、再開発事業（水道と治水の多目的ダム）及び治水単独による小規模な事業（サイトBに治水専用ダムを建設）の3つである。各事業による純便益をそれぞれ B_e, B_r, B_i とすると、配分解は

$$(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) = \left(\frac{B_r + B_e - B_i}{4}, \frac{B_r - B_e + B_i}{4}, \frac{B_r + B_e - B_i}{4}, \frac{B_r - B_e + B_i}{4} \right) \quad (2)$$

である。

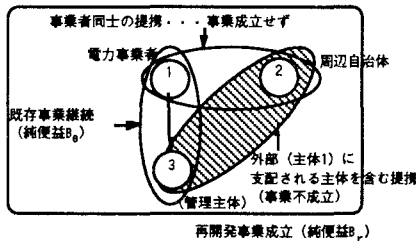


図3 Case1の階層構造

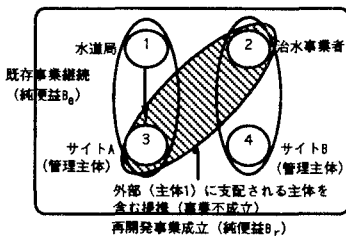


図4 Case2の階層構造

3. 階層構造を変化させる設定 2.では、既存の事業者が施設の利用権を有しているとき、その事業者は所有者を支配しているとして特性関数を設定した。しかしこの特性関数を長期間の継続的な費用・便益配分に用いると、既存の事業者の優位性が永続する。この種の利用権の行使は、公共的な資源の占有を意味するから、それが無期限に保証されることは主体間の公平性の観点から問題である。さらにそのような既存事業者と新規事業者の間の不平等性は、既存事業から再開発事業への移行を妨げる可能性もある。

この問題の一つの解決策として、旧来の階層構造が継続する期間を、既存事業者の利用権の残存期間（期限が切れるまでの残りの期間）に限るものとし、それ以後はより進化した階層構造の下での特性関数を設定

する。具体的には、期限後は所有者は既存、新規両事業者に支配されるものとする。このとき、どちらの事業者も、もう一方の事業者との協力なしで事業を実施することは不可能となる。

既存事業者の利用権残存期間を T （年）で表す。社会的割引率 $r=0.05$, $B_r=12$, $B_e=10$, $T=10$ として、Case1における50年後までの各年の配分値の現在価値をプロットしたのが図5である。一方、Case2について同様の分析を行った結果を図6に示す。ここでは $B_r=18$, $B_e=10$, $B_i=2$, $T=10$ である。

Case1, Case2に共通するのは、配分値の事業者間の差異が消滅して配分値が等しくなる一方、所有者への配分はそのサイトを利用する事業の便益に対応していることである。配分値はその主体が得る便益と支払わなければならない費用の差額であるから、配分値が等しい場合、各事業者は得られる便益に応じた負担を行っていることになる。

この新たなルールを設定することにより、既存事業者と新規事業者の間の利用権の初期配分に起因する配分上の差異が平滑化されることがわかる。

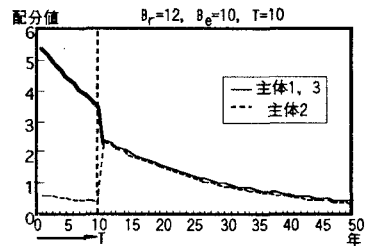


図5 Case1の配分値の現在価値

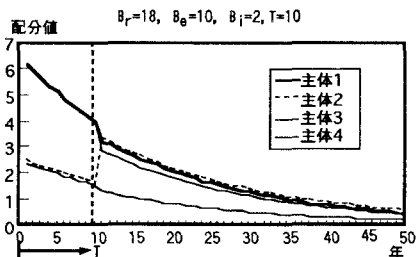


図6 Case2の配分値の現在価値

4. おわりに 今後は、ダム以外の施設も含めた流域全体における資源再配分のありかたについて検討したい。

参考文献 1) Gilles, R.P., Owen, G., and van den Brink, R: Games with Permission Structures: The Conjunctive Approach, International Journal of Game Theory., 20, 277-293, 1992.