# 分離費用身替り妥当支払い方式に関する2，3の考察

鳥取三洋電機（株）　○正会員　木下省二
鳥取大学工学部　　正会員　岡田憲夫

## 1．はじめに

水資源開発プロジェクトは、複数の主体の参加による共同事業の形をとる場合が多い。その際、費用割振り問題は重要な問題である。費用割振り法として、従来から各種の水資源プロジェクトにおいてよく用いられてきた方法に分離費用身替り妥当支払い方式ＳＣＲＢ（Separable Costs Remaining Benefits, ＳＣＲＢ）がある。これは概ね次のような考え方で配分するものである。(i)全共同事業費のうち、各主体を除くことにより削減される費用（分離費用）の分は少なくとも当該主体に割振る、(ii)全共同事業費から各主体の分離費用の総和を控除した残りの額（非分離費用）を各主体の残余便益に応じて按分し、最後に(iii)上の(i)と(ii)で割振られた額の総和を各主体の配分額とするのである。この方法にはいくつかの変種があるがそれらを一括してここでは「慣用的費用割振り法」と呼ぶことにする。これらは上記のＳＣＲＢの他にＥＮＳＣ（Egalitarian Nonseparable Cost）、ＮＳＣＧ（Nonseparable Cost Gap）、ＭＣＲＳ（Minimum Costs Remaining Savings）などがある。これらの慣用的費用割振り法はその考え方が直観にうったえやすいという利点があるが、各方法の基礎となっている配分の公平さの考え方に関しては依然として曖昧な場合も多い。また、費用割振りの結果は費用関数の特性に大きく依存する。従って、本研究では特に費用関数の特性に着目し、それが配分解に与える影響を理論的に考察することとする。その際、ゲーム理論及び経済学的知見を援用する。

## 2．提携構造の関数としての費用関数の特性と費用割振り法との関係

ｎ人からなるプレイヤー全体の集合、すなわち全提携$N=\{1,2,\cdots,n\}$を考える。このときの全費用は$C(N)$である。次にＮの部分集合を部分提携Ｓとよぶ。そしてプレイヤーｉの分離費用$sc_i$は$sc_i=C(N)-C(N-\{i\})$として定義される。これらを全費用$C(N)$から控除した残りの費用（非分離費用）ｎｓｃは、$nsc=C(N)-\Sigma_i sc_i$である。さらに、任意の提携Ｓの残余便益を表す費用差関数$g^\circ(S)$を、$g^\circ(S)=C(S)-\Sigma_i sc_i$と表す。ここで、ゲーム論に基づく既存の研究では、費用関数の特性として以下の性質が明らかにされている。

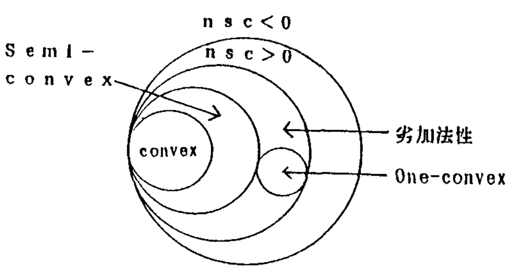
（１）劣加法性　$C(S)+C(T)\geqq C(S\cup T)\quad(S\cap T=\phi)$

（２）Convex性　$C(S)+C(T)\geqq C(S\cup T)+C(S\cap T)\quad(S,T\subset N)$

（３）Semi-convex性　$g^\circ(\{i\})\leqq g^\circ(S)\quad(\forall i\in N\quad S\subset N\quad i\in S)$

（４）One-convex性　$g^\circ(N)\leqq g^\circ(S)$、$g^\circ(N)\geqq 0\quad(\forall \phi\neq S\subset N)$

本研究ではこれらの性質の間に図－１に示されるような包含関係が成立することを理論的に明らかにした。さらに、費用関数がどのような条件を満足すれば慣用的配分方法による費用割振りの結果が一致するかを分析した。その結果をとりまとめて表－１に示す。




図－１　提携に関する費用関数の諸条件の包含関係（必要条件）

表－１　費用関数と慣用的費用割振り法の関係

| | Convex | Semi-convex | One-convex |
|---|---|---|---|
| ＳＣＲＢ | ● | ● | |
| ＥＮＳＣ | | | ● |
| ＮＳＣＧ | ● | ● | ● |
| ＭＣＲＳ | ● | | ● |
| 配分解 | ４人ゲームまではコアに属す | コアに属すとは限らない | コアの重心 |

いずれの場合も劣加法性を満たしている

注）●は配分解が一致することを示している

### 3．結合生産システムとしてみた費用関数の特性と配分解との関係

提携構造の様々なパターンの可能性は経済学的には結合生産の多様性と結びつけて解釈できることに着目する。規模の経済性を表す指標ＥＳＬ(economies of scale)はｎ個の結合生産物$Y_N=(Y_1,\cdots,Y_n)$について　　$ESL=C(Y_N)/(\Sigma_i Y_i \cdot MC_i)$

で定義される。ここで$C(Y_N)$はＹ全体を生産するのに要する総費用、$Y_i$は生産物ｉの生産量である。$MC_i$は生産物ｉの限界費用である。ゲーム論的には$Y_N$はＮ人の提携、$Y_i$は単独行動による目的の達成（＝特定の用途の水の生産）に対応している。$ESL>1$なら規模の経済性が存在し、$ESL<1$のときは規模の経済性は存在しない。

範囲の経済性を表す指標ＥＳＣ(economies of scope)は

$$ESC=(\Sigma_i(Y_i)-C(Y_N))/C(Y_N)$$

と定義される。ＥＳＣは結合生産$Y_N$を行うことによって、単品生産$Y_i$を個別に行うのに比べてどの程度生産費用を節約できるかという割合を表している。ＥＳＣを次のように拡張する。結合生産$Y_N$から生産物ｉの生産を除いた結合生産$Y_{N-\{i\}}$を考え、次いで生産物ｉの生産を含めた結合生産$Y_N$にシステムを拡張したとする。ゲーム論的には任意のプレイヤーｉを除いた提携$N-\{i\}$にプレイヤーｉが加わって全提携Ｎができたと解釈できる。このような結合生産システムの拡大（提携の拡大）に関する範囲の経済性を

$$ESC_{N-\{i\},\{i\}}=\{C(Y_{N-\{i\}})+C(Y_i)-C(Y_N)\}/C(Y_N)$$

と定義する。$\overline{ESC}=\Sigma_i ESC_{N-\{i\},\{i\}}-ESC$とおくと、$\overline{ESC}=nsc/C(Y_N)$となる。ここにｎｓｃは非分離費用を表す。これより$\overline{ESC}$を費用割振り問題に即して解釈すれば、$\overline{ESC}$は全提携費用に対するｎｓｃの比率を表しているといえる。また、$ESC_{N-\{i\},\{i\}}$が非負であることと劣加法性が成立することは同等であるといえる。さらに、３人ゲームの場合には以下の性質が成立することが証明できる。

Convexゲームの場合には、$\overline{ESC}\geqq ESC$、Semi-convexゲームの場合には、$\overline{ESC}\geqq ESC$、One-convexゲームの場合には、$\overline{ESC}\leqq ESC$を満たすことが必要条件である。

### 4．実証分析結果の一例

具体的な水資源プロジェクトをいくつか取り上げて費用関数がどのような条件を満足するかを分析した。その結果、例えばＴＶＡダム建設プロジェクトの一例を対象とした費用割振り問題では費用関数がConvex性を満たすことが判った。この場合、費用割振り問題はConvexゲームとなり、ＳＣＲＢ、ＮＳＣＧ、ＭＣＲＳの費用配分が一致することが理論的に保証される。さらに、ゲーム理論における相対仁とも一致する。このようなConvexゲームの形をとる問題では比較的どの慣用的な費用割振り法もコアを満たす配分法であるので、理論的にも優れているといえる。評価結果を表－２に示す。

表－２　費用割振り法の妥当性の評価

| | ＥＮＳＣ | ＳＣＲＢ | ＮＳＣＧ | ＭＣＲＳ | 仁 | 比例最小コア | 弱最小コア | 相対仁 | 平均差仁 | シャプレイ値 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 個人合理性 | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 集団合理性 | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ○ |
| 総費用に関する単調性 | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ● | ● | ○ | ○ | ● |
| 配分解が一致する | | ● | ● | ● | | | | ○ | | |

注）●は前提から理論的に保証される　○はこのケースに関する限り満たしている

### 5．おわりに

本研究により得られた知見をとりまとめる。①慣用的費用割振り法は費用関数にOne-convexityが成立するような場合、コアを満たすきわめて簡便な配分法であることが保証される。②提携の数が少ない場合、Convexityが成立しても同様の結果を得る。また、慣用的費用割振り法の大半が同一の結果を導くことが保証される。③また、費用割り振り問題の枠組みの中で協力ゲームによる費用割振りの結果を、規模の経済性や範囲の経済性などの側面から経済学的に解釈できる。④実証例を基に水資源システムの費用割振り問題を費用関数の構造的特性と関連づけて分析できる。