

京都大学大学院 学生員○谷本圭志
京都大学防災研究所 正 員 岡田憲夫

1. はじめに

近年、水資源の効率的な利用を促進するために多くの多目的ダム事業が行われている。このとき事業に参加している主体の間でどのように共同事業費を割り振るかが問題となる。費用を割り振る方法としては、ENSC法やSCRB法に代表される慣用的な方法がある。これは比較の実用性に優れている反面、配分額（配分解）に対する意味付けや理論的根拠については不明確である。一方、近年の費用割振り問題へのアプローチの一つとしてゲーム理論に準じた方法がある。これは各提携の配分額に対する「不満」を計量し、その最大値が最も小さくなるように公正な配分額を決定するが、その計算は複雑であり実用性はそれほど低い。このように長所、短所の面では互いに補完的な関係にある両手法であるが、ある適当な条件下ではそれらの配分解が一致することが既往の研究によって知られている。本研究では、多目的ダム事業に用いられる慣用法並びにゲーム論的費用割振り法である仁及びその変種に着目すると、より多くの場合に一致性が見い出せることを理論的に明らかにする。さらに、これらの一致性の条件がダム事業の費用関数の特性と密接な関係にあることを理論的、実証的に検討する。

2. 費用割振り法と費用関数の特性

複数の主体から構成される任意の提携 S の身替わり費用を $C(S)$ 、主体 i の単独提携のそれを $C(\{i\})$ と表す。また、共同事業に主体 i が最後に参加することによる増分費用 $SC_i = C(N) - C(N - \{i\})$ を主体 i の分離費用と呼ぶ。各主体に分離費用を割り振った後の総費用の残余は非分離費用と呼ばれ、 $NSC = C(N) - \sum_{i \in N} SC_i$ で表される。ENSC法は分離費用を各主体に配分し、非分離費用を均等に配分する。SCRB法は非分離費用を残余便益（便益を B とすると、 $\min(B(\{i\}), C(\{i\})) - SC_i$ ）に比して配分するものである。

ゲーム論的なアプローチによる方法で分離費用を導入したものがNSCG法であるが、これは非分離費用を譲歩額（ $\min_{i \in S} C(S) - \sum_{j \in S} SC_j$ ）に比して配分する。仁法は（単独提携も含めた）任意の提携の「不満」の最大値が最小となるような配分額を与える。また、「不満」の定義の仕方によっていくつかの派生的な方法が存在する。弱仁法は、任意の提携における主体1人当りの平均不満を考え、相対仁法は任意の提携の相手方の提携に対する不満比（分裂性向）を考える。その他にも比例仁法、平均差仁法などが挙げられる。これらはゲーム理論に基づく公正配分解といわれる。

次に、提携構造に対する費用関数の特性について劣加法性条件 $C(S) + C(T) \geq C(S \cup T)$ に関連して(i)～(iii)の性質を定義する。ここで、費用差関数 $g(S)$ を $g(S) = C(S) - \sum_{i \in S} SC_i$ と定義する。

(i) Convex性

$$C(S) + C(T) \geq C(S \cup T) + C(S \cap T) \quad (\forall S, T \subset N) \quad (1)$$

この条件は費用差関数 $g(S)$ を用いて表すと次のようになる。

$$g(S - \{i\}) \leq g(S) \quad (\forall i \in S \subset N) \quad (2)$$

(ii) Semi-convex性

この性質はConvex性を緩めた条件である。

$$g(\{i\}) \leq g(S) \quad (\forall i \in S \subset N) \quad (3)$$

(iii) One-convex性

(ii)に排反的な条件がOne-convex条件である。

$$g(N) \leq g(S) \quad (\forall S \subset N) \quad (4)$$

3. 配分解間の一致性

Keishi TANIMOTO, Norio OKADA

既往の研究では(a)ENSC, SCRB法とNSCG法¹⁾並びに, (b)ENSC法と仁法²⁾との一致性が明らかにされているが, 本研究では(b)と同様に仁, 及びその変種法における概念である「不満」に着目することによって新たに費用割振り法間の配分解の一致性を見いだした。これらの一致条件を(2)～(4)式と対比すると下の表にまとめることができる。

なお, $|S|$

$(\forall S \subset N)$ は提携の人数を表し, One-convex+はOne-convex条件を含みかつ, それより広い範囲をもつ条件であることを示し, Convex+はConvex性をSemi-convex性とは別

費用割振り法	一致条件	
(a) ENSC と NSCG	$g(S) \geq g(N)$	(One-convex) (5)
SCRB と NSCG	$g(S) \geq g(\{i\})$	(Semi-convex) (6)
(b) ENSC と 仁	$g(S) \geq \frac{ S +1}{n} g(N)$	(One-convex+) (7)
(c) ENSC と 弱仁	$g(S) \geq \frac{ S }{n-1} g(N)$	(One-convex+) (8)
(d) SCRB と 相対仁	$g(S) (\sum_{i \in S} g(\{i\}) - g(N)) \geq g(N) (\sum_{i \in S} g(\{i\}) - g(N) + g(N-S))$	(One-convex+) (9)
	$(g(N) - g(N-S)) (\sum_{i \in S} g(\{i\}) - g(N)) \geq g(N) (\sum_{i \in S} g(\{i\}) - g(S))$	(Convex+) (10)

表. 慣用法とゲーム理論方法の一致条件 (太線は新たに明らかになった一致条件を示す)

の形で緩めた条件であることを示す。(10)式は, (2)～(4)式と直接的な関連が認められないが, Convex性の成立下においてこの条件式が満たされることが比較的多いため, 一致条件をConvex+とした。(c)の一致条件は, 部分提携の人数が大きくなると, それに伴って費用差関数も増加しなくてはならないことを示す。(d)SCRB法と相対仁法が一致する条件は二つあり, 特に主体が三人である場合は, 常に一致が成立する。また, One-convex性が成立している場合, ENSC法, NSCG法, 仁法, 弱仁法の四法が一致することになる。

4. 一致性の多目的ダム事業における評価

我が国の多目的ダム事業の費用関数の形態を特徴づける諸条件について吟味した。その結果, ダムの規模の増大にともなって水没補償費用が著しく増加することが一つの重要な特徴であることが示唆された。このような場合, 概ね(i)～(iii)の性質が成立することが示された。具体的な事例等詳細は講演時に譲るが, 多くの多目的ダム事業ではConvex, Semi-convex性が成立しているため, SCRB法による配分額に理論的根拠(公正配分解に一致すること)が保証される。また, One-convex性が成立するようになると, ENSC法による配分額にも理論的根拠が保証されることが検証された。つまり, 慣用法による配分額(配分解)は費用関数の形態特性に応じて理論的根拠が多重的に裏付けされていることが明らかになった。

5. おわりに

現段階では以上のように慣用的方法による配分額に理論的根拠が保証されるが, 今後新たに多目的ダム事業にレクリエーション施設が参加することが予想される。このような場合には当目的の効用評価の方法や慣用的方法の適用限界が改めて問題となるであろう。

参考文献

- 1) Driesen, T. S. H. and Tijs, S. H.: The Cost Gap Method and Other Cost Allocation Methods for Multipurpose Water Projects, Water Resour. Res., Vol. 21, 1985.
- 2) Suzuki, M. and Nakayama, M.: The Cost Assignment of the Cooperative Water Resource Development, A Game Theoretic Approach, Management Sci, Vol. 22, 1976. 1