

(株)日本水道コンサルタント 正員 渡辺晴彦
 京都大学工学部 正員 吉川和広
 鳥取大学工学部 正員 岡田寛夫

1° はじめに

本研究では、広域利水計画の策定に際して、さまざまな代替案の中から参加地域が満足しうる負担費用案を抽出する方法について考察する。ここで、計画の策定が各地域間の協議によって行われるという前提に立てば、地域間の水利用提携によって、いかに低廉な取排水システムを形成するかという状況を、各地域をプレイヤーとする協力ナッシュゲームにモデル化することができ、このゲームに必要な情報には、主として次の二つをあげることができ、

- ① 提携することによって得られる取排水システムの内容と建設費用に関する情報
- ② 提携に含まれない地域がどのような取排水システムを形成するか(つまり、提携しないのか、単独でシステムを形成するのか)という、流域全体の提携構造に関する情報

筆者らは、これまで前者の情報をもとに、ゲーム理論におけるコア・カーネルの解概念も利用した負担費用の算定に関する研究を行ってきた⁽¹⁾⁽²⁾。しかし、さらに各提携のおかれた立場も流域的観点から考慮するためには、後者の情報を利用していくことが必要と思われる。本研究では、この点について、まず2°に分析上の視点を明らかにした後、3°において、各地域の満足する負担費用案の算定方法について述べることにする。

2° 提携構造に関する分析の問題点・視点

いま、広域利水計画に参加する地域は、水需要の充足と河川水質の保全および施設建設の経済効率性の達成という目標をみたす取排水システムを必要としているものとする。このとき、流域内で可能な広域利水システム代替案は、次の3つのレベルに関する組み合わせによって得ることができ、

- ① 提携構造……………提携しない地域の選定(全地域集合の分割方法)
- ② 広域化方式……………提携する地域内で採用する広域利水×カ=システムの選定
- ③ 水量配分……………先に示した3つの目標をみたす代替案の選定(特に施設建設費用の最小化を考えた)

具体的に、1水系内3地域が存在する場合に限定して考えてみると、次の3とおり提携構造が想定される。

- a. 各地域が単独の取排水システムを形成する。
- b. いずれか2地域が提携し、残る1地域は単独の取排水システムを形成する。(この場合、地域の組み合わせにより3とおり存在する)
- c. 全地域が協力して取排水システムを形成する。

各提携構造において考えられるさまざまな広域化方式について、それぞれ水量配分が行われ、最小総建設費用が求められたとすれば、次に提携する地域への負担費用の算定の問題が残されている。

各地域への負担費用を Z_i ($i=1, 2, 3$) とすれば、そのベクトル (Z_1, Z_2, Z_3) は提携構造別に、次のように与えられる。

$$\textcircled{1} (Z_1, Z_2, Z_3) = (v_1, v_2, v_3) : \text{各地域単独建設} \quad (2-1)$$

$$\textcircled{2} (Z_1, Z_2, Z_3) = (\alpha v_{12}, \alpha' v_{12}, v_3) : \text{2地域(1&2)が提携} \quad \alpha + \alpha' = 1 \quad (2-2)$$

$$\textcircled{3} (Z_1, Z_2, Z_3) = (\beta v_{13}, v_2, \beta' v_{13}) : \text{" (1&3) " } \quad \beta + \beta' = 1 \quad (2-3)$$

$$\textcircled{4} (Z_1, Z_2, Z_3) = (v_1, \gamma v_{23}, \gamma' v_{23}) : \text{" (2&3) " } \quad \gamma + \gamma' = 1 \quad (2-4)$$

$$\textcircled{5} (Z_1, Z_2, Z_3) = (\delta v_{23}, \delta' v_{23}, \delta'' v_{23}) : \text{全地域が提携} \quad \delta + \delta' + \delta'' = 1 \quad (2-5)$$

但し、 v_i : 地域 i の単独建設費用 ($i=1, 2, 3$), v_{ij} : 地域 i と地域 j の提携建設費用 ($i, j=1, 2, 3$)

V_{23} : 全地域提携における施設建設費用, $\alpha, \beta, \gamma, \delta$: 提携建設費用の配分率

= 2つの重要なことは、単独建設での費用 v_i と v_j が、他の地域が採用する取捨本システムが異なることに伴い、一般に、

$$v_i \neq v_j \quad (i=1, 2, 3) \quad (2-6)$$

とはなるといえる。(このことが、1°に述べた後者の情報も必要とする理由である)さらに、1つの提携に対して採用する広域化方式をかえることに伴い、施設建設費用が変化することが想定される。ゆえに負担費用の算定においては、

① 多様な提携費用の抽出(被自己費用の抽出)

② 配分率の決定

の2つの問題点があることとなる。

3° 各地域の満足する負担費用案の抽出

一般的には、提携費用(2地域) v_{ij} は、負担費用に対し、

$$x_i + x_j = v_{ij} \quad (i, j=1, 2, 3) \quad (3-1)$$

と示されるが、総建設費用中に各地域が最低負担すべき費用 C_i があると思われれる。ゆえに、 v_{ij} は

$$v_{ij} = C_i + C_j + \Delta \quad (i, j=1, 2, 3) \quad (3-2)$$

として、最終的に Δ の配分を考えれば良いことになる。本研究では、この C_i を提携システムにおける送水施設の建設費用と定義し、図-1に示すパレート最適な領域を抽出した。この領域は、広域化方式において変化するため、いくつか合成することにより図-2の領域を得た。これは、いくつかの広域化方式の異なる代替案を細羅したパレート最適な領域と考えることができる。

次に、各2地域について定義される図-2の対応グラフを、3次元座標上で考えることに伴い、各パレート最適領域の共通部分が得られる。これは、各地域が満足する (x_1, x_2, x_3) の集合を求めることであり、協力的なゲームのコアと呼ばれるものである。本研究では、このコアを H. Scarf のアルゴリズムを援用することによって求めた⁽³⁾。このアルゴリズムは、図-2のパレート最適領域を点線を示す階梯状の領域で近似して図-3に示すように3次元空間で合成し、この図の突出について、LPの掃き出し法を用いて3地域に於けるパレート最適領域を求めるものである。図-4は、計算結果の一部を示したものであるが、コアを有する部分で地域Aと地域Bの費用配分を考えれば良いことがわかる。(詳細については講演時に発表する)

4° おわりに

本研究の目的は、各地域の満足する負担費用配分案の算定であり、これは協力的なゲームのコアとして求めた。しかし、このコアは唯一に定まるとは限らないため、現実問題としては、さらに地域間の協議を重ねて、採用する代替案を決定することが不可欠である。このためには、国・県からの補助金の問題も考えあわねると、および参加地域の特性(地理条件・水利用状況など)を詳細に考慮することが重要な課題であると思われる。

- (参考文献) (1) 吉川・岡田・森田, 1水系における広域利水問題に関するゲーム論的アプローチ, 57年度関西大学年次講演会要旨
 (2) 森田, ゲーム論的アプローチによる広域利水計画に関するシステム分析, 京都大学工学論文(1978)
 (3) H. Scarf, The Core of an N-Person Game, Econometrica 35(1), (1967)

