

京都大学大学院 学生員 ○ 藤田 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

広域利水という水利用システムは、都市の水不足を解消する手段として、また、水資源の有効利用という面からも、その重要性・必要性が議論されてきた。確かに、複数の地域を統合して1つのフロー・ズ・システムを形成することは、広域的な視点からは効率的で最良とも考えられる。しかしながら、広域化計画の大前提となるのは、異なる行政体に属する地域の建設主体間の同意である。計画の実現という、より実面的な観点からこのことを考慮すると、広域的最良案が必ずしも各地域の最良を意味しない場合が起こり得る。ゆえに、この実現のためには、各地域の主張を考慮した、より望ましい姿での均衡化という観点からの調整が必要となってくる。そして、このためには、どのような場合にどのような形で地域間の主張の対立が起こるかという情報が要求されるであろう。

本研究では、特に1水系における広域利水計画をとりあげ、調整に必要な情報システムの提示を試みる。具体的には、どのような形での広域化(言い換れば、地域間協力=提携)を行うかが、各地域の戦略と考えられるため、まず、可能な提携パターンに関する代替案を、後述する最適化問題の解として求める。次に、費用配分に関する協力ゲームを定式化することにより、費用面での1つの均衡案としてゲームの解を求める。さらに、費用の他に水質を考慮することにより、各地域にとつての提携の優劣について考察する。

2. 1水系モデルでの均衡

1水系内に、3つの需要地域が存在し、各地域とも新規需要量に対する取水・排水施設、下水処理施設を必要としている場合について考える。各地域の行動としては、これらの施設を単独で(自地域内)に建設することの他に、代替案として他地域と提携することにより、他の施設を共同利用することが考えられる。この際、各行動に課せられた要件として、①経済効率性の達成、②需要量の充足、③排水処理と汚濁規制などがあるものとする。

一方で、3つの地域は同一水系に属し、取水源・排水先として、この河川を利用することと考えれば、河川流量に関する物理的制限や水質基準を定めることが、行動への大きな制約として働いてくる。

これにより、先に設定したような各行動のみみすべき要件は、地域間において互いに相反するため、結果として、各地域にとって代替案間の望ましさを程度には優劣があることになる。ここでは、まず、この優劣を明らかにする。

考えられる行動の組み合わせとして、次の5パターンがあげられる。

- I. (1,2,3): 各地域が単独建設する
- II. (12,3): 地域1と2が提携する
- III. (1,23): 地域2と3が提携する
- IV. (13,2): 地域1と3が提携する
- V. (123): 全地域が提携する

各パターンについて、経済的に有利な代替案を求めるため、制約条件として、①需要量を満たし、②河川維持流量を保ち、③既存の下水処理

表-1 各提携パターンの代替案(%)

地域	I	II	III	IV	V
河川の 取水量	36.90	36.90	36.90	36.90	36.90
排水量	101.20	0.0	101.20	101.20	101.20
下水処理 に要する 排水量	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
排水処理 に要する 流量	0.0	101.2	0.0	0.0	
排水処理 に要する 流量	242.8	242.8	242.8	242.8	242.8
排水処理 に要する 流量	59.2		59.2		
排水処理 に要する 流量	93.7	93.7		73.2	
排水処理 に要する 流量	320.7	320.7	333.9	323.1	339.0
排水処理 に要する 流量	26.0		26.0		
排水処理 に要する 流量	118.3	102.3		138.8	
排水処理 に要する 流量	330.5	330.5	529.2	413.3	609.1
排水処理 に要する 流量	3277.1	3096.4	3120.5	3267.2	3086.1

C(1)= 3891.3
 C(2)= 9196.9
 C(3)= 19683.1
 C(12)= 11281.8
 C(23)= 27314.5
 C(13)= 23068.3
 C(123)= 30861.7

理量を超えずに、④河川の水質基準をみたすことととりあう、かつ、目的関数として施設建設費用の最小化をほかる最適化問題を考える。この最適化問題を解いた結果は表-1のように示される。次に各提議別Sに共同建設費用C(S)を求める。(Sは、提議に含まれる地域の集合)ここで、C(S)を求めることは、協力3人ゲームの特性関数を求めることであり、コア・レフトの解概念により、ゲームを解いた結果を表-2に示す。

広域化計画案として、いずれかのパターンを採用したときの費用配分を表-2のように行えば、費用に関しては、ゲーム論的な均衡化がはかれることになる。しかしながら、各地域にとって費用最小となる提議パターンは、全地域を通して一致することがない。このことが、地域によって代替案に優劣が存在することを示すものである。かような結果は、ゲームの解が、特定の提議に関する均衡化を行うものであり、どのパターンで広域化をすすめるかという最終的な意思決定のための情報ではないことに起因している。

一オ、費用以外の評価項目として河川水質を考えてみると、各地域の最良水質が必ずしも費用最小のパターンと一致しないことがわかる。すなわち、単一目標による優劣は判定できても、多目標と考慮した代替案の優劣を判定することは、簡単には行なわれず、各地域の建設主体の意思決定に委ねられる。

しかしながら、表-2に明らかのように、各地域が考慮すべき代替案は、地域1がII・IV、地域2と3がIIIとVとなり、だいぶ絞られてくる。これは、費用C、水質Bに関して各代替案と比較すると、

$$(C^*, B^*) \leq (C^*, B) \text{ or } (C^*, B^*) \leq (C, B^*)$$

となる (C^*, B^*) が存在し、ゲーム論的に他を支配することになるものである。すなわち、図-1に示すように、地域1はII・IVを無差別とするのに対し、地域2と3はIIIとVに関する支配関係が定義できないことになる。しかし、地域2と3については、2つの点がある提議パターンの代替案を変化させることにより、両点間の混合戦略が期待される。

3. 考察

本研究の目的とした各地域の意思決定に関する情報システムは、2次元ベクトルである程度まで説明することができた。しかしながら、多目標であることと考慮した場合の代替案の優劣の判定や、各提議パターンでの代替案を多目標のもとで評価していく場合の考察などに加えることにより、さらに完全なものとなるであろう。

特に後者に關しては、各地域の要求として費用最小化の他に、水質の最良化、下木処理量の最小化なども考えた場合、目的関数のとり方によっては、多目的計画問題となるため、GP・SWTなどの手法によって代替案を求める方法が考えられる。(これに関する具体的な方法、並びに実施例については後述時に発表する。)

参考文献)

吉川・岡田・渡辺、「広域的な水利用問題に関するゲーム論的アプローチ」、52年度園田支部学術講演会
概集 (1977)

表-2 費用配分と供給水質

		I	II	III	IV	V
地域1	C	3891	3517	3891	3517	3527
	B	3.49	3.11	3.49	3.11	3.12
地域2	C	9196	7764	7764	9196	7773
	B	5.76	5.30	4.38	5.52	4.00
地域3	C	19683	19683	19550	19550	19560
	B	6.71	6.71	6.17	6.43	6.01

C: 分岐費用 B: 供給水質
(10⁴円) (ppm)

図-1. 費用と水質

