

流域下水道事業の費用割り振り法に関する基礎的考察

京セラ(株) 正会員 ○早川啓介
京都大学防災研究所 正会員 岡田憲夫

1. はじめに

下水道事業においては、2つ以上の市町村による共同事業の方式で流域下水道事業が行われている。このように共通の施設を複数の主体が利用するために、その利用にかかる費用の負担をめぐって主体間の利害の対立が生じる。その際に、費用割り振り法は非常に重要な実際的な問題であり、流域下水道事業においては幾通りかの費用割り振り法(Q法、QL法等)が用いられている。本研究においては、流域下水道の整備形態のプロトタイプを想定するとともに費用最小化モデルを作成して、費用関数の特性を分析する。TVA事業において研究されて以来、特に多目的ダム事業の慣用的費用割り振り法として用いられている分離費用身替り妥当支出法(SCRB法)などを含めた各種の方法を取り上げ、その妥当性について比較・分析し、基礎的考察をおこなう。

2. 本研究の基本的な考え方

共同事業の形態で行われる流域下水道システムを建設整備するプロトタイプのケースを考え、費用最小化モデルを構築した。すなわち、次のような想定の下に既存の複数の市町村を対象に事業を施行すると考えた。地形特性については全体的に緩やかな地形特性であると仮定し、下図に示すようにN市町村が参加する流域下水道整備計画をモデル化する。

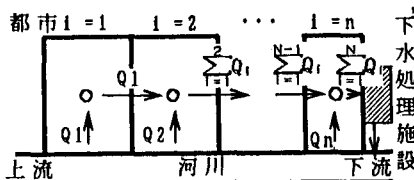


図1 流域下水道システムのモデル図

その結果次のような費用関数を得た。

$$C(Q, \bar{L}, L) = \sum_{i=1}^N ((aM^2 (\sum_{i=1}^N Q_i)^{2a} \bar{L}_i^{2b} + \beta M (\sum_{i=1}^N Q_i^a \bar{L}_i^b + \gamma) L_i + \nu \sum_{i=1}^N Q_i^{\delta})$$

Q_i :各都市の発生活污水量 $N_i: \{1, 2, \dots, i-1\}$

$\bar{L}_i$:各都市の地形勾配 $a, \beta, \gamma, \nu, \delta, a, b, M$:定数

L_i :各都市の管渠の長さ $a, \beta, \nu, \delta > 0$

3. 費用関数のCONVEX性等の条件

この事業が上流・中流・下流の3都市で行われる場合(3人協力ゲーム)を想定して上記の費用関数のパラメータを特定化するとともに、CONVEX性等の成立条件を分析した。費用関数に関するCONVEX性は、より大きい提携を形成した方が経済的に合理的であることを保証する基本的な条件である。また、CONVEX性が成立すれば劣加法性が常に充足されることが理論的に保証されている。この他にSEMI-CONVEX性、ONE-CONVEX性の条件(詳細省略)の成立性についても吟味した。

4. 分析結果

(1) 流域下水道モデルにより費用関数の諸特性の成立の可否について数値解析した結果を示す。

a) 劣加法性について

総体的に関連都市の大小(管渠の長短で表す)あるいは総終末処理汚水量の多少に関係なく、現実想定しうるスケールの下では費用関数は劣加法性を満たしにくい。

b) CONVEX性, SEMI-CONVEX性, ONE-CONVEX性について

流域下水道事業の費用関数は非常に劣加法性を満たしにくいので、それよりも厳しい成立条件を持つCONVEX性, SEMI-CONVEX性, ONE-CONVEX性はさらに成立が困難である。

(2) 各種費用割り振り法の適応性について費用関数の側面から分析した結果の一例を以下に示す。

なお、ここでは上流都市の幹線管渠長 $L_1=2000\text{m}$ 、中流都市 $L_2=5000\text{m}$ 、下流都市 $L_3=3000\text{m}$ 、総汚水量 $Q_1+Q_2+Q_3=1.0\text{m}^3/\text{S}$ と仮定している。

a) 非分離費用が負になる場合

表-1はこの場合に相当しており、SCRB法を適用すると上流都市A市や下流都市C市の費用配分解に大きな負の値が現れていることがわかる。これより流域下水道で用いられている実物量準拠方式(QL+Q法、Q法)の費用割り振り法の方が合理的かつ現実的な配分となることがわかる。なおQL+Q法とは、関係主体に帰せられる流量Qと幹線管渠の長さLの積およびQ自身の大きさに応じて総費用を配分する方法である。またQ法は流量Qのみに応じて配分する方法である。つまりSCRB法では非分離費用が負になることを想定しておらず、そのような場合に本配分法を適用することは不適切である。

表-1

各種配分法による各都市への配分率

a) 非分離費用が負の場合

	上流A市	中流B市	下流C市
発生汚水量	0.7	0.1	0.2
SCRB法	-175.65	491.91	-198.52
NSCG法	68.36	-18.61	67.98
ENSC法	65.95	-13.27	65.05
身代り費用	37.82	45.82	34.09
QL+Q法	98.05	11.21	8.47
Q法	82.41	11.77	23.55
SHAPLEY値	51.94	16.03	49.76

b) 非分離費用が非負になる場合

この場合は流域下水道の実物量準拠方式よりはSCRB法等の費用割り振り法が合理的である。つまり、SCRB法等の費用割り振り法では、参加主体のプロジェクト成立性への貢献度をより明示的に配分に反映できる。例えば、中流部の都市の参加の有無が事業の成否に大きく関係していて、中流部は地理的に優位であることが費用配分に反映できる。逆にQ法やQL法ではこのような点が費用配分に反映できない。このことは、表-2に次のように示されている。すなわちSCRB法などの場合には、その優位性を反映して中流都市Bは、発生汚水量および管渠長の割に実物量準拠方式に比べて配分率が少ないことが分かる。

表-2

各種配分法による各都市への配分率

b) 非分離費用が非負の場合

	上流A市	中流B市	下流C市
発生汚水量	0.1	0.8	0.1
SCRB法	1.57	47.8	50.63
NSCG法	1.57	47.8	50.63
ENSC法	-0.08	33.2	66.88
身代り費用	12.59	68.55	18.86
QL+Q法	12.97	83.1	3.92
Q法	10	80	10
SHAPLEY値	2.61	57.06	40.32

5. まとめ

上述したことも含め本研究により得られた知見をとりまとめる。①流域下水道事業建設費の多くの部分を幹線管渠建設費が占める。終末処理施設の建設費用を表す費用関数は劣加法性を示すが、幹線管渠建設費を表す費用関数が非常に劣加法性を満たしにくいので、全体として流域下水道事業建設費は非常に劣加法性を満足しにくい。②非分離費用が常に非負である場合には、多目的ダム事業に用いられているSCRB法等の慣用的費用割り振り法を用いることができる。提携の数が少ない(4以下)ときにはこれらの費用割り振り法は、コアを満たす可能性が高いので場合によっては非常に有効な配分法となりえる。③実際に流域下水道事業に用いられている費用割り振り法(Q法、QL法)は、非分離費用が正であることが保証されている場合には、多目的ダムで用いられている慣用的費用割り振り法に比べて不合理な状況が生じうる結果をもたらすことがある。しかし、非分離費用が負となりうる場合には流域下水道事業で用いられているQ法及びQL法の方が適切であると考えられる。

なお本研究では取り上げなかったが、参加主体にとっては、国家の上部行政機関による補助率なども「最終的に自身のみが負担すべき費用」という意味で費用配分の領域に属している。つまりこの点が共同事業のインセンティブ成立性に関係すると考えられる。今後の課題としたい。

6. 参考文献

岡田憲夫：費用割り振り問題の理論的考察—費用関数の構造に着目して—，鳥取大学工学部研究報告書，PP.203-211, 1990