

流域下水道事業の 費用割り振り法に関する基礎的考察

御野村総合研究所 ○正 員 大久保朋美
京都大学防災研究所 正 員 岡田 憲夫

1. はじめに

水資源プロジェクトにおいては、複数の主体を巻き込んだ共同事業が多く実施されるが、その際の主要な問題の一つが共同の事業費用の割り振り問題である。一般に、費用配分の方法は無数に存在するといっ
てよい。しかし、公正を欠いた費用割り振りは実行するのに説得力が乏しい。その中から唯一の方式をど
の様に特定するかが重要な問題になる。そこで本研究では費用配分の公正解を理論的にモデル化する上で
ゲーム理論による方法が有用である点に着目して、まず、流域下水道整備方式事業の費用最小化モデルを
検討する。その結果得られた費用関数の特性について理論的な検討を行う。これにより配分方法の妥当性
について基礎的な考察を行う。

2. 費用関数の諸特性と費用割り振り法との関係

費用割り振りと密接な関係にある費用関数の諸特性について以下に説明する。

a) 劣加法性

任意の提携 S, T について

$$C(S) + C(T) \geq C(S \cup T) \quad (S \cap T = \phi)$$

を満たすような費用関数 C は、劣加法性を満たすという。劣加法性を満たすときは、お互いに共通の構成員をもたない S と T が単独で行動するよりも $S \cup T$ という提携を結んだ方が経済的にみてお互いに有利になる。

b) CONVEX性

$$C(S) + C(T) \geq C(S \cap T) + C(S \cup T)$$

を満たすような費用関数を CONVEX であるという。これは劣加法性を満たすさらに厳しい条件である。なお、CONVEX 性に関する条件として他に SEMI-CONVEX、ONE-CONVEX 性等の条件がある。

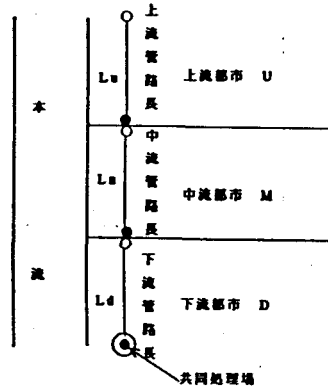


図-1 パターン1のモデル

3. モデル化

パターン
ン1, 2,
3 (図-
1, 2, 3
参考) の
ような位
置関係に
ある流域
下水道計
画モデル
を想定する。
パターン1

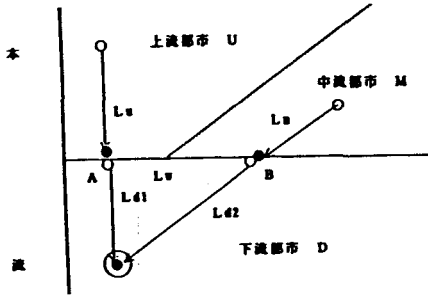


図-2 パターン2のモデル

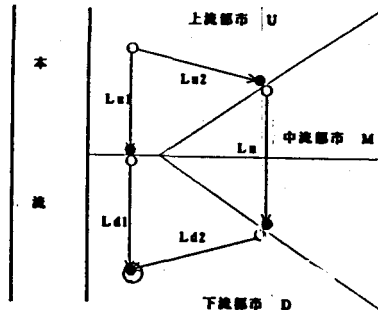


図-3 パターン3のモデル

の場合、上流都市U、中流都市M、下流都市Dが河川に沿って順番に立地している。パターン2の場合、

Tomomi Okubo, Norio Okada

中流都市Mは河川に沿わず、上流都市Uの一部に中流都市Mが含まれる様な位置関係である。パターン3の場合も中流都市Mは河川に沿わず、上流都市Uと下流都市Dの一部に中流都市Mが含まれる様な位置関係にある。これらの各パターンについて、流域下水道システムの費用関数を特定した。紙幅の都合上その詳細は省略する。このように特定された費用関数は、管路長L、地域勾配等の地理的・水理的条件および提携の構造を表すパラメーターによって規定される。

4. モデル分析の検討

岡田¹⁾によれば、費用割り振り問題は、費用関数が劣加法性やCONVEX性を満たすかどうかで趣が大きく異なってくる。すなわち、これらの条件が成立するときにはじめて厳密な意味で、参加各都市の提携上の貢献度の違いが配分解に反映されることになる。たとえば、適正な配分解領域としての「コア」の成立と劣加法性やCONVEX性の成立とは密接な関係がある。そこで以下、各パターンについて劣加法性やCONVEX性が成立する条件について数値シミュレーションを行う。

4. 分析結果

パターン1の場合、劣加法性すら成立しない。これは上流都市Uと下流都市Dが提携するとき地形上の関係で中流都市Mを管渠が通過せざるを得ないが、この管渠建設費が割高になるために、提携するよりも個々で下水道整備を行なった方が費用の点において有利であることが主たる原因である。

パターン2の場合、CONVEX性は成立しないが、劣加法性は成立する。図-4は劣加法性の成立する範囲を表す。縦軸は下流都市Dの排出する下水量 Q_d 、横軸は中流都市Mの排出する下水量 Q_m を表す。管渠長は $L_{d1}=L_{d2}=5000$ [m]として固定する。
(この場合劣加法性の成立条件式には下流部の管渠長のみ関与する)。

また、総下水量を 2.0 [m^3/s]で一定として、各都市への下水量の比率を変化させている。

なお、この場合と同様 $L_{d1}=L_{d2}$ としてその値をいろいろに変えてその劣加法性の成立状況を調べた。その結果、 $L_{d1}=L_{d2}$ のとき値が増加すると Q_d が小さい値をとる場合には劣加法性が成立しなくなることがわかった。

また、 $L_{d1} \neq L_{d2}$ のときについても同様に検討した。

$L_{d1} < L_{d2}$ のときは劣加法性は成立せず、

$L_{d1} > L_{d2}$ のときはその差が小さいほど劣加法性が成立しやすくなることがわかった。これより、次のような解釈が導かれる。①上流と中流は、共同処理場を一つにして提携した方が見積りすべき費用に関して全体として安くすむ。②上流と中流もしくは中流と下流が提携したする場合、下流部が非常に広いとき(L_{d1} 、 L_{d2} が長いとき)には管渠建設費が割高になるため、処理場を共同で建設するメリットが減り、むしろそれぞれ単独で建設した方が全体としては安くすむ。③下流における下水量が少ないときには提携することによって管渠建設費が単独で建設した方が安くすむ。この他、パターン3についても考察を行った。この場合は他のパターンの場合と異なってCONVEX性が成立する範囲が存在しうることが示されている。なお詳細については、講演時にゆずる。

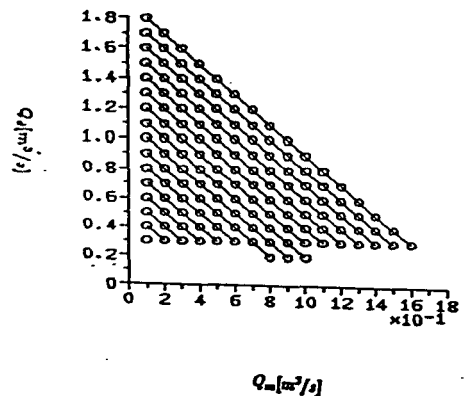


図4 パターン2の劣加法性が成立する範囲

参考文献 1) 岡田憲夫：公共プロジェクトの費用配分法に関する研究：その嬉譜と展望，土木学会論文集，NO. 431，N-15，PP19-27，1991。