

開発方式が水道整備の費用負担に及ぼす影響に関するモデル分析

パシフィックコンサルタンツ(株) ○正員 阿部 康紀
鳥取大学 正員 多々納 裕一
鳥取大学 正員 小林 潔司

1. はじめに

水道システムの整備の際、施設の種類に応じて二種類の開発方式が採られる。一つは毎年施設を追加していく逐次投資方式であり、もう一つは数年後の水需要量の増分を見越して先行的に行う一括投資方式である。このとき、人口の増加率、1人当たりの消費水量の増加、投資期間、施設の耐用年数、施設の実質コストの増加によって需要者が負担する費用はそれぞれ異なる。本研究では、各開発方式ごとに需要者の費用負担を評価しうる分析モデルを定式化し、先に挙げた種々の要因と費用負担の構造との関連性について分析する。

2. 分析の枠組み

給水区域において水需要量は増加し、この水需要量を満たすように水道施設は拡張されていく。また、耐用年数 L 年を経過した施設は更新される。需要者は実際に利用した施設に対して、その施設の減価償却費を負担すべきである。逐次投資方式においては、 t 時点の需要者の水需要量は図-1の線分 $a'a'$ となり、この水需要量を供給する施設の減価償却費を負担すればよい。しかしながら、水道施設の建設に要する建設費用は一般に企業債で賄われ、需要者が実際に支払う水道料金は投資期間を N 年とすると図-1の線分 $a'a'$ の網掛け部分となる。一般に、投資期間 N 年は耐用年数 L よりも短く設定されるために、利用する施設の減価償却費(負担すべき費用)と実際に支払う水道料金との間に乖離が生じる。

一方、一括投資方式の場合、 $\mu X + \nu$ 時点の需要者が負担すべき費用は図-2の線分 $a'a'$ の水需要量を供給する施設の減価償却費である。拡張期間を X 年とすると、水道施設は X 年後の水需要量を満たすように建設される。ここで、建設費用が企業債で賄われ、投資期間を N 年とすると、 $\mu X + \nu$ 時点の需要者が実際に支払う水道料金は、図-2の線分 $a'a'$ の網掛け部分である。さらに、 μX 年に施設拡張される施設

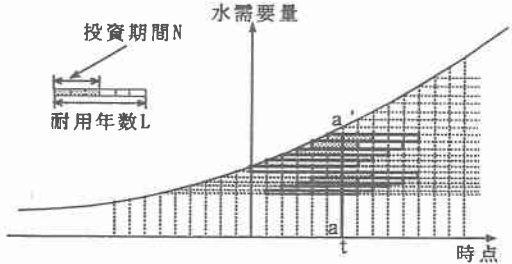


図-1 t 時点における減価償却費と元利償還金の関係(逐次投資方式)

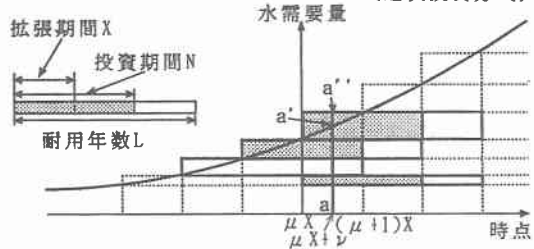


図-2 $\mu X + \nu$ 時点における減価償却費と元利償還金の関係(一括投資方式)

については線分 $a'a''$ の水需要量を供給する施設の減価償却費を余分に支払うことになる。

本研究では、各開発方式ごとに1人当たりの減価償却費 $PCDEP$ (負担すべき費用)と実際に支払う水道料金 PCP の定式化を行い、両者の比較することにより需要者の費用負担を評価する方法を提案する。

3. 逐次投資モデルの定式化

t 時点における需要者の水需要量は図-1から線分 $a'a'$ になり、 t 時点のこの水需要量 W を供給するのに要する施設の実質費用を $C_t(W) = \alpha(W)^\beta c^t$ で与える。ここで、 α, β は費用関数のパラメータであり、 c は実質コストの増加率である。この費用関数を用いて、1人当たりの減価償却費 $PCDEP_t$ を求めると次式のようになる。

$$PCDEP_t = \alpha b_0^\beta n_0^{\beta-1} (g^{\beta-1} w^\beta c)^{t-1} g^{-1} \theta_L \cdot \frac{\{1 - (gw)^{-1}\}^\beta}{1 - (g^\beta w^\beta c)^{-1}} \quad (1)$$

ただし、 n_0, b_0 を基準年の人口、1人当たりの年間水需要量、 g, w をその増加率とする。また、 θ_L は耐用年数 L 年を通した割引因子であり、次式で与えられる。

$$\theta_L = \frac{r}{1 - (1+r)^{-L}}$$

一方、 t 年の需要者が実際に支払う水道料金 PCP_t は、図-1の線分 $a a'$ の網掛け部分を t 年の人口で割り、次式のように求めることができる。

$$PCP_t = \alpha b_0^\beta n_0^{\beta-1} (g^{\beta-1} w^\beta c)^{t-1} g^{-1} \theta_N \cdot \frac{\{1 - (gw)^{-1}\}^\beta}{1 - (g^\beta w^\beta c)^{-1}} \frac{1 - (g^\beta w^\beta c)^{-N}}{1 - (g^\beta w^\beta c)^{-L}} \quad (2)$$

4. 一括投資モデルの定式化

$\mu X + \nu$ 年の需要者の水需要量は図-2の線分 $a a'$ になる。この水需要量を供給する施設の減価償却費を求め、 $\mu X + \nu$ 年の人口で割り1人当たりの減価償却費 $PCDEP_{\mu X + \nu}$ を求めると次式になる。

$$PCDEP_{\mu X + \nu} = \alpha b_0^\beta n_0^{\beta-1} (g^{\beta-1} w^\beta c)^{\mu X} g^{-\nu} \theta_L \left[\frac{\{(gw)^X - 1\}^\beta}{1 - (g^\beta w^\beta c)^{-X}} \frac{(g^\beta w^\beta c)^{-X}}{1 - (g^\beta w^\beta c)^{-X}} + \{(gw)^\nu - 1\}^\beta \right] \quad (3)$$

一方、 $\mu X + \nu$ 年の需要者が実際に支払う水道料金 PCP_t は、図-2の線分 $a a''$ の網掛け部分当年の人口で割り、次式のように求めることができる。

$$PCP_{\mu X + \nu} = \alpha b_0^\beta n_0^{\beta-1} (g^{\beta-1} w^\beta c)^{\mu X} g^{-\nu} \theta_N \cdot \frac{\{(gw)^X - 1\}^\beta}{1 - (g^\beta w^\beta c)^{-L}} \frac{1 - (g^\beta w^\beta c)^{-N}}{1 - (g^\beta w^\beta c)^{-X}} \quad (4)$$

5. 数値計算事例

数値計算の一例として、各開発方式について、実質コストの増加 ($c > 1$) が需要者の費用負担構造に及ぼす影響について分析する。ここで、耐用年数 L を40年、投資期間 N を20年、拡張期間 X を20年、利子率 r を0.05とする。また、1人当たりの水需要量の増加はないものとする ($w = 1$)。

横軸に人口の増加率 g 、縦軸に $PCP/PCPDEP$ をとり、逐次投資の場合を図-3に、一括投資の場合を図-4に示す。これらの図から人口の増加率 g が大きい程、当年度における住民の費用負担は過大となることが分かる。さらに、実質コストの増加率 c が大きくなると曲線は上方にシフトし、需要者はより過

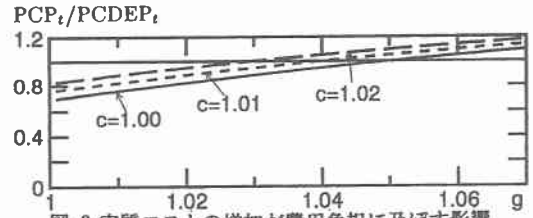


図-3 実質コストの増加が費用負担に及ぼす影響 (逐次投資方式)

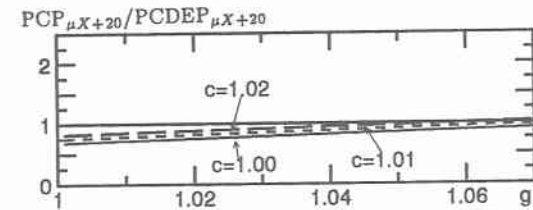
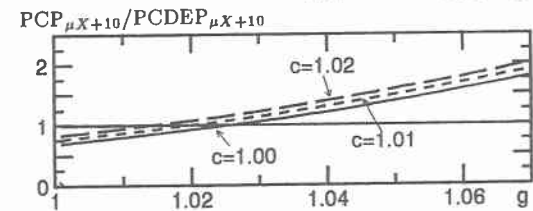
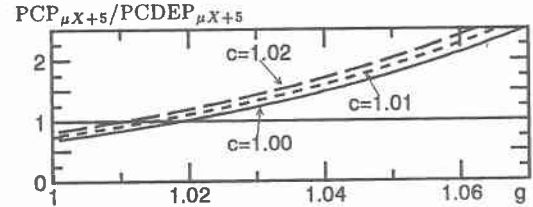


図-4 実質コストの増加が費用負担に及ぼす影響 (一括投資方式)

剰な負担を強いられることになる。また、一括投資の場合、拡張期間期首に近い程、曲線の勾配は大きくなる。このことは拡張期間の早い時期には需要者の負担が過大になりやすいことを示している。

6. おわりに

本研究では、当該年次に需要者が利用する施設の減価償却費と実際に支払う水道料金の比を用いることにより、需要者の費用負担構造を評価した。しかし、需要者は給水区域への転入後もその地域に在住し続け、水道料金を支払っていく。このことを考慮すれば居住期間を通じて需要者が負担すべき費用と実際に負担する費用の双方を現在価値に割り引く等の工夫が必要であろう。