

# 社会経済活動と水需要構造の関連分析

東京都立大学大学院 学生員 宮川 俊裕  
 東京都立大学大学院 正員 山崎 公子  
 東京都立大学大学院 フェロー 小泉 明

## 1. はじめに

水需要はこれまで上水道の普及や社会の高度化を背景として急速に増大してきたが、最近では横這いもしくは微減といった状況に変化してきている。こうした状況は社会、経済の動向と密接に関連していると思われる。これらの関連を明らかにして行くことは、将来の水道事業計画の策定及び運営において非常に重要である。しかしながら、水需要はその用途が家庭用と業務営業用とに大きく分かれており、影響を及ぼす要因もそれぞれ異なると考えられる。

そこで本稿では、重回帰分析を用いて最近の水需要動向に影響を及ぼしている社会経済的要因を家庭用水、業務営業用水それぞれについて分析し、水需要との関連性を明らかにするとともに将来の水需要の動向を考察する。

## 2. 対象地域と使用データについて

今回の分析で対象とする地域は、用途別有収水量データが経年的に蓄積されている神奈川県内の6市町とした。分析期間は1980年度から1997年度までの18年間とし、水需要に影響を及ぼすと考えられる社会経済的要因は、県勢要覧等の統計資料を用いてデータの収集を行い、36種の地域特性項目を選出した。また、家庭用水については各都市の給水人口の違いによる影響を除くため、1人1日平均有収水量(以下、家庭用水量原単位)に換算した。業務営業用水については産業活動等によって使用される量であることから、給水人口当たりではなく1日平均有収水量(以下、業務営業用水量)を用いた。従って、地域特性項目も家庭用水に関する分析では面積もしくは人口当たりの値や比率に換算し、業務営業用水に関する分析では年間値をそのまま用いることにした。なお、調査されていない年度のデータについては線形補間して使用した。

## 3. 水需要構造式のモデル化

(1) 家庭用水：家庭用水量原単位を目的変数  $y$ 、各地域特性項目を説明変数  $x_1 \sim x_p$  として、両者の関係を(1)式に示す線形一次結合式による重回帰分析によって明らかにする。

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_p x_p \quad (1)$$

ここで、 $\hat{y}$  は目的変数の予測値である。説明変数として、家庭用水量原単位との相関が高く、式の説明に有効であると考えられる8項目を抽出した(表1)。1人当たり住宅地面積については土地購入から居住開始までの時間、公共下水道普及率については水洗化に至るまでの時間を考慮し、前者は1年前の値、後者は3年前の値についても分析した。重回帰式の作成は、これまでの研究<sup>2)</sup>により水需要に大きく寄与することが分かっている世帯構成人員を最初に説明変数として取り入れ、次に残りの項目の中で最も予測に有効なものを追加していく変数増加法により

表1 家庭用水の説明変数項目

|   |                        |
|---|------------------------|
| 1 | 世帯構成人員(人/世帯)           |
| 2 | 幼年人口比率(人/人)            |
| 3 | 生産年齢人口比率(人/人)          |
| 4 | 高齢人口比率(人/人)            |
| 5 | 1人当たり住宅地面積(㎡/人)        |
| 6 | 1人当たり住宅地面積(1年前の値)(㎡/人) |
| 7 | 公共下水道普及率(%)            |
| 8 | 公共下水道普及率(3年前の値)(%)     |

表2 家庭用水の重回帰分析結果

| 都市名  | 目的変数<br>家庭用水量原単位 | 定数項    | 説明変数               |                      |                    |                        |                               |                      | 重相関係数<br>$R$ | 自由度調整係数<br>$R^*$ | 物理的有意性 |
|------|------------------|--------|--------------------|----------------------|--------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------|------------------|--------|
|      |                  |        | 世帯構成人員<br>$x_{11}$ | 生産年齢人口比率<br>$x_{12}$ | 高齢人口比率<br>$x_{13}$ | 1人当たり住宅地面積<br>$x_{14}$ | 1人当たり住宅地面積(1年前の値)<br>$x_{15}$ | 公共下水道普及率<br>$x_{16}$ |              |                  |        |
| 横浜市  | $\hat{y}_{11} =$ | -513.8 | -22.86<br>(-0.166) | 947.3<br>(0.797)     |                    |                        | 3.290<br>(0.113)              |                      | 0.992        | 0.990            | ○      |
| 川崎市  | $\hat{y}_{12} =$ | -210.6 | -57.76<br>(-0.418) | 703.8<br>(0.575)     |                    |                        | 2.882<br>(0.046)              |                      | 0.997        | 0.996            | ○      |
| 横須賀市 | $\hat{y}_{13} =$ | -207.2 | -49.55<br>(-0.357) | 650.0<br>(0.449)     |                    |                        | 3.470<br>(0.275)              |                      | 0.990        | 0.988            | ○      |
| 三浦市  | $\hat{y}_{14} =$ | -414.8 | -45.85<br>(-0.251) | 1029<br>(0.311)      | 660.5<br>(0.539)   |                        |                               |                      | 0.990        | 0.988            | ○      |
| 大井町  | $\hat{y}_{15} =$ | 488.2  | -61.11<br>(-0.630) |                      |                    |                        |                               | 0.231<br>(0.310)     | 0.937        | 0.928            | ○      |
| 松田町  | $\hat{y}_{16} =$ | -632.1 | -18.13<br>(-0.094) | 1042<br>(0.292)      |                    | 3.712<br>(0.734)       |                               |                      | 0.923        | 0.906            | ○      |

(注) カッコ内の数字は標準偏回帰係数

【キーワード】 水需要構造/家庭用水/業務営業用水/重回帰分析/社会経済的要因

【連絡先】 〒192-0397 八王子市南大沢 1-1 東京都立大学大学院工学研究科 Tel. 0426-77-2788 Fax. 0426-77-2772

行う。その中から統計的有意性(重相関係数R及び自由度調整済み重相関係数R\*)が高く、かつ物理的有意性を満たすもの(偏回帰係数の符号の正負が妥当であるもの)を水需要構造式として決定する。その結果を表2に示す。これによると、生産年齢人口比率及び高齢人口比率、1人当たり住宅地面積、公共下水道普及率が正の要因であり、これらの要因が増大することによって、これまで水需要は増加してきたと言える。また、世帯構成人員は負の要因であり、これは核家族化が進行することで水需要増加の要因となってきた。しかし、最近では世帯構成人員の減少傾向が緩やかになってきたこと、また生産年齢人口比率の増加傾向が弱まり、減少に転じたことが最近の水需要停滞に大きく寄与していると言える。一例として、川崎市の家庭用水量原単位及び各要因を最大値が1、最小値が0になるよう基準化し、図1に示した。この図からも、家庭用水量原単位の動向は各要因の動向による影響を受けているものと読み取ることができる。

(2)業務営業用水：業務営業用水量と各要因は総量として捉えていることから、指数関数的に変動し互いの線形関係が明瞭でない場合もある。そこで、業務営業用水量は各要因と(2)式の様な非線形の関係にあると考える。(2)式は両辺対数をとることにより(3)式へと変形され、(1)式と同様に線形一次結合式として扱うことができる。

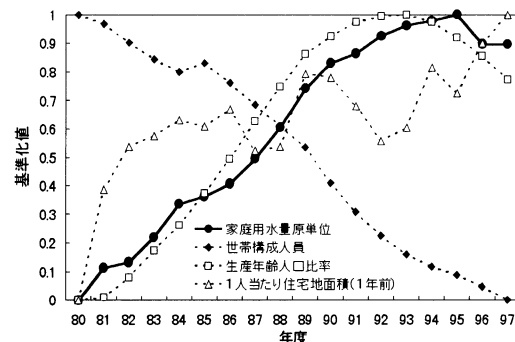


図1 家庭用水量原単位と各要因の経年変化

表3 業務営業用水の説明変数項目

|   |                            |
|---|----------------------------|
| 1 | 昼間人口(人)                    |
| 2 | 人口集中地区面積(km <sup>2</sup> ) |
| 3 | 歳入総額(千万円)                  |
| 4 | 製造業従業者数(人)                 |
| 5 | 卸売・小売業商店数(店)               |
| 6 | 卸売業商店数(店)                  |
| 7 | 小売業商店数(店)                  |

表4 業務営業用水の重回帰分析結果

| 業務営業用水量と人口集中地区面積 |                  |       |                  |                  |                  |                  |                  |                  |       |              |        |
|------------------|------------------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|--------------|--------|
| 都市名              | 目的変数             | 定数項   | 説明変数             |                  |                  |                  |                  |                  | 重相関係数 | 自由度調整済み重相関係数 | 物理的有意性 |
|                  | 業務営業用水量          |       | 人口集中地区面積         | 歳入総額             | 製造業従業者数          | 卸売・小売業商店数        | 卸売業商店数           | 小売業商店数           |       |              |        |
|                  |                  |       | $x_{21}$         | $x_{22}$         | $x_{23}$         | $x_{24}$         | $x_{25}$         | $x_{26}$         |       |              |        |
|                  |                  |       | $b_0$            | $b_1$            | $b_2$            | $b_3$            | $b_4$            | $b_5$            |       |              |        |
| 横浜市              | $\hat{y}_{21} =$ | 178.7 |                  |                  | 0.323<br>(0.812) |                  | 0.399<br>(0.599) |                  | 0.881 | 0.864        | ○      |
| 川崎市              | $\hat{y}_{22} =$ | 0.146 | 0.361<br>(0.166) |                  | 0.748<br>(0.947) |                  |                  | 0.337<br>(0.188) | 0.988 | 0.985        | ○      |
| 横須賀市             | $\hat{y}_{23} =$ | 0.334 |                  |                  | 0.715<br>(0.603) |                  |                  | 0.576<br>(0.369) | 0.949 | 0.941        | ○      |
| 三浦市              | $\hat{y}_{24} =$ | 717.7 |                  | 0.042<br>(0.404) |                  |                  | 0.376<br>(0.741) |                  | 0.715 | 0.668        | ○      |
| 大井町              | $\hat{y}_{25} =$ | 18.16 |                  |                  | 0.120<br>(0.267) |                  | 0.903<br>(0.824) |                  | 0.893 | 0.877        | ○      |
| 松田町              | $\hat{y}_{26} =$ | 0.033 |                  |                  | 0.694<br>(0.383) | 1.080<br>(0.395) |                  |                  | 0.711 | 0.663        | ○      |

(注) カッコ内の数字は標準偏回帰係数

先ず、6市町において業務営業用水量との相関が高い項目や経験的に水需要に関連の深いと思われる7項目を説明変数として抽出した(表3)。重回帰式の作成は家庭用水と同様、変数増加法により行い、業務営業用水量との相関が最も高い項目を最初に説明変数として取り入れた。その結果を表4に示す。これによると、全項目が正の要因として寄与しており、標準偏回帰係数に着目すると特に製造業従業者数や卸売業及び小売業商店数の寄与が大きいことが分かる。一例として川崎市の場合、各項目を経年的に観察すると、業務営業用水量の減少は人口集中地区面積拡大の鈍化、製造業従業者数並びに小売業商店数の減少に起因していることが分かる。

#### 4. おわりに

本稿では、水需要と社会経済的要因の関連を家庭用水、業務営業用水それぞれの重回帰モデルを作成することによって定性的に明らかにし、更に各要因の経年的動向を観察することによって最近の水需要停滞の原因を明らかにした。その結果、家庭用水では世帯構成人員の減少緩和や生産年齢人口比率の低下が6市町共通の主要因であり、一方、業務営業用水では製造業従業者数や卸売業、小売業商店数の減少が主要因であることが分かった。各要因のこうした動向は短期的変動ではなく、社会経済の構造変化に起因する長期的なものであると考えられ、将来の水需要予測を行う際にはこれらの要因の動向を十分に考慮する必要がある。

今回提案した分析プロセスを様々な地域に適用し、地域特性と水需要構造との関連を把握することができると考えている。

#### 【参考文献】

- 1) 小泉明, 山崎公子, 大山孝祐: 東京都多摩地域における水需要の経年変化に関する一考察, 第51回全国水道研究発表会講演集, 2000
- 2) 小泉明: 水道計画のための水需要予測の実践, 水道管路技術センター, 1991