

家庭用水の水需要分析

東京大学工学部 正 高橋 裕
 東京大学工学部 正 安藤 義久
 東京大学大学院 学口 池 俊雄

1. はじめに

昭和30年代以降の高度成長により、都市における水需要は著しく増大した。特に関東臨海、近畿臨海、北九州では、現在計画されている施設が完成しても、1990年には年間約9億¹⁾もの水が不足するといわれている。もともと1973年のオイルショック以降の経済の停滞、水利用の合理化等の影響により、水需要の伸びは鈍化しており、それだけに水需要の予測が困難になってきている。さて、本稿では都市用水の中の家庭用水について、生活環境の変化に伴う原単位の変動を明らかにして、水需要予測を検討する。

2. 分析の方法

家庭用水の用途は主に、洗濯、風呂、飲食、手洗、洗面、水洗トイレ、掃除、散水、自動車の洗車等に分けられる。一般に生活が豊かになれば使用水量は増えると考えられているが、これも無制限ではなく、用水機器の普及がある程度上限に達すれば増加の度合は減少するのである。また、世帯構成人数が少くなれば1人当りの水使用量は増え、核家族化とともに家庭用水の原単位が増加することが知られている。²⁾そこで、本稿では、水需要の指標として、個人所得、世帯平均構成人数、用水機器の使用状況として洗濯機、水洗トイレ、風呂の普及率を取り、1人1日当りの家庭用有

表1. 用途別有収水量構成比(%)

年	家庭用	工場用	官公庁学校	営業	満屋	その他
S.35	85.3	6.1	4.6	2.5	-	1.5
S.40	89.2	2.7	5.2	2.2	0.1	0.8
S.45	84.7	6.4	5.9	2.0	0.3	0.7
S.50	86.3	4.7	5.9	1.6	0.4	0.9

表2. 各指標の変化

年	Q(I)	X1(%)	X2(%)	X3(%)	X4(人)	X5(人)
S.40	123.2	75.5	0	(41.6)	534	3.00
S.41	133.5	79.8	0	(42.9)	578	2.88
S.42	149.8	84.8	0	(44.2)	642	2.79
S.43	155.6	88.3	9	45.5	707	2.75
S.44	174.1	91.4	19	(47.6)	779	2.72
S.45	192.2	93.4	37	(49.7)	848	2.70
S.46	214.5	(94.5)	50	(51.7)	867	2.68
S.47	229.7	(95.6)	57	(53.8)	973	2.65
S.48	248.3	96.6	69	55.9	1076	2.63
S.49	253.5	97.3	82	(57.5)	996	2.60
S.50	268.5	(97.4)	90	(59.2)	970	2.57

収水量を検討した。

多くの変数を用いて、被説明変数の経年変化を分析する場合、まず考えられるのは、

$$y = \sum_{i=1}^n a_i x_i + b \quad \dots (1)$$

という重回帰モデルである。しかし、家庭用水の場合各変数(世帯平均構成人数は除く)は、同じような上昇トレンドをもっている為、重回帰分析を適用すると線型重合が発生し、係数 a_i の値が不安定になる。そこで、変数の前処理として主成分分析を用い、主成分 F_1 と1人1日家庭用有収水量 Q との対応関係を調べた。主成分分析とは、 $x_1, x_2, \dots, x_p$ という p 個の特性値を持つ情報を少数個の総合特性値(主成分 F_m)に要約する手法である。 F_m は p 個の変数の1次式

$$F_m = \sum_{i=1}^p l_{mi} x_i \quad \text{ただし} \quad \sum_{i=1}^p l_{mi}^2 = 1 \quad (m=1, \dots, m) \quad \dots (2)$$

で表され、係数 $\{l_{mi}\}$ は m 個の主成分が互いに無相関で、かつ、元の p 個の変数の持つ情報をできるだけ多く集められるように定める。³⁾

3. 三鷹市の家庭用水の水需要分析

まず、対象として三鷹市を選んだ理由も次に示す。

i) 昭和33年度から上水道事業が開始され、また、昭和43年度からは水洗トイレが普及し始め、そのテンポが急速で水需要の変化が著しい。

ii) 水道統計において用途別有収水量が水道事業開始時より明記されている。

iii) 有収水量に占める家庭用水量が表1に示すように約5%で一定であり、また、いわゆるベッドタウン的性格を持つ都市で、家庭

Q : 1人1日家庭用有収水量「三鷹市」
 (資料：日本水道協会・水道統計)

X1 : 洗濯機の普及率「東京都」
 (資料：東経社・地域経済総覧)

X2 : 水洗トイレの普及率「三鷹市」
 (資料：三鷹市役所水洗普及課)

X3 : フロの普及率「東京都」
 (資料：総理府・住宅統計調査)

X4 : 個人所得「東京都」
 (資料：東京都・都民所得統計年報)

X5 : 世帯平均構成人数「三鷹市」
 (資料：三鷹市・三鷹市統計年鑑)

用水の分析対象として適している。

水道統計では、昭和34年からの資料があるが、水道普及以前は井戸水に頼り、といった三鷹市では、水道普及後も一定期間井戸水との併用の遷移期間があり、たゞ考えられる。しかし、井戸水使用に関する情報が得られないので、昭和40年以降を水道のみと考え、昭和40～50年までの11年間の資料を用いて分析する。表2に各変数の値及び参考資料を示す。

とて、 $X_1 \sim X_5$ に主成分分析を適用すると、1つの主成分にまとめられ、因子負荷量を表3に示す。また主成分Fと原単位Qとの対応関係は、

$$Q = 50.5F + 194.8 \quad (\text{相関係数 } 0.987) \quad (3)$$

となり、かなり高い相関で、直線

$$Q = aF + b \quad (4)$$

の形で表現できる。

4. 水需要予測への適用について

昭和53年の説明変数($X_1 \sim X_5$)の実績値(表4)から、(4)式を用いて3年先の原単位を予測し、同年の実績値との比較を行なう。昭和53年のデータが加われば、主成分の値も変わり、(3)式は、

$$Q = 53.5F + 201.6 \quad (\text{相関係数 } 0.987) \quad (5)$$

となる。これに、 $F_{53} = 1.38$ を代入すると、昭和53年の推定値276.4を得るが、実績値230.2と

表3. 因子負荷量

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
0.971	0.987	0.983	0.979	0.985

表4. S.53年の各指標の値

X_1 (%)	X_2 (%)	X_3 (%)	X_4 (千円)	X_5 (人)
100.0	97.0	64.2	1053	2.53

図1. S.40～S.50, S53主成分—
1人1日家庭用有収水量の関係

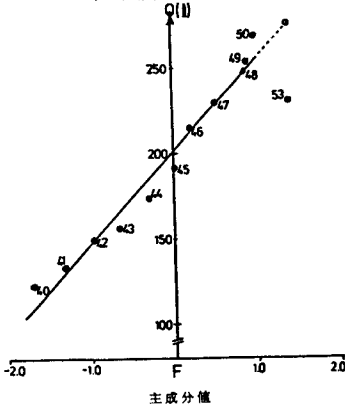


図2. S.40～S.47のデータからの
予測値とS.50の実績値

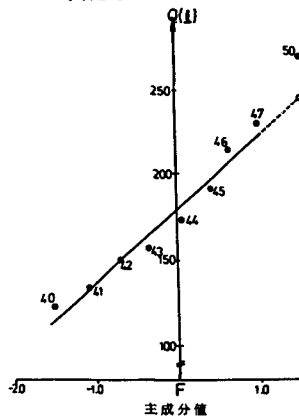
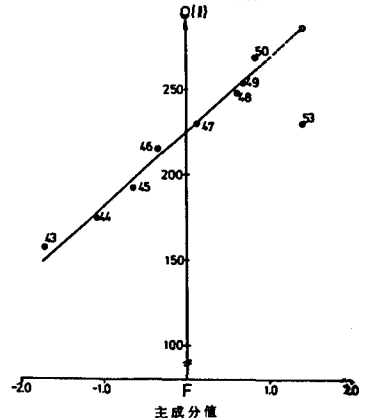


図3. S.43～S.50のデータからの
予測値とS.53の実績値



かなりの誤差を生じる(図1)。これを検討する為、
I: 昭和40～47年—昭和50年, II: 昭和43～50年—昭和53年と分け、8年間のデータを用い、3年後の予測値と実績値とを比較した。Iにおける予測値と実績値の誤差は、8.6%, IIでは24.8%となり、IIの誤差はIの約3倍となっている。(図2, 3)
これについては次の二つの理由が考えられる。

i) 昭和53年は全国的な渇水で、東京都でも8月11日～10月6日まで給水制限が行われた。この影響により、Qの実績値が低下した。

ii) 三鷹市では、昭和53年9月以降、配水量の対前年同月比が、1.0以下で(昭和54年9月は除く)全体的な減少傾向にあり、 $X_1 \sim X_5$ では表現できない要因により、実績値が低下した。

i) は気象要因による発生現象であるから、ここでは別に取り扱うべきである。一〇 ii) については、その要因として、節水意識の高揚、節水機器の普及、料金の改定等があげられる。料金については、家庭用水の場合価格の弾力性は高くないと思われるが、5.2、1.0に値上げが実施されているので検討が必要である。また、節水意識、節水機器の普及については、使用水量に与える影響は無視し得なく、今後の課題とする。

<参考文献>

東京都首都整備局：東京大都市圏水需給分析 1988年

(1) 国土庁：長期水需給計画 1978年

(2) 横浜宏二地建設省河川局「わが国の水資源対策について」

「水資源に関するシンポジウム 1977年 など」

(3) 奥野忠一他 統計変量解析 日科技連