

II-387

都市指標による水道需要予測法

立命館大学大学院 学生員 佐野 弘幸
立命館大学理工学部 正 員 山田 淳
立命館大学大学院 学生員 東 光一

1. 研究の目的

水道では、水源の状況、施設の整備レベル、経営の環境などに、その事業体固有の条件を持つことから、水需要の構造分析や予測にあたって、社会、経済的な状況と直接結びつかない独自の方法がとられてきた。しかし、都市が成熟化し、各都市が構造的に均質化しつつある最近では、これらの都市のフレームと整合性のあるより精度の高い予測手法の導入が可能となってきた。本報告は、都市統計指標を用いた重回帰分析を基本とする予測法を提案するものである。

2. データの概要

表-1 変数増減法による重回帰分析結果（有意な指標のみを示す）

(1) 対象都市 原則として人口5万人以上の都市を対象に、「水道統計」に昭和51、60両年の用途別使用水量が記載されている都市とした。

(2) 使用水量 全使用水量から工業用を除いた分を生活用水、家事用を家庭用水とし、生活用水から家庭用水を除いた分を都市活動用水とした。

(3) 都市統計指標 各種統計書から水需要に影響を与えと考えられる指標を

指 標 名	家庭用水				都市活動用水			
	昭和51年 F=1	昭和51年 F=3	昭和60年 F=1	昭和60年 F=3	昭和51年 F=1	昭和51年 F=3	昭和60年 F=1	昭和60年 F=3
3 平均世帯人数	-④	-④			*	*	*	*
4 65歳以上人口比			6		-③			
7 就 業 率					6			
9 3次産業従業者人口比	*	*	*	*	1	1	1	1
10 昼間人口比							4	
11 D I D人口比	5		3	3	5		3	
12 商業年間販売額							-⑥	
13 製品出荷額					2	2		
14 住宅風呂普及率	6							
15 水洗化率	1	1	4					
16 家の建てかえ率							5	
18 年平均気温	2	2	2	2				
20 年降水量（貯存量）	-⑦		-⑤		7			
25 家庭用水道料金	-③	-③	-①	-①	*	*	*	*
26 都市活動用水道料金	*	*	*	*	-④	-③	-②	-②
34 家庭用水原単位	□	□	□	□	*	*	*	*
35 都市活動用水原単位	*	*	*	*	□	□	□	□
都 市 数	92	92	92	92	89	89	89	89
重 相 関 係 数	0.80	0.77	0.77	0.75	0.62	0.55	0.71	0.67

1,④等：数字は指標の選定順位を示す *：計算対象としなかった指標

-①：負の回帰係数になったもの □：目的変数

なお F=1 F=3 は、F検定の限界値がそれぞれ 1.0、3.0 の場合である

選び出し、一部単位の変換をしたうえで33の分析指標を定めた。

3. 分析方法と手順

(1) 有意な指標の検討 原単位水量（給水人口基準）を目的変数、他の指標を説明変数とし、線形の重回帰分析を行う。有意水準としては、分散比Fの1.0と3.0をとる。

(2) 固定指標による構造式の比較 変数増減法の結果から予測に適当と思われる指標を選定し、この固定指標によって再び重回帰式を求め、係数比較を行う。

(3) 予測精度の検討 基準年（n年）の構造式を用いてm年の予測をする方法として、一般に

$$Y_m = f_n (X_{1m}, X_{2m}, \dots, X_{im}) \quad \dots \dots \dots (1)$$

が用いられる。ここで、Yは原単位水量、 X_{im} はi番目の説明変数のm年予測値、fは構造式である。さらに、実績値を重視した次の式が考えられる。

$$Y_m = Y_n + f_n (X_{1m}, X_{2m}, \dots, X_{im}) - f_n (X_{1n}, X_{2n}, \dots, X_{in}) \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 $Y_n, X_{1n}, \dots, X_{in}$ は実績値である。ここでは、(1)、(2)式の適合性を見るため、昭和51年の構造式を用い、昭和60年の説明変数の値を51年当時の60年フレーム予測値と仮定して計算し比較してみる。

4. 結果と考察

(1) 有意な指標 重回帰分析によって求めた結果を、有意な指標についてのみ表-1に示す。水道料金の影響が強くなってきていることがわかる。家庭用では、水洗化率や平均世帯人数など家庭に関する指標の影響が弱まり、都市活動用では、第3次産業に関する指標の影響が強くなってきている。重相関係数でみると、家庭用が高かったが、都市活動用も高くなってきている。

(2) 構造式の比較 選定した共通指標を用いて指標固定の重回帰分析を行った結果を表-2(1)、(2)に示す。全般的に指標の係数の絶対値は小さくなってきて定数項が増加する傾向にある。その中であって料金だけは、インフレーションを考慮することによって、かなり影響を増しているといえる。

(3) 予測精度の検討 表-2の昭和51年の構造式を用い60年のフレーム実績値を予測値と仮定して計算した結果を、表-3に示す。ここでは、60年の水道料金および製品出荷額についてインフレ補正を行った。家庭用では予測値が実績値を下まわり、都市活動用では逆に上まわっており、基礎水量である定数項の変化や昭和51年での係数が大きかったDIDや製品出荷額の影響をカバーできなかったものとみられる。また予測法の比較では、(1)式より、各都市固有の実績値を反映した(2)式の重相関係数がかなり高くなった。図-1、2に、(2)式による実績値と予測値の比較を示したが、かなり整合性がよく有効な方法と考えられる。

5. 今後の課題

水道用水の需要予測にあたっては、他都市の実態を組み込んだ構造式と当該都市の実績値を組み合わせる方法が有効であることを示した。ここでは、フレームの予測に実績値を用いて検証したにもかかわらず、予測値がかなり高い方や低い方へシフトしてしまった。このことから、フレームの予測の誤差だけでなく、構造変化（係数変化）の予測も重要な検討事項であることを再認識した。

謝辞

本稿の作成にあたっては、本学衛生工学研究室の大学院生中西哲也君（現京都市）ならびに卒研生諸君の協力を得た。ここに深く謝意を表する。

表-2(1) 指標固定による回帰分析結果（家庭用水）

指標名	単位	昭和51年			昭和60年		
		順	係数	平均	順	係数	平均
25 家庭用水道料金	円/m ³	3	-0.626	54.3	1	-0.462	87.7
18 年平均気温	℃	2	8.596	13.2	2	7.248	13.2
15 水洗化率	%	1	0.427	40.7	3	0.350	53.8
3 平均世帯人数	人/件	4	-30.943	3.4	4	-17.017	3.2
定数項	ℓ/人・日			179.9			191.1
平均水量	ℓ/人・日			171.9			211.1
重相関係数				0.77			0.75

表-2(2) 指標固定による重回帰分析結果（都市活動用水）

指標名	単位	昭和51年			昭和60年		
		順	係数	平均	順	係数	平均
9 3次産業従業者率	%	1	2.569	22.1	1	2.512	27.2
26 都市活用水道料金	円/m ³	4	-0.244	102.7	2	-0.208	196.4
11 DID人口比	%	5	0.324	54.1	3	0.148	65.9
4 65歳以上人口比	%	3	-2.180	7.1	4	-0.846	9.6
13 製品出荷額	百万円/人	2	11.639	1.2	5	0.442	2.4
定数項	ℓ/人・日			40.1			55.0
平均水量	ℓ/人・日			87.6			85.2
重相関係数				0.60			0.68

表-3 予測値と相関係数の比較

(ℓ/人・日)

用途	構造式	フレーム	60年実績	予測(1)	(相関係数)	予測(2)	(相関係数)
家庭	51年	60年	211.1	185.4	(0.74)	185.4	(0.87)
都市活動	51年	60年	85.2	102.7	(0.55)	102.7	(0.76)

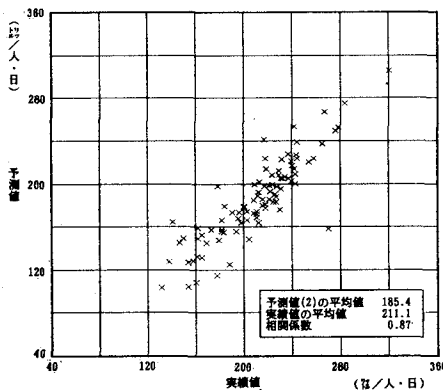


図-1 予測値と実績値の比較
(家庭用水 昭和60年)

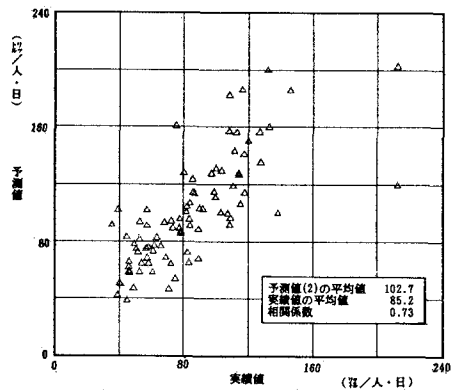


図-2 予測値と実績値の比較
(都市活動用水 昭和60年)