

II-68 水需要構造式の検証と予測式の改良に関する研究

立命館大学大学院 学生員 安東 武智
立命館大学理工学部 正 員 山田 淳
三 井 建 設 木村 博己

1. 研究の目的 水道事業における水需要長期予測には、主として統計資料にもとづくマクロ分析が用いられ、個別調査によるミクロ分析がその補足として用いられている。マクロ分析では、水需要を自然、社会指標を説明変数として表現し、その説明変数の将来値を設定することによって需要量を予測するのが一般的になってきている。すでに発表者らは、重回帰分析による全国的なマクロ需要予測法ならびに分散分析によるミクロ需要予測法について、成果を発表してきた。^{1)・2)} しかしながら、近年、都市として成熟してしまって人口が減少に転じるケースや水利用が個性化する傾向がみられるなど需要構造が複雑になっているとみられることから、従前の構造式や予測式を見直す必要がでてきている。本研究では、昭和51年から平成3年までの15年間統計データを用いてマクロ構造式の検証と予測式の改良を試みた。

2. 解析データの概要

- (1) 対象都市：人口5万人以上で、『水道統計』に用途別使用水量が記載され、かつ社会統計データが整っている都市。今回はこれらの都市を、人口10万人で大規模と小規模に、15年間の人口変化で増加都市と減少都市に区分した。
- (2) 使用水量：全使用水量から工場用を差引いてこれを生活用水とし、生活用水は家庭用水と都市活動用水からなるものとした。
- (3) 統計指標：水需要に影響を与えていると考えられる指標を各種統計書から選定し、比率等に換算したもののも含めて33項目の説明変数を定めた。

ここで用いたデータは、昭和51（1976）年、昭和57（1982）年、平成3（1991）年のもので、解析対象となった都市数は表-1に示すとおりである。

3. 需要構造分析と検証 需要構造を(1)式のような線形重回帰式で表す。

$$q = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \cdots + a_k X_k \quad (1)$$

ここで、 q ：原単位水量、 X_1 、 X_2 、 $\cdots$ 、 X_k ：説明変数、 a_0 、 a_1 、 $\cdots$ 、 a_k ：定数、係数
有意水準を定めて変数増減法によって有為な説明変数を抽出した。結果のうち重相関係数のみを表-1に示す。次に、長期の構造変化を見るため同一変数（指標固定）による重回帰分析をおこなった。例として全都市を対象とした結果を表-2に示す。生活用水では順位に変化がみられ、家庭用水では原単位水量がかなり増加するとともに重相関係数が低下してきている。変数を固定した場合の重相関係数もまとめて表-1に示す。最も適合性の良い変数増減法の重相関係数と比較して若干低い値を示している。

また、都市を区分することによって、実績原単位水量が、生活用水では同じ程度の増加であるのに、家庭用水では人口減少都市で大幅に増えていること、重相関係数が、いくつかの区分でかなり改善されていることが明確になり、区分することの有効性が示された。

表-1 重回帰分析結果

(生活用水)					(家庭用水)				
都市	年度	実績原単位	重相関係数		都市	年度	実績原単位	重相関係数	
		(1/人・日)	変数増減	変数固定			(1/人・日)	変数増減	変数固定
全体 (125)	S51	252.7	0.75	0.70	全体 (93)	S51	170.8	0.80	0.78
	S57	272.6	0.75	0.73		S57	194.0	0.78	0.75
	H03	320.9	0.76	0.73		H03	238.5	0.76	0.73
小規模 減少 (18)	S51	239.3	0.98	0.83	小規模 減少 (11)	S51	147.9	0.99	0.80
	S57	259.6	0.86	0.75		S57	170.9	0.99	0.84
	H03	313.7	0.81	-		H03	242.0	1.00	-
小規模 増加 (42)	S51	247.3	0.88	0.66	小規模 増加 (34)	S51	164.2	0.80	0.77
	S57	267.4	0.76	0.68		S57	191.4	0.81	0.76
	H03	318.8	0.80	0.72		H03	200.8	0.91	0.87
大規模 減少 (11)	S51	247.3	0.94	0.85	大規模 減少 (8)	S51	159.6	1.00	0.94
	S57	269.8	0.96	0.89		S57	184.5	0.99	0.98
	H03	311.1	0.96	0.95		H03	235.7	1.00	0.96
大規模 増加 (49)	S51	255.0	0.76	0.68	大規模 増加 (38)	S51	185.9	0.84	0.74
	S57	276.1	0.89	0.74		S57	205.3	0.90	0.77
	H03	322.6	0.91	0.80		H03	211.3	0.93	0.80

4. 需要予測式の改良

需要予測式としては、(1)式を基本として、基準年の構造式に説明変数の将来値のみを代入する(2)式（予測法A）と、基準年の実績に基準年から目標年までの間だけ構造式を適用する(3)式（予測法B）をすでに提案してきた。²⁾

$$q_n = a_0 + a_1 X_{n1} + a_2 X_{n2} + \dots + a_k X_{nk} \quad (2)$$

$$q_n = q_0 + (a_0 + a_1 X_{n1} + \dots + a_k X_{nk}) - (a_0 + a_1 X_{01} + \dots + a_k X_{0k}) \quad (3)$$

ここで、n：n年後、0：基準年

昭和51年の構造式、昭和57年の構造式に平成3年の説明変数実績値を代入した予測の結果を表-3に示す。説明変数について予測値でなく確定実績値を用いたので、説明変数の予測誤差は含まれていないことになる。

結果を原単位水量でみると、表-1の実績値と比較して全体に予測値が低く、とくに人口減少都市で著しい。構造式の係数または定数項が大きく変化していることをうかがわせる。また、予測法では、B法がA法より

良好なのは当然としても、都市区分後の重相関係数上昇率が著しく、都市区分による予測の精度アップがここでも明らかとなった。B法による改良例を図-1に、都市区分による改良例を図-2に示す。

表-2(1) 指標固定の重回帰分析
(生活用水 F=0.0)

指標名	単位	昭和51年 生活用水	昭和57年 生活用水	平成3年 生活用水
(24) 生活用水道料金	円/m ³	5 -0.5602	1 -0.4815	1 -0.6129
(9) 3次産業従業者数	%	2 2.1791	4 2.0499	2 2.2630
(18) 年平均気温	℃	3 10.2731	3 7.8943	3 8.6047
(3) 平均世帯人数	人/件	4 -44.7291	2 -35.5864	4 -19.9300
(15) 水洗化率	%	1 0.4876	5 0.4151	5 0.2614
定数項	ℓ/人・日	243.582	264.276	263.726
平均水量	ℓ/人・日	252.7	272.6	320.9
重相関係数		0.700	0.726	0.729

表-2(2) 指標固定の重回帰分析
(家庭用水 F=0.0)

指標名	単位	昭和51年 家庭用水	昭和57年 家庭用水	平成3年 家庭用水
(25) 家庭用水道料金	円/m ³	1 -0.7480	1 -0.4827	1 -0.4275
(18) 年平均気温	℃	3 7.4763	3 7.6052	2 8.1792
(15) 水洗化率	%	2 0.4485	2 0.4222	3 0.3985
(3) 平均世帯人数	人/件	4 27.7811	4 -23.0282	4 -5.7861
定数項	ℓ/人・日	189.178	184.837	163.113
平均水量	ℓ/人・日	170.8	194.0	238.5
重相関係数		0.781	0.752	0.734

表-3 平成3年予測の重相関係数

(生活用水)					(家庭用水)				
都市	基準年	予測原単位 (ℓ/人・日)	重相関係数 予測法A	重相関係数 予測法B	都市	基準年	予測原単位 (ℓ/人・日)	重相関係数 予測法A	重相関係数 予測法B
全体	S51	312.9	0.65	0.73	全体	S51	203.0	0.67	0.79
(125)	S57	304.7	0.69	0.87	(93)	S57	214.3	0.68	0.84
小規模	S51	283.1	0.54	0.72	小規模	S51	182.7	0.86	0.88
減少(18)	S57	289.5	0.67	0.95	減少(11)	S57	187.8	0.92	0.97
小規模	S51	328.0	0.59	0.68	小規模	S51	202.1	0.64	0.87
増加(42)	S57	305.7	0.57	0.74	増加(34)	S57	223.5	0.58	0.82
大規模	S51	301.1	0.72	0.75	大規模	S51	175.2	0.78	0.80
減少(11)	S57	267.5	0.86	0.90	減少(8)	S57	167.7	0.82	0.88
大規模	S51	303.2	0.77	0.81	大規模	S51	220.4	0.70	0.94
増加(49)	S57	305.2	0.75	0.88	増加(38)	S57	228.7	0.77	0.95

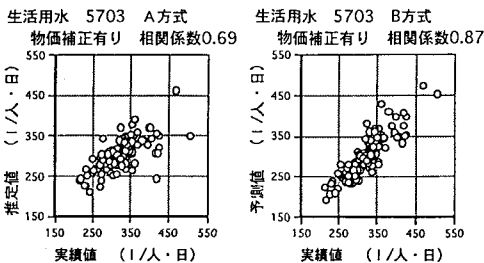


図-1 重回帰式による予測値と実績値の比較
(全都市57年基準)

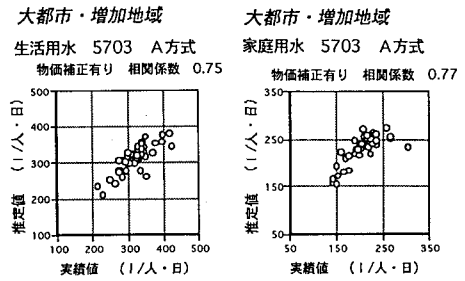


図-2 重回帰式による予測値と実績値の比較
(大規模増加都市57年基準)

5. まとめ 都市を区分することによって需要予測の精度をあげる方法を示した。重相関係数はある程度高いものの原単位水量にはかなり誤差があることから、社会統計値を用いる予測法だけではこれ以上の精度を得ることはむずかしいと思える。マイクロ調査を実施して需要の構造変化を的確に捉えていくことが必要であろう。

- 1) 山田、市木：第4回水資源に関するシンポジウム1992 2) 佐野、山田：第44回土木学会年次学術講演会1989