

## 国内および国外における都市用水使用量の説明因子の解析

Analysis of key drivers determining urban water use in Japan and foreign countries

0130128 山田 智子 大瀧 雅寛

Tomoko YAMADA and Masahiro OTAKI

お茶の水女子大学 環境工学研究室

## 1. 研究の背景と目的

今日世界的に人口が増加し、かつ社会経済の発展に伴って、水需要量が増大している。国際連合の報告<sup>1)</sup>では 2025 年には現在の水需要量の約 1.4 倍にもなるとしている。今後、限りある水資源を効率良く利用、管理していくためには特に人口の集中する地域である都市における水需要予測モデルが必要と考えられる。本研究ではその基礎となるモデルを水使用量変化が既に安定した日本において歴史的経緯も調べて構築し、かつ国外の都市についてそのモデルの適用性を検討し、日本と国外の比較分析を行うことを目的としている。

## 2. 研究方法

## 2.1 研究の概要

既存の研究<sup>2)</sup>により、日本の水使用量の経年変化は1世帯当たり人員が最も良い説明因子であることがわかっている。また日本のほとんどの都市については水使用量の増加は止まり、近年では横ばい傾向にある。本研究では、日本の飽和使用量を説明する因子の解析と国外の都市（ロンドン）の水使用量経年変化の影響因子についての分析を行った。

## 2.2 国内における研究

## a) 調査都市

まず、水資源が豊富であると考えられる新潟県、水資源が乏しいと考えられる福岡県を選んだ。この中から新潟県（新潟市、長岡市、柏崎市、亀田町、巻町、十日町市）と福岡県（福岡市、大牟田市、久留米市、直方市、飯塚市、古賀市）の都市をそれぞれ選択した。その他に人口が多い大都市のうち東京都(23区)、名古屋市、大阪市を選択した。

次に、都市の規模、位置、渇水経験の有無にばらつきがでるよう考慮して、日本全国から 16 都市（旭川市、仙台市、湯沢市、水戸市、金沢市、諏訪市、藤枝市、和歌山市、鳥取市、笠岡市、高松市、丸亀市、佐世保市、札幌市、名瀬市、那覇市）を選んだ。

以上 31 都市について、都市の飽和使用量がどのような因子によるものか分析を行った。

## b) 調査項目

本研究では、全給水量と、給水量を家庭用と家庭用以外に分けて単位量当たりで算定して、以下のように目的変数を定義した。

## ① 1人1日当たり給水量：

年間有効水量を給水人口、365 日で除した水量。

## ② 1人1日当たり家庭用給水量：

家事、風呂、水洗便所等による使用水量を想定してい

て、水道統計で使用用途が「家庭用」とされている量、または口径 20 mm 以下の水道管による使用水量のうち有収水量を家庭用有収水量とし、これを給水人口、365 日で除した水量。

## ③ 1人1日当たり家庭用以外給水量：

事業所や工場等で使用される量を想定して、年間有効水量から家庭用有収量を差し引いた水量を昼間人口、365 日で除した水量。

また、これらの給水量に影響すると考えられる因子として、次の 8 項目を説明変数とした。

$X_1$ : 水道普及率

$X_2$ : 水洗化率

$X_3$ : 下水道普及率

$X_4$ : 1世帯当たり人員 [人]

$X_5$ : 単身世帯比

$X_6$ : 家庭用水道料金 [円/30 m<sup>3</sup>]

$X_7$ : 家庭用下水道料金 [円/30 m<sup>3</sup>]

$X_8$ : 1人当たり市民所得 [千円]

## c) 調査年

それぞれの調査項目について、2000 年におけるデータを収集した。

## d) 分析方法

目的変数と各説明変数の関係、説明変数間の関係を把握するために、表計算ソフトの Excel による相関分析と統計解析ソフトの SPSS によるステップワイズ法の 2 つの方法をとった。

## 2.3 国外における研究

国外における分析としてイギリスのロンドンを調査都市とした。国内の分析と比較するために、国内の分析で用いた目的変数と説明変数と同様のデータを収集しようとした。しかし、1858 年から 1965 年における 1人1日当たり給水量と1世帯当たり人員のデータしか得ることができなかったため、この 2 つの項目について経年変化を Excel により相関分析を行った。

## 3. 結果と考察

## 3.1 国内の飽和使用量

Excel による相関分析では、1人1日当たり給水量とやや強い相関がみられた説明因子は家庭用水道料金と家庭用下水道料金であった。1人1日当たり家庭用給水量とやや強い相関がみられた説明因子は家庭用水道料金(Fig 1)、1人1日当

たり家庭用以外給水量では家庭用下水道料金であった。また、説明因子間で相関が強かったものは、水洗化率と下水道普及率、水洗化率と家庭用下水道料金、1世帯当たり人員と単身世帯比であった。

ステップワイズ法による重回帰分析では、初めに全31都市について分析をし、データの外れ値があったのでそれを除いて再び重回帰分析を行った。得られた回帰式をTable 1に示した。

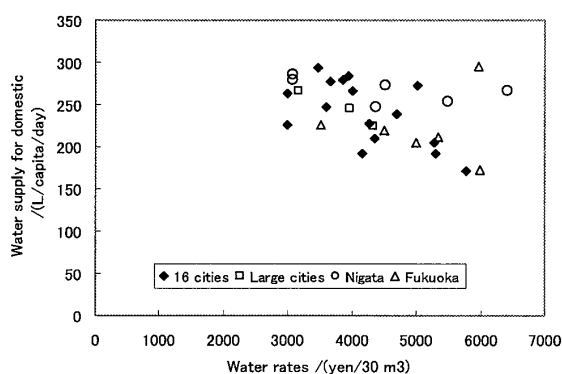


Fig 1. Water supply for domestic and Water rates in Japan

Table 1. The regression models of the saturated quantity

Water supply [L/capita/day]		
$Y=615-3.75 \times 10^2 X_6-2.58 \times 10^2 X_7$	Adjusted R <sup>2</sup>	
$Y^*=-0.564 X_6^*-0.357 X_7^*$		0.552
Water supply for domestic [L/capita/day]		
$Y=359-2.78 \times 10^2 X_6$	Adjusted R <sup>2</sup>	
$Y^*=-0.660 X_6^*$		0.412
Water supply except domestic [L/capita/day]		
$Y=193-2.46 \times 10^2 X_7$	Adjusted R <sup>2</sup>	
$Y^*=-0.658 X_7^*$		0.408

\*: standardized variable

### 3.2 国内における水需要量モデルの構築

新潟県、福岡県の都市、大都市における1人1日当たり給水量、家庭用給水量の経年変化は1世帯当たり人員で説明できる<sup>2)</sup>。従ってYを1人1日当たり給水量および家庭用給水量とし、 $a, b, c, d, e$ を定数とすると、

$$Y=a \times (1 \text{ 世帯当たり人員}) + b \quad \cdots (1)$$

$$(1 \text{ 世帯当たり人員}) = c \times (\text{年}) + d \quad \cdots (2)$$

(1),(2)より、

$$Y=a \times c \times (\text{年}) + e \quad \cdots (3)$$

となる。

(3)式について、1人1日当たり給水量の $a \times c$ の値は新潟県の都市と大阪市では6・8、福岡県の都市と東京都では3.7・5.8であった。また、1人1日当たり家庭用給水量 $a \times c$ の値は新潟県の都市と大阪市では4.7・6.6、福岡県の都市と東京都では4.2・4.7であり、1人1日当たり給水量、家庭用給水量のいずれも新潟県の都市の方が福岡県の都市よりも1年当たりの増加量が多くなっていることがわかる。このような差

が見られたのは新潟県の都市よりも福岡県の方が、1人当たり水資源賦存量が少なく、これにより増加が抑制されたからであると考えられる。

1人1日当たり家庭用以外給水量は新潟県、福岡県の都市において、大きな変化がなく、経年変化を説明する因子が見つからなかった<sup>2)</sup>が、飽和需要量は下水道料金で説明できることがわかった。

### 3.3 国外 (ロンドン) における水需要量

1858年から1965年の間において、1人1日当たり給水量は増加傾向にあったが、1世帯当たり人員は減少傾向にあった。また、1930年から1965年までの1人1日当たり給水量と1世帯当たり人員について相関係数を求めたところ、 $-0.9366$ と強い負の相関が見られた。Fig 2に1人1日当たり給水量と1世帯当たり人員の相関図を示したが、ロンドン(1930~1965年)と東京都(1950~2000年)を比べると、ほぼ同じ直線にのっていることがわかった。

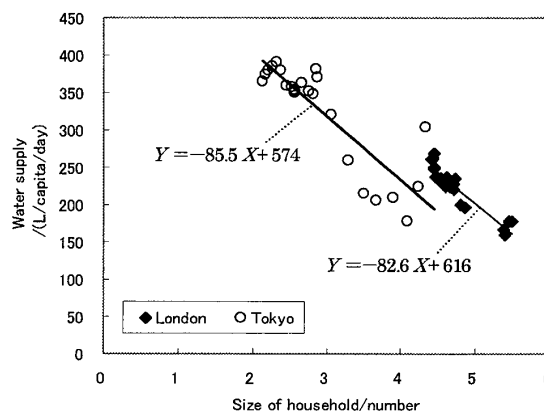


Fig 2. Relationship between Water supply and Size of household

### 4. まとめ

国内における1人1日当たり給水量・家庭用給水量は、経年変化と飽和使用量の分析で得られた回帰式を組み合わせることにより回帰モデルを作成することができた。1人1日当たり家庭用以外給水量は、経年変化が少ないため説明する因子はないが、飽和使用量における回帰モデルは得られた。

ロンドンにおける1人1日当たり給水量の経年変化は東京都と非常に類似した結果が得られ、日本の都市の水需要量モデルを当てはめることができた。今後、国外のロンドン以外の都市への適用性が期待されるであろう。

### 5. 参考文献

- 1) 国土交通省 水資源部「平成16年度 日本の水資源」
- 2) 中川智香子「平成15年度 卒業論文」
- 3) 財団法人 矢野恒太記念会「データで見る県勢」
- 4) 山田岳央「暮らしとビジネスデータまるごと都道府県」
- 5) London County Council 「London Statistics」