

# 使用目的別生活用水量に関する 累積度数分布を用いた日変動分析の提案

高橋 優<sup>1</sup>・荒井 康裕<sup>1</sup>・稲員 とよの<sup>1</sup>・小泉 明<sup>1</sup>  
石田 紀彦<sup>2</sup>・佐々木 克志<sup>2</sup>・筒井 菜穂<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 首都大学東京 都市環境学部都市基盤環境コース (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)  
E-mail:y-arai@tmu.ac.jp

<sup>2</sup>東京都水道局 総務部施設計画課 (〒163-8001 東京都新宿区西新宿2-8-1)

人口減少社会が進行する中で健全な水道施設を維持する上で中長期的な水需要予測が重要な基礎情報となる。水道需要の多くを占める生活用水は、少子高齢化、水使用行動の変化、節水型機器の普及等、様々な要因に影響を受けて変動する。

本研究では、水道需要をミクロに推計可能なモデルを構築するための第一歩として、都内の一般家庭において日単位で水量を測定した実態調査データを用い、使用目的別水量原単位に影響を与える要因の関連構造を分析する。

対象データは様々な変動特性を有するため、分析には累積度数分布を用いた。世帯人員や年齢等の影響を考慮して原単位の変動特性パターンをグループ比較するとともに、炊事原単位に着目して主要な影響要因によるグループ分類を考案することで、グループを特徴づける年平均原単位を統計的に定量化した。

**Key Words :** water demand, household usage, daily monitoring, cumulative frequency distribution

## 1. はじめに

近年の水道事業を取り巻く社会環境の変化に対応し、人口減少を前提として水道の役割を維持可能とするとともに、自然災害等に対応可能なしなやかな水道への変革が求められている<sup>1)</sup>。給水量の減少に伴う料金収入の減少が予想される中で、適切な経営計画を立案し、安定した水源を確保して、老朽化の進む施設を維持・更新して行くためには、中長期的な水需要予測が重要な基礎情報となる。

一般家庭において飲料、調理、風呂、掃除、水洗トイレ、散水などに用いる生活用水の一人一日使用水量の推移(全国平均)は、1997年頃においてそれまでの増加傾向から減少傾向に転じている<sup>2)</sup>。東京都においては給水人口の増加傾向が継続しているものの、一日平均配水量は長期的にみると減少傾向にあり、一日平均使用水量の約7割を占める生活用水量について、今後の推移を見極めることは喫緊の課題となっている<sup>3)</sup>。

統計データを用いて総使用水量を推計する従来の水需要予測では、社会経済要因を用いるマクロモデルや、時系列としての変動傾向を記述するモデルの適用が一般的

であった<sup>4)5)</sup>。一方、近年になって、ライフスタイルや水使用機器の変化の影響把握を指向して使用目的別水量調査が実施されるに至り<sup>6)7)8)</sup>、様々な研究アプローチが試みられるようになった。たとえば、少子高齢化といった人口構造の変化、生活習慣や環境意識の変化の影響を受けた水使用行動の変化、節水型水使用機器の開発や普及といった様々な要因の影響が取り上げられ<sup>9)10)11)</sup>、世帯または個人レベルのデータをベースとして水道需要を推計するミクロモデルが検討され始めている。

ミクロモデル構築のベースとなる世帯レベルの使用水量調査は人的にも時間的にも莫大なコストを必要とするため、これまでは極めて限られたデータ数による分析を強いられており、モデルの精度に課題を残す結果となっている。一方、水道管理コストの削減や適切な施設投資計画への利用などを目的に、多くの事業体において水道スマートメーターの導入が検討されている<sup>12)13)</sup>。今後はミクロデータの蓄積が進むものと予想され、それらを活用した水需要予測の研究が期待される。

世帯または個人レベルといったミクロデータでは、類似した世帯と想定されるデータにおいても、大きなバラツキを示す場合が多く、このバラツキの中には、自然的、

社会的、技術的な要因とともに、個人意識による水使用行動や偶発的な水使用行動など様々な影響が含まれている。同時にこれらの要因間にはある程度の相関性が存在するのが一般的である。したがって、いずれの要因に着目して推計モデル内で明示的に扱うかは、推計モデルの使用目的とマイクロデータに含まれる要因関連構造を考慮して選択する必要があると考える。

本研究では、人口構造や水使用行動の変化を内在化した水道需要のマイクロ推計モデル構築へ進む第一歩として、使用目的別水量原単位に影響を与える要因関連の分析を目的とする。すなわち、東京都水道局が都内の一般的な家庭において実施した使用水量に関する実態調査データを用いて、使用目的別水量原単位に影響の大きい要因の抽出を試みることにする。

以下、2.では実態調査の概要を示し、基本統計分析を行なって対象データの時系列としての変動特性(バラツキ)を分析する。つぎに3.では、2.の結果を踏まえ、累積度数分布を用いた変動特性のパターン化を試みる。先行研究で得られている<sup>14)</sup>、世帯人員及び世帯主年齢が使用水量原単位に与える影響を考慮したサンプルグループを設定して、グループや使用目的による変動特性パターンの差異を比較し、使用目的別水量原単位への影響が大きい要因を明らかにする。さらに4.では、炊事原単位に着目して、3.で得られた主要影響要因の多寡によるサンプルグループを考案することで、各要因グループにおける年平均原単位を統計的な範囲として定量化する。最後に、5.では研究成果のまとめを示す。

## 2. 実態調査方法と対象データの基本統計分析

本研究では、東京都水道局が都内の一般的な家庭において実施した使用水量に関する実態調査(平成25年度から27年度)を分析対象とする。

実態調査は、使用目的別(炊事・トイレ・洗濯・風呂・その他)使用水量の実態把握を目的として、調査への協力が得られ、かつ現地調査において調査機器の設置が可能と判断された都内約100世帯を対象に実施した。

具体的には、モニター家庭の台所、トイレ、洗濯機等の水栓と水道メータに、水量センサー及びデータロガーを設置し、使用目的別に一日単位の使用水量を計測した。なお、風呂については水量センサーを設置せず、水道メータの使用水量から風呂以外で使用了水量の合計を差し引くことで、風呂水量を算出した。測定水量を対象世帯の人数で除し、使用目的別水量原単位[L/人/日]として分析を行なっている。

また、使用目的別水量に影響を与える要因を検討するため、モニター世帯を対象に3か月毎に、世帯特性及び水使用行動に関するアンケート(月別に回答)を実施した。

さらに、半年に一回モニター家庭を訪問し、漏水点検や通水確認など、調査用機器の保守点検を実施した。その際に、データロガーに記録された水量データの収集及び水使用機器の型式や容量等に関する情報を収集した。

使用目的別水量に関連が深いと考えられる調査項目として、世帯内の高齢者(65歳以上)人数、昼間在宅者人数、週当たりのお湯張り回数、洗濯回数、炊事の頻度(朝食/昼食/夕食)、浴槽容量[L]、洗濯機容量[Kg]などを分析に使用している。なお、水回りの工事や日常と異なる使用状況(漏水等)の記述がある場合は、対応する使用水量データを精査している。

3年分の実態調査測定データを比較検討した結果、3年間でのトレンドがほとんど見受けられなかったことより、統計分析に用いるサンプル数を十分に確保するため、3年度分のデータを1年度分ずつ区切り、別のサンプルとして扱うこととした。また、世帯人員別の分析も行うため、年度途中で人員に変化のある世帯(年度)は分析対象外としている。

以上の結果、単身世帯9サンプル、2人世帯54サンプル、3人世帯51サンプル、4人世帯82サンプル、5人世帯32サンプル、6人以上世帯10サンプルとなった。各サンプルについて、使用目的別水量原単位の年平均値を求め、図-1に積層棒グラフで示す。

図-1を見ると、多少のばらつきを有するものの、世帯人員が多いほど年平均原単位(使用目的別水量原単位の合計)は減少する傾向が見られ、規模の経済性を有していると推察される。今回の調査において、最も水量の多い使用目的は風呂で合計水量の40%程度を占め、2番目がトイレ(20%程度)であり、炊事と洗濯の水量比率は世帯人員によって多少異なるが各々20%弱程度であった。

なお、水量センサーを設置した実態調査には時間と労力を要し、モニター家庭の協力も必要なため、分析対象としたサンプル数は限られているが、平成28年度に東京都水道局が実施したアンケート調査(回答世帯数2814)における年平均原単位(全使用目的を含む総使用水量原単位)と比較した結果、サンプル数の影響による偏りはそれほど大きくないことを確認して分析を進めた。

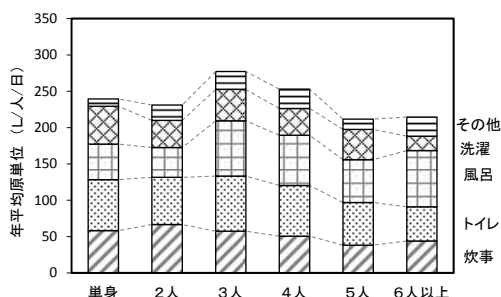


図-1 使用目的毎の水量原単位の年平均値

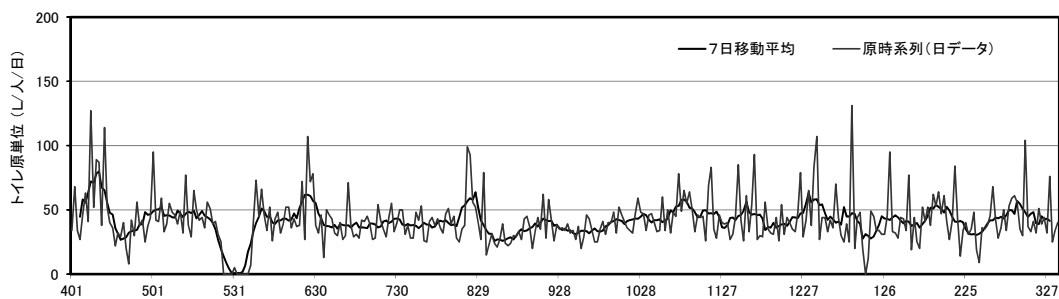


図-2 原時系列と7日移動平均の例(高齢単身世帯 SIA サンプルのトイレ原単位)

つぎに、各サンプルについて使用目的別水量原単位の時系列図を作成し、季節による変動や年末年始等の特異的な日における水量変化について分析する。図-2に原時系列の一例を示す。原時系列は1・2日単位の大きなピーク状の不規則変動を数多く含み、中長期的な変動が把握しづらかったため、7日移動平均も合わせて検討した。7日移動平均線では一週間を周期とする変動が平滑化され、原時系列と比べて小さな振幅を有し、ほとんどのサンプルにおいて不規則な波状の循環変動を示すことが分かった。一時的な水量の増減についてアンケート結果を参照しながら詳細に検討した結果、いずれのサンプルにおいても一年を通して比較的フラットな定常値を中心に変動しており、いずれの使用目的においても明確な季節変動は認められなかった。また、お盆や年末年始といった特定の時期に明確な変動が見られるサンプルもほとんど無かった。一方、洗濯機の買い替え時期に一時的に洗濯水量原単位が落ち込んだと見られるサンプルや、6月当初の数日間全ての使用目的において原単位がゼロと測定されているため不在期間があったと推測されるサンプルなどが見られ、測定データには水使用行動の影響を受けた対象世帯に固有な不規則変動が含まれているサンプルが多くあることが分かった。

### 3. 累積度数分布による使用目的別パターンの検討

前述のように測定データは多様な変動特性を有することから、時系列分析によるアプローチは難しいと判断されたため、本分析では、測定データは、対象世帯及び使用目的により特徴付けられる母集団からサンプリングされた日々の使用水量実現値であると見做して、累積度数分布を用いた変動特性のパターン化を試みる。

また、先行研究では世帯人員とともに世帯主年齢が使用水量原単位に与える影響が大きいという結果が得られているため、両項目を組み合わせたグループにサンプルを分類して分析する。世帯人員と高齢者人数のクロス集計をとったところ、4人・5人・6人以上世帯において

は、高齢者人数がゼロまたは1人のサンプルが約9割を占めることが分かった。そこで、高齢者を含まない世帯と高齢者中心世帯の両方のサンプルを比較検討するためのグループ設定として、2人世帯については、高齢者を含まない若年2人世帯(Y2)グループと高齢者が2人の高齢2人世帯(S2)グループとし、3人世帯は、高齢者を含まない若年3人世帯(Y3)グループと高齢者が2人または3人である高齢3人世帯(S3)グループを対象に以降の分析を行なうこととした。各グループにおいて抽出されたサンプル数は20~30程度となった。なお、今回の調査では単身世帯が非常に少なく、若年単身世帯と高齢単身世帯を合わせても10サンプルに満たなかったため、統計的な検討には不十分であると判断して、以下では分析対象としていない。

各サンプルの使用目的別水量原単位より累積度数分布を求め、グループごとに比較した。以下、2人・3人世帯の炊事原単位と風呂原単位に関する検討結果を以下に示す。

#### (1) 「炊事」原単位の分布パターン

炊事原単位において、多くのサンプルの累積度数分布は、原点から緩い傾きを示した後、相対度数0.8から0.9付近まで急な立ち上がりを有し、その後は傾きを緩めながら相対度数1.0に収束して行く類似した形状(パターン)となった。Y2グループとY3グループでは、サンプル間のばらつき(立ち上がり位置や傾きの差異)が比較的小さかった。一方、S2グループとS3グループにおいては、半数程度のサンプルがY2及びY3グループに類似したパターンを示したが、立ち上がり位置が右側(原単位が大きい側)にシフトしたり、多少緩やかな傾きのパターンを示すサンプルも相当数見られた。代表的なパターンの例として、サンプルY3BとS3Cの分布パターンを図-3に、両サンプルの原時系列を図-4と図-5に示す。

サンプルY3Bは、高齢者を含まない3人世帯で昼間の在宅人数はゼロ人である。分布パターンにおける立ち上がりが急であることは、原単位の変動幅が小さいことを意味しており、一人当たり20~60Lを炊事で使用してい

る日が多い(約8割)ことが図-4からも確認できる。これに対し高齢者2人を含む3人世帯で、昼間の在宅人数が2人であるサンプルS3Cは、分布パターンにおける立ち上がり位置がサンプルY3Bに比べて右側にシフトしている。この立ち上がり位置のシフトは、図-5の時系列が横軸と離れた位置で変動していることに対応しており、昼間に在宅しているため、不在の場合よりも毎日多くの水量を炊事で使用していると推察される。また、Y3Bに比べてS3Cの方が水量変動の幅も少し大きくなっている。

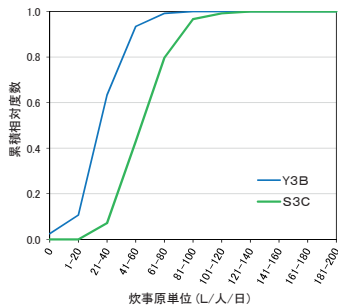


図-3 炊事原単位の累積度数分布の例

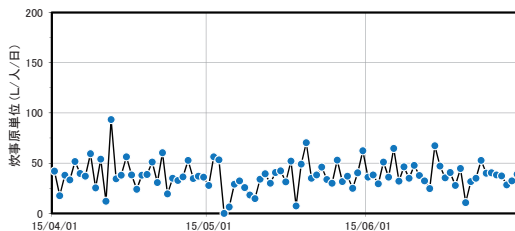


図-4 サンプルY3Bにおける炊事原単位時系列(抜粋)

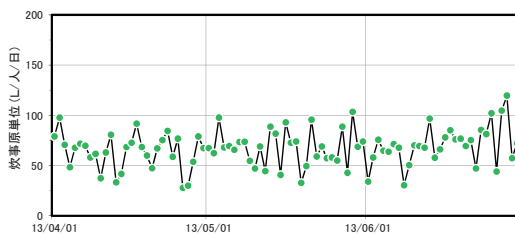


図-5 サンプルS3Cにおける炊事原単位時系列(抜粋)

## (2) 「風呂」原単位の分布パターン

風呂原単位の累積度数分布では、3人世帯と2人世帯で異なるパターンが見られた。

3人世帯の風呂の累積度数分布は、同グループの炊事の累積度数分布と比べ、立ち上がり部の傾きが緩いS字型のパターンが多く見られた。Y3グループにおける分布パターンのうち、平均的なサンプルY3Dと比較的左側に位置する(原単位が小さい)サンプルY3Eの累積度数分

布を図-6に、両サンプルの原時系列を図-7と図-8にそれぞれ示す。また、図-7と図-8中の破線は推定湯張り水量原単位(浴槽容量×0.7/世帯人員)を示している。

サンプルY3Eのアンケート回答は、ほとんど湯張りをしないとなっていることから、図-8は、150Lを超えている5月4日を除き、シャワーによる入浴で使用された水量と考えられる。一方、7～10月以外の月はほぼ毎日湯張りすると回答しているサンプルY3Dの時系列を示す図-7を見ると、湯張り水量原単位を大きく超過したレベルにおいてY3Eに比べ幅の広い変動を有しており、この結果図-6の分布パターンは右にシフトして傾きが若干緩くなっていることが分かる。

2人世帯における風呂の累積度数分布は、3人世帯に類似した分布パターンと3人世帯では見られなかった二段構造の分布パターンに分かれた。前者の一例としてサンプルY2F、後者の一例としてサンプルS2Gの累積度数分布を図-9に示す。

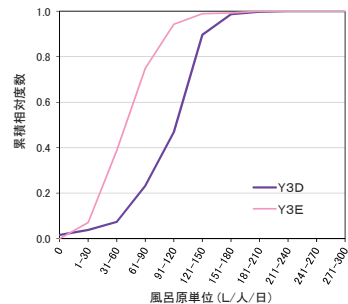


図-6 風呂原単位の累積度数分布の例(3人世帯)

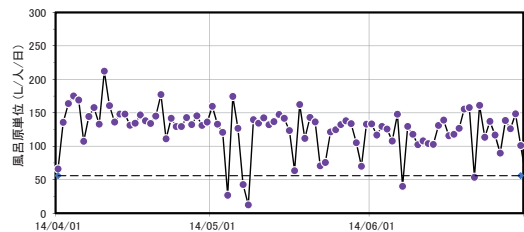


図-7 サンプルY3Dにおける風呂原単位時系列(抜粋)

注)図中の破線は推定湯張り水量原単位を示す

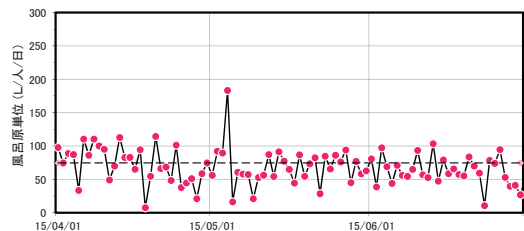


図-8 サンプルY3Eにおける風呂原単位時系列(抜粋)

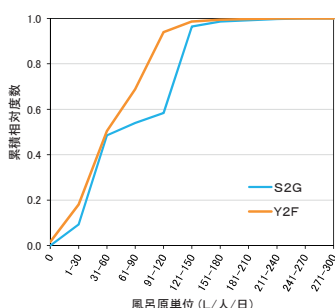


図-9 風呂原単位の累積度数分布の例(2人世帯)

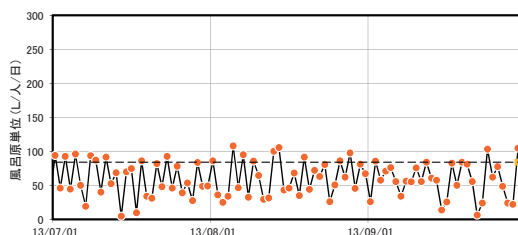


図-10 サンプルY2Fにおける風呂原単位時系列(抜粋)

注)図中の破線は推定湯張り水量原単位を示す

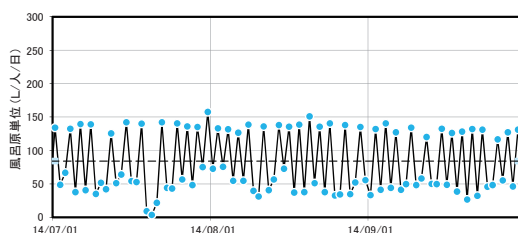


図-11 サンプルS2Gにおける風呂原単位時系列(抜粋)

サンプルY2Fはほとんど湯張りをしないサンプルであり、サンプルY2Fの風呂原単位時系列を示す図-10を、3人世帯の中でほとんど湯張りをしないサンプルY3Eの時系列図-8と比較して変動特性が同じであると判断するのは難しいが、Y2FとY3Eはほぼ同様の累積度数分布を示していることより、両サンプルの母集団特性(変動の特徴)はほぼ同等と判断できる。

一方、冬を除き2日に1回湯張りするサンプルS2Gの累積度数分布は、Y3D、Y3E、Y2Fのいずれのパターンとも違った形状で二段構造のパターンを示した。サンプルS2Gの時系列(図-11)をみると、湯張り水量原単位を超える高いレベルと、湯張り水量原単位未満の低いレベルの原単位が交互に表れる振動変動を示しており、図-9における二段構造の分布パターンを生み出していることが分かる。本二段構造は高齢2人世帯において半数以上のサンプルで見られたが、湯張り回数は必ずしも2日に1回というわけでもなく、二段構造を示す理由については今後

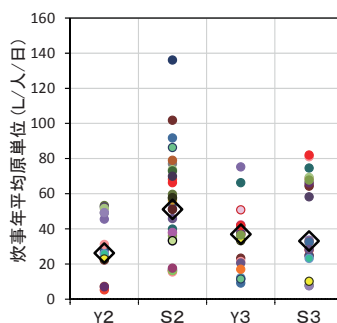
の研究の中で検討して行く必要があると考えている。

#### 4. 炊事原単位の影響要因分析

ここでは、各サンプルにおける累積度数分布の形状が類似していた炊事の使用目的を対象に、代表値として年平均原単位(原単位の365日平均値)を用い、世帯特性や生活行動の影響を分析する。影響要因候補としては、世帯人員、高齢者人数、昼間在宅率、自炊頻度を検討する。ここで、昼間在宅率(以下、在宅率と略す)は、昼間在宅のべ人数を世帯のべ人数(12ヶ月の総人数)で除して求めている。また自炊頻度は、朝・昼・夕食における炊事に関するアンケート回答を5点満点で点数化し(5点:ほぼ毎日炊事, 3点:半分程度炊事, 2点:あまり炊事しない, 1点:炊事せず外食や調理済食品を利用)、3食365日の平均値を当該サンプルの自炊頻度としている。在宅人数及び自炊頻度は月によって異なる場合もあるので、一般に実数値となっている。

最初に、世帯人員と高齢者人数の影響を検討するため、前述の4グループ(Y2, S2, Y3, S3)にサンプルを分類し、各グループにおける年平均原単位のプロットを図-12に、年平均原単位の四分位数を在宅率及び自炊頻度の中央値とともに表-1に示す。図-12において世帯人員による差異を比較すると、Y2よりY3の方がばらつき範囲が広く中央値も大きい。S2とS3ではS2の方がばらつき範囲が広く中央値も大きく、グループ間の差異の傾向が一定していない。

世帯構成員の年齢で比較すると、高齢者を含まない2人世帯のY2に比べ、高齢者による2人世帯のS2グループは、中央値で約2倍と年平均原単位が大きい傾向にあり、日常的に昼間も在宅していることにより水使用機会が増えたためと推察される。一方、高齢者の多い3人世帯のS3グループは、高齢者を含まない3人世帯のY3グループとほぼ同範囲にばらついており、S3グループ内サ



注) 図中の◇はグループ毎の中央値を示す

図-12 炊事年平均原単位の4グループ比較

表-1 4グループの炊事原単位四分位数比較

グループ名		Y2	S2	Y3	S3
年平均 原単位 (L/人/日)	75%値	49.1	70.7	41.4	68.0
	中央値	26.2	51.2	37.0	33.1
	25%値	22.6	33.2	20.8	24.3
在宅率中央値		0.00	1.00	0.33	0.67
自炊頻度中央値		4.08	5.00	4.17	5.00
サンプル数		18	34	24	22

ンプルの年平均原単位の代表値としての中央値は、Y3グループの中央値を下回っており、高齢者の多い3人世帯でも年平均代表値が左程大きくないサンプルが相当数あると推察される。

そこで表-1において生活行動要因と炊事の年平均原単位との関係に着目すると、在宅率と自炊頻度がともに小さいグループは年平均原単位が小さく、在宅率と自炊頻度がともに大きいグループは年平均原単位大きい傾向が予想されるが、この予想と年平均原単位における四分位数の大小傾向は必ずしも一致していない。この不一致は、各グループ内における在宅率及び自炊頻度の分布が偏っており、在宅率0.0や1.0、自炊頻度5.0のサンプルがグループの大半を占めているためと考えられた。つまり、世帯人員や高齢者割合が直接的に年平均原単位に影響するというよりも、世帯人員や高齢者割合が異なる世帯は在宅率や自炊頻度が異なる傾向にあり、その結果として年平均原単位に差異が生じたものと判断された。そこで以下では、在宅率及び自炊頻度を用いたグループを設定し、抽出したサンプルの年平均原単位を比較することとした。

前述の4グループを併せたサンプルの中から、在宅率0.0と1.0のサンプルを抽出し、さらに在宅率0.0のサンプルを自炊頻度が4.0以上(大きい)と4.0未満(小さい)に分類した。得られたグループA(昼間不在で炊事日が半数未満のサンプル群)、グループB(昼間不在で炊事日が半数以上のサンプル群)、グループC(昼間全員在宅で炊事日が半数以上のサンプル群)の炊事原単位四分位数の比較を表-2に示す。表-2を見ると、自炊頻度と在宅率を指標とする水利用活動の活発化が想定されるグループA・B・Cの

表-2 A・B・Cグループの炊事原単位四分位数比較

グループ		A	B	C
在宅率		0	0	1
自炊頻度		小さい	大きい	大きい
年平均 原単位 (L/人/日)	75%値	31.2	47.4	68.3
	中央値	12.3	35.0	38.8
	25%値	7.2	19.7	32.6
サンプル数		11	13	31

順で、中央値が大きくなり、75%値も増加して四分位範囲の広いサンプル群となることが分かる。表-2において、グループCとBの中央値の差に比べ、グループAとBの差が顕著であり、在宅率より自炊頻度の方が、年平均原単位への影響が強いと推察される。

本分析は限られたサンプル数を対象に進めており、今後は調査サンプルを増やして検討して行くことが望まれるが、表-2における中央値を炊事原単位の年平均推計値とし、25%値及び75%値を年平均推計値の不確実性を表す幅の下限値及び上限値として、総使用水量の推計へ利用することが可能であると考えている。

## 5. おわりに

本研究では、モニター家庭における炊事、トイレ、風呂、洗濯に関する日々の測定水量を対象世帯の人数で除した使用目的別水量原単位の分析を行なった。得られた結果を以下に列記する。

- (1) 対象データから得られる1年間の時系列図及び7日移動平均線を検討した結果、いずれのサンプル、いずれの使用目的においても明確な季節変動は認められず、不規則変動を示すことが分かった。
- (2) 測定データは、対象世帯及び使用目的により特徴付けられる母集団からサンプリングされた日々の使用水量実現値であると見做し、累積度数分布を用いた分析を行なうことにより変動特性のパターン化が可能となった。
- (3) 炊事の累積度数分布では、昼間の在宅率の高い3人世帯における炊事原単位の分布パターンにおいて、昼間に不在の3人世帯の分布パターンを右側にシフトした立ち上がりが少し緩い形状となり、比較的多くの水量を炊事で毎日使用し、水量変動の幅も少し大きくなっている特徴が顕われていた。
- (4) 風呂の累積度数分布では、2人世帯と3人世帯で異なる分布パターンが存在し、ほとんど湯張りをしない若年世帯のサンプルは比較的直線的な分布パターンであるのに対し、隔日で湯張りする高齢世帯のサンプルは二段構造の分布パターンを示すことが分かった。
- (5) 炊事原単位に影響を与える代表的な要因は、2人及び3人世帯において在宅率と炊事頻度であり、これらを組み合わせたグループ分類を用いることにより年平均原単位の差異を定量的に明らかにした。

他の使用目的及び他の世帯人員についても、4.で示した累積度数分布を用い、影響を与える要因を組み合わせたグループ分類で分析を行なうことで、世帯特性や水使用行動の差異による年平均原単位の差異を推計可能であると考えている。ただし、単身世帯については、調査サンプルが非常に少なかったため、継続調査によりデータを蓄積して分析することが望まれる。

## 参考文献

- 1) 厚生労働省：新水道ビジョン，2013.
- 2) 国土交通省：平成30年度版 日本の水資源の現況，2018.
- 3) 東京都水道局：事業概要平成30年度版，第2章，2018.
- 4) 小泉明：水道計画のための水需要予測の実例，水道技術研究センター，1991.
- 5) 小泉明，稲員とよの，荒井康裕，具滋茸：水需要予測に関する季節別モデル分析，水道協会雑誌，Vol.68 No.9，pp.37-47，1999.
- 6) William B. DeOreo, Peter Mayer, Benedykt Dziegielewski and Jack Kiefer：New data on residential end uses of water, *Advances in Water Research*, Vol.26 No.2, 2016.
- 7) 村川三郎，西田勝，北山広樹，西名大作，周南，宮山博司：福岡市の住宅団地10年 間における水使用構造の比較，日本建築学会計画系論文集，第554号，pp.47-53，2002.
- 8) 山田淳，田中久美子，佐藤嘉宣，東佑亮：経年ミクロ水利用調査による世帯人数別水需要構造分析，土木学会第32回環境システム研究論文発表会講演集，pp.403-406, 2004.
- 9) 千葉県水道局：水需要構造式について，中期経営計画事業等評価委員会参考資料1-6，2010.
- 10) 清水聡行，東佑亮，谷口久美子，山田淳：多変量解析を用いた家庭用水の需要予測に関する一考察，土木学会論文集G(環境)，Vol.68 No.1，pp.72-83，2012.
- 11) 小棚木修，中村浩：水使用者意識と水使用量に関する事例分析，衛生工学シンポジウム論文集，Vol.5，pp.267-272，1997.
- 12) (公財)水道技術研究センター：スマート水道メーター導入の手引き(A-Smartプロジェクト)，2018.
- 13) 東京都水道局：第6回東京都水道事業運営戦略検討会議参考資料，pp.11-17，2019.
- 14) 佐藤友希乃，荒井康裕，稲員とよの，小泉明，佐藤清和，山蔦涼：数量化モデルを用いた使用水量原単位の変動要因分析，平成30年度全国会議(水道研究発表会)概要集，pp.154-155，2018.

(Received June 19, 2019)

## Suggestion of a daily fluctuation analysis using cumulative frequency distribution about the water demand in consideration of the purpose of use at home

Yu TAKAHASHI, Yasuhiro ARAI, Toyono INAKAZU, Akira KOIZUMI,  
Norihiko ISHIDA, Katsuji SASAKI and Naho TSUTSUI

Considering means of readying society for population decline, the long term water demand forecast is extremely important as a basic information for operation and maintenance of water facilities without deteriorating its performance. Household water demand accounts for most of water service demand, and is under the influence of many factors such as the decreasing birthrate and aging population, lifestyle changes and widely use of water-saving equipment.

As the first step to build a micro model to estimate water service demand, this study analyzes the structure of the factor which affects the per capita daily water volume for each purpose of household usage utilizing the survey data of the water quantity obtained by daily monitoring in the general family of Tokyo.

To visualize various kinds of fluctuation properties of target data, the cumulative frequencies distribution is applied in our analysis. At first the cumulative frequencies distribution patterns are examined using a group comparison in consideration of influence of number of people per household and the age of household members. Next a scheme for group classification that put two influence factor together is developed for cooking water consumption, which enables us to estimate the statistical range of the yearly average level.