

ライフスタイル変化を考慮した家計の水消費行動のモデル化

Modeling of Water Consumption in Household Including the Change of LifeStyle

伊藤 禎彦¹ 植松 京子² 住友 恒³
Sadahiko Itoh Kyoko Uematsu Hisashi Sumitomo

ABSTRACT: The water demand per day per capita had been increasing annually with the upgrading of life convenience and amenity. However, recently the rate of increase has remained flat or even decreased because of the diversified lifestyles. A household would modify their consumption patterns with the change of lifestyles including water-saving consciousness. The explicit consideration of the lifestyles and their change is necessary for the maintenance and operation of waterworks. In this paper, a water consumption model was established based on utility maximization and cost minimization problem from the viewpoint of microeconomics, focusing on domestic water use per day per capita which indicates the change of water demand. The relationship between water consumption related with the water-saving consciousness and in-house service technologies and the characteristics of preferences was analyzed. The effect of lifestyle change on water consumption behavior was examined by setting scenarios of lifestyle change.

KEYWORDS: change of lifestyle, microeconomics, utility maximization, cost minimization, water consumption in household

1. 緒 言

一人一日平均水使用量は、生活の利便性や快適性の向上にともない長年増加傾向にあったが、近年では多様化したライフスタイルを反映して増加傾向が鈍化している。節水・快適嗜好を含めた新たなライフスタイルの変化は、家計における水使用形態に少なからず影響を及ぼすと考えられ、それを組み込んだ需要予測をおこなうことが水道システムの整備や運用において重要な課題となっている。

現在までにさまざまな水需要予測がおこなわれてきているが、その手法はマクロ的分析とミクロ的分析に大別される。前者の代表的方法は時系列傾向分析法（トレンド法）^{1, 2)} であるが、住友³⁾ は、水需要量を生成確率とともに表記し、自己回帰モデルを用いた予測手法を提案している。

ミクロ的分析においては、ライフスタイル変化の影響を取り込むためのさまざまな調査研究が行われてきている。最近の水需要の動向は過去の実績からだけでは説明できなくなっているため、マクロ的分析から出発し、ライフスタイルに関連するさまざまな要因を取り込みつつ徐々にミクロ的分析に移行している例もみられる^{4, 5)}。これらの中には、高齢化や女性の就業など家族類型の変化に着目したもの^{6, 7)} や、これに加えて

¹ 京都大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Kyoto University

² 兵庫県県民生活部環境局環境整備課 Environmental Improvement Division, Environment Bureau, Lifestyle and Welfare Department, Hyogo Prefecture

³ 京都大学名誉教授/ポリテクカレッジ滋賀短大 Professor Emeritus of Kyoto University / Kinki Polytechnic College, Shiga

節水型機器や反対に快適性を重視した機器の普及の影響⁸⁾を調査しようとしたものなどがある。

中でも細井ら⁹⁾は、洗濯、入浴、水洗便所、台所の使用水量とその発生構造を全国的規模で明らかにしている。また山田ら^{10, 11)}は、水使用機器の使用水量を実測し、ライフスタイルおよび水使用機器の特性の変化を加味した生活用水の需要構造分析をおこなっている。主として、いかなる要因が近年の需要低迷に寄与しているか、また将来の需要動向を支配するかを抽出しようとしたものとなっている。今後は、家計の水消費行動パターンの変化を基礎として使用目的別の需要推定による積み上げ法を用い、人口構造・社会動向の変化を考慮したうえで水需要構造分析をおこなう方法論が求められているといえる。

以上を背景として、本研究は、ミクロ経済学的観点からライフスタイルの変化を明示し得る家計の水消費行動モデルを構築することを目的としたものである。すなわち、家計の水消費行動を、費用最小化および効用最大化問題としてとらえて基本モデルを記述し、その中で、節水意識や快適嗜好を含めたライフスタイル変化を表現できるよう整備した。ついでモデルの特定をおこなった後、「高齢化」、「世帯の小規模化」、「女性の社会進出」という3つのシナリオを設定し、このライフスタイル変化が水消費行動に及ぼす影響を明示した。このように本研究は、節水意識、人口構造、社会動向の変化など、さまざまなライフスタイルの変化に伴う水消費行動の有り様を把握する方法を示すものとなっている。

2. 家計の水消費行動のモデル化

ここでは、ライフスタイルの変化を考慮し得る家計の水消費行動のモデル化をおこなう。

2. 1 家計の水消費行動について

国民の65%が節水を心掛けているが、それとは反対に水を豊富に使っている人は30%であること示されている¹²⁾。節水の理由としては、「たくさん使うと家計にひびく」と答えた人が43%であった。すなわち、節水を強く意識する人々がいる一方で、水をふんだんに使用して快適性を享受する人々がいる。さらに同一人でもこの2つの水使用に関わる意識を同時にもっているかもしれない。したがって、水消費行動について考える際、節水意識とその反対の快適嗜好を考慮することが必要である。

一般的におこなわれている節水方法の例として、次のようなものがある。1) 洗面、炊事、シャワー：蛇口を全開にせず水道の開栓を控えめにし、こまめな開閉を心がける。2) 洗車、散水：ホースによる流し洗いをせずに、バケツにくんでおこなう。これらの節水方法をみると、通常より水を得る際に手間と時間をかけることによって水を節約している様子がうかがえる。

このような状況は、多くの人が、水や時間という生産要素を効率的に組み合わせて、自らの効用を最大化するように家庭内サービスの消費量を決定していると考えられる。岡田ら^{13, 14, 15)}は、ミクロ経済学的観点から温水時の家計の水消費行動モデルを構築している。本研究では、このモデルを基本に用いることとし、平常時の水消費行動に適用できるようこれを修正することによって、人口構造の変化、女性の社会進出など、節水意識、快適嗜好以外のライフスタイル変化に関わるマクロトレンドも同時に反映できるようなモデルを構築する。

2. 2 家計の水消費行動の定式化

ライフスタイル変化と関連した水需要量の変化要因として、入浴・洗濯・洗車・散水の頻度など水利用行動者の嗜好、在宅時間、庭所有率、車所有率、自宅自炊率、ボトルウォーター利用率、世帯人員数、入浴スタイル、洗車形態、節水意識、水使用機器・設備の種類と普及率などが考えられる。節水意識・快適嗜好をはじめ、これらのライフスタイルの変化も反映できるような平常時の水消費行動モデルを構築する。

一般に家計は、水、時間、市場財という生産要素を効率的に組み合わせて家庭内サービスを生産すると同時に、時間制約、所得制約といった利用可能な資源の制約のもとで、費用を最小化、効用を最大化するように用途別家庭内サービスの消費量を決定していると考えられる。

各水利用用途ごとに生産されるサービス i の生産水準を z_i 、この生産に投入される水、時間の量をそれぞれ、

x_i, t_i とすると、家計のサービス i ($i=1, 2, \dots, n$)に関する生産技術は、家計生産関数 f_i を用いて次式のように表現する。

$$z_i = f_i(x_i, t_i) \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

なお、渇水時など非常時においては家庭内サービスと市場サービスとの間で消費代替が行われることを想定し、市場財を組み込んでモデルが記述されている¹³⁾が、ここでは平常時を扱っており、そのような消費代替はおこらないと考え、水、時間の関数としている。

つぎに、ライフスタイルの変化と水利用行動回数の間には、無視できない関わりがあると考えられるため、サービス回数を反映する指標が必要である。そこで、 N_i を1日におこなうサービス i の回数として、それを各需要量にかけたものを一日当たりの要素需要量と考える。例えば、毎日入浴すると考えた場合、 N_i は1となり、週に6回入浴すると考えた場合、 N_i は $\frac{6}{7}$ となる。

さらに、世帯の小規模化が進行している現在、水需要量の評価に世帯人員数を考慮に入れることが必要である。 P を一世帯当たりの人員数として、 $P a_i + b_i$ を各需要量にかけたものを一世帯当たりの要素需要量と考える。これは、 P の増加によって世帯当たりの需要量が増加し、一人当たりの需要量が減少するという条件を満たす簡単な式である。このとき、一人当たりの要素需要量は、 $P a_i + b_i$ を P で割った $a_i + \frac{b_i}{P}$ を各需要量にかけたものとなる。ただし、 a_i, b_i は各サービスごとに設定する定数で、 $P=1$ のときの $a_i + \frac{b_i}{P}$ の値が1になるように $a_i + b_i = 1$ とする。掃除・散水・洗車・風呂など、一般に世帯単位でまとめておこない、要素需要量が世帯人員数によって左右されないサービスでは $a_i = 0$ となり、飲み水・トイレ・洗面・シャワーなど、一般に個人でおこない、要素需要量が世帯人員数に比例するサービスでは $b_i = 0$ となる。定数 a_i, b_i の設定にあたっては、一人当たりの要素需要量が、掃除・散水・洗車など世帯単位でおこなう用途では世帯人数増加によって減少するように、トイレ・洗面・シャワーなど個人でおこなう用途では世帯人数変化の影響を受けないように、各サービスごとに設定する。

以上より、サービス i に投入される一人一日当たりの財（水、時間）の需要量 X_i, T_i は、それぞれ次式のように表される。

$$X_i = N_i \left(a_i + \frac{b_i}{P} \right) x_i \quad (2)$$

$$T_i = N_i \left(a_i + \frac{b_i}{P} \right) t_i \quad (3)$$

つぎに、家計の直面する時間制約について考える。どのような使用目的であれ、ある水量を得るにはある時間が必要である。単位水量を獲得するのに必要な時間について考えると、平常時の場合、蛇口から出す水の量には限界がある（一般家庭の蛇口を全開にした場合に出る水の量は1分間に約21L）ものの、水利用者が節水意識・快適嗜好といった本人の意思によって調節でき、さらにその量は水利用行動の種類によって異なる。したがって、所要時間はサービスごとに決定できると考え、サービス i をおこなう際の単位水量当たりの獲得所要時間として τ_i を導入する。

以上より、家計の時間制約は、労働時間を T_w 、総利用可能時間を T 、余暇時間を l として次式のように表される。

$$\sum_{i=1}^n \tau_i X_i + \sum_{i=1}^n T_i + l = T - T_w \quad (4)$$

同様にして、水の価格を p 、賃金率を w 、固定所得を y 、合成財を Z とすると、所得制約は以下のように表される。ここで、合成財 Z はニューメレールと考える。

$$\sum_{i=1}^n pX_i + Z = y + wT_w \quad (5)$$

このとき、式(4)、式(5)を連立させることにより、次式のような単一の制約式で表すことが可能となる。ただし、 $Y \equiv y + wT_w$ である（総所得）。

$$\sum_{i=1}^n \{(p + \tau_i w) X_i + wT_i\} + wl + Z = Y \quad (6)$$

ここに、 $p + \tau_i w$ は、水1単位当たりの価格 p とその水獲得時間を時間換算した取引費用 $\tau_i w$ の和として定義される。以下、 $p + \tau_i w$ を「水の一般化費用」、それに各サービスに用いる水量を掛け合わせた $(p + \tau_i w) x_i$ を「水量確保のための一般化費用」と呼ぶ。

家計はこの制約のもとで自己の効用 $u(z, l, Z)$ の最大化を試みるものと仮定する。すなわち、家計の水消費行動はサービス生産に関する技術制約(1)式と総所得（full income）制約(6)式のもとで自己の効用を最大化する行動として、次式のように定式化される。

$$\begin{aligned} v(p, \tau_i, w, Y) &= \max_{z, l, Z} \{u(z, l, Z)\} \\ \text{subject to } \sum_{i=1}^n N_i \left(a_i + \frac{b_i}{P}\right) \pi_i(p, \tau_i, w) z_i + wl + Z &= Y \end{aligned} \quad (7)$$

ただし、 $v(p, \tau_i, w, Y)$ は効用の最大値を示している。

ここで、費用関数を導入する。費用関数 $c_i(p, \tau_i, w, z_i)$ はサービス i の生産水準 z_i を所与とした場合に z_i の生産に要する費用の最小値を与える関数である。さらに、サービス i の1単位当たりの生産費用を表す $\pi_i(p, \tau_i, w) z_i$ を導入し、

$$c_i(p, \tau_i, w, z_i) = \pi_i(p, \tau_i, w) z_i \quad (8)$$

なる関係を用いて、

$$\begin{aligned} \pi_i(p, \tau_i, w) z_i &= \min_{x_i, t_i} \{(p + \tau_i w) x_i + w t_i\} \\ \text{subject to } z_i &= f_i(x_i, t_i) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \end{aligned} \quad (9)$$

(7)式、(9)式で表された2段階問題を解くと、サービス i の需要関数、余暇時間・合成財の需要関数、生産要素として投入される財（水、時間）の要素需要関数は次のように求まる。

$$\widehat{z_i}(\pi, w, Y) = - \frac{\partial v(\pi, w, Y) / \partial \pi_i}{\partial v(\pi, w, Y) / \partial Y} \quad (10)$$

$$\widehat{l} = T - T_w - \sum_{i=1}^n \left(\tau_i \widehat{X_i} + \widehat{T_i} \right) \quad (11)$$

$$\widehat{Z} = Y - \sum_{i=1}^n N_i \left(a_i + \frac{b_i}{P} \right) \pi_i \widehat{z_i}(\pi, w, Y) - w \widehat{l} \quad (12)$$

$$X_i = N_i \left(a_i + \frac{b_i}{P} \right) \frac{\partial \pi_i(p, \tau_i, w)}{\partial (p + \tau_i w)} z_i(p, \tau, w, Y) \quad (13)$$

$$T_i = N_i \left(a_i + \frac{b_i}{P} \right) \frac{\partial \pi_i(p, \tau_i, w)}{\partial w} z_i(p, \tau, w, Y) \quad (14)$$

ここで、ライフスタイルの変化にともなって値を変えるパラメータは、単位水量当たりの獲得所要時間 τ 、

水利用行動回数 N_i 、一世帯当たりの人員数 P のみとし、他のパラメータは短期的には変化しないものとする。

3. モデルの特定化

ここでは、家計の水消費行動の変化を具体的に分析し、例示するためにモデルを特定化する。

間接効用関数の特定化に当たって、サービス価格の自己価格弾力性 ρ_{ii} を各サービス毎に任意に設定可能な次式で与えられるトランス・ログ型の逆数間接効用関数を採用する。

$$\ln h(\varphi) = \sum_{i=1}^{n+2} \alpha_i \ln \varphi_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n+2} \sum_{j=1}^{n+2} \beta_{ij} \ln \varphi_i \ln \varphi_j \quad (15)$$

ここで、 $h(\varphi)$ および φ は以下のように定義される。

$$h(\varphi) \equiv \frac{1}{v(\varphi)}, \quad \varphi \equiv \left(\frac{\pi_1}{Y}, \frac{\pi_2}{Y}, \dots, \frac{\pi_n}{Y}, \frac{w}{Y}, \frac{1}{Y} \right)$$

ここに、 $v(\varphi)$ は間接効用関数である。また、任意の i, j に対して $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \beta_{ij} = \beta_{ji}$ であり、 $\sum_i \sum_j \beta_{ij} = 0$ を

仮定する。

サービスの生産技術の特定化にあたっては、各々のサービス毎に異なる投入要素の代替性の違いを代替の弾力性により表現できるCES (Constant Elasticity of Substitution) 型生産関数を採用する。CES型の家計生産関数を次式で表す。

$$f_i(x_i, t_i) = (c_1 x_i^{a_i} + c_2 t_i^{a_i})^{\frac{1}{a_i}} \quad (16)$$

以上のように関数を特定化した場合、サービス、余暇時間、その他の合成財の需要関数、要素需要関数（水量・時間）を求めると、以下のようである。ただし $r_i = \frac{a_i}{a_i - 1}$ とおいている。

$$\begin{aligned} \widehat{z_i}(\pi, w, Y) &= - \frac{\alpha_i / \pi_i + \sum_{j=1}^{n+2} \beta_{ij} (\ln \varphi_j) / \pi_i}{-\sum_{j=1}^{n+2} \alpha_j / Y - \sum_{j=1}^{n+2} \sum_{k=1}^{n+2} \frac{\beta_{jk}}{Y} \ln \varphi_j} = \frac{Y}{\pi_i} \frac{\alpha_i + \sum_{j=1}^{n+2} \beta_{ij} \ln \varphi_j}{\sum_{j=1}^{n+2} \alpha_j + \sum_{j=1}^{n+2} \sum_{k=1}^{n+2} \beta_{jk} \ln \varphi_j} \\ &= \frac{\varphi_i^{-1} \left(\alpha_i + \sum_{j=1}^{n+2} \beta_{ij} \ln \varphi_j \right)}{\sum_{j=1}^{n+2} \alpha_j + \sum_{j=1}^{n+2} \sum_{k=1}^{n+2} \beta_{jk} \ln \varphi_j} \end{aligned} \quad (17)$$

$$X_i(N_i, P, p, \tau_i, w, z_i)$$

$$= N_i \left(a_i + \frac{b_i}{P} \right) \left(\frac{p + \tau_i w}{c_1} \right)^{n-1} \left\{ c_1 \left(\frac{p + \tau_i w}{c_1} \right)^n + c_2 \left(\frac{w}{c_2} \right)^n \right\}^{\frac{1-r_i}{n}} \frac{\varphi_i^{-1} \left(\alpha_i + \sum_{j=1}^{n+2} \beta_{ij} \ln \varphi_j \right)}{\sum_{j=1}^{n+2} \alpha_j + \sum_{j=1}^{n+2} \sum_{k=1}^{n+2} \beta_{jk} \ln \varphi_k} \quad (18)$$

$$T_i(N_i, P, p, \tau_i, w, z_i)$$

$$= N_i \left(a_i + \frac{b_i}{P} \right) \left(\frac{w}{c_2} \right)^{n-1} \left\{ c_1 \left(\frac{p + \tau_i w}{c_1} \right)^n + c_2 \left(\frac{w}{c_2} \right)^n \right\}^{\frac{1-r_i}{n}} \frac{\varphi_i^{-1} \left(\alpha_i + \sum_{j=1}^{n+2} \beta_{ij} \ln \varphi_j \right)}{\sum_{j=1}^{n+2} \alpha_j + \sum_{j=1}^{n+2} \sum_{k=1}^{n+2} \beta_{jk} \ln \varphi_k} \quad (19)$$

$$\widehat{l} = T - T_w - \sum N_i \left(a_i + \frac{b_i}{P} \right) \left(\tau_i \left(\frac{p + \tau_i w}{c_1} \right)^{n-1} + \left(\frac{w}{c_2} \right)^{n-1} \right) \\ \times \left\{ c_1 \left(\frac{p + \tau_i w}{c_1} \right)^n + c_2 \left(\frac{w}{c_2} \right)^n \right\}^{\frac{1-n}{n}} \frac{\varphi_i^{-1} \left(\alpha_i + \sum_{j=1}^{n+2} \beta_{ij} \ln \varphi_j \right)}{\sum_{j=1}^{n+2} \alpha_j + \sum_{j=1}^{n+2} \sum_{k=1}^{n+2} \beta_{jk} \ln \varphi_k} \quad (20)$$

$$\widehat{Z} = Y - \sum_{i=1}^n N_i \left(a_i + \frac{b_i}{P} \right) \left\{ c_1 \left(\frac{p + \tau_i w}{c_1} \right)^n + c_2 \left(\frac{w}{c_2} \right)^n \right\}^{\frac{1-n}{n}} \frac{\varphi_i^{-1} \left(\alpha_i + \sum_{j=1}^{n+2} \beta_{ij} \ln \varphi_j \right)}{\sum_{j=1}^{n+2} \alpha_j + \sum_{j=1}^{n+2} \sum_{k=1}^{n+2} \beta_{jk} \ln \varphi_k} - wl \quad (21)$$

($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n, n+1, n+2$)

つぎに、表1に示す各係数の性質をふまえて各値を調整しながら c_1 、 c_2 、 τ_i ($i=1, 2, \dots, n$)、 α_i 、 β_{ij} ($i, j=1, 2, \dots, n, n+1, n+2$) の値を決定した。

特定化したモデルを用いて、風呂注水、洗濯、散水、飲料水、トイレ、洗面、炊事、掃除、洗車、身体洗浄（シャワー）の10種類のサービスについて、 τ を変化させたときの各サービスに投入される水需要 x_i 、時間需要 t_i 、水量確保のための一般化費用 $(p + \tau_i w)x_i$ 、full cost $\pi_i z_i$ を計算した¹⁶⁾。例として、10種のサービスのうちの洗面について、その計算結果を図1に示す。

図1をみると、水の一般化価格 $p + \tau w$ の増加にともなう水使用量 x 、行動時間 t が減少しており、水の獲得所要時間を増大させることにより節水している状況が表せている。また、水量確保のための一般化費用 $(p + \tau w)x$ は、増加しており、水獲得時間の貨幣換算増加分が節約した水道代を上回っている状況が表せている。また、水量確保のための一般化費用 $(p + \tau w)x$ が増加し、full cost πz が減少しているが、これは $(p + \tau w)x$ の増加分よりも πz の減少分が大きいためである。

図2に τ を変化させたときの全サービスに投入される水需要 $\sum x_i$ 、余暇時間 l 、合成材の消費量 Z の計算結果を示す。

水消費量の和 $\sum_{i=1}^{10} x_i$ は節水にともなう減少しており、余暇時間 l は単位水量当たりの獲得所要時間 τ の増加にともなう水の一般化価格の上昇に対して、単調に減少している。ここでは、時間を割いて節水をした結果、余暇時間が減少しているという状況が再現できている。合成材の消費

表1. 各係数の変化が水使用量、行動時間に及ぼす影響

変化係数	水使用量、行動時間	(水使用量) : (行動時間)
$c_1 : c_2$	すべてのサービスにおいて変化	すべてのサービスにおいて変化
a_i	サービス <i>i</i> においてのみ変化	サービス <i>i</i> においてのみ変化
α_i	サービス <i>i</i> においてのみ変化	不変
β_{ij}	特にサービス <i>i, j</i> において変化	不変

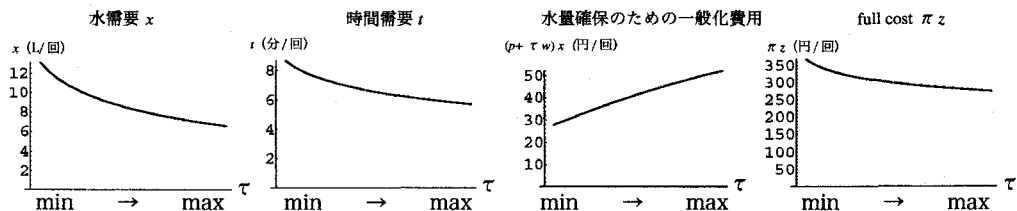


図1. τ を変化させたときの水利用行動の変化

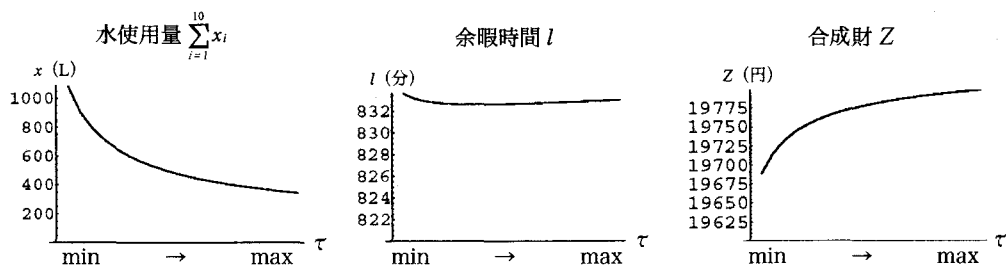


図2. τ が変化したときの水利用行動の変化

量Zは、単位水量当たりの獲得所要時間 τ の増加にともなう水の一般化価格の上昇に対して、単調に増加している。水の一般化価格の上昇に対してサービスの生産費用は増加または減少するが、ここで取り上げた数値計算事例では、サービス生産費用の減少量が増加量を上回っていることによる。端的に言えば、水道代を安くあげられたため、その分他の消費財の購入に回せたという状況である。

4. ライフスタイル変化を想定したシナリオ解析

ここでは、前節までで構築したモデルを用いて、ライフスタイルの変化が水消費行動にどのような影響を与えるのかを明示する。具体的には、高齢化、世帯の小規模化、女性の社会進出というシナリオを設定し、表2のように単位水量当たりの獲得所要時間 τ 、世帯人員数P、水利用行動回数 N_i を変化させ、それが水消費行動に投入される水・時間の需要、余暇時間、合成財の量にどのような影響を与えるのかを図示する。

4. 1 高齢化

図3は、高齢化が進行したと仮定したときの水需要、余暇時間、合成財の様子を示したものである。横軸が右に近づくほど仮定した高齢者のライフスタイルが進行した場合を示す。高齢化のシナリオでは、水使用回数は、風呂・洗濯・洗車・シャワーについて減少、散水・トイレについて増加するように、また単位水量当たりの獲得時間 τ は、節水嗜好により増大するように設定した。

表2. 各シナリオのもとでのパラメータ設定

高齢化	新陳代謝の衰え	→	入浴・洗濯回数減少
	自動車所有率減少	→	洗車回数減少
	余暇時間増加	→	ガーデニング普及で散水回数増加
	生理的要因・在宅時間増加	→	トイレ回数増加
	余暇時間が比較的多く収入が減少	→	時間をかけてでも節水をおこなう
世帯の小規模化	世帯人員数の減少		
女性の社会進出	余暇時間減少	→	自宅自炊率減少 洗濯・掃除などの家事をまとめておこなう
	在宅時間減少	→	トイレ回数減少
	収入が多く余暇時間が減少	→	家事時間短縮のためふんだんに水を使う

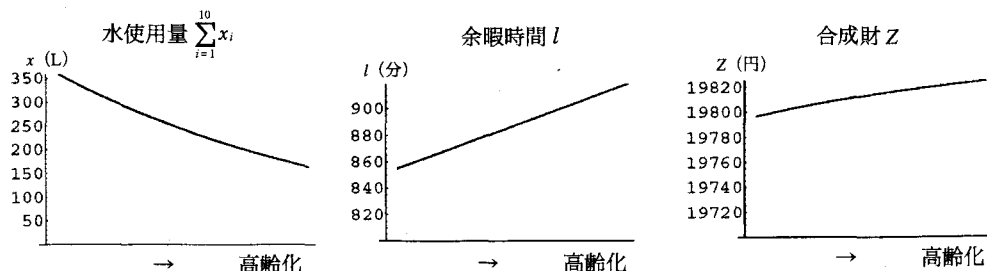


図3. 高齢化が進行したときの水利用行動の変化

まず、10種類のサービスでの水使用量を合計した $\sum_{i=1}^{10} x_i$ の図をみると、全体として需要水量が減少していることがわかる。散水・トイレ・飲料水での減少量が洗面・炊事・掃除・風呂・洗濯・洗車・身体洗浄（シャワー）での増加量を上回った結果である。また、余暇時間の変化をみると、1日当たりの余暇時間が増加する結果となった。この場合、入浴・洗面・洗車・身体洗浄（シャワー）においては、行動回数が減少して水使用にかかる時間は減少するが、散水・飲料水・炊事・掃除・掃除においては水使用時間は増加する。そして、減少した時間の方が増加した時間よりも上回ったため、水使用時間全体としては減少した。この結果、その余った時間を余暇時間に振り替えることが可能となったことを示している。

さらに、1日当たりの合成財の量が増加、つまり水利用に投入するコストが減少することが示されている。高齢者の水利用行動パターンでは、入浴・洗濯・洗車・身体洗浄（シャワー）の回数減少によるコスト減少量が、節水によるコスト増加量を上回っている。このために生じたコスト減少量を他の合成財購入にあてることができることを表現している。

以上より、高齢者のライフスタイルでは、入浴・洗濯・洗車・身体洗浄（シャワー）の回数が減少し、節水をおこなうという手間があるものの、使用水量は減少、余暇時間・合成財の量は増加しており、水消費行動については効率的なライフスタイルとなる状況を再現できた。

なお、ここでは高齢者のうちいわゆる「元気な高齢者」のライフスタイルを想定しており、介護が必要な人や寝たきりの人のライフスタイル、またバリアフリー水使用機器の普及や介護の充実が実現したときのライフスタイルについては考えていない。しかし、本モデルではこれに対応するパラメータを代入することによって、それらのケースにおける水消費行動を把握することも可能である。

4. 2 世帯の小規模化

図4は、世帯の小規模化による水需要、余暇時間、合成財の様子を示したものである。世帯の小規模化は原単位にも複雑に影響するが、ここでは世帯人数による影響をみるため、世帯人員数 P のみを6人から1人に変化させた。

水使用量の変化をみると、世帯人員数の増加とともに一人当たりの需要水量が増加している。これは、主として風呂注水・洗濯・散水・炊事・掃除・洗車という世帯単位でおこなう水利用行動について、その水使用量が増加したためである。また、世帯人員数の増加とともに余暇時間・合成財が減少している。

以上より、世帯が小規模になるほど使用水量は増加する一方、余暇時間・合成財の量は減少しており、水消費行動については非効率的である状況を表している。

4. 3 女性の社会進出

図5は、女性の社会進出が進行したと仮定したときの水需要、余暇時間、合成財の様子を示したものである。横軸が右に近づくほど仮定した「社会進出した女性」のライフスタイルが進行するとしている。

このシナリオでは、表2のように、回数は、洗濯・散水・トイレ・炊事・掃除について減少するように、また単位水量当たりの獲得時間 τ は、水の節約よりも時間の節約を優先するとして増加するように設定した。

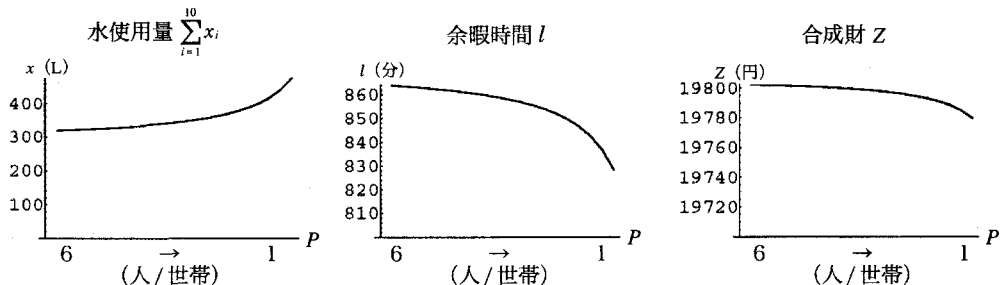


図4. 世帯人数が減少したときの水利用行動の変化

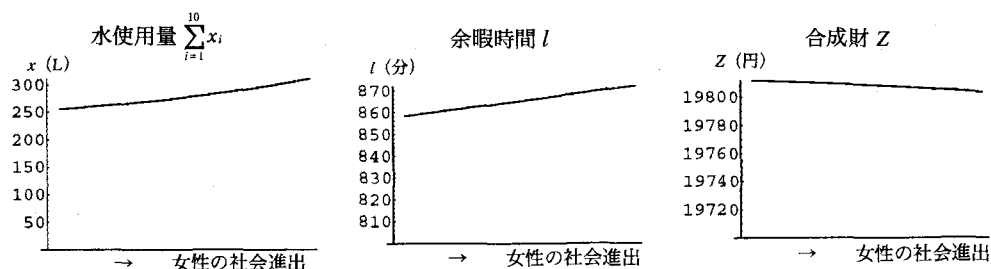


図5. 女性の社会進出が進行したときの水利用行動の変化

また、女性の社会進出も世帯の小規模化の一因となっているが、ここでは「社会進出した女性」のライフスタイルによる影響を知りたいので世帯人員数は一定としている。

まず、水需要の総量を表す $\sum_{i=1}^{10} x_i$ をみると、やや増加傾向であることがわかる。これは、風呂・洗面・掃除・洗車・身体洗浄（シャワー）の増加量が、洗濯・散水・飲料水・トイレ・炊事での減少量を上回った結果である。すなわち、このモデルによると「社会進出した女性」のライフスタイルでは、在宅時間の減少や忙しさを理由に水利用行動回数が減少しても、時間の節約のために節水をせずにふんだんに水を使うと考えられるため、全体の水使用量は増加することになる。

つぎに、1日当たりの余暇時間が増加している。洗濯・散水・飲料水・トイレ・炊事・掃除においては、これにかかる水使用時間は減少するが、風呂注水・洗面・身体洗浄（シャワー）においては水使用時間は増加する。そして減少量が増加量を上回り、これで得られる時間を余暇に振り替えることができることを意味する。したがって「社会進出した女性」の場合、水使用にかかる時間を短縮させるためふんだんに水を使うことにより、家事時間を短縮していると解釈することができる。

さらに、1日当たりの合成財の量が減少、つまり水利用に投入するコストが増加することがわかる。快適嗜好によるコスト増加量が、洗濯・散水・トイレ・炊事・洗車の回数減少によるコスト減少量を上回っており、水道代が増大したことを意味している。

以上より、本モデルでの「社会進出した女性」のライフスタイルでは、使用水量・余暇時間が増加する一方、合成財の量は減少しており、節水をせずにふんだんに水を出して水利用行動を短縮させたり、省くことが可能な水利用行動の回数を減少させたりすることにより、仕事のために減少する余暇時間を補ったことを表現している。つまり、働く女性は水を多く使うことにより余暇時間を獲得している状況が表現されている。

5. 結 言

本研究ではミクロ経済学的観点からライフスタイルの変化を考慮できる家計の水消費行動のモデル化を試みた。モデルを特定化した後、「高齢化」、「世帯の小規模化」、「女性の社会進出」という3つのシナリオを設定し、このライフスタイル変化が水消費行動に及ぼす影響を明示した。その結果構築したモデルは次のような状況を表現できることを示した。

- 1) 高齢者のライフスタイルでは、一人一日当たり水使用量、水利用行動に投入する時間、および水利用行動に投入するコストが少なく、効率的な水消費行動をおこなう。
- 2) 世帯人員数が減少するほど一人一日当たり水使用量、水利用行動に投入する時間、および水利用行動に投入するコストが増加し、水消費行動は非効率的になる。
- 3) 社会進出した女性のライフスタイルでは、平均よりも一人一日当たり水使用量は増加、水利用行動に投入する時間は減少、および水利用行動に投入するコストは増加し、手間暇にかかる節水をせずにコストを犠牲にすることによって余暇時間を獲得しようとする。

本研究で構築したモデルは、今後さらに変化すると考えられるライフスタイルを組み込んだ水需要予測をおこなうための基礎的な枠組みとなると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 木村昌弘、林良政、中田耕介、大阪府営水道における水需要予測の見直し、第52回全国水道研究発表会講演集、pp.26-27、2001.
- 2) 山田淳、森田真一郎、大都市の上水需要動向と今後の施設計画のあり方、第50回全国水道研究発表会講演集、pp.30-31、1999.
- 3) 住友恒、成熟水道での需要予測法に関する一考察、第52回全国水道研究発表会講演集、pp.25-26、2001
- 4) 中野雄紀、入江信雄、加藤幸一、水需要予測（生活用水）に関する研究、第50回全国水道研究発表会講演集、pp.34-35、1999.
- 5) 片山二三夫、牛窪俊之、家事用使用水量データとアンケート調査による水需要構造の分析、第49回全国水道研究発表会講演集、pp.46-47、1998.
- 6) 瀧川典一、西山裕子、一般家庭における用途別水使用量、第52回全国水道研究発表会講演集、pp.32-33、2001.
- 7) 宮野知生、家族類型を考慮した水需要予測手法、第49回全国水道研究発表会講演集、pp.50-51、1998.
- 8) 石田紀彦、一般家庭における使用目的別水量の実態と変動要因、第50回全国水道研究発表会講演集、pp.36-37、1999
- 9) 細井由彦、城戸由能、竹本志保、家庭における水とエネルギーの消費に関する研究、水道協会雑誌、第66巻、第3号、pp.26-35、1997.
- 10) 山田淳、森田敦子、橋本将明、住吉元、畠康之、給水栓取付式ロードサーベイによる使用目的別水使用量実態調査、第47回全国水道研究発表会講演集、pp.38-39、1996.
- 11) 山田淳、興津紀子、後藤成穂、飯島直人、ライフスタイルの変化を考慮した生活用水需要構造分析、第52回全国水道研究発表会講演集、pp.28-29、2001.
- 12) 内閣府、水に関する世論調査、2001年7,8月実施
- 13) 岡田憲夫、多々納裕一、小林潔司、並河光夫、渇水時の水消費行動のモデル分析、京都大学防災研究所年報、1991年、第34号B-2、pp.127-144.
- 14) 多々納裕一、岡田憲夫、小林潔司、給水制限が水消費行動に与える影響に関する研究、水資源研究センター研究報告、1990年、第10号、pp.43-59.
- 15) Hirokazu Tatano, Kiyoshi Kobayashi, Norio Okada: A Behavior Model of A Household's Water Consumption in Drought time, UNIVERSITY OF UMEA, 1991.
- 16) 植松京子、ライフスタイル変化を考慮した家計の水消費行動のモデル化に関する研究、京都大学修士論文、80p、2002.