

# 水使用機器の普及による家庭内水使用量の変化

細井 由彦<sup>1)</sup>・城戸 由能<sup>1)</sup>・森下 和美<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>社会開発システム工学科・<sup>2)</sup>㈱ニコス

(1995年8月29日受理)

Domestic Water Usage Considering Development of Water-Use Appliances

by

Yoshihiko HOSOI<sup>1)</sup>, Yoshinobu KIDO<sup>1)</sup> and Kazumi MORISHITA<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Social Systems Engineering

<sup>2)</sup>NICOS Co. Ltd.

(Received August 29, 1995)

Domestic water demand has been estimated on the basis of the percentage of all households which have water-use appliances. In such a case, water volume used by an appliance was considered to be constant. Nowadays appliances are widely used. Therefore, this classical method can no longer yield accurate results. In addition, water-use appliances have undergone drastic innovations. They affect the volume of water used. Thus, to accurately estimate domestic water use, it is necessary to consider the innovation of water-use appliances. In this study, variations of water usage for washing machines, baths, and flush toilets are examined in relation to the continual development of those appliances. On the basis of these analyses, domestic water demand is predicted for the near future.

Key words : domestic water demand, water-use appliances

### 1. まえがき

これまで家庭用水需要の予測においては、電気洗濯機や風呂、水洗便所等各種機器の水使用原単位にその普及率をかけたものを積み上げてゆく方法がとられてきた。しかしながらすでにこれらの機器は普及率が100%に近くなりつつある。各種機器メーカーは普及率の向上促進から、新製品の開発による新たな買い替え需要の掘り起こしを図っている。そのような中で、使用機会の増大を図るとともに、近年の社会的な動向に合わせ、省エネルギー、省資源型の製品の開発にも力を入れている。すなわち水需要予測の立場からは従来の普及率のみの扱いから、各機器の機能に着目し、その水使用量にまで立ち入った考察を行わなければ、今後の水需要予測、および節水の可能性を議論することができなくなるものと考えられる。

このような状況をふまえて本研究では各種の家庭内水使用機器において、普及率とともに技術開発によりいかに水使用量が推移してきたかも考慮して、水使用原単位の変遷について検討する。さらに今後の技術開発の動向もふまえ、水需要がどのように変化してゆくのか、節水効率はいかに向上させ得るのかについて検討を加える。

### 2. 家庭内水使用機器の普及状況の推定法

家庭内の水使用量とその内訳については図-1のような報告がある<sup>[1]</sup>。これらをもとに本研究においては、ひとまず検討の対象として、電気洗濯機、風呂、水洗便所を取り上げる。まずその普及状況の推定方法について述べる。

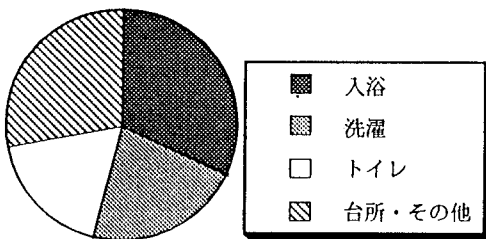


図-1 家庭内水使用量内訳の調査例

### 2. 1 機器の存在数

年度  $j$  において、年度  $k$  に販売された ( $k$  年型の)

機器  $i$  ( $i$  は機能や容量などを示す) の存在数を  $x_{j,k,i}$  とすると、 $x_{j,k,i}$  は次式で表される。

$$x_{j,k,i} = r_{j-k,k,i} n_{k,i} \quad (1)$$

ここで  $n_{k,i}$ 、 $r_{j-k,k,i}$  はそれぞれ年度  $k$  における機器  $i$  の販売数、年度  $k$  に販売された機器  $i$  の  $j-k$  年後 (年度  $j$ ) の残存率である。

年度  $j$  における年度  $k$  において販売された機器の総量を  $x_{j,k}$ 、年度  $j$  における全ての機器の総量  $x_j$  はそれぞれつぎのように表される。

$$x_{j,k} = \sum_i x_{j,k,i} \quad (2)$$

$$x_j = \sum_k x_{j,k} = \sum_{k,i} x_{j,k,i} = \sum_{k,i} r_{j-k,k,i} n_{k,i} \quad (3)$$

年度  $j$  における使用水量  $w_j$  は、年度  $k$  に販売された機器  $i$  の使用水量を  $w_{k,i}$  とすると

$$w_j = \sum_{k,i} x_{j,k,i} w_{k,i} \quad (4)$$

となり、機器 1 台当たりの使用水量  $w_j'$  はつぎのようになる。

$$w_j' = \frac{w_j}{x_j} = \frac{\sum_{k,i} x_{j,k,i} w_{k,i}}{\sum_{k,i} x_{j,k,i}} \quad (5)$$

### 2. 2 残存率

残存率  $r_{j-k,k,i}$  について検討する。簡単のため年度  $k$  に販売された機種  $i$  は全て同じ寿命  $\phi_{k,i}$  年を持つものとする。実際は使用頻度や使用条件により寿命は異なるが、モデルを簡単にするためと、結果にそれほど大きな影響を及ぼさないと考えられるので、このように取り扱う事にする。 $\phi_{k,i}$  をつぎのように表す。

$$\tau_{k,i} \leq \phi_{k,i} < \tau_{k,i} + 1 \quad (6)$$

ただし  $\tau_{k,i}$  は自然数である。

これより残存率をつぎのように表すことができる。

$$r_{j-k,k,i} = \begin{cases} 1 & : j-k \leq \tau_{k,i} - 1 \\ m_{k,i} & : j-k = \tau_{k,i} \\ 0 & : j-k \geq \tau_{k,i} + 1 \end{cases} \quad (7)$$

ただし

$$m_{k,i} = \phi_{k,i} - \tau_{k,i} \quad (8)$$

である。

式 (7) を式 (1) に代入することにより、年度  $j$

におけるk年型の機器iの存在数として次式を得る.

$$x_{j,k,i} = \begin{cases} n_{k,i} & : j-k \leq \tau_{k,i} - 1 \\ m_{k,i} n_{k,i} & : j-k = \tau_{k,i} \\ 0 & : j-k \geq \tau_{k,i} + 1 \end{cases} \quad (9)$$

### 2. 3 販売数

販売数  $n_{k,i}$  は年度  $k$  において新しく増えた世帯が購入するものと、すでに対象機器を保有しているが年度  $k$  に買い替える世帯、それまで保有していなかったが新たに年度  $k$  に購入する世帯の和で表されるとしつぎのように表す.

$$n_{k,i} = a_{k,i} g_k + b_{k,i} q_k + c_{k,i} f_k \quad (10)$$

ここで  $g_k$  は  $k$  年度の新しい世帯数,  $a_{k,i}$  は新しい世帯が機種  $i$  を購入する率,  $q_k$  は  $k-1$  年度にすでに機器を所有している世帯数,  $b_{k,i}$  は  $k-1$  年度に保有している世帯が  $k$  年度に機種  $i$  を購入する率,  $f_k$  は  $k-1$  年度に機器を保有していない世帯数,  $c_{k,i}$  は機器を保有していない世帯が  $k$  年度に機種  $i$  を購入する率である.

世帯数は増加を続けているので, ここでは消滅する世帯については考えない事にする. また年度  $k$  においても必ずしも機種  $i$  の最新型 ( $k$  年型) を購入するとは限らないが, ここでは年度  $k$  に購入されるものはすべて  $k$  年型であるとしている. もし補正が必要な場合は  $w_{k,i}$  によって行うものとした.

年度  $k$  の全世帯数を  $H_k$  とおくと, つぎのような式が得られる.

$$H_k = g_k + q_k + f_k \quad (11)$$

ところで年度  $k-1$  に対象機器を保有している世帯数と保有していない世帯数の和は年度  $k-1$  における全世帯数であるから

$$H_{k-1} = q_k + f_k \quad (12)$$

となり, したがって上の2式より次式を得る.

$$g_k = H_k - H_{k-1} \quad (13)$$

また

$$q_k = x_{k-1} \quad (14)$$

であるので式(12), (14)より

$$f_k = H_{k-1} - x_{k-1} \quad (15)$$

を得る.

### 2. 4 世帯数

過去の世帯数については国勢調査の結果を用いて求めた. 将来の世帯数の予測は, 図-2に示されるようなこれまでの世帯当たり人数の傾向を, 図中の実線で示されるように関数近似したものをを用いて, 将来の世帯人数をもとめ, その結果と将来人口の予測結果<sup>[2]</sup>を用いて行った.

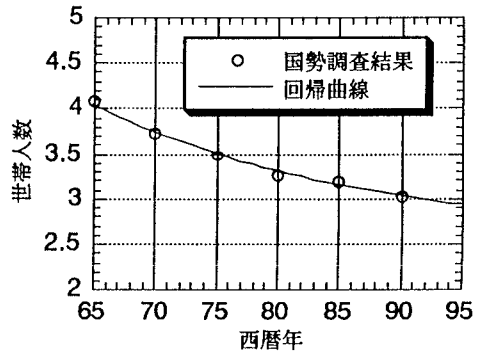


図-2 世帯人数の変化

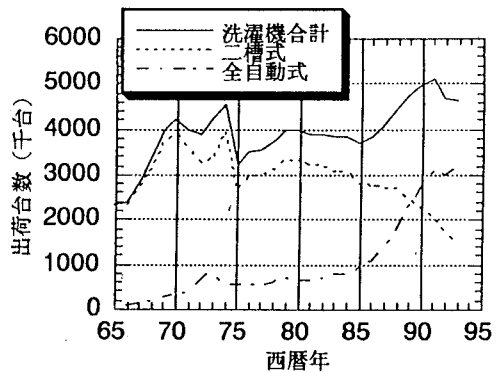


図-3 洗濯機出荷台数の変化

## 3 家庭内水使用機器の普及率と水使用原単位の変化

### 3. 1 電気洗濯機に関する検討

#### (1) 洗濯機の普及及数量

電気洗濯機の国内出荷数量は図-3に示すとおりである. 全自動式洗濯機に関してはデータが昭和46年からしか得られなかったため, 全自動式が売り出され

た昭和41年から46年までは年数に比例して販売数量が増加したと仮定した。これらのデータより  $n_{k,i}$  を求めた。

全国消費実態報告<sup>[3]</sup>より1000世帯当たりの電気洗濯機所有数量を求め、これと世帯数より、各年度の電気洗濯機の数量  $x_j$  を求めた。

存在数の推定を行うに当たり、機種を全自動式 ( $i=1$  で表す) と二槽式 ( $i=2$ ) に区別した。得られたデータを解析するうえでつぎのような仮定をおく。

$$\phi_{k,1} = \phi_{k,2} = \phi \quad (16)$$

すなわち全自動式と二槽式の寿命は等しいと考える事にする。これより式(6)～(9)における添字  $i$  を省くことができ、次式を得る。

$$x_{j,k,i} = \begin{cases} n_k & : j \leq k + \tau_k - 1 \\ m_k n_k & : j = k + \tau_k \\ 0 & : j \geq k + \tau_k + 1 \end{cases} \quad (17)$$

これを式(2)に代入しさらに式(3)に代入すると次式を得る。

$$x_j = \sum_{i=1}^2 \left\{ \left( \sum_{k=j-\tau_k+1}^j n_{k,i} \right) + m_{j-\tau_k} n_{j-\tau_k} \right\} \quad (18)$$

$x_j$  および  $n_{k,i}$  はすでに求められているので、これを式(18)に順次代入する事により  $\tau_k$ ,  $m_k$  を求める事ができ、その結果を用いて式(17)より  $x_{j,k,i}$  が求められる。結果の一部を図-4に示す。

1975年には二槽式洗濯機の寿命は約7年であったものが、現在は約9年にのびていることがわかる。現在存在している二槽式洗濯機は、購入後経過年数が0～9年のものまで、ほぼ同じ割合である。これに対し全自動式洗濯機は、最近の需要の伸びを反映して、購入後経過年数の少ないものほど多くなっている。

(2) 洗濯機の水使用量

電気洗濯機の洗濯容量は年々大きくなる傾向にある。それにともなって使用水量は増加しているが、洗濯物単位重量当たりの使用水量は減少している。全自動洗濯機の洗濯容量と標準使用水量との関係を調べたところ、近年発売されつつあるすすぎの方法に工夫を

加えた節水型の機種を除いて、洗濯機の発売年には関係なくほぼ一様の関係が見られた。すなわち、標準使

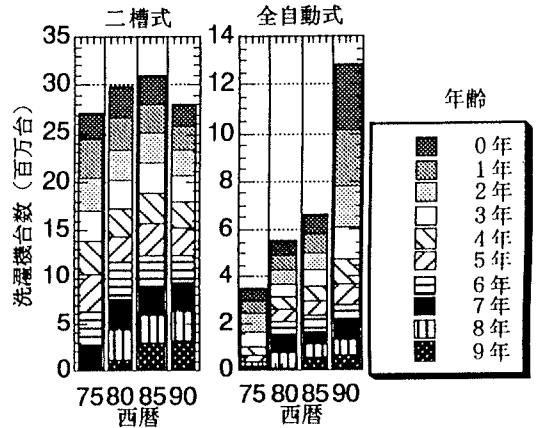


図-4 各年における洗濯機の年齢構成

用水量は洗濯容量の増加とともに増加してきている。

そこで洗濯機の水使用量を、各年度のほぼ代表的な洗濯容量のものを対象として示したものが図-5である。二槽式に比べて全自動式の方が使用水量は少ないが、全自動式の方が大型化が進む傾向にあり、水量の増加割合は大きい。しかし1994年頃からは、すすぎ方法に工夫を加えた節水型が発売され、全自動式の使用水量は減少している。

図-5中に示されるような回帰直線を求め、これを水使用量を表す式とし式(19)を得た。ここで二槽式の標準使用水量は洗い、ためすすぎ1回、注水すすぎ8分として計算をした。

$$\begin{aligned} w_{k,1} &= 4.27k + 52.49 \\ w_{k,2} &= 1.20k + 170.95 \end{aligned} \quad (19)$$

ここで  $k$  は昭和40年を原点とする年を示し、水量の単位はリットルである。ただし  $k \geq 10$  とし、昭和50年以前は昭和50年の値に等しいとした。

(3) 電気洗濯機所有世帯当たりの洗濯水量の推定結果

(1), (2)において得られた結果を式(5)に代入して得られたこれまでの電気洗濯機1台当たりの洗濯水量の変化を図-6に示す。図中には文献<sup>[4]</sup>に報告されている推定結果もあわせて示す。機種の大型

化による増加と全自動式の増加による減少要因が合わさって、1979年頃を最低とし、近年はほぼ一定の値を示している。

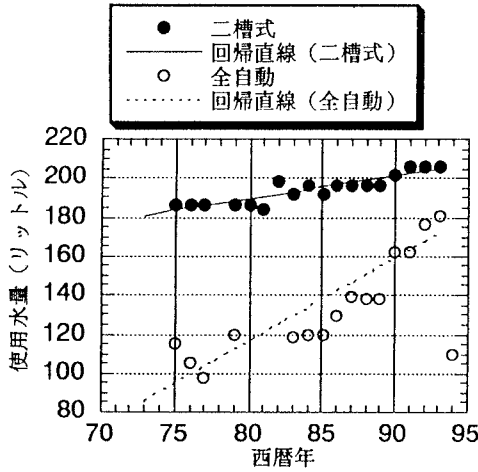


図-5 洗濯機使用水量の変化

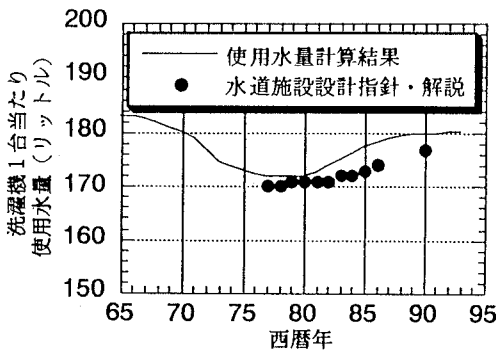


図-6 洗濯機1台当たり使用水量

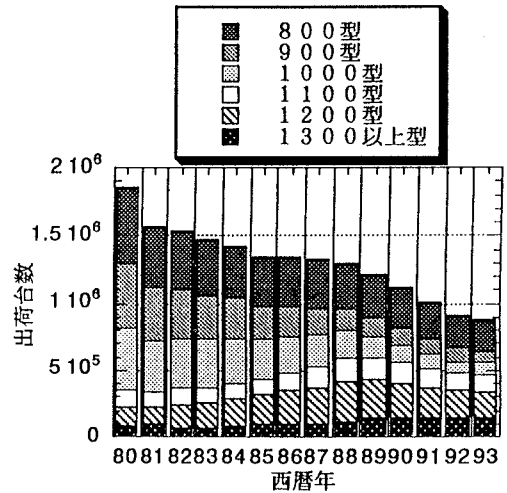


図-7 浴槽出荷数の変化

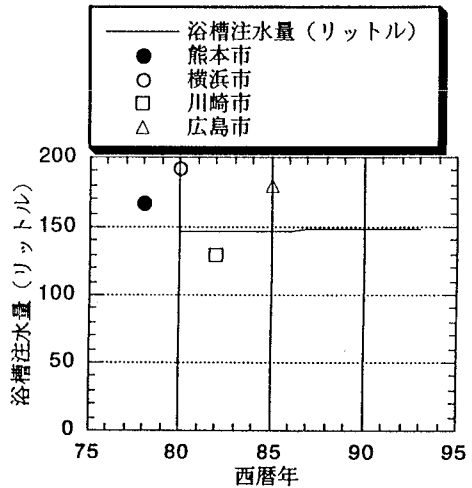


図-8 浴槽注水量の変化

### 3. 2 風呂に関する検討

#### (1) 浴槽の普及数量

浴槽については800型、900型、1000型、1100型、1200型と1300型以上の6機種に分けて考えた。これらの出荷台数の変化を図-7に示す。浴槽は近年大型化する傾向にある事がわかる。

年度 $k$ における浴槽の全機種合計存在量 $x_j$ は、浴槽普及率の調査結果<sup>[3]</sup>に世帯数をかける事により求めた。電気洗濯機の場合と同様に $i = 1 \sim 6$ の全ての機種で寿命は同じであると仮定して、式(18)に

より $\tau_k, m_k$ を求め、さらに $x_{j, k, i}$ を求める事を試みたが、浴槽の寿命が長いに対して、過去にさかのぼって得られるデータが限られていたため、寿命を求める事ができなかった。そこで機種別データの得られた昭和55年以降に販売された浴槽の残存率は1であると式(3)をつぎのように変形して用いる。

$$x_j = \left( \sum_{k=k_0}^6 \sum_{i=1}^6 n_{k,i} \right) + R_j \quad (20)$$

ここで  $k_0$  は昭和 5 5 年を表し,  $R_j$  は年度  $k_0$  より前に購入された全ての機種種の浴槽のうち年度  $j$  に残存している数量を示す。

国勢調査による世帯総数に浴槽普及率をかけることにより, 各年度の浴槽の総数を求め  $x_j$  を求め式 (20) の左辺に代入し,  $n_{k,i}$  を右辺に代入することにより,  $R_j$  を求めた。

### (2) 浴槽による水使用量

浴槽には水を容量の 6 割まで注水すると考えて, それぞれの機種種の注水量  $w_{j,i}$  ( $i = 1 \sim 6$ ) を求めた。同じ型の場合販売年度による容量の違いはないものとし, 添え字  $k$  は除いている。以上の結果より浴槽における使用水量  $w_j$  を次式で求めた。

$$w_j = \left( \sum_{k=k_0}^j \sum_{i=1}^6 n_{k,i} w_{j,i} \right) + R_j w_R \quad (21)$$

$$w_R = \frac{\sum_{i=1}^6 w_{k_0,i} n_{k_0,i}}{\sum_{i=1}^6 n_{k_0,i}} \quad (22)$$

ここで  $w_R$  は昭和 5 5 年 ( $k = k_0$ ) より前の浴槽の平均注水量で, 昭和 5 5 年のものに等しいと仮定して与えた。

### (3) 浴槽注水量の算定結果

式 (20), (21) を式 (5) に代入して得た浴槽注水量の算定結果を図-8 に示す。従来の調査結果も合わせて示すが, ほぼ妥当な結果が得られているものと考えられる。

## 3. 3 水洗便所に関する検討

### (1) 水洗便所の普及数量

水洗便器については販売数の詳しいデータを得る事はできなかった。そこで統計による水洗化率と世帯数の積より普及数量を求めた。

昭和 3 8 年から平成 6 年までの水洗化率のデータをもとに指数関数近似して次式を得た。

$$y_j = 100 - 88.345 \exp(-0.0478j) \quad (23)$$

ここで  $y_j$  は昭和 4 0 年度を原点とする第  $j$  年度における水洗化率 (%) である。

式 (23) と 2. 4 で求めた  $H_j$  との積より  $x_j$  を求めた。

### (2) 水洗便所の水使用量

メーカーに対する聞き取り調査によれば, 家庭用の水洗便所はほとんどがロータンク式であり, さらに洗浄方式別ではサイホンゼット式約 10%, サイホン式約 50%, 洗い落とし式約 40% の販売比率になっている。これらを機種種の区分としてそれぞれ  $i = 1, 2, 3$  で表すことにする。またそれぞれについて節水型が販売されてきており, 新しい節水型が発売されると約 9 割は新型が購入されるとの聞き取り調査結果を加味して水使用量をつぎのように与えた。

$$w_{j,i} = \begin{cases} 20.0 & 14.6 & 12.4 \\ 13.0 & 13.0 & 8.5 \\ 10.0 & 10.0 & 8.2 \end{cases} \quad (25)$$

ここで  $j = 1, 2, 3$  はそれぞれ  $0 \leq k < 12$  ( $k$  は昭和 4 0 年を 0 にした年度, すなわち昭和 5 1 年まで),  $12 \leq k < 29$  (昭和 5 2 年から平成 5 年まで),  $k \geq 29$  (平成 6 年以降) を示しており, 新型の販売時期に応じて, 3 つに区分されている。

解析式を適用するのに十分なデータが得られなかったので, ひとまず買い替えはないものとする, 残存率は 1 となり, 式 (1) より

$$x_{j,k,i} = n_{k,i} \quad (26)$$

となる。  $i$  について加え合わせると

$$x_{j,k} = n_k \quad (27)$$

(ただし  $n_k$  は年度  $k$  における機器の全機種型を合わせた販売数) となり, さらに  $k$  について加え合わせると

$$x_j = \sum_{k=1}^{j-1} x_{j,k} = \sum_{k=1}^{j-1} n_k$$

となるから, 次式により各年の出荷数が求められる。

$$n_j = x_{j+1} - x_j \quad (28)$$

$i$  に関する 3 機種種の比率は上述の通りで各年とも変わらないものとし, 全機種を含めた販売数をつぎのように区分した。

$$\begin{aligned} n_{k,1} &= 0.1n_k \\ n_{k,2} &= 0.5n_k \\ n_{k,3} &= 0.4n_k \end{aligned} \quad (29)$$

式(29)を式(26)に代入して  $x_{j,k}$  を求め、これと式(25)を式(5)に代入することにより、水洗便所1回当たりの水使用原単位を求めた。その結果を図-9に示す。1977年以降の節水型の発売による水量の減少傾向がみられる。

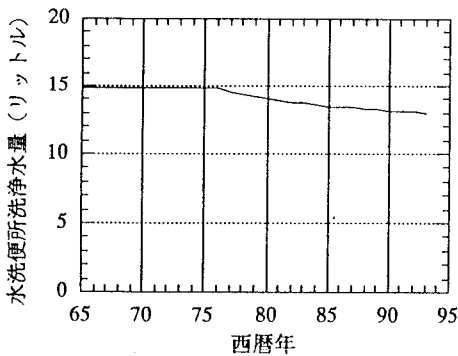


図-9 水洗便所洗浄水量の変化

4. 家庭用水量の変化に関する検討

4. 1 洗濯用水量の変化

(1) 洗濯用水量の経年変化

3. 1で求めた電気洗濯機1台当たりの使用水量をもとに、洗濯機の普及率と、手洗いによる原単位20リットル/人日を考慮して、昭和40年から平成5年

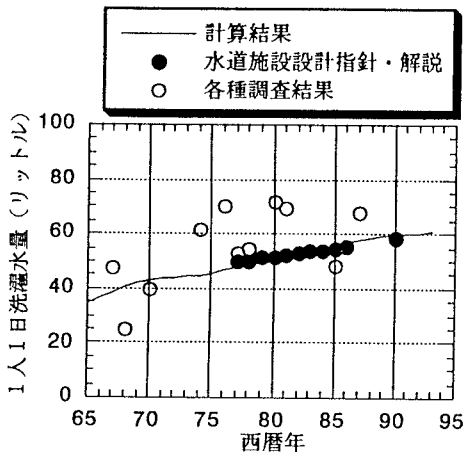


図-10 1人1日洗濯水量の変化

までの洗濯用水量の経年変化を求めたものを図-10に示す。計算結果によると、この30年近くの間に、1人1日当たりの洗濯用水量は、35リットルから60リットルに増加してきており、従来の調査結果等[5],[6],[7],[8]ともほぼ一致した結果となっている。

(2) 洗濯用水量の将来動向

電気洗濯機の将来動向を予測するに当たりつぎのように仮定する。

$$a_{k,1} + a_{k,2} = 1 \quad (30)$$

$$f_k = 0 \quad (31)$$

$$\frac{a_{k,1}}{a_{k,2}} = \frac{b_{k,1}}{b_{k,2}} = \frac{c_{k,1}}{c_{k,2}} \quad (32)$$

すなわち、新世帯は全自動式か二槽式のいずれかを1台必ず購入し(式(30))、洗濯機を所有していない世帯はなく(式(31))、全自動式、二槽式を購入する率は新規と買い替えの場合で等しい(式(32))ものと仮定する。さらに洗濯機の寿命は平成5年のものと同じとする。また水使用量において、二槽式の場合には平成5年のものと同じであるとする。すなわち平成5年と洗濯容量は変わらないとする。全自動式については平成6年の各種資料を参考にして、節水型は120リットル、一般型は172リットルとする。

電気洗濯機の出荷に占める全自動式の割合の変化は図-11のとおりである。最近10年間は全自動式の伸びが顕著である。これを図中の曲線のように近似すると次式となる。

$$a_{k,1} = 0.8 - 33.99 \exp(-0.198k) \quad (33)$$

上述の仮定のようにこの割合は買い替えの場合にも適用される。

表-1に示す種々の場合について計算した電気洗濯機1台当たりの洗濯水量の将来予測を図-12に示す。全自動洗濯機の普及、及び節水型全自動洗濯機の普及により、平均的な洗濯機1台当たりの使用水量は、今後減少していくものと予想される。また二槽式洗濯機においてためすすぎを徹底することで、さらに節水効果を上げることが可能である。

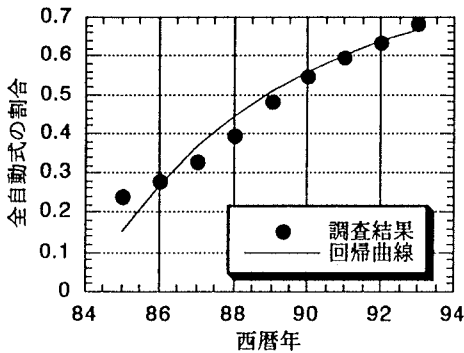


図-1 1 全自動式洗濯機の全出荷数に占める割合

図-1 3は1人1日当たりで計算した洗濯用水量の変化である。全自動式及び背水型の普及により、しばらくは低下が進むが、世帯人数の減少により洗濯機当たりの使用水量減少の効果が相殺されるようになる。しかし全自動、二槽式いずれにおいても、洗濯の段階で風呂の残り湯を使用することをすすめることにより、かなり水量を低下させることが可能である。

表-1 洗濯機の将来に関する設定

ケース	設定内容
ケース1	平成5年以降購入される洗濯機の全自動式と二槽式の割合は平成5年の実績とする。平成5年以降の全自動式は全て節水型とする。
ケース2	ケース1において平成5年以降購入の全自動式の中で節水型は50%とする。
ケース3	将来購入される洗濯機の中で全自動式の占める割合は式(3.3)にしたがって増加すると仮定。全自動式は全て節水型とする。
ケース4	ケース3において全自動式の中で節水型は50%とする。
ケース5	ケース3において節水を徹底するために二槽式はためすぎを行うとする。

4. 2 風呂用水量の変化

(1) 風呂水量の経年変化

式(1.0)より機種による区分けを行わない場合には次式を得る。

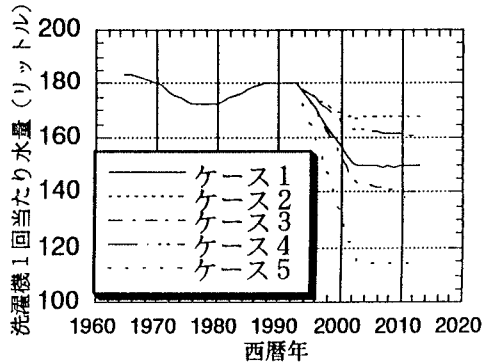


図-1 2 洗濯機1台当たり使用水量予測結果

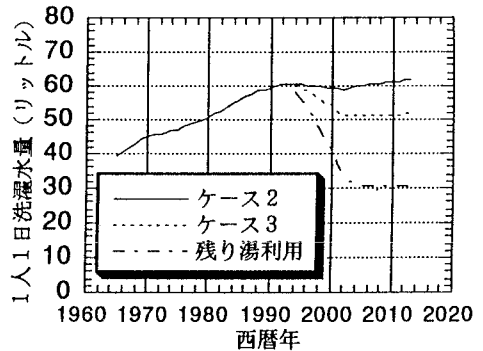


図-1 3 1人1日洗濯水量予測結果

$$\sum_i n_{k,i} = \sum_i a_{k,i} g_k + \sum_i b_{k,i} q_k + \sum_i c_{k,i} f_k \quad (34)$$

新築された住宅の浴槽所有率はすでに昭和54年に97%を超え、平成4年には99.4%に達している。これより将来予測においては  $\sum_i a_{k,i} = 1$  と考えてもよい。3.2(1)でも仮定したように、将来においても昭和55年以降に販売されたものの残存率は1とし、買い替えられるのは昭和54年以前に購入されたものとする

$$\sum_i b_{k,i} q_k = R_{k-1} - R_k \quad (35)$$

となる。1度買い替えた世帯は予測する範囲内では買い替えないものとし、昭和54年以前の浴槽を所有している世帯のうち買い替える世帯の割合を  $\alpha$  とすると

$$R(t) - R(t + \Delta t) = \alpha \Delta t R$$

となるから



$$\frac{dR}{dt} = -\alpha R$$

を得て、

$$R = R_0 \exp(-\alpha t) \quad (36)$$

となる。式(20)を用いて、昭和55年以降の出荷データより各年のRを求めたものが図-14であり、これより式(36)のαを計算した結果は次式となる。

$$R_k = 34820840 \exp(-0.0128k) \quad (37)$$

(ただし  $k \geq 15$ )

k-1年度末に浴槽を保有していない世帯  $f_k$ のうち、 $\sum_j c_{k,j} f_k$ の世帯がk年度中に浴槽を購入するから、k年度末に保有していない世帯  $f_{k+1}$ との関係は次のようになる。

$$\sum_j c_{k,j} f_k = f_k - f_{k+1} \quad (38)$$

既存世帯で未保有の世帯の新規購入率をβとすると

$$\begin{aligned} f(t + \Delta t) \\ = f(t) - \beta f(t)\Delta t + (1 - \sum_j a_j(t))g(t) \end{aligned} \quad (39)$$

となる。 $\sum_j a_j(t) = 1$ とくと次式となる。

$$\frac{df}{dt} = -\beta f \quad (40)$$

これをといて次式を得る。

$$f = f_0 \exp(-\beta t) \quad (41)$$

各年の浴槽を保有しない世帯数と式(41)による回帰結果は図-15である。これよりつぎのような回帰式を得た。

$$f_k = 36000812 \exp(-0.1126k) \quad (42)$$

(ただし  $k \geq 15$ )

(2) 風呂用水量の将来動向

式(37)、(42)の傾向が将来も続くものとすると、将来のj年度の出荷数  $n_j$  はつぎようになる。

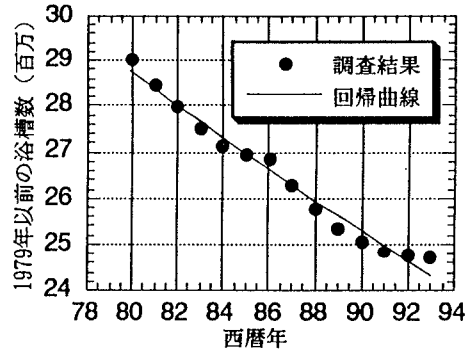


図-14 昭和54年以前の浴槽数の変化

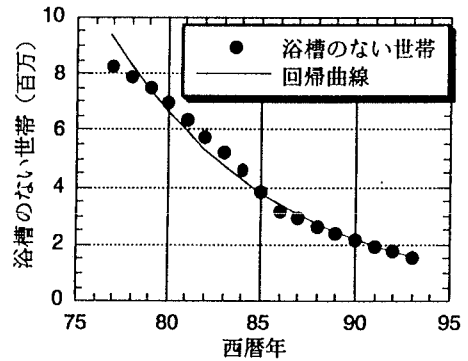


図-15 浴槽のない世帯数の変化

将来において出荷される浴槽の平均容量は平成5年(年度  $k_1$ と表す)と同じとすると、j年度の使用水量はつぎようになる。

$$w_j = \sum_{k \geq k_1} n_k w_{k_1} + \sum_{k_1 > k \geq k_0, i} n_{k,i} + R_j w_{k_0} \quad (44)$$

ここで

$$w_{k_0} = \frac{\sum_{i=1}^6 w_{k_0,i} n_{k_0,i}}{\sum_{i=1}^6 n_{k_0,i}} \quad (45)$$

$$w_{k_1} = \frac{\sum_{i=1}^6 w_{k_1,i} n_{k_1,i}}{\sum_{i=1}^6 n_{k_1,i}} \quad (46)$$

したがって1台あたりの使用水量は次式で求められる。

$$w_j' = \frac{\sum_{j \geq k \geq k_1} n_k w_{k_1} + \sum_{k_1 > k \geq k_0, i} n_{k,i} w_{k,i} + R_j w_{k_0}}{x_j} \quad (47)$$

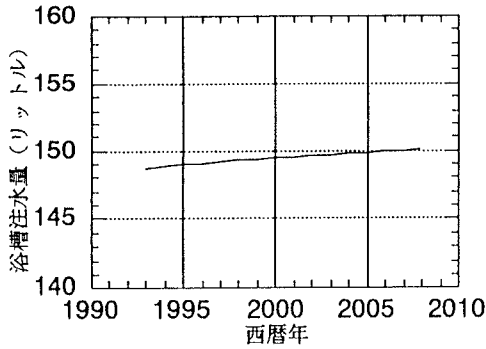


図-16 浴槽注水量の予測結果

図-16に注水量の将来予測結果を示す。古いものの買い換えおよび新規の購入により、平均容量がわずかつ大きくなり、注水量も漸増する傾向にある。

1日あたりの入浴回数も徐々に増加する傾向にある。過去の調査結果をもとに、その傾向が今後も続くものと仮定し、1日あたりの入浴回数を次式で予測する。

$$z_j = 1.0 - 0.705 \exp(0.017j) \quad (48)$$

ここで $z_j$ は年度 $j$ における1日当たりの入浴回数でここにおいても昭和40年を0としている。調査データおよび予測式を図-17に示す。

シャワーも含めた洗い場における使用水量を1人

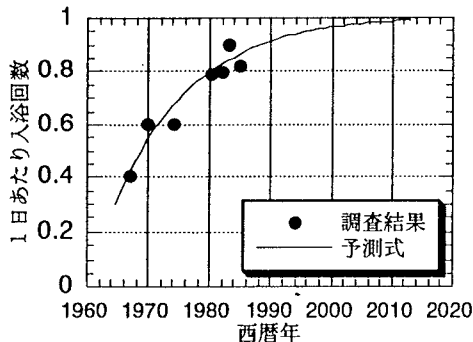


図-17 1日あたり入浴回数

1回で40リットル<sup>[1]</sup>とし、先に求めた浴槽注水量、1日当たりの入浴回数などを考慮して風呂の使用水量を予測した結果を、過去の調査報告等の結果とあわせて図-18に示す。

世帯人数の減少、入浴回数の増加、浴槽の大型化等により、風呂の水量は増加していくものと考えられる。ここにおいてはシャワーの普及に関する詳しい検討は行わず、洗い場における消費水量に含めているが、シャワーによりさらに水量が増加することも考えられる。

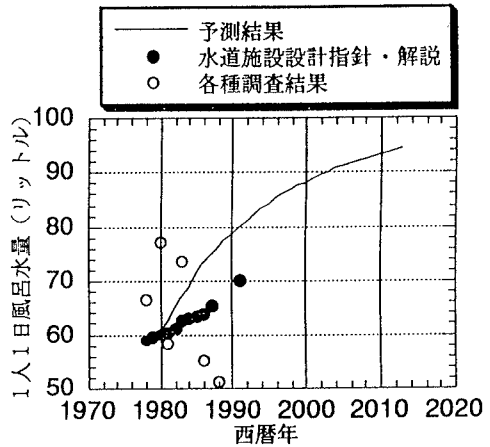


図-18 1人1日風呂水量の予測結果

#### 4. 3水洗便所水量の変化

水洗化率に関する予測式(23)を将来にわたっても適応できるものと考えて、水洗便所の使用回数を1日4回と仮定して、1人1日当たりの使用水量を予測した。その結果は図-19に示すとおりである。

1回当たりの洗浄水量は式(25)で示されたものを用いており、その水量は将来にわたっても平成6年のものと同様であるとしている。さらに図中には、節水型が開発されなかった場合として、昭和51年以前の洗浄水量のままであった場合についても計算結果を示している。

図-9で見たように、水洗便所の洗浄水量は節水型の開発により減少しているが、普及率が増加するために、結果として1人1日当たりの水洗便所使用水量は増加する。しかし節水型の機種普及により、西暦2000年において、節水型が開発されなかった場合に比べて、1人1日約8リットルの水量の抑制が行われることになる。

#### 5. あとがき

本研究では、家庭における今後の水使用量の変化を検討する目的で、家庭内水使用機器の開発と普及状況

を詳しく検討し、これまでの水使用量に対する影響を

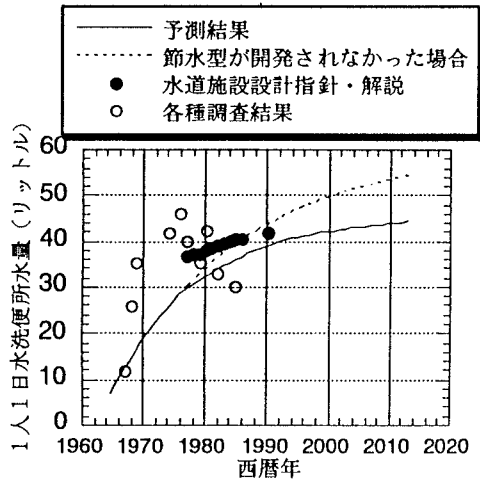


図-19 1人1日水洗便所水量の予測結果

検討した。その結果をもとに、将来の水使用量がどのように変化していくのかを予測した。

取り上げた機器が、電気洗濯機、風呂、水洗便所と限られており、さらに入手できるデータにも限度があったため、十分な結果を得るまでには到っていないが、将来動向の概略と、研究手法を示すことができた。

高齢化社会の到来により、家事労働を軽減するための種々の機器の開発が進められていくものと考えられるが、一方で限りある環境や資源という束縛もますます大きなものとなる。あるべきライフスタイルを評価していくためにも、さらに本研究を深めていく必要があるものと考えている。

#### 参考文献

- [1] 日本水道協会：水道のあらまし，1987.
- [2] 国連経済社会局：世界人口予測データ1950-2025，国際連合世界人口年間別巻，原書房，1990.
- [3] 総理府統計局：全国消費実態報告，耐久消費財編
- [4] 日本水道協会：水道施設基準指針・解説，1990
- [5] 和田安彦：水需要予測の問題点と需要構造の評価法，水道協会雑誌，第498号，1976.
- [6] 中山禎輝：住宅都市における水利用の実態に見

る若干の考察，水道協会雑誌，第454号，1972.

[7] 仙石脩策・松浦八洲雄：各種基本指標に基づく水需要予測の一例，水道協会雑誌，第499号，1976.

[8] 名合宏之・河原長美：家庭用水使用量の分布と影響因子，水道協会雑誌，第572号，1982.

