

가정용수의 용도별 사용량 조사 및 원단위 분석

End-use analysis of household water by metering

김화수* , 이두진** , 김주환*** , 김정현 정관수****

Kim, Hwa Soo, Lee, Doo Jin, Kim, Ju Whan, Kim, Jung Hyun, Jung, Kwan Soo

Abstract

The purpose of this study is to investigate the trends and patterns of various kind of water uses in a household by metering in Korea.

Water use components are classified by toilet, washbowl, bathing, laundry, kitchen, etc. Flow meters are installed in 146 household selected by sampling in all around Korea. The data are gathered by web-based data collection system from the year 2002 to 2006, considering pre-investigated data such as occupation, revenue, family members, housing types, age, floor area, water saving devices, education, etc. Reliable data are selected by upper fence method for each observed water use component and statistical characteristics are estimated for each residential type to determine liter per capita per day. Estimated domestic per capita day show an indoor water use with the range from 150 lpcd to 169 lpcd for each housing type as the order of high rise apartment, multi-house, and single house. As the order of consuming amount among water use components, it is investigated that toilet(38.5lpcd) is the first, and the second is laundry water(30.8lpcd), the third is kitchen(28.4lpcd), the fourth is bathtub(24.7lpcd), the next is washbowl(15.4lpcd). The results are compared with water uses in U.K. and U.S. As life style has been changed into western style, pattern of water use in Korea is tend to be similar with the U.S. water use pattern. Compared with the surveying results by Bradley, on 1985. Thirty liter of total use increased with the advancement of economic level, and a little change of water use pattern can be found. Especially, toilet water take almost half part of total water use and laundry water shows lowest as 11% in surveying at the year of 1985. But, this study shows that 39 liter, 28% of toilet water, has been decreased by the spread of saving devices and campaign. It is supposed that the spread large sized laundry machine make by-hand laundry has been decreased and water use increased.

Unit water amount of each end-use in household can be applied to design factor for water and wastewater facilities, and it play a role as information in establishing water demand forecasting and conservation policy.

Keywords : household water, end-use, water use pattern¹⁾

요 지

본 연구에서는 전국 140여개 가구를 대상으로 조사된 가정용수의 각 용도별 사용량 자료를 바탕으로 가정용수의 용도별 사용량을 도출함으로써 상, 하수도시설설계에 활용할 수 있는 원단위를 제시하고, 또한 용도별 사용특성분석, 영향인자 평가 등을 통하여 가정용수의 변동특성을 이해하고 향후 사용경향을 예측할 수 있는 정보를 제공하고자 하였다.

가정용수의 총사용량 기준 원단위는 165.8lpcd였으며, 각 용도별 사용량은 세면용수 15.4lpcd(10%), 욕조용수 24.7lpcd(16%), 싱크대용수 29.7lpcd(19%), 세탁기용수 30.8l

* 한국수자원공사 수자원연구원 상하수도연구소 전문위원 · E-mail : kimh@kwater.or.kr

** 정회원-한국수자원공사 수자원연구원 상하수도연구소 책임연구원

*** 정회원-한국수자원공사 수자원연구원 상하수도연구소 수석연구원

**** ·충남대학교 토목공학과 정교수E-mail : ksjung@cnu.ac.kr

pcd(20%), 변기용수 38.5lpcd(25%), 기타용수 13.5lpcd(9%)로 나타났다. 가정용수 중에서 변기용수의 사용량이 가장 많은 것으로 나타났으며, 배란다, 정원용수 등이 포함된 기타용수의 경우 사용빈도가 일정하지 않고 사용량의 편차도 심하여 변동계수와 표준편차가 가장 크게 나타났다. 가정용수의 용도별 사용량을 미국, 영국 가정과 비교한 결과, 기타용수와 실외용수를 제외하고는 미국의 실내용수 사용량과 비율이 우리나라와 매우 유사한 특성을 보였다. 가정에서 물사용에 기초한 생활양식이 미국과 유사하게 변화되고 있음을 간접적으로 보여준 결과이다. 또한 1985년에 서울에서 조사된 용도별 사용량과 금번결과를 비교한 결과, 목욕, 변기, 세탁, 취사용수의 총량은 23l가 증가하였으며, 특히 세면과 욕조용수를 합산한 목욕용수가 27l에서 40l로 크게 늘어났고, 세탁용수도 17l나 늘어났다. 생활양식이 서구화되면서 가정에서의 목욕, 샤워문화가 점차 확산되고 대용량 세탁기의 보급이 늘어난 것 등이 영향을 미쳤을 것으로 추측되었다.

핵심용어 : 가정용수, 용도별사용량, 물사용경향, 원단위

1. 서론

상수도통계(2006)에 따르면 생활용수 사용량은 유수수량기준으로 가정용이 2,939백만^m (65.6%)으로 가장 많고, 다음은 영업용 826백만^m(18.4%), 업무용 612백만^m(13.7%), 욕탕용 107백만^m(2.4%) 순이다. 생활용수 중에서 가정용수가 차지하는 비중이 가장 크에도 불구하고 가정용수내에서도 주택유형별, 사용용도별, 기타 여러 영향인자에 따른 사용량, 사용패턴 등에 대하여 조사된 사례는 많지 않다. 가정에서의 물 소비량은 생활수준이 향상되고 산업이 발전함에 따라 증가하는 추세에 있으며 물소비 패턴 역시 생활양식, 거주도시의 특성, 수도와 관련된 가전제품이나 설비 등의 변화에 따라 달라지고 있으나, 현재와 같이 월단위 사용량만으로는 이러한 변화요인을 추적하고 규명하기 어렵다. 미국, 영국 등 선진국에서는 용수의 수요관리, 수도시설의 적정규모 산정 등을 목적으로 생활용수 특히 가정용수의 용도별 사용량에 대한 모니터링을 지속적으로 시행하고 있으며, 실측조사의 결과를 바탕으로 정책시행의 효과를 검증하고 향후 방향을 설정하는 등에 활용하고 있다(AWWA, 1999; Cochran and Cotton, 1985; Denver Water, 2006). 실제로 미국수도협회에서는 주요 12개 도시별로 100개의 샘플가구를 대상으로 용도별 사용량을 실측조사하여 72.5gpcd의 원단위를 제시하였으며 각 용도별로 적극적인 절수정책의 시행을 통하여 약 22.9gpcd를 절약할 수 있을 것으로 예측하였다(AWWA, 1999). 우리나라에서도 가정용수 사용량에 대한 조사가 부정기적으로 이루어져 왔으나 목적에 따라 설문이나 월간사용량자료에 의존했고, 특정시기에 일부지역에 한정된 결과를 제시하는데 그쳤다.

본 연구에서는 우리나라 가정의 용도별 물사용량에 대한 기초자료를 확보하고 사용패턴을 분석하고자 2002년부터 2006년 사이에 전국 146 가구를 대상으로 가정용수 용도별 사용량을 실측하였다. 조사된 가정용수의 각 용도별 실측자료를 바탕으로 가정용수의 용도별 사용량 원단위를 도출함으로써 상, 하수도시설설계에 활용할 수 있는 설계치를 제시하고, 용도별 사용특성분석, 영향인자 평가 등을 통하여 가정용수의 변동특성을 이해하고 향후 사용경향을 예측할 수 있는 정보를 제공하고자 하였다. 또한 실측자료에 기초한 사용량의 분포분석, 상관관계 분석 등을 통하여 용도별 사용량을 추정할 수 있는 합리적인 수요예측 모형을 제안하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 자료의 취득

2.1.1 표본추출

(1) 기초조사

생활용수 사용량을 정확하게 파악하기 위해서 전국의 가구를 대표할 수 있는 실측조사 대

상가구를 선정하고, 이들 표본가구에 유량계를 설치하여 안정적인 자료취득이 매우 중요하다. 생활용수 사용가구의 특성을 파악하기 위해서 Table 1과 같이 모집단을 주택유형에 따라 4개의 층으로 분류한 후 각 층별로 지역 내에서 계통추출법으로 표본가구를 선정하여 기초조사를 실시하였다.

Table 1 Sample design for selection of metering household

| 구분 | 단독주택 | 아파트 | 연립주택 | 다세대주택 |
|--------|-----------------------|--------|--------|-------|
| 모집단 | 전국의 수도물 사용 가구(제주도 제외) | | | |
| 표본크기 | 593 가구 | 768 가구 | 125 가구 | 71 가구 |
| 표본추출방법 | 층화추출법 | | | |
| 표본오차 | ±2.5%이내(신뢰수준 95%) | | | |

(2) 대상가구선정

2000년 11월에 실시한 인구주택 총조사에 의하면 우리나라 총주택수는 1,147만개 가구수는 1,123만가구이고, 이들을 주택형태별, 지역별 분포를 분석하여 각 지역을 대표하는 표본가구를 선정하였다(한국수자원공사, 2001).

Table 2 Distribution of installed metering

| 지역 | 지역명 (설치 가구수) | 가구수(비율) |
|-------|---|-----------|
| 강원도 | 강릉(1), 원주(1), 춘천(1), 홍천(1) | 4(2.8%) |
| 경기도 | 고양(1), 과천(1), 광명(1), 광주(1), 군포(1), 부천(3), 부평(1), 분당(3), 성남(2), 수원(4), 시흥(1), 안산(7), 안성(1), 안양(1), 용인(2), 의정부(1), 평택(2), 포천(1) | 34(25.5%) |
| 경상도 | 경산(1), 경주(1), 구미(2), 김해(1), 밀양(1), 산청(1), 안동(2), 창원(1), 칠곡(1), 포항(3), 함안(1) | 15(10.3%) |
| 전라도 | 광양(1), 군산(1), 목포((2)), 여수(1), 완주(1), 익산(1), 장성(1), 전주(3) 정읍(1), 화순(1) | 13(9.0%) |
| 충청도 | 공주(1), 금산(2), 천안(2), 청원(3), 청주(1) | 9(6.2%) |
| 특·광역시 | 서울(31), 광주(5), 대구(8), 대전(8), 부산(7), 울산(3), 인천(3) | 65(46.2%) |
| 계 | 55 | 140 |

2.1.2 유량측정 및 데이터수집



Fig. 1 Apparatus for metering in household

각 가정내 수도꼭지별 유량측정은 Fig.1과 같이 전자식 유량계와 무선송신시설이 결합된 원격 측정시스템을 제작, 설치하였다(한국수자원공사, 2001). 각 유량계에서 CDMA 방식의 무선신호를 송출하고 중계기를 거쳐 자료를 수집, 관리하는 IDC(internet data center)에 의하여 인터넷상에서 실시간으로 자료취득이 가능하도록 시스템화하였다.

2.2 데이터 정리

통계분석에 앞서 자료를 확보하는 과정, 즉 자료집단(dataset)을 만드는 과정을 자료처리(data processing)라고 한다(Berthouex and Brown, 1994). 특히 측정데이터를 분석자료로 이용하는 경우 계측기계의 오·결측치 등 비정상적인 데이터에 대한 필터링 작업이 반드시 수행되어야 한다. 측정자료의 분포 및 특성 등에 따라 정상데이터와 비정상데이터를 구분하는 기준이 다양하며, 통계처리의 목적에 따라 적절한 Filtering 기법을 적용하게 된다.

2.2.1 이상치의 판별 및 제거

이상치(outlier 또는 maverick)란 조사의 대상이 되는 모집단에 속하지 않는다고 의심이 될 정도로 정상범위 밖으로 아주 동 떨어진 관찰점을 의미한다(한국통계학회, 1997). 자료분석시 대부분의 관찰치들과 아주 멀리 떨어져 있는 관찰점을 불일치 관찰치(discordant observation), 오염된 관찰점 또는 이상치라고 부른다. 이러한 이상치는 자료분석시 문제가 될 소지를 가지고 있는 관찰점인데 관찰치들의 개수가 적은 경우에는 육안으로 살펴보거나 산점도들을 사용할 수 있다. 그러나 관찰치들의 개수가 많거나 자료에 많은 설명변수들이 있다면 이러한 방법들은 유용하지 못하다. 더구나 이러한 방법들은 주관적 판단에 기초한 것이기 때문에 적절하지 않다. 본 연구에서는 수명분석(life analysis) 등에 널리 이용되는 Upper fence method를 이용하여 이상치를 제거하였다.

2.2.2 Upper outer fence

Upper outer fence는 탐색적 데이터분석(exploratory data analysis)에서 사용되는 방법으로, 이는 자료에 대한 요약통계량을 제시할 때 사용된다. 일반적으로 상자수염그림에서 나타나는 사분위수(quartile)를 이용하는데 울타리(fence)는 아래와 같이 정의한다(김철우 외, 1993).

$$\begin{aligned} \text{lower inner fence: } & Q1 - 1.5 \cdot \text{IQR} \\ \text{upper inner fence: } & Q3 + 1.5 \cdot \text{IQR} \\ \text{lower outer fence: } & Q1 - 3 \cdot \text{IQR} \\ \text{upper outer fence: } & Q3 + 3 \cdot \text{IQR} \end{aligned}$$

1사분위수(Q1)은 자료의 25%에 해당되는 값을 의미하며, 3사분위수(Q3)은 자료의 75%에 해당되는 값이다. 사분위 편차(inter quartile range, IQR)는 3사분위수와 1사분위수의 차를 의미한다. 보통이상치(mild outlier)는 Inner fence 와 Outer fence 사이의 관측값을 의미하며, 극단이상치(extreme outlier)는 Outer fence 밖으로 벗어나는 값을 의미한다.

3. 결과 및 고찰

3.1 가정용수의 용도별 구분

가정용수의 용도별 구분은 조사목적에 따라 다양하게 구분하고 있으며, 공간적인 구분에 의하여 크게는 화장실용수, 취사용수, 세탁용수, 기타용수로 구별된다. 그림 2는 미국의 일반적인 단독주택의 구조와 각 영역에 해당하는 가정용수의 용도를 구분한 그림이다. 가정용수의 용도를 크게 실내(indoor)용수와 실외(outdoor)용수로 구분하고, 실내용수는 욕실(bath), 취사(kitchen), 세탁(laundry), 차고 및 지하실(garage/basement)용수로 세분화한다. 실외용수는 정원(landscaping), 수영장 및 온천(pool/spa), 안뜰(patio)에서 사용하는 용수로 나눈다.

최근 우리나라 주거형태도 급속하게 서구화되면서 실내용수의 사용처는 미국과 유사하나, 좁은 국토면적에 아파트나 공동주택(연립, 다세대 등)이 빠르게 보급됨에 따라 단독주택의 비율이 점차 줄어 정원이나 수영장과 같은 실외용수가 차지하는 비율은 적을 것으로 예상된다.

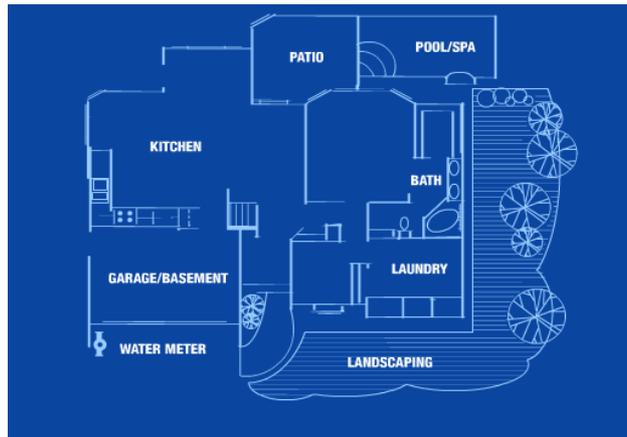


Fig. 2 Classification of water end-use in household(www.h2ouse.net)

본 연구에서는 공간적인 구분과 동시에 사용목적별로 의미있는 원단위를 도출하기 위하여 욕실내 용수를 변기용수(toilet), 욕조용수(bathtub), 세면용수(washbowl or facet)로 세분화하고 취사, 설거지 등에 이용되는 싱크대(kitchen)용수, 세탁기에 연결된 세탁용수(laundry), 이외 베란다, 발코니, 단독주택의 옥외용수 등을 모두 합쳐 기타용수(etc.)로 구분하였다.

Table 3 Purpose of end-use in household water

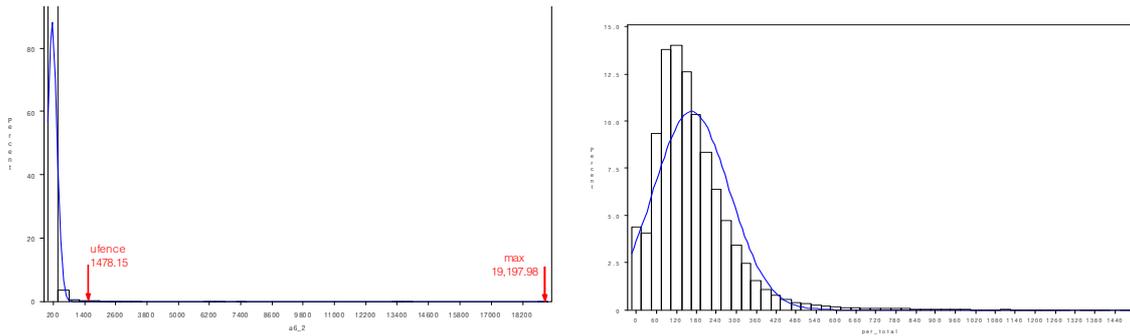
| 구분 | 사용처 |
|-----------------|-----------------------------|
| 변기용수(Toilet) | 수세식 화장실의 변기에서 사용되는 용수 |
| 욕조용수(Bathtub) | 욕조에 샤워나 목욕에 사용된 용수 |
| 세면용수(Washbowl) | 욕실내 세면대에서 사용된 용수 |
| 싱크대 용수(Kitchen) | 조리, 설거지 등에 사용되는 용수 |
| 세탁용수(Laundry) | 세탁기(cloth washer)에서 사용되는 용수 |
| 기타용수(etc.) | 베란다, 발코니, 마당 등에서 사용되는 용수 |
| 총량용수(Total) | 가정내에서 사용된 총 용수 |

3.2 데이터 정리결과

각 용도별 사용량 실측데이터의 분포는 모두 왼쪽으로 심하게 치우친 분포를 나타내었다. 데이터 정리과정에서 1차적으로 결측 및 음수값은 제거하였고, 이상치 즉, 실제사용이 불가능할 정도로 과다하게 측정된 값에 대해서는 Upper fence method를 이용하여 각 가구별로 이상치를 제거하였다. 이상치 제거과정을 통하여 0.5%~5.2%의 자료가 제거되었으며, 최종적으로 543,600개의 실측자료를 이용하여 통계분석을 수행하였다.

Table 4 Results of filtering using upper fence method(total water)

| | 개수 | 제거된 자료수 | 제거비율 (%) | 평균 | 표준편차 | 중위수 | 최소값 | 최대값 |
|------------|--------|------------|-------------|--------|--------|--------|-----|-----------|
| 음수제거후 | 50,224 | 0 | 0.00 | 170.00 | 180.79 | 145.60 | 0 | 19,197.98 |
| UFENCE1차반복 | 49,988 | 236 | 0.47 | 165.94 | 114.19 | 145.07 | 0 | 1,478.15 |
| UFENCE2차반복 | 49,971 | 253 | 0.50 | 165.84 | 113.98 | 145.02 | 0 | 1,478.15 |



(a) Before filtering (b) After filtering
 Fig. 3 Comparison of distribution of water use volume

3.3 가정용수의 용도별 사용량 원단위

가정용수의 용도별 사용량에 대한 기초통계량은 표 8과 같다. 통계량에서 세탁용수와 기타용수의 경우, 1인 1일 사용량의 단위로 표현하는 경우 매일 사용하지는 않는 경향이 있기 때문에 상자그림의 1사분위, 즉 데이터의 순서가 25%에 해당하는 값이 모두 0으로 나타났다.

가정용수 중에서 변기용수의 사용량이 가장 많은 것으로 나타났으며, 베란다, 정원용수 등이 포함된 기타용수의 경우 사용빈도가 일정하지 않고 사용량의 편차도 심하여 변동계수와 표준편차가 가장 크게 나타났다. 총사용량과 개별사용의 누적량 사이에는 미측정 수도꼭지, 옥내누수, 유량계 오차 등이 반영되어 약 13.4ℓ의 차이가 발생하였다.

Table 5 Basic statistics of end-use water in household

| | 데이터수 (n) | 평균 (mean) | 표준편차 (std) | 1사분위수 (Q ₁) | 3사분위수 (Q ₃) | 변동계수 (CV) | 최소값 (min) | 최대값 (max) |
|-------|-------------|--------------|---------------|----------------------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| 세면용수 | 98,330 | 15.43 | 17.07 | 4.50 | 20.68 | 1.11 | 0.00 | 272.07 |
| 욕조용수 | 94,153 | 24.73 | 25.13 | 6.25 | 35.33 | 1.02 | 0.00 | 331.63 |
| 싱크대용수 | 88,924 | 29.67 | 37.48 | 12.43 | 38.10 | 1.26 | 0.00 | 1054.13 |
| 세탁기용수 | 96,436 | 30.76 | 47.93 | 0.00 | 51.47 | 1.56 | 0.00 | 300.45 |
| 변기용수 | 109,149 | 38.46 | 27.29 | 21.27 | 48.88 | 0.71 | 0.00 | 379.90 |
| 기타용수 | 25,955 | 13.50 | 58.48 | 0.00 | 9.88 | 4.33 | 0.00 | 4752.48 |
| 총량용수 | 49,971 | 165.84 | 113.98 | 91.17 | 217.35 | 0.69 | 0.00 | 1478.15 |

3.3.1 주택유형별 사용량 원단위

주택유형별 가정용수 사용량 원단위는 단독주택(141ℓpcd), 공동주택(155ℓpcd), 아파트(159ℓpcd) 순으로 나타났다. 단독주택이 다른 주거형태에 비하여 낮게 나타났는데, 용도별 사용량에 대한 분석 결과에서도 단독주택은 다른 주택유형에 비하여 특히 욕조용수의 사용량에 차이가 있음을 보여주었다.

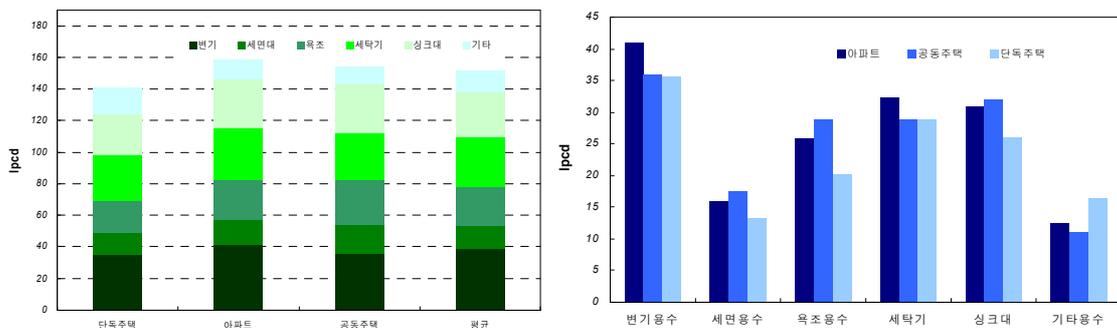


Fig. 4 Comparison of water end-use amount different house type

이러한 결과는 조사가구 특성에 대한 설문자료에서 단독주택, 공동주택, 아파트 각각에 50대 이상 가구원이 있는 비율은 각각 68.2%, 38.1%, 32.4%였다. 가정에서의 목욕문화(샤워)에 익숙하지 않는 50대 이상 가구원의 구성비가 높은 단독주택의 욕조용수 사용량이 적게 나타난 것으로 추측된다. 주택유형에 따른 용도별 물사용 경향에서는 아파트에서는 변기용수와 세탁기용수의 사용량이 많았고, 공동주택의 경우 세면, 욕조, 싱크대 용수가 많은 것으로 나타났다. 단독주택은 욕상, 정원 등에서 사용하는 기타용수의 사용량이 다른 주택유형에 비해 많은 것으로 나타났다. 이러한 주택유형별 용수사용량의 차이는 거주민의 생활양식과 크게 관련성이 있으며 사회·경제적 인자에 대한 추가적인 요인분석을 통하여 원인을 규명할 필요가 있을 것으로 판단된다.

3.3.2 거주인수별 사용량 원단위

거주인수에 따른 1인 1일 사용량의 경우 거주인수가 증가함에 따라 원단위 감소가 뚜렷하게 나타나고 있는데, 특히 변기용수, 싱크대용수, 기타용수의 경우 거주인수에 따른 감소경향이 뚜렷하였다.

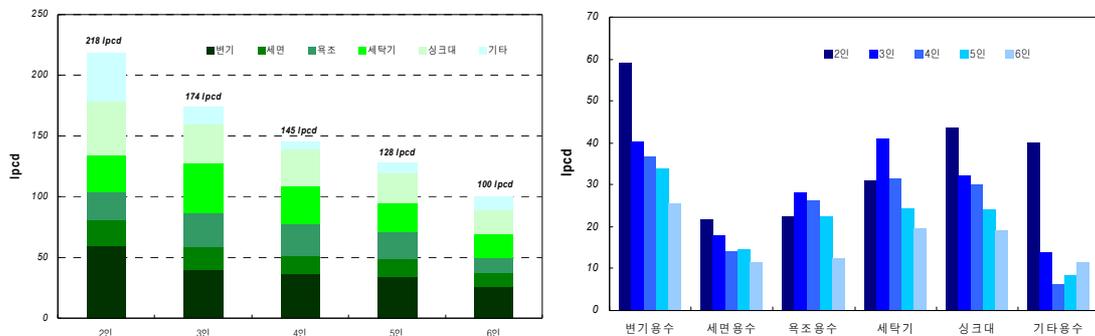


Fig. 5 Comparison of water use amount different dwelling person

욕조용수와 세탁용수의 경우 2인가구의 사용량이 상대적으로 적게 나타났으며, 2인가구의 연령구성이 50대 36%, 60대 이상 39%로 상대적으로 고령자의 비율이 높은 특징을 보였는데 욕조용수의 경우 주거형태에서와 마찬가지로 50대 이상의 대중목욕탕문화가 물사용량에 영향을 미친 것으로 판단되었다. 세탁용수의 경우 10대, 20대의 연령층이 거주하는 가구에 비하여 세탁기 사용횟수가 적은 것이 2인가구의 특징으로 분석되었다.

3.4 가정용수 용도별 사용량 원단위비교

본 조사로부터 도출한 우리나라 가정용수 용도별 물사용비율은 그림 와 같다. 변기용수 25%(1인 기준 일평균사용량 38.5ℓ), 세탁기용수 20%(30.8ℓ), 싱크대용수 19%(28.4ℓ), 욕조용수 16%(24.7ℓ), 세면기용수 10%(15.4ℓ), 기타용수가 9%(13.5ℓ) 순으로 나타났다.

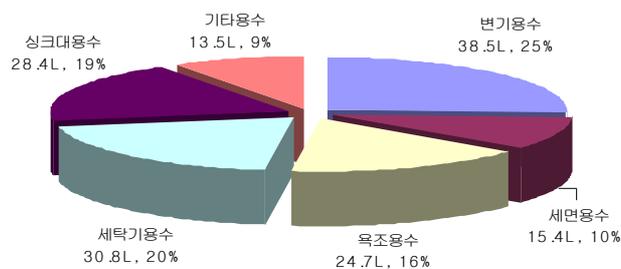


Fig. 6 Amount and ratio of end-use in household from this study

가정용수 사용량 가운데 변기용수가 가장 많은 양을 차지하였고, 식사와 음용수로 이용되

는 주방용수와 세탁기에서 사용되는 세탁용수가 그 다음으로 많았다. 욕조와 세면대에서의 사용량을 합친 목욕용수가 변기용수보다 많게 조사되었으며, 이러한 결과는 경제성장이 빠르게 진행되는 대부분의 나라에서 나타나는 현상으로 생활환경이 점차 서구화되면서 가정내에서 목욕과 샤워인구가 늘어났기 때문이다(Bradley, 2004).

Table 6 Comparison of end-use water amount and ratio in household

| Use | U.K* | | U.S.** | | Korea | |
|---------|------|----------|--------|----------|-------|----------|
| | lpcd | ratio(%) | lpcd | ratio(%) | lpcd | ratio(%) |
| Bathing | 33 | 26 | 43 | 30 | 40 | 29 |
| Toilet | 44 | 34 | 30 | 21 | 39 | 28 |
| Laundry | 15 | 12 | 35 | 24 | 31 | 23 |
| Kitchen | 36 | 28 | 35 | 25 | 28 | 20 |
| Total | 128 | 100 | 143 | 100 | 138 | 100 |

* by Hodges(1998), ** by De Oreo et al.(2001)

Table 6은 금번 조사결과를 미국과 영국가정의 용도별 물사용량과 비교한 것이다. 기타용수는 제외하였고, 실내용수만을 제시한 결과이다. 미국의 물사용량과 용도별 사용비율이 우리나라와 높은 유사성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 미국에서는 최근 절수정책의 일환으로 1회 변기세척에 16ℓ를 사용하는 low-tank bowl toilet을 high-tank squat toilet으로 교체한 후 세척수량을 6ℓ로 저감시킴에 따라 변기용수가 크게 줄어든 것으로 보고되었다(De Oreo et al., 2001). 영국은 미국과 우리나라에 비해 총량이 적었으며, 특히 세탁용수 사용량이 적고, 변기용수 사용량은 많았는데, 이는 생활양식뿐만 아니라 기후의 영향도 다소 반영된 것으로 추측된다.

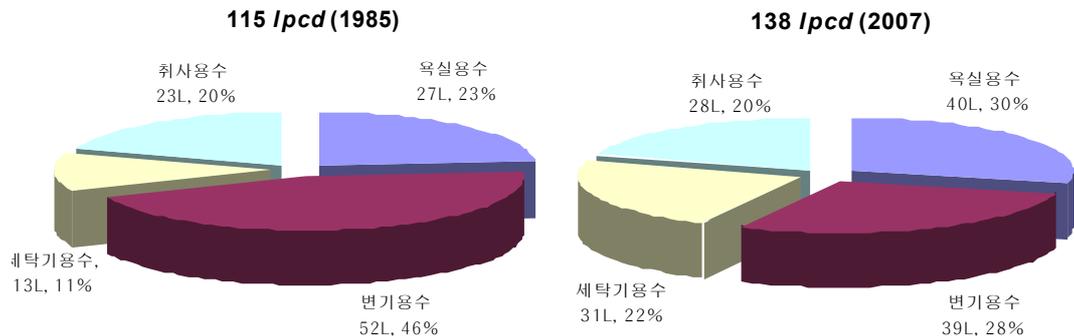


Fig. 7 Historical change of end-use of household water in Korea

Fig. 7은 1985년 서울시 1,000여 가구를 대상으로 조사한 용도별 사용량 결과와 금번 조사결과를 비교한 것이다(Bradley, 1985). 옥외용수와 기타용수를 제외하고 총량은 115lpcd에서 138lpcd로 23ℓ가 증가하였다. 각 용도별로 살펴보면, 1인 1일 욕실용수(세면+욕조)가 27ℓ에서 40ℓ로 크게 늘어난 반면 변기용수의 경우 52ℓ에서 39ℓ로 줄어든 경향을 보였다. 생활양식이 점차 서구화 되면서 과거에 비하여 가정에서 목욕과 샤워를 더 많이 함에 따라 욕실용수가 증가한 것으로 판단된다. 또한 대용량 세탁기의 보급이 증가하면서 세탁용수의 사용도 크게 늘어난 것이 특징이다.

4. 결론

본 연구에서는 생활용수의 공급계획, 시설설계 및 수요관리에 필요한 가정용수의 용도별 사용량 자료를 전국에서 추출된 140여개 가구를 대상으로 수집하고 이들이 갖는 통계적 특성을 분석하여 용도별 원단위를 도출하였다. 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 각 용도별 사용량 실측데이터의 분포는 모두 왼쪽으로 심하게 치우친 분포를 나타내었다. 데이터 정리과정에서 1차적으로 결측 및 음수값은 제거하였고, 이상치 즉, 실제사용이 불

- 가능할 정도로 크게 측정된 값에 대해서는 Upper fence method를 이용하여 각 가구별로 이상치를 제거하였다. 이상치 제거과정을 통하여 0.50% ~ 5.22%의 자료가 제거되었으며, 최종적으로 543,600개의 실측자료를 이용하여 통계분석을 수행하였다.
- 가정용수의 총사용량 기준 원단위는 165.8lpcd였으며, 각 용도별 사용량은 세면용수 15.4lpcd(10%), 욕조용수 24.7lpcd(16%), 싱크대용수 29.7lpcd(19%), 세탁기용수 30.8lpcd(20%), 변기용수 38.5lpcd(25%), 기타용수 13.5lpcd(9%)로 나타났다. 가정용수중에서 변기용수의 사용량이 가장 많은 것으로 나타났으며, 베란다, 정원용수 등이 포함된 기타용수의 경우 사용빈도가 일정하지 않고 사용량의 편차도 심하여 변동계수와 표준편차가 가장 크게 나타났다. 총사용량과 개별사용의 누적량 사이에는 미측정 수도꼭지, 욕내누수, 유량계 오차 등이 반영되어 약 13.4l의 차이가 발생하였다.
 - 가정용수사용량 원단위의 주택유형별 비교에서는 아파트(159lpcd), 공동주택(155lpcd), 단독주택(141lpcd) 순으로 사용량이 많았으며, 단독주택의 경우 특히 욕조용수 사용량이 다른 주택유형에 비해 적은 특성을 보였다. 이는 단독주택의 경우 50대 이상 가구원 비율이 가장 높은 것과 관련지어 50대 이상의 장, 노년층이 대중목욕탕 문화에 익숙하기 때문에 욕조용수의 사용량이 상대적으로 적은 것으로 추측된다. 또한 거주인수가 증가할수록 사용량 원단위가 급격하게 감소하는 경향을 보였는데, 특히 변기용수, 싱크대용수, 기타용수의 감소경향이 뚜렷하였다.
 - 가정용수의 용도별 사용량을 미국, 영국 가정과 비교한 결과, 기타용수와 실외용수를 제외하고는 미국의 실내용수 사용량과 비율이 우리나라와 매우 유사한 특성을 보였다. 가정에서 물사용에 기초한 생활양식이 미국과 유사하게 변화되고 있음을 간접적으로 보여준 결과이다. 또한 1985년에 서울에서 조사된 용도별 사용량과 이번 연구결과를 비교한 결과, 목욕, 변기, 세탁, 취사용수의 총량은 23l가 증가하였으며, 특히 세면과 욕조용수를 합산한 목욕용수가 27l에서 40l로 크게 늘어났고, 세탁용수도 17l나 늘어났다. 생활양식이 서구화되면서 가정에서의 목욕, 샤워문화가 점차 확산되고 대용량 세탁기의 보급이 늘어난 것 등이 영향을 미쳤을 것으로 추측되었다.

참고문헌

- 환경부, 상수도통계, 2006.
- 서울시정개발연구원, 가정에서의 수도물 사용량 기초조사 연구, 2004.
- 한국수자원공사, 용도별 유량계 설치를 위한 표본선정수립 용역보고서, 2001.
- 김철우외, 현대통계학, **영지문화사**, 1993.
- 한국통계학회. 통계학용어집, **자유아카데미**, 1997.
- Berthouex, P.M. and Brown, L.C., Statistics for Environmental Engineers, *Lewis Publisher*, 1994.
- www.h2ouse.net
- Bradley, R.M., Forecasting Domestic Water Use in Rapidly Urbanizing Area in Asia, *Journal of Environmental Engineering*, ASCE, Vol.130, No.4, pp.465 ~ 471, 2004.
- Bradley, R.M., Water use in urban Korea, *Effluent Water Treatment J.*, 25(10), pp.348-354, 1985
- De Oreo, W.B., Dietemann, A., Skeel, T., Mayer, P.W., Lewis, D.M., and Smith, J., Retrofit realities, *J. Am. Water Works Assoc.*, 93(3), pp.58-72, 2001.
- Hodges, D., Water conservation—a need but how do we achieve it?, *Water Environ. Manage.*, 3(2), pp.2-3, 1998.
- Richard Cochran and Arthur W. Cotton, Municipal Water Demand Study, Oklahoma City and Tulsa, Oklahoma, *Water Resources Research*, Vol.21 No.7, pp.941-943, 1985.