

## 가정용수 용도별 사용량의 통계적 특성 분석

## Analysis on Statistical Characteristics of Household Water End-uses

김화수\* · 이두진\*\* · 박노석\*\*\* · 정관수\*\*\*\*

Kim, Hwa Soo · Lee, Doo Jin · Park, No Suk · Jung, Kwan Soo

## Abstract

End-uses of household water have been changed by a life style, housing type, weather, water rate and water supply facilities etc. and those variables can be considered as an internal and exogenous factors to estimate long-term demand forecasts. Analysis of influential factors on water consumption in households would give an explanation to cause on the change of trend and would help predicting the water demand of end-use in household. The purpose of this study is to analyze the demand trends and patterns of household water uses by metering and questionnaire such as occupation, revenue, numbers of family member, housing types, age, floor area and installation of water saving device, etc. The peak water uses were shown at Saturday among weekdays and July in a year based on the analysis results of water use pattern. A steep increase of total water volume can be found in the analysis of water demand trend according to temperature from  $-14^{\circ}\text{C}$  to  $0^{\circ}\text{C}$ , while there are no significant variations in the phase of more than  $0^{\circ}\text{C}$ , with an almost stable demand. Washbowl water shows the highest and toilet water shows the lowest relation with temperature in correlation analysis results. In the results of ANOVA to find the significant difference in each unit water use by exogenous factors such as housing type, occupation, number of generation, residential area and income et al., difference was shown in bathtub water by housing type and shown in kitchen, toilet and miscellaneous water by numbers of resident. Especially, definite differences in components except washbowl and bathtub water, could be found by numbers of resident. Based on the result, average residents in a house should be carefully considered and the results can be applied as reference information, in decision making process for predicting water demand and establishing water conservation policy. It is expected that these can be used as design factors in planning stage for water and wastewater facilities.

**Keywords :** water use, demand pattern correlation analysis, ANOVA, water conservation

## 요 지

가정용수의 용도별 사용량은 주거형태, 거주자 생활양식, 주택구조 등의 내부적인 요인과 온도, 날씨, 수도요금 등과 같은 다양한 외부요인들의 영향을 받게 된다. 장기적으로는 거주민의 생활양식, 주거형태, 수도관련 시설의 변화 등에 따라 사용량이 점진적으로 변화하게 되며, 단기적으로는 기온이나 기압과 같은 기후조건이나 절수정책과 같은 인위적인 영향에 의해 사용량이 크게 변화하기도 한다. 용수수요에 영향을 미치는 인자에 대한 분석과 이해는 사용량의 변화원인과 경향을 설명해주고 여러가지 인자와의 상관관계를 분석함으로써 물사용패턴과 향후 수요를 예측하는데 도움을 준다. 본 연구에서는 가정용수의 용도별 사용량 실측자료를 바탕으로 사용패턴과 사용량에 미치는 영향인자를 분석하기 위하여 요일별, 월별, 계절별 사용량을 비교하고, 또한 가구특성, 기온 등의 외부인자에 의해 영향을 받는 용도에 대해서도 살펴보았다. 가정용수의 사용패턴을 분석한 결과, 토요일에 사용량이 가장 많고, 월간 중에는 7월의 사용량이 가장 높았으며, 월별 사용량의 침두율은 평균대비 1.12로 나타났다. 기온에 따른 용도별 사용경향에서 총량용수는  $-14^{\circ}\text{C}$ ~ $0^{\circ}\text{C}$ 까지 물사용량이 급격하게 증가하는 경향을 보였으나,  $0^{\circ}\text{C}$  이상에서는 큰 변화양상을 보이지 않았다. 반면에 세면, 세탁, 욕조용수는  $0^{\circ}\text{C}$ 이상에서도 점진적인 증가경향을 보였으나, 변기용수는 오히려 감소하는 경향을 보였다. 기온에 대한 용도별 사용량의 상관관계 분석결과 세면용수가 상관계수 0.73으로 상관성이 가장 높았으며, 변기용수는 -0.14로 매우 낮은 음의 상관성을 보였다. 각 인자별로 가정용수 사용량 원단위의 차이에 대한 유의성 여부를 검토하기 위하여 주택유형, 실거주인수, 가족구성, 건평, 수입, 맞벌이여부, 절수형변기, 비데기유무 등에 대하여 분산분석을 수행한 결과, 주택유형의 경우 욕조용수의 사용량에 차이가 발견되었고, 실거주인수는 싱크대, 변기, 기타, 총량용수에서 유의한 차이가 발견되었다. 특히 실거주인수는 세면과 욕조를 제외한 모든 용도별 사용량에서 유의한 차이를 보여 거주인수의 증감에 따라 용도별 사용량의 차이가 분명히 발생하며, 이는 향후 가구당 용수사용량을 설계하는 경우 평균 거주인수에 대한 신중한 검토가 필요할 것으로 판단되었다. 이러한 가정용수의 용도별 사용특성 분석결과는 수요예측, 수요관리 정책수립, 수도관련 기자재 및 시설의 규격결정 등에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

**핵심용어 :** 용수수요, 수요패턴, 상관관계분석, 분산분석, 수요예측, 절수

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

\*\*정회원 · 교신저자 · 한국수자원공사 수자원연구원 상하수도연구소 책임연구원 (E-mail : djlee@kwater.or.kr)

\*\*\*한국수자원공사 수자원연구원 상하수도연구소 책임연구원 (E-mail : E-mail : nspark@kwater.or.kr)

\*\*\*\*정회원 · 충남대학교 토목공학과 정교수 (E-mail : ksjung@cnu.ac.kr)

# 1. 서 론

가정용수의 용도별 사용량에는 주거형태, 거주자 생활양식, 주택구조 등의 내부적인 요인과 온도, 날씨, 수도요금 등과 같은 다양한 외부요인들이 영향을 미치게 된다.

장기적으로는 거주민의 생활양식, 주거형태, 수도관련 시설의 변화 등에 따라 사용량이 점진적으로 변화하게 되며, 단기적으로는 기온이나 가뭄과 같은 기후조건이나 절수정책과 같은 인위적인 영향에 의해 사용량이 크게 변화하기도 한다.

미국 등 선진국에서는 오래전부터 용수의 수요처별 사용량에 대한 실측조사를 시행하고, 장·단기적 변화특성과 영향인자를 분석함으로써 용수관리의 효율성을 제고하고 나아가 보다 과학적인 수요예측이 이루어지도록 노력하고 있다 (AWWARF, 1999; AWWARF, 2000; Darmody *et al.*, 1998; Zhou, 2000).

2005년 미국 덴버 수도국에서는 과거 10년간 가정용수의 수요 패턴이 어떻게 변화했는지를 평가하기 위하여 단독주택 용수사용량을 조사하였으며, 특히 최근 2002년부터 2004년 사이에 극심한 가뭄으로 인하여 강력한 절수정책을 시행하고 그 효과를 검증하였다. 100여 가구에 대한 실측조사결과, 1996년에서 2005년 사이에 가구당 총사용량이 491 gpd에서 389 gpd로 약 30% 정도 감소하였으며, 실내용수는 11%, 실외용수는 40.6%가 줄어든 것으로 나타났다(Denver water, 2006).

용수사용량에 영향을 미치는 인자에 대한 분석은 수요량 예측모델을 개발하는 기초가 된다.

Cochran and Cotton(1985)은 물소비에 영향을 미치는 사회, 환경, 경제적 요인을 고려하여 정책입안자들에게 도시의 장기 생활용수 수요를 예측할 수 있는 방법론을 제시하였고, 현재 미국의 수도사업자들이 많이 사용하고 있는 수요예측 프로그램인 IWA-MAIN은 그동안 미국내 60여개의 연구를 바탕으로 용수수요함수를 도출하여 예측모형으로 이용하고 있다. 본 프로그램에서 이용하고 있는 가정용수의 수요함수는 다음과 같다.

$$Q = aI^{d1} MP^{d2} e^{(FC)(d3)} H^{d4} HD^{d5} T^{d6} R^{d7} \quad (식 1)$$

- Q = 1일 물소비량, I = 가계평균소득,
- MP = 한계(초과) 요금, FC = 기본요금,
- H = 가계 평균규모(인가계), HD = 주택밀도,
- T = 일일 최고 기온, R = 총강수량,
- a = 절편, d1 d7= 각 독립변수의 탄력성

이상은 등(2007)은 장기적인 물수요 예측에 널리 활용되고 있는 인과구조모델과 시스템다이나믹스 기법을 이용하여 용수수요량 모델을 제안하였는데, 모델의 변수는 Foster *et al.*(1979)의 연구를 참고하여 가정용수 사용량에 미치는 영향이 큰 인자로 가구당물소비량( $m^3$ , Q), 평균수도요금(원/ $m^3$ , P), 가구수입(백만원, Y), 여름철강수량(mm, R), 평균가구인수(명, N) 등을 변수로 설정하였다. 이처럼 용수수요의 변화에 영향을 미치는 인자에 대한 분석과 이해는 기초 사용량 자료 분석에서 반드시 필요하고, 다양한 인자와의 상관관계를 분석함으로써 물사용패턴과 향후 경향을 정확하게 예측할 수 있다.

본 연구에서는 가정용수의 용도별 사용량 실측자료를 바탕으로 사용패턴을 분석하기 위하여 시계열(요일, 월, 계절) 사용량을 비교하였고, 사용량에 미치는 영향인자를 평가하기 위하여 가구특성인자, 기온 등의 외부인자에 대한 상관분석, 분산분석 등을 통하여 용도별 사용특성을 분석하였다.

# 2. 연구방법

## 2.1 자료취득

공급량 자료는 수도권광역상수도가 공급되는 성남지역의 분당 제2배수지와 분당 제1소배수지로 급수되는 유량자료를 이용하였으며, 이 지역의 급수인구는 2001년 기준 분당 제2배수지 182,864인, 제1소배수지 20,825인으로 전체 203,689인이다.

가정용수의 용도별 유량조사를 위한 표본가구 선정은 인구, 가구수 등의 인문, 사회적 인자와 유량계 설치, 자료전송 등의 기술적 측면을 동시에 고려하여 전국 140여개 가구를 선정하였다(한국수자원공사, 2001). 가정내 용도별 구분은 총량용수, 변기용수, 세면용수, 욕조용수, 싱크대용수, 세탁용수, 기타용수 등으로 구분하였다. 표본 가구에서 용도별 유량자료를 취득하기 위하여 전자식유량계에 데이터 저장과 무선전송이 가능한 로거를 부착한 유량모니터링 시스템을 제작하여 각각의 수도꼭지에 설치하였다. 유량 실측기간은 2002~2006년 이다(Fig. 1 참조).

## 2.2 통계분석

### 2.2.1 분산분석

분산분석(ANOVA)은 두 집단 또는 세 집단 이상의 평균을 비교 검정하여 유의한 차이가 있는지를 평가하는 방법이다(심정옥 외, 2001). 본 연구에서는 가정용수를 용도에 따

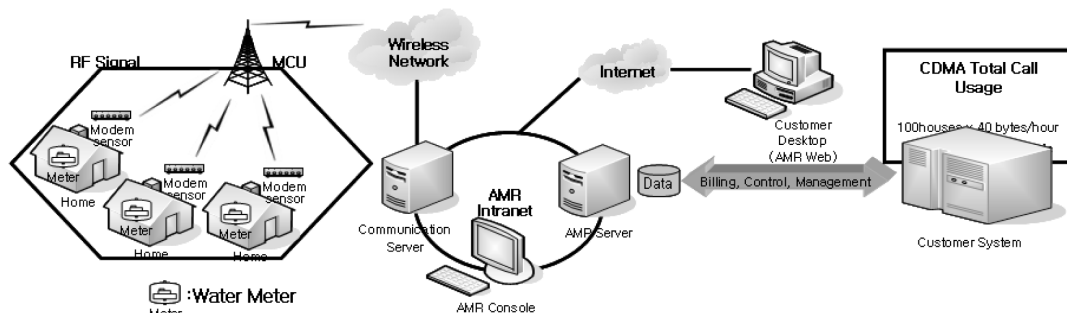


Fig. 1 Data collection process of end-use water in household

라 변기, 싱크대, 세탁기, 욕조, 세면, 기타 총량용수로 분류하고 각 용도별 용수들을 대상으로 주택유형, 실 거주인원, 가족구성, 맞벌이여부, 건평, 수입, 절수형변기 여부, 비데기 유무 등의 가구특성 항목중 질적 인자를 중심으로 집단을 분류하여 그룹간의 용도별 평균 사용량의 차이를 비교하였고, 다중비교방법으로는 Duncan의 방법을 통하여 검정하였다.

### 2.2.2 상관분석

상관분석은 두 개 이상의 연속형 변수들 간에 어떠한 연관성이 존재하는지를 알아보기 위한 방법으로 변수들의 원인과 결과에 관한 관계를 밝히는 것이 아니라 단순한 상관성을 분석하고자 하는 것이 목적이다(심정옥 외, 2001). 여기에서는 상관관계의 척도로서 Karl Pearson이 제시한 상관계수를 다루는데 이는 두 양적인(연속형의) 변수간의 선형 연관성의 정도를 나타내주는 척도로서, 공분산이 변수의 단위나 범위에 영향을 받는 점을 해결하기 위해 이를 표준화시킨 값이다.

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}, \quad -1 \leq r < 1 \quad (\text{식 2})$$

상관계수는 -1에서 1까지의 값을 갖는데, 0에 가까울수록 상관관계가 존재하지 않는다는 것이고 1에 가까울수록 양(+)의 상관, -1에 가까울수록 음(-)의 상관관계가 존재한다고 볼 수 있다. 상관계수를 검정하기 위한 귀무가설 및 대립가설은 아래와 같다.

$$H_0: \rho = 0 \text{ vs } H_1: \rho \neq 0$$

위의 가설을 검정하기 위한 검정통계량은  $t^* = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$ 로 나타낼 수 있으며,  $|t^*| > t_{n-2, 1-\alpha/2}$ 이면 귀무가설을 기각할 수 있다.

상관관계분석을 통하여 용도별 사용량의 주요 영향인자를 도출할 수 있을 뿐만 아니라 향후 수요예측모형을 설계하는 경우 주요한 설명변수로 활용할 수 있는지 여부를 판단하게 된다. 설문을 통하여 파악한 가구별 특성 조사항목은 Table 1과 같다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 가정용수 사용패턴 분석

#### 3.1.1 요일별 사용량

총량용수를 기준으로 요일별 용수사용량 원단위를 비교한 결과 Fig. 2와 같이 주 5일 근무로 인하여 주말인 토요일과

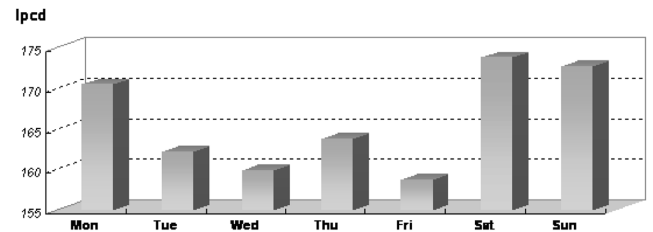


Fig. 2 Comparison of consumed water uses in weekdays

Table 1. Survey items for correlation analysis of household water uses

Factors	Summary	Data characteristics
Residents	unit (2~6 persons)	quantitative variables
Water rate	unit (thousand KRW)	
Area	unit (under 20py, 21-30py, 31-40py, 41-50py, over 50py) *py=3.3 m <sup>2</sup>	
Rooms	unit (2~5 rooms)	
Income	unit (under 990thousand KRW/month, 100-199thousand KRW/month, 200-299thousand KRW/month, 300-399thousand KRW/month, 400-499thousand KRW/month, over 500thousand KRW/month)	
Housing type	single, apartment, multi-housing	
Dual income	Yes/No	
Ownership	private, lease, monthly rent, miscellaneous	
Saving device	Yes/No	

Table 2. Consumed water of end-uses in weekdays

(unit : lpcd)

Weekday	Toilet	Kitchen	Laundry	Bathtub	Washbowl	Miscel.	Sum	Total
Mon.	38.22	29.87	33.13	24.02	15.49	14.10	154.84	170.37
Tue.	37.58	28.86	29.22	24.69	15.42	14.29	150.06	162.19
Wed	37.33	29.12	28.73	24.50	15.22	13.27	148.17	159.76
Thu.	37.83	28.91	29.83	24.90	15.49	14.00	150.95	163.76
Fri.	37.42	28.28	28.35	24.03	15.11	13.68	146.87	158.69
Sat.	40.29	31.15	33.62	24.89	15.96	13.44	159.35	173.67
Sun.	40.58	31.57	32.56	26.12	15.35	11.73	157.92	172.61

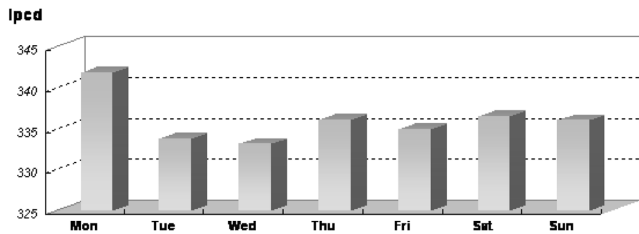


Fig. 3 Comparison of supplied water volume in weekdays

일요일이 가정에서의 물사용량이 가장 많은 것으로 나타났으며 주중에는 월요일의 사용량이 많았고, 상대적으로 금요일의 물사용량이 가장 적게 나타났다. 평균에 대한 첨두비율(토요일/평균)은 1.05였으며, 최소 대비 최대비율은 1.09로 나타나 요일별 사용량변화는 평균사용량의 10%를 넘지 않는 것으로 나타났다.

주중과 주말의 물사용량의 차이는 용도별 사용량을 살펴보면 원인을 찾을 수 있다. Table 2와 같이 토요일, 일요일은 다른 요일에 비해 가족구성원의 가정내 거주시간이 증가함에 따라 변기용수와 싱크대용수, 세탁기용수의 사용량이 상대적으로 늘어났으며 이로 인하여 전체 가정용수의 소비량을 증가시킨 것으로 분석되었다.

반면에 도시로 공급되는 가정용수의 요일별 사용량을 분석해보면, Fig. 3과 같이 월요일이 다른 요일에 비해 사용량이 가장 크게 나타났는데, 이는 새로운 주가 시작하는 월요일에는 주말에 소비된 용수를 배수지나 물탱크에 채우게되고 또한 업무용수, 영업용수, 전용수도를 사용하는 공업용수 등의 사용량이 늘어나기 때문으로 추측된다.

### 3.1.2 월별, 계절별 사용량 분석

월별사용량과 계절별 사용량의 변화는 주로 기온에 따른 물소비패턴 변화에 의하여 발생한다. Fig. 4와 같이 기온이 높아지는 여름철에 사용량이 증가하고, 겨울철에는 감소하는 전형적인 경향을 보여주고 있다. 다만 7월에 비하여 8월의 기온이 높음에도 불구하고 사용량원단위가 적은 것은 8월은 휴가철이라 대부분의 가정이 일정기간 집을 비우기 때문에 상대적으로 물소비량이 적은 양상을 보인 것으로 해석된다.

용도별 사용량의 계절에 따른 변화를 비교하면, 여름철에는 욕조용수, 세탁용수, 기타용수의 증가가 두드러지고, 상대적으로 겨울철에는 욕조용수와 세탁용수의 사용량이 적은 것

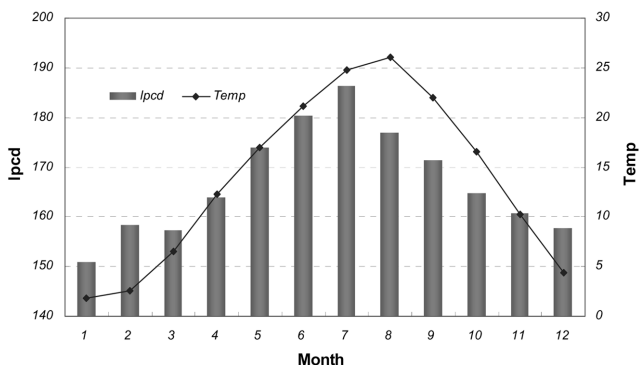


Fig. 4 Variation of water consumption and temperature in each month

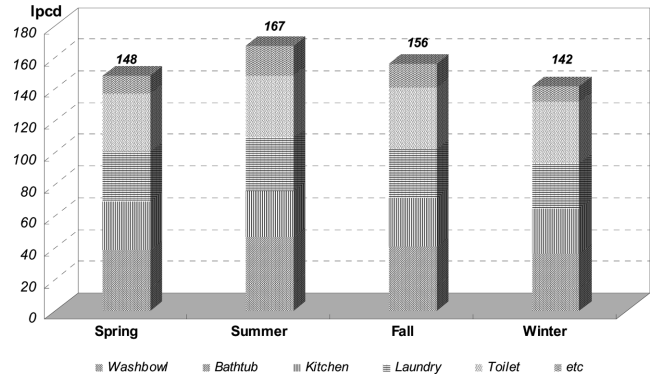


Fig. 5 Comparison of water consumption components in a household by season

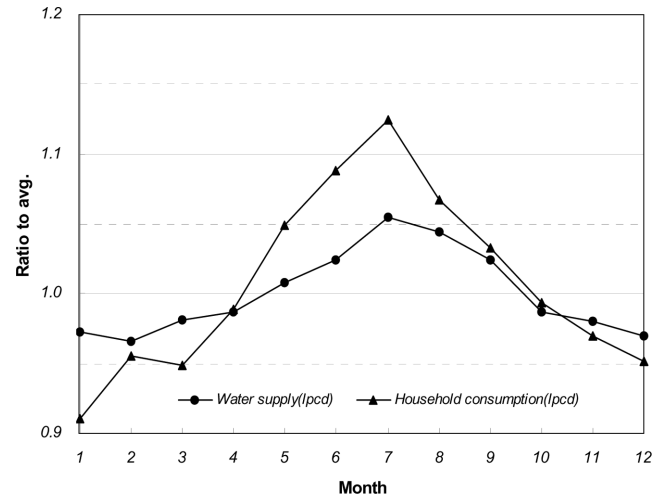


Fig. 6 Ratios to average monthly consumed and supplied water (LPCD)

으로 나타났다. 반면에 음식조리 및 설거지 등에 사용되는 싱크대 용수와 세면용수의 편차는 연중 4 l 내외로 계절적인 영향을 거의 받지 않는 것으로 나타났다(Fig. 5 참조).

공급량 원단위와 사용량 원단위의 평균에 대한 월별사용량 비율을 도시하면 Fig. 6과 같다. 가정용수의 사용량이 전체 생활용수 공급량에 비하여 변동폭이 크게 나타났으며, 평균 대비 첨두율은 약 1.12, 최소사용월 대비 최대사용월의 비율은 1.24로 나타났다. 이는 일본수도협회(건설교통부, 2002)에서 조사된 자료와 비교하면 사용경향이 매우 유사하며 가정용수와 급수량 사이의 상관성도 비슷한 결과이다.

## 3.2 기온에 따른 사용량

### 3.2.1 용수공급량과 기온의 상관관계

여러 연구자들이 기온과 상수사용량 사이에 유의한 상관관계가 있음을 보고하였고, 이를 이용한 다양한 회귀분석 모형들이 개발되었다(Gibbs, 1978; Zhou et al., 2000).

본 연구에서 취득한 상수공급량 자료를 인근 수원지점의 기온자료와 분석해 본 결과 상관관계수(r)이 0.56으로 큰 상관성을 보이지는 않았으나 신뢰구간 95%범위에 포함되는 자료에 대하여 기온의 증가에 따라 물사용량은 증가하는 경향을 보여 물사용량에 영향을 미치는 인자로 간주할 수 있다. 기온에 따른 공급량의 변화를 보다 명확하게 규명하기 위하여 5°C도 단위로 나누어 용수공급량 평균을 도시한 결과, Fig. 7과 같이 20°C까지는 물사용량에 변화가 크지 않았

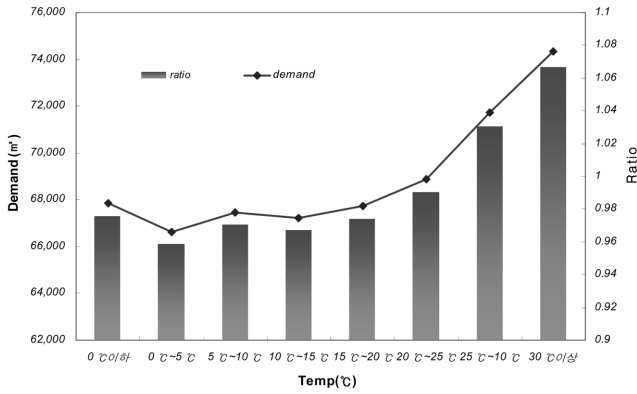


Fig. 7 Variation of supplied water to temperature interval(5)

나, 20°C를 넘어서면서 온도가 상승함에 따라 용수공급량이 급격하게 증가하는 경향을 보이고 있다.

### 3.2.2 가정용수 사용량과 기온의 상관관계

가정용수의 용도별 사용량과 기온의 상관관계를 파악하기 위하여 서울지역 31가구의 용도별 실측자료를 추출하였다. 기온과 총량용수 원단위 전체를 도시한 결과, 총량용수는 Fig. 8과 같이 0~696 lpcd, 기온은 -14~32°C의 범위에서 뚜렷한 경향이 나타나지 않았으나, 온도를 2간격으로 나누어 사용량 평균값을 구한 결과, -14~0°C사이에서 기온이 상승함에 따라 사용량이 급격하게 증가하는 경향을 보였다.

반면에 0°C를 기준으로 기온이 증가하더라도 총량용수에

는 변화가 없는 특징을 보였다.

Fig. 9~11과 같이 세면용수와 세탁용수는 기온이 증가함에 따라 선형적으로 증가하는 경향이 뚜렷하게 나타나고 있다. 특히 기온이 영하에서 0°C까지 급격하게 사용량이 증가하는 패턴을 보이고 있다. 욕조용수는 0~20°C까지는 뚜렷한 경향을 보이지 않았으나, 20°C를 넘어서면서 사용량 증가가 확연하게 나타나고 있다. 기온이 상승함에 따라 야외활동이 많아져서 세면용수, 세탁용수, 욕조용수가 증가하는 것으로 판단되며, 특히 여름철로 접어들면서 잦은 샤워로 인하여 욕조용수의 사용량이 더 크게 증가하는 것으로 판단된다.

반면에 Fig. 12, Fig. 13과 같이 변기용수와 싱크대용수는 기온에 따른 상관성이 나타나지 않았는데, 변기용수의 경우 기온이 영하에서 0°C까지는 증가하는 경향을 보이다가 20°C 이상부터 다시 감소하는 소비패턴을 보이고 있다.

Table 3은 앞서 살펴본 기온에 따른 용도별 사용량의 상관관계를 상관계수로 정리한 것이다. 세탁용수, 세면용수의 경우 높은 상관관계를 보인 반면, 변기용수, 싱크대용수는 음의 상관관계를 보였다. 외부 기온의 변화는 가정용수중 주로 야외활동과 관련있는 용수의 증감에 영향을 미치게 되고, 기본적인 취사와 용변 등에 소요되는 용수는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

## 3.3 용도별 사용량의 상관성 분석

### 3.3.1 용도별 사용량 사이의 상관관계

조사기간 2002~2006년 사이의 각 용도별 사용량의 월간

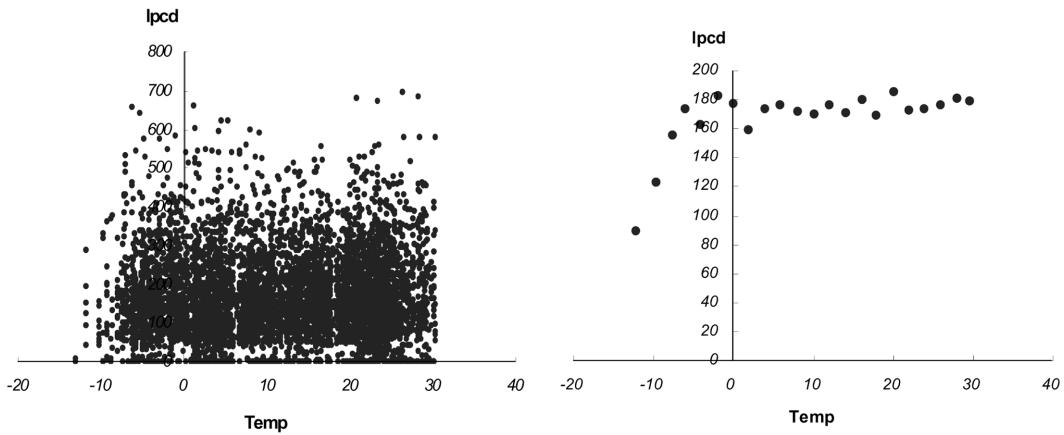


Fig. 8 Variation of total water use according to temperature

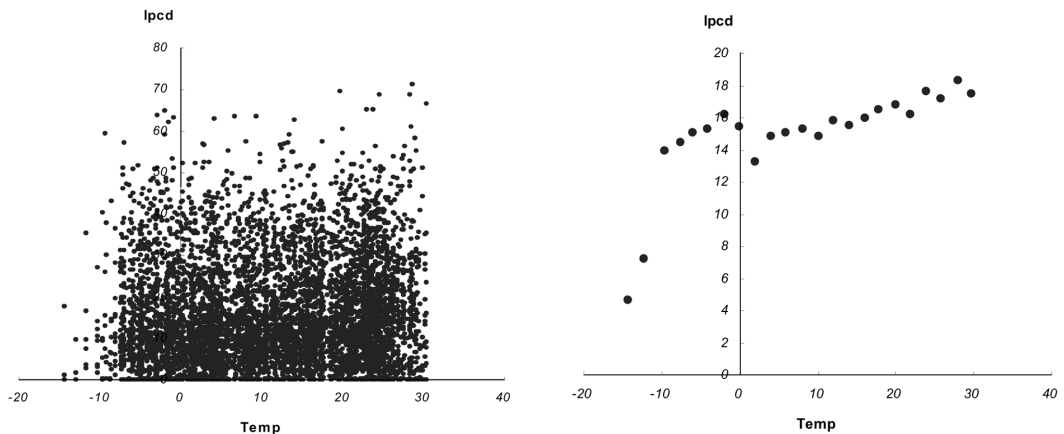


Fig. 9 Variation of washbowl water use according to temperature

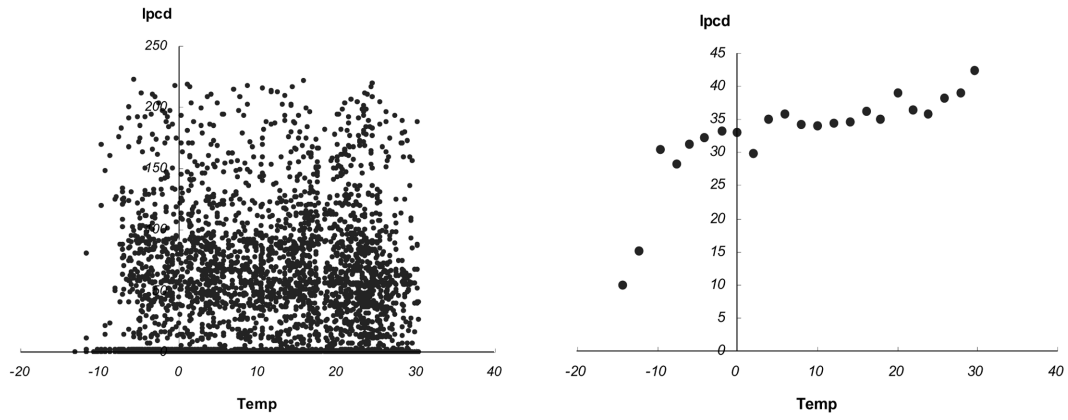


Fig. 10 Variation of laundry water use according to temperature

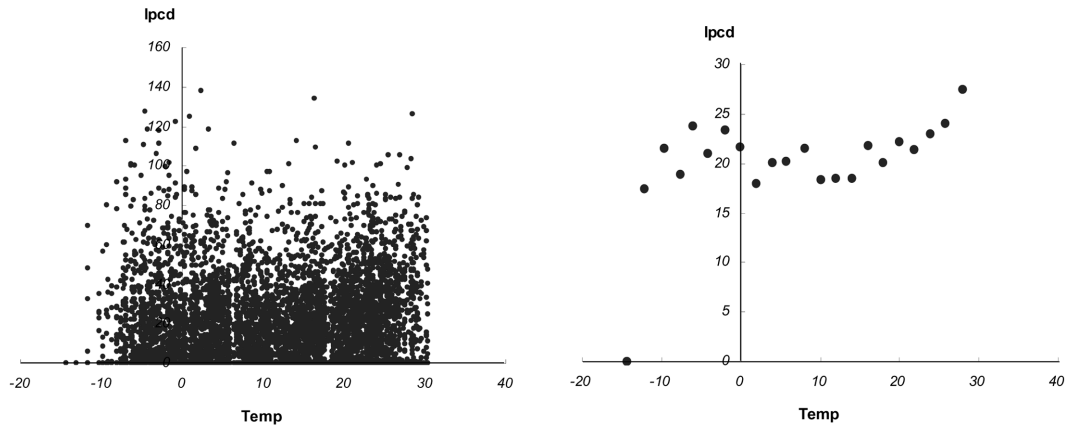


Fig. 11 Variation of bathtub water use according to temperature

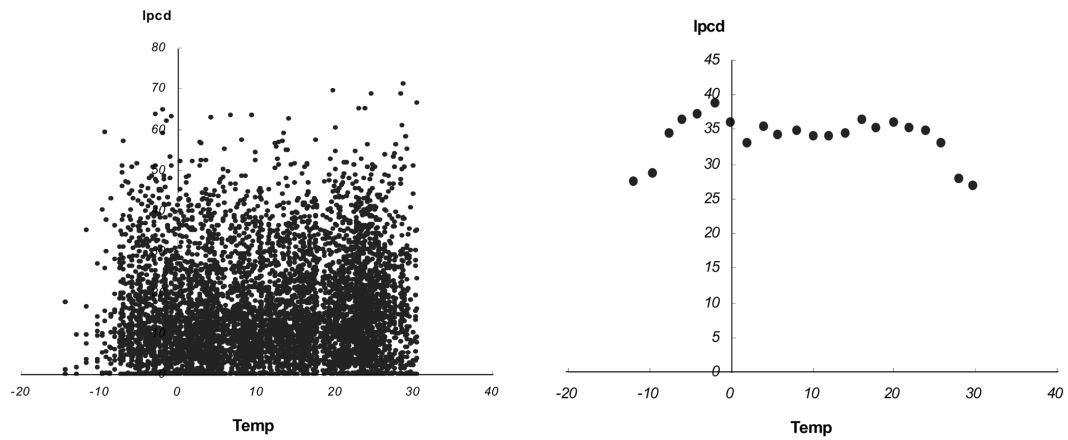


Fig. 12 Variation of toilet water use according to temperature

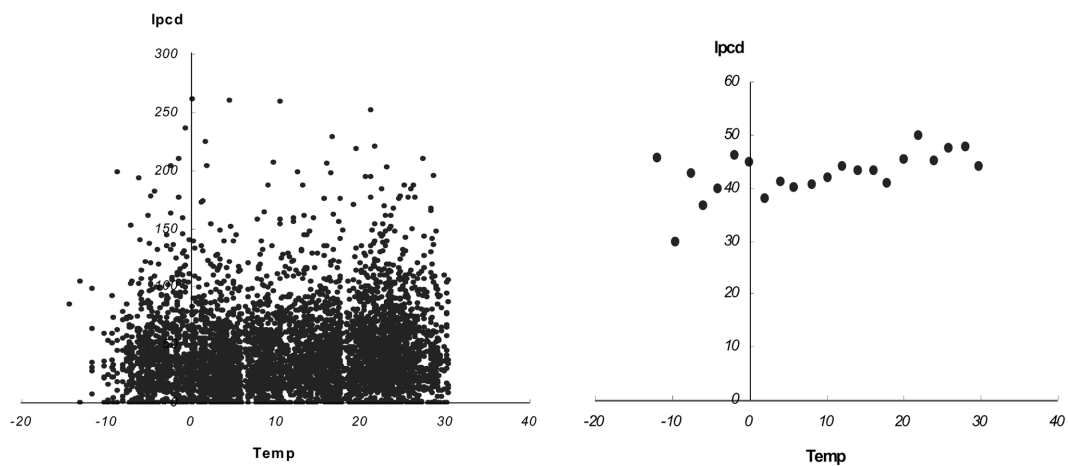


Fig. 13 Variation of kitchen water use according to temperature

Table 3. Correlation coefficients between end-uses water demand and temperature

Water use	Correlation coefficient
Total	0.60
Laundry	0.78
Washbowl	0.73
Bathtub	0.51
Toilet	-0.14
Kitchen	-0.10

평균값에 대한 시계열그래프는 Fig. 14에 도시하였다. 여기에서는 계절별로 다소간의 증감이 나타나고 있으며, 총량용수는 서서히 증가하는 경향을 보이고 있다.

Table 4는 각 용도별 용수의 상관관계를 분석한 결과이다. 용도별 월별평균 사용량에 대하여 상관관계를 분석한 결과 세탁용수와 기타용수의 상관계수가 가장 높았으며, 세면용수와 욕조용수의 상관계수도 0.72으로 비교적 높게 나타났다. 기타용수의 용도가 대부분 배란다, 정원 등 청소용으로 활용되므로, 세탁과 청소가 동시에 이루어지는 가정활동과 관련이 깊은 것으로 판단된다. 반면 싱크대용수의 경우 취사목적으로 사용되므로 시계열에 따른 변동이 크지 않았으며, 타 용수와의 상관성도 높지 않은 것으로 나타났다. 세면용수와 욕조용수는 욕실내 사용용수로서 여름철 샤워와 세면으로 사용량이 증가하고 있으며, 상대적으로 겨울철에는 사용량이 줄어드는 유사한 경향을 보이고 있다.

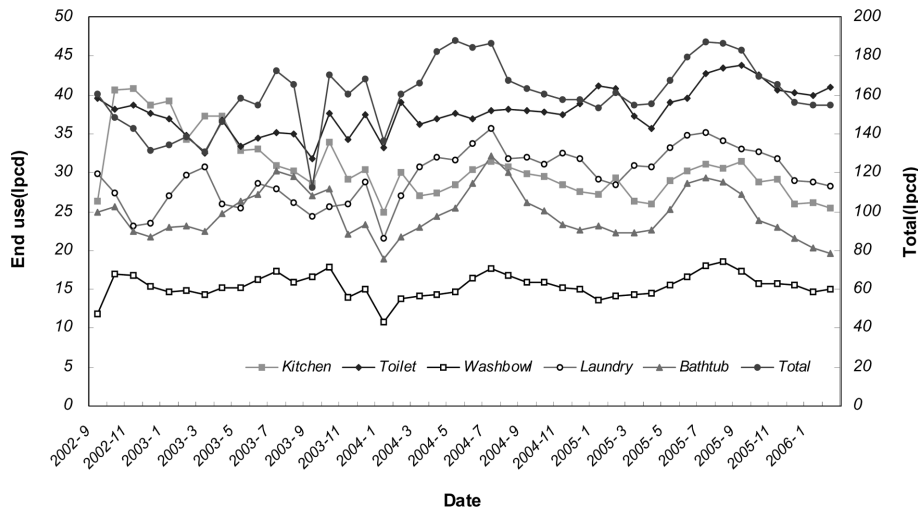


Fig. 14 Time series trend of end-uses water demand in household

Table 4. Correlation analysis of end-uses water demand

Water use	Kitchen	Toilet	Washbowl	Laundry	Bathtub	Miscellaneous	Total
Kitchen	1						
Toilet	-0.15657	1					
Washbowl	0.37835	0.28999	1				
Laundry	-0.30467	0.48944	0.34699	1			
Bathtub	0.18425	0.02980	0.72036	0.41543	1		
Miscellaneous	-0.38804	0.50357	0.30263	0.75228	0.43514	1	
Total	-0.35319	0.46209	0.46021	0.68619	0.62099	0.76239	1

### 3.3.2 용도별 사용량의 분산분석

가구특성인자 가운데 주택유형, 실거주인수, 가족구성, 건평, 수입, 맞벌이 여부, 절수형변기 여부, 비데기 유무 등에 대하여 각 용도별 사용량에 대한 유의수준 0.05에서 분산분석을 수행한 결과 주택유형, 실거주인수, 가족구성에서 유의한 결과가 도출되었고, 나머지 인자에 대해서는 유의한 차이가 발견되지 않았다(Table 5 참조). 세면용수는 인자별로 차이가 없었으며, 욕조용수는 주택유형에서 차이가 발견되었다. 또한 싱크대용수, 변기용수, 기타용수, 총량용수는 실거주인수와 가족구성에서 물사용량에 차이가 있으며, 세탁용수는 실거주인수에서만 유의한 차이를 보였다. 실거주인수의 경우 대부분의 용수사용에 차이가 나타나 실거주인수가 1인 1일 가정용수 사용량에 미치는 영향이 큰 것으로 추정된다. 유의한 결과에 대한 각각의 통계분석값은 부록에 제시하였다.

주택유형별 분산분석결과에 대한 Duncan의 사후검증결과를 Table 6과 같으며, 단독주택과 아파트, 아파트와 공동주택은 욕조용수 사용량의 차이가 유의하지 않다고 볼 수 있는 반면, 단독주택과 공동주택 간에는 유의한 차이가 있는 것으로 보인다. 또한 실거주인원이 많아질수록 용도별 용수의 평균사용량은 당연히 증가하는 경향을 보였으며, 변기용수와 싱크대용수 등에서 실거주인원이 2인인 경우와 6인 이상인 경우가 다른 경우(3, 4, 5인)와 유의한 차이가 나타나 Duncan 사후검정을 실시하고 검증결과를 Table 7에 제시하였다. 가족구성에 대하여 1세대, 2세대, 3세대, 기타 가구로 4그룹으로 분류하여 사용목적별로 분석한 결과 변기, 싱크대, 기타, 총량용수는 유의수준 0.05에서 그룹별로

Table 5. Results of variance analysis in end-uses water demand in household

	세면	욕조	싱크대	세탁	변기	기타	총량
주택유형	×	○	×	×	×	×	×
실거주인 수	×	×	○	○	○	○	○
가족구성	×	×	○	×	○	○	○
건평	×	×	×	×	×	×	×
수입	×	×	×	×	×	×	×
맞벌이	×	×	×	×	×	×	×
절수형변기	×	×	×	×	×	×	×
비데기유무	×	×	×	×	×	×	×

Table 6. Duncan grouping by housing types for verification of ANOVA

Water use	Duncan Grouping		Mean	N	Housing type
Bathtub	A		28.815	16	Multi-housing
	A	B	24.934	69	Apartment
		B	18.991	36	Single

Table 7. Duncan grouping by number of residents for verification of ANOVA

Water use	Duncan Grouping		Mean	N	No. of residents
Toilet	A		62.250	14	2
		B	41.198	26	3
		B	37.047	57	4
		B	35.042	27	5
		C	23.241	9	over 6
Kitchen	A		44.371	9	2
		B	31.974	23	3
		B	30.396	45	4
		B	23.695	21	5
		C	17.845	10	over 6
Laundry	A		39.981	23	3
	A	B	31.869	56	4
	A	B	30.736	12	2
		B	25.158	27	5
		B	19.702	10	over 6
Miscellaneous	A		34.320	6	2
		B	13.681	10	3
		B	11.833	3	over 6
		B	8.346	9	5
		B	6.292	16	4
Total	A		238.35	10	2
		B	163.30	14	3
		B	152.27	38	4
		B	150.94	4	over 6
		B	141.63	15	5

유의한 차이가 나타났으며 유의한 차이가 있는 용수들에 대하여 Duncan 사후검증을 실시하여 Table 8에 결과를 제시하였다.

Table 8. Duncan grouping by number of generation for verification of ANOVA

Water use	Duncan Grouping		Mean	N	No. of generation
Toilet	A		66.225	12	1
		B	37.495	97	2
		B	32.300	17	3
		B	30.992	6	Miscel.
Kitchen	A		47.738	7	1
		B	28.723	80	2
		B	26.214	16	3
		B	19.115	4	Miscel.
Miscellaneous	A		34.320	6	1
	A	B	16.648	2	Miscel.
		B	8.820	30	2
		B	8.365	6	3
Total	A		238.35	10	1
		B	154.97	60	2
		B	142.95	8	3
		B	119.70	3	Miscel.

### 3.3.3 상관관계 분석

가정용수의 용도별 사용량과 가구특성인자 가운데 양적변수에 해당하는 실거주인원, 수도요금, 건평, 방의 개수, 한달 총수입에 대한 상관분석결과는 Table 9와 같다. 양적변수와 각 용도별 사용량사이는 대체로 낮은 상관계수를 보이고 있으며, 가설검증결과에서는 실거주인수와 변기, 취사, 총량용수에서만 유의한 음의 상관성이 있는 것으로 나타났다. 가구 특성인자는 앞서 언급한 기온과 같은 외부인자에 비해 상관관계가 매우 낮은 특성을 보였다.

## 4. 결 론

1. 가정용수의 사용패턴을 분석하면, 토요일에 사용량이 가장 많고, 월간 중에는 7월의 사용량이 가장 높았으며, 월별 사용량의 침투율은 평균대비 1.12로 나타났다. 기온에 따른 용도별 사용경향에서 총량용수는 -14°C~0°C까지 물사용량이 급격하게 증가하는 경향을 보였으나, 0°C이상에서는 큰 변화양상을 보이지 않았다. 반면에 세면, 세탁, 용조용수는 0°C이상에서도 점진적인 증가경향을 보였으며,



Table 9. Results of correlation analysis between affecting factors and end-uses

Water use	Statistics	Residents	Rate	Area	Rooms	Income
Toilet	Correlation	-0.42867	0.14131	-0.11313	-0.05291	-0.05695
	p-value	<0.0001	0.1047	0.1965	0.5453	0.515
Kitchen	Correlation	-0.33605	0.04687	-0.10533	-0.11387	-0.07522
	p-value	0.0004	0.6301	0.2803	0.2406	0.4391
Washbowl	Correlation	-0.22117	-0.15492	-0.1013	-0.12835	0.04184
	p-value	0.0156	0.0925	0.275	0.1642	0.6514
Laundry	Correlation	-0.21899	-0.08704	-0.12658	-0.15314	0.06553
	p-value	0.013	0.3286	0.1562	0.0844	0.4624
Bathtub	Correlation	-0.11087	-0.1163	-0.14464	-0.16581	0.08739
	p-value	0.228	0.2059	0.1165	0.0703	0.3426
Total	Correlation	-0.38954	-0.07451	0.05177	-0.08271	0.05787
	p-value	0.0003	0.5085	0.6462	0.4629	0.6078

변기용수는 오히려 감소하는 경향을 보였다. 기온에 대한 용도별 사용량의 상관관계 분석결과 세면용수가 상관계수 0.73으로 상관성이 가장 높았으며, 변기용수는 -0.14로 매우 낮은 음의 상관성을 보였다.

2. 각 인자별로 가정용수 사용량 원단위의 차이를 검토하기 위하여 주택유형, 실거주인수, 가족구성, 건평, 수입, 맞벌이여부, 절수형변기, 비데기유무 등에 대하여 분산분석을 수행하였다. 주택유형의 경우 욕조용수의 사용량에 차이가 발견되었고, 가족구성의 경우 싱크대, 변기, 기타, 총량용수에서 유의한 차이가 발견되었다. 특히 실거주인수는 세면과 욕조를 제외한 모든 용도별 사용량에서 유의한 차이를 보여 거주인수의 증감에 따라 용도별 사용량의 차이가 분명히 발생하며, 이는 향후 가구당 용수사용량을 설계하는 경우 평균 거주인수에 대한 신중한 검토가 필요할 것으로 판단되었다.
3. 가정용수 용도별 사용량에 영향을 미치는 여러 가지 인자들에 대한 상관관계 분석결과, 실거주인수, 수도요금, 건평, 방의 개수, 한 달 총수입과 같은 양적변수는 매우 낮은 상관성을 보였으며, 실거주인수와 변기, 취사 및 총량용수에서만 음의 상관을 가지는 것으로 나타났다.

본 연구로부터 도출된 결과는 가정용수의 용도별 사용특성 분석결과는 수요예측, 수요관리 정책수립, 수도관련 기자재 및 시설의 규격결정 등에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

건설교통부, 한국수자원공사(2002) 실측을 통한 생활용수의 예측

### 모델 개발

김주환, 김화수, 이두진, 김기형(2007) 가정용수의 용도별 사용량 모니터링을 통한 물수요 특성 분석, *대한환경공학회지*, 대한환경공학회, 제29권, 제8호, pp. 864-869.

김정옥, 손영숙, 백장선(2001) 수리통계학, 자유아카데미.

이상은, 최동진, 박희경(2007) 시스템 다이내믹스를 이용한 도시 물수요 장기 예측의 동적 모델 연구, *대한상하수도학회지*, 대한상하수도학회, 제21권, 제1호, pp. 75-82.

한국수자원공사(2001) 용도별 유량계 설치를 위한 표본선정 수립 운영 보고서.

AWWA Research Foundation (2000) Commercial and institutional end uses of water, *AWWARF*, Denver.

AWWA Research Foundation (1999) Residential end uses of water, *AWWARF*, Denver.

Cochran, R. and Cotton, A.W. (1985) Municipal water demand study, oklahoma city and tulsa, oklahoma, *Water Resources Research*, Vol. 21, No. 7, pp. 941-943.

Darmody, J., Maddaus, W., and Beatty, B. (1998) Water use surveys improve the effectiveness of demand management, *Proceedings of the 11th IWSA-ASPAC Regional Conference, Integrating the Urban Water Cycle*, Sydney, 1-5 November.

Denver Water (2006) Post drought changes in residential water use.

Duncan, D.B. (1955) Multiple range and multiple F tests, *Biometrics*, Vol. 11, pp. 1-42.

Foster, H.S. and Beattie, B.R. (1979) Urban residential demand for water in the united states, *Land Economics*, Vol. 55, No. 1, pp. 43-58.

Gibbs, K.C. (1978) Price variable in residential water demand models, *Water Resources Research*, Vol. 14, pp. 15-18.

Zhou, S.L., McMahan, T.A., Walton, A., and Lewis, J. (2000) Forecasting daily water demand: a case study of Melbourne, *Journal of Hydrology*, Vol. 236, pp. 153-164.

(접수일: 2008.4.1/심사일: 2008.7.14/심사완료일: 2008.8.2)

**<부 록>**

(1) 주택유형에 대한 분산분석 결과

**표 A-1. 주택유형별 사용량 자료갯수**

주택유형	용도별	세면	욕조	싱크대	세탁	변기	기타	총량
단독주택		33	35	37	41	42	14	13
아파트		69	69	50	68	70	28	61
공동주택		17	16	21	19	21	2	7

**표 A-2. 주택유형에 따른 용도별 사용량에 대한 분산분석 결과**

용도	source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
변기	Model	2	1005.92	502.96	1.45	0.2374
	Error	130	44961.97	345.86		
	Total	132	45967.90			
싱크대	Model	2	989.14	494.57	1.57	0.2133
	Error	105	33117.21	315.40		
	Total	105	34106.34			
세탁기	Model	2	375.87	187.93	0.44	0.648
	Error	125	53959.15	431.67		
	Total	127	54335.01			
욕조	Model	2	1299.85	649.93	3.09	0.0492
	Error	117	24609.51	210.34		
	Total	119	25909.36			
세면	Model	2	242.15	121.08	0.79	0.4577
	Error	116	17851.17	153.89		
	Total	118	18093.32			
기타	Model	2	213.17	106.58	0.37	0.696
	Error	41	11949.97	291.46		
	Total	43	12163.14			
총량	Model	2	3264.13	1632.06	0.44	0.6472
	Error	78	290935.15	3729.94		
	Total	80	294199.28			

(2) 실 거주인원에 대한 분산분석 결과

**표 A-3. 실거주인원수별 사용량 자료갯수**

거주인원	용도별	세면	욕조	싱크대	세탁	변기	기타	총량
2인		12	12	9	12	14	6	10
3인		20	22	23	23	26	10	14
4인		54	53	45	56	57	16	38
5인		24	25	21	27	27	9	15
6인 이상		9	8	10	10	9	3	4

표 A-4. 거주인원에 따른 용도별 사용량에 대한 분산분석 결과

용도	source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
변기	Model	4	10565.41	2641.35	9.55	<0.0001
	Error	128	35402.49	276.58		
	Total	132	45967.90			
싱크대	Model	4	4232.64	1058.16	3.65	0.008
	Error	103	29873.70	290.04		
	Total	107	34106.34			
세탁기	Model	4	4093.23	1023.31	2.51	0.0456
	Error	123	50241.78032	408.46976		
	Total	127	54335.01389			
욕조	Model	4	1258.30763	314.57691	1.47	0.2166
	Error	115	24651.05567	214.35701		
	Total	119	25909.3633			
세면	Model	4	1022.59645	255.64911	1.71	0.1532
	Error	114	17070.73105	149.74325		
	Total	118	18093.3275			
기타	Model	3	3616.05862	1205.35287	5.64	0.0025
	Error	40	8547.07879	213.67697		
	Total	43	12163.13741			
총량	Model	3	68302.4148	22767.4716	7.76	0.0001
	Error	77	225896.8624	2933.7255		
	Total	80	294199.2771			

(3) 가족구성에 대한 분산분석 결과

표 A-5. 가족구성별 사용량 자료값수

가족구성	용도별	세면	욕조	싱크대	세탁	변기	기타	총량
1세대		11	10	7	11	12	6	10
2세대		87	88	80	94	97	30	60
3세대		15	16	16	17	17	6	8
기타		5	5	4	5	6	2	3

표 A-6. 가족구성에 따른 용도별 사용량에 대한 분산분석 결과

용도	source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
변기	Model	3	10259.58	3419.86	12.26	<0.0001
	Error	128	35694.34	278.86		
	Total	131	45953.916			
싱크대	Model	3	2973.20	991.067	3.33	0.0226
	Error	103	30676.83	297.83		
	Total	106	33650.03			
세탁기	Model	3	2482.25	827.42	1.96	0.1228
	Error	123	51804.93	421.18		
	Total	126	54287.17			
욕조	Model	3	497.84	165.95	0.75	0.5239
	Error	115	25408.54	220.94		
	Total	118	25906.38			
세면	Model	3	1154.83	348.94	2.59	0.0561
	Error	114	16927.44	1448.49		
	Total	117	18082.27			

표 A-6. 계속

용도	source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
기타	Model	3	3399.40	1133.13	5.17	0.0041
	Error	40	8763.74	219.09		
	Total	43	12163.14			
총량	Model	3	69480.64	23160.2	7.94	0.0001
	Error	77	224718.64	2918.42		
	Total	80	294199.28			