

가정용수의 사용 목적별 소비경향 특성분석

Analysis of Domestic Water Consumption Characteristics for Water Usage Purpose

최선희 · 손미나 · 김상현*

Sun-hee Choi · Mi-na Son · Sang-hyun Kim*

부산대학교 환경공학과

(2007년 9월 15일 접수 ; 2007년 12월 20일 채택)

Abstract

Throughout the analysis of field data from water distribution system, valid parameters were determined that can be included in the water service and design plan. This study investigates water consumption patterns to understand the variation of water-demand structures utilizing the pattern analysis of domestic purpose water. Water use data were collected by a public water resources management firm in Korea, Kwater, for 140 houses monitored during three years. Flow meters were installed at the faucet for drinking water, the shower booth, the laundry machine, bathroom sink, toilet, and garden faucet. Data was filtered using multiple physically meaningful criteria to improve analysis credibility. Mann Kendall and Spearman's ρ tests were used to carry out the analysis. Distinct factors of water consumption patterns can be determined for both increasing and decreasing trends of water use. Throughout the data analysis, the characterization of terms was classified and analyzed by the condition of the location of water-demand. Analysis of this data provide a physical basis for the parameter configuration of a reasonable design for a domestic water demand prediction model.

Key words : 가정용수, 경향성분석, Mann-Kendall Test, Spearman's Rho Test

주 제 어 : Domestic water, Trend analysis, Mann-Kendall 시험법, Spearman's, Rho 시험법

1. 서론

상수도는 도시 생활을 영위하는 모든 사람들에게 이용되는 시설로 일상생활과 도시 제반활동을 유지하게 해준다. 안정적으로 용수를 공급하기 위해서 공급관리와 수요관리의 두 측면의 균형적인 반응을 통해 보다 적합한 수자원 관리

정책을 수립 해야 한다. 과거에는 단순한 공급 중심의 수자원 계획으로 신설기반 확충을 위해 간단한 예상 용수 수요량만을 필요로 했지만 상수도 보급률이 90%에 육박하는 현 시점에서는 수요 특성과 수요 관리 효과를 반영하는 기능을 포함하는 수요량 예측이 이루어져야 한다. 물 수요의 정확한 예측이 상수도 운영의 보다 개선된 계획, 설계, 운영 및 관리

*Corresponding author Tel : +82-51-510-2168, FAX:+82-51-583-1619, E-mail: kimsanghyun@pusan.ac.kr (Kim, S.H)

의 핵심이라 할 수 있는 것이다(곽승준 외, 2004). 신뢰성 있는 물 수요예측을 실시하기 위해서는 실측 자료를 이용하여 다양한 수요 구조의 변화를 합리적으로 반영할 수 있는 수요 예측방법을 개발·활용하는 것이 필요하다(환경부, 2003).

최근의 물 수요량 경향성을 분석한 사례를 보면 남아프리카 공화국에서는 상업 및 산업 분야에서 온수 사용시스템의 설계인자인 온수 사용량 소비경향을 분석하였다(Rankin 등, 2005). 또한 재생가능한 수자원의 소비 경향을 분석하여 세계적인 도시의 물 사용량과 물 수요량의 가용성 사이의 중요도를 이해할 수 있는 지표 제공을 위한 연구도 실시된 바 있다(Jenerette 등, 2006). Melbourne에서는 경향성, 계절적 요인, 기후상관성, 자기상관성의 4가지 인자를 이용하여 도시지역의 물 수요량을 예측하였다(Zhou 등, 2000). 홍콩에서는 597개 가구 거주자의 현황, 낮 동안 수세식 용수 사용량의 변화, 물탱크의 유출과 보충 주기, 부피 조사를 통해 주택용 빌딩에서의 수세식 용수 시스템으로 물 소비와 유량을 결정하기 위한 수학적 모델을 제시하였다(Wong 등, 2007). 국내 수요량 관련 선행 연구로는 환경부에서 실시한 물 수요관리의 국내외 현황 조사와 수요 관리 수단의 경제성 분석을 바탕으로 물 수요관리 종합대책이 있고(환경부, 2002), 효과적인 절수 정책을 추진하기 위해 가계부문의 물 소비행태와 이로 인한 물 사용량의 차이에 대한 원인을 분석한 연구가 있다(환경부, 2003). 물 소비경향 추세와 특성을 분석하기 위해 각 지자체별로 물 사용 경향 조사사업을 실시했으며, 국내 상수도 생산량 및 업종별 수도물 사용현황을 파악한 후 '물 절약 종합대책, 추진현황과 물 절약 효과'에 대한 분석 자료를 정리하여 절수기 설치 의무화의 타당성을 검토하였다(환경부, 2005).

기존에 수요량 관련 연구가 진행된 바 있지만, 수도계획 및 설계에 사용할 수 있는 신뢰성 있는 설계인자를 도출하기가 어려워 물 수요 관리 정책 수립이나 수도 요금 체계 조정 등의 물 수요 관리 계획 수립에 애로를 겪고 있다. 실제 가정용수의 물 수요량을 예측할 때, 각 수요 예측 결과를 활용하고 사용하는 목적에 따라 다양한 예측 방법으로 산정되어야 함에도 불구하고 이를 혼동하는 사례가 많은 것으로 파악되고 있다.

수요 예측 기법에는 용수사용량에 영향을 미치는 인자를 고려하는 사회·경제적 인과/구조모델, 용도별 원단위법 또는 물 사용 목적별 모델 등이 있으며, 예측방법이나 목적에 따라 각각 다르게 설정하여 이용하고 있다. 각각의 기법을 적절히 활용하기 위해서는 기법에 맞는 자료의 구축이 일차적으로 이루어져야한다. 따라서 본 연구에서는 실측 자료를 기반으로 하여, 기존의 원단위법의 단순 수요 예측 한계를 넘어서서 물 사용 형태에 주목하여 용수수요를 구성하는 사용목적 또는 최종소비별로 장래수요량을 예측하는 방법인

사용목적별 분석 모형을 설정하기 위한 자료 구축 기반을 마련하고자 한다.

구체적인 방법론으로 첫째, 관측 자료의 신뢰성을 재고하기 위한 필터링 방법론을 개발하여 적용하고 둘째, 관측 수요량 자료의 경향성 분석을 수행하여 사용목적별 수요량의 증가·감소 성향을 분석을 통해 사용목적별 수요관리 및 예측에 기여함을 목적으로 한다.

2. 자료획득 및 유효자료의 선별

2.1 자료 획득

본 연구의 사용 자료는 한국수자원공사에서 2002년부터 2006년 2월까지 약 3년 6개월 동안 전국 총 55개 시·군 140가구이며, 사용목적별로 전자식 유량계를 설치하여 얻은 용도별 용수의 실 사용량을 측정하였고, 지역별 분포 Table 1과 같다. 전체 140개 가구 중 설문을 실시하지 못한 4가구를 제외한 136가구를 실제 가정용수의 목적별 사용량 조사 분석에 활용하였다(수자원공사, 2002). 자료의 측정 센서는 유량계(유천(주):전자식 수도미터, EM100 EM200)를 사용하였으며, 자료 측정 주기는 1일과 1시간 주기로 두 가지이다. 측정 대상 항목은 싱크대, 세탁기, 변기, 욕조샤워기, 세면기, 베란다, 앞마당 등이며 이는 측정 가구마다 차이를 보이고 있다. Fig. 1에서 사용목적별 각 가정의 유량계 설치 현황을 나타내고 있다. 세면의 목적으로 이용되는 용수 즉 세면기에 가장 많은 비율로 유량계가 설치되었으며, 발코니, 마당 등의 기타잡수의 용도로 사용되는 용수에 가장 적은 비율로 유량계가 설치되었다.

2.2 유효자료의 선별

효율적인 물 관리를 위해서는 물 수요관리에 영향을 주는 인자들을 정확하게 조사하여야 하므로 수요처별 물 수급 상

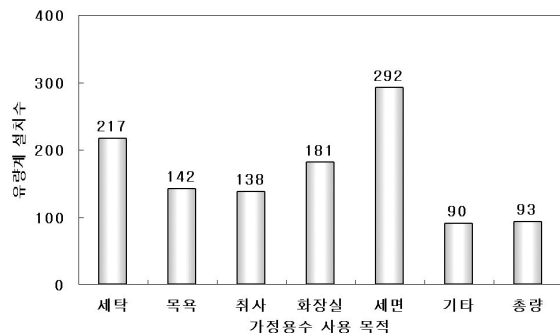


Fig. 1. The number of current meters installed and operated, EXTRA : miscellaneous purposes for watering and cleaning.

Table 1. Locations of data acquisition

지역	지 역 명 (설치 가구수)	지역수
강원도	강릉(1), 원주(1), 춘천(1), 홍천(1)	4
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
경상도	경산(1), 경주(1), 구미(2), 김해(1), 밀양(1), 산청(1), 안동(2), 창원(1), 칠곡(1), 포항(3), 함안(1)	15
전라도	광양(1), 군산(1), 목포(2), 여수(1), 완주(1), 익산(1), 장성(1), 전주(3) 정읍(1), 화순(1)	13
충청도	공주(1), 금산(2), 천안(2), 청원(3), 청주(1)	9
특·광역시	서울(31), 광주(5), 대구(8), 대전(8), 부산(7), 울산(3), 인천(3)	65
계	55	140

항 및 물 수요에 따른 특성 분석 등에 필요한 사회·경제적 기초자료가 절실하다. 따라서 본 연구에서 측정된 결과가 유량계 설치 가정의 사용목적별 실제 가정용수 사용 현황이라는 점에서 수집된 자료가 유용하며 그 자료의 양이 방대하여 자료의 응용 또는 활용 잠재성이 크다. 그러나 현장자료의 전기, 기온, 오차 및 관리부재 등의 여건, 통신 상태, 예측할 수 없는 장비 문제 등으로 인하여 이상자료와 결측자료 같은 문제를 가지고 있어 자료의 분석이 용이하지 못하고 분석결과의 신뢰성을 저해할 수 있게 된다. 자료의 분석에 앞서 실측 자료의 문제점을 바탕으로 분석 가능한 유효자료를 선별하는 과정이 필수적이다. 유효자료의 선별 기준은 다음 세 가지로 나타난다. 첫 번째, 본 연구의 목표가 가정용수의 사용 목적별 소비경향을 알아보기 위한 것이므로 자료 선별의 일차 기준으로 전체 유량계 설치 가정들 가운데서 세탁, 목욕, 취사, 화장실, 세면, 기타의 사용목적별로 유량계가 모두 설치되어있는 가정을 선별하였다. 또한 각 가정의 전체적인 가정용수 소비 경향을 알아보기 위해 총량 유량계도 같이 설치되어 있는 가정을 기준으로 자료를 선별하였다. 두 번째, 2002년부터 조사된 가정용수의 1가구당 사용 목적별 사용량 측정 자료의 결과를 보면 유량계 설치 또는 철수 과정의 문제, 유량계 설치 가정의 이사 등의 유량계 이동으로 인한 오류나 정전 등으로 유량의 측정오류, 기계자체의 오류, 전산상의 오류로 인한 결측자료가 전체 자료의 많은 부분을 차지하고 있다. 결측자료의 경우 누적사용량을 기준으로 하여 결측 구간 전후의 값을 비교·대조하여 내삽법을 이용하여 보정하였다. 세 번째는 이상 자료 즉, 비정상 과다 자료의 출현이 발생한 경우에 각 용도별 극한 사용량을 분석한 결과를 토대로 하여 얻어진 극한값을 이용하였고, 이보다 큰 값은 제외 시켰다(장 외, 2006). 1시간 주기로 얻어진 자료는 그 자료가 매우 방대하고 결측자료의 비율도 아주 높아 본 연구에서는 일 단위를 기준으로 얻어진 자료만 분석하였다.

3. 통계적 분석방법론

실측자료를 기반으로 가정에서 사용되는 용수의 목적별 수돗물 사용 특성을 분석하기 위하여 경향성 분석에 쓰이는

Mann-Kendall 시험법과 Spearman's Rho 시험법을 이용하였다 (Daniel and Wayne, 1990, Myles and Douglas, 1999).

통계적 용어로 주장이나 연구가설은 대립가설 (alternative hypothesis ; H_1)이라 하고 연구가설의 반대 주장은 귀무가설(null hypothesis ; H_0)라고 한다. 여기서는 수집된 자료가 어떤 규칙을 따른다는 것을 검증하기 위하여 가설 검정의 단계에서 '자료의 경향은 없다'는 귀무가설을 설정하였다. 본 연구에서는 통계분석법을 사용하여 위의 가설 위반 여부를 검증한다.

3.1 Mann-Kendall 시험법(non-parametric)

Mann-Kendall 시험법은 시계열 자료가 주어졌을 때, 자료가 경향성의 여부를 판단하는 방법으로 n 개의 시계열 자료(x_1, x_2, \dots, x_n)가 주어졌을 때, 그 값들의 상대적인 서열(r_1, r_2, \dots, r_n)을 도출하여 구하는 것이다. Mann-Kendall 시험법의 S 통계치는 식 (1)과 같이 계산된다.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(R_j - R_i) \right] \quad (1)$$

여기서, $\text{sgn}(x) = 1$ for $x > 0$, $\text{sgn}(x) = 0$ for $x = 0$, $\text{sgn}(x) = -1$ for $x < 0$ 이다.

일반적으로 자료가 연속적으로 증가하거나 감소하는 경향을 나타내면 S 통계치는 각각 양의 값 또는 음의 값을 가지며, 많은 양의 자료가 나타내는 경향은 그 동향과 더욱 일치하게 된다. 시계열 자료에서 경향이 없다고 정의된 귀무가설 하에서 S 통계치의 분포는 zero평균과 분산을 가지는 것으로 기대된다.

Z 통계치는 식 (2)와 같이 구해진다.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (2)$$

비교를 위한 유의 수준은 정규 확률 분포표로부터 얻을 수 있다.

3.2 Spearman's Rho 시험법(non-parametric)

Spearman's Rho 시험법은 두 변수의 선후관계가 명백하지 않아 종속관계를 정의할 수 없는 경우에 상호의존도를 직선적으로 정량화하는 방법이다. 상관관계를 구하려고 하는 변수가 서열척도인 경우에는 Spearman 상관계수를 산출하는 것이 적합하다. Spearman 상관계수는 두 변수 X, Y 각각의 순위 간에 직선적 관계가 있는지 여부를 확인하는 방법으로 경향성 분석에서 하나는 시계열 자료이고, 다른 하나는 시간 자료이다. Mann-Kendall 시험법과 같이 시계열 자료는 자료 전체에서의 서열로 대체된다.

ρ_s 통계치는 상관계수로서 식 (3)과 같다.

$$\rho_s = S_{xy} / (S_x S_y)^{0.5} \quad (3)$$

여기서,

$$S_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad S_y = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2, \quad S_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})^2$$

이다. 비교를 위한 유의 수준은 정규 확률분포표로부터 얻을 수 있다.

4. 결과 및 토의

각 가정의 사용목적별 가정용수 사용 경향을 알아보기 위해 세면, 취사, 세탁, 화장실, 목욕, 총량으로 구분하여 유량계를 설치하였다. 이들의 목적에서 세부적으로 냉·온수기에도 유량계를 설치하였고, 각각의 사용 목적별 유량계가 설치된 수도꼭지의 개수도 반영하여 결과를 분석하였다. 그러나 같은 목적의 용도로 유량계가 다수로 설치된 자료의 경우에는 그 자료의 분석결과를 합산하여 반영하였다.

Mann-Kendall 시험법과 Spearman's rho 시험법에 의한 Z 통계치 값과 ρ_s 통계치의 값이 유의수준(significance level) 0.01(신뢰수준 0.99)하에서 2.576이상이면 '자료는 경향성이 없다'고 나타낸 귀무가설을 기각하게 되어 자료는

경향성이 있다고 나타낼 수 있다. 또한 Mann-Kendall 시험법에서 S 통계치의 값으로 경향성의 증가·감소의 여부를 판단할 수 있다. Table 2는 금산2와 대전5 가정의 가정용수 사용량을 통계적 분석 방법론에 적용하여 얻어진 결과를 이용하여 나타낸 사용목적별 가정용수 소비경향의 통계분석 예를 보여주고 있다.

Mann-Kendall 시험법의 Z 통계치 값과 Spearman's rho 시험법의 ρ_s 통계치 값을 보면 금산2 가정에서 세면기 냉수, 세탁기 온수, 변기2, 발코니 냉·온수와 대전5 가정에서 싱크대 냉·온수, 변기2, 총량 냉·온수의 결과 값에서 2.576보다 높은 값을 가지므로 자료는 증가 또는 감소의 경향성을 가짐을 알 수 있다. 이 때, Mann-Kendall 시험법과 Spearman's rho 시험법의 결과 값 모두가 2.576이상인 값을 가지는 경우에만 경향성이 있다고 판단했다. 경향성이 있다고 나타난 자료들 가운데서 금산2 가정의 세면기 냉수와 대전5 가정의 싱크대 온수, 총량 온수의 경우에서 Mann-Kendall 시험법의 S 통계치 값이 각각 -140,790, -23,338, -25,624로 음의 값을 나타내므로 자료는 감소하는 경향성이 있다. 반대로 금산2 가정의 세탁기 온수, 변기2, 발코니 냉·온수와 대전5 가정의 싱크대 냉수와 변기2, 총량 냉수 경우에서 Mann-Kendall 시험법의 S 통계치 값이 각각 61,071, 22,317, 37,903, 38,819, 29,967, 48,641, 20,329로 양의 값을 나타내므로 자료는 증가하는 경향성을 가진다. 이와 동일한 통계 분석 기법을 적용하여 조사대상인 모든 가정의 경향성을 분석하였다.

두 가지 통계 분석 방법을 이용하여 사용 목적별 가정용수의 소비 경향성에 대해서 알아보았다. Fig. 2는 분석을 실시한 사용 목적 및 세부 사용 목적별 가정용수 소비 경향성 유·무 정도를 나타낸 것이다. 전체 자료를 분석해 본 결과, 가정용수의 사용 목적별 경향을 보면 대다수의 목적 및 세부 목적별 분석 자료에서 전체 자료군 대비 경향성이 있는 자료의 비율이 56.8%로 경향성을 보이는 자료가 경향성을 보이지 않는 자료의 비율보다 높은 것으로 나타났다. 세부 사용 목적별 경향성을 나타낸 Fig. 2(a)를 욕조 온수 경우를 보면 모두 경향성이 있다고 나타나 있는데 이는 욕조 온수 자료의 개수가 다른 세부 용도의 자료 개수보다 적기 때문에 나타난

Table 2. Statistics for Mann-Kendall test and Spearman's Rho test for two residential places : The numbers in boldface compare with normality table M : Mann-Kendall test, S : Spearman's rho

지역 방법론	세면기		싱크대		세탁기		샤워기		변기		발코니		총량	
	냉수	온수	냉수	온수	냉수	온수	냉수	온수	1	2	냉수	온수	냉수	온수
금산2	S	-140790	-15761	-9334	5373	61071	11709	-6680	22317	37903	38819	-5138		
	z	17.71	2.29	1.16	1.09	11.09	1.47	0.88	3.07	4.81	5.26	1.17		
S	ps	19.19	2.33	1.23	1.55	12.53	0.75	0.97	3.08	5.68	6.85	1.30		
대전5	S	-15995	-7792	29967	-23338	14958	-6341	-12832	48641	-6616		20329	-25624	
	z	2.02	0.99	6.31	3.95	2.40	0.83	1.65	6.14	1.07		3.89	5.08	
S	ps	1.14	0.61	6.11	3.58	3.55	0.94	1.56	6.01	2.56		3.97	5.01	

Table 3. Consumption pattern of domestic water depending upon water usage form

구분	세면기		세탁기		변기	욕조샤워기		싱크대		총량
	냉수	온수	냉수	온수		냉수	온수	냉수	온수	
증가	0.514		0.500		0.474	0.556		0.500		0.588
	0.533	0.500	0.556	0.400		0.588	0.000	0.583	0.250	
감소	0.486		0.500		0.526	0.444		0.500		0.412
	0.467	0.500	0.444	0.600		0.412	0.100	0.417	0.750	

현상으로 보여지기 때문에 직접적으로 경향성의 여부를 판단하기 어려웠다. 전체적으로 세부 사용 목적별 가정용수 소비 경향성의 정도는 세탁 용도로 사용되는 온수의 경향성의 정도를 제외하고는 경향성이 있는 자료 비율이 경향성이 없다고 나타난 자료 비율보다 높게 나타났다. 위의 결과에서 냉·온수로 구분하여 나타난 세부 용도별 경향성 여부를 합산하여 사용 목적별로 경향성을 나타낸 Fig. 2(b)에서 보면 세탁 온수에서 경향성이 없는 자료군의 비율이 높은 것의 영향을 받은 세탁 용도의 경우를 제외하고는 경향성이 있다고 나타난 자료의 비율이 경향성이 없다고 나타난 비율보다 우세한 것을 알 수 있다.

세탁의 용도에서 경향성의 비율이 낮게 나온 것에 대한 설명으로는, 다른 용도별 가정 용수 사용량의 경우 수도꼭지에 유량계를 설치함으로써 직접적으로 목적별 용수 사용량을 측정 가능하지만 세탁 용도는 가정용수 사용량을 측정할 경우 전자제품을 통한 사용량의 측정이 이뤄지므로 기기를 통한 오류의 발생의 확률이 높아지기 때문이라고 판단된다.

경향성이 있다고 나타내진 자료들 가운데서 Mann-

Kendall 시험법의 S 통계치 값을 이용하여 각 가정용수의 사용 목적별로 소비경향의 증가·감소의 여부의 비율을 나타낸 것이 Table 3 이다.

경향성이 있다고 나타난 자료들 가운데서 세면의 용도로 사용되는 가정용수의 경우 소비 경향이 증가하는 비율이 51.4%이고 감소하는 비율이 48.6%로 증가하는 경향이 약간 우세함을 알 수 있다. 세부적으로도 세면 냉수의 경우에서 증가와 감소하는 경향의 비율이 각각 53.3%와 46.7%로 증가하는 경향이 우세를 보이지만 세면 온수의 경우는 경향성 증가·감소의 비율이 유사한 것으로 나타났다. 이와 유사하게 욕조샤워 용도와 총량의 경우에서는 가정용수 소비경향이 증가하는 비율이 감소하는 비율보다 우세하게 나타남을 알 수 있다. 욕조샤워의 경우 세부용도인 욕조 샤워 냉수의 경우에서 소비 경향이 증가하는 비율이 감소하는 비율보다 높게 나타나 있지만, 욕조샤워 온수의 경우는 이와 반대로 감소하는 경향의 비율이 증가하는 경향의 비율보다 높게 나타났다. 이는 욕조샤워 온수의 실 자료 개수가 적어서 나타난 현상이기 때문에 전체적으로 증가하는 경향이 우세하다고 판단할 수 있다. 이와 반대로 변기 용도로 사용되는 경우에는 소비경향이 증가하는 비율이 47.4%이고 감소하는 비율이 52.6%로 감소하는 경향이 우세함을 알 수 있다. 이외에 세탁과 취사의 용도로 사용되는 용수의 경우에는 증가하는 비율과 감소하는 비율이 각각 50%로 같게 나타났다. 하지만 세부적으로는 세탁 냉수와 싱크대 냉수의 경우 소비 경향 증가 비율이 55.6%와 58.8%로 증가하는 경향이 우세하게 나타났고, 세탁 온수와 싱크대 온수의 경우 각각 60.0%와 75.0%로 감소하는 경향이 우세함을 알 수 있다.

이와 같이 나타난 가정용수 소비경향의 결과를 분석하여 실제 가정용수의 사용 목적이 소비경향의 증가와 감소에 미치는 영향력의 정도를 알아보았다. 가정용수 소비경향의 증가에 영향을 미치는 사용 목적별 비율을 나타낸 것이 Fig. 3 이고, 이들 사용 목적의 세부용도별 경향에서 소비경향의 증가에 영향을 미치는 비율을 나타낸 것이 Fig. 4이다.

사용 목적별로 가정용수의 소비경향의 증가에 영향을 미치는 항목을 살펴보면, 전체적으로 유사한 것으로 나타나지만, 이들 가운데서 욕조가 22.1%로 가장 높았으며, 다음으로 세면기, 싱크대, 세탁기, 변기의 순이었다. 가정용수의 사용목적별로 봤을 때 실질적으로 총량의 소비가 증가하는 경

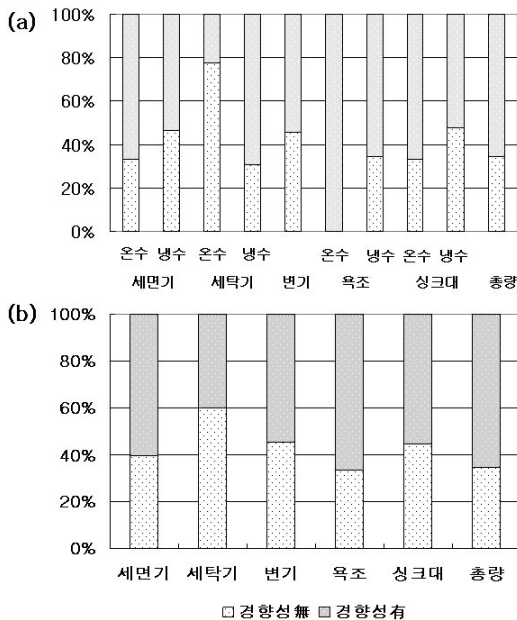


Fig. 2. (a) Existence of water consumption trend depending upon water usage form.
(b) Existence of water consumption trend depending upon detail water usage form.

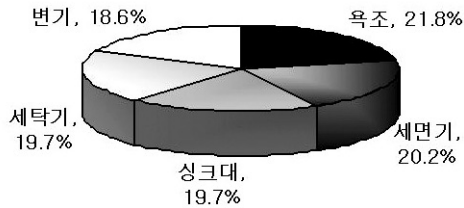


Fig. 3. usage form affecting the increment of pattern of consumption of domestic water.

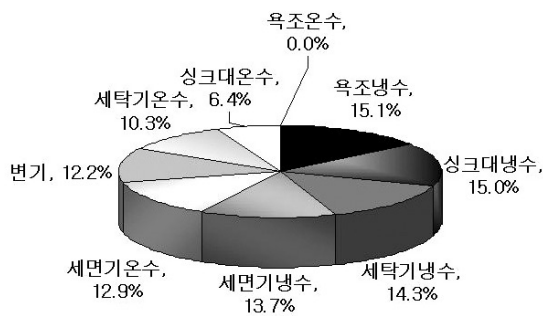


Fig. 4. Detail usage form affecting the increment of pattern of consumption of domestic water.

향에 많은 영향을 미치는 용도는 욕조로 판단할 수 있다. 반대로 가정용수 총량의 감소에 영향을 미치는 용도는 증가의 경우와 반대인 변기, 세탁기, 싱크대, 세면기, 욕조의 순으로 나타났다.

세부 목적별로 가정용수의 소비경향 증가에 미치는 영향을 나타낸 Fig. 4를 보면 욕조 냉수의 경우가 15.1%로 가장 높게 나타났으며, 싱크대 냉수, 세탁기 냉수, 세면기 냉·온수, 변기, 세탁기 온수, 싱크대 온수, 욕조 온수의 순이었다. 세부 목적별 영향을 분석한 결과는 욕조냉수, 싱크대 냉수, 세탁기 냉수, 세면기 냉수 등과 같이 각 용도별 냉수로 사용된 경우가 온수로 사용된 경우의 영향보다 높은 것으로 나타났다. 반대로 가정용수 총량 감소에 영향을 미치는 세부 용도는 증가의 경우와 반대인 욕조 온수, 싱크대 온수, 세탁기 온수, 변기, 세면기 온·냉수, 세탁기 냉수, 싱크대 냉수, 욕조 냉수의 순으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 현장에서 실측된 가정용수 자료에 통계적 분석 방법론인 Mann-Kendall 시험법과 Spearman's rho 시험법을 적용하여 사용 목적별 소비경향을 분석하였다. 전체 자료 군을 바탕으로 경향성의 비율을 알아보았을 때 경향

성이 있는 자료의 비율이 경향성이 없는 자료의 비율보다 높은 것으로 나타났다. 하지만 세탁의 용도로 사용되는 용수의 경우는 경향성이 없는 경우가 높은 비율로 나타나 분석을 실시한 가정의 경향성을 알아보는데 어려움이 있을 것으로 판단된다.

경향성이 있는 자료를 바탕으로 분석한 결과를 살펴보면 세부목적별로 세면기 냉수, 세탁기 냉수, 욕조 냉수, 싱크대 냉수, 총량의 용도로 사용되는 용수의 사용에서 증가하는 경향성이 우세한 것으로 나타났다. 반대로 세탁기 온수와 변기, 싱크대 온수의 경우에는 같은 세부 목적별 용수사용에서 감소하는 경향성이 우세한 것으로 나타났다. 세면기 온수의 경우는 증가·감소의 비율이 유사하게 나타났다.

가정용수의 사용목적별 소비경향을 알아보면 경향성이 없는 자료군의 비율이 경향성이 있는 자료군의 비율보다 높게 나타나 경향성의 증가와 감소의 유·무를 알아보기에 부적합하다고 여겨지는 세탁용 온수의 영향을 제외하고는 세면기, 욕조, 총량 경우의 가정용수 소비가 증가하는 경향이 우세하며 세탁용(냉수의 영향만 고려), 취사용은 가정용수의 소비의 증가와 감소 비율이 유사하게 나타났다. 변기의 경우는 소비가 감소하는 경향이 우세함을 알 수 있었다. 사용 목적별로 가정용수 총량의 소비경향이 증가·감소하는데 영향을 미치는 각 목적별 영향을 알아보면, 욕조가 증가하는데 미치는 영향이 크고, 다음으로 세면기, 싱크대, 세탁기, 변기의 순으로 나타났다. 감소하는데 영향을 미치는 세부 목적들은 증가에 영향을 미치는 순서와 반대로 나타났다. 세부 목적별로 보면 총량의 증가에 욕조 냉수, 싱크대 냉수, 세탁기 냉수, 세면기 냉수, 세면기 온수, 변기, 세탁기 온수, 싱크대 온수, 욕조 온수의 순으로 나타났고, 감소에 영향을 미치는 세부용도는 증가에서 나타난 결과의 반대로 나타났다.

본 연구에서 실측조사를 바탕으로 분석한 가정용수의 소비경향의 결과는 사용목적별 모델을 구축하기 위한 기초 자료로 활용가치가 있다고 판단된다. 이를 바탕으로 용수 수요처의 사용목적별 특성을 이해하고, 이를 활용한 생활용수 예측 모델을 개발함으로써 합리적인 수요예측에 의한 용수 수요의 과다 예측 오해 해소와 경제적 수도시설계획 등 과학적 물 수요관리 정책수립을 위한 기초자료를 제공할 수 있을 것이다.



사사

이 논문은 2007년도 제 2단계 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었으며한국수자원공사에서 실시한 '가정용수 수요량 예측모델개발 연구'의 도움을 받아 이루어졌으므로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 광승준, 이충기, 김기주 (2004) 수도요금 현실화가 용수 수요에 미치는 영향-서울시 사례분석- *서울도시연구*, 제5권 3호 pp. 85~98
2. 장동진, 현인환, 독고석, 구자용, 김상현 (2006) 가정용수 이상치 분석을 위한 극한 사용량 설문조사, *대한 상하수도학회 (공동추계 학술발표회 논문집)*, pp.41~48
3. 한국수자원공사 (2006) "가정용수의 수요량 예측 모델개발 연구", pp.1~73
4. 환경부 (2002) "물 수요관리 종합 대책 수립연구", pp.303~305
5. 환경부 (2003) "가계부문 물 소비패턴 시범조사", pp.101~110
6. 환경부 (2005) "절수기 설치 의무대상 확대 타당성 연구", pp.68~77
7. Daniel, W.W. (1990) *Applied nonparametric statistics (2nd edition)*, pp.358-413
8. Hollander, M., Wolf, D.A. (1999) *Nonparametric statistical method(2nd edition)*, 376-408
9. Jenerette, G.D., Larsen, L., (2006), A global perspective on changing sustainable urban water supplies, *Global and Planetary Change*, 50 ,pp.202-211
10. Rankin, R., Rousseau, P.G.,(2006), Sanitary hot water consumption patterns in commercial and industrial sectors in South Africa: Impact on heating system design, *Energy Conservation and Management*, 40, pp.687~701(2005)
11. Wong, L. T., Mui, K. W., (2007), Modeling water consumption and flow rates for flushing water systems in high-rise residential buildings in Hong Kong, *Building and Environment*, 42(5), pp.2024-2034
12. Zhou, S.L., McMahon, T.A., Walton, A. and Lewis, J., (2000), Forecasting daily urban water demand: a case study of Melbourne, *Journal of Hydrology*, 236, pp.153~164