

생활용수 소비패턴 및 실사용량 분석

Analysis of Domestic Water Consuming Pattern and Metered Water Use

김주환*, 조임영**, 박노혁***, 우형민****, 안효원*****

Ju Hwan Kim, Im Young Cho, Noh Heuk Park, Hyoung Min Woo, Hyo Won Ahn

요 지

용수수요 추정의 기본은 수도계획에 사용할 수 있는 실사용량에 대한 조사로 이에 대한 자료가 거의 없기 때문에 각 수도사업별로 제시되는 추정방법이 조금씩 상이하며, 추정방법의 진위를 가릴 수 없어 수요추정의 악순환을 초래하고 있는 실정이다. 기존 물사용량 예측은 급수량 기준의 도시 전체에 대한 평균 LPCD를 이용함에 따라 물사용 특성을 충분히 고려할 수 없어 지역별 실제 물사용량과 큰 오차가 유발되었다. 그러므로 수도계획 및 설계에 사용할 수 있는 신뢰성 있는 설계인자를 도출하기가 불가능하여 물수요 관리정책 수립, 수도요금체계 조정 및 누수방지계획 수립 등 경제적인 수도시설의 건설에 애로를 겪고 있다.

본 연구에서는 생활용수 중 가정용수에 대하여 세탁기, 변기, 싱크대 등 수도전에 유량계를 설치 실제 가정에서 사용하고 있는 용도별 사용량을 실측, 파악하였으며, 이로부터 얻은 용도별 사용량에 대한 기간별 소비특성을 분석하였다. 이로부터 생활용수 사용량의 소비패턴 및 시간대별 부하율 산정이 가능하며, 각종 용도별 사용수량의 소비형태를 찾아낼 수 있었다. 또한 가정용수 중 용도별 물 사용비율은 세탁용수, 변기, 주방, 목욕용수의 순으로 나타났으며 주택유형별로는 아파트 연립주택, 다세대 주택, 단독주택의 순으로 단독주택에서의 물사용량이 가장 적게 나타났다.

생활용수 공급량에 대해서는 시간별, 주별, 월별 그리고 계절변동 총량을 파악하였으며 시간대별로는 오후3시경이 최대 소비량을 보였고, 주별로는 월요일 그리고 월별로는 7월의 용수사용량이 가장 큰 것으로 조사 되었다.

본 연구로부터 도출된 용도별 실측 물사용량 자료 및 분석결과로부터, 지금까지 공급량 기준의 계획수립이 이루어져왔던 각종 수도시설 규모결정시 합리적인 용수수요예측 및 수요관리가 이루어질 수 있을 것으로 판단되며, 용수수요의 과다예측 오해 해소 등 경제적, 과학적 물관리 정책수립을 위한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 물소비패턴, 용도별 사용량, 수요관리

1. 서 론

현재 물사용량 추정은 급수량 기준의 도시 전체에 대한 평균 LPCD를 이용하고 있는데 이는 물 사용 특성을 충분히 고려할 수 없어 실제 물사용량과의 큰 오차가 유발되었다. 그럼에도 불구하고 수도계획에 사용할 수 있는 실사용량에 대한 조사는 전무한 실정으로, 수도계획 및 설계에 사용할

* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 책임연구원
** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 연구원
*** 정회원 · 국무총리실 수질개선기획단
**** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원
***** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 소장

수 있는 신뢰성 있는 설계인자를 도출하기가 불가능하여 물수요 관리정책 수립, 수도요금체계 조정 및 누수방지계획 수립 등 경제적인 수도시설의 건설에 애로를 겪고 있다.

본 연구에서는 1인당 물사용량 추정 근거자료로 활용하기 위하여 표본가정에 설치된 용도별 생활용수사용량의 실측자료 및 정수장으로부터 공급된 유량자료를 확보하였다. 공급량 자료는 수도권 광역상수도 성남이매 분기유량을 확보하여 분석하였으며, 용도별 생활용수 실측자료의 획득을 위한 유량계는 전체 140가구에 설치되어 있으나 이 중 57개 가구에서 정상적으로 수신되고 있는 실정으로 자료의 신뢰성을 판단, 수도권 지역 10가구에 대한 자료를 대상으로 분석하였다.

2. 연구동향

영국에서는 정부 및 수도회사 등을 중심으로 장래 물수요예측, 물수요관리, 수도요금체계 결정, 투자계획수립, 누수관리모델 개발 등을 위한 기초자료로 활용하기 위하여 물이용량 패턴 조사를 하였다(Edwards & Martin, 1995). 일본에서는 동경도수도국 등 지자체 수도담당 부서에서 수요관리정책 수립과 수도요금체계조사를 위하여 앙케이트 조사 및 실측조사를 시행하고 있으며(일본수도협회, 2000), 미국에서는 미국수도연구재단, 대학연구소등에서 수요관리정책 수립, 가정용수 목표수량 설정을 위하여 가정용수사용량 실측, 물사용 횟수조사, 절수량산정 등을 조사 (Environment Agency, 2000)하고 있는 등 우리나라보다는 비교적 오래 전부터 시행해 오고 있는 상황이다.

국내 연구로는 대한주택공사에서 주택단지의 대형화, 고밀도화 및 생활수준의 향상에 따른 급수, 급탕량의 변화를 주택설계업무에 참조하기 위해 지역별·평형별로 구분하여 아파트내 실제 사용량을 조사·분석한 바 있다(대한주택공사, 1993). 환경부와 한국토지공사는 주택단지 개발사업시 상수·오수 관련시설의 적정규모 결정을 위하여 상수사용량 및 오수발생량 실태조사를 통하여 적정원단위를 도출하였다(환경부, 한국토지공사, 2001). 한국토지공사의 조사에서는 전국 10개 도시를 대상으로 상수사용량과 오수발생량 자료를 계절별, 주간별, 일별로 조사하고, 단독주택지역, 공동주택지역, 영업지역에 대해 세대별 또는 업소별 검침계 측정과 상수검침 고지자료를 수집하여 실측자료를 보완하였으나, 세대에서 사용하는 총 용수량은 검침이 가능하였지만 가정내에서 용도별 사용량은 조사되지 않아 이러한 기법으로 도출되는 원단위를 수도시설의 설계시 무작정으로 적용하기에는 무리가 따를 수 있다.

3. 소비패턴 분석

공급량기준의 생활용수 사용량 분석을 위한 대상지역은 한국수자원공사 관리권 내 성남이매 분기점으로 급수인구는 2001년 기준 전체 203,689인이다. 1999년부터 2003년까지 축적된 자료를 시간패턴, 일별, 월별로 정리함으로써 대상인구의 행동패턴변화에 따른 용수량 변동에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

시간패턴의 전체적인 양상은 그림 1.과 같이 하루 중 낮과 저녁시간에 용수량이 증가하는 두 번의 첨두값을 가지는 형태이다.

일별분석결과 주간패턴에서 일요일의 경우 다른 요일과는 달리 휴일 아침의 늦잠으로 인하여 아침시간 유량증가 시점이 늦춰지는 형태를 띄고 있었다. 요일별 시간평균사용량은 표 1.과 같이 월요일이 가장 높았으며 그 다음으로 토요일, 목요일과 일요일, 금요일, 화요일, 수요일 순이었다.

표 1. 주간사용량(LPCD)

구분	월	화	수	목	금	토	일
일평균사용량(m ³)	69,621	67,999	67,858	68,442	68,220	68,532	68,440
LPCD	342	334	333	336	335	336	336

월별 1일 공급유량 조사결과, 연중 사용량이 가장 많은 달은 7월이었으며, 2월에 가장 적게 사용하는 것으로 나타났다.(그림 2. 참조) 대상기간에 대한 일평균은 68,444m³으로 전체 급수인구(203,689명, 2001년기준)에 대해 0.336m³, 즉 1인당 1일 사용량(LPCD)이 336ℓ 이었다.

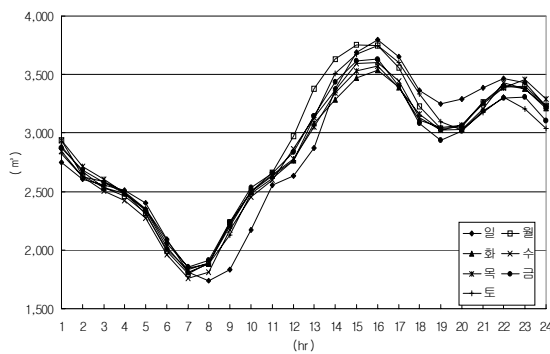


그림 1. 요일별 시간패턴변화

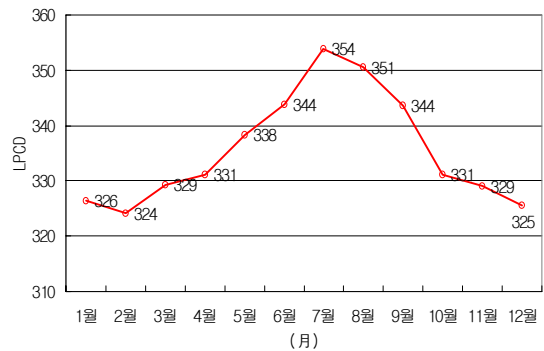


그림 2. 월별 물사용량 현황

계절에 따른 사용량패턴을 조사한 결과는 그림 3.과 같다. 여름철 물사용량이 가장 많고, 겨울철이 가장 적으며, 봄보다는 가을철에 물을 더 많이 사용하였다. 계절에 따른 패턴변화는 상이하였는데, 여름패턴의 경우 샤워나 식수의 증가 등으로 사용량이 다른 계절에 비해 많으며 시간대별로는 7시에 최저유량을 가지고, 3시와 10시경에 최대 피크가 발생한다. 겨울패턴은 상대적으로 낮의 길이가 짧아 생활패턴이 늦춰짐으로써 최저유량을 가지는 시점이 8시이며 그 이후 유량증가가 시작된다. 또한 최대유량을 가지는 시점도 오후 4시경으로 지연되었다. 봄과 가을의 경우 밤 12시부터 오후 5시까지의 유사한 경향을 띠다가 5시 이후부터 가을패턴이 사용량이 현저하게 감소하였다가 두 번째 피크발생시간도 다소 늦은 결과를 보였다. 계절에 따른 시간최대사용량은 봄철의 경우 3,674m³, 여름은 3,750m³, 가을은 3,664m³, 겨울은 3,676m³으로 나타났다.

4. 실사용량 분석

1인당 물사용량의 분포에 대한 실측조사 데이터의 평균값은 167 LPCD를 보이고 있었다. 주택 유형별 LPCD를 검토한 결과 아파트(178ℓ), 연립주택(165ℓ), 다세대 주택(164ℓ), 단독주택(159ℓ) 순으로 나타났다.

가정용수중 용도별 물사용비율을 산정한 결과는 그림 4.와 같다. 세탁기용이 31%, 변기용이 24%, 싱크대용이 20%, 욕조용이 16%, 세면기용이 9% 순으로 차지하는 것으로 나타났다.

요일별 총사용량을 1인당 물사용량인 LPCD로 산정한 결과, 일요일이 198ℓ로 가장 많은 물을 사용하며, 그 다음으로 수요일(176), 금요일(171), 토요일(159), 화요일(156), 목요일(154), 월요일

(152) 순으로 나타났다.

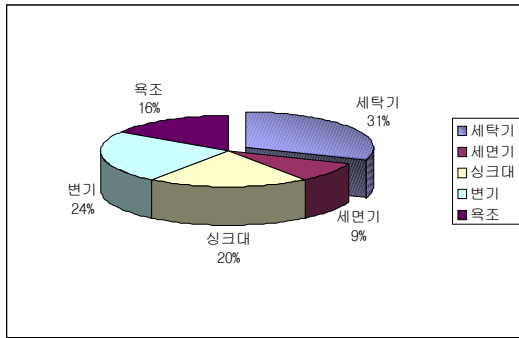


그림 3. 용도별 물사용비율

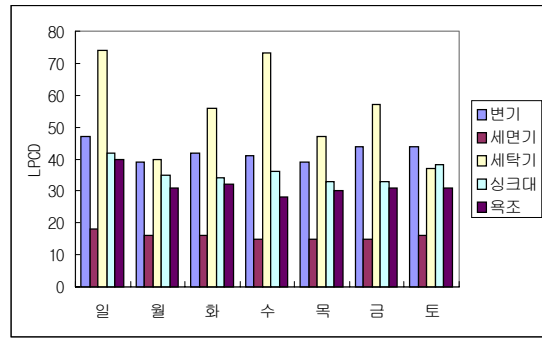


그림 4. 용도별 주간 물사용패턴

그림 4.는 1인에 대한 용도별 주간 사용량 변화를 나타낸 것으로, 세탁기를 제외한 용도에 대해서는 요일별로 큰 차이를 보이지는 않았다. 세탁기의 경우 요일에 따른 사용량의 변화가 큰 편이었는데, 일요일에 가장 많은 용수를 사용하였고 주중 수요일 사용량도 높게 나타났다.

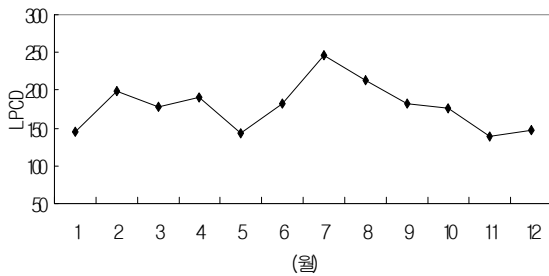


그림 5. 월별 물사용량

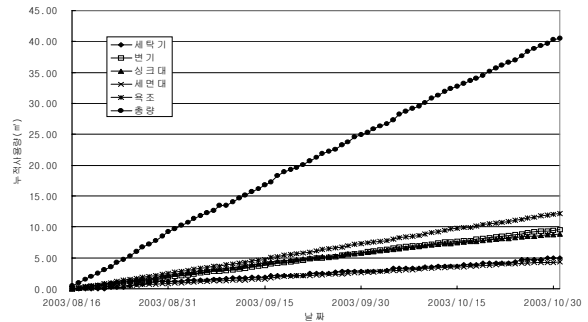


그림 6. 수용가의 용도별 누적사용량

월별 LPCD의 변동형태는 그림 5에서 볼수 있으며, 여기에서, 7월의 물소비량이 247ℓ로서 가장 많은 소비를 보여주었으며, 11월의 경우 139ℓ로 가장 적은 소비량을 보여주었다. 그림 6은 수용가에서 용도별 사용량의 누적량을 도시한 것으로 실측대상 수용가로부터 획득한 자료의 일관성을 판단하기 위하여 도시한 것이다.

계절별 사용량 분석결과, 여름(214ℓ), 봄(171), 가을(166), 겨울(163)의 순으로 나타났다. 계절별 물사용량 변화에 대한 원인분석은 그림 7과 같이 용도에 따른 계절별 사용량을 조사함으로써 가능하다. 세탁기의 경우 여름보다는 봄에 사용량이 높게 나타나며, 가을철에 가장 적게 소비하는 것으로 나타났다. 변기와 욕조의 경우 계절별 사용 패턴이 비슷하였는데, 여름, 가을, 봄, 겨울 순으로 물을 많이 사용하였다. 싱크대의 경우 여름 사용량이 가장 높고 가을 사용량이 가장 낮았으며, 세면기 사용량은 여름에 가장 많고 봄에 가장 적은 것으로 나타났다.

용도별 사용량의 실측을 통한 물사용량을 조사하여 각 주거형태별 1인당 물사용량을 조사한 결과는 그림 8에서와 같이 주택유형별로 아파트(178ℓ), 연립주택(165ℓ), 다세대 주택(164ℓ), 단독주택(159ℓ) 순으로 나타났으며 평균 167 ℓ로 추정되었다. 본 연구에서 대상으로 선정한 수도권 일부 지역의 공급량을 기준으로 산정한 1인당 평균사용량 추정결과의 경우 평균 336ℓ였으나, 실

측을 통하여 산정된 1인당 평균사용량은 사용량 파악을 비교적 정확하게 할 수 있는 아파트의 경우 178ℓ로서 약 150ℓ 정도의 차이를 보였는데, 여기에는 계량기불감수량을 비롯 공공용수, 수도사업용수, 부정사용량 등의 무수량과 누수량 등을 포함되어 있는 것으로 볼 수 있어 이에 대한 정확한 조사가 필요하다.

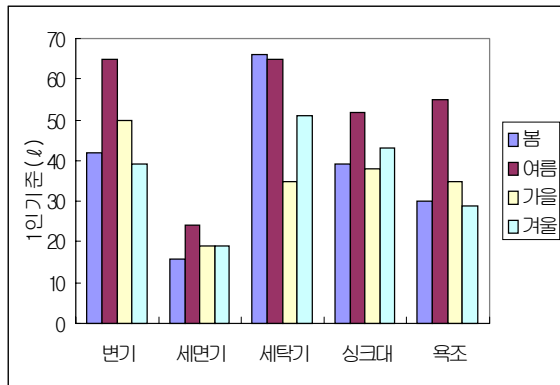


그림 7. 용도별 계절패턴

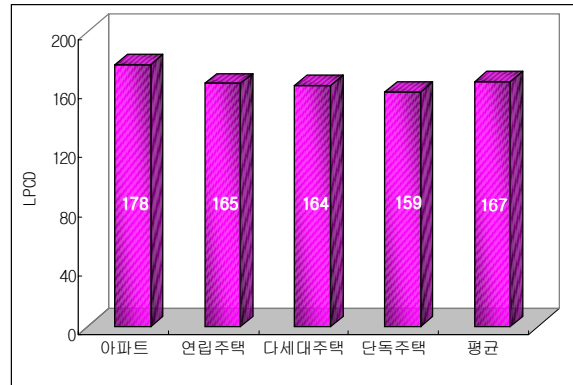


그림 8. 용도별 실측을 통한 LPCD

5. 결 론

생활용수 사용량의 추정은 정수장으로부터의 총공급량을 인구로 나누어 환산함으로써 실제 각 가정에서 사용하고 있는 사용량과의 차이가 발생하고 있으며, 불확실한 생활용수 사용량의 추정은 각종 수도시설규모 계획시 과다설계의 오해 등의 문제점을 야기하고 있는 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 1인당물사용량 추정 근거자료로 활용하기 위하여 표본가정에 설치된 용도별 생활용수 사용량의 실측자료 및 정수장으로부터 공급된 유량자료를 확보하여 월별, 주간별, 일별 및 시간별 소비형태를 분석하였다. 용도별 생활용수 실측자료 대상항목은 욕조, 세면대, 변기, 싱크대, 세탁기 등이며 가능한 결측치가 최소인 가구를 대상으로 하였으며 일부 결측자료의 보완이 가능한 자료는 추세선을 이용, 내삽을 통하여 보완하였다.

가정용수 중 용도별 물 사용비율을 산정한 결과, 세탁기용이 31%, 변기용이 24%, 싱크대용이 20%, 욕조용이 16%, 세면기용이 9%로 세탁용수가 가장 많이 사용되고 있었으며, 주택유형별로는 아파트가 가장 많은 사용량을 보였고 다음으로 연립주택, 다세대 주택, 단독주택의 순으로 조사되었다.

생활용수 공급량에 대한 주간변동, 월별 그리고 계절변동 총량을 파악하기 위하여 정수장으로부터 공급량 자료를 분석한 결과, 월요일에 가장 많은 사용량을 보였고 수요일에 가장 적게 사용하고 있는 것으로 나타났다. 또한, 월별 사용량 분석 결과에서는 7월의 용수사용량이 가장 높게 그리고 2월의 물 사용량이 가장 적게 사용하는 것으로 조사되었다. 계절별 사용량은 여름철의 사용량이 가장 많으며, 다음으로 가을, 봄, 겨울의 순으로 파악되었다.

공급량을 기준으로 한 사용량과 실측에 의한 1인당 평균사용량을 비교해 본 결과 나타나는 차이는 계량기불감수량을 비롯 공공용수, 수도사업용수, 부정사용량 등의 무수량과 누수량 등을 포함되어 있는 것으로 볼 수 있어 이에 대한 자료의 확보 등 이를 규명할 수 있는 후속 연구가 필요하다. 본 연구의 결과, 즉 가구별, 주거형태별, 거주지역별 그리고 각 기간별 생활용수 사용량의 실측자료의 분석결과를 이용하여 효율적이고 합리적인 시설계획이 이루어질 수 있도록 수도조

사사업에 대한 체계화 및 주기적인 조사가 이루어질 수 있도록 수도관련 정책제안 등을 통하여 제도화하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 한국수자원공사·한국개발(2001), “용도별 유량계 설치를 위한 표본선정수립 용역보고서”
2. 건설교통부·한국수자원공사(2000), “수자원 종합계획의 대안수립을 위한 통합자원계획”
3. 건설교통부·한국수자원공사(2000), “용수수요 추정방법 개선방안”
4. 국무총리 물관리기획단(2001), “2001년도 물관리통계자료집”
5. Anderson(1999), “Development of a commodity-by-industry economic-ecological model of water demand in a rural economy,” *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 42
6. Institute for Water Resources(1998), *Water Supply Handbook*.