

-기술정보-

가정용수의 용도별 사용원단위 분석을 통한 수도물공급시스템 개선방안

-Technical Report-

The Improvement of Supply System based on the End-use Analysis of Household Water by Metering

김화수\*

Kim, Hwa Soo\*

한국수자원공사 수자원연구원

## 1. 서론

물은 인간을 비롯한 모든 생물의 근원이자 풍요로운 삶을 누릴 수 있게 하는 기본적인 자원이다. 세계 4대문명의 발상지의 공통점이 큰 강을 끼고 있었다는 것은 인류의 고대문명은 물에서부터 시작되었음을 알 수 있다.

1908년 9월 1일 우리나라에서 수도물을 공급하기 시작한 이래 올 해로서 꼭 100년째가 된다. 2006년 기준으로 상수도보급률은 91.3%를 넘어서고 있으나 상수도 이용률은 54.2%에 불과하다. 광역상수도과 지방상수도간의 중복투자라는 비난에도 불구하고 대도시와 농어촌간의 상수도시설 불균형은 여전히 해소되지 않고 있으며, 특·광역시 상수도보급률은 99.1%인 반면 면단위 지역은 40.7%에 불과한 실정이다.

사회가 공유하는 규범과 가치 즉 사회적자본의 가치가 올라가고 공공부문의 정책 및 의결정과정의 투명해질수록 수자원정책 또는 수도정책 뿐만 아니라 정부의 모든 분야의 정책을 결정·시행함에 있어 환경 및 시민·사회단체 등의 끊임없는 비판과 반대논리에 대응해 나가야만 한다. 이제 수도정책분야에 대하여도 가장논란이 되고 있는 물 수요예측을 위한 물 사용량 조사 및 예측은 보다 과학적이고 현실에 부합하는 논리적 근거에 의한 합리적인 과정과 절차에서부터 도출해 내어야 할 필요성이 있다.

효율적인 물 수요관리를 위해서는 물 수요관리에 영향을 주는 인자들을 정확하게 조사하여야 하고, 수요처별 물 공급

상황 및 물 수요에 따른 특성분석 등에 필요한 사회·경제적 기초자료의 취득 또한 절실히 필요한 실정이다. 현재 수도계획에 적용할 수 있는 물의실제사용량에 대한 조사·통계자료는 상당히 부족하므로 수도 관계기관 또는 연구원에 따라 제시되는 추정방법이 조금씩 상이하며, 추정치에 대한 검증도 어렵고, 추정방법의 진위를 가릴 수 없어 수요추정에 어려움을 겪고 있다.

따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 지역특성을 충분히 고려한 장래물수요예측이 필요하므로 실제 물 사용량을 기준으로 도시지역별 다양한 특성(주거, 소비, 생활패턴 등)을 충분히 고려할 수 있어야 하며, 특히 가정용수의 용도별 사용원단위 분석결과를 이용하여 각종 수도계획 및 정책 수립의 기초자료로 활용되기를 기대한다.

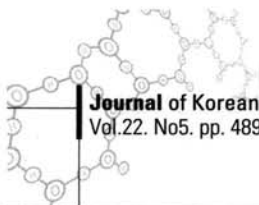
본 연구에서는 가정용수의 용도별 원단위분석결과를 이용하여 수도물공급시스템 개선방안을 제시하고, 아울러 연관되는 물 산업정책방향을 제시하고자 한다.

## 2. 가정용수사용량 분석현황

### 2.1. 연구내용

생활용수 중 가정용수에 대해서는 2002년 12월부터 2006년 2월까지 3년 여간 K-water가 전국 표본가구를 선정하여 실측한 가정용수사용량 자료를 이용하였으며, 이 용도별 물 사용량자료는 국내에서는 최초로 얻어진 자료로서 큰 의미가 있을 뿐만 아니라 앞으로 관련연구 및 수도정책

\*Corresponding author Tel : +82-42-870-7515, FAX : +82-42-870-7549, E-mail : kimh@kwwater.or.kr(Kim, H.S.)



을 수립하는데 기초가 될 것이다. 아울러 본 연구에서는 김화수 등(2008)의 “가정용수의 용도별 사용 원단위분석” 결과를 이용하여 가정용수의 수도물공급시스템 개선 방향을 다음과 같은 내용으로 제시하고자 한다.

- 첫째, 가정용수의 실제사용량 실측자료를 이용한 가정용수의 용도별 사용량의 원단위 분석결과를 검토한다.
- 둘째, 가정용수 중에서도 먹는 물에 해당하는 취사용수(싱크대용수)에 대한 공급수질별 수도물공급 이원화 시스템 구축방안을 제시한다.
- 셋째, 제시된 수도물공급시스템 개선방안과 연관된 물 산업육성측면에서의 도입효과를 전망한다.

## 2.2. 가정용수의 용도별 사용량 원단위분석 결과

본 연구에 이용하는 실측조사 자료는 전국 140가구를 대상으로 한 변기, 세탁기, 싱크대(Kitchen), 욕조, 세면기 등에 설치한 원격유량측정장치로 부터 가정용수의 용도별 물 사용량을 실측하여 취득한 자료를 이용하여 분석한 결과로서 가정용수의 총사용량을 기준으로한 원단위는 165.8ℓ pcd이었으며, Table 1에서와 같이 각 용도별 사용량은 변기용수 38.5ℓ pcd(25%), 세탁기용수 30.8ℓ pcd(20%), 싱크대용수 28.4ℓ pcd(19%), 욕조용수 24.7ℓ pcd(16%), 세면용수 15.4ℓ pcd(10%), 기타용수 13.5ℓ pcd(9%)이며, 용도별 사용량의 합은 151.3ℓ pcd로서 총사용량과 용도별사용을 합한 양과는 미 측정 수도꼭지, 옥내누수, 유량계 오차 등이 반영되어 약 14.5ℓ 의 차이가 발생하였다.

Table 1. 가정용수의 용도별 사용량 원단위분석 결과

End-Use	Toilet	Laundry	Kitchen	Bathtub	Washbowl	etc	Total
ℓ pcd	38.5	30.8	28.4	24.7	15.4	13.5	151.3
Ratio(%)	25.4	20.4	18.8	16.3	10.2	8.9	100

※합리적인 용수수요예측을 위한 생활용수추정 모델개발(1차년도), K-water, 2007.12. 59p  
주) 욕조와 세면기사용량의 합은 40.1ℓ

Table 2. 우리나라 가정용수의 용도별 사용량 변화

End-Use	Bathing	Toilet	Laundry	Kitchen	Total
Bradley(1985)	27(23)	52(45)	13(11)	23(20)	115(100)
K-water(2007)	40(29)	39(28)	31(23)	28(20)	138(100)

※합리적인 용수수요예측을 위한 생활용수추정 모델개발(1차년도), K-water, 2007.12. 59p

Table 3. 가정용수 사용량 분석결과 비교

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

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

Table 3은 미국과 영국가정의 용도별 물 사용량과 비교한 것이다. 기타용수는 제외하였고, 미국의 경우 실내용수만을 제시한 결과이다. 미국의 물 사용량과 용도별 사용비율이 “가정용수의 용도별 사용 원단위분석” 결과와 높은 유사성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 영국은 상대적으로 세탁용수 사용량이 적고, 변기용수 사용량은 많은 것으로 나타났다.

이처럼 용도별 용수사용량의 자료는 가정용수의 사용처에 대한 정보를 통하여 생활양식과 문화의 변화를 이해할 수 있고 향후 변동을 추정할 수 있는 자료를 제공한다. 또한 물 수요관리 정책수립 시 다른 나라와의 비교를 통하여 절수 가능한 용도와 방법에 대한 정보를 얻음으로써 보다 체계적인 수요관리는 물론 합리적인 상수도기본계획수립 등 수도정책의 개선방안을 도출해 낼 수 있을 것으로 기대된다.

## 3. 수도물공급시스템 개선방안

### 3.1. 수도물 공급실태

상수원수의 수질은 날로 악화되어 가는 반면에 수도물을 사용하는 소비자들의 생활수준과 의식의 수준은 수도물의 안전성을 초월하여 맛있는 물을 요구하는 시대로 접어들었다.

기존정수장의 정수처리과정에서는 “먹는 물 수질관리법”에서 정하는 수질검사항목에 따라 완벽하게 운영·관리 하더라도 계절적 또는 지역적으로 상수원수의 다양한 수질변화에 따른 그때그때의 상황에 적합한 물리적, 화학적인 정수처리공정으로는 적절히 대처하기가 쉽지 않으므로 이취·미

가 발생되기도 한다. 이와 같은 문제점을 해소하는 방안으로는 고도정수처리방식의 시설들이 이미 도입·운영되고 있거나 향후 도입계획에 따라 추진되고 있다.

고도정수처리방식의 경우에는 재래식정수처리공정으로서는 제거가 곤란하거나 맛·냄새유발물질 등 미량의 오염물질에 의해 오염된 원수를 취수하는 정수장의 경우에는 효과적으로 정수처리 할 수 있는 반면에 고도정수처리시설도입에 따른 막대한 추가 건설비는 물론 시설운영비가 추가됨으로서 수도물 값의 인상이 불가피하다. 고도정수처리공정에서 깨끗하고 안전하며 이취·미가 없는 맛있는 물을 생산하였다 하더라도 송·배수시설 및 급수과정과 옥내급수시설 및 급수관로에서 시설의 노후화에 따른 수질오염의 경우와 이송과정에서의 예기치 못한 시설물의 파손사고로 인한 수질오염 등 2차오염의 발생가능성이 상존하고 있다. 이런 경우가 바로 소비자들의 심미적인 수도물 불신의 원인이 되고 있다.

### 3.2. 수도물공급시스템 개선의 필요성

최근 '수도사업 민영화' 논란이 한창일 때 물 산업분야에 종사하는 정부 또는 지방자치단체를 비롯한 공공기관은 물론 일반소비자인 국민과 이 분야 연관 산업에 종사하는 모든 사람들에 대한 초미의 관심사가 되었다. 물은 특히, 먹는 물의 경우에는 인간의 생명과 직결되는 공공재로서 부족하거나 오염이 되었을 때 사회적 혼란과 더불어 심각한 공황상태로 빠져들기 때문이다. 이토록 소중한 물은 인간이 어떻게 잘 다루고 지혜롭게 잘 이용하느냐에 따라서 그 가치의 존재를 더욱 값지게 만들 수도 있고, 악순환의 고리가 될 수도 있다.

2005년 7월 환경부는 수도물을 공급받는 전국의 만 18세에서 65세 이하의 일반성인 남여 3,200명을 대상으로 실시한 「수도물 불신해소 관련 전 국민 여론조사」 결과를 발표하였는데, 수도물의 식수사용에 대한 적합성에 대하여는 57.8%가 부적합하다고 생각하고 있으며 부적합한 사유로서는 43.9%가 '막연히 불안하다'고 함으로서 수도물에 대한 대부분의 국민들은 여전히 막연하게 불안하다는 것이 가장 큰 원인으로 나타났다. 수도물의 오염 원인으로는 '상수관이나 물 저장탱크에서의 오염'이 34.1%로 가장 높았으며, '상수원의 오염 심화', '상수도처리시설의 노후화' 등의 순으로 높게 나타났다.

이와 같이 수도물에 대한 신뢰도를 저하시키는 요인으로서는 반복되는 녹물발생, 폐놀 및 중금속, 소독부산물, 바이러스 소독 등으로 인한 맛과 냄새, 녹물 그리고 유해물질의 상수원유입 등 언론에서 빈번하게 보도됨으로서 막연한 불안감을 조성하게 되고, 국제수준에 못 미치는 법정수질기준도 수도물에 대한 불신을 초래하며, 수도물을 생산하는 전 과정에서 발생하는 정확한 정보의 공개시스템의 부재 등이 수도

물의 신뢰도를 떨어뜨리는 요인이 되고 있으나 근본적으로 가정용수의 용도별 수질에서 가장 신뢰도에 크게 영향을 미치는 취사용수(싱크대용수)를 얼마나 깨끗한 상태를 유지하여 수도꼭지까지 급수하느냐에 있다.

그러나 현재 상태의 수도물공급시스템으로는 한계가 있고, 개선하기에는 막대한 투자비가 필요하기 때문에 이원화 공급시스템을 도입함으로써 수도물에 대한 막연한 불신을 해소할 수 있는 최선의 방안이 될 수 있을 것이며 아울러 사회·경제적인 측면에서도 가장 유리한 방안이 될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 생활용수 중에서도 영업용수, 업무용수 및 욕탕용수 등을 제외한 가정용수에 대하여는 표본가구를 대상으로 변기, 세탁기, 싱크대, 욕조, 세면기 등 용도별 물 사용량을 실측한 자료를 이용한 가정용수의 용도별 사용량특성을 분석결과를 토대로 가정용수 중에서도 먹는 물에 해당하는 취사용수(싱크대용수)에 대한 공급수질별 이원화시스템으로 개선할 필요성이 있다.

### 3.3. 수도물 공급시스템 개선방안

원수수질의 경우 하천수 또는 댐(저수지)용수 취수원의 수질이 이른바 1급수 수질을 유지하기란 쉬운 일이 아니다. 물론 취수원 수질개선을 위하여 막대한 시설비를 투자할 경우 깨끗한 물의 상수원수를 유지하는 것이 불가능한 일은 아니지만 투자의 경제성논리를 따져보지 않을 수 없다.

따라서 정수시설의 경우 나빠진 원수를 '먹는 물 수질관리법'에서 규정하고 있는 수질검사항목에 적합할 뿐만 아니라 맛·냄새까지 없애주기 위해서는 기존정수처리 시스템으로서는 불가능하므로 고도정수처리공정을 도입해야 하나 이를 경우 정수장에서 정수처리 하여 생활용수로 공급하는 모든 물은 가정용을 비롯한 업무용, 영업용, 욕탕용을 비롯하여 전용공업용수를 제외한 일반공업용수 또한 고도정수처리된 수도물로 공급될 수밖에 없으므로 이럴 경우 막대한 시설 투자비와 시설운영·관리비가 포함된 고도정수처리수를 사용한다면 비경제적이고도 낭비일수 밖에 없다.

이러한 문제점을 해소하는 방안으로서는 일반 생활용수의 경우에는 현재와 같은 기존의 정수공정으로 처리한 수도물을 공급하고, 생활용수의 약 12분의 1에 해당하는 28리터의 물은 가정용수중에서도 음용, 조리, 설거지 등 마시는 물과 취사용(싱크대용수)으로만 사용하는 시스템을 구축하면 될 것이다. 취사용수는 직·간접적으로 사람의 입으로 들어가는 즉, 사람의 건강과 직결되는 물 이므로 이 양에 해당하는 수도물은 기존의 가정용수 공급시스템에서 도시계획구역 중 일반주거지의 단독주택지역의 경우에는 블록단위로, 다세대주택의 경우에는 아파트 단지별로 급수구역을 설정하여 Fig. 1에서와 같이 기존의 가정용수 공급계통에서 급수구역

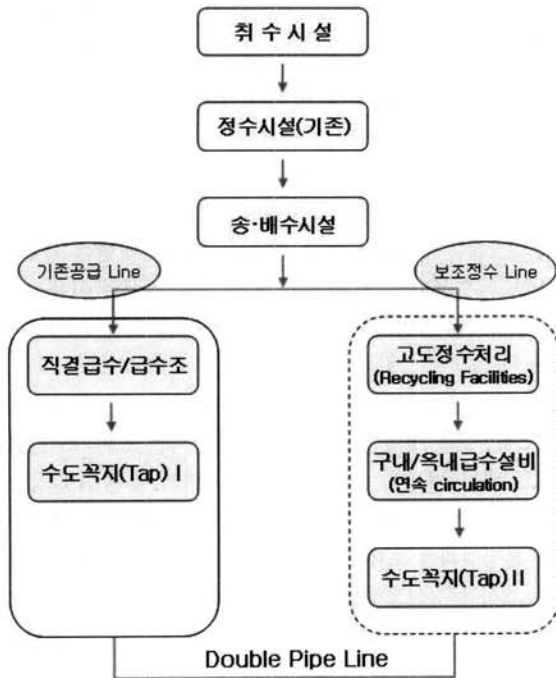


Fig. 1. 가정용수 공급시스템 계통도.

별로 최근 활발하게 연구, 개발 및 도입단계에 있는 막 여과 설비 등을 이용한 고도처리수준의 재처리설비(Advanced Recycling Facilities)를 설치하고, 먹는 물 수질기준에 적합한 정수처리는 물론 맛있는 물, 건강한물의 요건을 갖춘 물, 그리고 사람이 마시는데 가장 적당한 수온을 유지할 수 있는 설비와 나아가 각종 기능성 먹는 물을 재생산 공급하되 급수관은 녹슬지 않는 특수 관으로 이원화하여 공급하는 방안으로 개선 할 필요성이 있다.

또한 특수한 재질의 구내급수관과 옥내급수설비는 저수조를 두지 않고 직결급수방식으로 하고, 가정에서 사용하지 않는 시간대에는 급수관내 수도물의 정체로 인한 세균의 번식이나 기타오염을 방지하기위한 최적의 소독 능을 유지하고 수도물의 신선도를 유지하기위하여 구내 급수시스템은 연속적인 순환시스템(Circulation System)을 도입하는 방안이 있을 수 있다.

### 3.4. 수도물공급시스템 개선과 물 산업육성

현재 공공수도의 경우 지방자치단체가 운영주체인 지방상수도사업소와 K-water가 운영하는 광역상수로 이원화 되어 있다. 최근 정부(환경부 또는 행정안전부)에서는 수도 산업 구조개편을 위하여 다각도로 연구·검토하여 왔다.

2007년 7월 정부는 물 산업을 집중 육성하기로 하고 '물 산업육성 5개년 세부추진계획'을 마련하였으며 그 주요추진과제로서는 상수도 서비스업의 구조개편, 지속적인 투자와 제도개선, 핵심기술 고도화 및 우수인력 양성, 물산업

의 수출역량 강화, 물산업의 연관 산업 육성, 물산업의 육성 기반 구축 등이다.

물산업의 육성으로 국내사업자들의 경쟁력은 크게 향상될 전망이다. 나아가 상수도 서비스의 전문사업화 등 세계 물산업의 급속한 변화와 물 분야 다국적기업들의 글로벌화에 부응하고 국내 물산업의 경영효율화와 국제경쟁력의 제고 및 해외 물 시장 진출을 위한 기반조성이 시급한 실정으로 「물산업지원법」을 제정 추진 중에 있으며, 현재 새 정부에서는 공기업의 민영화와 함께 수도사업 분야에 대한 민영화 방안도 적극검토 해온 것으로 알고 있다.

그러나 물 산업 중에서도 상수도의 가정용수 공급시스템의 경우에는 민영화에 신중한 검토가 필요하다. 가정용수는 타 분야의 사회간접시설과는 달리 인간의 일상적인 삶을 유지하는데 필수불가결한 시설로서 공급이 중단될 경우 생활의 불편함을 초월하여 사람의 생명을 좌우하는 시설이기 때문이다. 특히, 급속한 산업화와 도시화한 이른바 선진국형의 생활패턴의 경우에는 심각한 비상사태로 까지 직면할 수 있다.

따라서 Fig. 1에서와 같이 가정용수의 이원화공급시스템의 구축과 더불어 기존의 공공수도시설은 소비자 즉, 국민들의 일상생활에 안정성을 보장할 수 있는 기존공급Line은 그대로 공공부문에서 운영하되 보조정수Line의 경우에는 민간부문으로의 운영이 가능 할 것이다. 보조정수Line의 막 여과장치 등 고도정수처리설비와 연속순환형 구내 및 옥내 급수설비의 경우 수도설비 및 시설의 장치 산업기술개발분야의 기술적인 경쟁력과 운영의 효율성을 제고시킬 수 있는 분야이다. 또한 도시 및 주택사업 분야, 장치 및 설비산업분야 등 민간부문의 사업자가 참여할 경우에는 물 산업육성뿐만 아니라 연관 산업의 건전한 육성의 측면에서도 바람직한 모델이 될 수 있다.

그러나 어느 도시계획구역에 이 시스템을 도입할 경우 기존의 공동주택의 경우에는 옥내급수설비의 이원화는 쉽지 않으므로 신도시 및 재개발지구등을 대상으로 시범적으로 도입·추진하되 현행 수도물공급에 관한 제도적인 정비와 더불어 점차적으로 확대해 나가는 방안이 바람직할 것이다.

## 4. 결론

본 연구에서는 생활용수 중에서도 영업용수, 업무용수 및 욕탕용수 등을 제외한 가정용수에 대하여는 날로 악화되는 상수원수의 수질에 따른 수도물의 불신으로 급격하게 증가하고 있는 사회적 문제점의 해소방안으로 가정용수 중에서도 먹는 물에 해당하는 싱크대용수에 대한 공급수질별 이원화시스템 구축방안을 제시하였다.

1. 가정용수의 공급시스템의 개선 방안으로서 기존의 정수처리공정으로는 정수처리가 불가능한 경우 고도정

- 수처리공정을 도입해야 하나 가정용수는 물론 비 가정용수와 전용공업용수를 제외한 일반 공업용수까지 포함된 생활용수 전체를 고도정수처리 하여 공급한다면 비경제적이고 낭비일수 밖에 없다.
2. 이러한 문제점의 대안으로서 일반생활용수의 경우에는 현재와 같은 기존 정수처리수의 수돗물을 공급하고, 가정용수 중에서도 생활용수의 약 12분의 1에 해당하는 28리터의 취사용수는 보조정수Line으로 이원화하여 별도로 공급하는 시스템을 구축한다.
  3. 보조정수Line은 막 여과방식 등 고도의 재처리설비(Advanced Recycling Facilities)로 구축하고, 특수재질의 급수관과 직결급수방식으로 하여 먹는 물의 정체로 인한 세균의 번식 및 기타오염을 방지하기위하여 물의 순환시스템(Circulation System)을 도입한다.
  4. 가정용수 공급시스템의 운영 및 물 산업의 육성방안의 일환으로 기존의 공공수도시설은 국민(소비자)들에 대한 공급의 안정성을 보장할 수 있는 기존공급Line으로 운영하고, 보조정수Line의 경우에는 민간부문의 참여도 가능할 것이다.
  5. 보조정수Line의 경우 산업기술 분야의 경쟁력과 운영의 효율성제고는 물론 도시 및 주택산업분야, 장치 및 설비 산업분야 등 민간부문의 참여로 물 산업의 육성과 연관 산업의 육성의 바람직한 모델이 될 수 있을 것이다.



## 참고문헌

1. 김화수, 이두진, 김주환, 정관수 (2008) 가정용수의 용도별 사용 원단위 분석, *대한토목학회논문집*, 28(5B), pp. 595-601
2. 한국수자원공사 (2001) 용도별 유량계 설치를 위한 표본선정수립 용역보고서.
3. 한국수자원공사 수자원연구원 (2003) 실측을 통한 생활용수의 예측모델 개발 연구보고서
4. 한국수자원공사 (2006) 가정용수의 수요량 예측모델 개발 연구
5. 환경부 (2007) 2006상수도 통계
6. 환경부 (2007) 전국수도종합계획
7. 환경부 (2007) 2007 환경백서
8. E. Edwards & L. Martin (1995) *A Methodology for Surveying Domestic Water Consumption*.
9. BLACK & Veatch Engineers-Architects (1985) *Engineering Design Report on the Supervisory Control and Data Acquisition System and Control Center Facilities*