

## 세척밸브 급수제어장치 설치에 따른 경제적 효과 분석

박 강 현, 김 수 민<sup>†</sup>  
숭실대학교 건축학부

### A Study on Economic benefits for Water Control Device Installed with a Flush Valve on a Toilet

Kang-Hyun Park, Sumin Kim<sup>†</sup>

School of Architecture, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

(Received August 17, 2011; revision received September 6, 2011)

**ABSTRACT:** The amount of water resources that can be used tend to be decreased gradually. In contrast, the rapidly increasing water consumption is a problem that need to be addressed. Renovation and equipment replacement to improve energy efficiency and to reduce expenditure for building usage is required. But the excessive initial investment cost and the prolonged of payback period may be uneconomical choice. Water usage for cleaning the toilet bowl accounts for 27% of the total water usage. Water-saving valve that can select the amount of water for cleaning toilet bowl can be reduced expenditure. After installing water-saving valve, analysed the economic effects. Water-saving valves compared with flush valves, and researched the amount of water usage. Then analyzed for the economic effects. Water-saving valve was used 5.6 ℓ/time for cleaning toilet bowl. In contrast, flush valve was consumed 8.4 ℓ/time. Water-saving valve's water-saving rate was 33.3%. The initial payback period for Water-saving valve was 459.5 days. By a small investment in water saving valve, the economic benefits can be obtained.

**Key words:** Building energy(건물에너지), Water resource(수자원), Water-saving valve(절수밸브), Payback period method(투자비회수기간법), Economic evaluation(경제성평가)

#### 기 호 설 명

<i>IC</i>	: 초기투자비용 [Won/EA]
<i>WA<sub>df</sub></i>	: 기존 밸브 일평균 수도사용량 [ℓ/day]
<i>WA<sub>ds</sub></i>	: 절수 밸브 일평균 수도사용량 [ℓ/day]
<i>WCI</i>	: 수도 단가 [Won/ℓ]
<i>WC<sub>df</sub></i>	: 기존 밸브 일간 수도 요금 [Won/day]
<i>WC<sub>ds</sub></i>	: 절수 밸브 일간 수도 요금 [Won/day]
<i>PP</i>	: 투자비 회수 가능 기간 [day]

#### 1. 서 론

한정된 수자원을 확보하기 위해 상수도 사용량을 줄여야 한다는 필요성이 제기되고 있다. 연간 1인당 이용 가능한 수자원량에 대한 전망을 보면 2002년 현재 1인당 가용 수자원량은 1,493 m<sup>3</sup>이지만 2025년에는 1,307~1,378 m<sup>3</sup>로 줄어들 것으로 예상하고 있다.<sup>(1)</sup>

위생적인 환경에 대한 요구가 높아짐에 따라 생활용수의 사용량도 점차적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. Table 1은 수자원장기종합계획 중 수자원 부존량 및 이용현황 변화에 대한 자료로써 수자원 총량은 증가 후 감소하는 양상을 보여주고 있다. 이에 비하여 생활용수 사용량은 지속적으로 증가하

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-2-820-0665; fax: +82-2-816-3354

E-mail address: skim@ssu.ac.kr

고 있다. 또한 총 사용량 중에서 생활용수가 차지하고 있는 비율이 점차적으로 증가하고 있다.

수자원 소비량 절감에 대한 필요성은 에너지 다소비 건축물로 이루어진 대학 캠퍼스에서도 대두되고 있다. 용수의 사용량에 대한 원단위 분석을 통하여 보다 효율적인 에너지 및 상수의 소비를 도모하고 적절한 에너지원을 이용한 설비시설을 구축하는데 기준이 될 수 있는 자료를 만들기 위한 연구도 이루어지고 있다.<sup>(3)</sup> Fig. 1은 다수의 구성원들로 구성된 서울시 도봉구에 소재한 대학 내에서 사용되는 용수량의 증가에 따른 비용 지출의 지속적인 증가 양상을 보여주고 있다.

건축물에 공통으로 설치되어 있는 화장실의 용수 사용량이 1인당 용수 사용량의 52%를 차지하고 있고, 욕실 용수 중 양변기 세척을 위한 용수량이 차지하는 비율이 52%에 이른다.<sup>(4)</sup> 양변기 세척에 사용되는 용수의 양을 조절함으로써 얻을 수 있는 경제적인 효과 정도가 크다는 것을 알 수 있다.

양변기 세척에 소모되는 용수의 사용량을 줄이기 위해 적용할 수 있는 절수기기에는 절수형 변기

(Water-saving toilet bowl), 사용수량 저감형 절수부속(Water-saving parts), 대소변 구분형 절수밸브(Water-saving valve) 등이 있다. 절수형 변기는 물 6~9 L정도로 세척이 가능하도록 설계된 양변기이다. 현재 절수가 가능한 양변기에 대한 연구와 제품 생산이 지속적으로 이루어지고 있다. 11~12 ℓ 정도의 물을 사용하던 기존의 양변기와 달리 절수 기능이 있는 양변기의 경우 한 번에 물 6 ℓ 정도면 세척이 가능한 제품도 생산되고 있다.<sup>(5)</sup> 이러한 제품은 양변기 자체에 강한 물줄기가 단숨에 나오도록 한 설비가 일체화된 것으로 새롭게 신축되거나 전면적인 개보수가 이루어질 건물에 적용할 수 있는 제품이다. 하지만 이 제품의 경우에도 오물이 변기 도자기 표면에 부착되기 쉽고 세척력이 약해져서 세척수를 다시 사용함에 따른 사용 수량이 증가할 수 있다는 단점이 있다. 이에 따라 고정식 사이펀 방식의 양변기가 가지는 단점을 보완하기 위해 트랩을 고정식에서 가변식으로 변경하여 적용한 가변식 직선트랩을 활용한 방식도 연구되고 있다.<sup>(6)</sup>

사용수량 저감형 절수부속은 변기 로우탱크에 부착한 부속이 중력을 받아 사용 수량을 줄이는 방식

Table 1 Water usage data<sup>(2)</sup>

(unit : One hundred million m<sup>3</sup>/year)

Year	1990	1994	1998	2003
Total amount of water resources	1,267	1,267	1,276	1,240
Total consumption	249	301	331	337
Living	42	62	72	76
Industry	24	26	29	26
Agriculture	147	149	158	160
Maintenance	36	64	71	75

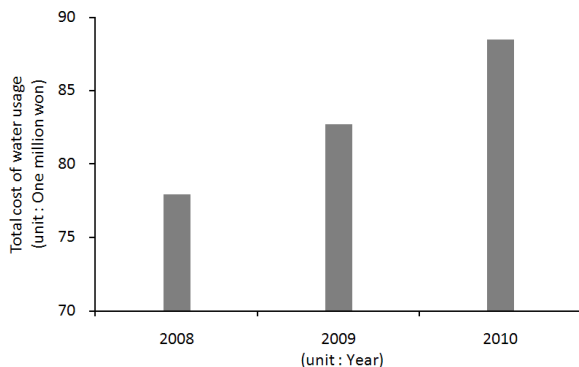


Fig. 1 Total cost of water usage in university.

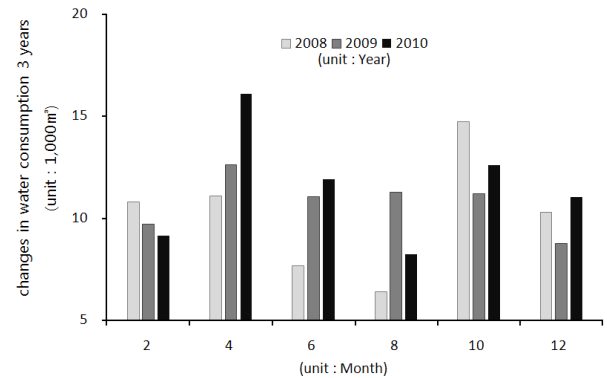
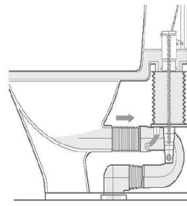
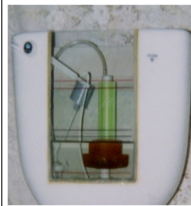



Fig. 2 Changes in water consumption in university.

Table 2 Water-saving devices for toilet bowl cleaning

Water-saving toilet bowl	Water-saving parts	Water-saving valve
		

으로 가격은 저렴하지만 세척 효과가 떨어질 수 있다. 대소변 구분형 절수밸브는 레버가 2단으로 작동하거나 대소변 선택 버튼이 부착된 것으로 소변 배출 시 토출수를 대변 배출 시보다 30~40% 정도 줄일 수 있다.<sup>(7)</sup> Fig. 3과 같이 대소변 구분형 절수밸브는 세척 효과가 부족할 경우 조절밸브를 통해 세척 수량을 늘릴 수 있어 세척 효과 저하에 대비할 수 있다.

기존 양변기가 설치되어 운용 중에 있는 건물에 절수형 변기를 적용할 경우 초기 투자비가 과다하게 투입될 수 있다. 불특정 다수의 인원이 사용하는 건물의 양변기에 세척 효과가 떨어지는 경향이 있는 사용수량 저감형 절수부속을 적용할 경우 세척수를 재차 사용함에 따라 물 사용량이 증가할 수 있다.

이에 따라 본 연구는 기존에 사용 중에 있는 양변기의 플러시 밸브와 대소변 구분형 절수밸브의 용수 사용량을 비교함으로써 비용 절감 효과를 확인하였다.

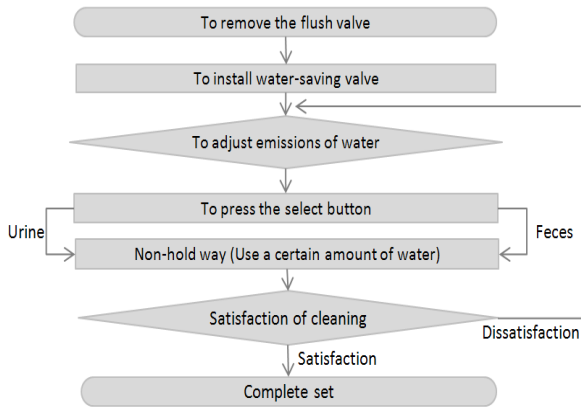


Fig. 3 A diagram of water-saving valve.

Table 3 University overview

Location	Dobong-gu, Seoul	
Gross Building Area	99,856 m <sup>2</sup>	
Annual water usage	68,885 m <sup>3</sup>	
Water consumption per person	11 m <sup>3</sup> /year	
Target Building	Gross Building Area	3,323 m <sup>2</sup>
	Building Area	1,255 m <sup>2</sup>
	Number of stories	B1 ~ 3F

## 2. 실험장치 및 방법

실험은 서울시 도봉구 소재 대학교의 행정동 건물 내 화장실을 대상으로 하였다. 대학 전반에 대한 행정업무 및 학생과 교직원에 대한 서비스 기관으로 불특정 다수의 사용자들이 화장실을 이용하고 있다. 그 중 사용자가 가장 많은 1층의 여자화장실의 양변기를 대상으로 하였다. 실험 기간은 대소변 구분형 절수밸브를 설치한 후 7일간으로 하였다.

Fig. 4와 같이 디지털 유량계를 대소변 구분형 절수밸브를 설치한 양변기와 절수부속을 설치하지 않은 일반 플러시 밸브가 부착된 양변기에 각각 설치하여 기존 설비의 용수 사용량과 절수 밸브를 설치한 설비의 용수 사용량을 비교할 수 있도록 하였다. 세척용수 유입 배관에는 양변기 세척 횟수를 체크할 수 있도록 카운터를 설치하여 사용 횟수에 따른 세척 용수의 사용량을 확인할 수 있도록 하였다. 유량계와 카운터의 초기 수치를 기록하여 실험 오류를 방지하였다.

절수부속을 설치함에 따른 경제적 효과를 확인하기 위하여 식(1)과 같이 절수부속을 설치하지 않은 일반 플러시 밸브가 부착된 양변기에서 소비하는



Fig. 4 A water-saving valve and a digital flow meter and the counter device.

Table 4 Specifications for a digital flow meter

	Model 01N31LM
Unit of measure	Liter
Typical accuracy	±2.5%
Operating temperature	-10 to +54°C
Design type	Turbine

일간 물사용에 따른 발생비용과 대소변 구분형 절수밸브를 설치한 양변기에서 소비하는 일간 물 사용에 따른 발생비용을 각각 산정하였다. 각 설비에 산정한 일간 발생비용의 차이에서 나타난 일간 절감비용을 이용하여 식(2)에 대입하여 투자비 회수 가능 기간을 산출하였다. 수도 단가는 2010년 한 해 동안 대학에서 지출된 수도 요금을 기준으로 하였다. 수도 단가는 1,284원/㎥로 조사되었고, 리터 단위로 변환한 1.284원/ℓ를 적용하였다. 일평균 사용횟수는 기존 밸브와 절수 밸브의 사용횟수를 평균한 값인 79.9회를 적용하였다. 초기 투자비는 개소당 자재 및 설치비를 합산한 후 부가가치세를 적용한 값으로 하였다. 절수밸브는 기존의 플러시밸브와 마찬가지로 주기적으로 교체해야 하는 부속이 없으며, 별도 운용을 위해 소비되는 에너지가 없어 유지관리비용은 없으며, 사용연한도 동일한 것으로 가정하였다.

$$WCdf = WCl \times WAdf \quad (1)$$

$$WCds = WCl \times WAds$$

$$PP = \frac{IC}{WCdf - WCds} \quad (2)$$

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 절수량 측정 결과

Table 5와 같이 기존 플러시 밸브가 설치된 양변기와 대소변 구분형 절수밸브를 설치한 양변기의 사용 횟수는 각각 617회와 502회로 나타났다. 기존 플러시 밸브는 1일 평균 88.14회를 사용하였고, 대소변 구분형 절수밸브를 설치한 양변기는 1일 평균 71.71회를 사용하였다.

용수 사용량에 대한 결과는 Table 6와 같았다. 기존 플러시 밸브가 설치된 양변기와 대소변 구분형 절수밸브를 설치한 양변기의 총사용수량은 각각

Table 5 Experimental results : the number of times used

	the number of times used	
	Total	Daily average
Flush Valve	617	88.14
Water-saving Valve	502	71.71

5,185.01 ℓ와 2,818.10 ℓ로 나타났다. 기존 플러시 밸브는 1일 평균 740.72 ℓ를 사용하였고, 대소변 구분형 절수부속을 설치한 양변기는 1일 평균 402.59 ℓ를 사용하였다. 기존 플러시 밸브는 1회당 평균 8.40 ℓ를 사용하였고, 대소변 구분형 절수밸브를 설치한 양변기는 1회당 평균 5.61 ℓ를 사용하였다. 1회당 사용량을 통하여 볼 때 기존 플러시 밸브가 설치된 양변기에 비하여 대소변 구분형 절수밸브를 설치한 양변기를 사용했을 때 33.2%의 사용수량을 절감할 수 있는 것으로 나타나 대소변 구분형 절수밸브 사용 시 30~40% 정도 사용수량을 절감할 수 있다는 Kim의 자료와 일치하는 결과를 보여주었

Table 6 Experimental results : the quantity used

	Quantity used(unit : ℓ)		
	Total	Daily average	Average
Flush Valve	5,185.01	740.72	8.40
Water-saving Valve	2,818.10	402.59	5.61

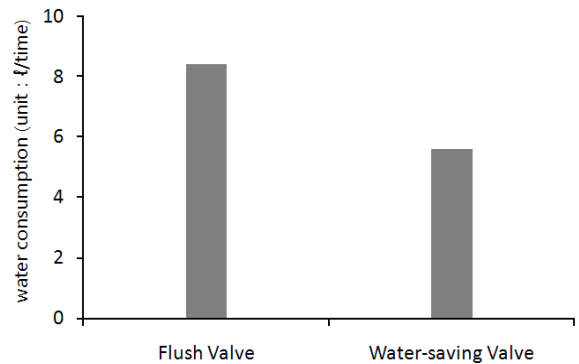


Fig. 5 Average water consumption.

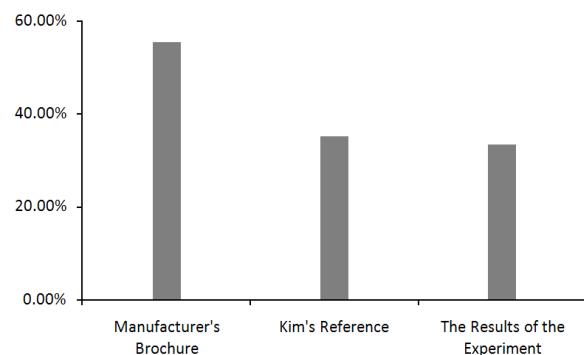


Fig. 6 Percentage of water-saving.

다. 제조사에서 제시하고 있는 절수 효율은 여자화장실에서 소변과 대변 사용 비율을 8:2로 가정하였을 경우 55.3% 정도로 제시하고 있어 실제 실험 결과와는 22.1%의 차이를 보였다. 이는 소변과 대변의 사용비율, 기존 밸브의 세척용수 사용량, 절수 밸브의 세척용수 사용량 등의 변수가 다르게 적용되었기 때문으로 판단된다.

### 3.2 경제성 분석

투자비 회수 가능기간을 산정함으로써 절수밸브 교체에 따른 경제적인 효과를 분석한 결과는 Table 7과 같았다. 개소당 일평균 사용 횟수를 79.9회로 기준하여 나타난 일간 사용하는 수량의 차이는 222.91 ℓ로 절감률은 약 33.20%가 되는 것으로 나타났다. 개소당 일간 절감 수량 222.91 ℓ에서 리터당 요금인 1.284원을 적용하여 나타난 일간 절감 요금은 286.22원이었다. 일간 절감 요금으로 개소당 초기 투자비용인 132,000원을 나누었을 때 투자비용 회수 가능기간은 개소당 461.18일로 나타났다. 수자원공사의 수익성 악화로 인하여 공공요금 인상 억제 정책에 묶여 있는 수도요금의 인상 필요성이 제기되고 있어 교체에 따른 투자비용 회수 가능기간의 단축이 가능할 것으로 보인다.<sup>(8)</sup> 투자비용 회수 가능기간의 산정에 있어 기존 양변기의 사용 수압 및 사용 수량과 양변기의 사용횟수, 수도 단가가 변수로 작용할 수 있다. 각 변수의 변화에 따른 투자비용 회수 기간의 변화 양상에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

### 3.3 비용 절감 효과 분석

1인당 용수 사용량 중 52%를 욕실에서 사용하고

Table 7 Economic evaluation

		Unit	Results
Water usage	Flush Valve	ℓ/day	671.45
	Water-saving Valve	ℓ/day	448.54
Unit price of water		Won/ℓ	1.284
Water rates	Flush Valve	Won/day	862.14
	Water-saving Valve	Won/day	575.93
Intial Cost		Won/EA	132,000
Payback Period		day	461.18

Table 8 The effect of the cost reduction

	Unit	Results
Annual water usage	m <sup>3</sup>	68,885
	Won	88,457,290
Annual water usage for toilet bowl cleaning	m <sup>3</sup>	18,599
	Won	23,883,468
Annual water saving	m <sup>3</sup>	6,175
	Won	7,928,531

욕실 용수 중 52%를 화장실 양변기 용수로 사용하고 있어 양변기를 사용함에 따라 소비하는 용수량은 1인당 용수 사용량의 27% 정도이다. 양변기의 사용빈도와 사용수량이 유사하다고 가정할 경우 용수 절감율 33.2%를 적용하면 Table 8과 같은 결과가 나타났다.

실험 대상 대학의 2010년 기준 연간 물사용량은 68,885 m<sup>3</sup>이며 수도 요금은 88,457,290원이었다. 양변기의 세척용으로 사용되는 용수량이 1인당 용수 사용량의 27%임을 가만할 때 연간 양변기 세척용수량은 18,599 m<sup>3</sup>이며, 23,883,468원의 수도 요금이 발생하였다. 연간 양변기 세척용수량에 용수 절감율 33.2%를 적용했을 때 연간 6,175 m<sup>3</sup>의 물량을 절감할 수 있고 연간 7,928,531원의 비용을 절감하는 효과가 나타났다.

## 4. 결 론

절수부속을 설치하지 않은 일반 플러시 밸브가 부착된 양변기에서 소비하는 용수 사용량과 대소변 구분형 절수밸브를 설치한 양변기에서 소비하는 용수 사용량을 측정된 결과는 다음과 같다.

(1) 대소변 구분형 절수밸브를 사용할 경우 유량이 5.61 ℓ/회 정도 소비되는 것으로 나타나 8.40 ℓ/회를 소비하는 플러시 밸브 보다 2.79 ℓ/회 절수가 가능한 것으로 나타나 33.0%의 절감률을 보였다. 대소변 구분형 절수부속에는 4ℓ 내외의 세척수를 사용하는 소변 세척 선택 기능이 있기 때문에 용수의 절감이 가능한 것으로 보인다.

(2) 대소변 구분형 절수밸브로 교체하여 설치 운용 시 초기 투자비용의 회수 가능기간은 461.18일로 나타났다. 일당 286.22원의 절감이 가능하고, 일당 222.91 ℓ의 상수도 사용량을 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

(3) 대학 캠퍼스 전체에 적용 시 연간 6,175 m<sup>3</sup>의 상수도 사용량을 줄일 수 있고, 연간 7,928,531원의 비용 절감 효과가 있을 것으로 보인다.

에너지 효율을 높이고 고정 지출 비용을 줄이기 위한 건축물의 전면적인 개보수와 설비 교체를 시행할 경우 초기 투자비용이 과다하게 투입되거나 투자비 회수 기간이 길어짐에 따라 경제성이 떨어질 수 있다. 이에 비하여 대소변 구분형 절수밸브 설치의 소액의 초기 투자로 고정 지출비용을 절감할 수 있으며, 투자비용의 회수 기간이 상대적으로 짧아 경제적인 효과가 있는 것으로 나타났다.

기존에 설치된 양변기 세척배관의 수압과 세척수 유량, 양변기 사용 빈도에 따른 절수율 및 경제적 효과에 대한 연구가 필요하다. 또한 절수밸브 설치에 따른 세척수 유량의 변화로 인한 세척력 약화 여부와 사용자 만족도에 대한 추가적인 조사와 연구가 필요하다.

## 후 기

이 논문 또는 저서는 2011년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단).

## 참고문헌

1. Korea Water Resources Corporation, 2009, The basic statistics for the water resources, Korea Water Resources Corporation.
2. <http://kwater.aky.co.kr>.
3. Kim, J. Y., Lee, C. M. and Hong, W. H., 2007, A study on the energy and consumption unit of the university, Proceeding of Conference in Architectural Institute of Korea, pp. 1033-1036.
4. <http://www.kwater.or.kr>.
5. Gong, S. H., 2006, Architectural facility design, Keimyung University Press.
6. Suh, K. W., 2010, Water-saving technology development trend of the bathroom toilet, Magazine of SAREK, Vol. 39 No. 9, pp. 31-40.
7. Kim, M. Y., 2002, The type of water-saving facilities and water-saving devices and water-saving effects, Journal of the KGBC, Vol. 3 No. 2, pp. 47-51.
8. Yun, W. C., 2010, Social and economic necessity of wholesale water tariff adjustment, Journal of Water Policy and Economy, Vol. 15, pp. 19-29.