

## 가변식 직선 트랩 양변기 시스템에 관한 고찰

서 기 원<sup>\*†</sup>, 원 영 재<sup>\*</sup>, 이 영 호<sup>\*\*</sup>

대림대학 건축설비계열, 대림대학 설비계열, (주)H&G대표

A study on the water saving device using a variable position  
straight trap in a water closet system

Kee-Won Suh<sup>\*†</sup>, Young-Jae Won<sup>\*</sup>, Young-Ho Lee<sup>\*</sup>

<sup>\*†</sup> *Division of HVAC & Fire Engineering, Daelim University, Gyeonggi 431-715, Korea*

<sup>\*</sup> *Division of HVAC & Fire Engineering, Daelim University, Gyeonggi 431-715, Korea*

<sup>\*\*</sup> *H & G Co., LTD, Gyeongsangbuk 718-911, Korea*

**ABSTRACT:** This study investigated the water saving technology for the toilet stool system in a water closet. Since in 21st century water would be the prospected factor to measure the wealth of a country instead of the oil, water saving technologies in the toilet stool in a closet system is getting more important than the cleaning stool and the reducing noise performances. According to the statistics in Korea the percentage of using water in toilet is about 27 % to the total amount of water used. Therefore, this study theoretically approached the possible amount of water saving and suggested the new variable position straight trap device in the toilet stool system.

Key words : a variable position straight trap in a water closet system(가변식 직선 트랩 양변기 시스템), water saving device(절수 기구), flexible and variable position drainage toilet stools(가변식 양변기의 구조), siphon style toilet stool(사이펀 방식 양변기), open and shut style toilet stool(개폐식 양변기)

## 1. 서론

최근 급속한 인구증가와 산업화에 따른 물 수요 증가와 지구온난화에 따른 사막화 현상이 가속화되면서 물 부족은 인류의 생존을 위협하는 주요 현안이 되고 있다. 우리나라도 온난화 영향으로 가뭄이 심해지고 있으며, 일부 지역은 제한급수를 시행하는 등 물 부족을 피부로 느끼고 있다. 정부도 상하수도 민영화 추진을 통한 수도요금 현실화를 구상하고 있으며, 물 산업을 미래 전략 산업으로 집중 육성하려는 움직임도 있다.

그러나 물 부족 해소를 타개하기 위해 무엇보다 물 절약을 생활화를 위한 범국민적인 공감대 형성되어 생활용수의 절약부터 시작되어야 할 것이다.

농경시대에는 배변이 중요한 비료의 역할을 했지만, 도시화 되면서 오히려 배변처리에 많은 비용이 수반되게 되었다.

위생적이면서 악취 차단이 가능한 수세식 변기는 1875년 영국의 수학자 알렉산더 커밍이 S자형 파이프에 물을 채우는 장치를 고안하여 오늘날의 변기와 같은 트랩으로 발전시켰으며, 1882년 미국에서 사이펀 식 변기와 사이펀 젯트 식 변기의 원형이 고안된 후 발전을 거듭하여 현재에 이르렀다. 이러한 수세식 변기는 오수관이나 정화조의 악취가 유입되는 것을 차단할 수 있고 위생적이어서 화장실을 주거공간내로 끌어들이는데 큰 역할을 하였으며, 오늘날 현대적인 대형 건축물이 가능하도록 하였다. 그러나 수세식 변기는 물이 많이 낭비되는 결정적인 단점이 있다. 포춘(Fortune)지에 의하면 20세기는 석유의 시대였으나 21세기는 물이 석유를 대신할 것으로 전망하며, 물이 국부를 결정하는 중요한 요소가 될 것이라고 전망하고 있다. 외국의 수절약 예를 살펴보면 중국은 모든 호텔을 절수 변기설치를 의무화 하였으며, 미국은 절수형 변기 설치 시 국가가 보조금을 지급하며, 영국은 소변 후 변기 물 안내리기 운동을 전개하고 있으며, 호주는 호스를 이용한 세차금지 및 1인당 하루 140l 이하의 물을 사용하도록 강제하고 있다. 우리도 2002년 절수기구설치 의무화 및 2005년 공공기관 환경친화적 상품 구매 의무화를 통하여 절수하도록 유도하고 있다. 통계에 의하면 국내 물 사용 비중 중 화장실은 52%, 음료 및 취사용은 21%, 세탁

용수는 20%, 청소 및 기타 용수는 7%이며, 화장실에서 1인당 물 사용량은 양변기 용수 56l, 목욕용수 29l, 세면용수 23l로 화장실 용수 중 양변기 용수량은 52%로 전체 사용량 중 27%에 해당됨을 알 수 있다. 따라서 양변기의 절수는 물이 부족한 우리로서는 매우 절실하면서도 중요한 일이다.

세계 각국은 핵가족화 및 수세식 변기 보급 확대 등으로 더욱 더 물 기근에 시달리고 있어 수 절약을 위한 다양한 노력과 기술 개발에 박차를 가하고 있다. 대표적인 화장실 제품 제조 회사인 American Standard사와 ToTo사를 중심으로 수세식 변기 1회 사용 시 물 사용량을 12l에서 근래에는 6l 수준까지 절약할 수 있는 절수변기를 개발하였으며, 듀얼시스템 채택에 따라 대·소변 시 물 소비량을 조절할 수 있는 변기를 개발하여 수절약에 힘을 쏟고 있다.

## 2. 절수 효과

국내의 경우 Fig. 1과 같이 전국의 각 가정에서 가변식 직선트랩 양변기(대변 시 1회 사용 수량 4.5l, 소변 시 3l)를 설치할 경우 연간 약 4억 톤의 절수효과를 기대할 수 있으며, 이는 소양강 전체 용수량인 8억 6천만 톤의 45%에 해당하는 막대한 양이다. 여기서 1인당 하루 평균 대변 1회, 소변 4회 이용을 감안한 1회 평균 물 소비량인 3.3l를 적용할 경우는 연간 수 절약은 약 4억 8천만 톤으로, 5천억원에 해당되는 수도요금을 절감하게 된다.



근거자료 : 상수도 물 가격 : 547.4원/m<sup>3</sup>, 하수도 물 가격 : 243.3원/m<sup>3</sup>  
1인 1일 대소변 합계 : 5회 사용 기준)

< Fig. 1 Comparisons of the amount of water used and the cost >

또한, 절수변기 사용은 수절약 뿐만 아니라 정수

시설과 댐을 건설하는 건설비용의 절감, 댐 건설로 인한 환경파괴 예방 및 오염배출량 감소로 인한 환경보호 등의 효과를 고려하면 저탄소 녹색 성장을 위한 중요한 대안 중 한가지라 생각된다. 이러한 효과를 얻기 위해서는 단순히 물 사용량이 적은 변기 개발뿐만 아니라 변기 본래의 목적인 세척성이 우수하여 청결하면서도 절수 기능도 탁월해야 한다.

### 3. 베르누이 정리로 살펴본 사이펀 방식의 절수한계

#### Bernoulli's equation

$$\frac{v^2}{2} + gy + \frac{P}{\rho} = constant$$

v = fluid velocity along the stream line  
 g = gravitational acceleration downwards  
 y = elevation in gravity field  
 P = pressure along the stream line  
 ρ = fluid density

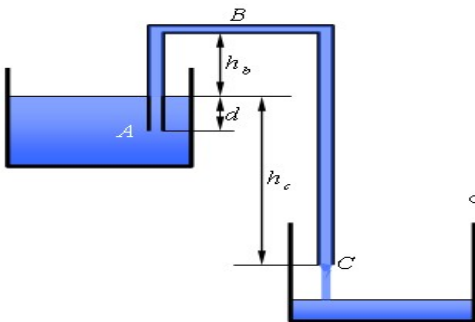
상부저수조의 표면에서 베르누이식을 적용하면, (단, 물의 하강속도는 "0"이고, 상부 및 하부 저수조(C)의 표면에 작용하는 대기압은 같다.)

$$\frac{0^2}{2} + g(0) + \frac{P_{atm}}{\rho} = constant(eq.1)$$

상부저수조에서 사이펀의 시작점 "A"에서 베르누이 식을 적용하면,

$$\frac{v_A^2}{2} - gd + \frac{P_A}{\rho} = constant(eq.2)$$

where,  $P = P_A, v = v_A, y = -d$



< Fig. 2 Schematic diagram for Bernoulli's equation >

사이펀의 최고점 "B"에서 베르누이식을 적용하면,

$$\frac{v_B^2}{2} + gh_b + \frac{P_B}{\rho} = constant(eq.3)$$

where,  $P = P_B, v = v_B, y = h_B$

사이펀의 끝점 "C"에서 베르누이식을 적용하면,

$$\frac{v_C^2}{2} - gh_c + \frac{P_{atm}}{\rho} = constant(eq.4)$$

where,  $v = v_c, y = -h_c$

◎ 사이펀에서의 유속은

단일 사이펀에서 위의 4개식 상수는 같으므로, 식 1과 식 4를 같다고 정리하면,

$$\frac{0^2}{2} + g(0) + \frac{P_{atm}}{\rho} = \frac{v_c^2}{2} - gh_c + \frac{P_{atm}}{\rho}$$

$$v_c = \sqrt{2gh_c}$$

사이펀에서 최대유속은, 식 1과 식 3을 같다고 정리하면

$$\frac{0^2}{2} + g(0) + \frac{P_{atm}}{\rho} = \frac{v_b^2}{2} + gh_b + \frac{P_B}{\rho}$$

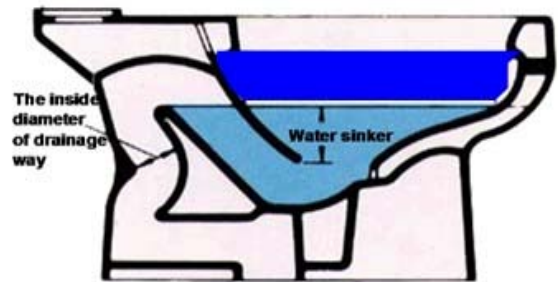
$$v_{max} = \sqrt{2\left(\frac{P_{atm}}{\rho} - gh_b\right)}$$

◎ 기존 변기에서 사이펀 현상이 일어나기 위한 최소 수두 높이 [ $h_B$ ]는

사이펀 최상부의 압력,  $P_B = 0$

$$h_B = \frac{P_{atm}}{\rho g} - \frac{v_B^2}{2g} = 43mm$$

파란색 부분에 해당하는 수량이 사이펀 최상부의 압력이 된다.



< Fig. 3 Detailed diagram for a toilet stool >

베르누이 정리로 살펴본 사이펀 방식의 절수 한계

○ 기존 변기에서 사이펀 현상이 일어나기 위한 최소 수두 높이를 구하면, 사이펀 최상부의 압력을 찾을 수 있음

$$P_B = 0 \quad h_B = \frac{P_{atm}}{\rho} - \frac{v_B^2}{2g} = 43mm$$

○파란색 부분에 해당하는 수량이 사이펀 현상에 필요한 수량

- 높이 43mm이고, 변기구조에 따라서 채워지는 물량이 달라짐

- 사이펀 후 변기의 저류되는 양 (100mm 높이)

- 따라서 1회 세척에 필요한 총 물의 양은

43 + 100mm = 143mm 높이의 물이 필요함.

(시판되는 사이펀 변기 이용 수량을 측정해 보면 약 5.8리터 정도임)

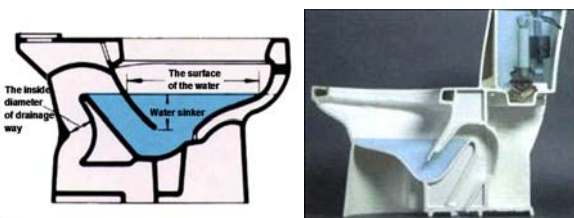
-실제는 6리터 제품까지 출시되고 있지만 잔류 오물의 완전 세척은 어려운 실정임.

이상에서 살펴본 바와 같이 사이펀 식 양변기를 1회 사용 시 물 소비량을 6l이하로 줄이는 데는 구조적인 한계점이 있음을 알 수 있다. 따라서 6l 이하로 획기적으로 절수하기 위해선 수세식 변기(양변기)의 분뇨배출 구조를 혁신적으로 개선해야만 가능함을 알 수 있다.

#### 4. 사이펀 방식 및 기타 절수 변기의 문제점

외국 절수 변기는 Pressure 절수형, Power Gravity 사이펀 제트방식, Dual Wash-down방식 및 Power Assist방식 등이 있으나, 이들은 절수 한계가 6리터이나 세척의 미흡, 보조 장치에 의한 추가 동력이 필요하며, 소음 및 고가 등으로 인해 아직도 개선의 여지가 많다.

Fig 4는 기존 사이펀 방식의 분뇨 배출구조와 사이펀 현상이 발생되는데 필요한 수압을 나타낸다. 사이펀방식 변기와 사이펀 방식에 근거한 절수형 변기들은 분뇨배출구조가 고정식 S자형 사이펀 관 형태를 갖고 있기 때문에 분뇨를 배출시키기 위해 물과 분뇨가 사이펀 관의 최상부인 S자의 정점을 넘어야 되므로 많은 수량이 필요하며 인위적으로 수압을 높여줘야 오물을 배출시킬 수 있다.



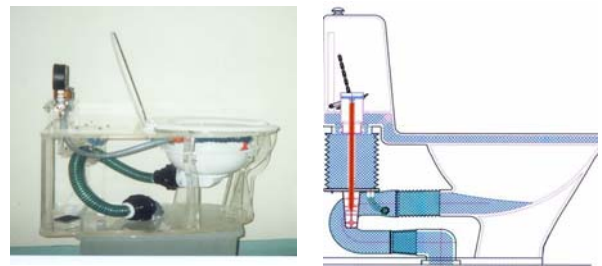
< Fig. 4 Inside of siphon style toilet stool >

이는 베르누이 방정식을 적용해봄으로서 기존 변기에서 사이펀현상을 유발시키기 위한 최소 물의 높이인 필요 수압을 구할 수 있다. 변기 수조의 크기 및 형태에 따라 차이는 있으나 현재 최소 6 l 정도이다.

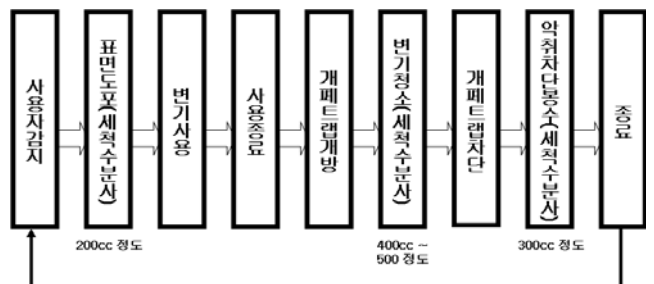
최근에 개발된 시중의 일반제품은 최소 6리터의 물을 사용하는 절수형 변기로, 사이펀 관의 정점을 낮출 경우 오물이 도자기 표면에 부착되기 쉽고 세척력이 약해져서, 두세번 세척수 사용에 따른 물의 낭비가 많아지며, 사이펀 현상에 의한 소음이 큰 단점이 있다.

Fig. 5는 이러한 고정식 사이펀 방식의 절수 한계와 소음 등의 문제점을 극복하기 위해 개발된 Flexible 방식 및 가변식 사이펀관 절수 변기로 기존 고정식 사이펀 방식 변기의 절수 한계와 소음 문제는 어느 정도 해결되었으나, Flexible 방식의 경우 변기 내 Flexible관이 작동하기 위해서 변기 내 공간이 넓고 튜브 연결부위에서 오물 걸림 현상, 디자인 제약, 세척력 및 부품 노출에 따른 외관상의 문제 등 해결해야할 문제점이 많다.

Fig. 6은 지금까지 소개한 변기와는 전혀 다르게 변기 내는 오수관로가 없는 배출구 개폐식 양변기로 기존 Flexible 방식과 가변식 사이펀 양변기 보다 여러 면에서 진일보되었다.



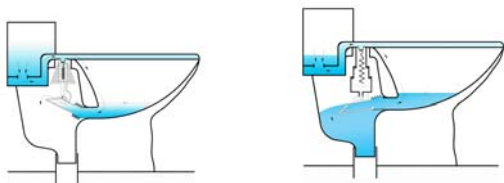
< Fig. 5 Schematics of flexible and variable position drainage toilet stools >



< Fig. 6 Flow diagram for the operation of the open and shut style toilet stool >

## 5. 가변식 직선트랩 양변기

지금까지 살펴본 바와 같이 기존 사이펀식 변기는 물 소비 과다, 절수 한계, 소음 문제, 디자인 제약, 외관상의 문제, 세척력의 문제 등 해결해야 할 문제점들이 많은 제품이었다. Fig. 7은 가변식 직선트랩 양변기의 오물배출 구조도이다. 오수관로가 있는 경우의 최저 물 사용량 문제를 해결한 새로운 배출 구조를 가진 변기로, 최대의 절수효과와 저소음을 실현하면서 가격 경쟁력을 유지하고 있는 것이 큰 장점이다.



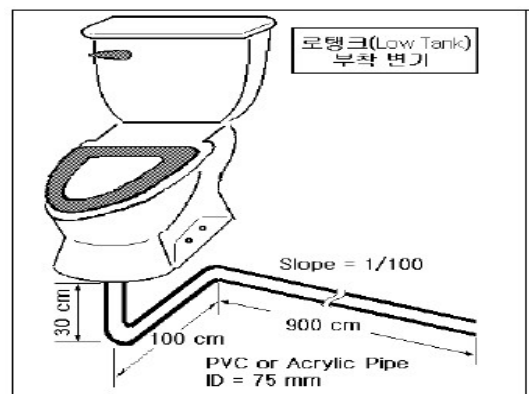
<Fig. 7 Schematic diagram for the variable position straight trap stool >

가변식 직선트랩 양변기의 특징은 트랩을 고정식에서 가변식으로 획기적으로 변경 적용하였으며 분뇨배출 구조를 S트랩에서 직선트랩 + 커버 타입으로 평상시에는 상향형태를 유지하다가 작동시에만 직선하향 구조로 운동하게 하여 적은 물량(평균 3.3리터)으로도 완벽한 세척이 가능하고, 적정 시점에서 트랩이 복원되므로 오물의 역류나 악취가 침입될 우려가 없으며 또한 충분한 유수면이 형성되어 도기에 오물이 묻을 염려가 적다. 물 소비량이 대변 시 4.5리터, 소변 시 3리터로 기존 제품보다 50~75% 이상 물소비를 절약하면서도 세척력은 향상되었다는 점과 사이폰 관을 없앴으로써 사이폰 현상에 의한 배수소음을 절감시켰으며 기존 변기 생산에서 가장 어렵고 불량률이 많은 사이폰관 공정을 없앴으로써 도기 생산수율을 향상시켜 생산원가 상승을 줄이고, 사이폰 관 부위의 막힘현상을 현저하게 줄였다는 장점이 있다.

이러한 특징들은 구동장치의 위치, 가변직선트랩의 크기와 상하 작동범위, 구동장치의 최적 용

량(0.9리터)이 세척 능력과 직접 연관되어 있다는 점, 직선 트랩과 바닥 배출구 연결부위에 굴곡부위가 없어 분뇨배출시 막힘 현상을 현저히 감소시키는 기술을 통해 실현 가능하게 되었다.

이러한 기술을 바탕으로 가변식 직선 트랩 양변기는 한국건자재시험연구원의 세척력 시험 및 내구성 시험 15만회와 NET 신기술인증 및 환경표지 인증 획득은 물론 NEP 신제품 인증을 획득하였다. 이 과정에서 위생도기의 국가산업표준규격인 KSL 1551 시험규격에는 배관을 통과하는 성능 기준이 마련되어 있지 않아, ASME의 기준을 참조한 EL223 환경인증 기준을 적용하여 신제품의 성능을 시험한 결과, 정상적인 작동상태와 성능을 확인할 수 있었다. 아래 Fig. 8은 EL223의 시험 장치이다.



< Fig. 8 Experimental schematic diagram for EL223 water saving stool (EL223-1992/5/2007-186) >

지금까지 살펴본 바와 같이 양변기가 갖추어야 할 기능적인 요건은 완벽한 세척력과 절수 성능 그리고 저소음이다. 그러나 기존의 양변기는 고정식 사이펀 구조로 인해 절수도 한계가 있고 배수소음이 커서 아파트나 사무실에서 층간소음문제 때문에 큰 어려움이 있었다. 따라서 이러한 분뇨배출 구조의 문제해결 없이는 근본적인 절수효과는 물론 배수소음 문제의 해결을 기대하기 어렵다.

## 6. 제 언

기존 빌딩이나 아파트와 같은 일반 건축물에 설치된 오수관은 양변기 1회 사용 시 물을 13l 정도 사용되는 것으로 설계 시공되었다. 오수관도 이에 맞춰 75~100A로 설계하였다. 그러나 초절수기구인 가변식 직선트랩 양변기(대변 시 1회 사용 수량 4.5l, 소변 시 3l)로 일부나 대부분 변기를 교체할 경우 오물을 정화조로 이송시키는데 조그마한 장애가 있더라도 분뇨를 오수관로를 통해 흘러보낼 때 기존처럼 안전이 확보되지 않은 실정이다. 따라서 수절약 및 소음저감 등의 탁월한 강점은 많지만 학회 차원에서 오수관의 수평주관의 길이가 긴 경우 등 다양한 경우에 대한 추가 연구를 통해서 초절수기구인 가변식 직선트랩 양변기의 오수관에 대한 지속적인 연구, 개선 및 설계기준 제정이 반드시 필요할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 1) Lee S.H., Lee Y.H., 수세식 화장실의 물 절약 기술접목과 유지관리 검토
- 2) R. Franceys 외2명, 'WHO 화장실 개선을 위한 지침서', 대한상수도학회, pp.3-4, pp17-29