

세면기 재활용수를 이용한 수절약 및 환경오염 방지에 관한 연구

원 영 재 ☆ . 서 기 원 . 임 상 호

대림대학 설비계열, 대림대학 설비계열, 몰사랑 대표

A Study on Water Saving Washbowl System

Jae-young won, kee-won Suh, ho-sang Lim

ABSTRACT: Based on this study, the remarkable water saving washbowl system (about 90% water saving) was designed and developed by reusing the face washed water. Once the used water for washing one's face was stored into a water tank, and the dirt substances and floating matters are effectively removed by the filtrating system in order to maintain the clean water tank for a toilet stool. By using this great washbowl system, the total consumption of tap water is dramatically decreased and the total expense for sewage disposal plants is efficiently saved.

1. 서론

최근 사회적으로 수자원의 고갈 우려가 갈수록 심화 되고 있고 정부차원에서 국민들에게 물절약을 위한 다양한 방안을 제안하고 있는 현실이다. 이러한 결과로 수자원에 대한 사회적 인식이 커지게 되었고 수자원을 절약하기 위한 여러 가지 해결책이 다양한 형태로 제시 되고 있다. 해결책 중에서 화장실에 구비된 양변기와 세면대는 필요 이상으로 과다한 물을 사용함에 따라 많은 양의 물이 낭비되는 문제점을 초래하고 특히, 이 중에서 양변기는 대·소변과 같은 오물을 세척해야 하는 목적으로 불가피하게 한번에 대략 7ℓ 가량의 많은 물을 소비하는 실정이다. 이와 같은 물의 소비를 조금이나마 줄이고자 보통의 가정에서는 양변기의 물탱크 내부에 벽돌 등을 집어넣어서 물을 절약하고자하는 자구책을 강구하여 왔다.

그러나 이러한 자구책은 양변기의 물탱크 내부에 집어넣은 벽돌의 부피만큼 물탱크 안에 수용되는 물의 양이 줄어들게 되므로 양변기 내부로 배출되는 물의 압력이 낮아짐에 따라 용변이 깨끗하게 처리되지 못하여 근본적인 대책이라 할 수 없었다.

본 연구에서는 재활용수의 필요성이 날로 증가되고 있는 시점에 세면수를 양변기의 물탱크로 공급하여 세정수로 사용될 수 있도록 재활용함으로써 수돗물인 세정수의 소모량을 대폭 감소시키는 시스템의 제안으로 수자원을 절약하는 동시에 경제적 효과를 제공하는데 그 의의가 있다 .

2. 연구의 배경

2003년 환경부 자료를 보면 하수처리시설 242개소 운영, 하수도 보급률은 78.8%. 137개 하수처리장은 전문능력을 갖춘 민간에 위탁하여 운영 하고 있으며 생활하수의 71%를 해양에 버리고 있는 것으로 나타났다.

또한 41개 하수처리시설은 시설용량의 50% 미만으로 하수가 유입되고, 53개 하수처리시설은 시설용량을 초과한 하수가 유입됨에 따라 '05년도에는 하천수, 계곡수등 배제를 위한 하수관거정비를 위해 1,152억원을 지원하고, 하수처리시설의 용량증설을 위해 261억원의 국고를 지원하는 등 하수처리와 관리에 중점을 두고 있는 현실이다.

환경부 운영관리실태 분석결과 주목할 만한 특징으로

는 하수처리 운영을 전문 능력을 갖춘 민간에게 위탁하는 하수처리 시설이 '99년 33개소에서 '01년 89개소, '02년 114개소, '03년 137개소로 매년 증가하고 있어 하수처리시설 운영방식이 민간위탁방식으로 전환되고 있는 추세이며, 하수처리시설 운영에 소요되는 직접경비로 하수처리비용을 산출한 결과 하수1톤을 처리하는데 지방자치단체에서 직접 운영하는 시설은 76.6원, 의 처리비용이 소요된다.

또한 연간 하수처리수의 재이용량은 전년도 2.6억톤 보다 32.2% 증가한 3.5억톤으로 주로 세척수, 냉각용수, 하천유지용수, 농업용수 등으로 사용하고 있으나 아직까지는 재이용량이 낮은 실정이다.

이에 따라 장래의 물부족 사태에 대비하여 고도처리시설이 설치된 하수처리시설부터 하수처리수를 재이용할 수 있도록 용도별 수질 권고기준을 마련하여 하수 처리수 재이용을 확대해 나가야 할 필요성을 느끼게 되었다.

따라서 본 논문에서는 이러한 갈수록 증가되는 하수처리량을 억제하고 하수처리수의 최대한 재이용할 수 있는 시스템 연구 목적으로 세면수를 재활용할 수 있는 절수식 양변기와 세면기의 시스템을 제안 하게 되었다.

3. 국내 하수처리 현황 및 비용 분석

3.1 하수 처리량 현황

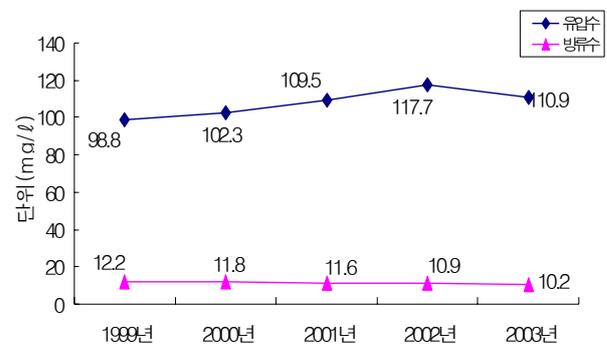
우리나라 하수처리 환경부 자료 실태를 살펴보면 2003년말 242개소(시설용량 20.9백만톤/일) 하수처리장이 가동되고 있으며, 전년도 대비 44개소(신설 41, 증설3), 용량 909천톤/일 이 증가한 것이다.

처리공법은 표준 활성슬러지법, 산화구법 등이 있으며, 이중 표준 활성슬러지법이 97개소(40.1%)

로 가장 많은 비중을 차지하고 있다.

이 가운데 231개소 하수처리장을 살펴보면 시설용량 대비 실제 유입하수량 비율이 50% 이상인 하수처리장은 190개소, 22.9%인 53개소 하수처리장은 시설용량을 초과하여 하수 유입되며, 특히, 1.7%인 4개 하수처리장은 20% 미만으로 하수가 유입되고 있는 것으로 나타났다. 이에 따른 처리비용도 시설용량 초과 및 유입을 저조 처리장은 시설용량 증설, 하수관거정비 비용으로 '05년에 용량증설 261억원, 관거정비 714억원이 반영되는 것으로 나타났다.

표 3.1 연도별 유입·방류수질



또한 표 3.1 연도별 유입·방류수질 에서 보는 바와 같이 유입오염부하량 대비 제거 오염부하량비율의 경우 BOD는 90.8%로 작년과 비슷한 수준이나, 유출오염부하량 (SS)는 94.3%로 다소 향상되었다.

운영관리비 분석을 보면 연간 유입하수량 64억톤을 처리하는데 소요된 운영비는 4,244억원으로서 전년도에 비해 약간 상승하였으며 하수 1톤 처리비용은 66.1원, BOD 1kg 처리비용은 662원 이며 운영비 중 인건비가 32.9%로 가장 큰 비중을 차지하고 전력비, 개·보수비, 슬러지 처분비 순으로 나타났다.

표 3.2 수처리제 사용현황

연도	구분	계	응집제	중균제	탈황제	소독제	탈취제	소포제	기타
2003	사용량 (톤/년)	21,728	4,381	49	337	2,427	85	44	14,405
	금액 (백만원/년)	15,281	11,164	147	228	512	136	65	3,029
2002	사용량 (톤/년)	16,627	3,968	40	374	223	80	30	11,912
	금액 (백만원/년)	12,694	9,946	137	280	32	99	54	2,167

3.2 하수처리 비용

하수 1톤당 처리비용으로 50만톤 이상 처리장은 48.1원, 1천톤 미만 처리장은 960.4원 소요.

1톤당 처리비용이 가장 높은 곳은 충북 문의하수처리장으로 3,240원, 가장 낮은 곳은 광주광역시 하수처리장으로 27원 소요 되는 것으로 조사 되었다.

BOD 1kg당 처리비용은 50만톤 이상 처리장은 446.9원, 1천톤 미만 처리장은 14,575.2원이 소요되는 것으로 나타났으며 지자체 관리시설의 경우 하수 1톤당 처리비용은 76.6원, BOD 1kg당 처리비용은 839.8원으로 나타났다.

3.2.1 운영인력 분석

하수처리시설에 근무하는 인력은 4,565명이며, 41개 하수 처리시설이 신규로 증가함에 따라 전년도에 비해 519명 약 12%증가 되었고 연간 발생된 슬러지량은 2,267천톤으로 하수 1톤을 처리할 경우 평균 0.035%의 슬러지 발생되는 것으로 나타났다. 하수 슬러지 발생률은 규모에 따라 다소 차이가 있으나, 하수 1톤 처리당 0.027~0.044%까지 발생하고 있으며 처리방법으로는 해양투기가 전체의 71.7%로 가장 높으며, 육상매립은 4.8%로 가장 낮은 것으로 조사되었다. 육상매립은 갈수록 감소하였고 소각 및 재이용량은 증가하는 추세이다.

하수슬러지 1톤당 처리비용은 소각이 30,111원으로 높고, 재이용은 20,666원으로 가장 낮게 나타났다.

3.2.2 수처리 약품

하수처리시 소모되는 약품의 양도 연간 64억톤의 하수를 처리하는데 21,728톤의 약품이 사용되었고, 153억원의 약품비용 지출 되었다. 약품비의 73%인 112억원은 응집제 구입에 사용되는 것으로 조사 되었으며, 표 3.2는 수처리제 사용현황을 나타내고 있다.

표 4.1 건축물의 수도물 사용 현황

종 류	규 모	수세식 변소사용량	공조기 냉각수사용량	계
일반가정	-	약 20%	-	약 20%
사무실	대규모	30-50%	약 25%	55-80%
	소규모	50-80%		75-90%
병 원	-	20-30%	30-40%	50-70%
백화점	-	15-35%	30-50%	45-85%
대 학	문 과	35-70%	-	35-70%
	이 과	10-20%	-	10-20%

(중수도 실무편람 소화 56편판)

3.3 하수처리수 재이용 현황

연간 64억톤의 하수유입량 중 재이용량은 5.4%인 3.5억톤으로서 갈수록 비례 증가추세 이며 70.8%인 245백만톤

을 청소수, 세척수, 식수대 살수, 희석용수, 냉각수 등 처리장내 용수로 재이용 하는 것으로 나타났으며, 27.2%인 101백만톤은 공업용수, 농업용수, 하천유지용수 등 처리장의 용수로 재이용하는 것으로 조사되었다.

4. 생활용수의 재활용 필요성

생활하수 재활용은 인구의 증가, 사회 환경의 고도화 및 생활수준 향상으로 그 수요가 급증하고 있으며 수돗물 증가에 대비하여 우리주변에서 많은 기술 개발이 이루어지고 있다. 특히 수돗물로 사용하기에는 부적합하여 버려지고 있는 물을 일반 생활용수로 재 사용함 으로서 수돗물 부족난에 대비함을 목적으로 한 중수도 시스템은 대표적인 물 절약 시스템 이라고 할 수 있다.

본 시스템 적용시 이처럼 무심코 버려지는 세면대에서 사용하고 바로 하수구로 보내는 것을 양변기에서 재사용하게 되면 90% 이상도 재사용이 가능한 것으로 나타났으며 이는 하루 1인당 7회의 화장실 이용회수를 감안하여 4인기준 하루에 250리터 이상씩 15리터 PT병 30개가 넘는 물 절약과 25개가 넘는 하수도 절감 등을 감안하여 가구당 하루 약 500리터를 줄일 수 있다고 판단된다.

또한 업무용 및 상업용 건물의 경우 수도요금 및 하수도 요금을 종합적으로 보면 그 비용이 가정용에 비해 3~5배 정도 비싸고 양변기 세척용수 등 재활용수 사용 가능한 일반 가정은 20% 정도 인데 비하여 50-80%로 매우 높아 경제성이 매우

된다.

세면대(10)는 본체(11)에 의해 욕실의 바닥면으로부터 소정높이로 지지되며, 본체(11)의 상단에 소정크기의 면적으로 베이스플레이트(12)가 형성되어 세면대(10)가 놓여 고정 설치되고, 세면대(10)의 하부에 해당하는 본체(11)의 상측부 베이스플레이트(12) 아래에 소정크기의 공간으로 수조(13)가 구성된다. 수조(13)에 구성되는 공간은 변기(30)에서 사용하는 세정수의 용량에 따라 달리 구성될 수 있으며, 수조(13)의 위치는 물의 흐름상 가능한 본체(11)에서 상측부에 위치함이 바람직하고, 세면대(10)와 베이스플레이트(12)를 통하여 수조(13)의 상측 내부로 배수밸브(14)와 배수관(14a)이 연결 설치되어 세면대(10)에서 수도꼭지(15)를 통해 사용한 세면수가 수조(13) 안으로 유입된다. 상기에서 본체(11)의 상측부에 구비된 수조(13)에는 오수가 하수관으로 배출되는 오수관(16)과, 수조(13) 안에서 정화된 세면수가 저장탱크(20)로 유입되는 유입관(17)이 설치된다.

여기서, 오수가 하수관으로 배출되는 오수관(16)은 한쪽 상단부가 수조(13)의 내부에서 바닥면으로부터 소정높이로 위치하고 그 하단부는 수조(13)의 바닥면을 관통하여 외측으로 노출되게 설치됨으로써, 오수관(16)의 하단부가 하수관과 연결되어 수조(13)안에서 오수가 배출된다.

5.3 시스템의 기대효과

세면대에서 사용한 세면수가 수조에 저장되면서 수면위로 부유되는 각종 부유물과 이물질이 효과적으로 배출 제거되고, 여기서 정화된 세면수가 저장탱크를 거쳐 변기의 물탱크로 공급되며 마지막엔 수돗물 1리터가 행귀주도록 구성함으로써, 세면대에서 사용한 세면수를 재활용하여 수돗물을 대폭 절약하는 한편 수돗물은 마지막에 행굼 시와 재활용수 부족 시에만 사용되므로 변기를 청결하게 사용할 수 있으면서 절수 효과를 기대할 수 있다.



그림 5.3 절수형 세면대. 양변기 완성도

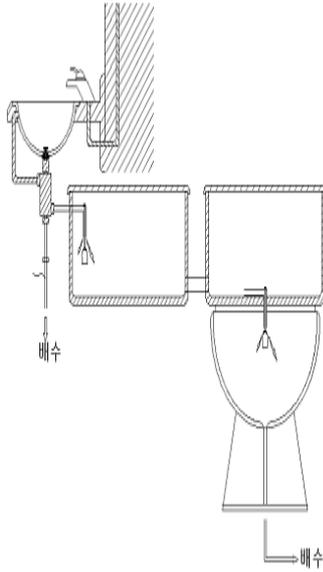


그림 5.4 물저장 탱크

6. 결 론

본 연구에서는 기존의 비슷한 유형의 시스템 문제점인 세면수가 적거나 없는 경우는 수도물로 (직수) 전량 사용되어 비효율적 이었으며, 기능들 또한 센서와 제어장치를 포함하는 전자적 제어 장비를 사용하거나 사용자의 인위적 조작으로 이루어졌으나 본 연구의 제품은 자동 또는 반자동이 가능하고 운영 관리의 간편함은 물론 세면수로부터 부유물을 걸러 내고 걸러내진 세면수를 선택적으로 물탱크로 공급할 수 있는 세면수를 활용하는 양변기 시스템으로 수자원 절약을 위한 큰 기여가 될 수 있으리라 기대된다.

참고문헌

- 1.김영민. 정량적 공간분석을 통한 아파트내 물사용공간에 관한연구.대한건축학회,2007.10
- 2.김영호,세계와 우리나라의 수자원을 고려한 급수설비에서의 물절약.설비저널(대한설비공학회지),2003.6
- 3.이용화,건축물에서의 물절약.설비저널(대한설비공학회지),2003.6
- 4.권상빈,에너지 자립형 하수도시설 구축을 위한

정책방향.설비저널(대한설비공학회지),2007.10

5.박준택.하수처리장에서의 에너지 절약방안.설비저널(대한설비공학회지),2007.10

6.이영대.하수처리수 재이용 활성화를 위한 Twine plan 추진방안.설비저널(대한설비공학회지),2007.10

7.박률.학교건축물의 급수량 산출자료 추정에 관한연구.대한건축학회 논문집,2006.7