

에너지 절약적인 위생설비 사례

■ 김 한 수 / (주)우원엠앤이 부설연구소, zeeangel@300302.com

에너지 절약적인 위생설비 사례를 통해 건물 계획시 적용 가능한 시스템을 제시하고 그에 따른 영향 및 효과를 분석하고자 한다.

서론

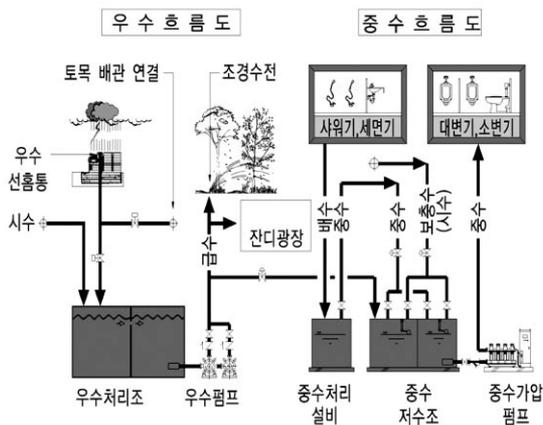
높은 인구밀도를 가진 우리나라는 물 부족국가로 분류되며, 수자원이 지역별로 매우 편중되어 있는 특징을 가지고 있다. 또한 우리나라의 용수 사용량은 세계적으로 유래가 없을 정도로 폭발적으로 증가하였고, 미래의 지속적인 사용량 증가를 예상할 때, 전 산업분야에서 수자원의 효율적인 이용 및 사용 절감에 대한 노력을 해야 할 것으로 사료된다.

수자원 절감을 위한 방안으로는 요금 현실화와 노후관 개량 등의 수요관리, 절수형 위생기구 의

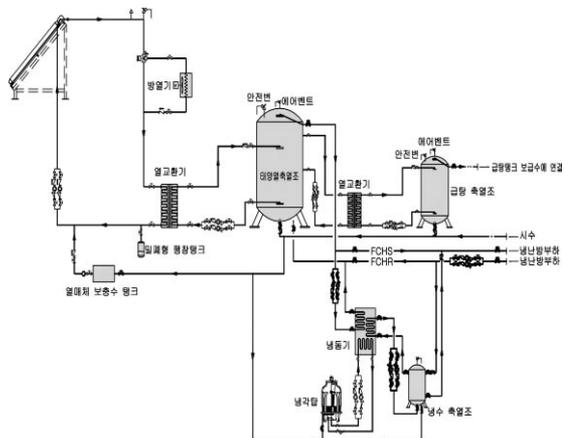
무사용 등의 정책적인 관리 등이 있지만, 생활용수의 대부분이 건물에서 소비되는 만큼 건축물에서의 생활용수 수요관리가 매우 중요하다 할 수 있다.

이에 건축물의 계획단계에서부터 위생설비 시스템의 개선, 신기술·신공법 도입 등의 노력이 필요하며 그 효과 또한 클 것으로 판단된다. 또한 최근 하수열 및 중수·우수 등을 활용한 히트펌프나 태양열을 이용한 급탕 시스템 등 신·재생에너지를 접목한 위생설비 시스템이 개발·보급되고 있으며 이로 인해 수자원뿐만 아니라 화석연료의 사용저감, 환경부하 저감 등의 효과가 기대되는 바이다.

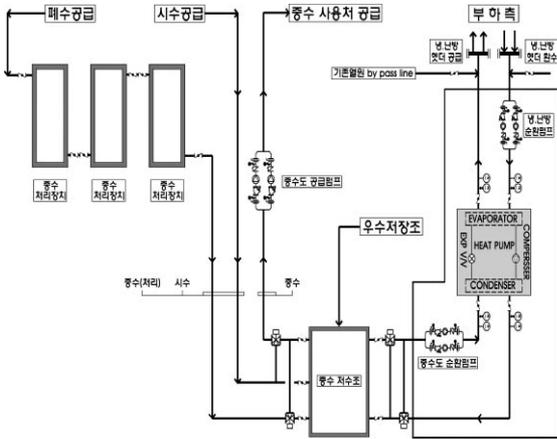
이에 본고에서는 이러한 위생설비 시스템을 적용하여 당사에서 설계중인 하나의 건물을 선정하여 수자원 절감 및 그에 따른 비용 절감량을 분석



[그림 1] 중수도 시스템 계통도



[그림 2] 태양열 시스템 계통도



[그림 3] 중수도 히트펌프 계통도

하고 더불어 태양열 급탕 시스템과 중수도 및 하수열시스템 등 신·재생에너지를 통한 에너지 및 비용 절감을 분석하여 건물 설계시 계획 가능한 시스템과 그에 따른 영향 및 효과를 제시하고자 한다.

위생설비 시스템 사례분석

분석 대상은 지하 5층, 지상 13층, 연면적 90,790 m² 규모의 청사 건물로 선정하였다.

대상 건물에 적용 또는 적용 검토 중인 주요 위생설비 아이템은 세면기, 샤워기의 세정용수, 우수를 재활용한 중수도 시스템, 태양열을 활용한 냉·난방 및 급탕 시스템, 중수를 열원으로 한 중수도 히트펌프, 적용 검토 중인 하수열 시스템 등

<표 4> 중수 사용량 분석

구분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	비고
조경용수	일수	10	22	22	22	22	18	10	17	24	23	15	9	영하, 강수 시 제외
	사용량	120	264	264	264	264	216	120	204	288	276	180	108	
세정용수	일수	22 day/month												주말제외
	일수 × 1일 용수량(250 m ³)	5,500 m ³ /month												
합계		5,620	5,764	5,764	5,764	5,764	5,716	5,620	5,704	5,788	5,776	5,680	5,608	

<표 1> 인원수에 의한 위생용수량 산출

	인원수	1인 1일 평균 사용수량	1일 평균사용 수량	m ³ /day
사무실	3,410	110	375,100	376
관람장	1,800	30	54,000	54
계	5,210	140	429,100	430

$430 \text{ m}^3/\text{day} \times 0.4(\text{시수 사용율}) = 172 \text{ m}^3/\text{day}$
 $430 \text{ m}^3/\text{day} \times 0.6(\text{중수 사용율}) \approx 250 \text{ m}^3/\text{day}$

<표 2> 우수 저수조 용량 산출

전체 지붕 면적 (m ²)	지붕면적당 저수량 (m ³ /m ²)	계산용량 (m ³)	결정용량(m ³)
8,284.4	0.05	414.22	415

<표 3> 1일 조경용수 사용량 산출

조경면적 (m ²)	최소생존관 수량(mm)	허용살수강도 (%)	사용수량 (m ³)	선정
1,906.4	5	80	11.9	12 m ³ /day

이 있다.

본 건물에 적용된 시스템인 중수도 시스템 및 태양열 시스템, 중수도 히트펌프 시스템의 계통도는 각각 그림 1 ~ 3과 같다.

위생용수량 산정

일반적인 위생설비 설계에서 건축물의 급수량은 위생수전 기구 수에 의한 방법과 건물 사용 인원수에 의한 방법의 두 가지 방법으로 산정하는데,



본 건물에서의 시수 및 중수 사용량은 두 경우 모두를 검토해서 큰 값인 사용 인원수에 의한 방법으로 산출하였고 시수와 중수의 사용을 4:6의 비율로 나누어 계산하였다. 그 내용은 표 1에 제시하였으며, 우수량의 경우 서울시 빗물저수조 설치 지침기준에 따라 지붕면적당 0.05 m³의 용량으로 계산하였으며, 표 2에 나타난 바와 같다.

수자원 및 에너지 절감 분석

수자원 절감을 분석하기 위해서 먼저, 필요 세정용수와 조경용수량을 산출하였다. 위생용수의 사용량은 현장의 여건이나 관리자의 재량에 따라 예측치와 다소 차이가 날 수 있지만, 대·소변기 세정용수량은 인원수에 의해 산출된 표 1의 수치를

<표 5> 중수 원수량 산출

구분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	비고
우수	월 평균강수량[mm]	21.6	23.6	45.8	77.0	102.2	133.3	327.9	348.0	137.6	49.3	53.0	24.9	서울 기준
	우수집수량(m ³) (건축면적×평균강수량[m]×0.9)	161	176	341	574	762	994	2445	2595	1026	368	395	186	손실을 10%
	유효저장량 (우수집수량×0.8)	129	141	273	459	610	795	1956	2076	821	294	316	149	유실을 20%
세정용수	일수	22 day/month												
	일수×1일 원수량(150 m ³)	3,300 m ³ /month												
합 계		3,429	3,441	3,573	3,759	3,910	4,095	5,256	5,376	4,121	3,594	3,616	3,449	47,619

<표 6> 시수 절감량 산출

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합 계
중수사용량 (세정용수 + 조경용수)	5,620	5,764	5,764	5,764	5,764	5,716	5,620	5,704	5,788	5,776	5,680	5,608	68,568 m ³ /년
시수보충량 (원수량 - 사용량)	2,191	2,323	2,191	2,005	1,854	1,621	364	328	1,667	2,182	2,064	2,159	20,949 m ³ /년
시수절감량(중수 원수량)	3,429	3,441	3,573	3,759	3,910	4,095	5,256	5,376	4,121	3,594	3,616	3,449	47,619 m ³ /년

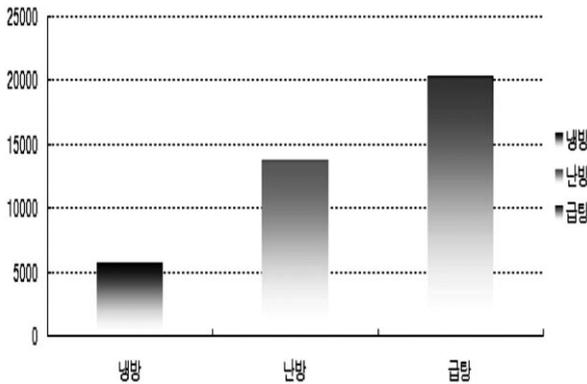
<표 7> 시스템 개요

구분	System SPEC.	비고
집열판 형식	단일진공관형	
집열면적	234 모듈(596.7 m ²)	
단위 집열량	2,451 kcal/day.m ²	
1일 집열량	1,462,512 kcal/day	
공사비	약 1,200,000 천원	

<표 8> 에너지 절감량 분석

구 분		가스흡수식 냉난방 시스템	태양열 냉난방 시스템
운전시간		1,600 시간/년	1,600 시간/년
요 요	용량	120,960 kcal/h (40 USRt)	120,960 kcal/h (40 USRt)
	COP	1.1	0.6
	에너지원	LNG(도시가스)	태양열
	연간 에너지사용량	59,820,416 kcal/년	109,670,400 kcal/년
	도시가스 환산 사용량	5,670 Nm ³ /년	10,395 Nm ³
요 요	용량	206,400 kcal/h	206,400 kcal/h
	에너지효율	80 %	100 %
	연간 에너지사용량	144,480,000 kcal/년	115,584,000 kcal/년
	도시가스 환산 사용량	13,695 Nm ³ /년	10,956 Nm ³ /년
요 요	하절기 잉여열량		36,580,800 kcal/년
	동절기 잉여열량		30,667,200 kcal/년
	중간기 취득열량		146,251,200 kcal/년
	합 계		213,499,200 kcal/년
	도시가스 환산 사용량		20,237 Nm ³ /년
총 계	도시가스절감량	39,602 Nm ³ /년 × 59.4 % = 23,524 Nm ³ /년	

도시가스절감량(Nm³)



[그림 4] 도시가스 절감량

<표 9> 중수도 히트펌프 시스템 적용에 따른 에너지 절감량 분석

구 분		가스흡수식 냉난방 시스템	중수도 히트펌프 시스템
사용 시간 [시간/년]		925	925
에너지원		LNG (도시가스)	중수
요 요	용량 [USRt]	40	40
	도시가스 사용량 [Nm ³ /year]	5,946	-
요 요	용량 [kcal/h]	206,400	158,400
	도시가스 사용량 [Nm ³ /year]	10,300	-
도시가스 절감량		16,246 Nm ³ /년	



<표 10> 하수열 시스템 적용에 따른 에너지 절감량 분석

		흡수식 냉온수기	하수열 히트펌프 시스템
사용 시간[시간/년]		2,000	2,000
에너지원		도시가스	하수열
냉방	용량[USRt]	150	80
	도시가스 사용량[Nm ³ /year]	27,440	-
난방	용량[kcal/h]	303,600	241,920 kcal/h
	도시가스 사용량 [Nm ³ /year]	42,120	-
도시가스 절감량		69,560 Nm ³ /년	

적용하였고, 조경용수량은 조경면적과 조경 수목의 최소 생존관수량을 통해 예측하였으며, 표 3에 제시하였다.

산출된 1일 예상 사용수량을 통해 연간 사용량을 분석하였다. 대·소변기의 세정용수량의 경우는 주말을 제외한 월별 일수를 통해 산출하였고, 조경용수량의 경우 기상청의 자료를 근거로 하여 영하 및 강수 시를 제외한 월별 일수를 적용하여 산출하였다. 그 내용은 표 4와 같다.

중수도의 원수 중 세면기 샤워기의 세정수 원수량은 표 1의 시수 사용량에 손실을 10%를 적용한 150 m³/day로 산출하였으며, 우수 원수량은 기상청에 제시된 월별 평균 강수량을 근거로 손실을 10%, 유실을 20%를 각각 적용해서 유효 저장량을 산출하였고, 그 내용은 표 5와 같다.

상기의 내용을 통해 산출한 중수도를 활용한 연간 위생용수 절감량은 중수 사용처에 한해서 중수 사용에 따른 시수 절감량으로 계산하였고 그 결과, 표 6과 같이 총 47,619 m³를 절감할 수 있을 것으로 예상된다.

본 건물에는 태양열을 활용한 냉난방 및 급탕 시스템을 적용하였다. 본 절에서는 태양열 시스템을 통한 에너지 절감량을 가스 흡수식 냉난방 시스템을 적용했을 경우와 비교하여 연간 도시가스 절감량으로 분석하였으며, 그 결과 연간 23,524 Nm³의 도시가스 절감 효과를 가지는 것으로 나타났다.

<표 11> 중수도 시스템 적용에 따른 연간 비용절감 분석

구 분	중수도 활용 시	중수도 미활용 시	절감량
연간 사용량(m ³)	20,950	68,568	41,648
사용료(천원)	27,260	88,211	60,951

<표 12> 연간 비용절감 분석

구 분	중수도 히트펌프 시스템	태양열 냉난방 시스템	하수열 시스템
초기 투자비 절감액(천원)	46,780	14,050	-190,068
연간 운전비 절감액(천원)	3,337	3,229	21,304

시스템 개요는 표 7, 내용은 표 8과 그림 4에 나타내었다.

본 건물에서는 우수, 중수를 수자원의 재활용 뿐만 아니라 냉·난방의 열원으로 활용하였다.

화학적, 물리적 처리에 의해 연중 일정온도(약 15 ~ 20℃)로 생산되는 중수 및 우수를 이용해서 히트펌프 시스템의 열원으로 활용하였으며, 본 시스템으로 에너지 절감에서 오는 경제성 뿐만 아니라 저감에 따른 환경성, 그리고 신기술 도입과 친환경 건물이라는 점에서의 홍보성에도 기여할 것으로 예상하고 있다.

본 절에서는 중수도 활용 히트펌프 시스템을 통한 연간 절감 에너지를 가스 흡수식 냉난방 시스템을 적용했을 경우와 비교하여 분석하였으며, 그 결과 연간 16,246 m³의 도시가스 절감효과를 가지는 것으로 나타났고, 그 내용은 표 9와 같다.

하수열 시스템이란 인구와 상업이 밀집되어 있는 도시 지역이나 공업 단지 안에 하수열을 회수, 히트펌프를 운용하여 인근 열 수요처에 냉·난방을 공급하는 시스템으로서 본 건물에는 아직 적용 검토중에 있는 시스템이다.

본 절에서는 검토된 내용을 근거로 기대할 수 있는 에너지 절감량을 분석해 보았으며, 그 방법은 가스 흡수식 냉난방 시스템을 적용했을 경우와 비교하였고, 그 결과 연간 69,560 m³의 도시가스 절감효과를 가지는 것으로 나타났다. 그 내용은 표

10에 제시하였다.

경제성 분석

중수도 활용을 통해서 시수 사용 절감에 따른 연간 절감 비용을 분석하였다.

물 사용량과 그 비용은 중수 사용처에 한해서 산출하였고 서울시 물 사용 요금을 적용하였다.

연간 68,568 m³의 조경용수 및 대·소변기 세정용수 필요량에 비해 연간 47,619 m³으로 집계된 중수 원수량이 적으므로 원수를 전량 다 소비할 것으로 예상되며 원수 발생량이 시수 절감량이 되는 결과가 되었다.

중수도 미활용 시 대비 연간 47,619 m³의 물량과 60,951천원의 요금을 절감할 수 있는 것으로 나타났고 그 내용은 표 11과 같다.

다음은 신·재생에너지인 중수도 히트펌프와 태양열 냉난방 시스템, 그리고 하수열 히트펌프 시스템을 통해 절감 가능한 비용 분석을 하였는데, 분석 방법은 각 시스템별 비슷한 용량의 흡수식 냉온수 시스템과 대조하는 것으로 하였고, 기타 부속기기를 포함한 장비비용과 연간 운전비를 비교하여 각각 초기투자비와 연간 운전비 절감량을

분석하는 것으로 하였다.

그 결과 하수이용 히트펌프 시스템을 제외한 태양열 냉난방 및 급탕 시스템과 중수도 히트펌프 시스템은 둘 다 장비비 측면에서 유리한 것으로 나타났고, 연간 운전비 절감액은 세 경우 모두 유리한 것으로 나타났으며, 그 내용은 표 12와 같다.

결론

본 고에서는 계획 단계에 있는 청사 건물 사례를 들어 위생설비 시스템을 통한 연간 수자원 및 에너지 절감, 또 그에 따른 비용절감량을 분석해 보았으며 결과는 다음과 같다.

- (1) 본 고의 대상모델에 있어 중수도 시스템의 활용으로 중수 필요총량의 70%를 절감할 수 있는 것으로 나타났고, 그 양은 연간 약 4만 6천여 톤이며, 약 6천여 만원의 금액에 해당하는 양이다.
- (2) 태양열 시스템, 중수도 히트펌프, 하수열 히트펌프를 적용함으로써 나타나는 효과는 연간 각각 340만원, 320만원, 2천 1백만원의 에너지 비용을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. ㉠