

생태건축을 위한 수자원 이용

생태 건축학적인 수자원의 이용에 대한 개념을 수자원의 재활용 측면에서 중수 및 배수열의 이용, 자연자원의 유효이용 측면에서 우수의 이용, 수질환경의 개선과 수자원 이용설비의 내구성 향상 측면에서 배관의 세척에 대한 필요성 및 현황을 중심으로 기술함.



신 현 준

◆ 서론

생태건축적인 측면에서 수자원의 이용은 자연자원의 유효이용과 기 사용한 배수를 재사용함으로써 일상적인 이용으로 인한 자연계에 미치는 부하를 최소화하도록 하는 것이라고 할 수 있다. 열역학의 제2법칙에 의한 엔트로피증가의 원리에 따라 각종 자연자원의 이용으로 환경부하는 증가할 수 밖에 없는 것이 자연의 법칙이지만 이를 최소화 하기 위해서는 배수를 재활용하는 중수도시설과 배수에 함유되어 있는 에너지자원을 회수하여 재이용함으로써 환경부하를 최소화하고, 우수이용은 수자원의 절약, 수환경의 확보를 위한 배관의 유지관리는 생태건축에서 고려할 수 있는 중요한 사항이다. 이러한 관점에서 이들에 대한 국내외의 기술동향을 위주로 기술한다.

◆ 수자원의 이용 형태

중수도

중수도는 수자원이 부족한 건조지역과 도시가 팽창하여 공급량이 수요를 충족하지 못하는 지역에서부터 도입되기 시작하였다. 일반적으로

도시에서 용수를 확보하기 위해서는 도시에서 멀리 떨어진 상수원으로부터 소비지까지 수도관을 매설하여야 하기 때문에 엄청난 시설비가 소요되지만, 중수도를 설치하면 수도물의 수요량을 줄일 수 있어 수도물 생산과 공급에 필요한 투자비를 줄일수 있고, 하수도의 수량이 감소하면서 동시에 하수도의 시설비도 줄어든다. 그러나, 오늘날에는 이러한 수자원의 확보측면 이외에 환경부하 저감이라는 생태학적인 측면이 강조되어 보급이 증가하고 있다.

한국

우리나라에서는 중수도를 “사용한 수도물을 생활용수, 공업용수등으로 재활용할 수 있도록 다시 처리하는 시설을 말한다.”로 수도법 제 3조에서 규정하고, 중수도 설치에 대해서는 수도법 제 11조에서 “국가 또는 지방자치단체는 물을 다량으로 사용하는 자로서 대통령이 정하는 자에게 중수도를 설치·관리하도록 장려할 수 있다.”로 규정하여, 최근 수자원확보 측면에서 이를 보급하기 위한 정책들을 활발히 추진하고 있으나 초기투자비와 운영비등 경제성이 보급에 커다란 제약요인으로 작용하고 있다.

현재 까지의 추진사례를 보면, 정부 및 지방

자치단체 차원에서는 대전 정부 제3청사, 영종도신공항, 부산시 청사, 경기도 분당 서현역 청사 등의 공공시설물에 중수도시설을 설치하였거나 설치할 계획으로 있으며, 민간에서 중수도시설을 설치하여 운영하고 있거나 계획중인 곳으로는 잠실롯데월드, 신라호텔, 기흥삼성전자, 수원학춘수영장, 용인자연농원, 이천현대전자, 인터콘티넨탈호텔, 흥원제지, 스포타임, 포스코 빌딩 등 10여 군데가 있으며 대부분 화장실 세정수로 재이용하고 있다. 특히 지방자치 단체차원에서 전라남도의 경우에는 시·군에 조례로 제정돼 있는 급수조례에 중수도 설치 수도요금 감면조항을 삽입하여, 물 재이용과 중수도 시설을 설치한 대형건물주와 공장 등의 설치운영자에 대해 수도요금을 감면해주고 있는데 이러한 혜택을 부여한 이래로 현재 광양시 광양제철소, 여수시 여천공단 내 LG화학, 여수 화력발전소 등 8곳의 공장에 설치하여 운영되고 있다.

미국

미국에서는 "Water Reclamation & Reusing System"이라 하여 주로 하수처리장의 물을 재처리하여 농업용수, 공업용수, 레저용수, 지하수 확보에 이용하는 방법을 채택하고 있다.

미국에서의 추진배경을 살펴보면 ①댐의 건설난과 환경보호여론으로 추가적인 물공급시설을 확보하기 어려워짐에 따라 연방정부차원에서 중수도의 설치를 연방법에 의무화하여 주로 광역적인 재이용을 위해 하수처리수의 재이용 측면에서, ②애리조나, 콜로라도, 텍사스 등 남부 및 남서부의 건조지역에서는 수자원의 절약 측면에서, ③플로리다와 남부캘리포니아와 같은 습윤지역에서는 수질오염의 방지에 목적을 두고 있다.

그 동안의 대표적인 추진사례를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 플로리다 주

"배수 0" 정책을 수립하여 1978년에 중수도 시스템이 처음으로 보급되기 시작하면서 가정, 콘도, 공원, 학교, 골프장 등 약 7,000개 이상에서 살수, 냉각탑 보급수 및 화재진압용수로 이용하고 있다. 초기에는 오염물 저감을 위해 설치되기 시작하였으나 현재에는 생활용수로 사용하여 용수의 절감효과도 큰 것으로 평가되고 있다.

(2) 캘리포니아 주

캘리포니아는 전통적으로 수자원이 부족하여 타지역에 대한 의존도가 매우 높다. 지역 내에서 구할 수 있는 지역수에 대한 의존도가 로스앤젤레스 15%, 오렌지 25%, 샌디에이고 30% 이하로 낮으며, 타 지역에서 도수해 오는 수입수에 대부분을 의존하고 있다. 그 동안 주로 의존해 왔던 콜로라도 강으로부터의 도수에도 한계가 있고 캘리포니아 북부 및 중부가 개발되어 북캘리포니아 개수로도 기대할 수 없는 실정이며, 에너지위기 이래 수입수의 단가가 상승하는 등의 이유로 배수나 처리수의 재이용에 대한 인식이 높아지게 되었다. 이러한 인식의 변화로 캘리포니아주 전역에 대규모의 중수도 시설이 250여개 정도가 있으며 계속 증가하는 추세에 있다. 주정부에서는 처리수의 재이용에 따른 인체의 건강면을 고려하여 용도별로 수질기준을 설정하고, 1,000톤의 물을 절약할 때마다 15달러를 보상하는 인센티브제도를 운영하고 있다.

캘리포니아 주의 재이용의 형태는 직접이용형(처리수를 직접 공장용수, 관개용수 등으로 이용하며 이용용도에 따라 목표수질을 만족시키기 위하여 3차 처리까지 실시하기도 함), 표면저류형(처리수를 인공호에 저류하여 레크레이션 등에 이용하며 일반적으로 고도처리를 실시함), 지하저류형(처리수를 지하에 저류하여 지하수원의 보급수로 이용함)으로 구분하여 보급하고 있다.

일본

일본에서는 중수도를 “배수 재이용 또는 중수도”라 하여 물을 다량 사용하는 건축물 또는 사업장에서 1차 사용한 물을 재처리하여 화장실 용수, 냉, 난방 용수등으로 재활용하는 것으로 규정하고 있다.

일본에서는 중수도를 1965년에 제도로 도입하였으며, 1970년대 초에는 중화학공업의 발달로 물의 수요가 급격히 증가하였으나 수자원개발계획이 지연되면서 물이 부족하게 되어 동경수도국에서는 “물수요 억제 제언”을 선언하였고, 국토청 수자원국은 1976년 2월에 “절수형 사회의 형성”이라는 제안을 하였다. 그 후 1970년대 후반부터는 국가적인 차원에서 본격적으로 중수도 시설을 보급하기 시작하여 공공시설, 업무용빌딩, 집단주택단지에서 수세식 화장실용수, 냉, 난방용수 등의 생활용수로 중수를 이용하도록 하였다. 현재는 각종빌딩, 학교, 백화점, 공장등에 많이 보급되었고 설치하는 곳도 꾸준히 증가하고 있다.

중수의 처리 및 이용형태를 보면 잡배수, 수세식화장실배수 및 냉각배수, 하수처리수, 우수등을 중수의 원수로 이용하여 처리한 후, 수세식 화장실 등의 세정수, 냉각용수, 살수용수, 조경용수, 실험용수 등의 형태로 공급하고 있으며, 도입형태는 개별순환방식이 대부분이지만, 주택단지, 신도시개발지구, 시가지 재개발지구를 중심으로 하는 일부지역에서는 지구순환방식을 채택하고 있다.

처리방법은 대부분의 시설이 생물화학적 처리와 물리화학적 처리로 구성된 고도처리로 방식을 채택하고 있으며, 일부에서는 사용용도와 원수에 따라 비교적 간단한 처리를 실시하는 곳도 있다.

건물의 배수열 이용

개요

산업화에 따른 생활수준의 향상으로 쾌적한

생활환경에 대한 욕구가 높아지면서 민생용 에너지의 소비량이 급격히 높아지고 있다. 특히, 지구온난화와 산성비 등 최근 심각한 문제로 대두되고 있는 각종 환경변화의 주요 원인이 화석에너지의 과다사용에 기인한 것이라는 내용이 밝혀지면서 각종 미활용에너지의 유효이용을 위한 노력이었다.

특히, 도시화의 영향으로 주거밀도가 높아지고 에너지소비량이 대규모화되면서 최근 관심의 대상으로 대두되고 있는 것이 각종 건물에서 배출되는 하수에 함유되어 있는 폐열(이하 “하수열”)이다. 지금까지 거의 미활용에너지로 남아 있던 이들 하수열을 회수하여 냉난방에너지로 활용하기 위한 방안들이 일부 선진국들을 중심으로 검토되면서 일본과 북유럽의 일부 국가에서는 하수열을 열원으로 하는 지역열공급 시설이 보급되어 생태적인 측면에서 매우 유용하게 이용되고 있는 것으로 알려지고 있다.

국내에서도 도시화의 영향으로 주거단지 및 업무시설과 각종 근린생활시설로 부터 배출되는 하수열은 질적으로나 양적으로 높은 이용 잠재력을 지니고 있고, 열펌프기술을 비롯한 각종 관련 기술이 이미 상당한 수준에 이르고 있어 하수열을 열원으로 하는 열공급시스템의 실용화는 어렵지 않을 것으로 생각된다.

하수열을 이용한 열펌프시스템을 이용하고 있는 선진국에서 분석한 연구결과를 보면 에너지절약 및 환경개선 효과는 석유용 보일러를 이용한 난방시스템에 비해 CO₂와 NO_x의 발생량이 60~75%가 감소하고, 에너지 절약효과가 약 30%에 이르고 있는 것으로 발표되고 있어 생태건축학적인 측면에서 이들 하수열에너지의 유효이용의 중요성을 짐작할 수 있다.⁽¹⁾

국내현황

국내에서는 목욕탕, 사우나장, 실내수영장 등과 같이 에너지를 다량으로 소비하는 건물을 대상으로 에너지절약적인 측면에서 이를 회수

할 수 있는 폐열회수장치를 설치하도록 건축법 시행령으로 규정하고 있다. 따라서, 이러한 규정에 해당되는 건축물에는 법적인 요구조건을 만족시키기 위하여 설계에 반영하여 설치하고 있으나 설비의 유지관리 및 사후 행정관리가 제대로 이루어지지 않아 시행효과에 대해서는 실제로 많은 의문이 제기되고 있다. 즉, 이들을 설치하므로써 얻어지는 에너지절약의 효과에 대해서 아직까지 정확히 분석된 자료가 없기 때문에 시설의 효용성 여부를 판단하기 어렵다.

복합적인 기능을 갖는 단일건물에서 발생하는 하수열을 적극적으로 회수하여 이용하기 위한 본격적인 연구로는 최 등⁽²⁾에 의하여 수행된 내용을 들 수 있다. 온천지역에 위치한 휴양시설의 온천수를 승온시키기 위해서 온천 후 발생하는 하수열을 열펌프의 열원으로 이용한 연구에서 하수저장조에 저장된 약25°C의 배수를 열원으로 하여 30°C~35°C인 원수를 45°C~50°C로 승온하도록 구성하였다.

한편, 난방기의 평균배출온도가 10°C 전후인 주거단지, 근린생활시설 등에서 배출되는 도시형 하수열은 그 잠재 열량이 막대함에도 불구하고 연구가 거의 전무한 상태이다. 극히 제한적이지만 이들의 이용가능성을 검토하기 위하여 신⁽³⁾등이 아파트단지를 대상으로 여기에서 배출되는 폐수의 온도분포를 측정된 결과 18°C~25°C의 비교적 양호한 열원조건을 갖추고 있는 사실을 밝혀냈다. 그러나 이 경우 풍부한 수량을 확보할 수가 없기 때문에 이용에는 많은 제약이 따르게 되므로 이들을 모아 처리하는 하수처리장의 방류수를 열원으로 이용하기 위한 연구가 에너지자원기술개발지원센터의 지원으로 신 등⁽⁴⁾이 수행하였다.

외국현황

하수열을 냉·난방에너지원으로 이용하기 위한 시도는 스웨덴, 노르웨이 등 북유럽에서 처음으로 시작되었으며, 유효이용에 본격적으로

관심을 기울이기 시작한 시기는 제 1 2차 석유 파동을 겪으면서부터 이다⁽²⁾. 즉, 당시의 상황에서는 에너지자원의 확보가 무엇보다 중요하였기 때문에 비록 저온 저밀도의 저급에너지원이지만 이들을 효과적으로 이용하기 위한 관련 분야에 대한 연구가 활발하게 진행되었다. 그 결과 각종 관련 기기와 시스템의 성능이 크게 향상되어 종래에는 無用에너지로 취급되어 오던 각종 低溫廢熱의 유효자원화가 가능하게 되었다.

최근에는 화석에너지의 배출가스로 인한 환경변화의 심각성이 대두되면서 경제성 측면보다도 화석에너지의 사용량을 줄이기 위한 방안의 일환으로 폐열의 유효이용에 대한 관심이 한층 높아지고 있다. 이러한 추세에 부응하여 하수열의 이용방안이 환경을 증시하는 노르웨이, 스웨덴, 일본 등 일부 국가들을 중심으로 활발하게 추진되어 에너지절약형 열공급원으로서 중요한 일익을 담당하고 있는 예가 속속 발표되고 있다. 특히, 80년대 들어 부존자원이 절대적으로 부족한 일본에서 이에 대한 연구가 활발하게 진행되었으며, 현재 많은 곳에서 실용화된 예가 제시되고 있다.

일본에서 하수열은 東京都의 下水道局에서 운영하는 東京市內의 한 펌프장에서 처음으로 이용한 이래로, 그후 東京 横浜 名古屋 大阪 등에서 운영하고 있는 각 지방의 하수처리장에서도 이러한 熱펌프시스템을 설치하여 처리장내에 위치한 건물의 냉·난방 및 급탕에 이용하는 소규모 시설이 널리 보급되게 되었다.⁽⁴⁾

대규모의 지역냉난방에 응용한 대표적인 사례로서는 동경 근교의 幕張 High-tech Business 지구의 열공급설비를 들 수 있다. 여기에서는 필요한 냉·난방에너지의 70~80%를 廢水熱로 충당하도록 계획되어져 있으며, 이 사업이 성공적으로 이루어지면서 이를 모델로한 사업들이 활발하게 진행되고 있다.⁽⁵⁾

핀란드, 스웨덴 등 북유럽의 국가에서도 인구가 밀집되어 있는 대도시의 주거지역을 대상으

로 하수열을 이용한 냉 난방시스템이 널리 보급되고 있다. 70년대 후반기에 이들 나라의 일부지역에서 이러한 종류의 열공급시설이 도시지역에서 실험적으로 운영되어 왔으나 관련기술의 발달과 함께 하수열의 경제성이 높아지고, 쾌적한 환경에 대한 욕구가 증대되면서 국가적인 차원에서 보급이 이루어지고 있다. 즉, 최근 전세계적으로 대두되고 있는 CO₂ 발생량을 목표치 이하로 줄여 환경오염문제를 해결하기 위한 주요 대안중의 하나로서 하수열의 이용설비가 활발하게 보급되고 있다. 주요 시설로서는 스웨덴의 GOTEBOG PLANT, STOCKHOLM-HAMMABY PLANT와 노르웨이의 BAERUM PLANT, SANDVIKA PLANT를 들 수 있으며 이들 시설은 현재 하수열을 이용한 대표적인 지역냉난방열공급시설로 알려지고 있다. 이들 시설을 포함한 주요시설의 현황을 <표 1>에 나타내었다.

우수이용

생태건축에서 우수의 이용은 자연자원의 유

효이용을 통한 수자원의 확보측면에서 그 이용방안을 확립해야한다는 중요한 의미를 내포하고 있다. 우수의 이용은 경제성 면에서 단일건물에 적용하는 소규모로부터 도시단위의 대규모에 이르기까지 매우 다양하다.

도심지내에서 우수의 차집 및 순환활용의 주목적은 수자원에 있으며, 우수의 유출량을 제어하여 폭우시 우수를 저장함으로써 재해를 방지하고, 도시 하수관의 처리부하를 저감하는 효과를 가진다.

강우시 우수를 일정한 규모의 저장조에 차집하여 생활용수로 활용하는 우수차집 및 순환활용시스템은 일반적으로 화장실용, 냉각수용, 정원살수용, 분수용, 소화용, 청소용, 세탁용 등으로 활용할 수 있으며, 부가된 정수장치의 수준에 따라 목욕 및 비상시에는 식수까지 활용이 가능하다.

시스템의 주요기기는 우수를 차집할 수 있는 차집시설과 저장조 그리고 정수장치, 펌프로 구성된다. 우수의 사용용도에 따라 정수장치의 성능이 달라져야하며, 우수의 차집 위치의 조절은 우수의 수질에 상당한 영향을 미친다.

우리나라의 경우 가정내 상수이용비율 중에서 화장실 용수의 비율은 40% 정도로 우수의 활용가능성이 매우 높다. 그러나 실제로 우수의 차집을 위한 시스템의 구축과 요소기기의 개발이 미진한 상태이기 때문에 현실으로 적용에는 어려움이 많다.

무엇보다 지금까지 상수도의 값이 상대적으로 저렴하여 우수의 활용은 경제성을 확보하기 매우 어려웠다. 그러나, 우수차집 및 순환활용시스템과 친환경 외부공간 조성기법중 우수의 침투유도기법을 적절히 연계할 경우 생태계의 유지를 위해 필수적인 수자원의 고갈방지와 도시홍수예방을 위한 미래지향적인 대안으로 개발이 가능하다. 현실적인 여건을 감안할 때 단지규모의 대단위 시스템보다 단일건물에 적용 가능한 우수차집 및 순환활용시스템의 우선 개발이 바람직한 것으로 판단된다.

<표 1> 하수열을 이용한 주요 열공급시설

國名	處理場名	暖房容量 (MW/h)	下水의 處理
덴마크	FREDERIKSHAVN	7.8	處理水
이탈리아	REGGIO EMLLIA	2.3	處理水
노르웨이	BAERUM	14.0	處理水
노르웨이	OSLO-SANDVIKA	24.0	生下水
노르웨이	OSLO-SKOYEN VEST	8.4	生下水
스웨덴	GOTEBOG	148.0	處理水
스웨덴	LUND	50.0	處理水
스웨덴	STOCKHOLM-HAMMABY	114.0	處理水
스웨덴	SOLNA-SUNDBYBERG	120.0	處理水
일본	落合處理場	0.62	處理水
일본	新河岸 處理場	0.35	處理水
일본	冷池處理場	0.43	處理水
일본	幕場 Techno Garden	42	處理水

독일의 경우 각가정에서 물을 절약하며 생활 하더라도 가정에서의 물수요는 1인당 95 l 에 달하고 있다. 이에 따라 지붕을 통해 흘러내리는 빗물로 어느정도 물수요를 대체할 가능성을 찾고 있다. 이 기술은 생태학적측면 뿐만 아니라 경제적으로도 더욱 중요성을 띠고 있는데, Intewa 빗물 저수장치를 사용하면 물사용량의 40% 정도를 절약할 수 있는 것으로 알려지고 있다.

급배수관의 유지관리

급수, 급탕, 배수 등 장기간 사용하는 배관이나 정지된 급수탱크 등에서는 슬러지의 퇴적이나 부식 산화물, 미생물 등이 배관 내벽에 부착되면서 열화에 의한 부식, 스케일(scale)이나 슬라임(slime) 등의 문제가 대두되고 있어 배관의 세척은 생태건축 측면에서 중요한 의미를 갖고 있다.

공공주택이나 각종 대형건물에 설치된 급수탱크의 경우 용이하게 청소를 할 수 있어 유지관리가 용이하지만 배관의 경우에는 세척이 곤란하여 환경관리의 사각지대로 남아있다.

배관 내를 흐르는 유체에는 금속관을 부식시키는 성분뿐만 아니라 각종 고형물질이 생성. 부착하여 성장하면서 환경적인 오염문제를 유발하거나, 난방배관의 경우에는 열전달성능을 급격히 저하시켜 에너지효율을 감소시킨다. 결과적으로, 금속성 배관이나 비금속성의 배관에서도 배관 내부의 부식이나 스케일, 슬라임 등을 주기적으로 세척할 수 있는 시스템의 채택이 필요하다.

기존에 알려진 배관세척공법으로는 브러쉬 공법, Sand Blasting공법, pigging공법등과 같은 기계적인 방법과 화학약품을 이용하는 화학적인 방법, 초음파세척공법 및 고압의 제트류를 이용하는 공법들이 있어 목적에 부합되도록 적절한 방법을 선택하여 이용하도록 하여야 한다. 생태건축물의 측면에서 보면 건축물 배관은 평시에 청결을 유지하도록하는 것이 무엇보다 중

요하다. 따라서, 평상시에도 정기적으로 용이하게 적용할 수 있는 공법의 채택이 중요하며, 건축물 배관의 특징을 고려할 때 배관의 구조와 재질에 대한 적용상의 제한이 없고, 배관의 모재에 영향을 미치지 않으며, 2차환경오염의 영향이 없고, 충격으로 배관의 파손을 일으킬 염려가 없고, 세척작업으로 인하여 사용자에게 이용상의 불편이 없어야 한다.

이러한 측면에서 최근에 관심을 끌고 있는 것이 배관내의 물을 유동을 이용하는 맥동파에 의한 배관세척방법이다. 이방법은 배관에 부착되는 연성 스케일이나 슬라임 등의 이물질 제거에 커다란 효과가 있는 것으로 알려져 배관의 부식을 방지하고, 배관의 내구성을 향상시키기 때문에 장기적으로는 배관의 갱신에 따른 비용을 크게 줄일 수 있어 생태건축물 설비의 유지관리 측면에서 도입의 필요가 높은 것으로 판단된다.

◆ 결론

고도의 산업사회가 도래하면서 물의 대량소비로 이미 수자원의 고갈이 다른 에너지자원과 함께 국제적인 사회문제로 비화되어 수자원의 확보와 수질오염을 방지하기 위한 방안들이 다각도로 강구되고 있다. 이미 국내에서도 이러한 추세에 맞추어 중수도의 도입등을 통한 수자원의 재활용, 우수의 활용등이 추진되고 있으나 아직까지 선진국에 비하여 소극적인 자세를 취하고 있다.

생태건축은 각종자원의 소비를 최소화하면서 고유의 기능을 유지시킴으로서 환경에 미치는 부하의 영향을 최소화하도록 하는 것이다. 이러한 관점에서 수자원의 재이용과 우수의 활용을 통한 부존자원을 절약하고, 배관등 이를 공급하는 각종 반송설비의 적절한 유지관리를 통하여 수질을 일정한 수준으로 유지할 수 있는 설비의 도입이 무엇보다 중요하다. ㉞