

# 미활용에너지 이용기술

이 글에서는 미활용에너지 이용기술의 개념, 국내외 활용사례 그리고 21세기 프론티어사업인 이산화탄소저감 및 처리기술사업에서 추진되고 있는 미활용에너지 이용기술개발 사업에 대해 소개하고자 한다.

윤 형 기 / 한국에너지기술연구원 미활용에너지연구센터, 책임연구원 e-mail : hgyoon@kier.re.kr  
장 기 창 / 한국에너지기술연구원 미활용에너지연구센터, 책임연구원 e-mail : kcchang@kier.re.kr

## 미활용에너지 이용기술 개념

우리나라의 에너지수요는 산업 활동의 증가로 인하여 온실가스 배출량이 세계 9위로 급격히 증가하고 있으며, 기후변화협약(교토의 정서)의 발효로 인하여 우리나라는 2차 공약기간 중(2013~2017) 온실가스 감축의무 부담이 가시화 될 전망이다. 특히 국민소득의 증대와 국민생활의 쾌적성 지향에 따라 가정 및 상업용 냉난방·급탕 열수요의 급증하여 이들 열수요는 '95년 대비 2010년에는 80% 이상 증가될 전망이다. 이러한 열수요의 대부분은 60°C 미만의 저온으로 온실가스를 발생하는 화석연료를 사용하지 않고, 도시지역에 풍부히 존재하는 미활용에너지를 이용하면 상당량 충족이 가능하다.

건물의 냉난방, 급탕 열원으로 이용이 가능한 미활용에너지는 온도차에너지와 도시폐열로 대별된다. 온도차에너지(temperature difference energy)란 하천수, 하수, 해수 등과 같이 그 수온이 통상 여름철에는 대기온도보다 낮고 겨울철에는 대기온도보다 높는데, 이들의 수온과 외기온과의 온도차를 이용하는 것으로 열펌프의 열원수로 이용하여 냉난방, 급탕 등에 이용하는 것을 지칭한다. 도시폐열은 주로 쓰레기 소각장, 지하철, 하수처리장, 발전소, 발전소 등 도시기반시설 및 산업체에서 버려지고 있는 각종 폐열을 의미하며, 표 1에 미활용에너지

표 1 미활용에너지의 종류 및 특성

미활용에너지 구분	에너지원	온도	안정성	이용가능성	
온도차 에너지	해수	여름은 대기보다 낮고 겨울은 대기보다 높다	연제나 이용 가능 거의 연제나 이용 가능	· 대규모시스템 · 중규모시스템	
	하천수(호수)		"	· 수요지와 근접성 양호	
	하수처리수		"		
도시 배열	지하철 폐열	연간을 통해 대기보다 높다	거의 연제나 이용 가능하지만 계절·시간에 따라 변동	· 소규모시스템 · 수요지와 원거리	
	발전소 폐열				
	발전소 온배수				
배열	고온 배열	각종 폐기물 소각열, 산업체 폐열	100°C를 초과	"	· 수요지와 근접성 양호

의 종류 및 특성을 나타내었다.

특히 온도차에너지는 저온이지만 이용가능 열량이 많고, 대기온도에 비해 연간, 일간을 통해 온도변화가 적으며, 따라서 냉난방·급탕에 필요한 열을 제조하기 위한 열원으로서 아주 매력적인 장점을 가지고 있다. 온도차에너지는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- (1) 열수요가 많은 도시지역에서 풍부하게 얻을 수 있는 비고갈성 에너지자원이며, 그 활용이 도시환경에 생태학적으로 크게 영향을 미치지 않는다.
- (2) 열을 얻을 때에 연료를 연소하지 않는 환경친화형 청정자원이다.
- (3) 공공성 에너지 자원이다.
- (4) 연구개발에 의해 에너지 자원 확보 가능한 기술적 자원이다.
- (5) 하천수, 해수열에너지는 자연계의 에너지를 이용하는 자연에너지이고, 하수열에너지는 재 이용하는 Recycle Energy이다.



이와 같은 온도차에너지는 도시지역에 대량으로 부존하고 있지만 일반적으로 ① 넓게 희박하게 분포되어 있고, ② 온도레벨이 낮고, ③ 수요와 공급에 시간적 차이가 있고, ④ 수요자와의 장거리인의 공통적 특징을 가지고 있다. 따라서 온도차에너지를 이용하기 위해서는 열의 회수, 저장, 수송 등 기술적인 면에서의 효율 향상이 필요하며, 또한 고도의 시스템화 기술이 요구된다. 에너지 이용의 효율성 및 투자비에 대한 경제성 향상을 위하여 그림 1과 같이 광역 네트워크 시스템화하여 운용되고 있다.

### 국내외 미활용에너지 활용 현황

국내에서 최초로 미활용에너지를 이용한 사례는

1991년 서울 마포변전소 지하에 있는 변전소의 주 변압기에서 냉각시 발생되는 열을 열펌프로 회수하여 지상에 있는 한전 서부지점 신축건물의 난방에 이용한 것이다. 그 후, 1995년에는 한전 속초생활연수원에서 배출되는 생활배수를 열원으로 하여 급탕과 냉방에 이용하였으며, 1996년에는 서울 탄천하수처리장의 하수처리수를 이용하여 하수처리사업소 내의 건물의 냉난방열공급을 시도한 사례가 있다. 또한 1999년에는 낙동강 하천수를 열원으로 하여 화웨단지의 난방열공급과 해수를 열원으로 하여 양식장의 난방을 위한 사례가 있다. 그러나 이들은 기술개발에 따른 소규모 시범적용사업으로 수행되었으며, 상용화를 위한 미활용에너지 이용 대규모 네트워크에 대한 체계적인 연구개발은 추진된 바 없다. 표

표 2 국내의 미활용에너지 활용 현황

		한전 생활하수원	탄천하수처리장	부산화력발전(낙동강)	여수 양식장	경주 트라스콘도
열 원		생활하수	하수처리수	하천수	해수	생활하수
수처리 여부		Auto Strainer	Auto Strainer		모래여과기	Auto Strainer
열교환기		Shell & Tube Copper	Shell & Tube Copper	Shell & Tube Copper	판형열교환기 티타늄	Shell & Tube Copper
Fouling 제거장치		불세정장치	브러쉬 타입			불세정장치
냉난방	냉수	7°C생산, 12°C회수	7°C생산, 12°C회수		16.6°C생산, 20.4°C회수	7°C생산, 12°C회수
	온수	50°C생산, 40°C회수	45°C생산, 40°C회수	45°C생산, 41°C회수	18.7°C생산, 15.2°C회수	50°C생산, 45°C회수
열원수		비하절기 : 28.5~37.5°C 하절기 : 대기	여름 : 20~25°C 겨울 : 8~12°C	겨울: 5~10°C	여름 : 22°C 겨울 : 10°C	
열펌프		· 스크류형 열펌프 1기 -142Mcal/h(난방) -40RT(냉방+급탕) · 난방 COP : 3.03 · 냉방+급탕 COP : 4.0~4.5	· 스크류형 열펌프 1기 -172Mcal/h(난방) -50RT(냉방) · 난방 COP : 4.4 · 냉방 COP : 3.9 · 왕복동식	· 왕복동식 열펌프 1기 - 12Mcal/h(난방) · 난방 COP : 1.9~2.5	· 스크류형 열펌프 1기 -716Mcal/h(난방) -50RT(냉방) · 난방 COP : 6.2 · 냉방 COP : 6.2	· 스크류형 열펌프 1기 -716Mcal/h(난방) -160RT(냉방) · 냉난방 통합 COP : 5.2
축열조		냉온수: 220m³ 급 탕: 80m³	180m³			냉온수: 2,150m³ 급 탕: 400m³
에너지절약 효과(원유환산)		63.5ki/년	150ki/년		143ki/년	210ki/년
환경개선 효과		CO <sub>2</sub> : 53.2TC/년 NO <sub>x</sub> : 160kg/년	CO <sub>2</sub> : 126TC/년 NO <sub>x</sub> : 380kg/년	CO <sub>2</sub> : 27%저감 NO <sub>x</sub> : 91%저감	CO <sub>2</sub> : 120TC/년 NO <sub>x</sub> : 360kg/년	CO <sub>2</sub> : 176TC/년 NO <sub>x</sub> : 530kg/년
기타 열원설비		· 증기보일러 -1.0톤×1기				· 공기열원 스크류열펌프 -100RT×4기

2는 국내 미활용에너지의 이용현황을 정리하였다.

국외에서의 미활용에너지 활용사례는 매우 광범위하며, 특히 일본 및 북유럽의 경우 에너지 이용효율 향상 및 환경보호측면에서 '80년대 초반부터 다양한 열원에 대한 이용기술을 확립하였다. 이 중에서 광역 네트워크 시스템화한 대규모 플랜트를 열원별로 분석한 결과를 그림 2에 나타내었다. 열원별로는 하천수, 하수, 해수 등 온도차에너지가 절반 정도를 차지하고, 쓰레기 소각열이 1/4 정도를 차지하고 있다. 쓰레기 소각열이 대체에너지 활용실적의 대부분을 차지하고 있는 우리나라와 크게 대별된다.

대표적인 미활용에너지 네트워크 플랜트로는 그림 3에서 보는 바와 같은 하코자키 플랜트(하천수), 마쿠하리플랜트(하수), 모모치 플랜트, 코스모스퀘어(해수) 등이 있다. 이들 플랜트 운용결과 에너지 절약 30%, 이산화탄소 저감 40% 등을 달성하였으며, 최근에 일본 기타 큐슈지역의 리버워크 플랜트(하천수), 타카마슈 지역의 Sunport 플랜트(해수)가 건설되어 성공적으로 가동 중에 있다.

### 국내 미활용에너지 이용기술개발 현황

미활용에너지를 그림 4에서와 같이 건물의 냉난방열공급에 활용하기 위해서는 온도차에너지 열교환 기술, 열펌프를 이용한 승온기술, 수요와 공급의 불균형을 해결하는 축열기술, 열제조처에서 열수요처까지의 열수송기술 등이 있다.

현재 국내에서는 과학기술부 21세기 프론티어 연구개발사업인 이산화탄소저감 및 처리기술개발사업단의 지원으로 미활용에너지 이용기술 개발을 수행 중에 있으며, 총 3단계('02~'12)의 연구개발 중 1단계('02~'05)가 완료되었다. 최종연구개발목표는 미활용에너지 이용기술의 네트워크를 통한 상용규모 시스템 기술개발로서 에너지절약을 통한 이산화탄소저감에 역점을 두고 있다. 따라서 1단계에 수행된 기술개발사업을 간략히 소개하면 다음과 같다.

- 2단압축 열펌프시스템 고효율화 기술

하천수를 열원으로 하는 30RT급 2단압축 열펌프시스템의 난방COP 3.5, 냉방COP 4.5를 연구목표로 하고 있으며, 주요 연구내용으로는 2단압

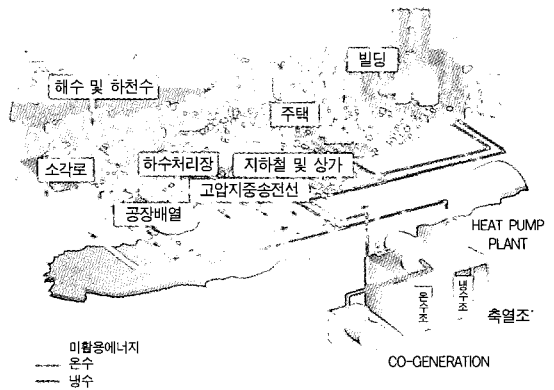



그림 1 미활용에너지 이용 광역 네트워크 시스템

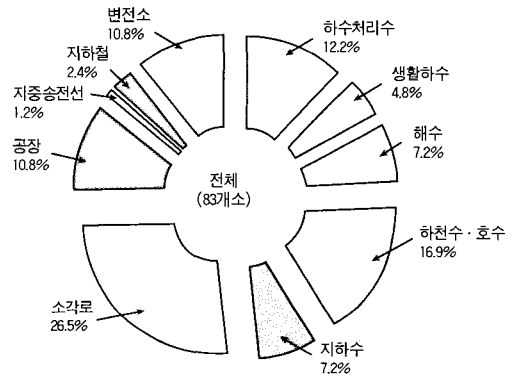


그림 2 국외 미활용에너지열원별 이용 현황

축 열펌프시스템의 핵심요소기기의 최적화, 사이클 시뮬레이션 프로그램화, 증발기 및 응축기 고성능화 기술 및 100RT급 실증플랜트 최적설계기술 확립으로 하고 있다.

- 열원대응 열교환기의 고효율화를 위한 파울링 저감기술

열원대응 열교환기의 파울링 형성을 최소화시키고자 하며, 연간 10% 이하의 열전달계수 감소와 고성능화를 연구목표로 하고 있다. 주요 연구내용으로는 파울링 제거를 위한 스폰지질 및 실리코놀의 순환특성과 최적화 기술, 하수처리수열원대응 복합스크린 열교환기 개발을 통한 실증화 기술 그리고 배가스 열회수를 위한 순환유동층 열교환기의 고성능화 기술 등이다.

- 나노유체(nano-fluid)를 이용한 열전달 향상기술

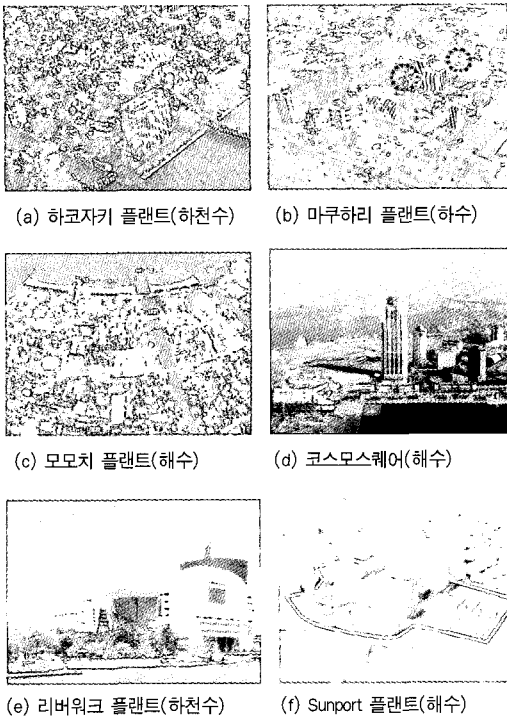


그림 3 일본의 미활용에너지 이용 플랜트 사례

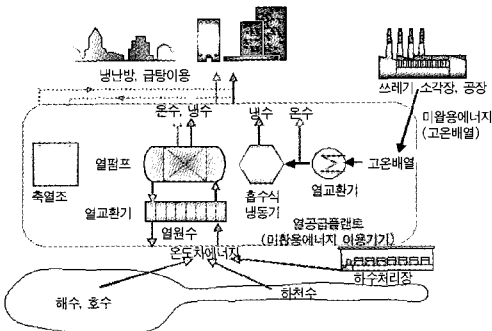


그림 4 미활용에너지의 이용 개념

순수한 열전달유체에 비해서 30% 이상 열전도를 향상시킬 수 있는 나노유체를 개발하여 열교환기에 적용시키는 것을 연구목표로 하고 있다. 주요 연구내용으로는 다양한 나노크기 입자를 가지는 나노유체의 조합기술, 열선방법에 의한 열전도측정기술 그리고 나노유체를 적용한 열교환기의 열효율 향상기술 등이다.

○ 상변화물질(PCM)을 이용한 축열용량 개선기술

새로운 PCM의 마이크로 캡슐화 공정기술 개발을 통한 축열용량을 물과 비교하여 3배 이상 증대하는 것을 목표로 하고 있으며, 주요 연구내용으로는 마이크로 PCM의 슬러리 조합을 위한 최적조건 고찰, PCM의 대량생산을 위한 공정 상용화 기술 그리고 단관 열교환기에서의 열전달특성 파악 등이다.

○ 마찰저감제(DR)을 이용한 펌프동력저감기술

냉난방 열공급을 위한 수송유체로서 non-ionic 마찰저감제를 개발하여 열수송 펌프동력을 70% 이상 감소하는 것을 연구목표로 하고 있으며, 주요 연구내용으로는 열수송배관의 네트워크 시스템에 대한 유동해석과 최적설계 그리고 환경친화적인 새로운 마찰저감제 개발 및 적용기술 등이다.

○ 미활용에너지 네트워크 실증사업 최적화 기술

미활용에너지 네트워크 실증플랜트 최적설계 및 실증사이트 도출을 연구목표로 하고 있으며, 주요 연구내용으로는 미활용에너지 최적 실증사이트 도출 및 분석, 미활용에너지 현황, 부존량 및 활용방안 분석, 단위시스템 용량 및 설계, 운전조건 분석, 실증시스템 건설 및 보급을 위한 제도적 해결방안 그리고 미활용에너지 네트워크 시스템 가상플랜트 3D 시뮬레이션 등이다.

### 맺음말

이상에서 소개한 바와 같이 외국에 비해 국내의 미활용에너지 광역 네트워크 이용기술이 매우 낙후되어 있기 때문에 아직 상용화에 도달하기 위해서 꾸준한 연구개발이 이루어져야 한다. 따라서 과학기술부 21세기 프론티어 연구개발사업인 이산화탄소저감 및 처리기술개발사업단의 지원으로 미활용에너지 이용기술에 대한 2단계('05~'08) 연구개발이 추진될 예정이며, 주요 연구개발내용으로는 1단계 연구결과인 혁신공정기술을 적용하여 상용화를 준비하기 위한 기술개발과 100RT급 열펌프시스템의 현장적용시험을 통한 보급활성화를 추구하고 있으므로 향후 국내에서도 미활용에너지 이용기술이 널리 보급될 수 있을 것으로 기대하고 있다.