

# 해외 건물 냉·난방용 히트펌프 기술의 최근 동향

박 준 택 / 미활용에너지기술전문위원장  
한국에너지기술연구원 미활용에너지·지열연구센터(jtpark@kier.re.kr)

## 일본의 동향

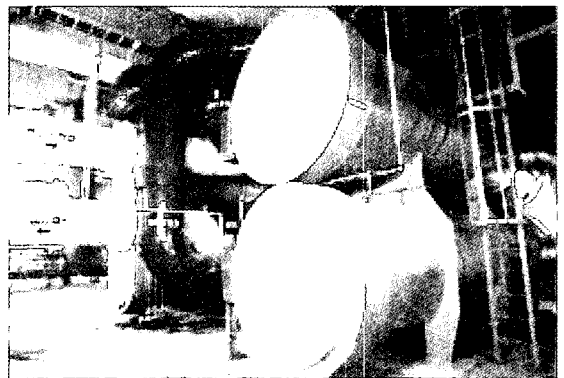
### 정책동향

주택이나 업무용 건물의 냉난방·급탕 등에서의 에너지사용을 삭감하는 수단으로 종전부터 각종 히트펌프기술의 개발, 도입이 진행되고 있다. 히트펌프기술은 일반적으로 자연의 환경 속에 존재하는 공기나 각종 배열을 열원(냉열원 및 온열원)으로 사용하고 있다. 그리고 “미활용에너지”인 해수, 하천수, 하수 등의 온도차에너지의 이용에 있어서도 히트펌프기술이 중요한 역할을 담당하고 있다. 또한 최근에는 지열을 열원으로 한 히트펌프기술에 대한 관심도 높아지고 있다. 일본에서 히트펌프기술의 정책적인 위상은 이상과 같이 “에너지절약기술”로서 뿐만 아니라 미활용 온도차에너지로서 “신에너지기술”의 하나로 부각되고 있다. 히트펌프기술 도입촉진책으로서는 경제산업성·자원에너지청에 의해 이산화탄소를 냉매로 한 히트펌프급탕기를 들수 있으며, 2002년도부터 도입촉진을 위한 정부 지원사업이 착수되었다. 또한 지열이용 히트펌프시스템은 2003년도부터 도입촉진을 위한 시범 조성사업이 착수되었다. 또한 에너지효율 향상책으로서 가정용·업무용 에어컨은 개성 성에너지법에서 기기효율 향상 대상 품목으로 지정되어 세계 최고수준으로 고효율화가 추진되고 있으며, 히트펌프기술에 대한 관심이 높아짐에 따라 지구온난화 대응을 위해 총합과학기술회의에서는 온실효과가스삭감대책기술에 관한 연구개

발전략중 중점테마의 하나로서 “고효율 히트펌프 개발”이 추진되고 있다.

### 기술개발동향

히트펌프의 기본적인 기술개발요구는 (1)고효율화, (2)고승온폭화, (3)고온화와 상호 관련한 3항목이다. (1)의 고효율화는 히트펌프가 가지고 있는 에너지절약효과나 지구온난화가스 배출삭감효과를 높이기 위한 기본적 요구이기 때문에 그 중요성이 점점 증되고 있다. (2)의 고승온폭화 및 (3)의 고온화는 히트펌프의 활용영역을 확대해 가는데 있어서 필요한 기본 요구이고, 고효율을 유지하면서 작동온도영역을 확대해 가는 것이 요구되고 있다. 히트펌프에 공통적인 기술과제는 대체냉매로 환경에 우수한 소위



[그림 1] 열펌프시스템

“자연냉매”를 이용한 히트펌프의 개발·실용화인데 활발한 연구개발이 진행되고 있으며, 보다 구체적인 동향을 보면 다음과 같다.

**고효율·다기능 히트펌프시스템**

주택용, 업무용 히트펌프 에어컨은 인버터화에 의한 가변용량제어기술 채용으로 성능, 특히 쾌적성이 큰 폭으로 개선되어 왔으나, 지구온난화방지 대응으로 1998년에 성에너지법에 의한 새로운 에너지효율기준이 적용 되었다. 그 결과 2004년에 달성해야 할 규제치로서 성적계수(냉난방 평균 COP)가 5.27(출력 2.5 kW 이하 기종의 경우, 1997년 수준에서 평균 63% 효율개선)으로 높은 수준으로 설정되었다. 이미 이 기준을 크게 달성한 COP가 6.0을 능가하는 제품이 개발되어 고효율화의 움직임이 가속화 되고 있다. 특히 주택용으로서는 주택의 고단열, 고기밀화가 진전되고 있기 때문에 히트펌프에 요구되는 기능도 다양화되고 있어 냉난방·급탕에 더하여 바닥난방, 욕실난방·건조 등 다기능화가 진행되고 있다.

**한냉지용 히트펌프**

외기를 열원으로 한 히트펌프는 낮은 외기 조건하에서는 난방성능이 저하한다는 본질적인 약점을 가지고 있으나, 각종 기술개발에 의해 극복되고 외기 온도가 -20℃ 조건하에서도 사용이 가능한 한냉지용 히트펌프가 개발·실용화되어 있다.

**지열원 히트펌프**

외기보다도 우수한 열원특성을 가지고 있는 지열을 이용하는 것은 1980년대부터 북해도 를 비롯한 한냉지를 중심으로 일부에서 시도되어 왔으나, 일본은 이 분야에서 구미에 비해 현저히 지연되고 있다. 지열열교환기 매설비용이 높아 경제성을 저해하는 요인으로 되고 있다.

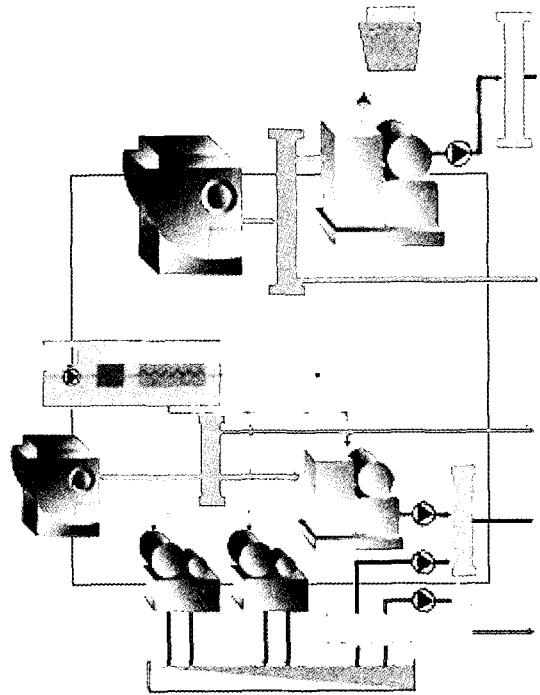
**자연냉매 히트펌프**

종래부터 압축식 히트펌프에 사용되어 온 후레온계 냉매(CFC, HCFC)는 오존층파괴문제로부터 몬트리올의정서 모두 사용이 규제되어 대체후레온(HFC)

로 교체가 진행되어 왔으나, 지구온난화에의 영향 때문에 대체후레온도 사용이 제한되는 경향이다. 이에 대하여 환경에 우수한 냉매로서 이산화탄소, 탄화수소, 암모니아, 물, 공기 등 소위 “자연냉매”가 주목받고 있다.

특히 이산화탄소는 안전성이 높은 냉매로서 주목받고 있다. 전술한 바와 같이 이산화탄소냉매를 채용한 히트펌프급탕기가 2001년도에 일본에서 세계 최초로 개발, 실용화되었다. 또한 최근에는 연료전지차용 히트펌프 카에어콘으로도 개발, 채용되고 있으며, 한냉지용 히트펌프에도 적용이 검토되고 있다.

탄화수소냉매는 가연성이기 때문에 화재에 약한 건축구조에서는 문제가 있으나, 안전성을 확보한 조건하에서는 사용이 전망되기 때문에 검토되고 있다. 또한 암모니아는 냉동분야 뿐만 아니라 공조분야에서도 개발, 실용화가 진행되고 있다. 기타 물, 공기에 대해서는 현재는 주로 냉동, 냉방 등 용도에 개발이 진행되고 있다.



[그림 2] 열공급시스템 개략도



## 관련 업계동향

### 주택용 냉난방 히트펌프

외기를 열원으로 한 전기구동 압축식 냉난방겸용의 것, 소위 가역사이클 히트펌프에어콘은 한 대로서 냉방과 난방이 가능한 공조기기로서 인버터화에 의한 고성능화 및 쾌적성의 향상, 저비용화에 의한 경제성 향상을 위한 기술개발이 진행되고 있다.

2004년 주택용 에어컨 출하실적 약 670만대중 냉난방겸용 히트펌프에어콘이 전체의 약 99%를 차지하고 있다. 성에너지법의 개정으로 새롭게 도입된 에너지효율화 규제에 의해 고효율화가 진행되고 성적계수(COP)가 6.0 이상인 제품이 실용화되고 있다.

한편 주택용 히트펌프 급탕기는 최근까지 보급이 진행되지 않았으나, 새롭게 이산화탄소냉매로서 90까지 고온의 온수 공급이 가능하고 고효율의 급탕전용 히트펌프가 개발되어 2001년 시장에 출시되었다. 이 히트펌프 급탕기에서는 연평균성적계수(COP) 3.0 이상이 달성되었으며, 에너지절약과 이산화탄소 배출감소효과가 크기 때문에 2002년도부터 설치지원제도가 도입되어 보급촉진을 도모하고 있다. 이 결과 급속히 보급이 진행되고 있으며, 2004년 출하실적은 약 9만대에 달하고 있다. 이러한 시장의 동향을 배경으로 기술개발이 활발히 진행되어 고효율화가 진행되고 있는 것 외에 후레온계 HFC 냉매를 사용한 히트펌프 급탕기도 실용화되고 있다.

### 업무용 히트펌프

중소업무용 건물 냉난방 용도에서는 주택용과 같이 외기를 열원으로 한 전동압축식 냉난방 겸용의 패키지 히트펌프에어콘이 보급되고 있다. 2004년 업무용에어콘 출하실적 약 63만대중 히트펌프타입이 전체의 약 92%를 차지하고 있다.

한편 최근 가스엔진구동 외기열원 히트펌프도 업무용을 중심으로 보급되고 있으며, 2004년 출하실적은 약 40만대이며, 또한 하계냉방수요 증대에 따른

전력부하율 저하를 개선하기 위해 개발된 빙축열페키지에어콘도 보급되고 있다.

중대형건물 냉난방에서는 중앙집중방식의 히트펌프시스템이 채용되고 있으나, 히트펌프형식으로는 왕복동, 스크류 또는 터보압축식의 외기열원 히트펌프 혹은 수열원 히트펌프가 수축열조와 조합하여 채용되고 있으며, 냉방배열회수나 심야전력 이용이 가능한 시스템도 다수 채용되고 있다.

최근에 와서는 대형터보냉동기의 고효율화가 추진되어 COP가 6.4인 세계 최고수준의 제품이 개발되고 있다. 소형터보기술과 인버터를 조합시킨 소형공냉식 마이크로 터보 히트펌프도 개발되고 있다.

### 지역냉난방용 히트펌프

외기열원 외에 해수, 하천수, 하수 등 각종 미활용 온도차에너지를 열원한 지역냉난방시스템이 일본에서는 다수 도입되어 있다. 히트펌프형식으로는 주로 대형전동압축식 터보 또는 스크류식 히트펌프이지만, 일부 열구동식 흡수식 히트펌프도 채용되고 있다.

### 구미의 동향

구미의 히트펌프기술 동향은 지열을 열원으로 한 히트펌프 보급이 진행되고 있다. 스웨덴에서는 최근 수년간 도입이 급증하고 있다. 지중에 수 10~200 m의 깊이에서 고밀도 폴리에틸렌제 지중열교환기(파이프)를 매설하고 그 내부로 브라인을 순환시켜 열교환(채열)하여 히트펌프 열원으로 한 방식이 일반적으로 채용되고 있으며, 그 외 오스트리아에서는 냉매방식, 히트파이프방식에 의한 지중열교환방식도 채용되고 있다. 미국에서도 10수년전부터 지열원 히트펌프 도입촉진 프로그램이 추진되고 있다. 현재까지 북미에서 약 60만대, 구주에서 약 45만대 정도 지열원 히트펌프가 도입되어 있는 것으로 추정하고 있다. ㉔