

제습냉방기술-기후변화 협약 대응 비책

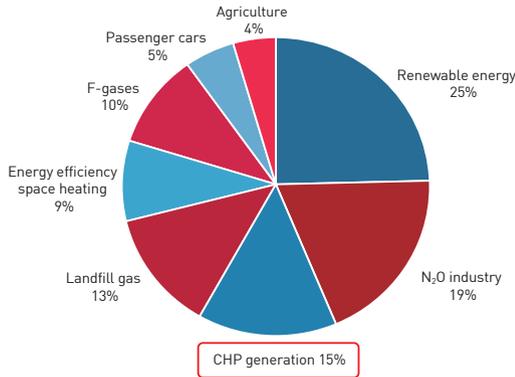
기후변화협약에 대응하는 비책으로 제습냉방기술에 대하여 소개하고자 한다.

기후변화협약 채택

전 세계가 온실가스와의 전쟁에 동참한다. 2015년 12월 제 21차 유엔 기후변화협약 당사국 총회(COP21)는 지구온난화 대책으로 ‘파리 협약’을 채택하였다. 이 협약은 산업혁명 이후의 기온 상승을 2℃ 미만으로 억제하기 위하여, 세계 온실가스 배출을 가능한 조기에 감소로 전환시킨 후 21세기 후반에는 배출량과 삼림 및 해양의 흡수량이 균형을 이루는 “탄소중립” 달성을 목표로 한다. 온실가스 감축과 관련해 모든 국가가 스스로 결정한 기여 방안을 5년 단위로 제출하고 이행하며 차기 감축목표 제출 시 이전 수준보다 진전된 목표를 제시한다는 원칙을 수립하였다.

이를 위하여 미국은 2025년까지 온실가스 배출량을 2005년 대비 26~28% 감축하기로 했고 유럽연합(EU)은 2030년까지 1990년 대비 온실가스 배출량을 40%까지 줄이겠다고 발표했다. 중국은 2030년까지 국내 총생산(GDP) 단위당 온실가스 배출량을 2005년 대비 60~65% 감축할 계획이다.

‘2015 국가 온실가스 인벤토리 보고서’에 따르면 우리나라의 온실가스 총 배출량은 2013년 기준 6억 9,450만ton CO₂ eq로 전년 대비 1.5% 증가



[그림 1] 열병합발전 보급 효과

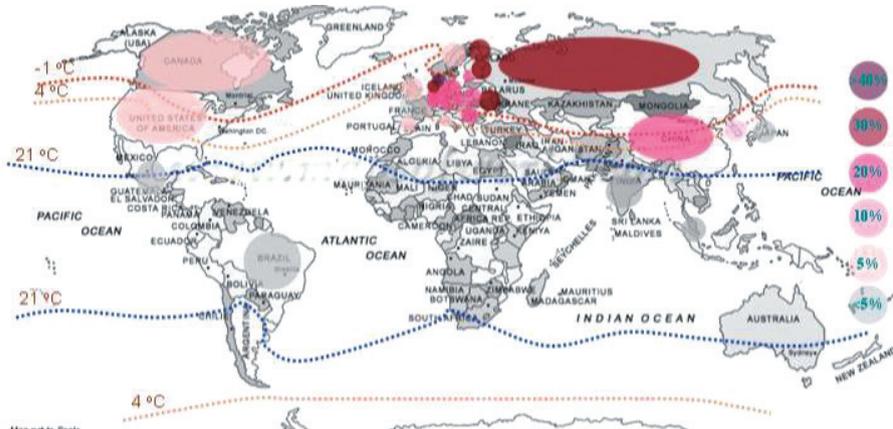
했다. 이는 경제협력개발기구(OECD) 회원국 중 5위이고, 온실가스 의무감축국 중에서는 6위다.

우리나라는 애초 2030년 배출전망(BAU)인 8억 5,060만 ton CO₂ eq 대비 26% 절감을 제시할 것으로 예상되었으나, 국제 위상 등을 이유로 37%를 감축하겠다고 결정하였다. 그리고 지난해 국정감사에서는 이 같은 목표가 현실성이 떨어진다는 비판이 제기됐다. 주요 감축수단으로 고려되고 있는 신재생에너지 보급 확대, 탄소포집 저장(CCS) 등은 막대한 예산이 소요되기 때문이다. 감축 목표만 있고 대안이 없다. 어떻게 해야 효율적으로 경제적으로 온실가스 배출량을 줄일 수 있을까?

이런 점에서 IEA¹⁾에서 1990~2005년 사이의 유럽에서의 온실가스 저감 성과를 분석하여 발표한 결과는 시사하는 바가 크다. 그림 1에 나타난 바와 같이 재생에너지 보급에 의한 감축효과가 가장 큰 것으로 분석되었으며, 이는 그간 유럽 각국에서 재생에너지 보급을 위해 시행해 온 직접적인 지원정책의 결실로 볼 수 있다. 이 결과에서 특이한 것은 열병합발전 보급으로 인한 효과가 15%로 3위를 차지했다는 점이다. 재생에너지의 보급을 위해 막대한 재정적 지원이 소요되었던 것에 비하여 열병합발전은 유사한 지원책이 없었음에도 상당한 온실가스 감축 효과를 나타내었다.

유럽뿐만이 아니라 열병합발전의 세계적인 보급 확대를 통하여 효과적으로 막대한 전 지구적 온실가스 감축효과를 얻을 수 있을 것이 명확하다. 그러나 여기에는 중요한 문제가 있다. 현재 세계 각국의 열병합 보급 비율을 분석해보면, 보급 비율이 연평균 기온과 밀접한 상관관계가 있음을 알 수 있는데, 이는 열병합발전에서 생산된 열이 주로 건물난방 용도로 이용되기 때문이다(그림 2).

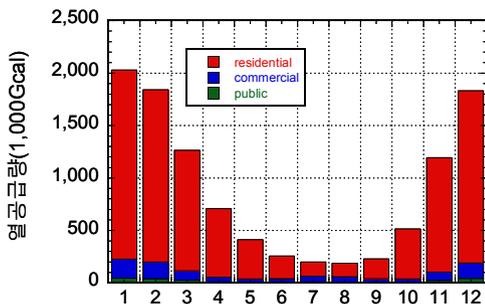
즉 난방 수요가 적은 지역에서는 따로 열수요를 개발하지 않는 한 열병합 발전을 보급하기 어렵다는 문제가 있다.



[그림 2] 세계 각국의 열병합 발전 비율과 연평균 기온의 상관성

우리나라와 같은 중위도 지역에서는 이러한 문제가 계절적인 열수요 변동의 형태로 나타난다. 우리나라에서는 난방수요의 연중 변동폭이 커서, 하절기 열수요가 동절기 최대값의 10%에도 미치지 못하며(그림 3), 이는 열병합발전 시설의 연간 운전율이 40%에도 미치지 못하는 결과를 야기한다.²⁾ 이와 같이 열수요의 연간 변화가 크면, 열병합발전 시설의 운전율이 낮아지게 되며, 또한 열/전기의 생산비율을 최적의 조건으로 유지하기 어려워 에너지 효율이 감소하므로, 열병합발전의 장점을 충분히 활용하지 못하게 된다. 열병합발전 설비의 보급에 막대한 비용이 드는 것을 감안할 때, 난방 이외의 열수요, 특히 하절기의 열수요를 개발하는 것이 열병합발전의 활용성을 높이고, 나아가 세계적인 보급 확대에 필수적이다.

하절기의 열수요 창출을 위해서는 열공급을 이용하여 냉방을 생산할 수 있는 기술의 적용이 효과적이다. 2007년 말을 기준으로 국내에는 22개 지역의 총 459개 건물에 열병합발전 폐열을 이용한 지역냉방이 공급되고 있으나, 주로 업무용 및 공공용 건물을 대상으로 한 것으로, 지역난방의 대부분의 수요를 차지하고 있는 공동주택에는 거의 보급실적이 없다. 우리나라에서는 주택용이 전체 열수요의 90% 정도를 차지하므로, 의미 있는 수준의 하절기 열수요 창출을 위해서는 공동주택에 지역냉방을 보급하는 방안이 추진되어야 하며, 이를 위해서



[그림 3] 한국지역난방공사 열공급량 월간변화(2008)

는 공동주택에 적용이 용이한 열이용 냉방기술의 개발 및 적용이 필요하다.

이러한 기술의 적용은 우리나라 열병합발전 사업의 효율성을 제고할 뿐만 아니라, 국제적으로는 열병합발전의 적용 지역을 연평균 기온이 높은 쪽으로도 확대할 수 있도록 하며 온실가스를 세계적인 수준으로의 감축에 적극적으로 기여할 수 있다.

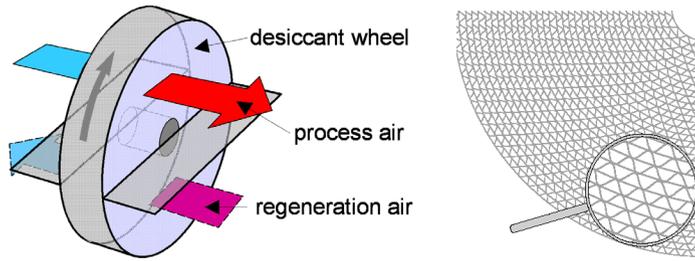
다음으로 70~80°C 정도의 비교적 낮은 열원을 이용하여 냉방을 생산할 수 있어 소용량에도 적합하며 주택용 지역냉방 공급기술로 고려되고 있는 제습냉방기술의 국내외 기술 개발 동향에 대하여 소개한다.

열이용 냉방기술-제습냉방

제습냉방은 실리카 겔(silica gel), 제올라이트(zeolite) 등의 제습제를 이용해 공기 중의 습기를 제거해 냉방하는 기술이다. 건조한 공기 속에서 물의 증발이 활발히 일어나는 현상을 이용해 공기 온도를 낮춰 냉방을 공급하는 원리다. 제습기는 그림 4와 같이 회전하는 로터(rotor)의 형상으로 로터의 일부에서 흡착 및 제습이 일어나고 다른 부분에서는 탈착 및 재생이 일어난다.

제습기는 흡착 완료 후 흡수된 수분을 날려 보내고 제습기를 재생할 때에 열이 필요한데, 근처 주택 단지에 있는 열병합발전소로부터 70°C의 배열을 공급받으면 된다. 추가적으로 사용되는 에너지는 제습 로터를 돌리는 모터와 바람을 일으키는 팬에 의해 소모되는 전기 정도다. 열병합발전소는 여름철 열수요가 거의 없어 가동 중지하고 있기 때문에 제습냉방이 보급될수록 열병합발전소의 가동률도 높아져 국가 전체 전기생산량을 늘릴 수 있는 효과도 얻게 된다.

또한 제습냉방시스템은 온도와 습도의 독립적인 제어가 가능하며 잠열부하 처리가 용이하므로, 외기 도입량이 큰 경우에도 충분한 성능을 발휘할



[그림 4] 제습로터

수 있다. 더군다나 제습냉방시스템은 냉매를 사용하지 않으므로, CFC 계열의 냉매에 의한 오존층 파괴 및 온실효과 등이 전혀 없어 환경친화적이다.

미국에서는 이미 틈새시장 진입

국제에너지기구(IEA)는 1974년 경제협력개발기구(OECD) 국가 간의 에너지 기술 협력 기구로 발족된 후, 최초의 국제협력 연구로 태양열 냉난방 기술 개발³⁾을 채택했다. 이 과제의 중요 기술로 진행된 연구가 제습냉방기술이다. 독일, 프랑스, 영국 등 유럽 국가들이 주도적으로 진행한 이 연구에서 시작품 개발 및 실증 연구가 이뤄졌다. 이 연구는 EU의 연구개발 보급지원 사업인 'EU Framework Program'과도 연계돼 진행되고 있으며, 2008년의 ROCOCO(Reduction of costs of Solar Cooling systems) 프로젝트에서는 그동안의 실증 연구에 대한 조사 분석 및 보급 확대를 위한 방안이 강구됐다. 이 프로젝트에서는 전 세계에 설치된 태양열 냉방 시스템에 대해 시스템 구성, 설치 및 운전비용을 조사 분석했다. 그 결과 제습냉방시스템이 흡수식을 비롯한 여타 태양열 냉방 기술에 비해 초기비용 및 운전유지비용 측면에서 가장 경제적인 것으로 평가됐다.

그런 노력들의 결과로 저온열원을 이용하는 제습냉방시스템이 2008년 제습냉방 분야 중 세계 최고기업인 문터스(Munters)에서 상용화됐으며, 태양

열이나 폐열 등을 이용한 냉방기술도 보급이 진행되고 있다.

미국, 일본, 독일 등에서는 80년대부터 제습냉방 시스템에 대한 연구가 활발히 이뤄지기 시작해 제습로터 등 주요 부품에 대한 개발이 지속적으로 이뤄져 왔다. 미국에서는 이미 제습냉방시스템이 슈퍼마켓의 대형 냉장 진열대(display case)의 습도 조절, 호텔과 모텔 공조 등의 틈새시장에 진입한 상태다. 제습냉방시스템은 제습제의 물질개선, 제습로터의 형상 및 성능 개선, 다양한 재생열원의 이용, 시스템 부피 및 비용감소 등 관련 기술이 발전하면서 기존의 냉동시스템에 대한 경쟁력을 높여가고 있다.

가정용 제습냉방기 보급 세계 최초 추진

국내에서는 한국과학기술연구원(KIST)이 에너지절약 기술개발사업으로 1999년부터 3년간 '냉동기가 없는 냉방시스템 개발'을 진행한 것이 제습냉방 관련 최초 연구다.⁴⁾ 이 과제에서 고분자 제습제 및 재생증발식 냉각과 관련한 기초 기술이 개발됐다. 특히 이 과제에서 개발된 고분자 제습재료는 실리카겔이나 제올라이트 등 기존의 고체 제습제보다 흡습 성능이 4~5배 이상 크며, 낮은 온도(60℃)에서도 재생될 수 있는 장점이 있다. 이 고분자 제습재료는 초흡수성 고분자(SAP)를 이온변환해 흡습성을 향상시킨 물질이다. 초흡수성 고분자의 생산비용 수준으로 대량생산이 가능하며, 제습/재생

반복성 및 인체 유해성 시험을 통과했다. 이 고분자 재료는 항균 특성 및 탈취 특성도 가지고 있는 것으로 분석돼 공조용 재료로 폭넓게 적용될 수 있는 가능성이 높다. 이 고분자 재료를 적용해 일반 제지공정과 골판지 제조공정으로 제습로터를 생산할 수 있으므로 대량생산에 매우 적합하다.

KIST는 이후 2002년부터 2005년까지 고분자 제습제와 재생증발식 냉각기술의 내구성을 향상하기 위한 기술개발을 지속했다. 이를 바탕으로 2006년부터 한국지역난방공사의 지원으로 ‘공동주택의 세대별 제습냉방시스템 시작품 개발 및 성능평가 연구’를 수행해 2007년 고체 제습식 냉방시스템 시작품을 개발했다.⁵⁾ 이후 이 기술은 고분자 제습제와 재생증발식 냉각 등 소재 및 부품 기술은 (주)덕영과 (주)원진 등 관련 전문 중소기업에, 전체 냉방시

스템 기술은 관련 대기업인 (주)귀뚜라미에 기술이전돼 생산 및 제품 개발이 진행됐다.

2010년부터는 축적된 기술을 바탕으로 한국지역난방공사가 주관하고 KIST, (주)귀뚜라미 등이 참여한 에너지 자원기술 개발사업이 수행됐다. 국내 관련 기관 및 업체가 총출동한 ‘열병합 발전 배열을 이용한 다실 제어 하이브리드 제습냉방시스템 개발’ 과제에서 연구팀은 기본적인 제습냉방시스템에 전기식 히트펌프를 추가해 에너지 효율과 냉방출력을 크게 향상시킨 하이브리드 제습냉방시스템 시작품을 개발했다. 연구팀은 이를 신축 공동주택 40세대에 적용해 실증시험을 실시해 기술검증 및 보급 타당성을 확인했다(그림 5, 그림 6). 실증시험을 통해 전기식 에어컨 대비 48%의 전력 사용량 절감 효과가 입증됐으며,⁶⁾ 냉방기 가동 2시



(a) 제습로터 시제품



(b) 재생증발식 냉각기 시제품



(c) 하이브리드 제습냉방 1차 시제품



(d) 현장설치-2010

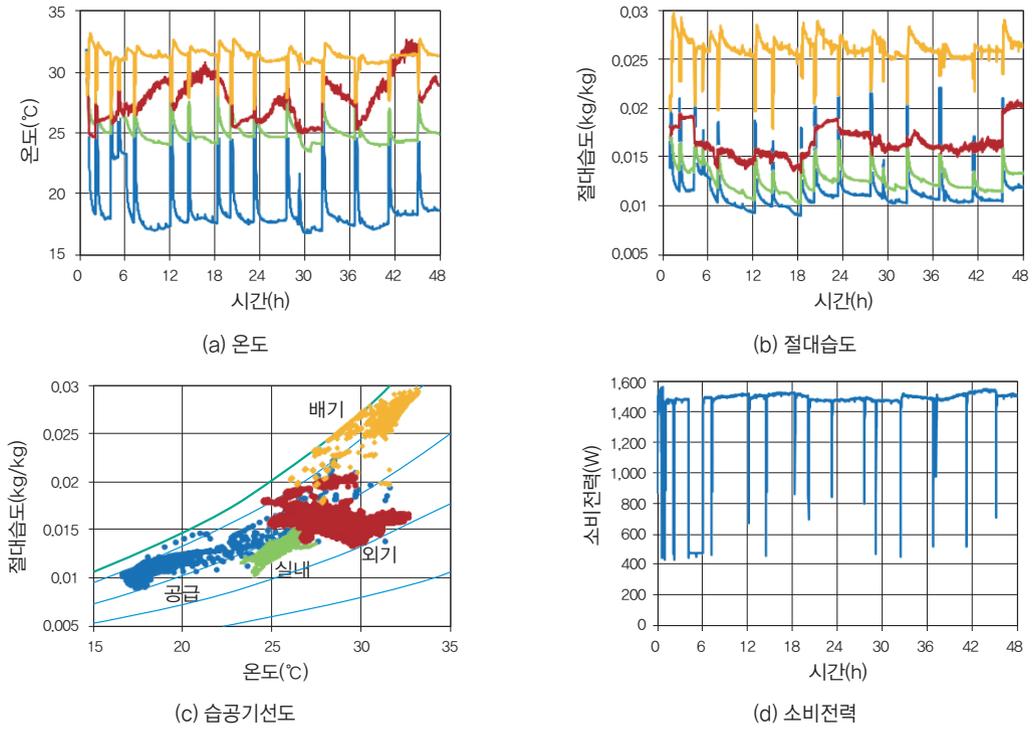


(e) 하이브리드 제습냉방기 2차 시제품



(f) 현장설치-2012

[그림 5] 하이브리드 제습냉방기 시제품 개발 및 실증시험



[그림 6] 현장시험 모니터링

간 내에 휘발성 유기 화합물, 알데하이드, 부유세균 등 실내 오염물질이 40% 이상 감소되는 것이 확인됐다.⁷⁾ 이 결과에 근거해 지역난방 공급온수를 열원으로 하는 제습냉방기를 공동주택에 보급 확대하는 계획이 2014년 1월에 확정된 제2차 국가에너지기본계획의 주요 과제에 포함돼 시범보급이 추진되고 있다.

세계 최초 상용화 시도에 따른 사업 리스크 해소가 관건

제습냉방시스템은 냉동기를 필요로 하지 않아 송풍기의 전기 입력력을 제외하면 전기에너지를 전혀 필요로 하지 않는다. 또한 온도와 습도의 독립적인 제어가 가능하고 잠열부하 처리가 용이하므로 외기 도입량이 큰 경우에도 충분히 성능을 발휘

할 수 있다. 더욱이 제습냉방시스템은 냉매를 사용하지 않으므로 염화플루오린화탄소(CFC) 계열 냉매에 의한 오존층 파괴 및 온실효과 등이 전혀 없어 환경친화적이기도 하다.

하지만 이런 장점에도 불구하고 제습냉방기술의 시장보급은 미약한 실정이었다. 제습냉방시스템의 설비가격이 기존의 냉방시스템에 비해 고가이고 부피가 상대적으로 크기 때문이었다. 때문에 저습도가 필요하거나 잠열부하가 매우 큰 특별한 경우에만 적용이 한정돼 왔다. 이러한 문제를 해소하기 위한 노력이 국내에서 진행되어, 최근 고분자 제습제와 재생증발식 냉각기 기술 등 독창적 원천기술을 바탕으로 하이브리드 제습냉방시스템 기술을 개발하였다. 기존 제습냉방시스템의 크기를 획기적으로 소형화하고 에너지 효율도 향상시켰으며 가정용 보급을 추진하고 있다.

그러나 소용량 제습냉방시스템의 가정용 보급은 세계 최초로 시도되는 것으로 기업이 단독으로 부담하기에는 사업 리스크가 상당히 크다. 온실가스 감축 전쟁이 시작되고 있는 마당에 제습냉방기술을, 이미 효율성이 입증된 열병합발전의 운전운전확대를 통한 온실가스 감축효과 극대화 와 열병합발전의 세계적인 보급 확대 요건으로 제공함으로써 지구적 수준의 온실가스 감축에 기여할 수 있는 비장의 무기로 확보하여야 한다. 제습냉방기술로 하절기의 냉방기 가동에 의한 전력수급 불균형 문제를 해결할 수 있는 것은 덤이다. 제습냉방기의 시장진입 장벽을 낮추기 위한 정부 지원 등 다각적인 노력을 경주하여야 한다.

참고문헌

1. IEA, 2008, Combined heat and power : Evaluating the benefits of greater global.
2. 에너지관리공단, 2008, 집단에너지사업 관련자료집.
3. Arsenal Research, 2008, Reduction of costs of solar cooling systems, Final report of the 6th Framework programme.
4. 이대영 등, 2002, 냉동기가 없는 냉방시스템기술 개발 최종보고서, 에너지관리공단.
5. 이대영 등, 2007, 공동주택의 세대별 제습냉방시스템 시제품 개발 및 성능평가 연구보고서, 한국지역난방공사.
6. 김연홍 등, 2013, 열병합발전배열을 이용한 다실 제어하이브리드 제습냉방시스템개발최종보고서, 한국에너지기술평가원.
7. 임영욱 등, 2015, 제습냉방시스템의 건강영향에 대한 경제적 효과 분석연구 최종보고서, 한국지역난방공사. 