

태양열 제습냉방 기술

(Solar Desiccant Cooling Technology)

- 이 대 영 / 한국과학기술연구원 책임연구원, ldy@kist.re.kr
- 장 영 수 / 국민대학교 발효융합학과 교수, yschang@kookmin.ac.kr

제습냉방기술을 이용한 태양열 냉방시스템 개발 현황을 소개한다.

서론

태양열 시스템은 일반적으로 가장 접근하기 쉬운 신재생에너지이며 현재까지 많은 나라에서 다양한 분야에 사용하고 있다. 이런 태양열 시스템은 타 대체에너지 시스템들에 비하여 상대적으로 높은 시장 경쟁력을 가지는 것으로 평가되고 있다. 실제 우리나라에서도 태양열 온수기 시장이 1997년에 연 7만대 이상에 이르는 등 급신장한 바 있었으나, IMF 이후 농업진흥청의 보급사업(농가생활개선사업)이 중단되고, 경쟁제품인 심야전기온수기의 보급이 확대됨에 따라 보급실적이 급격히 감소하여 2003년에는 연간 1,000여대 수준까지 감소하였다.

실제 우리나라에서 건설되고 있는 주택의 대부분이 일반 농촌에 지어지는 일정면적을 가지는 가정집이 아니라 아파트가 대규모로 개발이 되면서 태양열을 설치하여 이용하는 것이 어려워졌으며 현재 정부에서 시행하고 있는 100만호 보급사업이나 공공의무화 사업을 제외하고 신시장을 개척하기 매우 어려운 실정이다. 일반 가정에서 이용하는 경우는 그나마 여름철 급탕에 대한 수요가 있으나 건물에서 이용할 경우에 여름철 급탕수요가 없어 태양열로부터 얻어지는 에너지를 버려야 하는 경우가 발생하는 것이 현실이다. 따라서 태양열 이용시스템의 보급을 활성화하기 위해서는 태양열을 이용한 냉방시스템을 개발하는 것이 필요하다.

여름철 태양열에 의해 집열된 열을 냉방에 이용하기 위해서는 난방 및 급탕에 비하여 비교적 높은

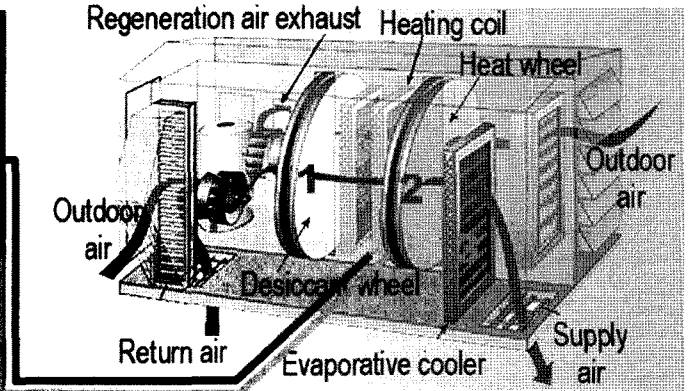
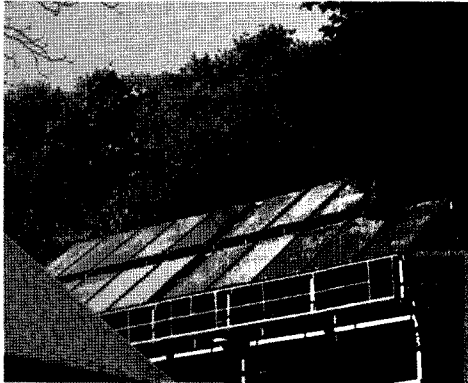
온도의 열을 필요로 한다. 그러나 태양열 시스템은 집열온도가 높아질수록 집열효율이 감소하여 시스템 성능이 저하하며, 낮시간에 집중이 되는 태양열의 효율적인 이용을 위해서는 집열기나 축열조의 비용이 상승하게 된다. 그러므로 태양열 냉방시스템의 개발을 위해서는 가능한 저온 열원에 의하여 구동될 수 있는 시스템을 개발하여야 한다. 이에 여름철 태양열을 이용한 냉방시스템의 대안으로 제습을 이용한 냉방시스템이 현실화되고 있으며 초기투자비는 비싸나 에너지 절약적인 측면에서 적극적인 검토가 필요하다.

제습냉방기술이란?

제습냉방 기술은 제습제(Desiccant)를 이용하여 공기 중의 습기를 제거하여 잠열부하를 처리하며, 건조한 공기 속에서 물 증발이 활발히 일어나는 원리를 이용하여 공기 온도를 낮추어 냉방을 공급하는 기술로서, 제습제에 흡착/흡수된 수분을 날려 보내고 제습제를 재생할 때 열이 필요하다. 태양열을 제습제 재생열로 이용하면 태양열을 이용한 제습냉방시스템을 구성할 수 있다(그림 1 참조).

제습제는 LiCl(lithium Chloride)등 액체 제습제와 Silical gel, Zeolite 등의 고체 제습제로 대별할 수 있으며, 어떠한 형태의 제습제를 활용하느냐에 따라 제습기의 구조가 달라진다. 액체 제습제를 이용하는 경우 제습기는 제습탑과 재생탑으로 구성되며(그림 2 참조), 제습탑에서 수분을 흡수/회석된 제습제는 재생탑으로 순환되어 수분을 증발시키고 농축/재생된다.

제습탑 상부에 액체 제습제가 공급되어 뿌려지



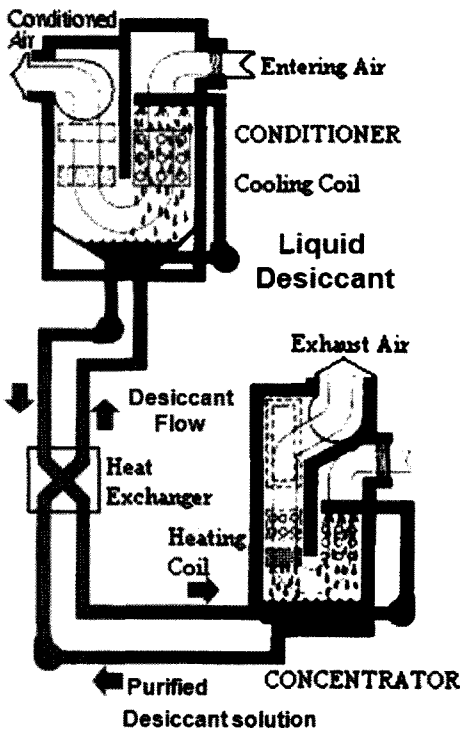
[그림 1] 태양열 이용 제습냉방시스템

면, 유입되는 공기 중의 수분을 흡수하게 된다. 공기과 제습제 사이의 수증기 교환은 공기 속의 수증기 분압과 제습제 표면에서의 수증기 압력 사이의 상대적 크기에 의존한다. 액체 제습제 표면의 수증

기 압력은 제습제의 농도와 온도의 함수로 나타나며, 온도가 낮을수록, 농도가 진할수록 수증기 압력이 낮아 제습과정이 활발하다. 따라서 가능한 낮은 온도와 고농도의 제습제 조건에서 제습기가 운전되는 것이 바람직하다.

공기 중 수증기를 흡수하는 제습제의 능력은 수분 함유량의 증가(제습제의 농도 감소)에 따라 감소하고, 제습제가 일정 농도이하로 묽어지게 되면 재생기에서 고농도의 제습제로 농축되어야 한다. 재생을 위해서는 제습과정과는 반대로 제습제에서 공기로의 수증기 교환이 일어나야 한다. 이를 위해 제습제 표면에서 수증기 압력을 높이기 위해 제습제를 가열하여 온도를 높여준다. 즉 탈습과정은 제습제에서 물을 분리하여 증발시킴으로써 제습제를 재생(regeneration)하기 위한 열입력을 필요로 하며, 덩고 습해진 재생용 공기는 외기로 배출되고, 농도가 높아진 제습제는 제습기에서 재사용할 수 있게 된다. 재생기의 제습제는 재생과정을 거치면서 농도뿐만 아니라 온도도 상승하게 되는데, 현열교환기에서 제습기에서 재생기로 이동되는 저온의 제습제와 열교환 과정을 거쳐 냉각되어 제습기로 공급된다. 이를 통해 제습 성능 향상과 재생에 필요한 열량을 줄일 수 있게 된다.

액체식 제습기술은 일종의 개방형 흡수식 사이클로서, 기존의 열구동 냉방 방식인 흡수식 냉방기술에 비하여 몇 가지 장점을 가진다. 모든 과정이 대기압 조건에서 이루어지므로, 불용축 가스에 의한



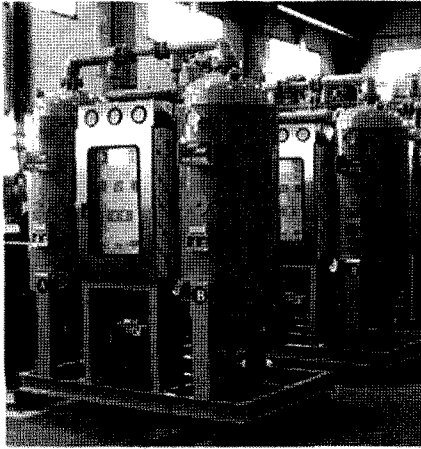
[그림 2] 액체식 제습기

성능저하 문제가 없으며, 제작이 용이하다. 제습제와 공기가 직접 접촉하므로 전달효율 측면에서 효과적이어서 재생열원의 온도가 낮아도 제습성능을 얻을 수 있다. 60℃의 저온 열원으로도 작동이 가능하며, 일반 평판형 태양열 집열판을 적용할 수 있는 장점이 있다. 또한 제습제의 살균효과로 공기 오염 제거 효과를 부가적으로 얻을 수 있다.

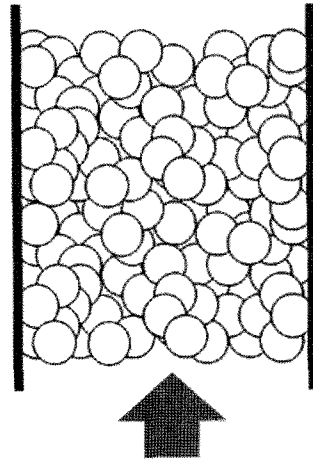
반면 액체 제습제가 공기와의 접촉 중에 공기 중에 유출될 가능성이 있는데, 액체 제습제는 LiCl용액이나 CaCl₂ 용액 등 염용액이어서 부식성이 상당

히 크므로, 유출될 경우 심각한 문제를 야기할 수 있다.

고체 제습제를 이용하는 방식은 액체 제습제를 이용하는 경우에 발생할 수 있는 부식 문제를 해결할 수 있다. 최초로 고안된 방식은 그림 3에 나타난 바와 같이 고체 제습제를 통 안에 채운 충전탑(Packed Bed) 방식으로, 충전탑을 복수개 구비하여, 제습과 재생을 번갈아 수행하는 방식으로 연속적인 제습이 되도록 한다. 이러한 방식은 산업공정에서 극저습 조건을 얻기 위한 용도로 여전히 사용

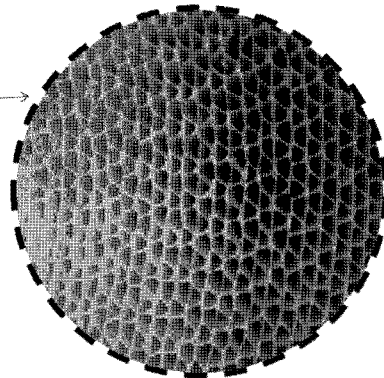
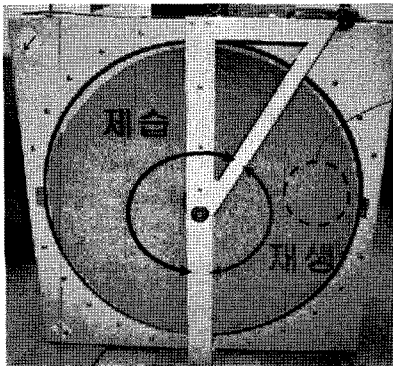


a) 충전탑식 제습기



b) 고체 제습제 충전탑 구조

[그림 3] 고체 제습제를 이용한 충전탑식 제습기



[그림 4] 제습로터

되고 있기도 하나, 충전탑에서 압력손실이 과도하게 큰 문제가 있다.

이를 해결하기 위하여 고안된 것이 그림 4에 나타낸 바와 같은 허니컴 구조를 채용한 회전형 제습기로, 제습로터(desiccant rotor)로 불리운다. 제습로터는 고체 제습제를 코팅 등의 방법으로 박막화한 뒤 골판지 형상으로 성형하고 감거나 적층하여 완성되는데, 제습제가 박막화되고, 제습로터의 공극률이 0.8 이상으로 매우 높으며, 공기유로가 곧은 채널 형상이어서, 압력손실을 크게 낮출 수 있는 장점이 있다. 그림 4에 나타낸 바와 같이, 로터의 일부에서는 흡착/제습이 일어나며 다른 부분에서는 탈착/재생이 일어나는데, 로터의 회전에 의하여 흡착 및 탈착이 번갈아 일어나게 된다.

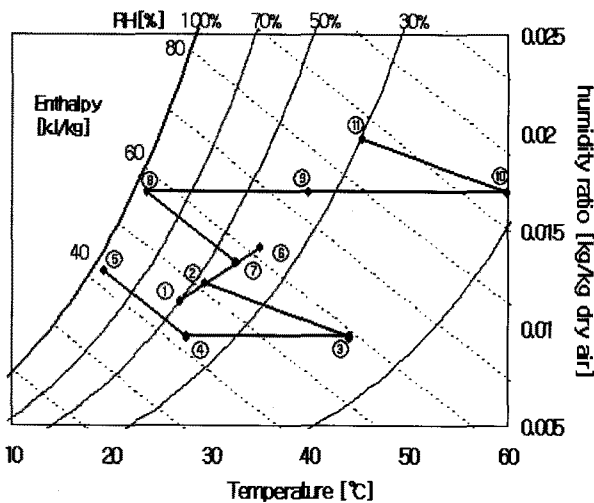
그림 5는 고체식 제습냉방시스템(그림 1 참조)에서의 공기상태변화를 나타낸 습공기선도이다. 고온 다습한 공기(②)가 제습로터를 통과하면서 건조되고, 물분자가 흡착되면서 발생한 흡착열로 온도가 상승한다(③). 제습로터를 통과한 고온 건조한 공기는 현열교환기를 통과하면서 온도가 낮아지고(④), 증발식 냉각기에서 습도가 높아지는 대신 온도가 더 낮아진 후 실내로 공급된다(⑤). 현열교환기는 외형상으로는 제습로터와 매우 유사하지만, 제습은 이루어지지 않으며, 현열만을 교환한

다. 실내 배기와 외기의 혼합공기(⑦)는 증발식 냉각기를 통과하여 온도가 낮아진 후(⑧) 현열열교환기에 유입되어, 제습로터를 통과한 건조한 실내공급공기가 더욱 저온으로 현열냉각될 수 있도록 한다. 현열열교환기를 통과한 공기(⑨)는 고온으로 가열된 후(⑩) 제습로터의 재생부로 유입되어 제습로터에 흡착된 수분을 증발시킨다. 이 과정에 의하여 제습로터는 다시 수분을 흡수할 수 있는 상태로 재생된다.

고체식 제습기술에서는 액체식과 마찬가지로 공기가 제습제와 직접 접촉하는 방식으로 액체식이지는 대부분의 장점을 가지면서, 액체 제습제의 비산에 의한 부식문제를 원천적으로 제거할 수 있는 추가적인 장점이 있다.

제습냉방기술의 선진국 현황 소개

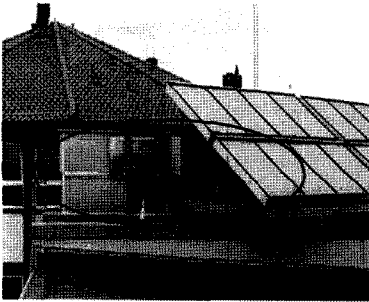
IEA(International Energy Agency)가 1974년 OECD 국가간의 에너지 기술 협력 기구로 발족된 후, 최초의 국제협력 연구로 태양열 냉난방기술 개발을 채택하였으며, 이 과제의 중요 기술로 제습냉방기술 연구가 진행되었다. 독일, 프랑스, 영국 등 유럽국가들이 주도적으로 진행한 이 연구에서 시제품 개발 및 실증 연구가 이루어졌다.(그림 6 참조) 이 연구는 EC Framework Program (EC의 연구개발보급지원 사업)과도 연계되어 진행되고 있으며, 최근의 ROCOCO (Reduction of Costs of Solar Cooling Systems) 프로젝트에서는 그동안의 실증 연구에 대한 조사 분석 및 보급 확대를 위한 방안이 강구되었다.¹¹⁾ 이 프로젝트에서 전세계에 설치된 100여개의 태양열 냉방시스템 중 37개에 대하여 시스



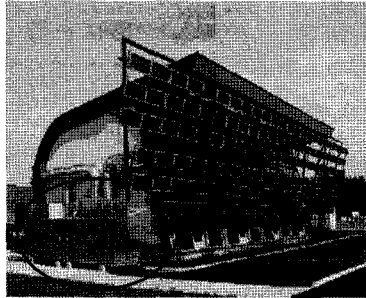
[그림 5] 고체식 제습냉방시스템의 습공기선도

<표 1> 태양열 냉방시스템 실증연구 분석 (ROCOCO, 2008)

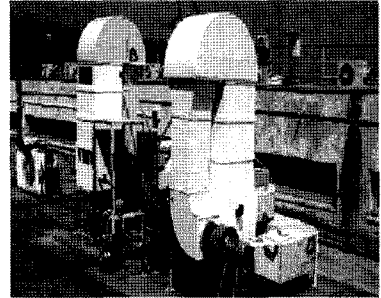
집열기 형식	냉방기 형식	
평판형	17	흡수식 22
진공관형	14	흡착식 6
공기가열식	3	고체식 제습냉방 7
집광형	2	액체식 제습냉방 1



a) 독일 고체식 제습냉방



b) 오스트리아 고체식 제습냉방



c) 이스라엘 액체식 제습냉방

[그림 6] 태양열 제습냉방시스템 현장시험

템 구성, 설치 및 운전 비용에 대한 조사 분석을 수행하였으며, 표 1에 나타난 바와 같이 평판형 집열판과 흡수식 냉동기를 적용한 시스템이 주를 이루며, 이는 흡수식 냉동기가 넓은 용량범위의 제품을 공급하고 있기 때문이다.

제습냉방시스템은 37곳 중 8곳(고체식 7, 액체식 1)에 설치되었으며, 고체식 제습냉방시스템은 초기 상용화 단계에 있는 것으로 보고하였다. 또한 과거 20여년동안 집열기나 냉방기의 성능이 개선된 것에 비하여, 비용면에서는 큰 변화가 없다고 평가하였다.

조사분석 대상 중 제습냉방시스템에 대한 구체적인 내용을 표 2에 정리하였다. 고체식 제습냉방시스템의 냉방용량 1kW 당 초기 비용은 1300 ~ 5600 € 이 소요되며, 태양열 집열판이 전체 비용의 15 ~ 22%, 제습냉방시스템이 29 ~ 38%, 제어 부분이 6 ~ 9%를 차지하는 것으로 조사되었다. 고체식 제습냉방시스템이 흡수식을 비롯한 여타 태양열 냉방 기술에 비하여 초기비용 및 운전유지비용을 고려하였을 때 가장 경제적인 것으로 평가되었으며, 스페인 병원에 적용된 사례의 경우 기존 전기식 냉방시스템에 비하여 거의 유사한 생애비용을 가지

<표 2> 제습냉방시스템 비용 분석(ROCOCO, 2008)

	S DEC	S DEC	S DEC	S DEC	S DEC	S DEC	S DEC	S DEC	L DEC
공급공기 풍량	m ³ /hr	5000	8500	10000	6000	12000	?	8000	15000
냉방용량	kW	36	70	60	30.4	81	108	76	100
집열판 종류		CPC	FPC	FPC	ETC	Air	Air	FPC	FPC
집열판 면적	m ²	43.92	58.6	83.3	8.9	97.8	91	263	75.8
온수탱크 용량	m ³	2000	3000	0	2000	0	0	3000	24000
건물 종류		Office	Univ	Office	Office	Lib	Ind	Labo	Univ
냉방면적	m ²	182	200	213	280	471	630	6000	4000
구입 및 설치 비용	€	75000*	98327	210000	103200	104120	65000†	414635‡	560770
냉방용량 당 집열면적	m ² /kW	1.22	0.84	1.39	0.29	1.21	0.84	3.46	0.76
냉방용량 당 비용	€/kW	2083	1405	3500	3395	1285	602	5456	5608
집열면적 당 비용	€/m ²	1708	1678	2521	11596	1065	714	1577	7398
냉방면적 당 비용	€/m ²	412	492	986	369	221	?	69	140

주) *태양열 시스템만, †태양열 집열기만, ‡태양열 시스템 비용 과다

는 것으로 분석하였다.

제습냉방의 가장 큰 장점으로 낮은 온도를 이용할 수 있는 점과 이로 인하여 저가의 평판형 집열판을 적용할 수 있는 점을 꼽고 있으며, 반면 상대적으로 성적계수가 0.4~0.6 정도로 낮은 점이 개선이 필요한 부분으로 지적되었다. 또한 본격적인 상용화를 위해서는 시스템 초기 비용 중 가장 큰 부분을 차지하는 제습냉방기의 가격을 낮추는 것이 필요한 것으로 분석하였다.

제습냉방시스템은 냉동기를 필요로 하지 않아 송풍기의 전기 입력을 제외하면, 전혀 전기에너지를 필요로 하지 않는다. 또한 온도와 습도의 독립적인 제어가 가능하며 잠열부하 처리가 용이하므로, 외기 도입량이 큰 경우에도 충분한 성능을 발휘할 수 있다. 또한 제습냉방시스템은 냉매를 사용하지 않으므로, CFC계열의 냉매에 의한 오존층 파괴, 온실효과 등이 전혀 없어 환경친화적이며, 구동에너지를 전기에너지 대신 열에너지를 사용하므로, 여름철 냉방기 가동에 의한 전력수급 불균형 문제의 해결에 기여할 수 있다. 제습냉방기술의 이러한 여러 가지 장점들로 제습냉방기술의 적용범위가 점차 확대되어 갈 것으로 기대되고 있다.

그러나 제습냉방기술의 시장 현황은 상기한 기술적인 장점들에 비하면 상대적으로 미약한 실정으로, 저습도가 필요하거나 잠열부하가 매우 큰 특별한 경우에 한정되어, 아직 일반 냉방기 시장으로의 진입은 이루어 지지 않고 있다. 시장확대 지연의

주요 원인은 제습냉방시스템의 설비가격이 1 CMM 당 \$180 ~ \$300 정도로 기존의 냉방시스템(1 CMM 당 \$90 ~ \$150)에 비하여 고가이고, 부피가 상대적으로 크기 때문이다.

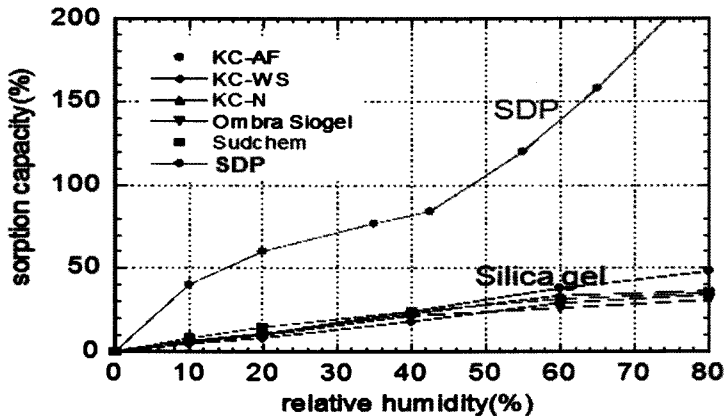
다음에는 제습냉방시스템의 가격인하와 소형화를 위한 기술개발 방향과 국내의 관련연구 현황을 소개한다.

제습냉방시스템의 핵심 기술인 제습로터

현재 선진국에서 개발되어 사용되고 있는 제습시스템은 개발이나 제조 과정이 매우 복잡하고 단가가 고가인 재료를 사용하므로 실제 제조단가가 매우 높다. 그러므로 이를 수입해서 사용하기에는 경제성 측면에서 많은 불이익을 가져갈 수 밖에 없으므로 가격이나 성능면에서 경쟁력을 가지는 국산화개발이 요구되어지고 있다.

제습로터는 Munters, Seibu-Giken, Klingenburg, Nichias, DRI 등 5~6개의 업체가 세계시장에 대응하고 있는 독점성이 큰 시장으로, 주로 실리카겔 등의 무기질 흡착제를 제습제로 적용하고 있는데, 제습재료 제조, 제습로터 가공공정 등이 매우 복잡하여, 획기적인 공정개선 없이는 가격인하가 쉽지 않은 면이 있다.

또한 제습로터에서는 열 및 물질전달이 동시에 일어나는 특징으로 인하여 제습과정에 대한 이론적 접근이 상당히 어려워, 이미 일부 분야에 많이 적용되고 있음에도 불구하고, 제습제의 흡습특성,



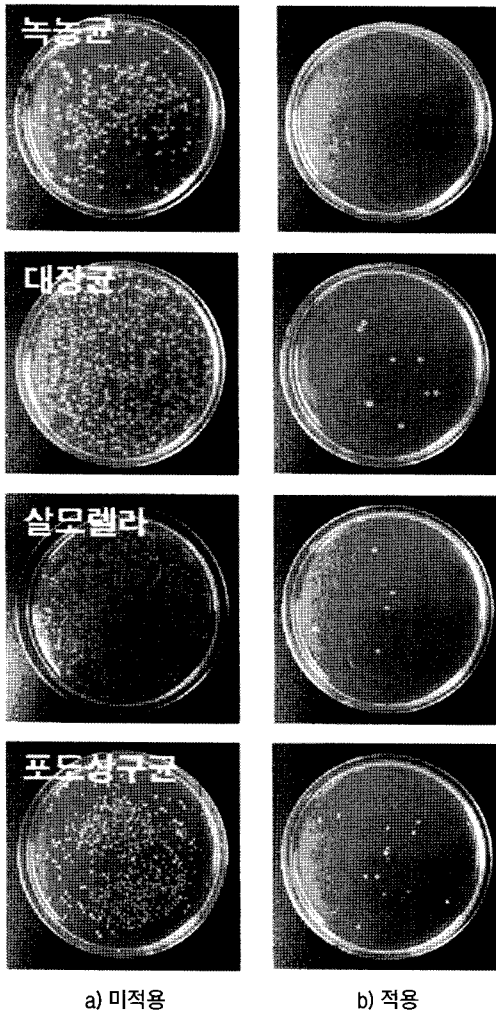
[그림 7] 초흡습성 고분자의 제습성능비교(SDP: Super Desiccant Polymer)



제습로터의 구조, 운전조건 등 여러 가지 인자들이 제습로터의 성능에 미치는 영향에 대한 분석과 이에 근거한 최적설계 및 최적운전제어 기술이 상당히 미흡한 실정에 있다.

한국과학기술연구원에서는 제습로터의 성능향상 및 저가화를 위하여, 제습성능이 뛰어난 고분자 제습재료를 개발하였다. 이 제습재료는 그림 7에 나타낸 바와 같이 실리카겔이나 제올라이트 등 기존의 고체 제습제보다 흡습성능이 4~5배 이상 크며, 낮은 온도(60℃)에서도 재생될 수 있는 장점이

있다. 미국에서도 1980년대부터 10여년간 고분자 제습재료를 개발하고자 하는 연구를 진행하였으나, 내구성문제로 실용화에는 이르지 못하였다.^[2] 한국과학기술연구원에서 개발한 고분자 제습재료는 초흡수성 고분자(SAP)를 이온변환하여 흡습성을 향상시킨 물질로, 초흡수성 고분자의 생산비용 수준으로 대량생산이 가능하며, 재료 수준에서의 제습/재생 반복성 및 인체유해성 시험을 통과하였다. 이 고분자 재료는 항균특성 및 탈취특성(그림 8 참조)도 가지고 있는 것으로 분석되어 공조용 재료로 폭넓게 적용될 수 있는 가능성이 높다. 이 고분자 재료를 적용하여 일반 제지공정과 골판지 제조공정으로 제습로터를 생산할 수 있으므로 대량생산에 매우 적합하여 제습로터 가격을 크게 낮출 수 있을 것으로 기대되고 있다. 현재 이 제습재료를 이용한 제습로터 생산기술 개발이 진행되고 있으며, 조만간 보급이 가능할 것으로 기대되고 있다.



[그림 8] 고분자 제습재료의 항균특성

제습로터 다음으로 개발이 되어야 하는 증발냉각기

기존의 제습냉방시스템에서는 현열냉각을 위하여 직접 증발냉각기(DEC)를 적용하고 있는데, 이 경우 증발냉각기를 통과하면서 습도가 증가하게 되어, 제습로터의 제습부하가 공조공간에서 발생하는 잠열부하보다 상당히 커지게 된다. 이러한 시스템은 유럽에서 고안된 시스템으로, 유럽 대부분 지역은 여름철 습도가 낮아 잠열부하가 작으므로, 이와 같은 시스템이 적합할 수 있다. 그러나 습도가 높은 지역에서는 잠열부하가 크므로, 제습부하 처리를 위한 대용량 제습로터 채용이 불가피해지고, 시스템 원가 및 크기 증가, 재생에너지 증가에 따른 에너지 효율 감소 등의 문제를 야기하게 된다.

재생 증발냉각기(REC, Regenerative Evaporative Cooler)는 일종의 간접 증발냉각기로, 냉각된 공기의 일부를 이용하여 실내공급 공기를 간접 증발냉각하는 방식이다. 이 방식은 증발냉각 효과를 이용하면서도 습도의 증가가 없어, 제습냉방시스템에 적용할 경우, DEC를 적용한 경우처럼 제습기에서 제습한 후 다시 가습하는 비효율적인 과정이 없다. 따라서 제습부하가 크게 감소되어 재생열량 및 재생온도를 낮출 수 있어 시스템의 효율을 향상시킬

수 있으며, 습도가 높은 경우에도 좋은 성능을 기대할 수 있다.^[2]

재생 증발냉각기의 개략도와 습공기 선도를 그림 9에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 고온의 흡입 공기는 건채널을 통과하면서 온도가 낮아지며, 온도가 낮아진 저온 공기 중 일부는 추기되어 건채널과 평행하게 설치된 습채널을 주 공기의 유동방향과 반대로 이동한다. 습채널을 통과하는 공기는 습채널 표면의 물이 증발하면서 냉각되어, 건채널로부터 현열을 빼앗아 주공기의 온도를 감소시킨다. 이 장치에서 건채널과 습채널을 통과하는 공기의 상태변화를 그림 9b)에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 습채널을 통과하는 공기의 비엔탈피(specific enthalpy) 변화가 건채널 공기의 비엔탈피 변화보다 3~5배 정도 크므로, 에너지 평형을 맞추기 위한 추기 공기량은 주 유동 공기의 1/3 ~ 1/5 정도면 되므로, 공조공간으로 저온의 공기 공급이 가능하며, 그림에서 예상할 수 있는 바와 같이 최대한 주유동 공기의 이슬점 온도까지 냉각이 가능하다.

한국과학기술연구원에서는 재생 증발식 냉각기를 소형화하기 위하여 핀 삽입 대향류형 재생 증발식 냉각기를 고안하고, 습채널에서의 증발수 퍼짐을 향상하기 위한 미세 다공층 표면처리 기술을 개발 적용하여 냉각효과를 실증하였다. 입구공기가 32℃, RH40%일 때, 증발냉각 효과만으로 19℃까

지 냉각할 수 있으며, 이는 습구온도보다도 3℃ 정도 낮다. 이와 유사한 기술은 최근 유럽에서 실용화에 성공하여 재생 증발식 냉방기가 건물 냉방에 보급되기 시작하였다.^[3]

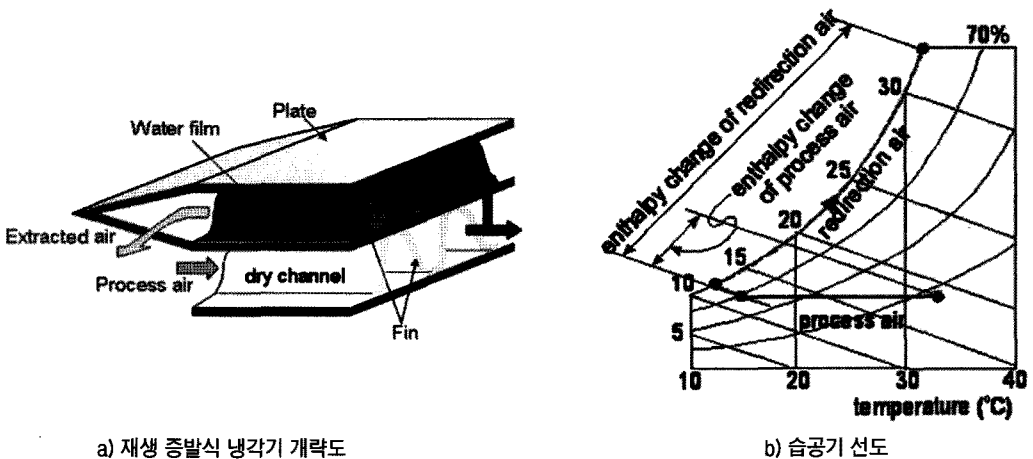
상용화를 위한 패키징(packaging) 기술

제습냉방시스템은 실내기와 실외기 구분이 없는 일체형으로, 한 장치내에 실내 공급공기와 제습로터 재생공기 통로가 모두 배치되어야 하므로, 시스템 소형화를 위해서는 부품배치 및 부품간 연결덕트 최적화, 누설방지 등이 매우 중요하다. 또한 소형화를 위하여 각 부품에서의 정압손실이 커지게 되므로 고정압 저소음 송풍기 개발도 매우 중요한 문제가 된다.

한국과학기술연구원에서는 앞에서 소개한 초흡습성 폴리머 제습제와 재생 증발식 냉각기를 적용하여 한국지역난방공사의 지원으로 제습냉방시스템 시작품을 개발한 바 있으며, 현재 관련 산학연 공동으로 부품 신뢰성 향상 및 시스템 소형화를 위한 연구를 계속 진행하고 있다.

4. 결론

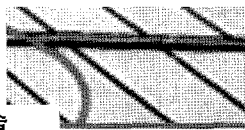
저온열원을 이용하는 냉방기술 분야는 유럽, 미국, 일본 등에서 1970년대 말부터 많은 연구가 수행되어 왔다. 연구 대상이 되고 있는 기술분야는



a) 재생 증발식 냉각기 개략도

b) 습공기 선도

[그림 9] 재생 증발식 냉각기



크게 흡수식 냉방과 제습냉방을 들 수 있으며, 현재까지의 연구 개발은 주로 흡수식 냉방시스템에 집중되어 왔다. 이는 가스를 열원으로 하는 흡수식 냉방시스템 기술이 이미 상용화되어 건물 냉방에 널리 적용되고 있어서 관련업체나 연구개발인력의 저변이 넓기 때문인 것으로 생각한다.

건물 냉방용 흡수식 냉방기의 재생온도는 150℃ 정도이며 COP는 1.0을 약간 상회하는 정도이다. 그러나 흡수식 냉방시스템은 열원온도가 낮아질수록 성능이 저하하며, 적어도 80~100℃ 정도의 온도가 필요하여 80℃ 이하의 열원온도에서는 에너지효율이 크게 감소하게 된다.

한편 제습냉방기술은 실내 공급 공기가 제습로터와 직접 접촉 방식에 의하여 열 및 물질전달이 일어나므로 전달효율이 상당히 높은 장점이 있어, 60℃ 정도의 저온 열원으로 냉방을 공급할 수 있는 가능성이 있으며, 흡수식과 달리 대기압 상태에서 운전되므로 시스템 구성이 간단하여 생산 비용을 크게 낮출 수 있을 것으로 기대된다. 또한 제습냉방 시스템에서는 온도와 습도의 독립적인 제어가 가능하여, 잠열부하가 크거나 외기 도입량이 큰 경우에도 쾌적한 냉방을 공급할 수 있다. 더군다나 제습냉방시스템은 냉매를 사용하지 않으므로, 오존층 파괴나 온실효과 등이 전혀 없어 환경친화적이며, 구동에너지로 전기에너지 대신 열에너지를 사용하므로, 여름철 냉방기 가동에 의한 전력수급

의 불균형 문제의 해결에 기여할 수 있다.

그러나 제습냉방 기술은 이러한 장점에도 불구하고, 현재까지 산업용이나 저습도가 필요하거나 잠열부하가 매우 큰 특별한 경우에 적용이 한정되어 있으며, 아직 일반 냉방기 시장으로의 진입은 이루어지지 않고 있다. 시장확대 지연의 주요 원인은 제습냉방시스템의 설비가격이 1 CMM 당 \$180 ~ \$300 정도로 기존의 냉방시스템(1 CMM 당 \$90 ~ \$150)에 비하여 고가이고, 부피가 상대적으로 크기 때문인데, 이는 주로 제습로터에 기인한다. 저온열원 이용 냉방시스템의 실용화를 위해서는 제습로터의 성능을 향상시켜 소형화하고 생산가격을 낮추는 것과 제습냉방 사이클을 개선하여 제습부하를 경감하는 것이 필요하며, 이를 위한 활발한 연구 및 기술개발이 기대된다.

참고 문헌

1. Arsenal Research, 2008, "Reduction of costs of solar cooling systems", Final report of the 6th Framework programme.
2. G.-E. Song, D.-Y. Lee, 2006, "Development of a compact regenerative evaporative cooler," Proc. 13th IHTC, Sydney, Australia.
3. Oxycom, <http://www.oxy-com.com> 