

태양열을 이용한 제습/냉방시스템 개발

■ 최 광 환 / 부경대학교 공과대학 냉동공조공학과, choikh@pknu.ac.kr

■ 김 종 열 / 동명대학교 공과대학 냉동공조공학과, kjy804@tu.ac.kr

최근에 많은 각광을 받고 있는 제습/냉방시스템 중 태양열을 이용하는 제습/냉방방식의 원리 및 응용에 이르기까지 전반적 지식을 소개하고자 한다.

머리말

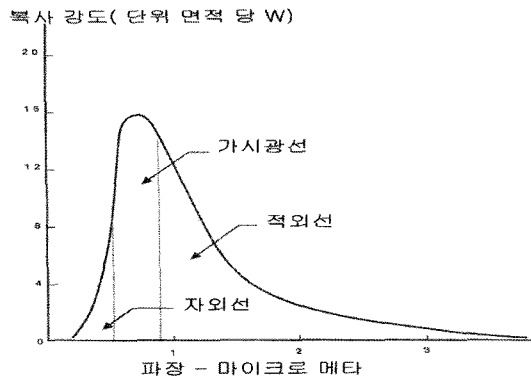
최근에 덴마크 코펜하겐에서 열린 기후변화(IPCC) 협약 회의에 세계가 자국의 경제적 이해 때문에 의견이 상충되어 중간 정도의 수준에서 협약이 체결되었으나, 여전히 문제점을 안고 있다. 특히 개발도상국인 중국과 인도, 그리고 선진국인 미국과 EU간의 의견 차가 워낙 커서 마지막까지 의견 조율에 어려움이 많았다. 마치 타국의 이해관계처럼 보였던 이번 기후변화협약 회의 결과는 향후 우리나라의 국내 에너지 소비 패턴 뿐만 아니라 국제적 산업 경쟁력에도 커다란 영향을 미친다. 각국에 CO₂ 감축 목표량이 주어진 이상, 우리나라도 이를 이행할 의무가 있는데, 이렇게 되면 우리나라의 신재생에너지 개발 및 이용의 패러다임도 바뀔 것으로 예상된다.

그 중에서도 가장 실용화가 많이 되었으며, 실질적으로 큰 기여를 할 것으로 여겨지는 에너지원이 태양열이다. 일반적으로 태양열은 빛에너지를 열에너지나 전기에너지로 변환하여 사용하는데, 가장 많이 보급이 되어있는 태양열 온수기는 빛에너지를 열에너지로 바꾸어서 사용하고 있다. 또한 활용도 측면에서 유리한 전기에너지를 빛에너지로부터 얻고자 하는 영역이 태양전지(photovoltaic)

나 고온 태양열발전 분야이다. 태양전지 분야는 실용화에 있어서 가장 걸림돌이 되고 있는 효율을 향상시키고자 각국에서 활발히 연구하고 있으며, 그 결과 매년 효율도 약간씩 올라가고 있다. 이에 비해서 비교적 새로운 영역으로 인식되어 있는 태양열발전 분야는 빛을 집광하여 고온으로 승온시킨 후 열매체를 가열하여 증기 형태로 바꾸어 전기를 만드는 발전시스템이다.

여기에 관한 기술적 내용은 향후 다시 소개하기로 하고, 본 기사에서는 일사 조건이 가장 좋으나 여름철에 거의 활용하지 않는 태양열을 냉방효과를 얻기 위한 활용 방안 중에 하나인 태양열 이용 제습/냉방시스템에 적용하는 방안 및 그 원리에 대해서 개략적으로 소개하고자 한다.

우리가 이용할 수 있는 지표면에 도달되는 태양



[그림 1] 일사광선의 파장 분포

<표 1> 계절별 수평면 전일사량 변동추이(단위 : kcal/m²/day)

구분	봄	여름	가을	겨울	연평균(A)
2004년까지(24년간)	3,843	3,719	2,704	2,076	3,086

에너지는 저밀도의 에너지로 주간에만 존재하며, 시간에 따라 변화가 크다. 지표면에 도달되는 태양 복사에너지는 그림 1과 같은 파장대별 분포를 가지며, 주로 우리가 열에너지로 이용하는 파장대는 가시광선 영역이다. 태양으로부터 지표면에 도달되는 일사는 크게 적달일사와 산란일사로 구분되나, 우리가 이용할 수 있는 지표면에 도달되는 태양에너지는 최대 1100 W/m^2 이하이다. 그러나, 현재 태양열 분야의 문제점은 표 1의 계절에 따른 수평면 전일사량의 변동에서 알 수 있듯이, 봄부터 여름에 이르기까지의 전일사량이 가장 양호하나, 이때는 급탕 및 난방이 그다지 필요하지 않아서 거의 활용을 하지 못하고 있는 실정이다.

한편, 국내에서 사용되고 있는 태양열 집열기는 거의 대부분이 겨울철 급탕을 위하여 한정적으로 사용되고 있다. 그 결과, 여름에는 태양열 집열기는 거의 사용되는 일이 없어서 집열관의 온도가 고온으로 상승하기 때문에 집열기 수명이 단축된다. 실질적으로 물을 순환하지 않고 집열기를 일사에 노출시켰을 때, 집열면 표면온도는 거의 250°C 를 상회하고 있다. 이러한 단점 때문에 주택을 비롯하여 상업용 건물에까지 태양열 집열기를 적극적으로 설치하는 사례가 드물며, 이로 인하여 태양열 활용 기술 개발에 대한 환경이 열악해지고, 더 나아가 선진국과의 기술 격차도 벌어지고 있다.

국내에서 태양열을 열원으로 제습/냉방을 하고자 하는 실증 플랜트(plant)시스템으로 진공관형 태양열 집열기로 온수를 만들어 흡수식 냉동기와 연계하여 냉방을 시도한 사례가 있었다. 그러나 흡수식 냉동기의 원천 기술 및 이와 관련된 응용 기술이 아직까지도 미진하여 냉방 성능계수가 전반적으로 낮은 편이다. 따라서 흡수식 냉동기와 태양열 집열기로부터 얻어지는 온수를 활용한 제습/냉방시스템이 상용화 단계에 이르기까지는 다소 시간이 걸릴 것으로 판단된다.

이러한 기계적 방식과는 달리 흡수력이 뛰어난 흡수제의 제습능력으로 제습/냉방효과를 얻고자 하는 '흡수제를 이용한 냉방/제습시스템'이 국내에서도 개발되어 판매되고 있으나, 여전히 흡수제의 재생과정에 가스히터나 전기히터를 사용하여 흡수포텐셜을 높이고 있기 때문에 경제성 문제에

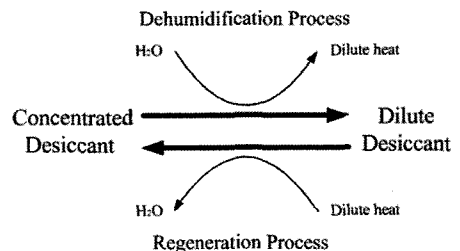
서 여전히 불리한 점을 안고 있다.

제습(dehumidification)의 원리 및 특징

일반적으로 '제습'이란 어떤 공기 상태에서부터 수분을 제거하여 건조한 공기 상태로 만드는 과정을 말하며, 이 과정에 사용되는 작동매체를 제습제(desiccant) 혹은 흡습제라고 일컫는다. 이러한 제습제는 다양하게 개발되어 용도에 맞추어 적절하게 사용되고 있으나, 일반적으로 제습과정을 거친 후 화학적 성질이 바뀌는 흡수제와 화학적 성질이 바뀌지 않는 흡착제로 크게 구별된다. 트리에틸렌 글리콜이나 염화리튬 수용액처럼 액체(liquid state) 형태로 존재하는 제습제가 흡수제에 해당되며 실리카겔이나 제올라이트처럼 고체 형태(solid state)로 존재하는 제습제가 흡착제에 해당된다.

한편, 이 모든 제습제들의 공통된 제습/냉각과정은 그림 2와 같은 메카니즘으로 작동된다. 고농도 제습제(concentrated desiccant)가 공기 중에 수분을 흡수하면 희석열(diluted heat)을 발생함과 동시에 저농도제습제(dilute desiccant)로 바뀌는데, 이를 제습과정(dehumidification)이라고 한다. 반대로 저농도의 흡수제를 고농도로 다시 바꾸기 위해서는 열을 가하여 제습과정에서 제거되어 용액 속에 포함되어 있는 수분을 증발시켜야만 하는데, 이 과정을 재생과정(regeneration process)이라고 한다.

농도가 높은 흡수제는 공기 중의 수분을 흡수하는 능력이 뛰어나기 때문에, 여름철과 같이 습도가 높은 공기와 접촉하면 쉽게 수분을 흡수한다. 그 결과, 습한 공기는 수분을 빼앗김과 동시에 그 만



[그림 2] 제습제의 제습과정 및 재생과정 개념도

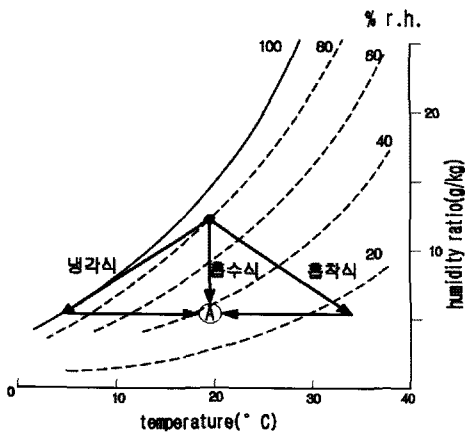


큼 증발잠열을 주위로부터 빼앗기 때문에 냉방효과를 가져다준다. 여름철에 얼굴에 물을 적셔 놓으면, 물이 증발할 때 시원함을 느끼는 이유가 여기에 있다. 따라서 공기 중에 수분을 제거하면, 온도가 다소 높더라도 그 환경 속에 있는 사람들은 굳이 에어컨을 켜지 않아도 더위를 느끼지 못할 정도로 온열환경적으로 유리한 환경이 형성된다. 사막과 같이 건조한 지역에서 햇볕에 직접 노출되지 않는 이상 무더위를 그다지 느끼지 못하는 이유와 마찬가지로이다.

한편, 그림 3처럼 일반적으로 고온다습한 공기를 알맞은 상태로 조절하기 위해서는 냉동기를 활용하는 기계식 방법과 흡착제 및 흡수제를 이용하는 화학식 방법이 있다. 특히, 기계식은 일단 공기를 냉각시킨 후, 다시 가열을 해야 할 필요가 있는 경우가 있어서 에너지 절약에 어려움이 있다. 흡착식을 사용하는 경우에는 흡착제의 온도를 낮출 수 없고 또 자체의 화학반응열 때문에 냉각과정이 필요하다. 반면에 흡수식은 용액의 온도를 쉽게 조절할 수 있으므로 때로는 일정한 상태로 만들기가 유리할 때도 있다.

제습제(desiccant)의 흡수 능력

다양한 종류의 제습제들은 각각 특징을 갖고 있으나, 일반적으로 가장 바람직한 제습제는 독성이



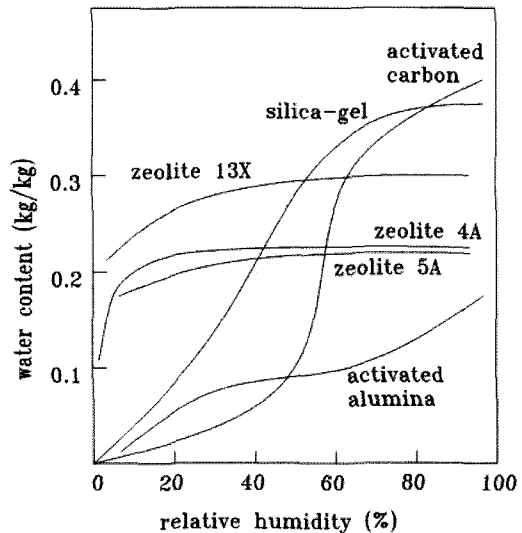
[그림 3] 제습/냉각방식에 따른 상태 변화도

없고, 화학적으로 안정하며, 저가이어야 한다. 또한 제습제의 재생이 저온에서도 용이하여야 하며, 제습능력도 뛰어나야 한다. 이러한 제습제의 특성은 다음과 같다.

먼저, 그림 4는 공기의 상대습도의 변화에 따라 고체흡착제로 흡수되는 수분량을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 실리카 겔(silica-gel)과 활성탄(activated carbon)이 공기 중의 상대습도가 높아짐에 따라 수분을 흡수할 수 있는 능력이 크게 증가하는데, 이 특성 때문에 흡착제로 많이 사용되고 있다. 그러나 상대습도가 낮은 상태에서는 제올라이트가 높은 수분 제거능력을 보이고 있는데, 이 특성이 제올라이트계가 초저습 영역에서는 많이 사용되고 있는 이유이기도 하다.

한편, 그림 5는 흡수제로 많이 사용되고 있는 염화리튬(LiCl) 수용액의 농도 변화에 따른 건구온도와 노점온도와의 관계를 나타내고 있다.

그림에서, 예를 들면, 염화리튬 농도가 36%(D 곡선), 건구온도가 35°C 일 때의 노점온도는 같은 건구온도의 트리에틸렌 글리콜 농도 90%보다도 낮아서 제습력이 뛰어남을 볼 수가 있는데, 이러한 특징 때문에 흡수제를 이용하는 화학적 제습/냉방 시스템에 많이 사용되고 있다.



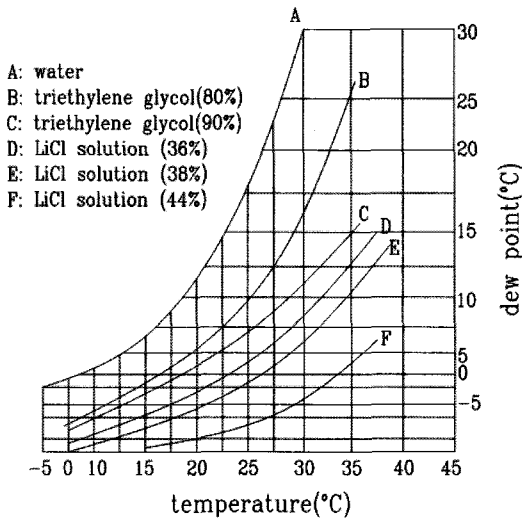
[그림 4] 흡착제의 흡수력 능력

제습/냉방의 현황

‘신재생에너지 기술개발’이라는 측면에서 비교적 선진국에 속하는 나라에서는 태양열 집열기의 활용 기술을 다양화함과 동시에 신재생에너지 분야의 새로운 시스템 개발이라는 차원에서 ‘태양열 데시칸트(desiccant) 시스템’ 개발에 박차를 가하고 있으며, 최근에는 이와 관련된 응용에 관한 개발 연구가 한창이다.

특히, 일본 타카사고(高砂熱學) 연구소에서는 1987년부터 특수한 용도로 액체흡수제를 사용하여 제습 및 공조를 수행하는 시스템을 개발하였으나, 기존의 국내 제품처럼 여전히 액체 흡수제의 재생에 많은 가스나 전기에너지를 사용하여 보급화에 이르지 못하였다. 최근에 2006년부터 ‘공기집열식 태양열 제습/냉방시스템 개발’이라는 연구를 통하여 실리카겔을 흡착제로 사용하여 제습/냉방을 제공하는 시스템을 개발하였으며, 개발 시스템을 직접 건물에 적용함으로써 ‘태양열 이용 제습/냉방시스템’의 가능성을 확인하였다.

그 외에 미국 및 EU국가 등에서 실리카겔을 이용한 고체흡착식 제습냉방시스템을 개발하여 엄격한 습도조절을 요구하는 특수 분야에 적용해 왔으



[그림 5] 주요 흡수제의 농도 변화에 따른 노점온도

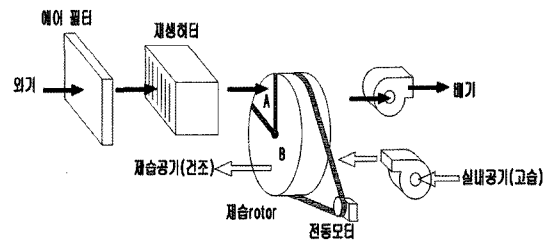
나, 설치면적이 넓고 효율성이 떨어져 초기에는 그다지 상용화에 이르지 못하였다. 그러나 흡착제 및 흡수제의 개발로 인하여 응용기술이 발전해 왔고, 최근에 태양에너지를 활용하여 냉방/제습효과를 얻는 기술위원회를 구성하여 독자적으로 ‘Solar desiccant system’이라는 국제회의를 열고서 기술 교류를 넓혀 나가고 있다. 특히, 2009년 8월에는 유럽에서 국제학술대회가 열려서 많은 참가자들이 기초지식부터 응용 및 활용사례까지 발표하였다. 이러한 기술 동향은 더욱 더 가속화가 될 것으로 예측된다.

한편, 국내에서는 대학, 한국에너지기술연구원, KIST, 한국생산기술연구원 및 일부 산업체에서 이와 관련된 기술 개발에 착수한 적이 있다. 그리고 실질적으로 실증플랜트를 설치하여 시험운전을 하고 있는 곳도 있는데, 여전히 핵심 기술력 미확보 및 경제성 문제로 상업화와는 다소 거리가 있어서 그다지 보편화되어 있지 않다.

제습/냉방시스템의 구조 및 운전

일반적으로 제습/냉방시스템은 제습과정과 재생 과정을 연속적으로 반복하면서 공기로부터 잠열을 제거하여 냉방효과를 가져다 주는 구조로 되어 있다. 그림 6은 벌집(honey comb) 모양을 가진 로터(rotor)의 필름막에 미리 실리카겔이나 흡수제를 침투시킨 후, 습도가 높은 공기와 직접 접촉시켜서 공기 중의 수분을 제거하여 습도를 낮추는 상용화된 제습기의 작동 과정을 보여주고 있다.

그림 중 A 부분은 흡수제나 흡착제를 포함하고 있는 필름막이 가열기에서 가열된 고온의 공기에 노



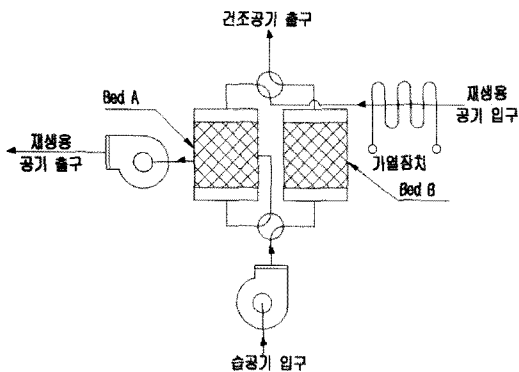
[그림 6] 고정식 로터(rotor)타입의 제습시스템 구조



출되어 수분을 증발시키는 재생과정 영역이다. 이렇게 수분을 증발시켜 재생된 필름막의 건조 부분은 전동모터에 의해서 서서히 시계 방향으로 이동하여 B 부분이 되는데, 이 때 오른쪽의 습도가 높은 공기가 이 영역을 통과하게 되면 절대습도차에 의해서 공기로부터 필름막으로 수분이 이동하게 된다. 이 제습과정을 거친 공기는 습한 공기에서 건조된 공기로 탈바꿈하게 되어 용도에 따라 활용되고 있다.

한편, 제습과정을 거친 필름 막은 수분을 흡수하는 흡수력(absorbing potential)이 떨어지게 되는데, 이를 다시 회복시키기 위해서는 노점온도를 올릴 필요가 있다. 이때, 상용화된 기존의 제품에서는 가스나 전기에너지를 사용하나, 재생에너지에서는 태양열을 활용하여 재생을 한다.

이러한 제습기(dehumidifier)는 제습 로터(rotor)의 체적 때문에 설치를 할 때 공간의 제약이 많이 받으므로, 최근에는 상업적 목적이 아니면 그다지 사용되지 않고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 최근에 제습 로터 대신에 제습탑(dehumidifying tower)을 사용하는 제습기를 많이 사용하고 있는데, 그림 7에 이러한 원리를 활용하는 제습기의 일반적 구조가 나타나 있다. 그림에서 Bed A나 Bed B는 재생과정 및 제습과정을 교대로 담당하게 되며, 한편으로 습공기는 유입되면서 필요에 따라 Bed A나 Bed B로 향하여 최종적으로 건조공기로 탈바꿈된 후 위쪽으로 빠져나간다.



[그림 7] 절환식(switching type) 제습시스템 구조 및 흐름도

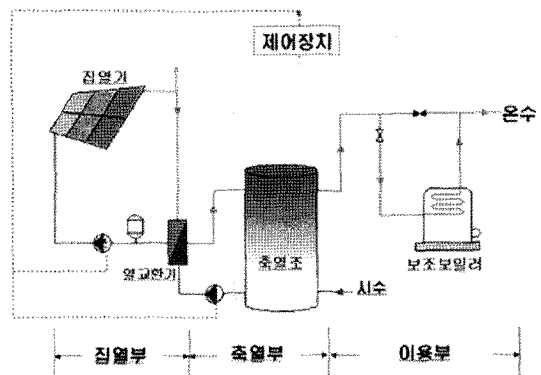
태양열 이용 제습/냉방시스템의 실질적 운전

일반적으로 태양열 시스템은 그림 8처럼 구성되어 있다. 이 중에서 축열부에 저장된 온수를 활용하는 방법과 집열부에서 얻어진 고온의 작동매체를 직접 제습제의 재생과정에 활용하는 방법이 있다.

그림 9에 제습/냉방시스템에서 재생과정 및 제습과정의 일반적 작동원리가 나타나 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 제습과정에서는 흡수제가 열교환기에서 저온과 접촉하여 노점온도가 낮은 용액 상태로 제습탑의 상부로 보내지는데, 이 때 절대습도가 높은 실내의 고온다습한 공기가 유입되어 흡수제와 직접 접촉을 하면 수분의 이동이 발생한다. 바꾸어 말하면, 고온다습한 공기와 노점온도가 낮은 흡수제와의 사이에 절대습도차가 발생하기 때문에, 마치 두 물체 사이에 온도차가 발생하면 열이 이동하는 것처럼, 수분이 이동하기 시작한다.

한편 출구 공기가 흡수제와 반응할 때 발생하는 희석열(diluted heat)과 공기 자체의 고온 때문에 설정 온도보다 온도가 높아지므로, 냉각코일에서 고온다습한 공기의 온도를 떨어뜨린 후, 접촉시키는 것이 일반적이다. 이 때, 열교환기에 필요한 열원을 태양열로 공급하는 시스템이 '태양열 이용 제습/냉방시스템'의 기본적 개념이며, 부분적으로 응용이 많이 되고 있다.

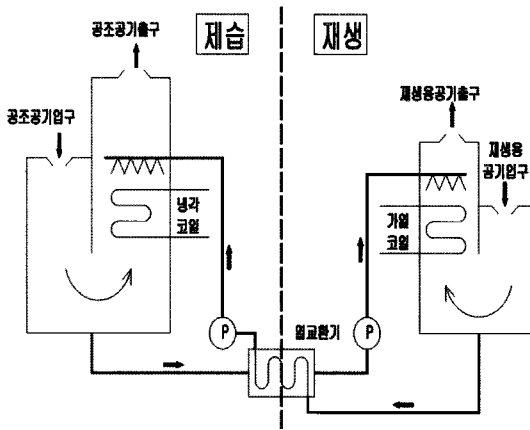
제습과정을 반복하면서 점차로 흡수력을 잃어가는 흡수제의 흡수포텐셜을 되찾게 하기 위해서는



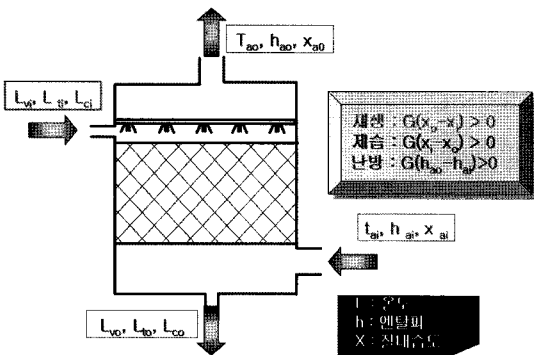
[그림 8] 태양열시스템의 구성도

흡수된 만큼의 수분을 용액으로부터 증발시켜야 한다. 이 과정이 재생과정인데, 그림 9에서와 같이 열교환기를 통해서 가열된 노점온도가 높은 흡수제가 재생탑(regenerating tower) 상부에서 낙하하면서 하부로부터 유입된 공기와 충전층(packed layer)에서 직접 접촉을 한다. 이 과정에서 용액과 공기가 접촉(기액 접촉)하면서 물질전달이 이루어지는데, 용액으로부터 공기 쪽으로 수분이 이동하면서 흡수제는 농도가 고농도로 바뀌며 출구 공기는 수분과 열이 더해져서 고온다습한 상태로 변한다. 이 과정이 반복되면서 흡수제는 재생되어 다시 흡수포텐셜을 회복하게 된다.

즉, 그림 10은 충전층에서의 공기과 흡수제와의 열전달 및 물질전달의 메카니즘을 보여준다. 이 그



[그림 9] 흡수제 이용 제습시스템 제습 및 재생과정 계통도

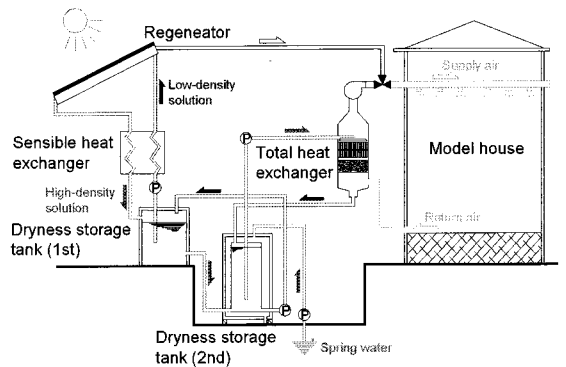


[그림 10] 충전층에서의 열전달 및 물질전달의 흐름도

림에서 알 수 있듯이, 하부로부터 더운 공기가 유입되어 상부로 빠져나가면서 건조한 공기로 바뀌게 되는데, 이 때 물질전달 및 열전달도 동시에 높아지게 된다. 반면에, 흡수제는 고농도 저온의 흡수제가 상부에서 하부로 낙하하면서 습한 공기와 접촉하면서 수분 및 열을 흡수하여 물질전달 및 열전달이 역전된다. 이러한 현상의 규명은 충전탑의 크기와 용량을 결정하는데 사용되는데, 열전달 및 물질전달에 관한 해석 능력이 요구된다.

한편, 그림 11에 본 저자가 고안하고 개발한, 열원으로 태양열을 활용하고, 흡수제로서 염화리튬을 이용하여 제습/냉방효과를 얻는 시스템의 개략도를 나타내고 있다. 이 시스템은 공기 중의 수분을 제거하면서 동시에 잠열도 제거하여 거주자에게 쾌적한 환경을 제공하고자 하며, 주요 요소로서는 열원을 활용하는 집열기와 열교환기, 우천이나 야간처럼 태양이 얻어지지 않을 경우에도 활용할 수 있도록 용액을 저장하는 저장탱크, 그리고 실질적으로 흡수제와 습한 공기를 직접 접촉시켜 공기 중의 수분을 제거하는 열교환기로 구성되어 있다.

그림 12는 이러한 시스템으로 여름철 일사조건이 아주 양호할 때 태양열을 이용하여 용액을 재생시킨 결과를 나타내고 있다. 일반적인 평판형 집열기를 이용하여 용액의 온도를 비교적 저온으로 유지하였음에도 불구하고 집열기 2 m²당 10 kg 정도를 증발시켰다. 이는 제습과정에서 습도가 높은 공기로부터 그 만큼 수분을 빼앗을 수 있는 잠재력을



[그림 11] 태양열 및 흡수제 이용 냉방/제습시스템의 구성도 및 흐름도

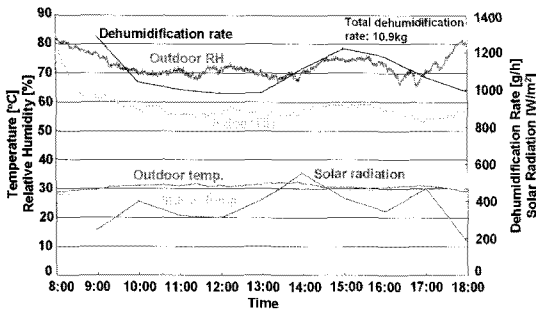


의미하는데, 제습/냉방시스템에서는 가능한 수분을 많이 제거할 수 있는 흡수포텐셜을 높게 유지하는 것이 중요하다. 현재 상용화되어 있는 제습시스템에서는 이 과정에서 태양열과 같은 재생에너지 열원을 사용하지 않고, 가스나 전기에너지 혹은 Co-generation 시스템에서 발생하는 발생열 등을 사용하여 습도조절이 반드시 필요한 고부가 창출 분야의 냉동/공조 역할을 담당하게 하고 있다.

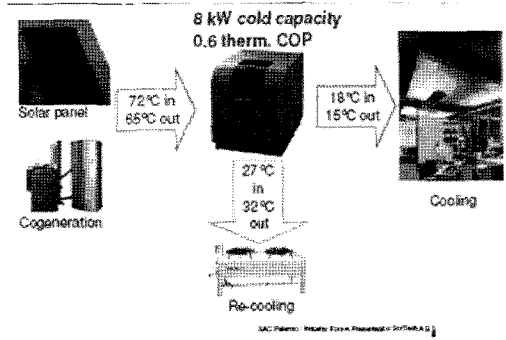
미국에서는 이러한 시스템이 가격 면에서는 다소 비싸기는 하나, 재생에너지 사용과 병행하는 상용 시스템을 본격적으로 판매하기 시작하였으며, 그림 13에 일련의 완성시스템이 개략적으로 나타나 있다. 이 시스템에서는 외부로부터 약 65°C 정도의 비교적 저온을 공급받아서 재생에 활용하여 15°C 정도의 출구 공기를 실내로 제공하고 있으며, 그 성능계수(COP)는 약 0.6 정도이다. 이러한 기술적

맥락에서 보면, 동남아시아와 비교적 가까운 지리에 위치해 있는 우리나라도 이러한 제습/냉방시스템 개발 기술을 완성하여 제습/냉방 틈새시장(niche market)을 노려 본격적인 R&D 사업을 추진할 필요가 있다

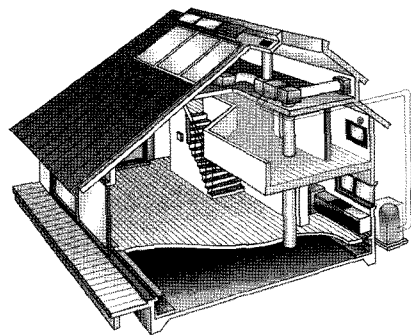
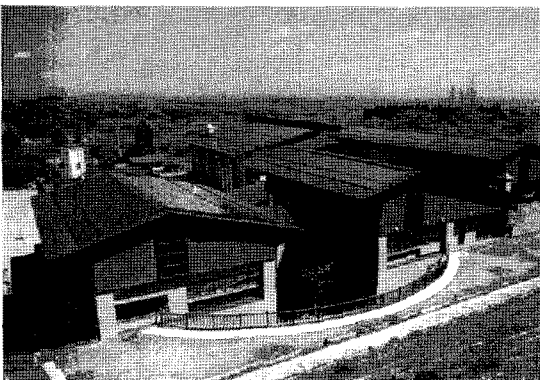
한편, 태양열 시스템을 건물에 적용할 경우에는 건물의 미관상 좋지 않을 것이라는 선입견을 갖는 시각이 많다. 그러나 최근에는 이러한 태양열 응용 시스템을 설치할 경우, 지붕이나 그 주변지역에 맞게끔 설계를 하고서 설치하기 때문에 디자인 측면에서 많이 향상이 되었다. 그림 14는 실질적으로 태양열 시스템을 건물에 적용한 경우의 모습으로, 미관상 거의 저항이 없는 것으로 판단된다.



[그림 12] 태양열 및 흡수제 이용 냉방/제습시스템의 실측치



[그림 13] 복합에너지 활용 냉방/제습시스템 계통도



[그림 14] 태양에너지 활용 냉방/제습시스템 실제 적용 모습

맺음말

우리나라처럼 고온 다습한 지역에서는 여름철 냉방시스템을 가동하는데 많은 에너지를 사용하고 있다. 에너지의 대부분이 전기에너지에 의존하고 있는 실정이나, 향후에는 이러한 에너지 패턴에서 탈피하여야 한다고 생각한다. 따라서 태양열과 같은 신재생에너지를 활용하여 여름철에 제습/냉방 효과를 얻는 기술을 개발, 완성할 필요가 있다. 특히 여름철에 거의 활용하지 못하고 있는 태양열 에너지를 반대로 여름철 냉방열원으로 활용할 기술이 개발되면, 여름철 냉방부하를 경감시킬 뿐 아니라 나아가서는 수출의 활로까지 모색할 수 있을 것으로 판단된다.

어떻게 보면, 오랫동안 기초연구가 수행되어 왔지만, 상업화에 이르지 못한 현실에서 지금까지 개발된 태양열 이용 제습/냉방시스템의 상용화에 관한 기술을 다시 한 번 더 검토하고서 올바른 방향을 설정할 필요가 있다. 이를 위해서는 개별적인 단독 연구보다는 관련 연구자들과 공급자, 그리고 소비자 측면에서의 공통적으로 필요한 기술 요소를 찾아내고, 또 그 기술을 개발하기 위한 인적 인

프라를 구축하여 체계적으로 완성시켜 나갈 필요가 있다고 생각한다.

선진국에서도 '태양열 이용 냉방/제습시스템'에 관한 연구가 상용화를 목적으로 박차를 가하고 있는 만큼, 지금까지 축적되어 온 국내 기술력을 집약하면 이들과의 경쟁에서도 기술적 우위를 차지할 것으로 생각되며, 또 간절히 바라는 마음이다.

참고문헌

1. Hinrichs, Kleinbach, 2007, Energy(its use and the environment), 4th, Thomson Press
2. 에너지관리공단 신재생에너지센터, 2008, 태양열(신재생에너지 RD&D 2030시리즈 10), 북스힐
3. 에너지관리공단 신재생에너지센터, 2009, 태양열분야 제2차 회의, 2009년 신재생에너지 분야별 자문위원회
4. 최광환 외 5인, 2006, Research on Heat and Mass Transfer Coefficient in the Packing Layer with a Solar Desiccant Heating/Cooling System, 한국태양에너지학회 Vol. 26. No 3