

## 태양열 이용 소용량 제습냉방시스템

\*이 대영<sup>1)</sup>, 권 치호<sup>2)</sup>

### Small-Capacity Solar Cooling System by Desiccant Cooling Technology

\*Dae-Young Lee, Chiho Kwon

**Key words** : Solar cooling(태양열 냉방), Desiccant cooling(제습냉방), Super desiccant polymer(고흡습성 고분자), Regenerative evaporative cooling(재생증발식 냉각)

**Abstract** : A prototype of the desiccant cooling system with a regenerative evaporative cooler was built and tested for the performance evaluation. The regenerative evaporative cooler is to cool a stream of air using evaporative cooling effect without an increase in the humidity ratio. It is comprised of multiple pairs of dry and wet channels and the evaporation water is supplied only to the wet channels. By redirecting a portion of the air flown out of the dry channel into the wet channel, the air can be cooled down to a temperature lower than its inlet wet-bulb temperature at the outlet end of the dry channels. Incorporating a regenerative evaporative cooler eliminates the need for deep dehumidification in the desiccant rotor that is necessary to achieve low air temperature in the system with a direct evaporative cooler. Subsequently, the regenerative evaporative cooler enables the use of low temperature heat source to regenerate the dehumidifier permitting the desiccant cooling system more beneficial compared with other thermal driven air conditioners. At the ARI condition with the regeneration temperature of 60°C, the prototype showed the cooling capacity of 4.4 kW and COP of 0.75.

## 1. 서론

세계기후변화협약에 대처할 수 있는 기술로서 화석연료를 대체할 수 있는 청정대체에너지의 발굴 및 보급의 필요성이 과거 어느 때 보다도 절실히 요구되고 있다. 대체에너지의 보급을 활성화하기 위해서는 정부차원의 지원도 필요하지만, 궁극적으로는 대체에너지 이용 설비의 경제성을 향상시켜 시장에서의 경쟁력을 확보하도록 하는 것이 관건이다.

태양열 이용시스템은 대체에너지 중 가장 먼저 보급이 시작되었으며 다른 대체에너지 시스템들에 비하여 상대적으로 높은 시장 경쟁력을 가지는 것으로 평가되고 있다. 그러나 태양열 이용시스템도, 태양열 온수기 시장이 97년에 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. 태양열 이용시스템의 경제성이 미흡한 주된 이유는 태양열에 의한 온수급탕의 수요가 동절기에만 한정되어, 정작 태양에너지의 밀도가 가장 높은 하절기에 이용률이 감소하여 설치비용 회수

에 오랜 기간이 소요되기 때문이다. 따라서 태양열 이용시스템의 보급을 활성화하기 위해서는 태양열을 이용한 냉방시스템을 개발하는 것이 필요하다.

일반적으로 열에 의하여 구동되는 냉방시스템은 난방이나 급탕에 비하여 비교적 높은 온도의 열을 필요로 한다. 태양열 시스템은 집열온도가 높아질수록 집열효율이 감소하여 시스템 성능이 저하하며, 집열기나 축열조의 비용이 상승하게 된다. 그러므로 태양열 냉방시스템의 개발을 위해서는 가능한 한 저온 열원에 의하여 구동될 수 있는 시스템을 개발하여야 한다.

## 2. 제습냉방기술의 원리 및 특성

제습냉방 기술은 제습기를 이용하여 공기 중의 습기를 제거하여 잠열부하를 처리하며, 건조한 공기 속에서 물 증발이 활발히 일어나는 원리

1) KIST, 에너지메카닉스연구센터  
E-mail : ldy@kist.re.kr  
Tel : (02)958-5674 Fax : (02)958-5689

2) KIST, 에너지메카닉스연구센터  
E-mail : kch9175@kist.re.kr  
Tel : (02)958-5577 Fax : (02)958-5689

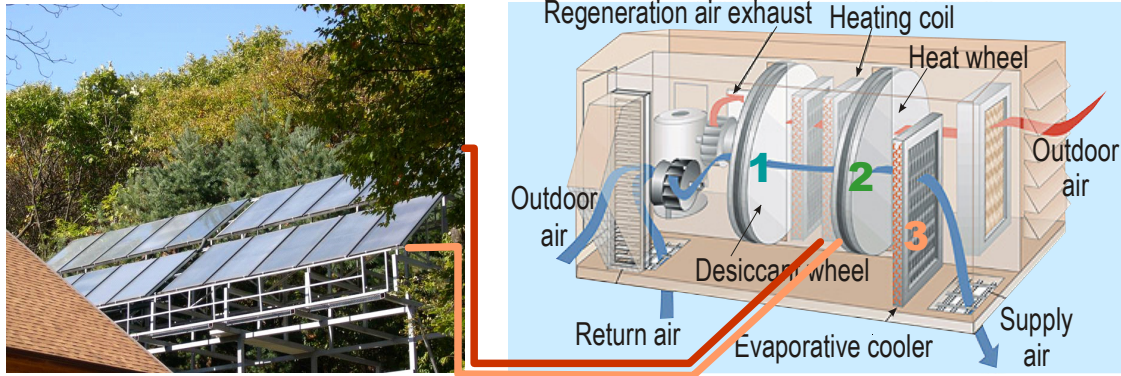


Fig. 1 Desiccant cooling system

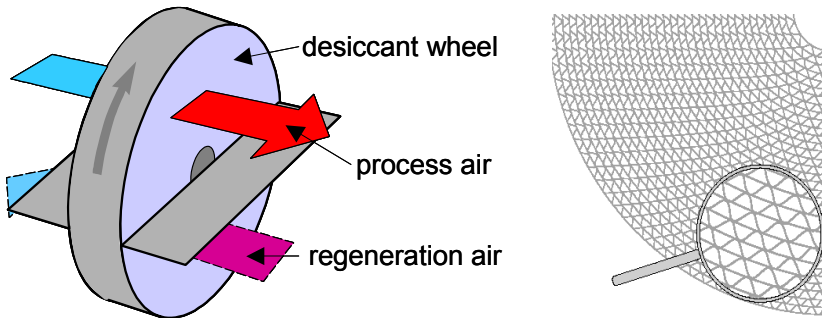


Fig. 2 Desiccant rotor

를 이용, 공기 온도를 낮추어 냉방을 공급하는 기술로서 제습기에 흡착/흡수된 수분을 날려 보내고 제습기를 재생할 때에 열이 소요된다.(Fig. 1)

제습제는 silical gel, zeolite 등의 고체 제습제와 LiCl(lithium chloride)등 액체 제습제로 대별될 수 있으며, 어떠한 형태의 제습제를 활용하느냐에 따라 제습기의 구조가 달라진다. 고체 제습제를 이용하는 경우 제습기는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 회전하는 로터(rotor)의 형태가 되어, 로터의 일부에서는 흡착/제습이 일어나며, 다른 부분에서는 탈착/재생이 일어난다.

제습냉방기술에서는 실내에 공급되는 공기가 제습제 및 증발식 냉각기가 직접 접촉하여 열/물질전달이 발생하므로 전달효율 측면에서 효과적이며, 이에 따라 재생열원의 온도가 낮아도 냉각 효과를 얻을 수 있다. 또한 제습냉방시스템은 개방형 기기로서 모든 부분이 대기압 상태이므로, 누설에 의한 문제가 없으며, 냉매가 물이므로 냉매 회수를 위한 응축기가 필요없어 구조가 간단하며 단순하여 소용량이 적합하다. 또한 직접 접촉식 열/물질 전달의 특징으로 60°C 정도의 저온 열원으로 도 작동이 가능하여, 일반 평판형 태양열 집열판을 적용할 수 있는 장점이 있다.

### 3. 제습냉방 시작품 개발

KIST에서는 고체 제습제를 이용한 제습로터와 재생형 증발식 냉각기를 개발하여, 증기 압축식이나 흡수식 등 여타의 기존 냉동기 없이 냉방을 공급할 수 있는 독립형 제습 냉방시스템을 개발하였다. Fig. 3에 이 시작품의 구조와 설계점에서의 운전조건을 나타내었다. 이 시스템은 태양열 집열판으로부터 70°C의 온수를 공급받아 운전되며, ARI 조건에서 냉방용량 4 kW, 냉방COP 0.7을 목표로 설계 제작되었다. 이 시스템은 환기율 30%를 기준으로 설계되어, 환기가 전혀 고려되지 않고 있는 기존 냉방시스템에 비하여 쾌적한 실내환경을 제공할 수 있으며, 온도와 습도를 개별적으로 제어할 수 있는 장점이 있다.

이 시스템의 개발을 위하여 실리카겔이나 제올라이트 등 기존의 제습제보다 흡습성능이 4-5배 이상 큰 고분자 제습제가 개발되어 적용되었다. 또한 증발냉각효과를 이용하면서도 공급공기의 습도증가가 없으며, 흡입공기의 이슬점온도까지 냉각이 가능한 재생증발식 냉각기술을 개발 적용하였다.

Fig. 4에 제습냉방시스템의 성능시험 결과를 나타내었다. 실내의 조건은 ARI 조건으로 제어된 상태에서 제습냉방시스템 각 부품의 입출구에서

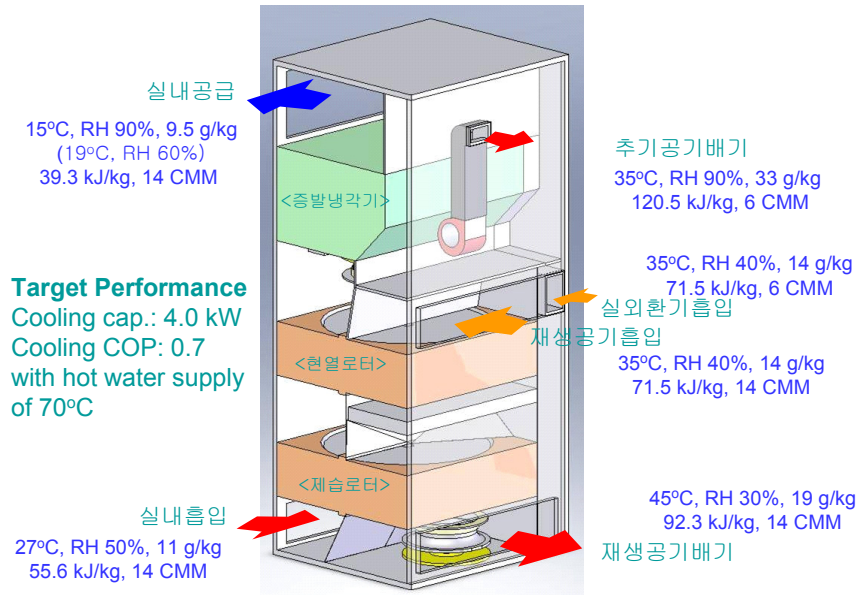


Fig. 3 Prototype of desiccant cooling system

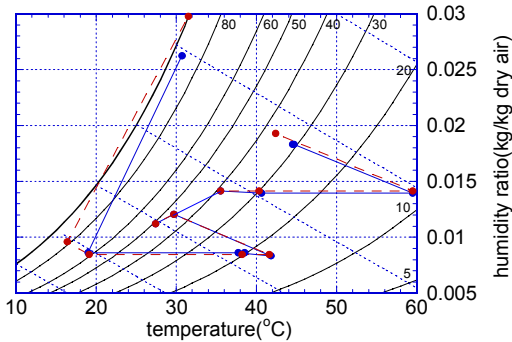


Fig. 4 Psychrometric chart

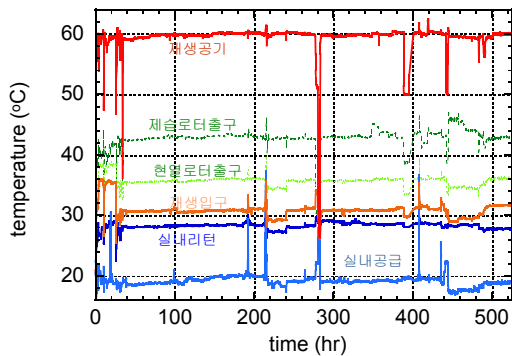


Fig. 5 Durability test

측정한 온습도 상태를 습공기 선도에 나타내었다. 실선은 측정값을, 점선은 설계시물레이션 결과를 나타낸다.

공급풍량 14.6 CMM, 냉방용량 4.4 kW, 냉방 COP 0.76으로 측정되어, 설계목표를 10% 정도 상회하는 결과를 얻었다.

내구성시험 시험결과를 Fig. 5에 나타내었다. 총 520시간동안 제습냉방시스템을 연속운전하였으며, 내구운전 후 실시한 성능시험에서 내구운전 전과 동일한 성능을 유지함을 확인하였다.

#### 4. 결론

평판형 집열판으로 공급가능한 70°C의 온수로 운전될 수 있는 소용량 제습냉방 시스템을 개발하였다. ARI 조건에서의 성능시험에서 냉방용량 4.4 kW, 냉방COP 0.76을 얻었으며, 520시간의 내구운전 후 성능변화가 거의 없음을 확인하였다.

이 시스템은 환기율이 30%로 운전되며, 온도와 습도를 개별적으로 제어할 수 있어 기존 냉방 시스템보다 쾌적한 실내 환경을 제공할 수 있는 장점이 있다. 또한 핵심 재료 및 부품 기술을 모두 자체 개발하였으며, 대량생산에 적합하여 기존 냉방기에 대한 가격경쟁력도 확보할 수 있을 것으로 기대된다.