국내 태양열 냉난방시스템 겸용 설치사례

■윤 장 수 / (주)에이팩, jsy0558@apack.net
■조 장 현 / 선다코리아(주), caochao@hanmail.net

태양열 집열기에서 생산된 열원을 축열한 축열조의 온수를 겨울에는 직,간접 열교환을 통하여 난방을 실현하고 축열조의 온수를 여름에는 흡수식 냉동기 발생기(Generator)에 공급하여 흡수식 냉동기를 가동하고 냉동기에서 생산된 저온의 냉수로 냉방을 실현하는 태양열 냉난방 겸용시스템에 대한 설치 사례를 소개하고자 한다.

개 요

세계적인 태양열의 추세

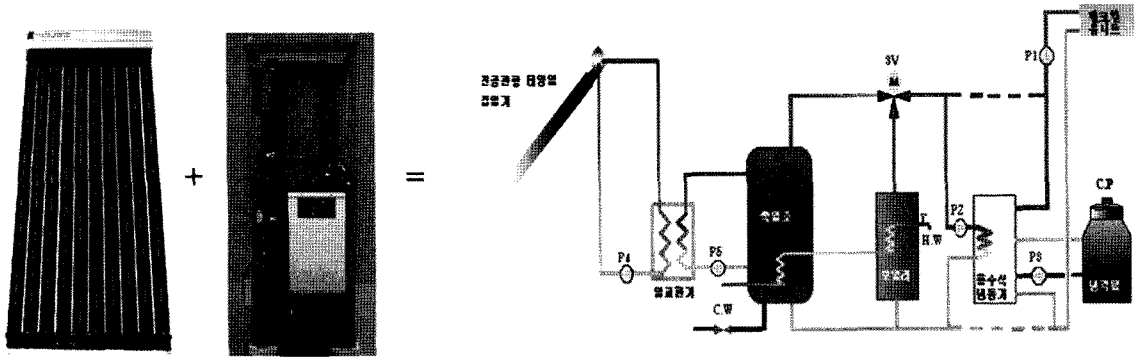
신재생에너지 분야 중 태양열은 가장 효율적이고 활용도가 높아, 실생활 및 산업전반에서 사용이 가능한 열원 중 하나이다. 환경부분에서 에너지 소비가 가장 높은 냉방, 난방, 온수의 소비량은 태양열을 이용하여 절감할 수 있으며, 식품회사 및 산업시설에서는 온수 사용 및 공정에서 사용되는 열원은 태양열을 이용하여 연료 소비 및 환경적 개선효과를 이룰 수 있다. 이에 대한 평가를 통하여 많은 부분에서 타 신재생에너지에 비하여 높은 효과가 있다는 것이 입증이 되고 있다. 이처럼 태양열은 전세계적으로 주택, 산업시설, 발전소 등에 사용되는 현 시점에서 가장 안정적이며, 고효율의 에너지원이다. 많은 연구와 실증을 통하여 난방 및 급탕에서 뿐만 아니라 냉방에 이용하는 경우도 많으며, 뒤에서 이야기 될 발전에 이용하는 경우도 점점 늘어나고 있는 추세이다.

국내의 태양열 활용 추세

국내의 경우 태양열을 사용하는 건물에서는 건물에 사용되는 급탕이나 난방에 사용되는 열원으로 이용하는 것이 대부분이며 태양열을 사용할 경우 추가적인 보조 열원을 사용하게 되는 경우가 많아 사용에 제약을 받게 되어 사용이 활성화되어 있지는 않은 상황이다. 그러나 실제 태양열의 경우 겨울철에 비하여 여름철의 태양열 집열효율이 우수하며 난방 및 급탕에만 이용할 경우 태양열 집열기의 비효율적 운전이 많이 일어나게 된다. 이를 여름에 이용하기 위한 많은 연구가 이루어졌으며, 진공관형 태양열 집열기를 이용하여 태양열을 이용한 냉방시스템 적용에 대한 신뢰성이 검증되었다. 주로 고급에너지인 전기에너지를 사용하는 압축식과 화석에너지를 사용하는 흡수식 냉방장치와 달리 태양열 구동 흡수식 냉방시스템은 태양으로부터 직접 열에너지를 취하여 이용한다는 특징을 가지고 있다. 향후 이에 대한 안정성이 입증되면 국내 태양열 시장에 대한 확대가 기대되고 있다.

태양열 열원 이용 흡수식 냉난방 및 급탕시스템 원리

태양열 열원이용 흡수식 냉방시스템은 진공관식 히트파이프형 태양열 집열기, LiBr-H_2O 흡수식 냉동기, 냉각탑, 축열탱크, 순환펌프, 팬코일 유닛, 보조보일러 및 자동제어 등으로 구성되며 시스템 개략도를 **그림 1**에 나타내었다. 집열기를 통하여 획득된 열은 열교환기를 통하여 태양열 축열조에 저장된다. 태양열 축열조에 저장된 온수(88℃ 이상)를 흡수식 냉동기 구동 열원으로 공급하여 냉수(7℃)를 생성시켜 순환펌프로 냉수를 공급하여 FCU 등을 통하여 냉방을 하게 된다. 태양열을 이용한 난방은 저장된 태양열 축열조의 온수를 FCU 등을 통하여 난방을 하게 된다. 또한 온수급탕시



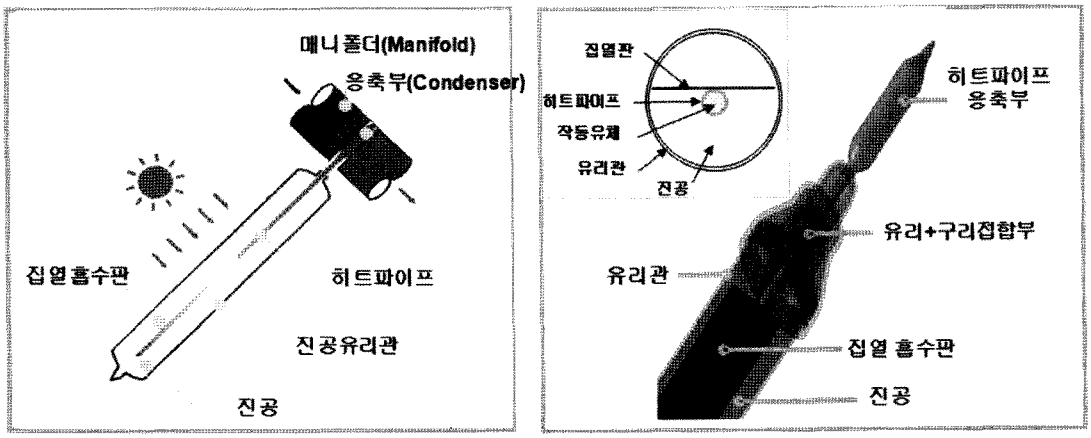
[그림 1] 태양열 열원 이용 흡수식 냉난방 및 급탕시스템

스템은 태양열 축열조에 저장된 온수와 열교환기를 통하여 급탕 축열조에 저장된다.

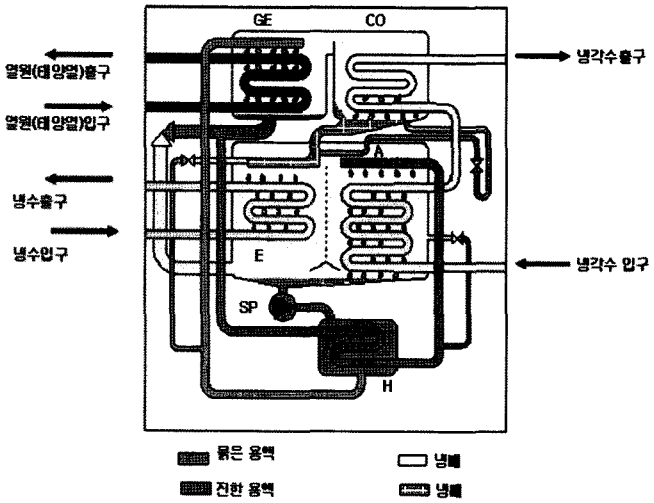
그림 2는 진공관형 태양열 집열기의 구조 및 작동원리를 나타낸 것이며, **그림 3**은 흡수식 냉동기의 구조 및 원리 나타낸 것이다.

진공관형 태양열 집열기가 태양으로부터 유용에너지 획득 과정은 다음과 같다. 태양일사는 진공이 유지되는 (Evacuated tube, Glass-Metal sealing) 유리관내의 흡수판으로 전달되고, 흡수판(Titanium Selective Coating)에 부착된 히트파이프(Heat Pipe)로 받은 열원을 전달한다. 히트파이프 내의 작동유체의 상변화를 통해 집열기 상부로 증기가 상승 매니폴드에서 작동매체와 열교환을 통해 유용에너지를 얻는다.

흡수식 냉방장치는 발생기(Generator), 응축기(Condenser), 증발기(Evaporator), 흡수기(Absorber), LiBr-H_2O용액 열교환기(Heat exchanger) 등 총 5개의 부분으로 이루어져 있으며 흡수식 냉동기의 원리는 다음과 같다. 흡수식 냉동기 시스템은 증발기에서 물(냉매)이 6.5 mmH_2O 정도의 진공압력하에서 증발하고(포화온도 5℃), 증발된 냉매증기는 흡수기내의 LiBr 수용액에 의해 흡수되



[그림 2] 진공관형 태양열 집열기 구조 및 작동 원리



GE	발생기	SP	용액펌프
CO	응축기	H	열교환기
E	증발기	A	흡수기

[그림 3] 흡수식냉동기 구조 및 원리

는 원리를 이용한다. 물을 흡수한 묽은 용액(weak solution)은 발생기에서 외부열원(태양열 열원 등)에 의해 가열되면서 물은 증발하고 LiBr은 진한 용액(strong solution)으로 되어 흡수기로 보내진다. 발생기에서 발생된 증기는 응축기에서 물로 응축되어 증발기로 보내져 실내기로 순환되는 냉수(chilled water)와의 열교환을 통하여 증발되고 이 과정에서 냉매의 증발잠열만큼의 열을 냉수로부터 빼앗아 냉수의 온도를 떨어뜨려 냉방이 가능하게 해준다.

장단점

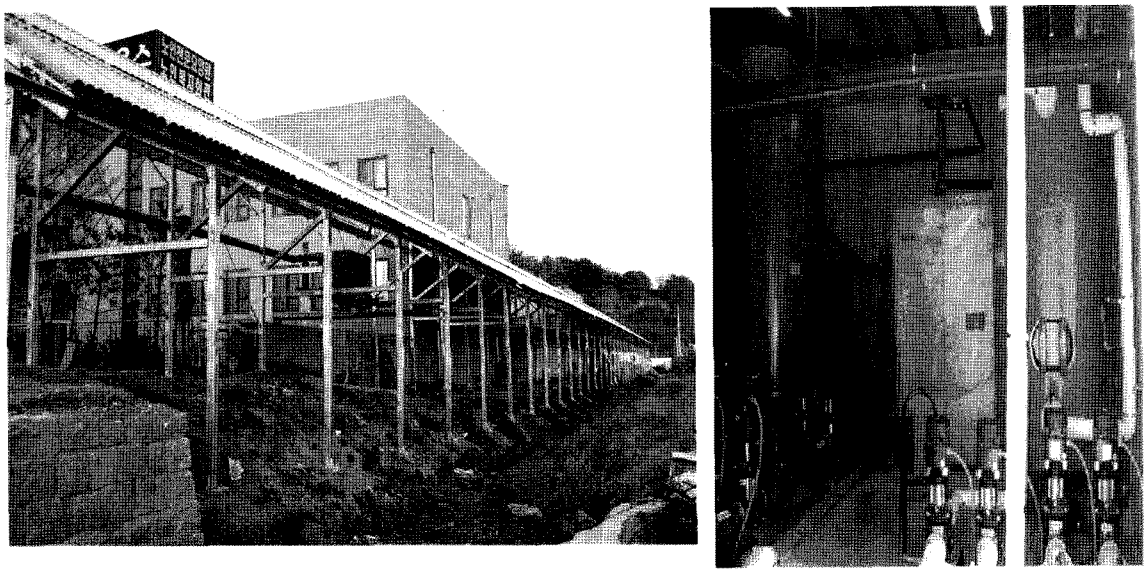
태양열 구동 흡수식 냉방시스템은 열에너지를 직접 이용하는 흡수식 냉방장치로 에너지 변환에 따른 에너지 손실이 없다. 또한 에너지를 아무런 대가 없이 태양으로부터 무한정 사용할 수 있기 때문에 태양열을 이용한 흡수식 냉방장치는 주로 전기에너지를 이용하는 압축식 냉방장치에 비하여 경제적일 뿐만 아니라 화석에너지를 사용하지 않으므로 환경문제와 관련하여 CFC 냉매 방출로 인한 오존층 파괴와 지구 온난화 현상을 줄일 수 있다.

흡수식 냉방시스템의 특징과 장점을 정리해보면

- 흡수식 냉동기는 전기 등의 에너지원을 이용하는 압축식 냉방장치와는 달리 그 에너지원을 직접 열에너지로 이용하므로 경제적이다.
- 흡수체(LiBr-H_2O)에서 냉매를 분리하는데 저온(88℃ 이상)의 열에너지가 필요하다.
- 전기와 같은 고급에너지를 사용하지 않는다.
- 기계적인 구동부가 거의 없어 소음 및 진동이 작다
- 추가 비용을 들이지 않고 얻을 수 있는 환경친화적인 태양열 등의 이용이 가능하다.
- 에너지를 아무런 대가 없이 태양으로부터 무한정 사용 가능하다.
- 화석에너지를 사용하지 않으므로 환경오염(CO_2)을 저감한다.

시스템 적용사례 1

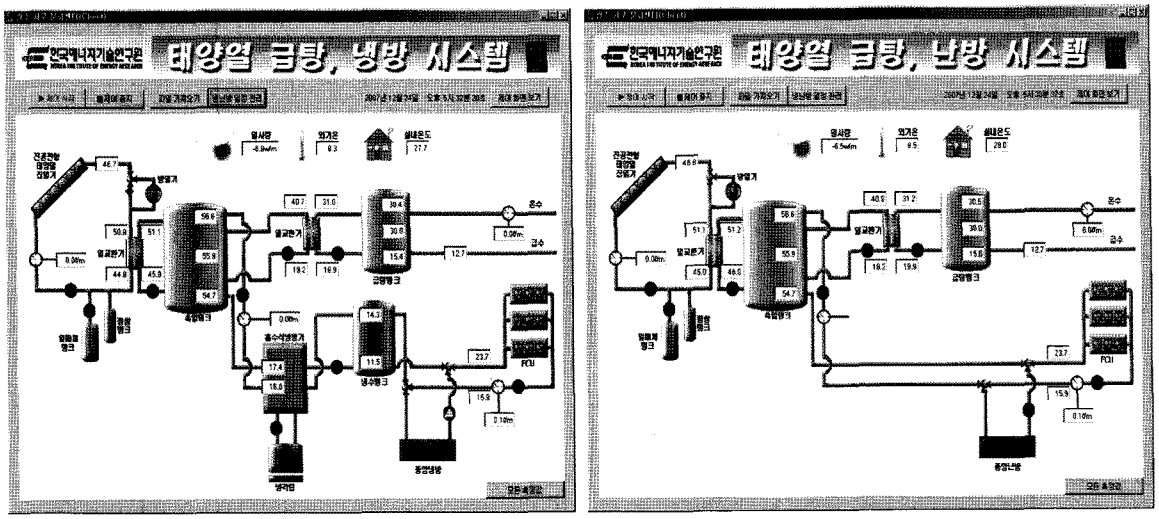
한국에너지기술연구원과 (주)에이팩이 공동으로 광주 서구문화센터에 설치하여 국내 최초로 태양열 열원 구동 흡수식 냉방시스템 실증연구를 거쳐 신뢰성 및 유용성이 검증되었고 상용화되고 있는 복지시설, 공공시설 및 산업체에 설치된 사례들을 소개한다. 설치된 태양열 열원 이용 흡수식 냉방,



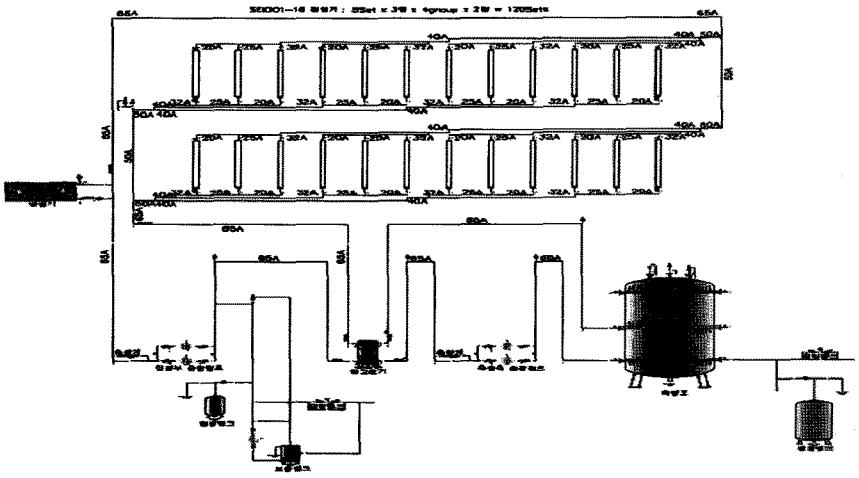
[그림 4] 태양열 냉난방 및 급탕시스템

난방 및 급탕시스템은 진공관식 히트파이프형 태양열 집열기, LiBr-H_2O 흡수식 냉동기, 냉각탑, 축열탱크, 순환펌프, 팬코일 유닛, 보조열원 및 자동제어 등으로 구성되어 있으며, 대표적인 설치사례인 복지시설(바라밀 실버하우스)의 사례를 소개한다. 태양열 냉난방 및 급탕시스템 규모 및 계통도는 **그림 4, 5**와 같다.

- 진공관형 히트파이프식 태양열 집열기 : 400 m^2
- 태양열 온수 축열탱크(냉난방용) : 7 Ton
- 태양열 급탕 축열탱크 : 8 Ton
- 열원 구동 일중효용 흡수식 냉동기 : 30 USRT
- 냉수 축열탱크 : 2 Ton



[그림 5] 태양열 냉난방 및 급탕시스템 계통도



[그림 6] 기존 설치된 태양열 냉난방 겸용시스템 태양열 집광부분에 대한 계통도

시스템 설치사례 2

국내 또 다른 업체인 선다코리아에서 설치한 태양열을 이용한 냉난방 겸용 사례들을 **표 1**에 나타내었다. 실제 태양열의 집열 면적에 따라 다소 차이는 있으나 국내 옥상의 면적을 고려할 경우 대략 30 ~ 80 USRT 정도의 흡수식 냉동기를 사용할 수 있는 것을 알 수 있다. 즉 태양열을 냉방 및 난방에 동시에 이용하기 위해서 먼저 확인을 해야 할 부분이 평균 집열면적 13 m²/USRT이 필요하게 되며 이 부분에 대한 확인 작업이 이루어져야 한다.

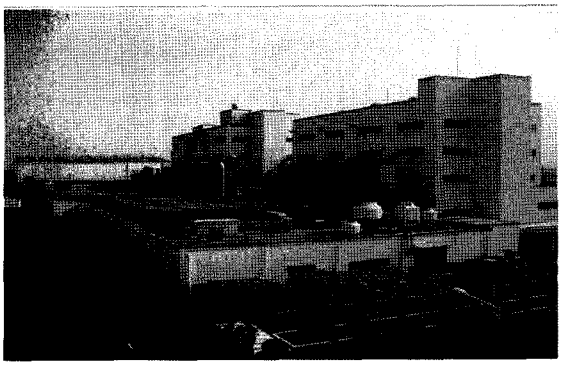
기존에 설치된 태양열 냉난방 겸용시스템에 대한 설치 사례를 계통도와 함께 나타내었다(**그림 6 ~ 8** 참조).

그림 9는 태양열 냉난방 겸용시스템이 구성되어 실 사용되고 있는 사례의 제어 및 모니터링 화면을 캡처한 컴퓨터의 화면을 나타내었다. 그림에 표시된 사항과 같이 태양열 시스템에서 축열된 온도를 부하장비인 공기조화기를 통하여 난방을 하는 실 사용 사례이다.

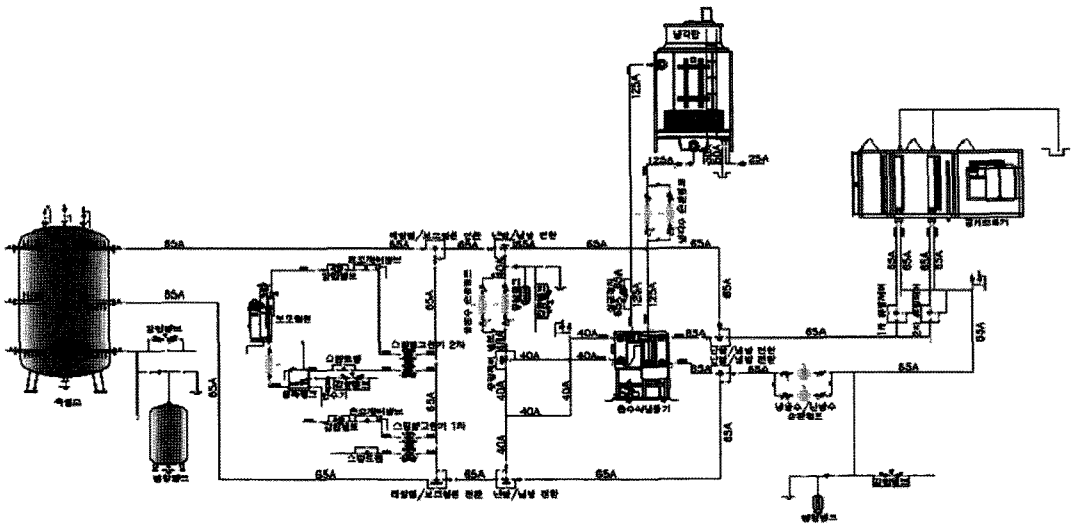
그림 10은 태양열 시스템을 냉방에 이용하는 운전에 대한 예를 나타낸 것이다. 그림에서 보면

<표 1> 기존 설치된 태양열 냉난방 사례

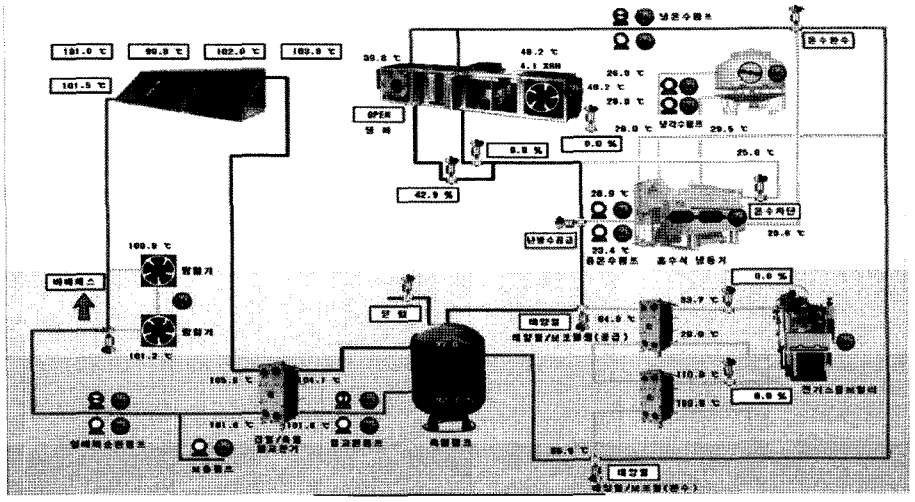
설치장소	설치시기	집열면적 / 냉동기 용량
디아지오코리아(주)	2008	979.2 m² / 80 USRT
안산공업고등학교	2008	938.4 m² / 80 USRT
경농 제1공장	2009	489.6 m² / 40 USRT
(주)자미원바이오텍	2009	652.8 m² / 50 USRT
경농 제2공장	2010	489.6 m² / 40 USRT
(주) 조인	2010	408.0 m² / 30 USRT



[그림 7] 설치된 태양열 시스템의 옥상 사진



[그림 8] 태양열 냉난방 겸용 시스템의 기계실 및 옥외장비 계통도

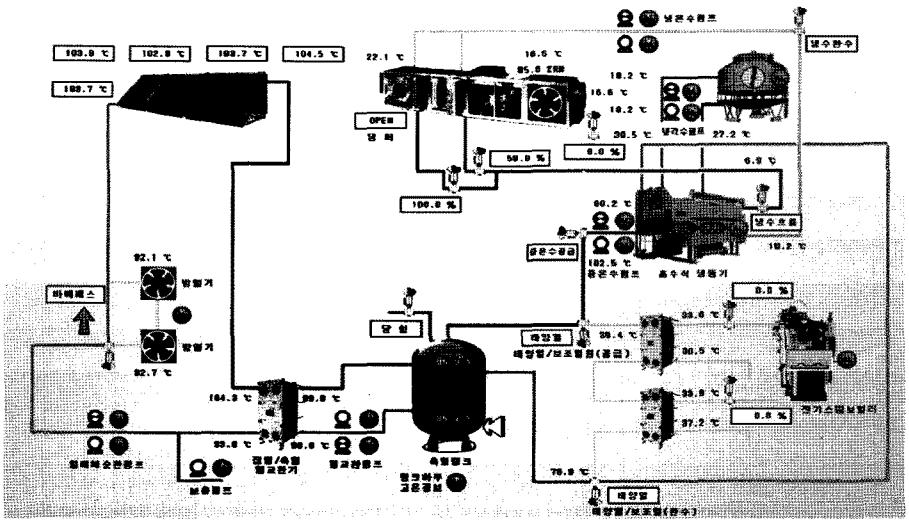


[그림 9] 태양열 겸용시스템을 이용한 난방운전 사례

태양열 시스템에서 축열된 온도를 흡수식 냉동기 재생기에 공급하여 가동된 냉동기에서 냉방을 할 수 있도록 생성된 냉수를 부하장비인 공기조화기를 통하여 냉방을 하는 것을 알 수 있으며 이에 대한 온도는 태양열에서 만들어지는 온도가 90℃이상으로 좋을 경우에 냉수 온도 7℃를 만들어 운전하는 것은 문제가 없었다.

결 언

태양열 열원이용 구동 흡수식 냉방시스템은 그동안 국내에 보급된 적이 없는 신기술로 여름철 냉방부하에 대한 전력소모량을 신재생에너지인 태양열로 대체시켜 태양열 활용기술 및 이용효율 확대도 기대할 수 있을 뿐만 아니라 국가 전체의



[그림 10] 태양열 겸용시스템을 이용한 냉방 운전사례

에너지 이용효율을 제고시킬 수 있는 기술이란 점에서 주목을 받고 있다.

태양열 냉방시스템 분야는 유럽을 중심으로 일본 등 선진국에서 LiBr-H_2O 흡수식 냉동기를 보급 설치하여 현장에서 계속적으로 운영되고 있으며 성능 및 안정성이 입증되었다. 이를 근간으로 하여 선진국의 경우에는 태양열 이용 효율을 높이기 위해 하이브리드식 냉방 및 난방시스템이나 히트펌프와 연계된 시스템 등이 다양하게 개발되어 적용이 되고 있다.

우리나라의 경우 여름철 전력 피크 부하의 상당부분을 차지하는 냉방 전력 수요의 증가는 국가 최대 전력 소모량 증대로 인하여, 전력 공급 확충을 위해 많은 시설 투자를 통하여 전력 수요를 충족시켜 나가야 한다. 이에 비해 태양열의 경우 냉방부하가 큰 여름철에 일사강도는 높고 태양열 에너지로 획득한 중 · 저온(88℃ 이상)의 열에너지를 이용하여 냉방에 이용할 경우 많은 전력의 감소를 가져 올 수 있다. 또한 여름철에 필요로 하는 부하가 적어 잉여열량 발생으로 인한 집열기 과열문제 등을 해소하기 위하여 여름철 흡수식 냉방시스템의 확대보급이 필요하며 이에 대한 적극적인 정부의 지원책이 필요하다.