

교육시설에 적용 가능한 태양열 흡수식 냉각 시스템

Solar Absorption Cooling System applicable to Educational Facilities

윤성민* 백인수** 한영태*** 남효갑****
Youn, Sung-Min Paek, In-Su Han, Young-Tae Nam, Hyo-Gab

Abstract

Performance of a small-capacity solar absorption cooling system was investigated experimentally. Ten sets of evacuative-tube solar-heat collectors and a 5 kW single-stage absorption cooler were combined to produce a hybrid cooling system. The performance of the cooling system was measured using a fan-coil unit installed in a small plastic storage. It was found from the test on a sunny day of May that when the temperature of the hot water supplied from the solar collectors to the generator of the absorption cooler reached 60 °C, the absorption cooler started cooling and the cold water temperature measured from the fan-coil unit reached 18 °C. The COP, which is defined as the ratio of the cooling power to the total electrical power input was higher than 1.0.

키워드 : 태양열 집열기, 히트파이프, 흡수식 냉각, 성능측정

Keywords : Solar Collector, Heat Pipe, Absorption Cooling, Performance Measurement

1. 서론

최근 10년간 우리나라의 에너지 소비는 매년 10%라는 세계 최고의 증가율을 기록하고 있으며, 온실가스배출량 증가율 또한, 세계 1위를 기록하고 있다.¹⁾ 우리나라의 경우 아직 온실가스 감축에 대한 의무가 없지만, 2013년부터는 감축 의무를 지게 될 확률이 높기 때문에 점진적으로 이에 대한 대비를 하지 않을 경우, 향후 온실가스 배출권을 외국으로부터 구입하는데 막대한 국가 재정이 소비될 수 있다. 따라서 태양열 분야를 포함한 신재생 에너지 분야의 기술 개발은 국가적인 차원에서 관심을 갖고 지원해야 할 환경 친화적 대체 에너지 기술 중의 하나이며, 절대적으로 기술개발이 필요한 분야이다.

국내의 경우 2002년의 총 전력수요 중 19.5%를 냉방에

사용하였고²⁾, 지구 온난화 현상으로 여름철 전력피크 부하 문제가 점차 심화되고 있는 상황이다. 이러한 에너지 절약, 전력수요 불균형 그리고 환경문제에 대한 해결책으로 세계 각 국에서는 에너지 절약기술과 아울러 대체에너지 활용기술 및 친환경 냉각기술 개발에 많은 노력을 기울이고 있으며, 이에 따라 태양열, 빙축열, 폐열 등을 이용한 냉방방법 등이 모색되고 있다. 이중 태양열 분야의 경우 냉방부하가 큰 하절기에 일사강도가 높아 사용상의 이점이 있고 비 사용시 발생하게 되는 집열기 과열문제가 해소될 수 있기 때문에 연구가 활성화되고 있다.

태양열 흡수식 냉각시스템에 대한 연구는 국내의 경우 주로 이론적, 또는 시뮬레이션 프로그램을 이용한 성능 분석에 대한 연구가 주를 이루고 있으며,³⁾⁴⁾ 성능실증에 대한 연구는 2006년도에 광주 서구문화센터에 설치된 35 kW 급 태양열 급탕 및 냉·난방 시스템에 대한 연구가 유일하다.⁵⁾

본 연구에서는 약 5 kW 급의 소형 태양열 흡수식 냉방 시스템의 구성 및 성능실험에 대한 연구로, 가정용 및 지역의 소규모 교육시설용 냉방 시스템 또한, 대형시스템 적용될 경우 일반 교육시설용 냉방 시스템으로서의 기초적

* 정회원, 강원대 대학원 기계메카트로닉스공학과 석사과정

** 정회원, 강원대 기계메카트로닉스공학과 교수, 공학박사, 교신저자(paek@kangwon.ac.kr)

*** 정회원, (주)춘천에이취피 대표

**** 정회원, (주)해인 대표

본 연구는 2010년도(2차년도) 중소기업청 산학협력실 사업과 지식경제부 기술혁신사업의 지원을 받아 수행하였음.

용 가능성을 알아보고자 한다.

2. 시스템의 작동원리

2.1 히트파이프형 태양열 집열기

히트파이프형 태양열 집열기의 구조는 그림 1에 제시된 바와 같이 단열을 위한 유리 진공관 속에 금속으로 만들어진 관이 내장된 구조로 되어있다. 금속관은 윗이 설치되어 있는 히트파이프와 윗이 설치되지 않은 씨모싸이펀(Thermosyphon)으로 나눌 수 있다.⁶⁾ 또한, 금속관은 진공상태로 밀봉되어 있으며, 끓는점이 비교적 낮은 액체로 채워지게 된다.

히트파이프의 작동원리를 간단히 살펴보면 먼저 진공유리관을 투과한 태양광이 히트파이프를 가열하게 되며, 가열된 히트파이프로부터 히트파이프 내부의 액체가 기화하게 된다. 이 때 기화된 기체는 밀도가 낮기 때문에 부력에 의해 상승하여 응축부에 모이게 되며, 결과적으로 응축부와 매니폴드 사이에 흐르는 유체로 기화열이 전달된다. 기화열을 빼앗긴 기체는 다시 액화되어 중력에 의해 히트파이프 바닥으로 모이게 된다.

본 연구에서 적용된 태양열 집열기는 16개의 씨모싸이펀이 한 세트로 연결되어 구성이 되며, 태양열 집열기 한 세트의 크기와 성능에 대한 자세한 사양은 표 1과 같다.^{7,8)} 본 연구에서는 총 10세트의 태양열 집열기가 사용되었다.

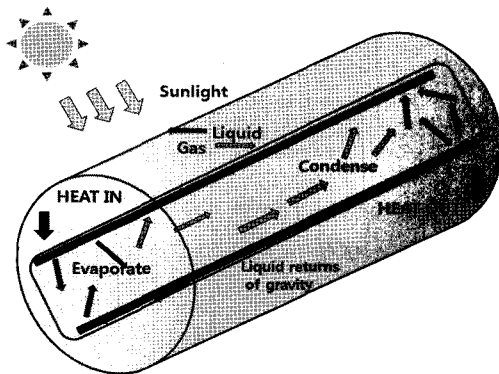


그림 1. 진공관형 히트파이프 태양열 집열기

표 1. 태양열 집열기 사양

크기 (mm)	집열면적(m ²)	일일집열량(kcal/m ² ·day)
1210×1920×120	2.32	2461.11

2.2 흡수식 냉각기

본 연구에 적용된 1중 효용 리튬-브로마이드 흡수식 냉

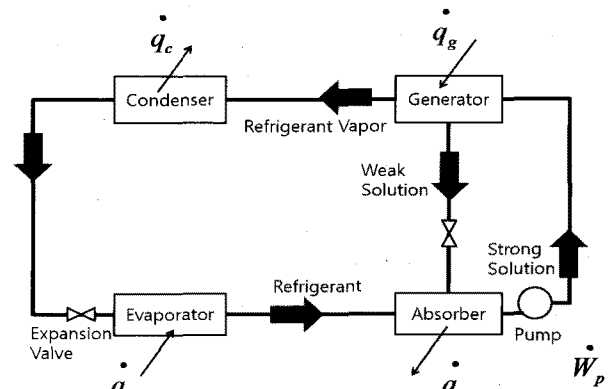


그림 2. 흡수식 냉각기 사이클

각기의 냉각 사이클(Cooling Cycle)은 그림 2에 제시된 바와 같이 크게 4부분으로 나누어 볼 수 있다. 각 부분의 특성을 좀 더 자세히 살펴보면, 재생기(Generator)는 외부열원을 이용하여 리튬 브로마이드 수용액을 가열하여 수용액으로부터 수증기를 분리시킨다. 응축기는 기체 상태의 수증기를 응축기 내를 순환하는 냉각수를 이용하여 액화시키게 되며, 수증기는 응축기에서 액화된 후 증발기로 유입된다. 증발기에서는 유입된 저온의 액상냉매(물)와 순환되는 냉수와의 사이에서 열교환이 일어나게 되며, 액상냉매는 순환 냉수로부터 열을 받아 증발한 후 흡수기로 보내진다. 이때 증발기 내부에서 열을 빼앗겨 온도가 낮아진 냉수(Chilled-water)를 냉방에 이용한다. 또한, 발생기에서 수분 함유량이 낮아진 리튬 브로마이드 수용액은 다시 흡수기로 유입되어 증발기에서 증발한 수증기를 흡수한다. 수증기를 흡수하여 물의 함유량이 높아진 리튬 브로마이드 수용액은 펌프(용액펌프)를 이용하여 발생기로 보내진다.⁹⁾ 본 연구에 사용된 흡수식 냉각기의 자세한 사양은 표 2와 같다.

표 2. 흡수식 냉각기 사양

냉각용량(kW)		5
냉수	입출구온도(°C)	18
	유량(m ³ /h)	1
냉각수	입출구온도(°C)	32 → 38
	유량(m ³ /h)	2.2
열수	입출구온도(°C)	70 → 65
	유량(m ³ /h)	1.2

이때 팬코일 유닛(냉각장치)의 냉각용량은 팬코일 유닛의 냉수 입출구 온도와 유량을 이용하여 계산하였으며, 아래의 식을 이용하였다.

$$Q_c = m \cdot \Delta h \quad (\text{kJ/h}) \quad (1)$$

식(1)에서 \dot{m} 은 냉수의 질량유량(mass flow rate)을 나타내며, Δh 는 팬코일 유닛의 입구와 출구에서의 냉수의 엔탈피 변화를 나타낸다.

식(1)에서의 질량유량은 유량계에서 얻은 체적유량(Volume flow rate)에 냉수의 온도 및 압력에 따른 비체적(Specific volume)의 역수를 곱하여 얻을 수 있다.¹¹⁾ 본 연구에서는 물의 밀도를 구하기 위해 비압축성을¹¹⁾ 가정하여 식 (2)와 같이 온도에 따른 포화상태의 액상 비체적 값을 사용하였다.

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v_f(T)} \quad (\text{kg/h}) \quad (2)$$

또한, 액체상태의 물의 경우 비교적 낮은 압력 하에서의 엔탈피는 식 (3)과 같이 포화상태의 액상 엔탈피의 온도만의 함수로 근사적으로 표현할 수 있다.¹¹⁾

$$h = h_f(T) \quad (\text{kJ/kg}) \quad (3)$$

따라서, 문헌상에 제시되고 있는 온도에 따른 물의 엔탈피 값을 커브피팅(Curve fitting) 하여 온도에 함수로 나타내고 이를 계산에 이용하였다.

흡수식 냉각기의 냉방 효율은 COP (Coefficient of performance)를 이용하여 나타내었다. COP는 일반적으로 냉동기의 열효율을 나타내며, 수학적으로 다음과 같이 정의된다.¹¹⁾

$$COP = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{W}} \quad (4)$$

식 (4)에서 \dot{Q}_c 은 냉각 용량을 나타내며, \dot{W} 은 냉각용량을 얻는데 필요한 단위시간당 입력 에너지를 나타낸다. 본 연구에서는 \dot{W} 에 대하여 1)태양열 집열기의 집열열량, \dot{Q}_h , 2)펌프와 팬을 구동하는데 사용된 모든 전력의 합, \dot{W}_e , 그리고 3)태양열 집열기의 집열열량과 사용 전력의 합, $\dot{Q}_h + \dot{W}_e$ 에 해당하는 세 가지 경우를 적용하여 COP를 계산하였다. 즉 COP1, COP2, COP3을 아래와 같이 계산하여 효율을 나타내었다.

$$COP_1 = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{Q}_h} \quad (5)$$

$$COP_2 = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{W}_e} \quad (6)$$

$$COP_3 = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{Q}_h + \dot{W}_e} \quad (7)$$

식 (5)에서 \dot{Q}_h 은 태양열 집열기의 입구와 출구에서 측정된 물의 온도에 의해 계산된 엔탈피 변화와 펌프의 유량을 이용하여 계산하였다.

3. 시스템 구성 및 측정

3.1 시스템 구성

태양열 흡수식 냉각시스템은 아래 그림 3, 그림 4와 같이 구성되어 강원대학교 춘천캠퍼스 공과대학 6호관 건물의 옥상에 설치되었다. 시스템의 전체적인 구성은 그림 5에서 보는 바와 같이 태양열 집열 루프, 냉각탑 루프, 팬코일 루프로 구성된다. 각각의 루프의 역할은 다음과 같다.

태양열 집열 루프는 태양열 집열기, 펌프로 구성되며, 흡수식 냉각기의 발생기와 연결되어 있다. 태양열 집열기에서 가열된 온수는 발생기로 열을 전달시켜, 리튬브로마이드 수용액을 리튬 브로마이드와 수증기로 분리시키게 된다.

냉각탑 루프는 냉각탑, 펌프로 구성되며, 흡수식 냉각기의 응축기와 연결되어 있다. 응축기에서 기체상태의 물은

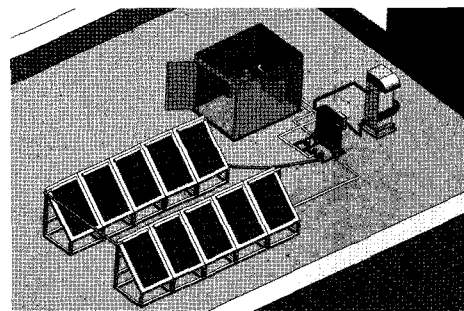


그림 3. 태양열을 이용한 흡수식 냉각 시스템

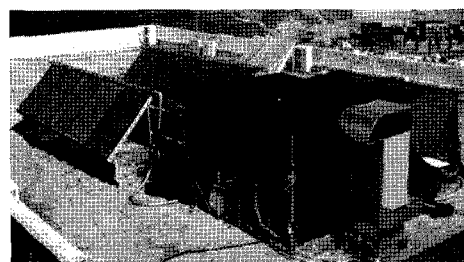


그림 4. 태양열 흡수식 냉각 시스템 전경

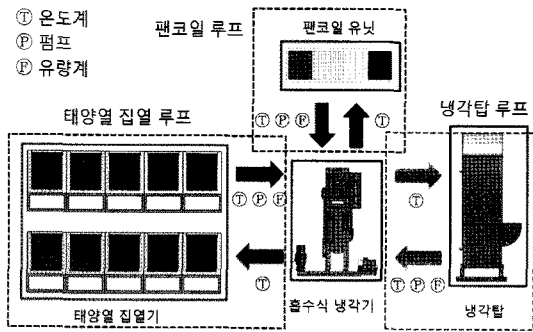


그림 5. 실험장치 구성

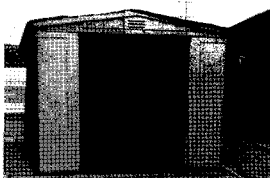
열을 냉각수에 빼앗겨 액화된다. 냉각탑의 용량과 이로 인해 결정되는 냉각수의 온도는 응축기에서의 수증기를 액화시키는 작용을 원활히 하여 결과적으로 증발기에서의 냉매(물)의 증발을 촉진시킨다. 따라서 이는 냉수의 온도를 낮아지게 하여, 냉각기의 성능을 향상시키게 된다.

마지막으로 팬코일 루프는 팬코일 유닛, 펌프로 구성되어 있으며 태양열 집열기의 증발기와 연결되어 있다. 증발기에서 저온의 냉매(물)은 냉수의 열을 빼앗아 냉수의 온도를 낮추며, 냉수는 팬코일 유닛을 통과하며 냉방기능을 수행하게 된다.

각 루프의 열량 변화(냉각 성능, 집열 성능)를 모니터링 하기 위해 루프별로 유량과 온도를 측정하였다. 사용된 센서의 위치는 그림 5에 제시되었다.

3.2 측정시스템

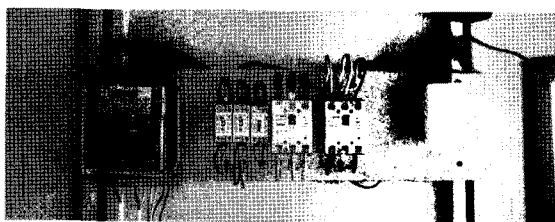
그림 6과 같이 흡수식 냉각기의 냉방성능을 측정하기 위해, 태양열 집열기와 흡수식 냉각기 인근에 간이 냉방실험실을 구축하였다. 그림에서 알 수 있듯이 실험실 내부에는 흡수식 냉각기와 펌프 그리고 모든 전기/전자기기에 전원을 공급하기 위한 3상 및 단상 전원을 설치하였으며,



(a) 냉방실험실 외부



(b) 냉방실험실 내부



(c) 전원 설치

그림 6. 냉방실험실

표 3. Pyranometer 사양

Model	LP PYRA 02
출력	0 ~ 5V
측정범위	0 ~ 2000 W/m ²
임피던스	33 ~ 45 Ω
작동온도	- 40 ~ 80℃
그 외	ISO 9060 기준 기술 사양 준수

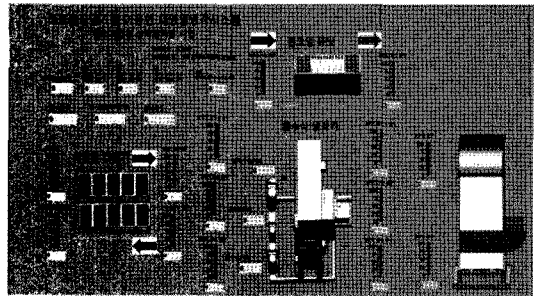


그림 7. Labview를 이용한 모니터링 시스템

냉방성능을 측정하기 위한 팬코일 유닛, 그리고 성능 모니터링을 위한 측정장비를 설치하였다.

팬코일 유닛은 2개를 ‘-’자 모양으로 서로 이웃하여 설치하였고, 입구와 출구에 열전쌍 온도계를 설치하여 입출구 냉수 온도를 측정하였다. 또한, 직달일사와 산란일사가 포함된 외부 일사량은 일사량계를 이용하여 측정하였다. 사용된 일사량계의 사양이 표 3에 제시되었다.

태양열 흡수식 냉각 시스템의 성능 모니터링을 위해 NI(National Instrument)사의 PXI-1024Q Main Frame를 사용하였으며, SCXI-1303을 설치하여 온도를 측정하였고, 유량계의 전압신호 또한, 같이 측정하여 저장할 수 있도록 하였다.

또한, 그림 7과 같이 전체 시스템의 온도와 유량 모니터링을 위한 프로그램을 LabView 프로그램¹⁰⁾을 이용하여 작성하였다. 전체 시스템의 온도와 각 사이클의 유량과 일사량은 1 Hz의 간격으로 측정 및 모니터할 수 있도록 프로그램하였다. 또한 측정된 온도와 유량값을 이용하여 각 사이클의 열량을 계산하고 그 값을 화면에 나타낼 수 있도록 하였다. 그리고 모든 측정된 값들을 실시간으로 저장하여, 추후 분석 프로그램을 통해 확인할 수 있도록 하였다.

4. 실험결과

태양열 흡수식 냉각 시스템의 실험은 5월의 맑은 날과 흐린 날을 택해 진행되었으며, 오전 9시 30분부터 모든 루프의 펌프를 가동시키며 온도 변화, 일사량 변화, 열량 변

화를 모니터링하였다.

한국에너지기술연구원의 신재생에너지 데이터 센터 통계자료를 살펴보았을 때, 2009년 춘천지역 수평면전일사량은 5월이 가장 높은 4699kcal/m²/day를 나타내었으며, 청명일 수의 경우도 5월이 가장 높은 11일 정도를 보여주었다. 따라서, 태양열 흡수식 냉방 시스템의 성능을 측정하기 위해 5월을 선택하였다.

4.1 맑은날

그림 8은 오전 9시 30분에서 오후 3시 30분까지의 일사량의 변화에 따른 냉각기 열수의 입구온도와 팬코일 유닛의 입구온도가 어떻게 변화하는지를 나타낸 그래프이다. 여기서 일사량은 온도변화와 유사한 범위로 나타내기 위해 측정된 값(W/m²)의 1/10에 해당하는 값을 나타내었다. 흡수식 냉각기의 열수 입구온도는 흡수식 냉각기의 작동가능성을 알아볼 수 있는 중요한 온도이며, 팬코일 유닛의 입구온도는 냉각성능을 측정할 수 있는 중요한 지표라고 할 수 있다.

그림 8에서 알 수 있듯이 일사량은 대체적으로 9시 30분부터 시간이 지나감에 따라 점점 증가하게 되며 냉각기 열수 입구온도는 약 60℃를 전후한 온도변화를 보여주고 있다. 일사량 그래프에서 중간 중간 값이 크게 떨어지는 것은 구름에 의해 태양이 가려지기 때문이다. 냉각기 열수 온도는 일사량의 증가에 의해 일정온도(약 60℃)에 도달한 후 구름에 의해 일사량이 크게 감소하는 경우 같이 줄어드는 현상을 보여주고 있으며, 일사량이 다시 충분히 회복되었을 때 온도가 올라가는 것을 보여준다.

흡수식 냉각기는 약 오전 10시 10분경인 흡수식 냉각기 열수 온도가 약 60℃에 도달하였을 때 작동하기 시작하는 것을 알 수 있으며, 결과적으로 냉수온도를 나타내는 팬코일 유닛의 입구온도는 약 38℃까지 상승하였다가 최저 약

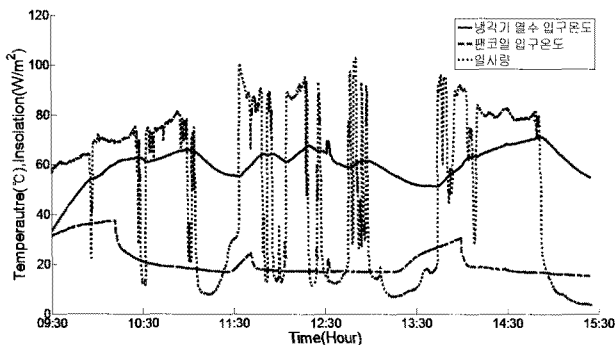


그림 8. 시간에 따른 냉각기 열수 입구온도, 팬코일 입구온도 및 일사량 변화

18℃까지 낮아짐을 알 수 있다. 간간히 구름에 의한 일사량의 변화로 냉수온도가 상승함을 알 수 있으며(약 11시30분, 13시 30분), 대부분 다시 회복되어 냉수온도를 약 18℃ 전후로 일정하게 유지시키는 냉각성능을 보여주고 있다.

그림 9는 일사량의 변화에 따른 태양열 집열기에서의 집열량과 팬코일 유닛의 냉각용량의 변화를 나타낸 그래프이다. 그림에서 알 수 있듯이 태양열 집열기의 집열 열량의 변동은 어느 정도의 시간 지연은 있지만, 대체로 일사량의 변동에 따라 크게 영향을 받게 된다. 그래프 중간 중간에 일사량 낮아짐에 따라 태양열 집열기의 열량 또한 줄어들게 되는 것을 알 수 있다. 팬코일 유닛 또한 일사량의 변화에 따라 변화하지만 일사량, 태양열 집열량, 팬코일 유닛과 같은 순서에 의해서 변화의 민감도가 떨어지는 것을 알 수 있으며, 또한 시간 지연이 발생하게 됨을 알 수 있다. 또한 일사량이 충분히 유지되는 구간에서 살펴보면 팬코일 유닛 또한 약 2 kW전후의 냉각성능을 보여주고 있으며, 태양열 집열기는 약 8~10kW 전후의 성능을 보여주고 있다.

그림 10은 1분간 평균열량으로 구한 COP를 나타낸 것으로, 식 (5)~(7)에서 설명된 COP₁, COP₂, COP₃의 시간변화를 나타내고 있다. COP₁의 경우는 약 0.3~0.7 정도의 값을 보이며 계속 변화하고 있는데, 이는 태양열 집열기에

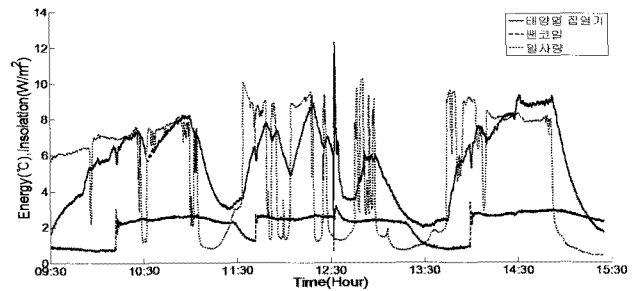


그림 9. 일사량에 따른 태양열 집열기 열량과 팬코일의 냉각성능 변화

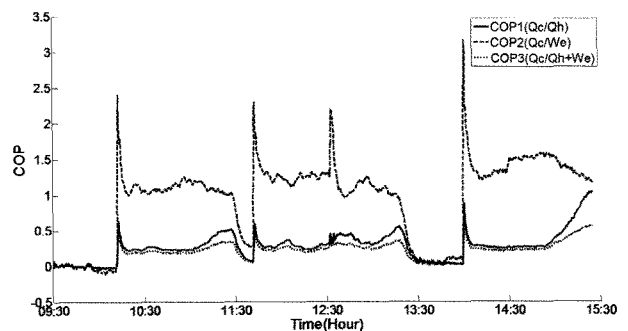


그림 10. 시간에 따른 COP 변화

서 집열되는 전체 열량에 비해 흡수식 냉각기의 실제 냉각용량의 크기가 크지 않음을 나타낸다.

그에 반해 COP₂의 경우는 일사량이 일정하게 유지되는 경우 1.0 이상의 값을 보여주고 있다. 이는 흡수식 냉각기의 냉각용량이 전체 시스템을 구동할 때 소모되는 전력에 비해 같거나 크다는 것을 의미한다. 즉 태양열 에너지 자체가 자연적으로 발생하는 에너지이기 때문에 이를 제외한 시스템 총 소모전력에 비해 흡수식 냉각기의 냉각효과가 크게 나타나기 때문이다.

마지막으로 COP₃의 경우는 COP₁, COP₂와 유사한 경향을 보여주지만, 전체 태양열 집열량과 시스템 소비전력을 전체 소비된 단위시간당 일의 양으로 사용하였기 때문에 낮은 값의 COP를 보여주고 있다.

4.2 흐린날

그림 11은 5월의 어느 흐린 날 오전 9시 30분부터 오후 6시까지의 일사량에 따른 냉각기 열수 입구온도와 팬코일 유닛의 입구온도의 변화를 나타내는 그래프이다. 본 실험에서는 앞 실험과는 달리 태양열 집열기에 집열되는 열량이 충분치 않기 때문에 30L, 2kW 용량의 보조 열원을 사용하여 실험을 진행하였다. 일사량은 측정된 값(W/m²)의 1/10에 해당하는 값으로 나타내었다.

먼저 냉각기 열수 입구온도를 살펴보면 일사량의 변화에 비해서 안정되어 있는 온도를 보여주고 있는데, 이것은 맑은 날의 실험과는 다르게 보조열원에 의해 태양열 집열기의 온도변화가 냉각기에 직접적으로 영향을 미치지 않고, 보조열원에서 부족한 온도를 보충한 후 냉각기로 전달되기 때문이다. 따라서 결과적으로 흡수식 냉각기의 성능이 다소 일정하게 유지되었음을 알 수 있다.

그러나 날씨가 흐리고 구름이 많은 날씨였기 때문에 태양열 집열기로부터 얻을 수 있는 열량이 크게 부족한 경우는 보조열원의 용량이 충분치 않아 냉각기 열수 온도는

는 약 55~60도 사이의 온도를 보여주었다.

팬코일 유닛의 냉수 온도 또한 보조열원의 영향으로 안정된 온도추이를 보여주었으나, 냉각기 열수 온도가 5°C~60°C로 다소 낮은 온도로 유지되어, 냉수 온도가 크게 떨어지지 않는 경향을 보였다. 즉 흐린 날씨로 인한 흡수식 냉각기의 성능저하로 온도가 20°C 이상으로 별로 낮아지지 않는 결과를 보여주었다.

그림 12는 일사량의 변화에 따른 태양열 집열기의 집열량과 팬코일 유닛의 냉각용량을 나타낸 그래프이다. 측정된 일사량 값은 1/10로 나누어 나타내었다. 흐린 날씨로 인해 구름의 영향으로 일사량의 변동폭이 매우 컸으며, 100W/m²이하에서 1000W/m²까지의 변화를 보여주었다.

태양열 집열기의 열량은 일사량의 변화에 매우 민감하게 반응하여 매우 큰 폭의 차이를 보여주었다. 일사량이 낮은 경우(09:30~11:30) 집열열량은 약 1~2kW 정도였으며 일사량이 높은 경우(11:30~12:30)는 약 7kW 정도의 값을 보여주었다. 대체적으로는 4kW 전후의 집열량을 나타내었으며, 이는 일사량이 급감하더라도 이미 가열된 태양열 집열기의 온도가 급격히 내려가지 않기 때문에 집열기를 통과하는 물의 온도가 급격히 떨어지지 않기 때문이다.

팬코일 유닛은 태양열 집열기의 집열열량이 낮을 경우 매우 낮은 0.5kW의 성능을 보여주었다. 보조열원의 설치로

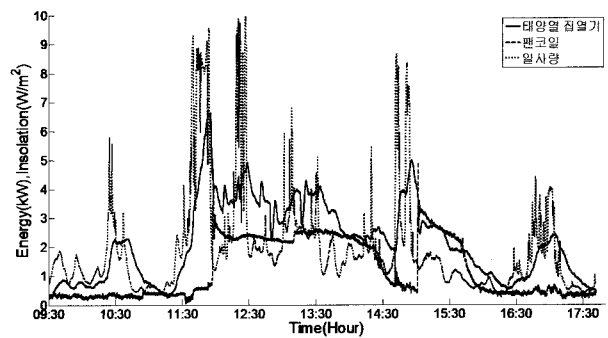


그림 12.. 일사량에 따른 태양열 집열기 열량과 팬코일의 냉각능력 변화

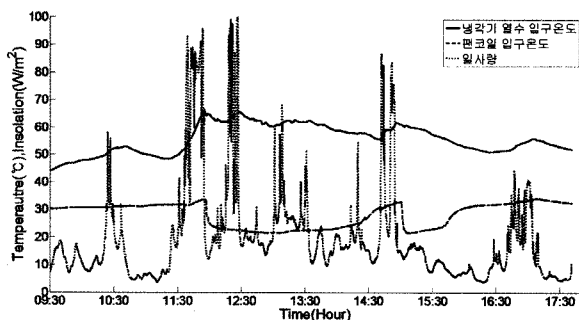


그림 11. 시간에 따른 냉각기 열수 입구온도, 팬코일 입구온도 및 일사량 변화

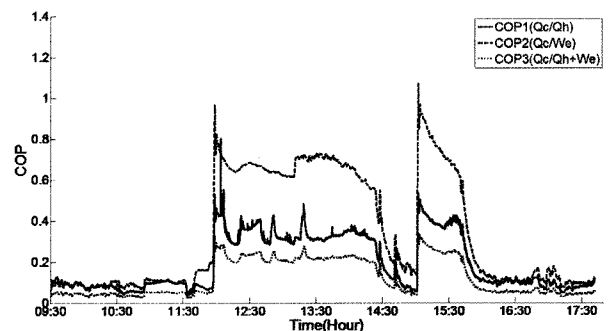


그림 13. 시간에 따른 COP 변화

인해서 흡수식 냉각기가 안정된 온도를 보여주었지만, 흡수식 냉각기를 가동시키기 위한 온도(약 60°C)에 도달한 구간(12:00~14:20)에 한해 냉방이 이루어졌음을 알 수 있다.

그림 13은 1분간 평균열량으로 구한 COP를 나타낸 것으로, COP₁의 경우는 흡수식 냉각기의 냉방이 이루어지지 않은 구간(09:30~12:00)에는 매우 낮은 값을 나타냈으며, 냉방이 이루어지는 구간(12:00~14:30)에도 약 0.4 정도의 값을 나타내었다.

COP₂의 경우는 2kW의 보조열원을 이용하였기 때문에, 전력소모의 증가로 맑은 날의 실험에 비해 다소 줄어드는 모습을 보여주었다. 냉방이 이루어지는 구간(12:00~14:30)에서 약 0.7정도의 COP를 보여주었으며 최고 0.8의 COP 값을 보여주었다. COP₃는 COP₁과 비슷한 경향을 보여주었으나, COP₁에 비해서 비교적 낮은 값이 0.2 정도의 COP값을 보여주었다.

5. 결론

5kW 냉각용량을 갖는 소형 태양열 흡수식 냉각 시스템을 구성하고, 그 성능을 실증하였다. 태양열 집열기의 냉각용량의 경우 5월의 맑은날에 진행된 실험에서 2~3kW의 성능을 보여주었으며, 총 소비전력에 대한 냉각효율(COP₂)의 경우 1.0 이상을 나타내었다. 또한 적용된 리튬브로마이드 1중 효율 흡수식 냉각기의 경우 열수의 온도가 약 60°C에 도달하였을 때 작동하기 시작하였으며, 정격에서의 냉각 온도는 18°C로 냉방에 충분한 온도를 달성하였다. 또한 5월의 흐린날에 진행된 실험에서는 2kW의 보조열원을 사용하였음에도 불구하고, 열수의 온도는 55°C~60°C의 온도에 그쳐, 흡수식 냉각기의 성능이 크게 저하되는 것을 확인하였다. 하지만, 본 연구를 통하여 소형 태양열 흡수식 냉각기가 향후 충분히 가정 및 지역의 소규모 교육시설, 또는 대용량의 경우 일반 교육시설에 적용되어 활용될 수 있는 가능성을 보여주었다. 또한 일사량이 낮거나 해가 진 이후에 필요한 보조열원 및 축열조를 적절히 이용할 경우 상용화가 가능할 것으로 판단된다.

또한 본 연구는 태양열 흡수식 냉각시스템의 기초 성능 실험으로 청명일수가 높고 운량이 적은 5월에 이루어졌으나, 실제 활용가능성이 높은 6~8월의 장기간의 실증이 필요할 것으로 판단된다. 그러므로 향후 보조열원 시스템 및 컨트롤러를 보완하고, 실제 강의 시설에 적용하여 여름철(6~8월)기간 동안의 장기간 실증실험을 통한 태양열 흡수식 냉각시스템의 성능 특성을 연구할 계획이다.

참고문헌

1. KIER, 신재생에너지란 무엇인가?, Last viewed 2010. 12, <http://www.kier.re.kr/open_content/energy/new_energy/view.jsp>
2. 한정옥, 2003, "3RT급 흡수식 냉난방기 기술개발 및 상품화 의미", *가스연맹 2003 봄호*,
3. 백남춘, 윤응상, 주문창, 정시영, 1998, "태양열 구동 흡수식 냉동기의 기본설계 및 성능분석", *한국태양에너지학회 제 18권 3호*.
4. 최창용, 조성환, 광희열, 신우철, 2006, "태양열 구동 흡수식 냉난방시스템 TRNSYS 모델링", *한국태양에너지학회 2006년도 춘계*.
5. 주홍진, 광희열, 김정배, 2006, "진공관형 집열기를 이용한 태양열 흡수식 냉방 시스템 실증연구", *대한설비공학회 2006 동계*.
6. Reay, D.A, Kew. P.A, 2006, *Heat Pipes - Theory, design and Applications*, Butterworth-Heinemann, Burlington.
7. KEMCO, 진공관형 태양열 집열기 인증, Last viewed 2010 10, <http://www.knrec.or.kr/knrec/12/KNREC121031_01.asp?gubun=2>.
8. Y.S. Shin, 2003, 태양열 구동 NH₃ / H₂O 흡수식 냉동기의 사용 가능성에 관한 실험적 연구, 석사논문, *한양대학교*.
9. 광희열, 백남춘, 윤응상, 이순명, 주문창, 신유수, 2004, "진공관형 태양열시스템 실용화 및 응용기술", 산업자원부, 최종보고서
10. National Instruments, 2005, "LabView Fundamentals", *National Instruments*
11. Yunus. A. Cengel, Michael A. Boles, 2006, *Thermodynamics - An engineering Approach*, Mc Graw Hill, New York.

접수 2011. 4. 15

1차 심사완료 2011. 5. 12

2차 심사완료 2011. 5. 24

게재확정 2011. 5. 26