

[논문] 한국태양에너지학회 논문집

Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 27, No. 2, 2007

## 과열방지장치가 설치된 복합열원 난방시스템에 관한 연구

박윤철\*, 고광수\*\*, 한유리\*\*\*

\*제주대학교 기계에너지시스템공학부(ycpark@cheju.ac.kr), \*\*제주대학교 기계공학과(gongvil@msn.com),  
\*\*\*제주대학교 기계공학과(hyunmoo@cheju.ac.kr)

### A Study on Hybrid Heating System with Anti-Superheating Devices

Park, Youn-Cheol\*, Ko, Gwang-Soo\*\*, Han, Yury\*\*\*

\*Faculty of Mechanical Energy and System Engineering, Cheju National University(ycpark@cheju.ac.kr),

\*\*Department of Mechanical Engineering, Cheju National University(gongvil@msn.com),

\*\*\*Department of Mechanical Engineering, Cheju National University(hyunmoo@cheju.ac.kr)

#### Abstract

The previous study was conducted to develop an air source multi heat pump system that could be operated with the solar collector and air source heat exchangers as heat source of the system. There is a winter-sowing problems in air source multi heat pump system when the outdoor temperature goes down under freezing point. The winter-sowing problem was solved by adapting R-22 refrigerant as working fluid in the previous study. However, when the system operated at high temperature, another problems are come out such as overheating of the solar collector outlet which lead to the superheat of the compressor inlet of the heat pump system. The condition could deteriorates a compressor in some cases.

In this study, we installed the anti-superheating devices on the previously developed system. As results of system performance test, COP of the system with anti-superheating technique is 2.4. It is a little improved COP compare to previous study's 2.23. In the results of multi heat source heating system, during operating solar collector, COP is relatively high between 200 W/m<sup>2</sup> and 400 W/m<sup>2</sup> solar intensity. It is recommended to extend the study on performance optimization with balancing the solar collect and capacity of compressor at higher solar irradiation conditions.

**Keywords** : 열펌프(heat pump), 동파(winter-sowing), 과열방지(anti-superheating)

접수일자 : 2007년 2월 15일, 심사완료일자:2007년 5월 1일

교신저자 : 박윤철(ycpark@cheju.ac.kr)

## 1. 서 론

일상생활에 이용되고 있는 난방용 주요 에너지원은 각국이 보유하고 있는 자원 환경에 따라서 약간의 차이가 있지만 아직까지는 석유, 석탄 및 가스 등 화석 에너지원이 주류를 이루고 있다. 우리나라의 화석에너지에 대한 의존도는 2004년 산업자원부의 통계자료에서 나타난 바와 같이 국내에서 소비되는 에너지 사용량의 96.7% 이상이 수입에 의존하고 있는 실정이다. 국내에서 소비되는 에너지 중에서 국내 건물부분에 사용되는 에너지의 75%는 주거용 건물부분에 소비되며, 이 중에서 78% 이상이 난방 및 급탕에 소비되고 있다. 따라서 우리나라는 에너지 자원이 부족한 에너지 수급구조를 감안하여 국가적으로 에너지 관련 정책개발을 통하여 에너지 절약방안이 계속적으로 강구되어야 할 것이다.

이와 같이 국내외적으로 에너지 절약과 대체에너지의 개발이 주요 정책 중의 하나로 인식되고 있는 현실에서 대체에너지원 중에서 가장 쉽게 접근할 수 있는 에너지원이 태양열이다. 특히 우리나라는 일사량이 풍부하고 전국적으로 고른 분포를 보이고 있다. 우리나라의 연평균 1일 수평면 전일사량은  $3,065 \text{ Kcal/m}^2$ 로 태양에너지 자원 부존량

은  $1,017 \text{ Kcal/yr}$ 로 연간 100억 TOE에 해당되며, 이 중에서 이용 가능한 가용량은 10%로써 10억 TOE정도가 되는 것으로 추정하고 있다(1). 하이브리드 열펌프에 관련된 국외의 연구동향을 살펴보면 Xu et. al.(2)는 태양열원과 열펌프가 결합된 하이브리드형 난방에 관한 연구를 수행하여 중국 난징시(Nanjing)지역의 기후 데이터를 바탕으로 태양열원과 공기열원을 이용하여 150L 용량의 축열조의 온도를  $55^\circ\text{C}$ 까지 상승시키기 위한 인자 연구를 수행하여 열펌프의 성능개선을 위해서 압축기의 용량이 중요한 인자임을 밝혀내었다.

Abou et. al.(3)은 태양열 열펌프시스템의 작동유체로 R22, R134a 및 R404a를 사용하여 작동유체에 따른 열펌프시스템의 효율을 비교하였다. 그 결과 저온의 운전조건에서 R134a가 R22를 대체할 수 있다는 것을 입증하였다. 또한 R134a를 사용할 때 R404a를 사용하는 시스템보다 COP가 23% 상승하는 효과를 보인다고 하였다.

국내에서 Kim et. al.(4)은 태양열 집열기와 축열조를 이용한 열펌프시스템에 관한 연구를 수행하여 난방이 필요한 동절기 주간에 집열기로부터 태양열을 축열조에 저장하였다가 난방이 필요한 시점에 저장된 열을 이용하여 열펌프를 운전하여 난방수를 공급하는 연구를 수행하였다.

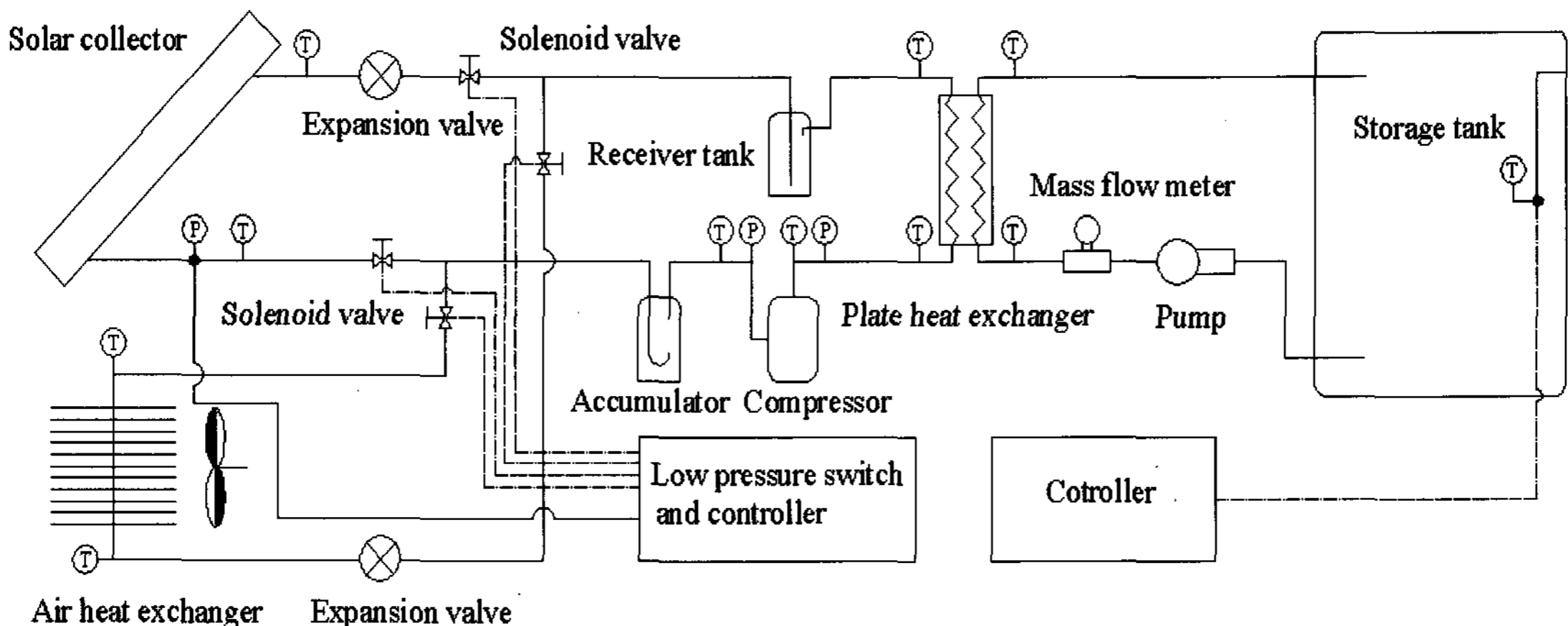


그림 1. 복합열원 난방시스템의 개략도

Kim et. al.(5)은 이어진 연구로써 집열기를 직접 증발기로 사용하는 열펌프시스템을 이용하여 동절기의 주간에 증발기로부터 태양열원을 흡수하여 응축기의 난방수의 공급온도를 상승시킴으로서 난방부하를 충당할 수 있는 연구를 수행하였다. 연구를 통하여 열펌프의 성능에 영향을 미치는 주요 변수는 주간의 일사량, 외기온도 임을 제시하였으며, 냉매의 변화에 따른 열펌프의 성능에 관하여 압축기의 회전수는 R134a가 R22보다 평균 43% 높아지며, 이러한 운전상태로 인하여 냉매의 유량

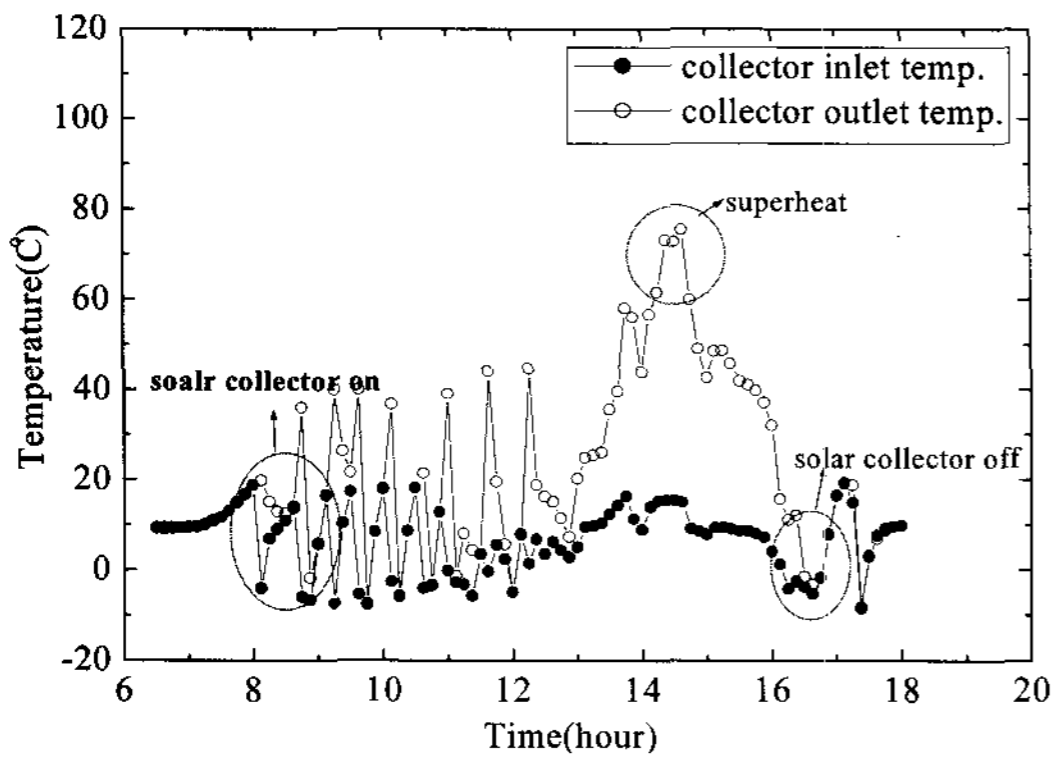


그림 2. 태양열 집열기 입·출구의 변화

증가에 따른 압축일량은 R134a를 사용할 경우가 R22에 비하여 32%증가하지만, 난방부하는 8.7%의 증가에 그치고 있다고 하였다.

본 연구에서는 화석에너지의 사용을 줄이고 신·재생에너지의 사용증가를 위하여 현재 널리 보급되어 있는 태양열 온수급탕시스템의 기술적인 문제점을 보완하고 이를 건물 및 시설에 적용하기 위한 실증연구를 수행하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

본 연구에서 개발한 복합열원 난방시스템은 크게 열펌프, 축열조, 태양열 집열기 및 공기열원 열교환기로 구성되어 있다. 그림 1은 선행연구에서

개발된 복합열원 난방시스템의 개략도이며, 선행연구에서 개발된 복합열원 난방시스템은 집열기에서 획득한 태양열을 열펌프의 열원으로 이용하는 운전과 일사량이 없을시 에 외기열원을 이용하여 열펌프를 운전하는 두 가지 방식의 운전이 가능하도록 제작하였고, 기존의 태양열 시스템과 달리 작동유체를 R-22냉매를 사용함에 따라 겨울철 동파에 대한 문제를 해결할 수 있는 시스템을 제작하였다.

하지만 운전결과 일사량이 매우 높은 시간대에는 그림 2와 같이 집열기 출구온도가 매우 높아 압축기 입구의 과열도가 매우 높은 상태로 운전되게 된다. 이와 같은 시스템 운전은 태양열 집열기 출구온도의 과열로 냉매는 압축기에 무리를 줄 뿐만 아니라, 많은 에너지 손실이 발생한다. 본 시스템에서는 이러한 문제를 해소하기위해서 태양열 집열기 입·출구의 차온제어기를 설치하여 설정온도이상으로 과열될 때에는 두 번째 코일형 열교환기를 이용하여 냉매에 과열도를 낮추고 과열된 에너지를 다시 흡수하는 과열 방지 운전을 실시하도록 구성하였다.

열펌프는 1/2마력의 증기압축식 밀폐형 왕복동 압축기를 사용하였고, 응축기는 코일형의 열교환기를 제작하여 축열조 내부를 삽입하여 축열조내의 물과 열교환 하도록 구성하였다. 축열조는 PE (polyethylene)재질로 만들어진 400L의 원형물통으로 두께 15 mm인 고무발포 보온재를 사용하여 단열하였다. 태양열 집열기와 열펌프의 증발기의 역할을 하는 공기열원 열교환기는 다양한 외기 변화에 대하여 효과적으로 제어하기 위해서 외부 균압형 온도 팽창밸브(TEV)를 각각 장착하였다.

태양열 집열기와 공기열원 열교환기는 각각의 배관경이 다르기 때문에 시스템에 충전되어야 하는 최적의 냉매량이 달라진다. 이러한 최적 냉매량을 확보하기 위하여 잉여의 냉매를 저장할 수있는 냉매의 완충공간으로 수액기를 장착하였으며, 압축기의 액해머를 방지하기 위하여 액분리기를 부가적으로 설치하였다. 본 연구에서 이용한 태양열 집열기는 이중 진공관식 집열기이다. 이중진공관식 집열

기는 평판형 집열기에 비하여 대류에 의한 열손실이 적어서 높은 효율을 나타낸다. 이중진공관 안에는 흡열체가 있고 U자관을 통해 작동유체가 순환하면서 열교환을 할 수 있는 구조로 되어 있다. 이중진공관 후면에는 태양에너지를 효율적으로 집열하기 위한 반사경이 부착되어 있으며 집열기의 설치방향은 정남향으로 바닥과의 설치각도는 약 33°이다. 본 연구에서는 일반적인 태양열 시스템과는 달리 집열기의 집열튜브에 열펌프의 팽창밸브를 통과한 저온 저압의 냉매를 순환하게 함으로써 냉매가 직접 태양에너지와 열전달 할 수 있도록 하였다.

본 연구에 사용된 집열기의 구성요소로서 열매체의 유동이 발생하는 배관의 구경이 8 mm로 허용압력이 10 kg/cm<sup>2</sup>인 동관이다. 또한 태양열 집열기에 용량은 일사량에 좌우된다.

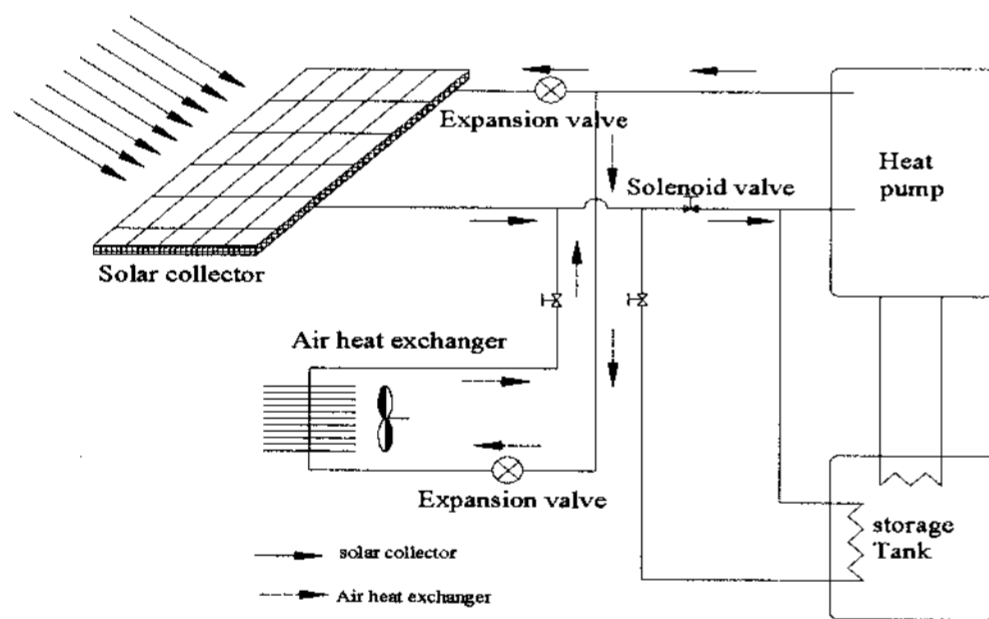


그림 3. 복합열원을 이용한 운전모드

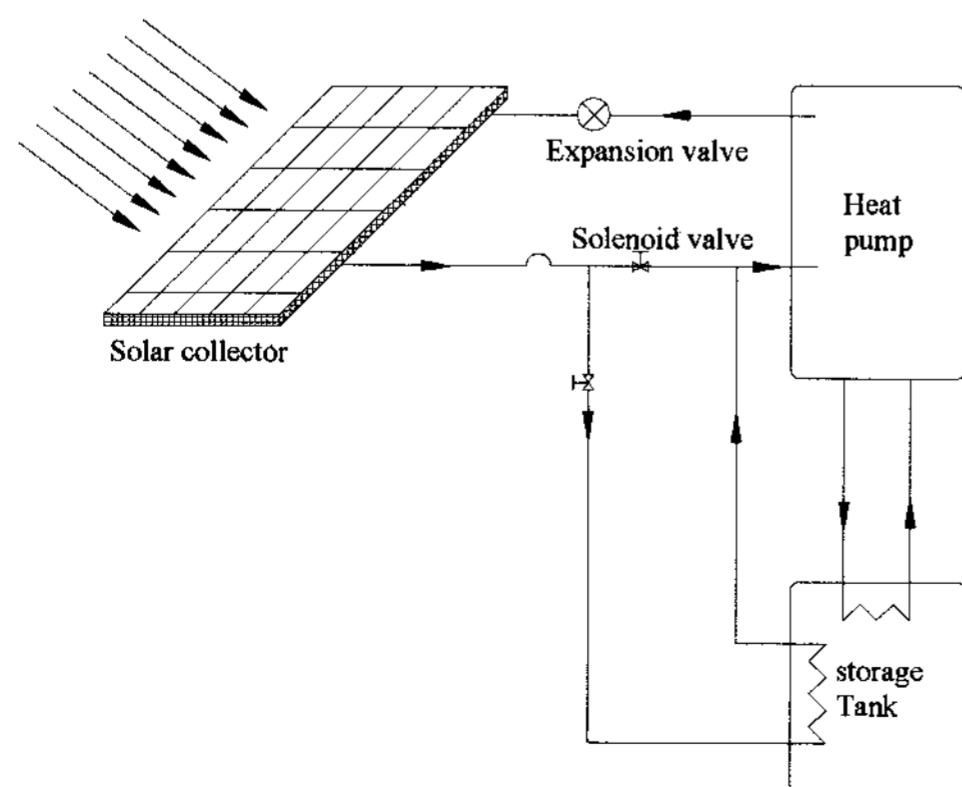


그림 4. 과열방지 운전 모드

## 2.2 실험방법 및 계측장치

복합열원 난방시스템의 전체적인 제어는 온도조절기를 사용하였으며, 제어용 온도조절기에 축열조의 목적온도를 설정한 후에 축열조의 온도를 계속적으로 측정하여 축열조의 온도가 설정온도 이상이 되기 전까지는 복합열원 난방시스템이 자동적으로 외부의 기후 조건에 따라 운전된다.

기후조건에 따른 자동운전은 태양열 집열기와 공기열원 열교환기를 저압스위치를 사용하여 태양열 집열기의 압력을 계측하여 압력이 설정 압력 이하로 떨어지면 제어용 솔레노이드 밸브(solenoid valve)가 작동하여 냉매의 흐름을 태양열 집열기에서 공기열원 열교환기로 바뀌도록 하였다.

표 1. 실험장치의 사양과 실험조건

Solar Collector	Size(mm)	2,080×1,640×100
	Area(m <sup>2</sup> )	3.00
	Slope(°)	33
Storage Tank	Capacity(L)	400
Low Pressure Control	Start Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	7
	Bias(kg/cm <sup>2</sup> )	4
Temp. Control	Stop Temp.(°C)	50
Compressor Capacity(Hp)		1/2
Heat Exchanger Type (water-refrigerant)		coil type
Expansion Valve Type		TEV
Refrigerant		R-22
Air Heat Exchanger (Air-refrigerant)	Capacity (Hp)	1/2
	Type	Plate-fin & Tube
Fan Power Consumption (W)		6

실험을 위해서 요소기기의 입·출구에 T-type 열전대를 설치하여 온도를 측정하였고 난방시의 시스템의 효율을 계산하기 위해서 필요한 소비전력은 전력량 측정장치(power meter)를 사용하였으며, 모든 데이터는 데이터로거(data logger)를 통하여 수집한 후 컴퓨터에 저장하였다.

### 2.3 실험방법

본 연구의 복합열원 난방시스템의 운전형태는 크게 2가지로 구분할 수 있다. 첫째는 **그림 3**과 같이 태양열 집열기와 공기열원 열교환기의 운전이며, 둘째는 **그림 4**와 같이 태양열 집열기 출구측의 작동유체의 과열시 열펌프를 보호하기 위한 안전모드의 운전이다.

태양열 집열기와 공기열원 열교환기에 대한 선택적인 제어는 저압차단기를 사용하며, 우선적으로 태양열 집열기를 사용한다. 집열기내의 냉매의 압력이 설정압력 이하로 떨어질 경우에는 공기열원 열교환기를 사용하고, 태양열 집열기의 압력이 설정압력 이상이 되면 태양열 집열기로 운전된다. 이 경우 잦은 반복운전을 방지하기 위하여 작동압력의 편차는 약  $4 \text{ kg/cm}^2$ 로 설정하였다. 과열운전의 경우는 태양열 집열기 입·출구의 차온제어기를 설치하여 설정온도이상이 되면 과열 운전모드를 실행하도록 제작하였다.

실험은 새벽 6시 30분부터 12시간동안 난방시스템을 가동하여 복합열원 난방시스템의 열을 축열조에 축열하도록 하였다. 축열조의 온도가 일정온도 이상이 되면 온도조절기를 사용하여 난방시스템이 정지하도록 하였고, 축열하는 동안에는 부하에 대한 영향을 배제하고 실험을 수행하였다. 자세한 실험장치 사양과 실험조건은 **표 1**과 같다

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 기상자료 및 열원부 온도특성

**그림 5**의 운전 시기는 10월 경우로서 일사량은  $0-900 \text{ W/m}^2$ 이며 14시 이후에는 강우의 영향 일사량이 감소하는 하며, 외기온도는  $15-22^\circ\text{C}$  범위 내에서 운전을 실시하였다.

**그림 6**은 태양열 집열기 입·출구의 온도로서 일사량이 없는 새벽에는 태양열 집열기는 운전되지 않아 태양열 집열기 입·출구온도차가 없는 반면에 태양이 일출함에 따라  $10 \sim 67^\circ\text{C}$ 내에서 발생하였

다. 하지만 14시경의 강우의 영향으로 태양열 집열기 입·출구온도차가 발생하지 않는다. 또한 비의 영향으로 태양열 집열기의 전체적인 온도가 내려가는 것도 알 수 있다.

**그림 7**은 공기열원 열교환기 입·출구 온도에 관한 그래프로서 새벽시간의 운전이 진행됨에 따라 공기열원 열교환기의 입·출구온도차 평균  $14^\circ\text{C}$ 이며 이는 외기온도의 낮기 때문이다. 일사량이 증가하여 태양열 집열기로 운전이 진행됨에 따라 공기열원 열교환기의 전체적인 온도가 외기온도로 복귀한다. 하지만 강우의 영향으로 일사량이 감소됨에 따라 공기열원 열교환기가 재 작동 되지만 외기온도의 상승으로 공기열원 열교환기 입·출구온도차가 평균  $7^\circ\text{C}$ 로 새벽녘에 운전보다 다소 낮게 나타났다.

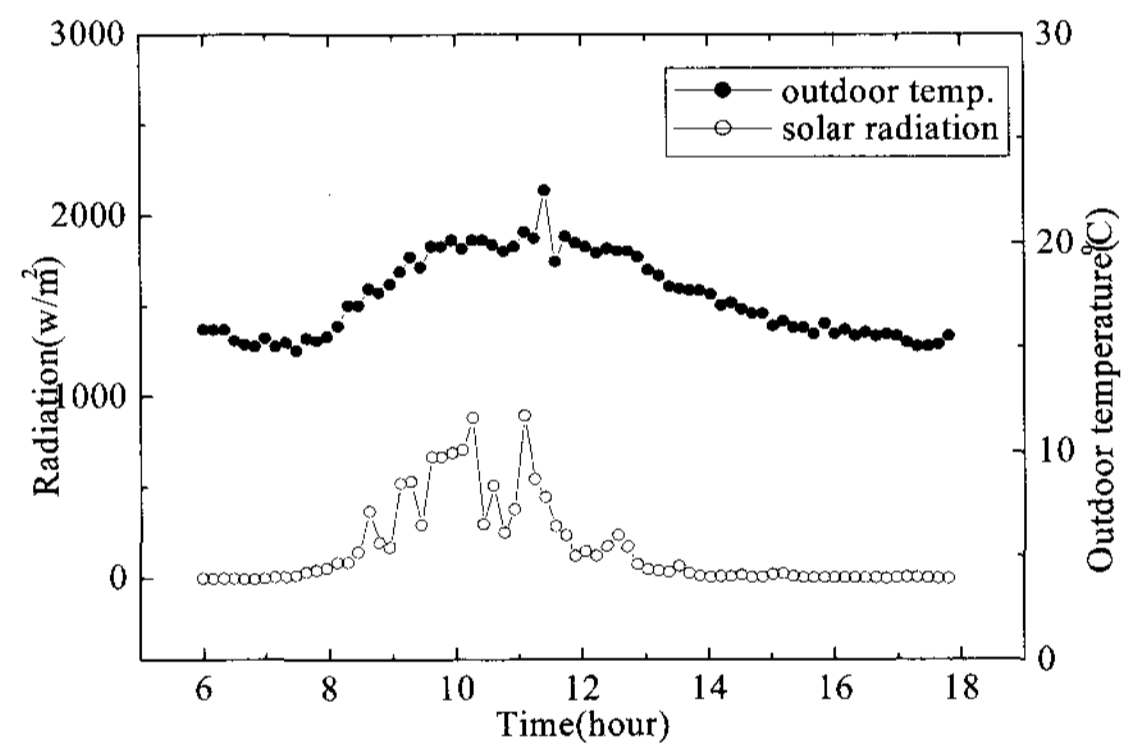


그림 5. 일사량과 외기온도의 변화

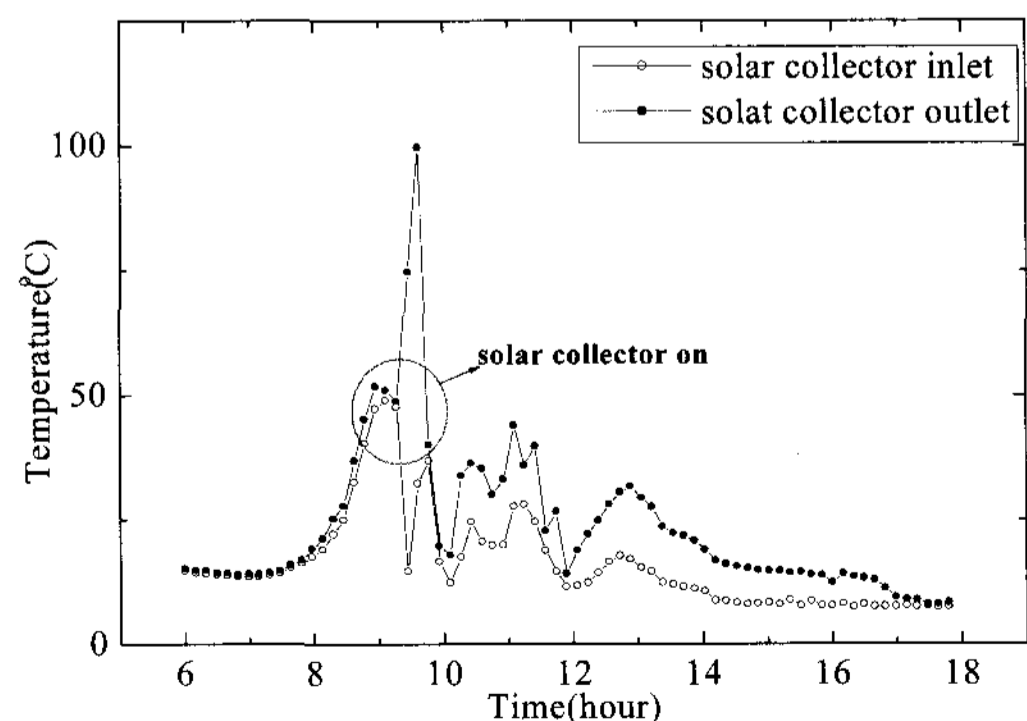


그림 6. 집열기 입·출구온도변화

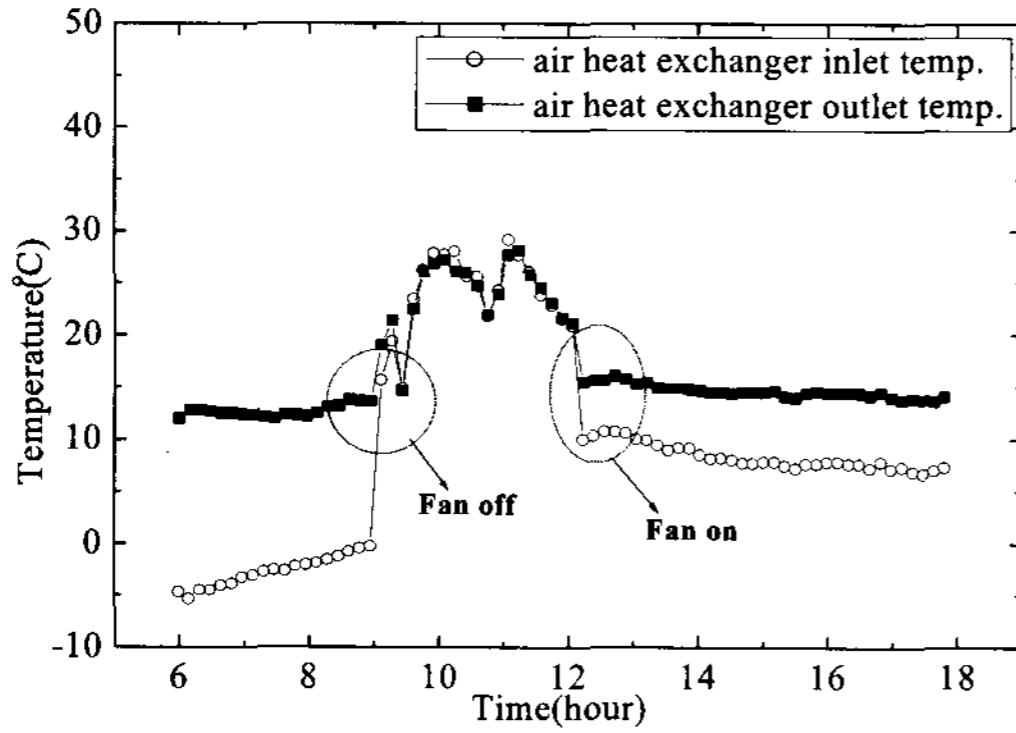


그림 7. 공기열원 입·출구온도의 변화

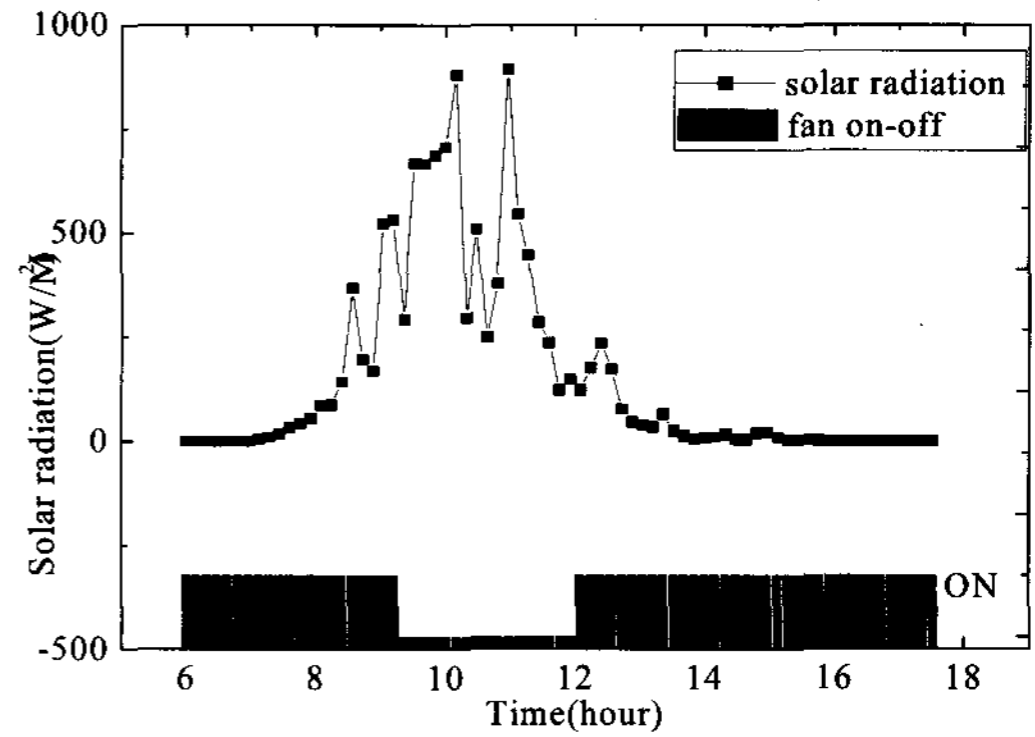


그림 8. 일사량의 변화에 따른 공기열원 열교환기 운전상태

그림 8은 태양열 집열기와 공기열원 열교환기의 선택적 제어시간을 나타내는 것으로 일사량과 공기열원 열교환기 작동상태를 나타내고 있다. 공기열원 열교환기는 전체 운전 중 77%로 운전되었고, 태양열 집열기로의 운전은 23%로 운전되었다. 일사량이 없는 새벽시간대는 열교환기의 운전이 진행되며, 일사량이 풍부한 경우에는 태양열 집열기로 운전된다. 하지만 14시 이후에는 강우의 영향으로 일사량이 감소함에 따라 공기열원 열교환기로의 운전이 계속됨을 알 수 있다.

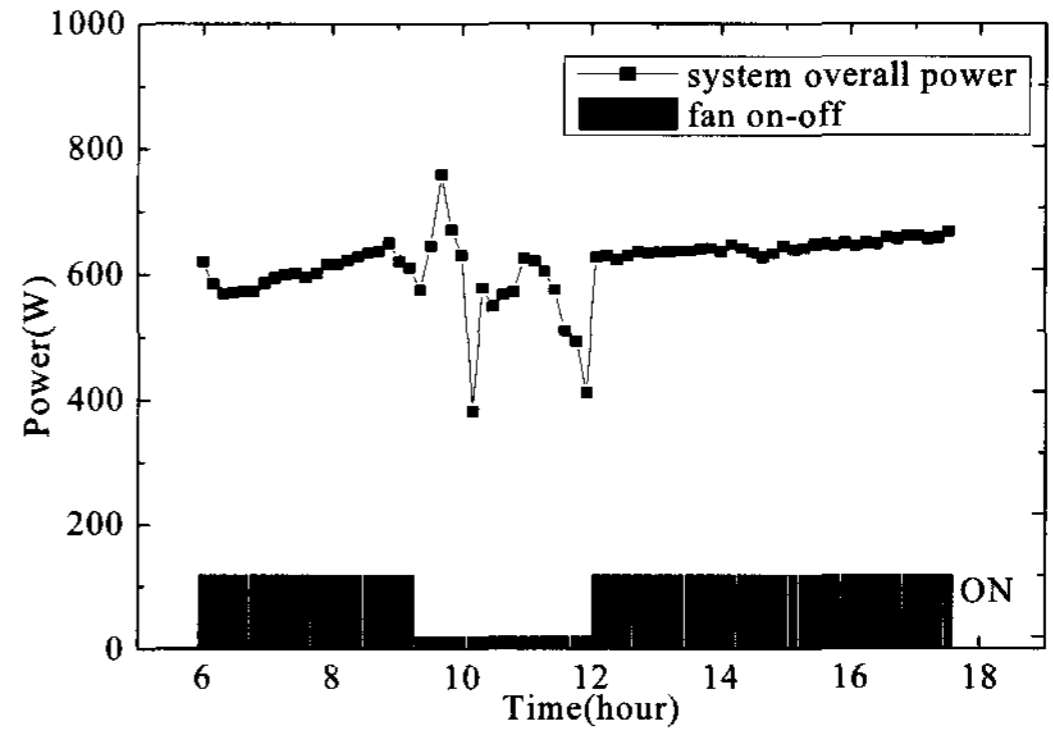


그림 9. 시간에 따른 소비전력의 변화

### 3.2 열펌프의 운전 및 축열부 온도특성

그림 9는 압축기에서 사용되는 소비동력과 관련된 그래프이다. 이른 아침시간에는 공기열원 열교환기가 작동함으로 인해 열원의 온도가 낮다. 이것으로 인하여 압축기 소비전력이 낮아지지만, 이후 태양열 집열기로 운전됨으로서 열원의 온도가 높아져서 소비전력이 감소하게 된다.

하지만 강우의 영향으로 인해 태양열 집열기의 운전이 정지되고 공기열원 열교환기로 운전됨으로서 태양열 집열기의 운전에 비해 소비전력은 증가하고, 전체적인 소비전력의 패턴은 무부하 상태의 운전으로 상승곡선을 보이고 있다.

그림 10은 축열조내의 온도 그래프로서 축열조에 온도는 운전시작 후 12시간 후에는 설정온도인 50°C에 도달하였다. 하지만 그림 10에 표시한 것

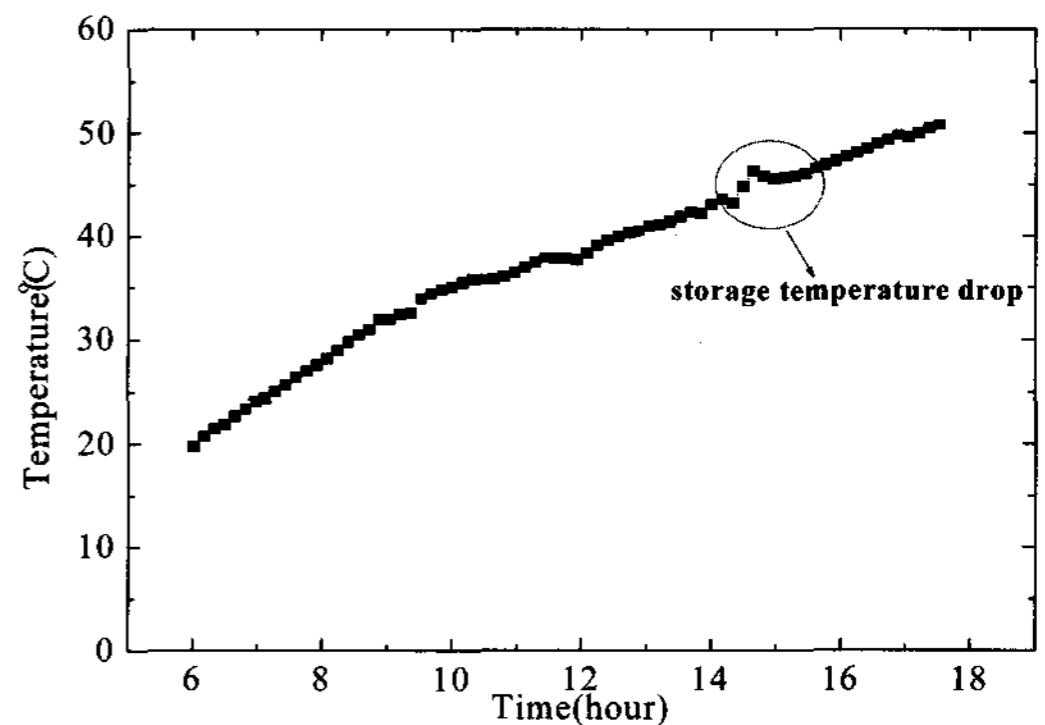


그림 10. 시간에 따른 축열조의 온도변화

과 같이 오후 15시 이후에 강우의 영향으로 축열조내의 온도가 약 2°C의 온도하강 곡선을 보이고 있다. 이는 축열조 내의 온도가 비의 영향으로 인해

열손실이 발생했기 때문이다. 하지만 축열조 내의 온도가 감소하다가 다시 축열조 내의 온도가 상승하며 목표치에 도달하는 것을 알 수 있다. 그림 10의 그래프에 알 수 있듯이 외기 조건에 상관없이 안정적인 열원공급을 할 수 있다는 것을 알 수 있다.

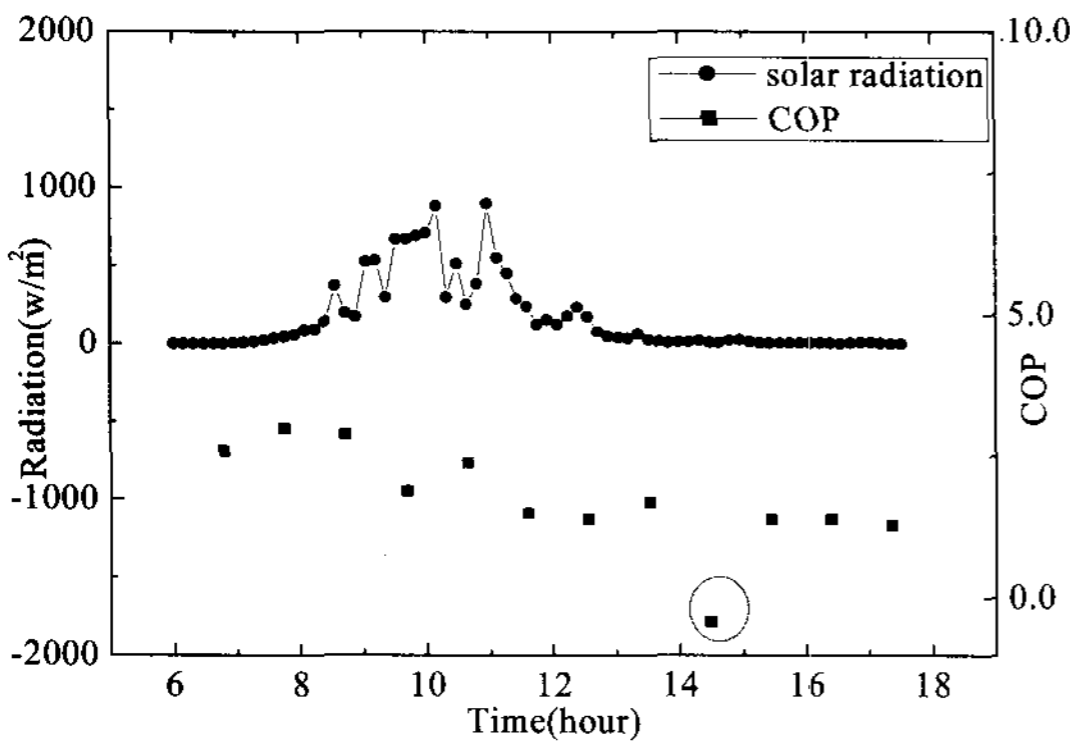


그림 11. 일사량의 변화에 따른 COP변화

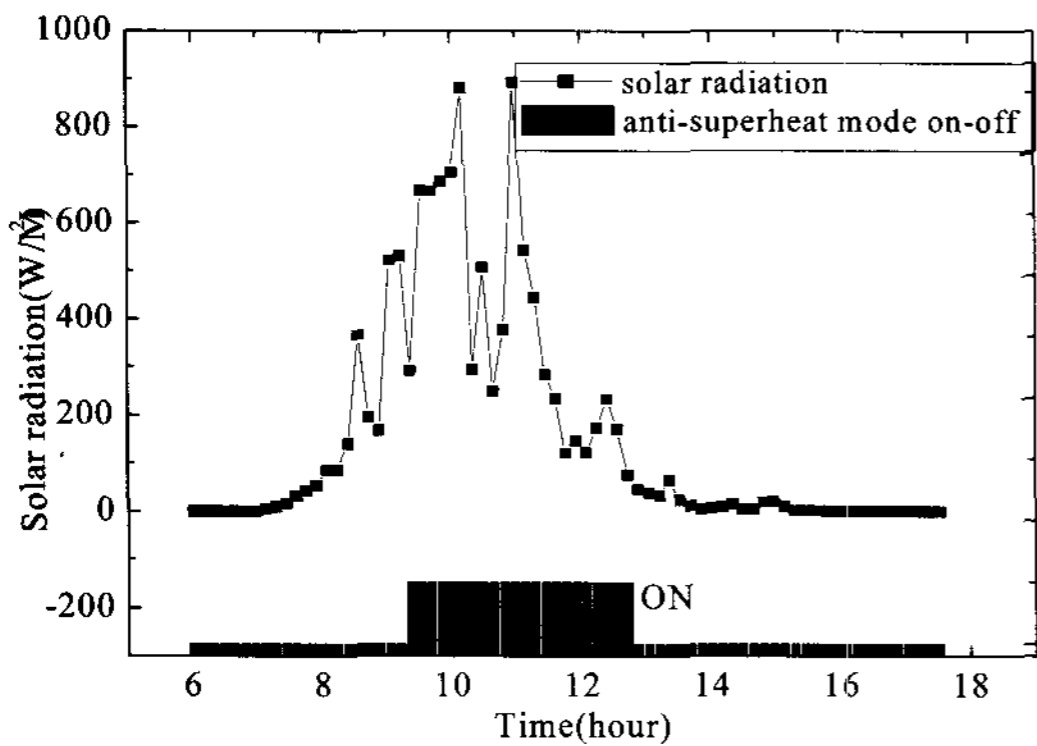


그림 12. 일사량에 따른 과열방지 운전

그림 11은 복합열원 난방시스템의 운전 시에 COP의 변화로써 평균 COP는 1.67이며 이는 강우의 영향으로 축열조내의 온도가 감소했기 때문이다. 전체적인 COP의 경향은 소비전력의 지속적인 증가로 인해 감소하는 것을 알 수 있다.

또한 공기열원 열교환기의 운전 시 평균 COP는 평균 1.5이며, 태양열 집열기의 운전시의 COP는 1.8로서 태양열 집열기의 운전시의 COP가 다소

높게 나타났다.

하지만 전체적인 COP의 변화는 무부하상태의 운전으로 인해 하강하는 패턴을 보이고 있다. 또한 그래프에 표시한 COP는 강우의 영향으로 축열조 온도가 하강시의 COP로써 다른 시간에 비해 상대적으로 낮은 COP를 나타내고 있다.

그림 12는 과열방지 운전에 대한 그래프로써 그림 12에서 나타낸 바와 같이 태양열 집열기의 운전에서는 대부분이 과열방지운전 모드가 진행 되었으며 이는 과열운전 태양열 집열기의 입·출구온도차가 설정온도이상으로 계속적으로 운전됨을 알 수 있다.

### 3.3 복합열원 난방시스템의 열원에 따른 운전특성

그림 13은 일사량에 따른 본 시스템의 COP에 관한 그래프이다. 그래프에서 나타낸 일사량이 200-400 W/m<sup>2</sup>의 범위에서 최고의 COP를 보이고 있으며, 일사량이 과도할 시에는 시스템의 용량을 초과하여 오히려 COP를 감소시키는 요인으로 작용하고 있다. 이는 시스템의 설계 시 태양열 집열기와 열펌프의 용량 선정 시 열펌프의 용량을 충분히 열원을 사용할 수 있도록 설계되어야 한다는 것을 알 수 있다.

그림 14는 외기온도에 따른 COP의 관한 그래프이다. 그래프에 나타난 바와 같이 외기온도 상승 시 열펌프의 COP도 증가하는 경향을 보이고 있다. 태양열원과 공기열원의 COP를 비교할 때 전반적인 COP는 태양열원을 이용하는 경우가 더 높게 나타난다. 이것은 태양열원의 온도가 공기열원의 온도보다 높음으로서 열펌프의 저압을 상승시켜 시스템의 소비전력을 감소시키기 때문이다.

### 3.4 집열기 효율 및 COP

그림 15는 일사량에 따른 태양열 집열기 효율 및 시스템의 COP에 관한 그래프이다. 태양열 집열기의 효율은 일사량이 200-400 W/m<sup>2</sup>의 범위에서 최고의 효율을 나타내고 있다. 이는 열펌프의 시스템의 용량이 태양열 집열기의 용량보다 작기

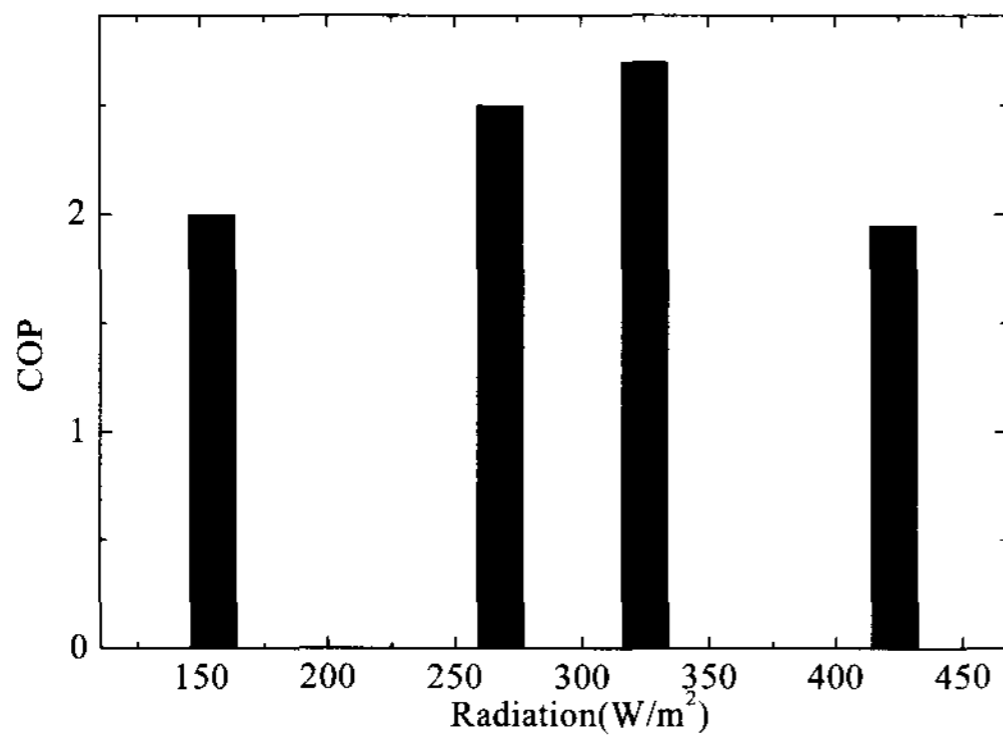


그림 13. 일사량에 따른 COP변화

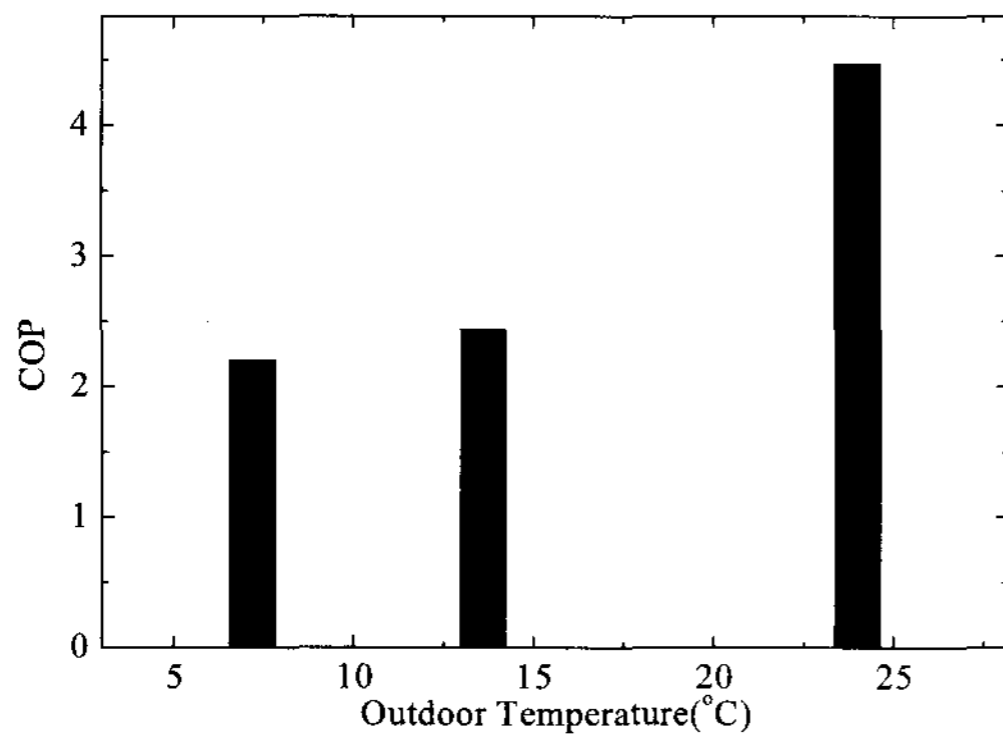


그림 14. 외기온도에 따른 COP변화

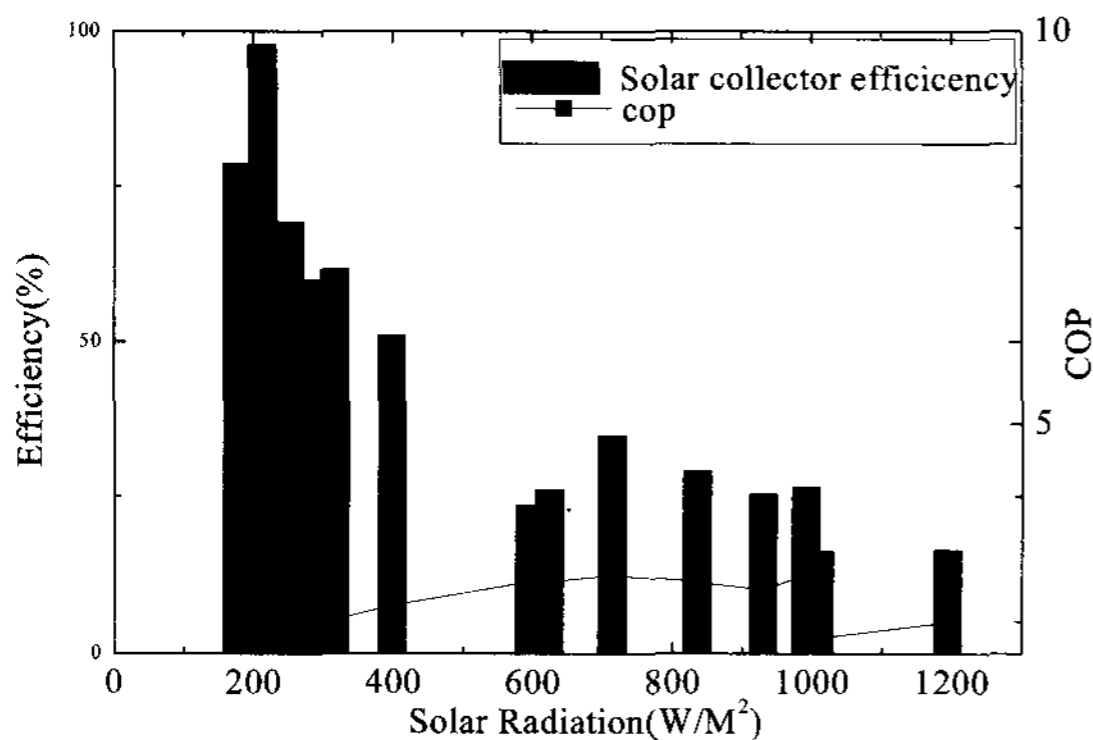


그림 15. 일사량에 따른 집열기 효율 및 COP변화

본 연구와 같이 집열기를 직접 열펌프의 열원으로 사용하는 방식의 경우에는 일사량에 따라서 COP는 달라지지만 약 2.0~3.0의 범위에서 작동하는 것을 알 수 있으며, 축열조를 부가적으로 사용할 경우에는 약 3.0이상의 성능을 기대할 수 있으나 부가적으로 축열조가 필요하며, 공간상의 제약도 따르게 된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 선행연구(5)로 이루어진 태양열 집열기에 작동유체를 R-22냉매를 사용함으로써 겨울철 동파를 방지하고 공기열원 열교환기를 이용하여 일사량이 부족 시에 열펌프에 계속적으로 열원을 공급할 수 있는 복합열원 난방시스템의 문제점을 수정·보완하였으며, 이를 통하여 얻어진 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 선행연구에서 개발된 복합열원 난방시스템의 성능과 본 연구의 과열방지기술을 적용한 복합열원 난방시스템의 COP는 2.0 ~ 3.0의 범위로써 기존시스템의 성능을 떨어뜨리지 않으면서도 선행연구의 가장 큰 문제점인 열펌프의 과열을 방지할 수 있다.
2. 복합열원 난방시스템에서 태양열집열기를 이용할 경우에 과열상태로 운전되는 비율이 전체 시스템운전의 44%인데 반하여 본 연구에서 개발한 과열방지기술을 적용할 경우에는 과열운전이 발생하지 않는다.
3. 복합열원 난방시스템의 실증실험으로부터 태양열원을 이용한 운전의 경우에 일사량이 200~400 W/m<sup>2</sup>의 범위에서 상대적으로 높은 COP를 보이고 있다. 이를 통하여 시스템의 최대 성능은 일사량과 관련 있으며, 주어진 일사량을 최대한 흡수할 수 있는 태양열 집열기의 용량을 압축기 용량에 대하여 최적화시켜야 하며, 이에 관련된 연구가 수행되어야 한다는 것을 알 수 있다.

때문이며, 이는 시스템의 설계 시 열펌프의 용량선정이 전체 시스템의 중요한 인자가 된다는 것을 알 수 있다.



### 참 고 문 헌

1. Y. H. Kang, Y. S. Yang, "Development of Solar Technology in Korea," Solar Energy, Vol. 18, No. 2, pp. 1-7, 1998
2. Xu Guoying, Zhang Xiaosong, Deng Shiming, "A Simulation Study on the Operating Performance of a Solar-air Source Heat Pump Water Heater," Applied Thermal Engineering, Vol. 26, pp. 1257 -1265, 2006
3. H. Z. Abou-Ziyan, M. F. Ahmed, M. N. Metwally and H. M. Abd E-Hameed, "Solar-assisted R22 and R134a Heat Pump Systems for Low-temperature Applications," Applied Thermal Engineering, Vol. 17, No. 5, pp. 455-469, 1997
4. C. D. Kim, I. J. Hwang, T. W. Lee, J. Lee "Performance of a Heat Pump System with Solar Thermal Storage," SAREK 1999 Winter Conference, pp. 265-272, 1999
5. C. D. Kim, L. W. Nam, J. Lee, "An Operation Characteristics Study of the Solar Source Inverter Heat Pump," SAREK 1999 Summer Conference, pp. 521-526, 1999
6. J. Y. Kim, G. S. Ko, Y. C. Park, "A Study on the Operating strategic for Solar Assisted Heating System with Refrigerant as Working Fluid," Journal of the Korea Solar energy Society, Vol. 25, No. 4, pp. 37-44, 2005
7. G. S. Ko, J. Y. Kim, Y. C. Park, "Solar Assisted and Air Heat Source using Multi Source Heat Pump System," The Korea Society Power System Engineering 2005 Winter Conference, pp. 67-72, 2005