

봄철 태양열 하이브리드 시스템의 성능특성 연구

표 종 현, 김 원 석, 조 홍 현*, 박 차 식**

조선대학교 기계공학과, * 조선대학교 기계공학과, **호서대학교 자동차공학과

Study on the Performance Characteristics of Hybrid Solar Heating System during Spring Season

Jong-Hyun Pyo, Won-Seok Kim, Honghyun Cho*, Cha-Sik Park**

Graduate School, Chosun University, Kwangju 501-759, Korea

*Department of Mechanical Engineering, Chosun University, Kwangju 501-759, Korea

**Department of Automotive Services, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

(Received July 30, 2009; revision received March 9, 2010)

ABSTRACT: An experimental study was carried out to investigate performance characteristics of the hybrid solar system during spring season. The system operating condition, each load, and heat pump performance were analyzed with the cloud cover. As a results, the collector heat, solar fraction, and hot water load were decreased with a rise of the cloud. The heating load was considerably effected by the ambient temperature regardless of the cloud cover. Besides, the temperature of hot water increased with the solar radiation. The COP of the heat pump was significantly influenced by the ambient temperature, that was 2.09~2.46 for gray day and 1.94~2.71 for fair day, respectively.

Key words: Solar heating system(태양열시스템), Hot water(급탕), Cloud cover(운량), Solar fraction(태양열 의존율), Collector(집열기), COP(성능계수)

기 호 설 명

A : 면적 [m^2]
 C_p : 정압비열 [$W/^\circ C Kg$]
 F_R : 열전달비
 G : 일사량 [kWh/m^2]
 G_T : 평균일사량 [kWh/m^2]
 m : 질량 [kg]
 Q_C : 집열기 열량 [kWh]
 Q_{heat} : 난방 열량 [kWh]
 Q_{hot} : 급탕열량 [kWh]
 SFC : 태양열 의존율 [%]

U_L : 열손실계수 [$W/m^2^\circ C$]
 W : 소비전력 [kWh]
 ΔT : 집열기 입·출구온도차 [$^\circ C$]
 ΔT_{on} : 차운 제어기 작동온도차 [$^\circ C$]
 ΔT_{off} : 차운 제어기 정지온도차 [$^\circ C$]

1. 서 론

최근 고유가 상황에 따른 에너지 위기론과 생활 수준의 향상에 따른 에너지 소비가 증대되어 친환경 경 기술에 대한 관심이 증가하고 있으며 이에 신재생에너지를 이용한 기술개발에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 이는 국내의 에너지 수입 의존도가 높고 앞으로 CO₂ 배출량에 따른 규제가 강화되는 점을 고려하였을 때, 현 실정에 잘 부합하고

† Corresponding author
+82-62-230-7050; FAX: +82-62-230-7055
E-mail address: hhcho@chosun.ac.kr

이용이 편리하며 무한정 사용할 수 있는 에너지의 개발에 대한 관심이 더욱 필요하다.

그 중 태양열은 무한량(약 50억년)으로 사용 할 수 있으며, 1년 간 지구에서 받는 태양 에너지량은 연간 세계 에너지 소비량의 약 20,000배에 이른다. 즉, 지구가 태양으로부터 1~2주 동안 받는 에너지는 지구상에 매장된 전체 화석연료량과 견줄만한 에너지를 가지고 있다. 이러한 태양에너지를 잘 활용한다면 에너지 수입 의존도 97.6%, 에너지 자급률 3% 미만의 열악한 국내 에너지 수급 및 극복에 큰 도움이 될 것이다.⁽¹⁾ 그러나 태양열은 에너지 밀도가 낮으며 기후변화에 따라 영향을 많이 받으며 에너지 생산이 안정적으로 공급을 못하는 문제점을 가지고 있기도 하다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 개발된 태양열 하이브리드 시스템은 일사량이 충분할 경우 집열기에서 태양열을 흡수하고, 일사량이 부족한 경우에는 태양열과 열펌프를 이용하여 획득한 열을 급탕과 난방을 위하여 동시에 이용하는 고효율 기술이다.

태양열원과 열펌프가 결합된 하이브리드형 난방 시스템에 관하여 Xu et al.⁽²⁾는 중국 난징(Nanjing) 시 지역의 기후데이터를 바탕으로 태양열원과 공기 열원을 이용하여 150ℓ 용량의 축열탱크 온도를 55℃까지 상승시키기 위한 연구를 수행하였다. 또한 Baeck et al.⁽³⁾은 이중 열원식 열펌프 시스템의 성능 해석을 위해 TRNSYS 프로그램을 이용하여 해석하였으며 Park et al.⁽⁴⁾은 축열펌프의 제어방식의 변경에 따라 축열성능을 실험한 결과 열펌프를 사용한 경우에 에너지 이용효율을 높일 수 있고 난방 운전 중 가동시간 단축을 가져온다고 밝혔다. 하지만 열펌프를 이용한 봄철 태양열 하이브리드 시스템의 운전특성에 대한 실험적 연구는 드문 편이며 아직까지는 실제 사용을 고려한 효율적인 시스템의 개발에 대한 연구는 미흡하다.

따라서 본 논문에서는 봄철 경제적이고 효율적인 태양열 하이브리드 시스템을 설계하여 2009년 4월부터 5월까지의 운전조건에 따른 태양열 하이브리드 열펌프 시스템의 성능특성 대한 실험적 연구를 진행하였다. 이를 위하여 운량에 따른 집열기 성능과 집열기의 열량 대한 분석을 진행하였고 급탕부하에 따른 축열탱크의 성능특성을 파악하기 위해 태양열 의존율과 각각의 부하량을 분석하였다. 또한, 열펌프의 운전에 따른 시스템 성능변화에 대한 연구를 위해 열펌프의 COP와 소요동력의 변화를 고찰하였다. 본 연구를 통하여 고효율 태양열 하이

브리드 열펌프 시스템 개발에 필요한 시스템 성능 및 운전특성에 관한 기본적인 데이터를 제공 할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

본 연구에서 설계된 태양열을 이용한 하이브리드 열펌프 시스템의 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 일사량계는 집열기의 설치각도와 동일하게 설치하여 실제 측정과 유사한 값을 측정할 수 있도록 설치하였으며, 축열탱크는 2개의 열 교환기(집열용, 급탕용)가 내장된 형태로 설계하였다. 태양열 집열기는 중온 범위에서 안정적으로 작동하고 건물의 난방 및 냉방용으로 적합한 이중진공관형 집열기를 사용하였으며, 이중진공관형 집열기는 정남향으로 설치하였다.

또한, 축열탱크의 열매체 펌프를 통하여 축열탱크 내부에서 열을 축적할 수 있도록 설계하였으며, 보조열원으로 난방용량이 5 RT인 R-22 열펌프를 사용하였다. 실험에 적용된 실내공간은 4인 기준 24평(79.34 m²)으로 설정하였으며 이 공간의 효율적인 난방을 위해 FCU(8,720 kcal/h) 3개를 설치하여 실내 설정온도에 따라 작동하도록 구성하였다. 시스템의 각 부위의 온도측정을 위해 T-type의 열전대를, 흐르는 물의 유량 측정을 위해 유량계를, 사용하는 전력 측정을 위해 전력계산계(power meter)를 설치하여 실험을 수행하였다. Table 1은 본 연구에서 사용된 시스템의 구성요소들에 대한 제원을 보여주고 있으며, 시스템의 성능 측정을 위해 주요 위치에 설치된 측정기기들의 제원을 Table 2에 나타내고 있다.

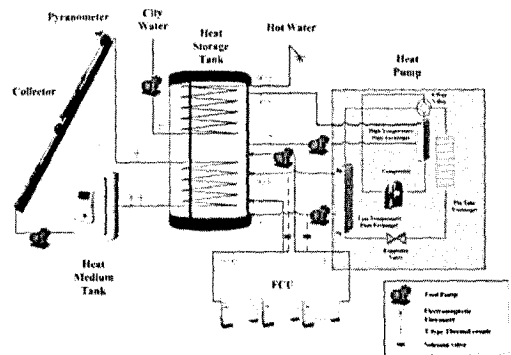


Fig. 1 Schematic diagram of the hybrid solar heating system.

Table 1 Specification of solar heat system

Parameter		Specification
Collector	Area	1.98 m ² /ea
	Unit	8
	Slop	45°
	$F_R(\tau\alpha)$	0.773
	$F_R U_L$	2.284
Storage tank	Type	Vertical cylinder
	Capacity	1.5 ton
Medium tank	Capacity	120 ℓ
Controller	Type	Digital difference temperature control
	ΔT_{on} , ΔT_{off}	10°C, 3°C
Heat pump	Heating capacity	5 RT

Table 2 Specification of measuring instrument

Measuring instrument	Model	Accuracy
Flowmeter	Primo advanced 20A	0.25%
	Primo advanced 25A	0.25%
	E-MAG	0.5%
	RHM 04	0.1%
Thermometer	T-type Thermocouple	0.05%
	HF5	0.1%
Data logger	DA-100	0.05%
Radiation Sensor	QMS101	0.15%

2.2 실험 조건 및 방법

태양열 집열기와 순환펌프의 원활한 구동을 위해 차온 제어기를 사용하였으며 시스템의 효율적 운영을 위하여 열매체 펌프의 작동은 집열기 출구 열매체와 축열탱크의 온도차가 10°C 이상일 때 작동하고 온도차가 3°C 이하일 때 펌프의 작동을 중지하도록 제어하였다. 집열판으로부터 얻어진 열량을 계산하

Table 3 Hot water usage time and capacity

Type	Usage time	Hot water capacity
Time 1	8 : 00 ~ 9 : 00	80 ℓ
Time 2	12 : 00 ~ 13 : 00	60 ℓ
Time 3	17 : 00 ~ 18 : 00	80 ℓ

기 위해 열매체 탱크에서 축열탱크로 흐르는 유체의 유량을 측정하였으며, 열펌프에서 소비되는 전력량을 계산하기 위해 전력측산계(power meter)를 이용하여 열펌프의 전력량을 측정하였다. 또한, 난방부하의 측정을 위해 FCU 입구와 출구에서 작동유체의 유량과 온도를 측정하여 각 부분의 부하를 계산하였다. 운량 변화에 따른 시스템 운전특성을 고찰하고 흐린 날과 맑은 날의 시스템성능을 파악하기 위해 실내 설정온도를 25°C, 축열탱크 하부온도를 48°C 이하로 설정하여 열펌프의 운전조건을 설정하였다. 또한, 급탕부하에 따른 시스템 성능연구를 위해 ASHRAE⁽⁶⁾의 설계조건을 고려하여 4인 가족 220 ℓ를 기준 급탕량으로 설정하였다.

Table 3은 본 연구에서 설정된 시간에 따른 급탕 사용량을 나타내고 있다. 운량에 따른 시스템 성능 분석을 위해 기상청에서 제시한 운량의 데이터를 근거로 운량이 5 미만일 때와 5 이상일 때로 나누어 성능을 분석하였다. 또한, 축열탱크와 열펌프의 성능특성을 파악하기 위해서 주어진 운량조건과 동일한 조건하에서 얻은 실험데이터를 고찰하였다. 시스템 작동 시 주요 부분에서의 데이터 획득은 각 측정 위치에서의 자료를 5분마다 정보수집기(Data logger)를 이용하여 저장하였으며, 집열량의 산정은 차온 제어에 의해 집열부 펌프가 작동되는 시점을 기준으로 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 운량에 따른 시스템 성능특성 분석

운량에 따른 시스템의 운전조건을 분석하기 위하여 실험장치의 설치장소와 근거리에서 존재하는 광주 기상청의 운량 데이터를 기준으로 측정일의 운량이 5 미만일 경우에는 맑은 날, 5 이상일 경우에는 흐린 날로 나누어 시스템 성능을 고찰하였다.

Fig. 2는 흐린 날의 일사량과 외기온도를 보여주고 있다. 실험 기간 중 최저 일사량은 1.16 kWh/m²

로 나타났고, 외기온도와 크게 상관없이 운량이 10에 가까워질수록 일사량은 적은 것으로 확인되었다. 특히 운량이 적은 4월 25일의 외기온도는 10°C 이하로 매우 낮은 온도를 나타냈다. 또한 흐린 날의 평균 일사량은 2.41 kWh/m², 외기온도는 13.7°C로 확인되었다.

Fig. 3은 흐린 날의 집열량과 집열기의 효율을 보여 주고 있다. 여기서 집열기의 효율은 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$\eta = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{A \cdot G} \quad (1)$$

운량이 9.4이상인 날 즉, 일사량이 2.09 kWh/m²

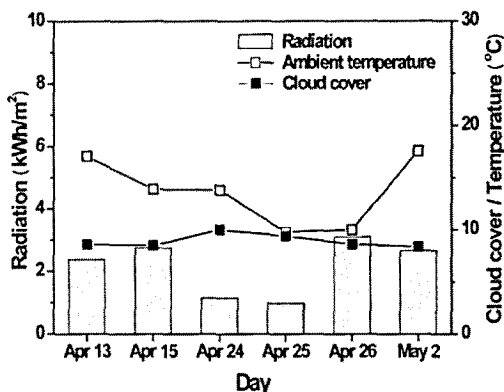


Fig. 2 Variations of the solar radiation, cloud cover and ambient temperature for gray day.

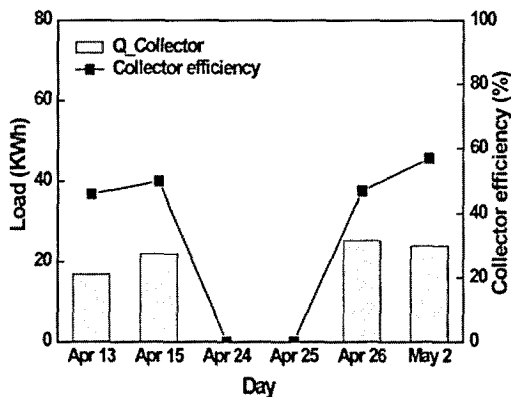


Fig. 3 Variations of the collector heating and collector efficiency for gray day.

이하인 4월 24일과 25일에는 일부분의 일사량은 존재 하였으나 집열기 출구의 열매체와 축열탱크 상단부와의 온도차가 10°C보다 적어 집열펌프가 차온 제어에 의해 작동하지 않고 이에 본 시스템에서 원하는 집열량을 충분히 얻지 못하여 집열기에서 발생된 열량을 실제 시스템의 열원으로 사용하지 못한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 설계된 시스템의 경우 태양열을 사용하기 위해서는 최소한 2.09 kWh/m² 이상의 일사량이 요구됨을 확인하였다. 또한, 태양에너지를 이용하지 못한 날을 제외한 나머지 날의 집열기 효율은 평균적으로 약 50% 정도로 나타났으며 이 때 평균 집열량은 21.98 kWh로 확인되었다.

Fig. 4는 맑은 날의 일사량과 외기온도의 변화를

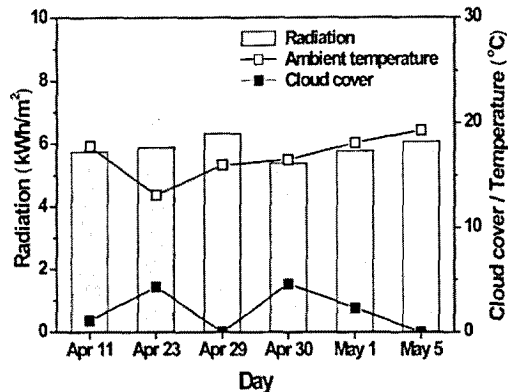


Fig. 4 Variations of the solar radiation, cloud cover and ambient temperature for fair day.

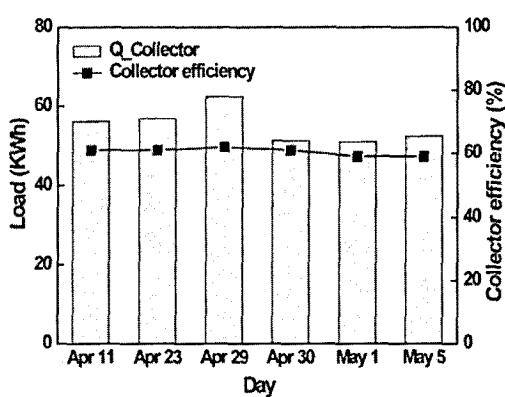


Fig. 5 Variations of the collector heating and collector efficiency for fair day.

여주고 있다. 최대 일사량은 6.31 kWh/m²로 흐린 날의 최저 일사량에 비하여 5.5배 이상 크게 나타났으며, 맑은 날 역시 흐린 날과 비슷하게 외기온도에 따른 일사량의 영향은 적은 것으로 나타났다. 맑은 날은 큰 복사열로 인하여 흐린 날에 비하여 높은 외기온도인 14~20℃ 사이의 온도분포를 나타냈으며 봄철 날이 진행될수록 외기온도는 높아졌다. 이 기간 중 평균 일사량은 5.76 kWh/m²로 확인되었다.

Fig. 5는 맑은 날의 일사량과 외기온도의 변화를 보여주고 있다. 운량이 5미만인 날은 전체적으로 일사량과 집열량의 운전변화가 유사한 것으로 나타났고, 집열량 차이 또한 크지 않은 것으로 확인되었다. 집열기 효율은 평균 60.5% 정도로 나타났는데 이는 흐린 날에 비하여 약 10% 이상 높은 효율을 가지는 것으로 확인되었다. 또한, 집열량은 평균 56 kWh로 흐린 날 중 태양에너지를 받지 못하는 경우를 제외한 날의 집열량 평균값보다 약 2.6배 높은 것으로 확인되었다.

3.2 운량에 따른 시스템 성능특성 분석

운량에 따른 시스템 성능특성을 분석하기 위하여 축열탱크로 공급되는 열량인 집열량과 소비되는 열량인 난방부하, 그리고 급탕부하의 데이터를 분석하여 시스템 성능 특성을 분석하였다.

Fig. 6은 흐린날의 급탕부하, 난방부하, 그리고 집열량 및 태양열 의존율에 대한 변화를 보여주고 있다. 여기서 태양열 의존율은 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$f = \frac{Q_{collector}}{Q_{heating} + Q_{hotwater}} \quad (2)$$

흐린 날 중 집열량을 받지 못한 날을 제외한 평균 집열량은 22 kWh, 태양열 의존율은 24.6%로 나타났다. 흐린 날 중 4월 24일과 25일의 태양열 의존율은 0인데 그 이유는 앞에서 언급한 것과 마찬가지로 많은 운량으로 인하여 집열기에서 충분한 열매체의 온도상승을 유도하지 못했기 때문에 태양열 의존율이 없는 것으로 나타났다. 흐린 날의 경우에 평균 난방부하는 176.5 kWh로 확인되었으며 시스템에서 차지하는 비율은 85%로 급탕에 비해 시스템에서 차지하는 영향이 상대적으로 큰 것으로 확인되었다. 또한, 매일 동일한 양의 급탕온수를 제

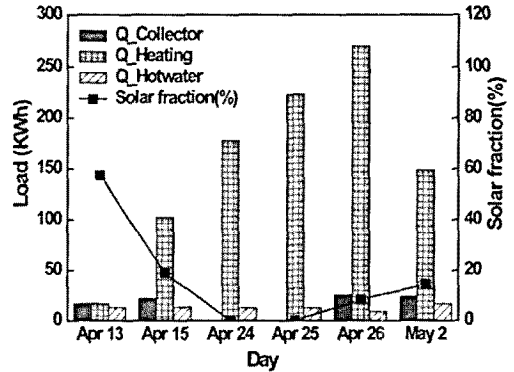


Fig. 6 Variations of the collector heating, heating load, hot water heating and solar fraction for gray day.

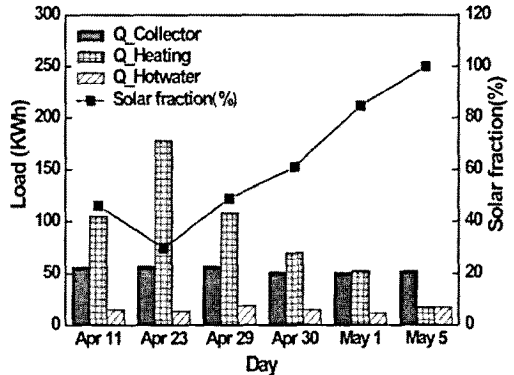


Fig. 7 Variations of the collector heating, heating load, hot water heating and solar fraction for fair day.

거해 주었음에도 불구하고 일일 급탕 부하가 12.4~16.9 kWh로 다르게 나타난 이유는 본 시스템의 제어 특성상 온수의 온도를 일정하게 제어를 할 수 없었기 때문이다. 본 시스템의 경우 급탕용 열교환기가 위치하는 축열탱크 상단부의 온도에 따라 급탕온수의 온도가 변화되고 이에 계산된 급탕부하도 다르게 나타난다. 따라서 축열탱크에서 급탕용 열교환기의 구조와 위치가 시스템의 부하특성 중 급탕부하에 미치는 중요함을 확인할 수 있었다.

Fig. 7은 맑은 날의 급탕부하, 난방부하, 그리고 집열량 및 태양열 의존율에 대한 변화를 보여 주고 있다. 맑은 날의 경우 평균 집열량은 56.1 kWh, 난방부하 88.6 kWh, 급탕부하 15.3 kWh, 그리고 태양열 의존율은 약 61.7%로 나타났다. 맑은 날 중 5월

5일에는 태양열 의존율이 100%로 나타났는데 이는 맑은 날의 외기온도가 실내설정 온도와 유사하게 높게 형성하여 난방부하가 17.5 kWh로 다른 날에 비하여 적어 태양열에 의한 의존율이 100%로 나타났다. 이 때 급탕부하는 17.4 kWh로 시스템에서 차지하는 비율은 약 50%로 매우 높게 나타났다. 흐린 날에 비하여 맑은 날에 급탕부하가 차지하는 비율이 높기 때문에 흐린 날과 맑은 날에 따라 급탕부하를 효과적으로 운전 할 수 있는 제어가 필요하다고 사료된다. 맑은 날의 경우 일사량과 외기온도가 흐린 날에 비하여 높게 나타나 집열량이 크게 나타났지만 난방부하는 상대적으로 낮게 나타났다. 이로 인하여 맑은 날의 경우 전체부하 중 태양열 의존율이 높게 나타났으며 흐린 날의 경우 일사량과 외기온도가 낮아 태양열 의존율이 상대적으로 낮게 나타나는 것을 확인하였다.

Fig. 8은 흐린 날의 일사량과 급탕온도를 나타내고 있다. 흐린 날의 경우 일사량이 평균 2.41 kWh/m²로 적어 축열탱크에서 충분히 열을 얻지 못하는 것으로 확인되었다. 또한, 흐린 날의 온수온도는 평균 51.4°C로 아침과 점심, 저녁에 상관없이 쓰이는 온수들의 온도가 거의 일정하게 나타났다. 특히 4월 24일과 4월 25일 날에는 일사량이 거의 없었기 때문에 온수의 시간대 별 온도 차이는 3°C 이내로 나타났으며 일사량이 적을수록 열펌프에 의하여 제공되는 급탕온수의 온도차가 작아지는 것을 확인하였다. 그러나 Fig. 9와 같이 맑은 날의 급탕온도는 해가 떠있는 동안에 충분히 열을 받아 축열탱크에서 물의 온도가 높게 형성되었기 때문에 평균 아침은

도는 51.2°C, 점심온도 59.7°C, 저녁온도 68.2°C로 점점 증가하는 것을 확인할 수 있었으며 급탕온도가 흐린 날에 비하여 상대적으로 높게 형성됨을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 설계된 시스템의 특성을 고려하였을 때 높은 시스템의 효율을 유지하면서 최적의 운전을 하기 위한 급탕온도를 흐린 날은 적절히 낮은 값으로, 맑은 날은 상대적으로 높은 값으로 설정하여 시스템의 부하에 따라 운전될 수 있도록 시스템을 제어할 필요성이 있다.

3.3 운량에 따른 열펌프의 운전특성 분석

흐린 날과 맑은 날의 외기온도에 따른 열펌프의 소요동력과 COP를 분석함으로써 열펌프의 운전 특성을 고찰하였다. Fig. 10은 흐린날 중 4월 25일 하루 동안의 열펌프 소요동력, 외기온도, 그리고 COP의 변화를 나타내고 있다. 흐린 날의 경우에 집열기에서 충분한 집열을 하지 못하므로 열펌프가 낮과 밤 동안 지속적으로 운전되는 것으로 확인되었다. Fig. 10에서 보는 것과 같이 4월 25일에 열펌프가 거의 하루 동안 지속적으로 운전하였는데 그 이유는 축열탱크 하부의 설정온도 값인 48°C 이하가 되었을 경우 열펌프에 있는 펌프 중 축열탱크 하단부의 물을 순환하는 펌프가 3분에 한번 작동되어 축열탱크 하단부 물을 순환시키고 열펌프가 작동하여 축열탱크 하부의 온도를 48°C로 유지하도록 제어되기 때문에 4월 25일 같이 낮은 일사량과 외기온도인 조건에서는 축열탱크 하부의 설정온도를 일정하게 유지하기 위하여 열펌프가 지속적으로 단속운전

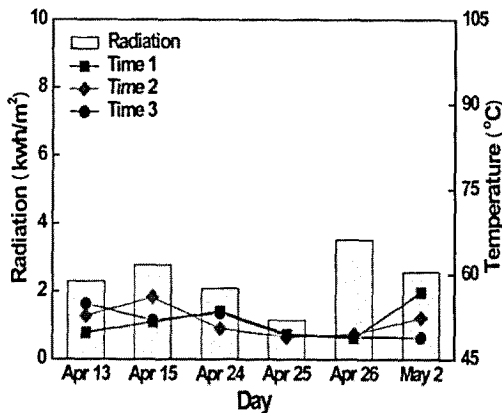


Fig. 8 Variations of the radiation and hot water temperature with time for gray day.

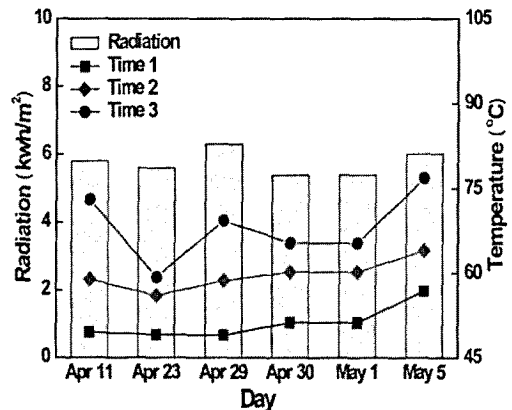


Fig. 9 Variations of the radiation and hot water temperature with time for fair day.

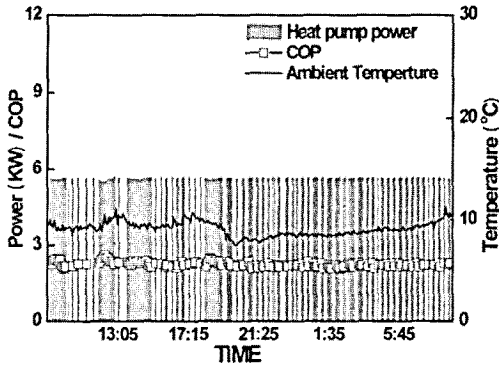


Fig. 10 Variations of the ambient temperature, COP and Heat pump power with time for gray day(April 25).

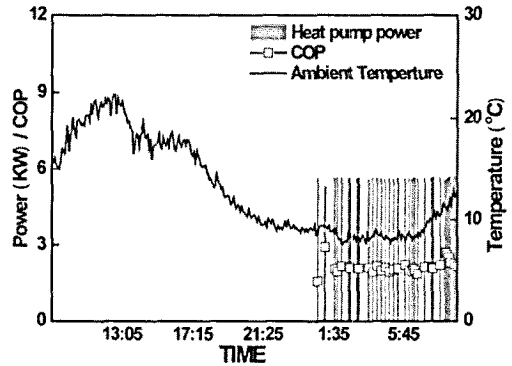


Fig. 11 Variations of the ambient temperature, COP and Heat pump power with time for fair day(April 23).

을 한 것으로 사료된다. 또한, 열펌프의 COP는 2.09 ~ 2.46로 나타났으며 열펌프의 잦은 구동으로 시스템의 효율이 전반적으로 낮은 것으로 확인되었으며 하루 동안에 열펌프의 운전시간 비율은 약 54.2%로 매우 높게 나타났다.

Fig. 11은 맑은 날 중 4월 23일 하루 동안의 열펌프 소요동력, 외기온도, 그리고 COP의 변화를 나타내고 있다. 맑은 날의 낮 경우에는 높은 외기온도와 집열기에서의 충분한 집열로 축열탱크의 열량만으로 난방부하 및 급탕부하를 충분히 담당할 수 있어 낮 동안의 열펌프의 가동은 없었던 것으로 확인되었다. 그러나 밤에 외기온도가 급격하게 낮아짐에 따라 낮 동안의 축열탱크에서 축적된 열량을 사용하고 새벽에 난방부하의 부족분이 발생하여 열펌프가 작동되는 것을 확인할 수 있었다. 맑은 날의 하루 동안 열펌프의 운전시간 비율은 약 12.5% 정도로 흐린 날에 비하여 적게 나타났으며 COP는 1.94~2.71로 나타나 흐린 날에 비해 변동 폭이 커짐을 알 수 있었다. 그 이유는 본 연구에서 사용하는 열펌프는 공기 열원 방식이므로 외기온도에 따라 열펌프가 생산하는 열량은 변화하기 때문이다. 맑은 날의 경우 흐린 날에 비하여 최대온도가 높아 최대 COP가 높게 나타났으며 맑은 날의 외기온도가 흐린 날에 비하여 변화폭이 커 COP의 변화폭도 커진 것으로 사료된다. 열펌프의 운전특성을 분석한 결과 열펌프의 COP는 온량의 차이보다 외기온도변화에 더 큰 영향을 받은 것으로 확인되었다. 기존의 연구⁽⁴⁾에서는 열펌프 COP가 3.0~3.5정도로 나타나 비교적 높은 성능을 보였으나 본 연구에서는 이보다 낮

은 성능을 보였는데 이는 기존의 연구에서 열펌프의 작동은 축열탱크 하부온도가 40°C 이하였으나 본 연구에서는 축열탱크 하부온도를 48°C로 설정하여 실험을 수행하여 높은 축열탱크 하부온도로 주위로의 열손실이 크고 시스템의 비가역성이 증가하여 COP가 낮게 나타나는 것으로 판단된다. 또한, 기존의 연구는 외기온도가 20~25°C에서 열펌프가 가동되었지만 본 연구에서는 외기온도가 10~15°C로 비교적 낮은 온도에서 열펌프를 가동시켜 실험을 수행하였기 때문에 COP가 상대적으로 낮게 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 봄철 하이브리드 태양열 시스템의 운전조건 변화에 따른 성능 특성을 파악하기 위하여 온량의 변화에 따른 운전조건, 시스템 성능, 그리고 열펌프 성능을 분석 및 고찰하였다. 이를 통하여 얻은 결과는 다음과 같다.

- (1) 집열량은 외기온도에 따른 변화는 거의 없는 것으로 나타났으나 온량에 따른 집열량 변화가 상대적으로 크게 확인되었으며 본 연구에서 설계된 태양열 시스템이 태양열을 사용하기 위해서는 최소한 2.09 kWh/m² 이상의 일사량이 필요함을 확인하였다.
- (2) 흐린 날의 평균 태양열 의존율은 약 24.6%, 맑은 날의 평균 태양열 의존율은 약 61.7%로 확인되었으며 흐린 날의 경우 평균 난방부하는 176.5 kWh로 시스템에서 차지하는 비율

은 85%로 나타나 시스템에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 또한, 흐린 날에 비하여 맑은 날 시스템에서 급탕부하가 차지하는 비율은 최대 50%로 흐린 날과 맑은 날에 따라 급탕부하를 효과적으로 운전 할 수 있는 제어가 필요하다.

- (3) 맑은 날의 열펌프 COP는 1.94~2.71로 흐린 날의 COP보다 변화폭이 크게 나타나는 것을 확인하였으며, 이는 외기온도의 변화가 크기 때문에 난방용량의 변화폭도 커졌기 때문이다. 또한, COP는 축열탱크 출구의 설정온도와 외기온도에 의하여 성능이 크게 변화하는 것으로 확인되었다.

후 기

본 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 지원으로 학술진흥재단의 지원(KRF-2008-313-D00112)을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. DACO Industrial Research, 2006, Market forecasts of Solar heat system, Seoul, Korea.
2. Guoying, X., Xiaosong, Z. and Shimnig, D., 2006, A Simulation Study On The Operating Performance Of a Solar-Air Source heat Pump Water Heater, Applied Thermal Engineering, Vol. 26, pp. 1257-1265.
3. Baeck, N. C., Lee, J. K. and Song, B. H., 2001, Performance of Dual source Heat pump System with Solar-Assisted Evaporator, Proceeding of SAREK summer annual conference, pp. 1334-1338.
4. Park, Y. C., Kim, J. Y. and Ko, G. S., 2007, A Study of Performance Characteristics on Hybrid Heat Pump System with Solar Energy as Heat Source, Journal of Korean Solar Energy Society, Vol. 27, No. 1, pp. 47-54.
5. ASHRAE, 1983, Methods of testing for seasonal efficiency of unitary air-conditioner and heat pumps, ASHRAE Standard p. 116.
6. Duffie, J. A. and Beckman, W. A., 2006, Solar Engineering of Thermal Process, Wiley, New York.
7. Lee, H., Kim, S. J., Joo, H. J. and Kwak, H. Y., 2007, Thermal Performance of Solar Cooling and Hot Water for the Demonstration System, Proceeding of SAREK Winter annual conference, pp. 564-569.
8. Joo, H. J., Kwak, H. Y., Kim, J. B. and Kim, J. B., 2006, Demonstration Study on Heating and Hot Water According to Control Condition of Solar System, Proceeding of SAREK summer annual conference, pp. 832-837.
9. Shin, U. C. and Baeck, N. C., 2005, Thermal Performance of Solar Thermal System by on-off Differential Temperature Controller, Journal of Korean Solar Energy Society, Vol. 25, No. 2, pp. 1-8.
10. Kim, J. M., Kim, Y. I. and Choung, K. S., 2006, Study of the Effect of Vertical and Azimuth Angles of Solar Collector on the Solar Radiation for Various Locations in Korea, Proceedings of the SAREK 2006 Winter Annual Conference, pp. 307-312.