

# 부하를 고려한 태양열온수시스템의 일간 집열효율에 대한 실험적 분석

이경호\*, 주홍진\*\*, 윤응삼\*\*\*, 곽희열\*\*\*\*

\*한국에너지기술연구원(khlee@kier.re.kr), \*\*한국에너지기술연구원(joo@kier.re.kr),  
\*\*\*한국에너지기술연구원(yoon@kier.re.kr), \*\*\*\*한국에너지기술연구원(hykwak@kier.re.kr)

## An Experimental Study on Daily Efficiency of Solar Collector with Heating Loads of Solar Water Heating System

Lee, Kyoung-Ho\* Joo, Hong-Jin\*\* Yoon, Eung-Sang\*\*\* Kwak, Hee-Youl\*\*\*\*

\*Korea Institute of Energy Research(khlee@kier.re.kr), \*\*Korea Institute of Energy Research(joo@kier.re.kr),  
\*\*\*Korea Institute of Energy Research(yoon@kier.re.kr), \*\*\*\*Korea Institute of Energy  
Research(hykwak@kier.re.kr),

### Abstract

This paper describes an experimental study on efficiency of solar collector in solar water heating system connected to hourly water heating load. In general, the functional form of solar efficiency is expressed as a function of fluid temperature entering solar collector, ambient temperature, and solar irradiance. When energy saving from solar heating of water heating system is analyzed on a long-term basis such as one year with given solar irradiance data, simplified analysis is more convenient than detailed system simulation for quick assessment. However, the functional form of the efficiency is not convenient for approximately simplified energy analysis because the inlet temperature can be obtained through a detailed system simulation. In the study, solar collector efficiency is obtained with various daily water heating loads and daily solar irradiance using experimental tests. The study also considers large residential buildings such as apartment buildings for application of solar water heating systems. From test results, it is found that daily solar collector efficiency is proportional to daily water heating loads and daily solar irradiance. The data obtained from the study can be utilized to find a functional relation between daily solar irradiance and daily heating load instead of collector inlet temperature for application of solar collector efficiency to long-term approximated energy analysis of solar heating system.

Keywords : 태양열시스템(Solar heating system), 태양열급탕(Solar domestic hot water), 집열기(Solar collector), 효율(Efficiency)

투고일자 : 2011년 12월 22일, 심사일자 : 2012년 1월 13일, 게재확정일자 : 2012년 4월 17일  
교신저자 : 곽희열(hykwak@kier.re.kr)

### 기 호 설 명

$A_c$	: 집열기 투과면적 ( $m^2$ )
$b_0, b_1$	: 효율식의 계수
$F$	: 유량 (Liter/min)
$G_{tot}$	: 단위 일사면적당 경사면 전일사 ( $W/m^2$ )
$q_u$	: 집열기 획득열 (W)
$T_a$	: 외기 온도 ( $^{\circ}C$ )
$T_{ci}$	: 집열기 입구온도 ( $^{\circ}C$ )
$T_i$	: 시수 온도 ( $^{\circ}C$ )
$t_i$	: 시작 시각
$t_f$	: 종료 시각
$\eta_c$	: 태양열 집열효율

## 1. 서 론

태양열을 이용한 온수시스템은 신재생에너지 기술의 하나로서 그린홈 100만호 보급사업을 위한 태양열주택의 핵심적 시스템이다. 또한, 최근 건물의 에너지효율과 신재생에너지 적용을 통한 저에너지주택, 제로에너지주택 및 탄소제로주택 등에서 급탕 및 난방을 위한 중요한 재생에너지기술이라고 할 수 있다. 주거건물의 경우, 난방과 급탕 등 열부하가 주택 전체 부하의 약 70%이상을 차지하므로<sup>1)</sup> 전기부하가 주를 이루는 상업용 건물에 비하여 태양열을 이용한 온수시스템의 중요성이 더욱 크다고 할 수 있다.

태양열을 적용한 주택이나 건물의 열에너지소비량 절감효과 분석은 시스템의 상세모델을 통한 시뮬레이션을 통하여 검토할 수 있으나, 더 간단하면서도 신뢰성이 보장되는 실용적인 분석방법개발을 통하여 분석에 필요한 시간과 노력을 줄일 수 있을 것이다. 태양열시스템의 성능분석은 집열기의 집열효율을 기초로 하여 집열량을 분석하여 에너지절감효과를 분석하는 것이 일반적이다<sup>2)</sup>. 태양열집열기의 집열효율은 국내 및 국제규격에

의한 시험방법<sup>2,3,4,5,6)</sup>을 통하여 집열기 입구유체온도 또는 입출구 평균온도, 대기온도 및 전일사량의 함수로 표현이 된다. 그렇지만, 이러한 효율식을 활용하기 위한 집열기 입구유체온도 또는 입출구 평균온도는 상세시스템 시뮬레이션을 통하여 구할 수 있으므로, 연간 에너지분석 등 장기간의 에너지해석을 단순화하여 분석하기 위한 방법에서는 적합하지 않다. 따라서 상세시뮬레이션을 수행하지 않고 일반적으로 주어지는 자료인 대기온도, 일사량, 열부하 등의 함수로 집열효율을 표현할 필요가 있을 것이다.

또한 최근 국내에 신규로 지어지는 주택의 약 70% 정도는 공동주택으로서 공동주택에 태양열을 적용하기 위한 기술개발이 시급하다. 공동주택의 경우는 단독주택에 비하여 건물형상 및 창면적비, 음영, 배치조건 등 다양한 제약으로 인하여 저에너지 또는 제로에너지 주택의 구현이 용이하지 않다. 특히 태양광발전모듈이나 태양열집열기 설치를 위한 공간과 설치면적 확보가 상당히 제한적이라는 어려움이 있다. 따라서 공동주택에 태양열시스템을 적용하는 경우에는 단독주택에 비하여 단위 집열기가 담당하여야 하는 부하는 훨씬 크게 된다.

본 논문에서는 급탕부하와 효율의 관계를 실험적으로 구하여 효율을 표현하기 위한 실험적 자료를 확보하고자 한다. 또한 태양열시스템을 공동주택에 적용하는 경우를 위하여 집열기의 설치면적은 고정하고 담당하여야 할 열부하를 1세대 이상수준으로 하는 운전조건을 고려하여 태양열 집열효율을 실험적으로 분석하고자 한다.

## 2. 대상 태양열시스템 및 태양열 집열효율

### 2.1 대상 태양열시스템 개요 및 부하패턴

태양열시스템의 주요 구성요소 중에 하나인 태양열 집열기는 태양에너지로부터 열을

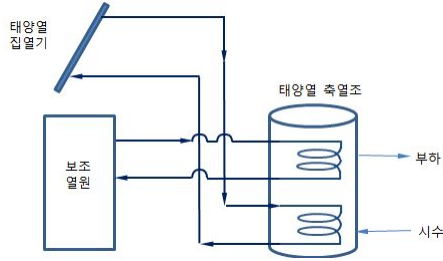


그림 1. 태양열 시스템의 개념적 구성도

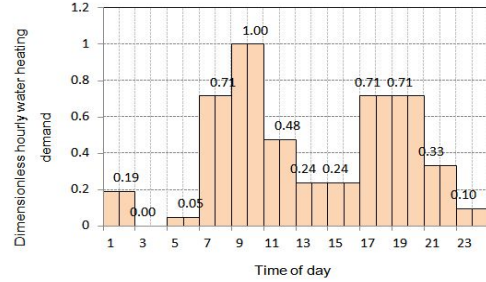


그림 2. 하루 중 급탕부하 패턴

모으는 역할을 하며, 평판형 집열기와 진공관형 집열기가 주로 사용되고 있다. 본 논문에서는 그림 1에 나타난 태양열시스템의 개념적 구성도와 같이 태양열집열기와 태양열축열조 및 보조열원으로 구성된 온수급탕용 열공급시스템을 대상으로 하고, 태양열시스템의 적용은 단독주택이 아닌 공동주택 다수의 세대에 온수를 공급하는 경우에 대하여 검토한다. 공동주택 세대별로 태양열 집열기를 설치할 수 있는 공간과 면적은 부족할 수 있으므로, 단위 집열기가 1세대 이상에 대한 온수급탕부하를 담당하는 것은 공동주택에 태양열적용 분석을 위한 적절한 가정이라고 할 수 있다. 태양열로부터 모은 열에너지로 열수요에 맞추어 공급하기에 부족한 열량은 부가적인 열원기기가 필요할 것이며, 본 논문에서는 목재펠릿 보일러를 적용한다.

주택의 온수급탕부하는 11개의 공동주택을 대상으로 계절별 열사용특성을 분석한 정<sup>7)</sup>의 연구결과를 이용하여 본 연구를 위한 하루 중 시간대별로 급탕부하 패턴을 도출하였고 그림 2에 나타내었다. 오전 8시에서 10시 사이에 피크 급탕부하가 나타나고 저녁 10시부터 새벽 6시까지 매우 작은 부하가 발생하는 형태를 갖는다.

## 2.2 태양열 집열효율

집열기의 효율은 주어진 집열기의 면적에서 태양에너지를 얼마나 효율적으로 모아 유용한 에너지로 전환할 수 있는가를 나타내므로

태양열시스템의 전체 효율에 매우 큰 영향을 미치게 된다. 태양열 집열기에 대한 효율은 어떤 시간대에 걸쳐 태양열집열기에 입사한 에너지에 대하여 집열기로부터 얻어낸 유효한 열량으로 정의<sup>2)</sup>하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\eta_c = \frac{\Delta q_u}{\Delta G_{tot}} = \frac{\int_{t_i}^{t_f} q_u dt}{A_c \int_{t_i}^{t_f} G_{tot} dt} \quad (1)$$

위 식에서 계산을 위한 초기시각  $t_i$ 와 종료시각  $t_f$ 을 1시간단위로 하여 하루 중 시간대별 집열효율(Hourly efficiency)을 구할 수 있고, 24시간으로 하여 하루에 대한 일간 집열효율(Daily efficiency)을 구할 수 있다. 국내 및 국제 규격에 의한 태양열 집열기의 정상상태 효율은 집열기 입구유체온도, 대기 온도, 일사량을 사용한 수정 온도차에 대하여 식(2)와 같이 효율을 1차식으로 표현하고 있다<sup>4,5,6)</sup>.

$$\eta_c = b_0 + b_1 \left( \frac{T_{ci} - T_a}{G_{tot}} \right) \quad (2)$$

식(2)에 나타난 효율식은 집열기 입구유체온도의 함수로 표현되어 있어 상세 시스템 시뮬레이션을 이용하여 입구온도를 구하여야 효율을 구할 수 있는 어려움이 있다. 본 연구

에서는 일별 급탕부하와 일사량, 평균 대기온도가 주어지는 경우에 일간 집열효율을 추정하는데 활용가능한 실험데이터를 수집하고 분석하기 위하여 다양한 급탕부하와 일사량에 대한 집열효율의 관계를 실험적으로 검토하고자 한다.

### 3. 실험 장치 및 방법

#### 3.1 실험 장치

태양열시스템의 열부하에 따른 효율특성을 실험적으로 분석하기 위한 장치의 개략적인 구성도를 그림 3에 나타내었다. 실험을 위한 설비시스템의 구성요소는 히트파이프식 단일 진공관형 집열기 2대, 태양열 축열조, 펠렛 보일러 1대, 태양열 집열매체용 펌프 등이다. 급탕부하는 시수공급 시간을 조절하여 발생시킬 수 있도록 전동밸브 기능의 타임스위치 밸브를 설치하였다. 실험장치의 주요 구성요소에 대한 사양을 표 1에 나타내었다.

축열조 내 상부와 하부에는 집열기와 보조 열원을 순환하는 열매체와의 열교환을 위한 열교환코일이 동관재질로 각각 길이 20m, 직경 12.7mm이다. 본 실험에서의 열매체는 물을 사용하였다. 온도측정에 사용한 센서는 4선식 백금 RTD센서이고, 3대의 유량계는 Toshiba GF630모델 전자식 유량계를 사용하였으며, 일사량은 수평면과 경사면의 전일사량 측정을 위하여 2대를 설치하여 사용하였다.

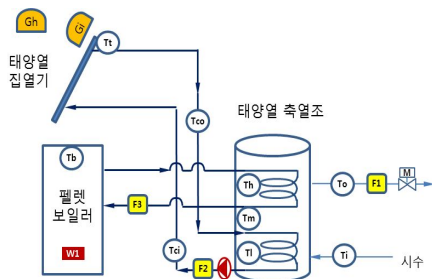


그림 3. 태양열시스템 시험설비 개략도 및 일사, 온도, 유량 측정위치

표 1. 주요 구성요소의 사양

항목		내용
집열기	유형	단일 진공관형
	투과면적	1.87m <sup>2</sup>
	배수	2
	설치 경사각	20°
펠렛보일러 가열능력		20,000kcal/hr
축열조		0.3m <sup>3</sup>

데이터의 측정에는 HP34970A모델의 데이터 수집장치를 사용하여 10초 간격으로 온도, 유량, 일사 등의 데이터를 저장하였다. LabVIEW 프로그램<sup>8)</sup>을 사용하여 측정된 데이터의 저장, 모니터링 및 밸브제어를 수행하였다.

#### 3.2 실험 방법

펠렛보일러의 운전은 보일러 내부의 물자켓에 저장되는 온수 온도가 설정온도 이상과 상한치 이하의 온도 범위를 유지하도록 자체적으로 제어가 이루어진다. 펠렛보일러와 축열조 내 열교환코일의 순환펌프의 운전은 설정온도 65°C와 축열조 내 상부지점 온도와 중간지점 온도의 평균값의 차이를 이용한 차온제어를 적용하여 과도한 펌프의 기동정지를 방지하고 축열조 상부는 가능한 65°C로서 일정한 온도가 유지될 수 있도록 하였다. 집열기 순환펌프의 운전은 집열기 출구부 온도와 축열조 하단부 지점 온도의 차이를 이용한 차온제어를 적용하였다.

실험에 적용한 급탕부하는 하루 중 시간대별로 달리하였으며, 급탕부하 패턴은 공동주택에 대한 정<sup>7)</sup>의 연구결과를 참고하여 무차원화시킨 부하값으로 앞서 그림 2에 나타내었다. 급탕부하는 월별로도 부하의 변화를 고려하고 연간 24kWh/m<sup>2</sup>-year의 급탕요구량 및 29kWh/m<sup>2</sup>-year정도<sup>8)</sup>(설비효율 85%)의 급탕에너지사용량이 될 수 있도록 최대부하를 8.8W/m<sup>2</sup>로 결정하였다. 1세대에 대한 급탕온수 공급을 위한 기준면적은 124m<sup>2</sup>으로 하였다.

이러한 1세대 수준의 일일부하분포를 기준으로 집열기의 집열면적은 고정하여 두고 1.25세대, 5세대, 9세대 수준으로 부하조건을 달리하여 실험하며 각 시간대별 부하는 1세대수준 부하를 각각 산술적으로 1.25배, 4배 및 9배 곱하여 결정한다. 또한 동일한 부하조건에서 맑은날과 흐린날 등 일사량이 다른 조건의 시험일도 포함하였다.

급탕부하는 유량이 일정하도록 밸브를 고정하고 시수의 온도와 공급 온수의 온도로부터 각 시간대마다 주어진 부하를 만족하기 위한 시간을 계산하여 모터밸브의 개폐를 제어하여 발생시킨다.

#### 4. 실험 결과 및 분석

태양열 집열기의 효율 분석을 위하여 맑은 날의 기상조건을 갖는 날에 대하여 부하조건을 1세대, 1.25세대, 5세대, 9세대 수준으로 달리하여 실험적 운전을 실시하였다. 또한 동일한 부하조건에 대하여 일사량이 다른 날에 걸친 급탕운전을 수행하였다. 표 2에는 효율분석을 위한 급탕운전시험이 이루어진 날에 대한 일사량과 부하량 조건을 요약하여 나타내었다. 실험은 9월 중순부터 10월 중순에 걸쳐서 이루어졌으며, 5세대 수준의 부하조건 4일, 9세대 수준 부하조건 3일, 1세대 수준 부하조건 4일, 1.25세대 부하조건 3일에 걸쳐서 수행되었다. 중간에 포함되지 않은 날은 설비고장 등과 같은 문제로 시험이 중단되거나 문제가 있었던 날들이었으며 분석에서 제외하였다.  $\Delta G_{tot}$ 은 하루 중 경사면 전일사량의 합이며,  $\overline{T}_a$ 와  $\overline{T}_i$ 는 일사가 있는 동안의 하루 중 주변 공기와 시수의 평균온도이다. 계획부하량과 시험부하량은 세대별 부하수준에 맞추어 하루 중 시간대별로 계획한 급탕부하량과 이에 따라 시험에서 생성시킨 급탕부하량이다. 9월 17일의 외기온도는 다른 시험일에 비하여 다소 높게 나타나 효율상승으로

표 2. 기후 및 시험부하 조건

시험일		$A_c \Delta G_{tot}$ (Wh/day)	$\overline{T}_a$ (°C)	$\overline{T}_i$ (°C)	계획 부하량 (Wh/day)	시험 부하량 (Wh/day)	부하 수준
월	일						
9	17	19511.7	30	28	41680.1	42215.5	5세대
9	18	4612.2	23	27	41680.1	42600.6	5세대
9	19	8155.7	20	26	41680.1	42514.7	5세대
9	20	17181.8	21	26	41680.1	42514.7	5세대
9	21	24988.1	22	26	72940.2	73221.3	9세대
9	24	25130.4	23	26	72940.2	76750.7	9세대
9	25	22445.8	23	26	72940.2	75967.9	9세대
9	30	25920.2	20	25	8336.0	9173.0	1세대
10	1	21909.2	17	22	8336.0	8345.1	1세대
10	2	16011.7	16	21	8336.0	8511.9	1세대
10	3	24679.4	17	22	8336.0	9180.6	1세대
10	12	12163.9	17	22	10420.0	11584.1	1.25세대
10	13	21471.0	20	23	10420.0	11506.7	1.25세대
10	16	13407.1	18	21	10420.0	12885.7	1.25세대

영향이 있을 수 있다. 시수의 온도는 1세대 및 1.25세대에 대한 시험에서 약 4내지 5°C 정도 내려갔으며, 이로 인하여 저부하 조건에서 효율이 다소 더 좋게 나타나도록 영향을 미칠 수도 있다.

그림 4는 9세대, 5세대, 1세대 수준의 시간대별 부하계획값과 실제로 주어진 부하측정값을 비교하여 나타낸 것으로서 표 2에 나타낸 시험일에 대한 계획부하와 실측부하는 대체로 큰 차이없이 계획된 부하값에 맞추어 실험이 이루어진 것으로 보인다.

그림 5와 그림 6에는 맑은 하늘조건에서 9세대와 1세대 수준의 부하가 주어진 운전일에 대하여 일사량, 집열량, 효율, 그리고 부하값을 각각 시간대별로 나타내었다. 집열효율은 식(1)에 의하여 시간대별로 집열효율을 구하였다. 시간대별 집열효율은 일사량이 높은 정오 전후의 시간대에 가장 높은 값을 나타내었다. 오후 5시 이후에 효율이 크게 증가하여 일사량이 거의 없음에도 집열량이 작게 나타나 효율이 1이상으로 상승하였다. 이것은 히트파이프방식의 진공관 집열기의 특성상 일사가 작용하지 않지만, 잠열에 의한 효과로 집열량이 다소 발생한 것으로 볼 수 있다.

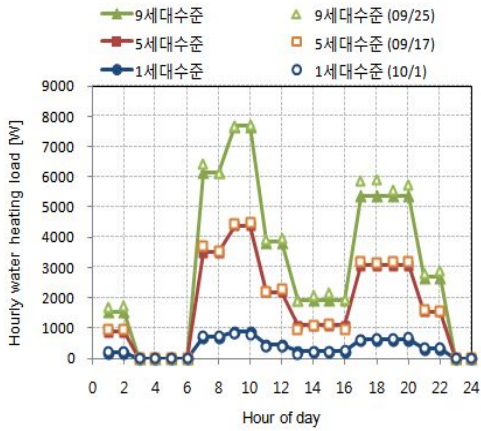


그림 4. 급탕부하 계획값과 실험에 주어진 부하값

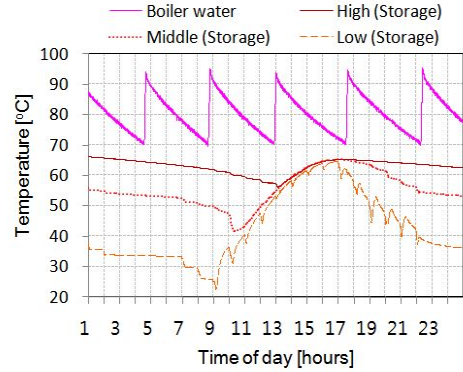


그림 7. 맑은하늘 조건에서 1세대수준 부하일(10.1)에 대한 보일러 내 온도, 축열조 상층부, 중간부 및 하층부 온도변화

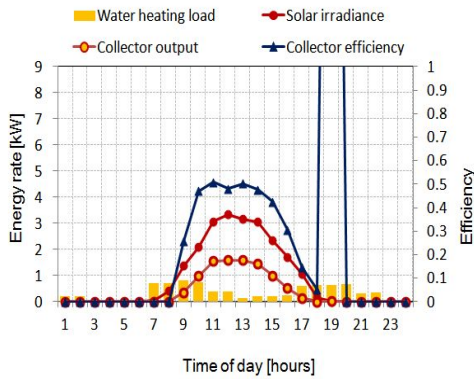


그림 5. 맑은하늘조건에서 1세대수준 부하일(10.1)에 대한 일사량, 집열량 및 효율

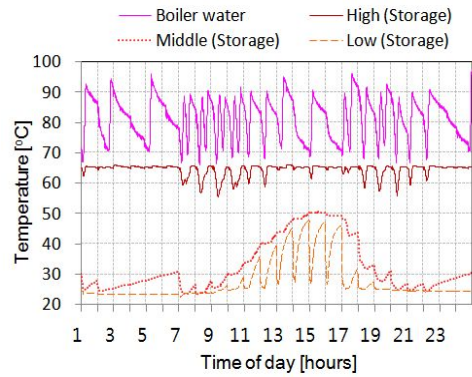


그림 8. 맑은하늘 조건에서 9세대수준 부하일(9.25)에 대한 보일러 내 온도, 축열조 상층부, 중간부 및 하층부 온도변화

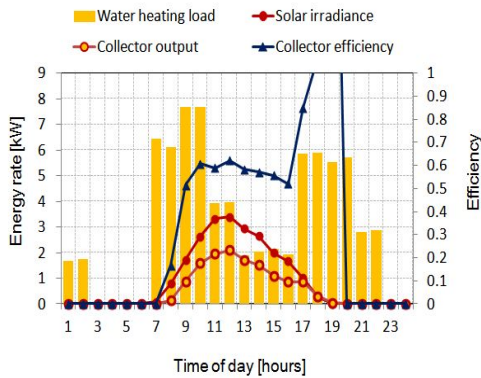


그림 6. 맑은하늘조건에서 9세대수준 부하일(9.25)에 대한 일사량, 집열량 및 효율

그림 7과 그림 8에는 맑은 하늘조건에서 9세대와 1세대 수준의 부하가 주어진 운전일에 대하여 보일러 내부온도, 축열조의 상층부, 중층부, 하층부의 온도변화를 각각 나타내었다. 축열조 상층부는 보일러의 열공급으로 인하여 시간대와 무관하게 60°C 이상의 수준을 유지하였다. 그렇지만, 축열조 중간부 및 하층부의 온도는 부하수준이 높은 날의 경우에 더 낮은 온도를 갖는 것을 알 수 있다. 이것은 부하가 높은 날일수록 축열조의 하단부로 유입하는 시수의 양이 더 많기 때문이다.

그림 9와 그림 10에는 식(1)에 따라서 태양열시스템의 일간 집열효율을 구하여 나타내었다. 그림 9에는 9세대, 5세대, 1.25세대, 1세대의 부하수준과 다양한 일사량을 갖는 날에 대하여 일간 집열효율을 비교하였다. 동일한 부하수준에서 일사량이 증가할수록 집열효율이 증가하는 경향을 나타내었다.

그림 10에는 맑은하늘 조건의 일사량을 갖는 여러 시험일에 대하여 일일 급탕부하량의 수준을 달리하여 일간 집열효율을 비교하였고, 그림에 나타낸 4개의 데이터는 각각 1세대, 1.5세대, 5세대, 9세대 부하수준의 시험일에 대한 것이며, 각각의 시험일에서의 일사량은 그림상에 수치로 나타내었다. 급탕부하량은 일사가 있는 동안의 급탕부하의 합을 사용하였다. 그림에서 알 수 있듯이 유사한 일일

일사량을 갖는 조건에서 일일 부하량이 높아지는 날일수록 높은 일간효율을 나타내었다. 그리고 1세대 수준에서 1.25세대 수준으로 높아지면서 효율이 급하게 증가하다가 5세대와 9세대 수준으로 높아지면서 완만한 증가를 보였다. 이것은 부하가 높아지면서 축열조 하단부와 시수의 혼합온도가 어떤 하한온도에 근접수렴하면서 이에 해당하는 효율값에 수렴하는 것으로 보인다.

그림 11은 일일 부하량에 따른 집열기 입구유체의 온도를 나타낸 것이며, 일사가 있는 동안의 평균온도이다. 부하량이 높아질수록 집열기 입구유체 온도가 낮아지는 것을 알 수 있다. 이것은 부하가 높아지는 날일수록 축열조 하단부의 온도가 시수의 유입으로 온도가 낮아지고, 따라서 축열조 열교환코일을 통과

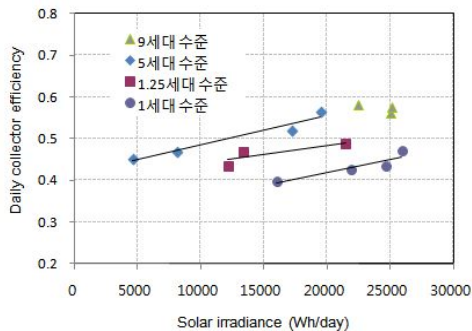


그림 9. 부하수준과 일사량에 대한 일간 집열효율

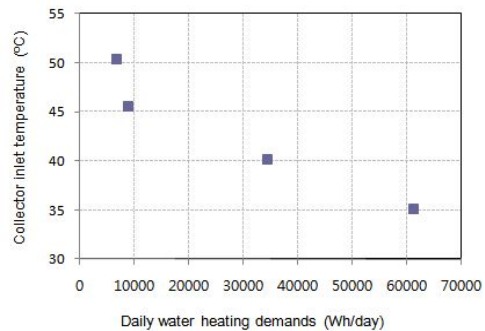


그림 11. 급탕부하량에 대한 집열기 입구유체온도

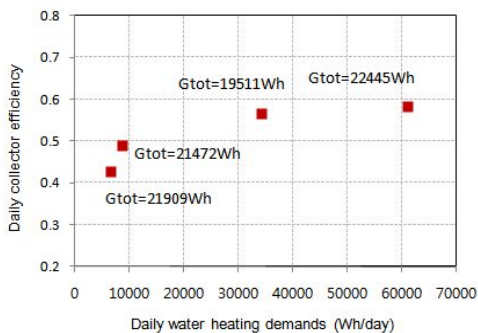


그림 10. 일일 부하량에 대한 일간 집열효율

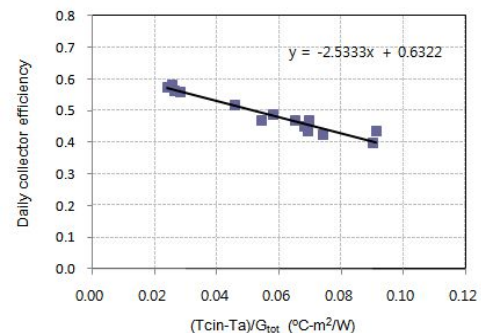


그림 12. 식(2)의 집열기 입구유체온도, 대기온도 및 일사량의 함수로 표현한 일간 집열효율

한 집열기 입구유체의 온도가 낮아지게 되는 것이다. 이와 같이 집열기 입구유체의 온도가 낮아짐에 따라 집열기 주변 대기로의 열손실이 낮아지게 되어 집열기의 효율은 상승한다고 볼 수 있다.

그림 12는 분석에 사용한 전체 시험일에 대하여 식(2)에 표현한 수정된 온도차를 독립변수로 하여 일간 집열효율과의 관계를 나타내었으며, 1차 함수의 관계를 보이고 있다. 집열기 입구유체온도, 대기온도 및 전일사량을 사용한 수정 온도차를 독립변수로 나타낸 x-축의 값이 증가할수록 효율이 감소하는 전형적인 정상상태 집열기 효율과 동일한 경향을 나타내었다.

본 연구에서는 급탕부하량에 대한 일간 집열효율의 관계를 실험을 통하여 검토하였다. 집열기 입구유체온도 대신 급탕부하량이 집열효율을 표현하는 독립변수로 포함되어 집열효율을 표현할 수 있게 되면, 일별 급탕부하와 일별 일사량이 주어지는 태양열시스템 적용 주택이나 건물에 대한 연간 태양열 획득량을 간편하게 계산할 수 있을 것이며, 이로부터 전체 열에너지소비량에서 태양열이 담당하는 부하분담율을 구하여 연간 에너지절감율을 산정할 수 있을 것이다. 또한, 일사량의 예측을 활용<sup>9,10)</sup>하여 태양열시스템의 집열효율 예측 및 이를 이용한 에너지소비저감 효과예측에도 활용가능할 것이다. 그러므로, 향후 연구로는 본 실험을 통하여 축적한 데이터를 활용하여 집열기 효율을 일별 일사량, 일별 대기온도, 그리고 일별 급탕부하량의 함수로 근사적인 표현 수식개발과 이러한 방법을 통한 에너지절감 추정에 대한 성능을 평가하는 연구가 필요할 것이다. 또한 표 2에서 나타내었듯이 일사가 있는 동안에 평균 외기온도와 시수온도에 다소 변화가 있었지만 전체적인 경향에 직접적인 영향은 없을 것으로 보이며, 이러한 인자와 효율 사이에 관계분석을 통한 향후연구에 반영할 것이다.

## 5. 결 론

본 논문은 열부하가 주어지는 태양열 온수시스템의 집열효율 특성을 실험적으로 분석과 공동주택과 같은 다수의 세대를 대상으로 한 연구를 위하여 다양한 부하수준과 일사량 조건에서 급탕운전시험을 실험적으로 수행하였다.

### 5.1 결론

실험결과 분석을 통하여, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1. 유사한 부하량을 갖는 날의 일간 집열효율은 일사량에 비례한다. 즉, 맑은 날일수록 흐린날에 비하여 집열효율이 더 높다.
2. 유사한 일사량을 갖는 기상조건에서 일간 집열효율은 일일 부하량에 비례한다. 즉, 태양열시스템이 담당하는 세대수가 많아질수록 집열기와 열교환을 위한 축열조내 열교환코일 주변인 축열조 하단부의 온도가 낮아지며 이로 인하여 집열기 입구유체온도가 낮아지게 되어 집열효율이 높아진다.
3. 일간 집열효율의 일일 부하량에 따른 증가율은 어느 수준에서 완만하게 낮아져 어떤 최대효율에 수렴하는 경향을 갖는다. 즉, 태양열온수시스템이 담당하는 세대수가 증가할수록 효율은 높아지며 어떤 세대수 이상에서는 효율이 더 이상 향상되지 않는 경향을 갖는다.

### 5.2 향후 활용방안

본 연구에서는 이상과 같은 실험을 통하여 급탕부하 및 일사량과 효율간의 관계를 도출하는데 필요한 기초 실험데이터를 구하였다. 이로부터 집열기 입구 유체온도 대신 급탕부하와 일사량의 함수로써 일간 집열효율이 표현가능할 것이다. 이와 같이 급탕부하와 일사량의 함수로 집열효율이 표현가능하게 되면, 일반적으로 태양열적용 대상건물에 대하여



주어지는 급탕부하와 일사량으로부터 연간 태양열 획득량을 복잡한 상세시물레이션없이도 용이하게 계산할 수 있을 것이며, 이로부터 전체 열에너지소비량에서 태양열이 담당하는 부하분담율(Solar fraction)을 구하여 에너지절감율을 산정할 수 있는 기법개발에 활용가능할 것이다.

### 후 기

본 연구는 산업기술연구회의 연구비지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다. (과제번호 : NP2009-0100)

### 참 고 문 헌

1. 윤중호, 심세라, 신우철, 백남춘, 곽희열, 공동주택의 열부하 및 탄소배출량 저감을 위한 태양열시스템의 최적 적용 방안 연구, 한국태양에너지학회 논문집, 제31권 제2호, 2011.
2. J.A.Duffie and W.Beckman, Solar engineering of thermal processes, Third edition, John Wiley & Sons, 2006.
3. British Standard, BS EN 12975-2:2006, Thermal solar systems and components. Solar collectors. Test methods, 2006.
4. ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 93-2010, Methods of testing to determine the thermal performance of solar collectors, 2010.
5. KS, KS R ISO 9806-1:2003, 태양열집열기 시험 방법, 2003.
6. 에너지관리공단, 신재생에너지설비 설비심사 세부기준-태양열집열기, 2007.
7. 정상웅, 지역난방 공동주택에서의 급탕량 및 열 소비특성에 관한 연구 - 경기도 고양시 사례연구-, 서울산업대학교 주택대학원, 공학석사 학위논문, 2005.
8. LabVIEW, National Instruments.
9. 윤중호, 백남춘, 한국에서의 제로에너지하우스 현황과 전망, 태양건축과 에너지전환 국제워크샵, 2003.
10. 허나리, 도근영, 원종민, 일기예보를 이용한 일사량 예측기법개발, 한국건축환경설비학회 2010 추계학술발표대회 논문집, 2010.
11. 조덕기, 강용혁, 운량을 고려한 국내 16개 지역의 일사량 예측방법, 한국태양에너지학회 논문집, 제30권 4호, 2010.