[논문] 태양에너지
Solar Energy
Vol. 18, No. 3, 1998

태양열 이용 냉난방 공조시스템중 평판형 집열기의 동계 상부 열손실 해석

김보철*, 최광환, 금종수**, 김종렬***

* 부경대 냉동공조공학과 대학원
** 부경대 냉동공조공학과
*** 양산전문대학교 겸임강사

Analysis of the Top Loss Coefficient for Flat Plate Collector in a Solar Air-Conditioning System during Winter

B. C. Kim*, K. H. Choi, J. S. Kum**, J. R Kim***

* *Graduate School, Pukyong National University*
** *Dept. of Refrigeration & Air-conditioning Engineering, Pukyong National University*
*** *Yangsan Junior College*

요 약

태양열 집열기의 열손실은 크게 3가지 즉 상부 열손실, 하부 열손실, 측부 열손실로 대별되나 단열이 양호한 집열기에서는 일반적으로 측면으로의 열손실은 무시한다. 측부 열손실을 제외한 두 열손실 중에서도 상부 열손실은 집열기의 대부분의 열손실을 차지하는 지배적인 요소이다. 따라서 태양열 집열기의 집열 성능을 정확하게 파악하기 위해서는 상부 열손실 계수를 정확하게 계산할 필요가 있다.

본 연구에서 사용한 평판형 태양열 집열기(재생기)는 하계에는 제습 및 냉방을 행하고 동계에는 난방을 행

하는 전천후 집열판으로 제작되었다. 따라서 장치의 전환없이 겨울에 난방용으로 사용하였을 경우의 집열 성능을 파악하기 위하여 옥외에서 실험을 하였다.

동계 기간 실험을 통하여 본 집열기의 상부 열손실 계수는 약 3~4.5W/m²℃임을 알 수 있었다. 그리고 집열 표면에 선택흡수막을 입혀서 난방용으로 사용하면 주위와의 복사 열손실을 크게 줄일 수 있기 때문에 본 집열기의 집열 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract

There are mainly 3 heat losses from solar collector; top, bottom, and edge heat loss. Usually edge heat loss is small so that could be neglected.

Of the total thermal losses occurring in a flat plate solar collector, top loss heat losses are dominant. Therefore it is necessary to calculate the top loss coefficient accurately in order to find out performance of solar collector.

The flat plate solar collector(regenerator in summer) used in this study was made for year-round air conditioning.

In order to find out collector efficiency for heating in winter without a system change, outdoor experiment was done.

The top loss coefficient of this collector was about 3 to 4.5W/m²℃. Futhermore use of selective coating in trickling surface can improve a performance of flat plate solar collector.

Nomenclature

U_t	: 상부 열손실 계수	[W/m²℃]	DN	: 직달 일사량	[W/m²]
R_1	: 주위로의 열저항	[m²℃/W]	TH	: 수평면 전천 일사량	[W/m²]
R_2	: 투과체 사이의 열저항	[m²℃/W]	IN_o	: 태양정수에 태양동경(動徑)을 보정한 값	[W/m²]
R_3	: 투과체와 집열판사이의 열저항	[m²℃/W]	IH_0	: 대기권외 수평면 일사량	[W/m²]
Q_U	: 실제 유효에너지 획득	[W]	V	: 외기 풍속	[m/s]
h_c	: 대류 열전달 계수	[W/m²℃]	h	: 간섭막대의 높이	[m]
h_r	: 복사 열전달 계수	[W/m²℃]	p	: 간섭막대의 피치	[m]
$\dot{m}$	: 입구공기의 질량 유량	[kg/s]	k_s	: 등가 사립 거칠기	[m]
C_p	: 입구공기의 비열	[J/kg℃]	k_s^+	: 무차원 사립 크기	[-]
T_o	: 출구공기 온도	[℃]	h^+	: 무차원 특성 높이	[-]
T_i	: 입구공기 온도	[℃]	g	: 중력가속도	[m/s²]
T_s	: 유효하늘 온도	[℃]	Nu	: Nusselt number	[-]
T_a	: 주위공기 온도	[℃]	Ra	: Rayleigh number	[-]
			Pr	: Prandtl number	[-]

Re : Reynolds number [-]
St : Stanton number [-]

Greek Symbols

ε_p : 집열면의 방사율 [-]
θ : 집열기의 경사각 [°]
ν : 동점성계수 [m²/s]
β : 체적 팽창 계수 [1/K]
σ : Stefan-Boltzmann 상수 [W/m²K⁴]

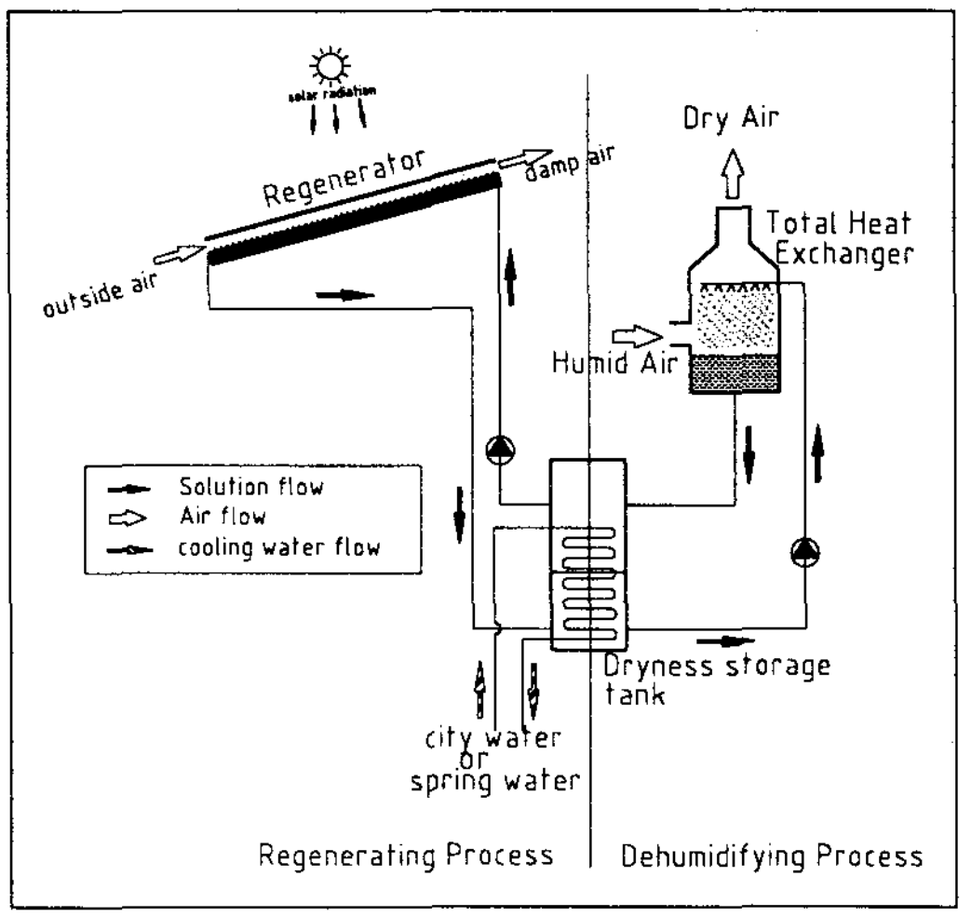


Fig. 1. Schematic of a solar air-conditioning system proposed by authors

1. 서 론

평판형 태양열 집열기는 주로 급탕 및 냉난방용으로 개발되어져 왔으며, 집열기 성능을 정확하게 예측하기 위한 연구가 수행되어져 오고 있다. 집열기에서 열손실은 크게 상부, 하부 그리고 측면으로부터 발생한다. 그 중에서도 상부로부터의 열손실이 가장 많기 때문에 총열손실 계산에 있어서도 가장 지배적이다. 따라서 집열기의 상부 열손실 계수를 정확히 계산하는 것이 집열기의 효율을 산정함에 있어 가장 중요한 부분이라고 해도 과언은 아니다.

액체흡수제로 염화리튬(Lithium Chloride, 이하 LiCl) 용액을 사용하는 전천후 냉난방 시스템은 Fig. 1과 같이 구성되어 있으며, 크게 집열기(하계에는 '재생기'로 일컬음), 전열교환기, 건조저장탱크 그리고 열교환기로 이루어져 있다.

본 시스템은 태양열을 구동원으로 계절에 따라 냉방 및 난방을 선택적으로 행할 수 있는 전천후 냉난방을 목적으로 제안되었다. 그 중에서도 여름철 에어컨 사용으로 인한 전력 사용량을 경감시키기 위하여 제습 및 냉방을 담당하는 데 주된 비중을 두고 있다. 특히 제습 및 냉방시 시스템의 각 구성 요소의 작동 원리는 다음과 같다.

먼저 전열 교환기에서 제습, 냉각 과정을 거쳐 흡수 포텐셜(absorption potential)이 낮아진 LiCl 용액을 태양열에 의해 가열된 재생기(동계에는 이를 '집열기'로 일컬음)의 유하면으로 유하시켜 저농도의 LiCl 용액 속의 수분을 증발시켜 액체 흡수제의 흡수 포텐셜을 높인다. 전열 교환기에서는 하계의 고온 고습한 공기와 액체 흡수제가 대향류로 직접 접촉함으로써 고온 고습한 공기가 저온 건조한 공기로 바뀌어져 실내로 취출된다.

제습 및 냉방 시는 LiCl 용액의 온도가 낮고, 재생시에는 반대로 온도가 높을수록 각각의 효율이 증대하므로 열교환기에서는 용액온도를 재생과 제습에 적합하도록 열교환시킨다.

건조저장탱크는 장마철이나 일정한 일사량을 확보할 수 없는 경우를 대비하여 제습 포텐셜이 높은 LiCl 용액을 전열 교환기에서 필요로 할 때 언제든지 사용할 수 있도록 저장하여 둔다.

위에서 언급한 구성 요소 중 본 연구는 하계에는 냉방을 위해 작동 매체인 저농도의 LiCl 용액을 고농도로 변환시키며, 동계에는 난방부하를 담당하기 위하여 차가운 외기를 가열하는 장치인 집열기의 상부 열손실 파악에 관한 연구이다.

2. 본 론

2.1 실험 장치 및 실험 방법

본 연구에서는 동계 난방에 있어서 집열기의 상부 열손실 계수를 구하는데 목적이 있기 때문에 실물 집열기를 중심으로 Fig. 2와 같은 실험 장치를 구성하였다. 즉 집열기에서 가열한 공기를 송풍기로써 실내로 취출하고, 반대로 실내의 차가운 공기를 집열기로 다시 유입하여 가열한다.

집열기는 크기가 가로 1.2m, 세로 1.2m이며, 집열면은 열전도율이 높은 알루미늄으로 구성되어져 있다. 게다가 태양의 일사 흡수율을 높이기 위해 집열면에 일사 흡수율이 약 0.95로 비교적 양호한 흑색 에폭시로 도장하였다.

또한 외기와의 대류 열손실을 억제함과 동시에 온실효과를 얻기 위하여 투과체로 두께가 16㎜인 복층유리를 씌웠으며, 집열면과 하부 유리면 사이의 공기층 높이를 50㎜로 유지하였다.

집열기의 측면과 하부로의 열손실 방지를 위하여 단열 성능이 우수한 발포 폴리스티렌 단열재로 집열기 틀을 단열하였으며, 집열판의 상부에는 태양열에 의해 가열된 공기를 실내로 강제 취출하기 위하여 송풍기를 설치하였다.

본 동계 난방실험에 사용된 집열기는 하계에는 저농도 LiCl 용액을 집열면으로 유하시켜 고농도의 LiCl 용액으로 변환시키는 재생기로 사용된다. 그러나 점성이 강한 LiCl 용액이 집열면을 유하할 때 편류현상(Channeling)이 발생하기 때문에 LiCl 용액을 균일하게 흘려 보내기가 어렵다.

따라서 균일한 흐름을 위하여 크기가 1.2m×1.2m인 알루미늄 판을 높이 4.5㎜, 폭 10㎜ 간격의 계단형 막대(rod)의 형태로 재생면에 가로로 정밀 금속 가공기를 사용하여 직접 깎아 집열면을 완성시켰다. Fig. 3에 집열기의 단면을 나타내고 있다.

한편, 태양열 온수기와 같은 경우에는, 집열기의 최적 경사각은 일사량을 최대로 흡수할 수 있는 40~50°가 일반적이다. 그러나 본 시스템에서는 경사각을 높게 할 수가 없다.

왜냐하면, 본 시스템은 하계에 재생면으로 액체흡수제인 LiCl 용액을 유하시켜 LiCl의 제습포텐셜(absorption potential)을 직접 높이기 때문이

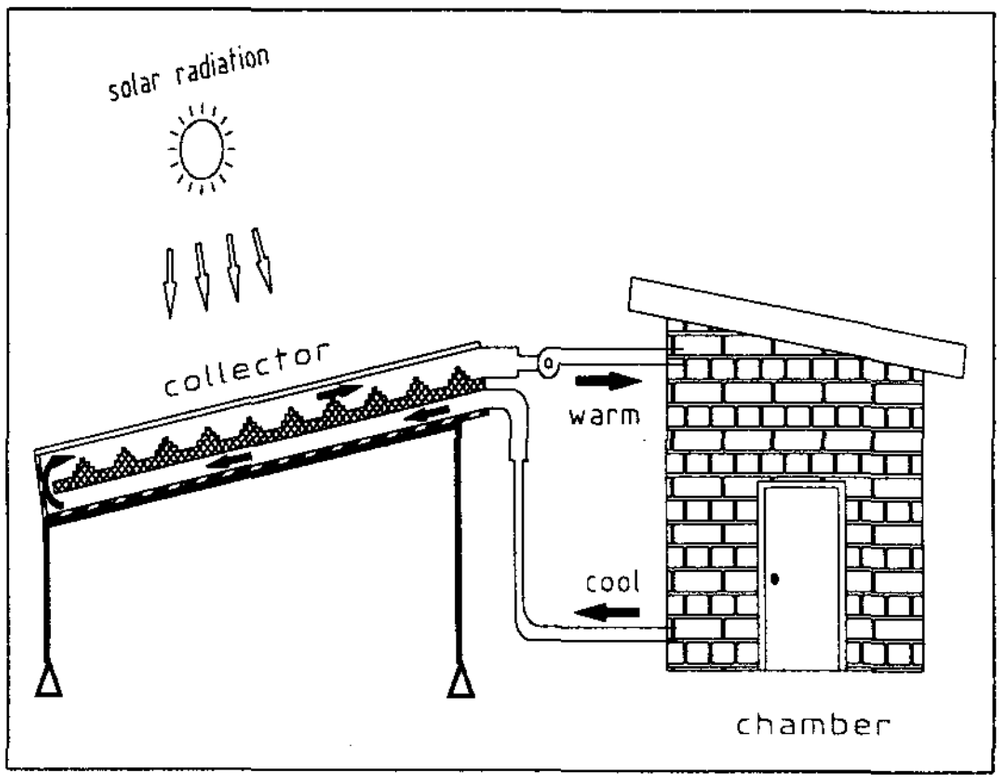
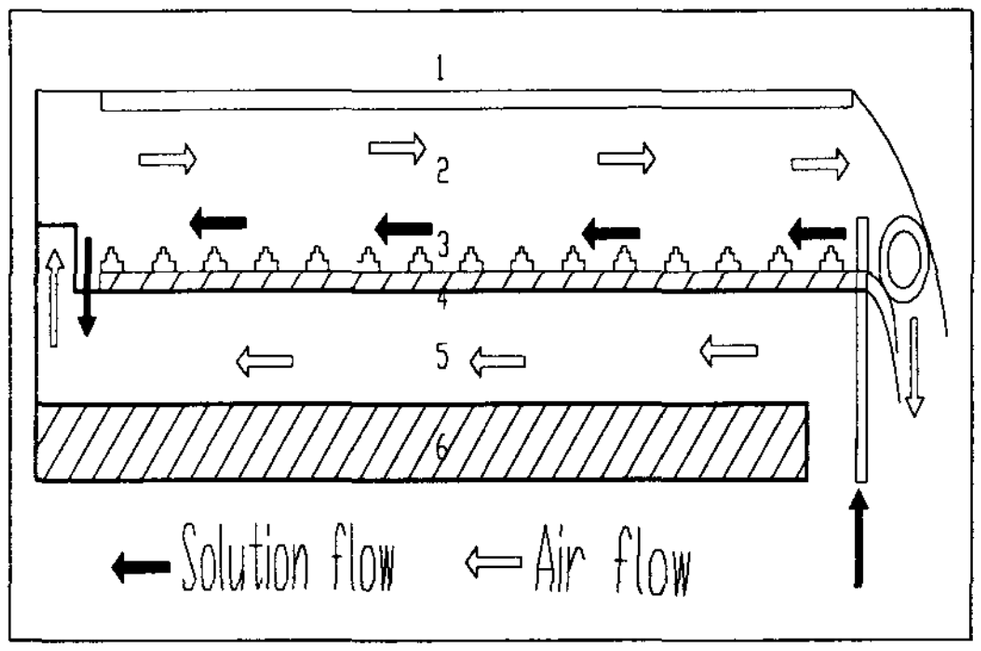


Fig. 2. Schematic of experimental chamber



1. double pane glass (16㎜)
2. air space (50㎜)
3. aluminum plate (18㎜)
4. insulation materials (foam polystyrene 10㎜)
5. air space (50㎜)
6. insulation materials (foam polystyrene 30㎜)

Fig. 3. Cross section of collector

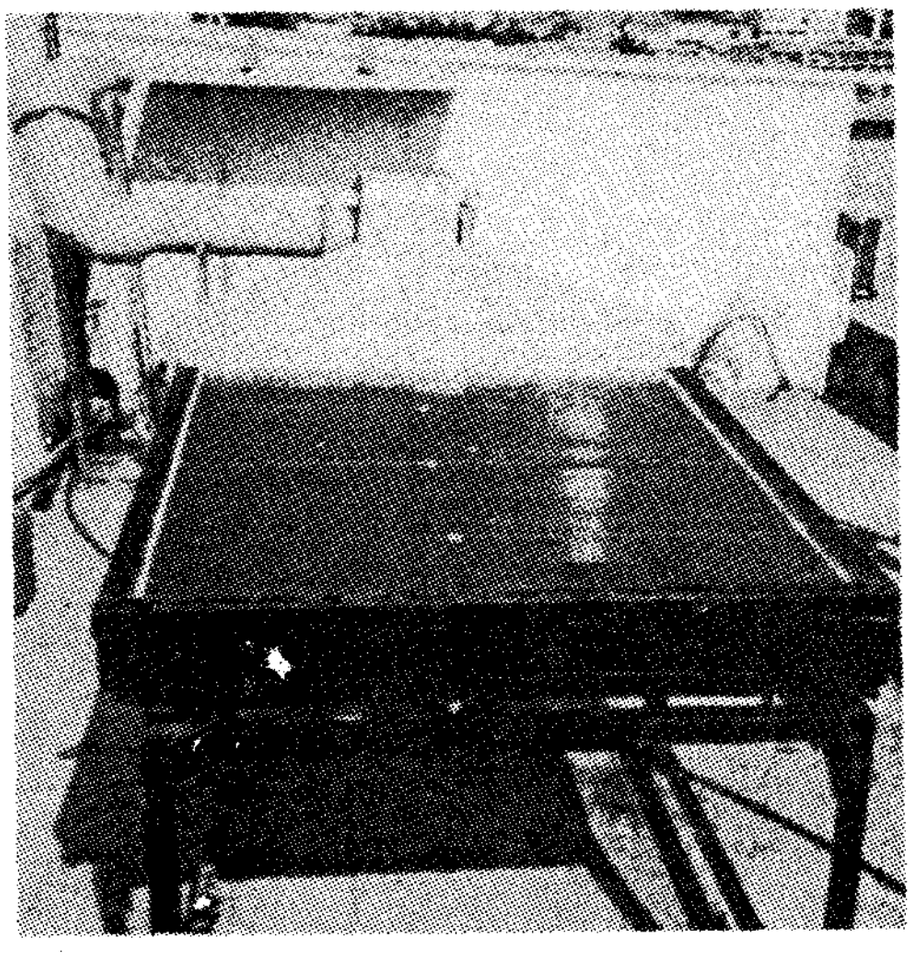


Fig. 4. View of outdoor experiment with a collector

다. 그러므로 집열기의 각도가 40° 내지 50° 정도로 높아지면, 그 만큼 액체 흡수제의 유속이 상승하여 집열면에서 충분한 재생이 이루어지지 않는다. 따라서 일사량 흡수에 있어서 다소 불리하나, 본 동계 실험에서는 장치의 개량없이 과거의 실험 결과를 토대로 집열기의 경사각을 5°, 방위는 정남 쪽으로 고정하여 실험하였다.

측정에 있어서 외기 풍속과 일사량은 각각 다점풍속계와 전천일사계로 측정하였으며, 온도와 습도는 C-C열전대와 습도계를 사용하여 20초 간격으로 연속 측정하여 데이터 기록장치에 수록, 해석에 이용하였다. 실험은 부경대학교 공과대학 옥상에서 1998년 1월 22일부터 3월 14일까지 실시하였으며, 측정 시간은 10시간으로 오전 8시부터 오후 6시까지였다. Fig. 4에 동계 집열기의 실험 전경을 나타내고 있다.

2.2 집열기 상부 열손실 계수 Ut

평판형 태양열 집열기로부터의 열손실 계수는 집열면 상부로의 열손실 계수 U_t, 집열면 하부로의 열손실 계수 U_b, 측면으로의 열손실 계수 U_e로 구분하며, 이 중 U_e는 단열이 양호한 집열기에서는 보통 무시한다.

상부 열손실 계수 U_t를 열저항으로 분류하여 보면 집열기의 상부 커버(cover)인 유리와 외기와의 열저항 R_1, 상부 커버와 하부 커버, 즉 유리 사이에서의 열저항 R_2, 하부 커버와 집열판의 열저항 R_3로 분류할 수 있다. 한편, 집열기로부터 하부로의 열손실 계수 U_b은 집열기 하부에서 단열재로의 열저항 R_4, 주위로의 열저항 R_5로 나눌 수 있지만 일반적으로 R_5는 0이다. 여기서 R_4는 집열기의 집열 효율을 구할 때는 반드시 계산하여 고려해야 하나, 본 논문에서는 총열손실 중 비중이 가장 큰 상부 열손실 계수를 구하는 데 초점을 두고 있기 때문에 무시하였다. 따라서 집열기의 상부 열손실 계수 U_t는 다음과 같이 나타낼 수가 있다.

$$U_t = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (1)$$

한편, 재생면을 기준으로 열의 거동을 종합적인

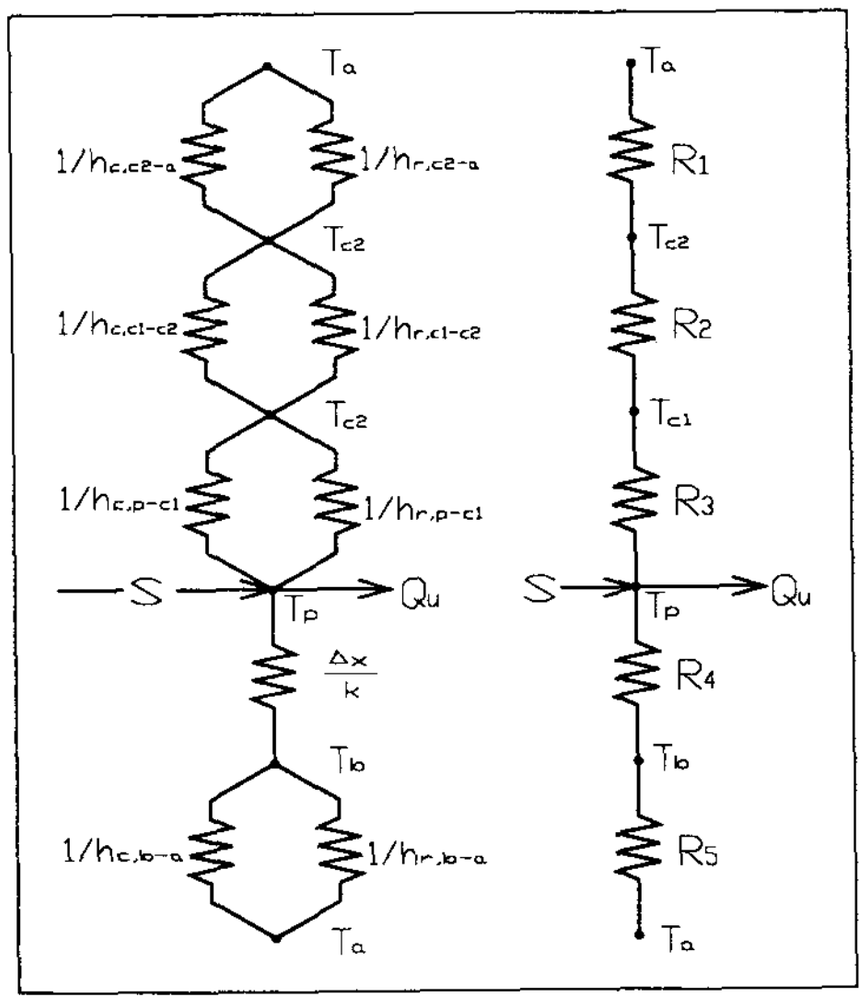


Fig. 5. Thermal network for a two cover flat plate collector

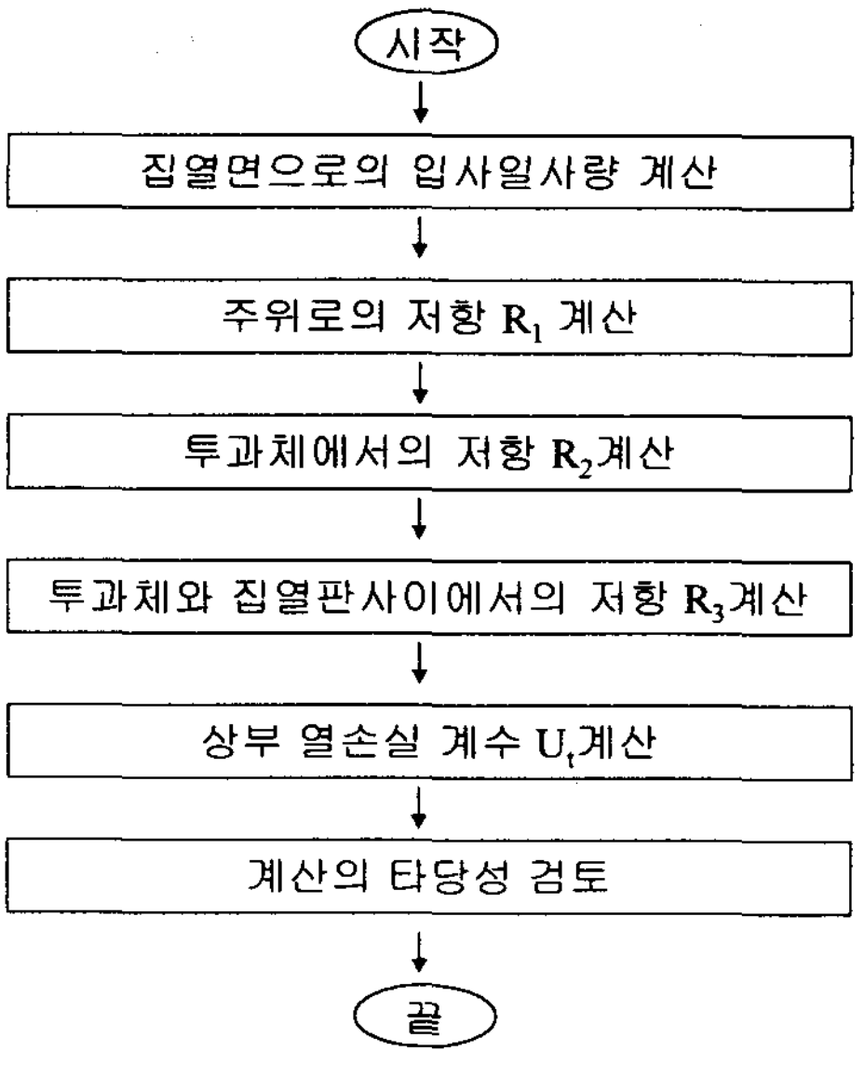


Fig. 6. Flow chart for a calculation of the top loss coefficient

열회로망(thermal network)으로 나타내면 Fig. 5와 같다. 본 평판형 태양열 집열기에 있어서의 상부 열손실 계수를 구하는 계산 순서는 Fig. 6과 같다.

2.2.1. 집열면으로의 입사 일사량 계산

먼저, 실험에서 측정하고 있는 일사량은 수평면 전천일사량이며 실제 필요로 하는 값은 경사면에 대한 입사 일사량이다. 따라서 경사면으로 입사해 들어오는 일사량을 구하기 위하여 먼저 직산분리(直散分離)수법을 이용하여 전천일사량을 천공일사량과 직달일사량으로 분리한 후, 집열면으로 입사, 흡수되는 일사량을 구하였다.

직산분리 수법에는 몇 가지가 있지만, 본 연구에서는 Udagawa와 Kimura식 (2), (3)을 사용하였다.

TH ≥ K_C인 경우

$$DN = IN_0\{-0.43+1.43(TH/IH_0)\} \quad (2)$$

TH 〈 K_C 인 경우

$$DN = IN_0(2.277-1.258\sinh+0.2396\sin^2 h)\times(TH/IH_0)^3 \quad (3)$$

여기에서,

$$K_C = (0.5163 + 0.333\sinh + 0.00803\sin^2 h)\,IH_0 \quad (4)$$

이다.

한편, 실제로 구하고자 하는 일사량은 투과체인 복층유리를 통과하여 집열면에 입사되는 일사량이다. 따라서 본 계산에 있어서는 복층유리의 투과율 계산을 병행하여 집열면에 입사되는 일사량을 최종적으로 구하였다.

2.2.2. 주위로의 열저항 R1 계산

유리면 상부와 외기와의 열저항 R_1은 식 (3)으로 나타낼 수 있다.

$$R_1 = \frac{1}{h_w + h_{r,c2-a}} \quad (3)$$

여기에서 h_w는 외기 풍속에 의한 강제대류항을 나타내며, McAdams식 (4)를 사용하여 구하였다.

$$h_w = 5.7 + 3.8V \quad (4)$$

$h_{r,c2-a}$는 주위와의 복사에 의한 열손실을 나타내는 항으로 식 (5)를 이용하여 구할 수 있다.

$$h_{r,c2-a} = \sigma\varepsilon_c(T_{c2}+T_s)(T_{c2}^2+T_s^2) \quad (5)$$

여기에서 σ는 Stefan-Boltzmann 상수로 그 값이 $5.67\times10^{-8}W/m^2\cdot K^4$이며, ε_c는 유리면의 방사율로 0.9이다.

2.2.3. 투과체에서의 열저항 R2 계산

집열판 상부에 설치한 커버, 즉 복층유리로부터의 열저항 R_2는 식 (6)으로 나타낼 수 있다.

$$R_2 = \frac{1}{h_{c,c1-c2} + h_{r,c1-c2}} \quad (6)$$

여기에서, $h_{c,c1-c2}$, $h_{r,c1-c2}$는 각각 유리면 사이, 그리고 하부 커버와 집열판 사이의 열전달율로 대류 및 복사 성분을 나타내며, 각각의 Nu를 구해야만 얻어진다. 특히 자연 대류를 나타내는 $h_{c,c1-c2}$의 계산에 있어서 태양열 집열기 내의 두 유리면 사이의 Nu는 경사각이 그다지 크지 않을 때, 일반적으로 Ra와 경사각 θ와의 함수로 표시된다.

그러나 경사각 θ가 $0 \leq \theta \leq 60^\circ$ 일 때, $Ra \cdot \cos\theta$ 값을 0과 10^6 사이에서 네 개의 영역으로 나누고 각각의 범위에 있어서의 Nu를 $Ra \cdot \cos\theta$의 함수로써 나타낸 Buchbergs의 아래 식을 사용하여 구하였다.

1) $Ra \cdot \cos\theta$ 〈 1708일 때 :

$$Nu = 1 \quad (7)$$

2) $1708 < Ra \cdot \cos\theta < 5900$일 때 :

$$Nu = 1 + 1.446\left(1 - \frac{1708}{Ra \cdot \cos\theta}\right) \quad (8)$$

3) $5900 < Ra \cdot \cos\theta < 9.23 \times 10^4$일 때 :

$$Nu = 0.229(Ra \cdot \cos\theta)^{0.252} \quad (9)$$

4) $9.23 \times 10^4 < Ra \cdot \cos\theta < 10^6$일 때 :

$$Nu = 0.157(Ra \cdot \cos\theta)^{0.285} \quad (10)$$

그리고 Ra 및 열전달율을 산출하기 위해서 다음 식을 이용하였다.

$$Ra = \frac{g\beta(T_{c2} - T_{c1})Pr}{\nu^2} \quad (11)$$

$$h_{c,c1-c2} = \frac{k \cdot Nu}{D_c} \quad (12)$$

$$h_{r,c2-c1} = \frac{\sigma(T_{c1} + T_{c2})(T_{c1}^2 + T_{c2}^2)}{\frac{2}{\varepsilon_c} - 1} \quad (13)$$

여기서 식 (13)은 유리면 사이의 복사 열전달율을 구하는 식이다. 한편, 식 (11)에서 Ra를 구할 때, 체적 팽창계수 β는 온도의 1차 함수로써 나타낸 $\beta = \frac{1}{T}$ 값을 이용하였다. 자연대류 성분을 나타내는 식 (12)에서의 T는 두 유리면의 평균 절대온도이며, 복사 성분을 나타내는 식(13)에서의 T는 하부 커버와 집열판과의 평균 절대온도이다.

2.2.4. 투과체와 집열판사이의 열저항 R3 계산

투과체인 하부 유리면과 집열판 사이에서의 열저항 R_3는 식(14)로 나타낼 수 있다.

$$R_3 = \frac{1}{h_{c,p-c1} + h_{r,p-c1}} \quad (14)$$

여기에서 $h_{c,p-c1}$, $h_{r,p-c1}$은 각각 하부 유리면과 집열면에서의 대류, 복사 성분을 나타내는 항이다. 특히, $h_{c,p-c1}$은 집열면과 하부 유리면 사이의 공기층에서의 강제대류 성분을 나타내는 항으로, 실험 장치에서 서술한 바와 같이 집열면에 4.5㎜ 높이의 간섭막대(rib)가 집열면 폭방향에 대해 10㎜ 간격으로 배치되어 있기 때문에 표면 거칠기, 즉 간섭막대가 열전달계수에 미치는 영향을 고려하지 않으면 계산의 정도가 떨어지게 된다. 따라서 본 연구에서는 Gnielinski식을 수정,

Nu를 계산하여 대류 열전달 계수 $h_{c,p-cl}$를 구하였다.

Nu는 St, Re 그리고 Pr의 곱으로 구할 수 있으며, St는 완전히 거친 영역에서 Nikuradse의 공식으로 마찰계수 f를 구하여 Dipprey & Sabersky식에 근거하여 얻을 수 있다. 마찰계수 f는 식 (15)를 이용하여 구하였다.

$$f = [1.74 + 2.0\log(R/k_s)]^{-2} \quad (15)$$

본 연구에서 표면 거칠기는 높이 h와 피치 p를 갖는 간섭막대로 가정하면, 등가 사립 거칠기 k_s는 식 (16)를 이용하여 구할 수 있다.

$$k_s = h \ \exp[3.4 \sim 3.7(p/h)^{-0.73}] \quad (16)$$

St는 식 (17)을 이용하여 구할 수 있다.

$$St = \frac{f/8}{0.9 + (f/8)^{1/2}[g(h^+, Pr) - 7.65]} \quad (17)$$

여기에서 h^+는 무차원 특성 높이로 식 (18)을 이용하여 구할 수 있다.

$$h^+ = (k_s^+/k_s)h \quad (18)$$

여기에서 k_s^+는 무차원 사립 크기로 정의할 수 있다.

$$k_s^+ = \frac{u_b k_s}{\nu}\left(\frac{f}{8}\right)^{1/2} \quad (19)$$

그리고 함수 $g(h^+,Pr)$은 식 (20)과 같이 정의할 수 있다.

$$g(h^+, Pr) = 4.3(h^+)^{0.28}Pr^{0.57} \quad (20)$$

Re는 식 (21)을 이용하여 구할 수 있다.

$$Re = \frac{u_b \cdot D}{\nu} \quad (21)$$

여기에서 u_b는 집열면과 하부 유리면 사이에서의 공기 유속이다.

Pr는 식 (22)를 이용하여 구할 수 있다.

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} \quad (22)$$

$$Nu = St \cdot Re \cdot Pr \quad (23)$$

$$h_{c,p-cl} = \frac{k \cdot Nu}{D} \quad (24)$$

유리면과 집열면 사이의 복사 열전달 계수 $h_{r,p-cl}$는 식 (25)를 이용하여 구할 수 있다.

$$h_{r,p-cl} = \frac{\sigma(T_p + T_{cl}) + (T_p^2 + T_{cl}^2)}{\frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1}{\varepsilon_{cl}} - 1} \quad (25)$$

2.3 계산의 타당성 검토

평판형 태양열 집열기의 상부 열손실 계수 계산의 정도를 검토하기 위하여 실제 측정한 출구 공기온도와 계산한 출구 공기를 비교하였다. 집열기를 빠져 나오는 출구 공기온도는 식(26)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$T_0 = T_i + \frac{Q_u}{\dot{m}C_p} \quad (26)$$

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 7과 Fig. 8에 각각 1998년 1월 25일과 26일의 집열기의 상부 열손실 계수를 나타내었다.

그림을 보아 알 수 있듯이, 본 집열기의 상부 열손실 계수는 약 3~4.5W/m²℃ 정도임을 알 수 있었다.

또한 계산의 타당성을 검증하기 위하여 실제 집열기의 출구 공기 온도와 계산상의 출구 공기 온도를 Fig. 9 와 Fig. 10에 나타내었다. 최대 ± 4℃ 정도의 오차가 있지만, 전체적으로 계산 결과가 잘 일치함을 보여주고 있다.

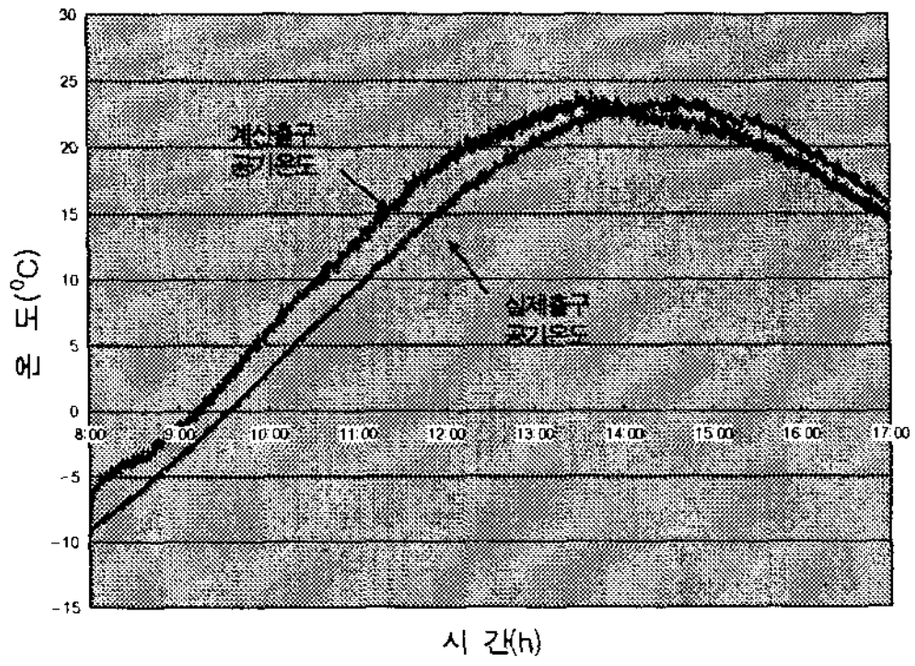


Fig. 9. Comparison of outlet air temperature in flat plate solar collector(1998.1.25)

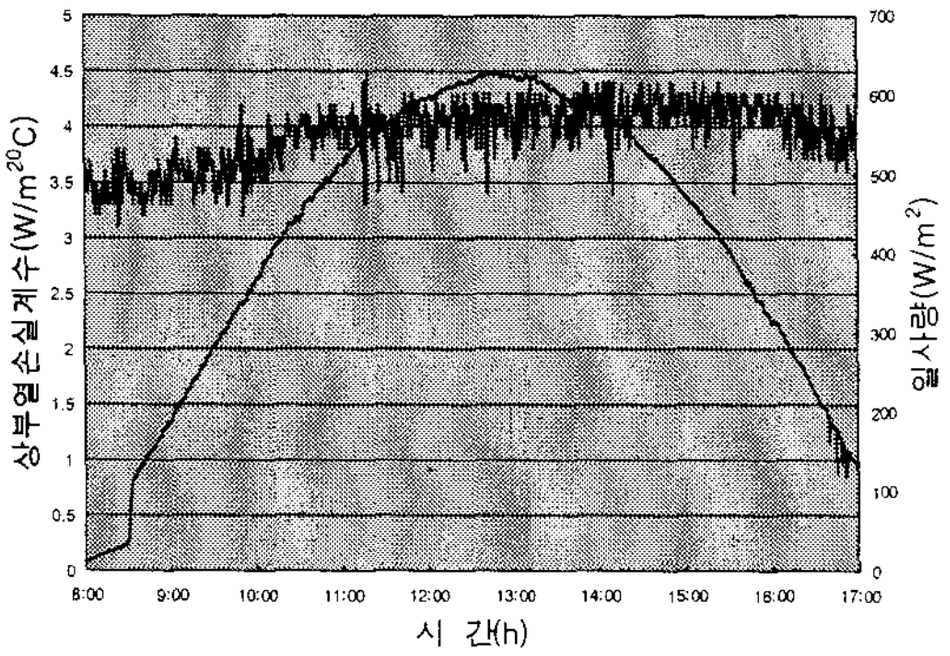


Fig. 7. Top loss coefficient of flat plate solar collector (1998.1.25)

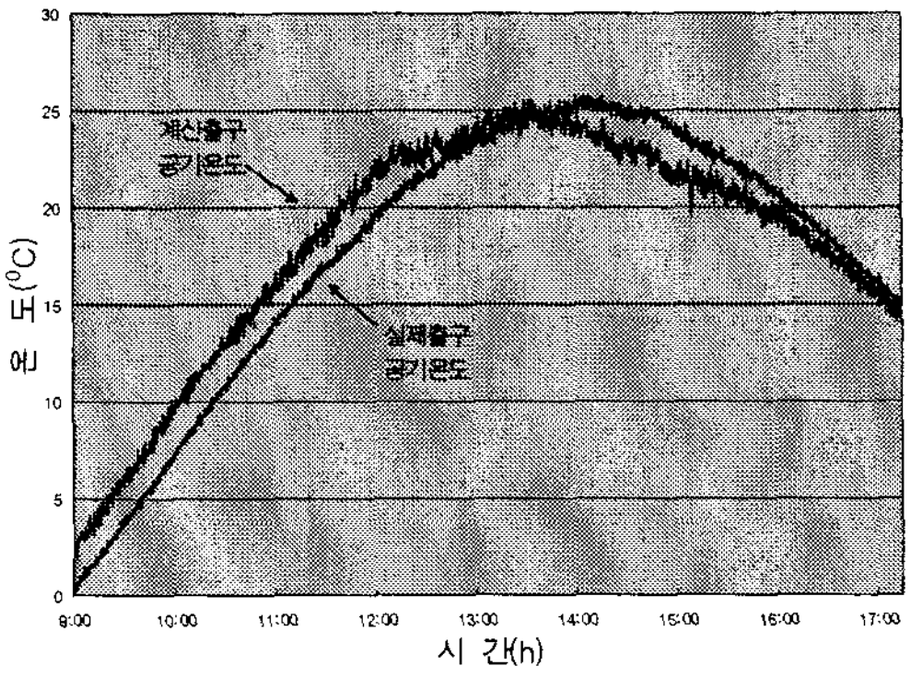


Fig. 10. Comparison of outlet air temperature in flat plate solar collector(1998.1.26)

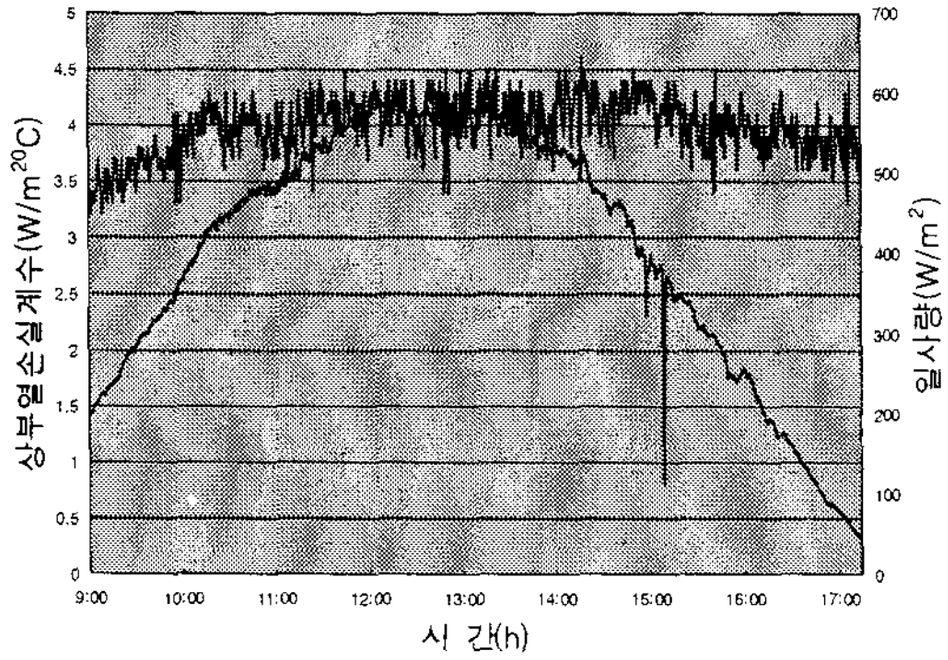


Fig. 8. Top loss coefficient of flat plate solar collector (1998.1.26)

4. 결 론

태양열 이용 냉난방시스템중 시스템의 절환없이 하나의 집열기로 냉방 및 제습은 물론 난방으로의 사용 가능성을 검토하기 위한 동계 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 동계 기간 실험을 통하여 본 실험장치인 평판형 태양열 집열기의 상부 열손실 계수는 약 3~4.5W/m²℃정도였다.
2) 계산에 의한 집열기의 출구 공기온도와 실제 출구 공기온도의 차가 최대 4℃정도의

오차가 발생하였으나, 전체적으로 보아 집열기의 상부열손실 계산이 타당하다는 것을 검증하였다.

3) 본 집열기의 집열면에 사용한 흑색 에폭시의 방사율은 0.87 정도로 비교적 높았다. 따라서 방사율이 낮은 선택흡수막(selective coating)을 사용할 경우, 복사 열손실을 줄일 수 있어 집열성능이 더욱 향상되어 난방효율 상승에 기여를 할 수 있을 것으로 사료된다.

후 기

장치의 제작에서 연구에 이르기까지 자신의 귀중한 시간을 할애하며 여러모로 힘이 되어 준 김정훈, 노은호, 정경환君 에게 깊은 사의를 표한다.

참 고 문 헌

1. J.A.Duffie, W.A.Beckman, 1991, "Solar engineering of thermal processes", A Wiley-Interscience Publication.
2. A.F.Mills, 1995, "HEAT AND MASS TRANSFER", IRWIN
3. 宇田川 光弘 著, 琴鐘洙, 金成完 編譯, 1993, "PC를 이용한 空氣調和計算法", 技文堂
4. 伊藤定祐, 昭和60, "平板形太陽集熱器の 集熱性能の改善"、日本機械學會論文集(B編), 51卷 464号, pp.1290~1296.
5. K.H.Choi, 1993, "Research on open cycle solar absorption system for low temperature dehumidifying and drying", Doctor paper.
6. K.H.Choi, J.S.Kum, B.C.Kim, et al, 1997, "Optimal trickling surface of the regenerator in an open cycle solar absorption system for dehumidifying", ISES solar world congress, Vol.4, pp.425~433.
7. F.C.O'Brien-Bernini, J.G.McGowan, 1984, "Performance modeling of non-metalic flat plate solar collectors", Solar Energy, Vol.33, No.3/4, pp.305~319.
8. T.Munner and M.Hawas, 1981, "Calculation of the top loss coefficient by the network method and applications to solar collectors", Solar energy, Vol.6, No.10, pp.971~981.
9. H.P.Garg and G.Datta, 1984, "The top loss calculation for flat plate solar collectors", Solar energy, Vol.32, No.1, pp.141~143.
10. Buchberg, H. et al, 1976, Trans.ASME. J. of Heat Transfer.
11. 木村建一, 1992, "建築環境學1", 丸善株式會社.
12. 木村建一, 1987, "建築設備基礎理論演習", 學獻社.
13. Rohsenow & Hartnett, 1973, "Handbook of Heat Transfer", McGRAW-HILL.
14. 內田秀雄, 1969, "伝熱工學", 裳華房.

Analysis of the Top Loss Coefficient for Flat Plate Collector in a Solar Air-Conditioning System during Winter

B. C. Kim*, K. H. Choi, J. S. Kum**, J. R. Kim***

* *Graduate School, Pukyong National University*

** *Dept. of Refrigeration & Air-conditioning Engineering, Pukyong National University*

*** *Yangsan Junior College*

Abstract

There are mainly 3 heat losses from solar collector; top, bottom, and edge heat loss. Usually edge heat loss is small so that could be neglected.

Of the total thermal losses occurring in a flat plate solar collector, top loss heat losses are dominant. Therefore it is necessary to calculate the top loss coefficient accurately in order to find out performance of solar collector.

The flat plate solar collector(regenerator in summer) used in this study was made for year-round air conditioning.

In order to find out collector efficiency for heating in winter without a system change, outdoor experiment was done.

The top loss coefficient of this collector was about 3 to 4.5W/m²℃. Futhermore use of selective coating in trickling surface can improve a performance of flat plate solar collector.