[논문] 태양에너지
Solar Energy
Vol. 10, No. 3, 1990

유하식 집열기를 이용한 저가 집열 시스템의 성능해석

김 부 호·이 동 원
한국동력자원연구소

Thermal Performance Analysis for the Low–Cost Solar System with Trickle–Collector

Bu–Ho Kim · Dong–Won Lee

Korea Institute of Energy & Resources

요 약

제작과 시공이 간편하고 저렴한 유하식 집열기의 열성능에 대하여 이론적 해석을 수행하였다. 개선된 이론해석의 결과는 실험결과를 잘 예측하였으며, 이 결과는 유하식 집열기를 이용한 저가 집열 시스템의 장기 열성능 해석 프로그램에 이용되었다. 문답식으로 짜여진 장기 열성능 프로그램은 f–chart 설계법에 근거하였으며, 저가 집열 시스템의 설계 및 경제성 분석에 쉽게 이용할 수 있다.

ABSTRACT

Theoretical analysis for the thermal performance on the low–cost trickle collector, which is easy to manufacture and construct, has been performed. The results were in reasonably good agreement with those of the experiments. They have been applicable to predict long–term thermal performance on the low–cost solar collecting system. The dialogue type of computer program has been written based on the f–chart method and it can be used for designing a these collecting system, and investigating its economic feasibility.

Nomenclature

C_p : 비열[J/kg℃]
D : 흡수판과 투과체 사이의 거리[m]
D_e : 유체의 확산계수[m^2/sec]
g : 중력 가속도[m/sec^2]
H,h : 열전달 계수[W/m^2℃]
h_{fg} : 증발잠열[J/kg]
k : 열 전도도[W/m℃]
L : 집열판 길이[m]
$\dot{m}$: 질량유량[kg/sec]

P : 압력[N/m²]
Pr : Prandtl수
q : 열량[W/m²]
R : 기체상수[J/kg℃]
Re : Reynolds수
S : 단위 면적당 일사량[W/m²]
T : 온도[℃]
u, u_M : 유체의 속도, 평균 속도[m/sec]
y : 유체 film의 수직방향 거리[m]
β : 집열기 경사각[°]
ε_M : eddy diffusivity
δ : 유체 film 두께[m]
ΔX : 단위 마디
η : 집열기 효율[%]
μ : 동점성 계수[kg/m · sec]
ν : 점성 계수[m²/sec]
ρ : 밀도[kg/m³]
τ : 전단응력[N/m²]

Superscript

+, * : 무차원 계수
' : 단위 폭 당

Subscript

a : 외기
b : 하부 단열재
c : 투과체
f : 유체
in : 집열기 입구
out : 집열기 출구
w : 벽면

Ⅰ. 서 론

태양에너지를 집열하여 온수공급 및 실내난방에 이용하는 기존의 태양열 시스템은 빈번한 고장과 높은 가격으로 보급에 많은 문제점을 지니고 있다. 이에 따라 구조가 단순하고 운전이 용이하며 저렴한 집열기의 개발이 추진되어 왔고, 그 중의 대표적인 것으로 유하식 집열기를 들 수 있다.

유하식 집열기는 흡수판 위로 전열 유체가 흐르는 단순한 방식으로서, 집열효율은 떨어지지만 제작과 시공이 간편하고 경제적이며 건물의 지붕이나 벽체 겸용으로 사용할 수 있는 장점을 갖고 있다. 따라서 비교적 저온의 온수나 난방이 필요한 실내 수영장에 유용하고, 공장 등 대규모 건물의 지붕이나 벽체로 사용할 때 보조 난방의 효과를 기대할 수 있다. 이러한 유하식 집열기에 대해서는 그동안 이론 및 실험적 연구[1,2,3]가 수행되어 왔으며, 실제 이 집열기를 설치한 실내 수영장등이 건설되어 운영중에 있다. 그러나 유하식 집열기의 성능 분석을 위한 기존의 이론적 연구에서는, 집열기 성능에 영향을 미치는 유체의 흐름에 대한 정확한 해석이 미흡하여 정확한 시뮬레이션이 어려웠고, 또한 이를 설치한 집열 시스템의 장기 성능 평가 방법이 없어, 이의 설치 보급에 장애요인이 되어 왔던 것이 사실이다.

이에 따라 본 연구는, 유하식 집열기에 대한 이론해석을 보다 발전시키므로써 실제 집열기 성능을 잘 예측할 수 있도록 하였으며, 개선된 이론해석 결과를 이용하여 집열 시스템의 장기 성능 분석이 가능하도록 f-chart법에 따른 프로그램을 개발하였다. 완성된 프로그램은 PC용 GW-BASIC을 이용 문답식으로 짜여져 있으므로, 집열 시스템의 설계 및 경제성 분석에 쉽게 이용할 수 있을 것이다.

Ⅱ. 유하식 집열기의 이론해석

Fig. 1과 같이 단순한 형태를 갖는 유하식 집열기의 이론해석에서 유의해야 할 점은, 유체가 흡수판 상에 노출되어 있어 증발이 일어난다는 것과 유체와 흡수판이 직접 접촉한다는 점이다. 이에 따라 이론해석에서는 Beard[3]가

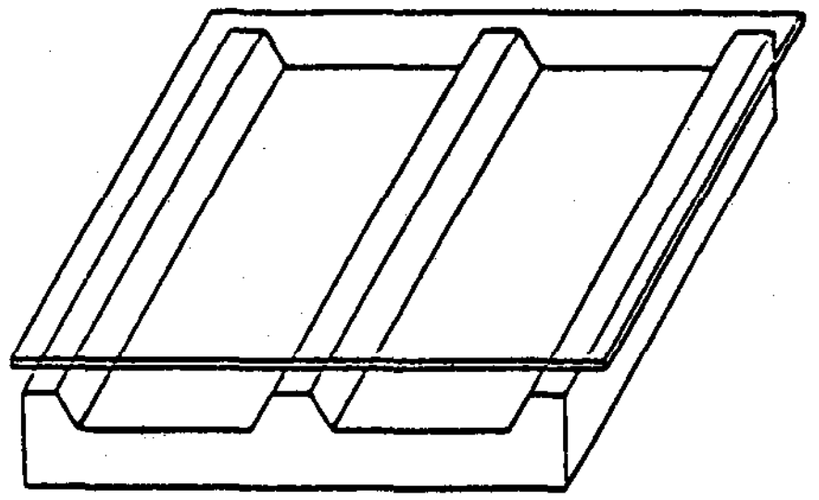


Fig. 1 유하식 집열기의 형태

제시한 증발 열손실에 관한 식을 적용하였고, 유체의 투과율을 1로 가정하여 태양열에 의한 흡수판 온도를 구한뒤, 유체가 흡수판 위를 지나면서 강제 대류 열전달에 의해 열을 흡수하는 것으로 생각하였다.

2.1 유체의 유동

흡수판 위를 지나는 유체의 유동은, Fig. 2와 같은 1차원 정상상태의 유체 film 모델을 생각하여 해석할 수 있다. 이 때 외부로부터 또는 외부로의 응축이나 증발에 의한 유량 변화는 없으며, 충분히 발달된 난류로서의 속도 분포를 갖는다고 가정하였다.

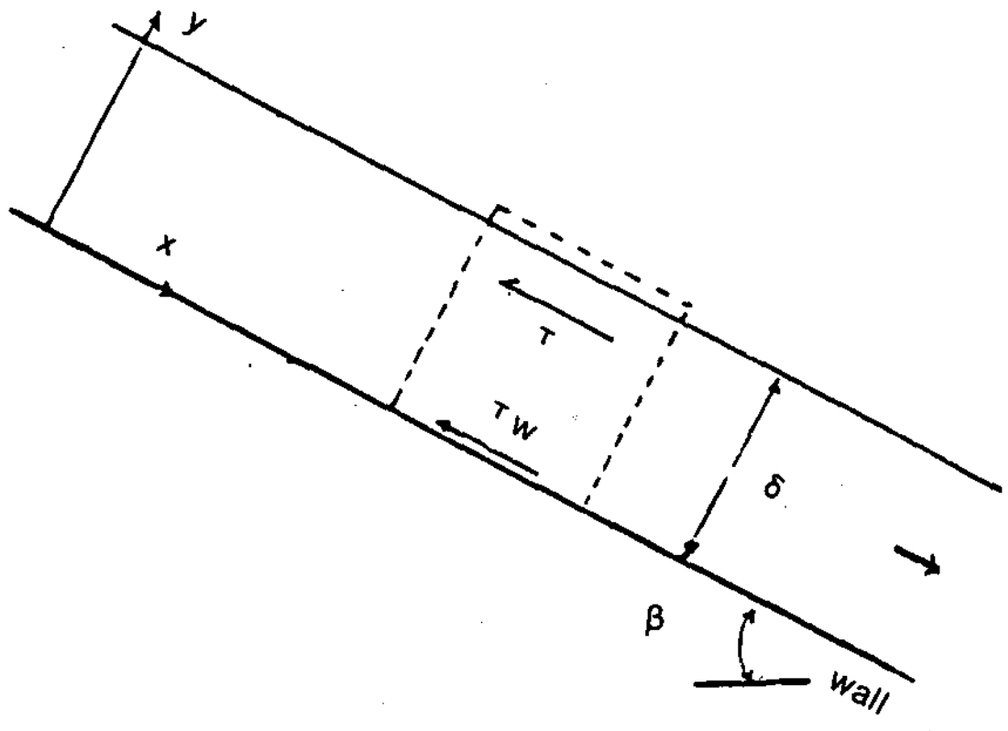


Fig. 2 유하식 집열기에서의 유체 film모델

먼저 유체 film에 대한 힘의 평형을 고려하여 유체내 전단응력 τ의 분포를 다음 식과 같이 표현하였고

$$\tau = \rho(\delta - y)g \sin\beta \tag{1}$$

이 식과 eddy diffusivity(ε_M / ν) 모델에 관한

$$\tau = \rho(\nu + \varepsilon_M)\frac{du}{dy} = \mu(1+\frac{\varepsilon_M}{\nu})\frac{du}{dy} \tag{2}$$

과 연관하여 다음과 같이 속도분포에 관한 식을 얻을 수 있다.

$$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\nu}\frac{\delta - y}{(1+\frac{\varepsilon_M}{\nu})} g \sin\beta \tag{3}$$

이 식을 무차원 변수를 도입하여 나타내면

$$\frac{du^+}{dy^+} = \frac{1-y^+/\delta^+}{1+\varepsilon_M/\nu} \tag{4}$$

과 같고, 여기서

$$\delta^+ = \frac{\delta u^*}{\nu},\ y^+ = \frac{yu^*}{\nu},\ u^+ = \frac{u}{u^*},$$
$$u^* = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}} \tag{5}$$
$$\tau_w = \tau_{y=0} = \rho\delta g \sin\beta$$

이다. 식 (4)를 풀기위해 필요한 ε_M / ν에 대해서는 Siu-Ming Yih가 제시한 다음과 같은 개선된 Van Driest 모델[4]을 사용하였다.

· $y/\delta \leq 0.6$

$$\frac{\varepsilon_M}{\nu} = -0.5 + 0.5\left[1 + 0.64y^{+2}\frac{\tau}{\tau_w}\left\{1-\exp\left(\frac{-y^+\sqrt{\frac{\tau}{\tau_w}}}{25.1}\right)\right\}^2 f^2\right]^{1/2} \tag{6}$$

· $y/\delta > 0.6$

$$\frac{\varepsilon_M}{\nu} = \left.\frac{\varepsilon_M}{\nu}\right|_{y/\delta=0}$$ 여기서

$$\tau/\tau_w = \rho(\delta - y)g\sin\beta / \rho\delta g \sin\beta$$
$$= 1 - y/\delta = 1 - y^+/\delta^+$$
$$f = \exp(-1.66y^+ / \delta^+) \tag{7}$$

이다. 결국 film내 속도 분포에 관한 식 (4)는 ε_M / ν에 관한 식 (6), (7)을 대입하므로써 완전한 미분 방정식의 형태를 갖게 된다. 이상의 방정식과 다음과 같은 경계조건

$$u^+ = 0 \text{ at } y^+ = 0 \tag{8}$$

을 이용하여, 식 (4)를 적분한

$$u^+ = \int_0^{\delta^+} \frac{1-y^+/\delta^+}{1+\varepsilon_M/\nu} dy^+ \tag{9}$$

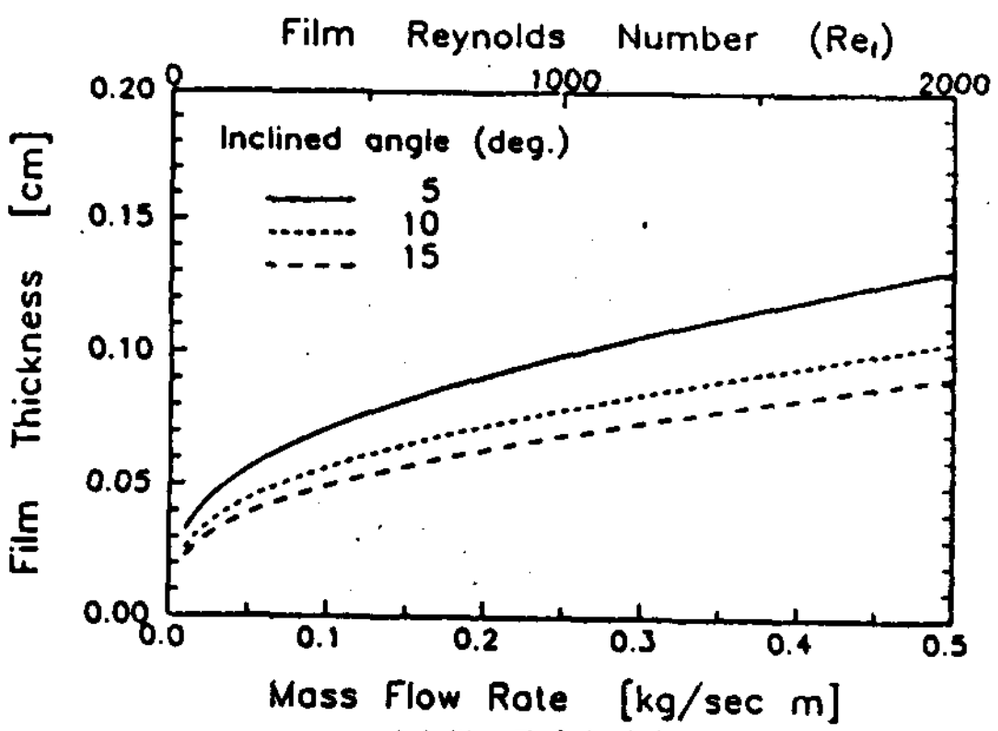
를 통해 위치에 따른 속도분포 해를 구할 수 있다. 한편 집열기에 유입되는 단위폭당 질량유량 $\dot{m}'$와 속도분포 사이의 관계는 film Reynold수(Re)의 개념을 도입하여 다음과 같이 표현된다.

$$Re = \frac{4\dot{m}'}{\mu} = 4\int_0^{\delta^+} u^+ dy^+ \tag{10}$$

식 (9)를 풀기 위해서는, 주어진 질량유량에 대하여 film두께 δ을 가정하고 속도분포를 계산한 후, 이 속도분포에 의해 계산된 질량유량이 주어진 질량유량과 같을 때까지 반복 계산해야 한다. 이 결과로, 주어진 질량유량에 대한 속도분포 $u^+(y^+)$와 film 두께를 얻을 수 있으며, 유하식 집열기의 해석에 필요한 평균유속 u_M을 계산할 수 있다.

Fig. 3에서는 집열기의 경사각과 질량유량의

변화에 대한 film의 두께 및 평균유속의 계산결과를 보여주고 있다. 이 그림에서 알 수 있듯이 흡수판의 경사각이 커질수록 film 두께가 얇아지고 평균유속이 증가하며, 이러한 경향은 유량이 증가할수록 보다 크게 나타나는 것을 알 수 있다.



(a) film 두께의 변화

(b) 평균유속의 변화

Fig. 3 집열기의 경사각과 질량유량의 변화에 대한 film 두께 및 평균유속

2. 열전달 계수

열전달 계수는 흡수판과 투과체 그리고 유체의 평균온도를 기준으로 계산하였으며, 모든 열전달은 정상상태에서 일어난다고 가정하였다. 또한 흡수판과 투과체 상에서 유동방향의 열전도는 무시하였고, 집열기내 공기의 온도는 흡수판과 투과체의 평균온도라고 생각하였다.

각 열전달 계수는 일반적인 집열기 해석 방법[5]에서와 같으며, 단지 유하식 집열기의 효율저하를 유발하는 증발 열손실에 대해서는 Beard가 제시한

$$q_{eva}=\frac{D_e P}{DRT_f}\ln\left(\frac{p-p_c}{p-p_p}\right)h_{fg} \quad (11)$$

를 사용하였다. 여기서 T_f는 유체의 절대온도이며 P는 유체의 전압력, P_p와 P_c는 흡수판과 투과체온도에서의 유체 분압으로 그 온도에서의 포화 증기압과 같다. 이와 함께 흡수판과 유체와의 강제대류 열전달 계수 h_{cv}에 대해서는 등온 평판 위를 흐르는 유동으로 간주하여

$$h_{cv}=\frac{0.037Pr^{1/3}\ Re_L^{1/2}\ K}{L} \quad (12)$$

를 이용하였다[6] 여기서 Re_L은 흡수판 길이를 기준으로 한 Reynolds 수로써 앞에서 계산한 평균 유속 u_M을 이용하여 계산하였다. 각 열전달 계수의 계산에 필요한 유체의 물성치는 온도의 함수형태로 나타내어 사용하였다[7].

3. 열평형 방정식

정상상태의 가정하에 투과체, 흡수판, 하부 단열재, 그리고 유체에 대한 열평형 방정식을 세우면 다음과 같다.

$$H_{ca}(T_a-T_c)+H_{pc}(T_p-T_c)=0 \quad (13)$$

$$S+\frac{K_b}{\Delta x}(T_b-T_p)+h_{cv}(T_f-T_p)+H_{pc}(T_c-T_p)=0 \quad (14)$$

$$H_{ba}(T_a-T_c)+\frac{K_b}{\Delta x}(T_p-T_b)=0 \quad (15)$$

$$h_{cv}(T_a-T_f)-q_{eva}=q_f \quad (16)$$

여기서 q_f는 유체가 얻은 열량을 의미하고, H_{ca}, H_{pc}, 그리고 H_{ba}는 투과체와 외기, 흡수판과 투과체, 그리고 집열기 밑면과 외기 사이의 복사 및 대류 열전달 계수의 합이며, 각각의 열전달 계수는 일반적인 집열기 해석 방법[5]에서와 같다. 또한 S는 흡수판에 흡수되는 단위 면적당 일사량으로, 경사면 일사량에 투과체의 투과율, 그리고 흡수판의 흡수율을 곱하므로써 얻을 수 있다. 식 (13)—(16)을 정리하면 투과체 및 흡수판의 온도를 다른 항으로써 표현할 수 있고, 이를 이용하여 흡수판의 단위 마디를 통과하는 유체의 온도상승을 계산할 수 있다.

계산 과정은 집열기를 유체의 유동방향에 따라 등간격으로 자른 후 각각의 마디에서 열평

형 관계식이 성립되도록 흡수판 및 투과체의 온도를 결정하고, 결국 유체로 전달되는 열량을 산출하도록 하였다. 이렇게 계산된 유체의 출구 온도는 외기온도와 함께 다음 마디에서의 경계조건이 되어 같은 과정을 입구에서 출구까지 반복하게 된다. 이와 같은 과정을 통해 흡수판, 투과체 그리고 유체의 평균 온도를 얻을 수 있으며 이 평균 온도로부터 증발열손실을 제외한 각각의 열전달 계수를 구하게 되고, 같은 방법으로 계산을 반복하여 수렴된 값을 얻을 수 있다. 한편 증발 열손실 양은 각각의 마디에서 계산하였다. 이러한 계산 결과 집열기 출구의 유체 온도를 얻을 수 있으며, 단위 폭당 입사된 일사량 S′를 이용하여 집열기 효율 η를 구할 수 있다.

$$\eta = \frac{\dot{m}' C_p (T_{out} - T_{in})}{S'L} \tag{17}$$

Ⅲ. 해석결과 및 검토

유하식 집열기에 대한 성능 해석 결과를 검증하기 위하여, 실험 결과와 비교하였다. 실험에서는 집열기 입구 온도를 변화시키면서 효율을 측정하였고 같은 조건에서의 이론 해석 결과를 구하여 서로 비교하였다. 실험을 위한 유하식 집열기는 폭 1m 길이 5m이며 집열기 성능측정 시스템도는 Fig. 4와 같다.

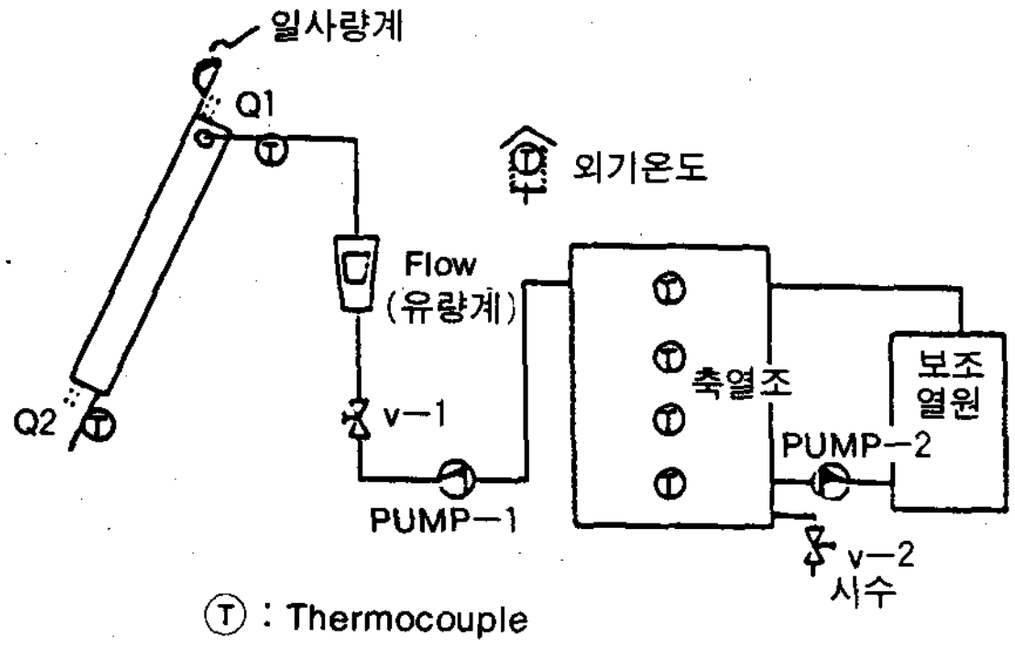


Fig. 4 유하식 집열기 성능측정 시스템도

Fig. 5는 해석결과와 실험결과를 비교하여 나타낸 것인데, 여기서 각 실험조건에 따른 이론해석 결과가 그림과 같이 직선으로 나오는 것은 아니며, 이 직선은 분산된 이론해석 결과를 최소자승법에 의해 선형화 시킨 것이다. 이와 같은 비교 결과를 볼 때, 유하식 집열기에 대한 해석은 실험결과를 잘 예측한다고 할 수 있으며, 따라서 이론해석을 통한 유하식 집열기의 시뮬레이션은 타당하다고 볼 수 있다.

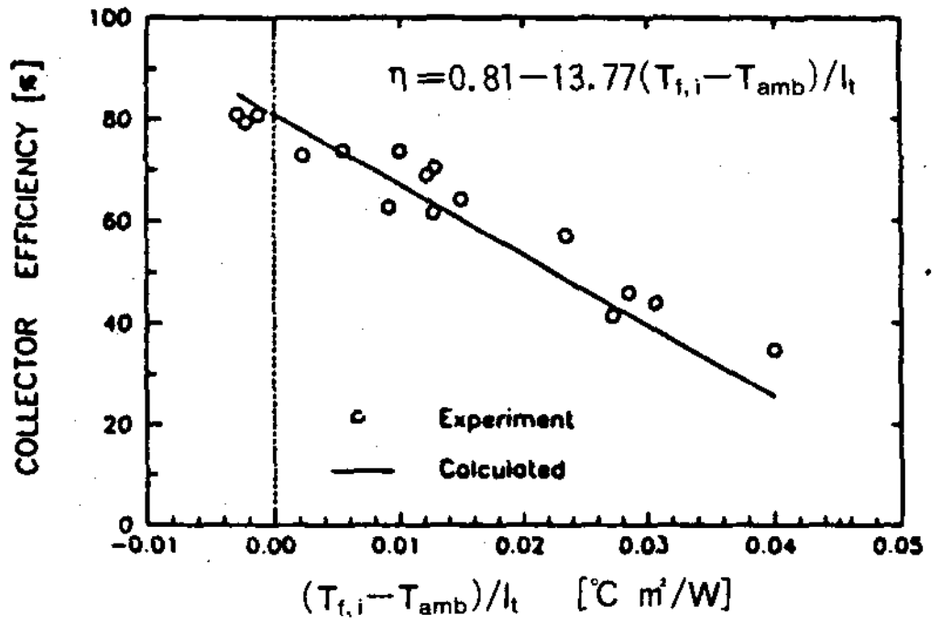


Fig. 5 유하식 집열기에 대한 이론해석 및 실험결과 비교

Fig. 6과 7은 전산 시뮬레이션 결과의 대표적인 경우로, 집열기 길이와 작동 유량에 따른 성능변화를 보여주는 것이다. 성능변화는 효율곡선의 비교와 성능인자의 변화로서 나타내었다. 여기서 성능인자란 집열효율을 나타내는 일반적인

$$\eta = F_R[(\tau\alpha)_n - U_L\frac{T_{in}-T_a}{S}]$$

$$F_R(\tau\alpha)_n - F_R U_L\frac{T_{in}-T_a}{S}] \tag{18}$$

식[5]에서 나타나는 $F_R(\tau\alpha)_n$과 $F_R U_L$의 값을 말하며, 이 두 값은 집열 시스템의 장기 열성능 분석에 필요한 값들이다. 집열기 길이의 증가는 유체 평균온도의 상승을 유발하여 이에 따른 열손실의 증가로 효율이 감소하는 것을 알 수 있으며, 유량의 증가는 이와 반대이지만 어느 유량 이상에서는 그 변화가 미약함을 볼 수 있다. 물론 이와 같은 조건에 따른 변화는 경제적 측면과 집열기가 설치될 건물의 크기, 원하는 유체의 출구 온도 등과 연관하여 생각해야 할 것이다. 이 밖에도 여러 인자에 따른 성능변화를 시뮬레이션 해 볼 수 있으며, 이러한 자료는 집열 시스템의 장기 열성능 분석에 중요한 자료가 된다.

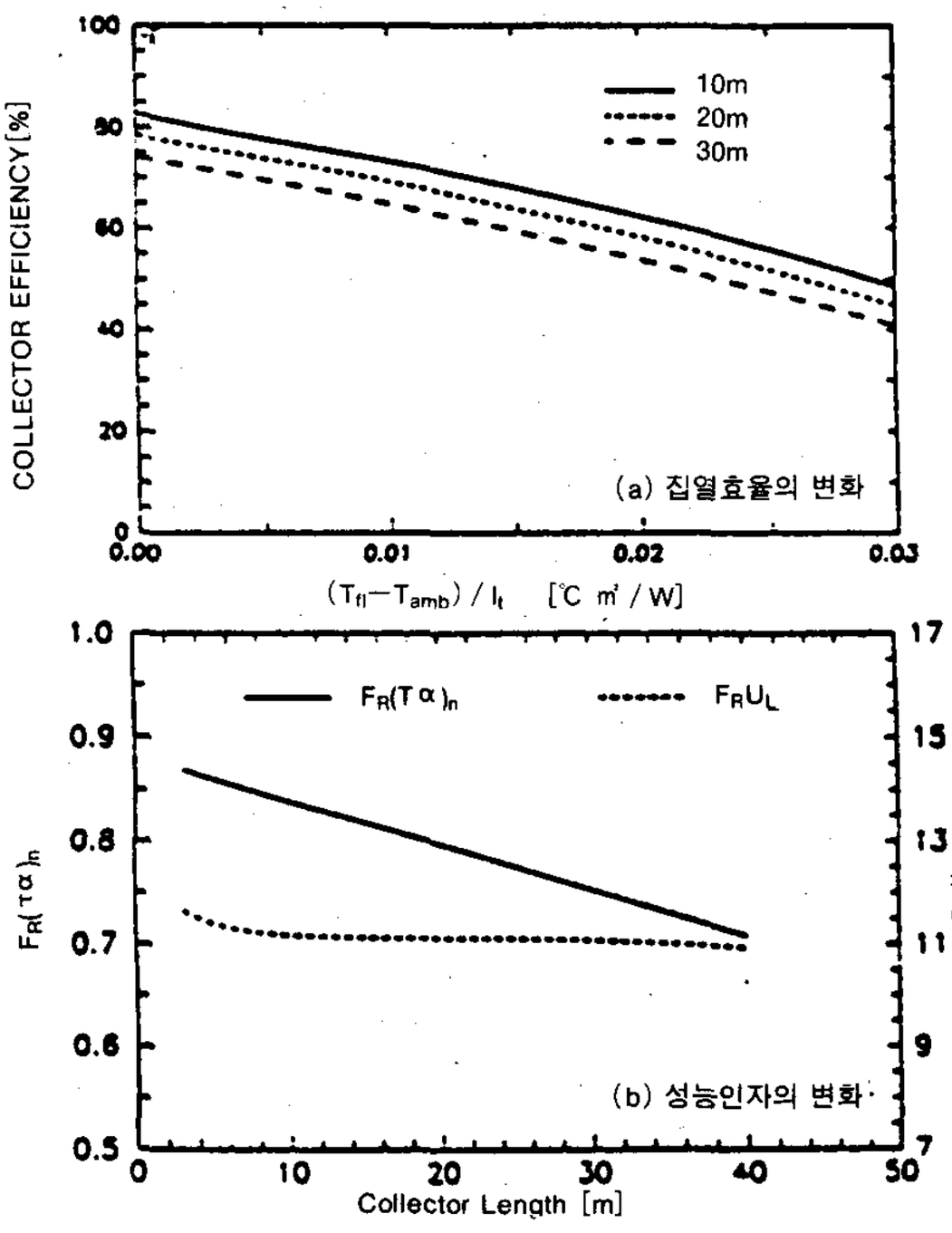


Fig. 6 집열기 길이에 따른 유하식 집열기의 성능변화

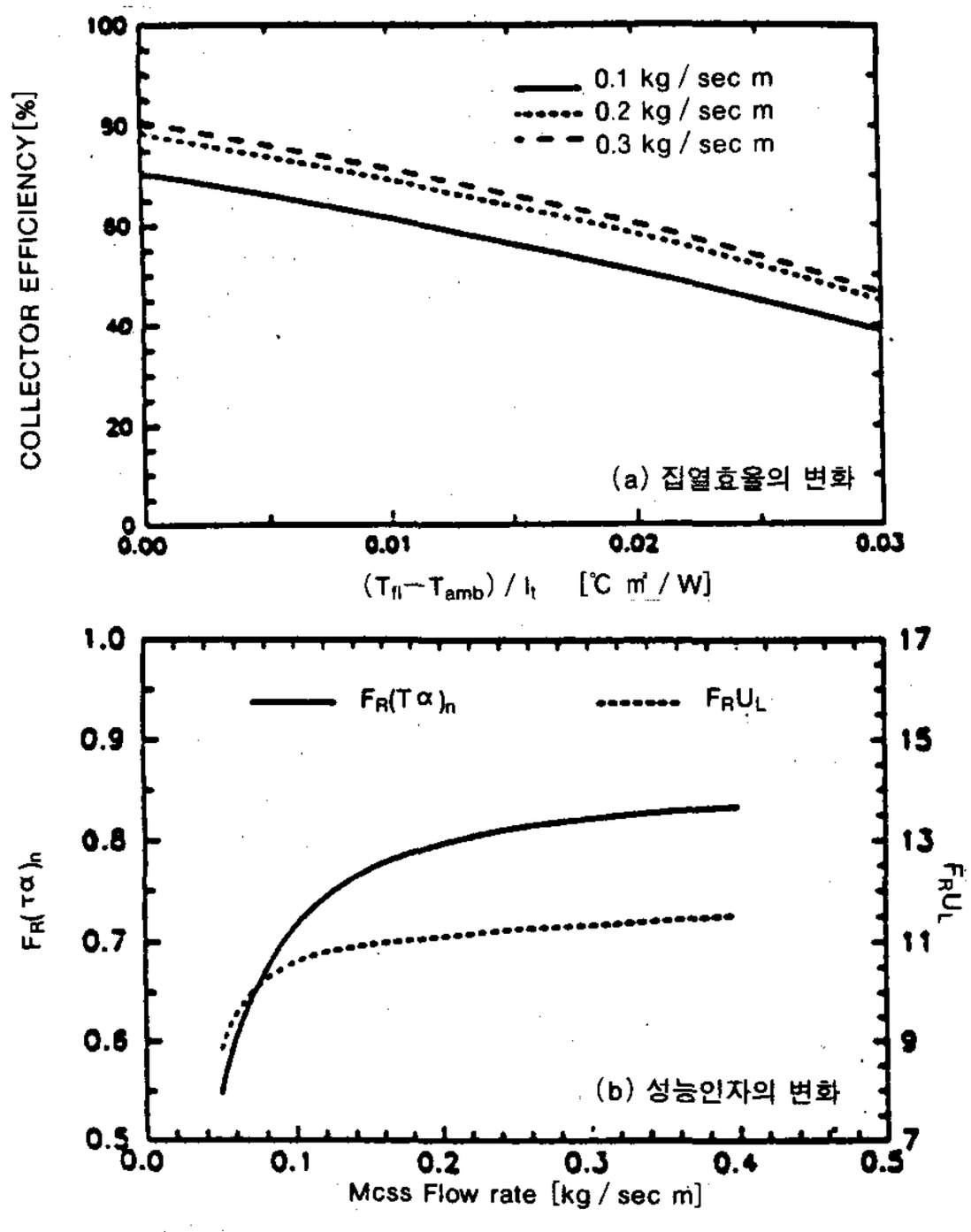


Fig. 7 작동유량에 따른 유하식 집열기의 성능변화

Ⅳ. 장기 열성능 해석 프로그램

유하식 집열기를 이용한 저가 집열 시스템의 장기 열성능 해석을 위하여, f-chart법을 이용한 태양 의존율 산정방법을 사용하였다. 원래 f-chart법은 평판형 집열기를 이용한 주거용 건물의 난방 및 급탕 시스템 열성능 해석을 위한 단순 설계법이어서, 저가 집열 시스템에 그대로 적용시키는데는 무리가 있다. 하지만 이러한 집열 시스템에 대한 장기성능 산정법이 특별히 개발되어 있지 않으며, 다른 성능 평가법들은 시간별 일사량등 수많은 자료를 필요로하고 대형 컴퓨터의 이용이 요구되는 등 불편한 점이 있는 실정이다. 이에 반해 f-chart법은 몇가지 간단한 설계 및 기상자료만을 필요로하기 때문에, 태양열 시스템의 장기성능을 쉽게 산정할 수 있고, 응용하면 태양열 시스템의 적정 규모를 산출할 수 있는 효과적인 방법이라고 할 수 있다. 그러나 이 방법도, 집열 시스템의 설치 위치 및 경사각에 따른 월별 투과율의 산정등 복잡한 계산을 필요로 하는 부분이 있으며, 변수를 변화시킬 때마다 같은 방법을 월별로 되풀이 해야 하는 불편함 때문에 수기계산의 어려움이 있어 보다 편리한 방법이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 앞서 살펴본 유하식 집열기의 성능인자와, 사용자가 입력하는 설계 및 기상자료를 통해, f-chart법에 근거한 유하식 집열 시스템의 태양 의존율을 계산할 수 있는 PC용 프로그램을 개발하였다.

GW-BASIC으로 짜여진 프로그램의 계산 흐름도(flow chart)는 Fig. 8과 같으며, 사용자와의 문답식으로 구성되어 있고 유하식 집열기를 공기식 집열기로 사용할 경우에도 장기 성능 평가가 가능하도록 하였다. 공기식 집열기로의 이용시, 집열기의 성능인자는 이 전의 연구결과[8,9]를 이용하였다. 입력자료는 집열 시스템이 설치된 지역의 기상자료, 급탕 및 난방부하, 집열기 제원, 그리고 동작조건 등이며, 이러한 자료는 프로그램 내에 초기값이 입력되어 있으며, 프로그램 동작중 원하는 부분을 바꿀 수 있다.

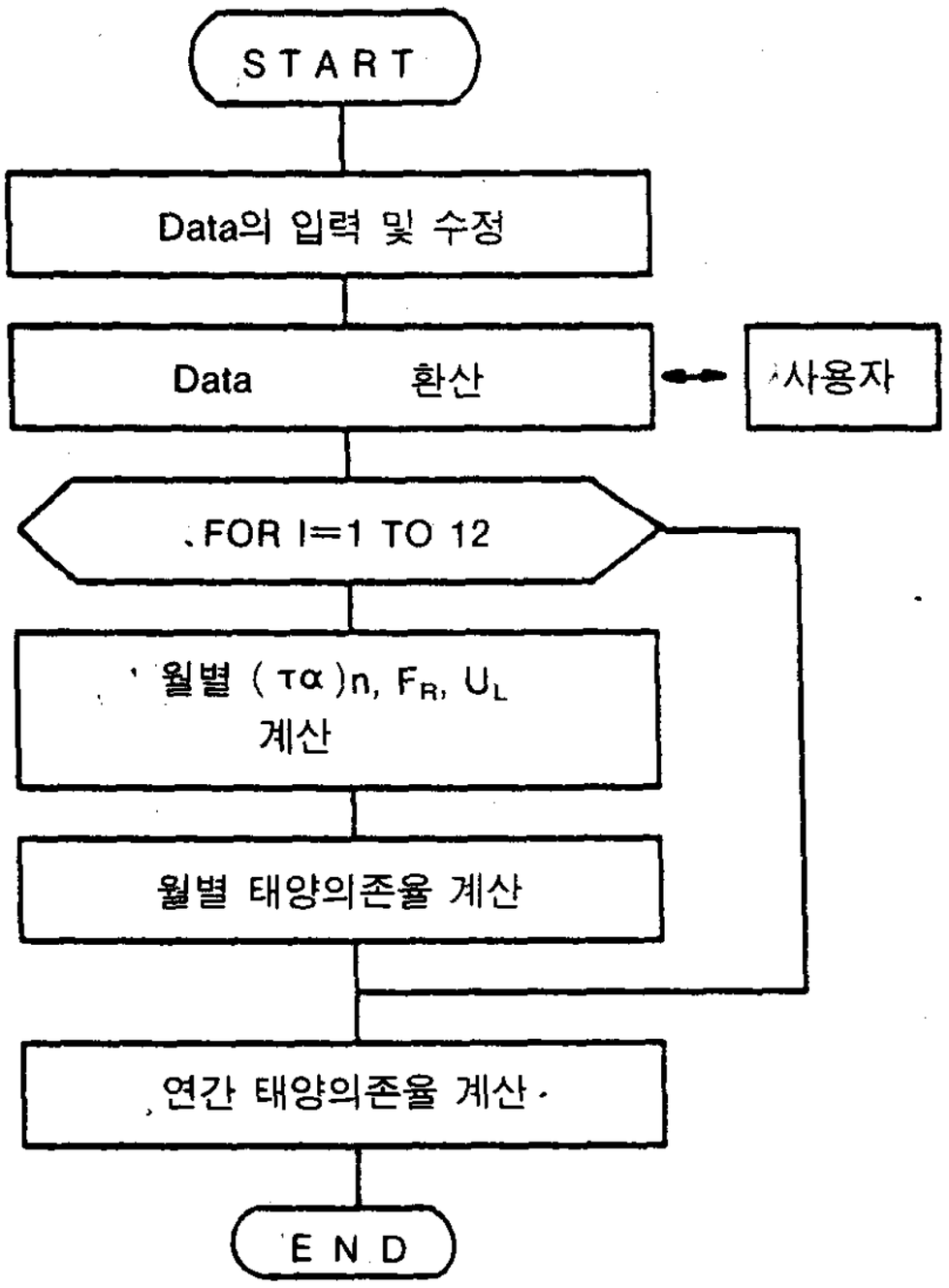


Fig. 8 프로그램의 계산 흐름도

Fig. 9는 Table 1과 같은 조건과 제원을 갖는 시스템에 대해서, 유량에 따른 연간 태양 의존율 변화를 구한 것으로서, 사용자가 시스템 설계시 유용하게 사용할 수 있을 것이다. 이와

Table 1. 시뮬레이션에 이용된 시스템

○ 대상건물 : 온양 실내 수영장
○ 지붕(집열기)경사각 : 남향 10°
○ 집열면적 : 액체식(급탕) 및 공기식(난방) 각각 500m²
○ 지붕(집열기)길이 : 20m

월별 난방 및 급탕 부하[MJ]

월	부 하	월	부 하	월	부 하	월	부 하
1	522,826	2	425,775	3	366,828	4	228,921
5	128,562	6	59,720	7	13,713	8	0
9	94,555	10	212,554	11	325,139	12	471,391

* 난방부하=급탕부하의 가정

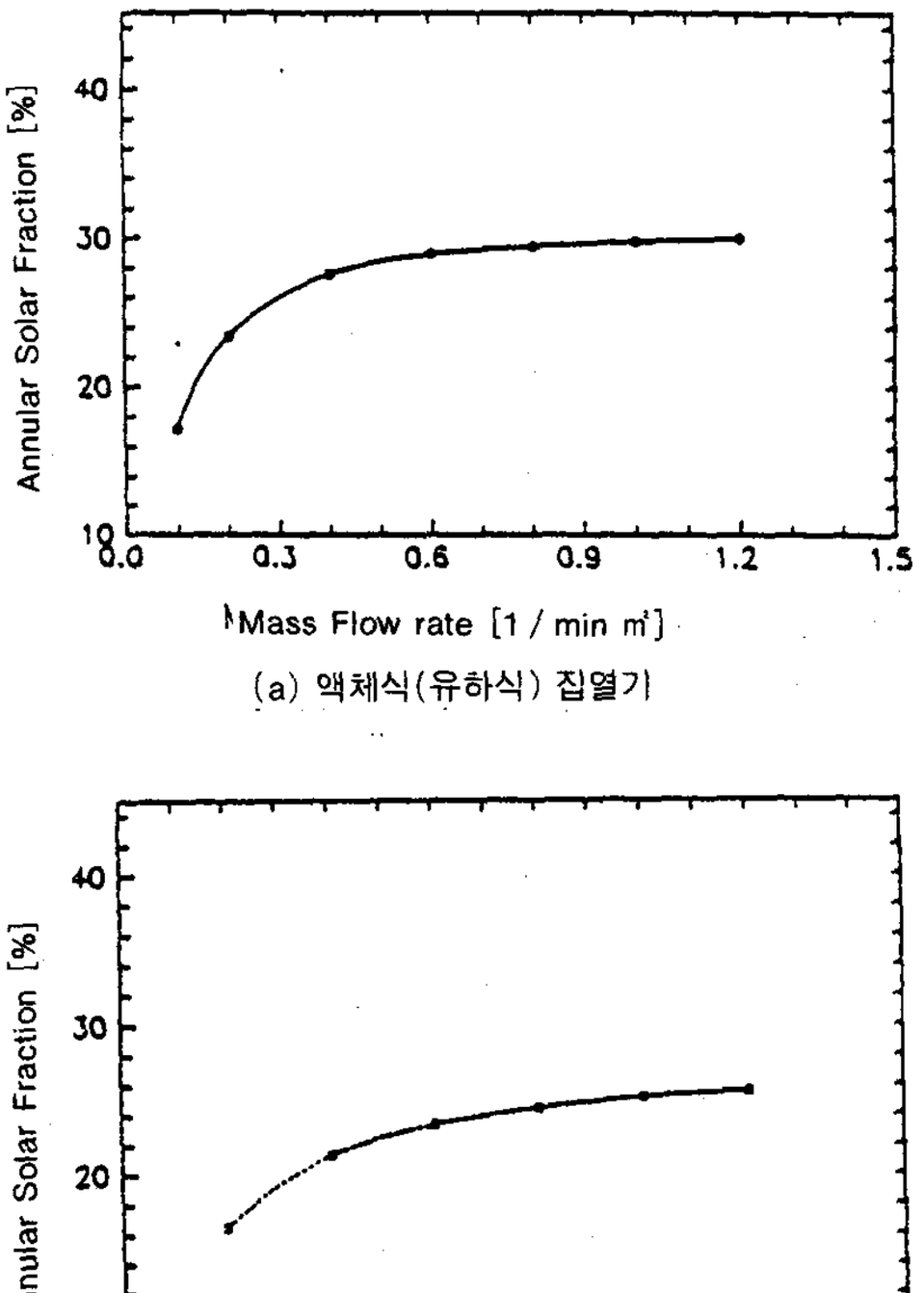


Fig. 9 유량에 따른 연간 태양의존율의 변화

같은 방법으로 여러 설계 및 동작변수를 변화시키면서 시뮬레이션을 수행할 수 있으며, 이 결과로 전체 시스템에 대한 최적 조건을 찾을 수 있다. 이러한 결과는 경제적 측면, 적용 건물에 따른 설계의 제한성등과 함께 고려됨으로써 집열 시스템의 설계 및 경제성 분석, 나아가서 태양열 시스템의 보급에 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

V. 결론

유하식 집열기에 대한 이론해석을 개선하고, 그 결과를 실험결과와 비교하므로써, 이론해석의 결과가 실험결과를 잘 예측하고 있음을 알았다. 이론해석의 결과는 유하식 집열기를 이

용한 저가 집열 시스템의 장기 열성능 해석 프로그램에 사용되었고, f-chart법에 근거한 이 프로그램은 저가 집열 시스템의 설계 및 경제성 분석에 이용할 수 있도록 하였다. 특히 이 프로그램은 PC용 GW-BASIC으로 짜여져 있고 문답식으로 되어 있기 때문에, 누구나 쉽게 이용할 수 있어, 저가 집열 시스템의 보급에 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

후기 : 이 연구는 에너지 관리공단의 지원하에 수행된 대체 에너지 과제의 일부이며, 관계자 제위께 감사의 뜻을 표한다.

참 고 문 헌

1. 한국동력자원연구소. 일체식 다목적 집열 시스템 연구, 1985, pp. 46-67.
2. J. H. Lee, M. Chung, P. C. Auh, and W. H. Park, "An Experimental and Theoretical Study of the Corrugated Water-Trickle Collector" Solar Energy, Vol. 38, No.2, 1987, pp. 113-123.
3. J. T. Beard, "Engineering Analysis and Testing of Water Trickle Solar Collector," U.S. NTIS Report ORO/4927-78/1, 1978.
4. S. M. Yih and J. L. Liu, "Prediction of Heat Transfer in Turbulent Falling Liquid Films with or without Interfacial Shear," AIChE J. 29, 1983, pp. 903-909.
5. J. A. Duffie and W. A. Beckman, "Solar Engineering of Thermal Process," John Wiley & Sons, N. Y., 1980.
6. F. P. Incropera and D. P. Dewitt, "Fundamentals of Heat Transfer", John Wiley & Sons, N. Y., 1981.
7. V. W. Sonntag, "Fundamentals of Classical Thermodynamics," John Wiley & Sons, N. Y., 1978.
8. 한국동력자원연구소, KE-85-5, 설비형 태양열 시스템 개발 연구(Ⅲ), 1985. pp. 1-45.
9. J. H. Lee, J. Yoo, and D. W. Lee, "Study on the Solar Collector Material-Comparison between the Metal and Non-Metal Absorber," ASME WA/Sol-5, 1988.
10. 이종호, 이동원, "경사진 개수로상을 흐르는 유체의 열전달에 관한 연구(Ⅰ)," 동자연 연구보고(KE-87(B)-11), 1987.

ABSTRACT

When nonuniform thermal boundary conditions are imposed on the surface of a circular cylinder in crossflow, the heat transfer characteristics can be quite different compared to what is found for isothermal or constant heat flux boundary conditions. In the present analysis, two kinds of nonuniform boundary conditions along the circumference of the cylinder are considered in a uniform stream of air: step changes and linear profiles. Step changes in temperature can arise on the surface of an external, cylindrical, solar central receiver. As the working fluid(water) flows through the vertical tubes that ring the circumference of Solar One(a solar central receiver in Barstow, California), the solar flux on the receiver heats the water from a liquid to a superheated state. In this process, portions of the receiver panels, and thus portions of the circumference of the cylinder, function as a preheater, boiler, or superheater. Hence the surface temperature can vary significantly around the cylinder. Common engineering practice has been to use an average wall temperature with an isothermal cylinder heat transfer coefficient when estimating the convective loss in these kinds of situations.

Thermal Performance Analysis for the Low–Cost Solar System with Trickle–Collector

Bu–Ho Kim · Dong–Won Lee

Korea Institute of Energy & Resources

ABSTRACT

Theoretical analysis for the thermal performance on the low–cost trickle collector, which is easy to manufacture and construct, has been performed. The results were in reasonably good agreement with those of the experiments. They have been applicable to predict long–term thermal performance on the low–cost solar collecting system. The dialogue type of computer program has been written based on the f–chart method and it can be used for designing a these collecting system, and investigating its economic feasibility.

The Estimation of Transpiration Rate of Crops in Hydroponic Culture in the Plastic Greenhouse

Sang–Woon Nam · Moon–Ki Kim

Seoul National Univ.
Seoul National Univ. College of Agriculture Dept. of Agriculture Engineering.

ABSTRACT

The main objective of this study was to find the relationship between transpiration rate and en-