

【 論 文 】

비금속 공기식 집열기의 이론 분석 및 성능실험

Theoretical & Experimental Study on the Air-Type Nonmetallic Collectors.

李 東 源* 李 鍾 鎬**
 (Lee, Dongwon) (Lee, Jongho)

(1986. 4.13. 접수)

ABSTRACT

In this study, theoretical & Experimental Analysis on three different air type solar collectors (One of metallic material: Al, two of non-metallic materials; GIWA & Slate) are performed.

The results of three different collectors show the similiar performance in spite of different absorber material.

The results of experiment are coincided with the theoretical results, and thus it is possible to estimate the performance of collector for the other experiment measuring variables.

As a result, the thermal conductivity has no influence on the collector efficiency, because air, heat transfer medium, flows through over the whole surface of absorber plate.

NOMENCLATURE

A_c	: 집열판의 면적	R_b	: geometric factor
$C_{p\ air}$: 공기의 정압 비열	S	: 유효 태양열
d	: 투과체 3에 있어서 세로벽 사이의 거리	\vec{S}	: 태양광선 벡터
F_R	: 열 제거 계수	T_a	: 외기 온도
F'	: 집열 효율 계수	T_c	: 투과체의 평균온도
h	: 두 투과체 사이의 거리	T_f	: 유체의 평균 온도
h_1	: 투과체와 유체 사이의 강제 대류 열전달 계수	T_{fi}	: 입구 유체 온도
h_2	: 흡수판과 유체 사이의 강제 대류 열전달 계수	T_p	: 흡수판의 평균 온도
h_r	: 복사 열전달 계수	t_w	: 투과체 3에 있어서 세로벽의 거리
I	: 일사량	\vec{U}	: 집열판의 법선 벡터
I_b	: 직달 일사율	U_b	: 밑면 열손실 계수
\dot{m}	: 공기의 질량유량	U_L	: 총 열손실 계수
Q_u	: 유체의 총 취득 열량	U_t	: 윗면 열손실 계수
q_u	: 유체가 얻는 단위 면적당 유용 에너지	α_θ	: θ 각도로 입사될 때의 흡수율
		β	: 집열판 경사각
		η	: 집열 효율
		ρ_g	: 지면의 반사율
		ρ_θ	: θ 각도로 입사될 때의 반사율
		δ	: 태양의 이탈각
		ω	: 시간각

* 韓國動力資源研究所

** 正會員 : 韓國動力資源研究所

- ϕ : 집열기 설치 장소의 위도
- τ_θ : θ 각도로 입사될 때의 투과율
- $(\tau\alpha)$: 유효투과율 \times 흡수율
- θ : 태양광선 입사각

I. 序 論

태양 에너지를 이용하는 방안중에는 비록 집열효율은 낮지만, 보다 넓은 부위에서 태양열을 흡수하여 이용율을 높히는 다목적 구조 집열 시스템을 생각할 수 있다. 즉 건물의 지붕이나 벽에 투과체를 덧붙임으로써 지붕 자체를 수영장이나 저온 공정열 이용 산업체에서 유용하게 쓰일 수 있는 유하식 집열기와, 건조기나 실내난방등을 위한 공기식 집열기로 사용할 수 있는 것이다. 이러한 집열 시스템을 유하식 집열기로 사용할 때는 흡수판 표면의 부식을 방지하기 위해서 효율은 약간 떨어지지만 비금속 재질의 흡수판을 쓰는것이 효과적이므로, 이 집열 시스템을 공기식 집열기로 이용할 때 흡수판의 재질이 집열효율에 미치는 영향을 생각해 봐야 할 것이다. 따라서 본 연구는 공기식 집열기의 성능을 이론 분석하며, 알루미늄, 기와, 스테이트를 흡수판으로 사용한 세 가지 집열기에 대하여 실험한후, 그 결과와 이론분석 결과를 비교하고 흡수판 재질이 집열효율에 미치는 영향에 관하여 살펴보았다. 실험은 실제 일사조건하에서 이루어졌으며, 중요한 변수인 유량을 변화시키면서 여러 차례 되풀이 하였다. 그러나 실험이 실제 조건하에서 행해진 관계로 실험조건이 이론분석에 이용된 이상적인 조건에 가까운 경우에만 유용한 데이터로 분리하였으며, 그 밖의 다른조건, 예를 들어 입구온도의 변화나 집열기 제원의 차이등에 관해서는 Computer Simulation을 통해서만 살펴보았다. 또한 Up-Slope-Partitions의 형태를 갖는 투과체에 대한 투과율 및 윗면 열손실 계수에 관한 분석을 통해 이러

한 투과체를 공기식 집열기에 설치할 경우의 효율변화도 함께 살펴보았다.

2. 이론적 고찰

(1) 집열기 모델

평판형 공기식 집열기의 이론분석을 위하여 유체 유동방향의 한 지점에서 Fig. 1 과 같은 열전달 모형과 열전달 회로망을 생각하고, 흡수판과 투과체, 그리고 유체에 대한 열전달 관계를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$S + U_b (T_a - T_p) + h_2 (T_f - T_p) + h_r (T_c - T_p) = 0 \quad \dots\dots (1)$$

$$U_t (T_a - T_c) + h_r (T_p - T_c) + h_1 (T_f - T_c) = 0 \quad \dots\dots (2)$$

$$h_1 (T_c - T_f) + h_2 (T_p - T_f) = q_u \quad \dots\dots (3)$$

여기서 q_u 는 유체가 얻는 단위면적당 유용에너지이다.

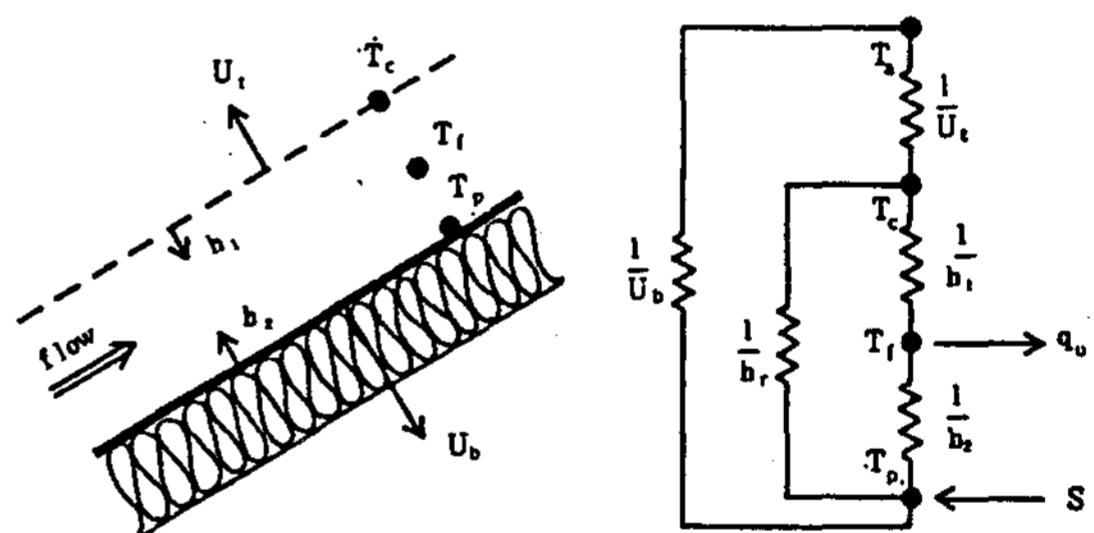


Fig. 1. Heat transfer model & Thermal Network

(2) 가 정

- ① 모든 열전달은 정상상태 (Steady State) 에서 일어난다.
- ② 서로 다른 두 등온평판 사이에 유체가 흐르면서 열전달이 이루어진다.
- ③ 유체는 유동과 수직한 단면상에서 균일한 온도분포를 갖는다.
- ④ 흡수판과 유체, 투과체와 유체사이의 강제 대류 열전달계수는 동일하다.

(3) 유용 태양열 (S)

유용 태양열 S 는 직달 일사율 (I_b)과 산란 일사율 (I_d)에 의하여 다음과 같이 나타난다.

$$S = I_b R_b (\tau \alpha)_b + I_d (\tau \alpha)_d \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho_g (I_b + I_d) (\tau \alpha)_g \frac{1 - \cos \beta}{2} \dots\dots (4)$$

첫 항은 직달 일사량으로, 여기서 기하학적 계수 (geometric factor) R_b 는 집열판이 Fig. 2 와 같이 β 의 경사각과 γ 의 집열판 설치각을 가질때, 다음과 같은 태양광선 벡터 \vec{S} 와 집열판의 법선벡터 \vec{U} 를 이용하여 구할 수 있다.

$$R_b = \frac{\vec{S} \cdot \vec{U}}{\cos \delta \cos \phi \cos \omega + \sin \delta \sin \phi} \dots\dots (5)$$

$$\vec{S} = (\sin \phi \cos \omega \cos \delta - \cos \phi \cos \delta) \vec{i} + (-\cos \delta \sin \omega) \vec{j} + (\cos \delta \cos \phi \cos \omega + \sin \delta \sin \phi) \vec{k} \dots (6)$$

$$\vec{U} = (\cos \gamma \sin \beta) \vec{i} + (\sin \gamma \cos \beta) \vec{j} + \cos \beta \vec{k} \dots\dots\dots (7)$$

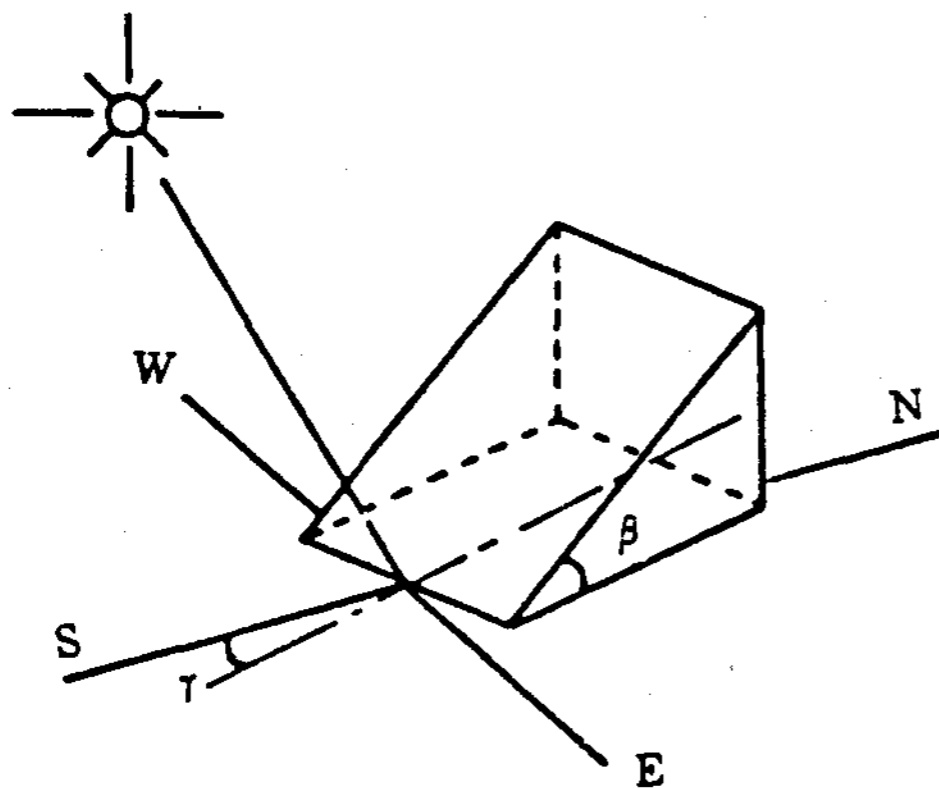


Fig. 2. Incidence of Radiation

여기서 ϕ 는 위도, ω 는 시간적, δ 는 태양의 이탈각이다. 식(4)에서 둘째 항과 셋째 항은 각각 대기 산란 일사량과 지면 산란 일사량을 나타낸다.

(4) Up-Slope Partitions 형태의 투과체를 사용할 경우의 투과율

Fig. 3 과 같은 형태의 투과체를 사용할 경우는, 입사각에 따른 빛의 경로가 복잡하기 때문에 투과율에 관한 해석에 주의할 필요가 있다.

실제 투과체에 Fig. 4 와 같이 빛이 입사할 때, 그 빛은 완전 직달반사율 (ρ_θ^s)과 완전

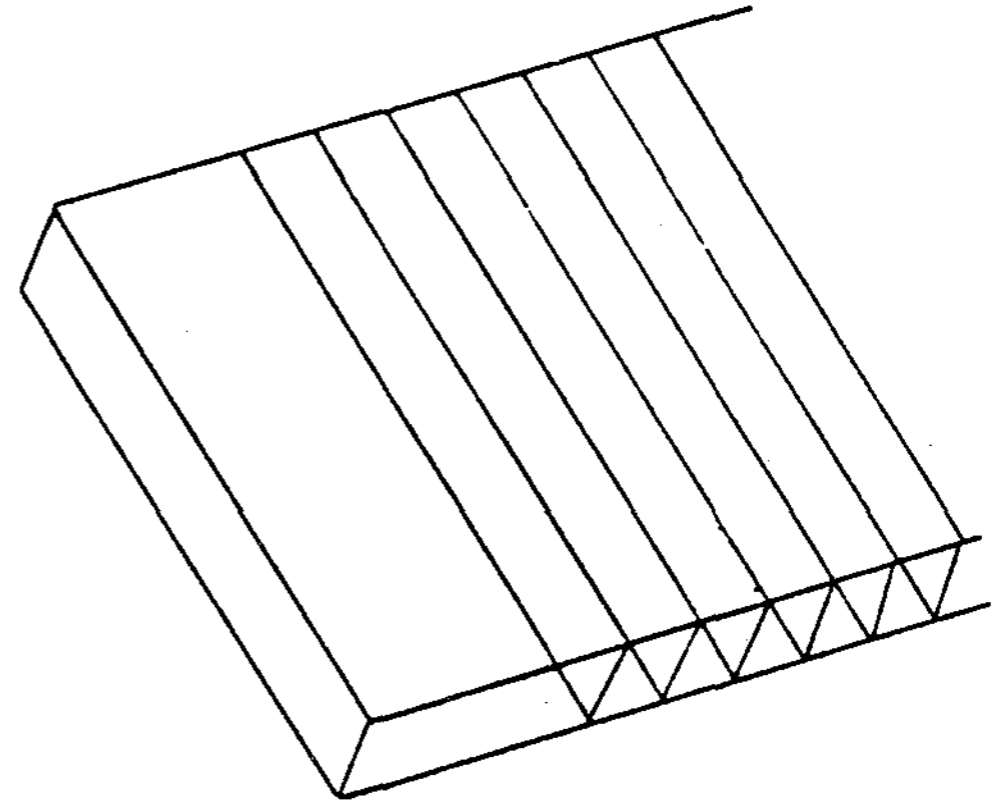


Fig. 3. Shape of Cover

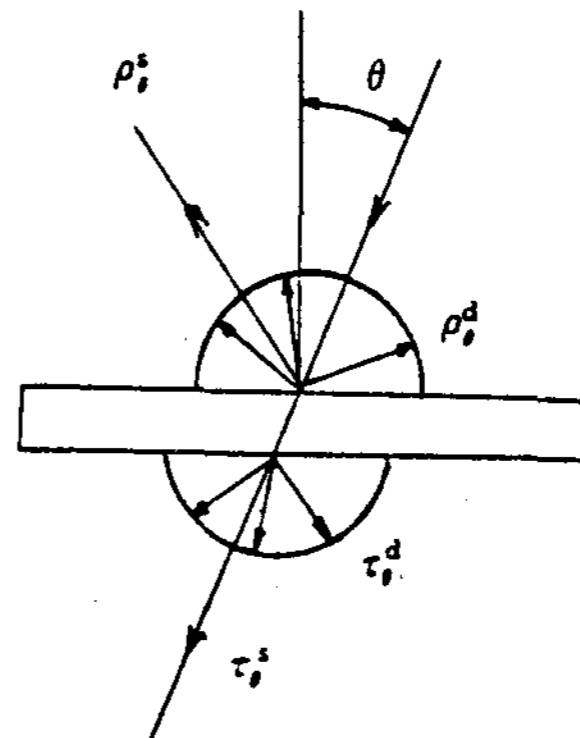


Fig. 4. Reflection & Transmission of Solar Radiation

산란반사율 (ρ_θ^d), 완전 직달투과율 (τ_θ^s)과 완전 산란투과율 (τ_θ^d), 그리고 흡수율 (α_θ)로 나누어지게 된다. 그러나 일반적인 투과체에서 산란반사율, 산란투과율은 직달량에 비해 그 값이 아주 작으므로 다음과 같이 직달량만으로 나타낼 수 있다.

$$\rho_\theta^s + \tau_\theta^s + \alpha_\theta = 1 \dots\dots\dots (8)$$

이와같이 ρ_θ^s , τ_θ^s 의 반사율과 투과율을 갖

고 형태가 Fig. 3 과 같은 반복적인 형상을 갖는 투과체에 입사하는 빛은, Fig. 5 와 같이 반사, 투과되면서 서로 영향을 미치게 되는데, 이러한 경향은 투과체의 제원과 입사각 θ 에 따라 더욱 복잡해질 수 있다. 이렇게 복잡한 해석을 간단히 하기 위하여, 투과체 각 부분의 벽면을 Fig. 6 과 같이 불투명하며 유효반사율 $\rho_{\phi, e}^s (= \rho_{\phi}^s + \tau_{\phi}^s)$ 인 재질로 보면 벽면으로부터 들어오거나 나가는 빛의 양을 고려할 필요가 없어 간단하게 투과율을 해석할 수 있게 된다.

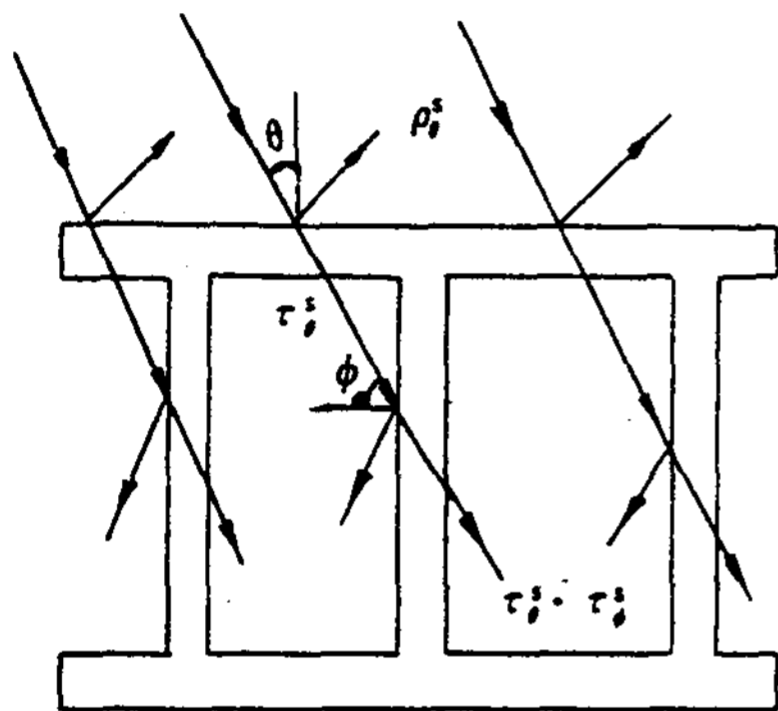


Fig. 5. Radiation path through the cover

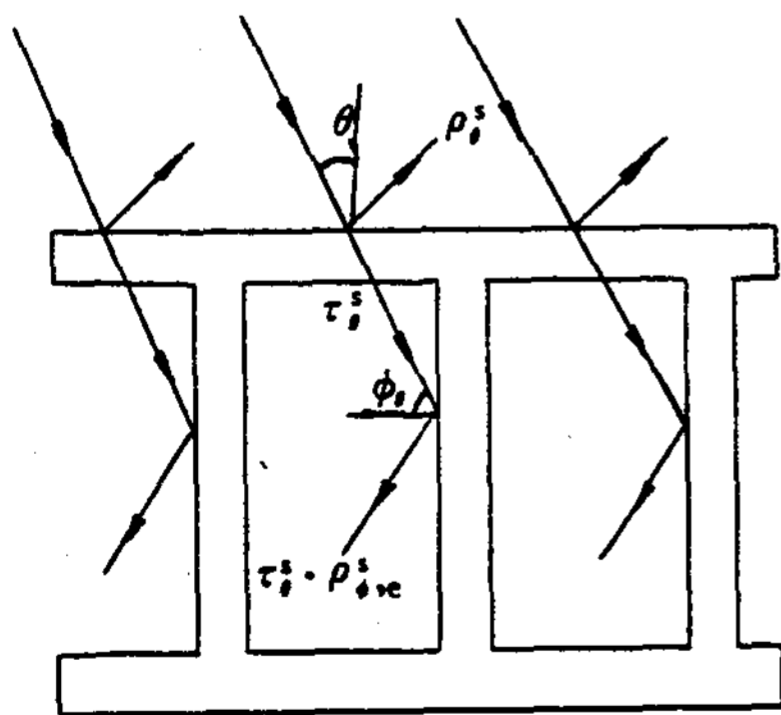


Fig. 6. Radiation path for the Analysis.

가) 위·아랫면이 없는 경우의 투과율

Fig. 7 에서, 입사된 빛이 벽면에 한번 반사되고 밑으로 빠져나가는 양의 비율은 a , 그 대로 빠져나가는 양의 비율은 $1-a$ 로 표시할 수 있으므로 투과율 $\tau(\theta)$ 는 $(1-a) + a \cdot \rho_{\phi, e}^s$ 로 나타낸다. θ 의 값이 크거나 h/d 의

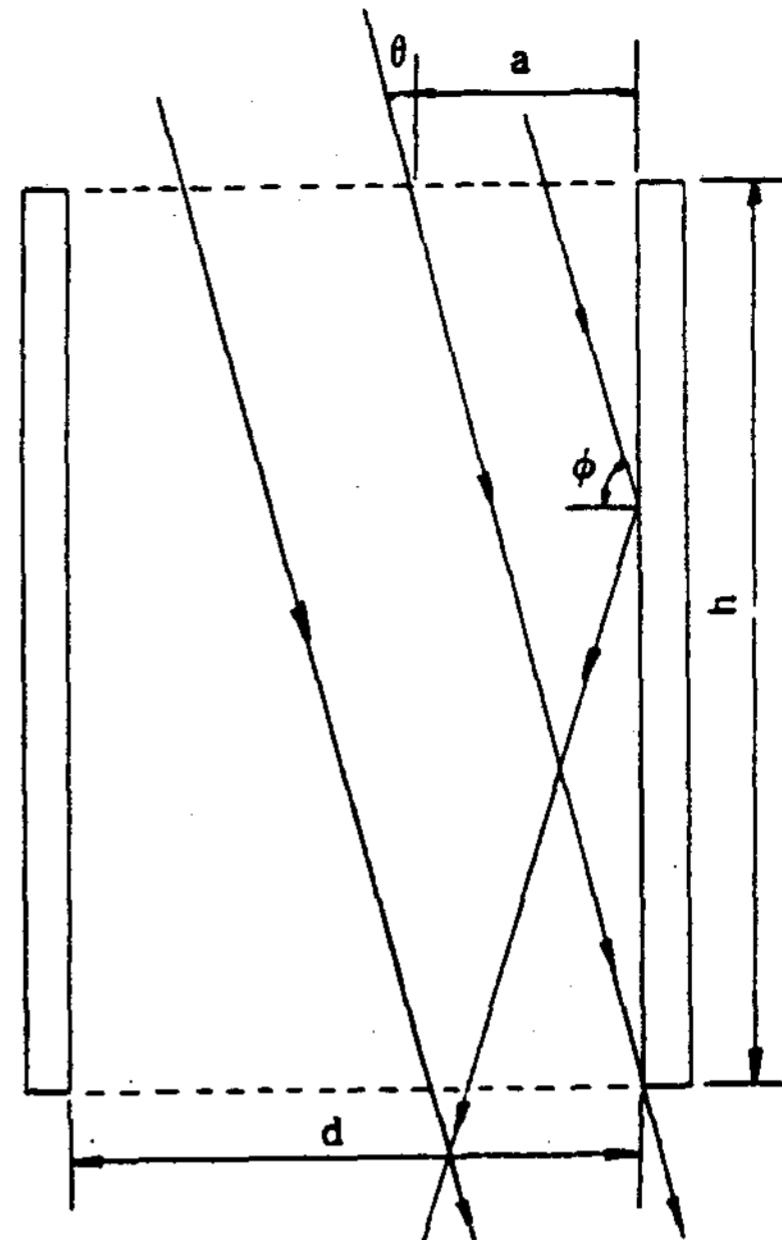


Fig. 7. Radiation path without top & bottom faces

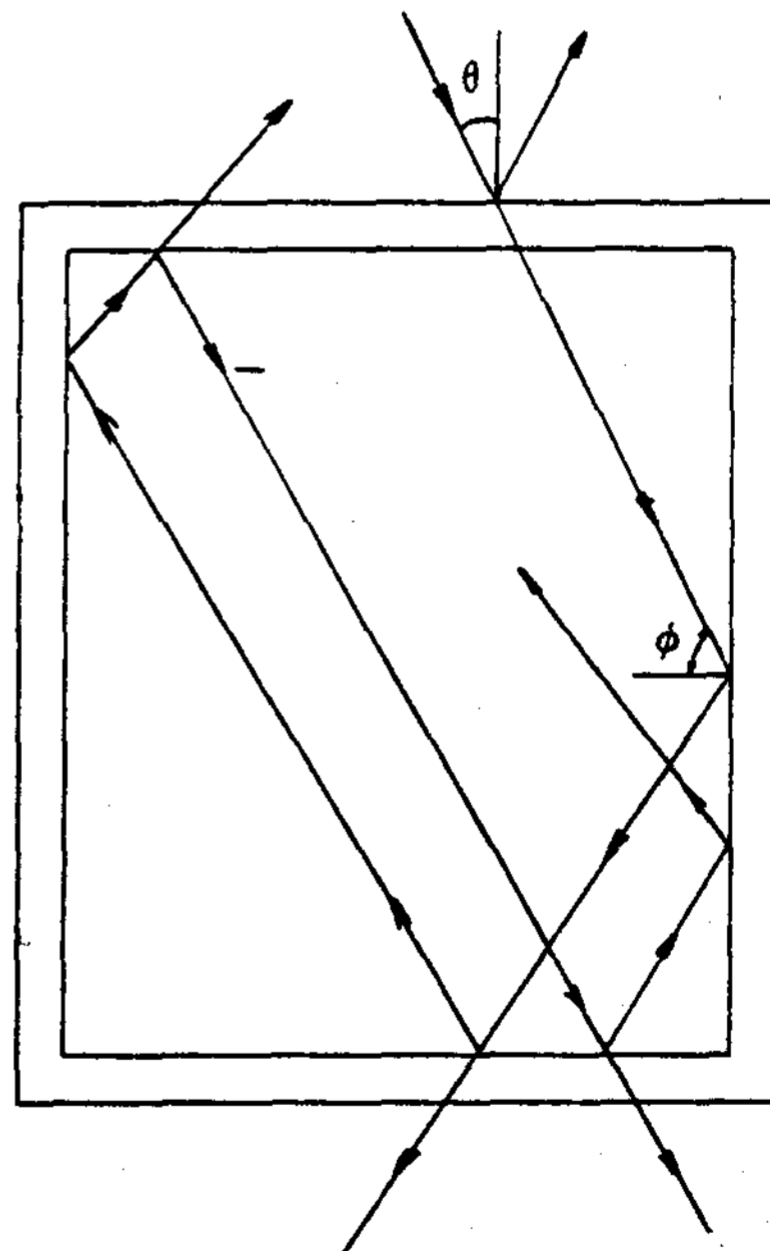


Fig. 8. Radiation path with top & bottom faces

값이 클때, 입사된 빛은 여러번 벽면에 반사될 수 있고, 그 횟수를 n 과 $n+1$ 로 나타내면 일 반적인 투과율은

$$T_a(\theta) = (1 - a) \cdot (\rho_{\phi, e}^s)^n + a(\rho_{\phi, e}^s)^{n+1} \dots\dots\dots (9)$$

로 표시된다. (3) 여기서 $a = R - n$ 이며, $R = h \tan \theta / d$, n 은 R 의 정수 부분값을 나타낸다.

나) 위·아랫면이 있는 경우의 투과율

$\tau_{\theta, u}$ 의 투과율을 갖는 윗면을 통과한 빛은 Fig.7에서와 같은 방법으로 벽면에 반사되고 아랫면에 도착한다. 아랫면에 도착한 빛의 일부는 $\tau_{\theta, L}$ 의 투과율이 곱해져 밑면을 통해 빠져나가고, 일부는 $\rho_{\theta, L}$ 의 반사율이 곱해져 위로 되돌아간다. 따라서 밑면을 통해 빠져나간 빛의 양은 $\tau_{\theta, u} \cdot \tau_{\theta, L} \cdot T_a(\theta)$ 의 값을 갖게 되며, 되돌아가는 빛은 $\tau_{\theta, u} \cdot \rho_{\theta, L} \cdot T_a(\theta)$ 의 값을 갖고 윗면으로 가게 된다. 이런 과정을 되풀이하면서 벽면에 반사되는 횟수는 증가하며, 그 횟수는 a 의 값에 따라 변하게 된다. Fig. 8은 이러한 과정을 나타내고 있다. 결국 윗면에 입사하여 밑면을 통과하는 양, 즉 유효투과율은 다음과 같은 무한수열로 나타내어진다.

$$T_a(\theta) = (\tau_{\theta, u}) \cdot (\tau_{\theta, L}) \sum_{i=1}^{\infty} (\rho_{\theta, u} \cdot \rho_{\theta, L})^{i-1} \{ A(i) (\rho_{\phi, e}^s)^{N(i)+1} + (1 - A(i)) (\rho_{\phi, e}^s)^{N(i)} \} \dots\dots\dots (10)$$

여기서

$$\frac{j}{2i-1} \leq a < \frac{j+1}{2i+1} \quad \text{일 때}$$

$$A(i) = (2i-1)a - j$$

$$N(i) = (2i-1)a + j$$

(j 는 $0 \leq j \leq 2i-1$ 인 정수)

다) 벽면의 두께가 투과율에 미치는 영향

벽면위에 입사되는 빛의 경로를 Fig. 9와 같이 나타내면, 내부반사를 위해서는 $\sin \theta_2 > 1/n'$ 의 조건이 만족되어야 하는 것을 알 수 있다. θ 와 θ_1 사이에는 $\sin \theta = n' \sin \theta_1$ 의 관계가 있으므로 $\sin \theta_1 > 1/n'$ 이 되기 위해서는 $\sin \theta_1 < (1 - 1/n'^2)^{1/2}$ 이 되어야 하고 이것은 $\sin \theta$

$/n' < (1 - 1/n'^2)^{1/2}$ 즉 $\sin \theta < (n'^2 - 1)^{1/2}$ 이어야 하는 것을 알 수 있다. 그러므로 벽면위로 입사되는 빛의 입사각이 $\theta < \sin^{-1} (n'^2 - 1)^{1/2}$ 의 조건이 만족된다면 완전히 내부반사되어 옆면으로 빠져나갈 수 없게 된다. 일반적인 투과체로 쓰이는 유리나 polycarbonate는 $n' = 1.526, 1.6$ 의 값을 가지므로, 어떤 각도로 빛이 입사되더라도 이 빛은 완전 내부 반사된다.

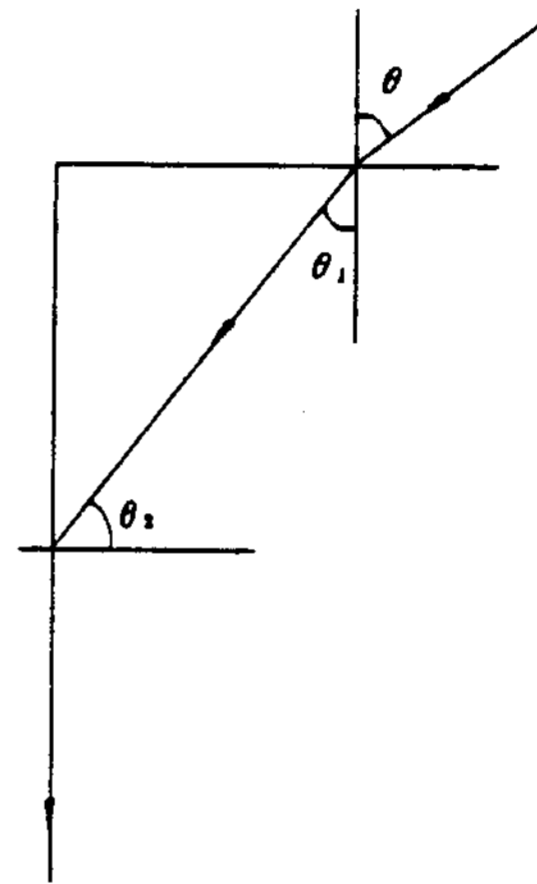


Fig. 9. Internal reflection

따라서 벽면위에 입사되는 빛에 대한 투과율을 $T_E(\theta)$ 라 하면, 전체 투과율은

$$T(\theta) = \frac{T_a(\theta) + B \cdot T_E(\theta)}{1 + B} \dots\dots\dots (11)$$

로 쓸 수 있다. 여기서

$$B = t_w / d \quad t_w : \text{벽의 두께}$$

$$T_E(\theta) = (1 - r(\theta))^2 e^{-b(\theta)}$$

$$b(\theta) = \frac{K \cdot h \cdot n'}{(n'^2 - \sin^2 \theta)^{1/2}}$$

이다. $(1 - r(\theta))^2$ 은 윗면과 아랫면에서 반사되는 양을 고려한 항이다. 윗식을 이용하여 입사각에 따른 투과율을, 1장의 유리를 사용한 경우(투과체 1)와 2장의 유리를 사용한 경우(투과체 2)의 투과체와 비교하여 Fig. 10에 나타내었다. Fig. 10,a는 같은 물성치 및 두께를 갖는 유리로 만들어진 투과체 1, 2, 3의 투과율을 나타낸 것이며, Fig. 10,b는

5 mm의 유리로 만들어진 투과체 1, 2와 1.5 mm의 polycarbonate로 만들어진 투과체 3의 투과율을 비교하여 나타낸 것이다. 기타 이론 해석을 위한 상세한 열전달 계산은 생략하며 자세한 것은 참고문헌(7)을 참조한다.

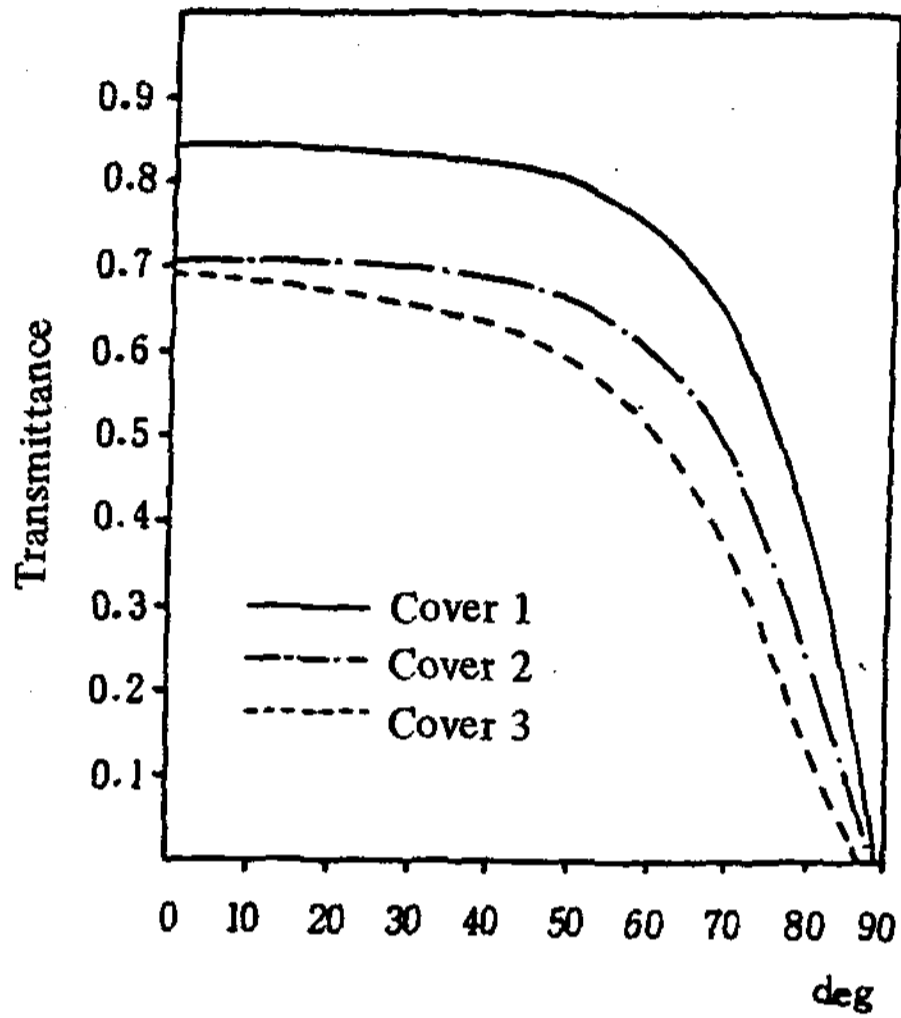


Fig. 10. a (Same thickness & materials)

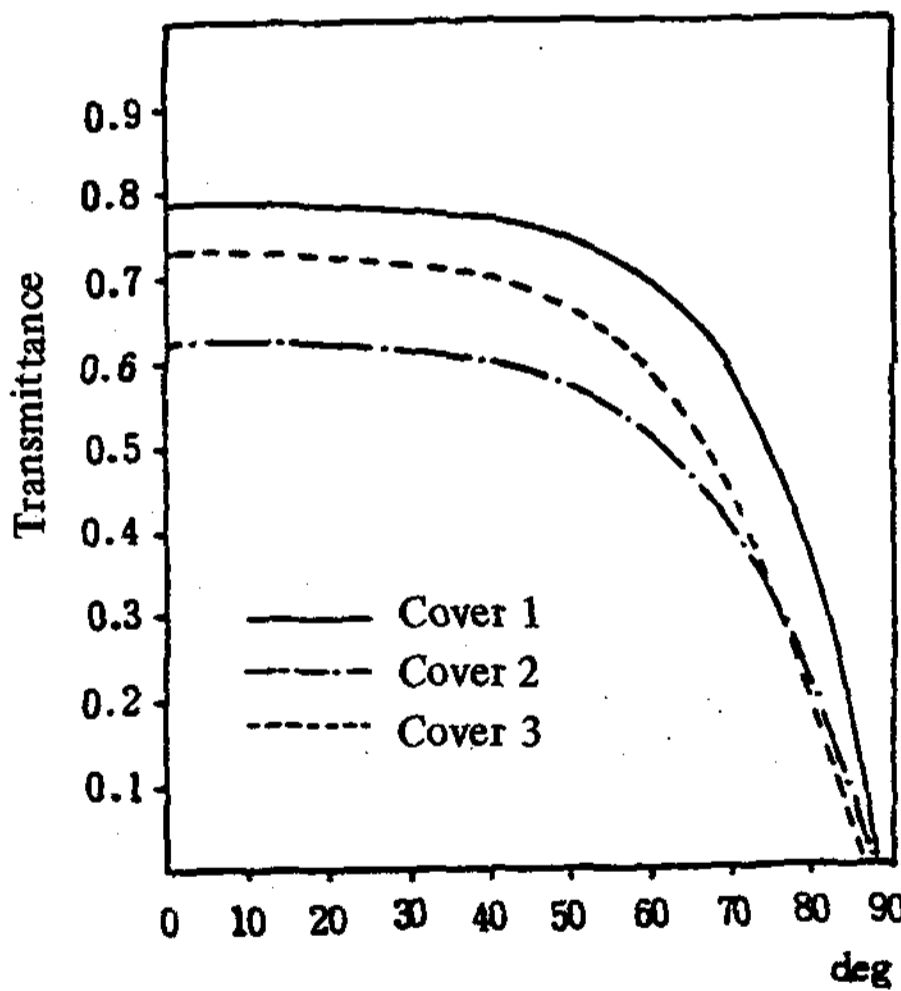


Fig. 10-b (different thickness & materials)

Fig. 10. Comparison of transmittance

3. 실험

(1) 실험 장치

공기식 집열기의 성능측정을 위하여 유하식 집열기의 상단부를 개조하여 실험장치로 사용하였다.

가) 집열판

실험에 사용된 세 가지 집열기의 재질 및 제원이 Table.1.에 나타나 있으며 Fig. 11.은 각 집열기의 단면상세도이다.

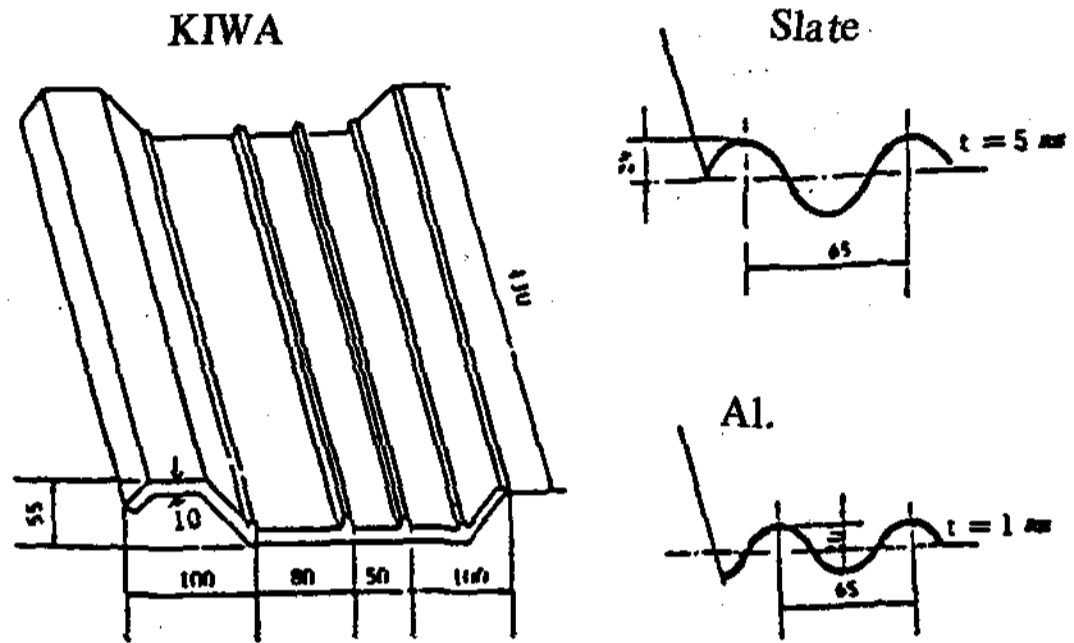


Fig. 11. Cross sections of the collectors.

Table 1. Specification of the collectors.

집열기 항목	# 1	# 2	# 3
재 질	스레이트	기 와	알루미늄
가 로	124 cm	124 cm	110 cm
세 로	492 cm	492 cm	477 cm
두께	5 mm	10 mm	1 mm
투과체와의 평균거리	55 mm	55 mm	55 mm
하부 단열	50 mm 스티로폴	50 mm 스티로폴	50 mm 스티로폴
투과체	5 mm 보통유리	5 mm 보통유리	5 mm 보통유리
표면처리	일반흑색 페인트 $\epsilon=0.875$	일반흑색 페인트 $\epsilon=0.875$	일반흑색 페인트 $\epsilon=0.875$
경사각	35°	35°	35°
방위각	정 남	정 남	정 남
기 타	시판중인 소골스레이트	일반시멘트기와	'83년설비형태양열연구실 제작

나) 집열기 배관 및 유량조절

각 집열기마다 독립적으로 유량조절이 되도록 Fan(1마력), 유량계(FLG-N형), 밸브를 Fig. 12와 같이 설치하였다.

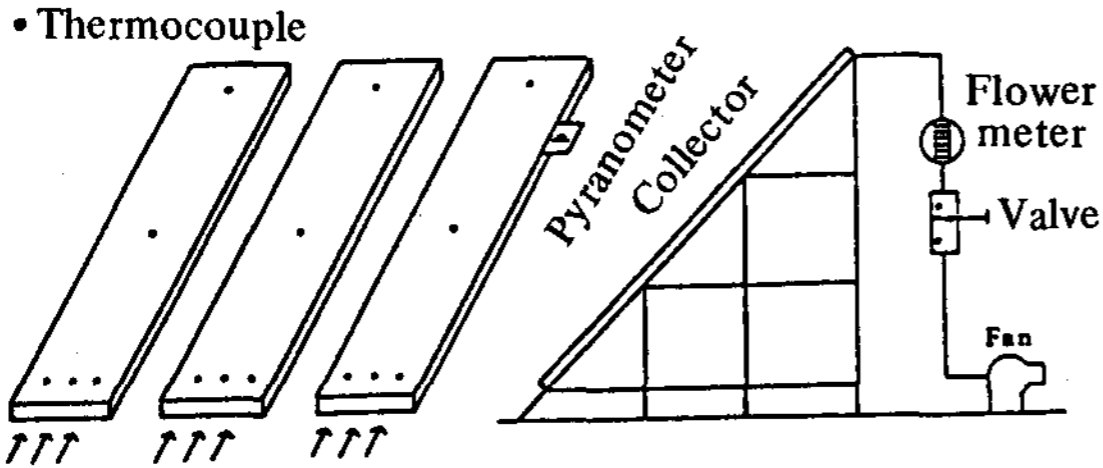


Fig. 12. Installations

다) 측정 시스템 및 장치

일사량 및 온도측정을 위하여 일사량계와 열전대를 Fig. 12와 같이 설치하였으며, 측정된 데이터는 HP 3054 D.A.C.S를 통하여 HP 9845 컴퓨터로 입력되어 성능분석에 이용하였다.

(2) 실험 결과

가) 집열기 출구온도

Fig. 13)은 유량을 $350 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 로 하면서 오전 6시부터 오후 8시까지 1분마다 측정하여 그 결과를 점으로 나타낸 것이고, Fig. 14, Fig. 15는 유량을 $300 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 로하고 최대 일사량을 나타내는 12시를 전후하여 측정한 결과를 선으로 나타낸 것이다. 공기식 집열기는 액체식 집열기와는 달리 전열매체가 흡수판위의 전면을 지나므로 흡수판의 재질은 효율에 거의 영향을 미치지 못하고 도리어 흡수판의 열전도성이 좋거나 얇은 재질일 경우, 뒷면 열손실이 증가하여 출구온도 및 효율을 다소 떨어뜨리게 된다. 이러한 경향은 그림에서 잘 나타나고 있는데 알루미늄인 경우 출구온도가 특히 낮은 것은 집열기 재원이 다른것에 비해 약간 작기 때문이다. Fig. 15는 일사량이 어느 시간에 갑자기 떨어지는 경우에 기와와 같이 열용량이 크고 두께가 큰 경우는 출구온도의 하강이 서서

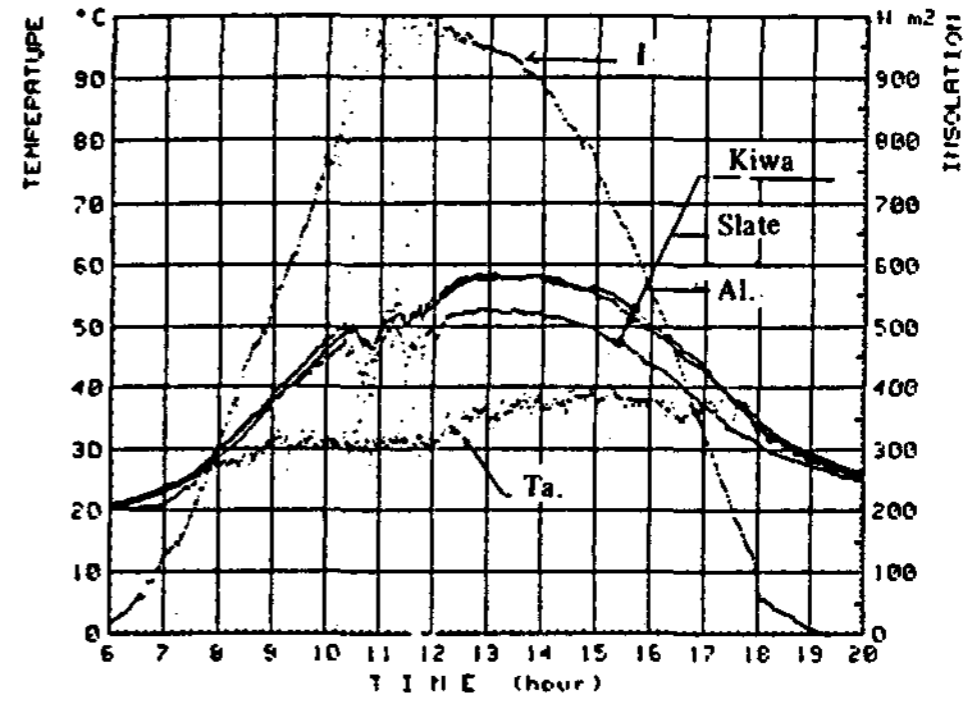


Fig. 13. Temperature Variation (Aug. 6)

히 시작되지만, 스테이트처럼 두께가 얇거나 알루미늄과 같이 열용량이 작은 흡수판에서는 온도하강이 빠르게 일어나고 있는 것을 보여주고 있다. 실제 공기식 집열기를 실내난방등에 이용

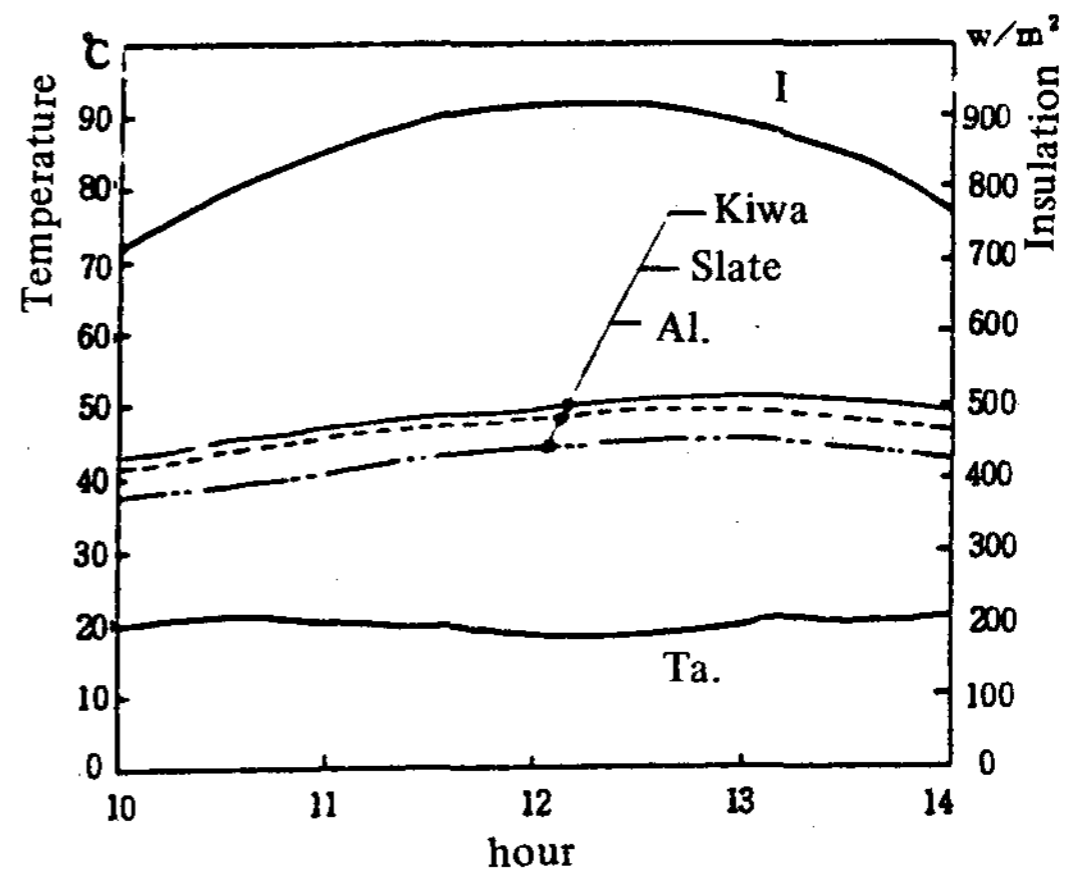


Fig. 14. Temperature Variation (Oct. 6)

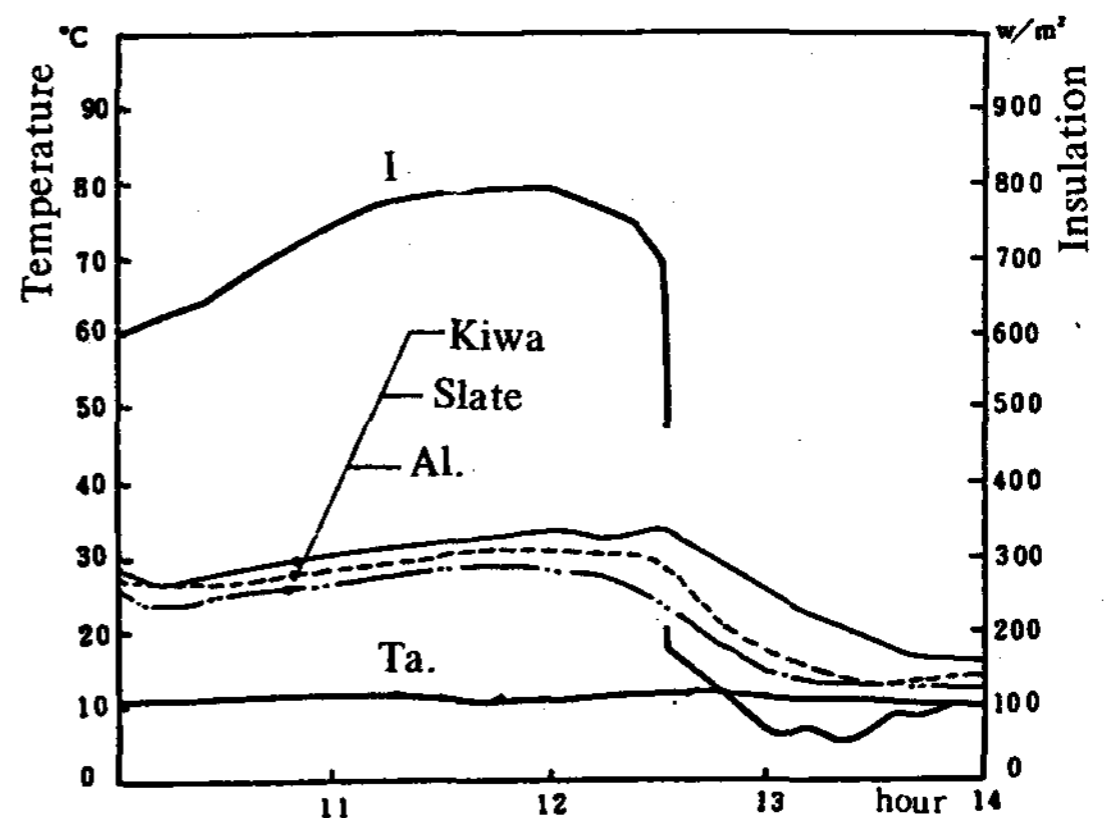


Fig. 15. Temperature Variation (Nov. 26)

할 때는 일기변화에 따른 출구온도의 변화가 서서히 일어나는것이 유리하므로, 흡수판의 재질이 비금속인것이 바람직할 것이다.

나) 실험결과와 이론치의 비교

측정된 데이터를 시간에 대해 적분하여 평균한 실험치와 앞에서 다룬 이론분석에 의한 결과를 Table 2 에서 비교하여 나타내었다. 이론분석은 정상상태에서 이루어진 것으로, 집열기의 재질이나, 두께등이 효율에 영향을 미치지 못하므로 어느 경우의 집열기나 출구온도와 효율이 같게 나타난다. 표에서 보면 효율은 실험치와 이론치가 비교적 잘 일치하는 반면, 출구온도는 다소 차이가 나는것을 볼 수 있다. 그러한 이유는 실측된 효율은 그 적분 평균값을 이용하였으나, 출구온도는 이론분석에 이용된 12시

Table 2. Comparison between Experimental & Theoretical Results.

단위 : 유량 (Nm³/h), 온도 (°C), 효율 (%)

		스레이트	기	와	알루미늄	이론치
Ex1	8월 6일 유량 : 350 입구온도 : 31.7	출구온도	57	57	54	55.5
		효율	46.8	44.1	43.0	43.5
Ex2	8월 8일 유량 : 150 입구온도 : 31.2	출구온도	70	68	66	67.5
		효율	30.8	28.6	29.9	28.6
Ex3	10월 6일 유량 : 300 입구온도 : 20	출구온도	49	50	46	46.4
		효율	43.2	45.8	43.6	43.2
Ex4	10월 22일 유량 : 200 입구온도 : 17.5	출구온도	50	51	48	50.7
		효율	32.7	33.6	36.0	35.7
Ex5	10월 23일 유량 : 200 입구온도 : 17.5	출구온도	47	47	43.5	46.7
		효율	33.5	35.1	36.8	35.8
Ex6	10월 24일 유량 : 300 입구온도 : 17.6	출구온도	46	47	42	44.1
		효율	40.7	43.2	42.8	39.9
Ex7	11월 4일 유량 : 200 입구온도 : 16.5	출구온도	44	45	41	46.6
		효율	33.3	33.3	35.1	35.6
Ex8	11월 25일 유량 : 200 입구온도 : 6	출구온도	36	38	36	37.7
		효율	33.7	36.5	38.0	37.8
Ex9	11월 29일 유량 : 300 입구온도 : 0.6	출구온도	26	28	25	25.1
		효율	38.9	46.3	45.7	46.1

30분경의 온도를 이용하였고, 실험시 이 때의 온도는 그 전의 집열기상태에 큰 영향을 받기 때문이다. 실험결과에서 보면 출구온도는 입구

온도, 일사량, 유량등에 큰 영향을 받으므로, 원하는 출구온도는 유량을 조절하므로써 얻을 수 있게되고, 입구온도가 0°C에 가깝고 유량을 300Nm³/h 라는 많은 양을 선택하더라도 25°C이상의 출구온도를 얻는 것으로 보아 공기식 집열기는 실내난방에 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

4. 성능해석 및 검토

앞서의 실험결과에서 보듯이 이론결과는 비교적 실험결과를 잘 예측하고 있으므로, 실험상변경이 어려운 여러 설계변수에 대한 이론분석을 통해 집열기의 성능해석이 가능하다.

Fig. 16 은 입구 유체온도 T_{fi} 의 변화에 따른 효율을 그린것으로, 상향식 평판형 집열기나 유하식 집열기와는 달리 50%에 못미치는 집열 효율을 보여주고 있는데, 그것은 공기의 열용량이 작아 쉽게 온도상승이 일어나므로 그만큼 외부로의 열손실이 크기 때문이다. 따라서 윗면

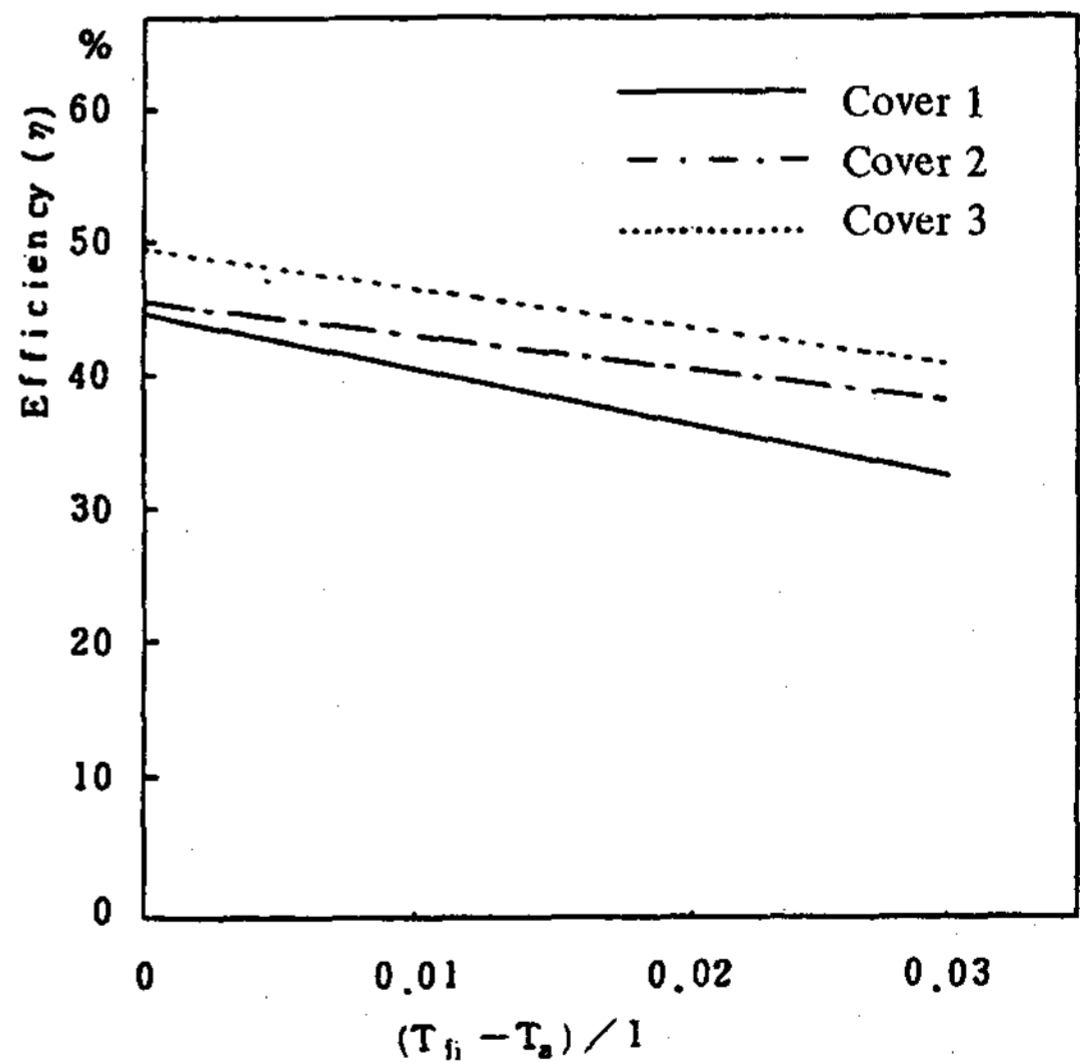


Fig. 16. Efficiency Curve

열손실이 적은 투과체 2나 3을 쓰는 경우 투과율은 떨어지지만 효율은 보다 높게 나타나고, 이러한 효율증가는 입구온도와 외기온도와의 차

이가 큰 경우 더욱 확실하게 나타나고 있다. 열손실은 유체온도와 외기온도와의 차에 비례해서 나타나므로, 외기온도와 입구온도가 같은 경우 $(T_{fi} - T_a) / I = 0$ 외기온의 변화에 따른 열손실의 변화가 없어야 할 것 같으나,

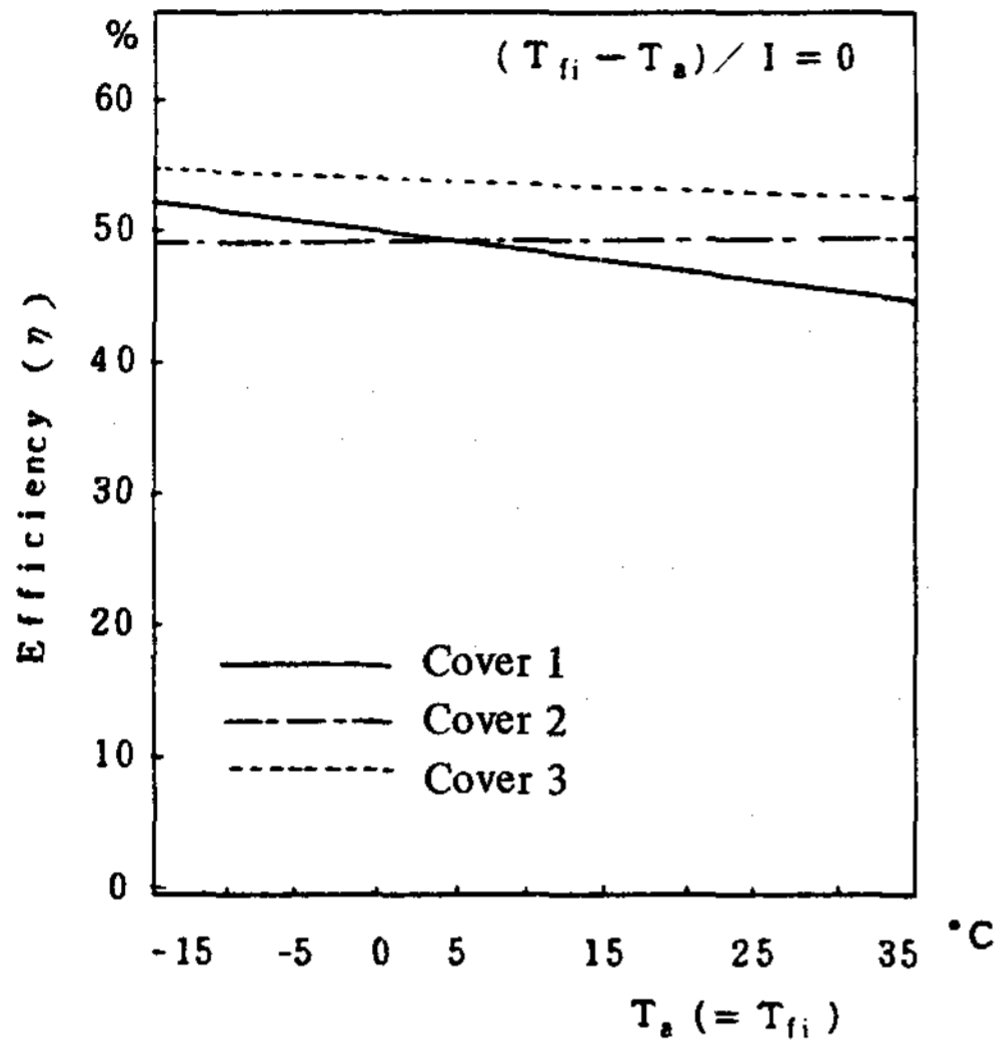


Fig. 17. Efficiency with ambient temperature.

Fig.17에서 보듯이 열손실 계수의 변화로 효율 변화가 생기게 된다. 이러한 경우에도 투과체 2, 3의 경우는 그 변화가 투과체 1보다 적은 것을 알 수 있다. 집열기의 효율변화에 가장 큰 영향을 미치는 운전요소로는 유량으로, Fig. 18은 유량이 적을수록 효율이 급격하게 떨어

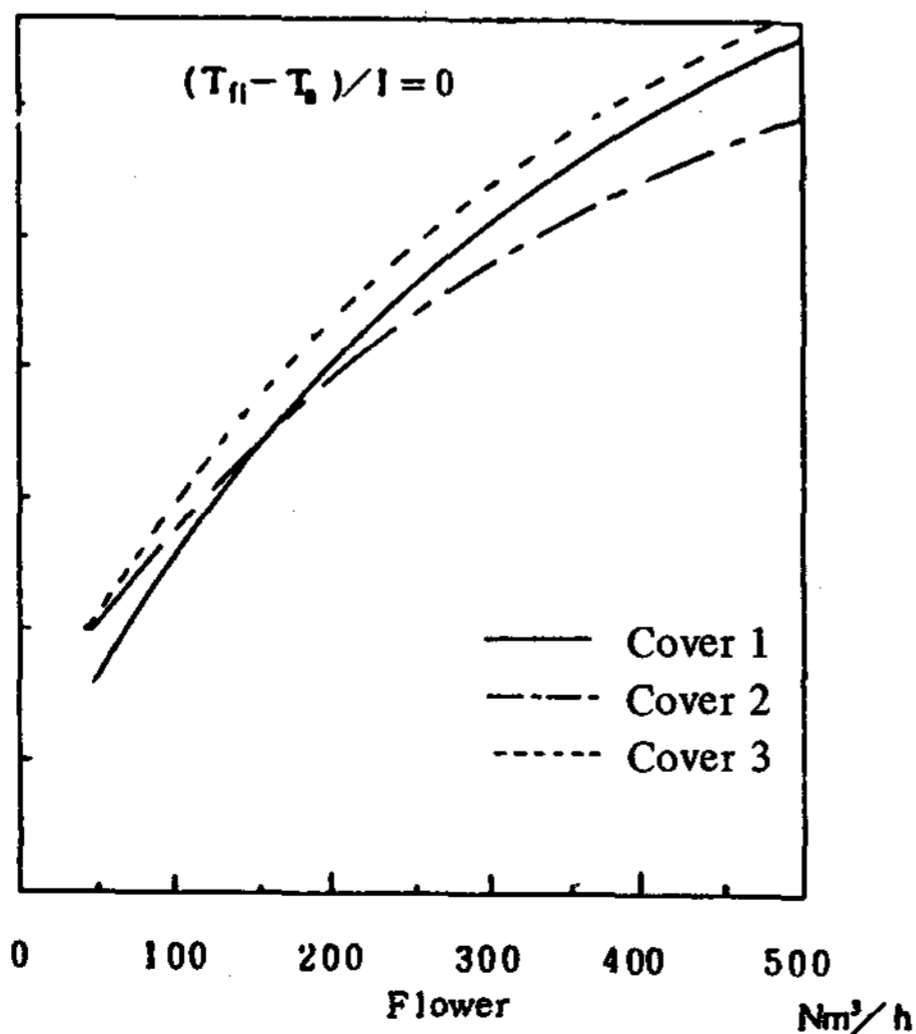


Fig. 18. Efficiency with flow rate.

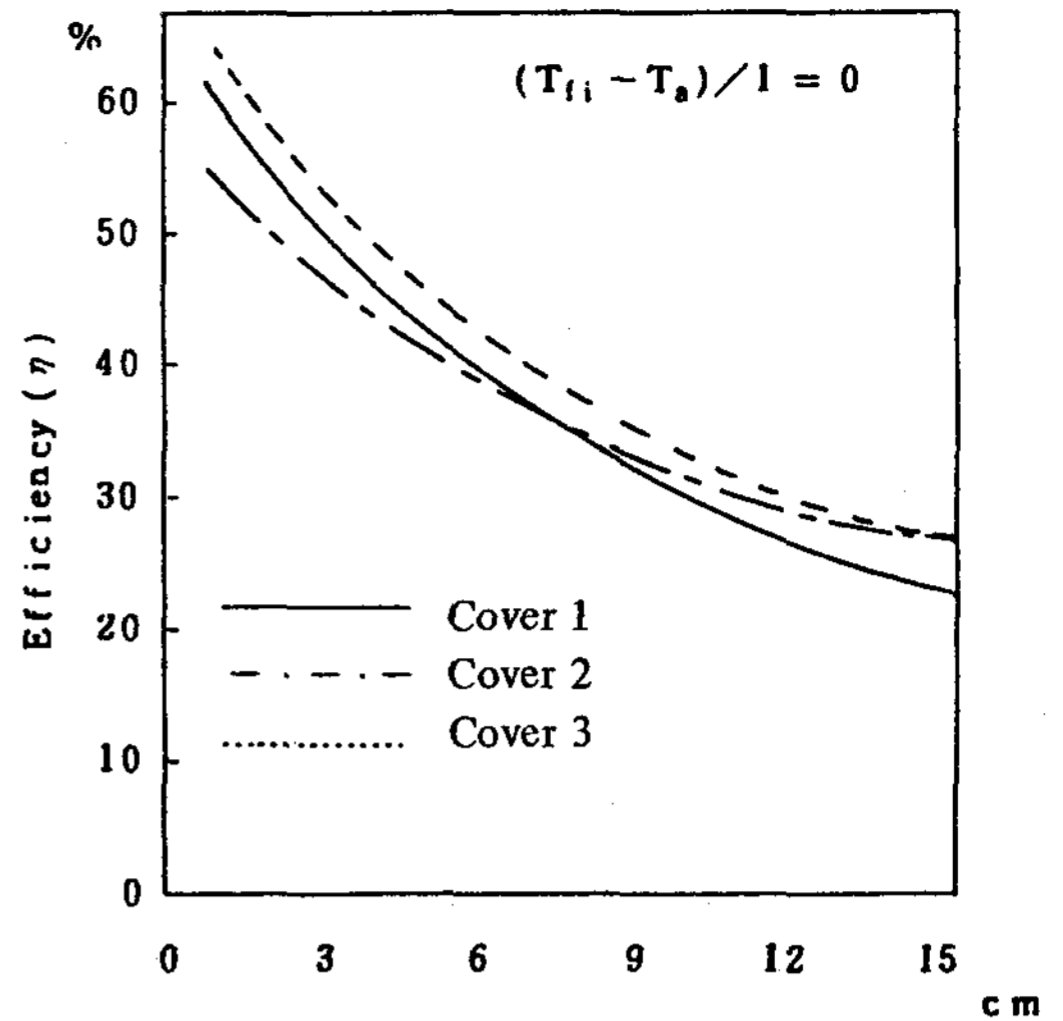


Fig. 19. Efficiency with teh space between absorber plate and cover

지는 것을 보여주고 있다. 또한 유량이 적은 경우는 이중 투과체를 이용하는것이 유리하지만, 유량이 많은 경우는 유체온도가 낮아 윗면 열손실이 적으므로 오히려 투과체 1의 효율이 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서 공기식 집열기를 사용할 때는 원하는 출구온도에 대해서 알맞은 유량 및 투과체의 선정이 이루어져야 할 것이다. Fig.19은 흡수판과 투과체사이의 거리에 대한 효율변화를 나타낸것으로, 거리가 짧을수록 집열판내 유속의 증가로 열전달 계수

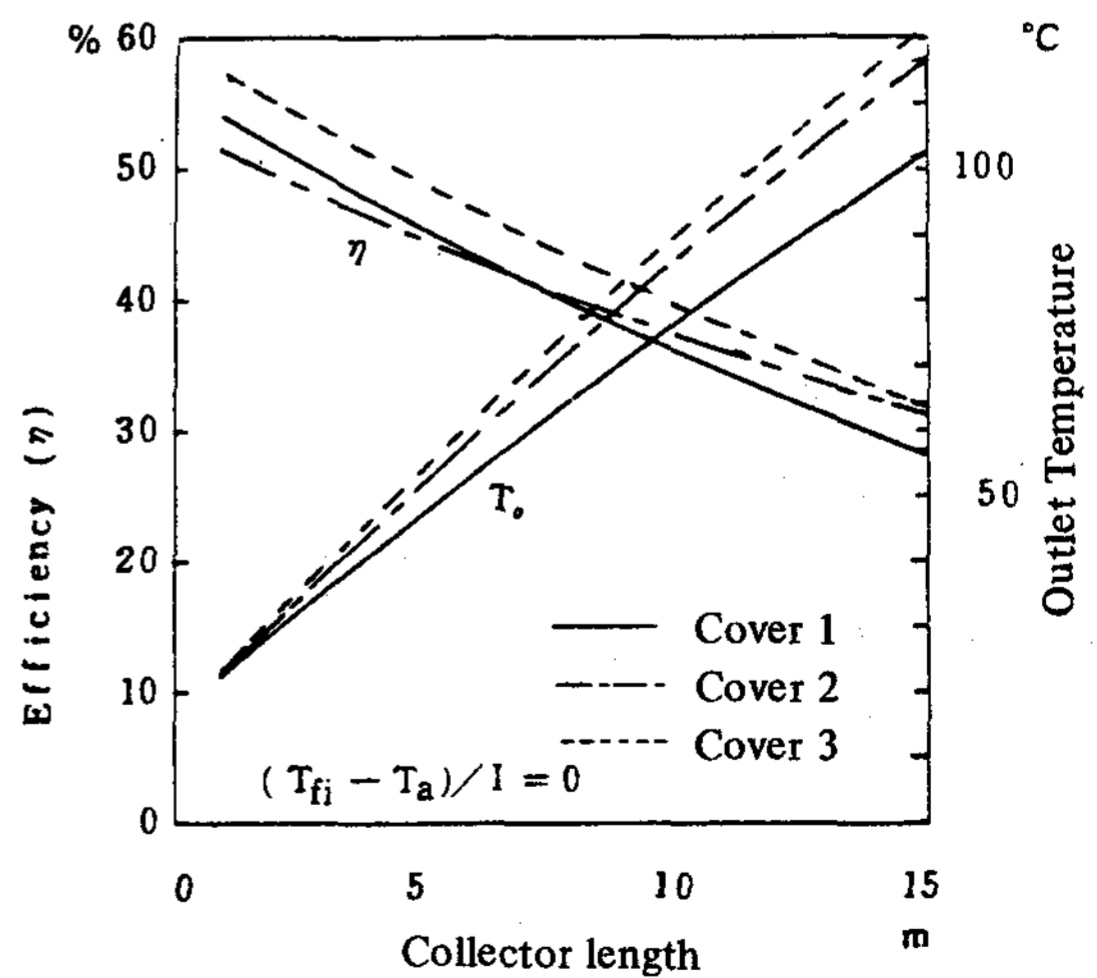


Fig. 20. Efficiency & outlet temperature with collector length

가 커져 효율이 상승한다는것을 보여주고 있다. 집열관의 길이에 따른 출구온도의 상승과 그에 따른 전체효율의 감소는 Fig. 20에 나타나 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 공기식 집열기에 대한 이론해석을 하고 실험을 통하여 이론과 실험결과치를 비교하였으며, 각 설계변수 및 동작조건에 대한 효율변화를 simulation하여보았다. 그 결과이론치는 실험결과와 잘 일치하였고, 따라서 각 변수에 대한 이론적인 효율예측이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

실험에서는 기와, 스테이트, 알루미늄으로 제작된 세 종류의 집열기를 이용하였으며 실험결과 흡수관의 재질은 집열효율에 거의 영향을 미치지 않는것을 알 수 있었는데 그러한 이유는 전 열매체가 흡수관 전 표면을 지나가므로 열전도성이 문제되지 않기 때문이다. 따라서 공기식 집열기는 공기의 열용량이 작은 까닭으로 온도상승이 높고 그에따라 열손실이 증가하여 효율은 낮지만, 결로현상, 부식등의 문제가 없으므로 실내난방의 보조역할을 충분히 할 수 있을것으로 보인다. 공기식 집열기의 윗면 열손실을 줄이기 위해서는 이중 투과체의 사용이 요구되며, polycarbonate로 투과체 3과 같이 제작할경우 열팽창에 따른 투과체의 휨을 막는 방안이 마련된다면, 투과체의 강도 및 효율을 높이고 윗면 열손실도 줄일 수 있어 가장 좋은 투과체가 될 수 있을 것이다. 공기식 집열기의 효율향상을 위해서는 기본적으로 흡수관의 광흡수성이 좋아야 하며, 그 밖에 투과체와 흡수관 사이의 거리는

짧을수록, 그리고 유량은 많을수록 좋다는 것을 알 수 있지만, 그것은 앞에서의 성능해석에서는 다루지않은 Fan의 동력소비등 다른 조건과 관련하여 생각할 필요가있다. 따라서 앞으로는 이러한 제반조건을 감안하여 성능분석을 할 필요가 있을것이다.

REFERENCES

- 1) Beard, J. T., "Engineering Analysis and Testing of Water - Trickle Solar Collector," Report No. 1-3, ORO-4927-76/1, ORO-2927-76/2 and ORO-4927-77 1, Division of Solar Energy, Energy Research and Development Administration, 1976-1977.
- 2) Duffie, J.A., W.A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons. Inc., 1980.
- 3) K.G.T. Hollands, K.N. Marshall and R.K. Wedel, "An Approximate Equation for Predicting the Solar Transmittance of Transparent Honeycombs," Solar Energy, Vol. 21, pp. 231-236. 1978.
- 4) Frank P. Incropera and David P. Dewitt, Fundamentals of Heat Transfer, John Willey & Sons, Inc., 1981.
- 5) J.H. Lee, M. Chung, P.C. Auh, W. H. Park, "An Experimental and Theoretical Study on the Trickle Solar Collector of Corrugated plate Type" Energy R & D, K.I.E.R., Korea, 1985.
- 6) Holman, J.P., Heat Transfer, McGraw-Hill, 1976.
- 7) 연구보고서, "설비형 태양열 시스템 개발 연구(Ⅲ), 한국동력자원연구소, KE-85-5, 1985.