

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

천창공간의 태양열 흡수효과에 관한 실험적 연구

장월상*, 서승직**

* 인하대학교 졸업

** 인하대학교 건축공학과

An Experimental Study of Solar Absorption Effect in a Toplight Space

W. S. Chang*, S. J. Sub**

* Graduate School, Inha University

** Dept. of Architectural Engineering, Inha University

요 약

본 연구는 온실과 같이 건물의 상부가 유리로 덮여진 toplight 시스템의 건물응용에 따른 새로운 건축적 디자인 방법을 제안하기 위한 것이다. toplight 시스템이 건물의 유용한 환경조절 시스템으로 이용되어질 수 있도록 하기 위하여 특히, 여름철 toplight 공간의 온도분포와 과열현상 등과 같은 열적 특성에 대하여 실증실험과 분석을 수행하였다.

Abstract

This study attempts to suggest the architectural design methods of toplight system, which is a glass covered space on the top of building with greenhouse for instance.

In this study, toplight system will be experimented, analysed and presented as a solution method for environmental control system in the summer.

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

천창(toplight)의 응용으로는 skylights, monitors 그리고 clerestories를 그 예로 들 수 있다. 이들은 대부분 주광유입을 위해 가장 많이 이용되고 있으며, 이로 인해 실내공간에 쾌적한 빛환경을 유지할 수 있으나, 때에 따라서는 과도한 빛의 유입으로 광막반사(veiling reflections)와 글레어(glare)현상이 일어나기도 한다. 또 겨울철에는 주간엔 일사열을 유입해서 건물의 난방부하에 이점이 있는 반면, 야간에는 유리의 높은 열관류율에 의해 열을 빼앗김으로써 오히려 난방부하를 크게 하는 요인이 되기도 한다. 그리고 여름철 주간에는 일사열 흡수에 의한 실내의 온도상승으로 인해 냉방부하를 증가시키지만, 야간에는 천공복사에 의해 건물을 냉각시켜주기도 한다.

이러한 천창의 이용은 몇 가지의 긍정적인 결과를 가져오지만, 대부분의 건축설계자들은 계획 단계에서 천창에 대한 정량적 분석에 의한 디자인 패턴을 적용하는 것보다는 정성적인 일반적 예측만으로 획일적인 설계를 하는 경우가 많다. 그 동안 천창의 이론적인 연구는 많이 진행되었으나, 아직도 건축설계자가 손쉽게 이용할 수 있는 환경의 평가는 매우 어려운 실정이다. 특히 천창공간의 쾌적성 및 에너지 절약에 직접적인 관련이 있는 열성능만을 평가하고자 하여도 예측방법과 설계요소에 대한 충분한 자료가 확립되지

못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 실제로 건물에 적용된 천창을 통하여 여름철 천창공간에서의 온도분포 및 과열(overheating)현상 등을 실증실험을 통하여 분석하였다. 그러므로 건축가를 위한 올바른 천창설계기법의 자료를 제공함은 물론 더 나아가 천창이 유용한 환경조절 시스템으로 이용될 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구범위 및 방법

천창의 건물 적용방법에는 여러 가지가 있으며, 특히 설계방법에 따라 그 형태나 기능 또한 달라질 것이다. 이 때 고려되어야 할 사항은 열, 빛, 음 등과 같은 여러 가지 환경요소가 있으나, 일반적으로 천창에서 가장 큰 영향을 미치는 실내환경요소는 온도와 환기량이다. 따라서 천창의 열환경에 대한 연구는 실내공간에서 위치마다 다른 온도분포 및 기류속도를 정확하게 예측하는 것이 주요 연구 대상이 된다. 본 연구는 천창공간의 열환경요소 중에서 일사량에 의한 수직 및 수평 실내온도분포에 국한시켜 고찰하였다. 특히 열흡수에 의한 천창공간의 온도상승 효과를 실제 건물에서 실험실증을 통하여 그 변화를 분석하였다.

따라서 먼저 천창공간에 대해 이론적으로 고찰을 한 후, 실험을 통한 실내외 일사량과 천창공간의 실내온도분포를 측정하고, 태양열 흡수효과에 의한 실내온도분포가 시간과 높이에 따라서 어떻게 변화되는지를 파악하였다.

2. 모델건물의 분석

2.1 모델건물의 유형과 규모

toplight 공간의 열성능 분석을 위한 모델건물의 유형과 특징은 각각 Table 1, Fig. 1과 같다.

Table 1. Specification of toplight system

item	specification
position	Inchon(latitude 37°29', longitude 126°38') enclosed triangle
type	22.2m ²
bottom area	2.5m
height	2.47 : 1 (7.4m × 3m)
length vs width	pair glass 12mm
cover	

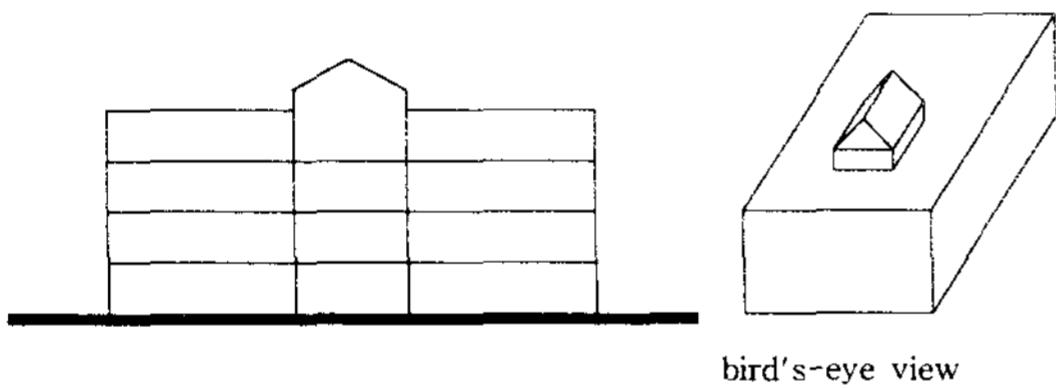


Fig. 1. Type of model building

2.1.1 Toplight 공간의 열환경에 영향을 미치는 요소

toplight 공간의 열환경에 영향을 미치는 요소로는 일사투과량, 환기량, 유리의 특성, 구조체의 열관류 특성, 야간의 천공에 의한 냉각효과 등이 있다.

(1) 일사량

toplight 공간의 흡수일사량은 태양의 고도가 높은 여름철에 그 양이 최대가 되며, 이 영향이 실내 과열의 원인이 되기도 한다. 또한 과도한 빛의 유입에 따른 glare를 동반하기도 한다. 따라서 과열현상과 glare의 정도를 정량적으로 파악하여 이에 대한 건축적 디자인 방법의 제시가 필요하

다. 모델건물의 toplight 공간 흡수 일사량은 유리의 일사량에 따라 좌우되며, 여름철 toplight 공간 과열의 원인이 되는 큰 요인으로 작용하고 있다.

(2) 환기량

과열을 방지하기 위해서는 자연대류에 의한 통풍이 가능하도록 toplight의 상·하에 개폐창을 설치하는 것이 효과적이다. 본 실험 대상 toplight에는 특별한 환기구가 없다.

(3) 유리의 열적 특성

유리면에 도달한 태양복사열은 일부는 투과하고 일부는 반사하며 일부는 유리에 흡수된다. 유

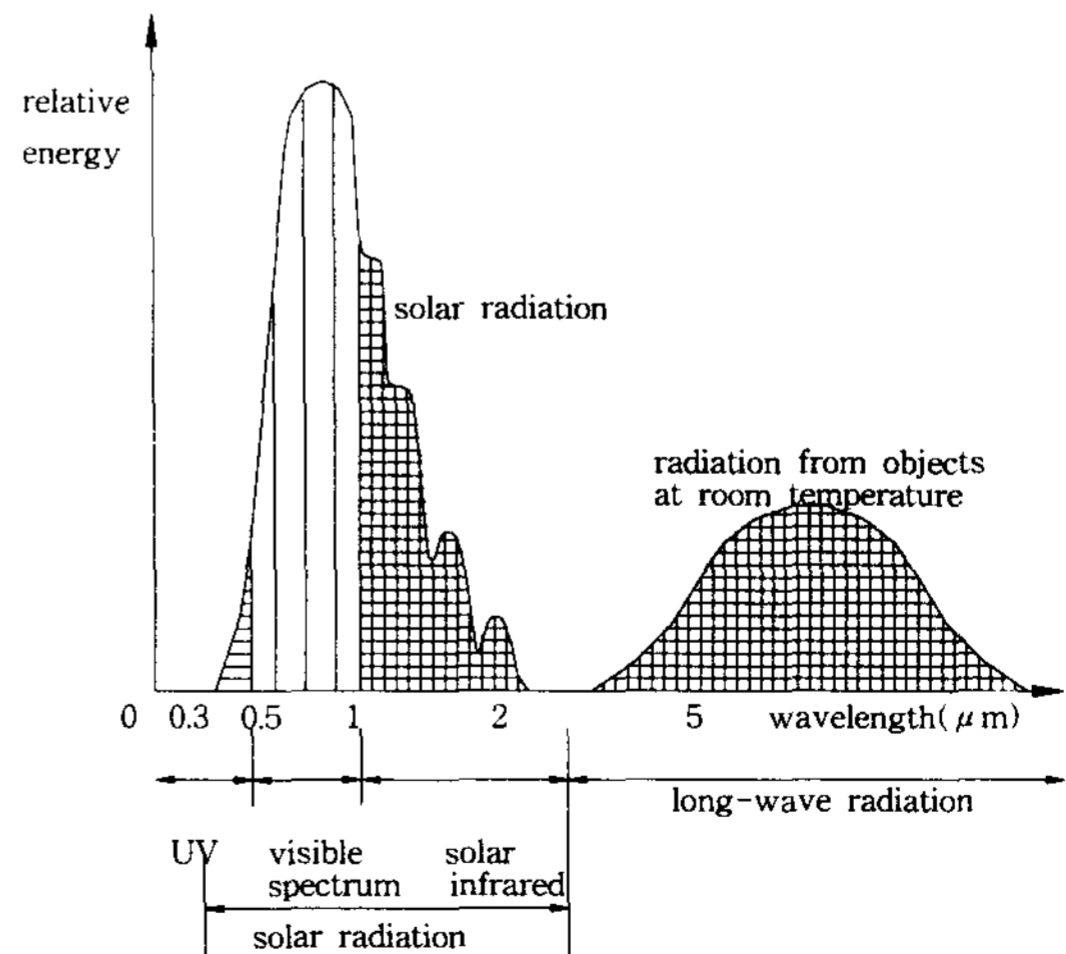
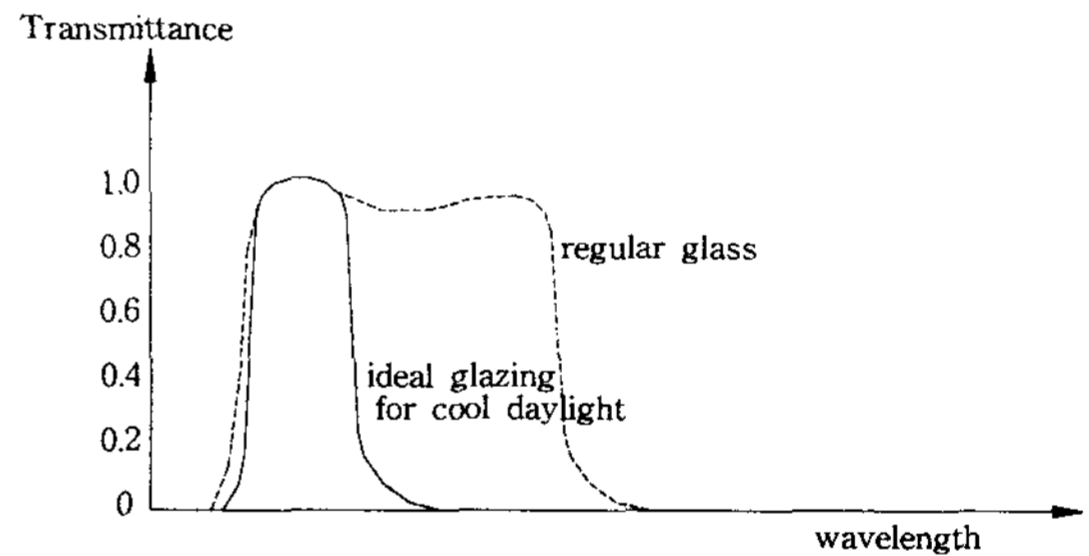


Fig. 2. An ideal selective coating allows the visible but not the infrared part of the solar radiation to pass through the glazing.¹²⁾

리의 특성은 투과율(τ), 반사율(ρ), 흡수율(α) 등의 태양 광학적 특성에 의해 결정되며 각 요소의 합은 1이 된다.

$$\tau + \rho + \alpha = 1$$

차폐계수(SC: shading coefficient)란 태양열을 투과시킬 수 있는 능력으로 3mm 표준유리(DSA: double-strength sheet glass)를 기준으로 한다. 유리로의 열취득은 그 유리의 차폐계수에 따라 달라진다.

표준유리(DSA)의 특성치는 다음과 같다.

투과율: 0.86 반사율: 0.08 흡수율: 0.06

$$SC = \frac{\text{특정 유리의 일사취득계수}}{\text{기준 유리의 일사취득계수}}$$

DSA의 일사취득계수는 하절기를 기준으로 0.87이다.

본 실험의 toplight는 12mm 복층유리(3mm유리 + 6mm공기층 + 3mm유리)가 사용되었으며, 이 복층유리의 이론적인 특성치는 다음과 같다.

- 일사투과율: 0.76, 반사율 + 흡수율: 0.24
- $SC = \frac{0.76}{0.87} = 0.87$
- 열관류율: $2.03 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
- 가시광선 투과율: 0.80

실험에 의한 모델의 복층유리 특성치는 다음과 같다.

- 일사투과율: 0.34 반사율+흡수율: 0.66
- $SC = \frac{0.34}{0.87} = 0.39$

여름철 과열을 막기 위해서는 Fig. 2와 같이 이상적인 선택 흡수막 처리가 된 유리의 사용이 요구된다.

(4) toplight 구성재료의 열관류율

topligh를 구성하는 모건물의 벽체, 지붕, 내벽 그리고 toplight 유리의 열관류율은 각각 0.383 W

$/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$, $2.31 \text{ W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$, $0.283 \text{ W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$, $2.03 \text{ W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ 이다.

(5) 야간복사냉각

장파장복사는 주야를 통해 발생하나, 주간엔 장파장복사에 의한 냉각효과는 태양복사의 영향으로 기대하기 어렵다. 그러므로 복사냉각은 야간에만 가능하다. 따라서 toplight 공간에서도 주간엔 과열된 열을 천공과의 복사열 교환으로 냉각을 할 수 있다. 그러므로 천창공간에서의 열적 특성을 고려한 설계기법을 통하여 자연에너지 이용의 극대화를 이룰 수 있다.

2.2 Toplight 공간의 정상실온 계산

정상상태에서의 열류는 온도차에 비례하고 열

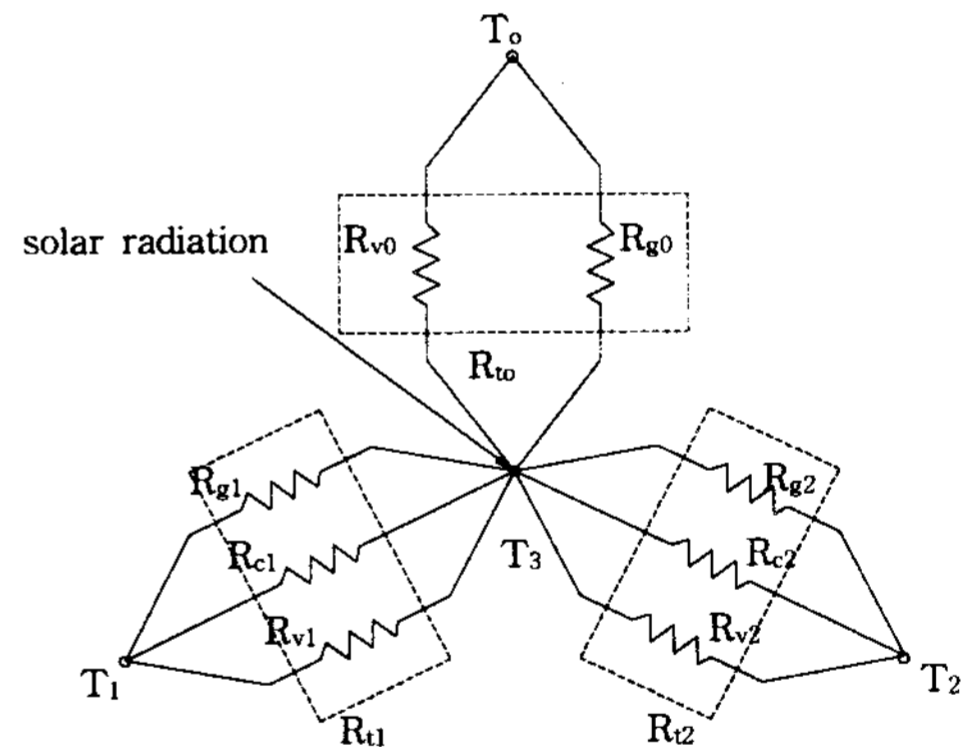


Fig. 3. Thermal resistance of toplight system

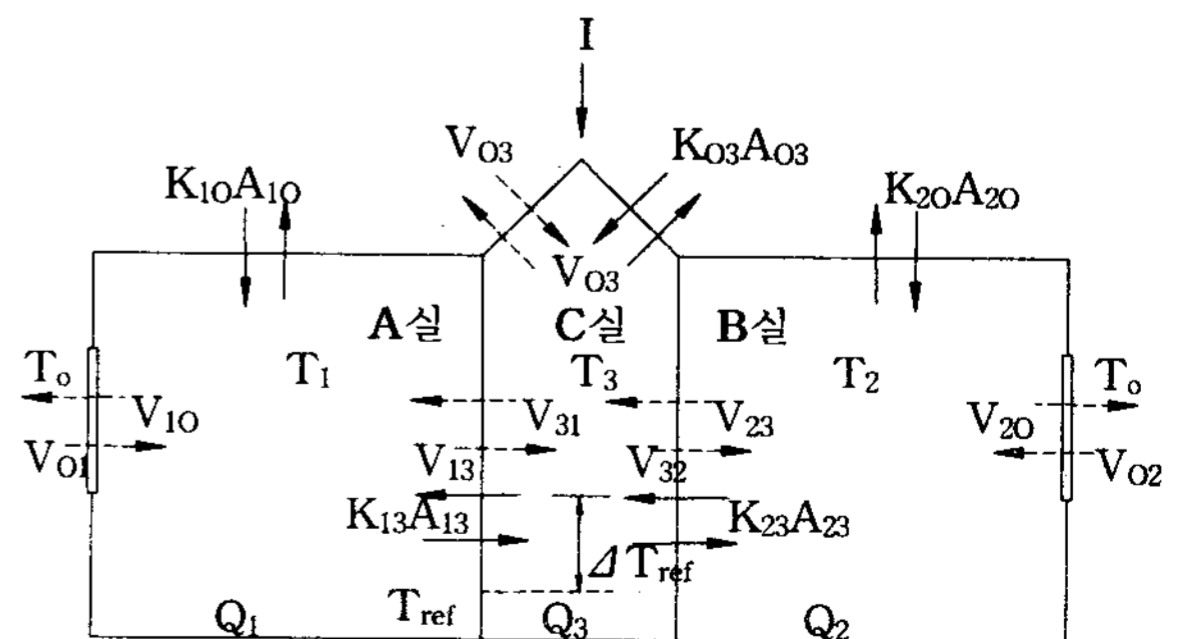


Fig. 4. Heat loss and toplight space temperature

저항에 반비례하므로, 이 원리를 적용하여 toplight 공간의 온도예측에 필요한 식을 유도할 수 있다.

Fig. 4에서 toplight 공간 C실의 열평형식을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} &(K_{03}A_{03} + V_{03})T_0 + (K_{13}A_{13} + V_{13})T_1 \\ &+ (K_{23}A_{23} + V_{23})T_2 + I \\ &= (K_{13}A_{13} + V_{31} + K_{23}A_{23} + V_{32} + K_{03}A_{03} \\ &+ V_{30})T_3 \end{aligned} \quad (1)$$

인접실 A, B실을 같은 조건($K_{1n}A_{1n}=K_{2n}A_{2n}$, $V_{n1}=V_{n2}$, $T_1=T_2$)으로 보면,

$$T_3 = \frac{(K_{03}A_{03} + V_{03})T_0 + 2(K_{13}A_{13} + V_{13})T_1 + I}{(K_{03}A_{03} + V_{30}) + 2(K_{13}A_{13} + V_{31})} \quad (2)$$

환기에 의한 영향을 무시하면, C실의 온도 T_3 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_3 = \frac{(K_{03}A_{03})T_0 + 2(K_{13}A_{13})T_1 + I}{K_{03}A_{03} + 2(K_{13}A_{13})} \quad (3)$$

그리고 식 (3)에서 일사량이나 기타 열공급이 없을 경우 toplight 공간의 자연실온(T_{ref})은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$T_{ref} = \frac{(K_{03}A_{03})T_0 + 2(K_{13}A_{13})T_1}{K_{03}A_{03} + 2(K_{13}A_{13} + V_{31})} \quad (4)$$

2.3 Toplight 공간의 에너지 방정식

toplight 공간의 구성은 외부의 유리와 구조체로 이뤄져 있으며, 유리와 구조체의 중심부에서 임의의 순간에너지 변환율은 flux 교환의 대수학적 합과 같으므로, 각 부위에 대하여 다음과 같은 열평형 방정식을 적용할 수 있다.

$$K_i \frac{\partial T_i}{\partial t} = Q_{solar,i} + Q_{mass,i} + \sum_j \sum_x Q_{xj,i} \quad (5)$$

toplight 공간의 각 부위의 열평형 방정식은 다음과 같다.

① 유리의 열평형방정식

$$\begin{aligned} CPC \cdot EC \frac{dT_g}{dt} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \\ &+ Q_6 + Sol_g \text{ (W/m}^2\text{)} \end{aligned} \quad (6)$$

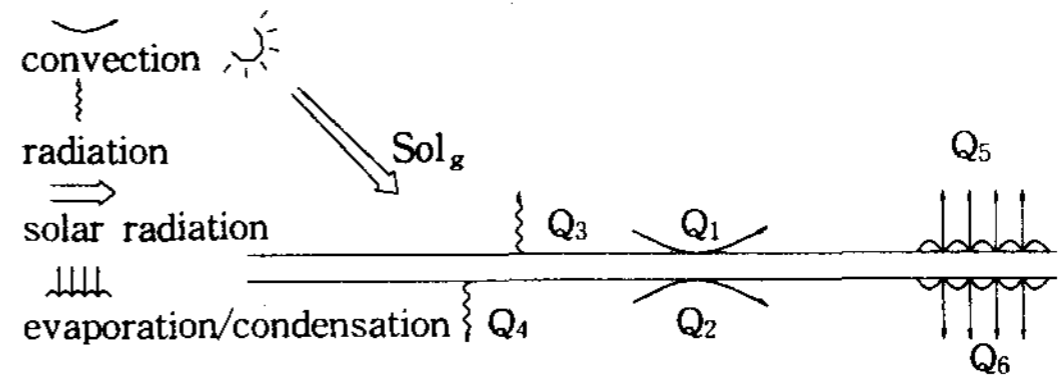


Fig. 5. Energy balance at the glass

② 벽·바닥의 열평형방정식

$$\begin{aligned} CS \cdot D_1 \frac{dT_{s1}}{dt} &= Q_7 + Q_8 + KS \frac{T_{s1} - T_{s2}}{Z_1} \\ &+ Sol_{w/f} \text{ (W/m}^2\text{)} \end{aligned} \quad (7)$$

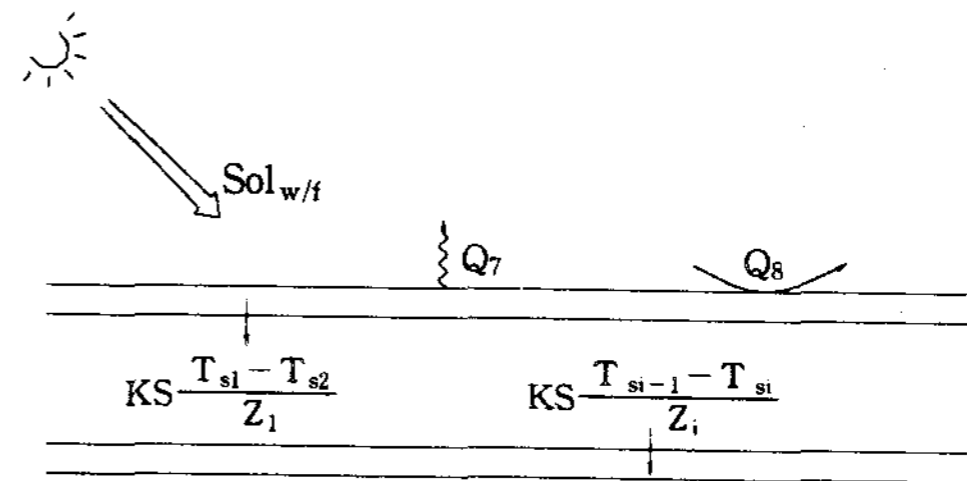


Fig. 6. Energy balance at the wall and the floor

③ toplight 공간의 열평형방정식

$$RCP \frac{VOL}{SS} \frac{dT_i}{dt} = Q_2 + Q_8 + Q_9 \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (8)$$

여기서,

CPC : 유리의 열용량(J/m³°C)

EC : 유리의 두께(m)

SS : 실의 표면적(m²)

CS : 구조체의 열용량(J/m³°C)

D1 : 구조체의 두께 (m)

RCP : 실의 열용량(J/m³°C)

VOL : 실의 체적 (m^3)

Q_9 : 환기에 의한 현열교환 (W/m^3)

이들 열평형 방정식은 편미분 시스템 방정식으로 써, 유한차분법(FDM) 등에 의하여 이산화 한 후, 초기 및 경계 조건을 이용하여 풀게 된다.

3. 실험

3.1 실험방법 및 조건

일사량과 실내온도분포를 측정하기 위하여 Fig. 7과 같이 일사량 측정장치와 실내온도 측정장치를 설치하였다.

일사량 측정장치로는 Handar 441A Solar Radiation Sensor와 Handar 570A Data Acquisition System 그리고 Handar 545C Programing/Data Collection Set을 사용하였고, 실내온도분포를 측정하기 위한 장비로는 Thermocouple과 Therm 5500-3 Data Logger 그리고 Thermcom AMR Program을 사용하였다.

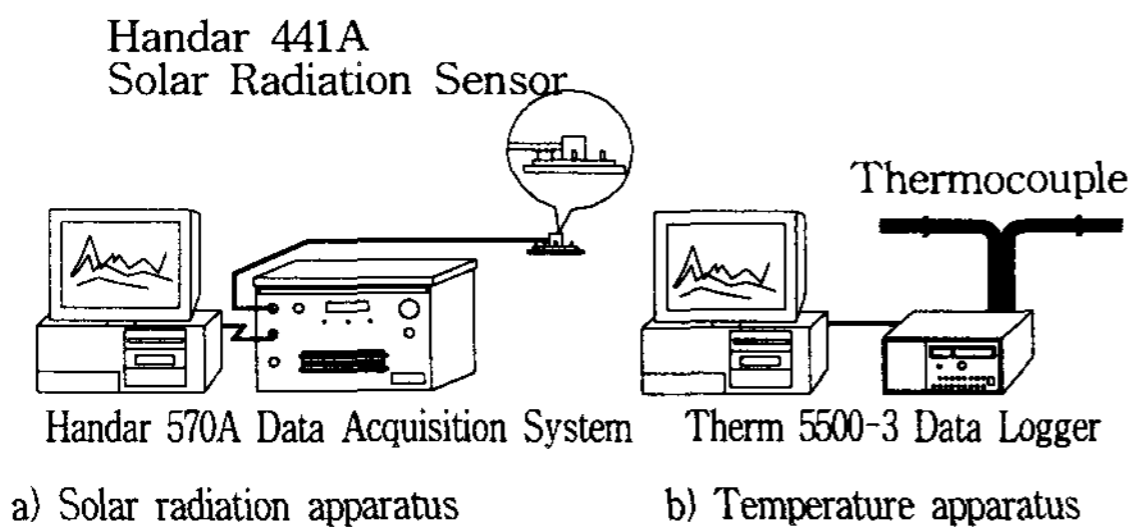


Fig. 7. Experimental apparatus

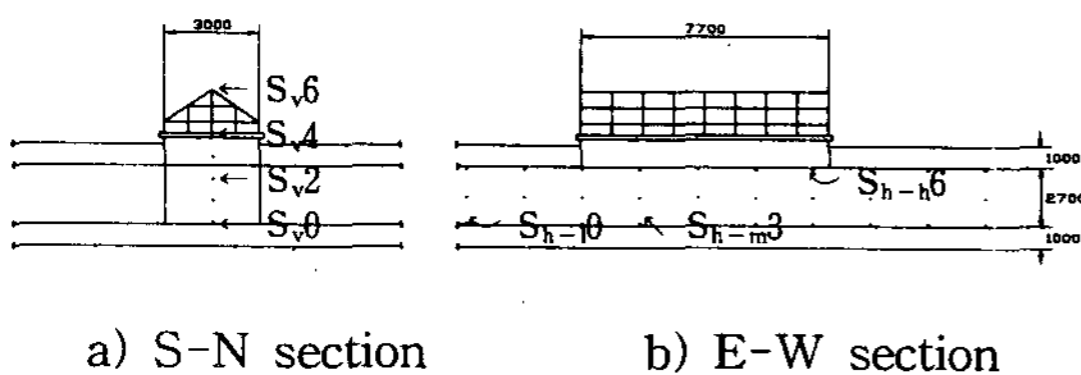


Fig. 8. Positions of the temperature measurements in a toplight

일사량과 실내온도는 1997년 6월 27일부터 동년 8월 31일까지 두 달 동안 매 10분마다 측정된 데이터들을 수집하였으며, 이 중 여름철의 기후특성을 가장 잘 나타내고 있는 8월 11일부터 8월 20일까지 10일간의 자료를 분석 데이터로 사용하였다.

실험조건으로는 실제로 건물에서 toplight가 이용되어지는 환경을 그대로 적용시키기 위하여 환기량과 조명장치 그리고 유리의 청결상태 등을 인위적으로 변화시키지 않고 이용자들이 사용하고 있는 실내환경, 그 자체로 측정을 실시하였다.

건물 내부의 센서 위치는 Fig. 8에 나타낸 바와 같이, 수직센서는 toplight 중앙부위의 바닥에서 수직 최고 높이까지 1m 간격으로 7개의 센서 $S_{v,0} \sim S_{v,6}$ 를 설치하였으며, 수평센서는 바닥에서 높이 10cm($S_{h-10} \sim 8_{h-19}$), 130cm($S_{h-m0} \sim 8_{h-m9}$), 260($S_{h-h0} \sim 8_{h-h9}$)에 각각 1.8m 수평간격으로 10개씩, 총 30개의 센서를 설치하였다.

또한 일사량 측정센서는 건물 옥상에서는 전일사량을 측정하였고, 실내의 toplight 부위에서는 유리를 통한 일사투과율을 측정하였으며, 센서들의 직사광 유무에 따른 반응효과의 차이를 알아보기 위해 같은 위치에서 직사광선을 직접 받는 센서와 캡에 의해 보호된 센서 그리고 응달에서 측정된 센서로 세 가지의 반응의 차이를 검토하였다.

4. 결과 및 평가

일사량에 의한 toplight 공간의 온도변화의 추이를 알아보기 위해 실험을 실시한 기간 중에서, 여름철 기온을 가장 잘 나타낼 수 있는 10일간의 데이터를 분석한 결과, 일사량 및 toplight 공간의 수직 및 수평거리에 따른 온도분포 등에 대한 다음과 같은 결과치를 얻을 수 있었다.

하루 중 오전 11시에서 오후 14시 사이에, $611.8 W/m^2$ 에서 $921.8 W/m^2$ 의 일사량으로 가장 큰 값을 보이고 있고, 오전 9시에서 오후 15시 사이의 측정

값이 하루 일사량의 80%를 차지하고 있었다.

4.2 수평온도분포

수평온도분포의 측정은 toplight 공간의 길이 방향으로 총 30개의 센서를 설치하여 실험하였다.

일사량 값이 최고 ($611.85 \text{ W/m}^2 \sim 721.8 \text{ W/m}^2$)인 오전 11시에서 오후 14시 사이에 각 지점에 따라서 최고 37.28°C 에서 최저 29.59°C 까지의 온도분포를 나타내었다. 또한 12시 정각에 최고치의 일사량을 나타냈으며, 실내온도가 최고일 때의 시간(13시)과는 약 한시간의 타임랙(time lag)이 발생하였다.

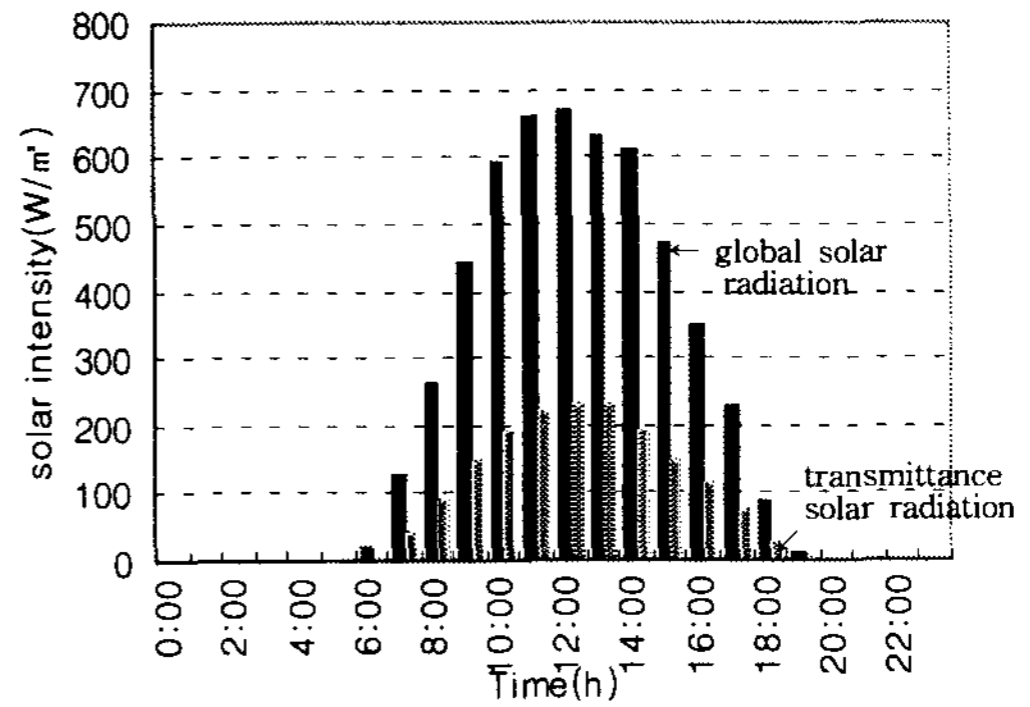
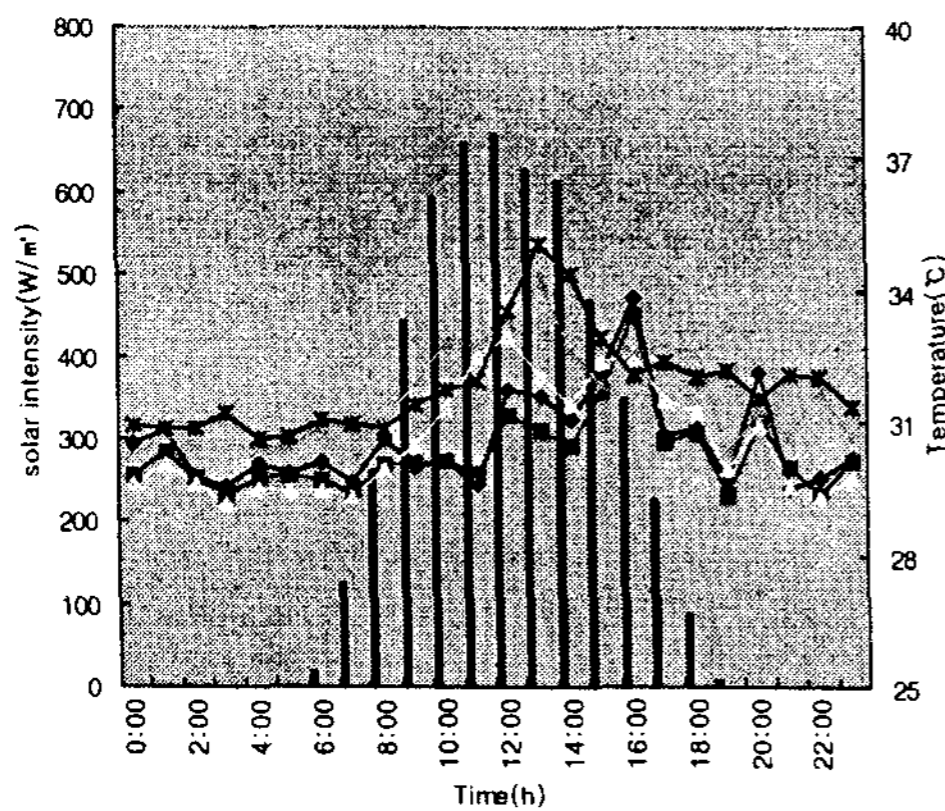
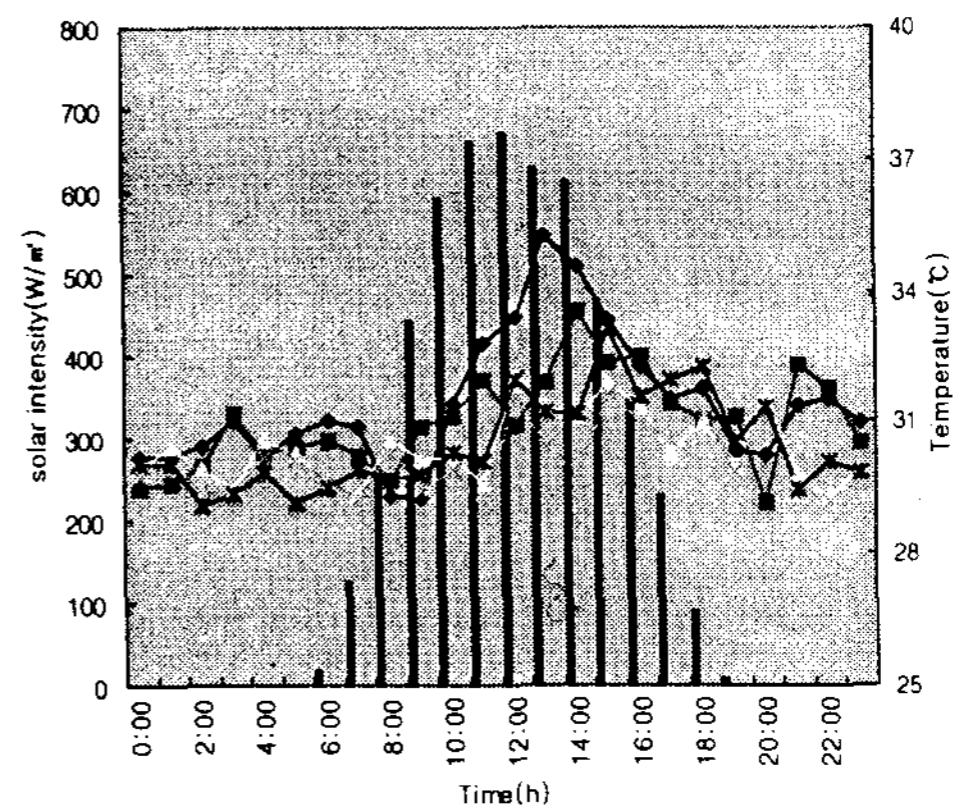


Fig. 9. Comparison between global solar radiation and transmittance solar radiation

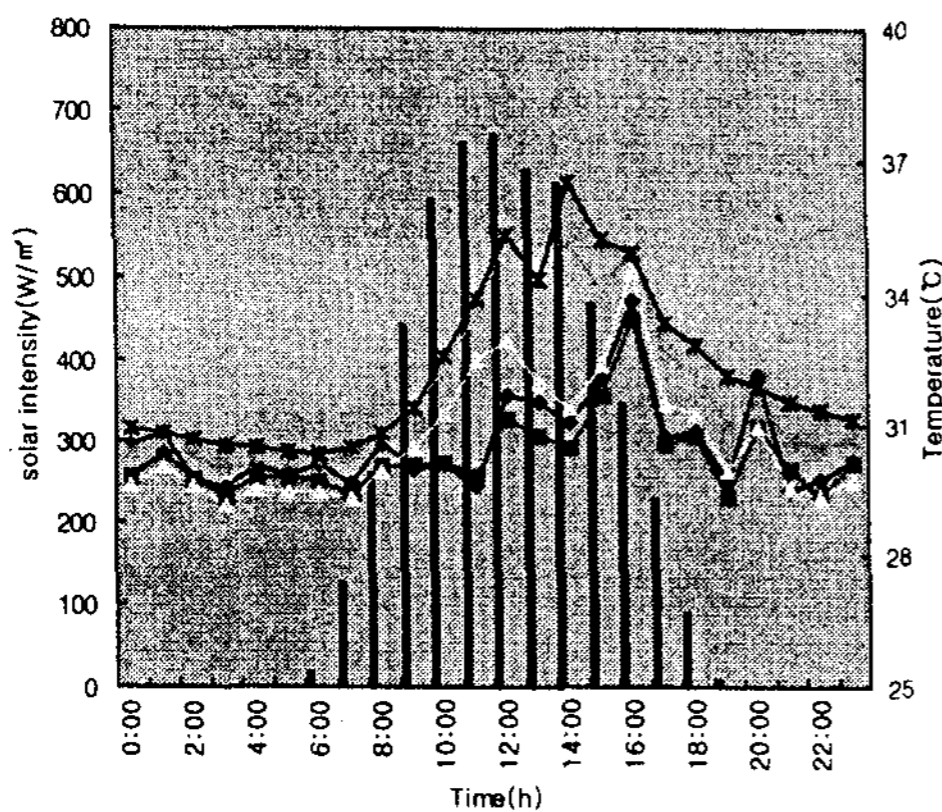


(a) Sensor $S_{h-0} \sim$ Sensor S_{h-4}

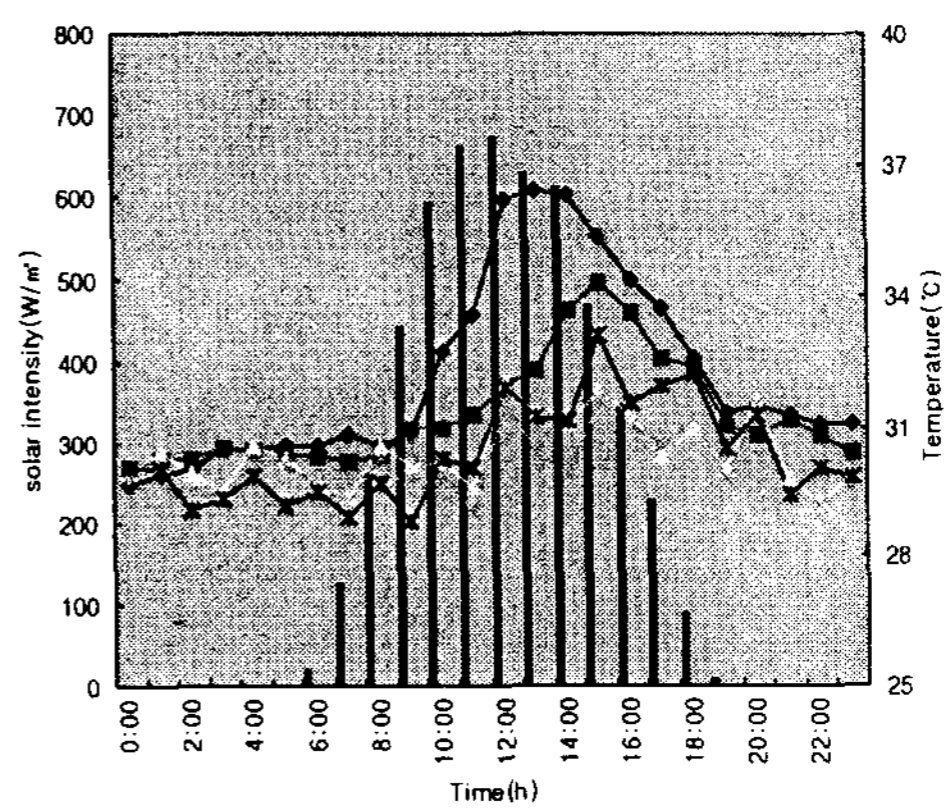


(b) Sensor $S_{h-0} \sim$ Sensor S_{h-9}

Fig. 10. Variation of mean horizontal temperature distribution by solar radiation at $H = 10\text{cm}$

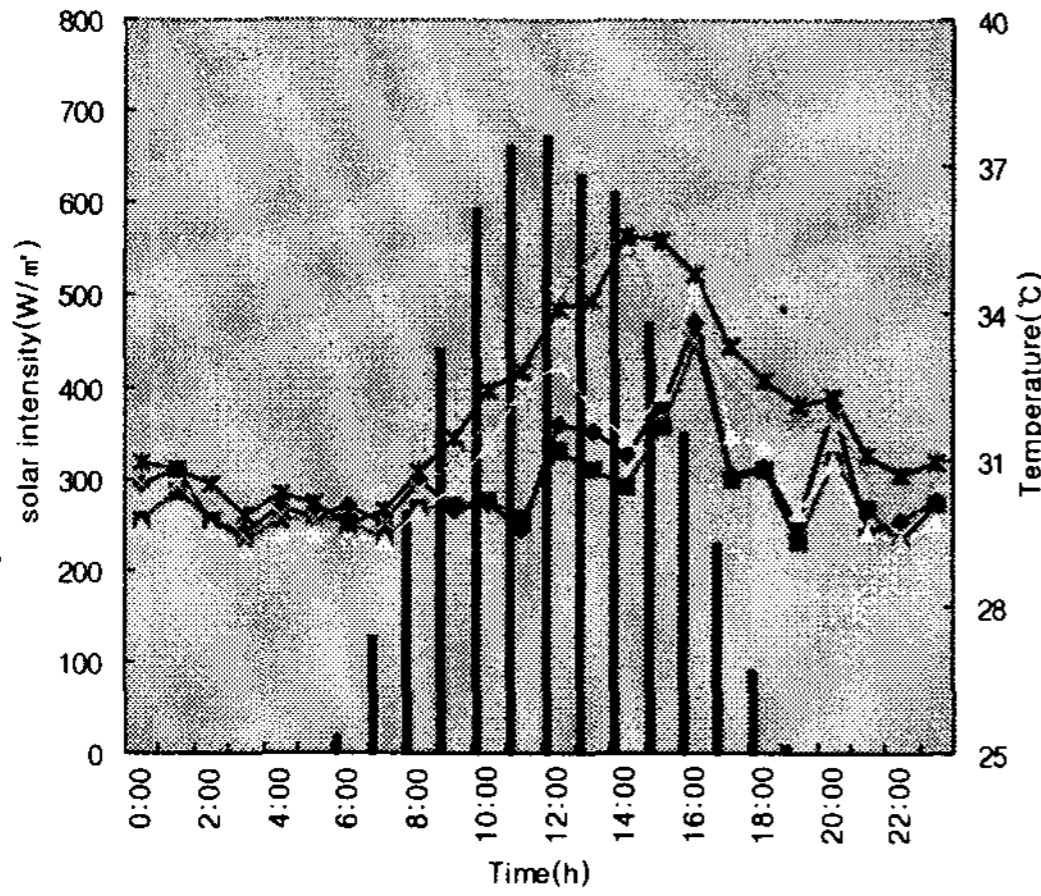


(a) Sensor $S_{h-m0} \sim$ Sensor S_{h-m4}

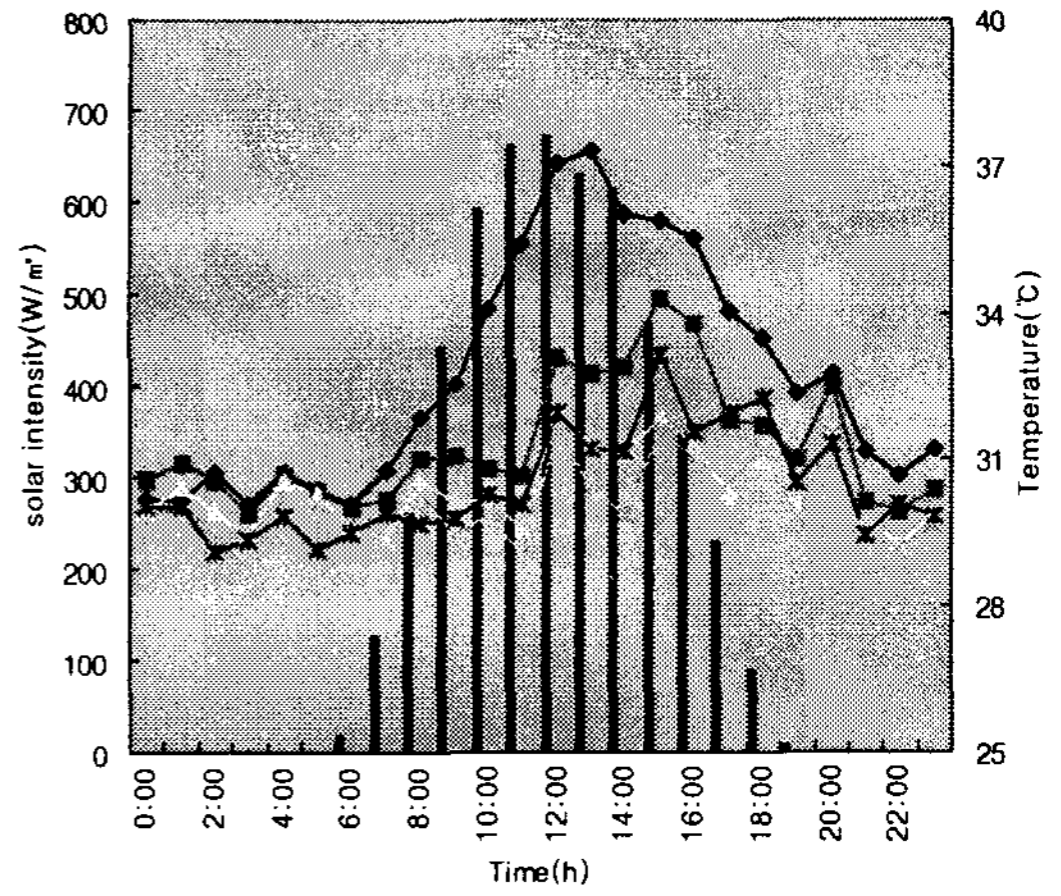


(b) Sensor $S_{h-m5} \sim$ Sensor S_{h-m9}

Fig. 11. Variation of mean horizontal temperature distribution by solar radiation at $H = 130\text{cm}$



(a) Sensor Sh-h0~Sensor Sh-h4



(b) Sensor Sh-h5~Sensor Sh-h9

Fig. 12. Variation of mean horizontal temperature distribution by solar radiation at H = 260cm

각 지점별로는 Fig. 12(b)에 나타난 것처럼 평균 최고온도를 나타내는 toplight 중앙부위의 센서 Sh-h5에서 최고 37.28°C, 최저 30.06°C로 가장 큰 차이를 나타냈으며, 평균최저온도를 나타내는 센서 Sh-h9에서 최고 33.15°C, 최저 29.08°C로 가장 작은 차이를 나타냈다.

4.3 수직온도분포

수직온도분포의 측정은 toplight 공간 중앙부위의 수직방향으로 총 7개의 센서를 바닥에서 1m 간격으로 설치하여 실험하였다.

수직온도분포는 일사량이 최고(611.85 W/m² ~ 721.8W/m²)인 오전 11시에서 오후 14시 사이에, 각 지점에 따라서 최고 53.96°C에서 최저 32.2°C까지의 온도분포를 나타냈으며, 또한 12시 정각에 최고치의 일사량을 나타냈고, 실내온도가 최고일 때의 시각, 13시와는 약 한시간의 타임랙(time lag)이 발생하였다.

동일한 시각에 수직높이에 따라서는 센서 S_{v5}에서 최고온도 53.96°C를 나타낼 때, 센서 S_{v0}에서 최저온도 32.9°C를 나타낸다.

센서 S_{v6}은 toplight의 모양이 삼각형, 폐쇄형이고, 꼭지점 부근에 설치를 하였기 때문에 외기

의 영향을 많이 받으므로, 실내온도와 외기온도의 차이가 클수록 센서 S_{v5}보다 낮게 나타났다.

수직온도분포에서 주목할만한 사항은, 모델 toplight의 특수한 모양과 일사열의 흡수에 의한 온실효과 및 열고임현상 등에 의해 비록 바닥과 최고높이가 6m밖에 차이가 나지 않지만, 수직높이에 따라서 동일한 시각에 최고 20°C정도의 차이가 난다는 것이다. 이는 건물 설계시 실내의 온도를 쾌적범위로 유도하기 위해서 반드시 해결해야 될 중대한 사항이다.

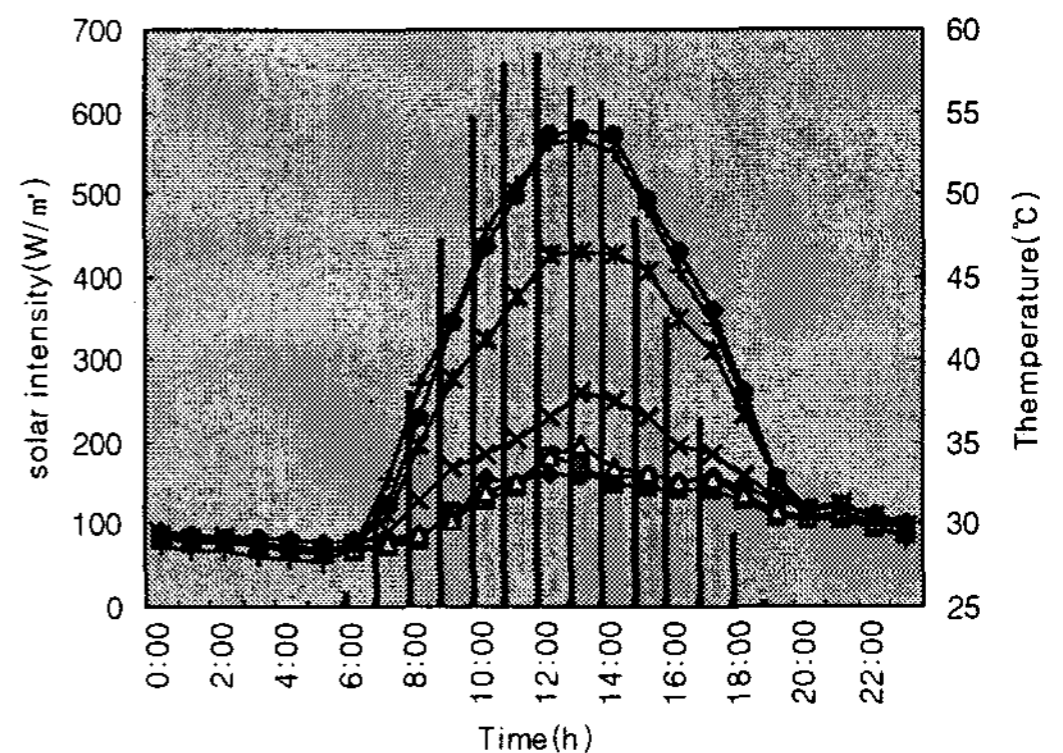


Fig. 13. Variation of mean vertical temperature distribution by solar radiation

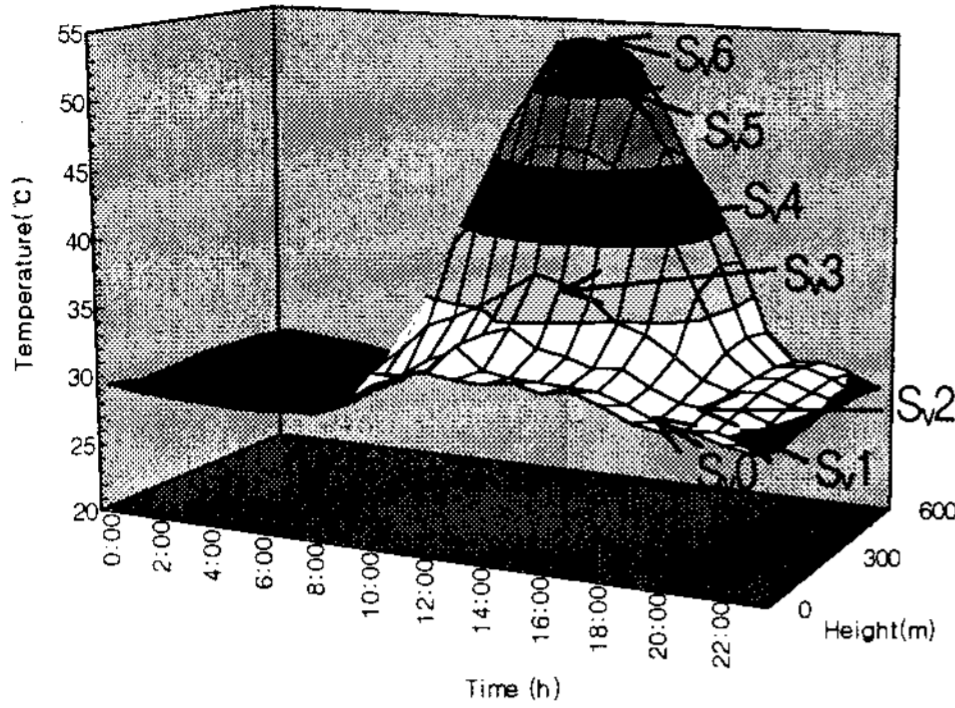


Fig. 14. Variation of mean vertical temperature distribution in a toplight space

Fig. 13은 일사량과 toplight 공간의 수직온도 분포를 나타내고, Fig. 14는 toplight 공간의 수직 높이와 시간에 따른 온도분포를 보여주고 있다.

4.4 온도구배

온도구배(G: temperature gradient)는 두 지점 간의 온도차를 거리로 나눈 값으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$G = \frac{\theta_n - \theta_{n+1}}{l_n} \left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}} \right) \quad (9)$$

여기서, θ_n, θ_{n+1} : n과 n+1 두 지점의 온도
 l_n : 두 지점의 거리.

수직온도센서에서 최고분포를 나타내는 시각의 평균 온도구배를 살펴보면, 센서 S_{v6}에서 최고온도 43.405°C를 나타내고, 센서 S_{v0}에서 최저온도 31.156°C를 나타낸다. 두 센서의 수직높이 차이가 6m이므로, 온도구배는 $2.04 \left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}} \right)$ 이다

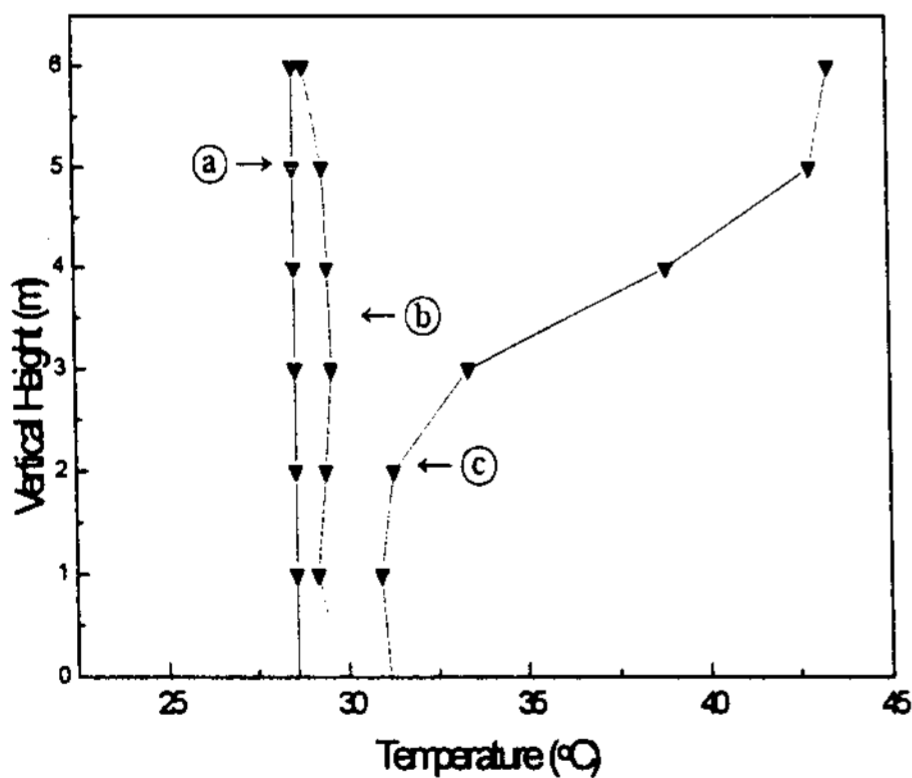
4.5 Toplight 공간의 열손실계수

창을 투과하여 들어오는 모든 태양광은 실내에서 열로 변환된다. 단 유리창을 통하여 들어오는 단위면적당 열량은 건물이 위치한 지역의 위도, 창방위, 창종류, 창차폐장치 및 건물이 받는 일사조건 등에 의해 영향을 받는다.

3일정도 같은 날씨(청천일이나 담천일)가 계속 되면 실내가 열적으로 안정된 상태가 된다. 이것은 실내온도가 매일 거의 같은 변화를 한다는 것을 의미한다. 이 상태에서 하루의 평균실내기온(T_i)은 다음 식 (10)과 같이 자연실온(T_{ref}), 건물의 열손실계수(W), 실내 열취득량($\sum H_n$)에 의해 구할 수 있다.

$$T_i = T_{ref} + \frac{\sum H_n}{W} \left(^{\circ}\text{C} \right) \quad (10)$$

이 식을 toplight 공간에 적용시키면, 실내열취득량은 일사열 취득량(H_{sol})으로 toplight의 유리에 대한 단위면적당 총취득량이고, T_{ref}는 toplight 공간의 자연실온, T_i는 하루의 평균실내기온이므로, 세 값을 대입하면 toplight 공간의 열손실계수를 알 수 있다. 인접실에 의한 열류의 이동이 없다고 가정하면, 실험에 의한 총일사열 취득량은 73.049 W/m²이고, 자연실온은 28.595°C, 하루의 평균실내기온은 33.509°C이므로, toplight 공간의 열손실



- Ⓐ Ambient temperature
- Ⓑ Nocturnal interior temperature
- Ⓒ Interior temperature by solar radiation

Fig. 15. Vertical temperature gradient by solar radiation

계수 W 는 toplight 공간의 유리면적이 45.98m^2 이므로, $W = 683.45 \text{ (W/}^\circ\text{C)}$ 이다.

4.6 이론치와 실측치의 비교

Fig. 16은 식 (2)와 식 (10)을 이용하여 각각 계산한 값과 실험에 의한 결과를 비교한 것이다. toplight 공간의 온도예측에서 식 (10)에 이용된 T_{ref} 는 식 (4)에 의해 계산된 값을 사용하였으며, 열손실계수는 실험에 의해 계산된 값을 이용하였다.

Fig. 16의 ㉑는 식 (2)에 의해 계산한 것으로 환기에 의한 영향을 무시했을 경우의 toplight 공간 실내온도분포를 나타내고, ㉒는 V_{01} , V_{02} , V_{03} 의 환기횟수를 각각 1.5회/h, 1.5회/h, 5회/h로 보았을 때의 실내온도를 나타낸 것이다. 그리고 ㉓는 V_{01} , V_{02} , V_{03} 의 환기횟수를 각각 1.5회/h, 1.5회/h, 10회/h로 보았을 때의 실내온도이고, ㉔는 실험값에서 유추된 열손실계수를 이용해서 식 (10)에 의해 계산한 값이며, ㉕는 측정된 toplight 공간의 수직온도의 평균값이다. ㉔의 열손실계수는 공급열량을 일사열흡수에 의한 영향만으로 고려했기 때문에 실제 측정치와는 다소 차이를 보이고 있으나, 그래도 실험치와는 가장

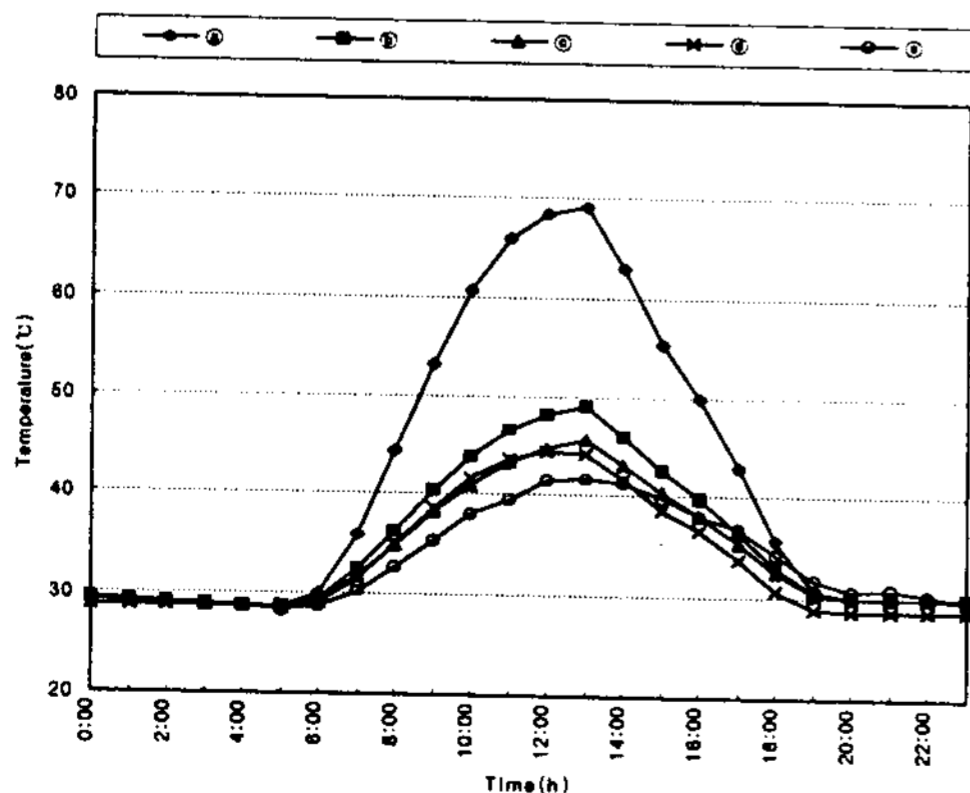


Fig. 16. Comparison between theoretical and experimental values of temperature distribution in a toplight space

비슷한 분포를 보이고 있다. 또한 식 (2)에 의한 계산치도 환기량을 적절히 주었을 경우, 실험치와 잘 일치하는 현상을 보인다. 실제로 toplight 공간에서의 하루동안 환기횟수는 인접실과는 적게 나타나지만, 창 및 다른 개구부를 통해서 많은 환기횟수를 나타내고 있기 때문에 정확한 환기량을 예측 및 보정한다면, 실측값과 잘 일치할 것으로 생각된다.

이상의 결과로 볼 때, toplight 공간의 온도예측에서는 열손실계수를 이용한 실내온도 계산과 적절한 환기량을 고려한 자연실온법에 의한 실내온도 계산은 다소 신뢰성 있는 예측식으로 판단되었다.

5. 결 론

이상 여름철 toplight 공간에서의 일사열 흡수 효과에 대한 실험과 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

1. toplight에 사용된 12mm 복층유리의 최대일사투과율은 76%정도로 예상되었으나, 실험결과 실제 일사투과율은 34%로 확인되었으며, 이는 특히 toplight를 구성하고 있는 유리의 경사도 뿐만 아니라, 청결상태, 반사율, 흡수율 등의 영향이 크게 작용한 것 때문으로 풀이된다.
2. 최고 일사량을 나타내는 12시와 최고 온도를 나타내는 13시 사이에는 약 한시간의 타임랙 (time lag)이 발생하며, 이는 내부축열효과의 영향으로 예측된다. 따라서 과열현상을 방지하기 위해서 toplight 내부에 적절한 축열체를 배치하는 것도 유용할 것으로 사료된다.
3. 여름철 toplight 공간의 일사열 흡수에 의해 toplight부위의 실내온도가 시간 및 위치에 따라서 수직온도센서에서는 최고 21.06°C 의 급격한 온도차이를 보이고, 수평온도센서에서는 최고 6.87°C 의 온도차이를 보인다.

4. 온실효과 및 열고임현상 등에 의해 부위에 따라 수직온도센서는 시간당 3~5°C, 수평온도센서는 시간당 1~2°C의 순간온도 상승효과가 발생한다.
5. 온실효과 및 굴뚝효과에 의해서 수직온도센서는 높이에 따른 온도성층화 현상이 발생하고 있으며, 오전의 온도상승시에 평균 2.04(°C/m)의 온도구배를 보이고 있다.
6. toplight 공간의 여름철 온실효과에 의한 높은 온도성층화와 순간온도상승효과 등에 의한 불쾌한 환경을 제어하고, 쾌적범위로 유지하기 위해서는 반드시 환기시설이나 적절한 내부반사판(interior reflector)을 설치하여, 과열을 방지하고 글레어(glare)를 줄일 수 있는 적절한 디자인 방법이 강구되어야 할 것이다.
7. 정상상태 실온예측식에서 열손실계수를 이용한 식 (10)은 환기에 의한 열류이동에 대한 보정계수를 적절하게 적용시키면 실내온도를 예측하는 단순기법으로 유용하게 사용되어질 수 있다.
 이상은 특정 toplight의 열성능만을 한정된 범위 안에서 평가한 것이며, 앞으로 다른 유형의 toplight에 대한 이론적인 해석과 실측은 물론 더 많은 환경요소들을 포함하는 종합적인 연구가 지속적으로 이루어져 건축가를 위한 풍부한 건축설계 자료가 제공되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 서승직, "건축환경공학", 일진사, 1995
2. M. Lenzen, R. E. "Collins, Long-term field tests of vacuum glazing, Solar

- Energy", Vol.61, No1, p.11~15, 1997
3. M. Cucumo, D. Kaliakatsso, V. Marinelli, "Estimating effective solar absorptance in rooms", Energy and Buildings Vol.23, No.2, p.117~120, 1995
4. Peter Sobotka, Hiroshi Yoshino, Shin-ichi Matsumoto, "Thermal comfort in passive solar earth integrated rooms", Building and Environment Vol.31, No.2, p.155~166, 1996
5. N. K. Bansal, P. C. Thomas, "A simple procedure for selection and sizing of indirect passive solar heating systems", Building and Environment, Vol. 26, No. 4, p.381~387, 1991
6. Baruch, Givoni, "Passive and low energy of buildings", Van Nostrand Reinhold, p.81~130, 1994
7. Edward Mazria, "The passive solar energy book", 1979, Rodale Press
8. J. P. Holman, "Heat transfer", 5th Ed., McGraw-Hill, p.394, 1981
9. F. C. MxQuston, J. D. Parker, Heating, "Ventilating and Air Conditioning, 6th Ed.", John Wiley & Sons Inc., p.206, 1994
10. F. Kreith, M. S. Bohn, "Principle of heat transfer 4th Ed.", 1992
11. Håkon, Skistad, "Displacement Ventilation", John Wiley & Sons INC., 1994
12. Norbert Lechner, "Heating, Cooling, Lighting design Method for Architecture", John Wiley & Sons INC., 1991

An experimental study of solar absorption effect in a toplight space

W. S. Chang, S. J. Sub

* *Graduate School, Inha University*

** *Dept. of Architectural Engineering, Inha University*

Abstract

This study attempts to suggest the architectural design methods of toplight system, which is a glass covered space on the top of building with greenhouse for instance.

In this study, toplight system will be experimented, analysed and presented as a solution method for environmental control system in the summer.