

## 집광기를 이용한 태양 채광장치에 관한 연구

김 희 남\* · 김 만 진\* · 김 세 영\* · 김 영 민\* · 이 중 혁\* · 전 재 호\*  
최 진 우\* · 하 동 훈\*

### 1. 서 론

인류의 무분별한 화석연료의 채굴로 자원은 점점 고갈되어 가고 있으며, 화석연료의 무분별한 사용에 지구의 온난화와 대기의 오염 등으로 인해 2차, 3차 피해가 발생하고 있다. 또한 화석연료 발전의 대안으로 상용화 되고 있는 원자력발전의 경우에는 최근 일본의 쓰나미로 인한 원자력발전 사고로 위험성이 대두되어, 친환경 재생에너지의 선진국인 독일은 2022년까지 모든 원자력 발전을 중단한다고 발표를 하였다.<sup>1)</sup> 이러한 때 대체에너지 자원으로 각광받고 있는 태양광이 새롭게 대두되고 있다. 그러한 이유로 현재 상용화가 되어있는 태양 채광시스템 중 광섬유를 이용한 시스템은 장거리 전송시 고비용이 발생하고, 광덕트 시스템<sup>2)</sup>의 경우 공간 활용능력, 장거리 전송 시 손실로 인한 비효율성 등으로 인해 대중 상용화에 어려움을 겪고 있다. 또한 태양광은 계절별, 대기의 상태에 따라 변화며, 고층건물 등으로 채광에 제한이 따르므로 우리가 일하고 휴식을 취하는 모든 공간에 도입하기는 어렵다.

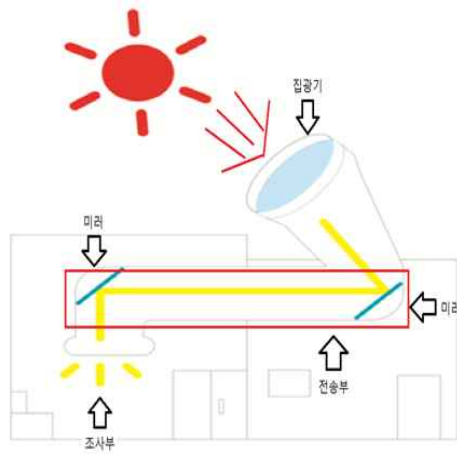
집광기를 이용한 태양 채광장치의 경우 이러한 문제점에 대해 대안으로 작용할 수 있다. 자연채광 방식은 인공조명보다는 바람직하고, 질적으로 우수한 조도를 제공하며, 전기조명기구의 사용을 억제하여 전력사용 뿐만 아니라 이에 관련된 비용절감을 할 수 있고, 빛의 강도, 색채 등을 조절하여 공장에서의 생산성을 향상 시킬 수 있다. 또한 자연광 자체가 가지고 있는 공기의 정화능력, 지하에서의 식물 재배 등 친 환경적인 측면이 긍정적인 효과를 줄 수 있다. 그리고 건물의 고층화, 고밀도 주택 등으로 인한 일조권 침해와 같은 생활자체의 기본조건을 자연채광으로 만족 시킬 수 있다.

본 연구에서는 기존 광덕트 시스템<sup>3)</sup>이 아닌 광튜브 시스템을 설계, 제작하여 태양의 고도각과 방위각의 변화에 따른 광량의 변화량에 미치는 영향과 조사부에서의 거리에 따른 광량의 변화량 등을 연구 하였다.

\* 명지대학교 기계공학과

## 2. 실험 방법 및 실험 장치

### 2.1 실험방법



[그림.1] 시스템의 계략도

[그림.1]은 본 실험에 사용된 시스템의 계략도로서, 외부에서 들어오는 태양빛이 집광기를 통하여 하나의 초점으로 모여 전송부의 거울을 통하여 반사된 후 조사부에 있는 반사경에 의해 건물 내부로 빛을 확산시킨다.

### 2.2 실험장치

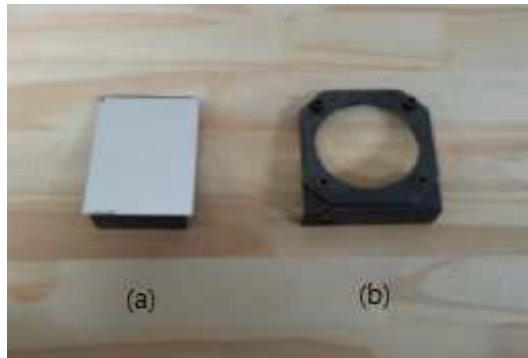
#### 2.2.1 태양고도 각도측정기



[그림.2] 태양고도 각도측정기

[그림.2]는 본 실험에 사용된 태양고도 각도측정기로써, 태양고도 각도의 경우 계절에 따라 변화하기 때문에 각도 측정기를 제작하여 각도를 측정하였다. 또한 각도 측정기에 집광렌즈를 고정하여 각도의 변화에 따라 집광렌즈의 spot size를 비교 측정하였다.

### 2.2.2 반사거울 및 렌즈



[그림.3] (a) 반사거울 (b) 집광렌즈

[그림.3]은 태양집광시스템에 장착된 반사거울과 집광렌즈이다. (a) 반사거울의 경우에는 태양광의 전반사 거울로 선정하였고, (b) 집광렌즈로 본 연구에 사용한 렌즈이다.

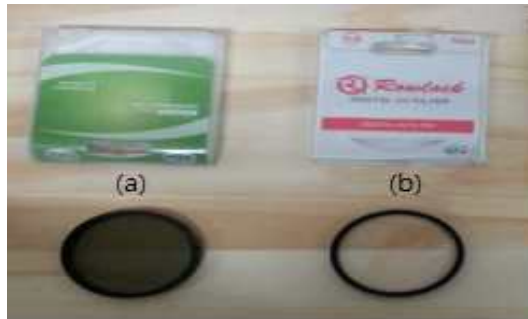
### 2.2.3 태양 궤도에 따른 광량 측정



[그림.4] 태양 궤도에 따른 광량 측정

[그림.4]는 태양 궤도에 따른 광량 측정을 위한 측정기이다.

## 2.2.4 필터



[그림.5] (a) 편광필터 (b) UV필터

[그림.5]는 (a) 편광필터의 사용 유무에 따른 광량 측정용 (b) UV필터의 사용 유무에 따른 광량 측정용으로 사용하였다.

## 2.2.5 조사부에서의 거리에 따른 광량측정



[그림.6] 조사부에서의 광량측정



[그림.7] 조도측정기(TES-1330A)

조사부의 경우 거리변화에 따른 광량의 차이가 발생하기 때문에 [그림.6]에서와 같이 조사부에서의 거리변화에 따른 광량을 측정하여 손실률을 계산 하였다. [그림.7]은 이 실험에서 사용한 조도측정기이다.

### 2.2.6 튜브 선정



[그림.8] Seamless tube

일반적인 파이프는 이음매에 의한 손실률이 발생하여 광튜브시스템으로써의 활용성이 떨어지게 된다. 그로 인해 [그림.8]의 seamless tube(STS 304)를 이용하여 손실률을 최소화 하였다.

### 2.2.7 전반사 거울을 이용한 광튜브 시스템



[그림.9] 전반사 거울 및 광 튜브

건물 내에 자연 채광장치를 적용 시 일반적인 광덕트 시스템의 경우 가변 시 손실률이 발생하는데 비해, 광튜브 시스템의 경우에는 반사거울을 이용하여 가변이 용이하며, 손실률 또한 적다. [그림.9]과 같은 seamless tube에 반사거울을 부착시켜 제작하였다. 반사거울은 회전이 가능하여 빛의 전송방향에 따라 가변이 가능하다.

## 2.2.8 태양궤도 측정 장치



[그림.10] 태양궤도 측정 장치



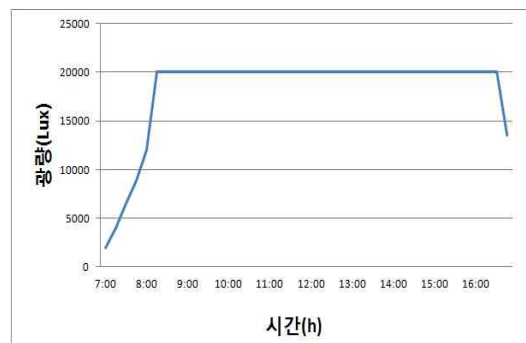
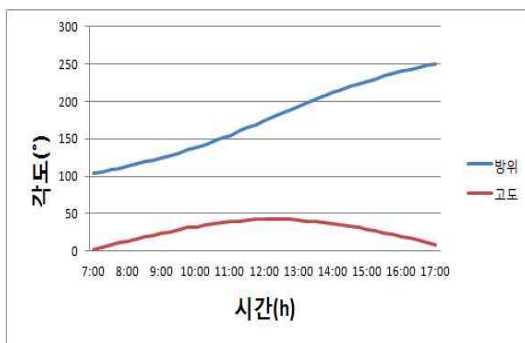
[그림.11] 회전 테이블

[그림.10]의 태양궤도 장치는 집광장치, 전반사 거울, 광튜브, 회전테이블로 이루어져 있으며, 궤도에 따른 광량 측정을 할 수 있다. [그림.11]의 회전 테이블을 통해 태양의 방위각을 측정할 수 있으며, 집광장치의 가변으로 태양의 고도를 동시에 측정할 수 있다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 고도와 방위의 변화에 따른 광량

태양고도와 방위각의 변화에 따른 광량을 측정하기 위해 암실을 설치 한 후 조사부에서 50cm 지점에서 광량을 측정하였다. [그림.12]와 [그림.13]과 같이 광량은 오전 8시 30분(고도 $16^{\circ}$ , 방위 $116^{\circ}$ )부터 오후 4시45분(고도  $11^{\circ}$ , 방위각  $248^{\circ}$ )까지 최대값을 보이는 것을 관찰할 수 있다. 즉, 광량은 오전 8시45분부터 오후 4시까지 최대를 보였으며 KS C 7012<sup>4)</sup>에 명시된 측정 방법에 따라 실험한 결과 KS A 3011<sup>5)</sup>에 명시된 산업현장에서 필요로 하는 3000Lux 이상의 조도값을 만족하였다.

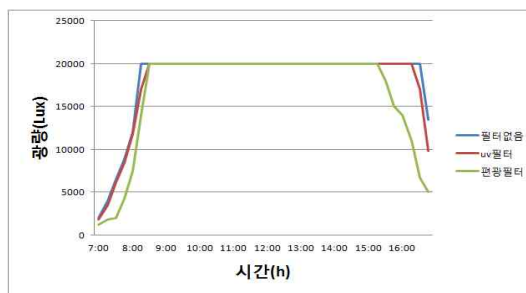


[그림.12] 시간 변화에 따른 방위와 고도의 변화 [그림.13] 시간의 변화에 따른 광량의 변화

### 3.2 필터가 광량에 미치는 영향

<표.1> 광량이 최초로 최대가 되는 지점

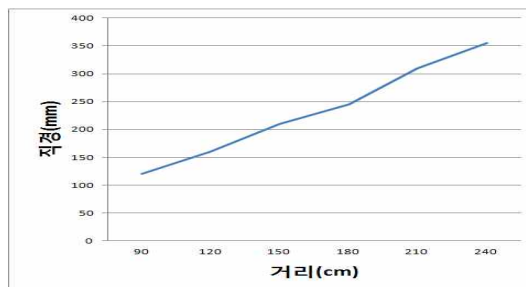
필터 \ 도	방위(°)	고도(°)
필터 없음	109	16
UV 필터	110	19
편광 필터	110	19



[그림.14] 시간의 변화에 따른 광량의 변화

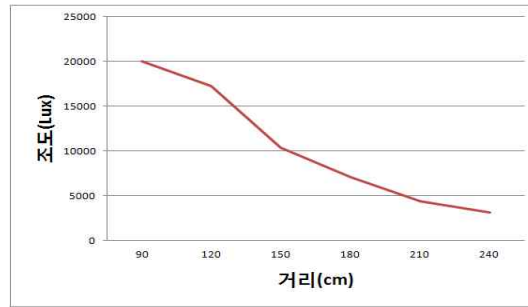
[그림.5]에서와 같은 필터가 광량에 미치는 영향을 측정하기 위하여 편광필터를 사용한 경우, UV필터를 사용한 경우로 나눠서 광량을 측정하였다. <표.1>을 보면 필터를 사용하지 않았을 경우와 필터를 사용하였을 경우, 최대 광량의 Lux를 측정할 수 있는 고도에 차이가 있는 점을 관찰할 수 있다. 또한 [그림.14]를 보면 필터를 사용하면 사용하지 않을 때 보다 광량이 UV필터의 경우 평균 415Lux, 편광필터의 경우 평균 987Lux가 줄어드는 것을 관찰할 수 있었다. 최대값을 측정할 수 있는 고도와 방위각의 범위는 편광 필터 보다 UV필터를 사용하였을 때 넓었다.

### 3.3 채광거리의 변화에 따른 채광면적과 광량의 변화



[그림.15] 채광거리의 변화에 따른 채광면 직경의 변화

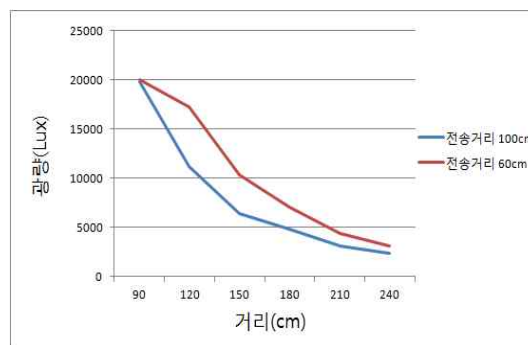
채광면적의 변화는 채광거리를 90, 120, 150, 180, 210, 240cm로 변화시킨 후 거리가 변화함에 따라서 변화하는 채광면의 직경과 각 직경에 대한 광량을 측정된 결과는 [그림.15], [그림.16]과 같다. [그림.15]를 보면 채광면의 직경은 직선형으로 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 빛의 직진성을 고려한다면 이 결과는 타당하다. [그림.16]에서는 채광거리의 변화에 따른 광량은 감소하면서 변화율도 감소하는 곡선 형태를 관찰할 수 있다.



[그림.16] 채광거리의 변화에 따른 채광면 광량의 변화

### 3.4 전송부의 거리에 따른 광량의 변화

전송부의 거리변화에 따라 광량의 손실률을 측정하기 위하여 전송부의 거리를 60cm에서 100cm로 변화를 주고 나머지 조건들은 위와 동일하게 하여 광량의 변화를 측정하였다. 각 거리변화마다 다른 시간대에 4번의 측정값의 평균치를 비교하였을 때 채광면의 직경은 선형으로 증가하는 것을 관찰할 수 있었고, 채광거리의 변화에 따른 광량은 감소하면서 변화율도 감소하는 곡선 형태다. 이는 전송부가 60cm일 때의 선형과 유사하다.



[그림.17] 전송부 거리의 변화에 따른 광량의 변화



## 4. 결 론

집광기를 이용한 태양집광장치 개발 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 광량은 KS A 3011에 명시된 산업현장에서 필요로 하는 조도를 만족하였다.
- 2) 자외선 차단 목적을 위해 UV필터를 사용했을 때, 필터를 사용하지 않았을 경우와 광량을 비교해 보면 큰 차이를 보이지 않음을 알 수 있다.
- 3) 채광거리에서 채광면이 최대가 될 때, 광량의 평균값은 3175Lux로 표준기준조도를 만족하였다.
- 4) 전송부의 거리를 약 67%로 늘렸을 때, 목표 채광거리(240cm)에서도 광량의 평균값은 2375 Lux로 표준기준조도를 만족하였다.

이상의 결과를 볼 때, 본 연구가 조명 분야에 기여 할 수 있다고 사료됨.

## 5. 참 고 문 헌

- [1] 매일경제, “독일 원자력발전소 2022년 모두 폐쇄”, 2011.05.30 [정동욱 기자]
- [2] 서광범, “지하공간의 자연 채광을 위한 광덕트 시스템의 설계에 관한 연구”, 학위논문(석사), 한양대학교, 1997
- [3] “특수집광기를 활용한 자연 채광장치 개발”(과학기술부-한국에너지기술연구원)
- [4] KS C 7012-조도 측정 방법
- [5] KS A 3011(1991)-조도기준