

방위각 추적식 프리즘형 집광조명시스템 성능평가

성태경*, 이충식*, 이을영*, 박연민*, 정채봉*, 김병철**

*(주)에이비엠그린텍 기술연구소(tksung@abmarch.co.kr), ***(주)에이비엠그린텍 대표이사(abmceo@hanmail.net),

Performance Evaluation of An Azimuth Tracking Prismatic Daylighting System

Sung, Tae-Kyung* Lee, Chung-Sik* Lee, Eul-Young* Park, Yeon-Min*
Joung, Che-Bong* Kim, Byung-Chul**

*Enterprise Institute, ABM GreenTech Co., Ltd.(tksung@abmarch.co.kr),
**ABM GreenTech Co., Ltd.(abmceo@hanmail.net)

Abstract

This thesis introduced an azimuth tracking prismatic daylighting system. The system improved several issues of the previous passive prismatic daylighting system: low efficiency at sunrise and sunset, glare effect and polarized. The system was developed to track the movement of sun with azimuth tracking device, and it has its own power from the attached solar cells. We compared the with previous passive one in terms with system efficiency and daylighting factors(DF).

Keywords : 태양광 집광시스템(Solar daylighting system)), 프리즘(Prismatic), 추적식 프리즘형(Tracking prismatic), 태양광발전(Photovoltaic power generation), 주광률(Daylighting factor)

기 호 설 명

- C : 축전지 용량 (A)
- L_d : 1일 적산부하전력량(kWh)
- D : 부조일수(일)
- L : 보수율
- V_d : 공칭 축전지 전압(V)
- N : 축전지 개수

1. 서 론

정부의 '저탄소녹색성장' 정책의 일환인 신 재생에너지 분야의 태양광 활용기술 중 한 분야인 태양광 집광기술은 태양광의 유입이 불가능하거나 부족한 실내/외 공간에 다양한 하드웨어를 이용하여 태양광을 유입시키는

submit date : 2012. 4. 2, judgment date : 2012. 4. 10, publication decide date: 2012. 6. 14
communication author : Sung, Tae-Kyung(tksung@abmarch.co.kr)

시스템으로 에너지 절약효과뿐만 아니라 향상된 시환경을 제공한다¹⁾. 본 기술은 에너지절감 및 급속한 경제사회의 발전으로 인한 환경오염과 초고층 건축으로 인한 고도화, 밀집화에 따른 지하공간의 활용성을 높일 수 있는 기술이다²⁾³⁾. 본 기술은 건축물의 소비에너지 총량 중 20~28%⁴⁾를 차지하는 조명에너지 절감을 위한 대안기술로 인식되는 등 태양광의 적극적 도입과 응용기술 개발의 필요성이 증대되고 있다.

건축분야에 적용되는 집광조명시스템은 반사거울방식, 광덕트방식, 렌즈-광섬유 방식, 집광거울 방식⁵⁾ 등이 있으며, 크게 집광부, 광전송부 및 산광부의 3부분으로 구성되며 그림 1과 같다.

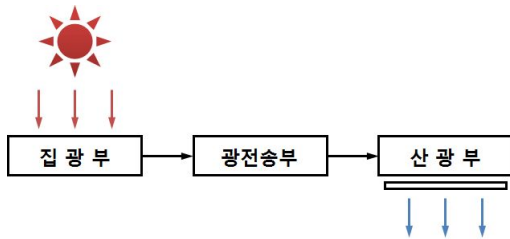


Fig. 1 Construction of Solar daylighting system

집광부는 태양광을 집광하는 부분으로 돔 또는 프리즘을 이용하여 수광하거나 프로그램 및 센서에 의해 태양광을 추적, 집광하는 장치이다. 광전송부는 집광된 빛을 덕트나 공기층, 광섬유 등을 이용하는 원하는 공간으로 전달하는 부분이다. 산광부는 전송된 빛을 확산판, 확산 렌즈 등을 통해 실내로 산광시키는 부분이다.

- 1) Lee, E. J., Concentrating Daylighting Duct System, Journal of the Korea Solar Energy Society, 7, 14~19,(2008)
- 2) Park H. K., Optical fiber type sunlighting technology, ceramist, 4 4~62,(2010)
- 3) Lee, S. C., et al, Information business for optical fiber type sunlighting and technology, the Ministry of Education, Science and Technology(2010)
- 4) Kim, Y. S., Kwon, K. W., Skin load reduction technology of building, Korea Green Building Council, 38~41,(2009)
- 5) Yoon, Y. J., Architecture and Daylighting System, Journal of the Korea Solar Energy Society, 8, 1, 3~10,(2009)



Fig. 2 Sort of solar daylighting system

태양광 집광조명시스템은 광 비집속형과 광 집속형 방식으로 크게 구분된다. 광 비집속형 방식은 빛을 집속하지 않는 방식으로 반사거울방식, 광덕트 방식이 있으며, 광 집속형 방식은 빛을 집속하는 시스템으로 렌즈방식, 집광거울 방식 등이 있다. 그리고 추적여부에 따라 고정식 및 추적식 시스템으로 분류되며 그림 2와 같다⁶⁾.

스웨덴, 독일, 미국, 일본 등에서는 자연채광을 조명에너지 저감 및 시환경 성능 개선용, 기타 건강 및 생산성 향상을 목적으로 보급 중에 있다. 또한, 신재생에너지로서의 가치 이외에 건강과 환경개선 등 웰빙 차원에서도 각광받는 분야로 부상하면서 자연채광에 관한 인식이 높아지고, 연구소, 대학, 기업체 등에서 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 최근 광섬유를 전송장치로 하는 태양광 채광/조명시스템에 대한 기술개발이 활발하게 진행 중이다. 이상과 같은 국외기술도 고정식의 경우, 고정 설계된 한계로 인해 태양연중변화를 수용하지 못하는 단점이 있음. 추적식의 경우, 직달광에서만 추적 구동하여 암천공, 담천공 하에서는 효율이 떨어지는 단점을 가진다.

국내 기술개발 현황으로는 1990년 동력자원부 주관으로 에너지절감 측면에서 자연채광에 관한 연구가 시작되었으며 2000년대에 건축물의 디자인 및 성능향상 기술의 일환으

- 6) Kim, S. H., Kim, B. C., Solar Daylighting System, Journal of the Korean Society for Precision Engineering, 25, 10, 33~40,(2008)

로 아트리움 도입 및 설비형 자연채광에 관한 선진기술이 도입되었고, 국내에서도 고정식 제품군의 개발이 이뤄졌다⁷⁾. 그러나 기 개발된 태양광 집광조명시스템은 태양의 연중 및 일중 움직임의 변화에 적응하지 못하는 근본적인 한계를 가진다. 따라서 고정식 시스템의 한계를 극복한 향상된 효율을 얻기 위한 방안으로 국내 여러 업체에서 렌즈, 광케이블을 이용한 새로운 모델의 집속형 집광조명시스템 개발 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 비집속형(광덕트 방식)의 다면프리즘을 이용하여 당사에서 개발, 실용화한 고정식 태양광 집광조명시스템 기술에 태양위치추적기술을 부가하여 전체적인 시스템효율 향상뿐만 아니라 특히, 일출과 일몰시의 효율을 향상시키고 추적구동제어를 위해 태양광 발전을 통한 자가발전이 가능토록 하여 에너지절감 효과를 높이고, 원형 광덕트를 적용하여 기존 사각 덕트에서 발생하는 난반사를 개선하여 광전송 효율을 개선한 방위각 추적식 집광조명시스템을 개발하였다.

2. 고정식 다면프리즘형 집광조명시스템

2.1 고정식 다면프리즘형 집광조명시스템

기존의 다면프리즘형상의 집광부는 태양광의 채광시간을 늘리기 위해 프리즘의 빛굴절원리를 이용하여 태양광의 입사방향을 제어하기 위해 다면형상과 각면의 각도 및 프리즘 각도를 설계하여 이를 접목한 기술로 구성되어 있으며, 광전송부는 알루미늄결합몰드와 PC복층판, 아노다이징 반사시트가 결합된 유니트 판을 조립하는 방식으로 되어있다. 그림 3에는 다면프리즘형 집광조명시스템의 집광부 및 산광부의 형상을 보인다.

산광부는 확산성을 위해 폴리글라스 확산판을 일반적으로 적용하며 실 용도에 맞게 다양한 확산판을 적용할 수 있고 쉽게 착탈이 가능한 구조로 설계되어 있다.

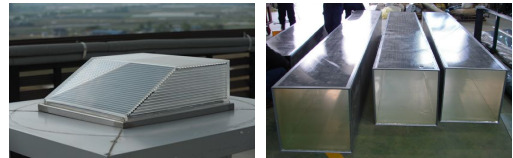


Fig. 3 Light collector and light transit of passive type daylighting system

2.2 기존 시스템의 문제점

기존 다면프리즘형 집광조명시스템은 고정식임으로 인해 태양을 추적하는 시스템과는 달리 계절별, 일별 채광량의 변화가 많아짐으로 인해 편광 발생 등 안정적 조명성능을 얻기 어려워지고 특히, 일출 및 일몰시 낮은 시스템효율을 갖게 된다.

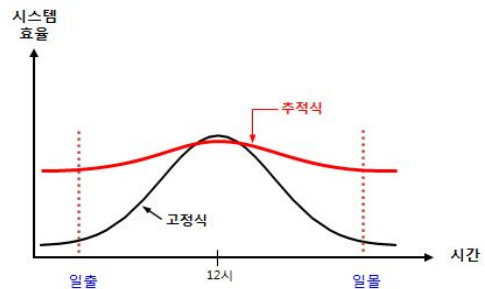


Fig. 4 Change of system efficiency by time variation

특히, 광전송부의 경우 대형 사각 광덕트(600×600mm)를 이용하여 전송하게 되므로 태양일주운동에 따라 편광이 발생하게 된다.

그림 5에는 사각 덕트와 원형 덕트에서의 편광 특성을 LightTools을 이용한 시뮬레이션을 통해 확인한 결과이다. 사각덕트는 광분포 차트의 전체영역을, 원형덕트는 차트의 내접원 영역에 광이 분포되는 정도를 기준으로 파악해야 한다.

7) Kim, D. H., et al, Solar-energy parts of New&Renewable energy RD&D Strategy 2030, the Ministry of Commerce, Industry and Energy, (2007)

대표시간 07시, 12시, 17시에 대한 덕트별 광분포를 시뮬레이션 한 결과로, 12시때는 사각덕트 및 원형덕트에서 모두 편광이 발생하지만 07시와 17시에는 사각덕트는 차트에서 한쪽으로 심하게 편광되었으나 원형덕트에서는 균일하게 분포됨을 알 수 있다.

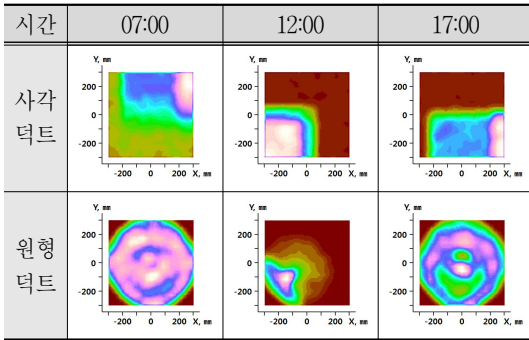


Fig. 5 Polarized light characteristics by light duct

이상과 같이 다면프리즘형 집광조명시스템이 가지는 시간대별 시스템효율의 편차가 큰 것과 극심한 편광이 발생하는 문제점을 보완하기 위하여 본 논문에서는 방위각 추적 기술을 적용하고자 한다.

3. 방위각 추적식 프리즘형 집광조명 시스템

다면프리즘형 집광조명시스템은 태양일주 운동의 연중변화로 인해 효율적인 채광효과를 얻는데 한계가 있다. 이에 본 논문에서는 연중 태양의 위치를 추적하여 태양광을 최대한 많이 유입할 수 있도록 구동시스템을 개발함으로써 집광효율 향상과 일출, 일몰 시 태양광의 유입량을 높이는 것을 목표로 추적식 프리즘형 태양광 집광조명시스템을 개발하였다. 개발된 집광장치와 추적제어부, 태양광발전모듈을 적용한 자가발전시스템, 원형덕트 형태의 광전송장치 및 확산기능의 산광장치를 통합하여 시스템을 구성하였다.

3.1 집광부

(1) 운동기구부

운동기구부는 제어시스템으로부터 신호를 받아 방위각 구동을 통해 태양과 법선방향을 유지시키는 역할을 하며 구동범위는 0~230°이다. 그림 6과 표 1에는 개발된 운동기구부의 형상 및 주요사양을 나타내었다.

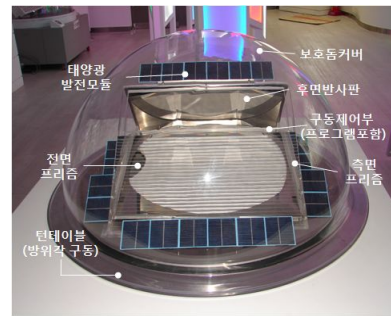


Fig. 6 Body and actuator

Table. 1 Specification of body and actuator

구분	주요 사양	
크기	몸크기	Ø850, 728mm(H)
	하부지지대	1040mm(W)×1040mm(D)×600mm(H)
프리즘	전면프리즘	PMMA, 600mm(W)×534mm(D)×15mm(T)
패널	측면프리즘	PMMA, 600mm(W)×322mm(D)×205mm(H)
	후면반사판	PMMA, 600mm(W)×330mm(D)×15mm(T)
구동범위	방위각	0° ~ 230°
소비전력	구동시	1.25W
	대기시	0.6 ~ 1W
중량		30kg 내외
태양전지판		1.5W 모듈 × 10EA
태양전지용량		15.6W _p
축전지 용량		1.56A

(2) 구동제어부 및 태양추적기술 개발

통합 제어보드는 태양위치센서 신호를 감지하여 동작할 수 있도록 제작하였다. 제어보드는 C8051 마이크로프로세서를 적용하였으며 태양의 방위각에 대한 수식을 입력하여 시간에 따라 추적장치를 태양면과 법선 방향이 되게 한다. 제어모터로는 엔코더 부착형 DC

기어드 모터를 사용하였으며 입력 전압은 DC 12V, 엔코더 출력 주파수는 10kHz 이하로 하였다(PWM 모터 드라이버 포함). 본 개발기술에는 추적방식으로 구동간격 5초 이내인 최적화된 태양추적 프로그램 방식을 적용하였다.

(3) 전면프리즘 패널 및 후면반사판 제작
 전면프리즘 패널은 프리즘부와 천공부로 구분 설계하였으며 두께 15mm의 투명 아크릴 시트를 가로 600mm, 세로 534mm 크기로 다축 가공장비를 이용하여 가공한 후 프리즘부는 연마를 통해 투명도를 높이는 방법으로 제작하였으며, 그림 7과 같다.

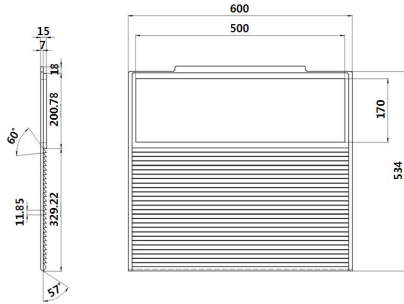


Fig. 7 Front prism-panel floor plan

후면반사판의 경우, 기존 후면 프리즘판을 제거하고 후면반사판을 삽입하여 법선면으로 오는 태양광을 반사시켜 광전송부로 전송하도록 하였으며 사계절 광학시뮬레이션을 통해 태양광 유입량이 최대가 되는 프리즘패널의 각도 및 형상이 적용된 구조로 제작하였으며, 그림 8과 같다.

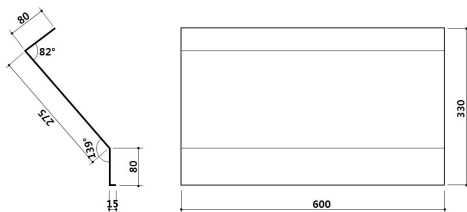


Fig. 8 The back side reflector floor plan

(4) 태양광 자가발전시스템

자가발전을 위해 추적식 태양광 집광시스템의 일 소비전력을 산출하여 태양광발전 모듈용량을 산출하여 제작하고, 생산되는 전력을 축전지에 저장하고 축전지에 저장된 전력을 구동부에 공급할 수 있도록 하였다. 축전지의 용량은 부조일수를 고려하여 용량을 결정하였다.

태양전지의 일 소비전력량은 식(1)에 의해 산출하며 본 논문에서는 소비전력 1.5W (12V-0.125A), 사용시간 1시간, 일부하사용량 3.75Wh/day를 적용하였으며, 시스템효율은 모듈 종류에 따라 달라지므로 제작 전 검토가 필요하다.

$$PV\text{용량}[W_p] = \frac{\text{일부하사용량}[Wh/day]}{\frac{\text{경사면일사량}[kWh/m^2]}{1kW} \times \text{시스템효율}} \quad (1)$$

$$PV\text{용량}[W_p] = \frac{1.5 [Wh/day]}{\frac{800 [kWh/m^2]}{1kW} \times 12\%}$$

$$= 15.6 [W_p] \text{ (사용전압 } 18V)$$

축전지 용량은 식(2)와 같이 산출하며 용량 선정 시 유의해야 할 사항은 부조일수 선정과 축전지 전압, 축전지의 방전심도를 고려해야 한다.

$$C = \frac{L_d \times D \times 1,000}{L \times V_b \times N \times DOD} \quad (2)$$

C는 축전지 용량(A), L_d 는 1일 적산 부하 전력량(kWh), D는 부조일수(일), L은 보수율, V_b 는 공칭 축전지 전압(V), N은 축전기 개수를 그리고, DOD(Depth Of Discharge)는 방전심도(%)를 의미한다.

부조일수는 집광시스템의 특성상 흐린 날에는 구동이 필요 없으므로 최대 5일로 설정하였으며 식(2)에 의해 축전지 용량은 1.56A로 산출되었으며 용량에 맞도록 설계하였다.

$$C = \frac{1.5Wh \times 5}{0.8 \times 12V \times 1 \times 0.5} = 1.56A$$

3.2 광전송부

광덕트는 집광부와 일체화된 결합구조의 구현을 통해 전송손실을 최소화할 수 있는 내접원 Ø600 원형 덕트로 제작하고 덕트 내부에는 태양광의 반사손실을 경감시키기 위해 95% 이상 반사율의 알루미늄 아노다이징 반사시트를 적용하였다.

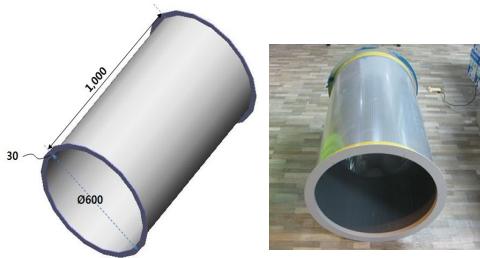


Fig. 9 Shaping modeling and real product

광덕트는 건물에 설치되기 때문에 단열과 내부 결로방지 방법에 대한 대책으로 이중 PC 복층판 구조를 적용하였으며 현장 운반의 편리성과 시공성을 고려하여 유니트 제작 및 광덕트간 결합, 산광부와의 결합방법을 고려하여 개발하였으며, 형상모델링 및 실제 제작된 원형덕트는 그림 9와 같다.

3.3 산광부

산광부는 별도의 제작 없이 다면프리즘형 집광조명시스템과 동일하게 투과율 80% 이상의 아크릴 광확산판을 이용하여 Ø600으로 제작, 적용하였다.

4. 측정 및 결과분석

4.1 측정조건 및 방법

본 장에서는 집광부, 광전송부 및 산광부를 통합한 제안 시스템과 다면프리즘형 집광조명시스템과의 성능평가를 수행한다. 성능평가를 위한 측정조건 및 시스템 제원은 표 3과 같다.

성능평가를 위해 그림 10과 같이 실험동에 개발시스템과 다면프리즘형 집광조명시스템을 동일한 조건으로 설치하고, 덕트 형상에 따른 산광기를 결합한 후 1분 간격으로 데이터를 수집하여 분석하였다.

Table. 2 Measurement conditions and specifications of system

구분	고정식	추적식
측정 조건	- 측정일: 2012년 1월 26일 - 측정시간: 09:00~16:30 (30분 간격) - 기상개황: 청정일, -7~5℃ - 실험환경: 암실(반사율 5%) - 실험동 크기: 3,000×3,000×2,500mm 두 개실 (각 실 내부는 반사율 5% 이하의 무반사 흑색)	
	- 집광면적: 0.72m ²	- 집광면적: 0.51m ²
	- 산광부 크기: 0.36m ²	- 산광부 크기: 0.28m ²
	600×600mm 사각 광덕트 2m	Ø600 원형 광덕트 2m
시스템 제원	- 집광부: 프리즘패널 4장	- 집광부: 프리즘패널 3장, 반사판 1장
	- 재질: PMMA(15T)	- 재질: PMMA(15T)
	- 추적범위: 고정타입	- 추적범위: 방위 0~230°

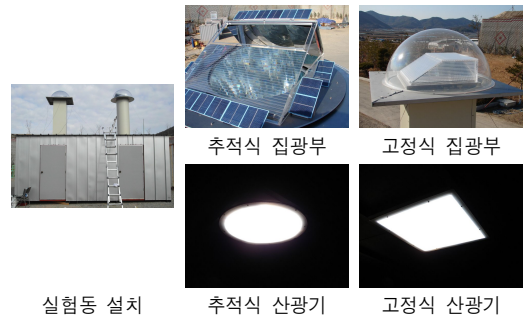


Fig. 10 Installation for performance evaluation

측정방법으로는 집광시스템의 성능을 평가하는 시스템효율과 외부조건에 따른 실내평균조도인 주광률 평가를 하였다.

(1) 시스템효율

집광채광설비의 세부심사기준⁸⁾에 따르면,

8) Korea Energy Management Corporation, Renewable energy facilities assessment criteria - PV solar panel PV 601 : 2007.

시스템효율은 집광면적 대비 시스템효율로 산출하며 시스템효율은 집광부의 광속 대비 산광부의 광속 비로 평가한다. 광속의 경우 측정도와 집광면적 및 산광면적의 곱으로 산출할 수 있으며⁹⁾, 시스템효율 측정개념은 그림 11과 같다.

$$\text{시스템효율(\%)} = \frac{\text{산광부 출사광속}(lm)}{\text{집광부 입사광속}(lm)} \times 100 \quad (3)$$

- 집광부 입사광속 (lm)
= 집광장치 입사면적 (m^2) × 입사 평균조도 (lx)
- 산광부 출사광속 (lm)
= 산광기 면적 (m^2) × 출사 평균조도 (lx)

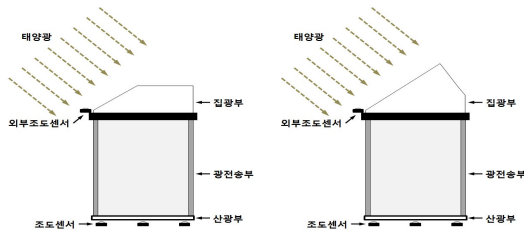


Fig. 11 Key map for system efficiency measurement

산광부의 측정위치는 그림 12와 같이 9점으로 균등분할하여 조도센서를 배치하고 측정하며 9점의 평균조도로 산광부 광속을 구할 수 있다.

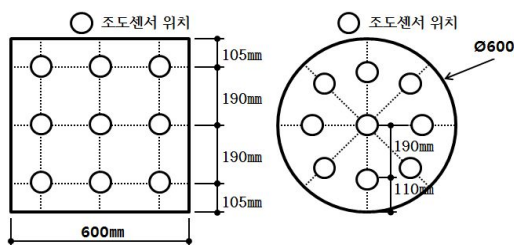


Fig. 12 Light diffuser illumination measurement point point

- (2) 실내평균조도(주광률) 평가
주광률 평가는 외부 수면평 조도(lx) 대비

실내 작업면 높이에서의 조도 분포의 비로 측정하며 조도 측정 위치는 그림 13과 같이 바닥면 80cm 높이에 9개의 조도센서를 균등배치하여 측정하며, 그림 13은 실제 실내평균조도를 측정하는 모습이다.

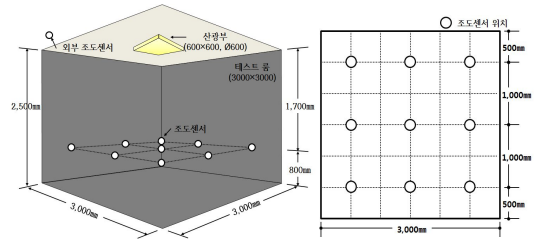


Fig. 13 Size of test room and arrangement of illumination sensors

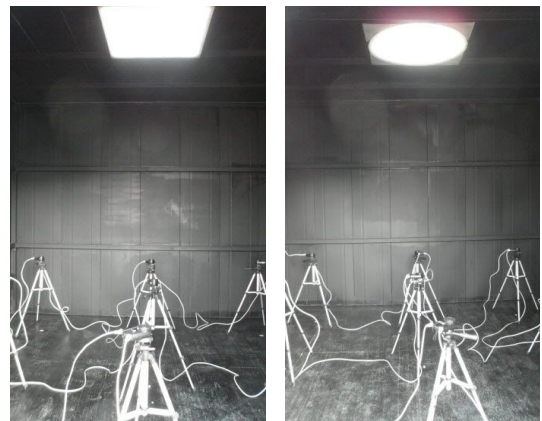


Fig. 14 Measurement of indoor average illumination

외부 수평면 조도와 실내 작업면 조도를 측정 후 식(4)를 이용하여 산출하며 실내 작업면 조도 위치 및 산출 기준은 KS C 7612에 따른다.

$$DF(\%) = \frac{LUX \text{ on the Table}}{\text{The Sun's Horizontal } LUX} \times 100 \quad (4)$$

4.2 측정결과

성능평가 측정데이터는 표 3에 시간대별 입사광속, 출사광속 및 시스템효율을 나타내었다. 데이터는 오전 09:00시부터 16:30까지

9) Heo, S. K., et al, Development on Requirement Specification for Performance Assessment of Daylight Collecting System, Ministry of Commerce, Industry and Energy, (2006)

의 외부 수평면 조도를 30분 간격으로 실측한 데이터로 28,500~68,000lx 으로 측정되었으며, 평균 52,663lx 로 측정되었다.

Table. 3 System efficiency comparison date

측정 시간	외부조도 (lx)	고정식			추적식		
		입사광속 (lm)	출사광속 (lm)	시스템 효율(%)	입사광속 (lm)	출사광속 (lm)	시스템 효율(%)
09:00	28500	20530	4486	21.86	14535	4512	31.04
09:30	35100	25272	5808	22.96	17901	5897	33.16
10:00	44600	32112	9814	30.56	22746	8119	35.69
10:30	52600	37892	9138	24.13	26895	9153	34.12
11:00	59000	42480	11,000	25.94	30,000	10,655	35.41
11:30	62200	44784	10,487	23.42	31,722	11,732	36.98
12:00	66100	47592	12,966	27.31	33,711	12,564	37.27
12:30	66900	48168	13,169	27.34	34,119	13,407	39.30
13:00	67800	48816	13,677	28.02	34,578	13,445	38.88
13:30	68000	48960	13,808	28.20	34,680	13,091	37.75
14:00	63400	45648	12,153	26.62	32,394	11,921	36.87
14:30	59700	42984	10,282	23.92	30,447	10,705	35.16
15:00	53400	38448	9,523	24.77	27,234	9,339	34.40
15:30	45100	32472	7,782	23.90	23,001	7,710	33.52
16:00	38700	27894	6,000	21.75	19,757	6,785	34.38
16:30	31500	22680	5,213	22.98	16,065	5,124	31.90
평균	52,663	37,917	9,712	25.23	26,888	9,639	35.37

표 3의 결과를 이용하여 식(3)에 의해 시스템 효율을 산출한 결과, 시스템 평균효율은 고정식 25.23%, 추적식 35.37%로 고정식 대비 추적식이 약 40% 개선됨을 확인하였다.

Table 4. Passive type daylighting factors date

구분	고정식 산광부 측정위치별 조도									평균 조도	외부 수평면 조도	주광률 (%)
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9			
09:00	922	1430	879	1539	2770	1512	847	1327	874	134	19570	0.69
09:30	1612	2386	1545	2336	4470	2545	1394	2143	1457	224	32400	0.69
10:00	2121	3320	3150	4460	6570	3300	1790	2974	2220	338	50700	0.67
10:30	4780	5460	2720	3380	8440	6010	2009	3640	2193	443	58500	0.76
11:00	5160	8220	4400	5640	11160	5860	2741	4310	2658	557	68700	0.81
11:30	3940	1046	7370	7300	13210	4000	2617	4860	3280	650	73800	0.88
12:00	6780	1342	5480	6370	13360	6820	3010	5350	3140	727	75700	0.96
12:30	6850	1683	6020	6730	16730	7010	3190	5740	3260	797	77500	1.03
13:00	5540	1484	7170	7700	16510	6150	3020	5710	3470	779	80600	0.97
13:30	6840	1226	4740	5940	14450	7060	3080	5220	3020	696	78100	0.89
14:00	3290	8080	3380	5430	11280	5990	2619	4380	2733	551	65800	0.84
14:30	3120	6250	4650	6700	9900	4340	2305	4100	3100	494	65100	0.76
15:00	2740	3610	2153	3710	6840	4940	2291	3220	2074	344	47100	0.73
15:30	1703	2378	1457	2380	4850	3110	1746	2371	1578	243	36700	0.66
16:00	963	1484	1117	2250	2929	1565	887	1464	1225	155	29000	0.53
16:30	792	1118	717	1258	2119	1304	700	1083	719	108	20550	0.53
평균	370	686	359	468	920	448	218	362	232	453	54,984	0.77

주광률 평가 측정데이터는 표 5, 표 6과 같다. 표 5는 고정식 집광시스템의 주광률 평가 측정 데이터로 09:00부터 16:30까지의 실내평균조도는 453lx이며, 평균 주광률 0.77%로 나타났다. 표 6은 추적식 집광시스템의 주광률 평가 측정 데이터로 09:00부터 16:30까지의 실내평균조도는 478lx이며, 평균 주광률 0.86%로 나타났다.

결과적으로, 추적식이 고정식 대비 실내평균조도는 약 5%, 주광률은 11% 상승하였음을 알 수 있다.

Table 5. Tacking type daylighting factors date

구분	추적식 산광부 측정위치별 조도									평균 조도	외부 수평면 조도	주광률 (%)
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9			
09:00	1003	1679	995	1747	3328	1868	1015	1916	997	164	19570	0.84
09:30	1651	2765	1723	3136	5386	3136	1802	3412	1806	282	32400	0.87
10:00	2221	3388	2587	4935	8545	4526	2764	5372	2926	417	50700	0.82
10:30	3300	5400	3163	5444	10166	6049	3198	5382	2984	506	58500	0.87
11:00	4498	7004	3917	5640	11915	7247	3414	5364	2959	586	68700	0.85
11:30	4766	8150	4833	6989	13155	7917	3560	6218	3102	644	73800	0.87
12:00	4933	7967	4568	7191	13748	8229	3387	6613	3405	677	75700	0.89
12:30	5132	8319	4905	7870	14337	8068	4244	7191	3766	717	77500	0.93
13:00	4949	8006	4836	7967	14876	8722	4083	7374	3985	721	80600	0.89
13:30	4008	7995	4811	7515	13917	8023	3646	6923	3652	683	78100	0.87
14:00	3882	7022	4272	6542	11717	6004	2560	5382	3178	572	65800	0.87
14:30	3005	6827	4160	6119	11336	6190	3158	5852	3101	557	65100	0.86
15:00	2432	4188	3576	4286	7367	4811	3555	4568	2398	338	47100	0.85
15:30	1884	3047	1748	3054	6486	3732	2235	3976	1854	310	36700	0.85
16:00	1538	2425	1358	2357	4811	2307	1662	2923	1375	238	29000	0.82
16:30	1086	1836	1059	1806	3844	1956	1042	2042	1082	174	20550	0.85
평균	325	543	319	510	979	566	283	510	266	478	54,984	0.86

프리즘형 추적식 집광시스템이 고정식 대비 시스템효율이 40% 상승한 반면 주광률이 11% 밖에 상승하지 못한 이유는 집광면적(표 3)이 고정식에 비해 작아 실제 받아들일 수 있는 태양광의 유입량이 작기 때문이다.

5. 결론

본 논문에서는 방위각 추적방식의 프리즘형 집광부와 원형덕트를 적용한 광전송부를 포함한 집광조명시스템을 개발하였으며, 고정식 다면프리즘형 집광조명시스템과 성능

(시스템효율, 실내평균조도) 비교 측정을 하였다. 측정결과, 제안된 추적식 시스템이 고정식 시스템대비 시스템효율은 약 40%, 실내 평균조도(주광률)는 약 11% 향상됨을 확인하였다.

이상 개발된 추적식 집광조명시스템은 기존 고정식 시스템의 집광부에 추적식 기술을 접목하여 시스템의 성능향상을 도모한 최초의 시도라는 점에서 의의가 있다. 차후 연구 과제로는 집광부에 방위각외에 고도각 추적도 가능한 2축 추적기술을 적용하고 추적센서와 태양추적프로그램 방식의 병행이 가능한 태양위치 추적장치를 개발하며 구동전원의 자가발전을 위한 태양광발전모듈의 재선정과 배치형식의 변경, 그리고 광전송부는 $\varnothing 830$ 의 외접원에 해당하는 원형 광덕트를 개발, 적용한 시스템을 개발하고자 한다. 시스템 개발 시 고정식 집광조명시스템의 조달가격과 개발시스템의 전체 비용대비 성능향상 정도를 포함한 사용자의 needs, 제작단가 절감 방안 등을 종합적으로 고려하여 경제성 확보를 통하여 시장진입 가능성을 높이고자 한다.

Reference

1. Lee, E. J., Concentrating Daylighting Duct System, Journal of the Korea Solar Energy Society, 7, 14~19,(2008)
2. Park H. K., Optical fiber type sunlighting technology, ceramist, 44~62, (2010)
3. Lee, S. C., et al, Information business for optical fiber type sunlighting and technology, the Ministry of Education, Science and Technology, (2010)
4. Kim, Y. S., Kwon, K. W., Skin load reduction technology of building, Korea Green Building Council, 38~41, (2009)
5. Yoon, Y. J., Architecture and Daylighting System, Journal of the Korea Solar Energy Society, 8, 1, 3~10, (2009)
6. Kim, S. H., Kim, B. C., Solar Daylighting System, Journal of th Korean Society for Precision Engineering, 25, 10, 33~40, (2008)
7. Kim, D. H., et al, Solar-energy parts of New&Renewable energy RD&D Strategy 2030, the Ministry of Commerce, Industry and Energy, (2007)
8. Korea Energy Management Corporation, Renewable energy facilities assessment criteria - PV solar panel PV 601 : 2007, (2007)
9. Heo, S. K., et al, Development on Requirement Specification for Performance Assessment of Daylight Collecting System, Ministry of Commerce, Industry and Energy, (2006)