

대공간 적용을 위한 패시브형 자연채광시스템 개발

Development of Passive-Type Daylighting System for Large Space

성태경* · 박연민* · 김종민* · 이충식* · 이을영* · 정채봉*[†] · 김병철*
Sung Tae-Kyung*, Park Yeon-Min*, Kim Joung-Min*, Lee Chung-Sik*,
Lee Euol-Young*, Joung Che-Bong*[†] and Kim Byung-Chul*

(Received 13 August 2015; accepted 28 October 2015)

Abstract : Whereas recent domestic buildings and industrial facilities are being constructed as large as possible, the daylighting systems for the large space have rarely been developed. Domestic situation has been reported as only several small or medium sized daylighting systems have been developed, and the large scaled systems have entirely being imported from abroad. We have developed a large scaled daylighting system for the big space. The developed system have been evaluated in terms of the average system efficiency and daylighting factor. Each results are shown with tabulated experimental data.

Key Words : 자연채광(Daylighting), 더블 글레이징(Double glazing), 채광부(Light collector), 산광부(Light diffuser), 시스템효율(System efficiency), 주광율(Daylight factor)

*[†] 정채봉(교신저자) : (주)에이비엠그린텍 기술연구소
E-mail : cbjung@abmarch.co.kr, Tel : 051-759-8632
*성태경 : (주)에이비엠그린텍 기술연구소
*박연민 : (주)에이비엠그린텍 기술연구소
*김종민 : (주)에이비엠그린텍 기술연구소
*이충식 : (주)에이비엠그린텍 기술연구소
*이을영 : (주)에이비엠그린텍 기술연구소
**김병철 : (주)에이비엠그린텍 대표이사

*[†] Joung, Che-Bong(corresponding author) : Research Institute of Technology, ABM GreenTech Co., Ltd.
E-mail : cbjung@abmarch.co.kr, Tel : 051-759-8632
*Sung, Tae-Kyung : Research Institute of Technology, ABM GreenTech Co., Ltd.
*Park Yeon-Min : Research Institute of Technology, ABM GreenTech Co., Ltd.
*Kim Joung-Min : Research Institute of Technology, ABM GreenTech Co., Ltd.
*Lee, Cuung-Sik : Research Institute of Technology, ABM GreenTech Co., Ltd.
*Lee, Euol-Young : Research Institute of Technology, ABM GreenTech Co., Ltd.
*Kim Byung-Chul : CEO, ABM GreenTech Co., Ltd.

1. 서 론

최근 하절기 냉방 및 동절기 난방수요에 따른 전력수요 급증으로 인한 블랙아웃의 위험성이 고조되고 있다. 또한, 원자력발전소의 노후화로 전력수급의 불안정성이 높아짐에 따라 정부에서는 산업시설에 높은 수준의 에너지절약을 요구하고 있는 실정이다. 이에 따라, 무한자원인 태양광을 이용하는 기술에 대한 수요와 관심이 집중되고 있다.

태양광 자연채광 기술은 태양광의 유입이 불가능하거나 부족한 실내공간에 다양한 하드웨어를 이용하여 태양광을 직접 유입시키는 시스템으로 에너지 절약효과 외에 향상된 시 환경을 제공한다¹⁾²⁾. 특히, 건축물의 조명전력 소모 경감 및 50% 이상의 주간조명 대체효과를 가진다. 또한, 본 기술은 범세계적으로 추진되고 있는 기후변화협약 및 탄소배출거래제, 국가 대체에너지 보급정책 등 정부 정책과의 높은 부합성을 갖는 기술로 그 수요가 더욱 증가하고 있다. 최근 산업용, 기간시설, 군사시설 및 상업시설의 대형화로 인해 기존 소형 시스템 위주의 개발환경에 변화가 불가피해졌다.

오늘날의 건축 및 주거환경은 도시의 과밀화와 건축물의 고층화로 태양광 유입이 충분하지 않은 실정이다. 따라서 이러한 문제의 해결을 위해 태양광을 직접 이용하는 다양한 형상의 자연채광시스템이 개발되어 건축물에 적용되고 있다³⁾.

국내에는 1990년 에너지절감 측면에서 태양광 채광/조명에 관한 연구가 시작된 이래, 2000년대에 건축물의 디자인 및 성능향상을 위해 아트리움의 도입 및 설비형 자연채광시스템에 관한 선진기술이 도입되었다. 이후 학계, 연구소 및 산업계에서 다양한 시도들이 이루어졌으며 찬성에너지에서 광덕트 방식에 Anidolic

기술을 응용하여 국내 최초로 상용화하였다. 이후 에이비엠그린텍, 현창네오텍 등에서 소형 시스템을 개발하여 상용화하였다. Fig. 1은 패시브형 자연채광시스템의 적용사례이다.³⁾

해외에서는 자연채광을 조명에너지 저감 및 시환경 개선용, 및 생산성 향상 등을 목적으로 보급 중이며 산학연에서 활발히 연구되고 있다.

소형 패시브형 자연채광시스템 개발의 대표적인 기업은 Ryoko 社(일)와 Monodraft 社(영) 등이다. Ryoko 社는 반사거울을 사용하여 별도의 전송장치 없이 공기를 매질로 태양광을 전송하는 방식으로 개발하였다. Monodraft 社는 Fig. 2와 같이 상부의 소형채광창을 통해 채

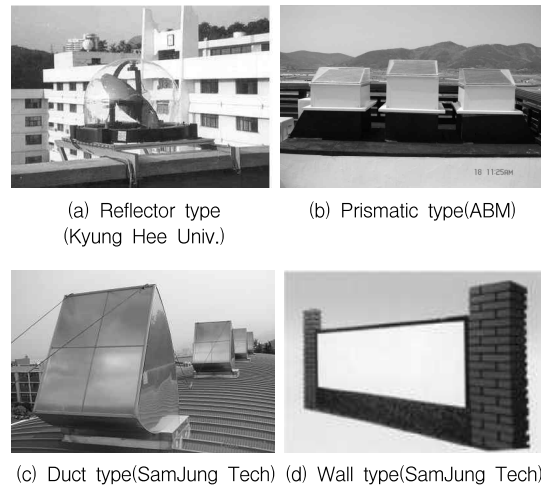


Fig. 1 Installation examples of domestic

- 1) Sung, T. K., et al., Performance Evaluation of An Azimuth Tracking Prismatic Daylighting System, Journal of the Korea Solar Energy Society, Vol. 32, No. 3, 2012, pp.129~137.
- 2) Lee, E. J., et al, Concentrating Daylighting Duct System, Journal of the Korea Solar Energy Society, Vol. 7, 2008, pp.14~19.
- 3) Park, Y. M., et al., A Light Diffusion Simulation of Double Layered Light Collector for the Daylighting System, Journal of the Korea Solar Society, Vol. 33, No. 1, 2013.

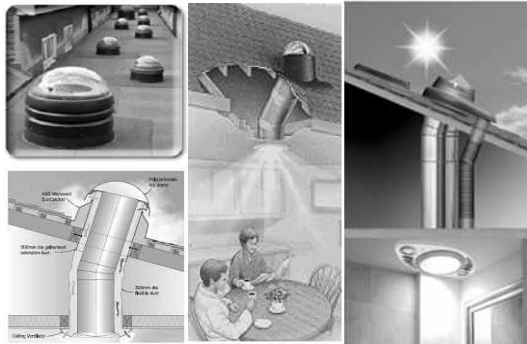


Fig. 2 Installation example(Monodraft, UK)

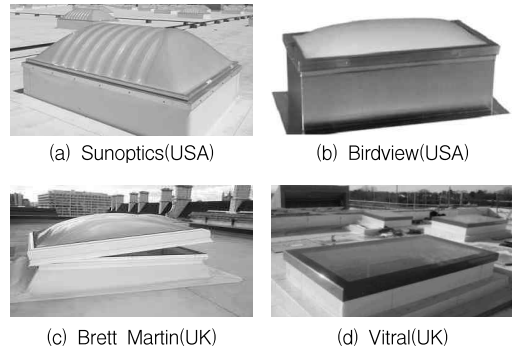


Fig. 3 Installation examples of daylighting device

광된 빛을 광덕트를 통해 전송하는 채광장치를 개발했으며, 최근에는 환기와 채광이 가능한 제품으로 발전시켰다. 이 방식은 대다수의 소형 건물 상단 외부에 채광장치를 설치하고 내부로 입사되는 태양광을 광덕트로 전송하는 방식으로 유럽에서 가장 보편적으로 사용되고 있는 방식이다.

대공간용 자연채광시스템의 개발은 미국이 주도하고, 최근 유럽에서도 활발하게 개발되고 있다. Fig. 3에는 해외의 대형 자연채광 장치의 개발 사례로, 더블 글레이징 구조의 제품이 주로 생산되고 있다⁴⁾⁵⁾.

이상과 같이, 패시브형 자연채광시스템의 경우, 국내에는 소형 패시브형 위주의 자연채광시스템 개발이 주류를 이루고 있다. 또한, 사무·가정용 중심의 소형 패시브형 자연채광장치가 상용화되어 있으며, 대형 복합시설 등에 적용할 수 있는 대공간용 자연채광장치 개발 사례는 전무한 상태로 일부 단열로 인한 에너지손실 문제를 가지는 저급 제품이 사용되거나 해외 수입제품을 도입하여 시공만 하고 있는 수준이다. 따라서 본 논문에서는 대공간 적용을 위해 자체개발한 패시브형 자연채광시스템을 소개하고 성능평가를 통해 적용성을 검증하였다.

2. 대공간용 자연채광시스템

2.1 자연채광시스템 개요

자연채광시스템은 일반적으로 Fig. 4와 같이 태양광을 수집하는 채광부, 채광된 태양광을 실내 공간으로 전송하는 전송부 및 이를 실내로 확산시켜 조명화 하는 산광부로 구성된다⁶⁾. 태양의 조도는 계절, 시각, 기상상태에 따라 변동되므로 태양광을 효율적으로 수집하고 전송하기 위한 기술들이 개발, 적용되고 있다.

대공간용 자연채광시스템은 광학기술을 활용하여 태양광을 채광하는 소재기술, 채광효율의 최대화를 위한 설계기술, 결로방지 및 단열을 위한 결합프레임 기술, 다양한 디자인, 치수 및 형상 제작이 가능한 설비제작기술과 건축구조 및 시공기술이 결합된 융합기술이다.

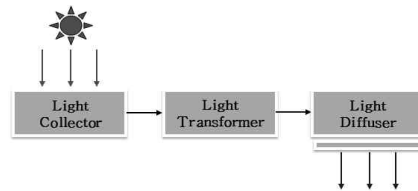


Fig. 4 Construction of system

4) <http://www.bristolite.com/interfaces/Media/PDS-102AL.pdf>
5) <http://acralight.com/commercial-industrial>

6) Kim, Y. S., Kwon, K. W., Skin load reduction technology of building, Korea Green Building Council, pp. 38-41, 2009.

본 논문에서 대상으로 하는 대공간용 자연 채광시스템은 대형 물류창고, 전시컨벤션 공간 및 산업용 공장 등 면적이 넓고, 층고가 높은 단층 건축물에 그 적용성이 높다. 따라서 채광부 면적이 커야하며, 지붕단면을 관통하는 길이가 짧아 전송부가 생략되는 경우가 많다. 또한, Fig. 5에서와 같이 필요에 따라 산광부를 생략하고 채광부가 직접 외부 태양광의 채광과 내부 광 확산의 역할을 병행하는 경우도 있으며 내외창의 형상은 삼각아치, 피라미드, 돔 등 다양한 형상으로 제작된다.

Fig. 5에는 채광기능 중심의 외창과 확산기능 중심의 내창으로 구성되는 더블 글레이징 구조를 갖는 채광창의 개념을 보인다. 내창에는 엠보싱 또는 패턴 적용을 통해 광확산성을 높일 수 있도록 하였다⁷⁾.

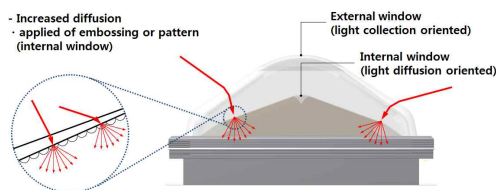


Fig. 5 An example of the shape design of the lighting device

(1) 채광장치

채광장치는 Fig. 6과 같이 고집광력을 갖는 4mm 고강도 아크릴 소재의 외창과 고확산성을 갖는 패턴이 있는 아크릴 소재의 내창을 포함하는 이중창에 대해 350℃의 성형온도에서 5분간 히팅시켜 자체 개발한 철골금형에 의해 자연스러운 형상이 생기도록 제작하였다. 외창은 채광장치 최상부에 위치하여 외기에 직접 노출

되므로 파손 방지를 위해 4mm 고강도 아크릴 재질을 적용했으며, 내창은 유입된 광을 고르게 확산시키는 기능을 필요로 하므로 고확산성을 갖는 패턴형 아크릴을 적용하였다.

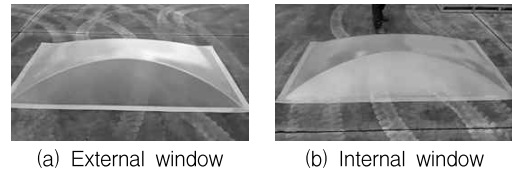


Fig. 6 Double windows

외창은 2,439(W)×1,339(L)×641(H)mm, 내창은 2,439(W)×1,339(L)×641(H)mm 규격으로 현재 가장 보편적으로 사용되고 있는 샌드위치 패널(250/333)을 기준하였다. 채광장치는 지붕 등 건축물의 최상부에 주로 설치되므로 구조물과의 결합 및 고정을 위해 Fig. 7과 같은 결합프레임을 개발하여 적용하였다.

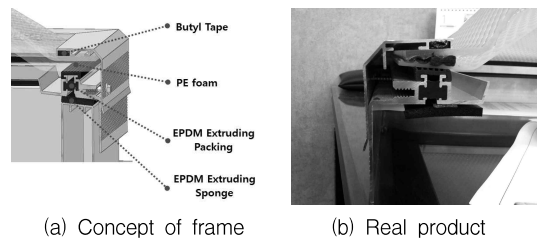


Fig. 7 Combination frame

결합프레임은 가볍고 가공성이 좋은 알루미늄 소재를 이용하여 제작하였다. 외부 알루미늄 프로파일은 외창과 수밀 및 내분진성을 위한 부틸테이프, 용접작업을 용이하게 하는 고정용 브라켓이 삽입되는 구조를 갖도록 하고 채광장치의 장변과 단변 4개의 모서리 부분에 T자 형상의 프로파일 고정용 브라켓이 구비되는 구조를 적용하였다.

7) Lee, E. Y., et. al., Development of A Double Glazing Daylight Collector for A Big Space, Journal of the Korea Solar Society, Vol. 33, No. 2, 2013.

내부 알루미늄 프로파일에는 수밀 및 충격 완화를 위한 EPDM 압출패킹을 적용했으며 외부/내부 프로파일 결합은 측면에서 피스를 이용하여 체결하는 구조를 채용하였다. 실제 현장에 적용하기 위해 공기, 물 및 수분이 실내로 유입되는 상황 제거를 위해 EPDM 압출 스폰지를 적용했으며, 최종 결합된 채광장치는 Fig. 8과 같다.



Fig. 8 Final prototype

(2) 개폐형 채광장치

제안기술에서는 전동실린더를 이용한 개폐 기술 개발을 통해 지붕으로서의 역할과 제연, 환기를 위한 역할을 하도록 함으로써 채광이라는 기본 목적 외에 인명과 재산을 보호하는 측면 등 채광시스템의 효율성을 높였다. 또한 채광장치 내부에 SUS 재질의 방범방충망을 적용하여 시공, 유지보수 시 낙상으로 인한 인명피해 혹은 조류, 곤충류 등의 유입을 차단할 수 있도록 하였으며, 유선 구동 및 리모컨 구동이 병행될 수 있는 방식으로 효율성을 제고하였다.

개폐형 채광장치는 2,439(W)×1,339(L)× 641(H)mm 크기이며 24V, 250mm의 스트로크를 갖는 2개의 전동실린더로 개폐를 하며 구동각도는 0~25° 까지 가능하며 2,240(W)×1,340(L)×641(H)mm의 규격을 갖는다. 최종 개발품의 형상은 Fig. 9와 같다.



Fig. 9 Open and shut type Daylighting system

(3) 롤 스크린(암막)형 산광장치

실내 작업 시 작업환경에 적합한 조도를 얻기 위해 과도한 태양광 유입의 차단을 위한 장치를 개발하였다. 유입광량 조절장치는 전동 모터, 가이드레일, 방염암막, 컨트롤러로 구성된다. 구동 시 광량을 줄여야 할 필요성이 있는 경우, 모터를 구동시켜 유입되는 태양광을 조절하는 암막이 가이드 레일(guide rail)을 따라 움직이도록 한다. 암막모드일 경우 채광장치를 차단하여 어두운 상태가 되도록 하며, 유입 광량 조절장치는 AC 220V를 사용하는 유선 구동과 리모컨 구동방식으로 제어한다.

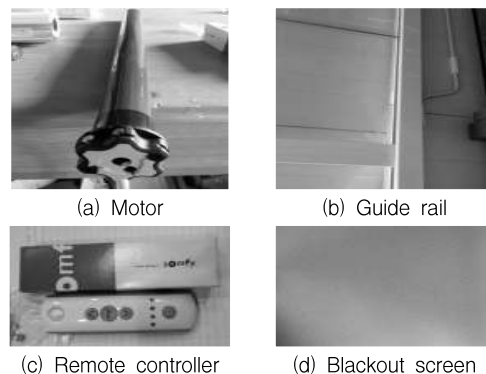


Fig. 10 Major component

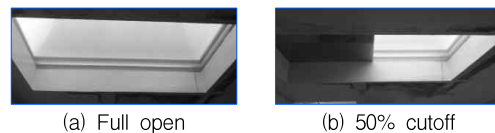


Fig. 11 Light diffuser of roll-screen type

3. 성능평가 및 결과분석

본 장에서는 대공간용 패시브형 자연채광시스템의 성능평가 및 결과를 보인다.

3.1 성능평가 조건 및 방법

성능평가를 위한 측정조건 및 시스템 제원은 Table 1과 같다. 성능평가를 위해 산광장치를 암실에 설치하고, 청명일 측정 전 시간대의 데이터를 수집하고 30분 단위로 정리하여 「신재생에너지 설비 심사세부기준 - 태양광 집광채광기(NR PV 601)」에 준한 시스템효율과 KS C 7612 기준의 실내평균조도 및 주광율을 평가하였다. Table 1과 Fig. 12에는 각각 측정조건 및 개념을 보인다.

Table 1 Measure conditions of system

Data	March 18~24, 2015
Measuring time	09:00~17:00
Weather condition	Sunny, Very cloudy sky & Few cloud day
Measure room	Dark room (reflectivity 5%)
Dark room size	6,000×6,000×4,000mm
Light collection area	2.13m ²
Diffused area	2.13m ²
Transmission length	1m
Light diffuser	2,100×1,100mm(1ea)

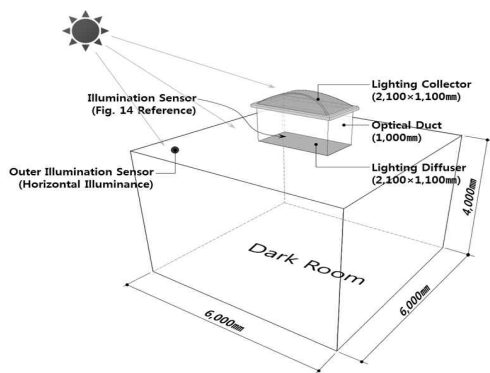


Fig. 12 Measurement concept

(1) 시스템효율

시스템효율은 식(1)과 같이 채광부의 입사광속 대비 산광부의 출사광속의 비로 평가한다⁸⁾.

$$Efficiency(\%) = \frac{Total\ Output\ Lumens}{Total\ Input\ Lumens} \times 100 \quad (1)$$

- 채광부 입사 총광속(lm)
= 채광장치 입사면적(m²) × 입사조도(lx)
- 산광부 출사 총광속(lm)
= 산광장치 출사면적(m²) × 출사조도(lx)

산광장치의 측정위치는 Fig. 13과 같이 균등분할하여 조도센서를 산광장치 하부에 부착하여 측정하며 21점의 평균조도로 산광장치의 출사광속을 산출한다. 이 때 조도측정기는 코니카 미놀타 T-10(실내용) 및 T-10A(실외용)를 사용하였다.

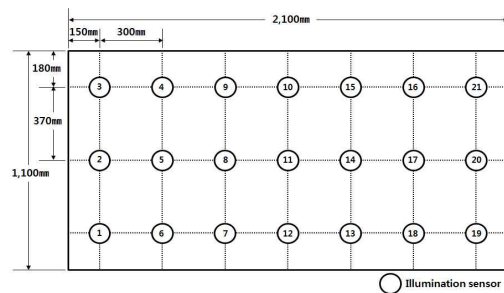


Fig. 13 Measurement location of light diffuser

(2) 주광율

측정조건은 Table 1과 동일하며 조도계의 설치위치는 Fig. 14와 같이 균등분할 배치된 25점의 평균 조도로 산출하였다. 주광율은 자연채광에 의한 실내의 밝기를 나타내는 지표로 실외의 실제조도와 무관하게 실내의 밝기

8) Kang, E. C., Choi, Y. J., and Lee, E. J., Concentrating POF Daylighting System Efficiency Evaluation Study, Journal of the Korea Solar Energy Society, Vol. 30, No. 2, 2010.

정도가 표시되는 것을 의미하여 답천공 하의 외부조도와 실내 작업면의 수평조도의 비로 식(2)와 같이 산출하였다. 작업면의 높이 80±5 cm 에서 측정하였다.

$$DF(\text{daylight factor}) = \frac{\text{Interior illumination}}{\text{External illumination}} \times 100 \quad (2)$$

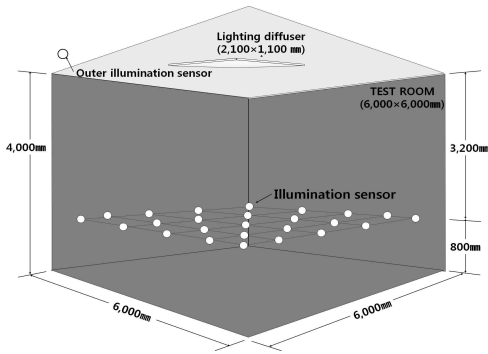
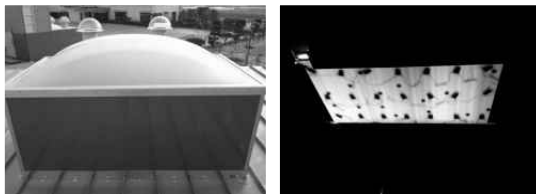


Fig. 14 Measurement concept

3.2 성능평가 결과

(1) 시스템효율

시스템효율은 채광부에 입사된 광속 대비 산광부로 출사된 광속의 비로 산출하였으며 Fig. 15와 조도센서를 산광장치의 확산판 상부에 21점으로 균등 분할 배치하여 4일간 측정하였으며, 그 결과는 Table 2와 같이 도출되었다. Fig. 15에는 측정 시의 외부 채광장치와 실내 산광장치를 보인다.



(a) Installation of Daylighting system (b) Install the light diffuser system

Fig. 15 Measurement Scene (System efficiency)

Table 2 Measurement Results

Date	System efficiency(%)	Weather condition
March 18, 2015	43.05	Very cloudy sky
March 19, 2015	43.12	Few cloud
March 20, 2015	43.84	Few cloud
March 21, 2015	40.20	Sunny
Average	42.55	

Table 2의 결과와 같이 평균 시스템효율은 42.55%로 기상상태와 무관하게 유사한 시스템효율로 측정됨을 확인하였다.

Table 3은 특정일(2015.3.21)에 대한 구체적 결과를 보이는 것으로, 09:00~17:00 까지 측정 전 시간대의 데이터를 30분 단위로 샘플링한 데이터이며 외부 조도는 21,410~82,700lx로 평균 61,536lx로 측정되었다. 이때의 시스템효율은 142,148lm의 입사광속과 59,099lm의 출사광속으로 측정되어 시스템효율은 41.6% (최소 33.1%, 최대 46.6%)로 산출되었으며 이는 「신재생에너지 설비심사세부기준 - 태양광집광채광기」에서 규정하는 18% 이상의 성능을 만족하였다.

(2) 주광율

주광율은 유효조명면적에 산광장치의 출사광속을 KS C 7612에 의거하여 Fig. 12와 같이 측정하였다. 주광율은 4m 층고의 36㎡의 작업면에서 3일간 측정되었으며, Table 4에서와 같이 평균 1.69로 측정되었다. 이때의 평균 외부조도는 62,265lx였다.

Table 5는 특정일(2015.3.22)의 구체적 결과를 보이는 것으로, 측정데이터는 1분 단위로 실측된 데이터를 30분 단위로 정리하였다. 측정결과 평균실내조도는 1,070lx, 평균 주광율은 1.66(1.02~2.43)으로 측정되었다. 이때의 외부조도는 평균 64,281lx (19,880~87,600lx)

Table 3 Measurement Results (March 21, 2015)

Time	External illumination (lx)	Daylighting System		
		Input(lm)	Output(lm)	System efficiency(%)
09:00	38,800	89,628	29,633	33.1%
09:30	49,000	113,190	39,553	34.9%
10:00	59,500	137,445	51,126	37.2%
10:30	66,700	154,077	61,359	39.8%
11:00	72,500	167,475	70,985	42.4%
11:30	78,500	181,335	80,348	44.3%
12:00	81,400	188,034	86,020	45.7%
12:30	82,200	189,882	88,506	46.6%
13:00	82,700	191,037	88,880	46.5%
13:30	79,400	183,414	84,140	45.9%
14:00	74,000	170,940	76,044	44.5%
14:30	68,600	158,466	67,051	42.3%
15:00	61,800	142,758	56,747	39.8%
15:30	53,200	122,892	45,755	37.2%
16:00	44,200	102,102	36,128	35.4%
16:30	32,200	74,382	25,420	34.2%
17:00	21,410	49,457	16,987	34.3%
Average	61,536	142,148	59,099	40.2%

였으며 09:30~15:30까지의 6시간동안 KS A 3011의 정밀작업 등급 최점허용조도(600lx) 기준을 만족함을 확인하였다.

Table 4 Measurement Results

Date	Interior illumination (lx)	External illumination (lx)	Daylighting factor (%)
March 22, 2015	1,070	64,281	1.66
March 23, 2015	1,021	59,754	1.71
March 24, 2015	1,061	62,760	1.69
Average	1,051	62,265	1.69

4. 결 론

본 논문에서는 대공간용 패시브형 자연채광 시스템의 국산화 개발사례를 소개하였다. 또한 시스템의 성능평가를 통해 활용성을 검증

하였다. 성능평가 결과,

- (1) 4일간의 측정을 통한 평균 시스템효율은 41.6%의 고효율로 기상상황과 무관하게 유사한 효율특성을 보였다. 이는 ‘신재생에너지 설비심사세부기준 - 태양광집광채광기’에서 제시하는 기준인 18% 이상의 효율을 보이는 것으로 자연채광시스템의 기능수행이 충분히 가능함을 확인하였다.
- (2) 주광율은 외부조도 62,265lx에서 36m²의 작업 공간에서 2.31m²의 산광장치로 유입된 외부조도와 측정점(25점)의 실내조도를 산출하여 평균하였으며 1.69로 산출되었다. 자연채광시스템 특성상 전 시간대 기준조도를 충족시키지 못하지만 KS A 3011의 정밀작업 등급 최점허용조도(600lx) 기준을 09:30 ~ 15:30까지 6시간 만족함을 확인하였다.

추후 연구과제로는 제안기술을 실제 사용 공간에 적용 후 성능평가를 추가적으로 실시하여 실험실 조건과의 성능비교를 하고, 자연채광시스템의 광분포 데이터를 이용하여 실제 적용공간에 대한 조도 시뮬레이션 및 조명설계를 하고자 한다.

Reference

1. Sung, T. K., et al., Performance Evaluation of An Azimuth Tracking Prismatic Daylighting System, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 32, No. 3, 2012, pp.129~137.
2. Lee, E. J., et al, Concentrating Daylighting Duct System, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 7, 2008, pp.14~19.
3. Park, Y. M., et al., A Light Diffusion Simulation of Double Layered Light Collector for the Daylighting System, Journal of the Korean Solar Energy Society Vol. 33, No. 1, 2013.
4. <http://www.bristolite.com/interfaces/Media/PDS-102AL.pdf>
5. <http://acralight.com/commercial-industrial>
6. Kim, Y. S., Kwon. W., Skin load reduction technology of building, Korea Building Council, pp. 38-41, 2009.
7. Lee, E. Y., et. al., Development of A Double Glazing Daylight Collector for A Big Space, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 33, No. 2, 2013.
8. Kang, E. C., Choi. Y. J., and Lee, E. J., Concentrating POF Daylighting System Efficiency Evaluation Study, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 30, No. 2, 2010.

Table 5 Measurement Results (March 21, 2015)

Time	Light diffuser illuminance																									Interio illumination (lx)	External illumination (lx)	Daylight factor (%)	
	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25				
9:00	230	301	305	322	288	584	684	611	553	431	482	680	849	900	910	637	739	643	559	417	284	312	319	319	335	319	510	49,600	1.02
9:30	288	370	367	404	384	820	900	752	684	543	622	883	1,107	1,364	1,330	971	1,075	845	733	547	344	396	396	450	471	683	59,700	1.16	
10:00	340	445	450	526	510	1,064	1,190	938	880	628	721	1,080	1,435	1,884	1,761	1,371	1,575	1,148	913	649	417	490	511	639	686	888	68,200	1.30	
10:30	385	534	578	716	670	1,298	1,566	1,189	989	680	770	1,246	1,843	2,474	2,109	1,754	2,222	1,582	1,088	710	475	597	683	927	945	1,122	75,500	1.49	
11:00	420	648	775	976	827	1,443	1,985	1,541	1,106	683	762	1,374	2,208	3,040	2,256	1,988	2,919	2,145	1,273	717	506	722	968	1,308	1,183	1,356	80,500	1.68	
11:30	447	796	1,055	1,284	943	1,452	2,371	1,982	1,246	675	712	1,474	2,822	3,450	2,148	2,019	3,530	2,836	1,449	682	515	878	1,362	1,757	1,332	1,567	64,400	2.43	
12:00	476	980	1,389	1,544	967	1,308	2,577	2,388	1,401	653	655	1,580	3,200	3,510	1,800	1,775	3,780	3,530	1,653	688	519	1,075	1,814	2,048	1,303	1,706	87,200	1.96	
12:30	537	1,232	1,748	1,686	902	1,078	2,550	2,791	1,624	666	636	1,761	3,630	3,210	1,353	1,367	3,580	4,090	1,953	639	582	1,350	2,261	2,136	1,113	1,779	87,800	2.03	
13:00	588	1,311	1,716	1,440	680	757	1,988	2,562	1,664	670	629	1,827	3,200	2,380	909	901	2,754	3,940	2,195	689	662	1,585	2,382	1,845	817	1,607	75,700	2.12	
13:30	747	1,611	1,846	1,357	601	660	1,768	2,616	1,981	829	764	2,114	3,070	1,887	733	671	2,071	3,510	2,427	888	787	1,744	2,150	1,412	585	1,562	81,300	1.91	
14:00	874	1,645	1,634	1,102	487	544	1,397	2,250	2,042	977	903	2,169	2,530	1,426	609	515	1,485	2,830	2,477	1,020	945	1,763	1,770	1,040	450	1,385	76,000	1.84	
14:30	879	1,413	1,267	855	409	484	1,118	1,745	1,732	1,026	972	1,918	1,946	1,164	583	456	1,118	2,033	2,108	1,091	961	1,459	1,294	754	375	1,167	68,700	1.70	
15:00	759	1,057	904	653	352	442	912	1,295	1,389	954	937	1,530	1,487	1,002	534	428	906	1,421	1,575	1,011	824	1,037	846	567	335	927	59,600	1.56	
15:30	575	735	655	500	300	385	749	969	1,033	783	799	1,172	1,168	886	491	392	756	1,032	1,123	818	616	697	583	444	297	717	50,000	1.43	
16:00	402	500	447	375	241	332	594	724	749	589	621	881	910	710	420	334	608	766	736	603	426	471	418	345	246	540	39,700	1.36	
16:30	264	335	311	269	178	256	448	532	534	414	451	650	680	546	329	258	459	563	560	416	281	321	300	256	185	392	29,200	1.34	
17:00	169	222	213	186	123	182	320	380	372	278	310	463	503	336	236	183	329	404	389	277	184	219	212	181	129	274	19,880	1.38	
Aver.	492	831	920	836	521	771	1,360	1,486	1,179	676	691	1,342	1,934	1,781	1,088	943	1,759	1,959	1,369	682	546	890	1,073	966	634	1,070	64,281	1.66	