



## 빛환경 및 냉난방환경 기반 광선반 성능평가 연구

### *Performance Evaluation of Light-Shelf based on Light Environment and Air Conditioner Environment*

전강민\* · 이행우\*\* · 서장후\*\*\* · 김용성\*\*\*\*

Jeon, Gangmin\* · Lee, Heangwoo\*\* · Seo, Janghoo\*\*\* · Kim, Yongseong\*\*\*\*

\* Dept. of Architectural Design, Graduate School of Techno Design, Kookmin Univ., South Korea (wjkm901121@naver.com)

\*\* Dept. of Architectural Design, Graduate School of Techno Design, Kookmin Univ., South Korea (moonup2001@nate.com)

\*\*\* School of Architecture / Dept. of Architectural Design, Graduate School of Techno Design, Kookmin Univ., South Korea (seojh@kookmin.ac.kr)

\*\*\*\* Corresponding author, Dept. of Architectural Design, Graduate School of Techno Design, Kookmin Univ., South Korea (yongkim@kookmin.ac.kr)

#### ABSTRACT

**Purpose:** As the energy consumed by buildings increases, there is a growing need for studies and technology development to address this issue. One of the solutions to excessive energy use by buildings is the light-shelf, which is a natural lighting system enabling efficient reduction in light energy, and research in this area has been intensive. However, most of the studies about the light-shelf are limited to the light environment, and thus the application of their findings to an actual environment in the form of a design may be problematic. Therefore, the purpose of the present study is to provide fundamental data for light-shelf design by carrying out a light-shelf performance evaluation on the basis of the light environment and the heating and cooling environment. **Method:** In the present study, a testbed was established to conduct a light-shelf performance evaluation by measuring the electric power consumption of lighting and heating and cooling devices depending on the existence of a light-shelf and its angle. **Result:** The findings of the present study are as follows: 1) With respect to the uniformity of the indoor light environment amenity, the optimum angle of a light-shelf was found to be 30° for the summer solstice and the winter solstice. 2) With respect to the reduction of electric power consumption by indoor lighting devices, the optimum light-shelf angle at the summer solstice is 30°, at which time electric power consumption may be reduced by 10.2% in comparison with when no light-shelf is applied. However, at the winter solstice, a light-shelf may increase the energy consumption for lighting in comparison with when no light-shelf is applied, and this should be taken into account in the design of a light-shelf. 3) In terms of reducing the electric power consumption of heating and cooling devices, the optimum angle of a light-shelf was found to be 30° for the summer solstice, while a light-shelf is inappropriate for the winter solstice since a light-shelf creates shade and thus increases the heating energy consumption. 4) To summarize the findings above, the optimum angle of a light-shelf is 30° for the summer solstice, but the installation of a light-shelf may in some circumstances increase the energy consumed by lighting devices as well as by heating and cooling devices. Therefore, more studies and technology development may need to be performed to solve the problem of increased energy consumption at the winter solstice.

#### KEYWORD

광선반  
적정변인  
성능평가  
열환경  
빛환경  
전력사용량

Light-Shelf  
Proper variables  
Evaluation performance  
Thermal environment  
Light environment  
Electric power consumption

#### ACCEPTANCE INFO

Received Jul 14, 2016  
Final revision received Sep 23, 2016  
Accepted Sep 28, 2016

© 2016 KIEAE Journal

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

최근 건물 부분에서의 에너지 소비에 대한 문제는 점차 증가하는 추세로 이를 해결하고자 하는 연구 및 기술개발의 수요는 증가하고 있다. 특히 건물부분의 냉방 및 난방 에너지 사용량은 미국과 한국의 경우 각각 36% 및 34%로 높게 나타나고 있으며, 1) 조명에너지의 경우에는 28% 및 22%로 높게 나타나고 있

어서 이를 해결하기 위한 방안으로 자연채광시스템에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다. 광선반은 외부 자연광을 반사시켜 실내 깊숙이 유입시키는 자연채광시스템으로 그 효율을 인정받아 다양한 연구 및 적용이 이루어지고 있다. 그러나 광선반에 관련한 선행연구는 광선반 각도, 폭, 높이, 반사율 등의 단순 변인에만 국한되어 진행되고 있으며,<sup>3)</sup> 특히 광선반의 성능평가는

pISSN 2288-968X, eISSN 2288-9698  
http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2016.16.5.047

- 1) 서영석, "건물일체형 태양광시스템(BIPV)의 발전성능평가 및 실내조명에너지 절약에 관한 연구", 단국대학교 석사학위논문, 2011 // (Seo Youngseok, Study on the indoor lighting for Energy Saving and Evaluation of Power Performance applied BIPV System. A master's thesis for Dankook University, 2011.02)
- 2) 최유창, "타공반사판 적용 외부형 광선반의 조명에너지 성능평가에 관한 연구", 국민

대학교 테크노디자인전문대학원 석사학위논문, 2016 // (Choi Yuchang, Evaluation of the Application of an External Perforated Reflector on a Light-Shelf. A master's thesis of Graduate School of Techno Design Kookmin University, 2016.02)

3) 최유창, "타공반사판 적용 외부형 광선반의 조명에너지 성능평가에 관한 연구", 국민대학교 테크노디자인전문대학원 석사학위논문, 2016 // (Choi Yuchang, Evaluation of the Application of an External Perforated Reflector on a Light-Shelf. A master's thesis of Graduate School of Techno Design Kookmin University, 2016.02)

오상원, 이행우, 서장후, 김용성, "주거공간 내 광선반 곡률 형태에 따른 채광성능평가 연구", 설비공학논문집, 제27권 제6호, 2015 // (Oh Sangwon, Lee Heangwoo, Seo Janghoo, Kim Yongseong, Research on Lighting Performance Evaluation for

실내의 빛환경 개선<sup>4)</sup>과 조명에너지 사용량 분석<sup>5)</sup>에 대한 연구가 주를 이루었다. 즉, 광선반은 채광과 차양에 의하여 실내 빛환경 및 냉난방 환경에 변화를 야기할 수 있음에도 빛환경에 국한된 연구만 진행되었으며, 이러한 연구를 통한 결과는 실제 환경에 적용시 부적합하여 문제를 야기할 수 있다.

이에 본 연구는 빛환경 및 냉난방환경의 실생활환경에 기인한 광

Different Curvature Reflection Rate in Residential Space. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.27, No.6, 2015.06)

김정태, 신현구, 김곤, "광반사를 이용한 광선반 채광시스템의 기본형상 설계 및 성능 평가에 관한 연구", 대한건축학회논문집 계획계, 제19권 제3호, 2003 // (Kim Jeongtae, Shin Hyungu, Kim Gon, Design and Performance of Horizontal Light-Redirecting Devices in Offices, Vol.19, No.03, 2003.03)

김동수, 윤종호, 신우철, 이광호, "광선추적기법을 활용한 곡면형 광선반시스템 설계 및 채광성능 평가", 한국태양에너지학회 논문집, 제31권 제4호, 2011 // (Kim Dongsu, Yoon Jongho, Shin Woorchul, Lee Kwangho, Evaluation of Daylighting Performance and Design of a Curved-Lightshelf by the Ray Tracing Method. JOURNAL OF THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY, Vol.31, No.4, 2011.08)

한설이, 최선우, 박효순, 서승직, "사무소 건물에서 광선반의 종류에 따른 실내조도와 조명에너지 분석", 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, 2012.05 // (Han Seulyea, Choi Seonwoo, Park Hyosoon, Suh Seungjik, Analysis of the Indoor Illuminance and the Lighting Energy according to the Light Shelves in the Office Building, Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 2012.05)

정유근, "창호거치 태양광발전 가변형광선반 설계 및 기초적 발전성능에 관한 연구", 한국생태환경건축학회 논문집, 제13권 제6호, 2013 // (Jung Yoogeun, A Study on the Design and Power Performance of a Variable Photovoltaic Lightshelf Mounted on the Windows, KIEAE Journal, Vol.13, No.6, 2013.12)

문기훈, 김정태, "Lightscape를 이용한 광선반 창호시스템의 채광성능평가", 한국생태환경건축학회 논문집, 제4권 제4호, 2004 // (Moon Kihoon, Kim Jungtae, Daylighting Performance Evaluation of Lightshelf Window System by Lightscape, KIEAE Journal, Vol.4, No.4, 2004.12)

정유근, "창호일체형 광선반 시스템 채광성능 평가", 한국생태환경건축학회 논문집, 제7권 제5호, 2007 // (Jung Yoogeun, Daylighting Performance Evaluation of window Integrated Light Shelf System, KIEAE Journal, Vol.7, No.5, 2007.10)

4) 김정태, 신현구, 김곤, "광반사를 이용한 광선반 채광시스템의 기본형상 설계 및 성능 평가에 관한 연구", 대한건축학회논문집 계획계, 제19권 제3호, 2003 // (Kim Jeongtae, Shin Hyungu, Kim Gon, Design and Performance of Horizontal Light-Redirecting Devices in Offices, Vol.19, No.03, 2003.03)

김동수, 윤종호, 신우철, 이광호, "광선추적기법을 활용한 곡면형 광선반시스템 설계 및 채광성능 평가", 한국태양에너지학회 논문집, 제31권 제4호, 2011 // (Kim Dongsu, Yoon Jongho, Shin Woorchul, Lee Kwangho, Evaluation of Daylighting Performance and Design of a Curved-Lightshelf by the Ray Tracing Method. JOURNAL OF THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY, Vol.31, No.4, 2011.08)

한설이, 최선우, 박효순, 서승직, "사무소 건물에서 광선반의 종류에 따른 실내조도와 조명에너지 분석", 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, 2012.05 // (Han Seulyea, Choi Seonwoo, Park Hyosoon, Suh Seungjik, Analysis of the Indoor Illuminance and the Lighting Energy according to the Light Shelves in the Office Building, Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 2012.05)

정유근, "창호거치 태양광발전 가변형광선반 설계 및 기초적 발전성능에 관한 연구", 한국생태환경건축학회 논문집, 제13권 제6호, 2013 // (Jung Yoogeun, A Study on the Design and Power Performance of a Variable Photovoltaic Lightshelf Mounted on the Windows, KIEAE Journal, Vol.13, No.6, 2013.12)

문기훈, 김정태, "Lightscape를 이용한 광선반 창호시스템의 채광성능평가", 한국생태환경건축학회 논문집, 제4권 제4호, 2004 // (Moon Kihoon, Kim Jungtae, Daylighting Performance Evaluation of Lightshelf Window System by Lightscape, KIEAE Journal, Vol.4, No.4, 2004.12)

정유근, "창호일체형 광선반 시스템 채광성능 평가", 한국생태환경건축학회 논문집, 제7권 제5호, 2007 // (Jung Yoogeun, Daylighting Performance Evaluation of window Integrated Light Shelf System, KIEAE Journal, Vol.7, No.5, 2007.10)

이행우, Kyle Eric Rogers, 서장후, 김용성, "결정면 적용 광선반 채광성능 평가 연구", 설비공학논문집, 제27권 제8호, 2015 // (Lee Heangwoo, Kyle Eric Rogers, Seo Janghoo, Kim Yongseong, A Study on Lighting Performance Evaluation of Light-Shelf using Crystal Face, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.27, No.8, 2015.08)

이행우, 김덕수, 김용성, "실내공간 깊이와 광선반 규격 변화에 의한 광선반 성능평가 시뮬레이션 연구", 대한건축학회논문집 계획계, 제29권 제3호, 2013 // (Lee Heangwoo, Kim Duksoo, Kim Yongseong, Simulation Study on the Performance Evaluation of Light-shelf focused on the Depth of Space and the Dimensions and Angles of Light-shelf. Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.29, No.3, 2013.03)

5) 김상훈, 이행우, 서장후, 김용성, "에너지 저감을 위한 주거공간 내 위치인식기술 적용 광선반 시스템 개발연구", 설비공학논문집, 제26권 제 6호, 2014 // (Kim Sanghun, Lee Heangwoo, Seo Janghoo, Kim Yongseong, A Study on Light-Shelf System using Location-Awareness Technology for Energy Saving in Residential Space, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.26, No.6, 2014.06)

서태원, 이행우, 김용성, "주거공간 내 사용자인식기술 적용 조명에너지 저감 광선반 시스템 연구", 대한건축학회논문집 계획계, 제28권 제11호, 2012.11 // (Seo Taewon, Lee Heangwoo, Kim Yongseong, A Study on Light-Shelf System using Context Awareness Technology for Energy Saving in Housing Space, Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.28, No.11, 2012.11)

선반 성능평가를 진행하며, 이를 기반으로 광선반의 적정변인을 도출함으로써 광선반 설계시 기초 자료 구축을 목적으로 한다.

1.2. 연구의 절차 및 범위

본 연구는 실내 빛환경 및 냉난방 환경 기반 광선반 성능평가를 진행하였으며, <그림1>에서 나타나듯이 다음과 같은 절차에 의거하여 진행하였다.

첫 번째, 광선반 개념, 변인 및 관련 선행연구 고찰을 실시하였으며, 광선반의 성능평가를 위한 실내의 적정 조도 및 온도 기준에 대한 국내외 기준을 고찰하였다. 두 번째, 실생활환경에 기인한 광선반 성능평가를 진행하기 위하여 테스트베드 구축 및 환경을 설정하였다. 세 번째, 광선반 설치유무와 각도에 따른 성능평가를 실시하였으며, 광선반의 성능평가는 각도에 따른 조명 및 냉난방기기의 전력사용량 도출 및 분석을 통하여 진행하였다.

단, 본 연구는 냉난방 환경 기반의 성능평가를 진행하기 위하여 냉난방 기기가 사용되는 하지 및 동지로 국한하였다.

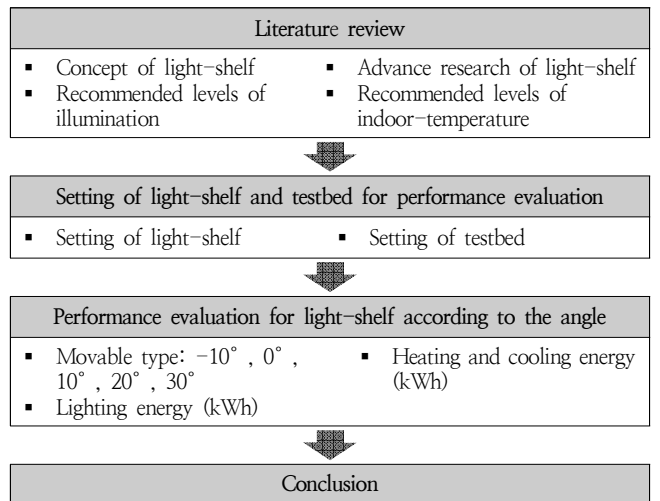


Fig. 1. Flowchart of study

2. 광선반 및 환경설정 고찰

2.1. 광선반의 개념 및 선행연구 고찰

광선반은 <그림2>에서 나타나듯이 외부 자연광을 광선반의 반사판 및 천장의 순에 의거하여 빛을 깊숙이 유입시킴으로써 효율적인 조명에너지 저감을 가져올 수 있다. 또한 광선반은 외부로부터 직접적으로 유입되는 자연광을 막음으로써 실내외 조도 불균형을 해결하여 실내 공간의 빛환경 관련 질을 높일 수 있는 자연채광 및 차양 시스템이다. 이에 광선반은 실내 빛환경에 영향을 주는 것 뿐만 아니라 일사차단을 통해 실내의 온도변화에 영향을 준다는 측면<sup>6)</sup>에서 실내 냉난방환경에도 영향을 줄 수 있다.

6) 이소연, 강재식, 김강수, "주거건물용 이중외피 시스템의 블라인드 조절에 따른 에너지 성능평가에 관한 연구", 한국태양에너지학회 논문집, 제30권 제6호, 2010 // (Lee Soyeon, Kang Jaesik, Kim Kangsoo, Energy Performance Evaluation of a Double-skin Facade with a Venetian Blind in Residential Buildings. JOURNAL OF THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY, Vol.30, No.6, 2010.06)

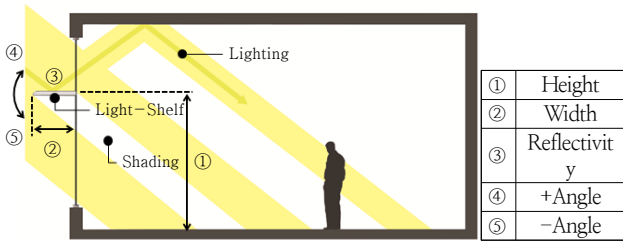


Fig. 2. Concept and variable of light-shelf

광선반 관련 선행연구는 <표1>에서 나타나듯이 광선반의 폭, 재질, 형태 등의 단순변인에 따른 학교, 사무소 등의 특정공간의 채광성능 분석만 이루어지고 있다. 또한 실거주 환경 기반의 테스트베드를 통한 선행 연구에서도 열환경 및 냉난방환경에 대한 고려가 없이 빛환경 측면에 대한 연구만 진행되었으며, 이러한 연구를 기반으로 하는 광선반 연구는 실제 생활에서 다양한 변인에 대응하지 못한다.

Table 1. Advance research of light-shelf

Title of study (Year)	Performance Evaluation	
	Lighting	Heating/ Cooling
Evaluation of the Application of an External Perforated Reflector on a Light-Shelf <sup>7)</sup> (2016)	○	×
Research on Lighting Performance Evaluation for Different Curvature Reflection Rate in Residential Space <sup>8)</sup> (2015)	○	×
Design and Performance of Horizontal Light-Redirecting Devices in Offices <sup>9)</sup> (2003)	○	×
Evaluation of Daylighting Performance and Design a curved-Lightshelf by the Ray tracing Method <sup>10)</sup> (2011)	○	×
Analysis of the Indoor Illuminance and the Lighting Energy according to the Light Shelves in the Office Building <sup>11)</sup> (2012)	○	×
A Study on the Design and Power Performance of a Variable Photovoltaic Lightshelf Mounted on the Windows <sup>12)</sup> (2013)	○	×
Daylighting Performance Evaluation of Lightshelf Window System by Lightscape <sup>13)</sup> (2004)	○	×
Daylighting Performance Evaluation of window Integrated Light Shelf System <sup>14)</sup> (2007)	○	×
A Study on Lighting Performance Evaluation of Light-Shelf using Crystal Face <sup>15)</sup> (2015)	○	×
Simulation Study on the Performance Evaluation of Light-shelf focused on the Depth of Space and the Dimensions and Angles of Light-shelf <sup>16)</sup> (2013)	○	×
A Study on Light-Shelf System using Location-Awareness Technology for Energy Saving in Residential Space <sup>17)</sup> (2015)	○	×
A Study on Light-Shelf System using Context Awareness Technology for Energy Saving in Housing Space <sup>18)</sup> (2012)	○	×

7) 최유창, "타공반사판 적용 외부형 광선반의 조명에너지 성능평가에 관한 연구", 국민대학교 테크노디자인전문대학원 석사학위논문, 2016 // (Choi Yuchang, Evaluation of the Application of an External Perforated Reflector on a Light-Shelf. A

## 2.2. 실내의 조도기준 고찰

실내공간의 일정 조도를 유지하는 것은 거주자의 쾌적성과 조명에너지 저감을 동시에 만족시킬 수 있는 중요한 부분이며, <표 2>에서 나타나듯이 한국의 경우에는 실내공간 내 조도기준으로 KS A 3011을 명시하고 있다. 이에 본 연구는 일반회도 대비시 작업의 평균조도인 400 lx를 광선반 성능평가를 위한 실내 적정 조도 및 조명제어를 위한 기준으로 설정하였다.

Table 2. Standard illuminance of KS A 3011

Type of activity	Scope		
	Min	Ave	Max
Visual Performance according to the degree of general-brightness	300	400	600

master's thesis of Graduate School of Techno Design Kookmin University, 2016.02)

8) 오상원, 이행우, 서장후, 김용성, "주거공간 내 광선반 곡률 형태에 따른 채광성능평가 연구", 설비공학논문집, 제27권 제6호, 2015 // (Oh Sangwon, Lee Heangwoo, Seo Janghoo, Kim Yongseong, Research on Lighting Performance Evaluation for Different Curvature Reflection Rate in Residential Space, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.27, No.6, 2015.06)

9) 김정태, 신현구, 김곤, "광반사를 이용한 광선반 채광시스템의 기본형상 설계 및 성능평가에 관한 연구", 대한건축학회논문집 계획계, 제19권 제3호, 2003 // (Kim Jeongtai, Shin Hyungu, Kim Gon, Design and Performance of Horizontal Light-Redirecting Devices in Offices, Vol.19, No.03, 2003.03)

10) 김동수, 윤종호, 신우철, 이광호, "광선추적기법을 활용한 곡면형 광선반시스템 설계 및 채광성능 평가", 한국태양에너지학회 논문집, 제31권 제4호, 2011 // (Kim Dongsu, Yoon Jongho, Shin Woochul, Lee Kwangho, Evaluation of Daylighting Performance and Design of a Curved-Lightshelf by the Ray Tracing Method, JOURNAL OF THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY, Vol.31, No.4, 2011.08)

11) 한설이, 최선우, 박효순, 서승직, "사무소 건물에서 광선반의 종류에 따른 실내조도와 조명에너지 분석", 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, 2012.05 // (Han Seolyea, Choi Seonwoo, Park Hyosoon, Suh Seungjik, Analysis of the Indoor Illuminance and the Lighting Energy according to the Light Shelves in the Office Building, Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 2012.05)

12) 정유근, "창호거치 태양광발전 가변형광선반 설계 및 기초적 발전성능에 관한 연구", 한국생태환경건축학회 논문집, 제13권 제6호, 2013 // (Jung Yoogeun, A Study on the Design and Power Performance of a Variable Photovoltaic Lightshelf Mounted on the Windows, KIEAE Journal, Vol.13, No.6, 2013.12)

13) 문기훈, 김정태, "Lightscape를 이용한 광선반 장치시스템의 채광성능평가", 한국생태환경건축학회 논문집, 제4권 제4호, 2004 // (Moon Kihoon, Kim Jungtae, Daylighting Performance Evaluation of Lightshelf Window System by Lightscape, KIEAE Journal, Vol.4, No.4, 2004.12)

14) 정유근, "창호일체형 광선반 시스템 채광성능 평가", 한국생태환경건축학회 논문집, 제7권 제5호, 2007 // (Jung Yoogeun, Daylighting Performance Evaluation of window Integrated Light Shelf System, KIEAE Journal, Vol.7, No.5, 2007.10)

15) 이행우, Kyle Eric Rogers, 서장후, 김용성, "결정면 적용 광선반 채광성능 평가 연구", 설비공학논문집, 제27권 제8호, 2015 // (Lee Heangwoo, Kyle Eric Rogers, Seo Janghoo, Kim Yongseong, A Study on Lighting Performance Evaluation of Light-Shelf using Crystal Face, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.27, No.8, 2015.08)

16) 이행우, 김덕수, 김용성, "실내공간 깊이와 광선반 규격 변화에 의한 광선반 성능평가 시뮬레이션 연구", 대한건축학회논문집 계획계, 제29권 제3호, 2013 // (Lee Heangwoo, Kim Duksoo, Kim Yongseong, Simulation Study on the Performance Evaluation of Light-shelf focused on the Depth of Space and the Dimensions and Angles of Light-shelf, Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.29, No.3, 2013.03)

17) 김상훈, 이행우, 서장후, 김용성, "에너지 저감을 위한 주거공간 내 위치인식기술 적용 광선반 시스템 개발연구", 설비공학논문집, 제26권 제 6호, 2014 // (Kim Sanghun, Lee Heangwoo, Seo Janghoo, Kim Yongseong, A Study on Light-Shelf System using Location-Awareness Technology for Energy Saving in Residential Space, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.26, No.6, 2014.06)

18) 서태원, 이행우, 김용성, "주거공간 내 사용자인식기술 적용 조명에너지 저감 광선반 시스템 연구", 대한건축학회논문집 계획계, 제28권 제11호, 2012.11 // (Seo Taewon, Lee Heangwoo, Kim Yongseong, A Study on Light-Shelf System using Context Awareness Technology for Energy Saving in Housing Space, Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.28, No.11, 2012.11)

2.3. 실내의 온도기준 고찰

본 연구는 광선반의 냉난방 성능평가를 진행하기 위하여 국내 외 적용되고 있는 실내의 적정 온도에 대한 자료<sup>19)</sup>를 고찰하였으며, <표3>에서 나타나듯이 각국에서 제시하는 실내 권장 온도 기준은 상이하게 나타나고 있으나 온도 범위는 유사하게 나타나고 있다. 이에 본 연구에서는 국제적인 표준화 기구인 ISO 기준<sup>20)</sup>에 근거하여 하지 및 동지의 각각의 실내 적정 온도를 각각 26°C, 20°C로 설정하여 성능평가를 진행하였다.

Table 3. Thermal environment standards of various countries

	Temperature (°C)	
	Summer	Winter
USA	23.0~26.0	20.0~23.5
Europe	23.0~26.0	20.0~24.0
Japan	20.0~26.0	
Republic of Korea	26.0~28.0	18.0~20.0

3. 광선반 변인 및 성능평가 환경설정

3.1. 성능평가를 위한 광선반 변인 설정

빛환경 및 냉난방 환경 기반 광선반 성능평가를 진행하기 위하여 광선반 성능이 우수하게 나타나는 외부형 타입의 광선반으로 국한하였으며<sup>21)</sup>, 광선반의 높이는 사람 눈높이 및 채광성능이 우수하다고 평가되고 있는 1,800mm<sup>22)</sup>으로 제한하였다. 또한 선행연구<sup>23)</sup>를 근거하여 광선반 각도는 -10° 부터 30° 까지 10° 간격으로 설정하

- 19) 문소원, 김태우, 장덕수, 홍원화, "오피스 빌딩의 실내 환경측정과 재실자의 주관적 평가에 관한 연구", 대한건축학회논문집 계획계, 제25권 제5호, 2009 // (Moon Sowon, Kim Teawoo, Jang Ducsu, Hong Wonhwa, A Study on Occupants' Subjective Evaluation and an Measurement of Indoor Environments of an Office Building - Focused on the Seasonal Change of Indoor Temperature. Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.25, No.5, 2009.05)
- 20) 장향민, 유동철, 안형준, 오항욱, 조대구, "ISO 10211 전열해석을 통한 경량목구조의 주요 구조부 단열성능 데이터베이스 구축", 대한건축학회논문집 계획계, 제3권 제4호, 2015 // (Jang Hyangmin, Yoo Dongchul, Ahn Hyungjune, Oh Hyangok, Cho Deagu, Establishing a Thermal Performance Database for Major Structural Components of Lightweight Wood-frame House through ISO 10211 Heat Transfer Analysis. Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.31, No.4, 2015.04)
- 21) 김상훈, 이행우, 서장후, 김용성, "에너지 저감을 위한 주거공간 내 위치인식기술 적용 광선반 시스템 개발연구", 설비공학논문집, 제26권 제 6호, 2014 // (Kim Sanghun, Lee Heangwoo, Seo Janghoo, Kim Yongseong, A Study on Light-Shelf System using Location-Awareness Technology for Energy Saving in Residential Space. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.26, No.6, 2014.06)
- 22) 서태원, 이행우, 김용성, "주거공간 내 사용자인식기술 적용 조명에너지 저감 광선반 시스템 연구", 대한건축학회논문집 계획계, 제28권 제11호, 2012.11 // (Seo Taewon, Lee Heangwoo, Kim Yongseong, A Study on Light-Shelf System using Context Awareness Technology for Energy Saving in Housing Space. Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.28, No.11, 2012.11)
- 23) 최유창, "타공반사판 적용 외부형 광선반의 조명에너지 성능평가에 관한 연구", 국민대학교 테크노디자인전문대학원 석사학위논문, 2016 // (Choi Yuchang, Evaluation of the Application of an External Perforated Reflector on a Light-Shelf. A master's thesis of Graduate School of Techno Design Kookmin University, 2016.02)
- 오상원, 이행우, 서장후, 김용성, "주거공간 내 광선반 곡률 형태에 따른 채광성능평가 연구", 설비공학논문집, 제27권 제6호, 2015 // (Oh Sangwon, Lee Heangwoo, Seo Janghoo, Kim Yongseong, Research on Lighting Performance Evaluation for Different Curvature Reflection Rate in Residential Space. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.27, No.6, 2015.06)
- 이행우, Kyle Eric Rogers, 서장후, 김용성, "결정면 적용 광선반 채광성능 평가 연구", 설비공학논문집, 제27권 제8호, 2015 // (Lee Heangwoo, Kyle Eric Rogers, Seo Janghoo, Kim Yongseong, A Study on Lighting Performance Evaluation of Light-Shelf using Crystal Face. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.27, No.8, 2015.08)

였으며, 광선반 반사판의 폭은 600mm으로 고정하여 성능평가를 진행하였다.

Table 4. Variables of light-shelf

Light-shelf width (type)	600mm (Exterior type)
Reflectivity	specular reflection film: 85%
Angle	-10°, 0°, 10°, 20°, 30°
Height	1800mm

3.2. 성능평가를 위한 환경 설정

본 연구는 빛환경 및 냉난방 환경 기반 광선반 성능평가를 진행하기 위하여 테스트베드를 구축하였으며, 테스트베드의 크기는 <표5>에서 나타나듯이 폭 4.9m, 높이 2.5m, 깊이 6.6m이다. 또한, 광선반이 부착되는 채광창의 크기는 폭 2.2m, 높이 1.8m이며, 광선반의 성능평가를 진행하기 위하여 창측 외부에 인공 기후챔버를 구축하였다. 인공기후챔버는 -20°C에서 40°C의 온도 설정이 가능하며, 광원의 광량, 높이, 각도 설정이 가능한 인공태양광 조사장치를 돕으로써 다양한 상황의 외부 환경 조성이 가능하도록 하였다. 단, 본 연구의 인공태양장치는 방위각 설정이 불가하여 정남향에 대해서만 진행하였다. 테스트베드의 조명은 IES의 4점법에 의한 조도 측정위치를 근거로 구축하였으며, 8단계 디밍 조명제어가 가능한 4개의 LED타입의 조명을 설치하였다. 또한, 실내의 냉난방기기는 S사의 홈네트워크 제어가 가능한 모델로 냉방 및 난방에 따른 정격능력은 각각 11,000W 및 13,200W이며, 냉난방기기의 위치는 <그림3>과 같다.

Table 5. Overview of testbed, chamber

Testbed		
Room size	4.9m(W) × 6.6m(D) × 2.5m(H)	
Wall material	Insulation panel(Thk 100mm)	
Window size	1.9m(W) × 1.7m(H)	
Window material <sup>24)</sup>	Type	Pair glass 24mm(6mm+12mm+6mm)
	Thermal transmittance	Summer: 2.83W/m²K Winter: 2.69W/m²K
	Transmissivity	80%
Temperature sensor	·Sensing element: Silicon photo sensor, with filter ·Detection range: 0 ~ 200,000 LUX ·Precision: ±3%	
Illuminance sensor	·Sensing element: NTC 10KΩ: AN Type ·Detection range: -40 ~ +90°C ·Precision: ±0.3°C	
Air conditioner <sup>25)</sup>	Model	AP-SM302(EHP)
	Heating capacity	13,200w
	Cooling capacity	11,000w
	Heatingconsumption	3.90kw
	Cooling Energy Consumption	3.90kw
COP	Heating: 3.38 / Cooling: 2.82	
Directions	South aspect	
Lighting	Dimming control (8level), heating temperature: 35°C	

24) SANMSUNG HOMPAGE: <http://www.samsung.com>

25) HANGLAS: <http://www.myhanglas.co.kr>

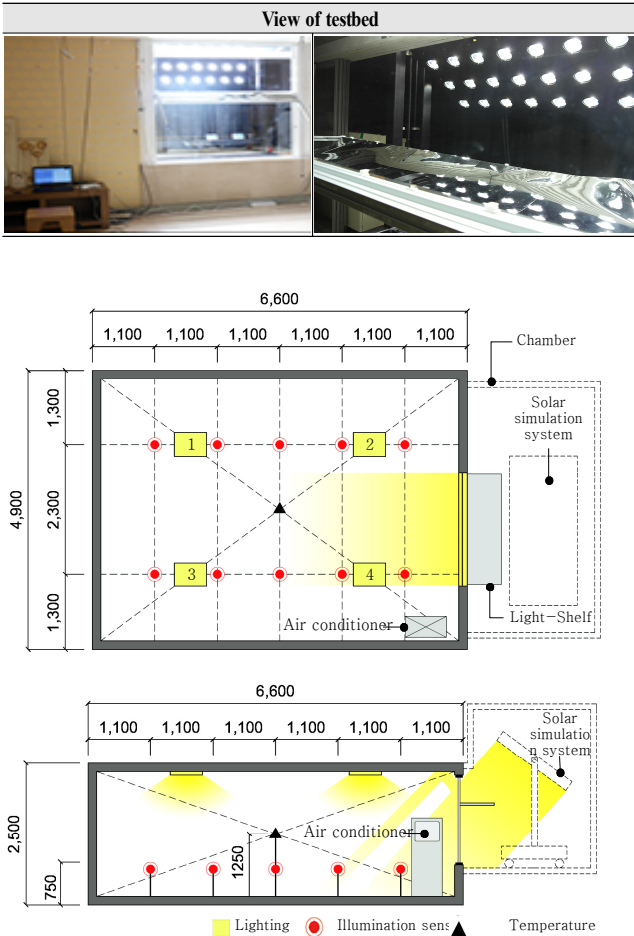


Fig. 3. Plan and section of testbed, location of illuminance sensor and temperature sensor

조도센서의 위치는 <그림3>에서 나타나듯이 1.1m간격으로 10개를 설치하였으며, 사용자의 작업면 높이를 근거하여 바닥으로부터 75cm에 설치하였다. 온도센서 위치는 대표 온도측정을 위하여 테스트베드 정중앙으로 설정하였다.

### 3.3. 광선반 성능평가를 위한 외부 환경 설정

본 연구는 냉난방기기가 사용되는 하지 및 동지에 대하여 진행하였으며, 오전 10시부터 오후 3시까지 총 5시간에 대하여 성능평가 환경을 설정하여 진행하였다. 이에 따라서 시간대별 외부조도는 관련 연구<sup>26)</sup>를 근거하여 <표6>과 같이 설정하였다. 단, 본 연구에서 설정된 일사량은 인공태양광 조사장치의 광량에 따라서 측정되는 값이다. 또한, 실외 온도는 관련 성능평가 연구<sup>27)</sup>를 근거하여 하지 및 동지에 대하여 각각 35°C, -11.3°C로

설정하여 성능평가를 진행하였다.

Table 6. External illumination and solar radiation quantity at each time interval

Season	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
Summer	70,000 lx (429 W/m <sup>2</sup> )		80,000 lx (503 W/m <sup>2</sup> )		70,000 lx (429 W/m <sup>2</sup> )
Winter	50,000 lx (283 W/m <sup>2</sup> )		60,000 lx (340 W/m <sup>2</sup> )		50,000 lx (283 W/m <sup>2</sup> )

## 4. 빛환경 및 냉난방 환경 기반 광선반 성능평가 방법 및 결과

### 4.1. 성능평가 방법

본 연구는 빛환경 및 냉난방 환경 기반 광선반의 성능평가를 진행하기 위하여 다음의 방법에 의거하여 진행하였다.

첫 번째, 본 연구는 광선반 미설치 및 각도 -10°, 0°, 10°, 20°, 30°의 광선반 설치시로 구분하여 성능평가를 진행하였으며, 이에 따른 실내의 최소 조도 및 평균조도, 균제도를 도출하였다. 본 연구의 균제도는 평균조도에 대한 최소조도로 산출하였다.

두 번째, 본 연구는 광선반의 변인에 따른 조명과 연동되는 조도센서의 값을 400 lx 이상을 만족하도록 조명제어를 실시하였으며, 이에 따른 조명 전력사용량을 도출하였다. 조명제어는 테스트베드에 구축된 조명 1, 2, 3, 4번에 대하여 조도센서 2, 4, 7, 9번과 연동하였으며, 조명과 연동되는 조도센서의 위치는 실내 평균조도 값을 취득하기에 적절한 위치가 채광창으로부터 4.4m라는 연구<sup>28)</sup>결과를 근거하여 조정하였다. 또한, 조도센서 2, 4, 7, 9번의 측정 값 중 400 lx 이하가 있을 경우 가장 낮은 조도 값을 보이는 센서와 연동된 조명부터 순차적으로 조명 디밍제어를 실시하며, 조명제어 중 400 lx를 조도센서 2, 4, 7, 9번이 모두 만족시 조명제어를 종료하도록 하였다. 조명제어가 종료된 시점의 조명 전력사용량을 산출하여 광선반 빛환경에 대한 성능평가에 반영하였다.

세 번째, 본 연구는 광선반의 냉난방환경 기반 성능평가를 진행하기 위하여 S사와 협업을 통해 냉난방기기 제어 및 성능평가를 위한 서버를 구축하였다. 본 연구를 위하여 구축된 성능평가 서버는 온도센서의 측정 값을 모니터링 및 수집하며, 설정된 실내 적정 온도 값에 따라서 냉난방기기를 자동 제어하도록 하였다. 하지의 경우에는 설정온도 26°C를 기준으로 26°C 이상인 경우에는 실내공간에 대하여 냉방을 실시하였으며, 26°C 이하인 경우에는 실내공간에 대하여 냉난은 실시되지 않으나 냉난방기기의 최소전력으로 가동되도록 하였다. 또한 동지의 경우에는 20°C 이하인 경우에는 실내공간에 대하여 난방을 실시하였으며, 20°C 이상인 경우에는 실내공간에 대하여 난방은 실시되지 않

26) 권순현, 이행우, 서장후, 김용성, “주거공간 내 사용자인식기술 및 조명 디밍제어 적용 광선반 시스템 성능평가 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제30권 제2호, 2014 // (Kwon Wunhyeon, Lee Heangwoo, Seo Janghoo, Kim Yongseong, A Study on Light Shelf System Performance Evaluation Applying User Awareness and Dimming Control in Housing, Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.30, No.2, 2014.02)

27) 문기훈, 김정태, “Lightscape를 이용한 광선반 창호시스템의 채광성능평가”, 한국생태환경건축학회 논문집, 제4권 제4호, 2004 // (Moon Kihoon, Kim Jungtae, Daylighting Performance Evaluation of Lightshelf Window System by Lightscape, KIEAE Journal, Vol.4, No.4, 2004.12)

28) 장향인, 유동철, 안형준, 오향옥, 조대규, “ISO 10211 전열해석을 통한 경량목구조의 주요 구조부 단열성능 데이터베이스 구축”, 대한건축학회논문집 계획계, 제31권 제4호, 2015 // (Jang Hyangin, Yoo Dongchul, Ahn Hyungjune, Oh Hyangok, Cho Deagu, Establishing a Thermal Performance Database for Major Structural Components of Lightweight Wood-frame House through ISO 10211 Heat Transfer Analysis, Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.31, No.4, 2015.04)

나 냉난방기기의 최소전력으로 가동되도록 하였다. 이는 광선반의 변인에 따른 실내 온도 변화에 대하여 적정온도를 유지할 수 있도록 냉난방기기를 제어하며, 이러한 냉난방기기의 제어에 따른 전력사용량을 도출하여 냉난방환경 기반의 광선반 성능평가에 반영함으로써 냉난방환경 기반의 성능평가가 가능하도록 하였다. 단, 냉난방 환경 기반 성능평가는 앞서서 제시한 조명제어가 이루어진 상태로 성능평가를 진행하였다.

네 번째, 본 연구는 외부 자연광이 광선반에 의하여 실내로 유입되는 과정을 도식화하였으며, 도식화를 통한 광선반의 반사면적과 차양면적을 도출하였다. 본 연구의 광선반의 반사면적은 광선반의 반사판 면적 중 광선반의 반사를 통해 외부 자연광이 실내로 직접적으로 유입이 이루어지는 면적으로 정의하였으며, 반사판의 차양면적은 광선반에 의하여 차양되는 실내의 바닥면으로 정의하여 산출하였다. 산출된 반사면적 및 차양면적은 본 연구의 조명기기 및 냉난방기기의 전력사용량의 성능평가를 위한 분석자료로 활용하였다.

4.2. 성능평가 결과

본 연구는 <표7>, <표8>, <표9>, <표10>, <표11>에서 나타나

듯이 빛환경 및 냉난방환경 기반의 광선반의 성능평가를 실시하였으며, 이에 대한 결과는 다음과 같다.

첫 번째, <표7>에서 나타나듯이 실내 빛환경의 쾌적도인 균제도 측면을 고려시 광선반의 적정 각도는 하지 및 동지에 대하여 30°로 도출된다. 단, 동지의 경우에는 낮은 태양고도로 인하여 광선반 설치시 미설치시에 대비하여 균제도가 낮게 나타나며, 동지시의 광선반 각도 30°는 <표10>에서 나타나듯이 광선반 반사로 인하여 유입되는 빛은 없으며, 광선반 미설치시와 동일한 형태의 빛의 유입형태로 인한 결과로 균제도가 높게 나타난다.

Table 7. Performance evaluation based on heating and cooling environment depending on the light-Shelf angle

Light-Shelf		Power consumption(kWh)	
Width(m)	Angle	Summer	Winter
Not installed		1.811	3.433
0.6	-10°	1.682	3.542
	0°	1.694	3.538
	10°	1.652	3.530
	20°	1.642	3.523
	30°	1.608	3.464

Table 8. Performance evaluation based on light environment depending on the light-Shelf angle

Light-Shelf		Summer									
		External illuminance : 70,000 lx (10:00-12:00, 14:00-15:00)					External illuminance : 80,000 lx (12:00-14:00)				
Width (m)	Angle	Illumination(lx)		Uniformity ratio	Lighting dimming control : Lighting Number (Dimming level)	Power consumption (kWh)	Illumination(lx)		Uniformity ratio	Lighting dimming control : Lighting Number (Dimming level)	Power consumption (kWh)
		Min.	Ave.				Min.	Ave.			
Not installed		55.2	272.7	0.202	1(8)→3(8)→2(2)	0.360	73.6	363.7	0.202	1(8)→3(8)→2(1)	0.228
0.6	-10°	57.2	278.9	0.205	1(8)→3(8)→2(2)	0.360	79.1	373.3	0.205	1(8)→3(8)→2(1)	0.228
	0°	60.3	293.7	0.205	1(8)→3(8)→2(1)	0.342	82.5	396.4	0.205	1(8)→3(8)→2(1)	0.228
	10°	64.9	306.5	0.211	1(8)→3(8)→2(1)	0.342	88.2	410.8	0.212	1(8)→3(8)→2(1)	0.228
	20°	75.4	308.9	0.244	1(8)→3(8)→2(1)	0.342	103.7	415.9	0.244	1(8)→3(7)	0.186
	30°	78.2	314.6	0.248	1(8)→3(8)→2(1)	0.342	109.6	421.1	0.248	1(8)→3(7)	0.186
Light-Shelf		Winter									
		External illuminance : 20,000 lx (10:00-12:00, 14:00-15:00)					External illuminance : 30,000 lx (12:00-14:00)				
Width (m)	Angle	Illumination(lx)		Uniformity ratio	Lighting dimming control : Lighting Number (Dimming level)	Power consumption (kWh)	Illumination(lx)		Uniformity ratio	Lighting dimming control : Lighting Number (Dimming level)	Power consumption (kWh)
		Min.	Ave.				Min.	Ave.			
Not installed		298.7	5091.3	0.059	1(1)	0.037	341.4	5818.6	0.059	0	0
0.6	-10°	186.9	3825.9	0.049	1(2)	0.055	256.2	5106.1	0.205	0	0
	0°	199.7	3857.6	0.052	1(2)	0.055	281.2	5151.4	0.205	0	0
	10°	200.5	4337.3	0.040	1(2)	0.055	243.4	5792.2	0.212	0	0
	20°	225.1	3908.7	0.058	1(2)	0.055	312.7	5218.3	0.244	0	0
	30°	215.1	3895.7	0.055	1(2)	0.055	295.9	5199.3	0.248	0	0

Table 9. schematic diagram of light introduction process depending on the light-Shelf angle

Summer(Light-Shelf width : 600mm)					
Not installed	Light-Shelf angle : -10°	Light-Shelf angle : 0°	Light-Shelf angle : 10°	Light-Shelf angle : 20°	Light-Shelf angle : 30°
Winter(Light-Shelf width : 600mm)					
Not installed	Light-Shelf angle : -10°	Light-Shelf angle : 0°	Light-Shelf angle : 10°	Light-Shelf angle : 20°	Light-Shelf angle : 30°

Table 10. Shade area and reflection area depending on the light-Shelf angle

Season	Not installed	Light-Shelf angle : -10°	Light-Shelf angle : 0°	Light-Shelf angle : 10°	Light-Shelf angle : 20°	Light-Shelf angle : 30°
Summer	Reflective area (m <sup>2</sup> )	0	0.21	0.74	1.20	1.20
	Shades Area (m <sup>2</sup> )	0.35	0.34	0.35	0.35	0.36
Winter	Reflective area (m <sup>2</sup> )	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
	Shades Area (m <sup>2</sup> )	1.64	1.31	0.93	0.52	0.14

두 번째, 광선반 각도에 따른 조명 기기의 전력사용량에 대한 성능평가 결과 및 분석내용은 다음과 같다. 하지의 경우 광선반 설치시는 광선반 미설치시에 대비하여 광선반 각도에 따라서 0%~10.2%의 저감을 보이며, 조명에너지 저감률이 가장 높게 나타나는 30°의 광선반이 적정안으로 분석된다. 이는 <표9>와 <표10>에서 나타나듯이 광선반 각도의 증가는 반사면적의 증가와 동시에 빛의 유입되는 깊이가 증가됨에 따른 결과로 판단된다. 단, 동지의 경우에는 광선반의 차양에 의하여 광선반 미설치시에 대비하여 조명에너지가 증가하고 있으며, 이는 광선반 설계시 고려해야 할 부분이다.

세 번째, 광선반 각도에 따른 냉난방 기기의 전력사용량에 대한 결과는 다음과 같다. 하지의 경우에는 광선반 설치시 차양으로 인한 냉방에너지 감소가 광선반 미설치시에 대비하여 7.1%~11.2%로 나타나고 있으며, 이는 <표10>에서 나타나듯

이 광선반의 차양에 기인한 결과로 판단된다. 특히, 광선반의 각도의 증가는 차양면적의 증가로 냉방 에너지저감에 효율적이며, 이에 따라서 냉난방환경에 근거한 하지의 광선반 적정각도는 30°이다. 동지의 경우에는 광선반에 의한 차양으로 난방 전력사용량이 증가하며, <표10>에서 나타나듯이 광선반의 각도의 증가는 차양면적을 감소시켜서 난방에너지 저감에 유리하게 나타난다. 이는 빛환경만을 고려한 기존 연구<sup>29)</sup>가 동지시의 적정각도가 -10°라는 결과와는 상이하게 분석된다.

위의 내용을 종합하면 광선반의 빛환경 및 냉난방환경의 적정각도는 다음과 같다. 하지의 경우에는 <표11>에서 나타나듯이 광선반 적정각도는 30°로 나타나며, 이는 광선반 미설치시에 대비하여 조명 및 냉방기기의 에너지 저감률이 가장 높게 나타나는 광선반 각도를 근거로 하였다. 동지의 경우에는 기존 연구결과<sup>30)</sup>와 같이 400 lx 이상의 조도 조성과 조명에너지 저감 측면에서는 -10°의 광선반 각도도 유효하게 나타나고 있으나 빛환경 개선 및 난방에너지 저감 측면에서는 30°의 광선반이 적절한 것으로 분석된다. 그러나 동지시의 광선반 설치시 조명 및 난방을 위한 전력사용량 증가를 가져와 부적합하며, 이는 광선반의 탈부착 등을 통한 성능을 개선할 수 있는 추가적인 연구가 필요시 된다고 판단된다.

Table 11. Total electric power consumption by lighting devices and heating and cooling devices depending on the light shelf angle

Light-Shelf		Electric power consumption(kWh)	
Width(m)	Angle	Summer	Winter
Not installed		2.399	3.470
0.6	-10°	2.270	3.597
	0°	2.222	3.593
	10°	2.264	3.585
	20°	2.170	3.578
	30°	2.136	3.519

29) 권순현, 이행우, 서장후, 김용성, “주거공간 내 사용자인식기술 및 조명 디밍제어 적용 광선반 시스템 성능평가 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제30권 제2호, 2014 // (Kwon Wunhyeon, Lee Heangwoo, Seo Janghoo, Kim Yongseong, A Study on Light Shelf System Performance Evaluation Applying User Awareness and Dimming Control in Housing. Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.30, No.2, 2014.02)

30) SANMSUNG HOMPAGE: <http://www.samsung.com>

## 5. 결론

본 연구는 기존 광선반 관련 성능평가 연구가 빛환경에만 국한되어 진행되었으며, 광선반의 차양으로 인한 실내의 냉난방환경에도 영향을 준다는 관점에서 빛환경 및 냉난방 환경 기반 광선반 성능평가 연구를 진행하였다. 이에 대한 결론은 다음과 같다.

첫 번째, 실내 빛환경 쾌적도 지표인 균제도 측면에서의 광선반 적정 각도는 하지 및 동지에 대하여 30° 로 도출되고 있다.

두 번째, 실내 조명 기기의 전력사용량 저감 측면에서의 하지 시 적정 각도는 30° 이며, 이는 미설치시 대비하여 10.2% 저감이 가능하다. 단, 동지의 경우 광선반 미설치시 대비하여 조명에너지 사용량이 증가할 수 있어서 광선반 설치시 설계시 고려해야 한다.

세 번째, 실내 냉난방 기기 전력사용량 저감 측면에서의 하지 시 광선반 적정각도는 30° 로 도출되며, 이는 광선반 각도의 증가는 차양면적이 증가된다는 내용에서 그 원인을 찾을 수 있다. 그러나 동지의 경우 광선반 설치로 인한 차양면적의 발생은 난방 에너지를 증가시켜 부적합하다고 분석된다.

네 번째, 위의 내용을 종합한 광선반의 적정각도는 하지의 경우에는 30° 로 조명기기 및 냉방기기의 사용량을 효율적으로 저감시켜 유효하게 분석된다. 그러나 동지시의 광선반 설치시 조명 기기 및 냉난방에너지 사용량을 증가시킬 수 있어서 부적합하며, 이를 개선할 수 있는 연구 및 기술이 필요할 것이라 판단된다.

본 연구는 광선반의 빛환경 및 냉난방 환경 기반 광선반 성능평가 연구로 실생활의 다양한 요인에 의한 성능평가를 진행하였다는 점에서 유의미하나 광선반의 변인을 각도로 제한하였다는 점에서 제한적이다. 향후에는 다양한 광선반 변인과 외부조건을 반영한 성능평가가 진행되어야 하며, 특히 태양의 고도 방위각 및 계절별 태양의 복사에너지 등의 실제 자연환경에 기반한 연구가 실시되어야 할 것이다.

## Acknowledgements

This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government(NRF-2016R1C1B1006807)

## Reference

[1] 서영석, “건물일체형 태양광시스템(BIPV)의 발전성능평가 및 실내조명 에너지 절약에 관한 연구”, 단국대학교 석사학위논문, 2011 // (Seo Youngseok, Study on the indoor lighting for Energy Saving and Evaluation of Power Performance applied BIPV System. A master's thesis fo Dankook University, 2011.02)

[2] 최유창, “타공반사판 적용 외부형 광선반의 조명에너지 성능평가에 관한 연구”, 국민대학교 테크노디자인전문대학원 석사학위논문, 2016 // (Choi Yuchang, Evaluation of the Application of am External Perforated Reflector on a Light-Shelf. A master's thesis of Graduate School of Techno Design Kookmin University, 2016.02)

[3] 오상원, 이행우, 서장후, 김용성, “주거공간 내 광선반 곡률 형태에 따른 채광성능평가 연구”, 설비공학논문집, 제27권 제6호, 2015 // (Oh

Sangwon, Lee Heangwoo, Seo Janghoo, Kim Yongseong, Research on Lighting Performance Evaluation for Different Curvature Reflection Rate in Residential Space. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.27, No.6, 2015.06)

[4] 김정태, 신현구, 김곤, “광반사를 이용한 광선반 채광시스템의 기본형상 설계 및 성능평가에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제19권 제3호, 2003 // (Kim Jeongtai, Shin Hyungu, Kim Gon, Design and Performance of Horizontal Light-Redirecting Devices in Offices. Vol.19, No.03, 2003.03)

[5] 김동수, 윤종호, 신우철, 이광호, “광선추적기법을 활용한 곡면형 광선반시스템 설계 및 채광성능 평가”, 한국태양에너지학회 논문집, 제31권 제4호, 2011 // (Kim Dongsu, Yoon Jongho, Shin Woochul, Lee Kwangho, Evaluation of Daylighting Performance and Design of a Curved-Lightshef by the Ray Tracing Method. JOURNAL OF THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY, Vol.31, No.4, 2011.08)

[6] 한설이, 최선우, 박효순, 서승직, “사무소 건물에서 광선반의 종류에 따른 실내조도와 조명에너지 분석”, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, 2012.05 // (Han Seolyea, Choi Seonwoo, Park Hyosoon, Suh Seungjik, Analysis of the Indoor Illuminance and the Lighting Energy according to the Light Shelves in the Office Building. Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 2012.05)

[7] 정유근, “창호거치 태양광발전 가변형광선반 설계 및 기초적 발전성능에 관한 연구”, 한국생태환경건축학회 논문집, 제13권 제6호, 2013 // (Jung Yoogeun, A Study on the Design and Power Performance of a Variable Photovoltaic Lightshef Mounted on the Windows. KIEAE Journal, Vol.13, No.6, 2013.12)

[8] 문기훈, 김정태, “Lightscape를 이용한 광선반 창호시스템의 채광성능평가”, 한국생태환경건축학회 논문집, 제4권 제4호, 2004 // (Moon Kihoon, Kim Jungtea, Daylighting Performance Evaluation of Lightshef Window System by Lightscape. KIEAE Journal, Vol.4, No.4, 2004.12)

[9] 정유근, “창호일체형 광선반 시스템 채광성능 평가”, 한국생태환경건축학회 논문집, 제7권 제5호, 2007 // (Jung Yoogeun, Daylighting Performance Evaluation of window Integrated Light Shelf System. KIEAE Journal, Vol.7, No.5, 2007.10)

[10] 이행우, Kyle Eric Rogers, 서장후, 김용성, “결정면 적용 광선반 채광성능 평가 연구”, 설비공학논문집, 제27권 제8호, 2015 // (Lee Heangwoo, Kyle Eric Rogers, Seo Janghoo, Kim Yongseong, A Study on Lighting Performance Evaluation of Light-Shelf using Crystal Face. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.27, No.8, 2015.08)

[11] 이행우, 김덕수, 김용성, “실내공간 깊이와 광선반 규격 변화에 의한 광선반 성능평가 시뮬레이션 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제29권 제3호, 2013 // (Lee Heangwoo, Kim Duksoo, Kim Yongseong, Simulation Study on the Performance Evaluation of Light-shelf focused on the Depth of Space and the Dimensions and Angles of Light-shelf. Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.29, No.3, 2013.03)

[12] 김상훈, 이행우, 서장후, 김용성, “에너지 저감을 위한 주거공간 내 위치인식기술 적용 광선반 시스템 개발연구”, 설비공학논문집, 제26권 제 6호, 2014 // (Kim Sanghun, Lee Heangwoo, Seo Janghoo, Kim Yongseong, A Study on Light-Shelf System using Location-Awareness Technology for Energy Saving in Residential Space. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.26, No.6, 2014.06)

[13] 서태원, 이행우, 김용성, “주거공간 내 사용자인식기술 적용 조명에너지 저감 광선반 시스템 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제28권 제 11호, 2012.11 // (Seo Taewon, Lee Heangwoo, Kim Yongseong, A Study on Light-Shelf System using Context Awareness Technology for Energy Saving in Housing Space. Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.28, No.11, 2012.11)

[14] 이소연, 강재식, 김강수, “주거건물용 이중외피 시스템의 블라인드 조절에 따른 에너지 성능평가에 관한 연구”, 한국태양에너지학회 논문집, 제30권 제6호, 2010 // (Lee Soyeun, Kang Jaesik, Kim Kangsoo, Energy Performance Evaluation of a Double-skin Facade with a Venetian Blind in Residential Buildings. JOURNAL OF THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY, Vol.30, No.6, 2010.06)

[15] 문소원, 김태우, 장덕수, 홍원화, “오피스 빌딩의 실내 환경측정과 재실자의 주관적 평가에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 계획계, 제25권 제5호, 2009 // (Moon Sowoen, Kim Teawoo, Jang Ducsu, Hong Wonhwa, A Study on Occupants' Subjective Evaluation and an Measurement of Indoor Environments of an Office Building - Focused



- on the Seasonal Change of Indoor Temperature. Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.25, No.5, 2009.05)
- [16] 장향인, 유동철, 안형준, 오향욱, 조대구, “ISO 10211 전열해석을 통한 경량목구조의 주요 구조부 단열성능 데이터베이스 구축”, 대한건축학회논문집 계획계, 제3권 제4호, 2015 // (Jang Hyangin, Yoo Dongchul, Ahn Hyungjune, Oh Hyangok, Cho Deagu, Establishing a Thermal Performance Database for Major Structural Components of Lightweight Wood-frame House through ISO 10211 Heat Transfer Analysis. Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.31, No.4, 2015.04)
- [17] SANMSUNG HOMEPAGE: <http://www.samsung.com>
- [18] HANGLAS: <http://www.myhnglas.co.kr>
- [19] 권순현, 이행우, 서장후, 김용성, “주거공간 내 사용자인식기술 및 조명 디밍제어 적용 광선반 시스템 성능평가 연구”, 대한건축학회 논문집 계획계, 제30권 제2호, 2014 // (Kwon Wunhyeon, Lee Heangwoo, Seo Janghoo, Kim Yongseong, A Study on Light Shelf System Performance Evaluation Applying User Awareness and Dimming Control in Housing. Journal of the architectural institute of Korea planning & design, Vol.30, No.2, 2014.02)