

반사판의 폭 조절이 가능한 서랍형 타입의 가동형 광선반 개발 연구

Development of a Movable Drawer Type Light-Shelf with Adjustable Depth of the Reflector

김다숨(Dasom Kim)¹, 이행우(Haengwoo Lee)¹, 서장후(Janghoo Seo)², 김용성(Yongseong Kim)^{1†}

¹국민대학교 테크노디자인전문대학원, ²국민대학교 테크노디자인전문대학원/건축학부

¹The Graduate School of Techno Design, Kookmin University, Seoul, 02707, Korea

²The School of Architecture/The Graduate School of Techno Design, Kookmin University, Seoul, 02707, Korea

(Received July 8, 2016; revision received August 4, 2016; Accepted: August 8, 2016)

Abstract Due to the recent increase in lighting energy consumption in buildings, there are a growing number of studies seeking solutions this problem. The effectiveness of light-shelves as natural lighting systems to solve this problem has been recognized, and various studies regarding such systems are being carried out currently. However, the lighting efficiency of light-shelves decreases if illumination intensity is low-such as at night time, and it also obstructs the views of building occupants. Therefore, the purpose of this study is to examine a movable drawer type light-shelf which allows for the width of the reflector to be adjusted and verify its performance through a simulated test-bed. The following conclusions were reached. 1) The purpose of this study is to solve the problem previously associated with the light-shelf system- of obstructed views-by responding to external environments and minimizing the width of the light-shelf at night time when the efficiency of the light-shelf declines. 2) The proper variables of the movable drawer type light-shelf which enables the width adjustment of the reflector were ascertained in this study according to four solar terms : a width of 0.6 m at an angle of 20°, a width of 0.4m with an angle of 20°, and a width of 0.1 m with an angle of 20° were determined for the summer solstice, fall/spring equinoxes, and winter solstice respectively; revealing that width adjustment of the light-shelf is a significant factor. 3) The movable drawer type light-shelf which enables\width adjustment of the reflector suggested in this study can reduce the lighting energy consumption by 18.7% and 14.3% in comparison to previous light-shelves with a fixed width of 0.3 m and 0.6m, indicating that it is effective for saving energy.

Key words Light-shelf(광선반), Drawer type(서랍형), Width(폭), Performance evaluation(성능평가)

† Corresponding author, E-mail: yongkim@kookmin.ac.kr

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

미국의 국제에너지기구인 IEA(International Energy Agency)가 2001년에 발표한 자료에 의하면 건물부문에서 소비되는 에너지량은 전체 에너지소비량의 38%로 나타나고 있으며, 특히 조명에너지는 건물부문에서 소비되는 전체 에너지 소비량의 22%로 높게 분석되고 있다. 또한, 조명에너지 사용량은 지속적으로 증가할 것이라 예측하고 있어서 건물에서 사용되는 조명에너지 사용량을 줄이기 위한 연구 및 기술 개발의 필요성은 증대되고 있다. 광선반은 외부 자연광을 실내 깊숙이 유입하

는 자연채광시스템으로 그 효율을 인정받아서 조명에너지 문제를 해결하기 위한 방안으로 다양한 연구가 이루어지고 있다. 그러나 광선반은 외부 조도가 낮은 주간 및 야간의 경우에는 채광성능이 낮으며, 외부 시야를 막아 조망권을 해친다. 또한, 외부형 광선반 타입은 채광성능이 우수하나⁽¹⁾ 외부 돌출물로써 고층 건물에 적용 시 풍압에 의한 파손이 우려된다. 이러한 점들은 광선반 관련 산업 활성화에 걸림돌로 작용하고 있으며, 이를 해결하기 위한 연구는 반드시 필요시 된다.

이에 본 연구는 광선반 폭의 조절이 가능한 서랍형 타입의 광선반을 제안하며, 이후 실거주 기반의 테스트베드를 통한 성능검증을 실시함으로써 유효성 검증 및 광선반 설계 시 기초자료 구축을 목적으로 한다.

1.2 연구 방법 및 절차

본 연구는 반사판의 폭 조절이 가능한 서랍형태의 광선반을 제안 및 성능평가를 실시하며, Fig. 1에서 나타나듯이 다음의 절차에 의거하여 진행되도록 하였다. 첫 번째, 이론고찰의 단계로 광선반의 개념 및 연구동향과 실내 권장 조도기준에 대한 고찰을 실시하였다. 두 번째, 고찰된 내용을 근거로 반사판의 폭 조절이 가능한 서랍형 타입의 광선반을 제안하였다. 세 번째, 광선반의 성능평가를 진행하기 위하여 테스트베드를 구축하였으며, 기존 광선반 타입인 폭 0.3 m, 0.6 m의 광선반은 각각 Case 1, 2로 설정하여 성능을 비교 분석함으로써 유효성을 검증하였다.

2. 광선반 및 실내 적정 조도 기준

2.1 광선반의 개념 및 특성

광선반은 Fig. 2에서 나타나듯이 주광을 광선반의 반사판 및 실내 천정면의 반사를 통하여 창에서 멀리 떨어진 곳 까지 자연광을 유입시키는 자연채광시스템이다. 또한, 광선반은 외부 자연광의 유입으로 인한 눈부심이나 조도의 불균형 등의 문제점을 개선하기 위하여 실내로 직접 유입되는 자연광을 차단하기도 한다. 이로 인하여 실내 조도분포를 균일하게 하여 실내 공간의 질을 향상시키고 조명에너지 저감할 수 있다. 또한 기존 광선반의 변인은 Fig. 2에서 나타나듯이 다양하나 외부 태양의 고도, 방위각 등에 대응하기 위한 제어 변인은 각도 정도로 판단된다.

광선반에 관한 선행연구는 Table 1과 같으며, 선행연구를 고찰한 결과 광선반 가동을 위한 변인은 각도

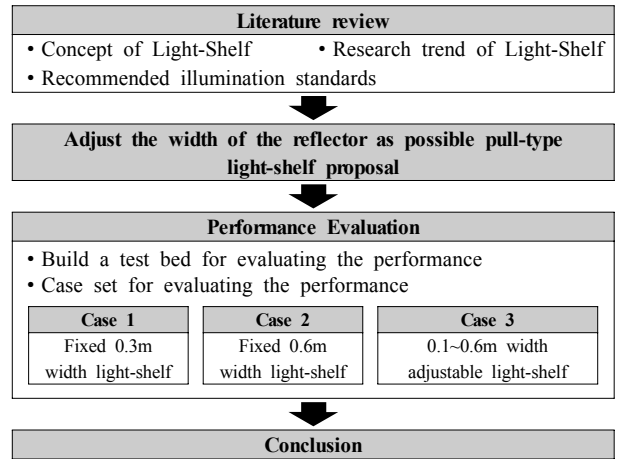
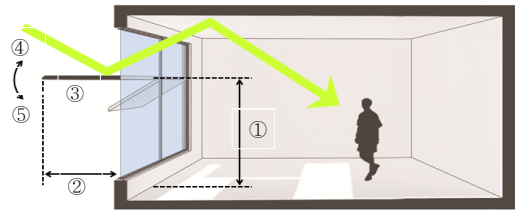


Fig. 1 Procedure of the study.



① Height, ② Width, ③ Reflectivity, ④ +Angle, ⑤ -Angle

Fig. 2 Concept and Variable of Light-Shelf.

정도로 나타나고 있다. 또한 선행 연구에서의 광선반 폭은 특정 치수에 고정되어 있으며, 본 연구에서 제안하는 폭의 길이를 변화시키는 광선반에 관한 연구는 부재하다. 이에 본 연구는 반사판의 폭과 각도가 모두 조절 가능한 서랍형 타입의 가동형 광선반을 제안하며, 그에 따른 성능평가는 유의미하다고 판단된다.

Table 1 Advance research of Light-Shelf

Title of study	Variable of Light-Shelf	
	Width	Angle
Development and Performance Evaluation of a Sloped Light-Shelf Daylighting System ⁽²⁾	Fixed 0.3 m	○
Analysis on the Indoor Daylight Performance and Optimum Size Selection of a Light-Shelf Using Light-Scape ⁽³⁾	Fixed 0.3 m	○
Daylighting Performance of a Light Shelf within Partitioned Space ⁽⁴⁾	Fixed 0.3 m	○
The Improvement of Uniformity Ratio for Luminous Environment Using Horizontal Light-Shelf in an Office Building ⁽⁵⁾	Fixed 0.3 m	○
The Study on the Sunlighting and Energy Performance Evaluation of the Photovoltaic Light-Shelf on Windows ⁽⁶⁾	Fixed 0.3 m	○
Simulation Study on the Performance Evaluation of Light-Shelf According to Geometric Shape of Ceiling ⁽⁷⁾	Fixed width(0.3 m, 0.6 m, 0.9 m, 1.2 m)	○
Evaluation of Lighting Performance of Mixed Type Light-Shelf in Residential Space According to Angular Variations ⁽⁸⁾	Fixed 0.3 m	○
Analysis of Lighting Control System for Applications of Light-Shelf Conditions to Office Space ⁽⁹⁾	Fixed 0.3 m	○

Table 2 KS A 3011 : Standard lux

Type of activity	Scope[lx]		
	min.	ave.	max.
Visual Performance according to the degree of high-brightness	150	200	300
Visual Performance according to the degree of general-brightness	300	400	600
Visual Performance according to the degree of low-brightness	600	1,000	1,500

2.2 실내 조도 기준

실내 조도는 재실자의 쾌적한 환경을 조성하기 위한 필수 요소이며, 조명 에너지 사용과 밀접한 연관성을 가지고 있다. 성능평가를 위한 조도 기준은 KS A 3011에 의거하였으며, Table 2에서 나타나듯이 활동유형에 따라서 고휘도 대비 시작업, 일반휘도 대비 시작업, 저휘도 대비 시작업으로 구분된다. 일반휘도의 시작업의 경우에는 거실의 독서, 사무실의 세밀한 일, 연구실의 일반작업 등에 필요한 조도로 최소 300 lx, 최대 600 lx로 제시하고 있으며, 본 연구에서는 성능평가의 기준을 일반휘도 시작업의 표준조도인 400 lx로 설정하여 진행하였다.

3. 반사판의 폭 조절이 가능한 서랍형 타입의 가동형 광선반 제안

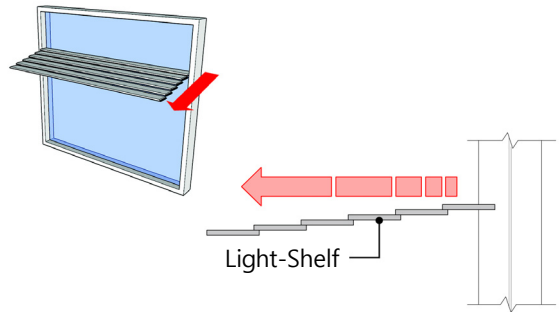
3.1 폭 조절이 가능한 서랍형 타입 광선반 개념

본 연구에서 제안하는 반사판의 폭 조절이 가능한 서랍형 타입 광선반은 Fig. 3에서 나타나듯이 다양한 외부환경에 능동적으로 대응하기 위하여 반사판들이 층층이 쌓여진 레이어드 형태로 필요시 길이가 확장되도록 하였다. 이는 앞서서 언급하였듯이 기존 광선반이 야간 등 광선반의 효율이 발생하지 않을시 시야를 막아 조망권을 해친다는 것에서 착안하였다.

기존의 광선반은 외부환경에 대응하기 위하여 광선반의 각도를 제어하는 수준이며, 광선반 관련 연구⁽¹⁾ 결과에서 나타나듯이 절기에 따른 광선반의 적정 폭은 상이하게 나타나고 있어서 실내 조명에너지 저감 및 채광성능 개선에 제한적인 요소라고 판단된다. 또한 고층에 설치되는 외부형 광선반의 경우에는 높은 풍압에 의한 파손이 우려되며, 이때 풍속센서 등을 적용하여 일정 이상의 풍속으로 인한 광선반 파손의 우려시 광선반의 폭의 길이를 최소로 제어하여 이를 미연에 방지 가능하다. 이러한 부분을 고려시 본 연구에서 제



(a) Before expanding the width of the light-shelf



(b) After expanding the width of the light-shelf

Fig. 3 Concept of movable drawer type light-shelf.

안하는 반사판의 폭 조절이 가능한 서랍형 타입 광선반은 기존 광선반에 대비하여 외부환경에 적극적으로 대응하여 에너지 저감을 유도할 수 있으며, 광선반의 채광성능의 효율이 낮은 야간 및 운량이 많은 주간의 경우에도 조망권 확보 등의 이점으로 인하여 유효할 것이라 판단한다.

3.2 폭 조절이 가능한 서랍형 타입 광선반의 가동제어

본 연구에서 제안하는 폭 조절이 가능한 서랍형 타입 광선반은 다음의 절차에 의거하여 제어가 되도록 하였다.

첫 번째, 재실자 입실전 및 야간의 경우에는 광선반은 서랍을 모두 닫은 형태로 폭의 길이는 최소화로 제어 된다. 두 번째, 재실자가 입실시 광선반은 일차적으로 최소 길이 상태로 각도 제어를 실시하며, 각도 제어에 따른 조도값을 획득한다. 획득한 조도 값 중 400 lx를 만족하는 각도가 있을시 400 lx를 만족하는 각도로 재가동되며, 광선반 제어를 종료한다. 광선반 폭이 최소인 상태로 각도 제어 이후에도 400 lx를 만족하는 각도가 없을 경우에는 광선반 폭을 한 단계 증가시킨 이후 각도 제어를 실시하며, 이전 단계와 동일하게 실내 조도 값을 취득되도록 하였다. 이러한 반복 과정 이후에도 400 lx를 만족하지 못하는 경우에는 조명 제어가 진행되며, 이를 통하여 효율적인 조명제어가 이루어 질 것이라 판단된다.

Table 3 Setting of test-bed

Room size, Material	4.9 m(W)×6.6 m(D), 2.5 m(Ceiling height) Ceiling : reflexivity 86%, Wall : reflexivity 46%
Window size, Material	2.2 m(W)×1.8 m(H) Pair glass 12 mm(3 mm+6 mm+3 mm)
Lighting	8 Level dimming(LED type)
External illuminance	Winter : 30,000 lx, Middle season : 60,000 lx, Summer : 80,000 lx
Direction	South

Overview of test-bed and artificial sunlight



4. 성능평가 환경설정 및 결과

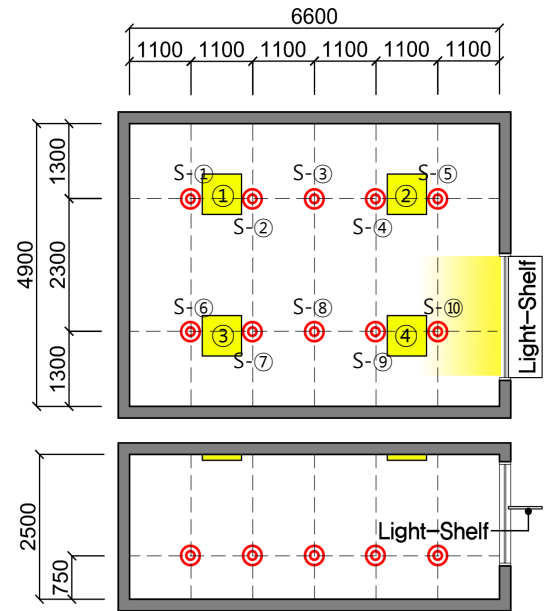
4.1 성능평가 환경설정

본 연구는 앞서서 제안한 폭 조절이 가능한 서랍형 타입의 가동형 광선반의 성능평가를 하기 위하여 테스트베드를 구축하였으며, 테스트베드는 Table 3에서 나타나듯이 폭 4.9 m, 깊이 6.6 m, 높이 2.5 m의 크기이며, 광선반이 설치되는 창외의 크기는 폭 2.2 m, 높이 1.8 m로 채광성을 위한 외부환경은 정남향으로 설정하였다. 또한 인공태양광 조사장치를 창측 외부채amber에 구축하였다. 인공태양광 조사장치는 광원의 광량, 높이 및 각도 조절을 통하여 각 절기에 따른 외부 빛환경 설정이 가능하도록 하였다.

본 연구의 성능평가는 광선반의 설치에 따른 실내조도분포를 측정하기 위하여 Fig. 4에서 나타나듯이 총 10개의 조도센서를 배치하였으며, 조도센서의 위치는 실내 평균조도를 측정하기 위한 조도측정위치가 채광창으로부터 4.4 m가 적합하다는 연구⁽¹⁰⁾를 근거하여 채광창으로 4.4 m지점과 공간의 크기를 고려하여 1.1 m간격으로 설치되도록 하였다. 또한, 조도센서의 높이는 작업면 높이를 고려하여 바닥면으로부터 750 mm지점에 위치시켰다.

4.2 성능평가 방법

본 연구는 폭 조절이 가능한 서랍형 타입의 가동형 광선반의 성능평가를 위하여 다음 방법에 의거하여 진행하였다.



◎ : Illuminance sensor,

S-① (Illuminance sensor-number), ① : Lighting Number

Fig. 4 Plane and section of testbed, location of illumination sensor.

Table 4 Case setting for performance evaluation

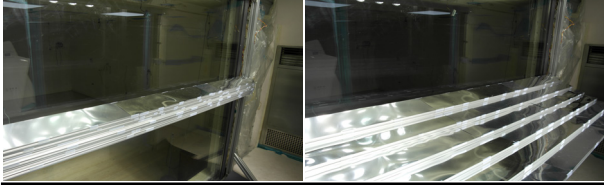
	Control of light-shelf variables	
	Angle control	Width control
Case 1	-10°, 0°, 10°	0.3 m fixed
Case 2		0.6 m fixed
Case 3	20°, 30°	0.1 m~0.6 m (A control tolerance of 0.1 m)

첫 번째, 본 연구는 Table 4에서 나타나듯이 폭 조절이 가능한 서랍형 타입의 가동형 광선반의 유효성을 검증하기 위하여 폭 0.3 m 및 폭 0.6 m로 고정된 광선반을 각각 Case 1과 Case 2로 설정하였으며, 폭 조절이 가능한 서랍형 타입의 가동형 광선반은 0.1 m에서 0.6 m까지 0.1 m간격으로 조절이 가능하도록 설정하였다. 또한, 본 연구는 Table 5에서 나타나듯이 반사판 폭 조절이 가능한 서랍형 타입의 가동형 광선반을 제작하기 위하여 20 mm×20 mm 규격의 프로파일용을 이용하였으며, 반사판은 반사율 85%의 specular reflection film를 적용하였다.

두 번째, 설정된 Case의 성능평가를 위하여 앞서서 설정한 10개의 지점에 대하여 실내 조도를 측정하였으며, 각 조도값을 근거로 최소 조도값, 평균 조도값 및 균제도를 도출하였다. 본 연구에서의 균제도는 평균조도에 대한 최소조도값을 산출하였다.

Table 5 Setting of light-shelf variables for performance evaluation

Height	1,800 mm
Angle range	-10°, 0°, 10°, 20°, 30°
reflectivity	specular reflection film(reflexibility 85%)
Type	Exterior type



세 번째, 본 연구는 조도센서 2, 4, 7, 9와 조명 1, 2, 3, 4와 각각 연동하였으며, 조도센서 2, 4, 7, 9번의 조도 값중 400 lx 이하가 있을 경우 가장 낮은 조도 값을 가지는 조도센서와 연동된 조명부터 순차적으로 디밍 조명제어가 이루어지도록 하였다. 디밍 조명제어 중 400 lx를 만족시 조명제어를 종료하며, 이때의 전력 사용량을 도출하여 성능평가를 위한 자료로 활용하였다. 전력사용량은 정남향 1시간을 기준으로 산출하였다.

4.3 성능평가 결과

본 연구는 반사판의 폭 조절이 가능한 서랍형 타입

의 가동형 광선반을 제안하며, 제안된 광선반은 광선반의 폭의 길이가 0.3 m 및 0.6 m로 고정된 타입인 Case 1, Case 2에 대한 채광성능 및 조명에너지 사용량을 비교 분석하였다. 이에 대한 결과는 다음과 같다.

첫 번째, 폭 0.3 m 광선반(Case 1) 및 폭 0.6 m의 광선반(Case 2)의 적정각도는 Table 6에서 나타나듯이 하지, 중간기, 동지에 대하여 각각 30°로 나타나고 있으며, 이에 따른 조명에너지 전력 사용량은 Table 7에서 나타나듯이 각각 0.177 kWh 및 0.168 kWh로 도출된다.

두 번째, 본 연구에서 제안하는 반사판의 폭 조절이 가능한 서랍형 타입의 가동형 광선반의 적정 규격은 Table 8과 Table 9에서 나타나듯이 하지의 경우에는 광선반 폭 0.6 m, 광선반 각도 20°로 도출되며, 중간기의 경우에는 광선반 폭 0.3 m, 광선반 각도 20°로 나타나고 있다. 또한, 동지의 경우에는 광선반 폭 0.1 m, 광선반 각도 20°로 나타나고 있으며, 이는 외부환경에 대응한 광선반 폭의 조절이 유의미 한 것으로 판단된다.

세 번째, 반사판의 폭 조절이 가능한 서랍형 타입의 가동형 광선반의 조명에너지 사용량은 0.144 kWh로 폭 0.3 m 광선반(Case 1) 및 폭 0.6 m의 광선반(Case 2)에 대비하여 조명에너지 사용량 18.7% 및 14.3%의 개선이 가능하며, 이는 본 연구에서 제안하는 반사판의 폭 조절이 가능한 서랍형 타입의 가동형 광선반이 에너지 저감에도 유효한 것으로 판단된다.

Table 6 Performance evaluation result according to the angle of light-shelf (fixed at a width of 0.3 m and 0.6 m)

Width (m)	Angle	Summer			middle season			Winter								
		Illumination		Lighting dimming control : Lighting Number (Dimming level)	Illumination		Lighting dimming control : Lighting Number (Dimming level)	Illumination		Lighting dimming control : Lighting Number (Dimming level)						
		Min.	Ave.		U	E.C (kWh)		Min.	Ave.		U	E.C (kWh)				
0.3	-10°	72.4	341.4	0.213	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	119.3	4337.4	0.213	1(8)→3(1)	0.063	277.1	5181.4	0.213	1(1)	0.012
	0°	73.2	352.3	0.208	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	126.3	4353.7	0.208	1(8)→3(1)	0.063	286.2	5187.4	0.208	1(1)	0.012
	10°	77.7	358.1	0.217	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	128.7	4359.7	0.217	1(8)→3(1)	0.063	295.6	5214.5	0.217	1(1)	0.012
	20°	82.6	366.9	0.225	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	133.4	4370.3	0.225	1(8)	0.051	305.7	5222.1	0.225	1(1)	0.012
	30°	88.6	368.7	0.240	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	138.2	4369.9	0.240	1(8)	0.051	298.7	5212.3	0.240	1(1)	0.012
0.6	-10°	77.2	371.8	0.205	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	0.114	104.9	0.205	1(8)→3(1)	0.063	249.2	5101.1	0.205	1(1)	0.012
	0°	80.4	391.6	0.205	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	0.073	108.0	0.205	1(8)→3(1)	0.063	266.2	5143.4	0.205	1(1)	0.012
	10°	86.5	408.6	0.212	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	0.073	114.3	0.212	1(8)→3(1)	0.063	232.6	5783.0	0.212	1(1)	0.012
	20°	100.5	411.8	0.244	1(8)→3(7)	0.093	0.073	124.3	0.244	1(8)→3(1)	0.063	300.1	5211.6	0.244	1(1)	0.012
	30°	104.2	419.5	0.248	1(8)→3(7)	0.093	0.063	135.9	0.248	1(8)→3(1)	0.063	286.8	5194.2	0.248	1(1)	0.012

U : Uniformity ratio, E.C : Electricity consumption.

Table 7 Ascertainning electricity consumption according to the proper angle of light-shelf (fixed at a width of 0.3 m and 0.6 m)

Width (m)	Summer		middle season		Winter		Total of electricity consumption(kWh)
	Optimum angle	Electricity consumption(kWh)	Optimum angle	Electricity consumption(kWh)	Optimum angle	Electricity consumption(kWh)	
0.3	30°	0.114	30°	0.051	30°	0.012	0.177
0.6	30°	0.093	30°	0.063	30°	0.012	0.168

Table 8 Performance evaluation result of movable drawer type light-shelf which enables the width adjustment of the reflector

Width (m)	Angle	Summer					middle season					Winter				
		Illumination		U	Lighting dimming control : Lighting Number (Dimming level)	E.C (kWh)	Illumination		U	Lighting dimming control : Lighting Number (Dimming level)	E.C (kWh)	Illumination		U	Lighting dimming control : Lighting Number (Dimming level)	E.C (kWh)
		Min.	Ave.				Min.	Ave.				Min.	Ave.			
0.1	-10°	69.3	290.5	0.239	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	116.1	4242.3	0.027	1(8)→3(1)	0.063	279.3	5183.6	0.054	1(1)	0.012
	0°	70.5	295.8	0.238	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	125.2	4238.8	0.030	1(8)→3(1)	0.063	278.9	5167.6	0.054	1(1)	0.012
	10°	71.0	298.1	0.238	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	121.1	4247.8	0.029	1(8)→3(1)	0.063	290.5	5187.3	0.056	1(1)	0.012
	20°	67.8	296.5	0.229	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	124.3	4252.7	0.029	1(8)→3(1)	0.063	297.0	5208.9	0.057	OFF	0
	30°	74.9	302.5	0.248	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	124.1	4257.4	0.029	1(8)→3(1)	0.063	300.1	5211.8	0.058	OFF	0
0.2	-10°	67.7	284.1	0.238	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	115.2	4216.2	0.027	1(8)→3(1)	0.063	265.4	5163.4	0.051	1(1)	0.012
	0°	72.4	296.6	0.244	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	117.6	4223.8	0.028	1(8)→3(1)	0.063	282.4	5170.1	0.055	1(1)	0.012
	10°	72.0	302.5	0.238	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	117.6	4238.4	0.028	1(8)→3(1)	0.063	295.7	5189.4	0.057	1(1)	0.012
	20°	74.0	303.9	0.244	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	114.8	4255.2	0.027	1(8)→3(1)	0.063	297.2	5208.9	0.057	1(1)	0.012
	30°	65.8	311.4	0.211	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	122.3	4255.6	0.029	1(8)→3(1)	0.063	300.2	5211.1	0.058	OFF	0.000
0.3	-10°	69.1	292.9	0.236	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	106.2	4203.7	0.025	1(8)→3(1)	0.063	274.1	5137.3	0.053	1(1)	0.012
	0°	70.1	305.5	0.229	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	122.8	4220.1	0.029	1(8)→3(1)	0.063	276.3	5157.8	0.054	1(1)	0.012
	10°	71.7	311.4	0.230	1(8)→3(8)→2(2)	0.120	119.9	4242.0	0.028	1(8)→3(1)	0.063	284.7	5184.2	0.055	1(1)	0.012
	20°	77.5	320.8	0.235	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	119.8	4247.1	0.028	1(8)→3(1)	0.051	336.2	5158.7	0.065	1(1)	0.012
	30°	79.0	327.6	0.220	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	128.4	4261.7	0.030	1(8)	0.063	299.6	5206.3	0.058	1(1)	0.012
0.4	-10°	71.2	311.2	0.229	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	107.4	4208.4	0.026	1(8)→3(1)	0.063	264.9	5122.0	0.052	1(2)	0.018
	0°	69.5	321.7	0.216	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	113.5	4221.6	0.027	1(8)→3(1)	0.063	274.4	5138.1	0.053	1(1)	0.012
	10°	70.3	322.4	0.218	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	117.1	4242.8	0.028	1(8)→3(1)	0.063	279.5	5174.7	0.054	1(1)	0.012
	20°	73.7	339.5	0.217	1(8)→3(8)	0.102	125.0	4252.6	0.029	1(8)	0.051	304.7	5192.1	0.059	1(1)	0.012
	30°	75.1	338.2	0.222	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	125.3	4265.9	0.029	1(8)	0.051	297.5	5186.4	0.057	1(1)	0.012
0.5	-10°	72.4	326.8	0.222	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	104.2	4192.8	0.025	1(8)→3(1)	0.063	255.8	5102.7	0.050	1(2)	0.018
	0°	70.5	336.9	0.209	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	104.5	4210.6	0.025	1(8)→3(1)	0.063	271.9	5129.2	0.053	1(1)	0.012
	10°	73.3	343.0	0.214	1(8)→3(8)→2(1)	0.114	111.3	4234.1	0.026	1(8)→3(1)	0.063	277.0	5166.1	0.054	1(1)	0.012
	20°	81.3	354.9	0.229	1(8)→3(8)	0.102	123.9	4243.3	0.029	1(8)→3(1)	0.063	290.7	5166.9	0.056	1(1)	0.012
	30°	77.4	359.2	0.215	1(8)→3(8)	0.102	124.8	4258.2	0.029	1(8)→3(1)	0.063	288.0	5166.4	0.056	1(1)	0.012
0.6	-10°	70.2	333.6	0.210	1(8)→3(8)	0.102	105.8	4101.2	0.026	1(8)→3(1)	0.063	252.7	5081.9	0.050	1(2)	0.018
	0°	73.7	350.2	0.210	1(8)→3(8)	0.102	101.9	4124.9	0.025	1(8)→3(1)	0.063	267.8	5133.8	0.052	1(1)	0.012
	10°	74.9	356.1	0.210	1(8)→3(8)	0.102	115.8	4222.2	0.027	1(8)→3(1)	0.063	272.7	5154.7	0.053	1(1)	0.012
	20°	84.3	367.5	0.221	1(8)→3(7)	0.093	117.7	4236.7	0.028	1(8)→3(1)	0.063	289.3	5155.8	0.056	1(1)	0.012
	30°	93.1	370.9	0.238	1(8)→3(7)	0.093	123.1	4245.6	0.029	1(8)→3(1)	0.063	280.2	5147.1	0.054	1(1)	0.012

U : Uniformity ratio, E.C : Electricity consumption.

Table 9 Electricity consumption of movable drawer type light-shelf which enables the width adjustment of the reflector

Summer			middle season			Winter			Total of electricity consumption(kWh)
Proper width (m)	Optimum angle	Electricity consumption (kWh)	Proper width (m)	Optimum angle	Electricity consumption (kWh)	Proper width (m)	Optimum angle	Electricity consumption (kWh)	
0.6	20°	0.093	0.3	20°	0.051	0.1	20°	0	0.144

5. 결 론

본 연구는 외부 환경에 대응하여 효율적인 제어 및 채광성능 개선을 위하여 반사판의 폭 조절이 가능한 서랍형 타입의 가동형 광선반 제안하며, 테스트베드를 통한 성능검증으로 그 유효성 검증을 목적으로 한다.

이에 대한 결론은 다음과 같다.

- (1) 본 연구는 외부환경에 대응하며, 광선반의 효율이 저하되는 야간 등의 경우에는 광선반의 폭을 최소로 하여 기존 광선반이 가지는 조망권 저하의 문제를 해결하고자 한다.
- (2) 본 연구는 절기에 따른 반사판의 폭 조절이 가능한

서랍형 타입의 가동형 광선반의 적정 변인을 도출하였으며, 하지, 중간기, 동지에 대하여 폭 0.6 m/각도 20°, 폭 0.4 m/각도 20°, 폭 0.1 m/각도 20°로 도출되어 광선반 폭의 조절은 유의미 할 것으로 판단된다.

- (3) 본 연구는 절기에 따른 반사판의 폭 조절이 가능한 서랍형 타입의 가동형 광선반은 기존의 폭 0.3 m 및 폭 0.6 m의 광선반에 대비한 조명에너지 저감은 각각 18.7% 및 14.3%의 개선이 가능하여 에너지저감에도 유효한 것으로 판단된다.

본 연구는 기존 광선반이 가지는 문제를 해결하며, 채광성능을 개선하여 조명에너지 해결에 기여 가능하다는 점에서 의미가 있으나, 광선반의 폭의 제어를 위한 경제성 및 기술에 대한 검토가 이루어지지 않았다는 한계는 가진다. 향후에는 이러한 부분을 보완한 연구 및 건물부문의 에너지 문제 해결을 위한 연구는 지속되어야 할 것이다.

References

1. Lee, H. W., Kim, D. S., and Kim, Y. S., 2013, 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, pp. 335-344.
2. Kim, J. T., Kim, K. C., and Kim, G., 2004, Development and Performance Evaluation of a Sloped Light-Shelf Daylighting System, *Journal of the Korean Solar Energy Society*, Vol. 24, No. 2, pp. 39-50.
3. Cho, I. S., Kim, B. S., and Lee, J. S., 2004, Analysis on the Performance and Optimum Size Selection of a Light Shelf Using Lightscape, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, Vol. 20, No. 6, pp. 231-238.
4. Kim, G. and Lee, S. Y., 2007, Daylighting Performance of a Light Shelf within Partitioned Space, *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building System*, Vol. 1, No. 3, pp. 30-37.
5. Lee, H. W. and Lee, S. N., 2011, The Improvement of Uniformity Ratio for Luminous Environment Using Horizontal Light-Shelf in an Office Building, *Journal of Korean Living Environment System*, Vol. 18, No. 1, pp. 145-152.
6. Chung, Y. G., 2013, The Study on the Sunlighting and Energy Performance Evaluation of the Photovoltaic Light-Shelf on Windows, *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building System*, Vol. 7, No. 3, pp. 215-220.
7. Lee, H. W., Kim, Y. S., Seo, J. H., and Kim, D. S., 2014, Simulation Study on the Performance Evaluation of Light-Shelf According to Geometric Shape of Ceiling, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 4, pp. 181-192.
8. Chae, W. R., Lee, H. W., Seo, J. H., and Kim, Y. S., 2014, Evaluation of Lighting Performance of Mixed Type Light-Shelf in Residential Space According to Angular Variations, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 26, No. 9, pp. 424-433.
9. Yoon, Y. J., Moon, J. W., and Kim, S. Y., 2016, Analysis of Lighting Control System for Applications of Light-Shelf Conditions to Office Space, *Journal of Korean Living Environment System*, Vol. 23, No. 2, pp. 310-319.
10. Jung, B. K. and Choi, A. S., 2003, An Experimental Study of the Optimum Spatial Characteristics and Location of Photosensor for Daylight Responsive Dimming Systems, *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, Vol. 17, No. 5, pp. 8-14.