

# 교실에서의 일반형과 루버형 차양장치의 채광성능 비교 분석

## Comparative Daylighting Performance of a Classroom with Traditional and Louver type Shading Devices

김윤정\*  
Kim, Yoon Jeong

김정태\*\*  
Kim, Jeong Tai

### Abstract

Shading devices have become an integral part of the daylighting strategy for sustainable classroom design. The louver type is newly designed shading devices which provide more view to the outside and protect from outside condition such as snow or rain. The purpose of this study is to compare the daylight performance of traditional and louver type overhang and lightshelf. The room dimension was 7.5m×9.0m×3.0m. The length of shading devices was calculated by Palmero's study. The length of the traditional and louver type overhang was 455mm, 1210mm and lightshelf was 350/810mm, 625/555mm respectively. For the study, the Radiance 2.0 was used to evaluate the illuminance and uniformity ratios. And scale model were used to evaluate sunpatch area on the floor in model was calculated. The results showed that the louver type lightshelf was suitable for spring and summer, and louver type overhang was suitable for winter.

키워드 : 교실, 차양, 광선반, 스케일 모델, 조도, 균제도

Keywords : Classroom, Overhang, Lightshelf, Scale model, Illuminance, Uniformity ratios

### 1. 서론

최근 들어 학교 건물의 친환경성 향상과 에너지 절약에 대한 요구가 커지고 있다. 2005년 3월부터 환경부와 공동으로 학교시설 친환경건축물 인증기준을 심의 확정하고 친환경건축물 인증대상에 학교시설을 포함시켰다. 2009년부터 녹색 뉴딜 정책 사업의 일환으로 그린스쿨 사업이 시행되면서 과거 거의 확실히 친환경 기법이 적용되지 않은 초중고교를 대상으로 친환경 계획, 신재생에너지 적용 등 자연친화적이고 에너지 절약을 위한 교육시설 신축과 리모델링에 대한 요구가 증가하고 있다[1].

일반적으로 학교교실은 빛환경 측면에서 자연채광을 최대한 유입하기 위해 대부분 남향으로 배치되고, 상대적으로 넓은 창 면적을 확보하고 있다[2]. 국내 학교교실의 경우 측창의 과도한 일사유입과 창면부의 눈부심을 방지하기 위해 일반적으로 블라인드나 커튼을 사용하고 있다. 하지만 확실적인 자연채광 조절로 인해 쾌적한 시환경 조성이 어려운 것이 현실이다. 교실에서의 적절한 시환경 조성은 조명에너지 절약을 할 수 있는 자연채광 이용을 위해서는 직사일광의 과도한 유입을 차단하고, 빛을 적절히 확산시켜 실내로의 유입을 극대화 시켜야한다[3]. 이에 따른 자연채광시스템으로 외부 고정차양방식인 광선반과 차양이 있다.

광선반은 실내로 유입되는 자연광을 천정면 반사를 통해 깊은 실내공간까지 유입시켜 과도한 창면부의 빛의 양을 감소시킴으로서 차양 역할을 한다. 또한 실내 후면부의 조도를 증가시킴으로써 실내에 균일한 자연광분포를 조성하여 실내 빛환경의 질을 높이고 조명 에너지를 절감하는 효과가 있다. 차양은 학교건물에서 가장 일반적으로 설치할 수 있는 장치로, 창 상부에 건물 외피에서 돌출시킨 부위이며 직사일광이 건물 내에 들어오는 양을 제어할 수 있는 장치이다[4].

국내의 차양 설계방법은 크게 세 가지로, 지지와 동지의 태양남중고도[5], 춘분의 남중고도[6], 시물레이션 분석을 통해 산출한 적정 광선반 관계식[7]이 있다. 하지만 이 세 가지 설계방법의 차양 돌출형태는 Panel이기 때문에 한국의 기후 특성상 겨울철 적설하중에 의해 채광성능이 감소하고, 재설자의 시야가 방해되는 한계점이 있다. Palmero의 연구[8]에서는 차양형태를 Panel 대신 루버를 적용하여 조망 및 적설하중에 따른 부정적인 영향을 감소시킨다.

따라서 본 연구에서는 Palmero의 연구를 적용하여 기존 차양방식과 비교를 통해 채광성능면에서 국내 학교 교실에 적합한 차양장치 형태를 제시하고자 한다. 이에 따라 기존의 설계방법과 Palmero의 설계방법을 차양과 광선반에 적용하여 평가대상을 4가지 차양장치인 일반형 차양, 루버형 차양, 일반형 광선반, 루버형 광선반으로 구성하였다. 조도분석은 시물레이션을 이용하였고 직사일광 면적은 축소모형 실험으로 분석하여 적합한 차양형태를 제시하고자 한다.

\* Dept. of Architectural Engineering, Kyung Hee Univ. South Korea (kimyj22@khu.ac.kr)

\*\* Corresponding author. Dept. of Architectural Engineering, Kyung Hee Univ. South Korea (jtkim@khu.ac.kr)

## 2. 선행연구 고찰

선행연구에서 나타난 기존의 차양장치 설계방법은 다음 3가지와 같다. 신화영(2007)은 광선반과 베네시안 블라인드를 통합적으로 이용하여 태양고도에 따른 실내 주광환경특성에 대한 영향을 분석하였다. 광선반 설계방법은 하지에 실내로 직사광 유입을 방지하고 동시에 최대 직사광이 유입될 수 있도록 설정하였다[5].

Ochoa(2006)는 높은 일사량을 가진 지역의 오피스 건물에 남향창에 광선반, 애니돌릭 시스템을 적용하여 차양 미설치시와 조도 및 글레어를 비교하였다. 광선반의 길이는 여름과 겨울철의 중간위치인 춘분의 태양 입사각도 55°를 고려하여 결정하였다[6].

조일식(2004)은 적정 광선반 관계식을 제시하기 위해 시뮬레이션을 통하여 광선반의 내,외부 길이, 표면반사율과 설치각도를 변수로 하여 최적의 설계안을 도출하였다. 광선반의 최적의 길이는 외부 600mm~1,000mm, 내부 200mm~400mm의 범위로 나타났으며, 이 결과를 바탕으로 적정광선반 관계식을 제시하였다[7].

본 연구에서 적용한 Palmero(2010)의 연구에 따르면, 차양장치의 길이는 하지와 동지의 남중고도각에 의해 계산된다[8]. 이는 다른 연구와 방법이 같지만 차양 형태가 루버라는 점에서 차이가 있다. 따라서 이 형태는 환기와 조망, 겨울철 적설하중 방지면에서 채광성능 및 에너지성능에 효율적이라고 판단하여 본 연구에 적용하였다.

## 3. 연구방법론

### 3.1. Palmero의 연구

Palmero[8]가 제시한 차양설계의 목적은 겨울에 일사를 완전히 받을 수 있고, 여름에 일사를 완전히 차단하는 것이다. 이에 따라 Palmero의 연구에서는 차양설계시 하지와 동지의 태양 남중고도각에  $\xi$ (크시)각을 아래와 같이 적용한다.

- 하지: 하지 남중고도- $\xi$  (일사를 최대한 차단하는 각도)
- 동지: 동지 남중고도+ $\xi$  (일사를 최대한 유입하는 각도)

$\xi$ 각은 위도에 따라 다음과 같이 적용된다 (위도 $<45^{\circ}N$ 이면,  $\xi=10^{\circ}$ , 위도 $>45^{\circ}N$ 이면,  $\xi=5^{\circ}$ ). 따라서 서울의 경우, 위도가  $37.5^{\circ}$ 이므로 하지의 각도는  $76^{\circ}-10^{\circ}(\xi)=66^{\circ}$ , 동지는  $29^{\circ}+10^{\circ}(\xi)=39^{\circ}$ 가 된다. 이에 따라 계산된 차양장치의 돌출길이는 일반형 차양이 455mm, 루버형 차양이 1210mm, 일반형 광선반이 350mm/810mm(외부/내부), 루버형 광선반이 625mm/555mm로 계산된다(Fig. 1).

또한 Palmero에서 제시한 슬랫각도는 그 지역의 위도로 하며, 간격은 하지 남중고도로 들어오는 빛이 완전히 차단 되도록 하는 거리로 산정한다. 따라서 Fig. 2와 같이 서울의 위도인  $37.5^{\circ}$ 를 슬랫각도로 하고,  $76^{\circ}$ 의 남중고도를 차단하는 슬랫 간격은 141mm로 산정할 수 있다. 슬랫개수

는 차양 돌출길이를 슬랫간격으로 나누어 계산할 수 있다. 따라서 루버형 차양의 슬랫개수는 8개, 루버형 광선반은 4개가 된다.

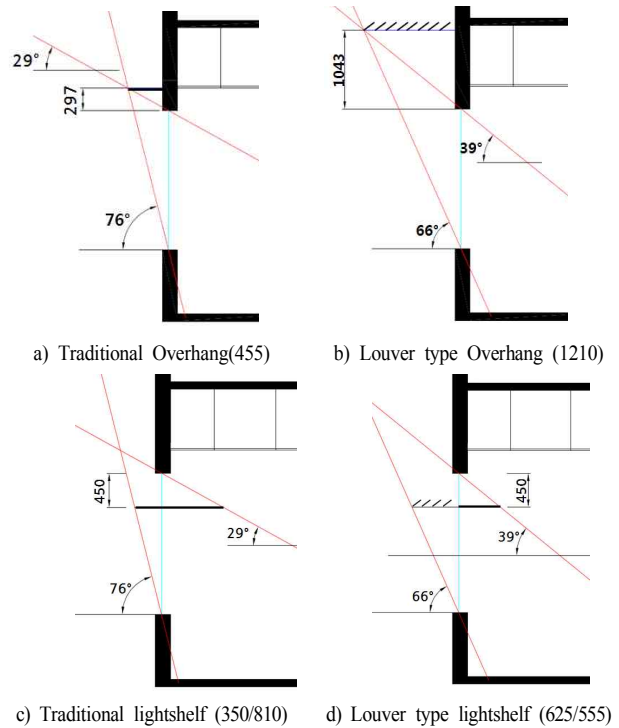


Fig. 1. The shape and length of shading device (mm)

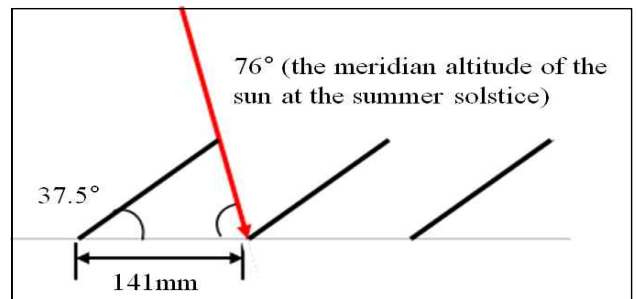


Fig. 2. The length and angle of slats

### 3.2. 대상건물 형태 선정

신원식(2003)은 사용자인 학생의 요구를 우선하여 학생들의 시야거리, 음향을 고려한 교실의 적정규모를 산정하였다. 적정규모의 폭과 길이의 비는 1:1.2로 7.5m×9.0m, 6.7m×8.0m 등의 장방형 형태이며, 이에 따른 높이는 3.0m 이상으로 규정했다[9]. 사단법인 한국교육환경연구원에서 출판한 ‘한국건축계획’에 의하면, 초등학교의 경우 일반적인 책상 배치를 위해 약 8.15m×7.7m의 공간이 필요하고, 토론식과 세미나식 배치를 위해서 8.55m×6.95m~9.0×7.55m 정도의 공간이 필요하다. 두 경우의 학습공간을 위해 7.5m×9.0m내외에서의 모듈계획이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 대상공간의 면적을 7.5m×9.0m로 하였고, 높이를 3.0m으로 선정하였다[10]. Fig. 3은 대상 교실의 평면도 및 입면도를 나타낸다.

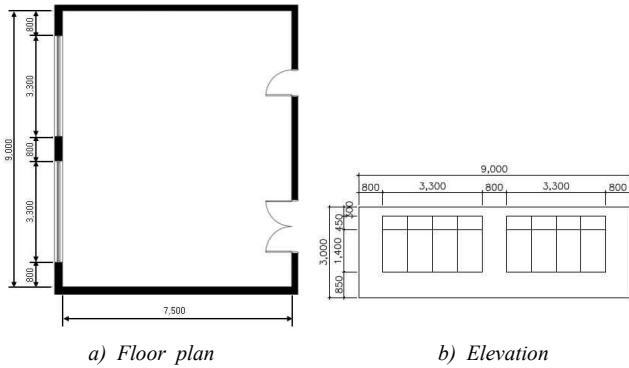


Fig. 3. The shape of the classroom

건물의 위치는 서울을 기준으로 하였고, 청천공 상태에서 분석하였다. 남중고도시의 외부조도는 춘분에 64,390lx, 하지에 81,154lx, 동지에 36,750lx로 나타났다. Table 1은 교실의 외부 조건을 나타낸다.

Table 1. External conditions in the classroom

Factor	External conditions
Location	37° 5N, 127°E (Seoul)
Room size	9,000 * 7,500 * 3,000
Window size	3,300 * 1,850 (2)
Direction of window	South-facing
Sky condition	CIE Clear sky

### 3.3. 분석항목 및 측정점 위치

4가지 차양형태 중 최적의 차양을 제시하기 위해 실전체 및 공간별 평균조도, 균제도(최소조도/평균조도), 직사일광 면적을 분석하였다. 평균조도와 균제도는 시뮬레이션인 Radiance 2.0을 통해 분석하였고, 직사일광 면적은 축소모형을 통해 분석하였다. 측정점은 창으로부터 1m 간격으로 총 35개(7×5)를 두었고, 측정 높이는 작업면 기준인 750mm로 하였다. 측정점을 창가측(1-2m), 중간측(3-5m), 복도측(6-7m)으로 3등분하여 채광성능을 분석하였다. 측정일시는 춘분, 하지, 동지이며 9시부터 5시까지로 하였다.

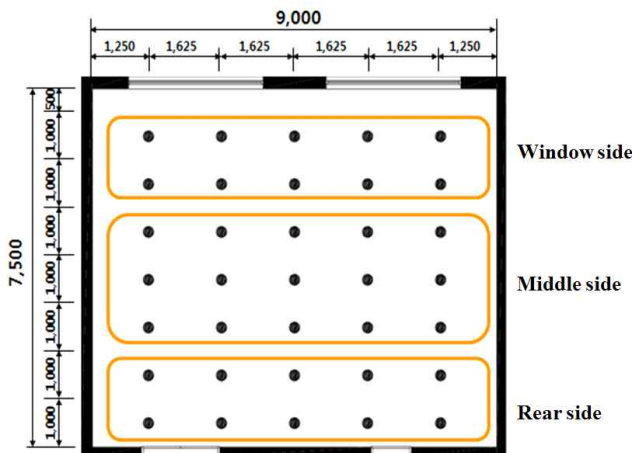


Fig. 4. Measurement points of the simulation.

### 3.4. 축소모형 및 재료 설정

본 연구에서는 스케일 모델의 축척을 1:20로 하였으며, 표면재료와 반사율은 시뮬레이션의 입력값과 최대한 비슷한 물성치를 가진 재료로 선정하였다(Table 2). 하지만 축소모형의 창문 재료는 직사일광의 판단에 더 효율적인 것으로 판단되어 생략하였다. 위치는 서울로 설정하였고, 수평면 일영곡선(위도: 36°N)을 따라 헬리오돈을 이동시켜 관측하였으며 카메라를 남향창을 정면으로 하여 촬영하였다. Table 3은 축소모형 형상을 나타낸다.

Table 2. Material and the reflectance of Simulation and scale model

Building components	Simulation	Scale model
Ceiling	Luminaire Support Mate (80%)	Form board (80%)
Wall	off-white paint (68%)	Ivory colored paper (72%)
Floor	beige (45%)	Gray colored paper (43%)
Window	Clear (5.6%, transmissivity: 78%)	-
Shading Device	galvanized-metal (97%)	Silver tape (95%)

Table 3. Scale model geometry



## 4. 연구결과 및 논의

교실에 적합한 차양장치 형태를 제시하기 위해 루버형과 일반형 차양장치를 적용한 채광성능을 분석하였다. 채광성능 분석요소에는 실 전체와 공간별 평균조도, 균제도 및 직사일광 면적이 있다. 분석요소에 따라 춘분, 하지는 평균조도가 낮고 직사일광 면적이 좁은 차양장치를 선정하였으며 동지는 그 반대의 경우를 선정하였다.

### 4.1. 실전체 평균조도

각 절기별 실 평균조도는 Table 4와 같으며 일반형에 대한 루버형 차양장치의 평균조도 감소율은 Fig. 5에 나타났다. 춘분에서 루버형 차양이 일반형 차양보다 1.2%(45lx), 루버형 광선반이 일반형 광선반에 비해 약 14%(167lx)가 감소하였다. 하지의 경우, 루버형 차양은 일반형 광선반에 비해 약 2.5%(13lx) 증가하였고, 루버형 광선반은 일반형

광선반에 비해 약 9%(50lx)가 감소하였지만 비슷하거나 변화가 크지 않았다. 동지에서는 루버형 차양이 일반형 차양에 비해 약 0.4%(25lx) 증가하였고, 루버형 광선반이 일반형 광선반에 비해 약 4.8%(225lx) 감소하였다. 따라서 실전체 평균조도 면에서 춘분에 루버형 광선반, 동지에 루버형 차양이 적합한 형태로 판단되었다.

Table 4. Room average illuminance (lx)

Date	Traditional Overhang	Louver type Overhang	Traditional Lightshelf	Louver type Lightshelf
Spring	3785	3740	1163	996
Summer	508	521	563	513
Winter	5997	6023	4736	4511

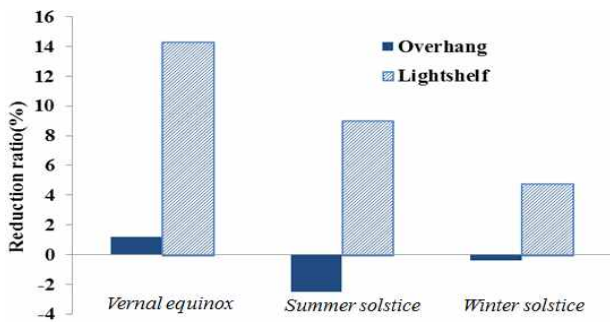


Fig. 5. Reduction ratio(%) of louver type to traditional shading devices

#### 4.2. 공간별 평균조도 및 균제도

##### 1) 춘분

아래 Fig. 6은 춘분의 공간별 평균조도와 균제도이며, Table 5는 각 절기별 균제도 및 증감률을 나타낸다. 춘분의 평균조도를 분석해보았을 때 차양에서는 두 형태에서 창가측의 감소율이 1%로 변화가 크지 않았고, 중간측에서 약 6%가 감소하였다. 광선반에서는 루버형광선반이 창가측에서 12%, 중간측에서 21% 감소율을 보였다. 이는 루버형 광선반의 외부 길이가 길어지면서 창가측의 조도가 감소되었기 때문으로 판단할 수 있다. 균제도는 일반형과 루버형에서 큰 차이가 없었고, 차양보다 광선반의 균제도가 약 2.5배 높은 것으로 나타났다. 따라서 춘분에는 루버형 광선반이 적합한 것으로 나타났다.

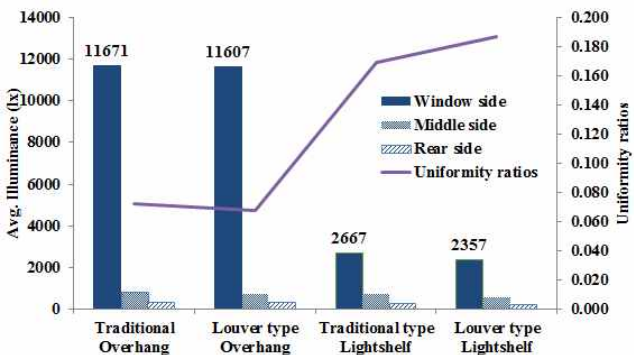


Fig. 6. Average illuminance and Uniformity ratios (Vernal equinox)

Table 5. Uniformity ratios and increasing rate(%)

Shading devices	Spring	Summer	Winter
Traditional Overhang	0.072	0.291	0.094
Louver type Overhang	0.068	0.290	0.093
Increasing rate	-5.8%	-0.1%	-1%
Traditional type Lightshelf	0.169	0.274	0.085
Louver type Lightshelf	0.187	0.297	0.086
Increasing rate	10.8%	8.4%	2.3%

##### 2) 하지

Fig. 7은 하지의 평균조도와 균제도를 나타낸다. 하지에서 루버형 차양은 창가측에서 4% 증가하였지만 실제적으로 42 lx가 증가한 것으로 큰 차이가 없었다. 이는 두 형태가 모두 하지에 태양을 차단하는 목적으로 설계되었기 때문에 대부분의 빛이 차양되는 것으로 판단된다.

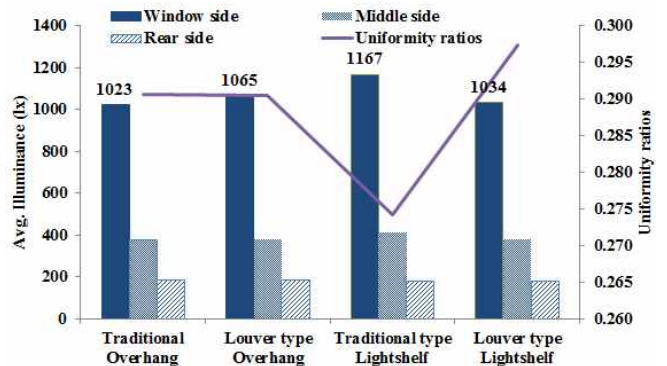


Fig. 7. Average illuminance and Uniformity ratios (Summer solstice)

루버형 광선반은 창가측에서 11%(310lx)가 감소하였고, 중간측에서 7%(29lx)가 감소하였다. 이는 루버형 광선반의 외부선반 길이가 길어지면서 창가측의 조도가 감소한 것으로 판단할 수 있다. 따라서 하지에는 모든 차양에서 조도기준을 만족하므로 균제도가 높은 루버형 광선반을 최적 형태로 선정할 수 있다.

##### 3) 동지

Fig. 8은 동지의 평균조도와 균제도를 나타낸다. 동지에 루버형 차양은 일반형 차양에 비해 창가측에서 1%(90lx)가 증가하였으며 중간, 복도측은 비슷한 수준 조도가 유지되었다. 이는 두 형태가 모두 동지에 태양을 유입하는 목적으로 설계되었기 때문에 두 형태에서 최대 유입된 것으로 판단된다. 반면 루버형 광선반에서는 창가측에서 2.5%(307lx)가 감소하였으며, 중간측에서도 13%(305lx)가 감소하였다. 이는 춘분과 하지때와 마찬가지로 루버형 광선반 외부길이의 증가로 나타난 것으로 판단된다. 균제도는 0.085~0.094 범위로 차이가 미미했다. 따라서 동지에서는 평균조도가 높은 루버형 차양이 적절한 차양형태로 판단된다.

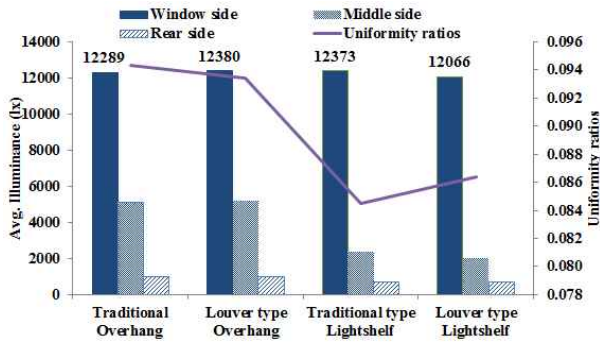


Fig. 8. Average illuminance and Uniformity ratios (Winter solstice)

### 4.3. 직사광선 면적

직사광선 면적은 사진의 이미지를 이용하여 바닥면에 들어오는 직사광선 영역의 pixel수로 나타내었다. Table 6은 차양장치별 평균 직사광선 면적을 나타낸다. 춘분에 직사광선 면적은 일반형 차양이 8131 pixel로 가장 높았고, 루버형 광선반이 3422 pixel로 가장 낮게 나타났다. 일반형 차양에 비해 루버형 차양이 42% 감소하였고, 일반형 광선반에 비해 루버형 광선반이 51% 감소한 것을 알 수

있다. 하지에 직사광선 면적은 루버형 광선반이 2990pixel로 가장 낮게 나타났다. 일반형 차양에 비해 루버형 차양이 25% 감소하였고, 일반형 광선반에 비해 루버형 광선반이 32% 감소한 것을 알 수 있다. 이를 볼 때 춘분 때와 마찬가지로 루버형 광선반일 때 차양률이 높은 것을 확인할 수 있다. 동시에 직사광선 면적은 루버형 차양이 69830 pixel로 가장 높았고, 루버형 광선반이 42236pixel로 가장 낮게 나타났다. 일반형 차양에 비해 루버형 차양에서 4.4% 증가하였고, 루버형 광선반에 비해 일반형 광선반이 8% 증가한 것을 알 수 있다. 이를 볼 때 루버형 차양일 때 채광성능이 높은 것을 확인할 수 있다. 다음 Table 7은 12시의 차양장치 별 축소모형 내부모습과 직사광선 면적을 나타낸다.

Table 6. Area of direct sunlight (pixel)

Date	Traditional Overhang	Louver type Overhang	Traditional Lightshelf	Louver type Lightshelf
Vernal equinox	8131	4723	7025	3422
Summer solstice	6015	4509	4380	2990
Winter solstice	66903	69830	45887	42236

Table 7. Area of direct sunlight (12:00)

Date	Traditional Overhang	Louver type Overhang	Traditional Lightshelf	Louver type Lightshelf
Vernal equinox				
Summer solstice				
Winter solstice				

#### 4.4. 종합 결과

평균조도와 균제도를 분석하여 종합해본 결과는 다음 Table 8과 같다. 최적 차양장치 선정기준은 분석요소에 따라 춘분, 하지에는 평균조도가 낮고 직사일광 면적이 좁은 차양장치를 선정하였으며 동지는 그 반대의 경우를 선정하였다. 춘분에서는 평균조도가 낮고 균제도가 높으며 직사일광 면적이 좁은 루버형 광선반이 적절한 차양장치로 나타났다. 하지에는 모든 차양의 평균조도 값이 비슷하므로 균제도가 높고 직사일광 면적이 좁은 장치인 루버형 광선반이 가장 적절한 것으로 판단되었다. 동지에는 평균

조도와 균제도가 높고 직사일광 면적이 넓은 루버형 차양이 가장 적절한 것으로 판단되었다.

세 절기에 분석된 최적의 차양은 동지를 제외하고 루버형 광선반으로 나타났다. 동지에 최적의 차양으로 선정된 루버형 차양의 평균조도가 6023lx로 나타났다. 이는 학습을 주목적으로 하는 교실에서 눈부심이 발생하는 원인이 되므로 적절하게 빛을 차단하는 것이 필요하다. 또한 동지에 차양장치를 중간에 변경할 수 없으므로 최적의 결과도 도출되도록 형태가 결정되어야 한다. 따라서 교실의 채광성능을 고려하였을 때, 동지에서도 평균조도가 낮고 직사일광 면적이 좁은 루버형 광선반을 선정할 수 있다.

Table 8. Appropriate form of shading devices in accordance with average illuminance and uniformity ratios

Shape Date	Traditional Overhang			Louver type Overhang			Traditional Lightshelf			Louver type Lightshelf			Appropriate form of shading devices
	Avg. Illuminance	Uniformity ratios	Direction sunlight area	Avg. Illuminance	Uniformity ratios	Direction sunlight area	Avg. Illuminance	Uniformity ratios	Direction sunlight area	Avg. Illuminance	Uniformity ratios	Direction sunlight area	
Spring	3785	0.07	8131	3740	0.06	4723	1163	0.17	7025	996	0.19	3422	Louver type Lightshelf
Summer	508	0.29	6015	521	0.29	4509	563	0.27	4380	513	0.30	2990	
Winter	5997	0.09	66903	6023	0.09	69830	4736	0.08	45887	4511	0.09	42236	Louver type Overhang

(Shaded part: Appropriate form of shading devices)

#### 5. 결론

본 연구에서는 4가지 차양장치를 적용한 교실의 채광성능 분석을 통해 최적의 차양장치 형태를 제시하고자 하였다. 이를 위해 평균조도와 균제도, 직사일광 면적을 분석하였다.

(1) 평균조도, 균제도, 직사일광 면적을 분석한 결과 적절한 차양형태는 춘분과 하지에는 루버형 광선반, 동지에는 루버형 차양이 적절한 것으로 나타났다.

(2) 동지에 최적의 차양으로 선정된 루버형 차양의 평균조도가 과도하게 높게 나타났다. 이는 눈부심의 발생 원인이 되므로 빛을 조절하는 것이 필요하다. 또한 중간에 형태를 변경할 수 없으므로 최적의 형태가 도출되도록 해야 한다. 따라서 춘분, 하지와 마찬가지로 동지에서도 평균조도가 낮고 직사일광 면적이 좁은 루버형 광선반을 선정할 수 있다. 추후 연구에서는 최적의 차양형태를 제시하기 위해 채광뿐 아니라 냉·난방부하 분석을 통한 차양장치의 열적성능을 통합한 분석이 필요할 것으로 판단된다.

#### Acknowledgements

이 논문은 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2008-061908)

#### References

[1] J. Y. Lee, K. D. Song, Prediction of Indoor Visual Environment and Lighting Energy of an Anidolic Light-duct System in Classrooms, Journal of the Society of Air-conditioning and refrigerating engineers of Korea, 2011, pp.377-380.  
 [2] J. H. Lim, J. J. Jung, J. Y. Lee, A Study on the Characteristics of

Daylighting Environment in Classroom of an School Building Due to the External Shading Devices, Journal of the Korean Institute of Educational Facilities, 15(2), 2008, pp.4-15.  
 [3] D. S. Kim, J. H. Yoon, W. C. Shin, G. H. Lee, Prediction of Indoor Visual Environment and Lighting Energy of an Anidolic Light-duct System in Classrooms, Journal of the Korean Solar Energy Society, 31(4), 2011, pp.136-141.  
 [4] Architectural Institute of Japan, Daylighting Design (Kimoondang), J. T. Kim, G. Kim, W. W. Kim, 2009, pp.84-85.  
 [5] H. Y. Shin, J. T. Kim, Light Factor Performance of a Room with Light Guide and Blind Systems by Mockup Experiments, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 7(1), 2007, pp. 23-31.  
 [6] Carlos E. O., Isaac G. C., Evaluating visual comfort and performance of three natural lighting, Building and Environment, 41(1), 2006, pp.1128-1135.  
 [7] I. S. Cho, B. S. Kim, J. S. Lee, Analysis on the Indoor Daylight Performance and Optimum Size Selection of a Light Shelf Using Lightscape, Architectural Institute of Korea, 20(6), 2004, pp.231-238.  
 [8] Ana I. Palmero-Marrero, Armando C. Oliveira, Effect of louver shading devices on building energy requirements, Applied Energy 87, 2010, pp.2040-2049.  
 [9] W. S. Shin, K. Y. Han, A Study on the Optimum Size of the Classroom in Elementary and Middle-High School, Journal of the Korean Institute of Educational Facilities, 10(6), 2003, pp.27-37.  
 [10] Korea Institute of Educational Environment, Architectural Planning of School, 2009, pp.117.

투고(접수)일자: 2013년 6월 3일  
 수정일자: (1차) 2013년 8월 20일  
 수정일자: (2차) 2013년 8월 23일  
 게재 확정일자: 2013년 8월 26일