LHI Journal (2019) 10(3):33-41 http://dx.doi.org/10.5804/LHIJ.2019.10.3.033
http://lhi.lh.or.kr

천공 및 차양조건에 따른 소규모 사무실의 주광 조도 감소범위 예측

The prediction of reduction ranges of daylight illuminance in small office for sky and shading conditions

장서연1

Seo Yeon Jang

(Received September 10, 2019 / Revised September 27, 2019 / Accepted October 11, 2019)

ABSTRACT

This study examines the distributions of daylight illuminance in a small office space under clear and cloudy sky conditions. Three shading conditions using Venetian blinds were applied for the analysis of daylight illuminance. Computer simulations using the Lightscacpe were conducted for the daylight conditions applied to the office space. Results indicate that the illuminance differences between clear and cloudy sky for south-facing conditions were greater than those for north-facing conditions. The differences in December and June were the greatest and smallest, respectively. For the north-facing conditions, the daylight illuminance at 10:00, 12:00 and 14:00 in June and September under the cloudy sky was higher than those under the clear sky conditions. For all daylight conditions, the biggest amount of illuminance reduction occurred when the shading device conditions were changed from the no blind to the 45 degree blinds. As the distance from window increased, the shading effect that occurred when the shading device conditions were changed from the horizontal blind to the 45 degree blinds increased.

Key words: Daylight illuminance(주광조도), Office space(사무공간), Sky condition(천공 조건), Daylight conditions(주광 조건), Illuminance difference(조도 차이)

1. 서 론

건축물에서 사용되는 전체 에너지 소비량 중, 전기조명에 관련된 에너지 소비량은 점차 증가하여 약 30%의 비율을 차지하는 것으로 알려져 있다(윤연주, 2013). 건축물의 에너지 소비의 감소를 위하여 창을 통하여 입사하는 주광(daylight)이 적극적으로 활용되는 경우 건축물에서 소비되는 조명 에너지의 양은 절감될 수 있다.

천공 조건은 시간의 변화에 따라 일정하지 않기 때문에 실내로 입사하는 주광의 양은 변화하게 된다(Nasrollahi et al., 2016). 일반적으로 사무 공간의 창에 사용되는 베네시안 블라인드(Venetian blind)는 내부로 들어오는 주광의 양을 적절히 조절하여 현휘(glare) 발생에 활용되어 시각적으로 편안한 환경을 만드는데 공헌하며, 조명과 냉·난방에 에너지의 절약에 이용된다(박웅규 외, 2013; 이석배, 1998). 그러나 자연채광을 활용하는 건물에서도 적절히 주광이 응용되지 않는 경우 에너지를 과다하게 소비하거나 시각적 불쾌감을 주는 경우도 발생한다(공효주 외, 2009).

실내 조명환경을 쾌적하게 유지하면서 건물의 조명 사용 에너지를 절감하기 위하여 주광이 효과적으로 활용되는 방안이 필요하다. 이를 위하여 천공조건 및 차양조건에 따라 변화하는 주광의 분포는 예측되어야 한다. 따라서, 본 연구에서 실제 이용되는 사무실을 대상으로 전기 조명이 사용되지 않는 조건에서 실내로 유입

1) 연세대학교 실내건축학과 대학원 석사과정(주저자 : seoyeon18@yonsei.ac.kr)

되는 주광의 분포가 분석되었다. 이를 위하여 창이 향하는 방향과 천공조건이 변화되는 경우, 차양 조건에 대하여 라이트스케이프(Lightscape)에 의한 시뮬레이션이 실시되었다.

2. 연구방법

본 연구에서 실내에 입사하는 주광조도 분포의 분석을 위하여 Lightscape 3.2프로그램이 활용되어 시뮬레이션이 실시되었다. Lightscape는 광속전달(Radiosity)과 광선추적(Ray Tracing)기술이 적용되어 직접광(Direct lighting)과 간접광(Indirect lighting)이 모두 계산되며, 조명과 재료의 물리량 변화에 대한 계산 결과 및 사실적 이미지 생성이 가능하다(문기훈, 2007; 장진우 외, 1999). Lightscape는 실내 조도, 휘도 및 3차원 이미지 분석 등이 가능한 시각적인 채광분석이 가능한 프로그램으로 알려져 있으며, 이에 대한 예측 오차는 최소 1.3%, 최대 9.8%이며, 평균 3.4%으로 알려져 있다(김정태 외, 2003)

Table 1. Simulation condition

Date	Sky condition	Time	Orientation
June/21 September/21 December/21	Clearsky Cloudysky	8 10 12 14 16	South North

시뮬레이션이 적용된 모델은 소규모 사무실로 가정되어, 장방형 형태로 설정되었다.

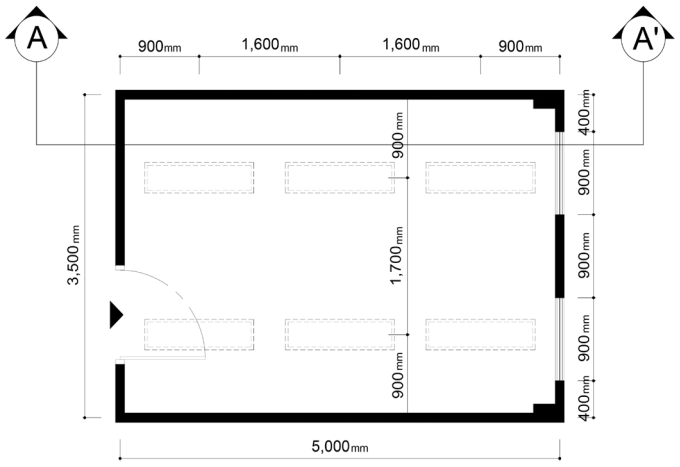


Fig. 1. Floor plan

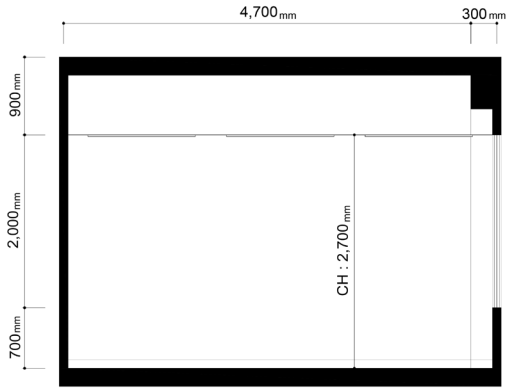


Fig. 2. Section A-A′ of office space

크기는 폭 3.5m, 깊이 5m, 높이 2.7m로 설정되었다. 사무실 공간의 세부적인 구성은 Fig. 1 ~ Fig. 3에 나타나 있다. 실을 구성하는 4개의 벽면 중 3.5m x 2.7m의 크기의 한 벽면에만 가로 0.9m, 세로 2m의 2개 창이 바닥으로부터 0.7m 이격되어 설치되었다. 창은 정남측 및 정 북측을 향하는 것으로 시뮬레이션에 가정되었다. 또한 Fig. 3에 나타나 있듯이, 창에는 블라인드가 설치되지 않은 경우, 수평으로 블라인드(Hor. Blind, ±0°)가 설치된 경우, 45°로 블라인드가 설치된 경우 세 가지의 차양조건이 적용되었다.

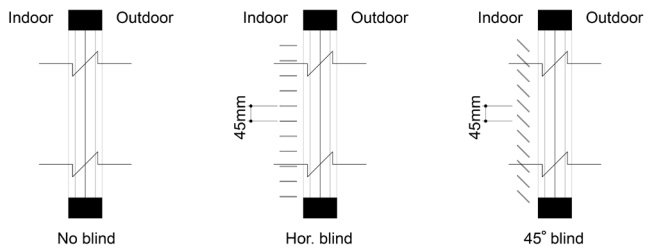


Fig. 3. Blind Angle

블라인드가 적용된 경우, 블라인드는 창의 면적을 모두 가리는 것으로 설정되었다. 블라인드 각 슬랫의 크기는 90cm x 5cm x 0.2cm로 설정 되었으며, 슬랫 간격은 4.5cm로 설정되어 적용되었다. 모델에 사용된 유리면의 빛에 대한 투과율은 65%, 반사율은 30%로 설정되었으며, 공간 내부의 천장면, 벽면, 바닥면의 반사율은 각각 80%, 50%, 40%로 설정되어 적용되었다. 사무실의 공간의 위치는 한국 내의 한 도시인 서울(위도: 37.54°N, 경도: -126.98°E)로 가정되었으며, 천공 조건은 라이트스케이프(Ligrtscape) 에서 지원하는 3가지 천공조건(clear sky, partly cloudy sky, cloudy sky) 중에서

청천공(clear sky)과 담천공(cloudy sky)이 사용되었다. 6월 21일, 9월 21일, 12월 21일이 대표일자로 선정되어 시뮬레이션에 적용되었으며, 사무 업무가 이루어지는 동안 주광의 영향을 받을 수 있는 오전 8시부터 두 시간 간격으로 오후 4시까지의 범위가 시뮬레이션에 적용되었다. 시뮬레이션에서 사용된 조건은 Table. 1에 요약되어 있다. 조도는 창이 있는 벽의 중심으로부터 0.5m 간격씩 이격되는 바닥지점에 대하여 예측되었다.

3. 시뮬레이션 결과

3.1. 천공과 차양 조건 별 실내 주광조도 변화 분포

조건 별 예측된 실내 주광조도의 변화의 예는 Fig. 4 ~ Fig. 15에 나타나 있다. 설정된 모든 경우에서 차양장치가 없는 경우, 수평 블라인드가 설치된 경우, 45° 블라인드가 설치된 순서로 높은 조도 분포가 나타났다.

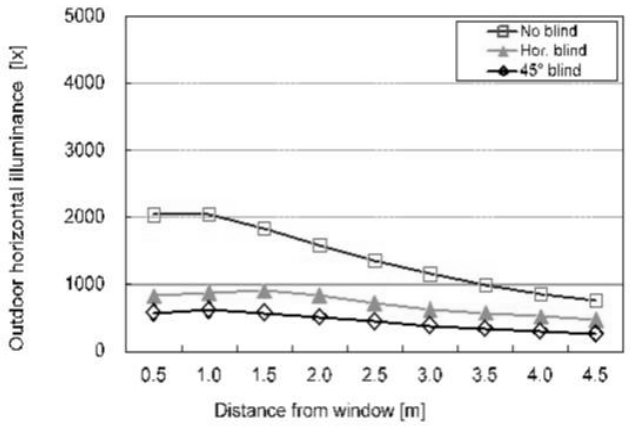


Fig. 4. Variation of indoor illuminance (Clear sky, South-facing, June/21, 12:00)

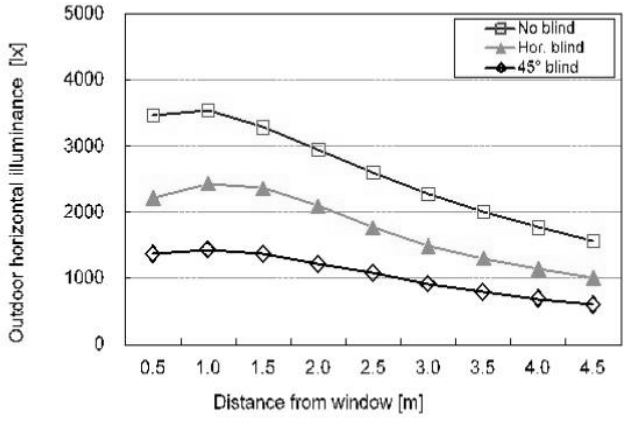


Fig. 5. Variation of indoor illuminance (Clear sky, South-facing, September/21, 12:00)

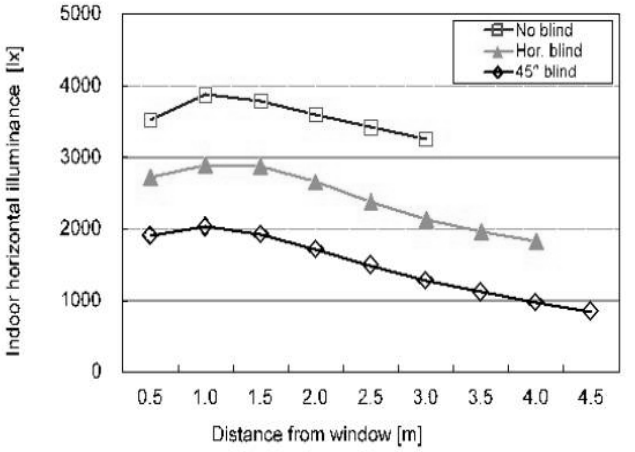


Fig. 6. Variation of indoor illuminance (Clear sky, South-facing, December/21, 12:00)

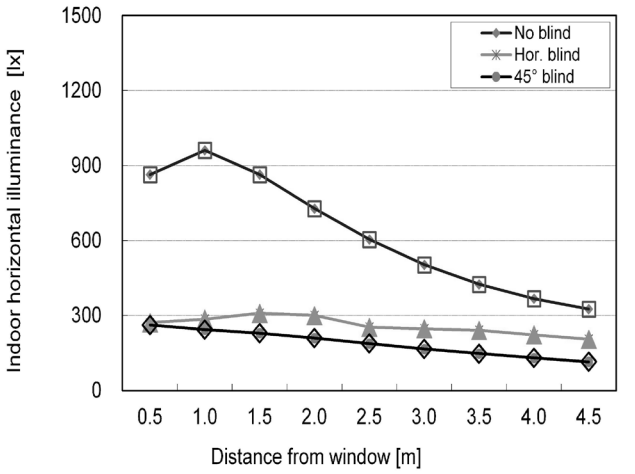


Fig. 7. Variation of indoor illuminance (Clear sky, North-facing, June/21, 12:00)

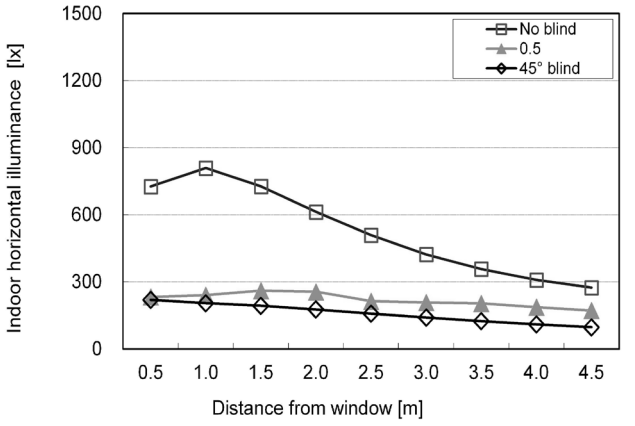


Fig. 8. Variation of indoor illuminance (Clear sky, North-facing, September /21, 12:00)

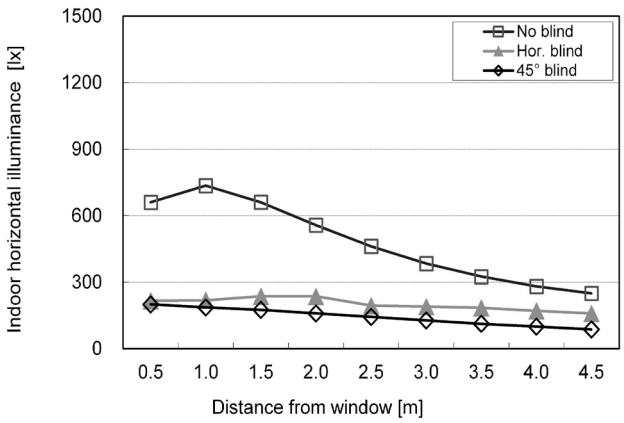


Fig. 9. Variation of indoor illuminance (Clear sky, North-facing, December/21, 12:00)

Fig. 4 ~ Fig. 9은 청천공 조건에서 5가지 시간 조건(8시, 10시, 12시, 14시, 16시) 중의 예로 12시일 때의 결과를 나타낸 것이다. 블라인드가 설치되지 않은 조건에서는 창이 남쪽을 향하는 경우 9월 14시 조건, 창이 북쪽을 향하는 경우 9월 16시 조건을 제외하고, 창으로 부터 이격거리가 1.0m떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다. 수평 블라인드가 적용된 경우 창이 북쪽을 향하는 경우 12월 8시, 16시 조건을 제외하고, 창으로부터 이격거리가 1.5m떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다. 45° 블라인드가 적용된 경우 창이 남쪽을 향할 경우 창으로부터 이격거리가 1.0m떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다. 창이 북쪽을 향한 경우 창으로부터 이격거리가 0.5m떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다.

창이 남쪽을 향하는 경우, 차양 장치가 없는 12월 조건에서 10시에 창으로 부터 이격거리가 2.0m인 지점에서 최대 값인 3,941.3 lx가 나타났으며, 45° 블라인드가 적용된 12월 조건에서 8시에 창으로 부터 이격거리가 4.5m인 지점에서 최소 값인 87.6 lx까지 조도 값이 나타났다. 창이 북쪽을 향하는 경우, 차양 장치가 없는 6월 조건에서 8시에 창으로 부터 이격거리가 1.0m인 지점에서 최대 값인 1,834.9 lx가 나타났으며, 45° 블라인드가 적용된 12월 조건에서 8시에 창으로 부터 이격거리가 4.5m인 지점에서 최소 값인 41.7 lx까지 조도 값이 나타났다.

이격 거리에 따른 조도 변화량의 크기는 창이 남쪽을 향하는 경우, 9월 14시 조건에서 블라인드가 설치되지 않았을 때 2,377.5 lx로 가장 큰 변화폭이 나타났으며, 12월 8시 조건에서 수평 블라인드가 설치되었을 때 95.1 lx로 가장 작은 변화폭이 나타났다. 예측된 하루 동안의 평균적인 조도 변화폭은 블라인드가 없는 경우 가장 크게 나타났으며, 6월 조건에서는 수평 블라인드가 설치되었을 때 45° 블라인드가 설치되었을 때보다 변화폭이 작게 나타났다. 9월과 12월 조건에서는 45° 블라인드가 설치되었을 때보다 변화폭이 크게 나타났다.

창이 북쪽을 향하는 경우, 6월 8시 조건에서 블라인드가 설치되지 않은 경우 1270.2 lx로 가장 큰 값이 나타났으며, 12월 8시 조건에서 수평 블라인드가 설치되었을 때 38.5 lx로 가장 작은 변화폭이 나타났다. 시간 별 평균 변화 폭은 블라인드가 설치되지 않은 경우, 45° 블라인드가 설치된 경우, 수평 블라인드가 설치된 경우 순으로 나타났다. 창이 남쪽을 향하는 경우와 북쪽을 향하는 경우의 측정된 하루 동안의 평균적인 조도 변화폭 값은 남쪽을 향할 때 더 큰 것으로 나타났다.

Fig. 10 ~ Fig. 15은 담천공 조건에서 5가지 시간 조건(8시, 10시, 12시, 14시, 16시)의 예로 12시에 예측된 조도 분포를 나타내고 있다. 블라인드가 설치되지 않은 조건에서의 조도는 모두 창으로 부터 이격거리가 1.0m떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다. 수평 블라인드가 적용된 조건에서 창이 남쪽을 향하는 경우와 북쪽을 향하는 경우 모두 9월 조건의 8시, 16시와 12월 조건의 10시, 14시, 16시에서 창으로부터 이격거리가 2.0m떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다. 그 외 조건에서는 창으로 부터 이격거리가 1.5m떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다. 45° 블라인드가 적용된 경우 창이 북쪽을 향할 때와 창이 남쪽을 향할 때 모두 창으로부터 이격거리가 0.5m떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다.

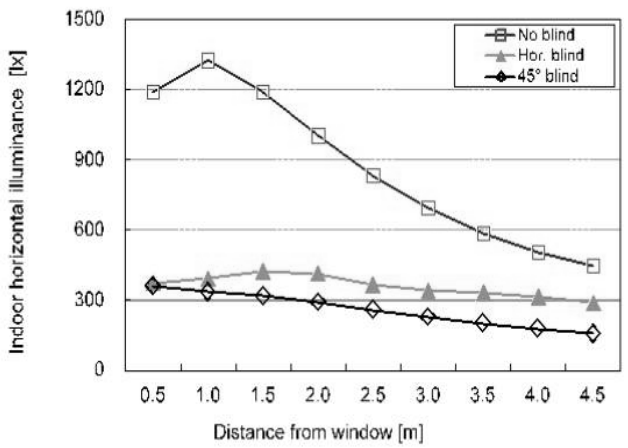


Fig. 10. Variation of indoor illuminance (Cloudy sky, South-facing, June/21, 12:00)

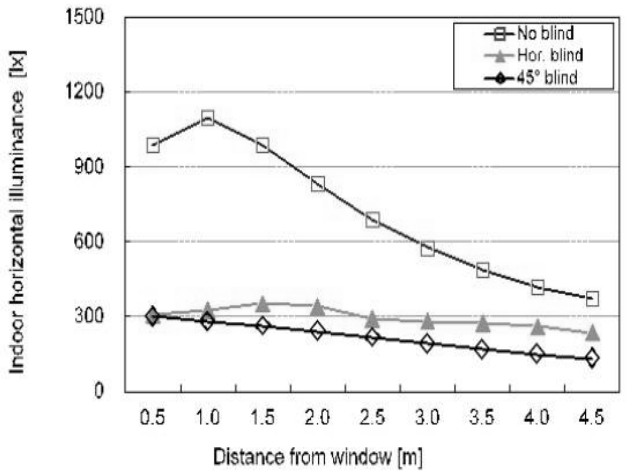


Fig. 11. Variation of indoor illuminance (Cloudy sky, South-facing, September/21, 12:00)

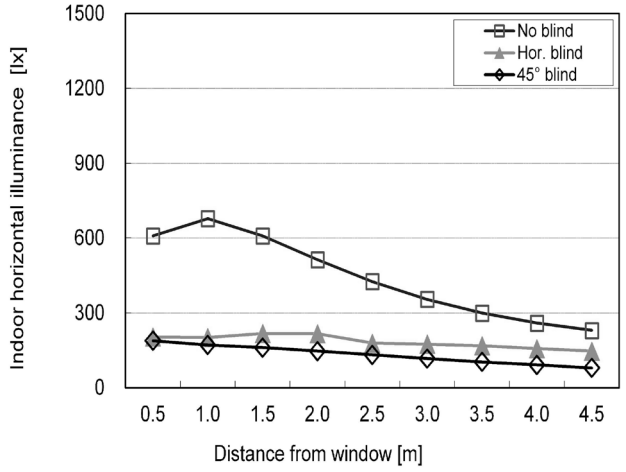


Fig. 12. Variation of indoor illuminance (Cloudy sky, South-facing, December/21, 12:00)

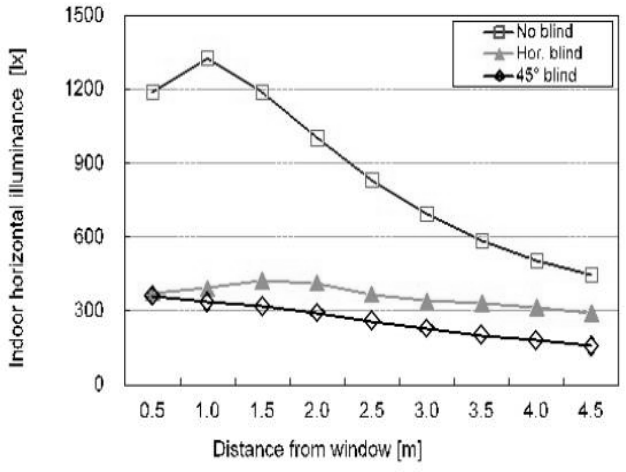


Fig. 13. Variation of indoor illuminance (Cloudy sky, North-facing, June/21, 12:00)

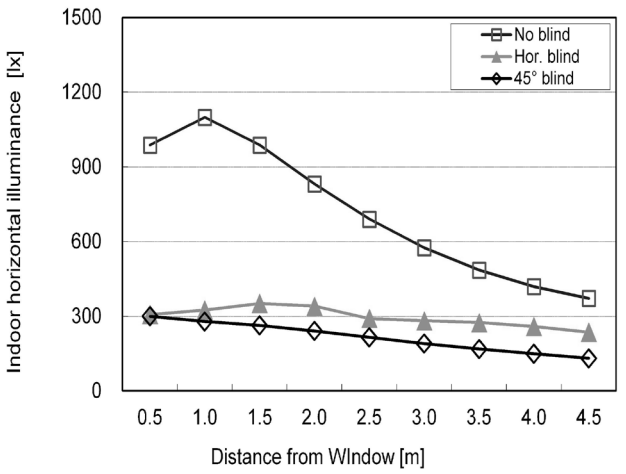


Fig. 14. Variation of indoor illuminance (Cloudy sky, North-facing, September/21, 12:00)

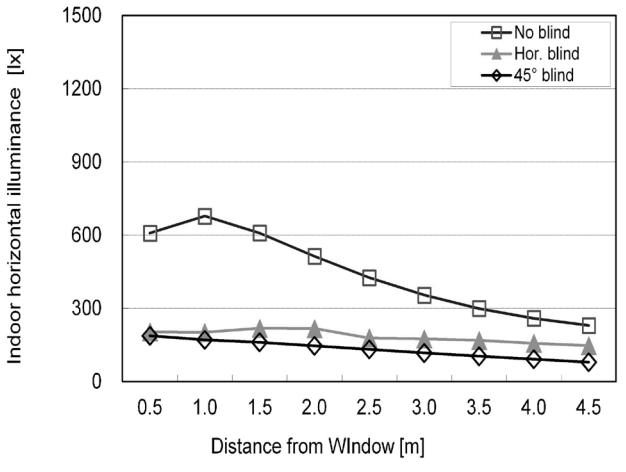


Fig. 15. Variation of indoor illuminance (Cloudy sky, North-facing, December/21, 12:00)

창이 남쪽을 향하는 경우, 차양 장치가 없는 6월 조건에서 12시에 창으로 부터 이격거리가 1.0m인 지점에서 최대 값인 1,323.8 lx가 나타났다. 또한, 45° 블라인드가 적용된 12월 조건에서 8시에 창으로 부터 이격거리가 4.5m인 지점에서 최소 값인 8.6 lx로 조도 값이 나타났다. 창이 북쪽을 향하는 경우, 차양 장치가 없는 6월 조건에서 10시에 창으로 부터 이격거리가 1.0m인 지점에서 최대 값인 1,120.3 lx가 나타났다. 45° 블라인드가 적용된 12월 조건에서 8시에 창으로 부터 이격거리가 4.5m인 지점에서 최소 값이 8.6 lx로 나타났다.

3.2. 천공 조건에 따른 조도 감소 비율

천공 조건간 실내 조도 감소비율은 식(1)이 적용되어 계산된 값으로 Table. 2 - Table. 3에 나타나있다.

$$\frac{\text{청천공 조건에서 조도} - \text{담천공 조건에서 조도}}{\text{청천공 조건에서 조도}} \times 100 - (1)$$

창이 남쪽을 향하는 경우, 천공 조건별 조도비율은 최소 15.26%부터, 최대 95.63%까지 나타났다. 12월, 9월, 6월 순으로 높은 비율 값이 나타났으며, 6월, 9월, 12월 조건에서 모두 수평 블라인드가 적용되었을 때 다른 차양 조건에 비교하여 비율 값이 높게 나타났다. 6월의 경우 모든 차양 조건에서 14시에 비율이 가장 크게 나타났으며, 16시에 가장 낮게 나타났다. 9월과 12월의 경우 관측 시간에 따른 비율 변화가 뚜렷하게 나타나지 않았다.

창이 북쪽을 향하는 경우, 천공 조건별 조도비율은 최소 -41.05%부터, 최대 80.12%까지 나타났다. 6월과 9월의 경우 10시, 12시, 14시에서 음수 값이 나타났으며, 12월의 경우 차양 장치가 없을 때 14시에서만 음수 값이 나타났다. 모든 측정 일자 조건에서 이격 거리간의 천공 조건별 비율 값의 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았다.

천공 조건별 조도비율이 값이 높은 것은 청천공에서 더 높은 실내 수평조도 값이 나타난 것을 의미하며, 음수 값의 경우 담천공에서 더 높은 조도 값이 나타난 것을 의미한다. 따라서 창이 남쪽을 향하는 경우 청천공에서의 조도가 담천공에서의 조도보다 항상 높게 나타났고, 12월에 그 차이가 가장 크고 6월에 작은 것으로 분석되었다. 창이 북쪽을 향하는 경우 6월과 9월, 10시,

Table 2. Reduction of daylight illuminance by formula (1) (South-facing, unit; [%])

Month	Time	Distance from Window [m]											
		No blind				Hor. blind				45° blind			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
June	8	25.8	25.8	20.6	25.8	25.7	23.9	25.5	25.9	25.9	26.4	26.0	26.1
	10	30.0	29.0	29.6	30.3	33.8	30.8	28.5	26.8	41.6	39.0	36.7	35.7
	12	35.4	36.8	39.9	41.4	55.0	50.4	45.3	39.8	45.3	43.0	40.6	39.8
	14	51.4	38.7	41.0	42.3	60.1	55.2	51.1	45.9	53.6	51.1	49.1	48.6
	16	15.3	15.3	15.3	15.3	23.8	21.4	20.7	21.8	18.6	18.3	17.8	17.8
Sep	8	79.1	78.1	77.2	76.6	80.9	77.2	76.5	73.6	79.3	80.0	77.5	76.7
	10	-	75.7	76.1	76.4	86.1	83.1	80.6	77.7	80.5	80.5	79.8	78.4
	12	68.9	71.7	74.8	76.3	86.6	83.7	81.0	77.4	80.5	80.2	79.2	78.2
	14	-	75.4	76.5	77.1	86.5	83.6	81.0	77.6	80.8	80.4	79.4	78.5
	16	78.3	77.4	76.7	76.2	84.7	81.2	79.5	77.0	79.7	80.0	78.3	77.9
Dec	8	89.3	89.4	89.3	88.9	91.2	91.3	90.4	89.6	90.6	90.6	90.5	90.5
	10	89.2	90.7	92.1	92.9	94.7	93.7	93.7	93.0	91.6	91.4	91.0	90.7
	12	82.5	85.7	89.1	-	93.0	91.8	91.8	91.4	91.6	91.4	90.8	90.6
	14	86.8	-	-	91.8	93.9	92.9	-	91.8	91.7	91.5	90.9	90.6
	16	90.9	92.2	93.0	92.6	95.6	95.1	95.0	93.8	92.2	92.3	91.7	91.5

Table 3. Reduction of daylight illuminance by formula (1) (North-facing, unit; [%])

Month	Time	Distance from Window [m]											
		No blind				Hor. blind				45° blind			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
June	8	61.4	58.9	58.1	57.6	68.4	62.1	59.9	58.1	66.6	63.2	60.6	59.7
	10	-9.1	-9.1	-9.1	-9.0	-8.7	-8.9	-8.9	-9.7	-9.2	-9.4	-9.2	-9.1
	12	-37.8	-37.8	-37.8	-37.7	-37.4	-38.0	-38.1	-41.0	-37.6	-38.0	-37.1	-37.0
	14	-28.6	-28.5	-28.6	-28.7	-28.1	-28.8	-28.7	-29.8	-8.9	-28.8	-28.1	-28.3
	16	11.6	11.6	11.6	11.6	11.3	11.1	11.5	13.2	11.7	11.9	11.7	11.8
Sep	8	42.1	42.1	42.1	42.1	42.6	39.9	42.0	39.8	42.0	42.0	43.0	42.7
	10	-9.4	-9.4	-9.4	-9.3	-9.5	-8.4	-9.3	-9.7	-9.6	-9.5	-9.3	-9.5
	12	-35.9	-35.8	-36.1	-35.7	-35.3	-33.2	-35.3	-38.5	-36.5	-36.5	-35.7	-36.2
	14	-24.5	-24.4	-24.7	-24.4	-24.4	-22.3	-24.2	-26.2	-25.0	-24.8	-24.3	-24.7
	16	19.0	18.9	19.0	21.2	18.8	16.4	18.7	18.0	19.1	19.6	19.2	19.3
Dec	8	78.1	78.2	77.9	77.5	79.8	81.1	79.2	78.8	80.0	80.1	79.5	79.7
	10	30.3	30.4	30.3	30.4	30.9	28.5	30.3	27.6	30.3	30.4	31.3	30.9
	12	7.9	7.9	7.9	7.8	7.8	8.0	7.8	7.9	8.0	8.1	8.0	8.1
	14	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	15.8	14.5	15.8	13.4	15.7	16.1	16.3	16.9
	16	51.6	51.7	51.5	51.2	52.5	51.8	51.8	51.6	50.9	51.0	51.3	51.1

12시, 14시 조건에서 담천공의 조도가 더 높은 것으로 나타났다.

3.3. 차양 조건별 조도 감소 비율

$$\frac{\text{블라인드가 없는 조건에서 조도} - \text{수평블라인드 조건에서 조도}}{\text{블라인드가 없는 조건에서 조도}} \times 100 \quad (2)$$

$$\frac{\text{블라인드가 없는 조건에서 조도} - 45^\circ \text{ 블라인드 조건에서 조도}}{\text{블라인드가 없는 조건에서 조도}} \times 100 \quad (3)$$

$$\frac{\text{수평 블라인드 조건에서 조도} - 45^\circ \text{ 블라인드 조건에서 조도}}{\text{수평 블라인드 조건에서 조도}} \times 100 \quad (4)$$

차양조건간 실내 조도 감소 비율은 식(2), (3), (4)이 적용되어 계산된 값으로(이하 (No-Hor.) blind/ No blind, (No-45°) blind/ No blind, (Hor.-45°) blind/ Hor. blind) Table. 4 - Table. 7에 나타나 있다. 모든 경우에서 조도 감소비율은 양의 값이 나타났다.

청천공 조건에서 창이 남쪽을 향하는 경우와 북쪽을 향하는 경우 모두 (No-45°) blind/ No blind에서 가장 값이 큰 것으로 나타났다. (No- Hor.) blind/ No blind와 (No-45°) blind/ No blind의 결과와 반대로

Table 4. Reduction of daylight illuminance by formula (2), (3)& (4) (Clear sky, South-facing, unit; [%])

x	Time	Distance from Window [m]											
		(No- Hor.) blind/No blind				(No - 45°) blind /No blind				(Hor. - 45°) blind /Hor. blind			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
June	8	70.3	58.8	51.0	39.6	74.7	71.2	67.0	64.5	14.7	30.0	32.7	41.2
	10	68.7	58.0	51.8	41.2	69.6	66.3	63.3	61.4	2.7	19.8	23.8	34.4
	12	57.4	47.5	46.0	39.5	70.1	68.0	66.8	65.6	29.7	39.1	38.5	43.1
	14	64.0	43.6	40.7	33.9	73.5	63.8	61.8	60.1	26.4	35.8	35.6	39.7
	16	67.0	55.6	47.6	34.5	73.6	70.1	66.0	63.4	20.2	32.7	35.1	44.1
Sep	8	67.6	58.5	52.1	44.4	74.4	68.7	67.0	64.8	21.0	24.5	31.1	36.8
	10	-	40.5	39.6	35.9	-	64.1	61.0	61.1	39.0	39.6	35.4	39.4
	12	31.2	28.8	34.8	35.3	59.5	58.7	59.9	61.3	41.2	42.0	38.5	40.1
	14	-	38.6	39.3	37.2	-	63.8	62.3	62.2	40.1	41.1	37.9	39.7
	16	57.7	48.4	43.9	36.9	72.9	67.7	64.6	61.9	36.0	37.4	36.8	39.6
Dec	8	66.7	54.5	47.8	37.7	73.6	70.5	66.0	63.4	20.7	35.1	34.9	41.3
	10	39.5	36.6	37.9	36.4	67.8	69.2	71.5	73.4	46.7	51.4	54.1	58.2
	12	25.4	26.2	34.4	-	47.6	52.5	60.7	-	29.7	35.5	40.2	46.8
	14	35.5	-	-	38.2	59.6	-	-	69.6	37.3	44.5	-	50.8
	16	38.8	32.5	30.8	26.2	69.9	70.8	72.1	69.3	50.9	56.8	59.6	58.3

Table 5. Reduction of daylight illuminance by formula (2), (3)& (4) (Clear sky, North-facing, unit; [%])

Month	Time	Distance from Window [m]											
		(No - Hor.) blind/No blind				(No - 45°) blind /No blind				(Hor. - 45°) blind /Hor. blind			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
June	8	70.2	57.8	54.0	39.7	74.7	71.4	69.2	64.6	15.0	32.3	33.1	41.4
	10	70.4	59.1	51.1	38.3	74.6	71.1	67.0	64.4	14.2	29.2	32.5	42.3
	12	70.4	58.8	50.9	38.0	74.7	71.1	67.1	64.7	14.5	30.0	33.1	43.1
	14	70.4	58.8	50.9	38.0	74.7	71.1	67.1	64.5	14.4	29.9	33.0	42.7
	16	70.3	58.8	51.0	39.6	74.6	71.2	67.0	64.5	14.7	30.0	32.7	41.2
Sep	8	70.5	56.7	50.6	37.3	74.7	71.4	67.5	64.9	14.3	33.8	34.1	44.1
	10	70.3	58.7	50.8	39.5	74.7	71.2	66.9	64.5	14.8	30.3	32.7	41.3
	12	70.4	59.1	51.0	38.3	74.6	71.1	67.0	64.4	14.3	29.3	32.5	42.3
	14	70.3	59.0	51.0	38.7	74.6	71.1	67.0	64.4	14.6	29.5	32.7	42.0
	16	70.2	57.0	50.6	39.0	74.7	71.5	67.0	64.7	15.1	33.6	33.2	42.1
Dec	8	72.7	62.7	53.2	41.5	77.0	73.9	69.8	68.6	15.6	30.2	35.5	46.3
	10	70.4	56.7	50.6	37.3	74.7	71.4	67.5	64.9	14.5	34.1	34.2	44.1
	12	70.2	57.8	50.6	39.7	74.7	71.5	67.0	64.7	15.1	32.4	33.2	41.5
	14	70.2	56.9	50.5	37.8	74.6	71.4	67.1	65.0	14.8	33.7	33.4	43.7
	16	70.7	57.0	50.7	38.2	74.3	71.0	66.9	64.9	12.4	32.6	32.9	43.2

Table 6. Reduction of daylight illuminance by formula (2), (3)& (4) (Cloudy sky, South-facing, unit: [%])

Month	Time	Distance from Window [m]											
		(No - Hor.) blind/No blind				(No - 45°) blind /No blind				(Hor. - 45°) blind /Hor. blind			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
June	8	63.7	54.3	48.4	38.8	70.9	68.1	64.9	62.8	19.7	30.1	32.0	39.2
	10	70.4	59.1	51.0	38.6	74.7	71.2	67.0	64.4	14.5	29.5	32.6	42.1
	12	70.3	58.9	51.0	39.4	74.7	71.2	67.0	64.5	14.6	30.0	32.6	41.4
	14	70.3	58.9	51.0	38.6	70.1	71.2	67.0	64.5	-0.9	29.9	32.7	42.2
	16	70.4	59.1	51.1	38.2	74.6	71.1	67.0	64.4	14.2	29.3	32.5	42.4
Sep	8	70.3	58.3	50.8	39.5	74.8	71.4	66.9	64.6	15.0	31.4	32.8	41.5
	10	70.3	58.3	50.8	39.5	74.8	71.2	66.9	64.5	14.9	31.0	32.7	41.3
	12	70.3	58.3	50.8	39.5	74.7	71.2	66.9	64.5	14.9	31.0	32.7	41.4
	14	70.3	58.3	50.8	39.5	74.7	71.2	66.9	64.5	14.9	30.9	32.7	41.3
	16	70.3	58.3	50.8	41.2	74.8	71.2	66.9	65.5	14.9	31.0	32.7	41.3
Dec	8	70.5	56.8	50.2	37.7	74.7	71.4	67.4	65.1	14.3	33.7	34.6	44.0
	10	70.3	57.8	50.6	39.5	74.8	71.5	67.0	64.6	15.1	32.3	33.1	41.6
	12	70.3	57.7	50.7	39.4	74.8	71.4	67.0	64.6	15.0	32.4	33.0	41.5
	14	64.6	49.6	41.3	27.9	69.9	65.9	60.7	57.8	15.0	32.4	33.0	41.5
	16	70.3	57.0	50.6	37.6	74.7	71.4	67.1	65.0	14.9	33.6	33.4	43.9

Table 7. Reduction of daylight illuminance by formula (2), (3)& (4) (Cloudy sky, North-facing, unit: [%])

Month	Time	Distance from Window [m]											
		(No - Hor.) blind/No blind				(No - 45°) blind /No blind				(Hor. - 45°) blind /Hor. blind			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
June	8	70.3	57.8	50.7	39.5	74.8	71.4	67.0	64.6	15.1	32.3	33.1	41.5
	10	70.5	59.1	51.1	38.3	74.6	71.1	67.0	64.4	14.1	29.2	32.5	42.3
	12	70.4	58.8	50.9	37.9	74.7	71.1	67.2	64.7	14.4	30.0	33.1	43.1
	14	70.5	58.8	50.9	38.1	74.7	71.1	67.1	64.6	14.3	29.9	33.0	42.8
	16	70.3	58.9	51.0	39.4	74.7	71.2	67.0	64.5	14.6	30.0	32.7	41.4
Sep	8	70.6	56.8	50.7	37.1	74.8	71.3	67.5	64.9	14.1	33.7	34.1	44.2
	10	70.3	58.7	50.8	39.3	74.7	71.2	66.9	64.5	14.9	30.3	32.7	41.5
	12	70.4	59.1	51.1	38.3	74.6	71.1	67.0	64.4	14.1	29.2	32.5	42.3
	14	70.3	59.1	51.0	38.6	74.6	71.1	67.0	64.4	14.5	29.5	32.6	42.0
	16	70.3	57.0	50.6	38.8	74.8	71.5	67.0	64.7	15.2	33.6	33.1	42.3
Dec	8	72.8	62.7	53.1	41.4	77.0	73.9	69.8	68.6	15.2	30.2	35.5	46.4
	10	70.5	56.7	50.6	37.1	74.8	71.4	67.5	64.9	14.3	34.1	34.1	44.3
	12	70.3	57.8	50.6	39.5	74.8	71.5	67.0	64.7	15.2	32.4	33.2	41.7
	14	70.3	57.0	50.6	37.6	74.7	71.4	67.1	65.0	14.9	33.6	33.4	43.9
	16	70.8	57.0	50.8	38.1	74.3	71.0	66.9	64.9	12.1	32.5	32.8	43.3

(Hor.-45°) blind /Hor. blind에서는 창으로부터 이격거리가 멀어질수록 값이 커지는 것으로 나타났다. 창이 남쪽을 향하는 경우, 12월에 (No- Hor.) blind/No blind 12시, 14시와 (No-45°) blind /No blind 10시, 12시, 14시 16시의 경우에도 이격거리가 멀어질 수로 값이 커지는 것으로 나타났다. 또한 남쪽을 향하는 경우 같은 지점에서 시간 별 조도 비율 값의 차이가 최대 36.4%으로 나타났고, 북쪽을 향하는 경우 최대 6.7%로 나타났다.

담천공 조건에서 창이 남쪽을 향하는 경우와 북쪽을 향하는 경우 경우의 차이는 최대 0.197부터 최소 -0.191까지로 차양 조건 별 조도비율 분포 값은 청천공 조건에 비하여 차이가 작게 나타났으며, 6월, 9월, 12월의 차양 조건별 조도비율 분포 값 역시 차이가 미미한 것으로 나타났다. 창이 남쪽을 향하는 경우와 북쪽을 향하는 경우 모두 (No-45°) blind/ No blind 에서 값이 가장 높게 나타났다. (No-Hor.) blind/ No blind 와 (No-45°) blind/ No blind의 결과와 반대로 (Hor.-45°) blind/ Hor. blind에서는 창으로부터 이격 거리가 멀어질수록 값이 커지는 것으로 나타났다.

차양 조건간 조도 비율의 값이 클수록 두 차양 조건간의 차양 효과의 차이가 큰 것을 의미한다. 블라인드가 없는 경우에 대한 45° 블라인드 적용시의 차양 효과가 모든 조건에서 가장 큰 것으로 나타났으며, 수평블라인드와 45° 블라인드의 차양 효과는 창으로부터 이격 거리가 멀어질수록 차이가 증가하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서 소규모 사무실공간을 대상으로 천공 및 차양조건에 따른 주광조도 변화 분포가 분석 되었다. 결론은 다음과 같다.

(1) 청천공 조건의 경우, 블라인드가 설치되지 않은 조건에서는 창이 남쪽을 향하는 경우 9월 14시 조건, 창이 북쪽을 향하는 경우 9월 16시 조건을 제외하고, 창으로 부터 이격거리가 1.0m 떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다. 수평블라인드가 적용된 경우 창이 북쪽을 향하는 경우 12월 8시, 16시 조건을 제외하고, 창으로부터 이격거리가 1.5m 떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다. 45° 블라인드가 적용된 경우 창이 남쪽을 향할 경우 창으로부터 이격거리가 1.0m 떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다. 창이 북쪽을 향한 경우 창으로부터 이격거리가 0.5m 떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다.

(2) 담천공 조건의 경우, 블라인드가 설치되지 않은 조건에서의 조도는 모두 창으로 부터 이격거리가 1.0m 떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다. 수평블라인드가 적용된 경우 창이 남쪽을 향하는 경우와 북쪽을 향하는 경우 모두 9월 조건의 8시, 16시와 12월 조건의 10시, 14시, 16시에서 창으로부터 이격거리가 2.0m 떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다. 그 외 조건에서는 창으로부터 이격거리가 1.5m 떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다. 45° 블라인드가 적용된 경우 창이 북쪽을 향할 때와 창이 남쪽을 향할 때 모두 창으로부터 이격거리가 0.5m 떨어진 곳보다 멀어질수록 조도가 감소하는 것으로 나타났다.

(3) 창이 남쪽을 향하는 경우, 북쪽을 향하는 경우보다 청천공과 담천공의 조도 차이가 크고, 12월에 그 차이가 가장 크고 6월에 가장 작은 것으로 분석되었다. 창이 북쪽을 향하는 경우 6월과 9월, 10시, 12시, 14시 조건에서 담천공의 조도가 더 높은 것으로 나타났다.

(4) 블라인드가 없는 경우에 대한 45° 블라인드 적용시의 차양 효과가 모든 조건에서 가장 큰 것으로 나타났으며, 수평블라인드와 45° 블라인드의 차양 효과는 창으로부터 이격 거리가 멀어질수록 차이가 커지는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 문기훈, “LIGHTSCAPE를 이용한 채광성능 시뮬레이션”, 조명전기설비학회 논문집, 2007
2. 김정태, 정유근, 문기훈, “채광성능 평가용 시뮬레이션 프로그램의 비교분석”, 한국태양에너지학회 논문집, 2003
3. 장우진, 홍성욱, “Lightscape을 사용한 조명 시뮬레이션”, 조명전기설비학회 논문집, 1999
4. 윤연주, “사무실 자동 조명 및 쉐이딩 제어 시스템 에너지 절감 효과 분석”, 한국생활환경학회지, 2013
5. 공효주, 이진성, 안현태, 김정태, “방위에 따른 정측창 시스템의 채광성능 평가”, 한국태양에너지학회 논문집, 2009
6. 박웅규, 박태주, 강규민, 이상엽, 송두삼, “실내 주광조도 분포 예측식의 제안 및 검증”, 한국태양에너지학회 논문집, 2013
7. NazaninNasrollahi, ElhamShokri(2016). “Daylight illuminance in urban environments for visual comfort and energy performance” Renewable and Sustainable Energy Reviews, 66: 861 - 874
8. 이석배, “자연채광에 의한 조명에너지 절감의 예측에 관한 연구”, 한국태양에너지학회 논문집, 1998