소규모 사무공간의 조명에너지 절감을 평가에 관한 연구

김한용*, 윤경*, 김강수**

*고려대학교 대학원 건축학과(khanyong@korea.ac.kr / poprin@korea.ac.kr),

**고려대학교 건축학과(kskim@korea.ac.kr)

Evaluation of Lighting Energy Saving Rate in a Small Office Space

Kim, Han-Yong* Yun, Gyeong* Kim, Kang-Soo**

*Dept. of Architecture, Graduate School, Korea University(khanyong@korea.ac.kr / poprin@korea.ac.kr),

**Dept. of Architecture, Korea University(kskim@korea.ac.kr)

Abstract

The objective of this study is to evaluate the lighting dimming rates with various parameters of the building skin in a small office. We compared to simulated workplane illuminance and measured workplane illuminance for the base model. After that, the five variables(the presence of vertical wall in double skin facade, the presence of windowsill, window to wall ratio(WWR), window visible transmittance, the width of double skin facade) were applied to base model, and we analyzed the simulated lighting energy saving rates. The results are listed as below. The simulated workplane illuminance results are similar to the measurement. Simulated illuminance was smaller than measured illuminance by 16.5%(60 lx). In accordance with applicable building skin parameters, lighting energy saving rate results are summarized as follows. Lighting energy saving rate of case1(window sill height 0.7m) is higher than that of base case(window sill and vertical wall) by 7.3% and the lighting energy saving rate of case2(no vertical wall) is higher than that of base case by 7.6% and the lighting energy saving rate of case3(no windowsill and vertical wall) is higher than that of base case by 12.4%. The lighting energy saving rate is increased by 2.3%, when window visible transmittance is increased from 70% to 86%. The lighting energy saving rate is increased by 4.6%, when we changed the WWR 70% to 90%. Lighting energy savings rate is increased by 6.5%, when the width of double skin facade is reduced from 1m to 0.3m.

Keywords : 데이시뮬(Daysim), 조명에너지(Lighting energy), 조도측정(Illuminance measurement), 절감율(Saving rate), 디밍제어(Dimming Control)

1. 서 론

1.1. 연구배경

고속화되는 경제성장으로 고유가 시대의

도입과 함께 에너지 절약과 실내 환경의 쾌적성을 위한 실내 환경에 대한 관심이 지속적으로 증가하고 있다. 지난해인 2011년 세계 에너지 절약 컨퍼런스에서 2010년 우리나라의

Submit date : 2012. 2. 14, Judgment date : 2012. 2. 20, Publication decide date : 2012. 4. 23

Communication author : Kim, Kang-Soo(kskim@korea.ac.kr)

에너지 해외의존도는 96.4%로 OECD 타 국가에 비해 매우 높은 편이라고 발표했다. 올해 우리나라의 에너지 총소비량은 전년대비 5.1% 늘어난 2억7,190만TOE에 이를 것으로 전망되고 있다. 우리나라의 에너지 소비 패턴은 건축물 에너지 소비량이 우리나라 전체 에너지 사용량의 22.3%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다. 건물 에너지 절약의 중요성이 점점 더 커지는 현 시점에서 건물 외피의 다양한 변수에 의한 빛 환경 및 조명 에너지의 절감율에 대한 평가 또한 중요하다.

1.2 연구목적

본 연구에서는 첫 번째, Daysim 프로그램을 이용하여 외부조도와 실내조도의 측정값과 시뮬레이션 값을 비교 분석하여 빛 환경 평가를 위한 프로그램의 시뮬레이션 타당성을 검증한다. 두 번째, Daysim 프로그램을 이용하여, 소규모 사무공간의 조명 에너지 제어에 관한 외피 변수를 적용하고 외부조도에 따른 실내조도와 조명 에너지 절감율을 산출함으로써 조명 에너지 성능 평가를 목적으로 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구의 방법

본 연구에서는 서울에 위치한 K대학교의 실험실을 기본 모델로 하여 실내 작업면 조도를 측정하고 Daysim 프로그램을 이용하여 시뮬레이션한 실내 작업면 조도 결과와 비교 분석하였다. 결과분석은 천공별로 나누어 이루어졌으며 조도의 오차 분석을 통해 결과를 검증하고 이 후 기본 모델에 변수를 적용하였다. 변수는 이중외피 공간의 수직벽 유무, 실내 창턱 유무, 투과율과 창면적비, 이중외피 공간 폭을 설정하였으며 변수의 변화에 따른 시간별 조명에너지 절감율을 각각 평가 분석하였다.

2.2 실내조도 기준

Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE)에서 추천하는 사무용 공간의 실내 조도 레벨은 500 lx 이다. 실제로 인공조명은 작업면이 500 lx의 조도를 유지할 수 있도록 설계되며 선진국에서도 일반적으로 500 lx를 기준조도로 채택하고 있다[3][4]. 따라서 본 연구에서는 실험실 공간의 실내 및 환경을 평가하는 기준으로 500 lx를 설정하여 결과를 분석했다.

2.3 Daysim 프로그램

Daysim 프로그램은 NRCC(National Research Council Canada)에 의해 개발되어 자연채광 성능을 분석할 수 있는 동적 시뮬레이션 프로그램이다. Radiance 프로그램과 동일한 Raytracing 방법을 기반으로 개발된 프로그램으로 daylighting을 분석하여 연간 조도와 DF (Daylight Factor)와 DA(Daylight Autonomy)와 UDI (Useful Daylight Illuminance) 등을 쉽게 산출할 수 있는 시뮬레이션 프로그램이다. 또한 3차원 모델과 건물 대지의 기상 데이터를 입력할 수 있다[5].

3. 측정 및 시뮬레이션 실내 조도 비교 분석

3.1 측정 및 시뮬레이션 공간 개요

Table 1. Outline of the Experiment Laboratory

Classification	Contents
Name	Laboratory of College of Engineering #2, Korea University
Location	Seoul
Azimuth	Southeast (30 degrees Eastward)
Area	23.8 m ² (Laboratory 20.3 m ² , Double Envelope Space 3.5m ²)
Floor	4th Floor
Floor Height	Intermediate Space - 2.8m, Laboratory - 2.3m
Period of Experiment	2011. 6. 4. - 2011. 10. 20.

천공 상태에 따른 조도 특성을 측정 분석한 평가 공간의 개요는 Table 1과 같으며, 이중외피 공간을 포함한 실험 공간의 크기는 3.5m(W) x 6.8m(D)이다. 평가 공간은 이중외피 공간을 제외한 실내 부분으로 조도를 측정할 센서는 실의 양 벽면으로부터 1.75m 떨어진 중앙에 안쪽 창으로부터 1m 떨어진 지점부터 실 한쪽으로 1m 간격으로 5개의 센서를 바닥으로부터 0.75m 높이에 1열로 배치하였다. 실험실 외부 옥상에 일사량계와 외부 조도계를 각각 설치하여 수평면 일사량과 수평면 조도를 측정하였다. 실험실 실내 표면 반사율 및 창투과율은 Table 2와 같다. 이중외피 공간의 바깥 창문은 바깥유리가 Low-e glass인 Double Low-E Window(가시광선투과율:70%)이며 안쪽 창문은 Double Clear Window(가시광선투과율:77%)이다.

Table 2. Reflectance of Interior Surface & Window visible transmittance

Classification	Reflectance	Classification	Window Visible Transmittance
Floor	15%	Double Low-E Clear Window	70% (6Low-e+12Air+6Clear)
Wall	50%		
Ceiling	71%	Double Clear Window	77% (6Clear+12Air+6Clear)

측정 장비 및 데이터 기록장치의 제원은 Table 3과 같고, 평가공간 및 장비 위치는 Fig. 1과 Fig. 2에 명시하였다.

Table 3. Measurement Equipment

Interior : Illuminance meter T-A21, Minolta Sensing	Interior : Data Logger Data Scan 3000

Exterior(Roof Floor) : Pyranometer LP-PYRA 02, 12	Exterior(Roof Floor) : Illuminometer LP-PHOT 02

Fig. 1 Workplane Section of Laboratory

Fig. 2 Floor Plan of Laboratory(Workplane)

3.2 전천공 시(Global: direct + diffuse) 실내외 조도 비교 분석

실내외 조도는 6월 4일부터 10월 20일까지 사무실의 일반 업무시간대인 오전 9시부터 오후 5시까지 총 8시간에 대하여 1시간 단위로 측정하였다.

전천공 실내 작업면 조도에 대하여 측정 및 Daysim 시뮬레이션 결과의 거리별 상관관계는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3 Measured vs Daysim Workplane Illuminance (Unobstructed Sky)

실험실의 중앙지점인 3m 지점에서의 작업면 조도는 시뮬레이션 조도가 측정 조도보다 15.7%(36 lx) 낮고, 1m ~ 5m를 종합한 시뮬레이션 조도가 실 평균 측정 조도보다 16.5%(60 lx) 낮은 것으로 분석되었다. 이 때 R^2 은 3m 지점인 중앙점에서 0.78, 1m ~ 5m를 종합한 R^2 은 0.80으로 분석되어 유사하다. 측정과 시뮬레이션 오차율은 1m 지점의 큰 차이로 인해 실 전체 평균이 3m 중앙지점보다 다소 큰 것을 알 수 있다.

3.3 천공 청명도(ϵ)에 따른 천공구분

Table 4. Sky Clearness Category

ϵ Category		ϵ
①	Overcast sky	1.000 ~ 1.065
②		1.065 ~ 1.230
③		1.230 ~ 1.500
④		1.500 ~ 1.950
⑤		1.950 ~ 2.800
⑥	Clear sky	2.800 ~ 4.500
⑦		4.500 ~ 6.200
⑧		6.200 ~

Daysim 프로그램은 Perez et al.[6]가 제안한 천공 청명도(Sky Clearness, ϵ)를 사용하며 Table 4와 같이 8개의 category로 구분된다. sky clearness(ϵ) category가 ①에 가까워질수록 담천공에 가까우며, ⑧에 가까워질수록 청천공에 가깝다.

본 논문에서는 천공 청명도에 따라 천공을 청천공, 중간천공, 담천공으로 나누었으며 구분법은 A.H. Fakra의 선행연구[7]를 참고하여 sky clearness(ϵ) 값이 1.23 이하 (ϵ category ①, ②)인 담천공(overcast sky), 1.23 ~ 4.5(ϵ category ③, ④, ⑤, ⑥)인 중간천공(intermediate sky), 4.5 이상 (ϵ category ⑦, ⑧)인 청천공(clear sky)으로 분류하였다. 측정된 전체 882개의 조도 데이터는 95%의 신뢰 수준으로 천

공별로 분류하여 평가 분석하였다.

3.4 실내 조도 측정 및 Daysim 시뮬레이션 비교분석

1) 담천공 시 실내조도 비교

담천공은 천공 청명도(ϵ)가 1.23 이하(category ①, ②)인 경우로 전체의 31.2%가 담천공에 해당한다. 실내 작업면 조도에 대하여 측정 및 Daysim 시뮬레이션 결과의 거리별 상관관계는 Fig. 4와 같다.

Fig. 4 Measured vs Daysim Workplane Illuminance (Overcast Sky)

실험실의 중앙지점인 3m 지점에서의 작업면 조도는 시뮬레이션 조도가 측정 조도보다 8.7%(23 lx) 높고,

1m ~ 5m를 종합한 시뮬레이션 조도도 실 평균 측정 조도보다 4.8%(39 lx) 높은 것으로 분석되었다. 이 때의 R^2 은 3m 지점인 중앙점에서 0.66, 1m ~ 5m를 종합한 R^2 은 0.79로 분석되었고, 측정과 시뮬레이션 오차율은 실 전체 평균이 3m 지점보다 작은 것을 알 수 있다.

2) 중간천공 시 실내조도 비교

중간천공은 천공 청명도(ϵ)가 1.23 ~ 4.5(category ③, ④, ⑤, ⑥)인 경우로 전체의 49.6%가 중간천공에 해당한다. 실내 작업면 조도에 대하여 측정 및 Daysim 시뮬레이션 결과의 거리별 상관관계는 Fig. 5와 같다.

Fig. 5 Measured vs Daysim Workplane Illuminance (Intermediate Sky)

실험실의 중앙지점인 3m 지점에서의 작업면 조도는 시뮬레이션 조도가 측정 조도보다 14.3%(36 lx) 낮고, 1m ~ 5m를 종합한 시뮬레이션 조도도 평균 측정 조도보다 17.4%(63 lx) 낮은 것으로 분석되었다. 이 때 R^2 은 3m 지점인 중앙점에서 0.77, 1m ~ 5m를 종합한 R^2 은 0.84로 분석되었고, 측정과 시뮬레이션 오차율은 실 전체 평균이 3m 지점보다 다소 큰 것을 알 수 있다.

3) 청천공 시 실내조도 비교

청천공은 천공 청명도(ϵ)가 4.5 이상 (category ⑦, ⑧)인 경우로 전체의 19.2%가 청천공에 해당한다. 실내 작업면 조도에 대하여 측정 및 Daysim 시뮬레이션 결과의 거리별 상관관계는 Fig. 6과 같다.

Fig. 6 Measured vs Daysim Workplane Illuminance (Clear Sky)

실험실 중앙지점인 3m 지점에서의 작업면 조도는 시뮬레이션 조도가 측정 조도보다 23.4%(56 lx) 낮고, 1m ~ 5m를 종합한 시뮬레이션 조도도 평균 측정 조도보다 20.1%(87 lx) 낮은 것으로 분석되었다. 이 때 R^2 은 3m 지점인 중앙점에서 0.70, 1m ~ 5m를 종합한 R^2 은 0.72로 분석되었고, 측정과 시뮬레이션 오차율은 실 전체 평균이 3m 지점보다 작은 것을 알 수 있다. 또 청천공은 중간천공과 담천공보다 오차가 다소 큰 것을 알 수 있다.

4. 조명에너지 절감을 비교 분석

4.1 조명 절감율과 실내조도의 측정 및 시뮬레이션 결과 평가

측정기간(6/4 ~ 10/20)동안 실험실 공간의 측정과 Daysim 시뮬레이션의 작업면 조도 및 조명 절감율의 비교 결과는 Fig. 7과 같다.

Fig. 7 Comparison of Workplane Illuminance and Saving Rate between Measured and Daysim Simulation (hourly)

실 전체 평균 조도의 측정은 250 lx, Daysim 은 232 lx로 측정 조도와 시뮬레이션 조도가 매우 유사한 것을 알 수 있다. 작업면 조도의 거리별 오차는 최소 2 lx ~ 최대 92 lx이다. 실 거리별 조명 절감율 측정 결과는 최소 16.4% ~ 최대 77.7%이며, 시뮬레이션 결과는 최소 15.6% ~ 최대 76.8%로 오차는 최소 0.8% ~ 최대 4.9%까지 발생한다. 실 전체 평

균 조명 절감율의 측정 결과는 40.7%, Daysim 시뮬레이션 결과는 40.9%로 오차가 0.2% 발생하여 절감율 또한 매우 유사한 것을 알 수 있다. 작업면 조도의 디밍 제어를 500 lx이하 일 경우로 하여 500 lx이상의 조도는 모두 0%로 디밍 제어 하기 때문에 Fig. 7에 나타난 실 거리별 평균 조도 및 실 전체 평균 조도와 절감율 관계에는 차이가 있다.

4.2 조명에너지 절감율 분석을 위한 변수 및 Case 설정

측정기간(6/4 ~ 10/20)동안 조명에너지 절감율 비교 분석을 위해 5가지 변수를 설정 하였으며, 변수에 따른 9개의 case를 설정하여 Daysim 시뮬레이션을 수행하였다. 변수는 이중외피 공간의 수직벽 유무, 0.75m 높이의 실내 창턱 유무, 창투과율, 창면적비, 이중외피 공간 폭이며 변수에 따른 case는 Table 5에 명시하였다.

Table. 5 Case for Lighting Energy Saving Rate Analysis

Case	Existence of Vertical Walls	Existence of Windowsills	Window visible transmittance	Window to wall ratio (WWR)	Space Width of Double Envelope
Base case	o	o	70%	70%	1m
case 1	x	o	70%	70%	1m
case 2	o	x	70%	70%	1m
case 3	x	x	70%	70%	1m
case 4	x	x	53%	70%	1m
case 5	x	x	86%	70%	1m
case 6	x	x	70%	50%	1m
case 7	x	x	70%	90%	1m
case 8	x	x	70%	70%	0.6m
case 9	x	x	70%	70%	0.3m

기존의 실험실과 같은 조건을 Base case로 하고 5가지 변수를 적용한 9개의 case에 대하여 조명에너지 절감율을 산출하고 분석하였다. (Fig. 1, Fig. 2 참조)

4.3 창턱 유무와 수직벽 유무에 따른 조명에너지 절감율 평가

실험실의 창턱 유무와 수직벽 유무에 따른 실내 조명에너지 절감율은 Fig. 8과 같다.

Fig. 8 Illuminance and Lighting Energy Saving Rate according to Existence of Windowsills and Vertical Walls

전체적으로 1m ~ 5m지점까지 갈수록 평균 조도와 조명에너지 절감율이 점점 감소하는 것을 알 수 있다. Base case의 실 전체 평균 조도는 232 lx, Case 3의 실 전체 평균 조도는 374 lx로 창턱 및 수직벽이 없을 경우 실 전체 평균 조도가 142 lx 높아졌다. Base case의 평균 조명에너지 절감율은 40.9%이며, case 1의 평균 절감율은 48.2%, case 2의 평균 절감율은 48.5%, case 3의 평균 절감율은 53.3%로 평가되었다. 창턱 유무에 따른 평균 절감율과 수직벽 유무에 따른 평균 절감율 모두 3m 지점의 절감율과 가장 유사한 것으로 분석되었다. 실내 창턱과 이중외피 수직벽의 유무에 따라 조명 에너지 절감율은 각각 7.3% 7.6%로 실내 조도 결과에 미치는 영향이 비슷하고, Base case와 수직벽과 창턱이 삭제 된 case 3을 비교할 때, 조명 에너지 절감율이 12.4% 증가되는 것으로 평가되었다.

4.4 투과율에 따른 조명에너지 절감율

실험실의 투과율에 따른 실내 조명에너지 절감율은 Fig 9와 같다.

Fig. 9 Illuminance and Lighting Energy Saving Rate according to window visible transmittance

창투과율은 Base case와 case 3은 70% Double Low-E Clear window, case 4는 53% Double Low-E window, case 5는 86% Single Clear window다. case 3의 실 전체 평균 조도는 374 lx, case 4의 실 전체 평균 조도는 284 lx, case 5의 실 전체 평균 조도는 413 lx로 투과율에 따라 case 3과 비교하여 실 전체 평균 조도가 case 4는 90 lx 낮아졌고, case 5는 39 lx 높아졌다. Base case의 평균 조명 에너지 절감율은 40.9%로 수직벽과 창턱이 제거 된 case 3에서 12.4% 증가되어 53.3%가 되었다가 창투과율 감소로 인하여 case 4(53%)는 45.2%로 8.1% 감소되었고, 창투과율이 증가한 case 5(86%)는 55.6%로 2.3% 증가되었다.

4.5 창면적비에 따른 조명에너지 절감율

실험실의 창면적비에 따른 실내 조명에너지 절감율은 Fig. 10과 같다.

Fig. 10 Illuminance and Lighting Energy Reduction Ratio according to the window to wall ratio(WWR)

창면적비는 Base case와 case 3은 70%, case 6은 50%, case 7은 90%이다. case 3의 실 전체 평균 조도는 374 lx, case 6의 실 전체 평균 조도는 243 lx, case 7의 실 전체 평균 조도는 451 lx로 창면적비에 따라 case 3과 비교하여 실 전체 평균 조도가 case 6은 131 lx 낮아졌고, case 7은 77 lx 높아졌다. case 3(70%)의 평균 절감율은 53.3%인데 창면적비가 20% 줄어든 case 6(50%)의 평균 절감율은 11.3% 감소한 42.0%, 창면적비가 20% 증가한 case 7(90%)의 평균 절감율은 4.6% 증가한 57.9%로 평가되어, 창면적비와 조명에너지 절감율은 비교적 정비례하는 것으로 분석되었다.

4.6 이중외피 공간 폭에 따른 조명에너지 절감율

실험실의 이중외피 공간 폭에 따른 조명에너지 절감율은 Fig. 11과 같다.

Fig. 11 Illuminance and Lighting Energy Reduction Ratio according to the Space Width of Double Envelope Space

이중외피 공간 폭은 Base case와 case 3은 1m, case 8은 0.6m, case 9는 0.3m이다. case 3의 실 전체 평균 조도는 374 lx, case 8의 실 전체 평균 조도는 540 lx, case 9의 실 전체 평균 조도는 601 lx로 이중외피 공간 폭이 0.4m 감소 할 때 실 전체 평균 조도가 166 lx 증가하고, 0.7m 감소함에 따라 실 전체 평균 조도가 227 lx 높아졌다. case 3의 평균 절감

율은 53.3%인데 case 8의 평균 절감율은 3.2% 증가한 56.5%, case 9의 평균 절감율은 6.5% 증가한 59.8%로 평가되었다. 이중외피 공간이 좁을수록 조명에너지 절감율이 더 높고, 이중외피 공간이 넓을수록 조명에너지 절감율이 더 낮아졌다. 이중외피 공간 폭과 조명에너지 절감율은 반비례하여 이중외피 공간 폭이 감소함에 따라 절감율이 증가되었다.

5. 결 론

본 연구결과를 종합하여 다음과 같은 결론을 제시하였다.

- (1) 측정기간(6월 4일 ~ 10월 20일)동안 일반 업무 시간대인 오전 9시부터 오후 5시까지 총 8시간에 대하여 1시간 단위로 측정하였을 때, 실험실 작업면 조도는 실 중앙점인 3m 지점에서 시뮬레이션 조도가 측정 조도보다 15.7%(36 lx) 낮고, 1m ~ 5m를 종합한시뮬레이션 조도가 측정 조도보다 16.5%(60 lx) 낮다. 3m 지점의 R^2 은 0.78, 1m ~ 5m를 종합한 R^2 은 0.80으로 비교적 유사한 것으로 평가되었다.
- (2) Perez모델에 따른 천공 분류에 따라 Daysim 시뮬레이션 조도와 측정 조도의 차이는 답천공 시 시뮬레이션 조도가 4.8%(평균 조도 39 lx) 높고, 중간천공 시 시뮬레이션 조도가 17.4%(평균조도 63 lx) 낮고, 청천공 시 시뮬레이션 조도가 20.1%(평균조도 87 lx) 낮은 것으로 분석되었다.
- (3) 실험실 작업면 조도의 측정과 Daysim 시뮬레이션의 오차를 비교하여 조명 절감율을 분석하였을 때, 측정과 Daysim 시뮬레이션의 실 거리별 절감율 오차는 최소 0.8% ~ 최대 4.9%까지 나타났다. 실 전체 평균 절감율은 측정에서 40.7%, Daysim 시뮬레이션은 40.9%로 평가되어 실 전체 평균 조명 절감율의 오차는 매우 적었다.
- (4) 실험실의 창턱과 수직벽의 유무에 따른

조명에너지의 평균 절감율은 Base case에서 40.9%, 수직벽이 없을 경우(case 1) 48.2%, 창턱이 없을 경우(case 2) 48.5%로 산출되었다. 창턱의 유무와 수직벽의 유무에 따라 조명에너지 절감율은 각각 7.3%, 7.6%로 실내 조도 결과에 미치는 영향이 비슷한 것으로 분석되었다.

- (5) 투과율을 변수로 한 case는 case 3(70%), case 4 (53%), case 5(86%)로 전체 조명 에너지를 각각 53.3%, 45.2%, 55.6% 절감할 수 있다. 투과율을 53%에서 86%까지 33% 증가시킬 경우 실내 작업면 조도가 129 lx 향상되는 것으로 분석되었다.
- (6) 창면적비를 변수로 한 case는 case 3(70%), case 6(50%), case 7(90%)로 전체 조명 에너지를 각각 53.3%, 42.0%, 57.9% 절감할 수 있다. 창면적비를 50%에서 90%까지 40% 증가시킬 경우 실내 작업면 조도가 208 lx 향상되는 것으로 분석되었다.
- (7) 이중외피 공간 폭을 변수로 한 case는 case 3(1m), case 8(0.6m), case 9(0.3m)로 전체 조명에너지를 각각 53.3%, 56.5%, 59.8% 절감할 수 있다. 이중외피 공간 폭을 1m에서 0.3m로 줄일 경우 실내 작업면 조도가 227 lx 향상되는 것으로 분석되었다.
- (8) 본 연구에서 적용한 외피 변수에 대하여 조명에너지에 큰 영향을 미치는 요소는 이중외피 공간 폭, 창면적비, 투과율 순으로 분석되었다.
- (9) 본 연구에서는 소규모 사무공간에서 주광을 이용한 조명제어 방안에 대하여 평가하였으며, 실제 유리 선정 시 가시광선 투과율은 최대한 높이면서 차폐계수는 낮추는 방안의 연구가 필요하다.

후 기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(20120001742)

참 고 문 헌

1. Yun G, Yun KC, Kim KS, An Experimental Study on Control Strategy of LED System Using Daylight, Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol.10, Issue 6, pp. 30~40, 2010.12.
2. Kim HS, Kim KS, A Study on Lighting Energy Conservation in a Small Office Space with Daylight Dimming Control System, The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.17, Issue.5, pp. 15~21, 2003.9.
3. Zack Rogers, David Goldman, Daylighting Metric Development Using Daylight Autonomy Calculations in the Sensor Placement Optimization Tool, DHPS Daylighting Committee Daylighting Forum, Architectural Energy Corporation, 2006.3.
4. Azza Nabil, John Mardaljevic, Useful Daylight Illuminances : A Replacement for Daylight Factors, Energy and Buildings, Vol.38, Issue 7, pp. 905~913, 2006.
5. Reinhart CF, Tutorial on the use of Daysim simulations for sustainable design, Harvard University, 2010.
6. Perez et al, Modeling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance, Solar Energy, Vol.44, Issue 5, pp. 271~289, 1990.
7. A.H. Fakra, A simple evaluation of global and diffuse luminous efficacy for all sky conditions in tropical and humid climate, Renewable Energy, Vol.36, Issue 1, pp. 298~306, 2011.