

# 태양광발전 기반의 주광을 활용한 조명제어 시스템의 에너지 절감량 분석 연구

함원태\*, 장철용\*, 정학근\*

\*한국에너지기술연구원(hwt1111@kier.re.kr, cyjang@kier.re.kr, hgjeong@kier.re.kr)

## A Study on Savings Analysis of Light Dimming Control System Using the Daylight based on Photovoltaic Power Generation

Ham, Won-Tae\* Jang, Cheol-Yong\* Jeong, Hak-Guen\*

\*Dept. of Energy Efficiency, Korea Institute of Energy Research  
(hwt1111@kier.re.kr, cyjang@kier.re.kr, hgjeong@kier.re.kr)

### Abstract

In the normal office building, the energy consumption to maintain the reasonable intensity of illumination for the work by using the artificial illumination occupies 30% or greater of the whole building electric energy consumption. If the dependability of the artificial illumination is dropt by positively using the natural lighting from the outside, the large amount of electrical energy can be saved, in addition the more nice visual environment for work can be created. Daylight is lighting source that most closely match visual response of the human, because sunlight and skylight achieve the harmony. For this reason, the daylight of small amount than amount of the artificial lighting source also can give the same effect in work activities of human. In addition, if there is daylight at the window of the building, the energy can be saved by controlling the artificial lighting.

In this paper, in the building using the photovoltaic power generation analyze the correlation between the amount of energy generated by photovoltaic and indoor illumination and this was proved through the simulation with Relux 2010.. In addition, the amount of daylight inflow in the room and distribution was drawn by the equation and the ratio for the sectional dimming control of each lighting equipment was predicted and the energy saving amount according to this was calculated. As a result, the indoor illumination was satisfied with recommended illumination value of the office and consumption power could be reduced approximately with 20~70%.

Keywords : 주광(Daylight), 조명제어(Lighting control), 조광제어(Dimming control), 태양광 발전(Solar photovoltaic power generation)

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

저탄소 녹색성장이라는 정책기조 하에 전체 에너지 사용량의 40%를 차지하는 건축물에 대한 에너지 절감 요구는 그 어느 때 보다 높다. 이 중 조명에 의해 소비되는 전기에너지는 총 건물에너지 사용량의 30% 이상을 차지하고 있다. 이와 같이 많은 비중을 차지하고 있는 조명에너지 절감을 위해 주광을 이용한 실내조명에 대한 관심이 높아지고 있다. 자연채광은 무한한 태양에너지 자원과 자연 그대로의 빛을 활용하여 에너지 절감 및 친 환경 조명으로 급속하게 발전하고 있다. 건물에서의 자연광의 활용은 그린설계를 위한 초석이며, 자연채광은 거주자의 만족, 생산성 및 건강을 위해 중요한 역할을 한다. 실제 NREL(National Renewable Energy Laboratory)의 재실자 대상 자연채광의 효과에 대한 연구보고서(2002)에서 거주자의 생산성이 최대 28%까지 상승했고, 자리 비움은 40%까지 감소하였으며, 그 밖에 이직률, 재실자의 두통빈도, 눈의 피로도, 스트레스 감소 등 거주자의 쾌적감과 생산성 증대에 큰 효과를 보이고 있음이 소개된 바 있다. 그러므로 천연에너지원인 주광을 최대한 활용함으로써 조명에너지 절감과 더불어 시환경의 쾌적성 확보에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다.<sup>1)</sup>

본 논문에서는 태양광 발전을 건물에너지로 이용하는 사무실 공간에서 태양광 발전량과 실내 조도와와의 상관관계를 분석하고, 이를 이용하여 창문을 통해 들어오는 주광의 유입량을 산술적으로 계산하여 조도센서 없이 각 영역별 조광제어를 구현하고, 계절별 에너지 절감량을 모의실험을 통하여 예측하였다.

### 1.2 연구과정

연구과정은 테스트 베드를 선정하고, 테스트 베드에서의 태양광 발전량과 실내조도의 상관관계와 실내 주광유입 형태를 분석하여 실험을 통해 수식화 하였다. 그리고 도출된 수식으로 광센서 없이 테스트 베드에 설치된 각 광원에 대한 영역별 조광제어를 적용하여 조명에너지를 절감할 수 있음을 증명하였다. 전체적인 연구내용에 대한 흐름도는 아래 Fig. 1과 같다.

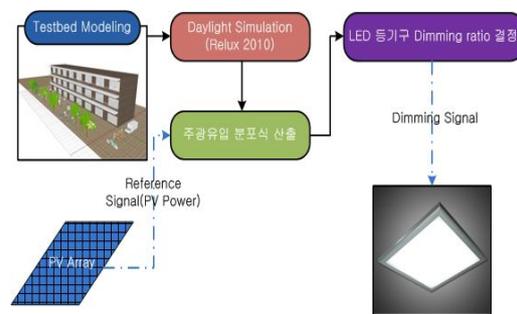


Fig. 1 System flow chart.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1 테스트 베드 선정

건물에 설치된 태양광 발전량과 사무실 실내조도의 상관성을 분석하기 위하여 테스트 베드는 대전 소재의 한국에너지기술연구원의 제3연구동의 한 사무실 공간으로 선정하였다. 사무실의 위치 및 크기는 Table. 1과 같고, 테스트 베드와 동일한 조건으로 모의실험 하기 위해 Relux 광해석 프로그램으로 Fig. 2와 같이 모델링 하였다. 건물의 외부는 창문이 정남향을 향하고 있고, Fig. 3과 같이 층간 높이 3[m]의 3층 규모의 건물을 모델링 하였다. 그리고 건물의 외장재와 창문의 투과율, 건물 주변 환경을 고려하였다. 건물의 내부는 실제 사무실 조건과 동일하게 구성하여 벽면과 천장, 바닥면의 반사율이나 재실자에 의한 그림자의 영향이 적용될 수 있도록 하였다.

1) 김민성, 자연채광 시스템의 국내외 현황, Journal of the KGBC 0406 Vol. 12, NO.4, p.12.

Table. 1 Test-bed size and location

위 치[°]		크 기[m]		
경도	위도	너비	폭	높이
127.22	36.22	6.5	4	2.7

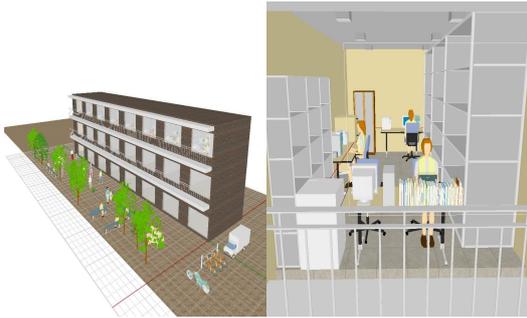


Fig. 2 External and internal modeling of the building.

### 2.2 실내조도 및 태양광 발전량 측정방법

조도측정은 Fig. 3과 같은 너비6.5[m], 폭 [4m], 높이 2.7[m]의 공간을 1[m] 단위로 6개 지점에서 09:00부터 17:00까지 1시간 단위로 작업면 높이인 0.75[m]에서 측정하였다.

측정에 사용된 조도계는 Konicaminolta사의 CL-200A이다.

태양광 어레이는 60[W] 단결정 실리콘 태양전지를 사용하였으며, 태양광 발전량의 측정은 태양광 어레이의 출력을 인버터 입력단에서 검출하여 모니터링 프로그램을 통해 1시간 단위로 수집하였다.

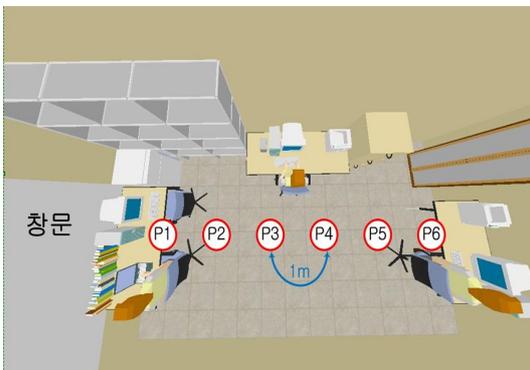
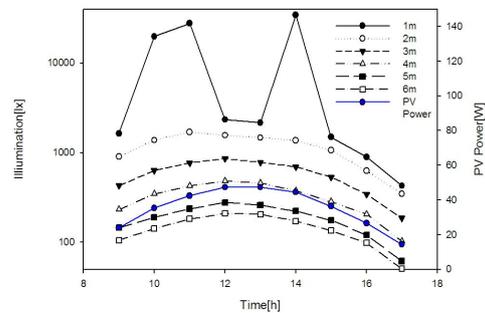


Fig. 3 The method of illumination measurement.

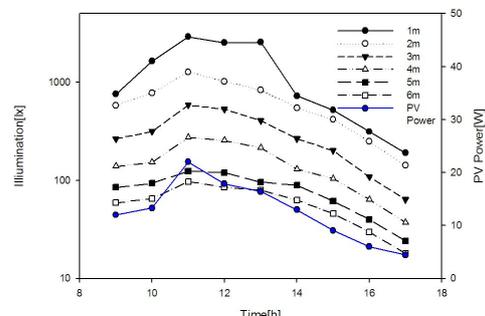
### 2.3 실내조도와 발전량 상관관계 분석

태양광 발전량을 통해 실내조도 값을 예측하기 위해서 2012년 2월 27일부터 3월 1일까지 1시간 단위로 모니터링 한 태양광 발전량과 실측한 실내조도 값을 바탕으로 상관관계를 분석해 보았다.

Fig. 4에서 맑은 날인 2월 29일과 구름이 많은 날인 2월 28일의 태양광 발전량과 실내조도를 비교해 보았다. 이 때 실내조도는 인공조명은 소등한 상태에서 작업면의 조도를 측정한 값이다.



(a) Clear sky



(b) Overcast sky

Fig. 4 Comparison of solar power and indoor illumination.

시간이 변함에 따라 PV전력 값과 6[m]지점의 조도 값이 가장 유사한 형태를 보이고 있음을 볼 수 있다. 이를 토대로 각 날짜별 태양광 발전량과 6[m] 지점 조도 값의 비율을 평균한 결과 아래 Fig. 5와 같이 약 4.3정도로 일정한 것을 볼 수 있다.

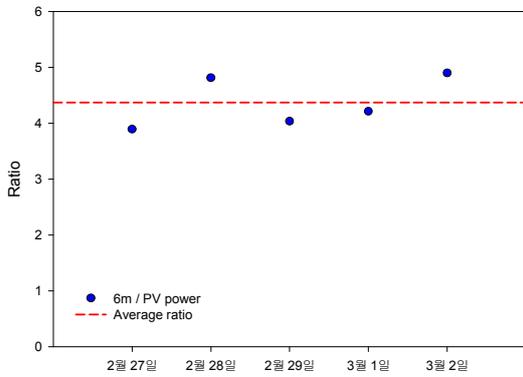


Fig. 5 The average value of each date ratio.

그러므로 PV전력 값을 통해 6[m] 지점의 조도 값을 예측할 수 있음을 알 수 있다. 하지만 이 데이터는 짧은 기간 동안 측정된 값이기 때문에 4계절간 적용이 가능한지 Relux 프로그램을 이용하여 모의실험을 통해 확인해 보았다.

### 2.4 4계절 모의실험

4계절간 태양광 발전량과 실내조도의 비율이 일정하지 확인하기 위해서 Fig. 6과 같이 Relux 프로그램으로 모델링 하였다.

태양광 발전량은 Fig. 6의 태양광 어레이에 입사되는 실외조도 값으로 가정하였으며, 어레이에 입사되는 조도 값과 실내조도 값의 비율을 분석하여 4계절 간 재현성이 있는지 확인해 보았다.

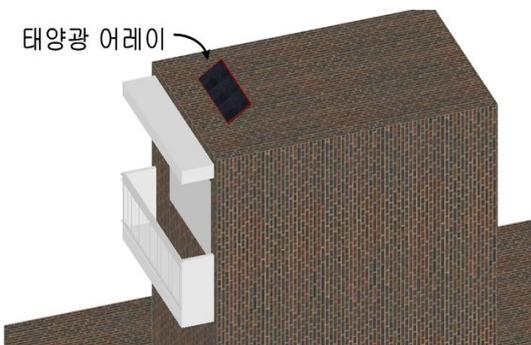


Fig. 6 The modeling for four seasons simulation

(1) 실제 PV전력과 모의실험 실외조도 비교  
동일한 날짜와 기후 조건에서 모의실험한 실외조도 값과 실제 측정된 PV전력 값이 유사한 형태를 보이고 있는지 실험해 보았다. 그 결과 Fig. 7과 같이 시간에 따라 유사한 형태로 변화함을 볼 수 있었다.

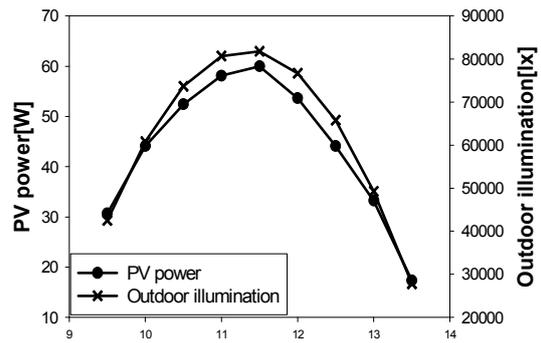


Fig. 7 Comparison of simulated illumination and PV power.

### (2) 모의실험 날짜 및 방법

계절별 태양이 뜨고 지는 위치와 태양의 고도가 Fig. 8과 같이 변화하기 때문에 모의실험 날짜는 춘분, 하지, 추분, 동지의 4지로 나누었으며, 각 계절별 천공상태를 청천공과 담천공의 두 가지 기후 조건으로 모의실험 하였다.

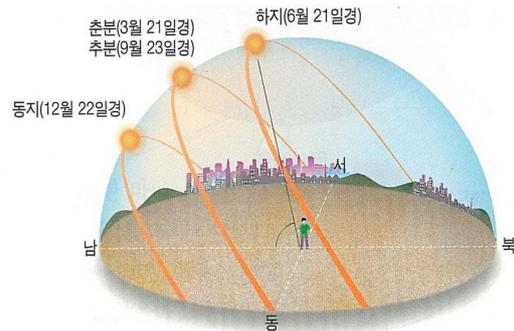


Fig. 8 The location and altitude of the sunrise and sunset according to four seasons.

### (3) 모의실험 결과

각 계절별, 천공상태별 실외조도와 실내조도의 시간 및 지점에 따른 비율은 Table. 2와 같다.

Table. 2 The ratio of the indoor and outdoor illumination

춘분(3월21일), 청천공						
	1m	2m	3m	4m	5m	6m
09:00	0.02941	0.01134	0.00527	0.00287	0.00174	0.00171
10:00	0.44078	0.01128	0.00506	0.00284	0.00166	0.00153
11:00	0.02795	0.01157	0.00525	0.00284	0.00165	0.00153
12:00	0.02676	0.01169	0.00547	0.00282	0.00171	0.00154
13:00	0.02603	0.01154	0.00531	0.00286	0.00167	0.00156
14:00	0.02568	0.01100	0.00520	0.00276	0.00159	0.00152
15:00	0.02492	0.01057	0.00490	0.00259	0.00152	0.00150
16:00	0.02434	0.01052	0.00494	0.00261	0.00154	0.00152
17:00	0.02971	0.01255	0.00597	0.00327	0.00190	0.00194

춘분(3월21일), 담천공						
	1m	2m	3m	4m	5m	6m
09:00	0.07523	0.02712	0.01120	0.00554	0.00318	0.00306
10:00	0.07561	0.02736	0.01157	0.00543	0.00342	0.00298
11:00	0.075	0.02720	0.01183	0.00544	0.00323	0.00286
12:00	0.075	0.02689	0.01128	0.00560	0.00324	0.00324
13:00	0.07466	0.02733	0.01153	0.0056	0.0032	0.00293
14:00	0.07446	0.02723	0.01141	0.00567	0.00319	0.00297
15:00	0.07504	0.02715	0.01154	0.00552	0.00333	0.00300
16:00	0.07534	0.02737	0.01118	0.00543	0.00323	0.00313
17:00	0.07520	0.02721	0.01159	0.00547	0.00322	0.00306

하지(6월21일), 청천공						
	1m	2m	3m	4m	5m	6m
09:00	0.02123	0.00930	0.00432	0.00234	0.00136	0.00125
10:00	0.01972	0.00876	0.00406	0.00212	0.00126	0.00109
11:00	0.01894	0.00858	0.00393	0.00202	0.00119	0.00106
12:00	0.01975	0.00898	0.00409	0.00214	0.0012	0.00110
13:00	0.01910	0.00871	0.00403	0.00210	0.00119	0.00108
14:00	0.01831	0.00844	0.00386	0.00205	0.00114	0.00101
15:00	0.01804	0.00841	0.00389	0.00204	0.00122	0.00108
16:00	0.01941	0.00898	0.00427	0.00229	0.00131	0.00119
17:00	0.02347	0.01089	0.00526	0.00281	0.00170	0.00164

하지(6월21일), 담천공						
	1m	2m	3m	4m	5m	6m
09:00	0.075	0.02742	0.01128	0.00553	0.00340	0.00310
10:00	0.07531	0.02734	0.01107	0.00538	0.00335	0.00297
11:00	0.07457	0.02717	0.01163	0.00548	0.00333	0.00288
12:00	0.07473	0.02725	0.01172	0.00553	0.00338	0.00290
13:00	0.07486	0.02689	0.01123	0.00556	0.00336	0.00299
14:00	0.07570	0.02728	0.01118	0.00542	0.00327	0.00310
15:00	0.07484	0.02698	0.01132	0.00534	0.00314	0.00301
16:00	0.07594	0.02721	0.01135	0.00556	0.00338	0.00293
17:00	0.07411	0.02705	0.01127	0.00549	0.00323	0.00303

추분(9월23일), 청천공						
	1m	2m	3m	4m	5m	6m
09:00	0.02727	0.01042	0.00490	0.00264	0.00157	0.00149
10:00	0.02632	0.01084	0.00488	0.00257	0.00155	0.00140
11:00	0.02532	0.01100	0.00505	0.00268	0.00156	0.00143
12:00	0.02445	0.01094	0.00516	0.00268	0.00159	0.00137
13:00	0.02394	0.01076	0.00504	0.00267	0.00154	0.00133
14:00	0.02356	0.01040	0.00486	0.00256	0.00146	0.00136
15:00	0.02329	0.01032	0.00476	0.00254	0.00156	0.00136
16:00	0.02346	0.01050	0.00492	0.00264	0.00156	0.00148
17:00	0.02861	0.01269	0.00603	0.00330	0.002	0.00196

추분(9월23일), 담천공						
	1m	2m	3m	4m	5m	6m
09:00	0.07543	0.02679	0.01135	0.00553	0.00330	0.00291
10:00	0.07549	0.02473	0.01053	0.00534	0.00328	0.00297
11:00	0.076	0.027	0.01133	0.00553	0.0034	0.00313
12:00	0.075	0.02743	0.01115	0.00556	0.00325	0.003
13:00	0.075	0.02762	0.01156	0.0055	0.00318	0.00293
14:00	0.07516	0.02657	0.01127	0.00577	0.00322	0.00302
15:00	0.07539	0.02679	0.01093	0.00554	0.00328	0.00289
16:00	0.07497	0.02753	0.01145	0.00542	0.00321	0.00291
17:00	0.07523	0.02755	0.01113	0.00557	0.00340	0.00294

동지(12월22일), 청천공						
	1m	2m	3m	4m	5m	6m
09:00	0.25601	0.02289	0.01312	0.00800	0.00496	0.00398
10:00	0.31078	0.01896	0.00932	0.00553	0.00357	0.00336
11:00	0.33777	0.32113	0.01396	0.00906	0.00617	0.00527
12:00	0.35098	0.33434	0.01709	0.01166	0.00809	0.00662
13:00	0.34855	0.33181	0.01567	0.01083	0.00756	0.00622
14:00	0.33276	0.31399	0.01064	0.00667	0.00438	0.00399
15:00	0.30133	0.01625	0.00738	0.00399	0.00238	0.00243
16:00	0.04194	0.01805	0.00823	0.00451	0.00283	0.00296
17:00	0.05373	0.02409	0.01144	0.00626	0.00397	0.00397

동지(12월22일), 담천공						
	1m	2m	3m	4m	5m	6m
09:00	0.07451	0.02721	0.01166	0.00561	0.00345	0.00280
10:00	0.07531	0.02733	0.01143	0.00557	0.00320	0.00306
11:00	0.07474	0.02703	0.01117	0.00569	0.00324	0.00301
12:00	0.07507	0.02706	0.01169	0.00539	0.00335	0.00305
13:00	0.07520	0.02745	0.01137	0.00553	0.00338	0.00286
14:00	0.07505	0.02768	0.01121	0.00549	0.00331	0.00308
15:00	0.07474	0.02715	0.01167	0.00540	0.00335	0.00306
16:00	0.07547	0.02714	0.01119	0.00571	0.00333	0.00309
17:00	0.07433	0.02647	0.01120	0.00611	0.00305	0.00305

모의실험 결과 춘분, 하지, 추분의 경우 청천공과 담천공 모두 일정한 비율을 보이고 있다. 하지만 동지의 경우 비율이 일정하지 않은 형태를 보이고 있는데 이는 동지의 남중고도가 다른 계절에 비해 매우 낮아서 건물의 창측에서 먼 곳까지 주광의 유입량이 많기 때문인 것으로 보인다. 따라서 가장 비율이 일정한 6[m] 지점과 사계절 중 비율 값이 가장 낮은 하지의 청천공을 기준 값으로 선정하면 계절과 천공상태에 상관없이 권장조도를 만족하면서 에너지 절감효과 또한 기대할 수 있다.

### 2.5 각 지점별 주광 유입량 예측

2.3, 2.4절에서 태양광 발전량과 실내조도가 유사성을 가지고 있음을 확인하였다. 이를 토대로 태양광 발전량과 실내 각 지점별 조도 값의 관계를 아래의 식으로 모델링 할 수 있다. 모델링은 Origin 프로그램의 fitting 기법을 사용하였다.

$$L(x, t) = P(t) \times \beta \times \alpha_1 \times \exp\left(-\frac{x}{1.09}\right) + \alpha_2 \quad (1)$$

여기서, P(t)는 시간에 따른 태양광 발전량,  $\beta$ 는 6[m] 지점과 태양광 발전량의 비율로써 본 연구에서는 4.3이다. 그리고  $\alpha_1, \alpha_2$ 는 사무실의 구조, 창의 방향, 반사율 등과 같은 환경 변수에 따라 변화하는 값이다. 이러한 변수는 사전에 모의실험을 통해 예측 가능하다. 본 논문에서는  $\alpha_1 = 45.11, \alpha_2 = 0.84$ 이다.

### 2.6 모의실험을 통한 에너지 절감량 예측

#### (1) 조명기구 선정

모의실험에 사용된 조명기구는 Table. 3과 같은 사양의 52[W]급 LED 평판형 조명의 IES 배광파일을 사용하였으며, 기구의 수와 배치는 사무실 권장조도인 500[lx]를 만족하도록 모의실험 후 결정하였다. 조명기구의 배치는 Fig. 9와 같다.

Table. 3 The specification of the LED lighting

소비전력[W]	총광속[lm]	색온도[K]	광효율[lm/W]
52	4,000	5,700	77이상

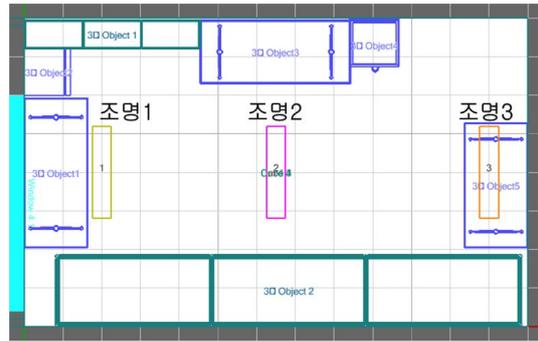


Fig. 9 The arrangement of the lighting equipment.

#### (2) 모의실험 방법

앞서 2.5절에서 산출된 식(식 1)을 PSIM 모의실험 프로그램을 이용하여 Fig. 10과 같이 도식화시키고, 이를 모의실험 하여 계절에 따른 시간 및 지점별 조광제어 비율을 계산하였다. 그리고 계산된 조광제어 비율을 계절별로 적용하여 Relux 프로그램의 주광+인공조명 모의실험을 통해 실내조도가 권장조도를 만족하는지 확인하고, 각 계절 및 천공상태별 에너지 절감량을 예측해 보았다.

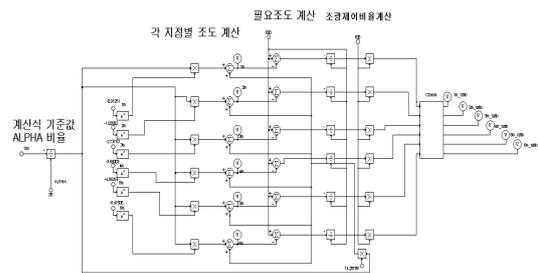


Fig. 10 The circuit for calculating dimming control ratio of each point.

#### (3) 모의실험 결과

모의실험 결과는 4계절의 천공상태에 따른 실내조도 값과 주광에 따라 조광제어를 했을 때 소비전력을 비교해 보았다. 이 때 소비전

력은 60[W]급 태양광 발전을 계통과 연계하여 조명부하에 사용하면서 주광에 따라 조광제어 했을 때, 태양광 발전 없이 주광에 따라 조광제어만 했을 때, 조광제어 없이 조명부하를 사용할 때의 세 가지 조건으로 나누어 비교해 보았다. 모의실험에 사용된 태양광 발전량은 Relux 프로그램을 통해 모의실험 한 실외조도 값을 60[W]급 태양광 발전량으로 환산하여 예측한 값을 적용하였다.

1) 춘분, 청천공

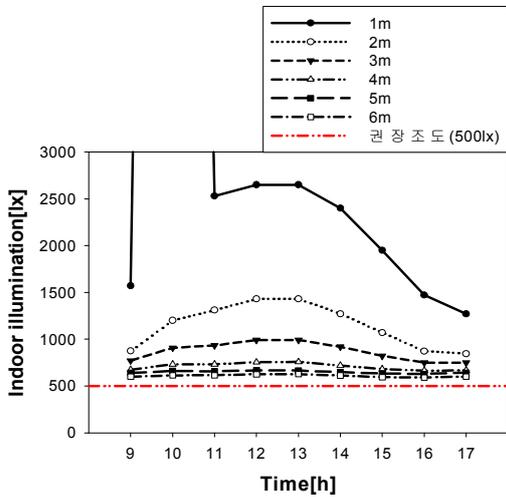


Fig. 11 The indoor illumination value of each time and distance.

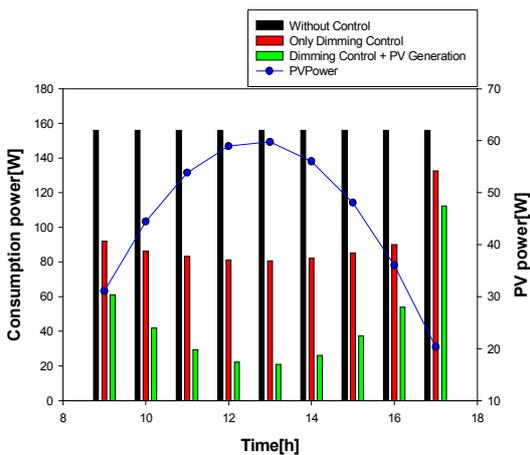


Fig. 12 The comparison of consumption power.

모의실험 결과 실내 권장조도를 만족시키고, 청천공의 경우 조광제어만 했을 경우 42%, PV발전을 조명부하에 사용하고 조광제어 했을 경우 71%의 에너지 절감 효과를 기대할 수 있었다.

2) 춘분, 담천공

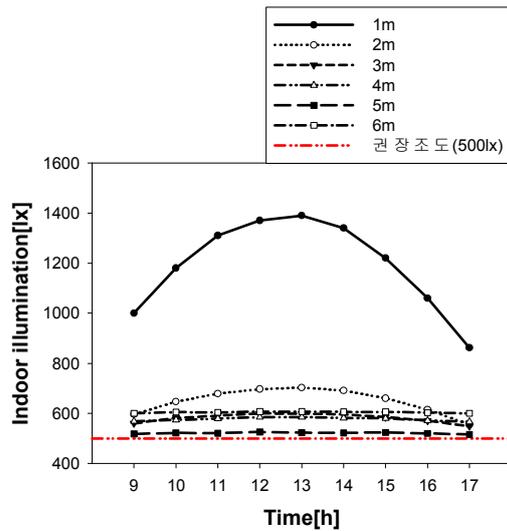


Fig. 13 The indoor illumination value of each time and distance.

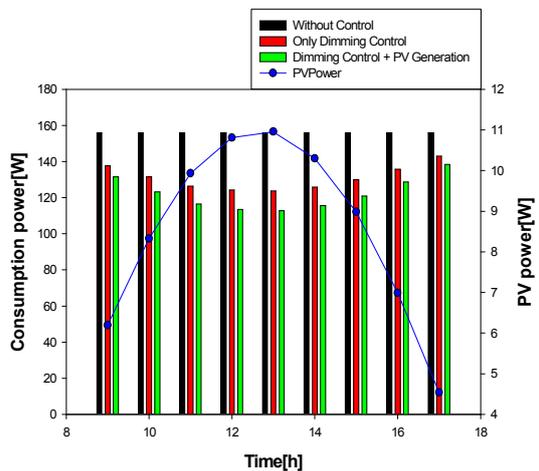


Fig. 14 The comparison of consumption power.

모의실험 결과 실내 권장조도를 만족시키고, 담천공의 경우 조광제어만 했을 경우 16%, PV발전

을 조명부하에 사용하고 조광제어 했을 경우 21%의 에너지 절감 효과를 기대할 수 있었다.

3) 하지, 청천공

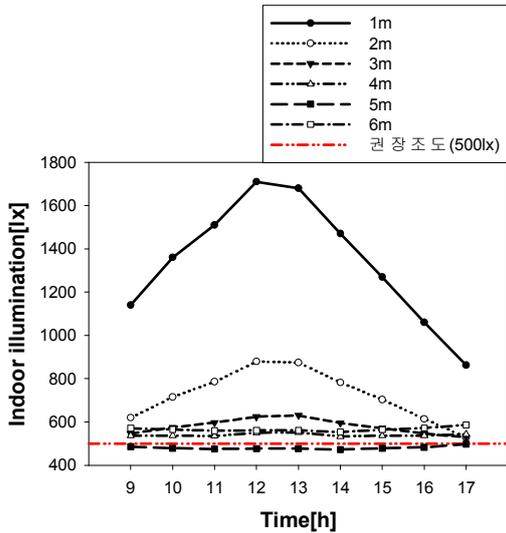


Fig. 15 The indoor illumination value of each time and distance.

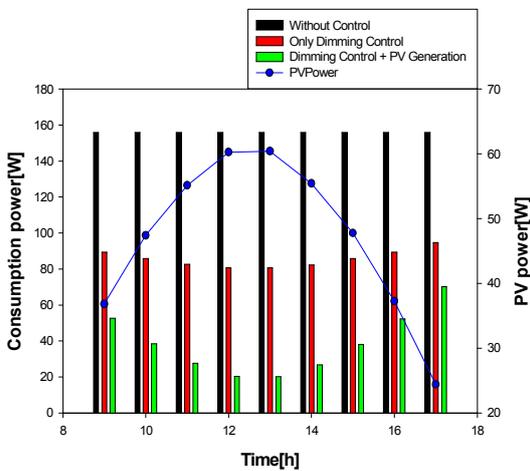


Fig. 16 The comparison of consumption power.

모의실험 결과 실내 권장조도를 만족시키고, 청천공의 경우 조광제어만 했을 경우 45%, PV발전을 조명부하에 사용하고 조광제어 했을 경우 75%의 에너지 절감 효과를 기대할 수 있었다.

4) 하지, 담천공

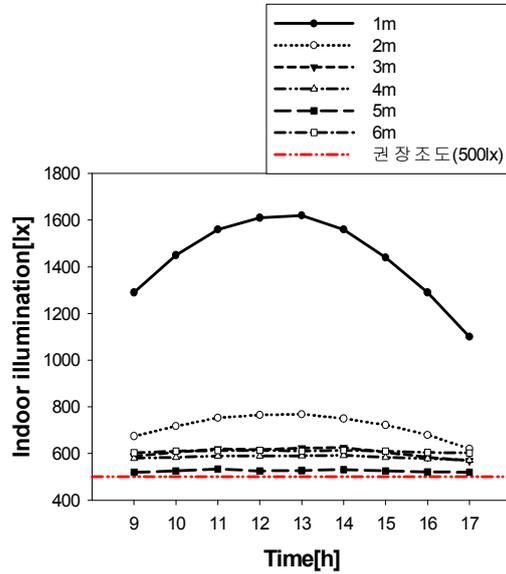


Fig. 17 The indoor illumination value of each time and distance.

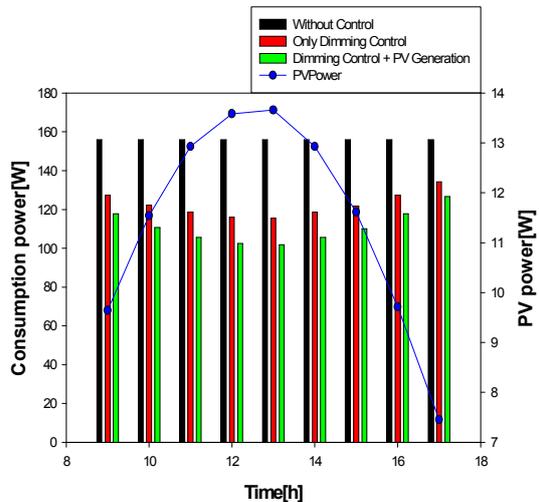


Fig. 18 The comparison of consumption power.

모의실험 결과 실내 권장조도를 만족시키고, 담천공의 경우 조광제어만 했을 경우 21%, PV발전을 조명부하에 사용하고 조광제어 했을 경우 29%의 에너지 절감 효과를 기대할 수 있었다.

5) 추분, 청천공

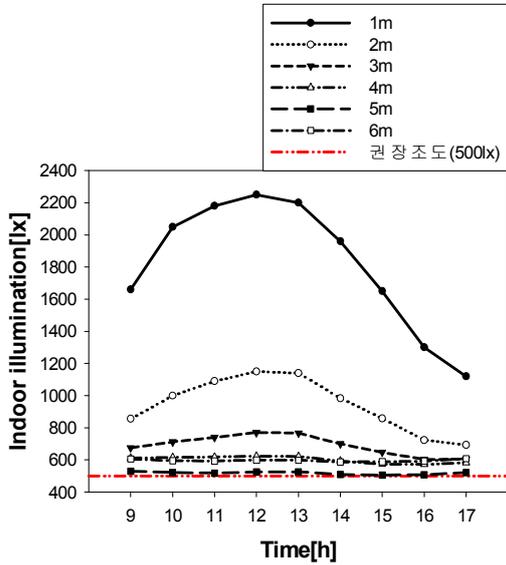


Fig. 19 The indoor illumination value of each time and distance.

6) 추분, 담천공

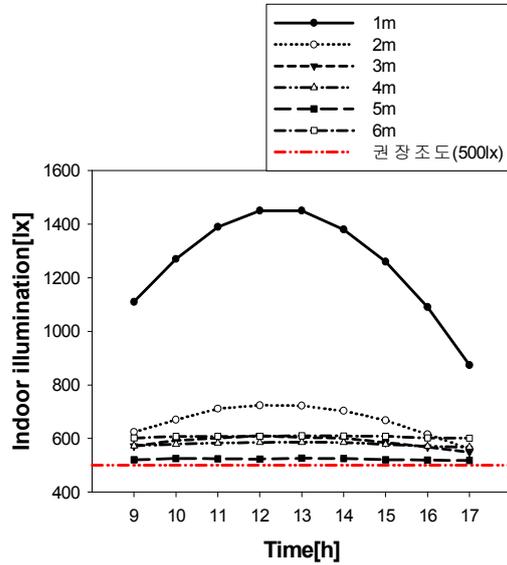


Fig. 21 The indoor illumination value of each time and distance.

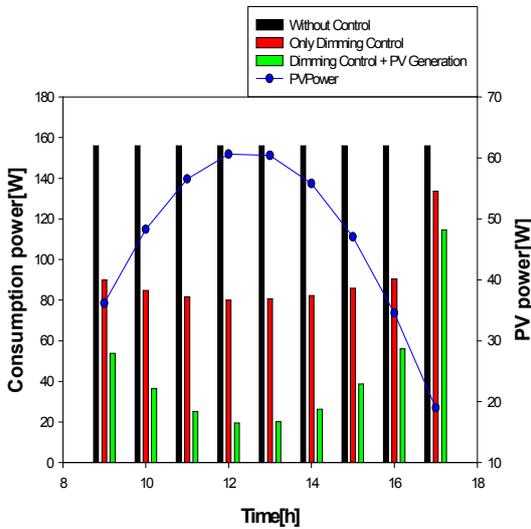


Fig. 20 The comparison of consumption power.

모의실험 결과 실내 권장조도를 만족시키고, 청천공의 경우 조광제어만 했을 경우 42%, PV발전을 조명부하에 사용하고 조광제어 했을 경우 72%의 에너지 절감 효과를 기대할 수 있었다.

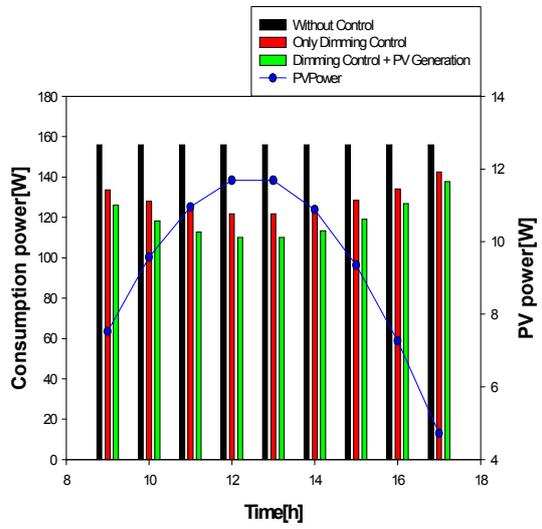


Fig. 22 The comparison of consumption power.

모의실험 결과 실내 권장조도를 만족시키고, 담천공의 경우 조광제어만 했을 경우 18%, PV발전을 조명부하에 사용하고 조광제어 했을 경우 23%의 에너지 절감 효과를 기대할 수 있었다.

7) 동지, 청천공

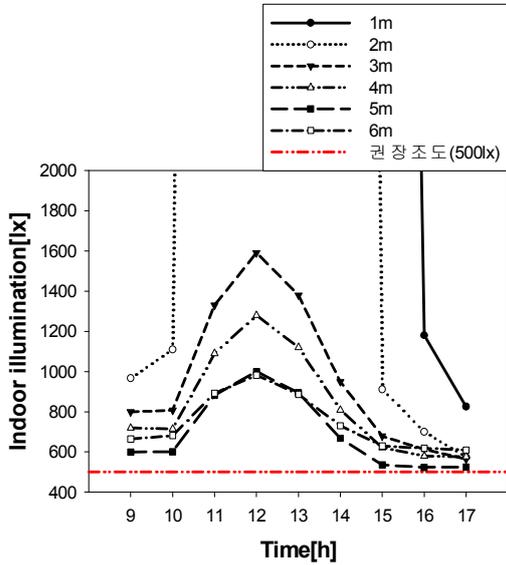


Fig. 23 The indoor illumination value of each time and distance.

8) 동지, 담천공

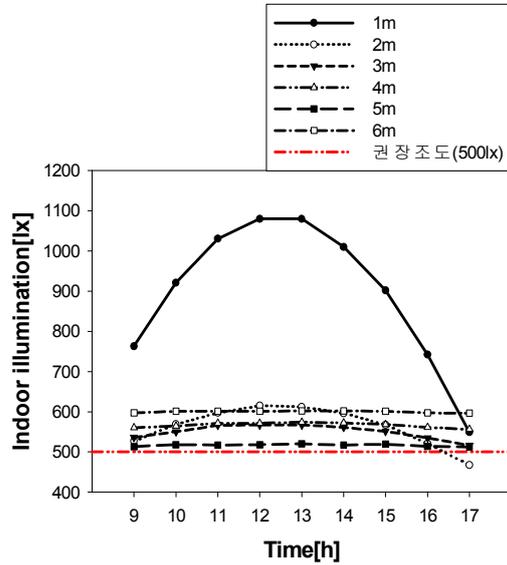


Fig. 25 The indoor illumination value of each time and distance.

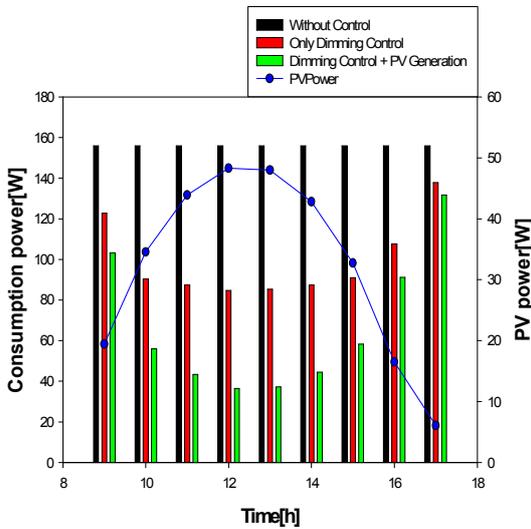


Fig. 24 The comparison of consumption power.

모의실험 결과 실내 권장조도를 만족시키고, 청천공의 경우 조광제어만 했을 경우 36%, PV발전을 조명부하에 사용하고 조광제어 했을 경우 57%의 에너지 절감 효과를 기대할 수 있었다.

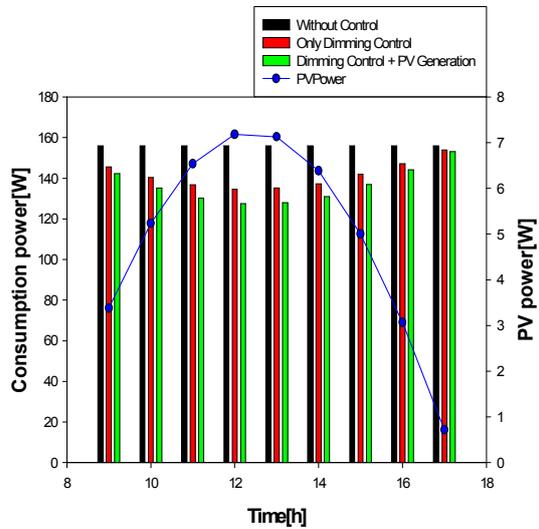


Fig. 26 The comparison of consumption power.

모의실험 결과 실내 권장조도를 만족시키고, 담천공의 경우 조광제어만 했을 경우 9%, PV발전을 조명부하에 사용하고 조광제어 했을 경우 13%의 에너지 절감 효과를 기대할 수 있었다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 태양광 발전량과 창을 통해 실내에 들어오는 주광의 유입량과 분포에 대해 분석하고 이를 식으로 도출함으로써 광센서를 사용하지 않고 태양광 발전량만으로 주광에 따른 실내 인공조명의 필요한 조도와 조광제어 비율을 예측할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 또한 제안한 알고리즘을 모의실험에 적용해 인공조명을 조광제어 하였을 때 실내 권장조도를 만족하는지 확인하고, 이에 따른 에너지 절감량을 예측해 보았다.

그 결과 모든 계절 및 천공상태에서 사무실 권장조도를 만족시킬 수 있었고, 주광을 활용해 조광제어 시 청천공인 경우 36~45%, 답천공인 경우 9~21% 정도의 에너지 절감효과를 기대해 볼 수 있었다. 또한 태양광 발전을 계통과 연계하여 조명부하에 사용하면서 조광제어 했을 때, 청천공인 경우 57~75%, 답천공인 경우 13~29% 정도의 에너지 절감효과를 예측할 수 있었다.

향후에는 제안한 알고리즘에 필요한 각종 전력변환기 등을 구성하여 실제 실험을 통해 확인할 것이다.

### 후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업으로 수행된 연구 결과이며, 또한 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(과제번호 : 2009-0077536, 2012-0008742)

### References

1. Won-Tae Ham, A Study on Energy Savings Analysis by Controlling LED Lighting according to the Change of the Amount of Daylight, Korean Solar Energy Society,

Vol. 32, NO.1.

2. Min-Sung Kim, The Domestic and international Status of Daylight systems, Journal of the KCBC 0406, Vol. 12, NO.4.
3. Yoon-Min Park, Seong-Kwan Hong, An-Seop Choi, A Study on the Comparison of the PV Module Generation from Daylight Irradiation and Indoor Lighting Savings with Lighting Simulation, The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, 24(12), 2010.12, 17-24.
4. Seong-Won Park, Hyun-Cheol Cho, Tae-Ho Lee, Jin-Woo Lee, Young-Jin Lee, Kwon-Soon Lee, Energy Saving -Power Control of Hybrid Photovoltaic Generator based LED Systems, The Korean Institute of Electrical Engineers, 2010.7, 1744-1745.
5. Relux User's Guide.