

그린빌딩에 적용하는 에너지절약형 조명시스템

김병수 <주비이엠에스 컨설팅/주원기술사 사무소 대표/공학박사>

1 서 론

1990년대 이후 인텔리전트 건물로 대표되는 OV화에 의한 전력소비량과 냉방부하의 증대, 건물의 고 급화등으로 대도시 지역의 원단위가 다른 지역에 비 해 높게 나타나고 있다. 우리나라 업무용 건물에 대한 지역별 에너지 사용량을 조사한 결과 전국 평균 에너 지 사용량은 약 500[kWh/m².yr]를 크게 상회하고 있다[1].

업무용 건물의 1차 에너지 소비량을 공조용, 조명 용, 운송·위생 및 기타로 분류할 경우 공조용 에너지 가 전체의 47%, 조명용이 32%로 에너지지를 소비하는 것으로 조사되고 있다. 상업용 건물의 경우 조명 및 OA기기 사용의 급증으로 내부 발열부하가 커져 공조용 에너지, 그 중에서도 냉방에너지 사용량 이 급증하고 있다. 우리나라에서는 하절기 전력수급 의 한계점 때문에 냉난방에너지 절감에 대한 상당한 부분의 기술확립이 이루어진 반면 건물 조명에너지는 건물내에서 가장 큰 에너지소비 비중을 차지하면서도 상대적으로 기술적용이 소극적 방식 위주였기 때문에 가장 큰 에너지절감효과를 기대할 수 있는 대상 분야 이다.

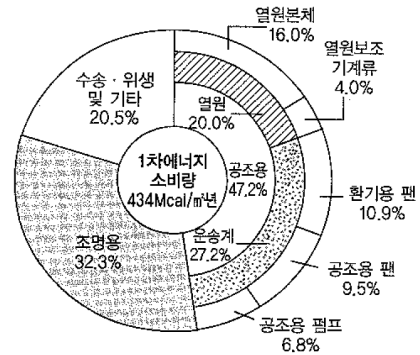


그림 1. 업무용 건물의 1차에너지 소비내역

최근 우리나라는 전기를 에너지원으로 하는 냉난방 기의 보급에 의해 전력수급문제가 하절기와 동절기에 동시에 발생하는 문제에 직면하게 되었다. 전력 피크 부하가 통상 발생하는 시간대는 자연광의 실내 유입 도 매우 큰 시간대이다. 따라서 적극적인 자연채광을 도입하거나 고효율 인공조명의 사용, 자연채광과 인 공조명을 연계할 수 있는 시스템을 도입할 경우 상업 용 건물에서 가장 에너지 소비 구성비가 큰 조명에너 지 사용을 줄일 수 있어 전력 피크치를 감소시킬 수 있다. 특히 인공조명기기의 조명밀도(LPD; Light per Density, 단위 [W/m²]) 저감에 따른 내부발생

량 저하로 냉방에너지 소비 및 냉방부하 피크까지 절감시키는 이중효과를 기대할 수 있다. 즉 건물내 조명 에너지 절감은 피크부하 절감에 의한 계약전력의 요금절감뿐만 아니라 국가적 차원에서 동절기 하절기 전력 수급문제를 해결해 줄 수 있는 가장 유망한 대안 중의 하나이다.

본 고에서는 건축물에 적용할 수 있는 자연채광시스템에 대하여 소개한 후 자연채광과 인공조명을 연계한 에너지 절약형 조명시스템의 적용사례를 소개하고자 한다.

2. 주광설계의 이론적 고찰

자연채광기술은 확산된 자연광을 최대한 실내로 유입해 인공조명의 점등을 최소화 하는 기술로, 천창, 고창, 아트리움, 광선반 등과 같이 태양을 추적하지 않고 건축설계적 기법을 통해 채광을 하는 자연형 채광시스템(passive system)과 보다 적극적으로 전기적·기계적으로 태양을 추적하여 집광, 전송, 배광하는 설비형채광시스템(active system)으로 구분할 수 있다.

2.1 자연채광방식의 설계지침

1) 작업면에는 직사광선을 피하도록 한다.

건물은 크게 재실자의 행위에 따라서 정적인 영역과 동적인 영역으로 구분된다. 정적인 영역은 사무작업, 독서, 설계등과 같이 고도의 정밀한 시지각 활동을 하는 장소에서 직광을 유입시킬 경우 창면블래클레어, 모델링효과, 실루엣효과, 장막반사등 시지각에 악영향을 미치는 현상이 발생할 수 있기 때문이다.

확산광을 유입시키기 위해서는 개구부의 높이를 높게 할수록 유리하며, 부드럽고 균일한 확산을 여과시키거나 빛의 강도를 낮추고 확산시키는 장치를 해야 한다.



그림 2 창면블래클레어 발생전후의 모습

2) 높은 곳에서 주광을 유입시킨다.

개구부의 높이가 높을수록 실내 깊숙이 주광을 유입시킬 수 있지만 개구부 면적이 작을수록 시야내에 휘도차가 심하게 나타난다. 높은 곳에서 유입되는 빛은 부드럽게 확산시켜 작업조도의 효과가 크도록 해야 한다. 창문의 높이는 최소한 실 깊이의 1/2이상이 되도록 한다.

3) 양측채광을 한다.

주광과 부근 벽면간의 심한 대비현상을 막기 위해 2면 또는 그 이상의 창으로부터 주광을 유입시킨다. 편측채광의 경우 창의 반대벽면체로부터 재실자가 창의 주광에 순응하는 과정에서 어두침침한 현상을 느끼게 한다.

4) 천창, 고측창을 사용한다.

외부조망과 깊은 관계가 없는 실에서는 천창을 이용하여 실내조도 레벨을 증가시킨다. 예를 들어 천창 모니터등은 실내 공간에 주광을 깊이 유입하는 역할을 하는데 있어 효과적인 방법이다.

2.2 자연형 채광시스템

자연형 채광시스템은 대부분 개구부 또는 창을 통해 주광을 실내로 유입하는 시스템을 말한다. 이때 창의 설치 위치에 따라 측창, 고창, 천창등으로 구분한다. 태양광은 파장의 길이에 따라 자외선, 가시광선,

특집 : 건물의 그린화를 위한 신기술동향 및 구축사례 현황

적외선 영역으로 구분되며 창을 통해 직광을 실내로 유입할 경우 재실자들은 창면불쾌글레어나 모델링효과, 실루엣효과, 장막반사와 같은 시각적 불쾌감이 발생할 뿐만 아니라 실내온도가 상승하기 때문에 냉방 부하와 에너지 사용량도 증가하게 된다.

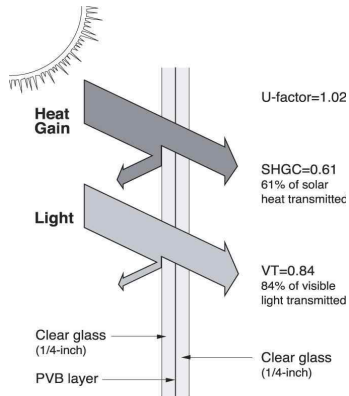


그림 3. High Solar Gain Glazing

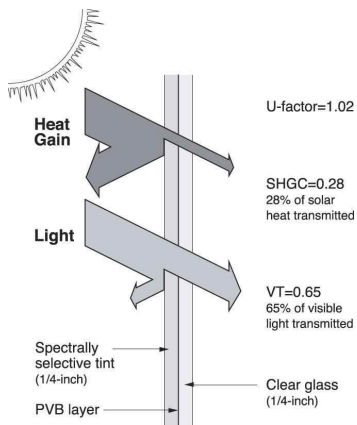


그림 4. Low Solar Gain Glazing

시각적인 불쾌감은 가시광선에 의해 발생하며 창의 가시광선 투과율(Visual Transmittance; VT)에 의해 조절이 가능하다. 실내온도상승은 적외선에 의해 발생하며 창의 태양복사취득계수(Solar Heat Gain Coefficient; SHGC)값에 의해 적외선 유입량이 좌우된다. 가시광선 투과율과 태양복사취득계수

가 항상 비례관계는 아니지만 일반적인 유리에서는 증감의 경향이 매우 유사하기 때문에 가시광선 투과율이 높으면 개방감과 주광의 이용률이 높기 때문에 채광측면에서 유리할 수 있지만 과도한 태양열의 유입에 의해 냉방부하와 에너지 소비량이 증가하게 된다.

ASHRAE에서는 창호의 면적에 따라 투과율을 다르게 적용하도록 하고 있지만 따라서 자연채광설계는 가시광선 투과율과 태양복사취득계수를 건물의 용도에 맞게 선택하는 것이 매우 중요하다.

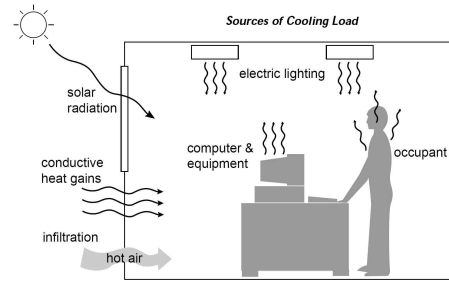


그림 5. 건물의 내부발열요인

표 1. ASHRAE Standard에 제시된 창호의 특성값

Vertical glazing % of Wall	U-value(W/m ² K)		SHGC	
	Fixed	Operation	Fixed	Operation
0 ~ 10[%]	3.24	3.8	0.39	0.49
10.1[%] ~ 20[%]	3.24	3.8	0.39	0.49
20.1[%] ~ 30[%]	3.24	3.8	0.39	0.49
30.1[%] ~ 40[%]	3.24	3.8	0.25	0.36
40.1[%] ~ 50[%]	2.61	2.67	0.25	0.36

2.2.1 측창(window)

일반적으로 건축물의 외벽(수직벽)에 설치되는 창을 말한다. 측창에 의한 채광방식을 측창채광이라 한다. 측창채광 중 벽의 한면에 채광하는 것을 편측창, 벽의 양면에 채광하는 것을 양측채광이라고 한다. 편측채광은 실안쪽 조도가 떨어지고 창측과 내측의 조

도분포가 불균일하지만 수평방향으로 조망이 쉽고 설계상 무리가 없기 때문에 가장 많이 적용되는 방식이다.

2.2.2 고창(Clerestory)

지붕면에 수직 또는 측창의 상부에 설치되는 창을 고창이라 한다. 측창에 비해 높이 설치되기 때문에 창 측조도와 내측조도비의 불균형을 해결할 수 있고, 재실자의 조망시선보다 높기 때문에 채광에 따른 시각적 불쾌감을 해결할 수 있는 장점이 있다.

2.2.3 천창(Top light)

지붕면에 있는 수평 또는 수평에 가까운 창을 천창이라고 하고 이것에 의한 채광을 천창채광이라고 한다. 천창채광에서는 편측채광의 문제점인 실내 깊숙

한 곳의 조도저하, 조도분포의 불균형등은 해소된다. 하지만 시선방향의 시야가 차단되므로 폐쇄된 분위기가 되기 쉽다. 천창은 평면계획상 하기 어렵고 구조, 시공이 어려운 단점이 있지만 측창이나 고창 방식에 비해서 같은 개구부로 훨씬 많은 자연광을 유입시킬 수 있는 대표적인 방법이다.

2.2.4 수평/수직 블라인드

블라인드는 측창으로 주광을 유입할 때 직광이 유입되는 방지하기 위한 가장 손쉬운 채광시스템이다. 이것은 설치형태에 따라 수평, 수직으로 나눌 수 있지만 수평 블라인드의 경우 지면에 반사된 빛이 실내로 직접 유입되는 것을 방지할 수 있기 때문에 저층부 측창에 설치하는 것이 일반적이다. 수직 블라인드의 경우 지면이나 수평면에 의해 반사된 빛을 차단하는데



그림 6. 측창(좌), 고창(중), 천창(우)



그림 7. 투명유리, 수평블라인드, 수직블라인드를 설치한 측창

특집 : 건물의 그린화를 위한 신기술동향 및 구축사례 현황

는 효과적이지 않지만 인접 건물의 수직면에 의해 반사된 빛을 효과적으로 차단 할 수 있을뿐만 아니라 수평블라인드보다 조망이 쉬운 특징이 있다.

2.2.5 광선반

광선반은 직광을 산란광으로 변환시키는 원리는 수평블라인드와 같은 개념이다. 블라인드는 내부에 설치되기 때문에 재실자의 목적에 맞게 각도를 수직·수평각도를 변화시켜 창 의 투과율을 변화시킬 수 있는 점에서 광선반과 크게 다르다. 또한 블라인드는 내부에 설치되어 태양열의 대부분이 이미 내부로 유입되어 태양열에 의해 냉방부하가 크게 발생할 수 있다.

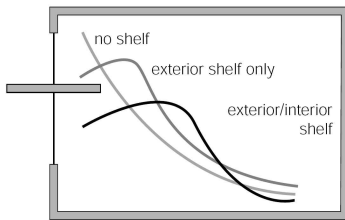


그림 8. 광선반의 유무에 따른 실내조도분포



그림 9. 광선반 설치일례

광선반은 외부광선반(Exterior Shelf)과 내부광선반(Interior Shelf)으로 구분된다. 광선반은 측창을 수평분할 하여 상단을 고창, 하단을 측창으로 구분한다. 외부광선반은 차양과 같은 역할을 하기 때문에

측창에 직광이 유입되는 것을 차단하고 고창으로 주광을 반사시켜 유입시키기 때문에 창측과 내측조도비가 감소하여 실내의 시각적 쾌적감이 증가할 뿐만 아니라 태양열의 유입을 최소화하여 공조부하 경감에 유리하다. 광선반 설치시 고창은 채광을 위해 설치된 창으로 유리의 투과율을 85[%]이상 유지시키고 측창은 50[%]가 가장 이상적인 것으로 보고되고 있다 [2].

2.3 설비형 채광시스템

2.3.1 Heliobus System

Heliobus System은 heliostat에 의해 집광된 태양광을 라이트 가더(light guider)를 통하여 전송한 후 발광부(Extractor)에 의해 실내를 채광하는 시스템이다. 건물내부의 모든 거주공간에 자연광의 유입이 가능하기 때문에 사무실, 은행, 쇼핑센터 및 지하공간에 응용이 가능하다. 1996년 스위스 St. Gallen School 계단부에 설치된 이 시스템은 그 해 Europe Trade Fair에서 환경분야의 상을 수상하였다.

Heliobus System의 특징은 다음과 같다.

- 인공조명 에너지 절약
- 외부기후 변화에 따라 유입되는 자연광은 실내 시환경 향상
- 자연광 부족으로 인한 폐쇄감 감소 및 안정감 증가
- 인공조명 없이 실내에서 식재가 가능
- 자연광 사용으로 빛의 연색성 향상

1) Heliostat

태양광을 집광하는 Heliostat은 접시형태의 반사 거울로 구성되어 있으며, 태양의 위치를 추적하여 주간에 지속적인 자연광의 집광이 가능하다. 집광된 자연광은 건물 내부 또는 외부에 설치된 빛 전환장치인

transit element에 의해 light guider로 전송된다.

transit element내부에는 인공조명이 설치되어 담천공 등 자연광의 유입이 부족할 때 점등할 수 있도록 계획되어졌다.

설비형 채광방식은 Heliostat를 통한 방향전환 또는 전송효율을 높이기 위해 평면렌즈, 접시형반사판 등으로 집광하는 경우가 일반적이며, 전송은 광섬유를 이용한 광케이블이나, 고반사율 소재를 이용한 광덕트 방식이 일반적이다.

2) 전송부(Light guider)와 발광부(Extractor)

집광된 자연광을 실내 공간으로 전송하는 전송부는 빛 전송에 유리한 호일(foil)로 고팅되어 있으며 발광부와 연결된다. 발광부는 전송부 중간에 설치되어 유입된 자연광을 실내로 조사한다.

2.3.2 Solar Mirror System

Solar Mirror System은 오스트리아에서 개발된 집경기형 자연채광장치로 태양의 위치를 추적하여 원하는 장소에 태양광을 제공할 수 있다. 반사거울을 사용하여 적외선을 포함한 모든 스펙트럼의 태양광을 반사하며 시간 및 계절에 따른 역동적인 태양광의 유입이 가능하다. 이 시스템은 신축 또는 기축건물에 적용이 가능하며 외부 방해물에 의해 채광이 어려운 실에 향과 관계없이 최소 100[lux]이상의 작업면 조도를 제공할 수 있다. 그러므로 실내의 필요조도를 만족시키기 위해서는 보조적인 인공조명이 필요하다. 또한 지하공간과 같은 자연채광의 유입이 어려운 실내에 이 시스템을 적용할 경우 에너지 절약 측면과 시각적인 쾌적감을 향상시킬 수 있다.



그림 10. 설비형 채광시스템 산란부(좌), 전송부(중앙)와 시스템 설치 예(우)



그림 11. Solar Mirror System의 설치일례

2.3.3 Solar Tube System

이 시스템은 신축 및 기축 건물에 적용이 용이하기 때문에 방수, 방충이 용이하여 유지관리가 쉽고 실내 확산패널에 의해 자외선이 99.9[%] 제거된 확산광을 실내로 유입할 수 있기 때문에 열유입이 적어 하절기 냉방에너지 사용량 증가가 거의 없다. 또한 설치 및 유지관리비용이 저렴하고 설치공간이 작은 장점을 가지고 있는 장점이 있다.



그림 12. Solar Tube System의 설치 일례

으로 면하도록 제어되기 때문에 태양고도의 변화에도 불구하고 항상 일정한 전송효율을 얻을 수 있다. 전송장치로 광섬유를 사용하기 때문에 전송거리의 제약이 거의 없으며 설계의 자유도가 높은 것이 이 방식의 특징이다. 또한 태양광에 포함되어 있는 자외선, 열선을 제거할 수 있으며 현재까지 실용화된 자연채광방식중 가장 우수한 것으로 알려져 있지만 광섬유 가격이 비싼 단점이 있다.

한편 전기에너지를 절감할 수 있는 잠재성으로 인해 자연채광에 대한 설계 및 연구는 오랜 기간 수행되어 왔으며, 적극적인 응용 및 보급을 위해서는 설비형 자연채광 시스템이 미래지향적인 기술이라 할 수 있다. 하지만 평면렌즈, 프리즘렌즈, 광케이블 또는 광덕트를 이용한 설비형 자연채광 시스템에 대한 개발 연구는 90년대 이후 국내에서도 몇 차례 시도되었으나 시스템 경제성 문제나 집광되어 전송된 광원을 실내에 효과적으로 분배하는 기술의 부족과 조명에너지 절약을 위한 인공조명과 연계기술이 부족하여 국내에서는 실용화되지 못하고 있는 실정이다.

2.3.4 렌즈 · 광섬유방식



그림 13. 렌즈-광섬유형

빛을 집광시키기 위하여 볼록렌즈를 사용하며 집광된 빛은 광섬유로 전송된다. 렌즈는 항상 태양과 정면

표 2. 전송방식에 따른 자연채광 방식의 특징

구분	광섬유 방식	반사경 방식	광덕트 방식
채광방법	광학렌즈사용	반사경사용	자연채광, 반사경사용
채광장소	옥상, 그의 일조장소	옥상	남측면 또는 옥상
채광시간대	일조중 가	일조중 가, 제한 유	일조 중 가, 제한유
전송 방식	옥내	실내, 베란다, 기타	베란다
	옥외	정원, 건물의 북측	정원
	지하	⊙	△
	수중	○	×
전송 광	광질	유익한 기시광	자외, 적외선 포함
	분배	⊙	×
	투사	확산, 평행, Spot광	확산, Spot광
전송기구	Space 소	공중	Space 대
효율	옥내	⊙	○
	옥외	○	⊙
투시기구	다중	단일	단일

3. 에너지 절약형 조명시스템 적용 사례

건물의 단열이나 냉난방 설비와 관련된 에너지 절약기술은 거의 포화단계에 이르렀기 때문에 더 이상의 큰 에너지 절감 폭을 기대하기 힘든 반면, 막대한 전기에너지를 사용하는 조명부하는 상대적으로 그 비중이 지속적으로 높아지고 있다. 특히 자연채광 기술 및 이와 연계된 조명기기 디밍제어 분야는 선진 각국에서도 미래의 큰 수요를 예측하고 적극 기술개발을 투자하고 있어 21세기의 유망 기술분야로 자리잡을 것이 확실하다. 특히 이 기술분야 중에서도 핵심요소인 조명 디밍제어 시스템 및 제어 알고리즘 기술의 개발은 선진국에서도 현재 상업적으로 완전히 완성되지 못한 기술로 높은 부가가치와 충분한 대외경쟁력으로 해외시장까지 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

본 절에서는 그린스쿨 사업의 일환으로 자연채광과 인공조명을 연계한 에너지 절약형 조명시스템의 개념과 적용하기 위한 사전 실험과 적용효과에 대하여 소개하고자 한다.

3.1 실내상시보조인공조명(PSALI)

인공조명의 에너지 절약을 위한 방법으로 고반사 반사판을 적용한 고효율 형광등이 이미 ESCO사업의 일환으로 수년전에 리모델링되어 있다. 국제조명위원회는 자연조명이 그 자체만으로 불충분하거나 또는 쾌적하지 못할 때에 건축물의 자연조명을 보조하기 위해 설치되는 실내상시보조인공조명(Permanent Supplementary Artificial Lighting in Interior)을 PSALI라고 정의하고 있다. 자연채광에서 비록 큰 창을 가진 실일지라도 실 깊이 방향의 조도는 급격히 감소한다. 이 효과는 개구율이 낮을수록 더욱 크다. 인간의 눈은 창으로부터 가장 멀리 떨어진 부분의 조도가 어느 정도의 적당한 수준일지라도 실내에서 가장 밝은 위치의 조도에 순응하게 된다. 즉 창

측의 밝은 부분에 적응을 하면 다른 부분에 대해서는 상대적으로 어둡게 느낀다. PSALI의 목적은 창부분의 광량이 많은 부분의 인공조명사용을 최소화하고, 창으로부터 멀리 떨어진 부분의 상대적인 조도부족을 보충하기 위하여 인공조명으로 주광을 보충하는데 있다.

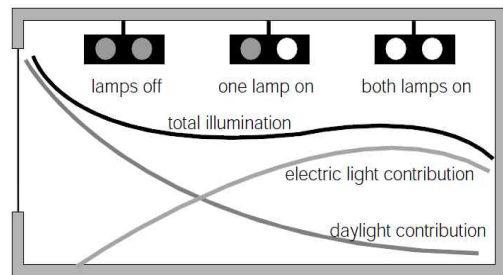


그림 14. PSALI 적용시 인공조명과 자연채광의 적용방법

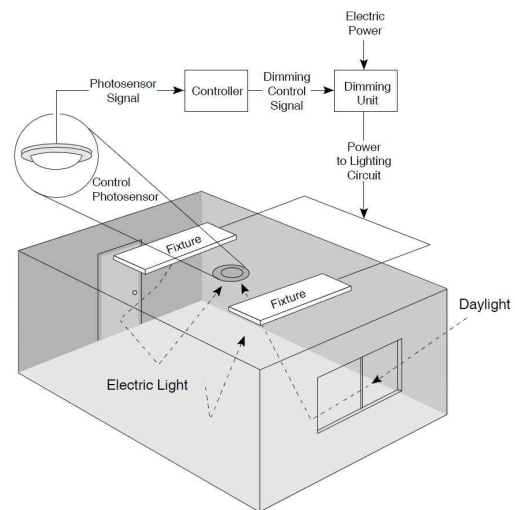


그림 15. PSALI를 위한 인공조명 컨트롤 방법

PSALI 계획은 창 부분에서는 주광에 의해 조명을 하고 실 깊은 곳에서는 인공조명을 한다. 만일 자연채광과 상관없이 인공조명으로 일정한 밝기로 연

속해서 커두게 되면 이것이 주체조명이 된다. 하지만 PSALI가 인공조명에너지를 절약할 수 있는 장점이 있지만 강한 주광의 도입에 의해 창면불쾌글레어, 모델링, 실루엣등의 시각적인 불쾌감이 발생할 우려가 있다.

아래의 그림 14는 PSALI의 적용시 인공조명의 운영방법 및 실내의 조도분포를 개념적으로 나타내고 있다. 그림 15는 인공조명을 사용할 때 주광의 광량에 따라 인공조명의 밝기를 조절하는 조광용 조명시스템의 개념을 나타내고 있다. 본 절에서는 국가에서 시행하고 있는 그린스쿨에 PSALI를 적용한 일례를 소개하고자 한다.

3.2 조명환경 측정

교실의 경우 주광의 변화에 따라 인공조명의 출력이 변화할 경우 필요조도를 만족하지 못하거나 조도의 변화가 학습에 영향을 미칠 수 있는지의 여부를 평가하기 위해 실험대 실험을 실시하였다.

일반형광등이 설치된 교실과 측창으로 유입된 태양광에 의해 출력이 변화하는 조광용 형광등을 설치한 교실의 조명환경을 비교하기 위해 현장측정을 실시하였다.

조명환경 측정을 위해 인접건물에 의해 음영이 교실내부로 영향을 미치지 않는 교실 2개를 선정하였다. 선정된 교실에는 조광용 형광등과 일반 형광등을 설치하였으며 조도센서는 책상면에 1.5[m]간격으로 설치하였다. 교실내부의 조도를 측정하기 위해 측정시간을 주말을 이용하여 측정하였으며, 수업시간을 고려하여 오전 9시부터 오후 2시까지 10분 간격으로 측정하였다. 천공상태는 비교적 청천공에 가까운 조건에서 실험하였다.

일반형광등과 조광용 형광등은 크기, 용량, 위치가 동일하며 조광용 형광등에는 그림 16과 같이 주광센서가 설치되어 있다.



그림 16. 주광센서 일체형 형광등



그림 17. 교실에 설치된 조도센서의 위치 및 현황모습

3.3 실측에 의한 조명환경 분석

실측에 의한 실내외부 조명환경 실험은 10분 간격으로 측정하였으며 측정결과는 다음과 같다.

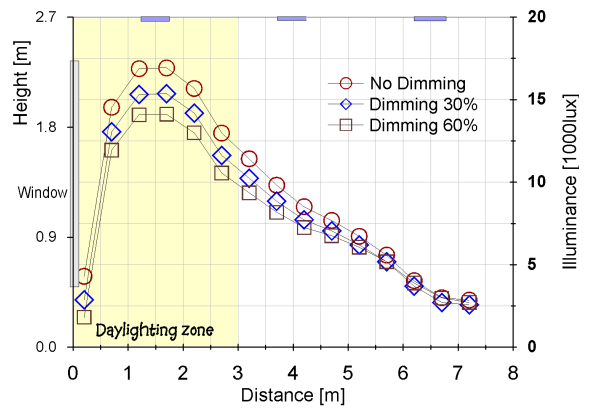


그림 18. 실내의 조명방식에 따른 수직면 조도분포

1) 일반 형광등

실험기간 중 천공조건은 청천공에 가까웠으며 외부 조도는 약35,000[lux]~60,000[lux]로 측정되었다. 창측으로부터 1.2[m] 떨어진 시간의 변화와 상관없이 책상면 조도는 3,000[lux]이상 분포하고 있다. 창측에서 3.5[m]떨어진 실 중앙에서는 평균조도가 2,000[lux]이상 유지되는 것으로 분석되었으며, 시간에 따라 변화하는 태양방위각에 태양광 입사각도가 다르기 때문에 실내조명환경의 변화가 가장 크게 변하는 것으로 분석되었다. 창측에서 7[m]떨어진 실 안측에서는 평균조도가 1,500[lux]이상 유지가 되고 있으며 창측으로 유입되는 태양광에 의해 영향을 비교적 적게 받고 있는 것으로 분석되었다. 실내의 평균조도는 약 2,860[lux]이며, 균제도는 44.3[%], 주광률은 6.4[%]로 분석되었다(그림 19 참조).

2)조광 형광등

주광용 형광등을 설치한 교실의 실내분포측정결과 일반형광등보다 창측, 중앙, 실내측조도가 평균 150[lux] 작게 나타나지만 전체적으로 유사한 조도분포를 나타내고 있는 것으로 분석되었다. 하지만 창으로 유입되는 빛의 양에 따라 빛의 양이 변화하는 조광용 형광등에 의해 창측과 실내측의 조도비는 일반형광등보다 감소하는 것으로 나타났다. 또한 실내평균조도의 감소로 주광률은 0.3[%]감소한 반면 균제도는 2.1[%] 증가하는 것으로 분석되었다(그림 20 참조).

전체적으로 일반형광등과 조광용형광등을 설치한 교실의 평균조도는 교실의 설계조도인 200[lux]~750[lux]보다 2배 이상 높게 나타나는 것으로 분석되었다. 조광에 의해 창측의 조도값이 다소 낮아지는 경향이 있지만 채실자들이 밝기의 변화를 감지할 수 없을 정도로 작게 변화하고 있으며, 교실의 설계조도보다 높기 때문에 실내조명환경 조성에는 문제가 없는 것으로 분석되었다.

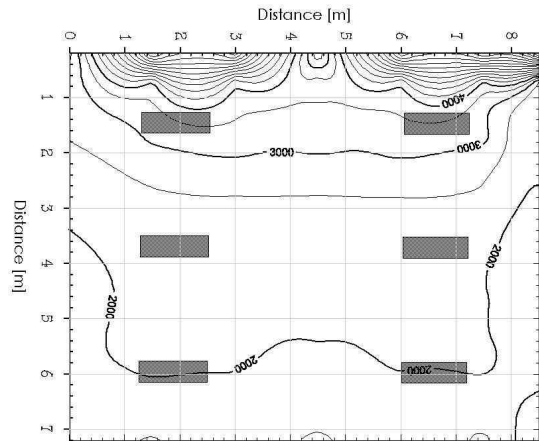


그림 19. 조광형광등을 적용한 교실의 조명환경(12시)

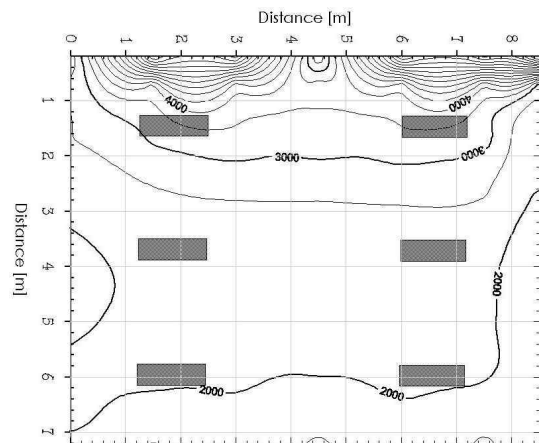


그림 20. 일반형광등을 적용한 교실의 조명환경(12시)

3) 시뮬레이션에 의한 조명환경 분석결과

조광용 형광등의 출력별 실내조명환경을 분석하기 위해 건물의 향은 남향, 천공상태는 부분천공, 시간은 하절기 정오로 설정하여 분석하였다.

창으로 주광이 유입될 때 일반형 형광등과 조광용 형광등을 사용할 경우 실내로 유입된 주광에 의해 실내조도가 높을수록 인공조명의 효과가 크지 않는 것으로 분석되었다. 교실내부의 창측과 내측의 조도비는 8.0[%], 균제도도 30[%]내외로 낮게 나타났다. 특히 창으로 유입되는 주광과 일반형광등에서 발산되

특집 : 건물의 그린화를 위한 신기술동향 및 구축사례 현황

는 총광속에 의해 창측과 내측의 조도의 편차가 더욱 크게 발생하는 것으로 나타났다.

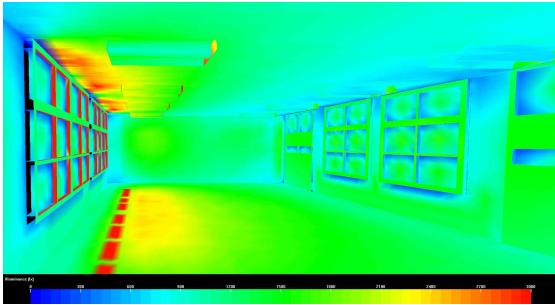


그림 21. Dimming Control 30[%]를 적용한 형광등을 설치할 경우 실내의 조도분포

반면 조광용 형광등을 설치할 경우 창측으로 유입된 주광에 의해 조광용 형광등의 출력이 30[%], 70[%]로 감소하게 되어 창측과 내측의 조도비는 감소하고 균제도가 상승하는 것으로 나타났다.

표 3. 학교실내 조명방식에 따른 분석결과

조명방식	평균값 (lux)	최대값 (lux)	최소값 (lux)	평균 조도차 (%)	균제도 (%)	소비 전력 (W)	조명 밀도 (W/m ²)
일반형광등 (No Dimming)	1664	15298	8.15	-	0.49	696	10.26
조광용 형광등 (30[%] Dimming)	1592	15134	8.1	4.33	0.51	591.6	8.72
조광용 형광등 (60[%] Dimming)	1532	14992	8.06	7.93	0.53	487.2	7.18

3.4 조광용 형광등을 적용한 교실의 에너지 성능분석

조광용 형광등을 적용할 경우 에너지 절감량을 분석하기 위해 동적열해석 프로그램인 DOE 2.1E를 사용하였다. 내부의 평균조도를 750[lux]로 정하고

주광의 유입에 의해 750[lux] 이상 상승할 경우 인공조명의 출력을 조절하도록 설정하였다. 이 값은 한국산업규격 KS A 3011에서 규정하고 있는 학교 교실(일반교실과 특수교실 포함)의 조도규정인 400[lux]~1,000[lux] 사이의 값이다.

또한 시뮬레이션 해석모델의 검증에서 사용한 2008년 기상데이터 대신 1999년부터 2008년까지 10년간 시간별 평균값으로 제작한 표준기상데이터를 이용하여 시뮬레이션을 실시하여 객관적인 데이터를 도출하였다.

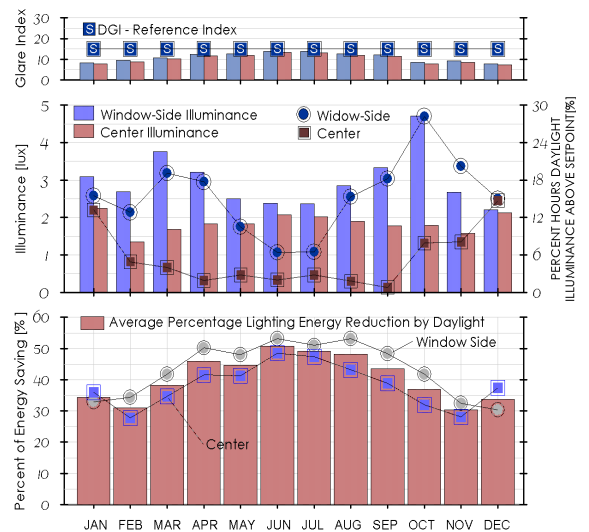


그림 22. 조광용 형광등의 에너지 성능분석

시뮬레이션 분석결과 실내 창측, 중앙, 월별 에너지 절감률을 그림 22에 나타내었다. 그림에 나타난 것과 같이 월별 조명에너지 절감률은 최소 30[%]에서 최대 50[%]까지 절감이 가능하며 평균 40[%]의 조명에너지 절감효과가 있는 것으로 분석되었다.

4. 맺음말

우리나라는 정부주도하에 신축건축물 표준공사비의 5~10[%]를 신재생에너지를 의무적으로 적용하

도록 하고 있다. 2010년 자연채광이 신재생에너지로 채택되면서 자연채광의 적용빈도가 점점 증가하고 있다. 하지만 본 고에서 언급한 자연채광시스템 이외에도 수십 가지의 시스템이 개발되어 건축물에 적용되고 있지만 절감효과를 분석하기는 정량적인 도구나 식이 프로그램에 의해 확일적으로 평가되고 있어 자연채광시스템의 보급에 장애가 되고 있다.

자연채광시스템은 형태와 방식이 복잡적이고 조명 에너지뿐만 아니라 냉난방에너지 소비량에도 영향을 미치게 된다. 또한 외부천공상태, 창호와 내부의 표면 반사율등 수많은 환경변수에 의해 영향을 받기 때문에 평가식이나 평가도구의 개발이 미흡하다. 자연채광시스템의 적극적인 도입을 위해서는 전기, 전자적 기반하의 조명 및 제어시스템의 하드웨어의 개발과 함께 우리나라의 기후조건과 근무조건 및 건축적인 특성이 고려된 평가도구 및 평가식의 개발과 함께 자연채광시스템의 신재생에너지 인증제도를 체계적으로 정비·관리가 우선되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 차재호 외 13, “에너지총설(하)”, 한국에너지정보센터, 2003.
 [2] 김병수, 임오연, “시각적 쾌적성과 에너지 성능분석에 의한 오피스 창호의 적정 투과율 선정” 대한건축학회논문집, 제 21권 3호, 2005.3.
 [3] 김병수외 2인, “조명해석 프로그램을 이용한 광선반의 적정 크기 선정 및 채광성능 분석에 관한 연구” 대한건축학회논문집, 제20권 6호, 2004.6.
 [4] 김병수, “그린스쿨 교실에 설치된 조광용 형광등의 실내조명환경 및 에너지성능분석” 대한건축학회논문집, 제25권, 2009.12.

[5] 김병수의 1인, “창면블래클레어 평가를 위한 노모그래프 개발” 대한건축학회논문집, 21권 11호, 2005.11.
 [7] Kim Byoung Soo, Lee Jin Sook, “Development of the nomo-graph for evaluation on discomfort glare of windows”, Journal of Solar Energy, 2006. 11.
 [8] Group and Bill G. Reed, “The integrative design guide to green building”.
 [11] 최안섭, 김가영, “광센서 조광제어시스템의 효율적 적용을 위한 조광제어구역 결정에 관한 연구”, 대한건축학회계획계 논문집, 제21권, 6호, 2005.6.
 [12] Yimin Gu, Nadarajah Narendran, Spectral and Luminous Efficacy change of High-power LEDs Under Different Dimming Methods, proceedings of SPIE 6337, 2006.
 [13] Lalith Jayasingle, Tianming Dong, Nadarajah Narendran, “Is the Thermal Resistance Coefficient of High power LEDs Constant?”, Proceedings of SPIE, 2007.
 [14] Jennifer O'Connor, Eleanor Lee, Francis Rubinstein, Stephen Selkowitz, “Tips for daylighting with Windows-The Integrated Approach”, LBNL-39945.
 [15] 이경희, “건축환경계획”, 문운당, 2002.
 [16] 박한중, 이도희, “조명핸드북” 일본 옴사, 성안당 공동출간.
 [17] Lorbert Lechner, “Heating Cooling Lighting” John Willey & Sons.
 [18] 특수집광기를 활용한 자연채광장치 개발, 한국에너지기술연구원 보고서, 1999.05.

◇ 저 자 소 개 ◇



김병수(金炳秀)
 1974년 2월 20일생. 1997년 한밭대학교 건축설비공학과 졸업. 1999년 충남대학교 건축공학과 졸업(석사). 2003년 충남대학교 건축공학과 졸업(박사). 2009년 (주)비이엠에스컨설팅/주원기술사 사무소 소장.