

# 친환경 조명 및 조명설계

- 최 안 섭 / 세종대학교 건축공학과, aschoi@sejong.ac.kr
- 박 병 철 / 세종대학교 건축공학과, iron401p@hotmail.com

조명분야의 친환경 건축기술에는 무엇이 있는가? 전통적으로 청정무한 에너지인 자연광 즉, 주광(晝光)을 활용하는 기술과 친환경적인 조명기구를 사용하는 것이다. 또한, 모자라지도 넘치지도 않는 조명설계로 에너지의 소비를 최적화하는 것이 조명분야의 친환경 건축기술이라고 할 수 있다.

## 머리말

조명(照明)이란 무엇인가? 밝게 비추는 것을 의미한다. 조명설계(照明設計)는 무엇인가? 과거에는 단순히 빛을 비추는 행위로 조명이라는 용어가 사용되었지만, 오늘날 조명의 의미는 조명기구(照明器具)의 의미를 포함하고 있다. 따라서 조명설계는 시각적으로 쾌적한 환경을 만드는 것을 목적으로, 조명기구를 선택하고 배치하는 일이다.

조명분야의 친환경 건축기술에는 무엇이 있는가? 전통적으로 청정무한 에너지인 자연광, 즉, 주광(晝光)을 활용하는 기술과 친환경적인 조명기구를 사용하는 것이다. 또한, 모자라지도 넘치지도 않는 적합한 조명설계로 에너지의 소비를 최적화하는 것도 조명분야의 친환경 건축기술이라고 할 수 있다.

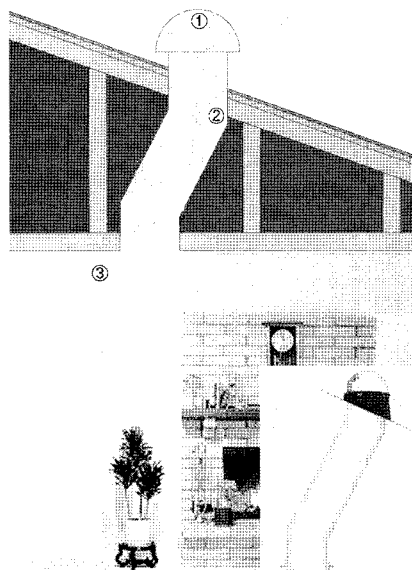
## 주광활용

1970년대의 석유위기와 1980년 중반 이후 환경문제의 대두, 최근의 고유가에 대한 대책마련의 일환으로 자연광을 이용한 조명은 에너지 절약 방법의 하나로 각종 건축물에 적용되었고, 앞으로도 지속적으로 적용될 것이다. 여기서는 주로 자연광을 활용한 조명시스템에 대하여 설명하고, 자연광을 실내로 유입하는 자연채광 방법(측창채광, 천창채

광, 반사판을 이용한 채광 등)에 관해서는 취급하지 않기로 한다.

## 광파이프(Light Pipe)

광파이프는 광전송도구로서 원형의 단면을 가진 파이프에 빛을 옮기는 것으로 파이프 내부에 물이나 기름대신 빛을 흐르게 하는 것이다. 광파이프는 주광원으로 인공광원과 자연채광을 모두 이용할 수 있으며, 자연채광을 이용한 광파이프시스템은 크게 ① 주광을 받거나 모으는 채광부, ② 메탈 튜브, 광덕트, 광섬유 등으로 구성된 유도관, ③ 실내에서 빛이 발광하는 디퓨저(Diffuser)로 구성되어 진다(그림 1). 광파이프시스템은 자외선이 제거된 태양광을 실내로 유입할 수 있고 다른 시스템에 비



[그림 1] 광파이프 개념도 및 사례

해 값이 싸고 시공 및 유지관리가 비교적 간단하다. 그러나 설치 후 변경이 어렵고 유도관이 긴 경우 채광 성능이 떨어져 자연광의 유입이 실내 근거리에서 제한되는 단점이 있다.

인공조명용 광파이프시스템은 주로 광섬유를 이용한다. 이러한 광섬유는 박물관이나 미술관에서 주로 사용되어 지는데, 광원에서 발생하는 열을 전시물과 격리시키고, 자외선 및 적외선을 제외한 가시광선을 광파이프를 통해 전송하여, 전시물의 손상 및 파괴를 최소화하기 위해 사용되어진다. 빛이 광섬유 안에서 계속적인 반사를 통해 전달되는 동안 발생하는 손실량은 약 30cm당 0.1 ~ 1% 정도이다.

### 조광제어시스템(Dimming System)

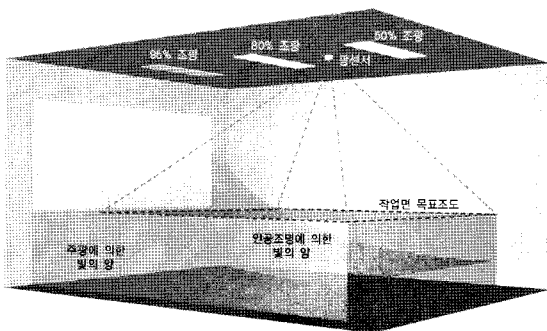
실내에서 조명을 제어한다는 의미는 인공광원의 빛을 필요로 하는 공간에 적당한 양만큼 적절한 시간에 공급해주는 것이라 할 수 있다. 주광이용 조광제어시스템은 실내로 유입되는 주광을 이용하여 재실자가 작업에 필요한 빛으로 이용하고, 이용되는 주광의 양만큼 인공조명을 조광(dimming)하여 에너지를 절약하는 시스템이다(그림 2).

조광제어시스템의 대표적인 광센서 조광제어시스템은 실내로 유입되는 주광의 양을 광센서로 감지하여 자동으로 인공조명의 밝기를 조절함으로써 미리 설정해둔 조도 값으로 실내조도를 항상 일정하게 유지시켜주는 인공 지능적인 시스템이다. 이러한 시스템에 의한 에너지 절감량은 공간의 방위·위치·형태, 창문의 면적, 위치 및 형태, 유리

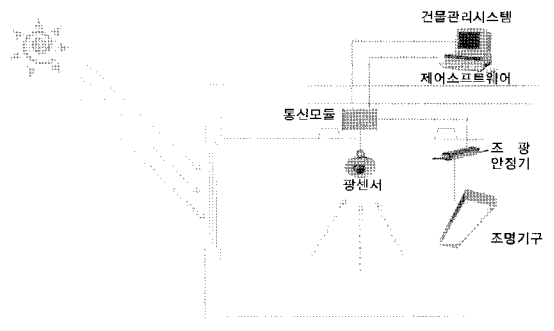
의 투과율 및 반사율 등 다양한 요소에 의해 영향을 받는데, 약 30 ~ 60%의 조명용 에너지 절감이 가능하다. 시스템의 효율적인 적용과 운영을 위해서는 유입된 주광량과 그에 따라 계속적으로 조광 제어되고 있는 인공광원의 광속량을 정확히 감지할 필요가 있다.

광센서 조광제어 시스템의 구성은 크게 실내로 유입되는 주광량과 제어된 인공조명의 광속을 측정하는 ① 광센서, ② 조광용 안정기가 포함된 인공조명, ③ 통신모듈과 ④ 제어소프트웨어로 나눌 수 있다(그림 3). 정확한 시스템의 성능을 위해, 제어 소프트웨어는 주광의 변화에 따른(청천공, 부분담천공, 담천공의 천공상태 변화에 따른) 광센서 시그널과 작업면 조도의 관계인 제어기율기와 조광용 안정기의 특성에 따른 전력대비 인공조명의 출력광속의 비율을 고려하여 구성되어야 한다.

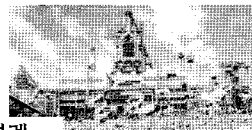
건축물 외부에서 실내차양장치의 사용현황을 유심히 살펴보면, 오전에 낮은 고도에 의해 직사일광을 차단하기 위하여 차양장치를 최대한 내려놓은 상태가 오후가 되어도 변하지 않고, 직사일광이 없는 흐린 날에도 차양장치가 내려간 상태로 고정된 것을 쉽게 볼 수 있다. 이렇듯 광센서 조광제어시스템은 고정된 실내차양시스템에 의해 그 유용성이 차단되어지고 있는데, 최근 광센서 조광제어시스템은 단일 시스템이 아닌 통합시스템으로서 차양장치와 통합하는 연구가 활발히 진행 중이다. 이 통합시스템에서의 차양장치는 주광을 차단하는 것이 목적이 아니라 눈부심이 없고 열부하가 작은 유용한 주광을 유입시키는 것이다. 뉴욕의 뉴욕타임즈



[그림 2] 광센서 조광제어시스템 개념도



[그림 3] 광센서 조광제어시스템의 구성도



본사 건물에 적용된 시스템은 통합시스템은 아니지만, 통합시스템으로서의 가능성을 보여준 사례로 광센서 조광제어시스템과 자동 롤러셰이딩시스템이 동일한 공간에 개별적으로 적용되었다.

### 친환경조명기구

100여년전 에디슨이 백열전구를 발명한 이래, 전기만 있으면 쾌적한 조명공간을 창출 할 수 있게 되었다. 그러나 전기의 사용은 에너지의 대량소비로 “지구온난화”를 야기하고, 사용된 조명기구의 폐기는 환경오염으로 이뤄지고 있다. 조명설비는 다른 설비에 비하여 환경에 큰 부담을 주고 있다고 볼 수 없다. 램프에 포함된 유해물질로는 형광램프의 수은이 대표적이다. 수은중독은 널리 알려진 사실이지만, 형광램프의 수은은 무기수은(無機水銀)으로 인체에 영향을 미치지 않으나 이것이 지하수나 바닷물 중으로 침출되어 박테리아에 의해 유기수은(有機水銀)화 되면, 인체에 수은 중독을 일으킨다. 또한, 각종 램프의 도입선과 베이스의 접속용으로 납땀이 사용되며, 이 아말감에 포함된 납은 유독물질이다. 그러나 현재 용접공정의 변경으로 납땀의 사용은 감소되고 있다.

#### 저수은 형광램프

형광램프 하나에는 단지 몇 밀리그램의 수은이 들어있다. 그러나 NEMA(National Electrical Manufacturers Association)에 따르면 2004년에 13톤의 수은을 함유한 6억 8천만 개의 램프가 미국에서 폐기물로 버려지는 것으로 추정되고, 이중 0.3 ~ 4톤의 수은이 대기중이나 해양으로 직접적으로 방출되는 것으로 추정되고 있다.

형광램프 내의 수은의 양은 제조사 및 각각의 램프에 따라 아주 많은 차이가 있는데, 어떤 램프는 3.5 mg 정도의 아주 적은 수은을 함유하고 있으나, 다른 어떤 램프는 60 mg 정도로 많은 수은을 함유하고 있다. 따라서 저수은 램프를 사용하면 환경오염을 최소화 할 수 있을 것이다.

최근, 램프들은 “그린” 혹은 “친환경”이라는 광고문구와 함께 판매되어 지고 있는데, 이러한 램프가 저수은램프는 아니다. 따라서 구매 목적에 맞는

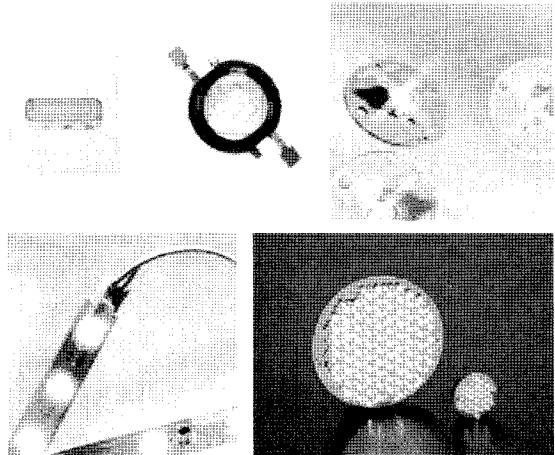
램프의 공급업체에 정확한 램프 함량을 문의하여 그 정보를 기반으로 최저 수은 함유제품을 고르는 것이 하나의 방법이 될 수 있고, 수은등 유해물질 혹은 유독물질을 포함한 램프는 반드시 그 함유량을 제품에 표기되어질 수 있는 정책이 마련된다면, 소비자가 유해성이 낮은 램프를 선택할 수 있을 것이다.

#### LED(Light Emitting Diode)

LED는 높은 휘도에 의한 우수한 시인성과 낮은 구동전압으로 가전제품의 신호와 도로의 신호등등에 사용되었으나, 최근 LED 소자 자체의 전기적·광학적 특성이 크게 향상되어 조명으로 적용되고 있는 실정이다. 또한 세계 각국에서 환경문제로 인하여 수은, 카드뮴 등의 유해물질 사용이나 CO<sub>2</sub> 저감에 대한 규제를 강화(RoHS, WEEE 등)하고 있는 이때, LED 조명은 이러한 규제를 만족하여 조명기구로서 더욱 각광 받고 있다(그림 4).

조명기구로서 LED는 반응속도가 빨라 컨트롤과 프로그래밍이 용이하여 경관조명의 컬러변화 연출에 사용되고 있으며, 향후 실내의 조명제어시스템과 연동 시 미세한 광속 조절이 가능할 것으로 예상된다. 또한 별도의 안정기를 필요로 하지 않기 때문에 슬림한 기구 제작이 가능하여 건축물의 층고를 낮출 수 있다.

단일광원으로 LED를 기존의 백열등 및 형광등과



[그림 4] 다양한 LED

비교하면, 백열등의 1/10 ~ 1/5, 형광등의 1/50 ~ 1/25의 수준으로 단일광원이 아닌 다수의 LED를 모듈화한 조명기구로 사용한다. 백색 LED의 색온도<sup>\*)</sup>의 경우 2,600 ~ 10,000 K에 이르기까지 다양하나, 연색성<sup>\*\*)</sup>은 70 ~ 90으로 일반적으로 백열등과 형광등에 비해 낮은 수치를 지닌다. 그러나 수년 후에는 태양광에 근접한 높은 연색성을 보일 것으로 예상된다.

### LED 조명기구 개발 현황

현재 개발되어 상용되는 LED 조명기구는 PAR 및 MR 계열의 LED 램프와 손전등 등 다양한 응용제품이 출시되고 있고, 가로등(보안등), 투광등, 형광등 대체용 등 HB-LED(High Brightness Light Emitting Diode)를 사용한 조명용 램프의 개발이 진행 또는 상용화 중에 있다.

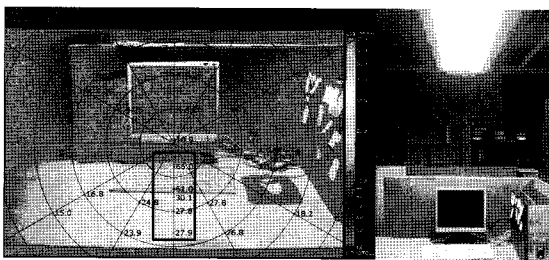
형광등 대체용 LED 조명기구는 건축분야 및 조명분야에 가장 큰 관심을 갖는 LED 조명기구로서 형광램프 타입과 평판형으로 출시되고 있다. 최근 국내에 출시된 평판형 백색 LED 조명기구(48 W)와 형광등을 비교한 실험연구에 의하면 동일한 작업면 조도를 구현할 때, 형광등(약 30 W)에 비해 약 1.5배 이상의 전력이 필요하며, 형광등에 비해 배광분포가 좁아 균제도가 떨어지는 것으로 나타

났다(그림 5).

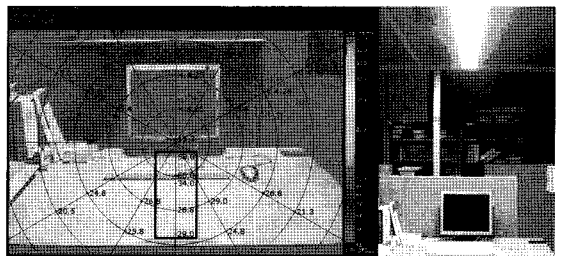
또 다른 연구에 의하면, 동일한 위치에 동일한 광속의 LED 조명기구와 형광등기구를 시뮬레이션한 결과, 일반 형광등기구에 비해 배광분포가 좁고 조명률이 높기 때문에 광속이 형광등과 동일할 때 책상면 조도는 높은 반면, 벽이나 천장의 조도는 매우 낮게 나타나 균제도가 낮고, 일반적으로 LED 조명기구의 소비전력은 일반형광등에 비해 20 ~ 30% 정도 작지만 광원의 광속이 50%이상 작기 때문에 실내에 동일한 적정조도를 구현할 경우 조명 밀도가 높아지는 것으로 나타났다. 현재의 형광등 대체용 LED 조명기구를 상용화하기 위해서는 배광분포와 광속의 향상이 이루어져야 할 것이다. 광속의 향상은 LED 소자의 발전 속도로 미루어보면 수년 내에 가능할 것으로 예상되고, LED 조명기구의 배광개발은 조명분야의 연구과제로 LED 소자의 발전 속도에 맞추어 연구되어야 할 시급한 과제이다.

### 친환경조명설계

친환경조명설계라 함은 시각적으로 쾌적한 환경을 만드는 것을 목적으로, 공간에 적합한 고효율·친환경조명기구를 선택하고 이를 적절하게 배치



a) 평판형 백색 LED



b) 형광등

[그림 5] 평판형 백색 LED와 형광등의 비교

- 1) 열방사 광원의 색상을 흑체(Black Body)의 색상과 비교하여 동일한 색상을 지닐때의 절대온도를 나타낸 것으로 광원의 색상을 표현한다. 방전램프의 경우 열방사 광원이 내는 램프의 빛깔과 비교해서 유사성을 갖는 값을 정하는 것으로 그냥 색온도라고 하지 않고 상관색온도(CCT, Correlated Color Temperature)라고 한다.
- 2) 물체의 색상을 재현하는 능력을 연색성이라 하며 백열등과 할로젠의 경우 100에 가깝고 색채판별작업이 중요한 공간은 연색지수가 90 이상인 광원을 사용하는 것을 권장한다.



하는 것이라 할 수 있겠다. 그러나 공간에 적합한 조명기구가 고효율·친환경조명기구가 아닐 수도 있다. 고효율·친환경조명기구를 선택하고 공간을 조명기구에 맞게 설계하는 것은 주객(主客)이 전도된 상황이 될 수도 있다.

### 좋은 조명설계란?

좋은 조명설계란 무엇인가? 박물관을 예를 들어 보자. 전시물을 관람하는데 조도를 높이면 잘 보이는 것은 사실이다. 그러나 너무 밝게 하여 전시물의 본래의 모습과 달리 엉뚱한 색조나 명암으로 채색될 수 있다. 혹은 도자기와 같이 반짝반짝 광이 나는 전시물의 경우 밝은 빛으로 인하여 관람자에게 눈부심을 일으켜 전시물을 제대로 관람할 수 없게 할 수 있고, 이것은 관람자의 눈의 피로로 인하여 더 많은 전시물을 관람할 수 없게 만든다. 또한 전시물의 보존 측면에서 과도한 빛이 전시물에 작용하여 광화학적 변화와 온도상승을 일으켜 전시물에 손상을 줄 수 있다.

따라서 좋은 조명설계란? 쾌적하고 편안한 시각적 환경 속에서 재실자의 행위와 관련하여 안전하게 그 목적을 수행할 수 있는 환경을 제공하고, 더 나아가 재실자에게 심리적 안정감을 도모하는 것이라 할 수 있겠다.

### 공간과 조명

벽과 천장이 검은색으로 된 공간과 흰색으로 된 동일한 공간에 내부마감재에 대한 정보 없이 조명계획을 하였을 때, 실제 공간의 빛은 어떠할까? 검은색의 공간의 빛은 모두 흡수되어 직접적으로 조명기구의 빛을 받는 작업면을 제외하고 모두 어둡게 느껴질 것이다. 모두 흰색으로 된 공간은 반사율( $\rho$ )이 높아 조명기구의 빛이 받는 부분에서 반사된 빛은 벽과 천정에 다시 반사되어 작업면은 검은색의 공간보다 밝을 것이다. 이때 조명디자이너가 인테리어디자이너와 협의 없이 동일한 반사율을 고려하여 조명설계를 한다면, 검은색의 공간은 설계조도에 미치지 못하고 흰색의 공간은 설계조도보다 높을 것이다. 만약 그 공간에 설치된 조명기구가 어느 정도의 눈부심을 유발하는 직접조명기구라면, 재실자는 검은색 공간에서 더 높은 눈부심

을 느끼게 될 것이다. 이렇듯 공간에 적합한 조명설계는 비단, 실내마감재 뿐만 아니라, 재실자의 신체적 특징(연령, 시각적 약자 여부), 공간에서의 행위 등 다양한 변수를 고려한 조명설계가 되어져야 할 것이다.

### LED=Green=Sustainability=Quality lighting?

고효율·친환경조명기구가 과연 높은 질의 조명기구인가? 고효율·친환경조명기구라 일컬어지는 조명기구의 사용으로 사용자에게 높은 작업성과 시각적 쾌적함을 줄 수 있는가? 이들의 관계는 “=”(Equal)이 성립되지 않는다.

특히, 현재 LED 조명기구에 대한 정책과 사회분위기는 LED 조명기구가 모든 공간, 모든 사람에게 적합한 조명기구로 무공해 조명기구로 인식되는 듯하다. 물론 LED가 차세대 광원으로서 향후 많은 기존의 조명을 대체할 것이라는 것을 부정하는 사람은 흔치 않을 것이다. 그러나 LED의 장점만을 제시하여 기존의 등기구를 LED로 교체하는 것은 아직은 시기상조이다. 예를 들어, 최근 가로등 교체 사업의 일부가 LED 혹은 하이브리드형으로 교체되어 지는데, 기존의 가로등이 25m 간격이라면 LED 가로등의 경우는 동일한 조도 및 균제도를 확보하기 위해서는 더 좁은 간격으로 설치될 것이고 더 많은 전력을 소모하게 되며, 높은 휘도로 운전자나 보행자에게 눈부심을 야기 할 수 있다. 이것이 친환경조명설계인가?

이렇듯 LED 조명기구가 더 높은 효율을 갖고, 더 넓은 배광, 낮은 내부발열, 높은 연색성, 낮은 가격을 갖지 않는 한 모든 조명기구를 대체 할 수는 없을 것이다. 현재의 LED 조명기구가 갖는 특성을 고려하여, 어떤 공간의 조명설계 시 하나의 대안으로서 그 공간에 적합하고 경제성을 갖춘 조명기구들 중 하나가 되어야 한다.

### 맺음말

친환경건축기술로서 주광을 활용하는 조명시스템, 조금은 덜 유해한 조명기구에 대한 간략한 소

개를 하였다. 그리고 과연 “친환경조명기구란 무엇인가? 친환경조명설계란 어떤 것인가?”에 대해 저자 또한 다시 한 번 생각해 보는 계기가 되었다.

조명은 모자라는 것도 문제지만 넘치는 것 또한 문제이다. 넘치는 조명설계는 과도한 설비투자로 초과된 설비 만큼 그 생산공정에서 CO<sub>2</sub>를 발생했을 것이다. 또한 조명밀도(W/m<sup>2</sup>), 조명기구의 효율(l m/W)만을 고려한 조명설계는 재실자에게 100% 만족할 수 있는 시각적 쾌적감을 줄 수 없

다. 단순히 수치를 맞추는 조명설계가 아닌, 공간의 목적과 재실자를 고려한 적합한 조명설계야말로 친환경조명설계일 것이다. 이러한 조명설계는 재실자에게 편안함과 만족감을 주어 더 오래 사용할 수 있는 환경을 제공할 것이고, 유지관리 측면에서, 적절한 시기에 적합한 유지보수를 시행함으로써 조명기구의 수명을 연장시켜 조명기구의 폐기에 의한 환경오염 또한 늦춰지고 낮아질 수 있을 것이다. ④