

주광조명 실내 활용 방안 및 문제점 고찰

자연광을 측창 설비형 채광시스템을 통하여 실내에 적용함으로써 환경개선 및 에너지절감을 하고자 한다.

차 광 석

현대건설(주) 기술개발원 기술연구소(kscha@hdec.co.kr)

박 명 식

현대건설(주) 기술개발원 기술연구소(mspark@hdec.co.kr)

개요

건물내의 조명용 에너지소비는 대단히 크다, 오피스빌딩에서는 약 반을 차지하며 공조 다음으로 큰 소비항목이 되고 있다. 따라서 창으로부터의 주광을 활용하고 조명을 제어함으로써 에너지절감효과를 크게 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

태양빛을 실내조명에 이용하려는 많은 연구와 실험을 통한 자연채광시스템이 개발 되었으며 창으로부터의 주광을 활용하고 조명을 제어함으로써 에너지절감효과를 얻을 수 있다. 다만, 유입된 주광도 최종적으로는 열이 발생한다. 유럽 등 난방이 많이 필요한 지역에서는 주광의 도입으로 인해 조명과 공조쌍방의 에너지가 절약되지만, 우리나라와 일본의 경우는 오피스 등 공조용 에너지 소비의 대부분이 냉방용인 것을 감안하면 주광도 빛으로만 도입해야 하지 열의 도입은 배제되는 것이 바람직하다.

최근의 형광등은 100 lm/W 정도로 주광과 거의 같은 수준의 효율을 가지고 있다. 인공적으로 발광시키기 위한 에너지, 즉 조명용 전력은 일부는 빛이 되지만 최종적으로는 열이 발생한다. 또한, 창으로 들어오는 주광도 결국에는 전부 열이 되기 때문에 열부하의 관점에서는 모두는 동등하다고 말할 수 있다. 따라서 조명에 소요되는 에너지 중 열로 발생하는 부분을 배제하는 것이 에너지절감에 유리하다.

서론

주광조명의 특징은 광원, 도입 방법 즉 램프와 기구로 구분하여 검토하는 것이 주광조명의 장점, 단점을 뚜렷하게 구별할 수 있다. 그러나 주광조명은 광원의 장점은 살리면서 단점을 설비기구로서 어떻게 보충할 것인가를 계획할 필요가 있다. 주광조명은 결점(불쾌)도 많다. 그러나 무공해와 사용료가 없다는 것을 제외하고라도 사람에게 미치는 영향만으로도 주광조명을 무시할 수 없는 장점(말하자면 적극적 쾌적성 pleasantness=만족감)을 가지고 있다. 따라서 주광조명을 평가하기 위해서는 생리적 영향 이라든지 불쾌하지 않은 상태와는 별도의 쾌적성(인간의 생리, 심리적)영향)이 포함되지 않으면 안 된다.

광원(조광)의 쾌적성

주광조명의 광원은 직사광선과 천공광, 지물반사광으로 구분할 수 있다. 더욱이 천공광과 지물반사광은 태양을 광원으로 하는 간접광이며 또한 직사광선도 대기를 통과해서 오기 때문에 투과광이 된다. 따라서 태양광의 특징은 인공광원과 다른 변화와 분광분포를 포함하고 있다.

색 및 파장의 변화

태양이 발하는 빛 그 자체는 안정적이다. 지상에



도달하는 태양으로부터의 빛은 지구와 태양의 상대 위치관계와 대기의 상태에 따라 변화한다. 따라서 너무 많은 빛의 양과, 광원이 불안정하다는 단점이 있다. 그런데 사람은 주기변화(개인 리듬=circadian rhythm)를 가지고 있어 1일을 주기로 변화한다. 사람은 원래 25시간에 조금 못 미치는 생체시계를 가지고 있지만, 이것이 지구의 자전에 의한 24시간 주기와 겹쳐 circadian rhythm을 형성된다. 실제로 의료현장에서는 생체리듬 변화의 하나인 수면장애의 치료에 조도가 높은 빛이 이용되고 있다. 이것은 고조도 빛 치료법으로 환자에게 2500 lx 이상의 빛을 낮에 약 2시간 정도 조사하는 방법으로 행해지고 있다. 원리는 낮의 빛이 송과체로부터 멜라토닌분비를 억제하여 야간의 멜라토닌분비를 촉진하는 것을 이용하여 멜라토닌분비를 저하시킴으로서 인지도를 높이는 것이다. 주광이라면 다량의 빛을 얻을 수 있기 때문에 실내에 주광을 도입하면 쉽게 조절할 수가 있다. 더욱이 생체리듬에 영향을 미치는 가시광의 파장범위에 멜라토닌의 분비억제는 446~477 mm의 파장이 효과적이라는 것이 발표되었다. 낮중의 색온도가 높아지는 주광의 색온도변동도 인간의 생체리듬과 일치된다. 인공광에서는 색온도가 다른 여러 램프를 조합한 주광과 동일한 색온도를 내는 조명기구가 개발되고 있다.

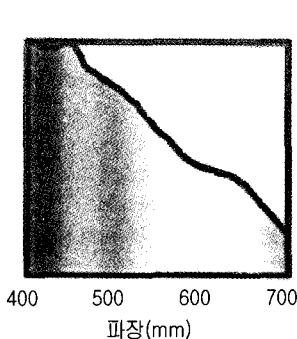
분광분포

태양으로부터의 빛은 표면온도 6000 k의 열방사라고 생각해도 좋다. 지상에 도달할 때까지는 대기에 의한 투과와 산란의 영향을 받기 때문에 직사광선

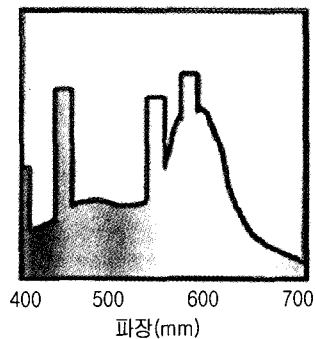
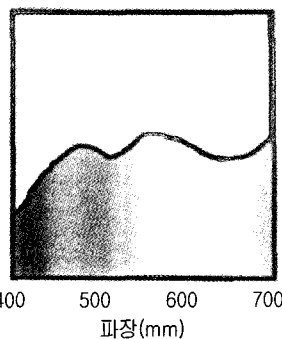
및 천공광의 분광분포는 그 때의 대기상태에 의해 달라지지만, 아래 그림과 같이 연속된 스펙트럼이 된다.(그림 1 참조) 한편, 인공광원에서는 백열전구 및 할로겐전구와 같이 열방사에 의한 것은 연속된 스펙트럼을 가지지만 형광램프와 같은 발광은 몇 개의 특정된 대역에 집중하는 형상을 보인다.(그림 2 참조) 조명광의 분광분포는 물체표면색의 보이는 법, 색의 재현성, 식별성에 크게 영향을 끼친다. 광원에 의한 색의 재현성을 평가하는 방법으로서 연색성평가지수라는 것이 있어 그 수치가 높은 광원은 기준광원에 의한 색에 가까운 색을 재현하는 것을 의미한다. 주광은 그 기준광원의 하나이며 색채가 가장 자연스럽게 보이는 광원이다.

주광 실내도입 방법

조명이라는 틀 속에서는 주광조명과 인공조명이 있다고 한다면 가로축에 액티브형(전력이용기술)인가 패시브형(가까운 자연에 있는 여러 가지 포텐셜을 활용한 기술)과 세로축은 간접조명인가 직접조명인가를 나타낸 것이다. 주광조명이 그 역할을 잘할 때는 대개 천장면이나 벽면이 적당히 비취질 때이다. 따라서 주광조명을 나타내는 타원은 세로축의 위쪽(간접조명의 경우)에 표시한다.(그림 3 참조) 간접조명은 수조점으로부터 광원은 보이지 않는 것이다. 즉 주광조명에서는 직사광선을 간접조명으로 이용하는 것을 의미하며 전력을 사용하지 않는 것은 패시브이지만 적극적이라는 의미에서 액티브형에도 해당된다.



[그림 1] 주광의 분광분포



[그림 2] 형광등의 분광분포

창을 통한 주광활용

주광 활용 방식

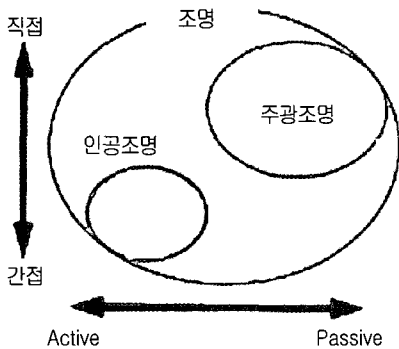
주광조명은 통상 창을 통하여 이루어진다. 창은 건물의 안과 밖을 연결하는 부위이며, 창밖으로부터 유입되고 실내로부터 유출이 된다. 그러나 창이 열려 있을 경우에만 빛이 유출, 유입되는 방식도 있다.

빛, 공기, 소리만을 비교하여 정보를 인식하기는 힘들다. 그러나 실제 시각, 청각, 후각에 의한 외부 정보는 경관이나 시각, 기후정보라는 것으로 사용자에게 인식되어져 심리적 부분에 영향을 크게 미친다. 이것은 균일 정상상태와는 반대되는 것으로 인식되어진다. 균일, 정상적인 환경을 만드는 것을 조명(혹은 건축설비)으로 생각할 수 있지만 이것이 꼭 사용자의 쾌적성을 제공하는 것은 아니다.

조명으로서 측창의 문제

1) 조도의 불균일 및 빛의 방향

측창에 기인한 조도 불균형 문제는 과거부터 지속적으로 연구되어지고 있다. 인간의 눈 순응특성에 의하면 주광을 이용하면 할수록 인공광도 점차 필요해져, 적어도 필요작업면 조도는 인공조명을 보충하여 밝기의 부족감을 보완하는 것이 필요하다. 즉 창 부근의 주광조도를 낮춰 실 안쪽의 주광조도를 높이는 것이 필요하고 창으로부터 주광의 방향을 전환시켜 천장에 유도하여 반사시켜 창으로부터 멀리 떨어진 곳에 주광을 도입하는 시스템 장치가 필요하다. 이런 시스템으로는 Lightshelf, 루버방식, 광덕트 등이 있다.



[그림 3] 주광조명의 위치

2) 불쾌글래어

창면의 휘도가 높으면 불쾌글래어의 원인이 된다. 불쾌글래어의 평가방법으로는 현재 국제적으로 UGR을 사용하나, 이것은 Hopkinson의 글래어 인덱스에 입각한 것으로 적용되는 광원의 입체각이 작고 창면에는 적용할 수 없다. 따라서 창면의 불쾌글래어 평가에는 코넬식이라고 불리는 Hopkinson에 의한 평가방법이 활용되고 있다. 창으로부터 직사광선이 기인한 창 이외 고휘도 부분의 불쾌글래어는 천정 고휘도 부분보다 바닥, 벽의 고휘도 부분이 불쾌감의 원인이 된다. 그러나 약 3000 cd/m² 이하의 경우에는 불쾌감을 느끼지 못한다는 것으로 알려져 있다.

3) VDT

컴퓨터 화면에 조명기구나 측창의 밝은 빛이 불쾌감의 원인의 예로 자주 거론되고 있다. 현재의 오피스에서는 컴퓨터의 화면(연직면)이 주요한 대상이며, 빛의 흐름이 수평방향이 되는 측창에서는 컴퓨터의 화면에 상이 비칠 가능성이 높다. 디스플레이가 액정으로 바뀌면서 많은 변화가 있었지만, 실내의 레이아웃에 의해 이것이 최대의 폐해가 되는 것이 사실이다. 또한, 빛 지향성의 강함에 의한 모델링도 측창에는 Cuttle이 제안한 벡터·스칼라 조도 그 자체를 적용시키면 바람직하지 않은 범위에 포함되어 버리는 경우가 종종 발생한다. 그러나 창으로부터 빛은 Cuttle 평가법이 꼭 적용되지 않는다. 즉, 실제로는 측창의 빛이 그다지 나쁘지 않은 것이다.

측창과 일치된 채광시스템의 문제점 해결

위와 같이 측창만으로도 사용자에게 불쾌감을 주는 경우가 발생되어 그것을 완화하기 위한 창측설비 장치가 필요하다. 이 장치들은 빛의 방향을 조정하든지 양을 조절함으로써 열거된 불쾌원인을 제거하여 보다 효율적인 주광이용을 하기 위한 것이다. 따라서 자연에너지의 이용, 환경 배려형과 같이 계획된 주광조명도 실제의 운용에 있어서는 어쩔 수 없이 변경하지 않으면 안 되는 경우도 적지 않다.



예를 들어 Light-shelf는 중간 처마로서, 하부창으로부터 직사광선이 들어오지 않도록 하고 상부창으로는 직사광선을 천장을 향하여 도입하는 것이다.(그림 4 참조) 그러나 내측의 처마가 없는 경우에는 상부창으로부터 직사광선을 피할 수 없다. 이것을 완화하기 위하여 상부창을 확산유리로 하는 방법이 있지만 이 경우 직사광선이 확산되어 확산성 고휘도를 연출한다. 그림 5와 같이 실내휘도분포도는 상부창이 극단적인 고휘도(10000 cd/m² 이상)의 상태가 되어 불쾌글래어를 일으킨다. 확산에 의한 글래어는 사람 눈에 피할 곳이 없는 글래어로 느껴진다.

자동블라인드, 밝기감지센서 등이 수동으로 사용되는 경우도 있다. 이는 제어방법과 인간의 감각간의 어긋남이 원인이지만, 개량 후 성공한 예도 증가하고 있다. 또한, 기능성유리등 그 외의 기술을 적극적으로 개발해 나아가는 것도 주광조명의 발전을 촉진시키는 열쇠가 되고 있다.

외부 블라인드 설치를 통한 주광이용시 열 차단

블라인드가 창유리의 외측인가 내측인가는 빛의 관점에서 본다면 큰 차이가 없지만 열의 관점에서는 큰 차이를 보인다. 즉, 일반 블라인드의 경우에는 실내에서 일사를 차단해도 흡수한 열의 대부분은 실내



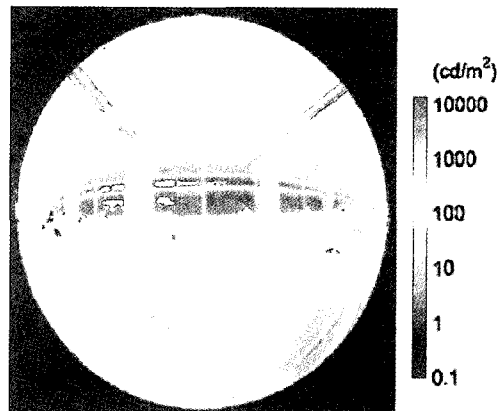
[그림 4] Lightshelf를 설치한 건축물의 내외부 모습

에 방출되는 것에 반해 밖에서 차폐하는 경우에는 이들이 외기에 방출되어 실내에 침입되는 양은 거의 없다.(그림 7 참조) 유럽에서는 외부블라인드에 대표되는 외부차폐방식이 일반적이라 생각하지만 태풍 등 강풍동이 우려되는 곳에서는 사용 예는 극히 적다. 다만 최근에는 강도, 강성을 높인 슬릿이나 가이드, 구동방식의 개량, 풍향, 풍속의 센서감지에 의한 수납제어 등 하드와 소프트웨어가 일체화된 내풍성을 높인 외부블라인드가 실용화되고 있다. 일부 고층 오피스빌딩에서는 동서면에 자동제어 외부블라인드에 의한 직달일사의 차폐와 주광이용조명제어, 인간감지센서에 의한 Dimming 방식 및 소등제어가 적용되고 있다.(그림 6 참조)

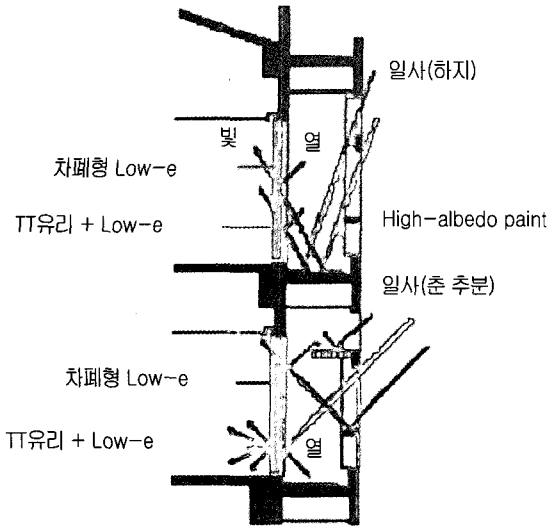
결론

주광조명은 결점(불쾌감)도 많다. 그러나 무공해와 사용료가 없다는 장점을 제외하고라도 사람에게 미치는 영향만으로도 주광조명을 무시할 수 없는 점을(적극적 쾌적성 pleasantness=만족감) 가지고 있다.

밝은 낮에도 창측의 조명이 전부 점등되어 있는 오피스조명은 주광을 이용하고 Dimming과 소등을 통하여 조명용 전력이 절감되고 나아가 그 만큼의 냉방부하도 절감할 수 있기 때문에 잠재적 에너지 절감효과는 상당히 크다. 이를 위해서는 창측으로부터 1 ~ 2열을 별도 회로를 설치하고 광센서를 부착, 조명제어를 함으로서 얻을 수 있다.



[그림 5] 측창에 Lightshelf를 설치한 경우 실내 휘도분포

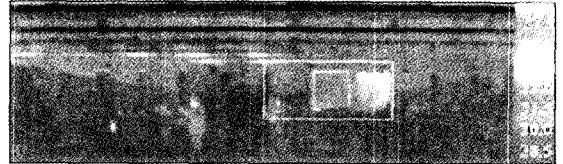


※ High-albedo paint : 특수 중공세라믹버블을 포함한 초 내후성 코팅재로 상당히 우수한 단열성능을 보유하고 있다. 약 90%의 태양열을 반사함으로써 냉방부하를 절감할 수 있다.

[그림 6] 창호 주변 단면도



a) 창면의 모습(일반)



b) 창면의 모습(적외선 촬영)

[그림 7] 사람의 눈과 적외선카메라로 본 창면 모습 비교

일사차폐와 주광이용에 의한 연간 에너지절감 효과는 TT 유리와 Low-e유리를 조합하고 상변화 온도 등을 적절히 조절함으로써 일사차폐형 Low-e유리와 비교하면 약 20%의 에너지절감을 기대할 수 있을 것으로 사료된다. ㉔