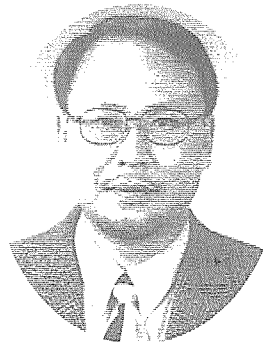


조명에너지 절약 - 인식의 전환



강원대학교 전기전자공학부
교수 김 훈

1. 에너지 절감의 필요성

에너지의 대부분을 수입하여 사용하고 있음에도 불구하고 우리 나라의 에너지 사용량 증가율은 세계에서 가장 높은 수준에 이르고 있다. 실제로 요즘에는 에너지를 아끼자는 구호는 퇴색되고, 소비가 미덕이며 생활의 질을 높이는 것이 우리가 당연한 행복한 과제인 것으로 생각되는 풍토라고 할 수 있을 것이다. 그러나 에너지 사용을 줄이고 화석연료의 연소를 감소시키는 것은 우리의 생존을 위해서는 반드시 해결해야 할 중요 과제이며, 우리 나라의 경제적인 도약을 위해서는 넘어야 할 산인 것이다.

에너지의 문제는 단순히 석유 매장량이나 달러 유출만의 문제가 아니라 환경의 문제이며, 또한 전 세계의 모든 나라가 관련된 산업, 무역의 문제이다.

에너지를 사용한다는 것은 많은 부분 화석연료를 연소시킨다는 것을 의미하며, 이 과정에서 환경을 오염시키는 물질들이 발생하게 된다. 이 중에서도 이산화탄소는 지구 온난화의 주범인 온실가스로서, 근대 이후 산업화에 의해 지구 평균온도가 지속적으로 상승하는 주원인이다. 지난 백년간의

지구 온도 상승은 고작 1~2℃ 정도에 불과하지만, 근래 문제가 되고 있는 엘니뇨, 라니냐 등의 현상은 모두 이에 의한 것으로 생각되고 있다. 근래 우리 나라에서 자주 발생하고 있는 집중적인 호우도 이의 영향에 의한 것으로 발표된 자료를 얼마 전 본 적이 있다.

이러한 현상은 국제적인 경각심을 불러일으켰고, 이에 따라 세계 각국이 참여한 기후변화 협약의 협회가 진행되고 있다. 이 협약은, 각국에 대하여 발생시킬 수 있는 이산화탄소량의 한계를 정하고, 이를 초과할 경우에는 무역에 대한 제재를 가하도록 되어 있다. 특히 해수면이 상승하면 심각한 문제에 봉착하는 도서국가들과, 이미 에너지 절감에 대하여 많은 노력을 쏟은 선진국들은 매우 강력한 형태의 기후변화 협약 조인을 주장하고 있다.

우리 나라의 경우는 97년의 OECD 가입 후 기후변화 협약에 있어 선진국과 같은 수준의 에너지 절감 노력을 요구받고 있는 형편이다. 그러나 에너지 사용이 기하급수적으로 늘고 있는 형편으로서 어느 수준으로라도 에너지 사용량을 고정시키거나 감소시킨다는 것은 거의 불가능할 뿐 아니라 산업과 경제에 미치는 영향이 너무나도 크다.

이미 선진 각국은 자국에서의 에너지 소비를 절감하기 위한 각종 노력을 오래 전부터 기울여 왔으며, 이를 통해 상당한 성과를 얻고 있다. 여러 에너지 소비 분야 중에서도 특히 조명에너지는 에너지 절감을 시도하는 여러 분야 중에서도 가장 효과가 클 뿐 아니라 시범사업으로서의 홍보효과가 높은 분야로서 각국에서는 조명에너지 절감을 위한 여러 가지의 사업을 실시하고 있으며, 이는 우리 나라에서도 예외가 아니다. 대개 전체 전력 소비의 18% 정도를 점하고 있는 것으로 추정되는 조명에너지는 절전의 가능성이 높으며 체계적이고 활발한 에너지 절감 프로그램을 수행하면 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 기대되고 있다.

2. 과거의 조명에너지 절감 방법

에너지 절약과 관련하여 우리 귀에 가장 익숙한 구호는 아마도 한 등 끄기 일 것이다. 70년대 초반의 오일 쇼크 때, 기술력이 뒤떨어지고 사회 기반이 허약한 우리 나라로서는 에너지를 절감할 수 있는 유일한 방법이 바로 에너지를 쓰지 않는 것이었고, 이러한 정책을 상징적으로 나타내는 말이 바로 한 등 끄기인 것이다.

살기 어려운 시절, 돈이 없고 전력이 부족하던 시절에는 전구를 벽 사이에 걸어 두 방이 나누어 쓰는 것이 웅색하고, 사무실에서 2등용 조명기구에 스위치를 주렁주렁 매단 것이 보기 싫어도 일단 생존이 급했던 것이다. 아무리 어두워도 남포 불을 켜놓은 것보다는 밝았기에 그에 만족하고 산 것이기도 했다.

당시의 시대적 상황에서 한 등 끄기는 우리 나라가 택할 수 있는 유일한 방법이었으며, 경제적 위기를 이겨내는 데 큰 기여를 하였다. 그러나 이러

한 형태의 에너지 절감은 임시방편일 뿐 궁극적인 해결책이 되지 못한다는 것에 어느 누구도 주목하지 못했다. 더구나 한 등 끄기 방식의 에너지 절감 개념이 지금까지 지속되면서, 조명산업에는 계속하여 악영향을 끼치고 있음을 부인할 수 없다.

시설을 적게 하고 사용을 못하게 하는 방식으로 에너지 절감이 가능하다는 생각과 정책은, 조명의 모든 분야에 걸쳐서 에너지 절감과 제품의 품질 향상을 위한 기술개발을 소홀하게 만들었으며, 결과적으로 우리 나라의 조명제품과 관련 설계 및 시공기술은 세계 수준에 비하여 많이 뒤떨어지게 되었다. 지난 30년 동안 우리 나라의 산업의 모든 분야에서 기술 발전이 획기적으로 이루어 졌으며, 많은 종류의 공산품이 세계로 수출되고 있다. 그러나 조명 제품의 수준은, 극히 일부를 제외하고 세계에 내놓기 창피한 정도의 것이 많으며, 수출량은 세계 무역량의 1%대에 그칠 정도로 극히 미미하다.

조명 제품 중에서 실질적으로 조명시스템 전체의 효율과 조명 효과 면에서 가장 큰 역할을 하는 조명기구의 경우에는 20년 전의 것과 다름이 없는 형태를 그대로 사용하며, 과연 기술 개발이 필요한지, 광학적 특성을 측정해야 하는지에 대한 인식조차도 부족한 상황이다. 아마도 생산하는 제품에 대하여 그 구체적인 특성과 사양을 제조회사의 사장이나 공장장이 몰라도 몇몇할 수 있는 제품은 조명기구 외에는 없을 것이다.

대조적으로 오일쇼크 때에 우리 나라와 비슷한 정도의 타격을 받은 일본의 경우, 초기에는 한 등 끄기 방식의 에너지 절감을 하다가 곧바로 성에너지 개념을 개발 적용하였으며, 이를 통해 기술 개발에 의한 조명제품의 고품질화와 고효율화를 도모할 수 있게 되어 전반적인 조명기술은 오히려

위기를 겪으면서 훨씬 발달하였다.

두 번째로 한 등 끄기가 미친 악영향은 전체적인 조명시장의 크기와 범위가 매우 작고 업체도 영세하다는 것이다. 경제가 발달하고 살기가 나아지면 자연스럽게 조명에 대한 욕구도 증가하게 되어 조명시장이 팽창하게 될 것이다. 살고 일하는 장소를 보다 밝고 편안하게 꾸미려고 하는 것은 기본적으로도 자연스러운 욕구이며, 더불어 도로, 스포츠 시설, 인공 조형물, 다리 등 조명을 실시하지 않았던 장소에도 삶의 질 향상과 관련되어 조명을 실시하는 경우가 늘어나게 된다. 이러한 조명은 의도했던 아니건 간에 도시 전반의 미관을 결정하는 주요 요소가 되고, 거주하는 사람들과 관광객을 유인하는 요인이다.

그런데 우리 나라에서는 조명시설을 설치하는 것이 일종의 호화시설 운영처럼 여겨져서 시설 자체가 기피되는 경향이 있으며, 설치된 시설을 제대로 유지 보수하고 점등하는 경우가 드물다. 원자력 발전량이 전체 전력의 상당부분을 차지하므로 야간에 사용되는 조명전력에서 화력 발전이 차지하는 비중이 극히 적음에도 불구하고, 유가가 상승하거나 경제적인 어려움이 닥치게 되면 제일 먼저 정부에서 강조하고 신문에 발표되는 정책들이 네온사인 점등 금지, 상점의 조명 줄이기와 같은 것들이다.

이러한 여건에서 우리 나라의 조명 시장은 국가 전체의 경제력에 비교하여 적절한 수준을 유지하지 못하고 매우 작은 편으로서 1995년의 통계를 보면 전체 제조업 생산액의 0.375%에 불과하였다. 조명업체도 다른 제조업에 비하여 매우 영세하여 평균 매출액이 10억원 정도에 불과하다. 특히 98년의 경제위기 하에서 조명시장은 극히 위축되어 많은 조명업체들이 사라졌으며, 남아있는 업

체들도 고전을 면치 못하고 있다.

업체가 영세하다 보니 종사자들도 장기 근속하며 오랜 동안 기술과 지식을 갖춘 인력이 적다. 산업의 규모와 업체의 기술투자가 적으니 관련 분야 연구자의 수도 적고 연구 성과를 내기 어렵다. 조명분야의 신규 취업자가 적으니 대학에서 조명을 가르치기 어렵고, 적절한 대학 수준, 대학원 수준의 조명지식을 갖춘 인력을 배출할 수 없는 악순환이 일어나고 있다.

마지막으로 한 등 끄기가 미친 가장 크고도 나쁜 영향은 우리 나라 전체의 조명환경이 질적으로 매우 열악한 상태에서 벗어나지 못하는 것을 들 수 있다.

빛은 인간이 살아나가는 데 있어 공기나 물과 같이 필수적인 요소이다. 공기나 물이 없으면 살 수 없듯이 인간은 빛이 없으면 살 수 없다. 태양이 제공하는 빛으로만 살던 인류는, 인공으로 조절할 수 있는 빛을 얻게 되면서 실내 공간을 이용할 수 있게 되고 밤을 정복하여 짐승과는 다른 길을 걷게 된 것이다.

어떠한 조명이 좋은 조명이나를 판단하는 데에는 수치로 표현되는 여러 가지 값들과 함께 심리적 요인들이 포함되므로 일률적으로 말하기 어렵다. 그러나 생활에 필요한 최소한의 양적 기준으로서 어떠한 수준의 밝기, 즉 조도로서 표현될 수 있다. 질적인 면의 평가에는 적절한 조도 균제도, 휘도의 분포, 글레어의 제거 등 달성해야 할 조건이 많아진다.

그러나 우리 나라의 조명 현황은 이러한 질적 요소는커녕, 기본적으로 달성해야 할 양적인 조건조차도 만족시키지 못하고 있다. 오히려 최소한의 조명시설로 양적인 기준을 맞추려다 보니 실내 조명기구들 가장 효율이 좋은 하면 개방형 조명기구

를 사용할 수밖에 없고, 질적인 요소는 최하의 상태를 유지하게 되었다. 즉 하면 개방형 조명기구를 사용함으로써 피할 수 없는 나쁜 균제도, 큰 휘도 차이, 심한 글레어 등을 감수하게 된 것이다.

질적으로 나쁜 조명이란 어떤 문제를 가지고 있는지에 대해서는 명확하게 설명하기 어렵다. 조명에서 인간이 받는 영향은 장기적인 것이어서 쉽게 평가되지 않기 때문이다. 특히 실내에서 조명의 질이 미치는 영향을 파악하기는 매우 어렵다. 우리 나라에서는 질적으로 높은 수준의 조명을 보기 어렵기 때문에 객관적으로 비교하여 판단하기 어려운 점도 있다. 그러나 우리 나라 고등학생의 반 이상, 성인 인구의 3분의 1 이상이 안경을 끼야 할 정도로 나쁜 시력을 갖고 있다는 것에, 질적으로 나쁜 조명환경이 전혀 영향을 주지 않았다고 말하기는 어려울 것이다.

조명과 생산성의 관계를 바로 평가할 수 있는 예로서 공장에서 제품을 생산하는 경우를 생각해 보자. 주어진 작업에 대하여 추천되는 조도는 일반적으로 그 작업을 수행하는데 있어 생산성을 보장하는 최소치라고 할 수 있다. 또한 대부분의 제조업체에서 제품의 생산 원가에 조명 비용이 차지하는 비중은 인건비에 비하여 1%도 되지 않을 것이다. 이러한 정도의 조명에너지와 비용을 절감하기 위하여 한 등 끄기 방식을 채택할 때에는, 나빠진 조명환경에 의한 생산성의 감소와 불량률의 증가, 그에 따른 고용인원의 증가와 인건비 상승을 감수해야 하며, 그 비용은 조명 비용 감소를 훨씬 상회할 것이다.

다른 예로서 도로 조명의 경우를 생각해 볼 수 있다. 도로조명은 운전자에게 장애물과 도로의 형태를 파악할 수 있는 조명 상황을 제공해야 하며, 그 성능에 대한 요건은 매우 엄격하게 규정되어

있다. 그런데 근래 도로에 나가 보면 에너지를 절감한다는 구실로 가로등이 모두 한 등 걸러 소등되어 있는 것을 관찰할 수 있다. 이러한 소등은 도로 전반의 밝기를 저하시킬 뿐 아니라, 밝은 부분과 어두운 부분의 차이를 크게 하여 어두운 부분에 숨어있을 수 있는 장애물을 운전자가 파악하는 데 오히려 장애가되는 조명으로 되며 매우 불합리하고 위험하여 오히려 조명을 실시하지 않음만 못하다.

올해 우리 나라의 교통사고 사상자는 66만 명으로서 전년에 비해 40%나 증가하였으며, 이러한 사고를 운전자의 탓으로만 생각하기에는 도로 사정과 조명사정이 지나치게 열악한 것이다. 외국의 사례를 보면 도로조명의 개선으로 인한 야간의 교통사고 감소율은 적게는 20%, 많게는 70% 정도에 이른다. 또한 가로등의 격등 점등이나 부적절한 설치로 인한 사고의 증가는 전체 사회에서의 경제적 사회적 가정적 손실을 엄청나게 증가시킨다는 점에서 극히 주의하여야 할 것이다.

이상과 같이 한 등 끄기 방식이 에너지 절감에 미치는 영향들을 분석해 본다면 실제로 에너지 절감으로 인해 얻는 이득보다는 사회적 경제적 산업적 측면에서 잃는 손실이 훨씬 크다는 것을 알 수 있다. 그렇다면 어떠한 방식의 에너지 절감을 채택해야 하는가? 한 등 끄기의 개념을 뛰어 넘는 새로운 조명 에너지 절감 방식, 그것을 영리한 절감이라고 부르자.

3. 영리한 조명에너지 절감

1999년 현재의 조명시장과 산업이 활성화되어 있는 상태는 아니지만, 조명의 앞날은 매우 밝다. 경제가 어려워지기 이전, 조명시장에서는 느리지만

큰 변화가 일어나고 있었으며, 그 변화는 새로운 기술의 개발과 조명 적용분야의 다양한 확대, 그리고 여러 배경을 가진 인력들의 조명시장 참여 등을 내포하고 있었다. 경제의 어려움에서 회복되면서 그 어려움을 이겨낸 업체들은 변화에 대해 적절한 대응을 준비하고 있는 한, 이전보다는 훨씬 좋은 시장 환경을 맞게 될 것이다.

적절한 대응이란 무엇일까? 에너지 절감과 관련해서는 다음과 같은 것들을 생각할 수 있다.

첫째로, 조명시스템에 사용되는 각각의 제품들이 개별적으로 고효율이 되도록 개발하여야 한다.

일반적으로 조명제품을 램프, 안정기, 조명기구로 분류한다. 이 중에서 램프와 안정기는 그 효율이 명백하게 규정되어 있으며 측정하기 쉽고, 개발의 주체가 명확하므로 지금까지 조명제품의 효율 향상을 위한 연구는 대부분 이 두 가지에 집중되었다. 램프의 경우에는 고효율을 위하여 가늘어지면서 수은이나 납과 같은 중금속 함유를 줄인 형광램프, 실내에서 사용할 수 있도록 점차 소비전력이 줄어들고 순시 재점등이 가능해지는 메탈헬라이드 램프가 중요한 추세이다. 안정기의 경우에는 조광가능형, 디지털형 등 다기능화 하면서 수명 말기 보호회로를 갖추는 추세이다.

그러나 조명기구의 경우에는 그 효율의 정의가 매우 어렵고 종류가 다양하며 그 특성의 측정이 어려워 효율 향상을 위한 연구가 그다지 수행되지 못했다. 상대적으로 국제 수준에 비하여 가장 뒤떨어진 것이 조명기구일 것이다.

실질적으로 조명의 효과를 지배하고 시스템 전체의 효율을 좌우하는 데에는 조명기구의 역할이 가장 크며, 장소와 용도 및 배광에 따라 한 곳에서는 부적당한 저효율 기구도 다른 곳에서는 매우 효과적인 기구가 될 수 있는 것이다. 우리 나라의

조명기구는 이러한 다양성을 갖추지 못하고 있으므로 많은 투자와 개발이 요구된다.

둘째로, 각종 고성능, 고효율화 된 조명 제품들을 최적의 조합으로 선택하고 배치하는 기술을 표준화하고 보급하여야 한다.

우리 나라에서 일반적으로 실시되고 있는 조명 설계는 그야말로 유치한 수준에 머무르고 있다. 조도계산법의 경우, 조명기구와 유지보수 계획에 따라 달라지는 조명률과 보수율의 값을 설계자가 대개 임의로 선정하여 계산을 실시하고, 이런 설계로 인하여 광원과 안정기, 조명기구에서 아무리 효율을 상승시키고 성능을 개선해도 그 성과가 설계에 반영되지 않는다. 이러한 상황에서 설계자와 시공자는 굳이 개발비가 포함되어 기존의 제품보다 가격이 높은 신제품을 채택할 이유가 없어지는 것이다.

이러한 문제를 없애려면 조명 계산법을 표준화하여 보급하고, 기존제품과 신제품의 차별화 된 각종 성능을 공정하게 발표하여 설계자가 쉽게 이용할 수 있도록 하여야 한다. 조명제품의 데이터 베이스 작성, 조명설계를 실시할 때 사용할 수 있는 국산 표준 소프트웨어의 개발, 각종 측정과 결과 공표의 의무화, 효율에 따른 등급표시제 실시 등 수행해야 할 과제는 매우 많다.

셋째로, 조명에너지 절감을 위한 새로운 패러다임을 생각하여야 한다.

과거의 한 등 끄기가 모든 장소, 모든 시간에 걸쳐 열악한 조명환경을 제공하는 것이었다면, 새로운 패러다임은 필요한 곳과 시간에는 충분한 조명을 실시하고, 반면에 필요가 없는 장소와 시간에는 조명을 끄는 것이다. 낮에 햇빛이 쏟아져 들어오는 창가에도, 아무도 없는 빈 사무실과 복도에도 항상 불을 켜 놓게 되어있는 조명시스템에서, 조명

이 어둡다는 불평이 나온다면 그 시스템의 설계자는 책임을 져야 한다.

적절한 스위치의 선택, 분기회로의 적절한 배치, 밝기와 사람을 감지하는 센서의 채택, 건물 전체를 제어하는 조명제어 시스템의 채용 등으로 종합적인 조명에너지 절감을 시도하는 것은 조명 설계자의 의무이다. 또한 건물의 크기와 용도 등에 따라 최적으로 작동하는 각종 관련 부품과 시스템을 개발하는 것이 생산자의 의무라 하겠다.

4. 조명에너지 절약요소

조명설비의 사용전력량(Wh)은, 조명기구 한 등당의 소비전력(W)과 점등시간(h)의 곱에 등의 개수(N)를 곱한 것이다. 이 값은 아래 식에서 우변의 분자를 적게, 분모를 크게 함으로써 에너지 절감 조명으로 된다. 이 내역을 크게 나누면 7개 요소로 되며, 이들은 조명의 합리적 사용에서의 7개의 요소로 되며, 조명에너지 절약의 목표라고도 할 수 있다.

$$\text{조명전력량} = \frac{\text{①기구 1대의 소비전력} \times \text{②점등시간} \times \text{③조도} \times \text{④면적}}{\text{⑤기구 1대의 램프광속} \times \text{⑥조명률} \times \text{⑦보수율}}$$

〈 전력절감 조명의 7 포인트 〉

- (i) 고효율 광원의 사용 ①,⑤
- (ii) 기구 효율과 조명률이 높은 기구의 사용 ⑥
- (iii) 조명의 T.P.O ②,③,④
- (iv) 조명설비의 청소, 불량램프의 교환 ⑦

5. 에너지 절약 조도 기준과 조명전력 허용기준

적정조도의 선정은 조명설계의 기본적인 요소이다. 특정 장소의 용도에 따라 추천되는 조도기준은 조도의 범위로서 주어진다.

주어진 조도 범위에서 어떤 값을 설계조도로 선정할 것인가를 결정하기 위해서는 작업자의 연령, 실내의 반사율 등을 고려하여야 하며, 미국에서는 다음과 같은 방식을 추천하고 있다. 즉, <표 1>의 요소들을 고려하여 가중치를 찾고 그 가중치의 합이 2 이상이면 최고 추천조도, -2 이하이면 최저

추천조도를 선정한다.

선진 각국에서는 건물을 신축하려고 할 경우 건물 내 각 공간의 용도에 따라서 조명에너지로 사용할 수 있는 전력량의 최대 허용기준을 설정해 놓고, 설계된 조명시설의 전력 사용량이 그 이하로 되어야만 건물의 신축허가를 내주는 방식으로 조명에너지를 절감하고 있다. 이러한 방식으로 조명설계의 최적화와 저효율 제품의 도태를 유도하여 많은 효과를 얻고 있다.

이에 따라 우리 나라에서도 이러한 조명전력 허용치를 설정하고, 건축 설계시에 이를 반영하도록 하는 방안을 연구하고 있으며, 현재는 사무용 건물

〈표 1〉

추천조도를 결정하는 데 필요한 가중치

조도분류 A~E인 경우			
방과 거주자의 특성	가중치		
	-1	0	+1
거주자의 연령	40세 이하	40~55세	55세 이상
배경 실내면의 평균반사율	70% 이상	30~70%	30% 이하
조도분류 F~K인 경우			
작업과 작업자의 특성	가중치		
	-1	0	+1
작업자의 연령	40세 이하	40~55세	55세 이상
속도와 정확도의 중요성	중요하지 않음	중요함	매우 중요함
작업 배경면의 반사율	70% 이상	30~70%	30% 이하

에 대하여 조명전력 허용 수치와 적용방법을 연구 결정된 상태이다.

적용과정은 비교적 단순하여, 각 공간의 용도에 따라 단위면적 당 100lx의 조도를 공급하는데 필요한 것으로 인정된 허용치에 면적과 설계조도를 곱하여, 그 수치를 모두 합한 것을 건물 전체의 허용치로 하고, 설계된 조명설비의 전력 사용량이 이를 초과하지 않도록 하는 것이다. 〈표 2〉는 사무용 공간에서의 공간의 종류에 따른 조명전력 허용치이다.

이 과정에서 조명설비의 질적 개선을 위하여 루버나 커버 등을 채용하는 조명기구의 경우에는 기구효율 저하로 인한 에너지 증가를 보전하기 위하여 허용치를 늘려주고 있다. 또한 조명제어설비를 설치하는 경우에는 실제로 설비된 용량에 비하여 사용량이 훨씬 적으므로, 이를 감안하여 설비용량에 보정계수를 곱하여 감소시킬 수 있도록 하고 있다.

6. 고효율 광원의 선정

국내에서 실용적으로 사용되고 있는 각종 절전형 램프의 특성을 보면 전구보다 형광램프는 효율이 높고 수명도 길다. 그리고 고압수은등 보다는 메탈할라이드 램프나 고압나트륨 램프의 효율이 높고, 비교적 수명도 길다.

램프 효율이 높은 것과 수명이 긴 것은 직접 전력비용과 에너지 절약에 직결된다. 전구와 형광램프를 병용하는 경우는, 형광등을 주체로 하고, 전구를 액센트 라이트로 하여 소수 사용하는 것도 한 방법이다. 그리고 밝기, 수명, 가격, 등의 변동 없이 램프소비전력이 5~10% 절감되는 절전형의 전구와 형광등이 보급되고 있다.

특히 형광램프의 경우에는 기존의 램프보다 환경이 가늘어진 신형 형광램프들이 개발 보급되고 있으며, 이는 기존의 램프에 비하여 같은 광속을 내면서도 20-30% 정도의 에너지 절감이 가능하

<표 2>

사무실 공간의 종류, 표준조도 및 조명전력 허용치

장 소	표준조도 E_s [lx]	공간의 기능	100[lx] 당 허용치 W_s [W/m ² /100lx]	표준조도 제공시 조명전력 허용치 W_{s1} [W/m ²]
그래픽 설계				
그래프, 사진	400	일반 공간	3.2	12.8
색상 선택**	1,000	공공 공간	4.3	43.0
설계와 예술품 제작	1,000	일반 공간	3.2	32.0
세밀한 일	400	일반 공간	3.2	12.8
해도와 지도 그리기	1,000	일반 공간	3.2	32.0
법정				
좌석	100	공공 공간	4.3	4.3
활동 영역	400	공공 공간	4.3	17.2
사무실				
도서관*	400	공공 공간	4.3	17.2
로비, 응접실, 휴게실	100	공공 공간	4.3	4.3
시청각실	200	공공 공간	4.3	8.6
오프셋 인쇄와 복사실	200	일반 공간	3.2	6.4
우편물 분류	400	일반 공간	3.2	12.8
일반 개인사무실*	400	일반 공간	3.2	12.8
키보드 식별	400	일반 공간	3.2	12.8
회계*	400	일반 공간	3.2	12.8
회의실	200	공공 공간	4.3	8.6
VDT가 있는 공간	200	일반 공간	3.2	6.4
서비스 공간				
계단, 복도, 엘리베이터	100	서비스 공간	5.0	5.0
세면장, 화장실	100	서비스 공간	5.0	5.0
은행				
금전출납구	400	공공 공간	4.3	17.2
로비				
일반	100	공공 공간	4.3	4.3
탁상	200	공공 공간	4.3	8.6
제도				
고명도 대비 소재	400	일반 공간	3.2	12.8
밝은 테이블	100	일반 공간	3.2	3.2
저명도 대비 소재	1,000	일반 공간	3.2	32.0
청사진	400	일반 공간	3.2	12.8
회계*	400	일반 공간	3.2	12.8
회의실	200	공공 공간	4.3	8.6

주) 공간의 기능 분류는 일반적인 용도에 한하며, 복합기능을 수행하는 등의 이유로 기능분류가 달라질 경우 이를 감안하여 다른 기능의 공간으로 분류하고 그 수치를 적용할 수 있다.

* 이 공간들에 대한 표준 조도들은 대표적인 값으로서, 작업 내용에 따라 표준 조도가 달라질 수 있으며, 이 경우 조도에 비례하여 조명전력 허용치도 바뀌어야 한다.

** 이 공간은 성격상 일반 공간에 해당되나, 연색성을 높이려는 경우 효율이 떨어지는 광원을 사용하게 되므로 이를 고려하여 공공 공간으로 취급하였다.

다. 이러한 램프를 사용하는 경우, 램프 자체의 에너지 절감 뿐 아니라, 안정기도 고효율로 되고, 램프 전류가 작으므로 배전 선로에서의 손실도 작아진다. 또한 관경이 작은 램프는 광학적으로 우수하고 효율이 좋은 반사판의 설계가 가능하게 되므로 조명기구의 효율도 높아지는 장점이 있다. 램프의 소비전력이 클수록 램프 효율이 높아지므로, 동일조도에서 조도의 얼룩집이 없는 범위 내에서

는 소비전력이 큰 광원을 선정하는 것이 에너지 절약상 중요하다.

7. 고조명율 조명기구의 선정

조명기구에 부착된 램프로부터 발산되는 빛은 모두 피조면을 유효하게 조사하지 않는다.

조명기구의 기구효율은

$$\text{기구효율} = \frac{\text{조명기구로부터 발산되는 광속의 양[lm]}}{\text{조명기구에 부착된 램프로부터 발산되는 광속의 양[lm]}} \times 100[\%]$$

로 계산되며, 조명률은

$$\text{조명률} = \frac{\text{피조면에 도달되는 광속의 양[lm]}}{\text{조명기구에 부착된 램프로부터 발산되는 광속의 양[lm]}} \times 100[\%]$$

로 정의된다.

간접, 반간접 및 전반확산기구 보다는 직접 및 반직접 조명기구의 효율이 좋고, 반사율이 좋은 재료를 사용하고, 투과율이 좋은 커버를 사용한 등기구를 택하면 조도향상에 도움이 된다. 그러나 근래에는 직접식, 또는 반직접식 조명기구의 경우 광막반사나 직접글레어의 발생이 심하고, 이에 따라 높은 조도를 유지하더라도 실제적으로는 나쁜 조명환경이 된다는 점에서, 선진 각국에서는 간접식, 또는 직접간접식 조명기구를 사용하는 예가 늘어나고 있다.

커버부 매입형 기구보다 하면 개방형 반사갓이, 그리고 이보다는 램프 노출형 기구의 기구 효율과 조명률이 높지만 조명의 질은 저하하므로 주의하여 선정할 필요가 있다. 공장조명의 전반조명에서는 천장의 높이가 5m이하인 중천장이나 저천장의

경우, HID램프보다는 형광등을 사용하는 것이 경제적으로 유리하다.

전자식 안정기는 30[kHz] 이상의 고주파로 점등하며, 이 경우 램프 효율이 향상되고 철심에서의 손실이 줄어들어 래피드 안정기에 비하여 입력전력이 15~25% 절감된다.

8. 조명률의 개선

전반조명에서는 조명률이 높은 기구의 사용이 가장 바람직 하지만, 조명률은 그 기구의 배광곡선과 설치높이, 간격 등의 설치상황과 더불어, 천장, 벽 및 바닥 등 실내면의 반사율에 따라서도 변화한다. 일반적으로 실내면의 반사율이 높아질수록 조명률은 높아진다.

<표 3>은 방의 크기를 알고 있는 경우의 조명률

<표 3>

반사율과 방치수 차이에 의한 조명률 변화

방의 크기 [m]			9×9	9×36
실 지 수			2.25	3.6
조 명 률	밝은 마무리	천장 반사율 80% 벽 반사율 30% 바닥 반사율 10%	0.75	0.85
	어두운 마무리	천장 반사율 50% 벽 반사율 30% 바닥 반사율 10%	0.60	0.67

사용 조명기구 : 40(W) 형광램프 2등용 매입 개방형
광원의 높이 : 2(m)

의 차이를 표시하고 있다. 이상으로부터 밝은 내장의 큰 방 일수록 효율이 좋은 조명으로 된다는 것을 알 수 있다.

하여, 창가에 있는 일정 범위내의 조명기구를 자동적으로 점멸, 또는 조광제어하여 전력절약을 도모한다.

9. 에너지 절약 조명시스템의 도입

조명 에너지 절약 방법으로 조명을 어떻게 사용하고 관리하는가, 즉 조명제어 시스템으로서의 접근을 생각할 수 있다. 조명제어에서의 전력절약은 최적인 조명을 최적 타이밍으로서 공급하는 것으로서, 현재의 일반적인 조명 사용법과 상태를 되돌아본다면, 조명제어를 수행함으로써 자연스럽게 전력절감을 유도하는 것으로 볼 수 있다. 창가조명의 소등이나 조광제어, 작업전후나 점심시간의 적절한 쉼 조명, 또는 전체소등 등의 제어, 그리고 피조명 구역에서의 작업, 생활 등의 일정한 스케줄에 따라 자동적으로 제어되는 타임스케줄 조명제어 등이다.

1) 주광센서에 의한 조명제어

외광의 밝기를 실내에 설치된 주광센서로 감지

2) 타임 스케줄에 의한 조명제어

사무소, 작업자의 사용상태에 따라서 전체 점등, 전체소등, 쉼 소등, 감광 50% 등이 있으며, 적정한 타임 스케줄에 의한 조명제어는 전력절약을 초래한다.

하루 동안의 타임스케줄에 의한 조명제어는 작업 전에는 쉼소등패턴 25%, 작업 중에는 100% 전체점등, 점심시간에는 전체소등, 작업 후에는 쉼소등 25%의 밝기를 유지하는 것이 일반적이다.

3) 수동조작에 의한 조명제어

타임 스케줄 조명 제어를 수행하는 사이에, 임시로 전체조명 또는 부분조명의 제어상태를 바꿀 경우가 있다. 예컨대, 작업후의 잔업(부분조명), 작업중의 회의, 집회(부분 또는 전체조명을 소등 또는 감광으로 하고 싶을 때) 시의 조명제어를, 타임

스케줄로부터 분리하여 희망하는 임의의 조명상태를 바꾸어 놓아야 한다. 이것은 작업자의 수동조작으로 하는 것이 타당하다.

10. 조명설비의 보수관리에 의한 전력절감

조명설비를 사용하면 램프의 광속저하나 조명기구의 오손 등으로 조도가 지속적으로 저하된다. 따라서 모처럼 좋은 조명설비를 시설하더라도, 램프교환이나 조명기구 등의 적절한 보수관리가 이루어지지 않으면, 실제조도를 얻을 수 없고, 예정되고 있는 조명환경을 유지할 수 없다. 이와 같은 상태에서는 시각작업에 지장을 초래할 뿐 아니라 조명경제적으로도 전력이 낭비되어 비경제적이다.

보수의 효과에 대해서 예를 들면, 조도가 시설초기의 49%로 떨어진 상태에서, 실내면에 칩을 함으로써 조도가 61%로 상승하고, 광원과 조명기구의 청소로 81%, 광원을 신품으로 교환함으로써 100%로 개선된 경우가 있다.

보수를 실행할 경우의 보수작업의 주요한 내용은 램프의 교환, 조명기구의 청소와 점검, 조도 등의 정기적인 측정 등이다.

램프가 어두워지거나 점등되지 않으면 즉시 교환하는 것이 바람직 하지만, 교환작업의 합리성에서 보면 다음의 네 가지 방법이 있다.

(1) 개별 교환 방식

점등되지 않는 광원을 그때마다 교환한다. 특정 시기에 램프 교환이 집중되므로 소규모, 또는 점등 시간이 짧은 조명설비에 주로 적용된다.

(2) 개별집단 교환방식

점등되지 않는 광원을 개별교환하고, 일정 점등 시간 후 전부 집단 교환한다. 주로 점등되지 않는 램프의 수가 급증하는 시기에 모든 램프를 교환하며, 가장 일반적인 교환방식으로 형광램프의 경우 3년에 1회 정도 연말에 교환하도록 하는 경우가 많다.

(3) 집단교환 방식

보수기간 동안 램프가 점등되지 않아도 그대로 방치해두고, 보수시점에 도달하면 전체 램프를 교환하는 방식이다. 이 방식은 램프 교환이 어려운 장소, 신구 램프가 혼재되어 있는 것이 미관상 곤란한 장소 등에 적용된다. 형광램프의 경우 보통 2년 간격으로 집단교환을 행하며, 이 경우 점등되지 않는 램프는 전체의 3% 정도이다. 1년 반 간격으로 교환할 경우에는 점등되지 않는 램프는 거의 없다.

〈표 4〉 적절한 램프 교환시간(형광램프 FLR 40W)

교환방식	개별집단 교환방식	전체집단 교환방식
사무실	6,000시간 (약 2년)	5,300시간 (약 1년 10개월)
공 장	6,000시간 (약 2년 6개월)	5,200시간 (약 2년 3개월)

사무실의 연간 점등시간은 3,000시간, 공장은 2,400시간으로 봄

램프나 조명기구에 먼지가 끼게 되면 밝음이 매우 떨어진다. 그림 1은 북미조명학회(IESNA)가 작성한 먼지 누적에 따른 광출력 감소의 데이터이다. 먼지에 의한 조도 감소가 매우 크고, 조명장소에 따라 청소의 필요성이 다름을 알 수 있다.

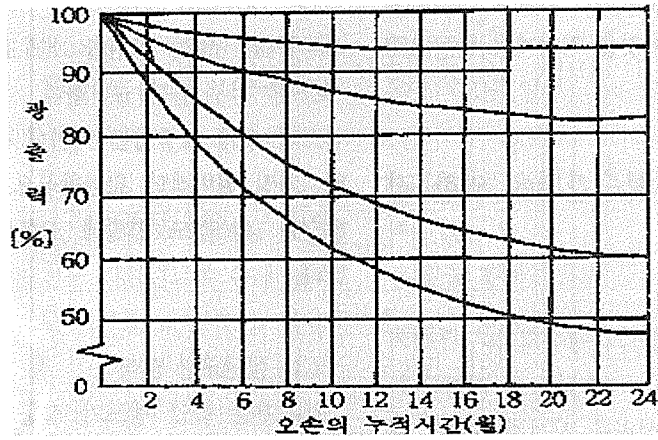


그림 1) 먼지가 램프나 조명기구에 누적되는 경우의 광속감소

청소하는데 드는 비용과 청소하지 않음으로서 조도가 떨어져서 손해보는 조명비가 꼭 같을 경우가 가장 경제적인 청소간격이며, <표 5>에 이 조건을 만족시키는 청소간격이 추천되고 있다. 장소가 깨끗한 장소인가 더러워지기 쉬운 장소인가에 따라 마른걸레로 닦거나 물로 씻기의 청소간격이 달라진다.

<표 5> 조명기구의 청소 간격

장 소	마른 걸레로 닦기	물로 씻기
더러워지기 쉬운 장소	1주간	4주간
보통 장소	2주간	8주간
깨끗한 장소	4주간	16주간