

# 에너지 節約을 위한 人工照明計劃

金正泰

慶熙大學校 建築工學科 · 工學博士

## • 에너지節約과 建築照明

지난 1973년 제 1 차 에너지 위기가 발생한 이후 에너지를 절약하기 위하여 세계 여러나라에서 에너지 절약정책을 실시하였다. 에너지 절약의 필요성에 따라 에너지를 소비하는 모든 분야가 균형있게 에너지 소비를 줄이기 위하여 건축에서도 에너지 절약의 일환으로 조명에너지의 절감을 시도하였다.

특히, 조명은 에너지 소비가 눈에 띄므로 에너지 위기가 발생했을 때 이론적 고찰이나 계획도 없이 조명에서 소비하는 에너지를 감소시키려고 하였다. 이것은 조명에너지의 절약이 항상 생활과 밀접하게 관련되므로 다른 분야 보다도 심리적으로 더 큰 효과가 있어 사람으로 하여금 에너지 절약의 필요성과 효과를 더 빨리, 더 크게 느끼게 하기 때문이다.

건축물에서 사용되는 에너지는 전국가 사용에너지 중에서 큰 부분을 차지하고 있다. 그 중에서도 조명에너지의 소비량은 그 자체가 큰 비율을 차지하고, 공기 조화설비에 필요한 에너지량에도 영향을

미치므로 에너지 절약에 하나의 초점이 되고 있다.

조명설비의 소비에너지를 절약할 필요성은 건축가·기술자·조명전문가 만이 아니라 조명산업계 자체도 인식되어 가고 있다. 조명에너지를 절약하기 위한 제안들이 단순한 착상이 아니라 타당한 합리성과 실현 가능성을 갖고 있다면 에너지 절약의 효과가 매우 크다고 할 수 있다.

## • 照明的 消費電力

사무소 등의 조명목적은 안전하고 쾌적한 작업환경을 형성하고, 작업하기에 알맞는 明視條件을 만족시키며, 피로를 적게하여 視力을 보호하고, 視覺의 순응속도와 정밀도를 높여 생산성을 향상시키는 것이다.

이상과 같은 조명목적이 잘 이루어졌을 경우 작업능률의 향상, 작업안전의 증진, 직장관리의 철저, 작업사기의 향상 등과 같은 효과를 얻을 수 있다. 따라서 조명설비에서 에너지 절약을 고려할 경우에도 이상의 목적과 효과를 염두에 두

고 진행해 나가야 한다.

조명설비에 사용되는 에너지를 절약하기 위해서는 소비전력량을 절감해야만 한다. 조명설비의 소비전력량 Q는 다음 식과 같다.

$$Q = E \cdot T \cdot \frac{P \cdot A}{F \cdot U \cdot M}$$

여기서, E = 평균설계조도 (lux)

T = 점등시간 (h)

F = 기구 1대의 광속 (lumen)

P = 조명부하전력

U = 조명률

A = 바닥면적 (m<sup>2</sup>)

M = 보수율

이 식에서 보듯이 조명설비의 에너지 절약을 유도하기 위해서는 분모를 크게 하고 분자를 작게하면 된다. 조명설비의 에너지 소비에 영향을 미치는 이상의 7 개 변수들은 다음 (표 1)과 같이 4 개의 조명계획 수법들로 정리할 수 있다. 따라서 적정조도의 설정, 광원 및 기구의 효율화, 점멸 및 제어, 보수·관리 등으로 나누어 조명설비의 에너지 절약 방법에 대해 설명하기로 한다. 그리고 최근 에너지 절약과 관련하여 새로운 조명방식으로 대두되고 있는 테스크 엠비언트 조명에 대해 간단히 소개한다.

## • 適正照度の 設定

조도는 조명설계의 가장 기본적인 요소이다. 그러나 조도는 어떤 面위의 빛의 밝기를 나타낸 것이지만 모든 사람이 동일하게 느끼는 빛의 밝기는 아니다. 예를 들면 동일한 실에 있는 사람도 어떤 사람은 밝게 느끼고, 어떤 사람은 어둡게 느낄 수가 있다. 또 동일한 사람도 어떤 때는 밝게 느끼고, 또 어떤 때는 어둡게 느끼는 것과 같이 사람의 지각능력은 단순히 밝기의 크기만으로 결정되지 않고 演色性, 輝度발란스, 연령 등에도 영향을 받기 때문이다.

이 점에 유의하면 단순히 법정조도, 권장조도의 범위내에서 조도가 설정되면 좋다는 것이 아니고 여기에는 「적정한」이라는 단어가 붙어 있다는 점에 유의하

여야 한다. 한편, 조도는 視知覺力에 미치는 영향이 매우 크다는 사실이다.

Muck와 Bodmann, Boyce의 연구 등에 의하면 視知覺力은 500룩스를 경계로 저하비율이 증가하고, 피로·오인 등에 대해서도 500룩스를 경계로 비율이 증가하고 있다. 이것을 생각하면 사무실의 조도설정 포인트를 500룩스 주변에 두는 것이 목적이나 효과적인 측면에서 적절하다고 할 수 있다.

우리나라의 경우 건축법과 KS에 조도기준이 있고 국제적으로는 국제조명위원회(CIE)와 국제조명공학회(IES)에서 규정한 실내의 권장조도가 있다.

일반적으로 사무실의 조도는 300~750룩스의 범위로 생각함으로 기존 건물에서 에너지 절약을 고려할 경우 단순히 조도를 낮춘다고 생각하는 것은 경솔한 생각이다.

우리나라의 경우 조도기준을 장소별로 정하고 있지만 집무를 하는 공간에서는

작업면의 수평면조도를, 복도·계단·세면소·변소 등에서는 바닥면의 수평면조도를, 또 벽면에 대해서는 연직면조도에 대하여 고려할 필요가 있다.

### •光源 및 器具의 效率化

광원의 효율은 (lumen/W)로서 광원의 발광효율을 말한다. 사람의 視覺으로 느낄 수 있는 파장은 3,800~7,800Å로 되어 있고, 이러한 可視光域 가운데서도 5,500Å 부근이 피크이다. 어느 정도 발광효율이 높은 광원이라 할지라도 사람의 視覺에 유효한 파장의 빛을 충분히 내지 않는다면 광원의 효율이 좋다고 할 수 없다. 따라서 광원의 선정에 있어서는 광원의 분광파워분포에 주의해야 한다.

이미 잘 알려져 있듯이 백열램프에 비해 형광램프는 효율이 여러 배정도 우수하다. 우리나라 뿐만 아니라 대부분의

나라에서 형광램프의 보급이 많다는 것은 어쩌면 당연한 귀결인지 모른다.

램프 및 방전등의 안정기에서 열이 발생하고, 이 열이 냉방부하가 되므로 발생열량이 작은 광원을 선정하는 것도 냉방설비의 에너지 절약에 관련된다는 점도 고려할 필요가 있다. (표2)에 광원 선정의 기준이 기술되어 있다. 에너지 절약을 고려하여 조명설계를 할 경우에는 광원의 적절한 선정과 함께 조명기구의 형상을 고려해야 한다. 기구별 조명률은 메이커에서 표시해 놓았으므로 건축공간에 의장적으로 조화될 수 있고, 사용목적에 보다 효율이 높은 조명기구를 선정하여야 한다.

### •照明器具의 点滅 및 制御

적정한 조도를 설정하고, 효율이 높으며 조명률이 좋은 조명기구를 채용해도 조명기구의 점멸과 제어를 적절하게 행하지 않으면 에너지 절약의 효과는 적다. 필요한 공간에 필요한 밝기를 공급함과 동시에 효과적으로 소등할 필요가 있다.

조명기구의 점멸방법에는 작업상태에 알맞는 점멸방법, 조명목적에 알맞는 조명방법, 晝光을 이용한 점멸방법 등이 있다. 이를 위해서는 다음과 같은 내용을 설계단계에서 부터 고려하여 점등시간의 절감을 고려해야 한다.

- 1) 조명기구별로 스위치를 설치한다.
- 2) 가능한 배선공사의 증가가 작은 방법내에서 점멸회로를 세분화한다.
- 3) 창부근은 주광이용을 위하여 점멸이 가능한 회로로 한다.
- 4) 調光器를 활용한다.

이상의 점멸방법을 제어하고 스케줄화한것엔 다음과 같은 방법이 있다.

- 1) 자동점멸방식(타임 스케줄에 의한 점멸, 光電센서에 의한 점멸, 양자를 조합한 점멸)
- 2) 마이크로 컴퓨터에 의한 점멸
- 3) 컴퓨터 제어

이러한 목적에 합치되는 타임 스케줄을 채용할 때는 이니셜 코스트와 런닝 코스트의 균형을 충분히 검토하고 채용하여야 한다. 이니셜 코스트의 증가에 너

(표 1) 조명의 에너지 절약수법과 관련변수

에너지 절약수법		관련변수						
		E	T	F	P	U	A	M
적정조도의 선정		●	●				●	
광원 및 기구의 효율화				●	●	●	●	
조명기구의 점멸 및 제어			●					●
조명시설의 보수 및 관리			●	●				●

(표 2) 광원 선정의 기준

광 원	효 율 경제성	발 생 열	광학적 특성	연 색 성	색 의 효과	용 도
전 구	불 량	많 음 60cal/lm·h	집광성	평기수는 좋지만 실제로는 충실치 못하다	난색이 있으면 쾌활하다	점멸이 많은 장소, 사용회수·사용시간이 적은 장소
형광 램프	표준형	양 호	확산성	고연색형에는 못미침	—	일반실내, 옥외 등
	高演色形	표준형보다 다못하다		양 호	붉은 색을 아름답게 한다	상기중 연색성의 색효과가 있을 때
수 은 램프	투 명 형	양 호	집광성	불 량	녹색을 아름답게 보인다	고천장의 공장, 도로 정원, 경제성은 FL
	형 광 형	양 호		투명형보다 다소 좋음	살색은 잘 보인다	다음, 대용량을 필요로 하는 장소에 적당
메탈 할라이드 램프	효율양호 고가임	적 음	집광성	양 호	자연색에 가깝다	고천장의 실내, 일반 옥외
고압 나트륨 램프	특히양호	수은램프보다 약간 적음	집광성	다소 불량	난색이 있는 등백색	도로, 야구장, 창고, 체육관, 기술린 스탠드

무 집착하게 되면 보다 효과적인 조명에 너지의 활용으로 부터 격리되고, 사회적 사명을 충분히 할 수 없게 되는 경우도 생길 수가 있기 때문이다.

여기서, 기존 건물의 조명설비에 대해 앞부분과 약간 중복되는 내용도 있지만 에너지 절약을 고려하면 다음과 같이 생각할 수 있다.

1) 현재의 환경을 크게 희생시키지 않고 간편하게 할 수 있는 대책 및 개선.

- 불필요시의 소등시행
- 창부근 조명기구의 소등
- 타이머에 의한 스케줄 점멸

2) 현재의 환경을 다소 희생하는 대책.

- 선별 점등
- 휴게시간·작업시간외의 일제 소등

3)償却이 가능한 범위에서 경비를 사용하는 대책.

- 에너지 절약형 조명기구와의 교환
- 미니컴·마이컴에 의한 스케줄 점멸
- 과잉설비의 철거

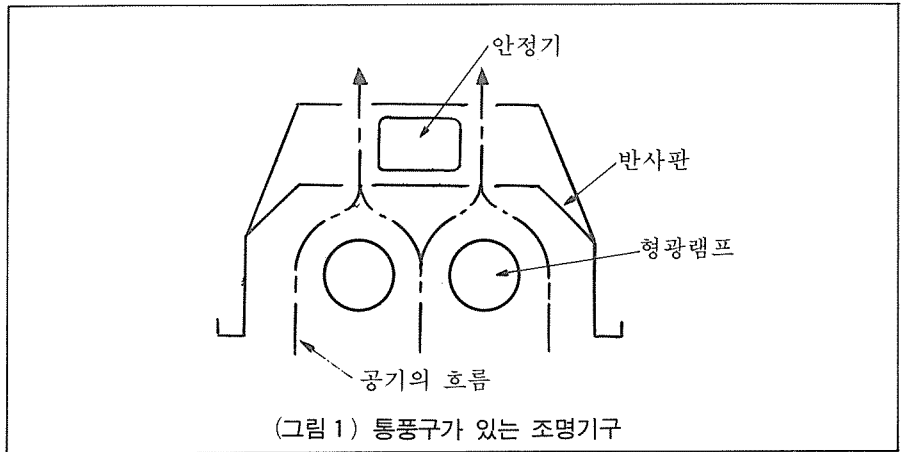
### • 照明施設의 保守 및 管理

사무소 건물의 경우 조명시설의 보수 및 관리는 전용건물과 임대건물에 따라 운영방법이 크게 다르다. 또 건물 전체의 보수·관리라는 측면에서 보면 조명시설의 보수·관리는 중요도가 낮은 경향이 있지만, 사무소에서 소비하는 에너지량 중에서 조명부분이 차지하는 부분을 고려할 때는 보다 효율적인 보수·관리 대책이 필요하다.

조명시설의 보수·관리의 목적은 설계조건을 유지시키고, 조명시설의 수명을 높이며, 쾌적한 작업환경을 유지하는 것이다. 이를 위해서는 다음과 같은 보수·관리의 방법들이 필요하다.

- 1) 조명기구·管球의 청소
- 2) 管球의 교환
- 3) 조명기구의 보수·부품교환
- 4) 시설환경의 유지(적정 전압·주파수·기구주위 온도 등)
- 5) 실내마감의 청소·갱신
- 6) 기구배치의 효율적 변경

이상과 같은 보수·관리가 간편하게 이루어질 수 있도록 설계시에 충분한 고



려가 필요하다.

보수·관리의 조명전력 소비량에 대한 효과는 설계조도와 큰 관계가 있고, 보수율과 조도와는 다음 식과 같다.

$$\text{조도 } E = N \cdot F \cdot U \cdot M / A = R \cdot N \cdot M$$

$$(\because R = F \cdot U / A)$$

여기서, 보수율 M은 「조명시설을 어느 기간 사용한 후의 작업면상의 평균조도와 초기조도와와의 比」이지만, 보수율 M을 부분보수율로 나누어 표현하면 다음 식과 같다.

$$\text{보수율 } M = M_1 \times M_d \times M_w$$

$$M_1 = \text{광원의 광속유지율}$$

$$M_d = \text{기구의 설계광속 유지율(광원 및 기구의 오염된 부분 보수율)}$$

$$M_w = \text{실내면의 오염된 부분 보수율}$$

여기서,  $M_w$ 를 조명틀에 대한 유지율로 하면 위의 보수율 M은 다음과 같이 구해진다.

$$\text{보수율 } M = M_1 \times M_d$$

보수율을 좋게 하기 위해서는 실내환경을 무엇보다도 청결하게 하여야 하고, 조명기구의 구조가 오염되지 않는 구조로 하는 것도 좋은 방법이다. 예로서(그림 1)에 나타난 통풍구가 있는 조명기구는 管球·반사판·안정기 등에 공기흐름에 따른 비교를 나타낸 것이다. 즉, 통풍구가 있는 것은 먼지 등이 기구에 부착되는 것이 줄어들고 빛의 출력이 감소되지 않는다. 또 조명기구의 주위온도 조건이 기구의 열특성상 효과적으로 되며, 기구·管球의 효율과 수명이 연장되

는 효과가 있다.

또, 전향의 조도 E를 구하는 식에서 조도를 일정하게 하면 보수율이 변함에 따라 설치한 조명기구 댓수는 증감하게 된다. 조명기구 댓수가 적게 되면 같은 점등시간이라도 소비전력량은 작게 되므로 보수율을 크게 할수록 절전효과는 크다는 것을 알 수 있다.

### • 테스크 엠비언트(T/A) 照明的 출현

1974년 미국 필라델피아의 어틀랜틱 리치필드회사(ARCO)는 새로운 사무소 조명방식을 채택하였다. 최소의 전력으로 최대의 조명효과를 얻는 물리적인 테스크의 하나로서 테스크 엠비언트(Task Ambient, T/A) 조명방식을 사용한 최초의 사무소이다. 이것은 건물 전체에 조명을 집중하는 것이 아니고 작업면만을 강조하는 시스템이다(사진 1).

ARCO는 2년간 건물을 사용한 후에 사무소의 작업자들이 실내조명과 오피스 가구에 대하여 어떻게 느끼고 있는가를 알아보기 위하여 인테리어 디자인 회사인 인터스페이스와 환경심리학자 로널드 구드리치를 스태프로 참가시켜 조사를 실시하였다.

구드리치는 상급관리직에서 비서에 이르기까지 전 종업원수의 20%에 해당하는 사람에게 설문지 조사를 하여 70%라는 높은 회답을 얻은 결과 옥내 식물과 함께 조명이 내부의장 요소 가운데 가장 좋은 반응을 나타내고 있다.



(사진 1) 어틀랜틱 리치필드회사(ARCO)의 데스크 엠비언트 조명방식

구드리치의 설문조사에는 다음 4개의 질문도 포함되어 있었다. 1) T/A 조명방식이 보다 쾌적한 환경을 연출할 수 있는가? 2) T/A 조명방식으로 조명한 실내가 일반적인 천장조명 방식으로 조명한 실내보다도 일하기 쉬운가? 3) T/A 조명방식이 일반 천장조명 방식보다도 눈의 피로가 적은가? 4) T/A 조명방식이 매력적인 실내의장을 창조할 수 있겠는가?

구드리치는 모든 변수를 조사하지는 못했지만 자료분석을 통해 발표한 결과는 다음과 같다.

1) 사무소의 작업자들은 일반적으로 T/A 조명방식이 쾌적한 환경을 만들기 때문에 작업을 하기가 쉽다고 느끼고 있다.

2) 비서나 에널리스트 등 창에서 떨어진 실내에서 일하는 사람은 「눈이 피로하지 않다」는 질문에 낮은 평가를 하였다.

3) 창가에 있는 관리직은 이 질문에 대해 가장 높은 평가를 주고 있는데 비해 個室 사무실에 있는 임원들은 평가정도가 낮았다.

이 점을 고려하여 구드리치는 창의 유무가 조명의 수준을 평가하는 데 큰 영향을 미친다는 것과 직종이 다르면 조명에 대한 판단도 다르다고 설명하면서 이 질문에는 보다 심층적인 조사가 필요하다고 설명하고 있다.

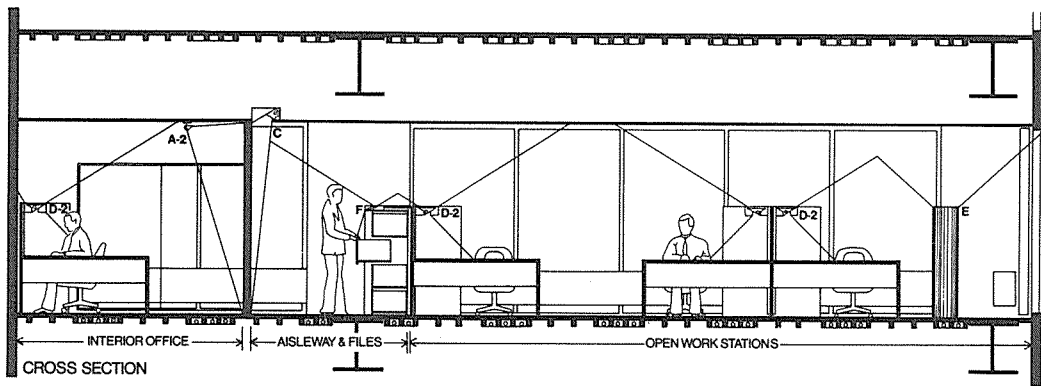
젊은 사람들이 일반적으로 직장환경, 특히 조명에 대해 긍정적으로 받아들이고 있다. 자기의 일을 좋아하고 자기의 일을 루틴 워크가 아니라고 생각하는 사람들이 시각적 환경을 보다 높이 평가하고 있다. 이 조사 결과는 오피스의 디자인 요소중에서 데스크 엠비언트 조명이 가장 중요하거나 혹은 두번째의 중요 요소라는 것을 나타내고 있다.

로빈슨과 밀즈 사무소가 설계하여 샌프란시스코에 건설한 크로리 마리타임회

사(연면적 7만ft<sup>2</sup>)의 오피스는 작업면 조명(데스크 조명)과 上方投光(엠비언트 조명)을 위하여 조명기구 뿐만 아니라 조명기구의 설치방법에도 신중한 고려를 하였다(그림 2).

작업면의 조명은 可動家具에 조립한 조명기구를 이용하였다. 엠비언트 조명은 천장면에 대한 投光器具, 벽면에 대한 투광기구 및 投光家具 등을 이용하여 단지 조도를 조정하는 일반 기능만이 아니라 벽면을 밝게 비쳐 시각적인 쾌적성과 공간의 개방성을 느낄 수 있도록 고안한 것이다.

사무실의 평면은 중앙 코어식이며 오픈 사무실과 個室 사무실이 있다. 사무실은 또 서가를 놓는 복도로 구획되어 있다. 사무실은 크게 3개의 존-오픈 플랜방식의 존, 내주부의 개실 사무실 존, 코어 주변 등의 공용부분 존-으로 나누어져 각 존마다 알맞는 T/A 조명방식을 고안하여 설계하였다.



- A-1. 오목한 곳에 설치한 텡스텐 - 할로겐 램프(벽면 조정용)
- 정확하게 벽면을 커버한다.
  - AMBIENT 조명의 주광원
  - 액센트 조명 및 전시용 조명에 응용

- A-2. 천장에 직접 설치한 텡스텐 - 할로겐 램프(벽면 조정용)
- 정확하게 벽면을 커버한다.
  - AMBIENT 조명의 보조광원
  - 액센트 조명 및 전시용 조명에 응용

- B. 노출안된 형광등(천장 조명용으로 빛 센서의 수동장치를 사용하여 존별로 조정이 가능하다)

- 야간 AMBIENT 조명의 주광원
  - 정확하고 균일하게 천장을 커버한다.
- C. 오목한 곳에 설치한 형광등(벽면조정용으로 존별로 조정 가능)
- AMBIENT 조명의 주광원
  - 코어 벽면을 균일하게 커버한다.

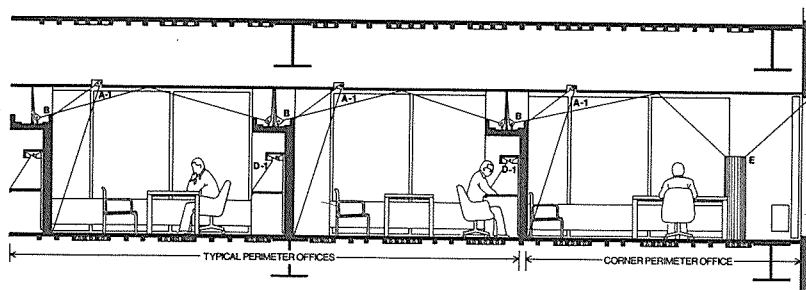
- D-1. 형광등을 사용한 데스크 조명 (개실 사무실용으로 개별 차단기에 의해 존별로 조정이 가능하고 전원을 이동할 수 있다)
- 작업면의 조명
  - 전화 · 콘센트

- D-2. 형광등을 사용한 데스크 조명 (워크

- 스테이션용으로 개별 차단기에 의해 존별로 조정이 가능하고 전원을 이동할 수 있다)
- 업라이트에 의한 AMBIENT 조명
  - 작업면의 조명
  - 전화 · 콘센트

- E. 메탈 할리드 키오스크(빛 센서의 수동 장치를 사용하여 존별로 조정할 수 있다)
- 혼잡하지 않은 부분의 AMBIENT 조명

- F. 형광등을 사용한 서류함의 조명
- 오픈 스페이스에 있는 화일 캐비닛의 데스크 조명
  - AMBIENT 조명에 첨부



(그림 2) 크로리 마리타임 회사의 데스크 AMBIENT 조명방식

ARCO가 최초로 데스크 AMBIENT 조명방식을 사용한 이래 수 많은 건축가, 디자이너, 설비전문가 및 다른 회사의 경영자들이 ARCO를 견학하였으며, 이제 이 아이디어는 많은 사람들을 흥분시키고 있다. 미국의 경우 신축되는 오피스의 60% 정도가 오픈 플랜으로서 T/A 조명은 오픈 플랜의 연장으로서 당연한 것이라고 사무용 가구메이커들은 보고 있다. T/A 조명은 모든 문제를 해결하는 만능약인가? 결코 그렇지 않다. 그

럼에도 불구하고 T/A 조명은 반사 클레어, 워크 스테이션이나 방의 밝기, 배선 코스트, 조명환경의 분위기 등에서 매우 넓은 지지를 받고 있다. T/A 조명에 대해서는 앞으로 보다 더 면밀한 검토가 있어야 할 것이다.

이상에서 인공조명에서의 에너지 절약의 중요성과 절약방법 및 데스크 AMBIENT 조명방식에 대해 고찰하였다. 최근 들어 에너지 자원의 고갈과 고가의 전기요금 때문에 조명에너지에 대한 인식이 높

아가고 있으나 설계자료의 부족 등으로 계획시 어려움이 많다. 보다 효과적인 에너지 절약을 위해서는 건축설계의 초기 단계에서부터 에너지 소비의 상한 및 유지 · 관리 · 보수형태에 이르기 까지 충분히 고려되어야 할 것이다. 또한 경제성 검토는 건설시의 비용 뿐만 아니라 전기요금 · 보수 · 관리비용 등도 포함한 라이프 사이클 코스트로 검토하면서 설계되어야 할 것이다.