

제 2 장 조명설계 및 제어 이론의 고찰

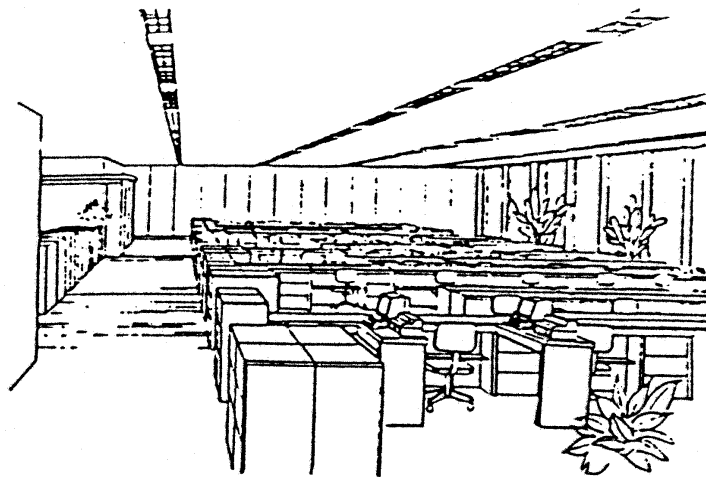
2.1 조명방식과 조명설비

사무소 건물의 조명에 채용되는 조명방식은 전반조명방식, 국부적전반조명방식, 국부조명방식 및 국부+전반병용 조명방식 등이 있고 각각에 대한 설명은 아래와 같다.

2.1.1 전반조명방식

천정전체에 다수의 조명기구를 일정한 간격으로 배치하고, 실내의 작업면 전체에 항상 일정한 조도를 부여하는 방식이다. 이 방식의 최대의 이점은, 작업대상, 작업장소 등이 변하더라도 조명조건은 거의 변하지않는 유연성을 가지고 있지만, 반면, 실전체를 그 실에서 활동하는 가장 세세한 작업에 필요한 조도로 조명하지 않으면 안되는 결점을 가지고 있다 (乾 正雄 1993).

즉 이 방식은 사용하는 조명기구의 배광특성에 따라서 직접조명과 간접조명으로 나누는 것이 가능하다. 전자는 직접 작업면 방향으로 배광을 하는 조명기구를 사용하는데 대하여 후자는 조명기구에서 나온 빛을 먼저 천정이라든지 벽면에 반사시켜 그 2차 반사광을 작업조명용으로 사용하는 방식으로 소요조도가 그다지

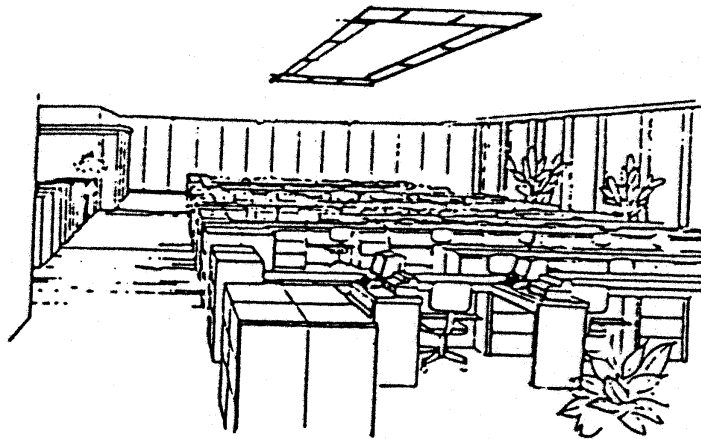


[그림 2.1.1] 전반조명방식(乾 正雄 1993)

높지 않은 경우 VDT가 많이 설치된 실에 적합하다. [그림 2.1.1]은 전반조명방식에 대한 예를 보여주고 있다.

2.1.2 국부적 전반조명방식

이 방식은 조명기구를 작업하는 장소를 중심으로 해서 기능적으로 배치를 해서 소요조도를 고려해서, 그 외의 경우에는 이것보다 낮은 조도를 조명하는 방식이다 (乾 正雄 1993). 이 방식의 경우는 완성후의 작업장소의 변경에 대응이 어렵기 때문에 설계단계에서 조명기구의 설치위치와 작업영역과의 관계를 정확하게 파악하는 것이 필요하다. [그림 2.1.2]은 국부적전반조명방식에 대한 예를 보여주고 있다.



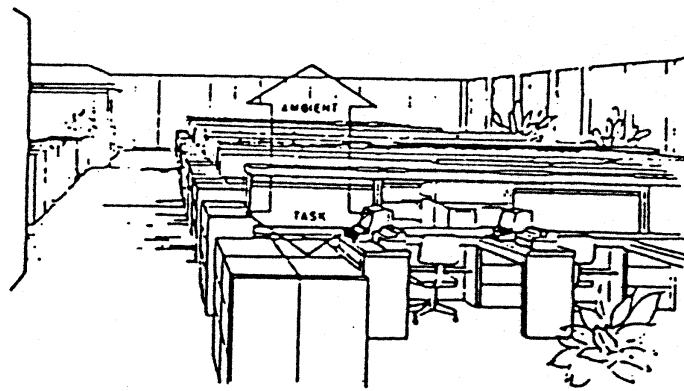
[그림 2.1.2] 국부적 전반조명방식(乾 正雄 1993)

2.1.3 국부조명방식

작업에 사용된 한정된 좁은 범위와 그 근방 주위를 조명하는 방식으로 실의 일부에 고조도를 필요로 하는 경우에 적합하다.

2.1.4 국부+전반병용 조명방식

전반조명방식과 국부조명방식을 조합한 방식으로, 전반조명의 조도는 작업면조도보다 낮게 설정하는 것이 일반적이다. 또한 이 방식에서는 개개인의 책상 근방에 작업용의 조명기구를 설치하는 것이 일반적으로 인원 밀도가 낮은 경우에는 전반조명방식에 비해서 조명용 에너지 소비량을 절감할 수 있다. [그림 2.1.3] 은 전반+국부병용 조명방식에 대한 예를 보여주고 있다.



[그림 2.1.3] 국부+전반병용 조명방식(乾 正雄 1993)

조명방식의 결정을 할 때는 이상의 4가지 방식 중에서 사무실의 각부의 공간에 적합한 방식을 선택하게 되지만, 전반조명방식 또는 전반+국부병용 조명방식을 선택하는 것이 바람직하다.

또한 전반조명방식의 경우는 직접조명을 원칙으로 하지만 VDT가 매우 많은 실의 경우 혹은 OA 전용실의 경우는 간접조명의 전반조명방식이 좋다.

한편 전반+국부 조명방식을 하는 경우는 전반+국부 조명방식은 직접조도 또는 그에 준하는 전반조명 방식으로 300 lx 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한 이방식의 경우는 주간외의 창외 휘도가 한상 낮도록 고려하는 것이 중요하다. 정밀작업을 하는 실이나 고령자가 많은 실 등의 고조도가 필요한 경우는 전반조명의 조도는 일반작업의 권장조도로 하고 부족한 정도는 국부조명으로 보조하는 것이 바람직하다. (乾 正雄 1993)

2.1.5 광원

사무소조명에 이용될 수 있는 광원과 그 개략적인 특성을 [표 2.1.1]에 나타내고 있다.

이들 중에서 적절한 광원을 선택하는 조건으로서는

- (1) 발광 효율이 높은 광원
- (2) 연색성이 좋은 광원
- (3) 수명이 긴 광원
- (4) 깜박거림이 적은 광원

등 이지만, 형광램프는 이상의 조건의 대부분 만족할 뿐만 아니라 저휘도로 시동시간이 짧고 조광도 가능하기 때문에 사무소건물에서는 형광램프를 주로 사용하고 여기에 장소에 따라서 백열전구(할로겐램프 포함), HID 램프 등을 같이 사용하는 것이 좋다.

이상에 따라서 업무공간은 전반조명방식의 경우에는 40W 이상의 형광램프의 사용을 원칙으로 하고 천정이 특별히 높은 실의 경우에는 HID 램프의 사용을 검토해 본다. 또한 전반+국부 조명방식의 경우의 국부조명용 광원은 고주파 점등형 20~40W의 형광램프를 사용하는 것이 바람직하다.

[표 2.1.1] 각종 광원의 특성

	광원의 종류	정격 전력 [W]	전광속 [lm]	램프 효율 [lm/W]	색온도 [K]	평균 수명 [h]	조광
백열 전구	일반조명용 전구	100	1520	15.2	2800	1000	가능
	소형할로겐램프	100	1600	16.0	3000	1500	가능
형광 램프	스타트형 백색	20	1230	61.5	4200	7500	가능
	스타트형 백색	37	3100	83.8	4200	10000	가능
	스타트형 3 파장	37	3560	96.2	5000	10000	가능
	급속스타트형 백색	36	3000	83.3	4200	10000	가능
	급속스타트형 3 파장	36	3450	95.8	5000	10000	가능
	급속스타트형 백색	100	8960	89.6	4200	10000	가능
	급속스타트형 3 파장	100	9220	92.2	5000	10000	가능
HID 램프	형광수은램프	250	12700	50.8	4100	12000	단조광
	메탈할라이드램프	250	20000	80.0	3800	9000	불가
	고압나트륨램프	250	12800	51.2	2500	9000	단조광

2.2 조명설비의 제어시스템

빛에 관련된 제어는 건물환경의 쾌적성 유지와 운영의 인력 절감, 에너지 절약 등이 주 목적이다. 최근에는, 여기에 덧붙여 경관 조명등에 의해 연출되는 특별한 제어를 도입하는 경우도 있다.

2.2.1 조명제어의 목적과 개요

1) 빛환경의 쾌적성 유지를 위한 제어

빛환경의 쾌적성은 실내의 휘도대비와 글레어가 커다란 영향을 미친다. 이 휘도 대비, 글레어에 크게 관여하는 것이 직사일광의 입사이다. 이 때문에 이 목적을 위한 제어는 직사일광의 제어를 위하여 블라인드와 루버 등의 제어가 대상이다. 또한 앞으로 시장성이 기대되는 조광유리의 제어도 이 분야의 제어의 하나이다.

2) 인력절감을 위한 제어

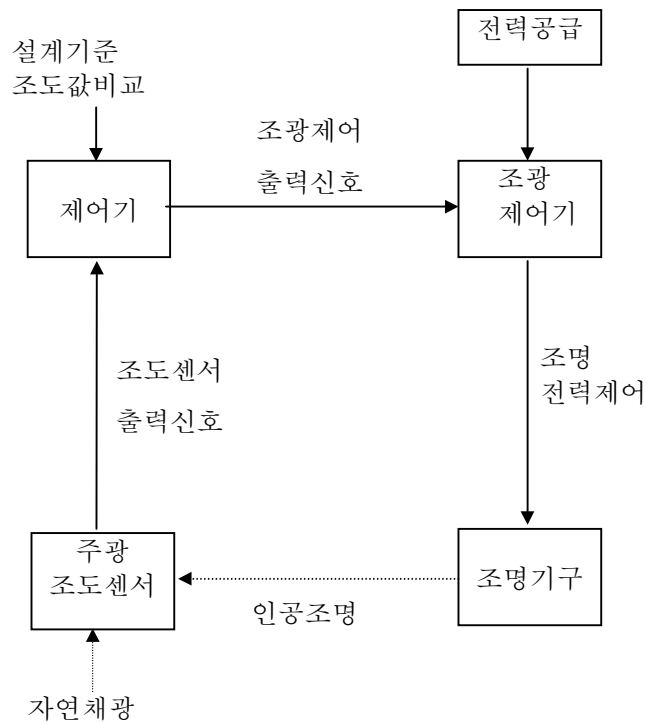
복수의 건물이 넓은 대지에 분산되고 이것을 1 개소의 제어 센터에서 관리하는 경우의 제어이다. 관리의 인력절감을 위하여 전용의 제어시스템이 건축되는 경우가 많다. 중앙에 중앙제어시스템을 설치하고, 각 건물에 분산제어반을 설치하고 중앙 제어기와 분산제어반사이를 광통신 케이블로 접속하는 시스템이 출현하고 있다. 대학의 캠퍼스와 리조트 개발 등에서 건물군의 제어 등이 이것에 포함된다.

3) 에너지절약을 위한 제어

인공조명의 에너지절약은 고효율 광원의 사용과 전반+국부병용 조명에 의한 에너지절약 조명수법의 채용과 함께 자연채광의 효과를 고려한 적절한 제어의 채용이 중요하다. 주요한 인공조명의 제어에는 센서에 의한 재실감지 제어, 적정조도조정 제어, 타임스케줄 제어, 주광이용 제어 등이 있다.

2.2.2 조명제어

사무소 건물의 주광을 이용한 조명제어 알고리즘은 각 층별 방위별 제어를 원칙으로 해야 한다. 특히 조광센서에 의해 시시각각 변화하는 외부로부터의 자연광의 양을 정량적으로 판단하여 작업면에 필요한 조도를 인공조명과 자연광의 합성된 양에 의존함으로써 사무실의 쾌적한 시작업 환경의 제공은 물론, 건물 전체 에너지소비량의 상당량을 차지하는 조명에너지를 절감 할 수 있을 것이다. [그림 2.2.1]은 주광 센서를 이용한 조명제어 알고리즘을 나타낸 것이다(O'Connor et al. 1997). 조광센서에서는 자연 채광에 의한 주광과 인공 조명에 의한 조도의 합이 실내 조도값으로 측정되고 이 조도값을 제어기로 보내게 된다. 제어기에서는 실내 조도와 설계 기준 조도를 비교 판단하여 조광제어신호를 조광제어기로 보내서 공급되는 전력을 조절하는 방법으로 실내의 인공 조명의 출력광속을 제어한다. 사용되는 조광 제어기에 따라서 On/Off Control, Step Control, Dimming Control 의 방법으로 조명제어를 수행 하게 된다.



[그림 2.2.1] 조광제어 알고리즘 흐름도

1) 재실감지 제어법

적외선 센서나 초음파 센서 등에 의해 재실자의 유무를 검출 자동적으로 조명의 점멸을 시행 하는 방법을 말한다. 현재 재실 센서가 부착된 조명기구가 시판 중이다. 잦은 점멸은 시작업의 쾌적도를 저해할 수 있기 때문에 적용부문 공용부문의 제어와 라커룸, 응접실, 회의실 등 사용 이 부정기적인 실의 제어에 주로 사용한다.

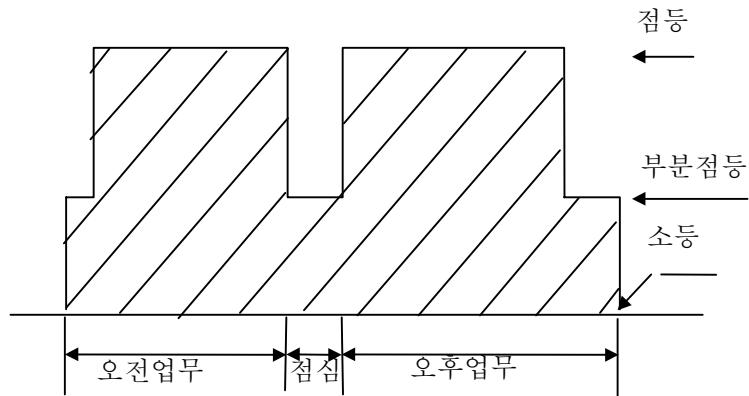
2) 적정조도조정 제어법

조명 설비를 설계하는데 사용 되어지는 설계 조도는 일반적으로 유지조도이다. 즉 램프가 시간이 지나서 효율이 떨어지더라도 유지하지 않으면 안되는 조도이다. 따라서 초기의 조도는 설계시의 설정 조도보다 꽤 높게 설정된다. 이 여유조도를 절감하기 위하여 정기적으로 출력 조도를 측정하여 센서에 의한 자동적인 조광제어를 하는 방법이다.

3) 타임스케줄 제어법

시각에 따라서 조명기구를 점등하는 조광제어이다. [그림 2.2.2] 에 보인 바와 같이 업무를 시작하기 전후, 점심시간 등 건물의 사용율에 따라 조명기구를 요구되는 레벨 역할 등에 대하여 자동적으로 점멸 또는 조광을 하는 방법이다 (Kato 1996).

제어패턴이 많은 경우나 제어대상구역이 세분화된 경우는 조명을 위한 전용의 제어장치를 사용하는 경우가 많다. 옥외 조명도 타임스케줄로 제어가 되는 것이 많다.



[그림 2.2.2] 타임스케줄제어 개념도

4) 주광이용 제어법

주광의 입사량에 따라서 인공조명을 제어하는 방식이다. 공장, 체육관, 돔과 같은 대공간 건축, 사무소 건물 등에서 채용되는 경우가 많다. 외부로부터의 주광의 강도를 조광용센서에 의해 감지하고 이를 바탕으로 하여 인공 조명을 제어하는 방식으로서 Open-Loop 방식과 Closed-Loop 방식에 의해 실내의 조도를 낮추거나 (Dimming) 조명기구를 계획적으로 점멸(On/Off)할 수 있다. 이러한 각각의 작동들은 점유공간에 적당한 조도를 제공하면서 조도에 의해 소비되는 에너지를 최소화 시킬 수 있다.

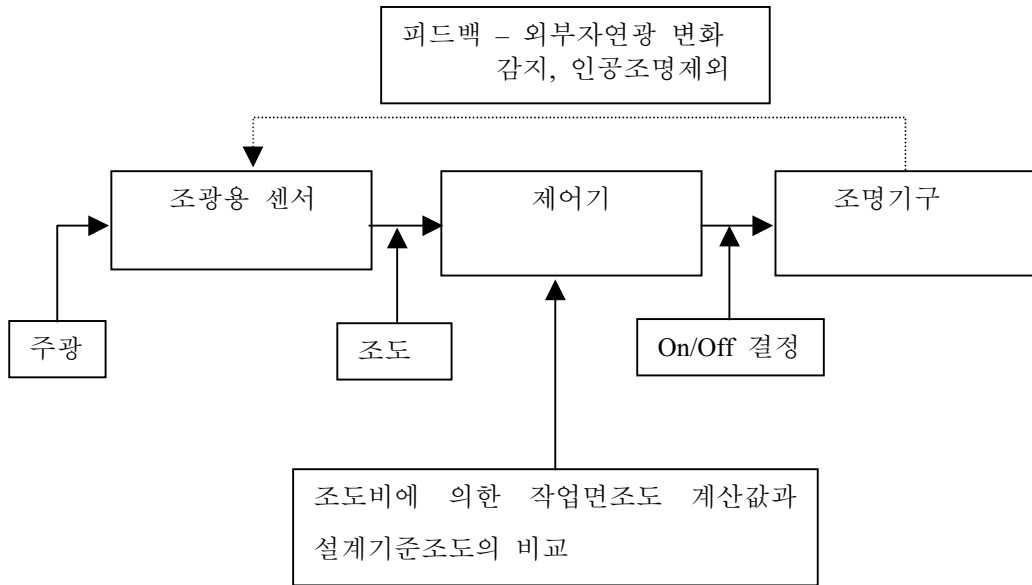
a) On/Off 제어

자동조명제어시스템의 작동, 복잡성, 가격 등에 있어서는 서로 차이가 있다. 이런 시스템 중에서 가장 간단한 것이 On/Off 제어로서 실내에서 이용할 수 있는 주광 조도에 반응하여 조명기구를 자동적으로 점등 또는 소등하는 것을 말한다. 이러한 On/Off 제어는 크게 조광용센서, 제어기, 스위치의 3가지로 구성된다.

b) Dimming 제어

Dimming 제어는 주광에 반응하여 조명기구의 광 출력을 0~100% 까지 계속적으로 변화 시킬 수 있는 것으로 On/Off 제어보다 구성이 복잡하고 가격이 비싸나, 작업에 필요한 조도를 일정하게 유지 할 수 있다. 이러한 Dimming 제어의 구성은 조광센서, 제어기, Dimmer 로 크게 구분할 수 있다.

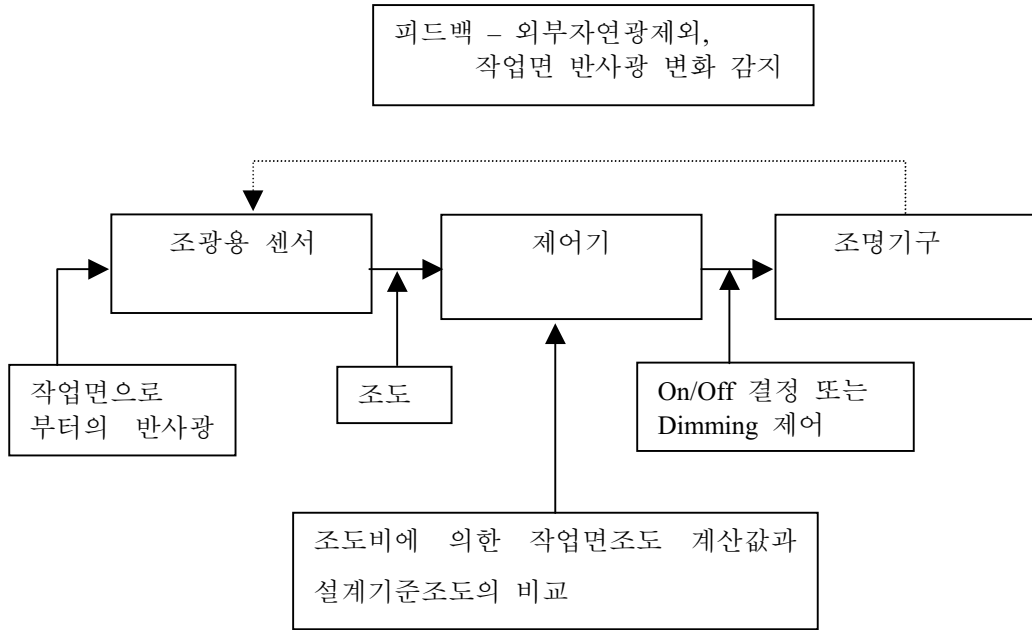
c) Open-Loop 에 의한 조명제어



[그림 2.2.3] Open-Loop 에 의한 조명제어 알고리즘

Open-Loop 에 의한 조명제어는 조광용 센서를 외부 자연광의 확보량을 가장 잘 나타낼 수 있는 위치에 설치하고 인공 조명은 보지 않는 방향을 향하도록 한다. 조광센서의 보정은 주간에 충분한 주광을 확보하면서 직사일광을 피하도록 블라인드나 커튼으로 조정을 한 뒤에 센서에 입력되는 조도값을 기준으로 사용한다. 조명제어의 피드백에서는 외부자연광 변화를 감지하고 인공조명의 조도는 감지하지 않는 것으로 하여 제어를 한다(O'Connor et al. 1997).

d) Closed- Loop 에 의한 조명제어 알고리즘



[그림 2.2.4] Closed- Loop 에 의한 조명제어 알고리즘

Closed- Loop 에 의한 조명제어는 자연광제어 영역의 깊이의 약 2/3 지점에 조광용센서를 설치한다. 조광용 센서의 시야는 넓은 지역을 바라 볼 수 있게 하고 창문으로 부터의 자연광을 직접 보지 않도록하고 작업면의 반사광을 측정할 수 있어야 한다. 조광센서의 보정을 위해서는 야간의 인공 조명에 의한 작업면 반사광에 의한 입력 조도를 기준으로 사용한다. 조명제어의 피드백에서는 외부자연광의 변화보다 작업면에서 반사되는 광원의 변화를 주로 감지하여 제어를 한다(O'Connor et al. 1997).

2.2.3 에너지절약 조명시스템 설계법

에너지 절약적 조명설계란 단지 에너지를 사용하지 않거나 억지로 절약하는 것이 아니고 전력의 낭비를 없애고 합리화를 도모하는 것이다. 따라서 눈이나 작업시 필요하다면 충분한 고조도를 채용하고 조명의 질을 저하시키지 않고 낭비 없는 조명을 하는 것이다. 본 연구에서는 주광을 최대한 실내에 유효하게 활용하는 방법을 사용하여 전기에너지를 절약한 조명제어 알고리즘을 개발하고자 한다.

1) 전반조명이나 국부적 전반조명의 채택검토

일반적으로 전반조명을 실시하는 경우가 많지만 시작업의 용도, 목적에 따라 국부적전반조명의 경우에는 조명에 요하는 전력이 절약되며, 경우에 따라서는 동일전력으로 수배의 조도를 얻을 수 있으므로 합리적이다.

2) 국부조명의 활용

종래, 국부조명이란 대단히 좁은 범위의 비교적 고조도로 조명하는 것을 말하였으나 시작업에 대하여 작업면 근처에 전등을 장치하고, 넓은 범위의 조명의 고조도를 이룰 수 있으므로 국부조도에 대한 인식을 바꿀 필요가 있다.

3) 고효율 전등의 채택

백열전구보다는 형광램프가 효율도 높고, 수명도 길다. 고압수은 램프보다는 메탈할라이드 램프가, 메탈할라이드 램프보다는 고압나트륨 램프가 효율이 높고, 수명도 비교적 길다. 램프효율이 높은 곳과 수명이 긴 것은 직접, 조명경제상 에너지 절감에 직결되고, 더욱이 수명이 긴 것은 자원 절약의 견지에서도 바람직하다.

4) 고효율 조명기구의 채택

간접, 반직접조명방식, 전반확산방식보다는 직접조명방식이 효율이 좋고, 포위형 조명기구에서도 반사율이 좋은 재료를 사용하고, 투과율이 좋은 커버사용의 등기구를 선정하면 조도 저하를 방지할 수 있다. 또한 사용중의 광속감쇠 때문에 램프교환, 청소가 하기 쉬운 기구를 선정하고 때때로 청소를 할 필요가 있다.

5) 불필요한 전등은 소등한다

전등회로 수를 많이 하고, 점멸 스위치를 많이 준비하여 불필요한 경우는 소등한다. 옥내, 옥외의 경우, 야간 점등이 필요한 장소의 조명은 자동점멸기를 사용하면 아침부터 낮까지는 자동적으로 소등하고, 소등을 잊으므로써의 전력의 낭비는 없어진다.

6) 주광이용과 조명제어방식의 도입

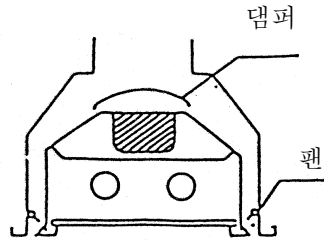
채광상 유효한 창이 있어서, 주광을 충분히 이용할 수 있는 경우에는, 소등 또는 감광시킬 수 있는 범위를 검토하여 창가의 조명기구를 수동으로 소등하든가, 자동으로 소등 또는 감광하는 것이 바람직하다. 창가의 전등회로를 단독 스위치 회로로 한다. 특히 자동소등의 경우는 주광센서를 설치하여 주광의 변동에 따라 자동 소등 또는 점등 시킨다.

7) 실내의 내장재는 반사율이 높은 것을 채택한다

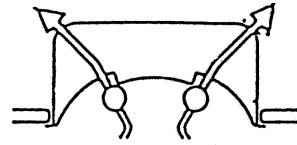
실내면의 내장재의 반사율을 높이면 실내조도가 향상된다.

8) 조명, 공조합성방식

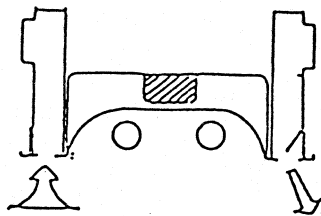
사무실에서의 조명은 고조도의 요구가 점차로 높아져가고 있으며, 실내의 고조도화에 따라 전등으로부터 발생하는 열량의 처리가 문제로 제기되고 있다. 특히 여름과 같이 냉방, 공조를 필요로 하는 기간에는 전등기구로부터 발생하는 열량이 그대로 실내로 들어가서 실내의 온도가 올라가서 결과적으로 조명에 의한 발생열량도 냉방하므로 공조기의 용량을 크게 하여야 하므로 냉방시스템의 운전이 비경제적이 된다. 조명, 공조합성방식은 실내의 천정에 설치된 조명기구로부터 발생하는 열을 될 수 있는대로 천정안에서 제거하고 실내로는 들어가지 않도록 한 방식이며 조명설비와 공조장치를 일체로 한 것이다. [그림 2.2.5] 은 조명, 공조합성방식에 사용되는 조명기구가 공조형 형광등기구의 예를 보인 것이다.



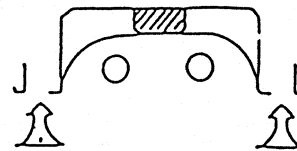
(a) 더블 셀형



(b) 싱글 셀형



(c) 사이드 덕트형



(d) 사이드 리턴형

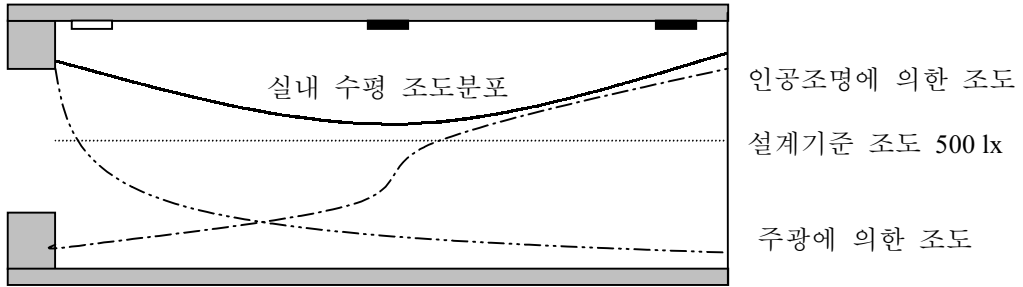
[그림 2.2.5] 공조형 조명기구의 종류

9) 상설보조조명

건축에서의 조명은, 예부터 주광을 이용하는 연구가 이루어지고 있다. 사무실의 조명에 주광을 채용하는 상설보조조명(Permanent Supplementary Artificial Lighting of Interior : PSALI) 약하여 프사리(PSALI)의 방식이 질적향상을 위하여 채용되게 되었다. 도심에 위치한 대부분의 사무소 건물의 경우 천정의 높이가 낮고, 임대율을 높이기 위하여 창면으로부터 안쪽까지의 깊이가 깊은 방이 만들어지는 경향이 있으며, 설사 남향의 실이라도 창으로부터의 주광은 실의 안쪽까지 도달되지 않는 경우가 많으므로 자연광에 대한 실내조도의 불균등을 면할 수가 없다.

프사리(PSALI)는 이들의 실내조도를 균등화하여 조명의 질을 향상시키기 위하여 주간에는 실의 중앙부로부터 안쪽으로 향하여 조명을 하고 저녁때부터 야간에 걸쳐서는 창가의 주광을 보완하기 위하여 창가의 천정등을 점등하여 조명을 구하

도록 하여 주간, 야간을 불구하고 종일 실내의 조도를 균등하게 유지하도록 한다.
[그림 2.2.6] 는 표준층 사무실의 상설보조조명에 의한 조도분포의 보기를 표시한다.



[그림 2.2.6] 사무실의 상설보조조명