

# 自然採光을 이용한 照明에너지節約

## Economization on Lighting Energy

金正泰

慶熙大 助教授·工學博士

### ●晝光과 人工光

인간의 눈은 晝光 아래서 물체의 색을 가장 자연적으로 느낀다. 주광과 같은 효과를 얻기 위해서는 演色性이 좋은 인공광을 개발하면 된다. 근래에는 인공광도 주광에 가까운 느낌이 들도록 많이 개발되었지만 아직 주광과는 비교가 되지 않는다.

주광과 인공광은 빛을 발생시킬 때 열도 발생한다. 따라서 에너지 절약적인 측면에서는 열을 적게 발생시키고 光量이 많은 광원이 유효하다. 이것을 정량적으로 나타내는 지표로서 發光效率이 있다. 발광효율은 단위시간에 광원이 발생하는 빛의 양을 그 광원이 단위시간에 빛과 함께 발생하는 열량으로 나눈 값이다. 주광과 인공광의 개략적인 발광효율은 <표1>과 같다.

일반적으로 사용되는 건축용 전구는 10~20lm/w, 형광등은 50~80lm/w인데 비하여 주광은 전체적으로 90~126lm/w, 직사일광은 51~125lm/w, 천공광은 125~129lm/w인 것을 볼 때 주광이 인공광보다 발광효율이 높다는 것을

알 수 있다. 이러한 값만으로 보면 자연채광이 건축의 에너지 절약계획상 중요한 역할을 한다는 것을 쉽게 알 수 있다.

그렇다면 왜 지금까지 효율이 좋은 주광이 광원으로서 별로 중요시되지 않은 것일까? 그것은 인공광이 매우 안정되어 있는데 비하여 주광은 상대적으로 불안정한 것이 원인으로 생각된다. 실외에서 사입되는 주광은 빛의 방향성과 실내에서의 산란성 때문에 안정감이 부족한 단점이 있다.

인공조명으로 안정된 실내의 視環境이 창에서의 불안정한 주광에 의하여 산란되어 버림으로써 시환경의 측면에서는

<표 1> 광원의 발광효율

광원	발광효율(lm/w)	
주 광	전 주 광	90~126
	직 사 일 광	51~125
	천 공 광	125~129
인공광	일반조명용전구	10~20
	수 은 등	30~60
	메탈할리우드등	50~80
	일 반 형 광 등	50~80
	나 트 튼 등	90~140

창이 적은 것이 좋을 것이라고 생각하고 인공조명을 오히려 증가 시켜야 한다는 제안도 있었다. 그러나 불안정한 자연광의 영향을 적게하기 위하여 인공조명을 많이 사용하는 것은 심리적·생리적 측면에서 바람직하다고 할 수 없다.

실내의 재실자는 자연광의 불안정에 의하여 실외의 변화를 느낄 뿐만 아니라 창이 없는 실에서는 작업의 피로도가 크다는 연구들도 있다. 이렇게 볼 때 자연채광은 단순히 에너지 절약이란 관점뿐만 아니라 심리적·생리적 관점에서도 중요한 역할을 함으로 채광계획은 처음부터 건강성과 쾌적성이 풍부한 실내의 시환경이 조성되도록 하여야 한다. 원래 인공광은 주광을 얻을 수 없는 야간을 위하여 발명된 것이므로 주간에 주광을 얻을 수 있는 공간에서는 가능한 주광을 적극적으로 이용하는 것이 바람직하다.

### ●晝光의 照明에너지節約 프로세스

晝光을 이용하여 에너지를 절약할 경우 우선 채광창을 모의광원으로 가정하여 여러가지 자연채광 계산법으로 주광조도를 계산한다. 이 값과 실내의 설정조도와 비교하여 소등범위를 설정하고, 소등범위에 따라 자연채광과 인공조명을 병용하여 실내의 주광설계를 진행한다. 주광을 이용하여 조명에너지를 절약시키는 디자인 프로세스는 <그림 1>(6)과 같다.

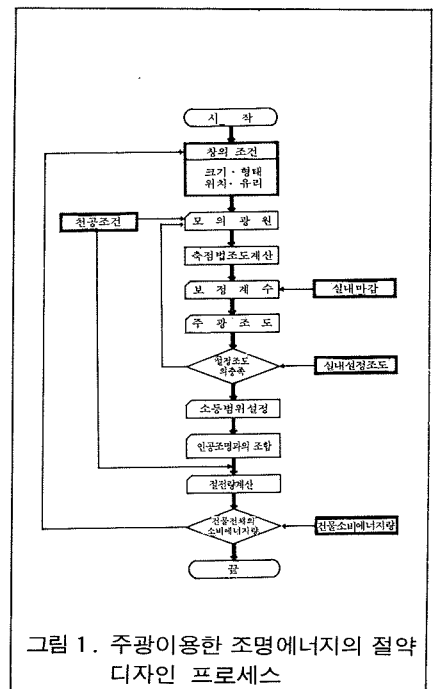


그림 1. 주광이용한 조명에너지의 절약 디자인 프로세스

## ● 自然採光을 이용한 消燈範圍

창 부근은 주광을 이용하여 채광하는 것이 일반적이다. 이 경우 어느 정도 범위까지 주광을 이용하여 인공조명을 소등할 것인가 결정해야 한다. 주광의 이용범위 설정은 직사일광의 고려여부, 인접건물의 영향, 차양시설, 창면적, 창크기, 창높이, 창위치, 유리 종류, 블라인드 이용형태, 조명기구의 배치, 실내의 형상 등의 영향을 받는다.

이러한 요인들을 모두 고려하여 주광의 이용범위를 해석한 문헌은 보이지 않지만 일부 요인들을 조합하여 연구한 논문들은 있다. Matsuura와 Tanaka (1979)는 천공광의 상태에서 주광을 이용할 경우 인공광의 소등범위를 결정하는 방법을 연구하였다.<sup>(9)</sup>

이것은 전형적인 오픈 플랜의 사무소가 편측채광으로 이루어져 있고(그림2), (그림3)과 같이 표준적인 조명기구로 전반조명이 되어 있을 경우 태양고도 10° 이상의 晝間(採光晝間)에 있어서 연간 작업시간 등을 고려한 것이다.

이것으로 부터 창으로 부터 주광에 의해 충분한 조도가 확보될 수 있을 때 창 근처의 조명기구를 소등하는 경우 소등한 조명기구와 점등한 조명기구의 경계선(소등라인), 정해진 총 시간 중에서 소등할 수 있는 시간비율(소등률), 창 부근의 인공조명을 소등할 수 있는 범위(소등범위)를 구하는 그래프는(그림4)와 같다.

예를 들면, 이 그래프는 다음과 같은 방식으로 사용한다. (파선으로 표시되었음).

① 소등률을 60%로 가정한다.

② 대상 작업시간을 연간 9~17시로 하면 소등률 60%를 확보할 수 있는 천천공조도는 16,500lx가 된다.

③ 사무소의 소요조도를 500lx로 하면 주광률 3%(=500÷16,500×100)가 된다.

④ 소등라인상의 인공조명 조도는 적어도 소요조도의 1/2은 확보되므로 필요한 주광률은 1.5%가 된다.

⑤ 이 필요 주광률이 충족되는 소등라인은 Q=15°, L=9m의 주광률 곡선에서 3.4m를 구할 수 있다.

이와 같이 소등라인은 창에서 가까우면 소등면적이 적게 되고, 창에서 멀어지면 소등률이 작아지므로 에너지 절감이 최대되는 것은 그 중간 부분이 된다.

(그림5)는 최적소등범위를 구하는 그래프로서 B는 실폭, L은 차양길이, Q는 대향건물의 방해각이다. 2/3소등라인보다 큰 소등범위의 값은 사용하지 않고, 그 경우는 2/3소등라인을 소등범위로 한다. 이것은 천공광을 기준으로 작성된 것이기 때문에 모든 방위에서 쉽게 응용할 수가 있다.

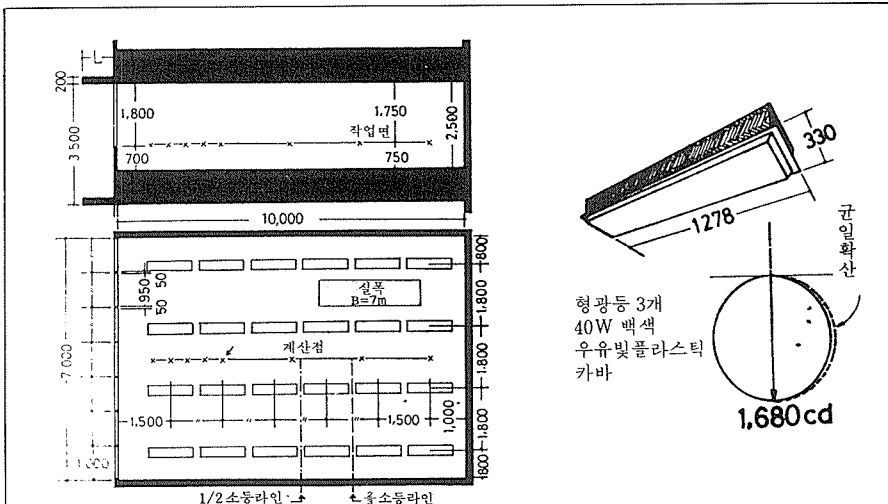


그림 2. 대상 사무실의 단면·입면·마감

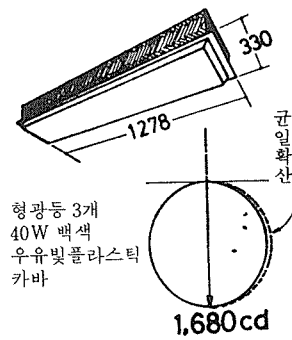


그림 3. 표준조명기구

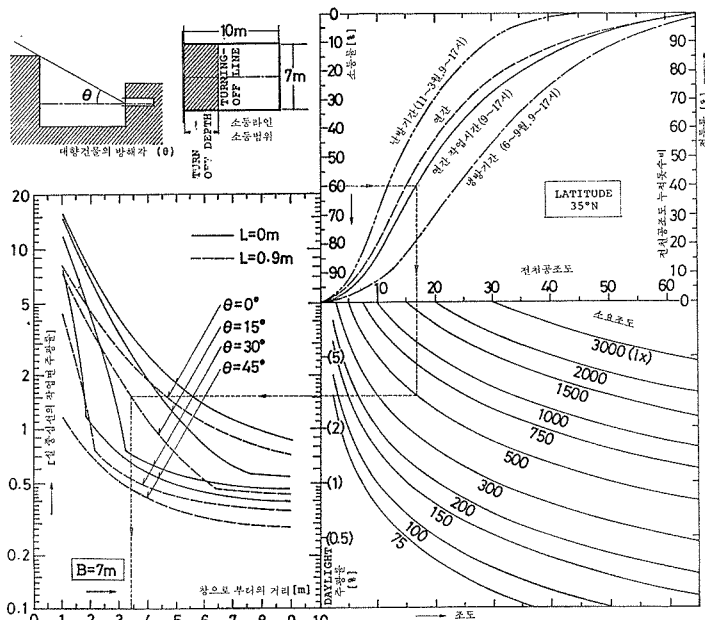


그림 4. 편측채광실의 자연채광으로 인한 소등범위

## ● 直射日光을 고려한 自然採光의 效果

천공광은 확산성을 갖기 때문에 실내 부까지 빛을 사입 시키기가 곤란하지만, 직사일광은 방향성을 갖기 때문에 반사판 등 적당한 장치를 사용하면 실 내부까지 빛을 사입시킬 수가 있다. 따라서 사무소 건축 등에서 에너지 절약을 목적으로 한 채광계획을 할 경우 천공광만이 아니고 직사일광도 고려할 필요가 있다.

직사일광을 이용한 晝光照明의 효과를 연구한 것이 있다. (그림6)처럼 스펠이 9m, 실폭이 9m인 실에서 창 전면 에 일조조정용 블라인드를 설치할 경우 [창면I]와 직사일광을 이용하기 위하여 창상부에 반사루버를 설치하고,<sup>(8),(9)</sup> 하부에 일조조정용 블라인드를 설치할 경우 [창면II]의 주광에 의한 실내조도를 비교하여 보자.

일조조정이 목적인 블라인드는 (그림7)의 (a)같이 직사일광을 차폐하는 슬래트 경사각을 설정한다. 반면에 직사일광을 이용하는 반사루버는 (b)같이 직사일광을 천장면 방향에 반사시켜 천장면을

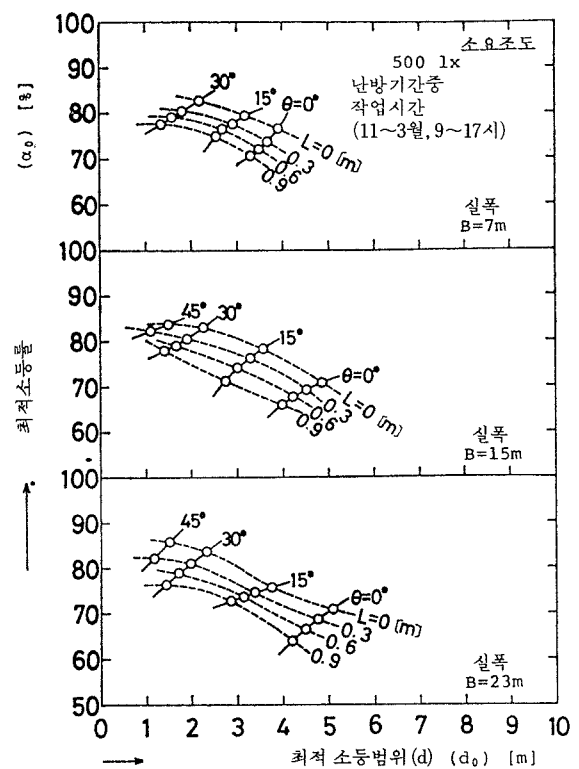
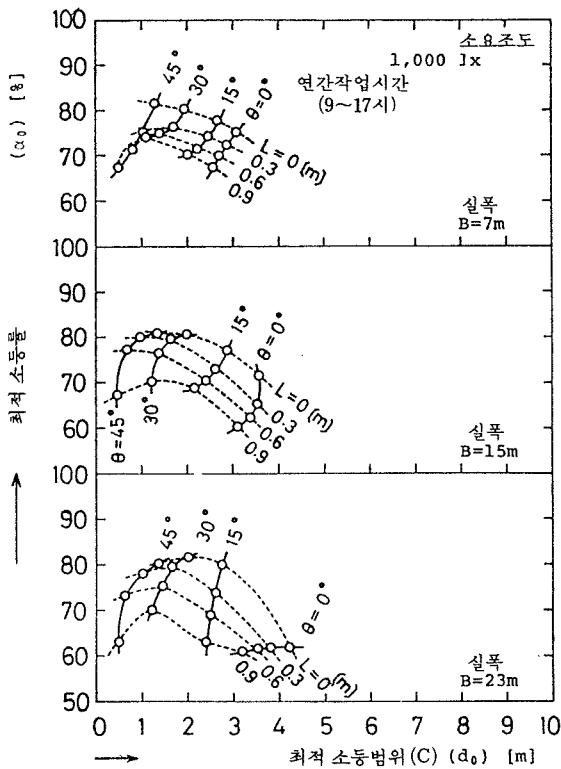
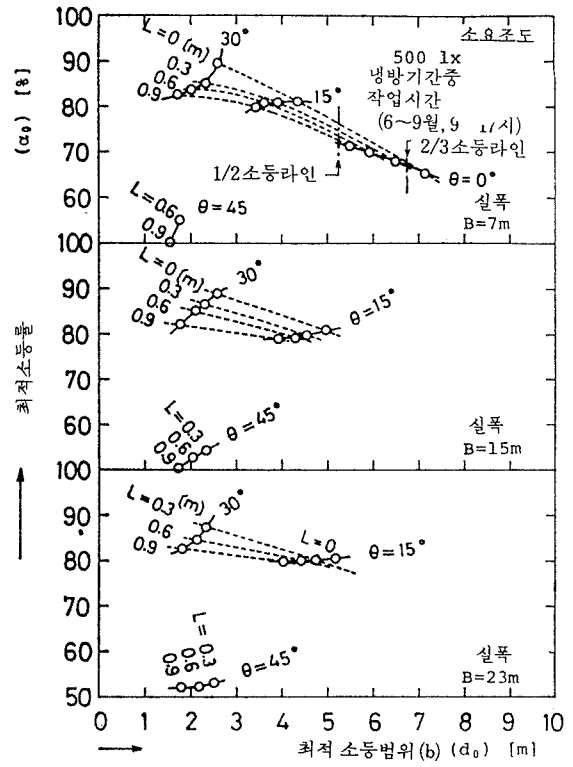
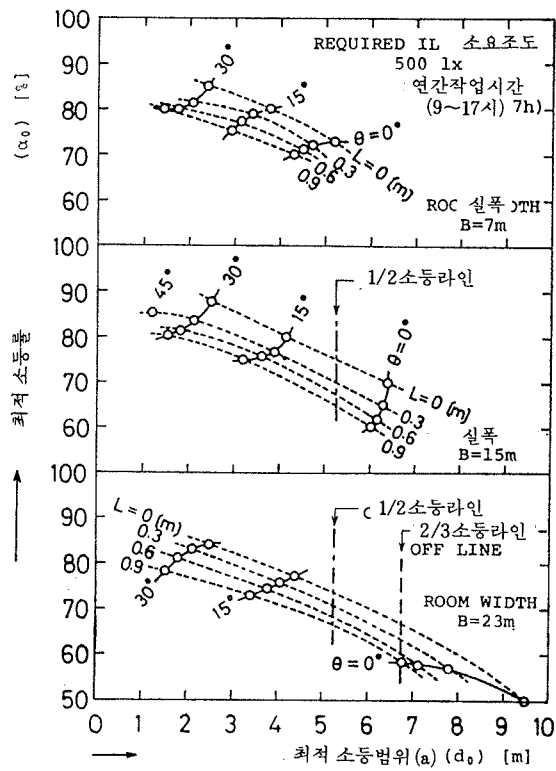


그림 5. 자연채광으로 인한 최적소등범위와 소등률

2차적인 광원으로써 채광하는데 용이하도록 경면반사성의 슬래트 표면과 경사각을 설정한다.

두 경우에 있어서 1년간 晝光의 이용에 대하여 알아 보기 위하여 <그림6>의 평면을 1.5×1.5m의 그리드로 분할하고, 각 그리드의 중앙점에서 주광에 의한 실내조도를 9시~17시 까지 실의 사용시간대에 따라 1년간 매일 매시각마다 계산한다. 1년간 주광에 의하여 실내조도가 소요조도 이상으로 되는 시간수를 1년간 실사용 전체 시간수로 나눈 값을 自然照明 時間率이라 하면, 자연조명 시간률의 실내분포는 <그림8>과 같다.

창면Ⅰ의 경우 창에서 부터 6m이상에서는 자연조명 시간률이 0.1~0.6% 로서, 소요 주광조도인 500lx 를 얻을 수가 없다. 반면, 창면Ⅱ에서는 창으로 부터 6m 이상에서 자연조명 시간률이 30% 전후가 되어 실 내부에서도 주광 조도가 500lx 이상되는 시간이 연간 실사용 시간수 중에서 약 30% 정도인 것을 알수 있다. 따라서 창 전면에 블라인드를 설치하는 경우 보다 반사루버를 설치하여 직사일광을 적극적으로 이용하는 것이 에너지절약에 약간이나마 유리한 것을 알 수 있다.

●點滅調光의 에너지節約 效果

자연채광을 실시할 경우 불필요한 인공조명은 點滅調光으로서 인공조명용 에너지를 절약하는데, 조광시스템은 조명기구, 램프의 종류, 실공간의 사용방법, 실내조도나 휘도 등의 감지방법 등에 따라 여러 가지가 있다. 가능한 조작하기 쉽고 경제적인 것이 유리하다. 점멸조광을 실시할 경우 어느 정도의 에너지 절약 효과가 있는지<그림8>의 자연조명 시간률을 사용하여 인공조명용 소비전력량을 계산한다.

우선 <그림9>와 같이 3×3m의 모듈에 40W 2燈用 기구가 2대 배치된다고 가정할 때, 조명용 전력은 안정기에서의 손실을 포함하여 다음과 같이 된다.

$$(40W \times 2 \text{등} \times 2 \text{대} \times 1.2) \div (3 \times 3 \text{m}) \approx 21.3W/m^2$$

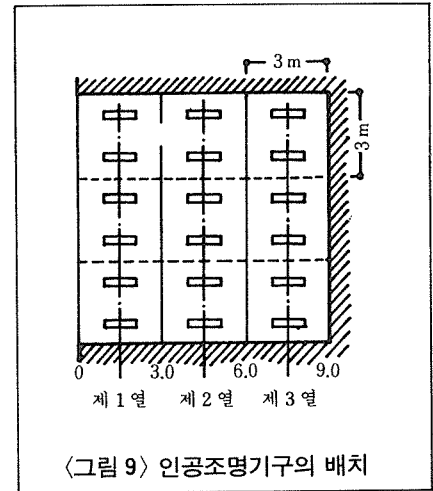
또, 1년을 통하여 실사용 중에는 조광하지 않고 점등한다고 가정할 때 연간 인공조명용 소비전력량은 다음과 같다.

$$21.3W/m^2 \times (10h \times 5 \text{일} + 5h \times 1 \text{일}) \times 52 \text{주} \approx 61KWh/m^2 \cdot \text{年}$$

실 전체적으로 4,942KWh/年이 된다.

주광조도가 500lx 이상이면 인공조명이 불필요하므로 자연조명 시간률의 값만큼 인공조명의 소등이 가능하다고 가정하자. 3×3m모듈인 경우에 창 부근에서 3m마다 列에 따라 점멸조광을 한다면 <그림8>의 자연조명 시간률에 따

라 <그림9>의 제1 열에서는 29.2%, 제2 열에서는 2.5%, 제3 열에서는 0.2%를 절약할 수 있다.



<그림9> 인공조명기구의 배치

따라서, 창면Ⅰ에서 제1 열의 조명에너지 절약량은 다음과 같다.

$$61KWh/m^2 \cdot \text{年} \times 3m \times 9m \times 0.292 = 492.5KWh/\text{年}$$

같은 방법으로 창면Ⅰ의 제2 열, 제3 열과 창면Ⅱ의 제1, 2, 3 열을 계산하면 자연채광에 대하여 인공조명을 점멸조광할 때 인공조명용의 전력소비량과 조광에 의한 절약량 등은 <표2>와 같다.

이상과 같은 방법으로 점멸조광을 실시할 경우 연간 조명용 전력소비량 중에

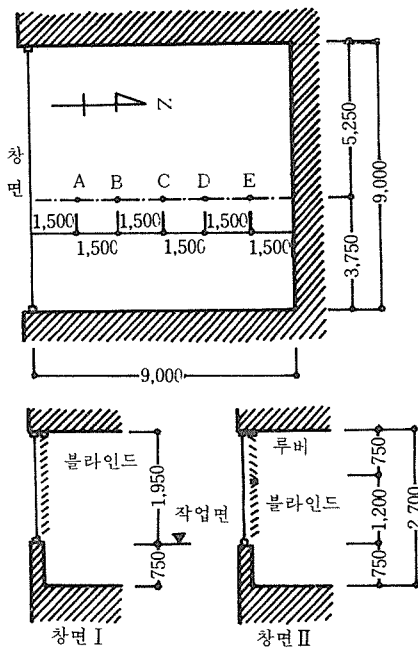


그림 6. 대상실의 평면 및 창면개요

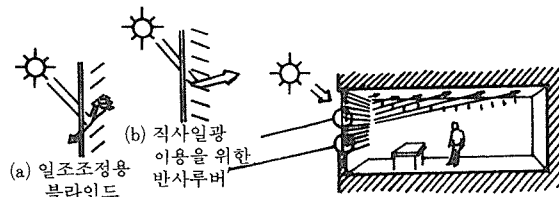


그림 7. 일사조정용 블라인드와 직사일광 이용을 위한 반사루버

	1.5m						
	46.3	23.5	7.1	1.2	0.3	0.1	
	49.4	29.9	11.2	2.5	0.5	0.2	
	49.8	31.2	13.1	3.2	0.6	0.2	
	49.8	31.2	13.1	3.2	0.6	0.2	
	49.4	29.9	11.2	2.5	0.5	0.2	
	466	23.5	7.1	1.2	0.3	0.1	
0	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	
							1.5m
	47.4	55.2	49.2	40.2	31.7	25.4	
	49.9	59.9	53.8	43.3	34.6	28.0	
	50.2	61.4	55.3	44.6	35.6	29.1	
	50.4	61.5	55.6	44.6	35.3	29.0	
	50.3	60.4	54.4	43.5	34.1	27.8	
	47.8	56.5	49.0	40.1	31.1	25.0	
0	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	

(a) 창면Ⅰ

(b) 창면Ⅱ

그림 8. 실내의 자연조명 시간률 분포

서 창면 I 은 전체 점등시의 11%, 창면 II 는 약 44% 정도 절약할 수가 있다. 또 창면 I 과 II 의 전력소비량이 약 1,600KWh/年 정도 차이가 있음을 볼 때 직사일광의 사용 유무가 인공조명 에너지의 삭감에 미치는 영향이 적지 않다는 것을 알 수 있다.

### ● 日射 및 照明發生熱의 冷房負荷

반사루버를 이용하여 직사일광을 적극적으로 이용하면 직달일사가 실내에 사입되기 때문에 창 전면에 일조조정용 블라인드를 설치한 경우에 비하여 일사에 의한 냉방부하가 증가하므로 직사일광의 이용은 오히려 에너지 절약상 마이너스 요인이 될 우려도 있다. 따라서, <그림 6>의 창면 I, II 에 대하여 일사에 의한 냉방부하와 조명발생열에 의한 냉방부하를 비교할 필요가 있다.

창면의 일사에 의한 열취득은 보통 차폐계수를 사용하므로 <표 3>과 같은 차폐계수를 이용하여 계산한다. 우선, 남향의 3mm표준유리 창면에 의한 연간 일사열 취득량은 약 654Mcal/m<sup>2</sup>·年이 된다. 따라서, 창면의 일사에 의한 취득열량은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{창면 I} &: 654\text{Mcal/m}^2 \cdot \text{年} \times 195\text{m} \times 9\text{m} \times 0.53 \approx 6,083\text{Mcal/年} \\ \text{창면 II} &: 654\text{Mcal/m}^2 \cdot \text{年} \times 0.75\text{m} \times 9\text{m} \times 0.93 + 654\text{Mcal/m}^2 \cdot \text{年} \times 2.2\text{m} \times 9\text{m} \times 0.53 \approx 7,849\text{Mcal/年} \end{aligned}$$

일반적으로 창면을 투과한 일사는 바닥·벽 등에 흡수되고, 타입 랙을 통하여 냉방부하가 되므로 열취득 값은 냉방부하 값과 다르다. 그러나 연간 적산치

에서 볼 경우 열취득 값과 냉방부하 값은 거의 일치하므로 여기서는 열취득 값을 연간 일사에 의한 냉방부하로 고려한다.

조명발생열에 의한 냉방부하는 <표 2>에 나타난 인공 조명용 전력 소비량 값을 사용하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{창면 I} &: 4,405\text{KWh/年} \times 0.86\text{Mcal/KWh} = 3,788\text{Mcal/年} \\ \text{창면 II} &: 2,773\text{KWh/年} \times 0.86\text{Mcal/KWh} = 2,385\text{Mcal/年} \end{aligned}$$

따라서, 창면 I, II 의 일사에 의한 냉방부하와 조명발생 열에 의한 냉방부하를 비교하면 <표 4>와 같다. 창면 II 에서 일사에 의한 냉방부하가 창면 I 에 비하여 30%정도 증가하지만, 조명 발생열에 의한 냉방부하는 창면 I 에 비하여 37% 감소하므로, 일사와 조명발생열에 의한 냉방부하를 합하면 창면 I, II 사이에는 겨우 4%의 차이가 나타날 뿐이다.

또한, 창면 II 의 경우 냉방부하 합계는 창면 I 에서 점멸 조광을 하지 않을 경우의 냉방부하 합계와 거의 비슷한 것을 알 수 있다. 따라서 직사일광을 적극적으로 이용한 채광방식은 냉방부하에 거의 문제가 없다고 볼 수 있으므로 직사일광의 이용이 인공 조명용 에너지를 조금이나마 더 절감할 수 있는 에너지 절약형 채광방식이라고 할 수 있다.

이상은 사무소 건물의 측창 채광이라는 한정된 예를 설명하였지만, 이와 같은 채광 계획은 학교건축, 공장 등에서도 적용이 가능하다고 생각된다.

앞으로 건축용도, 지역성 등에 따라서 자연 채광의 이용 방법을 개발하고, 인공조명의 점멸조광 방식을 개발하면 보다 효과적인 에너지 절약을 기대할 수 있을 것이다.

표 2 자연채광에 의한 점멸조광의 효과

에너지소비량 점등방식	인공조명용전력 소비량(KWh/年)	조광에 의한 절약량 (KWh/年)	조광시의 전력소비량 전체점등시의 전력소비량 × 100 (%)
전체점등*	4,942(61)**	0	0
창면 I 에 대한 점멸조광	4,405(54)	537	89
창면 II 에 대한 점멸조광	2,773(34)	2,169	56

\* 전체점등이란 조광하지 않고 실 사용중에는 항상 점등한 것.  
\*\* ( ) 내는 단위 바닥면적당의 값임.

표 4 일사 및 조명발생열에 의한 냉방부하

	일사에 의한 냉방부하 (Mcal/year)	조명발생열에 의한 냉방부하 (Mcal/year)	냉방부하 합계 (Mcal/year)
창 면 I	6,083(100)	3,788(100)	9,871(100)
창면 I (조광안합)	6,083(100)	4,250(112)	10,333(105)
창 면 II	7,849(129)	2,385(63)	10,234(104)

### ● 에너지節約型 自然採光의 IBM 빌딩<sup>(5)</sup>

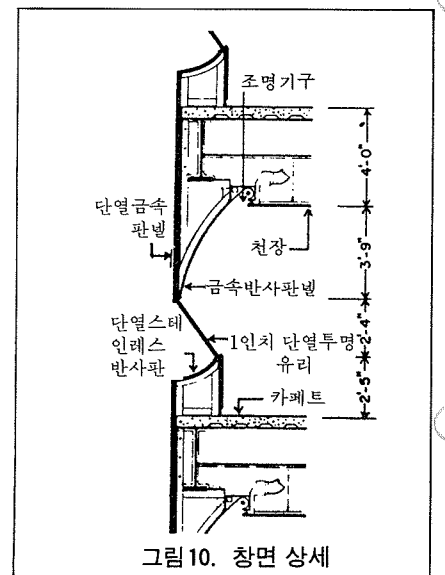
디트로이트市 교외 사우쓰 필드 고속도로의 교차점에 사람의 눈을 끄는 사무소가 있다. 이것은 거너 버커츠 설계 사무소가 에너지 절약을 위하여 건축가가 할 수 있는 역할을 간결하게 표현한 철골조 14층의 IBM빌딩이다(사진1,2)

이 건물의 특징은 외관에 있다. 외벽의 구조, 건설기술, 시각효과 등이 새롭기 때문에 외관에 개성이 있다. 여기에는 산뜻한 금속면과 반짝이는 유리본이 효과를 내고 있다.

이 건물의 전체 외벽에서 유리면이 차지하는 비율은 20%에 불과하다. 유리면의 연속과는 다르게 높이 2피트의 수평리본을 사용하여 효용과 美 사이에 균형을 취하고 있다. 유리면은 실내 쪽으로 경사지게 부착되어 있어 이 창을 통해 외부를 보면, 옛날의 큰 석조창으로 외부를 보는 것과 같이 밝고 시야가 넓어 보인다.

주광은 유리창의 하단에 설치된 스테인레스 스틸제 곡면 반사판에 닿아 실내로 사입된다. 실내로 사입된 빛은 유리면의 윗쪽에 부착된 달걀껍질 색채의 알루미늄제 반사판에 닿아 천장으로 유도되어 실내의 안쪽으로 비춘다. 곡면 반사판에 의하여 생긴 부드러운 빛은 바깥을 내다 볼 때 유리면을 실제 이상으로 크게 보이게 한다.

내부의 반사판이 닿는 천장 외주부는 형광등이 연속적으로 설치되어 야간이나 어두운 날에 주광과 반대 방향의 빛을 받는다. 예를 들면 어두운 겨울날에는



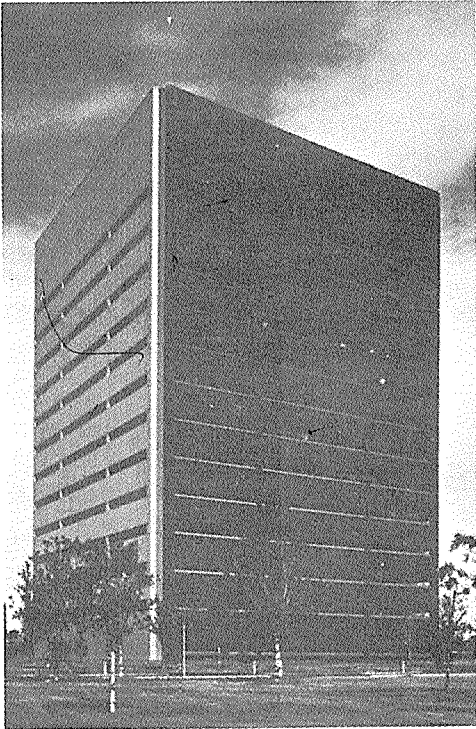


사진 1. IBM 빌딩



사진 2. IBM 빌딩식당내부

형광등이 내부 반사판을 비쳐 외부에서 사입되는 주광의 부족을 보완한다. 이 반사판은 창위의 벽면에 있기 때문에 유리면이 작아도 비교적 크게 보인다. 이것이 일반적인 다른 건물의 벽과 다른 점이다. 일반적인 벽들은 재래식 창틀로 개구부를 둘러싸 어두운 느낌을 주는 것이 대부분이기 때문이다.

형광등은 알루미늄제 반사판에 따라 광전관의 작용이 강해져서 형광등의 광량이 많아진다. 외부가 어두워져 형광등이 전부 켜지면 광전관의 역할은 완료된다.

위와 같은 에너지 절약 방식의 효율은 벽의 두께에 따라 달라진다. 두 반사판의 내곡면은 전체 두께가 24인치이다.

벽이 두꺼우므로 유효바닥 면적의 비율은 다소 적어지나 그 보상은 에너지 절약으로 약 8년 이내에 회수할 수 있을 전망이다. 실제로 유리를 통하여 반사판으로 투과된 열을 고려할 때 최대 일사부하의 경우 약 40% 정도 에너지가 절약되었다.

실내의 조명은 50fc로 유지되고 있으며, 2watt/ft<sup>2</sup>의 조명광이 프리즘 달린 아크릴 렌즈판을 통해 내부를 비추고 있다. 외벽과 창이 독특한 특성 때문에 인공조명의 의존도는 최소화 된다. 건물 전체의 에너지 소비량도 54,000 Btu/ft<sup>2</sup>에 달하여 연방정부가 제정한 기준에 적합하다.

이 건물의 에너지 보존 방법은 고도의 기술을 사용한 것이 아니며, 지금까지 없었던 고효율의 설비나 대규모의 태양 집열판이 있는 것도 아니다. 디자인의 기본 개념은 대지의 향과 자연적 요소, 개구부, 재료와 색채의 선택 등이다. 건축가라면 누구나 알고, 또는 알아야 하는 “패시브”한 인자들을 고려한 것이다.

예를 들면 외장에는 두 가지 색채를 사용했는데, 이들은 서로 다른 작용을 한다. 남면과 서면에 붙인 은색 금속판은 빛과 열을 반사하고, 북면과 동면에 칠한 짙은 갈색은 빛과 열을 흡수한다. 이러한 색채 대비로 다량의 에너지를 절약한 것은 아니나 건물의 향이 얼마나 주의깊게 배려 되었는가를 잘 상징하고 있다.

자연 채광을 이용한 조명 에너지의 절약은 단순히 천공광이나 직사일광 및 점멸조광 방식을 적극적으로 이용할 뿐만 아니라 전체적으로 볼 때 창의 디테일에 대한 고려에서부터 건축을 둘러싼 환경 전체까지를 종합적으로 생각 해야만 한다. 즉, 에너지 절약은 개개의 방법을 미시적으로만 보지 말고 종합적이고 거시적인 시점을 가져야만 할 것이다.

#### 참고문헌

- (1)金正泰, 建築+照明, 技文堂, 1984
- (2)金正泰, 窓디자인 (5); 에네지 節約

을 위한 窓開口部 計劃, 꾸밈, Vol. 57, 1985. 12

(3) Kunio Matsuura and Hisatomi Tanaka, Optimum Turning-off Depth for Saving Lighting Energy in Side-lit Offices, Journal of Light and Visual Environment, Vol. 3, No. 2, 1979

(4) B. Euans, Daylight in Architecture, McGraw-Hill Book Co., 1981

(5) Walter F. Wagner (ed.), Energy Efficient Buildings, McGraw-Hill Book Co., 1980

(6) 編集委員会編, 建築設備の省エネルギー設計手法, 日本建築設備士協会, 1980

(7) 木村建一, 宿谷昌則, 直射日光利用による晝光照明のエネルギー評価のための室内照度の表示, 日本建築学会関東支部研究報告集, 1980. 7

(8) 木村建一, 宿谷昌則, 稿本忠彦, 直射日光利用の自然照明に関する研究(その1, 外側反射ルーバーの基本原理とその効果分析), 日本建築学会大会梗概集(北海道), 1978. 9

(9) 宿谷昌則, 木村建一, 直射日光利用の晝光照明のエネルギー評価口に関する研究(その1, 外側反射ルーバーの効果について), 日本建築学会論文報告集, 第285号, 1979. 9

(10) 日本建築学会編, 建築の省エネルギー計劃, 彰国社, 1981

#### 정정

새로개선된위원회명당중실내 디자인분과위원장

△조구현회원 / 신세대종합건축사사무소 / 792-2497