



運轉改善으로 達成할 수 있는 에너지節約

19

4·3 照明과 空調負荷에 대한 고찰

照明光源에서 소비되는 電氣 에너지는 모두 熱 에너지로 변환되어 空調負荷가 된다. 따라서 照明效率이 나쁜 光源이나 照明器具를 사용하면 照明用으로 소비되는 에너지가 많아질뿐 아니라 空調用으로 필요한 에너지가 증대되므로 될 수 있는 한 效率이 높은 光源이나 照明器具를 사용하는 것이 에너지 절감면으로 볼 때 바람직하다. 그렇다고 하여 기존의 램프로서 가장 효율이 좋은 저압 나트륨 램프를 일반 실내 조명용 광원으로 사용할 수는 없고 어디까지나 照明目的에 적합한 光源이나 照明器具中에서 照明效率이 높은 것을 선정하게 된다. 여기서는 室内照明에 사용되는 각종 光源과 照明器具로 인하여 발생하는 熱이 어느 정도인가, 照明器具에서의 發生熱이 가능한 空調負荷가 되지 않도록 하기 위한 空調照明器具와 그것을 시설하였을 때 기대되는 효과에 대하여 기술한다.

4·3·1 照明으로 인한 發生熱

光源에서 소비되는 電氣 에너지는 그 대부분이

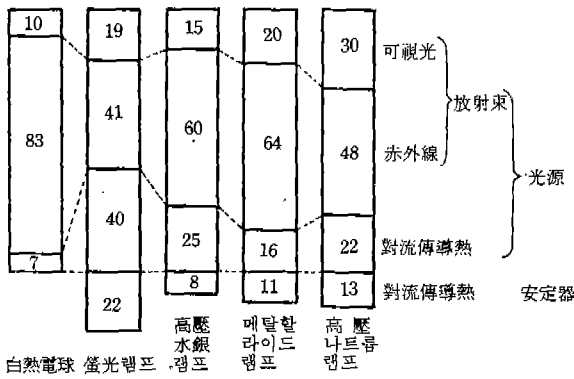
可視光線과 赤外線으로 변환되어 이의 태반은 熱放射하여 실내 표면이나 사람, 책상 등의 대상물을 照射하고 그 일부가 照明器具에 흡수되어 器具를 加溫한다. 光源으로 소비되는 電氣에너지 중 放射 에너지로 변환되는 것 이외의 남은 에너지는 對流와 傳導로 照明器具나 그 주변의 空氣를 加溫한다. 실내에 投射된 熱放散, 즉 可視光線이나 赤外線은 최종적으로 모두 室内 表面이나 物體에 흡수되어 熱로 변환된다.

室内照明用光源의 入力電氣 에너지가 可視光線이나 赤外線 등의 放射 에너지 및 對流, 傳導熱 에너지로 변환되는 비율은 그림 4·16에 표시하는 바와 같다.

白熱電球은 入力 에너지의 태반이 赤外線이 되어 可視光線이 되는 것은 약 10% 정도이다. 螢光 램프의 경우 白熱電球에 비하여 對流·傳導가 많은 것이 특징이고 入力 에너지의 약 15%가 可視光線으로 변환된다. 더욱이 螢光 램프 등 放電 램프는 點燈하는데 安定器가 필요하고 그림 4·16에는 램프의 入力 에너지를 100%로 하였을 때의 安定器의 손실 에너지比率를 표시하고 있다.

이를 各種 光源의 램프 效率과 綜合效率(安定器 損失도 포함한 入力에 대한 光速의 比率) 및 1,000

單位%



〈그림 4·16〉光源의 入力 에너지 변환의 비율

lm 당의 安定器도 포함한 光源의 入力 에너지를 표 4·7에 표시한다. 같은 램프 光速 당의 光源에서의 發熱量을 비교하면 螢光 램프의 發熱量을 1로 하였을 때 白熱電球는 약 4배, 高壓水銀 램프는 약 1.2배, 메탈할라이드 램프는 1.0배 高壓 나트륨 램프는 약 0.6배의 發熱量이 된다.

照明으로 인한 發生熱이 空調負荷, 즉 실내의 冷房負荷에 끼치는 영향은 照明器具에 내장된 램프로 부터의 發生熱이 천장 프레넘과 실내에 어떠한 配分으로 放散되느냐에 따라 결정된다.

천장 직접설치 또는 매다는 형태의 照明施設은 照明器具에서의 發生熱의 대부분이 실내에 放出된다. 그러나 埋入形 照明器具를 시설하였을 때 自然對流에

〈표 4·7〉光源의 램프效率, 綜合效率 및

光源	1,000lm 당 發熱量		
	램프 效率 (lm/W)	綜合效率 安定기 손실 포함 (lm/W)	1,000lm 당의 發熱量 (kcal/h·)
白熱電球 100W	16	16	53.7
할로겐電球 500W	19	19	45.3
螢光램프(白色) 40W	80	65	13.2
형광램프 110W	86	68	12.6
高壓水銀램프 400W	60	56	15.4
메탈할라이드램프 400W	75	67	12.8
高壓 나트륨램프 400W	115	102	8.4

의하여 照明器具內的 空氣가 천장 프레넘에 放出되게 되어 있는 경우 照明熱中 상당부분이 천장 프레넘에 放散된다.

구체적인 예로서 自然對流에 의하여 照明器具內的 空氣가 천장 프레넘에 放出되는 구조로 된 白熱電球 다운라이트 및 螢光燈下面 開放埋入器具의 경우에는 光源에의 入力 에너지 중 可視光線 또는 赤外線, 즉 放射 에너지로서 室內에 들어오는 것과 對流·傳導 및 一部低溫放射로서 천장 프레넘에 放出되는 것과의 비율을 熱放射測定에 의하여 구한 하나의 예를 표 4·8에 표시한다.

〈표 4·8〉自然對流에 의하여 通風한 照明器具의 熱配分の 예

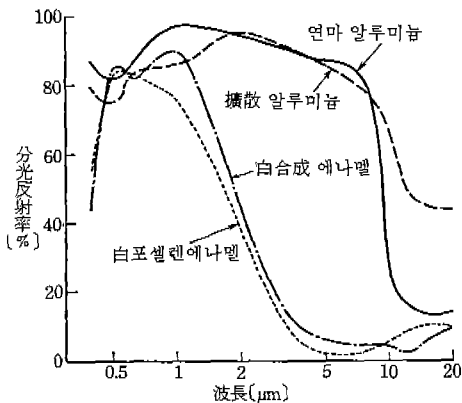
光源	에너지 形態				計
	천장 프레넘으로	可視光線	赤外線	對流傳導	
白熱電球 다운라이트 器具 (器具效率 50%)	천장 프레넘으로	對流傳導 (一部低溫放射)			67%
		67			
空調用螢光燈埋入下面開放形器具 (器具效率 80%)	천장 프레넘으로	可視光線	赤外線	對流傳導	33%
		5	28	0	
空調用螢光燈埋入下面開放形器具 (器具效率 80%)	천장 프레넘으로	對流傳導 (一部低溫放射)			70%
		52			
空調用螢光燈埋入下面開放形器具 (器具效率 80%)	室內로	可視光線	赤外線	對流傳導	30%
		13	17	0	
				安定器損失·對流·一部放射	18
				對流	0

空調用 에너지를 절감하기 위해 照明器具 發生熱로 인한 窓口冷房負荷를 줄이려면 照明器具 發生熱中 室内에 들어오는 비율이 적은 照明器具를 사용하는 것이 바람직하다.

표 4·8에서 흥미로운 것은 可視光線도 赤外線도 같은 放射 에너지이지만 赤外線은 可視光線에 비하여 실내에 放射되는 비율이 줄어든다는 것이다. 이는 赤外線에 대한 照明器具의 (光學的) 器具效率이 可視光線에 대한 器具效率(通常의으로 器具效率이라 부르고 있다) 보다도 낮기 때문이다.

예를 들면 白色塗裝한 反射板을 사용한 照明器具에서는 그림 4·17에 표시한 바와 같이 反射材料의 分光反射率 曲線에서 알 수 있듯이 白色塗裝板의 可視域에서의 反射率은 높으나 波長이 2 μ m 이상인 赤外域에서는 그 反射率이 서서히 低下하여 4 μ m 이상에서는 대단히 낮다. 이 때문에 白熱電球의 필라멘트에서의 高溫放射中 2~3 μ m 정도의 赤外線과 밸브 표면에서의 低溫放射에 의한 赤外線이 照明器具의 反射板으로 흡수되기 때문이다. 동일하게 螢光 램프의 경우 밸브의 표면온도는 40~70 $^{\circ}$ C이고 이 밸브 표면으로부터의 低溫放射 피크 波長은 9 μ m 부근에 있고 밸브 표면에서의 低溫放射는 器具 反射板에 흡수되기 때문이다.

앞서 기술한 바와 같이 照明器具에서의 發生熱을 空調의 복귀공기를 器具内로 통하여 제거하기 위해서는 可視光線에 대한 反射率이 높고 赤外線を 잘



〈그림 4·17〉 反射材料의 分光反射率

흡수하는 白色塗裝을 한 反射板을 사용한 照明器具를 택하는 것이 효과적이다. 알루미늄 反射板은 白色塗裝의 反射板에 비하여 可視光線에서의 反射率이 약간이긴 하지만 높으며 赤外線を 흡수하는 성능은 白色塗裝에 비하여 떨어진다.

4·3·2 空調照明器具와 그 特性

사무실용 빌딩의 全般照明用 光源으로서는 통상적으로 螢光 램프가 사용되고 있다. 空調照明器具는 원래 이 螢光 램프의 光出力이 될 수 없는 한 높아 지도록 管壁溫度를 最適値로 유지함과 동시에 照明器具内에서의 램프 發生熱이 될 수 있는 한 空調負荷가 되지 않도록 한 것이다. 이 空調照明器具로서는 몇가지 종류가 있으나 효과적이고 일반적으로 사용되고 있는 것은 싱글 셀트로퍼와 더블 셀트로퍼가 있다.

또 근래 HID 램프가 옥내 전반照明光源으로 사용되게 되었고 구미에서는 이 HID 램프용의 空調照明器具가 실용화되고 있다.

한편, 商店 등에서는 白熱電球나 할로젠 電球를 이용한 照明器具가 많이 사용되고 있는데, 이들 照明器具로부터의 發生熱이 冷房負荷에 끼치는 영향은 크다. 이 경우 埋入形 다운라이트로서는 反射板을 白色塗裝하여 赤外線を 흡수하도록 하거나 赤外線を 후방에 透過하도록 한 PAR形 反射電球를 사용하거나 하여 그 器具内에 空調의 복귀공기를 통과시키는 구조로 한 空調照明器具를 사용함으로써 다운라이트로부터의 發生熱이 실내로 많이 들어오지 못하도록 할 수 있어 室内冷房負荷의 경감으로 효과를 올릴 수가 있다.

上述한 바와 같이 空調照明器具를 사용한 시설의 空調負荷를 計算하려면 이들 空調照明器具에서 발생하는 熱의 上下熱配分比, 즉. 發生熱中 천장 프레넘 방향으로 향하는 熱과 室内方向으로 향하는 熱과의 比率 데이터가 필요하다. 이하, 일반적으로 사용되고 있는 螢光 램프용의 空調照明 및 앞으로 더욱 많이 사용되리라 생각되는 HID 램프용 空調照明器具와 白熱電球用 空調照明器具(다운라이트)의 구조 및 上

下熱配分比를 중심으로 한 여러가지 특성에 대하여 기술한다.

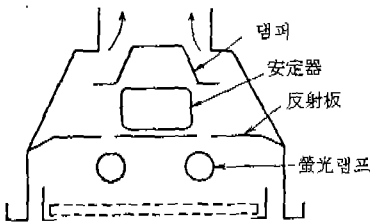
(1) 螢光 램프 空調照明器具

螢光 램프용 空調照明器具를 크게 분류하면 그 구조에 의해 싱글 쉘트로퍼와 더블 쉘트로퍼로 나누어 진다.

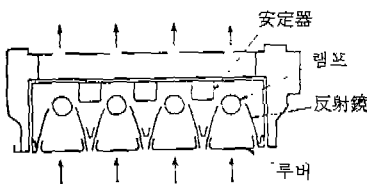
(a) 싱글 쉘트로퍼(螢光 램프용)

照明器具內的 램프 주위를 空調用空氣가 빠져 나가도록 한 구조로 된 空調照明器具로, 그 일반적인 구조는 그림4·18과 같다. 또 유럽에서 널리 사용되고 있는 싱글 쉘트로퍼의 단면도를 그림4·19에 든다.

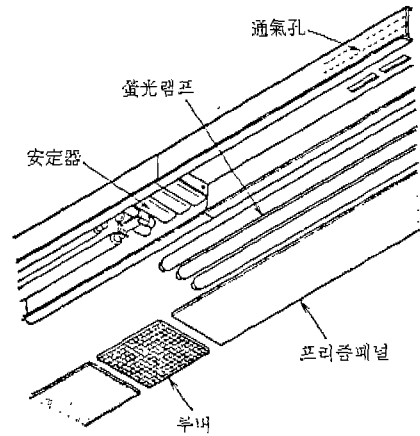
이 싱글 쉘트로퍼는 실내에서 空調機로 리턴하는 空氣가 통하는 空調의 吸入口로서 사용되어 空調의 복귀空氣가 직접 램프 주위를 통과하고 器具內的 對流·伝導熱을 천장 프레임으로 운반하기 때문에 器具發生熱의 제거율이 매우 높다. 英國의 電力會社에서는 그림4·18과는 약간 구조를 달리한, 즉 空調用 복귀空氣를 우선 安定器周邊에 보낸 후 램프室을 관통시키는 구조로 된 그림 20과 같은 싱글 쉘트로퍼를 사용하고 있다. 이 기구로 熱除去率이 극히



<그림4·18> 싱글 쉘트로퍼



<그림4·19> 유럽에서 보급되고 있는 싱글 쉘트로퍼

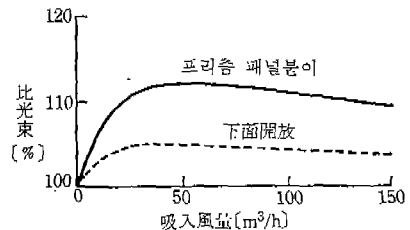


<그림4·20> 영국의 電力會社(SWEB)에서 사용되고 있는 특수한 구조의 싱글 쉘트로퍼

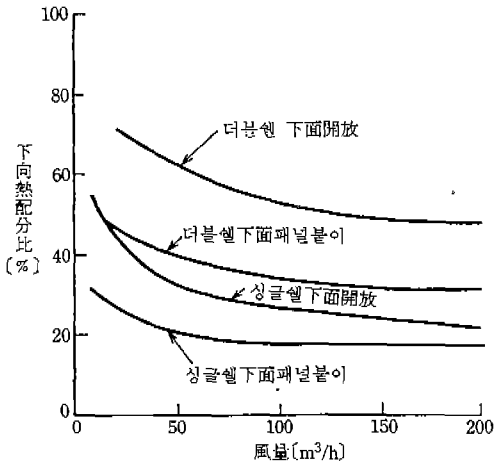
높아 80% 정도이다.

싱글 쉘트로퍼는 空調照明器具가 처음 사용되었을 때는 그리 널리 사용되지 않았다. 그 원인의 하나는 먼지에 의한 기구의 오손을 염려하였기 때문이다. 風速이 빠른 空氣가 照明器具나 室內의 벽면 등에 직접 닿을 때 空氣에 의한 오손이 생기기 쉽다. 그러나 현재는 空調의 복귀空氣가 器具內를 통과하는 風速이 느려서(통상 1~2m/s 정도) 空調의 복귀空氣에 의한 照明器具의 오염 우려가 거의 없고 通風하지 않을 때보다도 오히려 더러움이 적은 것이 英國에서의 실험에서 명백해졌다.

이런 形의 空調照明器具에서 照明器具內를 통과하는 吸入空氣(風溫 26℃)의 量을 변화시키면 내장된 螢光 램프의 比光束이 변화하는데, 40W 2燈用 器具에



<그림4·21> 싱글 쉘트로퍼의 比光束特性



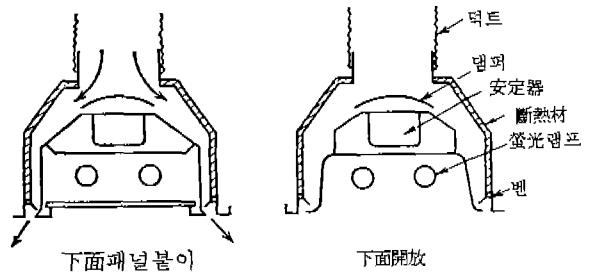
〈그림 4·22〉 空調照明器具의 熱配分特性

대하여 測定한 예를 들면 그림 4·21과 같이 된다. 이 그림에서 알 수 있듯이 通風되지 않는 일반적인 非空調照明器具를 사용하였을 때에 비하여 싱글 셀트로퍼를 사용하면 일반적으로 光束이 증가되는 조건으로 사용하게 된다.

싱글 셀트로퍼를 사용하였을 때 그 器具內를 통과하는 복귀공기의 量(吸入風量: 일반적으로 數 10 m³/h 정도이다)에 따라 照明器具發生熱中 器具보다 위쪽, 즉 천장 프레넘을 향하는 熱 에너지와 器具보다 아래쪽, 즉 室內을 향하는 熱 에너지의 配分비가 어떻게 變化하는가를 空調用照明器具 熱配分測定用 칼로리미터를 사용하여 조사한 결과를 그림 4·22에 표시한다. 이 그림의 縱軸의 값은 照明器具에서 발생하는 熱 에너지 중 器具 아래쪽(室內)을 향하는 熱 에너지의 비율(下向熱配分比)를 표시한다. 同一한 싱글 셀트로퍼로 下面 패널분리 器具와 下面開放 器具를 비교하면 下面 패널분리 器具를 사용하였을 때가 照明熱의 除去라는 점에서 우수하다.

또 싱글 셀트로퍼를 사용함에 있어 이를 夏節冷風의 吹出口로서 사용하는 것은 절대로 피해야 한다. 그 이유는 冷風으로 인하여 螢光 램프가 過冷却되어 램프 光出力의 低下를 초래하기 때문이다.

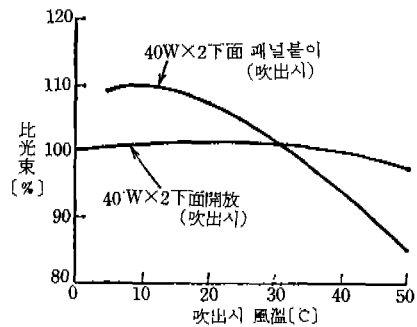
(b) 더블 셀트로퍼(螢光 램프用)



〈그림 4·23〉 더블 셀트로퍼

더블 셀트로퍼는 그림 4·23에 표시하는 바와 같이 空調用의 空氣가 램프 室內을 직접 통하지 않도록 격벽을 만든 구조로 되어 있다. 이 더블 셀트로퍼는 空調의 복귀空氣를 통과시키는 吸入口로서 사용하였을 때의 下向熱配分比는 그림 4·22와 같이 싱글 셀트로퍼에 비해 크며 熱除去效率이 그다지 좋지 않기 때문에 일반적으로 吸入口로서 사용되는 일은 적고, 대개의 경우 空調用吹出口로서 사용된다. 이 더블 셀트로퍼로는 夏節冷房時에 室溫보다 낮은 冷風을 불어내도 螢光 램프가 過冷却되는 일이 없기 때문에 램프 光束이 低下될 우려는 없다. 참고로 그림 4·24에 더블 셀트로퍼의 內部를 통과하는 空調吹出空氣의 온도에 따라 螢光 램프의 光出力이 어떻게 변화하는 가를 표시하였다. 이 관계는 通風量을 50~200m³/h로 바꾸어도 거의 변하지 않는다.

이상, 螢光 램프用의 空調照明器具에 대해서 기술하였는데, 에너지 절감면으로 볼 때 器具의 구조가



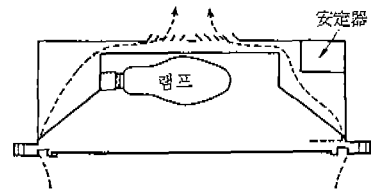
〈그림 4·24〉 더블 셀트로퍼의 比光束特性

간단하고 熱除去率이 높으며 空調負荷의 節減 등이 유리한 싱글 셀트로퍼를 (空調의 복귀空氣 吸入口로서) 사용하는 것이 가장 효과적이라고 할 수 있다.

(2) HID 램프用의 空調照明器具

高效率의 HID 램프가 屋內照明光源으로서 사용되고 있는 현재 구미 각국에서는 HID 램프用의 空調照明器具가 실용화되고 있다. 그림4·25에 대표적인 HID 램프용 空調照明器具의 斷面構造를 들었다.

이 器具에 메탈할라이드 램프(250W)를 사용하였을 때의 熱除去率, 즉 上向熱配分比는, 螢光 램프用 空調照明器具(싱글 셀形)의 경우와 거의 같으며, 吸入風量이 20m³/h時·80%, 40m³/h時·82%이다. 다만, 이때 螢光 램프用 空調照明器具를 사용하였을 때와 다른 점은 器具內를 通風하여도 램프 光出力은 變化하지 않는다는 점이다. 그러나 HID 램프用 空

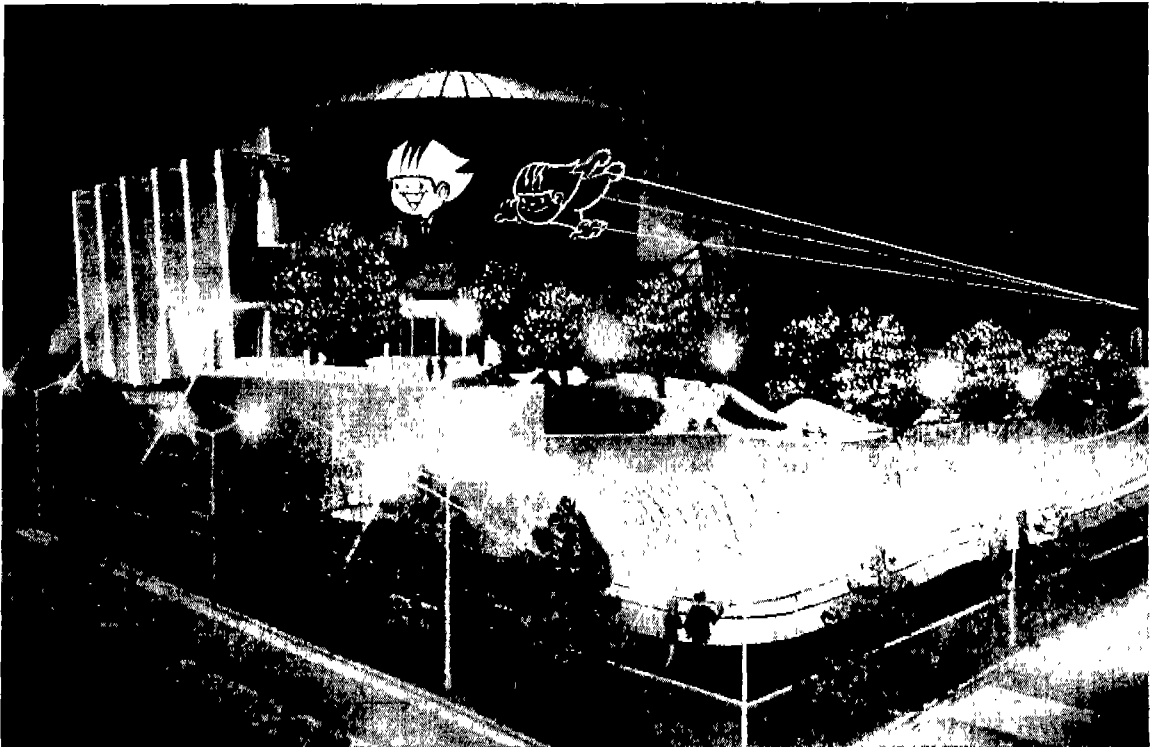


〈그림4·25〉 HID 램프用 空調照明器具의 例

調照明器具의 경우에도 空調의 복귀空氣를 통하게 함으로써 室內에의 放射 에너지가 일반적인 非空調用 照明器具의 경우에 비해 약 60% 절감된다.

(3) 白熱電球用 空調照明器具로서의 다운라이트

店鋪照明에는 電球를 사용한 다운라이트나 스포트라이트가 많이 사용되고 單位面積當의 照明用電



△ '93대전세계박람회 전기에너지관 야간조감도

力이 일반적인 事務室에 비하여 훨씬 크며 夏節冷房負荷의 20~30%에 이를 때도 있다. 이와 같이 照明器具에 의한 發生熱量이 많은 점포 등에서는 空調機에 도입하는 신선한 空氣量에 해당하는 空氣를 천장에 설치할 照明器具를 통하여 배출함으로써 상당한 冷房負荷의 감소가 기대된다.

商店 등에서 사용되는 다운라이트는 내장된 電球의 過熱防止를 위하여 통상 通氣孔이 있어 이 다운라이트는 특별하게 손을 쓰지 않아도 그대로 空調照明器具로서 사용할 수 있다. 몇가지 종류의 白熱電球 다운라이트에 대하여 自然對流(吸入風量 10~15 m³/h) 및 強制對流(吸入風量 20~60m³/h 조건으로 하였을 경우의 下向熱配分比를 測定에 의하여 구한 결과를 표 4·9에 들었다.

下向熱配分比의 값은 다운라이트 통과크기의 크기, 反射板의 재질 등에 따라 다르지만 각 기구 공히 通風量을 증가시켜 自然對流에서 強制對流로 하여도 熱配分比는 거의 변하지 않는다.

店舖 등에서 많은 다운라이트가 사용되고 있을 때는 신선한 空氣의 取入量에 해당하는 風量の 空氣를 각 다운라이트에 분할하여 통하게 하면 自然對流時와 근사한 風量이 된다. 그리하여 冷房時에는 환기 팬 기타의 排氣設備로 다운라이트를 통하여 천장 프레넘에 올라간 空氣를 屋外에 배출하도록 하면 照明發生熱의 50~60% 정도를 옥외로 배출시킬 수 있다.

이상 기술한 空調照明器具는 엄밀하게는 空冷式 空調照明器具이다. 이에 대하여 水冷式 空調照明器具라는 것이 있다. 照明器具의 熱은 空氣보다 물이

효율적으로 반출하며, 熱을 제거하는 점에서 水冷式 쪽이 空冷式보다 우수하다. 歐美에서는 몇몇 빌딩에서 실용된 예가 보고되고 있으나 우리나라에서는 漏水에 의한 漏電의 우려와 保守의 어려움 등 때문에 일반적으로 실용화되고 있지 않다.

4·3·3 照明과 空調의 結合에 의한 冷房負荷·冷房用電力의 節減

照明設備과 空調設備를 결합시키는 이점으로서는

- (1) 夏節의 冷房負荷 減少
- (2) 空調用風量의 감소와 送風用電力의 輕減
- (3) 冬節에 照明熱의 再配分에 의한 暖房負荷의 輕減
- (4) 칸막이의 融通성 增大
- (5) 천장 外觀의 改善
- (6) 安定器의 溫度上昇 저하로 安定器 壽命증대
- (7) 螢光 램프 光出力의 증대

등이 있다.

여기서는 이들중 에너지 節減의 관점에서 특히 관심이 쏠리는 夏節冷房負荷의 節減에 대하여 간단하게 기술한다.

照明과 空調의 가장 대표적인 結合方法은 照明熱 歸還方式인데, 이것은 그림4·26 (b)에 표시하는 바와 같이 空調의 복귀 空調照明器具 내를 통과시키고 실내에 끌어들이는 신선한 空氣量과 거의 같은 空氣를 배출하여 나머지 空氣를 空調機에 되돌려 보내는 방식이다.

일반적인 業務室에서는 그림4·26에 표시하는 바

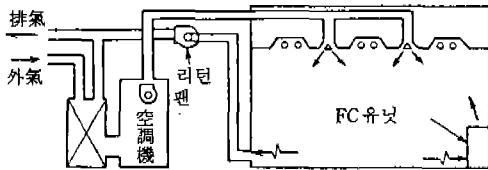
〈표 4·9〉 다운라이트의 熱配分

器具	通風口	本 体	風量 [m/h] 反射板	下向熱配分比(%)			
				10~15 (自然對流)	20	40	60
A	大	鐵板·黑色·광택없임塗裝	월드미터(電球內臟)	15	15	15	15
B	大	鐵板·白色·멜라민 燒付塗裝	없음	26	26	25	25
C	大	鐵板·黑色·광택없임塗裝	알루미늄·蒸着(電球內臟)	31	31	31	31
D	小	鐵板·白色·멜라민 燒付塗裝	알루미늄·電解研磨 + 梨子地加工	56	—	54	52

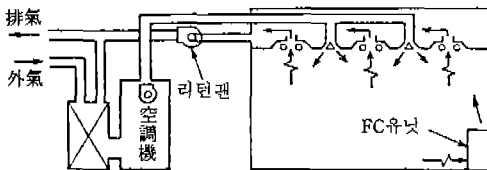
〈표 4·10〉 照明·空調結合方式과 從來方式에서의 冷房負荷과 空調用電力의 比較例

設計 照度 [lx]	1000		750		500	
照明 用電力 [W/m ²]	30		22.5		15	
方 式	從來方式	照明熱 歸還方式	從來方式	照明熱 歸還方式	從來方式	照明熱 歸還方式
照明器具熱配分比	13/87	64/36	13/87	66/34	13/87	68/32
照明熱除去率 [%]	10	51	10	53	10	55
冷房負荷 [kcal/h·m ²] 페리미터존	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5
冷房負荷 [kcal/h·m ²] 페리미터존	94.8	90.6	88.1	83.9	81.3	77.8
總冷房負荷 [kcal/h·m ²]	119.3	115.1	112.6	108.4	105.8	102.3
冷凍機用電力 [W/m ²]	47.0	45.3	44.4	42.7	41.7	40.3
送風量 [m ³ /h·m ²]	20.9	15.3	18.0	13.8	15.0	12.2
送風機用電力 [W/m ²]	15.0	11.0	12.9	9.9	10.8	8.8
空調用電力 [W/m ²] (相對比率 [%])	62.0 100	56.3 90.8	57.3 92.4	52.6 84.7	52.5 84.7	49.1 79.2

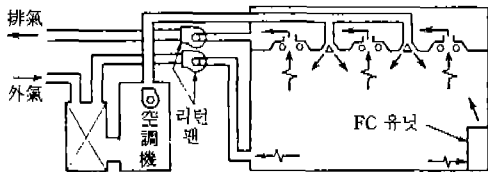
註：在室人員數는 5m²에 1人, 新鮮空氣量 25m³/h·人으로 計算



(a) 從來方式



(b) 照明熱歸還方式



(c) 照明熱排出方式

〈그림 4·26〉 照明과 空調의 代表的인 結合方式

와 같이 인테리어 존의 空調에는 덕트方式이, 페리미터 존의 空調에는 팬코일 유닛 方式이 채택되는 케이스가 많다. 그리하여 그림 4·26에 표시한 2種類의 空調方式에 이어서 埋入下面開放形 螢光燈器具를 사용하여 照明 레벨을 500, 750, 1,000룩스의 3段階로 변화시켰을 때 單位 바닥面積當의 冷房負荷와 送風量이 어떻게 되는가를 計算하여 이를 基本으로 冷凍機(成績係數 3이라 가정)의 所要電力과 送風機의 所要電力을 合한 空調用電力을 求하여 比較한 例를 표 4·10에 표시한다.

照明과 空調의 結合方式을 채택하면 結合하지 않을 때에 比하여 設計照度를 750룩스로 하였을 때의 약 9% 정도 的 電力이 節減된다. 단, 표 4·10에 표시한 값은 하나의 표준적인 모델 條件下의 것이고 建物의 方向, 構造 등에 따라 冷房負荷의 값이 不同하고 또 冷凍機나 送風機의 용량이 단계적으로 되어 있기 때문에 실제조건에서의 計算結果는 표 4·10의 값과 是 다소 不同하게 되고 표 4·10에 표시한 값은 대략의 값을 표시한 것이다.

〈다음 호에 계속〉