

# 最近의 照明論 [1]

서울大學校 工科大學 助敎授 池 哲 根

## 1. 序 論

物理的인 問題 뿐 만이 아니라 數量的으로 取扱하기 困難한 感覺的인 問題를 包含하고 있기 때문에 遲遲한 發展을 이루고 있는 照明의 研究方向을 歐美各國의 照明學會誌나 其他 研究論文을 通하여 檢討하여 보는 것도 意義있는 일인 것이다.

우리 人間은 하루 24時間 中 太陽의 惠澤을 받는 時間은 半이며 나머지 半은 어두운 暗黑속에서 지내고 있다.

그러므로 이 暗黑生活을 太陽빛 아래서와 똑같이 밝은 生活을 實現해 보자는 것이 照明工學의 目的이라고 볼 수 있다.

健全한 視力과 빛의 適當한 配光은 迅速, 正確하고 平易한 視感의 要素이다. 貧弱한 照明은 人間의 energy를 浪費시키지만 優秀한 照明의 實施는 作業能率을 向上시키고 疲勞를 덜 주며 사람을 愉快하게 만든다. 適當한 照明實施는 工場에 있어서 安全을 圖謀하고 疲勞를 덜어 주며 일에 對한 活動的인 意慾을 일으켜 作業能率을 올리며 事務室에서는 부드러운 視感을 주고 能率을 올리게 한다. 商店에서는 商品에 對한 魅力과 顧客들의 迅速한 判斷을 도우는 方便 아름다운 環境의 調和를 만든다. 그리고 街路에서는 夜間의 交通事故와 盜難을 防止하고 步行者와 車輛의 便利를 갖다준다. 다시 말해서 照明이란 “빛을 人間生活에 有益하게 하는 技術이다.”

照明은 光源, 照明器具, 配線等의 모임으로 이루어 진다. 이들은 照明實施의 方法으로써 없어서는 안될 것이다. 그러나 이것들을 單只로 보아 논다고 해서 照明이라곤 할 수 없다. 빛을 使用하는 것은 物體를 보기 爲한 것이며 이것이 第一 目的으로 하고 建築과 有機的으로 結合하여 이것으로 因해 嚴密한 設計와 計劃을 하지 않으면 안 된다.

設計 計劃은 理論에 依하여 誘導된다. 여기에

照明理論이 照明實施에 必要하다는 것을 알 수 있다. 도리켜 보건데 人類가 發祥한 옛날에 照明의 方法으로써 光源은 나무를 태우고 그 다음에 기름을 使用하였다. 기름도 最初에는 動物性의 魚油, 다음에 植物油를 쓰고 最後로 鑛物質의 石油를 썼다. 瓦斯燈의 時代를 經由하여 電燈時代로 到達된 것이다. 電燈도 白熱燈으로부터 放電燈 時代로 變遷하고 있다. 照明이 科學技術의 形態로 된 것은 電燈時代로부터 始作된다. 그 以後로 光源 뿐 만이 아니라 다른 方法에서도 形態와 性能等に 많은 進歩를 보고 있다. 이에 相伴하여 이것을 使用하는 方法, 其方法을 誘導하는 理論도 또한 變遷하여 같은 必要之事實인 것이다. 여기에 照明方法도 發達의 現段階에 서서 이에 相伴되며 또 이것에 相伴되도록 進歩하여 온 理論을 주려서 紹介해 본다.

照明도 다른 것과 마찬가지로 그의 量과 質의 두 가지 面으로 나눌 수 있다.

照明의 量이란 日常말로써 “밝음”을 말한다. 이것이 使用되는 境遇를 技術的으로 생각해 보면 于先 照明의 方法인 光源 다음에 이에 依하여 비쳐지는 場所, 그리고 이 場所에 놓여지는 物體 이 세가지로 나눌 수 있다. 光源의 밝음은 光度(I)이며 單位는 candle (cd)이다. 場所의 밝음은 照明(E)度이며 單位는 lux(lx)이다.

그러나 場所와 照度가 같은 지라도 여기에 白紙를 놓 때와 黑紙를 놓 때에 따라 눈에 感覺되는 밝음은 서로 다르다. 이와 같은 物體의 밝음을 光束發散度(H)라고 부르며 lux 에 反射率을 곱한 것으로, 單位로는 Radlux (rlx)를 쓴다. 以上の 세가지의 밝음은 實은 光束(lumen)의 여러 가지로 나타나는 現象들이다. 光束의 發散은 光源體에 따라서 또한 方向에 따라서 다르다 光束이 많이 나오는 方向은 밝다. 即 光度가 큰 것이다. 따라서 光束이 적게 나오는 方向은 光度가 적다. 光度는 光束의 空間的인 粗密의 差異에 따라 定해 진다. 照度는 面積으로 드러오는

光束의 粗密로써 定해 진다. 單位 lux는 面積의 光束으로써  $1x=1m/m^2$  이다.

光束發散度는 物體의 밝음 이라고는 하나 方向에 따라서 보이는 밝음은 變하며, 눈에 보이는 것은 이것으로 나오는 光束全體는 아닌 것이다. 따라서 光度를 생각해야 한다. 卽 物體를 볼 때 그 方向으로 나오는 光度를 그 方向의 物體의 面積으로 쪼개면 그 量이 實際로 눈에 感覺되는 밝음으로 된다. 이것을 輝度(B)라고 한다. 單位로는 Stil로써  $cd/m^2$  이다.

以上 論述한 밝음이란 物理的인 意味의 밝음이며 實際로 우리가 感覺하고 또 利用되는 것은 이것들이 原因으로 되어 일어나는 生理, 心理的인 밝음이다. 이것은 다음에 論述하기로 한다.

照明的 質이란 눈부심 照度分布, 色, 氣分,

그림자, 外觀 등을 말하며 밝음과는 달리 優秀한 照明的 條件으로 들 수 있다. 從來는 定性的 判斷을 할 뿐이었으나 10餘年前부터 特히 美國의 研究者들에 의하여 數量的으로 取扱되게 되었다. 이것은 生理的, 心理的 效果를 計算에 넣을 必要가 있으며 이것이 새로운 照明理論의 特徵이다.

## 2. 照度計算

照度計算이 卽 照明理論이라고 생각되던 時代는 이미 지나갔다. 그러나 照度計算은 어디까지나 그의 重要的 部分인 것이며 初步가 되는 것이다.

여기서는 照明用光源이 點線面으로 進歩하여 온 自然의 順序를 따라 그 計算法을 대략 추려 생각하기로 한다.

### (1) 點光源에 의한 直射照度

點光源에 의한 直射照度에는 有名한 逆自乘의 法則이 있다. 光度 I인 光源으로부터 距離 r인 點에서의 光線方向의 照度는  $E = \frac{I}{r^2}$ .....(1)

이라고 함은 잘 알고 있는 것이다. 여기서 實際的인 光源에 對하여 r라고 하는 距離는 어디서 부터 測定해야 되는 것인가에 주저하게 된다. 卽 螢光램프나 그로-부 등에서 問題가 크게 생긴다. 다시 말하면 光源은 크든가 작은가의 크기를 가지고 있으며 嚴密한 意味에서의 點光源이란 있을 수 없는 것이다. 그러나 問題를 簡單이

하기 爲해서 距離에 對하여 光源의 크기가 無視되느냐 안되느냐를 생각하여 決定하게 된다. 現在 光源의 定義는 “光源의 크기의 5倍以上되는 距離에서 볼때 이 光源을 點光源이라고 볼 수 있다”로 되어 있다. 따라서 逆自乘의 法則은 이에 近似한 것이라고도 말할 수 있다. 白熱電球는 點光源의 代表的인 것이다.

### (2) 直線光源에 의한 直射照度

線光源으로 近來에 問題가 되고 있는 것은 螢光燈이다. 單位 거리 光度를 I, 이고, 거리  $\lambda$ 인 直射光源인 被照面上 x인 높이로 水平으로 架設되어 있을 때 그의 管端直下點에서의 水平面照度는

$$E_x = \frac{I_1}{2x} \left( + \tan^{-1} \frac{\lambda}{x} + \frac{\lambda x}{\lambda^2 + x^2} \right) \dots\dots(2)$$

光源의 方向에 平行인 垂直面照度는

$$E_\lambda = \frac{I_1 \lambda^2}{2x(\lambda^2 + 2x^2)} \dots\dots(33)$$

이다. 一般點에서의 一般方向의 照度는 이것을 組合하여 求해진다. 式(2)를 展開하면

$$E_x = \frac{\lambda I_1}{x^2} \left\{ 1 - \frac{2}{3} \left( \frac{\lambda}{x} \right)^2 + \frac{3}{5} \left( \frac{\lambda}{x} \right)^4 \dots \dots\dots \right\} \dots\dots(4)$$

로 되어 距離가 光源의 거리의 10배가 되면 式(4)의 第2項 以下는 1%보다 적으므로 正確度를 이項까지로 하면 2項 以下는 省略되며, 逆自乘의 法則을 使用할 수 있게 된다. 이것은 光源의 一端直下의 경우이며, 中點直下에 對해서는  $\lambda$ 代身에  $\lambda/2$ 을 代入하고 照度を 計算하여 2배하게 되므로 逆自乘法則 成立의 距離는 1/2로 된다. 卽 一端直下時의 1/2까지 近接시킨다. 이것은 距離에 比하여 光源의 거리를 無視할 수 있는 경우를 求한 것이나, 反對로 光源이 大端히 긴 경우는 式(2)에서  $\lambda/x \rightarrow \infty$ 로 하면,  $E_x = (x/4) (x/1)$ 로 된다. 이 關係는 連續列에 의한 照度の 概算에 利用할 수 있다. 式(3)에 對하여서 逆自乘의 法則의 檢計는 無意味한 것이다.

半無限長인 때는  $E_\lambda = L/2x$ 로 된다.

式(2), (3)에 의한  $E_x, E_\lambda$ 의 計算은 그리 簡單하지 않다. 그러므로 最近에는 計算圖表를 利用하는 傾向이 있다.

### (3) 面光源에 의한 直射照度

i) 一般的인 경우



使用된다. 그러나 히트리는네는 그리 사용되지 않는다. 모으는에는凸“렌즈” 또는凹面鏡을使用하며 投光器, 燈臺, 映寫機等に利用된다. 이와같은 것에 依한 照度計算은 大端히 複雜하다. 原則만을 말하면 被照點으로부터 光學系를 보았을때 빛나게 보이는 面積을 光源이라고 생각하여 그에 依한 照度を 求하던 좋다.

(4) 相互反射

道路나 運動場의 照明에서는 비쳐지는 場所로 들어오는 빛은 거의 全部가 光源으로부터의 直射에 依한것이라고 해도 過言이 아닐것이다. 室內照明에서는 直射光 外로 天井, 壁, 房바닥, 或은 家具, 機器等으로부터의 反射光이 있으며 이것이 直射光에 比하여 大端히 큰 경우가 많다. 이런 面으로부터의 反射는 大體로 擴散反射이다. 室內點의 照度は 光源의 直射照度以外로 또 이 擴散照度が 加해지게 된다.

i) 無限히 넓은 室內의 相互反射

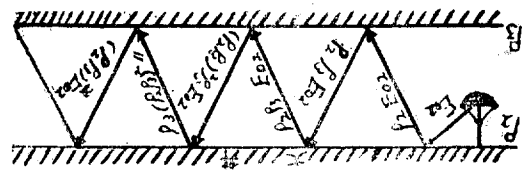
極히 簡單한 경우에 對하여 擴散照度を 求해 보자. 높이에 比하여 幅과 거리가 大端히 넓은 房이 있다고 하자 그리고 只今 이 房의 天井에 間接照明器具가 架設되어 있으며 그 平均照도가  $E_0, L_{us}$  로 비쳐지고 있다고 하자. 天井의 反射率이  $\rho_2$ 라고 하면 光束發散度는  $\rho_2 E_0$ 로 된다. 그러므로 房바닥의 이 照度は  $\rho_2 E_0$ 로 된다.

房바닥의 反射率을  $\rho_3$ 라고 하면 房바닥의 照束發散度는  $\rho_3 \rho_2 E_0$ 이다. 天井에는 2, 房바닥에는 3인 添字를 부친다. 房바닥이 빛나므로 天井에 비쳐지게 된다. 그의 照度は  $\rho_2 \rho_3 E_0$ 로 되며 이것 때문에 天井의 光束發散度가 增加되는 率은  $\rho_2 \rho_3 \rho_2 E_0$ 이다. 이와같이 光이 天井과 房바닥間을 數없이 反射하여, 天井과 房바닥도 照度 光束發散度가 增加한다. 그림(D)와 같다.

天井이 받는 全照度は 上向의 확산의 分量을 分한 것으로  $E_2 = E_0 \{1 + \rho_2 \rho_3 + (\rho_2 \rho_3)^2 + (\rho_2 \rho_3)^3 + \dots\} = \frac{E_0}{1 - \rho_2 \rho_3} \dots \dots (8)$

房바닥이 받는 全照度は  $E_3 = \rho_2 E_0 \{1 + \rho_2 \rho_3 + (\rho_2 \rho_3)^2 + (\rho_2 \rho_3)^3 + \dots\} = \frac{\rho_2 E_0}{1 - \rho_2 \rho_3} \dots \dots (9)$

天井은 처음에  $E_0$ 만큼의 直射照度を 받고 있으나 房바닥과의 사이에 反射가 反復되므로



無限한 室內의 相互反射 그림(D)

因해  $\rho_2 \rho_3 E_0 / (1 - \rho_2 \rho_3)$ 만큼의 照도가 餘分으로 增加되었다. 이 餘分이 即 擴散照度이다.

房바닥에는 直射照度は 없고 全部 擴散照度 뿐인  $\rho_2 E_0 / (1 - \rho_2 \rho_3)$ 이다.

ii) 有限한 室內의 相互反射

壁, 天井, 房바닥에 1, 2, 3의 添字를 부치고 各各의 面積을  $S_i$ , 反射率을  $\rho_i$ , 直射照度を  $E_{oi}$ , 全照度を  $E_i$ 라고 한다. 天井面에 對하여 생각하려는 天井으로의 直射光束은  $S_2 E_{o2}$ 이며 擴散照度로 因하여 들어오는 入射光束은 壁, 房바닥의 反射에 依한다. 壁으로 因한 것은 壁의 全照도가  $E_1$ , 反射率이  $\rho_1$ , 面積이  $S_1$  이므로 壁으로부터의 發散光束은 全部가  $S_1 \rho_1 E_1$ , 그의 몇 部分이 天井으로 온다. 여기서 몇 部分이라고 하는 것은, 天井과 壁과의 關係位置 及 各各의 Size, form, 等の 幾何學的으로 定해지는 것으로, 이것을  $a(i, j)$ 라고 하는 記號로 表示한다면 天井과 壁과의 사이에는  $a(1, 2) = a(2, 1)$ 이다. 따라서 壁으로부터 天井으로 들어가는 光束은  $S_1 \rho_1 E_1 a(1, 2)$ , 이와 마찬가지로 房바닥으로부터 天井으로 들어가는 光束은  $S_3 \rho_3 a(3, 2)$ 로 된다. 以上の 3個를 合하여 天井面積으로 나누면 天井의 全照도가 된다. 即

$$E_2 = \frac{S_2 E_{o2} + S_1 \rho_1 E_1 a(1, 2) + S_3 \rho_3 E_3 a(3, 2)}{S_2}$$

或은  $S_2 E_{o2}$ 을 光源으로부터 天井으로 直射되는 光束을  $F_2$ 라고 해도 좋다.

壁, 天井, 房바닥에 對하여 順次로

$$\left. \begin{aligned} S_1 E_1 &= F_1 + S_2 \rho_2 E_2 a(2, 1) + S_3 \rho_3 E_3 a(3, 1) \\ S_2 E_2 &= F_2 + S_1 \rho_1 E_1 a(1, 2) + S_3 \rho_3 E_3 a(3, 2) \\ S_3 E_3 &= F_3 + S_1 \rho_1 E_1 a(1, 3) + S_2 \rho_2 E_2 a(2, 3) \end{aligned} \right\} \dots \dots (10)$$

여기서  $S_1, S_2, S_3 : a(i, j)$ 는 房의 形狀, 크기로부터  $\rho_i$ 는 房內面의 finishing으로부터 定해지며  $F_i$ 는 光源의 配光과 房의 形狀, 크기에 依해 定해지며 照明設計에서 以上 모든 量은 既知量인 것이다. 따라서 式(10)은 一次 聯立方程式으로서 풀 수 있다. 이 式을 前述한 無限히 넓은 房의 相互 反射에도 利用됨을 알 수 있다. (次號繼續)