

碩 士 學 位 論 文

模型實驗과 컴퓨터 시뮬레이션에 의한  
室內 照明計劃에 관한 研究

A Study on the Interior Illumination Design through  
Physical Scale Model Experiment and Computer Simulation

宋 圭 棟

漢陽大學校 大學院

1985年 12月

模型實驗과 컴퓨터 시뮬레이션에 의한  
室內照明計劃에 관한 研究

A Study on the Interior Illumination Design  
through Physical Scale Model Experiment  
and Computer Simulation

指導教授 孫 章 烈

이 論文을 工學碩士學位 論文으로 提出함.

1985年 12月 日

漢陽大學校 大學院

建築工學科

宋 圭 棟

宋圭棟의 工学碩士學位 論文을 認准함.

1985年 12月 日

審査委員長 金光文 ⑩

審査委員 吳昌熙 ⑩

審査委員 孫章烈 ⑩

# 目 次

## 要 旨

### 第 1 章 序 論

1 - 1. 研究의 背景 및 目的 .....	1
1 - 2. 研究의 範圍 및 方法 .....	3

### 第 2 章 建築照明에 관한 理論

2 - 1. 自然採光 .....	5
2 - 1 - 1. 晝光照度와 晝光率 .....	5
2 - 1 - 2. 晝光照度 計算法 .....	7
2 - 1 - 3. 晝光의 發光效率 .....	15
2 - 2. 人工照明 .....	21
2 - 2 - 1. 設計條件 .....	21
2 - 2 - 2. 人工照明 計算法 .....	23

### 第 3 章 室內照度計算 電算프로그램의 作成

3 - 1. 概 要 .....	33
3 - 2. 晝光率計算 電算프로그램 .....	33
3 - 2 - 1. 天空成分 .....	37
3 - 2 - 2. 外部反射成分 .....	49
3 - 2 - 3. 室內相互反射成分 .....	57

3 - 3. 人工照明計算 電算프로그램	58
3 - 3 - 1. 直接照度	58
3 - 3 - 2. 間接照度	64
3 - 4. 外部水平面照度資料의 作成	65
3 - 4 - 1. 日射量測定値로 부터의 水平面照度推定	65
3 - 4 - 2. 累積出現率에 대한 考察	66
3 - 4 - 3. 雲量에 의한 天氣의 分類	68
第 4 章 模型實驗 및 電算프로그램의 妥當性 檢討	
4 - 1. 自然採光	75
4 - 1 - 1. 測定概要	75
4 - 1 - 2. 現場實測 및 模型實驗方法	78
4 - 1 - 3. 現場實測과 模型實驗 結果의 比較·分析	81
4 - 1 - 4. 測定値와 計算値의 比較·分析	90
4 - 1 - 5. 模型實驗과 電算프로그램의 適用範圍	94
4 - 2. 人工照明	95
4 - 2 - 1. 測定概要	95
4 - 2 - 2. 照度測定	96
4 - 2 - 3. 測定値와 計算値의 比較·分析	98
第 5 章 照度計算電算프로그램에 의한 시뮬레이션 研究	
5 - 1. 시뮬레이션 概要	102

5 - 2. 對象室의 想定 .....	102
5 - 3. 시뮬레이션 進行方法 .....	103
5 - 3 - 1. 自然採光 .....	105
5 - 3 - 2. 人工照明 .....	107
5 - 3 - 3. 自然採光과 人工照明的 併用 .....	112
5 - 4. 시뮬레이션 結果에 대한 考察 .....	120
第 6 章 結 論 .....	123
參 考 文 獻 .....	126
附 錄 .....	129
ABSTRACT .....	159
謝 辭 .....	165

## 要 旨

建築物에서 自然光을 적절하게 利用하므로써, 充分한 照度の 확보와 快適한 視環境의 造成을 경제적으로 이룰수 있다. 특히 建物全體消費電力中 약  $\frac{1}{3}$ 을 室內照明用으로 消費하는 事務所建物에서, 事務室의 主使用時間帶가 晝間임을 고려 할때, 自然光을 적극적으로 이용하여 얻을 수 있는 에너지 절약효과는 매우 큰 것으로 思料된다.

그러나, 우리나라 에서는 太陽熱의 이용에 관한 研究는 비교적 활발하게 進行되고 있지만 自然採光에 관한 研究는 매우 미흡한 실정이다.

실령 自然採光을 고려하여 建築物을 計劃한다 할지라도, 現實的으로는, 建物設計時 自然採光設計와 人工照明設計가 建築家와 電氣設備 專門家에 의해 각각 분리 되어 검토 되므로 綜合的이고 合理的인 照明設計를 기대하기는 어렵다.

따라서 自然光과 人工光의 복합사용효과를 定量的으로 파악 할 수 있는 技法을 개발 하여, 建築物의 기본계획 단계에서 부터 照明效果와 에너지 節約效果를 검토 할 수 있도록 하여야, 보다 效果的인 照明設計가 가능 할 것이다.

本研究에서는 自然採光 및 人工照明에 의한 照明效果의 定量的인 파악을 위한 技法의 필요성을 인식하고, 模型實驗과 컴퓨터시뮬레이션에 의한 합리적인 照明設計方法을 확립하기 위하여, 模型實驗 및

理論式에 의한 室內照明設計의 타당성과 적용범위를 現場實測을 통하여 검토하였다. 그리고 理論式을 근거로 作成한 室內照度計算 電算프로그램을 사용한 事例研究를 통하여 신속한 光環境設計 및 에너지 절약효과의 평가方法을 제시하였다.

本 研究는 다음과 같이 構成된다.

第1章에서는 研究의 背景 및 目的, 그리고 研究의範圍 및 方法에 대하여 記述하였다.

第2章에서는 自然採光 및 人工照明에 관한 理論을 해석 하였다.

第3章에서는 外國에서 개발되어 사용되고 있는 晝光率計算 電算프로그램을 소개 하였으며, 晝光率理論 및 光束理論을 근거로 하여 晝光率計算電算프로그램과 人工照明計算電算프로그램의 作成 과정에 대하여 記述하였다. 그리고 自然採光에 의한 室內照度を 定量的으로 計算하는데 필요한 基礎資料인 年間 時間別平均 外部水平面照度資料를 作成하였다.

第4章에서는 模型實驗에 의한 室內自然採光設計와 電算프로그램에 의한 自然採光 및 人工照明設計의 타당성을 검토하기 위하여, 선정된 대상실을  $\frac{1}{5}$ 로 축소한 模型을 제작하고, 模型實驗과 理論式에 의한 結果를 現場實測 結果와 比較·分析하였다.

第5章에서는 本研究에서 作成한 照度計算電算프로그램이 精確하게 적용될 수 있는 都心地에 위치한 北向의 事務所 建物을 想定 하고, 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 自然採光과 人工照明에 의한 복합조도와 自然採光에 의한 人工照明器具의 消燈可能範圍 및 消燈率을



예측하는 방법과 그 결과를 제시하였다.

第6章에서는 本研究의 結論에 대해서 記述하였다.

以上の 研究를 通하여 얻은 結果를 요약 하면 다음과 같다.

- 1) 建築物의 기본계획단계에서 模型實驗을 通하여 自然採光設計가 가능하다.
- 2) 晝光率理論에 의해서 曇天時에는 室의 방위에 관계없이 정확한 晝光率을 계산 할수 있으며, 快晴 및 晴天時에는 直射日光의 영향이 적은 北向의 片側採光室에서의 晝光率을 정확하게 計算할 수 있다.
- 3) 人工照明의 경우 光束法과 逐點法에 의해 人工照明設計 및 정확한 照度計算이 가능하다.
- 4) 晝光率 및 人工照明計算 電算프로그램과 晝光의 發光效率理論에 의해 測定値로 부터 추정한 年間 時間別平均 外部水平面照度 資料를 사용한 컴퓨터시뮬레이션을 通하여, 自然採光과 人工照明에 의한 복합조도를 신속하게 예측하여 에너지절약을 위한 合理的인 照明設計가 가능하다.

# 第1章 序 論

## 1-1. 研究의 背景 및 目的

大部分의 現代建築物에서는 作業에 必要한 適正照度を 확보하기 위하여 晝間에도 人工照明에 의존하는 경우가 많으며, 이렇게 건물내부에서 照明用으로 消費되는 電力은 建物全體消費電力의 약 1/3을 차지하고 있는 實情이다. 특히, 事務空間에서는 在室時間 주로 晝間이므로, 建物設計時 自然光의 利用을 충분히 고려하므로써, 照明의 質을 부드럽게 할 뿐만 아니라 에너지節約의 觀點에서도 매우 바람직한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

상당량의 에너지를 外國으로부터의 수입에 의존해야 하는 우리나라의 實情에서는 外國보다 더욱 에너지 절약에 관심을 갖고 적극적인 대응책을 마련해야 하겠다.

室內照明수단으로는 自然採光과 人工照明이 있으며, 自然採光效果는 주로 窓의 형상이나 크기에 따라 결정 되고 人工照明은 照明器具의 種類와 照明方式에 따라 照明效果가 결정 된다. 충분한 室內照度を 유지함과 同時에 에너지節約效果를 얻기 위한 自然光의 적극적인 이용을 위해서는 窓과 照明器具의 諸元을 비롯하여 窓에 가깝게 위치한 人工照明器具의 사용을 제한했을 경우, 自然光과 人工光의 동시사용에 의한 照度を 定量的으로 把握해야 할 必要가 있다. 그러나 現實적으로는 건물설계시에 自然採光設計와 人工照明設計

가 建築家와 電氣設備專門家에 의해 각각 분리되어 검토되므로 綜合的이고 合理的인 照明設計를 기대하기는 어렵다.

그러므로 自然光과 人工光의 복합사용효과를 定量的으로 把握할 수 있는 技法을 개발하여, 建築物의 基本계획단계에서부터 照明效果와 에너지 절약효과를 검토할 수 있도록 하여야, 보다 效果的인 照明設計가 가능하다.

本 研究에서는 自然採光 및 人工照明에 의한 照明效果의 定量的인 把握을 위한 技法의 必要性은 인식하여, 模型實驗과 컴퓨터시뮬레이션에 의한 합리적인 照明設計方法을 확립하고, 自然光의 利用에 의한 조명기구의 消燈可能範圍 및 消燈率<sup>1)</sup>을 예측하기 위하여 理論式에 의해 晝光率計算 및 人工照明計算電算프로그램을 作成하고, 照度測定對象室을 선정한 후 대상실을 1/5로 축소한 模型을 제작하였다. 그리고 電算프로그램에 의해 計算한 晝光率과 人工照度 및 模型實驗에 의한 晝光照度測定值를 現場實測值와 比較·分析하므로써 模型實驗 및 理論式에 의한 室內照明設計의 타당성과 적용범위를 검토 하였다.

事例研究로서, 自然採光과 人工照明에 의한 室內照度分布와 조명기구의 消燈率 예측방법 및 그 결과를 제시하였다.

---

註 1) 소등율 =  $\frac{\text{조명기구의 소등가능시간}}{\text{전체작업시간}}$

## 1-2. 研究의 範圍 및 方法

### (1) 建築照明에 관한 이론해석

室內照明設計의 要件을 검토하고, 自然採光에 대해서는 晝光率理論을 해석하였으며 人工照度에 대해서는 光束理論을 해석하였다.

氣象臺의 日射量測定値로부터 外部水平面照度を 推定하기 위하여 晝光의 發光效率에 대한 諸理論을 검토하였다.

### (2) 模型製作 및 照度計算프로그램의 작성

照度測定 대상실을 선정하여, 대상실을 1/5로 축소한 模型을 제작 하였다. 그리고 晝光率理論과 人工照明理論中 특정한 경우에만 적용될 수 있는 式을, 圖解를 통하여 一般化 하여 電算프로그램을 작성 하므로써 계산의 편의를 도모하였다. 또한 晝光의 發光效率에 대한 기존연구결과중 宿谷昌則과 木村建一의 實驗式을 사용하여 年間 時間別平均 外部水平面照度資料를 작성하였다.

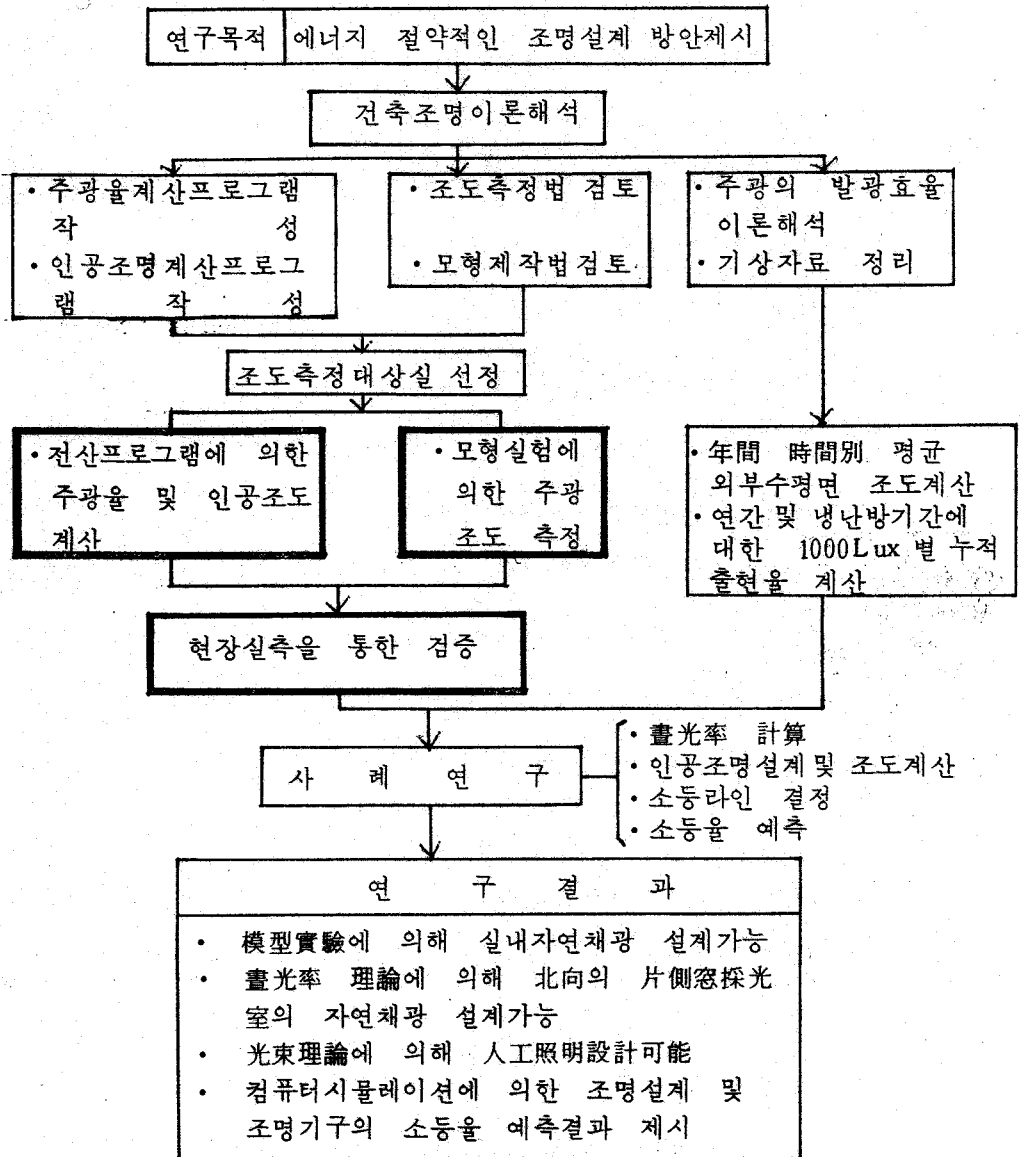
### (3) 模型實驗과 照度計算電算프로그램의 타당성 검토

模型實驗에 의한 晝光照度 측정치와 電算프로그램에 의한 晝光 및 人工照度計算 결과를 現場實測을 통하여 얻은 결과와 비교하므로써 兩者의 타당성 및 적용가능 범위를 검토 하였다.

### (4) 照度計算電算프로그램에 의한 시뮬레이션 연구

照度計算電算프로그램이, 정확하게 적용될 수 있는 범위내의 대상건물을 想定하여 自然採光 및 人工照明에 의한 室內照度分布와 年間 및 冷·暖房期間別 照明器具의 消燈率을 예측하였다. [그림 1

- 1 ]은 본 연구의 흐름도를 보인것이다.



[ 그림 1 - 1 ] 연구의 흐름도

## 第2章 建築照明에 관한 理論

### 2-1. 自然採光

#### 2-1-1. 晝光照도와 晝光率

##### 1. 晝光照度

晝光光源에 의한 受照點의 照도를 晝光照度 (Daylight Illumination)이라 한다. 直射日光에 의한 照도를 直射日光照度 (Sunlight Illumination), 天空光에 의한 것을 天空光照度 (Skylight Illumination)이라 하며, 이들의 合計를 全晝光照度 (Total Daylight Illumination)라고 한다. 採光計劃에서는 대부분의 경우, 晝光光源으로서 天空光만을 對象으로 하는데, 天空光으로부터의 直接照도를 直接晝光照度라 하고, 天空光이 外部防害物 (地面, 樹木, 對向建物の 外壁등) 및 室內表面의 反射에 의해서 생기는 反射光에 의한 것을 反射晝光照度라 한다. 따라서 受照點에서의 실제晝光照도는 天空光에 의한 直接照度 ( $E_d$ )와 外部防害物에 의한 外部反射晝光度 ( $E_{r_o}$ ) 및 室內反射晝光照度 ( $E_{r_i}$ )의 합으로서, 이것을 全晝光照度 (또는 晝光照度,  $E_t$ )라 한다.

이때 受照點의 晝光照도는 式(2-1)로 나타낸다.<sup>1)</sup>

$$E_t = E_d + E_r = E_d + E_{r_o} + E_{r_i} \dots\dots\dots \text{式}(2-1)$$

단,  $E_r = E_{r_o} + E_{r_i}$  = 外部反射晝光照度 + 室內反射晝光照度

---

1) 渡邊要 ; 建築計劃原論 I, 1975, 丸善 (株), p.219.

## 2. 晝光率

晝光率은 全天空照度( $E_o$ )에 대한, 受照面上 한點의 넓은 의 미의 全晝光照度( $E_T$ , 直射光照度和 天空光에 의한 直接 및 反射晝光照度の 合)의 比, ( $E_T/E_o$ ) 혹은, 直射光和 全天空照度の 合( $E$ )에 대한  $E_T$ 의 比 ( $E_T/E$ ) 등으로 定義되는 경우도 있지만, 보통은 直射光을 포함하지 않은 全晝光照度( $E_t$ )와 全天空照度( $E_o$ )의 比( $E_t/E_o$ )로 정의 된다. 後者の 定義에 의해 어떤 受照點의 晝光率  $D$ 는 式(2-2) 또는 式(2-3)으로 表現된다.<sup>1)</sup>

$$D = \frac{E_t}{E_o} = \frac{E_d + E_r}{E_o} \dots\dots\dots \text{式(2-2)}$$

단  $D$  : 주광율 [%]

$E_o$  : 全天空照度 [Lux]

$E_d$  : 直接晝光照度 [Lux]

$E_r$  : 反射晝光照度 [Lux]

$$D = \frac{E_d}{E_o} + \frac{E_{r_o}}{E_o} + \frac{E_{r_i}}{E_o}$$

$$= SC + E.R.C + I.R.C. \dots\dots\dots \text{式(2-3)}$$

단,  $E_{r_o}$  : 外部方害物로부터의 反射光에 의한 照度 [Lux]

$E_{r_i}$  : 室內各表面으로부터의 反射光에 의한 照度 [Lux]

SC : 天空成分 (Sky Component, SC) [%]

ERC : 外部反射成分 (Externally Reflected Component, ERC)

1) 渡邊要; 建築計劃原論 I, p.222

IRC : 室內相互反射成分(Internally Reflected Component, IRC) [%]

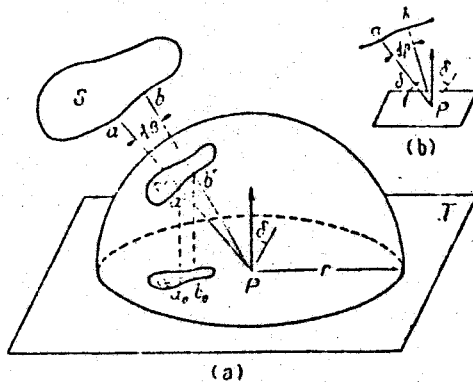
2-1-2. 晝光照度計算法

1. 直接照度

1) 錐面積分法에 의한 立體角投射率

等輝度完全擴散面光源 S의 輝度を B로 하고, [그림 2-1]과 같이 受照面 T상의 點 P의 輝度を 구하기 위하여, P를 中心으로 半径 r의 球을 묘사하고, 光源 境界線의 微小부분 ab가 P점에 映진 角을  $d\beta$ 로 하고, 평면 Pab와 受照面과의 角(光源과 反射側의 角)을  $\delta$ 로 하였다.

$\triangle Pab$ 와 球面과의 交線을  $a'b'$ , T평면에서의 正사영을  $a_0b_0$ 로 하면, 이것은 각각 立體角投射法則에 있어서  $S'$ ,  $S_0$ 면의 境界선이고,



[그림 2-1]



$\triangle Pa'b'$ 의 정사영이  $\triangle Pa_0b_0$ 이다. 다음에,

$$\angle a'pb' = d\beta = \frac{a'b'}{r}$$

$$\triangle Pa'b' = \frac{1}{2} r \times a'b' = \frac{r^2}{2} d\beta$$

또  $ds_0 = \triangle Pa_0b_0 = (\triangle Pa'b') \cdot \cos \delta = \frac{r^2}{2} d\beta \cdot \cos \delta$  일때 P點의照  
 度는 式(2-4)로 나타 낸다.

$$E_p = \frac{BS_0}{r^2} = \frac{B}{r^2} \int dS_0 = \frac{B}{2} \int d\beta \cdot \cos \delta \dots\dots\dots \text{式}(2-4)$$

이와같이 等輝度完全擴散面光源에 의한 직접조도는, 受照點에서 본  
 光源의 線積分에 의해 구할 수 있다. 이것을 錐面積分法則 혹은  
 境界積分法則이라고 한다.<sup>1)</sup>

여기서 角  $\beta$ 는 radian이며,  $\delta > 90^\circ$  일 때는  $\cos \beta = -\cos(180^\circ - \delta)$   
 이다.

多角形光源이라면 各변의  $\delta$ 가 일정하므로 式(2-4)는 다음과  
 같이 된다.

$$E_p = \frac{B}{2} \cos \delta \int d\beta \dots\dots\dots \text{式}(2-5)$$

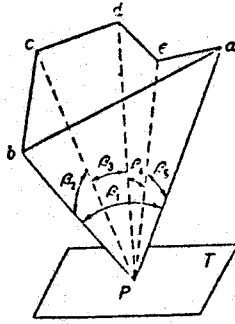
그리고, 주변 ab, bc, ...에 대하여 적분함으로써, 各 변의  $\int d\beta$   
 는 그 변이 P點에서 뿜친 각 B를 나타 낸다. 따라서 직접조도

---

註 1) 渡邊要 : 建築計劃原論I, p.233.

$E_p$ 는 식 (2-6)으로 나타낸다.

$$E_p = \frac{B}{2} \sum \beta_i \cos \delta_i \quad \dots\dots\dots \text{식(2-6)}$$



[그림 2-2] 多角形 光源

즉, [그림 2-2]와 같은 多角形光源 일때는 각변에 대한 분담조도  $(B/2) \cdot \beta \cdot \cos \delta$ 의 합이 구하는 照度가 된다.

錐面積分에 의한 方法은 長方形窓과 같은 다각형광원에 의한 조도를 구하는 경우에 유리하다.

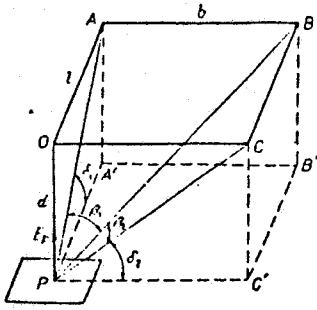
2) 長方形光源에 의한 直接照度

① 光源面과 受照面이 平行하는 경우

[그림 2-3]과 같이 長方形 OABC를 輝度 B인 等輝度面光源으로 하고, 이에 平行한 受照面을 PA'B'C'로 한다. 光源의 한쪽 모서리 O로부터 受照面上에 내린 垂線의 跡 P에서의 照度を 錐面積分法으로 구한다.

光源의 4개 境界선 가운데, 邊 OA, OC의  $\cos \delta$ 는 0이므로 나머지 두邊 AB, BC의 分擔照度の 合이 P점의 照度이다. 그림과 같이  $\beta_1, \beta_2$  및  $\delta_1, \delta_2$ 를 定하면, P點의 照度는 式(2-7)로 된다.

$$E_p = \frac{B}{2} (\beta_1 \cos \delta_1 + \beta_2 \cos \delta_2) \quad \dots\dots\dots \text{式(2-7)}$$



이때  $AB = b$ ,  $OA = \ell$ ,  $OP = d$ 로 한다면 式 (2-7) 중의  $\beta_1, \beta_2, \cos \delta_1$  및  $\cos \delta_2$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\beta_1 = \tan^{-1} \frac{b}{\sqrt{d^2 + \ell^2}}$$

$$\cos \delta_1 = \frac{\ell}{\sqrt{d^2 + \ell^2}}$$

$$\beta_2 = \tan^{-1} \frac{\ell}{\sqrt{d^2 + b^2}}, \quad \cos \delta_2 = \frac{b}{\sqrt{\ell^2 + b^2}}$$

[그림 2-3] 長方形光源

그러므로 式 (2-7)은 다음 式 (2-8)로 바꾸어 나타낼 수 있다.

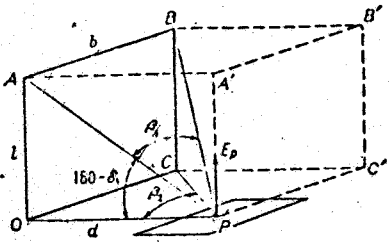
$$E_p = \frac{B}{2} \left[ \frac{\ell}{\sqrt{d^2 + \ell^2}} \cdot \tan^{-1} \frac{b}{\sqrt{d^2 + \ell^2}} + \frac{b}{\sqrt{d^2 + b^2}} \cdot \tan^{-1} \frac{\ell}{\sqrt{d^2 + b^2}} \right] \dots \dots \dots \text{式 (2-8)}$$

(2) 晝光面과 受照面이 垂直인 경우

[그림 2-4]와 같이 長方形光源 OABC를 輝度 B인 等輝度面光源으로 하고, OC를 包含한 光源面に 수직인 受照面을 POCC'로 한다.

光源面の 한쪽 모서리 O로부터 그면에 세운 法線上的 點 P에서

의 照度를 錐面積分法으로 구한다.



[ 그림 2 - 4 ]

光源의 境界선 중에서, 변 OA, BC의  $\cos \delta$ 는 0이므로, 그림과 같이 변 AB와 OC에 대해서  $\beta_1, \beta_2$  및  $\delta_1, \delta_2$ 를 정하면 P점에서의 照度는 式(2-9)와 같이 된다.

$$E_p = \frac{B}{2} (\beta_1 \cos \delta_1 + \beta_2 \cos \delta_2) \dots\dots\dots \text{式(2-9)}$$

단  $\delta_2$ 는  $\triangle OCP$ 가 受照面과 이루는 角이므로  $\delta_2 = 0$ 가 된다. 이때  $AB = b, OA = l, OP = d$ 로 하면  $\beta_1, \beta_2, \cos \delta_1, \cos \delta_2$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\beta_1 = \tan^{-1} \frac{b}{\sqrt{d^2 + l^2}}, \quad \cos \delta_1 = -\cos(\text{OPA}) = -\frac{d}{\sqrt{d^2 + l^2}}$$

$$\beta_2 = \tan^{-1} \frac{b}{d}, \quad \cos \delta_2 = \cos 0 = 1$$

그러므로 式(2-9)는 다음式(2-10)으로 나타낼 수 있다.

$$E_p = \frac{B}{2} \left[ \tan^{-1} \frac{b}{d} - \frac{d}{\sqrt{d^2 + l^2}} \cdot \tan^{-1} \frac{b}{\sqrt{d^2 + l^2}} \right] \dots\dots\dots \text{式(2-10)}$$

## 2. 間接照度

### 1) 相互反射

室內나 中庭과 같이 2개 이상의 면이 서로 마주보고 있을 때, 空間內的 面系內에서 面相互間에 무한히 빛을 주고 받는 것을 相互反射라고 한다. 面系內的 擴散照度分布는, 그 面系의 各面에서 거의 同一하게 분포하는 性質이 있고, 또한 表面의 反射率이 높을 수록 擴散照度量은 더욱 커진다.

### 2) 光束保存의 法則

面系內로 入射한 光束으로부터 面系外로 빠져나간 光束을 뺀 나머지는 그 面系內에 흡수되는데 이것을 光束保存의 法則이라 한다.”

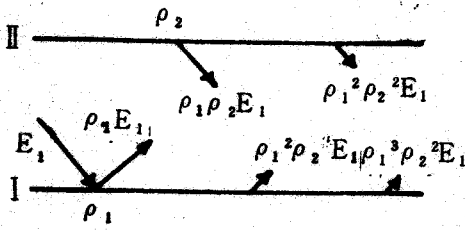
즉, 面系內로 들어온 光束을  $F$ , 系內에서 흡수된 光束을  $F_a$ , 系外로 빠져나가는 反射 및 透過光束을 각각  $F_r$ ,  $F_t$  라고 하면, 光束保存의 法則은 式 (2-11)로 表現된다.

$$F = F_r + F_t + F_a \quad \dots\dots\dots \text{式 (2-11)}$$

### 3) 무한평행한 두平面間的 相互反射

[그림 2-5]와 같이 2개의 평행한 무한반사평면 I·II에서, 反射率  $\rho_1$ 인 평면 I에 균일하게 주어진 直接照度を  $E_1$  이라고 하면, 이面으로부터의 光束發散度는  $\rho_1 E_1$  이다. 이것이 反射率

註 1) 波邊要 : 建築計劃原論, p. 271.



[그림 2 - 5 ]

$\rho_2$  인 平面II에 부딪혀 나오는 光束發散度는  $\rho_1 \rho_2 E_1$  이 된다. 또다시 이것이 平面I에 부딪혀 반사될 때는  $\rho_1^2 \cdot \rho_2^2 \cdot E_1$  으로 된다. 이와같은 相互反射를 무한히 계속한다면, 平面I의 全照度는 式(2-12)로 나타낼 수 있다.

$$E_{tI} = E_1 + \rho_1 \rho_2 E_1 + (\rho_1 \rho_2)^2 \cdot E_1 + (\rho_1 \rho_2)^3 \cdot E_1 + \dots$$

$$= \frac{E_1}{1 - \rho_1 \rho_2} \dots \dots \dots \text{式 (2-12)}$$

단  $\rho_1 \rho_2 < 1$

또한 面II의 全照度는 式(2-13)으로 나타낸다.

$$E_{tII} = \rho_1 E_1 + \rho_1^2 \rho_2 E_1 + \rho_1^3 \rho_2^2 \cdot E_1 + \dots$$

$$= \rho_1 \cdot \frac{E_1}{1 - \rho_1 \rho_2} \dots \dots \dots \text{式 (2-13)}$$

4) 反射率이 同一한 폐쇄면의 相互反射

球形, 長方形을 포함한 임의 형태의 完全하게 폐쇄된 反射面系의 反射率이 전부  $\rho$  일때, 이 系內에 들어온 光束F는 各面間的 相互反射를 무한히 계속하여 결국 全光束이 흡수 된다.

表面에 入射하는 全光束은 式(2-14)와 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 F_t &= F + \rho F + \rho^2 F + \rho^3 F + \dots \\
 &= F(1 + \rho + \rho^2 + \rho^3 + \dots + \rho^\infty) \\
 &= \frac{F}{1 - \rho} \dots \dots \dots \text{式(2-14)}
 \end{aligned}$$

단,  $\rho < 1$

이때 表面의 흡수율을  $\alpha$ 로 한다면, 그面에서 흡수된 全光束은 式(2-16)으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 F_a &= \alpha F + \rho \alpha F + \rho^2 \alpha F + \rho^3 \alpha F + \dots = \alpha F (1 + \rho + \rho^2 + \dots + \rho^\infty) \\
 &= \alpha F / (1 - \rho) = (1 - \rho) F / (1 - \rho) = F \dots \dots \dots \text{式(2-15)}
 \end{aligned}$$

式(2-16)으로부터 光束保存의 法則이 성립 되는 것을 알 수 있다. 그리고 表面으로부터 나오는 全光束은 式(2-16)으로 된다.

$$\begin{aligned}
 F_p &= \rho F + \rho \cdot \rho F + \rho \cdot \rho^2 F + \dots \dots \rho \cdot \rho^\infty F = \rho F (1 + \rho + \rho^2 + \dots + \rho^\infty) \\
 &= \rho F / (1 - \rho) \dots \dots \dots \text{式(2-16)}
 \end{aligned}$$

面系の 全面積을  $S$ 로 하면 系内表面間의 相互反射에 의한 平均 反射照度는 式(2-17)로 나타 낸다.

$$E_p = \frac{F_p}{S} = \frac{F}{S} \cdot \frac{\rho}{1 - \rho} \dots \dots \dots \text{式(2-17)}$$

5) 서로 다른 反射率을 갖는 폐쇄면系의 相互反射

完全히 폐쇄된 反射面系內에 있는  $i$  面의 面積을  $S_i$ , 그곳으로의 入射光束을  $F_i$ , 全面積을  $S$ 라고,  $i$  面의 面積을  $S_i$ , 그곳으로의 入射光束을  $F_i$ , 全面積을  $S_i$ 라고,  $i$  面의 反射率을  $\rho_i$ , 흡수율을  $\alpha_i$ , 그리고  $i$  面의 平均직접조도를  $E_{di}$ , 全面系의 平均反射率을  $\rho_m$ , 面系內에 入射하는 光束을  $F_o$ 로 하면 相互反射에 의한 平均反射照度는 式(2-18)로 나타낼 수 있다.

$$E_p = \frac{\sum E_{di} \cdot S_i \cdot \rho_i}{\sum S_i (1 - \rho_i)} = \frac{\sum F_i \cdot \rho_i}{\sum S_i \cdot \alpha_i}$$

$$= \frac{F_o \cdot \rho_m}{S \cdot (1 - \rho_m)} \dots\dots\dots \text{式(2-18)}$$

2-1-3. 晝光의 發光效率

1. 개요

晝光照明에 應해서 人工照明의 調光시뮬레이션을 行할 경우, 基礎資料로서 外部水平面照度가 必要하다. 室內 受照點에서의 晝光率은 外部水平面全天空照도에 對한 受照點照度の 比率이므로 外部水平面照度を 알 경우 室內受照點에서의 照度を 알 수 있기 때문이다. 그러나 現在 氣象臺의 測定值나 建築物의 空調負荷計算에 利用되고 있는 平均年氣象資料에는 天空光照도에 관한 항목은 없다. 종래의 採光設計用 全天空照度는 代表的인 天氣狀態에 관해서만 나타낸 것이지만, 伊藤克三은 長期間의 測定에 의해 年間作業時間에서의



水平面全天空照度の 累積出現率을 구하여, 이것을 天空光을 利用한 晝光照明에 의한 人工照明의 消燈率을 計算하는데 利用하고 있다.<sup>1)</sup>

그리고 宿谷昌則과 木村建一은 晝光照明에 의한 人工照明 시뮬레이션과 空調負荷計算을 同時に 行할 目的으로, 氣象臺의 時刻別 日射量測定値로부터 外部水平面照度を 推定하기 위하여 日射量과 外部水平面照度を 同時に 測定하여, 直達日射(Direct Insolation on a Horizontal Surface,  $I_{DH}$ )와 擴散日射(Diffused Sky Insolation on a Horizontal Surface,  $I_{SH}$ )의 發光效率을 太陽高度別로 회귀식을 作成·發表하였다. 또한 美國 표준국(NBS)의 T.KUSUDA도 이와 同一한 實驗을 行하여, 日射의 發光效率을 Cloud Ratio(CR, 全天空日射量에 對한 擴散日射量の 比)를 變數로 하는 實驗式을 發表하였다. 다음은 晝光의 發光效率에 對한 基本概念 및 宿谷·木村과 T.KUSUDA의 實驗研究結果에 對해 기술한다.

## 2. 發光效率의 基本概念

晝光의 發光效率이란 水平面日射量에 對한 水平面照度の 比를 말하며 日射에너지의 分光分布를 알 경우 發光效率  $\eta$  [lm/W]는 다음式으로 定義된다.<sup>2)</sup>

---

註 1) 伊藤克三外: 晝光利用照明設計に關する研究(その1), 一就業時間帶における全天空による 水平面照度の累積出現率—  
日本照明學會誌 Vol 62, No.10, 1978年.

2) 宿谷昌則·木村建一: 晝光の發光效率による毎時水平面日射量からの照度の推定, 日本建築學會論文報告集, 第293號 1980年.

$$\eta = \frac{K_m \int_{380}^{780} V(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^{\infty} P(\lambda) \cdot d\lambda} \dots\dots\dots \text{式(2-19)}$$

단,  $K_m$  : 最大視感度 (= 680 lm/W)

$\lambda$  : 波 長 [nm]

$V(\lambda)$ : 標準比視感度 [-]

$P(\lambda)$ : 波長  $\lambda$ 에서의 日射에너지 [ $W/m^2 \cdot nm$ ]

### 3. 實驗研究의 結果

#### 1) 宿谷昌則과 木村建一의 實驗

1978年 8月 9日부터 1979年 6月 9日까지 10개월간 東京에 있는 18層 건물 옥상에서 2대의 Eppley型 日射計로 水平面 全日射量과 水平面天空日射量을 測定했고, 2대의 光電池照度計를 使用하여 水平面晝光照도와 水平面天空光照度を 同時に 測定하여 다음과 같은 회귀식을 유도 하였다.<sup>1)</sup>

#### ① 全日射의 發光效率 ( $\eta_T$ )

$$\eta_T = \eta_0 \cdot a \dots\dots\dots \text{式(2-20)}$$

이때  $\eta_0$ 는 大氣圈外에서의 發光效率로서 다음과 같이 定義된다.

1) 宿谷昌則·木村建一: 晝光의 發光效率たよる 毎時水平面 日射量からの 照度の 推定, 日本建築學會論文報告集 第293號, 1980年

$$\eta_o = E_o / I_o = 93.7 \text{ } \ell\text{m} / \text{W}$$

단,  $E_o$ : 大氣圈外 法線面照度 (= 126800 [ $\ell\text{m}/\text{w}$ ])

$I_o$ : 大氣圈外 法線面日射量 (= 1164 [ $\text{Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ])  
 (= 1353 [ $\text{w}/\text{m}^2$ ])

a : 太陽高度別 實驗常數

② 直達日射의 發光效率 ( $\eta_D$ )

$$\eta_D = \eta_o \cdot b \cdot K_{DR} + \eta_o \cdot c \quad \dots\dots\dots \text{式 (2-21)}$$

이때  $K_{DR}$ 은 大氣圈外水平面日射量에 對한 地上에서의 水平面日射의 比로서 다음과 같이 定義된다.

$$K_{DR} = I_{DH} / I_o \cdot \sin h$$

단  $I_{DH}$ : 地表面의 水平面直達日射量 [ $\text{Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ]

b, c: 太陽高度別 實驗常數

③ 天空擴散日射의 發光效率 ( $\eta_d$ )

$$\eta_d = \eta_o \cdot d \quad \dots\dots\dots \text{式 (2-22)}$$

단 d : 太陽高度別 實驗常數

(表 2-1)은 各實驗常數에 對한 太陽高度別 값이다.

(TABLE 2-1) Coefficient of Regressive Equation

SIN h	0-0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8-1.0
a	0.961	1.147	1.225	1.258	1.347
b	0.191	0.449	0.286	0.059	0.040
c	0.524	0.768	0.965	1.125	1.328
d	1.051	1.339	1.376	1.364	1.345

그결과, 日射의 各成分에 對한 發光效率을 太陽高度別로 求한 값이 각각 (表 2-2-a), (表 2-2-b), (表 2-2-c)이다.

(TABLE 2-2-a) 全天日射의 發光效率 [ lm/W ]

SIN h	0 - 0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8-1.0
$\gamma_T$	90.0	107.5	114.8	117.9	126.2

(TABLE 2-2-b) 直達成分의 發光效率 [ lm/W ]

$k_{DR}$ SIN h	0 - 0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8-1.0
0.1	50.9	76.2	93.1	106.0	124.1
0.3	54.5	84.6	98.5	107.1	123.3
0.5	58.0	93.0	103.8	108.2	122.6
0.7	61.6	101.4	109.2	109.3	121.8

(TABLE 2-2-c) 天空成分의 發光效率 [ lm/W ]

SIN h	0 - 0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8-1.0
$\gamma_d$	98.5	125.5	128.9	127.8	126.0

## 2) T. KUSUDA의 實驗

美國 NBS(National Bureau of Standards)의 T.Kusuda는 앞서 記述한 宿谷·木村과 마찬가지로 日射量과 外部水平面照度를 同時에 測定하여 晝光의 發光效率을 日射의 各成分別로 求하였다. Kusuda가 題案한 式의 형태가 宿谷·木村의 式과 다른점은 宿谷·木村은 發光效率을 太陽高度別로 求한 반면 T.Kusuda는 Cloud Ratio(CR)을 變數하여 求한 것이다.

Cloud Ratio는 측정된 全天日射量에 對한 天空日射量의 比로서

式(2-23)으로 나타낸다.<sup>1)</sup>

$$\text{Cloud Ratio (CR)} = \frac{I_{SH}}{I_{TH}} \dots\dots\dots \text{式(2-23)}$$

단  $I_{TH}$  : 水平面全天日射量 [Kcal / m<sup>2</sup>·h]

$I_{SH}$  : 水平面天空日射量 [Kcal / m<sup>2</sup>·h]

다음은 各日射成分別 發光效率의 實驗式을 나타낸다.

① 全天日射의 發光效率 ( $\eta_T$ )

$$\eta_T = 105 + (CR \cdot 14) [lm/W] \dots\dots\dots \text{式(2-24)}$$

② 直達日射의 發光效率

$$\eta_D = 105 [lm/W] \dots\dots\dots \text{式(2-25)}$$

③ 天空擴散日射의 發光效率 ( $\eta_d$ )

$$\eta_d = 119 [lm/W] \dots\dots\dots \text{式(2-26)}$$

外部水平面天空照度の 推定에 利用되는 天空擴散日射의 發光效率에 대한 實驗結果 宿谷·木村은 98.5 ~ 126 [lm/W], KUSUDA는 119 [lm/W]로 發表하여 두 實驗結果가 거의 비슷한 것을 알 수 있다.

---

1) T. KUSUDA : Solar Radiation and Illumination, 1981年, NBS TECHNICAL NOTE 1148.

## 2-2. 人 工 照 明

### 2-2-1. 設 計 條 件

#### 1. 概 要

室內照明計劃을 행할 경우, 量的인 문제 즉 照度의 높이, 照度의 分布등을 適定하게 함과 동시에, 質的인 문제로서 빛의 擴散性 演色性, 照明效果등에 대해서도 충분한 고려가 必要하다.<sup>1)</sup> 다음은 照明設計時 고려해야 할 항목中 定量的인 것을 설명한다.

#### 2. 照 度

照度는 視力에 많은 영향을 주며, 조도가 증가할 수록 비례적으로 視力도 증가한다. 여러종류의 作業에 대한 理想的인 照度는 經驗에 의해 定해져 있다. <表 2-3>은 各種建物の 所要照度を 보인 것이다.

#### 2. 照度分布

作業面上에서 明暗의 차이가 크면 作業者가 피로해지기 쉬우므로 作業面上의 照度分布는 가능한한 均齊度 (Uniformity of Illumination)가 높은 것이 좋다. 均齊도는 作業面上 照度の 최고치에 대한 최저치의 比로서 式(2-27)로 나타낸다.

$$UI = \frac{E_{min}}{E_{max}} \dots\dots\dots \text{式(2-27)}$$

단 UI : 均齊도 [ - ]

---

註 1) 渡邊要 : 建築計劃原論, p 325.

(表 2-3) 各種建物の 主要構造

기준조도 [Lux]	공 장	사무실	병 원	학 교	주 택	극장, 영화 관, 오락장	호텔, 여관	경기장
700 ~ 1500	超精密作業	실제타계 제도프산	部구製 검치 만 열사 도어 선제 제일 반사	정밀실 정밀 계 검 수 조 교 수 세 관	재 공 동 재	-	-	公式競技
300 ~ 700		직 밀 작 업 組 검 사	람 선 사 도 어 사 선 제 제 일 반 사	診 사 제 사 검 실 사 검 수 조 교 수 세 관	부 서 방 공 동 재	소 형 ball 사 용 하 제 임 물 는	회 계 사 무 실	일 반 경 기
150 ~ 300	보 통 작 업 配 일 반 塗 裝	회 의 점 식 당 화 조	대 의 제 스 찰 치 기 지 치	일 반 교 실 원 의 운 동 실 연 講 교 회 실	타 리 장 사 란 세 조 화 식 오	부 장 매 주 점 관 입 출 매	트 실 관 리 위 울 문 무 조 리 거 울 프 사 현 식 책 식 책	일 반 경 기 일 레 크 리 에 이 션
70 ~ 150	粗 작 업 精 작 연 리	다 육 쟁 의	室 診 問 診 치 독 불 리 소 병 암	실 실 단 실 관 리 커 제 계 장 관 복 부 화 강	실 재 실 실 실 점 동 목 실 거 서 운 아 식 당	실 실 단 실 실 사 계 계 면 장 영 기 복 제 화	실 실 실 실 비 소 라 로 비 소	
30 ~ 70	전	차 고 석	-	바 스 코 트 장 우 외 운 동 구 내	현 관 , 복 도 관 , 부 도 관 , 차 고 관 , 침 실 , - - -	관 비 객 석 단 상 - - - 관 비 객 석 단 ( 상 영 중 )	정 원 , 비 소 , 통 로 , 계 단 , - - -	관 람 석
15 ~ 30	-	차 고 석	-	바 스 코 트 장 우 외 운 동 구 내	현 관 , 복 도 관 , 부 도 관 , 차 고 관 , 침 실 , - - -	관 비 객 석 단 상 - - - 관 비 객 석 단 ( 상 영 중 )	정 원 , 비 소 , 통 로 , 계 단 , - - -	관 람 석
7 ~ 15	-	차 고 석	-	바 스 코 트 장 우 외 운 동 구 내	현 관 , 복 도 관 , 부 도 관 , 차 고 관 , 침 실 , - - -	관 비 객 석 단 상 - - - 관 비 객 석 단 ( 상 영 중 )	정 원 , 비 소 , 통 로 , 계 단 , - - -	관 람 석
3 ~ 7	-	차 고 석	-	바 스 코 트 장 우 외 운 동 구 내	현 관 , 복 도 관 , 부 도 관 , 차 고 관 , 침 실 , - - -	관 비 객 석 단 상 - - - 관 비 객 석 단 ( 상 영 중 )	정 원 , 비 소 , 통 로 , 계 단 , - - -	관 람 석
1.5 ~ 3	-	차 고 석	-	바 스 코 트 장 우 외 운 동 구 내	현 관 , 복 도 관 , 부 도 관 , 차 고 관 , 침 실 , - - -	관 비 객 석 단 상 - - - 관 비 객 석 단 ( 상 영 중 )	정 원 , 비 소 , 통 로 , 계 단 , - - -	관 람 석

1) 池 哲 根 : 建 築 電 氣 設 備 , 1982 年 , 文 運 堂 , p38.

단  $M_{min}$  : 최저조도 [Lux]

$M_{max}$  : 최고조도 [Lux]

균제도는 室內全體에서 1/10 이상, 국부적인 同一作業범위에서는 1 / 1.5 이상을 유지하는 것이 좋다.<sup>1)</sup>

## 2-2-2. 人工照明 計算法

### 1. 개요

室內에서의 人工照明에 의한 照度を 계산하는 방법으로는 光束法(Lumen Method)과 遂點法(Point-by-Point Method)의 두 종류가 있다.

光束法은 室內照度器具로부터 直接·間接照度の 作業面上 平均値를 한번에 구하는 方法으로서, 比較的 넓은 事務室이나 教室, 工場 등 均一한 照度分布를 유지해야 하는 장소에서의 全般照明計算에 利用된다.

遂點法은 照明器具에 의한 直接照度を 各受照點별로 구하고, 室內各 表面間의 相互反射成分은 作業면상의 平均치를 구하여 直接照도에 가산해 주어 各受照點의 照度を 계산하는 方法으로서, 照도가 不均一 하게 되어 있는 장소나, 局部照明의 계산에 이용된다.<sup>2)</sup>

---

註 1) 日本建築學會 : 採光設計, 1974年, 彰國社, p24.

2) 松浦邦男 : 建築照明, 1971年, 共立出版(株), p132.



## 2. 光 束 法

### 1) 平均照度 및 照明器具數

실내작업면의 全照도가 室全體에서 均일하게 하기 위하여 조명기구를 골고루 분산배치하는 全般照明方式에서는 작업면상 全照도의 평균치 E를 式(2-28)로 구할 수 있으며, 設計照도를 E로 할 경우 기구수 N은 式(2-30)로 구한다.<sup>1)</sup>

$$E = \frac{N \cdot F \cdot U \cdot M}{A} \dots\dots\dots \text{式(2-28)}$$

$$N = \frac{E \cdot A}{F \cdot U \cdot M} \dots\dots\dots \text{式(2-29)}$$

단, N : 室內램프의 총수 [ 개 ]

F : 램프 한개로부터의 光束 [ l m ]

U : 조명율 [ % ]

M : 조명기구의 보수율 [ % ]

A : 室바닥면적 [ m<sup>2</sup> ]

### 2) 照明率 (Coefficient of Utilization, U)

작업면에 도달하는 光束은 直射에 의한 것 외에 실내면의 相互反射에 의한 것도 있다. 이들의 합이 光源이 發散하는 光束의 몇 %에 해당하는가를 나타내는 것이 조명율로서 式(2-30)으로 表現된다.<sup>2)</sup>

---

1) 松浦邦男: 建築照明, 1971年, 共立出版社, p132.

2) 渡邊要: 建築計劃原論 I, 1975年, 丸善(株), p344.

$$U = \frac{F_i}{F_o} = \frac{F_d + F_r}{F_o} \dots\dots\dots \text{式 (2-30)}$$

단,  $F_i$  : 作業面에 도달하는 全光束 [lm]

$F_o$  : 조명기구로부터의 光束[lm]

$F_d$  : 直射에 의한 光束 [lm]

$F_r$  : 相互反射에 의한 光束 [lm]

### 3) 室指數 (Room Index, R)

光源으로부터 作業面에 직접 도달하는 빛은 室길이에 비해서 천정이 낮을때 커지고, 天井의 높이가 높을수록 작게 된다.

光源으로부터 反射되어 오는 빛도 光源의 높이에 의해 변화한다.

이러한 室길이, 室幅 및 光源의 높이에 대한 관계를 나타 내는 것이 室指數로서 式(2-31)로 구한다.<sup>1)</sup>

$$R = \frac{XY}{H(X+Y)} \dots\dots\dots \text{式 (2-31)}$$

단, X : 室길이 (Room Length) [ m ]

Y : 室幅 (Room Width) [ m ]

H : 作業面으로부터 光源까지의 높이 [ m ]

### 4) 保守率 (Maintenance Factor, M)

램프는 사용시간이 경과함에 따라서 光束이 감소하고, 램

---

註 1) 松浦邦男 : 照明の事典, 1981年, 朝倉書店, p77.

프와 조명기구의 오염 및天井, 벽, 바닥 등 室內表面의 反射率저하 등에 의해 受照面의 照도가 낮아진다. 그러므로 照明設計時 이와같은 照도저하를 보충하기 위해 照度計算時 보정계수를 가해서 그 값에 응하여 作業에 必要한 照도보다 높은 照도로 設計한다. 보정계수를 保守率이라 하며 式(2-32)로 표현된다.

$$M = \frac{E_t}{E_i} \dots\dots\dots \text{式(2-32)}$$

단,  $E_t$  : 照明器具의 청소 및 오래된 램프를 교환하기 직전의 조도 [Lux]

$E_i$  : 新設時의 照度(初期照度) [Lux]

이 보수율 M은 光束法에 의해 室의 평균조도와 광원수를 구하는 式에 사용되며, 照明器具의 형식, 램프의 종류 및 사용환경에 의해 변하지만 대개 0.85~0.65의 값이 채용되고 있다.<sup>1)</sup>

### 5) 조명기구의 배치 간격

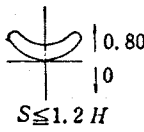
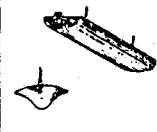
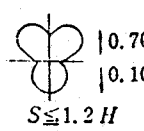
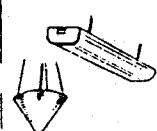
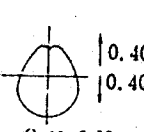
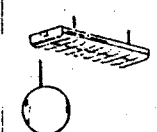
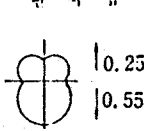
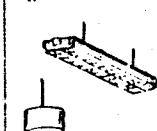
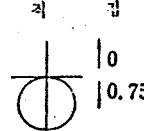
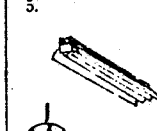
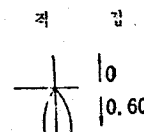
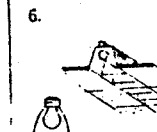
조명경제상 큰 광원을 적게 설치하면 유리하지만, 그렇게 하면 광원의 간격이 커지므로 照도의 均齊度가 떨어진다.<sup>2)</sup> 배치 간격에 대한 제한으로서 다음과 같은 거리로 균등하게 배치하는 것이 좋다.<sup>3)</sup>

註 1) 松浦邦男 : 照明의 事典, 1981年, 朝倉書店, p78.

2) 渡邊要 : 建築計劃原論 I, 1975, 丸善(株). p345.

3) 松浦邦男 : 建築照明, p138.

(表 2-4) 각 조명기구의 配光 및 照明率表<sup>1)</sup>

配光	燈器의 樣	실용보상 율(D) 보수상태			실용 보수율			0.75		0.50		0.30	
		上	中	下	양 구	조 명 율 U(%)							
						0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.1	0.5	0.1
간 점  $S \leq 1.2H$	1. 	전 구			J	16	13	11	12	10	08	06	05
		I	20	16	15	15	13	11	11	08	07		
		1.5 1.8 2.0			H	23	21	17	17	14	13	11	03
					G	23	23	21	20	17	15	11	10
					F	23	23	22	22	19	17	12	11
		형 광 등			E	32	29	26	27	19	18	12	12
					D	36	32	30	29	21	22	15	11
					C	33	35	32	23	24	16	15	15
		1.6 2.0 2.4			B	42	29	36	30	23	27	18	17
					A	44	41	39	33	36	29	19	13
반 간 점  $S \leq 1.2H$	2. 	전 구			J	18	14	12	14	11	08	08	07
		I	22	19	17	17	15	13	11	10	08	07	07
		1.4 1.5 1.8			H	25	22	19	20	17	15	12	10
					G	29	25	22	22	19	17	14	12
					F	32	23	25	21	19	15	11	11
		형 광 등			E	35	32	29	27	21	21	17	15
					D	39	35	32	21	20	21	18	13
					C	42	33	35	31	25	27	21	19
		1.6 1.8 2.0			B	46	42	39	34	31	25	21	21
					A	43	41	42	36	33	31	2	22
전반 확산  $S \leq 1.2H$	3. 	전 구			J	24	19	16	22	18	15	16	14
		I	29	25	22	27	23	21	23	21	21	19	19
		1.4 1.5 1.7			H	35	23	25	30	25	21	21	21
					G	37	32	29	33	29	25	23	21
					F	40	36	31	36	32	29	29	25
		형 광 등			E	47	43	36	46	36	33	22	20
					D	48	43	38	3	39	36	34	33
					C	51	46	42	45	41	38	37	34
		1.4 1.5 1.7			B	55	50	47	49	45	42	40	33
					A	57	53	49	51	47	44	41	40
반 격 점  $S \leq H$	4. 	전 구			J	26	22	19	21	21	18	19	17
		I	33	28	26	30	26	21	25	23	21	25	23
		1.3 1.5 1.7			H	36	32	30	33	30	28	28	26
					G	40	36	33	36	33	30	30	29
					F	43	39	35	39	35	33	33	31
		형 광 등			E	47	44	40	43	39	36	36	31
					D	51	47	43	46	42	40	37	37
					C	51	49	45	48	44	42	42	38
		1.3 1.5 1.7			B	57	53	50	51	47	45	43	41
					A	59	55	52	53	49	47	47	43
격 점  $S \leq 1.3H$	5. 	전 구			J	31	25	26	34	29	26	29	26
		I	43	35	35	42	37	35	37	35	37	34	34
		1.3 1.5 1.7			H	47	43	40	46	43	40	42	40
					G	50	47	44	49	46	43	45	43
					F	52	50	47	51	49	46	46	46
		형 광 등			E	58	55	52	57	54	51	53	51
					D	62	58	56	60	59	56	57	56
					C	61	61	58	62	60	58	59	58
		1.5 1.7 2.0			B	67	64	62	65	63	61	62	60
					A	68	66	61	66	64	66	64	63
격 점  $S \leq 0.9H$	6. 	전 구			J	63	63	32	29	27	32	29	27
		I	29	27	39	37	35	39	36	39	41	40	38
		1.4 1.5 1.7			H	36	34	42	40	39	41	40	38
					G	40	38	45	44	42	44	43	41
					F	42	41	48	46	44	46	44	43
		형 광 등			E	50	49	47	49	48	46	47	46
					D	51	51	50	52	51	49	50	49
					C	55	53	51	54	52	51	51	50
		1.4 1.6 1.8			B	56	51	54	55	53	52	52	52
					A	58	55	54	56	54	53	51	52

1) 池哲根: 建築電氣設備, p.46-p.47

기구상호간의 거리 :  $S = 1.5 H$  이하

벽과 기구간의 거리 :  $S_0$

벽을 사용하지 않을 때 :  $S_0 = S/2$  이하

벽을 사용할 때 :  $S_0 = S/3$  이하

(表 2-4)는 각 조명기구의 配光 및 조명율을 나타낸 것이다.<sup>1)</sup>

### 3. 遂 點 法

#### 1) 點 光 源

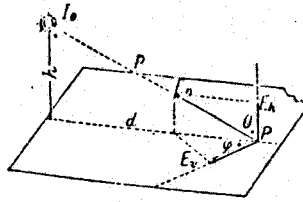
백열전등과 같은 소형광원에 의한 직접조도는 광원을 點이라고 생각하여 구할 수 있다. 光度  $I_0$  [cd]인 점광원의 法線照度は 광원에서 受照點까지의 거리  $P$  [m]의 2승에 반비례하고 (그림 2-6)에 나타난  $E_h$ ,  $E_v$  등의 각 조도는 법선조도도  $E_n$ 의 성분으로서 각각 다음과 같이 나타낼 수 있다.<sup>1)</sup>

$$E_n = I_0 / P^2 = I_0 / (d^2 + h^2) \dots\dots\dots \text{式(2-33)}$$

$$\begin{aligned} E_h &= E_n \cos \theta = I_0 / P^2 \cos \theta \\ &= I_0 \cdot h / (d^2 + h^2)^{3/2} \dots\dots\dots \text{式(2-34)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_v &= E_n \sin \theta \cdot \cos \varphi = I_0 / P^2 \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi \\ &= I_0 \cdot d / (d^2 + h^2)^{3/2} \cdot \cos \theta \dots\dots\dots \text{式(2-35)} \end{aligned}$$

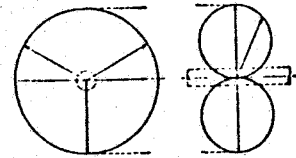
1) 渡邊要 : 建築計劃原論 I, p339-p340.



[그림 2-6] 점광원의 직접조도

2) 직선상 光源

형광등과 같이 가늘고 [그림 2-7]과 같은 配光을 갖는 等輝度完全확산성의 光源에 대해서 생각한다.



[그림 2-7]

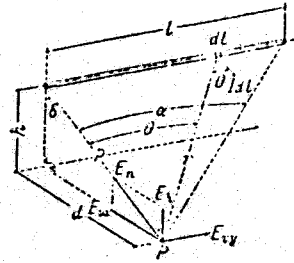
이 光源의 輝도가  $B[Sb]$ , 직경이  $D[m]$  일때 광원의 단위길이의 法線方向의 光度  $I$ 는  $BD$ 이다. 輝도는 光源의 全光束을  $F[lm]$  發光部の 길이는  $\ell[cm]$ ,  $B = (1/\pi) F / \pi D \ell [Sb]$ 이다.

FL-40-W에 있어서  $F = 2800[lm]$ ,  $D = 3.8[cm]$ ,  $\ell = 117.5[cm]$ 라 하면  $B \approx 0.6 Sb$ 가 된다. (表 2-5)는 백색 형광등의 실제 輝도값을 나타낸다.

(表 2-5) 백색형광등의 輝度

램프형식		光束 (lm)	輝度 (sb)
普通形	FL-15SW	800	0.93
	FL-15W	730	0.57
	FL-20W	1120	0.60
	FL-40W	2850	0.75
燈形	FCL-32W	1900	0.85
高出力	FL-60H1W	4150	1.13
	FL-110H1W	8400	1.06

[그림 2-8]에서 광원의 길이를  $l$ ,  $l$ 의 微小부분을  $d\ell$ , 광원의 단위길이의 法線方向으로의 光度를  $I$ 로 하면  $d\ell$ 부분에 있어서 P點의 法線照度  $dE_n$ 은 式(2-36)과 같이 된다.



[그림 2-8]

$$dE_n = I \cdot d\ell \cos \theta / r^2 \cdot \cos \theta \dots\dots\dots \text{式(2-36)}$$

이때  $l = P \tan \alpha$ ,  $d\ell = P \sec^2 \theta \cdot d\theta$ ,  $r = P \sec \theta$ 이므로 式(2-36)은 다음과 같이 된다.

$$dE_n = I \cos^2 \theta \cdot d\theta / P \dots\dots\dots \text{式(2-37)}$$

광원전체에 의한 P點의 法線照度는 式(2-37)을 적분하여 式(2-38)로 된다.

$$E_n = \frac{I}{P} \int_0^\alpha \cos^2 \theta \cdot d\theta = \frac{I}{2P} [\alpha + \sin \alpha \cdot \cos \alpha] \dots\dots\dots \text{式(2-38)}$$

式(2-39)에서  $\alpha = \tan^{-1}(\ell/P) = \tan^{-1}(\ell/\sqrt{h^2 + d^2})$

$$\sin \alpha \cos \alpha = (\ell / \sqrt{\ell^2 + h^2 + d^2}) (\sqrt{h^2 + d^2} / \sqrt{\ell^2 + h^2 + d^2})$$

$$\cos \delta = (h / \sqrt{h^2 + d^2})$$

$$\sin \delta = (d / \sqrt{h^2 + d^2}) \text{ 이므로 } E_n, E_{vx} \text{ 는 각각 다음과 같}$$

이 된다.

$$E_h = E_n \cos \delta = \frac{I}{P} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{h}{\sqrt{h^2 + d^2}} \tan^{-1} \frac{\ell}{\sqrt{h^2 + d^2}} + \frac{h \cdot \ell}{\ell^2 + h^2 + d^2} \right\} \right]$$

..... 式(2-39)

$$E_{v_x} = E_n \sin \delta = \frac{I}{P} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{d}{\sqrt{h^2 + d^2}} \tan^{-1} \frac{\ell}{\sqrt{h^2 + d^2}} + \frac{d \cdot \ell}{\ell^2 + h^2 + d^2} \right\} \right]$$

..... 式(2-40)

$\ell$ 의 미소부분  $d\ell$ 에 의한  $E_{v_y}$ 의 미소부분은 똑같이  $dE_{v_y} = (Id\ell \cos \theta / r^2) \sin \theta$ 이므로  $E_{v_y}$ 는 다음과 같이 된다.<sup>1)</sup>

$$E_{v_y} = \frac{I}{P} \int_0^\alpha \cos \theta \cdot \sin \theta \, d\theta = \frac{I}{2P} \sin^2 \alpha = \frac{I}{2P} \left[ \frac{\ell^2}{\ell^2 + h^2 + d^2} \right] \dots\dots$$

..... 式(2-41)

### 3) 帶狀光源

[그림 2-9]와 같은 경우에, 光源은 等輝度完全擴散性이고 法線方向으로의 單位길이 당 光度를  $I$ 라고 하면, 미소부분  $d\ell$ 에 의한 법선조도는 式(2-42)로 된다.

$$dE_n = [Id\ell (h/I)/r^2] \cos \theta \dots\dots\dots 式(2-42)$$

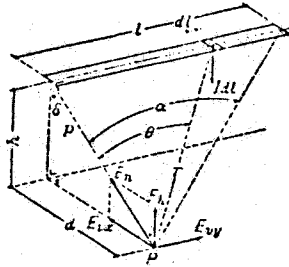
이때  $\ell = P \tan \alpha$ ,  $d\ell = P \sec^2 \theta \, d\theta$ ,  $r = P \sec \theta$ ,  $P = \sqrt{h^2 + d^2}$ 이므로 光源全體에 의한 법선조도  $E_n$ 은 式(2-44)로 된다.

$$E_n = (I \cdot h / P^2) \int_0^\alpha \cos^2 \theta \, d\theta = (Ih / 2P^2) [\alpha + \sin \alpha \cdot \cos \alpha] \dots\dots 式(2-43)$$

---

註 1) 渡邊要 : 建築計劃原論I, P 340 ~ p341.





[그림 2-9] 帶狀光源에 의한 직접조도

그리고  $\alpha$ ,  $\sin \alpha$ ,  $\cos \alpha$ ,  $\sin \delta$ ,  $\cos \delta$  는 직선상광원의 경우와 同一하므로  $E_h, E_{vx}$  는 각각 다음과 같이 된다.

$$E_h = E_n \cos \delta = \frac{Ih}{P^2} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{h}{\sqrt{h^2 + d^2}} \tan^{-1} \frac{h \cdot \ell}{\sqrt{h^2 + d^2}} + \frac{h \cdot \ell}{h^2 + d^2 + \ell^2} \right\} \right] \dots \dots \dots \text{式(2-44)}$$

$$E_{vx} = E_n \sin \delta = \frac{Ih}{P^2} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{d}{\sqrt{h^2 + d^2}} \tan^{-1} \frac{\ell}{\sqrt{h^2 + d^2}} + \frac{d \cdot \ell}{h^2 + d^2 + \ell^2} \right\} \right] \dots \dots \dots \text{式(2-45)}$$

그리고  $\ell$  의 미소부분  $d\ell$  에 의한  $E_{vy}$  의 미소부분은  $dE_{vy} = [I \cdot d\ell (h/r) / r^2] \sin \theta$  이므로  $E_{vy}$  는 아래와 같이 된다."

$$\begin{aligned} E_{vy} &= \frac{Ih}{P^2} \int_0^\alpha \sin \theta \cdot \cos \theta \, d\theta = \frac{Ih}{2P^2} \sin^2 \alpha \\ &= \frac{Ih}{2P^2} \left[ \frac{\ell^2}{h^2 + d^2 + \ell^2} \right] \dots \dots \dots \text{式(2-46)} \end{aligned}$$

註 1) 渡邊要 : 建築計劃原論 J, P. 342.

## 第3章 室內照度計算 電算프로그램의 作成

### 3-1 概要

建築照明理論에 의해 手計算으로 室內受照點의 照度を 하는 것은 매우 복잡하므로 建築物에 기본계획단계에서 여러가지 계획안에 대해서 光環境을 신속하고 정확하게 평가 하는데는 컴퓨터를 使用 하는 것이 바람직 하다.

美國의 경우 美國에너지省의 DOE-2 프로그램과 University of California, Berkley 의 Superlite Daylighting Program 및 TI-59 Calculator 를 使用하는 Quicklite 1 프로그램이 있으며, Massachusetts of Technology 에서는 APPLE-II Plus 와 IBM-PC를 使用한 MICROLITE I 프로그램등이 개발되어 自然採光設計에 利用되고 있다.' 現在 이러한 프로그램들은 人工天空 (Simulated Sky Dome) 에서의 模型實驗에 의해 그 타당성이 입증되어 있다.

本研究에서는 NEC-PC8001 mk II 의 N-80 BASIC 언어를 使用하였다.

### 3-2 晝光率計算 電算프로그램

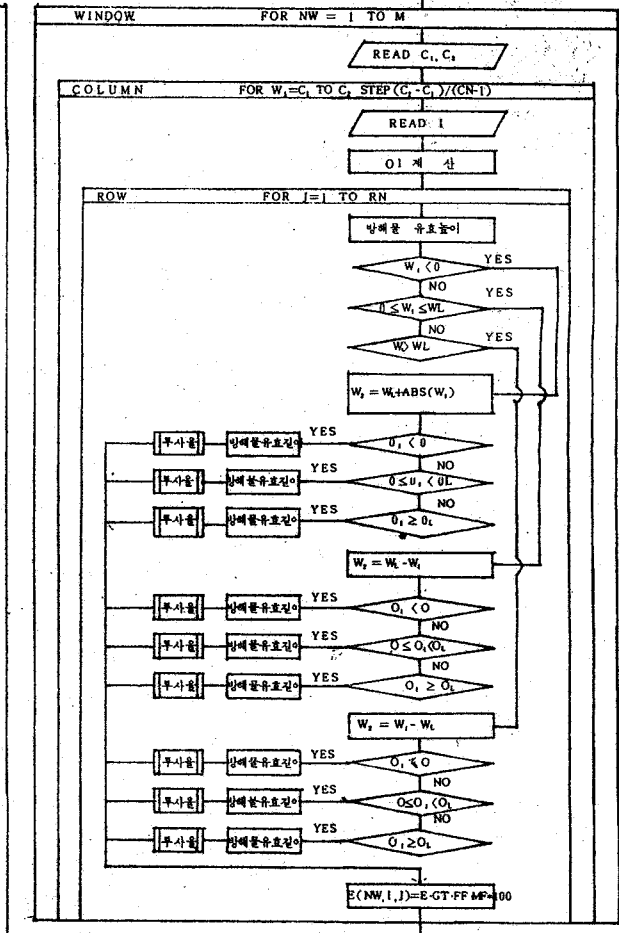
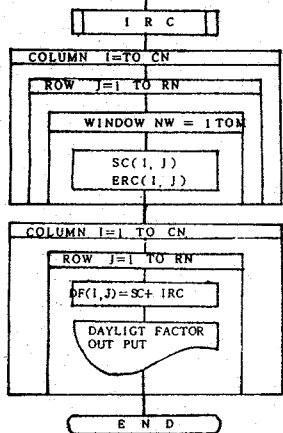
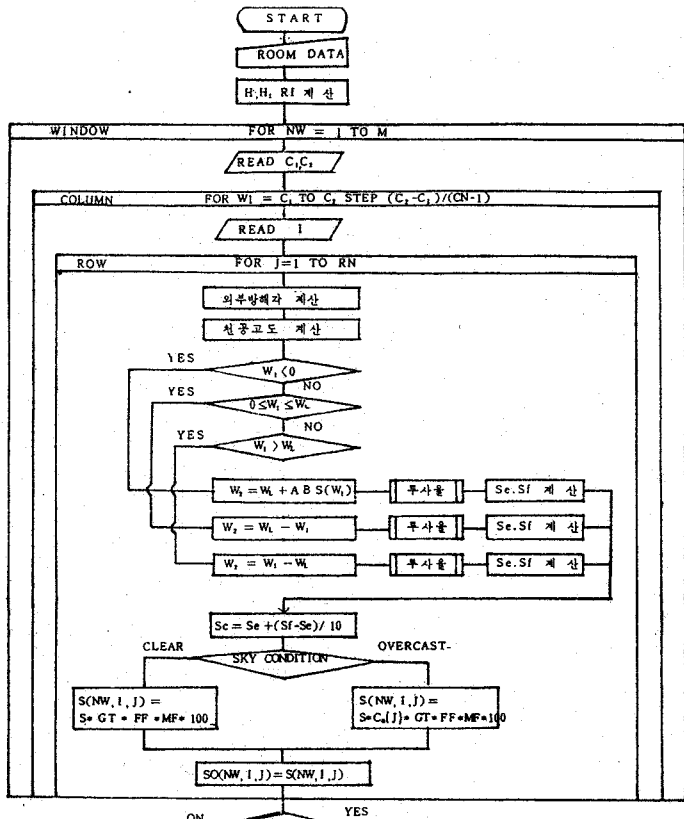
本 研究에서는 晝光率에對한 既存理論式을 정리하여 프로그램化 하였다. 本프로그램에서는 既存理論式中 한정된 경우에만 적용될 수 있는式을 圖解를 통하여 一般化 하므로써 計算의 편의와 精度를 높이고자 했다. 例로서, 受照點이 移動함에 따라서 變

---

註 1) International Daylighting Conference : Workbook of Daylighting Design Tools Workshop, 1983 年

여백 페이지

*This page is intentionally left blank.*



(그림 3-1) 日光計算 프로그램의 흐름도

여백 페이지

*This page is intentionally left blank.*

動하는 상황, 즉, 벽체두께에 의한 窓有效面積의 감소를 비롯하여 外部防害物의 有效面積의 變動을 신속·정확하게 구할수 있도록 하였다. [그림 3-1]은 晝光準計算 프로그램의 흐름도이다.

먼저 室緒元과 窓前面에 外部防害物이 있을경우, 그 위치와 緒元은 入力하면 각각의 窓을 통한 受照點에서의 天空成分을 計算한다음 外部防害物에 의한 外部反射成分을 計算하게 된다. 그리고 光束法에 의해 室內相互反射成分을 計算하여 이들 세成分의 合인 晝光準을 出力한다.

### 3-2-1 天空成分 (SC)

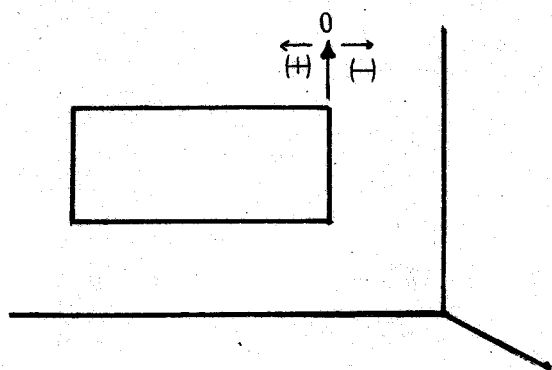
#### 1. 立體角投射率公式의 一般化

第2章에서 說明한 投射率公式은 受照點으로부터 窓側壁에 그은 垂線이 정확하게 窓面의 한쪽 모서리에 닿을경우에 적용될수 있지만, 실제의 경우 位置가 固定된 窓에 對해서 受照點의 位置가 移動함에 따라서 受照點으로 부터의 垂線이 窓側壁과 교차하는點이 달라지게 된다.

그러므로 投射率公式을 一般的인 경우에 적용하기 위하여 [그림 3-2]와 같이 窓의 右側端을 基線으로하여 受照點으로부터의 垂線이 基線보다 右側에 올때와 左側에 올때를 구분 하였다. 즉, 교차점이 基線의 右側에 있을때 基線으로부터 교차점까지의 수평거리를 (-)  $W_1$  左側에 있을때를 (+)  $W_1$  으로 하였다. 또한 교차점이 基線의 左側에 있을경우에는 窓 사이에 있을때와 窓左側端보다 左側에 있을때로 구

분 하였다.

投射率公式中  $y$  는 受照點으로부터 面光源 上端까지의 높이를 나타 내는 것으로서, 受照點의 室바닥面上 높이 (Workplane Height, PH), 窓높이 (Window Height, WH) 및 窓턱 높이 (Window Sill Height, SH)에 따라 달라진다. 이 경우 受照點높이가 窓턱높이 보다 낮은 경우와 높은 경우, 그리고 窓턱높이와 一致하는 경우의 3가지로 구분하였다.

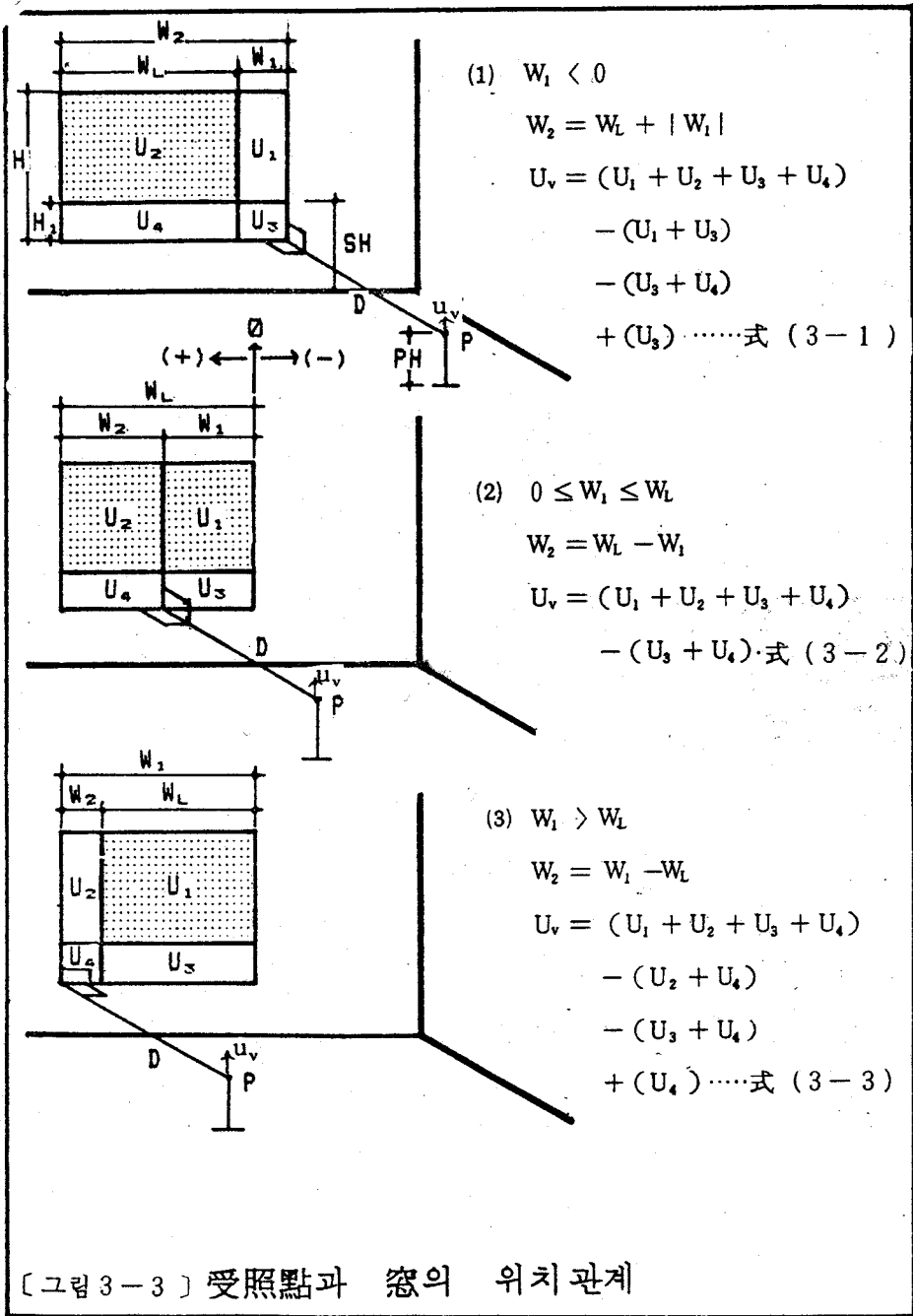


[그림 3-2] 窓과受照點의水平거리

[그림 3-3]은 受照點 높이가 窓턱높이 보다 낮은 경우 窓과 受照點의 位置관계別 投射率 計算原理를 說明한 것이다.

## 2. 壁體두께로 因한 窓有效面積의 감소

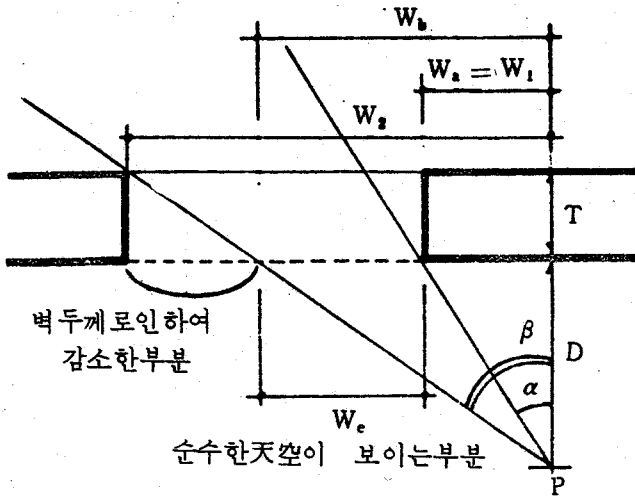
窓을 통한 순수한 天空成分의 投射率은 壁體두께와 受照點의 位置에 따라 달라진다. 보통 手計算 경우 計算의 편의를 위하여 고려하지 않는 경우가 많으나, 컴퓨터를 使用 할 경우 窓有效面積의 감소는, 受照點이 窓과 平行하게 左右로 移動함에 따른 有效길이의 變化와, 受照點이 窓面과 垂直한 方向으로 前後로 移動함에 따른 有效높이의 變化를 고려할 수 있다. 먼저, 窓有效길이 감소에 對해서는 窓面이 室內壁面에 위치 하는 것으로 하여, 앞서 언급한 受





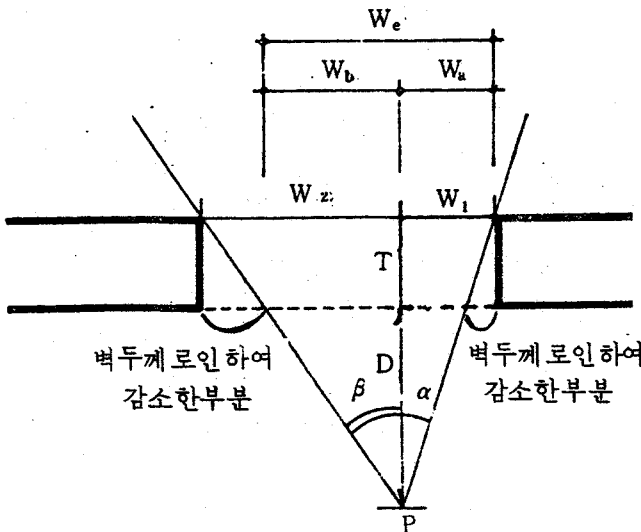
照點과 窓面의 거리에 따른 窓有效높이의 변화를 計算할 수 있는 一般式을 作成 하였다.

[그림 3-4-a] ~ [그림 3-4-c]는 受照點 位置別 窓有效길이의 說明圖와 一般式을 나타 낸다.



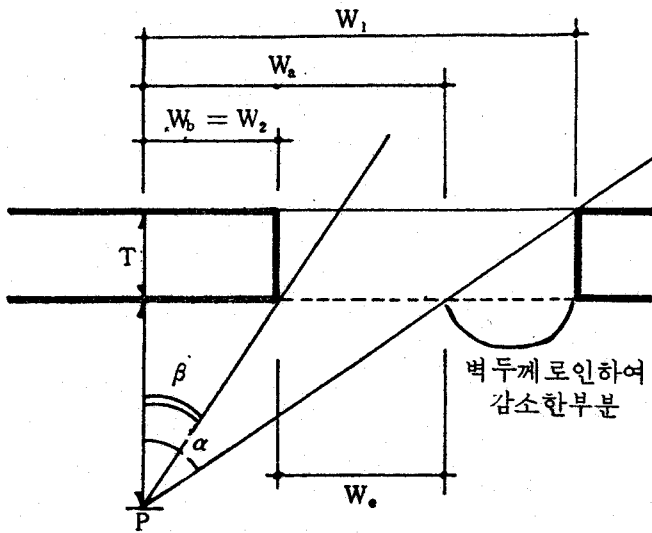
(1)  $W_1 < 0$   
 $W_2 = W_L + |W_1|$   
 $\beta = \tan^{-1}(W_2 / (D + T))$   
 $W_a = |W_1|$   
 $W_b = D \tan \beta$   
 $W_e = W_b - W_a$  단  $W_b \geq W_a$   
 .....式 (3-4)

[그림 3-4-a]  $W_1 < 0$  일때 窓有效길이 ( $W_e$ )



(2)  $0 \leq W_1 \leq W_L$   
 $W_2 = W_L - W_1$   
 $\alpha = \tan^{-1}(|W_1| / (D + T))$   
 $\beta = \tan^{-1}(W_2 / (D + T))$   
 $W_a = D \cdot \tan \alpha$   
 $W_b = D \cdot \tan \beta$   
 $W_e = W_a + W_b$  .....式 (3-5)

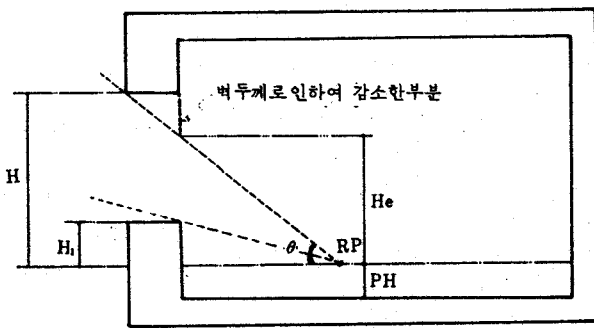
[그림 3-4-b]  $0 \leq W_1 \leq W_L$  일때 窓有效길이 ( $W_e$ )



- (3)  $W_1 > W_L$   
 $W_2 = W_1 - W_L$   
 $\alpha = \tan^{-1} (W_1 / (D + T))$   
 $W_a = D \cdot \tan \alpha$   
 $W_b = W_2$   
 $W_e = W_a - W_b$  단  $W_a \geq W_b$
- 단  $W_L$  : 窓길이 (m)  
 $T$  : 벽체두께 (m)  
 $D$  : 窓으로부터受照點까지의 거리 (m)  
 $W_e$  : 窓의 有效길이 (m)

[그림 3-4-C]  $W_1 > W_L$  일때 窓有效길이 [ $W_e$ ]

[그림 3-5] 는 受照點과 窓과의 거리에 따른 窓有效높이의 計算을 위한 說明圖를 나타낸것이며, 一般式은 다음과 같다.



- $\theta = \tan^{-1} H / (D + T)$   
 $H_e = D \cdot \tan \theta \dots$  式 (3-7)
- 단  $H_e \geq H_1$
- $H_e$  : 窓有效높이  
 $PH$  : 受照面높이

[그림 3-5] 窓有效높이說明圖

이와 같이 壁體두께로 인한 순수한 天空成分의 감소를 고려 할 경우 감소한 부분의 輝度는, 먼저 순수天空成分으로 計算한 後에 1/10 을 곱하여 受照點에서의 天空成分으로 計算한다.

以上과 같이 窓의 有效面積을 고려한 各 受照點에서의 天空成分 計算式을 그림을 使用하여 說明하면 다음과 같다.

1)  $W_1 < 0$  일때

[그림 3-3], [그림 3-4-a], [그림 3-5], [그림 3-6] 으로부터

$$H = SH + WH - PH$$

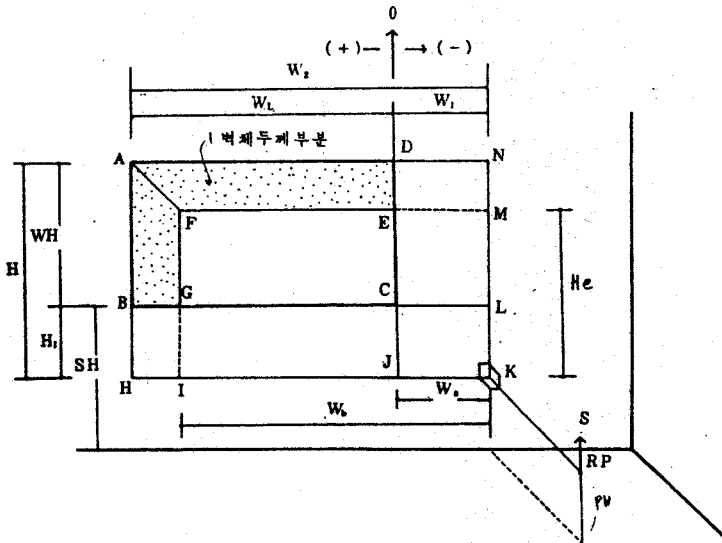
$$H_1 = SH - PH \quad \text{단 } H_1 \geq 0$$

$$W_2 = W_L + |W_1|$$

$$\beta = \tan^{-1} (W_2 / (D+T))$$

$$W_a = |W_1|, W_b = D \cdot \tan \beta \quad \dots \text{式 (3-8)}$$

$$\text{단 } W_b \geq W_a$$



[그림 3-6]

이때 投射率計算式은 다음과 같다.

$$\square \text{ (DJKN)} \rightarrow S_1 = \left( \text{Tan}^{-1} \frac{|W_1|}{D} - \frac{D}{\sqrt{H^2 + D^2}} \right) \cdot \left( \text{Tan}^{-1} \frac{|W_1|}{\sqrt{H^2 + D^2}} \right) \cdot \frac{1}{2\pi} \dots \text{式 (3-9)}$$

$$\square \text{ (AHKN)} \rightarrow S_2 = \left( \text{Tan}^{-1} \frac{W_2}{D} - \frac{D}{\sqrt{H^2 + D^2}} \right) \cdot \left( \text{Tan}^{-1} \frac{W_2}{\sqrt{H^2 + D^2}} \right) \cdot \frac{1}{2\pi} \dots \text{式 (3-10)}$$

$$\square \text{ (CJKL)} \rightarrow S_a = \left( \text{Tan}^{-1} \frac{|W_1|}{D} - \frac{D}{\sqrt{H_1^2 + D^2}} \right) \cdot \left( \text{Tan}^{-1} \frac{W_2}{\sqrt{H_1^2 + D^2}} \right) \cdot \frac{1}{2\pi} \dots \text{式 (3-11)}$$

$$\square \text{ (BHKL)} \rightarrow S_b = \left( \text{Tan}^{-1} \frac{W_2}{D} - \frac{D}{\sqrt{H_1^2 + D^2}} \right) \cdot \left( \text{Tan}^{-1} \frac{W_a}{\sqrt{H_1^2 + D^2}} \right) \cdot \frac{1}{2\pi} \dots \text{式 (3-12)}$$

$$\square \text{ (EJKM)} \rightarrow S_3 = \left( \text{Tan}^{-1} \frac{W_a}{D} - \frac{D}{\sqrt{H_e^2 + D^2}} \right) \cdot \left( \text{Tan}^{-1} \frac{W_a}{\sqrt{H_e^2 + D^2}} \right) \cdot \frac{1}{2\pi} \dots \text{式 (3-13)}$$

$$\square \text{ (FIKM)} \rightarrow S_4 = \left( \text{Tan}^{-1} \frac{W_a}{D} - \frac{D}{\sqrt{H_e^2 + D^2}} \right) \cdot \left( \text{Tan}^{-1} \frac{W_b}{\sqrt{H_e^2 + D^2}} \right) \cdot \frac{1}{2\pi} \dots \text{式 (3-14)}$$

$$\square \text{ (CJKL)} \rightarrow S_x = \left( \text{Tan}^{-1} \frac{W_a}{D} - \frac{D}{\sqrt{H_1^2 + D^2}} \right) \cdot \left( \text{Tan}^{-1} \frac{W_a}{\sqrt{H_1^2 + D^2}} \right) \cdot \frac{1}{2\pi}$$

$$\frac{1}{2\pi} \dots \text{式 (3-15)}$$

$$\square (\text{GIKL}') \rightarrow S_y = \left( \text{Tan}^{-1} \frac{W_b}{D} - \frac{D}{\sqrt{H_1^2 + D^2}} \right) \cdot \left( \text{Tan}^{-1} \frac{W_b}{\sqrt{H_1^2 + D^2}} \right)$$

$$\frac{1}{2\pi} \dots \text{式 (3-16)}$$

天空率의 計算式은 다음과 같다.

$$S_e = (S_s - S_s) - (S_y - S_x) \quad \text{단 } S : \text{外部防害物이 없을 때}$$

$$S_f = (S_2 - S_1) - (S_b - S_a) \quad \text{受照點의 天空率 [ \% ]}$$

$$S = S_e + (S_f - S_e) / 10 \quad S_e : \text{窓을 통한 순수한 天空率 [ \% ]}$$

$S_f$  : 벽체 두께를 고려하지

않았을 때의 天空率 [ \% ]

2)  $0 \leq W_1 \leq W_L$  일 때

[그림 3-3], [그림 3-4-b], [그림 3-5], [그림 3-7]로 부터

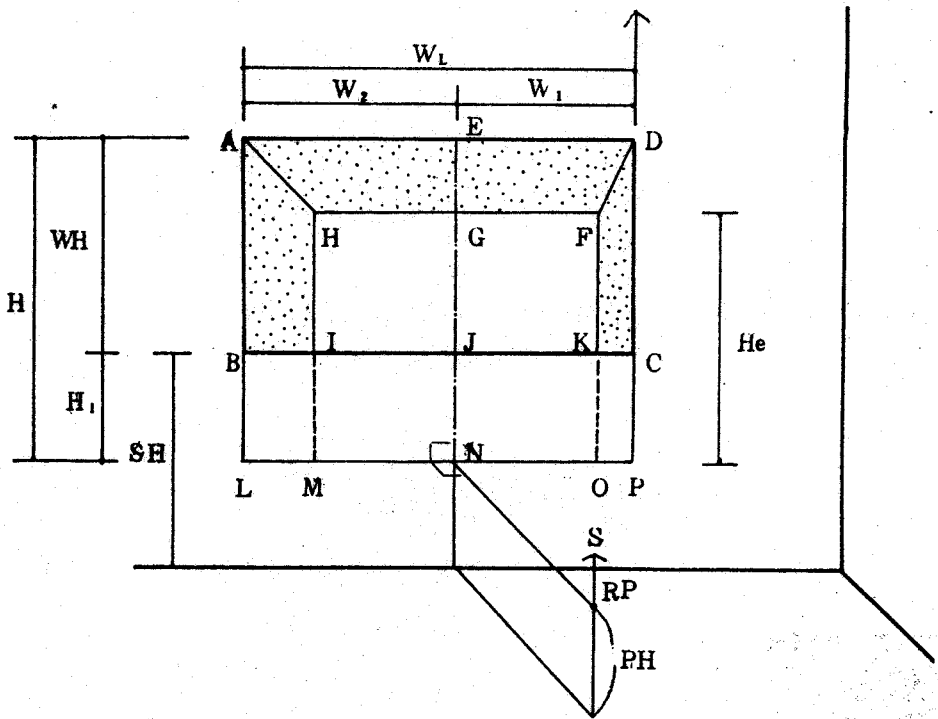
$$H = SH + WH - PH$$

$$H_1 = SH - PH \quad \text{단 } H_1 \geq 0$$

$$W_2 = W_L - W_1$$

$$\alpha = \text{Tan}^{-1} (W_1 / (D+T)) , \beta = \text{Tan}^{-1} (W_2 / (D+T))$$

$$W_a = D \cdot \text{Tan } \alpha , W_b = D \cdot \text{Tan } \beta$$



[ 그림 3-7 ]

이때 投射率計算은 式 (3-9) ~ 式 (3-16) 으로부터 다음과 같다.

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> (ENPD) → $S_1$ ; 式 (3-9)  | <input type="checkbox"/> (AHKN) → $S_2$ ; 式 (3-10) |
| <input type="checkbox"/> (JNPC) → $S_a$ ; 式 (3-11) | <input type="checkbox"/> (BLNJ) → $S_b$ ; 式 (3-12) |
| <input type="checkbox"/> (GNOF) → $S_3$ ; 式 (3-13) | <input type="checkbox"/> (HMNG) → $S_4$ ; 式 (3-14) |
| <input type="checkbox"/> (JNOK) → $S_x$ ; 式 (3-15) | <input type="checkbox"/> (IMNJ) → $S_y$ ; 式 (3-16) |

그리고 天空率의 計算式은 다음과 같다.

$$S_e = (S_3 + S_4) - (S_x + S_y)$$

$$S_f = (S_1 + S_2) - (S_a + S_b)$$

$$S = S_e + (S_f - S_e) / 10$$

3)  $W_1 > W_L$  일때

[그림 3-3], [그림 3-4-C], [그림 3-5], [그림 3-8]로부터

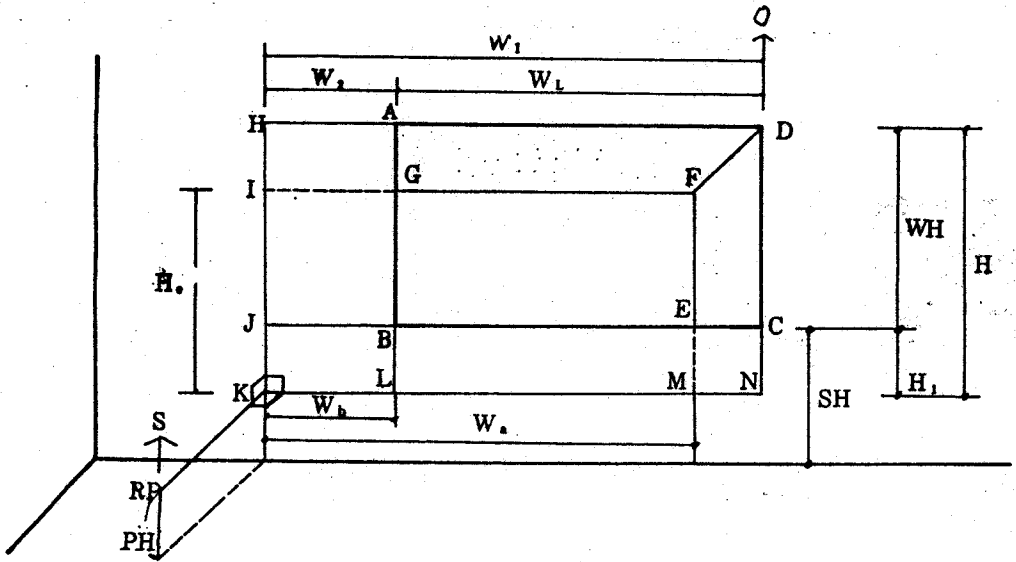
$$H = SH + WH - PH$$

$$H_1 = SH - PH \quad \text{단 } H_1 \geq 0$$

$$W_2 = W_1 - W_L$$

$$\alpha = \tan^{-1} (W_1 / (D+T))$$

$$W_a = D \cdot \tan \alpha, \quad W_b = W_2 \quad \text{단 } W_a \geq W_b$$



[그림 3-8]

投射率計算은式 (3-9) ~ (3-16) 을 사용하여 구한다.

□ (HKND) → S<sub>1</sub> ; 式 (3-9)

□ (HKLA) → S<sub>2</sub> ; 式 (3-10)

□ (JKNC) → S<sub>a</sub> ; 式 (3-11)

□ (JKLB) → S<sub>b</sub> ; 式 (3-12)

□ (IKMF) → S<sub>3</sub> ; 式 (3-13)

□ (IKLG) → S<sub>4</sub> ; 式 (3-14)

□ (JKME) → S<sub>x</sub> ; 式 (3-15)

□ (JKLB) → S<sub>y</sub> ; 式 (3-16)

그리고 天空率의 計算은 다음과 같다.

$$S_e = (S_3 - S_4) - (S_x - S_y)$$

$$S_f = (S_1 - S_2) - (S_a - S_b)$$

$$S = S_e + (S_f - S_e) / 10$$

以上과 같이 外部에 防害物이 없을때 各受照點의 位置別로 天空成分 計算을 위한 一般式을 作成하였다.

### 3. 曇天時의 天空輝度分布

外部天空輝度は 太陽高度와 天氣狀態에 따라서 時時刻刻 變動한다. 建築物에서 自然採光을 고려할 때 室內照度 확보에 가장 불리한 조건, 즉 外部水平面 照度와 室內晝光率이 최소로 되는 상태를 고려하게 된다. 이러한 상태로서 CIE 標準曇天空이 題案되어 있다. 이 상태에서 高度θ인 天空輝度와 天頂輝度の 관계는 다음과 같다.

$$\frac{B_\theta}{B_z} = \frac{1 + 2 \sin \theta}{3} \quad \dots\dots\dots \text{式 (3-17)}$$

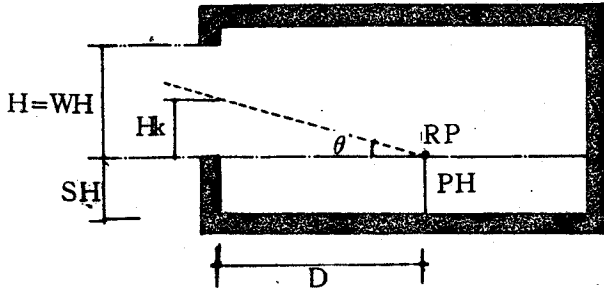
단, B<sub>θ</sub>; 高度θ인 천공의 휘도 [ cd/m<sup>2</sup> ]  
 B<sub>z</sub>; 天頂의 휘도 [ cd/m<sup>2</sup> ]

여기에서 受照點으로부터 窓中間높이를 통하여 보이는 天空의 高度를 구하기 위한 一般式을 作成하여 PROGRAM에 적용했다.

註 1) 日本建築學會 : 日本建築學會設計圖 べソフレッツト 16, 採光設計, 1974, 彰國社, p12.



[ 그림 3-9-a ] ~ [ 그림 3-9-c ] 는 天空高度에 對한 說明圖이다.



$$H_k = H / 2$$

$$\theta = \text{Tan}^{-1} (H_k / D)$$

단 H : 受照點으로부터 窓上  
端까지의 높이 [ m ]

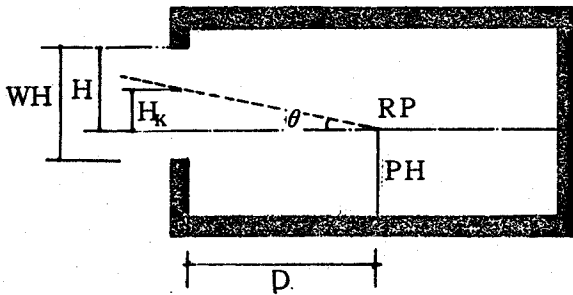
SH : 窓턱높이 [ m ]

WH : 窓높이 [ m ]

D : 窓壁內表面으로부터  
受照點까지의 거리 [ m ]

PH : 受照點의 바닥面上  
높이 [ m ]

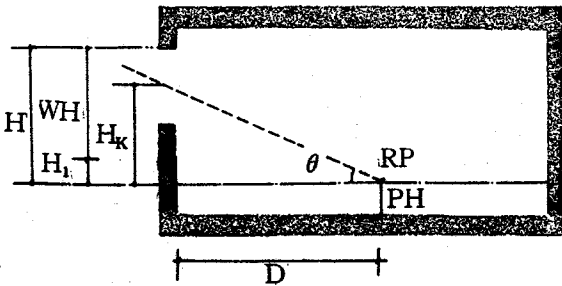
[ 그림 3-9-a ] PH = SH 일때 天空高度



[ 그림 3-9-b ] PH > SH 일때 天空高度

$$H_k = H / 2$$

$$\theta = \text{Tan}^{-1} (H_k / D)$$



[ 그림 3-9-c ] PH < SH 일때 天空高度

$$H_k = H_1 + WH / 2$$

$$\theta = \text{Tan}^{-1} (H_k / D)$$

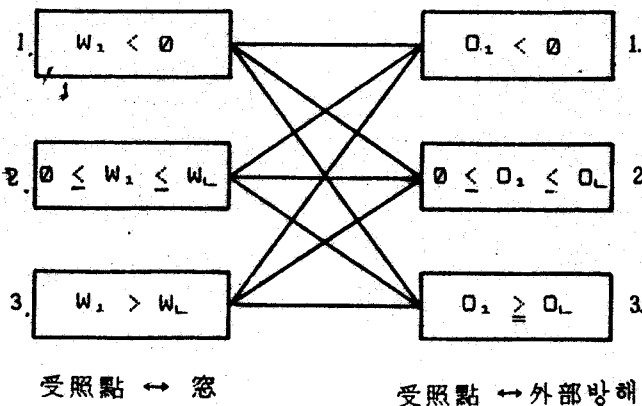
이때 (式 3 ~ 17) 의 값을 앞서 구한 天空率 S 에 代入 하면 CIE  
標準 疊天空에서의 天空成分을 구 할 수 있다.

### 3-2-2 外部反射成分 (ERC)

外部防害物로 부터의 外部反射成分의 계산은 天空成分의 投射率 計算時와 마찬가지로 投射率計算式을 利用한다. 都心地에 位置한 建物에서는 全體晝光率中 外部로 부터의 反射光이 큰 比重을 차지 하므로 計算의 精度를 높이기 위하여, 受照點의 位置移動에 의해 변동하는 外部防害物의 投射率을 여러 가지 경우를 고려하여 一般式을 作成하였다. 즉, 天空成分 計算時와 同一하게 防害物의 右側端을 基線으로 하여 受照點으로 부터 窓側壁에 그은 垂線의 延長線이 防害物 基線보다 右側에 있을때와 防害物中間에 올때, 그리고 防害物의 左側에 있을때를 고려하였다.

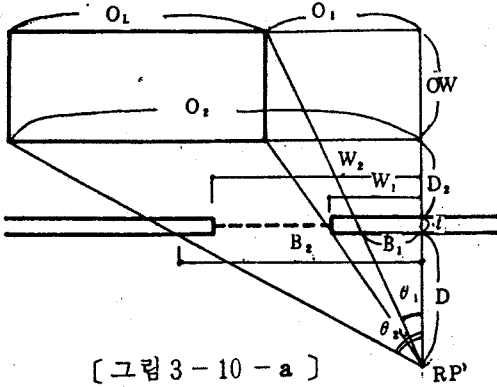
延長線이 防害物基線보다 右側에 올때, 基線으로 부터 延長線까지의 수평거리를 (-)이, 左側에 올때를 (+)이 으로 定했다. 그結果 受照點의 窓에 對한 位置관계와 防害物에 對한 位置관계로 부터 (表 3-1) 과 같은 9 가지 경우에 對해서 防害物의 有效길이를 計算하기 위한 式을 作成하였다.

(表 3-1) 受照點과窓및外部방해물의 위치관계

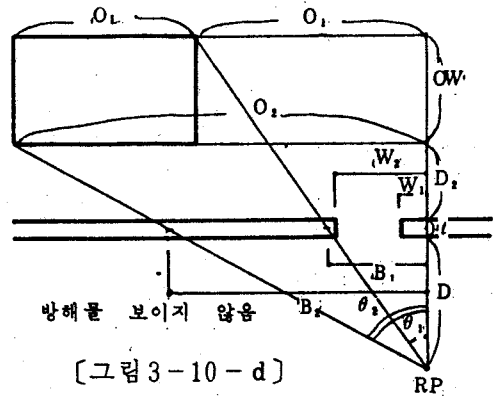


[그림 3-10-a]~  
[그림 3-18-e]은 外部防害物의 計算式작성 과정을 說明하는 것이며, (表 3-2) 는 그 結果 作成한 一般式이다.

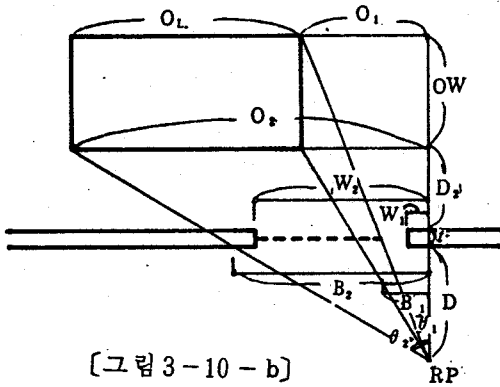
1.  $W_1 < 0, O_1 < 0$  일때



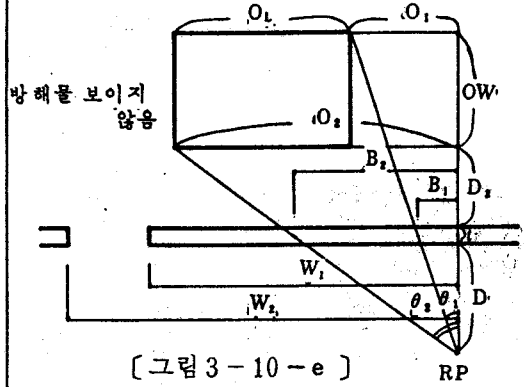
[그림 3-10-a]



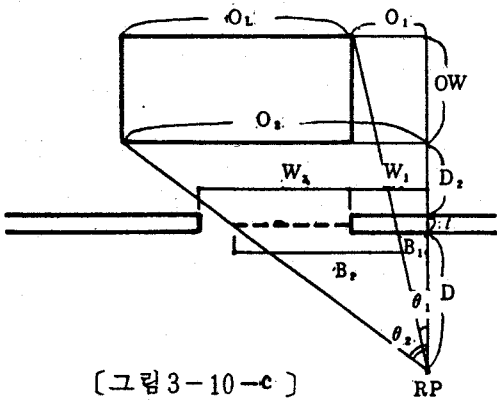
[그림 3-10-d]



[그림 3-10-b]

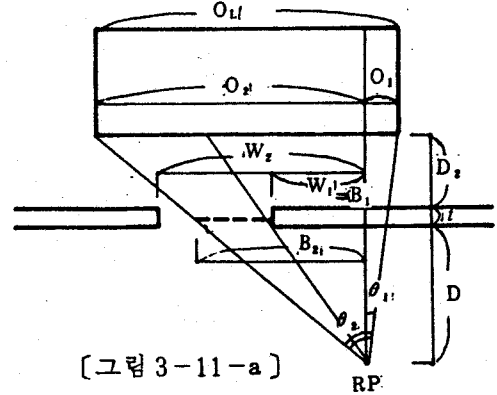


[그림 3-10-e]

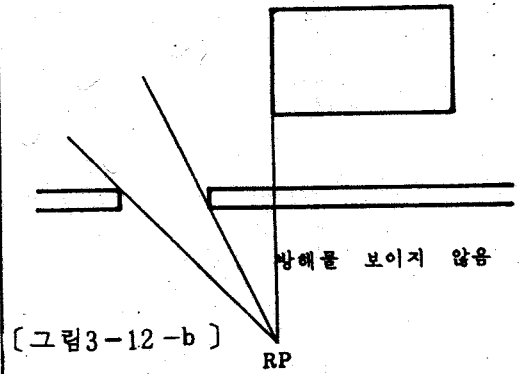
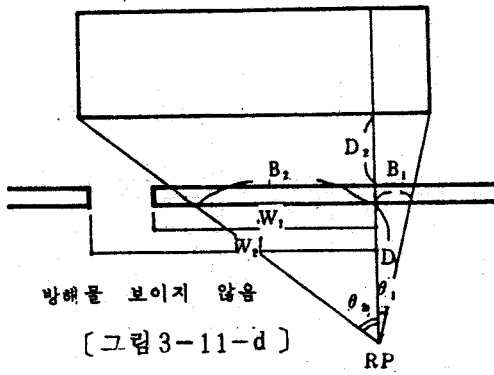
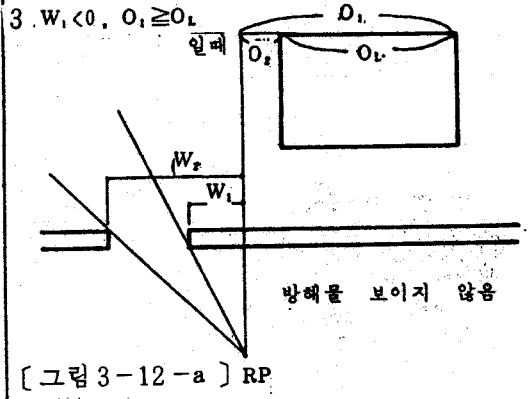
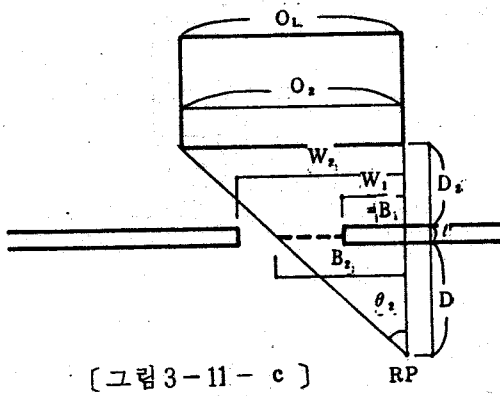
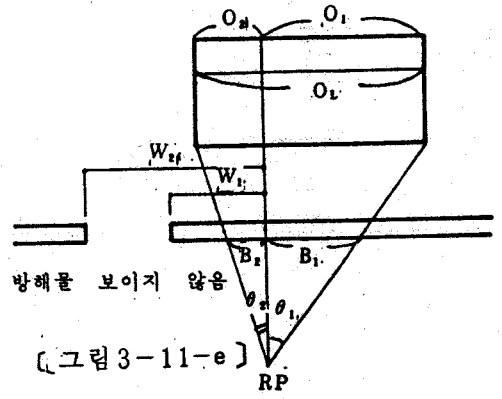
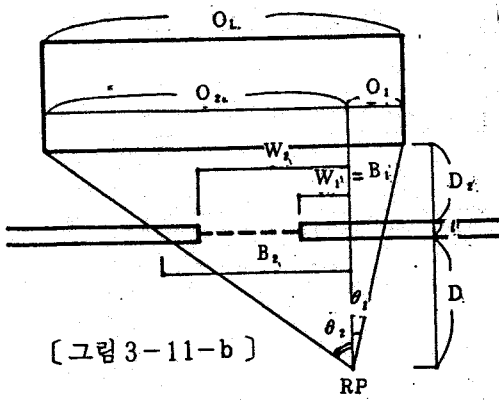


[그림 3-10-c]

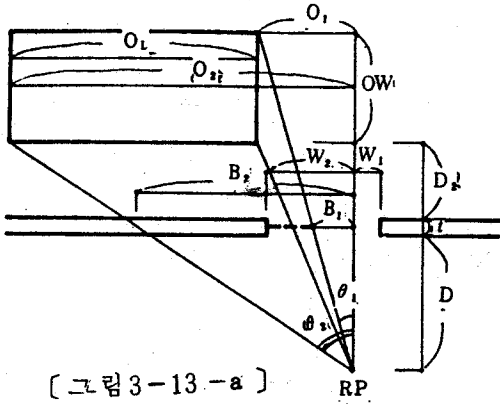
2.  $W_1 < 0, 0 \leq O_1 < O_L$  일때



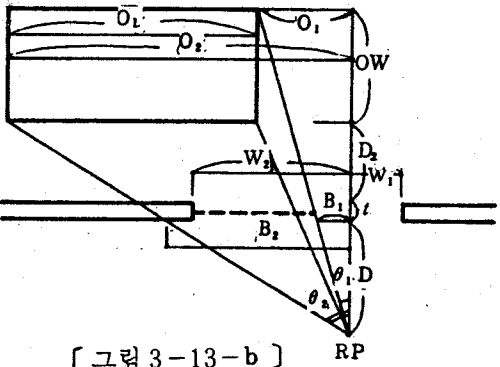
[그림 3-11-a]



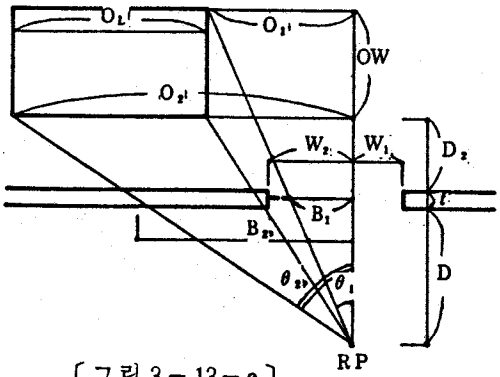
4.  $0 \leq W_1 \leq W_L, 0_1 < \text{일때}$



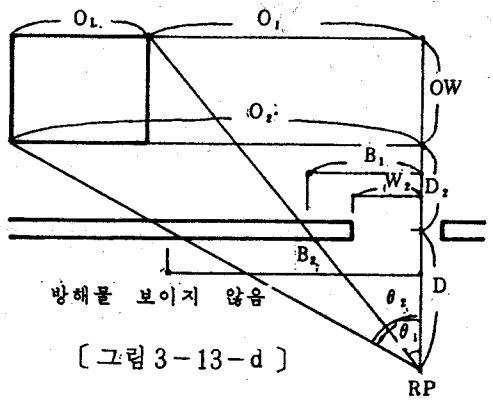
[그림 3-13-a]



[그림 3-13-b]



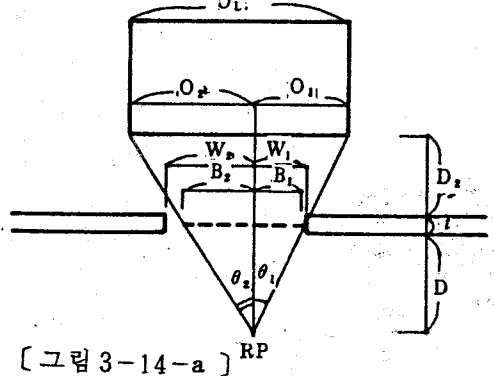
[그림 3-13-c]



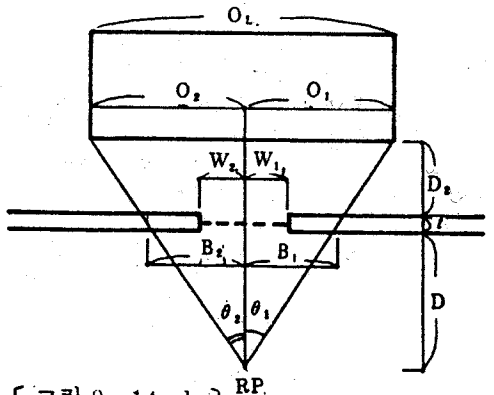
방해물 보이지 않음

[그림 3-13-d]

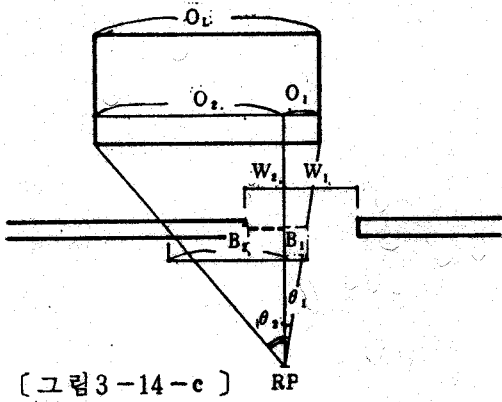
5.  $0 \leq W_1 \leq W_L, 0 \leq O_1 < O_L$



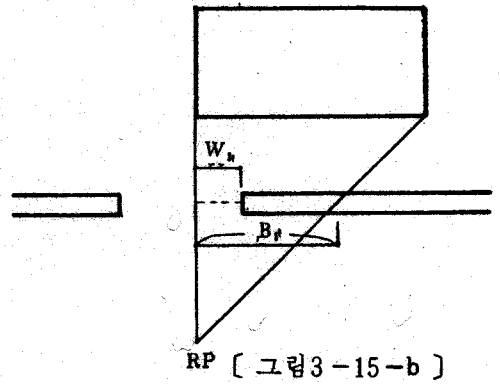
[그림 3-14-a]



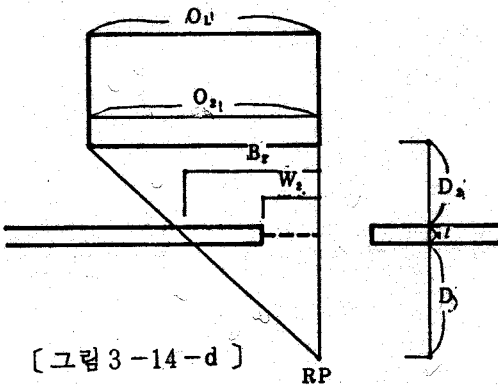
[그림 3-14-b]



[그림 3-14-c] RP

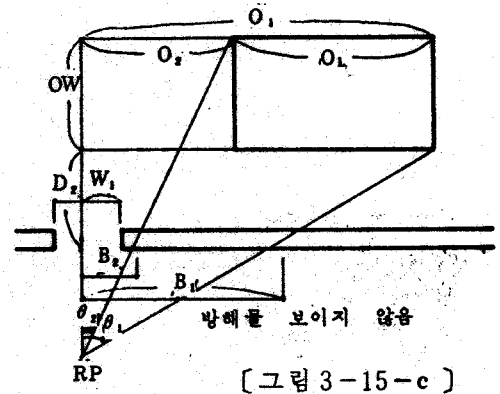


RP [그림 3-15-b]

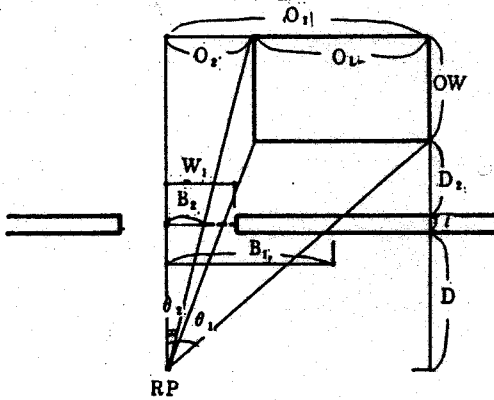


[그림 3-14-d] RP

6  $0 \leq W_1 \leq W_2, O_1 \geq O_2$  일때

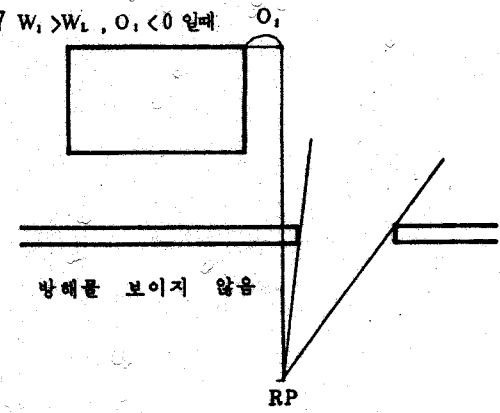


[그림 3-15-c]



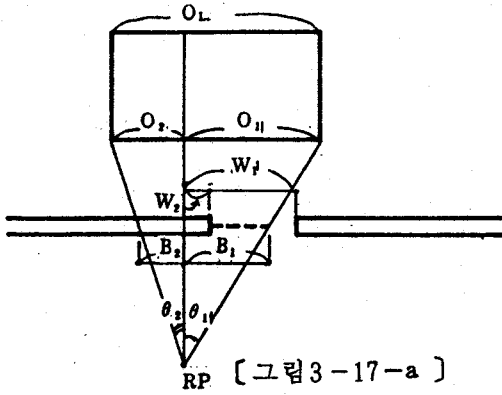
[그림 3-15-a]

7  $W_1 > W_2, O_1 < 0$  일때

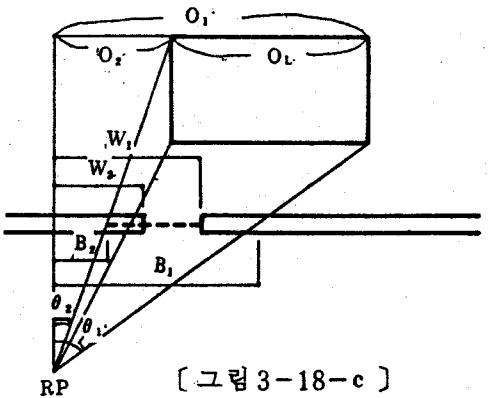
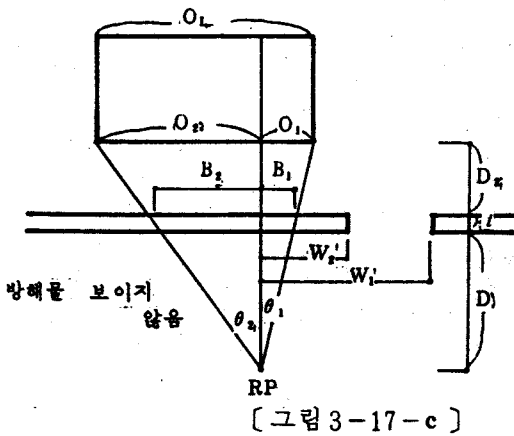
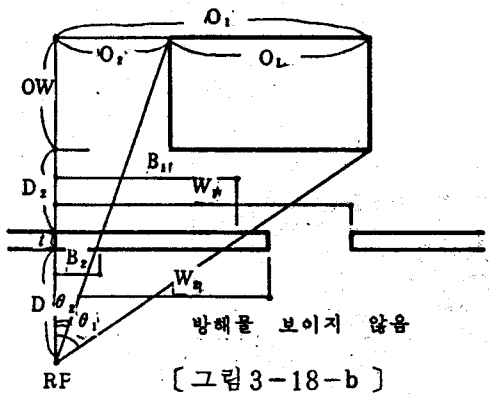
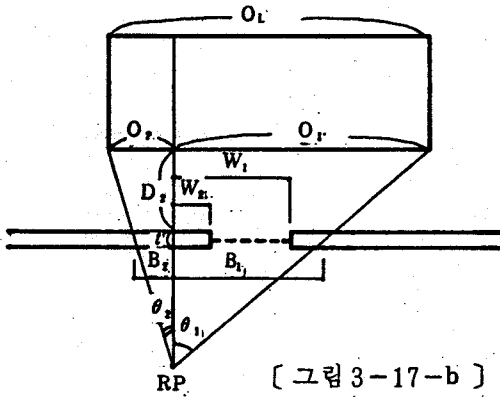
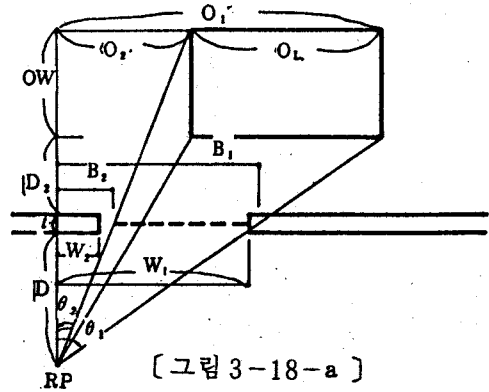


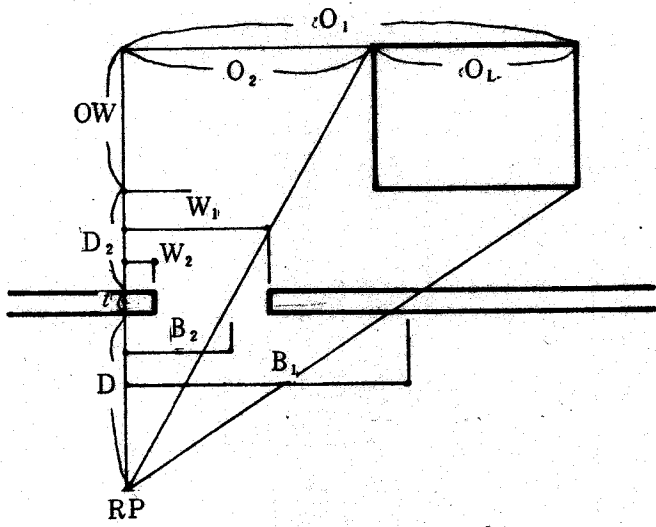
[그림 3-16-a]

8.  $W_1 > W_L, 0 \leq O_1 < O_L$

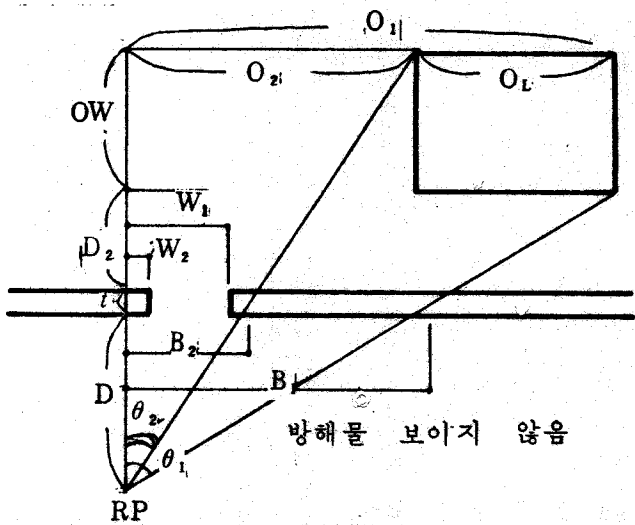


9.  $W_1 > W_L, O_1 \geq O_L$  일때





[ 그림 3-18-d ]



[ 그림 3-18-e ]



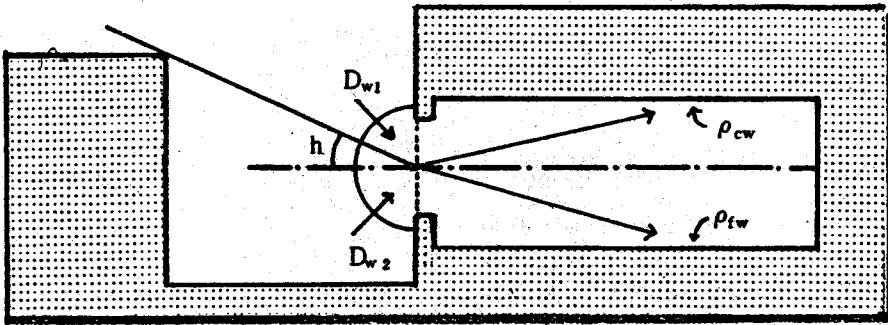
(表 3 - 2) 外部방해물의 有效길이 計算式

$W_1$	$O_1$	$W_2$	$O_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$B_1$	$B_2$	$B_1$	註
$W_1 < 0$	$O_1 < 0$	$W_1 +  W_2 $	$O_1 +  O_2 $	$\tan^{-1}( O_1  / (D+T+D_1+O_1))$	$\tan^{-1}(O_2 / (D+T+D_2))$	$D \cdot \tan \theta_1$	$D \cdot \tan \theta_2$	$B_1 - B_2$	$ W_1  \leq B_1$ $ W_2  \leq B_2 \leq W_2$
	$0 \leq O_1 < O_1$	$W_1 +  W_2 $	$O_1 - O_2$	$\tan^{-1}(O_1 / (D+T+D_1))$	$\tan^{-1}(O_2 / (D+T+D_2))$	$D \cdot \tan \theta_1$	$D \cdot \tan \theta_2$	$B_1 - B_2$	$B_1 =  W_1 $ $ W_2  \leq B_2 \leq W_2$
	$O_1 \geq O_1$	$W_1 +  W_2 $	$O_1 - O_2$	.	.	.	.	.	防害物보이지 않음
$0 \leq W_1 \leq W_1$	$O_1 < 0$	$W_1 - W_2$	$O_1 +  O_2 $	$\tan^{-1}( O_1  / (D+T+D_1+O_1))$	$\tan^{-1}(O_2 / (D+D_2))$	$D \cdot \tan \theta_1$	$D \cdot \tan \theta_2$	$B_1 - B_2$	$B_1 \leq W_2$ $B_2 \leq W_2$
	$0 \leq O_1 < O_1$	$W_1 - W_2$	$O_1 - O_2$	$\tan^{-1}(O_1 / (D+T+D_1))$	$\tan^{-1}(O_2 / (D+D_2))$	$D \cdot \tan \theta_1$	$D \cdot \tan \theta_2$	$B_1 + B_2$	$B_1 \leq W_1$ $B_2 \leq W_2$
	$O_1 \geq O_1$	$W_1 - W_2$	$O_1 - O_2$	$\tan^{-1}(O_1 / (D+T+D_1))$	$\tan^{-1}(O_2 / (D+D_2+O_2))$	$D \cdot \tan \theta_1$	$D \cdot \tan \theta_2$	$B_1 - B_2$	$B_1 \leq W_1$ $B_2 \leq W_1$
$W_1 > W_1$	$O_1 < 0$	$W_1 - W_2$	$O_1 +  O_2 $	.	.	.	.	.	防害物보이지 않음
	$0 \leq O_1 < O_1$	$W_1 - W_2$	$O_1 - O_2$	$\tan^{-1}(O_1 / (D+T+D_1))$	$\tan^{-1}(O_2 / (D+T+D_2))$	$D \cdot \tan \theta_1$	$D \cdot \tan \theta_2$	$B_1 - B_2$	$W_2 \leq B_1 \leq W_1$ $B_2 = W_2$
	$O_1 \geq O_1$	$W_1 - W_2$	$O_1 - O_2$	$\tan^{-1}(O_1 / (D+T+D_1))$	$\tan^{-1}(O_2 / (D+T+D_2+O_2))$	$D \cdot \tan \theta_1$	$D \cdot \tan \theta_2$	$B_1 - B_2$	$W_2 \leq B_1 \leq W_1$ $W_2 \leq B_2 \leq W_1$

BL : 外部防害物の 有效길이

### 3-2-3 室內相互反射成分 (IRC)

英國 BRS (Building Research Station) 의 Hopkinson [그림 3-19] 과 같이 窓의 中心高를 基線으로 하여 上部로 부터는 天空光이, 下部로 부터는 地面으로 부터의 反射光이 入射하는 것으로 생각하여 式 (3-18) 을 제안 했다. 本 研究에서는 式 (3-18) 을 프로그램化 하였다.



[ 그림 3 - 19 ] IRC의 說明圖

$$IRC = \frac{(D_{w1}\rho_{fw} + D_{w2}\rho_{cw}) S_o \cdot \tau \cdot R \cdot M}{S (1 - \rho_m)} \dots\dots \text{式 (3-18)}$$

단,  $D_{w1}$ ; 窓面外側全晝光率 가운데 水平線上半部の 天空光에 의한것.

$D_{w2}$ ; 窓面外側全晝光率 가운데 水平線下半部の 地面反射光에 의한것

$\rho_{fw}$ ; 窓中央高 下半의 空內面平均反射率

$\rho_{cw}$ ; 窓中央高 上半의 室內面平均反射率

$\rho_m$ ; 실내평균 반사율 [%],  $\tau$ ; 유리투과율 [%]

$R$ ; 창면적유효율 [%]

$M$ ; 유지율 [%]

$S_o$ ; 窓面積 ( $m^2$ ),  $S$ ; 室內 全 表面積 ( $m^2$ )

CIE. 標準曇天空의 경우  $D_{w1}$  은 外部防害物의 방해각을 고려하여 式 (3-9) 로 부터 근사치를 구할 수 있으며  $D_{w2}$  는 5 (%) 로 한다.

$$D_{w1} \approx 40 - \frac{h}{2} \dots\dots\dots \text{式 (3-19)}$$

### 3-3. 人工照明計算 電算프로그램

人工照明 計算프로그램은 前처리 과정과 照度計算을 위한 본과정의 두가지로 구성된다. 前처리 과정에서는 室緒元과 設計用 照明器具의 緒元을 入力하면 光束法 (Luminous Flux Method) 에 의해서 照明器具所要갯수와 배치 간격을 計算하여 出力한다. 前처리 과정의 結果에 의해서 照明器具를 배치 한 후 배치 간격을 入力하면, 본과정에서는 逐點法 (Point-by-Point-Method) 에 의해 各受照點의 照度を 計算하여 出力한다.

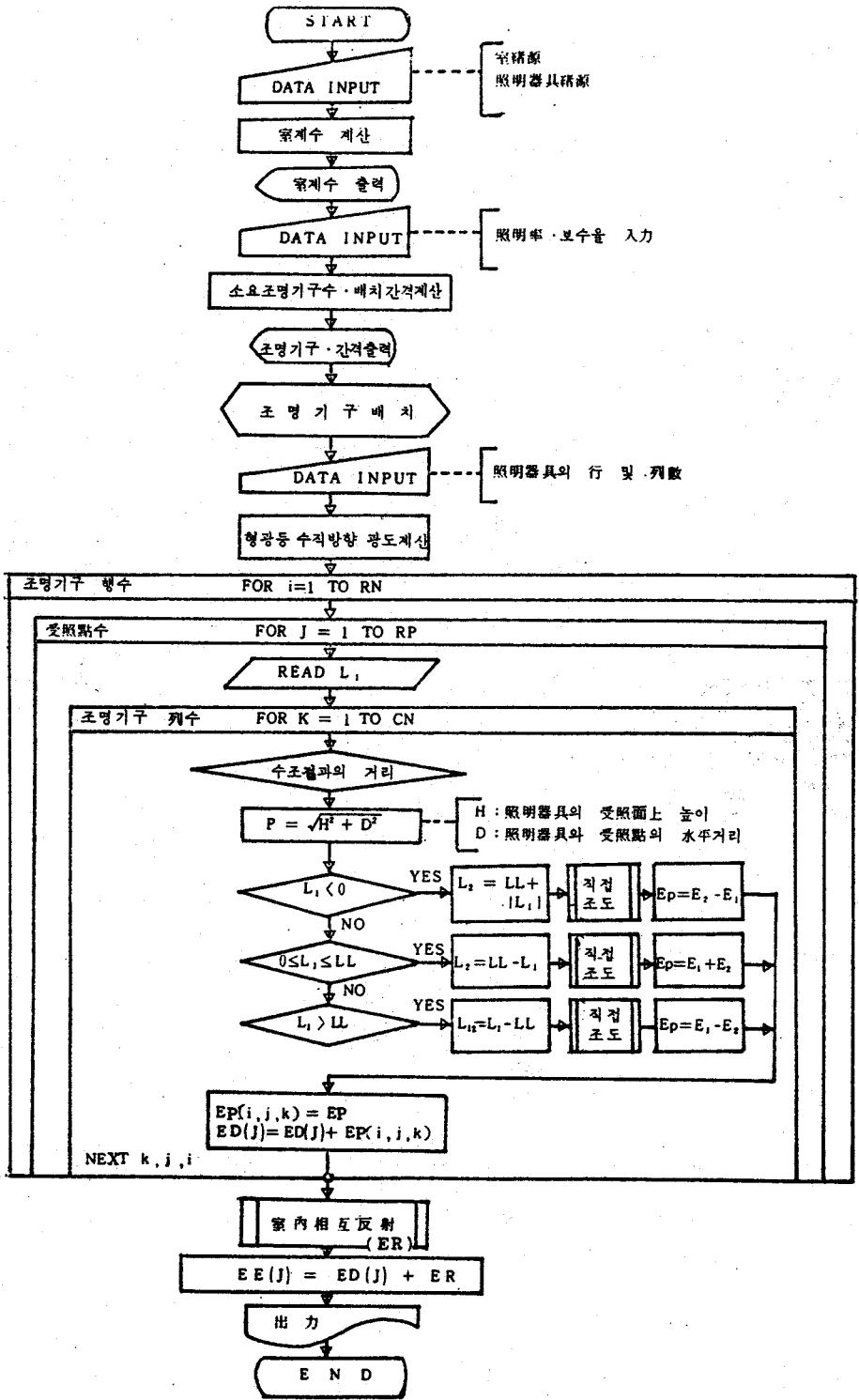
[그림 3-20]는 人工照明計算프로그램의 흐름이다.

光束法에 의한 照明器具의 배치에 對해서는 第2章 에서의 理論에 의하여 행하면 되므로 여기서는 Point-by-Point 法에 의한 受照點의 照度を 計算하기 위하여 기존이론式을 一般化하는 과정에 對해서 記述 한다.

#### 3-3-1. 直接照度

本研究에서는 事務空間을 對象으로 하므로 使用하는 照明器具로는 형광등을 選定하였다. 第2章에서 說明한 室內直接照度計算式은 受照點으로부터 照明器具로 그은 垂線이 照明器具의 한쪽끝에 정확하

1) 松浦邦男: 建築照明, p 129



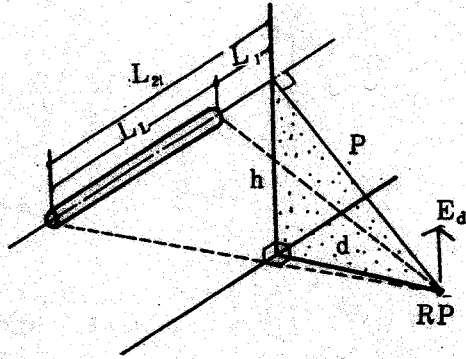
[ 그림 3-20 ] 人工照明計算프로그램의 흐름도

게 닿는 경우에 적용 될수 있다. 실제의 경우 이러한 경우는 매우 드물기 때문에 一般的인 경우에 적용하기 위하여 照明器具와 受照點의 位置關係를 晝光率計算의 경우와 마찬가지로 定하였다.

즉 형광등의 右側端을 基線으로 하여 受照點로 부터의 垂線이 基線右側에 올때, 형광등 중간에 올때, 및 형광등의 左側端보다 左側으로 올때로 구분하였다. 다음은 各各의 경우에 直接照度 計算式을 그림을 통하여 說明한다.

1. 直線上 光源의 直接照度 (보통 下面개방형 형광등)

1.)  $L_1 < 0$ ; [그림 3-21-a]와 같이 수조점으로부터의 垂線이 基線의 右側에 있을때



[그림 3-21-a]

$$L_2 = L_1 + |L_1|$$

$$P = \sqrt{h^2 + d^2}$$

$$E_1 = \frac{I}{P} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{h}{p} \cdot \tan^{-1} \frac{|L_1|}{p} + \frac{h \cdot |L_1|}{L_1^2 + d^2 + h^2} \right\} \right]$$

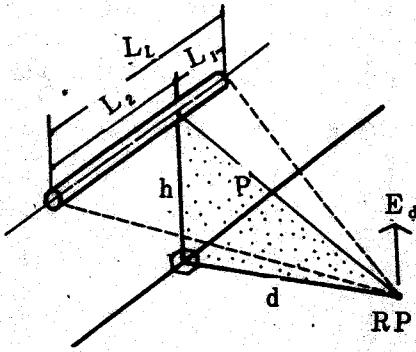
$$E_2 = \frac{I}{P} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{h}{p} \cdot \tan^{-1} \frac{L_2}{p} + \frac{h \cdot L_2}{L_2^2 + d^2 + h^2} \right\} \right]$$

$$E_d = E_2 - E_1 \quad \text{단 } E_d : \text{受照點의 直接照度 [Lux]}$$

$I$  : 형광등의 수직방향 광도 [cd/m]

$L_L$  : 형광등의 길이 [m]

2)  $0 \leq L_1 \leq L_L$ ; [그림 3-21-b]와 같이 수선이 광원 중간에 있을때 .



[그림 3-21-b]

$$L_2 = L_1 - L_1$$

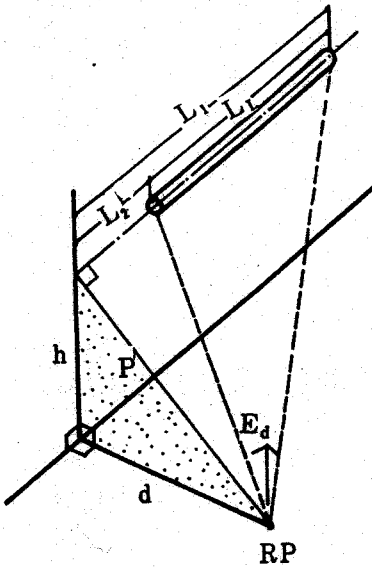
$$P = \sqrt{h^2 + d^2}$$

$$E_1 = \frac{1}{P} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{h}{P} \cdot \tan^{-1} \frac{L_1}{P} + \frac{h \cdot L_1}{L_1^2 + d^2 + h^2} \right\} \right]$$

$$E_2 = \frac{1}{P} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{h}{P} \cdot \tan^{-1} \frac{L_2}{P} + \frac{h \cdot L_2}{L_2^2 + d^2 + h^2} \right\} \right]$$

$$E_d = E_1 + E_2$$

3)  $L_1 > L_2$ ; [그림 3-21-c]와 같이 수선이 형광등의 좌측단보다 좌측에 있을 때



[그림 3-21-c]

$$L_2 = L_1 - L_1$$

$$P = \sqrt{h^2 + d^2}$$

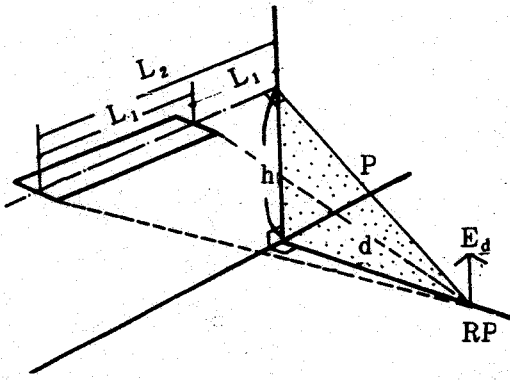
$$E_1 = \frac{1}{P} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{h}{P} \cdot \tan^{-1} \frac{L_1}{P} + \frac{h \cdot L_1}{L_1^2 + d^2 + h^2} \right\} \right]$$

$$E_2 = \frac{1}{P} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{h}{P} \cdot \tan^{-1} \frac{L_2}{P} + \frac{h \cdot L_2}{L_2^2 + d^2 + h^2} \right\} \right]$$

$$E_d = E_1 - E_2$$

2. 帶狀光源의 直接照度 (天井매입형 형광등)

1)  $L_1 < 0$  일때



[그림 3-22-a]

$$L_2 = L_L + |L_1|$$

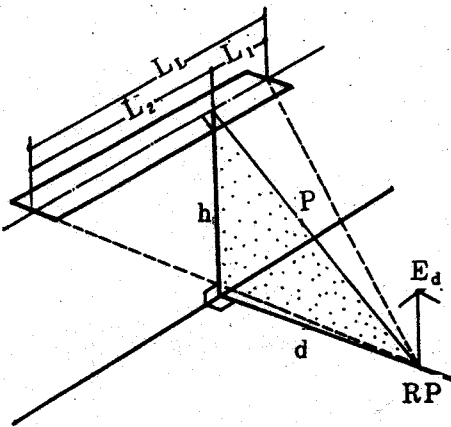
$$P = \sqrt{d^2 + h^2}$$

$$E_1 = \frac{I \cdot h}{P^2} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{h}{p} \cdot \tan^{-1} \frac{|L_1|}{P} + \frac{h \cdot |L_1|}{L_1^2 + d^2 + h^2} \right\} \right]$$

$$E_2 = \frac{Ih}{P^2} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{h}{p} \cdot \tan^{-1} \frac{L_2}{P} + \frac{h \cdot L_2}{L_2^2 + d^2 + h^2} \right\} \right]$$

$$E_d = E_2 - E_1$$

2)  $0 \leq L_1 \leq L_L$  일때



[그림 3-22-b]

$$L_2 = L_L - L_1$$

$$P = \sqrt{d^2 + h^2}$$

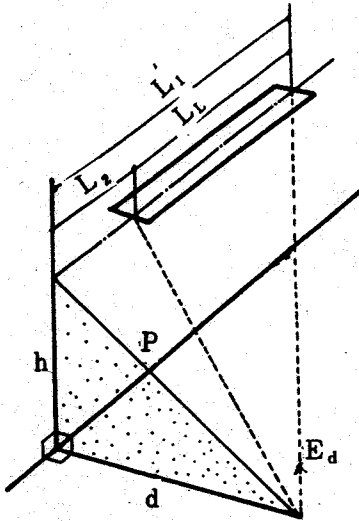
$$E_1 = \frac{I \cdot h}{P^2} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{h}{p} \cdot \tan^{-1} \frac{L_1}{P} + \frac{h \cdot L_1}{L_1^2 + d^2 + h^2} \right\} \right]$$

$$E_2 = \frac{I \cdot h}{P^2} \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{h}{p} \cdot \tan^{-1} \frac{L_2}{P} + \frac{h \cdot L_2}{L_2^2 + d^2 + h^2} \right\} \right]$$

$$E_d = E_1 + E_2$$



3)  $L_1 > L_2$  일 때



[그림 3-22-c] RP

$$L_1 = L_1 - L_2$$

$$P = \sqrt{d^2 + h^2}$$

$$E_1 = \frac{I \cdot h}{P^2} \cdot \left[ \frac{1}{2} \left\{ \frac{h}{P} \cdot \tan^{-1} \frac{L_1}{P} + \frac{h \cdot L_2}{L_1^2 + d^2 + h^2} \right\} \right]$$

$$E_2 = \frac{I \cdot h}{P^2} \left[ \frac{1}{2} \cdot \tan^{-1} \frac{L_2}{P} + \frac{h \cdot L_2}{L_2^2 + d^2 + h^2} \right]$$

$$E_d = E_1 - E_2$$

### 3-3-2. 間接照明

기존 理論式中 松浦邦男의 作業面切斷公式(3-20)을 사용하여 作業面上 平均値를 구한다.<sup>1)</sup>

$$E_r = \frac{(F_1 \rho_1 + F_2) \rho_2}{A(1 - \rho_1 \rho_2)} \dots \dots \dots \text{式(3-20)}$$

단,  $F_1$  : 照明器具로부터의 全光束中 作業面 보다 下部의 室內表面으로 入射하는 光束 [Lumen]

$F_2$  : 照明器具로부터의 全光束中 作業面 보다 上部의 室內表面으로 入射하는 光束 [Lumen]

$\rho_1$  : 作業面보다 下部의 室內表面 平均反射率 [%]

$\rho_2$  : 作業面보다 上部의 室內表面 平均反射率 [%]

1) 松浦邦男; 建築照明, P 118

A : 室바닥 面積 [  $m^2$  ]

上記式中  $F_1$  과  $F_2$  는 照明器具의 配光特性에 따라 그 比率이 달라진다. 보통 천정매입형 直接照明方式의 경우 照明器具의 鉛直方向으로부터  $0^\circ \sim 60^\circ$  범위로는, 照明器具로 부터의 全光束中 약 80 %가 入射하고,  $60 \sim 90^\circ$  범위로는 약 20 % 정도가 入射하는 것으로 알려져 있다.<sup>1)</sup> 本 프로그램에서는 이것을 적용하여  $F_1$  은 照明器具의 全光束의 80 %로,  $F_2$  는 20 %로 하였다. 앞서 記述한 直接照度を 受照點別로 計算한 다음, 이에 間接照度を 더하므로써 各受照點에서의 人工照明에 의한 全照度を 求할 수 있다.

### 3 - 4 . 外部水平面照度資料의 作成

#### 3 - 4 - 1. 日射量測定値로부터의 水平面照度推定

本研究에서는 年間作業時間帶에서의 室內照明器具의 消燈可能範圍와 消燈率을 算定하기 위한 基礎資料로서, 現在 建物の 熱負荷 및 시스템시뮬레이션에 氣象데이터로 利用되고 있는 서울地方의 標準年氣象資料中 法線面直達日射量과 水平面天空日射量으로 부터 每時間別 平均 水平面照度を 推定하였다.

第2章에서 언급한 發光效率에 對한 여러式中 宿谷昌則・木村建一の 式을 使用하여 水平面全晝光照도와 水平面天空光照度を 計算한 다

---

1) 日本照明學會編 : Lighting Handbook, 1984年, オーム社, p.328

음, 水平面天空光照도를 1000 [Lux] 단위로 分類하여 年間 및 冷·暖房期間別로 午前 9 時부터 午後 5 時까지의 累積出現率을 求하였다.

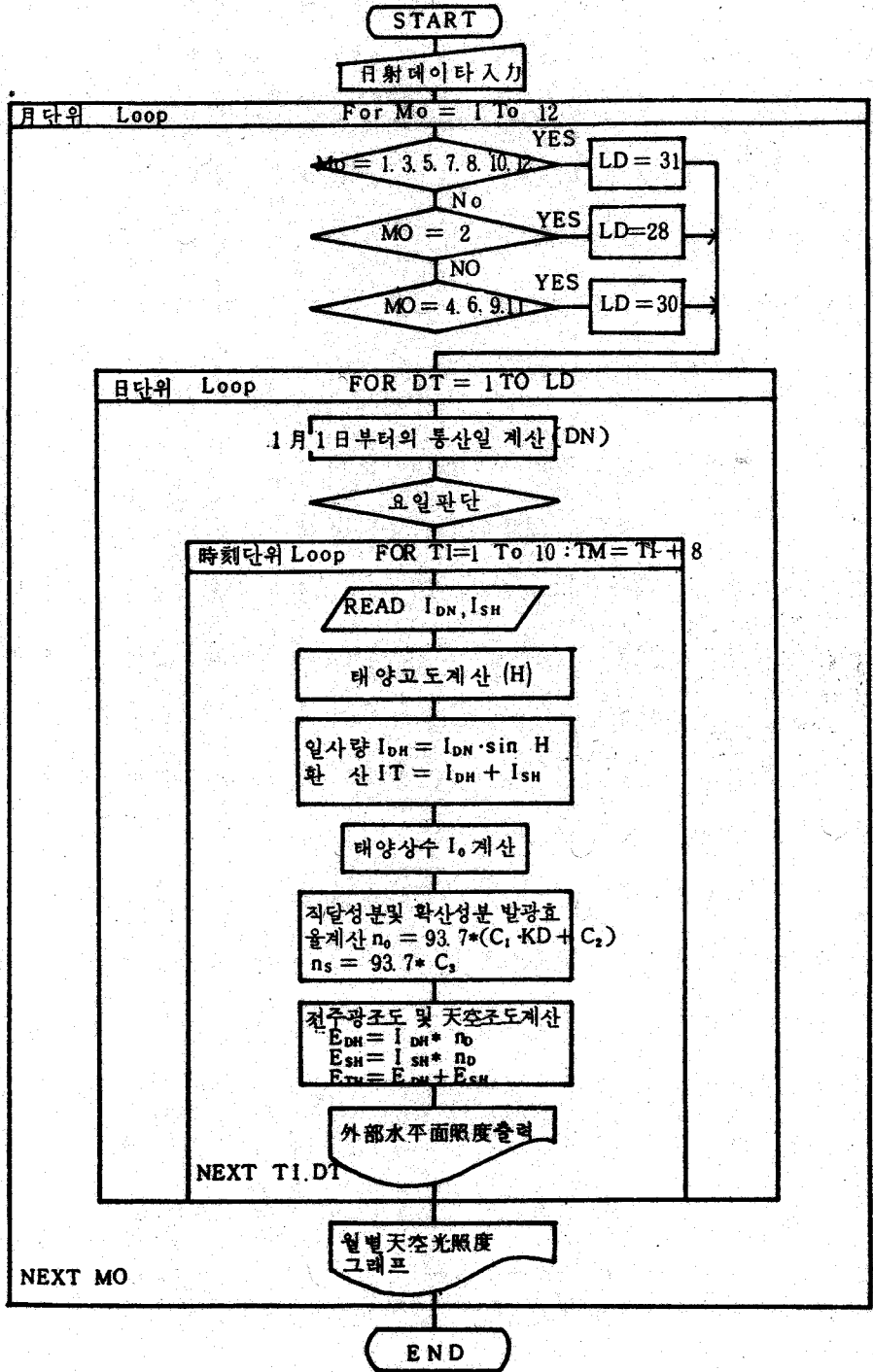
[그림 3-23]은 日射量으로부터 水平面照度の 推定에 使用한 프로그래ムの 흐름도이며 [그림 3-24-a] ~ [그림 3-24-ℓ]은 日別天空光照度の 推移를 圖示한 것이다. 그리고 (表 3-3)은 年間 및 冷房期間에서의 照度幅 1000 [Lux] 별로 出現回數 및 累積出現率을 나타낸 것이며 [그림 3-25]는 이를 圖示한 것이다.

### 3-4-2. 累積出現率에 대한 考察

全體 作業時間數 3285 時間中 0~10,000 [Lux]帶가 780回, 10,000~20,000 [Lux]帶가 1373回, 20,000~30,000 [Lux]帶가 863回, 그리고 30,000 [Lux]以上이 150回로 나타났다. 冷房期間(6, 7, 8, 9月)中 0~10,000 [Lux]帶가 165回 10,000~20,000 [Lux]帶가 329回, 20,000~30,000 [Lux]帶가 480回, 30,000 [Lux]以上이 124回로 나타났으며 暖房期間(11, 12, 1, 2, 3月)中에는 各各 541回, 706回 및 5回로 나타났다. 冷房期間中에는 20,000 [Lux]以上の高照度帶가 604回로 暖房期間의 110보다 현저하게 많은 것은 外部水平面照도와 天空의 發光效率이 太陽高度에 의해 달라진다는 것을 意味하고 있는 것이다. 全體的으로 볼때 外國의 測定值<sup>1)</sup>에 비해서 20,000 [Lux]以下の 照度帶의 出現回數가 높은 것은 本研究에서 使

---

1) 伊藤克三外: 晝光利用照明設計に關する研究(るの1), 日本照明學會誌, 1978年, Vol 62. No. 10



[ 그림 3-23 ] 外部水平面照度計算 프로그램

用한 標準年氣象資料作成時 氣象臺의 全日日射量 測定值를 值散分離 할때 大氣中の 수증기나 먼지등에 의한 日射의 散亂을 고려하지 않고 단지 大氣透過率 P와 太陽高度만을 고려 하므로써 全日射量中 天空에 의해 散亂된 成分을 작게 計算했기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 室內에서의 照明器具의 消燈率에 10% 정도의 安全率을 許容한다고 하면 本研究에서 作成한 資料를 利用하는데 무리가 없을 것으로 여겨진다.

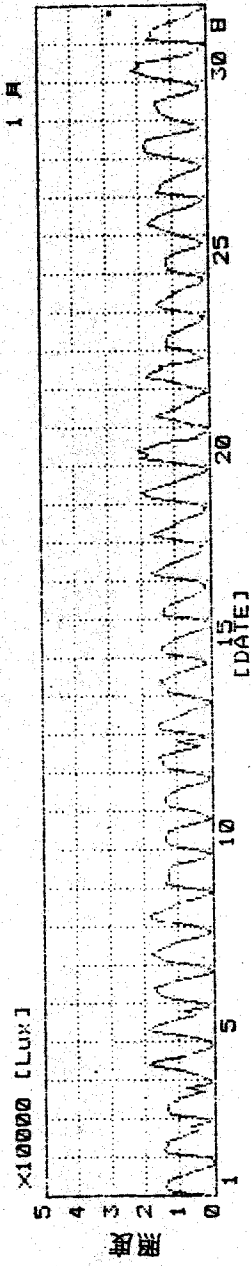
### 3-4-3. 雲量에 의한 天氣의 分類

氣象臺의 雲量觀測值는 全體天空을 10으로 하고 구름이 덮여 있는 部分을 全天에 對한 10分 數로 表示한 것이다.

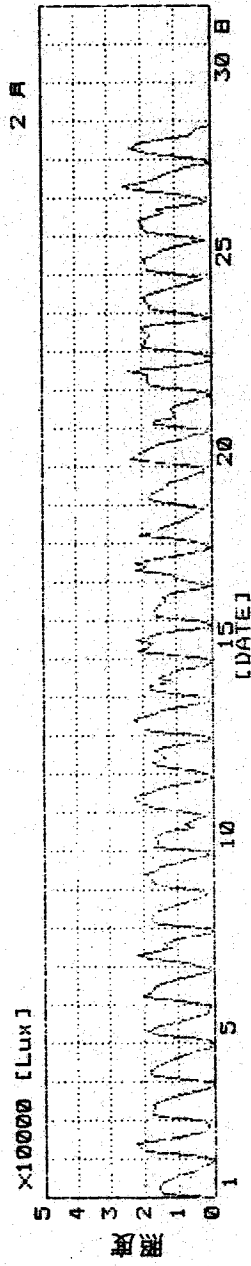
하늘에 전혀 구름이 없거나 1/10이하일 때를 0이라 하고 그 사이는 구름이 하늘을 덮고 있는 程度에 따라 定해진다. 氣象臺에서는 雲量이 2以下の 경우를 快晴, 8以上을 曇天, 3~7 사이를 晴天이라 한다.<sup>1)</sup>

室內의 照度分布 ( Illuminance Distribution ) 및 晝光率은 外部의 天氣狀態에 의해 크게 變動하므로, 本研究에서 作成한 晝光率計算 프로그램에 의해서 各 天氣別 晝光率을 計算하기 위하여 年間作業時間帶中の 雲量을 0~3 사이를 快晴, 4~7 사이를 晴天, 8 이상을 曇天으로 分類하였다.(表3-4-a)~(表3-4-c)는 年間 및 冷·暖房期間中 天氣別 出現回數 및 比率을 나타낸 것이다.

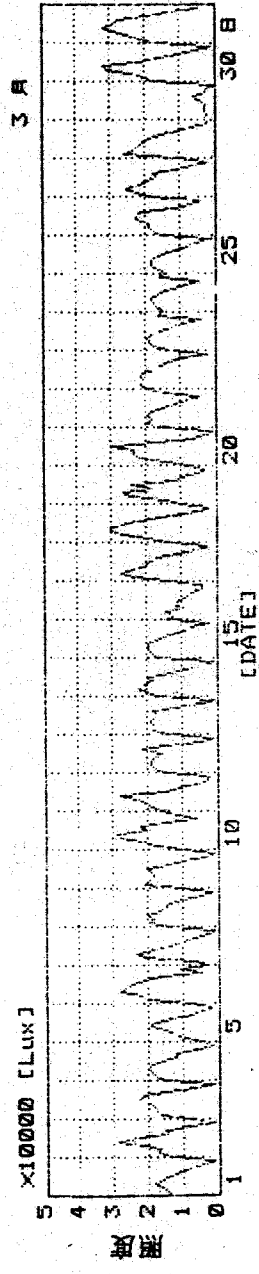
1) 韓國動力資源研究所編 : 주요지역별기상자료(증보판), 1983年, p 5.



(a)

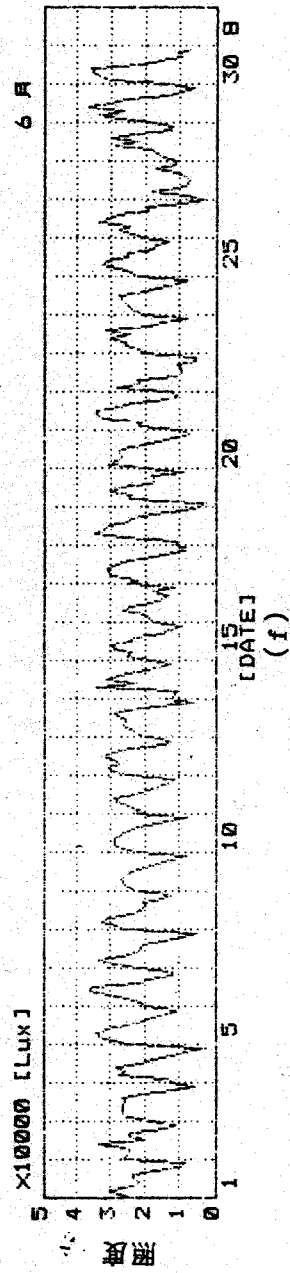
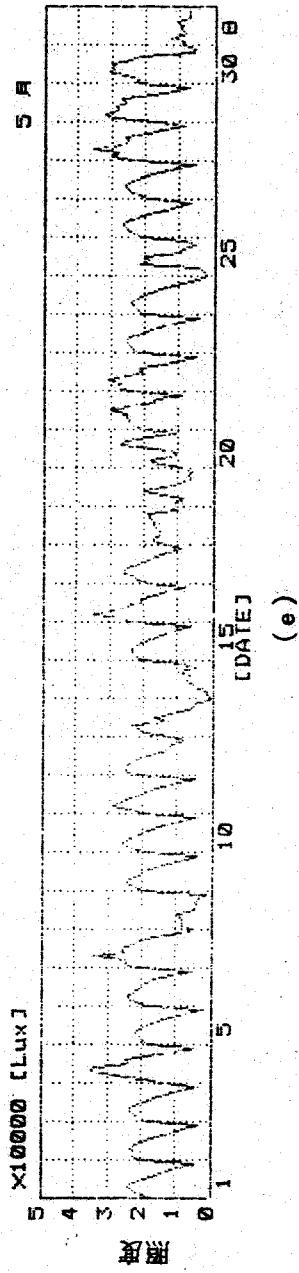
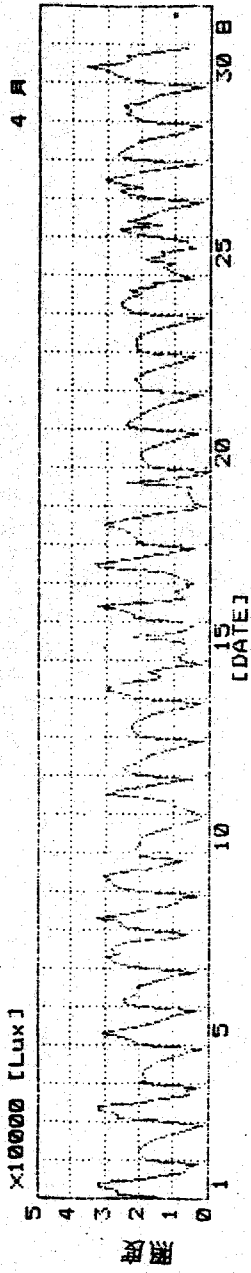


(b)

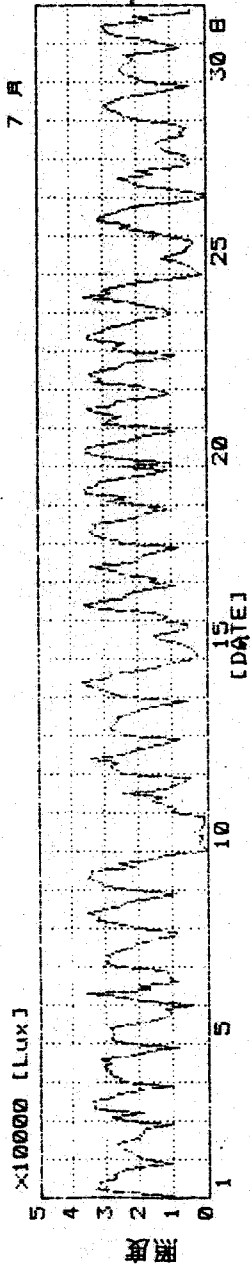


(c)

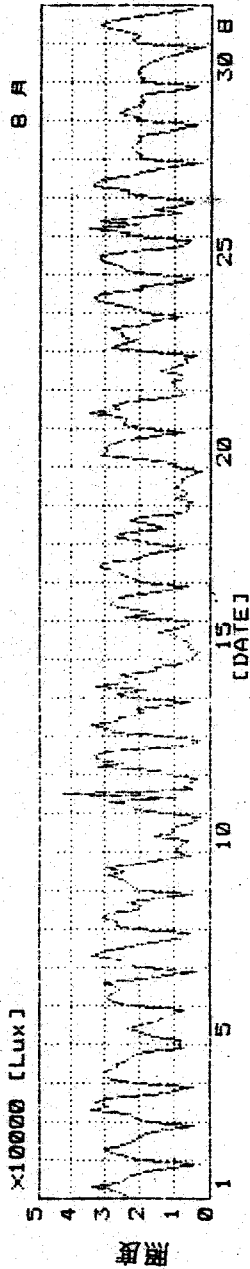
[ 그림 3 - 24 ] 外部水平面天空光照度 日別推移



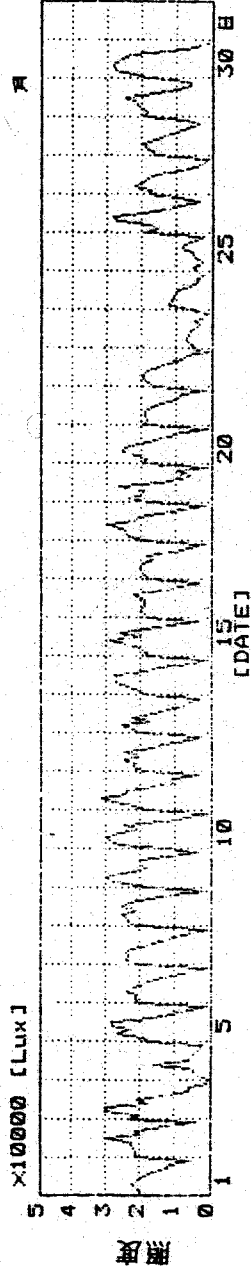
[ 그림 3-24 ] 外部水平面天空照度の 日別推移



(g)



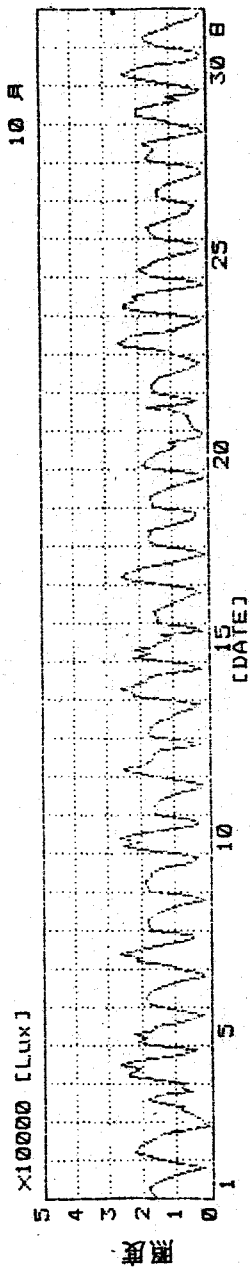
(h)



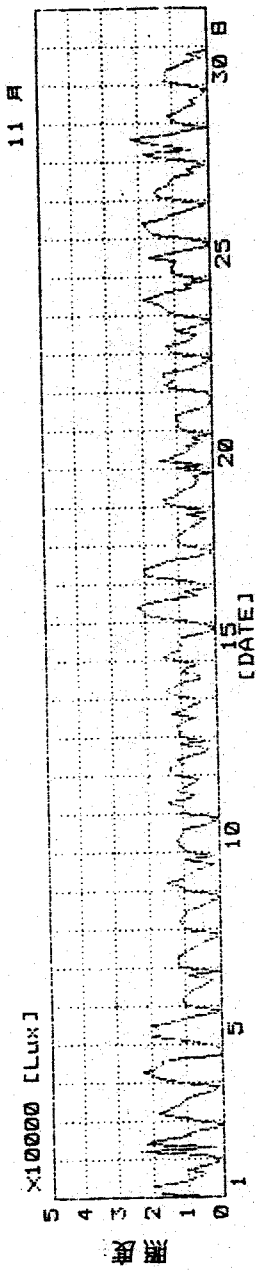
(i)

[ 그림 3-2A ] 外部水平面天空照度の 日別推移

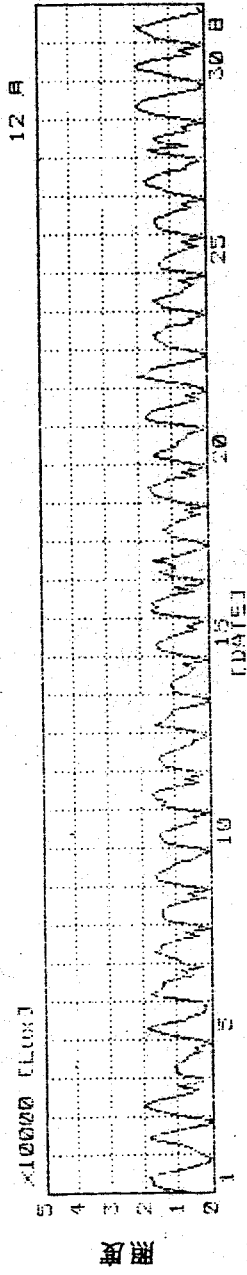




(j)



(k)



(l)

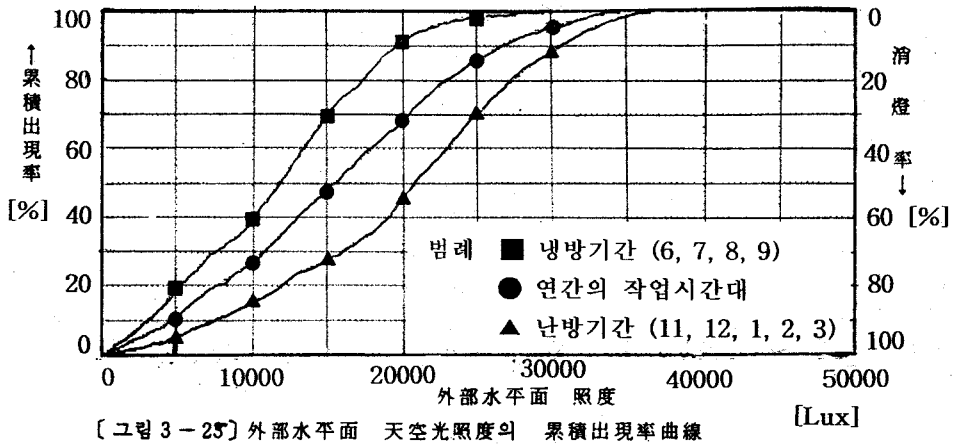
[ 그림 3-24 ] 外部水平面天空光照度の 日別推移

TABLE 3-3. CUMULATIVE OCCURRENCE RATES & EXTINCTION RATES

ES. RANGE	OVER 1 YEAR				OVER 2 YEARS				OVER 3 YEARS				OVER 4 YEARS				OVER 5 YEARS			
	OCC	PER	PTL	EXT	OCC	PER	PTL	EXT	OCC	PER	PTL	EXT	OCC	PER	PTL	EXT	OCC	PER	PTL	EXT
4000-4500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4500-5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5000-5500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5500-6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6000-6500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6500-7000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7000-7500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7500-8000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8000-8500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8500-9000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9000-9500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9500-10000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10000-10500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10500-11000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11000-11500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11500-12000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12000-12500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12500-13000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13000-13500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13500-14000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14000-14500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14500-15000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15000-15500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15500-16000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16000-16500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16500-17000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17000-17500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17500-18000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18000-18500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18500-19000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19000-19500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19500-20000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TOTAL TIME=3285 (HOURS)

- 단: OCC: 年間作業時間帶에서의 出現回數 [-]
- PER: 年間作業時間에 對한 百分率[%]
- PTL: 累積 出現率[%]
- EXT: 室內照明的 消燈率[%]



ANNUAL OCCURENCE RATES  
(表3-4-a) OF EACH SKY CONDITION

SKY CONDITION	CLOUD FAC.	OCCUR.	[%]
CLEAR SKY	$0 < cf < 3$	908	27.6
PARTLY CLOUDY	$3 < cf < 8$	823	25.1
OVERCAST SKY	$8 < cf <= 10$	1554	47.3
TOTAL TIME= 3285 [Hours]			

OCCURENCE RATES OF EACH SKY  
(表3-4-b) CONDITION IN COOLING PERIOD

SKY CONDITION	CLOUD FAC.	OCCUR.	[%]
CLEAR SKY	$0 < cf < 3$	96	8.7
PARTLY CLOUDY	$3 < cf < 8$	310	28.2
OVERCAST SKY	$8 < cf <= 10$	692	63.0
TOTAL TIME= 1098 [Hours]			

OCCURENCE RATES OF EACH SKY  
(表3-4-c) CONDITION IN HEATING PERIOD

SKY CONDITION	CLOUD FAC.	OCCUR.	[%]
CLEAR SKY	$0 < cf < 3$	554	40.8
PARTLY CLOUDY	$3 < cf < 8$	341	25.1
OVERCAST SKY	$8 < cf <= 10$	464	34.1
TOTAL TIME= 1359 [Hours]			

## 第4章 模型實驗 및 電算프로그램의 妥當性檢討

### 4-1. 自然採光

#### 4-1-1. 測定概要

##### 1. 測定對象室의 선정

晝光率理論式을 一般化하여 作成한 프로그램의 타당성 및 적용범위를 檢討하기 위하여 對象室을選定한 후 1/5 SCALE의 模型을 製作하여 現場實測과 模型實驗을 병행하였다. 測定對象室은 漢陽大學校 建築科의 세미나室을 選하였다. 室의 方位는 南西 15°이며 室內에는 탁자를 제외하고 室內照度分布에 영향을 줄 만한 장애물은 없으며, 窓前方에도 作業面上에서 觀測되는 外部防害物은 없다. 採光은 主로 室前面의 側窓에 의해 이루어지고 있으며, 北側 복도에 面한 壁上部에 높이 46.7 [cm], 길이 177[cm]의 補助窓이 있으나 實測時 主側窓만의 自然採光效果를 評價하기 위하여 壁體와 同一한 色의 불투명紙로 차폐하였다. 測定點은 窓側壁內表面으로부터 1 [m] 떨어진 곳으로부터 1 [m] 간격으로, 作業面上의 照度を 測定하였다.

##### 2. 模型의 製作

實驗用 模型은 對象室을 1/5로 축소하여 木材와 合板으로 製作하였다. 室內에서의 晝光率分布에 主된 影響을 미치는 開口部의 形狀과 室內表面反射率을 現場과 同一하게 하기 위하여, 模型의

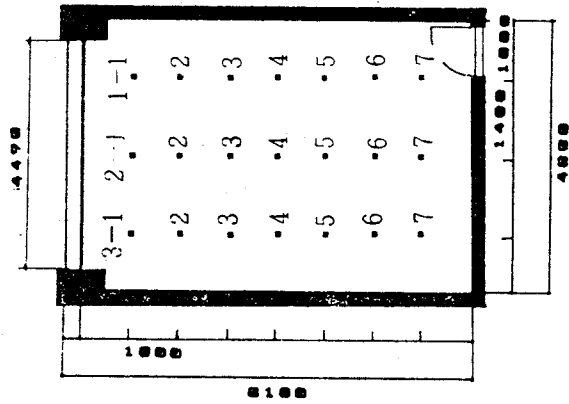
窓으로는 3 [mm] 유리면에 銀粉을 칠한 스킨로품을 부착하여 알루미늄 사시를 묘사 했고, 壁과 天井은 실제와 同一한 色으로 칠하였다. 그리고 人造石 물갈기 마감의 바닥은 회색 水性페인트를 칠하여 反射率을 同一하게 했다. (表 4-1), (表 4-2)는 各各 對象室의 諸元과 照度計의 諸元을 나타낸 것이고, [그림 4-1], [그림 4-2] 및 [그림 4-3]은 各各 對象室의 平面과 斷面, 그리고 對象室의 內部 및 模型室의 內部를 보인 것이다.

(表 4-1) 對象室의 諸元

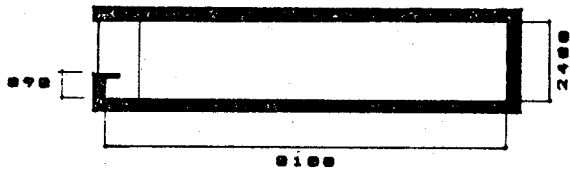
室 方 向	15°SW	作業面높이	0.75M
室 前 面 길 이	4.8 M	壁 두 계	0.71M
室 깊 이	8.1 M	天 井 반 사 율	71%
天 井 높 이	2.4 M	壁 반 사 율	46%
창 문 턱 높 이	0.89 M	바 닥 반 사 율	36%
窓 높 이	1.53 M	유 리 투 과 율	85%
窓 길 이	4.49 M	窓 면 적 유효 율	80%

(表 4-2) 測定用 照度計

製 造 會 社	MODEL 명	測 定 範 圍
TAKEMURA	DM-2B	0 ~ 200,000 [lux]
HIOKI	3421	0 ~ 3,000 [lux]

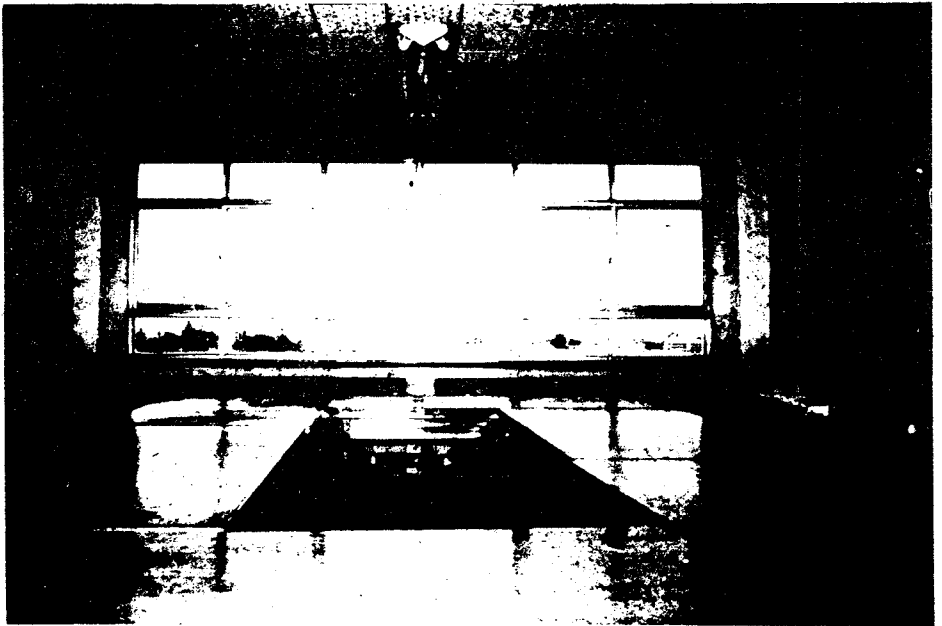


對象室 平面圖

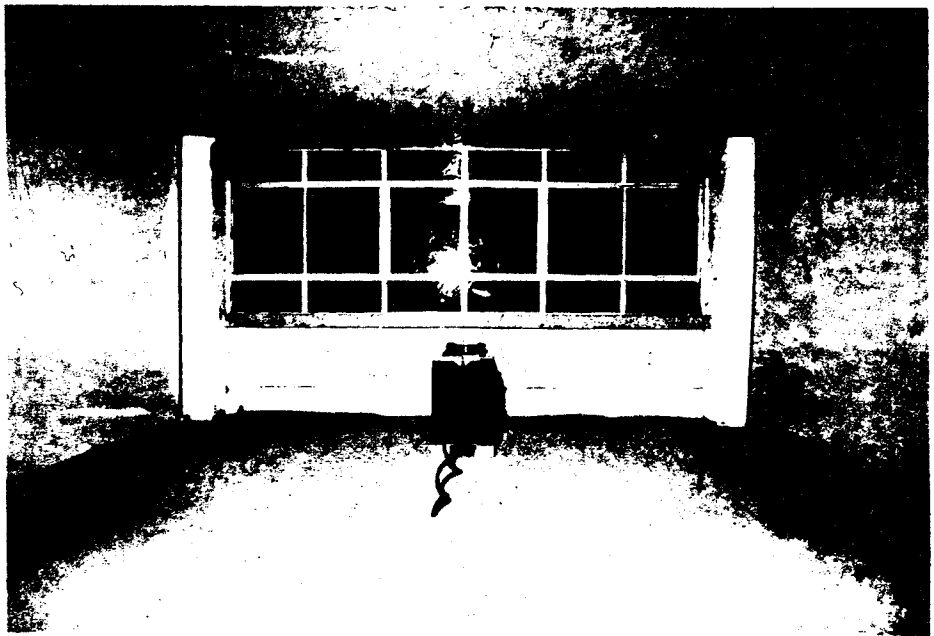


對象室 斷面圖

[ 그림 4 - 1 ] 對象室의 平·斷面



[ 그림 4 - 2 ] 對象室의 内部



[ 그림 4 - 3 ] 模型室의 內部

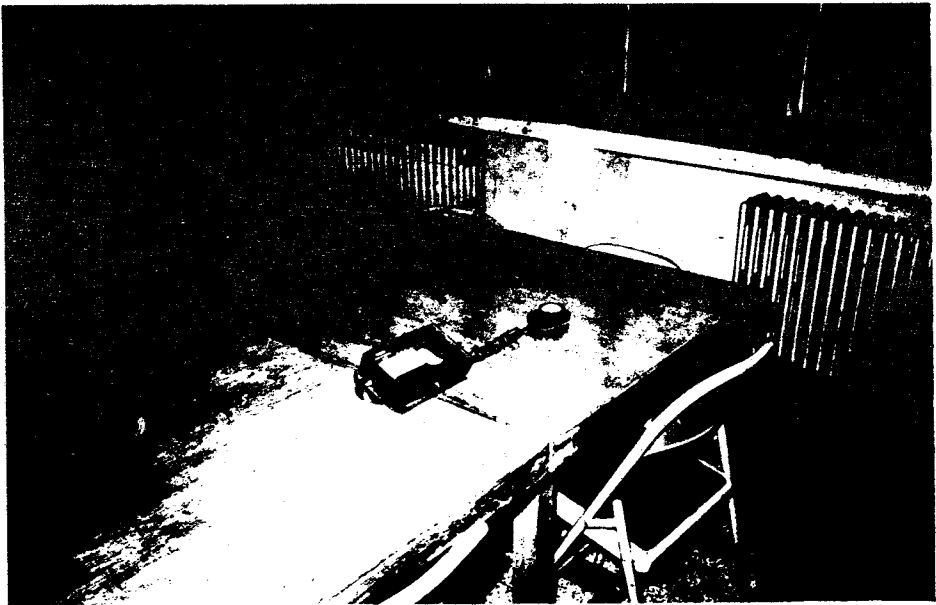
#### 4 - 1 - 2. 現場實測 및 模型實驗方法

測定日是 代表的인 天氣를 택하여, 1985年 8월 4일曇  
 天時에는 降雨가 예상되어 現場實測만을 行하였고. 1985년 8월 19일  
 快晴時에는 模型을 對象室 바로 위 옥상에 設置하고 對象室과 模  
 型室의 作業面照度を 同時에 測定하였다. 그리고 1985년 8월 20일  
 역시 快晴일때 模型을 北天空으로 向해 놓고 實驗하였다. 測定人員  
 은 3人으로서 測定者 A는 對象室內의 照度を, B는 模型室內의  
 照度を 測定하였으며, C는 外部水平面照度を 測定하였다.

測定時 外部의 水平面照度は 天氣의 狀能에 따라 時時刻刻 變動  
 하기 때문에 比較·分析을 目的으로 하는 精確한 晝光率을 얻기

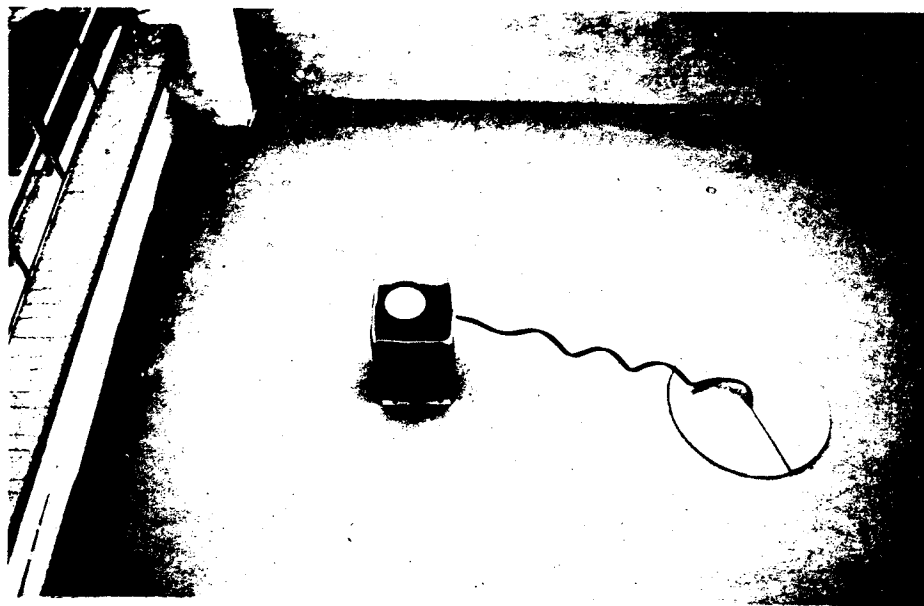
위해서는 위의 3가지 照度を 同時に 測定해야 한다. 本 測定에서는 Walk - Talky 를 使用하여 各 測定點 마다의 測定時刻을 一致시켰다. 測定 항목중 外部水平面照度는 同時に 2대의 照度計를 使用하여, 그중 한 대는 直徑 8 [ cm ]의 차폐용 球로 直達成分을 제외한 水平面天空光照度를 測定하였고, 나머지 한대는 直射日光을 包含한 水平面晝光照度를 測定하였다. 1日 測定回數는 8월 19일의 경우 午前 9時부터 午後 6時까지 30分 간격으로 測定하였으며, 나머지 日은 한時間 간격으로 測定하였다.

[그림 4-4], [그림 4-5] 및 [그림 4-6]은 各各 對象室의 照度測定, 模型內의 照度測定 및 外部水平面照度の 測定 모습을 보인 것이다.

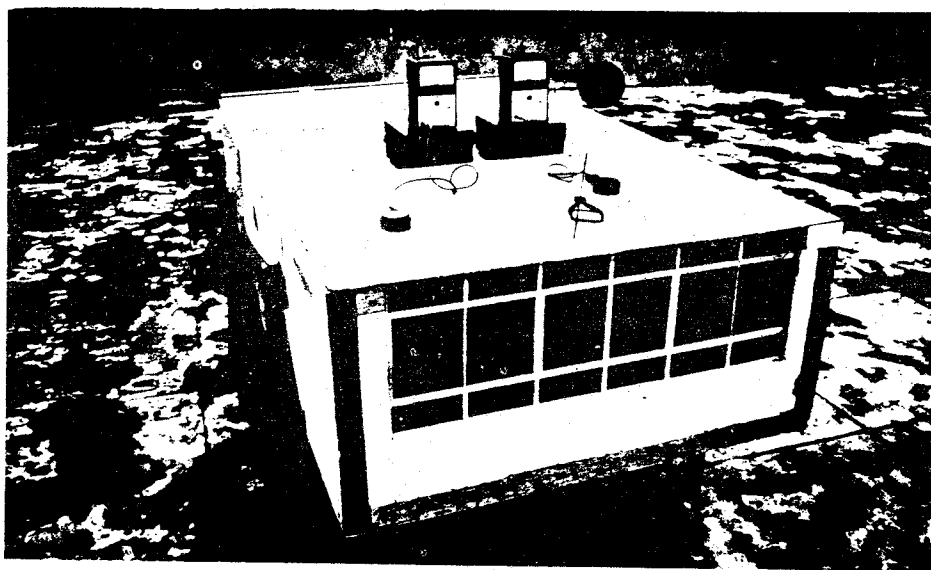


[그림 4-4] 現場實測 모습





[ 그림 4-5 ] 模型實驗 모습

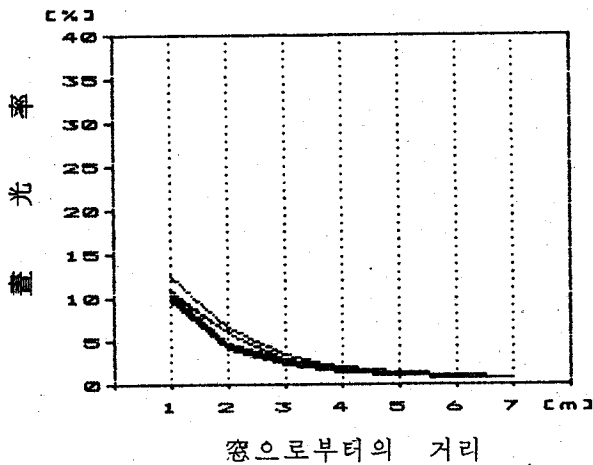


[ 그림 4-6 ] 外部水平面照度測定 모습

### 4-1-3. 現場實測과 模型實驗 結果의 比較·分析

#### 1. 1985年 8月4日의 測定結果

8月4日의 天氣는 全測定時間에 걸쳐 天空全域에 짙은 구름이 덮혀 있었고 太陽의 位置가 전혀 觀測되지 않았다. 간헐적인 降雨로 因하여 模型實驗은 하지 않고 現場實測만을 行하였다.



[그림 4-7] 模型實驗值(室中心線上)

[그림 4-7]은 室 中心線上的 作業面 晝光率의 變動을 보인 것이다.

(表 4-3.)은 各測定點의 時刻別 晝光率을 보인 것이고, (表 4-4)는 平均值 및 표준편차를 보인 것이다.

窓으로부터 2 [m]거리 이내에서 약간의 變動을 나타내고 있으나, 全測定時間동안 0.8 정도의 표준편차로서 매우 安定되어 있음을

(表 4-3) 時刻別 曇光率 測定値

8/4 OVERCAST SKY		REAL ROOM														C%3			
R.P.	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	MEAN	S.D.	
1	10.21	10.42	10.61	12.50	10.43	10.75	10.45	9.87	9.56	9.50	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43
2	4.36	4.40	5.75	6.48	5.73	5.80	4.22	4.13	4.03	4.00	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89
3	2.51	2.54	2.69	3.35	2.79	2.69	2.62	2.58	2.13	2.22	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61
4	1.47	1.49	1.53	1.51	1.58	1.47	1.41	1.46	1.25	1.20	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
5	0.72	0.95	0.80	0.94	1.00	0.92	0.79	0.74	0.95	0.72	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
6	0.51	0.53	0.54	0.55	0.71	0.61	0.66	0.47	0.50	0.44	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
7	0.37	0.35	0.34	0.33	0.56	0.46	0.54	0.35	0.40	0.33	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

(表 4-4) 現場實測値의 平均 및 표준편차

1985年8月4日

R.	2		3		4		5		6		7	
	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.
1	10.43	0.80	4.89	0.89	2.61	0.31	1.44	0.11	0.85	0.10	0.55	0.08

알 수 있다.

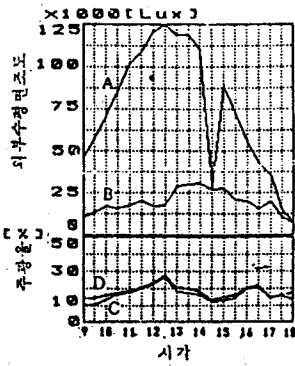
## 2. 8月19日의 測定結果

1985年 8月 19日의 天氣는 快晴으로서, 全測定時間中 西쪽 天空에 약간의 白色 구름이 있었을 뿐, 매우 安定된 天氣를 유지하였다.

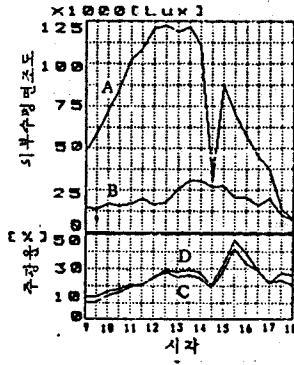
對象室 및 模型室內에서 測定한 作業面 照度는, 直射日光을 차폐하고 同時에 測定한 水平面 天空光照度로 나누어서 晝光率로 換算했다.

[그림 4-8-a]~[그림 4-8-f]는 各測定列中 窓으로 부터 1[m]거리의 第1行과 3[m]거리의 第3行에서의 外部水平面照度 및 晝光率의 時刻別 變動實態를 보인 것이다. 그림중 外部水平面照도가 같은 時刻일때도 불구하고 차이점이 있는 것은 測定點으로 移動할 때마다 약 30초 정도의 時間差가 있었기 때문이다.

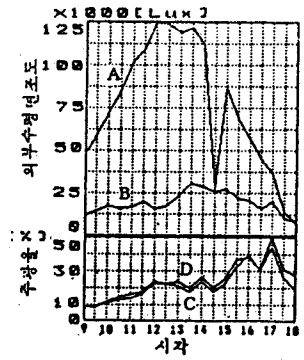
測定值中 가장 높은 晝光率을 보인 것은 두 結果值 모두 午後5時의 3-1點이다. 이것은 室의 方位가 南西 15°이므로 낮은 太陽高度로 因하여 西쪽 底高度天空城의 輝도가 매우 높았을 뿐 아니라, 直射日光이 直接 測定點으로 入射했기 때문이다. 時間帶別로 살펴볼 때 午前 9時부터 11時까지 2-1點에서, 現場實測值는 平均 14.5 [%], 模型實驗值는 平均) 16.74 [%]로 가장 높은 晝光率을 보였다. 이때 3-1點에서의 現場 實測值와 模型實驗值의 各各의 平均晝光率은 11.87 [%]와 11.97 [%]로서 가장 낮게 나타났다. 東쪽 天空의 輝도가 比較的 높은 이 時間帶에 1-1點의 경우 平均晝光率이 現場과 模型에서 各各 13.55 [%], 15.90 [%]로서 2-1點보다 낮은 것은 1-1點의 경우 2-1點보다 壁體두께로 因한 窓의 有



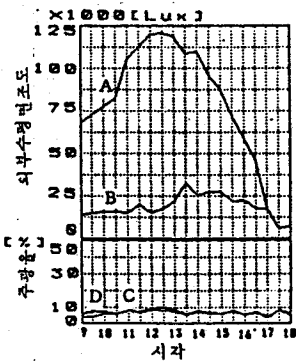
[그림 4-8-a] 1-1 점



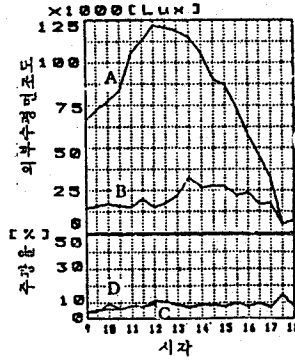
[그림 4-8-b] 2-1 점



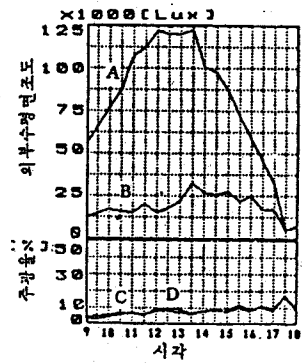
[그림 4-8-c] 3-1 점



[그림 4-8-d] 1-3 점



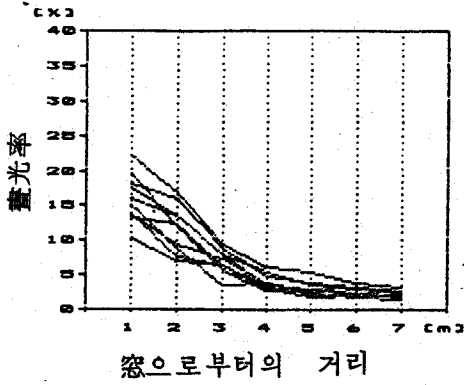
[그림 4-8-e] 2-3 점



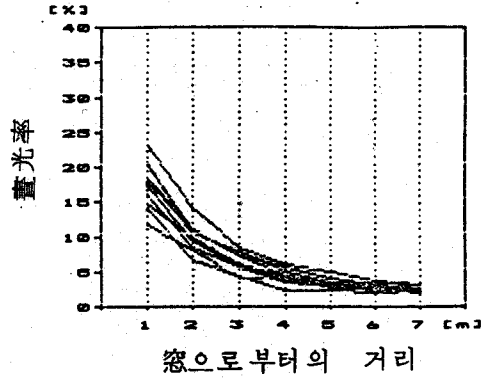
[그림 4-8-f] 3-3 점

- 단 A : 수평면 全晝光照度 [Lux]  
 B : 수평면 天空光照度 [Lux]  
 C : 현장실측치 [%], D : 모형실험치 [%]

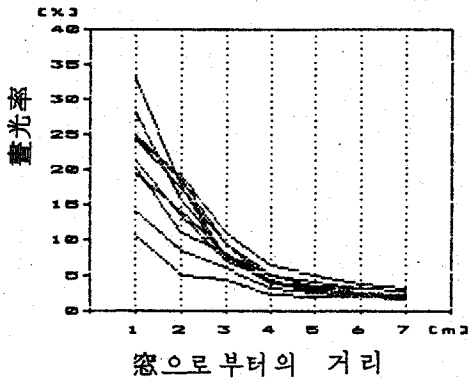
效面積이 더 많이 감소하였기 때문인 것으로 思料된다. 1-1點에서 의 窓에 의한 投射率은 15.2 [%], 2-1點은 17 [%]로 計算된다. 12時에서 午後3時 사이에는 2-1點이 역시 높았다. 太陽의 高度가 낮고 西쪽 天空의 輝度가 높은 午後4時에서 6時사이



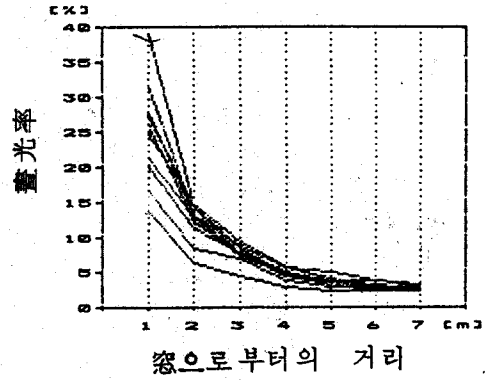
[그림 4-9-a] 現場實測值 (第1列)



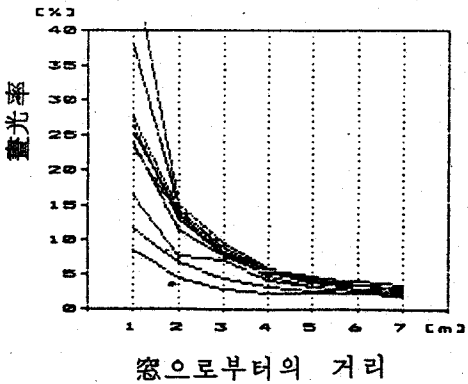
[그림 4-10-a] 模型實驗值 (第1列)



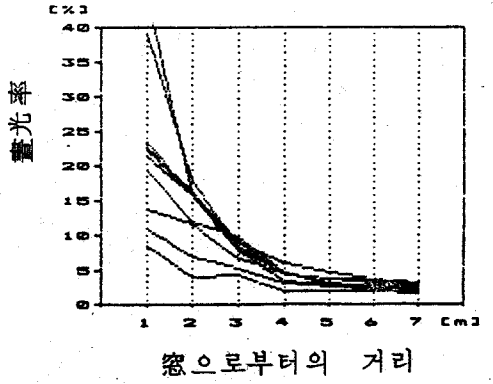
[그림 4-9-b] 現場實測值 (第2列)



[그림 4-10-b] 模型實驗值 (第2列)



[그림 4-9-c] 現場實測值 (第3列)



[그림 4-10-c] 模型實驗值 (第3列)

(表 4-5) 現場實測値의 平均 및 표준편차

1985 年 8 月 19 日 REAL ROOM. [%]

R.	1		2		3		4		5		6		7	
	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.
C.	15.74	3.34	11.49	3.22	6.68	1.61	3.76	1.07	2.73	0.99	2.35	0.62	1.95	0.48
	21.91	6.20	13.79	4.39	7.69	1.75	4.03	1.04	2.95	0.82	2.42	0.58	2.17	0.50
	22.40	10.86	13.03	4.28	7.51	1.65	3.98	1.03	3.07	0.73	2.65	0.63	2.18	0.54

(表 4-6) 模型實驗値의 平均 및 표준편차

1985 年 8 月 19 日 MODEL ROOM [%]

R.	1		2		3		4		5		6		7	
	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.
C.	17.23	3.29	9.81	1.88	6.07	1.37	4.14	0.98	3.13	0.73	2.57	0.53	2.22	0.35
	24.64	6.95	11.89	2.61	7.57	1.37	4.43	0.86	3.39	0.74	2.73	0.47	2.44	0.38
	24.90	11.55	11.17	3.58	6.96	1.87	4.55	1.15	3.49	0.80	2.79	0.56	2.44	0.48

에 3-1 點의 晝光率은 現場實測值가 44.25 [%], 模型實驗值가 49.75 [%]로서 全測定值中 가장 높았다.

이값은 같은 時間帶의 1-1 點보다 각각 29.4 [%], 35.9 [%], 더 높고, 2-1 點보다 각각 23[%] 28.8[%] 더 높아, 낮은 太陽高度와 室의 方位에 의한 室內照度分布의 變動이 심한 것을 알 수 있다. [그림 4-8-d]~[그림 4-8-f]를 살펴 볼때, 窓으로부터 3 m거리 부터는 時刻別로 약간의 變動은 보였지만 第 1行 보다는 훨씬 줄어들어, 全測定時間에 걸쳐서 安定된 晝光率을 보이고 있다. [그림 4-9-a]~[그림 4-10-c]는 各各 對象室과 模型室內에서, 全測定時間 동안 各測定點別 晝光率의 變動實態를 보인 것이고 (表4-5)(表4-6)는 各各의 測定點別로 晝光率의 平均值 및 표준편차를 보인 것이다. 第1列까지 즉, 窓으로부터 3 [m]거리 以內에서 時刻別 變動이 매우 심한 것을 알 수 있다.

[그림 4-9-a]~[그림 4-10-c]에서 알 수 있듯이 對象室과 模型室內에서 晝光의 變動 및 分布狀態가 거의 一致하고 있다.

[그림 4-11]은 室內 晝光率分布가 매우 不均等한 午後4時 第3列의 現場實測值와 模型實驗值를 比較한 것이다.

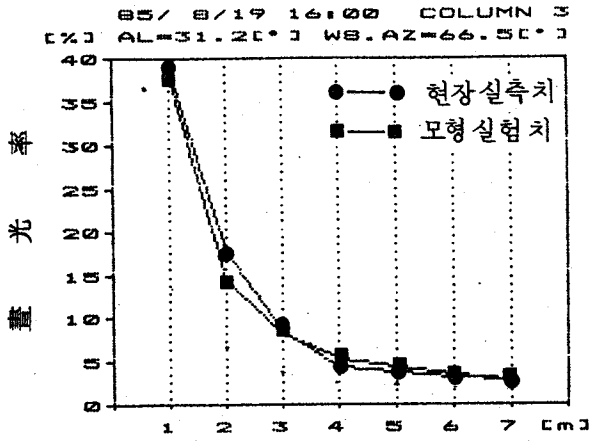
이때 兩者의 平均誤差는 0.91 [%]로 잘 一致하고 있다.

### 3. 1985年 8月 20日의 模型實驗結果

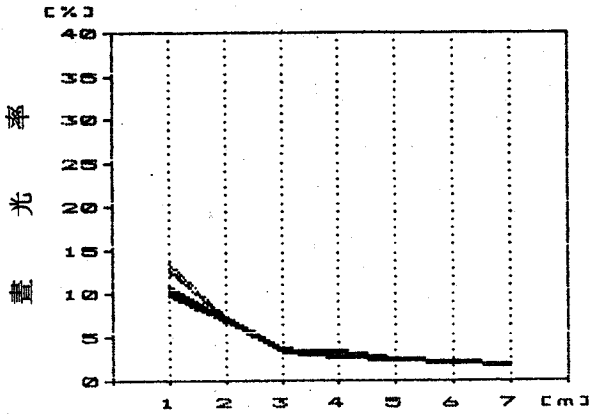
8月 20日의 天氣는 8月 19日과 同一한 快晴日로서 특히 北天空은 구름 한점 없는 安定된 狀態를 유지하였다.

8月 19日의 測定結果, 室內의 晝光率이 時刻에 따라 즉, 太陽의 高





[그림 4-11] 현장實測值와 模型實驗值의 比較



窓으로부터의 거리

[그림 4-12] 模型實驗值(第2列)

도와 Wall-Solar Angle의 變動에 따라서 크게 變動하는 것을 알 수 있었다. 이번에는 模型을 직사일광의 영향이 적은 北天空으로 向해 놓고 室內의 晝光率分布狀態와 時刻別 變動을 實驗하였다. [그림 4-12]는 室 中心線上 晝光率의 時刻別 變動實態를 보인 것이다. (表 4-7)과 (表 4-8)은 各各 時刻別 晝光率 測定值 및 平均値와 표준편차를 보인 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 窓으로부터 1 [m] 거리에서 약간의 變動을 보일 뿐 全體적으로 매우 安定되어 있는 것을 알 수 있다.

(表 4-7) 時刻別 晝光率 測定値

8/20 CLEAR NORTH SKY		MODEL ROOM																
R.P	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	MEAN							
1	9.93	10.39	12.80	13.20	12.30	10.50	10.70	10.20	9.70	9.50	10.92							
2	6.49	6.74	6.85	7.10	6.90	7.00	6.80	6.70	7.00	6.50	6.81							
3	3.37	3.37	3.39	3.28	3.70	3.60	3.50	3.00	3.40	3.20	3.38							
4	2.66	3.18	3.18	3.00	2.57	2.20	2.34	2.35	2.30	2.20	2.60							
5	2.32	2.38	2.00	2.19	2.20	2.18	2.15	2.26	2.03	2.02	2.17							
6	1.82	1.96	1.75	2.00	1.76	1.65	1.60	1.82	1.83	1.79	1.80							
7	1.67	1.53	1.70	1.71	1.67	1.65	1.52	1.53	1.40	1.35	1.57							

(表 4-8) 模型實驗値의 平均 및 표준편차

1985 年 8 月 20 日		MODEL ROOM [%]										
R.	1	2	3	4	5	6	7					
C.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.	MEAN	S.D.				
2	10.92	1.27	6.81	0.19	3.38	0.19	2.60	0.37	2.17	0.12	1.80	0.12
											1.57	0.12

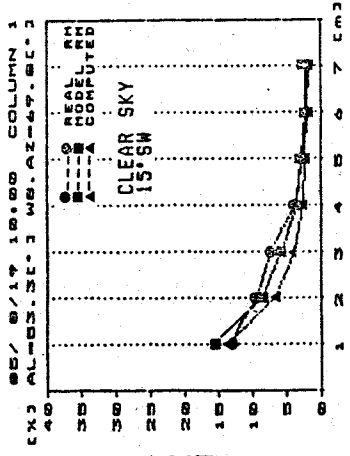
4-1-4. 測定値와 計算値의 比較·分析

測定에 앞서 作成한 晝光率計算 프로그램에 의한 計算値를 曇天時에 對해서는 (表 4-9)에, 快晴時에 對해서는 (表 4-10)에 나타낸다.

對象室의 作業面上에서 外部防害物이 觀測되지 않으므로 外部反射成分은 計算하지 않았다. [그림4-13-a]~[그림4-13-i]는 8月19日 午前10時, 午後1時 및 午後4時的 各列別 現場實測値, 模型實驗値 및 計算値를 比較해 놓은 것이다. 그림으로 부터 알 수 있듯이 測定値의 경우 時刻에 따라 第1行과 第2行에서 큰 變動을 보이고 있지만, 晝光率理論에서는 根本적으로 直射日光照度에 의한 外部反射光의 變動과, 太陽高度 및 建物の 方位에 의한 天空輝度の 變化를 고려하지 않기 때문에, 直射日光이 室內에 入射하는 午後4시에 큰 差를 보이고 있다.

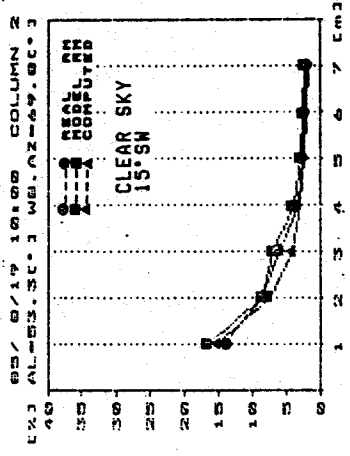
(表 4-9) 曇天時的 晝光率計算値(%) (表4-10)快晴時的 晝光率計算値(%)

POINT	SC	ERC	IRC	D.F.	POINT	SC	ERC	IRC	D.F.
1	9.90	0.00	1.06	10.96	1	12.68	0.00	1.06	13.74
1	3.20	0.00	1.06	4.26	1	5.26	0.00	1.06	6.32
1	1.31	0.00	1.06	2.38	1	2.50	0.00	1.06	3.56
1	0.64	0.00	1.06	1.71	1	1.34	0.00	1.06	2.40
1	0.36	0.00	1.06	1.42	1	0.79	0.00	1.06	1.85
1	0.22	0.00	1.06	1.28	1	0.50	0.00	1.06	1.56
1	0.14	0.00	1.06	1.20	1	0.33	0.00	1.06	1.40
2	11.03	0.00	1.06	12.10	2	14.13	0.00	1.06	15.20
2	3.55	0.00	1.06	4.72	2	6.01	0.00	1.06	7.07
2	1.48	0.00	1.06	2.54	2	2.81	0.00	1.06	3.87
2	0.71	0.00	1.06	1.77	2	1.47	0.00	1.06	2.54
2	0.39	0.00	1.06	1.45	2	0.85	0.00	1.06	1.99
2	0.23	0.00	1.06	1.29	2	0.53	0.00	1.06	1.59
2	0.15	0.00	1.06	1.21	2	0.35	0.00	1.06	1.41

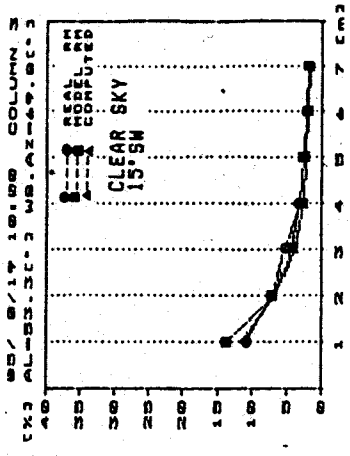


照光量

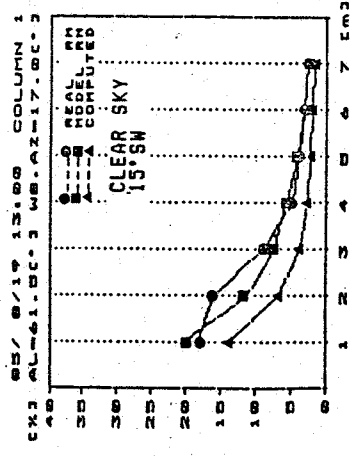
窓으로부터의 거리  
[그림 4-13-a]



[그림 4-13-b]

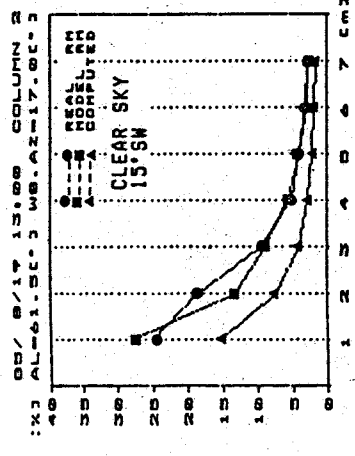


[그림 4-13-c]

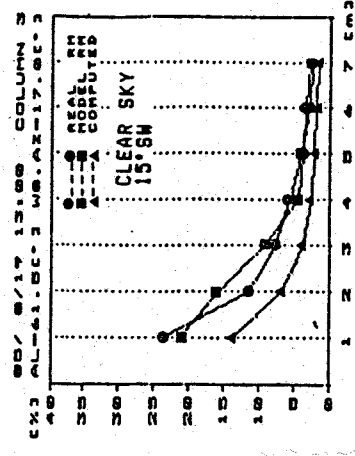


照光量

窓으로부터의 거리  
[그림 4-13-d]

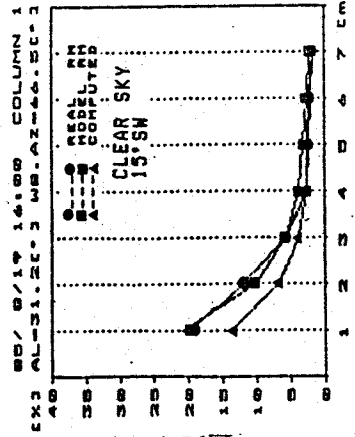


[그림 4-13-e]



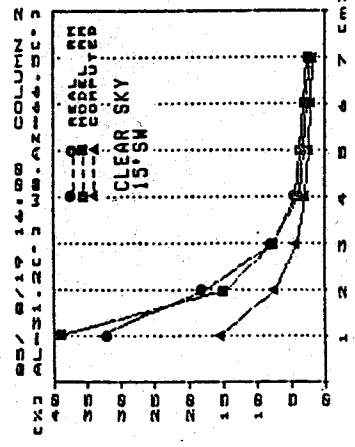
[그림 4-13-f]

각 Column 의 時刻別 照光率 分布度

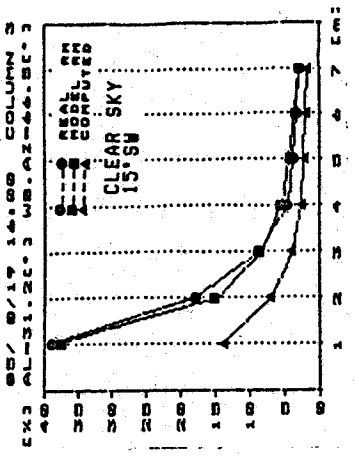


測定値

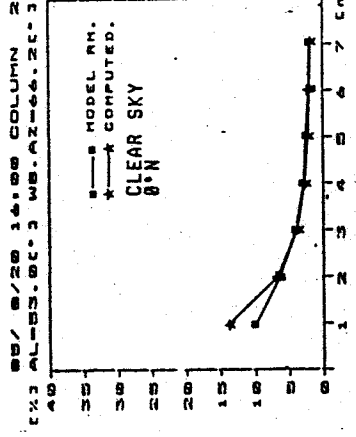
窓으로부터의 거리  
[ 그림 4-13-g ]



[ 그림 4-13-h ]

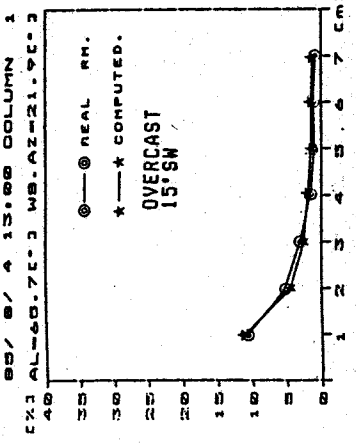


[ 그림 4-13-i ]

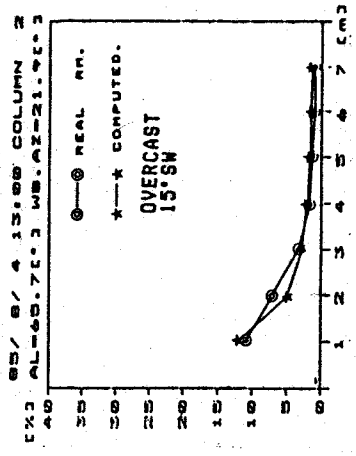


測定値

窓으로부터의 거리  
[ 그림 4-13-j ]



[ 그림 4-13-k ]



[ 그림 4-13-l ]

각 Column 의 時刻別 晝光率 分布度

(表 4-11) 8月 19日 的 現場實測值 與 模型實驗值

C	R	LOCA.	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	MEAN
1	1	REAL	10.18	13.24	17.22	22.06	17.95	15.81	13.00	19.50	14.85	13.57	15.74
		MODEL	13.76	15.88	18.33	22.94	20.18	17.75	14.61	20.50	11.38	17.00	17.23
1	2	REAL	6.65	9.38	13.24	16.80	15.76	13.19	12.04	11.61	8.75	7.50	11.49
		MODEL	6.55	8.33	10.59	13.94	10.87	10.74	9.67	10.00	8.13	9.33	9.81
1	3	REAL	6.15	6.90	7.74	9.29	8.45	7.52	6.09	5.32	3.33	6.00	6.68
		MODEL	4.09	5.63	7.74	8.26	7.16	7.02	5.86	5.61	4.00	5.33	6.07
1	4	REAL	2.56	3.62	5.12	5.93	4.65	3.41	3.29	2.46	3.60	2.96	3.76
		MODEL	2.13	3.24	4.93	5.67	5.38	4.10	4.15	3.60	4.22	4.00	4.14
1	5	REAL	1.53	2.27	3.37	5.09	3.52	2.56	2.69	2.50	1.87	1.91	2.73
		MODEL	2.04	2.63	3.39	4.83	3.81	2.79	3.15	3.08	2.50	3.14	3.13
1	6	REAL	1.74	2.09	2.51	3.74	2.86	2.09	2.83	2.16	2.14	1.39	2.35
		MODEL	1.69	2.11	2.63	3.67	2.84	2.20	3.16	2.27	2.75	2.43	2.57
1	7	REAL	1.81	1.86	1.91	2.83	2.43	1.72	2.47	1.53	1.85	1.05	1.95
		MODEL	2.07	2.05	2.03	2.93	2.27	1.88	2.83	1.90	2.29	2.00	2.22
2	1	REAL	10.34	14.06	19.12	24.36	24.69	24.06	27.89	33.05	21.25	20.29	21.91
		MODEL	13.66	16.53	20.00	24.55	27.76	27.03	31.36	38.81	21.00	25.71	24.64
2	2	REAL	4.73	8.26	13.91	18.79	18.18	17.07	15.51	17.33	13.44	10.67	13.79
		MODEL	6.01	8.22	11.25	14.42	13.05	14.23	12.96	14.09	12.55	12.07	11.89
2	3	REAL	4.32	5.79	7.76	10.84	9.27	9.11	7.80	7.40	6.67	7.92	7.69
		MODEL	4.10	9.12	7.73	9.16	8.45	8.24	7.29	7.29	6.97	7.33	7.57
2	4	REAL	2.08	3.12	4.69	6.19	5.00	3.81	3.93	3.56	4.10	3.82	4.03
		MODEL	2.55	3.48	4.84	5.60	5.55	4.19	4.63	4.20	4.69	4.56	4.43
2	5	REAL	1.74	2.34	3.15	4.72	3.87	2.68	3.15	3.12	2.27	2.45	2.95
		MODEL	2.03	2.63	3.41	4.86	4.00	3.00	3.68	3.74	3.06	3.46	3.39
2	6	REAL	1.63	1.95	2.34	3.62	2.86	2.33	3.02	2.50	2.17	1.74	2.42
		MODEL	2.17	2.27	2.38	3.56	2.72	2.38	3.59	2.93	2.75	2.57	2.73
2	7	REAL	1.73	1.82	1.91	3.12	2.78	2.08	2.66	2.03	2.19	1.43	2.17
		MODEL	1.96	2.02	2.08	3.01	2.57	2.08	3.00	2.45	2.82	2.42	2.44
3	1	REAL	8.41	10.67	13.53	22.19	20.96	23.31	22.31	39.05	44.25	19.33	22.40
		MODEL	8.36	11.56	16.00	23.13	23.56	26.21	25.07	38.05	49.75	27.33	24.90
3	2	REAL	4.04	6.76	11.29	15.83	15.49	15.63	16.11	17.55	15.79	11.83	13.03
		MODEL	4.18	6.47	7.42	13.13	11.09	12.69	13.52	14.35	14.87	14.00	11.17
3	3	REAL	4.15	5.15	6.40	8.90	9.00	7.78	8.36	8.40	7.55	9.43	7.51
		MODEL	2.72	4.26	6.67	7.74	7.45	7.63	7.43	7.96	9.12	8.57	6.96
3	4	REAL	1.81	2.85	4.48	5.79	4.19	3.25	4.30	4.21	4.44	4.47	3.98
		MODEL	2.13	2.94	4.06	5.40	5.63	4.39	5.00	5.25	5.60	5.14	4.55
3	5	REAL	1.83	2.35	3.02	4.50	3.67	2.55	3.63	3.72	2.61	2.83	3.07
		MODEL	1.96	2.45	3.06	4.55	3.98	3.06	4.35	4.17	3.63	3.71	3.49
3	6	REAL	1.74	2.03	2.37	3.50	3.16	2.25	3.69	3.02	2.72	2.00	2.65
		MODEL	2.04	2.13	2.22	3.39	2.77	2.47	3.83	3.19	3.13	2.69	2.79
3	7	REAL	1.35	1.73	1.53	2.83	2.63	2.02	2.91	2.66	2.33	1.77	2.18
		MODEL	1.93	1.87	1.81	2.75	2.30	2.11	3.31	2.73	2.89	2.67	2.44

(表-11)은 8月19일 現場實測値와 模型實驗値를 나타낸 것이다. 現場實測値와 計算値를 比較해 보면 第3列의 경우, 12時부터 午後5時까지 窓으로부터 2[m]거리 內에서 平均12.4[%]의 가장 큰 誤差를 보였다. 第2列의 경우 12時부터 午後4時까지 12[%]의 平均誤差를 보였으며, 第1列의 경우 12時부터 午後4時까지 平均 4.8[%]의 誤差를 보였다. [그림 4-13-j]는 8月20일의 北天空을 向한 模型室에서 오후 4시에 測定된 晝光率과 計算値를 比較한 것으로 平均誤差 0.7[%]로 매우 잘 일치 했다. 또한 [그림 4-13-K] 및 [그림 4-13-l]을 各各 曇天日인 8月4日 午後1時の 現場實測値와 計算値를 比較한 것으로서 第1列과 第2列에서 兩者의 平均誤差가 各各 0.6[%], 0.9[%]로 매우 近接하고 있음을 알 수 있다.

#### 4-1-5. 模型實驗과 電算프로그램의 適用範圍

##### 1. 模型實驗

模型實驗과 現場實測을 同時에 行하여 얻은 晝光率 比較 分析結果, 時刻別로 晝光率의 變動이 심한 快晴時, 南向室에서도 매우 近접한 값을 보이고 있으므로 模型製作時 室內 照度分布에 주된 영향을 미치는 窓의 형상 및 크기와 室內表面反射率을 同一하게 재현하면 模型內에서의 빛의 거동은 現場에서와 거의 同一하다는 것을 알 수 있다.

그러므로 건축물 기본계획단계에서 模型實驗을 通하여 自然採光設

計를 검토할 경우 室의 방위에 관계없이 매우 정확한 晝光率을 예측할 수 있다.

## 2. 晝光率計算 電算프로그램

計算値와 現場實測値의 比較·分析 結果, 晝光率理論式에 太陽高度 및 Wall-Solar Angle 을 고려하지 않을 경우, 直射日光의 영향을 받기 쉬운 方位를 갖는 室에 適用하면 실제의 晝光率보다 훨씬 낮은 晝光率을 算出한다. 그러나 曇天時에는 大部分의 側窓採光室에서의 晝光率을 精確하게 計算할 수 있고, 快晴 및 晴天時에는 直射日光의 영향이 적은 北向의 片側窓採光室에서의 晝光率을 比較的 精確하게 計算할 수 있음을 알 수 있다.

## 4-2. 人工照明

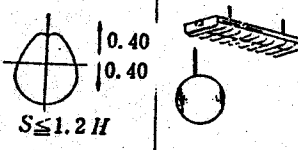
### 4-2-1. 測定概要

事務空間內에서의 人工照明 計算을 위해 作成한 프로그램의 타당성을 檢討하기 위하여 對象室을 選定한 후, 現在 배치되어 있는 照明器具에 의한 照度를 實測하고, 프로그램에 의한 計算値와 比較·分析하였다. 人工照明測定 對象室은 晝光照度實測 對象室과 同一하다. 天井에는 길이 126 [cm]의 FL-40-W 2球用 형광등이 全般擴散方法으로 2대 설치되어 있다.



(表 4 - 12)는 해당 器類의 照明率表 를 나타낸 것이다. 表中 “□”로 표시된 것은 對象室內表面의 反射率과 室指數 및 照明率을 나타 낸다.

(表 4 - 12) 照明率表 <sup>1)</sup>

配 光 가 설 간 격	燈 器 의 예	광도보상 률(D) 보수상태		반사 율	0.75			0.50			0.30				
		上	中		下	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	
		방 지 수		조 명 륜 U(%)											
 $S \leq 1.2 H$	3.	□	□	J	24	19	16	22	18	15	16	14	14	14	14
				I	29	23	22	27	23	23	21	21	19	19	
		□	□	□	H	33	23	26	30	26	24	24	21	21	21
					G	37	32	29	33	29	23	23	21	21	
		□	□	□	F	40	36	31	36	32	29	29	23	23	
					E	45	40	36	40	36	33	32	23	23	
		□	□	□	D	48	43	39	3	39	36	34	33	33	
					C	51	46	42	45	41	38	37	34	34	
		□	□	□	B	55	50	47	49	45	42	40	33	33	
					A	57	53	49	51	47	44	41	40	40	

4 - 2 - 2. 照度測定

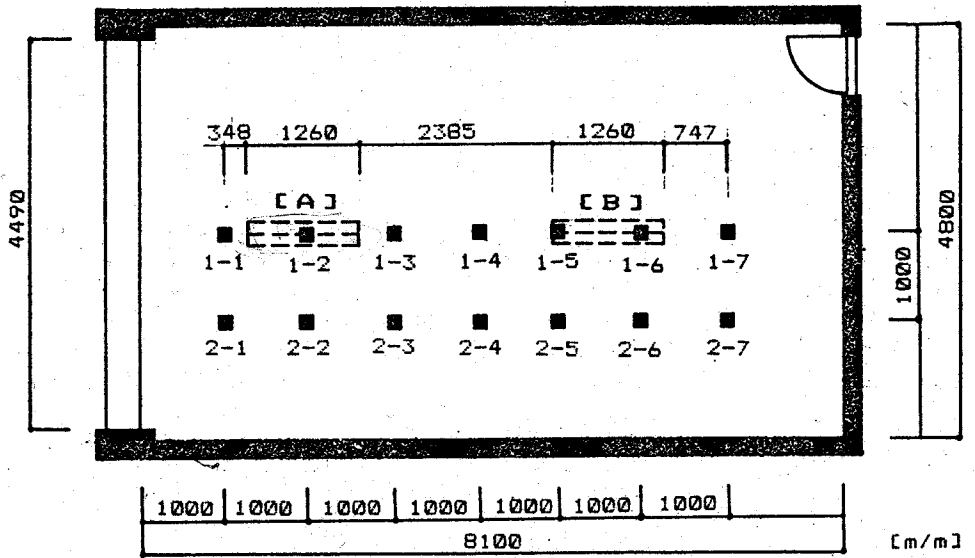
[그림 4 - 14]는 測定點과 형광등間의 平面的 位置關係를 나타낸 것이고 [그림 4 - 15]는 兩者間의 立面的 位置關係를 나타낸 것이다.

各各의 형광등에 의한 照度分布를 알기 위하여 다음과 같은 方法으로 測定하였다.

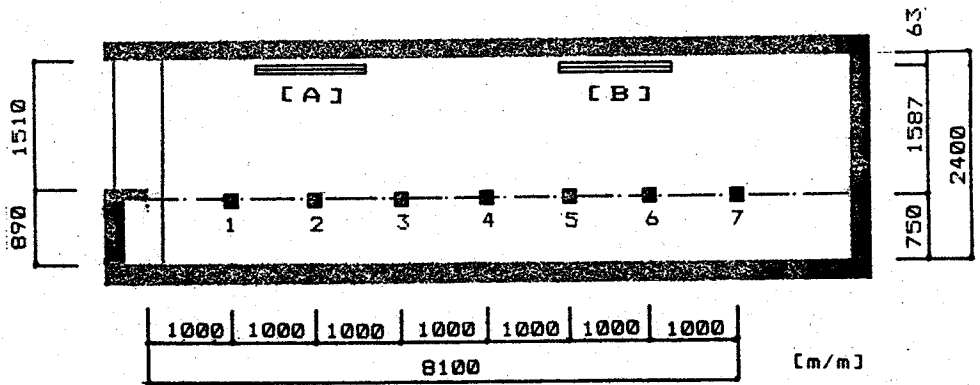
- ① 형광등 A 點燈, 형광등 B 消燈 상태에서 照度測定
- ② 형광등 A 消燈, 형광등 B 點燈 상태에서 照度測定
- ③ 형광등 A 點燈, 형광등 B 點燈 상태에서 照度測定
- ④ 測定值 ①과 測定值 ②의 合을 測定值 ③과 比較

(表 4 - 13)과 (表 4 - 14)는 各各 第1列과 第2列의 測定結果

1) 池沓根: 建築電氣設備, p47



[그림 4-14] 測定點과 형광등의 平面的位置관계



[그림 4-15] 測定點과 형광등의 立面的位置關係

(表 4 - 13) COLUMN 1의 測定結果

[Lux]

측정내용	1	2	3	4	5	6	7
A=on B=off	174	330	185	59	23	12	8
A=off B=on	7	12	26	79	219	262	115
A=on B=on	185	345	205	139	239	275	124
(A + B)	181	342	211	138	242	274	123

(表 4 - 14) COLUMN 2의 測定結果

[Lux]

측정내용	1	2	3	4	5	6	7
A=on B=off	134	196	127	51	24	13	9
A=off B=on	9	15	29	68	152	173	89
A=on B=on	141	210	153	115	173	185	96
(A + B)	143	211	156	119	176	186	98

단, (A+B)는 형광등 A에 대한 照度와 B에 의한 照度の  
합 .

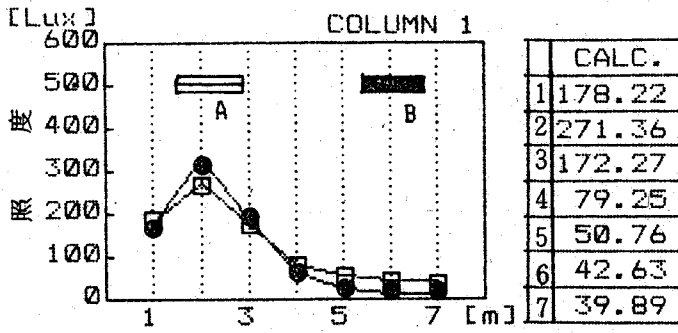
이다.

測定値中 A와 B를 모두 點燈한 狀態에서의 값과, A와 B 각각  
에 對한 값의 合 사이에 약간의 誤差가 있는 것은 測定上的 誤  
差 때문인 것으로 想料된다.

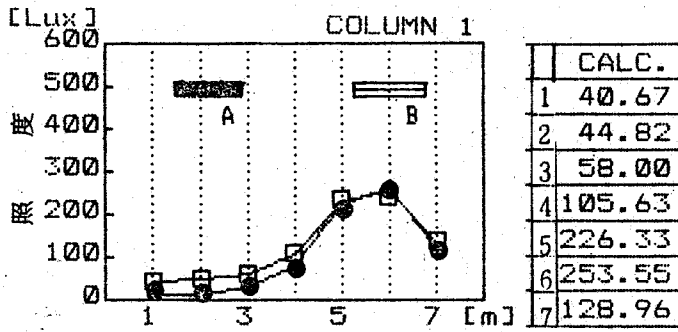
#### 4 - 2 - 3. 測定値와 計算値의 比較·分析

計算에 必要한 資料로서, 室諸元은 晝光率計算時와 同  
一하며, 室指數 및 照明率은 (表 4 - 12)와 같다. 또한 램프光束은  
램프 1臺당 3200 [Lumen]으로 하였다.

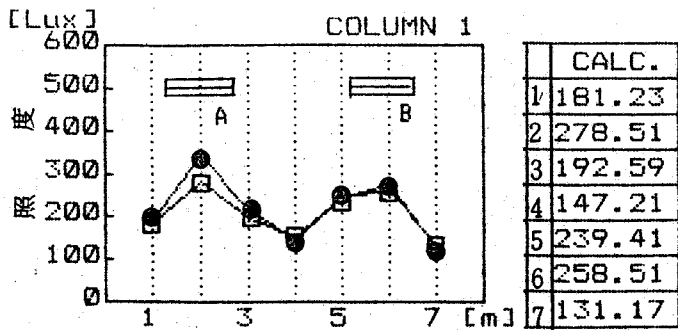
[그림 4 - 16-a] ~ [4 - 16-c]는 第 1列에서 測定値와 理論値를 比  
較한 것이고, [그림 4 - 17-a] ~ [그림 4 - 17-c]는 第 2列에 對한 것



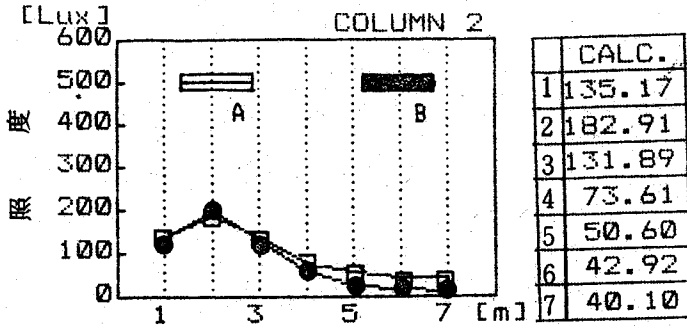
窓으로부터의 거리  
[그림 4-16-a] 第1列 A = on, B = off



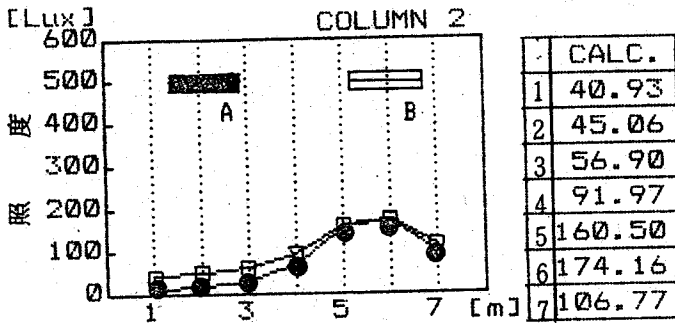
窓으로부터의 거리  
[그림 4-16-b] 第1列 A = off, B = on



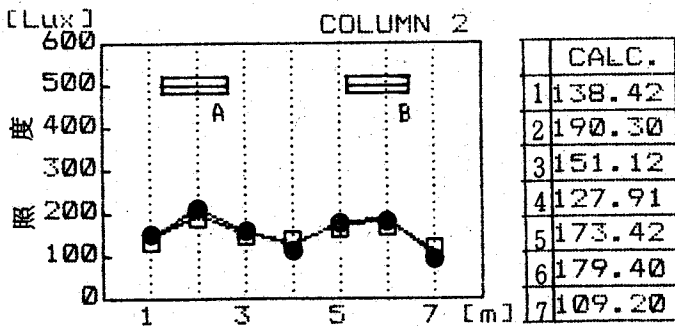
窓으로부터의 거리  
[그림 4-16-c] 第1列 A = on, B = on



窓으로부터의 거리  
[그림 4-17-a] 第2列 A = on, B = off



窓으로부터의 거리  
[그림 4-17-b] 第2列 A = off, B = on



窓으로부터의 거리  
[그림 4-17-c] 第2列 A = on, B = on

범례 ●—● 測定値 [Lux]  
□—□ 計算値 [Lux]

이다. 또한 그림 옆의 數値는 各測定點의 計算値이다. 螢光燈 A 만을 點燈했을 때, 1-2 點에서 測定値가 計算値보다 59[Lux] 더 높다. 가장 큰 誤差를 보였다. 螢光燈 B 만을 點燈했을 때는 1-1 點에서 計算値가 測定値보다 33.7[Lux] 더 높았으며, A와 B를 모두 點燈했을 때 1-2 點에서 測定値가 計算値보다 66[Lux] 더 높았다. 第 1 列의 경우 螢光燈 A의 바로 밑부분에서 測定値가 더 높은 것은 測定時 天井 및 壁面에서의 1次反射光束이 計算에 의한 反射成分値보다 더 컸을 것으로 想料된다. 또한 2개의 螢光燈중 어느 한 쪽을 點燈했을 때, 點燈된 螢光燈으로부터 3[m] 이상 떨어진 地點에서 計算値가 測定値보다 平均 30.4[Lux] 더 높았다. 이것은 실제의 경우 室內相互反射成分은 光源과 멀어질수록 작아지는데 반해서, 計算時에는 室全體에서의 平均値를 求하기 때문에 光源으로부터 멀리 떨어진 곳에서는 計算에 의한 室內相互反射成分이 실제의 경우보다 크게 되기 때문이다.

全體적으로 볼때 測定値와 計算値의 平均誤差는 약 23[Lux]로 매우 近接하고 있음을 알 수 있다. 그러므로 人工照明에 의한 照度を 理論式에 의해 計算할 경우, 매우 精確한 結果를 얻을 수 있다고 思料된다.

## 第5章 照度計算電算 프로그램에 의한 시뮬레이션 研究

### 5 - 1 . 시뮬레이션 概要

理論式에 근거하여 作成한 晝光率 및 人工照明計算 프로그램과 서울地方 標準年氣象資料로 부터 推定한 外部水平面天空照度の 時間別 平均値를 利用하여, 都心地에 있는 事務所 建物內에서, 事務室의 層을 달리하여 照明器具의 消燈範圍 및 消燈率을 年間 및 冷·暖房期間中の 作業帶에 對하여 시뮬레이션 하였다.

### 5 - 2 . 對象室의 想定

시뮬레이션 對象室은 都心地에 位置한 10層建物の 5層과 10層에 있는 事務室이다. 室前方에는 對象建物과 길이와 높이가 同一한 建물이 35 m 거리(8 차선도로)를 두고 마주서 있다. 對象室의 採光은 室前面의 片側窓에 의해 이루어 진다.

現場實測과 模型實驗을 통해 晝光率理論에 의한 計算結果를 檢討해 본 결과 直射日光 및 太陽주위의 高輝度天空의 影響을 받기 쉬운 方位를 갖는 室에서는 比較的 誤差가 컸지만, 室이 北天空을 向하거나 혹은 南向일지라도 曇天時에는 매우 精確한 晝光率을 計算할 수 있음을 알았다. 本 시뮬레이션에서는 이러한 점을 감안하고 同時に 直射日光의 影響을 받지 않는 室에서는 作業時間中 比較的 安定된 晝光率을 유지하지만 定量的으로 볼 때 直射日光의 影響을

받는 室보다 拂리한 點을 고려하여 室方位의 範圍를 北東에서 北西사이로 제한하였다.

(表 5-1)은 想定한 事務室의 諸元을 나타낸 것이고 [그림 5-2]는 각각 對象室의 평면과 단면을 보인 것이다.

### 5-3. 시뮬레이션 進行方法

시뮬레이션 進行方法은 다음과 같다.

#### 1. 自然採光

- 1) 室 A에서, 室中心線上的 晝光率 計算
- 2) 室 B에서, 室中心線上的 晝光率 計算

#### 2. 人工照明

- 1) 設計照度 決定
- 2) 照明方式 및 照明器具 決定
- 3) 照明器具 배치 및 照度計算
- 4) 消燈라인 決定

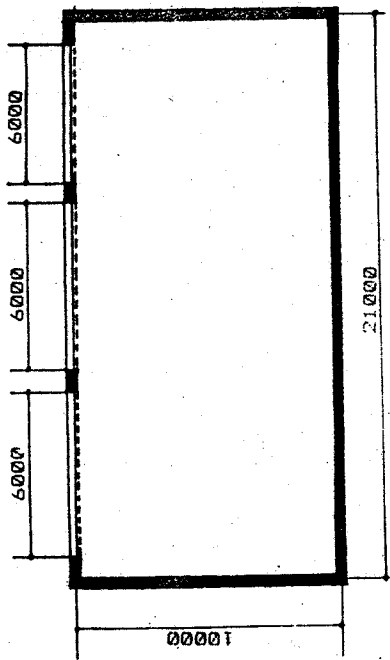
#### 3. 自然採光과 人工照明的 併用

- 1) 室 A, B에서 消燈라인上에 보충되어야할 照도에 대한 外部 水平面照度算定
- 2) 室 A, B에서, 消燈範圍內에 位置한 照明器具의 年間 및 冷·

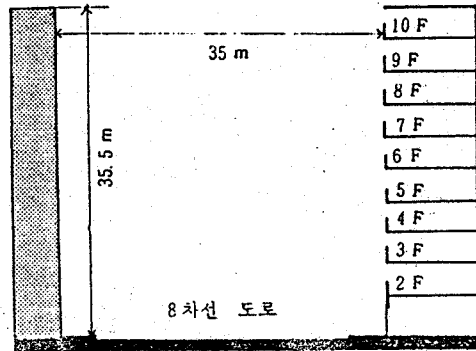


(表 5-1) 對象室 A, B의 諸元

室 방 위	北東~北面	천정 반사율	0.71
室 前面 길이	21 M	벽 반사율	0.46
室 깊 이	10 M	바닥 반사율	0.15
천 정 높 이	2.5 M	窓 유리 반사율	0.15
窓 턱 높 이	0.75 M	窓 유리 투과율	0.9
作 業 面 높 이	0.75 M	窓 面積 有效 率	0.8
窓 높 이	1.75 M	유 지 율	0.8
窓 길 이	6 M	기 등 두께	0.8 M
窓 數	3 SH	벽 두께	0.3 M



[그림 5-1] 對象室 平面圖



[그림 5-2] 對象室 A, B와  
對向建物の 위치 관계

暖房 期間作業時間帶에 對한 消燈率 算定

4. 시뮬레이션 結果에 對한 考察

5-3-1. 自然採光

1. 室A에서의 晝光率計算

室A는 5層에 位置한 事務室로서 外部妨害物의 높이는 對象室 바닥面으로부터 21[m]이다.

(表 5-2)와 (表 5-3)은 各各 晴天時와 曇天時의 晝光率 計算 結果이다.

(表 5-2) 室A에서 晴天時의 晝光率

OH=21.0 [m]		SKY CONDITION:CS			
POINT	SC [%]	ERC [%]	IRC [%]	D.F. [%]	
RP 1	8.401180	0.177562	0.660677	9.239420	
RP 2	4.091370	0.168395	0.660677	4.920440	
RP 3	2.327040	0.123810	0.660677	3.111530	
RP 4	1.521970	0.085588	0.660677	2.268240	
RP 5	1.065360	0.061955	0.660677	1.787990	
RP 6	0.822932	0.042573	0.660677	1.526180	
RP 7	0.653114	0.030346	0.660677	1.344140	
RP 8	0.528297	0.022308	0.660677	1.211280	
RP 9	0.422392	0.017946	0.660677	1.101010	
RP 10	0.339611	0.015011	0.660677	1.015300	
RP 11	0.276496	0.012724	0.660677	0.949897	

단, SC : 天空成分 [%]                      IRC : 室內相互反射成分 [%]  
 ERC : 外部反射成分 [%]                  D.F : 晝光率 [%]

(表 5 - 3 ) 室 A에서 曇天時의 晝光率

OH=21.0 [m]		SKY CONDITION:OC		
POINT	SC [%]	ERC [%]	IRC [%]	D.F. [%]
RP 1	6.084300	0.177562	0.660677	6.922530
RP 2	1.924440	0.168395	0.660677	2.753510
RP 3	0.708375	0.123810	0.660677	1.492860
RP 4	0.331825	0.085588	0.660677	1.078090
RP 5	0.171185	0.061955	0.660677	0.893817
RP 6	0.133985	0.042573	0.660677	0.837235
RP 7	0.110529	0.030346	0.660677	0.801552
RP 8	0.093210	0.022308	0.660677	0.776196
RP 9	0.068275	0.017946	0.660677	0.746898
RP 10	0.047773	0.015011	0.660677	0.723461
RP 11	0.033383	0.012724	0.660677	0.706784

(表 5 - 2 )와 (表 5 - 3 )에 보인 晝光率은 特定한 天氣狀態에 對한 것이므로 一般의인 경우에 적용할 수 있도록 하기 위하여 第 3 章에서 氣象資料로부터 정리한 各天氣의 出現回數의 比率에 의하여 다음과 같은 방법으로 조정하였다.

$$\left( \begin{array}{c} \text{消燈率算定} \\ \text{에 적용하} \\ \text{기 위한} \\ \text{晝光率} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{晴天時에} \\ \text{對한 計} \\ \text{算值} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{cc} \text{各期間別} & \text{各期間別} \\ \text{快晴時의} + \text{晴日時의} \\ \text{出現比率} & \text{出現比率} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{cc} \text{曇天時} & \text{各期間} \\ \text{에 대 別 曇} \\ \text{한 計} & \text{天時의} \\ \text{算值} & \text{出現比} \end{array} \right) \times \text{率}$$

(表 5 - 4 )는 各期間別 消燈率算定에 適用한 室 A의 晝光率이다.

(表 5 - 4 ) 各期間別 晝光率

ROOM A [%]			
RP	ANNUAL	COOL.	HEAT.
1	8.143	7.769	8.449
2	3.894	3.548	4.180
3	2.344	2.086	2.558
4	1.702	1.512	1.861
5	1.364	1.221	1.483
6	1.199	1.087	1.291
7	1.085	0.998	1.156
8	1.002	0.932	1.060
9	0.934	0.878	0.981
10	0.878	0.830	0.918
11	0.831	0.794	0.862

ANNUAL : 年間作業時間에 對한 晝光率 [%]

COOL : 冷房期間의 作業時間에 對한 晝光率 [%]

HEAT : 暖房期間의 作業時間에 對한 晝光率 [%]

## 2. 室 B에서의 晝光率 計算

室 B는 10層에 위치한 事務室로서 外部 防害物의 높이는 對象室 바닥面으로부터 8.5 [ m ]이다.

(表5-5)와 (表 5 - 6)은 各各 晴天時와 曇天時의 晝光率 計算值이고 (表 5 - 7)은 年間 및 冷·暖房期間에 對한 조정된 晝光率이다.

### 5 - 3 - 2. 人工照明

#### 1. 室內 設計照度 設定

보통의 事務室을 對象으로 하여 500 [Lux]를 設定한다.

#### 2. 照明方法 및 照明器具 決定

照明方式은 直接照明에 의한 全般照明方式으로 決定하고 照明器具는 天井埋入形 40W 2燈用 (램프光束 3200 × 2 lumen)으로서 下

(表 5 - 5) 室 B에서 晴天時의 晝光率

POINT	SC [%]	ERC [%]	IRC [%]	D.F. [%]
RP 1	10.148800	0.005599	0.663422	10.817800
RP 2	5.749330	0.005198	0.663422	6.417950
RP 3	3.540970	0.004834	0.663422	4.209220
RP 4	2.355430	0.004486	0.663422	3.023330
RP 5	1.665830	0.003815	0.663422	2.333070
RP 6	1.232340	0.003265	0.663422	1.899030
RP 7	0.942338	0.002847	0.663422	1.608610
RP 8	0.737879	0.002701	0.663422	1.404000
RP 9	0.589010	0.002567	0.663422	1.255000
RP 10	0.477505	0.002443	0.663422	1.143370
RP 11	0.392108	0.002326	0.663422	1.057860

(表 5 - 6) 室 B에서 曇天時의 晝光率

POINT	SC [%]	ERC [%]	IRC [%]	D.F. [%]
RP 1	7.831920	0.005599	0.663422	8.500940
RP 2	3.582400	0.005198	0.663422	4.251020
RP 3	1.922300	0.004834	0.663422	2.590560
RP 4	1.165280	0.004486	0.663422	1.833190
RP 5	0.771654	0.003815	0.663422	1.438890
RP 6	0.543392	0.003265	0.663422	1.210080
RP 7	0.399753	0.002847	0.663422	1.066020
RP 8	0.302791	0.002701	0.663422	0.968914
RP 9	0.234893	0.002567	0.663422	0.900882
RP 10	0.185666	0.002443	0.663422	0.851531
RP 11	0.148995	0.002326	0.663422	0.814743

단, SC: 天空成分 [%]

IRC: 室內相互反射成分 [%]

ERC: 外部 反射成分 [%]

D.F: 晝光率 [%]

(表 5 - 7 ) 各 期 間 別 晝 光 率

ROOM B [%]			
RP	ANNUAL	COOL.	HEAT.
1	9.723	9.348	10.029
2	5.394	5.046	5.680
3	3.444	3.185	3.658
4	2.457	2.267	2.614
5	1.909	1.767	2.027
6	1.574	1.463	1.665
7	1.350	1.262	1.422
8	1.197	1.128	1.253
9	1.090	1.032	1.137
10	1.003	0.956	1.041
11	0.936	0.898	0.968

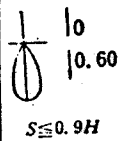
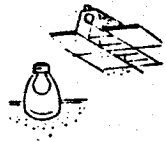
ANNUL : 年 間 作 業 時 間 에 對 한 晝 光 率 [%]

COOL : 冷 房 期 間 의 作 業 時 間 에 對 한 晝 光 率 [%]

HEAT : 暖 房 期 間 의 作 業 時 間 에 對 한 晝 光 率 [%]

面 開 方 形 을 選 定 한 다 . ( 表 5 - 8 ) 은 選 定 한 照 明 器 具 의 照 明 率 을 나타낸 것으로서, ( 表 2 - 4 ) 에서 발췌한 것이다.

( 表 5 - 8 )

配 光	燈 器 의 例	감광보상을 (D) 보수 상태			천정 반사율	0.75			0.50			0.30		
		上	中	下		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	
배치간격		上 中 下			방지수	조 명 율 V (%)								
직 접 	6. 	전 구			J	63	63	32	29	27	32	29	27	
					I	29	27	39	37	35	39	36	35	
					H	36	34	42	40	39	41	40	38	
		1.4	1.5	1.7	G	40	38	45	44	42	44	43	41	
		홍 광 등			F	42	41	48	46	44	46	44	43	
					E	50	49	47	49	48	46	47	46	
					D	54	51	50	52	51	49	50	49	
					C	55	53	51	54	52	51	51	50	
		1.4	1.6	1.8	B	56	54	54	55	53	52	52	52	
					A	58	55	54	56	54	53	54	52	

### 3. 照明器具 배치 및 照度計算

第2章의 式(2-29)에 의한 計算結果, 必要的 照明器具는 48개이다.

[그림 5-3]은 照明器具의 간격을 室의 길이 방향으로 2.6[m] 室幅方向으로 1.6[m]로 하여 배치한 것을 나타낸 것이다.

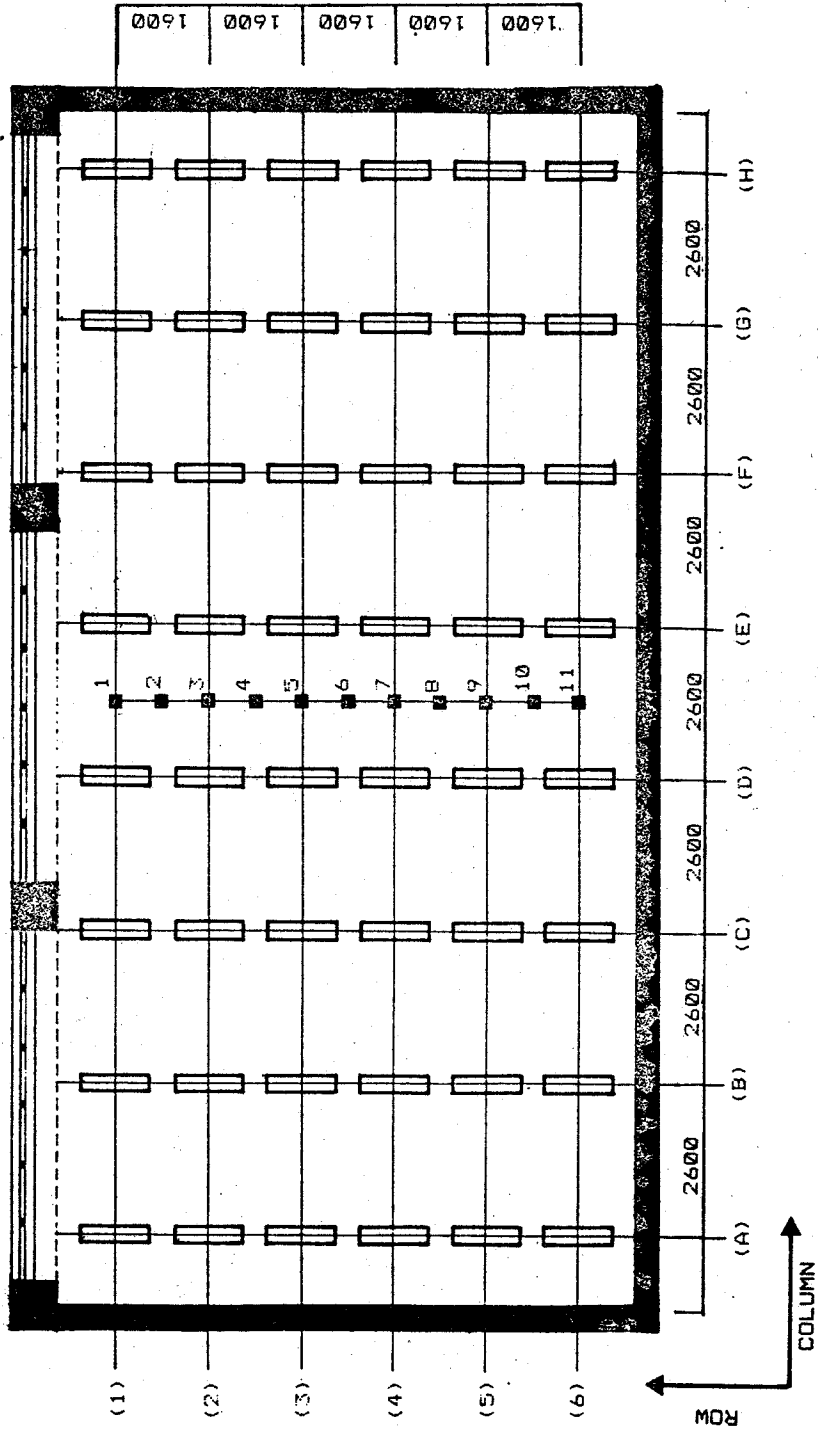
計算點은 室中心線上, 기둥內表面으로부터 1[m] 떨어진 지점에서부터 0.8[m] 간격으로 총 11 Point 이다. 照明器具配置가 완료된 후 各行의 형광등에 對한 計算點의 位置關係를 나타내는 D와 L, 을 入力하여 1~6列의 형광등을 全部 點燈했을 경우, 第1列만을 消燈했을 경우, 그리고 第1列과 第2列을 消燈했을 경우에 對한 照度を 求한다.

(表 5-9)는 各各의 경우에 對한 照度이며 [그림 5-4]는 이를 圖示한 것이다. 6列을 모두 點燈했을 경우 設計照度を 만족하고 있음을 알 수 있다.

### 4. 消燈範圍 決定

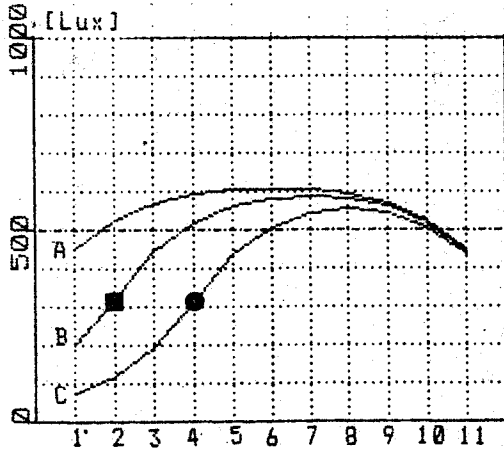
窓으로부터의 晝光에 의해 충분한 照도가 확보될 수 있을 때, 窓에 가까운 곳에 位置한 人工照明器具를 消燈하는 경우, 消燈한 照明器具와 點燈하고 있는 것과의 境界線을 消燈라인이라 하는데 消燈範圍란 窓으로 부터 消燈라인까지의 距離를 意味한다.<sup>1)</sup> 즉 第1行을 消燈했을 경우는 點燈狀態에 있는 第2行과의 境界線上

註 1) 松浦邦男: 省エネルギーのための窓際の消燈範圍の決定方法, 日本照明學會雜誌第 62 卷第 2 號, 1978 年



[ 그림 5-3 ] 對象室의 照明器具 배치도





[그림 5-4] 室中心線上的 人工光照度

범례 ■ 第1行 消燈時의 소등라인 照度  
● 第2行 消燈時의 소등라인 照度

(表 5-9) 人工照度計算值

[Lux]			
RP	A	B	C
1	450.86	203.23	75.93
2	529.10	324.48	119.87
3	573.42	446.12	198.49
4	595.12	522.79	318.17
5	607.22	564.83	473.52
6	609.53	583.08	510.75
7	607.22	589.78	547.38
8	595.12	583.08	556.64
9	573.42	564.83	547.38
10	529.10	522.79	510.75
11	450.86	446.12	437.53

단, A : 6行을 全部 點燈했을 때  
B : 第1行을 消燈했을 때  
C : 第1行과 2行을 消燈했을 때

에 位置한 測定點 2까지의 距離를 말하며 第1行과 第2行을 消燈했을 경우에는 測定點 4까지의 距離를 말한다. (表 5-9)에 '□'로 표시된 것은 各各의 경우에 對한 計算結果이다.

室內設計照도가 500 [Lux]이므로 第1行 消燈時 消燈라인에서 自然採光에 의해 보충되어야 할 照度は 176 [Lux]이며, 第2行 消燈時는 182 [Lux]로 된다.

### 5-3-3. 自然採光과 人工照明的 併用

#### 1. 室A의 照度分布 및 消燈率

##### 1) 照明器具 第1行만을 消燈했을 경우

5層에 位置한 室A에서 螢光燈 第1行을 消燈했을 때 消燈라인 위에서 보충되어야할 自然採光에 의한 照도가 176 [Lux] 이고, 이 地點에서의 晝光率은 (表 5-4)의 作業地點 2에서 年

間 및 冷·暖房期間에 對해서 各各 3.89 [%], 3.55 [%], 4.18 [%] 이  
다.

그러므로 이때의 外部水平面 照度는 다음 式으로 부터 구할 수  
있다.

$$E_s = (E_D / D_F) \times 100 \text{ [Lux]} \dots\dots\dots \text{式 (5-1)}$$

단,  $E_s$  : 外部水平面 天空光照度 [Lux]

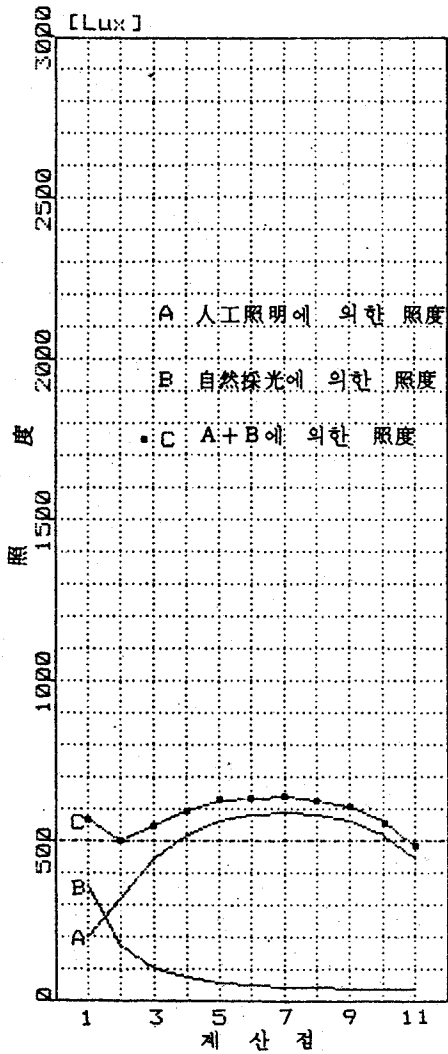
$E_D$  : 室內의 晝光照度 [Lux]

$D_F$  : 晝光率 [%]

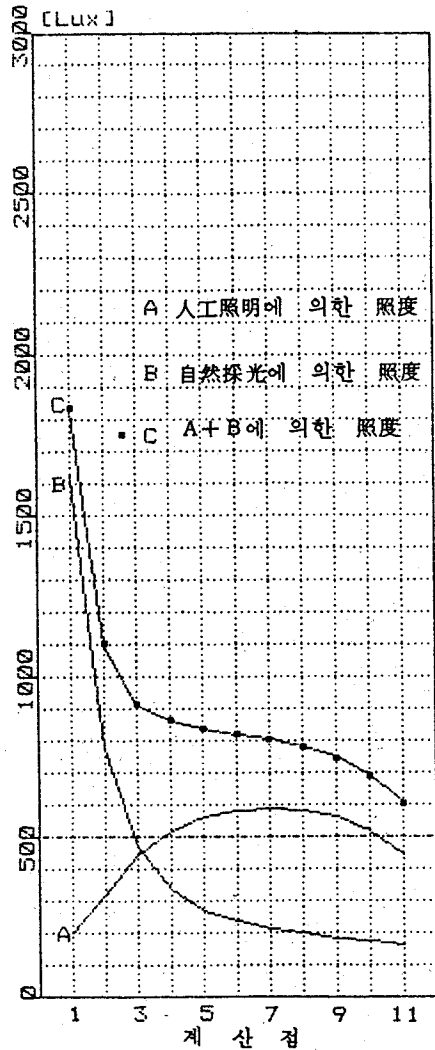
式 (5-1)로 부터 設計照度の 확보에 必要한 外部水平面照度  
의 最小値는 年間的 作業時間에 對해서 4524 [Lux], 冷房 및 暖  
房期間에 對해서는 各各 4957 [Lux]와 4210 [Lux]이다.

이때의 消燈率은 (表 3-3)의 外部水平面照度累積出現率로부터  
年間 및 冷·暖房期間에 對해서 各各 88 [%], 95 [%], 81  
[%]를 얻을 수 있다. 즉, 外部防害物의 영향이 比較的 큰 室 A에  
서 실내표면으로부터 2.6 [m]地點까지는 第 1 行의 照明器具를 點燈  
하지 않은 상태에서도 自然採光에 의해 충분한 照度が 유지될 수  
있으며 室의 方位가 南向일 경우 自然採光에 의한 照度は 더욱  
높아질 것으로 예상된다.

[그림 5-5]는 年間的 作業時間帶에 있어서 必要外部水平面天空  
照度の 최소치인 4524 [Lux]일 때, 自然採光과 人工照明에 의한 室



[그림 5-5] 室A; 第1行소등  
 外部水平面照度 4,524[Lux]



[그림 5-6] 室A; 第1行소등  
 外部水平面照度 20,000[Lux]

內的 照度分布曲線을 나타낸 것이고, [그림 5-6]은 가장 出現回數가 많은 19000~20,000 [Lux]의 照度帶中 20,000 [Lux]일때의 室內照度分布를 나타낸 것이다.

2) 照明器具 第1行과 第2行을 消燈했을 경우

이때의 消燈범위는 窓으로부터 作業地點 4까지의 거리를 말한다. 이때 點4의 晝光率은 各期間에 對해서 各 1.70 [%], 1.5 [%], 1.86 [%]이다. 人工照明에 의한 照度가 318 [Lux]이므로 設計照度 500 [Lux]를 유지하기 위해서는 自然採光에 의해 182 [Lux]를 보충해야 한다.

그러므로 최소한의 外部水平面天空光照度는 年間 및 冷·暖房期間에 對해서 各各 10706 [Lux], 12052 [Lux], 9785 [Lux]가 된다.

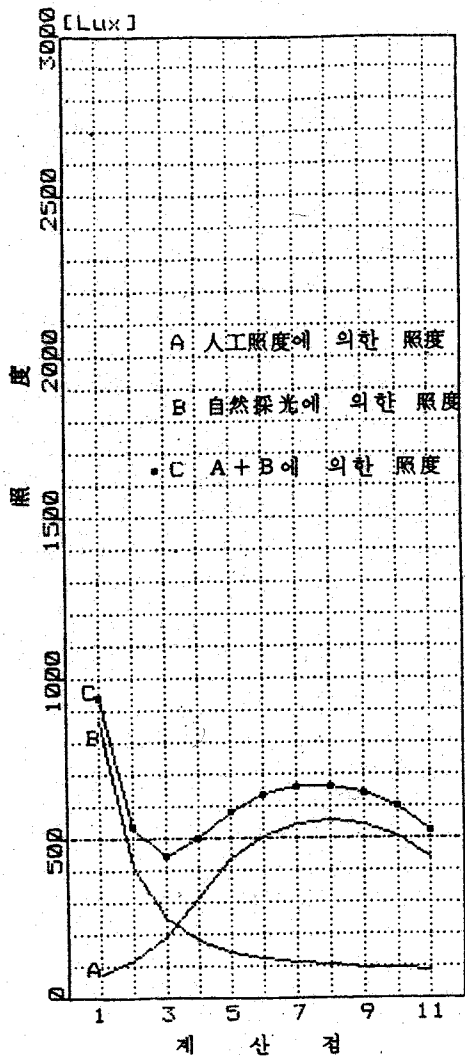
外部水平面照度の 累積出現率로 부터 各期間에 있어서의 消燈率은 各 68.7 [%], 82.51 [%], 54.6 [%]를 얻을 수 있다.

[그림 5-7]은 年間作業時間帶에 있어서, 外部水平面天空照度の 最小值인 10706 [Lux]에 對한 室內照度分布를 나타낸 것이며 [그림 5-8]은 20,000 [Lux]에 對한 것이다.

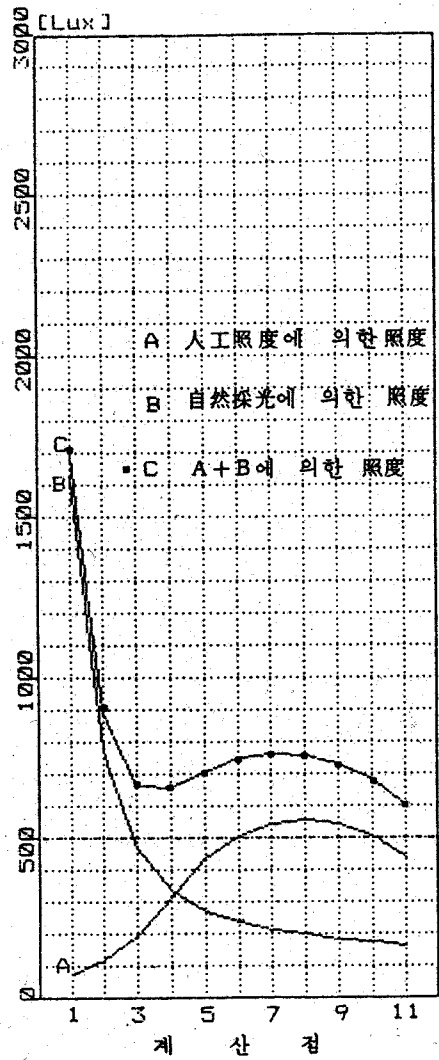
다음은 第1行 消燈時와 第2行 消燈時의 各期間別 消燈率을 (表 5-10)에 나타낸다.

(表 5-10) Room A의 消燈率 (%)

	소 등 라 인	年 間	冷房期間	暖房期間
第1行 소등	窓으로부터 2.3 M	88	95	68
第2行 소등	窓으로부터 4.1 M	68	82	54



[그림 5-7] 室A; 第2行까지 소등  
 外部水平面照度 10,706[Lux]



[그림 5-8] 室A; 第2行까지 소등  
 外部水平面照度 20,000[Lux]

## 2. 室 B의 照度分布 및 消燈率

室 B는 10層事務所建物の 最上層에 위치한 室로서 外部防害物の 높이는 室바닥面으로부터 2.5 [ m ]이다.

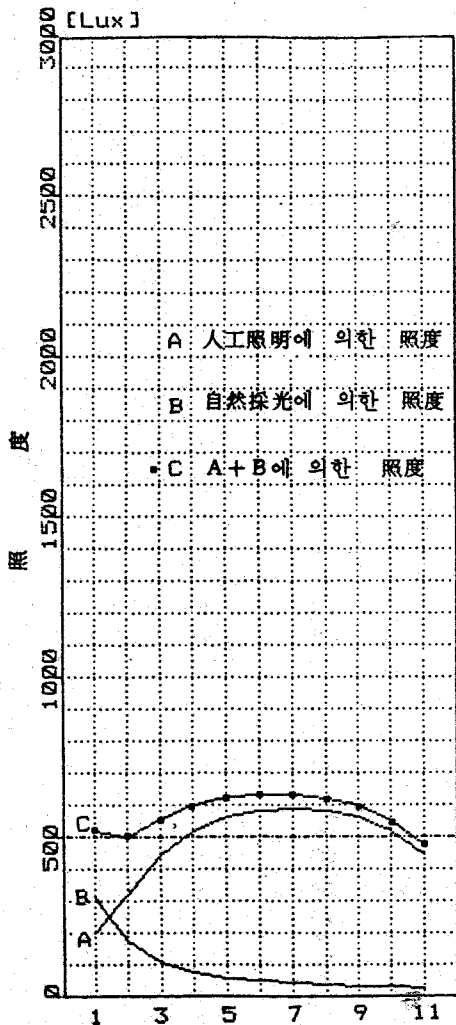
照明器具 第 1 行을 消燈했을 경우, 室A에서와 같은 方法으로 計算한 결과, 消燈라인 上에서 人工照明만으로는 부족한 照度を 확보하는데 必要的한 外部水平面 照度の 最小値는 年間 및 冷·暖房期間別로 各各 3254 [Lux], 3478 [Lux] 3090 [Lux]가 된다. 또한 第 1 行과 第 2 行을 同時に 소등했을 경우에는 各 期間別로 各各 7400 [Lux], 8020 [Lux], 6956 [Lux]가 된다.

(表 5 - 11)은 室B에서 第 1 行만 消燈했을 경우와 第 2 行까지 消燈했을 때의 各 期間別 消燈率이다.

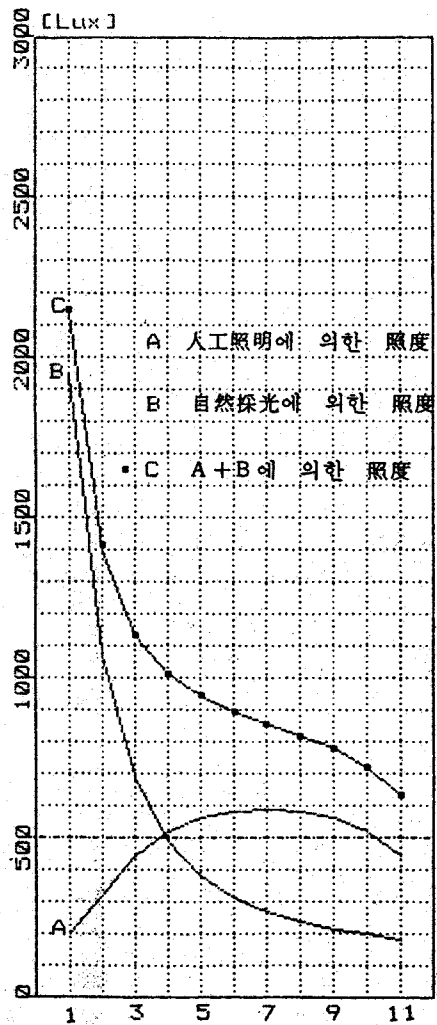
(表 5 - 11) Room B의 消燈率 (%)

	소등 라인	年 間	冷房期間	暖房期間
第 1 行消燈	窓으로부터 2.3 M	92	97	86
第 2 行消燈	窓으로부터 4.1 M	79	87	72

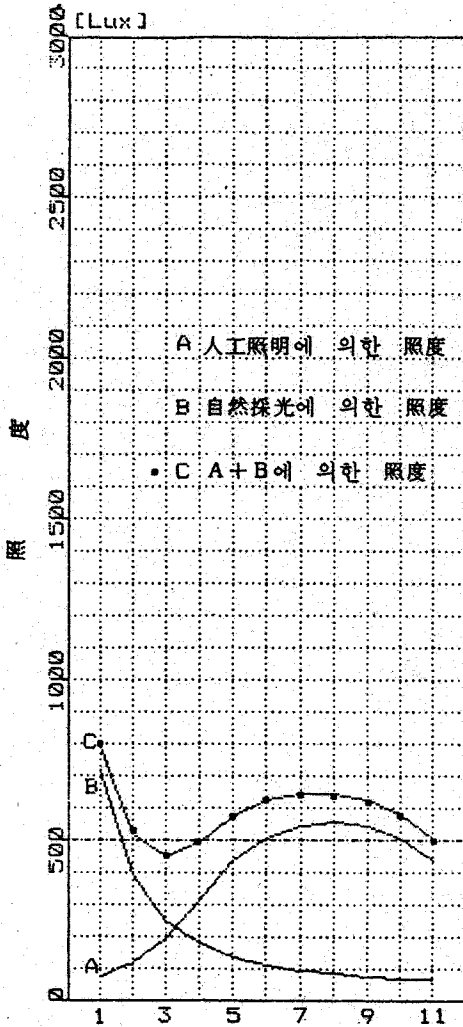
[그림 5 - 9], [그림 5 - 10]는 第 1 行을 消燈했을 때의 室內照度分布를 보인 것이고, [그림 5 - 11], [그림 5-12]은 第 2 行까지의 消燈 했을 때의 室內照度分布를 나타낸 것이다.



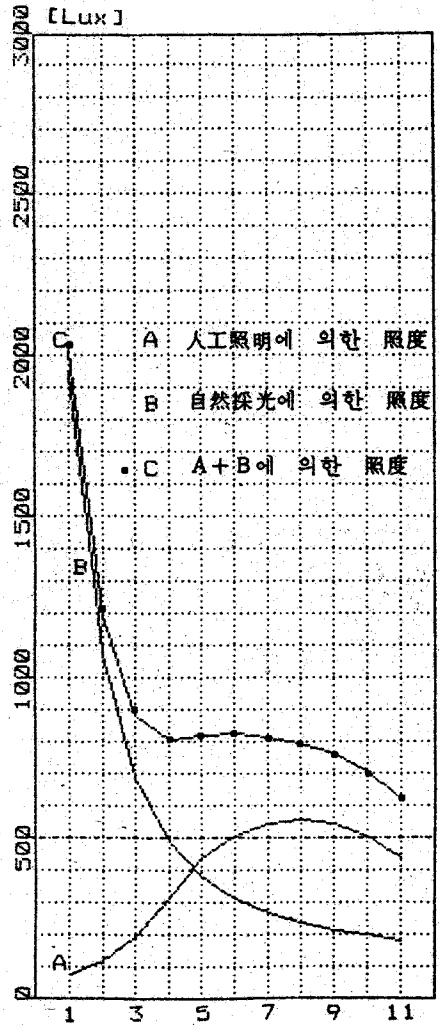
[그림 5-9] 室B ; 第1行소등  
外部水平面照度 9,254[Lux]



[그림 5-10] 室B ; 第1行소등  
外部水平面照度 20,000[Lux]



계산점  
 [그림 5-11] 室B; 第2行소등  
 外部水平面照度 7,400 [Lux]



계산점  
 [그림 5-12] 室B; 第2行소등  
 外部水平面照度 20,000 [Lux]



#### 5 - 4 . 시뮬레이션 結果에 대한 考察

本 시뮬레이션에서 想定한 室A와 室B는, 室前面面積에 대한 窓面積의 比가 60%이며 室바닥 面積에 대한 比는 15%로서 自然採光에 의해 충분한 照度를 얻을 수 있는 室이다.

먼저, 두室의 照度分布를 살펴볼때, 室A, B 모두 1地點으로부터 3地點의 범위내에서 급격한 照度기울기를 볼 수 있으나 그뒤부터 는 조도기울기가 완만하게 되어 있다. 이것은 晝光率計算 結果로부터 알 수 있듯이 晝光率成分中 가장 큰 比重을 차지하고 있는 天空成分이 이 범위내에서 급격하게 감소하기 때문이다. 點A의 경우 晴天時의 晝光率計算結果에 의하면 1地點에서 3地點까지 天空成分의 平均감소율이 3.04[%]이며 3地點에서 11地點까지의 평균 감소율은 0.26[%]이다. 曇天時의 경우 1地點에서 3地點까지의 평균 감소율은 2.69[%]이며, 3地點에서 11地點까지의 평균감소율이 0.09 [%]임을 볼때, 天空成分의 감소율이 室內照度分布에 主된 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 室B의 경우, 晴天時 3地點까지의 평균감소율이 3.3 [%]로 室A보다 크고, 3地點에서 11地點까지 0.27[%]로 室A와 거의 同一한 것을 볼때 前面에 外部防害物의 영향을 많이 받는 室일수록 窓부근에서의 天空成分 감소율이 작은 것을 알 수 있다. 또한 曇天時에 室B에서 3地點까지의 天空成分에 대한 평균감소율은 2.96 [%], 3地點에서 11地點까지 0.19 [%]로 室A보다 높은 것을 알 수 있다.

定量的으로 分析해볼 때, 外部水平面天空照度中 年中出現回數가 가장 많은 20,000 [Lux]를 적용했을 경우, 室A에서는 第3地點 즉, 기둥內表面에서 2.6 [m] 地點까지, 그리고 室B의 경우는 3.4 [m]地點까지 自然採光만으로도 室內設計照度인 500 [Lux] 이상을 확보할 수 있음을 알 수 있다.

그러나 3地點에서 11地點까지는 設計照度の 약 1/2 정도만 自然採光에 의해 확보되고 있으므로 作業時間帶中 照明器具의 點燈은 불가피하다.

두 室에 對해서 年間 및 冷·暖房期間別로 照明器具의 消燈率을 算定한 결과, 照明器具 第1行을 消燈할 경우 年間の 作業時間帶에 對한 消燈率이 室A의 경우 88 [%], 室B의 경우 92 [%]로서, 外部防害物의 영향을 덜받는 室B의 消燈率이 4 % 더 높았으며, 冷房과 暖房期間別로 分離해 볼때, 外部水平面天空照도가 높은 冷房期間의 경우 兩者 모두 95 [%] 이상의 높은 消燈率을 보였다. 그리고 第1行과 第2行을 同時에 消燈할 경우 年間に 對해서 室B의 消燈率이 室B의 消燈率보다 11 [%] 더 높고, 冷·暖房期間別로 보면 室B가 室A보다 各各 5 [%], 18 [%] 더 높음을 알 수 있다.

本 研究에서는 照明에 관한 사항만을 다루었으므로 室A와 室B의 경우, 照明 에너지절약 側面에서는 室B가 室A보다 훨씬 에너지 절약적이라 말할 수 있다.

그러나 室內 照明器具의 消燈이 冷房期間中에는 空調負荷를 감소

시키는데 有利한 반면, 暖房期間中에는 그 反對임을 注視할 때 室 B가 室A보다 에너지 절약 효과가 크다고는 단정 할 수 없다.

本研究에서 얻은 消燈率은 이러한 熱的인 性狀은 고려하지 않은 상태에서 年間 및 冷·暖房期間別로 최대한의 消燈時間을 求한 것 이므로 各期間別 熱負荷의 特性을 고려하여 실제의 경우에 적용해 야할 必要가 있다.

## 第6章 結 論

本研究에서는 건축물의 기본계획단계에서 模型實驗과 컴퓨터시뮬레이션에 의한 합리적인 照明設計方法과 조명기구의 消燈率 예측을 위한 기초자료를 제시할 것을 목적으로, 선정된 對象室을 1/5로 축소한 模型에서 晝光照度를 測定하고, 理論式을 근거로 작성한 電算 프로그램에 의하여 晝光率 및 人工照度를 計算하여 兩者의 결과로 現場實測値와 比較·分析하므로써, 그 타당성 및 적용범위를 檢討하였다. 事例研究로서, 氣象臺의 月射量測定値로부터 推定한 年間 時間別平均 外部水平面天空光照도와 照度計算電算프로그램을 사용하여, 想定된 對象建物內 事務室間에서의 自然採光과 人工照明에 의한 室內照度分布와 年間 및 冷·暖房期間別 照明器具의 消燈率 예측을 위한 시뮬레이션을 행하였다.

研究結果 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 模型實驗과 現場實測을 통한 남향실의 晝光率測定結果 실내주광율의 변동이 심한 快晴時에도 兩者의 平均誤差는 0.91%로 매우 근접하고 있으므로, 模型製作時 窓의 형상과 室內表面反射率을 同一하게 재현하면 건축물 기본계획단계에서 模型實驗을 통하여 自然採光設計가 가능하다.
- 2) 曇天時, 晝光率 理論에 의한 計算値와 現場實測値의 比較·분석결과 兩者의 平均오차는 0.9%로 상당히 근접하였으며, 현장실측치의 경우 오전 9시에서 오후 6시까지 晝光率의 변동

이 거의 없었다.

- 3) 快晴時, 晝光率計算値와 현장실측치의 비교·분석결과 晝光率理論으로는 天空輝度の變動과 直射日光에 의한 室內晝光率變動을 파악할 수 없으므로, 快晴이나 晴天時 南向室에서의 晝光率을 구할 경우, 晝光率理論의 적용에 한계가 있다.

그러나 快晴時라 할지라도 窓이 北向인 경우, 模型實驗結果 晝光率 계산치와 實驗値의 평균오차는 0.7%로 거의 동일한 값을 보였다.

- 4) 上記의 결과를 종합해 볼때 晝光率理論에 의해서는 曇天時에는 室의 방위에 관계없이 정확한 晝光率을 계산할 수 있으며, 快晴 및 晴天時에는 直射日光의 영향이 적은 北向의 片側窓採光室에서의 晝光率을 정확하게 計算할 수 있다.

- 5) 人工조명의 경우 光束法과 逐點法에 의한 人工照度計算値와 現場實測値의 비교·분석 결과 兩者의 평균오차는 23(Lux)로 상당히 근접하고 있으므로 理論式에 의해 人工照明設計 및 照度計算이 가능하다.

- 6) 都心地에 위치한 北向의 事務所建物을 대상으로한 事例研究 결과, 本研究에서 作成한 晝光率 및 人工照明計算電算프로그램과 外部水平面照度資料를 사용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여, 自然採光과 人工照明에 의한 複合照度を 신속하게 예측하여 에너지 절약을 위한 합리적인 照明設計가 가능하다.

本 研究의 문제점 및 앞으로의 研究방향은 다음과 같다.

본 연구에서 작성한 晝光率計算 프로그램은 太陽의 位置移動에 따른 天空輝度の 변화와 直射日光의 영향으로 인한 室內晝光率分布의 변동을 고려하고 있지 않으므로, 정확한 晝光率을 計算할 수 있는 室의 方位가 한정되어 있다.

앞으로 直射日光 및 天空輝度の 變化가 室內晝光率의 변동에 미치는 영향을 파악할 수 있는 理論의 定立이 필요하다.

또한, 自然光에 의한 採光效果와 日射에 의한 열취득을 同時에 고려한 研究가 要望된다.

## 參 考 文 獻

1. 金光文, 朴敬浩 : 建築環境計劃原論, 兄弟社, 1979年
2. 孫章烈, 李璟會 譯 : 建築環境科學, 技文堂, 1984年
3. 池哲根 : 建築電氣設備, 文運堂, 1982年
4. 중앙기상대 : 기상년보, 1971年~1980年
5. 韓國動力資源研究所 : 주요지역별 기상자료 (증보판), 1983年
6. R.G. Hopkinson, P. Petherbridge, J. Longmore: Daylighting, Heinemann, London, 1966
7. Benjamin Evans: Daylight in Architecture, McGraw-Hill, New York, 1981.
8. D. David Egan: Concepts in Architectural Lighting, McGraw-Hill, New York, 1983
9. Phillips: Lighting in Architectural Design, McGraw-Hill, New York, 1964
10. R.G. Hopkinson and J.D. Kay: The Lighting of Buildings, Prederick A. Praeger, Publishers, London, 1969.
11. Bill B.P. Lim and S.P. Rao: A Simplified Method of Calculating Daylighting With a Macro Computer, The Fourth International Symposium on the Use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings.

12. M. Saito, T. Abe: Computer Aided System for Planning and Designing of Artificial Lighting and Daylighting in Interiors, The Forth international Symposium of the Use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings
13. S. Treado and T. Kusuda: Solar Radiation and Illumination, U.S. Department of Commerce/National Bureau of Standards, 1981.
14. Harvey Bryan: Seeing the Light, International Daylighting Conference, Arizona, U.S.A., 1983
15. Ann Airy: Physical Models/An Artificial Sky Chamber for Daylighting Studies, International Daylighting Conference, Arizona, U.S.A., 1983
16. Harvey Bryan et al.: Quicklite 1 - A Daylighting Program for the TI-59 Calculator, Internatinal Daylighting Conference, Arizona, U.S.A., 1983
17. Stephen Selkowitz et al: The DOE-2 and Superlite Daylighting Programs, International Daylighting Conference, Arizona, U.S.A., 1983
18. Harvey Bryan et al: Validation of the Microlite I Daylighting Model, International Daylighting Conference, Arizona, U.S.A., 1983



19. 渡邊要：建築計劃原論 I，丸書株式會社，1975年
20. 松浦邦男：建築照明，共立出版株式會社，1971年
21. 松浦邦男：照明の事典，朝昌書店，1981年
22. 日本照明學會：照明デザインガイド，1960年
23. 日本建築學會設計計劃パンフレット：採光設計，1974年
24. 中原信生：ビル・建築設備の省エネルギー，省エネルギーセンター，  
1983年
25. 伊藤克三，大野治代：天空輝度の設計用標準値に関する研究，日本建築  
學會論文報告集第215號，1973年
26. 伊藤克三，大野治代：天空輝度の地域別設計用標準に関する研究  
日本建築學會論文報告集，1975年
27. 大野治大，伊藤克三，佐藤陸二：晝光利用照明設計に関する研究，  
(その1)，- 就業時間帯における全天空による水平面照  
度の累積出現率 -，照明學會雜誌 第62卷 10號，1978年
28. 大野治代，伊藤克三，佐藤陸二：層光利用照明設計に関する研究(そ  
の2)，- 就業時間帯における消燈率點滅ひ入度と晝光利用照明設計法 -，  
日本照明學會雜誌第62卷 第11號，1978年
29. 松浦邦男外：省エネルギーのたあの窓際の消燈範圍決定方法，日本照明  
學會雜誌 第62卷第2號，1978年
30. 松浦邦男外：事務所ビルの省エネルギー照明技術指針(案)，日本照明  
學會雜誌 第62卷 第11號，1978年
31. 日本照明學會：照明ハンドブック，オーム社，1984年

# 附 錄 目 次

< 부 록 1 > . 晝光率計算 電算프로그램 .....	129
< 부 록 2 > . 人工照明 計算電算프로그램 .....	138
< 부 록 3 > . 外部水平面天空光照度 計算프로그램 .....	142
< 부 록 4 > . 外部水平面天空光照度 年間 時間別 平均 .....	152

여백 페이지

*This page is intentionally left blank.*

< 부록 1 > . 晝光率 計算電算프로그램

```

10 DATA 31.5,28,24.5,21,17.5,14,10.5,7,3.5
20 ' =====
30 DAYLIGHT FACTOR CALCULATION PROGRAM
40 BY NEC PC-8001 mk2 < N-80 BASIC >
50 ' =====
60 WIDTH 80,25:CONSOLE 0,25,0,0
70 CMD CLS
80 LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(23);
90 LPRINT CHR$(27);"U";CHR$(1);
100 INPUT"(1) ROOM LENGTH -----[m] ";RL
110 INPUT"(2) ROOM WIDTH -----[m] ";RW
120 INPUT"(3) ROOM HEIGHT -----[m] ";RH
130 INPUT"(4) WINDOW LENGTH -----[m] ";WL
140 INPUT"(5) WINDOW SILL HEIGHT -----[m] ";SH
150 INPUT"(6) WINDOW HEIGHT -----[m] ";WH
160 INPUT"(7) WORKPLANE HEIGHT -----[m] ";PH
170 INPUT"(8) WINDOW NUMBER -----[SH] ";N
180 INPUT"(9) CEILING REFLECTANCE -----[(%)/100] ";CR
190 INPUT"(10) WALL REFLECTANCE -----[(%)/100] ";WR
200 INPUT"(11) FLOOR REFLECTANCE -----[(%)/100] ";FR
210 INPUT"(12) GLASS REFLECTANCE -----[(%)/100] ";GR
220 INPUT"(13) GLASS TRANSMITTANCE -----[(%)/100] ";GT
230 INPUT"(14) FRAMING FACTOR -----[(%)/100] ";FF
240 INPUT"(15) MAINTENANCE FACTOR -----[(%)/100] ";MF
250 INPUT"(16) WALL THICKNESS -----[m] ";T
260 INPUT"(17) OBSTRUCTION HEIGHT FROM THE FLOOR LEVEL -----[m] ";OH
270 INPUT"(18) OBSTRUCTION LENGTH -----[m] ";OL
280 INPUT"(19) OBSTRUCTION WIDTH -----[m] ";OW
290 INPUT"(20) OBSTRUCTION DISTANCE -----[m] ";D2
300 INPUT"(21) DISTANCE betw.1'st COLU. & RIGHT EDGE of OBST.-[m] ";OB
310 INPUT"(22) COLUMN NUMBER of REFERENCE POINTS -----[EA] ";CN
320 INPUT"(23) ROW NUMBER of REFERENCE POINTS -----[EA] ";RN
330 INPUT"(24) SKY CONDITION -----[OC or CS]";S$
340 ' =====
350 RL=21:RW=10:RH=2.5:SH=.75:WH=1.75:PH=.75:WL=6
360 CN=2:RN=11:CR=.71:WR=.46:FR=.15:GR=.15:GT=.9:FF=.8:MF=.8
370 N=3:T=.8:OL=21:OW=20:D2=35:OB=3.8:S$="CS"
380 ' =====
390 DIM SO(N,CN,RN),S(N,CN,RN),EO(N,CN,RN),E(N,CN,RN),OA(RN),IO(RN),C(RN),
KA(RN),CO(RN),SC(CN,RN),ER(CN,RN),DF(CN,RN)
400 DIM OH(20)
410 CMD CLS
420 FOR B=1 TO 3:BEEP1:BEEP0:NEXT B
430 FOR Q=2 TO 10:READ OH(Q):NEXT Q

```

```

440 FOR Q=2 TO 10
450 IF OH(Q)<=SH THEN 460 ELSE 470
460 OH=0:OL=0:OW=0:D2=0:OB=0
470 PRINT USING"RL=##.## RW=##.## RH=##.## SH=##.## WH=##.## PH=##.##
WL=##.##";RL,RW,RH,SH,WH,PH,WL
480 PRINT USING"CN=## RN=## CR=##.## WR=##.## FR=##.## GR=##.## GT=##.
## FF=##.## MF=##.##";CN,RN,CR,WR,FR,GR,GT, FF,MF
490 PRINT USING"M=## T=##.## OH=##.## OL=##.## OW=##.## D2=##.## OB=##.
##";M,T,OH(Q),OL,OW,D2,OB
500 LPRINT USING" FLOOR ## OH=##.## [m] ";Q,CH(Q)
510 LPRINT "-----"
520 LPRINT " | POINT | SC [%] | ERC [%] | IRC [%] | D.F. [%] |"
530 LPRINT "-----"
540 PI=3.14159:H=SH+WH-PH
550 IF WH=0 THEN H=0
560 H1=SH-PH
570 IF WH=0 OR H1<0 THEN H1=0
580 RI=SH+WH/2
590 FOR NW=1 TO N
600 ON NW GOTO 610,620,630
610 RESTORE 2790:GOTO 640
620 RESTORE 2800:GOTO 640
630 RESTORE 2810:GOTO 640
640 READ C1#,C2#
650 FOR W1=C1# TO C2# STEP (C2#-C1#)/(CN-1)
660 READ I
670 FOR J=0 TO RN-1
680 D=1+J*.8
690 HA=ATN(H/(D+T)):EH=D*TAN(HA)
700 IF EH<H1 THEN EH=H1
710 OV=OH(Q)-PH
720 IF OV<=SH THEN OV=0
730 DA(J)=ATN(OV/(D+T+D2))*180/PI
740 IF PH<=SH THEN 750 ELSE IF PH>SH THEN 760
750 HK=H1+WH/2:GOTO 770
760 HK=H/2
770 KA(J)=ATN(HK/D)*180/PI
780 CO(J)=(1+2*SIN(KA(J)*PI/180))/3
790 '-----
800 IF W1<0 THEN 840
810 IF W1>=0 AND W1<=WL THEN 920
820 IF W1>WL THEN 990
830 '-----
840 W2=WL+ABS(W1)

```

```

850 ZB=ATN(W2/(D+T))
860 WA=ABS(W1):WB=D*TAN(ZB)
870 IF WB<WA THEN WB=WA
880 WE=WB-WA
890 GOSUB 1390
900 SE=(S4-S3)-(SY-SX):SF=(S2-S1)-(SB-SA)
910 GOTO 1060
920 W2=WL-W1
930 ZA=ATN(W1/(D+T)):ZB=ATN(W2/(D+T))
940 WA=D*TAN(ZA):WB=D*TAN(ZB)
950 WE=WA+WB
960 GOSUB 1390
970 SE=(S3+S4)-(SX+SY):SF=(S1+S2)-(SA+SB)
980 GOTO 1060
990 W2=W1-WL
1000 ZA=ATN(W1/(D+T))
1010 WA=D*TAN(ZA):WB=W2
1020 IF WA<WB THEN WA=WB
1030 WE=WA-WB
1040 GOSUB 1390
1050 SE=(S3-S4)-(SX-SY):SF=(S1-S2)-(SA-SB)
1060 S=SE+(SF-SE)/10
1070 IF S$="CS" THEN S(NW,I,J)=S*GT*FF*MF*100
1080 IF S$="OC" THEN S(NW,I,J)=S*CO(J)*GT*FF*MF*100
1090 SO(NW,I,J)=S(NW,I,J)
1100 NEXT J,I,NW
1110 BEEP0:FOR B=1 TO 3:BEEP1:FOR A=1 TO 30:BEEP0:NEXTA,B
1120 IF OH(Q)>SH THEN GOSUB 1490 ELSE 1210
1130 FOR NW=1 TO N
1140 FOR I=1 TO CN
1150 FOR J= 0 TO RN-1
1160 SO(NW,I,J)=S(NW,I,J)-E(NW,I,J)
1170 IF OA(J)<20 THEN EO(NW,I,J)=E(NW,I,J)/5
1180 IF OA(J)>=20 THEN EO(NW,I,J)=E(NW,I,J)/10
1190 IF OA(J)=0 THEN EO(NW,I,J)=0
1200 NEXT J,I,NW
1210 GOSUB 2640
1220 FOR I=1 TO CN
1230 FOR J= 0 TO RN-1
1240 FOR NW=1 TO N
1250 SC(I,J)= SC(I,J)+SO(NW,I,J)
1260 ER(I,J)= ER(I,J)+EO(NW,I,J)

```



```

1700 -----
1710 W2=WL+ABS(W1)
1720 ZB=ATN(W2/(D+T))
1730 WA=ABS(W1):WB=D*TAN(ZB)
1740 IF WB<WA THEN WB=WA
1750 -----
1760 IF O1<0 THEN 1800
1770 IF O1>=0 AND O1<OL THEN 1890
1780 IF O1>=OL THEN 1970
1790 -----
1800 O2=OL+ABS(O1)
1810 Z1=ATN(ABS(O1)/(D+T+D2+OW)):Z2=ATN(O2/(D+T+D2))
1820 B1=D*TAN(Z1):B2=D*TAN(Z2)
1830 IF B1<WA THEN B1=WA
1840 IF B1>WB THEN B1=WB
1850 IF B2<WA THEN B2=WA
1860 IF B2>WB THEN B2=WB
1870 GOSUB 2580
1880 E=(E2-E1)-(EB-EA):GOTO 2530
1890 O2=OL-O1
1900 Z1=ATN(O1/(D+T+D2)):Z2=ATN(O2/(D+T+D2))
1910 B1=D*TAN(Z1):B2=D*TAN(Z2)
1920 IF B1<>WA THEN B1=WA
1930 IF B2<WA THEN B2=WA
1940 IF B2>WB THEN B2=WB
1950 GOSUB 2580
1960 E=(E2-E1)-(EB-EA):GOTO 2530
1970 B1=0:B2=0:E=0:GOTO 2530
1980 W2=WL-W1
1990 ZA=ATN(W1/(D+T)):ZB=ATN(W2/(D+T))
2000 WA=D*TAN(ZA):WB=D*TAN(ZB)
2010 -----
2020 IF O1<0 THEN 2060
2030 IF O1>=0 AND O1<OL THEN 2130
2040 IF O1>=OL THEN 2200
2050 -----
2060 O2=OL+ABS(O1)
2070 Z1=ATN(ABS(O1)/(D+T+D2+OW)):Z2=ATN(O2/(D+T+D2))
2080 B1=D*TAN(Z1):B2=D*TAN(Z2)
2090 IF B1>WB THEN B1=WB
2100 IF B2>WB THEN B2=WB
2110 GOSUB 2580
2120 E=(E2-E1)-(EB-EA):GOTO 2530

```



```

2130 O2=O1-O1
2140 Z1=ATN(O1/(D+T+D2)):Z2=ATN(O2/(D+T+D2))
2150 B1=D*TAN(Z1):B2=D*TAN(Z2)
2160 IF B1>WA THEN B1=WA
2170 IF B2>WB THEN B2=WB
2180 GOSUB 2580
2190 E=(E1+E2)-(EA+EB):GOTO 2530
2200 O2=O1-OL
2210 Z1=ATN(O1/(D+T+D2)):Z2=ATN(O2/(D+T+D2+OW))
2220 B1=D*TAN(Z1):B2=D*TAN(Z2)
2230 IF B1>WA THEN B1=WA
2240 IF B2>WA THEN B2=WA
2250 GOSUB 2580
2260 E=(E1-E2)-(EA-EB):GOTO 2530
2270 W2=W1-WL
2280 ZA=ATN(W1/(D+T)):WA=D*TAN(ZA):WB=WZ
2290 IF WA<WB THEN WA=WB
2300 '-----
2310 IF O1<0 THEN 2350
2320 IF O1>=0 AND O1<OL THEN 2360
2330 IF O1>=OL THEN 2440
2340 '-----
2350 B1=0:B2=0:E=0:GOTO 2530
2360 O2=O1-O1
2370 Z1=ATN(O1/(D+T+D2)):Z2=ATN(O2/(D+T+D2))
2380 B1=D*TAN(Z1):B2=D*TAN(Z2)
2390 IF B1>WA THEN B1=WA
2400 IF B1<WB THEN B1=WB
2410 IF B2<>WB THEN B2=WB
2420 GOSUB 2580
2430 E=(E1-E2)-(EA-EB):GOTO 2530
2440 O2=O1-OL
2450 Z1=ATN(O1/(D+T+D2)):Z2=ATN(O2/(D+T+D2+OW))
2460 B1=D*TAN(Z1):B2=D*TAN(Z2)
2470 IF B1>WA THEN B1=WA
2480 IF B1<WB THEN B1=WB
2490 IF B2>WA THEN B2=WA
2500 IF B2<WB THEN B2=WB
2510 GOSUB 2580
2520 E=(E1-E2)-(EA-EB):GOTO 2530
2530 E(NW,I,J)=E*GT*FF*MF*100
2540 NEXT J
2550 BEEP0:FOR B=1 TO 3:BEEP1:FOR A=1 TO 10:BEEP0:NEXT A,B

```

```

2560 NEXT W1,NW
2570 RETURN
2580 'SUB-SUB ROUTINE # E.R.C. #
2590 E1=(ATN(B1/D)-(D/SQR(H2*H2+D*D))*ATN(B1/SQR(H2*H2+D*D)))/(2*PI)
2600 E2=(ATN(B2/D)-(D/SQR(H2*H2+D*D))*ATN(B2/SQR(H2*H2+D*D)))/(2*PI)
2610 EA=(ATN(B1/D)-(D/SQR(H1*H1+D*D))*ATN(B1/SQR(H1*H1+D*D)))/(2*PI)
2620 EB=(ATN(B2/D)-(D/SQR(H1*H1+D*D))*ATN(B2/SQR(H1*H1+D*D)))/(2*PI)
2630 RETURN
2640 'SUBROUTINE ## I.R.C ##
2650 OP=OH(Q)-RI
2660 OT=ATN(OP/(T+D2))*180/PI)
2670 IF OH(Q)<RI THEN OT=0
2680 C=40-OT/2
2690 AC=RW*RL:AW=(RH*RL)*2+(RH*RW)*2-N*WL*WH.
2700 AF=RW*RL:WA=N*WL*WH*FF
2710 R1=(AC*CR)+(AW*WR)+(AF*FR)+(WA*GR)
2720 R=R1/(AC+AW+AF+WA)
2730 A1=(RW*2+RL)*RI-WA/2:A2=(RW*2+RL)*(RH-RI)-WA/2
2740 F1=(AF*FR)+(A1*WR)+(WA/2)*GR:FW=F1/(AF+A1+WA/2)
2750 C1=(AC*CR)+(A2*WR)+(WA/2)*GR:CW=C1/(AC+A2+WA/2)
2760 AA=AC+AW+AF+WA
2770 IR=GT*MF*FF*WA*(C*FW+5*CW)/(AA*(1-R)*100)*100
2780 RETURN
2790 DATA 3,9.8,1,2
2800 DATA -3.7999,3,1,2
2810 DATA -10.6,-3.8,1,2

```

<부록2>. 人工照明 計算電算프로그램

```
10 '=====
20 'ARTIFICIAL LIGHTING DESIGN AND ILLUMINANCE CALCULATION
30 'PROGRAM BY NEC PC-8001 mk2 < N-80 BASIC >
40 '=====
50 WIDTH80,25:CONSOLE0,25,0,0:CMD CLS
60 INPUT "(1) ROOM LENGTH [m] ";RL
70 INPUT "(2) ROOM WIDTH [m] ";RW
80 INPUT "(3) ROOM HEIGHT [m] ";RH
90 INPUT "(4) WORKPLANE HEIGHT [m] ";PH
100 INPUT "(5) WINDOW LENGTH [m] ";WL
110 INPUT "(6) WINDOW HEIGHT [m] ";WH
120 INPUT "(7) WINDOW NUMBER [sh] ";WN
130 INPUT "(8) CEILING REFLECTANCE [(%)/100] ";CR
140 INPUT "(9) WALL REFLECTANCE [(%)/100] ";WR
150 INPUT "(10) FLOOR REFLECTANCE [(%)/100] ";FR
160 INPUT "(11) GLASS REFLECTANCE [(%)/100] ";GR
170 INPUT "(12) PATTERN OF FLUORESCENT LAMP --- 1.OPEN or 2.CLOSED";F$
180 INPUT "(13) LENGTH OF A LAMP [m] ";LL
190 INPUT "(14) DIAMETER OF LAMP [cm] ";DI
200 INPUT "(15) LUMINOUS FLUX [Lumen] ";F
210 INPUT "(16) INDOOR STANDARD ILLMINANCE [Lux]";E
220 INPUT "(17) NUMBER OF REFERENCE POINT ";RP
230 PRINT
240 '*-----< EXAMPLE of INPUT DATA >-----
250 RL=21:RW=10:RH=2.5:PH=.75:WL=6.1:WH=1.75:WN=3:CR=.71:WR=.46
260 FR=.15:GR=.15:F$="1":LL=1.2:DI=3.8:F=3200*2:E=500:RP=11
270 '-----
280 CMD CLS
290 PI=3.14159
300 H=RH-PH
310 LN=RW*2-1
320 K=RL*RW/(H*(RL+RW))
330 IF K<.7 THEN K$="J"
340 IF K>=.7 AND K<.9 THEN K$="I"
350 IF K>=.9 AND K<1.12 THEN K$="H"
360 IF K>=1.12 AND K<1.38 THEN K$="G"
370 IF K>=1.38 AND K<1.75 THEN K$="F"
380 IF K>=1.75 AND K<2.25 THEN K$="E"
390 IF K>=2.25 AND K<2.75 THEN K$="D"
400 IF K>=2.75 AND K<3.5 THEN K$="C"
410 IF K>=3.5 AND K<4.5 THEN K$="B"
420 IF K>=4.5 THEN K$="A"
430 PRINT "====="
```

```

440 PRINT      "(A) ROOM INDEX -----(" ;K$; USING") #.##";K
450 PRINT USING"(B) CEILING REFECTANCE ----- #.##";CR
460 PRINT USING"(C) WALL REFECTANCE ----- #.##";WR
470 PRINT USING"(D) FLOOR REFLECTANCE ----- #.##";FR
480 PRINT      "=====
490 PRINT
500 INPUT "DETERMINE UTILANCE USING TABLES ";U
510 INPUT "DETERMINE MAINTENANCE FACTOR ";MF
520 '-----< EXAMPLE of INPUT DATA >-----
530 U=.56:MF=.63
540 '-----
550 FU=F*U
560 F1=FU*.9:F2=FU*.1 '----See the TABLE for Coefficient of Utilization
570 LN= E*RL*RW/(FU*MF)
580 IF LN <>INT(LN/2)*2 THEN LN=INT((LN+1)/2)*2
590 CMD CLS
600 DL=1.5*H
610 DW=DL/2
620 PRINT "=====
630 PRINT USING"TOTAL NUMBER OF LAMPS In =#### [EA] ";LN
640 PRINT USING"MAX. DISTAN. BET. LUMI. Di<= #.## [m] ";DL
650 PRINT USING"MAX. DISTAN. BET. LUMI. & WALLS DW<= #.## [m] ";DW
660 PRINT "=====
670 LOCATE 0,6: INPUT "LOCATE THE LUMINARIES. IF SO, PRESS RET.KEY !";Q
680 CMD CLS
690 '=====
700 INPUT "(1) COLUMN NUMBER OF LAMP (VERTICAL TO WINDOW) ";CN
710 INPUT "(2) ROW NUMBER OF LAMP (HORIZONTAL TO WINDOW) ";RN
720 '=====
730 '-----< EXAMPLE of INPUT DATA >-----
740 CN=8:RN=6
750 '-----
760 DIM ED(RP),EP(RN,RP,CN),ER(RP),EE(RP)
770 B=F/(PI*PI*DI*LL*100)
780 IF F$="1" THEN II=B*DI*100 ELSE IF F$="2" THEN II=1680*U
790 CMD CLS
800 FOR I=1 TO RN
810 FOR J=1 TO RP
820 READ L1
830 FOR K=1 TO CN
840 LOCATE 0,0:PRINT USING"RN=## RP=## CN=## ";I,J,K
850 IF K=1 OR K=8 THEN D=9.1
860 IF K=2 OR K=7 THEN D=6.5

```

```

870 IF K=3 OR K=6 THEN D=3.9
880 IF K=4 OR K=5 THEN D=1.3
890 P=SQR(H*H+D*D)
900 IF L1<0 THEN 930
910 IF L1>=0 AND L1<=LL THEN 970
920 IF L1>LL THEN 1010
930 L2=LL+ABS(L1)
940 IF F$="1" THEN GOSUB 1180
950 IF F$="2" THEN GOSUB 1220
960 EP=E2-E1:GOTO 1050
970 L2=LL-L1
980 IF F$="1" THEN GOSUB 1180
990 IF F$="2" THEN GOSUB 1220
1000 EP=E1+E2:GOTO 1050
1010 LZ=L1-LL
1020 IF F$="1" THEN GOSUB 1180
1030 IF F$="2" THEN GOSUB 1220
1040 EP=E1-E2
1050 EP(T,J,K)=EP
1060 ED(J)=ED(J)+EP(I,J,K)
1070 NEXT K
1080 NEXT J
1090 NEXT I
1100 GOSUB 1260
1110 FOR J=1 TO RP
1120 EE(J)=ED(J)+ER
1130 PRINT USING"##  ##.##";J,EE(J)
1140 NEXT J
1150 FOR B=1 TO 5:BEEP1:BEEP0:NEXT B
1160 GOSUB 1380
1170 END
1180 '----- OPEN (DIRECT)
1190 E1=II/P*.5*((H/P*ATN(ABS(L1)/P)+(H*ABS(L1))/(L1*L1+H*H+D*D)))
1200 E2=II/P*.5*((H/P*ATN(L2/P)+(H*L2)/(L2*L2+H*H+D*D)))
1210 RETURN
1220 '----- CLOSED (DIFFUSED with LOUVER)
1230 E1=II*H*.5/(P*P)*((H/P*ATN(ABS(L1)/P)+(H*ABS(L1))/(L1*L1+H*H+D*D)))
1240 E2=II*H*.5/(P*P)*((H/P*ATN(L2/P)+(H*L2)/(L2*L2+H*H+D*D)))
1250 RETURN
1260 '-----INDIRECT ILLUMINANCE
1270 WA=WN*WL*WH:AF=RW*RL
1280 A1=PH*(RL+RW)*2:AC=RW*RL:A2=(RH-PH)*(RL*RW)*2-WA

```

```

1290 R1=(AF*FR+A1*WR)/(AF+A1):R2=(AC*CR+A2*WR+WA*GR)/(AC+A2+WA)
1300 ER=(F1*R1+F2)*R2/(AF*(1-R1*R2))
1310 RETURN
1320 DATA .6,1.4,2.2,3,3.8,4.6,5.4,6.2,7,7.8,8.6 ←
1330 DATA -1,-.2,.6,1.4,2.2,3,3.8,4.6,5.4,6.2,7
1340 DATA -2.6,-1.8,-1,-.2,.6,1.4,2.2,3,3.8,4.6,5.4
1350 DATA -4.2,-3.4,-2.6,-1.8,-1,-.2,.6,1.4,2.2,3,3.8
1360 DATA -5.8,-5,-4.2,-3.4,-2.6,-1.8,-1,-.2,.6,1.4,2.2
1370 DATA -7.4,-6.6,-5.8,-5,-4.2,-3.4,-2.6,-1.8,-1,-.2,.6
1380 CMD CLS -----GRAPH
1390 CMD LINE(0,9)-(0,189):CMD LINE(0,189)-(479,189)
1400 CMD LINE(479,189)-(479,9):CMD LINE(479,9)-(0,9)
1410 VS=480/3000
1420 FOR J=RP TO 2 STEP -1
1430 E1=EE(J)*VS:E2=EE(J-1)*VS
1440 Y1=9+(RP-(J-1))*15:Y2=Y1+15
1450 CMD LINE(E1,Y1)-(E2,Y2)
1460 NEXT J
1470 FOR Y=24 TO 174 STEP 15
1480 FOR X=0 TO 479 STEP 3
1490 CMD PSET (X,Y)
1500 NEXT X,Y
1510 FOR X=16 TO 479 STEP 16
1520 FOR Y=9 TO 189 STEP 3
1530 CMD PSET(X,Y)
1540 NEXT Y,X
1550 FOR Y=9 TO 189 STEP 2
1560 X=E*VS:CMD PSET(X,Y)
1570 NEXT Y
1580 FOR X= 0 TO 480 STEP 80
1590 FOR Y=6 TO 8
1600 CMD PSET(X,Y)
1610 NEXT Y,X
1620 LOCATE 0,0:PRINT "0";SPC(7);"500";SPC(7);"1000";SPC(6);
"1500";SPC(6);"2000";SPC(6);"2500";SPC(6);"3000"
1630 CMD COPY5
1640 RETURN

```

< 부록 3 > . 外部水平面天空光照度 計算프로그램 (1000 [ lux ] 별 累積出現率)

```

10 '=====
20 'CUMULATIVE OCCURENCE RATES OF OUTDOOR
30 'HORIZONTAL SKY ILLUMINANCES PER 1000 [Lux]
40 'BY NEC PC-8001 mk2 < N-80 BASIC >
50 '=====
60 WIDTH80,25:CONSOLE0,25,0,0
70 LPRINT CHR$(27);"@";:LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(25);
80 LPRINT CHR$(27);"U";CHR$(1);
90 '-----
100 INPUT "First Month=";FM
110 INPUT "Last Month=";LM
120 '-----
130 CMD CLS
140 DIM PR(60),PL(60),PF(12,60),A1(60),A2(60),C1(60),C2(60)
150 FOR MO=FM TO LM
160 IF MO=1 OR MO=3 OR MO=5 OR MO=7 OR MO=8 OR MO=10 OR MO=12 THEN 190
170 IF MO=2 THEN 200
180 IF MO=4 OR MO=6 OR MO=9 OR MO=11 THEN 210
190 LD=31:FOR DT=1 TO LD:GOTO 220
200 LD=28:FOR DT=1 TO LD:GOTO 220
210 LD=30:FOR DT=1 TO LD
220 IF MO=1 OR MO=2 THEN DN=31*(MO-1)+DT
230 IF MO=3 THEN DN=59+DT
240 IF MO>3 THEN DN=90+INT(30.5*(MO-4))+DT
250 N=DN-INT(DN/7)*7
260 FOR TI=1 TO 9
270 TM=TI+8:TT=TT+1
280 READ IS
290 LL=37.5667 '-----LATITUDE of SEOUL
300 RD=3.14159/180:DG=180/3.14159 '-----Radian & Degree
310 LR=LL*RD
320 DA=23.45*SIN((360*(284+DN)/365)*RD)*RD
330 TA=(TM*15-180)*RD
340 SH=SIN(DA)*SIN(LR)+COS(DA)*COS(LR)*COS(TA)
350 CH=SQR(1-SH^2):HR=ATN(SH/CH)
360 H=HR*DG
370 S=SIN(H*RD)
380 IF S<.2 THEN 430
390 IF S>=.2 AND S<.4 THEN 440
400 IF S>=.4 AND S<.6 THEN 450
410 IF S>=.6 AND S<.8 THEN 460
420 IF S>=.8 AND S<=1 THEN 470
430 C3=1.051:GOTO 480

```

```

440 C3=1.339:GOTO 480
450 C3=1.376:GOTO 480
460 C3=1.364:GOTO 480
470 C3=1.345
480 NS=93.7*C3 ----Luminous Efficacy of Daylight
490 ES=IS*NS
500 K=INT(ES/1000)+1
510 PR(K)=PR(K)+1
520 PP(MO,K)=PP(MO,K)+1
530 LOCATE 0,0:PRINT USING"## 月 ## 日 ##:00 # ##### [hours]
##### [Lux]";MO,DT,TT,ES
540 NEXT TI:NEXT DT
550 BEEP1:BEEP0:BEEP1:BEEP0:BEEP1:BEEP0
560 NEXT MO
570 FOR K=1 TO 50
580 A1(K)=A1(K)+PP(6,K)+PP(7,K)+PP(8,K)+PP(9,K) -----Cooling Period
590 A2(K)=A2(K)+PP(1,K)+PP(2,K)+PP(3,K)+PP(11,K)+PP(12,K)
---Heating Period
600 NEXT K
610 FOR B=1 TO 5:BEEP1:FOR A=1 TO 10:BEEP0:NEXT A,B
620 LPRINT:LPRINT
630 LPRINT "## CUMULATIVE OCCURENCE RATES & EXTINCTION RATES
( 1 月 1 日 --- 12 月 31 日 )##"
640 LPRINT"
-----"
650 LPRINT" | [Lux] | OVER A YEAR | COOLING PERIOD
| HEATING PERIOD
660 LPRINT" |-----|
|-----|"
670 LPRINT" | Es. RANGE | OCC | PER % | PTL % | EXT % | OCC | PER % | PTL % | EXT %
| OCC | PER % | PTL % | EXT % |"
680 LPRINT" |-----|
|-----|"
690 FOR K=1 TO 50
700 PC=PR(K)/TT*100:CU=CU+PR(K):PL(K)=CU/TT*100:EX=100-PL(K) ---YEAR
710 P1=A1(K)/1098*100:B1=B1+A1(K):C1(K)=B1/1098*100:E1=100-C1(K) ---COOLING
720 P2=A2(K)/1359*100:B2=B2+A2(K):C2(K)=B2/1359*100:E2=100-C2(K) ---HEATING
730 LPRINTUSING" |##### - ##### |### |###.## |###.## |###.## |### |###.## |###.##
|###.## |### |###.## |###.## |###.## |";(K-1)*1000,(K-1)*1000+1000,PR(K),PC,
PL(K),EX,A1(K),P1,C1(K),E1,A2(K),P2,C2(K),E2
740 IF K=50 THEN 760
750 IF K=10 OR K=20 OR K=30 OR K=40 THEN LPRINT" |-----|
|-----|"
760 NEXT K
770 LPRINT"
-----"

```



```

780 LPRINT
790 LPRINT USING"TOTAL TIME=### [HOURS]";TT :LPRINT
800 LPRINT "FRE: FREQUENCY [-]":LPRINT :LPRINT "PER: PERCENT [%]":LPRINT
810 LPRINT"RTL: PERCENTILE [%]":LPRINT:LPRINT"EXT: EXTINCTION RATES [%]":LPRINT
820 CMD CLS:CMD LINE(29,13)-(29,173):CMD LINE(29,173)-(429,173):CMD LINE(429,
173)-(429,13):CMD LINE(429,13)-(29,13)
830 V=160/100
840 FOR K= 0 TO 49
850 P1=173-PL(K)*V:P2=173-PL(K+1)*V
860 Q1=173-C1(K)*V:Q2=173-C1(K+1)*V
870 R1=173-C2(K)*V:R2=173-C2(K+1)*V
880 E1=K*8+29:E2=E1+8
890 CMD LINE(E1,P1)-(E2,P2)
900 CMD LINE(E1,Q1)-(E2,Q2)
910 CMD LINE(E1,R1)-(E2,R2)
920 NEXT K
930 FOR X=69 TO 389 STEP 40:FOR Y=170 TO 173:CMD PSET(X,Y):NEXT Y,X
940 FOR X=69 TO 389 STEP 40:FOR Y=13 TO 173 STEP 3:CMD PSET (X,Y):NEXT Y,X
950 FOR Y=29 TO 157 STEP 16:FOR X=29 TO 429 STEP 3:CMD PSET (X,Y):NEXT X,Y
960 LOCATE 0,0:PRINT "[%]":LOCATE 54,0:PRINT "[%]"
970 LOCATE 0,1:PRINT "100":LOCATE 0,5:PRINT " 80"
980 LOCATE 0,9:PRINT " 60":LOCATE 0,13:PRINT " 40"
990 LOCATE 0,17:PRINT " 20":LOCATE 0,21:PRINT "  0"
1000 LOCATE 54,1:PRINT "0":LOCATE 54,5:PRINT "20"
1010 LOCATE 54,9:PRINT "40":LOCATE 54,13:PRINT "60"
1020 LOCATE 54,17:PRINT "80":LOCATE 54,21:PRINT "100"
1030 LOCATE 3,22:PRINT "0";SPC(7);"10000";SPC(5);"20000";SPC(5);"30000";
SPC(5);"40000";SPC(5);"50000":LOCATE 51,23:PRINT "[Lux]"
1040 CMD COPY5
1050 END

```

1060 \*\* JAN \*\*  
1070 DATA 2, 93, 111, 106, 103, 85, 53, 37, 4  
1080 DATA 13, 107, 113, 106, 109, 81, 64, 50, 69  
1090 DATA 17, 104, 106, 105, 98, 80, 56, 30, 82  
1100 DATA 7, 29, 51, 98, 149, 133, 64, 59, 14  
1110 DATA 12, 36, 102, 146, 131, 109, 78, 43, 83  
1120 DATA 17, 85, 118, 128, 131, 111, 81, 41, 4  
1130 DATA 37, 106, 118, 140, 123, 102, 86, 46, 11  
1140 DATA 32, 77, 137, 142, 118, 100, 86, 64, 25  
1150 DATA 45, 105, 101, 101, 99, 97, 93, 52, 16  
1160 DATA 37, 95, 103, 106, 99, 101, 65, 36, 5  
1170 DATA 38, 93, 103, 102, 98, 92, 70, 35, 7  
1180 DATA 40, 100, 110, 109, 118, 94, 55, 31, 98  
1190 DATA 35, 103, 117, 113, 88, 72, 54, 30, 4  
1200 DATA 50, 101, 95, 104, 116, 96, 78, 55, 17  
1210 DATA 35, 97, 111, 109, 96, 78, 59, 35, 6  
1220 DATA 19, 105, 102, 102, 91, 66, 41, 27, 15  
1230 DATA 27, 100, 135, 115, 100, 75, 55, 30, 26  
1240 DATA 46, 96, 134, 109, 90, 75, 58, 40, 15  
1250 DATA 20, 95, 144, 154, 129, 94, 72, 52, 20  
1260 DATA 31, 88, 153, 138, 162, 129, 114, 35, 28  
1270 DATA 3, 44, 78, 117, 94, 65, 61, 44, 32  
1280 DATA 15, 56, 78, 142, 133, 102, 110, 56, 17  
1290 DATA 43, 94, 96, 94, 88, 69, 51, 27, 14  
1300 DATA 52, 95, 113, 102, 88, 74, 55, 36, 14  
1310 DATA 62, 89, 94, 94, 93, 80, 54, 25, 15  
1320 DATA 67, 85, 108, 131, 125, 111, 92, 66, 33  
1330 DATA 24, 115, 102, 102, 96, 76, 56, 29, 15  
1340 DATA 68, 112, 139, 141, 136, 135, 91, 55, 22  
1350 DATA 69, 84, 105, 107, 112, 115, 80, 54, 24  
1360 DATA 57, 109, 141, 173, 154, 156, 89, 57, 25  
1370 DATA 0, 113, 122, 122, 114, 94, 70, 46, 35  
1380 \*\* FEB \*\*  
1390 DATA 0, 113, 122, 122, 114, 94, 70, 46, 35  
1400 DATA 0, 51, 154, 167, 176, 109, 68, 28, 18  
1410 DATA 21, 119, 144, 135, 136, 121, 90, 63, 29  
1420 DATA 0, 99, 142, 142, 130, 109, 93, 63, 43  
1430 DATA 0, 10, 119, 150, 134, 105, 69, 34, 13  
1440 DATA 11, 69, 156, 147, 134, 128, 107, 72, 43  
1450 DATA 31, 53, 137, 171, 126, 93, 111, 91, 46  
1460 DATA 5, 119, 138, 143, 134, 108, 84, 54, 38  
1470 DATA 33, 123, 134, 143, 154, 125, 124, 76, 61  
1480 DATA 15, 133, 126, 132, 125, 105, 82, 60, 51  
1490 DATA 50, 119, 153, 167, 183, 142, 129, 94, 34  
1500 DATA 5, 41, 118, 125, 102, 115, 133, 110, 63  
1510 DATA 14, 131, 163, 169, 176, 149, 129, 98, 52  
1520 DATA 9, 86, 137, 138, 83, 119, 96, 88, 29  
1530 DATA 0, 84, 167, 144, 135, 173, 132, 113, 19  
1540 DATA 31, 126, 128, 127, 119, 103, 110, 95, 48  
1550 DATA 42, 74, 90, 172, 151, 170, 119, 76, 28  
1560 DATA 17, 51, 164, 131, 113, 88, 67, 46, 41  
1570 DATA 53, 125, 148, 135, 116, 100, 95, 55, 45  
1580 DATA 23, 105, 182, 174, 154, 134, 115, 74, 65  
1590 DATA 20, 128, 127, 83, 88, 88, 80, 41, 25  
1600 DATA 35, 134, 146, 146, 145, 186, 86, 23, 0  
1610 DATA 51, 153, 148, 149, 140, 142, 157, 130, 41  
1620 DATA 52, 137, 135, 147, 153, 137, 106, 76, 53  
1630 DATA 55, 146, 137, 151, 153, 126, 116, 93, 64

1640 DATA 49,142,156,158,166,133,102,120,68  
1650 DATA 28,75,169,200,149,124,104,78,76  
1660 DATA 13,98,161,185,167,124,53,37,37  
1670 \*\*\* MAR \*\*  
1680 DATA 109,115,127,144,129,111,92,68,42  
1690 DATA 100,132,129,162,222,182,116,122,83  
1700 DATA 60,125,137,143,155,177,166,121,69  
1710 DATA 116,137,149,158,150,130,93,96,61  
1720 DATA 31,73,96,115,148,143,102,61,43  
1730 DATA 58,153,168,219,209,194,165,132,46  
1740 DATA 22,48,163,185,145,110,79,51,31  
1750 DATA 102,153,145,160,136,115,109,82,48  
1760 DATA 78,163,156,146,148,157,115,75,34  
1770 DATA 76,135,169,211,228,152,173,117,61  
1780 DATA 126,143,160,177,217,173,89,43,29  
1790 DATA 115,137,148,150,138,123,168,126,40  
1800 DATA 105,142,146,151,143,134,141,100,44  
1810 DATA 134,154,180,166,143,160,100,73,43  
1820 DATA 135,143,153,154,150,131,107,73,79  
1830 DATA 104,95,116,77,94,88,64,57,41  
1840 DATA 106,184,215,185,160,151,133,90,51  
1850 DATA 106,149,209,236,230,198,146,109,54  
1860 DATA 78,111,187,210,143,186,95,81,52  
1870 DATA 56,109,175,181,183,230,131,51,28  
1880 DATA 119,155,146,154,143,119,93,62,38  
1890 DATA 146,170,164,170,163,138,123,107,77  
1900 DATA 97,140,151,153,143,123,98,63,33  
1910 DATA 118,124,141,148,138,123,100,65,35  
1920 DATA 115,127,146,148,138,121,92,66,45  
1930 DATA 120,138,151,153,178,177,166,93,56  
1940 DATA 148,176,196,176,156,136,138,92,54  
1950 DATA 84,204,182,176,165,149,122,84,59  
1960 DATA 24,17,21,20,15,34,47,20,22  
1970 DATA 143,153,189,246,253,180,124,83,46  
1980 DATA 134,168,202,231,253,227,214,158,107  
1990 \*\*\* APR \*\*  
2000 DATA 80,206,205,254,254,149,105,43,47  
2010 DATA 137,151,161,157,14,129,105,74,42  
2020 DATA 80,206,205,254,254,149,105,43,47  
2030 DATA 160,137,151,152,143,125,105,71,42  
2040 DATA 164,171,201,246,203,155,117,94,71  
2050 DATA 156,195,194,175,162,165,134,106,87  
2060 DATA 133,196,228,238,201,224,215,170,77  
2070 DATA 145,204,197,261,191,159,106,72,75  
2080 DATA 160,201,226,232,247,201,118,97,54  
2090 DATA 155,170,162,160,155,133,102,75,41  
2100 DATA 21,41,71,87,134,234,212,152,110  
2110 DATA 155,188,202,177,159,141,113,81,47  
2120 DATA 154,169,182,181,171,151,132,79,48  
2130 DATA 169,185,234,236,195,125,109,137,100  
2140 DATA 68,72,52,53,46,64,173,80,51  
2150 DATA 55,174,178,202,261,153,56,65,77  
2160 DATA 43,52,75,100,261,260,186,145,80  
2170 DATA 146,168,178,186,202,243,212,172,120  
2180 DATA 10,39,43,45,44,43,186,89,23  
2190 DATA 126,144,156,159,159,141,117,84,55  
2200 DATA 156,193,184,171,155,140,115,86,48

2210 DATA 144,159,168,176,161,145,112,82,55  
2220 DATA 163,170,170,170,164,146,121,83,48  
2230 DATA 179,188,206,205,192,161,184,122,131  
2240 DATA 68,87,109,88,152,109,109,33,52  
2250 DATA 128,185,209,193,193,156,129,114,59  
2260 DATA 129,184,209,162,221,244,182,161,91  
2270 DATA 170,214,211,196,178,166,112,65,46  
2280 DATA 154,173,194,183,200,155,134,113,55  
2290 DATA 138,197,223,236,286,208,182,192,122  
2300 \*\* MAY \*\*  
2310 DATA 137,155,179,189,180,151,124,98,73  
2320 DATA 161,181,180,187,174,149,118,89,67  
2330 DATA 145,163,182,191,182,156,132,106,68  
2340 DATA 106,156,225,274,168,191,194,146,90  
2350 DATA 146,158,168,176,165,146,120,89,56  
2360 DATA 143,169,193,192,177,160,148,128,93  
2370 DATA 169,200,183,210,208,210,183,160,131  
2380 DATA 44,65,62,71,79,38,32,38,27  
2390 DATA 155,174,196,189,173,155,128,94,60  
2400 DATA 155,183,212,200,181,159,133,102,69  
2410 DATA 155,191,229,211,190,164,137,109,78  
2420 DATA 180,201,201,193,179,148,113,99,94  
2430 DATA 90,154,170,186,103,129,94,58,43  
2440 DATA 0,13,12,35,47,62,48,77,35  
2450 DATA 159,176,188,185,174,154,129,98,82  
2460 DATA 195,208,273,232,208,165,164,129,102  
2470 DATA 146,169,188,211,199,175,151,130,104  
2480 DATA 101,134,130,117,126,138,135,145,150  
2490 DATA 95,85,69,107,160,110,74,51,56  
2500 DATA 68,121,144,97,84,133,215,202,150  
2510 DATA 155,185,196,202,203,236,199,134,127  
2520 DATA 192,222,216,244,203,168,169,113,77  
2530 DATA 172,187,196,204,195,170,140,108,75  
2540 DATA 159,176,187,191,181,161,134,107,72  
2550 DATA 19,20,31,172,149,159,77,69,40  
2560 DATA 166,182,201,211,207,181,153,113,80  
2570 DATA 149,173,196,206,200,183,158,123,85  
2580 DATA 188,241,219,279,214,203,202,153,119  
2590 DATA 125,235,253,227,232,205,212,138,88  
2600 DATA 177,178,207,244,230,242,195,173,45  
2610 DATA 72,72,92,67,75,70,88,58,57  
2620 \*\* JUN \*\*  
2630 DATA 190,222,242,185,176,188,181,131,78  
2640 DATA 202,201,194,199,264,155,194,188,109  
2650 DATA 143,197,212,210,213,204,210,168,92  
2660 DATA 100,105,219,208,225,169,141,99,66  
2670 DATA 192,231,266,272,250,204,163,145,105  
2680 DATA 158,169,202,240,287,279,167,154,96  
2690 DATA 171,225,264,218,181,172,164,114,77  
2700 DATA 201,219,258,246,193,176,157,166,121  
2710 DATA 173,195,210,215,208,189,164,132,98  
2720 DATA 177,209,229,229,226,210,190,158,104  
2730 DATA 184,177,195,228,232,184,156,128,106  
2740 DATA 198,233,247,220,230,262,230,191,115  
2750 DATA 152,181,193,209,205,211,229,203,127  
2760 DATA 103,94,86,270,179,252,217,180,129

2770 DATA 137,204,191,233,242,192,181,117,104  
 2780 DATA 134,151,160,211,194,149,116,106,138  
 2790 DATA 196,174,237,244,247,227,196,140,93  
 2800 DATA 88,87,210,276,257,246,197,186,144  
 2810 DATA 32,23,194,189,241,222,151,134,145  
 2820 DATA 154,247,230,214,222,216,168,129,96  
 2830 DATA 78,174,170,259,269,272,218,187,101  
 2840 DATA 101,225,178,182,89,78,75,84,42  
 2850 DATA 171,177,206,205,242,194,245,150,119  
 2860 DATA 162,181,196,205,217,221,157,130,87  
 2870 DATA 177,193,219,259,252,201,197,138,132  
 2880 DATA 162,186,219,198,264,252,224,156,155  
 2890 DATA 29,64,147,87,64,58,65,85,135  
 2900 DATA 84,118,129,144,232,178,237,183,100  
 2910 DATA 138,222,266,210,290,247,204,106,76  
 2920 DATA 106,240,258,278,284,170,124,77,86  
 2930 \*\* JUL \*\*  
 2940 DATA 61,123,267,254,257,217,219,201,160  
 2950 DATA 140,162,183,201,215,183,152,149,141  
 2960 DATA 181,224,251,265,264,272,216,208,150  
 2970 DATA 202,203,231,227,244,226,248,162,137  
 2980 DATA 182,227,222,227,231,186,120,95,82  
 2990 DATA 33,142,198,287,125,154,67,85,92  
 3000 DATA 200,237,230,237,216,182,166,125,82  
 3010 DATA 164,186,258,251,282,243,195,181,113  
 3020 DATA 167,236,248,281,268,271,163,199,120  
 3030 DATA 4,9,15,10,13,26,13,7,7  
 3040 DATA 80,74,97,126,99,195,95,78,45  
 3050 DATA 196,208,224,207,272,197,173,133,90  
 3060 DATA 184,201,228,217,204,205,170,148,94  
 3070 DATA 188,223,240,274,288,227,219,154,98  
 3080 DATA 20,22,29,36,55,100,121,77,41  
 3090 DATA 109,88,112,242,285,244,179,182,138  
 3100 DATA 132,114,199,210,271,175,154,145,103  
 3110 DATA 193,204,259,270,260,267,194,154,140  
 3120 DATA 145,229,177,281,287,256,247,187,120  
 3130 DATA 188,83,195,259,287,277,215,169,142  
 3140 DATA 88,236,228,195,257,274,210,201,112  
 3150 DATA 115,155,259,245,268,241,195,180,94  
 3160 DATA 193,217,184,277,273,250,226,175,153  
 3170 DATA 81,99,149,186,284,222,233,191,148  
 3180 DATA 8,21,32,52,101,75,41,40,29  
 3190 DATA 92,120,194,169,252,247,208,187,149  
 3200 DATA 3,2,66,150,173,203,121,151,48  
 3210 DATA 51,42,86,101,112,100,45,55,43  
 3220 DATA 137,183,194,219,237,217,188,119,83  
 3230 DATA 135,158,184,196,190,181,164,180,103  
 3240 DATA 97,132,203,233,237,232,117,160,30  
 3250 \*\* AUG \*\*  
 3260 DATA 183,191,210,269,209,191,178,145,89  
 3270 DATA 161,181,219,243,197,177,160,142,98  
 3280 DATA 138,173,183,272,233,262,236,122,32  
 3290 DATA 169,220,237,242,210,209,184,174,151  
 3300 DATA 72,61,127,150,186,155,120,101,84  
 3310 DATA 179,215,237,224,206,212,239,154,99  
 3320 DATA 159,185,197,271,248,207,161,101,59  
 3330 DATA 163,209,204,244,230,165,152,180,121

3340 DATA 159,169,164,195,231,193,234,151,110  
3350 DATA 76,77,62,49,128,84,88,55,33  
3360 DATA 102,171,183,233,79,341,31,55,41  
3370 DATA 98,108,255,197,260,265,233,107,25  
3380 DATA 97,215,231,271,207,208,150,160,102  
3390 DATA 178,209,139,258,198,161,198,119,126  
3400 DATA 42,30,24,50,41,50,66,114,78  
3410 DATA 47,193,124,164,224,222,201,154,99  
3420 DATA 159,169,196,210,248,247,160,146,113  
3430 DATA 121,175,220,188,100,128,177,158,57  
3440 DATA 51,35,78,50,58,76,61,60,41  
3450 DATA 87,77,153,250,234,239,222,186,126  
3460 DATA 149,192,190,197,274,205,219,180,101  
3470 DATA 66,83,88,60,63,108,85,46,58  
3480 DATA 142,222,200,165,202,197,224,136,132  
3490 DATA 152,165,208,256,267,246,156,151,64  
3500 DATA 128,186,203,233,252,248,182,82,59  
3510 DATA 190,177,276,168,252,162,65,122,63  
3520 DATA 127,181,186,265,261,228,170,139,85  
3530 DATA 161,154,172,180,171,160,166,104,69  
3540 DATA 63,166,204,192,167,150,158,146,58  
3550 DATA 159,147,166,166,156,137,115,84,54  
3560 DATA 171,177,161,185,230,246,219,168,105  
3570 \*\* SEP \*\*  
3580 DATA 160,159,171,179,166,147,130,95,90  
3590 DATA 171,167,175,181,182,232,158,169,95  
3600 DATA 183,158,240,242,141,165,101,44,47  
3610 DATA 3,24,38,42,127,46,41,33,23  
3620 DATA 146,149,212,179,226,221,129,89,45  
3630 DATA 161,171,167,190,177,151,127,86,44  
3640 DATA 161,187,138,192,182,138,110,80,43  
3650 DATA 164,182,193,202,166,197,183,132,93  
3660 DATA 136,187,235,231,178,144,158,159,100  
3670 DATA 102,203,227,243,206,163,192,103,54  
3680 DATA 144,167,217,250,191,187,126,75,88  
3690 DATA 150,172,170,196,157,192,122,111,53  
3700 DATA 160,173,199,136,183,125,100,56,47  
3710 DATA 153,159,185,216,213,220,144,118,42  
3720 DATA 145,143,159,184,229,159,199,144,95  
3730 DATA 141,151,157,151,149,153,174,106,71  
3740 DATA 142,149,158,159,154,130,145,87,51  
3750 DATA 154,185,194,201,231,175,162,112,68  
3760 DATA 144,182,157,153,206,117,77,42,76  
3770 DATA 148,143,165,199,194,166,126,101,66  
3780 DATA 150,143,149,151,144,124,96,78,67  
3790 DATA 129,139,152,154,143,122,99,68,59  
3800 DATA 41,40,54,53,48,41,27,39,21  
3810 DATA 46,96,90,86,63,77,49,34,44  
3820 DATA 31,43,22,29,41,43,65,64,48  
3830 DATA 146,119,133,210,224,161,97,72,28  
3840 DATA 136,136,176,158,143,126,69,35,20  
3850 DATA 128,129,150,152,124,107,81,56,37  
3860 DATA 147,145,155,171,174,191,124,82,59  
3870 DATA 136,172,218,223,218,204,180,104,46  
3880 \*\* OCT \*\*  
3890 DATA 129,136,146,144,132,109,82,51,20

3900 DATA 116, 137, 178, 171, 166, 143, 122, 111, 61  
3910 DATA 22, 25, 41, 65, 62, 115, 145, 125, 54  
3920 DATA 58, 109, 186, 182, 166, 207, 170, 97, 66  
3930 DATA 132, 168, 149, 180, 125, 132, 67, 36, 23  
3940 DATA 115, 139, 149, 146, 140, 119, 91, 60, 16  
3950 DATA 69, 89, 169, 162, 208, 167, 118, 74, 49  
3960 DATA 135, 137, 146, 145, 130, 109, 82, 53, 16  
3970 DATA 135, 142, 151, 149, 136, 134, 112, 69, 41  
3980 DATA 72, 156, 197, 160, 210, 174, 114, 44, 28  
3990 DATA 122, 118, 124, 121, 108, 84, 56, 22, 24  
4000 DATA 118, 170, 200, 152, 140, 126, 126, 113, 31  
4010 DATA 114, 138, 133, 135, 119, 96, 80, 62, 36  
4020 DATA 89, 170, 180, 204, 165, 139, 134, 85, 22  
4030 DATA 94, 173, 135, 168, 119, 114, 82, 105, 17  
4040 DATA 115, 116, 121, 125, 104, 84, 58, 45, 20  
4050 DATA 94, 131, 196, 188, 166, 120, 65, 42, 10  
4060 DATA 115, 125, 138, 130, 136, 90, 64, 31, 34  
4070 DATA 122, 122, 129, 129, 112, 91, 64, 33, 10  
4080 DATA 118, 147, 140, 130, 115, 88, 71, 88, 41  
4090 DATA 10, 32, 37, 40, 41, 54, 133, 54, 29  
4100 DATA 118, 124, 124, 116, 104, 78, 47, 37, 10  
4110 DATA 68, 86, 183, 205, 184, 171, 64, 69, 41  
4120 DATA 36, 131, 189, 186, 158, 168, 129, 58, 9  
4130 DATA 120, 132, 155, 127, 118, 85, 57, 23, 15  
4140 DATA 114, 121, 128, 135, 108, 85, 60, 36, 39  
4150 DATA 82, 108, 111, 110, 93, 69, 42, 14, 16  
4160 DATA 108, 136, 128, 121, 120, 145, 99, 53, 7  
4170 DATA 70, 91, 157, 158, 157, 106, 56, 85, 26  
4180 DATA 69, 120, 165, 186, 168, 135, 50, 17, 16  
4190 DATA 106, 120, 137, 135, 106, 87, 67, 38, 20  
4200 \*\* NOV \*\*  
4210 DATA 24, 138, 138, 152, 90, 66, 30, 81, 58  
4220 DATA 5, 43, 181, 17, 173, 148, 77, 73, 20  
4230 DATA 61, 88, 142, 125, 106, 89, 80, 47, 14  
4240 DATA 94, 131, 155, 179, 144, 133, 132, 4, 0  
4250 DATA 33, 69, 159, 131, 142, 152, 104, 75, 25  
4260 DATA 82, 85, 86, 76, 64, 48, 33, 15, 95  
4270 DATA 92, 93, 94, 95, 82, 67, 49, 34, 7  
4280 DATA 81, 85, 88, 83, 75, 70, 39, 34, 4  
4290 DATA 80, 87, 112, 84, 71, 55, 28, 13, 99  
4300 DATA 66, 78, 90, 95, 87, 79, 78, 44, 13  
4310 DATA 85, 73, 85, 110, 60, 52, 413, 22, 72  
4320 DATA 90, 103, 103, 77, 89, 66, 29, 21, 107  
4330 DATA 85, 87, 90, 89, 75, 46, 415, 329, 152  
4340 DATA 37, 100, 108, 97, 85, 38, 32, 279, 119  
4350 DATA 80, 114, 98, 75, 73, 83, 78, 47, 6  
4360 DATA 41, 105, 156, 159, 173, 151, 103, 50, 85  
4370 DATA 25, 66, 148, 158, 157, 123, 109, 54, 3  
4380 DATA 73, 80, 84, 77, 62, 48, 29, 23, 72  
4390 DATA 77, 106, 108, 84, 75, 51, 35, 44, 51  
4400 DATA 82, 15, 120, 94, 70, 52, 55, 21, 57  
4410 DATA 67, 74, 68, 78, 81, 47, 19, 4, 0  
4420 DATA 12, 95, 106, 83, 102, 104, 48, 37, 10  
4430 DATA 80, 93, 99, 62, 40, 31, 77, 45, 9  
4440 DATA 79, 96, 106, 114, 149, 117, 100, 57, 74  
4450 DATA 46, 87, 84, 81, 76, 135, 96, 61, 6  
4460 DATA 46, 122, 134, 143, 147, 100, 91, 70, 38

4470 DATA 74,116,121,110,92,86,78,42,59  
 4480 DATA 28,112,142,35,90,140,179,113,69  
 4490 DATA 73,75,91,62,51,28,36,24,7  
 4500 DATA 48,99,91,101,89,67,49,18,52  
 4510 \*\* DEC\*\*  
 4520 DATA 49,106,140,137,148,119,65,57,7  
 4530 DATA 21,35,56,89,144,138,89,59,3  
 4540 DATA 76,99,140,159,140,94,52,41,96  
 4550 DATA 26,77,82,86,73,57,50,26,46  
 4560 DATA 23,86,124,150,121,68,54,20,18  
 4570 DATA 28,102,139,121,108,113,83,49,85  
 4580 DATA 72,49,99,127,112,113,76,33,74  
 4590 DATA 35,103,111,110,109,96,63,16,67  
 4600 DATA 48,102,123,127,110,90,81,46,35  
 4610 DATA 32,94,108,114,109,89,54,37,46  
 4620 DATA 68,110,98,124,133,118,71,36,73  
 4630 DATA 39,95,108,116,111,93,65,46,48  
 4640 DATA 15,64,123,105,95,85,81,46,3  
 4650 DATA 55,81,85,86,77,58,40,42,70  
 4660 DATA 53,80,113,121,107,91,67,37,61  
 4670 DATA 28,107,127,115,130,107,86,42,96  
 4680 DATA 16,80,111,77,80,125,74,63,8  
 4690 DATA 31,74,86,98,85,71,46,21,69  
 4700 DATA 63,92,116,129,135,108,90,35,73  
 4710 DATA 15,74,117,112,90,67,67,61,55  
 4720 DATA 28,105,138,133,122,86,52,24,60  
 4730 DATA 11,44,102,151,137,125,82,47,5  
 4740 DATA 46,94,101,114,119,102,90,40,47  
 4750 DATA 30,101,102,117,85,53,49,33,78  
 4760 DATA 21,103,105,101,91,74,52,24,69  
 4770 DATA 42,94,108,114,112,92,70,40,67  
 4780 DATA 37,83,101,133,136,123,90,53,53  
 4790 DATA 21,99,128,136,106,119,89,41,66  
 4800 DATA 36,100,132,151,149,141,97,69,7  
 4810 DATA 15,60,97,144,156,136,87,33,72  
 4820 DATA 37,106,119,138,154,115,87,61,5



< 부록 4 > . 外部 水平面 天空 光照度 年間 時間別 平均

1 月		[Lux]									
DATE	DAY	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	SUN	27	44	11	17	11	18	50	39	94	
2	TUE	26	43	10	16	10	17	49	38	93	
3	WED	18	35	7	12	7	13	33	24	67	
4	THU	21	38	9	14	8	15	38	27	74	
5	FRI	15	28	6	10	6	11	25	18	50	
6	SUN	24	41	10	16	10	17	47	36	91	
7	MON	16	29	7	12	7	13	34	25	69	
8	TUE	19	32	8	13	8	14	36	26	72	
9	WED	12	24	5	9	5	10	22	16	43	
10	THU	14	26	6	10	6	11	24	17	46	
11	FRI	8	18	4	6	4	7	14	10	27	
12	SUN	23	40	9	15	9	16	45	34	89	
13	MON	15	28	7	12	7	13	33	24	67	
14	TUE	18	31	8	13	8	14	35	25	70	
15	WED	11	23	5	9	5	10	21	15	41	
16	THU	13	25	6	10	6	11	23	16	44	
17	FRI	7	17	4	6	4	7	13	9	26	
18	SUN	22	39	8	14	8	15	43	32	87	
19	MON	14	27	6	11	6	12	31	22	64	
20	TUE	17	30	7	12	7	13	32	23	66	
21	WED	10	22	5	8	5	9	19	14	39	
22	THU	12	24	6	9	6	10	21	15	41	
23	FRI	6	16	4	5	4	6	12	8	25	
24	SUN	21	38	9	14	8	15	41	30	85	
25	MON	13	26	6	11	6	12	29	21	62	
26	TUE	16	29	7	12	7	13	30	22	64	
27	WED	9	20	5	7	5	8	17	12	35	
28	THU	11	22	6	8	6	9	19	13	37	
29	FRI	5	15	3	5	3	4	11	7	20	
30	SUN	20	37	8	13	7	14	40	29	83	
31	MON	12	25	6	10	6	11	28	19	59	

2 月		[Lux]									
DATE	DAY	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	WED	25	42	10	16	10	17	48	37	92	
2	THU	17	34	7	12	7	13	32	23	66	
3	FRI	24	41	10	16	10	17	47	36	91	
4	SUN	15	28	7	12	7	13	31	22	64	
5	MON	18	31	8	13	8	14	34	25	70	
6	TUE	11	23	5	9	5	10	20	14	38	
7	WED	14	26	6	10	6	11	22	15	41	
8	THU	8	18	4	6	4	7	13	9	26	
9	FRI	4	14	3	5	3	4	10	6	19	
10	SUN	23	40	9	15	9	16	45	34	89	
11	MON	15	28	7	12	7	13	33	24	67	
12	TUE	18	31	8	13	8	14	35	25	70	
13	WED	11	23	5	9	5	10	21	15	41	
14	THU	13	25	6	10	6	11	23	16	44	
15	FRI	7	17	4	6	4	7	13	9	26	
16	SUN	22	39	8	14	8	15	43	32	87	
17	MON	14	27	6	11	6	12	31	22	64	
18	TUE	17	30	7	12	7	13	32	23	66	
19	WED	10	22	5	8	5	9	19	14	39	
20	THU	12	24	6	9	6	10	21	15	41	
21	FRI	6	16	4	5	4	6	12	8	25	
22	SUN	21	38	9	14	8	15	41	30	85	
23	MON	13	26	6	11	6	12	29	21	62	
24	TUE	16	29	7	12	7	13	30	22	64	
25	WED	9	20	5	7	5	8	17	12	35	
26	THU	11	22	6	8	6	9	19	13	37	
27	FRI	5	15	3	5	3	4	11	7	20	
28	SUN	20	37	8	13	7	14	40	29	83	
29	MON	12	25	6	10	6	11	28	19	59	
30	TUE	15	28	7	12	7	13	31	22	64	
31	WED	8	18	4	6	4	7	13	9	26	

3 月

[Lux]

DATE	DAY	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	WED	14	14	14	18	16	14	11	8	4
2	THU	14	14	14	18	16	14	11	8	4
3	FRI	14	14	14	18	16	14	11	8	4
4	SAT	14	14	14	18	16	14	11	8	4
5	SUN	14	14	14	18	16	14	11	8	4
6	MON	14	14	14	18	16	14	11	8	4
7	TUE	14	14	14	18	16	14	11	8	4
8	WED	14	14	14	18	16	14	11	8	4
9	THU	14	14	14	18	16	14	11	8	4
10	FRI	14	14	14	18	16	14	11	8	4
11	SAT	14	14	14	18	16	14	11	8	4
12	SUN	14	14	14	18	16	14	11	8	4
13	MON	14	14	14	18	16	14	11	8	4
14	TUE	14	14	14	18	16	14	11	8	4
15	WED	14	14	14	18	16	14	11	8	4
16	THU	14	14	14	18	16	14	11	8	4
17	FRI	14	14	14	18	16	14	11	8	4
18	SAT	14	14	14	18	16	14	11	8	4
19	SUN	14	14	14	18	16	14	11	8	4
20	MON	14	14	14	18	16	14	11	8	4
21	TUE	14	14	14	18	16	14	11	8	4
22	WED	14	14	14	18	16	14	11	8	4
23	THU	14	14	14	18	16	14	11	8	4
24	FRI	14	14	14	18	16	14	11	8	4
25	SAT	14	14	14	18	16	14	11	8	4
26	SUN	14	14	14	18	16	14	11	8	4
27	MON	14	14	14	18	16	14	11	8	4
28	TUE	14	14	14	18	16	14	11	8	4
29	WED	14	14	14	18	16	14	11	8	4
30	THU	14	14	14	18	16	14	11	8	4
31	FRI	14	14	14	18	16	14	11	8	4

4 月

[Lux]

DATE	DAY	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	SAT	10	26	29	32	32	13	13	5	58
2	SUN	7	33	29	29	20	16	44	9	70
3	MON	22	17	25	30	17	15	20	5	70
4	TUE	10	26	29	32	17	15	20	5	70
5	WED	25	17	25	30	17	15	20	5	70
6	THU	10	26	29	32	17	15	20	5	70
7	FRI	25	17	25	30	17	15	20	5	70
8	SAT	10	26	29	32	17	15	20	5	70
9	SUN	7	33	29	29	20	16	44	9	70
10	MON	22	17	25	30	17	15	20	5	70
11	TUE	10	26	29	32	17	15	20	5	70
12	WED	25	17	25	30	17	15	20	5	70
13	THU	10	26	29	32	17	15	20	5	70
14	FRI	25	17	25	30	17	15	20	5	70
15	SAT	10	26	29	32	17	15	20	5	70
16	SUN	7	33	29	29	20	16	44	9	70
17	MON	22	17	25	30	17	15	20	5	70
18	TUE	10	26	29	32	17	15	20	5	70
19	WED	25	17	25	30	17	15	20	5	70
20	THU	10	26	29	32	17	15	20	5	70
21	FRI	25	17	25	30	17	15	20	5	70
22	SAT	10	26	29	32	17	15	20	5	70
23	SUN	7	33	29	29	20	16	44	9	70
24	MON	22	17	25	30	17	15	20	5	70
25	TUE	10	26	29	32	17	15	20	5	70
26	WED	25	17	25	30	17	15	20	5	70
27	THU	10	26	29	32	17	15	20	5	70
28	FRI	25	17	25	30	17	15	20	5	70
29	SAT	10	26	29	32	17	15	20	5	70
30	SUN	7	33	29	29	20	16	44	9	70
31	MON	22	17	25	30	17	15	20	5	70

5 A

[Lux]

DATE	DAY	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	MON	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	TUE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	WED	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	THU	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	FRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	SUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	MON	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	TUE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	WED	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	THU	1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	FRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	SUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	MON	1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	TUE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	WED	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	THU	1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	FRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	SUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	MON	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	TUE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	WED	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	THU	1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	FRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	SUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	MON	1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	TUE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
27	WED	1	2	3	4	5	6	7	8	9
28	THU	1	2	3	4	5	6	7	8	9
29	FRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	SUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9

6 A

[Lux]

DATE	DAY	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	THU	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	FRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	SUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	MON	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	TUE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	WED	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	THU	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	FRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	SUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	MON	1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	TUE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	WED	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	THU	1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	FRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	SUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	MON	1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	TUE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	WED	1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	THU	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	FRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	SUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	MON	1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	TUE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	WED	1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	THU	1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	FRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9
27	SUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
28	MON	1	2	3	4	5	6	7	8	9
29	TUE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	WED	1	2	3	4	5	6	7	8	9

7 月

[Lux]

DATE	DAY	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	SAT	77	15	33	32	32	27	27	25	28
2	SUN	78	16	34	33	33	28	28	26	29
3	MON	79	17	35	34	34	29	29	27	30
4	TUE	80	18	36	35	35	30	30	28	31
5	WED	81	19	37	36	36	31	31	29	32
6	THU	82	20	38	37	37	32	32	30	33
7	FRI	83	21	39	38	38	33	33	31	34
8	SAT	84	22	40	39	39	34	34	32	35
9	SUN	85	23	41	40	40	35	35	33	36
10	MON	86	24	42	41	41	36	36	34	37
11	TUE	87	25	43	42	42	37	37	35	38
12	WED	88	26	44	43	43	38	38	36	39
13	THU	89	27	45	44	44	39	39	37	40
14	FRI	90	28	46	45	45	40	40	38	41
15	SAT	91	29	47	46	46	41	41	39	42
16	SUN	92	30	48	47	47	42	42	40	43
17	MON	93	31	49	48	48	43	43	41	44
18	TUE	94	32	50	49	49	44	44	42	45
19	WED	95	33	51	50	50	45	45	43	46
20	THU	96	34	52	51	51	46	46	44	47
21	FRI	97	35	53	52	52	47	47	45	48
22	SAT	98	36	54	53	53	48	48	46	49
23	SUN	99	37	55	54	54	49	49	47	50
24	MON	100	38	56	55	55	50	50	48	51
25	TUE	101	39	57	56	56	51	51	49	52
26	WED	102	40	58	57	57	52	52	50	53
27	THU	103	41	59	58	58	53	53	51	54
28	FRI	104	42	60	59	59	54	54	52	55
29	SAT	105	43	61	60	60	55	55	53	56
30	SUN	106	44	62	61	61	56	56	54	57
31	MON	107	45	63	62	62	57	57	55	58

8 月

[Lux]

DATE	DAY	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	TUE	23	38	57	66	84	92	109	126	143
2	WED	24	39	58	67	85	93	110	127	144
3	THU	25	40	59	68	86	94	111	128	145
4	FRI	26	41	60	69	87	95	112	129	146
5	SAT	27	42	61	70	88	96	113	130	147
6	SUN	28	43	62	71	89	97	114	131	148
7	MON	29	44	63	72	90	98	115	132	149
8	TUE	30	45	64	73	91	99	116	133	150
9	WED	31	46	65	74	92	100	117	134	151
10	THU	32	47	66	75	93	101	118	135	152
11	FRI	33	48	67	76	94	102	119	136	153
12	SAT	34	49	68	77	95	103	120	137	154
13	SUN	35	50	69	78	96	104	121	138	155
14	MON	36	51	70	79	97	105	122	139	156
15	TUE	37	52	71	80	98	106	123	140	157
16	WED	38	53	72	81	99	107	124	141	158
17	THU	39	54	73	82	100	108	125	142	159
18	FRI	40	55	74	83	101	109	126	143	160
19	SAT	41	56	75	84	102	110	127	144	161
20	SUN	42	57	76	85	103	111	128	145	162
21	MON	43	58	77	86	104	112	129	146	163
22	TUE	44	59	78	87	105	113	130	147	164
23	WED	45	60	79	88	106	114	131	148	165
24	THU	46	61	80	89	107	115	132	149	166
25	FRI	47	62	81	90	108	116	133	150	167
26	SAT	48	63	82	91	109	117	134	151	168
27	SUN	49	64	83	92	110	118	135	152	169
28	MON	50	65	84	93	111	119	136	153	170
29	TUE	51	66	85	94	112	120	137	154	171
30	WED	52	67	86	95	113	121	138	155	172
31	THU	53	68	87	96	114	122	139	156	173

DATE	DAY	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	THU	20	20	21	22	20	18	16	12	11
2	FRI	44	37	36	59	99	79	20	27	11
3	SUN	44	37	36	59	99	79	20	27	11
4	MON	9	37	36	59	99	79	20	27	11
5	TUE	9	37	36	59	99	79	20	27	11
6	WED	9	37	36	59	99	79	20	27	11
7	THU	9	37	36	59	99	79	20	27	11
8	FRI	9	37	36	59	99	79	20	27	11
9	SUN	9	37	36	59	99	79	20	27	11
10	MON	9	37	36	59	99	79	20	27	11
11	TUE	9	37	36	59	99	79	20	27	11
12	WED	9	37	36	59	99	79	20	27	11
13	THU	9	37	36	59	99	79	20	27	11
14	FRI	9	37	36	59	99	79	20	27	11
15	SUN	9	37	36	59	99	79	20	27	11
16	MON	9	37	36	59	99	79	20	27	11
17	TUE	9	37	36	59	99	79	20	27	11
18	WED	9	37	36	59	99	79	20	27	11
19	THU	9	37	36	59	99	79	20	27	11
20	FRI	9	37	36	59	99	79	20	27	11
21	SUN	9	37	36	59	99	79	20	27	11
22	MON	9	37	36	59	99	79	20	27	11
23	TUE	9	37	36	59	99	79	20	27	11
24	WED	9	37	36	59	99	79	20	27	11
25	THU	9	37	36	59	99	79	20	27	11
26	FRI	9	37	36	59	99	79	20	27	11
27	SUN	9	37	36	59	99	79	20	27	11
28	MON	9	37	36	59	99	79	20	27	11
29	TUE	9	37	36	59	99	79	20	27	11
30	WED	9	37	36	59	99	79	20	27	11
31	THU	9	37	36	59	99	79	20	27	11

DATE	DAY	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	SUN	16	17	18	18	16	13	10	6	1
2	MON	49	35	22	44	21	18	15	11	7
3	TUE	28	74	148	88	74	148	88	74	148
4	WED	74	148	88	74	148	88	74	148	88
5	THU	148	88	74	148	88	74	148	88	74
6	FRI	148	88	74	148	88	74	148	88	74
7	SUN	148	88	74	148	88	74	148	88	74
8	MON	148	88	74	148	88	74	148	88	74
9	TUE	148	88	74	148	88	74	148	88	74
10	WED	148	88	74	148	88	74	148	88	74
11	THU	148	88	74	148	88	74	148	88	74
12	FRI	148	88	74	148	88	74	148	88	74
13	SUN	148	88	74	148	88	74	148	88	74
14	MON	148	88	74	148	88	74	148	88	74
15	TUE	148	88	74	148	88	74	148	88	74
16	WED	148	88	74	148	88	74	148	88	74
17	THU	148	88	74	148	88	74	148	88	74
18	FRI	148	88	74	148	88	74	148	88	74
19	SUN	148	88	74	148	88	74	148	88	74
20	MON	148	88	74	148	88	74	148	88	74
21	TUE	148	88	74	148	88	74	148	88	74
22	WED	148	88	74	148	88	74	148	88	74
23	THU	148	88	74	148	88	74	148	88	74
24	FRI	148	88	74	148	88	74	148	88	74
25	SUN	148	88	74	148	88	74	148	88	74
26	MON	148	88	74	148	88	74	148	88	74
27	TUE	148	88	74	148	88	74	148	88	74
28	WED	148	88	74	148	88	74	148	88	74
29	THU	148	88	74	148	88	74	148	88	74
30	FRI	148	88	74	148	88	74	148	88	74
31	SUN	148	88	74	148	88	74	148	88	74

11 月

[Lux]

DATE	DAY	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	TUE	3011	1779	1779	1942	2733	1144	4599	1016	5712
2	WED	0668	7334	3333	2126	7370	0907	0606	1500	9090
3	THU	7979	5234	0000	1000	0000	0000	0000	0000	1010
4	FRI	1144	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111
5	SAT	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
6	SUN	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
7	MON	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
8	TUE	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
9	WED	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
10	THU	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
11	FRI	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
12	SAT	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
13	SUN	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
14	MON	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
15	TUE	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
16	WED	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
17	THU	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
18	FRI	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
19	SAT	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
20	SUN	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
21	MON	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
22	TUE	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
23	WED	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
24	THU	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
25	FRI	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
26	SAT	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
27	SUN	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
28	MON	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
29	TUE	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
30	WED	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000

12 月

[Lux]

DATE	DAY	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	FRI	6248	1367	1800	1766	1908	1534	8155	5613	6899
2	SAT	3333	4563	7222	1144	1800	1777	1111	4838	2954
3	SUN	6565	6264	8000	2000	1800	1212	6565	4038	4544
4	MON	2222	9999	8000	1111	9444	3332	6222	2500	4330
5	TUE	3222	0000	8000	1111	5600	1777	4444	1777	1773
6	WED	5555	1212	8000	1515	3444	1414	4444	8332	8331
7	THU	9999	2744	8000	1616	4444	2020	7999	1576	8771
8	FRI	4444	4838	1111	1414	4000	1414	1010	4576	9888
9	SAT	8000	7777	5555	1616	4444	2020	1010	4576	7777
10	SUN	5555	9444	2222	1414	4444	1666	6777	3644	4550
11	MON	9999	1010	5555	1414	1111	1666	8000	5555	3999
12	TUE	4000	1111	8000	1414	1111	1666	8000	5555	7777
13	WED	4000	1111	8000	1414	1111	1666	8000	5555	4444
14	THU	6666	3333	5555	1515	9999	1111	5000	4444	6666
15	FRI	9999	5555	9999	1515	3777	1111	5000	4444	7777
16	SAT	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
17	SUN	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
18	MON	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
19	TUE	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
20	WED	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
21	THU	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
22	FRI	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
23	SAT	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
24	SUN	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
25	MON	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
26	TUE	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
27	WED	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
28	THU	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
29	FRI	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
30	SAT	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666
31	SUN	0000	4444	6666	1414	7777	2222	1077	2222	3666

여백 페이지

*This page is intentionally left blank.*

## ABSTRACT

### A Study on the Interior Illumination Design through Physical Scale Model Experiment and Computer Simulation

Song, Kyoo Dong  
(M.S., Architectural Eng.)  
Directed by  
prof. Sohn, Jang Yeul

The optimal use of daylight in buildings enables us to obtain adequate levels of illuminance and to maintain high quality of visual environment as well free of charge.

Especially, the office rooms of commercial buildings in which much electricity, about one third of totally consumed electricity in each building, is spent on interior lighting are usually occupied in the daytime.

So, when the daylight is used actively in such buildings, it must be possible to save quite a bit amount of energy consumed for artificial lighting. In Korea, however, while researches on the thermal aspects of solar radiation have been being conducted lively, sparse researches on natural lighting using abundant daylight have been conducted.

As a result, there are few basic data and evaluation techniques of our own country about daylighting effects in interior.



Even though, daylighting is considered sometimes when designing buildings, at present, daylighting and artificial lighting are designed separately by architects and electric engineers respectively.

Seeing the present situation in Korea, it is hard to expect synthetic and energy efficient interior illumination design.

So, if the evaluation techniques for the synthetic effects of daylighting and artificial lighting to analyze rapidly the energy saving effects through daylighting from the early stage of building design were developed, it would be possible to design daylighting and artificial lighting very efficiently in commercial buildings.

This study have been conducted to develop the quantitative analyzing method as well as to suggest the basic data for estimating synthetic lighting effects of daylighting and artificial lighting through a series of physical scale model experiments and computer simulation.

In this study, the results of the model experiments and those of the computer simulation calculating daylight and artificial light illuminances are compared with those of a series of measurements in a real room to testify the accuracy of the two lighting design methods.

The contents of this paper are as follows:

- 1) In chapter 1, the present situation and the aim as well as the scope and the procedure of this study are described.
- 2) In chapter 2, the theories of daylighting and artificial lighting are studied.
- 3) In chapter 3, two computer programs based on Daylight Factor Method and Lumen Method for calculating daylight factor and for designing and calculating the artificial lighting in interior are made. And the cumulative occurrence rates of outdoor horizontal sky illuminances per 1000(lux) from 9:00 A.M. to 5:00 P.M. over a year as well as in cooling and heating periods separately to be used as basic data for computer simulation calculating interior illuminance levels and the extinction rates of luminaries located near the window wall quantitatively.
- 4) In chapter 4, after selecting a room to measure illuminance levels of daylight and artificial light, 1/5 scale model is made. And then the accuracy of the results from the model experiments and computer simulation are verified through the measurements in the real room.
- 5) In chapter 5, through computer simulation in a ten-story building, the basic method and data for estimating the synthetic illuminance levels of daylight and artificial

light and the extinction ranges and rates of the luminaries are shown .

- 6) In chapter 6, the results of this study are described.

Through these procedures, following results have been obtained.

- 1) Under clear sky, when outdoor daylight illuminance levels are unstable in accordance with the location of the Sun, the mean error between the results of daylight factor from the model experiment and those of the measurement in the real room is 0.91(%).

So, it considered to be possible to evaluate daylighting effects precisely using physical scale model in any alternative tentatively determined in the early stage of building design.

- 2) Under overcast sky, when outdoor illuminance levels are stable not having to do with the location of the sun, the mean error between the results of calculated daylight factor and measured in the real room is 0.9(%).
- 3) Under clear sky, as Daylight Factor Method itself can't grasp the affects of the direct sun light and high brightness sky around the sun, the mean error between calculated daylight factors and measured values is large in real room.

In the model oriented to the north sky, however, calculated and measured daylight factors show very little mean error of 0.7 (%).

- 4) From the results of 1), 2), and 3), Daylight Factor Method can calculate precisely the daylight factor in any room which has any orientation under overcast sky.

But, under clear sky, it can calculate accurately the daylight factor in rooms oriented to the north sky

- 5) In case of artificial lighting, the results between calculated by Lumen Method and Point-by-Point Method and measured in the real room in which two fluorescent lamps are installed shows 23 (lux) of mean error.

So, it is possible to design and calculate the artificial lighting.

- 6) The results of a case study using the two computer programs and the data of annual hourly outdoor illuminances show the possibility of rapid estimation of the energy saving effects by daylighting in commercial buildings through computer simulation.

여백 페이지

*This page is intentionally left blank.*

## 謝

## 辭

자그마한 結實을 거두는 순간입니다.

진실된 學問의 길로 인도하여 주시고 本 論文이 完成되기 까지 始終一貫 指導鞭達하여 주신 孫章烈 教授님께 眞心으로 感謝드리오며, 또한 學術的·人間的인 면에서 많은 가르침을 주신 金光文 教授님, 吳昌熙 教授님께 깊은 感謝드립니다. 그리고 漢陽大 建築科를 빛나게 해 주신 여러 恩師님들께도 感謝드립니다.

研究를 進行하는 동안 어려움에 逢着할 때마다 積極的인 助言을 아끼지 않으신 孔聖勳, 趙秀, 金興植, 安炳旭, 尹龍鎮, 洪鳳宰, 李承彦, 尹錫暲 學兄들께 감사드립니다. 아울러 本 研究를 위해 測定 및 資料整理에 協助하여 주신 許正浩, 金河根, 曹昌根, 劉承浩, 姜永三, 朴炳倫, 沈雨植, 辛容太, 白容圭, 郭魯悅 學友들께 감사드립니다.

끝으로 오늘날까지 오로지 희생과 사랑으로 보살펴 주신 父母님과 동생들, 그리고 믿음으로 용기를 주신 장인, 장모님과 사랑하는 나의 아내에게 진실로 感謝드리는 마음으로, 이 작은 結實을 바칩니다.

1985 年 12 月

宋 圭 棟