

자연채광 설계용 기상자료의 개발에 관한 연구

양인호* · 김광우 · 김문한

서울대 건축학과 대학원*
서울대 건축학과

A Study on the development of climatic data for the daylighting design

Yang, In-Ho* · Kim, Kwang-Woo · Kim, Mun-Han

Graduate School Seoul National Univ. Dept. of Architecture*
Seoul National Univ. Dept. of Architecture

요 약

본 연구에서는 자연채광 설계용 천공의 조건을

① clear sky ② partly cloudy sky ③ cloudy sky로 나누어서 서울지역의 수평면에 대해서 전천공조도와 함께 반원형의 띠를 이용하여 확산조도를 측정한다. 천공 상태의 분류는 프랑스의 낭뜨 측정에서의 방법을 이용하였다.

본 연구에서 제시된 자연채광 설계용 기상자료는

- ① 태양고도에 따른 수평면 조도
- ② 조도의 월변화
- ③ 조도의 누적표현을
- ④ 하루중의 주광 강도의 변화
- ⑤ 특정 조도 이상을 기록한 시간수이다.

ABSTRACT

In this study global radiation and global illumination are directly measured, and diffuse radiation and diffuse illumination measured utilizing semi-circular shadow ring. By analyzing measured radiation data, clear and overcast sky are classified according to the sky classification method used in Nantes, France.

Measured illumination data are analyzed and

- 1) Clear sky illumination on a horizontal surface as a function of solar altitude.
- 2) Overcast sky illumination on a horizontal surface as a function of solar altitude,

- 3) Monthly variation of illumination.
- 4) Cumulative percentage of illumination,
- 5) Daylight intensity as a function of hours in a typical day,
- 6) Average number hours per day of illumination above 10 and 20klx are presented as a climatic data for daylighting design for Seoul, Korea.

1. 서론

1.1 연구의 목적

자연채광의 설계와 자연채광을 이용한 에너지 절약을 해석하기 위해서는 천공상태를 어떻게 가정할 것인가가 가장 중요한 고려사항이 되므로 최소설계기준이나 혹은 적어도 예상되는 천공의 최저상태를 알아야만 한다. 이러한 필요성에 따라 국제 조명 학회에서는 표준화된 CIE표준담천공(CIE Standard Overcast Sky)과 CIE표준청천공(CIE Standard Clear Sky) 모델을 개발, 발표하게 되었다.

지정학적으로 볼때 유럽의 일부지역(담천공)이나 건조한 열대지역(청천공)은 한가지 천공상태가 계속적으로 비슷하게 나타난다. 그러나 북미지역이나 한국같은 곳에서는 이러한 표준천공 모델이 항상 일정하게 나타나지 않는다. 더구나, 표준화된 천공 상태가 실제의 천공상태를 전형적으로 나타내지 못할 경우에는 자연채광을 활용한 건물의 주광율이나 에너지 평가가 불가능해진다.

최근에 와서 대체에너지를 활용한 건물의 난방 에너지 절약은 우리나라와 같이 에너지 부존 자원이 부족한 국가에서는 에너지 절약 효과 뿐만 아니라, 에너지를 연소하지 않음에 의한 공해문제의 해소와 환경 보존의 측면에서도 그 중요성이 매우 강조되어지고 있다. 태양열을 건축물에 활용하는 유형으로는 설비형 태양열 시스템(active solar system)과 자연형 태양열 시스템(passive solar system)이 있으나, 이 중 특별한 설비없이 건물 자체의 구조를 축열체로 이용하여 자연적인 열전달 수단에 의해 태양열을 활용할 수 있는 자연형 태양열 시스템이 각광을 받고 있다. 더욱이 자연형 태양열 시스템은 자연채광의 활용과도 밀접한 관계가

있으므로 우리나라의 실정에 맞는 자연채광 설계 시법의 개발이 절실히 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 우리나라에 맞는 자연채광 설계기법을 개발하기 위한 기상자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

1) 연구의 범위

본 연구에서는 자연채광 설계용 천공의 조건을

- a) 청천공(Clear Sky)
- b) 담천공(Overcast Sky)
- c) 부분적으로 구름이 낀 천공(Partly Cloudy Sky)

으로 나누어서 다음과 같이 기상자료를 측정, 분석하여 자연 채광 설계용 기상자료를 제시하기로 한다.

2) 연구의 방법

우선 대상지역을 서울로 국한하여 수평면에 대한 확산일사(diffuse radiation)와 전천공일사(global radiation)를 측정하여 천공상태를 분류하는 기준 자료로 이용하며, 어안렌즈를 장착한 카메라로 천공의 상태를 정기적으로 촬영하여 천공상태를 분석하기 위한 참고자료로 활용한다.

이와함께 전천공 조도(global illumination)와 확산조도(diffuse illumination) 조도를 측정, 천공조건에 따라 분석하여 주광의 강도 및 누적표현을, 태양고도에 따른 자연 채광설계용 기상자료를 제시한다.

2. 본 연구에서의 측정

2.1 CIE에 의해 제안된 자연채광 설계용 기상자료의 측정

CIE(The Commission Internationale de

l'Eclairage)의 기술위원회 307(TC307)은 국제 자연채광 측정의 해(International Daylighting Measurements Year, IDMY)를 제안하고, TC307은 여러 해에 걸친 자연채광 설계용 기상 자료 측정 프로그램을 수행하고 준비하기 위한 전략을 마련했다. 이 위원회는 프로그램에 참여하는 측정 연구소를 두가지로 분류했으며, 각각의 연구소들은 프로그램의 참여를 위한 최소한의 요구조건들을 수행할 수 있어야 한다고 제안하였다.

각각의 부류를 위한 CIE TC307에 의한 측정에 대한 요구사항¹⁾들은 다음과 같다.

가. 연구용 측정항목(Research Class-Required)

- a) 1분 이하의 시간동안에 측정되고, 매 30분 마다 계속적으로 수행되어지는(혹은, Peter Tregenza가 제안한 것처럼 5°의 태양고도간격으로) 천공회도의 각 분포(angular distribution)
- b) 직달 법선면 조도
- c) 전천공 수직면 조도
- d) 확산 수평면 조도
- e) 동, 서, 남, 북면의 전천공 수직면 조도(지표나 다른 면들로 부터의 반사빛을 제거한)
- f) 전천공 수평면 일사량
- g) 확산 수평면 일사량
- h) 동, 서, 남, 북 면에 대한 전천공 수직면 일사(반사를 제거한)
- i) 대지와 중요한 장애물과 그것이 미치는 영향에 대한 설명

나. 연구용 측정-권장 측정항목(Research Class-Recommended)

- a) 구름의 양과, 표면에 부딪치는 바람의 속도와 방향에 대한 평가량

다. 일반용 측정-필요측정항목(General Class-Required)

- a) 전천공 수평면 조도
- b) 확산 수평면 조도
- c) 반사를 제거한 동, 서, 남, 북 면의 전천공 수직면 조도

- d) 대지와 중요한 장애물과 그 영향에 대한 설명
 - e) 측정 시간은 최대 1분
 - f) 태양고도에 따른 시간별 조도 값
- 라. 일반용 측정-권장 측정항목(General Class-Recommended)
- a) 전천공 수평면 일사량
 - b) 반사를 제거한 동, 서, 남, 북 면의 전천공 수직면 일사량
 - c) 일조기간

2.2 본 연구에서의 측정항목

본 연구에서 실시될 측정항목들은 앞 절에서 CIE에 의해 제안된 자연채광 설계용 기상자료 중 일반용 측정에 해당되는 부분으로 한다. 일반용 측정중 필요 측정항목과 권장 측정항목에 해당되는 항목을 모두 측정하되 방위별 수직면에 대한 일사량과 조도는 제외한다. 그 대신 어안렌즈를 장착한 카메라로 천공의 상태를 촬영하여 천공의 상태를 분석하기 위한 자료로 활용하기로 한다.

본 연구에서의 측정 항목들은 다음과 같다.

- a) 전천공 수평면 조도
- b) 전천공 수평면 일사량
- c) 확산 수평면 조도
- d) 확산 수평면 일사량
- e) 어안렌즈를 사용한 천공 상태 촬영
- f) 운량의 측정

2.3 측정의 방법

수평면 조도의 측정은 ELE社의 조도센서(Lux Sensor:EL505-108)를 이용하며, 이 센서가 정확한 수평면을 유지하도록 하기 위해서 센서용 레벨 조절 기구(Sensor Levelling Unit:EL505-098)를 사용한다. 일사량 측정은 ELE社의 일사량 측정 기구(Pyranometer Solarimeter:EL505-012)를 이용한다. 이러한 센서들은 PCLD-789 Amplifier & Multiplexer Board를 통해 퍼스널 컴퓨터내에 설치한 PCL-812

1) McCluney, R. and D. Kendric, "An international daylight measurement year", Proc. 1986 International Daylighting Conference, Long Beach, Nov. p.6(1986)

Enhanced Multi-Lab Card에 연결되어, 센서들에서 보내지는 신호를 소프트웨어를 이용해서 필요한 형태의 값으로 변환하여 자동적으로 컴퓨터에 기록하게 된다. 측정은 매 5분마다 시행하고, 어안렌즈를 장착한 카메라는 자연채광 설계용 기상자료 측정시의 천공상태를 촬영하여 기록 보존하도록 한다.

또한 하루에 4회(10시, 12시, 14시, 16시)운량을 천공의 구름의 정도에 따라 0(청천공: Clear Sky)에서 10(담천공: Overcast Sky)까지의 스케일로 자연채광 측정 기록일지에 기록하여, 향후 자료 분석시 활용하기로 한다.

본 연구에서 측정은 1990년 8월 부터 12월까지 5개월간 실시하였다.

2.4 측정기기의 설치

측정기기의 설치위치는 S대 내에서도 위치가 비교적 높아 주변의 장애물에 의한 영향을 적게 받을 S대 35동 건물의 옥상으로 정하고 전천공 조도(A), 차양띠(shadow ring)를 부착한 확산조도(B)의 측정과 전천공 일사(C), 차양띠를 활용한 확산일사(D) 측정용 센서를 설치하고, 바로 옆에 어안렌즈를 장착한 카메라(E)를 위한 설치대를 두었다. [Fig. 1]

여기서 측정된 자료들은 쉴드(shield)선에 의해 5층에 위치한 측정실의 자료 기록장치로 보내진다.

1) 차양띠(shadow ring)

차양띠를 부착한 측정장치는 애플리 연구소(Eppley Laboratories)의 차양띠²⁾를 참고로 하여, 두께가 2mm인 알루미늄 판으로 폭은 75mm, 반지름 360mm인 반원형띠를 만들어, 진북 방향(서울 지방에서는 나침반이 가리키는 자북 방향에서 동쪽으로 6.5°)으로 춘추분시의 남중고도인 52.5°로 기울게 설치하였다. 또한 표면은 반사의 효과를 줄이기 위해 무광택 흑색 도료를 칠했다. 애플리 연구소 차양띠는 띠 자체의 각도를 날짜에 따라 조정 할 수 있도록 되어있으나, 본 연구에서 제작한 차양띠는 항상 일정

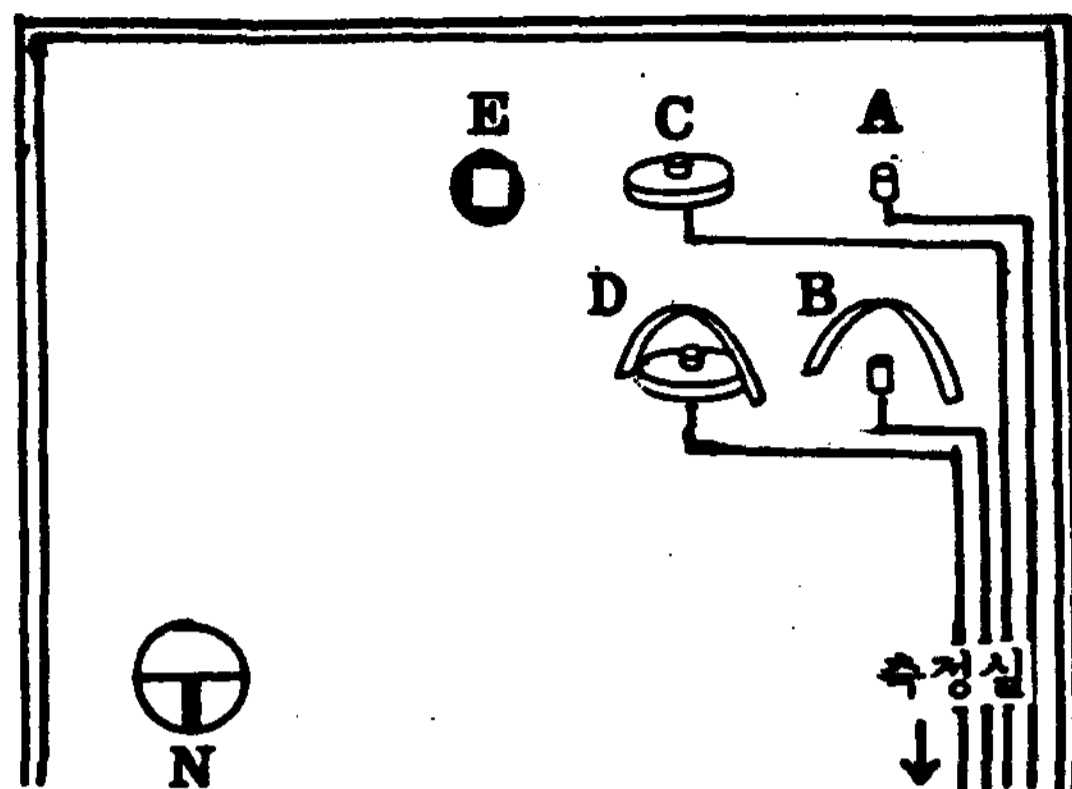


Fig. 1 Arrangement of measurement equipment

한 각도(춘추분 때의 남중고도: 52.5°)를 유지하되, 센서가 설치된 부분이 상하, 전후로 움직일 수 있도록 하여 차양각을 조정 할 수 있도록 하여, 전산 프로그램으로 계산된 남중고도와 일출각, 일몰각에 따라 1주일에 1번(매주 월요일)씩 조정하였다.

2) 조도계와 일사계의 설치

4개의 센서 및 어안렌즈를 장착한 카메라 설치대의 높이는 주위의 구조물에 의한 반사의 영향을 최소화하기 위해서 건물옥상의 난간에서 가능한한 떨어져 있도록 하였고, 높이도 옥상 난간의 높이보다 약간 높은 115cm로 하였다. 또한 센서는 수평의를 조정하여 정확한 수평면이 되도록 하였고, 각 조도계와 일사계는 매일 1회 닦아 주어 청결을 유지하여 정확한 측정이 되도록 하였다.

3. 자연채광 설계용 기상자료

3.1 천공의 분류

본 연구에서 천공의 조건을 청천공, 담천공, 부분적으로 구름이 낀 천공으로 나누어 실시하는 자연채광 설계용 기상자료의 분석이 객관적이고 정확한 결과를 얻기 위해서는 천공 조건을 명확히 분류하는 기준이 필요하게 된다. 기존에 알려진 천공의 분류 방법은 다음과 같다.

1) 미국 San Francisco 측정에서의 분류 방법³⁾

2) William A. Beckman, "Solar Engineering of Thermal Process", Wiley Interscience, 1980, p.39.

3) Navvab, M., M. Karayel, E. Ne'eman and S. Selkowitz, "Daylight Availability Data for San Francisco", Energy and Buildings, Vol.6, No.3, p.273(1984).

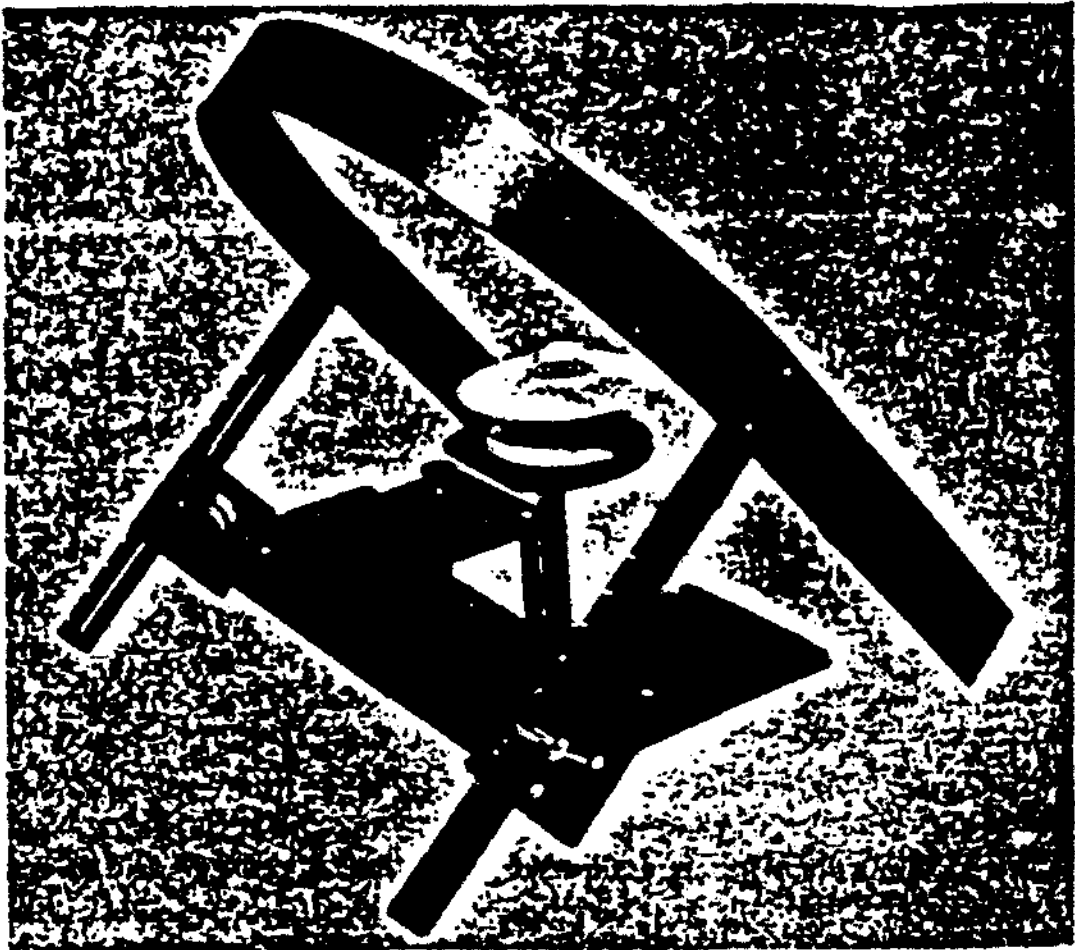


Fig. 2 Shadow ring of Eppley Laboratories

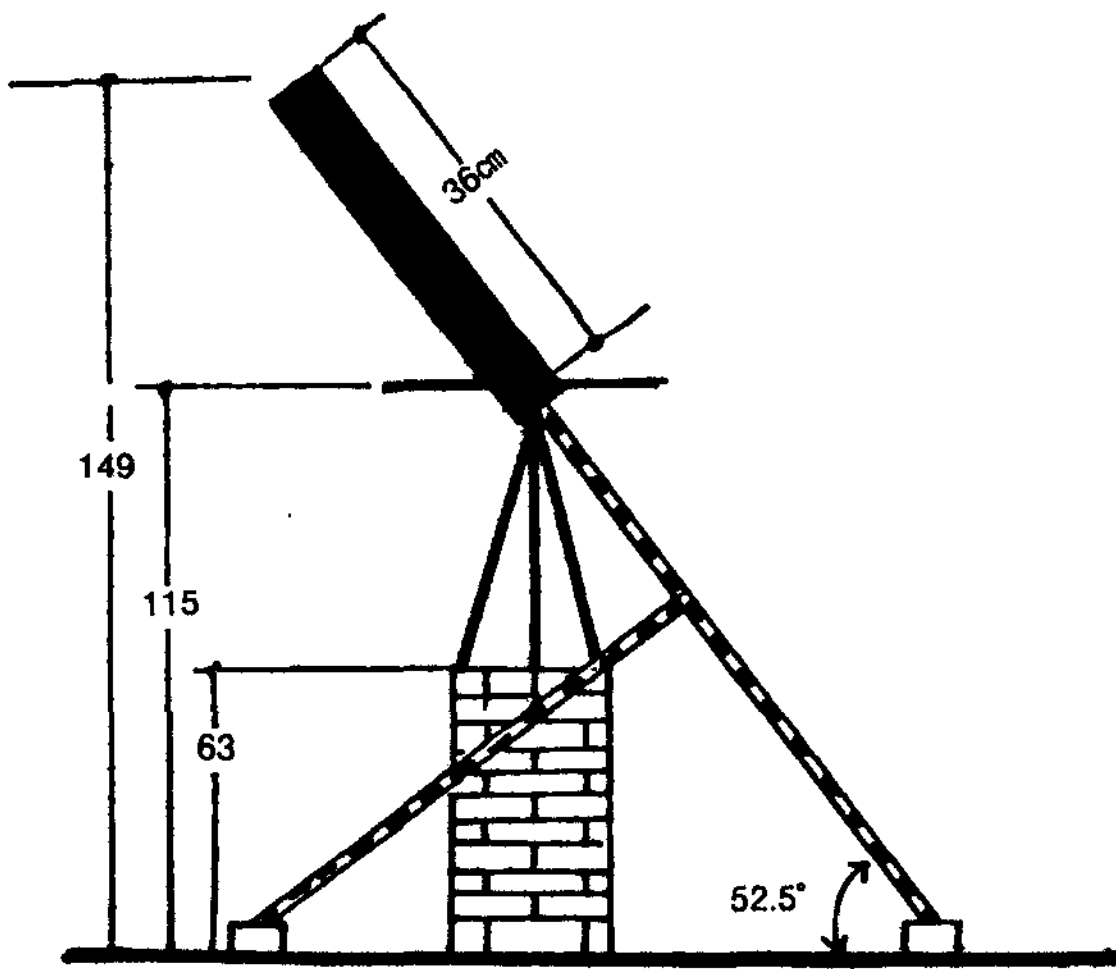


Fig. 3 Dimension of shadow ring

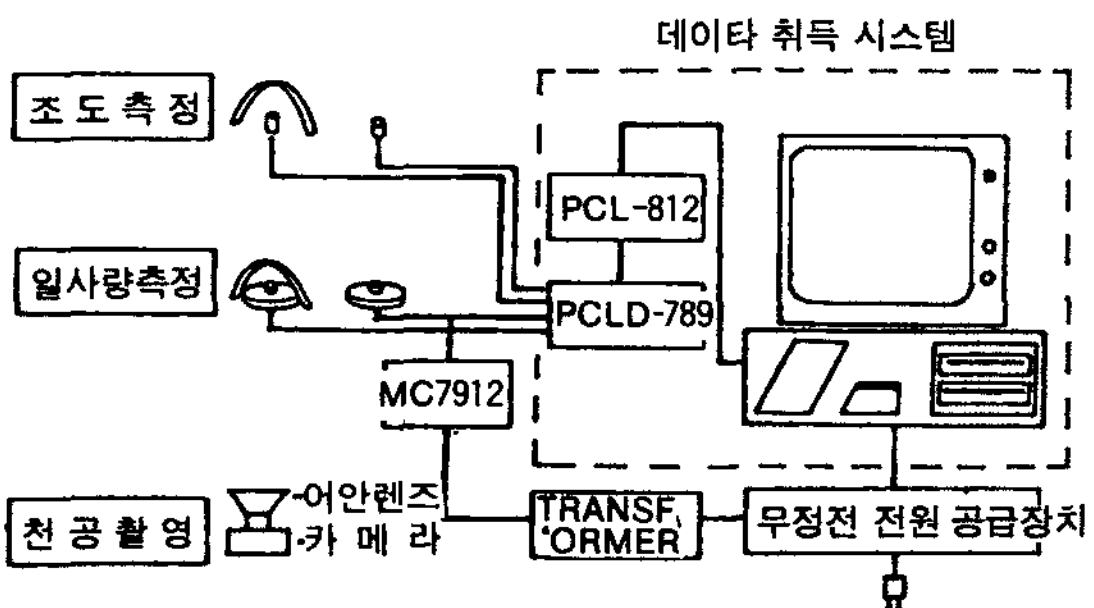


Fig. 4 Systematic chart of measurement equipment

미국 San Francisco에서의 측정에서는 천청공을 태양의 법선면에 대한 직달 일사량이 $200\text{w}/\text{m}^2$ 이상이고, 확산/전천공 일사의 비가 0.33이하일 경우로 하고, 담천공은 태양의 법

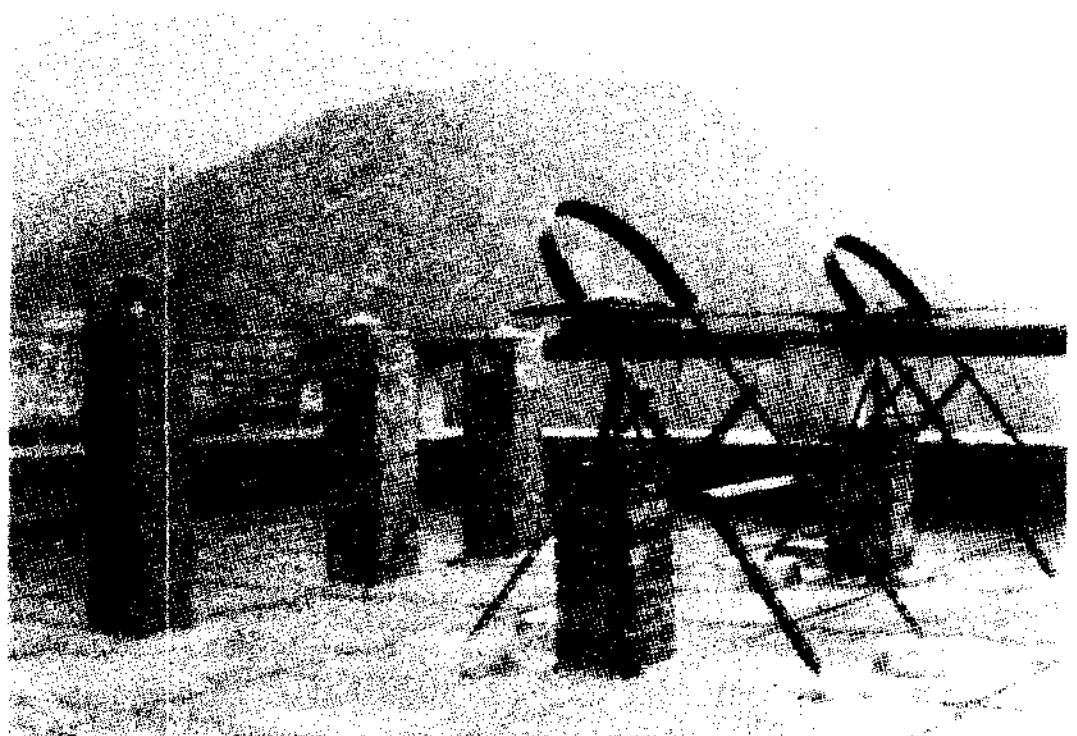


Fig. 5 Setting of measurement equipment

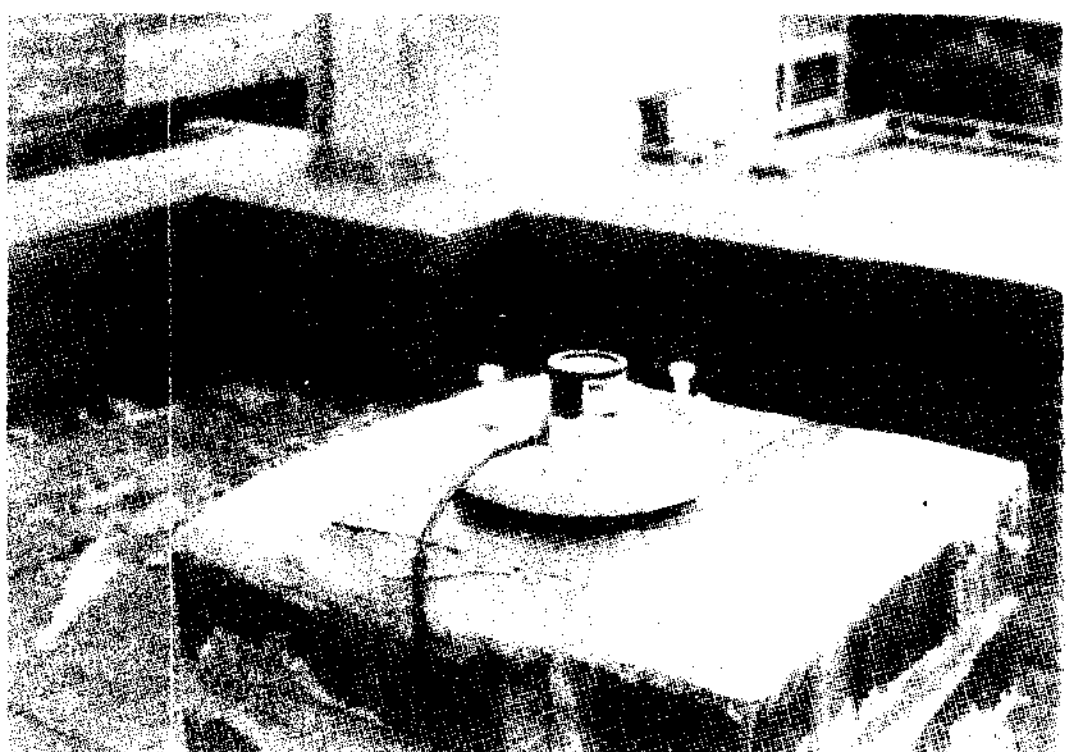


Fig. 6 Measurement of global illumination

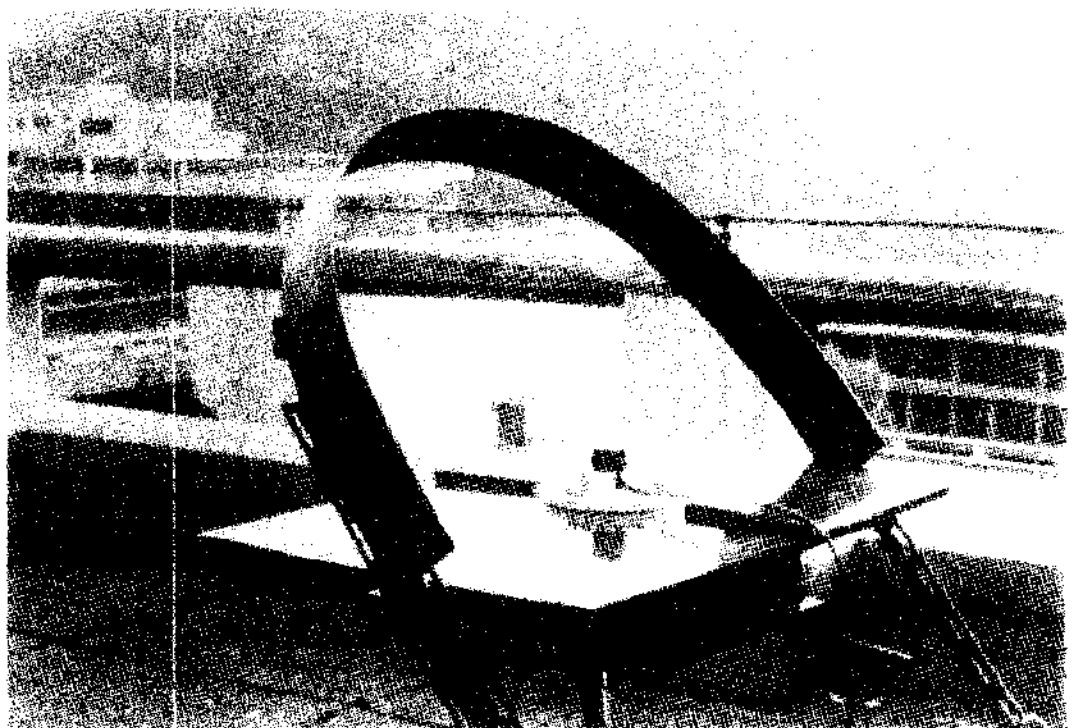


Fig. 7 Measurement of diffuse illumination

선면에 대한 직달 일사량이 $20\text{w}/\text{m}^2$ 이하이고 확산/전천공 일사의 비가 0.67이상일 경우로 하였다. 그러나 앞의 청천공의 기준은 San Francisco의 일출 일몰시 높게 위치한 얇은 구름층들을 가진 천공상태에도 적용되므로, 이러한 경우를 배제하기 위해 태양고도가 20도 이상일때의 자료만을 이용한다.



Fig. 8 Measurement of global radiation

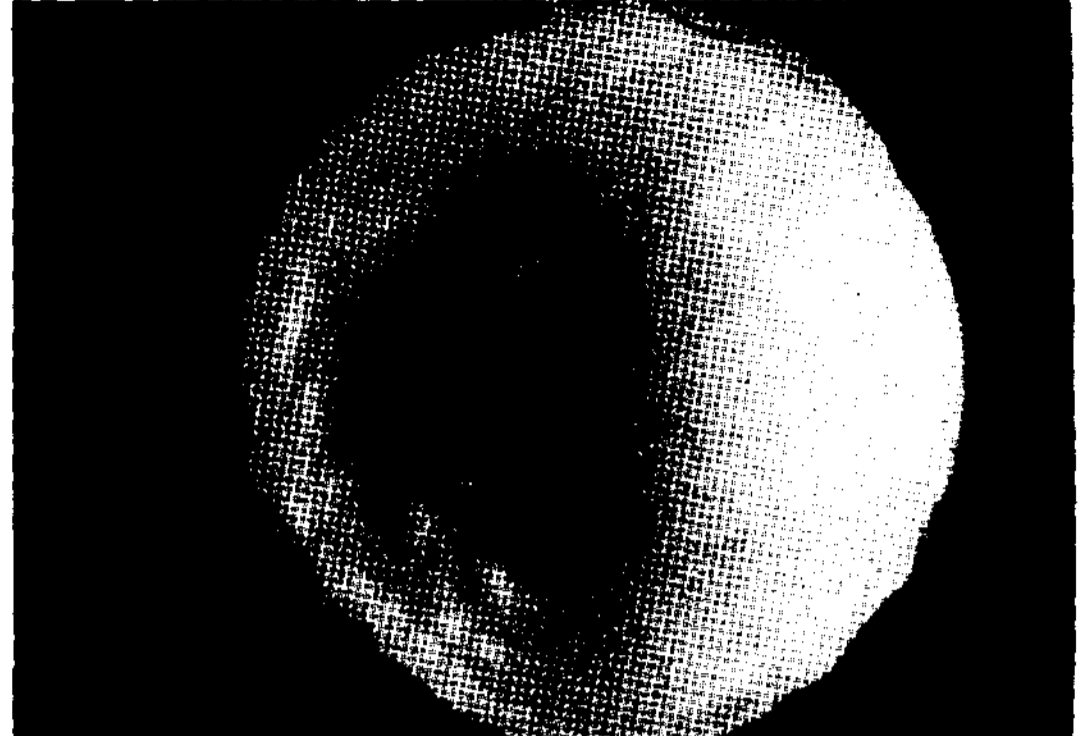


Fig. 11 Photographed sky condition



Fig. 9 Measurement of diffuse radiation

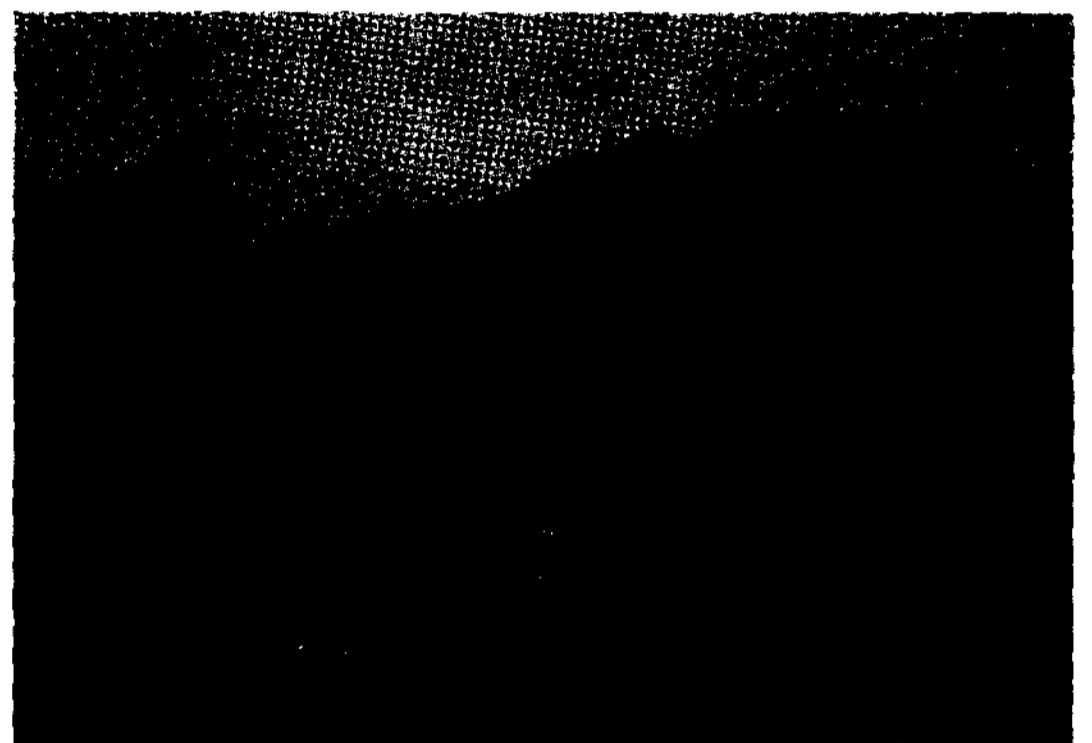


Fig. 12 Adjustment of shadow ring

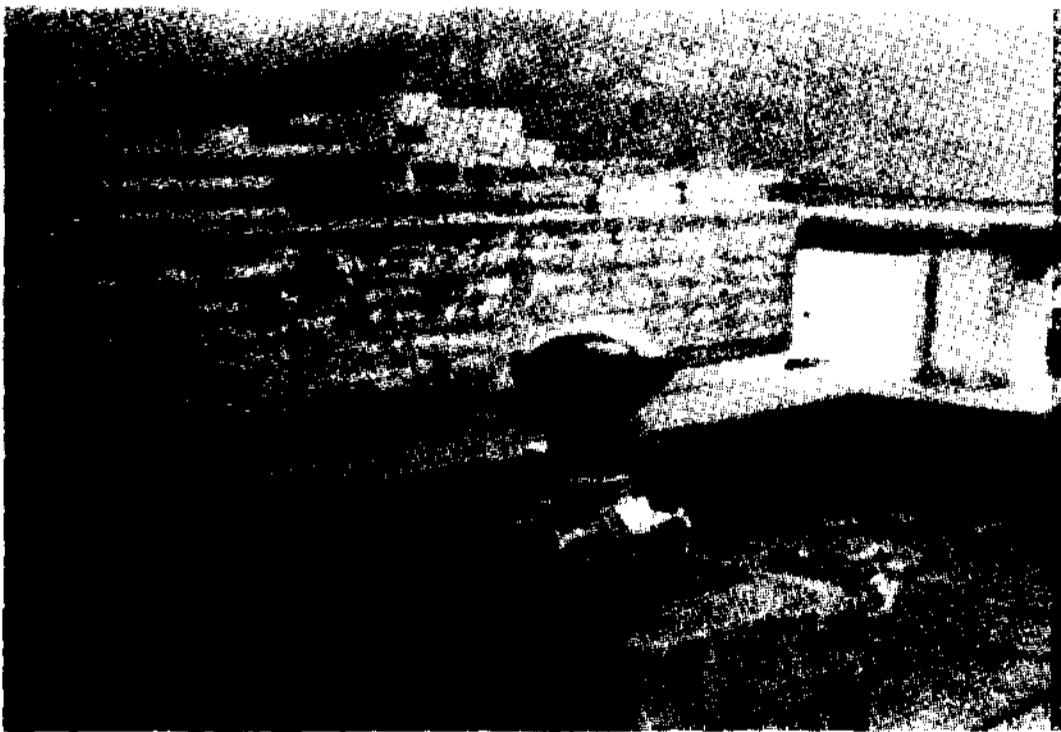


Fig. 10 Photographing of sky condition

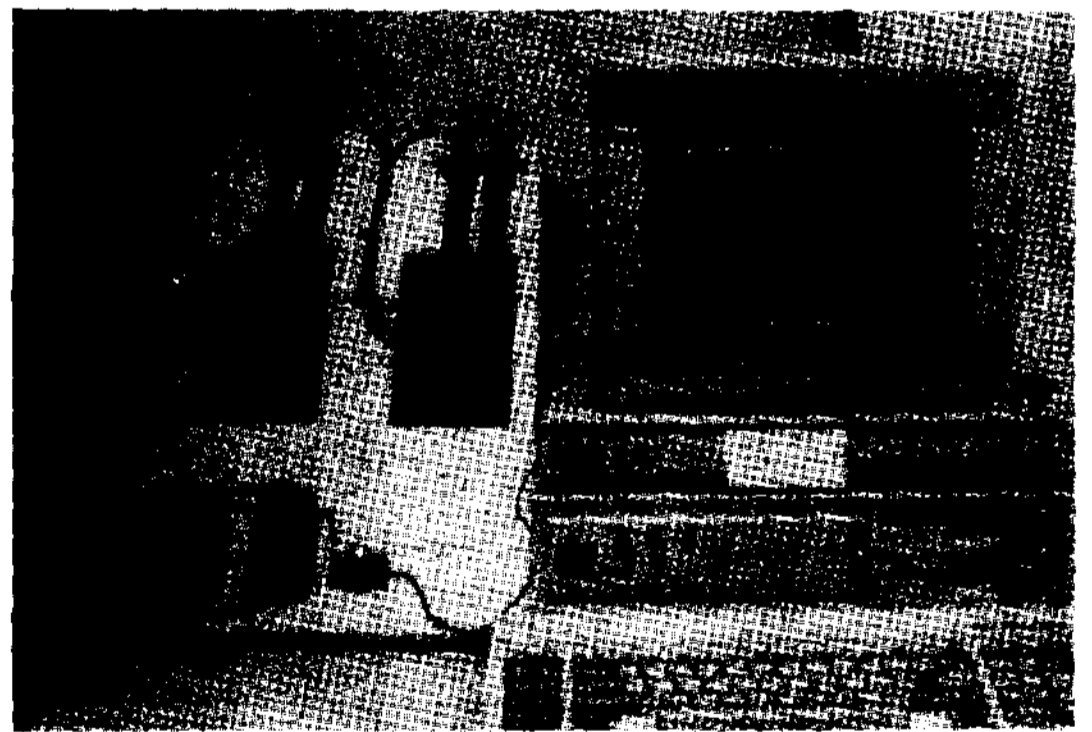


Fig. 13 Data acquisition system

2) 프랑스 Nantes 측정에서의 분류 방법⁴⁾
 프랑스 Nantes에서의 천공 분류 기준은 NBS가 사용한 CR(Cloud Ratio : 수평면 확산 일사량/수평면 전천공 일사량)과 관계가 있다. 청천공 상태하에서, 전천공 일사와 확산 일사의 평균값에 대한 이론적인 공식에 의해 계산된

하루동안의 CR의 변화는 [Fig.14]와 같은 형태로 나타난다. 천공이 완전히 구름으로 덮여 있을때의 CR값은 1이다. 천공의 성격을 규정하기 위해서 *nebulosity index*로 말하여지는 다음과 같은 비가 사용되어진다.

4) Perraudau, M. and P. Chauvel, "One year's measurements of luminous climate in Nantes", Proc. 1986 International Daylighting Conference, Long Beach, Nov. p.84(1986).

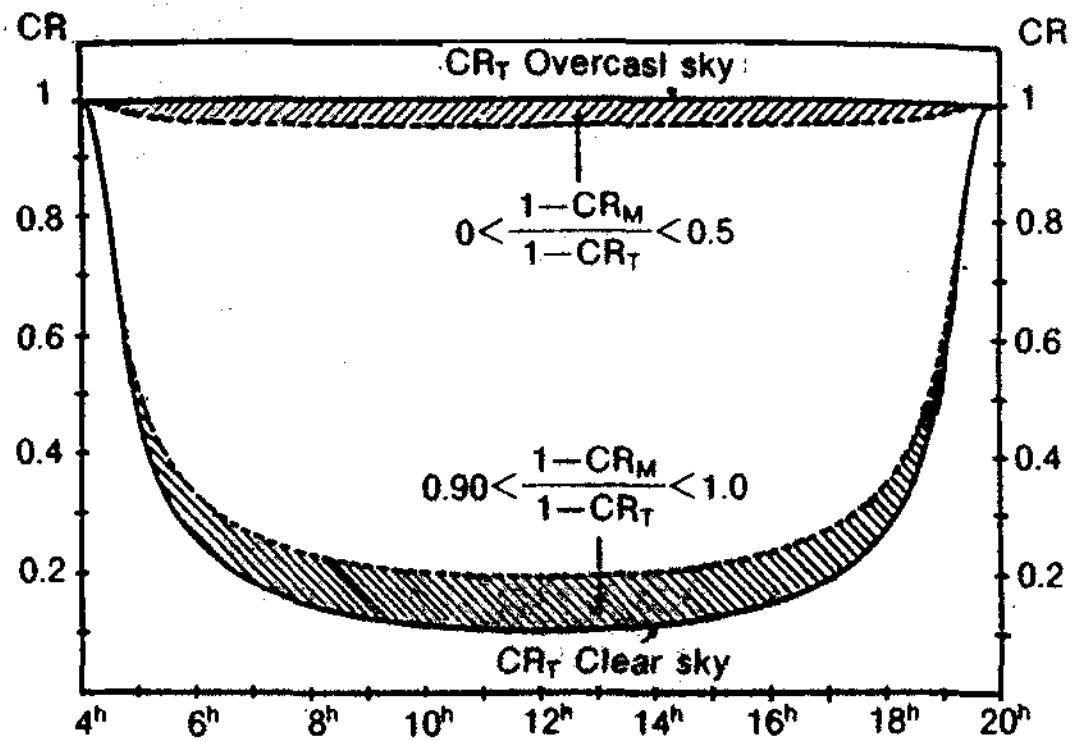


Fig. 14 Variation of CR data calculated in Nantes

$$(1 - CR_m) / (1 - CR_t)$$

여기서, CR_t : 이론치 CR_m : 측정치

청천공과 담천공에 상응되는 천공의 범위는 다음과 같다.

청천공 : $0.90 < (1 - CR_m) / (1 - CR_t) < 1.00$

담천공 : $0.00 < (1 - CR_m) / (1 - CR_t) < 0.50$

위의 두천공 형태에 상응되는 두 Zone이

Fig. 14에 나타나 있다.

3) 운량에 의한 방법

현재까지는 천공의 구름의 양을 장비로 측정하는 방법은 없다. 따라서 이 방법은 경험이 많은 관측자가 눈으로 측정하는 목측법(目測法)이 주로 이용되고 있다. 이것은 천공의 운량을 10등분하여, 구름이 전혀 없을 때를 0, 구름이 완전히 덮혀 있을 때를 10으로 측정하여, 운량이 0-2일때를 청천공, 운이 3-7일때를 중간천공, 운량이 8-10일때를 담천공으로 분류하는 방법이 있다.

3.2 본 연구에서의 천공의 분류

본 연구에서는 법선면 일사량이 측정되지 않았으므로, 천공의 분류에 있어서 San Francisco에서의 분류방법을 적용할 수 없고, 프랑스 Nantes에서의 분류 방법과 운량에 의한 분류 방법이 적용될 수 있었다. 여러 측정 데이터들을 분석한 결과, 측정기간 동안 관측한 운량 데이터는 참고 자료로 활용하면서, 프랑스 Nantes에서의 과학적인 담천공과 청천공의 분류 방법을 적용하는 것이 더 합리적 이라는 판단을 얻었다.

이 방법을 적용하기 위하여는 청천공의 기준이 되는 CR(확산 일사량/수평면 전천공 일사량)의 최저치인 CR_t의 값이 먼저 규정되어야 한다. 본 연구에서는 전산 프로그램을 이용하여 측정기간 전체의 매 시각별 CR값을 계산하여 최소치들을 구한 후, 보정을 하여 매 시각의 CR_t값으로 하였다. Table 1은 본 연구에서 구한 서울 지역의 CR_t값을 나타내며, Fig. 15은 그래프로 표시된 서울 지역의 CR_t이다.

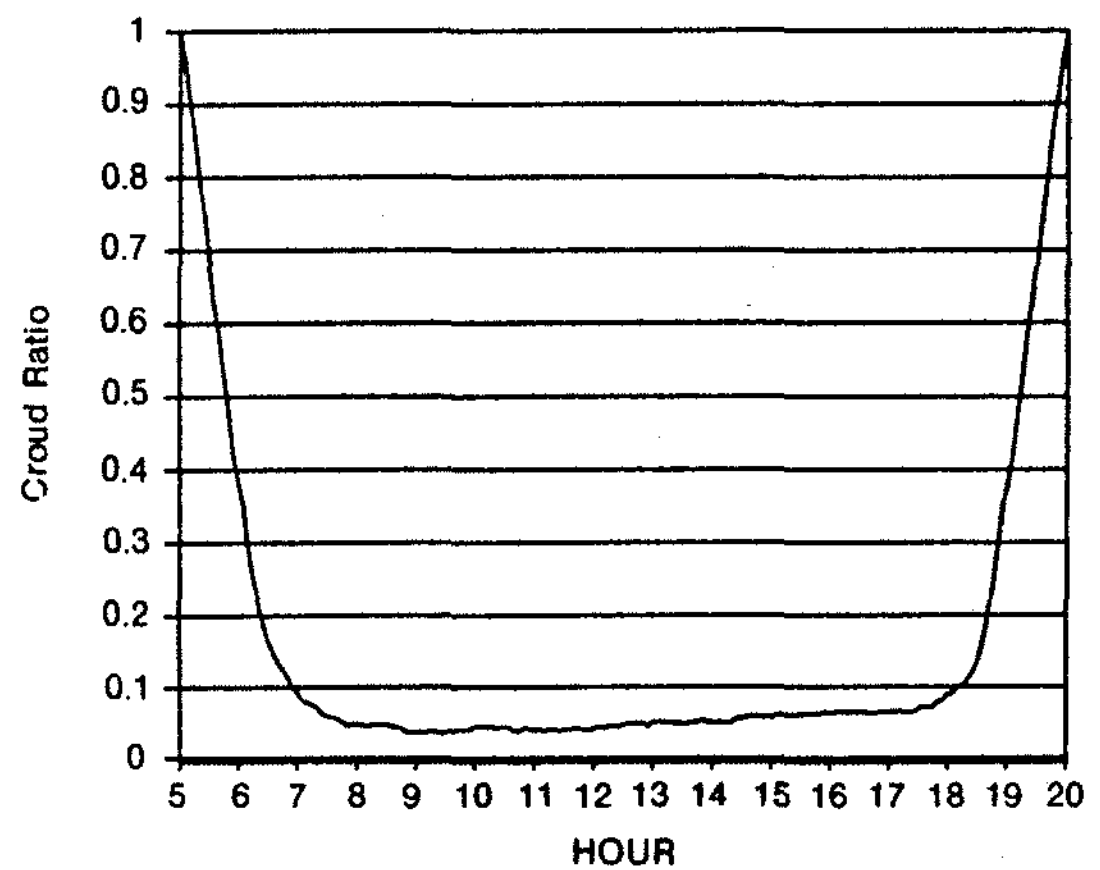


Fig. 15 Variation of CR according to hour

3.3 측정된 자연채광 설계용 기상자료의 분석

1) 태양고도에 따른 수평면 청천공 조도

Fig. 16~Fig. 21은 측정기간 동안의 청천공 하에서의 태양 고도에 따른 수평면 평균 조도값의 변화를 나타낸 것으로, 태양 고도가 증가함에 따라 모든 값들이 증가하고 있음을 알 수 있다. 여기에서 분류된 청천공은 프랑스 Nantes에서의 분류 방법에 따라 측정된 CR(확산 일사량/수평면 전천공 일사량)값이 $0.9 < (1 - CR_m) / (1 - CR_t) < 1.0$ 의 범위에 속하는 경우의 데이터만을 이용하였다.

측정 기간인 1990년 8월~12월의 일별 남중 고도가 계속하여 감소하므로, 월별 최대 수평면 조도의 평균 값들도 대체로 감소하고 있다. 그래프를 보면 측정기간 동안의 최대 전천공 수평면 평균 조도 값은 117klx로 매월 최대치는 약 100klx를 유지하고 있으며, 확산조도의 최대 값은 25klx로, 대체적으로 확산 조도의

Table. 1 CR data calculated in Seoul

시 간	CR _i	시 간	CR _i	시 간	CR _i
5 0	1	10 0	0.04	15 0	0.05
5 5	0.96	10 5	0.04	15 5	0.06
5 10	0.91	10 10	0.04	15 10	0.06
5 15	0.86	10 15	0.04	15 15	0.06
5 20	0.80	10 20	0.04	15 20	0.06
5 25	0.75	10 25	0.04	15 25	0.06
5 30	0.69	10 30	0.04	15 30	0.06
5 35	0.63	10 35	0.04	15 35	0.06
5 40	0.59	10 40	0.04	15 40	0.06
5 45	0.53	10 45	0.04	15 45	0.06
5 50	0.48	10 50	0.04	15 50	0.06
5 55	0.42	10 55	0.04	15 55	0.06
6 0	0.38	11 0	0.04	16 0	0.06
6 5	0.35	11 5	0.04	16 5	0.06
6 10	0.29	11 10	0.04	16 10	0.06
6 15	0.25	11 15	0.04	16 15	0.06
6 20	0.22	11 20	0.04	16 20	0.06
6 25	0.19	11 25	0.04	16 25	0.06
6 30	0.17	11 30	0.04	16 30	0.06
6 35	0.15	11 35	0.04	16 35	0.06
6 40	0.14	11 40	0.04	16 40	0.06
6 45	0.13	11 45	0.04	16 45	0.06
6 50	0.12	11 50	0.04	16 50	0.06
6 55	0.10	11 55	0.04	16 55	0.06
7 0	0.09	12 0	0.04	17 0	0.06
7 5	0.08	12 5	0.04	17 5	0.06
7 10	0.08	12 10	0.04	17 10	0.06
7 15	0.07	12 15	0.04	17 15	0.06
7 20	0.07	12 20	0.04	17 20	0.06
7 25	0.06	12 25	0.04	17 25	0.06
7 30	0.06	12 30	0.05	17 30	0.07
7 35	0.06	12 35	0.05	17 35	0.07
7 40	0.05	12 40	0.05	17 40	0.07
7 45	0.05	12 45	0.05	17 45	0.07
7 50	0.04	12 50	0.05	17 50	0.08
7 55	0.05	12 55	0.04	17 55	0.08
8 0	0.05	13 0	0.05	18 0	0.09
8 5	0.04	13 5	0.05	18 5	0.09
8 10	0.04	13 10	0.05	18 10	0.1
8 15	0.05	13 15	0.05	18 15	0.1
8 20	0.04	13 20	0.05	18 20	0.11
8 25	0.04	13 25	0.05	18 25	0.12
8 30	0.05	13 30	0.05	18 30	0.14
8 35	0.04	13 35	0.05	18 35	0.16
8 40	0.04	13 40	0.05	18 40	0.19
8 45	0.04	13 45	0.05	18 45	0.24
8 50	0.03	13 50	0.05	18 50	0.29
8 55	0.03	13 55	0.05	18 55	0.35
9 0	0.03	14 0	0.05	19 0	0.38
9 5	0.03	14 5	0.05	19 5	0.42
9 10	0.04	14 10	0.05	19 10	0.48
9 15	0.04	14 15	0.05	19 15	0.53
9 20	0.03	14 20	0.05	19 20	0.59
9 25	0.03	14 25	0.05	19 25	0.63
9 30	0.03	14 30	0.05	19 30	0.69
9 35	0.04	14 35	0.06	19 35	0.75
9 40	0.04	14 40	0.06	19 40	0.8
9 45	0.04	14 45	0.06	19 45	0.86
9 50	0.04	14 50	0.06	19 50	0.91
9 55	0.04	14 55	0.06	19 55	0.96

값이 전천공 조도의 약 20%를 차지하나, 확산 조도의 태양 고도에 따른 변화는 직달 조도에 비해 아주 미미하다고 할 수 있다. 그래프의 선이 매끈하지 못하고 굴곡을 보이는 것은 측정된 데이터의 수가 많지 않기 때문이며, 오랜 기간동안 측정된 많은 데이터가 보완된다면 태양 고도와 수평면 조도와의 관계가 함수로 표현될 수도 있을 것이다.

2) 태양 고도에 따른 수평면 담천공 조도

Fig. 22~Fig. 27은 측정기간 동안의 담천공 하에서의 태양 고도에 따른 수평면 평균 조도 값의 변화를 나타낸 것으로, 청천공 하에서와 마찬가지로 태양 고도가 증가함에 따라 모든 값들이 증가하고 있음을 알 수 있다. 여기에서 분류된 담천공은 프랑스 Nantes에서의 분류 방법에 따라 측정된 CR_m(확산 일사량/수평면 전천공 일사량) 값이 $0.0 < (1 - CR_m) / (1 - CR_i)$

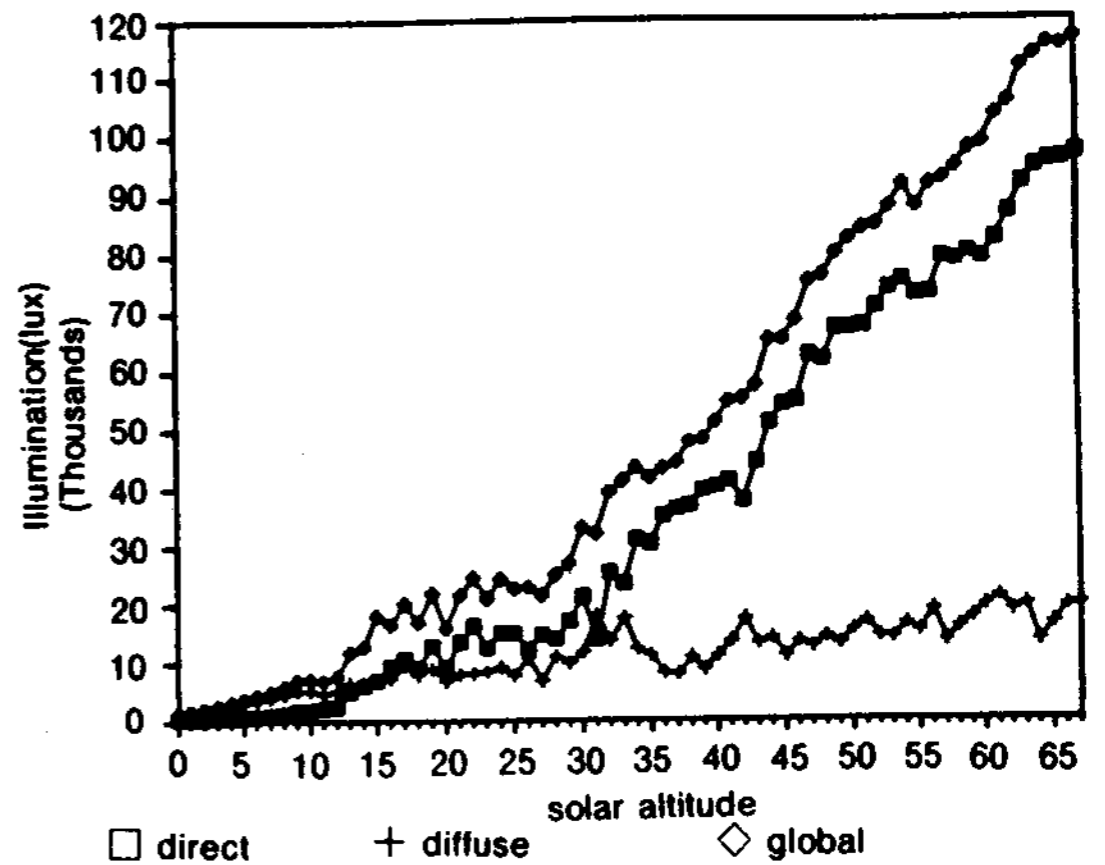


Fig. 16 Clear sky illumination (Aug.)

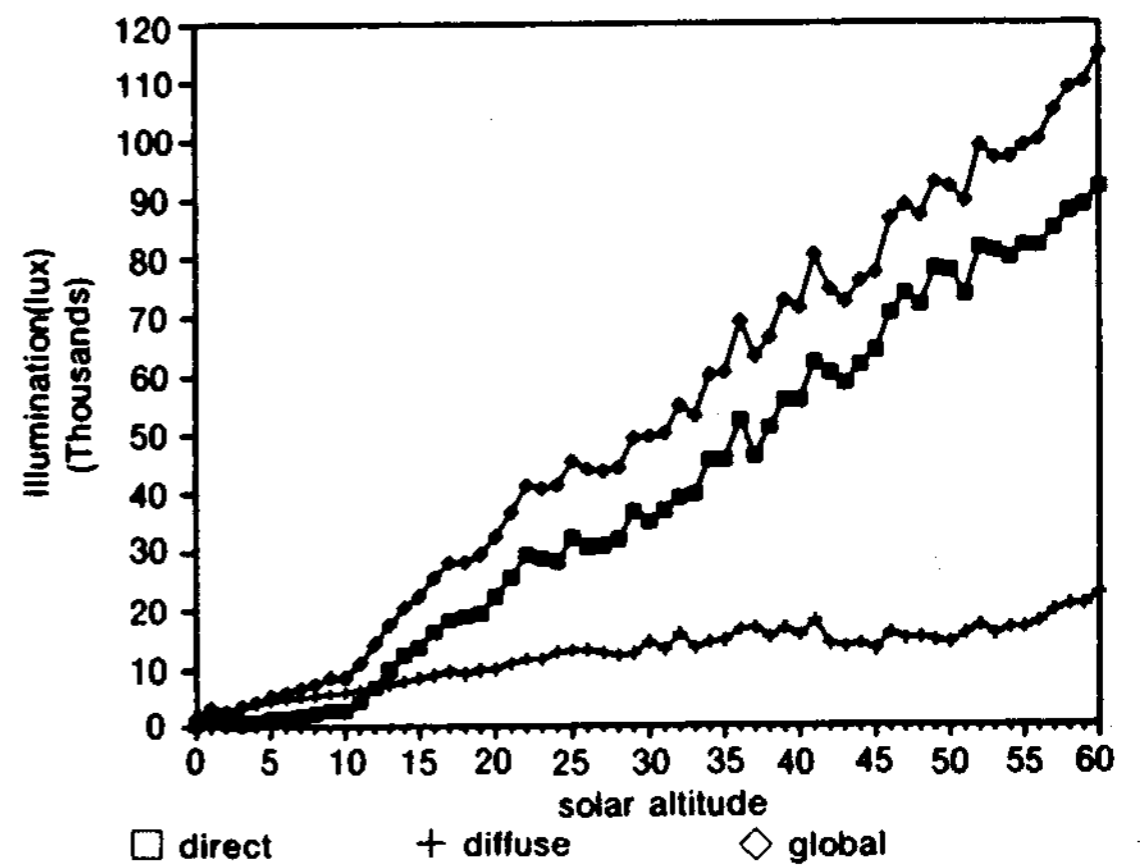


Fig. 17 Clear sky illumination (Sep.)

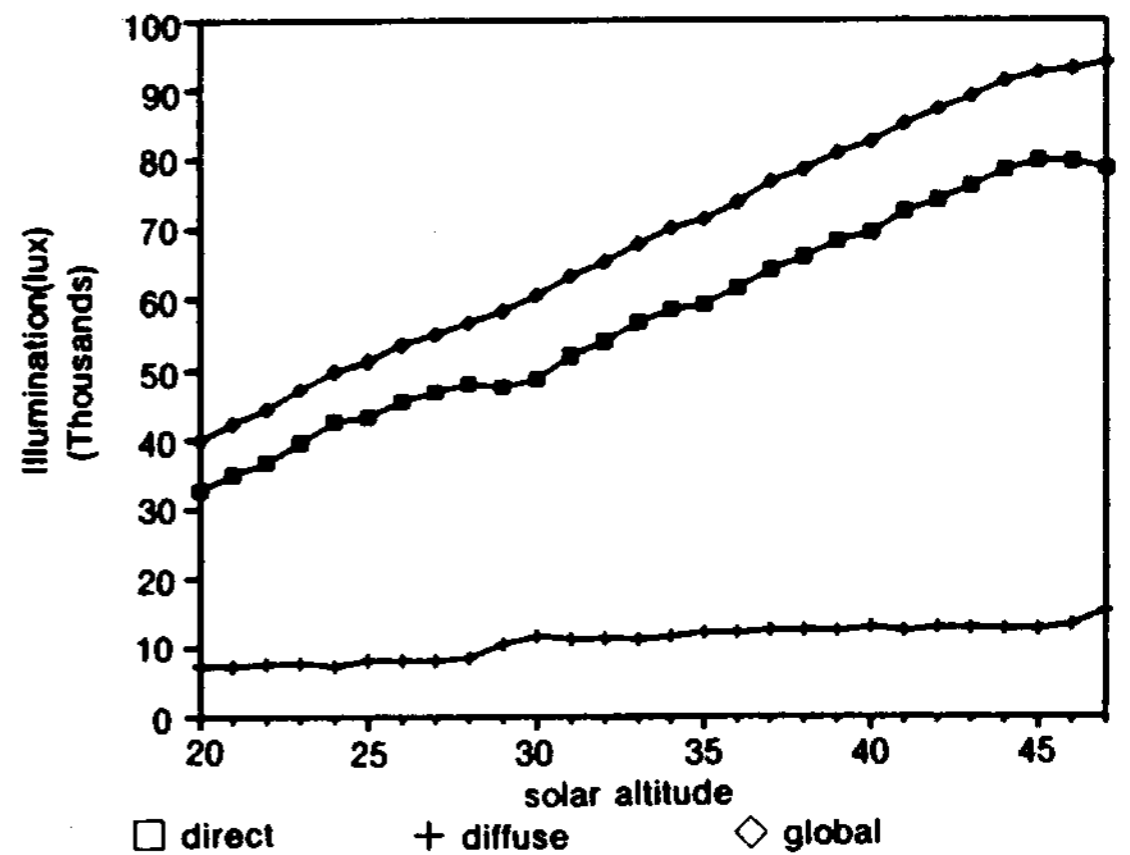


Fig. 18 Clear sky illumination (Oct.)

<0.5의 범위에 속하는 경우의 데이터만을 이용하였다.

그래프를 보면 측정기간 동안의 최대 전천공

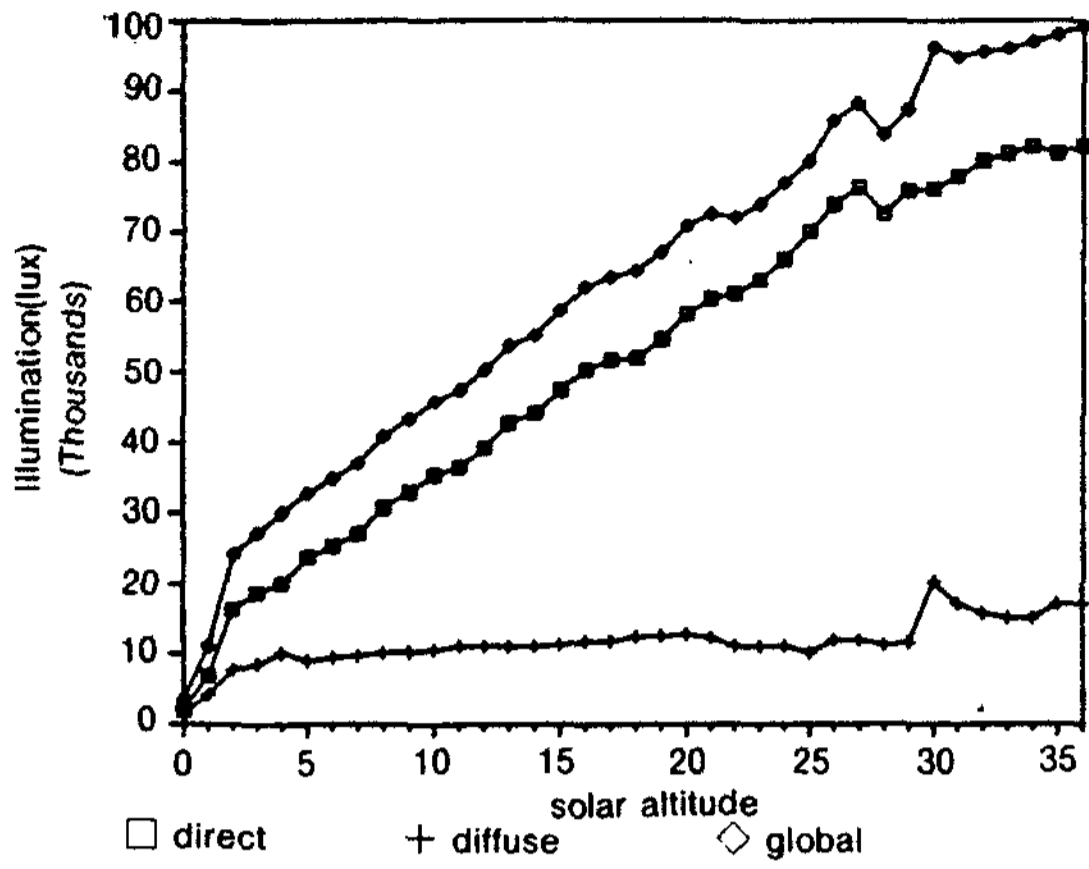


Fig. 19 Clear sky illumination(Nov.)

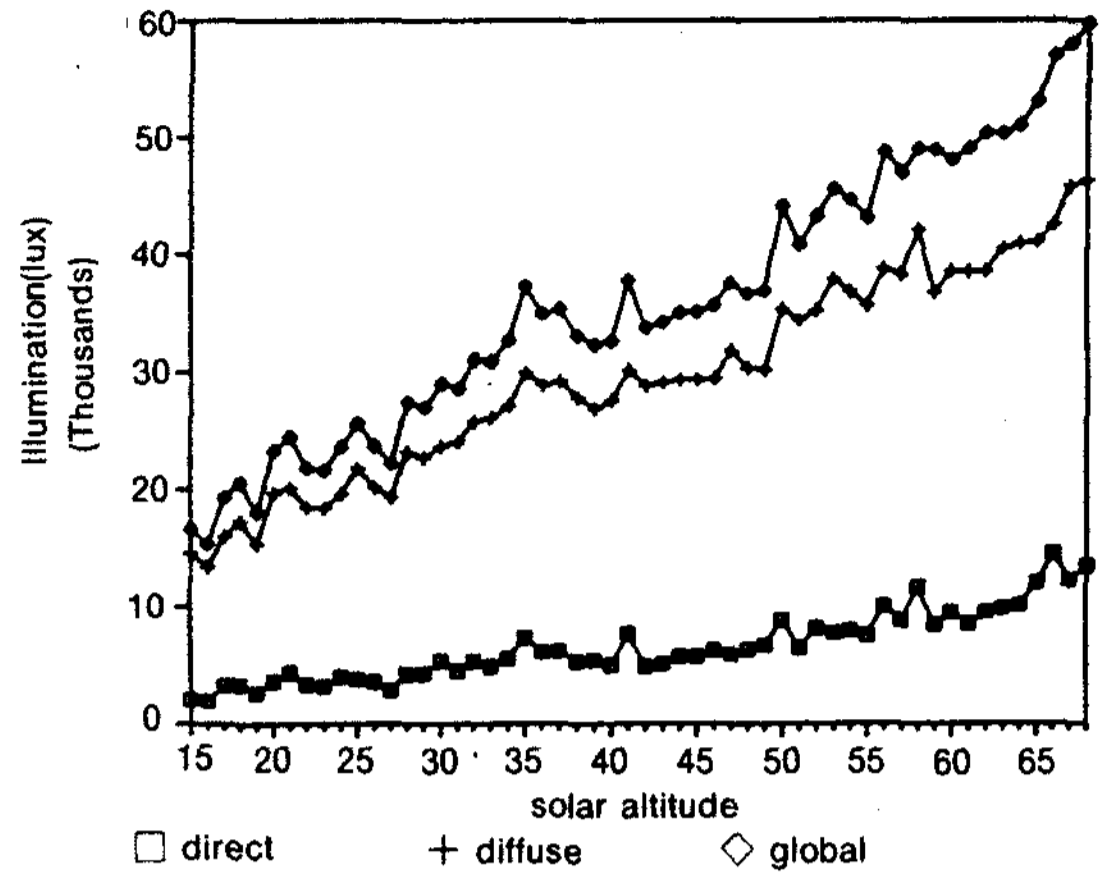


Fig. 22 Overcast sky illumination(Aug.)

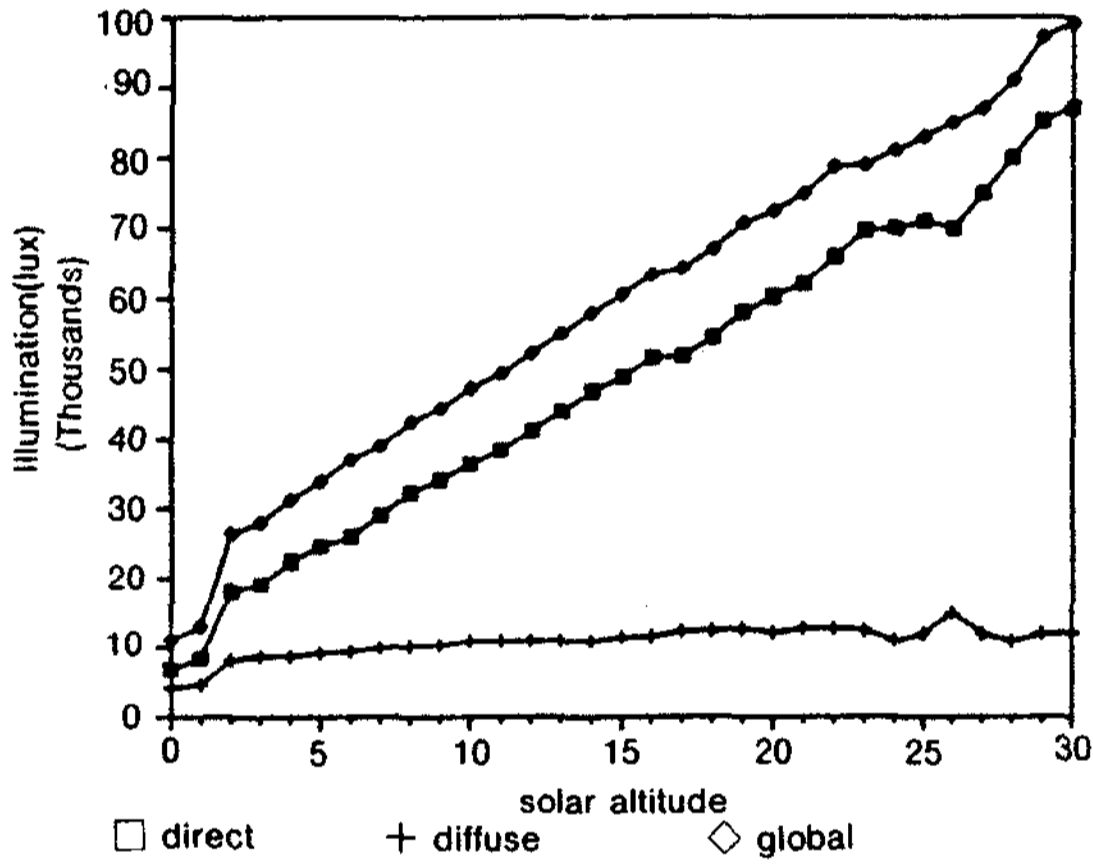


Fig. 20 Clear sky illumination(Dec.)

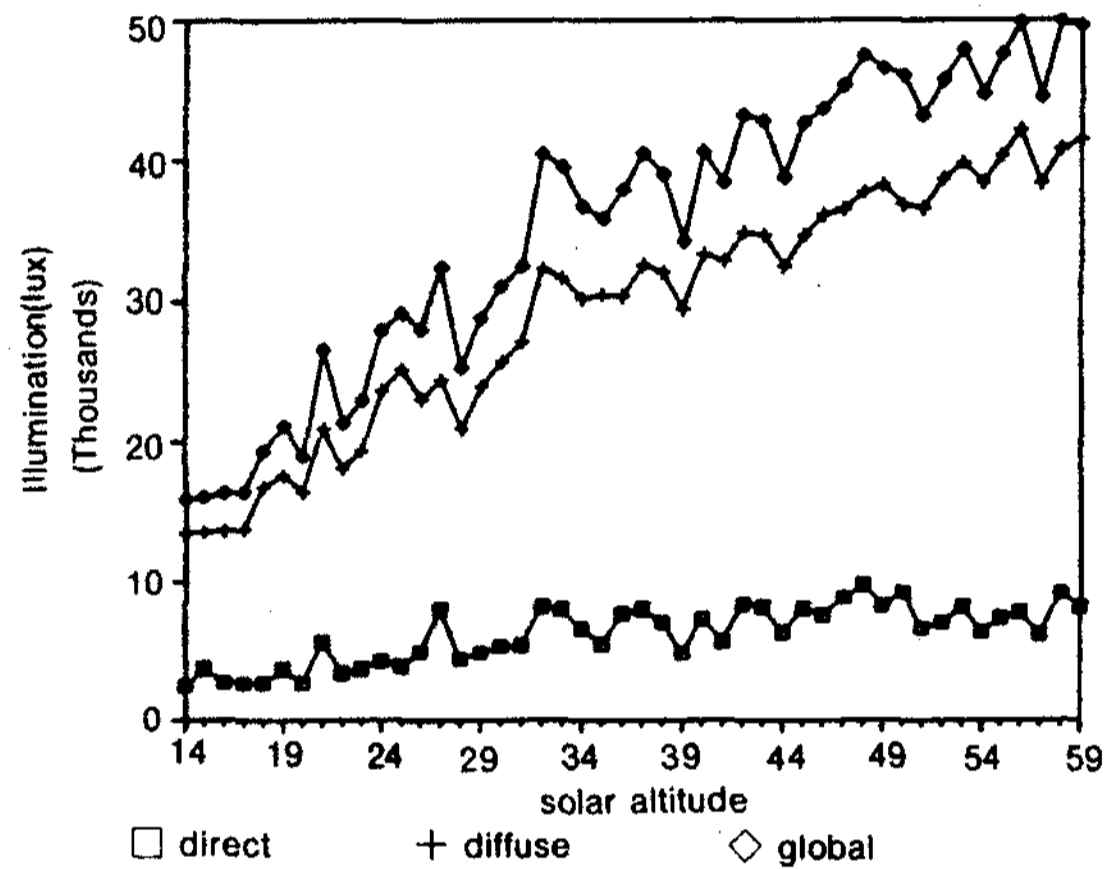


Fig. 23 Overcast sky illumination(Sep.)

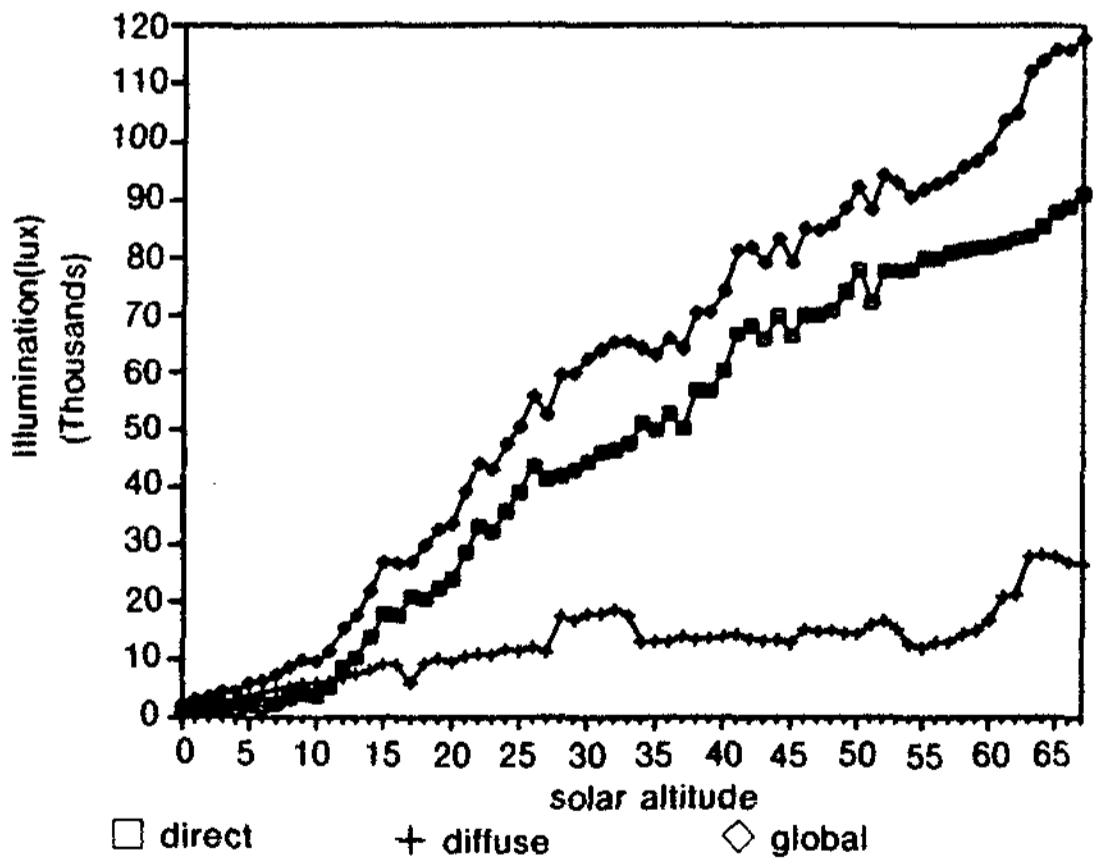


Fig. 21 Clear sky illumination(Mean.)

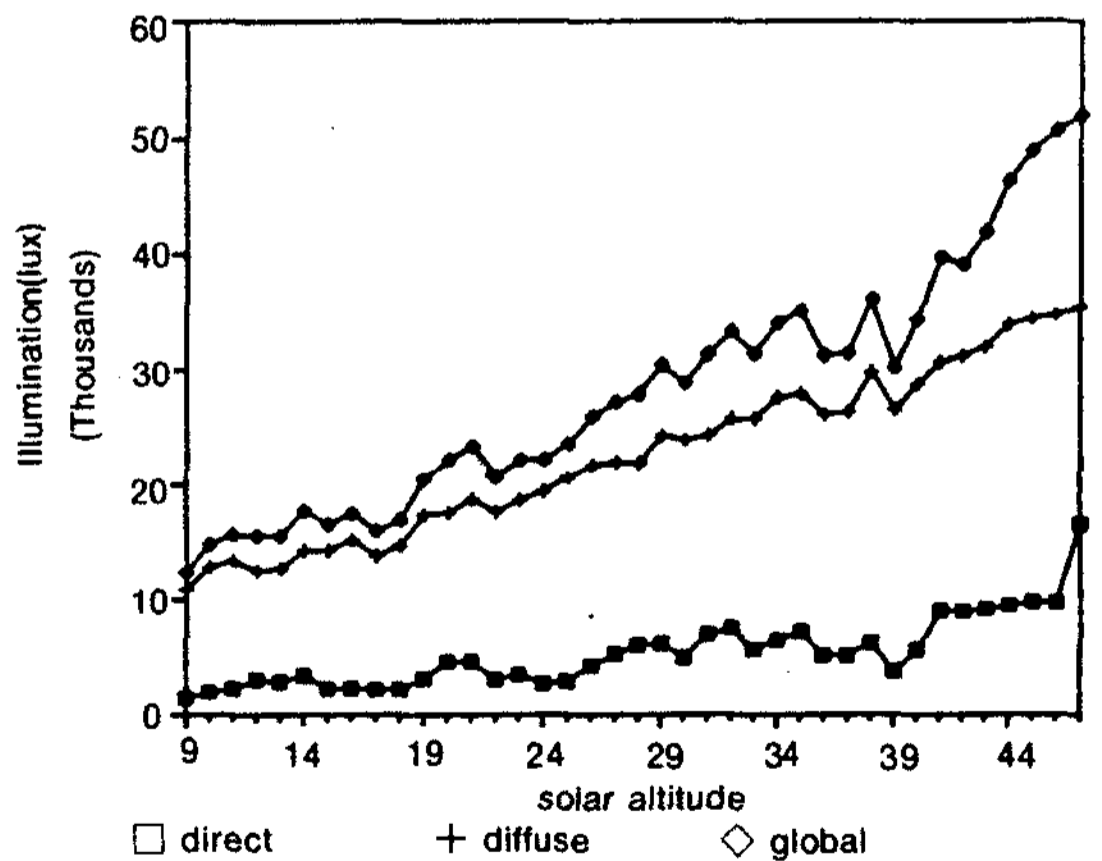


Fig. 24 Overcast sky illumination(Oct.)

수평면 평균 조도 값은 60klx, 확산 조도의 최대 값은 10klx로, 청천공시의 약 절반의 수준을 유지하고 있으며, 확산 조도의 태양 고도에

따른 변화는 직달 조도에 비해 아주 미미하다고 할 수 있다. 그래프의 선이 매끈하지 못하고 굴곡을 보이는 것은 측정된 데이터의 수가 많

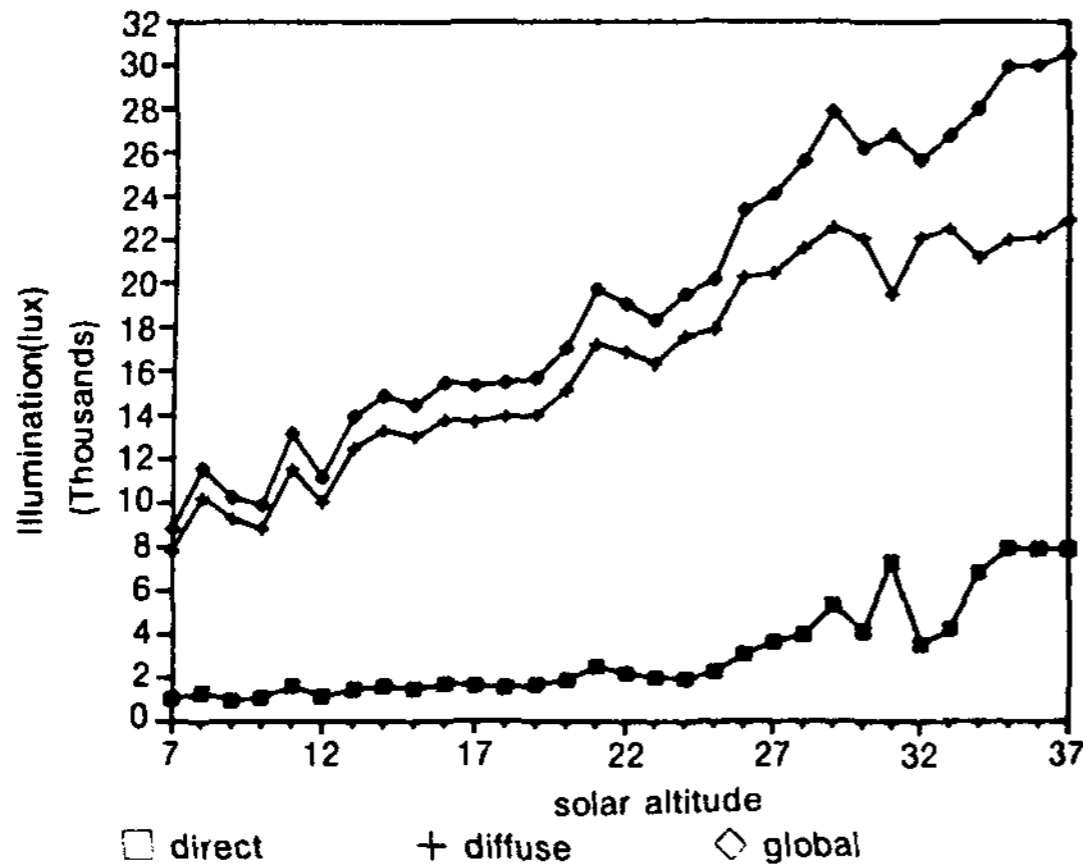


Fig. 25 Overcast sky illumination(Nov.)

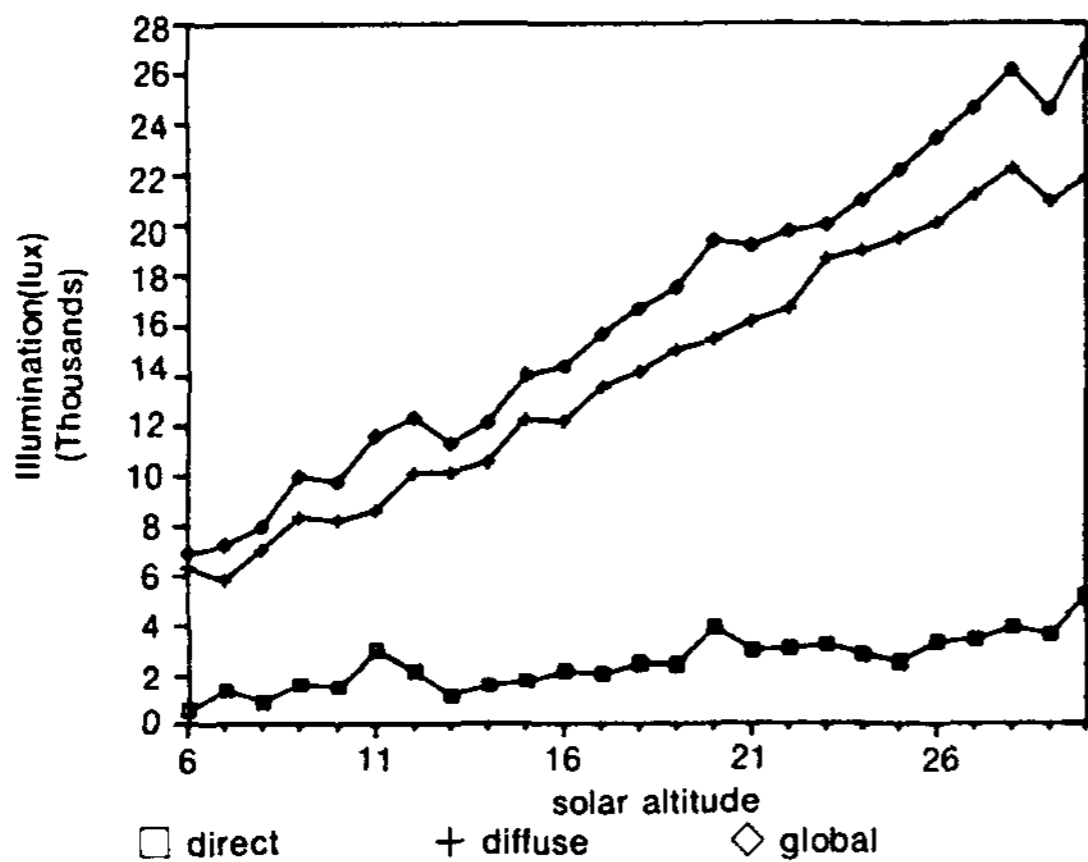


Fig. 26 Overcast sky illumination(Dec.)

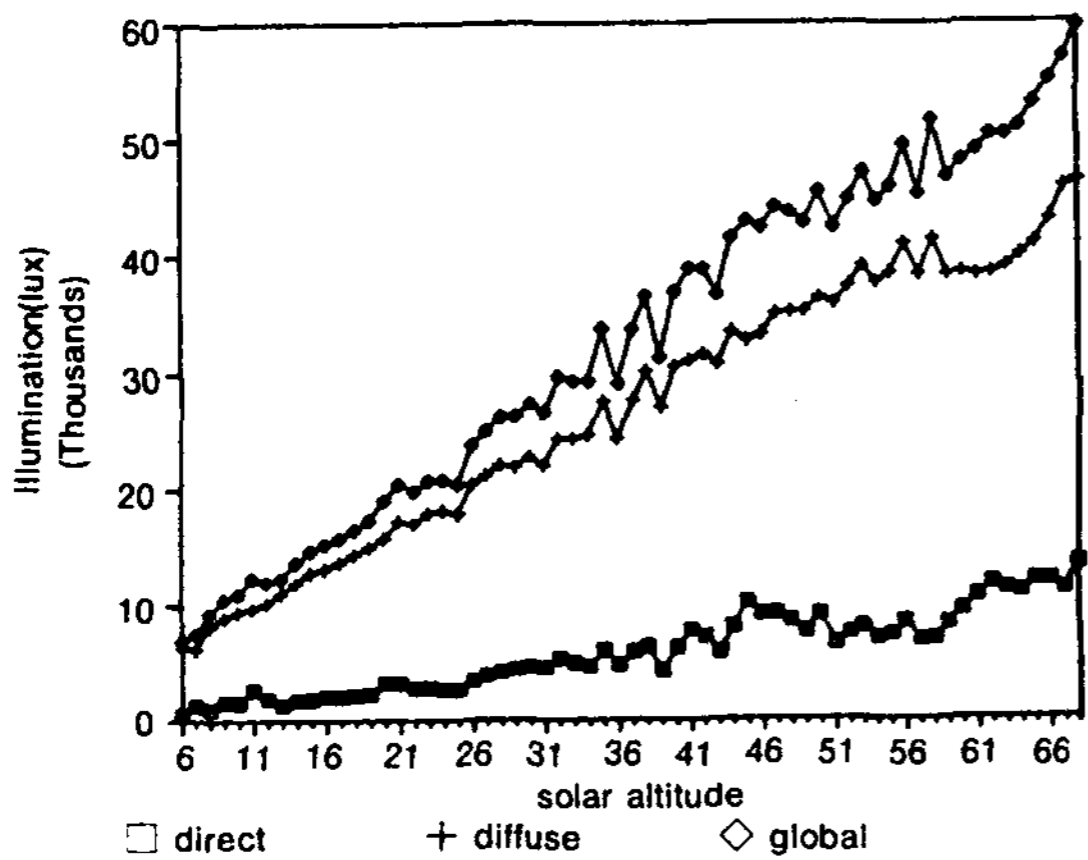


Fig. 27 Overcast sky illumination(Mean.)

지 않기 때문이며, 오랜 기간동안 측정된 많은 데이터가 보완된다면 태양 고도와 수평면 조도와와의 관계가 함수로 표현 될 수도 있을 것이다.

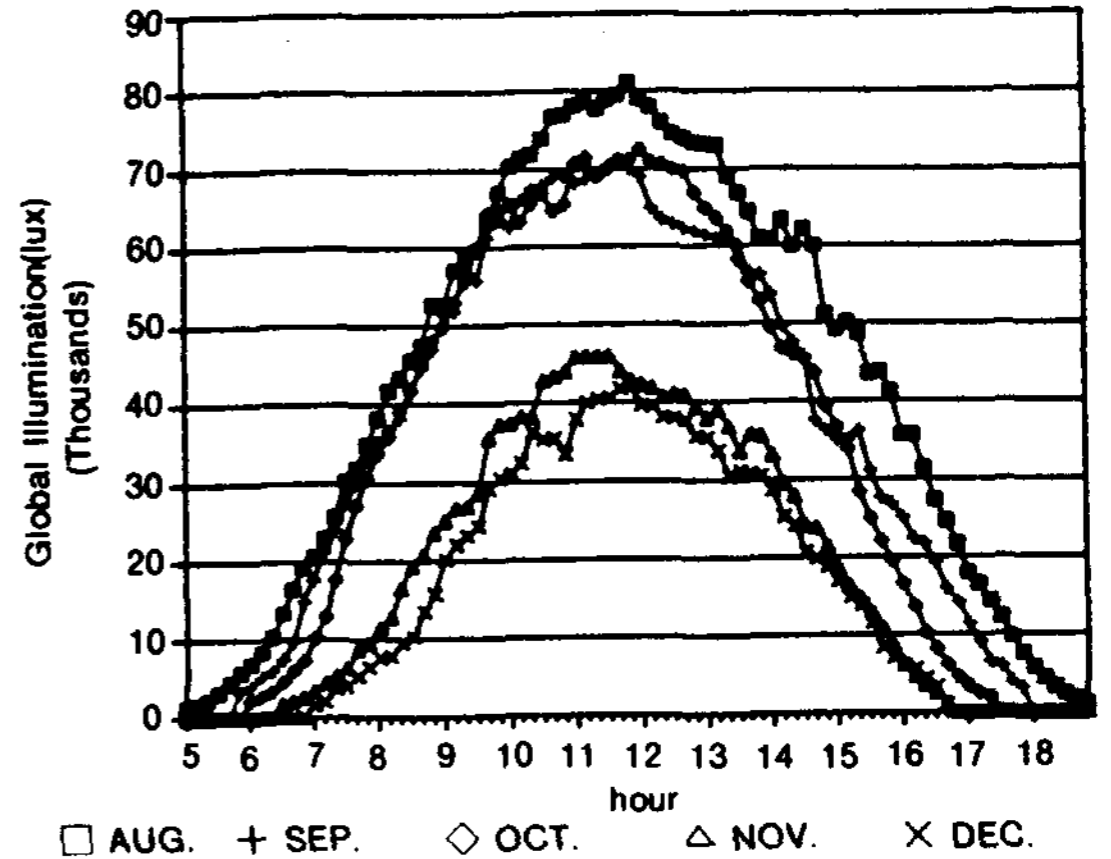


Fig. 28 Monthly variation of global illumination

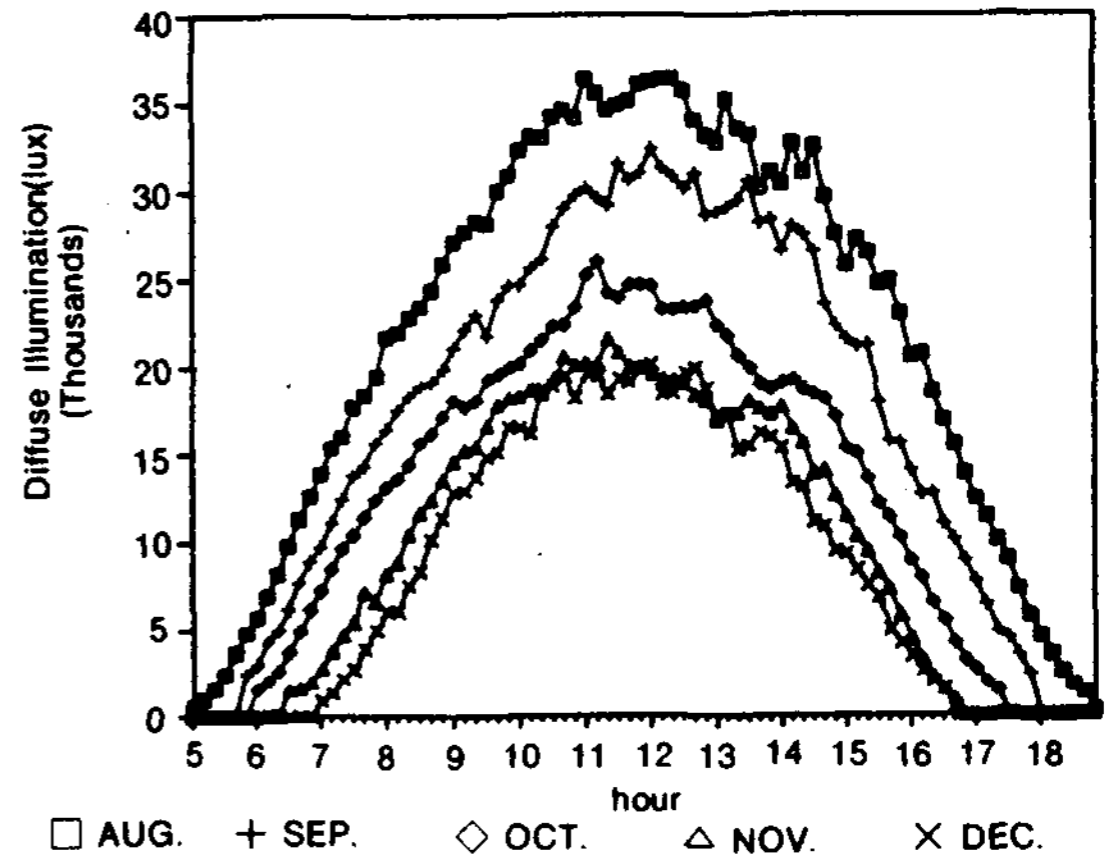


Fig. 29 Monthly variation of diffuse illumination

3) 천공 조도의 월변화

a) 전천공 조도

측정기간 동안의 전천공 조도의 월변화는 Fig. 28과 같다. 이는 월 별 각 시각의 전천공 조도를 평균한 것으로, 전천공 조도의 월 별, 시간대 별변화를 쉽게 파악할 수 있다. 태양의 고도가 높은 8월이 가장 높은 값을 보여, 12시 경에 약 80klx를 나타내고 있으며, 11, 12월은 8, 9, 10월에 비해 전반적으로 낮은 조도가 측정되었다. 11, 12월을 기준으로 볼 때, 16시에서는 약 5klx 정도가 제공되나, 17시 정도면 거의 어두워지므로, 사무실의 근무시간을 9-17시로 하는 것 보다는 8-16시로 하는 것이 자연채광상 유리할 것으로 예측된다.

b) 확산 조도

측정기간 동안의 확산 조도의 월변화는 Fig.

29와 같다. 이는 월 별 각 시각의 확산 조도를 평균한 것으로, 확산 조도의 월 별, 시간대 별 변화를 쉽게 파악할 수 있다. 태양의 고도가 높은 8월이 가장 높은 값을 보여, 12시 경에 약 37klx, 최저값은 12월의 12시 경으로 약 19klx를 나타내어, 전천공 조도의 약 50%로 나타났다. 일출 일몰에 가까운 시간대에서는 전천공 조도 중 직달조도의 비율이 적고, 확산 조도가 큰 비중을 차지하게 되므로, 11, 12월을 기준으로 볼 때, 16시까지는 약 5000lx 정도가 제공되나 17시 정도면 거의 어두워지므로, 확산 조도만을 활용할 경우에도 사무실의 근무시간을 9-17시로 하는 것 보다는 8-16시로 하는 것이 자연 채광상 유리할 것으로 예측된다.

4) 천공 조도의 누적 표현을

a) 전천공 조도의 월별 누적 표현을

수평면 조도의 누적 표현을 외부 조도의 주광 이용도(availability of daylight)를 평가하는데 이용될 수 있다. 이는 측정기간 동안의 일조 시간중의 조도 출현 빈도를 최대 조도로부터 최소조도 0까지를 누적한 것으로, 실내 주광 조명에 유효한 외부 조도가 주어질 경우, 이에 대한 일조시간 동안의 출현 비율을 쉽게 파악할 수 있다.

Fig. 30은 측정 기간 동안의 전천공 조도 월별 누적 출현율을 나타내며, 대체로 8월이 가장 높고, 11, 12월이 가장 낮음을 볼 수 있다. 10월을 기준으로 할 경우 일조시간의 약 60% 이상이 30klx의 조도를, 일조시간의 약 30% 이상이 60klx의 조도를, 일조시간의 약 85% 이상이 5000lx의 조도를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

b) 확산 조도의 월별 누적 표현을

Fig. 31는 측정 기간 동안의 일조시간 중의 확산 조도 출현 빈도를 최대 조도로부터 최소 조도 0까지를 누적한 것으로, 확산 조도 월별 누적 출현율을 나타낸다. 그림에서 보면 8월의 값이 가장 높고, 11, 12월이 가장 낮음을 볼 수 있다. 10월의 경우 일조시간의 약 65% 이상이 10klx의 조도를, 일조시간의 약 18% 이상이 20klx의 조도를, 일조시간의 약 78% 이상이 5000lx의 조도를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

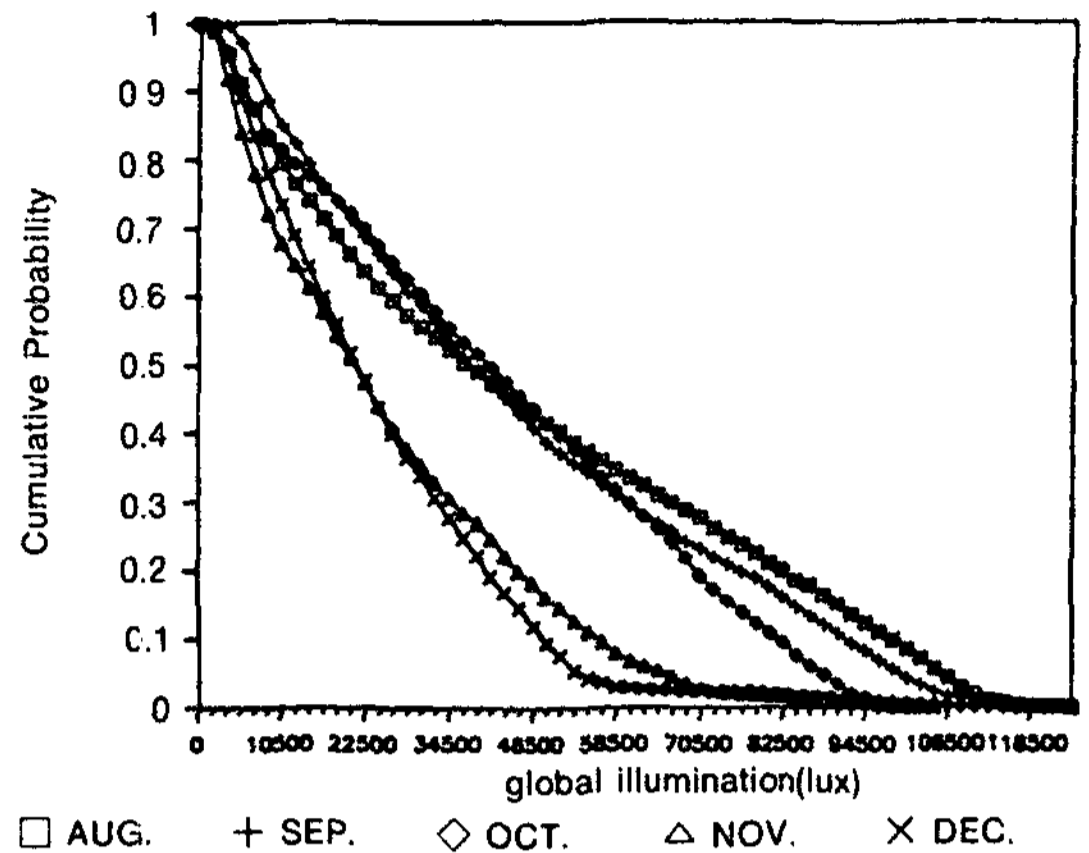


Fig. 30 Monthly cumulative percentage of global illumination

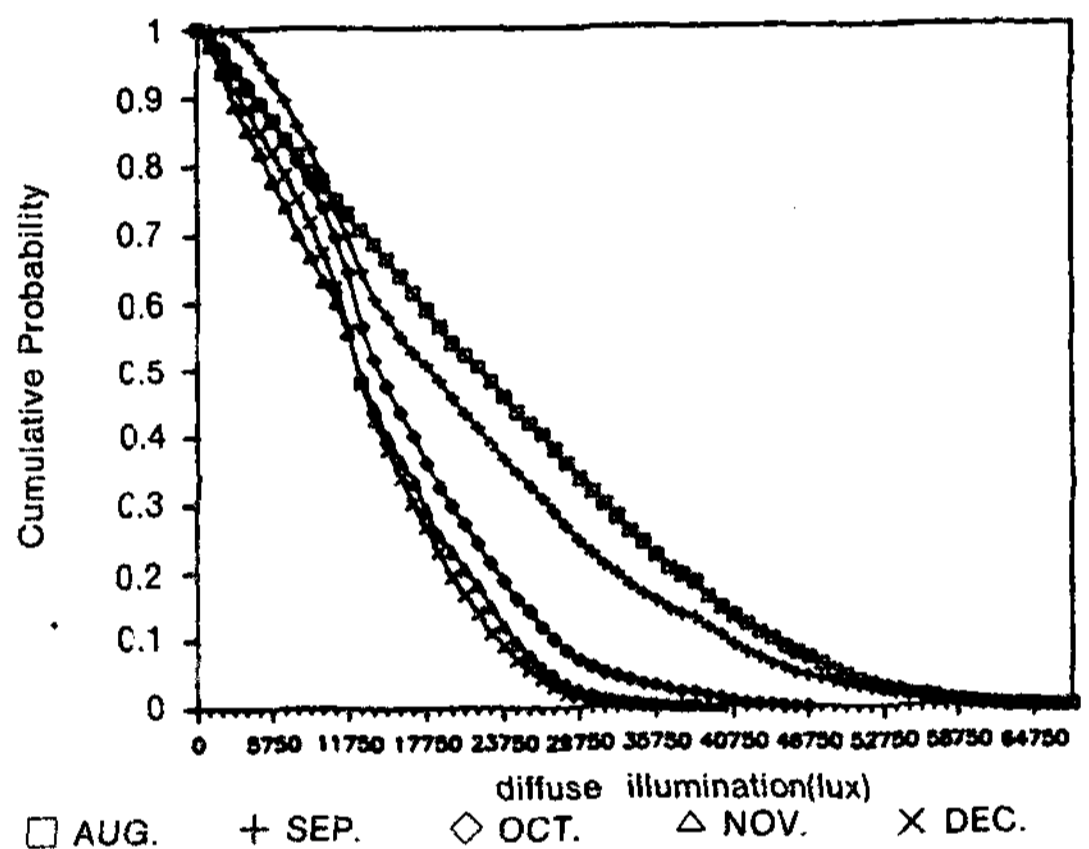


Fig. 31 Monthly cumulative percentage of diffuse illumination

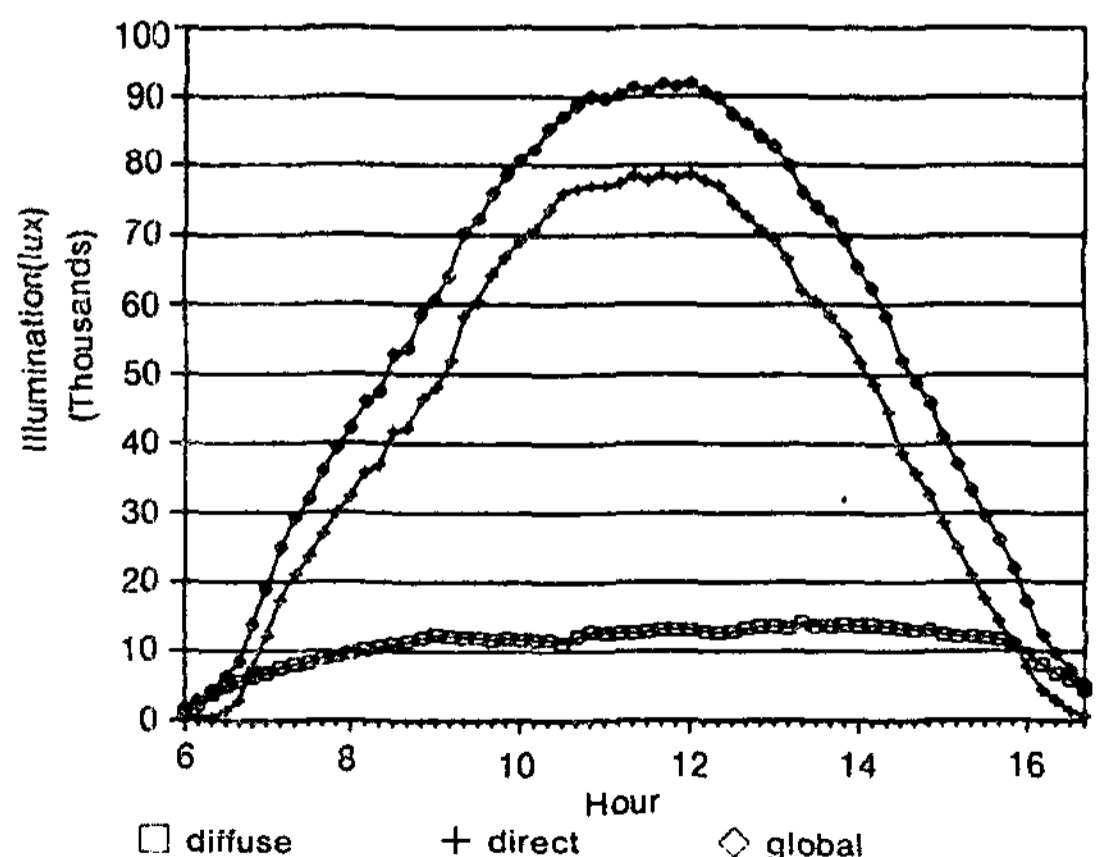


Fig. 32 Hourly variation of daylight intensity(1990.10.10, Seoul)

5) 하루 중 시간 별 주광의 강도

Fig. 32는 하루 중의 조도의 변화를 보여주는 그래프로서, 전형적인 청천공(1990년 10월10일)의 시간별 조도 변화를 나타내고 있다. 그래프는 남중시를 기준으로 거의 완벽한 대칭을 보이며, 최대 전천공 조도는 약 93klx, 직달 조도는 약 79klx, 확산 조도는 약 14klx를 나타내고 있다. 이러한 그래프는 하루 중 제공받을 수 있는 조도의 변화를 명확히 알 수 있는 장점이 있으나, 모든 날의 조도 변화가 그래프와 같이 균일한 변화를 보이지 않으므로 자연 채광의 자료로 활용할 때 주의를 요한다.

바. 특정조도 이상을 기록한 시간수

Fig. 33은 전천공 조도가 10000lux, 20000lux 이상을 기록한 평균 시간 수를 나타낸다. 이 값들은 5일 간격으로 평균한 것이나, 그래프를 보면 선이 매끈하지 못하고 굴곡을 많이 보이는데 이는 측정 데이터의 수가 많지 않기 때문이다. 즉 일년 정도의 데이터는 충분하지 못함을 다시 한 번 보여준다 하겠다. 그래프를 보면 태양의 고도가 낮아지는 12월로 갈수록 일정조도 이상을 기록한 시간수는 감소하고 있으며 10,000lux 이상은 12시간 30분에서 5시간, 20,000lux 이상은 10시간에서 2시간 반까지 변하고 있다. 아울러 이 자료는 주광의 누적 출현률과 함께 주광 이용도를 판단하는데 유용하게 사용될 수 있다.

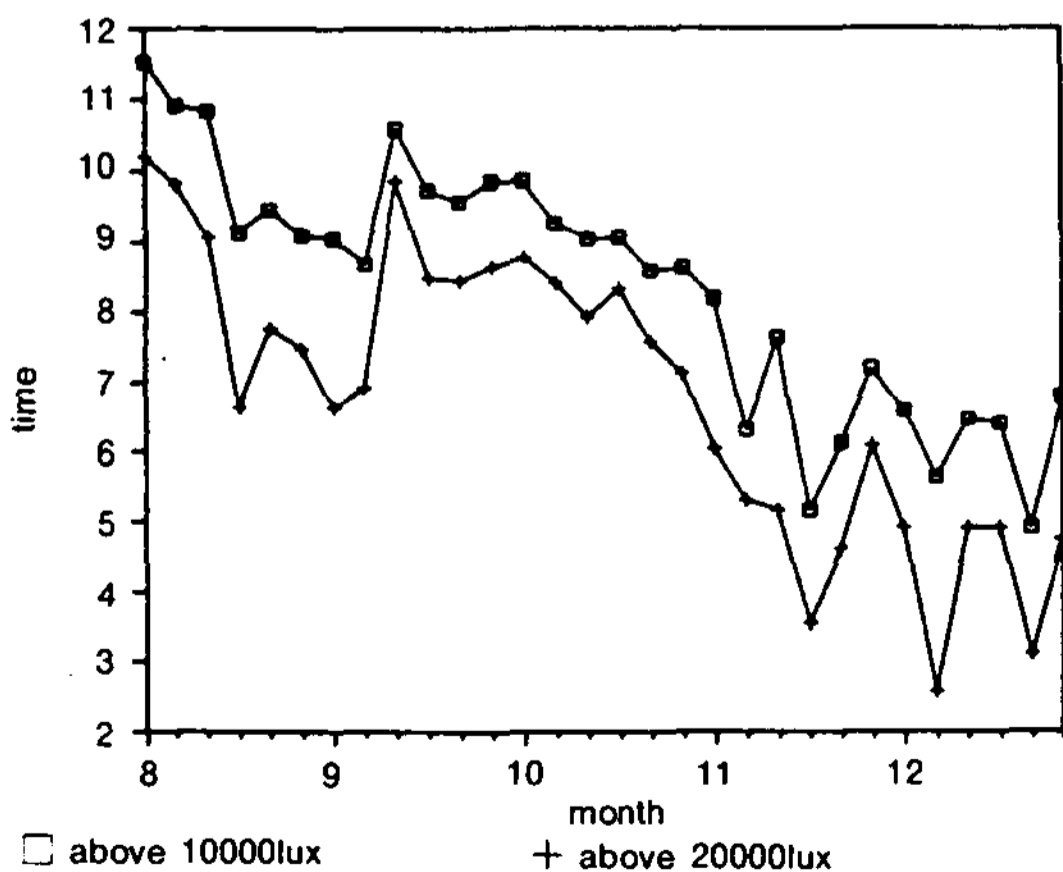


Fig. 33 Average number hours per day of illumination above 10 klx and 20 klx

4. 결 론

본 연구에서 우리나라 서울 지역의 자연채광 설계용 간이 기상 자료를 개발하기 위하여 수평면 전천공 조도(global illumination), 수평면 확산 조도(diffuse illumination), 수평면 전천공 일사(global radiation), 수평면 확산 일사(diffuse radiation)를 측정하였으며, 어안 렌즈를 장착한 카메라로 정기적으로 천공의 상태를 촬영하면서 운량을 측정하고, 그 데이터를 분석하여, 천공의 종류에 따른 자연채광 설계용 간이 기상 자료를 제시한 결과는 다음과 같다.

1) 청천공과 담천공의 분류는 측정기간 동안 관측한 운량 데이터를 참고 자료로 활용하면서, 프랑스 Nante에서의 과학적인 천공 분류 방법을 적용하였다. 이 방법을 적용하기 위하여는 서울 지역의 CR_i의 값이 먼저 규정되어야 하므로 측정된 데이터를 분석하고, 보정하여 Table, Fig. 15와 같이 제시하였다.

2) 태양 고도에 따른 수평면 청천공 조도를 Fig. 16~21와 같이 제시하였다. 일반적으로 태양 고도가 증가함에 따라 모든 값들이 증가하였으며, 측정 기간 중의 매월 최대치는 약 100klx를 유지하고 있으며, 대체적으로 확산 조도의 값이 전천공 조도의 20%를 차지하나, 확산 조도의 태양 고도에 따른 변화는 직달 조도에 비해 아주 미미하였다.

3) 태양 고도에 따른 수평면 담천공 조도를 Fig. 22~27과 같이 제시하였다. 일반적으로 청천공 하에서와 마찬가지로 태양 고도가 증가함에 따라 모든 값들이 증가하였으며, 측정기간 중의 최대 수평면 평균 조도값은 청천공시의 약 절반의 수준을 이었으며, 확산 조도의 태양 고도에 따른 변화는 직달 조도에 비해 아주 미미하였다.

4) 천공 조도의 월변화를 Fig. 28, 29와 같이 제시하였다. 이는 월 별 각 시각의 조도를 평균한 것으로, 월 별, 시간대 별 변화를 쉽게 파악할 수 있다. 11, 12월을 기준으로 볼 때, 16시에서는 약 5000lx 정도가 제공되나, 17시 정도면 거의 어두워지므로, 사무실의 근무시간을 9-17시로 하는 것 보다는 8-16시로 하는 것이

자연 채광상 유리할 것으로 예측된다.

5) 천공 조도의 누적 표현율을 Fig. 30, 31과 같이 제시하였다. 이는 측정기간 동안의 일조 시간 중의 조도 출현 빈도를 최대 조도로부터 최소조도 0까지를 누적한 것으로, 실내 주광 조명에 유효한 외부 조도가 주어질 경우, 이에 대한 일조시간 동안의 출현 비율을 쉽게 파악할 수 있다. 10월을 기준으로 할 경우 일조시간의 약 85% 이상이 5000lx의 조도를 얻을 수 있었다.

6) 하루 중 시간 별 주광의 강도를 Fig. 32와 같이 제시하였다. 이는 하루 중의 외부 조도의 변화를 보여주는 그래프로써, 측정된 데이터를 활용하면 특정한 날의 하루 중 주광의 변화 양상을 명확히 알 수 있다.

7) 특정 조도, 즉 10000lx와 20000lx 이상을 기록한 시간 수를 Fig. 33과 같이 제시하였다. 태양의 고도가 낮아지는 12월로 갈수록 하루 중 일정 조도 이상을 기록한 시간 수가 감소하였다. 이 자료는 주광의 누적 표현율과 함께 주광 이용도를 판단하는데 유용하게 사용될 수 있다.

완된다면 여러 변수간의 관계가 신뢰성 있는 함수로 표현되어, 보다 융통성 있는 활용 방안이 광범위하게 적용될 수 있을 것이다.

후기 : 본 연구는 동력자원부 대체에너지기술개발사업에 의한 “상업용 건물의 자연채광 설계기법 개발에 관한 연구” 결과의 일부임.

참 고 문 헌

1. 이경희, 건축환경계획, 문운당, pp.296-299(1986)
2. 김정태, “에너지 절약을 위한 건축물의 자연채광 디자인 방법에 관한 연구(I)”, 조명·전기설비 학회지, 제3권 제2호(1989)
3. 김강수, “건물개구부의 에너지 성능 평가에 관한 연구”, 대한건축학회 에너지 위원회 89년도 특별강연회 발표집(1989.6)
4. Aydinly, S., “Availability of solar radiation and daylight”, Proc. 1983 international Daylighting Conference, Phoenix, USA, pp.15-20(1983)
5. Boyd, B.A., “Studies on Daylight Availability”, Illum. Eng. 53 pp.321-330(1958)
6. CIE Technical Report, Division 3, TC 3.09 Average Sky as a Standard(chairman: Kunio MATSUURA) “Composition Method of Average and Mean Skies”, the 1st draft, August 11, (1986)
7. Crisp, V.H.C., “Preliminary study of automatic daylight control of artificial lighting”, Lighting Research & Technology, Vol.9, No.1, pp.31-41(1977)
8. Hunt, “Availability of daylight”, BRE Report BR21(1979)
9. John, E. and P.E. Kaufman: IES Lighting Handbook, Illuminating Engineering Society of North America, (1981)
10. Lynes, J.A., W. Burt, G.K. Jackson and C. Cuttle, “The flow of light into buildings”, Transactions of Illuminating Engineering Society(London), Vol.31, No.3, pp.65-91(1966)
11. McCluney, R. and A. Seidel, “Principal component anlysis of sky luminance data”, Proc. 1986 International Daylighting Conference, Long Beach, Nov. p.28(1986)
12. McCluney, R. and H.J. Bornemann, “The time rate of changing daylight”, Proc. 1986 International Daylighting Conference, Long Beach, Nov. p.36(1986)
13. Navvab, M., M. Karayel, E. Ne’eman and S. Selkowitz, “Daylight Availability Data for San Francisco”, Energy and Buildings, Vol.6, No.3, pp.273-281(1984)
14. Ne’eman, E., “Availability of sunshine”, BRE Current paper, August(1975)
15. Perraudeau, M. and P. Chauvel, “One year’s measurements of luminous climate in Nantes”, Proc. 1986 International Daylighting Conference, Long Beach, Nov. p.83(1986)

A Study on the development of climatic data for the daylighting design**Yang, In-Ho* · Kim, Kwang-Woo**Graduate School Seoul National Univ. Dept. of Architecture*
Seoul National Univ. Dept. of Architecture**ABSTRACT**

In this study global radiation and global illumination are directly measured, and diffuse radiation and diffuse illumination measured utilizing semi-circular shadow ring. By analyzing measured radiation data, clear and overcast sky are classified according to the sky classification method used in Nantes, France.

Measured illumination data are analyzed and

- 1) Clear sky illumination on a horizontal surface as a function of solar altitude.
- 2) Overcast sky illumination on a horizontal surface as a function of solar altitude,
- 3) Monthly variation of illumination.
- 4) Cumulative percentage of illumination,
- 5) Daylight intensity as as a function of hours in a typical day,
- 6) Average number hours per day of illumination above 10 and 20klx are presented as a climatic data for daylighting design for Seoul, Korea.

An Experimental and Field Study on Thermal Performance of Thermosyphon Solar Hot Water System**Y.H.Kang · H.Y.Kwak · H.S.Jeon**

Korea Institute of Energy and Resources

ABSTRACT

This paper studies development of a solar thermosyphon hot water system which is suitable to korean climate and life style, to save energy consumed for domestic water heating.

The system consists of two flat plate collectors(or three flat plate collectors) connected in parallel and a storage tank of 300 liter capacity with heat exchanger and the optimum system was designed through the comparative measurements of five different storage tanks.