

太陽エネルギーの有効利用および傾斜機能材料への影響調査

— 昼光と日射の太陽高度による変動 —

Availability of Solar Energy and Influence of Ultraviolet Radiation on Functionally Graded Material

— Variations of Daylight and Solar Radiation against solar altitude —

比嘉 俊太郎*1 , 渡辺 茂男*2 , 林 二一*3 , 内田 悦行*4
Shuntaro Higa , Shigeo Watanabe , Niichi Hayashi , Yoshiyuki Uchida

Abstract This paper reports and discusses some measurements of daylight and solar radiation during the period from December 1993 to November 1998. To obtain data of daylight and solar radiation, measurements have been taken of illuminance and irradiance on horizontal (global and diffuse) and four vertical planes facing north, east, south and west. Instantaneous values of illuminance and irradiance at one-minute intervals have been recorded in these measurements. The two horizontal diffuse sensors were each fitted with a shading ring which was adjusted manually every day. The data presented in this paper were calculated from the average of ten-minute readings of illuminance and irradiance. Direct solar illuminance and irradiance were calculated by subtracting diffuse from global, and each luminous efficacy was calculated as the ratio of average direct solar illuminance to irradiance.

1. はじめに

快適な室内の視環境を構成するためには、室内に入射する光の量のみならず質についても考慮することが必要である。現在、人工光源に関しては、その研究開発が盛んに行われ、光源の量および質について貴重な研究成果が多数発表されている。しかし、昼光に関しては組織的に収集された資料に基づいた成果は甚だ乏しい状況であり、わが国のみならず世界的にも標準的な資料の整備が必須である。このような現状から国際照明委員会 (CIE) は、世界的な規模で昼光の連続測定によるデータの収集と、それらの国際交換を目的とする国際協力を企画するために技術委員会 (TC-307) を組織した。さらに、1987 年第 21 回大会で 1991 年を国際昼光測定年

に指定し、その年から世界各地で昼光の連続測定と測定データの交換を開始することを決定した。その後、昼光と同様に日射の実測データの重要性も強調され、日射に関する測定も加えられるようになった。

TC-307 は昼光測定のために、昼光の測定方法の推奨ガイドを用意している。このガイドによれば、測定所は一般クラスと研究クラスの二つに分類している。一般クラスの測定所における測定項目は、測定することを義務とする基本セットと、測定することが望ましいとする付加セットに分けられている。基本セットの測定項目は、グローバル照度 (昼光照度)、全天空照度、グローバル放射照度 (全日射量)、天空放射照度 (拡散日射量)、東西南北の方位の鉛直面グローバル照度、日照時間である。また、一般クラスの付加セットは直射照度、直達放射照度 (直達日射量)、天頂輝度である。

以上のような測定項目のうち、日照時間は世界気象機構 (WMO) の規定に従って、直達放射照度の測定値、あるいはグローバル放射照度と天空放射照度から計算で求めた直達放射照度の値が 120 [W/m²]

*1 愛知工業大学 建築学科 (豊田市)

*2 愛知工業大学 電気工学科 (豊田市)

*3 愛知工業大学 機械工学科 (豊田市)

*4 愛知工業大学 情報通信工学科 (豊田市)

以上の時としてもよいとしている。また、雲量と風向、風速も近くの気象台のデータの転用が可能としている。

データの交換のためのデータ整理に関して、TC-307 の昼光測定ガイドに提案があり、1 分間隔で測定したそれぞれの測定値を、① 太陽高度 6° 間隔ごとの頻度分布、② 半時間間隔ごとの月平均の頻度分布、③ 連続する半時間間隔ごとの平均値のように整理することとしている。しかし、この提案は未だ決定したものではない。

本学における測定項目は、前述の一般クラスの基本セットに、気温、鉛直面グローバル放射照度（1993 年 10 月）、天頂輝度（1997 年 4 月）を付加したものである。さらに、1997 年 11 月に新たにポリマー温湿計（MH-10H）、A 領域紫外線計（MS-210A）を、1999 年 2 月に B 領域紫外線計を付設した。

今回は 1993 年～1998 年の 5 年間に測定して得られたデータに基づき、昼光と日射量の変動の実態について検討したことを報告する。

2. 測定項目と測定機器

測定は前述の一般クラスの基本セットの測定項目のほかに、鉛直面グローバル放射照度、気温および天頂輝度について行っている。なお、直射照度と直達放射照度は計算によって求めている。以下に本稿に関連する測定機器の概要について述べる。

- a) 照度計（ML-010S）センサーとして、シリコン PIN ダイオードを採用し、視感度補正フィルターにより、照度を検出するもので、これは長期間感度に変化しにくい特徴をもっている。受光角特性（斜め入射角特性）も光の入射角の余弦に比例するように考慮されている。この照度計はグローバル照度、拡散水平面照度、鉛直面照度、直射照度の感部として使用されている。
- b) 日射計（MS-801）センサーはコンスタンタン線に銅めっきをした多数点接点を持つサーモパイルで構成され、温接点と冷接点の温度差を日射量に比例した直流で検出するものである。フィルタードームの透過波長領域は 300～3000nm で、この計器はグローバル放射照度、拡散水平面放射照度、鉛直面放射照度の測定に使用している。
- c) 遮蔽バンド（MB-11）半径 250mm、幅 500mm で、水平面照度および水平面放射照度の拡散成分の

みを測定するもので、太陽軌道に合わせて、照度計および日射計の感部を直射光から完全に遮断するために使用している。

- d) 回転式日射計（MS-091）センサーに焦電素子を使用し、特殊ミラーにより赤緯の変化を調整しなくても、受光部の中心に光を導くことが出来るので、年間を通じて自動的に測定できる。
- e) 通風筒付温度計（MT-020S）ステンレス二重筒中を強制通風して、その中心部に白金抵抗体を配置してあるもので、外気の放射、風等の影響を受けずに気温が測定できる。測定範囲は-10℃から+40℃である。
- f) データロガー（ソラック II、MP-085）パーソナルコンピュータと組み合わせてシステムを展開するデータ集録制御装置で、大量のデータをコンピュータからのデータ、アラーム情報、制御情報などのデジタル・アナログ信号を外部に出力する。
- g) ポリマー温湿度計（MH-10H）温度および湿度センサーは共にグローブ先端に装着され、メンブレンフィルターで保護されている。測定範囲は温度が-20～+60℃、湿度が 0～100%RH である。精度は 20℃において、湿度係数、温度係数±0.04%RH/℃、相対湿度±2%RH(0～90%RH の時)、±3%RH(90～100%RH の時)である。
- h) A 領域紫外線計（MS-210A）装置の感部は太陽放射の UV-A 領域(315～400nm)の日射量（放射照度）を連続的に計測する全天候型のものである。入射する全天日射量は石英ドームを透過し、ドーム内に設けられたテフロン拡散板により拡散された後に、紫外線のみを透過する UV フィルターにより分光され、紫外線のみが受光器に入射される。受光器より出力された A 領域の紫外線は本体内蔵アンプにより増幅され出力される。
- i) B 領域紫外線計（MS-210W）この計測器は紫外線の領域 280～310nm の放射量を連続的に計測する全天候型のものである。入射する全天日射量はドームを透過し、ドーム内に設けられたテフロン拡散板により拡散された後、長波長側とカットする干渉フィルターに入射する。干渉フィルターからの透過光は蛍光体を発光させ、長波長の蛍光に変換される。この蛍光の長、短波長側の領域外光をフィルターでカットした後に、蛍光はシリコンセンサーに入射し、本体内蔵アンプにより増幅の後、出力される。
- j) データマーク（LS-3000TC）この機器は屋内外

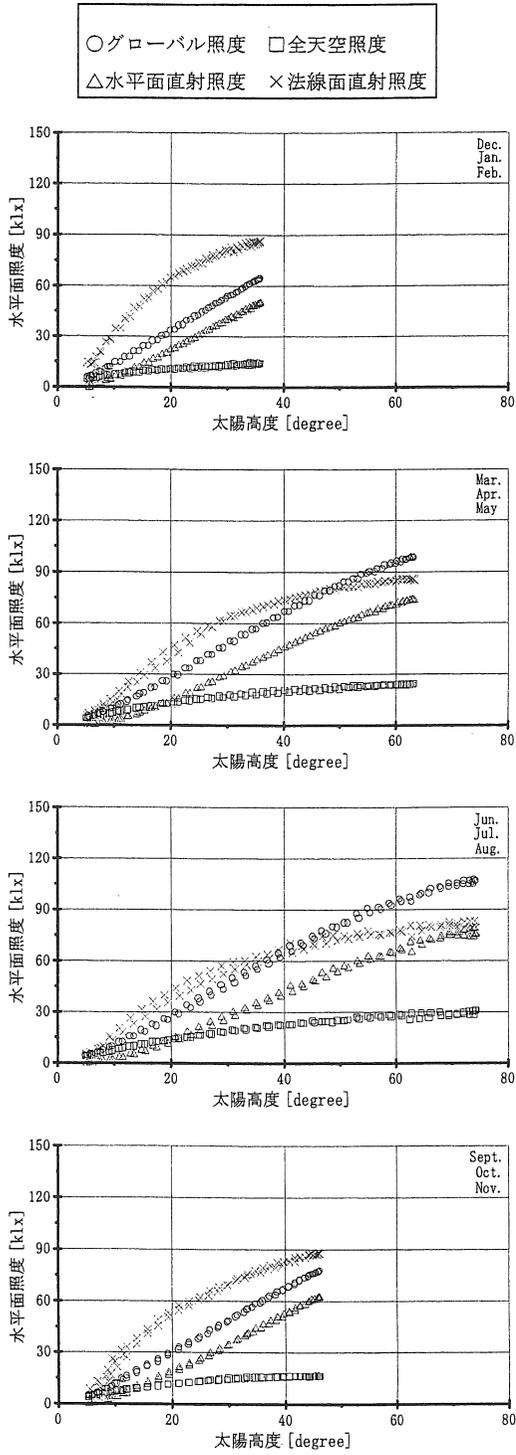


図 1. 晴天空における水平面照度

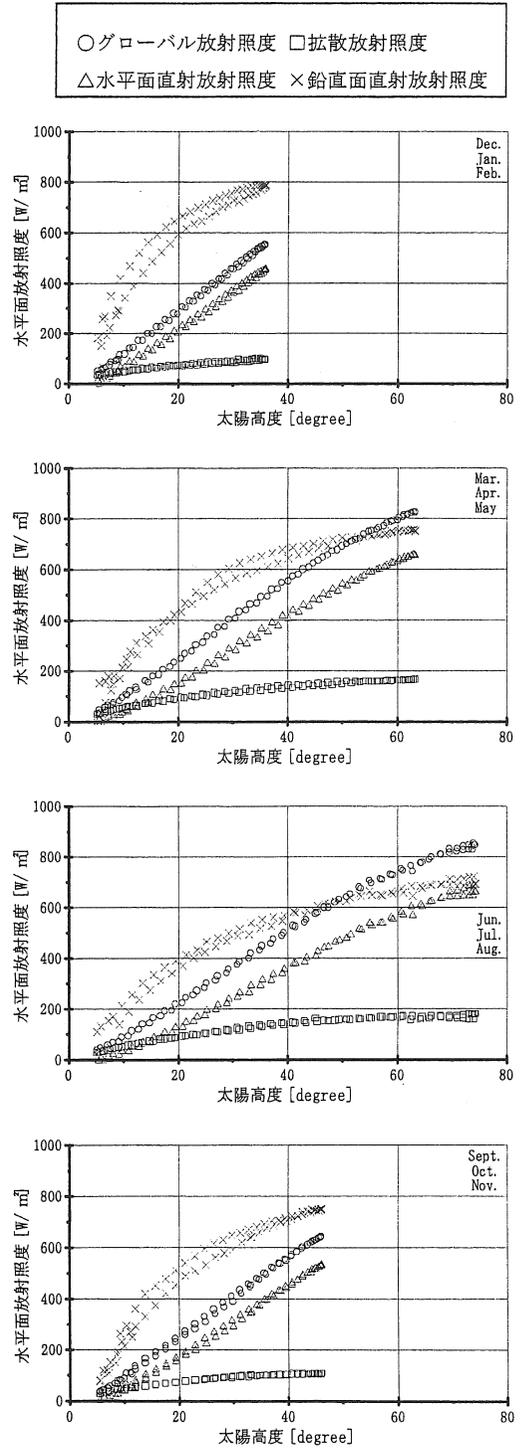


図 2. 晴天空における水平面放射照度

での長期間計測を目的としたもので、256kB のメモリ一容量を搭載して、8チャンネルで110日間の記録が可能である。また、測定中、停止中を問わず、入力値をリアルタイムでデジタル表示される。

3. 測定結果と考察

使用したデータは、1993年12月から1998年11月までの5年間に、5時01分から19時00分までに測定されたものである。測定データに関しては、太陽高度5度以上について整理して検討を行っている。測定して得られたデータは天空状態(晴天空、中間天空、曇天空)別に分類し、各年ごとに月平均し、さらに5年平均したものである。本稿では晴天空の場合の水平面昼光照度、放射照度および発光効率について、それぞれの変動の様相について述べる。

図1は水平面昼光照度の変動を示す。水平面照度に限れば、グローバル成分、拡散成分、水平面直射成分とも夏季が最大で、ついで春期、秋季、冬季となっていることが認められる。

図2は水平面放射照度の変動を示している。この場合も測定値に関して、図1と同様な傾向がある。

図3は晴天空時の水平面における発光効率を示す。昼光の発光効率は太陽の熱エネルギーに対する光エネルギーの割合で示されるが具体的には、放射照度(日射量)に対する昼光照度で表すことができる。

同図から、各季節とも太陽高度が小の場合は、変動が窺われる。太陽高度10度以上について、発光効率の各成分の傾向をみると、拡散成分は冬季において約150lm/W、春季は約130～145lm/W、夏季は約140～165lm/W、秋季は約150lm/Wを示している。グローバル成分は冬季約100～125lm/W、春季は約100～120lm/W、夏季および秋季は約110～130lm/Wとなっている。直射成分は上記の成分に比べて、太陽高度が小の場合の変動が著しい。

4. 結び

本研究は昼光と日射に関するデータを蓄積して、太陽エネルギーを有効に利用するための基礎資料を得ることと、建築用の傾斜機能材料に及ぼす太陽放射線の影響を調査することを目的として行っている。

傾斜機能材料の太陽放射による経年変化や色調、反射特性等については別の機会に譲りたい。

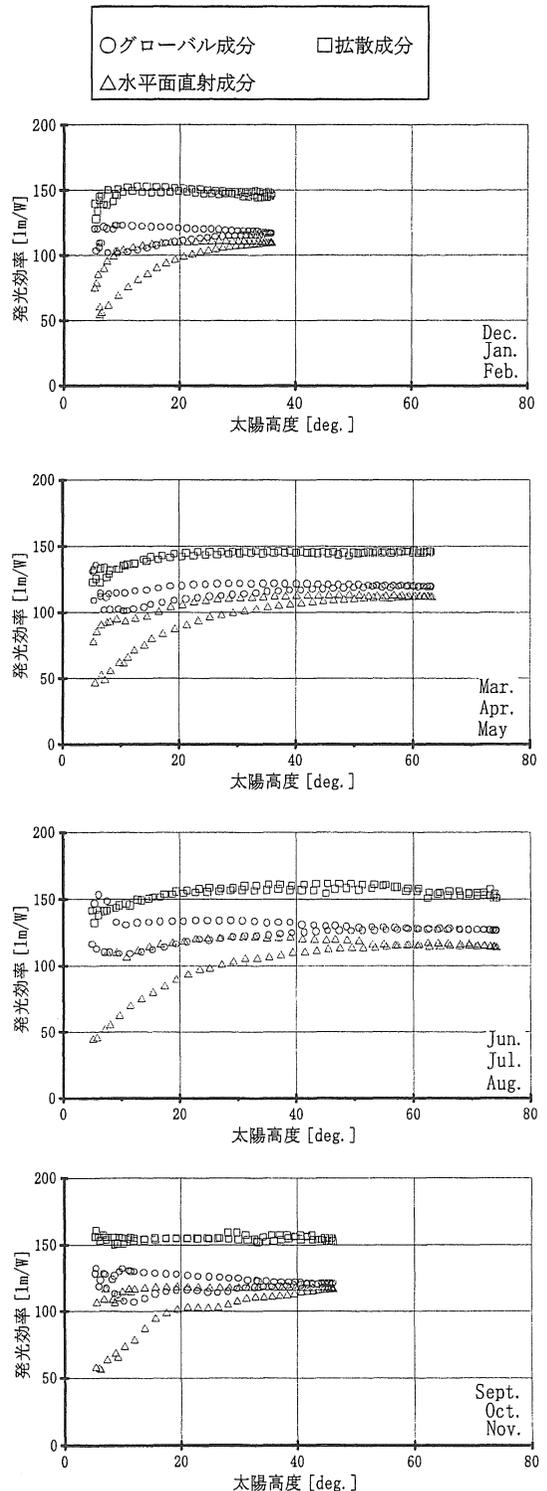


図3. 晴天空における水平面発光効率

(受理 平成11年3月20日)